

第1部

効果的な農薬の使い方



ミカンキイロアザミウマ

兵庫県立農林水産技術総合センター

今回の話題

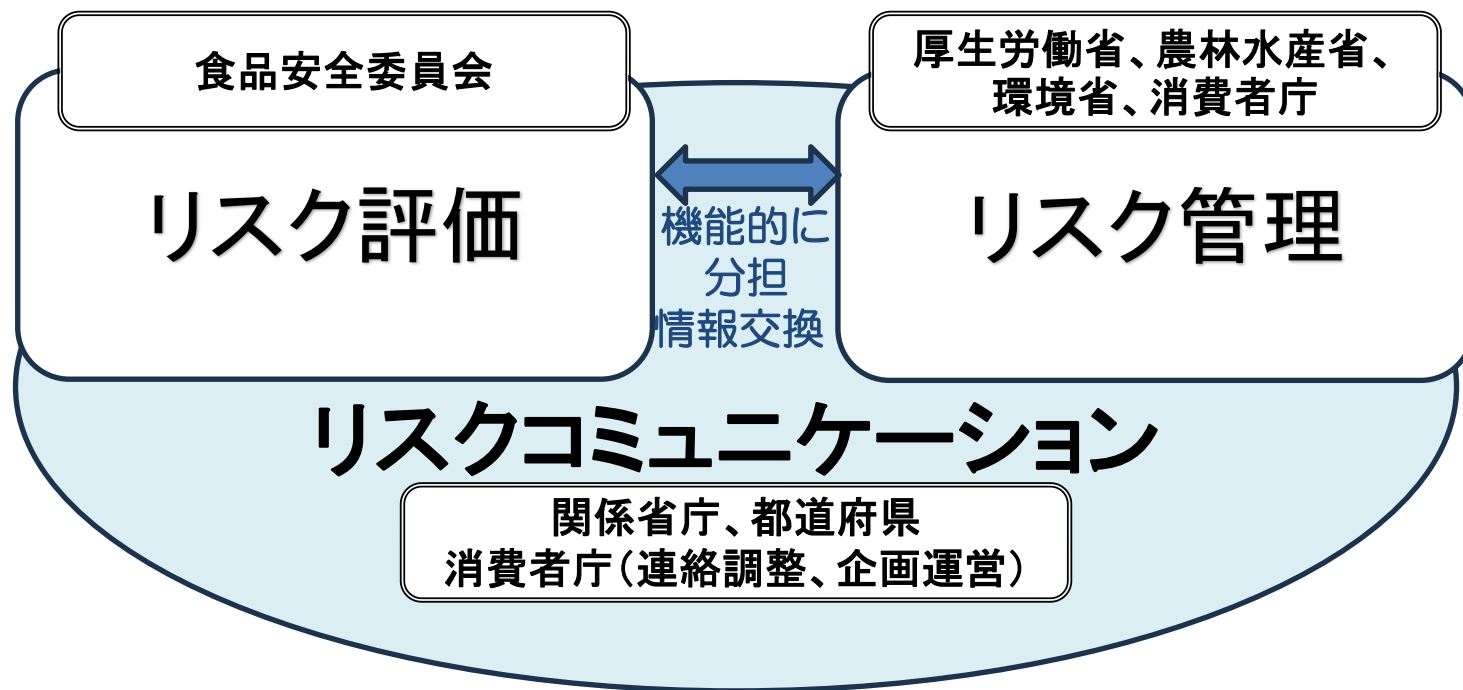
- I あらためて農薬の優位性
- II 薬剤抵抗性の問題と対応
- III 農薬の作用機作と抵抗性の発現リスク
- IV リスク管理の方法
- V 適期防除の事例
- VI 総合防除技術の紹介

I あらためて農薬の優位性

- 食品の安全性からみても、農薬はリスク管理されており、専門家からもリスクが低いものとして認識。
- 農薬を使わないリスクは大きい。
- 農薬管理指導士こそ農薬の重要性、優位性を自信をもって説明してほしい。

食品の安全性について

- 食品の安全性はリスク評価されているが、意図的に添加する農薬は厳密にリスク管理されており、リスクはほぼゼロと
いってよい。←適正使用が前提
- 非意図的に含まれる食品の有害成分や病原性微生物の
リスクの方が高い



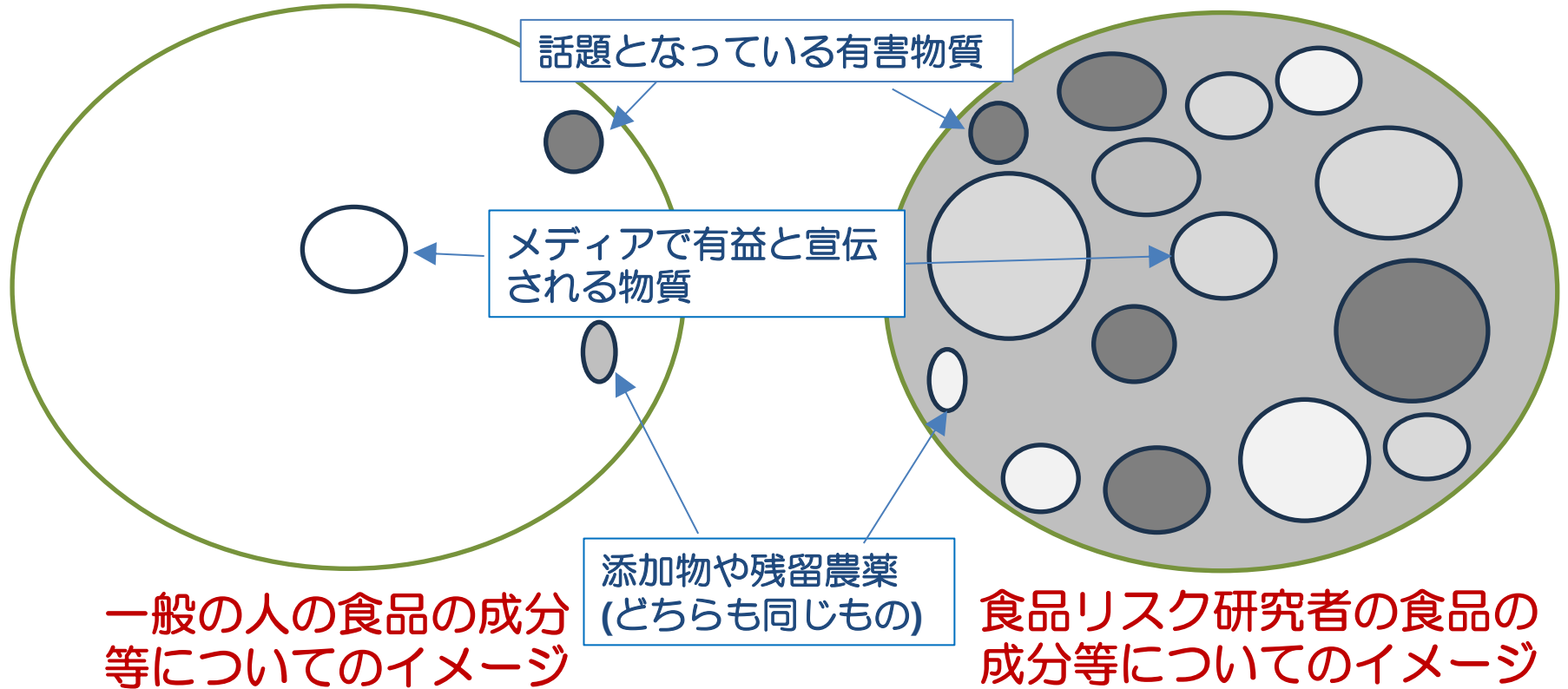
食品の安全を守る仕組み

食品リスクのイメージ

カルフォルニア大学Ames教授

「食品から摂取する農薬様成分のうち天然物が99.99%」

B N Ames, M Profet, L S Gold; Proc Natl Acad Sci
USA. 1990 Oct;87(19):7777-81.



「安全なたべものってなんだろう？放射線と食品のリスクを考える
(畝山智香子、日本評論社)」 p13から引用、改図

食品は化学物質の塊。成分は全てわかっている
わけではないし、分かっても、成分がばらつく

MOE(LTD10/ヒト暴露量)(米国)抜粋

MOE (Margin of Exposure: 暴露マージン) : どれだけ安全側に余裕があるかを比較する物差し。 >1,000,000 : 懸念は全くありそうにない、10000-1,000,000 : 懸念はありそうにない。(英COT案) <https://files.toxplanet.com/cpdb/MOEtable.html>より引用

MOE	平均1日暴露量	齧歯類発がん物質のヒト 摂取量 (mg/kg/日)	齧歯類での発がん用 量LTD10 (mg/kg/日)	備考
2	コンフリー—ペプシン錠剤1日9錠	コンフリーの根2.7g (38.6)	72	ハーブとして利用されていたが、現在は禁止
3	すべてのアルコール飲料	エタノール22.8mL (326)	930	
90	コーヒー、11.6g	カフェイン酸、20.8mg (0.297)	26.8	
100	マッシュルーム (Agaricus bisporus)、5.34g	ヒドラジン等の混合物 (キノコ全体) (76.3mg/kg/日)	966 (mice)	
300	トマト、88.7g	カフェイン酸、 5.46mg (0.078)	26.8	カフェイン酸で他の 数作物もリストに
900	総食品中アクリルアミド	アクリルアミド28 µg (0.0004)	0.365	
1,000	総食品中アフラトキシン (1984-89)	アフラトキシン 18ng (0.000000257)	0.000318	
6,000	DDT 総摂取量(1972 禁止以前)	DDT、13.8 µg (0.000197)	1.26 (mice)	
10,000	ベーコン、19g	ジエチルニトロソアミン、19.0ng (0.000000271)	0.00269	
10,000	ナツメグ、17.6mg	メチルオイゲノール、 13.7 µg (0.000196)	2.11	
30,000	総食品中のカルバリル (1990)	カルバリル、2.6 µg (0.0000371)	1.05	
100,000,000	総食品中キャプタン (1990)	キャプタン、 115ng (0.00000164)	159	

農薬を使わないリスク

- 生産の安定性の減少
- 植物自身の抵抗力を発揮→植物が有している化学物質で対抗→虫食いや罹病作物は毒性物質濃度↑の可能性

例) 発がん物質5-,8-メトキシソラレン 細菌に侵されたセルリー 25ppm (通常0.8ppm)

- カビ毒の増加の可能性(アフラトキシン、オクラトキシンA、デオキニバレノール(DON))
- 除草剤を用いず混作し、別の雑草の葉、根、種が、雑穀や葉物等に混じることにより、ピロリジンアルカロイド等の有害物質の摂取増加の可能性

「続 農薬と食の安全・信頼(農学博士 梅津憲治 著、(一社)日本植物防疫協会」p208から引用

『「健康食品」のことがよくわかる本(畝山智香子、日本評論社)』 P41-42,56-62から引用

特別栽培用農業資材の安全性

粗木酢液成分の毒性

種類	化合物名	変異原性	刺激性	生殖毒性	発がん性
有機酸類	ギ酸	+	+		
	酢酸	+	+	+	
	プロピオン酸	+	+		
	酪酸	+	+		
	バレリアン酸			+	
	イソバレリアン酸		+		
アルコール類	メタノール	+	+	+	
	エタノール	+	+	+	
	プロパノール	+	+	+	
	イソプロパノール	+	+	+	
塩基性成分	アンモニア	+	+		
	メチルアミン	+	+		
	ジメチルアミン	+	+		
	ピリジン	+	+		
フェノール類	フェノール	+	+	+	
	o, m, p-クレゾール	+	+		
	3, 5-キシレノール	+	+	+	
	ピロガロール	+	+	+	
	カテコール	+	+	+	
	4-メチルカテコール	+			
カルボニル化合物	ホルムアルデヒド	+	+	+	
	アセトアルデヒド	+	+	+	
	アクロレイン	+	+	+	
	クロトンアルデヒド	+			
	フルフラール	+	+	+	
	アセトン	+	+	+	
	メチルエチルケトン	+	+	+	
	メチルプロピルケト	+	+		
中性成分	アセトール	+			
	マルトール	+	+		
	有機酸メチルエステル				
	3, 4-ベンズピレン				

ほとんどの資材は客観的な試験成績に基づく有効性の裏付けを欠いており、多くの場合、安全性が確認されていない

「続 農薬と食の安全・信頼
(農学博士 梅津憲治 著)
(一社)日本植物防疫協会」 p208より

注1) 粗木酢液中の成分(32化合物)は、
林業試験場編「木材工業ハンドブック」、
丸善(1972)に記載の化合物より選抜

注2) 毒性情報: RTECS(Registry of toxic
effects of chemical substances)

注3) 発がん性情報: IARC(international
Agency for Research on Cancer)

Group 2A: おそらく発がん性あり

Group 2B: 人に対する発がん性の可能性あり

Group 3B: 人に対する発がん性不明

参考資料

- Crop Life JAPAN(旧農薬工業会)HP ライブラリ
<https://www.croplifejapan.org/labo/>
- ほんとうの「食の安全」を考える(畝山智香子, DOJINBUNKO)
- 続 農薬と食の安全・信頼(農学博士 梅津憲治 著,(一社)日本植物防疫協会)

Ⅱ 薬剤抵抗性の問題と対応

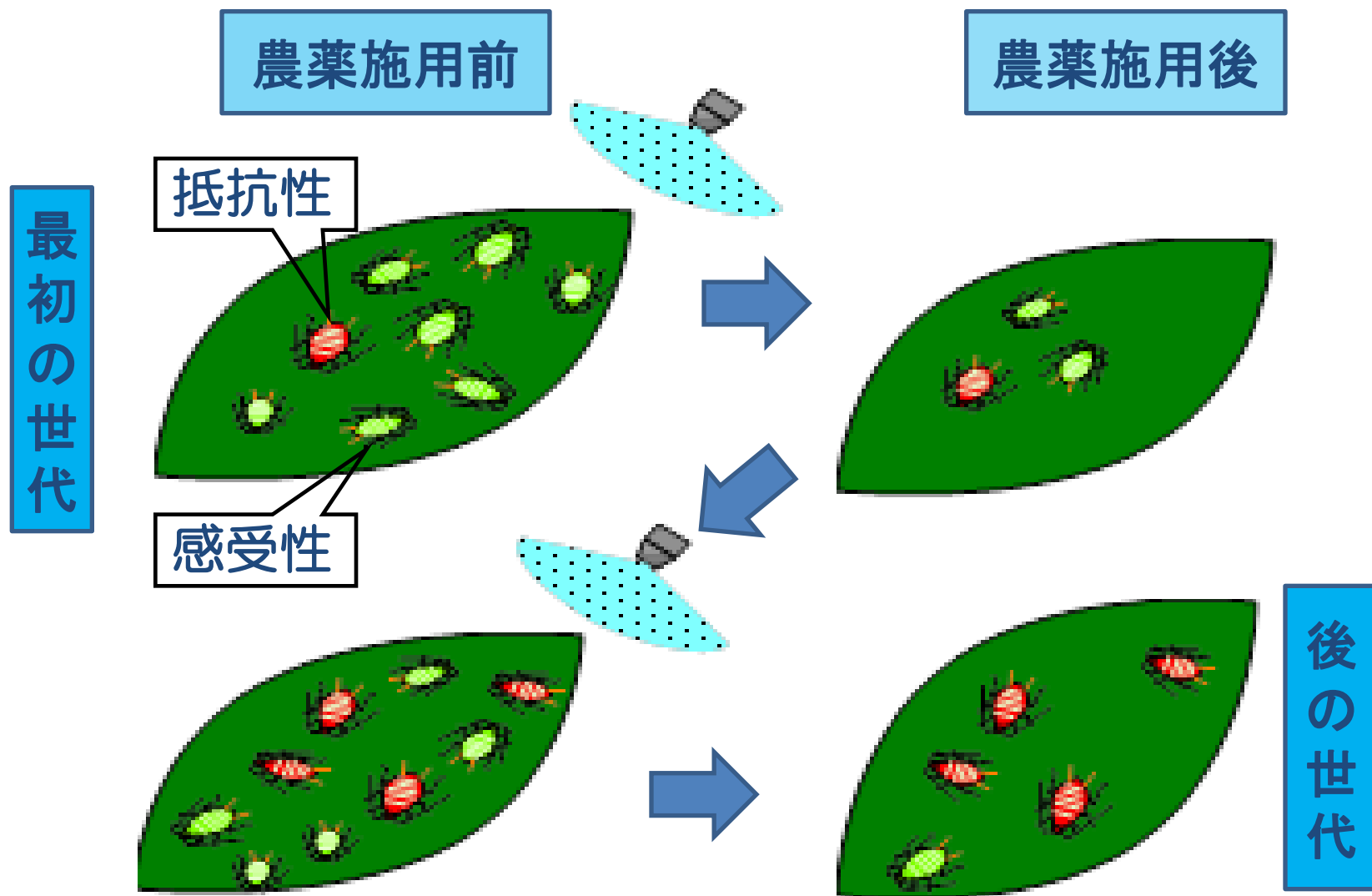
薬剤抵抗性の発達した害虫、薬剤耐性の発達した病原菌の発生が大きな問題となっている

- 難防除病害虫の問題→病害虫による経済的損失の増加
- 新規成分の薬剤開発や登録が困難→代替剤が少ない



- I P M（総合的病害虫雑草管理）により
薬剤以外の防除をすすめる
- 薬剤を使用する場合は、その特性を理解
して効果的に、適正に使用する。
- 有効な薬剤を可能な限り温存し、抵抗性
の発達を遅延させることが必要。

農薬施用の反復と選択的淘汰の概念図



「FAO(国連食糧農業機関)：薬剤抵抗性の防止と管理に関するガイドライン」より

抵抗性の獲得の要因

①対象の病害虫

- ・母集団(個体群)の大きさ・・・大きいと生き残る確率が大
- ・繁殖能力・・・一世代当たりの産卵数や胞子形成量が多いと抵抗性出現の確率が高い
- ・一世代の期間・・・世代の回転が速い、感染から発病までの期間が短いと淘汰圧も高まる。
- ・宿主範囲・・・加害する作物の範囲が広いと作物間の移動で淘汰を受ける

②使用薬剤

薬剤を代謝系の中で分解、解毒して不活性化したり、作用点の変異や蓄積を阻害する機能の獲得する。

⇒作用点が単一の薬剤ほど感受性低下のリスクが高い

抵抗性の獲得の要因

③使用方法

- 薬剤散布後の生き残り個体数が多くなる……
薬液使用量が少ない、希釈濃度が薄い、薬剤付着量が少ないなど
- 薬剤の残留特性と曝露期間
長期持続型ほど同一薬剤が繰り返し散布されたのと同様に淘汰圧が高い

報告の多い薬剤抵抗性病害虫

水稻

イネいもち病・イネ粃枯細菌病・イネばか苗病

トビイロウンカ

麦・大豆

コムギ赤かび病・ダイズ紫斑病

ハスモンヨトウ

野菜類

灰色かび病・イチゴ炭疽病・トマト葉かび病

ナシハダニ・コガ・タバコナゾミ・オオタバコガ・ワタ
ブラムシ・ハスモンヨトウ・ミカンイロアザミウマ・オソツコナゾミ

果樹・茶

ナシ黒斑病・ナシ黒星病・モモせん孔細菌病
ブドウベと病・リンゴ斑点落葉病・チャ炭疽病

ナシハダニ・モモアブラムシ・リンゴハダニ・ミカンハダニ

抵抗性の発現しやすい微小害虫



ハダニ類（ナミハダニ）



アブラムシ類（ワタアブラムシ）



アザミウマ類（ネギアザミウマ）



コナジラミ類（タバココナジラミ）

抵抗性の発現しやすいチョウ目害虫



オオタバコガ



ハスモンヨトウ



コナガ



ハイマダラノメイガ

薬剤感受性低下の一例

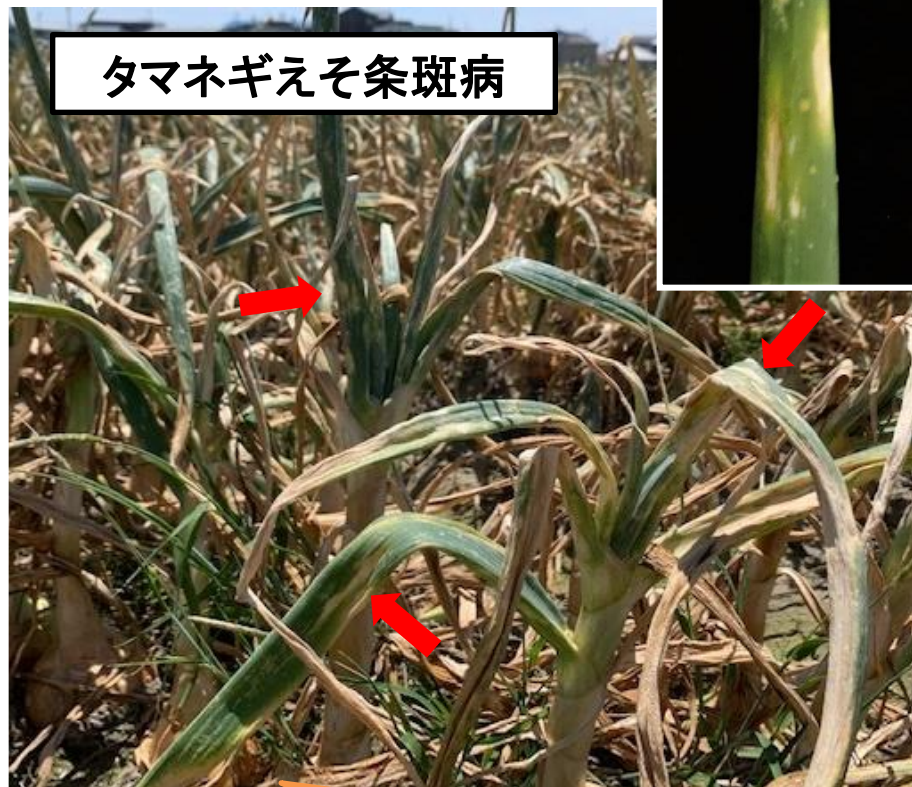
ネギアザミウマに対する各種薬剤の殺虫効果について

ネギアザミウマ (*Thrips tabaci* Lindeman)



成虫

幼虫



2020年春に大発生！

- 各殺虫剤に対する感受性低下が全国的に問題化
- アイリス黄斑ウイルス(IYSV: *Iris Yellow Spot Virus*)を媒介

薬剤感受性検定方法



スチロール棒瓶の内部を薬液で満たし、風乾



インゲンマメ葉片(1.2cm角)を30秒間浸漬し、風乾



- 柴尾(2013)に準じて、食餌浸漬+ドライフィルム併用法で実施
- 現地で主に用いられる11薬剤の殺虫効果を調査

薬剤感受性検定結果－1

淡路地域のタマネギ圃場から採集(R3年4月～5月)

表 ネギアザミウマ成虫に対する各薬剤の殺虫効果

IRAC コード	薬剤名（商品名）	希釈倍数	殺虫効果						6地点 平均
			A	B	C	D	E	F	
1B	アセフェート水和剤	1000	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	プロチオホス乳剤	1000	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
3A	シペルメトリン乳剤	2000	△	×	×	○	×	○	△
4A	アセタミプリド水溶剤	2000	×	×	△	○	△	○	△
	イミダクロプリド顆粒水和剤	5000	△	○	－	○	○	－	○
5	スピネトラム水和剤	2500	△	△	×	◎	◎	◎	○
14	チオシクラム水和剤	1500	○	○	○	○	○	○	○
28	シアントラニリブ® ロール水和剤	2000	△	○	○	○	○	○	○
30	フルキサメタミド乳剤	2000	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
UN	ピリダリル水和剤	1000	×	△	×	○	○	○	△
未	フロメトキン水和剤	1000	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

※48時間後に生死を判定した。

◎：90-100%

○：70-89%

△：40-69%

×：0-39%

➤ 有機リン系 (IRAC:1B) や上市されて間もない2剤 (フルキサメタミド乳剤やフロメトキン水和剤) の殺虫効果は高かった。

➤ シペルメトリン乳剤、アセタミプリド水溶剤、スピネトラム水和剤、ピリダリル水和剤では圃場間差がみとめられた。

→ シペルメトリン乳剤、アセタミプリド水溶剤は過去 (二井、2010) に比べて、低下

薬剤感受性検定結果－2

淡路地域の葉ネギ圃場から採集(R3年4月～5月)

表 ネギアザミウマ成虫に対する各薬剤の殺虫効果

IRAC コード	薬剤名（商品名）	希釈倍数	殺虫効果			
			A	B	C	3地点 平均
1B	アセフェート水和剤	1000	◎	◎	◎	◎
	プロチオホス乳剤	1000	◎	◎	◎	◎
3A	シペルメトリン乳剤	2000	△	△	○	△
4A	アセタミプリド水溶剤	2000	×	×	△	×
	イミダクロプリド顆粒水和剤	5000	－	○	－	○
5	スピネトラム水和剤	2500	×	△	△	△
14	チオシクラム水和剤	1500	○	○	○	○
28	シアントラリブロール水和剤	2000	○	○	○	○
30	フルキサメタミド乳剤	2000	◎	◎	◎	◎
UN	ピリダリル水和剤	1000	×	△	×	×
未	フロメトキン水和剤	1000	◎	◎	◎	◎

※48時間後に生死を判定した。

◎：90～100%

○：70～89%

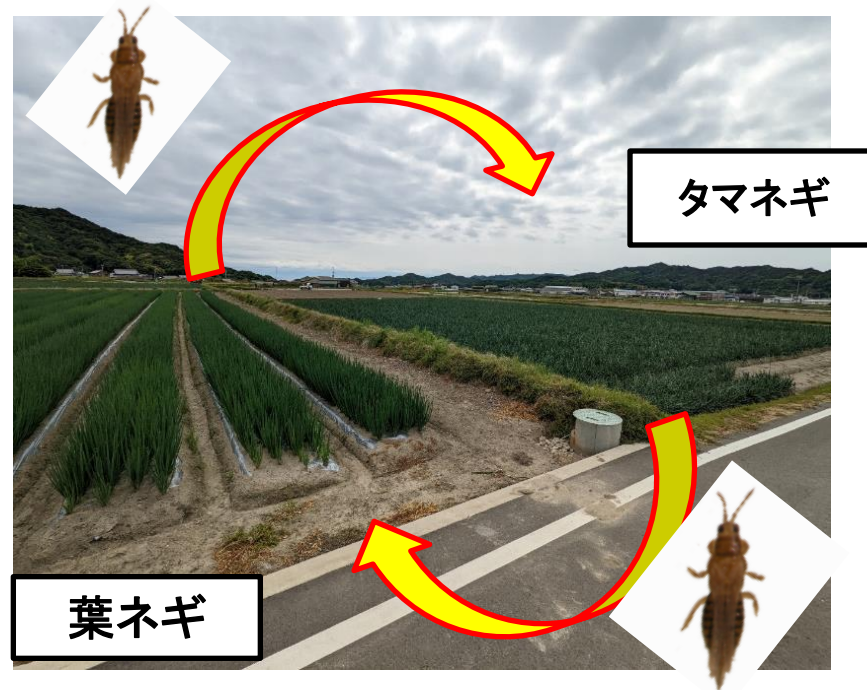
△：40～69%

×：0～39%

- 葉ネギにおいても同様に、殺虫効果にばらつきがある薬剤が認められた。

考察～なぜ、感受性低下が起きたのか？～

- 近年多発生がみられるシロイチモジヨトウを対象に、ネギアザミウマとの同時防除を期待して特定の薬剤を選択する事例が多い。
→ 特定の薬剤を多用することで、殺虫剤感受性が低下した可能性？
- 1年中、ネギアザミウマの生育にとって好適な作物がある。
→ 密度が高くなりやすい上に、薬剤抵抗性の形質が受け継がれやすい？



Ⅱ 農薬の作用機作と抵抗性の発現リスク

IRAC・FRAC・HRACとは

CropLife International (世界農薬工業連盟)
の各薬剤毎の対策委員会

Fungicide

Insecticide Resistance Action Committee

Herbicide

農薬メーカーも新規化合物の開発が困難で、現在の薬剤の延命化を図ることが必要となってきた



世界の農薬メーカーが薬剤毎に作用機作の整理・抵抗性リスクを評価し、
薬剤抵抗性の発生を防ぐための使用方法を啓発（殺菌剤はリスク評価が
充実）

作用機作分類表の入手方法

Crop Life JAPAN (旧農薬工業会)HP
(<https://www.jcpa.or.jp/>)

→主な活動→薬剤抵抗性管理活動RAC

1.RACコード(農薬の作用機構分類)(翻訳)

2.農薬名とRACコード(作用機構分類)(国内)

・[殺虫剤\(IRAC\)](#)

・[殺菌剤\(FRAC\)](#)

・除草剤(HRAC)

・[芝用殺虫剤・殺菌剤\(IRAC・FRAC\)](#)

・[芝用除草剤\(HRAC\)](#)

FRACコード表日本版(2025年5月)



FRACコード表(1)

作用機構	作用点	グループ名	化学グループ名	有効成分名	農業名(例)	殺菌剤の耐性リスク・備考	FRACコード
A: 核酸合成代謝	RNAポリメラーゼI	PA殺菌剤 (フェニルアミド)	アシルアラニン	メタラキシル	リトミル	高/複数の耐性卵菌が発生。	4
				メタラキシルM	サブデューマックス		
	DNA/RNA 生合成 (提案中)	芳香族ヘテロ環	イソキサゾール	ヒドロキシイソキサゾール	タチガレン	耐性菌未発生。	32
	DNAトポイソメラーゼ タイプ II (ジャイレース)	カルボン酸	カルボン酸	オキサリニック酸	スターナ	不明/耐性菌発生。	31
	デノボピリミジン生合成におけるジヒドロ オロト酸デヒドロゲナーゼ阻害	DHODHI殺菌剤	フェニルプロパノール	イブフルフェノキン	ミギワ	中～高	52
			ジヒドロイソキノリン	キノフメリン	アイーナ		
B: 細胞骨格と モータータンパク質	チューブリン重合	MBC殺菌剤 (メチルベンゾイミダゾールカー バメート)	ベンゾイミダゾール	ベノミル	ベンレート	高/広範囲の耐性菌が発生。 グループ内で交差耐性がある。 N-フェニルカーバメートと負相関交 差耐性がある。	1
			チオファネート	チオファネート メチル	トップジンM		
		N-フェニルカーバメート	N-フェニルカーバメート	ジエトフェンカルブ	スミブレンド、ゲッター、 ブライア、ニマイバーの成分	高/耐性菌発生。MBC殺菌剤 と負相関交差耐性がある。	10
		チアゾールカルボキサミド	エチルアミノチアゾールカルボキサミド	エタボキサム	エトフィン	低～中	22
	細胞分裂(作用点不明)	フェニルウレア	フェニルウレア	ベンシクロン	モンセレン	耐性菌未発生。	20
	スペクトリン様タンパク質の非局在化	ベンズアミド	ピリジニルメチルベンズアミド	フルオピコリド	ジャストフィット、 リライアブルの成分	中/欧州においてブドウと病 の耐性菌が発生。	43
	アクチン/ミオシン/フィニプリン機能	アリルフェニルケトン	ベンゾイルピリジン	ピリオフェノン	クロスアウト、カッシーニ	中/耐性うどんこ病菌発生。	50
	チューブリン ダイナミクスモジュレーター	ピリダジン類	ピリダジン	ピリダクロメチル	フセキ	高	53
	複合体I NADH酸化還元酵素	ピリミジンアミン	ピリミジンアミン	ジフルメトリム	ピリカット	耐性菌未発生。	39
		ピラゾールカルボキサミド	ピラゾールカルボキサミド	トルフェンピラド	ハチハチ		
			フェニルベンズアミド	フルトラニル	モンカット		
				メブロニル	バシタック		
			フェニルオキシエチルチオフェンアミド	イソフェタミド	ゲンジャ		
			ピリジニルエチルベンズアミド	フルオピラム	エクスアリスの成分		

FRACの作用機構分類

コード番号は世界共通・・・ラベルにコードを付ける国もある

・JPP-NETにも各薬剤毎に掲載。

(2025年5月版より)

薬剤耐性菌出現のリスクが**高い殺菌剤**

- ・MBC(メチルベンズイミダゾールカーバメイト)剤
ベンレート、トップジンM (コード1)
- ・PA(フェニルアミド)剤
リドミル、**サブデューマックス** (コード4)
- ・QoI剤 アミスター、ストロビー、フリント、オリブライト、**ヘリテージ**(コード11)
- ・グルコピラノシル抗生物質(ストレプトマイシン)アグレプト、ストマイ(コード25)
- ・テトラサイクリン抗生物質
マイコシールド (コード41)
- ・ピリダジン類
フセキ (コード53)

薬剤耐性菌出現のリスクが**中～高の殺菌剤**

- ・SDHI剤 モンカット、バシタック、グレータム、リンバー、カナメ、エバーゴル
カンタス、アフエット、パレード、**ディサイド** (コード7)
- ・ジカルボキシイミド剤
ロブラール、スミレックス (コード2)
- ・Qil剤
ランマン、ライメイ、オラクル (コード21)
- ・QoSI剤
ザンプロ (コード45)
- ・OSBPI剤
ゾーベックエンカンティアの一成分 (コード49)

薬剤耐性菌出現のリスクが中の殺菌剤

- ・ベンズアミド剤 ジャストフィット、リライアブルの一成分 (コード`43)
- ・アリルフェニルケトン剤 プロパティ (コード`50)
- ・AP(アニリノピリミジン)剤 ユニックス、フルピカ (コード`9)
- ・ヘキソピラノシル抗生物質 カスガマイシン (コード`24)
- ・DMI(脱メチル化阻害剤) サプロール、ルビゲン、ヘルシード、スポルタック
トリフミン、アルト、スコア、インダー、アンビル、マネージ、テクリード、ラリー
ワークアップ、チルト、サルバキュア、サルバトーレ、フリート (コード`3)
- ・MBI-D剤(メラニン生合成の脱水酵素) アチーブ (コード`16.2)

薬剤耐性菌出現のリスクが低い殺菌剤

- ・多作用点接触活性剤(コード`M1~M11)
 - ジチオカーバメート ジマンダイセン、チウラム、アントラコール等
 - ビスグアニジン(細胞膜攪乱剤) ベルクート、ベフラン等
 - クロロニトリル ダコニール、パスポート等
 - 無機化合物(銅、硫黄) コサイドボルドー、イオウ、サルファー等
- ・MBI-R剤(メラニン生合成の還元酵素) ラブサイド、コラトップ、ビーム(コード`16.1)
- ・抵抗性誘導剤 オリゼメート、ブイゲット、スタウト、ルーチン、ブーン(コード`P2

薬剤耐性獲得リスクが**高い**病原菌

＜主な病害例（作物例）＞

灰色かび病（多種作物、特にブドウ）、いもち病（イネ）
べと病（ブドウ、ウリ類等多種）、うどんこ病（ウリ類、
麦類） 黒星病（リンゴ）、リンゴ斑点落葉病（多種）

薬剤耐性獲得リスクが**比較的低い**病原菌

＜主な病害例（作物例）＞

紋枯病（多種作物）、菌核病（多種作物）
つる割病（多種作物）、白絹病（多種作物）
疫病・苗立枯病（多種作物）
さび病（ダイズ、麦類等）

圃場に出現したQol剤耐性菌（2023年4月現在） *日本で（も）検出。
石井英夫(2015) を、日本植物病理学会耐性菌研究会の文献で一部修正(更新)

病原菌名学名

- イネいもち病菌* *Magnaporthe oryzae* イネ紋枯病菌*Rhizoctonia solani*
- コムギうどんこ病菌* *Blumeria graminis* f.sp. *tritici*
- コムギ葉枯病菌*Mycosphaerella graminicola*
- コムギ黄斑病菌*Pyrenophora tritici-repentis*
- コムギふ枯病菌*Phaeosphaeria nodorum*
- コムギ赤かび病菌* *Microdochium nivale*、*M.majus*、*Fusarium graminearum*
- オオムギうどんこ病菌*B. graminis* f.sp. *hordei*
- オオムギ網斑病菌*Pyrenophora teres* オオムギ雲形病菌*Rhynchosporium secalis*
- オオムギ*Ramularia* leaf spot病菌*Ramularia collo-cygni*
- トウモロコシ斑点病菌*Cercospora zeae-maydis*
- ジャガイモ夏疫病菌*Alternaria solani*、*A. alternata*
- ジャガイモ炭疽病菌*Colletotrichum coccodes*
- ダイズ斑点病菌*Cercospora soja* *ダイズ紫斑病菌* Cercospora kikuchii* *ダイズ葉腐病菌Rhizoctonia solani*
- ダイズさび病菌*Phakopsora pachyrhizi* *ダイズ褐紋病菌Septoria glycines*
- ダイズ褐色輪紋病菌*Corynespora cassiicola*
- ヒヨコマシ*Ascochyta blight*病菌*Ascochyta rabiei*
- テンサイ褐斑病菌* *Cercospora beticola* テンサイうどんこ病菌*Erysiphe polygoni*
- ワタGrey mildew病菌*Ramularia areola*
- ウリ類うどんこ病菌* *Podosphaera xanthii* ウリ類つる枯病菌* *Didymella bryoniae*, *Stagonosporopsis spp*
- キュウリベと病菌* *Pseudoperonospora cubensis*
- キュウリ褐斑病菌* *Corynespora cassiicola*
- ナスすすかび病菌* *Mycovellosiella nattrassii* トマト褐色輪紋病菌 *Corynespora cassiicola*
- トマト葉かび病菌* *Passalora fulva* トマトすすかび病菌* *Pseudoperonospora fuligena*
- トマト灰色かび病菌**Botrytis cinerea*
- ナス・ピーマン黒枯病菌* *Corynespora cassiicola* トウガラシ炭疽病*Colletotrichum asianum*
- ピーマンうどんこ病菌**Oidiopsis sicula* ピーマン・トウガラシ疫病菌*Phytophthora capsici*
- ニンニク白斑葉枯病菌* *Botrytis squamosa*
- タマネギステムフィリウム葉枯病*Stemphylium vesicarium*
- イチゴ炭疽病菌* *Colletotrichum gloeosporioides*

圃場に出現したQol剤耐性菌（つづき）

*日本で（も）検出。

病原菌名学名

アスパラガス斑点病菌*Stemphylium vesicarium*

アスパラガス褐斑病菌* *Cercospora asparagi*

リンゴ黒星病菌* *Venturia inaequalis*

リンゴ斑点落葉病菌* *Alternaria alternata* apple pathotype

リンゴうどんこ病菌*Podosphaera leucotricha*

リンゴ炭疽病菌* *Colletotrichum gloeosporioides*

セイヨウナシ黒斑病菌* *A. alternata* apple pathotype

セイヨウナシ黒星病菌*V. pirina* セイヨウナシ褐色斑点病菌*Stemphylium vesicarium*

ナシ炭疽病菌* *Colletotrichum gloeosporioides*

モモ灰星病菌*Monilinia fructicola*

オウトウ灰星病菌*M. laxa*

ピスタチオ*Alternaria late blight*病菌*Alternaria alternata*ほか

アーモンド*Alternaria leaf spot*病菌*A. alternata*ほか

アーモンド黒星病菌*Fusicladosporium carpophilum*

カンキツ・イチゴ・レタス・ユーカリ・キウイフルーツほか灰色かび病菌* *Botrytis cinerea*

カンキツbrown spot病菌*A. alternata* tangerine pathotype カンキツそうか病菌* *Ersinoë fawcettii*

ブドウべと病菌* *Plasmopara viticola* ブドウうどんこ病菌*Erysiphe necator*

ブドウ褐斑病菌* *Pseudocercospora vitis* ブドウ黒とう病菌* *Elsinoë ampelina*

ブドウ晩腐病菌* *Colletotrichum gloeosporioides* ブドウ白腐病菌* *Coniella diplodiella*

バナナblack Sigatoka病菌*Mycosphaerella fijiensis* バナナyellow Sigatoka病菌*M. musicola*

マンゴー炭疽病菌* *Colletotrichum gloeosporioides*

チャ輪斑病菌* *Pestalotiopsis longiseta*

キク白さび病菌* *Puccinia horiana*

シバ炭疽病菌* *Colletotrichum graminicola*

シバいもち病菌*Pyricularia grisea*

シバ赤焼病菌*Pythium aphanidermatum*

刈ヒソグベソグ刈炭疽病菌*Colletotrichum cereal*

バーミューダグラス斑点病菌*Bipolaris spicifera*

緑地関係(シバ)での耐性菌

- 日本国内でシバ炭疽病 *Colletotrichum graminicola* で Qol 剤耐性菌の出現が確認されている
 - 海外ではシバいもち病菌 *Pyricularia grisea*
シバ赤焼病菌 *Pythium aphanidermatum*
クリーピングベントグラス炭疽病菌 *Colletotrichum cereale*、バーミューダグラス斑点病菌 *Bipolaris spicifera* についても Qol 剤耐性菌の出現が確認されている
- ※ Qol 剤: Quinone Outside Inhibitors の略で、シバ用農薬では、ターフトップ DF、ピュアスターフロアブル、ヘリテージ顆粒水和剤、インターフェースフロアブル(混)、エクステリスフロアブル(混)、オナー W D G(混)、シバンバフロアブル(混)、ダイブフロアブル(混)、ディアマンテ(混)ティアレスフロアブル(混)、デディケートフロアブル(混)、レキシコン(混) などが該当する
(混): 他系統との混合剤
- 近年、ダラースポット病 *Sclerotinia homoeocarpa* に対する SDHI 剤などの耐性菌の報告もある。

殺菌剤病原菌及び栽培リスクに基づく複合リスク

(病原菌耐性リスク表 2020農薬工業会資料より)

殺菌剤のグループ例 (表1参照)	殺菌剤 リスク	複合リスク値			栽培 リスク
MBC殺菌剤	高=6	6	12	18	高=1
PA殺菌剤		3	6	9	中=0.5
QoI殺菌剤		1.5	3	4.5	低=0.25
SDHI殺菌剤	中=4	4	8	12	高=1
AP殺菌剤		2	4	6	中=0.5
DMI殺菌剤		1	2	3	低=0.25
MBI-D	低=1	1	2	3	高=1
多作用点接触活性化合物		0.5	1	1.5	中=0.5
MBI-R		0.25	0.5	0.75	低=0.25
抵抗性誘導剤					
病原菌リスク→		低=1	中=2	高=3	
病原菌例→ (表2参照)		イネごま葉枯病・ 紋枯病 麦類裸黒穂病・さび病・ なまぐさ黒穂病 モモ縮葉病 リンゴうどんこ病・ すす斑病 各種菌核病・白絹病・ つる割病・苗立枯病 土壌病害 種子伝染性病害	イチゴうどんこ病 イネばか苗病 ジャガイモ疫病 ダイズ紫斑病 チャ輪斑病 テンサイ褐斑病 ナシ黒星病 ナスすすかび病 麦類眼紋病・紅色雪腐病 青かび病、緑かび病 炭疽病、べと病(一部)	イネいもち病 ウリ類等うどんこ病・ つる枯病・べと病・ 褐斑病 タマネギ灰色腐敗病 ブドウべと病 麦類うどんこ病 リンゴ黒星病 ユリ葉枯病 各種灰色かび病・ <i>Alternaria alternata</i>	

栽培リスク：栽培地域の気象条件、栽培品種、栽培方法等の違いによる栽培地域の発病程度の差により、殺菌剤の散布回数は大きく異なる。

殺菌剤・耐性菌の複合リスクの見方

- ・殺菌剤リスク「6」のQoI 剤と病原菌リスク「3」、高発生の栽培条件「1」として、イネいもち病菌の組み合わせは「18」
 - QoI 剤であるオリサストロビン(嵐)はいもち病に対する耐性菌出現のリスクが**非常に高い**
 - H26からは兵庫県では水稻にストロビルリン系薬剤は使用できません(自粛)
- ・同じ病原菌リスク「3」のイネいもち病でも殺菌剤リスク「1」、栽培条件「1」の抵抗性誘導剤との組み合わせは「3」
 - 抵抗性誘導剤はイネいもち病菌に対する耐性菌出現のリスクは**低い**

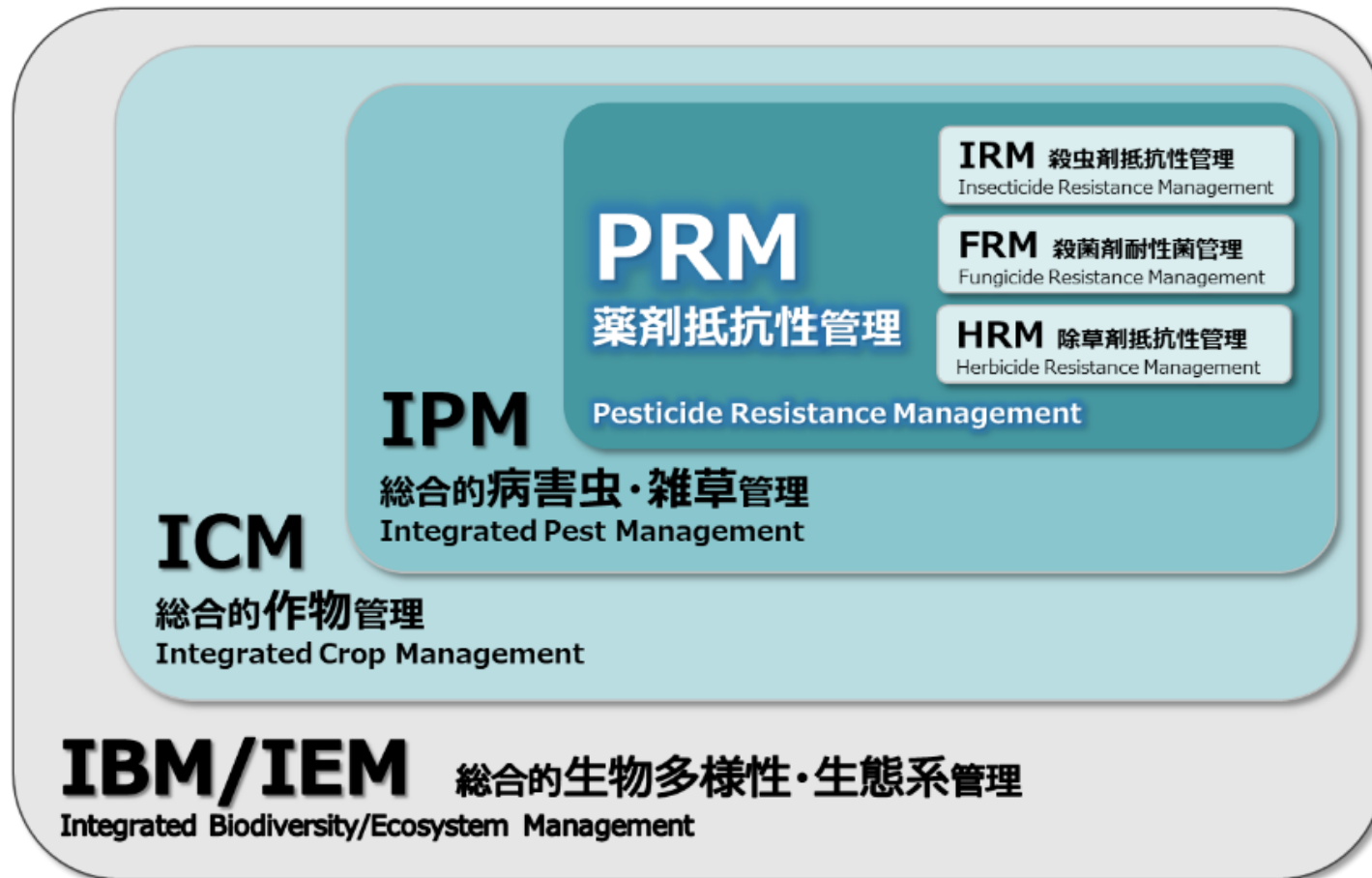
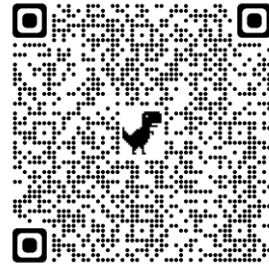
耐性リスク評価を踏まえた耐性菌対策

FRAC は複合リスク値が 6 を越える場合に耐性菌対策の実施を推奨している。

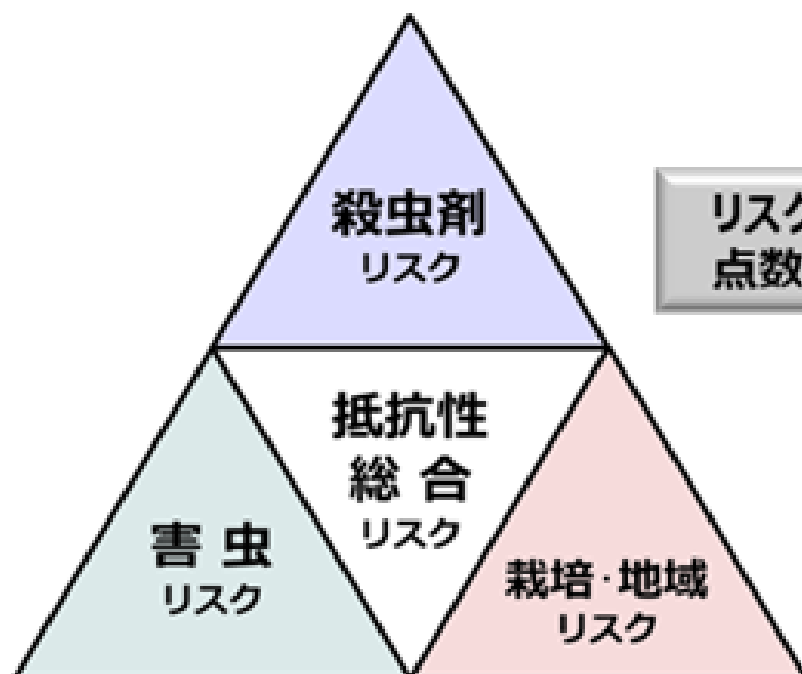
- 使用回数(1 年あたりまたは 1 作期あたり)を制限する。
- 使用時期を制限する(例: 予防的に使用する)。
- 防除対象病害に対して有効な殺菌剤との混合剤または混用散布を検討する。
- 必ずローテーション散布する。
- 感受性モニタリングを実施して、耐性菌の発生状況を把握する。

害虫のリスク管理について

- 農林害虫防除研究会 殺虫剤抵抗性対策タスクフォース
<https://agroipm.org/>
- 殺虫剤抵抗性リスク評価表



殺虫剤抵抗性リスクの要素と殺虫剤抵抗性リスク評価表のイメージ



リスクを
点数化

殺虫剤リスク 殺虫剤の殺虫効果 (0.5~5.0)	リスク値	抵抗性総合リスク 0.5 ~ 36			栽培・地域リスク 0.5 ~ 3.0	リスク値	栽培・地域リスクの要素とリスク値
有機リン系 (0.5) ネオニコチノイド系 (1.0) ピレスロイド系 (2.0) 殺菌剤系 (5.0)	0.5	12	24	36	0.2	0.5	0.5 殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。
有機リン系 (0.5) ネオニコチノイド系 (1.0) ピレスロイド系 (2.0) 殺菌剤系 (5.0)	0.5	6	12	18	0.1	0.5	0.5 殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。
有機リン系 (0.5) ネオニコチノイド系 (1.0) ピレスロイド系 (2.0) 殺菌剤系 (5.0)	0.5	3	6	9	0.05	0.5	0.5 殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。
有機リン系 (0.5) ネオニコチノイド系 (1.0) ピレスロイド系 (2.0) 殺菌剤系 (5.0)	0.5	8	16	24	0.2	0.5	0.5 殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。
有機リン系 (0.5) ネオニコチノイド系 (1.0) ピレスロイド系 (2.0) 殺菌剤系 (5.0)	0.5	4	8	12	0.1	0.5	0.5 殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。
有機リン系 (0.5) ネオニコチノイド系 (1.0) ピレスロイド系 (2.0) 殺菌剤系 (5.0)	0.5	2	4	6	0.05	0.5	0.5 殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。
有機リン系 (0.5) ネオニコチノイド系 (1.0) ピレスロイド系 (2.0) 殺菌剤系 (5.0)	0.5	2	4	6	0.2	0.5	0.5 殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。
有機リン系 (0.5) ネオニコチノイド系 (1.0) ピレスロイド系 (2.0) 殺菌剤系 (5.0)	0.5	1	2	3	0.1	0.5	0.5 殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。
有機リン系 (0.5) ネオニコチノイド系 (1.0) ピレスロイド系 (2.0) 殺菌剤系 (5.0)	0.5	0.5	1	1.5	0.05	0.5	0.5 殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。
(0.5) 最も低いリスク 殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。殺虫剤の殺虫効果は低い。	0.5	-	-	-	-	-	-

山本（2018）JATAFFジャーナル6(9)、山本・土井（2021）植物防疫75(1).

殺虫剤リスクの評価基準

〔殺虫剤リスク〕		評価基準
評価基準の総論		・殺虫剤の系統（作用機構分類）ごとに「固有のリスク値（1、4、6）」を設定する。 ・過去の抵抗性発達の事例を基礎に評価する。 ・異なる作用機構の薬剤間での交差・複合抵抗性の事例を組込む。 ・新規作用機構の殺虫剤は、低リスクへ当初分類し、適宜見直す。 ・リストに記載されていない殺虫剤の系統のリスク値は、暫定値「2」とする。
リスク値	殺虫剤の系統名等 (IRACコード)	評価基準
高リスク =6	既存剤 有機りん系（1B） カーバメート系（1A） 合成ピレスロイド系（3A） 殺ダニ剤・各種（新規剤以外）	〔事例1 抵抗性の顕在化：時期と範囲〕 ・上市後数年で、1害虫以上において抵抗性が広範囲に発生。 防除効果が大幅に低下。 ・上市後に長期間使用され、既に抵抗性が発達した害虫種が多く地域も広い。 〔事例2 交差・複合抵抗性〕 ・異なる作用機構の薬剤間との事例が多い。 〔薬剤の特性〕 ・長い効果持続性。
中リスク =4	既存剤 ネオニコチノイド系（4A） スピノシン系（5） アベルメクチン系（6） ジアミド系（28） BT系（11） ピロール系（13） プロフェジン（16） ペンソイルフェニル系（15） ジアシルトドラジン系（18）	〔事例1 抵抗性の顕在化：時期と範囲〕 ・一部の害虫種、または限定的な地域だけで抵抗性が顕在化した。 〔事例2 交差・複合抵抗性〕 ・事例はあるが多くない。
低リスク =1	既存剤 生物防除剤・各種 （UNB、UNF、31） 植物抽出由来剤（UNE） 性フェロモン剤（IRACコード無） マルチサイト剤・各種（8）	〔事例1 抵抗性の顕在化：時期と範囲〕 ・長期間の使用において顕在化していない、または極めてまれにしか顕在化しない。 〔事例2 交差・複合抵抗性〕 ・事例がないか、少ない。
	新規系統の開発剤	上市・販売が5年以内の新規系統の開発薬剤 但し、抵抗性が顕在化した場合には、高リスクあるいは中リスクへ分類を見直す。
暫定値 =2	既存剤 高～低リスクに分類されない 剤・系統	—

害虫リスクの評価基準

リスク値	害虫種 類の表示は代表種で判断	評価基準
高リスク =3	〔水稲〕 トビイロウンカ 〔野菜・畑作〕 ハダニ類、アザミウマ類 コナジラミ類、アブラムシ類 コナガ 〔果樹・茶〕 ハダニ類、アザミウマ類 アブラムシ類、ハマキムシ類	〔既存の事例：抵抗性の顕在化〕 ・いくつかの薬剤/害虫で抵抗性が短期間に出現した事例がある。 〔生物的特性〕 害虫の発生が多い、基本的な問題害虫 ・繁殖：産雄半為生殖、内的自然増加率が高い、等。 ・発生回数（世代数）：多い。発生密度レベル：高い。 ・海外飛来・国内長距離移動。特に、薬剤抵抗性を持って侵入する場合。 ・食性：広食性。
中リスク =2	〔水稲〕 ヒメトビウンカ、セシロウンカ ヨコバイ類、イネドロオイムシ ニカメイチュウ 〔野菜・畑作〕 ヨトウ類、タバコガ類 ハモグリガ類、ハモグリバエ類 キスジノミハムシ、コナダニ類 〔果樹・茶〕	〔既存の事例：抵抗性の顕在化〕 ・抵抗性が発達してもそのレベルが高くなく、防除上大きな問題にならない事例が多い。 ・抵抗性顕在化までの年数が長い薬剤/害虫の事例がある。 〔生物的特性〕 害虫の発生が多～中 ・発生回数：多～中。発生密度レベル：高～中。 ・食性：広～狭食性。
低リスク =1	〔水稲〕 イネミズゾウムシ、カメムシ類 スクミリンゴガイ 〔野菜・畑作〕 モンシロチョウ、コガネムシ類 センチュウ類、ナメクジ類 〔果樹・茶〕 シンクイムシ類、カメムシ類 カミキリムシ類	〔既存の事例：抵抗性の顕在化〕 ・抵抗性発達の事例が、極めて少ないか無い。 〔生物的特性〕 害虫の発生が中～少 ・発生回数：中～少。発生密度レベル：中～低。
暫定値 =1.5	高～低リスクに分類されていない 害虫（種）	—

リスクの高い(低い)殺虫剤と害虫種

	殺虫剤の系統名等	害虫種
高リスク	有機リン系(1B) カーバメート系(1A) 合成ピレスロイド系(3A) 殺ダニ剤・各種(新規剤以外)	(水稻)トビイロウンカ (野菜・畑作)ハダニ類、アブラムシ類 コナガ (果樹・茶)ハダニ類、アザミウマ類、ア ブラムシ類、ハマキムシ類
低リスク	生物的防除資材・各種(UNB、UNF、31) 植物抽出由来剤(UNE) 性フェロモン剤(IRACコード無) マルチサイト剤・各種(8) 新規系統の開発剤	(水稻)イネミズゾウムシ、カメムシ類、 スクミリンゴガイ (野菜・畑作)モンシロチョウ、コガネム シ類、センチュウ類、ナメクジ類 (果樹・茶)シンクイムシ類、カメムシ 類、カミキリムシ類

栽培・地域リスクの評価基準

リスク値	該当地域の栽培法での 害虫発生と防除法	評価基準
高リスク =2	・評価する害虫が通常多発する。 ・使用できる薬剤が少ない作物。 ・殺虫剤による防除が主体。	〔栽培法〕 ・特に施設栽培。作物の栽培期間が特に長い。 ・特に、マイナー作物やメジャー作物でも登録薬剤が少ない場合。 ・過去に殺虫剤抵抗性が問題となった事例が多い～ある。 ・害虫が既に寄生している苗の導入。 〔害虫の発生〕 ・気象条件等により通常でも害虫発生量が多い地域。 ・国内外から抵抗性の害虫個体群が飛来する。 ・過去に抵抗性害虫が問題となった事例が多い。 〔防除〕 ・殺虫剤による防除が主体にならざるを得ない防除体系である。 ・使用できる薬剤が少なく、薬剤ローテーションなど抵抗性対策ができない。
中リスク =1	・評価する害虫の発生は中～多発。 ・殺虫剤による防除が主体。 ローテーション防除など抵抗性対策を実施する場合もある。 ・IPMを一部で指向している。	〔害虫の発生〕 ・害虫が中～多発する地域。 ・過去に抵抗性害虫が問題となった事例がある。 〔防除〕 ・殺虫剤による防除が主である。 ・薬剤ローテーション等の抵抗性対策を実施する場合もある。 ・殺虫剤以外のIPM技術を一部併用している。
低リスク =0.5	・評価する害虫の発生が少なく、殺虫剤による防除が少ない。 ・害虫発生が多い場合には、ローテーション防除など抵抗性対策を必ず実施。 ・IPM技術を多く駆使している。	〔栽培法〕 ・害虫が発生しにくい圃場管理・周辺環境管理（下草管理など）を行っている。 〔害虫の発生〕 ・害虫が多発しない地域。 ・圃場周辺環境に殺虫剤を使わない場所があるが多く、 また無防除エリアを設定するなど、薬剤感受性個体群が保護されている。 〔防除〕 ・殺虫剤を使用する際には、薬剤ローテーション等の抵抗性対策を必ず実施。 ・殺虫剤以外のIPM技術を多く駆使している。

殺虫剤抵抗性リスク評価表

第2.3版 2021年3月

殺虫剤リスク		抵抗性総合リスク			栽培・地域リスク	
殺虫剤の系統名等 (IRACコード)	リスク値	0.5 ~ 36			リスク値	該当地域の栽培法での害虫発生と防除法
有機りん系 (1B) カーバート系 (1A) 合成ピレスロイド系 (3A) 殺ダニ剤・各種 (新規剤以外)	高=6	12	24	36	高=2	高リスク ・評価する害虫は常に多発生。 ・使用できる薬剤が少ない作物。 ・殺虫剤による防除が主体。
ネオニコチノイド系 (4A) スピノシン系 (5) アベルメクチン系 (6) シアミド系 (28) BT系 (11) ピロール系 (13) プロフェジン (16) ベンゾイルフェニル尿素系 (15) シアシルヒドラン系 (18)	中=4	8	16	24	中=1	中リスク ・評価する害虫の発生は中〜多発。 ・殺虫剤による防除が主体。 ローテーション防除など抵抗性対策を実施する場合もある。 ・IPMを一部で指向している。
生物防除剤・各種 (UNB, UNF, 31) 植物抽出由来剤 (UNE) 性フェロモン剤 (IRACコード無) マルチサイト剤・各種 (8) 新規系統の開発剤・各種	低=1	2	4	6	低=0.5	低リスク ・評価する害虫は通常少発生で、 殺虫剤による防除が少ない。 ・害虫発生が多い場合には、 ローテーション防除など抵抗性対策を必ず実施。 ・IPM技術を多く駆使している。
(注) 高〜低リスクに分類されていない剤・系統	暫定値=2	-	-	-	-	* 該当地域の薬剤感受性検定結果等を参考としてリスク値を調整しても良い。

12以上で特にリスク管理対策が必要

リスク値	低=1	中=2	高=3	暫定値=1.5
害虫リスク				
水稲	イネミズゾウムシ カメムシ類 スクミリンゴガイ	ヒメトビ・セシロウカ ヨコバイ類 イネトコオムシ ニカメイチュウ	トビイロウンカ	(注) 高〜低リスクに分類されていない害虫 (類)
野菜・畑作	モンシロチョウ コガネムシ類 センチュウ類 ナメクシ類	ヨトウ類 タバコガ類 ハモグリガ類 ハモグリバエ類 キスジノミハムシ コナダニ類	ハダニ類 アザミウマ類 コナシラミ類 アブラムシ類 コナガ	
果樹・茶	シクイムシ類 カメムシ類 カミキリムシ類	カイガラムシ類 チャノホソガ	ハダニ類 アザミウマ類 アブラムシ類 ハマキムシ類	

ご清聴ありがとうございます。

第2部に続きます

- I あらためて農薬の必要性
- II 薬剤抵抗性の問題と対応
- III 農薬の作用機作と抵抗性
の発現リスク
- IV リスク管理の方法
- V 適期防除の事例
- VI 総合防除技術の紹介