

# 水田の捕食性天敵類に与える農薬の影響

誌名	宮城県古川農業試験場研究報告
ISSN	09172904
著者名	小山,淳 城所,隆 小野,亨
発行元	宮城県古川農業試験場
巻/号	5号
掲載ページ	p. 31-42
発行年月	2005年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 水田の捕食性天敵類に与える農薬の影響

小山淳、城所隆、小野亨

## Effect of Pesticide on Natural Enemies in Paddy Field

Jun OYAMA, Takashi KIDOKORO and Tohru ONO

### 抄 録

水田および水田周辺の土着の捕食性天敵類にできるだけ影響の少ない農薬や防除法を組み合わせることは IPM を推進するうえで、また、生態系を保全するという観点からも重要である。そのため、農薬の使用が与える影響を水田の捕食性天敵類の代表種としてニホンアマガエル、クモ類ならびにアカネ属トンボ類を選び調査した。フィプロニル粒剤、イミダクロプリド粒剤の育苗箱施用ならびにシクロプロトリンバック剤の水面施用による初期害虫防除は、水田内のクモ類ならびにアカネ属トンボ類幼虫密度を低下させることが明らかになった。一方、殺虫剤を側条施用することで、その影響は緩和された。クモ類とアカネ属トンボ類幼虫密度は、除草剤で雑草を防除した場合に比べ、機械除草で低下する傾向が見られた。また、初期害虫防除や機械除草の実施によりクモ類の密度が低下した場合、登熟期間におけるツマグロヨコバイの増加率が高まった。水田内のニホンアマガエルに対しては、魚毒性B類の成分含有率が高い一部の除草剤が強い影響を示した。水田内の土着の捕食性天敵類であるニホンアマガエル、クモ類ならびにアカネ属トンボ類を保護するためには、初期害虫防除を行わないか、魚毒性の強い成分を多く含む水面施用剤を使用しないことが必要であると考えられた。

【キーワード】 水田, IPM, 土着天敵, 農薬施用, ニホンアマガエル, クモ類, アカネ属トンボ類

key word : paddy field, IPM, natural enemy, pesticide application, Japanese tree frog, *Hyla japonica*, spiders, *Sympetrum* dragonfly

### 緒 言

近年、環境に十分配慮した生産への転換が求められ、食の安全性や適正表示への消費者ニーズも高まっており、無農薬あるいは減農薬栽培といった認証制度に基づく特別栽培米が積極的に推進されている。害虫防除において生産性の低下を招くことなく、農薬への依存度を軽減するためには、農薬と農薬以外の防除手段を組み合わせ経済的被害許容水準以下に害虫を管理する I P M (Kiritani *et al.* 1973) の推進が望まれる。Nakasuji *et al.* (1975) は、畑地や水田など1年生作物が栽培されている不安定な生態系では多食性捕食者の役割が大きく、I P Mでは、これらの天敵類の働きを増強させる技術を重視すべきであるとしている。筆者らも水稲作においては土着の捕食性天敵類を保護活用した I P Mが有効であり、そのためには、天敵類に対する農薬の影響を評価し、できるだけ影響の少ない農薬や防除法を組み合わせることが重要と考える。さらに、水田および

水田周辺の生態系を保全するという観点からも、その必要性が生じている。そこで筆者らは、農薬の施用が水田内の生物相に与える影響を、土着天敵類のニホンアマガエル、クモ類ならびにアカネ属トンボ類を代表種として調査した。また、天敵類の餌種の代表種としてユスリカ類についても調査した。

ニホンアマガエルは、水田内に広く分布し、害虫を含む節足動物を捕食している (Hirai and Matsui, 2000, 小山ら2001)。クモ類は水田害虫の捕食者として知られており、ツマグロヨコバイに対する密度抑制効果が明らかになっている (Kiritani and Kawahara 1973, 小山ら 2003)。また、アカネ属トンボ類のノシメトンボが鱗翅目害虫を捕食することも知られている (平井 1998)。トンボ類は害虫類の天敵としての役割はあまり大きいとは考えられないが、アカネ属トンボ類は水田に依存する身近な昆虫類であり、環境保全型農業を進める上でも象徴種としての役割も期待できる。

材料および方法

1. 無農薬・無化学肥料栽培および減農薬・減化学肥料栽培における昆虫相の特徴

試験は1999年に宮城県農業センター（現宮城県農業・園芸総合研究所）水田圃場で実施した。試験水田の土壌型は細粒灰色低地土で、減水深は約1.5cm/日であった。供試した品種は「ササニシキ」で、3aを1区とし反復は行わなかった。第1表に耕種なら

びに防除概要を示した。無農薬・無化学肥料栽培（以下無・無栽培区とする）では、100%有機質肥料を用い、機械および手取り除草を行った。また、減農薬・減化学肥料栽培（以下減・減化学肥料栽培区とする）では、50%有機質肥料を用い、化学肥料の窒素分量と農薬使用成分数を慣行栽培の半分以下とした。特に殺虫剤を使用していないのが慣行栽培との大きな違いである。

第1表 試験圃場の耕種概要

	無農薬・無化学肥料栽培区	減農薬・減化学肥料栽培区	慣行栽培区
育苗	無農薬・無化学肥料での育苗	慣行プール育苗	慣行プール育苗
堆肥	1.5t/10a	1.5t/10a	1.0t/10a
基肥	α有機76号（有機100%） N-5.0、P-4.3、K-0kg/10a	ハルシライス有機2号（有機50%） N-5.0、P-5.0、K-3.1kg/10a	塩加燐安286号 N-5.0、P-5.0、K-6.7kg/10a
追肥		穂首分化期 ハルシライス有機2号（N-2kg/10a）	幼穂形成期 減数分裂期 NK化成（N-1.0kg/10a）
除草	田植20日後 機械除草 田植30日後 機械除草 田植40日後 手取り除草	ベンシルフロメチル・メフェソト粒剤（田植後8日）	ベンシルフロメチル・ベンチカーブ メフェソトウルフェース粒剤 （田植後8日）
病害防除		プロパナジール粒剤（6月14日） ピロキロン粒剤（7月21日）	プロパナジール粒剤（6月24日） ピロキロン粒剤（7月21日） フラメピル粒剤（7月26日）
虫害防除			シクロロトリンパック（6月2日） ピリガフェンチオン・BPMC粉剤DL （7月28日）

生息密度調査は、ツマグロヨコバイ、クモ類、アカネ属トンボ類、ユスリカ類について実施した。ツマグロヨコバイについては6月28日、7月16日、8月11日および8月26日にすくい取り法（20回振り）により調査した。また、クモ類については7月5日、7月23日、8月6日および8月19日の4回、ユスリカ類成虫は6月1日、6月8日、6月28日、7月16日、8月11日および8月26日の6回、各区30株を直接観察法により調査した。さらに、アカネ属トンボ類については、6月8日、6月23日、7月5日、7月23日に3㎡（3畦間60cm×5m）の田面を直接観察法により調査した。

2. 水田内の天敵相に与える水稻初期害虫防除の影響

1) 殺虫剤育苗箱施用剤とパック剤の施用試験

試験は2002年に宮城県古川農業試験場内水田ほ場で実施した。試験水田の土壌型は細粒灰色低地土で、減水深は約1cm/日であった。5月10日に稚苗を機械移植した（栽植密度21株/㎡、使用箱数20箱/10a）。供試薬剤は育苗箱施用剤についてはフィプロニル粒剤、イミダクロプリド粒剤とし、水面施用剤はシクロロトリンパック剤とした。フィプロニル粒剤とイミダクロプリド粒剤は移植当日に育苗箱当たり50gを散布し、灌水した後直ちに試験圃場に移植した。シクロロトリンパック剤は6月5日（移植26日後）に10a

当たり500gを水深5cmに湛水した試験圃場に水面施用した。その他、すべての試験圃場に除草剤であるテニルクロール・ピラゾキシフェン・プロモブチド水和剤10a当たり1,000mlを5月20日に、殺菌剤であるメトミノストロピン15%粒剤10a当たり1kgを7月5日に水面施用した。また、薬剤と調査対象生物の区間移動を防ぐため、移植後直ちに高さ30cmの畦シートと高さ120cmの寒冷紗を立てて区切った。区の面積は50㎡とし2反復で試験を実施した。

クモ類ならびにユスリカ類成虫密度は、6月4日から8月23日まで10～15日おきに50株の見取り法により、また、アカネ属トンボ幼虫の生息密度は、5㎡の田面水中を見取り法により調査した。ユスリカ類幼虫数は水田内に枠(20cm×50cm枠：1区3ヶ所)を置き、枠内の表土を金魚網ですくってから、水で何度も洗浄して濁りを取り除いて調査した。

さらに、アカネ属トンボ幼虫に対する殺虫剤の影響を評価するため、2002年に宮城県古川農業試験場の屋外に設置しているコンクリートポットを用いた試験を2反復で実施した。7月3日に高さ80cmまで水田土の入ったコンクリートポット(縦50cm×横50cm×高さ100cm)に水を入れた後、フィプロニル粒剤とイミダクロプリド粒剤を移植当日に育苗箱当たり50gを散布した苗をピンセットで移植し、シクロプロトリンバック剤は移植後直ちに水面施用した。あわせて殺虫剤を施用しない無処理区を設置した。薬剤処理直後にアカネ属トンボ幼虫(平均体長18.1±0.19cm)を各区20頭ずつ放飼し、処理7日後まで経時的に死亡数を調べた。

#### 2) 側条施用と播種時育苗箱施用試験

試験は2003年に宮城県古川農業試験場内水田ほ場で実施した。試験水田の土壌型は細粒灰色低地土で、減水深は約1cm/日であった。5月15日に稚苗を機械移植した(栽植密度21株/㎡、使用箱数20箱/10a)。供試薬剤は、育苗箱施用についてはフィプロニル粒剤とカルタップ粒剤とし、側条施用はカルタップ入り側条肥料とした。フィプロニル粒剤については、播種時覆土前育苗箱施用と移植時育苗箱施用の2処理とし、カルタップ粒剤は移植時育苗箱施用のみとした。フィプロニル粒剤の播種時覆土前育苗箱施用は播種直後に育苗箱当たり50gを散布し、直ちに覆土した。フィプロニル粒剤とカルタップ粒剤の移植時育

苗箱施用は移植当日に育苗箱当たりそれぞれ50gと80gを散布し、散布した後直ちに試験ほ場に移植した。カルタップ入り肥料の側条施用は移植当日に10a当たり40kgを側条施肥田植機を用いて施用した。その他、すべての試験ほ場に除草剤のテニルクロール・ピラゾキシフェン・プロモブチド水和剤10a当たり1,000mlを5月23日に水面施用した。また、薬剤と調査対象生物の区間移動を防ぐため、移植後直ちに高さ30cmの畦シートと高さ120cmの寒冷紗を立てて区切った。区の面積は50㎡とし2反復で試験を実施した。

クモ類ならびにユスリカ類成虫密度は6月4日から8月23日まで10～15日おきに50株の見取り調査法により、ニホンアマガエル幼体と成体は8月23日に200株の見取り調査法により調査した。またアカネ属トンボ幼虫の生息密度は、5㎡の田面水中を見取り調査法により調査した。ユスリカ類幼虫とニホンアマガエル幼生の生息密度は水田内に枠(20cm×50cm枠：1区3ヶ所)を置き、枠内の表土を金魚網ですくって、1)と同様に調査した。

### 3. ニホンアマガエル幼生に対する水面施用剤の影響

#### 1) トレイによる予備試験

試験は2000年6月20日に開始した。プラスチックトレイ(30cm×20cm×5cm)に30℃に暖めた水道水を水深3cmになるように入れ、水田に所定の使用量を散布した場合と同様の単位面積当たり施用量になるように供試薬剤を溶かした。直ちに、試験当日、場内水田圃場から採集した供試生物を20頭数ずつ水中に入れ、1, 2, 12, 24, 36, 48, 60時間後に死亡個体数、異常個体数(生存しているが行動が異常なもの)を調査した。水温は30℃-23℃の範囲で変動した。供試薬剤および処理濃度については第2表のとおりである。

#### 2) コンクリートポットによる本格試験

試験は2001年6月1日ならびに6月19日に実施した。コンクリートポット(縦横50cm高さ100cm)に水田土壌を高さ80cmまで入れ、無農薬で栽培したイネを植えた後に水深5cmの状態(日減水深1cm程度)で、水田に散布した場合と同じ単位面積当たり施用量となるように供試薬剤を散布した。

また、薬剤散布と同時に場内水田から採集したア

第2表 プラスチックトレイ試験供試薬剤一覧

薬剤記号	供試除草剤成分名	使用区分	10a当たり施用量
A剤	カフェストロール・シハロホップブチル・ダイムロン・ベンスルフロメチル水和剤	初中期剤	500ml
B剤	ピリミノバックメチル・ベンスルフロメチル・メフェナセット粒剤	初中期剤	1kg
C剤	ベンスルフロメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤	初中期剤	1kg
D剤	エスプロカルブ・シメタトリン・ピラゾスルフロメチル・フレチラクロール粒剤	初中期剤	1kg
E剤	シメトリン・モリネート・MCPB粒剤	中期剤	1kg
F剤	シメトリン・ベンフレセート・MCPB粒剤	中期剤	1kg
G剤規定量	フレチラクロール乳剤(規定量)	初期剤	500ml
G剤2倍量	フレチラクロール乳剤(2倍量)	初期剤	1,000ml
G剤3倍量	フレチラクロール乳剤(3倍量)	初期剤	1,500ml
G剤5倍量	フレチラクロール乳剤(5倍量)	初期剤	2,500ml

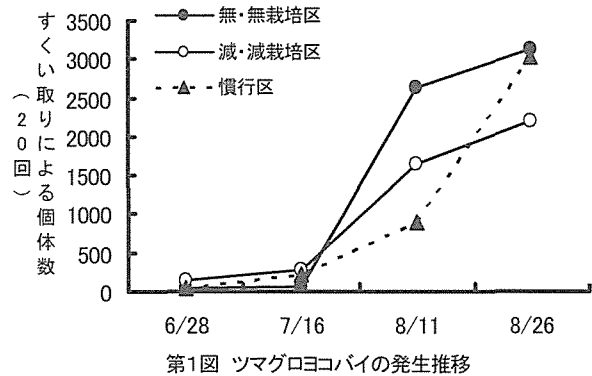
マガエル幼生をできるだけ大きさを揃えて1区15~20個体ずつポットに供試し、直後、1日後、2日後、4日後、8日後まで異常個体数および死亡個体数を調査した。試験は3反復で実施した。なお、水田圃場での除草剤の使用時期を考慮し、初期除草剤については移植当日の6月1日、中期除草剤は移植19日後の6月19日に試験を実施した。試験に供したアマガエル幼生の体長は6月1日が16~18mm、6月19日では25~30mmであった。また、散布直後、1日後、2日後、4日後、8日後の水温(9時~10時)は、6月1日の試験では、それぞれ21.5℃、23℃、27.5℃、21.5℃、20.5℃であり、6月19日試験では、それぞれ20.5℃、19.0℃、17.0℃、24.5℃、24.5℃であった。供試した薬剤は、6月1日が初期除草剤であるベンスルフロメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤ならびにアジムスルフロ・カフェストロール・シハロホップブチル・ベンスルフロメチル粒剤、6月19日は中期除草剤であるシメトリン・モリネート・MCPB粒剤ならびにシメトリン・ベンフレセート・MCPB粒剤であり、それぞれ10a当たり換算で1kgになるようにコンクリートポットに施用した。

結果

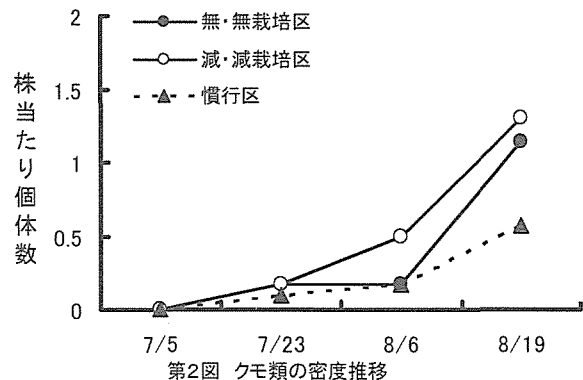
1. 無農薬・無化学肥料栽培および減農薬・減化学肥料栽培における昆虫相の特徴

すくい取りによるツマグロヨコバイの発生推移を第1図に示した。無・無栽培区、減・減栽培区および慣行栽培区の8月26日における成虫・幼虫のすくい取り数は、それぞれ3,126頭、2,193頭、3,030頭で

あった。8月11日から8月26日にかけてのツマグロヨコバイの増加率は、無・無栽培区、減・減区および慣行栽培区において、それぞれ119%、134%、344%となり、慣行栽培区で著しく高かった。第2図に捕食性天敵であるクモ類の発生推移を示した。8月26日の無・無栽培区、減・減栽培区および慣行栽培区におけるクモ類の30株当たり個体数は、それぞれ



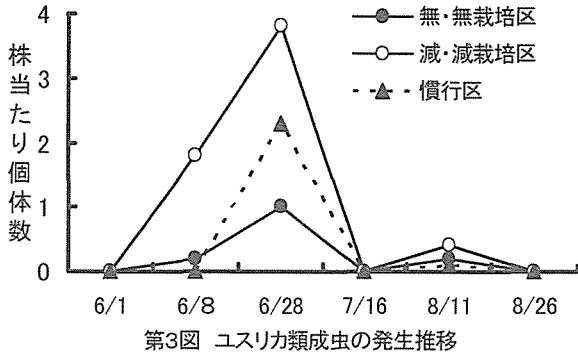
第1図 ツマグロヨコバイの発生推移



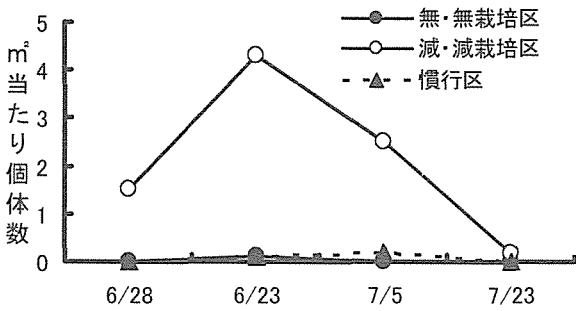
第2図 クモ類の密度推移

34.2頭、39頭、17.1頭となり、慣行栽培区で少なかった。クモ類の優占種は、キバラコモリグモ、ハリゲコモリグモといったコモリグモ類だった。また、第3図にはユスリカ類成虫の発生推移、第4図にはアカネ属トンボ類幼虫の発生推移を示した。害虫が

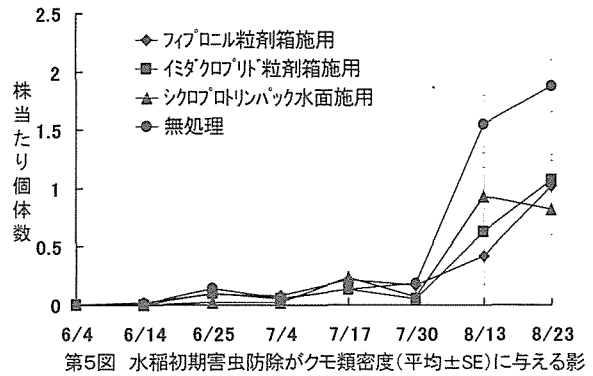
少ない時期にクモ類の餌動物として重要であると考えられているユスリカ類（主要種：ミツオビツヤユスリカ）およびユスリカ類幼虫を餌とするアカネ属トンボ幼虫（主要種：アキアカネ）は、減・減栽培区で多かった（第3,4図）。



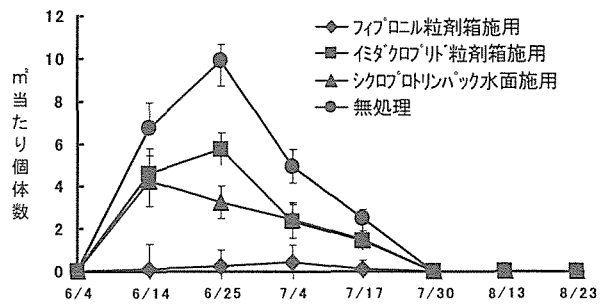
第3図 ユスリカ類成虫の発生推移



第4図 アカネ属トンボ幼虫の発生推移



第5図 水稻初期害虫防除がクモ類密度(平均±SE)に与える影響



第6図 水稻初期害虫がアカネ属トンボ幼虫密度(平均±SE)に与える影響

2. 水田内の天敵相に与える水稻初期害虫防除の影響

1) 殺虫剤育苗箱施用剤とパック剤の施用試験

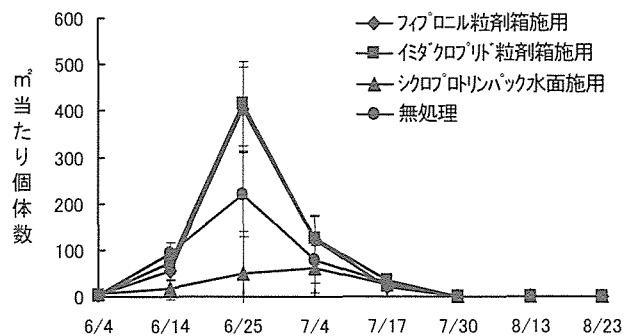
水田内のクモ類の発生は6月中旬に侵入を確認した後、7月下旬までは低密度で推移したが、8月に入って急増した（第5図）。8月下旬の生息密度は無処理区で株当たり約2頭であったのに対して、薬剤施用区はいずれも株当たり1頭前後であり、無処理区比べて有意に少なかった（Tukey検定,  $\alpha < 0.05$ ）。

アカネ属トンボ幼虫は、6月14日から試験水田内で確認され、6月25日に生息密度はピークに達した（第6図）。7月に入ると羽化が始まり、幼虫密度は低下した。羽化した結果、アカネ属トンボ成虫の多くはナツアカネであった。無処理区の発生ピーク時の幼虫密度はm<sup>2</sup>当たり約10頭であったのに対して、いずれの薬剤施用区とも無処理に比べて有意に少なかった（Tukey検定,  $\alpha < 0.05$ ）。特にフィプロニル粒剤箱施用区はイミダクロプリド粒剤箱施用区、シ

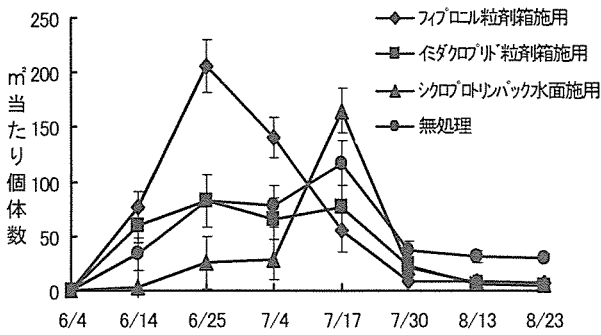
クロプロトリンパック水面施用区に対しても有意に少なかった（Tukey検定,  $\alpha < 0.05$ ）。

ユスリカ類については、6月から7月にかけてシクロプロトリンパック水面施用区での幼虫および成虫密度が、他の区に比べて少ない傾向がみられたが、有意な違いではなかった（第7図、第8図）。また、水田内のクモ類が急増した8月以降のユスリカ類成虫密度も、無処理区に対していずれの薬剤処理区でも少ない傾向がみられたが、有意な差ではなかった。

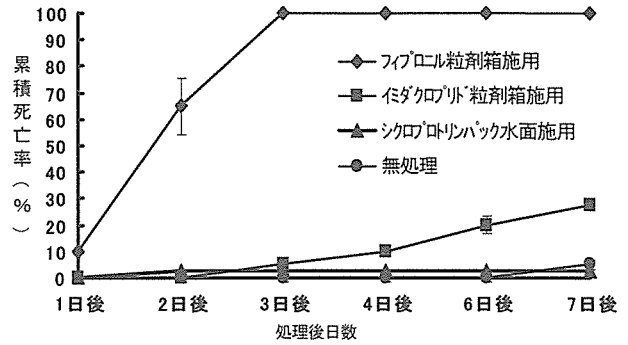
アカネ属トンボ幼虫については、コンクリートポットを用いて詳しく薬剤施用の影響を調べた。その結果、7日後の無処理区での死亡率が3%であったのに対して、イミダクロプリド粒剤箱施用区は約30



第7図 水稻初期害虫防除がユスリカ成虫密度(平均±SE)に与える影響



第8図 水稻初期害虫防除がユスリカ類幼虫密度(平均±SE)に与える影響

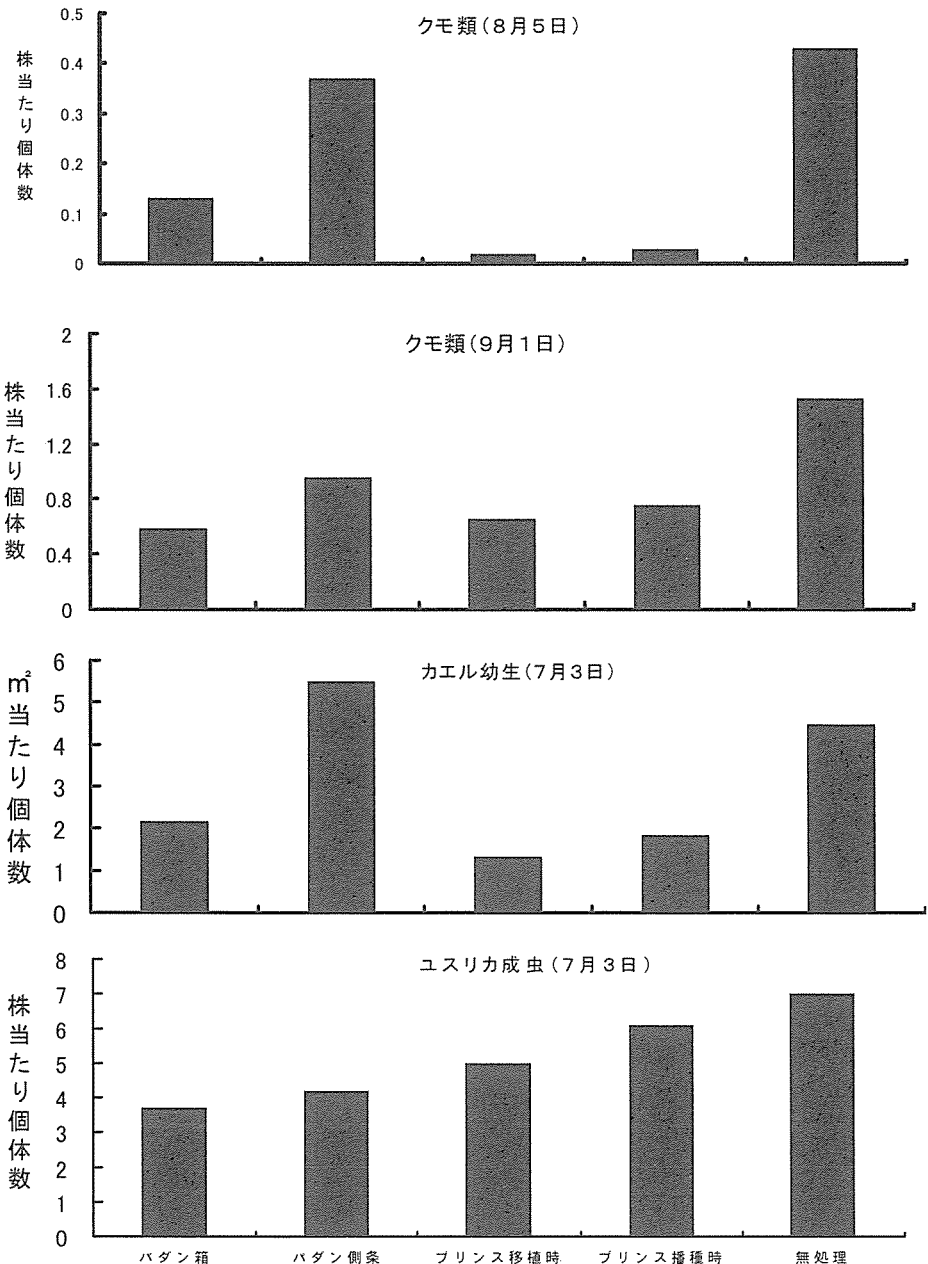


第9図 初期害虫防除がアカネ属トンボ幼虫密度(平均±SE)に与える影響(コンクリートポット)

%, フィプロニル粒剤箱施用区は100%の幼虫が死亡し, 死亡率に対する両剤の効果は有意であった(第9図, Tukey検定,  $\alpha < 0.05$ ). シクロプロトリンバック水面施用区での7日後の死亡率は2.5%であり, 無処理区との間に有意な差は認められなかった。

## 2) 側条施用と播種時育苗箱施用試験

カルタップ粒剤とフィプロニル粒剤の移植時箱施用における8月5日のクモ類の生息密度は, 両剤とも株当たり0.12個体, フィプロニル粒剤の播種時覆土前育苗箱施用が0.02個体, 無処理は0.4個体であった。カルタップ入り肥料の側条施用では約0.4個体で無処理とほぼ同等であった。フィプロニル粒剤処理では施用時期にかかわらず, 無処理に比べて個体数が有意に少なかった(Dunnett検定,  $\alpha < 0.05$ , 第10図)。9月1日では薬剤・処理法の違いによる有意な差は認められなかった(第10図)。



第10図 薬剤の処理別密度

7月3日に調査したニホンアマガエル幼生（オタマジャクシ）密度は、カルタップ入り肥料の側条施用と無処理で多い傾向が認められたものの有意な差ではなかった（第10図）。

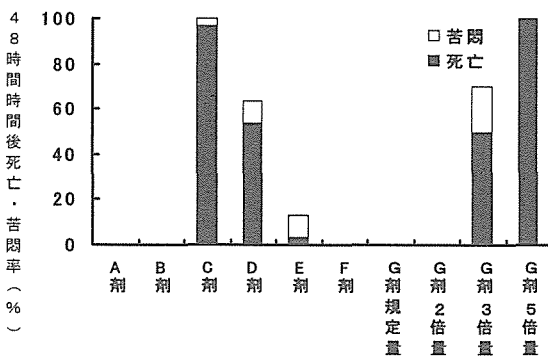
害虫が少ない時期に天敵類の重要な餌となりうるユスリカ類成虫の密度は、7月3日の調査では無処理が株当たり約7個体であったのに対してカルタップ粒剤箱施用、カルタップ入り肥料の側条施用では株当たり4個体前後であり、無処理に比べて少なかったものの有意な差ではなかった（第10図）。

### 3. ニホンアマガエル幼生に対する水面施用剤の影響

#### 1) トレイによる予備試験

試験48時間後の死亡個体は魚毒性B類成分の含有率の高い供試薬剤3剤で確認された。ベンスルフロロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤（C剤）が死亡率96.7%で最も高く、エスプロカルブ・ジメタメトリン・ピラゾスルフロリエチル・プレチラクロール粒剤（D剤）が53.3%、シメトリン・モリネート・MCPB粒剤（E剤）は3.3%であった。プレチラクロール乳剤（G剤）については、通常の濃度では死亡・異常個体とも確認されなかったが、濃度を通常量の3倍にした時の死亡率は50%、5倍では100%と同じ成分であっても濃度が高まるにつれて、死亡率が高まった（第11図）。

注）供試薬剤の成分は第2表参照



第11図 アマガエル幼生の薬剤感受性(トレイ)

#### 2) コンクリートポットによる本格試験

6月1日の初期除草剤を供した試験では、ベンスルフロロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤（C剤）により8日後に93.3%の個体が死亡し、高い影響が確認された。カフェンストロール・シハロホップブチル・ダイムロン・ベンスルフロロンメチ

ル粒剤（A剤）では、トレイ試験同様に死亡、異常行動ともにみられなかった。6月19日の中期除草剤を供した試験では、いずれの薬剤ともに死亡、異常行動ともみられなかった（第3表）。

第3表 各種農薬のアマガエル幼生に対する影響（コンクリートポット試験）

薬剤 使用区分	魚毒B類成分の8日後の累積含有濃度 (%)	死亡率 (%)
C 初期除草剤	19.5	93.3
A 初期除草剤	3.6	0
E 中期除草剤	26.4	0
F 中期除草剤	2.4	0

C ベンスルフロロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤  
 A カフェンストロール・シハロホップブチル・ダイムロン・ベンスルフロロンメチル粒  
 E シメトリン・モリネート・MCPB粒剤  
 F シメトリン・ベンフルレート・MCPB粒剤

### 考 察

#### 1. 無農薬・無化学肥料栽培および減農薬・減化学肥料栽培における昆虫相の特徴

無・無栽培区と減・減栽培区に比べて、慣行栽培区では、8月11日から8月26日にかけてツマグロヨコバイの増加が著しい。一方、この時期の慣行栽培区におけるクモ類密度の増加は、無・無栽培区と減・減栽培区に比べて抑制された。したがって、慣行栽培区におけるツマグロヨコバイの増加には、7月28日の殺虫剤施用でクモ類密度が低下したことによる捕食圧の減少が示唆された。筆者らは、土地利用型作物である水稲作において、土着の捕食性天敵類を保護活用することがIPMの推進上有効であると考えている。すでに西南暖地においては、ツマグロヨコバイの密度抑制にクモ類の捕食が重要な役割を果たすことが明らかになっているが（Kiritani *et al.* 1972）、寒冷地においてもクモ類の害虫抑制効果があるかどうかは不明であった。本研究において殺虫剤施用水田と無施用水田におけるツマグロヨコバイの発生推移を比較した結果、殺虫剤施用水田ではキバラコモリグモを主体としたクモ類の密度が低下し、それに伴いツマグロヨコバイは増加したことから、リサーチェンスといえる現象を確認したことになる。このことは寒冷地においてもクモ類が害虫を抑制することを示すとともに、捕食性天敵類に影響の少ない防除体系を構築することの重要性が示された。

また、ユスリカ類は害虫が少ない時期に天敵類の餌として重要であると考えられ、水田におけるユスリ



カ類とクモ類密度の間には正の相関があると報告されている(日鷹 1990)。無・無栽培区と慣行栽培区に比べて、減・減栽培区の6月におけるユスリカ類成虫密度は高く、ユスリカ類成虫密度の差が8月6日における各栽培区のクモ類密度の差をもたらした可能性についても示唆された。二つの栽培区でユスリカ類幼虫が少なかった主な要因は、慣行栽培区では6月2日の殺虫剤水面施用、無・無栽培区では機械除草による土壌攪乱と推察された。また、アカネ属トンボ幼虫についても、無・無栽培区と慣行栽培区では、減・減栽培区に比べて密度が著しく低かった。この要因は、ユスリカ幼虫同様に6月2日の殺虫剤水面施用と機械除草による土壌攪乱が直接影響したことで、餌となるユスリカ類幼虫の減少による影響が考えられた。アカネ属トンボ類は、幼虫期間を水中で過ごし、餌動物も水生生物であることから、同じ捕食性天敵類であるクモ類に比べて、農薬の水面施用や土壌攪乱の影響を受けやすいものと推察された。アカネ属トンボ類についてもクモ類同様に天敵類とされているが(平井 1998)、生息密度や捕食量から、コモリグモ類やニホンアマガエルに比べて、害虫類の抑制効果は低いのではないかと考えられる。しかし、農薬や耕種法の影響を受けやすいとみられることから、栽培管理手法が天敵に与える影響を評価するうえでの指標生物になりうるものと考えられる。

## 2. 水田内の天敵相に与える水稻初期害虫防除の影響

徘徊性のキバラコモリグモを主体としたクモ類は、6月や7月の調査では、無処理の密度と薬剤処理区に有意な違いはなかった。これは個体数が少ないために差を検出できなかった可能性もある。しかし、密度が増加した8月には、無処理に比べて、いずれの薬剤処理区も有意に密度が低かった。育苗箱施用剤は直接クモ類に接触することは無いため、直接の影響は少ないと考えていた。クモ類減少の原因としては、田面水に溶出した成分による影響、食物連鎖を通じた薬剤の影響(Kiritani, K. and Kawahara, S. 1973)、餌種の減少による影響などが考えられるが、今回の結果がどのような理由によるかは明らかにできなかった。詳しいことは不明である。これまで殺

虫剤の茎葉散布やBHCのような残留毒性が特に高い水面施用剤を使用した場合にクモ類に対して強い影響を与えることが確認されていた(Kiritani, K. and Kawahara, S. 1973)。しかし、シクロプロトリンバック剤のような残留性の低い水面施用剤や、天敵への影響が少ないとされてきた育苗箱施用剤を使用した場合においても、キバラコモリグモを主体としたクモ類の密度は施用しない場合に比べて低下した。したがって、クモ類を保護し、ツマグロヨコバイやウンカ類の後期多発を抑制するためには、要防除水準に基づき初期害虫の防除を実施する、あるいは前年度の発生から育苗箱施用による防除要否を判断する(上野・阿部 2004)が必要である。また、本研究において、クモ類およびカエル幼生密度に対してカルタップ入り肥料の側条施用での影響が比較的少なく、これらの天敵類に影響の少ない薬剤防除法の一つとして有効であると考えられた。

アカネ属のトンボ幼虫(ヤゴ)では、フィプロニル粒剤施用区での減少が著しかった。同剤がアカネ属トンボ類幼虫(優占種: ナツアカネ)の密度を低下させることは菅ら(2002)による報告があるが、直接的な影響か、餌種を減少させることによる間接的な影響なのかは明らかになっていなかった。今回の模擬試験では、数日で全ての個体が死亡していることから、直接的な影響が大きいものと考えられた。アカネ属トンボ類は捕食効果こそ明らかになっていないが、水田を代表する身近な生き物であり、農村環境を代表する象徴種としての役割を有すると考えられる。したがって、環境保全型稲作を進める地域にあっては、防除体系を構築するにあたって、アカトンボのように住民が親しみを感じ、保全したいと望む生物種に対する配慮も必要であろう。

ユスリカ類は、一部の薬剤で幼虫または成虫が減少する傾向はあったが、全体として明瞭な傾向は認められなかった。ユスリカ類は水田の食物網の比較的下位に位置する分解者である。生物相の比較的貧困なイネの生育初期も広く水田に普通に発生し、その個体数も多いことから、この時期の多食性捕食者(クモ類やヤゴ類、ニホンアマガエルなど)の重要な餌種となっているものと思われる。事実、報告例は少ないものの、ユスリカ類の密度とクモ類やヤゴ類の密度に正の相関が認められている(日鷹ら

1990). したがって、捕食性天敵の密度を高める方法を検討する場合においては、ユスリカ類への影響についても考慮する必要がある。

### 3. ニホンアマガエル幼生に対する水面施用剤の影響

重要な捕食性天敵であるニホンアマガエルは幼生期間を田面水中で過ごすことから、水面施用する農薬の影響が懸念される(坂 1999, 前田・松井 1989). 除草剤の成分であるPCPならびにベンチオカーブの数種オタマジャクシのLC50は、コイやミジンコなど淡水魚介類のLC50とほぼ同じ値であり、オタマジャクシに対する影響は魚毒性と密接な関係があると考えられている(Saka 1999). そのため、魚毒性の違ういくつかの除草剤を用い、致死率をエンドポイントとしてニホンアマガエル幼生に与える農薬の影響評価を試みた。

本試験においても除草剤のオタマジャクシに対する影響は魚毒性と密接に関係すると考えられた。しかし、シメトリン・モリネート・MCPB粒剤では、魚毒性B類の成分含有率が26.4%と高かったが、その含有率の割には影響は小さかった。除草成分の多くを占めるモリネートは魚毒性B類ではあるものの、主に慢性毒性を考慮した評価であるため、コイのLC50が38ppmと比較的急性毒性は弱いことが、B類成分含量が多いにもかかわらずベンスルフロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤やエスプロカルブ・ジメタメトリン・ピラゾスルフロンエチル・プレチラクロール粒剤に比べてオタマジャクシの死亡率が低い原因と考えられた。また、B類成分の含有率10%以下の除草剤では影響が見られなかったことから、B類成分含有率の比較的低い農薬を使用することにより、除草剤によるオタマジャクシへの影響を低減できると考えられた。

トレイ試験でアマガエル幼生に影響が大きかったベンスルフロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤は、コンクリートポット試験でも死亡率が高く、本剤を施用した水田では、オタマジャクシ幼生密度に大きな影響を与える可能性が高いと考えられた。トレイ試験で影響のなかった薬剤はコンクリートポット試験でも影響が見られず、トレイ試験によりアマガエル幼生に影響のない薬剤選択のモニ

タリングが可能であると考えられた。一方、トレイで死亡個体や異常行動個体が確認されたシメトリン・モリネート・MCPB粒剤はコンクリートポット試験では影響がみられず、ベンスルフロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤でも影響が緩和されていた。これらは、薬剤成分が土壌に吸着されたことが理由の一つとして考えられた。したがって、影響の高い剤をモニタリングするにあたっては、トレイ試験を一次的なスクリーニングの手段としながらも、さらにコンクリートポット試験やほ場試験が必要であると考えられる。また、トレイ試験時の水深が3cmと、コンクリートポット試験時の水深5cmに比べて浅かったことが、水中での薬剤濃度に大きく影響した可能性もあり、試験時の水深についても検討しなければならない。また、田面水中の薬剤が高濃度である時期は、散布直後から数日以内に限られており、以降速やかに減退していく(Saka 1999)。したがって、薬剤散布直後に産卵・ふ化していない種や個体はその影響を逃れることができる。Saka (1999)は、発生の進んだ幼生よりもふ化直後の幼生の感受性が低いとしている。すなわち、水田中での薬剤成分の消長と対象生物の発生消長を考慮して、水田での農薬影響を評価する必要がある。ニホンアマガエルは、水田内の生息密度が比較的高く、幅広い餌種を捕食している(小山ら 2001)。本研究において土壌のない状態で試験した結果では、魚毒性が強い成分を多く含むいくつかの除草剤でオタマジャクシに与える影響がみられたものの、土壌がある条件下での試験では一部の薬剤を除いて影響がなかった。ただし、水温や水質によっては薬剤の影響が助長されることも考えられるので、オタマジャクシへの農薬の影響を低減し、ニホンアマガエルの密度を高めるためには、できるだけ魚毒性の強い成分の含有率が低い除草剤を選択したほうがよいと考えられた。

捕食性天敵類に対する農薬影響を調べ、できるだけ影響の少ない防除体系を構築することは、土着天敵の働きを高め、農薬の低減を図っていくうえで重要である。一方、環境負荷の少ない農業が食の安全・安心といった面から求められているが、保全すべき環境や効果を示す指標が明確になっていないことが生産者の主体的な取り組みや消費者が判断するう

えで妨げになっている。カエルやクモ、トンボ類といった捕食性天敵類は害虫を抑制し、農業生産の面で価値があるとともに消費者ならびに生活者にとっても身近な生き物であり、保全に対する要望も高いと考えられる。多食性捕食者であるクモ類の密度を高めるためには餌となるユスリカ類など双翅目昆虫類が増えるような水田環境とすることが重要である(日鷹・中筋 1990)。また、カエル類は水田に生息する鳥類の重要な餌資源にもなる(長谷川 1998)。したがって、捕食性天敵の種類や数は害虫の多発しにくい圃場であることを示すと同時に、生物相が豊かな水田環境にあることも示す指標にもなりうると考えられ、これらを指標とすることで生産者自らが環境保全型農業の評価を行うことができる。また、カエルやクモ、トンボの生き物観察会などの消費者交流を実施したり、生き物調査の結果を添えて米を販売するなどマーケティング戦略への活用も可能であると考えられる。一方、特定種をシンボル種と位置づけ保全することにより、他の種への配慮がないがしろにされることも危惧される。

アカネ属トンボ幼虫密度に対して育苗箱施用剤であるフィプロニル粒剤が大きな影響を与えることは、先に報告したとおりであるが、ゲンゴロウなど鞘翅目昆虫類に対してイミダクロプリド粒剤の影響が大きいと日鷹(未発表)は述べている。さらに近年は、トレーサビリティへの対応から広域農業協同組合単位で、大面積で使用農薬を同一薬剤に統一しようとする傾向がある。環境保全を唱った米についても同様で、例えばアカトンボ米と称してPRするため地域内の育苗箱に施用する殺虫剤をイミダクロプリド粒剤とした場合は、アカネ属トンボ類は保全されても水田に依存する鞘翅目昆虫類の数が著しく減少する恐れがある。本研究において示した捕食性天敵類に対する農薬の影響は、あくまでも水田生態系を構成する一部の種と一部の農薬について調査した結果であり、農薬によって対象生物の防除効果に違いがあるように、非標的生物種に与える影響も異なることを示唆したものである。したがって、本研究においては、生物の多様性を高めたり、特定種の広域的絶滅のリスクを低減するためには、当面、地域で使用する農薬についても効率の面から統一するだ

けでなく、病害虫の発生生態や発生状況の違いに配慮した多様なメニューを用意することが一つの解決策になりうると考えられた。

## 引用文献

- 1) 長谷川雅美 1998 水田耕作に依存するカエル類群集, 江崎保男・田中哲夫編「水辺環境の保全—生物群集の視点から—」朝倉書店.53-66.
- 2) 日鷹一雅・中筋房夫 1990 自然・有機農法と害虫, 冬樹社, 東京, p.123.
- 3) 平井一男 1998 農業総覧病害虫防除・資材編 11,土着天敵・天敵資材,農文協,東京,.427-428.
- 4) Hirai, T. and Matui, M. 2000 Feeding habits of the Japanese tree frog, *Hyla japonica*, in the reproductive season. *Zoological Science* 17:977-982.
- 5) 菅 千穂子・築地邦晃・武田眞一 2002 数種農薬のトンボ幼虫羽化率に及ぼす影響.北日本病虫研報 52:155-157.
- 6) Kiritani, K. and Kawahara, S. 1973 Food-chain toxicity of granular formulation of insecticides to predator, *Lycosa pseudonannulate*, of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler. *Boty Kagaku* 38:69-75.
- 7) Kiritani, K., Kawahara, S., Sasaba, T and Nakasuji, F. 1972 *Res. Popul. Ecol.* 13:187-200.
- 8) Nakasuji, F., Kiritani and E. Tomida 1975 A computer simulation of the epidemiology of the epidemiology of rice dwarf virus. *Res. Popul. Ecol.* 16:245-251.
- 9) 小山重郎 1972 ニカメイチュウの防除要否被害水準と被害予測. 北日本病虫研報 23:127.
- 10) 前田憲男・松井正文. 1989. 日本カエル図鑑. 文一総合出版, 東京. 261-268
- 11) 小山淳・小野亨・城所隆・熊谷千冬 2001 ニホンアマガエルによる水稻害虫の捕食. 東北農業研 54:69-70.
- 12) Saka, M. 2003. Acute toxicity tests on Japanese amphibian larvae using thiobencarb, a component of rice paddy herbicides. *Herpetol. J.* 9 (2) :73-81
- 13) 坂雅宏. 1999. 両生類と化学物質. 月刊「水」 6:23-29.
- 14) Sasaba, T., Kiritani, K. and Urabe, T. 1973. A preliminary model to simulate the effect of

- insecticides on a spider-leafhopper system in the paddy field. Res.Popul.Ecol. 15:44-57
- 15) 千石安之輔 1989.写真日本クモ類大図鑑,偕成社,東京,p306.
- 16) 上野清・阿部雄幸 2004 長期持続型箱施用剤（フィプロニルを含む剤）を広域使用した地域における各種水稻害虫の発生状況. 北日本病虫 55:167-172.

## Effect of Pesticide on Natural Enemies in Paddy Field

Jun OYAMA, Takashi KIDOKORO and Tohru ONO

### Summary

For the promotion of the integrated pest management(IPM) program in paddy fields, the effect of pesticide influence on natural enemies must be reduced. The sensitivity of representative predators against pesticide such as spiders, *Sympetrum* dragonfly larvae and Japanese tree frogs, *Hyla japonica*, was investigated. All insecticide treatments, such as the nursery box application of fipronil or imidacloprid granules and paddy water application of cycloprothrin pack granules, decreased the density of spiders and *Sympetrum* larvae. Certain herbicides also negatively affected such species. The side dressing of cartap in soil diminished its effect on predators as compared with the nursery box application of this insecticide. The decrease in the density of spiders by pesticides tended to increase the density of green rice leafhoppers, *Nephotettix cincticeps*, during the ripening stage. A Japanese tree frog tadpole was greatly damaged by several herbicides containing a fish toxic ingredient at a high level. Appropriate insect pest management strategies, such as cease of insecticide application when the density of an insect pest is below the control threshold and appropriate choice of an application method, are expected to contribute the conservation of natural enemies.