

非対象生物に及ぼす化学農薬の影響評価基準案——EU の例——

農林水産省農業研究センター ひら い かず お
平 井 一 男

はじめに

IPM の重要な分野である天敵を含む非対象生物と農薬との研究には 50 年の歴史があり、近年の天敵の薬剤感受性評価、農薬の生態学的影響の解析、選択性農薬の発達、天敵の薬剤抵抗性の付与管理等々に見られる進歩は、IPM の研究と推進に大いに貢献してきたという (CROFT, 1990)。

EU では、食料が完全自給の状態になった 1979 年以降、環境に及ぼす農業生産の影響に関心を持つようになった。農作物の害虫防除分野では天敵への農薬の影響評価指針の確立に向けた研究が IOBC 欧州支部¹⁾等の研究者グループにより早くから開始された (HASSAN, 1985)。おそらくこのような背景を受けたと思われるのであるが、農薬 (原文では作物保護剤と記されている) には本来の効果のほか人畜、地下水、非対象生物に悪影響を及ぼさなければならない内容と盛り込んだ農薬の認可に関する EC 通達が 1991 年 7 月に加盟国により採択され、1995 年 6 月までに EC 15 か国中ベルギー、デンマーク、フランス、アイルランド、イタリア、ポルトガル、スペイン、イギリスで施行された (HASSAN and FORSTER, 1995)。さらに 1996 年 3 月には、農薬の天敵への適切な評価のための環境毒性学的 (エコトキシコロジー) 研究が必要とされた EU 通達が出された。IOBC 関係者は非対象生物としてミツバチ、ミミズ、魚とは別に寄生蜂や捕食性小動物等の天敵が盛り込まれたのは初めてのことであり IOBC 欧州の古くからの努力の結果である (BIGLER, 1996)、と称賛している。本報は 1994 年にオランダで開催された ESCORT ワークショップ²⁾で、農薬登録と IPM 導入用農薬の選定のために提案された非対象生物に及ぼす農薬の影響評価基準案 (BARRETT et al., 1994) の概要をまとめた。

提案された影響評価基準案

ワークショップでは、試験生物の選定、室内・拡大室内試験法、半野外・野外試験法、試験法原則、データの解釈 (危険度評価と管理) に関するワーキンググループを設け基準案をまとめた。

1 試験生物の選定上の注意

試験生物は、選択性農薬の IPM への組み込みに関する情報が得られる天敵群から選定する。農薬登録用試験では IPM に必要な情報を得ることはできないので、IOBC 専門家は引き続き IPM に適切な薬剤を選定し公表する (JEPSON, 1989)。分類学上別グループに属する試験種を選定することにより、別の非対象生物への影響情報が得られることがある。殺虫剤一次スクリーニング試験やミツバチ試験の結果から、節足動物種へのリスク情報が得られることもあるが、データの外挿には注意が必要である。しかし農薬の感受性の高い種を対象に最悪条件で実施した室内試験で毒性がない場合、野外試験でも影響が出ることは少ない。

(1) 試験生物選定の原則

農業生態系に高密度で広域に分布する天敵小動物で、薬剤感受性が高く飼育と実験が容易な種を選定する。

(2) 推薦された試験生物

表-1 はワークショップにより推薦された試験生物であり、寄生蜂、捕食性ダニ、地上はいかい性天敵、葉上捕食者のように機能別に分けられている。

1) 有効成分の認可

有効成分の認可申請には、感受性生物 2 種と製剤の使用対象 (作物と害虫) に合った 2 種に対する製剤の試験データが必要である。アブラバチ科 *Aphidius rhopalosiphii* とカブリダニ *Typhlodromus pyri* の 2 種を標準種として推薦する。*A. rhopalosiphii* の代わりにタマゴコバチ科 *Trichogramma cacoeciae* の結果でもよく、*T. pyri* の代わりに *Amblyseius* sp. の試験でもよい。

2) 製剤の認可

製剤の認可は EC 加盟各国が行う。上記 1) の試験で影響が見られた薬剤については、上記とは別種で対象作物内にいる適切な 2 種を用いて試験する。1) の認可申請試験で評価された主要製剤と別の製剤については、先の試験で最も感受性の高かった 2 種を対象に試験する。この製剤が主要製剤より毒性が強かったら、さらに製剤の使用対象に合った 2 種について試験する。

2 室内試験と拡大室内試験

非対象生物に及ぼす農薬の影響を評価するには最多の暴露をねらった標準室内試験、野外条件に近い暴露を行う拡大室内試験、半野外試験、野外試験を含む連続段階試験の実施が広く認められている (図-1)。

表-1 推薦された試験生物^{a)}

生態系	寄生蜂	捕食者	地上はいかい者	葉上捕食者
果樹園 温室 森林 ぶどう園	アブラバチ科	カブリダニ	コモリグモ	ハナカメムシ
	Aphidius	Typhlodromus	Pardosa sp.	●rius sp.
	タマゴコバチ科	カブリダニ	オサムシ科	ハナアブ科
	Trichogramma	Amblyseius	Poecilus	Episyrphus
	トビコバチ科			ヒメクサカゲロウ
	Leptomastix			Chrysoperla
耕地	ヤドリバエ科			ナナホシテントウ
	Drino sp.			Coccinella
	アブラバチ科		オサムシ科	ハナアブ科
	Aphidius		Poecilus	Episyrphus
	タマゴコバチ科		コモリグモ	ヒメクサカゲロウ
	Trichogramma		Pardosa sp.	Chrysoperla
			ハネカクシ科	
			Aleochara	

a)：試験種は試験薬剤の対象作物と害虫により選定する。試験法は HASSAN (1992)を参照。

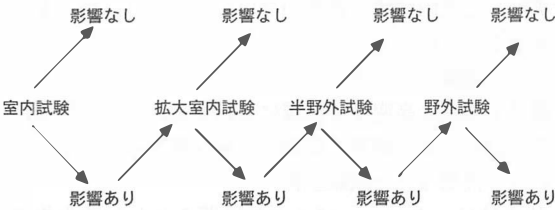


図-1 被対象生物に及ぼす農薬の影響評価の連続段階試験例 (HASSAN, 1992)

(1) 室内試験

室内試験の目的は作物に農薬を散布したときに非対象生物への影響が少ない薬剤を選出することであり、試験生物の若い発育態を容器内に閉じこめ最高薬量の残留物に暴露し調査する。評価には死亡率以外に増殖率、寄生率、摂食量に関係する亜致死率も含める。

- 1) 試験薬剤：第一次試験として代表的な剤型を用い野外での影響を考察しうる情報を得る。
- 2) 試験用器具：試験用器具は処理薬剤の安定性やデータの再現性を保証するガラス、石英砂のような不活性物質製とする。
- 3) 試験生物：試験生物は室内飼育系統を使い日齢、寿命、繁殖力、卵活性、寄生率等の質をそろえ、感受性の高い発育態を使う。必要に応じ雌雄について試験する。
- 4) 試験薬剤の処理：検量線を利用する等して単位面積当たりの薬液量 (mg/cm²) が処理面に均一になるように散布する。例) ガラス面や葉面上の液量は 1.5 mg/cm²、砂面上の液量は 6 mg/cm² とする (HASSAN, 1992)。
- 5) 試験方法：薬剤処理した器具内に餌と試験生物を入れる。試験生物が薬剤残留物に十分接触するようにするとともに残留物からの揮発物を排気しその影響を少な

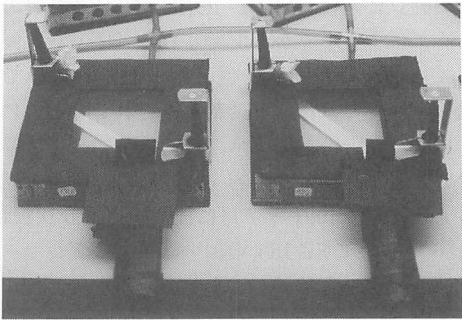


図-2 薬液噴霧したガラス板で組み立てた農薬影響調査用フレーム
フレーム内に寄生蜂と昆虫卵を入れ、被寄生卵数の多少で農薬の影響を評価する (於ドイツ農林生物研究所, 1994)

- くする (図-2)。
- 6) 調査と評価法：試験生物の活性と天敵能力を評価するために、生存率および産卵、寄生、捕食、行動変化、子の生存等に関係する亜致死率を調査する。結果は 4 段階評価を行う。例) 死亡率 30% (無影響), 30~79% (影響小), 80~98% (影響中), 99%以上 (影響大) (HASSAN, 1992)。
- 7) 調査基準：対照として水処理区を設け自然死および天敵機能の程度を知る。結果は統計処理ができるように反復を十分とる。
- (2) 拡大室内試験
室内試験で影響が見られた薬剤は必要に応じ野外条件に近い拡大室内試験を行う。この試験では土壌や植物に薬剤処理し、その上に試験生物を接種し各発育態の影響調査、薬剤の残効性、薬剤-反応曲線の研究、複数回処

理の影響調査等を行う。試験法は試験指針に準じ (HASSAN, 1992), 試験法がない場合実施方法を詳細に記録する。

1) 処理量: 1 回散布の薬剤は室内試験では最高薬量, 200~600 l/ha 相当量を散布する。鉢植えのリンゴやトウモロコシで試験する場合, 葉面沈着量は散布量の 40%, 地上沈着量は 50% として試験する。

2) 複数回処理: 2~3 回散布する薬剤は第一次室内試験で最高散布量の 2 倍量を散布して評価する。4 回以上散布の場合, 散布間隔は 14 日以内とする。

3) 注意: 種子粉衣剤, 土壌施薬剤, 誘引剤, 揮散剤のような剤型, 糸状菌, 細菌剤, IGR 剤のような作用機作が異なる薬剤は試験法を別途考案し評価する。

3 半野外試験と野外試験

前項の試験で影響のあった薬剤は半野外試験と野外試験を行う。半野外試験は室内試験と同様に単一種試験であるが, 野外試験は複数種に対する情報が得られる唯一の試験である。

(1) 半野外試験

試験は作物圃場内の囲いやケージ内で試験する。必要に応じ雨よけをしてもよいが, 環境を改変しないようにし, 温度や日照等の気象要素を記録する。試験生物は実際場面に合わせ薬剤処理前または処理後に放す。試験は実際の処理時期に合わせ最悪な条件を再現できる時期や季節に行い, 適切な処理方法で製剤の使用範囲内の最高濃度を処理する。試験区には対照薬剤と水処理区を含み反復試験を十分行う。試験区は風向, 太陽光, 傾斜等の場所の影響を考え, 無作為乱塊法やラテン方格法で配置する。

1) 試験生物: 室内飼育系統か野外採集系統を供試する。野外採集個体は試験前に室内で飼育し弱勢個体や病気個体等を除く。

2) 作物: 試験は薬剤の適用作物や試験生物が豊富な作物圃場内で行う。耕地作物, 広面積作物, 果樹等のグループ別に試験してもよい。

3) 餌: 試験生物に給餌し天敵機能を発揮させる。

4) 試験期間: 短期試験は 24~48 時間, 長期試験は 14 日間を目安とし, 試験生物や方法により適宜変更する。

5) 評価: 半野外試験では行動, 被食, 寄生, 繁殖, 寿命等の変化に関係する亜致死と死亡, ノックダウン, 試験適合性を調査する。短命のクサカゲロウ, 寄生蜂, カブリダニでは生存者の繁殖能力を調査する。

6) 半野外試験の利点: 反復数, 対照薬剤, 試験生物, 植物, 薬剤等の均一性により統計処理が容易である。室内試験に比べ施用薬剤の動態や試験生物の行動が実際場面に近い。

7) 半野外試験の制約: ケージ内が非現実的で自然の行動を抑制する。試験生物が薬剤処理面を避ける場合がある。気象や植物の選択が試験の結果に影響する。試験期間が短く複数回処理の影響を評価しにくいことがある。

(2) 野外試験

野外試験の目的は, 室内試験や半野外試験で明らかになった薬剤の影響を確認または排除することにある。野外試験では長期試験や殺菌剤を含む複数回散布の影響, 単一種と複数種の影響等も調査する。最も実態に近い試験ができるが, 試験区の設定によっては全体像を把握できないこともある。試験場所の気象や生物により影響されるので, EC 加盟各国の登録を満たすには, 条件の異なる複数の圃場で試験を行う (図-3)。

1) 試験生物: 野外生物が生息する作物や土壌に直接処理する。生物的防除が実施されているところでは試験期間中防除素材を補給する。IGR 剤では幼若期から成虫期まで調査する。

2) 試験場所: 試験薬剤の使用法に基づき実際のワークケースを反映し, 主要動物が生息し, 反復可能な場所を選定する。試験区の大きさは試験区構成と試験生物によって決定する。

3) 処理法: 薬剤は試験製剤の最高濃度と最多散布回数で処理し, 対照薬剤と水処理区を設定する。

4) サンプルング: 処理前の個体群トレンドを観察し処理効果を定量化したり, 処理剤の影響期間を定量化するためにサンプルング頻度を多くする。試験区の中央からサンプルングし, 散布むらや小動物の移出入等の周辺効果を排除する。サンプルングでは幼若個体を含めたり, 多数の動物種, 被食者, 寄主, 高次寄生を調査する。種レベルで個体数の多い小動物を調査し統計処理する。結果は 4 段階評価とするが, レンジは室内試験より厳しい。例) 死亡率 25% 未満 (無影響), 25~50% (影響小), 51~75% (影響中), 75% 以上 (影響大) (Hassan, 1992)。

5) 野外試験の長所: 空間的・時間的に複合種の実際の

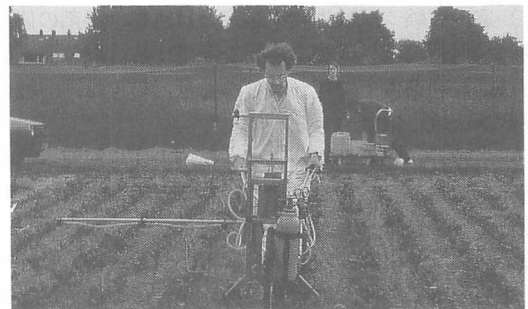


図-3 テンサイ圃場にオサムシを放した後, 農薬を散布し影響評価する野外試験 (於ドイツ農林生物研究所, 1994)

生態と行動を調査できる。しかし野外実態を完全に反映できるわけではないので、季節ごとに反復数を増やすことが必要である。

6) 野外試験の制約：野外試験は費用と労力がかかり、天候に左右される。多因子間相互作用が発生しデータは解釈しにくい。これらは対象生物が多い試験場所を選ぶことによりある程度回避できる。試験結果は薬剤が試験された実際の最悪条件の代表であるので、結果の外挿は専門的な判断にゆだねる。

4 試験の原則

(1) 試験製剤

室内試験では多数の有効成分を逐一試験できないので、製剤を使用する。

1) 有効成分認可用試験：有効成分の認可用室内試験では標準生物2種と試験作物内生物2種に対する主要製剤試験が推奨されている。非対象生物への有効成分の影響は各製剤の実際的な暴露試験により評価できる。

2) 製剤認可用試験：上記試験で主要製剤が無影響であったら次の試験は行わない。すでに評価された主要製剤とは別剤の影響について感受性の高い生物を対象に試験する。

製剤の毒性をミツバチや天敵への試験データに基づきグループ分けする。同一毒性グループ内相互間では外挿可能なので試験製剤数を減らせる。種子粉衣、ペレット、ベイト等の剤型はクモとオサムシの2種で試験する。

散布液の残留物試験は同一有効成分を有する製剤間の違いを常に区別できるとは限らない。製剤中の担体や不活性物質（界面活性剤や油剤の種類や量）は直接散布では異なる作用を示すので、場合によっては過剰散布して影響を調査する。室内試験で最も毒性の高かった製剤は野外試験、半野外試験を行う。

3) 混合剤：複数の有効成分を有する混合剤は室内で最初に試験する。しかし過去の室内試験で1成分でも有害と判明している製剤は半野外試験、野外試験に移す。

(2) 薬剤の使用

1) 室内試験：試験生物の選定とは別に、薬剤の使用時期、場所、地域、作物の作型を考慮する。試験が適切な方法で最悪条件下で行われるならば、結果は同一種に限り欧州広域に適用できる。

2) 半野外試験：半野外試験は薬剤の使用範囲内で現実的な最悪条件を組み込んで行われるので、場所や地域を考慮する必要はない。作型は試験生物により選定する。最悪条件には使用濃度内の最多暴露、試験生物の十分な活動を促す環境条件、感受性の高い発育態の選択、土壌や作型による農薬の生物利用性等が関係する。

3) 野外試験：製剤の通常の施用法や使用時期、作型

を考慮に入れ、試験生物に抵抗性の発達がなく、感受性の高い発育態が生息し、製剤登録国の気象環境条件に合致する地域や場所を選んで試験する。

(3) 薬剤の処理法

一作期に2~3回散布する製剤の残留影響試験では、最高濃度の2倍量を散布し評価する。この散布で試験生物が影響を受けるならば1倍量の試験を考える。3回以上散布の場合、14日以内の散布間隔で評価する。複数回散布による累積残留の影響増加が見込まれる場合は、拡大試験や半野外試験、野外試験の追加試験で評価する。この試験例は果樹やぶどうでの殺菌剤施用や種馬鈴薯のアブラムシ防除剤に見られる。残留影響期間の評価は4段階評価を行う。5日未満(短期残留)、5~15日(残留小)、16~30日(残留中)、30以上(残留大)(HASSAN, 1992)。

(4) 外挿

非対象生物に及ぼす農薬の影響は、同一分類グループと同一栄養レベル、機能・生態的同一グループに外挿できる。室内試験では行動生態が制限されるので、種間の外挿には同一ステージのみ可能である。半野外条件では行動が活発なので種間の外挿は室内試験より難しい。同一種でも全く別に行動し薬剤接触量が異なり感受性が異なる。室内試験で無害とされる場合、野外の影響評価に外挿できる。しかし外挿に当たり体サイズ、生態、行動、系統の感受性、残留と散布等の試験方法、試験温度、餌の有無、特にIGR剤試験では発育態等々が薬剤接触量に関係することを十分考慮する。

5 リスク(危険度)評価と管理

(1) リスク評価

農薬のリスク評価に当たり以下の3条件を考慮する。

1) IPM未実施耕地内非対象生物

耕地内の生物は通常の農薬散布を含むプラウ耕、収穫等の農作業によりかく乱されるが、農薬の影響はできるだけ少なくするのが望ましい。

2) IPM実施耕地内天敵

IPM実施作物園場では、天敵小動物の自然制御能力を保全し発揮させる。

3) 耕地外非対象生物

これらの生物は、節足動物個体群の移出入や繁殖のための自然の宝庫となり、種の多様性を増大させ、ほかの非対象生物に生活資源を提供する。

耕地内外の非対象生物へのリスクは、以下の3項目を考慮し軽減する。

① 耕地内有用生物は最高薬量と散布頻度による最悪な暴露を受けやすい、有意な薬剤抵抗性生物はいない、分類上多用な種が生息する、IPMに有用な情報を提供できる、標準試験法と広範なデータベースが存在する等々

の理由によりリスク評価の指標生物として使える。

② リスクを大中小に分類し、特別な使用制限を明記したラベルを表示する。

③ IPM 計画での使用の可能性を表示する。

(2) リスク管理

1) ラベル表示によるリスク管理

農薬のラベルには適用害虫と使用方法のほか、リスクの大中小の分類、非対象生物の分類、作物の分類、作物内外の生物を保護するための使用規制、IPM への適用性等が記載されているので、リスク管理へ応用する。

2) 耕地外リスク管理

・最高濃度で試験されリスク小と評価された農薬には追加試験は不要である。リスク中と評価された薬剤も普通追加試験は必要ない。

・耕地外非対象生物へのリスクが低いことが必要である。
・耕地内無散布緩衝帯の設置等のリスク管理技術は、薬剤ごとに採用する。

(3) 地中海欧州植物防疫機関/評議会¹⁾によるリスク評価計画案 (BARRETT, 1994)

1) 地中海欧州植物防疫機関/評議会により提案されたリスク評価計画案は、個々の試験生物の閾値が設定されずに受け入れられているが、将来試験生物の個体群動態、種より広い分類群への外挿、複数回散布の影響等を考慮し閾値を設定する。この点について野外情報を組み合わせたコンピューターモデリングが重要になる。

非対象生物別の閾値設定に際し以下の指針を考慮する。

2) 修正提案

地中海欧州植物防疫機関/評議会提案の評価計画はリスク評価基準として使用できるが、将来、耕地外非対象生物を考慮した修正が必要である。

お わ り に

欧州では、現在まで最初に述べた6か国が農薬の登録、選定に際し天敵への影響評価を実施することを決め、1997年3月までにはその他のEU加盟国でも実施するようになると見られる。今後は本報で概説した基準案に

作物と条件	許容できない閾値指針 ^{a)}
1. 耕地内非 IPM 非対象生物	一定期間後に回復がなかったり重要害虫のリサージェンスがおこる。
2. 耕地内 IPM 活用天敵	重要害虫を抑制する天敵小動物に検出可能な影響がある。
3. 耕地外非対象生物	非対象生物に生態的に重要な影響 (30% <) がある。

注) : 許容できない影響がある農薬の登録は妨げないが、適切な使用法と管理法を講ずる。

沿った推薦試験生物の試験法の確立、連続段階試験での死亡率、亜致死率の種別基準値の設定、作物ごとの野外試験法の確立、非対象生物による農薬の利用可能性の評価、複数回散布剤の野外試験データの再検討等が必要とされている。わが国では天敵に及ぼす農薬の影響評価は一部自発的に行われているが、将来統一試験法の作成とそれによる試験および公表が必要となる時期がくると思われる。

用語の解説¹⁾

ESCORT ワークショップ : European Standard Characteristics of Beneficials Regulatory Testing, 有用生物統一試験欧州標準特性ワークショップ. OECD パリ, EC ブリュッセル, 各国研究所, 農薬会社などから 35 名の研究者が集まり SETAC-Europe 共催 EC 支援による BART, EPPO/coE, IOBC 合同の ESCORT ワークショップが 1994 年にオランダで開催された。

BART: Beneficial Arthropod Regulatory Testing Group, 有用節足動物統一試験グループ

EPPO/coE: European and Mediterranean Plant Protection Organization with the Council of Europe, 地中海欧州地域植物防疫機関

IOBC: International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, 国際有害動植物生物学的総合的防除機関

SETAC-Europe: Society of Environmental Toxicology and Chemistry-Europe, 欧州地域環境毒性学・化学学会
Beneficial Arthropods (Beneficials): 有用節足動物: 天敵や花粉媒介昆虫を示す。本文では花粉媒介昆虫を対象としていない。

Neutral species: 害虫でも有用小動物でもない種。non-target 又は indifferent species ともいう。

Non-target species: 農薬散布の対象としない非対象生物。有用種ともいうがそれに限定されない。

参 考 文 献

- 1) BARRETT, K. L., N. GRANDY, E. G. HARRISON, S. HASSAN, and P. OOMEN (1994): Guidance document on regulatory testing procedures for pesticides with non-target arthropods. SETAC-Europe. pp. 51.
- 2) BIGLER, F. (1996) IOBC Newsletter 63: 2.
- 3) CROFT, B. A. (1990) Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley & Sons, Inc., New York. pp. 723.
- 4) HASSAN, S. A. (1985): Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies on insects and mites developed by the IOBC/WPRS working group "Pesticide and biological organisms" Bull. OEPP/EPPO 15: 214~255.
- 5) HASSAN, S. A. (1992) Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: Description of test methods. IOBC/WPRS Bulletin 1992/XV/3, pp. 186.
- 6) HASSAN, S. A. and P. FORSTER (1995): J. d'information sur les auxiliaires entomophages, Valence 15 novembre: 39~47.
- 7) JEPSON, P. C. (1989): Pesticides and non-target invertebrates. Intercept. Dorset, UK. pp. 240.