事例研究 CASE STUDY

水田小排水路における水路構造が水生生物に及ぼす影響

松井 明*・佐藤政良

筑波大学大学院生命環境科学研究科 〒305-8572 つくば市天王台1-1-1

Akira MATSUI* and Masayoshi SATOH: Influence of canal structure on aquatic animals in the farm drain of a paddy field. Ecol. Civil Eng. 9(2), 191-201, 2006.

Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1, Ten-no dai, Tsukuba City, Ibaraki 305-8572, Japan

Abstract: Conventional paddy farmland consolidation in Japan has been said to have negative impacts on biodiversity in rural areas. Especially, transforming earthen irrigation and drainage canals into concrete canals has caused catastrophic damage to aquatic animals. The canal structure and flowing water for the non-irrigation season in the farm drain of a paddy field is very significant for aquatic animals utilizing a paddy field as a spawning ground. The purpose of this study was to clarify the influence of canal structure, that is, the canal bed and side materials, on aquatic animals based on a field survey of the distribution of fishes and aquatic insects at two sites in the same farm drain of a paddy field in Shimodate City, Ibaraki Prefecture, Japan. The sampling interval was one month during the period from April 2002 to March 2003. The results indicated the followings: (1) Overall, the biomass of aquatic animals at an earth canal in the farm drain was larger than that at a concrete canal. (2) *Misgurnus anguillicaudatus* (Dojou) was the most frequently captured fishes. *Orthetrum albistylum speciosum* (Shiokaratombo) was the most continually captured aquatic insects. (3) *Misgurnus anguillicaudatus* appeared to be affected by the canal bed material composed of mud but relatively unaffected by the side material. (4) *Orthetrum albistylum speciosum* appeared to be affected by the particle size composition of the canal bed material and preferred argilliferous soil to sandy soil. (5) To enrich the biodiversity in the farm drain of a paddy field for the future, our results suggested that maintaining an earth canal is highly priority.

Key words: Aquatic insect, Canal structure, Farm drain, Fish, Paddy field

はじめに

農業生産の効率性だけを目指す従来の水田圃場整備に対して、生物多様性保全の観点から様々な問題が指摘されている。特に、水路のコンクリート化は、水中や水辺に生息する水生生物に壊滅的な影響を与えている（紀平 1983；坪川 1985；小林 1989；藤岡 1997；中村 1999；田中 1999；中川 2000）。

旧来からの土水路が、そこに生息する水生生物にどのような環境を提供してきたかを知ることが、今後生物に配慮した圃場整備を実施する上で、水路構造をどのように扱うのがよいかという課題解決にとって参考になる。

水田を主な産卵場所としている魚類として、コイ、フナ類、ナマズ、メダカおよびドジョウが挙げられる（端 1997）。灌水後、産卵のために水田や小溝等の一時的水域に進入する魚類として、ドジョウ、アユモドキ、スジマドジョウ、ギンブナ、ナマズ、タモロコが挙げられる（斉藤ほか 1988）。

2005年1月20日受付，2006年7月11日受理

* e-mail: matsuiakira1972@yahoo.co.jp

また、産卵場所として水田を利用しているトンボ類として、田植え前後の開水面に打水産卵するシオヤトンボ、イネ等の生長に伴って出現するシオカラトンボやショウジョウトンボ、落水後収穫までの間に打空産卵するナツアカネやノシメトンボが挙げられる（上田 1998）。

整備済みの農業水路は、機能別に用水路と排水路に分けられる。排水路には、さらに規模別に幹線排水路(main drainage canal)、支線排水路(lateral drainage canal)および小排水路(farm drain)という段階がある。このなかで小排水路は、水田のすぐ脇を流れる水路である。小排水路は、上述のような水田等を産卵場所として利用している水生生物にとって関係が深いと考えられることから、小排水路の水路構造を考慮することは、水田地区における生物保全にとって極めて重要になる。

本研究は、茨城県下館市の水田地区のなかで、1年中流水がある小排水路を取り上げ、2002年4月から2003年3月の間、定期的な実施した現地調査に基づいて、土水路とコンクリート水路という水路構造の違いが水生生物にどのような影響を及ぼしているかを検討した。

方 法

調査地

調査地は、茨城県下館市の山王堰土地改良区管内にある小排水路に設定した（Fig. 1）。山王堰土地改良区の区域は、茨城県下館市の北西に位置する。北端は栃木県に接し、下館市樋口地区にある台地と五行川に挟まれた、東西0.5 km、南北1.4 kmの楕円形をなした平坦な水田地区であり、地区内には台地周辺に集落が点在する。栃木県二宮地内の五行川にある車堰より取水された用水は、幹線用水路(main canal)から支線用水路(branch canal)、小用水路(farm ditch)を経て水田に流入し、その後小排水路から支線排水路、幹線排水路を経て五行川に自然排水される。

調査地点は、上述の排水路系において、1年中流水があり、同じ小排水路のなかで、土水路とコンクリート水路（2面張り）の2つの異なった水路構造を有する排水路に設定した（Fig. 1, Table 1）。コンクリート水路は、側壁部分のみコンクリートが施工され、河床部分は自然のままである。河床材料については、土水路の土壌成分は砂質の占める割合が大きいのにに対し、コンクリート水路は粘土質が大きいのが観察された。なお、2地点間は124 m 離れている。

本小排水路は、台地からの湧水および集落からの生活

雑排水によって1年中流水が維持されている。本小排水路と水田の地面高の高低差は0.63 mである。本地区の灌漑期は、4月下旬から9月上旬の間である。本地区の圃場整備は、1967～1968年に耕地および用水路を中心に実施され、排水路は土水路のままであった。その後、1979年に排水路の一部にコンクリート柵渠舗装が施工された。

調査方法

土水路およびコンクリート水路における現地調査は、2002年4月から2003年3月の間、毎月1回計12回実施した。調査は毎月20日前後に、小排水路の物理環境調査および水生生物調査を実施した。

物理環境調査

水深、流速、水温、水素イオン濃度(pH)、溶存酸素濃度(DO)および電気伝導度(EC)を測定した。水深

Fig. 1. Location of survey sites. For information on survey sites of the earth and concrete canals, see Table 1. 調査地点の位置。

調査地点の土水路およびコンクリート水路に関する情報は表1を参照。

Table 1. Basic features of survey sites. The survey was conducted at two different sites in the farm drain with special focus on canal structure and year-round water flow.

調査地点の概要。現地調査は、水路構造および非灌漑期における流水の有無に注目して、水田小排水路2地点で実施された。

Survey sites	Year-round water flow	Bottom material	Side material	Width* (m)	Length** (m)	Consolidation (year)
Earth canal	○	Sand and mud	Sand and mud	1.36	82	1968
Concrete canal	○	Sand and mud	Concrete	0.97	89	1979

* Canal width ** Surveyed length

*水路幅 **調査対象区間

および流速は水路中央1ヶ所の測定値を示した。流速は60%水深点での測定値である。

水生生物調査

魚類調査は、タモ網（底辺0.35 m、高さ0.30 m、目合い3 mm）を用いて行った。タモ網による採捕は、全地点において対象区間（Table 1）の両側の側壁部分に対し、2 mごとに1掻きの間隔で、下流側に設置したタモ網目掛けて蹴り込んだ。採捕した魚類は、大型の個体を除き、現地で直ちに10%ホルマリン水溶液で固定し、実験室に持ち帰った後、中坊(2000)に従って種を同定し、標準体長および湿重量を測定した。大型の個体については、現地で標準体長および湿重量を測定した後、元の場所に放流した。なお、標準体長の最小単位は0.1 cm、湿重量の最小単位は0.01 gである。

水生昆虫調査は、タモ網（上述）を用いて行った。タモ網による採捕は、全地点において対象区間（Table 1）の両側の側壁部分に対し、2 mごとに1掻きの間隔で、下流側に設置したタモ網目掛けて蹴り込んだ。採捕した水生昆虫は、現地で直ちに10%ホルマリン水溶液で固定し、実験室に持ち帰った後、双眼実体顕微鏡を用いて、川合(1985)および石田ほか(1988)に従って種を同定し、個体数および湿重量を測定した。なお、湿重量の最小単位は0.001 gである。また、採捕したシオカラトンボについては、頭幅を測定した。頭幅の最小単位は0.05 mmである。

結 果

小排水路の物理環境

2地点におけるpHおよび水温は、ともに同様の季節変化を示した（Fig. 2）。pHは、灌漑期に小さく、非灌漑期に大きくなる傾向を示した。水温は、夏季に高く、冬季に低くなった。

DOは、2地点とも同様の季節変化を示し、4月に最

大値、それ以降は顕著に減少した（Fig. 3）。ECは、全般にコンクリート水路が土水路を上回る傾向を示した（Fig. 3）。

水深は、2地点とも同様の季節変化を示し、灌漑期に増加し、非灌漑期に減少した（Fig. 4）。2地点とも7月に最大値を示し、土水路で0.24 m、コンクリート水路で0.21 mであった。流速は、全般にコンクリート水路が土水路を上回る傾向を示した（Fig. 4）。

Fig. 2. Seasonal change in pH and water temperature at survey sites

各調査地点におけるpHおよび水温の季節変化

Fig. 3. Seasonal change in DO and EC at survey sites
各調査地点におけるDOおよびECの季節変化

Fig. 4. Seasonal change in water depth and flow velocity
at survey sites
各調査地点における水深および流速の季節変化

魚類の採捕量

採捕された魚類は、コイ *Cyprinus carpio*, フナ属 *Carassius* sp., タモロコ *Gnathopogon elongatus elongatus*, ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* およびナマズ *Silurus asotus* の計2目3科5種1,153個体であった (Table 2).

2地点ともドジョウの採捕個体数が最も大きく、全採捕個体数に対して、土水路で88.0%, コンクリート水路で95.5%を占めた. 種類数については、コイ, フナ属, タモロコおよびナマズの採捕個体数は、土水路がコンクリート水路を上回った. 以下に、特に採捕個体数が大きかったドジョウについて、月ごとの調査結果を示す.

ドジョウの体長分布の季節変化

2地点におけるドジョウの体長分布の季節変化を Figs. 5-6 に示す. 2地点とも毎月採捕された個体数および体長分布の季節変化は類似していた. 採捕個体数は10月にかけて最大に増加し、土水路では134個体、コンクリート水路では110個体を示した. しかし、11月になると2地点とも急激に減少した. 2地点とも5月に当歳

魚が出現し、6月にかけて急激に成長するのが認められた.

水生昆虫の採捕量

採捕された水生昆虫は、アオイトトンボ属 *Lestes* sp., ハグロトンボ *Calopteryx atlata*, シオカラトンボ *Orthe-trum albistyrum speciosum*, アカネ属 *Sympetrum* sp., タイコウチ *Laccotrephes japonensis* およびタガメ *Lethocerus deyrollei* の計2目5科6種901個体であった (Table 3).

2地点ともシオカラトンボの採捕個体数が最も大きく、全採捕個体数に対して、土水路で83.5%, コンクリート水路で98.0%を占めた. 種類数については、アオイトトンボ属, ハグロトンボおよびアカネ属の採捕個体数は、土水路がコンクリート水路を上回った. 以下に、特に採捕個体数が大きかったシオカラトンボについて、月ごとの調査結果を示す.

シオカラトンボの頭幅分布の季節変化

2地点におけるシオカラトンボの頭幅分布の季節変化を Figs. 7-8 に示す. コンクリート水路は土水路と比較し

Table 2. Total numbers of fishes caught at survey sites. An earth canal and a concrete canal were surveyed with sampling at a monthly interval from April 2002 to March 2003. Fishes were caught by a spoon-net at an interval of two meters along the sidewall. The values show the actual number of fishes caught at survey sites.

各調査地点で採捕された魚類の総個体数.

土水路およびコンクリート水路は、2002年4月から2003年3月の間、毎月1回採捕調査を実施した。魚類の採捕は、タモ網を用いて、調査対象区間の両側の側壁部分に対し2 mごとに1網を入れた。数値は実際に採捕した個体数で示した。

Species		Earth canal	Concrete canal
Scientific name	Japanese name		
<i>Cyprinus carpio</i>	Koi	3	0
<i>Carassius</i> sp.	Funa-zoku	18	2
<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	Tamoroko	30	19
Cyprinidae	Koi-ka	16	4
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	Dojou	530	526
<i>Silurus asotus</i>	Namazu	5	0
Total		602	551

て、全月とも採捕個体数が顕著に上回り、頭幅分布は1～5 mmのなかに幾つかのピークを生じ、さまざまな頭幅サイズの個体が確認された。2地点とも頭幅サイズが1～2 mmの今年生まれの個体が、8月に初めて確認された。

考 察

小排水路の物理環境

2地点は同じ小排水路にあることから、たとえ124 m離れているとしても、pHおよびDOは大きな差が見られなかったと推察される。しかし、本小排水路の流水は台地からの湧水および集落からの生活雑排水によって維持され、流下することによって希釈されることから、台地側に位置するコンクリート水路が土水路よりも汚濁しており、その結果ECは大きくなる傾向を示したと推定される。

流速は、コンクリート水路が土水路よりも粗度係数が小さいため、大きくなる傾向を示したと考えられる。水深は、灌漑期に用排水量が著しく増大し、水田からの排水が小排水路から支線排水路へ流下する際、滞水する傾向を示したことが影響していると推察される。その結果、水深の最大値は、2地点とも7月に0.20～0.25 mを示した。一方、本小排水路と水田間の高低差が0.63 mであることから判断すると、田面水位と排水路水位がつながる頻度は極めて低いと推定される。

ドジョウの生息環境

水路構造がドジョウに及ぼす影響に関して、2地点と

も採捕個体数および体長分布の季節変化が類似したことから、泥底土を泳ぎ回り、あるいは泥底に潜って生活する本種（奥田ほか 1996）にとって、河床材料が泥であることが重要であり、側壁材料の影響は比較的小さいと考えられる。

本調査では、2地点とも5月に当歳魚が出現しており、宮地ほか（1963）が報告する4月下旬～6月下旬という産卵期と合致した。本種は水田周辺で産卵し、生活することが知られており（斉藤 1989）、産卵期の4～6月に小排水路から水田への連続性が確保される必要がある。しかし、上述のとおり、本小排水路では田面水位と排水路水位が落差なくつながる頻度は低く、本種の水田への遡上を阻害していると推察される。

小排水路と水田の間の落差を解消する方法として、端（2000）や鈴木ほか（2001）は魚道の設置を提案している。一方、松井・佐藤（2004a）は、地表排水と地下排水の分離処理による水深の浅い小排水路の設置を提案している。特に本地区の場合、浅い小排水路の水深を約0.30 mに設定すれば、本種の産卵期に小排水路と水田の間が流水によって連続し、水田への遡上可能性が大幅に高まると期待される。

シオカラトンボ（幼虫）の生息環境

2地点とも9月に採捕個体数が顕著に大きく、頭幅サイズが1～2 mmの今年生まれの個体が8月に初めて確認されたことから、本小排水路で世代交代していると考えられる。

土水路よりもコンクリート水路において、採捕個体数が顕著に上回り、頭幅サイズもバラエティーに富んでい

Fig. 5. Seasonal change in standard length distribution of *Misgurnus anguillicaudatus* at an earth canal
土水路におけるドジョウの体長分布の季節変化

Fig. 6. Seasonal change in standard length distribution of *Misgurnus anguillicaudatus* at a concrete canal

コンクリート水路におけるドジョウの体長分布の季節変化

Table 3. Total numbers of aquatic insects caught at survey sites. An earth canal and a concrete canal were surveyed with sampling at a monthly interval from April 2002 to March 2003. Aquatic insects were caught by a spoon-net at an interval of two meters along the sidewall. The values show the actual number of aquatic insects caught at survey sites.

各調査地点で採捕された水生昆虫の総個体数.

土水路およびコンクリート水路は、2002年4月から2003年3月の間、毎月1回採捕調査を実施した。水生昆虫の採捕は、タモ網を用いて、調査対象区間の両側の側壁部分に対し2 mごとに1網を入れた。数値は実際に採捕した個体数で示した。

Species		Earth canal	Concrete canal
Scientific name	Japanese name		
<i>Lestes</i> sp.	Aoitotombo-zoku	5	0
<i>Calopteryx atrata</i>	Hagurotombo	3	0
<i>Orthetrum albistylum speciosum</i>	Shiokaratombo	243	598
<i>Sympetrum</i> sp.	Akane-zoku	35	7
<i>Laccotrepes japonensis</i>	Taikouchi	4	5
<i>Lethocerus deyrollei</i>	Tagame	1	0
Total		291	610

る原因として、2地点の河床材料に注目すると、コンクリート水路の土壌成分は粘土質の占める割合が大きいのに対し、土水路は砂質が大きいのが観察されたことから、シオカラトンボの生息にとって、側壁材料よりも河床材料の粒径組成が関与している可能性が考えられる。粒径が大きい砂質よりも、粒径が小さい粘土質を好むのかもしれない。本種の生息環境における、河床の粒径組成の意義については、今後の興味ある研究課題である。

今後の水田小排水路における整備方針

現在の水田小排水路における水路構造は、幹線あるいは支線排水路と異なり、規模が小さいため、土水路あるいは二面コンクリート張り水路が多く、三面コンクリート張り水路はまだ少ない。しかし、春先に川ざらいをして、溜まった泥を土手に上げ、補強や整備をしたり、水路法面に繁茂した草刈りをしたりする労力を軽減するため、今後は三面コンクリート張り水路が増加することが懸念される。

本調査結果は、シオカラトンボを除き、全般に土水路がコンクリート水路よりも、魚類およびトンボ類の採捕量（個体数および種類数）が上回る傾向を示した。この原因として、植物が繁茂することによって隠れ場所が提供されたり、流速が比較的小さくなるために良好な生息場所が提供されたりしたことが考えられる。

さらに、ドジョウおよびシオカラトンボの生息については、河床材料（底質）の重要性が示唆されたことから、今後は河床の粒径組成に配慮することが望まれる。

以上のように、水田地区を生物の豊かな環境にするためには、できる限り土水路のまま維持することが重要で

ある。このことは、水生生物が幹線、支線および小排水路というそれぞれの水路レベルに応じて生息していることから（松井・佐藤 2004b）、小排水路だけでなく、幹線や支線排水路についても同様である。

なお、治水上の安全確保、維持管理労力の省力化等の観点から、土水路のまま維持することが難しい箇所が生じるのであれば、全部を土水路にするのではなく、最低限必要な箇所に土水路を施工すればよい。今後は、上述の現実的課題に対応するため、土水路の構造、規模および配置を決定するためのデータを収集し、対策工を提案すること、それを現場で施工し、効果を検証することによって、生物の豊かな地域環境の創造を着実に進めていきたい。

謝 辞

本研究を進めるに際し、河間土地改良区の渡辺一男氏には調査地として管内の用排水路の使用をご承諾いただき、さらに貴重な資料をご提供いただいた。筑波大学大学院生命環境科学研究科の渡辺守教授、藤岡正博博士には貴重な文献および有益なご助言を賜った。これらの方々に深く感謝する次第である。

摘 要

本研究は、茨城県下館市の水田地区のなかで、1年中流水がある小排水路を取り上げ、土水路およびコンクリート水路の2地点（同一水路内）において、2002年4月

Fig. 7. Seasonal change in head width distribution of *Orthetrum albistylum speciosum* at an earth canal

土水路におけるシオカラトンボの頭幅分布の季節変化

Fig. 8. Seasonal change in head width distribution of *Orthetrum albistylum speciosum* at a concrete canal

コンクリート水路におけるシオカラトンボの頭幅分布の季節変化

から 2003 年 3 月の間、毎月 1 回定期的に水生生物の採捕調査を実施した結果、以下のことを明らかにした。

1. 水田小排水路に生息する水生生物の採捕量（個体数および種類数）は、全般に土水路がコンクリート水路と比較して大きい傾向を示した。
2. 魚類に関しては、2 地点ともドジョウが最も多く採捕された。水生昆虫に関しては、2 地点ともシオカラトンボ（幼虫）が最も多く採捕された。
3. ドジョウの生息にとって、河床材料が泥であることが重要であり、側壁材料の影響は比較的小さいと推定された。
4. シオカラトンボの生息にとって、河床材料の粒径組成が関与している可能性が考えられた。
5. 今後の生物保全に配慮した水田小排水路の整備は、できる限り土水路を維持することが重要である。

引用文献

- 藤岡正博 (1997) 水田がはぐくむ水生動物とサギ類。「生物の科学遺伝別冊 9 号」(遺伝学普及会編), pp. 69-77. 裳華房, 東京.
- 端憲二 (1997) 農業水利システムの現状と問題点。「生物相保全に配慮した農業水利施設の整備手法」(農村環境整備センター編), pp. 14-27. 農村環境整備センター, 東京.
- 端憲二 (2000) 田圃につける小さな魚道. 応用生態工学 **3**: 231-234.
- 石田昇三・石田勝義・小島圭三・杉村光俊 (1988) 日本産トンボ幼虫・成虫検索図説. 東海大学出版会, 東京.
- 川合禎次 (1985) 日本産水生昆虫検索図説. 東海大学出版会, 東京.
- 紀平肇 (1983) 環境の変化と魚相の変遷—用水路の魚類—. 淡水魚 **9**: 58-60.
- 小林一郎 (1989) 生態系を考えた改良ヒューム管. 淡水魚保護 **89**: 56-58.
- 松井明・佐藤政良 (2004a) 整備済み水田用排水路系における魚類生息の実態分析に基づく環境改善案の提示. 応用生態工学 **7**: 25-36.
- 松井明・佐藤政良 (2004b) 茨城県下館市の水田圃場整備によって造成された排水路系における水生生物の分布. 保全生態学研究 **9**: 153-163.
- 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦 (1963) 原色日本淡水魚類図鑑. 保育社, 大阪.
- 中坊徹次 (2000) 日本産魚類検索全種の同定第二版. 東海大学出版会, 東京.
- 中川昭一郎 (2000) ほ場整備における生態系への配慮. 「農村と環境第 16 号」(農村環境整備センター編), pp. 48-53. 農村環境整備センター, 東京.
- 中村俊彦 (1999) 農村の自然環境と生物多様性. 「生物の科学遺伝 53 巻 4 号」(遺伝学普及会編), pp. 56-60. 裳華房, 東京.
- 奥田重俊・柴田敏隆・島谷幸宏・水野信彦・矢島稔・山岸哲 (1996) ドジョウ. 「川の生物図典」(リバーフロント整備センター編), pp. 358-359. 山海堂, 東京.
- 齊藤憲治 (1989) ドジョウ. 「山溪カラー名鑑日本の淡水魚」(川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編), pp. 382-385. 山と溪谷社, 東京.
- 齊藤憲治・片野修・小泉顕雄 (1988) 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.
- 鈴木正貴・水谷正一・後藤章 (2001) 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.
- 田中正彦 (1999) 水田・水路の魚類—淡水魚類からみた土水路の重要性—. 「生物の科学遺伝 53 巻 4 号」(遺伝学普及会編), pp. 36-40. 裳華房, 東京.
- 坪川健吾 (1985) 河川改修による魚相の変化—倉安川用水(岡山県)の場合—. 淡水魚 **11**: 55-58.
- 上田哲行 (1998) 水田のトンボ群集. 「水辺環境の保全」(江崎保男・田中哲夫編), pp. 93-110. 朝倉書店, 東京.