



殺虫剤抵抗性対策委員会
Insecticide Resistance Action Committee

IRAC作用機構分類体系

2022年6月発行

第10.3版

作成：IRAC International作用機構作業部会

承認者：IRAC評議会

日本語訳：農薬工業会／J IRAC (IRAC日本支部)

Copyright 2022 Insecticide Resistance Action Committee (IRAC)



免責事項:

この資料に含まれる技術情報は、参照用に提供されています。

CropLife InternationalおよびIRACは、正確で信頼できる情報を提示するためにあらゆる努力を払っていますが、そのような情報の正確性、完全性、有効性、適時性、または正しい順序付けを保証するものではありません。有効成分のIRACコードリストへの掲載は、それらの作用機構の科学的評価に基づくものであり、特定製品の使用に関する保証や有効性の判断を提供するものではありません。CropLife InternationalおよびIRACは、提供する情報の使用、参照、または信頼に起因するいかなる種類の損害についても責任を負わず、一切の責任を明確に否認します。化学クラスまたは作用機構のリストの掲載は特定の国での化合物の使用の承認として解釈されてはなりません。使用の際には、各使用者は使用国での現在の登録状況を特定し、その国で承認された使用法と指示に厳密に従わなくてはならない。

目次

1. 範囲.....	4
2. 目的.....	4
3. 抵抗性とは？.....	4
4. 作用機構、標的部位抵抗性、交差抵抗性.....	4
5. 異なる作用機構のローテーションあるいは体系使用.....	5
6. 標的部位に関与しない抵抗性機構.....	5
7. 作用機構分類の手法.....	6
7.1 作用機構分類表での薬剤収載に際してのルール.....	6
7.2 分類表.....	7
7.3 分類表における作用機構情報の表現.....	16
7.4 サブグループについて.....	17
7.5 一般的な注意事項と作用機構分類の最新情報の更新について.....	18

Appendix 1

製品ラベル：有効成分の作用機構表示と殺虫剤抵抗性対策の助言（省略）.....	19
--	----

Appendix 2

IRACが推奨する殺虫剤抵抗性対策の基本.....	20
---------------------------	----

Appendix 3

各作用機構グループの解説.....	21
-------------------	----

Appendix 4

新規殺虫剤の作用機構分類決定の手順.....	25
------------------------	----

Appendix 5

有効成分の作用機構分類一覧(50音順).....	29
--------------------------	----

Appendix 6

登録認可前の有効成分（省略）.....	37
---------------------	----

1. 範囲

IRAC作用機構分類は、農作物、建物、環境中での昆虫あるいはダニ類を防除する化学農薬、生物農薬などの全ての薬剤を対象としています。ある種の殺虫剤や殺ダニ剤は線虫に効果を示すものもありますが、線虫専用剤は別途に線虫剤作用機構分類表に収載しています (<https://irac-online.org/documents/nematicides-moa-classification/?ext=pdf>)。行動制御剤と捕食性昆虫・ダニ類も含まれません。同様に寄生虫を防除するために動物や人間に直接施用される製品も含まれません。

注：作用機構分類表への収載は、必ずしも規制当局の承認を得ているものではありません。

2. 目的

IRAC作用機構分類は、殺虫剤(殺ダニ剤を含む)の抵抗性対策を効果的で持続可能なものにするための薬剤選択の指針を生産者、指導者、普及員や専門の防除業者などに提供します。本資料は、作用機構分類の提供に加えて、その分類の背景や目的を説明するとともに、殺虫剤抵抗性対策(IRM)のための活用法に関するガイダンスを示しています。多くの国で製品ラベルにIRACグループコードを記載することが必須とされており、必須でないとしても推奨されています。製品ラベルへの表示ガイドラインはAppendix1に示しており、有効成分作用機構分類一覧はAppendix5に示しています。また新規あるいは未分類の有効成分のIRAC作用機構分類の手順についてはAppendix4に示しています。

なお、分類表は必要に応じて見直され改訂されます。【農薬工業会 注：Appendix1翻訳は省略】

3. 抵抗性とは？

IRACでは、殺虫剤抵抗性を「農薬使用基準に準じて使用しても、期待される防除効果を発揮できない事例が繰返し観察される、害虫個体群における感受性の遺伝的変化」と定義しています。

この定義は、他の文献での定義と若干異なる部分がありますが、生産者にとって最も正確で実用的な定義であるとIRACは考えています。ある種の害虫への殺虫剤の過剰な使用や不適切な使用を通じて、抵抗性を持った害虫が自然淘汰され、殺虫剤抵抗性の個体群に進化することで、抵抗性がもたらされます。

4. 作用機構、標的部位抵抗性、交差抵抗性

多くの場合、抵抗性発達によって殺虫剤の効果が低下するだけでなく、構造が類似した剤にも効果の低下(交差抵抗性)が引き起こされます。それは構造が類似した剤は害虫の特定の標的部位を共有しており、同じ作用機構となるからです。また、標的部位の遺伝的変異によって抵抗性が発達することはよく知られています。遺伝的変異が生じると、薬剤と標的部位の親和性が損なわれ、その殺虫効果を失います。標的部位の変化による抵抗性(標的部位抵抗性)が発達すれば、共通の作用機構を持つ構造が類似した全ての薬剤に交差抵抗性を与えるという高いリスクがあります。構造的に類似した殺虫剤では、交差抵抗性を示すという概念がIRAC作用機構分類の基礎になります。

5. 異なる作用機構のローテーションあるいは体系使用

殺虫剤抵抗性対策を成功させるためには、殺虫剤への抵抗性の発達を抑止あるいは遅延させること、または既に抵抗性が生じている害虫個体群に対して薬剤感受性を回復させることが必要です。効果的な殺虫剤抵抗性対策は、貴重な殺虫剤の効果を維持するための重要な要素となります。一般的に感受性を回復させることより、積極的に抵抗性を抑止することの方が容易であることを認識することが重要です。この作用機構分類は、常に効果的な殺虫剤抵抗性対策を実践するための有用なガイダンスです。

効果的な殺虫剤抵抗性対策は、いずれの殺虫剤においても抵抗性が発現するような使用を最小化することであると、経験的に示されています。実際、異なる作用機構の薬剤のローテーションや体系使用は、持続可能で効果的な殺虫剤抵抗性対策となります。これは、特定の作用機構を有する薬剤の偏った使用を避けることとなります。この資料のIRACの作用機構分類は、殺虫剤抵抗性対策を行う上で、殺虫剤を選択するための一助となります。

薬剤処理は、作物の生育ステージや害虫の発消長によって決められる散布適期に薬剤の作用機構を考慮して実施します。

各国の指導者の助言は、常に散布適期や時期を十分考慮したものでなければなりません。同一薬剤を複数回散布することは、それぞれの散布適期内で可能ですが、同一の作用機構の薬剤を同一種の害虫に対して連続する世代で施用すべきではありません。

分類表の中で標的部位が共通でない剤のグループは例外です。従って同一グループ内でもそのような剤はローテーション禁止ルールからは除外されます。それらはグループ 8 [その他の非特異的(マルチサイト)阻害剤]、グループ 13 [酸化的リン酸化脱共役剤]、および全てのUNグループ (UN、UNB、UNE、UNF、UNM、UNP、およびUNV)です。

抵抗性の発達を遅延させるために、生産者は害虫防除プログラムに殺虫剤以外の防除法を取入れることを強く推奨します。これについては Appendix 2 に詳しく記載しています。

6. 標的部位に関与しない抵抗性機構

殺虫剤および殺ダニ剤に対する抵抗性は、薬物代謝酵素系の増強によってもたらされることがよく知られています。そのような代謝に伴う抵抗性機構はどの特定の作用部位とも関連しないので、複数の作用機構グループに抵抗性をもたらす可能性があります。そのような代謝による抵抗性の機構が明らかになり、交差抵抗性スペクトルが判明した場合には、作用機構グループのローテーションや体系使用を利用することはできなくなるかもしれません。

同様に殺虫剤の害虫体内への透過性の低下や害虫の行動的变化は、複数の作用機構グループに抵抗性を与えることになります。そのようなメカニズムにより作用機構グループ間の交差抵抗性が明らかになった場合には、これらの殺虫剤の使用を適切に変更すべきです。

抵抗性のメカニズムが不明であっても、異なった作用機構の薬剤のローテーションや体系使用といった工夫した薬剤の使用は常に選択圧を最小化するので、依然として実践的な抵抗性対策手法となります。

7. 作用機構分類の手法

IRACの作用機構分類手法は、現在流通している殺虫剤の作用機構に関する、現時点での科学的知見に基づいています。分類方法の詳細はIRAC加盟会社によって同意を得ており、また、業界及び学術分野で国際的に認められた昆虫の毒性学者ならびに生化学者によって承認されています。

殺虫剤は二つの作用機構分類グループ、すなわち特定の標的部位に作用することが知られている、あるいは推定されている番号が与えられたグループと、作用機構が不明あるいは不明確なUNグループに分類されています。ただしグループ8 [その他の非特異的(マルチサイト)阻害剤]、とグループ13 [酸化的リン酸化脱共役剤]は、例外的に、特定の標的部位に作用しないにも関わらず、これまでの経緯から従来のグループ番号に分類されています。

いずれにしてもIRAC作用機構分類作業グループは、共通の標的部位に作用する有力な根拠が得られている化合物のみに同一のグループ番号を割り当てていくことを目指しています。

作用機構が不明な化合物はUN、作用機構が不明な細菌はUNB、作用機構が不明な抽出物と未精製油はUNE、作用機構が不明な真菌はUNF、作用機構が不明な物理的攪乱剤はUNM、作用機構が不明なペプチドはUNP、および作用機構が不明なウイルスはUNVに分類されています。

7.1. 作用機構分類表での薬剤収載に際してのルール

- 化学名命名法はISOで承認された一般名に準拠しました。
- 分類表に収載されるためには、その薬剤が少なくとも1ヶ国で殺虫剤として登録されているか、間もなく登録される予定が必要です。
- サブグループの名称は、そのグループに2剤以上が収載されている場合は、構造式サブグループを使用しています。
- サブグループの名称は、そのグループに1剤のみが収載されている場合は、その剤名をサブグループ名とすることがあります。

7.2. 分類表

【農薬工業会 注】

- 有効成分名は原則 ISO 名を使用しています。農林水産省が別名称を使用している場合にはそれを記載し、ISO 名をカッコ内に併記しました。

IRACの作用機構分類 (v.10.3、2022年6月)		
サブグループに関する情報は7.4を参照、分類表における作用機構情報の表現は7.3を参照		
主要グループと 一次作用部位	サブグループまたは 代表的有効成分	有効成分
1 アセチルコリンエステラーゼ (AChE)阻害剤 神経作用	1A カーバメート系	アラニカルブ アルジカルブ ベンダイオカルブ ベンフラカルブ ブトカルボキシム ブトキシカルボキシム NAC (カルバリル) カルボフラン カルボスルファン エチオフエンカルブ BPMC (フェノブカルブ) ホルメタネート フラチオカルブ MIPC (イソプロカルブ) メチオカルブ メソミル MTMC (メトルカルブ) オキサミル ピリミカーブ PHC (プロポキスル) チオジカルブ チオファノックス トリアザメート トリメタカルブ XMC MPMC (キシリルカルブ)
	1B 有機リン系	アセフェート アザメチホス アジンホスエチル アジンホスメチル カズサホス クロレトキシホス CVP (クロルフェンビンホス) クロルメホス クロルピリホス クロルピリホスメチル クマホス CYAP (シアノホス) ジメトン-S-メチル ダイアジノン DDVP (ジクロルボス) ジクロトホス ジメトエート

IRACの作用機構分類 (v.10.3、2022年6月)		
サブグループに関する情報は7.4を参照、分類表における作用機構情報の表現は7.3を参照		
主要グループと 一次作用部位	サブグループまたは 代表的有効成分	有効成分
		ジメチルビンホス エチルチオメトン(ジスルホトン) EPN エチオン エトプロホス ファンフル フェナミホス MEP (フェニトロチオン) MPP (フェンチオン) ホスチアゼート ヘプテノホス イミシアホス イソフェンホス イソプロピル=O-(メトキシアミノチオホスホリル)サリ チラート イソキサチオン マラソン(マラチオン) メカルバム メタミドホス DMTP (メチダチオン) メビンホス モノクロトホス BRP (ナレド) オメトエート オキシジメトンメチル パラチオン メチルパラチオン(パラチオンメチル) PAP (フェントエート) ホレート ホサロン PMP (ホスメット) ホスファミドン ホキシム ピリミホスメチル プロフェノホス プロペタムホス プロチオホス ピラクロホス ピリダフェンチオン キナルホス スルホテップ テブピリムホス テメホス テルブホス CVMP (テトラクロルビンホス) チオメトン トリアゾホス DEP (トリクロルホン) バミドチオン

IRACの作用機構分類 (v.10.3、2022年6月)		
サブグループに関する情報は7.4を参照、分類表における作用機構情報の表現は7.3を参照		
主要グループと 一次作用部位	サブグループまたは 代表的有効成分	有効成分
2 GABA作動性塩化物イオンチャネル ブロッカー 神経作用 (本タンパク質に対する作用が殺虫 効果を示す明らかな根拠がある)	2A 環状ジエン有機塩素系	クロルデン ベンゾエピン(エンドスルファン)
	2B フェニルピラゾール系 (フィプロール系)	エチプロール フィプロニル
3 ナトリウムチャネルモジュレーター 神経作用 (本タンパク質に対する作用が殺虫 効果を示す明らかな根拠がある)	3A ビレスロイド系 ビレトリン系	アクリナトリン アレスリン(アレスリン,d-シス/トランス-, d-トランス- 異性体) ビフェントリン ビオアレスリン(ビオアレスリン S-シクロペンテニル- 異性体) ビオレスメトリン シクロプロトリン シフルトリン(シフルトリン、 β -異性体) シハロトリン(シハロトリン、 λ -, γ -異性体) シペルメトリン(シペルメトリン、 α -, β -, θ -, ξ -異 性体) シフェノトリン[(1R)-トランス異性体] デルタメトリン エンペントリン[(EZ)-(1R)-異性体] エスフェンバレレート エトフェンブロックス フェンプロパトリン フェンバレレート フルシトリネート フルメトリン フルバリネート(ϵ -フルバリネート) ハルフエンブロックス イミプロトリンカデスリン ベルメトリン フェノトリン[(1R)-トランス異性体] プラレトリン ピレトリン レスメトリン シラフルオフェン テフルトリン フタルスリン(テトラメスリン) テトラメスリン[(1R)-異性体] トラロメトリン トランスフルトリン
	3B DDT メトキシクロル	DDT メトキシクロル

IRACの作用機構分類 (v.10.3、2022年6月)		
サブグループに関する情報は7.4を参照、分類表における作用機構情報の表現は7.3を参照		
主要グループと 一次作用部位	サブグループまたは 代表的有効成分	有効成分
4 ニコチン性アセチルコリン受容体 (nAChR)競合的モジュレーター 神経作用 (本クラスの単一あるいは複数のタンパク質に対する作用が殺虫効果を示す明らかな根拠が有る)	4A ネオニコチノイド系	アセタミプリド クロチアニジン ジノテフラン イミダクロプリド ニテンピラム チアクロプリド チアメトキサム
	4B ニコチン	硫酸ニコチン(ニコチン)
	4C スルホキシイミン系	スルホキサフロル
	4D ブテノライド系	フルピラジフロン
	4E メソイオン系	トリフルメゾピリム
	4F ピリジリデン系	フルピリミン
5 ニコチン性アセチルコリン受容体 (nAChR)アロステリックモジュレーター - 部位I- 神経作用 (本クラスの単一あるいは複数のタンパク質に対する作用が殺虫効果を示す明らかな根拠が有る)	スピノシン系	スピネトラム スピノサド
6 グルタミン酸作動性塩素イオンチャネル(GluCl) アロステリックモジュレーター 神経および筋肉作用 (本クラスの単一あるいは複数のタンパク質に対する作用が殺虫効果を示す明らかな根拠が有る)	アベルメクチン系 ミルベマイシン系	アバメクチン エマメクチン安息香酸塩 レピメクチン ミルベメクチン
7 幼若ホルモン類似剤 生育調節 (生物活性に関与する標的タンパク質は不明あるいは未特定)	7A 幼若ホルモン類縁体	ヒドロプレン キノプレン メトプレン
	7B フェノキシカルブ	フェノキシカルブ
	7C ピリプロキシフェン	ピリプロキシフェン
8* その他の非特異的 (マルチサイト) 阻害剤	8A ハロゲン化アルキル系	臭化メチル(メチルブロマイド) その他のハロゲン化アルキル類
	8B クロルピクリン	クロルピクリン
	8C フルオライド系	弗化アルミニウムナトリウム フッ化スルフリル

IRACの作用機構分類 (v.10.3、2022年6月)		
サブグループに関する情報は7.4を参照、分類表における作用機構情報の表現は7.3を参照		
主要グループと 一次作用部位	サブグループまたは 代表的有効成分	有効成分
	8D ホウ酸塩	ホウ砂 ホウ酸 オクタホウ酸ニナトリウム塩 ホウ酸ナトリウム塩 メタホウ酸ナトリウム塩
	8E 吐酒石	吐酒石
	8F メチルイソチオシアネート ジェネレーター	ダゾメット カーバム
9 弦音器官TRPVチャネルモジュレーター 神経作用 (本クラスの単一あるいは複数のタンパク質に対する作用が殺虫効果を示す明らかな根拠が有る)	9B ピリジン アゾメチン誘導体	ピメトロジン ピリフルキナゾン
	9D ピロペン系	アフィドピロペン
10 CHS1に作用するダニ類成長阻害剤 生育調節 (本クラスの単一あるいは複数のタンパク質に対する作用が殺虫効果を示す明らかな根拠が有る)	10A クロフェンテジン ジフロビダジン ヘキシチアゾクス	クロフェンテジン ジフロビダジン ヘキシチアゾクス
	10B エトキサゾール	エトキサゾール
11 微生物由来昆虫中腸内膜破壊剤 (BT毒素を発現した組換え作物を含む。 ただし、抵抗性管理のガイダンスは作用機構によるローテーションに基づくものではない)	11A <i>Bacillus thuringiensis</i> と 生産殺虫タンパク質	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>tenebrionis</i> <i>B.t.</i> 作物に含まれるタンパク質: (*脚注を参照) Cry1Ab, Cry1Ac, Cry1Fa, Cry1A.105, Cry2Ab, Vip3A, mCry3A, Cry3Ab, Cry3Bb, Cry34Ab1/Cry35Ab1
	11B <i>Bacillus sphaericus</i>	<i>Bacillus sphaericus</i>
12 ミトコンドリアATP合成酵素阻害剤 エネルギー代謝 (本タンパク質の機能に作用しているが生物活性との関係は明瞭ではない)	12A	ジアフェンチウロン
	12B 有機スズ系殺ダニ剤	アゾシクロチン 水酸化トリシクロヘキシルスズ(シヘキサチン) 酸化フェンブタスズ
	12C プロパルギット	BPPS(プロパルギット)
	12D テトラジホン	テトラジホン

IRACの作用機構分類 (v.10.3、2022年6月)		
サブグループに関する情報は7.4を参照、分類表における作用機構情報の表現は7.3を参照		
主要グループと 一次作用部位	サブグループまたは 代表的有効成分	有効成分
13* プロトン勾配を攪乱する酸化的リン酸化脱共役剤 エネルギー代謝	ピロール系 ジニトロフェノール系 スルフルラミド	クロルフェナピル DNOC スルフルラミド
14 ニコチン性アセチルコリン受容体 (nAChR)チャネルブロッカー 神経作用 (本タンパク質の機能に作用しているが生物活性との関係は明瞭ではない)	ネライストキシン類縁体	ベンスルタップ カルタップ塩酸塩 チオシクラム チオスルタップナトリウム塩
15 CHS1に作用するキチン生合成阻害剤 生育調節 (本クラスの単一あるいは複数のタンパク質に対する作用が殺虫効果を示す明らかな根拠が有る)	ベンゾイル尿素系	ビストリフルロン クロルフルアズロン ジフルベンズロン フルシクロクスロン フルフェノクスロン ヘキサフルムロン ルフェヌロン ノバルロン ノビフルムロン テフルベンズロン トリフルムロン
16 キチン生合成阻害剤 タイプ1 生育調節 (生物活性に関与する標的タンパク質は不明あるいは未特定)	ブプロフェジン	ブプロフェジン
17 脱皮阻害剤 ハエ目昆虫 生育調節 (生物活性に関与する標的タンパク質は不明あるいは未特定)	シロマジン	シロマジン
18 脱皮ホルモン(エクダイソン)受容体 アゴニスト 生育調節 (本タンパク質に対する作用が殺虫効果を示す明らかな根拠が有る)	ジアシル-ヒドラジン系	クロマフェノジド ハロフェノジド メトキシフェノジド テブフェノジド
19 オクトパミン受容体アゴニスト 神経作用 (本クラスの単一あるいは複数のタンパク質に対する作用が殺虫効果を示す根拠が有る)	アミトラズ	アミトラズ

IRACの作用機構分類 (v.10.3、2022年6月)		
サブグループに関する情報は7.4を参照、分類表における作用機構情報の表現は7.3を参照		
主要グループと 一次作用部位	サブグループまたは 代表的有効成分	有効成分
20 ミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅲ 阻害剤- Qoサイト エネルギー代謝 (本タンパク質複合体に対する作用が殺虫効果を示す根拠が有る)	20A ヒドラメチルノン	ヒドラメチルノン
	20B アセキノシル	アセキノシル
	20C フルアクリピリム	フルアクリピリム
	20D ビフェナゼート	ビフェナゼート
21 ミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅰ 阻害剤(METI) エネルギー代謝 (本タンパク質複合体に対する作用が殺虫効果を示す根拠が有る)	21A METI 剤	フェナザキン フェンピロキシメート ピリダベン ピリミジフェン テブフェンピラド トルフェンピラド
	21B ロテノン	デリス(ロテノン)
22 電位依存性ナトリウムチャネルブロッカー 神経作用 (本タンパク質複合体に対する作用が殺虫効果を示す根拠が有る)	22A オキサジアジン系	インドキサカルブ
	22B セミカルバゾン系	メタフルミゾン
23 アセチルCoAカルボキシラーゼ阻害剤 脂質合成、生育調節 (本タンパク質に対する作用が殺虫効果を示す根拠が有る)	テトラ酸およびテトラミン酸誘導体	スピロジクロフェン スピロメシフェン スピロピジオン スピロテトラマト
24 ミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅳ 阻害剤 エネルギー代謝 (本タンパク質複合体に対する作用が殺虫効果を示す根拠が有る)	24A ホスフィン系	リン化アルミニウム リン化カルシウム リン化水素 リン化亜鉛
	24B シアニド類	青酸(シアン化カルシウム・シアン化ナトリウム) シアン化カリウム
25 ミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅱ 阻害剤 エネルギー代謝 (本タンパク質複合体に対する作用が殺虫効果を示す根拠が有る)	25A β -ケトニル誘導体	シエノピラフェン シフルメトフェン
	25B カルボキサニリド系	ピフルブミド

IRACの作用機構分類 (v.10.3、2022年6月)		
サブグループに関する情報は7.4を参照、分類表における作用機構情報の表現は7.3を参照		
主要グループと 一次作用部位	サブグループまたは 代表的有効成分	有効成分
28 リアノジン受容体モジュレーター 神経および筋肉作用 (本タンパク質複合体に対する作用が殺虫効果を示す明らかな根拠が有る)	ジアミド系	クロラントラニリプロール シアントラニリプロール シクラニリプロール フルベンジアミド テトラニリプロール
29 弦音器官モジュレーター 標的部位未特定 神経作用 (弦音器官機能のモジュレーションは明瞭に示されている。ただし、生物活性に関与する特異的標的タンパク質はグループ9のものとは異っており、未特定のみである)	フロニカミド	フロニカミド
30 GABA作動性塩化物イオンチャネルアロステリックモジュレーター 神経作用 (本タンパク質複合体に対する作用が殺虫効果を示す明らかな根拠が有る)	メタジアミド系 イソオキサゾリン系	プロフラニリド フルキサメタミド イソシクロセラム
31 バキュロウイルス 宿主特異的閉塞性病原性ウイルス (中腸上皮円柱細胞膜への作用- 標的タンパク部位は未定義)	顆粒病ウイルス(GVs) 核多角体病ウイルス(NPVs)	コドリンガ <i>Cydia pomonella</i> GV コドリンガモドキ <i>Thaumatotibia leucotreta</i> GV ビロードマメケムシ <i>Anticarsia gemmatilis</i> MNPV オオタバコガ <i>Helicoverpa armigera</i> NPV
32 ニコチン性アセチルコリン受容体 (nAChR)アロステリックモジュレーター -部位II- 神経作用 (本クラスの単一あるいは複数のタンパク質に対する作用が殺虫効果を示す明らかな根拠が有る)	GS-オメガ/カツパ HXTX- Hv1aペプチド	GS-オメガ/カツパ HXTX-Hv1aペプチド
33 カルシウム活性化カリウムチャネル (KCa2)モジュレーター 神経作用 (本タンパク質に対する作用が殺虫効果を示す根拠が有る)	アシノナビル	アシノナビル

IRACの作用機構分類 (v.10.3、2022年6月)		
サブグループに関する情報は7.4を参照、分類表における作用機構情報の表現は7.3を参照		
主要グループと 一次作用部位	サブグループまたは 代表的有効成分	有効成分
34 ミトコンドリア電子伝達系複合体III 阻害剤 -Qiサイト エネルギー代謝 (このタンパク質複合体のモジュレーションが明確に示されており、生物活性に関わる標的サイトがグループ20と明らかに異なる)	フロメトキン	フロメトキン
UN* 作用機構が不明あるいは不明確な剤 (活性に関わる標的タンパク質が不明あるいは不明確な剤)	アザジラクチン	アザジラクチン
	ベンゾキシメート	ベンゾキシメート
	ベンズピリモキサン	ベンズピリモキサン
	プロモプロピレート	プロモプロピレート
	キノメチオナート	キノメチオナート
	ジコホル	ジコホル
	石灰硫黄合剤	石灰硫黄合剤
	マンゼブ	マンゼブ
	ピリダリル	ピリダリル
	硫黄	硫黄
UNB* 作用機構が不明あるいは不明確な細菌(非Bt) (生物活性に係る標的タンパク質が不明あるいは未特定)		バークホルデリア属菌 ボルバキア・ピピエンティス(Zap)
UNE* 作用機構が不明あるいは不明確な合成物質、抽出物あるいは未精製油を含む植物性エキス (生物活性に係る標的タンパク質が不明あるいは未特定)		アリタソウ抽出物 グリセリンまたはプロパンジオールを持った脂肪酸モノエステル ニームオイル
UNF* 作用機構が不明あるいは不明確な真菌 (生物活性に係る標的タンパク質が不明あるいは未特定)		ボーベリア・バシアーナ株 メタリジウム・アニソプリア株(F52) ペシロマイセス・フモソロセウス・アポプカ株(97)
UNM* 作用機構が不明あるいは不明確な非特異的な物理的攪乱剤 (生物活性に係る標的タンパク質が不明あるいは未特定)		珪藻土 マシン油
UNP* 作用機構が不明あるいは不明確なペプチド (生物活性に係る標的タンパク質が不明あるいは未特定)		
UNV* 作用機構が不明あるいは不明確なウイルス(非バキュロウイルス) (生物活性に係る標的タンパク質が不明あるいは未特定)		

Targeted Physiology: Nerve & Muscle Growth & Development Respiration Midgut Unknown or Non-Specific

表の注:

- a) ここで使用している配色は生理学的機能に基づいて大まかに作用機構を区別したもので、殺虫剤による症状、作用発現速度や他の特性を理解するための参考情報であり、いかなる抵抗性対策のためでもありません。抵抗性対策のためのローテーションは番号付けされた作用機構グループだけに基づくべきです。
- b) 上記の分類表への薬剤の収載は必ずしも規制当局の承認を意味するものではありません。
- c) 作用機構の分類は、通常、生物活性に関与する標的タンパク質の同定により行われますが、特有の生理活性や関連する構造を共有する薬剤をグループ化している場合もあります。
- d) 今回、グループ26および27は該当する化合物がなかったため欠番としています。
- e) 作用機構が不明または検討中、あるいは、毒性発現機構が不明な薬剤は、適切な作用機構に分類できる根拠が得られるまで“UN”、“UNB”、“UNE”、“UNF”、“UNM”、“UNP”あるいは“UNV”の欄に掲載しています。
- f) *の付いたグループ(8、13、UN、UNB、UNE、UNF、UNM、UNP及びUNV)の有効成分は共通の標的部位を有していないと考えられる。従って、交差抵抗性が予想される根拠がない限りお互いに自由にローテーションできます。
- g) 異なった昆虫目を標的とする異なったバキュロウイルスは抵抗性管理に支障なく同時に使用できると考えられます。いくつかの害虫種では特定のバキュロウイルス間でのローテーションが抵抗性管理に有益と考えられます。製品ごとの説明書を参照してください。
- h) ビフェナゼートがミトコンドリア複合体ⅢのQo部位に作用し、ビフェナゼート耐性変異がアセキノシルへの交差耐性を付与するという強力な証拠があるが、フルアクリピリムとヒドラメチルノンの作用部位は決定されていない。

7.3. 分類表における作用機構情報の表現

{本タンパク質(またはタンパク質複合体)に対する作用が殺虫効果を示す明らかな根拠が有る}	標的タンパク質の機能に対する強い作用を示し、この標的タンパク質の突然変異、過剰発現、欠如に起因して抵抗性を発現するか、あるいは一連の関連薬剤についてタンパク質に対する作用と生物活性の相関性がみられる。
{本タンパク質(またはタンパク質複合体)に対する作用が殺虫効果を示す根拠が有る}	明瞭で一貫した生理活性を示すことで、そのタンパク質の機能に対して非常に強い作用がみられる。
{本タンパク質の機能に作用しているが生物活性との関係は明瞭ではない}	薬剤又はその活性本体がタンパク質の機能に対して中程度あるいは弱い作用しか示さず、その作用が生物活性に結びつく証拠がほとんど無いかもしれない。 薬剤は、構造の類似性や特異的な生理活性によってグループ化されている。
{生物活性に関与する標的タンパク質は不明あるいは未特定}	薬剤は、構造の類似性や特異的な生理活性によってグループ化されている。

7.4. 分類表のサブグループ

サブグループは、同じ一次作用部位の薬剤のなかで、構造あるいは作用部位のタンパク質との相互作用が大きく異なる薬剤グループを分けたものです。構造が大きく異なれば、類似構造の薬剤に比べ代謝分解による交差抵抗性発達の機会は少なくなり、作用部位との相互作用が異なれば作用部位の変化による交差抵抗性発達の機会は少なくなります。なお、構造がごく近縁の薬剤でも作用部位との結合様式が異なるか、複数の作用部位の中で標的とするものが異なることが知られている場合には、別のサブグループとすることもあります。

同一グループ内の既存薬剤と新規有効成分の間で交差抵抗性を示さない根拠が示されればサブグループとされます。この根拠にはバイオアッセイに基づく研究が含まれ、感受性系統と抵抗性系統の定量的抵抗性比が提供されていなければなりません。

主要グループが異なる場合に比べ、サブグループだけが異なる薬剤間での交差抵抗性の可能性は高いので、サブグループ間のローテーション使用は原則避けなければなりません。

但し、別の主要グループに有効な殺虫剤が無い場合など、やむを得ない場合には、交差抵抗性が認められていない殺虫剤を各国の指導者に相談した上でローテーション使用ができます。なお、これは例外的手段であり持続的な抵抗性の管理にはならないので、害虫の抵抗性発達を抑えるために別の防除手段の検討が必要です。

以下は特殊なサブグループについての補足情報です。

サブグループ	注 意 事 項
3A, 3B	DDTは農業分野で使用されていないので、このサブグループ分類は蚊のようなヒトの病気を媒介する昆虫の防除についてのみに適用される。
4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F	これらの化合物は同一の標的部位に作用すると考えられるが、最近の知見では代謝分解に基づくサブグループ間での交差抵抗性のリスクは低いと思われる。
10A	クロフェンテジンとヘキシチアゾクスは化学構造が異なるが、両化合物は交差抵抗性を示すことから同じグループとした。また、ジフロビダジンはクロフェンテジンに近い類縁物質であり同一の作用機構を示すと考えられるため同じグループとした。
11A	異なった目に属する害虫を対象とするBT製品は互いの抵抗性対策に影響することなく同時に使用しても構わない。ある種の害虫に対してはBT剤のローテーションが抵抗性対策に有効な場合がある。製品情報を参照すること。 組換え作物のB.t.タンパク質：複数の異なるB.t.タンパク質を含有する組換え作物は対象害虫の中腸に複数の異なる受容体がある場合には抵抗性対策に有益である。
22A, 22B	これらの化合物は同一の標的部位に作用すると考えられるが、最近の知見では代謝分解に基づくサブグループ間での交差抵抗性のリスクは低いと示唆されている。
25A, 25B	これらの化合物は同一の標的部位に作用すると考えられるが、最近の知見では代謝分解に基づくサブグループ間での交差抵抗性のリスクは低いと示唆されている。

7.5. 一般的な注意事項と作用機構分類の最新

- 詳細な作用機構グループをAppendix 3に記載します。
- 作用機構分類を併記したアルファベット順の有効成分リストをAppendix 5に記載します。
- 分類はIRACで利用可能な最新情報に基づき行われています。この分類は現在上市されている殺虫剤の作用機構について農薬業界が合意したもので、使用者、生産者団体、普及所、米国環境保護庁のような規制当局、そして抵抗性対策に係るすべての関係者に提供されます。
- IRAC作用機構分類は必要に応じて定期的に見直され、改訂されます。最新版はIRAC のホームページ(<https://irac-online.org/>)で参照できます。
- 新規有効成分の既存あるいは新規の作用機構グループへの収載申請は、分類のための引用文献または根拠とともにホームページからIRACに提出します。
- 全ての改訂は最終版が公表される前にIRACメンバー会社によって確認されます。さらに表への追加、削除、変更に関しては、多くの国際的に著名な昆虫毒性学者や生化学者の監修を受けます。作用機構分類に新規殺虫成分を割当てるときの詳細な手順をAppendix 4に記載します。
- 分類の変更は重大な結果をもたらす場合があります。殺虫剤抵抗性対策の目的でIRACの作用機構分類番号や分類名を殺虫剤ラベル(Appendix 1参照【農薬工業会 注: Appendix 1の翻訳は省略】)に記載している国々においては、変更の実施に費用が発生します。一般的に、分類の変更は科学的に妥当な根拠がある場合に認められます。
- 現在、登録がなく使用されていない薬剤は、表には掲載していません。
【農薬工業会注:掲載農薬には、日本国内に登録がない剤も含まれています。】
- 分類表を継続的に改善するため、記載内容の誤り等について、できるだけその根拠とともにIRACへお知らせください。ホームページから直接IRACまでご提出ください。その他、改善のための提案も歓迎します。

Appendix 1

製品ラベル:殺虫剤抵抗性対策の助言を付した有効成分の作用機構表示

【省略】

【農薬工業会 注】

日本では製品ラベル記載のガイドラインを2017/9/5に制定しました(2021/10/21改正)。

Appendix 2

IRACが推奨する殺虫剤抵抗性対策の基本

- ・ 総合的病害虫・雑草管理(IPM)や殺虫剤抵抗性対策プログラムに関する最新の指導内容や助言について地域の病害虫防除所や普及指導センターに相談する。
- ・ 作物の早生品種や抵抗性品種を利用して殺虫剤使用の低減を考慮する。
- ・ 効果的な殺虫剤抵抗性対策プログラムと組み合わせることができる有効な耕種的防除や生物的防除を取り入れる。Bt殺虫剤散布、抵抗性品種、無防除区の設定や輪作など、化学的防除以外の害虫密度の制御や抑制に有効なあらゆる手段を講じる。
- ・ できる限り有益昆虫に影響のない殺虫剤やその他の害虫防除手段を選択する。
- ・ 製品ラベルに記載された最大量を使用する。致死に至らないような低薬量は中程度の抵抗性を持つ個体群を速やかに選抜することになる。一方、記載された以上の高薬量での使用は過剰な淘汰圧を強いることになる。
- ・ 殺虫剤の散布には適切で十分に保守管理された器具を使用すること。対象範囲への最適な散布を得るために推奨された液量、散布圧、最適気温で使用する。
- ・ 幼虫の防除にあたっては可能な限り若齢幼虫を対象とする。すなわち若齢幼虫は通常感受性が高いため、老齢幼虫に比べ殺虫剤による防除がより効果的となる。
- ・ それぞれの地域における要防除水準や適切な散布間隔を採用する。
- ・ 殺虫剤抵抗性対策のために異なった作用機構を持つ殺虫剤をローテーションや体系で使用する際は、製品ラベルの記載や地域の指導者の助言に従う。
- ・ 1年または1作期中に複数の散布がある場合には、異なった作用機構の薬剤をローテーション使用する。
- ・ 防除に失敗した場合でも、同じ殺虫剤を散布せず、異なった作用機構の殺虫剤や地域で交差抵抗性が認められていない殺虫剤に変更する。
- ・ 混用は、短期的には抵抗性対策の手段の一つである。ただし、それぞれの成分が異なった作用機構の殺虫剤であることとそれぞれの成分の最大量を使用することが重要である。
- ・ 商業的に最も重要な状況では、殺虫剤抵抗性のモニターや防除効果の確認をすることを考慮する必要がある。
- ・ 防除効果が得られる代替の化合物群がある場合は、抵抗性が発達した薬剤の使用を感受性が回復するまで差し控えることは有効な手段である。

Appendix 3

各作用機構グループの解説

神経および筋肉を標的とするグループ

現在多くの殺虫剤は神経や筋肉を標的として作用する。一般的にこれらを標的とする殺虫剤は速効的である。

グループ 1 アセチルコリンエステラーゼ(AChE)阻害剤

AChEを阻害し、過剰興奮を引き起こす。AChEは神経シナプスで興奮性神経伝達物質アセチルコリンの作用を停止させる酵素である。

グループ 2 GABA作動性塩化物イオンチャネルブロッカー

GABAで活性化される塩化物イオンチャネルを阻害し、過剰興奮と痙攣を引き起こす。GABAは昆虫の主要な抑制性神経伝達物質である。

グループ 3 ナトリウムチャネルモジュレーター

ナトリウムチャネルを開放し続け、過剰興奮を引き起こし、場合によっては神経伝達を阻害する。ナトリウムチャネルは神経軸索に沿った活動電位の伝達に関与する。

グループ 4 ニコチン性アセチルコリン受容体(nAChR)競合的モジュレーター

ニコチン性アセチルコリン受容体のアセチルコリンサイトに結合し、過剰興奮から活動低下や麻痺のような一連の症状を引き起こす。アセチルコリンは昆虫中枢神経系の主要な興奮性神経伝達物質である。

グループ 5 ニコチン性アセチルコリン受容体(nAChR)アロステリックモジュレーター- 部位 I

nAChRのアロステリック部位(グループ32-部位Ⅱとは異なる部位)に結合してnAChRを活性化させ、過剰興奮を引き起こす。アセチルコリンは昆虫中枢神経系の主要な興奮性神経伝達物質である。

グループ 6 グルタミン酸作動性塩素イオンチャネル(GluCl)アロステリックモジュレーター

グルタミン酸依存性塩素イオンチャネル(GluCl)のアロステリック部位に結合してGluClを活性化し、麻痺を引き起こす。グルタミン酸は昆虫の重要な抑制性神経伝達物質である。

グループ 9 弦音器官TRPVチャネルモジュレーター

聴覚、重力、平衡感覚、加速感、固有受容感覚と運動感覚に重要である弦音ストレッチ受容器官の中のNan-Iav TRPV(一過性受容体電位バニロイド)チャネル複合体に結合し、その開閉を攪乱する。その結果として、標的昆虫の摂食行動やその他の行動が攪乱される。

グループ14 ニコチン性アセチルコリン受容体(nAChR)チャネルブロッカー

nAChRイオンチャネルを阻害し、神経系の遮断と麻痺を引き起こす。アセチルコリンは昆虫中枢神経系の主要な興奮性神経伝達物質である。

グループ19 オクトパミン受容体アゴニスト

オクトパミン受容体を活性化し、過剰興奮を誘導する。オクトパミンは昆虫でのアドレナリン相当物で、闘争・逃走(fight-or-flight)反応に係る神経ホルモンである。

グループ22 電位依存性ナトリウムチャネルブロッカー

ナトリウムチャネルを阻害し、神経系の遮断と麻痺を引き起こす。ナトリウムチャネルは神経軸索に沿った活動電位の伝達に参与する。

グループ28 リアノジン受容体モジュレーター

筋肉のリアノジン受容体を活性化し、収縮と麻痺を誘導する。リアノジン受容体は小胞体から細胞質へのカルシウムの放出を担う。

グループ29 弦音器官モジュレーター 標的部位未特定

聴覚、重力、平衡感覚、加速感、固有受容感覚と運動感覚に重要である弦音ストレッチ受容器官の機能が攪乱される。その結果として、標的昆虫の摂食行動やその他の行動が攪乱される。グループ9とは異なり、グループ29殺虫剤は、Nan-Iav TRPVチャネル複合体には結合しない。

グループ30 GABA作動性塩化物イオンチャネルアロステリックモジュレーター

GABAで活性化される塩化物イオンチャネルをアロステリック部位で阻害し、過剰興奮と痙攣を引き起こす。GABAは昆虫の主要な抑制性神経伝達物質である。

グループ 32 ニコチン性アセチルコリン受容体(nAChR)アロステリックモジュレーター-部位II

nAChRのアロステリック部位(グループ 5-部位 Iとは異なる部位)に結合してnAChRを活性化させ、過剰興奮を引き起こす。アセチルコリンは昆虫中枢神経系の主要な興奮性神経伝達物質である。

グループ 33 カルシウム活性化カリウムチャネル(KCa2)モジュレーター

KCa2の負のモジュレーションは、過興奮とけいれんを引き起こす。KCa2チャネルは、細胞内カルシウム濃度の上昇により活性化され、活動電位の調節に参与している。

生育および発達を標的とするグループ

昆虫の発育は2種の主要なホルモン、すなわち幼若ホルモンとエクダイソンのバランスで制御されている。昆虫成長阻害剤はこれらのホルモンを模倣したり、直接クチクラ形成・蓄積や脂質合成を攪乱する。この成長と発育を標的として作用する殺虫剤は一般的に遅効性である。

グループ 7 幼若ホルモン類似剤

これらの化合物を変態前の幼虫に処理することで変態を攪乱して阻止する。

グループ10 **CHS1に作用するダニ類成長阻害剤**

キチンの重合を触媒する酵素を阻害する。

グループ 15 **CHS1に作用するキチン生合成阻害剤**

キチンの重合を触媒する酵素を阻害する。

グループ16 **キチン生合成阻害剤(タイプ1)**

コナジラミ類を含むある種の昆虫のキチン生合成阻害を引き起すが、その作用機構は十分には解明されていない。

グループ17 **脱皮阻害剤、ハエ目昆虫**

脱皮阻害を引き起すが、その作用機構は十分には解明されていない。

グループ18 **脱皮ホルモン(エクダイソン)受容体アゴニスト**

脱皮ホルモンであるエクダイソンの類縁体で、早熟脱皮を引き起す。

グループ23 **アセチルCoAカルボキシラーゼ阻害剤**

脂質生合成の第1段階に作用するアセチルCoAカルボキシラーゼを阻害し、殺虫効果を発現する。

呼吸を標的とするグループ

ミトコンドリアで行われている呼吸は、生体維持に必要なエネルギー源であるATPを生産する。ミトコンドリアにおいて、電子伝達系がプロトン勾配を用いた酸化プロセスによって作り出されるエネルギーを用いてATPを合成する。ある種の殺虫剤はその電子伝達系や酸化的リン酸化を阻害することが知られている。この呼吸システムに含まれる各種標的部位に作用する殺虫剤は、一般的に比較的速やかに効果を発現する。

グループ12 **ミトコンドリアATP合成酵素阻害剤**

ATPを合成する酵素を阻害する。

グループ13 **プロトン勾配を攪乱する酸化的リン酸化脱共役剤**

プロトノホアは、ミトコンドリアのプロトン勾配を攪乱させることでATP合成を阻害する。

グループ20 **ミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅲ阻害剤**

電子伝達系複合体Ⅲを阻害することで、細胞のエネルギー利用を妨害する。

グループ21 **ミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅰ阻害剤**

電子伝達系複合体Ⅰを阻害することで、細胞のエネルギー利用を妨害する。

グループ24 **ミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅳ阻害剤**

電子伝達系複合体Ⅳを阻害することで、細胞のエネルギー利用を妨害する。

グループ 25 ミトコンドリア電子伝達系複合体 II 阻害剤

電子伝達系複合体 II を阻害することで、細胞のエネルギー利用を妨害する。

グループ 34 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤- Qi サイト

電子伝達系複合体 III を阻害し、細胞によるエネルギーの利用を妨げる。グループ 20 と異なり、グループ 34 の殺虫剤は Qi サイトに結合する。

中腸を標的とするグループ

チョウ目に特異的な微生物由来毒素(農薬としての散布処理に加え、遺伝子組換え作物の植物体中で発現させ利用する場合がある)及びバキュロウイルス

グループ 11 微生物由来昆虫中腸内膜破壊剤

中腸の受容体に結合したタンパク質毒素は、中腸の膜に穴を開けることでイオンの不均衡と敗血症を引き起す。

グループ 31 バキュロウイルス(宿主特異的閉塞性病原性ウイルス)

バキュロウイルス特有のペルス感染性因子(PIF)タンパク質複合体は、未知であるが各バキュロウイルス型に特有であると考えられる中腸細胞上の PIF 標的に結合することにより宿主特異的感染を促進する。感染は最終的に致死させる。

未特定または非特異的標的グループ

いくつかは標的部位または作用特性が不明であるか、多くの標的に非特異的に作用する。

グループ 8 非特異的(マルチサイト)阻害剤**グループ UN 作用機構が不明あるいは不明確な剤****グループ UNB 作用機構が不明あるいは不明確な細菌****グループ UNE 作用機構が不明あるいは不明確な合成物質、抽出物あるいは未精製油を含む植物性エキス****グループ UNF 作用機構が不明あるいは不明確な真菌****グループ UNM 作用機構が不明あるいは不明確な非特異的な物理的攪乱剤****グループ UNP 作用機構が不明あるいは不明確なペプチド****グループ UNV 作用機構が不明あるいは不明確なウイルス剤**

Appendix 4

新規殺虫剤の作用機構分類決定の手順

IRACは、IRAC作用機構分類体系を殺虫剤の作用機構についての世界的に最も信頼され、権威あるものとして維持している。IRACは、抵抗性対策のために可能な限り最良の情報を提供することを目的として、定期的にこの分類体系の改訂版を提供している。そのためにIRACは新規殺虫剤の適切な作用機構分類グループおよび構造上の差異に基づくサブグループへの分類、新たな確定情報に基づいた再分類・誤りの訂正・例外適用を行っている。本文書では、IRACがこれらのプロセスをどのように管理しているかについて詳述する。

IRACにおける作用機構分類の担当

IRAC作用機構チームは、昆虫毒物学、薬理学、または生化学の専門知識を有する技術者を有する各加盟企業の代表者で構成されている。すべてのIRAC加盟企業は、チームに技術的専門知識を提供する資格がある。チームは定期的に会合を開き、作用機構分類体系の内容や詳細を検討し、分類体系内に対する殺虫剤の追加、削除、または再指定に関する提案を取り纏め、IRAC評議会に提案する。

分類体系が更新される理由と頻度

分類体系の新版は、作用機構チームによる新たな情報の検討の結果を受けて、必要に応じて定期的に発行される。主要な新規作用機構グループの導入または既存の殺虫剤またはグループの再編成がある場合、新版(vN)を発行することになる。分類体系に著しい影響を及ぼさない小さな変更や修正は、必要に応じて間隔で行われ、修正版(vN.n)が発行される。修正版は必要に応じて年に数回発行される場合があるが、年1回を超える新版の発行は想定していない。既存の分類体系に対する大きな変更の提案が全世界に、特に製品への作用機構の表示を行っている国々において影響を及ぼすことは十分に認識されている。作用機構チームはこれらの影響を意識して、変更のエビデンスが科学的に確定的である場合にのみ、改訂を提案する。

殺虫剤の作用機構分類の裏付けに必要なエビデンス

作用機構分類体系への追加または現行の分類体系の修正に関する提案書は、IRAC作用機構チームに提出するものとする(後述)。これらの提案は作用機構チームが検討し、検討結果についての決定内容は追って提案者に通知される。権威のある科学雑誌に論文審査を受けて公表された文献資料は、作用機構チームが検討する際の情報源として特に有用であり、提案書を提出する企業、団体、または個人は可能な限りそのような情報を作用機構チームに提供して検討に付すことが強く推奨される。補完的情報の提供も望ましい。未公表の資料をエビデンスとして提出することができ、作用機構チームはこの解釈を適切に行う。

作用機構(殺虫剤の前駆体から活性本体への活性化を含む)の証明にはいくつかのタイプのデータを使用することができるが、作用機構の仮説を裏付ける有力なエビデンスが必要とされる。これには、中毒症状を示す個体の体内濃度として合理的に推定できる薬量での、明確な標的での効果(活性化、阻害、または調節)の実証を含む。これらのデータは、昆虫の死亡率と標的部位への効果とを関連付ける生理学および／または症候学的研究により裏付けられていることが望ましい。さらに、提案する作用機構の証明をより確実に行うには*in vitro* 活性と殺虫活性との正の構造活性相関、および／または抵抗性をもたらす標的部位の変異を示すことが必要である。

作用機構のサブグループを設けるための基準

サブグループは、同じ作用機構ではあるが、化学構造または標的タンパク質との相互作用機構が大きく異なり、そのため代謝または標的部位の変異による交差抵抗性が生じる選択の機会が同一グループ内の近似した類縁体と比較して少ないと考えられる一群の化学物質群である。構造的に類似しているが標的部位内での結合様式が異なること、または複数の標的部位の中で選択性が異なることが知られている殺虫剤についても、サブグループとして区別することがある。サブグループ化を裏付けるためには、該当するグループ内の既存の化合物間と新しい有効成分との交差抵抗性がないことを示すエビデンスを提示する必要がある。このエビデンスにはバイオアッセイに基づく研究を含み、感受性系統と抵抗性系統の間の定量的な抵抗性比を示さなければならない。

サブグループ間の交差抵抗性のリスクは異なるグループ間のリスクより高いため、サブグループ間のローテーションは避ける必要がある。特別な事情がある場合(別の作用機構グループに有効な登録済みの殺虫剤がない場合など)は、交差抵抗性がない地域において、現地の専門家の助言を得たうえでローテーションを考慮することができるが、そのような例外的使用は、持続的な抵抗性対策戦略と見なすべきではなく、害虫の感受性を維持するために代替手段を模索しなければならない。

作用機構チームの決定方法

IRAC作用機構分類体系は信頼のおけるものであらねばならないので、殺虫剤の作用機構分類は、特定の検討と議論では常に最高水準の科学的公正性があることを最優先事項と考えている。詳細な議論によりチーム内での意見の一致を経ることで殺虫剤の作用機構が合意されるが、新しい作用機構分類やサブクラスの導入などの重大な決定については、IRAC評議会に提議し承認を求める。作用機構チームが評議会の決定に同意できない場合は、その事例を再検討する前に、外部の作用機構の専門家委員会に提示して意見書を求めることを選択することがある。専門家委員会の構成については、作用機構チームに事前に同意を得るものとする。特定の事例について再検討した後、まだ作用機構チームの意見が一致しない場合、その事例はIRAC評議会ですらに検討される。作用機構チームの各メンバーが会社の提携その他の利害関係によって利益相反の対象となる場合、そのメンバーは適宜、特定の殺虫剤に関する議論への参加を辞退することがある。

このプロセスの所要期間

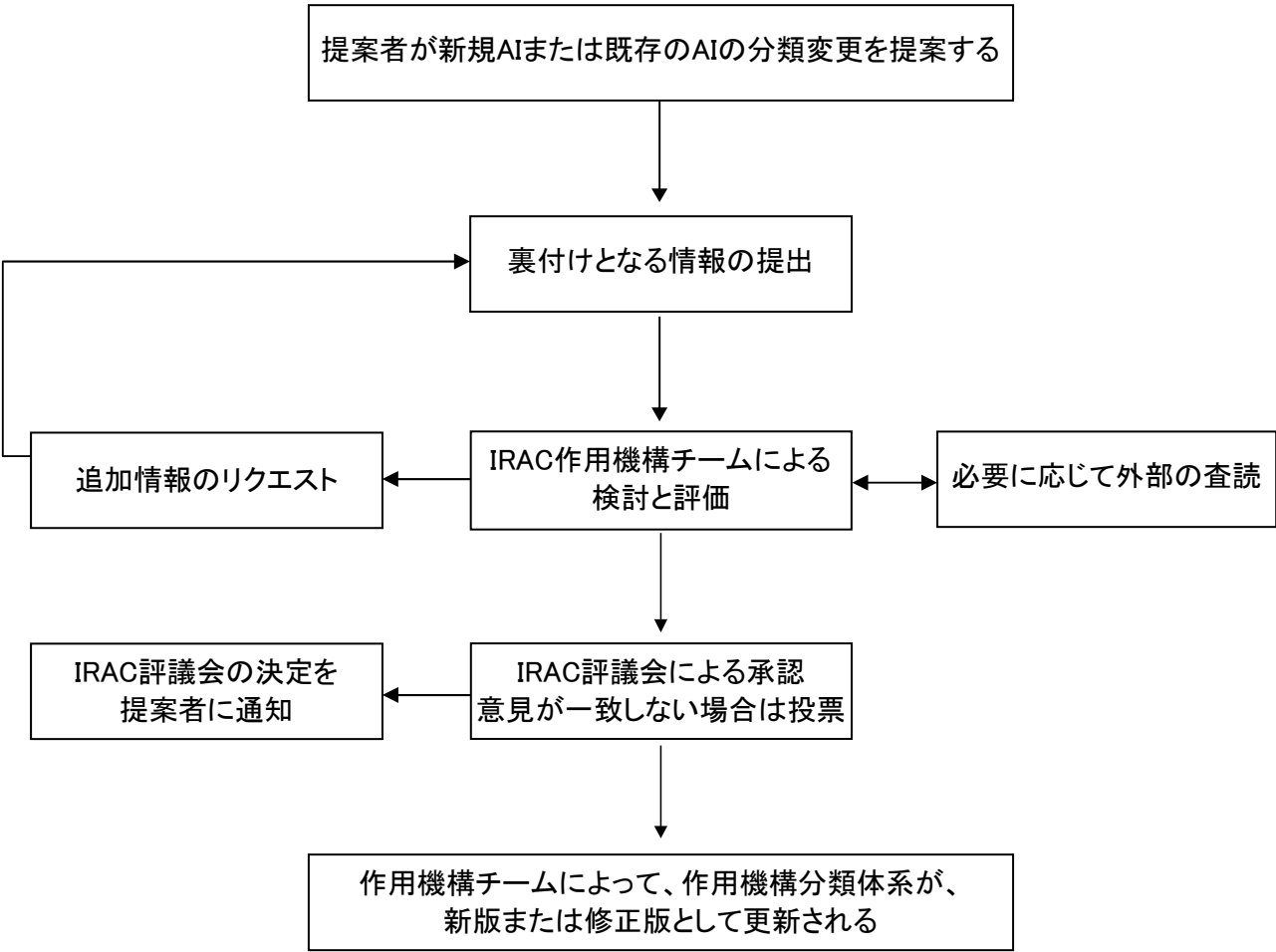
作用機構チームは、適切な裏付けとなるエビデンスを入手後、可能な限り速やかにその殺虫剤の分類位置に関する最終決定を下す義務がある。外部の専門家委員会での協議が不要な単純な事例については、通常は3か月以内に作用機構チームから提案者にフィードバックされる。外部の専門家委員会での協議が必要な場合は、このプロセスが6か月に延びることがある。

提案書の提出先

新規殺虫剤に関する提案または現行のIRAC作用機構分類体系の変更に関する提案書は、IRAC インターナショナルコーディネーターを通じてIRAC作用機構チームに提出する。コーディネーターの連絡先は、IRACのウェブサイト(<https://irac-online.org/>)の各ページ下部の‘Contact’のリンクで提供されている。また、下記のサイトでオンライン申請をすることも可能である。

<http://www.irac-online.org/submit-an-active/>

IRAC作用機構分類体系の更新手順



作用機構分類ガイドライン表

分類の裏付けとなる根拠	リンク
1. 既存のグループ	
a. 既存のサブグループ/サブグループのないグループの場合	
薬効が発現すると考えられる虫体濃度における標的/シグナル伝達経路に対する明確な効果(活性化、阻害、またはモジュレーション)の実証	
<i>in vitro</i>での活性と殺虫効力との正の構造活性相関 - 提案された作用機構をサポートする標的部位変異	https://irac-online.org/documents/established-insecticide-target-site-mutations/?ext=xls
虫の死亡率と標的部位/シグナル伝達経路への影響との関連性を示す生理学および/または症候学的研究	
b. 新規サブグループ(追加のデータが必要)	
化学的あるいは生物学的に明確に区別できる分類*	
既存のグループに属する化合物と新しい有効成分の間の交差耐性の欠如を裏付ける証拠: - 圃場で採集された感受性系統と抵抗性系統の間の定量的な抵抗性比 <i>in vitro</i>研究(optional)	虫種ごとの抵抗性特性と参考文献 https://irac-online.org/pests/
*サブグループは構造的に類似しているが標的内で異なる結合をするかまたは複数の標的間で異なる選択性を有することが知られている殺虫剤に対しても与えられる。	
2. 新規グループ	
化学的あるいは生物学的に新規な分類	
薬効が発現すると考えられる虫体濃度における標的/シグナル伝達経路に対する明確な効果(活性化、阻害またはモジュレーション)の実証	
<i>invitro</i>での有効性と殺虫効力との正の構造活性相関 - 提案された作用機構をサポートする標的部位変異	
昆虫の死亡率と標的部位/シグナル伝達経路への影響との関連性を示す生理学および/または症候学的研究	
既存の標的/シグナル伝達経路の新しい標的部位を提案する場合には既知の標的/シグナル伝達経路の既存の標的部位との明確な違いを示すことが必要とされる。これには、殺虫剤が既存の標的の固有の部位に結合し、この結合が既存のターゲットに抵抗性を与える変異の影響を受けないことを示す実験的証拠が含まれます。	オンライン作用機構分類表(検索可) https://irac-online.org/modes-of-action/
3. 未特定の作用機構のグループ	
明確な作用機構を裏付ける証拠が不十分な殺虫剤/殺ダニ剤は未特定の作用機構のグループに属するものとして以下のように分類される 化合物: UN、バクテリア剤: UNB、抽出物・未精製油: UNE、真菌剤: UNF、機械的・物理的阻害剤: UNM、ペプチド: UNP、ウイルス: UNV	

Appendix 5

有効成分の作用機構分類一覧(50音順)

有効成分名	作用機構 番号
アクリナトリン	3A
アザジラクチン	UN
アザメチホス	1B
アシノナピル	33
アジンホスエチル	1B
アジンホスメチル	1B
アセキノシル	20B
アセタミプリド	4A
アセフェート	1B
アゾシクロチン	12B
アバメクチン	6
アフィドピロペン	9D
アミトラズ	19
アラニカルブ	1A
アリタソウ抽出物	UNE
アルジカルブ	1A
アレスリン	3A
イソキサチオン	1B
イソシクロセラム	30

有効成分名	作用機構 番号
イソフェンホス	1B
イソプロカルブ	1A
イソプロピル=O-(メトキシアミノチオホスホリル)サリチラート	1B
イミシアホス	1B
イミダクロプリド	4A
イミプロトリン	3A
インドキサカルブ	22A
エスフェンバレレート	3A
エチオフェンカルブ	1A
エチオン	1B
エチプロール	2B
エチルチオメトン	1B
エトキサゾール	10B
エトフェンプロックス	3A
エトプロホス	1B
エマメクチン安息香酸塩	6
エンドスルファン	2A
エンベントリン[(EZ)-(1R)-異性体]	3A
オオタバコガ核多角体病ウイルスNPV	31

有効成分名	作用機構 番号
オキサミル	1A
オキシジメトンメチル	1B
オクタホウ酸二ナトリウム塩	8D
オメトエート	1B
カーバム	8F
カズサホス	1B
カデスリン	3A
カルタップ	14
カルバリル	1A
カルボスルファン	1A
カルボフラン	1A
キシリルカルブ	1A
キナルホス	1B
キノプレン	7A
キノメチオナート	UN
クマホス	1B
グリセリンまたはプロパンジオールを持った脂肪酸モノエステル	UNE
クロチアニジン	4A
クロフェンテジン	10A
クロマフェノジド	18

有効成分名	作用機構 番号
クロラントラニリプロール	28
クロルデン	2A
クロルピクリン	8B
クロルピリホス	1B
クロルピリホスメチル	1B
クロルフェナピル	13
クロルフェンビンホス	1B
クロルフルアズロン	15
クロルメホス	1B
クロレトキシホス	1B
鉍油	UNM
コドリンガモドキ顆粒病ウイルスGV	31
コドリンガ顆粒病ウイルスGV	31
シアニド	24B
シアノホス	1B
ジアフェンチウロン	12A
シアントラニリプロール	28
シアン化カリウム	24B
シアン化ナトリウム	24B
シエノピラフェン	25A
シクラニリプロール	28

有効成分名	作用機構 番号
ジクロトホス	1B
シクロプロトリン	3A
ジクロルボス	1B
ジコホル	UN
ジスルホトン	1B
ジノテフラン	4A
シハロトリン	3A
シフェノトリン[(1R)-トランス 異性体]	3A
シフルトリン	3A
ジフルベンズロン	15
シフルメトフェン	25A
ジフロビダジン	10A
シペルメトリン	3A
ジメチルビンホス	1B
ジメトエート	1B
ジメトン-S-メチル	1B
シラフルオフエン	3A
シロマジン	17
スピネトラム	5
スピノサド	5

有効成分名	作用機構 番号
スピロジクロフェン	23
スピロテトラマト	23
スピロピジオン	23
スピロメシフェン	23
スルフルラミド	13
スルホキサフロル	4C
スルホテップ	1B
ダイアジノン	1B
ダゾメット	8F
チアクロプリド	4A
チアメトキサム	4A
チオジカルブ	1A
チオシクラム	14
チオスルタップナトリウム塩	14
チオファノックス	1A
チオメトン	1B
テトラクロルビンホス	1B
テトラジホン	12D
テトラニリプロール	28
テトラメスリン(フタルスリン)	3A

有効成分名	作用機構 番号
テトラメスリン[(1R)-異性体]	3A
テブピリムホス	1B
テブフェノジド	18
テブフェンピラド	21A
テフルトリン	3A
テフルベンズロン	15
テメホス	1B
デルタメトリン	3A
テルブホス	1B
トラロメトリン	3A
トランスフルトリン	3A
トリアザメート	1A
トリアゾホス	1B
トリクロルホン	1B
トリフルムロン	15
トリフルメゾピリム	4E
トリメタカルブ	1A
トルフェンピラド	21A
ナレッド	1B
ニームオイル	UNE
ニコチン	4B

有効成分名	作用機構 番号
ニテンピラム	4A
ノバルロン	15
ノビフルムロン	15
バークホルデリア属菌	UNB
バミドチオン	1B
パラチオン	1B
パラチオンメチル	1B
ハルフェンプロックス	3A
ハロフェノジド	18
ビオアレスリン	3A
ビオアレスリン S-シクロペン テニル-異性体	3A
ビオレスメトリン	3A
ビストリフルロン	15
ヒドラメチルノン	20A
ヒドロプレン	7A
ビフェナゼート	20D
ビフェントリン	3A
ピフルブミド	25B
ピメトロジン	9B
ピラクロホス	1B
ピリダフェンチオン	1B

有効成分名	作用機構 番号
ピリダベン	21A
ピリダリル	UN
ピリフルキナゾン	9B
ピリプロキシフェン	7C
ピリミカーブ	1A
ピリミジフェン	21A
ピリミホスメチル	1B
ピレトリン	3A
ビロードマメケムシ核多角体病 ウイルスMNPV	31
ファンフル	1B
フィプロニル	2B
フェナザキン	21A
フェナミホス	1B
フェントロチオン	1B
フェノキシカルブ	7B
フェノトリン[(1R)-トランス 異性体]	3A
フェノブカルブ	1A
フェンチオン	1B
フェントエート	1B
フェンバレレート	3A

有効成分名	作用機構 番号
フェンピロキシメート	21A
フェンプロパトリン	3A
フッ化スルフリル	8C
ブトカルボキシム	1A
ブトキシカルボキシム	1A
ブプロフェジン	16
フラチオカルブ	1A
プラレトリン	3A
フルアクリピリム	20C
フルキサメタミド	30
フルシクロクスロン	15
フルシトリネート	3A
フルバリネート(ε-フルバリネート)	3A
フルピラジフロン	4D
フルピリミン	4F
フルフェノクスロン	15
フルベンジアミド	28
フルメトリン	3A
プロチオホス	1B
フロニカミド	29

有効成分名	作用機構 番号
プロパルギット	12C
プロフェノホス	1B
プロフラニリド	30
プロペタムホス	1B
フロメトキン	34
ブロモプロピレート	UN
ヘキサフルムロン	15
ヘキシチアゾクス	10A
ペシロマイセス・フモソロセウス・アポプカ株(97)	UNF
ヘプテノホス	1B
ペルメトリン	3A
ベンズピリモキサソ	UN
ベンゾエピン	2A
ベンゾエピン	2A
ベンゾキシメート	UN
ベンダイオカルブ	1A
ベンフラカルブ	1A
ハウ砂	8D
ハウ酸	8D
ハウ酸ナトリウム塩	8D
ボーベリア・バシアーナ株	UNF

有効成分名	作用機構 番号
ホキシム	1B
ホサロン	1B
ホスチアゼート	1B
ホスファミドン	1B
ホスメット	1B
ボルバキア・ピピエンティス (Zap)	UNB
ホルメタネート	1A
ホレート	1B
マラソン	1B
マラチオン	1B
マンゼブ	UN
ミルバメクチン	6
メカルバム	1B
メソミル	1A
メタフルミゾン	22B
メタホウ酸ナトリウム塩	8D
メタミドホス	1B
メタリジウム・アニソプリア株 (F52)	UNF
メチオカルブ	1A
メチダチオン	1B
メチルパラチオン	1B

有効成分名	作用機構 番号
メチルプロマイド	8A
メトキシクロル	3B
メトキシフェノジド	18
メトプレン	7A
メトルカルブ	1A
メビンホス	1B
モノクロトホス	1B
リン化アルミニウム	24A
リン化カルシウム	24A
リン化亜鉛	24A
リン化水素	24A
ルフェヌロン	15
レスメトリン	3A
レピメクチン	6
ロテノン	21B
珪藻土	UNM
酸化フェンブタスズ	12B
水酸化トリシクロヘキシルスズ (シヘキサチン)	12B
青酸	24B
石灰硫黄合剤	UN
吐酒石	8E

有効成分名	作用機構 番号
弗化アルミニウムナトリウム	8C
硫黄	UN
硫酸ニコチン	4B
d-トランス アレスリン	3A
d-シス-トランス アレスリン	3A
EPN	1B
<i>Bacillus sphaericus</i>	11B
<i>Bacillus thuringiensis</i>	11A
BPMC	1A
BPPS	12C
BRP	1B
CVMP	1B
CVP	1B
CYAP	1B
DDT	3B
DDVP	1B
DEP	1B
DMTP	1B
DNOC	13
GS-オメガ/カッパHXTX- Hv1a ペプチド	32

有効成分名	作用機構 番号
MEP	1B
MIPC	1A
MPMC	1A
MPP	1B
MTMC	1A
NAC	1A
PAP	1B
PHC (プロポキスル)	1A
PMP	1B
XMC	1A
α -シベルメトリン	3A
β -シフルトリン	3A
β -シベルメトリン	3A
γ -シハロトリン	3A
ζ -シベルメトリン	3A
θ -シベルメトリン	3A
λ -シハロトリン	3A

Appendix 6

登録認可前の有効成分

【省略】