

# 滋賀県の水田における水生動物群集の動態と 保全に関する研究

中西 康介

滋賀県

## 1. はじめに

水田は稲作のための人工的な農地であるが、広大な面積を占める湿地環境でもあり、水生昆虫類(伴・桐谷, 1980; 西城, 2001)、魚類(片野ら, 2001; 斉藤ら, 1988)、プランクトン類(倉沢, 1955; 平・宝月, 1987)などの様々な水生動物の繁殖場所や生息場所として利用されている。さらに、これらの水生動物を捕食する鳥類の採餌場所としても重要な役割を持っている(藤岡, 1998)。そのため水田は、河川の後背湿地などを利用していただけの水生生物にとって、これまで失われた生息場所の代替として機能してきたと考えられている(守山, 1997)。

ところが、農薬の使用、圃場整備による冬期の乾田化、中干しの徹底、耕作放棄水田の増加など、水田をとりまく環境が変化してきている。その結果、水田に生息する多数の水生動物が減少または絶滅に瀕している(日鷹, 1998; 浜崎, 2007; 市川, 2008)。そのため、近年、生物多様性に配慮した減農薬栽培、無農薬栽培や冬期湛水栽培などが全国各地で行なわれている(嶺田ら, 2004; 浜崎, 2007; 呉地, 2008)。

しかし、実際の水田において、このような様々な栽培管理条件の影響について包括的な研究は十分にされていない。そこで本研究では、農法などの環境条件の異なる様々な水田において動物プランクトンや水生昆虫類、魚類などの水生動物群集の種構成や季節消長を調べることで、水田の環境が水生動物群集にあたる影響を明らかにすることを目的とした。

## 2. 調査地と方法

### 2.1. 調査地域

滋賀県彦根市開出今町および八坂町(N35°15', E136°13') (写真 1a)、滋賀県高島市今津町(N35°24', E135°54') (写真 1b)に位置する水田地帯において、2011 年 4 月中旬から 8 月下旬まで調査を行なった。彦根市の調査地は琵琶湖岸からすぐ近くの標高約 85 m の平野部に位置し、周辺には水田や麦畑が広がっている。高島市の調査地は標高約 250 m の中山間地域であり、自然河川を灌漑用水として利用する水田が河川沿いに並んでいる。また、日本海側気候に属するため冬期の積雪が多い。これらの地域から、栽培管理方法の異なる水田を合計 9 筆、調査水田として設定した(表 1)。

### 2.2. 調査方法

#### 2.2.1. 大型水生動物のすくい取り採集

彦根市と高島市のそれぞれ 4 筆の水田において、たも網(長方形フレーム、フレーム幅 15 cm、目幅約 1 mm)を用いたすくい取り採集調査を行なった。まず、各水田について、等間隔に 20 地点のすくい取り地点を設定した。つぎに、各地点において、たも網を用いて、畦に対し垂直に約 50 cm の距離をすばやく泥ごとすくい取った。生物の取り残しを減らすために、このすくい取りを各地点につき 2 回連続して行なった。すくい取った内容物をバットに移し、水生動物を採集した。採集された水生動物の種名と個体数を記録した後、採集場所に放流した。現地での同定が困難な種は、70 %エタノール液浸標本として研究室に持ち帰り同定した。また、トンボ目の終齢幼虫の

一部を研究室に持ち帰り、羽化するまで飼育し同定の基準とした。以上の方法によるすくい取り調査を、冬期湛水田については2011年4月から8月まで、他の水田については田植えのための入水直後から稲刈りのための落水時まで、それぞれ週1回の頻度で行なった。ただし水田内のすくい取り地点の水深が約1 cmに満たない場合、すくい取り調査が不可能であったため、水田間で調査回数を統一することができなかった。調査回数の最少は彦根市の慣行田の6回、最多は彦根市と高島市の冬期湛水田の18回であった(表1)。

### 2.2.2. 動物プランクトンの定量調査

2011年4月から7月まで、彦根市の調査水田において動物プランクトンの定量調査を行なった。調査を行なった水田は、慣行田、無農薬田、早期湛水田の3筆である。各水田において、夜間に3箇所から各1 L、合計3 Lを採水した。これを現地で40 μmメッシュのステンレス製ふるい(SANPO社)でろ過し、ふるい上の残渣を5%中性ホルマリンで固定し、全量を50 mlとした。このサンプルを研究室に持ち帰り、冷蔵庫(約5℃)で1週間以上静置した。静置後、上澄みを捨て5~20 mlにまで濃縮し、駒込ピペットを用いて1 mlずつ計数板に移した。これを光学生物顕微鏡で観察し、動物プランクトンを分類群ごとに計数した。計数はワムシ綱、ミジンコ亜綱、カイアシ亜綱、カイムシ亜綱それぞれについて合計個体数が100個体を超えるまで行なった。個体数が少ない場合は濃縮したサンプルがなくなるまで計数を繰り返した。計数した個体数から分類群ごとに1 Lあたりの個体数密度を求めた。なお、中干し等により採水が困難な日があったため、調査水田間で調査回数が異なった。調査回数の最少は無農薬田の6回、最多は早期湛水田の10回であった(表1)。

表1. 調査水田の栽培管理の概要と調査回数(2010年度).

地域	調査水田	面積(a)	湛水開始時期	田植え	中干し	農薬	調査回数	
							プランクトン	すくい取り
彦根	慣行	6.8	5月6日	5月12日	あり	殺菌・殺虫・除草	9	-
	慣行	8.5	5月1日	5月1日	あり	殺菌・殺虫・除草	-	6
	無農薬	5.3	5月6日	5月12日	あり	なし	6	7
	早期湛水	5.4	2月12日	5月12日	あり	なし	10	11
	冬期湛水	30	2009年11月	5月29日	なし	なし	-	18
高島	慣行	19.7	5月8日	5月13日	あり	殺菌・殺虫・除草	-	7
	無農薬	6.3	5月8日	6月6日	なし	なし	-	15
	早期湛水	6.5	4月19日	6月6日	なし	なし	-	15
	冬期湛水	9.1	2009年12月	6月6日	なし	なし	-	18

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 採集された大型水生動物

全調査地を合わせて 34 科 67 種(亜種)の水生動物が採集された(表 2)。このうち 10 種が滋賀県レッドデータブック(滋賀県生きもの総合調査委員会, 2011)に掲載されている種であった。各水田で調査回数が異なるが、採集された水生動物の種数をもっとも多かったのは、高島市の早期湛水田で 44 種、次いで彦根市と高島市の冬期湛水田 40 種であった。一方、種数をもっとも少なかったのは彦根市と高島市の慣行田で 25 種、次いで彦根市の早期湛水田で 26 種であった。合計種数は湛水開始時期が早くなるほど増加する傾向がみられた。もっとも種数が多かった分類群は水生昆虫類であった。とくに高島市ではトンボ目やコウチュウ目が多く採集された。彦根市の慣行田では、これらの分類群はまったく採集されなかった。また、個体数の多くを占めていたのはコムズムシ属、ユスリカ科、カエル類幼生、サカマキガイ、ミミズ類などであった。このうち、コムズムシ属とユスリカ科は両地域とも早期湛水田と冬期湛水田に顕著に多かった。このことから、これらの種の個体数に湛水開始時期が大きく作用したと推測される。一方、カエル類幼生は無農薬田で多く、湛水開始時期を早めることが個体数増加につながらない種が存在することも明らかになった。このように、地域によって生物相に違いが見られたが、同一地域内でみると水田によって種構成が大きくことなることがわかった。つまり、農法の違いによる水田環境の変化が大型水生動物の種構成に強い影響をあたえている可能性が高いと考えられる。

#### 3.2. 水生昆虫類の季節消長

採集された水生動物のうち個体数が多かった水生昆虫類(カゲロウ目、トンボ目、カメムシ目、コウチュウ目、ハエ目)の個体数の季節消長を図 1, 2 に示した。まず、彦根市の慣行田では、田植え直後からハエ目の増加がみられたが、その他の分類群は調査終了時までほとんど採集されなかった(図 1a)。無農薬田では、5 月下旬にハエ目の個体数が最多となり、6 月下旬にかけてカメムシ目とコウチュウ目が増加した(図 1b)。慣行田では 6 月中旬から中干しが開始された。そのため、仮に中干しが行われなかった場合、無農薬田のように 6 月下旬から水生昆虫類の個体数の増加がみられた可能性が考えられる。また、初期に増加したハエ目の個体数は無農薬田より慣行田で多かった。これらのことから、本調査地において水生昆虫類に対する影響は、農薬などよりも中干しによるものが大きいと推察される。早期湛水田においても、無農薬田と同様な傾向がみられたが、ハエ目の個体数は調査開始時の 4 月中旬から多く、個体数の最大値は無農薬田のおよそ 2 倍であった(図 1c)。冬期湛水田では、ハエ目の個体数のピークが 5 月中旬と 6 月中旬、カメムシ目の個体数のピークが 6 月中旬と 7 月中旬にみられた(図 1d)。早期湛水田や冬期湛水田では初期のハエ目の個体数増加が顕著であったことから、湛水開始時期が早まることでユスリカ科などを中心としたハエ目の繁殖場所としての機能が高まったと推測される。また、ハエ目の豊富な個体数が捕食性的のカメムシ目などの増加にとって重要であった可能性が考えられる。

高島市の慣行田では、6 月上旬にハエ目の個体数が最多となり、カメムシ目の個体数は 6 月下旬から増加がみられた(図 2a)。無農薬田では、湛水開始直後からコウチュウ目を確認され、6 月上旬にトンボ目、6 月下旬にハエ目の個体数がピークとなった(図 2b)。また、7 月下旬から 8 月上旬にかけてカゲロウ目とカメムシ目の個体数が増加した。慣行田では初期から水生昆虫類の個体数増加がわずかであったため、初期に使われた農薬が水生昆虫類に影響をあたえたと考えられる。育苗箱に施用される農薬がとくにアカネ属などのトンボ目幼虫の死亡率を上げるという報告が

ある(石田・村田, 1992; 小山・城所, 2003; 神宮宇ら 2009 など). そのため, 本調査地でも育苗箱に施用された農薬がトンボ目の個体数を減少させた可能性が考えられる. 早期湛水田では, 6 月下旬にハエ目, 7 月上旬にカメムシ目の個体数のピークがみられた(図 2c). また, 8 月上旬からカゲロウ目とトンボ目の個体数が増加した. 冬期湛水田では, トンボ目の個体数のピークが5 月中旬にみられた(図 2d). ハエ目の個体数は 6 月下旬, カメムシ目は 7 月上旬にピークとなった. また, カゲロウ目, カメムシ目, トンボ目の個体数は 8 月中旬から下旬にかけて増加傾向にあった. 早期湛水田や冬期湛水田では, 周辺の多くの水田が落水を開始する8 月下旬まで湛水されており, この時期にも多くの水生昆虫類の個体数が増加した. 多くの水生昆虫類の幼虫は飛翔して移動することができず, 乾燥にも弱いため落水によって死亡すると予想される. そのため, 水田において水生昆虫類の繁殖場所としての機能を高めるためには, 湛水期間の長期化がかなり効果的であると考えられる.

### 3.2. 動物プランクトンの季節消長

全調査地を合わせて出現した動物プランクトン類の種数(分類群数)は, ワムシ綱が 17 種, ミジンコ亜綱が幼生を除いて 8 種, カイアシ亜綱とカイムシ亜綱が各 1 種であった(表 3). とくにワムシ綱の種数が早期湛水田で少なかった.

慣行田では, 入水直後の 5 月中旬にワムシ綱の増加がみられ, その後減少し, 中干し後の間断灌漑期間の7 月下旬に再び増加した(図 3a). ワムシ綱が減少した後, 6 月上旬にミジンコ亜綱が急激に増加した. また, カイアシ亜綱は 6 月上旬から緩やかな増加がみられた. カイムシ亜綱も 6 月上旬に個体数がピークとなったが, その後目立った増加がみられなかった. 無農薬田では, 入水から約 1 ヶ月後の 6 月上旬にカイアシ亜綱の個体数が急増した(図 3b). ミジンコ亜綱の個体数も 6 月上旬に増加したが, ピーク時の個体数はカイアシ亜綱の 3 分の 1 程度であった. このように, 湛水開始時期が同一であるこれらの水田を比較すると, 慣行田のほうが初期の個体数増加が顕著であった. 先行研究によって水田のプランクトン群集の種構成や個体数に対して施肥が影響をあたえることが知られている(平・宝月, 1978; Simpson *et al.*, 1994). また, 農薬の使用が, 動植物プランクトンの発生を抑制することも報告されている(Ali, 1990). しかし, 本研究の結果から考えると, 動物プランクトンに対する影響は, 農薬によるものより施肥の効果が大きかったと推測される. 早期湛水田では, 調査開始時にワムシ綱の個体数が多かった(図 3c). しかし, その後ワムシ綱の個体数は減少し, 6 月下旬までほとんど個体数の増加がみられなかった. ミジンコ亜綱の個体数は 5 月上旬に増加し始め 5 月中旬にピークとなった. このことから, 初期に豊富なワムシ綱が存在したことが, これらを捕食するミジンコ亜綱の個体数を増加させ, その後のワムシ亜綱の増加が抑えられたと思われる. 動物プランクトンは例えばドジョウ稚魚(久保田, 1961; 伊藤・鈴木, 1978)やトンボ目幼虫(新井, 2005; 新村, 2005)の餌資源として重要であり, 動物プランクトンの発生パターンや種構成が大型水生動物の動態にも大きく影響をあたえると考えられる.

#### 4. 謝辞

現地調査では滋賀県彦根市開出今町および高島市今津町の農業者の方々に多大なご支援をいただきました。また、水生動物の採集や同定作業の際は滋賀県立大学環境動物学研究室の皆様にご協力いただきました。さらに、滋賀県立大学環境科学部沢田裕一教授には本研究に関する様々な助言をいただきました。以上の方々に心から感謝申し上げます。最後に、本研究にご助成いただいた TaKaRa ハーモニストファンドに厚く御礼申し上げます。

#### 5. 引用文献

- Ali A. B. (1990) Seasonal dynamics of microcrustacean and rotifer communities in Malaysian rice fields for rice-fish farming. *Hydrobiologia* 206: 139-148.
- 新井裕 (2005) 生活史と周年経過。「トンボの調べ方」日本環境動物昆虫学会編, pp. 135-142, 文教出版, 大阪.
- 伴幸成・桐谷圭治 (1980) 水田の水生昆虫の季節的消長. *日本生態学会誌* 30:93-400.
- 藤岡正博 (1998) 水田生態系における湿地性鳥類の多様性. 「水田生態系における生物多様性」農業環境技術研究所編, pp.63-82, 養賢堂, 東京.
- 浜崎健児 (2007) 水田における生物多様性の保全. *植物防疫* 61(11):604-610.
- 日鷹一雅 (1998) 水田における生物多様性保全と環境修復型農業. *日本生態学会誌* 48: 67-178.
- 市川憲平 (2008) 里地の水生昆虫の現状と保全. *環動昆* 19:7-50.
- 石田勝義・村田道雄 (1992) トンボ類の幼虫に対する水田施用農薬の影響. *名城大農学報* 28:-12.
- 伊藤時夫・鈴木亮 (1978) ドジョウ稚魚の食性. *淡水研報* 27(2):85-94.
- 神宮宇寛・上田哲行・五箇公一・日鷹一雅・松良俊明 (2009) フィプロニルとイミダクロプリドを成分とする育苗箱施用殺虫剤がアキアカネの幼虫と羽化に及ぼす影響. *農業農村工学会論文集* 259:35-41.
- 片野修・細谷和海・井口恵一郎・青沼佳方 (2001) 千曲川流域の3タイプの水田間での魚類相の比較. *魚類学雑誌* 48(1):9-25.
- 久保田善二郎 (1961) ドジョウの生態に関する研究—II 食性. *農水講研報* 11(1):177-195.
- 倉沢秀夫 (1955) 水田における Plankton の消長. *日本生物地理学会会報* 16-19:428-432.
- 呉地正行 (2007) 水田の特性を活かした湿地環境と地域循環型社会の回復:宮城県・燕栗沼周辺での水鳥と水田農業の共生をめざす取り組み. *地球環境* 12:49-64.
- 嶺田拓也・栗田英治・石田憲治 (2004) 水田冬期湛水における営農効果と多面的機能. *農村計画論文集* 23:61-66.
- 守山弘 (1997) 水田を守るとはどういうことか —生物相の視点から—. *農山漁村文化協会*, 東京.
- 新村捷介 (2005) トンボの採卵法・飼育法. 「トンボの調べ方」日本環境動物昆虫学会編, pp. 169-179, 文教出版, 大阪.
- 小山淳・城所隆 (2003) 水田内のクモ類, アカネ属トンボ幼虫およびユスリカ類成・幼虫に対する水稻初期害虫防除の影響. *北日本病虫研報* 54:23-125.
- 西城洋 (2001) 島根県の水田と溜め池における水生昆虫の季節的消長と移動. *日本生態学会*

誌 51:1-11.

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 38:5-47.

滋賀県生きもの総合調査委員会（2011）滋賀県で大切にすべき野生生物 滋賀県レッドデータブック 2010 年度版. サンライズ出版, 滋賀.

Simpson I. C., P. A. Roger, R. Oficial, I. F. Grant (1994) Effects of nitrogen fertilizer and pesticide management on floodwater ecology in a wetland ricefield. II. Dynamics of microcrustaceans and dipteran larvae. *Biol. Fertil. Soils* 17: 138-146.

平誠・宝月欣二（1987）水田における施肥とプランクトン類群集の種組成の関係. 陸水学雑誌 48(2):77-83.

表2. 2010年4月14日から8月26日の期間にすくい取り調査によって採集された水生動物の個体数.

目名	科名	種名	彦根						高島			
			調査回数:	慣行	無農薬	早期湛水	冬期湛水	慣行	無農薬	早期湛水	冬期湛水	
			6	7	7	11	18	7	15	15	18	
			個体数									
水生昆虫類 トンボ目	イトトンボ科	アオモンイトトンボ属		1		6	4		1		8	23
		キイトトンボ										1
		ホソミオツネトンボ							11		3	20
	アオイトトンボ科	イトトンボ亜目の複数種(若齢)		5		5	14	1	15		26	74
		オニヤンマ										1
	トンボ科	シオカラトンボ									2	3
		シオカラトンボ属の複数種(若齢)		1		1	1	1	4		38	27
		アキアカネ							6		1	2
		ナツアカネ									1	
		マユタテアカネ							1		3	1
		ノシメトンボ		1		1	1	1	1		1	2
		コノメトンボ							2		14	9
		アカネ属の複数種(若齢)		3		3	9	9	113		13	183
		ウスバキトンボ					1	1	1			
		カメムシ目	マツモムシ科	マツモムシ				78		8		11
マルミズムシ科	コマツモムシ							9		1	3	
	ヒメマルミズムシ									20		
	タイロウチ										1	
	ミズカマキリ								1		1	
	オオコイムシ										3	
	コミズムシ属の複数種									5		
	チビズムシ属の1種										3	
	コウチュウ目	コガシラミズムシ科	コガシラミズムシ	31		682	1769		140	685	521	
	コツゲンゴロウ科 ゲンゴロウ科	マダラコガシラミズムシ				2					3	1
		コツゲンゴロウ										4
		チビゲンゴロウ		16		1	1		3			1
		ツブゲンゴロウ										1
		ヒメゲンゴロウ									1	2
		シマゲンゴロウ									3	1
		コシマゲンゴロウ									2	1
ゲンゴロウ科の複数種(幼虫)			7		16	5	3	20		3	12	
ガムシ科		スジヒラタガムシ							1		4	2
		キイロヒラタガムシ		1		1	10				1	
	ガムシ										1	



表3. 彦根市の調査水田で2010年4月15日から7月30日までの期間に確認された動物プランクトン. 確認種を○で示した.

綱/亜綱名	科名	種名	調査水田		
			慣行	無農薬	
フムシ綱	ヒルガタフムシ	ヒルガタフムシ科の複数種		○	
	ツボフムシ	ツボフムシ属の複数種	○	○	
		オケフムシ属の複数種	○		
		サヤガタフムシ属の複数種	○	○	
		ハオリフムシ属の複数種	○	○	
		オニフムシ属の複数種	○	○	
		カメノコフムシ属	○	○	
		チビフムシ属の複数種	○	○	
		ウサギフムシ属の複数種	○	○	
		ツボフムシ科その他	○	○	
		ツキガタフムシ	ツキガタフムシ属の複数種	○	○
			エナガフムシ属の複数種	○	○
		フクロフムシ	フクロフムシ科の複数種	○	○
		ネスミフムシ	ネスミフムシ属の複数種	○	○
		ドロフムシ	ハネウデフムシ属の複数種	○	○
		ミジンコフムシ	ミジンコフムシ属の複数種	○	○
			プロイマ目の複数種	○	○
	ミジンコ亜綱	ミジンコ	アオムキミジンコ属の複数種	○	○
			タイリクミジンコ	○	○
			オカメミジンコ属の複数種	○	○
		ネコセミジンコ属の複数種	○	○	
		タマミジンコ属の複数種	○	○	
		ケブカミジンコ科の複数種	○	○	
	ゾウミジンコ	ゾウミジンコ属の複数種	○	○	
	マルミジンコ	マルミジンコ科の複数種	○	○	
		ミジンコ目の複数種	○	○	
カイアシ亜綱	ケンミジンコ	カイアシ亜綱の複数種(成体)	○	○	
		カイアシ亜綱の複数種(ノープリウス幼体)	○	○	
		カイアシ亜綱の複数種(コペポダイト幼生)	○	○	
カイムシ亜綱	カイミジンコ上科	カイムシ亜綱の複数種	○	○	
		Brachionus spp.	○	○	
		Platyas spp.	○	○	
		Mytilina spp.	○	○	
		Euchlanis spp.	○	○	
		Trichorria spp.	○	○	
		Keratella spp.	○	○	
		Colurella spp.	○	○	
		Lepadella spp.	○	○	
		Brachionidae spp.	○	○	
		Lecane spp.	○	○	
		Monostyla spp.	○	○	
		Asplanchnidae spp.	○	○	
		Trichocera spp.	○	○	
		Polyarthra spp.	○	○	
		Hexarthra spp.	○	○	
		Planimida spp.	○	○	
		Scapholeberis spp.	○	○	
		Daphnia similis	○	○	
		Simocephalus spp.	○	○	
		Ceriodaphnia spp.	○	○	
		Moina spp.	○	○	
		Macrothricidae spp.	○	○	
		Bosmina spp.	○	○	
		Chydoridae spp.	○	○	
		Cladocera spp. (larvae)	○	○	
		Copepoda spp. (Adult)	○	○	
		Copepoda spp. (Nauplius larvae)	○	○	
		Copepoda spp. (Copepodite larvae)	○	○	
		Ostracoda spp.	○	○	

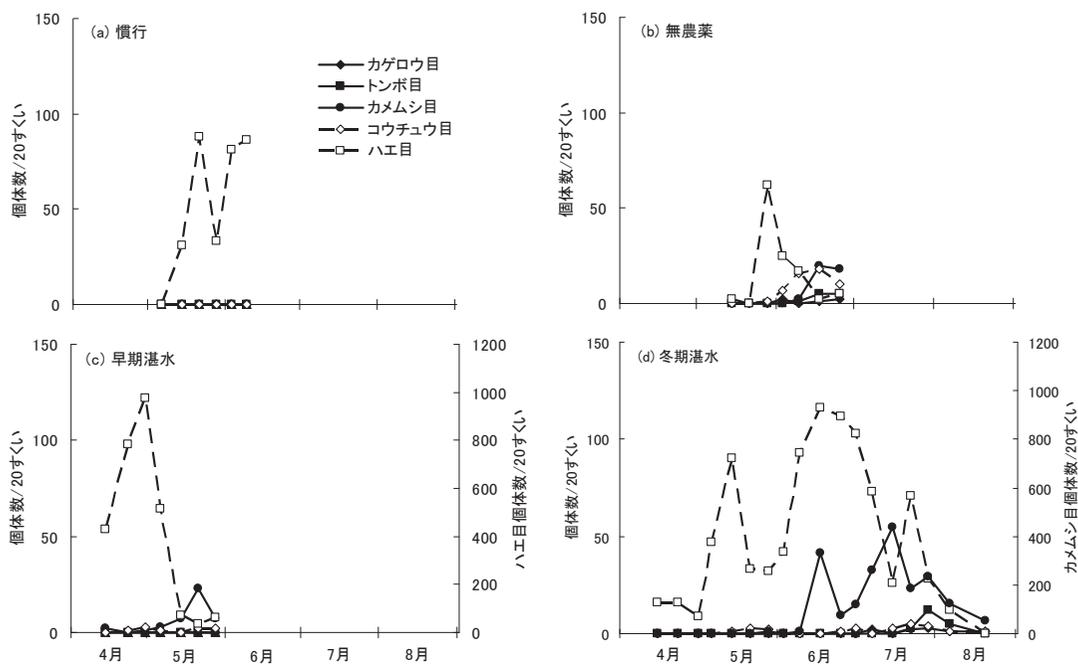


図 1. 2010 年 4 月 14 日から 8 月 20 日の期間に滋賀県彦根市の調査水田で採集された水生昆虫類(カゲロウ目, トンボ目, カメムシ目, コウチュウ目, ハエ目)の個体数の季節消長. a: 慣行田. b: 無農薬田. c: 早期湛水田. d: 冬期湛水田.

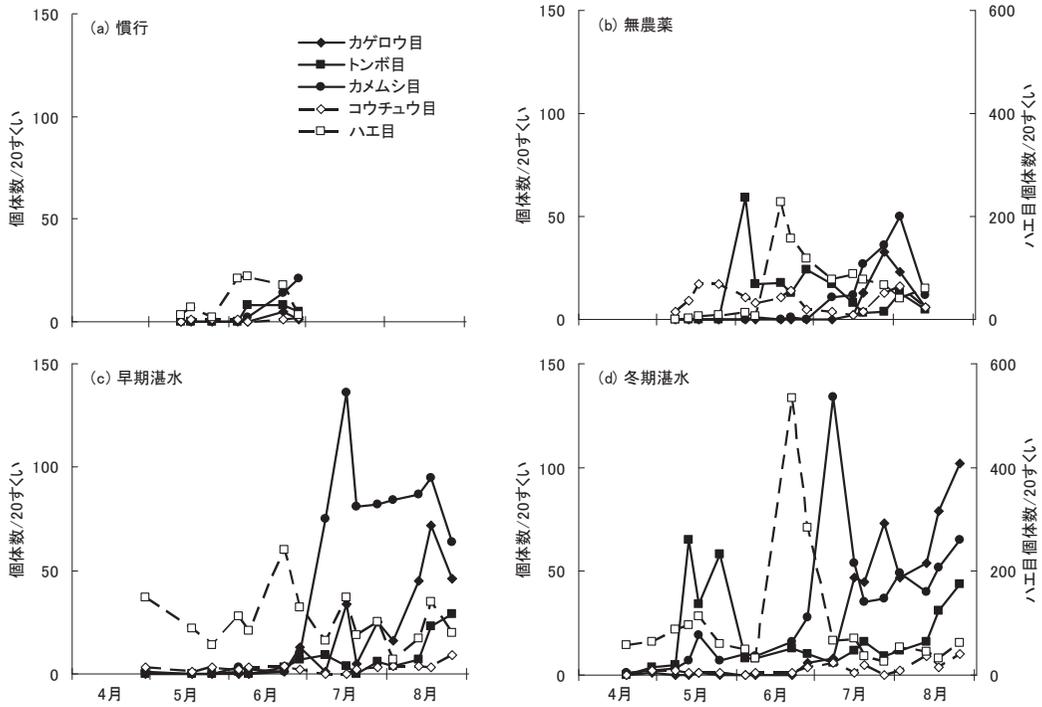


図 2. 2010 年 4 月 19 日から 8 月 26 日の期間に滋賀県高島市の調査水田で採集された水生昆虫類(カゲロウ目, トンボ目, カメムシ目, コウチュウ目, ハエ目)の個体数の季節消長. a: 慣行田. b: 無農薬田. c: 早期湛水田. d: 冬期湛水田.

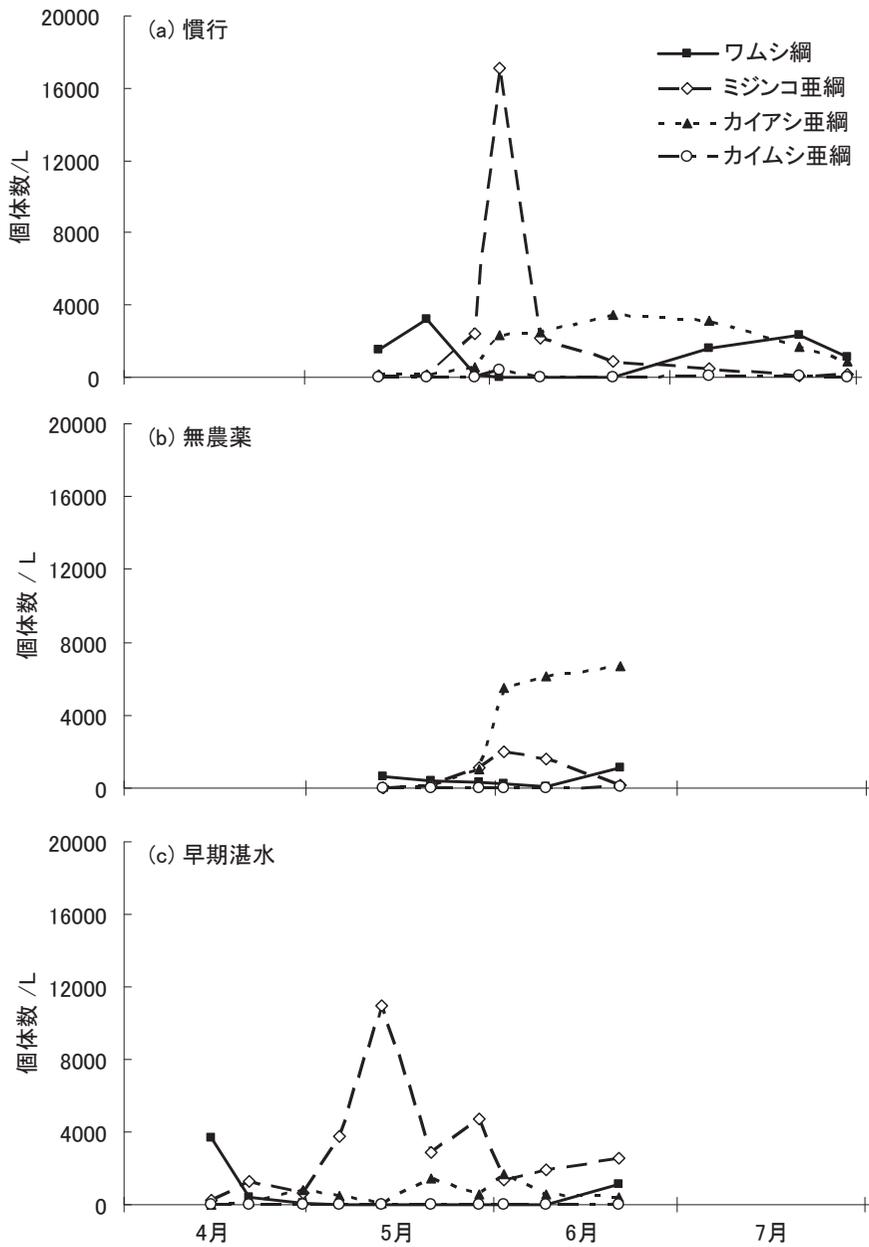
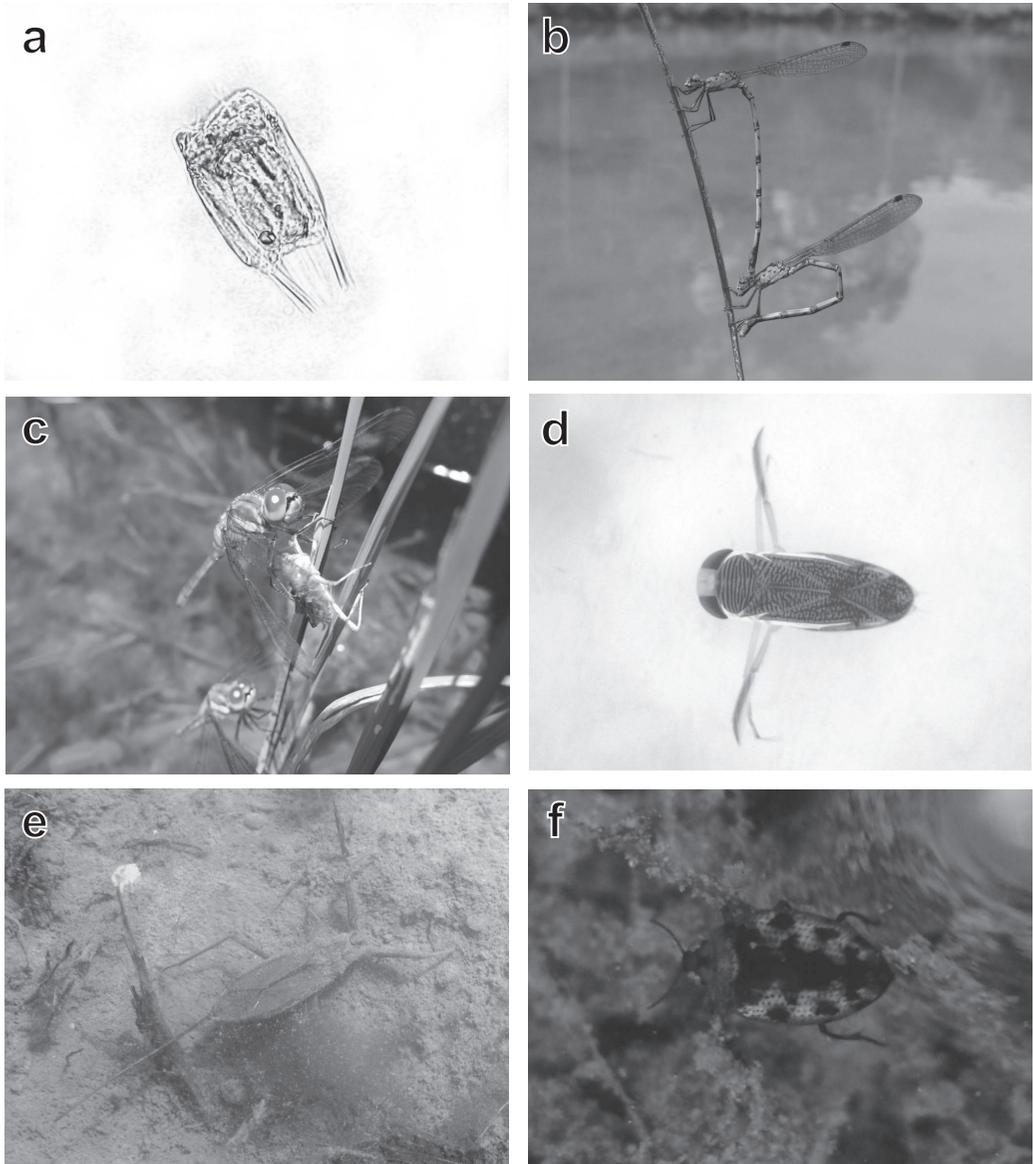


図 3. 2010 年 4 月 15 日から 7 月 30 日までの期間に滋賀県彦根市の調査水田で確認された動物プランクトンの季節消長. a: 慣行田. b: 無農薬田. c: 早期湛水田.



写真 1. 調査地域の概観. a: 滋賀県彦根市開出今町. b: 滋賀県高島市今津町.



**写真2.** 調査水田で確認された水生動物. a: ハネウデワムシ. b: ホソミオツネントンボ(上 ♂, 下 ♀). c: アキアカネ. d: エサキコミズムシ. e: タイコウチ. f: マダラコガシラミズムシ.

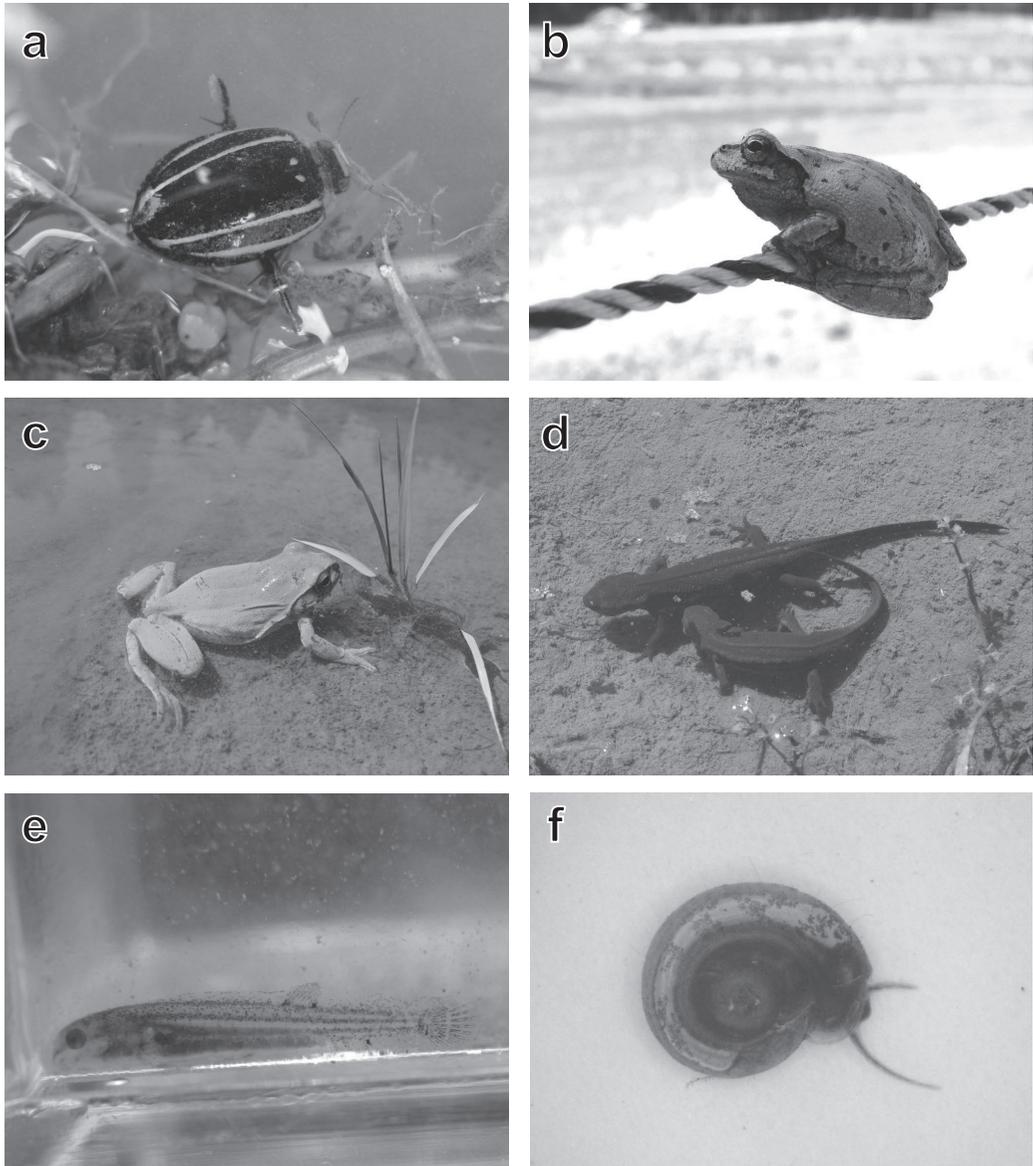


写真 3. 調査水田で確認された水生動物. a: シマゲンゴロウ. b: ニホンアマガエル. c: シュレーゲルアオガエル. d: アカハライモリ(上 ♀, 下 ♂). e: ドジョウ(稚魚). f: ヒラマキミズマイマイ.

