

## 環境保全型農業導入初期段階における 田植時期の違いが水生生物群集に与える影響

村上裕 久松定智 山内啓治\*<sup>1</sup> 山中省子\*<sup>2</sup> 渡部温史\*<sup>3</sup>

The effect of differences in cropping patterns in paddy rice, which started using environmental conservation agriculture methods, on aquatic community

Hiroshi MURAKAMI, Sadatomo HISAMATSU,  
Keiji YAMAUCHI, Shoko YAMANAKA, Atsushi WATANABE

We investigated the effect of differences in cropping patterns on aquatic community in paddy rice introduced environmental conservation agriculture methods. Environmental conservation agriculture methods means a cultivation method that does not use fertilizer or pesticide chemically synthesized during cultivation period. The survey was conducted in the field in the Ehime Prefecture Agricultural Research Center and was conducted four times a year according to the growing stage of rice. The survey continued for three years from 2014 to 2016. There was no clear difference in the number of captured aquatic organisms due to the difference in cropping time of paddy rice. However, there were some species that differed in the number of checks per year.

Keywords : Paddy rice, Environmental conservation agriculture methods, Cropping patterns

### はじめに

環境保全型農業は、農業の持つ自然循環機能を生かし、生産性との調和に留意しつつ資源の循環利用による土づくりや、化学肥料、農薬の使用削減、農業生産資材の適正処理等による環境負荷の低減に配慮した持続的な農業である<sup>1)</sup>。愛媛県においては、国が定めたエコファーマー制度と、県が独自に定めた特別栽培農産物認証制度(エコえひめ農産物)に取り組んでおり、2015年度には、エコファーマー認定件数780件、エコえひめ農産物取組面積917haの規模で慣行栽培よりも化学肥料・化学農薬を低減した栽培が行われている<sup>1)</sup>。2012年2月2日に改訂した農林水産省生物多様性戦略においても、水田が持つ多面的機能の一つとして生物多様性保全効果が謳われており、環境保全型農業をはじめとする農林水産関連施策の実施においては生物多様性に配慮したものとなっ

ているものの、その効果を定量的に把握し評価する上でも指標の開発が急務となっている<sup>2)</sup>。農林水産省は、農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発を行い、その成果物として「調査・評価マニュアル」が報告されている<sup>3)</sup>。しかしながら、水稲における生物多様性保全効果は、周辺環境等の影響も受けることが明らかになっており<sup>4)</sup>、一律的な指標種の設定では生物多様性評価が不安定となる可能性がある。

そこで、本研究では、当該地域で一般的に行われている施肥防除体系を用いた水稲と、化学肥料・農薬を栽培期間中不作為とした環境保全型農業を行った水稲において、水生生物群集の種数や個体数の季節消長を比較することで、水稲における環境保全型農業が水生生物群集に与える影響を調査した。併せて作型の違い(品種と作付時期及び収穫時期の違い)ごとに水生生物群集の種数や個体数の季節消長を比較することで、水稲の作型の違いが水生生物群集に与える影響についても考察した。

愛媛県立衛生環境研究所 松山市三番町8丁目234番地  
\*1 愛媛県今治支局地域農業室 \*2 愛媛県農業経済課  
\*3 愛媛県農林水産研究所

また、近年、環境保全型農業に取り組んでいる地域で、生き物を指標とした地域ブランドに取り組む事例も増えつつあることから<sup>5,6)</sup>、消費者への訴求効果が見込まれる種としてトンボ類を選定した場合の本結果から得られた知見についても併せて報告する。

## 調査方法

### 1 調査地の概要

調査水田は愛媛県農林水産研究所(愛媛県松山市)内の6筆の試験圃場で、2014~2016年の4月下旬から10月中旬まで調査を行った。調査地は瀬戸内海気候に属し、降雨が少なく温暖な気候である。周辺の主な植生はスギ・ヒノキの植林と柑橘果樹園である。この地域は試験圃場を含めて、自然河川を灌漑用水として利用するが、代かき時期や渇水時には、周辺にあるため池も用水として利用されている。また当該地域では水稻の裏作として裸麦の栽培が広く行われており、一部で玉ねぎやキャベツ等の野菜類も水稻の裏作として栽培されている。

### 2 調査水田の栽培管理方法

調査対象とした水田の栽培管理方法は、作型を、早期栽培(4月中旬田植、品種:あきたこまち)、早植栽培(5月下旬田植、品種:コシヒカリ)、普通期栽培(6月中旬田植、品種:ヒノヒカリ)、晩期栽培(7月上旬田植、品種:ヒノヒカリ)とし、それぞれの作型に処理区として栽培期間中化学農薬・化学肥料不使用区(以下処理区)、対照区として地域で一般的に用いる防除薬剤や肥料を用いた区(以下対照区)を設定した(表1)。早植栽培と晩期栽培は対照区を設定できなかったため、一部解析からは除外した。

処理区の除草は汎用管理機に除草用アタッチメント装着した機械除草が栽培期間中に複数回行われた。

表1 調査対象圃場の耕種概要

作型	品種	区	面積	田植時期	中干し時期	収穫時期
早期栽培	あきたこまち	処理区 対照区	5a	4月下旬	6月上-中旬	8月中旬
早植栽培	コシヒカリ	処理区	20a	5月下旬	7月上-中旬	9月上旬
普通期栽培	ヒノヒカリ	処理区 対照区	20a	6月中旬	7下-8月上旬	10月上旬
晩期栽培	ヒノヒカリ	処理区	15a	7月上旬	8月上旬	10月下旬

### 3 調査方法

作型、区ごとに田植後、中干し前、中干し後、落水前の計4回4反復調査を3年間継続したが、2016年の早植栽培と晩期栽培は落水前の調査が実施出来なかった。水生生物の採集には、20×50cmのコードラート枠(5mm厚・透明アクリル製)を1筆あたり4地点設置し、ポリエチ

レンスコップを用いて枠内の水ごと採集し、1mmメッシュのネットで濾したものをを用いた。採集した個体は室内にて同定と計数を行った。脱皮殻や貝殻、分解が進んだ死亡個体は解析から除外した。同定は可能な限り種名までとしたが、同定が困難なものについては科、属までの同定とした。統計解析とモデル選択はR(Ver.3.1.3)を用い、多重比較検定時は山村(2002)<sup>7)</sup>の変換法を用いた。最尤推定によるモデル選択では各作型の全ての組み合わせをグループ化して説明変数に用い、誤差構造を負の二項分布、リンク関数をlog関数、調査回数をoffsetとした一般化線形モデル(以下GLM)にて赤池の情報量基準(以下AIC)が最小となるモデルを算出することで解析に供した。

## 結果

### 1 処理区間の比較

総個体数の3か年平均の結果を表2に示す。作型別に有意差(Tukey HSD,  $p<0.05$ )があったものは、ウスバキトンボ幼虫、ヒメアメンボ幼虫、ハイイロゲンゴロウ幼虫、トゲバゴマフガムシ幼虫、ホウネンエビ成幼体、カイエビ成幼体、ヒメマルタニシ成幼体、スクミリンゴガイ成幼体、ヒメモノアラガイ成幼体、ヒラマキガイ類成幼体であった。

3か年の調査で3回以上出現した38種(一部生育ステージ別に分割カウントのため重複あり)の出現回数を応答変数とし、4つの作型を組み合わせた15水準を説明変数としてGLMによる最尤推定を行ったところ、8水準がAIC最小となるモデルとして選択された。一つの作型が他の作型と比較して差があったものは、早期栽培と早植栽培が各4種、普通期栽培が6種、晩期栽培が9種であった。このうち、それぞれの作型が他の作型よりも出現回数が多かったものは、早期栽培1種、早植栽培0種、普通期栽培3種、晩期栽培4種であった(表3)。

### 2 作型別の処理区と対照区の種別の総個体数の比較

早期栽培と普通期栽培において処理区と対照区で有意差(Mann-Whitney U-test,  $p<0.05$ )があったものは、普通期栽培ではアオモンイトトンボ幼虫、ヒメマルタニシ成幼体、ヒメモノアラガイ成幼体、ヒラマキミズマイマイ成幼体、サカマキガイ成幼体であり、このうち処理区の方が多かったものは、アオモンイトトンボ幼虫のみであった。早期栽培ではシオカラトンボ幼虫、ヒラマキガイ類成幼体に有意差( $p<0.05$ )があったものの、共に対照区の方が多かった(表4)。

### 3 トンボ類の総個体数の比較

トンボ類(イトトンボ類含む)を生き物ブランドの候補種とした場合を想定し、トンボ目幼虫を同定せずに合計数を解析に供した。

処理区における作型別の総捕獲頭数の比較を行うために、トンボ類幼虫個体数を応答変数とし、4処理区

での組み合わせを説明変数とした GLM (誤差構造:負の二項分布, リンク関数:log)を用いて AIC が最小となるモデルを算出したところ、説明変数を(早期栽培+早植栽培),(普通期栽培),(晩期栽培)に水準を組み換えたモデルがベストモデルとなった(図1)。

表2 処理区(栽培期間中化学農薬・化学肥料不使用)における作型別の確認個体数

目等	種名等	ステージ	区名	調査回数	総個体数/区±S.E.	目等	種名等	ステージ	区名	調査回数	総個体数/区±S.E.
カゲロウ目 Ephemeroptera	コカゲロウ類(科) Boetidae	幼虫	処理区-早期	48	1.60 ± 0.7 ns	モンユスリカ類(亜科) Tanypodinae	幼虫	処理区-早期	48	4.92 ± 3.0 ns	
			処理区-早植	44	1.80 ± 0.9			処理区-早植	44	1.20 ± 0.5	
			処理区-普通期	48	2.46 ± 0.6			処理区-普通期	48	2.15 ± 1.0	
			処理区-晩期	44	2.02 ± 0.9			処理区-晩期	44	1.59 ± 0.8	
トンボ目 Odonata	アオモンイトトンボ <i>Ischnura senegalensis</i>	幼虫	処理区-早期	48	0.02 ± 0.0 ns	エリュスリカ類(亜科) Orthocladiinae	幼虫	処理区-早期	48	2.85 ± 1.7 ns	
			処理区-早植	44	0.00 ± 0.0			処理区-早植	44	0.16 ± 0.1	
			処理区-普通期	48	0.19 ± 0.1			処理区-普通期	48	0.17 ± 0.1	
			処理区-晩期	44	0.14 ± 0.1			処理区-晩期	44	0.07 ± 0.0	
	シオカラトンボ <i>Orthetrum albistylum speciosum</i>	幼虫	処理区-早期	48	0.02 ± 0.0 ns	ユスリカ類(科) Chironominae	幼虫	処理区-早期	48	36.44 ± 12.5 ns	
			処理区-早植	44	0.02 ± 0.0			処理区-早植	44	30.23 ± 12.1	
			処理区-普通期	48	0.04 ± 0.0			処理区-普通期	48	56.44 ± 17.5	
			処理区-晩期	44	0.02 ± 0.0			処理区-晩期	44	46.18 ± 12.3	
	ウスバキトンボ <i>Pantala flavescens</i>	幼虫	処理区-早期	48	0.06 ± 0.0 a	カ類(科) Culicidae	幼虫	処理区-早期	48	0.06 ± 0.0 ns	
			処理区-早植	44	0.09 ± 0.1 a			処理区-早植	44	0.91 ± 0.6	
			処理区-普通期	48	0.92 ± 0.3 b			処理区-普通期	48	0.08 ± 0.0	
			処理区-晩期	44	0.25 ± 0.1 a			処理区-晩期	44	0.80 ± 0.4	
ショウジョウトンボ <i>Crocotemis servilia marianae</i>	幼虫	処理区-早期	48	0.00 ± 0.0 ns	アブ類(科) Tabanidae	幼虫	処理区-早期	48	0.23 ± 0.2 ns		
		処理区-早植	44	0.00 ± 0.0			処理区-早植	44	0.02 ± 0.0		
		処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0			処理区-普通期	48	0.06 ± 0.0		
		処理区-晩期	44	0.07 ± 0.0			処理区-晩期	44	0.14 ± 0.1		
ヒメアメンボ <i>Gerris latidominis</i>	成虫	処理区-早期	48	0.08 ± 0.0 ns	アブ類(科) Tabanidae	幼虫	処理区-早期	48	0.04 ± 0.0 ns		
		処理区-早植	44	0.05 ± 0.0			処理区-早植	44	0.07 ± 0.1		
		処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0		
		処理区-晩期	44	0.00 ± 0.0			処理区-晩期	44	0.25 ± 0.2		
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	成虫	処理区-早期	48	1.17 ± 0.4 a	ホウネンエビ 目	成幼体	ホウネンエビ <i>Branchinella</i>	処理区-早期	48	0.79 ± 0.7 a
			処理区-早植	44	0.20 ± 0.1 ab	処理区-早植		44	0.16 ± 0.1 a		
			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0 b	処理区-普通期		48	2.02 ± 0.9 b		
			処理区-晩期	44	0.00 ± 0.0 b	処理区-晩期		44	0.07 ± 0.1 a		
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	幼虫	処理区-早期	48	0.08 ± 0.0 ns	Anostraca	<i>kugenumaensis</i>	処理区-早期	48	11.81 ± 4.3 a	
			処理区-早植	44	0.84 ± 0.5			処理区-早植	44	30.18 ± 9.4 b	
			処理区-普通期	48	0.19 ± 0.1			処理区-普通期	48	15.27 ± 4.9 a	
			処理区-晩期	44	0.23 ± 0.1			処理区-晩期	44	3.75 ± 2.1 a	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	成虫	処理区-早期	48	0.04 ± 0.0 ns	Diplostraca	Spinicaudata sp.	処理区-早期	48	0.02 ± 0.0 ns	
			処理区-早植	44	0.30 ± 0.1			処理区-早植	44	0.00 ± 0.0	
			処理区-普通期	48	0.29 ± 0.2			処理区-普通期	48	0.02 ± 0.0	
			処理区-晩期	44	0.11 ± 0.1			処理区-晩期	44	0.11 ± 0.1	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	成虫	処理区-早期	48	0.04 ± 0.0 ns	Notostraca	Triopsidae sp.	処理区-早期	48	2.60 ± 0.7 a	
			処理区-早植	44	0.00 ± 0.0			処理区-早植	44	0.79 ± 0.3 b	
			処理区-普通期	48	0.02 ± 0.0			処理区-普通期	48	0.69 ± 0.3 ac	
			処理区-晩期	44	0.09 ± 0.1			処理区-晩期	44	0.02 ± 0.0 c	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	幼虫	処理区-早期	48	0.06 ± 0.1 ns	腹足綱 Gastropoda	ヒメモノアラガイ <i>Gabbia kiusiuenis</i>	処理区-早期	48	0.44 ± 0.2 a	
			処理区-早植	44	0.05 ± 0.0			処理区-早植	44	5.58 ± 2.5 ac	
			処理区-普通期	48	0.21 ± 0.1			処理区-普通期	48	2.90 ± 0.8 ac	
			処理区-晩期	44	0.43 ± 0.2			処理区-晩期	44	12.32 ± 4.7 bc	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	成虫	処理区-早期	48	0.02 ± 0.0 a	ヒメモノアラガイ <i>Austropeplea ollula</i>	成幼体	処理区-早期	48	0.08 ± 0.0 a	
			処理区-早植	44	0.00 ± 0.0 a			処理区-早植	44	0.07 ± 0.0 a	
			処理区-普通期	48	0.02 ± 0.0 a			処理区-普通期	48	0.06 ± 0.0 a	
			処理区-晩期	44	0.14 ± 0.1 b			処理区-晩期	44	0.95 ± 0.3 b	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	幼虫	処理区-早期	48	0.25 ± 0.1 ns	ヒラメキミズマイマイ <i>Cyraulax chinensis</i>	成幼体	処理区-早期	48	0.79 ± 0.4 ns	
			処理区-早植	44	0.05 ± 0.0			処理区-早植	44	0.22 ± 0.1	
			処理区-普通期	48	0.02 ± 0.0			処理区-普通期	48	0.67 ± 0.3	
			処理区-晩期	44	0.05 ± 0.0			処理区-晩期	44	0.16 ± 0.1	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	成虫	処理区-早期	48	1.94 ± 1.3 ns	ヒラメキギイ類(科)の一種 Planorbidae sp.	成幼体	処理区-早期	48	1.02 ± 0.4 a	
			処理区-早植	44	0.02 ± 0.0			処理区-早植	44	0.70 ± 0.3 ac	
			処理区-普通期	48	0.02 ± 0.0			処理区-普通期	48	0.46 ± 0.2 ac	
			処理区-晩期	44	0.05 ± 0.0			処理区-晩期	44	0.00 ± 0.0 bc	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	幼虫	処理区-早期	48	0.00 ± 0.0 ns	サカマキガイ <i>Physa acuta</i>	成幼体	処理区-早期	48	0.60 ± 0.3 ns	
			処理区-早植	44	0.00 ± 0.0			処理区-早植	44	0.20 ± 0.1	
			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0			処理区-普通期	48	0.57 ± 0.2	
			処理区-晩期	44	0.14 ± 0.1			処理区-晩期	44	0.50 ± 0.3	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	成虫	処理区-早期	48	0.04 ± 0.0 ns	ヒル網 Hirudinea	イシビル類(科)の一種 Erpobdellidae sp.	処理区-早期	48	0.17 ± 0.1 ns	
			処理区-早植	44	0.02 ± 0.0			処理区-早植	44	0.00 ± 0.0	
			処理区-普通期	48	0.04 ± 0.0			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0	
			処理区-晩期	44	0.18 ± 0.1			処理区-晩期	44	0.15 ± 0.1	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	幼虫	処理区-早期	48	0.00 ± 0.0 ns	無尾目 Anura	ニホンアマガエル <i>Hyla japonica</i>	処理区-早期	48	0.00 ± 0.0 ns	
			処理区-早植	44	0.02 ± 0.0			処理区-早植	44	0.11 ± 0.1	
			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0	
			処理区-晩期	44	0.00 ± 0.0			処理区-晩期	44	0.02 ± 0.0	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	成虫	処理区-早期	48	0.15 ± 0.1 ns	トゲバゴマフガムシ <i>Berosus lewisius</i>	幼虫	処理区-早期	48	1.02 ± 0.4 a	
			処理区-早植	44	0.05 ± 0.0			処理区-早植	44	0.23 ± 0.1 ac	
			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0			処理区-普通期	48	0.02 ± 0.0 bc	
			処理区-晩期	44	0.05 ± 0.0			処理区-晩期	44	0.18 ± 0.1 ab	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	幼虫	処理区-早期	48	0.06 ± 0.1 ns	ヒラタガムシ類 <i>Enochrus</i> sp.	成虫	処理区-早期	48	1.02 ± 0.4 a	
			処理区-早植	44	0.00 ± 0.0			処理区-早植	44	0.70 ± 0.3	
			処理区-普通期	48	0.10 ± 0.1			処理区-普通期	48	0.19 ± 0.1	
			処理区-晩期	44	0.11 ± 0.1			処理区-晩期	44	1.39 ± 0.5	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	成虫	処理区-早期	48	0.00 ± 0.0 ns	トゲバゴマフガムシ <i>Berosus lewisius</i>	幼虫	処理区-早期	48	1.02 ± 0.4 a	
			処理区-早植	44	0.00 ± 0.0			処理区-早植	44	0.70 ± 0.3	
			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0			処理区-普通期	48	0.19 ± 0.1	
			処理区-晩期	44	0.00 ± 0.0			処理区-晩期	44	1.39 ± 0.5	
カメシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科) Veliidae	幼虫	処理区-早期	48	0.00 ± 0.0 ns	その他ガムシ類 Hydrophiliidae	幼虫	処理区-早期	48	0.00 ± 0.0	
			処理区-早植	44	0.02 ± 0.0			処理区-早植	44	0.02 ± 0.0	
			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0	
			処理区-晩期	44	0.02 ± 0.0			処理区-晩期	44	0.02 ± 0.0	

アルファベット異文字間は log(n+0.5)変換後 Tukey-Kramer の HSD 検定 p<0.05

表3 処理区における出現回数の分類

最尤推定でモデル選択された出現回数の作型別水準	種名等
(早期) > (早植 ≒ 普通期 ≒ 晩期)	チビゲンゴロウ成虫
(早期) < (早植 ≒ 普通期 ≒ 晩期)	カタビロアメンボ成虫 ユスリカ類幼虫 スクミンゴガイ成幼虫 アマガエル成体
(早期 ≒ 早植) > (普通期 ≒ 晩期)	ヒメアメンボ成虫 アメンボ類幼虫 モンユスリカ幼虫 エリユスリカ幼虫
(早期 ≒ 早植) < (普通期 ≒ 晩期)	コマツモムシ幼虫 ヒメガムシ幼虫
(早期 ≒ 早植 ≒ 普通期) > (晩期)	ホウネンエビ成幼体 カイエビ成幼体 ヒメマルタニシ成幼虫 ヒラマキガイ類成幼虫 アマガエル幼生
(早期 ≒ 早植 ≒ 普通期) < (晩期)	ショウジョウトンボ幼虫 ハイロゲンゴロウ幼虫 ヒメモノアラガイ成幼虫 サカマキガイ成幼虫
(早期 ≒ 普通期) > (早植 ≒ 晩期)	ヒラマキミズマイ成虫 ヒル類
(早期 ≒ 普通期) < (早植 ≒ 晩期)	ユスリカ幼虫 カ類幼虫
(早期 ≒ 晩期) > (早植 ≒ 普通期)	チビゲンゴロウ幼虫 トゲハゴマフガムシ幼虫
(早期 ≒ 晩期) < (早植 ≒ 普通期)	カタビロアメンボ幼虫
(早期 ≒ 普通期 ≒ 晩期) > (早植)	ヒラタガムシ幼虫 ユスリカ類蛹 カ類蛹 カプトエビ類
(早期 ≒ 早植 ≒ 晩期) > (普通期)	ヒラタガムシ成虫 トゲハゴマフガムシ成虫 アブ類幼虫
(早期 ≒ 早植 ≒ 晩期) < (普通期)	コカゲロウ幼虫 シオカラトンボ幼虫 ウスバキトンボ幼虫
(早期 ≒ 早植) < (普通期) < (晩期)	アオモンイトトンボ幼虫

( )は、GLMによるAIC最小のベストモデルとして選択された説明変数の水準で、符号は調査回数あたりの確認回数の数値から作成

表4 作型ごとの総個体数の比較

目等	種名等	ステージ	区名	調査回数	総個体数/区 ± S.E.	
Ephemeroptera	コカゲロウ類(科)	幼虫	処理区-早期	48	1.60 ± 0.7 ns	
			対照区-早期	48	2.44 ± 0.9	
			処理区-普通期	48	2.46 ± 0.6 ns	
			対照区-普通期	48	2.52 ± 1.2	
			処理区-早期	48	0.02 ± 0.0 ns	
			対照区-早期	48	0.00 ± 0.0	
	アオモンイトトンボ	幼虫	処理区-早期	48	0.02 ± 0.0 ns	
			対照区-早期	48	0.00 ± 0.0	
			処理区-普通期	48	0.19 ± 0.1 *	
			対照区-普通期	48	0.00 ± 0.0	
			処理区-早期	48	0.02 ± 0.0 *	
			対照区-早期	48	0.25 ± 0.1	
トンボ目 Odonata	シオカラトンボ	幼虫	処理区-普通期	48	0.04 ± 0.0 ns	
			対照区-普通期	48	0.00 ± 0.0	
			処理区-早期	48	0.06 ± 0.0 ns	
			対照区-早期	48	0.04 ± 0.0	
			処理区-普通期	48	0.92 ± 0.3 ns	
			対照区-普通期	48	0.23 ± 0.1	
	ウスバキトンボ	幼虫	処理区-早期	48	0.08 ± 0.0 ns	
			対照区-早期	48	0.04 ± 0.0	
			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0 ns	
			対照区-普通期	48	0.08 ± 0.1	
			処理区-早期	48	1.17 ± 0.4 ns	
			対照区-早期	48	0.75 ± 0.4	
カメムシ目 Hemiptera	カタビロアメンボ類(科)	成虫	処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0 ns	
			対照区-普通期	48	0.08 ± 0.1	
			処理区-早期	48	0.08 ± 0.0 ns	
			対照区-早期	48	0.25 ± 0.1	
			処理区-普通期	48	0.00 ± 0.0 ns	
			対照区-普通期	48	0.02 ± 0.0	
	ヒメアメンボ	幼虫	処理区-早期	48	0.08 ± 0.0 ns	
			対照区-早期	48	0.02 ± 0.0	
			処理区-普通期	48	0.19 ± 0.1 ns	
			対照区-普通期	48	1.00 ± 0.5	
			処理区-早期	48	0.04 ± 0.0 ns	
			対照区-早期	48	0.04 ± 0.0	
Anisops ogasawarens	成虫	処理区-普通期	48	0.29 ± 0.2 ns		
		対照区-普通期	48	0.50 ± 0.4		
		処理区-早期	48	0.06 ± 0.1 ns		
		対照区-早期	48	0.00 ± 0.0		
		処理区-普通期	48	0.21 ± 0.1 ns		
		対照区-普通期	48	0.00 ± 0.0		
	幼虫	処理区-早期	48	0.04 ± 0.0 ns		
		対照区-早期	48	0.00 ± 0.0		
		処理区-普通期	48	0.02 ± 0.0 ns		
		対照区-普通期	48	0.00 ± 0.0		
		処理区-早期	48	0.25 ± 0.1 ns		
		対照区-早期	48	0.10 ± 0.1		
コウチュウ目 Coleoptera	コガムシ	幼虫	処理区-普通期	48	0.02 ± 0.0 ns	
			対照区-普通期	48	0.06 ± 0.0	
			処理区-早期	48	0.00 ± 0.0 ns	
			対照区-早期	48	1.00 ± 1.0	
			処理区-普通期	48	1.02 ± 0.4 ns	
			対照区-普通期	48	0.40 ± 0.2	
	トゲハゴマフガムシ	成虫	処理区-普通期	48	0.02 ± 0.0 ns	
			対照区-普通期	48	0.02 ± 0.0	
			処理区-早期	48	1.02 ± 0.4 ns	
			対照区-早期	48	0.29 ± 0.1	
			処理区-普通期	48	0.19 ± 0.1 ns	
			対照区-普通期	48	0.17 ± 0.1	
ハエ目 Diptera	モンユスリカ類(亜科)	幼虫	処理区-早期	48	4.92 ± 3.0 ns	
			対照区-早期	48	6.99 ± 3.2	
			処理区-普通期	48	2.15 ± 1.0 ns	
			対照区-普通期	48	1.81 ± 0.9	
			処理区-早期	48	2.85 ± 1.7 ns	
			対照区-早期	48	0.27 ± 0.2	
	エリユスリカ類(亜科)	幼虫	処理区-普通期	48	0.17 ± 0.1 ns	
			対照区-普通期	48	0.04 ± 0.0	
			処理区-早期	48	36.44 ± 12.5 ns	
			対照区-早期	48	9.29 ± 2.9	
			処理区-普通期	48	56.44 ± 17.5 ns	
			対照区-普通期	48	20.83 ± 6.9	
ホウネンエビ 目	ホウネンエビ	成幼体	処理区-普通期	48	0.79 ± 0.7 ns	
			対照区-普通期	48	0.56 ± 0.3	
			処理区-早期	48	2.02 ± 0.9 ns	
			対照区-早期	48	1.88 ± 0.9	
			処理区-普通期	48	11.81 ± 4.3 ns	
			対照区-普通期	48	9.35 ± 3.2	
	双殻目	カイエビ亜目の一種	成幼体	処理区-普通期	48	15.27 ± 4.9 ns
				対照区-普通期	48	9.65 ± 2.3
				処理区-早期	48	2.60 ± 0.7 ns
				対照区-早期	48	1.98 ± 0.9
				処理区-普通期	48	0.69 ± 0.3
				対照区-普通期	48	1.75 ± 0.4 *
腹足綱 Gastropoda	ヒメマルタニシ	成幼虫	処理区-早期	48	0.44 ± 0.2 ns	
			対照区-早期	48	1.69 ± 0.8	
			処理区-普通期	48	2.90 ± 0.8 ns	
			対照区-普通期	48	1.98 ± 0.6	
			処理区-早期	48	0.08 ± 0.0 ns	
			対照区-早期	48	0.02 ± 0.0	
	スクミンゴガイ	成幼虫	処理区-普通期	48	0.06 ± 0.0 *	
			対照区-普通期	48	1.69 ± 0.7	
			処理区-早期	48	0.79 ± 0.4 ns	
			対照区-早期	48	0.31 ± 0.2	
			処理区-普通期	48	0.67 ± 0.3	
			対照区-普通期	48	1.77 ± 0.5 *	
ヒラマキガイ類(科)の一種	成幼虫	処理区-早期	48	1.02 ± 0.4 *		
		対照区-早期	48	6.17 ± 2.2 *		
		処理区-普通期	48	0.46 ± 0.2 ns		
		対照区-普通期	48	1.15 ± 0.5		
		処理区-早期	48	0.60 ± 0.3 *		
		対照区-早期	48	0.00 ± 0.0		
サカマキガイ	成幼虫	処理区-普通期	48	0.50 ± 0.3 *		
		対照区-普通期	48	2.52 ± 0.8 *		

\*Mann-Whitney U-test p<0.05

処理区と対照区を比較するためにトンボ類幼虫個体数を応答変数とし、処理区、対照区を説明変数とした GLM (誤差構造: 負の二項分布, リンク関数 log) を用いて逸脱度分析 ( $\chi^2$ -test) を行ったところ、早期栽培では処理区と対照区で差は無く、普通期栽培では処理区の個体数が多くなる傾向を示した (図 2)。

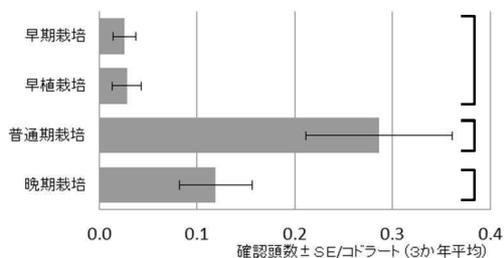


図1 処理区における作型別のトンボ類幼虫の発生量  
]は GLM による AIC 最小のベストモデルとして選択された水準

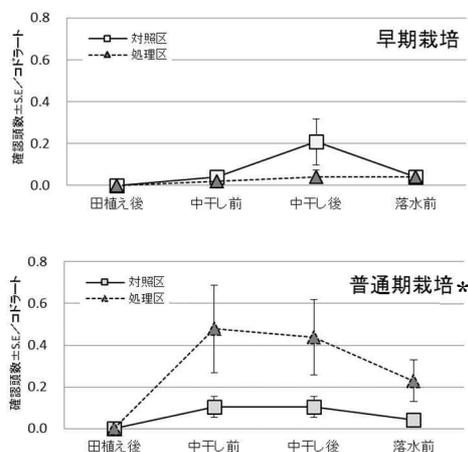


図2 処理区と対照区のトンボ類幼虫の発生活長  
\* GLM 逸脱度分析 ( $\chi^2$ test)  $p < 0.05$

## 考察

化学肥料・農薬を栽培期間中不使用とした環境保全型農業を行った水稻での作型の違いが水生生物群集に与える影響は、分類群ごとに明瞭な傾向を示すことは無く、種別に傾向が異なる結果となった。調査時期を田植え後、中干し前、中干し後、落水前の4回としたが、捕獲頭数の調査時期別の差が多い種は有意な差が検出されなかったことから、田植え後急速に生息数が上昇する種においては過小評価となっている可能性がある。貝類は年間を通じて比較的安定した捕獲数であったことから、有意差が検出されたものの、種別に挙動が異なり、作型による一定の傾向を示すことはなかった。

調査期間における水生生物の確認回数を用いた解析では、大まかに8つのグループに大別することができた。そのうち、普通期栽培や晩期栽培が他の作型と比較して確認回数が多い傾向を示し、早期栽培や、早植栽培が他

の作型と比較して確認回数が少ない傾向を示した。普通期栽培や晩期栽培は当該地域で一般的に行われている作型であることから、対象種が一般的に周辺に分布する場合、移動分散による供給が頻繁に行われている可能性もあり、作型の違いが確認回数の純粋な差の要因と断定することは出来ない。

慣行栽培との比較では早期栽培、普通期栽培共にほとんどの確認種で有意差を生じなかった。差があった種においても、慣行栽培の方が多くなる種の方が多く、栽培期間中化学肥料、農薬不使用の環境保全型農業によって水生生物が増加することは必ずしも支持されないこととなった。これは、上記環境保全型農業に取り組み始めて間もない水田(導入直後から3年間)を調査対象とした結果であり、環境保全型農業を長期間継続し、環境が安定すれば異なる結果となる可能性は残されている。

トンボ目幼虫の合計数を解析に供したところ、早期・早植栽培よりも普通期・晩期栽培の方が環境保全型農業の影響が強く発現し、慣行栽培との比較では普通期栽培において環境保全型農業を行った方が慣行栽培よりも発生量が多い結果となった。この結果から、トンボ類幼虫の発生量は同様の栽培を行う近接地域から恒常的な供給と併せて、環境保全型農業の取組みにも影響を受けることが示唆された。今回の調査は栽培期間中の化学合成農薬を使用しない栽培条件下ではあったが、卵越冬するタイプのアカネ類は確認されず、田植え後に比較的長期間産卵するタイプのトンボ類のみが確認された。近年、全国的に使用されている田植え時期に用いる箱施用農薬の殺虫成分が、田植え時期に孵化するアカネ類幼虫にマイナスの影響を与えていることが明らかになっているが<sup>8-10)</sup>、今回の調査では検討に資する結果は得られなかった。しかしながら、愛媛県内の減農薬栽培体系(慣行栽培よりも一定以上農薬使用回数を削減した栽培体系)では上述の箱施用農薬は選択されることが多いことから(村上私信)、アカネ類のトンボには一定の負のインパクトを与えている可能性がある。トンボ類を環境保全型農業の指標種として活用する場合は、地域で一般的に行われている作型を用いることで一定の発生量を確保し、アカネ類を指標種に加える場合は、農薬の選択も含めて栽培方法を検討して行く必要がある。

## まとめ

- 1 環境保全型農業導入初期の水田では、作型の違いは水生生物の種や捕獲頭数に明瞭な傾向を示さなかった。
- 2 環境保全型農業導入初期の水田における水生生物の

確認回数は作型により差がみられ、調査対象地域においては普通期栽培や晩期栽培の確認回数が他の作型と比較して多い傾向が見られた。

3 環境保全型農業導入初期の水田において、普通期栽培のトンボ類幼虫では同じ作型の慣行栽培と比較して確認頭数が多かった。

## 謝 辞

本研究を行うに当たり、調査圃場の協力とご配慮を頂いた愛媛県農林水産研究所木村室長、白石主任研究員、森川主任研究員に深く感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 愛媛県:愛媛県環境保全型農業基本指針(2016)
- 2) 農林水産省:農林水産省生物多様性戦略(2012)
- 3) 農林水産省農林水産技術会議事務局,(独)農業環境技術研究所,(独)農業生物資源研究所:農業に有用な生物多様性の指標 生物調査・評価マニュアル(2012)
- 4) Amano et al: Ecol Lett.14, 1263-1272(2011)
- 5) 矢部光保ほか:九大農芸誌, 66巻2号, 21-32 (2011)
- 6) 佐々木宏樹:日本生態学会誌, 67, 217-227(2017)
- 7) 山村光司:植物防疫, 56, 436-441(2002)
- 8) 小山淳ほか:北日本病虫研報, 54, 123-125(2003)
- 9) 神宮字寛ほか:農業農村工学会論文集, 267, 219-225(2010)
- 10) 神宮字寛ほか:農業農村工学会論文集, 259, 35-41(2009)