

## 福島県の水田における農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発

三田村敏正<sup>1</sup>・荒川昭弘<sup>1</sup>・岸 正広<sup>1</sup>・山田真孝<sup>1</sup>・岡崎一博<sup>2</sup>

Selection of Functional Biodiversity Indicators and Development  
of Assessment Methods in Paddy Fields of Fukushima Prefecture

Toshimasa MITAMURA<sup>1</sup>, Akihiro ARAKAWA<sup>1</sup>, Masahiro KISHI<sup>1</sup>  
Masataka YAMADA<sup>1</sup> and Kazuhiro OKAZAKI<sup>2</sup>

### Abstract

The Japanese traditional landscape, 'Satoyama' consisting of a complex of land uses including coppice woodlands, farmlands, ditches, rivers, and farmhouses is important environment for aquatic and terrestrial organisms. Paddy fields occupy a large area in 'Satoyama'. Recently, this environment has changed by development of the agricultural technique. On the other hand, environment preserving farming including organic cultivation has attracted attention as sustainable agriculture and is expected to enhance biodiversity in agro-ecosystems. However, its effect on agro-biodiversity has not been well studied. A research project 'Selection of functional biodiversity indicators and development of assessment methods' supported by a grant-in-aid from the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan has been conducted since 2008. In this project, we investigated the biodiversity in paddy fields of 'Satoyama' in Fukushima Prefecture, northern Japan to select indicator organisms for evaluation of agro-biodiversity. We surveyed various animals, i.e. insects, spiders, frogs, bivalves, gastropods and leeches by the methods of visual observation, sweeping rice plants and vegetation with a sweep net, dipping a D-flame net in paddy water, LED type light traps to collect underwater insects and pitfall traps in the paddy fields of organic and conventional cultivation. We captured insects of about 600 species (11 orders) including aquatic insects and natural enemies of rice insect pest by all methods and spiders of about 60 species by sweeping and pitfall traps. In the results, the following species were more abundant in the organic cultivation fields than in the conventional cultivation fields: a frog (*Rana porosa porosa*), spiders (*Tetragnatha*, *Lycosidae*), odonates- (*Sympetrum*, total number of Coenagrionidae and Lestidae), aquatic hemipterans (total number of Belostomatidae, Notonectidae, Nepidae and Corixidae), aquatic coleopterans (total number of Dytiscidae, Noteridae, Hydrophilidae and Haliplidae). These species were selected indicator organisms for agrobiodiversity in this region. And the assessment methods in paddy fields using indicator organisms was developed.

Key words : biodiversity, paddy field, indicator organism, assessment method

キーワード : 生物多様性・水田・指標生物・評価手法

受理日 平成24年12月10日

<sup>1</sup>福島県農業総合センター生産環境部 <sup>2</sup>福島県農業総合センター生産環境部 (現県南農林事務所)

## 1 緒言

我が国の伝統的な農村は里山と呼ばれる環境の中で育まれていた。里山は森林だけでなく、水田や溜池、水路からなる稲作体系、畑地や果樹園などの農耕地、採草地、集落、社寺林や屋敷林、植林地などの農村の景観全体を含む。そして、これらの変化に富んだ個々の生態系がパッチ状に存在することによって多様な生物が生息し、豊かな生物多様性を形成している<sup>9)</sup>。中でも水田を含む稲作体系は水生生物をはじめとした多くの生物の良好な生息環境となっていた。しかしながら、近年、里山環境は減少し、水田も基盤整備などにより画一的な環境に変化しつつある。このような中、1992年の国連環境開発会議において、生物多様性条約が採択されて以降、生物多様性に関する話題が多く取り上げられるようになった。生物多様性の保全は世界的な重要課題とされ、これは農業分野においても例外ではない。我が国においても、環境に配慮した環境保全型農業が推進されており、このような農業は農業生態系における生物多様性の保全効果があるとされている<sup>7) 8) 11)</sup>。しかしながら、その効果を定量的に評価した研究は非常に少ない。このような状況の中で、2008年から2011年にかけての4年間、農林水産省委託プロジェクト「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発」が実施され、幅広い作物において、生物多様性の度合いを示す指標種の選抜とそれを用いて定量的に調査を行って農地を評価する手法について検討が行われた。著者らは、水田の分野でこのプロジェクトに参画し、福島県における指標種とその評価手法を確立したので報告する。

## 2 試験方法

### (1) 指標候補種の選抜

#### A 調査期間

2008～2009年。

#### B 調査場所

阿武隈山系の中山間地を対象とし、以下の3地域において、それぞれ環境保全型農法と慣行農法を実施す

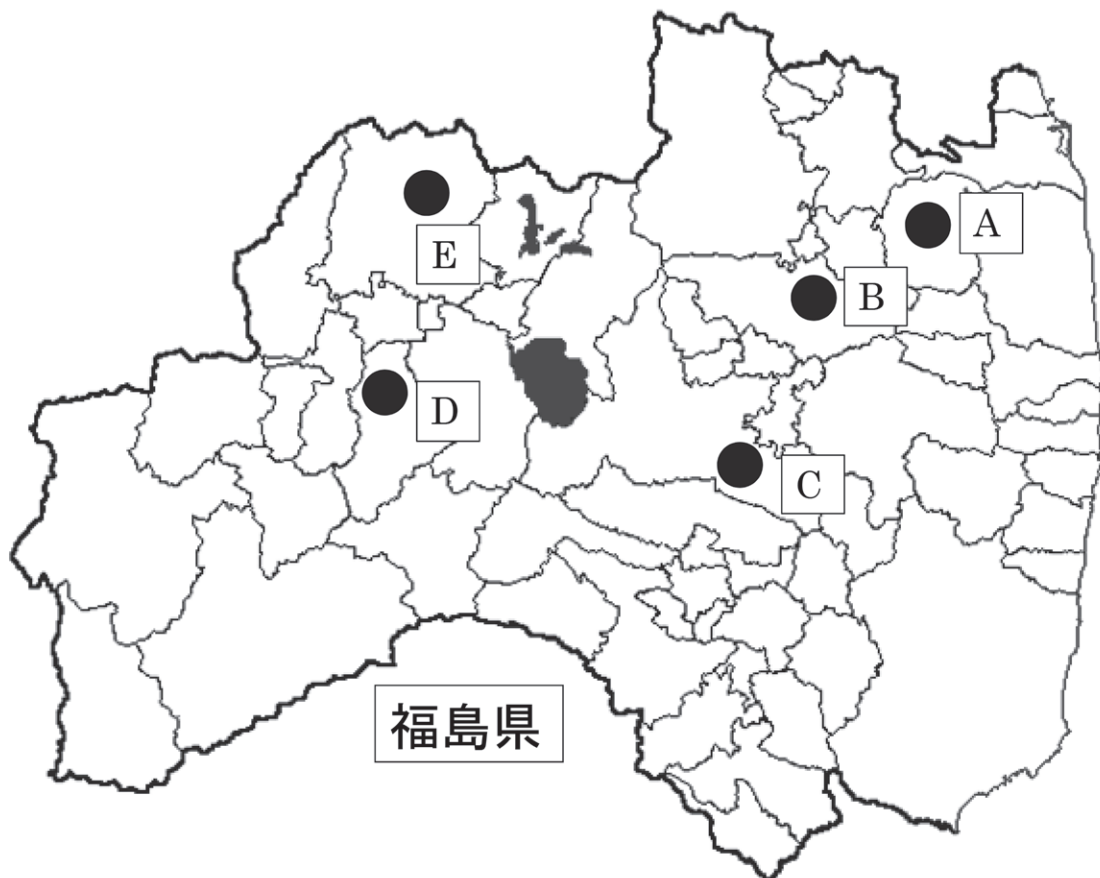


図1 調査場所

A：相馬郡飯舘村（2008～2009年），B：二本松市針道（2008～2009年），  
C：郡山市田村町（2008～2011年），D：大沼郡会津美里町八木沢（2010～2011年），E：喜多方市熱塩加納町（2010～2011年）

るほ場を選定した（図1）。各ほ場の耕種概要は表1のとおりである。

- (A) 郡山市田村町金沢：環境保全区（有機栽培水田、以下有機）、慣行区（慣行栽培水田）。
- (B) 二本松市針道：環境保全区（有機）、慣行区。
- (C) 相馬郡飯館村：環境保全区（有機、特別栽培水田、以下特裁）、慣行区。

**C 生物の調査法**

**(A) 見取り調査**

調査ほ場内の畦畔（1ほ場あたり50m）を歩き、畦畔および水田内（2条目程度まで）の両生類、昆虫類を目視によりカウントする。調査期間は6月上旬から9月下旬までとし、1～2週間間隔で実施した。

**(B) アカトンボ（トンボ科アカネ属）調査**

水田内（畦畔から1～2条目、1ほ場あたり50m）の羽化殻を採集しカウントする。調査期間は6月上旬～7月下旬とし、1週間間隔で実施した。

**(C) すくい取り調査**

畦畔および水田内、水田に隣接する河川あるいは水路の土手において、直径36cmの捕虫網ですくい取り（1ほ場あたり50m）、昆虫類、クモ類を採集する。調査期間は6月上旬から9月下旬までとし、1～2週間間隔で実施した。

**(D) 水中すくい取り調査**

畦畔と1条目の間の水中を直径28cm、網目1mmのD型フレーム網ですくい取り（1ほ場あたり1m×20回）、水生昆虫を採集する。調査期間は6月上旬から9月下旬までとし、1～2週間間隔で実施した。

**(E) 水中ライトトラップ調査**

水中ライトトラップ（株式会社チヨダサイエンス製）に捕獲効率を高めるための改良を加えた改良水中ライトトラップ<sup>1)</sup>を1ほ場あたり1器、畦畔と1条目の間に設置し24時間後に回収する。調査期間は6月上旬から9月下旬までとし、1～2週間間隔で実施した。

**(F) ピットフォールトラップ調査**

220mlのプラスチック製カップをほ場内の畦畔に5m間隔で埋め（1ほ場あたり5個）、24時間後に回収し、カップ内の昆虫類、クモ類を採集する。調査期間は6月上旬から9月下旬までとし、1～2週間間隔で実施した。

**(2) 指標種の絞り込みと評価手法の開発**

**A 調査期間**

2010～2011年。

**B 調査場所**

2008～2009年の2年間のデータをもとに、調査地域

表1 調査ほ場の耕種概要

地域 (調査実施年)	農法	ほ場数	合計 ほ場面積 (a)	殺虫・殺菌剤		除草剤	中干し
				苗箱処理剤	本田散布		
郡山市 <sup>a)</sup> (2008～2011)	環境保全（有機）	2-3	18-22	○	×	×	×
	慣行	2-3	20-30	○	×	○	○
二本松市 (2008～2009)	環境保全（有機）	2	24	×	×	×	×
	慣行	2	20	○	×	○	○
飯館村 <sup>a)</sup> (2008～2009)	環境保全（有機）	2-3	20-27	×	×	×	×
	環境保全（特裁）	2-3	40-60	×	○	○	×
	慣行	2-3	40-60	○	○	○	○
会津美里町 (2010～2011)	環境保全（有機）	3	45	×	×	×	○
	環境保全（特裁）	2	55	×	×	○	○
	慣行	2	180	○	×	○	○
喜多方市 (2010～2011)	環境保全（有機）	3	60	×	×	×	○
	環境保全（特裁）	2	60	×	×	○	○
	慣行	3	90	○	○	○	○

<sup>a)</sup> 郡山市と飯館村におけるほ場数は2009年のみ3ほ場とし、それ以外の年は2ほ場で実施した。

<sup>b)</sup> ○は有り（実施）、×は無し（実施せず）

<sup>c)</sup> いずれのほ場も5月中旬から6月上旬に苗が水田に移植され、9月下旬から10月上旬に収穫された。

を会津地方にも拡げ調査場所を設定した(図1)。各ほ場の耕種概要は表1のとおりである。

- (A) 郡山市田村町金沢：環境保全区(有機)、慣行区。
- (B) 喜多方市熱塩加納町：環境保全区(有機、特栽)、慣行区。
- (C) 会津美里町八木沢：環境保全区(有機、特栽)、慣行区。

### C 生物の調査法

#### (A) 水田内すくい取り

対象種：アシナガグモ科。

時期：7月～8月に3回実施。

方法：直径36cmの捕虫網で1ほ場あたり20回振り×2か所。

#### (B) 畔・畦畔ぎわ見取り

対象種：カエル類、イトトンボ類(イトトンボ科、アオイトトンボ科)、アカネ属。

時期：6月～7月、1週間ごとに実施。

方法：調査ほ場内の畦畔(1ほ場あたり10m×4ヶ所)を歩き、畦畔および水田内(3条目程度まで)の対象生物を目視によりカウントする。

#### (C) イネ株見取り

対象種：コモリグモ類。

時期：7月～8月の期間中に3回実施。

方法：1ほ場あたり5株×4か所。

#### (D) 水中すくい取り(2011年のみ調査実施)

対象種：水生コウチュウ目、水生カメムシ目。

時期：6月下旬、7月上旬(中干し前)の2回実施。

方法：畦畔ぎわの水中を直径28cm、網目1mmのD型フレーム網ですくい取る。1ほ場あたり1m×5回×4か所。

#### (E) 水中ライトトラップ

対象種：水生コウチュウ目、水生カメムシ目。

時期：6月～7月、2週間ごとに実施。

方法：改良水中ライトトラップを1ほ場当たり1器を畦畔ぎわに設置し、24時間後に回収し、捕獲された対象生物を調査する。

## 3 試験結果

### (1) 指標候補種の選抜

2年間の調査で、全ほ場から確認された生物は未

同定種を除いて約600種であった<sup>5)</sup>。これらの中には、天敵や害虫をはじめ、ただの虫も含まれていた。

### A 見取り調査

カエル類はトウキョウダルマガエル、ニホンアマガエル、シュレーゲルアオガエル、ニホンアカガエル、ツチガエルの5種が確認された。このうち、シュレーゲルアオガエル、ニホンアカガエル、ツチガエルの3種の個体数は極めて少なく、大部分がトウキョウダルマガエルとニホンアマガエルであった。トウキョウダルマガエルは田植え後6月下旬までは越冬個体が主であるが、7月に入るとその年に幼生から変態した上陸個体が増加した(図2)。個体数のピークは郡山市で7月中旬から下旬、二本松市は7月下旬から8月中旬、飯舘村で7月下旬であり、地域によって若干の違いはあるものの7月下旬が最も個体数が多い時期であると考えられた。一方、農法による個体数の違いについては、慣行区では6月の越冬個体は環境保全区と同様に確認されているものの、上陸個体が非常に少なく、全体の個体数では環境保全区で有意に多かった。一方、ニホンアマガエルでは慣行区においても上陸個体が非常に多く、農法による差は確認できなかった(図3)。

トンボ類は13種が確認された(表2)。このうち、アキアカネは飯舘村ではほとんど確認できなかったものの、郡山市と二本松市で環境保全区が慣行区よりも有意に個体数が多かった。モートンイトトンボは二本松市において環境保全区で個体数が多かった。

### B アカネ属羽化殻調査

アカネ属の羽化は飯舘村ではどの農法においても確認できなかった。郡山市と二本松市ではいずれも環境保全区が慣行区よりも多かった(図4)。また、羽化時期は郡山市では2008年が7月上旬、2009年は6月下旬がピークであり、二本松市では2009年のみの確認で7月上旬がピークであった。いずれの年も羽化殻がある程度数を確認できるのは2週間程度と非常に短期間であった。

### C すくい取り調査

すくい取り調査では、多数の昆虫類、クモ類が確認された。このうち、昆虫類のコウチュウ目では、2009年だけで113種1,504個体が捕獲された(表3)。種類数が最も多いのはハムシ科の43種、次いでゾウムシ科の22種であった。しかしながら、土手、畦、水田との間および農法間で有意に多くなる種は認められなかった。寄生蜂は2008年の調査では197種751個体が捕獲さ



れた(表4)。このうちコマユバチ科が57種463個体と最も多く次いでヒメバチ科の52種114個体であった。寄生蜂については、農法間では差が認められた種があった。ギフアブラバチは郡山市の水田内で、イネアオムシサムライコマユバチは飯舘村の水田内と畦において環境保全区が慣行区より多くなった。一方、クモ類は55種2,717頭が捕獲された(表5)。このうち、アシナガグモ科(10種1,229頭)、カニグモ科(10種705頭)、コガネグモ科(9種555頭)が種類数、個体数ともに多い傾向であった。アシナガグモ科の中ではアシナガグモ属のハラビロアシナガグモが最も多く、次いでトガリアシナガグモであった。農法間における傾向では、水田内のアシナガグモ科において、郡山市と飯舘村で環境保全区が慣行区よりも有意に個体数が多くなった(図5)。

D 水中すくい取りおよび水中ライトトラップ

水田内の水生昆虫は水中すくい取りで5目19科29

種、水中ライトトラップで5目17科27種が捕獲された(表6)。これらの中で、コブツゲンゴロウは二本松市でのみ確認され、環境保全区で有意に個体数が多かった。コガシラミズムシ類は3種が確認されているが、3種合計の個体数は、飯舘村では2年間、二本松市では2009年で農法間に差が見られた(図6)。コオイムシ類は2種類が確認されたが、飯舘村ではいずれの農法においても極めて少数しか確認されなかった。多数の個体数が確認された郡山市と二本松市では、水中すくい取りで農法による有意差が確認された(図7)。この他、コミズムシ類が郡山市で、ケシカタビロアメンボ類でも一部の地域で農法による有意差が認められた。

E ピットフォールトラップ

ピットフォールトラップでは多数のクモ類、コウチュウ類が捕獲された。コウチュウ目では2008年が27種287個体、2009年は36種385個体が捕獲されており、

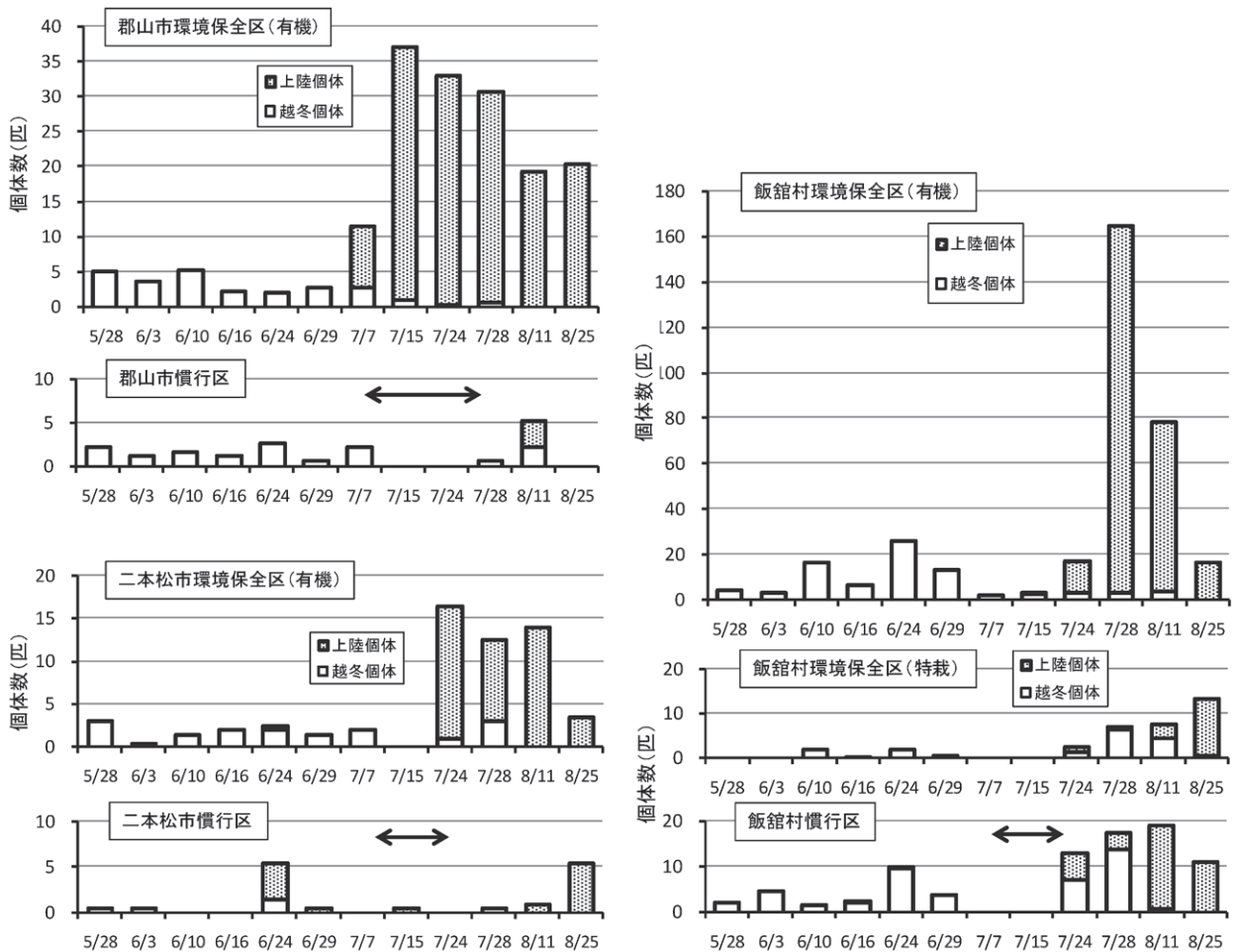


図2 見取り調査によるトウキョウダルマガエルの個体数

調査は2009年に実施。個体数は1ほ場あたり畦畔50m×2か所の合計。矢印は中干しの時期を示す。環境保全区(有機)における個体数は慣行区と比較して有意差が認められた(二元配置分散分析  $p < 0.01$ )

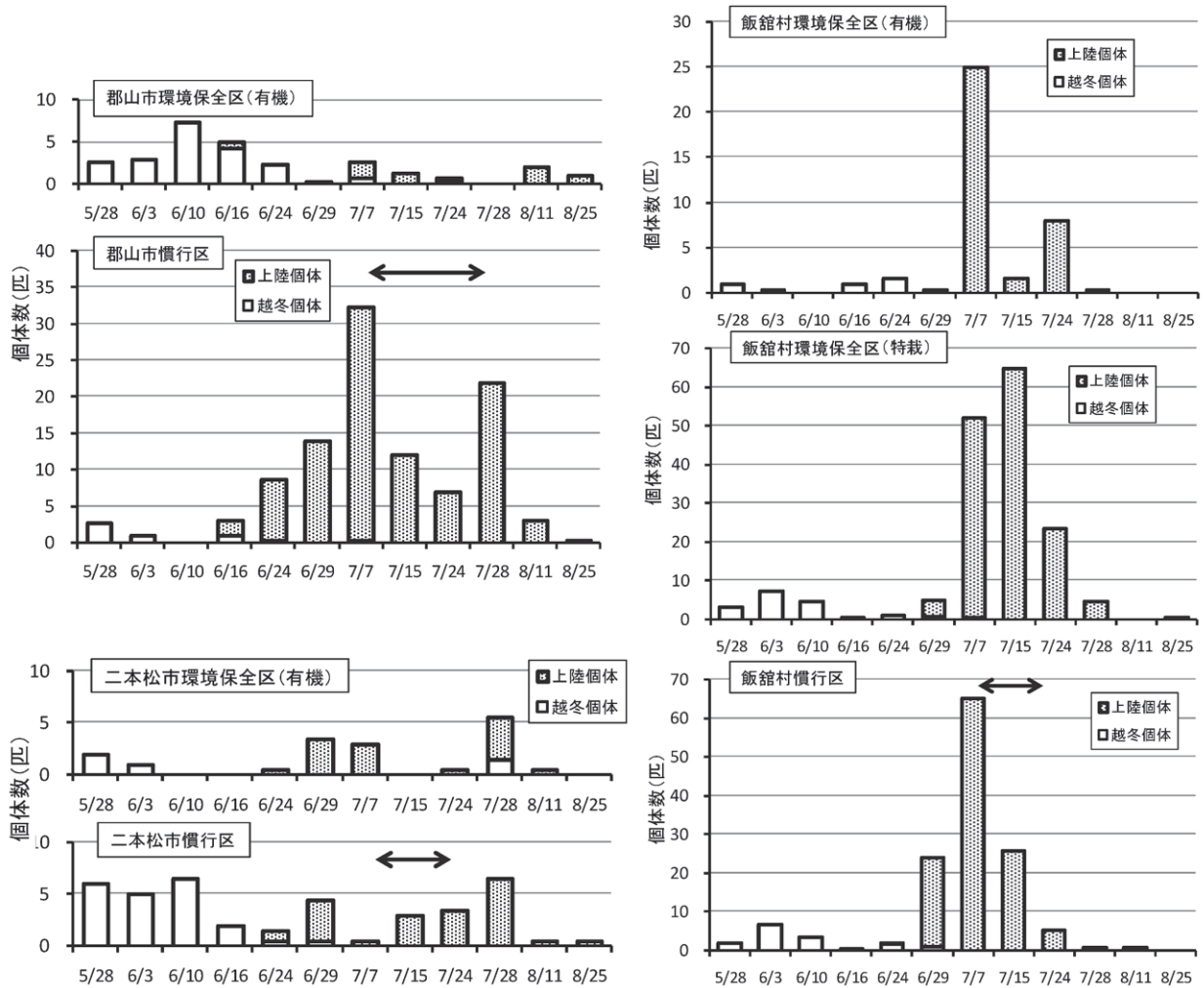


図3 見取り調査によるニホンアマガエの個体数

調査は2009年に実施。個体数は1ほ場あたり畦畔50m×2か所の合計。

矢印は中干しの時期を示す。個体数は農法間で有意差が認められなかった（二元配置分散分析 $p>0.05$ ）

このうちいわゆるゴミムシ類と呼ばれているオサムシ科が大部分を占めた。しかしながら、農法間においてはどの地域も種類数、個体数ともに有意差は認められなかった（表7）。一方、クモ類は2008年調査で26科680個体が捕獲された（表8）。このうち、コモリグモ科が13科630個体と大部分を占めた。コモリグモ科の中でも優占種はイナダハリゲコモリグモで、2008年の本種の捕獲推移を見ると、調査初日の6月5日の個体数が最も多く、環境保全区が慣行区よりも多い傾向が見られるが、その後個体数は減少した。農法間の差は見られなかった（図8）。特に、飯舘村においては調査初日には環境保全区が多いものの6月19日以降は逆転していた。

F 指標候補種の選抜

これらの結果から、1か所でも有意差が見られた次の種を指標候補種とした。

- (A) トウキョウダルマガエル
- (B) アシナガモ類
- (C) アカネ属（羽化殻）
- (D) モートンイトトンボ
- (E) コツゲンゴロウ
- (F) コガシラミズムシ類
- (G) コオイムシ類
- (H) コミズムシ類

水生昆虫の中で最も個体数が多かったチビゲンゴロウは慣行区でも多いことから除外した。また、ケシカタピロアメンボ類は一部地域で有意差が認められたものの、体長1～2mmと極めて小さく現場での調査対象としては不向きであることから除外した。寄生蜂の中で一部地域で有意差の見られたギフアブラバチとイネアオムシサムライコバユバチは他の寄生蜂との区別が現場では困難なこと、寄生蜂全体では有意差が見られなかったことから除外した。

表2 見取り調査によるトンボ類の個体数 (2009年)

科	種名	環境保全区				慣行区		
		郡山市 (有機)	二本松市 (有機)	飯舘村 (有機)	飯舘村 (特裁)	郡山市	二本松市	飯舘村
イトトンボ科	モートンイトトンボ*	4	54	0	0	1	0	0
	キイトトンボ	1	0	7	0	0	0	0
	オオイトトンボ	1	0	0	0	0	0	0
アオイトトンボ科	オツネトンボ	6	48	21	20	16	26	28
	ホソミオツネトンボ	0	4	0	0	1	2	0
トンボ科	シオカラトンボ	2	0	0	0	0	0	0
	ハラビロトンボ	0	2	0	0	0	0	1
	アキアカネ**	159	42	8	4	0	3	1
	ナツアカネ	4	0	7	1	1	0	0
	ノシメトンボ	9	17	8	0	9	9	6
	マイコアカネ	1	3	4	0	8	0	2
	ミヤマアカネ	0	0	1	1	0	0	0
	ウスバキトンボ	0	0	0	0	1	0	1

5/28～10/27までの14回分調査で確認した個体数の合計。

\*：二本松市において、環境保全区の個体数は、慣行区と比較して有意差が認められた (二元配置分散分析  $p < 0.05$ )

\*\*：環境保全区の個体数は、慣行区と比較して有意差が認められた (二元配置分散分析  $p < 0.05$ )

表3 すくい取り調査で捕獲されたコウチュウ目

科	名	種類数	個体数
オサムシ科		3	3
ゲンゴロウ科		1	1
ハネカクシ科		4	8
コガネムシ科		5	111
マルハナノミ科		3	8
タマムシ科		1	3
コメツキムシ科		6	50
ホタル科		1	2
ジョウカイボン科		2	2
ケシキスイ科		1	30
コメツキモドキ科		1	1
キシムシ科		1	1
テントウダマシ科		1	5
テントウムシ科		5	132
ヒメマキムシ科		1	19
ゴミムシダマシ科		3	13
ハナノミ科		1	3
アリモドキ科		1	5
マメゾウムシ科		1	9
ハムシ科		43	709
ホソクチゾウムシ科		1	2
チビゾウムシ科		2	3
イネゾウムシ科		3	305
ゾウムシ科		22	79
合	計	113	1,504

種類数、個体数は、2009年の5/28～10/27までの14回調査で水田内、畦、土手調査の合計。

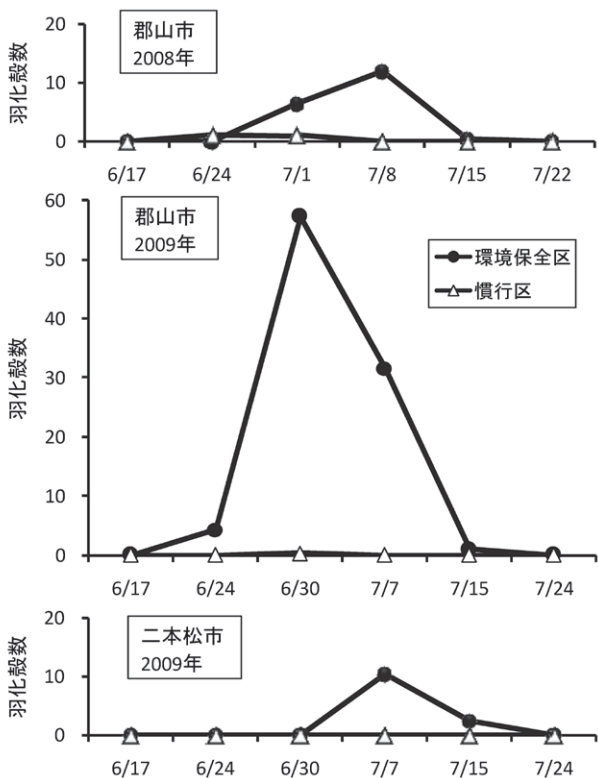


図4 見取り調査によるアカネ属の羽化殻数

羽化殻数は1ほ場あたり畦畔50m×2か所の合計。環境保全区における羽化殻数は慣行区と比較して有意差が認められた (二元配置分散分析  $p < 0.01$ )

表4 すくい取り調査で捕獲された寄生蜂

科名	種類数	個体数
アブラタマバチ科 Charipidae	2	6
ツヤヤドリタマバチ科 Eucoilidae	7	11
ヤドリタマバチ科 Figitidae	1	10
アシブトコバチ科 Chalcididae	1	1
トビコバチ科 Encyrtidae	10	11
ヒメコバチ科 Eulophidae	18	30
ナガコバチ科 Eupelmidae	2	2
カタビロコバチ科 Eurytomidae	2	2
ホソハネコバチ科 Mymaridae	3	4
コガネコバチ科 Pteromalidae	11	34
ヒゲナガクロバチ科 Ceraphronidae	4	5
オオモンクロバチ科 Megaspilidae	2	8
ハラビロクロバチ科 Platygasteridae	1	2
タマゴクロバチ科 Scelionidae	10	23
ハエヤドリクロバチ科 Diapriidae	6	10
シリボソクロバチ科 Proctotrupidae	3	3
コマユバチ科 Braconidae	57	463
ヒメバチ科 Ichneumonidae	52	114
アリガタバチ科 Bethyidae	3	6
カマバチ科 Dryinidae	1	1
コツチバチ科 Tiphidae	1	5
合計	197	751

種類数、個体数は、2008年の6/4~10/20までの11回調査で水田内、畦、土手調査の合計。

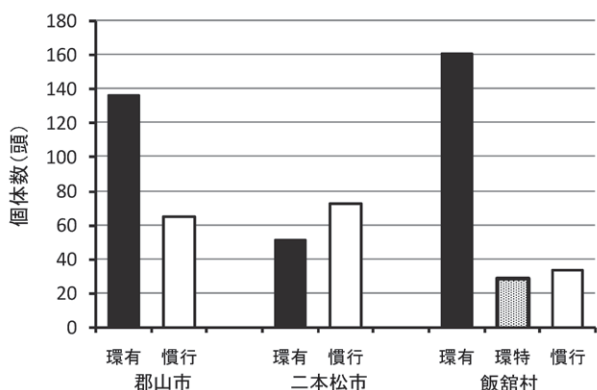


図5 水田内すくい取りによるアシナガグモ科の個体数調査は2009年7/31、8/14、8/26、9/10の4回実施。個体数は1ほ場あたり20回振り×2回の合計。環有は環境保全区（有機）、環特は環境保全区（特裁）。郡山市と飯館村の環境保全区（有機）における個体数は慣行区と比較して有意差が認められた（一元配置分散分析p<0.05）

表5 すくい取りによって捕獲されたクモ類

科名	種類数	個体数
タナグモ科 Agelenidae	1	1
キシダグモ科 Pisauridae	1	3
コモリグモ科 Lycosidae	6	110
サラグモ科 Linyphiidae	2	4
ヒメグモ科 Theridiidae	3	4
ヨリメグモ科 Anapidae	1	1
ジョロウグモ科 Nephilidae	1	1
アシナガグモ科 Tetragnathidae	10	1,229
コガネグモ科 Araneidae	9	555
エビグモ科 Philodromidae	3	14
ワシグモ科 Gnaphosidae	1	8
カニグモ科 Thomisidae	10	705
フクログモ科 Clubionidae	1	1
ハエトリグモ科 Salticidae	6	81
合計	55	2,717

調査は2008年に実施。種類数と個体数は、水田内、畦、土手調査の合計

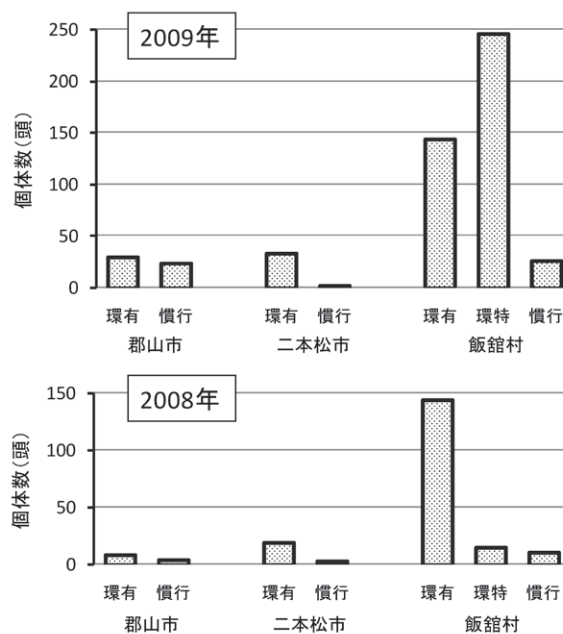


図6 水中ライトトラップによるコガシラミズムシ類の捕獲数

2008年は7/11~8/25の5回調査、2009年は6/3~8/12の7回調査の合計。環有は環境保全区（有機）、環特は環境保全区（特裁）。飯館村の環境保全区（有機）における個体数は、慣行区と比較して有意差が認められた（一元配置分散分析p<0.05）。コガシラミズムシ類にはコガシラミズムシ、マダラコガシラミズムシ、クロホシコガシラミズムシを含む。



(2) 指標種の絞り込みと評価手法の開発

選抜された指標候補種を中心に、現場での調査を考慮した方法で調査を行い、指標種の絞り込みと評価手法の検討を行った。なお、コモリグモ類については、指標候補種には選ばれていないが、アシナガグモ同様

に水田を代表するクモ類であることから、調査手法をピットフォールトラップからイネ株見取りに変更して再検討した。

A 水田内すくい取り調査

アシナガグモ属については、2010年は環境保全区が

表6 水中すくい取りおよび水中ライトトラップで捕獲された水田内の水生昆虫

目	科	すくい取り		ライトトラップ	
		種数	個体数	種数	個体数
コウチュウ目	ゲンゴロウ科	3	409	4	1,839
	コツブゲンゴロウ科	1	42	1	217
	コガシラミズムシ科	3	85	3	717
	ガムシ科	2	7	3	43
	ゾウムシ科	1	144	1	99
カメムシ目	マツモムシ科	1	25	1	10
	ミズムシ科	2	42	2	14
	マルミズムシ科	1	3	0	0
	メミズムシ科	1	1	0	0
	コオイムシ科	1	262	2	78
	タイコウチ科	1	8	2	19
	アメンボ科	1	1,072	1	404
	カタビロアメンボ科	1	68	1	366
トンボ目	イトトンボ科	2	11	1	3
	アオイトトンボ科	2	44	2	24
	トンボ科	3	140	1	15
カゲロウ目	コカゲロウ科	1	262	1	1,856
ハエ目	ミズアブ科	1※	337	1※	56
	ユスリカ科	1※	4,527	1※	1,000
合計		29	7,489	27	6,760

※は未同定種を除いた数。調査は2008年（4回調査）、2009年（6回調査）に実施。個体数は水中ライトトラップは1ほ場あたり1器、水中すくい取りは1ほ場あたり10mの合計。

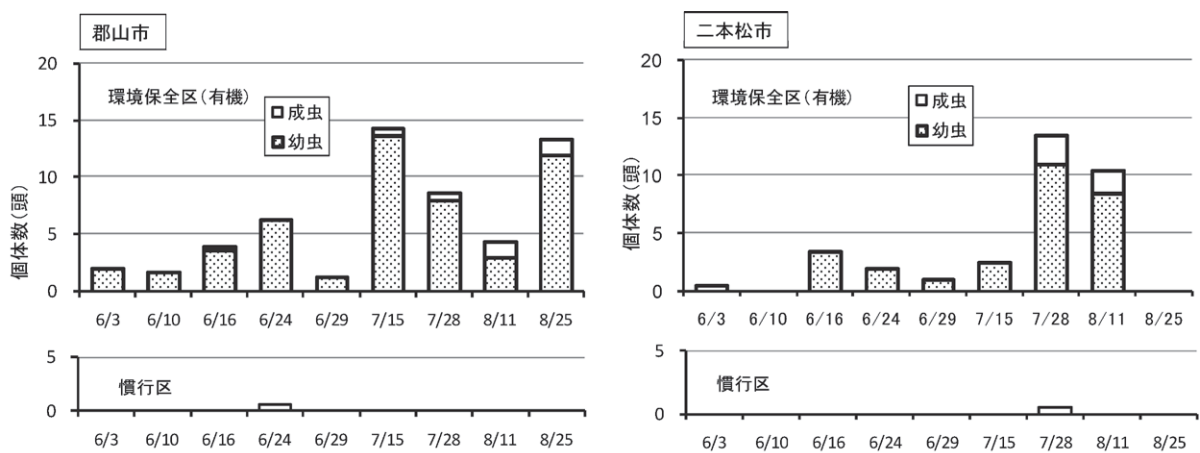


図7 水中すくい取りによるコオイムシ類の捕獲推移

コオイムシ類にはコオイムシとオオコオイムシを含む。調査は2009年に実施した。個体数は1ほ場あたり畦畔際からD型フレームネットを10mをすくい取った合計。郡山市、二本松市の環境保全区（有機）における個体数はそれぞれ慣行区と比較して有意差が認められた（一元配置分散分析 $p < 0.01$ ）

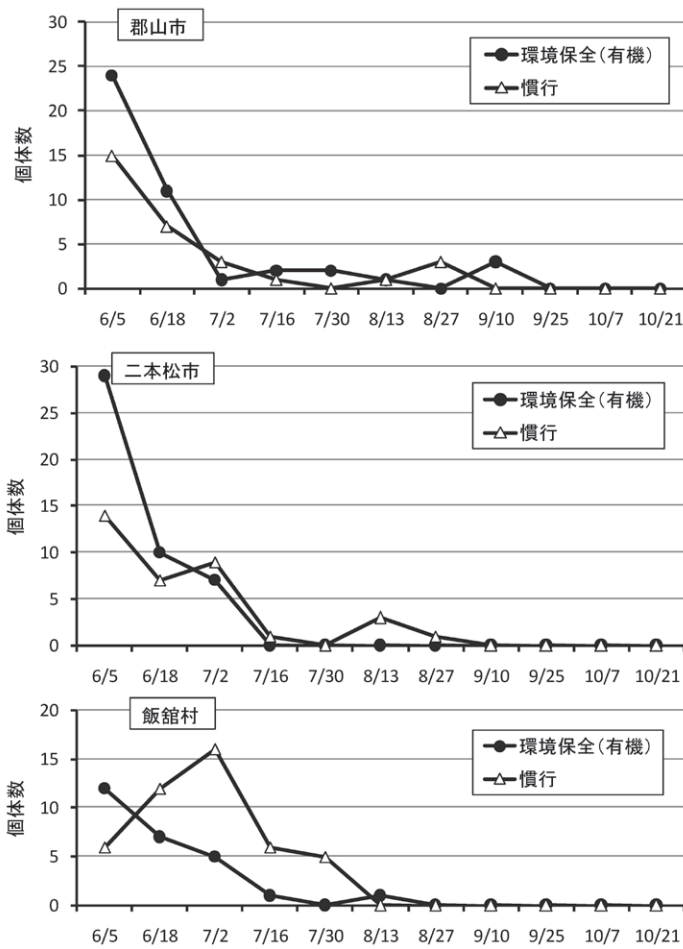


図8 ピットフォールトラップによるイナダハリゲコモリグモの捕獲数の推移

調査は2008年に実施。トラップの設置は220mlのプラスチック製コップを用い、1ほ場あたり畦畔に5個(5m間隔)×2か所とした。

慣行区と比べて有意に個体数が多かった(図9)。2011年は郡山市で環境保全区が多くなった。調査日ごとの個体数では、2010年は3回調査のうち時期が遅くなるに従って個体数が増加する傾向が見られたが、2011年はそのような傾向は確認されなかった。

B 畦畔・畦畔ぎわ見取り

まずカエル類については、指標候補種であるトウキョウダルマガエルが会津美里町と喜多方市では個体数が非常に少なく、差を見いだせなかった。一方、郡山市については2010年、2011年ともに環境保全区が慣行区よりも個体数が多かった。この地域では2009年からの4年間、安定して環境保全区が慣行区よりも多い傾向となった。次にアカネ類について、羽化殻は2010年の調査では農法間で有意差が認められ環境保全区が慣行区よりも多かった(図10)。2011年では農法間での差は見られなかった。これは会津美里町の慣行区で羽化殻数が多かったためである。アカネ属成虫では2010年、2011年ともに環境保全区が慣行よりも多かった。イトトンボ類ではモートンイトトンボが指標候補種となっているが、他のイトトンボ類も見られることから、イトトンボ科とアオイトトンボ科合計で検討したところ、2010年は会津美里町と郡山市で農法による有意差が認められた(図11)。喜多方市ではイトトンボ類がほとんど確認されなかった。

表7 ピットフォールトラップで捕獲されたゴミムシ類の種類数と個体数

調査年	地域	農法	種類数	個体数
2008年	郡山市	環境保全(有機)	6	14
		慣行	8	48
	二本松市	環境保全(有機)	11	35
		慣行	18	35
	飯舘村	環境保全(有機)	9	13
		環境保全(特裁)	13	52
2009年	郡山市	環境保全(有機)	12	56
		慣行	12	97
	二本松市	環境保全(有機)	6	8
		慣行	18	69
	飯舘村	環境保全(有機)	7	12
		環境保全(特裁)	15	46
		慣行	19	36

※数値は2008年が6/4~10/23までの11回分、2009年が5/28~10/27までの14回調査分の合計

表8 ピットフォールトラップで捕獲されたクモ類

科名	種類数	個体数
キシダグモ科 Pisauridae	1	1
コモリグモ科 Lycosidae	13	630
ヒメグモ科 Theridiidae	1	1
サラグモ科 Linyphiidae	2	3
ヨリメグモ科 Anapidae	1	1
アシナガグモ科 Tetragnathidae	2	2
ハタケグモ科 Hahniidae	1	1
ワシグモ科 Gnaphosidae	2	36
カニグモ科 Thomisidae	2	4
シボグモ科 Ctenidae	1	1
合計	26	680

調査は2008年に実施。種類数、個体数は全は場の合計

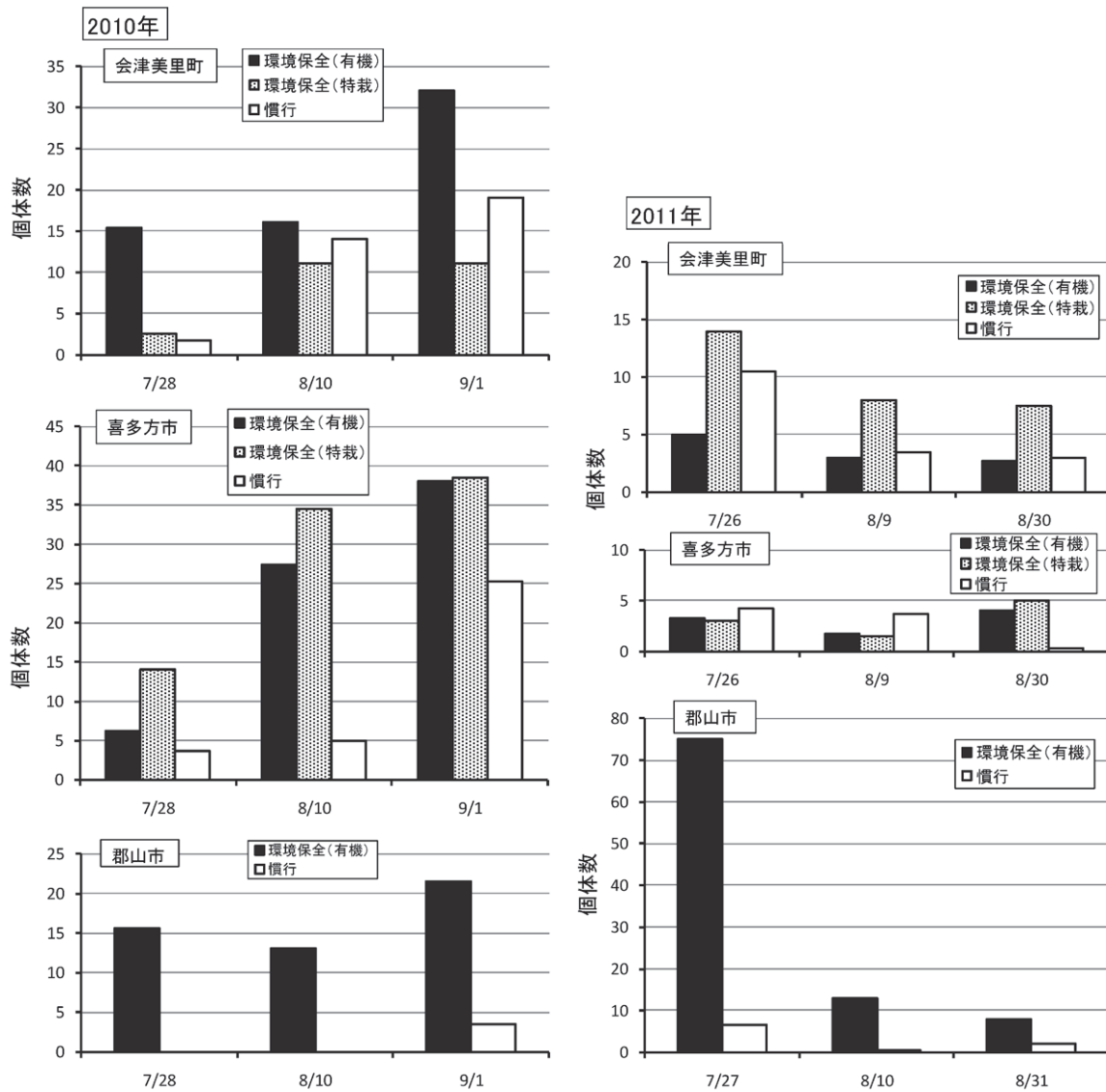


図9 水田内すくい取りにおけるアシナガグモ属の個体数

調査は直径36cmの捕虫網で水田内を1は場あたり20回振り×2カ所の合計。2010年は農法間での有意差が認められた（二元配置分散分析 $p<0.01$ ）。2011年は郡山市において環境保全（有機）区における個体数が慣行区と比較して有意差が認められた（一元配置分散分析 $p<0.01$ ）

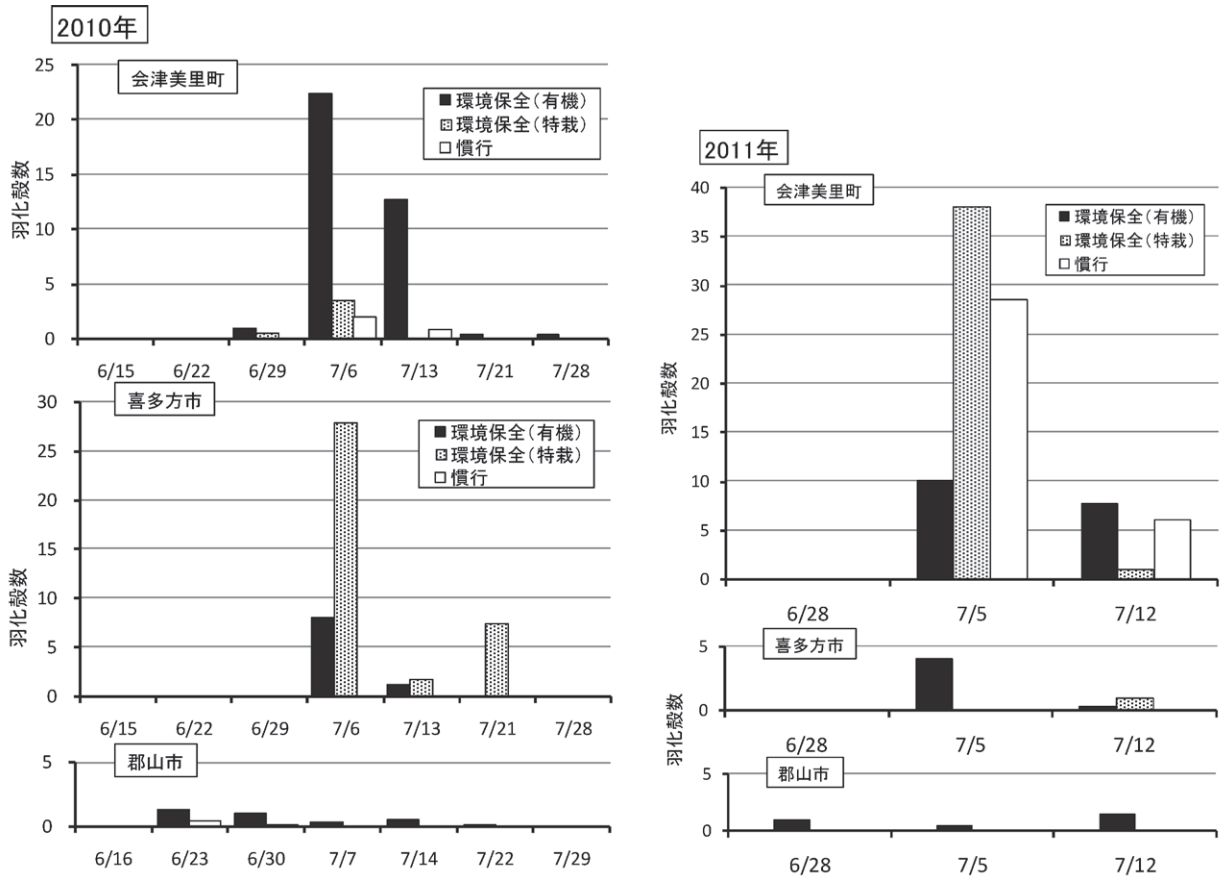


図10 畦畔際見取りによるアカネ属の羽化殻数

調査は1は場あたり10m×4カ所の合計。2010年は農法間での有意差が認められた(二元配置分散分析 $p < 0.05$ )。

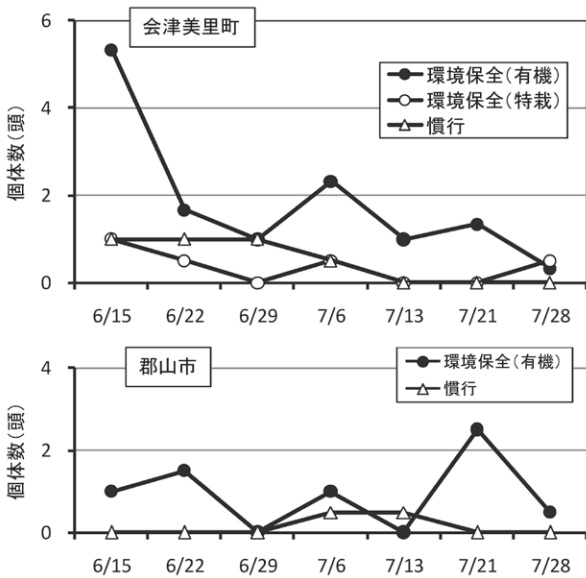


図11 畦畔・畦畔際見取りによるイトトンボ類の個体数

調査は2011年に行った。個体数はイトトンボ類はモートンイトトンボ、アジアイトトンボ、オオイトトンボ(いずれもイトトンボ科)、ホソミオツネイトトンボ(アオイトトンボ科)の合計。個体数は、農法間での有意差が認められた(二元配置分散分析 $p < 0.01$ )。

C イネ株見取り調査

コモリグモ類について調査した結果、2010年、2011年ともに環境保全区が慣行区と比べて有意に個体数が多かった(図12)。しかし、郡山市では調査時期によっては慣行区の方で個体数が多くなる場合があった。

D 水中すくい取りおよび水中ライトトラップ

捕獲個体数の評価は、現場での調査を考慮し、カタビロアメンボ科とアメンボ科を除く水生カメムシ目の合計とチビゲンゴロウを除くゲンゴロウ科、コツブゲンゴロウ科、ガムシ科、コガシラミズムシ科の合計を水生コウチュウ目とした。その結果、2010年は水中ライトトラップで水生コウチュウ目が環境保全区で有意に多く捕獲された(図13)。また、2011年は水中すくい取りで水生カメムシ目が環境保全区で有意に多かった(図14)。

E 指標種の選抜

以上の結果から指標候補種を絞り込み、指標種(グループ)を選抜した。

- (A) トウキョウダルマガエル



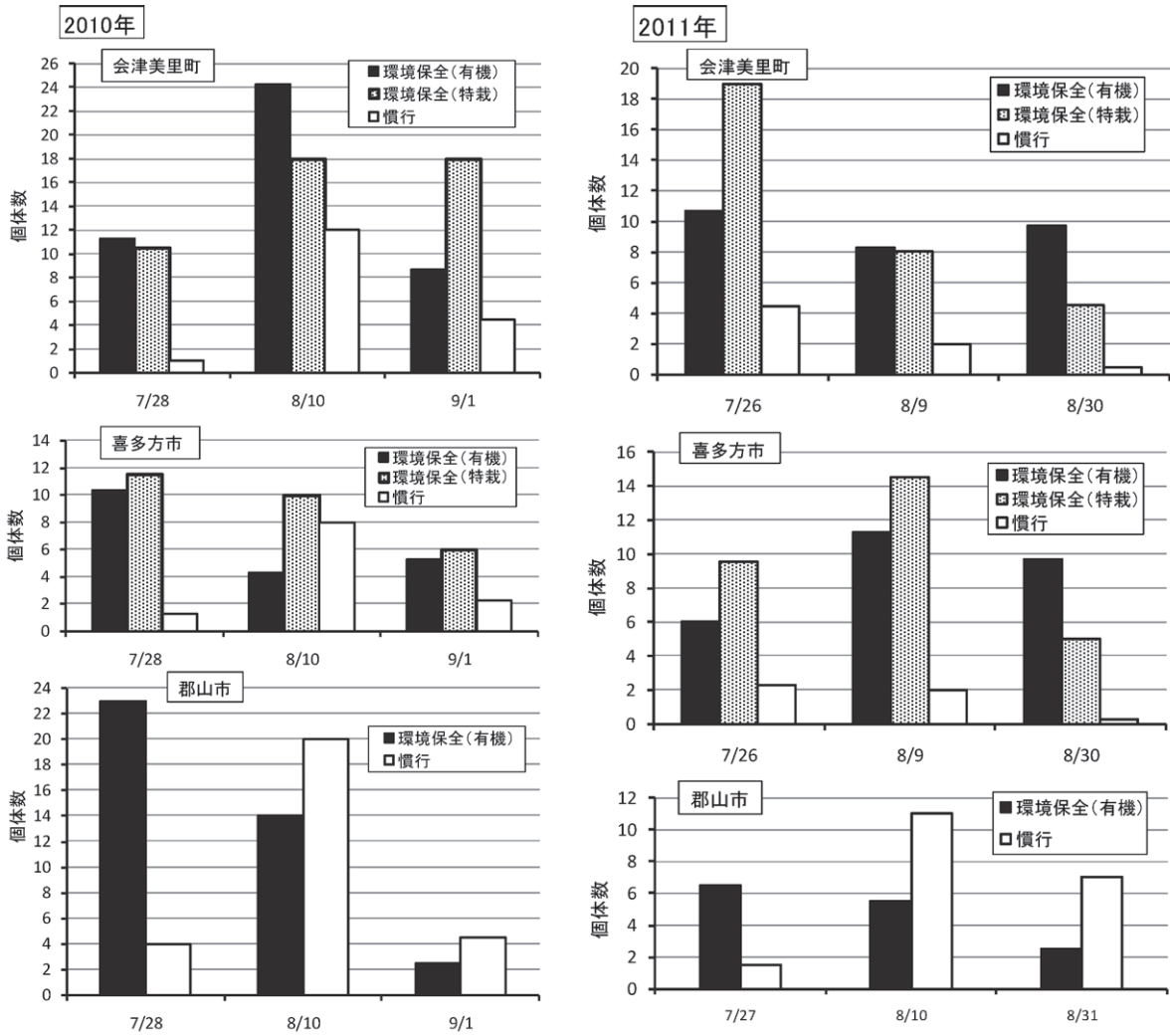


図12 イネ株見取り調査によるコモリグモ類の個体数

個体数は1ほ場あたりイネ株5株×4カ所の合計。2010年、2011年ともに農法間での有意差が認められた（二元配置分散分析  $p < 0.01$ ）。

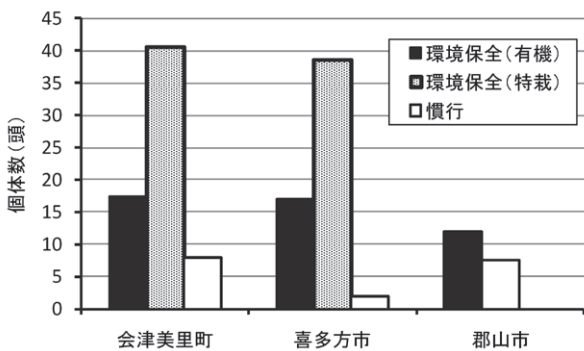


図13 水中ライトトラップによる水生コウチュウ目の捕獲数

調査は2010年6/1から8/19まで5回実施し、1ほ場あたり1器を24時間設置した。捕獲数は農法間での有意差が認められた（二元配置分散分析  $p < 0.01$ ）。水生コウチュウ目は、ゲンゴロウ科（チビゲンゴロウを除く）、コツブゲンゴロウ科、ガムシ科、コガシラミズムシ科の合計。

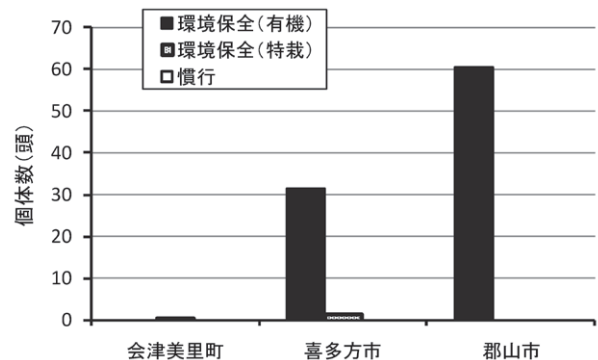


図14 水中すくい取りによる水生カメムシ目の捕獲数

調査は2011年6/22、7/6の2回実施し、1ほ場あたりD型フレーム網で1m×5回×4カ所すくい取った。捕獲数は農法間での有意差が認められた（二元配置分散分析  $p < 0.01$ ）。水生カメムシ目は、コオイムシ科、マツモムシ科、タイコウチ科、ミズムシ科の合計。

- (B) アシナガグモ属
- (C) コモリグモ科
- (D) アカネ属羽化殻および成虫
- (E) トトンボ類（イトトンボ科、アオイトトンボ科）
- (F) 水生カメムシ目（アメンボ科とカタビロアメンボ科を除く）
- (G) 水生コウチュウ目（ゲンゴロウ科、コツブゲンゴロウ科、ガムシ科、コガシラミズムシ科、ただしチビゲンゴロウを除く）

## 4 考察

### (1) 指標種の選抜

指標種の選抜のために行った最初の2年間の水田調査では、同定された種だけで約600種の生物が確認された<sup>5)</sup>。小林ら<sup>4)</sup>は徳島県における水田の節足動物相調査により450種以上を確認し、このような多様な動物群集が害虫の密度抑制にも関与していると考察している。矢野<sup>12)</sup>はこの徳島県のデータと山口県での調査結果から、水田には1,000種以上の昆虫が生息していると推測している。さらに、桐谷ら<sup>3)</sup>は水田に生息する生き物として5,668種をリストアップしている。今回の調査における種類数も未同定種を含めるとさらに増えることが考えられ、実際に調査を行った水田では矢野<sup>12)</sup>と同じように合計1,000種を超えるものと推測される。この中では昆虫類が520種と大部分を占め、次いでクモ類の64種であった。これらの中から指標種として環境保全型農法を実施した際に有意に多くなる7種（グループ）を選抜したが、水田に依存する生態は種によって異なっている。トウキョウダルマガエルは、オタマジャクシと呼ばれる幼生期を水中で過ごし、上陸した変態後も水田内や畦畔で生活をする。今回の調査で福島県における本種の上陸時期が7月中旬以降であることが明らかとなったが、慣行区では7月上旬～中旬に中干しを実施するため、まだ上陸していない幼生期に生息場所である水域がなくなってしまうことになる。これに対して、環境保全区ではほとんどのほ場で中干しを実施していない。このことが、本種の生息数に影響したのではないかと考えられる。一方、トウキョウダルマガエルと同様に確認個体数の多かったニホンアマガエルでは、上陸時期が6月であり、中干しを行う前に変態・上陸していることが明らかとなった。このため、本種は慣行区でも多数確認されたものと考えられた。このような中干しに影響される生物としてはトンボ目のアカネ属もそのひとつである。アキアカネに代表されるアカネ属は、前年水

田に産卵された卵が春の入水とともに孵化し、初夏に羽化する。今回の調査で福島県における羽化期は6月下旬～7月中旬であることが明らかとなった。この時期はちょうど中干しを実施する時期でもあり、そのタイミングによって羽化数が左右されることになるかと推測された。さらに、アカネ属については、ほとんどの慣行区で羽化数は極めて少なかったが、会津美里町の慣行区でのみ比較的多くの個体の羽化が確認されている。水田におけるアカネ属はフィプロニル系農薬による羽化数の減少が報告されており<sup>2)</sup>、今回調査した慣行区ではフィプロニル系箱粒剤を使用しているほ場が多かったものの、会津美里町ではフィプロニル以外の農薬を使用していた。これらのことは、慣行区においても中干しをはじめとしたほ場の管理方法を考慮したり農薬を変更することによって指標種を増やすことができる可能性を示唆している。一方、水田はトンボ以外の水生昆虫の生息場所にもなっている。タガメやゲンゴロウなど大・中型水生昆虫が全国各地で減少し環境省のレッドデータブックに掲載されていることから、水生昆虫に対して果たす水田の役割は重要と考えられる。今回の調査では大型の水生昆虫は個体数が少なかったため有意差検定を行うことができなかったが、コオイムシやコミズムシ、コツブゲンゴロウ、コガシラミズムシなどで環境保全区で有意な差が見られた。このことは、これらの昆虫が水田に依存して生活している証拠でもある。

### (2) 準指標種の設定

今回の調査で指標種の選抜は環境保全型農法を行った場合に有意に多くなる種を対象としている。しかしながら、水田内には個体数は少ないものの環境保全区でのみ確認された種や絶滅危惧種に指定されている種なども生息している。このような種については有意差検定ができないため指標種には選抜されていない。そこで、これらの種が確認された際に評価に反映できるように準指標種を選抜した。選抜の基準は、4年間の調査を通じて、環境保全区でのみ、もしくは環境保全区に多い傾向がある種の中から、ある程度大型で色彩や体型などが特徴的で特殊な生物学的知識が少なくても識別できる種とした。また、今回の調査では確認されなかったが、水田に生息するとされていて、大型かつ希少種とされている種からも選抜した。

まず、表9は今回の調査で確認された中型以上の種を準指標候補種として示しているが、この中で、クロゲンゴロウ、マルガタゲンゴロウは希少種ではあるものの慣行区で確認されていることから除外した。コオイムシは指標種として選抜済みであること、コシマゲ

表9 4年間の調査で確認された準指標候補種の個体数

種名	環境保全区								慣行区						
	郡山市		二本松市		飯舘村		会津美里町		喜多方市		郡山市	二本松市	飯舘村	会津美里町	喜多方市
	有機	有機	有機	特栽	有機	特栽	有機	特栽							
ゲンゴロウ※	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
クロゲンゴロウ※※	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
マルガタゲンゴロウ※	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	2	
コシマゲンゴロウ	0	0	0	0	8	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
ガムシ※※	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
タイコウチ	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
ミズカマキリ	16	1	3	4	13	1	0	0	8	0	2	0	0	0	
モートンイトトンボ※※	25	60	0	0	6	2	1	1	1	0	0	7	0	0	
キイトトンボ	1	1	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

※は国の第4次レッドリスト（2012）絶滅危惧Ⅱ類、※※は準絶滅危惧種。

個体数は二本松市と飯舘村が2008～2009年、会津美里町と喜多方市が2010～2011年、郡山市が2008～2011年の合計調査方法は、見取り、水中ライトトラップ、水中すくい取りとした。

ンゴロウは同じく水田に生息すると考えられるヒメゲンゴロウやシマゲンゴロウなどの中型種と混同しやすいこと、モートンイトトンボは希少種でもあるが近似種が多く判別が難しいことから除外した。一方、環境省や県のレッドデータブックに掲載されている希少種の中で水田に生息するとされている種は表10のとおりである。これらの中から、今回の調査で確認されなかった種の中から大型種であるタガメを選抜した。以上のことから、準指標種として、タガメ、タイコウチ、ミズカマキリ、ゲンゴロウ、ガムシ、キイトトンボの6種を選抜した（図15）。

(3) マニュアル化のための最適な調査方法

評価手法の作成にあたって、現場での調査を考慮した調査方法を検討した結果、畦畔・畦畔際見取り調査、水田内すくい取り調査、イネ株見取り調査、水中すくい取り調査、水中ライトトラップ調査の各調査は、水田1ほ場当たり2人で行うと1回の調査は10分以内に終了するため、十分に現場での対応が可能と考えられた。また、水中すくい取りと水中ライトトラップについては、どちらか一方を選択することとした。この両調査方法では、水中すくい取りでは水生カメムシ目が、水中ライトトラップでは水生コウチュウ目が有意に多く捕獲されることが明らかとなっており<sup>6)</sup>、あ

表10 水田に生息可能な希少種

種名	レッドデータランク	4年間で確認の有無
タガメ	絶滅危惧Ⅱ類（国、県）	×
コオイムシ	準絶滅危惧（国）、注意（県）	○
ホッケミズムシ	準絶滅危惧（国）	×
ミゾナシミズムシ	準絶滅危惧（国）	×
ゲンゴロウ	絶滅危惧Ⅱ類（国）、注意（県）	○
マルガタゲンゴロウ	絶滅危惧Ⅱ類（国）	○
クロゲンゴロウ	準絶滅危惧（国）	○
シマゲンゴロウ	準絶滅危惧（国）	×
ケシゲンゴロウ	準絶滅危惧（国）	○
ガムシ	準絶滅危惧（国）	○
コガムシ	準絶滅危惧（国）	○
モートンイトトンボ	準絶滅危惧（国）	○

「国」は環境省の第4次レッドリスト（2012）、「県」はレッドデータブックふくしま（2002）より





図15 準指標生物

らかじめ水田の水生昆虫相が予想されれば、その種構成によってより捕獲数が増え、より水田の水生昆虫相を反映できる手法を選ぶことが可能となる。また、この両手法で有意差の見られない種も多いことから、現場の状況やニーズによってどちらかを選択することにデメリットはないと考えられた。調査時期については、対象となる指標種が最も個体数の多い時期とした。例えば、アカネ属羽化殻と成虫であれば、羽化ピークとなる7月上旬が最適といえる。アカネ属成虫は8月～9月にも成熟個体が水田で見られるが、これらの個体は飛来個体であることから、本来その水田で羽化したものとは限らない。また、アシナガグモ類では時

期が遅くなるほど個体数が増加する年もあったが、8月以降に増加するのは幼生であることから、成体が捕獲される7月下旬～8月上旬とした。水生昆虫類はその種によってピークとなる時期が異なり、コガシラミズムシのように8月以降に増加する種もある<sup>6)</sup>。しかしながら、8月以降の水田内はイネの成長や水田雑草の繁茂、収穫のための落水などにより調査が困難となることが多い。そこで、中干し前の6月～7月上旬を調査時期とした。

#### (4) 評価手法 (マニュアル) の作成

選抜した7種 (グループ) の指標種は、環境保全区

表11 指標生物を用いた水田のスコア表

指標生物名	スコア		
	0	1	2
アシナガグモ類	5未満	5～15※	15以上
コモリグモ類	3未満	3～9	9以上
アカネ類羽化殻または成虫、またはイトトンボ類成虫	1未満	1～4	4以上
ダルマガエル類またはアカガエル類	4未満	4～15	15以上
水生コウチュウ類と水生カメムシ類の合計	1未満	1～3	3以上

※：5以上、15未満を示す。以下同様。



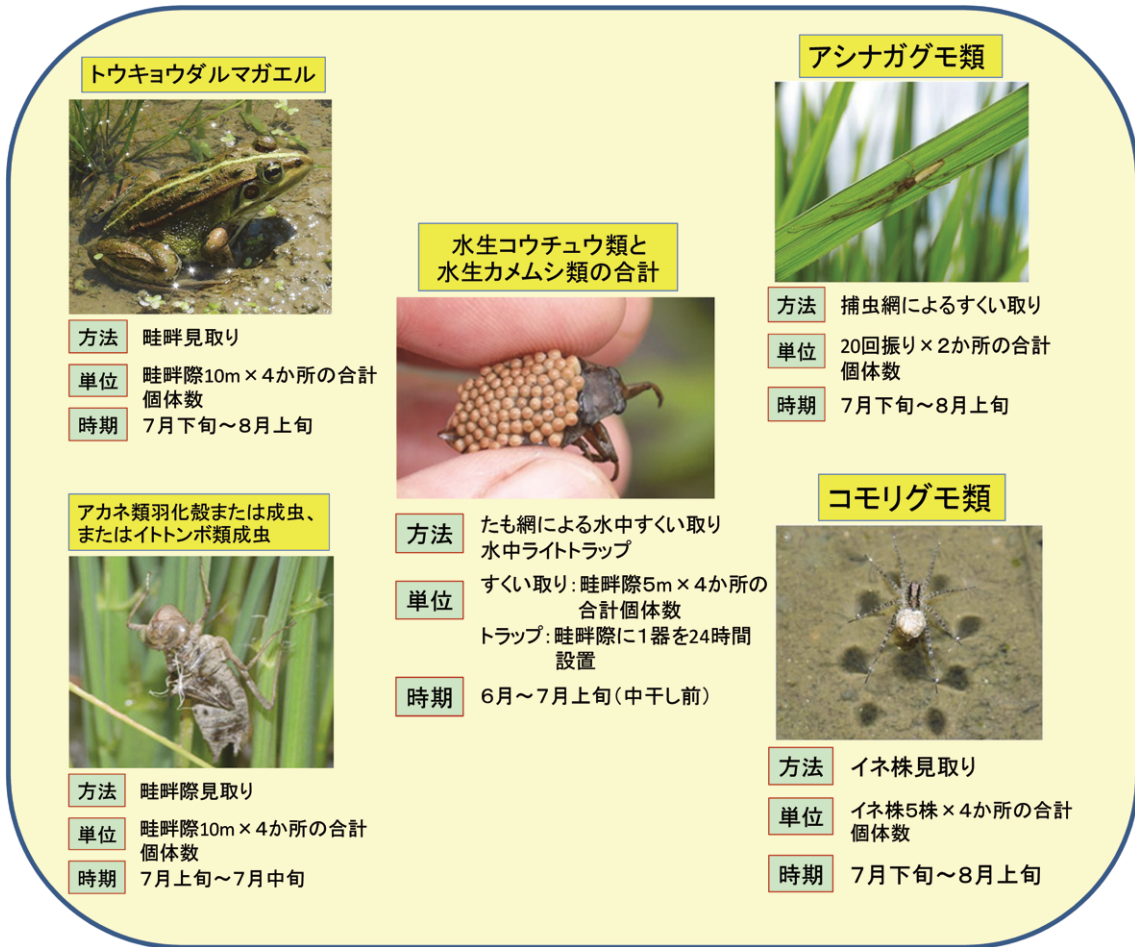


図16 指標生物と調査方法

において有意に個体数が多くなる種であることから、これらを用いて水田の評価手法を確立することが可能と考えられる。まず、指標種を調査方法ごとにグループ分けすることにより、7グループを5グループとした。アカネ属の羽化殻、成虫とイトトンボ類については、いずれも畦畔、畦畔際見取りと同じ調査方法であり、かついずれのグループも6月下旬～7月中旬に多く見られることから、同一グループとすることが可能と考えられた。このことから、指標種（グループ）を5つに分け、調査方法と調査時期を図16にまとめた。次にこれらの指標種を個体数によりスコア化した（表

11）。スコア化にあたっては4年間に環境保全区と慣行区で確認された個体数を考慮するとともに今回のプロジェクトが全国各地で同時に行われていることから、これらのデータも加味している。さらに、準指標種については、それぞれの種が1頭でも確認されれば、種ごとに1点を加算することとした。この結果、調査を行った水田で環境保全型農業で有意に多くなる指標種がどれくらい生息しているかをスコア化することができ、総スコアから環境保全型農業の取り組み効果を4段階にランク分けして評価することとした（表12）。最高ランクのSは生物多様性が非常に高く、環

表12 総スコアに基づいた環境保全型農業実践の効果

環境保全型農業の取り組み効果			
S	A	B	C
8以上	7～5	4～2	1～0

S：生物多様性が非常に高い。取り組みを継続するのが望ましい。  
 A：生物多様性が高い。取り組みを継続するのが望ましい。  
 B：生物多様性がやや低い。取り組みの改善が必要。  
 C：生物多様性が低い。取り組みの改善が必要。



図17 農業普及指導員とJA営農指導員による現地調査

左：畦畔・畦畔際見取り調査、右：水中ライトトラップで捕獲された水生昆虫の確認。調査場所：西白河郡西郷村、2011年7月7日調査実施

境保全の取り組みを継続することが望ましく、最低ランクのCは生物多様性が低く、取り組みの改善が必要という評価とした。このことによって農業に有用な生物多様性の指標種を用いた水田の評価手法がマニュアル化された。

#### (5) 評価手法の利用

今回のマニュアルはプロジェクトの方針として、農業普及指導員や農業協同組合（JA）の営農指導員などの現場指導者を対象としている<sup>10)</sup>。そこで、2011年に西郷村のJAしらかわ西郷支所管内において、県南農林事務所の農業普及指導員、JA営農指導員らを対象にこの手法を実践したところ、指標種さえ覚えれば調査方法については難しい点はなく実施者には良好な印象であった。また、通常の管理作業では見ることのできない水田の生物を確認することによって、水田の生物多様性についての認識を高めることができたとの評価も得られた（図17）。今後、この評価手法を各地で実践することによって、環境保全型農業が生物の面からも重要視されることが必要であろう。

なお、今回の成果は「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Ⅰ調査法・評価法」「同Ⅱ資料」<sup>10)</sup>にも掲載されている。本報で述べた成果は福島県版として、調査方法に水中ライトトラップも使用可能な点、準指標種による加点がある点で異なっているが、これ以外の具体的な調査方法や指標種の生物的情報については、このマニュアルを参照することで効率的な調査を実施することができると考えられる。

## 謝 辞

今回の調査にあたっては、当プロジェクトのチーム

リーダーである田中幸一博士をはじめとして、プロジェクトのメンバーの方々には大変お世話になった。また、現地調査にあたっては、福島県相双農林事務所、県北農林事務所安達農業普及所、会津農林事務所会津坂下農業普及所、同喜多方農業普及所にはほ場の選定や調査協力などでお世話になった。捕獲した生物は、谷川明男博士（東京大学、クモ類）、林正美博士（埼玉大学、水生カメムシ目）、斎藤修司氏（福島昆虫ファウナ調査グループ、コウチュウ目）、疋田直之氏（日本甲虫学会、コガシラミズムシ科、ガムシ科）、山下伸夫博士（九州沖縄農業研究センター、ゴミムシ類）、小西和彦博士（北海道農業研究センター、寄生蜂）に同定していただいた。これらの方々とは水田での調査を快諾してくださった農家の方々に御礼申し上げます。最後に、調査に多大な協力をいただいた平子喜一氏、松木伸浩氏、中村淳氏他職員の方々に感謝したい。

## 引用文献

- 1) 荒川昭弘・三田村敏正・平子喜一・松木伸浩・中村淳. 2009. 水田内の生物多様性調査のための水中ライトトラップの改良. 北日本病虫研報 60:177-179.
- 2) 神宮字寛. 2010. 耕作水田におけるフィプロニルを成分とする育苗箱施用殺虫剤がアカネ属に及ぼす影響. 農業農村工学会論文集 78 (3):219-225.
- 3) 桐谷圭治編. 2010. 改訂版 田んぼの生きもの全種リスト. 農と自然の研究所・生物多様性農業支援センター. 427pp.
- 4) 小林尚・野口義弘・日和田太郎・金山嘉久正・丸岡範夫. 1973. 水田の節足動物相ならびにこれに及ぼす殺虫剤散布の影響. 昆虫 41 (3):359-373.

- 5) 三田村敏正. 2012. 水田農業と生物多様性—農業に有用な生物多様性の指標開発プロジェクトの成果から—, 土づくりとエコ農業 2012年2・3月号: 24-28.
- 6) 三田村敏正・荒川昭弘・岸正広・山田真孝・岡崎一博. 2012. 水中ライトトラップを利用した水田の水生昆虫調査. 北日本病虫研報 63: 150-156.
- 7) 守山弘. 1998. 多様な生物が利用している水田. 水田生態系における生物多様性 (農林水産省農業環境技術研究所編). 養賢堂. pp. 55-63.
- 8) 村松雄. 1998. 水田生態系における昆虫の多様性とは何か. 水田生態系における生物多様性 (農林水産省農業環境技術研究所編). 養賢堂. pp. 127-155.
- 9) 日本自然保護協会編. 2005. 生態学からみた里やまの自然と保護. 講談社. 242pp.
- 10) 農林水産省農林水産技術会議事務局ほか. 2012. 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 I (65pp.), II (56pp.).
- 11) 田中幸一. 2004. 水田生態系における昆虫の多様性. 農業技術 59 (1) :23-28.
- 12) 矢野宏二. 2002. 水田の昆虫誌. 東海大学出版会. 175pp.