

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。

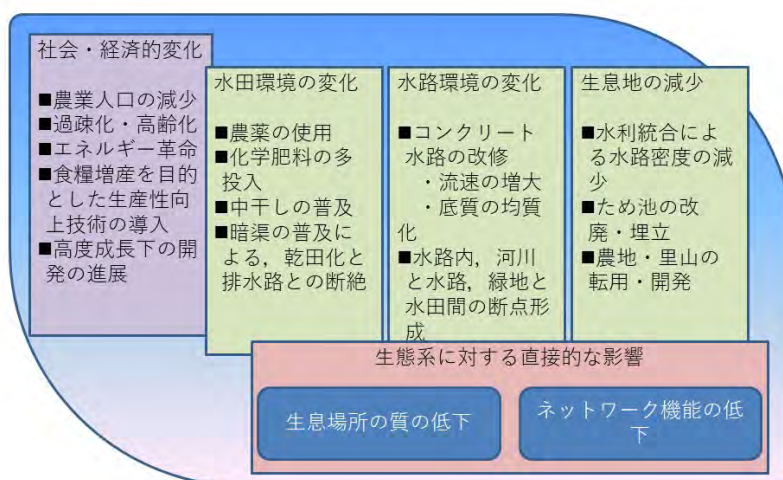


図 5-1 水田生態系を取り巻く社会的経済的情勢

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。

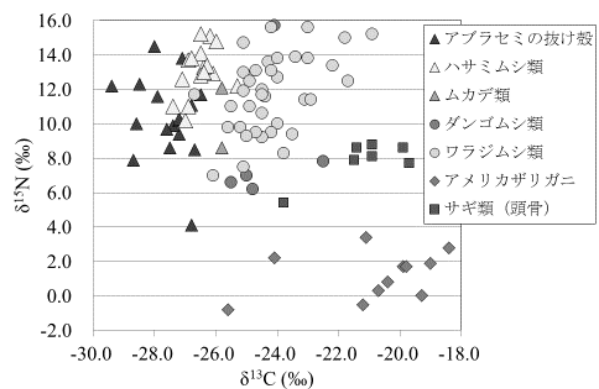
食物網の始まりは植物や植物プランクトンである。これらは光合成回路の違いや光合成する時の基質に含まれる ^{13}C の割合などが影響して、陸上植物の C_3 植物および C_4 植物、水域の生産者である藻類によって ^{13}C の含まれる割合（炭素安定同位体比、 $\delta^{13}\text{C}$ ）が異なる。 $\delta^{13}\text{C}$ は捕食によっても値があまり変わらない。つまり水域で生産された有機物を餌としている動物の $\delta^{13}\text{C}$ は藻類の $\delta^{13}\text{C}$ に近い値を示す。窒素安定同位体（ $\delta^{15}\text{N}$ ）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 $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ 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 $\delta^{13}\text{C}$ 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 $\delta^{13}\text{C}$ 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を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ー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な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 穰、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。
- 野田康太郎、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、渡邊 和好、宮崎 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・北陸地方以东のギギ、近畿地方以东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
チャンネルキャットフィッシュ	イクタルス科	イクタルス属	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・ホルブプロオキ
ガンブスィア・ホルブプロオキ		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		マイクロプテルス属	
オオクチバス		マイクロプテルス属	
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	ネオゴビウス属及び ナンダス科の全種
ナイルパーチ	アカメ科	アカメ属	
アカメ科の他の全属	アカメ科	アカメ属	—
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
ガドプシス属	ペルキクティス科	ガドプシス属	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	ギムノケファルス属	Gymnocephalus属、Perca 属、Sander属 及びZingel属の全種
ヨーロッパアンパーチ		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	スイニペルカ属	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、できなかつたりと、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。

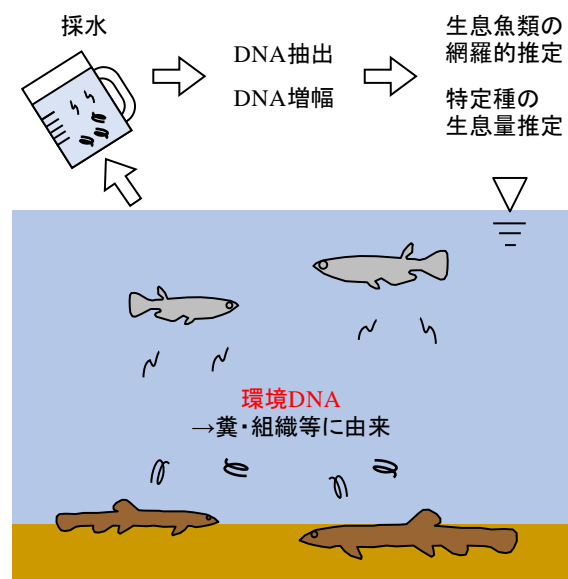


図 1 環境 DNA 分析のイメージ

○分析方法

1. 採水

表層水1リットルを滅菌済ポリ容器に静かに入れる。



2. フィルターろ過

ガラスフィルター等を使用してろ過する。



3. DNA抽出

フィルター上の残渣から市販のキットを用いて抽出する。



4. PCRによるDNA増幅

生息魚類の網羅的推定:ユニバーサルプライマー

特定種の生息量推定:種特異的プライマー

5. DNA検出

生息魚類の網羅的推定:増幅産物の塩基配列決定と既存配列との相同性検索→DNAバーコーディング



特定種の生息量推定:増幅産物の電気泳動による確認やリアルタイムPCRによるDNAの定量

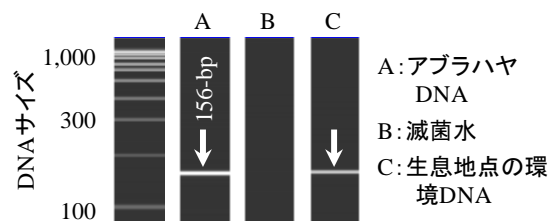


図2 環境DNA分析の手順

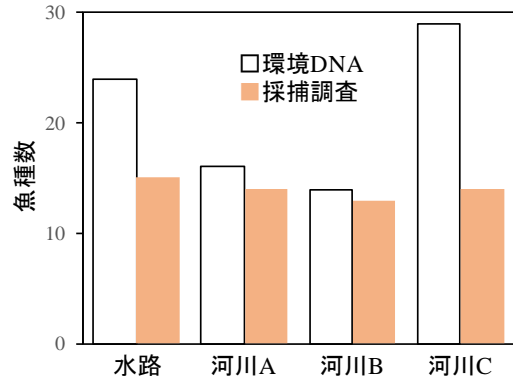
環境DNA分析の方法は、調査場所で水を採り（表層水を1リットル掬うことが多い）、ガラスフィルター等を用いて、その場またはできるだけ早く実験室で採った水をろ過する（図2）。ろ過したフィルターについては、市販のキットを用いて、フィルター上の残渣からDNAを抽出する。得られた環境DNAサンプルについては二種類の分析ができる。一つ目は、そのサンプルにどのような魚類のDNAが含まれているか、魚種を網羅的に検出する方法、そしてもう一つは特定の種についてDNAを量的に検出する方法である（図2）。なお、実際の分析にあつては、フィルターろ過までならDNA分析専用の機器は必要としないが、DNA抽出からは専用機器が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

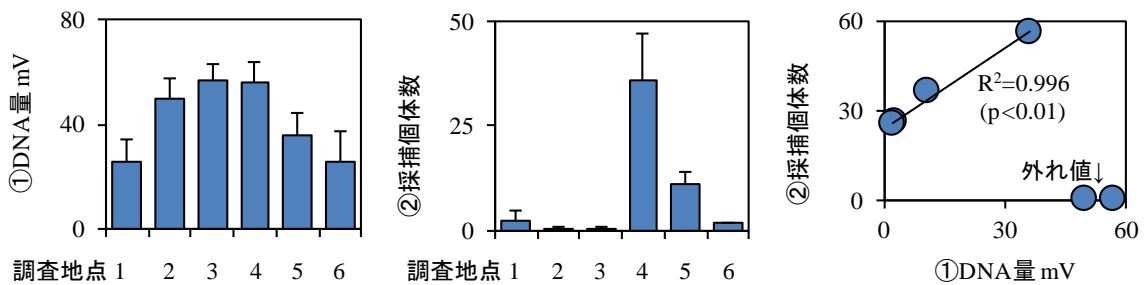


図4 環境DNA分析によるアブラハヤの生息量推定

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。彼らのせつ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。前者の場合はいそいそそのままスムーズに会話が済み、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

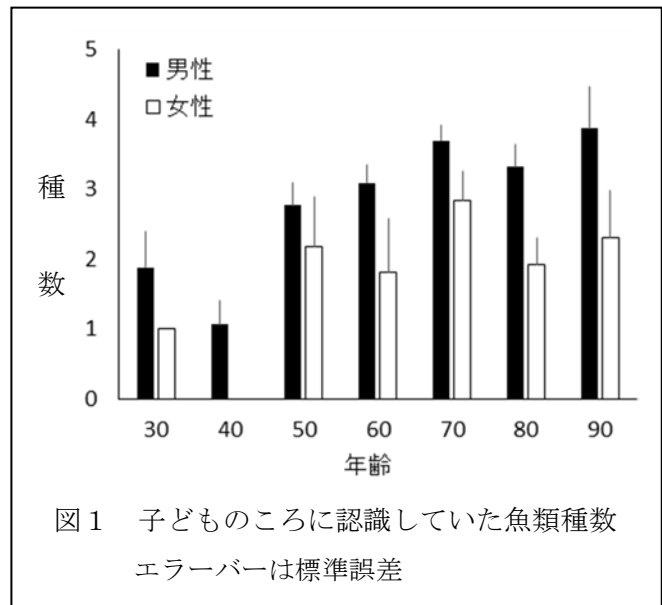
しれないがよく覚えていない」といったあいまいな答えについては「0.5」の値を与えた。さらに、言及されている魚がはっきりしない場合、たとえばメダカかカダヤシか判断できかねる場合なども多かったが、この場合は「メダカ：0.5、カダヤシ：0.5」などのように値を与えた。ヨシノボリ類などは十把一絡げで「ゴリ」などと呼ばれ、複数種を区別せずに認識されているが、この場合はいたしかたなく「ヨシノボリ類：1」との記録となった。このように、曖昧性の高い聞き取り調査においては、多少強引にでも定量化してデータ化することが必要となるだろう。

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。

○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, Yōichi 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 Research* 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・地域ごとに適合的に選択されてきたことから（農業農村工学会2009）、地域ごとに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）も地域ごとに異なる。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ム（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、神宮宇ら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う一方、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、神宮宇ら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（神宮宇ら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、地域ごとに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、集落ごとに水路が補修される（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必要がある（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障害となる一方で、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障害ができることで、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）や地域ごとに工夫された魚道（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中に、隔壁に草が詰まり、



図5-11 水田魚道

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）。

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ム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ての勾配は約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）

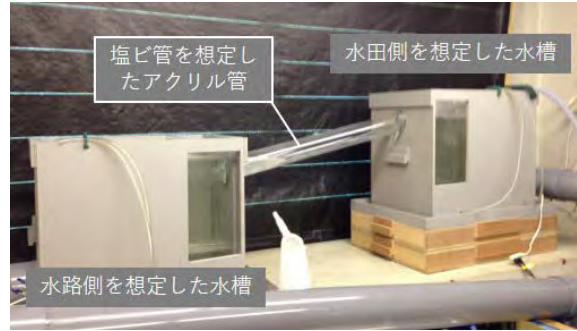


写真6 塩ビ管水尻を想定した実験

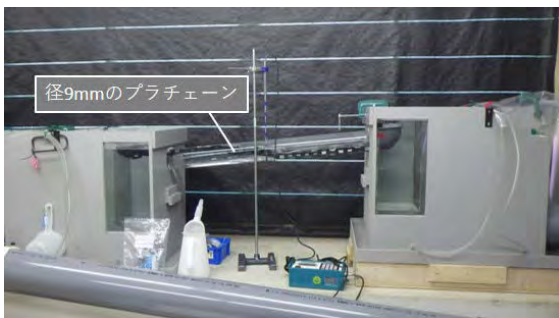


写真7 径9mm プラチェーンの挿入



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精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ため、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

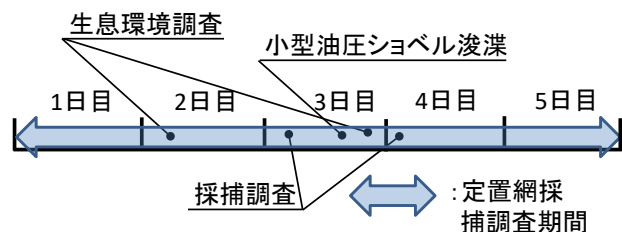


図5-13 浚渫の影響調査の日程例

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）

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。



図5-14 生息環境条件調査の実施状況

(3) 魚類など水生生物の採捕調査

（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）。



図5-15 魚類採捕状況

(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わ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

	備考
	浚渫前： 底泥の中で越冬中
	浚渫後： 小型油圧ショベルで効率的に底泥が除去された後、ドジョウは越冬するための底泥を1~2日かけて探索するのでは？
	浚渫後： 越冬するための底泥が十分でないと下流へ降下するのでは？

図5-16 ショベル浚渫前後のドジョウの応答イメージ

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。

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延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 (*Inversiumio 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月と比較すると、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）。

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。



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）

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。

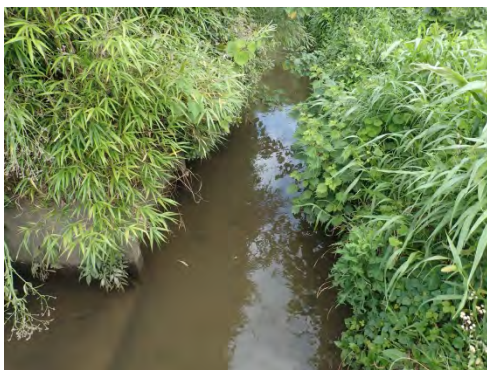


図 5-22 準土水路 1



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ひ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。

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

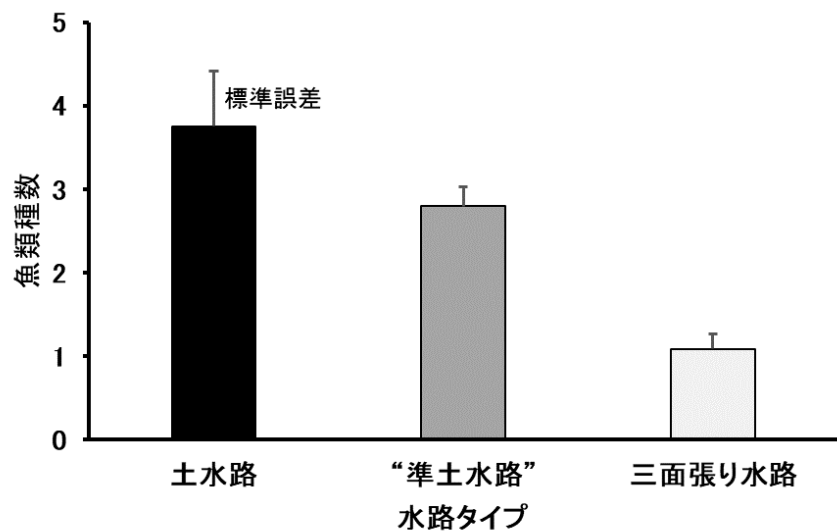


図 5-26 各タイプの農業水路における魚類種数
(原図：鹿野雄一)

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あり、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）を用いて行った。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。

○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)

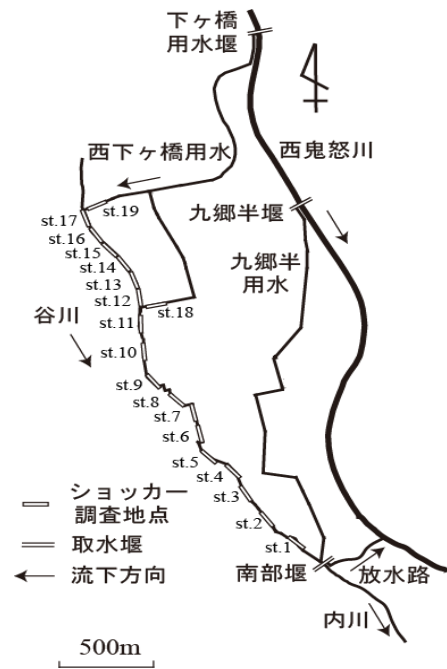


図1 調査地点の位置

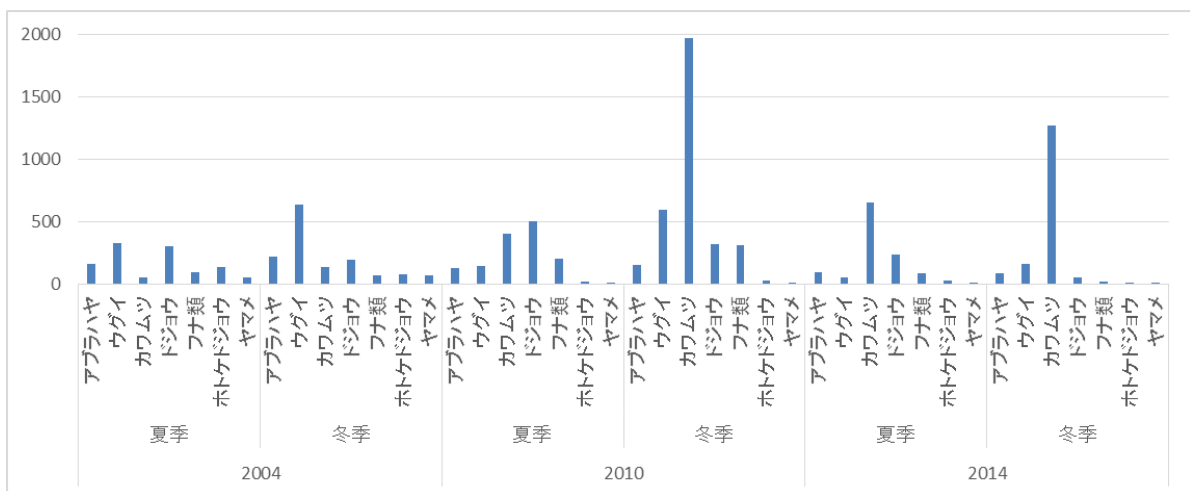


図2 各調査年における各魚種の採捕尾数