

氾濫原としての水田・水路ネットワークと 魚類の生態について

滋賀県立大学 環境科学部 皆川 明子

1. はじめに

水稻栽培にとって、水は多過ぎても、少な過ぎても害である。日本列島の多くの地で水害や干害を避けるために争いが起き、時には人命が失われてきた。いずれの地域においても水稻栽培の労苦は激しく、その労働環境を劇的に改善してきたのが土地改良事業であったと理解している。胸まで浸かる田植えと稲刈りを変えたのが排水路整備・機械排水と河川改修であり、100日に亘り降雨なく水稻はおろか草木まで枯れる事態に対する救いがため池の築造や揚水機の導入であった。これら、冠水する水田とため池のいずれもが、流域治水の中で注目される事態となっている。

一方で、沖積平野ではそもそも河川の氾濫を前提とした土地利用の代表として水稻作が行われてきたのであり、宮村¹⁾は洪水氾濫を自然条件として許容した上での人文条件の形成を指摘している。冠水する水田については、本特集の中でも具体的な事例が紹介されると思うが、霞堤遊水地に位置する水田を筆頭に、その治水上の効果と生態系サービスの維持が期待されている。

そこで本報では、水田水域を魚類の繁殖・成育等が可能な氾濫原水域と位置付ける場合に考慮すべき水田・水路の条件について述べたいと思う。

2. 河川・水路・水田のネットワーク

用排水の分離やコンクリート護岸に代表される近代的な整備が完了した水田水域では、生活環を完結できない魚類がいることが分かっている。農業農村整備において、用水路側は農業用水を滞りなく配水する使命があるために、通水を阻害するリスクのある構造を取ることは難しい。従って、生態系配慮は排水路側に偏りがちである。産卵基質の確保と緩流域の形成のため、排水路に底質を確保し、植生を生育させるよう、排水路の一部拡幅、底打ちしない区間の創出、ピオトープの設置などが行われてきた。

1980年代後半から魚類の繁殖・成育の場として水田水域が注目されるようになり、農業排水路（あるいは排水小河川）から水田までをネットワークでつなぐ試みがなされるようになる。1990年代後半から研究開発が進んだ水田魚道および水路魚道の設置により、フナ属、ドジョウ、メダカ属、ナマズ、

ギバチなど一部の淡水魚については排水路から水田に遡上したり、接続された排水路の環境そのものを使ったりして再生産し、整備後も個体群の消失を免れた地域がある。

その一方で、キンブナ、ヒナモロコ、ヒガシマドジョウ、小型スジマドジョウ類については、伝統的な水田水域での繁殖が確認もしくは推定されながら、近代的な整備が完了した水田水域では繁殖の報告がなかった²⁾。こうした希少種が生き残っている（た）環境は、水田と水路の落差が小さく、水域間の移動が容易で、水田も水路も同じように土で構成されていて水域の境界が曖昧な場合が多く見られる。農業農村整備によって水田水域が改修された場合には、①水域の階層数の減少、②水路環境の均質化、③魚類が利用可能な一時的水域の縮小、が起こりやすく、伝統的な水田水域と比較して氾濫原らしい環境から変容すると考えられる²⁾。

河川の氾濫原の代替環境、特にコイ科魚類等の繁殖・成育場として水田水域を位置付けるためには、少なくとも梅雨期に1回以上は降雨に伴う水位上昇により河川から排水路、場合によっては水田までの連続性が確保されることが必要であろう。しかし、降雨量には年変動があること、水田水域の湛水被害を防ぐ観点を考慮すると、降雨時以外にも河川から水田までの連続性が確保されていることが望ましい。これは、魚道等の構造物による連続性の確保と併せて通水していることが条件となる。また、併せて水路・水田のネットワーク内に魚類の繁殖・成育に利用可能な環境が存在していることが不可欠である。

3. 水田という環境

水田水域には繁殖、成育、退避などのために多くの魚類が訪れて利用する。原生的な氾濫原水域と比較したとき、洪水時に一時的に冠水する後背湿地が水田と一時的水路に相当し、水位低下後も安定して水域を保つ河跡湖、沼沢地、クリーク、分流、湧水を起源とする細流がため池や恒久的水路のような水域に相当すると考えられる。

本州では、早いところで3月下旬～6月中旬にかけて河川から農業用水が取水され、やがて水田も取水を始めて、一気に一時的水域が広がる。その後、

代かき、田植えが行われる。現在の一般的な農事暦では、田植え後30～50日後くらいに一旦水田の水を落とす「中干し」という作業が行われる。魚類が水田そのものを繁殖・成育環境として利用する場合には、この田植えから中干しまでの期間が中心となる。中干し以降も水路と水田の間を移動する魚類はいるが、数で言うと魚種により5～20%程度で（水田に進入した数を中干し前後で比較して算出）、繁殖のための利用は基本的に中干し前が中心である。5月中旬から6月中旬頃に田植えを行う水田水域は、梅雨期の河川の増水・氾濫原の浸水と対応するように一時的水域が広がることになる。しかし、田植えが早期化している場所ではちょうど梅雨期の6月に中干しが当たり水田に水がないため、繁殖目的で水田を利用することは困難な可能性がある。自身の調査地も、トウカイコガタスジシマドジョウが繁殖・成育しているが、早期栽培のため本種のGSI（生殖腺重量指数）が最大になる時期には水田に水がない。しかし土水路が広大に広がっているため、梅雨期に産卵する魚類の繁殖を支えているものと考えられる。

4. 用排水路の整備と水域の階層性

伝統的な水田水域の特徴の一つに、水域の階層性の多さが挙げられる。階層性と水域ネットワークの複雑さ、水環境の多様さは互いに関連し合っている。用水路・排水路とも、河川に直結する幹線水路と、水田に直結する末端水路の間に支線水路が存在する。この支線水路の分岐数が階層の多寡を決める。階層数が多いことは、水路間の平均落差が小さくなることを意味する。また、階層数が多い水田水域では末端水路が土水路であることも多い。水路の方向も一定ではなく、水路網が複雑である。

写真1に、多くの階層から成る水域のイメージを示した。これを上から見た模式図が図1である。この水田水域を一般的な方法で整備した場合のイメージが図2である。整備前の写真1、図1の範囲には水路①から④と中央を流れる規模の大きな用排兼用水路、そして末端排水路が存在している。末端排水路のみが排水路で、他の5つは用排兼用水路である。堰が入っていない時は、水路④に水が流れない。用排兼用水路における適用には困難があるものの、河川次数のように水路の位数を考えた場合³⁾、水田に直結する水路を1とすると、中央の用排兼用水路までの位数は少なくとも3あると考えられる。図2の整備後のイメージでは、魚類が利用可能な開水路は末端排水路と幹線排水路のみとなり、位数は2となる。このように、整備後は階層数が減少し、シンプルな水域構造になる。地形条件によっては末端排水路と幹線排水路の間に落差が生じる。末端水

路までコンクリートで護岸されるため、水路環境が単調になり、底面にもコンクリートが施工された場合には、底質にも乏しい環境になる。



写真1 整備によって失われる末端水路のイメージ



図1 写真1の水田水域の模式図（整備前）

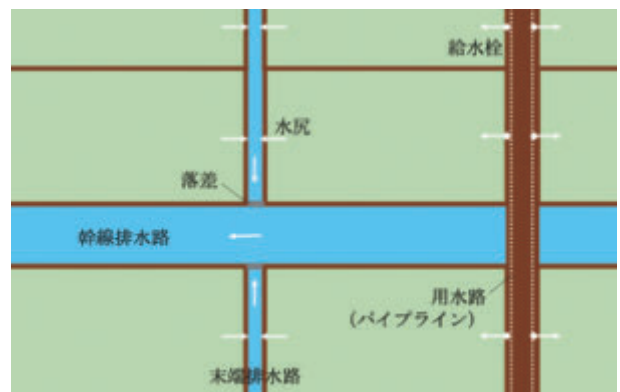


図2 整備後のイメージ

5. 用排兼用水路の特徴

伝統的な水田水域において多くみられる灌漑排水方式が「用排兼用」である。用排兼用水路では、同じ水路から用水を取水する水田があるために水路を深くすることができず、田面と水路水面との差が小さくなる。そのため、降雨時には水位差がさらに小さくなり、水尻から水田へと魚類が遡上しやすくなる。降雨が大きいと、畦畔が水没して

水路と水田の水面が繋がり、魚類が畦越しに水田と水路を移動できるようになる。このような時には、コイ、フナ属、ナマズなどの大型魚が水田内で見られるようになる。

しかし、用排兼用水路のすごいところはこれだけではない。梅雨期と言っても常に雨が降り続くわけではなく、また、水稲作期が梅雨期とずれる地域もあるため、降雨によって水路の水位が上昇して水尻から魚類が水田へと遡上できる機会というのは実際のところそれほど多くない。表1は、用排兼用水路が灌漑排水する水田の水口と水尻にトラップを設置し、水路-水田間の魚類の移動を調査した際のデータである。調査は1日2回の頻度で行った。取水回数は、水口の調査を行った際に取水が行われていた回数を表し、排水回数は水尻の調査を行った際に表面排水が少しでも見られた回数を表す。これだけで水口と水尻の移動可能性(取水・排水頻度)を比較すると、5筆の水田はいずれも水尻側の方が移動可能性が高いか、水口と同程度である。しかし、用排兼用水路と言えど水路水面と田面との間には15~数十cmの水位差があり、また、水尻に設置された堰板がネズミ返しのように逆勾配になっていることも多く、表面排水が出ているだけでは遡上することができない。実際は降雨によって落差が解消された回数(0~8回)しか遡上の機会がなかった。それと比較すると、水田の取水は数日に1度は必ず行われる。農家は何も意識せずとも、水稲のために取水することを通じて水路-水田間の魚類の移動を可能にしていることになる。

なお、魚類が水路と水田の間を移動する際、遡上しかなしないわけではない。ワンドなどで研究されている方には常識かもしれないが、水路から水田に進入する際は、水尻からの遡上と水口からの降下と同程度に見られる。また、水田から水路に出ていく際も、水口からの遡上だけでなく水尻からの降下も見られる。魚種による傾向は多少あるが、遊泳魚、底生魚、ともにどちらの移動も行う。

6. 水田の冠水と排水計画

水稲に対する冠水の影響は時期と湛水継続時間に左右され、穂ばらみ期^{注1}にあるときに減収率が

表1 用排兼用水路 -
水田間における魚類の移動可能性

	水田a	水田b	水田c	水田d	水田e
取水回数	2	27	18	39	45
水口調査回数	100	98	98	86	90
取水頻度	0.02	0.28	0.18	0.45	0.50
排水回数	56	51	21	34	64
水尻調査回数	112	116	105	84	121
排水頻度	0.50	0.44	0.20	0.40	0.53
落差解消	8	7	8	2	0

最も大きくなりやすいとされている⁴⁾。水田の排水計画では、湛水被害が発生しやすい7~9月の水稲草丈を考慮して、許容湛水深を30cmとしている。さらに、許容湛水深を超える場合の許容継続時間は24時間以内とされている。さらに、汎用農地の排水計画では無湛水とされている。現在、多くの整備済み水田は転作のブロックローテーションに含まれ畑作利用される。例えば、湛水被害の防止のために湛水防除事業が行われた場合、排水路が溢れて田面まで水に浸かる機会は減少する。これは、水田を繁殖場として利用する魚類にとっては移動障害が大きくなる側面を持つ。一方、生産者にとっては「安心」である。水稲作では、毎年ほぼ決まった時期に田植え(あるいは播種)を行い、慣行栽培であれば適切な時期に農薬を散布して雑草や病害を制御しなければならない。米価の低迷に伴い、生産者はコストや品質に対しこれまで以上にシビアにならざるを得なくなっている。大規模経営者は、経営規模拡大時に状況が許せば氾濫常襲地を避けて耕作地を求めたり、排水改良を求めたりする可能性があるだろう。冠水のリスクに対しては、損失補填により対応できる部分があると思われる。ただし、手塩にかけて育ててきた水稲が冠水により傷む姿を目の当たりにすることは、生産者にとって心情的に辛いものであることは理解されるべきと思う。

なお、前述の通り、水稲が冠水した場合の収量への影響は時期によって異なる。収量への影響とともに、収穫前に倒伏した場合には稲刈り作業に大変な労力が加わる。皆川ほか⁵⁾は、緊急時に水田の洪水緩和機能を活かした流域管理を実施するために必要な、水稲被害の推定手法を検討している。コシヒカリにおいて、玄米重量とともに外観品質を考慮して冠水被害を評価する必要性を指摘しており、穂ばらみ期と出穂期^{注2}では1日の冠水でも50%近く減収し、3日以上完全冠水すると整粒がほぼ収穫できなくなること、葉先露出状態を保つことで被害軽減効果が期待できることを示している。一方で、魚類が水田で繁殖する時期に相当する分けつ期^{注3}には、冠水期間の影響は小さく、減収率は最大で約16%であった。このように、冠水する時期が非常に重要である。

日本では近世より、水稲品種の早晚を利用して災害を回避する栽培技術が存在しており¹⁾、霞堤遊水地では、上流から新たに供給される有機物を含む泥土が農地を肥沃にしてきた側面もある⁶⁾。一方で、濁水や土砂の流入が水稲の生育期間中であれば被害が甚大となり得る。冠水に対する生産者の受け止めは、当然であるが冠水の時期と程度、収穫物の扱い(市場出荷、自家消費)、営農形態(専業、兼業、法人、個人)、冠水に遭遇する頻度(経験値)などに影

響されるように思われる。

なお、排水機の運用に当たって、瀬田川洗堰の水位操作における魚類の産卵に対する配慮⁷⁾に見られるように、魚類が水田を利用する時期においては、宅地等への被害が生じない範囲で水田と排水路水面の水位差を魚類が遡上可能な一定の範囲にとどめるような運用が可能か、検討の余地はあるだろうか。

7. おわりに

流域治水における水田貯留には、いわゆる「田んぼダム」もある。開口部を狭めた田んぼダム専用の堰板が複数考案され、各地で実証試験が行われている。堰板上部あるいは畦畔よりも水位が上昇した場合には魚類が水田へと進入するが、堰板開口部の形状によっては、魚類が水尻から遡上することが困難になる可能性も考えられる。魚類の水田利用が見込まれる地域において田んぼダムに取り組む際には、ゾーニングや、魚類の遡上と流出抑制を両立し得る堰板構造の検討などが必要になるかもしれない。

なお、これまで水田水域における魚類の繁殖場として「水田」を第一と見なす考え方が一定存在してきたと感じられる。もちろん、水田的な環境が最も好適である魚類は存在すると思うが、繁殖場として必ず水田を必要とする魚類は全体から見ると少ない可能性もある。階層数が減少すると繁殖可能な一時的な水域を水田に求めざるを得なくなる事情もあるかもしれないが、改めて水路の重要性を見直す必要があるのではないだろうか。アユモドキや小型スジシマドジョウ類は、「水田」というよりも植生の生えた土水路や、そうした土水路と水田とがゆるやかにつながっている環境を繁殖の場としている。また、自身の観察においても、滋賀県で取り組まれている排水路堰上げ式水田魚道を設置した水田・水路ネットワークにおいて、魚道上部の水路部分で水没した陸上植物に多数の産着卵や孵化仔魚が認められている(写真2)。

水路において、生産性の向上と環境の多様性を両



写真2 水没した排水路法面の植生に見られた仔魚

立させる技術は、ソフト対策を含め完成されていない。魚類の生息に配慮した水路構造にしようとするれば、農家の同意が必要になる。その際、高齢化、少数化していく農家のみに水路の維持管理を委ねる体制では同意が得られにくく、将来的な施設機能の保全もおぼつかない。本来、水田水域が持つ生物多様性の保全や遊水機能などの生態系サービスは、農家に限らず国民全体の共有財産のはずである。農家以外の地域住民が自覚的に恵みを楽しむことができるよう、生態系サービスの可視化がますます重要になるだろう。また、整備水準が低く、多くの階層と多様な水環境を持ち、希少種が生息しているような水域に対し、現状の環境をある程度そのまま保全しながら生態系サービスを楽しむような形を目指すことを考えた場合にも、地域住民の理解と協力が不可欠である。また、溢れた水とともに農地に侵入するごみなどへの対策は農家の負担になるため、地域全体で取り組みを応援するしくみづくりが重要と考える。地域住民が冠水する水田の持つ恵みを物理的にも精神的にも楽しむためには、地域の立地特性を理解し治水を自らの手に取り戻す水防意識の醸成¹⁾が不可欠ではないだろうか。流域治水を機に、地域住民が参画しながら、より豊かな流域環境の創出が図られることを期待したい。

注1：穂が外部に出現する前の状態にある時期

注2：穂が外部に出現する時期

注3：茎にある節から腋芽が伸び、茎が増える時期

引用文献

- 1) 宮村 忠 (2010)：改訂 水害治水と水防の知恵、関東学院大学出版会。
- 2) 皆川明子 (2021)：伝統的な水田水域と整備済みの水田水域における魚類の繁殖と保全、応用生態工学 24(1)、111-126。
- 3) 樽屋啓之ほか (2015)：水路の階層に基づく水路ネットワークの機能評価手法に関する研究、土木学会論文集 B1, 71(4)、I_1333- I_1338。
- 4) 農業農村工学会 (2010)：改訂七版農業農村工学ハンドブック本編、農業農村工学会、196。
- 5) 皆川裕樹ほか (2016)：洪水時の流域管理に向けた水田域の水稻被害推定手法、農業農村工学会論文集 303、I_271- I_279。
- 6) 藤田佳久 (2002)：「霞堤」をめぐる、愛知大学総合郷土研究所紀要 47、53-73。
- 7) 近畿地方整備局琵琶湖河川事務所 (2015)：環境に配慮した瀬田川洗堰試行操作～10年間の試行操作検討を終えて～、河川3月号、3-7。