

畑作物薬剤抵抗性病害虫の防除に関する検討会

ダイズ害虫における薬剤抵抗性の発達と特性



九州沖縄農業研究センター
水谷 信夫

ダイズの主要な害虫

ハスモンヨトウ



カメムシ類



ホソヘリ
カメムシ



イチモンジ
カメムシ



アオクサ
カメムシ



クサギ
カメムシ

➡ 関東以西の西南暖地を中心に被害大

マメシンクイガ
シロイチマダラメイガ



莢に侵入・食害するため
防除が困難

フタスジヒメハムシ



幼虫による根粒の食害が問題

ジャガイモヒゲナガ
アブラムシ



北日本を中心に発生
ダイズわい化病を媒介

ウコンノメイガ



しばしば多発し問題

ハスモンヨトウ *Spodoptera litura*

ダイズ、野菜類の重要害虫

戦前：ほとんど問題なし

1950年代：被害が拡大

← ハウス・ガラス温室等で越冬
(休眠性なし&耐寒性弱い)

1960年代前半：東海以西で被害

1970年代：関東中部まで被害拡大



幼虫(老齡)



卵塊



幼虫(若齡)



白変葉

○ハウスなどで越冬（数は少ない）

→年4（～6）世代で世代を重ねながら増加する

⇒秋に急速に増える傾向がある

○越冬できない場所では，他の場所から成虫が
移動（飛来）することから発生が始まる

※海外飛来説が裏付けられつつある



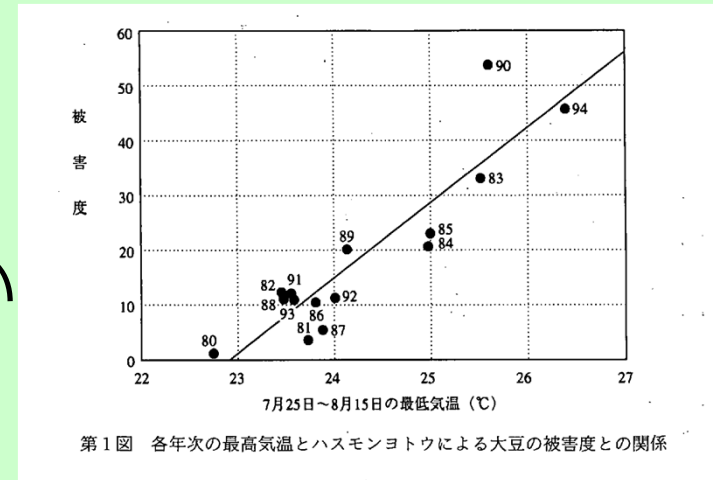
ダイズでの被害の様子

ハスモンヨトウの多発生

1985年（S60）以降，発生面積率が増大（30 → 50%）

○多発生と気象条件の関係

- 1) 4～7月の気温が高い年
(内藤ら, 1971 ; 山口, 1968)
- 2) 7月後半が好天 = 降水量が少ない
(岡本&岡田, 1968)
- 3) 8月の気温が高い年 (菖蒲, 2008)



(菖蒲, 1995)

- ↓
- [1] 増殖率が上昇
 - [2] 降水量少ない = 降雨による若齢期の消失が少ない
 - [3] ダイズ（餌）の生育が良好

平成22年 ⇒ 注意報15件（茨城，栃木，埼玉，神奈川 など）

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性

ジクロルボス（有機リン系）,
カルバリル（カーバメイト系）等
数種薬剤に対する感受性低下（葛西・尾崎, 1975）



○1980年代後半

メソミル（カーバメイト系）に対する感受性低下が顕在化

兵庫 [1987採集個体] (宮園ら, 1991)

静岡 [1988～90採集個体] (西東・小林, 1989 ; 西東ら, 1991)

愛知 [1989～90採集個体] (市川ら, 1991)

➡ 1989に四国4県で実態調査 ; 全ての県で感受性低下を確認



1991～93に高知, 徳島, 香川で実態調査
〈農水省地域重要新技術開発促進事業〉
(中野・喜田, 1994 ; 広瀬, 1994)

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性

合成ピレスロイド剤に対する抵抗性

○高知（高井，1991；広瀬，1994 & 1995）

⇒交差抵抗性（中野・喜田，1994；広瀬，1994 & 1995）



有機リン剤，カーバメート系，ピレスロイド系，IGR剤，BT剤など
に対する感受性検定

○栃木（菊池，1996；吉川，2001）

○千葉（本間，2004）

➡ その後も各地の病害虫防除所等で薬剤感受性を検定
香川 [1994～2005]，福島 [2000～2001]，
愛媛 [2006]，茨城 [2007]，山口 [2010]

➡ 新しい薬剤感受性検定方法の開発；ドライフィルム法
（嶋田・根本，1996）

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性（1）

葛西・尾崎（1975）香川農試研報 26：25-28

○供試虫；香川県高松市（1970）
高知県吾川郡伊野町（1971）

○試験方法；局所施用法（3齢）

○供試薬剤；有機リン剤（14剤），カーバメート系（2剤）



◇有機リン剤（ダイアジノン, CVMP, CVP, DEP, DDVP, PAP）

→抵抗性比が5倍以上

◇メソミル

→感受性高い（感受性個体群を含む）

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性（1）

葛西・尾崎（1975）香川農試研報 26：25-28

◇香川個体群と高知個体群で
抵抗性発達程度がほぼ同等

成虫の移動性が高い
→広域での遺伝子の交流？



ツマグロヨコバイ（水稻）、ハダニ（果樹）
＝薬剤の種類・抵抗性の発達程度は場所間で異なる

◎薬剤の使用頻度との関連を考察

◇MEP, MPP；感受性の変化は小さい ← アブラナ科野菜での薬害

◇CVMP；野菜害虫の防除に使用されていないのに
抵抗性比が5倍以上

→交差抵抗性

→他の有機リン剤での抵抗性発達の危険性

◎メソミル；感受性高い&抵抗性発達の兆候なし

→ハスモンヨトウに対する効果の地域差は小さい

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性（2）

宮園ら（1991）関西病虫害研報 33：123-124

- 供試虫；兵庫県神戸市（1987）
- 試験方法；葉面浸漬法&局所施用法（3齢）
- 供試薬剤；有機リン剤（6剤），合ピレ剤（3剤），
カーバメート系（2剤），IGR剤（1剤）



- ◇代表的な有機リン剤，カーバメート剤，合ピレ剤で感受性が低下
- ◇共力剤（酵素阻害剤，PB，DEF）の効果
 - フェンソエート：MFO系単独
 - メソミル：MFO＋加水分解酵素系 が抵抗性の要因
- ◇慣用殺虫剤に対する抵抗性が発達
 - ⇒モニタリングによる薬剤選定で防除水準の維持は可能

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性 (3)

西東・小林 (1989) 関西病虫害研報 31 : 73
西東ら (1991) 関東東山病虫害研報 38 : 191-193

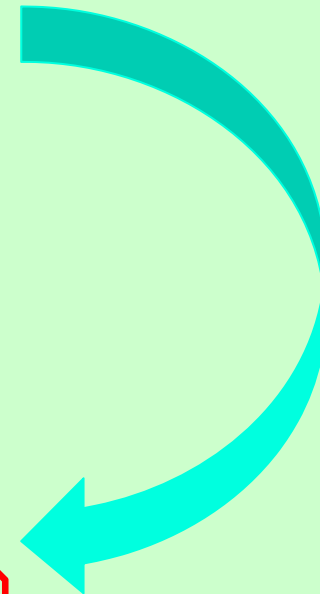
○メソミル (虫体浸漬法 ; 4齢)

○供試虫 ; 静岡県 11か所30個体群 (1988~90)
千葉県 2か所 (1988)
高知県 1か所 (1988)

◇R/S比 静岡県 1988~89 : 3.1~47.6
1990 : 2.2~23.1
千葉県 1988 : 3.8~6.5
高知県 1988 : 17.1

↓
抵抗性発達程度に地域間・年次変動あり
(卵塊単位でも抵抗性レベルに差あり)

1989以降, 四国各県, 中国・近畿地方で感受性低下
⇒全国的にメソミル剤抵抗性が顕在化



ハスモンヨトウの薬剤抵抗性 (3)

西東ら (1991) 関東東山病虫研報 38 : 191-193

メソミル抵抗性個体群の合成ピレスロイドに対する感受性

○フェンバレート, ペルメトリン,
トラロメトリン, エトフェンプロックス

→感受性やや低下 (死虫率 : 60~75%)

○フルバリネート, フェンプロパトリン

→感受性低下 (死虫率 : 30~50%)

○フルシトリネート

→感受性著しく低下 (死虫率 : 13%)



関東東海地域連絡試験 (1989~1990) により
愛知県, 千葉県でも感受性低下を確認

市川ら (1991) 関西病虫害研報 33 : 125-126

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性 (4)

高井 (1991) 四国植防 26 : 67-76

I 高知県下個体群の薬剤感受性

○高知県内11個体群

1) 虫体浸漬法 & 食餌浸漬法 (3齢)

メソミル, EPN, サリチオン, ペルメトリン,
シペルメトリン, エトフェンプロックス

2) 局所施用法 (3齢 ; 飼育1~5世代目)

メソミル, EPN, PAP, ペルメトリン

II 同一地域内個体群での差異

○食餌浸漬法 (3齢)

III 同一ビニルハウス個体群での差異

○食餌浸漬法 (3齢)

IV 同一卵塊由来幼虫での差異

○食餌浸漬法 (3齢)

メソミル, チオジカルブ,

EPN,

ペルメトリン, シペルメトリン,

エトフェンプロックス

メソミル

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性（4）

高井（1991）四国植防 26：67-76

○メソミル

県下全域で感受性低下

効力減退が供試薬剤中で最大

ハスモンヨトウ防除の中心的な
薬剤として頻繁に使用

○チオジカルブ

感受性低下が徐々に進行

使用年数が短いのに感受性が低い個体群あり

⇒メソミルとの交差抵抗性？

○EPN

感受性低下は進行せず

毒性が高く、使用が露地に限定

→使用頻度の高い地域では効果の低い例あり（土佐市、ショウガ）

○PAP

感受性が1975より低下

ほとんど使用されていない

○サリチオン

県下全域で感受性低下

影響？（他の有機リン剤）

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性 (4)

高井 (1991) 四国植防 26 : 67-76

○合成ピレスロイド

ペルメトリン < シペルメトリン ・ エトフェンプロックス

←登録時期の差

使用年数が短いのに感受性が低下

←広範な殺虫スペクトル = 様々な作物・害虫に対して使用

使用頻度
の影響

◇感受性は、施設 < 露地

1) 薬剤淘汰圧の差

2) 成虫の行動範囲 = 感受性が異なる個体間での交雑

施設園芸が盛んな地域 = 年間を通したハスモンヨトウの発生

→薬剤淘汰回数の増加 → 有効な薬剤の感受性低下

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性 (5)

中野・喜田 (1994) 四国植防 29 : 123-132

広瀬 (1994) 四国植防 29 : 107-112

○メソミル, ペルメトリン, エトフェンブロックス

→高知・徳島ともに感受性低下

○メソミル, 合成ピレスロイド

→地点や個体群で差異

薬剤の**広範**な使用
(他害虫の防除含む)

薬剤の**使用頻度**の差
(周辺作物の栽培状況)

○チオジカルブ, EPN

→徳島 ; 感受性高く安定
高知 ; 感受性低下

ショウガでのアワノメイガ,
イネヨトウとの同時防除
[高知] (高井, 1991)

一部でメソミルとともに
感受性低下 [徳島]
⇒交差抵抗性 ?

古くから使用しているが**毒性高い**
→ほとんど**使用されず** [徳島]

○テフルベンズロン

→高知・徳島ともに感受性高い

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性 (5)

中野・喜田 (1994) 四国植防 29 : 123-132

広瀬 (1994) 四国植防 29 : 107-112

【年次変動】

○EPN, チオジカルブ, テフルベンズロン→顕著な変化なし

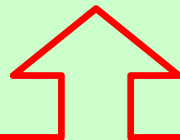
○ペルメトリン, エトフェンプロックス→感受性低下

※1993年に同時に感受性が低下 [高知]

⇒交差抵抗性の可能性 (広瀬, 1993)

【季節的変動】

□メソミル; 一部秋に感受性低下 [徳島]



個体数増加に伴い8月下旬～9月上旬に
頻繁に薬剤防除
⇒9月中旬以降に低感受性個体群が出現

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性 (6)

広瀬 (1995) 応動昆 39 : 165~167

合ピレ剤 (11剤) の感受性を検定

【抵抗性の現状】

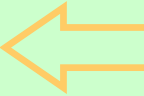
- **ビフェントリン**, **シペルメトリン**, **シフルトリン**
; 比較的**効果高い** (76.7%以上)
- 上記以外の**合ピレ剤**
; 効果低い (一部で50%以下)
- **メソミル**; 効果低い (30%以下)



合ピレに対する
抵抗性は発達段階

【室内淘汰個体群に対する薬剤感受性】

感受性低下と**合ピレ剤**の現場での
使用頻度に明確な関係は認められない



フルシリネート, **トラメ
トリン**, **シフルトリン**は
現場 (高知) でほとんど
使用されていない



合ピレ系殺虫剤間で**交差抵抗性**?

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性 (7)

菊池 (1996) 関東東山病虫研報 43 : 223~225

吉川 (2001) 関東東山病虫研報 48 : 121~123

栃木県

【1996】

DEP → 防除効果なし
メソミル → 抵抗性が発達中
合ピレ (3剤) → //
BT剤 (1剤) → 防除効果は不十分?
IGR剤 (2剤) → 防除効果極めて高い

・ IGR系, BT系中心の防除体系
・ 新しい登録薬剤

散布回数・散布量の減少

【2000】

アセフェート → DEP (1996) より感受性高い
カーバメート系, 合ピレ剤 → 感受性の個体群が出現
クロルフェナピル,
エマメクチン安息香酸塩 → 感受性高い

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性 (8)

本間 (2004) 関東東山病虫研報 51 : 155~158

○採集 ; 千葉県内 (1998~1999)

◇死亡率にばらつき ← 個体群による差異など

◇5・6齢幼虫 ; PAP, イソキサチオン, EPN, クロルピリホス
チオジカルブ, アラニカルブ
ゼンターリ

◇4齢幼虫 ; エマメクチン, クロルフェナピル
フルフェノクスロン, テブフェノジド,
テフルベンズロン, ルフェヌロン
ゼンターリ



◇ピレスロイド系は全体的に死亡率が低い

◇有機リン剤, IGR剤, BT剤は薬剤による差あり

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性

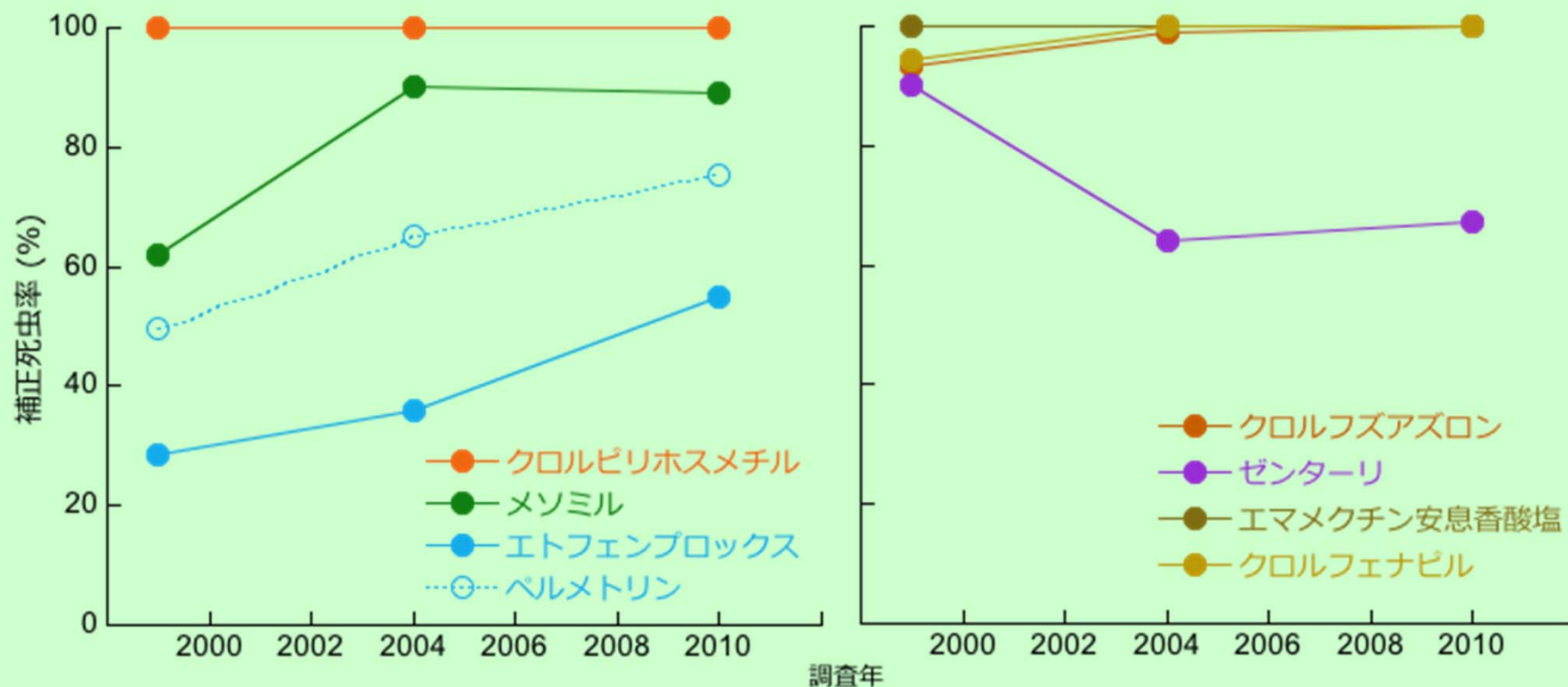


図 香川県における数種殺虫剤のハスモンヨトウに対する感受性の年次変動

○有機リン系, カーバメート系, ピレスロイド

→ 感受性は回復傾向にある?

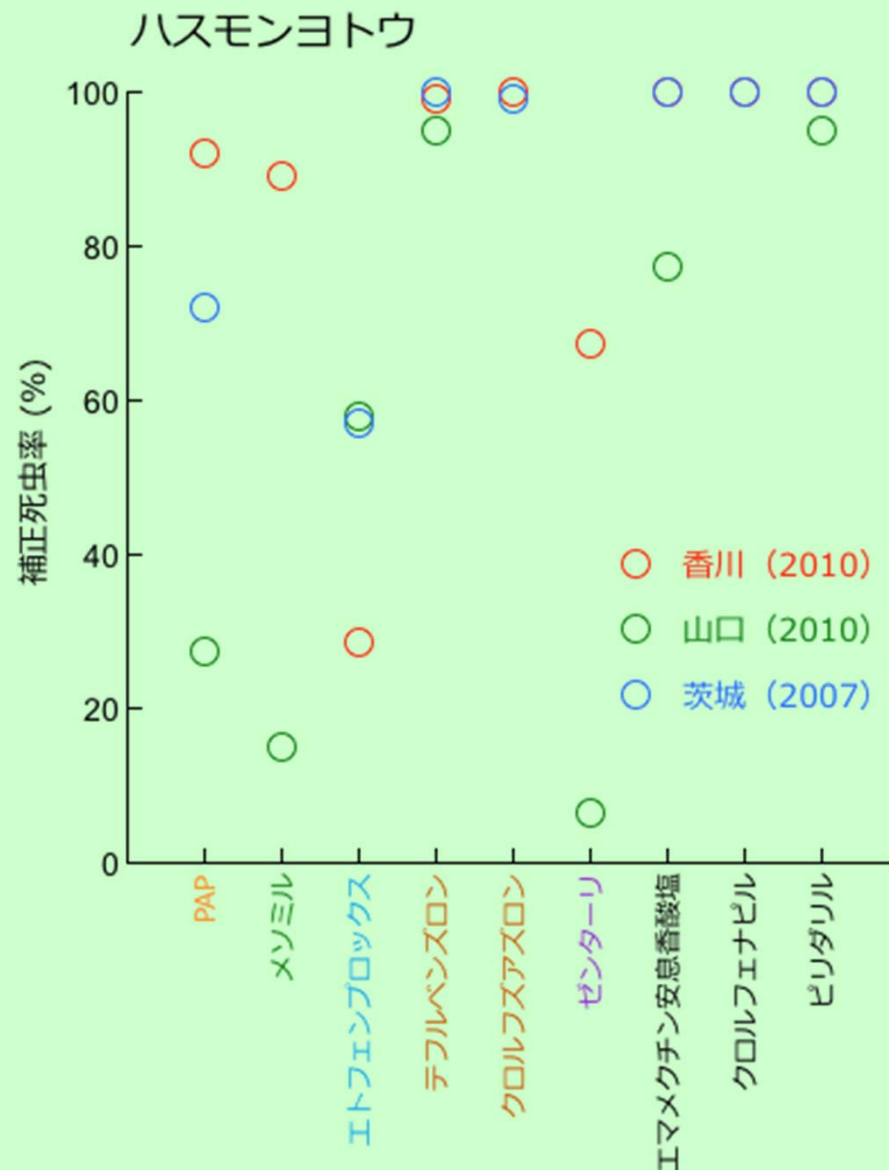
○BT剤

→ 感受性不安定

○IGR剤, その他

→ 感受性高く安定

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性



有機リン系

カーバメート系

BT剤

→ 地域間差が大きい

ピレスロイド

→ 感受性低い？

IGR剤

その他

→ 感受性高く安定



- ・ 使用頻度
- ・ 他害虫での使用状況が影響？

ハスモンヨトウの薬剤抵抗性

- ・新しい登録薬剤 = 効果高い
 - ・IGR系, BT系中心の防除体系
- } → 大きな問題はない？

◎ 薬剤の感受性に地域間差あり



ローテーション散布等地域の実情に
応じた防除マニュアルの策定

◎ 感受性検定は地域により
対象薬剤・調査年次がバラバラ



感受性の**広域**モニタリングが必要？

ダイズを加害する主要なカメムシ類



ホソヘリ
カメムシ



イチモンジ
カメムシ

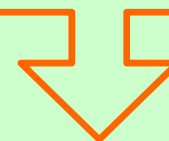


アオクサ
カメムシ



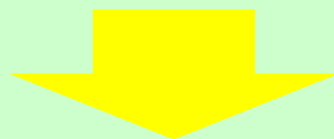
クサギ
カメムシ

- 成虫の移動能力が高い
- 寄主範囲が広い
- 子実を直接吸汁・加害



典型的な難防除害虫

温暖化



ミナミアオカメムシ
Nezara viridula

2000年頃から
分布拡大



九州北部・東海
地方のダイズで
被害

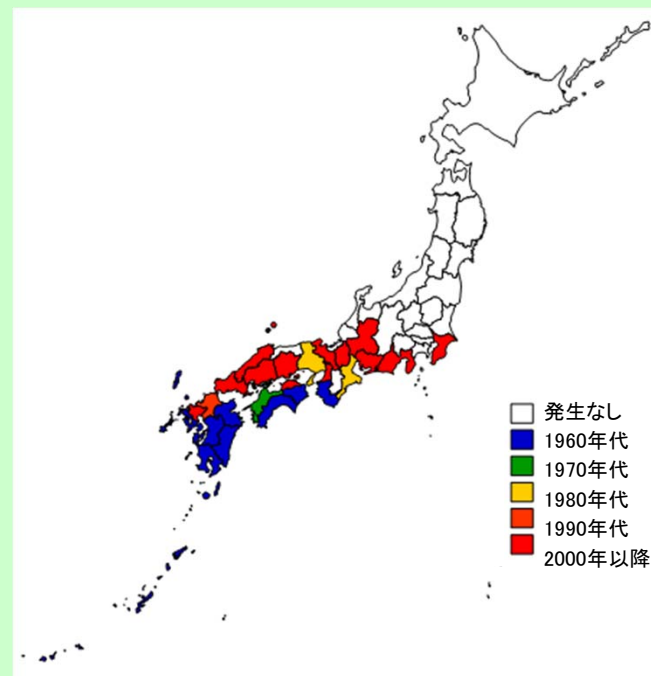
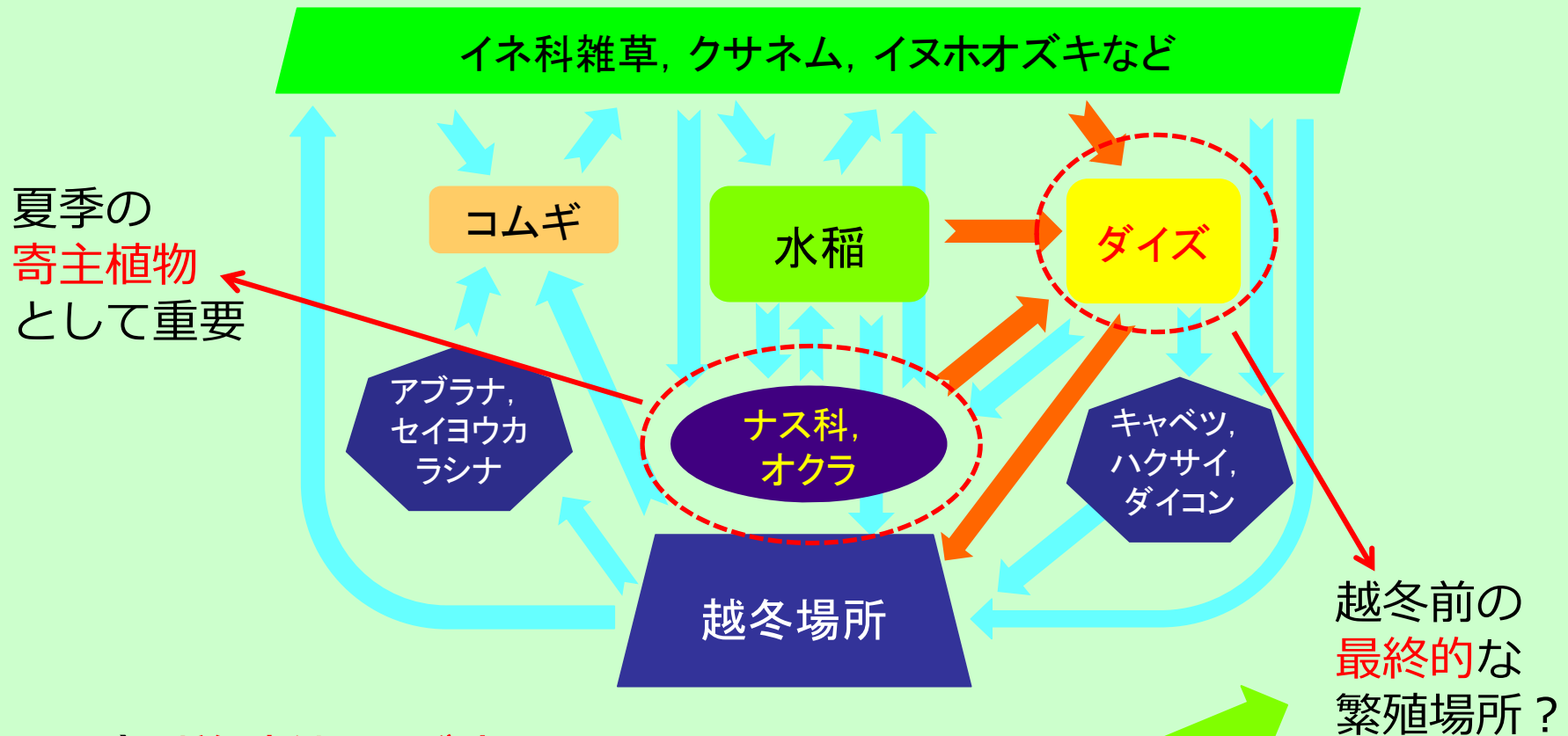


図 ミナミアオカメムシの分布域（2012現在）

ミナミアオカメムシの特徴

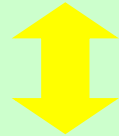
- 1) 寄主範囲が広く，様々な作物（植物）を移動しながら，個体数を増やす



- 2) 増殖能力が高い
→世代を重ねる毎に密度が増加

ダイズ加害性カメムシ類の薬剤感受性 (竹内, 2013)

◎抵抗性が発達した事例は知られていない



○防除薬剤・防除方法・防除面積の変化の中で,
LD₅₀にどのような変化があったのかも不明



◇防除薬剤の種類が増加

→ ・ローテーション散布

・同一系統薬剤の連続使用の回避 が可能



各種薬剤の感受性の推移の調査

→ ・防除体系の確立・改善への利用

・感受性検定方法の確立・簡素化



ミナミアオ
カメムシ

ミナミアオカメムシの薬剤感受性

鮫島（1960）植物防疫 14：242～246

- 1956～ 宮崎県の早期水稻栽培地帯で被害が顕在化
→ BHC、パラチオン等を散布するが十分な効果なし



- コンクリート框による網室内試験
- 供試薬剤；パラチオン, EPN, DEP [有機リン系]
BHC, ディルドリン, アルドリン
[有機塩素系]



パラチオン, DEP, BHCが効果あり
→圃場で実際に有効かどうかは疑問

ミナミアオカメムシの薬剤感受性

永井・野中（1977）九病虫研報 23：96～98

○採集；1975～76，宮崎県内

○供試薬剤；有機リン：6剤，
カーバメート系：7剤
ネライストキシン系：1剤

◎試験方法；ベルジャーダスター法



MPP, MEP, DEP, プロパホス：死虫率100%（24hr）

BPMC, PHC：死虫率50～60%

NAC, XMC：死虫率40～50%

他は50%以下

※カメムシの種類によって効果に差あり

ミナミアオカメムシの薬剤感受性

下元（1999）高知農技セ研報 8：5～11

- 採集；高知農技セ周辺（年次は不明）
- 試験方法；ベルジャードスター法



MPP, MEP：死虫率80～100%（24hr）
PAP, ジメチルビンホス：死虫率50～60%
エトフェンプロックス：死虫率20%
シラフルオフェン：死虫率10%以下

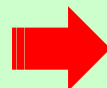
黒木（2001）植物防疫 55：459～462

- 採集；宮崎県内（年次は不明）
- 試験方法；ベルジャードスター法



MPP, MEP, ジメチルビンホス：死虫率80～100%（24hr）
エトフェンプロックス：死虫率15～70% [ノックダウン症状あり]
PAP：死虫率15%以下

※抵抗性：♀＞♂



1960年代の防除法のまま
（薬剤は少し変更）

ミナミアオカメムシの薬剤感受性

杉村ら（2007）九病虫研報 53：39～44

○採集；2003，宮崎農試内

○供試薬剤；有機リン（MPP，MEP）

合ピレ（エトフェンプロックス，シラフルオフェン）

ネオニコチノイド（ジノテフラン，クロチアニジン）

◎試験方法；ベルジャードスター法（直接&間接〔稲穂散布〕）
虫体浸漬法



◇ベルジャードスター

【直接】

ネオニコチノイド：ノックダウン→一部回復

有機リン：ノックダウン→死亡

合ピレ：即効性だがノックダウン率低い

【間接】ノックダウン率低い&ネオニコ＝吸汁阻害

◇虫体浸漬法

ネオニコチノイド&有機リン：ノックダウン→ほとんど死亡

合ピレ：即効性だがノックダウン率低い

ミナミアオカメムシの薬剤感受性

清水・堤（2013）福岡農総試報 32：6～9

○採集；2009，福岡県筑紫野市

○供試薬剤；有機リン（MPP）

合ピレ（エトフェンプロックス，シラフルオフェン）

ネオニコチノイド（ジノテフラン，クロチアニジン）

フェニルピラゾール（エチプロール）

◎試験方法；虫体浸漬法

稲体散布法（殺虫&吸汁阻害）



◇虫体浸漬

シラフルオフェンのみ殺虫効果なし

◇稲体散布法

エチプロール：殺虫効果高い

ジノテフラン：吸汁阻害効果高い



残効7日以上



クロチアニジンも？（未実施）

ミナミアオカメムシの薬剤感受性

Takeuchi & Endo (2012) J. Econ. Entomol. 93 : 648~657

○採集 ; 2009~10, 熊本県合志市

○供試薬剤 ; 有機リン (MEP, MPP)

合ピレ (エトフェンプロックス, シラフルオフェン)

ネオニコチノイド (ジノテフラン, クロチアニジン)

フェニルピラゾール (エチプロール)

◎試験方法 ; 局所施用法



◇LD₅₀値

有機リン ; 150~200ng /平均体重

エトフェンプロックス ; 1200

シラフルオフェン ; 4800~5500

ネオニコチノイド ; 10前後

エチプロール ; 15前後

} → 感受性が極めて低い

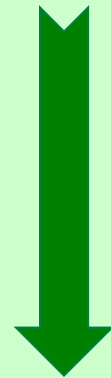
➡ アオクサカメムシも同様な傾向

※詳細は上記と竹内 (2013) 植物防疫特別増刊号No.16を参照

ミナミアオカメムシの合成ピレスロイドに対する感受性

○シラフルオフエン ; 感受性低い (杉村ら, 2007)
(中村ら, 2009) (芝田ら, 2009)
(清水&堤, 2013)
(Takeuchi & Endo, 2012)

○エトフェンプロックス ; 感受性低い (杉村ら, 2007)
やや感受性低い (Takeuchi & Endo, 2012)
(下元, 1999)
感受性高い (中村ら, 2009 ; 清水&堤, 2013)



ホソヘリカメムシ,
イチモンジカメムシ
ではあまり低くない
[100~350]

薬剤の選択において,
ダイズ圃場のカメムシ類の種構成に注意 (←モニタリング)

ミナミアオカメムシのエトフェンプロックスに対する感受性

感受性低い 宮崎（杉村ら, 2007）

やや感受性低い 熊本（Takeuchi & Endo, 2012）
高知（下元, 1999）

感受性高い 福岡（清水&堤, 2013）

防除効果あり 福岡（中村ら, 2009）

⇒地域間差？（清水&堤, 2013）

ミナミアオ生息
宮崎；1960～
高知；
熊本；1990年代～
福岡；2000～

1960～70年代と
2000以降で
個体群が異なる？

様々な地域個体群間での感受性の差異の検定が必要

ダイズの主要な害虫

ハスモンヨトウ



カメムシ類



ホソヘリ
カメムシ



イチモンジ
カメムシ



アオクサ
カメムシ



クサギ
カメムシ

➡ 関東以西の西南暖地を中心に被害大

マメシンクイガ
シロイチマダラメイガ



莢に侵入・食害するため
防除が困難

フタスジヒメハムシ



幼虫による根粒の食害が問題

ジャガイモヒゲナガ
アブラムシ



北日本を中心に発生
ダイズわい化病を媒介

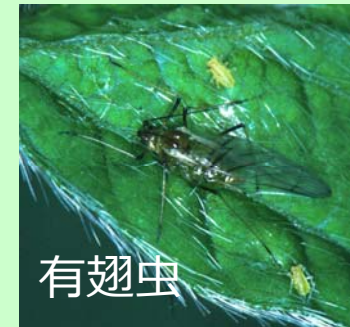
ウコンノメイガ



しばしば多発し問題

ジャガイモヒゲナガアブラムシ

- ・ 2000年に東北で多発
→吸汁害
- ・ ダイズわい化病を媒介
⇒北日本で問題



有翅虫
本多（中央農研）
撮影

【薬剤に対する感受性】

上野ら（2001）北日本病虫研報 52：181～182
（2002）北日本病虫研報 53：206～208

〔虫体浸漬法〕

有機リン : 5剤
カーバメート系 : 1剤
合成ピレスロイド : 3剤



実用濃度で高い効果

〔圃場試験〕 有機リン剤 ; 効果なし
合成ピレスロイド ; 効果あり

ジャガイモヒゲナガアブラムシ

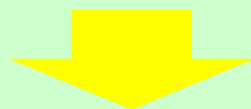
○現在はチアメトキサムの種子粉衣が普及
(北海道など)

⇒ ダイズわい化病の問題はほぼ解決

※フタスジヒメハムシ, ネキリムシ類
タネバエを同時防除



本多 (中央農研)
撮影



◎常に**ネオニコチノイド**の淘汰圧がかかる

→ワタアブラムシのように薬剤抵抗性が発達 (?)

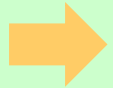
⇒ 今後, 注意が必要

ダイズ害虫の薬剤抵抗性

○ハスモンヨトウ・カメムシ類

1) 寄主範囲が広い

2) 移動能力高い



○他の作物での淘汰

○抵抗性を獲得した個体の
飛来・交配

効果のある薬剤を
色々な作物・害虫
に対して使用



○ジャガイモヒゲナガアブラムシ

1) 他の病害虫との同時防除

2) 省力的な防除法の普及



常に淘汰圧がかかる

大規模化



様々な作物・害虫を含む地域全体（広域）での
モニタリングが必要？

補足；薬剤感受性検定方法

○ハスモンヨトウ

ドライフィルム法

；フェロモントラップで捕獲された♂成虫を用いた
簡易な検定方法

【広瀬・浜（1996）応動昆 40：61～69】

【広瀬（2013）植物防疫 特別増刊号No.16：90～94】

【嶋田・根本（1996）関東東山病虫研報 43：221～222】

○ミナミアオカメムシ（ホソヘリカメムシ, イチモンジカメムシなど含）

局所施用法

；体サイズにばらつきがある成虫について，体重が感受性に
与える影響を評価した上でLD₅₀を推定する方法

【Takeuchi & Endo（2012）J. Econ. Entomol. 93：648～657】

【竹内（2013）植物防疫 特別増刊号No.16：43～47】