

岐阜県魚道カルテの評価軸の分析と既設魚道の改善策 -岐阜県吉田川を対象として-

和田 清¹・藤井 克哉²・林 日向³

¹正会員 (独) 国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 教授 (〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑2236-2)
E-mail:wada@gifu-nct.ac.jp

²学生会員 (独) 国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 専攻科 建設工学専攻 (同上)
E-mail:2014k13@edu.gifu-nct.ac.jp

³非会員 (独) 国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 (同上)
E-mail:2014k13@edu.gifu-nct.ac.jp

本研究は、岐阜県が管理する河川および砂防施設673箇所の魚道カルテ調査データを用いて、魚道機能低下の要因分析および魚道カルテの再評価を行うとともに、長良川流域の吉田川を対象にして既設魚道の改善策を検討した。主成分分析により、横断施設の魚の移動経路、魚道出入口の滞筋、土砂・流木等の堆積、河床の洗掘状況などが支配的である。また、総合評価AとCの差異は、横断施設の魚の移動経路、プール間落差、越流水の状況の3項目が大きく影響する指標である。吉田川のC評価魚道はすべて砂防堰堤に設置された魚道であり、魚道の破損、土砂・流木等の堆積などの複合要因による機能低下が多い。さらに、魚道出口の流木による閉塞除去、魚道入口の土砂撤去などによる簡易補修によって魚道機能が回復し、維持管理体制の重要性が指摘された。

Key Words : fishway design, evaluation of fishway, habitat, fish migration, monitoring

1. はじめに

魚道は、ダムや堰などの高低差が生じる場所において、魚類の遡上や降下を目的として設置される構造物である。しかしながら、経年的にその機能が失われ、十分に機能していない魚道が数多く存在している¹⁾²⁾。岐阜県では「清流の国ぎふづくり」に向けた取り組みとして、県内魚道における魚類等の遡上・降下環境を確保するために、魚道点検による効率的・効果的な魚道の機能を評価し、維持管理に向けた基礎資料の蓄積が2012年度から進められている²⁾。魚道は流域における生態系ネットワーク支援構造物であり、水系の連続性や外来種などを考慮して総合的に整備されるが、この魚道カルテは、魚道の現状を把握するための台帳整備(施設台帳)と概略点検(定期点検)を目的として、魚道施設を機能面から評価されたものである³⁾⁴⁾。

本研究では、岐阜県管理河川及び砂防施設(673箇所)の魚道カルテ調査結果(2012年、2013年)分析および再評価を行うとともに、魚道カルテの評価方法の見直しと改定を目的としている。さらに、魚道機能低下の要因分

析によって得られた結果を活用し、長良川の支川吉田川を対象として、生態系ネットワークの観点から魚道の機能回復の具体策を試みようとするものである。

2. 魚道カルテの概要

岐阜県の魚道カルテは、横断工作物や魚道の整備・改善において魚道の施設台帳が作成され、定期点検、洪水後などの臨時点検を経て、魚道本体の個別評価および河道地形や魚道などの移動性を考慮した総合評価から構成されている。定期点検はフィッシュウェイサポーター制度により年1回、3名以上、1魚道当たり20分程度が基本とされ、簡易的な維持管理作業が同時に行われている⁴⁾。このように魚道の機能回復と維持管理を強く意識したPDCAの試みは全国的にも珍しく、既設魚道の改善・再生の継続的な取り組みの事例である。

魚道カルテの評価項目は、表-1 のようであり、大項目として、(1)横断施設、(2)魚道内流況、(3)魚道施設、(4)魚類・鳥類の4つに分類されている。大項目の中に細分類(24)の評価項目が存在している。細分類(24)では

表-1 魚道カルテの評価項目

横断施設 上流	①魚道出入口付近の滞筋の有無
	②土砂、流木等の堆積の有無
	③河床の洗掘状況
横断施設 下流	④魚道出入口付近の滞筋の有無
	⑤土砂、流木等の堆積の有無
	⑥河床の洗掘状況
横断施設 全体	⑦横断施設の越流状況
	⑧横断施設の魚の移動経路
	⑨河川構造物の破損及び魚道の異常状況
魚道内流 況	⑩魚道内の水量
	⑪魚道内の流況
	⑫プール間落差/魚道の勾配
魚道施設 上流	⑬越流水の状況
	⑭土砂、流木等の堆積の有無
	⑮魚道への過剰な水量の流入の有無
魚道本体	⑯魚道の破損箇所の有無
	⑰土砂、流木等の堆積状況
	⑱魚道の破損箇所の有無
魚道施設 下流	⑲土砂、流木等の堆積の有無
	⑳魚道出入口の落差の有無
	㉑魚道の破損箇所の有無
魚類・鳥類 の確認	㉒魚道周辺の集魚状況
	㉓魚道内の遡上状況
	㉔鳥類の確認状況

0～3 までの簡略的な評価がされている。0：評価不能，1：問題なし，2：要観察，3：改善必要である。分析を行うにあたって，これらの評価に最大値（100）の点数付けを行った。0 について評価対象から除外した。また，これらの評価項目を総評して，横断施設ごとに総合評価（ABC）が付けられているが，今回は総合評価との直接的な関係を見るために，横断施設に複数の魚道施設が存在している場所については評価対象から除外。

3. 魚道カルテのデータ分析

(1) 各評価における総合評価の相関

図-1 は，全魚道における主要な各評価項目の評価ポイントと総合評価の関係を示したものである（2012 年度）。図中に描かれている斜線は，総合評価（ABC）における平均値の相関関係を示している。同図から，(1)横断施設，(2)魚道内流況，(3)魚道施設では変動幅は大きいものの，平均値については右下がりの相関関係が想定できる。(2)魚道内流況については，平均値の傾きが緩く，他の2つの項目に比べて標準偏差が大きい。(2)魚道内流況については，現地観測時やそれ以前の気象条件に大きく左右されるため，項目(1)と(3)に比べて，継続的なモニタリングの必要性を示唆している。さらに，(4)魚類・鳥類の確認状況は重要な指標であるが，現地調査時の条件に大きく左右されるため，平均値の傾きから相関性は見出せない。したがって，総合評価（ABC）に与える評価項目は，(1)≒(3)＞(2)≫(4)の順に大きくなっ

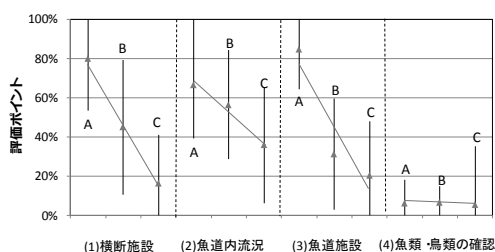


図-1 総合評価 ABC と評価ポイント（2012 年度）

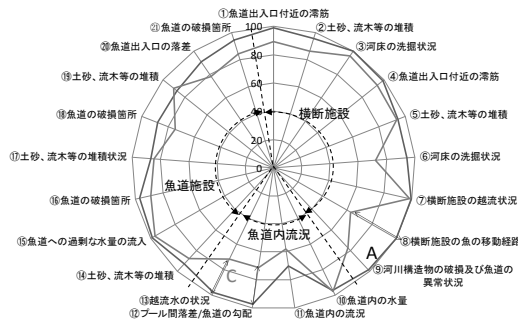


図-2 総合評価レーダーチャート（2012 年度）

ていることがわかる。これらのことから，要因分析に当たって，(4)魚類・鳥類の確認状況は変動が大きく相関関係が見出せないため評価項目から除外し，大分類(3)，細分類(21)を用いることとした³⁾。

(2) 総合評価と各評価項目の関係

図-2は，総合評価AとCにおいて各評価項目における全魚道の平均値を示したレーダーチャートである（2012 年度）。基本的にA評価がC評価の値を上回る形となっているが，⑲土砂・流木等の堆積の有無（魚道施設下流）や⑩魚道内流況においては，A評価とC評価の平均値が逆転する場合が見られた。前者は下流における土砂の堆積は，過剰な量でなければ魚道機能に対しての影響は少ないものであると考えられる。後者は，魚道カルテの点検時の気候条件等に大きく左右されるものであると考えられる。したがって，現状の点検頻度では，この2つの指標は他に比べて，A評価とC評価を反映できない評価項目となっている。

図-3は，図-2のレーダーチャートの細分類21項目に対して，横軸にA評価のポイント，縦軸に評価AとCの差を示したものである。グラフ右上に位置するA評価の値が100%に近く，評価Cとの差が大きい項目となり，A評価とC評価の影響を反映した指標である。同図より，最も総合評価に影響を及ぼす項目は，⑧横断施設の魚の移動経路である。また，⑪魚道内の流況のように，A評価の平均が70%と低い値を示すものもあった。A評価が100%より低い値を示すということはカルテの評価基準

大きく差が生じた項目⑫プール間落差／魚道の勾配や、⑬越流水の状況などは主成分分析では顕在化しなかった。また、流況データ（⑪～⑭）については一部欠陥などがあったり、断片的なものであるため精度は低い。しかしながら、これらの魚道周辺の水流状況は、魚類遡上の性能を検討する場合の重要な情報であり、別途、センサーなどによる継続的なモニタリングを行うことができれば、さらなる機能評価の判定に寄与することになる。さらに、これらの指標の内、項目⑧横断施設の魚の移動経路は、魚道全体を見渡した際の総評に関連している可能性が高く、魚道カルテにおける総合的な指標である。

(4) グルーピングによる機能低下要因抽出

図-7は、2012年の郡上(114)においてクラスター分析の結果を示したものである。クラスター分析はウォード法を用いており、平方距離が横軸である。閾値を400に設定すると二つの大きなグループに大別される。1つ目のグループは評価AとBが95%を占めるグループとなった。なお、紙面の関係で、このグループ（A：22%、B：73%、C：5%）の図は省略している。表示した下のグループは、C評価魚道が76%と過半数を占めており、こちらは機能低下が著しいグループである。機能低下グループの閾値を平方距離200に設定すると、さらに2つのグループに分類できる。

図-8は、その各グループの代表地点における魚道指標のレーダーチャートを示したものである。グループ1（郡上166）では項目⑧⑬⑭⑯が大きく評価が下がっている（図中★印）。項目⑧と⑯は破損に関する項目であり、このグループ1では破損に関する項目の評価が低い場所が多く存在しているため、グループ1は構造物の破損による機能低下魚道（C評価）と判断される。また、項目⑯は落差の有無であり他の場所においても破損以外にもC評価になるような要因が見受けられた。構造物の破損や、落差の拡大による魚類の遡上が困難な状況が顕在化すると、総合的に、項目⑧横断施設の移動経路の評価が低下すると考えられる。

グループ2（郡上085）では、項目⑥⑧⑯の項目が大きく低下している。グループ2では⑥河床の洗掘状況が下がっている項目が多く、洗掘による⑯落差の発生などが大きな原因だと考えられる。クラスターによって大別された機能低下グループでは、全ての魚道において項目⑧横断施設の移動経路の評価が著しく低下していた。これらのことから、この項目⑧は他の項目と重みづけが異なるものであると判断できる。また、ほとんどの場所において、「河床の洗掘状況」「滞筋の有無」「破損の有無」「落差の有無」などといった項目が、必ず1つは著しく低下しており、魚道機能として1つ欠けるだけでも魚の遡上に障害をきたすこれらの要因は、魚道カルテにおい

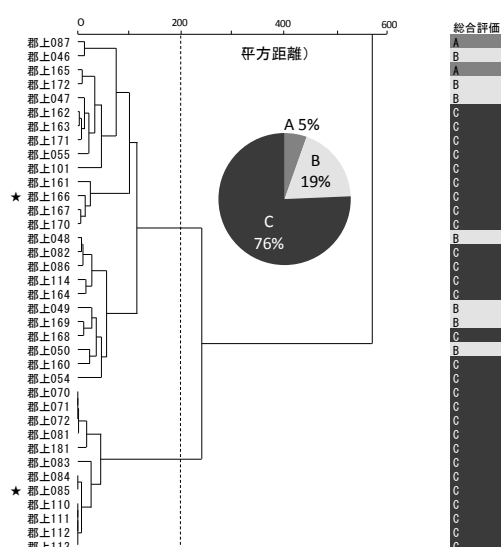
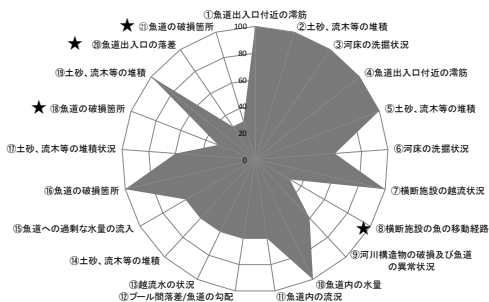


図-7 クラスター分析（2012年郡上）

グループ1 郡上166)



グループ2 郡上085)

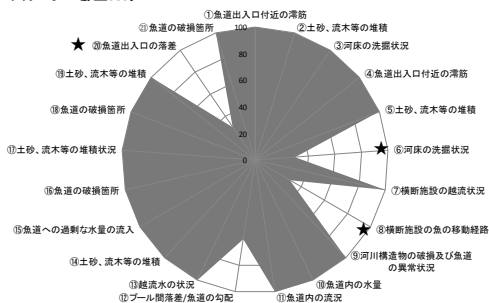


図-8 レーダーチャート（2012年郡上）

て機能評価を大きく左右する指標となっている⁶⁾。

4. 吉田川の砂防ダムにおける魚道機能の回復

(1) 水位モニタリングによる適性流況の把握

現在の魚道カルテは、基本的に年1回の簡易点検による1次処理に過ぎず、魚道勾配や、魚道本体の破損や土砂・流木の堆積、河床洗掘などの魚道機能における異常

状態については評価はしやすいものの、魚道内流況については一時的な流況だけでは判断しにくい。この点が総合評価における重みが小さくなり、相関性が低いものになる要因と考えられる。そこで、継続的な流況データと魚類の生活史を関連づけながら、魚道内流況（階段式の場合は越流水深など）における魚道の機能評価をするために、吉田川の小野魚道（B評価）および二間手魚道（C評価）にメモリ式小型水位計を設置した。図-9は、6ヶ月間の小野魚道における越流水深の時系列変化を示したものである。同図から、冬季は出水期を除けば越流水深がおおよそ10cm程度であり、隔壁天端の越流流速は0.8m/s程度に対応している。魚類の体長をBLとした場合、突進速度は10～15BL/s程度とされており、体長8cm程度の魚類ならば遡上可能と算定される。一方、春季の遡上期に近づくにつれて小洪水などの影響もあって河川流量は増加し、越流水深が20cmを下回る状態がほとんど無い。一般に階段式魚道では流量調整機能がないので、河川流量に比例して越流水深が変化することになる。小野魚道はB評価であり、魚道内流況の項目では、⑪魚道内の流況以外はすべてA評価となっている。これらのことは、魚道内の水位データと魚類の生活史を関連づけながら、魚道の機能を評価する必要性を示唆しており、魚類の遡上期にどの程度適切な流量が保たれているかどうかの評価や適切な流況管理が重要であると考えられる。

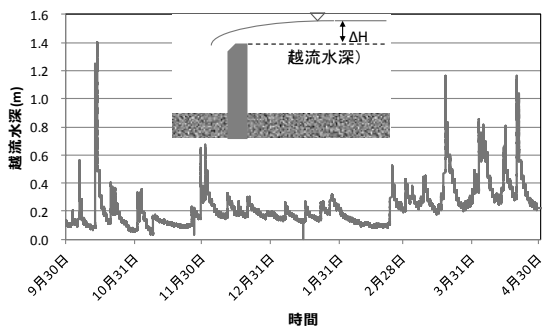


図-9 越流水深の時系列変化（吉田川・小野魚道）

表-2 吉田川におけるC評価魚道（2012年度）

			郡上022	郡上023	郡上028	郡上031	郡上032
土砂・流木の堆積	上流	⑭	×	×	○	×	×
	本体	⑰	×	×	○	△	△
	下流	⑱	×	×	×	△	×
洗掘状況	上流	③	○	○	○	○	○
	下流	⑥	○	○	○	○	○
破損の有無	上流	⑫	○	○	○	○	○
	本体	⑱	×	○	○	△	△
	下流	⑲	○	—	△	○	×
滞筋の有無	上流	①	×	○	○	○	×
	下流	④	○	○	○	△	○
落差の有無	上流	②	○	○	○	○	○
	下流	⑩	○	○	○	○	○

(2) 二間手魚道の機能回復

吉田川は長良川の支川であり1級河川である。吉田川には16箇所の横断施設が存在しており、そのうちC評価魚道は5箇所あり全て砂防堰堤である。表-2は吉田川におけるC評価魚道（5か所）の主要因に対する評価を示したものである。それぞれの評価項目に対して、問題がなければ「○」、問題あり要観察の場合「△」、改善が必要は「×」と示している。これらと比較すると、どの魚道においても砂防堰堤に設置されているために、土砂・流木等の堆積の項目は評価が低い。また、洗掘や落差に関しては問題はないが、破損の項目は郡上023以外は問題を抱えている。二間手魚道（郡上023）は土砂・流木等の堆積の項目以外は特に問題がなく、5箇所の中で機能回復が容易であると考えられる。

図-10のように、機能回復後の二間手魚道は、近年建設されたアイスハーバー型の魚道である。その全長は80mに及び、魚道勾配は1/10である。図-11に示す通り、機能回復前の状況は、土砂・流木により魚道出口が閉塞し止水され、魚道本体に水が流れず、下流側の魚道入口では土砂が堆積した状態であった（同図(a)(b)参照）。この魚道の機能を回復するために出口部における土砂・流木の撤去により魚道内に通水、下流側に堆積していた土砂も建設機械による流路確保を行った（同図(c)(d)）。



図-10 吉田川二間手魚道



(a) 魚道出口（撤去前）



(b) 魚道入口（撤去前）



(c) 魚道出口（撤去後）



(d) 魚道入口（撤去後）

図-11 土砂・流木撤去による機能回復（二間手魚道）

このように、C評価魚道における要因分析を行い、簡易的な補修工法などの定期メンテナンスを加えることにより、魚道の機能を回復することができた事例である。

5. おわりに

本研究により、岐阜県管理河川および砂防施設の673箇所「魚道カルテ」調査において、魚道の機能回復の点検結果の要因分析を行うことにより、補修工法に繋げる方向性を検討した。評価項目の細分類(21)の中で、項目⑧横断施設の魚類の移動経路が最も評価指標として重みがあること、また、「構造物の破損」「滞筋の無」「落差の有」「河床洗掘の有」などが1つでもあると、⑧横断施設の魚の移動経路の評価も低くなり、魚道の遡上機能が低下することなどが示された。

さらに、岐阜県吉田川を対象として、魚類の生活史を想定した小野魚道での継続的な流況データとの照合の必要性が示された。加えて、岐阜県吉田川のC評価魚道は全て砂防堰堤であり、土砂流木の堆積による複合要因による機能低下している場合が多い。簡易的補修によって二間手魚道の機能が回復し、維持管理体制の改善が指摘された。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、魚道カルテのデータについては岐阜県河川課、既設魚道の改善策の現地調査などについては、岐阜県自然共生工法研究会、魚道研究専門WGの方々の多大な協力をいただいた。最後に記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 中村 俊六：魚道のはなし，リバーフロント整備センター，山海堂，225p., 1995.
- 2) 国土交通省河川局：魚がのぼりやすい川づくりの手引き，155p., 2005.
- 3) 奥田好章：岐阜県内における魚道点検結果の分析と補修工法の提案（中間報告），岐阜県自然共生工法研究会，pp.3-10, 2013.
- 4) 岐阜県自然共生工法研究会魚道研究専門 WG：清流の国ぎふ・魚道カルテ手引書（案），岐阜県自然共生工法研究会，28p., 2012.
- 5) 和田 清・田中俊吾・藤井克哉・寺町有生夫・馬淵洋介：魚道カルテによる機能評価とサイフォン式パイプ魚道による遡上モニタリング，土木学会第 42 回環境システム研究論文発表会講演集，pp.453-458, 2014.
- 6) 和田 清・藤井克哉・玉井水規：岐阜県魚道カルテの機能評価と既設魚道の補修工法，土木学会中部支部研究発表会講演集，Ⅱ -49, pp.167-168, 2015.

(2015.8.28受付)

FUNCTIONAL EVALUATION OF FISHWAY USING CHECK-SHEET AND IMPROVEMENT OF THE EXISTING FISHWAY - IN THE CASE OF YOSHIDA RIVER IN Gifu PREFECTURE -

Kiyoshi WADA, Katsuya FUJII and Hyuga HAYASHI

This study analyzed a factor to lead to the function recovery of the fishway by cluster analysis or main component analysis using check sheet data of fishway in Gifu prefecture. Directionality to connect with a repair method of construction using the result was examined. It is pointed out that the function of the fishway decreases, when the item of the damage of the structure, stream route, step of the flow, partial scour in a riverbed are one. In Ono fishway of the Yoshida River, the need of continuous flow quantity monitoring to connect it with the life cycle of fish was shown. All the fishways that an evaluation of the Yoshida River has worse are erosion control dams. The function of the fishway decreases by complex factors such as the sedimentation of riverbed material and the drifting wood. It is clarified that the function of Futamate fishway was restored by simple repair, and the improvement of the maintenance system.