

河川および農業水路網における 水みちの連続性に関する研究

和田 清¹・森 誠一²・米倉竜次³・橋口 喬太⁴

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岐阜経済大学経済学部 教授（〒503-0019 岐阜県大垣市北方町5-50）

³岐阜県水産研究所生態環境部 専門研究員（〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地）

⁴学生会員（独）国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 専攻科 先端融合開発専攻

岐阜県の河川砂防管理区間に設置された魚道(672箇所)では、フィッシュウェイサポーター制度による魚道カルテの定期点検、また、河川・農業水路・水田の集水域では、多様な生物が遡上・降下可能な「水みち」の連続性の展開(調査地点 948)が進められている。本研究は、これらのデータ分析(2012～2017年)により、魚道の機能低下の要因の抽出、維持管理方法を検討し、農業水路では、落差によるネットワーク分断化の解消の効果を、水田の総面積(受益面積)と魚種等の関係などから評価した。本研究により明らかにされた成果は以下のようである。主成分分析により、魚道の破損、滞筋、土砂・流木等の堆積、河床洗掘等が魚道の機能低下の支配要因である。また、クラスター分析により、C評価が約60%を占める流域の魚道グループは、複合要因による機能低下が関与している。土砂流入や流木等による魚道機能回復については、継続的な維持管理の重要性、簡易補修、魚道出口の土砂流入防止策などの必要性が指摘された。さらに、落差工による河川と農業水路との生態系ネットワークの分断が魚類群集の種多様性の減少に与える影響は、受益面積が大きいほど顕在化する傾向にあり、落差を解消すれば規模が大きな農業水路ほど多くの魚種が回復する。

Key Words : fishway design, habitat, continuity of fish migration, diversity, monitoring, GIS

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、フィッシュウェイサポーター制度による魚道点検の効率的・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³⁾⁴⁾。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ものである⁵⁾⁶⁾⁷⁾。その整備目的を達成するために、この魚道カルテは、魚道の現状を根拠に基づき把握する方法として、台帳整備(施設台帳)と概略点検(定期点検)を実施し、魚道施設を効率的に機能面から評価するものである³⁾⁴⁾。さらには、岐阜県内の河川、農業用水路網、水田を往来する魚類等の生息環境の改善を図るための調査・対策等の取り組み、「水みちの連続性連携検討会」がされている。

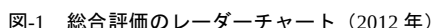
本研究では、岐阜県管理河川及び砂防施設(672箇所)の魚道カルテ調査結果(2012～2017年)の分析および再評価を行うとともに、魚道カルテの評価方法の見直しと改定を目的としている。また、魚道機能低下の要因分析によって得られた結果を活用し、長良川の支川吉田川を対象として、生態系ネットワークの観点から魚道の機能回復の具体策を試みようとするものである。さらには、農業用水路内には数多くの落差工が設置されており、落差工による河川と農業用水路との分断解消による魚類の種類数の変化等についても考察した。

2. 魚道カルテによる点検評価の概要

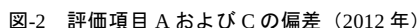
岐阜県の魚道カルテは、横断工作物や魚道の整備・改善履歴を記入した魚道の施設台帳が作成され、年1回の定期点検、洪水後などの臨時点検を経て、魚道本体の個別評価および河道地形や魚道などの移動性を考慮した総合評価から構成されている。定期点検はフィッシュウェイサポーター制度により年1回、3名以上、1魚道当たり30分程度が基本とされ、機能低下した魚道は維持管理作業が一部行われてい

魚道カルテの評価項目は、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項目)では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。評価0については対象から除外した。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(A:良好、B:経過観察、C:改善要)が付けられているが、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した。

図-1 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)。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、⑨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象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(年 1 回)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。



1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 26



他の調査年については、項目⑧⑩⑬は右上に位置し、この3つの評価項目は特に総合評価に大きな影響を及ぼすものである。また、項目⑧⑬⑭のような構造物の破損に関する項目がグルーピングされている。物理的な破損は魚類の遡上妨害に直接的な影響を与えるので評価に大きく影響している。さらに、項目⑭の落差の有無や、⑥の滞筋の有無など、魚道入口～魚道本体～魚道出口における魚類が遡上するための連続的なルートの確保に欠かせない要素がこの右上のゾーンに集中している。

図-3は、例として2012と2014年の魚道カルテを用いた主成分分析の結果を表したものである。同図は横軸に第1主成分、縦軸に第2主成分が示されている。同図から、2012年では、主成分1の大きい順に、破損＞魚の移動経路＞勾配・越流水＞洗掘＞落差となっている。主成分2は、土砂・流木＞濬筋の順である。一方、2014年では、主成分1が魚の移動経路＞勾配・越流水＞破損＞洗掘＞落差の順となっていること、2012年度では主成分1が負の値であった土砂・流木および濬筋の項目が、2014年度は正の値に転じていることなどがわかる。これらのことから、値の大小はあるものの、主成分1と主成分2の座標の相対的な位置関係はほぼ同様の結果が得られており、主成分1は魚道構造物本体に直接関連する要因、主成分2は土砂移動などの魚道周辺の環境に影響を与える要因を示しているものと推定できる。なお、評価項目⑦横断施設の越流状況や⑮魚道への過剰な水量の流入の有無といった水理特性は、平水時の基本調査を反映して主成分1および主成分2の値が小さくなっている。

[illegible]

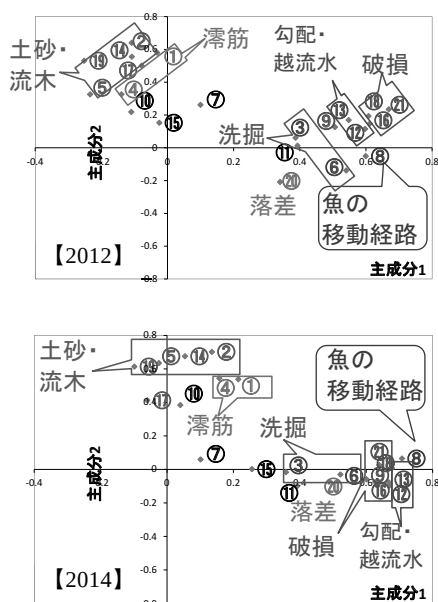


図-3 主成分分析（2012 および 2014 年）

損に比べて土砂・流木の堆積などといった直接的には魚道機能に致命的なダメージを与えるわけではないが、破損や落差の発生などを引き起こすものとして広く分布していると考えられる。レーダーチャートに示した全魚道の平均値において、A 評価と C 評価に大きく差が生じた項目⑩ブルー間落差/魚道の勾配や、⑬越流水の状況などは 2014 年度において顕在化している。また、流況データ(⑪～⑭)については一部欠陥などがあり、断片的なものであるため寄与度は低い。しかしながら、これらの魚道周辺の水流通は、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、水位計測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、機能評価の判定に寄与することになる。さらに、主成分分析においても、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おり、魚道カルテにおける総合的な指標となっている。

(3) グループングによる機能低下要因抽出

図-4 は、2012 年の郡上(114 箇所)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(非正規化)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。

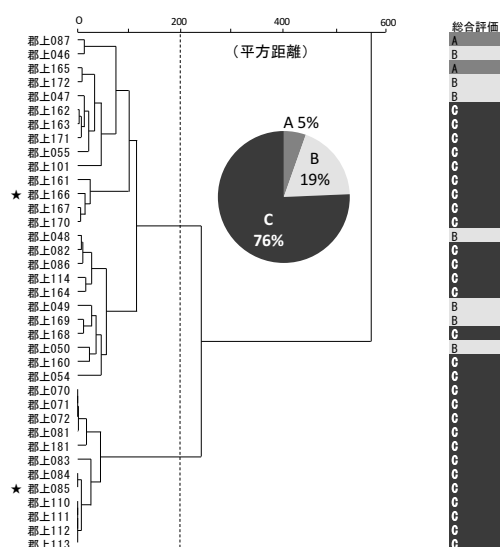
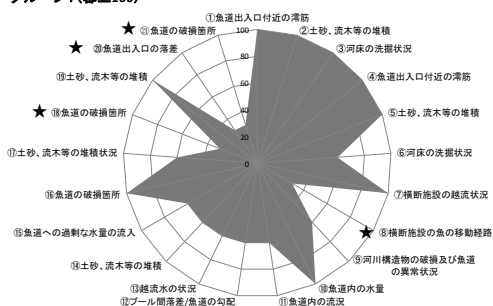


図-4 クラスター分析（2012 年：郡上市吉田川）

グループ1(郡上166)



グループ2(郡上085)

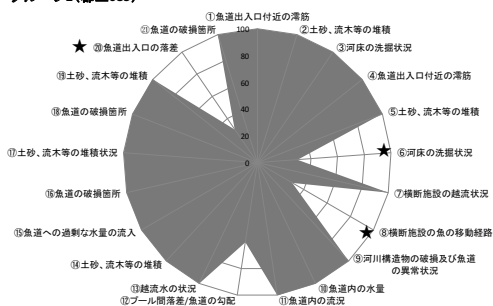


図-5 レーダーチャート分析（2012 年：吉田川）

図-5 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⑧⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿が下になっている(図中★印)。項目⑧と②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⑫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⑥⑧⑫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⑫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阻害をきたすこれらの要因は、魚道カルテにおいて機能評価を大きく左右する指標となっている⁸⁹⁾。

3. 砂防ダムにおける魚道機能の回復

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(河川魚道 5 基、砂防施設魚道 11 基)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-1 は吉田川における C 評価魚道(5 か所)の主要因に対する当初の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。これらを比較すると、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問題はないが、破損の項目がある郡上 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-6 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。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。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結果が図-7 のようである。

表-1 吉田川における C 評価魚道の要因

評価項目		郡上 No.022	郡上 No.023	郡上 No.028	郡上 No.031	郡上 No.032
土砂・流木の堆積	上流 ⑭	×	×	○	×	×
	本体 ⑮	×	×	○	△	△
	下流 ⑯	×	×	×	△	×
洗掘の状況	上流 ③	○	○	○	○	○
	下流 ⑥	○	○	○	○	○
破損の有無	上流 ⑰	○	○	○	○	○
	本体 ⑱	×	○	○	△	△
	下流 ㉑	○	—	△	○	×
滞筋の状況	上流 ①	×	○	○	○	×
	下流 ④	○	○	○	△	○
落差の有無	下流 ②	○	○	○	○	○
総合評価(2013年度)		C	C	C	C	C
総合評価(2014年度)		C	B	C	工事中	B



図-6 吉田川二間手魚道 (アイスハーバー型)



図-7 土砂・流木撤去による機能回復(二間手魚道)

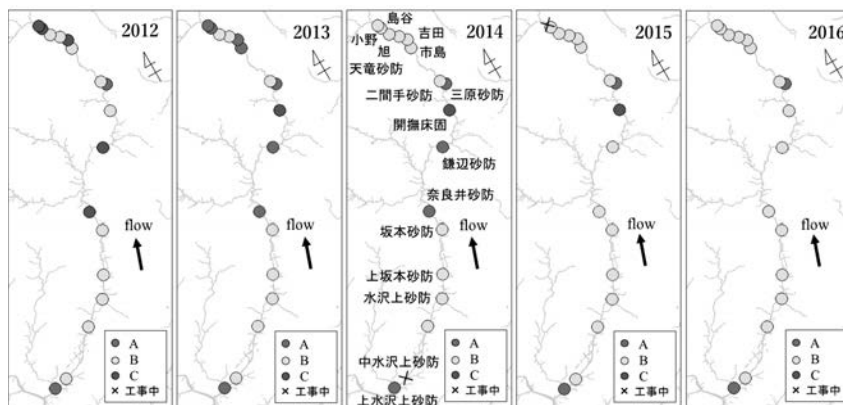


図-8 縦断方向の連続性に着目した魚道評価(吉田川)

図-8は、これらの魚道点検評価を吉田川を対象にして縦断方向の連続性に着目したGISマップである。従来から、吉田川は「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業」として魚道が整備されている。同図から、当初は評価Cの魚道が下流部に多く、魚類遡上のボトルネックとなっていたが、徐々に魚道の改修や補強等が行われて、経年的に評価Cは解消されている。また、土砂移動の大きい砂防ダムを抱えているために、上述したような土砂・流木による魚道出口の閉塞や下流側の魚道入口の土砂堆積など、洪水履歴と魚類の生活史に基づいた定期的な維持管理、モニタリング手法が必要となる。このような縦断的な連続性に着目したGISマップによる可視化により、戦略的な魚道の持続的な機能確保等を検討することができる。

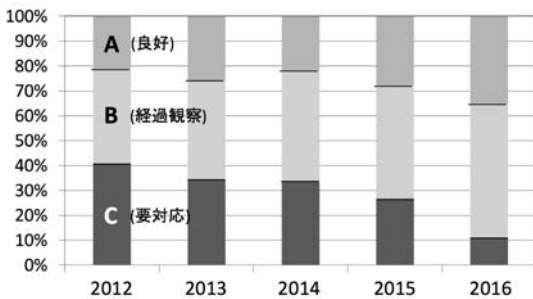


図-9 岐阜県管理の全魚道における総合評価の推移

図-9は、岐阜県管理の全魚道について、5年間の総合評価の推移を示したものである。同図から、機能不全に陥っているC評価の魚道は減少し、A,B評価の魚道の割合が増加していることがわかる。なお、2012年は機能していたが5年間で機能不全に陥った魚道が14箇所、対策後再び機能が失われた魚道6箇所など、効率的な維持管理の必要性を示唆している。

4. 農業用水路における分断化の解消

岐阜県では、「森・川・海」の縦断方向の連続性に加えて、「河川・農業用水路・水田」という流域内の横断方向の連続性を確保することにより、面的な水みちの連続性を再生し、魚類の生息環境を改善する観点から、河川部局と農政部局が連携した試みが行われている¹⁰⁾。

関市千疋地区には、長良川の支川武儀川と合流する農業用水路に樋門が設置されており、樋函の下流には約1.1m、基幹水路と末端水路の合流点には約1.0m、基幹水路の最下流端には0.6mの落差が生じている。この河川と農業水路の合流点の落差を解消するために、擬石付き根固めブロックを用いたストリームタイプ魚道(勾配:約1/10)が設置された。ブロックの下に吸出し防止材を敷設することにより水流の潜りを防ぎ、横断方向に勾配を付加することにより流れを中央に寄せて渇水期でも魚道内の水深を

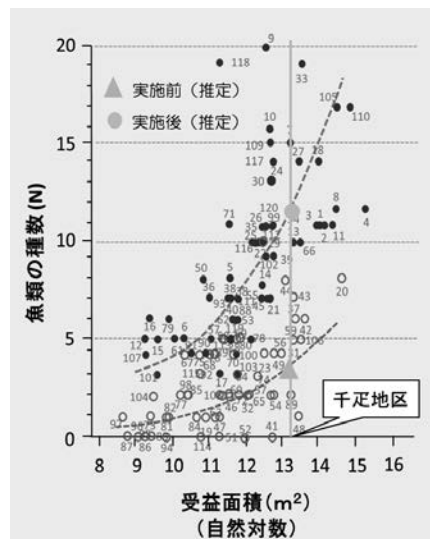


図-10 水田の総面積(受益面積)と魚類の種類数

確保する工夫などが行われている。また、農業水路内の単調な流れ場に多様性を創出するために、ブロックを用いたバープ工を試行的に設置した。また、この農業用水路周辺は、岐阜県水産研究所による魚類・水性生物調査が継続的に実施されており、改善策の生物学的な評価が可能である。落差工による分断の影響で引き起こされる魚類群集の種多様性の減少と、河川から分断された孤立した農業用水路の面積との関係性については、岐阜県水産研究所において検討されている¹¹⁾。

図-10は、農業用水に流れ込む水田の総面積(受益面積)と魚類の種類数について示したものである。同図から、受益面積の小さい農業用水路では、0～5種類確認できないのに対して、受益面積の大きい水路では、20種類以上が確認されている。さらに、河川と農業用水路の合流部に落差がある場合と無い場合では、受益面積の増加に対する種類数の増え方が異なることが明らかである。落差工による河川と農業用水路の生態系ネットワークの分断が魚類群集の種多様性の減少に及ぼす影響は、規模が大きい農業用水ほど顕在化することを示している¹²⁾。

同図に関市千疋地区のモニタリング結果を併記すると、施工前(2014～2015年7月)の平均4種類から施工後(2016～2017年7月)11種類に増加していることがわかる。また、個体数は、施工前(2014～2015)の平均44から施工後(2016～2017)平均164に増加し、その内訳は幹線水路で大幅な種類数、個体数が増加があり、幹線水路を中心に生物種の回復が顕著である。

5. おわりに

岐阜県の河川砂防管理区間に設置された魚道(672箇所)では、フィッシュウェイサポーター制度による

魚道カルテの定期点検，また，河川・農業水路・水田の集水域では，多様な生物が遡上・降下可能な「水みち」の連続性の展開（調査地点 948）が進められている。

本研究は，これらのデータ分析（2012～2017 年）により，魚道の機能低下の要因の抽出，維持管理方法を検討し，農業水路では，落差によるネットワーク分断化の解消の効果を，水田の総面積（受益面積）と魚種等の関係などから評価した。

本研究により明らかにされた成果は以下のようである。

- 1) 主成分分析により，魚道の破損，滞筋，土砂・流木等の堆積，河床洗掘等が魚道の機能低下の支配要因である。また，クラスター分析により，C 評価が約 60%を占める流域の魚道グループは，複合要因による機能低下が関与している。
- 2) 流入土砂や流木等による魚道機能回復については，継続的な維持管理の重要性，簡易補修，魚道出口の土砂流入防止策などの必要性が指摘された。
- 3) さらに，落差工による河川と農業水路との生態系ネットワークの分断が魚類群集の種多様性の減少に与える影響は，受益面積が大きいほど顕在化する傾向にあり，落差を解消すれば規模が大きな農業水路ほど多くの魚種が回復する。

謝辞

本研究を遂行するにあたり，岐阜県県土整備部河川課，農政部および水産研究所からは多大な資料提供をいただいた。また，岐阜県自然共生工法研究会魚道研究部会の方々には助言等を賜った。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) 森 誠一：魚道の思想・機能評価・今後の魚道の在り方，応用生態工学，Vol.3，No.2，pp.151-152，2000.
- 6) 水野信彦・森 誠一：魚の生態から見た魚道の見方，応用生態工学，Vol.3，No.2，pp.209-218，2000.
- 7) 森 誠一：魚から見た魚道，River Front，Vol.55，pp.6-9，2006.
- 8) 和田 清・森 誠一・遠藤協一・藤井孝文：岐阜県の魚道カルテの評価軸の分析と既設魚道の改善策，土木学会河川技術論文集，vol.22，pp.397-402，2016.
- 9) 和田 清・藤井克哉・太田有生夫：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，土木学会環境システム研究論文集，vol.42，pp.453-458，2014.
- 10) 和田 清・渡邊美咲・寺町 茂：小河川および農業用水路網における魚類の遺伝的多様性と希少種の生息環境，土木学会環境システム研究論文集，vol.43，pp.331-336，2015.
- 11) 岐阜県水産研究所編：河川・農業水路・水田における生態系ネットワークの現状と再生-淡水魚類の種多様性の保全に向けて-(平成 24～28 年度)，34p., 2017.
- 12) 岐阜県県土整備部河川課編：第 4 回清流の国ぎふ・水みちの連続性連携検討会資料，26p., 2018.

(2018.8.24 受付)

STUDY ON THE CONTINUITY OF FISH PASSEGE IN RIVER AND IRRIGATION NETWORKS

Kiyoshi Wada, Sei-ichi Mori, Ryuji Yonekura and Kyota Hashiguchi

This study has analyzed factors for recovery of the fishway by cluster analysis and main component analysis using check-sheet data of fishway supporter system 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 the item based on the damage of the structure, stream route, step of the flow, partial scour in a riverbed. 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. Furthermore, the fragmentation of the ecosystem network with a river and irrigation system by the drop works affects the decrease in variety of fish species. A many fish species is restored in a large agriculture water catchment area without drop works.