

# 水生昆虫および水生生物に対する農薬影響研究の現状

東北大学大学院農学研究科環境生物機能学講座 こんのやすひこ

## はじめに

野外に散布された農薬は、散布された地域の生態系を構築する動植物に影響を与えるとともに、河川・土壌・大気・作物を通じてその影響が拡大することが懸念される。農薬のターゲットの一つである昆虫に目を向けてみると、農薬がらみで研究された昆虫種に歴史的変遷があるのに気づく。すなわち、①害虫を対象としていた時代、②害虫に加えて天敵昆虫も対象とした時代、③そして現在の、害虫でも天敵でもない昆虫種に対する農薬影響も研究の対象にする時代である。

害虫でも天敵でもない昆虫種を農薬の研究対象にする理由として2点が挙げられる。一つは冒頭で示した環境意識の高まりである。以前は見られたタガメやゲンゴロウが今はすっかり減少し、その原因の一つとして農薬の影響がしばしば論議される。ところが、実際にこれらの水生昆虫が農薬にどれほど弱いかを示した研究例は、実は少ない。水生昆虫保護のための農薬影響を論じるためには、科学的根拠が不可欠である。

化学物質の生態系を構築するさまざまな生物に対する影響評価試験としては、OECDのテストガイドラインが国際的に認められている(畠山, 1998)。もっとも現行のOECDで扱う淡水産の生物種は緑藻, ミジンコ, 魚類の3種のみで生態系を論じるにはあまりに少ない。そのためOECDでは新たな生物種の検討に入っており、その中には水生昆虫も含まれている。二つ目の理由は、OECDに代表される水生昆虫を化学物質の生態影響評価試験のメルクマールにしようとするこの国際的な動きである。

前置きが長くなったが、以下、陸水(流水域と止水域)に生息する水生昆虫・水生生物に対する農薬の影響研究事例を紹介する。

## I 流水域の水生昆虫・水生生物への農薬の影響

水田に施用された農薬は用水路を通過して河川に流れ込

Effects of Pesticides to Aquatic Organisms. By Yasuhiko KONNO

(キーワード: 水生昆虫, 農薬, バイオアッセイ, 環境, 空中散布)

む。また空中散布された農薬も同様である。以下、流水域に生息する水生昆虫・水生生物に対する農薬影響の研究例を紹介する。

### 1 農薬空中散布の底生水生昆虫への影響

流水域の水底には、カゲロウ・カワゲラ・トビケラ・ユスリカ類など、さまざまな水生昆虫の幼虫が生活している。これらの水生昆虫類は河川生態系を構築する生物群として無視できない存在である(例えば魚類の餌として)。河川に流入する農薬はこれら底生の水生昆虫にも当然影響はあり、例えば農薬の空中散布後に河川を流下する個体数が増加する例が報告されている。図-1は筑波山麓の水田地帯にフェニトロチオンが空中散布された際の、水田地帯を流れる河川に流下ネットを設置して、流れてくる水生生物の個体数を記録したデータである(HATAKEYAMA et al., 1990)。一般に流水域の水生昆虫は夜間流下する性質をもち、図-1でも空中散布前はその傾向が現れている。ところが空中散布が早朝行われると、散布直後の昼間に多数の個体が流下することが分かる。この異常な流下(時間帯と個体数)はフェニトロチ

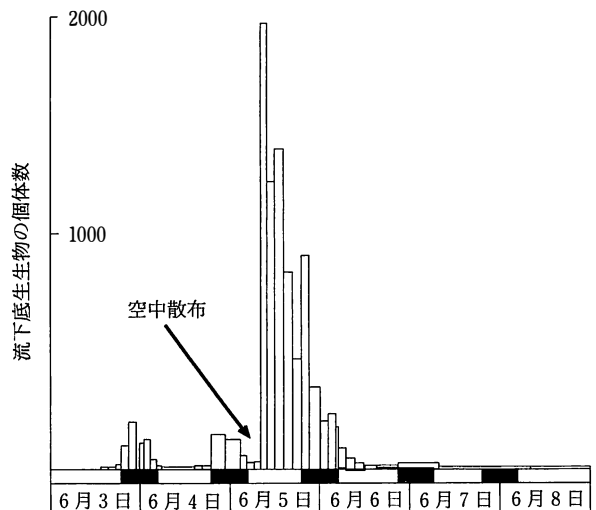


図-1 農薬の空中散布前後における底生生物の流下個体数の変化

調査地は筑波山麓。散布農薬はフェニトロチオン(2 l/ha)とカルバリル(2,400 g/ha)。散布日時は1987年6月5日早朝で、その前後6月3日~8日のデータが示してある。黒く塗りつぶした時間帯は夜間。(HATAKEYAMA et al., 1990より引用)。

オンによる中毒・致死の影響であると考えられる。

## 2 ヌカエビを用いた河川水農業の生態影響評価試験

ヌカエビ *Paratya compressa improvisa* は止水域から流水域まで我が国の陸水を代表する体長 30 mm ほどの淡水産エビである。飼育が容易なことや、化学物質に対して高い感受性を有することから、化学物質の生態影響評価を検討するうえで有用な生物である。事実、OECD の生態影響試験の新たな試験生物として淡水産エビ類が候補に挙げられている。

国立環境研究所の畠山らはヌカエビを用いて河川水の農業の生態影響試験を実施している。その試験方法の一例を以下に示す。①調査河川の水をサンプリングし、研究室に持ち帰る。②生後 4 週間のヌカエビを河川水 100 ml あたり 8 個体導入する。③観察は毎日、14 日間行い、そのつど死亡個体を除去してその数を記録する。④河川水 1 サンプルあたり、反復を 3 回以上行う。ヌカエビの飼育に関しては成書を参照されたい (環境毒性学会, 近刊)。

図-2 は水田に空中散布された後に河川に流れ込んだ農薬の急性毒性をヌカエビを用いて調べた結果である (HATAKEYAMA and YOKOYAMA, 1997)。調査河川は山形県の水田地帯を流れる砂川で、周囲の水田に空中散布 (有機リン剤のフェンチオン) が行われた後、砂川の河川水を数時間おきにサンプリングし、サンプリング水がヌカエビにどのような毒性を有するか検討している。上段は河川水から検出されたフェンチオンの濃度、下段がヌカエビの死亡率である。空中散布が行われる前の河川水には全く毒性がないのに、水田に空中散布が行われると、散布 6 時間後の河川水に早くも 100% の死亡率が検出される。農薬の空中散布は農薬の悪しき点としてやり玉に挙がること多いが、意外なことに空中散布の生態系への直接影響、とくに水生生物への影響を解明した研究例は少ない。畠山らは山形県のほかにも、同様の試験を霞ヶ浦水系、小貝川などで行っているの、機会があれば原著を参照されたい。

## 3 カゲロウ類幼虫に対する農薬毒性の室内試験

一般に室内で水生昆虫への農薬影響を見る場合、止水域の昆虫種が用いられる。これは薬液を入れたピーカーがあれば、簡単に試験ができるからである。一方、流水域の昆虫種の場合は、室内で農薬影響を調べる試験はなかなか厄介である。常に水が流れる環境を作成しないと、流水域の昆虫種の場合は飼育そのものが難しいからである。国立環境研究所の多田らは塩化ビニル製の実験水路を室内に作り、農薬を水路に添加して水生昆虫への影響を調べている。表-1 は鬼怒川と小桜川で採集した

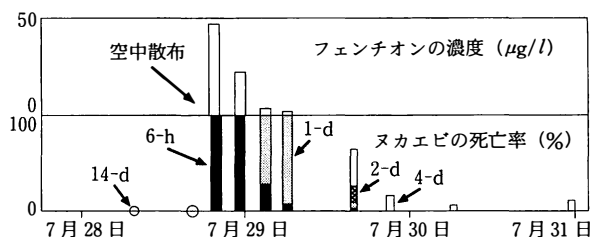


図-2 農薬の空中散布前後における河川水中の農薬濃度とヌカエビに対する毒性試験

調査地は山形県砂川。散布農薬はフェンチオンとエディフェンホス。散布日時は1990年7月29日早朝で、その前後7月28日~31日のデータを示してある。6-h(■), 1-d(□), 2-d(□), 4-d(□), 14-d(○)は、それぞれ6時間、1日、2日、4日、14日間ヌカエビを採取河川水中においた時の死亡率を表している。(HATAKEYAMA and YOKOYAMA, 1997より引用)。

表-1 実験水路中のBPMCに対する河川底生昆虫(幼虫)の感受性(多田, 1998より引用)

種類	48時間後のLC <sub>50</sub> (μg/l)
チラカゲロウ	73
エルモンヒラタカゲロウ	11
シロタニガワカゲロウ	17
シロハラコカゲロウ	2
ウルマーシマトビケラ	124
オオヤマカワゲラ	42
ヘビトンボ	>160

水生昆虫のBPMC(カーバメート剤)に対する感受性試験である(多田, 1998)。これによると藻類を食すカゲロウ類は比較的感受性が高く、それらの捕食者であるカワゲラ類・ヘビトンボは感受性が低い傾向にあることが読みとれる。このように種間には多少のばらつきはあるが、魚類(コイ・ヒメダカ・グッピー・ドジョウ)のBPMCに対するLC<sub>50</sub>が1.6~17 mg/l、同じくアメリカザリガニ(1.8 mg/l)、オオミジンコ(0.32 mg/l)などに比べると、水生昆虫のLC<sub>50</sub>(ヘビトンボの>0.16 mg/lをのぞき、0.02~0.124 mg/l)は極めて高感受性であることが理解できる。

## II 止水域の水生昆虫・水生生物への農薬の影響

里山の生物への関心が近年高まり、田んぼやため池などの止水域の水生昆虫の動向が注目されている。以下、止水域の水生昆虫に対する農薬影響の研究例を紹介する。

### 1 ヒメアメンボ

水生カメムシ類であるアメンボ類は水生昆虫の範疇に入るものの、全生活史(越冬期を除く)を通して水面を歩行する生態を有する。このためアメンボ類は水生昆虫の中ではやや異質な一群と言える。一方、この水面を歩行する生態によるのかもしれないが、マツモムシ、コオイムシなどの水生カメムシ類の多くが水田から消えつつある中で、アメンボ類は水田にまだまだ健在である。アメンボ類は水面に落下した昆虫を捕食するが、とくに水田に普通に見られるヒメアメンボは斑点米の原因となるカメムシ類やコバネイナゴなどを捕食するため、天敵昆虫としての側面をあわせ持つ。

ヒメアメンボに対する農薬の影響を調べたのが表-2である(昆野, 1999 a)。アメンボ類が水面歩行する生態を考慮し、前胸の背面に殺虫剤を添加する局所施用法(LD<sub>50</sub>)と、試験水に殺虫剤を溶かした農薬添加水法(LC<sub>50</sub>)の2種類の試験を行った。局所施用法ではネオニコチノイド系殺虫剤のイミダクロプリドの毒性が高く、他の3薬剤に比べて10~260倍毒性が高かった。一方、農薬添加水法ではイミダクロプリドだけが特に毒性が高いということはなかった。農薬添加水法では、処理薬剤は水面から脚部を通してヒメアメンボの体内に取り込まれるが、施用法によって異なった結果の得られた表-2の試験結果は、水生昆虫に対する農薬影響の複雑さを示している。

一般に天敵昆虫は害虫よりも薬剤に弱い。ヒメアメンボの場合もニカメイガ、イネドロオイムシ、コバネイナゴに比べて格段に農薬に弱かった(昆野, 1996, 1998 b, 1999 b)。この事実は水田害虫を防除するための一般的な農薬の散布量がヒメアメンボのような天敵昆虫には大きな影響を与えていることを示唆する。

### 2 オオコオイムシ・タガメ

アメンボ類以外の水生カメムシ類は全生活史(越冬期を除く)のほとんどが水中にあり、農薬の影響はアメンボ類よりも大きいと考えられる。そこでコオイムシ科に

属す2種の水生カメムシ類であるオオコオイムシとタガメの農薬感受性のデータを紹介する(国立環境研究所, 1995; 昆野, 2000 c)。両種ともに、薬剤試験には1齢幼虫を用いている。この理由は両種ともに卵を卵塊の形で産むため、薬剤試験に必要な均一な個体を一度に100前後揃えることが可能なことと、ふ化幼虫でも比較的大型なため、1齢幼虫を使った試験が難しくないからである。

表-3の結果を見ると、両種ともに有機リン剤のフェニトロチオンに比べてピレスロイド剤のエトフェンプロックスに対する感受性が格段に高いことがわかる。表-2のヒメアメンボ成虫のデータと比べると、フェニトロチオンでは3種の間に大きな違いはないが、エトフェンプロックスではコオイムシ科2種が10~17倍もヒメアメンボよりも弱い。エトフェンプロックスは水田用ピレスロイド剤として近年の水田害虫の防除に多用されているが(とくに斑点米カメムシ・コバネイナゴ対策)、表-2の結果は常に水中で生活する水生カメムシ類には同薬剤の使用が大きな影響を与える可能性を示唆している。

### 3 巻き貝類

タニシ・カワニナ・サカマキガイなどの水田周辺に生息する巻き貝類は、ヘイケボタルやガムシなどの水生昆虫の餌として重要である(昆野, 2000 d)。これら淡水産巻き貝類に対する農薬の試験結果を表-4に示した(昆野, 2000 a)。一般に水生昆虫類の農薬に対するLC<sub>50</sub>は0.1 mg/l以下であるが、表-4に示した巻き貝類3種は農薬に対して低感受性で、フェニトロチオンに対しては0.84~23 mg/l、エトフェンプロックスとイミダクロプリドに対しては34 mg/l以上で、特に水生昆虫には毒性の高いエトフェンプロックスとイミダクロプリドに対して極めて低感受性であった。ここに示した巻き貝類3種は水生昆虫に比べると現在でも水田とその周辺には比較的多く生息しているが、その理由の一つには

表-2 ヒメアメンボ雄成虫に対する各種水稲用殺虫剤のLC<sub>50</sub>とLD<sub>50</sub>(昆野, 1999 aより引用)

殺 虫 剤	48-hr LC <sub>50</sub>	48-hr LD <sub>50</sub>
[有機リン剤]		
フェニトロチオン	68.2 µg/l	4.26 µg/g
[ピレスロイド剤]		
エトフェンプロックス	14.6	1.47
シクロプロトリン	86.5	13.2
[ネオニコチノイド剤]		
イミダクロプリド	76.8	0.24

表-3 タガメとオオコオイムシ1齢幼虫に対する各種水稲用殺虫剤のLC<sub>50</sub>(昆野, 2000 cおよび国立環境研, 1995より引用)

殺 虫 剤	48-hr LC <sub>50</sub> (µg/l)	
	オオコオイムシ	タガメ
[有機リン剤]		
フェニトロチオン	24.6	108
[ピレスロイド剤]		
エトフェンプロックス	0.89	1.44
シクロプロトリン	1.77	—
[ネオニコチノイド剤]		
イミダクロプリド	54.7	—

表-4 淡水産巻き貝類3種に対する各種水稲用殺虫剤のLC<sub>50</sub> (昆野, 2000bより引用)

殺虫剤	LC <sub>50</sub> (mg/l)		
	サカマキガイ	カワニナ	マルタニシ
[ピレスロイド系]			
エトフェンプロックス	>100	>100	34
[ネオニコチノイド系]			
イミダクロプリド	>100	56	>100
[有機リン系]			
フェントロチオン	8.8	0.84	23

農薬に極めて耐性であることが関与していると考えられる。また、農薬の使用を控えれば、ヘイケボタルやガムシなどの巻き貝類を餌にする水生昆虫が復活する可能性を示唆している。

#### 4 水田での影響試験

止水域の水生昆虫・水生生物への農薬影響を野外で調査した例としては水田を使用した研究例がある。水田をいくつかに分け、無農薬区、農薬処理区を設け、昆虫・そのほかの生物の個体数を計測する。反復数は3回以上が望ましい。水中の水生昆虫・水生生物は一定面積のコドラード枠 (例えば50×50 cm) を使って捕獲する。コドラード枠には水田用の波板を細工して使うと持ち運びに便利なうえに安上がりである (適当な長さに切った両端を梱包用の透明テープなどで接合する。使用する際は、波板の下端を水田土壤中に差し込む)。イネ株上の生物は見取りで計測し、単位面積あたりの個体数で比較する。研究例としては、農薬を多用すると、害虫に比べて害虫以外の昆虫種が農薬影響を受けやすいことが明ら

かになっている (昆野, 1998 a, 2000 b)。

#### おわりに

本来、自然界では存在し得ない化学物質が環境に撒かれれば、多かれ少なかれ、生物に何らかの影響が生じるのは当然の成り行きである。国が定める様々な安全試験を通過している市販の農薬ではあるが、安全試験に使われている生物種はわずかであり、自然界の多様な生物種にどのような影響が生じるのかは予測がつかない。環境保全と農産物の安定的な生産確保といった相反する事象を調和させるためには、今後、農薬等が各種生物に及ぼす影響を解明していくことが重要となるだろう。なお、国立環境研究所の畠山成久博士には種々のご教示をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

#### 引用文献

- 1) HATAKEYAMA, S. et al. (1990): *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 19: 254~270.
- 2) ——— and N. YOKOYAMA (1997): *ibid.* 36: 148~161.
- 3) 畠山成久 (1998): *環境毒性学会誌* 1(1): 51~64.
- 4) 環境毒性学会 (近刊): *生態影響評価試験ハンドブック*, 朝倉書店, 東京.
- 5) 国立環境研究所 (1995): *国立環境研究所特別報告 SR-19-95*, 19~20.
- 6) 昆野安彦 (1996): *植物防疫* 50: 523~526.
- 7) ——— (1998 a): *環境毒性学会誌* 1(2): 87~92.
- 8) ——— (1998 b): *応動昆* 42: 30~32.
- 9) ——— (1999 a): *同上* 43: 137~138.
- 10) ——— (1999 b): *北日本病虫研報* 50: 145~146.
- 11) ——— (2000 a): *環境毒性学会誌* 3(1): 11~14.
- 12) ——— (2000 b): *同上* 3(1): 33~37.
- 13) ——— (2000 c): *同上* 3(2): 印刷中.
- 14) ——— (2000 d): *昆虫と自然* 35(9): 5~8.
- 15) 多田 満 (1998): *環境毒性学会誌* 1: 65~73.

#### 主な次号予告

次号4月号は、下記の論文を掲載予定です。

平成13年度の植物防疫事業の進め方について

斎藤 登

植物防疫研究課題の概要

鈴木 健

イチジクヒトリモドキの発生と対策

大政義久

最近のイチジクそうか病の多発要因と防除対策

山本 淳

アブラムシのバイオタイプをめぐる最近の動向

駒崎進吉

トウモロコシ南方さび病の発生生態

西 和文

広島県におけるイネシנגレセンチュウの発生生態  
と防除対策

星野 滋

新規生物農薬：スタイナーネマ・グラセライ剤の作  
用特性

吉永小太郎

植物防疫基礎講座：ヤガ類の見分け方

(3)ネキリムシ類の識別法

吉松慎一

トピックス：南鳥島、硫黄島及び北硫黄島における  
ミカンコミバエ再侵入警戒調査

土生昶毅

リレー随筆：病害虫防除所の活動

(9)岡山県病害虫防除所の活動

那須英夫

定期講読者以外のお申込みは至急前金にて本会へ

定価1部920円 送料76円