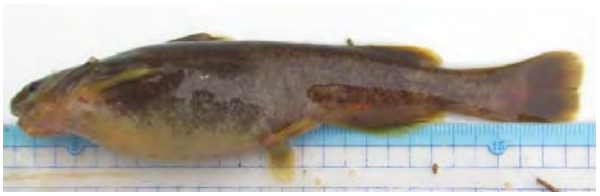
魚が棲みやすい農業水路を目指して

～農業水路の魚類調査・評価マニュアル～











（国研）農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究部門

はじめに

農業や農村は、食料生産の場だけでなく、国土保全機能、地下水涵養機能、保健休養機能などのさまざまな多面的機能を有している。なかでも耕地面積の半数以上を占める水田は、人の手によって管理されてきたため自然度は低いものの、自然湿地や水辺で生活してきた生物の代替生息地としても機能しており、生物多様性保全機能に資する側面がある。また、水田地帯の灌漑排水を目的として整備されてきた農業水路は、人によって整備され、管理・維持されてきた水利施設であるが、魚類をはじめ多くの水辺の生きものたちの生息場としても機能してきたことが知られている。1963 年に制度化された圃場整備事業などによって進められてきた道路や水路の整備、圃場区画の大型化など生産基盤整備の結果、労働生産性と土地生産性は飛躍的に向上を遂げた。

一方、2001 年に改正された土地改良法では、基盤整備が環境にもたらす影響にも鑑み、事業実施に当たって生態系保全も含めた環境との調和への配慮を原則として位置づけた。このことによって、農村の水辺環境も向上しつつあり、魚類などの水生生物に対する保全機能が発揮されやすくなった。事業による水路整備の有無にかかわらず、農業水路の生物保全機能を評価し、その向上を目指すことは、農業や農村が有する多面的機能の維持に向けて重要な取り組みとなる。

今日、農村地域における過疎化・高齢化の進行は、地域資源としての水田などの農地、農業水利施設の管理の粗放化を加速させると同時に、生態系配慮後の施設の維持管理やモニタリングの減退も危惧される。農業水路の有する生物保全機能を持続的に発揮させるためにも、省力的な調査手法や現場で取り組みやすい簡便かつ安価な修復手法の技術提案が待たれていた。

平成 25 年度より農林水産省委託プロジェクト研究「生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発」が開始された。その目的は生物多様性を活用して農業生産の安定化を図るため、生物多様性保全効果の高い体系化技術を開発するとともに、農村環境における生物多様性保全効果を簡易に評価するための手法を開発し、現場で活用できるマニュアルを作成することにある。本プロジェクトのうち、農業水利施設に関わる部分は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門（旧農村工学研究所）を中核として多くの大学が参画して全国において研究を実施してきた。５年間の研究期間を経て、とくに魚類等の生息環境に配慮して整備されてきた水路のモニタリングや多面的機能支払交付金制度等を活用して行われている農村環境保全活動において、農業水路での簡易な魚類棲息環境の評価手法である「魚の棲みやすさ評価プログラム」を開発するに至り、ここに現場で実際に活用していただくために、具体的な調査法および評価法、そして生態系向上に向けた修復事例などを解説したマニュアルを刊行することとした。本マニュアルが、農村生態系の保全活動組織だけでなく、それらの活動を支援する立場にある行政組織の技術者においても、広く活用していただけることを期待する。

平成 30 年３月

国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究部門長　山本　徳司

目　　次

はじめに
１．イントロダクション
1-1．マニュアルのねらい　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３
1-2．想定されるユーザー　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３
1-3．マニュアルの構成　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４

２．魚の棲みやすさ評価プログラムによる魚類生息環境の評価
2-1．水路評価に必要なデータの取得方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　６
① 水路における調査区間の決め方　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　６
② 魚類データの求め方　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　７
③ 環境データの求め方　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１２
2-2．魚類の棲みやすさの点数（スコア）化　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１６
① 評価スコアの計算　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１７
② 評価スコア式を用いた魚類の棲みやすさのモニタリング　・・・・・・・・・・・２２

３．魚類の移動ネットワーク断点の判定方法
3-1．移動ネットワークの簡便な判定法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２３
① 既存の図面を用いる方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２３
② 河川と排水路、排水路内の踏査による方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・２５
③ タイムラプスカメラや水位計を用いた水位観測による方法　・・・・・・・・・・２７
④ 魚類の標識採捕調査による方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２８

４．魚類相保全に向けた農業水路の改善事例
4-1．ネットワーク断点の簡便な修復事例や解消方法　・・・・・・・・・・・・・・３１
① 幹線排水路での修復事例　～粗石付き斜路型魚道・・・・・・・・・・・・・・３１
② 支線排水路での修復事例　～玉石やベニヤ板を用いた落差工解消・・・・・・・３３
③ 末端排水路と水田間の断点解消事例　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３５
4-2．水路内の生息環境の簡便な修復事例や解消方法　・・・・・・・・・・・・・・３６
① 生態系の遷移による生息環境の改善・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３６
② コンクリート三面張水路におけるバーブ工法・・・・・・・・・・・・・・・・３７
4-3．被災・劣化水路における生態系配慮の修復事例　・・・・・・・・・・・・・・３８
① 二面張り柵渠水路の改修時における生態系配慮の事例　・・・・・・・・・・・３８
② 間伐材を利用した護岸工事の事例　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４０

５．魚類など水生生物が棲みやすい農業水路を目指して
5-1. 農業水路の整備が魚類に及ぼしてきた影響 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４５
5-2. 生態系ポテンシャルおよび水路状態の把握・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４７
① 生態系のポテンシャルをとらえる ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４７
② 水路の状態をとらえる ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４８

＜最新研究紹介：炭素・窒素安定同位体比を用いた農村生態系の物質フローの解明＞ ４９
＜最新研究紹介：PIT タグを用いた水田水域の魚類生態の研究の可能性＞ ・・・・・５０

5-3. 外来魚の取り扱い・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５２

＜最新研究紹介：環境 DNA を用いた魚類生息推定の可能性＞ ・・・・・・・・・・・５４
＜トピックス：農家や地域住民から水路の生物情報を上手に集めるためには＞ ・・・５７

5-4. 水路の維持管理方法の違いが生物多様性に及ぼす影響 ・・・・・・・・・・・・・５９
① 農家による農業水路の維持管理の類型 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５９

＜トピックス：水尻構造と魚類の遡上可能性＞ ・・・・・・・・・・・・・・・・・ ６４

② 浚渫が魚類など水生生物の生息分布に及ぼす影響を調べた事例 ・・・・・・・・・６６
③ 維持管理が創出する水路環境の多様性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・７０
5-5. 農業水路の望ましい維持管理とそれに向けた課題 ・・・・・・・・・・・・・７１
① 魚類など水生生物に配慮した維持管理を続けるためには ・・・・・・・・・７１

＜トピックス：環境配慮対策実施後 10 年間での魚類相の経年変化＞ ・・・・・・７４

６．資料編
「評価スコア」算出のための水路環境調査 入力シート ・・・・・・・・・・・・・７６
農業水路周辺で見られる淡水魚 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・７７
本文における引用・参考文献一覧 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０６
執筆者・写真提供者一覧 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１１０

１．イントロダクション

1-1. マニュアルのねらい

本マニュアルは、農業水路において生態系保全にかかわる活動を行う際の魚類の調査や評価、また、水路に施工された生態系配慮区間の評価を行ううえでの手順と、その説明をわかりやすく示したものである。

本マニュアルでは、水路のうち支線や末端の排水路を主な対象とし、そこに棲む魚類の生息環境の向上を目指している。また、魚類の生息環境を比較的簡単に評価するために、１から４までの４ステップで「魚の棲みやすさ」を点数（スコア）化して評価できる手法を紹介している。「魚の棲みやすさ」は、対象とする水路区間の「流速」「水深」「植生」などの物理的な指標と、採捕調査で得られる魚類の「種数」と「総個体数」とを用いた統計的な処理により、生息環境を１～５点満点のスコアで表現したものである。本マニュアルに添付する CD「魚の棲みやすさ評価プログラム」を用いると、データを入力すれば容易に評価スコアが計算できる。また同一箇所において複数回にわたって調査（モニタリング）を行う場合は、魚類の採捕調査を初回のみ実施すれば、２回目以降は不要となる。

この手法は、生態系配慮区間のあるなしにかかわらず適用でき、農業水路における「魚の棲みやすさ」を経時的に評価するうえでも適している。

さらに、本マニュアルでは、魚類の生息環境の評価手法の解説に加え、評価したスコアの結果に基づいて、農業水路における魚類の生息環境を改善するためのステップや、生息環境の改善に役立つ具体的な手法や工法についても事例を示している。本マニュアルの活用により、農業水路における魚類の生息環境に対する理解が進み、各地で「魚が棲みやすい」水路が増えていくことを期待している。

1-2. 想定されるユーザー

本マニュアルは、農業水路で生態系保全活動を行う活動組織から技術的な問い合わせや相談を受けるもの（多面的機能支払交付金等の取り組みを拡げ、支援する立場にある県や市などの技術者）をユーザーとして想定している。農業や農村の現場の最前線に立つ技術者には、本マニュアルを通じて農業や農村の多面的機能への理解をいっそう深めていただきたいとともに、生態系保全にかかる活動組織への技術面を含む様々な支援や取り組みの進化に向け、本マニュアルを役立ててほしい。

なお、本マニュアルについて、より詳しい説明が必要な場合には、下記の問い合わせ先を通じ担当者に連絡していただきたい。

問い合わせ先

（国研）農業・食品産業技術総合研究機構　農村工学研究部門　技術移転部移転推進室

〒305-8609　茨城県つくば市観音台２－１－６

Tel.：029-838-7677　　Fax.029-838-7609　　メール：fishfriendly@naro.affrc.go.jp

1-3. マニュアルの構成

本マニュアルを用いた、農業水路における魚類の保全に向けた評価・改善手順を図 1-1 に示す。第２章では「魚の棲みやすさ評価プログラム」を用いて評価スコアを算出するまでの手順として、**①評価対象の水路区間の決定**、**②魚類調査**、**③環境調査**、**④評価スコアの計算**、の４ステップを示した。また、**⑤「魚類の棲みやすさ」をモニタリングする場合**、**⑥スコアの年次比較**の方法についても示した。第３章では、スコアが低い区間で、**⑦魚類生息環境の改善に向けた検討**手順として、**⑧魚類の移動ネットワーク断点の判定**方法を示した。第４章では、具体的な生息環境の改善方法として、ネットワーク断点が見られた場合の**⑨断点解消法**および断点がない場合の**⑩水路内環境の改善**方法、について解説した。なお、紹介する各方法は、本マニュアルで主な対象としている支線・末端排水路以外の水路でも適用できるものも多く、運用先のガイドとして、適用可能な水路（用排兼用水路、幹線排水路など）を明記した。また、本マニュアルで扱う水田地帯の農業水路ネットワークを図 1-2 に示した。第５章では、魚類など水生生物が棲みやすい農業水路を目指すうえで必要な知見を解説するとともに、最新の研究成果についても紹介した。

資料編では、「評価スコア」作成に用いる調査票と、魚類同定の参考に水路で見られる淡水魚類の解説を加えた。また、巻末には「魚の棲みやすさ評価プログラム」を納めたＣＤを添付した。

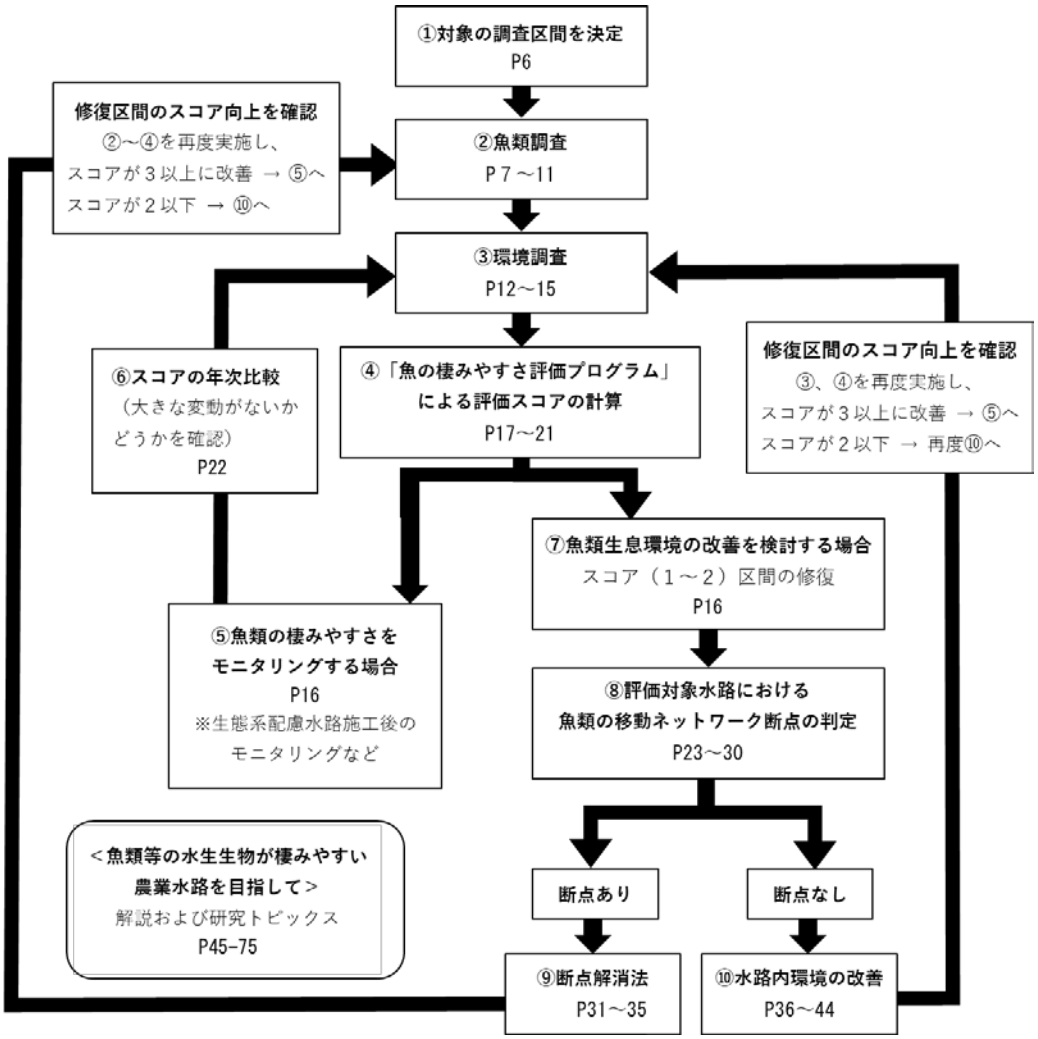


図 1-1. 魚類の棲みやすい水路を目指した農業水路の評価手順

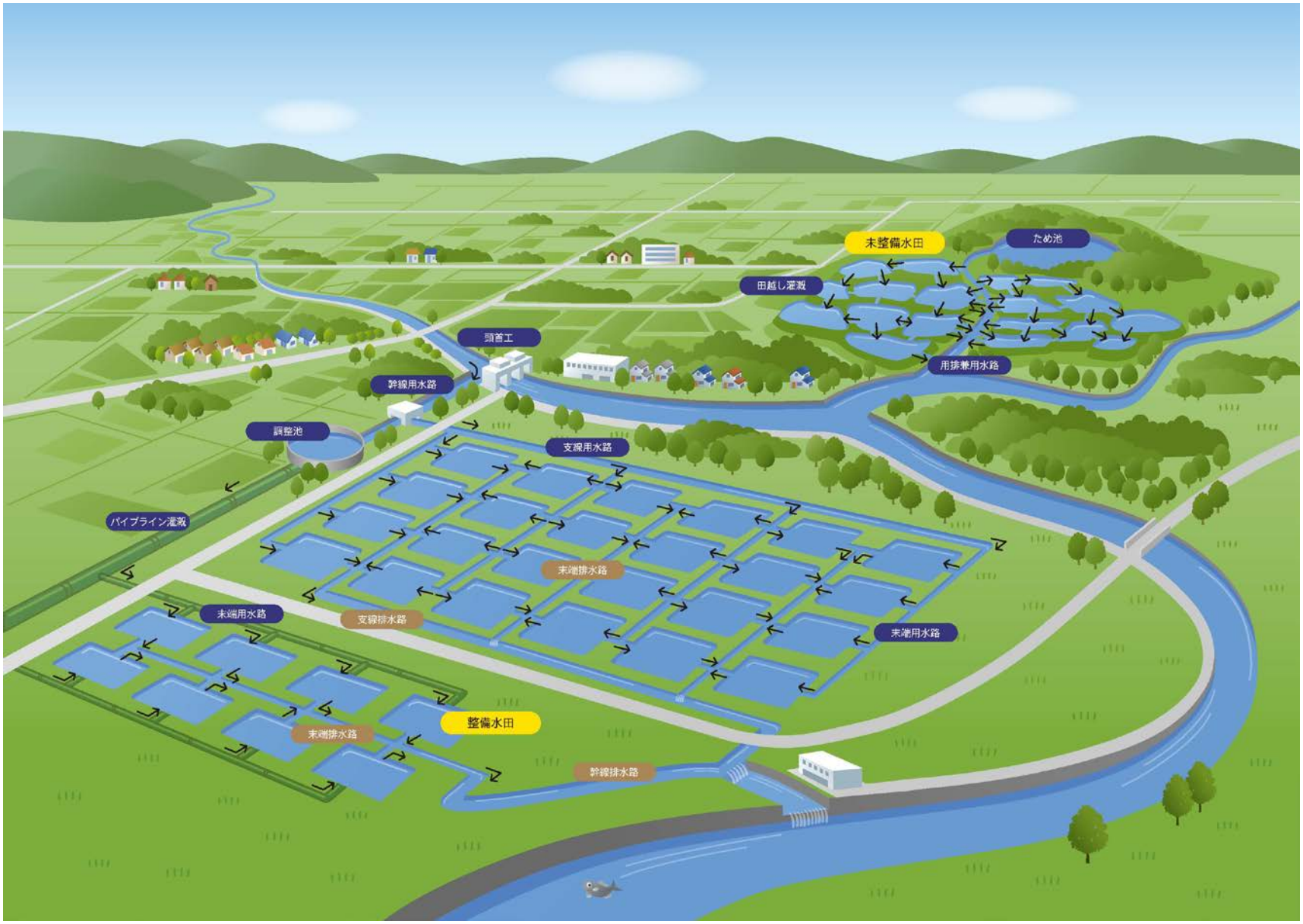


図 1-2　水田地帯でみられる農業水路のネットワーク

２．　魚の棲みやすさ評価プログラムによる魚類生息環境の評価

（主な対象水路：支線排水路　末端排水路　用排兼用水路　）

2-1. 水路評価に必要なデータの取得方法

農業水路で、魚類がより棲みやすい環境にしていくためには、まずは現状の魚類の棲みやすさを評価すること、さらには年々の棲みやすさの変化を把握していくことが重要である。水路内の魚類調査を継続的に行い、直接的に魚類相の変化を把握することができればよいが、労力や費用などの面から度々の調査が難しいことが多い。以下では、このような場合に、水路の水深や流速などの環境因子から魚類の棲みやすさを評価する手法として、**「魚の棲みやすさ評価プログラム」による方法**を紹介する。本プログラムでは、 初回（１年目）は 10 ～ 20 箇所程度の調査区間で魚類採捕による魚類データと環境計測による環境データを収集する必要があるが、同じ調査区間でモニタリングを継続する場合、２年目以降の魚類データは必要とせず環境データのみで水路の魚の棲みやすさを評価できる。なお、評価対象の水路の調査は、魚類採捕および環境計測を合わせ概ね 1 週間程度の期間内に行う。もし、調査期間中に大雨や水路の増水が予想される場合は、危険を伴うだけでなく、魚類の分布が通常時と異なる可能性があるため、調査日程をずらすようにする。

① 水路における調査区間の決め方

「魚の棲みやすさ評価プログラム」の適用が可能な対象は、百m～数km程度の延長の水路や、数十m程度の短い延長であっても魚巣ブロックや木工沈床等が複数箇所に施工された環境配慮型水路である。評価スコア式の作成には、評価対象とする水路内に調査区間を 10 ～ 20 箇所程度設定する必要がある。 1 区間の長さは、 10 m を標準とする。

区間の途中や区間と区間の間に落差工などがあると、魚が上流に移動できない場合がある。魚が移動できない場所は「ネットワークの断点」と呼ばれ、ネットワークの断点が魚類相に影響する可能性があるため、調査区間は断点を避けて設定する。断点がない場合には、連続して調査区間を設定してもよい（図2-1）。なお、評価対象の水路内に、断点があるかどうかを調べたい場合や、断点の修復方法については、「第３章　魚類の移動ネットワーク断点の判定方法」（23～30ページ）に紹介している。

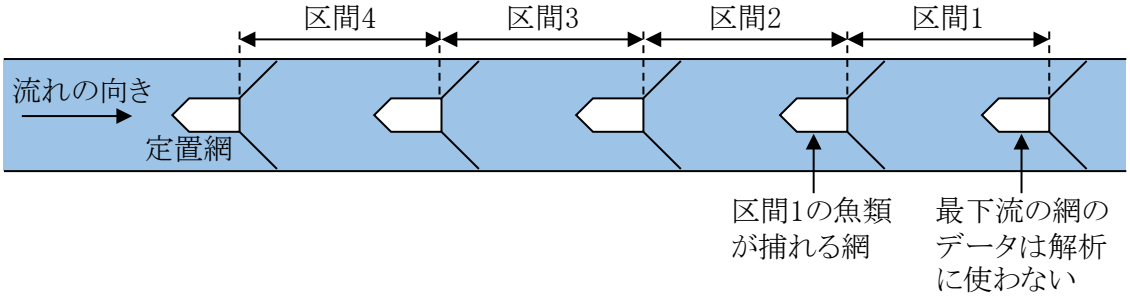


図 2-1　調査区間の設定例

② 魚類データの求め方

標準的で簡易な魚類採捕の方法として、ここでは定置網を用いた魚類調査の手順を示す。定置網の設置地点は調査区間ごとに原則として最上流部に 1 箇所である。網の設置時間はひと晩程度とし、各区間で概ね等しくする。魚が多い地域では、設置時間を数時間程度と短くしてもよい。網の設置作業の所要時間は、作業者の人数や慣れ、設置しやすさにもよるが、 1 網あたり 2 人で 5 ～ 10 分間程度である。網の回収と魚の同定作業の所要時間は、 1 網あたり 10 ～ 30 分程度である（魚が多量に捕れた場合は、この限りではない）。

なお、評価スコアの計算（17ページ～）には、ここで紹介する定置網を用いる方法でなくても、全区間で同じ魚類捕獲方法で得られた魚類データであれば適用できる。定置網以外の漁具を用いた魚類捕獲方法については11ページに紹介している。

１）道具の準備

定置網（幅 3 m 、目合 5 mm 程度のもの）、ポール（プラ竹などの園芸用支柱、太さ 1 cm 程度のもの、定置網 1 つにつき 3 本必要）、ハンマー（ポールを打ち込むため）、バケツ（ 10 ～15 リットル程度、2 つ）、金魚網（間口 10 ～ 15 cm 程度）、電池式エアーポンプ（ 2 つ）を用意する（図2-2）。また、タモ網（間口 40 cm 、目合 1 ～ 2 mm 程度）、記録用ボード、バット、定規（ 20 ～ 30 cm 程度）、デジカメもあるとよい。



図 2-2　道具一式の写真

２） 定置網の設置

(1) 定置網の収まる川幅（ 50 ～ 300 cm 程度）、水深（ 20 ～ 50 cm 程度。※(4)参照）の場所を選ぶ（図2-3）。図2-3左のような水路では、連続して調査区間をとることができる。定置網は、胴部分の末端を上流に向け、 浮きが上にくるように設置する。具体的な設置の手順は(2)～(6)で説明する。



図 2-3　水路の全景と設置した定置網

(2) 胴部分の確保

水路内に設置する前に、陸上で定置網の胴部分の末端をヒモできつく縛り、魚が逃げないようにする（図2-4）。

(3) 流路への定置網の設置

流路の中央にポールを打ち込み（設置した定置網が流されずにしっかり固定される程度）、定置網の胴部分の末端の輪をポールに結ぶ（図2-5）。水路底が礫やコンクリート張りなどでポールをしっかりと打ち込めない場合は、同区間内で打ち込みやすい場所を探すか、陸地に設置したポールからヒモをのばすなどして固定する。

(4) 網の状況の確認

水面で呼吸が必要な水生昆虫やイモリなどが溺れないように、胴部分の上辺がわずかに水面から出るようにする（図2-6）。水深が深すぎる場所での設置では、流況が変わると胴部分が完全に水没してしまうことがあるので注意する。

(5) 定置網の固定

定置網の袖を下流側に図2-7のようにたるまないように広げ、2 本のポールを打ち込み、ポールに袖のヒモを結び付ける。なお、 ヒモの結び目はしっかりときつく縛り、 上部のヒモが緩まないように気をつける。



図 2-4　胴部分の末端



図 2-5　末端の結び目

（※写真はわかりやすく陸上でのデモである。）



図 2-6　胴部分がわずかに水面上に出た状態

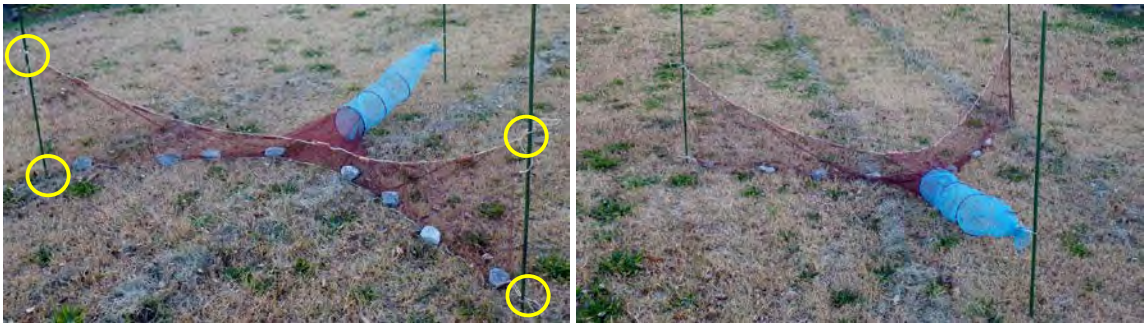


図 2-7　袖が広がった定置網（各ポールに上下２箇所ずつヒモでしばる。）

（※写真はわかりやすいように陸上でのデモである。）

(6) 袖の固定

定置網の袖と水路底との隙間から魚が逃げてしまうのを防ぐため、隙間ができないように 10～20 cm 程度の石を置いて袖を押さえる（図 2-8）。特に、流速が大きい場合や水路底に凹凸が多い場合は、隙間ができやすいので注意する。



図 2-8　袖を押さえるための置き石

（※写真はわかりやすく陸上でのデモである。）

３）定置網の回収

(1) 水を入れたバケツＡを用意する。

(2) 定置網の袖を押さえていた石を取り除き、袖のヒモをポールからほどく。

(3) 定置網の袖に落ち葉などが引っかかっている場合には取り除く。（図2-9）。袖の網目に魚が刺さっている場合には、取り外して、バケツＡに入れる。

(4) 定置網の胴末端のヒモをほどき、捕れた魚をバケツに移す。網の返しなどに魚が挟まっていることがあるので注意する。

(5) 魚が酸欠にならないよう、エアーポンプでバケツに空気を送り込むとよい。また、魚が飛び跳ねる場合があるので、タモ網などを被せておくとよい。



図 2-9　網の落ち葉などを取り除く様子

４） 魚の記録

(1) 水を入れたバケツＢを用意する。

(2) 魚を入れたバケツＡから、金魚網で魚を 1 個体ずつ取り出し、本マニュアルの資料編「農業水路周辺でみられる淡水魚」（77～105ページ）や 表2-1の図鑑等を参考にしながら、種を同定・記録する。記録用紙のフォーマットはとくに定めないが、魚種と個体数とともに日時、場所、場所の特徴を書き込める一定様式を作成して毎回の記録用紙とするのがよい。魚の数が多い場合は、バットに移して同定するとよい（図2-10）。バット上では確認しづらいヒゲや鰭の観察には昆虫用などの透明飼育ケースが役立つ。判定しきれない種はピント合わせ等に注意しながら飼育ケースに入れて撮影する。なお、カメラは濡れた手で触ることを考慮し耐水性に優れたものを推奨する。また、仔魚などで種の同定ができない場合は、「○○類」としてまとめて扱う。種が分からない場合は、写真を撮って、近隣の博物館等に確認してもらうのもよい。写真を撮る場合は定規やメモ（付箋等でもよいが耐水紙があるとなおよい）とともに撮影しておくとその後写真の整理がし易くなる（メモには日時や捕獲場所などを書き込む）。博物館等に同定を依頼する際には、写真に日時や捕獲場所等を記載したメモ等が写り込んでいない場合、捕獲した場所等の情報を添えるようにする。

表2-1　魚種の同定に役立つ図鑑の例

森 文俊・内山りゅう（2006）：淡水魚（山渓フィールドブックス）、山と溪谷社
地域環境資源センター（2017）：田んぼの生きもの識別図鑑　改訂版、地域環境資源センター
斉藤憲治・内山りゅう（2015）：くらべてわかる淡水魚、山と溪谷社
佐土哲也・松沢陽士（2011）：タナゴハンドブック、文一総合出版

(3) 記録が終わった個体は、バケツＢに入れる。

(4) すべての記録が終わったら、魚を傷つけないように注意して放流する。（図2-11）オオクチバスやブルーギルなどの特定外来生物[註)] が捕れた場合は、水に戻さず処分する。

註）特定外来生物に関しては「5-3. 外来魚の取り扱い」（52～53ページ）を参照。



図2-10　採捕した魚の数が多い場合、バケツからバットに移す



図2-11　魚を放流する様子

５）定置網以外の魚類捕獲方法

調査に用いる漁具としては定置網（図 2-12）以外にも、タモ網（図 2-13）や、セル瓶（図 2-14)などの漁具も取扱いが容易である。いずれもインターネットや漁網店などで入手可能である。調査対象とする水路の幅や流れの速さなど使用環境にもよるが、一般にはタモ網は網目 2 mm 程度で間口 30 cm 程度のものが使いやすい。また、セル瓶は流れが速い場合は流されやすいので、その場合おもり付きのセル瓶にするか、あるいは、近くに漁網店があれば金網製ワナ（写真 2-15）の製作を依頼することが考えられる。網目 4 mm 程度が推奨される。定置網やセル瓶など、一定時間設置して魚が入るのを待つタイプの漁具を待ち受け型漁具と呼ぶが、待ち受け型漁具は設置や流失の対策としてそれらを固定する棒状のもの（園芸用支柱等のポール）やそれに括り付ける紐を必要とする。園芸用支柱はホームセンターなどで入手可能である。

各漁具の使用例は図 2-13～15 を参考にしてほしい。短時間で効率よく魚類を捕獲する場合には定置網とタモ網の併用も有効である。すなわち、調査区間の上・下流端を定置網で仕切った後（図 2-1)、区間内を満遍なくタモ網での捕獲を行う。捕獲した魚類はバケツに移していく。その後仕切りに用いた定置網で捕獲された魚類もバケツに移す。セル瓶を用いる場合は誘引剤として練り餌（釣具店等で入手可能）を入れておいてもよい。



図 2-12　定置網



図 2-13　タモ網



図 2-14　セル瓶



図 2-15　金網製ワナ

③ 環境データの求め方

魚類の生息環境で重要となる物理環境としては、水路幅・水深・流速・植物（植生カバー）・底質・陸地の割合などが挙げられる。生息環境として、どの物理環境が特に重要となるかは、魚類の種によって異なり、季節によっても変化すると考えられる。例えば、冬は魚類にとっての越冬期に相当し、水深の深い場所が多くの魚種にとって好適な越冬場となることが知られている。また、水路でもよく見られるタナゴ類は、二枚貝類の鰓（エラ）に卵を産みつけるという特有の繁殖生態を有しているため、タナゴ類の保全では二枚貝類の生息が必要不可欠となる。この二枚貝類の水路での定着には底質の環境条件が非常に重要となる。

これらの物理環境は、水路内においては基本的に不均一であるため、調査では水路の複数箇所でデータを得る必要がある。水路長 10 m 区間で物理環境を評価する場合は、 2.5 m 間隔の 5 断面で調査を実施すれば、精度の高いデータが得られる。

魚の棲みやすさ評価プログラムでは、調査区間内の水路の物理環境として、水深、表面流速、植生、底質のみを用いる。これらを計測し、記録する手順を以下に示す。なお、魚類データ取得のため定置網を設置している最中は、網によって流れが遮られて水深や表面流速が正しく測れないため、網を外した後に計測する。

1）道具の準備

スタッフ（箱尺ともいう。2 m または3 m 程度）、コンベックス、ストップウォッチ、ピンポン玉、記録用シートを用意する（図2-16）。記録用シートは、付録（81ページ）を必要な枚数分コピーする。もしくは、付属のCDや農研機構の以下のウェブサイト

（http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/pamphlet/tech-pamph/079440.html ）

からダウンロードして、印刷する（サイトからダウンロードした場合には、念のためウイルススキャンをしてください）。



図 2-16　調査道具の写真

2）測定する横断面の設定

定置網の設置範囲と重なるように、水路の縦断方向に 2 ～ 2.5 m 間隔で測定する横断面を決める（図2-17）。水路が直線状で変化が乏しい場合には測定間隔を広くし、水路内が変化に富む場合は測定間隔を狭くするとよい。

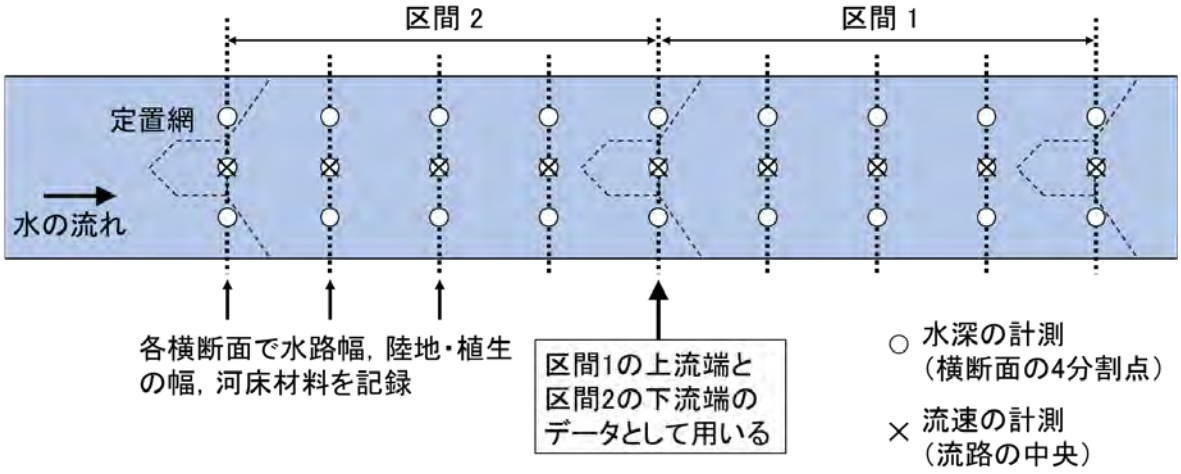


図 2-17　水路環境の計測場所の概要

（1 区間 10 m で、2.5 m 間隔で計測する場合の例）

3）水路幅の計測

スタッフまたはコンベックスで、水路の幅を計測する（図2-18）。水路内に土砂が堆積して陸地ができている場合には、水面の幅を計測する。



図2-18　スタッフを用いた水路幅の測定（細川晴華撮影）



図2-19　スタッフを用いた水深測定（細川晴華撮影）

4）水深の計測

水路の横断面を 4 等分する 3 点で、スタッフ等を用いて水深を計測する（図2-19）。各地点での測定の反復は必要なく、記録は１回分の測定データでよい。

５）流速の計測

流れの中心 1 点で流速を計測する。ピンポン玉を流し、1 m 流れるのに要した時間をストップウォッチで計測する（図2-20）。中洲などがあって流れが複数に分かれている場合には、規模の大きい方の流れの中心で計測する（図2-21）。なお、流速（cm/秒）は、1 秒間あたりのピンポン玉の移動距離を計算して求められる。例えば、ピンポン玉が 1 m を流下するのに 16 秒かかった場合には、流速は 100÷16 = 6.25 cm/秒となる。「魚の棲みやすさ評価プログラム」では自動で流速を計算するので、ピンポン玉が1 m 流れるのに要した時間の計測と記録のみでよい。また、水路の流れが一定ではなく、常に変化している場合には同じ測定箇所で3回分の流下時間のデータを取り、平均値を算出して用いることが望ましい。なお、強風時や降雨時は、ピンポン玉がスムーズに流下しないので、ピンポン玉を用いた流速測定は雨天や風の強いときは避ける。また、水草が生育する水路ではピンポン玉の流下が水草によって妨げられるおそれがあるため、水草が生長して水面まで繁茂する季節（夏～秋）に測定する場合にはなるべく水草の繁茂が少ない場所で計測を行う。なお、ピンポン球の流下時間（秒）は小数点 2 桁まで記録する。



図2-20　ピンポン玉を用いた流速測定（左：渡部撮影、右：細川晴華撮影）

※調査者やスタッフが水の流れを遮らないように注意する。

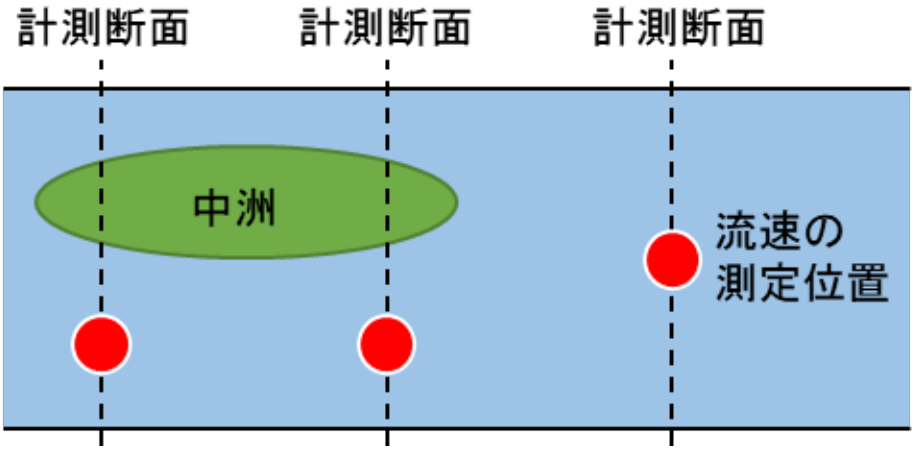


図2-21　中洲がある場合の測定位置

専門的な調査で流速を測定する場合は、電磁流速計やプロペラ式流速計が用いられる（図2-22）。ピンポン玉の移動時間から算出した流速値と、流速計を用いて6割水深で測定した流速値の間には正の相関関係が見られる。



図2-22　流速計を用いた測定（細川晴華撮影）→

6）植生の計測

横断面に対して、植生が占める幅（ cm ）を計測する（図2-23）。水路で見られる植物には沈水植物、抽水植物、垂下植物があり（図2-24）、できればそれらを区別して幅を記録するとよい。区別が難しい場合は、これらの合計値の記録でかまわない。あわせて、水路底にリター （落ち葉や落枝の堆積）がある場合には、その幅（ cm ）を記録する。



図2-23　植生カバーの測定（細川晴華撮影）

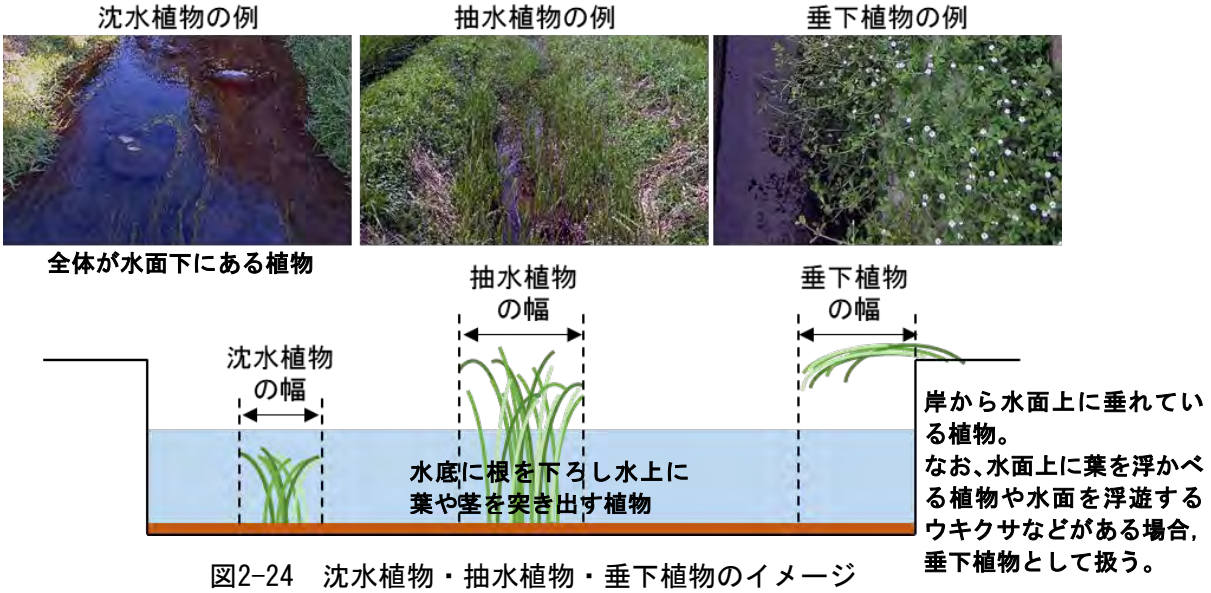


図2-24　沈水植物・抽水植物・垂下植物のイメージ

7）底質の記録

横断面に対して、水路底質を記録する。石・礫（レキ）、砂、泥、むき出しのコンクリートに分類し、おおよその割合（ 10 %、 20 %、･･･程度）を目視により判断し記録する。大きさの目安は、石・レキ：粒径（粒の大きさ）2 mm 以上、砂： 1 ～ 2 mm 、泥：1 mm 未満。

8）次の横断面に移動し、 2）～ 7）を繰り返す。

2-2. 魚類の棲みやすさの点数（スコア）化

ここでは、前節②と③で取得したデータを用い、農業水路における「魚類の棲みやすさ」を点数（スコア）化する方法を説明する。スコアの計算は、本マニュアルに付属するCD内の「魚の棲みやすさ評価プログラム」を使用する。スコアは１～５点満点で、調査した水路区間を相対的に１．悪い、２．やや悪い、３．普通、４．やや良い、５．良い、の５段階に評価する。算出されたスコアは、各水路区間の魚類の棲みやすさを「見える化」したものである。このスコアは、対象水路の魚類生息環境の評価に使えるだけでなく、下記に示すように魚類の棲みやすさをモニタリングしたり、各水路区間における魚類の生息環境の改善を検討したりする際に利用できる。

＜魚類の棲みやすさをモニタリングする場合＞

土地改良事業などでつくられた生態系に配慮した水路などを対象に、「魚の棲みやすさ」の経時的変化を評価スコアからモニタリングすることができる。この場合には、1 年目に前節②と③で得られた魚類データと環境データからスコアを算出したあと、翌年以降も同じ時期に環境データのみ計測し、22ページの②の手順で再度、評価スコアを計算する。各区間の評価スコアを前回の値と比べてみて大きな変化がないかどうかを確認する。スコアが上がった区間は生息環境が良くなり、下がった区間は悪化したことを示す。例えば半数の区間でスコアが下がるなど、水路全体で魚類の生息環境が悪化している可能性が考えられる場合には、魚類の生息種類・個体数の再確認や水路内の魚類生息環境の改善を検討した方がよい。

なお、魚類の種構成や個体数は、水路環境に大きな変化がなくても変動することがある。例えば、洪水・瀬切れなどの著しい流れの変化が起きた場合や、サギ類などの大型の動物が魚類を大量に食べている場合、外来生物が侵入・増加している場合などである。本評価プログラムでは、水路環境に生じる把握しきれない現象が及ぼす影響を考慮しきれないため、4 ～ 5 年に 1 回程度の頻度で前節②まで戻って、実際の魚類相を確認し、評価スコアの計算式をつくり直すことが望ましい。

＜魚類の生息環境の改善を検討する場合＞

スコアが 1 ～ 2 と評価の低い区間は、相対的に魚類が生息しにくい区間であるため、そうした区間の生息環境の改善を検討するのがよい。このとき、対象とする区間の生息環境だけではなく、魚類の移動ネットワークの断点があるか（上流や下流から魚が移動できる状態か）どうかにも注目する必要がある。下流に落差工などのネットワークの断点がある場合には、水路内の生息環境を改善しても、魚が移動して来られない可能性がある。

ネットワーク断点の調査方法については23～30ページに、断点の解消方法については31～35ページに紹介している。水路の途中にあるネットワーク断点を解消した場合、水路全体の魚類分布が変わるため、翌年は前節②まで戻り魚類相を確認し、評価スコアの計算式をつくり直す。

移動ネットワークの断点がない場合のスコア1 ～ 2 の区間では、36～37ページに紹介した水路内環境の改善を行う。改善後は、前節③の環境データのみ計測し、22ページの②の手順で再度、評価スコアを計算し、スコアが改善したかどうかを確認する。

① 評価スコアの計算

以下の１）～５）に、1 年目（初回）の前節②と③で得た魚類データと環境データを使い、「魚の棲みやすさ評価プログラム」を用いて評価スコアの計算式を作成するための作業手順を示す。

なお、本プログラムによる解析手法の詳細は、渡部ら（2018）を参照してほしい。

１）ソフトウェアの準備

(1) 「魚の棲みやすさ評価プログラム.xlsm」を付属CD-R、もしくは農研機構のウェブサイト（http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/pamphlet/tech-pamph/079440.html）からダウンロードする（サイトからダウンロードした場合には、念のためウイルススキャンをしてください）。プログラムはマイクロソフト社（MS）のEXCEL（エクセル）のマクロ機能を利用して作成されている。エクセルのヴァージョンは2007以上に対応している。

(2) ダウンロードしたエクセルファイルを起動する。マクロに関するセキュリティの警告が表示された場合には、「コンテンツの有効化」ボタンを押して、マクロの使用を許可する（図2-25）。

なお、初めてファイルを起動した際には、使用上の注意が必要となる。

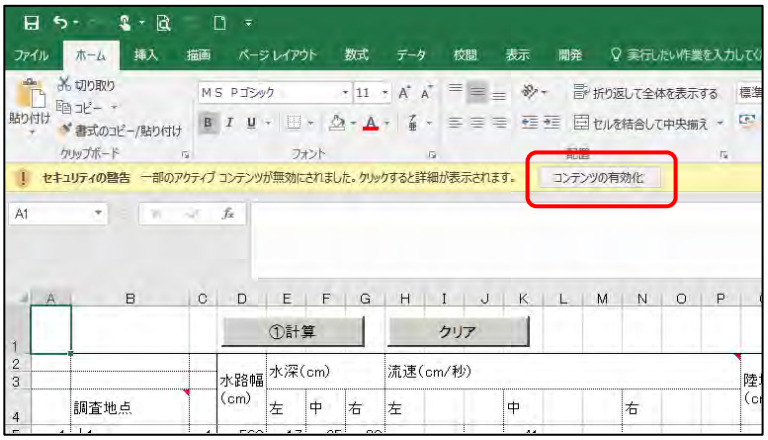


図2-25　セキュリティの表示

２）環境データの入力

(1) 下部のワークシートのタブから「環境」シートを開き、Ｂ～Ｙ列の５行目以降に、前節③で取得し入力シート（76ページ）に記録した調査データを入力する（図2-26）。調査した区間・横断面を区別するため、図2-26下図のように、Ｂ列には調査区間名、Ｃ列には横断面の番号等を入力する。連続した調査区間を設定している場合、区間の上流端と次区間の下流端には同じデータを入力する。未計測の箇所は空白でよい。

流速については、流速計で測った場合には、単位をcm/秒に換算して入力する。ピンポン玉で測った場合には、セルに「=［流した距離の値（単位　cm　）］/［所要時間の値（単位秒）］」を入力する。



図2-26　「環境シート」の入力

(2)　「①計算」ボタンを押す。

ＡＡ列～ＡＶ列に、調査区間ごとの最小値や平均値など計算結果が自動的に出力される。

※すべての入力データを消したい場合は、「クリア」ボタンを押す（「クリア」ボタンを押した場合、「元に戻す」でクリア前の状態に戻せなくなるので注意してください）。

３）魚類データの入力

(1)　下部のタブから「魚類」シートを開き、Ｂ～ＡＧ列に、調査データを入力する（図2-27）。種名は30種まで記載可。

魚類調査において「○○類」のように種の同定が十分でないデータが混在する場合は、調査を行った全区間で扱い方を揃える（図2-28）。

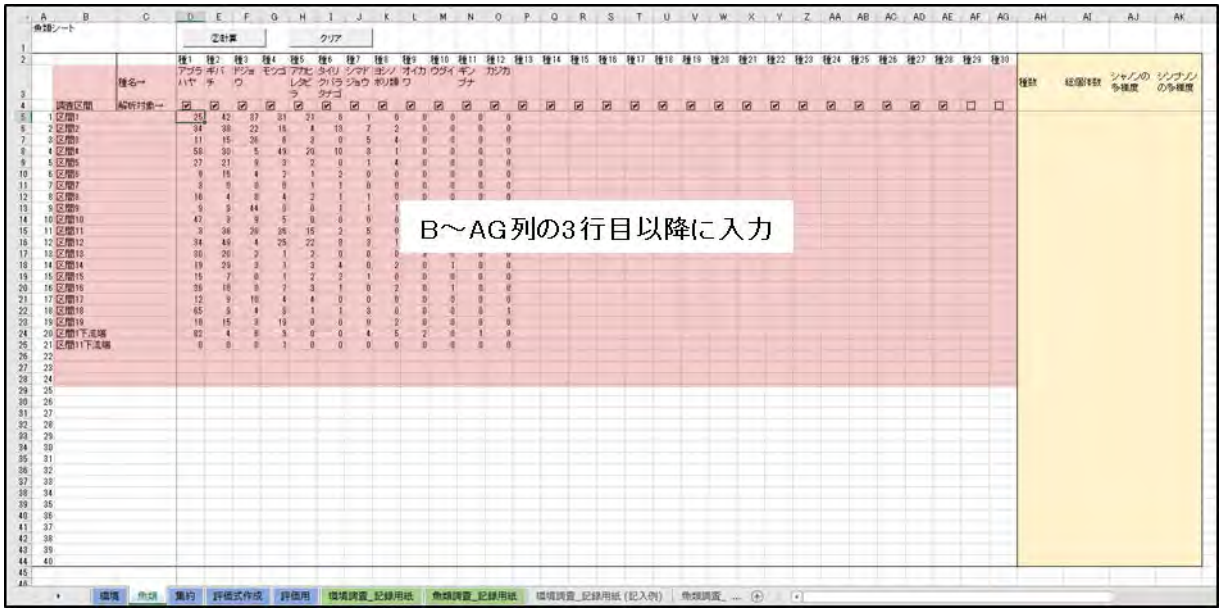


図2-27　「魚類シート」の入力

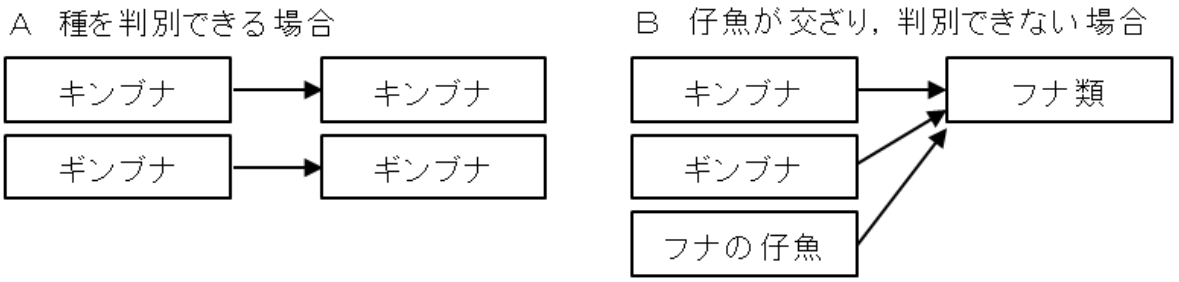


図2-28　魚類データのまとめ方の例

(2)　「②計算」ボタンを押す。

ＡＨ～ＡＫ列に、調査区間ごとの種数、総個体数、各種の多様度指数[下記註)]の計算結果が自動的に出力される。

※外来魚など、上記の指数の計算に含めたくない種は、４行目の「解析対象」のチェックボックスを外すと、除外して計算される。

※すべての入力データを消したい場合は、「クリア」ボタンを押す（「クリア」ボタンを押した場合、「元に戻す」でクリア前の状態に戻せなくなるので注意してください）。

註）本プログラムでは、シャノンの多様度指数およびシンプソンの多様度指数が自動で計算される。各指数の具体的な計算方法や読み取り方は別途ウエブや参考書等をあたってほしい。

４）環境データと魚類データの結合

(1) 下部のタブから「集約」シートを開き、「③環境データの移行」ボタンを押す（図2-29）。
「環境」シートのＡＡ列～ＡＶ列の計算結果が、自動的にコピーされる。

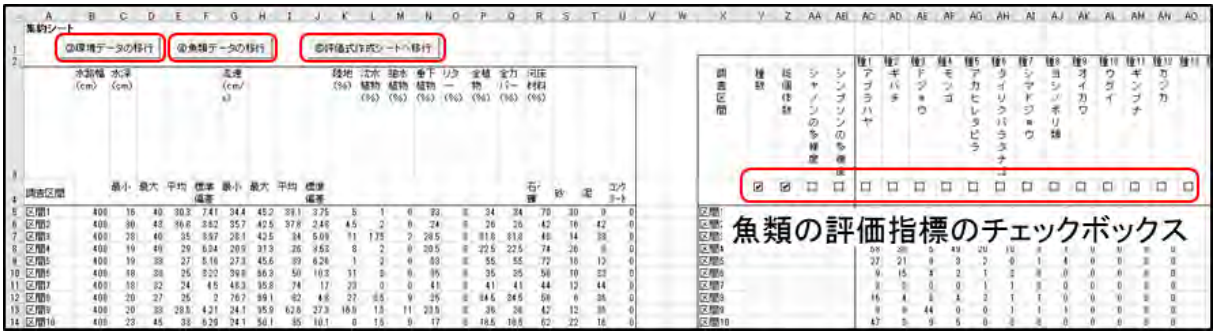


図2-29　「集約シート」の操作画面

(2) 「④魚類データの移行」ボタンを押す（図2-29）。
「魚類」シートのＡＨ～ＡＫ列の計算結果が、自動的にコピーされる。

(3) 魚類の評価指標を選ぶ。
初期設定では、種数・総個体数が選択されているので、そのままでよい。
※評価スコア作成の際には、魚類の評価指標として 最大３つ（1 ～ 3 つ）を選べる。地域の希少種や象徴種といった特定の魚種を指標に選びたい場合には、必要に応じてＹ４～ＢＦ４セルのうち １ ～３箇所にチェック☑をいれる（図2-29）。

(4) 行ごとに、環境データの調査区間（A列）と魚類データの調査区間（X列）が揃うように並べ替える。並べ替えの際は、例えばＡ５～Ｕ５セルが一まとまりのデータのため、バラバラにならないように注意する（図2-30）。

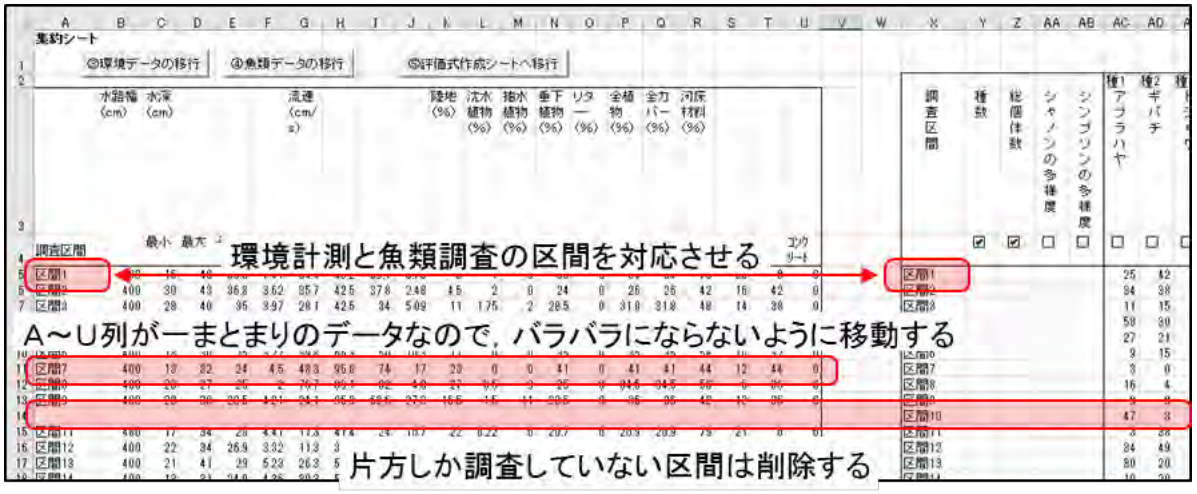


図2-30　区間の並べ替え

(5) 「⑤計算シートへ移行」ボタンを押す（図2-29）。
「評価式作成」シートにデータが自動的にコピーされる。

5）評価スコア式の作成

(1) 下部のタブから「評価式作成」シートを開き、「⑥評価式の作成開始」ボタンを押す（図2-31）。なお、水路環境の指標で除外したい項目がある場合は、5行目のチェックボックスを外す。

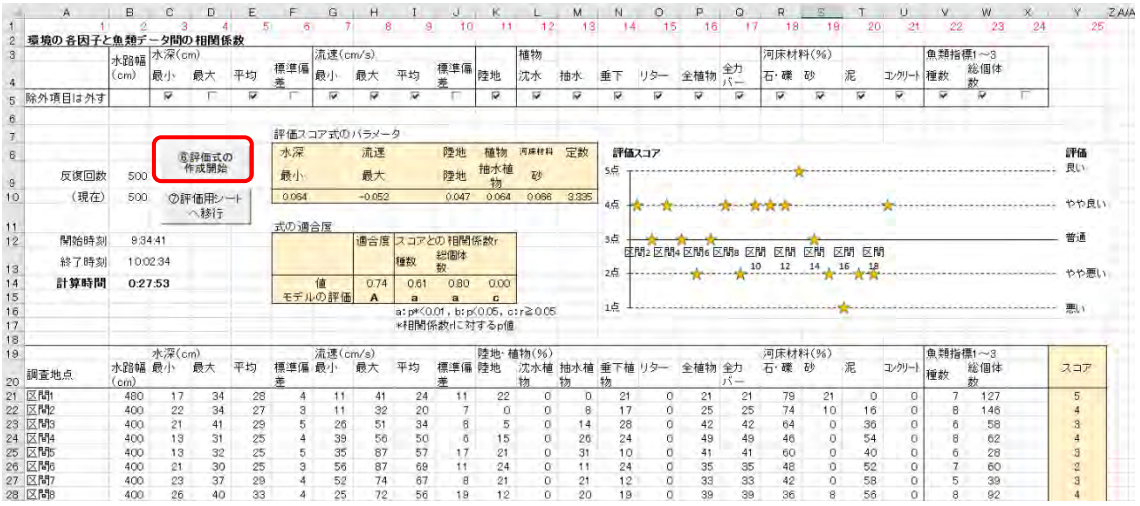


図2-31　「評価式作成」シートの操作画面

(2) 評価式を作成するための計算が始まる。パソコンの性能にもよるが、10 ～ 20 分程度で計算が終了し、評価スコア式のパラメータ、式の適合度、各区間の評価スコアのグラフが自動的に更新される。

(3) 評価式の適合度を、H15セルを見て確認する。H15セルが「C」の場合は、評価スコアと魚類指標との相関が低い。この時は、適合度が「B」以上となるように、4）（3）に戻り、魚類の評価指標の組み合わせや選択する指標の数を変えて、評価式の作成をやり直す。

魚類指標の変更を試みても、依然として適合度が「C」の場合には、得られたスコアの信頼性が低いことに留意し、専門家に相談するとよい。

(4) 評価式を確認した後、「⑦評価用シートへ移行」ボタンを押す。「評価用」シートに、評価式のパラメータが自動的にコピーされる（図2-31）。

「評価式作成」シート内のI14～K14セルは、魚類の評価指標それぞれと評価スコアの相関係数を表し、I15～K15セルは各相関係数を有意水準（p値）から 3 段階評価している（a：p<0.01、b：p<0.05、c：p≧0.05）。H15セルは、I15～K15をもとに 3 段階で評価している（A：aが 1 つ以上ある、B：aはないが、bが 1 つ以上ある、C：cのみ）。

②　評価スコア式を用いた魚類の棲みやすさのモニタリング

水路における魚類の棲みやすさを２回目（２年目）以降もモニタリング調査する場合は、「評価用」シートを用いる（図2-32）。

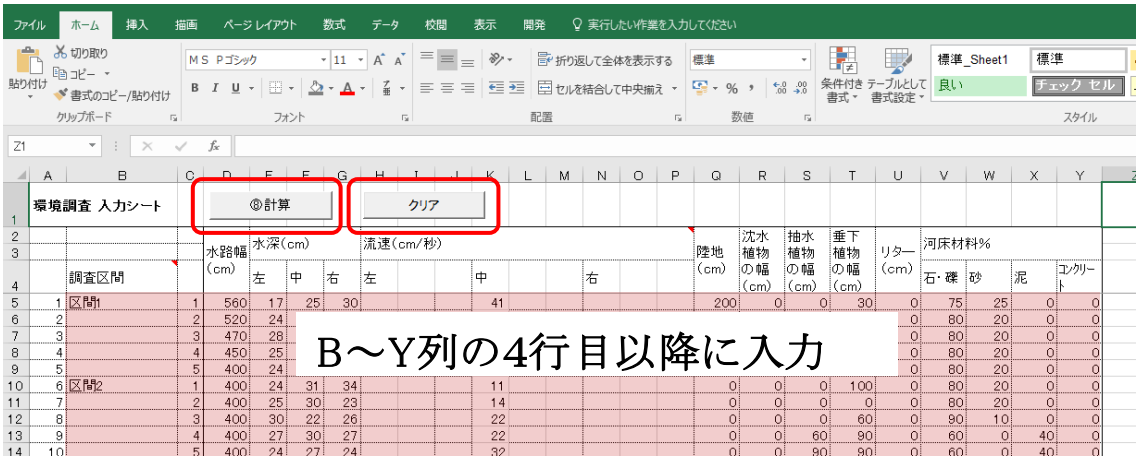


図2-32　「評価用」シートの入力

(1) 下部のタブから「評価用」シートを開き、17ページからの①２）（１）と同様に、Ｂ～Ｙ列の４行目以降に、調査データを入力する。

(2) 「⑧計算」ボタンを押す。

ＡＡ列～ＡＷ列に、調査区間ごとの最小値や平均値などの計算結果と、各区間の評価スコアが自動的に出力され、評価スコアのグラフが更新される（図2-33）。

※すべての入力データを消したい場合は、「クリア」ボタンを押す（「クリア」ボタンを押した場合、「元に戻す」でクリア前の状態に戻せなくなるので注意してください）。

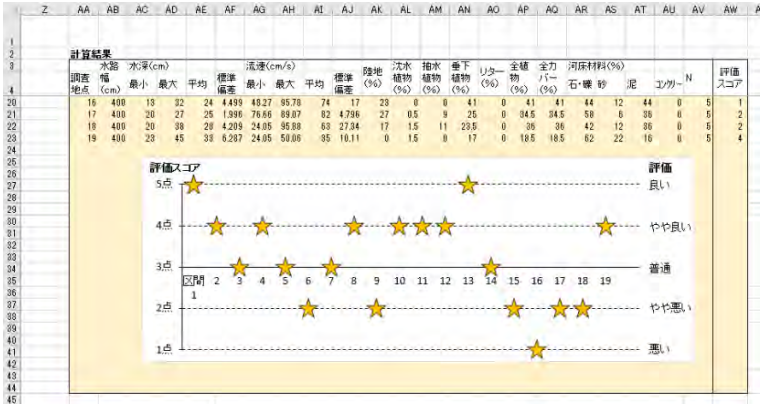


図2-33　計算結果の表示部分

３．　魚類の移動ネットワーク断点の判定方法

落差工などの構造物は、魚類が上流あるいは下流に移動する際の障害となる可能性がある。このような箇所を境として魚類が上下流移動できるか(上下流でネットワークがつながっているか)どうかは調査対象水路の魚の棲みやすさの改善に向けて重要な判定となる。従って、スコアが低い調査区間の前後や調査対象水路全体において、魚類の移動障害となりうるネットワークの断点がないかどうかを確認する必要がある。

移動ネットワーク断点の判定には、簡便な順から①既存の図面などを用いる方法、②河川と排水路､排水路内の踏査による方法､③タイムラプスカメラや水位計を用いた水位観測による方法、④魚類の標識採捕調査による方法があり、後者ほど精度が高くなるが機材のコストや労力・時間を必要とする。簡便な手法で断点が見つかっても、水路壁に残されている水面の痕跡などから水位が上昇したときにネットワークが一時的につながる可能性を判断できるため、まず簡便な手法から試みることを勧める。

3-1．移動ネットワークの簡便な判定法

① 既存の図面を用いる方法（主な対象水路：幹線排水路　支線排水路　幹線用水路　）

幹線排水路や幹線用水路、小河川などに設置された比較的規模の大きな落差工は、国土地理院の 1/25,000 地形図や空中写真を判読することで、現場にいかなくても見つけることができる。しかし、落差工の規模や位置（木の陰など）によっては見つけることが難しい場合がある。また、実際の落差工の大きさなどは、地図からでは判断できない。なお、土地改良事業が実施された時の工事の図面も、落差工の位置を特定するのに役立つ。

ここでは、既存の図面としてインターネット地図を利用して、農業水路に設置された落差工などの横断構造物を見つける方法を紹介する。インターネット地図には無料で閲覧できる＜国土地理院の地理院地図＞を利用した。以下の図 3-1、3-2、3-3 はこの地理院地図を加工して作成した。

1）google chrome、internet explore、Firefox などのウェブブラウザから地理院地図サイト https://maps.gsi.go.jp/にアクセスする。

2）地図が出たら（図 3-1）、マウスをドラック（移動）あるいはスクロール（拡大・縮小）して、対象地域を表示させる。

3）画面左下の縮尺スケールが 30m になった時（縮尺 1/25,000 相当、図 3-2 上の青矢印）、幅約 4 m 以上の水路であれば横断構造物が記載されているのが分かる（図 3-2 上の赤○）。

4）また、画面左上の＜情報＞をクリックし（図 3-2 上の緑矢印）、表示されたトピックタブ上部の＜空中写真・衛星画像＞、続いて＜全国最新写真（シームレス）＞をクリックすると空中写真に切り替わる（図 3-2 下）。

5）空中写真であれば、地形図に未掲載の横断構造物（図 3-2 下の赤点○）や幅 4 m 未満の水路における構造物も見つけられる場合がある（図 3-3）。



図 3-1　地理院地図の初期画面



図 3-2　対象地域の農業水路における横断構造物の位置（上は地形図、下は空中写真、赤〇及び赤点〇が構造物の位置）

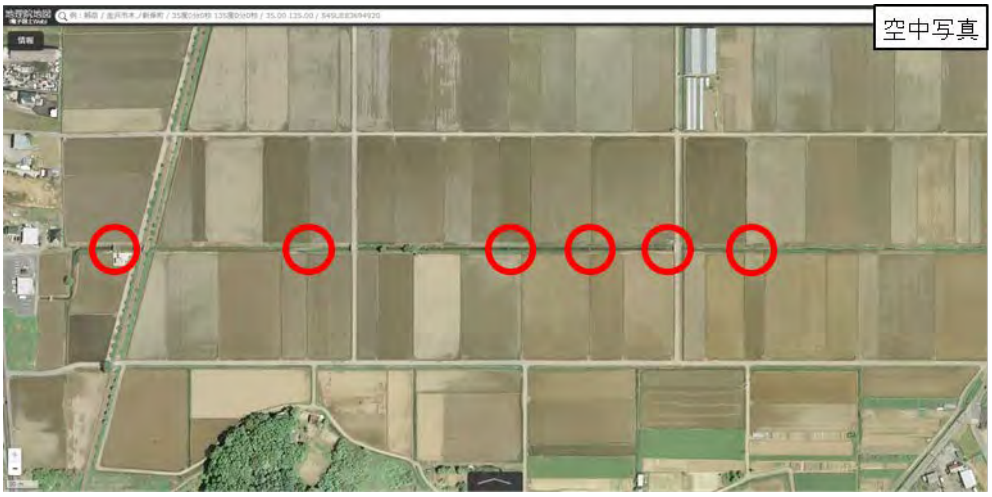


図 3-3　幅 2～3.5m の水路における横断構造物の位置

② 河川と排水路、排水路内の踏査による方法（ 幹線排水路 支線排水路 末端排水路 ）

現地における水路踏査によって、落差工の位置を特定し、落差を計測することにより、落差工の高さや図面には記載されていない小さな落差工の情報が得られる。

ただし、非灌漑期に落差が大きくても、灌漑期には落差工の上流と下流の水位差が小さい場合や、上流に山林がある水路の落差工などでは、降雨時に落差の小さい状態になる場合もある。このような水位変動は、単発の踏査だけでは把握できないことに留意が必要である。

ここでは水路踏査の準備、実施、記録のまとめにあたってのポイントについて簡単に触れる。

1）水路踏査の準備

(1) 水路踏査の計画を立てる。具体的には対象地域の図面を用いて踏査水路を選定し、水路の延長や幅、踏査の日数や人数などを勘案して行程を決める。事前に踏査水路への行き方や時間などを調べておくと、踏査当日の行程を円滑に進めることができる。

(2) 水路踏査の携行品を準備する。主要品として、図面（インターネット地図の打ち出し、1/25,000 地形図、タブレット端末など）、標尺（スタッフ）、巻き尺、コンベックス、クリップボード、耐水野帳、ウェーダー（胴長）、帽子、長袖シャツ、手袋、雨具などが挙げられる（図 3-4）。水濡れや虫刺されなども考慮して準備するとよい。

2）水路踏査の実施

(1) 現地到着後、ウェーダーなどに着替えて、携行品を確認する。車を停める場合は、通行の邪魔にならないよう、また私有地（路肩も含む）での無断駐車にならないよう注意する。

(2) 図面上で現在地を特定し、水路踏査の開始地点に移動する。場所にもよるが、踏査は水路下流から始めると効率よくできる場合がある。水深が深く、流れが強い場所は危険なので立ち入らないようにする。



図 3-4　水路踏査の携行品の例

(3) 水路踏査を開始し、落差工などを確認した場合はその地点を図面に記録する。水路の幅や水面幅などを計測し、計測値や流れの状況に合わせて、横断面や縦断面図を描けるように水深や底質の状況（土砂の溜まり方）などを記録する。

(4) 今、いる地点の上流、下流、左岸、右岸の写真を撮り、記録に漏れがないか確認して、次の地点に移動する。

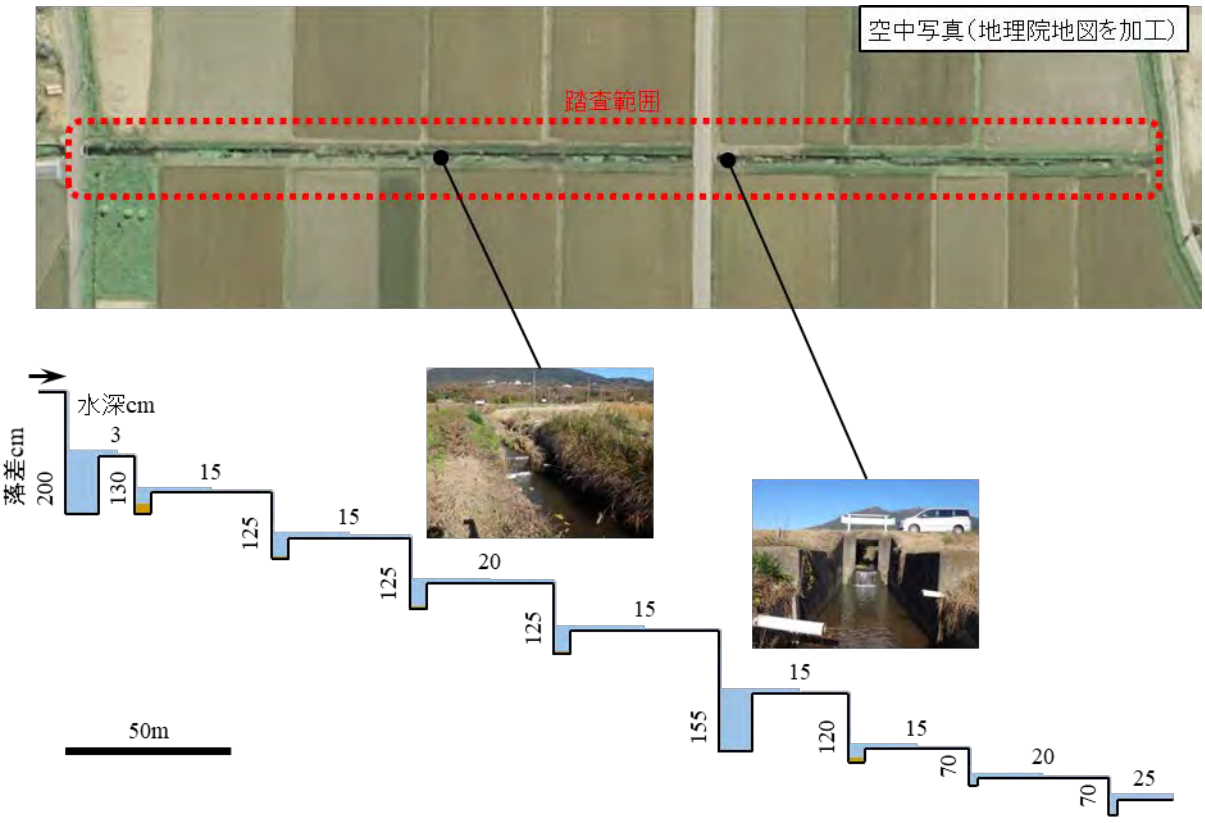


図 3-5　水路踏査結果に基づく落差工の配置

3）水路踏査の記録のまとめ

（1）水路踏査終了後、計測記録を利用して水路図面（縦断図）を作成する。作成は CAD ソフトも利用できるが、パワーポイントやエクセルで十分に対応できる。

（2）図 3-5 は上述に従って水路踏査を実施し、その踏査記録から作成した落差工の配置図の一例である。作成はパワーポイントを使用した。

③タイムラプスカメラや水位計を用いた水位観測による方法（ 幹線排水路 支線排水路 ）

自動記録機能をもったタイムラプスカメラや水位計を利用すれば、一定の時間間隔で継続的に落差工の水位を観測できる。ここでは、タイムラプスカメラを利用する場合のカメラの設置及び観測、観測結果の取りまとめ例について触れる。

1） タイムラプスカメラを準備する。TLC200（http://www.bicom-j.com/product/TLC200.htm 、図 3-6）などが利用できる。

2）設置場所、カメラの固定方法（例えば、図 3-6 右）、記録間隔時間、設置期間などを決定する。設置許可の有無の確認、盗難や洪水による紛失及びそれへの対応なども検討する。



図 3-6　タイムラプスカメラの設置例

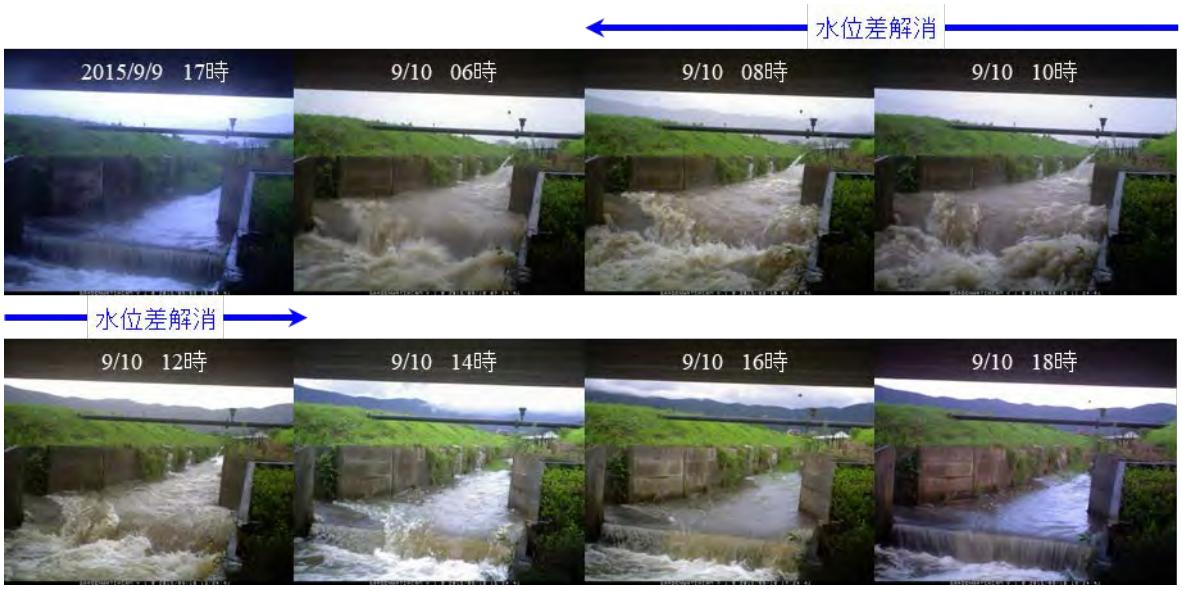


図 3-7　タイムラプスカメラが捉えた落差工における降雨時の水位変動

3）設置準備ができたら、カメラを所定の場所に設置する。カメラの正常作動を確認し、観測を開始する。観測期間中は余裕をもって、バッテリーやメモリカードを交換し、風雨やいたずらによってカメラが移動していないか、レンズが汚れていないかなど、定期点検を実施する。

4）観測結果の取りまとめ：水路の落差工にタイムラプスカメラを設置して、灌漑期間中に 1 時間間隔で水位を観測（撮影）した。図 3-7 はその観測結果の一例であり、落差工による水位差が降雨によって一時的に解消されている。このようなタイムラプスカメラを用いた連続観測により、灌漑期と非灌漑期における水位変化の違いや降雨によるネットワーク断点の解消状況を調べることができる。

④ 魚類の標識採捕調査による方法

（ 幹線排水路　支線排水路　末端排水路　幹線用水路　支線用水路　末端用水路　用排兼用水路 ）

③の水位観測では、水位差がなくなる（小さくなる）場合があることは確認できるが、実際に魚類が遡上するかどうかまでは明らかにできない。遡上を確認する方法には標識採捕調査が有効である。標識をつけた魚を落差工の下流に放し、一定時間後に落差工の上流で採捕調査を行ない、標識をつけた個体が採捕できれば、遡上できたことが証明される。

標識の種類には、イラストマータグやリボンタグ、PIT タグなどがある（表 3-1）。

表 3-1　魚類への標識の例

方法	概要	調査例
ヒレ切除	・魚の腹ビレの一部などを切り取り、識別する ・時間が経つとヒレが再生するため、長期間の調査には不向き	鈴木ら 2004
アンカータグ	・個体番号のついたＴ字型のタグを装着する	守山ら 2008
イラストマータグ	・蛍光色などの色付きのシリコンを魚の皮下に注射する ・色の種類や注射する場所を変えることにより、放流場所や個体の識別もできる	皆川ら 2010 鈴木ら 2004 竹村ら 2006 久保田ら 2018
PIT タグ	・個体の識別ができる IC タグを魚の体内に挿入する ・個体を再採捕しなくても、アンテナの近くを通った個体を記録できる	山下ら 2010
バイオテレメトリー	・電波発信機や超音波発信機を魚の体内または体外に装着する ・個体を再採捕しなくても、受信エリア内における個体の在否を把握できる	森ら 2013

ここでは、表 2-1 の中から、イラストマーと呼ばれる蛍光色シリコンを魚体皮下に注射する体内標識法について概要を述べる。イラストマーはメダカ、ドジョウ、タモロコなどの農業水路に生息する小型魚類の移動調査に多用されている。イラストマーにおける注射作業は、最初、不慣れであっても、10 数個体を処理することによって、比較的簡単にコツを掴むことができる。

1） イラストマー（https://www.tanaka-sanjiro.com/products/c/3/10/1 、図 3-8）を準備する。

2）標識用の個体採捕と標識手順、標識個体の放流及び採捕方法について調査計画を立てる。事前にイラストマーの標識練習を行ってもよい。



図 3-8　イラストマーセットの例

3）標識用の個体を採捕する。採捕によって個体が弱まらないように、また、できるだけ魚体を傷付けないようにするため、定置網を利用することが多い（図 3-9）。

4）定置網にかかった採捕個体を丁寧に取り出し、準備したバケツなどの容器に入れて畜養する（図 3-10）。また、標識する個体については市販されている FA100 などで麻酔をする。どの容器も酸欠にならないようエアレーションすることが望ましい。



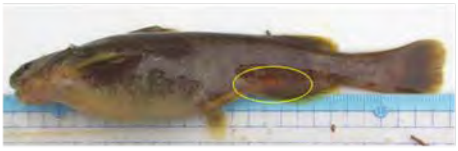
図 3-9　定置網の設置

5）麻酔の効いた個体からイラストマーを注射する（図 3-11）。注射する部位や色を変えることによって、場所、時期、個体などを識別できる。注射後の個体は直ちに、エアレーションした蘇生バケツへ戻す。

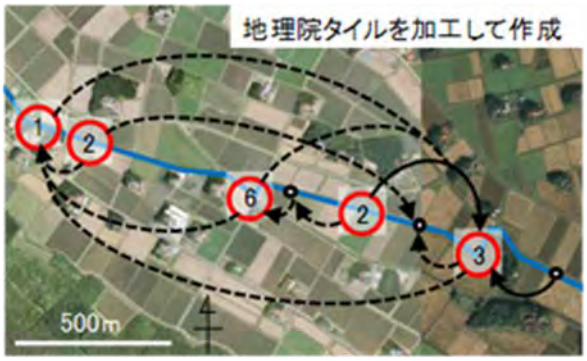
6）個体の蘇生を確認後、所定の地点に放流する。



図 3-10　　畜養中の個体（左）と麻酔個体（右）



オレンジの蛍光色素を注射



点線矢印は1個体、実線矢印は2個体の移動を表す。
赤丸内の数字は移動しなかった個体数を表す。

図 3-11　　イラストマー標識個体（左）と標識採捕記録による標識個体の移動範囲の推定

7）定期的に採捕を繰り返し、採捕個体の標識の有無を記録する。このようなデータを継続的に蓄積すれば、標識個体の移動状況を調べることができる。

例えば、岩手県の農業水路で行われた魚類の移動調査では、イラストマータグを注射したギバチ 869 個体を放流し、27　個体が再採捕された。放流場所と再採捕場所を比較すると、48 % の個体が上流または下流に移動し、最大で 1,500　m 移動していたことがわかった。この移動範囲内には魚道のついた落差工があるが、落差工を遡上している実態を明らかにすることができた（図 3-11）。

※多面的機能支払交付金による活動でも可能な、幹線排水路、幹線用水路における移動ネットワークの簡単な解消方法については、「4-1.ネットワーク断点の簡便な修復事例や解消方法」の①幹線排水路での修復事例　～粗石付き斜路型魚道（31～32 ページ）、支線排水路・末端排水路での修復事例は、②支線排水路での修復事例　～玉石やベニヤ板を用いた落差工解消（33～34 ページ）、③末端排水路と水田間の断点解消事例は、34～35 ページに掲載したので、参考にしてほしい。なお、水路内に環境配慮のための構造物を施工する際には、土地改良区など水路の所有者・管理者等と協議して了解を得ることとする。

４．魚類相保全に向けた農業水路の改善事例

本章では、スコアが１～２と評価が低い水路区間の魚類生息環境の改善を目指した事例を紹介する。魚類の移動ネットワークに断点がある場合には、断点の解消方法として**4-1.ネットワーク断点の簡便な修復事例や解消方法**、を参照してほしい。幹線、支線、末端の各水路タイプ別に事例を紹介している。また、水路中に断点がなかったり断点が解消されてもスコアが低い場合には、**4-2. 水路内の生息環境の簡便な修復事例や解消方法**、を参考に魚が棲みやすい水路に改善してほしい。さらに、水害等で被災した水路や劣化した水路を自らの直営施工で修復する場合についても、**4-3.被災・劣化水路における生態系配慮の修復事例**、を紹介した。

なお、水路に生息する魚類は、12～16ページで述べた要因のほか、水質などの影響をうけることがある。ネットワーク断点や生息環境の修復や解消を行っても魚類の種構成や個体数に変化がみられない場合には、その他の影響について専門家等に相談するとよい。

4-1. ネットワーク断点の簡便な修復事例や解消方法

① 幹線排水路での修復事例　～粗石付き斜路型魚道

（主な対象水路 幹線排水路　幹線用水路　）

既存の幹線水路については落差工を取り壊し新たに移動障害とならないタイプの落差工を造成することは困難である。なぜなら断点修復を目的とした事業化が難しいこと、直営施工等で対応するには工事費が高すぎるためである。

このような中、流路方向に傾斜をつけてコンクリートを打設し、表面に石を埋め込む「粗石付き斜路式魚道」は、水路を取り壊さずに施工できるため、既設水路の落差工解消に適した工法と考えられる。農業水路で本工法が施工された例を挙げると、栃木県の鬼怒川水系では水域ネットワークの断点を修復するために粗石付き斜路式魚道が造成され、魚類の遡上効果が検証されている。以下に、施工された魚道の構造およびその効果について紹介する。

粗石付き斜路式魚道（以下、魚道という）は、鬼怒川の佐貫頭首工（栃木県塩谷町）から流下する、市の堀幹線用水路のほぼ中流、芳賀町の放流工を兼ねたコンクリート三面張り水路（水路幅=3m）の落差工（県営圃場整備事業で整備）に設置された。この魚道を含む複数の排水路において、魚類の遡上調査が2011年、関東農政局資源課（現農村環境課）が実施した「環境配慮施設の効果的な配置手法確立調査」に合わせて行われた。

図4-1に施工前の落差工と施工後のコンクリート本体工の構造を示す。魚道の横断面には、小流量時にも水深を確保することを目的として、左岸に向かって傾斜がつけられている。縦断方向の傾斜は左岸で1/24、右岸で1/20、横断方向の傾斜は上流クレスト部で1/20、下流のエンド部で1/30である。

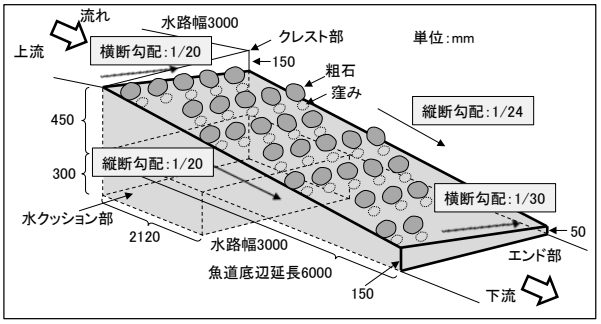


図4-1　粗石付き斜路式魚道の構造

魚類を遡上させやすくするには、水の流れを減勢する粗石によって水面が堰上げられ、流水方向に水深のある連続した階段状の水面が形成される必要がある。このためには、（粗石の幅/水路幅）を60 %程度にする必要がある。このため直径 30 ～ 40 cmの粗石を 5 個ずつ、千鳥状に 7 列配置した。



図4-2　粗石付き斜路式魚道の概観



図4-3　粗石付近の流れの状況

粗石の埋め込み深さは 15 ～ 20 cm である。横断方向に傾斜を付けたことから、左岸エンド部付近は粗石の基盤となるコンクリート厚が薄くなり、下流二列では十分な埋め込み深さが確保できなかったため、右岸側のみ 2 ～ 3 個を配置した。縦断方向の粗石の間隔は 80 ～ 120 cm である。粗石の直下流を一部深くすることは魚の休息域を確保する有効な手段であることから、粗石下流側に 10 cm程度の窪みを設けた。竣工後の概観を図4-2に示す。

粗石付近の流れを図4-3に示す。石と石の間隙の上流側で水深が大きく流速は小さく、間隙の下流側では射流となり、石にぶつかって階段状の水面が形成されていた。平常時は水面が玉石を乗り越える箇所はほとんどみられなかった。

採捕調査ではドジョウ、タモロコ、オイカワ、カワムツ、フナ類、ギバチ、シマドジョウ類、ウグイが採捕された。遡上個体数は全部で 445 尾だった。 50 尾以上採捕されたのはドジョウ（ 310 尾）、タモロコ（ 52 尾）およびオイカワ（ 52 尾）で、この3種が全体の 93.0 % を占めた。採捕日ごとの採捕個体数データを図4-4に示した。

なお、調査期間中、流量と遡上量が他の日に比べて著しく少なく、流速が明らかに遅い日が延べ 3日間あった。この時の基準水深は 9 cm（ 1 日間）および 9.1 cm（2日間）であった。

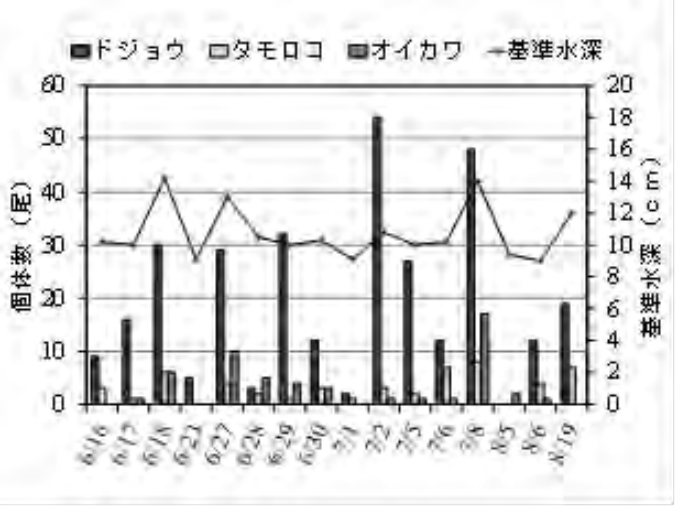


図4-4　魚類の遡上状況

粗石付き斜路式魚道で生じる失敗の多くは、勾配が急で粗石によって流速を抑えることに失敗し、魚の選好流速や突進力を越えてしまうことによる。本魚道（図4-1）では前述の階段状の水面形が形成され、粗石間の上流部に流速が小さく水深が大きな部分が創出された。図4-5は粗石の間隔が広いため水深が大きな部分が創出されていない。この例は粗石が小さく、数も少ないため、（粗石の幅/水路幅）が 0.6 より大幅に下回っている。



図4-5　減勢が不十分な例

また粗石が水面下に没すると流速はあまり減勢しないため、魚類は遡上しにくい。本魚道では高水時以外は粗石が水面下に没することはなく、減勢に成功している。

② 支線排水路での修復事例　～玉石やベニヤ板を用いた落差工解消

（ 支線排水路　　末端排水路 ）

末端から支線排水路（幅が 300 ～ 1,000 mm 程度のU字溝、柵渠など）に生じている 40 ～ 50 cm 程度の落差工に人力で設置可能な玉石とベニヤ板を材料とした断点修復工を紹介する。ベニヤ板を堰板として玉石の間に挟み、ピットを設けることにより、ピット間の落差を小さくするとともに、越流水深を確保した（図4-6）。流況は、上記で紹介した粗石付斜路型魚道の流況に似ており、遡上実験ではオイカワの遡上を確認している。

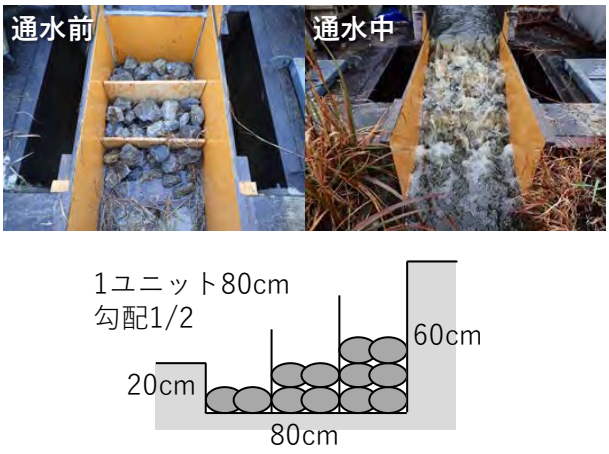


図4-6　ベニヤ板とグリ石を利用した落差解消工

また、流況の変化が激しい水路では、流況に応じて設置および取り外しが簡易となるように、玉石を使わずにベニヤ板で製作したユニットを連結することによって勾配を解消できる（図4-7）。ユニット化によって、施工しやすさに加えて、現地への運搬も容易となった。さらに落差工に応じて現地で魚道の勾配を調整するため、魚道 1 ユニットの延長を 50 cm ～ 80 cm、勾配を1/2から1/5程度まで対応可能とした。落差が大きい場合には複数のユニットを連結させることによって対処する。ま

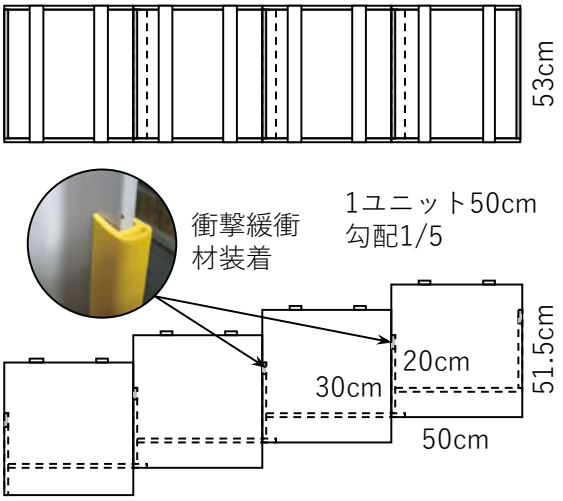


図4-7　ベニヤ板のみの落差解消工例



図4-8　落差工解消対照の支線排水路

た、直角の隔壁天端が水の剥離を起こす現象を防ぐために、市販の衝撃緩衝材を装着し、隔壁天端の面取りを行っている。このベニヤ板のユニットボックスを実際の支線排水路（落差工の高さ 55 cm 、平水時における水深は 15 cm 、水位差は 40 cm ）に設置した（図4-8）。施工は台風シーズンなどが過ぎ、流況が安定する11月とした。設置作業（ユニット連結、ブロック敷設による高さ調整、ロープによる魚道固定等）は二人で約半日ほどである（図4-9）。設置時の水路の水深は 20 cm（水位差は 35 cm ）、各魚道ユニットの水深は 25 cm となり、非灌漑期に関してはユニットの水深は安定して推移した。



図4-9　施工の様子と施工後の状況

③ 末端排水路と水田間の断点解消事例

圃場整備事業などで用排分離された水路、あるいは暗渠排水の施工時に、水田と排水の間の水域ネットワークは分断される。従来、魚類は用排兼用水路と水田の間を自由に行き来し水田を繁殖、成長の場として利用していたが（図4-10上）、用排分離後は魚類が末端排水路から水田に遡上することはほとんど不可能となる（図4-10下）。また排水改良のためにしばしば用いられる暗渠は、排水効果を確保するために排水路との水位差を一定以上に保つように施工される、これが水域ネットワークの断点となり水田への魚類の遡上を阻害することになる。



図4-10　用排兼用水路（上）
と用排分離された排水路（下）

この末端排水路と水田間に生じた断点を解消するために開発されたのが水田魚道である。水田魚道には、水田と排水路を直接つなげる水田直結型と排水路を上下二段に分離した二段式排水路型、一時的に水位を堰上げる水路堰上げ型とに大別される。水田直結型の水田魚道には、鈴木ら（2000）が開発した千鳥Ｘ型と称する魚道内に隔壁を千鳥上に配置したものなどが提案されている。千鳥Ｘ型の利点としては、隔壁により小流量でも越流水深が確保され、多くの魚種の遡上が期待されることなどが挙げられる。他にもさまざまなタイプの水田魚道が設置されており、その種類と特徴は、農林水産省から「水田魚道づくりのすすめ」としてまとめられている。以下のサイトからダウンロードできるので、ぜひ参考にしてほしい

（http://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyo/kankyo_hozen/attach/pdf/index-7.pdf#search=%27%E6%B0%B4%E7%94%B0%E9%AD%9A%E9%81%93%27）。

これらの水田魚道は、農業農村整備事業施工時だけではなく既往地区においても簡単に後付けで施工でき、しかも安価だという特徴がある。森ら（2016）は千鳥Ｘ型の魚道を設置した水田と設置していない水田において水田魚道の効果を検討し、落水時における魚道区からのドジョウの降下数が対照区の約9倍、両区の面積比を乗じれば約 13 倍に達し、水田魚道の効果が大きいことを明らかにしている。

水田魚道の効果は、農家の水管理に負うところが大きい。特に堰における越流水深は魚類の遡上数を大きく左右する。ドジョウやメダカ、モツゴ等の体高の低い魚は 1 ～ 2 cm の越流水深（堰を越える部分の水深）が適当であり、水面が堰板の幅の2／3程度となるように水量を調整すると遡上に適した水深が得られる。

4-2. 水路内の生息環境の簡便な修復事例や解消方法

① 生態系の遷移による生息環境の改善　（主な対象水路：幹線排水路　支線排水路　）

一般的に水路に成立していた生態系が農業農村整備事業などでいったんリセットされたのち、魚類の生息環境としてどのように変化するのかを推測することは難しい。底質がコンクリートのままの状態が続く水路は、竣工後一定以上の時間が経過しても土砂の堆積とこれが促進する生態系の遷移が起こりにくいと考えられる。農業排水路の目的は農地や後背地からの排水を速やかに排水することであり、計画通水量は水田等の農地や流域の山林の面積をもとに計算されている。このため土砂の堆積は通常、水路の本来機能を損なうものである。

一方、コンクリート水路に土砂が堆積すれば植物群落の生育などを通じて生息環境としての質の向上につながることが多く、土砂の堆積は生態系の修復を図るうえで重要な因子となる。土砂が一定以上堆積しないようにすることができれば、余裕高の範囲内で水路の安全性を確保できる。土砂の堆積が見られる排水路では、排水路の機能を損ねない程度に土砂の堆積を許容し、生態系の遷移による魚類生息環境の改善を期待することができる。

例えば、図4-11は岩手県の農地再編整備事業いさわ南部地区の幹線排水路である原川の二面張り区間である。土砂が適度に堆積し、植物群落の生育を促している様子がわかる。この区間ではギバチを含む多様な魚類が再生産されていることが確認されている。3-1③で示したようにタイムラプスカメラや水位計等を設置し流況を観測することにより、年間を通じた流況の変化はある程度把握できるので、土砂の堆積をどの程度まで許容できるか、地元との話合いを通じて慎重に合意形成を進めていくことが肝要である。



図 4-11　土砂の堆積により遷移が進んだ幹線排水路

② コンクリート三面張水路におけるバーブ工法　（主な対象水路：幹線排水路　支線排水路 ）

生息環境を簡便に修復する方法としてバーブ工法がある。これは、河岸から短い水制工を設置し、上流から供給される土砂を貯めるものである。このことで寄り洲が形成され、生態系の遷移が促進される。

農業排水路においてもバーブ工法を適用することにより、生態系の修復が期待できる。図4-12は上述の原川においてコンクリートの水制工を設置した後の状況を示している。バーブ工法の上流側に土砂が堆積しているのがわかる。図4-13はその上流側に設置したバーブ工の堆積状況を水中で撮影したものである。上流から運ばれてきた粗石に藻類が付着している。これは水生昆虫の生息場として機能しており、トビケラやユスリカなどを確認できた。これらは魚類の餌として重要な生物である。

このような土砂の堆積を促進させる工法は、河積断面の阻害が懸念される。図4-14のように水路壁とバーブ工法の間に隙間を作り、隙間を土嚢で塞いで土砂の堆積状況を観察し、堆積する速度が速いようであれば土嚢を撤去して堆積量をコントロールする方法が有効と考えられる。



図 4-12　幹線水路内に設置された
コンクリート水利工



図 4-13　バーブ工法上流側の堆積状況





図 4-14　水路壁とバーブ工法の間に設置された土嚢（左）と堆積土砂の状況（右）

4-3. 被災・劣化水路における生態系配慮の修復事例

① 二面張り柵渠水路の改修時における生態系配慮の事例

関東地方のＳ地区の排水路では、二面張り柵渠における土壌流出が深刻化している。これは、施工時の設計基準上板柵の打ち込み深度が河床面と同等程度となっていたためであり、水路の経年劣化により河床が洗堀された結果、板柵の下より土壌が流出する事態となった。こうした箇所は水利施設としての機能が損なわれるのに加え、水路法面の草刈時等に足場が不安定となり水路に落ちる危険性があった。

そこで同地区では、土壌流出箇所を多面的機能支払交付金により直営施工にて改修を行った。さらに、改修に際して生態系に配慮した工法を用いた。それは、土壌流出部を利用し、魚類など水生生物の生息空間を創出するものである（図4-16）。



図 4-15　土壌流出をおこし水路法面が崩壊した二面張り柵渠水路

１）生態系配慮工法１

土壌流出部を埋め戻す際、板柵の下段を撤去し、ベンチフリュームが設置できるスペースを確保する（図4-17）。ベンチフリュームは柵渠の長さに合わせカットし、横倒しの形で設置する（図4-18）。カットしたベンチフリュームの端材でベンチフリュームの両端を土留めして完成した（図4-19）。これにより、水路壁面に水生生物の生息空間が確保され、魚巣ブロックと同様の役割を持たせることができる。

２）生態系配慮工法２

土壌流出部を埋め戻す際、板柵を片岸の 1 区画分撤去し、玉石による空石積みとする。ただし、空石積みによる強度不足を補うため、空石積みの背面に、撤去した板柵を設置し、強度を維持することとした。従って、万が一空石積みが崩壊した場合でも、水路の強度は従前と同じとなる。これにより、水路壁面に水生生物の生息空間が確保されるとともに、景観にも配慮した構造となる（図4-20）。

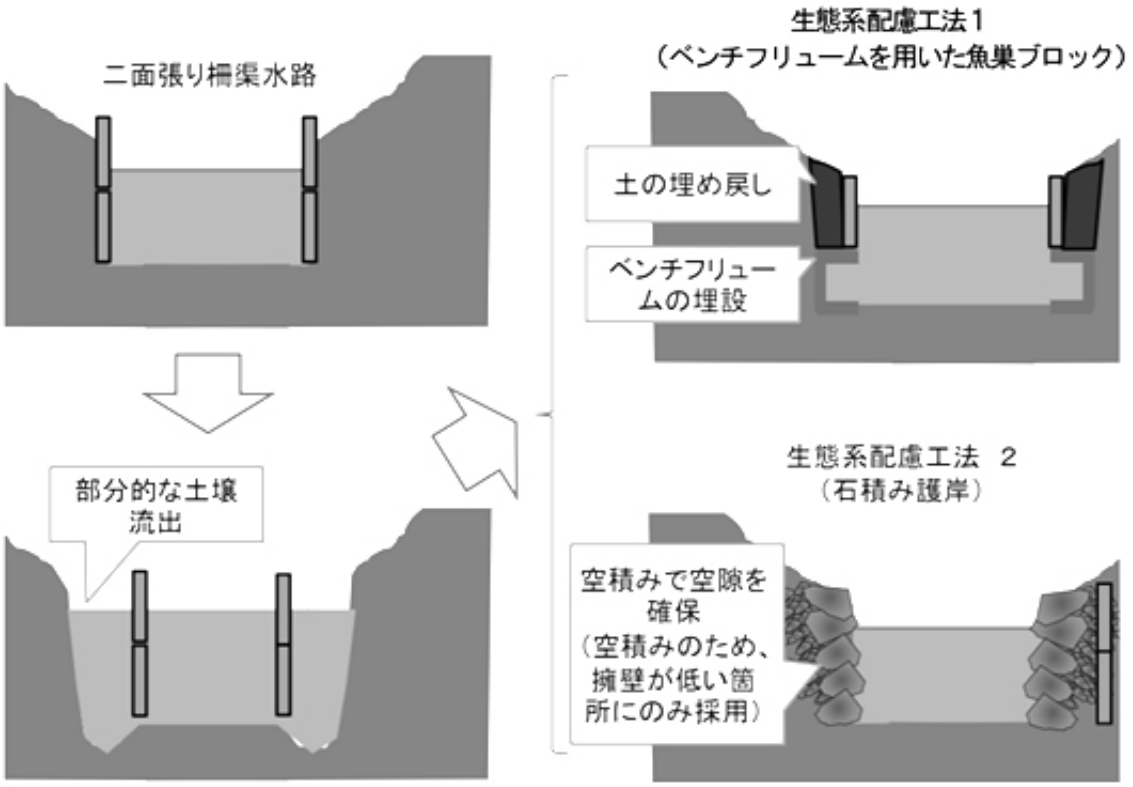


図 4-16　二面張り柵渠の土壌流出に対応した生態系配慮工法１および２の概念図



図 4-17　ベンチフリューム設置場所の掘削



図 4-18　ベンチフリュームの設置



図 4-19　生態系配慮工法１完成状況



図 4-20　生態系配慮工法２完成状況

② 間伐材を利用した護岸工事の事例

青森県上北郡七戸町の七戸川水系の用排水路（水路幅約 2 m ）では、台風による増水で被災した区間（延長 10 m ）に現場付近の林地から伐採した間伐材を用いて杭柵工を施工した。計画から施工までの手順は、以下のとおりである。なお、本施工現場の周辺すべての農地は耕作放棄地であった。また、施工する際には管轄行政の許可を得たことを付記する。

１） 山主との打合せ

山主との打合せと対象林地での踏査によって、林齢の確認および伐採から丸太持ち出しまで算段する。打合せは、山主と齟齬があるといけないので、対象林地で行えるとよい。杭に使用する丸太は、φ10 cm を超えると人力では打ちづらくなる。間伐材から製材可能な丸太を得るのに丁度よいものを選び、林業テープで印をつけると伐採時に効率がよい。

杭材に適しているのは、なるべく真っ直ぐであり、太さが急に変化していないものがよい。対象林地の全体を間伐するわけではないが、山主の管理意向に沿って、間伐してほしい範囲を中心に伐採する（図4-19）。



図 4-19　対象林地での打合わせ

２）被災現場の確認と簡易測量

被災現場では、杭を打ち込む地盤が最も低い場所から護岸しようとする高さまでの直高を計測する。また、被災現場の延長を計測する。これらの計測は、杭柵工を行う際の丸太の本数割り出しを行うためにも必要である。さらに、被災現場付近に切り出した丸太を置くためのヤードの有無や被災現場の植生を確認し、将来、杭柵状でも成立するかどうか検討することも重要である（図4-20～22）。



図 4-20　被災現場の確認



図 4-21　被災現場の確認　その 2



図 4-22　被災現場での簡易測量

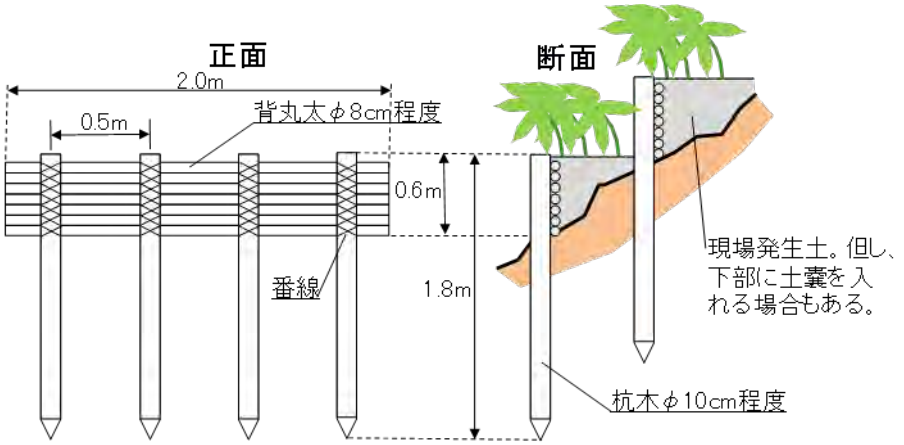


図 4-23　杭柵工の設計概念図

３）　簡易設計

簡易設計では、施工で用いる杭木および背丸太の切り出し本数をおおよそ把握することが主目的である。本施工では、土圧を考慮して杭木（φ10 cm ）を 1.8 m とし、全長の2/3を打ち込むこととした。また施工区間がほぼ直線であったことから、背丸太を 2 m とした。杭木の後に背丸太（φ8 cm ）を設置し、番線で結束することとした。背面には、現場発生土をそのまま入れるには容量が大きかったことから、強度と効率を考慮し、下部には現場発生土を投入した土嚢を配置することとした。イメージは、図4-23のとおりである。

４）　試験杭の作成と試し打ち

せっかく杭を揃えても、打ち込めなければ施工できないので、 1 本ないし数本作成し、試験することが望ましい（図4-24～27）。杭先は、丸太の上部（細い方）に設け、太い方をカケヤで打ち込めるようにする。杭先は、チェーンソーで尖らせる。被災現場では、杭を打ち込む区間に大きな巨礫がないかなど、打ち込む地盤を確認しておくとよい。



図 4-24　試験杭用の丸太切り出し



図 4-25　試験杭の作成



図 4-26　試験杭の完成（φ10cm、L=1.8m）



図 4-27　試し打ち

5）間伐および杭の製作

複数人が林地内で作業をしているので、大声を掛け合いながら安全第一で行う。チェーンソーを使用すると大声でも聞こえないことがあり、「ホウ！ホウ！」と裏声で大きく声かけすると気づきやすい。ヘルメット、保護衣、手袋、保護眼鏡等の防護具の着衣・使用が必要である。樹木の伐採については、チェーンソーによる伐採等作業の安全に関するガイドライン（http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeneiseibu/0000149342.pdf）に準じて行うことが求められる（図4-28～31）。

杭木や背丸太の径がφ10 cm 、φ8 cm にぴったり合わなくても、杭木と杭木との間のピッチを 0.5 m あけているので、おおよその径で構わない。細すぎる場合は、杭木としての使用をな



図 4-28　切り出し丸太の枝落とし



図 4-29　間伐作業風景



図 4-30　杭の製作



図 4-31　杭の積み込み

るべく避けるようにした。但し、細い杭木は、地盤に打ち込みにくい箇所で使うと打ち込むことができるので、そのような時に活用できる。杭木や背丸太が準備できたら、ストックヤードまで運搬する（図4-31）。

６）　運搬とストックヤードでの据置

伐採する林地と被災現場が離れている場合は、運搬作業が生じる（図4-32）。移動途中に傾斜がある場合は、運転に十分注意しなければならない。ストックヤードでは丸太が腐敗しないように、また、施工時に杭を運びやすいように、縦に丸太を2本敷設し、その上に直角に据置きするとよい（図4-33）。



図 4-32　杭の運搬



図 4-33　ストックヤードでの据置

７）　本施工

カケヤで杭木を打ち込む際には、事故がないよう安全に十分注意する。カケヤの打ち手は、疲労がないうちに交代しながら打ち込むと継続作業しやすい（図4-34）。結束では、番線縛りで行い（図4-35､36）、カケヤで打ち込んだ杭木や背丸太を少したたきながら隙間がないように調整する（図4-36）。杭柵の背面には、下部に土嚢を２段積み、人力タコを用いて、念入りに締め固めた（図4-37）。施工前後で比べると被災区間がほぼ護岸された（図4-38、39）。この数日後の降雨による増水後も大きな影響は確認されなかった。



図 4-34　杭打ち



図 4-35　結束



図 4-36　結束　その 2



図 4-37　土嚢の締固め



図 4-38　施工前



図 4-39　施工後

以上、10 m の施工延長に対して施工完了まで材料準備等の日数を含めて、延べ 6 日間で完了した。購入した主な資材は番線や土嚢袋のみであった（表4-1）。最も人数を要したのは、施工時の 2 日間であった。このうち、専門的な作業は、番線による結束であった。杭柵工で最も労力を要したのは杭打ちであった。杭の径は、φ10 cm を越えると地盤に対して極めて打ちづらかった。本施工を通じて労力や必要資材量が整理されたことは、地域で意欲のある住民が地元の生活・生態環境を保全するために活用できるモデルとして意義があったと考えられる。

中山間地域の典型的な地形である谷津内の農業水路は、水田の不耕作に伴って管理されないことが多い。一方で、山林等に近く護岸工事に利用できる資材が豊かであるため、多面的機能支払交付金事業等を活用した意欲ある地域住民による地域や被災現場に適した補修事例が増えるよう期待したい。なお、どのくらい時間が経過すると周辺植生と一体化するのか、その後の魚類など水生生物の生息分布に影響を与えるような環境構造が形成されるのかは、地域ごとで異なってくる。

表 4-1　実験施工に用いた工具、資材および作業ごとにかけた日数

・使用材料、伐採具等：
　混合油（チェーンソー用；4L）、チェンソー（2台）
　切り出した丸太：Φ8cm×2.0m　50本、Φ10cm×1.8m　60本
・購入資材：番線3.2mm×45m、2セット）、土嚢袋
・工具：人力タコ（1つ：締固め用）、木槌、シノー（3つ：結束用）、梯子
・施工完了までにかかった日数および人数：
　現地打合せ，計画立案：半日（1名）　※地権者を含めず。
　杭の切り出しおよび現地までの運搬2日（1日目；5名、2日目；3名）
　杭柵工の施工日数：2日（1日目；16名）、2日目；14名）

５．魚類など水生生物が棲みやすい農業水路を目指して

本章では、農業水路における魚類相を含めた生物多様性の保全を考える際に参考となる知見を解説・紹介している。**5-1. 農業水路の整備が魚類に及ぼしてきた影響**、では、水田生態系の特質とともに水路整備と魚類との関係について解説した。**5-2. 生態系ポテンシャルおよび水路状態の把握**、では、農業水路の生物多様性保全に向けて考慮しなければならない、水路が有するポテンシャルに対する視点をまとめるとともに、農村の水辺の生態系をとらえるための最新の研究手法をトピックスとして紹介した。**5-3. 外来魚の取り扱い**では、魚類調査の際に水路で外来魚を捕獲した際の留意事項を解説するとともに、魚類相把握に向けた研究の最前線や現場における聞き取り調査のツボなどについても紹介している。**5-4. 水路の維持管理方法の違いが生物多様性に及ぼす影響**では、農家レベルで行われている水路の維持管理を類型化し、魚類に与える影響を解説するとともに、水路の浚渫が魚類相に及ぼした影響を事例として紹介する。

そして、最後に**5-5. 農業水路の望ましい維持管理とそれに向けた課題**、として魚類など水生生物に配慮した維持管理を続けるために、数年～数十年経過し土砂が堆積しているコンクリート水路を“準土水路”と位置づけ、コストをかけずに排水機能と生態系保全とを両立させていく維持管理の提案や、水路の維持管理体制を地域の中でどのように構築していくか、などの課題を挙げている。ぜひ、参考にして、地元発意の生態系保全活動を後押ししてほしい。

5-1. 農業水路の整備が魚類に及ぼしてきた影響

わが国の水田生態系は、農業生産のために造成された水田や、水路、ため池などの農業水利施設の存在によって支えられてきた。水田は、自然湿地や水辺で生活してきた生物の代替生息地として機能してきた側面がある。水田生態系は人の手によって管理されてきたため自然度は低いものの、種の多様性は高いことが多い。

水田および農業水路・溜池などの水利施設は、人によって作り出され、管理・維持されてきた二次的自然である。農地が森林や野草地のような自然生態系と大きく異なるのは、前者が耕耘や除草など人による管理によって自然の遷移が抑制されている点にある。水田の耕作放棄が水田の生態系を劣化させることは明らかであるし、農業水路の草刈りや浚渫（底浚え）などの管理圧が低下すると、その生態系は変質する。

農村地域における過疎化・高齢化は、地域資源としての水田などの農地、農業水利施設の管理の粗放化を加速させた。耕作放棄地の増大は人工の湿地として機能してきた水田に生息してきた生物の生息環境を悪化させ、従来の生態系を変質させる。

加えて米価の低迷､農産物輸入自由化など､水田と水田稲作を取り巻く社会経済情勢の変化は、様々な形でわが国の水田生態系に影響を与えた。図 5-1 はそれらをまとめた図である。

1963 年に制度化された圃場整備事業などによって本格的に区画の大型化､道路や水路の整備が進められてきた。そして、生産基盤の整備は、品種改良や普及活動の浸透などとともに、労働生産性と土地生産性の向上に寄与した。一方、水田や農業水利施設など生産基盤の整備が生物の生息環境を変質させたきたことは否めない。

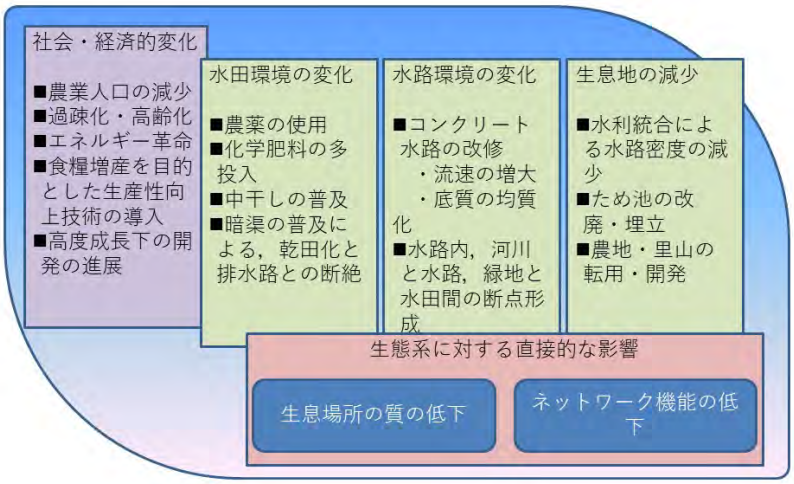


図 5-1　水田生態系を取り巻く社会的経済的情勢

この中で用水・排水分離や水路の改修は、魚類などの生息に対して直接的なインパクトを与えてきた。それまでの用排兼用の水路が用水系と排水系に分離され、排水性の確保のため、排水路が田面より低い位置に下げられると、魚類を含む水田生物の水路から水田への移動経路が分断されてしまった。また、土水路がコンクリート化されると、流速、水深、底質植生など生物の生息に関与する物理的条件が悪化する。流速を例にすれば、経済性を求めた最小断面での水路設計・施工により、流速は従前より大きくなる。魚類の遊泳能力はコンクリート水路の許容流速よりはるかに劣り、コンクリート水路では魚類など水生生物が生活史をまっとうすることが困難となる場合が多い。コンクリート水路で魚が採捕されたとき、魚がその水路で生活していたのか、迷入などの結果「そこで泳いでいた」だけなのか考えなければならない。多くの場合は後者であろう。

水路構造は移動分散だけでなく、魚類の生活史にも影響を与える。 水草や抽水植物などに卵を産み付ける魚類にとって、水域内の植生の存在は繁殖の絶対条件である。例えば、ウグイは砂礫に産卵するため、植生が繁茂しにくいコンクリート水路は産卵場所として適さない。加えて、ウグイの稚魚は流速の小さな水域を必要とするが、改修後のコンクリート水路には底質、流速の多様性がなく微流速はほとんど存在しないため、稚魚にとって過酷な環境となり、ウグイの生活史全般に影響を与えてしまう。

こうして農業水路の改修は維持管理作業の軽減など農業生産性の向上に寄与した一方で、魚類など水生生物の生息環境を劣化させ、水路に生息する魚類は激減した。従って、本マニュアルでは、魚類の生息環境が依然残っていると思われる用排分離前の兼用水路や土水路だけでなく、整備・改修後の水路、とくに末端排水路、支線排水路などの排水路系の評価と改善を主な対象としてた。しかし、支線用水路など用水路系であっても魚類の生息環境に配慮できる場合には、ぜひ改善に努めてほしい。

さらに、近年の過疎化・高齢化の進行により、従来農家が行ってきた水路やため池など農業水利施設の管理が粗放化している。管理の粗放化は、生態系配慮施設の機能低下、既存の水利施設における魚類など水生生物の生息環境の悪化につながると考えられ、今後の課題となっている。

5-2. 生態系ポテンシャルおよび水路状態の把握

① 生態系のポテンシャルをとらえる

農業農村整備事業で整備された農業水路（多くは排水路）を観察すると、コンクリート水路でありながら堆積した土砂に植物群落が生育し、さらに土砂が堆積する水路もみられる。こうした水路には、生物の供給源の有無にもよるが魚類などの水生生物が生息していることが多い。土砂の堆積は水路の通水機能を阻害することがあるが、本マニュアルではそのことを認識しつつ、農業水路に本来期待される通水能力や排水能力を妨げない程度の土砂堆積は許容できるとした。

一方、竣工後年数を経ても底質がコンクリートのままの水路も多くみられる。こうした水路でも魚類がみられることがある。農林水産省と環境省が実施した「田んぼの生きもの調査」では、魚類の生息に適してないと考えられるコンクリート水路でもかなりの量の魚類が採捕されている。しかし、その多くは水路を遊泳しているだけで、水路内で繁殖や採餌、成長しているわけではないと考えられた。

この違いを生み出しているのは何だろうか。ひとつは流速である。土砂の粒径にもよるが土砂が堆積しにくい流速環境では土砂が堆積にくく生態系の再生は期待しにくい。

次に考えられるのは上流からの土砂の供給量の違いである。土砂供給量を決定する主な要因は流域の土地利用と土質である。農業排水路の流域は水田だけでなく山林などを含むことがある。近畿農政局管内の排水路で水路を横断する木材を設置して土砂を貯める実験が行われたことがあるが、土砂はほとんど堆積しなかった。その排水路の流域はほぼ水田のみだった。東北農政局管内のいさわ南部地区では幹線排水路である原川には生態系配慮のための工夫がされている。図 5-2 は幅広水路と呼ばれる拡幅区間である。この整備は洪水時の魚類の避難場所の確保を目的としており、小さな流速が連続するよう設計された。この区間は造成後数年で土砂が堆積し、ビオトープのような景観を呈し様々な魚類が生息するようになった。図 5-3 は急流落差工と呼ばれている急な勾配をとった区間である。これらの区間は魚類の重要な生息地となっている。

原川の流域には水田の他山林が含まれており、洪水時には巨礫を含む様々な粒径の土砂が流入する。水路の造成後短期間に生態系が改善したのはこの水路が有する生態系再生のポテンシャルが大きかったためと考えられる。



図 5-2　生態系配慮のための幅広水路区間



図 5-3　生態系配慮のための急流落差工区間

また土砂の堆積以外に、水路を含む水系全体における魚類の生息分布を把握しておくことも水路の魚類生息ポテンシャルを推測するうえで重要である。水田魚道を造成しても魚類が遡上しないのは、そもそもその水路（水系）に魚類が生息していなかったというケースが少なからずある。

水路の生態系を改善する試みに取り組む前に、その水路の生態系を再生させるポテンシャルを見極める必要がある。これを精緻にとらえることは非常に困難であるが、農家を中心とする活動組織が取り組む水路生態系の再生活動に対してアドバイスするのであれば、年間の土砂堆積ポテンシャルや通水能力や排水能力を妨げない程度の土砂堆積量のおおまかな予測を立てる程度でよいだろう。

② 水路の状態をとらえる

農業水路に生息する魚類等を保全するにあたって重要な視点は、

1）魚類の移動分散範囲を踏まえた移動ネットワークの保全

2）生息環境として良好な環境

である。

1)については、生産者主体で魚類の移動ネットワークを修復する試みはまだ少ないが、行政と一体となった取り組みもみられるようになってきた。移動ネットワークを修復するために、最もクリティカルな断点を見出すことが肝要である。河川のような魚類のソースとの連続性を復元するため、下流から断点を修復することが一般的であるが、河川との断点は降水後の水位上昇時に一時的に解消されることも珍しくない。魚類の移動経路は常に確保されるべきであるが、現実的にはこれを担保することは困難であり、どのような頻度で断点が解消されるかが焦点となる。

移動ネットワークが一時的に解消しているかを確かめるには、しばしば水路壁に残されている水面の痕跡やタイムラプスカメラを利用する方法がある。定置網などによる魚類採捕によってネットワーク断点の上下流間で魚類相を比較することも有力な手掛かりとなる。

2)は生息環境の質といってよい。具体的には水の物理性（流速、水深）、底質、植物群落である。流速が小さければ土砂が堆積し水深が浅くなり、植物群落は出現しやすくなる。植物が生育すれば流速が小さくなり堆積が促進されるということもあるだろう。つまり、これらの要因の間にはお互いに影響しあう、相互作用の関係にある。

これを評価するには自然の小河川との共通性に注目するとよい。すなわち瀬と淵の存在、これによって生じる底質の多様性、流速や水深の多様性、植物群落の有無などである。しかしこれらの要因のうち底質の堆積と植物群落の形成は、水路の機能を阻害する恐れがある。農業生産性（労働生産性）を損なうことなく生態系の修復を進めるには、生態系の遷移を一定程度に抑えることが肝要で、これを実現するには水路の一部で試験的に遷移を進めてみる「様子を見る」ことが必要であろう。これは順応的管理（アダプティブマネジメント）[註)]の考え方と共通する。

註)物理現象と異なり、生態系は不確実で非定常的であるため、生態系保全事業では当初計画に基づいた管理を実施後、保全対象種や生態系の状態のモニタリングを通じた検証を行い、検証結果に基づき随時、実施計画の修正を行いながら事業を進めていくマネジメント手法。

＜最新研究紹介：炭素・窒素安定同位体比を用いた農村生態系の物質フローの解明＞

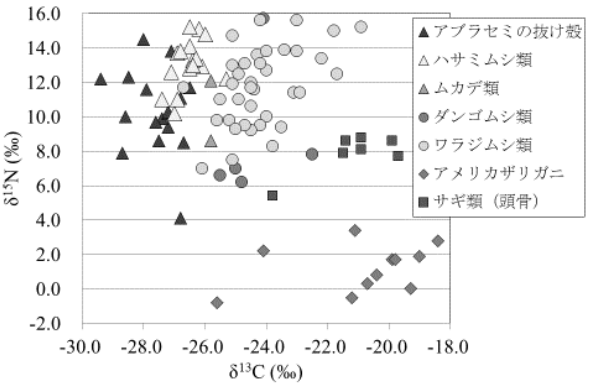
生物を形作る物質は、食物網の中で上位消費者に受け渡されることによって移動し、分解を経て水・土壌などの環境要素に戻る、大きな循環を成している。この循環において、水は流域内で発生した物質を下流へ運搬している。農村生態系は、森林生態系や河川生態系などと連続し、流域レベルの生態系の一部として位置づけられる。

この物質フローを化学的に解析する方法として安定同位体比法が普及している。この解析により、流域内において物質循環の重要な一部分を担っている農村空間における、生物を媒体とした物質フローを解析できる。

同じ元素であっても中性子数が異なるため質量の異なる原子を同位体という。同位体には、放射性同位体と安定同位体がある。炭素を例にすれば、地球上の炭素に占める ^{13}C の割合は 1.1 %であり、残りのほとんどは ^{12}C である（ごくわずかに ^{14}C も存在する）。分子間のわずかな質量差は、分子の安定性、反応時間、拡散性などに影響を与え、物理的・化学的効果（同位体効果）が異なる。このとき同じ物質でも、質量差に起因して物質に含まれる同位体の存在比が変化する。

食物網の始まりは植物や植物プランクトンである。これらは光合成回路の違いや光合成する時の基質に含まれる ^{13}C の割合などが影響して、陸上植物の C_3植物および C_4植物、水域の生産者である藻類によって ^{13}C の含まれる割合（炭素安定同位体比、$\delta^{13}C$）が異なる。$\delta^{13}C$ は捕食によっても値があまり変わらない。つまり水域で生産された有機物を餌としている動物の $\delta^{13}C$ は藻類の $\delta^{13}C$ に近い値を示す。窒素安定同位体（$\delta^{15}N$）は捕食ごとに（栄養段階が 1 上昇するごとに）3‰程度上昇するという性質がある。

右図はサギコロニーで採取したサギの骨や餌残滓、土壌動物のワラジムシなどの $\delta^{13}C$ と $\delta^{15}N$ をプロットしたものである。これから推定できることは以下のとおりである。



① $\delta^{13}C$ の高いアメリカザリガニは湖沼のような止水域で生育し、低いものは水路のような環境で生育した可能性があること

② $\delta^{13}C$ の高いワラジムシ類は水域起源有機物（おそらくサギ類の糞や死骸）を利用

③ アブラゼミの幼虫は、炭素は C_3植物（樹木）が光合成した有機物起源、窒素はサギ類の糞等由来のアミノ酸を樹木経由で利用していること

このようにサギ類は多様な水域で生産された生物を利用しており、水田や水路の環境を悪化させないことが大型鳥類の保全につながることが安定同位体比を用いて示された。またサギの糞は他の生物にも利用されていることが明らかになった。

この他にも、魚類の生息場所の推定、カエル類の個体群に他の個体群から参入した個体の割合、二枚貝の餌起源などを推定することが可能である。

（森　淳）

＜最新研究紹介：PITタグを用いた水田水域の魚類生態の研究の可能性＞

斉藤（1988）が先鞭をつけた水田水域における魚類の生態研究は、平成 13 年度の土地改良法の改正を機に農業農村工学のうち、農村生態工学分野においても中心的な課題の一つとして取り組まれてきた。この分野における魚類生態を明らかにする研究手法として、主に用いられてきたのは、斉藤ら（1988）に準じたモンドリ（関東ではウケ）と呼ばれる小型の定置型トラップ、タモ網やエレクトリックショッカーを用いた能動的な捕獲調査である。さらに、これらの捕獲調査と組み合わせた標識再捕獲法により、水田水域の魚類生態の研究が進められてきた。例えば、鈴木ら（2004）は、小規模水田魚道を設置した水田水域において、水田と排水路の間の魚類の移出入をトラップ調査により調べ、小規模水田魚道の効果を明らかにした。タモ網やエレクトリックショッカーによる魚類の生息確認調査では、例えば藤咲ら（2003）や森ら（2017）により、農業用小河川における魚類の生息数の経年変化に関する研究がなされている。さらに、標識再捕獲法についての研究を見ると、守山ら（2008）は農業用小河川と接続する河川との間における魚類の移出入に関してウグイを対象魚として調べ、河川からの移入個体が魚道や取水口を介して農業用の小河川に入り再生産に寄与していることを明らかとした。また、青山（2000）や赤田ら（2005）によりホトケドジョウ類の腹部体斑紋を用いた自然標識法が開発され、水田水域においてもホトケドジョウの移動研究に応用されている（守山ら2007）。工学的な視点からは、南雲ら（2009）が岩手県門崎地区においてメダカ蛍光標識を施し、メダカ往来工の効果検証を行っている。

以上のように、トラップ、タモ網やエレクトリックショッカー、標識再捕獲調査という手法は、水田水域における魚類の生態研究のいわばオーソドックスな手法として定着し成果をあげてきた。一方で、昨今ではこれらの手法に加え、より高度かつ効果的な調査手法により水田水域における魚類生態の研究に用いられつつある。森ら（2013）は、ナマズに超音波テレメトリーを装着し、その移動を明らかにした。こうした発信機を用いた手法は、従来の個体識別標識法と一線を画し、能動的な個体の追跡を行えるというメリットがある。一方、テレメトリーの発信機は、発信機側に電池を装着する必要があることから、発信機の大型化および電池寿命つまり調査期間の制限が制限要因となる。そのため、ナマズのような水田水域においては比較的大型となる魚類はラジオテレメトリを用いることができるものの、水田水域の魚類相の多くを占める小型魚類の移動生態を追うことはできない。そこで、昨今注目されている手法の一つとして、RFID技術を用いたPITタグがある。このタグは、パッシブ型の受動的な個体識別標識であり、タグ自体では電波を発しない。そのため、電池の重さと寿命に拘束されない利点がある。一方で、パッシブ型であるため受信アンテナから読み取れる距離が数十センチ程度となり受信範囲の制限がある。こうした特徴を用いた生態研究が進められつつあり、爬虫類を対象とした研究（森ら2002）やカエル類を対象とした研究（Brown1997）が報告されている。水田水域に生息する水生生物では、野田ら（2016）がPITタグをトウキョウダルマガエルに装着している。この研究では、トウキョウダルマガエルへの装着による影響の実験が行われ、装着による顕著な影響は確認されないことが示された。さらに、これまで不明であった越冬生態がPITタグによる追跡調査によ

り明らかとなってきた。これは、トウキョウダルマガエルというこれまでにも多くの研究がなされてきた種でも、新たな技術を用いることで、その生態をより詳しく明らかにできるという証左といえよう。特に水田水域は、水域自体が春の代掻きや水田からの落水等により透明度が低いこと、生物の生息・生育場でもある水田面が耕作期間中には営農への影響などから調査が困難であること、などから従来の手法では明らかとなっていなかった点が多くある。こうした身近でありながらブラックボックスとなっていた場所、対象種等を明らかにすることが必要となる。そのためにも、オーソドックスな手法に加え、新たな調査技術の導入が重要となる。

PITタグは、水田水域における魚類の研究でも効果を挙げつつある。本来、魚類を対象とした調査機材であり、例えばニジマス（木南ら2015）やサクラマス（林田ら2015）等のサケマス類では数多くの実績をあげてきた。水田水域でも、ドジョウの生態研究の手法として山下ら（2010）が新潟県佐渡島における研究に用い成果を得ている。PITタグのもつ、探知可能という長所と、読み取り距離が限定されるという短所は、濁りやすく目視観察が困難であり、かつ水路規模が比較的小さいという水田水域の特徴と合致している。従って、今後は本手法が水田水域の魚類生態を明らかとするうえでさらに活用されるものと期待される。

（引用・参考文献）

斉藤憲治、片野修、小泉顕雄：淡水魚の水田周辺における一時的水域への侵入と産卵、日本生態学会誌、38、35-47、1988.
鈴木正貴、水谷正一、後藤章：小規模魚道による水田、農業用水路および河川の接続が魚類の生息に及ぼす効果の検証、農業土木学会論文集、234、59-69、2004.
藤咲雅明、鈴木正貴、水谷正一：魚類の生息からみた谷川における自然環境の再生と回復、農村と環境、19、60-67、2003.
守山拓弥、藤咲雅明、水谷正一、後藤　章：農業用の小河川、農業水路および河川間に形成された水域ネットワークにおけるウグイの移動－栃木県西鬼怒川地区における事例－、農土論集、254、1-10、2008.
青山　茂：ナガレホトケドジョウの腹部白色線形状による個体識別法．魚類学雑誌、47、61－65、2000.
赤田仁典、青山　茂、淀　太我、吉岡　基、柏木正章：ホトケドジョウの腹部白色線形状を利用した個体識別．魚類学雑誌、52、153－156、2005.
守山拓弥、水谷正一、後藤 章：栃木県西鬼怒川地区の湧水河川におけるホトケドジョウの季節移動、魚類学雑誌、52、161-171、2007.
南雲 穣、東 淳樹、広田純一、佐藤貴法、金田一 彩乃：生態系に配慮した圃場整備水田におけるメダカの移動・分散、農業農村工学会大会講演会要旨集、744-745、2009.
森　晃、水谷正一、後藤 章：小河川における超音波テレメトリーを用いたナマズの行動解析、応用生態工学会、16(1)、23-35、2013.
野田康太朗、守山拓弥、田村孝浩、森 晃：水田水域におけるトウキョウダルマガエルの移動分散に関する研究、農業農村工学会大会講演会要旨集、343-344、2016.
森 哲、戸田 守：長期野外調査における個体識別法としてのPITタグの利用例:ヒメハブにおけるタグ残存率、爬虫両棲類学会報、2、59-672、2002.
Brown、 J. Lorna ： An evaluation of some marking and trapping techniques currently used in the study of anuran population dynamics、 Journal of Herpetology、 31(3)、 410-419、1997.
木南 竜平 、 渡邊 清 ： ニジマス稚魚に対するPITタグの装着が生残と成長に及ぼす影響 、 静岡県水産技術研究所研究報告、 48、 27-30、2015.
林田 寿文、 新居 久也、 渡邉 和好、 宮﨑 俊行、 上田 宏 ： サクラマススモルトの降下時における美利河ダム分水施設の評価、 土木学会論文集B1（水工学） 71(4)、 943-948、2015.
山下 奉海 、 河口 洋一 、 谷口 義則、 鹿野 雄一 、 石間 妙子 、 大石 麻美 、 田中 亘 、 斉藤 慶 、 関島 恒夫 、 島谷 幸宏：佐渡島の小河川における魚類を対象とした農業用取水堰改良効果の検証、応用生態工学会、13(1)、 61-76、2010.

（守山　拓弥）

5-3. 外来魚の取り扱い

外来生物（外来種）とは、現在の自然分布域外に人間活動によって意図的・非意図的を問わず導入された生物であり、生存し繁殖できる状態で侵入したものを指す。一般的には、もともと日本に分布しない種で、海外から日本に導入され野外に定着した種を指すことが多いが、国内の別の地域から導入され、野外に定着した種や個体群も「国内外来種」として、大きな問題となっている。とくに、淡水魚類の場合、種苗放流による他水系への持ち込みや放流対象魚種に混じっての非意図的な侵入などが多く見られる。外来生物のうち、地域の自然環境に大きな影響を与え、生物多様性を脅かすおそれのあるものを「侵略的外来種」と呼んでいる。海外起源の侵略的外来種のなかで、とくに生態系や人の健康や生命、農林水産業への被害が大きい、もしくはその可能性が高いものについては、その飼養や栽培、保管、運搬、輸入を規制し、適切な防除を行うため、平成 17 年に「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」(通称:外来生物法)が施行され、取り締まるべき対象となる「特定外来生物」が指定された。現在、魚類では表 1 に挙げる 24 種が指定され、その飼養や運搬などが制限されている。本マニュアルでは、このうちカダヤシ（97 ページ)、ブルーギル・オオクチバス・コクチバス（98 ページ）の掲載にとどまるが、24 種すべて農業水路で見られる可能性があり注意が必要である。これらの特定外来生物は、在来魚と競合するなど水路の生態系に大きな影響を与えるため、魚類調査で捕獲した場合には水路に戻さず処理する。また、「評価スコア式の作成」（19 ページ）に記載したように、水路の「魚の棲みやすさ」を評価する際には、対象魚からは外すようにする。なお、別途、水路等からオオクチバス（ブラックバス）やブルーギル等の防除を行う際には、環境省の防除マニュアル（ https://www.env.go.jp/nature/intro/3control/tebiki.html ）などを参考にするとよい。

一方、平成 27 年に環境省から「我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト（生態系被害防止外来種リスト)」として特定外来生物を含む生態系への影響が大きい侵略的外来種が公表された（ https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/iaslist.html)。魚類では国内移入種も含め、59 種群がリストアップされることになった。リストの中で各地の農業水路にもよく見られ、「定着予防外来種」とされているものには、タイリクバラタナゴやカラドジョウなどが含まれる。タイリクバラタナゴは在来のタナゴ類と生態が似ており、外見もよく類似する。在来のタナゴ類を保全しようとしてイシガイ類の個体数を増やす対策を採ったところ、在来のタナゴ類ではなくタイリクバラタナゴを増加させてしまった例もある。カラドジョウは、観賞用だけでなく大型鳥類の餌としても中国から輸入されている。また、ドジョウの養殖や放流に混じってカラドジョウが分布を拡げた可能性もある。ドジョウとカラドジョウが混在する水域では、後者が優占する場所もみられるなど、遺伝的攪乱が心配されている。しかし、その生態や在来のドジョウとの種間関係はまだ十分に明らかでなく、その動向には注視しなければならない。また、「国内由来の外来種、国内に自然分布域を持つ国外由来の外来種」には、琵琶湖・淀川以外のハス、東北地方などのモツゴ、九州北西部及び東海・北陸地方以東のギギ、近畿地方以東のオヤニラミが指定されている。これらの魚種が採捕された場合は本来の分布域をよく確認し、評価スコア式の対象として入れるべきか外すべきかよく検討しなければならない。もし、判断がつきにくい場合には、地元の博物館や大学などの有識者を通じて確認することを勧める。

表 5-1　特定外来生物に指定されている魚類

特定外来生物	科	属	輸入の際に種類名証明書の添付が必要
オオタナゴ	コイ科	タナゴ属	タナゴ属の全種
コウライギギ	ギギ科	ギバチ属	ギバチ属の全種
チャネルキャットフィッシュ	イクタルルス科	イクタルルス属	Ictalurus属及びAmeiurus属の全種、フラットヘッドキャットフィッシュ
ブラウンブルヘッド		アメイウルス属	
フラットヘッドキャットフィッシュ		ピロディクティス属	
ヨーロッパナマズ（ヨーロッパオオナマズ）	ナマズ科	ナマズ属	ナマズ属全種
カワカマス科の全種	カワカマス（パイク）科	―	カワカマス科の全種、カワカマス科に属する種間の交雑により生じた生物
カワカマス科に属する種間の交雑により生じた生物			
カダヤシ	カダヤシ科	ガンブスィア属	カダヤシ及びガンブスィア・ホルブロオキ
ガンブスィア・ホルブロオキ		ガンブスィア属	
ブルーギル	サンフィッシュ科	レポミス属	サンフィッシュ科、アカメ科、ネオゴビウス属及びナンダス科の全種
コクチバス		ミクロプテルス属	
オオクチバス		ミクロプテルス属	
サンフィッシュ科の他の全属		―	
ラウンドゴビー	ハゼ科	ネオゴビウス属	
ナイルパーチ	アカメ科	アカメ属	
アカメ科の他の全属			
ナンダス科全属	ナンダス科	―	
ホワイトパーチ	モロネ科	モロネ属	モロネ科の全種
ストライプトバス			
ホワイトバス			
モロネ科の他の全属		―	
ストライプトバス×ホワイトバス		―	モロネ科に属する種間の交雑により生じた生物
ガドプスィス属	ペルキクティス科	ガドプスィス属	Gadopsis属、Maccullochella属、Macquaria属及びPercichthys属の全種
マクルロケルラ属		マクルロケルラ属	
マククアリア属		マククアリア属	
ペルキクテュス属		ペルキクテュス属	
ラッフ	パーチ科	ギュムノケファルス属	Gymnocephalus属、Perca属、Sander属及びZingel属の全種
ヨーロピアンパーチ		ペルカ属	
パイクパーチ		サンデル属	
ズィンゲル属		ズィンゲル属	
ケツギョ	ケツギョ科	スィニペルカ属	ケツギョ属の全種
コウライケツギョ			

これらの特定外来生物に指定されている外来魚は、生きたまま運搬してはいけないので、捕獲した現場で殺処分しなければならない。

＜最新研究紹介：環境 DNA を用いた魚類生息推定の可能性＞

○魚類生息調査に革命が起こる？

魚類生息調査はこれまで、タモ網、投網、定置網などの漁具（例えば、写真 2-1、2、3、4）を用いた個体採捕によって行われてきた。ところが，個体の捕まり方は様々で、簡単に採捕できたり、できなかったりと、体サイズ、魚種、採捕場所などの多くの条件によって左右される。一方、このような採捕行為は、そこに生息する個体にとってかなりの脅威となり、時によっては傷つき、死亡することも少なくない。魚類保全に向けてのモニタリングと謳っているが、あまりにも高頻度の生息調査は、もしかすると個体群の存続に大きな影響を及ぼし、場合によっては維持できない状態まで追い込むかも知れない。

では、個体の採捕なしで生息調査はできるだろうか？答えは、できるである。具体的には、陸上からの魚影観察、水中での潜水目視観察やビデオ撮影、魚群探知機などが挙げられる。このような方法は、個体を採捕しないことから、間接的な生息調査方法として利用されている。しかし、その多くは天候、水の流れや濁り、観察時間や機材性能などの条件によって制約され、種の判定の正確性についても多くの課題がある。

このような状況下、最近年では環境 DNA 分析と呼ばれる方法が注目されている。その方法は、調査場所で掬った水から DNA を抽出し、得られた DNA サンプルの中にどのような魚類の DNA が含まれているか、魚種を網羅的に、あるいは特定の種について検出する（図 1）。DNA 検出の有無や検出された DNA 量に基づいて魚類の生息を推定する。実際、現地で掬った水の中には、プランクトンやバクテリアなどの微生物の他、個体の体表や消化管から放出される垢のような代謝物や糞などが含まれている。その水から抽出した DNA は、個体を特定するまでに及ばないが、少なくともそこに生息している魚類に由来すると考えられる。正確性については、直接、採捕していないが、個体の一部を分析している点で上述の目視観察よりも高いであろう。

さらに、この手法の特徴は、調査場所で水を掬うだけという単純な作業とその後の DNA 分析手順が決まっているということである。つまり、低コストでありながらも、高い分析精度を維持できる。現在、この環境 DNA 分析は実用化に向けた取り組みが行われ、河川や湖沼だけでなく、農業水路や沿岸域などの様々な水域において調査研究が進められている。

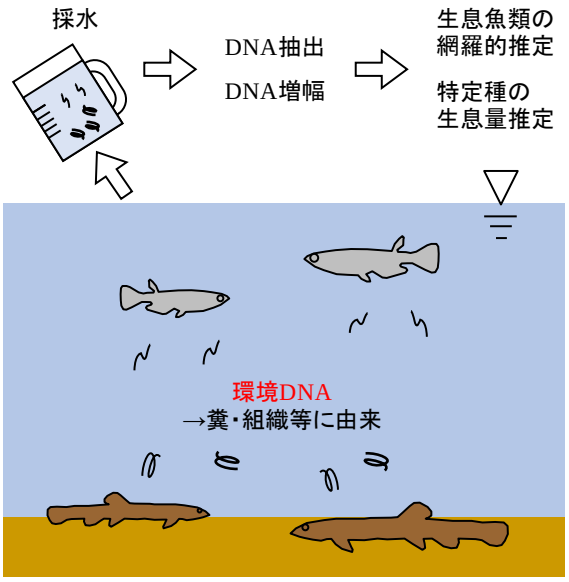


図 1　環境 DNA 分析のイメージ

○分析方法

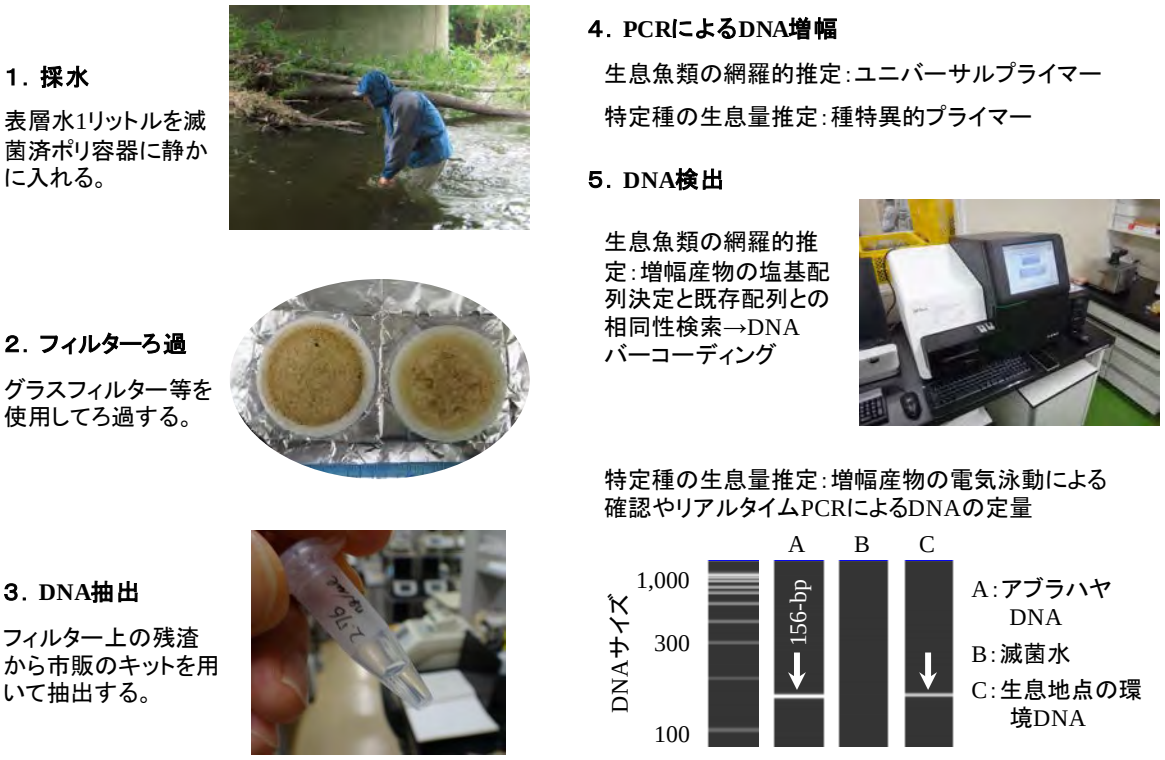


図 2　環境 DNA 分析の手順

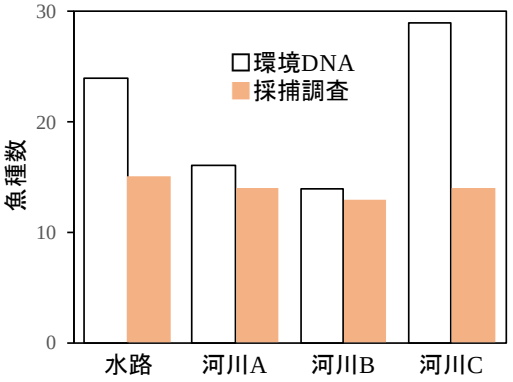
環境 DNA 分析の方法は、調査場所で水を採り（表層水を 1 リットル掬うことが多い）、グラスフィルター等を用いて、その場またはできるだけ早く実験室で採った水をろ過する（図 2）。ろ過したフィルターについては，市販のキットを用いて、フィルター上の残渣から DNA を抽出する。得られた環境 DNA サンプルについては二種類の分析ができる。一つ目は、そのサンプルにどのような魚類の DNA が含まれているか、魚種を網羅的に検出する方法、そしてもう一つは特定の種について DNA を量的に検出する方法である（図 2）。なお、実際の分析にあっては、フィルターろ過までなら DNA 分析専用の機器は必要としないが、DNA 抽出からは専用機器が必要となる。事前にどこまでできるのか，計画の段階で調査研究機関に問い合わせた方がいい。

○適用例

生息魚類の網羅的推定：中国地方の水路と 3 河川でそれぞれ水 1 リットルを採り、環境 DNA を抽出した。各 DNA サンプルにどのような魚類のものが含まれているか網羅的に推定し、タモ網等の漁具によって採捕された既存の調査結果と比較した。結果として、コイ科、ドジョウ科、ハゼ科を中心に合計 31 種が環境 DNA によって推定され（図 3）、河川 B の 14 種が最小となり、29 種の河川 C が最大となった。水域間の種数の違いは水域の大きさや流れの環境に関連すると考えられた。また、既存の採捕調査結果と比較して、各水域で採捕できたのは 13～15 種に留まり（図 3）、その全ての魚種が環境 DNA による推定魚種に含まれていた。採捕できる魚類には限りがあり、環境 DNA 分析による生息魚類推定の有効性が確認された。

環境DNA分析による推定魚種（数字は配列数）

No.	種/OTU	水路	河川A	河川B	河川C
1	ウナギ	0	0	0	199
2	アブラボテ	432	261	1,099	615
3	ヤリタナゴ	7,580	358	1,353	0
4	カマツカ	385	0	0	781
5	カワムツ	234	533	400	1,158
6	ヌマムツ	9,019	0	277	121
7	コイ・フナ類	13,440	5,288	1,618	20,019
8	イトモロコ	507	0	0	103
9	コウライモロコ	510	328	0	1,640
10	ゼゼラ	253	0	0	3,579
11	カネヒラ	609	0	0	1,281
	（略）				
22	ドジョウ	2,772	1,434	544	6,124
23	ブルーギル	0	0	0	162
24	カムルチー	0	0	0	2,585
25	ドンコ	20,224	2,930	3,768	8,767
26	ヌマチチブ	119	209	0	973
27	ヨシノボリ類	17,611	13,546	4,538	44,027
28	オヤニラミ	1,740	1,086	468	4,651
29	アカザ	0	191	0	502
30	ギギ	161	0	0	153
31	ナマズ	226	0	0	124
	OTU計	**24**	**16**	**14**	**29**
	採捕種数	**15**	**14**	**13**	**14**
	配列数計	**102,736**	**42,019**	**26,614**	**193,095**



対象水路と河川A～C

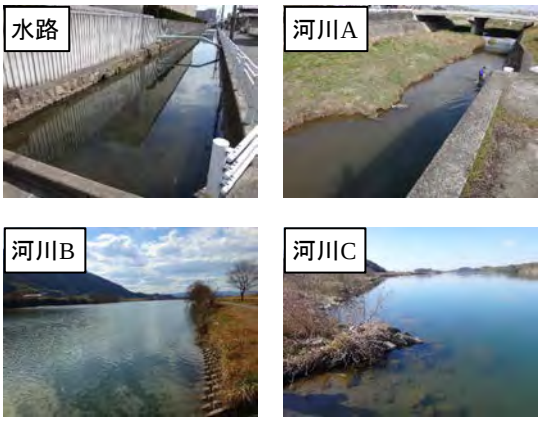


図３　環境 DNA 分析による生息魚類の網羅的推定結果

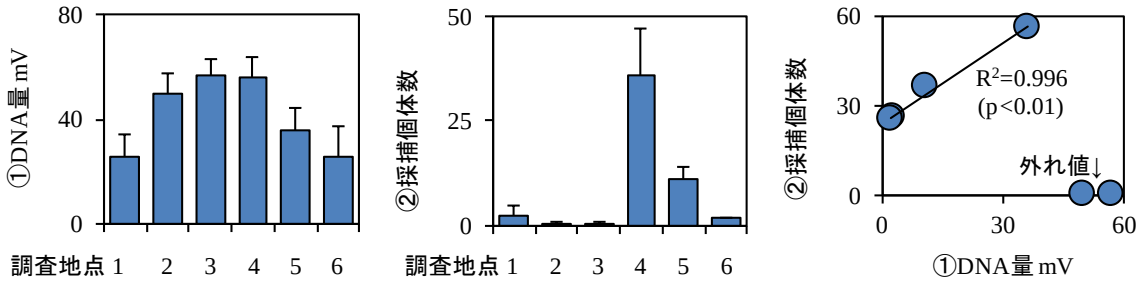


図４　環境 DNA 分析によるアブラハヤの生息量推定

特定種の生息量推定：岩手県の水路6地点で水1リットルを採った後、小型定置網を用いてアブラハヤを採捕した。水サンプルから環境DNAを抽出し、推定されたアブラハヤDNA量と採捕個体数との関係について相関分析を行った（図4）。結果として、アブラハヤDNA量は地点3、4で多く、地点1、6で少なかった。採捕個体数は地点4、5で多く、地点2、3で少なかった（図4）。地点2、3を外れ値として解析から除くと、各地点のDNA量は採捕個体数と強い正の相関を示し、DNA量が生息個体数を反映する可能性を確認した。　（小出水　規行）

＜トピックス：農家や地域住民から水路の生物情報を上手に集めるためには＞

○聞き取りのプロセス

水田水路の生物情報を把握する上で、農家や地域住民から聞き取りを行うことは大変有用である。特に農家の方々は日常的に水路と関わっており、そこにどのような生物が生息するのかをよく知っている。彼らのせっかくの知識を活かさない手はない。

聞き取り調査の方法にあたっては、まずは現場で出会った農家や地域の方々に積極的に話しかけることが第一のステップとなるが、その手順に厳密なマニュアルはないと言っていいだろう。調査者側の性格や、聞き取りされる方の性格・状況に合わせて、適宜柔軟に対応することがまずは基本になる。筆者などは非社交的であり外見も決して爽やかな方ではないので、まずは明るく笑顔で挨拶することだけを心がけた。最初の挨拶で目が合うと、あちら側の好意や、場合によっては、ちょっと今忙しいのだが、といったようなニュアンスがこちらに伝わる。後者の場合、私はこれこれこういうもので水田の生きものを調査しているのですが、今お時間よろしいですか？と切り込むことになるだろう。前者の場合はたいていそのままスムーズに会話が進み、いろいろな話を聞き取ることができる。また、こちらが水田水路で作業をしているとあちら側から話しかけられる場合も多いが、この場合こちらに興味を持ってくれているので、ほぼ間違いなく円満に聞き取り調査が行える。

筆者はこれまでに 500 名近くの方々に聞き取り調査を行ったが、これは失敗したなあ、相手に失礼なことをしたなあ、と記憶に残る聞き取りが 3 回ある。それはすべて、筆者が調査で疲弊しており、聞き取りが雑になって、相手に不快な思いをさせたことによるものである。また 1 回だけ、こちらから挨拶しただけでなぜか怒鳴られたことがあったが、これはよほど虫の居所が悪かったのであろう。社会性に乏しい筆者でも、この 4 回の聞き取りを除いてそれなりに上手に聞き取り調査を行えた。まずは明るく挨拶することから始めれば、たいていは聞き取り調査をそれなりに遂行できると考えてよい。

聞き取り調査をしていると、近くに実っているトマトやキュウリなどの農産物をいただくことも稀ではない。この場合は素直にいただき、できればその場で食べて「これは美味しい！」などと返答すると喜ばれる。また、まれに自宅に招かれて昼食やおやつなども勧められることもあるが、これもあまり遠慮せずにいただくのがよい。

なお、聞き取り調査で得られるものはデータや食べ物だけではない。筆者は聞き取り調査を通じて3名ほどと大変懇意になり、現在でも連絡を取り合っている。

○聞き取り内容の定量化

聞き取りの会話それ自体はアナログなものであるが、この会話の中から得たい情報をいかに定量的に落とし込むかが重要となる。筆者の場合はたとえば、聞き取り相手が子どもの頃に水田水路にはどんな魚がいたのか、また、現在水田水路にはどのような魚がいるのか、などを聞き取った。たとえば「ドジョウは昔はいたが現在はいない」というような答えになれば「ドジョウ：昔 1 、現在　0 」というような形で定量的にデータ化した。また、「ドジョウはいたかも

しれないがよく覚えていない」といったあいまいな答えについては「 0.5 」の値を与えた。さらに、言及されている魚がはっきりしない場合、たとえばメダカかカダヤシか判断できかねる場合なども多かったが、この場合は「メダカ： 0.5 、カダヤシ： 0.5 」などのように値を与えた。ヨシノボリ類などは十把一絡げで「ゴリ」などと呼ばれ、複数種を区別せずに認識されているたが、この場合はいたしかたなく「ヨシノボリ類： 1 」との記録となった。このように、曖昧性の高い聞き取り調査においては、多少強引にでも定量化してデータ化することが必要となるだろう。

筆者の場合、聞き取り調査の記録は、現場で要点をメモ書きすることで行った。くわえてGPSデジタルカメラでメモした部分を撮影することで、メモ帳のバックアップをとるとともに、聞き取りの日時や場所も自動的に記録した。より丁寧に聞き取りしたい場合は、小型のレコーダーやスマートフォンのアプリなどで録音するのがよいであろう。この場合は相手に録音する了解を得るのがよいと思われる。

聞き取り調査で得られたデータを使った具体的な研究例については、Kano et al. (2010)や鹿野ほか(2017a、b)をご参考にされたい。

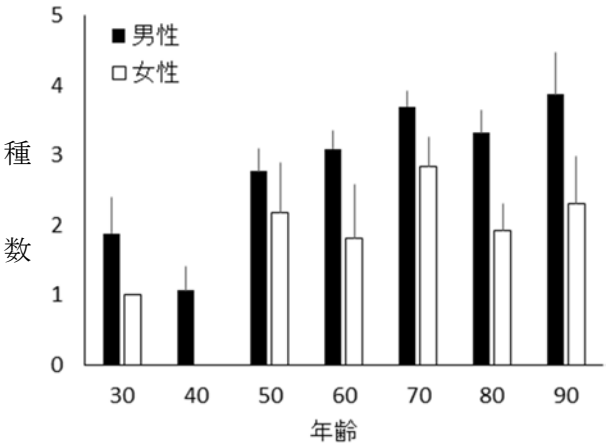


図１　子どものころに認識していた魚類種数
エラーバーは標準誤差

〇聞き取りデータのバイアス

聞き取り調査において様々なバイアスは避けられない。たとえば筆者が行った上記のような調査では、見た目の年齢（ 10歳単位）や性別も記録したが、結果を見てみると性別が大きなバイアス要因となっていた。図1は、聞き取り相手が子どもの頃に認識していた水田水路の魚類の種数を、年齢や性別ごとに示したものである。年齢が高いほど種数が高いが、これは遠い過去ほど多種多様な魚類が水田水路に生息していたことを示すものであろう。一方、男女で比較すると、男性の方がより高い。これは、一般に男性の方が女性よりも魚など野生生物に興味が高く、その偏りが示されたものと思われる。

（引用・参考文献）

Yuichi KANO、 Yôichi KAWAGUCHI、 Tomomi YAMASHITA、 Yukihiro SHIMATANI: Distribution of the oriental weatherloach、 Misgurnus anguillicaudatus、 in paddy fields and its implications for conservation in Sado Island、 Japan. Ichthyological Reseach 57(2)、180-188. 2010.

鹿野雄一・高田（遠藤）未来美・山下奉海・田中 亘・小山彰彦・菅野一輝：奄美琉球におけるフナの生息状況と体色多型、魚類学雑誌 64(2)、95-105. 2017a.

鹿野雄一・山下奉海・田中亘・小山彰彦・菅野一輝：南西諸島におけるニホンウナギの生息状況と地方名から推測されるオオウナギとのハビタットの違い、および生息場としての水田環境の重要性、魚類学雑誌 64(1)、43-53. 2017b.

（鹿野　雄一）

5-4. 水路の維持管理方法の違いが生物多様性に及ぼす影響

① 農家による農業水路の維持管理の類型

わが国の水田地帯では、気候（山極1928、竹内1939、農業農村工学会2009）、地形（山極1928、竹内1939、小出1970）、水文（農業農村工学会2009）、用水源（喜多村1950）といった自然的条件および社会的条件（水谷1992）に応じた水利システムが地方・地域ごとで適合的に選択されてきたことから（農業農村工学会2009）、地域ごとで施設の維持管理方法、管理規模、管理時期は異なる。ここでは、農業水路に生息する水生生物の生息環境に与える影響を踏まえ、とくに魚類を主とする水生生物の生息場機能を保持あるいは高めるために農家個人や地域で組織的に行われる維持管理方法について事例的に整理した。農業水路での維持管理は、水田耕作を営む上では欠かせず、維持管理する規模（規模の大きい方から、水系、水路、水路区間）に応じて、これまで地域の全農家による共同管理、集落共同による管理、農家の個別管理が行われてきた（例えば、志村1987、神宮字2003、広瀬・小幡2003、広瀬ら2008、柿野2010）。このような歴史も含まれた中で、水田・水路生態系が発展し、水田周辺水域に関わる魚類など水生生物の種多様性や種ごとの多数の生息個体数が担保されてきたのは、農業水路での維持管理もこれらの理由のひとつであろう（近藤1999、宇田川2000、農林水産省2004、田代2011）。ただし、維持管理による攪乱が水田周辺水域の魚類など水生生物の生息分布に与える影響については、まだ充分には解明されていない（久米・森2012）。今日、農業水路を魚類などの生息環境に着目して見たとき、構造ひとつとっても、土水路、古いコンクリート水路（後述する準土水路）、新しいコンクリート水路の間で粗度、底質、植生繁茂のし易さが違うし、河川（またはため池）―農業用水路（もしくは農業用排水路）―水田―農業排水路―河川の水域ネットワーク状況、水域の構成、水域ごとの特徴（規模・配置）も地域ごとで異なる。農業水路の維持管理を通じて、魚類などの水生生物の生息環境保全活動をどのように自律的に、また楽しみながら各地域で維持したらよいのだろうか。魚類などの保全活動には、地域資源利用（食文化、農産物の付加価値）、地域での環境教育、子ども達の遊び場、現代のマイナーサブシステンス（遊び仕事）（農業農村工学会2009）としての側面がある（農林水産省2011、田代2011、伊藤2012）。維持管理が魚類など水生生物の生息分布に与える影響やこれらの生物の生息場モザイク（多様な生息場の集合）を地域で把握することで、生息生物の生息場と維持管理との関係をイメージできるようになり、生息環境保全に貢献する農業水路の維持管理を期待することができよう。

今日の農業水路維持管理の一般的な行為を、水路の通水機能保全および灌漑機能保全、さらに生息環境保全機能のための行為に類型化して整理した（表5-1）。

表 5-1 水路の主な維持管理類型

機能	行為	方法
通水機能	浚渫	手掘り、小型油圧ショベル
	藻刈り	手刈り、小型油圧ショベル
	護岸	人力作業、機械作業
	草刈り	手刈り、刈払機、草刈機
	樹木伐採	手刈り、チェーンソー
灌漑機能	堰設置・除去	人力作業、機械
生息環境保全機能	水田魚道保守点検	人力作業
	ビオトープ保守点検	人力作業

1）土砂の浚渫（泥上げ、泥さらい、床ざらい）

農業水路では、最重要な機能である水田圃場への用水供給および水田からの排水が円滑に河川まで流下できるように水路床に堆積した土砂の浚渫や、土砂を岸上部に上げる管理が行われている。浚渫範囲については、農家が自身で管理する圃場に隣接する農業水路を最小区間とすると、これより比較的規模を大きく、地域で複数農家が利用する同一水路系のおおよそ全体あるいは部分を共同で浚渫することもある（広瀬・小幡2003、広瀬ら2008、神宮字ら2003）。また、浚渫方法については、スコップ等を用いる場合（以下、手掘り）や、近年では小型油圧ショベル（ 1.5 tクラス、バケット幅 45 cm ）を用いた浚渫もみられる（柿野2010）（図5-4）。手掘りの場合（図5-5）は、農家が土砂堆積で気になった箇所を僅かに浚渫するケースや堆積土砂が区間全体におよんでいる場合には水路床全てを掘削するケースなど、管理区間内の浚渫面積割合や浚渫量の程度（ここでは、これらを含めて管理強度とする）は異なる。小型油圧ショベルであれば、手掘りよりも労力および実施時間を大幅に縮小することができるが、機械設備や操作技術が必要である。浚渫頻度は、年に 1 回～数回あり、灌漑期の初めか終わり、または両方で実施されることが多く、台風等による増水によって流水機能が損なわれる場合以外は、灌漑期中に行われることは少ない。用水路よりも排水路で実施される頻度が高く、これは水田圃場からの排水に伴う土砂が流出・堆積しやすいためである。通年に水田から流下する土砂（シルト）の堆積は、イシガイ類にとっては生息分布を形成しづらい一方で、後述するようにドジョウの越冬環境に役立っている。



図 5-4　小型油圧ショベルによる浚渫



図 5-5　手掘りによる浚渫

2）藻刈り

通水機能を保持するために5月～8月ごろの期間内に実施される（広瀬・小幡2003、広瀬ら2008、神宮字ら2003）。土砂の浚渫や草刈りと同時に行われることもある（農業農村工学会2009）。主にスコップや鎌を用いて行われるが、刈った藻が多いと運搬に小型油圧ショベルを用いるケースもある（農林水産省2015）。秋田県の事例では、灌漑用水として利用する34名の農業者によって 800 m の用水路（土水路）に繁茂する水生植物を 5 月に除去し、さらに 8 月まで月に一度の頻度で除去している（神宮字ら2003）。富山県の事例では、農業水路の延長 3 km を6集落で

日程調整の上、共同して藻刈りを行っている（広瀬・小幡2003、広瀬ら2008）。魚類の生息分布への影響については、竹村ら（2008）は藻刈りに伴う水生植物除去とトミヨ属淡水型の営巣空間創出の調整について、水生植物のトミヨ属淡水型の営巣場適地が水生植物の周縁であることを明らかにし、意図的に島状の水生植物群落を多数残すことを提案した。ただ、どの程度のサイズの「島」が営巣に適しているのかについては課題として残されており、地域ごとで調査を実施できる余地がある。また、刈った水生植物を一時的に水面上に垂下させることによって、水生植物内に紛れ込んだ個体が水域に逃避できることが確認された（竹村ら2010）。以上の知見は、他水域での生態管理でも活用が期待される。

一方で、農業水路に繁茂するバイカモ類が地域資源として保全対象となっている地域もあり（環境省2007、池田ら2015）、藻刈りに対する管理強度については地元（とくに当該水路で保全・管理・資源活用している地域住民）での調整が必要なケースもある（環境省2007）。

3）小規模の護岸工事

増水等によって水路法面が部分的に崩れたりすることがある（柿野・伊藤2014）。崩れた範囲が小規模な場合、農家個人、少人数、集落ごとで水路が補修される（筒井、北澤2013、農村漁村文化協会2017）。補修に必要な資材のうち、木材は、現場近くの農家の持ち山や谷壁斜面で伐採して利用することができる。工法については、水際で杭柵工、編柵工、土留工などが行われている（例えば、栃木県農地水多面的機能保全推進協議会2015）。これらの工法は、伝統的な工法として古くから行われ、近年では間伐材の活用としても期待されている。丸太は、乾湿が繰り返されると劣化しやすい。このため、例えば杭であれば水路床より水位の変化による乾湿の差が激しい上部の方が下部よりも劣化が早い。ただし、樹種によって耐久年数は異なり、例えばスギは短く、アカシヤ類は長いとされ、地域によって耐久年数の長い樹種が選択利用される。水衝部を工事した場合や止むを得ず耐久年数が短い樹種を使用した場合では、同様の災害から回避できるように、流心を護岸構造でコントロールするために、近辺から在来植物を移植して早期に在来植生を成立させる（例えば、Shresthaら2012）介入が必要であろう。

4）草刈り

水路法面の草類が繁茂し過ぎると、通水機能が低下し、カメムシ類等の発生など病害虫による農作物への悪影響を助長させることになるので、とくに灌漑期では定期的に草類の刈払いが実施される。灌漑期でも草類の生育の伸びが大きい夏季を中心に草刈りが実施される（農林水産省2015）。刈払い回数は、2～4回/年が多く（奥島ら2004、農林水産省2015）、刈払いの方法は、鎌や刈払機、ハンマモア等の草刈機である。カバープランツ、抑草ネットなどで抑草する場合もある（農林水産省2015）。水路法面から水路水面を覆う植物は、日陰地を形成し、魚類など水生生物の生息環境を創出するので、通水阻害と生息環境構造とのバランスを見ながら管理することもできる。草刈りの方法、時期によって繁茂させたい特定の植物を保全管理することもできるし（農林水産省2004）、在来の山野草を刈払わず、または移植しながら残す取組みも行われている（福岡2012）。

5）樹木伐採

農業水路に山や谷壁斜面が隣接していると、樹木の落葉落枝が水路内で溜まり、通水機能が低下することが懸念される。浚渫や草刈と同時にこの落葉落枝も取り除かれるが、農業水路を樹木が覆うことによって通水状況が困難になったり、落葉落枝の量が多くなったりする。さらに樹木が伸長することで水田にまで影地面積が広がり、収量の減につながることもある。このため、伸長し過ぎた枝は刈払うとよい。刈払う際には、柄の長い鎌が用いられるが、高所で届かない場合は放置されることが多いため、樹木を根本から伐採する場合がある（図5-6）。



図5-6　排水路での伐採状況

6）堰設置・除去

水田湛水するためには、河川や水路に灌漑期間中に堰を設けて、水位を上げ（堰上げという）、直接水田に、または新たな水路を介して水田に引水する（図5-7～5-10）。水田内の水位管理は、



図5-7　用水路で堰上げ作業中の状況



図 5-8　用水路での堰上げ



図5-9　用水路での堰上げ前の状況



図5-10　用水路での堰上げ後の状況

地方、地域、水田ごとの農法によって異なる。灌漑期については、関東地方では一般的に　4 月頃 ～ 9 月頃（夏季に中干しのために、一週間程度、堰を除去する）としている。堰の除去は、中干し以外に、台風等による増水の恐れがある際に、洪水防止で通水機能を高めるために一時的に堰を除去することがある。

灌漑期間に堰の設置場所の上下流では魚類にとって移動阻害となる一方で、堰の上流側では水位が上がり、河川、農業水路、水田のすべて、あるいはいずれかと新たな水域ネットワークが確保される。すなわち、堰設置・除去という行為によって、一時的水域としての農業水路を含む水田水域が形成されたり、恒久的水域である河川や農業水路に移動阻害ができることで、魚類生息水域の構成が変化してしまう。また、増水時には一時的水域が退避場になることもある。

7）水田魚道の維持管理

水田魚道は、水田産卵型の魚類をとくに農業排水路から水田に遡上・降下させるための施設であり、この構造については室内実験や試験施工を通じて理論化され（鈴木ら2000、鈴木ら2001、加藤ら2005、三塚2007）、近年、一般農家でも使える安価で汎用性をもった製品（千鳥ｘ型水田魚道）や地域ごとで工夫された魚道（ハーフコーン型水田魚道、切り欠き型水田魚道）が設置されることが増えた（農村環境整備センターら2010）（写真5-11）。水田魚道設置後の維持管理については、主に遡上・降下機能が発揮される灌漑期中に、隔壁に草が詰まり、水流を滞らせていないかどうか、隔壁が緩んでいないかどうか、魚道の勾配に変化が見られないかなどチェックする必要がある（農村環境整備センターら2010、農林水産省2011）。これらの確認は、設置された翌年以降の魚類の遡上前にとくに注意深く点検する必要があり、これを怠ると遡上効果が低くなり、「水田魚道は、効果がない」と結論づけてしまいかねない。なお、地域によっては水田魚道を設置する地点まで水域ネットワークが確保されていないケースがある。この場合は、31～35ページに紹介した修復工や、コンクリート廃材等を用いて段差の下流側に堆積させることで十分に改善可能である（栃木県農地水多面的機能保全推進協議会2015）。



図5-11　水田魚道

8）ビオトープ造成

農業水路の部分的に広い水路幅が確保されている区間を、マイナーサブシステンスを含めた多様な活用をしている地域がある。このような地域では、浚渫や草刈りといった維持管理を重労働として捉えれば、この区間で魚類採捕等、自由に楽しめる空間を確保することが、維持管理の原動力にもフィードバックできる仕組みができており（田代2017）、今後の維持管理の継続や動機づけといった課題に対する解決策のひとつとして考慮されてよいだろう。維持管理については、ビオトープ造成後に在来植物よりも外来植物の方が早く生育することもあり、外来植物を根ごと駆除することがポイントとされる（上山市土地改良区2012）。

＜トピックス：水尻構造と魚類の遡上可能性＞

土羽流路の遡上性

写真１は筑波山塊の山麓に位置する水田群である。地形勾配は約1/30で、写真右手のコンクリートブロック壁に沿うように（植生に隠れて見えないが）水路が走っている。また、写真奥の家屋手前にも水路が走っており、この水田群を潤す用水の供給源となっている。水田群は計７筆で写真手前の水田を除いた６筆では、家屋手前の水路から取り入れられた水が各水田を田越しで灌漑し、赤矢印先の水田からブロック壁沿いの水路へと排水される。排水位置はブロック壁が奥で途切れる付近である。この位置での排水の様子（代かき期）を写真２に示した。測量してみると、水田から水路までの流路区間延長は概ね４m、流路区間の頂上部から水路底にかけた勾配は約1/4で、水田と水路の水位差は概ね１mであった。また、田越し灌漑の行われる水田間の各流路区間もほぼ同程度の勾配であった（各区間延長は1.2～2.5m程）。水路と水田の間、また田越し灌漑される水田と水田の間で果たして魚類の往き来はあるだろうか。小型定置網で調べてみると（写真３）、その数は多くはないもののドジョウ、ホトケドジョウ、ヨシノボリ類の遡上が確認された。これらの底生魚は数の多寡はともかくも、このような土羽流路を遡上できるようである。ただし、土羽の場合、瀬切れが生じないよう流路の確保に気を配ることが必要と考えられた。



写真１　筑波山麓の水田群



写真２　水田から水路への土羽流路



写真３　遡上状況確認の様子

塩ビ管水尻構造における遡上可能性と改善策の検討

写真４は茨城県の低平地に広がる水田地帯である。こうした低平地では写真５のような塩ビ管の水尻構造もよく見受けられる。こうした塩ビ管を通じた魚類の遡上可能性はどうなのだろうか。また、遡上性を高めるような簡易な方法はないだろうか。水田と水路及びそれらを接続する塩ビ管を想定し、ドジョウを用いた実験を行った（写真６）。水路側を想定した水槽ではアクリル管（＝塩ビ管を想定）出口が常時水没する水位を維持し、水田側を想定した水槽では載荷台（高さ10cm）の台数を変える（０～３台）ことで管路の勾配に変化を与えた（写真７）。また、管は延長１m 、1.5mの２種を試した。さらに水田側を想定した水槽では管入口にエルボー（曲管）が有る場合／無い場合の２パターンを試した。



写真４　低平地水田（茨城県）



写真５　塩ビ管水尻構造の水田（茨城県）

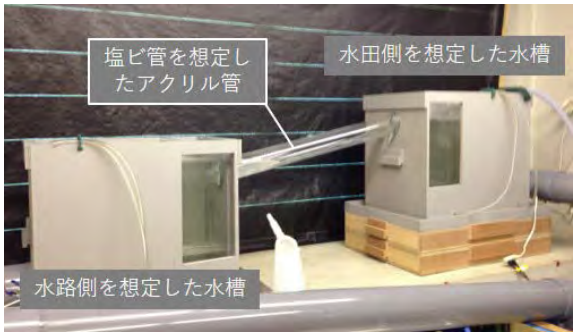


写真６　塩ビ管水尻を想定した実験

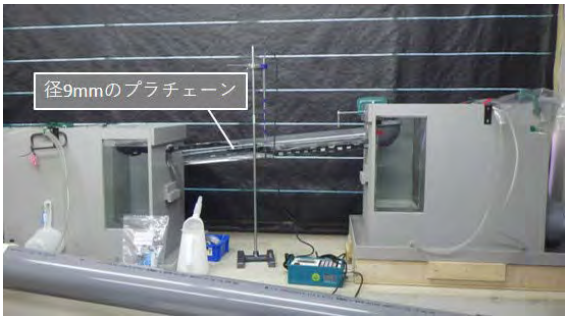


写真７　径 9mm プラチェーンの挿入



写真８　プラチェーン挿入に用いた通線ワイヤー

実験の結果、エルボーの無い場合、管延長１ｍでは載荷台０～１台で遡上が確認されたが、管延長1.5mでは載荷台１台での遡上は確認できなかった。載荷台１台の場合で比べると管の勾配自体は1.5mの方が延長の延びた分緩いものの、流れの速い射流で流れる区間が長くなったために遡上が困難になったものと考えられた。エルボーの有る場合はさらに遡上は困難となり、管延長１ｍ・1.5mの場合とも載荷台０台（無し）の条件でしか遡上は確認できなかった。水田と水路間の水位差が小さく、容易に遡上できそうに感じられる状況であっても想像以上に遡上は難しいようである。

では、この状況を後付け的に、かつ、簡易に改善する方策は無いものか、プラチェーンを管内に挿入するという試行を行った（写真７）。挿入には電気工事などで使用される通線ワイヤー（写真８）を用いた。試行の結果、プラチェーン挿入前は遡上が確認できなかった「エルボー有り・管延長１ｍ ・載荷台１台」の条件で、プラチェーンを挿入後、尾数は僅かながら遡上が確認できた。このとき局所的な流速しか示すことはできないが、ある点（管延長方向中央部・垂直方向底部付近）で挿入前0.70m/sであった流れは挿入後0.17m/sに抑制されており、このことが遡上性の改善に寄与したと考えられた。ちなみにプラチェーン、通線ワイヤーとも低価格、かつ、ホームセンターやインターネット等で入手可能である。

なお、この試みは管内に異物を挿入するものなので、ゴミ詰まりなどが課題になるものと思われる。この点に関しては、ゴミ除去時には一旦水路側から引っ張り出して取り外す、あるいは、プラチェーンの両端をあらかじめ紐などで括り付けてループ状（輪っか状）にしておいて、ゴミ除去時にはそのループを流下方向に回転させることなどが考えられる。現場の状況に応じた対策が肝要と思われる。　　（竹村　武士）

② 浚渫が魚類など水生生物の生息分布に及ぼす影響を調べた事例

1）浚渫による魚類、貝類の生息分布への影響の調べ方

浚渫による魚類・貝類の生息分布への影響を知るためには、浚渫によって陸上げされる種や浚渫による攪乱で逃避する魚種は何か、陸上げされる、逃避する魚種ごとの個体数がどの程度なのか調べる必要がある。陸上げされる種、魚種ごとの個体数を制度高く調べるためには、陸上げされた個体数だけでなく、浚渫された土砂をスコップ等で掘削し、埋没している個体数も含めて計数する必要がある。また、浚渫区間にどの程度魚類・貝類が生息しているのか把握したい場合は、浚渫前に生息環境調査とタモ網、徒手を用いた採捕調査を行う必要がある。加えて、逃避する魚種および魚種ごとの個体数を調べるためには、浚渫区間の上下流端に遡上・降下魚採捕用に定置網、もしくはウケを設置し（図5-12）、朝・昼・夕の 3 回の採捕を少なくとも4、5日間継続する（図5-13）。なお、ドジョウは腸呼吸のために水面に顔を出す必要があるので、定置網もしくはウケが水没しない場所、設置方法等工夫が必要である。浚渫および採捕調査日より前日から定置網を設置することで、浚渫前後の違いを把握することができる。タモ網を用いた採捕調査は、浚渫区間のおおよその生息魚種および魚種ごとの生息個体数を把握でき、浚渫による攪乱後の残存個体をうかがうことができる。環境生息環境調査、採捕調査は、生息魚類にとって攪乱にあたるため、調査結果では、後述する事例のように調査攪乱による影響も鑑みた考察も必要であろう。



図5-12　浚渫区間の上下流端に設置した小型定置網

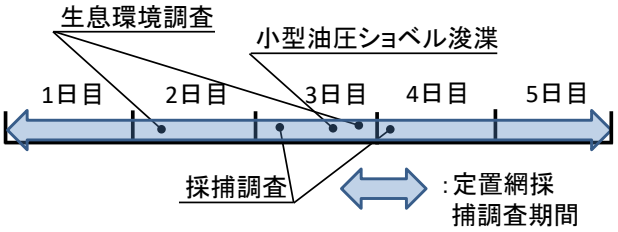


図5-13　浚渫の影響調査の日程例

栃木県芳賀郡市貝町に位置する小貝川上流域にある水路（水路幅約70cm程度の用排兼用の土水路）では、H26 ～ 28 年冬季にかけて小型油圧ショベルを用いた浚渫の影響について調べられた（図5-14）。土砂の浚渫手順および生息環境調査、魚類などの採捕調査について、紹介する。

(1) 小型定置網の設置（調査開始　1 日目）

小型油圧ショベルでの土砂浚渫が実施される2日前に遡上用・降下用に定置網を対象区間の上下流端に設置した（図5-12）。この区間で何も攪乱がない状況で、対象区間内外に魚類など水生生物が移動しているか否かを確認することが目的である。採捕有無の確認は、3 回/日とし、浚渫後数日まで継続した。

(2) 生息環境条件調査の実施（調査開始２日目）



図5-14　生息環境条件調査の実施状況

今回の対象区間延長（小型油圧ショベルで浚渫する範囲に相当）は、30 m であった。そこで 6 m ごとに小区間を設けた。小区間の上下流端の水路幅、水深・流速（中央・右左岸側の 3 点）、底質の軟らかさ（ピンポールに 0.5 kg の重りをつけ、自重で先端が沈降した深さを底質の軟らかさの指標とし、水路幅 10 cmごとに計測）、酸化還元電位（中央 1 点の水路床表土の約 2 cm 深さ）、環境構造の被覆面積を計測、測定した（図4-24）。環境構造については、水路区間の水面面積のうち、カバー植物（岸辺から水面に覆っている、水面から 30 cm 高さ未満の被覆植物）、抽水植物（水域から水面以上に生育している植物）、水生植物（水面下で繁茂する植物）、えぐれ（水面下の岸辺下部に形成されたえぐれ）を指す（井上・中野1994、藤咲ら1999、柿野ら2007）。現地での調査によって、環境構造の面積が区間の総水面面積の何%にあたるのか算出することができる。

(3) 魚類など水生生物の採捕調査



図5-15 魚類採捕状況

（調査開始 3 日目午前）

小区間の上下流端に3 mm 目合の金網で仕切り、この中を 1 人/ 10 分かけて、タモ網で採捕した。採捕後に種ごとの個体数の計数および個体ごとの標準体長を計測して放流した。放流後に金網の仕切りを外した（図5-15）。

(4) 小型油圧ショベルの浚渫とドジョウの生息分布への影響（調査開始 3 日目午後）

基本的に片方の岸を足場として、下流端から上流端にむけて移動しながら小型油圧ショベルによる浚渫を実施した（p60；図5-4）。バケットの大きさに合せて区間全体の水路床の表土を掘削した。本調査では、3年間の調査を実施し、浚渫に要した時間は、30 分（2014）、23 分（2015）、56 分（2016）であった。2016年では、足場がぬかるみ小型油圧ショベルを操作しにくかったこともあり、時間を要した。また、2014年では、浚渫深さが約 15 cm、2015、2016年では約 20 cmであった。浚渫前後の水路床の軟らかさの比較から、2014年、2015年では堆積土砂深さが浅くなった（硬くなった）が、2016年では深くなった（軟ら

かくなった）。このことは、2016年の小型油圧ショベルが操作しにくかったことが、浚渫の荒さにつながったと考えられた。ドジョウに着目すると、浚渫深さが深く（約 20 cm）、密に浚渫（かきとり回数 67 回／ 30 m ）すると浚渫区間からおおよそ 1 日後に多数のドジョウが降下した。しかし、浚渫深さが浅く（約 15 cm）、あるいは浚渫深さが深くても（約 20 cm）荒く浚渫（かきとり回数 87 回／ 30 m 。ショベルの足場が悪く回数が増加した。）されるとドジョウの降下個体数はわずかに留まった。また、陸に上げられた魚類個体数割合は、ドジョウ類 35 % / 30 m と高くなかった。以上から、深く浚渫することによって当該区間でのドジョウの越冬機能が低下し、下流側の攪乱のない越冬場へ逃避したと考えられた。考察した応答イメージは、図5-16のとおりである。なお、浚渫直後はわずかではあったが、降下した魚類個体を採捕した。これらは、調査区間の下流端の越冬個体が直接的な浚渫攪乱によって降下した個体と推測された。また、調査では、浚渫前後に生息環境条件調査および採捕調査も行っており、各調査直後に降下した魚類の個体はわずかであった。 1 日後に多数のドジョウ個体が降下した現象は、このような調査による攪乱も含めての結果であることを付記する。

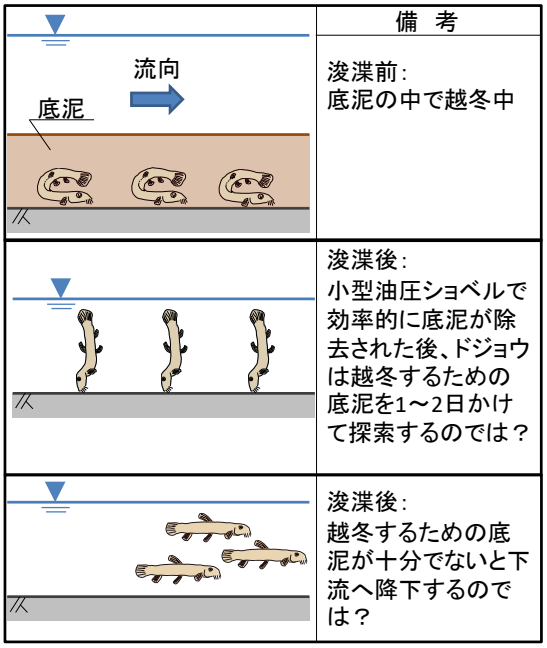


図5-16 ショベル浚渫前後のドジョウの応答イメージ

以上を踏まえると、冬季に深く浚渫する際には浚渫区間の下流側に越冬のための代替越冬場の存在が必要であろう。当該区間の下流側には土水路が続いており、翌年も当該区間でドジョウが優占種であったため、浚渫区間内の越冬機能は低下したものの、浚渫していない下流側で越冬できたと考えられ、本種に対する浚渫の影響は大きくないと推察された。

青森県七戸町での事例では、延長 240 m （平均水路幅 28 cm± 21 cm）の農業用水路（土水路であり、非灌漑期は下流側200 m 程度の区間に湧水による湛水が確認された）において、2016年5月7日に 13 名/ 4 hでスコップによる手掘り浚渫（図5-5）および堰上げ（図5-6）・用水供給が行われた。浚渫深さは、約 10 cmであった。浚渫前後で魚類採捕調査を行ったところ、浚渫前および浚渫後で底泥の多い区間でドジョウとスナヤツメ北方種の採捕密度が高かった。以上から、農業水路での底泥は、ドジョウやスナヤツメ北方種にとって越冬環境に貢献する要素のひとつであることがうかがわれる（井上ら2017）。浚渫区間の下流側でコンクリート水路が多い、水域ネットワーク状況が芳しくない条件下ではドジョウが生息しにくく（森2007）、越冬場が密に深く浚渫されることによって、ドジョウが灌漑期に遡上困難な下流域にまで逃避し、越冬場周辺での生息個体数が減少する可能性がある。

(5) 浚渫によるイシガイ類の生息分布への影響

イシガイ類（図5-17）については、浚渫前に熊手（三浦ら2014）や徒手によって採捕することができる。冬季に徒手で採捕するのであれば、寒さ対策と怪我防止のためにゴム手袋やウェーダーを装着した方がよい（図5-18）。浚渫前後の採捕調査と陸に上げられた個体数によって陸上げされた個体の割合が算出できる。栃木県の事例では、推定生息個体数のうち 29 ～ 46 % / 30 m が小型油圧ショベル浚渫時に陸に上げられた。この浚渫区間では、本類の毎年の採捕個体数が少なかったことから、陸に上げられることによって同水路系を含んだ生息分布に対する影響は高くないと考えられた。なお、現場では小型油圧ショベル浚渫時に陸上げされた個体は農家の手によって元に放流されている。陸に上げられた個体を放流することによって直接的な負の影響を軽減させることができる。

三浦ら（2014）は、圃場整備事業に係る水路改修前にイシガイ類を救出する手段として小型油圧ショベルを用いて、徒手で採捕できなかった比較的深い 20 cm 以浅の生息個体を採捕した。ここでは、小型油圧ショベルで浚渫する際には、左右岸いずれかからバケットを伸長させることからショベル据置側の岸辺付近の個体が採りづらかった可能性について指摘されている。これを踏まえれば、浚渫を片岸からのみで行うことによって陸上げ個体を軽減することができるかもしれない。



図5-17　イシガイ類（*Inversiunio jokohamensis*）



図5-18　徒手によるイシガイ類採捕

(6) 浚渫後の環境構造の変化

一度小型油圧ショベルで浚渫して水路が攪乱された後に、もとの環境構造面積割合がどのように変化するのだろうか。調査現場では、浚渫区間での調査初年度で環境構造の被覆面積割合が5 % 程度であったが3年目の冬に 90 % に増加した（図5-19～21）。主な環境構造は抽水植物やカバー植物によって形成された環境構造であった。2014～2016年の11月で比較すると、2016年で特に遊泳魚が最も多く採捕された。11月は、既に越冬期にはいっており、対象区間での遊泳魚をはじめとする魚類の越冬機能が高まった可能性が考えられた。

このように、維持管理作業の影響や維持管理後の環境構造の変化を調べることによって、地域の水生生物の生息環境保全に役立てることができる。調査を実施した2年間では、環境構造の面積率が高まることで魚類の採捕密度も高まったが、その後どのように変化するのかは不明である。

③ 維持管理が創出する水路環境の多様性

前述した栃木での調査事例では、調査区間の延長を 30 m とした。これは、調査対象地ではおおよそ 30 m が隣接する水田の地権者が管理する区間に相当したからであった。通年で各区間をみると、水路維持管理に伴う水路構造の変化や水路内の植物による遷移のあり方が異なる。また、区間ごとでも魚種ごとの採捕個体数は、期別で異なる。水路維持管理は、先に述べたような浚渫や堰上げ・除去、草刈りなどの行為がある。管理強度や実施日は、農家ごとで異なるから、水路維持管理に伴って形成される生息環境が魚類など水生生物の生息分布にどのように影響を与えるのか管理する当事者個人が理解する上で、生息場の最小単位に、水路維持管理区間をあててはどうだろうか。底泥の供給程度が異なるため、少なくとも水路床の環境（底質環境）は、農業用水路と農業排水路で異なる。農業用水路では、シルトが少なく、排水路では水田からの排水があるためにシルトが優占しやすくなる。例えば、前述の栃木県での事例では、堰が下流端にある区間での水路床の堆積土砂厚の変化を推定すると、堰設置後を含めて堆積土砂厚が変化した。堰除去だけでも堆積土砂が少なくなることが分かった。浚渫すると更に減少するが、堰設置後に再び堆積し、中干しに伴う堰除去で、また減少する。この堰上げされた区間とすぐ上流に位置する区間（水田からの排水なし）とで、堰設置時の水路床上の溶存酸素を測定比較すると堰上げされた区間で値が低かった。堰が設置されることで、水路床（堆積土砂）の酸素量が低いとイシガイ類二枚貝の生息に影響を与える一方で、堰上げによって水深が深くなり、遊泳魚の遊泳空間が確保される。反対に上流側の区間では、魚類が少ないがイシガイ類二枚貝が多数生息する。すなわち、同じ農業水路であっても、魚類などの水生生物種ごとに、生息分布しやすい区間としにくい区間が形成されている（柿野ら2009）。



図 5-19　浚渫直後（2015.11.16）



図 5-20　浚渫後 1 年経過（2016.11.20）



図 5-21　浚渫後 2 年経過（2017.11.25）

従って、多面的機能支払交付金制度による活動団体などが維持管理する水路を、例えば任意の区間に分け、区間ごとに魚類など水生生物種の「棲みやすさ」を評価できれば、維持管理に伴う魚類等への影響を推測しやすいのではないだろうか。

5-5. 農業水路の望ましい維持管理とそれに向けた課題

① 魚類など水生生物に配慮した維持管理を続けるためには

本節では、農業水路の維持管理について、魚類など水生生物の保全をある程度積極的に行う地域において貢献できる内容を記述した。できるだけ魚類等に配慮した維持管理について述べる。水路構造は、土水路が最もよく、次いで準土水路である。準土水路とは、コンクリート水路施工後に数年～数十年経過し、土水路と同様に魚類など水生生物が生息できるようになった水路の造語である（土砂堆積物の堆積深や水生植生の高さがおおむね5cm以上と定義、図4-11、図5-22～26　※Kano et al. 投稿準備中）。準土水路をむやみに新しいコンクリート水路に更新しない配慮も期待される。なお、今日の水理設計基準では、水路構造の決定には当該水路での最大許容流速値の影響が大きい。同基準での水路構造ごとの最大許容流速値は、土水路では、砂質土（最大許容流速が0.45m/s）、砂質ローム（0.6m/s）、軟岩2.0m/s）、中硬岩（2.5m/s）で最大許容流速が決められている（農林水産省2001）。すなわち、最大許容流速を上まわる設計が為されれば、コンクリート水路が設置される。コンクリート水路もU字、V字、L字型があり、規模は、流水量計算から決定される。



図 5-22 準土水路 1



図 5-23 準土水路 2



図 5-24 準土水路 3



図 5-25 準土水路 4

※土水路のような底質や
水生・抽水植物が確認される

（図 5-22～25：鹿野雄一 撮影）

同一水路系の場合、堰が設けられていれば、灌漑期中（中干しや増水回避で堰除去期間を除く）、この上下流では水位が異なる。堰上流域でも堰上げによって水位上昇の影響を受ける区間

（堰直上流区間）と、堰直上流区間の上流区間でも水位が異なる。排水路としても位置付けられていれば、これらの区間では水田からの排水に伴って、シルトが堰直上流区間に堆積しやすい。これらの区間を直接管理する地権者が異なれば、浚渫方法、浚渫頻度、浚渫程度や岸側の草刈りの頻度や程度といった管理圧のちがいも加わることによって、同一の水路系にもモザイク状の生息場が形成される。

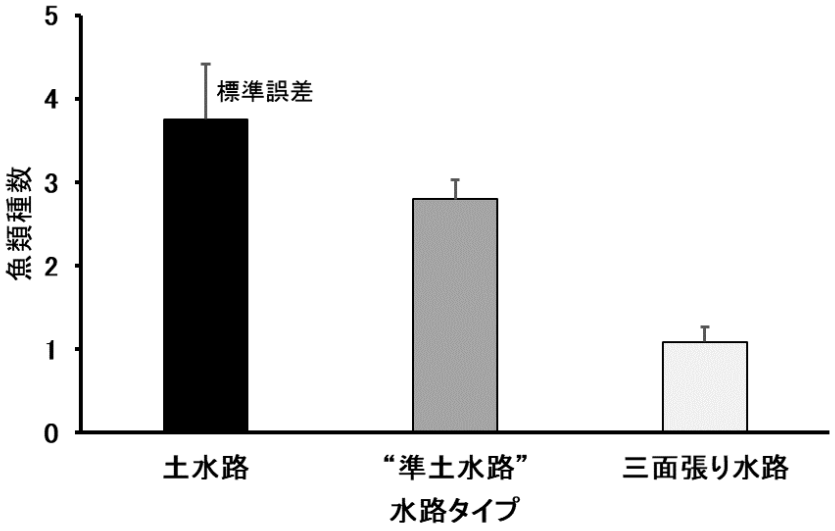


図 5-26 各タイプの農業水路における魚類種数
（原図：鹿野雄一）

それぞれの区間を優先的に生息する水生生物も存在する。前述の栃木県での事例では、堰直上流区間では、遊泳魚にとって生息しやすく、上流区間ではイシガイ科二枚貝が高密度で生息分布していることが認められた。堰直上流区間では、シルト性底泥が堆積しやすいことから、小型油圧ショベルによる浚渫は一人で短時間に実施できたことから効率がよかった。ドジョウの越冬機能に対する影響を低めるのであれば片方の岸側から浅く、もしくは粗放的に浚渫するとよい。浚渫時に陸上げされた水生生物は、もとの水域に戻すことが望まれる。上流区間では、イシガイ科二枚貝が生息分布しやすく、幼貝の採捕個体数の多さから供給源に位置づけられることから、このような区間では小型油圧ショベルよりもスコップを用いた手掘りが推奨される。水源を母河川に求めるケースで、水路等が被災した場合は、付近の林地の山主に協力を仰ぎ、間伐に伴う杭柵等の護岸工事をするとよい。一連の作業では、安全性の確保を最優先にしながら、手作業で全ての工程を行える楽しみを前提にするとよい。地権者による水路維持管理する区間が魚類など水生生物の生息分布にとってどのように位置づけられるのか理解できると農業水路系、地域の水域に生息分布のイメージを拡げる手助けになる。例えば、対象区間が供給源（出生数が死亡数を上回る区間）なのか吸収源（死亡数が出生数を上回る区間）なのかおおよそ見極められるとよい。イシガイ科二枚貝であれば、浚渫時に陸上げされる個体を放流しながら、幼貝の多さから供給源の可能性がうかがえるだろう。また、ドジョウのように地域によって魚食文化を担っていた魚種もいる。この種は、トキやコウノトリの餌資源として保全対象とされてもいる。保全しながら、魚食文化を個人、組織で再現することや、前述の鳥類との関係の中で魚類などの水生生物を保全してもよいだろう。環境指標として位置付けられる魚種もいる。例えば、湧水に対して生息分布が応答しやすいホトケドジョウ（守山ら2007）がこれにあたる。

魚類など水生生物の生息実態や変化を知ることの意義については、「5-4. ①農家による農業水路の維持管理の類型」でふれたとおりである。地域で自律的に生息環境保全を意識した維持

管理を長期間継続するためには、どのような姿勢、考え方が必要であろうか。ひとつは、それなりの楽しみや資源としての価値観を、農業者等の個人・地域が持っていることであろう。前述の事例では、イシガイ科二枚貝の採捕個体数が多数であったことを報告すると地権者は大変に喜びながら手掘り浚渫の継続を強調されていた。維持管理していると遠くからカエル類の声が風のように移動し、自身を通り過ぎていく現象に感動したことを話された地権者もいた。小規模の護岸工事では、地域住民と共同で地域の資材を調達することに興味を持っている林業関係者もおり、新たな維持管理体系の確立も期待される。また、近年は、DIY（Do It Yourself;専門業者でない人が、自身で修繕・修理をする）の気運が高まっている時代でもあり、大工・土木道具や木材の伐倒道具（チェーンソーや伐倒用鋸・斧）に興味を持つ人たちが増えているので、道具準備・管理と護岸工事を含めた枠組みの中でも実行可能な地域があるかもしれない。そこでは、一昔前に使用されていた窓鋸を再評価し、木材の伐倒から鋸刃の目立てまでも含めたパッケージとしての楽しみを維持活動に加えるような工夫があってもよいだろう。環境教育や観光資源として活用することもできよう。前述の杭柵施工の事例では、手作業で全行程を終えた後の杭柵工護岸を見て、関係者全員がDIYに感動していた。

最後に、魚類など水生生物の生息環境保全に配慮した維持管理を、長期にわたって継続可能にするための重要な課題を挙げたい。それは維持管理を継続させるための体制の構築であり、地域ごとでどのような体制で臨むのかも工夫が必要となる。現在の維持管理体制で臨むのか、外部を含めた支援者と新たな体制で臨むのか、多面的機能支払交付金などのソフト事業を活用するのか考える必要がある。また、環境教育イベントとして活用することも一つの工夫である。すなわち、地域の社会、風土の継承を考えると、地域の小学校などとの連携も視野に入れるべきである。2020年度から実施される学習指導要領には、これまで以上に「地域社会との連携及び協働」が打ち出される予定

（http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/attach/1365161.htm）

であり、小学校の教育課程に世代が異なる地域住民が関わることは極めて重要である。総合教育やクラブ活動の時間を活用し、地域教育の一環として小学校と地域との共同で「水路の生きもの調査」や「生物相保全のための水路清掃」などのイベントを行うことが提案される。実際に、水路維持管理だけでなく、魚類を採捕して食べるイベントを地域の小学生と一緒に農業水路環境と関わる活動を毎年継続する事例もみられる。保全したい農業水路と人との間の生活論理をいかに再構築するのかがポイントであろう（生活論理とは、定期・不定期で魚類など水生生物の生息を前提とした農業水路への関わりに至る考え・行為への道筋をここでは指す）。

＜トピックス：環境配慮対策実施後 10 年間での魚類相の経年変化＞

○背景と目的

平成 13 年度、土地改良法が改正され、その第一条２項に、「環境との調和に配慮」との文言がもりこまれた。土地改良事業は、土地改良法の第一条1項「農業生産の基盤の整備及び開発を図り、もつて農業の生産性の向上、農業総生産の増大、農業生産の選択的拡大及び農業構造の改善に資することを目的」とし実施するものであるが、その事業を施行する際に、「環境との調和に配慮」しつつ事業を進める必要があるとの条項が盛り込まれたことにより、今後の土地改良事業の方向を示したものとなった。この動きは平成 3 年度の構造改善局建設部長による「農村環境に配慮した土地改良事業の実施について」の通達（以下、通達という）において、すでに「土地改良事業の実施に関する留意点」として、「自然環境との調和、（中略）に配慮するもの」とすることが記されており、土地改良事業において様々な取り組みが始められてきた。

調査対象地は、栃木県宇都宮市の北部に位置する（図1）。西鬼怒川地区とは、平成 2 年度から同 18 年度に実施された県営圃場整備事業（ 881 ha）の対象範囲を指す。県営圃場整備事業（西鬼怒川地区）の実施期間内には「県営農村自然環境整備事業（総合型）（以下、自然環境事業）」が平成 9 年度に導入され、その後平成17年度まで継続された。同事業では、ミチゲーション５原則でいう「回避」が実施され、「谷川上流保全地」が設けられた。また、「井桁護岸」や「二段式水路（通称：ドジョウ水路）」などの環境配慮型の工法も多数採用されている。こうした、生態系に配慮した農業農村整備事業が実施され、約 10 年が経過した西鬼怒川地区における魚類相の変遷を経年的に調べたところ、魚類相の大幅な変化がみられたことから、ここに報告する。

○調査方法

採捕調査は、背負い式エレクトロフィッシャー（スミスルート社製、Mod.12B）用いて行った。背負い式エレクトロフィッシャーによる調査は、2003年、2010年、2014年に谷川内で19地点をそれぞれ夏、冬の2回行った。調査地点はそれぞれ100 m とし、各調査地点は 1 から 11 m までは150 m 毎に設け、12から上流ではそれぞれ隣接して設けた（図２）。

○調査の結果から見えてきたこと

2003 年には夏季、冬季ともにウグイが優占種であったが、2010年夏季にドジョウが優占種となった後、2010年冬季以降はカワムツが優占種となり、かつ採捕数が他魚種を大幅に上回ることが確認された（図２）。カワムツの増加とともに特徴的な変化は、ウグイの減少であり2004年と2014年の採捕数を比較すると、夏季で16 %（331個体から52個体）、冬季で26 %（636個体から163個体）へと減少していることが確認された。また、ホトケドジョウの減少も著しく、夏季で17 %（137個体から24個体）、冬季で1 %（77個体から1個体）へと激減した。

○ウグイの減少とカワムツの増加

特に、ウグイとカワムツの採捕数を割合にして示すと、カワムツの増加に反してウグイが減少している様子が見てとれる。現在のところ、ウグイの減少がカワムツの増加によるものである確証はない。また、カワムツの増加がウグイの減少を引き起こしているとした場合も、その原因は不明である。しかしながら、国内移入種の大幅な増加と、それまでの優占種の減少からは、環境の変化のみではなく、外来種により影響が及ぼされている可能性が考えられた。

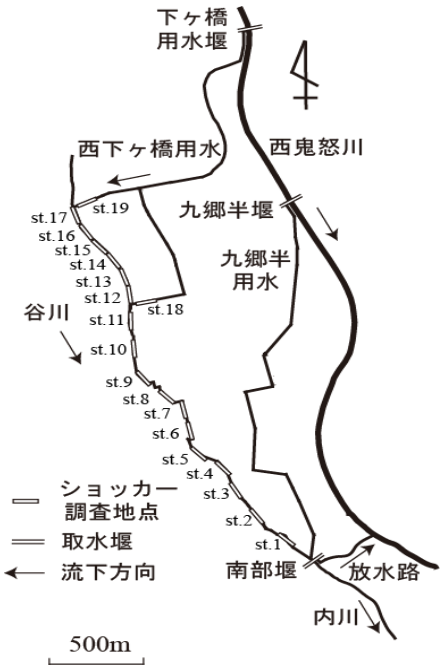


図１　調査地点の位置

○環境配慮対策の効果とモニタリングの必要性

本調査から見えてきた、環境との調和に配慮した事業実施にあたっての留意点を述べると次のようになる。第一に事業実施直後の魚類相は、その後変化する可能性があること。第二は、魚類相の変化はモニタリングによってしかわからないことである。本調査地区では、経年的な調査を実施したことで、魚類相の経年的な変化を知ることができた。外来種の防除は大変難しいものの、防除の第一歩は、まず現状をしることである。そのためにも、事業完了後にモニタリングを行うこと、さらには事業完了後から数年経過した段階でモニタリングを行うことで、地域の自然環境の変化を長期的な視点で把握することが可能となる。事業としての実施が困難な場合は、多面的機能支払交付金による取組の一環として、あるいは環境教育の取組の一部とするなどして、モニタリングを続けることが好ましい。

（守山　拓弥）

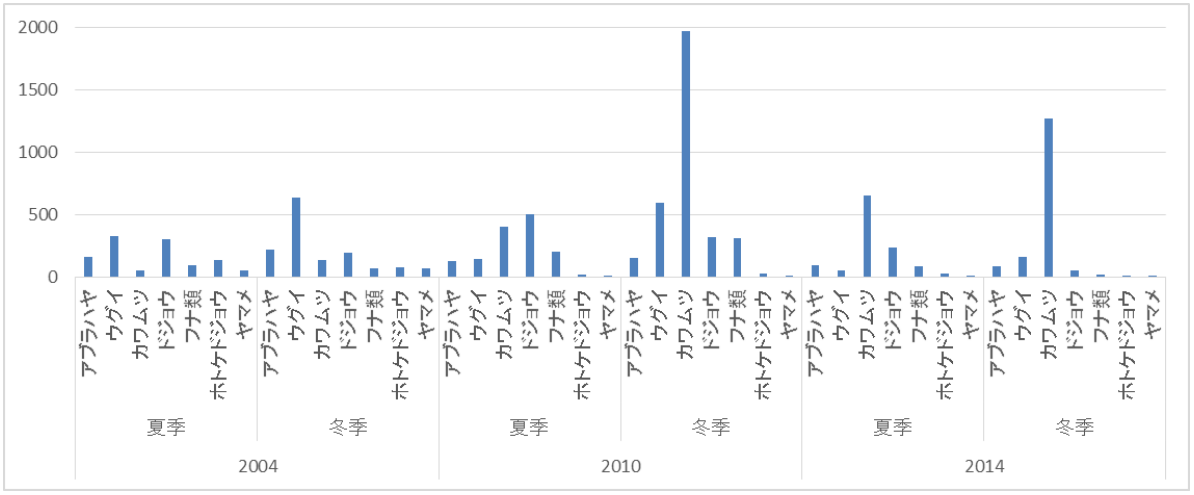


図２　各調査年における各魚種の採捕尾数

「評価スコア」算出のための水路環境調査　入力シート

環境調査 入力シート

			水路幅（cm）	水深（cm）			流速（cm/秒） またはウキの流下時間（秒）			陸地の幅（cm）	沈水植物の幅（cm）	抽水植物の幅（cm）	垂下植物の幅（cm）	リター（cm）	河床材料%			
	調査地点			左	中	右	左	中	右						石・礫	砂	泥	コンクリート
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		

＜資料編＞

農業水路周辺で見られる淡水魚



土水路に群れる絶滅危惧種ヒナモロコ。本生息地は改修により消滅。

本資料では、水田環境や農業水路周辺（田面・用排水路・ため池）で出現する可能性のある魚種について可能な限り取り上げた。ただし各地に生息する魚類は多様であり、特に海に近い排水路では数多くの汽水魚がみられる。本資料で網羅できない分は、他の専門書等を参照されたい。また一部のグループ（ドジョウ類・タナゴ類・ハゼ類）や幼魚、メスの個体などは外見からの分類が難しい場合がある。生物多様性保全の現場ではDNA解析などは現実的に困難であろうし、～～類としてまとめ、あまり神経質に分類する必要はないだろう。そのさじ加減についても多少の示唆を記述した。

本資料では水田生態系の保全の視点から、主要種（1種につき1ページ）と準主要種（1種につき半ページ）を最初に取り上げ、残りを分類群順に掲載した。なお、国外外来魚は青文字、在来性が不明なものは緑で示した。

ドジョウ（マドジョウ）・カラドジョウ


田面にて。新潟県


北海道


熊本県


西表島


与那国島


乾燥すると土に潜ってやりすごす




7月、生後1ヶ月程の幼魚


繁殖期、水路の段差を超えられずにたまるドジョウたち

（撮影：中島 淳）


国外外来種であるカラドジョウ、全体に寸詰まりで体高が高い。静岡県

分布	北海道から沖縄まで全国。
おもな生息場所	田面、排水路、湿地化した放棄田、河川中流域。
繁殖生態	5-7月に、浅く湛水した田面や湿地に進入して産卵する。オスはメスに体を巻き付けて産卵を促し、放卵、放精、受精が行われ、卵は周囲にばらまかれる。
水田との関わりや配慮のポイント	水田環境と関わりの深い魚で、本種の保全には複数の環境条件が必要になる。まずは成魚のおもな生息場となる排水路に、隠れ家となる場所があることが必須である。コンクリート三面張りの水路でも、土砂が十分に堆積していたり植生が豊富であれば、これらが隠れ家として機能する。次に、繁殖期に排水路から田面に遡上できることが重要となる。排水路と田面間の水の連続性が良くない水田地帯では、水路の状態が良くてもドジョウが生息しないことも多い。さらに、繁殖期に田面が湛水されていることも重要である。例えば中干しが産卵と重なると、影響を与える可能性がある。
その他	近年になってドジョウ（マドジョウ）には複数種いることがわかってきたが、生態は概ね同じと思われる。保全上区別する必要は現在のところないが、異なる水系への放流は避けたい。

メダカ類（キタノメダカ・ミナミメダカ）


ため池に群れるミナミメダカ。三重県


国内移入のミナミメダカ。北海道


キタノメダカ。新潟県


ミナミメダカ、ヒレが伸長した典型的なオス。茨城県


ミナミメダカ。福岡県


人為放流と思われる白い品種のミナミメダカ。鹿児島県


ミナミメダカ。沖縄県

分布	キタノメダカ：おもに東北日本海側～北陸。 ミナミメダカ：おもに関東以南～沖縄本島以北。
おもな生息場所	田面、排水路、ため池、湿地化した放棄田、河川中下流域。
繁殖生態	春から秋にかけて、直径1.5mmほどの、粘着性の強い卵を水草などに産み付ける。
水田との関わりや配慮のポイント	排水路との水の連続性がよい田面では、大群で泳ぐのを見かけることもある。遊泳力が弱いため、江やマスなど、流速の遅い水場があることが望ましい。また、水草の多い水路は流速が抑えられる上に産卵場となるので、そのような水路はメダカ類にとって都合が良い。また緋メダカなど人工品種の野外への放流は、野生個体との交雑により遺伝的撹乱の懸念があり、好ましくない。
その他	近年になってメダカ類は、おもに北日本の日本海側に分布するキタノメダカと、南日本太平洋側に分布するミナミメダカの2種に分かれた。一般にミナミメダカの尾びれの付け根にある黒斑はキタノメダカのそれに比べて濃い（写真点線部）。現段階では二種を保全上区別する必要はないが、異なる水系への放流は避けたい。

フナ類


形態的にはギンブナと思われるが詳細は不明。三重県


ナガブナ。新潟県


キンブナ。東京都（撮影：中島 淳）


ニゴロブナ。滋賀県


ギンブナ。大分県


オオキンブナ。福岡県


天然の緋色のフナ。沖縄県

分布	北海道から沖縄まで全国。
おもな生息場所	田面、排水路、河川中～下流域、ため池。
繁殖生態	4-6月に、田面や水草の多い浅場で産卵する。単為生殖する個体もおり、その場合は、コイなどの精子が発生の刺激となる。
水田との関わりや配慮のポイント	ドジョウと同様、水路に堆積物や植物があり隠れ家があること、また繁殖場となりうる田面との接続性が良いことが望まれる。ドジョウに比べると様々な浅場で産卵が可能で、田面との接続性はドジョウほど決定的ではない。ただし、急激に深くなるコンクリートため池などでは、繁殖できない。
その他	フナ類はもっとも一般的な在来淡水魚でありながら、その分類（ギンブナ、キンブナ、オオキンブナ、ナガブナ、ニゴロブナ）が混乱しており、単為生殖・有性生殖などの生活史戦略なども含め、全体像は未だに明らかでない 。形態と遺伝子が一致しないとする研究報告もある。保全の現場では、明らかに生態や形態が異なるゲンゴロウブナ（ヘラブナ）（別途記載）を除いて、神経質に区別する必要はないだろう。北海道や南西諸島では、緋色のフナ、いわゆる緋鮒が多く見られるが、これは金魚（中国産フナから作出された外来品種）とは別系統で異なり 、在来とされる。

ナマズ



河川本流の深場にて。三重県



繁殖期、コンクリート水路に遡上したものの深場がなく、生き絶え絶えの個体。福岡県
（撮影：林 博徳）



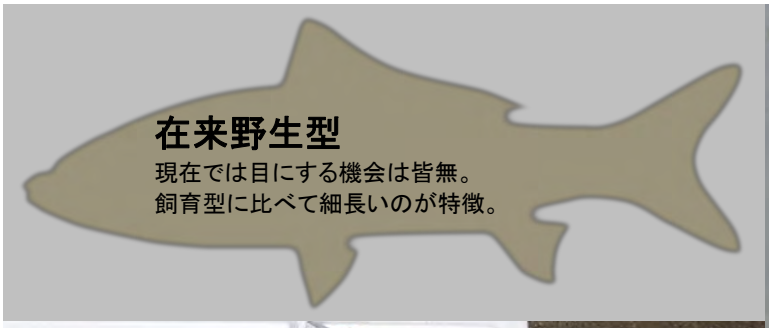
繁殖期に落差のある水路を遡上できずにさまよう個体。熊本県

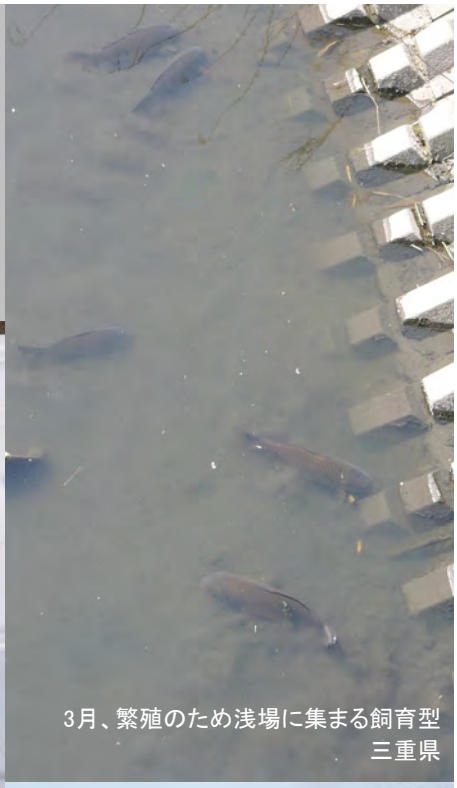


7月、田面にいた幼魚。福岡県

分布	北海道、本州、四国、九州（ただし関東以北は国内移入とされる）。
おもな生息場所	田面、排水路、河川中～下流域、大型河川と繋がりのあるダム・湖沼。
繁殖生態	5-7月の梅雨の時期に、田面、湿地、川岸などの浅場で産卵する。ドジョウと同様に、オスがメスに体を巻き付けて産卵を促し、放卵・放精する。
水田との関わりや配慮のポイント	ふだんはおもに河川に生息するが、繁殖期には大きく移動する。田面で産卵することもあるため、産卵期に田面に進入できるような排水路と田面の連続性が重要となる。とくにナマズは体が大きいため、排水路が浅いと移動ができない。同じく田面で繁殖するドジョウやフナ類などと比べても、田面での産卵にはより厳しい条件を必要とすると思われる。また、排水路には大きな体を隠すことができる構造（大型の石やコンクリート片、倒木、護岸の隙間など）があることが好ましい。
その他	近年、本邦に生息するナマズには複数の系統があることが示唆されている。今後、複数の種に分かれる可能性もある。特に上流域に適応した，イワトコナマズに近いタイプ（最上部の写真の個体）は、一般のナマズとは異なる生態を持つ可能性がある。今後，保全上の区別が必要になるかもしれない。

コイ（マゴイ）

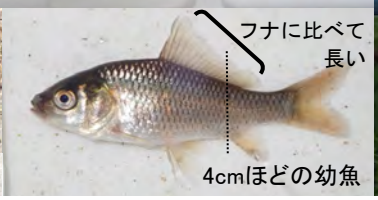



3月、繁殖のため浅場に集まる飼育型
三重県

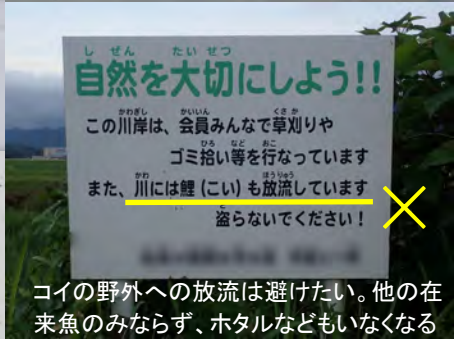

福岡県。飼育型


（撮影：松崎 慎一郎 ）
遺伝子から在来野生型と飼育型の雑種と判明した個体。茨城県


典型的な飼育型。鹿児島県



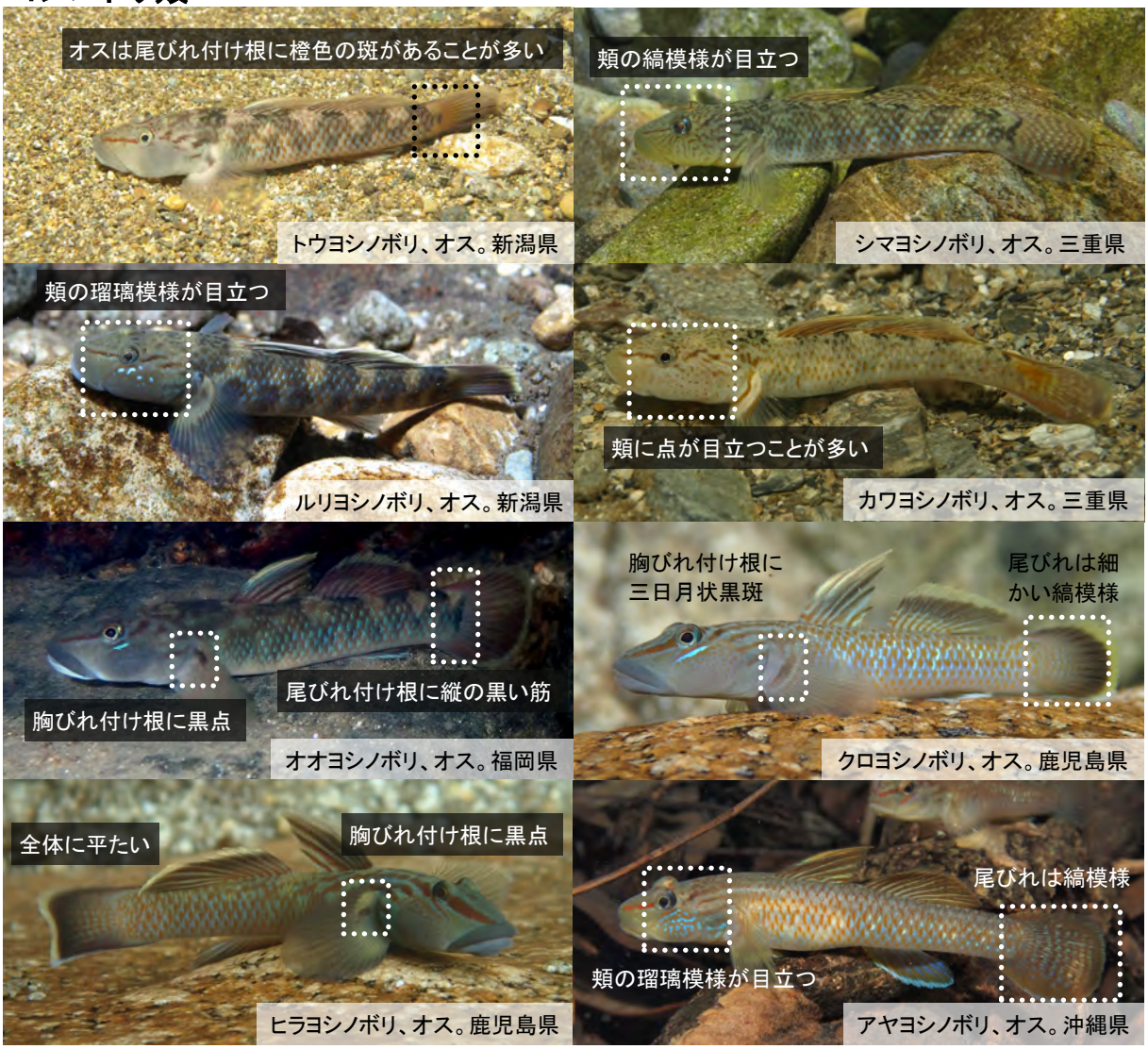
4cmほどの幼魚



コイの野外への放流は避けたい。他の在来魚のみならず、ホタルなどもいなくなる

分布	在来野生型：琵琶湖、濃尾平野の河川、四万十川など深場のある大規模水系。 飼育型：北海道から沖縄まで全国。
おもな生息場所	排水路、ため池、河川中～下流域。
繁殖生態	3～5月に、浅い岸際に集まって繁殖する。
水田との関わりや配慮のポイント	現在一般に見られるコイは、侵略的外来種の要素の強い飼育型である。飼育型は主に中国産コイから作出された外来品種であり（錦鯉も同様）、野外でみかける黒い飼育型は錦鯉の黒いタイプとも言える。 飼育型はタニシなど底生動物やマツモなど水生植物を貪欲に食べるため、飼育型のコイが生息するため池などは無機質で単調な生物相になりがちである。そのため、安易に野外に放流しないことが大切である。また、場合によってはオオクチバスやブルーギルと同様、駆除の対象にもなりうる。
その他	かつて在来野生型は日本各地に分布していたと思われるが、現在では水面下で飼育型もしくは交雑個体へと置き換わっている。現在、確実に在来野生型が生息するのは琵琶湖であるが、2004年のコイヘルペスの蔓延によって、在来野生型のみが大きなダメージを受けたとされている。コイの幼魚はフナの幼魚との区別が難しいが、背びれが長いこと（尻びれの前部付け根より大きく後方にまで伸びる[写真点線部]）。また、よく見ると短いヒゲが生えていることから区別できる。

ヨシノボリ類

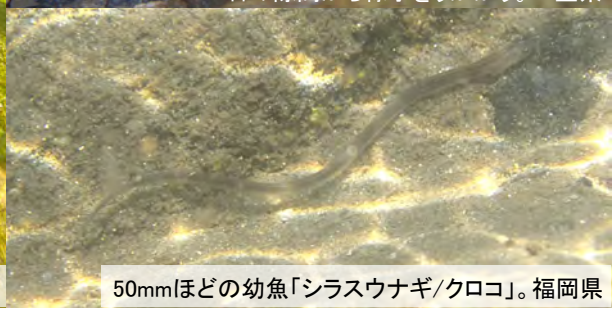


繁殖生態	2-8月、オスがナワバリを張り、石の下の隙間などにメスを誘い込んで産卵する。
水田との関わりや配慮のポイント	用排水路やため池に生息し、田面にまで進入することもある。排水路には産卵場となる構造物（転石やコンクリート片、倒木など）があることが好ましい。ヨシノボリ類には複数種あるが、幼魚やメスは種の区別が難しく、また、分類にも混乱があるため、保全上はあまり厳密に区別する必要はない。
その他	トウヨシノボリ：北海道～九州。用排水路、ため池、ダム・湖沼、河川上～中流域。まれに田面。複数の種を含み、分類学的な混乱が著しい。 シマヨシノボリ：本州～南西諸島。排水路、ため池、ダム・湖沼、河川中～下流域。 ルリヨシノボリ：北海道～九州。沿岸に近い用排水路、河川上～中流域。 カワヨシノボリ：長野県～熊本県。用排水路、河川上～中流域。 オオヨシノボリ：本州・四国・九州。用排水路、ため池、ダム・湖沼、河川上～中流域。 クロヨシノボリ：本州～南西諸島。沿岸に近い用排水路、ため池、ダム・湖沼、河川上～中流域。 ヒラヨシノボリ：南西諸島。河川上～中流域の流れの早い場所。まれに用排水路。 アヤヨシノボリ：奄美大島・徳之島・加計呂麻島・久米島・沖縄島。用排水路、ため池、ダム・湖沼、河川中～下流域。 これらのほかに、トウカイヨシノボリ、シマヒレヨシノボリ、キバラヨシノボリなどがいる。

ニホンウナギ（ウナギ・マウナギ）


夜間、餌を求めてゆうゆうと泳ぐ。鹿児島県


石の隙間から様子をうかがう。三重県


50mmほどの幼魚「シラスウナギ/クロコ」。福岡県

分布	日本全国。
生息場	田面、用排水路、渓流域～河川下流域、ため池、ダム・湖沼。
解説	南西諸島では水田にいるウナギであることから「田ウナギ」の地方名がある。タウナギやリュウキュウタウナギ（資29）とは分類学的に大きく異なる。近年、資源量の減少が取り沙汰されてはいるが、地域によっては大量にその生息が確認でき、実態は不明。

ヤリタナゴ


排水路のマスにいた雌雄の群れ。佐賀県


やや婚姻色を帯びたオス。三重県


メスの産卵管は他種に比べて短い。熊本県


産卵母貝の一つであるマツカサガイ

分布	本州、四国、九州。
生息場	用排水路、河川中～下流域の多少流れのある場所。
解説	日本産のタナゴ類の中ではもっとも広域で見られる種である。春から初夏、マツカサガイやニセマツカサガイなどに卵を産む。タナゴ類の生息する水域には、一般に淡水二枚貝が生息する。

タビラ











生息場	排水路、河川中流域、ため池。
解説	種としての「タビラ」は地域性が強く、以下の5亜種に分類される。 キタノアカヒレタビラ：秋田・山形・新潟・福島。卵の形は長楕円形。 アカヒレタビラ：青森（移入）・岩手・宮城・山梨・群馬・茨城・千葉・神奈川・東京。卵の形は鶏卵形。 シロヒレタビラ：青森（移入）・岐阜・愛知・三重・滋賀・京都・奈良・大阪・和歌山（移入）・兵庫・広島・岡山・鳥取（移入）・島根（移入）・徳島（移入）。幼魚の背びれに黒斑はない。 ミナミアカヒレタビラ：富山・石川・福井・鳥取・島根。幼魚の背びれには黒斑がある。 セボシタビラ：福岡・佐賀・熊本。現在わずかに残る個体群はいずれも脆弱で、絶滅の可能性が特に高い。

ニッポンバラタナゴ・タイリクバラタナゴ









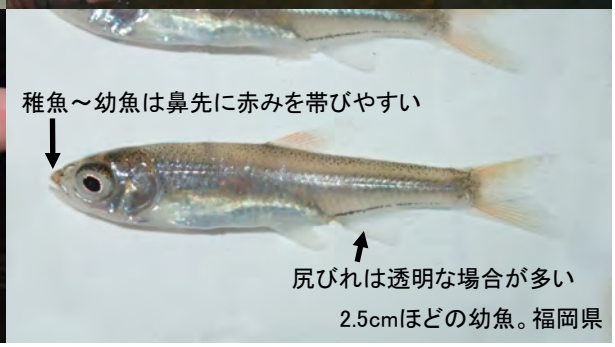
分布	ニッポンバラタナゴ：関西～山陽東部と九州北部。タイリクバラタナゴ：日本全国（国外外来魚）。
生息場	流れの緩い排水路、ため池。
解説	産卵母貝となるドブガイ類（ヌマガイやタガイなど）の保全が望まれる。各地でニッポンバラタナゴとタイリクバラタナゴの交雑が進んでいる。特にタイリクバラタナゴの人為放流は避けたい。

オイカワ


金属光沢が特徴的な、典型的な個体。佐賀県


金属光沢が消え婚姻色を帯びたオス。佐賀県


抱卵していると思われるメス。大分県



2.5cmほどの幼魚。福岡県

分布	本州、四国、九州 。ただし東北、四国南部、九州南部は国内移入。
生息場	用排水路、河川中～下流域、河川と連続性のあるダム・湖沼。
解説	低平地の排水路でよく見られる身近な魚である。水質汚染にやや弱い。

カワムツ


典型的な個体、オイカワほどの金属光沢はない。三重県


群れている場合が多い。熊本県


やや婚姻色の出たオス。福岡県



3cmほどの幼魚。福岡県

分布	おもに関東以南、九州以北。ただし北関東のものは国内移入。
生息場	用排水路、渓流～河川中流域。
解説	オイカワやヌマムツよりも上流域・丘陵地帯に分布する。流れの早い用水路や渓流域などでも見られる。

ヌマムツ



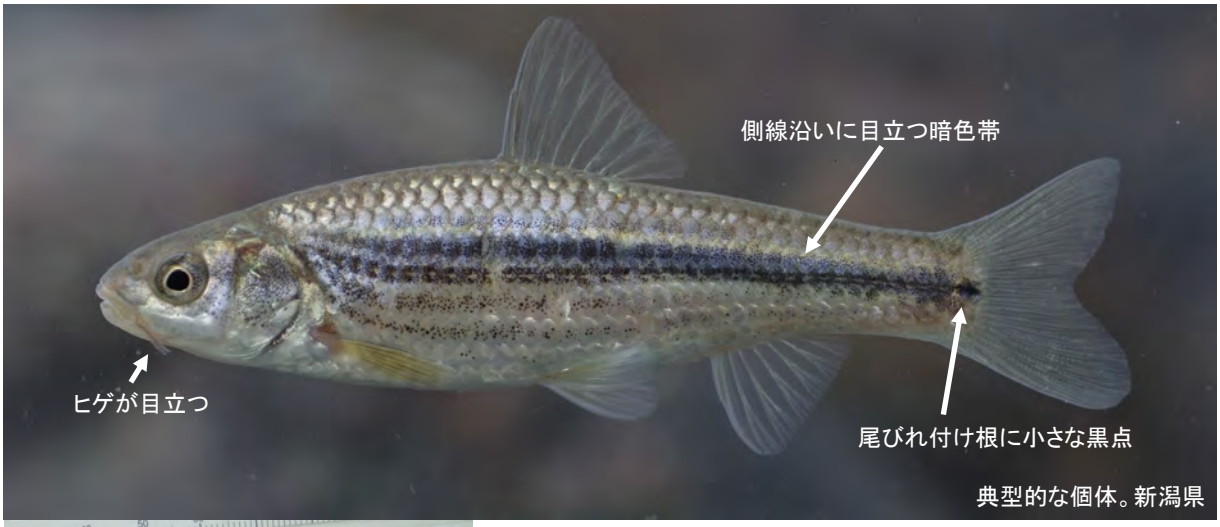
分布	本州、四国、九州 。ただし東北、四国南部、九州南部は国内移入。
生息場	排水路、河川中～下流域、低平地のため池。
解説	カワムツよりも下流の低平地に見られるが、同所的にいることもある。カワムツによく似るが、鱗が細かく、腹びれの前縁が赤くなるなどの特徴から区別できる。

モツゴ



分布	ほぼ日本全国 。ただし、北海道、北関東～東北、沖縄のものは国内移入。
生息場	排水路、河川中～下流域、ため池、ダム・湖沼。
解説	流れの緩い排水路やため池によく見られる。富栄養化などの水質汚染に比較的強い。排水路に木の枝などの複雑な構造物があると、繁殖しやすい。ただし国内移入が激しいため、やや注意を要する種である。

タモロコ

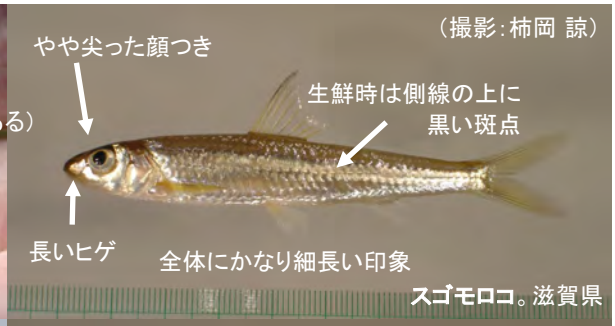


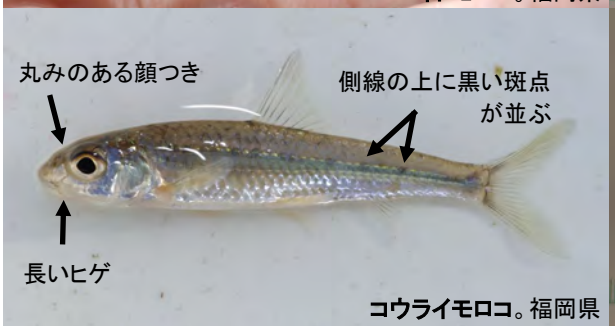


分布	本州、四国、九州（ただし、東北、北関東、四国南部、九州のものは国内移入と考えられる）。
生息場	排水路、河川中～下流域、ため池。
解説	その名の通り水田地帯の排水路に多く見られる。卵は水中にばらまかれて水草などに付着する。卵や稚魚の生残には、隠れ家となる植生や複雑な構造が重要。ただしモツゴと同様、国内移入の状況にはやや注意を要する。

イトモロコ・スゴモロコ・コウライモロコ・デメモロコ









解説	イトモロコ：濃尾平野以西、九州以東。排水路や河川中～下流域。 スゴモロコ：琵琶湖、関東太平洋側・紀伊半島・高知（移入）。大型のため池、ダム・湖沼。 コウライモロコ：濃尾平野以西～島根以東、福岡・佐賀（移入）。緩流の排水路や河川中～下流域。 スゴモロコとの形態での区別は、困難な場合がある。 デメモロコ：濃尾平野・滋賀・京都・大阪。緩流の排水路やため池。良湿地環境の指標種、激減。

シマドジョウ類



スジシマドジョウ類

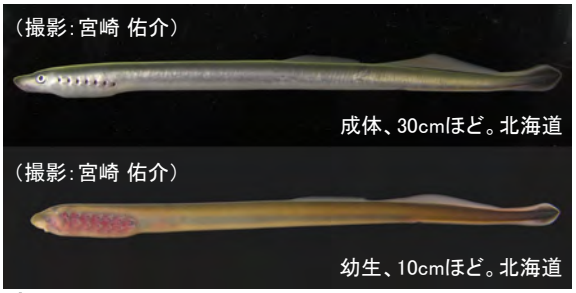


解説	シマドジョウ類、スジシマドジョウ類、ともに多様な種・亜種に分化している。保全の現場では、シマドジョウ類とスジシマドジョウ類に大別する程度が現実的であろう。シマドジョウ類は河川本流にいる場合が多いが、スジシマドジョウ類は細い排水路など、より水田・湿地環境に適応している。また、より狭い範囲での地域固有種・亜種であることが多い。そのため、良好な水田環境の指標種・象徴種としてのポテンシャルが高い。また、スジシマドジョウ類（～8cm）はシマドジョウ類（～12cm）に比べて全体に小型で、特に繁殖期のオスの体側の斑紋が帯状になりやすいのが外形上の大きな特徴である。またオスの「骨質盤」と呼ばれる胸びれの根本の骨が円形となる。厳密に区別したい場合は、いくつかの良質な専門書やウェブサイトがあるため、それらを参考にされたい。

ドンコ・イシドンコ



分布	中部以西の本州～九州、ただし関東のものは国内移入。イシドンコは島根・山口の上流域、稀。
生息場	用排水路、渓流域～河川下流域、ため池、ダム・湖沼。
解説	幅広く様々な水環境に適応しており、水田環境でもよく目にする淡水魚の1つ。



カワヤツメ 北海道～本州。河川中～下流域、排水路。最大で50cmほどになり、魚類に吸血して成長する。



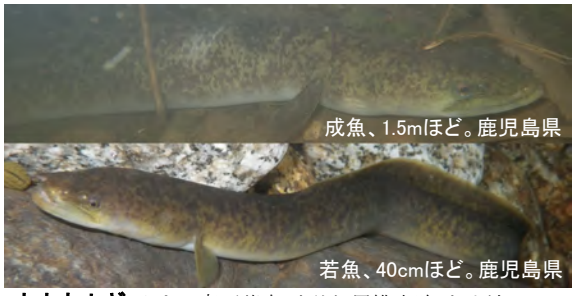
スナヤツメ 九州以北。河川中～下流域、排水路の砂底に多い。近縁のシベリアヤツメは北海道・岩手に分布。



イセゴイ 本州以南の沿岸域。幼魚・若魚は海に近い河川・排水路。背びれの後端の鰭条が伸びる（写真矢印）。



サバヒー 静岡以南の太平洋側、特に南西諸島で多い。幼魚・若魚は海に近い河川・排水路。



オオウナギ おもに南西諸島。河川・用排水路・ため池。ニホンウナギに比べて全体が太く、斑模様が目立つ。



ゲンゴロウブナ（ヘラブナ） 琵琶湖周辺の在来種だが、釣りの対象として全国に移入。河川・ダム湖・排水路・ため池。



アブラボテ 濃尾以南。他のタナゴ類に比べて褐色が強いのが特徴。カタハガイ、ヨコハマシジラガイなどに産卵。



ミヤコタナゴ 関東平野の、湧水に連結する限られた排水路・小川など。マツカサガイなどに産卵。国の天然記念物 。



カネヒラ 宮城～熊本（関東～東北は移入）。平野部の排水路や河川。口の尖った独特の顔つきが特徴。秋繁殖。



タナゴ（マタナゴ） 青森～東京の太平洋側。平野部の排水路や河川、ため池・湖沼。体が細長く、産卵管は長い。



イチモンジタナゴ 濃尾～熊本(兵庫以西は移入)。体を一文字に走る帯模様が特徴。産卵管は長い。



イタセンパラ 濃尾・富山平野。大河川に連結する氾濫原や排水路など。国の天然記念物。



オオタナゴ おもに霞ヶ浦およびそれに連結する排水路や湖沼。イタセンパラに似るが国外外来種。



ゼニタナゴ 東北・北関東。大河川の淀みやそれに連結する排水路、ため池・湖沼。減少が著しい。



カゼトゲタナゴ 九州中北部、岡山(移入)。平野部の小河川、排水路。マツカサガイを好む。



スイゲンゼニタナゴ 山陽。平野部の小河川、排水路。カゼトゲタナゴに似るが、分布は重ならず、より淡く優しい色合い。



ハス 琵琶湖周辺に在来だが、本州・九州に広く移入。オイカワに似るが、大型化し、口はへの字に歪む。



カワバタモロコ 静岡～岡山・香川、九州北部。平野部の水草の多いため池・排水路など。



ヒナモロコ 九州北部、静岡(移入)。本邦でもっとも絶滅に近い淡水魚の1つ。最重要生息地は近年、改修され消滅した 。



ワタカ 琵琶湖周辺に在来だが各地に移入。平野部の流れのない排水路、ため池・湖沼。



ハクレン おもに利根川下流や霞ヶ浦、およびそれに連結するため池や排水路。中国からの国外外来種。



コクレン 利根川下流や霞ヶ浦、およびそれに連結するため池や排水路。中国からの国外外来種、稀。ハクレンより美味。



ソウギョ 利根川下流や霞ヶ浦周辺、九州北部。ため池や流れのない排水路。中国からの国外外来種。



アオウオ 利根川下流や霞ヶ浦、およびそれに連結するため池や排水路。中国からの国外外来種、稀。



ウグイ 九州以北、屋久島(移入)。河川、排水路、ため池・ダム・湖沼。近縁種にマルタ、ジュウサンウグイなど。



エゾウグイ 東北北海道。河川上～中流域、排水路。ウグイほど鮮やかな婚姻色は出ない。メスの口吻は前方に伸びる。



タカハヤ おもに東海～九州。山地・丘陵地の用排水路、河川上～中流。尾びれの切れ込みが浅い。



アブラハヤ おもに東北～近畿。山地・丘陵地の用排水路、河川上～中流。尾びれの切れ込みが深い。



ヤチウグイ 北海道。山地・丘陵地の用排水路、河川上～中流。アブラハヤに比べて全体が寸詰まりの印象。



シナイモツゴ 北関東～東北、北海道(移入)。中山間地のため池など。国内移入のモツゴから大きな影響を受け減少。



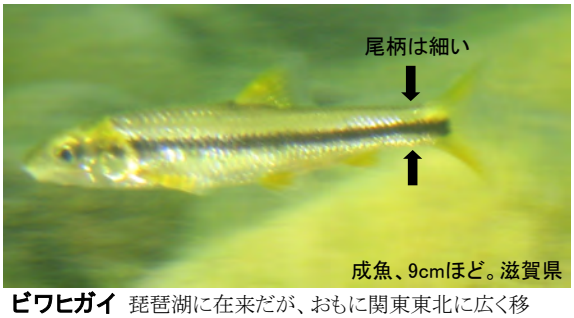
ウシモツゴ 濃尾平野周辺の、中山間地のため池。シナイモツゴに似るが分布は重ならない。



ムギツク 関西～九州中北部。扇状地の河川中流や排水路。ドンコやオヤニラミに托卵するため単独では分布しない。



カワヒガイ 濃尾平野～九州北部。河川中～下流域、排水路。タナゴ類と同様、イシガイなどの二枚貝に産卵する。



ビワヒガイ 琵琶湖に在来だが、おもに関東東北に広く移入。カワヒガイに比べて尾びれの根本（尾柄）が低く細い。



ホンモロコ 琵琶湖周辺に在来だが、食用として日本各地に移入。河川下流域や排水路。タモロコとの交雑が懸念される。



ニゴイ 東北～近畿西部、九州北部周辺。平野部の河川、排水路、ため池・湖沼。近縁のコウライニゴイは中国地方周辺。



ズナガニゴイ 滋賀～中国地方。河川中流やそれに接続する排水路の砂地。減少傾向にある。



カマツカ 本州・四国・九州。河川中～下流域、排水路。砂地を好む。将来的に複数種に分類される可能性がある。



ツチフキ 近畿・中国・九州北部、関東周辺（移入）。平野部のため池や排水路の泥地。



ゼゼラ 近畿・中国・九州北部、関東周辺（移入）。平野の河川中～下流域、ため池、排水路。近縁のヨドゼゼラは淀川。



アカヒレ 沖縄島。山地の細流や用排水路。中国からの国外外来魚。



ゼブラダニオ 沖縄島。ため池・ダム・湖沼。インドからの国外外来魚。



パールダニオ 沖縄島。ため池・ダム・湖沼。東南アジアからの国外外来魚。



アユモドキ 京都・岡山のごく限られた排水路。絶滅に極めて近い。日本の水田環境の象徴的な魚種、国の天然記念物。



アジメドジョウ 長野～大阪。河川上～中流域。水田環境周辺では稀。伏流水に潜って越冬する。



フクドジョウ 北海道、東北(移入)。河川上～中流域、用排水路。



エゾホトケドジョウ 北海道、青森(移入)。小河川や用排水路、湿地様のため池。



ヒメドジョウ 中部地方周辺。湧水に接続する小河川や用排水路。エゾホトケドジョウに似るが、中国からの国外外来種。



ホトケドジョウ 秋田～兵庫。湧水に接続する小河川、用排水路。減少傾向にある。



ナガレホトケドジョウ 近畿西部・中国東部・四国北部。山間地の小河川、用排水路。



トウカイナガレホトケドジョウ 静岡・愛知。山地の小河川、用排水路。ナガレホトケドジョウに似るが分布は重ならない。



ギギ 近畿西部～九州北部に在来だが、国内移入が著しくその他の各地域にも移入。河川中流域や排水路。



ギバチ 北関東～東北。河川中～下流域、流れの緩い排水路。最大30cm。



アリアケギバチ 九州。河川中流域や用排水路。ギバチによく似るが分布は重ならない。



ネコギギ おもに濃尾平野周辺。環境の良い河川の上～中流域、稀。取水堰の影響を受けやすい。国の天然記念物。



アカザ 本州・四国・九州。水質の良い河川の上～中流域、用排水路。背びれと胸びれの棘には弱い毒。減少傾向。



マダラロリカリア（プレコ） 沖縄島。河川中～下流域、排水路、ため池。水質汚染に強い。南米からの国外外来魚。



ワカサギ 北海道・本州・九州、南日本はおおむね移入。河川下流域やため池など。近縁のイシカリワカサギは北海道。



アユ 屋久島以北。河川や用排水路。近縁のリュウキュウアユは奄美大島と沖縄島（奄美大島からの移入）。



サケ（シロザケ） 北海道～福岡のおもに日本海。晩秋、小河川を遡上するが、取水堰の段差を超えられないことが多い。



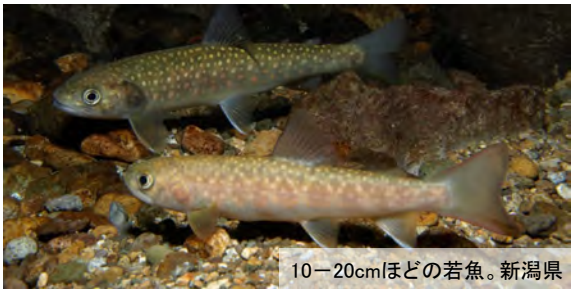
ヤマメ　北海道・本州・九州、東海・近畿は日本海側のみ。山地の小河川、用排水路。アマゴと違い体側に朱点がない。



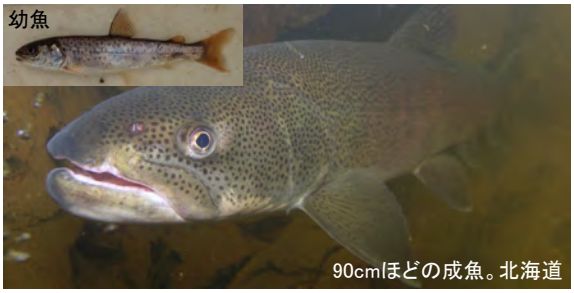
アマゴ　東海～中国の太平洋側、四国・大分。山地の小河川、用排水路。人為放流によりヤマメと交雑化しやすい。



ニジマス・ブラウントラウト・カワマス・レイクトラウト　これらサケ科の国外外来種は、北海道を中心に定着している。



イワナ　北海道・本州、九州（移入）。山地の小河川、用排水路。体の模様は多様。近縁のオショロコマは北海道。



イトウ　北海道。幼魚は沿岸近くの用排水路などでも見られる。最大で1.5mほどにまで成長する。減少傾向。



イトヨ類　北海道～福岡のおもに日本海側の沿岸域。ニホンイトヨ、太平洋系降海型および陸封型の3つに分類される。



ハリヨ　滋賀県・岐阜県。湧水に接続した小河川、用排水路。生息環境劣化と放流イトヨとの交雑により、絶滅に近い。



エゾトミヨ　北海道。河川下流域や湿地化したため池、流れの緩い排水路。



トミヨ類　北海道、青森～福井のおもに日本海側。湧水に接続した用排水路、小河川。絶滅寸前のムサシトミヨは埼玉県。



カワヨウジ　千葉以南の太平洋側。河川下流域、海に近い排水路。



イッセンヨウジ　千葉以南の太平洋沿岸、南西諸島。河川下流域や海に近い排水路。一般の魚類と異なりメスが派手。



テングヨウジ　千葉以南の太平洋沿岸、南西諸島。河川下流域や海に近い排水路。吻が長いのが特徴。



ボラ　日本全国の沿岸地域。幼魚・若魚の群れは海に近い排水路などでよく見られる。



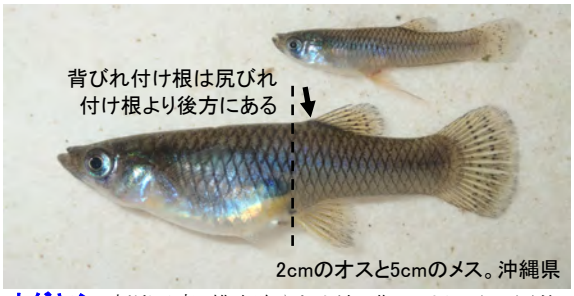
セスジボラ　日本全国の沿岸地域。海に近い排水路などで稀に見られる。



メナダ　九州以北の沿岸地域。海に近い排水路などで見られるが、北方ほど多い傾向。



コボラ　おもに千葉以南の太平洋側、南西諸島。海に近い排水路などで見られる。



カダヤシ　新潟以南。排水路やため池。北アメリカからの国外外来種で、メダカ類と競合しやすい。水質汚染に強い。



グッピー　日本各所、おもに南西諸島。流れのある用排水路。グッピーのメスはカダヤシのメスに似る。



サザンプラティフィッシュ　沖永良部島・沖縄諸島。排水路、河川。体の模様は多彩、メキシコ原産の国外外来種。



ソードテール　沖縄諸島。排水路、河川、ため池・ダム。体の模様は多彩。アメリカ原産の国外外来種。



サヨリ類　汽水域や海に近い排水路に稀に進入する。サヨリの下顎は赤く、クルメサヨリは黒い。



スズキ　九州以北の沿岸地帯。汽水域や海に近い排水路。黒点の目立つ「有明スズキ」は有明海周辺に在来。



タイリクスズキ　千葉や和歌山など太平洋側の一部。汽水域や海に近い排水路。中国からの国外外来種、各地で養殖。



ヒラスズキ　千葉・富山以南の沿岸地域。排水路にもよく進入する。



ブルーギル　北アメリカ原産で日本全国に移入。河川下流域、排水路、ため池。侵略的な要素が強く、特定外来生物。



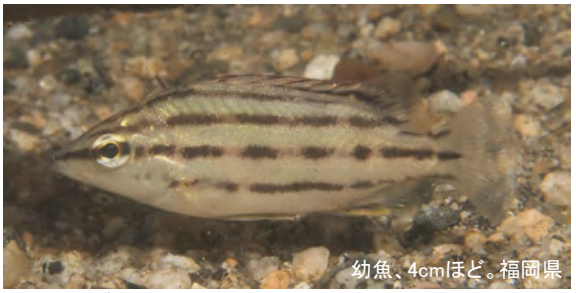
オオクチバス（ブラックバス）　北アメリカ原産で日本全国に移入。河川下流域、排水路、ため池。特定外来生物。



コクチバス（ブラックバス）　本州・四国・九州。河川、ため池、ダム・湖沼。近年、分布を広げている。特定外来生物。



オヤニラミ　京都～熊本・四国東部に在来、近畿・東海・東京に移入されている。希少種とされる一方、移入の状況に注意。



シマイサキ　本州・四国・九州の沿岸域。汽水魚だが、幼魚や若魚は海に近い排水路にもよく進入する。



ユゴイ　千葉以南の太平洋側、特に南西諸島に多い。海に近い小河川や排水路。



オオクチユゴイ　静岡以南の太平洋側、特に南西諸島に多い。海に近い小河川や排水路。ユゴイより荒々しい風貌。



ゴマフエダイ　岩手以南の太平洋側。汽水魚だが、幼魚や若魚は海に近い排水路や渓流（南西諸島）などでも見られる。



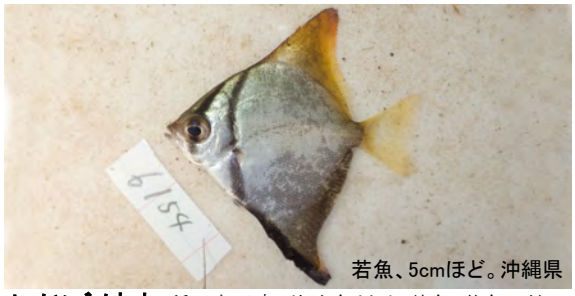
クロダイ　九州以北の沿岸域。海に近い排水路などにもよく進入する。



ミナミクロダイ　奄美以南の沿岸域。海に近い排水路などにもよく進入する。クロダイに似るが分布は重ならない。



キチヌ　岩手以南九州以北の太平洋側、長崎～兵庫の日本海側。海に近い排水路などにも稀に進入する。



ヒメツバメウオ　種子島以南。汽水魚だが、幼魚・若魚は純淡水の河川や排水路でも見られる。



カワスズメ（モザンピークティラピア）　九州南西諸島。アフリカからの国外外来魚だが、コンクリートため池などで大繁殖。



ナイルティラピア　南西諸島や日本各地の温泉地帯。河川や排水路、ため池・ダム。アフリカ原産の国外外来種。



ジルティラピア　南西諸島や日本各地の温泉地帯。河川や排水路、ため池・ダム。アフリカ原産の国外外来種。



アジ類の幼魚・若魚　千葉以南の太平洋側、海に近い排水路などでは時折、アジ類の幼魚・若魚が進入する。



カジカ大卵型　本州。河川上～中流域、流れのある用排水路。陸封。カジカ類大・中・小卵型は、まとめてカジカ類で可。



カジカ中卵型　本州～九州の日本海側・瀬戸内海。海に近い河川や用排水路。一般に回遊魚だが九州では陸封もいる。



カジカ小卵型　本州・四国の太平洋側。海に近い河川や用排水路。回遊するため、取水堰の影響を受けやすい。

（撮影：宮崎 佑介）



ハナカジカ　北海道～東北・新潟。河川上～中流、流れのある用排水路。回遊しない。近縁のエゾハナカジカは北海道。



カンキョウカジカ　北海道～東北・新潟。海に近い河川・用排水路。回遊する。独特の「苔むし」模様が最大の特徴。



アユカケ　本州・四国南部・九州西部の沿岸域。海に近い河川・排水路。回遊する。取水堰の影響を受けやすい。



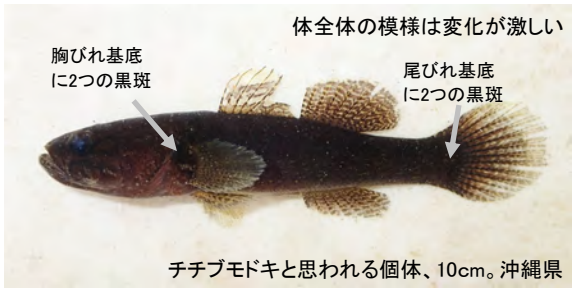
ヤマノカミ　有明海に流入する小河川や排水路。回遊魚だが、遡上力は弱く、取水堰の影響を受けやすい。減少傾向。



ヨコシマドンコ　愛知県の一部で定着。ため池や流れの緩い排水路。中国からの国外外来魚。



カワアナゴ　栃木・福井～九州。河川中～下流域や排水路。ドンコに似るが縦に扁平・スマートで、水田周辺環境では稀。



チチブモドキ　千葉以南の太平洋側、特に南西諸島。海に近い河川や排水路。



テンジクカワアナゴ　千葉以南の太平洋側、特に南西諸島。河川中～下流域や排水路。



オカメハゼ　静岡以南の太平洋側。海に近い河川や排水路。識別困難なカワアナゴ～オカメハゼの4種はカワアナゴ類で可。



タナゴモドキ　おもに奄美以南。水草の多い河川や排水路。琉球の水路環境の象徴的な魚。圃場整備に伴い著しく減少。



タメトモハゼ　奄美以南。水草の多い河川や排水路。圃場整備に伴い減少傾向。



ゴシキタメトモハゼ　奄美以南。水草の多い河川や排水路。圃場整備に伴い減少傾向。



ホシマダラハゼ　宮古島以南。隠れ場所の多い排水路、湿地など。30cmほどにまで大型化する。



トビハゼ　千葉以南の太平洋側。干潟の近くの排水路などにも進入する。



ミナミトビハゼ　奄美以南。干潟の近くの排水路などにでもよく見られる



ヨロイボウズハゼ　奄美以南。渓流域や流れのある用排水路。メスは地味で大きな特徴がない。減少傾向。



アカボウズハゼ　南西諸島。渓流域や流れのある用排水路。メスは地味で大きな特徴がない。減少傾向。



ナンヨウボウハゼ おもに南西諸島。河川中～上流域や流れのある用排水路。メスは特徴的な白黒の縞模様。



ルリボウズハゼ 南西諸島。海に近い河川や排水路。渓流域や流れのある用排水路。繁殖期、オスは全身が瑠璃色に。



ボウズハゼ おもに本州太平洋側～南西諸島。河川中流域や用排水路。幼魚は背びれの橙色が目立つ独特の模様。



ミミズハゼ類 全国の沿岸域。海にごく近い排水路の砂利の中。ミミズハゼをはじめ、多様な近緑種・隠蔽種が日本各地に。



ウキゴリ 屋久島以北の沿岸域。河川中流域、流れの緩い用排水路。



シマウキゴリ 島根以北の沿岸域。河川中流域や、やや流れのある用排水路。



スミウキゴリ 屋久島以北の沿岸域。河川中流域や用排水路。幼魚のウキゴリ・シマウキゴリ・スミウキゴリはウキゴリ類で可。



ビリンゴ 種子島以北の沿岸域。海にごく近い河川や排水路。ジュズカケハゼ類に似るが純淡水環境では稀。



ジュズカケハゼ類 平野部の河川やため池、ダム・湖沼、用排水路。分類は混乱している。



ゴクラクハゼ 秋田・茨城以南の沿岸域。海に近い河川や排水路。沿岸の水路環境では、もっとも目にする魚類の1つ。



チチブ 九州以北の沿岸域。海に近い河川、排水路。感潮域を好み、水田環境周辺ではヌマチチブに比べると稀。



ヌマチチブ 九州以北。河川中～下流、排水路、ため池・湖沼・ダム。一般に回遊の生態を持つが容易に陸封される。



ナガノゴリ 南西諸島。河川、排水路。チチブやヌマチチブに似るが、全体の色合いや顔の模様が異なる。



アカオビシマハゼ 九州以北の沿岸域。海に近い河川、排水路。シモフリシマハゼによく似る。



シモフリシマハゼ 青森～熊本の沿岸域、特に太平洋側。海に近い河川、排水路。



マハゼ 種子島以北の沿岸域。海に近い河川、排水路。アシシロハゼより大型化する。



アシシロハゼ 九州以北の沿岸域。海に近い河川、排水路。成体オスは体を鉛直に走る白い縞模様が明瞭。最大10cm。



シロウオ 九州以北の沿岸域。海に近い河川、排水路。春に海から遡上する。



ヒナハゼ 千葉・福井以南の沿岸域。海に近い河川、排水路。水質の悪い水路などでもよく見かける。



アベハゼ 宮城・新潟～種子島の沿岸域。海に近い河川、排水路、湿地。水質悪化に強い。



イズミハゼ 五島列島、南西諸島。海に近い河川、排水路、湿地。



ナミハゼ 奄美以南。海に近い河川、排水路、湿地。イズミハゼと同所的にいることも多い。



ホホグロハゼ 沖縄県。海に近い河川、排水路、湿地。ナミハゼに比べると稀。



スナゴハゼ類 南日本に多い。海に近い河川、排水路。スナゴハゼ、コクチスナゴハゼ、マサゴハゼが知られる。



ゴマハゼ類 南日本に多い。海に近い河川、排水路。ゴマハゼ、マングローブゴマハゼ、ミツボシゴマハゼなど。



ウロハゼ類 ウロハゼは福島・新潟～種子島の沿岸域。海に近い河川、排水路。南西諸島では複数のウロハゼ類がいる。



タネカワハゼ 主に南西諸島。淡水性の強いハゼで、排水路でもよく見られる。



その他汽水性ハゼ類 汽水域では多種多様なハゼ科魚類が生息し、排水路に進入することも多い。



タイワンキンギョ 沖縄県。水草の多い排水路、湿地、ため池。在来性は疑わしいが、良湿地の指標種として重要。



チョウセンブナ 本州の数ヶ所に局地的に分布。水草の多い排水路や湿地。朝鮮半島からの国外外来魚。



カムルチー 北海道～九州。水草の多い排水路やため池。中国からの国外外来魚。



タイワンドジョウ 瀬戸内海周辺、石垣島。水草の多い排水路やため池。台湾からの国外外来魚。



タウナギ 本州～九州の各所。ため池、排水路、湿地。中国からの国外外来魚。



リュウキュウタウナギ 奄美・沖縄諸島。ため池、排水路、湿地。琉球列島に在来。琉球の固有性を象徴する重要種。



ヌマガレイ 福井・千葉以北の沿岸域、特に北海道に多い。海に近い河川、排水路、湖沼。



クサフグ 全国の沿岸域。海に近い河川、排水路。ボラなどと一緒に排水路に進入しているのをよく見かける。

小笠原地域について

可能な限り日本全国についての情報を網羅したが、小笠原地域については欠如している。別途当該地域の専門書を参照のこと。

専門用語

「回遊」本資料でいう回遊とは、海と川をめぐる通し回遊のことで、成長や環境の変化に応じて海と川を往来すること。
「陸封」本来通し回遊魚であるはずの魚が、何らかの理由で陸水中のみにとどまり、そこで世代を繰返すようになること。
「固有」本資料でいう「固有」とは、その地方・地域にのみ分布する、在来の種・亜種・地域型・個体群のこと。

謝辞

中島淳さん、乾隆帝さん、鬼倉徳雄さん、菅野一輝さん、小山彰彦さんには専門的なご意見、ご校閲をいただきました。宮崎佑介さん、北村淳一さん、林博徳さん、柿岡諒さん、松崎慎一郎さんには貴重な写真をご提供頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。

おもな参考文献

瀬能宏・矢野維幾・鈴木寿之・渋川浩一 2004「日本のハゼ」平凡社.
川那部浩哉・水野信彦 2005「山渓カラー図鑑 日本の淡水魚 改訂版」山と渓谷社.
鹿野雄一・中島淳 2014「小-中型淡水魚における非殺傷的かつ簡易な魚体撮影法」魚類学雑誌 61:123-125.
細谷和海・内山りゅう 2016「山渓ハンディ図鑑15 日本の淡水魚」山と渓谷社.
中島淳・内山りゅう 2017「日本のドジョウ」山と渓谷社.

写真掲載のない淡水魚（農業水路周辺の魚として要注目・希少のものには下線）

シベリアヤツメ、チョウザメ、ニューギニアウナギ、ガーパイク類（アリゲーターガーなど）、エツ、マルタ、ジュウサンウグイ、ウケクチウグイ、ヤマナカハヤ、アブラヒガイ、コウライニゴイ、ヨドゼゼラ、オオヨドシマドジョウ、オオガタスジシマドジョウ、ビワコガタスジシマドジョウ、ヨドコガタスジシマドジョウ、サンインコガタスジシマドジョウ、オンガスジシマドジョウ、ハカタスジシマドジョウ、タンゴスジシマドジョウ、ヒナイシドジョウ、ビワコオオナマズ、イワトコナマズ、チャネルキャットフィッシュ、キュウリウオ、シシャモ、イシカリワカサギ、複数のシラウオ科、複数のサケ科（ブラウントラウト、オショロコマなど）・イワナの地方型（ゴギなど）、複数のトゲウオ科・地方型（ニホンイトヨ、太平洋系陸封型イトヨ、ムサシトミヨなど）、複数のヨウジウオ科、複数のボラ科、多くの汽水性ダツ目、アカメ、多くの汽水性スズキ目（特にハゼ科）、ツバサハゼ、複数のボウズハゼ亜科（コンテリボウズハゼ、ハヤセボウズハゼなど）、複数のミミズハゼ属（ミナミヒメミミズハゼ、イドミミズハゼ、ナガレミミズハゼなど）、複数のジュズカケハゼ属（シンジコハゼ、ムサシノジュズカケハゼ、ホクリクジュズカケハゼ、コシノハゼなど）、複数のヨシノボリ属（トウカイヨシノボリ、シマヒレヨシノボリ、キバラヨシノボリ、アオバラヨシノボリなど）、複数の汽水性カサゴ目、エゾハナカジカ、複数の汽水性カレイ目、複数の汽水性フグ目、南西諸島の多くの国外外来種（ヒレナマズ、コウタイなど）

修正・更新版：http://ffish.asia/suiro

本文における引用・参考文献一覧　（著者のアルファベット順）

（資料「農業水路周辺で観られる淡水魚」の引用・参考文献は別にp105に記載）

赤田仁典、青山　茂、淀　太我、吉岡　基、柏木正章：ホトケドジョウの腹部白色線形状を利用した個体識別．魚類学雑誌、52、153－156、2005.

青山　茂（2000）：ナガレホトケドジョウの腹部白色線形状による個体識別法．魚類学雑誌、47、61－65.

Brown、 J.　Lorna : An evaluation of some marking and trapping techniques currently used in the study of anuran population dynamics、 Journal of Herpetology、 31(3)、 410-419、1997.

藤咲雅明・神宮字寛・水谷正一・後藤章・渡辺俊介：小河川、農業水路系における魚類の生息と環境構造との関係、応用生態工学会誌2（1）、53-61、1999.

藤咲雅明、鈴木正貴、水谷正一：魚類の生息からみた谷川における自然環境の再生と回復、農村と環境、19、60-67、2003.

福岡定晃：耕作放棄地の整備活動とリンクする在来植物の保全活動『生きものを育む田園自然の再生―農地・水・環境保全向上のための30のアドバイス』（編集：水谷正一）、農村漁村文化協会、56-57、2012.

林田寿文・新居久也・渡邉和好・ 宮﨑俊行・上田　宏 ： サクラマススモルトの降下時における美利河ダム分水施設の評価、 土木学会論文集B1（水工学） 71(4)、 943-948、2015.

広瀬慎一・小幡泰晴：近自然水路工法と維持管理の改善、農業土木学会、71、1009-1013、2003.

広瀬慎一・瀧本裕士・浜田　明：水路の水草内の流速測定、水土の知、76（11）、31-35、2008.

池田有希・川田貴章・伊藤将文・清水俊夫：バイカモ移植の全国各地の取組み、RIVERFRONT、81、30-33、2015.

井上千南・今泉勇介・柿野亘・眞家永光・丹治　肇：青森県上北郡七戸町の農業用谷津水路における魚類の生息分布の実態、青森自然誌研究、22、113-116、2017.

井上幹生・中野　繁：小河川の物理的環境構造と魚類の微生息場所、日本生態学会誌、44（2）、151-160、1994.

（一社）地域環境資源センター：田んぼの生きもの識別図鑑　改訂版、2017.

伊藤豊彰：生きものと共生できる農、生きものの保全活動をすすめよう！『生きものを育む田園自然の再生―農地・水・環境保全向上のための30のアドバイス 』（編集：水谷正一、農村漁村文化協会、22-29、2012.

神宮字　寛・森　誠一・柴田直子：維持管理作業がイバラトミヨの営巣環境に与える影響、応用生態工学5（2）、169-177、2003.

門脇勇樹・久保田由香・佐貫方城・中田和義：環境配慮工法が施工された農業水路における魚類の選好環境：活動期と越冬期の比較、農業農村工学会論文集、305（85-2）、 II_61-II_70、2017.

柿野　亘・水谷正一・藤咲雅明・後藤　章：利根川水系小貝川上流域の谷津内水路の魚類の生息密度に影響を与える環境因子の期別変化、農業土木学会論文集、247、19-29、2007.

柿野　亘・水谷正一・後藤　章：栃木県下における谷津水域の魚類の生息環境モデルの構築、農業農村工学会論文集、263、99-10、2009.
柿野　亘：ヨコハマシジラガイが生息する谷津田周辺の水路の保全への一提言、水土の知、78（7）、52-54、2010.
柿野　亘・伊藤寿茂：冬季における小規模な崩れに起因する谷津水路での水涸れがイシガイ類の生息に及ぼす影響、農業農村工学会論文集、82、165-172、2014.
上山市土地改良区：地域で取り組む外来植物の駆除、『生きものを育む田園自然の再生―農地・水・環境保全向上のための30のアドバイス 』（編集：水谷正一）、農村漁村文化協会、54-55、2012.
環境省：恵庭ニュータウン「恵み野」農業用水路『「環境用水の導入」事例集～魅力ある身近な水環境づくりにむけて～』、142-144、2007.
鹿野雄一・高田（遠藤）未来美・山下奉海・田中 亘・小山彰彦・菅野一輝：奄美琉球におけるフナの生息状況と体色多型、魚類学雑誌 64(2)、95-105、2017a.
鹿野雄一・山下奉海・田中亘・小山彰彦・菅野一輝：南西諸島におけるニホンウナギの生息状況と地方名から推測されるオオウナギとのハビタットの違い、および生息場としての水田環境の重要性、魚類学雑誌 64(1)、43-53、2017b.
KANO、Yuichi．・ Yôichi KAWAGUCHI・ Tomomi YAMASHITA・ Yukihiro SHIMATANI: Distribution of the oriental weatherloach、 Misgurnus anguillicaudatus、 in paddy fields and its implications for conservation in Sado Island、Japan． Ichthyological Reseach 57(2)、180-188、2010.
加藤宗英・水谷正一・鈴木正貴・後藤章：小規模魚道の設置諸元を検討するための小型魚道の遊泳能力、農業土木学会論文集、73（1）、59-65、2005.
木南竜平・渡邊　清 ： ニジマス稚魚に対するPITタグの装着が生残と成長に及ぼす影響 、 静岡県水産技術研究所研究報告、 48、 27-30、2015.
喜多田村俊夫：日本灌漑水利慣行の史的研究、岩波書店、55、160-166、463-464、476-489、1950.
小出　博：日本の河川 自然史と社会史、東京大学出版、24-30、1970.
近藤高貴：用水路と二枚貝の生活『淡水生物の保全生態学―復元生態学に向けて―』（編集：森　誠一）、信山社サイテック、56-62、1999.
久保田由香・門脇勇樹・佐貫方城・中田和義：農業水路の環境配慮区間における魚類の移動と有効性、応用生態工学、20（2）、2018．印刷中.
久米　学・森　誠一：水田・水路生態系における魚類研究の発展に向けて、応用生態工学、15（2）、287-291、2012.
皆川明子・高木強治・樽屋啓之・後藤眞宏：非灌漑期の農業水路における魚類の移動と越冬、農業農村工学会論文集、269、77-84、2010.
三塚牧夫：伊豆沼・内沼周辺における小規模水田魚道の遡上実験に基づく設計、水と土、148、81-98、2007.
三浦一輝・斉藤裕也・伊藤一雄・大森秋郎：地元住人と行ったイシガイ科二枚貝類の農業水路

からの救出と一時保管、応用生態工学、17（1）、41-46、2014.

水谷正一：地域生態系における水利システムの近代化、水利の風土性と近代化、志村博康編、東京大学出版会、30-41、1992.

森　哲・戸田　守：長期野外調査における個体識別法としてのPITタグの利用例:ヒメハブにおけるタグ残存率、爬虫両棲類学会報、2、59-672、2002.

森　晃・水谷正一・後藤　章:小河川における超音波テレメトリーを用いたナマズの行動解析、応用生態工学、16（1）、23-35、2013.

森　淳：水田生態系の変質『水田生態工学入門』（編集：水谷正一）、農村漁村文化協会、25-28、2007.

森　淳・渡部恵司・小出水規行・竹村武士：生息環境が共通する水田を用いた水田魚道による再生産効果. 農業農村工学会誌. 84(8)：35-39、2016.

守山拓弥・水谷正一・後藤　章：栃木県西鬼怒川地区の湧水河川におけるホトケドジョウの季節移動、魚類学雑誌、54（2）、161-171、2007.

守山拓弥・藤咲雅明・水谷正一・後藤　章：農業用の小河川、 農業水路および河川間に形成された水域ネットワークにおけるウグイの移動－栃木県西鬼怒川地区における事例－、農業農村工学会論文集、254、1-10、2008.

南雲　穣・東　淳樹・広田純一・佐藤貴法・金田一彩乃：生態系に配慮した圃場整備水田におけるメダカの移動・分散、農業農村工学会大会講演会要旨集、744-745、2009.

中田和義・宮武優太・川井健太・小林蒼茉・咸　成南・齋藤　稔・青江　洋：岡山県南部の農業 水路におけるスイゲンゼニタナゴの選好環境、応用生態工学、19 (2)、117-130、 2017.

中田和義・小林蒼茉・川本逸平・宮武優太・青江　洋：岡山県南部の農業水路における希少タナゴ類の人工産卵床利用、応用生態工学、20（1)、33-41、2017.

野田康太朗・守山拓弥・田村孝浩・森　晃：水田水域におけるトウキョウダルマガエルの移動分散に関する研究、農業農村工学会大会講演会要旨集、343-344、2016.

農業農村工学会：水土を拓く、農村漁村文化協会、97、184、308-309、2009.

農林水産省：土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」、153、2001

農林水産省：環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き3－ほ場整備（水田・畑）－、74-78、2004.

農林水産省:水田魚道に取り組むための手引き～楽しい水田魚道へのいざない～、47-50、2011.

農林水産省：多面的機能支払交付金【資源向上活動（共同）】地域資源の質的向上を図る共同活動の解説、44-45、50-52、2015.

農村漁村文化協会：農家の土木、農村漁村文化協会、130p、2017.

農村環境整備センター・ナマズのがっこう・メダカ里親の会：水田魚道づくりの指針、水谷正一監修、社団法人農村環境整備センター、pp71、2010.

農村環境整備センター：水田魚道づくりの指針、2010、pp53、2016.

奥島修二・伊藤清栄・長利洋・山本勝利：多面的機能維持のための水路管理に要する費用負担

の事例、農業土木学会論文集、234、153-159、2004.
斉藤憲治・片野　修・小泉顕雄：淡水魚の水田周辺における一時的水域への侵入と産卵、日本生態学会誌、38、35-47、1988.
Shrestha,A.B 、 Ezee,G.C,Adhikary,R.P 、 Ray,S.K. : Resource Manual on Flash Flood Risk Management,15-29、61-64. 2012.
志村博康：農業水利と国土、東京大学出版、106-107、1987.
鈴木正貴・水谷正一・後藤　章：水田生態系保全のための小規模水田魚道の開発、農業土木学会誌、68(12)、1263-1266、2000.
鈴木正貴・水谷正一・後藤　章：水田水域における淡水魚の双方向移動を保証する小規模魚道の試作と実験、応用生態工学、4、163-177、2001.
鈴木正貴・水谷正一・後藤　章：小規模魚道による水田、農業水路および河川の接続が魚類の生息に及ぼす効果の検証、農業土木学会論文集、234、59-69、2004.
竹村武士・神宮字　寛・宮澤康人：秋田県駒場北地区にみる維持管理時の環境配慮、水土の知、76（8）、709-712、2008.
竹村武士・小出水規行・奥島修二・山本勝利・相賀啓尚：谷津田域におけるタモロコの移動と分散　－個体識別法による追跡調査－、農工研技報、204、33-41、2006.
竹村武士・小出水規行・神宮字　寛・森　淳・渡部恵司：イバラトミヨ保全池における営巣特性―水草刈りの実施に係る実験環境下での営巣場所―、農業農村工学会論文集、268、17-22、2010.
竹内常行：溜池の分布について、地理学評論、4-11・12、1939.
田代優秋：泥上げによる水路底泥のAVS低減効果とその提示方法、農業農村工学会論文集、271、41-42、2011.
田代優秋：農業土木ではなぜ環境保全はうまくいかないのか『どうすれば環境保全はうまくいくのか―現場から考える「順応的ガバナンス」の進め方―』（編集：宮内泰介）、新泉社、86-112、2017.
栃木県農地水多面的機能保全推進協議会：環境配慮型水路　移動経路の確保『ひろげよう地域の輪 守ろう！田んぼまわりの生きものたち』（監修：水谷正一）、20-23、14-15、2015.
筒井義冨・北澤大祐：手づくり施工の農村環境整備、農村漁村文化協会、pp134、2013.
宇田川武俊：生物多様性をもたらしたものとその意義―農業生産との関係からみたとき―『農山漁村と生物多様性』（編集：宇田川武俊）、家の光協会、18-32、2000.
山極二郎：地理学評論、4-11・12、1928.
山下奉海・河口洋一・谷口義則・鹿野雄一・石間妙子・大石麻美・田中　亘・斉藤　慶・関島恒夫・島谷幸宏 ：佐渡島の小河川における魚類を対象とした農業用取水堰改良効果の検証、応用生態工学、13、61-76、2010.
渡部恵司・小出水規行・嶺田拓也・森　淳・竹村武士：農業水路における魚類生息場の簡易評価手法の開発、農村工学研究報告、2（印刷中）、2018.

執筆者一覧　（五十音順）

		主担当
柿野　亘	（北里大学獣医学部）	4-3②、5-4、5-5
鹿野雄一	（九州大学決断科学センター）	5-5、資料（p77-105）、トピックス（p57-58）
小出水規行	（農研機構農村工学研究部門）	3-1、最新研究紹介（p54-56）
竹村武士	（農研機構西日本農業研究センター）	2-1②、トピックス（p64-65）
中田和義	（岡山大学大学院環境生命科学研究科）	2-1③
森　淳	（北里大学獣医学部）	4-1・2、5-1・2、最新研究紹介（p49）
嶺田拓也	（農研機構農村工学研究部門）	1-1・2・3、5-3
守山拓弥	（宇都宮大学農学部）	4-3①、最新研究紹介（p50-51、74-75）
渡部恵司	（農研機構農村工学研究部門）	2-1①、2-2

＜執筆者以外の写真提供者＞

柿岡　諒
多田正和
中島　淳
林　博徳
細川晴華
松崎慎一郎
宮崎佑介

農業水路の魚類調査・評価マニュアル
「魚の棲みやすさ評価プログラム」

CD 貼り付け

免責事項

1　国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構　（以下、「農研機構」と記します。）は、本プログラムに関して不具合やエラーや障害が生じないことを一切保証いたしません。
2　農研機構は、本プログラム及び本プログラムのダウンロードに起因してご使用者に直接または間接的損害が生じても、いかなる責任をも負わず、一切の損害賠償を行わないものとします。
3　農研機構は、本プログラムに不具合、不備等があっても、程度の如何にかかわらず訂正、修補する義務を負わないものとします。

著作権その他の権利

1　本プログラムの著作権その他一切の権利は、農研機構に帰属します。
2　本プログラムを無断で複製、転載、改変などに類する行為と無断で解析（逆コンパイル、逆アセンブル、リバースエンジニアリング等）することを禁止します。
3　本プログラムを販売、貸与、再使用許諾、営業使用することなどは、いずれもできないものとします。
4　事前の告知なしに本プログラムの変更、又は配布を中止する場合があります。
5　本プログラムを用いて得られた計算結果を使用して，学術雑誌等への論文等発表する場合は，論文等の中に本プログラムを使用したことの記載をお願いします。

魚が棲みやすい農業水路を目指して

～農業水路の魚類調査・評価マニュアル～

2018年３月16日発行
編集・発行
国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究部門
（〒305-8609　茨城県つくば市観音台2-1-6）

無断複写・転載を禁じます。