

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

神宮宇 寛* 上田哲行** 五箇公一*** 日鷹一雅**** 松良俊明*****

*宮城大学, 〒982-0215 宮城県仙台市太白区旗立2-2-1

**石川県立大学, 〒921-8836 石川県野々市町末松1丁目

***国立環境研究所, 〒305-8506 つくば市小野川16-2

****愛媛大学, 〒790-0911 愛媛県松山市樽味3-5-7

*****京都教育大学, 〒612-8522 京都市伏見区深草藤森町1番地

要旨

フィプロニルやイミダクロプリドを成分とする育苗箱施用殺虫剤は、稲の吸汁性害虫を対象とした殺虫剤であり、育苗箱に用いる。本研究では、本薬剤がアキアカネ幼虫の死亡率、羽化数、羽化行動に及ぼす影響を小型ライシメータにより検証した。各ライシメータは、フィプロニル区、イミダクロプリド区および無処理区とし、それぞれ3回復で実験を行った。アキアカネ卵は、それぞれのライシメータに300卵散布した。そして、各ライシメータ中のアキアカネ幼虫の死亡率、羽化数を求めた。アキアカネ幼虫の死亡率が最も大きい値を示したのはフィプロニル区となり、羽化個体が観察されなかった。イミダクロプリド区では、フィプロニル区に比べて死亡率は低い値を示したが、幼虫の平均成長率および成虫の後翅長が無処理区よりも低下した。また、羽化異常を示す個体が無処理区に比べて高い割合で発現した。フィプロニルやイミダクロプリドを成分とする育苗箱施用殺虫剤の使用は、アキアカネ幼虫の大きな減少を招くことが示唆された。

キーワード： アキアカネ、フィプロニル、イミダクロプリド、幼虫、羽化

1. はじめに

近年、水田の普通種であるアキアカネ *Sympetrum frequens* が急激に減少しつつある(上田, 2008a; 上田, 2008b)。その原因のひとつとして、農法の変化や圃場整備事業によって起こる水田の乾燥化が指摘されている(新井, 1996; 上田, 1998)。水田農法の直接的な影響は、幼虫に対して大きいと思われるが、実際の栽培管理に基づいた水田のトンボ幼虫の生息状況を調査した報告は極めて少ない。例えば、整地方法や移植方法がアカネ属の発生状況におよぼす影響(神宮宇ら, 2006a; 伊藤・中田, 1999)や殺虫剤散布の影響を調査した報告(八谷, 2001)などがわずかに存在する。

農薬の毒性試験を目的とした研究では、対象生物がトンボの場合、アキアカネ、マユタテアカネ *Sympetrum eroticum eroticum*, シオカラトンボ *Ortherum albistylum speciosum*, イトトンボ科 *Coenagrionidae* の終齢幼虫を供試個体として、室内毒性評価が行われてきた。対象薬剤は、1950年代～1960年代および1985年に最も多く使用された除草剤、殺菌剤、殺虫剤などがある(例えば、石田・村田, 1992; 橋本・西内, 1981; 西内, 1981; Takamura & Yasuno, 1986)。現在では、水稻用殺虫剤の流通量の大部分は、散布が容易な育苗箱施用殺虫剤によって占められている。本薬剤は、分解速度が速く、稻体に吸収させ害虫の食害を防ぐことを目的とすることから、環境への残留および流出といった

負荷の少ない薬剤として注目されている。特に水生生物に対する毒性が低いとされ、本剤は水稻の苗箱処理を可能とし、農業従事者の省力化および安全性確保に大きく貢献している。

アキアカネ卵は入水直後の水温の影響を受け、卵の孵化の斉一性が増す(神宮宇ら, 2006b)。育苗箱施用殺虫剤を用いた水田では、孵化直後の若齢幼虫が田植時に溶出した薬剤に暴露することが予想される。育苗箱施用殺虫剤がトンボ幼虫や羽化個体数に及ぼす影響は、昆野(1998)によつて指摘されてはいるものの、水田の栽培管理に基づき、薬剤が孵化直後の若齢幼虫から羽化成虫に及ぼす影響を評価した研究はない。筆者らは、ライシメータを用いて、育苗箱施用殺虫剤を施用した栽培管理を再現し、アキアカネ幼虫の発生から羽化に至るまでの影響を検討した。薬剤の影響評価にあたり、幼虫個体数の経時変化から求めた死亡率、羽化個体数、羽化異常個体の発生割合および幼虫の成長率と成虫個体の後翅長を指標に、無処理区との比較を行った。

2. 材料と方法

2.1 卵の採取と保管

アキアカネ卵の採取は、2006年の9月30日、10月12、13日に行った。採取場所は、秋田県立大学フィールド教育研究センター内の慣行栽培水田である。フィールド教育

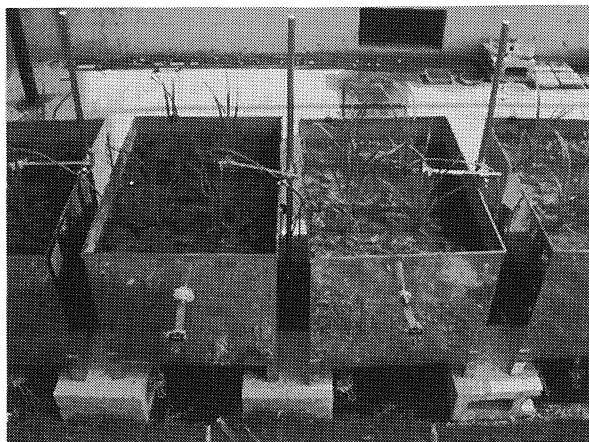


Fig.1 実験に用いたライシメータ
Layout of micro-paddy lysimeter

研究センターは、八郎潟干拓地の中央からやや南西に存在し、北緯39度59分、東経139度57分に位置する。まず、水田の水溜りで産卵をしている連結個体を捕虫網で10ペア採集した。卵の採取は、雌個体の腹端を蒸留水の入った管瓶に浸し、人為的に産卵させた。管瓶に浸された腹端からは直ちに卵が放出され、10個体の雌から総計6447個の卵を採取した。

採取した卵は、全て混和した後、50卵ずつ水田土壤20gとともに透水、通気性の良いポリエチレン製のパック(95mm×70mm)に入れた。そして、野外条件を反映するために、これらのパックをメッシュ状のプラスチックトレーに並べ、慣行栽培水田の土壤表面に置き保管した。産卵場所条件を反映させるため、卵の入った小パックは水溜りが形成されている場所に10月13日に設置した。なお、パック内の土壤は、フィールド教育センターの無農薬・有機栽培水田の表層5cm部分の土を110°Cで24時間乾燥し、1mm目合いのふるいでふるった後、植物性の残渣を取り除いたものとした。この乾燥処理は、土壤中に含まれる底生動物およびアカネ属の卵を死滅させるために行った。

2.2 ライシメータによる実験装置

実験装置には、小型ライシメータ(以下「ライシメータ」とする)を用いた(Fig.1)。ライシメータの大きさは350mm×500mm×300(H)mmである。ライシメータには、表面排水および地下浸透排水を行う排水口を取り付けた。ライシメータに充填した土壤は、土壤中の残留農薬の影響を排除するため、秋田県大潟村において過去5年間の栽培履歴が無農薬・無肥料栽培である水田土壤を用いた。大潟村の水田土壤は、粘土含量が平均51%を占める重粘土土壤であり、この水田土壤も同様と思われる。水田土壤の採取面積は2m×10mの範囲とした。土壤採集した水田では、平成18年の秋季に田起こしを行いアキアカネの産卵場所となる水たまりの形成を防ぐことで産卵が行われないようにした。また、19年4月上旬に土壤の乾燥を目的として耕起を実施した。これにより、土壤中に存在するアカネ属

Table 1 ライシメータの栽培管理方法

Field operation for the micro-paddy lysimeter

イミダクロブリド区・フィプロニル区・無処理区	
育苗	無農薬・無肥料によるプール育苗
苗品種	ひとめぼれ
栽植密度	21株/m ²
除草	手取り除草
耕起	4月上旬(圃場)・5月7日(ライシメータ)
入水	5/8
代かき	5/9 5/10
卵散布	5/12
田植	5/15

卵を排除するように努めた。1つのライシメータに充填した土壤は、高さ26cm、幅34cm×50cmとした。

ライシメータの水収支は、浸透水量10mm/d、灌漑水量20mm/d、表面排水量5mm~10mm/dとした。なお、水稻栽培期間中の蒸発散量は約5mm/dとなり、表面排水量によって水収支を合わせた。ライシメータの水位は、3cmになるよう減少した分を注水する管理を行い、8月9日まで維持した。灌漑水は、汲み置きした地下水を48時間毎日にさらした状態で用いた。ライシメータは、仙台市内の周辺が水田に囲まれた人家内に設置し、降雨が流入しないよう屋根の下に配置した。全てのライシメータの日照条件は、日中に充分な日照を受ける条件であった。水温と気温はロガー計(佐藤工業)を用いて、1時間ごとの計測を灌漑期間(5月12日から7月24日)について実施した。

2.3 対象薬剤と実験処理区

本研究で試験対象とした薬剤は、イミダクロブリドとフィプロニルを成分とする育苗箱施用殺虫剤(粒剤)である。両薬剤とも、主に吸汁性半翅目害虫をターゲットとし、昆虫の神経伝達物質の受容体に作用し神経伝達の阻害によって昆虫を死亡させる。浸透移行性の殺虫剤は、あらかじめ植物体内に薬剤を浸透移行させ、これを吸汁・摂食する昆虫を中毒死させる機能を持つ。したがって、稻の苗に吸収させ組織体に蓄積することを目的に、本剤は田植直前に育苗箱に散布して用いる。

実験の処理条件は、イミダクロブリドを成分とする粒剤(2%粒剤)の散布処理区、フィプロニルを成分とする粒剤(0.6%粒剤)の散布処理区および無散布処理区とした。イミダクロブリドとフィプロニルの散布量は、ライシメータあたり0.1558g(0.89g/m²)とした。これは、薬剤の使用方法として明記され、農業者が通常使用する育苗箱1箱あたり50gの散布量に相当する。本実験で用いたイミダクロブリドを成分とする薬剤は、移植当日から移植3日前の処理時期の登録がなされている。フィプロニルを成分とする薬剤は床土混和および播種覆土前から移植当日までの処理時期の登録であり、処理期間が長い。しかし、農業者による実際の利用では、両薬剤とも移植当日に育苗箱の

上から短時間に散布するのが一般的である。そして、苗に付着した薬剤を洗い流すために育苗箱上部から灌水を行う。上記のような利用実態に即した形で本実験の薬剤散布方法の検討を行った。すなわち、移植当日の散布では、育苗箱段階での稻体への薬剤成分の吸収は少なく、むしろ本田中に薬剤が育苗箱土壤とともに埋設され、薬剤の溶出および稻体への吸収が生じていると想定できる。したがって、実験中の粒剤の散布は、苗移植と同時に稻株の根元に埋め込むようにした。埋め込み深さは、作土層約12cmの土壤表面から深さ約3cmとした。各処理は3反復とした。

2.4 卵の散布

それぞれのライシメータには、300卵(50卵×6パック)をライシメータ中央に散布した。これは、卵や幼虫が田植時に散布される薬剤へ直接接触するのを避けるためである。卵の散布は代かき後に行い、その3日後に田植えを実施した(Table 1)。ライシメータ内の稻の栽植密度は4株とした。これは、平均的な水田の栽植密度21株/m²に相当する。

2.5 供試卵の孵化率の推定方法

卵の孵化率は実験処理区と独立に推定した。ライシメータの卵散布と同時に卵を入れたシャーレ(80mm×60mm, 150mL)を野外条件下におき、卵の累積孵化率、平均孵化日数および孵化期間を調べた。上記の指標値は、それぞれ、孵化した卵の割合、孵化に要した平均日数、孵化が起きた期間を示し、神宮宇ら(2006b)に従い算出した。1つのシャーレに1パック(50卵および土壤)を入れ、これを3つ用意した。シャーレは、日照条件が同様となるようにライシメータの隣に設置し、水位はライシメータと同じく3cmになるように、減少した分をそのつど注水した。シャーレ内の日中の水温は、ライシメータの水温とほぼ同様の値を示した。なお、孵化幼虫数の計測期間は、ほぼすべての卵が孵化するまでの30日とした。

2.6 幼虫および成虫の採集と計測

卵散布から8日目の2007年5月20日から原則として7日間ごとに7月31日まで幼虫の定量サンプリングを11回行った。定量サンプリング開始から最初の4回は、幼虫を肉眼で確認することができないため、土壤試料採取用の円筒(内径50mm)をライシメータ内に5ヶ所置き、スポットで表層の泥とともに田面水を吸い取り、シャーレに移した後、実体顕微鏡を用いて幼虫を確認した。土壤試料採取用の円筒は、採取時にコドラートのように差し込み、サンプリング後は取り外した。円筒は、ライシメータ中央部と中央部を中心に十字になるように均一な間隔で稻の株間に設置した。確認した幼虫個体数はライシメータの面積あたりの個体数に換算した。5回目以降は、幼虫が肉眼で確認できる大きさであったため2人による15分間の目視採集を行い、その実数をライシメータ内の幼虫個体数とした。

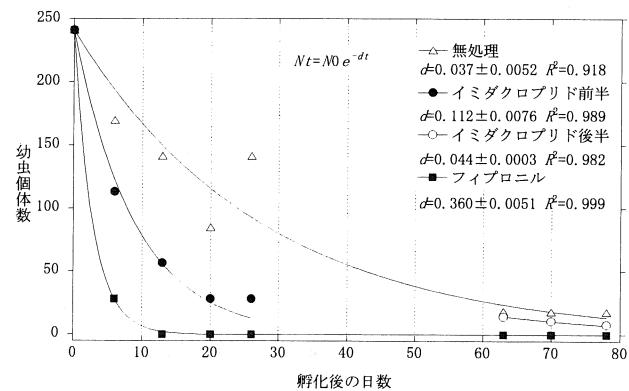


Fig.2 アキアカネ幼虫の生存曲線

Survivorship curve for *S.frequens* larva

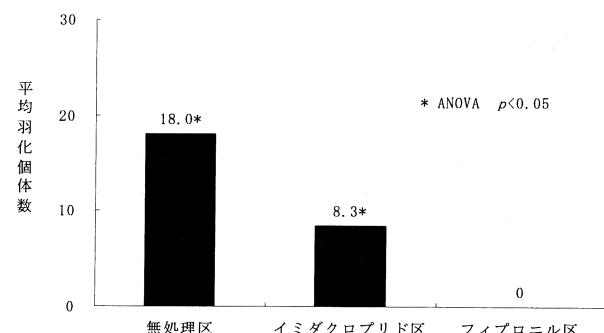


Fig.3 アキアカネ幼虫の平均孵化数

Emergence numbers of *Sympetrum frequens* larva

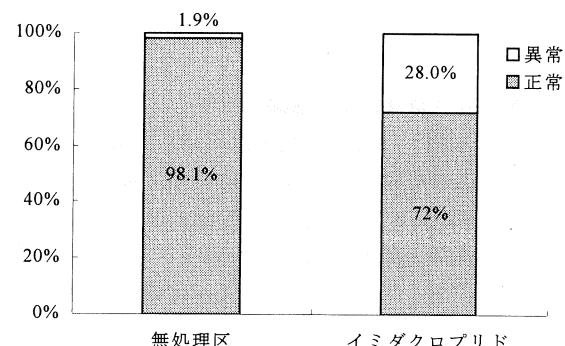


Fig.4 羽化異常個体の発生数の割合

Frequency of an abnormal emergence larva in control and Imidacloprid-treated

網目0.5mmの手網で採集した幼虫はシャーレに移し、1/10mmのマイクロメーターを設置した実体顕微鏡で頭幅を計測した。計測した幼虫は、直ちにライシメータに戻した。

羽化成虫は、ライシメータにネットをかぶせて採集した。羽化日を記録するとともに羽化殻を保管した。成虫個体は翅の形状を確認した後、雌雄の確認を行い三角紙に保管した。そして、左右の後翅長を計測した。後翅長の計測は、まず左右の後翅長を切り取り、スキャナで読み取った後、

Pixs2000Pro (inotech 製) を用いて、1/100mm 単位で計測した。

トンボの成育段階は、幼虫期、ファレート成虫期、成虫期に区分される。羽化に先立っては、幼虫から成虫への変態が始まっており、水から出ているが幼虫の殻の中にとどまっている羽化前の状態のトンボをファレート成虫と呼ぶ (Corbet, 2007)。本実験の幼虫の個体数は、水中で確認した幼虫期の個体数を指す。

羽化数とは、羽化のために水から出て稲茎などに定位行動を示したファレート成虫期以降の個体数を指す。したがって、ファレート成虫から成虫に至らなかった個体も羽化数として扱った。羽化異常個体は、ファレート成虫から羽が完全に伸びて飛べる状態までの間に死亡あるいは成虫形態に異常が認められた個体とした。

3. 結果

卵散布（5月12日）から羽化初見日（7月24日）までのライシメータの平均水温（最小値—最大値）は、フィプロニル区で21.5°C (9.4–35.5), イミダクロプリド区で21.4°C (8.8–37.1), 無処理区で21.2°C (8.9–34.3) であった。

3.1 孵化率と孵化日数

シャーレを用いた卵の平均累積孵化率は80.4±4.8%, 平均孵化日数は1.7±0.5日, 孵化期間は6.3±2.0日となった。実験に供試したアキアカネ卵は、およそ2日後に孵化の盛期があり、ほぼ7日までに孵化が完了した。

3.2 アキアカネ幼虫の生存曲線の比較

シャーレを用いた卵の累積孵化率から、散布した300個の卵に対して孵化した個体は241個体と推定される。そこで、卵散布からの平均孵化日を起点として、孵化後の日数と幼虫個体数の関係をFig.2にプロットした。この図は、孵化日を起点として各処理区の幼虫個体数（平均値）の日変化を示している。各処理区の死亡率の違いをみるために、死亡率一定と仮定した指数回帰曲線を求めた。指数回帰曲線は、次式で表される。

$$N_t = N_0 e^{-dt} \quad (1)$$

ここで、 N は幼虫個体数、 t は日数、 d は日当たり死亡率、 N_0 は孵化個体の初期値241を表す。なお、目視による5回～8回までの採集個体数は、幼虫サイズが小さく見落とし率が大きかったため、この間のデータは計算から除外した。また、後半3回分の個体数は、最終的な羽化数より少なかった場合は、羽化数で補正し、その時点での生存確実な最小個体数としてプロットした。イミダクロプリドの生存曲線は、明らかに前半部分の死亡率が高く、1本の指数曲線で回帰した場合、50日目で生存個体数0となつたため、前半部分と後半部分に分けて求めた。

回帰曲線により求めた無処理区の死亡率 d は0.037であった。フィプロニル区のアキアカネ幼虫の死亡率 d は0.360となり、無処理区よりも1桁高い値を示した。フィプロニル区では、孵化から6日目に平均個体数で28.3個体を示したが、13日目以降は幼虫を全く確認できなかつた。イミダクロプリド区では、前半の死亡率 d は0.112でフィプロニル区より低かったが、無処理区の3倍の死亡率を示した。後半は0.044であり、無処理区と大差なかつた。

3.3 アキアカネ羽化数の比較

Fig.3に各処理区の平均羽化個体数を示した。羽化個体数は、無処理区で18.0±3.6 (SD), イミダクロプリド区で8.3±1.5 (SD), フィプロニル区では0であった。無処理区とイミダクロプリド区の羽化個体数には、有意差が認められた (ANOVA, $p<0.05$)。

3.4 羽化異常率の比較

イミダクロプリド区では羽化の途中で死亡したり、脱皮後の成虫の翅に奇形が見られたりした。羽化個体数に占めるこのような羽化異常個体の割合は無処理区で1.9%, イミダクロプリド区で28%となり、イミダクロプリド区において羽化異常個体の占める割合が高かった (Fig.4, Fisherの正確確率検定, $p<0.01$)。イミダクロプリド区の羽化異常個体は、羽化定位後に死亡した個体($n=2$), 羽化途中(胸部クチクラが裂け腹部が途中まで出る)で死亡した個体($n=2$), および成虫の翅が奇形となった個体($n=3$)であった。無処理区の羽化異常個体は、羽化途中で死亡した個体($n=1$)であった。

3.5 アキアカネ幼虫の平均成長率と成虫個体の後翅長の比較

幼虫の頭幅サイズと孵化からの日数の関係を表す指數回帰式を求め、Humpesch (1979) に従い幼虫の平均成長率(G)を以下の式で算出した。

$$L_t = ae^{bt} \quad (2)$$

$$G = 100b \quad (3)$$

なお、 t は推定孵化日からの日数、 L は頭幅を表す。幼虫の頭幅は、日数とともに指數的増加を示すことから、(2)式で示した日数と頭幅の関係は指數回帰式であらわされる。この式の b を100倍した値を平均成長率として表す。幼虫の平均成長率は、無処理区で2.8±0.3%, イミダクロプリド区で2.5±0.2%となった。成虫の後翅長は、無処理区で27.7±1.03 (SD) mm, イミダクロプリド区で26.4±1.03 (SD) mmとなった。イミダクロプリド区では、幼虫の平均成長率ならびに羽化成虫の後翅長が無処理区に比べてやや小さい傾向にあるものの、処理区間での有意差は認められなかつた。

4. 考察

アキアカネの幼虫の死亡率は、フィプロニル区およびイミダクロプリド区で無処理区よりも高い値を示した。特にフィプロニル区の個体数の減少は著しかった。薬剤散布後6日目で初期孵化個体数の35%に減少しており、孵化直後の若齢幼虫初期の死亡個体数が大きいことが示唆された。フィプロニル区の羽化個体数は0個体となり、羽化に至るまで生存する個体が存在しないことが示され、フィプロニルを成分とする育苗箱施用殺虫剤の施用がアキアカネ幼虫の大きな減少を招くことが示唆された。菅ら(2002)は、フィプロニルの影響が餌動物にまでおよび、羽化に至らないアカネ属個体が生じる可能性を指摘している。本実験の結果では、薬剤散布13日後以降には、アキアカネの幼虫を確認できなかった(Fig.2)。フィプロニルを有効成分とする育苗箱施用殺虫剤は、約45~60日にわたる残効がある。この場合の残効とは、稻体に浸透した薬剤による効果と土壤に吸着した薬剤の効果をいう。土壤に吸着した薬剤は徐々に溶出することで効果が持続する可能性がある。すなわち、本剤を散布した処理区では、散布直後の薬剤に暴露する直接的な影響によって若齢幼虫が大きく減少すると推察される。仮に生き残った個体があっても、その後の薬剤の長期残効性により、全ての幼虫個体が消失したと考えられる。ナツアカネ *Sympetrum darwinianum* 幼虫においてもフィプロニル成分の殺虫剤を散布した水田では、幼虫の個体数密度が著しく減少することが指摘されている(小山ら、2005)。

イミダクロプリド区では、実験前半の幼虫死亡率は無処理区の0.037に対して0.112の値を示し、大きな差として現れなかった。薬剤散布後6日目の幼虫個体数でみると、無処理区の約60%であった。孵化直後の若齢幼虫への影響は、フィプロニル区ほどには大きくないことが示唆されたが、その影響は無視できるほどではない。後半のイミダクロプリド区の死亡率は、無処理区の0.037に対して0.044という近い値を示したが、最終的な羽化個体数は、無処理区の平均18個体に対して8.3個体と半数以下となった。さらに、無処理区にくらべて羽化異常個体の割合が有意な差として現れたことが注目される(Fig.4)。薬剤散布初期の死亡率に比べて、最終的な羽化個体数が大きく減少したのは、薬剤の幼虫に対する直接的な影響よりも幼虫の成育に間接的な影響が働いたものと考えられる。このことは、イミダクロプリド区の幼虫の平均成長率および成虫の後翅長が無処理区に比べて低下する傾向にあらわれている。

イミダクロプリドを有効成分とする育苗箱施用殺虫剤の影響は、カイミジンコ類 *Darwinula* sp. やミジンコ類 *Daphnia* sp. などの動物プランクトン相およびユスリカ類 *Chironomus* sp. に大きいことが、すでに明らかになっている。Sanchez-Bayo and Goka(2006)による実験水田を用いた研究では、イミダクロプリドの殺虫剤処理区において動物プランクトンは、試験開始後2ヶ月の間、ほとんど見出されなかった。また、その後の回復も遅く、試験期間中には無処理区の個体群密度まで到達しなかった。本実験では、

動物プランクトンの定量計測は実施していないが、多くのミジンコが無処理区の田面水中に肉眼で確認できたのに對して、上記実験と同様に、イミダクロプリド区の田面水中では、ほとんど確認されなかった。動物プランクトンは幼虫の餌資源となるので、イミダクロプリド区では、幼虫期間に餌資源の不足が生じていた可能性がある。餌資源の不足が羽化に必要な成長をもたらすことができず、羽化異常個体の発現を引き起した可能性がある。羽化異常個体の発現が餌不足によるものか、薬剤による影響なのか、あるいはその両方の複合作用によるもののかは今後の検討課題である。

室内試験によるイミダクロプリドの毒性については、オオミジンコ *Daphnia magna* 48時間急性毒性(LC₅₀)値が10~17mg/Lである(Song et al, 1997)。Sanchez-Bayo and Goka(2006)が実験水田で測定した殺虫剤イミダクロプリドの水田水中濃度は最高でも240ug/Lであり、上記の安全性評価によるオオミジンコ急性毒性値よりもはるかに低いが、カイミジンコ類やユスリカ類幼虫など多くの動物個体群に影響を与えている。五箇(2006)が指摘するように、薬剤に対する感受性は動物群で異なり、試験生物単独種を対象とした毒性試験では計り知れない現象が存在していると思われる。このことは、アキアカネの若齢幼虫にもあてはまるといえよう。アキアカネの場合、卵の孵化速度が水温の上昇とともに高まり、孵化期間が齊一化する(神宮宇ら、2006b)。そのため、薬剤の田面水への溶出時期と孵化発生直後の若齢幼虫の出現が重なり、抵抗性が低い若齢幼虫の薬剤への暴露という直接的な影響が生じたことが、近年のアキアカネ減少の一因と思われる。

5.まとめ

フィプロニルとイミダクロプリドを有効成分に含む育苗箱施用殺虫剤がアキアカネに及ぼす影響を、幼虫個体数の経時変化から求めた死亡率、羽化個体数、羽化異常個体の発生割合および幼虫の成長率と成虫個体の後翅長を指標にライシメータを用いて検討した。その結果、アキアカネの幼虫死亡率は、フィプロニル区およびイミダクロプリド区で無処理区よりも高かった。特にフィプロニル区での幼虫の死亡率は高く、羽化個体は0個体であった。フィプロニルを有効成分とする育苗箱施用殺虫剤の使用は、アキアカネ幼虫の大きな減少を招くことが示唆された。イミダクロプリド区では、若齢幼虫初期の死亡率の値がフィプロニル区と比較して小さい。しかし、羽化個体数の平均は、無処理区の半数以下となった。さらに、幼虫の平均成長率および成虫の後翅長が無処理区よりも低下した。また、羽化異常を示す割合が無処理区に比べて、有意に大きい値を示した。

本研究により、育苗箱施用殺虫剤の影響について基礎的な情報を得ることができた。今後は、実際の水田の農薬濃度の挙動とアカネ属種の発生の応答を明らかにするとと

ものに、餌動物への影響について詳細な検討を実施する必要がある。

謝辞：宮城県古川農業試験場の作物保護部から、実験用苗を供与していただいた。また、実験土壤は大潟村の農業者である斎藤一樹氏より提供いただいた。小型ライシメータの設計・製作にあたっては、東京農工大学の渡邊裕純准教授から助言をいただいた。実験の遂行にあたり中島香子氏、川村陽子氏、秋田県立大学フィールド教育研究センターの田代卓准教授および技師の方々には、様々な便宜を図っていただいた。以上の方々に深く感謝申し上げる。なお、本研究は、平成18年度科学技術研究費（若手研究B）、課題番号18780188）および環境省EXTEND2005フィージビリティースタディーの研究補助金を受けて実施した。

引用文献

- 新井 裕 (1996) : 水田に適応したアカトンボ, 昆虫と自然, **31**(8), 23-26.
- Corbet, P.S. (2007) : トンボ博物学—行動と生態の多様性—, 椿 宜高・生方秀紀・上田哲行・東和敬監訳, 海游舎, p.229.
- 五箇公一 (2006) : 水田のメソコズムを利用した殺虫剤の影響評価－化学物質生態影響評価に対して生態学者ができること－, 農薬環境科学研究, **14**, 23-34.
- 橋本 康, 西内康浩 (1981) : 農薬の水生動物に対する毒性試験法の確立, 日本農薬学会誌, **6**, 257-264.
- Humpesch, U.H. (1979) : Life cycles and growth rates of *Baetis* spp. (Ephemeroptera: Baetidae) in the laboratory and in two stony streams in Austria., *Freshwater Biology*, **9**, 467-479.
- 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, 名城大農学部, **28**, 1-12.
- 伊藤清光, 中田唯文 (1999) : 直播水田と移植水田におけるトンボの発生比較, 北日本病虫研報, **50**, 141-144.
- 神宮宇 寛, 田代 卓, 佐藤照男, 露崎 浩, 近藤 正 (2006a) : 作土層の攪拌を抑制した農法がアカネ属の生息状況に与える影響, 農土論集, **74**(1), 133-140.
- 神宮宇 寛, 露崎 浩, 佐藤照男 (2006b) : アキアカネ卵の孵化におよぼす光と水温の影響, 農土論集, **74**(3), 79-84.
- 昆野安彦 (1998) : 水田の生物相に及ぼす殺虫剤の影響評価, 環境毒性学会誌, **1**(2), 87-92.
- 西内康浩 (1981) : 農薬の水生動物に対する影響評価—I, 数種水生昆虫に対する農薬の影響, 生態化学, **4**(2), 31-46.
- 小山 淳, 城所 隆, 小野 亨 (2005) : 水田の捕食性天敵類に与える農薬の影響, 宮城古川農試報, **5**, 31-42.
- Sanchez-Bayo,F., and Goka.K (2006) : Ecological effects of the insecticide imidacloprid and a pollutant from antidandruff shampoo in experimental rice fields. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **25**, 1677-1687.
- Song, My., Stark, J.D., and Brown, J.J. (1997) : Comparative toxicity of four insecticides, including imidacloprid and tebufenozide, to four aquatic arthropods, *Environmental Toxicology and Chemistry*, **16**, 2494-2500.
- 菅 千穂子, 築地邦晃, 武田真一 (2002) : 数種農薬のトンボ幼虫羽化率に及ぼす影響, 北日本病害虫研報, **53**, 155-157.
- Takamura,K. and Yasuno,M (1986) : Effects of pesticide application on chironomid larvae and ostracods in rice field, *Applied Entomology of Zoology*, **21**, 370-376.
- 上田哲行 (1998) : 水田のトンボ群集, (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一, 朝倉書店, 93-110.
- 上田哲行 (2008a) : アキアカネの減少傾向と減少時期—会員へのアンケート結果から一, SYMNET, 10, p.2.
- 上田哲行 (2008b) : 赤とんぼネットワーク会員によるアカトンボセンサス2007(速報), SYMNET, 10, 3-9.
- 八谷和彦 (2001) : 水田におけるアカトンボ2種の羽化密度, 北日本病虫研報, **52**, 126-128.

[2008. 5. 1.受稿, 2008. 12. 11.閲読了]
[この研究論文に対する公開の質疑あるいは討議(4,000字以内, 農業農村工学会論文集編集委員会あて)は, 2009年8月24日まで受けます。]

Effects of Imidacloprid and Fipronil insecticide Application on the Larvae and Adults of *Sympetrum frequens* (Libellulidae:Odonata)

JINGUJI Hiroshi*, UEDA Tetsuyuki**, GOKA Koichi****,
HIDAKA Kazumasa**** and MATSURA Toshiaki*****

* Miyagi University, 2-2-1 Hatatake, Sendai, Miyagi 982-0215, JAPAN

** Ishikawa Prefectural College, 1 Suematsu, Nonishi, Ishikawa 921-8836, JAPAN

*** National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506, JAPAN

**** Ehime University, 3-5-7 Tarumi, Matsuyama, Ehime790-0911, JAPAN

***** Kyoto University of Education, 1 Fukakusa Fujimori, Fushimi, Kyoto 612-8522, JAPAN

Abstract

The insecticides fipronil and imidacloprid are effectively used against sucking insect pests of rice. Since these agents are absorbed by rice seedlings and stored in their tissues, they are usually applied to nursery boxes before planting. The effects of imidacloprid and fipronil on the life history of *Sympetrum frequens* larvae and adults were monitored using an experimental micro-paddy lysimeter(350mm×500mm×300mm (H)) for the duration of the cultivation period. Three lysimeters were treated with imidacloprid, three with fipronil, and the remaining three were left untreated and were used as controls. Three hundred eggs were laid on the soil surface of each of the nine lysimeters and the larval populations, larval development, and emergence patterns of *Sympetrum frequens* were observed in each lysimeter. The absence of *Sympetrum frequens* larvae from fipronil-treated-lysimeters was most remarkable and exuviae were not observed. Imidacloprid-treated-lysimeters had approximately 60% of the larvae observed in control lysimeters. In addition, larvae in the imidacloprid lysimeter had lower mean specific growth rates and the length of adult wings was decreased relative to those observed in the control lysimeter. Emergence in imidacloprid lysimeters was also significantly lower than it was in the control. The application of fipronil and imidacloprid to seedling in the nursery box, and the subsequent transplanting of these into an experimental lysimeter, was associated with a decrease in the abundance of *Sympetrum frequens* larvae and adults.

Key words : *Sympetrum frequens*, Fipronil, Imidacloprid, Larvae, Eemergence