

小型魚道を付帯した水田の用排水諸元に関する考察

中村公人* 深見 彩** 堀野治彦*** 中桐貴生*** 坂田 賢*

* 京都大学大学院農学研究科, 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

** 株式会社建設技術研究所, 〒541-0045 大阪市中央区道修町1丁目6番7号 北浜MIDビル

*** 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科, 〒599-8531 堺市中区学園町1-1

要 旨

個別に魚道を整備した水田における水収支の変化に着目した総合的な水管理に関して検証した例はいまだ少ない。そこで、魚道を設置した水田圃場において魚類生息状況、水収支を調査し、より魚類保全機能を発揮させる水管理がこれらに及ぼす影響について考察した。その結果、用排水量の増加に伴う栽培管理用水量の増大とともに、用水路と排水路からの魚類の進入機会が増えて、魚類保全機能が強化されることを確認した。魚道設置水田において推奨されると考えられる落水口堰板天端高さに田面水位を保つ天端管理では、一例として通常管理よりも取水量が1.3倍、排水量が1.6倍になることを示した。さらに、こうした魚類保全機能を強化させるための用排水量変化に対して、「魚道管理用水」、「魚類保全有効降雨」といった新たな概念導入の必要性を論じた。

キーワード：水田水管理、魚類保全、水田魚道、水収支、栽培管理用水、無効降雨

1. はじめに

「環境との調和への配慮」が土地改良事業の原則の1つとして重要視されるようになり、水田地域においても生態系に配慮した整備が数多く行われつつある。特に水田魚道は、田面と水路間の水位落差による魚類移動の障害の解消に有効であるとして階段式小型魚道(端, 1999)や排水路堰上げ魚道(田中ら, 2005)などが提案されている。これまでの研究例では、魚道の構造と遡上に関する研究(たとえば、鈴木ら, 2000; 加藤ら, 2005; 大平ら, 2007)、魚道の設置による魚類の遡上や脱出に関する研究(鈴木ら, 2004; 皆川・千賀, 2007)、水田と水路に加えてため池や河川も考慮したネットワーク形成による魚類保全効果に関する研究(杉原ら, 2001)など、生態系保全機能の評価に重点がおかれたものが数多くみられる。一方で、魚道整備に伴って魚道への通水に配慮した水管理が行われると、水田の水収支およびそれに伴う物質収支も変化すると推測され、例として用排水量の増大や、それに伴う流出負荷の増大が考えられる。しかし、これらの変化や現場の状況に即した具体的な運用法を含めた総合的検討はいまだ不十分である。同整備によってたとえ生態系保全の効果があったとしても、一方で取水量の過剰な増大や多大な流出負荷の発生がみられれば、環境に配慮した整備として、負の側面を有することになる。本研究では、これらの背景を踏まえ、小型魚道を水田圃場に個別に設置する方式を対象に、滋賀県野洲川扇状地内の圃場で現地観測を行うことによって、同整備が魚類生態系に及ぼす効果を確認するとともに

に、これに伴う水田での水収支の変化を定量的に検証し、その変化を考慮した上での水田による魚介類の保全機能の発揮を目指した水管理の検討を行った。また、検討においては、水田用水量策定においてこれまで考慮されてきた栽培管理用水量や無効雨量について、魚類生態系に配慮することによるその意味についても考察した。

2. 調査概要

2.1 調査地概要

滋賀県野洲市の野洲川扇状地に位置する2筆の圃場整備済み用排水分離型の水田圃場およびその周辺排水路を調査地とした。一方の圃場には田面と排水路間に小型水田魚道(Fig.1)を設置し、もう一方の圃場は対照水田(慣行水田)として魚道は設置しなかった。魚道の構造は、階段式タイプとし、側壁と越流堰には木材を使用して、底部には大小の石を敷き詰めた。魚道の平均勾配は4.8°であり、約1m間隔で越流堰を9つ設置した。越流堰には交互に1/2幅の切欠きを設け、切り欠き部の落差高は約10cmとした。魚道幅は54cmである。

また、2005~2007年の調査期間中、2007年はそれまでの対照水田が転作田となったため、対照水田の位置を変更した(Fig.2)。ただし、営農者および水管理者はいずれの圃場も同一である。

2.2 栽培管理状況

栽培管理状況をTable 1に示す。2005年を除き、魚道水



Fig.1 水田と排水路を結ぶ小型水田魚道
A fish ladder connecting a paddy plot and a drainage canal

田と対照水田の栽培品種は同一である。施肥量もほぼ同程度である。農薬散布状況は2006年において魚道水田の散布回数が1回多いことを除けば、両水田で同様である。農薬散布の内、8月の散布は殺虫剤、その他は除草剤である。

魚道水田では2005年は魚道の存在を意識せずこれまで通りの水管理を実施するよう農家に依頼し、2006年、2007年はそれぞれ7月26日～8月31日(中干し後)、5月25日～6月26日(中干し前)に魚類の遡上機会の増加をねらった掛流し管理をお願いした。掛流し灌漑では地表排水が常時生じることを目標に用水管理が行われた。

なお、とくに2007年において、魚道水田と対照水田の中干し期間が同品種にも拘らず、魚道水田で約1ヶ月遅れているのは、魚道水田において、6月26日まで掛流しを行ったためである。

2.3 調査方法

2.3.1 生物調査

魚類の圃場内への進入状況を確認するため、魚道水田の取水口と落水口において、その水田内側にモンドリを設置し、それぞれ、用水路から圃場への流下採捕と排水路から圃場への遡上採捕を行い、魚種、全長、個体数を記録した。これらの採捕(計量)は、2006年では、モンドリを常時設置し、灌漑期間中に約1週間間隔で行った。一方、2007年では、落水口へのモンドリ設置は降雨前に行い、降雨後



Fig.2 調査圃場の概要
Schematic of investigated plots

に確認するように心がけ、6月1日、6月22日、6月26日の計3回の遡上採捕を行った。取水口でのモンドリによる流下採捕は6月22日、6月26日、7月6日の計3回である。それぞれのモンドリ設置期間は約1週間とした。また、2006年の灌漑期終了時の落水時(8月31日～9月11日)と2007年の中干し落水時(7月6日～9日)には直前に圃場内で魚類の生息を確認したため、落水口直下にトラップを仕掛け、圃場内から流下した魚類を採捕した。さらに、調査地の魚類生息状況を確認するため周辺の排水路内で採捕を別途行った(2005年4回(6月24日、7月15日、8月1日、9月21日)、2006年6回(5月12日、7月7日、8月3日、8月31日、9月27日、12月13日)、2007年3回(6月1日、6月22日、9月6日))。排水路内の採捕にあたっては、周辺に長さ40.5m、33.0m、29.6mの3つの採捕区間(Fig.2中のSec.1, Sec.2, Sec.3)を設け、区間の上下流端を網で区切り、一定の労力(4人で約1min m²の投入努力量)での採捕になるように注意した。

対照水田での生物調査は2005年のみ取水側および田面

Table 1 栽培管理状況 (一は不明)
Cultivation management in investigated plots

	魚道水田			対照水田		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007
面積(m ²)	3,235	3,235	3,235	2,339	2,339	3,005
代かき	5/11	5/2	4/29	5/7	5/2	4/29
田植え	5/14	5/6	5/2	5/10	5/6	5/2
中干し	6月中旬～下旬	7/7～7/16	7/6～8/3	7月上旬～中旬	7/8～7/15	6/19～7/8
落水	—	9/27	10/4	9/25	9/27	10/4
収穫	9月上旬	9/30	10/12	10月上旬	10/1	10/13
品種	キヌヒカリ	山田錦	みつひかり	山田錦	山田錦	みつひかり
基肥(kg ha ⁻¹)	—	N:44, P:29, K:34	5/2 N:108, P:72, K:84	なし	N:48, P:32, K:37	5/2 N:108, P:72, K:84
追肥(kg ha ⁻¹)	—	なし	7/18 N:21, K:16	6/22 K:100	なし	7/11 N:21, K:16
穂肥(kg ha ⁻¹)	—	7/31 N:48, K:36	8/9 N:21, K:16	7/31 N:48, K:36	7/31 N:48, K:36	8/9 N:21, K:16
収量(kg ha ⁻¹)	—	3,900	—	—	4,200	—
農薬散布	5/19, 6/1, 8月上旬	5/11, 6/2, 6/27, 8月上旬	5/8, 5/23, 8/9	5/14, 6/1, 8月上旬	5/10, 5/24, 8月上旬	5/9, 5/24, 8/9

内にモンドリを設置したが、魚類が確認されなかったため、それ以降は行わなかった。

2.3.2 水文調査

水収支調査では、Fig.2 に示すように、両水田の取水量、排水量、湛水深を経時的に観測した。魚道水田の排水量は、魚道内の隔壁の一部をステンレス製四角堰とし、越流水深を測定して堰公式から求めた。魚道水田の取水量は取水口にドップラー式流量計（ISCO2150 断面流速流量モジュール、ISCO 社製）を設置して測定した。対照水田の排水量および2005年、2006年の対照水田の取水量はボックス型の三角堰、2007年の対照水田の取水量はパーシャルフリュームにおける越流水深計測により流量に換算した。また、蒸発散量は滋賀県守山市木浜地区（調査圃場から7km西に位置する）で観測された気象データ（全天日射量、風速、気温、相対湿度）を用いてPenman式により推定した。降雨量は同じく木浜地区のデータを用いた。以上から得られた水文諸量を元に、以下の水収支式から浸透量を日単位で計算し、圃場水収支を把握した。

$$I + R = ET + D + P + \Delta H \quad (1)$$

ここで、 I は取水量、 R は降雨量、 ET は蒸発散量、 D は排水量、 P は浸透量、 ΔH は湛水深変化（単位はいずれも mm d^{-1} ）である。

さらに、以下の方法により、排水量を栽培管理用水量と無効雨量に分離した。栽培管理用水量とは、「従来広く認められてきた消費形態（すなわち浸透・蒸発散）以外の経路による圃場外への水の流出」であり、具体的には、「湛水から非湛水、深水から浅水への移行時の強制落水」や「労力削減を目的とする掛流し時の表面流去水」という捉え方（渡邊ら、1986）をすることができるものである。農業用水（水田）の計画設計基準（農林水産省構造改善局、1993）では、「ほ場での様々な栽培技術上の水管理を可能とするために消費される水量」と定義されている。今回対象とした魚道水田において、魚道に通水させるために行われた取水（つまり排水に寄与した分）は「魚道管理用水量」とでもよぶべきものであり、上記の意味での栽培管理用水量とは異なると思われる。しかし、ここでは一旦、魚道の機能発揮を意図して流された水も栽培管理用水量に含まれるとする。その上で、渡邊ら（1986）の考え方に基づいて、「降雨量優先利用」と「取水量優先利用」の中間的な以下の手順により、両圃場の排水量を栽培管理用水量 M と無効雨量 R_f に分離した（たとえば、坂田ら、2001）。

$$\text{無降雨時： } R_f = 0 \quad (2)$$

$$M = D - R_f = D \quad (3)$$

$$\text{降雨時： } R_f = D \cdot \frac{R}{R+I} \quad (4)$$

$$M = D - R_f = D \cdot \frac{I}{R+I} \quad (5)$$

ただし、 $R+I < D$ のときは、

$$R_f = R \quad (6)$$

$$M = D - R_f \quad (7)$$

3. 結果と考察

3.1 魚類生息状況

調査水田周辺の排水路内で行った採捕調査により確認された種と確認された年を Table 2 に示す。計 8 科 16 属 18 種の魚類および甲殻類（以後魚類と記述する）が確認された。その中には、ナマズやギンブナ、ドジョウ、タモロコといった水田に遡上・産卵する性質をもつ種も含まれており、魚道整備によってそれらの生息環境の向上が期待できる環境にあることが示唆された。

取水口、落水口、落水時での採捕結果では、魚道の存在を意識しない通常の水管理が行われた 2005 年では、魚道の水流がほとんど確認されず、魚道水田内での魚影も確認できなかった。2006 年、2007 年では、1 ヶ月程度の掛流し管理により結果的に、両年ともに魚道水田では圃場内での魚類の存在が確認された。Table 3 には圃場内での採捕の結果を示す。ここで、オイカワ、カワムツおよびナマズ、イワトコナマズについては稚魚が多く種の同定が困難であったためオイカワ属、ナマズ属とした。

魚類の圃場への進入には取水口から用水とともに流下する場合と排水路から魚道を遡上する場合の 2 通りがあることが確認された。このうち、用水とともに流入したものはオイカワ属やギンブナの仔稚魚が大半であった。掛流し管理後にも取水口部で流入個体が確認されており、魚類が用水とともに圃場内に流下するのは必ずしも掛流しのような大量の取水時だけではないこともわかった。

一方で、魚道からの遡上は、2006 年には見られたものの 2007 年には確認できなかった。2006 年 7 月 26 日には魚道水田の田面内に広範囲にわたって多数のナマズの稚魚（体長約 1cm）を確認した。7 月 13 日～21 日にかけて計 291mm の降雨があり、地表排水量が増え、魚道での越流水深が最大 28.7cm に達した。また、湛水深は 6～10cm を維持した。一方、5 月 12 日、7 月 7 日、7 月 11 日の調査で体長 40cm 以上の疲弊したナマズの個体が周辺排水路内で確認されており、以上の状況から排水口に設置したモンドリでは入口の大きさ不足で採捕できなかったものの、ナマズ（親魚）が水田魚道を遡上し、田面で産卵して繁殖した可能性が高いものと推察される。その後、8 月 3 日には、取水口付近と排水口付近に体長 2～6cm のナマズが確認されたが、8 月 21 日には田面内のナマズはほとんど確認されなくなった。7 月 25 日から行われた掛流しによって、徐々に魚道を通って排水路に流出したものと考えられる。

また、2006 年には、シマヨシノボリが掛流し期間に取水口側と排水口側で確認され、落水時に多数採捕されたことから、掛流し期間に遡上、用水路からの進入があり、圃場内で成育したものと考えられる。とくに、魚道内で目視に

Table 2 調査圃場および周辺排水路で確認された種と確認された年
Species observed in investigated plots and drainage canals and the year when species were observed

			2005	2006	2007
カワムツ	<i>Zacco temminckii</i>	コイ科ダニオ亜科オイカワ属	○	○	
オイカワ	<i>Zacco platypus</i>	コイ科ダニオ亜科オイカワ属	○	○	
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus esocinus</i>	コイ科カマツカ亜科カマツカ属	○	○	
ギンブナ	<i>Carassius</i> sp.	コイ科コイ亜科フナ属	○	○	
ヤリタナゴ	<i>Tanakia lanceolata</i>	コイ科タナゴ亜科アブラボテ属	○		
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>	コイ科ヒガイ亜科モツゴ属	○		
タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	コイ科バルブス亜科タモロコ属	○		
アユ	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	アユ科アユ属			○
ウキゴリ	<i>Gymnogobius urotaenia</i>	ハゼ科ハゼ亜科ウキゴリ属	○	○	○
シマヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp.CB	ハゼ科ハゼ亜科ヨシノボリ属	○	○	○
ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>	ハゼ科ハゼ亜科ヌマチチブ属		○	
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	ドジョウ科シマドジョウ亜科ドジョウ属		○	
イワトコナマズ	<i>Silurus lithophilus</i>	ナマズ科ナマズ属		○	
ナマズ	<i>Silurus asotus</i>	ナマズ科ナマズ属	○	○	○
ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>	サンフィッシュ科ブルーギル属			○
アメリカザリガニ	<i>Procambarus clarkii</i>	ザリガニ科アメリカザリガニ属	○	○	○
スジエビ	<i>Palaemon paucidens</i>	テナガエビ科スジエビ属	○	○	○
テナガエビ	<i>Macrobrachium nipponens</i>	テナガエビ科テナガエビ属	○		

Table 3 魚道水田での採捕結果
Population of species observed in the paddy plot with a fish ladder

採捕数(尾)	2006年					2007年				
	掛流し期間		掛流し期間以外		落水時 (灌漑期終了時)	掛流し期間		掛流し期間以外		落水時 (中干し時)
	取水口側	排水口側	取水口側	排水口側		取水口側	排水口側	取水口側	排水口側	
ギンブナ	3	1	0	0	0	0	0	10	0	0
オイカワ属	26	1	11	0	0	0	0	10	0	0
シマヨシノボリ	8	8	0	0	52	0	0	0	0	0
ナマズ属	22	7	0	0	0	36	0	0	0	5
スジエビ	1	0	2	0	14	0	0	0	0	0
合計	60	17	13	0	66	36	0	20	0	5

よりシマヨシノボリが確認されたことから遡上が主であったと推測される。

3.2 圃場水収支

各水田の日単位の降雨量、取水量-浸透量、排水量(栽培管理用水量と無効雨量)と湛水深の経時変化を2007年についてFig.3に示す。魚道水田では、掛流し管理を行った5月25日から6月26日までの取水量が多く、それに伴って栽培管理用水量の増加による排水量増加が確認できる。また、この時期には湛水深が8~10cmの範囲で安定しており、掛流し管理が魚道への給水増強だけではなく、遡上した魚類の生活場の拡充となる湛水深維持にも寄与すると考えられる。対照水田では、7月下旬と8月下旬に掛流し的な管理がなされたときを除いて、栽培管理用水量は少なく、排水は降雨時の無効雨量が主となっている。

なお、2006年も同様に、魚道水田において掛流し期間での栽培管理用水量が増加し、掛流し時の湛水深が5~10cmに維持されていた。

Fig.4は、2006年、2007年の魚道水田、対照水田の水収支を、全灌漑期間およびその内訳として、掛流し期間とそれ以外について整理した結果である。対照水田では原則掛流しは行われていないが、魚道水田と同様の期間区分とした。2006年の魚道水田の用排水量は対照水田と比べて非常に大きかった。取水量は魚道水田が対照水田の8.5倍、掛流し期間では29.8倍に達しており、掛流し灌漑によって本

来栽培に必要な多量の用水が流入していた。また、掛流し期間以外においても、魚道水田では用排水量が大きかった。ただし、2006年の対照水田は浸透量が-721mmとなり、収支成分とは別経路からの水田内への水の侵入がある可能性が示唆された。対照水田と隣接する水田との境界である畦畔に一部低い部分があり、そこから隣接水田の田面水が流入した(対照水田はFig.2のように一連の水田群の最低部に位置している)可能性が考えられる。Fig.4ではマイナスの浸透量を流入水量側に示した。

2006、2007年ともに灌漑期全体で、一時期掛流し管理が行われた魚道水田の方が対照水田に比べて取水量が多くなっている。とくに、2006年は浸透量が対照水田においてマイナスになったことから、取水量の差は2007年よりも目立っている。一方で排水量は魚道水田が対照水田よりも776mm多く、約2倍となった。2007年で魚道水田よりも対照水田において、掛流し期間外に若干流入量が多いのは浸透量の差によるものと考えられる。

いずれの年も魚道水田の栽培管理用水量と無効雨量が対照水田に比べて大きくなっている。とくに、栽培管理用水量の増加が顕著である。栽培管理用水量は対照水田では中干し前の落水によるものが大半であったのに対し、魚道水田では掛流し期間におけるものが60%以上であった。掛流し期間では排水量に対する栽培管理用水量の割合が2006年では98%、2007年で78%にも達することを考えると、本来の水稻栽培のみを考慮した場合に比べて、魚道管

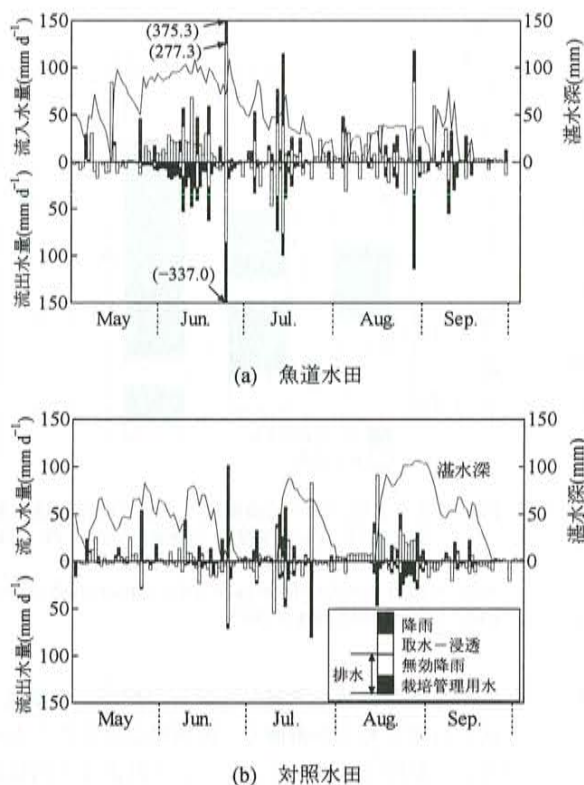


Fig.3 日単位水収支成分および湛水深変化 (2007年)
Temporal changes in daily water budget components and ponding depth in 2007

理用水のような排水が多量に発生していたと思われる。

また、2006年と2007年の魚道水田の水管理状況を比べると、魚道からの魚類の遡上がみられた2006年は2007年より降雨が少ないにも拘らず、2007年よりも灌漑期間全体、掛流し期間ともに排水量が多い結果となった。

3.3 魚類保全機能を意図した水管理の検討

Table 4 に魚道水田における2006年、2007年の各水収支成分の灌漑期総量と1日当たりの平均水量および取水口と排水口付近に設置したモンドリなどによって圃場内で確認された魚類個体数を示す。2006年と2007年で採捕方法が異なるために魚類個体数の直接的な比較はできないが、3.1に述べたように、2006年の魚類生息状況が2007年よりも良好であったことは明確であり、これは、2006年の方が取水量と排水量が多いことが一因と考えられる。2006年の排水の大半は栽培管理用水によるものであり、掛流し管理による取水量と排水量の増加によって、用水路から圃場への魚類の流下と排水路から圃場への魚類の遡上という2つの経路による圃場への魚類の進入機会の増加が見込めることがわかる。取水量、排水量(栽培管理用水量、無

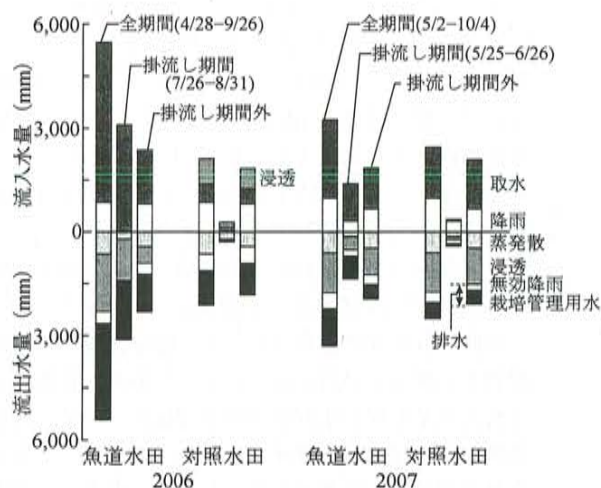


Fig.4 灌漑期の水収支 (2006年, 2007年)
Water budget during irrigation period in 2006 and 2007

効雨量)と圃場へ進入する魚類個体数の定量的相互関係に関しては今後の検討課題であるが、水田の魚類保全機能をより発揮させるには、水稻栽培のみを考慮した通常の水管理を行って、降雨時のみの落水口からの溢水を期待するよりも、田面からの越流(排水)を促すような水管理が有効であるといえる。もちろん、降雨時のみの魚道通水で魚類保全には十分であるという考え方も可能であり、今のところ1つの選択肢に過ぎないかもしれないが、より積極的に魚類保全機能を発揮させようとする場合には、水源の許す限り、魚道への給水機会を増加させるような水管理も考えうる。

越流を促す水管理法として、本調査地で行われたような一定期間の意図的な掛流しが挙げられる。しかし、掛流し管理は今回確認されたように用排水量の増大を招く。そこで、より現実的な水管理法を提案すべく、圃場内の湛水を落水口堰板の天端で維持し、降雨時による速やかな越流を促す管理(以後、天端管理とよぶ)を考える。魚道への通水機会(あるいは量)を向上させるために、ある程度の意図的な排水を許容する掛流し管理では、栽培管理用水量や無効雨量が増加するのに対し、天端管理では原則無効雨量の増加によって排水量が増強されることになる。

天端管理による用排水量が通常管理や掛流し管理での同水量とどう異なるかを検討するために、2007年の灌漑期に天端管理を行ったとした仮想的なケースと実際に行われた掛流し管理および通常の水管理を比較した。天端管理は中干し期を除いて灌漑期を通して行ったと仮定し、取水量、蒸発散量、浸透量は対照水田の実データを用いた。ただし、実際には湛水深を大きくすることで浸透量が実デー

Table 4 魚道水田における水収支成分と圃場内採捕数
Water budget components and the population trapped in a paddy plot with fish ladder

	取水量	降雨量	排水量	栽培管理用水量	無効雨量	採捕数(尾)
2006 (mm)	4,616	851	3,115	2,769	346	
4/28~9/26 (mm d ⁻¹)	30	6	20	18	2	90
2007 (mm)	2,272	972	1,536	1,067	469	
5/2~10/4 (mm d ⁻¹)	15	6	10	7	3	56

タより大きくなる可能性もあるがこの影響については今回無視した。天端高さは、中干し前は多くの魚類の産卵時期であり、成魚が水田内に遡上・産卵することを考慮して、ここでは仮に田面上10cmとし、中干し後は未成熟魚の成育を想定して5cmとした(中干し時に中干し前に生育した稚魚は落水によって流下するが、中干し後は用水からの魚類の流入がありうる)。その上で、湛水深が取水や降雨により天端高さを超えればその超過分を排水量とし、天端高さに達しなければ不足分を取水によって補うと仮定した。

実測された通常管理(ただし、通常管理時においても時折若干の掛流しが行われていた)と掛流し管理および推定された天端管理の水収支成分をFig.5に示す。通常・天端管理水田と掛流し管理水田は異なる圃場であるために、取水量と浸透量の差を示した。ただし、中干し期間中は含めていない。天端管理では湛水深が天端高さに常時設定されるために無効雨量が通常管理に比べて増加するが、この計算では、通常管理で実際に行った取水をもとに、天端に達しない場合には、その不足分を補い、通常管理ですでに天端を超えるような取水を行っている場合には、現状の取水量のまま計算を行っている。そのため、栽培管理用水量も増加する結果となっている。今回は現実的な水管理に対しての仮想計算を行ったが、仮に管理者が常に湛水深を天端高さにするような水管理をしたとすると、無効雨量が増加して、栽培管理用水量が減少し、中干し前の排水量は増加するものの、灌漑期全体での排水量は通常管理より若干減少する。

より現実的に行われるであろう天端管理では、通常管理より栽培管理用水量と無効雨量がともに増加して、排水頻度が増加し、魚類が圃場内に進入する機会を増やし、一方で掛流し管理に比べて用排水量の増大を抑制できる可能性があることがわかった。天端管理によって掛流し管理よりは肥料成分の流出も抑制できるものと考えられる。また、安定した深水管理となるため魚の成育にも適するであろう。したがって天端管理は今後、魚道整備水田の基本的な水管理法となりうると思われる。実際、滋賀県で推進されつつある排水路堰上げ型の魚道を設置した場合に推奨している水管理(滋賀県農政水産部農村振興課、2006)では、遡上期に一筆排水柵の堰高を水田の水面と同じ高さとし(すなわち、天端管理)、イネの活着後は湛水深が50mm以上の深水になるようにして魚の遊泳障害にならないように水深を維持するとしている。さらに、できるだけ水位変動を少なくするために、たとえば2日に1回などきめ細かな水位管理が必要とされている。

ただし、今回の例では、天端管理は通常管理より取水量と浸透量の差が2.3倍、取水量では1.3倍、排水量が1.6倍に増加する。これに伴う肥料成分の流出も生じると考えられる。魚道保全機能の強化を意図した水管理によって、こうしたマイナスの影響が考えられるわけである。なお、Table 1よりわかるように2006年だけのデータであるが、魚道水田において収量が対照水田よりも若干低下しており、こうした影響も起こりうると思われる。

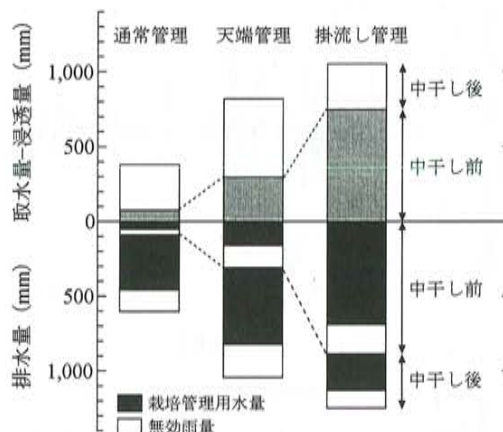


Fig.5 各水管理における灌漑期の水収支成分(通常管理と掛流し管理:2007年度の実測値,天端管理:2007年度の対照水田実測値をもとに推算)

Water budget components in each water management estimated based on measured data in 2007

3.4 魚類保全機能を考慮した新しい用排水量概念

個別付帯型魚道を整備し、魚類保全を意図した水田においては、前節で考察したように、これまでの用排水量概念に従えば、栽培管理用水量と無効雨量の増加を伴う。ここでは、考慮しなかったが、深水に管理することによって堰板周辺からの漏水量や田面浸透量が増加し、これに伴う取水量増大も予想できる。このように、魚道を考慮した水管理は多かれ少なかれ用水が増加するであろう。この増加した用水や栽培管理用水は本来の灌漑目的である「水稻栽培」に寄与するという範疇を超えることから、従来の定義による「栽培管理用水」とは本質的に合致しない。したがって、必要性の議論は別として、付加的に生じた用水は「魚道管理用水」あるいはより広い意味で「生態保全用水」として認識されるべきではないだろうか。また、無効降雨も魚類の遡上に寄与することになるため、水稻栽培においては無効であっても、魚類保全にとっては「有効」と考えられる。ただし、これは一方で、無効雨量の増加、すなわち有効雨量の減少を補うべき新たな(生産に資する)用水の必要性を意味するものでもある。

いずれにせよ、今後、環境との調和に配慮した水田が増えるにつれ、これまでの用排水基礎諸元の考え方では適正に評価できない水量が発生し、計画上無視しえない可能性が高い。これに対処するためには、「魚道管理用水」や「魚類保全有効降雨」のような新たな概念の導入が必要となると考えられる。

4. おわりに

本研究では、水田魚道を設置した圃場において、魚道への通水機会の増加をねらった掛流し管理を行った場合の水収支成分を測定し、通常管理水田との比較を行った。その結果、用排水量の増加が水田の魚類保全機能強化にとって有効であることを確認した。また、魚道設置圃場におい

て今後推奨されるであろう天端管理における用排水量について定量的に示した。一方で、排水量増加による肥料成分の流出や収量への悪影響、水管理労力の増大などが懸念され、これらについては今後の検討課題である。

ここで示した結果から、水田魚道を十分機能させる水管理を行うには、実質的に魚道管理用水や魚類保全有効降雨などの新たな概念導入の必要性が示唆された。しかし、本来の生産用水としての農業用水に、付加的な新規の補てん成分を容認すべきか否かは別途詳細な議論が必要であることはいうまでもない。そのためにも、こうした環境配慮施設と水需給、水管理などに関りより多くのデータ集積が必要と考えられる。

謝辞：調査においては（株）グリーンちゅうず、近畿農政局野洲川沿岸農地防災事業所、近畿農政局資源課のご担当各位に多大なご協力をいただいた。ここに記して厚くお礼申し上げる。なお、本研究は、野洲川沿岸農地防災事業（二期）野洲川地区地域生態系調査検討委託業務および用排水・ほ場整備基礎諸元調査の一環として行われたものである。ご検討いただいた委員各位にもお礼申し上げる次第である。

引用文献

- 端 憲二 (1999)：小さな魚道による休耕田への魚類遡上試験，農土誌，**67**(5)，19-24.
- 加藤宗英，水谷正一，鈴木正貴，後藤 章 (2005)：小規模魚道の設置諸元を検討するための小型魚類の遊泳能力，農土論集，**235**，59-65.
- 皆川明子，千賀裕太郎 (2007)：水田を繁殖場とする魚類の水田からの脱出に関する研究，農土論集，**247**，83-91.
- 農林水産省構造改善局 (1993)：土地改良事業計画設計基準 計画 農業用水 (水田)，37-56.
- 大平 裕，中野芳輔，弓削こずえ，林田 創 (2007)：農家や地域住民によるエコロジカルコリドールの保全を目的とした小型魚道の開発，農土論集，**247**，93-201.
- 坂田 賢，堀野治彦，三野 徹 (2001)：直播水田における圃場単位の水利利用に関する事例的研究，農土論集，**212**，17-22.
- 滋賀県農政水産部農村振興課 (2006)：魚のゆりかご水田技術指針，120-126.
- 杉原知加子，水谷正一，中村智幸，後藤 章 (2001)：河川と水田水域に連結する人工池が魚類の生息に果たす役割，農土誌，**69**(9)，11-14.
- 鈴木正貴，水谷正一，後藤 章 (2000)：水田生態系保全のための小規模水田魚道の開発，農土誌，**68**(12)，19-22.
- 鈴木正貴，水谷正一，後藤 章 (2004)：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，農土論集，**234**，59-69.
- 田中茂穂，磯田能年，上野世司，端 憲二 (2005)：魚のゆりかご水田プロジェクト (II)，農業土木学会京都支部第 62 回研究発表会講演要旨集，102-103.
- 渡邊紹裕，丸山利輔，三野 徹 (1986)：水田圃場における栽培管理用水量の発生形態—水田圃場の用水需要に関する実証的研究 (II) 一，農土論集，**124**，11-18.

[2009. 2. 16.受稿，2009. 9. 17.閲読]

[この研究論文に対する公開の質疑あるいは討議(4,000字以内，農業農村工学会論文集編集委員会あて)は，2010年6月24日まで受付けます.]

Irrigation and Drainage Components in a Paddy Plot with Fish Ladder

NAKAMURA Kimihito*, FUKAMI Aya**, HORINO Haruhiko***, NAKAGIRI Takao***
and SAKATA Satoshi*

* *Graduate School of Agriculture, Kyoto University,*
Kitashirakawa Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8502, JAPAN

** *CTI Engineering Co., Ltd.,*

Kitahama MID Building, 1-6-7 Doshomachi Chuo-ku, Osaka 541-0045, JAPAN

*** *Graduate School of Life & Environmental Sciences, Osaka Prefecture University,*
1-1 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai, Osaka 599-8531, JAPAN

Abstract

There is few research examples in which the comprehensive water management in the paddy plot with a fish ladder, which connects paddy ponding water and a drainage canal and has a function of run of fishes, is examined considering the water budget in a paddy plot. Hence, the fish habitat and the water budget components were investigated in the paddy plot with a fish ladder. We considered the effects of water management for the enhancement of the fish conservation function of paddy fields on the water budget in a paddy plot. As a result, the increase of the lot management water requirement by the increases of irrigation and runoff drainage induced the expansion of opportunity running from the drainage canal and entering from the irrigation canal and enhanced fish habitat in a paddy plot. The water management for the enhancement of fish habitat, by which the ponding depth is kept at the height of a flashboard set up at the outlet of a paddy plot, will require 1.3-fold irrigation water and yield 1.6-fold drainage water as much as the conventional water management, as an example. Furthermore, we discussed the necessity for a new concept of irrigation and drainage components under the paddy water management considering the fish habitat conservation.

Key words : *Paddy water management, Fish conservation, Fish ladder, Water budget, Lot management water requirement, Ineffective rainfall*