汎用化水田における水管理の変化が 魚類の生息に及ぼす影響とそのミティゲーションについて

森須美子¹・伊藤健吾²・千家正照³

The Impact of the Change of Water Management by Improving Paddy Field for Upland Crops Planting on Fish Habitat and its Mitigation Practices

Sumiko Mori¹, Kengo Ito² and Masateru Senge³

Abstract: In recent years, the drainage condition of rice fields has been improved for upland crops planting by the farm land consolidation in order to increase farm productivity. On the other hand, the improvement of drainage conditions in paddy field area greatly influenced the habitat of freshwater fishes. However, there are few researches on how freshwater fishes have been influenced by the drainage improvement. In this research, we investigated the difference between the environment for freshwater fishes in drainage canals in the year when the whole area was planted to rice and in the year when a part of the rice field area was planted to wheat. When an upland crop such as wheat was planted in paddy field area, the water depth in the drainage canal among all the environmental components greatly changed. The vegetation on the levees was not available for freshwater fishes due to the fact that the water level in the canal did not increase up to the level of levees, and this drastically decreased the number of fishes living in the canal. Furthermore, from the analysis of the relationship between the number of fishes and the distance from vegetation zone, it could be suggested that at least one vegetation zone of length 100m must be created along the canal with the aim of maintaining the habitat for freshwater fishes.

Keywords: Multi-purpose paddy, Freshwater fish, Water depth, Vegetation zone

1 はじめに

近年、水田の高度利用を目的として汎用化整備が進められ、水田で畑作物の栽培が可能となり、高い生産性が得られるようになった。このような汎用化水田は今後も増加していくことが予想される。しかし、水田に畑作物を導入するためには、暗渠を設置するなど圃場内の排水性を高めなければならない。そのため、汎用化水田における排水路は、従来の圃場整備による排水路よりも暗渠出口を確保するためにさらに深く掘り下げられ、田面との落差が大きくなるだけではなく、水田の乾田化が進むことになる(農林水産省, 2004)。さらに、圃場整備を実施する際に、客土が行われる場合が多く、表土扱いなどの工法によって、非作付け期の畦畔や田面を利用して越冬する両生類への影響が懸念される。また、畑作物を作付けすることにより、圃場及び水路などの水域が時間的にも空間的にも減少することが挙げられる。

このように、水田あるいは水田と連続する水路の環境が変化すれば、そこに生息する生物に大きな影響が及ぶことは容易に推察できる。たとえば、水田環境を代表する生

物のひとつであるメダカは、平成 19 年の環境省の報道によるレッドリストで絶滅危惧Ⅱ類に指定されるほど減少している。メダカが減少した原因の一つとして、水田と水路の間をメダカが自由に移動できなくなった環境があげられる(上月ら, 2000; 小澤, 1999)。前述したように、汎用化水田では田面と水路の落差が増大するため、物理環境はさらに悪化することが予想されるが、汎用化された水田地帯での物理環境の変化が、そこに生息する魚類に与える影響について検証した例は少ない。

そこで本研究では、水田の汎用化による生物への様々な影響のうち、とくに畑作物の導入による水管理の変化が、排水路内の環境と魚類の生息状況にどのような影響を及ぼすのかについて検討した。また、その結果をもとに生息環境の保全方法についても検討を行った。

2 調査の概要

2.1 調査地の概要

調査地区の位置する岐阜県安八郡輪之内町は、揖斐川と長良川に挟まれ周囲を堤防に囲まれた輪中地帯となっており、標高 2.5m 前後の低平地である。輪中内は流れの緩やかなクリーク状の水路が縦横に走り、堀田と呼ばれる特有の環境が残っていたことから、小型の淡水魚をはじめとして多くの生物が生息していた。一方、排水条件が悪く、圃場の区画が狭いなど営農には多大な労力を要していたことから、昭和 40 年代より圃場整備が順次行われてきた。さらに、水田の汎用化を目的に、平成 16 年度から 21 年度までの工期で経営体育成

¹ 岐阜大学大学院連合農学研究科, Student, the United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu-city, Gifu 501-1132, JAPAN

² 岐阜大学応用生物科学部准教授, Associate Professor, Faculty of Applied Biological Science, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu-city, Gifu 501-1132, JAPAN

³ 岐阜大学応用生物科学部教授, Professor, Faculty of Applied Biological Science, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu-city, Gifu 501-1132, JAPAN (Corresponding Author) E-mail: senge@gifu-u.ac.jp

基盤事業「輪之内本戸地区」が実施された。調査対象としたのは、このような圃場整備が進行しつつあった本戸地区（図1参照）を南北に走る3本の排水路（水路1～3）と、各排水路が地区南部を東西に走る幹線排水路と合流する3地点（①～③）の落口工、さらに、平成18年度の冬期に水路1の上流部にピオトープの機能を期待して人工的に設置した「池」（以下、「ピオトープ池」と称す）である。水稻灌漑期に排水路水位を制御することを目的として、幹線排水路と水路3にそれぞれ堰A及び堰Bが設けられている。また、洪水時に排水河川からの逆流を防ぐために、幹線排水路下流端に堰Cが設置されている。調査対象施設の概要を表1に示す。なお、調査対象地区の上流側（北側）は輪中堤によって遮断されているため、水路内に生息する淡水魚は、水路内で繁殖したか、あるいは、下流の排水河川から遡上してきた個体に限定される。

図1: 調査地区の概要

平成17年度の冬期に水田の汎用化を目的として、水路1及び2とそれに隣接する圃場が整備された。本事業では、大区画化を目的とした畦畔の撤去および区画整理、表土扱いを伴う客土、それに暗渠の埋設と排水路の掘り下げが行われた。

平成18年度は、この2つの水路の集水域の全水田で水稻が作付けされ、平成19年度は上流の一部の水田を除いて畑地転換が行われ、麦（約10.6ha）が作付けされた。水路3は、30年以上前に整備された水路で、水路内には砂泥が堆積し、ヨシなどの植生が繁茂している。整備前は水路1～3はそれぞれ土砂が堆積して水路内植生が繁茂している状態であったが、全水路の同時改修は生態系への影響が大きいことから、水路3はそのままの状態で作保存された。また、水路3は、水田内の小水路（用排兼用水路）と接続しており、平成18、19年度ともに周辺圃場は水稻が作付けされていた。調査対象とした3本の排水路は幹線排水路に合流し、さらに水門Cを通して、排水河川に流下している。

2.2 調査方法

水路内(水路1～3)の調査地点は約100m間隔で設定した。本調査では魚類の生息状況を調査地点ごとではなく、水路ごとに把握するため、多くの魚類が生息すると思われる水路湾曲部や道路下の日陰部分を中心に調査地点を選定した。落口工(①～③)では、図2に示すような落口工の直下流の深み(幅1.0m×長さ1.0m×深さ0.2m)になっている地点で調査を行った。各調査地点では、サデ網(開口95cm、深さ70cm、目合い2mm)とタモ網(開口45cm、深さ45cm、目合い2mm)を使用して魚類を採捕し、種の同定、個体数と体長の計測を行った。採捕の際に追い込む距離は水路フリームの2アーム分(約1.7m)とし、2人1組で実施した。ピオトープ池の捕獲調査は、カゴ網(目合い2mm)を使用した。水深が浅い場合には3人1組になって採集面積4m²(幅2m×距離2m)をサデ網で追い込んで捕獲した。なお、追い込みは1分間の採集時間で2回実施した。採捕した個体は、測定後元の箇所に放流した。採捕した地点で、水質計(TOADKK製 WQC-24)による水質計測と、水深を測定した。水質の測定項目は、水温、pH、DO、ECの4項目である。なお、無降雨時の排水路内には水の流れがほとんどないことから流速の測定は省略した。また、水路内の植生や堰の有無など水路内の環境についても記録した。

調査は、平成18年と平成19年の4月から12月までの各月1回(平成18年8月は欠測)、計17回実施した。

また、水路3では、魚類が捕獲された地点から最も近い植生(水路3と用排兼用水路の水面下における水路内植生)までの距離を計測した。これにより、水路内の環境を改善するために植生帯を配置する際の目安となる間隔について検討した。

3 結果及び考察

3.1 水路内の環境

水路内環境の調査結果を表2に示す。水路内の環境で最も大きく変化したのは水路1及び水路2の水深であった。水稻のみが栽培された平成18年度は幹線排水路中に設置された堰A(高さ0.9m)における堰上げによって灌

表 1: 調査対象施設の概要

	水路 1	水路 2	水路 3	落口工①	落口工②	落口工③	ビオトープ池
水路整備状況	用排分離	用排分離	用排兼用	-	-	-	-
水路延長(m)	780	620	550	-	-	-	100m ² (面積)
水路幅(m)	0.6~0.9	0.6~0.9	0.6	1.0	1.0	1.0	-
水路の深さ(m)	0.9	0.9	0.6	1.3	1.3	1.5	-
水路勾配	1/2000	1/2000	1/2000	-	-	-	-
側面	Co※	Co※	Co※	Co※	Co※	Co※	ソダ 石積み
底面	砂泥/Co※	砂泥/Co※	砂泥/Co※	礫/Co※	礫/Co※	砂泥/Co※	石積み
砂泥堆積(cm)	0~5	0~10	0~25	-	-	0~1	-

※Co: コンクリート

表 2: 各地点の環境と水質結果

調査地点	調査年	水深 (m)	pH	EC (μ S/cm)	DO (mg/l)	水温 ($^{\circ}$ C)	植生
水路 1	H18	0.04~1.00	6.0~7.8	117~457	0.29~5.95	9.2~28.3	畦畔
	H19	0.03~0.29	6.0~7.6	192~310	0.53~4.99	7.9~27.7	なし
水路 2	H18	0.02~0.92	6.0~7.3	94~357	0.20~5.83	7.9~31.3	畦畔
	H19	0.01~0.28	6.7~7.5	197~340	0.82~6.05	7.5~27.4	なし
水路 3	H18	0.03~0.66	6.4~7.4	76~296	0.56~6.50	8.6~31.8	畦畔, 水路内
	H19	0.01~0.67	6.8~7.9	154~255	0.68~5.89	7.1~31.9	畦畔, 水路内
落口工①	H19	0.21~0.34	6.8~7.7	307~317	2.69~5.83	8.3~27.0	なし
落口工②	H19	0.15~0.31	6.7~7.5	271~300	3.57~5.25	11.5~26.5	なし
落口工③	H19	0.12~0.29	6.8~7.9	302~304	3.38~5.38	8.7~27.9	なし
ビオトープ池	H19	0.15~0.83	7.0~7.9	190~277	4.25~6.86	12.0~28.0	池岸

概期の水深が 90cm を上回り、排水路内の水深が側壁を超えて畦畔まで上昇していた。その結果、水路内には植生は無かったものの、畦畔植生が水没して水際に植生が生じていた。このような排水路水位の確保は、水田からの漏水を防ぐことを目的としている。一方、平成 19 年度は水路下流側の圃場で麦の転作が導入されたため、転作圃場内の地下水位低下を目的として排水路水位が下げられた。魚類保全に配慮して高さ約 14cm の堰板が排水路内に約 30m 間隔で設置され水深の維持が図られたが、排水路内の水深は暗渠管出口を塞がないように最大でも 30cm を越えないように管理されており、前年度のように畦畔の植生が水没することは無く、水際植生は確認されなかった。水路 3 では、水門 B(高さ 0.65m)によって灌漑期の水深は 60cm 前後で維持され、水面が畦畔植生まで達するだけでなく、水路内にも植生が繁茂していた。また、地区外に集水域を持つ幹線排水路の水位は両年度を通じて変化が少なかった。

水質については、転作時における暗渠排水の影響が予想されたが、大きな変化は認められなかった。落口工地点及びビオトープ池で DO の最小値が水路内よりも高い値を示している。落口工地点では水路との落差によって常に水が攪拌される状態であったこと、ビオトープ池では揚水機場の大型ポンプで取水した農業用水が流入していることが影響し、DO の最小値が高い値で維持したと考えられる。また、水路内の DO 値は無降雨時の水の流れが少ない時

期に低くなる傾向が見られた。一方、EC は排水路水深の小さい中干し期や落水後の 11~12 月にかけて高い値を示す傾向が見られた。これは、灌漑期は、水路底質や生活排水の影響を農業用水によって希釈していたためと考えられる。落口工①~③の 3 地点では水路改修により図 2 に示すような落差が生じている。それぞれの落差(下流側水面から上流側水路底までの標高差)は、降雨や落水の影響の無い平常時において、落口工①で 0.27m、落口工②で 0.33m、落口工③で 0.55m となっており、幹線水路から各水路への魚類の遡上が困難であると考えられる。

以上のことから、汎用化水田に麦作を導入したことによる影響は、排水路水深の低下及びそれに伴う水路内植生の消失であり、水質はほとんど変化しないことが示めさ

図 2: 落口工①の落差

表 3: 採捕結果

種名	ビオトープ池	水路						落口工		
		水路 1		水路 2		水路 3		落口工①	落口工②	落口工③
		H19	H18	H19	H18	H19	H18	H19	H19	H19
ギンブナ	12	315	1	255	9	182	220	1	1	3
ゲンゴロウブナ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
オイカワ	0	0	0	12	0	26	2	0	0	0
カワバタモロコ	742	2	20	32	49	443	415	0	6	15
ワタカ	0	5	0	0	0	0	44	0	3	1
タモロコ	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
デメモロコ	0	2	0	3	0	0	11	0	0	0
モツゴ	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
コイ	0	3	0	13	2	2	5	0	0	0
タイリクバラタナゴ	2	1	0	0	2	25	22	0	0	0
ドジョウ	0	2	0	48	1	63	45	10	8	8
ナマズ	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
メダカ	211	629	185	2,226	100	1,204	964	761	268	281
カムルチー	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ヨシノボリ類	0	0	0	0	0	2	30	19	3	16
総個体数	969	960	207	2,589	163	1,950	1,760	792	289	324
種数	5	9	4	7	6	11	12	5	6	6
多様度指数	0.37	0.46	0.19	0.25	0.53	0.56	0.63	0.08	0.14	0.24

れた。また、改修によって生じた落口工における水路間の落差は、魚類の移動に支障をきたすと考えられるため、簡易的な魚道を設置するなど何らかの対策が必要である。

3.2 魚類の生息状況

各調査地点における魚類の調査結果を表3に示す。表中の捕獲数とは、平成18年度は8回、平成19年度は9回の調査における総捕獲数である。なお、ビオトープ池及び落口工①～③は、平成18年度の水稲収穫後に改修が行われたため、平成19年度から調査を開始した。また、調査結果から(1)式で表わされるSimpsonの多様度指数 D （宮下・野田，2003）を表3に示した。

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad (1)$$

ここに、 S は群集に含まれる種の数、 P_i は種 i の個体数が群集の全個体数に占める割合である。

各水路等における魚類の多様性について Simpson の多様度指数からのその大まかな傾向を検討する。まず、用排兼用水路と連続し灌漑期の水深が大きい未整備の水路3では、平成18年度および平成19年度ともに0.56以上の大きな値を示した。これに対して、汎用農地として圃場整備が完了した整備済みの水路1と2については、いずれも水路3より低い値を示した。水路1は種数と捕獲数が減少し、多様度指数も0.46から0.19にまで低下している。水路2については、種数や捕獲数は減少しているが、多様度指数は平成19年度の方が高い値を示している。これは、メダカの捕獲数が大幅に減少したために、多様度指数の算定時にメダカの捕獲数による影響が小さくなり多様度指数が大きくなったといえる。落口工①～③は水面積 1m^2 と生息空間が限定されていることもあり、水路1～3の多様度指数に比べてかなり低い数値を示しているが、水路3の下流端に位置する落口工③の多様度指数は、水路

図 3: ビオトープ池と水路 1 におけるカワバタモロコの体長分布 (平成 19 年度)

図 4: 水路 2 におけるカワバタモロコの体長分布

図 5: 水路 3 におけるカワバタモロコの体長分布

1および2の下流端にある落口工①と②の値に比べて大きく、合流する排水路の影響を強く受けている。次に、この地域で捕獲された各魚種の傾向について述べる。水路1及び水路2では、平成18年度から平成19年度にかけてカワバタモロコが増加したが、その他の多くの魚種の捕獲数は著しく減少している。とくにメダカやギンブナでその傾向が顕著である。一方、水路3ではドジョウの捕獲数が減少していたが、その他の魚種は、増減の変化が少ないか、あるいは増加していることから、水路3における魚類の生息環境は安定していたと考えられる。

平成18年度の冬期に水路1の上流端に新設されたビオトープ池は、捕獲された種数は少ないものの、メダカとカワバタモロコが多数生息していた。とくに、平成19年度に捕獲したカワバタモロコの総数は742個体と極めて多く、また、図3の体長分布図に示すように、3個体(総捕獲数の0.4%)の仔稚魚(体長20mm以下を仔稚魚とする)を確認し、ビオトープ池内で繁殖している可能性が示唆された。ビオトープ池と連続している水路1におけるカワバタモロコの捕獲数は、平成18年度の2個体から平成19年度の20個体に増加したものの、図3に示すように、仔稚魚が全く確認されなかった。これより、ビオトープ池で繁殖した個体が流下したことによって水路1内の成魚の捕獲数は増加したが、仔稚魚は捕獲されなかったことから、水路1内で繁殖できなかったと考えられる。また、水路2では、図4に示すように、平成18年度に捕獲したカワバタモロコは32個体でそのうち仔稚魚3個体(9.4%)を確認し、水路2内で繁殖した可能性が示唆された。しかし、排水路の水深が低下した平成19年度に捕獲数が49個体と若干増加したものの仔稚魚が全く確認されず、繁殖できない環境に変化したと考えられる。一方、常時水際に植生が存在した水路3ではカワバタモロコの捕獲数が多い。図5に示すように、平成18年度は総捕獲数443個体のうち仔稚魚が133個体(29.8%)、平成19年度は総捕獲数415個体のうち仔稚魚が54個体(12.8%)で、両年度とも水路内での繁殖を確認した。すなわち、ビオトープ池および水路3がこれに連結する水路系のカワバタモロコの保全に大きな役割を果たしていることが示された。

ビオトープ池におけるメダカの体長分布(図6)を見ると、体長20mm(孵化後3カ月程度)未満の仔稚魚は総捕獲数の約37%を占め、ビオトープ池内で繁殖していることが示された。水路2における平成18年度から19年度にかけてのメダカの体長分布の変化(図8)より、平成18年度は体長20mm未満の仔稚魚が総個体数の38%を占め繁殖が確認できたが、平成19年度には体長分布のピークが右側に移行したものの20mm未満の仔稚魚がほとんど確認できなかった。すなわち、平成19年度のメダカは、平成18年度に孵化した個体が成長したもので、平成19年度は繁殖しなかったと考えられる。これは、平成19年度は水田に麦作を導入し水路内の水深が低下したことによって、水路内の植生として機能していた畦畔植生まで水面が上昇せず、繁殖環境がなくなったことが仔稚魚をほとんど確認できない原因と考えられる。一方、水路1は、水路2と同様平成19年度に麦作が導入され排水路水位が低下し、メダカの繁殖環境が消失されたことが予想された。しかし、図7の体長分布図から平成19年度も体長20mm未満の仔稚魚が相当数確認された。これは、水路1の上流のビオトープ池で繁殖した仔稚魚が流下したことによるものと思われる。なお、図9からも分かるように、平成18年度と19年度

図 6:ビオトープ池におけるメダカの体長分布
(平成19年度:n=201)

図 7:水路1におけるメダカの体長分布

図 8:水路2におけるメダカの体長分布

図 9:水路3におけるメダカの体長分布

とも灌漑期の排水路水位が高く管理された水路3では、両年度の体長分布に大きな傾向の変化はなく、この水路内でメダカの繁殖と生育が安定的に繰り返されていることが示されている。

平成 18 年 5 月には、日雨量 100mm を超える降雨が観測されている。この降雨時に水路 1 及び 2 において、ギンブナが遡上するのを目視で確認している。その後、多数のギンブナの仔稚魚が捕獲されるようになった。しかし、平成 19 年度には、遡上個体も繁殖個体も確認することはできなかった。この原因として、通常の降雨時には排水路水位が上昇しても水路内の落差が解消されず遡上できなかったこと、水路内に産卵床となる植生がなかったことなどが考えられる。また、水路 1 と水路 2 における魚類の調査結果から、平成 18 年度に繁殖した仔稚魚は、降雨時に落口工より下流へ流下し、水路内で越冬しなかったと推定される。一方、水路 3 の捕獲数はほとんど変化しておらず、ギンブナは水路内で定着していた。これより、水路内で繁殖や生息できる環境が必要となるだけではなく、水路内の落差部に水路魚道を設けること、さらに、水路の一部に遊泳力の乏しい魚種や仔稚魚が生息できる区間を設け、そこが越冬地として機能するよう水深の確保に配慮できれば、ギンブナの繁殖も可能になると考えられる。これは、類似した生活史を有するオイカワやコイについても同様のことが言える。

以上のことから、水路内の魚類が減少した要因は、水深が低下したことによって畦畔植生が生息場所として利用できなくなったこと、下流部に遡上が困難な落差の発生、および定着・越冬の拠点となるような場所の欠如にあるといえる。とくに水路内の植生は、産卵床となるだけでなく、植生の内部は流速が低下し遊泳能力の低い仔稚魚の隠れ場となるため、上記の問題点の解決には非常に重要である。また、植生に付着した藻類などが餌となるなど多面的な役割を果たしている。

4 ミティゲーションの検討

捕獲調査の結果から、水路内の環境要素として、植生の有無が重要であることがわかった。そこで、水路 1 と水路 2 にも植生帯を設けることが望ましいと判断し、平成 19 年 4 月に U 字工をトンネル状になるよう水路内に伏せて置き、その上にアヤメなどを植栽したプランターを設置した。水路底面からプランター上部まで約 0.4m の高低差がある。この対策は、水路内に隠れ場(U 字溝下)や植生(プランター内)を提供するために工夫したものである。しかし、環境調査の結果から、麦作が導入された平成 19 年度の場合、排水路の水深が 0.3m 以下になるように管理されたことから、プランターまで水面が達せずプランター内の植生が魚類の繁殖や生息環境としての役割を果たさなかった。また、このプランターを 10~20m 程度の間隔で配置したが、どの程度の間隔が適当であるかの基準も明らかでなかった。

そこで、水路内に植生が繁茂し、魚類の生息に適した環境であると思われる水路 3 の水域において、調査地点の魚類の捕獲数と、上下流に関係なく最も近い植生までの距離との関係を明らかにすることによって、植生を配置する際の間隔について検討した(図 10)。魚類の捕獲数は平成 19 年度のものを、植生の位置は水路 3 とそれに接続している用排兼用水路のものを使用した。調査対象としたのは汎用化水路でも多く確認されたメダカ、カワバタモロコ、ギンブナの 3 種である。

図 1 に示すように、水路 3 とそれに接続した用排兼用水路の水路底には砂泥が厚く堆積し、水路内の各所に植生が分布していた。水路内に繁茂している植生は、ギョウギンバやヨ

図 10: 植生までの距離と捕獲数の関係

シ・メヒシバといったイネ科の植物やイヌタデやミゾソバといったタデ科の植物、ヒメクグやタマガヤツリといったカヤツリグサ科の植物が多く確認された。

魚類の生息は植生以外の要因によっても影響されるので、個体数は植生からの距離にしたがって単純に減少するような関係は見られなかった。しかし、3 種の魚類とも植生からの距離が 100m を超えると捕獲数が減少する傾向がみられる。以上のことから、今回対象とした魚類については、水路内植生をおおよそ 100m 間隔で設置すれば、生育環境が連続すると思われる。

5 まとめ

調査の結果、整備された汎用化水田に麦などの畑作物が栽培されることによって排水路の水深が低く管理されることが明らかになった。このことによって、水路内の植生環境が大きく変わり魚類の生息に大きな影響を与えていることがわかった。よって、水深が変化しても対応できるような環境を水路内に創出する必要がある。

植生帯の有無が魚類の生息に大きな影響を与えており、この植生配置の際の基準となる適正な間隔を示すことができた。今後、他の環境下でも多種の魚種について同様の検討を行うことが望まれる。また、植生帯を設ける際に移植する植物種や工法についても検討することが必要であろう。

調査の結果、魚類の移動障害となっている落口工の落差も明らかになった。その落差の直下流の深みは中干しなど急な落水があった際の魚類の避難場所の役割を果たしている可能性が示唆されたため、この落差に水路魚道を設ける場合には、深みをなくすのではなく、深みを有効に活用できる魚道の設置が望ましいと考えられた。

本研究を行った地域では、周辺住民の環境への関心が高く、堰板の設置など住民の理解が大きい。地域の環境を保全していくためには、地域住民の理解と協力が不可欠である。今後は、地域生態系の保全方法だけでなく地域住民の協力が得られるような手法を模索していかなければならない。

引用文献

- [1] 宮下 直・野田隆史(2003):「種多様性」『群集生態学』, 東京大学出版会, pp.73-105.
- [2] 小澤祥司(1999): 生きもの豊かな水田を再び, 水情報, 19(4), pp.8-11.

- [3] 上月康則・佐良陽一・村上仁士・西岡健太郎・倉田健悟・佐藤家康・福田守(2000):都市近郊用水路網におけるメダカの生息環境要因に関する研究, 環境システム研究, 28, pp.313-320.
- [4] 農林水産省農村振興局計画部事業計画課(2004):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ーほ場整備(水田・畑)ー, 農業土木学会, p.4-19.

この論文の公開の質疑または討議は2012年12月31日まで受付けます.