

# チョウ目用殺虫剤の抵抗性管理 に関するお願い

～ジアミド剤を例として～



チョウ目部会

## <用語解説>

\*「ブロック」とは害虫の1世代を示します。

\*「ブロック式ローテーション」とは害虫の世代を考慮した殺虫剤のローテーション処理を示します。

(農業用語におけるブロックローテーションは一般的に作物の輪作を意味するため、混乱を避ける意味でIRACでは殺虫剤抵抗性管理上「ブロック式ローテーション」と用語を定めています。)



## IRAC: Insecticide resistance action committee

(農薬メーカー団体のCrop Life International (世界農薬工業連盟) の内部組織で、殺虫剤抵抗性発達の回避・遅延策を推進する専門技術委員会)

Version:1802

# 「今後の薬剤抵抗性管理への期待」

一般社団法人日本植物防疫協会 技術顧問 野田隆志

害虫の薬剤抵抗性発達リスクを減らす方策としてローテーション散布が提唱されて久しいが、具体的にどのように考えれば良いのかについて明確に解説した資料はこれまでほとんどなかった。その意味で、本資料は現場の技術者や生産者がこの技術を考えるための啓発材料として大変有意義であると考えられる。

ローテーション散布の実効性には、対象害虫の年間世代数などの生態的特性やほ場内外に生息する感受性個体の密度など様々な条件が影響する。また複数の病害虫が同時に発生する場合、それらに対する薬剤の使用にも留意する必要があるため、現場の指導者には原理の理解と適切な防除手段の選択が求められる。薬剤抵抗性管理の基本は、抵抗性遺伝子を持った個体をほ場から如何にして減らし、かつ低密度に維持するかにある。したがって、ローテーションに組み込める薬剤の種類が限定される場合は特にそうであるが、最終的には農薬以外の防除手段も取り入れたIPM体系の中で薬剤抵抗性管理を考えて行く必要があるだろう。本資料を契機として、ローテーション散布への理解がより深まり、活用に向けた現場での議論が盛んになることを期待したい。

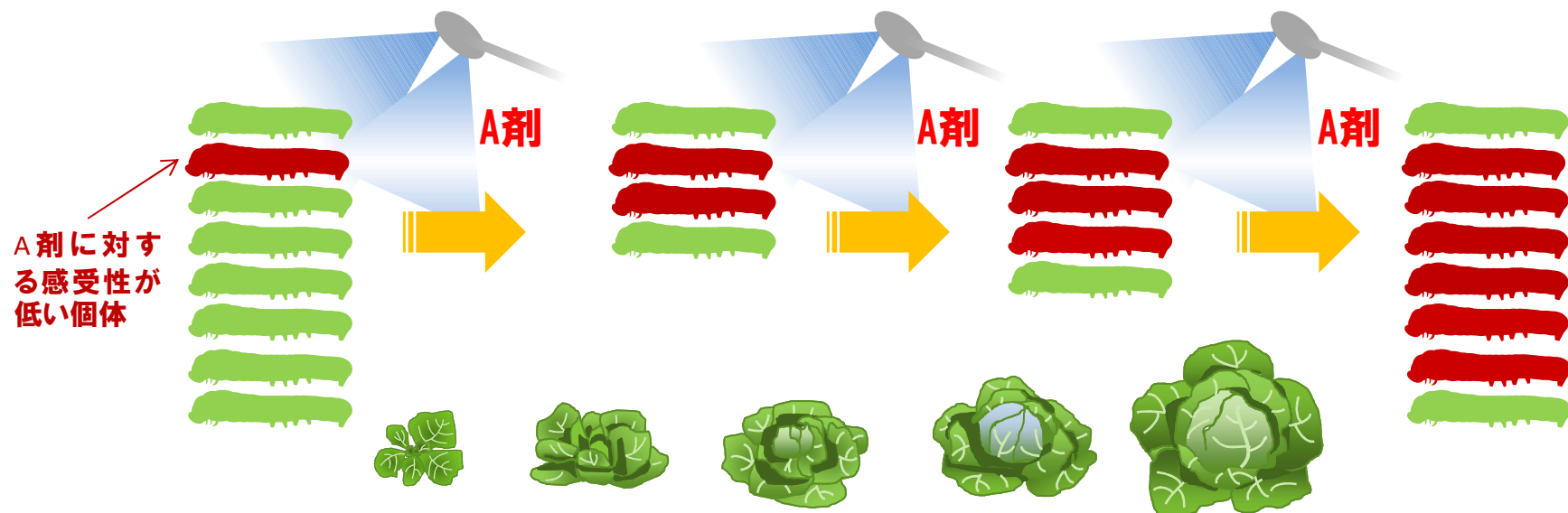
# 薬剤抵抗性とは

同一の殺虫剤を連用すると、これまで有効であった薬量・濃度で防除できなくなる場合があります。その現象を抵抗性が発達したといいます。そして、殺虫剤の効かなくなった害虫は抵抗性害虫と呼ばれます。

抵抗性は遺伝的なものであり、自然界の多様性の中で抵抗性遺伝子をもともと持っていたごくわずかな個体と同じ系統の殺虫剤を繰り返し散布された環境で選抜されて生き残り、その子孫が増えた結果生じると考えられています。

特に、ライフサイクルが短く増殖率の高いハダニ類、アザミウマ類、アブラムシ類、コナガのような害虫に対して、同一系統の殺虫剤の散布回数が多い場合、抵抗性発達のリスクが高まると考えられています。

## 『同一薬剤の連用による抵抗性発達の模式図』



# ジアミド系殺虫剤とは



ジアミド系殺虫剤（フルベンジアミド、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のいずれかを含む農薬）は、昆虫のカルシウムチャネルの1種であるリアノジンレセプターに作用して筋肉を収縮させる新規作用性を持ち、チョウ目害虫を中心として各種害虫種に対して優れた効果を示します。

一般名	商品名の例
フルベンジアミド	フェニックス <sup>®</sup> 顆粒水和剤・フロアブル, ペガサス <sup>®</sup> フロアブル
クロラントラニリプロール	プレバソン <sup>®</sup> フロアブル, サムコル <sup>®</sup> フロアブル, ジュリボ <sup>®</sup> フロアブル, プレバソン <sup>®</sup> 粒剤, キックオフ <sup>®</sup> 顆粒水和剤
シアントラニリプロール	ベネビア <sup>®</sup> OD, エクシレル <sup>®</sup> SE, ベリマーク <sup>®</sup> SC, プリロッソ <sup>®</sup> 粒剤, ミネクト <sup>®</sup> デュオ粒剤, アベイル <sup>®</sup> 粒剤
シクラニリプロール	テッパン <sup>®</sup> 液剤, ソウヘキ <sup>®</sup> 液剤

# IRAC作用機構分類を活用したローテーション

- ある殺虫剤に抵抗性が発達すると、その殺虫剤が効果を発揮できないだけでなく、類似した化学構造を有する他の殺虫剤も十分な効果を示せなくなる現象(交差抵抗性)がしばしば認められます。これは類似した化学構造を有する殺虫剤は通常同じ標的分子に同一の作用機構で作用するためと考えられます。そのため、IRACは化学構造上、関係の深い殺虫剤が識別できるよう、作用機構に基づきグループ化し、殺虫剤分類表を作成しています。
- IRACの作用機構分類に基づき殺虫剤をローテーション使用すれば、少なくとも同一作用機構をもつ薬剤の連用を避けることができ、その作用機構に対する抵抗性の発達リスクを低減させることができるとIRACは提唱しています。

## 殺虫剤の作用機構による分類(IRAC 2015年7月)

作用機構分類	化学構造による分類		有効成分
アセチルコリンエステラーゼインヒビター	1A	カーバメート	カルバリル, メソミル, …
	1B	有機リン	アセフェート, MEP, …
GABA作動性Clチャンネルアンタゴニスト	2B	フェニルピラゾール	フィプロニル, エチプロール
Naチャンネルモジュレーター	3A	ピレスロイド	アクリナトリン, シハロトリン, …
ニコチン性アセチルコリンレセプターアゴニスト	4A	ネオニコチノイド	イミダクロプリド, アセタミプリド, ジノテフラン, …
ニコチン性アセチルコリンレセプターアクティベーター	5	スピノシン	スピノサド, スピネトラム
⋮	⋮	⋮	⋮
リアノジンレセプターモジュレーター	28	ジアミド	フルベンジアミド, 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

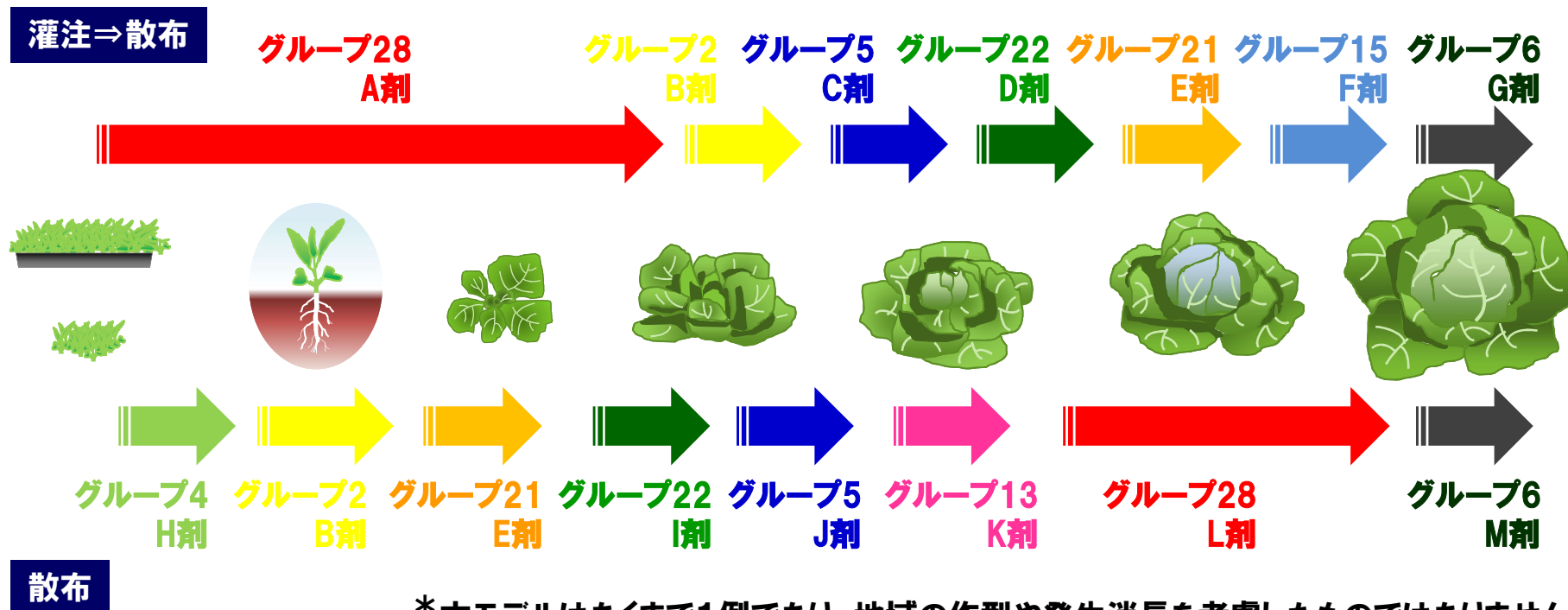
ジアミド系殺虫剤はグループ28に分類されています。

# 作用機構分類に基づいたローテーション

IRACの作用機構分類表に基づき使用する薬剤を選択すれば、少なくとも同一作用機構を有する殺虫剤の連用を避けることができます。ジアミド系に対する抵抗性発達を避けるためには、ジアミド系殺虫剤の連続散布を避けて作用性(グループ)の異なる薬剤とのローテーション散布が必要です。

当然のことながら、対象となる害虫の発生時期や作物の生育ステージ、各薬剤の残効性等を考慮して薬剤を選抜し、より効果的な散布体系を確立することが重要です。

## 『IRAC作用機構分類を活用した殺虫剤抵抗性管理のモデル』\*



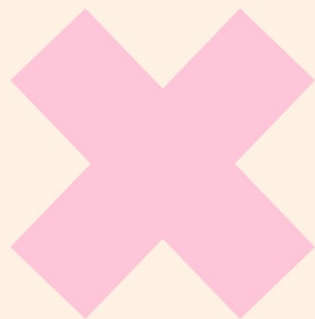
\*本モデルはあくまで1例であり、地域の作型や発生消長を考慮したものではありません。



# よくある誤ったローテーションの例

## 世代間連用 <薬剤散布は「ローテーション」でも、害虫には「連用」と同じケース>

図に示したような3種類の作用グループの薬剤によるローテーションは、一見すると「連用」のない、上手な使用方法のように見えます。しかし、害虫の世代に注目すると、連続した世代が同一作用グループの薬剤に暴露されています。つまり、害虫にとっては結果的に「連用」と同じで、抵抗性発達リスクが増加してしまいます。



青矢印だけでなく、黄矢印、赤矢印もそれぞれ連続世代への連用になっています。



**薬剤ローテーションをしているつもりでも、やり方によっては抵抗性発達リスクが高いこともあります。**

上記のような、「誤ったローテーション」が起きる主な原因は、次のような、2つの理由が主に考えられます。

抵抗性発達の危険度が高い害虫に対して、

- ① 多くの登録剤があるのに、特定の作用グループの剤でしかローテーションしていない場合。
- ② 当該作物に対して登録ある薬剤が限られている場合(マイナー作物など)。

**そこで、抵抗性発達リスクを減少させる為に、IRACは対象害虫の世代を考慮したブロック式ローテーションを提案しています。**

# 世代間連用を避けるブロック式ローテーションの例

## ①理想的なローテーションの例

有効な薬剤を、多くの作用グループから選択できる場合に使える理想的な例です。害虫の世代を考慮したブロック式ローテーションで、使用する作用グループの種類が、多いほど抵抗性リスクは下がります。

第1世代	第2世代	第3世代	第4世代	第5世代	第6世代
↓ ↓	↓ ↓	↓ ↓	↓ ↓	↓ ↓	↓ ↓



表の矢印は薬剤散布を示す。

## ②3剤でのローテーションの例

有効な薬剤の作用グループが少ない(3種類)場合の例です。一見「連用」に見えますが、害虫の世代に対しては「連用」になっていません。これもブロック式ローテーションの1例で、効果的な抵抗性対策と言えます。

第1世代	第2世代	第3世代	第4世代	第5世代	第6世代
↓ ↓	↓ ↓	↓ ↓	↓ ↓	↓ ↓	↓ ↓



表の矢印は薬剤散布を示す。

できるだけ多くの異なる作用グループの薬剤を使うことが抵抗性管理には重要です。使用可能な薬剤の数が限られていても、害虫の世代を考慮する(連続した世代に連用しない)ことで、効果的な抵抗性管理が可能です。

# 殺虫剤作用機構による分類(2016年11月)

**カーバメート**

1A カーバメート系

**有機リン**

1B 有機リン系

**フェニルピラゾール**

2A 環状ジエン有機触媒系

**ピレスロイド**

3A ピレスロイド系、ピレトリン系

3B DDT、メトキシクル

**ネオニコチノイド**

4A ネオニコチノイド系

4B ニコチン

4C スルホキシミン系

4D

4E

**スピノシン**

5 スピノシン系

**アベルメクチン**

6 アベルメクチン系、ミルベマイン系

**幼若ホルモン類縁体**

7A 幼若ホルモン類縁体

7B フェノキシカルブ

7C ビプロロキシフェン

殺虫剤作用機構分類

**IRAC**

Insecticide Resistance Action Committee

殺虫剤抵抗性マネージメントの要点

➤ 連続する害虫の世代に対して同じ作用機構グループから選ばれた薬剤を使用すべきではない。

➤ 現在の全てのグループ分けは共通の種々のタンパクの知見に基づいたものではない。詳しくはThe IRAC Mode of Action Classification documentを参照のこと。

➤ 色分けは、その殺虫剤による殺虫機序、効果発現の速さおよび他の特性を表現するための一助として、作用機序と影響を受ける生体標的の大きな分類とを関連付けたものであり、抵抗性マネージメントの目的のためではない。抵抗性マネージメントのためのローテーションは作用機構グループの番号のみに基づくべきである。

グループ8: その他の殺虫剤 (マルチサイト) 殺虫剤

3A ハロゲン化アルキル

3B クロロピクリン

3C フルオリド

3D ホウ砂

3E 牡蠣石

3F メチルイソシアナートジェネレーター

グループ9: 殺菌剤

9A TRPVチャネルモジュレーター

9B ビリジンアミン系

9C

9D

9E

9F

グループ10: ダニ酸成虫殺虫剤

10A クロフェンチジン、ジフロビダジン、ヘキサチアノス

10B エトキサゾール

10C

10D

10E

10F

10G

10H

10I

10J

10K

10L

10M

10N

10O

10P

10Q

10R

10S

10T

10U

10V

10W

10X

10Y

10Z

11A ナイトル、チュウリゲンシス

11B

11C

11D

11E

11F

11G

11H

11I

11J

11K

11L

11M

11N

11O

11P

11Q

11R

11S

11T

11U

11V

11W

11X

11Y

11Z

グループ12: ミトコンドリア ATP 生成成阻害剤

12A ジアフェンチクロン

12B 有機スズ系殺ダニ剤

12C プロバロキット

12D テトラジホン

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

14 ネラリス

14A

14B

14C

14D

14E

14F

14G

14H

14I

14J

14K

14L

14M

14N

14O

14P

14Q

14R

14S

14T

14U

14V

14W

14X

14Y

14Z

**ベンゾイル尿素**

15 ベンゾイル尿素系

**ジアシルヒドラジン**

16 プロフェジン

17 シロマジン

18 ジアシルヒドラジン系

グループ18: キチン合成阻害剤

18A

18B

18C

18D

18E

18F

18G

18H

18I

18J

18K

18L

18M

18N

18O

18P

18Q

18R

18S

18T

18U

18V

18W

18X

18Y

18Z

20A ヒドラメチルノン

20B アセキノシル

20C フルアリリド

20D ビフェナゼート

**インドキサカルブ**

21A METI 殺ダニ剤および殺虫剤

21B

21C

21D

21E

21F

21G

21H

21I

21J

21K

21L

21M

21N

21O

21P

21Q

21R

21S

21T

21U

21V

21W

21X

21Y

21Z

22A

22B

22C

22D

22E

22F

22G

22H

22I

22J

22K

22L

22M

22N

22O

22P

22Q

22R

22S

22T

22U

22V

22W

22X

22Y

22Z

グループ23: アセチルCoA カルボキシラーゼ阻害剤

23A

23B

23C

23D

23E

23F

23G

23H

23I

23J

23K

23L

23M

23N

23O

23P

23Q

23R

23S

23T

23U

23V

23W

23X

23Y

23Z

24A

24B

24C

24D

24E

24F

24G

24H

24I

24J

24K

24L

24M

24N

24O

24P

24Q

24R

24S

24T

24U

24V

24W

24X

24Y

24Z

**ジアミド**

25A

25B

25C

25D

25E

25F

25G

25H

25I

25J

25K

25L

25M

25N

25O

25P

25Q

25R

25S

25T

25U

25V

25W

25X

25Y

25Z

28

29

グループ28: 殺菌剤

28A

28B

28C

28D

28E

28F

28G

28H

28I

28J

28K

28L

28M

28N

28O

28P

28Q

28R

28S

28T

28U

28V

28W

28X

28Y

28Z

29

29A

29B

29C

29D

29E

29F

29G

29H

29I

29J

29K

29L

29M

29N

29O

29P

29Q

29R

29S

29T

29U

29V

29W

29X

29Y

29Z

グループ29: 殺菌剤

29A

29B

29C

29D

29E

29F

29G

29H

29I

29J

29K

29L

29M

29N

29O

29P

29Q

29R

29S

29T

29U

29V

29W

29X

29Y

29Z

- チョウ目害虫に有効な殺虫剤には様々な作用機構を有するものがあります。
- 同じ作用機構を有する殺虫剤の連用は、抵抗性の急速な発達を招くリスクがあります。
- グループ内には異なるサブグループが含まれる場合があります。

# ジアミド系殺虫剤の商品名と取扱いメーカー

一般名	商品名と取扱いメーカー
フルベンジアミド	フェニックス <sup>®</sup> 顆粒水和剤／フロアブル・・・日本農薬株式会社, 日本曹達株式会社 ペガサス <sup>®</sup> フロアブル・・・クミアイ化学工業株式会社, 日本農薬株式会社
クロラントラニリプロール	プレバソン <sup>®</sup> フロアブル・・・北興化学工業株式会社, 日産化学工業株式会社, 丸和バイオケミカル株式会社 サムコル <sup>®</sup> フロアブル・・・北興化学工業株式会社, アグロカネショウ株式会社, 三井化学アグロ株式会社, 丸和バイオケミカル株式会社 ジュリボ <sup>®</sup> フロアブル・・・シンジェンタジャパン株式会社 プレバソン <sup>®</sup> 粒剤・・・丸和バイオケミカル株式会社 キックオフ <sup>®</sup> 顆粒水和剤・・・三井化学アグロ株式会社
シアントラニリプロール	ベネビア <sup>®</sup> OD・・・クミアイ化学工業株式会社, アグロカネショウ株式会社, 三井化学アグロ株式会社 エクシレル <sup>®</sup> SE・・・クミアイ化学工業株式会社, 日産化学工業株式会社, OATアグリオ株式会社 ベリマーク <sup>®</sup> SC・・・クミアイ化学工業株式会社, 日本曹達株式会社, OATアグリオ株式会社 プリロッソ <sup>®</sup> 粒剤・・・日産化学工業株式会社, 丸和バイオケミカル株式会社 ミネクト <sup>®</sup> デュオ粒剤・・・シンジェンタジャパン株式会社 アベイル <sup>®</sup> 粒剤・・・日本曹達株式会社
シクラニリプロール	テツパン <sup>®</sup> 液剤・・・石原バイオサイエンス株式会社 ソウヘキ <sup>®</sup> 液剤・・・石原バイオサイエンス株式会社

# IRACチョウ目部会日本支部会

日本農薬株式会社

石原産業株式会社(石原バイオサイエンス株式会社)

シンジェンタ ジャパン株式会社

エフエムシー・ケミカルズ株式会社

バイエルクロップサイエンス株式会社

事務局 日本農薬株式会社

〒104-8386 東京都中央区京橋一丁目19番8号 京橋OMビル

TEL 03-6361-1412

FAX 03-6361-1451

本資料のコピー、再配布、部分・全体の転用の際は事務局の承認が必要です