

富山県氷見市のイタセンパラ生息河川を対象とした 灌漑・非灌漑期における水質調査

辺 冠臻^{1*}・呉 修一^{2*}・西尾 正輝^{3*}・川上 僚介^{4*}・高橋 剛一郎^{2*}

(*1 大学院 工学研究科・環境工学専攻 *2 工学部 環境・社会基盤工学科
*3 氷見市教育委員会 *4 NPO法人Bioクラブ)

要約：本研究は、富山県氷見市のイタセンパラ生息河川を対象とし、水質・河床材料などの現地調査を灌漑・非灌漑期に行った結果を報告するものである。本研究の目的は、現地調査などにより、仏生寺川水系のイタセンパラが近年減少した原因を明らかにするとともに、イタセンパラの生息に適した河川環境を評価することである。対象河川の水質調査結果より、灌漑・非灌漑期の DO, BOD, SS はコイ科魚類の生息に適合する範囲内であることが明らかとなり、イタセンパラの減少を生じさせるような問題は確認されなかった。また、河床材料調査結果により、イタセンパラが生息している万尾川水系の河床構成は砂分が高く、粒径が小さかった。一方で、仏生寺川では、礫の含有量が高く、粒径が大きいことが明らかとなった。今後、仏生寺川の河床の時空間分布特性を解明するため、過去の洪水攪乱の状況や他の要素を含め、継続した調査・解析を実施する予定である。

キーワード：イタセンパラ、絶滅危惧種、氷見市、仏生寺川、水質

1. はじめに

イタセンパラはコイ科のタナゴ亜科タナゴ属に分類される淡水魚の一種である。生きた淡水二枚貝の鰓内に卵を産みこむという特徴的な産卵形態を有する純淡水魚であり、日本固有種である¹⁾。イタセンパラはかつて琵琶湖・淀川水系、濃尾三川(木曾川、揖斐川、長良川)および富山平野の3地域に広く生息していたとされる²⁾。しかしながら、近年イタセンパラの数は減少していることから³⁾、レッドリストにおいて絶滅危惧IA類に指定されている(環境省⁴⁾)。筆者が既往研究などから考察できる減少原因は、外来種の影響、人為活動による水質汚濁や水理環境の変化、淡水二枚貝の減少、観賞魚としての乱獲などが考えられる。また、今後は地球温暖化がイタセンパラの生存環境に影響を与える可能性がある。例えば、降雨・気温の変化が、洪水攪乱の頻度・規模や、イタセンパラの産卵環境に変化を与える事が危惧される⁵⁾。以上、考え得るイタセンパラの減少要因を図-1に示す。現在、富山平野ではイタセンパラが氷見市のごく一部の河川で生存しているが、仏生寺川での減少が報告されている⁶⁾。

イタセンパラの研究は従来から数多く行われている。西尾ら⁷⁾は、イタセンパラの産卵基質となる淡水二枚貝を対象として、富山県氷見市万尾川のイタセンパラと淡水二枚貝の相互関係について調査した。調査結果より、産卵期のイタセンパラ成魚は水深20cm程度で淡水二枚貝の生息密度が高い水域にお

いて多くの個体数が確認されることを報告している。

淡水二枚貝に関する研究として、根岸ら⁸⁾は、イシガイ類の基礎生態を説明している。イシガイ類は砂分が高く、礫分が低い適度な間隙水の流れが維持された底質環境が必要であることを明らかにしている。しかしながら、細粒成分の過剰堆積に対してイシガイ類は非常に脆弱であることや、水質の汚濁、外来種の侵入、水温の変化もイシガイ類に大きな影響を及ぼすと発言している。鬼倉ら⁹⁾は、タナゴ類および淡水二枚貝を対象として、福岡県の多々良川水系における現地調査を行い、河川流域の都市化の進行が淡水二枚貝およびタナゴ類の生息に不利益であることを示唆している。根岸ら¹⁰⁾は、氾濫原水域に依存するイシガイ類を対象とし、冠水頻度とイシガイ類の関係について調査している。これにより、イシガイ類は、一年に最低1回程度、河川本流と連結するような冠水がある氾濫原水域にのみ生息できることを示している。各地域のイタセンパラの遺伝的差異に関して、Yamazakiら¹¹⁾は、富山県氷見市の万尾川、淀川、木曾川のイタセンパラを対象とし、DNAサンプルのマイクロサテライト分析を行っている。その結果、3地域のイタセンパラ集団間において有意な遺伝的差異があることを明らかにし、3地域ではイタセンパラの保護に向けて異なるアプローチが必要な可能性を示唆している。

本研究では、富山県氷見市のイタセンパラを対象とし、灌漑・非灌漑期の基礎的な水理・水質特性を現地調査からイタセンパラの生息条件を明らかにし、仏生寺川におけるイタセンパ

ラの減少要因の解明を目的とする。

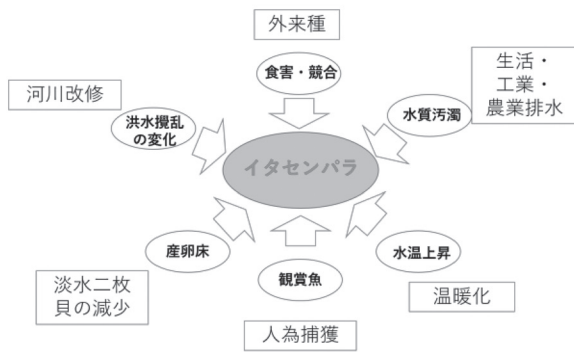


図-1 考え得るイタセンバラの減少要因

2. 調査河川の概要

本研究では、富山県氷見市で、現在イタセンバラの生息が確認されている万尾川水系万尾川、中谷内川、坂津川および、かつてイタセンバラが生息していた仏生寺川水系仏生寺川、矢田部川、神代川を対象とする。富山県氷見市および対象とした河川の位置を図-2 に示す。

万尾川水系周辺の土地利用は、森林植生が約 64%で、約 36%が水田などに利用されている。万尾川は灌漑期（4-7 月）に水田に水を引くために、河川各所に大小の水門やゴムダムが存在する。灌漑期に水門が閉じられることで水位が高くなり、止水環境となる。一方、非灌漑期（9 月以降）には、水門が開放され水位は低下し、流水環境となる。河岸はほとんどが泥で構成されており、一部で護岸工事が行われている¹²⁾。

仏生寺川水系は、丘陵地から田園地帯、市街地を経て富山湾に注ぐ二級河川である。仏生寺川水系の周辺は、集水域の約

84%が森林植生で、約 16%が水田等に利用されている。仏生寺川は河岸の多くの場所で護岸工事が行われてきた中規模河川である。また、仏生寺川水系にも水門があり、灌漑・非灌漑期で流況が大きく異なる。本研究では、灌漑・非灌漑期を対象に水質調査を行う。著者が既往文献・調査などより推測したイタセンバラ生息区域および調査地点を図-3 に示す。



図-2 富山県氷見市および現地調査対象とした河川の位置



図-3 イタセンバラ生息区域および調査地点

3. 調査手法

本研究では、調査対象河川の水質環境を明らかにするため、現地調査を行った。以下にその調査方法の概要を記す。

(1) 水質の現地調査

2018年10月6日(晴, 平均気温25°C, 非灌漑期)と2019年6月5日(晴, 平均気温25°C, 灌漑期)に図-3に示した調査地点で採水を行った。採水は、河川の横断方向中央部の表層水を対象に行った。分析項目はDO, BOD, T-N, T-P, クロロフィルa, SSである。なお、採水した水の分析は、北陸環境科学研究所に依頼した。

(2) 河床材料の空間分布

2018年11月18日(晴, 平均気温11°C, 非灌漑期), 2018年12月18日(晴, 平均気温5°C, 非灌漑期)に、調査地点において河川横断方向5地点で土砂を採取し、4分法で試験サンプルとした。なお、採取した土砂サンプルの分析は、中部地質株式会社に依頼し、ふるいおよび沈降分析より土砂の粒度分布を算定した。

(3) 仏生寺川における河床材料の時間変化

仏生寺川における土砂の時間変動特性にも着目するため2019年11月14日(晴, 平均気温12°C, 非灌漑期)と2019年12月16日(晴, 平均気温5°C, 非灌漑期)に、仏生寺川のみを対象として土砂の採取と分析を行った。ここでは、仏生寺川の粒径の大きい土砂に着目するため沈降分析は行わず、ふるい分析のみで粒度分布を算定した。

4. 観測結果および考察

(1) 水質の現地観測結果

灌漑・非灌漑期の河川状況の相違を示すために、まずは水深の調査結果を図-4, 図-5に示す。調査対象河川は全体的に灌漑・非灌漑期ともに下流の水深が深い。加えて、灌漑期には、各所の水門が閉じられるため、水深が深くなる。例えば、万尾川上流域では水深が20~50 cm程度深くなり、下流域では10~40 cm程度深くなる。このような上下流の深い水深では、オオクチバスやカマルチーなどのイタセンパラを捕食する大型の肉食性外来魚が侵入しやすいような状況が想像できる。

仏生寺川水系において、上流域に位置する矢田部川は非灌漑期では水深が浅い(20~30 cm程度)が灌漑期には水深が40~50 cm程度上昇する。仏生寺川下流域へ合流する神代川は非灌漑期では水深が40 cm程度であるが、灌漑期に矢田部川と同じように40 cm程度上昇する。しかしながら、仏生寺川の観測地点は三ヶ村用水堰(以下、堰)の下流に位置するため、水深は灌漑・非灌漑期で変わらず60 cm程度である。

DO濃度の空間分布を図-6, 図-7に示す。非灌漑期に万尾川上流域ではDO濃度が高い(8~9 mg/L程度)が、下流域と中谷内川では低いDO濃度を示している(3 mg/L程度)。坂津川上・下流域ではDO濃度の差が小さく、4~5 mg/Lを示している。万尾川水系よりも仏生寺川水系全体でDO濃度が高く、7.6~13.4 mg/Lを示している。しかしながら、灌漑期では万尾川下流、中谷内川と坂津川のDO濃度が大きく上昇している(2~5 mg/L程度)、万尾川上流では減少している。水質汚濁が懸念される灌漑期においても、DO濃度の減少は見られず、逆に増加している地点が多々あり興味深く、今後更なる調査が必要と考える。安富ら¹³⁾は、コイ科の魚に適合なDO濃度標準は5 mg/L以上としており、仏生寺川水系のDO濃度はイタセンパラ生息に十分な濃度を有していると考えられる。

BODの空間分布を図-8, 図-9に示す。非灌漑期に河川全体でBOD濃度が低く(0.5~1.6 mg/L程度)、上流ほど低い濃度を示す傾向にある。しかしながら、灌漑期に水門が閉じられ止水環境が生じることにより、BOD濃度が2.5~4 mg/L程度高くなっていることがわかる。特に万尾川下流のBOD濃度が大きく上昇している(5~6 mg/L程度)。その一方で、仏生寺川水系のBOD濃度も値は小さいが上昇している(1.6 mg/L)。しかしながら、水質汚濁が懸念される灌漑期においても、万尾川下流以外のBOD濃度はイタセンパラの生息に適する値を示していた。

T-N濃度の空間分布を図-10, 図-11に示す。非灌漑期では全体的に富栄養階級¹⁴⁾に属しており(0.4~1.1 mg/L程度)、灌漑期にはそれ以上の値を示している。下流ほどT-N濃度が高い傾向にある。灌漑期の万尾川水系のT-N濃度は大きく上昇しており(0.4~1.0 mg/L程度)、仏生寺川水系上流域に位置する矢田部川は0.5 mg/L程度T-N濃度が増えているが、水門の下流に位置する仏生寺川観測地点と神代川のT-N濃度の変化は確認されなかった。

T-P濃度の空間分布を図-12, 図-13に示す。非灌漑期に全体的に富栄養階級に属するが(0.05~0.20 mg/L程度)、灌漑期にはそれ以上の値を示している。下流域ほどT-P濃度が高い傾向にある。灌漑期にはT-N濃度と同じく、万尾川水系および矢田部川は上昇し(0.05~0.10 mg/L程度)、水門の下流域の仏生寺川と神代川のT-P濃度は非灌漑期の濃度変化はほとんどない。

クロロフィルa濃度の空間分布を図-14, 図-15に示す。対象河川のクロロフィルa濃度が非灌漑期に坂津川と仏生寺川以外、全体的に中栄養階級に属するが(5~26 μg/L程度)、灌漑期に大きく上昇し富栄養階級になっていることがわかる。特に万尾川水系下流域では、大きく上昇している(100~120 μg/L程度)。

以上のT-N, T-Pおよびクロロフィルaの調査結果より、灌漑期では万尾川水系、仏生寺川水系ともに富栄養な状態であることが明らかとなった。しかしながら、DO濃度は高い状態を保っていたことから貧酸素の状態は生じていないと考えられる。これらのことから、現状では富栄養な河川の状態がイタセンパ

ラに悪影響を与えていないと推測する。

SS濃度の空間分布を図-16、図-17に示す。非灌漑期に万尾川水系のSS濃度は低い傾向にあり（10～30 mg/L程度）、仏生寺川は更に低いSS濃度を示している（5～13 mg/L程度）。SS濃度は灌漑期に万尾川上流では少し上昇しているが、中谷内川と坂津川では低下している。仏生寺川水系のSS濃度は灌漑・非灌漑期で変化が少ない（5～10mg/L程度）。

安富ら¹³⁾は、コイ科の魚に適合なSS標準は50mg/Lとしており、仏生寺川水系のSS濃度はイタセンバラの生息に十分適合している。水質調査結果によって、仏生寺川水系の水質はイタセンバラの生息の許容範囲内と考えられ、イタセンバラを減少させるような問題は確認されなかった。

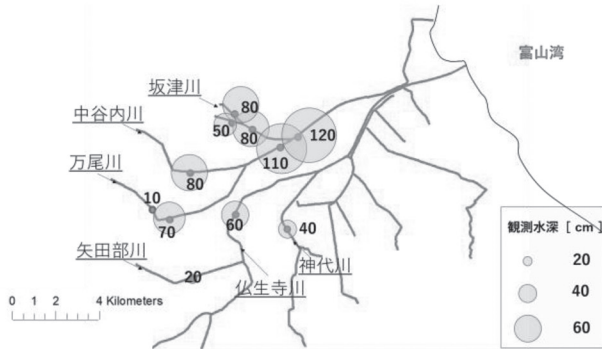


図-4 水深の空間分布図(非灌漑期:2018年10月6日)

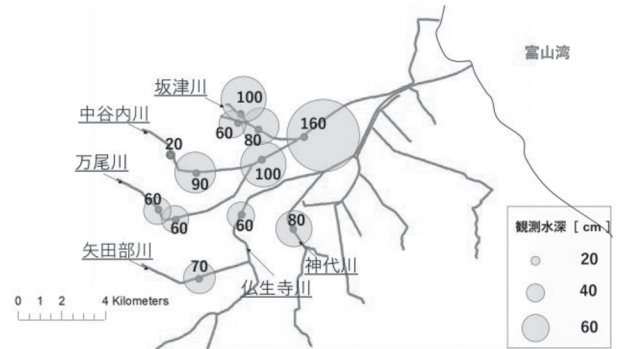


図-5 水深の空間分布図(灌漑期:2019年6月5日)

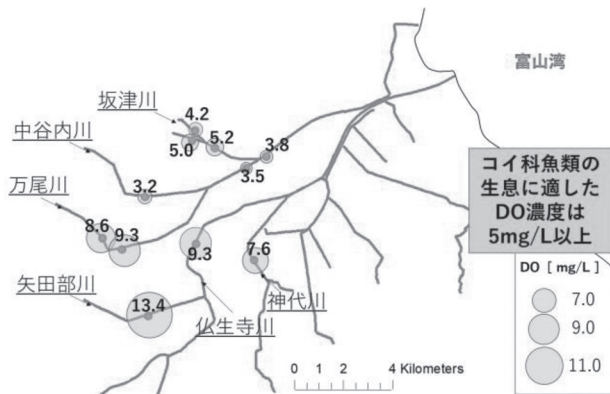


図-6 DO濃度の空間分布(非灌漑期:2018年10月6日)

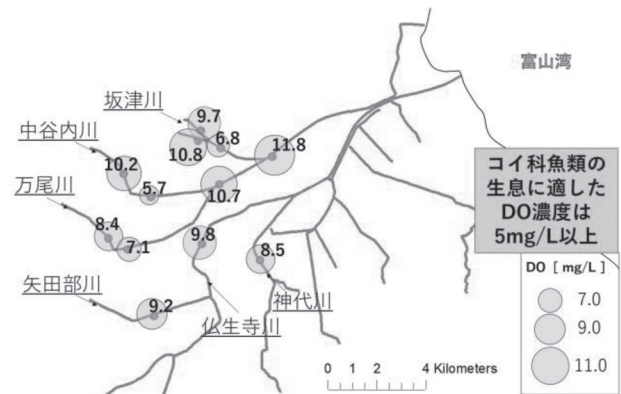


図-7 DO濃度の空間分布(灌漑期:2019年8月10日)

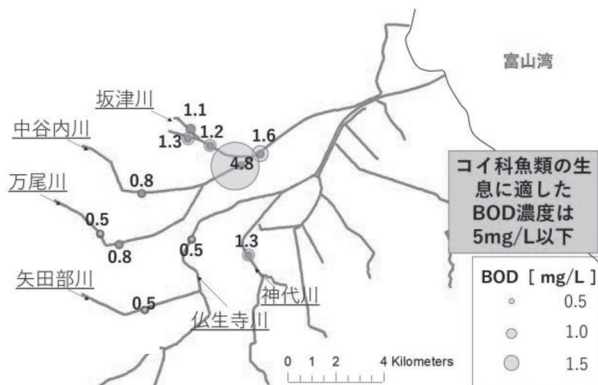


図-8 BOD濃度の空間分布(非灌漑期:2018年10月6日)

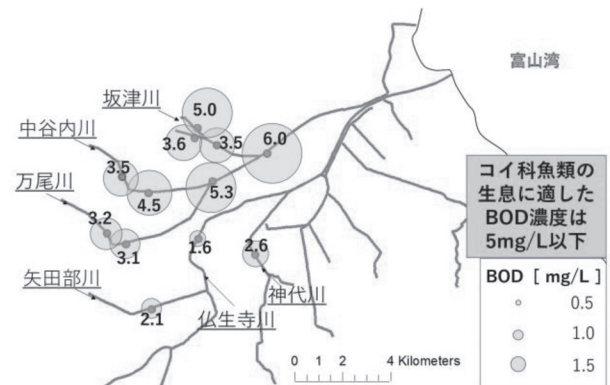


図-9 BOD濃度の空間分布(灌漑期:2019年6月5日)

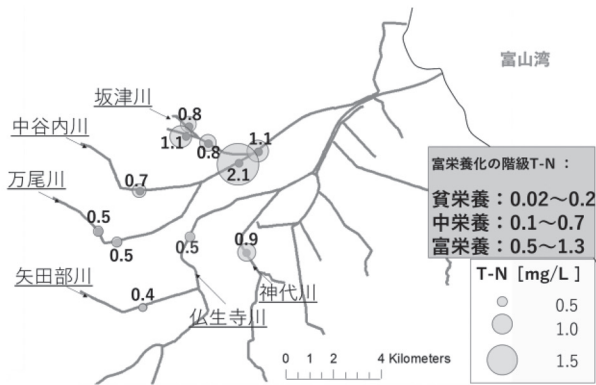


図-10 T-N濃度の空間分布(非灌漑期:2018年10月6日)

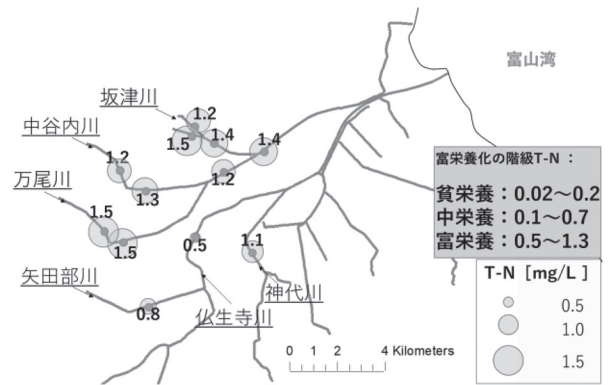


図-11 T-N濃度の空間分布(灌漑期:2019年6月5日)

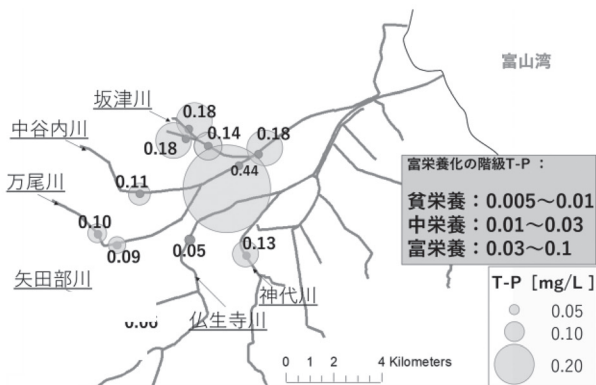


図-12 T-P濃度の空間分布(非灌漑期:2018年10月6日)

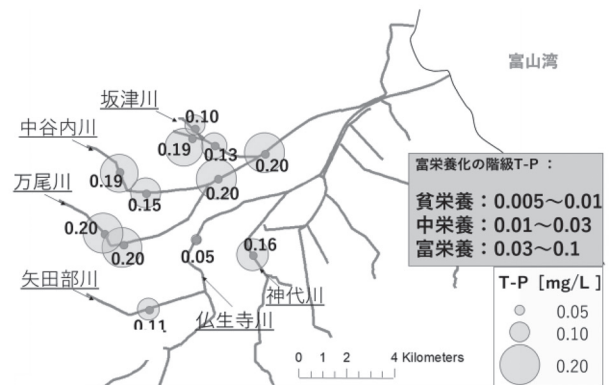


図-13 T-P濃度の空間分布(灌漑期:2019年6月5日)



図-14 クロロフィルa濃度の空間分布
(非灌漑期:2018年10月6日)

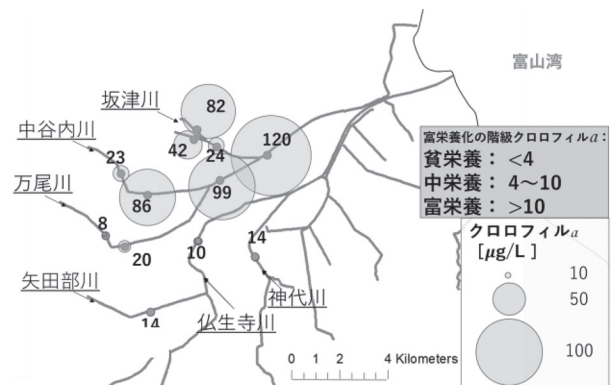


図-15 クロロフィルa濃度の空間分布
(灌漑期:2019年6月5日)

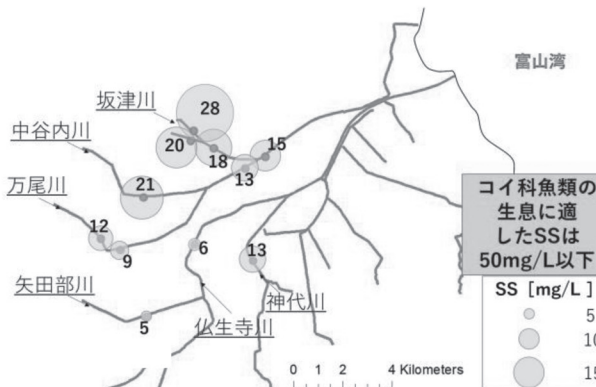


図-16 SS濃度の空間分布(非灌漑期:2018年10月6日)

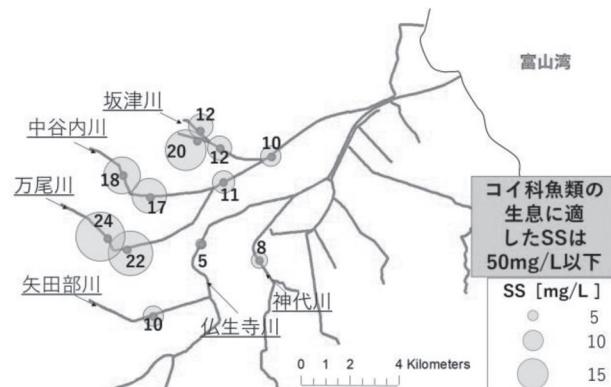


図-17 SS濃度の空間分布(灌漑期:2019年6月5日)

(2) 河床材料空間分布の調査結果

2018年11月18日の対象河川の河床材料の通過質量 D_{50} を図-18 に示す。イタセンバラが生息している万尾川水系は、全体的に河床粒径が主に小さい砂 (0.5 mm) で構成されている。仏生寺川水系の矢田部川と神代川は、万尾川水系とほぼ同じ河床材料の性質である (0.3~0.5 mm)。しかしながら、仏生寺川中・下流の河床粒径は大きい土砂で構成されている (0.8~1.1 mm 程度)。また、仏生寺川上流側の河床材料の粒径が小さい (0.2 mm) など不連続な状況が見られる。

2018年11月18日の対象河川の河床材料の粒径加積曲線の一例として、万尾川、仏生寺川のを図-19 に示す。万尾川では砂分が高く (79.6%)、礫分が低く (8.3%)、粒径が小さいが、仏生寺川中・下流では礫含有量が大きく (40%程度)、粒径が大きい。根岸⁸⁾は、淡水二枚貝は礫質より砂質が多い河床を好むとしている。このことから、近年の仏生寺川におけるイタセンバラおよび淡水二枚貝の減少要因と、仏生寺川の河床材料の関係を今後詳しく解析することが重要となる。よって、以下では、仏生寺川のみに着目して土砂の時空間分布特性について議論を行う。

(3) 仏生寺川の河床材料の時間変化特性

2019年11月14日の仏生寺川の河床材料通過質量 D_{50} を図-20 に示す。2018年11月よりも仏生寺川中・下流の河床粒径が小さくなる (0.4~0.6 mm) が、上流では、少し大きくなる (0.4 mm) が、上流では、少し大きくなる (0.4 mm)。

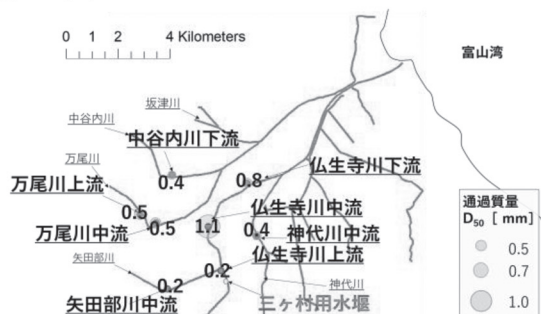


図-18 対象河川の空間分布河床材料通過質量 D_{50} (2018年11月18日)

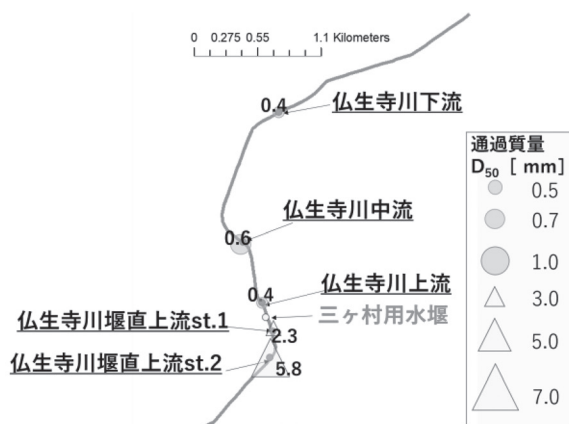


図-20 仏生寺川の河床材料通過質量 D_{50} (2019年11月14日)

堰の上流側では粒径が大きく、上流ほど更に大きい粒径を示している (2~6 mm程度)。

2019年11月14日の仏生寺川の河床材料の粒径加積曲線を、図-21 に示す。仏生寺川上・下流では、礫分が減少し (5.4~15.9%)、粒径が小さくなるが、中流では、礫分が上昇しており (25.7%)、粒径も少し大きくなる。堰の上流側では、礫含有量が大きく (50%程度)、粒径が大きく、ほぼ礫で構成された河床である。堰の上下流で、不連続な河床構成が生じていることがわかる。

2019年12月16日の仏生寺川の河床材料通過質量 D_{50} を図-22 に示す。2019年11月 (図-21) と比べて仏生寺川中・下流では、河床粒径が大きくなっている (0.5~0.8 mm) が、上流では、少し小さい傾向がある (0.3 mm)。堰の上流側の仏生寺川堰直上流st.1では、粒径が大きくなる (5.9 mm) が、更に上流側の仏生寺川堰直上流st.2では、粒径が更に大きく9.2 mmを示している。

2019年12月16日の仏生寺川の河床材料の時空間分布粒径加積曲線を図-23 に示す。仏生寺川中・下流では、礫分が上昇し (6.1~34.2%)、粒径が大きくなるが、上流では、礫分が減少しており (1.5%)、粒径が小さくほぼ0.3 mmの砂で構成されている。堰の上流側では、河床粒径が大幅に大きくなり、ほぼ石と礫で構成された河床である (74%)。更に上流側の仏生寺川堰直上流st.2調査地点では、粒径が大きい傾向があり、河床構成の礫分も上昇している (63.5%)。

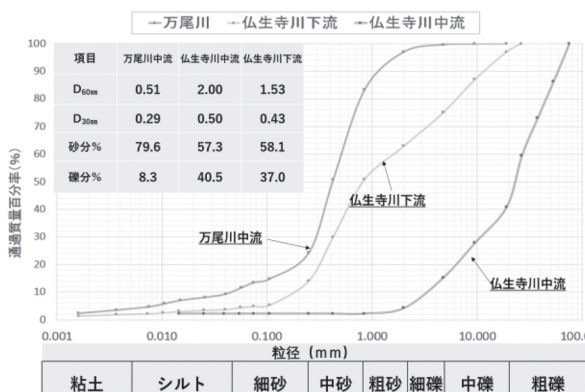


図-19 対象河川の河床材料の空間分布粒径加積曲線の一例 (2018年11月18日)

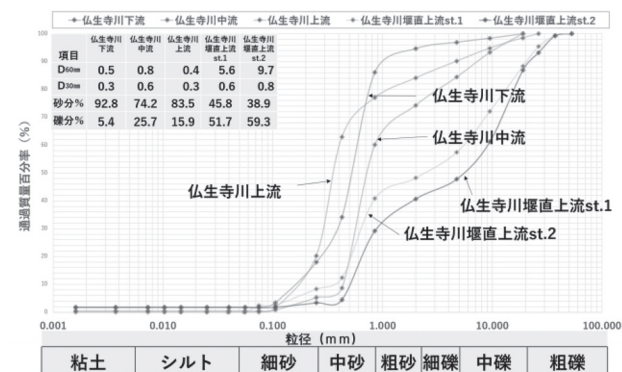


図-21 仏生寺川の河床材料の時空間分布粒径加積曲線 (2019年11月14日)

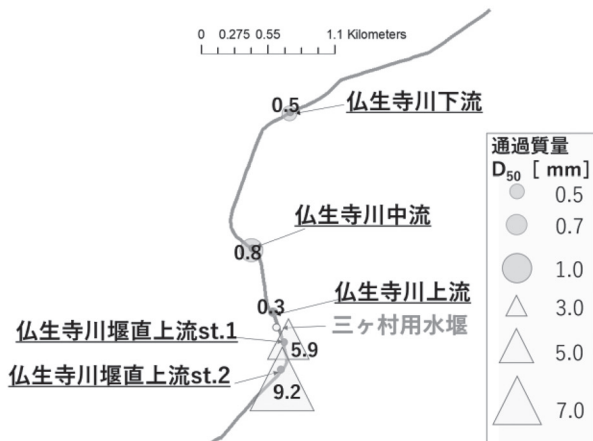


図-22 仏生寺川の河床材料通過質量 D_{50}
(2019年12月16日)

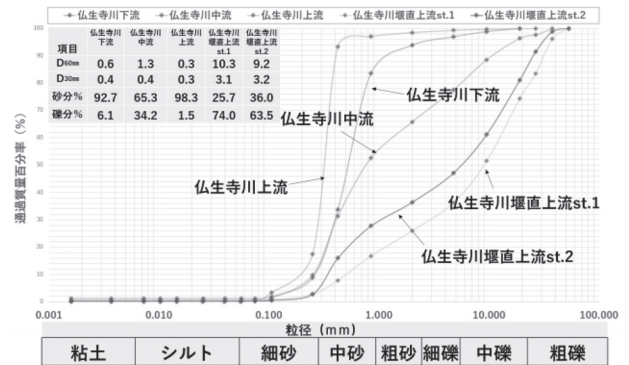


図-23 仏生寺川の河床材料の時空間分布粒径加積曲線
(2019年12月16日)

5. まとめ

本論文では、現地調査より、富山県氷見市のイタセンパラ生息河川の灌漑・非灌漑期の水質の状況と河床材料の粒径分布を明らかにした。

対象河川全体で下流域の水深が深く、上流域が浅い傾向にある。このような下流域の深い水深はオオクチバスやカムルチーのようなイタセンパラを捕食する肉食性の大型外来魚の侵入・生息が容易であり、イタセンパラの生息には不適となる可能性がある。

水質の現地調査より、対象河川全体的にDO濃度は高い値を示し、BOD濃度とSS濃度は低い傾向にあり、T-N濃度、T-P濃度およびクロロフィルa栄養塩濃度が中・富栄養階級に属している。灌漑期にはBOD濃度が高くなり、T-P、T-Nおよびクロロフィルa栄養塩濃度も上昇している。このように灌漑期には水質の悪化が見られるが、全体的に対象河川の水質はイタセンパラの生息に十分適しているため、イタセンパラの減少を生じるような問題は、本調査では確認されなかった。また、富栄養状態ではあるが、DO濃度も高い値を示しており、イタセンパラの生息に問題はないと考えられる。

河床材料の調査より、万尾川水系の河床材料は、砂分が多く、粒径が小さい構成であった。礫より砂質の河床を好む淡水二枚貝に適した生息場であるが、仏生寺川の中・下流では礫の含有量が高く、粒径が大きい礫分と砂分が混ざって構成された河床材料である。このことから、仏生寺川の淡水二枚貝数の減少と礫分が多い河床の関係性および河床で礫分が高い状況を今後詳しく調査・解析する必要がある。

今後は、継続的に水質の調査と評価を継続して行っていく予定である。また、継続・長期的に仏生寺川の土砂の時空間分布を評価するとともに、降雨流出との関係、特に過去の洪水攪乱の状況などを含めて、詳しく調査・分析を行っていく予定である。

謝辞：

本研究は、大学コンソーシアム富山による平成30年度「学生による地域フィールドワーク研究助成」の助成を受けて実施されました。また、本研究の現地調査では、富山県立大学河海工学研究室（呉研究室）の八木隆聖氏、石川彰真氏、張瑞氏とAdhi Bambang氏のご協力を頂きました。ここに記して研究助成および調査協力者に対して謝意を表します。

参考文献

- 1) 環境省：レッドデータブック 2014-日本の絶滅のおそれのある野生生物-4 汽水、淡水魚類、環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室（編）、ぎょうせい、東京、pp.414, 2015.
- 2) 中村守純：日本のコイ科魚類（日本産コイ科魚類の生活史に関する研究）. 資源科学シリーズ 4, 資源科学研究所、東京. pp.56-65, 1969.
- 3) 西尾正輝, 川上僚介, 川本朋慶：富山県氷見市万尾川および保護池における絶滅危惧種 イタセンパラ *Acheilognathus longipinnis* の産卵母貝適性, 魚類学雑誌, Vol.66, No.1, pp.7-13, 2019.
- 4) 環境省：環境省レッドリスト 2019, 環境省 HP <https://www.env.go.jp/press/files/jp/110615.pdf> (2020/1/17 閲覧)
- 5) Uehara K., K. Kawabata and H. Ohta: Low temperature requirement for embryonic development of Itasenpara bitterling *Acheilognathus longipinnis*, Journal of Experimental Zoology, 305A, pp.823-829, 2006.
- 6) Nishio M., K. Edo and Y. Yamazaki: Paddy management for potential conservation of endangered Itasenpara bitterling via zooplankton abundance, Agriculture, Ecosystems & Environment, Vol.64, pp.87-92, 2017.

- 7) 西尾正輝, タハソリマン, 山崎裕治: 富山県氷見市万尾川におけるイタセンバラの出現と産卵場所, 魚類学雑誌, 59: 147-153, 2012.
- 8) 根岸淳二郎, 萱場祐一, 塚原幸治, 三輪芳明: イシガイ目二枚貝の生態学的研究: 現状と今後の課題, 日本生態学会誌, pp 58: 37-50, 2008.
- 9) 鬼倉徳雄, 中島淳, 江口勝久, 乾隆帝, 比嘉枝利子, 三宅琢也, 河村功一, 松井誠一, 及川信: 多々良川水系におけるタナゴ類の分布域の推移とタナゴ類・二枚貝の生息に及ぼす都市化の影響, 水環境会誌, 29巻12号 pp.837-842, 2006.
- 10) 根岸淳二郎, 萱場祐一, 佐川志朗: 氾濫原の冠水パターンの変化とその生態的な影響~淡水性二枚貝の生息状況の観点から~, 土木技術資料, pp 50-11, 2008.
- 11) Yamazaki Y., K. Uehara, K. Ikeya and M. Nishio: Interpopulational and intrapopulational genetic diversity of the endangered Itasenpara bitterling (*Acheilognathus longipinnis*) with reference to its demographic history, Conservation Genetics, 2019, <https://doi.org/10.1007/s10592-019-01232-x>
- 12) 氷見市: 氷見市森林整備計画参考資料 (2019年1月23日参照)
- 13) 安富亮平, 今田和史: 養魚環境水の適否の判定に用いた水質分析項目, 魚と水 Uo to Mizu, 49-1 :13-22, 2012.
- 14) 岩佐儀朗: 河川工学, pp.368, 山海堂, 東京.

Basic surveys of water quality during irrigation and non-irrigation periods for rivers where
Acheilognathus longipinnis live in Himi City, Toyama

Bian guanzhen^{*1}, Shuichi Kure^{*2}, Masaki Nishio^{*3}, Ryosuke Kawakami^{*4} and Takahashi Goichiro^{*2}

*1 Department of Environmental and Civil Engineering
Graduate School of Engineering

*2 Department of Environmental and Civil Engineering
Faculty of Engineering

*3 Board of Education in Himi City, Toyama

*4 Specified Nonprofit Corporation Bio Club

Key Words: *Acheilognathus longipinnis*, Endangered species, Himi City, Busshoji River, Water quality