

# 令和6年度 農薬適正使用研修会

## (4) 「薬剤抵抗性対策をふまえた農薬の適正使用」



長野県農政部農業技術課 専門技術員

- 1 薬剤抵抗性・耐性とは
- 2 薬剤抵抗性発達事例
- 3 R A Cコードと薬剤抵抗性管理

- 1 薬剤抵抗性・耐性とは
- 2 薬剤抵抗性発達事例
- 3 RACコードと薬剤抵抗性管理

# 薬剤抵抗性・薬剤耐性

## 薬剤抵抗性・薬剤耐性（Resistance）

- ・同一系統薬剤による淘汰の結果、集団における薬剤抵抗性を持つ個体の比率が高まり、薬剤が効果を示さなくなる現象
- ・殺虫剤や除草剤では「抵抗性」、殺菌剤では「耐性」を用いる

## 交差抵抗性

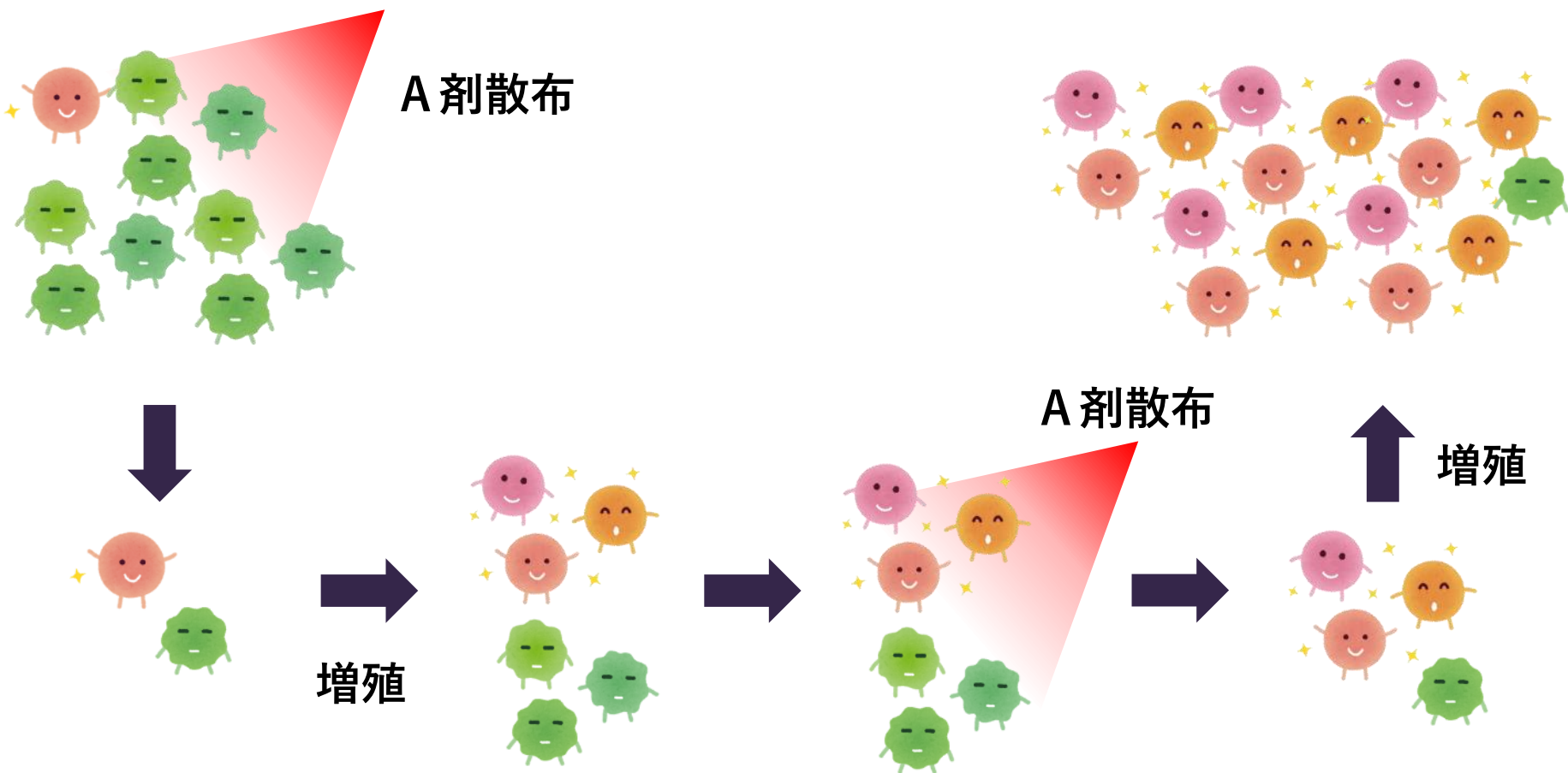
- ・ある種の薬剤に対し抵抗性を獲得した結果、類似の化合物にも抵抗性を示すこと

例：コナガ（フルベンジアミドとクロラントラニリプロール、  
いずれもジアミド系剤）

## 複合抵抗性

- ・異なった作用機構または複数の系統の薬剤に対して抵抗性を得ること
- 例：コナガ（有機リン系剤とピレスロイド系剤）

# 薬剤抵抗性発達のしくみ



- ・ 同一系統薬剤散布により**淘汰が生じる**
- ・ 個々の個体が薬剤に**慣れて強くなるわけではない**



A 剤抵抗性個体



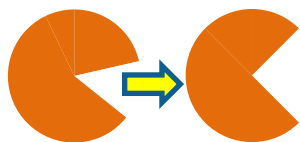
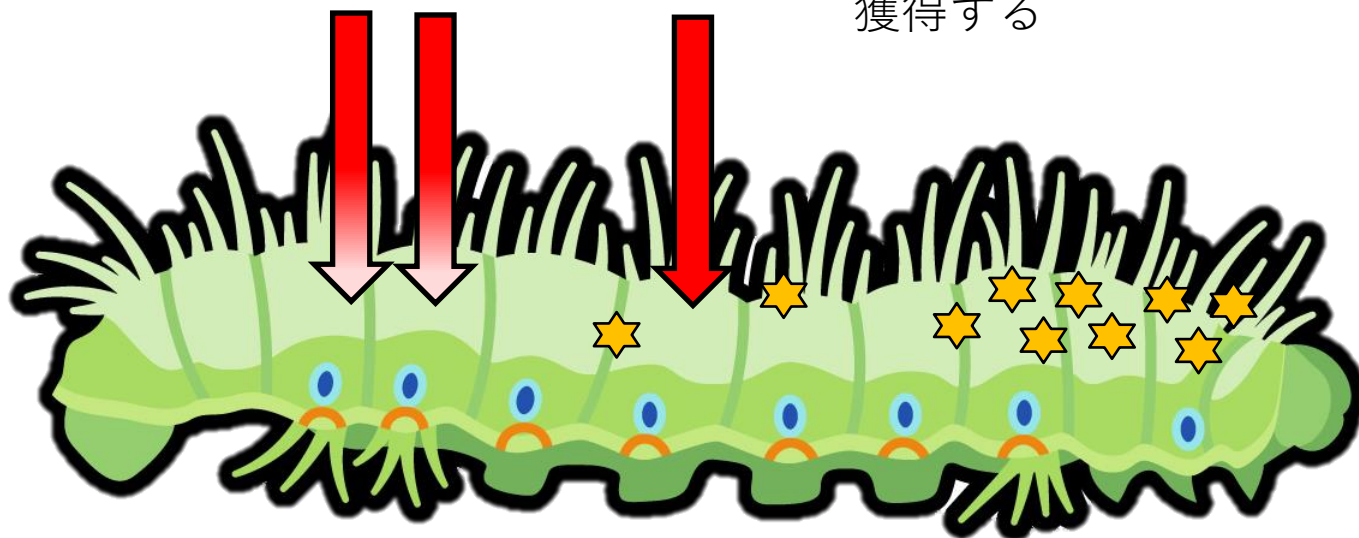
A 剤感受性個体



# 抵抗性のメカニズム

## 透過性の低下

皮膚構造の変化により、体内に浸透する薬剤の量が減少する

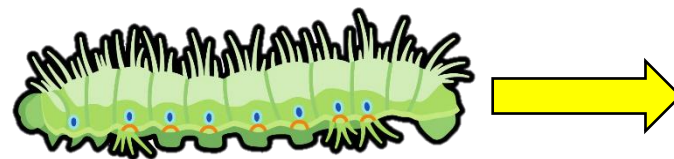


作用点に変異することによって薬剤が結合できなくなる

## 標的部位の感受性低下

## 解毒代謝活性の増大

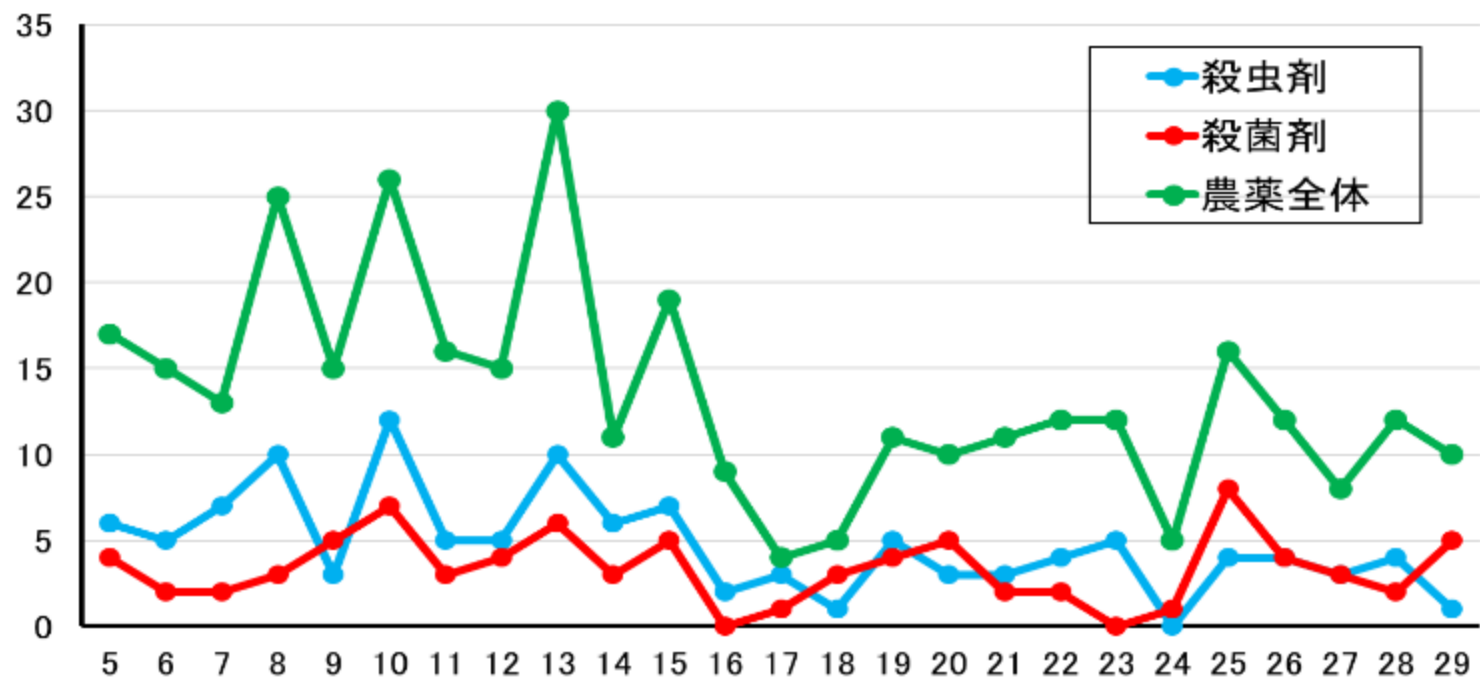
酵素遺伝子数の増加や発現上昇などにより高い分解解毒活性を獲得する



摂食回避や逃避行動などをとるようになる

## (虫の場合) 行動の変化

# 抵抗性発達の背景



農薬登録された新規の有効成分数の推移  
(農薬概説2018より作成)

- ① 新規系統薬剤の開発スピードが鈍化
- ② 「多作用点の殺菌/殺虫剤」から「特異作用点の殺菌/殺虫剤」に

※ 特異作用点に作用する薬剤は抵抗性が発達しやすい

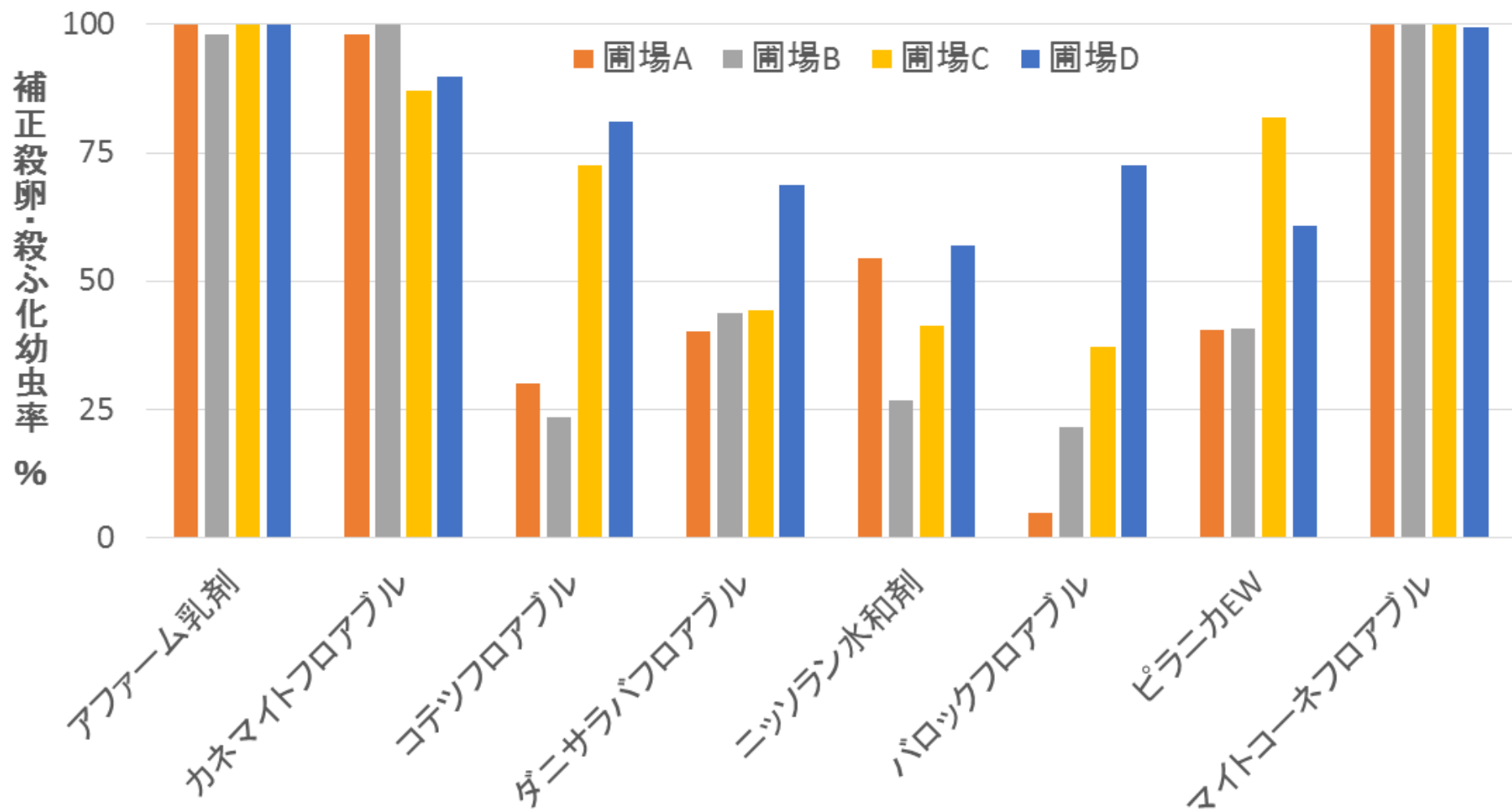
- 1 薬剤抵抗性・耐性とは
- 2 薬剤抵抗性発達事例**
- 3 RACコードと薬剤抵抗性管理



# 抵抗性を獲得した薬剤数が多い節足動物の上位20種

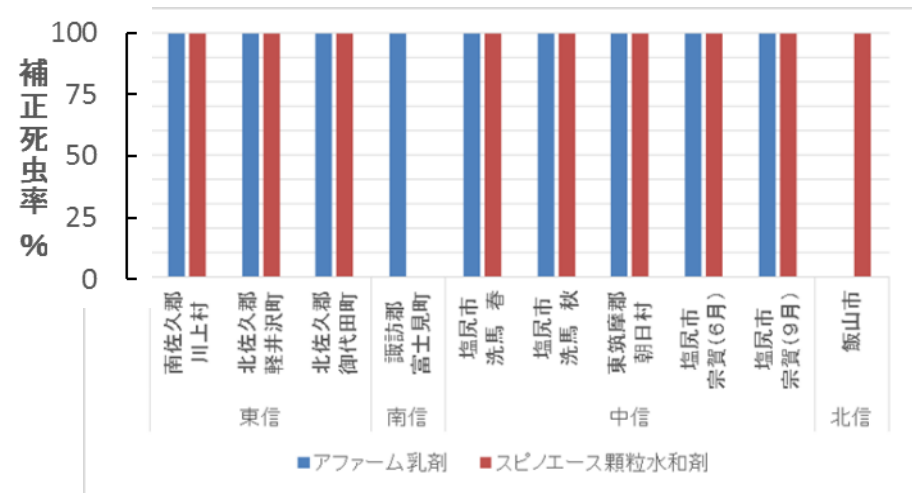
順位	種	薬剤数	主な加害作物
1	<b>ナミハダニ</b>	<b>9 2</b>	<b>野菜類、花き類、果樹</b>
2	<b>コナガ</b>	<b>9 1</b>	<b>アブラナ科</b>
3	<b>モモアカアブラムシ</b>	<b>7 4</b>	<b>野菜類、果樹、タバコ</b>
4	タバココナジラミ	5 4	野菜類、花き類
6	オオタバコガ	4 8	野菜類、花き類、トウモロコシ
7	リンゴハダニ	4 6	果樹（バラ科）
8	ワタアブラムシ	4 2	野菜類、ワタ
9	ハスモンヨトウ	3 7	野菜類、ダイズ、花き類、果樹
1 2	シロイチモジヨトウ	3 2	野菜類、花き類
1 8	ミカンキイロアザミウマ	2 3	野菜類、花き類
1 9	オンシツコナジラミ	2 2	野菜類、花き類

# 長野県内のイチゴのナミハダニの薬剤感受性

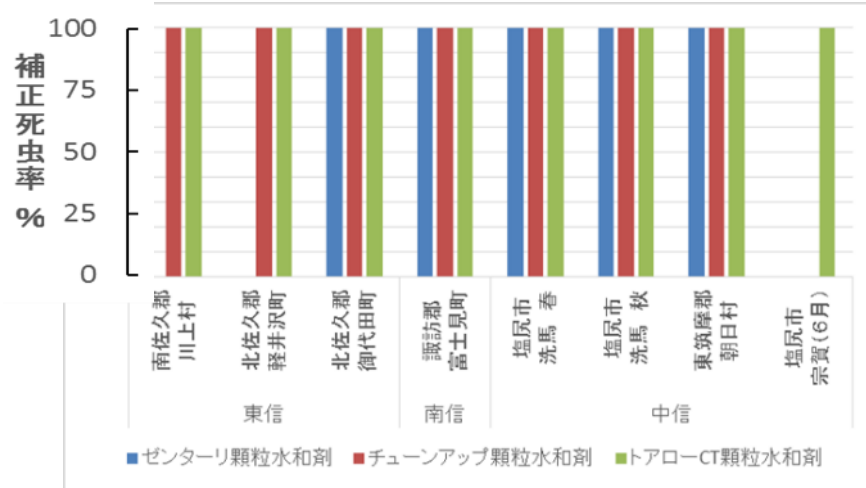


夏秋どりイチゴ 4圃場のナミハダニに対する薬剤の効果  
(2016年 安曇野地域)

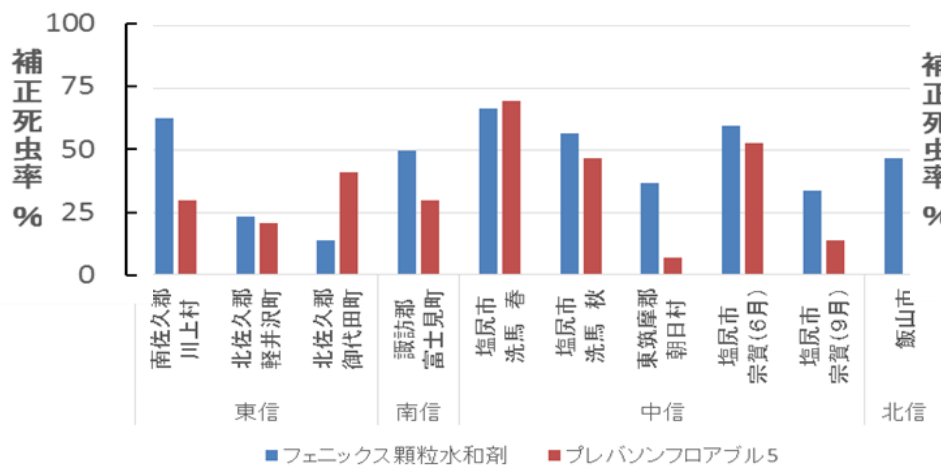
# 長野県内のコナガの薬剤感受性（2015年、野菜花き試験場）



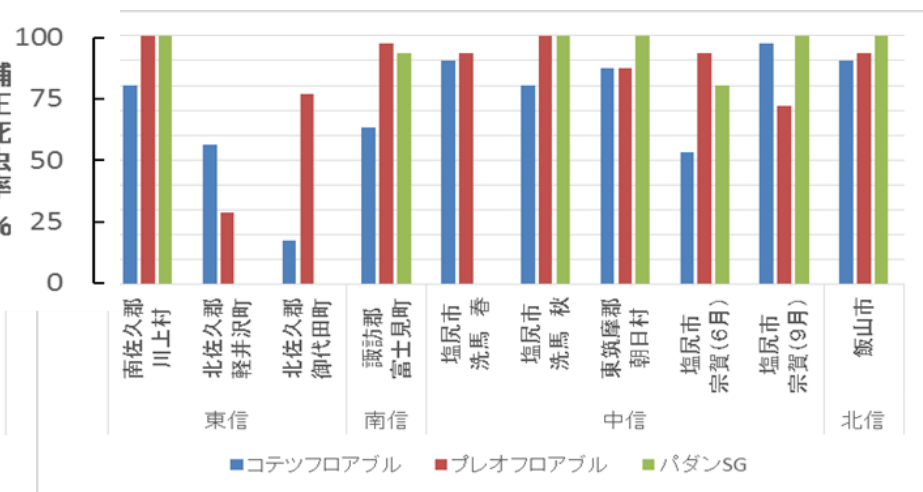
マクロライド・スピノシン系薬剤



BT剤



ジアミド系薬剤



その他 (コテツ・プレオ・パダン)

# 日本国内における薬剤耐性菌発達事例

薬 剤	病 名
ポリオキシシン	ナシ黒斑病、リンゴ斑点落葉病
カスガマイシン	イネいもち病、イネ褐条病
ベンゾイミダゾール系	各種作物の灰色かび病、果樹の黒星病、灰星病、チャ炭疽病、イネばか苗病、コムギ赤かび病、ダイズ紫斑病、タマネギ灰色腐敗病、イチゴ炭疽病、ブドウ黒とう病、カンキツ緑かび病、リンゴ黒星病
有機リン系	イネいもち病
ジカルボキシイミド系	各種作物の灰色かび病、ナシ黒斑病
ストレプトマイシン	モモせん孔細菌病、キュウリ斑点細菌病
DMI	キュウリうどんこ病、イチゴうどんこ病、ナスすすかび病、ナシ黒星病、リンゴ黒星病
オキシリニック酸	イネもみ枯細菌病、イネ褐条病
QoI	キュウリうどんこ病、キュウリべと病、キュウリ褐斑病、ナスすすかび病、イチゴ炭疽病、カンキツ灰色かび病、チャ輪斑病、ブドウべと病、コムギ赤かび病、トマト葉かび病、イネいもち病、リンゴ黒星病
DBI-D	イネいもち病
SDHI	キュウリ褐斑病、キュウリうどんこ病、イチゴ灰色かび病、ナスすすかび病
フェニルアミド（キュウリべと病、ジャガイモ疫病）、フルアジナム（マメ類灰色かび病）、シフルフェナミド（キュウリうどんこ病）	

# 世界のぶどうにおける耐性菌発生状況（FRAC,2020）

病害名	病原菌	薬剤（FRAC CODE）	確認年	国内での発生
べと病	<i>Plasmopara viticola</i>	フェニルアミド(4)	1981	
		QoI (11)	2000	○
		ホスホナート(P7)	2003	
灰色かび病	<i>Botrytis cinerea</i>	ベンゾイミダゾール(1)	1973	○
		カーバメート(10)	1988	
		SDHI (7)	2007	
		QoI (11)	2015	
		AP (9)	1996	
		ジカルボキシイミド(2)	1979	○
		フタルイミド(M04)	2001	
うどんこ病	<i>Uncinula necator</i>	ベンゾイミダゾール(1)	1977	
		QoI (11)	2003	
		DMI (3)	1990	
褐斑病	<i>Pseudocercospora vitis</i>	QoI (11)	2014	○

# 長野県内のぶどうにおける耐性菌発生状況

病害名	薬剤	防除基準 掲載年	確認年	掲載からの 年数
灰色かび病	ベンゾイミダゾール	1972年	1993年	21
	ジカルボキシイミド	1981年	1993年	12
褐斑病	ベンゾイミダゾール	1972年	1997年	25
晩腐病	ベンゾイミダゾール	1972年	2000年	28
	Qol	1999年	2012年	13
べと病	Qol	1999年	2010年	11
黒とう病	ベンゾイミダゾール	1972年	2021年	49
	Qol	1999年	2021年	22



# QoI 剤耐性ブドウ黒とう病の発生

病原菌：*Elsinoë ampelina*

発生部位：新梢、果実、葉、巻きひげなど若い組織であればどこでも

発生状況：長野県ではもともと重要病害では無かったが、本病に弱い

‘シャインマスカット’などの欧州系品種の生産振興に伴い顕在化

防除：7月上旬（袋かけ直前）にQoI剤を採用する防除暦が多い



# 耐性菌発生圃場におけるQ o I 剤の防除効果

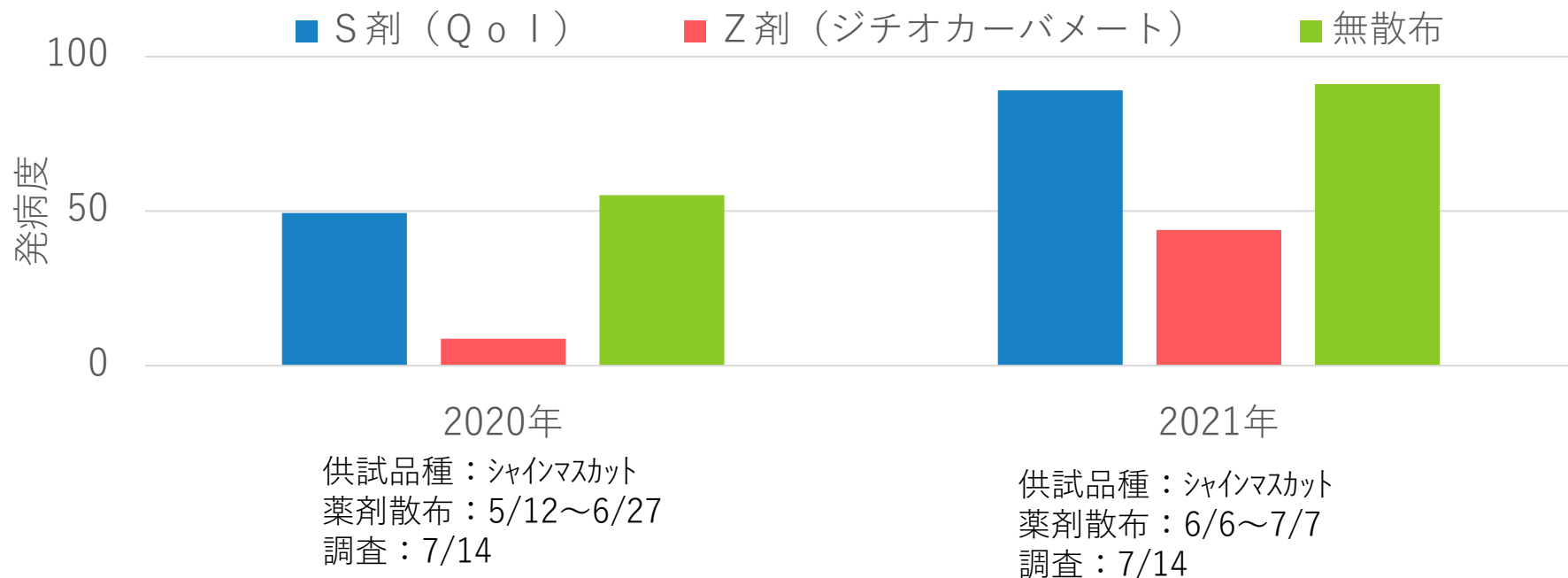


図 果樹試験場内耐性菌発生ほ場におけるQ o I 剤の防除効果

耐性菌発生圃場ではQoI剤の防除効果なし

# 長野県内におけるQoI剤耐性菌発生状況（2021年）

表 長野県内におけるQoI剤耐性ブドウ黒とう病菌の発生状況

調査地域	ほ場		菌株	
	調査ほ場数	QoI剤耐性菌検出ほ場割合	調査菌株数	QoI剤耐性菌株割合(%)
北信	11	100%	70	100
東信	10	60%	43	60.5
南信	4	100%	16	87.5

- ・長野県内で広域に高頻度で発生が認められる
- ・耐性菌発生圃場では防除薬剤を変更する必要がある

- 1 薬剤抵抗性・耐性とは
- 2 薬剤抵抗性発達事例
- 3 RACコードと薬剤抵抗性管理**

# 薬剤抵抗性発達に影響を与える要因

## 生物学的要因

- ・主に抵抗性遺伝子を持つ個体の出現率を高くする要因

例) 生殖能力の高さ

1世代の短さ

移動・分散能力の高さ

宿主範囲

増殖率に影響

外部からの抵抗性遺伝子流入

## 管理要因

- ・抵抗性遺伝子をもつ個体の取りこぼし、または感受性個体の完全淘汰を引き起こす要因

例) 薬剤散布量の少なさ

付着の不均一さ

浸透移行性

同一薬剤の処理頻度

とりこぼし

完全淘汰

こちらは対策可能

# 薬剤抵抗性発達を防ぐために

## 共通

- ・ローテーション散布（連続した世代に同一の作用機構を持つ薬剤を使用しない、世代間連用を避ける）を行う。
- ・抵抗性のモニタリングを実施する。

← 長野県内の情報は、  
県農業関係試験場  
または長野県病害虫防除所のHPを参照

## 殺虫剤

- ・最も効果の高い生育ステージに効率よく薬剤を処理し、取りこぼしが無いようにする。
- ・天敵に影響が少ない選択性殺虫剤を活用する。

## 殺菌剤


- ・薬剤使用ガイドライン・リスク表を参考にする
- ・他系統との混合剤を活用する、保護殺菌剤の加用



# ローテーション散布

## ローテーション散布

- ・ **作用機構**の異なる他系統薬剤と輪用 / 交互使用すること

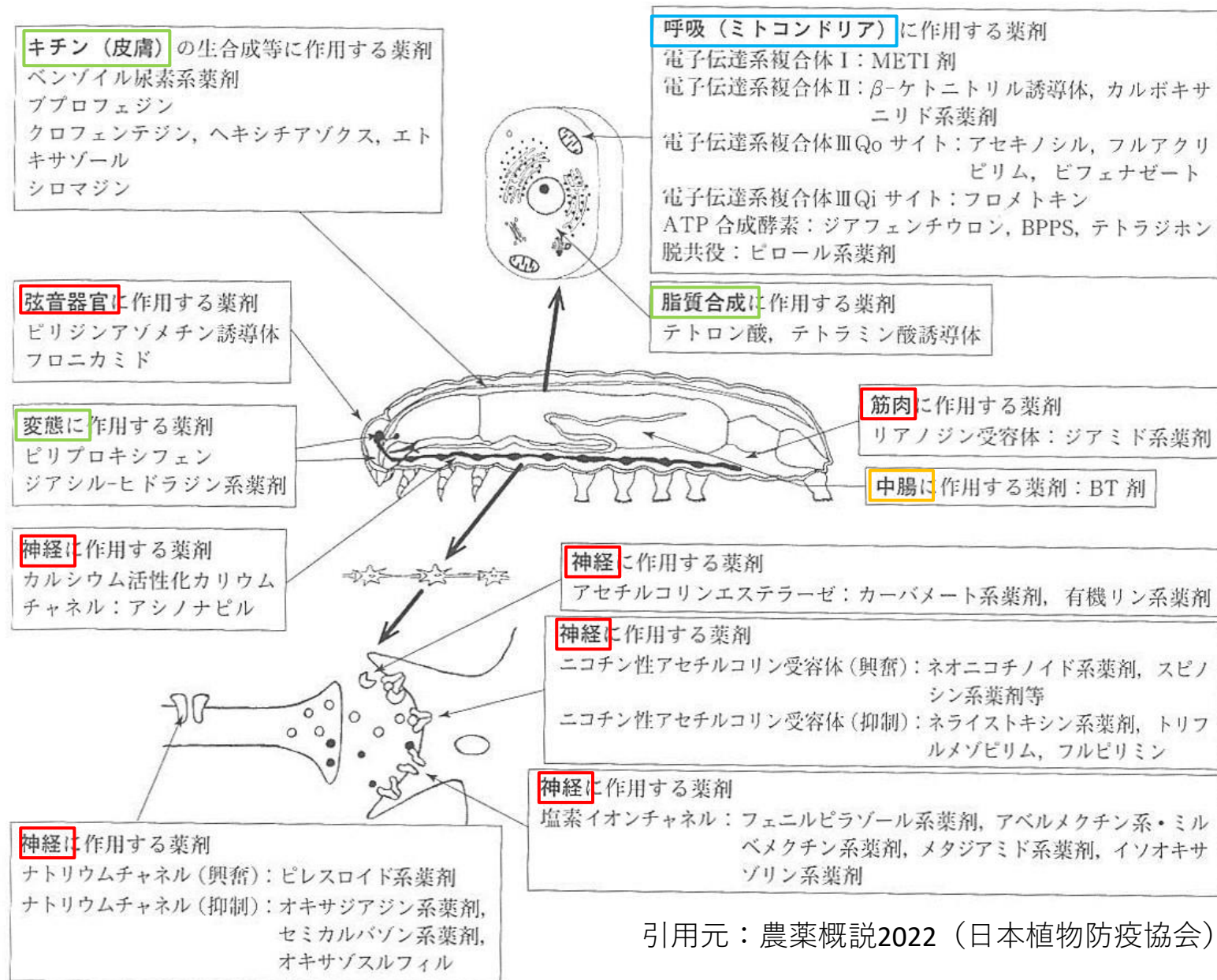
 農薬が作用を発現するメカニズム

## RACコード

用途	名前	(和訳)
殺虫剤	<b>IRAC</b> (Insecticide Resistance Action Committee)	殺虫剤抵抗性対策委員会
殺菌剤	<b>FRAC</b> (Fungicide Resistance Action Committee)	殺菌剤耐性菌対策委員会
除草剤	<b>HRAC</b> (Herbicide Resistance Action Committee)	除草剤抵抗性対策委員会



# 殺虫剤の作用機構



引用元: 農薬概説2022 (日本植物防疫協会)

# I R A C の作用機構分類（例：4）

主要グループと1次作用部位	サブグループあるいは代表的有効成分	有効成分	標的生理機能
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	4 A <b>ネオニコチノイド系</b>	アセタミプリド（モスピラン） クロチアニジン（ダントツ） （中略） チアメトキサム（アクタラ）	神経および筋肉
	4 B ニコチン系		
	4 C スルホキシイミン系	スルホキサフロル（トランスフォーム）	
	4 D ブテノライド系	フルピラジフロル	
	4 E メソイオン系	トリフルメゾピリム（ゼクサロン）	
	4 F ピリジリデン系	フルピリミン（リディア）	

## サブグループ

- ・ 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。
- ・ 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る。

# I R A C の作用機構分類（覚えておきたいグループ）

主要グループと 1次作用部位		サブグループあるい は代表的有効成分	有効成分の例（商品名）	標的生理 機能
1	アセチルコリンエステ ラーゼ (AChE) 阻害剤	1 A <b>カーバメート系</b>	アラニカルブ（オリオン） ベンフラカルブ（オンコル）	神経および筋肉
		1 B <b>有機リン系</b>	アセフェート（オルトラン） カズサホス（ラグビー）	
3	ナトリウムチャンネル モジュレーター	3 A <b>ピレスロイド系</b> <b>ピレトリン系</b>	アクリナトリン（アーデント） ビフェントリン（テルスター）	神経および筋肉
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	5 <b>スピノシン系</b>	スピネトラム（ディアナ） スピノサド（スピノエース）	神経および筋肉
14	ニコチン性アセチルコ リン受容体 (nAChR) チャンネルブロッカー	14 <b>ネライストキシン</b> <b>類縁体</b>	カルタップ（パダン） チオシクラム（リーフガード）	神経および筋肉
28	リアノジン受容体モ ジュレーター	28 <b>ジアミド系</b>	クロラントラニリプロール（プレバソン） シアントラニリプロール（ベネビア）	神経および筋肉
30	GABA作動性塩化物イオ ン（塩素イオン）チャ ネルアロステリックモ ジュレーター	30 <b>メタジアミド系</b> <b>イソオキサゾリン系</b>	ブロフラニド（ブロフレア） フルキサメタミド（グレーシア）	神経および筋肉

# I R A C の作用機構分類（覚えておきたいグループ：ダニ剤）

主要グループと1次作用部位		サブグループあるいは代表的有効成分	有効成分の例（商品名）	標的生理機能
20	ミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅲ阻害剤	20 B アセキノシル	アセキノシル（カネマイト）	呼吸
		20 D ビフェナゼート	ビフェナゼート（マイトコーネ）	
21	ミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅰ阻害剤（MET I）	21 A MET I 剤	フェンピロキシメート（ダニトロン） テブフェンピラド（ピラニカ） トルフェンピラド（ハチハチ）など	呼吸
23	アセチルC o Aカルボキシラーゼ阻害剤	23 テロン酸およびテトラミン酸誘導体	スピロジクロフェン（ダニエモン） スピロメシフェン（ダニゲッター） スピロテトラマト（モベント）	生育および発達
25	ミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅱ阻害剤	25 A B-ケトニトリル誘導体	シエノピラフェン（スターマイト） シフルメトフェン（ダニサラバ）	呼吸
		25 B カルボキサニリド系	ピフルブミド（ダニコング）	
33	カルシウム活性化カリウムチャネル（KCa <sub>2</sub> ）モジュレーター	33 アシノナピル	アシノナピル（ダニオーテ）	神経および筋肉



# ブロック式ローテーション（殺虫剤の場合）

	第1世代	第2世代	第3世代	第4世代	第5世代
世代間連用 (×)					
理想的な ローテーション (◎)					
3剤での ローテーション (○)					

# 殺虫剤の抵抗性管理 ① 効果の高いステージに処理する

表 りんごにおける殺ダニ剤の効果（令和6年度防除基準より）

薬剤名	IRACコード	使用基準 (収穫前日数)	使用回数 (以内)	希釈倍数 (倍)	種類に対する効果		ステージに対する効果			注意事項 該当番号	該当番号 薬害注意	ボルドー液との混用
					リンゴ ハダニ	ナミ ハダニ	卵	幼若虫	成虫			
コロマイト乳剤	6	前日	1	1,000	○	○	○	○	○		12,43,45	
バロックフロアブル	10	14日	2	2,000	○	○ <sup>注</sup>	○	○	×	1	36,43	×
オマイト水和剤	12	3日	1	750	○	○	○	○	○		11,24,31, 34,45	×
カネマイトフロアブル	20	7日	1	1,000	○	○	○	○	○	5	26,33,35	×
マイトコーネフロアブル	20	前日	1	1,000	○ <sup>注</sup>	○	△	○	○	1,5	33,35	×
サンマイト水和剤	21	21日	1	1,500	○	○ <sup>注</sup>	○	○	△	1,2	40,44,45	△
				3,000	○		○	○	△			
ダニトロンフロアブル	21	30日	1	1,000	○	○ <sup>注</sup>	△	○	○	1,2	40,44,45	△
ピラニカ水和剤	21	14日	1	1,000	○	○ <sup>注</sup>	○	○	○	1,2	45	△
				2,000	○	×	○	○	○			
エコマイト顆粒水和剤	23	7日	1	2,000	○	○	○	○	△	6,7	28,35	×
ダニゲッターフロアブル	23	前日	1	2,000	○	○	○	○	△	6,7	29,35	×
スターマイトフロアブル	25	前日	1	2,000	○	○ <sup>注</sup>	○	○	○	1,3,4	27,35,45	×
ダニコングフロアブル	25	前日	1	2,000	○	○	○	○	○	4		×
ダニサラバフロアブル	25	前日	2	1,000	○	○ <sup>注</sup>	○	○	○	1,3,4,7	35	×
ダニオーテフロアブル	33	前日	1	1,000~ 2,000	○	○	○	○	○	8	37,45	×

【効果凡例】 ○：効果ある △：効果やや劣る ×：効果ない 注）：薬剤抵抗性の発達が著しい場合がある  
 【ボルドー液との混用】 ×：有効成分の分解等により効果が著しく低下する。  
 △：混用・近接散布では効果が低下する。

殺虫剤に対する感受性は、それぞれのステージによって大きく異なる

# 殺虫剤の抵抗性管理 ① 効果の高いステージに処理する



図 オオタバコガ若齢・中齢・老齢幼虫

チョウ目害虫の場合、若齢幼虫は殺虫剤を解毒代謝する能力が**低い**

最も効果の高いステージに効率よく薬剤を処理し、  
残存虫が発生しないようにする

# 殺虫剤の抵抗性管理 ② 天敵に影響の少ない剤を使用する

## リサーチエンス

- ・ 殺虫剤散布後に、防除対象の害虫の個体数が散布前より著しく増加したり、防除対象としていなかった他の害虫の個体数が急増すること。
- ・ 殺虫剤散布により天敵昆虫が死滅することが一因。

## 【県防除基準 資料編 1. 農薬の天敵等への影響の目安】

<<殺虫・殺ダニ剤>>

種類名	ショカ <sup>*</sup> タマハエ			コレマンアブラハチ			ミヤコカブリダニ			チリカブリダニ			ククリスカブリダニ			スワルスキーカブリダニ			タイリクヒメハナカメムシ			アリカ <sup>*</sup> タシマアザミウマ			オンシツツヤコハチ		
	幼	成	残	マ	成	残	卵	成	残	卵	成	残	卵	成	残	卵	成	残	幼	成	残	幼	成	残	蛹	成	残
アーデント	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	21↑	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
アカリタッチ	—	—	—	◎	◎	0	◎	○	—	◎	◎	0	◎	—	—	—	—	—	◎	◎	0	◎	◎	0	◎	◎	0
アクタラ(粒)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
アクタラ(顆粒)	—	—	—	—	—	—	×	×	14	×	×	14	—	—	—	○	○	28	—	—	—	—	—	—	—	×	21
アクテリック	—	×	—	×	×	—	—	×	—	×	×	28	×	×	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	56
アグリメック	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	14	—	△	28	—	—	—	—	×	21
アグロスリン	×	×	84	×	×	84	—	—	—	×	×	84	×	×	84	—	—	—	×	×	84	—	—	—	×	×	84
アタブロン	—	—	—	◎	◎	0	◎	○	9	◎	○	1	◎	×	9	—	—	—	×	×	14↑	—	—	—	◎	◎	0
アデオン	×	×	84	×	×	84	—	△	—	×	×	84	×	×	84	—	—	—	×	×	84	—	—	—	×	×	84
アドバンテージ(粒)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
アドマイヤー	×	×	—	×	×	—	◎	◎	0	◎	◎	0	◎	◎	0	△	○	—	×	×	14↑	△	△	—	◎	△	35
アドマイヤー(粒)	◎	◎	0	◎	◎	0	◎	◎	0	◎	◎	0	◎	◎	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	◎	×	30
アニキ	—	◎	0	—	—	—	—	×	3	—	—	—	—	×	3	—	×	3	—	◎	0	—	—	—	○	×	28
アフアーム	—	—	—	◎	×	7	×	×	—	×	×	—	◎	◎	6	—	×	—	—	×	7	×	×	—	—	×	21
アブロード	△	△	7	◎	◎	0	◎	◎	0	◎	○	0	◎	◎	0	—	○	—	◎	◎	0	◎	◎	—	○	◎	7
アブロードエース	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注)卵:卵に、幼:幼虫に、成:成虫に、マ:マミーに、蛹:蛹に、孢子:孢子に、巢:巣箱の蜂のコロニーに対する影響  
 残:その農薬が天敵に対して影響のなくなるまでの期間で単位は日数です。数字の横に↑があるものはその日数以上の影響がある農薬です。  
 \*は葉液乾燥後に天敵を導入する場合には影響がないが、天敵が存在する場合には影響がでる恐れがあります。  
 記号:天敵等に対する影響は◎:死亡率0~25%、○:25~50%、△:50~75%、×:75~100%(野外・半野外試験)  
 ◎:死亡率0~30%、○:30~80%、△:80~99%、×:99~100%(室内試験)

## 薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案(2019年3月20日版)

  
薬剤抵抗性農業害虫管理のための  
ガイドライン案



平成26～30年度 農林水産省委託プロジェクト研究  
「ゲノム情報等を活用した薬剤抵抗性管理技術の開発」  
コンソーシアム編  
平成31年3月

カテゴリ : 技術紹介パンフレット  
: 病害虫・鳥獣害

タイトル : 薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案(2019年3月20日版)

発行年月日 : 2019年3月20日

概要 : 農業害虫の薬剤抵抗性対策のための技術指導者向け手引き書です。主要害虫の薬剤抵抗性を遺伝子診断で早期検出する方法やリスクレベル判定法をまとめました。



# 【2. 殺菌剤】FRACの作用機構分類

FRACコード表日本版(2023年8月)



作用機構	作用点	グループ名	化学グループ名	有効成分名	農薬名(例)	殺菌剤の殺菌作用機序	FRACコード
A. 核酸合成阻害	RNAポリメラーゼ	FR6殺菌剤 (フェニルアミド)	アシルアラニン	メタキシロル メタキシロルM	サバデューマックス	葉・穂の殺菌作用が主である。	4
	DNA/RNA 合成阻害(葉部)	芳香族ヘキサロピリジン	イソキサゾール	エチルイソキサゾール	タチノ	葉・穂の殺菌作用が主である。	31
	DNA/RNAポリメラーゼ抑制(葉部)	カルボン酸	カルボン酸	オキニコリン酸	スター	新葉・穂の殺菌作用が主である。	32
B. 細胞壁と細胞膜の形成阻害	ペニシリン系	MBC殺菌剤 (β-ラクタム)	ペニシリン	ペニシリン トリン	ペニシリン	葉・穂の殺菌作用が主である。	1
	グルコサミン	グルコサミン	グルコサミン	グルコサミン	グルコサミン	葉・穂の殺菌作用が主である。	10
	グルコサミン	グルコサミン	グルコサミン	グルコサミン	グルコサミン	葉・穂の殺菌作用が主である。	22
C. 呼吸	ミトコンドリア	ミトコンドリア	ミトコンドリア	ミトコンドリア	ミトコンドリア	葉・穂の殺菌作用が主である。	7
	ミトコンドリア	ミトコンドリア	ミトコンドリア	ミトコンドリア	ミトコンドリア	葉・穂の殺菌作用が主である。	7
	ミトコンドリア	ミトコンドリア	ミトコンドリア	ミトコンドリア	ミトコンドリア	葉・穂の殺菌作用が主である。	7

作用機構	作用点	グループ名	化学グループ名	有効成分名	農薬名(例)	殺菌剤の殺菌作用機序	FRACコード
D. 葉緑体の光合成阻害	葉緑体	葉緑体	葉緑体	葉緑体	葉緑体	葉・穂の殺菌作用が主である。	17
	葉緑体	葉緑体	葉緑体	葉緑体	葉緑体	葉・穂の殺菌作用が主である。	17
	葉緑体	葉緑体	葉緑体	葉緑体	葉緑体	葉・穂の殺菌作用が主である。	17
E. 細胞壁の形成阻害	細胞壁	細胞壁	細胞壁	細胞壁	細胞壁	葉・穂の殺菌作用が主である。	16.1
	細胞壁	細胞壁	細胞壁	細胞壁	細胞壁	葉・穂の殺菌作用が主である。	16.1
	細胞壁	細胞壁	細胞壁	細胞壁	細胞壁	葉・穂の殺菌作用が主である。	16.1

記号と桁の数字による組み合わせで、例えばM1に0を挿入して M01 のように標記することもあります。  
FRAC CODE LISTより、国内で使用されている化学殺菌剤を抜粋しました(最新版はJ FRACホームページ(<https://www.jpca.or.jp/label/frac/>))に掲載。



# 薬剤の種類と耐性菌

薬剤の種類によって耐性菌発達のリスクは大きく異なる

## 特異作用点阻害剤

薬剤が作用する標的部位（作用点）が極端に狭い剤。耐性菌が出やすい。

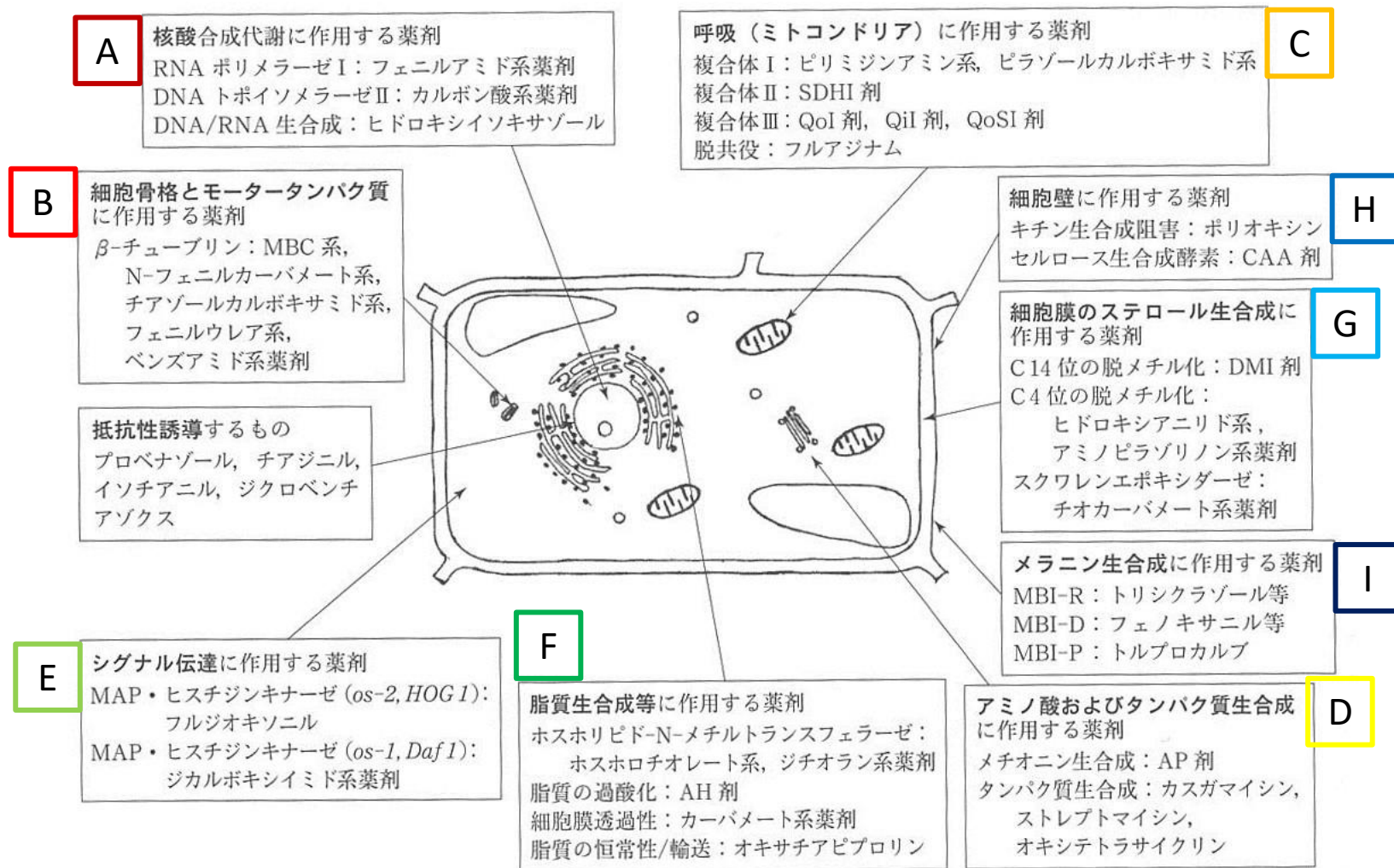
## 多作用点阻害剤

菌の細胞に多くの作用点を持つ剤。古くから使われるいわゆる保護剤が多く含まれる。滅多に耐性菌が生じない。

## 抵抗性誘導剤

これまで全く耐性菌問題を引き起こしていない。

# 特異作用点阻害剤



引用元: 農薬概説2022 (日本植物防疫協会)

# F R A C の作用機構分類（覚えておきたいグループ）

作用機構		F R A C コード	グループ名	有効成分名（商品名）	リス ク
A	核酸 合成代謝	4	P A（フェニルアミド）	【べと疫】メタラキシル（リドミル）	高
		52	D H O D H I	イプフルフェノキン（ミギワ）	中～ 高
B	細胞骨格と モータータンパク質	1	<b>M B C</b> <b>（ベンゾイミダゾール）</b>	ベノミル（ベンレート） チオファネートメチル（トップジン）	高
		10	N-フェニルカーバメート	ジエトフェンカルブ（ゲッターなど）	高
		43	ベンズアミド	【べと疫】フルオピコリド（ジャストフィットなど）	中
		50	アリルフェニルケトン	ピリオフェノン（クロスアウトなど）	中
C	呼吸	7	<b>S D H I</b>	インピルフルキサム（カナメ） ペンチオピラド（アフエットなど） ピジフルメトフェン（ミラビス）など	中～ 高
		11	<b>Q o I</b>	アゾキシストロビン（アミスター） クレスキシムメチル（ストロビー） メトミノストロビン（オリブライトなど）など	高
		21	Q i I	【べと疫】シアゾファミド（ランマン） アミスルブロム（ライメイ、オラクル）	中～ 高
		45	Q o S I	【べと疫】アメトクトラジン（ザンプロ）	中～ 高

# F R A C の作用機構分類（覚えておきたいグループ）

作用機構		F R A C コード	グループ名	有効成分名（商品名）	リス ク
D	アミノ酸およびタンパク質生合成	9	A P	シプロジニル（ユニックス） メパニピリム（フルピカ）	中
		24	ヘキソピラノシル	【抗生物質】カスガマイシン（カスミン）	中
		25	グルコピラノシル	【抗生物質】ストレプトマイシン（アグレプトなど）	高
		41	テトラサイクリン	【抗生物質】オキシテトラサイクリン（マイコシールド）	高
E	シグナル伝達	2	ジカルボキシイミド	イプロジオン（ロブラール） プロシミドン（スマレックス）	中～ 高
F	脂質生合成または輸送/細胞膜の構造・機能	49	O S B P I	【べと疫】オキサチアピプロリン（ゾーベック）	中～ 高
G	細胞膜のステロール生合成	3	<b>D M I</b>	プロクラズ（スポルタック） トミフルミゾール（トリフミン） ジフェノコナゾール（スコア） テブコナゾール（シルバキュア、オンリーワン） など	中

# 多作用点阻害剤（M）

作用機構	グループ名	一般名の例（商品名）	FRACコード
M 多作用点 接触活性	無機化合物	銅（数々の塩）	M01
	無機化合物	硫黄	M02
	ジチオカーバメート類 及び類縁体	マンゼブ（ジマンダイセン） チウラム（チオノック）	M03
		キャプタン（オーソサイド）	M04
	クロロニトリル類	T P N（ダコニール）	M05
	スルファミド類		M06
	ビスグアニジン類	イミノクタジン（ベルコート）	M07
	トリアジン類		M08
	キノン類	ジチアノン（デラン）	M09
	キノキサリン類	キノキサリン系	M10
	マレイミド	フルオルイミド（ストライド）	M11
	チオカーバメート		M12

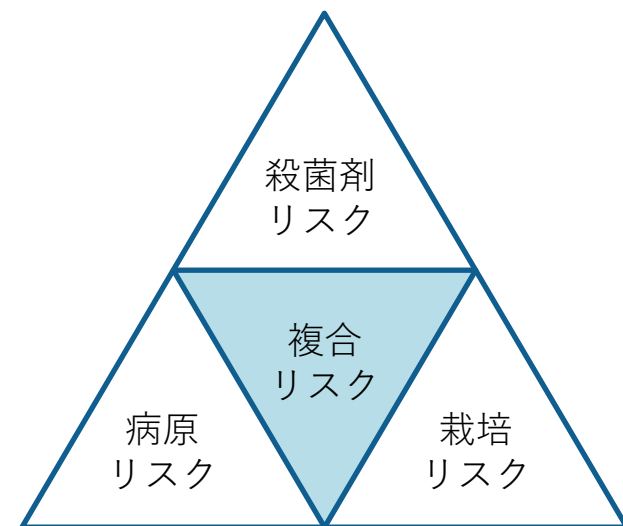
# 殺菌剤の抵抗性管理（FRACホームページより）

1. 特定の系統の殺菌剤を連用するのは絶対にやめましょう
2. ローテーションに、混合剤や低リスク殺菌剤を導入しましょう
3. 登録濃度・散布量を守りましょう
4. 予防散布を心がけましょう
5. 適切な防除間隔を保ちましょう
6. 圃場から、伝染源となるような枯死葉等を早めに除去しましょう

薬剤の効果を最大限に  
発揮できるように

# 殺菌剤の抵抗性管理 ① 薬剤使用ガイドライン・リスク表

	殺菌剤リスク	病原菌リスク
高	使用開始後数年で耐性菌が広範囲に発生、防除効果が大幅に低下した事例がある。	短期間に耐性菌が発生して殺菌剤の防除効果が大幅に低下した事例がある。
中	条件によって防除効果が低下、または限定的に防除効果が低下した。	高リスク病原菌と比較して、耐性菌の発生が大きな問題になっていない、または発生までに長期間を要する。
低	長期間の使用において、耐性菌が無発生または極めてまれにしか発生しない。	耐性菌が殺菌剤の1系統のみに発生している、または実際の防除において問題となっていない。



殺菌剤耐性発達に関わる要因とリスクのピラミッド

栽培リスク：各地域の過去の発病程度に基づき高～低に分類

# りんご病害の場合

殺菌剤のグループ例	殺菌剤 リスク	複合リスク値			栽培 リスク
MBC殺菌剤 } Qol殺菌剤 }      高  SDHI殺菌剤 }    中～高  AP殺菌剤    } DMI殺菌剤 }      中	高 = 6	6	12	18	高 = 1
		3	6	9	中 = 0.5
		1.5	3	4.5	低 = 0.25
	中 = 4	4	8	12	高 = 1
		2	4	6	中 = 0.5
		1	2	3	低 = 0.25
多作用点接触活性化化合物 抵抗性誘導剤	低 = 1	1	2	3	高 = 1
		0.5	1	1.5	中 = 0.5
		0.25	0.5	0.75	低 = 0.25
病原菌リスク →		低 = 1	中 = 2	高 = 3	
		赤星病 うどんこ病 黒点病 すず点病 すず斑病 腐らん病 輪紋病	褐斑病 炭疽病 モニリア病	黒星病 斑点落葉病	



# りんご・なしの耐性管理ガイドライン（抜粋）

グループ名	薬剤の例	殺菌剤 リスク	重点防除時期における 最多使用回数	
			りんご	日本なし
MBC・ジチオカーバメート 混合剤	ラビライト	高+低	1回	2回
MBC・フタルイミド 混合剤	キャプレート	高+低		
DMI	オンリーワン、 スコアなど	中	1回	2回
SDHI	フルーツセイバー、 カナメ、パレード など	中～高	1回	2回
AP	ユニックス など	中	2回 (年間)	3回 (年間)
QoI	フrint、 ストロビー など	高	1回	2回
QoI・SDHI剤 混合剤	ナリア	高+中～高		2回

# 殺菌剤の抵抗性管理 ② 混合剤の活用、保護殺菌剤の加用

- ・ 耐性菌リスクの高い薬剤は、リスクの低い薬剤（いわゆる保護殺菌剤、多作用点接触活性化化合物）と組み合わせて使用すると良い

## 薬剤耐性リンゴ黒星病菌への対応について

DMI 剤耐性と Q o I 剤耐性を有するリンゴ黒星病菌（薬剤耐性リンゴ黒星病菌）が常発地を中心に広域に分布しているため、薬剤耐性菌の存在を想定した以下の防除対応を実施する。

- （1） DMI 剤は黒星病防除の基幹薬剤として使用しない。
- （2） Q o I 剤（単剤）は単用せず、黒星病に効果の高い殺菌剤を加用する。
- （3） 黒星病の秋季感染を防ぐため、黒星病の発生がみられる場合は、10月上旬まで防除を行う。
- （4） 薬剤防除において散布むらが生じないように重なり枝の解消など樹形の改善を行い、十分な散布量を確保する。また、落葉処理など耕種的対策を併用する。

県防除基準「りんご」より

# ご清聴ありがとうございました

農薬使用に際しては、  
必ずラベルの記載内容を確認してください

## 【問い合わせ・参照】

- ・ 農薬の適正使用、農薬取締法に関すること

農業技術課 環境農業係 (026-235-7222)

- ・ 病害虫防除に関すること

病害虫防除所 (東北信：026-248-6471、中南信：0263-53-5642)

または 最寄りの農業農村支援センター

- ・ 長野県農作物病害虫・雑草防除基準

<https://www.pref.nagano.lg.jp/bojo/nouyaku/bojokijun/index.html>

- ・ 病害虫防除に関する普及技術等 (農業関係試験場HP)

<https://www.agries-nagano.jp/>