

博士論文

露地栽培野菜の総合的害虫管理  
に関する研究

平成 24 年 3 月

井 口 雅 裕

# 目 次

第1章	緒 言	・・・・・・・・・・	1
第2章	鱗翅目害虫の防除対策	・・・・・・・・・・	26
第3章	アブラムシ類の防除対策	・・・・・・・・・・	58
第4章	アザミウマ類の防除対策	・・・・・・・・・・	74
第5章	総合考察	・・・・・・・・・・	101
	摘要	・・・・・・・・・・	111
	謝辞	・・・・・・・・・・	116
	引用文献	・・・・・・・・・・	118

# 第 1 章

## 緒 言

## 第1節 研究の背景

世界の栄養不足人口は現在，10 億人を超え，なお増加し続けている（FAO，2010）．これら何億もの人々を貧困と食糧不安から救い出すためには，農業開発が極めて重要である（FAO，2010）．また，日本では，食糧自給率がカロリーベースで 39 %（2010 年度，農林水産省，<http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/>）と低いことが，大きな不安材料となっている．そのため，2010 年に閣議決定された新たな「食料・農業・農村基本計画」（農林水産省，[http://www.maff.go.jp/j/keikaku/k\\_aratana/index.html](http://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/index.html)）において，2020 年度の食糧自給率をカロリーベースで 50 %まで引き上げるという高い目標が提示された．

このような世界的な食糧事情のもとで，農産物の増産と安定的な供給が強く求められている．そのためには，耕地面積を拡大するか，既耕地での収量を増加させるかのどちらかの方法が考えられる（中筋，1997）．ところが，新たに農地として利用できる未耕地は地球上にほとんど残っていないため 耕地面積を増やすことは難しい（日本植物防疫協会，2008；大岡，2009；桐谷，2004；岡田，2008）．したがって，農産物を増産するためには，既耕地での単位面積あた

りの収量をこれまで以上に増加させるしかない(中筋, 1997; 日本植物防疫協会, 2008)。そこで, 農産物の生産過程での損失を極力おさえることが重要となる。

農産物の生産過程の中では, 病害, 虫害と雑草による損失が極めて大きい。Oerke and Dehne(2004)は, 無防除の場合のそれらによる世界的な潜在的損失を小麦は 50%, 水稲は 65 ~ 80%, 大豆は 60%と推定している。また, 日本植物防疫協会(2008)は, 日本で農薬を使用しないで栽培した場合の減収率を, 水稲では平均 24%, 畑作物では平均 30 ~ 36%, 野菜(葉菜類, 果菜類)では平均 36 ~ 100%と報告している。このことから, 病虫害等の防除対策として, 農薬が極めて重要な役割を担っているといえる。

化学合成殺虫剤(以下, 化学殺虫剤)は, 1940年代以降に利用されるようになり, 農作物の生産性を高めるために大きく貢献した(中筋, 1997)。しかし, 化学殺虫剤は, それが過剰に使用されたことにより, 1960年代になって殺虫剤抵抗性, 殺虫剤による害虫の誘導多発生, 食品への農薬残留, 野生生物への悪影響などの弊害を生み出した(中筋, 1997; 岡田, 2008)。これらの反省から, その後に開発された殺虫剤は, 防除対象害虫に対する選択性が高く,

ヒトなどに対する毒性が弱く、しかも分解しやすく環境中に蓄積しにくいといったものに変遷してきた(行本, 1992)。しかし、近年においても、害虫の抵抗性の発達など、化学殺虫剤が持つ問題は解決されていない(岡田, 2008; 志賀, 2008)。たとえば、アブラムシ類(西東, 1997; 森下・東, 1990)、アザミウマ類(西本ら, 2006; 片山, 1997; 森下, 1997)、ハダニ類(浜村, 1997; 刑部・上杉, 2009)、コナガ(足立, 1997; 森下, 1998)、シロイチモジヨトウ(高井, 1991; 井口ら, 2003)など、多くの害虫が各種殺虫剤に対する抵抗性を発達させている。また、近年、食品の偽装表示や残留農薬問題など、食の安全に対する不信感を増大させる事件が続発している(食品科学広報センター, 2004; 中嶋, 2011)。このことから、消費者の食の安全・安心に対する関心が一層高まっている(大岡, 2009; 中嶋, 2011)。さらに、世界的な環境への関心の増大を受け、環境負荷を軽減するための環境保全型農業の推進が求められている(合田, 1996; 今村, 1997; 松丸, 2008; 大岡, 2009)。

以上のように、害虫の抵抗性問題、食の安全・安心確保に対する消費者の要望や環境への負荷の軽減の面から、化学殺虫剤のみに依存しない防除対策の確立が急務となっている。このような問題を解

決するために、総合的害虫管理 Integrated Pest Management (IPM) の概念を基本とした防除方法を構築する必要性が高まっている(中筋, 1997; Kogan, 1998; Maredia et al., 2003). IPM は、国連食糧農業機構 Food and Agriculture Organization (FAO) による将来あるべき害虫防除についての提言「あらゆる適切な技術を相互に矛盾しない形で使用し、経済的被害を生じないレベルに害虫個体群を減少させ、かつその低いレベルを維持するための害虫管理システム」(FAO, 1966) が考え方の基礎となっている。その後、1980 年代後半に、「減農薬による環境負荷の軽減や生態系の攪乱を回避するなどの観点」が IPM の目的に加えられた(中筋, 2008a). IPM の概念は時代とともに少しずつ変化しており(梅川ら, 2005), 2003 年に FAO での定義づけが次のように改訂された。「IPM とは、あらゆる利用可能な防除技術を慎重に検討したうえで、病虫害密度の増加を抑え、かつ農薬や他の防除資材の使用を経済的に適正な水準に維持したまま、人の健康と環境へのリスクを軽減あるいは最小化する適切な手段の統合をいう。IPM は農業生態系の攪乱を可能な限り少なくしつつ健康な作物を生産することを重視し、自然の病虫害抑制のメカニズムを促すものである」(<http://www.fao.org/agricult>

ure/crops/core-themes/theme/pests/ipm/en/ ).

野菜の害虫防除は他の農作物以上に殺虫剤に頼る傾向が強い（河合，2001）。それは，前述のように，農薬を使用しないで栽培した場合の減収率（日本植物防疫協会，2008）が平均 36 ~ 100 % と高いことから理解できる。また，施設園芸の発展（西，1994）により野菜生産は周年化し，それに伴って多くの害虫も年間を通して発生するようになった。このため，施設栽培の野菜では，害虫防除の必要性も周年化してきた。そのような中で，日本での野菜生産における IPM の取り組みは，施設栽培を中心に発展してきた。たとえば，イチゴ（柏尾，1995；嶽本，2002），トマト（杉山，2002；古家，2002），ピーマン（黒木ら，1996；山下・下八川，2005），ナス（岡林，2002）などの果菜類を中心に，天敵製剤を使った生物的防除（放飼増強法）を核とした IPM 体系が精力的に研究され，実用化している（広瀬，2003）。このように，施設栽培で IPM の取り組みが盛んに行われてきたのは，外界から隔離されている施設内は栽培環境を人為的にコントロールしやすいためでもある（豊嶋，2007；浜村，2008）。

一方，露地栽培では，IPM の実践は困難であるとされている（豊



嶋, 2007). その理由として, 圃場周辺の環境条件の影響を直接的に受ける(豊嶋, 2007), 対象となる病害虫の種類が多い(豊嶋, 2007), 地域で栽培される作目や作型が多様(豊嶋, 2007), 露地栽培はコスト面での制約が大きい(大野, 2003), 開放系のため害虫が次々と飛来する, 施設栽培に比べて生物群集が複雑である(安田ら, 2009), 露地栽培で利用できる市販天敵製剤がほとんどない(黒木, 2011), 露地栽培では化学殺虫剤以外に利用できる個別技術が少ない(宮井, 2005) ことなどが挙げられる. このため, IPM が露地栽培に普及した例は少ない(大野, 2003). しかし, 農業生産の大部分は露地栽培が占める. 日本の 2009 年の野菜の栽培延べ面積は 498,200ha で, このうち 9 割以上が露地栽培である(農林水産省, <http://www.maff.go.jp/j/tokei/index.html>). したがって, 野菜生産における IPM の取り組みをさらに進めるためには, 露地栽培での IPM が大きく進展しなければならない.

## 第2節 既往の研究とその問題点

日本における露地栽培野菜の IPM の例として、ナスでのヒメハナカメムシ類 *Orius* sp. を活用した体系がある。永井 (1991) は、ナスの重要害虫 ミナミキイロアザミウマ *Thrips palmi* Karny に対してヒメハナカメムシ類が有力な土着天敵であることを評価し、ヒメハナカメムシ類と選択性殺虫剤の併用による IPM 体系を考案した。この IPM 体系は、大野ら (1995)、Takemoto and Ohno (1996) によって一部修正が加えられ、農家圃場レベルでの有効性が確認されている。これらは、基幹的防除手段として、天敵ヒメハナカメムシ類を保護してミナミキイロアザミウマの密度抑制に利用する、副次的防除手段として、天敵など自然制御力の働きが不十分な害虫種を選択性殺虫剤、すなわちヒメハナカメムシ類に対する影響が小さい殺虫剤を用いて防除する、という体系である。

この例のように、これまでの IPM は、特定の主要害虫を土着天敵によって防除することを基幹とし、その土着天敵を保護するために、土着天敵に対する影響が小さい選択性殺虫剤で他の害虫を防除するという体系が考えられることが多かった。実際、従来の IPM に関する研究は、施設栽培にせよ露地栽培にせよ、天敵類で防除で

きない害虫は選択性殺虫剤によって防除することを基本としている（西東ら，1996；戸田・柏尾，1997；山下，2005；手柴・堤，2006；柴尾ら，2006）。これらはいわば，選択性殺虫剤に依存した IPM 体系である。

しかし，選択性殺虫剤を利用する方法にはいくつかの問題点がある。1 点目は，農薬取締法上の問題である。農薬登録制度によって，作物ごとに使用できる農薬の種類やその使用方法が異なっている（日本植物防疫協会，2011）。いかに優れた選択性殺虫剤も，対象とする作物に登録されていなければ利用できない（大野，2009）。2 点目は，利用できる選択性殺虫剤の種類が限られていることである。天敵などの自然制御力の働きが不十分なため防除が必要となる害虫種は多い。たとえば，前述のナスの IPM 圃場での昆虫群集のうち，土着天敵によって発生が抑えられる害虫はミナミキイロアザミウマとハモグリバエ類のみであり，その他の害虫，たとえばカンザワハダニ，ナミハダニ，チャノホコリダニ，ワタアブラムシ *Aphis gossypii* Glover，ニジュウヤホシテントウ，カスミカメムシ類，ハスモンヨトウ *Spodoptera litura* (Fabricius)，オオタバコガ *Helicoverpa armigera* (Hübner) などは天敵で抑えることができない（大野，2003）。ここ

で IPM を実践するためには，ミナミキイロアザミウマの天敵とハモグリバエ類の天敵は保護したいので，従来の IPM 体系なら選択性殺虫剤を使用することになる．選択性殺虫剤はその選択性ゆえに殺虫スペクトラムが狭い．害虫種が多ければ，選択性殺虫剤も多くの種類が必要となる．しかし，選択性殺虫剤の種類は多くない（大野，2003）．しかも，同じ殺虫剤でも天敵の種類によって与える影響の程度が異なる（大野，2009）ので，保護すべき複数の天敵，たとえばミナミキイロアザミウマの天敵とハモグリバエ類の天敵の両方に対して影響が小さい，というような都合の良い殺虫剤は極めて少ない．3 点目は，選択性が高い殺虫剤であっても，露地圃場で広域に使用された場合，圃場及び周辺環境に大きな負荷を与えることが懸念される（行徳，2005）点である．そもそも，天敵類に対して影響が小さいという選択性の評価は，多くの場合が室内実験によるものであり，野外調査に基づく報告は少ない（森ら，2008）．また，直接的な影響がない場合でも，選択性殺虫剤により天敵の餌である害虫等が減少すれば，餌密度の極端な低下により間接的に天敵個体群密度に影響を及ぼすことも考えられる（Bonney ら，2005）．したがって，たとえ選択性が高い殺虫剤であっても，化学殺虫剤の使用

はあくまで最終手段（大野，2009）であり，できるだけ使用しないことが望ましい．4 点目は，害虫の選択性殺虫剤に対する抵抗性の発達（志賀，2008）の問題である．抵抗性問題は避けることが出来ない「害虫と農薬のいたちごっこ」である（志賀，2008）．しかも，IPM で利用できる選択性殺虫剤はその種類が限られているため（大野，2010），同一薬剤の多用や連用によって，抵抗性の発達があっという間に進むと思われる．これらの点から，副次的防除手段を選択性殺虫剤のみに依存する体系には限界があろう．それにもかかわらず，露地栽培野菜では，土着天敵と選択性殺虫剤以外の防除技術を組み合わせた IPM 体系についての報告はほとんどない．

露地栽培野菜で発生する害虫の種類は極めて多いが，中でも鱗翅目害虫，アブラムシ類とアザミウマ類は発生の機会や発生量が多く，それらによる被害が特に大きい．

露地栽培では施設栽培に比べて，鱗翅目害虫の発生が多い（河合，2003）．鱗翅目害虫は葉菜類（日本植物防疫協会，2008）やナス（大野，2009）など，多くの野菜で被害が最も深刻な害虫とされている．ヨトウ類の幼虫は 1 頭あたりの摂食量が大きいため，発生が多い場合は葉がほとんどなくなってしまうほどの甚大な被害を与える（千

葉，1977）。また，タバコガ類の幼虫は蕾，花，果実を好んで摂食するので（清水，1999），果菜類などの収量に直接的な影響を与える。これら鱗翅目害虫には有力な土着天敵がいないため，自然制御力が働かない（大野，2009）。したがって，その防除対策は化学殺虫剤に頼らざるを得ない状況である。しかし，露地栽培野菜で IPM 体系を構築するためには，別の手段による鱗翅目害虫の防除対策が必要とされる。

また，アブラムシは多くの野菜で重要な害虫であり（宗林，2002；高橋，2002），露地栽培では 5 ～ 6 月に多発生する（野里，1988；中島ら，1976）。アブラムシ類が多発すると，テントウムシ類，ヒラタアブ，シヨクガタマバエ，クサカゲロウ類など多種の土着天敵が出現し，最終的にはアブラムシ類の密度は抑制される（高井，1998；Nakata，1995）。ただし，これらの土着天敵は害虫の個体数が多くなった後に，遅れて増加してくるので，作物はアブラムシ類による被害を免れない（豊嶋，2007；大野，2010）。したがって，アブラムシ類は土着天敵だけで防除することが困難である。アブラムシ類に対する防除対策も，現状では化学殺虫剤に頼っている。

以上のことから 露地栽培野菜では鱗翅目害虫やアブラムシ類が，

IPM 発展の大きな阻害要因となっていると考えられる。そして、これらの害虫に対して選択性殺虫剤以外の防除対策がほとんど講じられてこなかったことが、これまでの IPM 体系構築の問題点であると考えられる。

一方、アザミウマ類に対しては、前述のとおり、土着のヒメハナカメムシ類が有力な捕食性天敵として働く（永井ら，1988；永井，1990；Kawai,1995）。ヒメハナカメムシ類は、日本の温帯域には、ナミヒメハナカメムシ *Orius sauteri* (Poppius), タイリクヒメハナカメムシ *O. strigicollis* (Poppius), コヒメハナカメムシ *O. minutus* (Linnaeus) およびツヤヒメハナカメムシ *O. nagaii* Yasunaga の4種が分布している（Yasunaga,1997a, b, c）。そして、これらのヒメハナカメムシ類を活用し、選択性殺虫剤と組み合わせた IPM 体系がミナミキイロアザミウマの防除に有効であることが、岡山県と福岡県の露地栽培ナスにおいて実証されている（永井，1991；大野ら，1995；Takemoto and Ohno，1996）。また、この他にも日本各地において、ヒメハナカメムシ類の発生状況やアザミウマ類に対する有効利用などについて報告されている（河合・河本，1994；Ohno and Takemoto，1997；高井，1998；柿元ら，2002 など）。しかし、それ

らのほとんどがやはりナスを対象とした事例であり，他の野菜品目でのヒメハナカメムシ類の発生状況や害虫密度抑制効果は明らかでない．ヒメハナカメムシ類を多くの露地栽培野菜で利用するためには，ナス以外の品目でもアザミウマ類の密度抑制効果を明らかにする必要がある．



### 第3節 研究の目的

天敵などを利用した生物的防除法は、害虫密度を低いレベルに、かつ小さな変動幅に制御することが期待できる(中筋,2008a)。IPMでは、この生物的防除法をその体系の基幹とするべきである(中筋,1997)。しかし、発生するすべての害虫を生物的防除法で抑えることはできない。そこで、そういった害虫をどのように防ぐかがIPMの展開に大きく影響する。露地栽培野菜では、これまでに提案されたIPM体系は、そのような害虫の防除を選択性殺虫剤に依存しているものが多い。その大きな理由は、化学殺虫剤以外に利用できる個別技術が少ない(宮井,2005)ことであろう。これが、現在の露地栽培野菜のIPM体系構築における問題点である。

そこで、本研究では、露地栽培野菜において、これまでその防除対策を選択性殺虫剤に依存していた重要害虫に対し、新しい手法による防除効果を明らかにする。そして、それらと土着天敵の利用を組み合わせることによって、複数の害虫を総合的に管理するIPM体系の構築を図る。

具体的には、鱗翅目害虫とアブラムシ類に対する防除手法を開発する。鱗翅目害虫とアブラムシ類はいずれも、土着天敵による自然

制御力が十分に働かない害虫であり，その防除は選択性殺虫剤に依存してきた．もし，これらの害虫を，化学殺虫剤を使用せずに防除することができるなら，多くの露地栽培野菜において，IPM 体系の構築は大きく前進するはずである．また，アザミウマ類に対して土着天敵ヒメハナカメムシ類を利用した生物的防除法が有効であることが，ナス栽培で実証されている．そこで，より多くの野菜栽培でヒメハナカメムシ類を活用するために，ナス以外の野菜において，その有効性を明らかにする．そして，これらを組み合わせた IPM 体系の可能性について考察する．

なお，本研究では，供試作物にシシトウ *Capsicum annuum* var. *angulosum* を用いた．これは，シシトウではアザミウマ類（山下，2006a），鱗翅目害虫（山下，2006b,c）とアブラムシ類（山下，2006d）が特に重要な害虫となっているからである．また，シシトウは栽培期間が長い．たとえば，和歌山県の露地栽培シシトウは，4 月に定植し 6 月から 11 月まで収穫する（和歌山県農林水産部，2002）．この期間に，アブラムシ類（山下，2006d）とアザミウマ類（井上ら，1983b）は 5 ～ 6 月頃から 鱗翅目害虫（山下，2006c；井村ら，2002；國友ら，2006；小島，1996）は 6 ～ 7 月頃から発生し，いずれも

ほぼ栽培終了時まで長期間発生し続ける。このため、シシトウではアザミウマ類，鱗翅目害虫とアブラムシ類に対して長期にわたって継続した防除が必要となる。そのうえ，シシトウは，マイナー作物であるため登録農薬が少なく（井上，2008），化学殺虫剤のみによる防除が困難な品目である。これらのことから，シシトウは，本研究の目的である露地栽培野菜の IPM 体系構築を検討するうえで良い材料と考えられた。

#### 第4節 研究の構成

第1章では、本研究の背景について述べ、我が国の露地栽培野菜における IPM 研究についての問題点を指摘した。そして、研究の目的を説明し、本論文の構成を示した。

第2章では、露地圃場における鱗翅目害虫対策について検討した。鱗翅目害虫に対しては、有力な土着天敵がない（大野，2009）ことや生物農薬が少ない（福井，1997）ことから、現状では化学殺虫剤による防除を行わざるを得ない。そこで、ヨトウ類やタバコガ類のような大型鱗翅目害虫の防除対策として、成虫の侵入を遮断するための防虫ネット全面被覆法の利用を考えた。防虫ネット全面被覆法は近年、国本ら（2008）や井口ら（2011a）により報告されている鱗翅目害虫の防除法である。ここではまず、大型鱗翅目害虫の侵入遮断に有効なネットの目合いを検討し、次に、露地栽培シシトウにおいてその防除効果を明らかにした。

第3章では、アブラムシ類の防除対策について検討した。アブラムシ類に対して、ナミテントウ *Harmonia axyridis* (Pallas) が有力な天敵であることはよく知られており（三浦・西村，1980；Dixon，2000；Kuroda and Miura，2003；北上・大久保，2004），物理的手

法で飛翔能力を低下させた成虫が施設野菜で利用できる天敵製剤として販売されている（手塚，2003）。これに対し近年，遺伝的に飛翔能力が低い系統のナミテントウが作出された（Seko et al. ,2008）。そこで，防虫ネット全面被覆条件下のシシトウ露地圃場において，この新規天敵製剤「飛ばないナミテントウ」成虫放飼によるアブラムシ類の防除効果を明らかにした。

第4章ではアザミウマ類の防除対策について検討した。ヒメハナカメムシ類 *Orius* spp.はアザミウマ類やアブラムシ類などの捕食性天敵として重要であることが世界的に知られている（奥・小林，1966；永井ら，1988；Kawai, 1995；Nakata, 1995）。露地栽培ナスでは，土着のヒメハナカメムシ類による自然制御力を活用してミナミキイロアザミウマの発生を抑制できることが既に明らかとなっている（永井，1990；大野ら，1995）。そこで，まず，この土着ヒメハナカメムシ類の露地栽培シシトウにおける発生状況を明らかにした。そして，土着ヒメハナカメムシ類が防虫ネット全面被覆条件下において，無被覆と同様に発生し，アザミウマ類の密度抑制に有効に働くかを検討した。

第5章では，それらを組み合わせた防除技術の有効性について考

察した．すなわち，鱗翅目害虫対策として防虫ネットで全面被覆した露地圃場で，飛ばないナミテントウによるアブラムシ類防除と，土着天敵ヒメハナカメムシ類によるアザミウマ類防除の有効性を検討した．そして，これらの技術の合理的統合による露地栽培野菜のIPM に対する展望を総括した．

## 第5節 各章に共通の材料および方法

本研究における試験圃場とシシトウ栽培の概要，および防虫ネット全面被覆の方法について，各章に共通の項目をここで説明する．

### 試験圃場とシシトウ栽培の概要

本研究の圃場試験はすべて，和歌山県紀の川市貴志川町高尾（34.2N,135.3E）の和歌山県農林水産総合技術センター農業試験場（以下，農業試験場）内露地圃場で実施した．周辺は農村地域で，野菜圃場，水田，果樹園などが散在している．気候は瀬戸内型気候区に属し，年間平均気温 16.7℃，降水量 1316.9mm，日照時間 2088.8時間（いずれも気象庁和歌山地方气象台，1981～2010年）と，温暖な気候である．また，第2章の室内実験は，農業試験場内実験室で実施した．

シシトウは，2008年は品種「紀州ししとう1号」を5月21日に定植（畝幅 1.6m，株間 70cm，1条植え）し，主枝3本仕立てで管理した．また，2009年は品種「紀州ししとう1号」を4月20日に，2010年は品種「葵ししとう」を4月23日に定植（畝幅 1.6m，株間 60cm，1条植え）し，主枝4本仕立てで管理した．2009年と2010

年は和歌山県内の現地慣行に従って、定植前から7月上～中旬まで、畝ごとに透明ポリフィルムでトンネル被覆した。その他の栽培管理も現地慣行に準じた。

### **防虫ネット全面被覆の方法**

防虫ネット全面被覆法は、第2章で鱗翅目害虫対策として検討したが、第3章の飛ばないナミテントウ、第4章のヒメハナカメムシ類の検討も、この条件下で行った。各章に共通の設定であるため、ここで防虫ネット全面被覆の方法を説明しておく。

露地圃場への防虫ネット全面被覆は、井口ら(2011a)の方法に従った。まず、圃場に縦横3～4m間隔で、長さ120cmの鉄パイプ(径19mm)を垂直に70cm打ち込み、突出部(50cm)に支柱となる硬質ポリ塩化ビニル管(VP30、外径38mm。以下、塩ビパイプと呼ぶ)を被せた。この塩ビパイプは、外周部の支柱となるものは長さを2.3mとし、先端に「網張りボーズ」(Asama Chemical Enterprise社製)を取り付けた。また、内部の支柱となるものは長さを3.0mとし、先端に「鳥よけネットサポート」(DAIM社製)を取り付けた。そして、これら全ての支柱を覆うように目合い4mmの防虫ネ



ットを被せ，防虫ネットの周囲は予め外周に配置した鉄パイプ（径19mm，らせん杭で固定）にパッカーやロングホルダー（渡辺パイプ株式会社製）で固定した．さらに，防虫ネットのすそを，1m あたり 2.35kg の重さの鉄製チェーンで押さえた（図 1-1,1-2）．

なお，本研究では，防虫ネットとして，ダイオサンシャインマルハナネット P-6060（目合い 4mm，ダイオ化成株式会社製）を用いた．

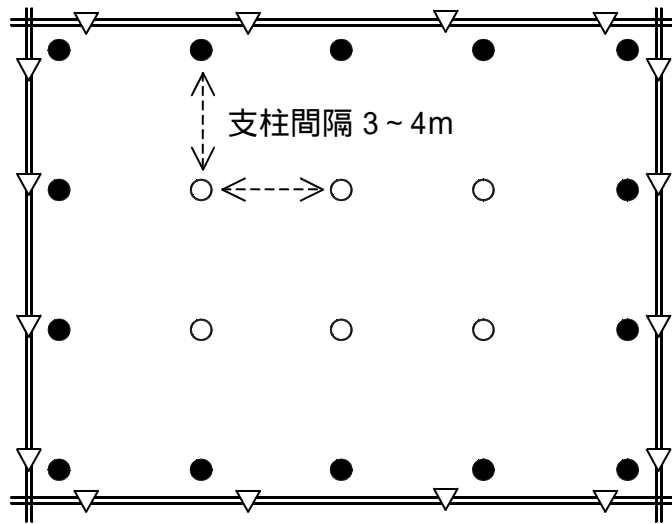


図1-1. 防虫ネット全面被覆の骨格の平面図

- :支柱 (塩ビパイプ、地上高2.3m)
- :支柱 (塩ビパイプ、地上高3.0m)
- :らせん杭
- ==== :鉄パイプ

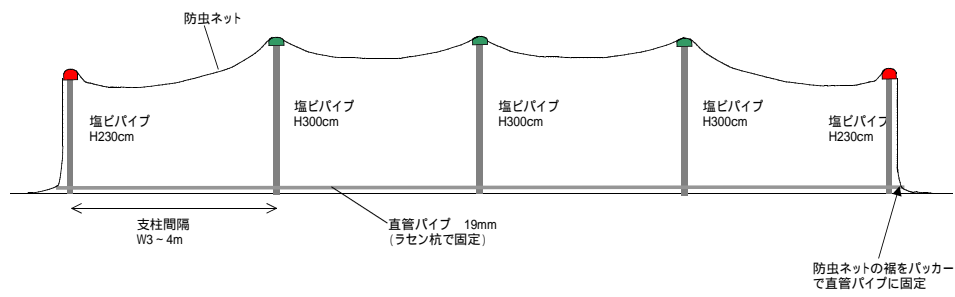


図1-2 防虫ネット全面被覆の構造

## 第 2 章

### 鱗翅目害虫の防除対策

～防虫ネット全面被覆によるオオタバコガの防除～

## 第1節 緒言

鱗翅目害虫の中でも，オオタバコガ，ハスモンヨトウ，ヨトウガ *Mamestra brassicae* (Linnaeus) やウワバ類などは，多くの農作物で共通の重要害虫である(内藤ら，1971；千葉，1977；浜村，1998，2000；野村，2003 など)．これらはいずれも成虫の前翅長が 15mm 程度以上であり(岡田，2003a,b,c,d)，大型鱗翅目害虫と呼ばれている．幼虫が葉や生長点などを食害し，とくに老齢期は摂食量が多いため，多発生した作物では短時間に暴食され大きな被害となる(千葉，1977)．そして，これらの害虫は，土着天敵の働きにより発生が抑えられることはない(大野，2003)．したがって，露地圃場における従来の IPM 体系では，これらの害虫は選択性殺虫剤で防除されることが多い．しかし，選択性殺虫剤には様々な問題点があることから，できるだけ化学殺虫剤を使用せずにこれらの大型鱗翅目害虫を防除することが望まれる(第1章)．露地圃場において化学殺虫剤を使用せずに大型鱗翅目害虫を防除する方法について，これまでいくつかの取り組みがある．

日本では，性フェロモン剤(野口，1999；小川・ウィツガル，2005) や黄色灯(江村・田澤，2004)を利用した防除法が実用化されてい

る。豊嶋（2007）は、キャベツの IPM 体系の基幹として、性フェロモン剤を利用した交信攪乱法による鱗翅目害虫防除を実施した。これは、複合性フェロモン剤により地域全体の複数種の鱗翅目害虫の密度を抑制し、他の害虫は選択性殺虫剤などで防除するという体系である。しかし、鱗翅目害虫の交信攪乱のためには性フェロモン剤を広い面積に処理しなければ十分な効果が得られない（小川・ウイツガル，2005；田付，1996；若村，1993）。とくに、飛翔能力が高いハスモンヨトウでは、150 ～ 200ha の規模で処理しても多発時には交信攪乱効果が得られていない事例もある（志賀，2008）。2010年世界農林業センサス結果（農林水産省，<http://www.maff.go.jp/j/tokai/census/afc/about/2010.html>）によると、日本の経営耕地面積規模別の農業経営体数の構成割合は、2ha 未満が 8 割を占める。個々の経営規模が小さく、栽培品目が多様で、対象圃場が分散していることが多いため、性フェロモン剤を広域に処理することが難しい。したがって、多くの地域では普及が困難な状況である（宮田，2008）。

性フェロモン剤による交信攪乱法が地域全体でまとまって取り組む必要があるのに対し、黄色灯は個人単位で容易に取り組める技術である（八瀬，2004）。黄色灯は露地栽培では、スイートコーンの

アワノメイガ(那波・向坂, 1995), ナスのオオタバコガ(柴尾ら, 1997), 青ジソのハスモンヨトウ(向坂・田中, 1999), ショウガのアワノメイガとハスモンヨトウ(中石ら, 2002), キクのオオタバコガとシロイチモジヨトウ(河野・八瀬, 1996)などに対する防除効果が認められている。ただし, 生育や開花などに光の影響を受ける作物では利用できない(高尾, 2004; 山中, 2004; 石倉ら, 2000)。それに加えて露地圃場では, 電源確保の問題(八瀬, 2004), 周辺作物や近隣住居などへの光害(國本ら, 2007)など, 普及を妨げる要因が多い。それゆえ, 黄色灯の利用は広く普及するには至っていない(國本ら, 2007)。

大型鱗翅目害虫の防除対策には, 上記のほか, 防虫ネットを利用して成虫の圃場への侵入を防止する方法がある。施設栽培の場合は, ハスモンヨトウ, オオタバコガやタバコガ *Helicoverpa assulta* (Guenée) などに対して, 目合いが 4mm の防虫ネットで開口部を被覆することにより高い防除効果が得られている(福井, 1997; 勝山・田口, 2000; 行徳ら, 2004; 後藤, 2006)。それゆえ, 施設栽培では開口部に防虫ネットを張って成虫の侵入防止を図ることが, 鱗翅目害虫に対する防除対策の基本になっている(河合, 2003)。

しかし、露地栽培では、大型鱗翅目害虫に対する防虫ネットの利用はほとんど研究されていない。大型鱗翅目以外の害虫についてさえも、露地栽培での防虫ネットの利用は、葉菜類でコナガ *Plutella xylostella* (L.)、アブラムシ類やハモグリバエ類などの微小害虫を防除する方法が報告されている(田中ら, 1989; 長坂ら, 2003; 中野ら, 2006) 程度である。葉菜類以外の作物での研究がほとんど見あたらないのは、従来の防虫ネットの利用は「じかがけ」や「トンネルがけ」などのべたがけで作物を被覆する方法であり(小寺, 2003; 根本, 2010), 草丈の低い品目にしか適合しなかったためである。しかし、近年、露地栽培キクでのタバコガ類防除を目的として、圃場全体をネットで被覆する方法が奈良県で開発された(国本, 2006; 国本ら, 2008)。これは、圃場全面を1枚のネットで、地上から2m程度の高さを確保して覆う方法である。同様の方法により、筆者らはキャベツ圃場を目合い4mmのネットで被覆し、オオタバコガ、モンシロチョウやウワバ類などに対する防除効果を確認している(井口ら, 2011a)。しかし、この防虫ネット全面被覆法による鱗翅目害虫の防除効果が検討されているのは、キク(国本ら, 2006)とキャベツ(井口ら, 2011a)の2作物のみである。果菜類での防除



効果の報告はない。

オオタバコガは、ナス、ピーマン、シシトウ、トマトなどの果菜類、キャベツ、ハクサイ、レタスなどの葉菜類、キク、バラ、カーネーションなどの花き類等、多くの農作物を加害する（吉松，1995；浜村，1998，2000）。しかし、本種は、多くの殺虫剤に対して感受性が低い（小野本ら，1996；金崎ら，1997；染谷・清水，1997；奈良井，1997）。また、幼虫は植物の生長点、果実、結球部などに食入する（浜村，1999；上和田，1999；豊嶋ら，2001）ため、散布薬液がかかりにくい。これらのことから、オオタバコガは殺虫剤による防除が困難である（早田，1998；井上ら，1998；内田，2002；藪，1998；小野本ら，1996；吉松，1995；浜村，2000；後藤，2006）。それにもかかわらず、露地栽培野菜では利用できる代替技術が少ない（宮井，2005）ため、現在でも、殺虫剤散布が主要な防除手段になっている（内田ら，2009）。しかも、オオタバコガは、成虫が5月頃に圃場へ飛来し（浜村，1998；井村ら，2002；國友ら，2006）、第1世代幼虫が5月下旬～6月頃に出現し、年間4～5世代を経過して11月頃まで発生する（井村ら，2002；國友ら，2006）。発生期間が長いため、多数回の防除が実施されている（行徳ら，2004）。

このことが、露地栽培野菜の IPM 体系を構築するうえでの、大きな阻害要因の 1 つと考えられる。

露地栽培シシトウは、和歌山県では 4 月に定植され、6 月から 11 月まで収穫される（和歌山県農林水産部，2002）。収穫期間がオオタバコガ幼虫の発生期間と重なるため、幼虫による果実被害が 6 か月続く。現地では殺虫剤による防除を行っているが、長期間にわたり殺虫剤の散布を続けることは労力的にも精神的にも負担が大きい。しかも、オオタバコガは幼虫が果実内に潜むため、殺虫剤を散布しても十分な防除効果が得られず（後藤，2006）、幼虫が生き残ることが多い。したがって、被害果実を無くすことは難しい。それゆえ、オオタバコガの被害が発生しはじめると、生産者は収穫した果実から被害果実を選別しなければならない。幼虫が食入した小さな穴を見つけるために余分な労力が必要となり、これが生産者のさらなる負担となっている。

そこで、露地栽培野菜の鱗翅目害虫に対する防除技術を確立するため、野菜で問題となる鱗翅目害虫の代表としてオオタバコガを対象とし、草丈の高い作物である果菜類の代表としてシシトウにおいて、防虫ネット全面被覆法による成虫の侵入防止効果と防除効果を

検討する。

圃場での検討を進めるためには、それに先だって、使用するネット資材を選定しなければならない。ネット資材を選定するうえで最も重要な条件はネットの目合いである。ネットで被覆することにより害虫の侵入防止を図るためには、基本的に対象害虫よりも小さい目合いのネットを用いればよい(上遠野・河名, 1996; 田中, 1999; 柴尾ら, 2002)。しかし、オオタバコガ成虫の通過を阻止できるネットの目合いは明らかになっていない。施設栽培野菜では、前述したとおり、目合いが 4mm のネットでハウス開口部を被覆することにより、オオタバコガやタバコガに対する防除効果が認められている(行徳ら, 2004; 勝山・田口, 2000; 後藤, 2006)。このことから、ネットの目合いが 4mm 以下ならタバコガ類成虫の侵入を防止できると推察される。ただし、圃場をネットで被覆する場合、その目合いが小さいほど通気を妨げるため内部の温度や湿度が高まり、作物の生育に影響することが懸念される(上遠野・河名, 1996)。したがって、対象害虫の侵入を防止し、かつ目合いが最も大きなネットを選ぶことが望まれる(行徳ら, 2004)。そこで、室内実験によって、オオタバコガ成虫の通過を阻止できるネットの目合いを検

討した。

そして、オオタバコガ成虫の通過を阻止できると考えられた目合いのネット資材を用いて露地栽培シシトウ圃場を全面被覆し（図2-1）、圃場におけるオオタバコガ成虫の侵入防止効果および幼虫被害防止効果を検討した。

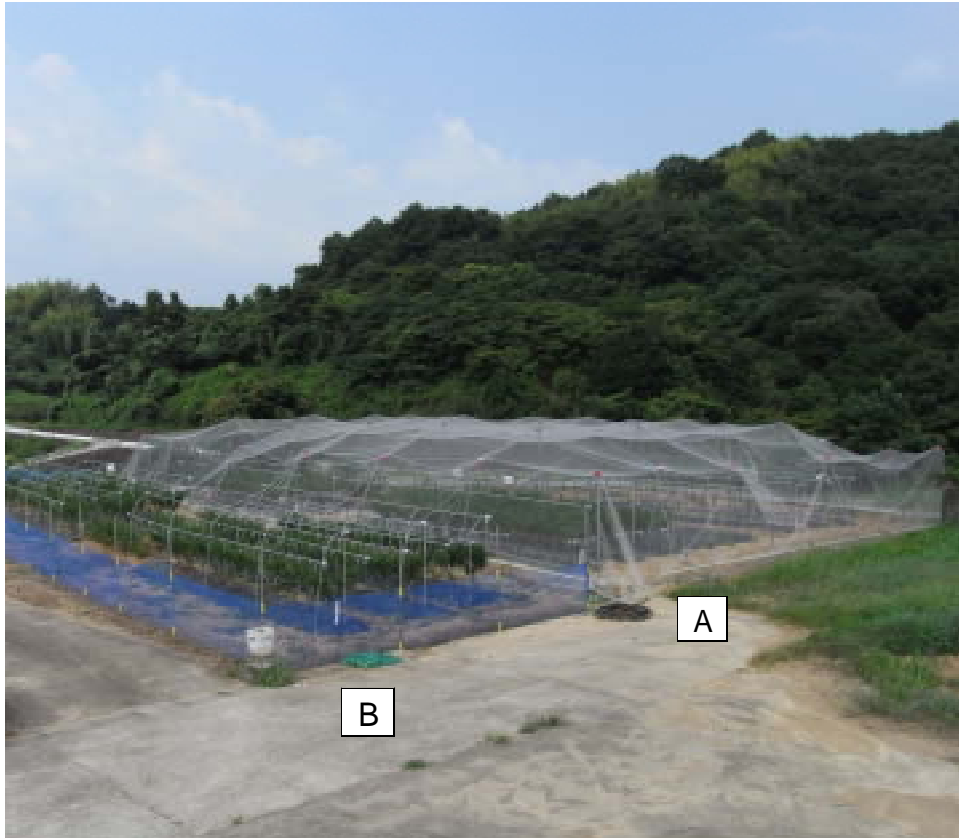


図2-1. 防虫ネットで全面被覆したシシトウ栽培圃場(A)  
と慣行(ネット無被覆)のシシトウ栽培圃場(B)

## 第2節 材料および方法

### 1. オオタバコガ成虫の通過を阻止できるネットの目合い

#### 1) 供試虫

2010年9月21日に、農業試験場内の露地栽培シトウの果実に食入していたオオタバコガ幼虫を採集した。この幼虫に昆虫用飼料インセクタLFS（日本農産工業株式会社製）を与えて20～25℃、16L-8Dで飼育し、次世代の成虫を供試した。

なお、成虫は供試後に、吉松（1995）に従って前翅と後翅の斑紋および翅脈の色彩、雄交尾器のバルバ（把握器）の形態で同定し、すべての個体がオオタバコガであったことを確認した。また、供試した成虫の前翅長は、雌雄とも平均16.8mmであった。

#### 2) 供試ネット

目合い4mm、目合い6mm、目合い8mmの3種類のネットを供試した。目合い4mmのネットはダイオサンシャインマルハナネットP-6060（ダイオ化成株式会社製）を、目合い6mmのネットはコンウェッドネットOV3018（JX日鉱日石ANCI株式会社製）を使用した。目合い8mmのネットは、目合い4mmの日石コンウエド

ネット（新日石シートパレットシステム株式会社製）を加工して作製した。

それぞれのネットの目開きは表 2-1 のとおりであった。なお、目開きの計測は実体顕微鏡を用い、顕微鏡用デジタルカメラ Nikon DS-5M-L1 の 2 点間距離測定機能で測定し、マイクロルーラー NADEC CO.,LTD. MR-2 の実測値で補正した。

表2-1. オオタバコガ成虫の通過試験に用いたネットの目開き

目合い	目開き (mm) *			
4mm	3.8 ± 0.09	×	3.8 ± 0.14	
6mm	5.7 ± 0.25	×	6.0 ± 0.13	
8mm	7.8 ± 0.08	×	7.8 ± 0.30	

\* 実測値の平均 ± 標準偏差



### 3) 実験方法

太さ 8mm × 8mm の角材で作った立方体枠（10cm × 10cm × 10cm）に、各目合いのネットを張って3種類のケージを作製した。これらのケージは1つずつ、別々のアクリル製昆虫飼育箱（内寸；幅 30cm × 奥行き 25cm × 高さ 28cm）の中に置いた（図 2-2）。供試虫の雌 5 頭、または雄 5 頭をケージ内に入れ、25℃、16L-8D の恒温室内に静置し、約 24 時間後にケージから脱出していた個体数を調査した。試験は 2010 年 11 月 30 日～ 12 月 13 日の期間に、雌雄それぞれ 12 反復した。

### 4) 統計解析

SPSS software 13.0J for Windows (SPSS Japan Inc., 2004)を用いて、それぞれのケージから脱出したオオタバコガ成虫の個体数について、目合いと性別の2因子で2元配置分散分析を行った後に多重比較（Tukey 法）を行った。

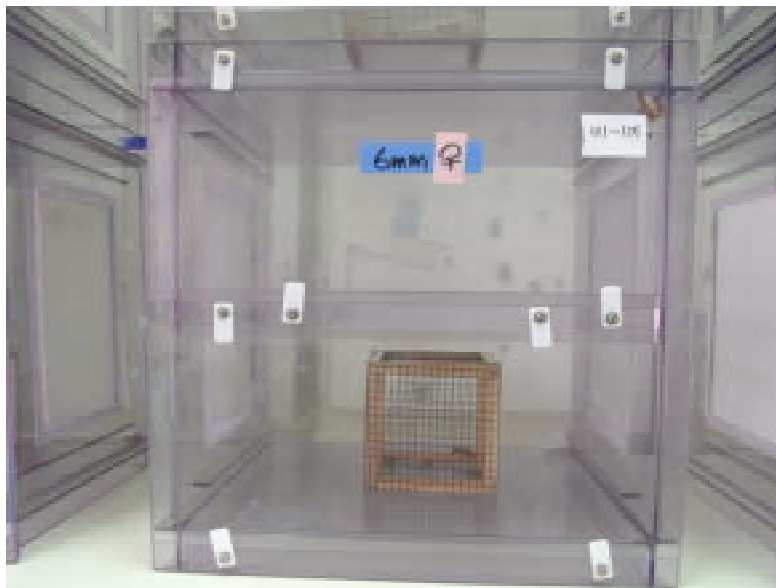


図2-2 . アクリル製昆虫飼育箱の中に置いたケージ

## 2. 防虫ネット全面被覆によるオオタバコガの防除効果

試験は、露地栽培シシトウ圃場において、2009年(試験1)と2010年(試験2)の2回実施した。両試験とも、目合い4mmの防虫ネットで全面被覆するネット区と被覆しない無処理区を設けた。各区のシシトウは4月に、栽培面積38.4 m<sup>2</sup>(4.8m × 8.0m)に39株を定植した。ネット区は4月から11月まで圃場を全面被覆した。

### 1) 試験1

ネット区は、4月24日に防虫ネットで全面被覆した。被覆面積は70 m<sup>2</sup>(7m × 10m)であった。ネット区は1反復とした。無処理区は、ネット区から約5m離れた位置に2か所設置して2反復とした。なお、両区とも、9月8日以降は殺虫剤を散布しなかった。

10月1日～11月10日の期間、オオタバコガの性フェロモントラップをネット区と無処理区に1基ずつ設置し、オオタバコガ雄成虫の誘殺数を半旬毎に調査した。性フェロモン剤は信越化学工業株式会社製のSEルアーを使用し、設置1か月後に新しいルアーと交換した。トラップは四国農試式水盤トラップ(望月,1992)とした。

9月25日、10月9日、20日、27日、11月4日に、1反復あたりシシトウの収穫果実172～300個について、タバコガ類幼虫による

被害果数を数えた。

## 2) 試験 2

ネット区は、4月9日に防虫ネットで圃場全体を被覆した。被覆面積は約350 m<sup>2</sup>であった。ネット区、無処理区とも1反復とした。なお、ネット区で8月下旬にタバコガ類幼虫の発生が増えたため、8月31日に、両区にエマメクチン安息香酸塩乳剤とスピノサド水和剤を散布してタバコガ類幼虫を防除した。それ以外は両区とも、栽培期間中（4月23日～11月上旬）に殺虫剤を使用しなかった。

8月10日～10月29日の期間、試験1と同様の方法で、性フェロモントラップによるオオタバコガ雄成虫の誘殺数を調査した。なお、性フェロモン剤は約1か月毎に新しいルアーと交換した。

8月17日～10月26日の期間、7～14日間隔で、各区37～39株について、タバコガ類の幼虫による果実被害が認められる株数を調査した。なお、各調査時に、被害果実をすべて除去した。また、果実内部に食入していた幼虫は室内に持ち帰って飼育し、羽化した成虫について種を同定した。種の識別は吉松（1995）に従って、前翅と後翅の斑紋および翅脈の色彩によった。さらに、雄成虫につい

では、吉松（1995）に従って、交尾器のバルバ（把握器）の形態を実体顕微鏡で確認した。

### 3) 統計解析

試験1および試験2で性フェロモントラップに誘殺されたオオタバコガ雄成虫数について、SPSS software 13.0J for Windows (SPSS Japan Inc., 2004)を用いて、ネット区と無処理区の間で調査時期（半旬）毎に対する2点比較  $t$  検定を行った。

### 第3節 結果

#### 1. オオタバコガ成虫の通過を阻止できるネットの目合い

各目合いのネットを張ったケージにオオタバコガ成虫を5頭ずつ入れたところ、目合い6mmのケージおよび目合い8mmのケージから脱出した成虫数は、平均3.42～4.58頭であった(表2-2)。目合い6mmのケージから脱出した成虫数は、目合い8mmのケージから脱出した成虫数と比較して、有意差は認められなかった(Tukey法,  $p>0.05$ )。一方、目合い4mmのケージから脱出した成虫は0頭で、目合い6mmおよび目合い8mmのケージから脱出した成虫数と比較して、有意に少なかった(Tukey法,  $p<0.05$ )。

表2-2. 各目合いのネットを張ったケージから脱出していた  
オオタバコガ成虫数

性	成虫数(頭) <sup>a)</sup>		
	4mm <sup>b)</sup>	6mm	8mm
	0	3.42 ± 1.16	3.42 ± 1.16
	0	4.58 ± 0.79	4.42 ± 1.00

a) 平均 ± 標準偏差 .  
供試虫を5頭入れ、約24時間後に調査した(12反復)

b) ケージに張ったネットの目合い

## 2. 防虫ネット全面被覆によるオオタバコガの防除効果

### 1) 試験 1

性フェロモントラップによるオオタバコガ雄成虫誘殺数は、無処理区では半旬あたり 0 ~ 4 頭であった。一方、ネット区では誘殺されなかった (表 2-3)。ネット区の半旬毎の誘殺数は無処理区の半旬毎の誘殺数と比べて有意に少なかった (対の 2 点比較  $t$  検定,  $p < 0.05$ )。

無処理区では、タバコガ類幼虫によるシシトウ被害果率は、9 月 25 日 ~ 10 月 9 日は 4.3 ~ 7.3 % で、その後は 0.8 ~ 2.3 % で推移した (表 2-4)。一方、ネット区では、9 月 25 日 ~ 11 月 4 日の調査期間中にタバコガ類幼虫による被害果の発生は認められなかった。

### 2) 試験 2

性フェロモントラップによるオオタバコガ雄成虫誘殺数は、無処理区では半旬あたり 0 ~ 3 頭であった。一方、ネット区では誘殺されなかった (表 2-5)。ネット区の半旬毎の誘殺数は無処理区の半旬毎の誘殺数と比べて有意に少なかった (対の 2 点比較  $t$  検定,  $p < 0.05$ )。



タバコガ類幼虫による無処理区の被害果発生株率は、8月17日に44.7%、約1か月後の9月21日に40.5%となった。その後、調査終了の10月26日まで連続して、13.5～24.3%で推移した(表2-6)。一方、ネット区の被害果発生株率は、8月17日～24日は0%であった。しかし、8月31日に20.5%と高まった。8月31日の調査直後にエマメクチン安息香酸塩乳剤とスピノサド水和剤を散布した以降は、被害果発生株率が低下した。9月28日に15.4%であった以外はすべて0～5.1%で推移し、無処理区と比較して明らかに低かった(表2-6)。8月17日から10月26日の期間に各区の被害果実から採集したタバコガ類幼虫は、すべてオオタバコガであった(表2-7)。

表2-3. 性フェロモントラップによるオオタバコガ雄成虫誘殺数(試験1, 2009年)

	半旬あたり誘殺数(頭)								合計	
	10月						11月			
	半旬	1	2	3	4	5	6	1		2
ネット区		0	0	0	0	0	0	0	0	0
無処理区		4	2	3	0	3	0	0	0	12

表2-4. タバコガ類幼虫によるシシトウの被害果率の推移(試験1, 2009年)

調査日(月/日)	被害果率(%)				
	9/25	10/9	10/20	10/27	11/4
ネット区	0	0	0	0	0
無処理区 <sup>a)</sup>	4.3	7.3	1.6	0.8	2.3

a) 無処理区は2反復の平均

表2-5. 性フェロモントラップによるオオタバコガ雄成虫誘殺数(試験2, 2010年)

	半旬あたり誘殺数(頭)															合計			
	8月				9月						10月								
	半旬	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4		5	6	
ネット区		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
無処理区		2	1	0	0	0	2	3	2	1	1	1	2	0	2	2	1		20

表2-6. タバコガ類幼虫によるシトウの被害の推移 (試験2, 2010年)

調査日(月/日)	被害果発生株率(%)									
	8/17	8/24	8/31	9/14	9/21	9/28	10/5	10/12	10/19	10/26
ネット区	0.0	0.0	20.5	0.0	2.6	15.4	5.1	2.6	0.0	0.0
無処理区	44.7	0.0	0.0	0.0	40.5	24.3	18.9	21.6	18.9	13.5

採集日	8月17日	8月31日	9月21日	10月5日	10月12日	10月19日	10月26日
採集場所	無処理区	ネット区	無処理区	無処理区	無処理区	無処理区	無処理区
採集幼虫数(頭)	19	16	14	3	1	3	1
オオタバコガ	100	100	100	100	100	100	100
タバコガ	0	0	0	0	0	0	0

#### 第4節 考 察

オオタバコガの侵入防止効果が高いネット資材を選定するために、室内実験によって、成虫の通過を阻止できるネットの目合いを検討した。本試験では、オオタバコガのケージからの脱出を促すための誘引源は設置していない。しかし、オオタバコガは目合い6mmのネットを張ったケージおよび目合い8mmのネットを張ったケージから5頭中平均3.42頭以上が脱出した。このことから、オオタバコガは誘引源がなくても十分活動的であり、本法によりネットの通過阻止効果を評価できると判断した。したがって、目合い4mmのネットを張ったケージから脱出した成虫がいなかったことから、目合い4mmのネットはオオタバコガの通過を阻止する効果が高いと考えられた。

次に、この目合い4mmのネットを用いて露地栽培シシトウ圃場を全面被覆し、圃場におけるオオタバコガ成虫の侵入防止効果を実証した。成虫に対する侵入防止効果は、ネット区と無処理区に設置した性フェロモントラップによる雄成虫の誘殺数で検討した。無処理区のトラップへの半旬あたり誘殺数は、試験1は0～4頭(表2-3)、試験2は0～3頭(表2-5)であった。一方、ネット区では

試験 1, 試験 2 とも調査期間を通してすべて 0 頭であった (表 2-3, 2-5). 数値の差は小さいが, 試験 1, 試験 2 ともネット区の半旬毎の誘殺数は無処理区の半旬毎の誘殺数と比べて有意に少なく (対の 2 点比較  $t$  検定,  $p < 0.05$ ), また, ネット区では雄成虫が全く誘殺されなかったことから, 目合い 4mm のネットで圃場を全面被覆すると, オオタバコガ成虫に対する侵入防止効果が高いことが示唆された.

シシトウにおける防虫ネット全面被覆法によるオオタバコガの防除効果を明らかにするため, 幼虫による被害果の発生程度を調べた. トウガラシ類を加害するタバコガ類は, タバコガとオオタバコガの 2 種とされている (日本応用動物昆虫学会, 2006). 試験 1 ではタバコガ類の種を同定していないが, 試験 2 で果実を加害していたタバコガ類幼虫はすべてオオタバコガであったことから (表 2-7), 本研究のシシトウで発生した幼虫は, 以下, オオタバコガとして論じる. 試験 1 では, ネット区はオオタバコガ幼虫による被害果が発生しなかった (表 2-4). 試験 2 では, ネット区のオオタバコガ幼虫による被害果発生株率は, 無処理区と比べて極めて低くなる傾向が認められた (表 2-6). これらの結果から, ネット区では, オオ



タバコガ幼虫による被害の発生が大きく抑制されたと言える。国本ら（2006）は、露地栽培キク圃場を目合い 4mm の防風ネットで被覆すると、タバコガ類の幼虫による被害を軽減できた。井口ら（2011a）は、キャベツ圃場を目合い 4mm のネットで全面被覆することにより、オオタバコガ幼虫の発生を抑制することができた。本試験の結果は、これらの報告と一致する。以上のことから、露地栽培シトウにおいて、目合い 4mm のネットで圃場を全面被覆すると、オオタバコガ成虫に対する侵入防止効果が高く、優れた被害抑制効果が得られることが明らかになった。

ただし、試験 2 では、8 月 31 日にネット区のシトウで幼虫による被害が認められ、被害果発生株率は 20.5 %であった（表 2-6）。このことは、オオタバコガの成虫または幼虫が何らかの経路から防虫ネット全面被覆内に侵入したことを示している。国本ら（2006）も露地栽培キクにおいて、目合い 4 mm の防風ネットを全面被覆してもオオタバコガの被害を完全に抑制することができなかった。この原因について国本ら（2006）は、ネット地際部のわずかな隙間から雌成虫が歩行侵入したか、隣接対照区からの幼虫の歩行移動の可能性を指摘している。本試験におけるオオタバコガの侵入経路は

不明である．このことについては今後の解明とその対応策が必要である．なお，ネット区の被害の発生は9月14日に少なくなったが，これは8月31日の調査直後に散布したエマメクチン安息香酸塩乳剤とスピノサド水和剤の防除効果が高かったこと，あるいは，発生していた幼虫が一斉に蛹化したことによると考えられる．また，ネット区で9月28日に再び被害果発生株率が15.4%に高まっている．この時期のオオタバコガは1世代を約1か月で経過する（井村ら，2002；染谷・清水，1997）．再び発生が増えた9月28日は初めに発生した8月31日の約1か月後であることから，初めに発生した個体群の次世代の可能性がある．

井口ら（2011a）は露地栽培キャベツにおいて，目合い4mmの防虫ネット全面被覆により，オオタバコガ以外にモンシロチョウ，ウワバ類，ヨトウガ，ハスモンヨトウに対する防除効果を認めている．また，マメ科野菜では，ウラナミシジミに対する防除効果も期待できる（井口，未発表）．これらのことから，露地栽培野菜において，目合い4mmのネットで圃場を全面被覆すれば，多くの大型鱗翅目害虫の発生を同時に抑制できると考えられる．そして，そのことによって，大型鱗翅目害虫に対する化学殺虫剤の使用量は大きく削減

できるであろう。そうなれば、圃場内は土着天敵類が発生しやすい状況となり、防虫ネットで防げない害虫は土着天敵を活用して防除するといった、IPM への展開が期待できる。

工業技術の進歩や様々なニーズの変化によって新しい資材が開発されると、それまで考えられなかった防除方法に取り組むことが可能になる。露地圃場の防虫ネット全面被覆法もその1つである。本研究で使用したネットは糸がポリプロピレン製で細いため、通気性と透光性に優れ、軽い。カラミ織で熱融着加工がされているので目づれが少なく耐久性が高い。このようなネットを利用することによって、簡易に圃場全面を被覆することができるようになった。ネット被覆は、個人単位で容易に取り組むことができる技術である（国本，2006）。また、黄色灯のような電源確保の問題、周辺作物に対する影響や近隣住居などに対する光害もない。ただし、防虫ネット全面被覆により、キャベツの生育が促進する傾向が認められている（井口ら，2011a）。今後、防虫ネット全面被覆内で栽培する作物について、ネット被覆が生育に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

## 第 3 章

### アブラムシ類の防除対策

～新しい生物的防除資材“飛ばないナミテントウ”を

利用したワタアブラムシとモモアカアブラムシの防除～

## 第1節 緒言

ワタアブラムシとモモアカアブラムシ *Myzus persicae* (Sulzer) は世界中に分布し, 広食性で, 経済的に重要な害虫である(谷口, 1987; 高田, 1992; 西東, 1995; 村井・積木, 1996). これらの種は化学殺虫剤に対して抵抗性が発達している(牧野ら, 1992; 森下・東, 1990; 細田ら, 1993; 浜ら, 1995) ことから, 化学殺虫剤のみによる防除は困難である. 一方, アブラムシには多くの土着天敵類, たとえば, テントウムシ類, 寄生蜂類, ヒラタアブ類, クサカゲロウ類, ショクガタマバエ, ヒメハナカメムシ類などが存在することがよく知られている(Nakata, 1995; 高井, 1998; 伊藤・古川, 2009). 露地栽培で IPM 体系を構築するためには, このような土着天敵の有効活用が望ましい(広瀬, 2003; 大野, 2003). しかし, 土着天敵は常に有効に働くとは限らず, むしろその条件は限られている(志賀, 1970). アブラムシの発生は5~6月に最も多いが(野里, 1988; 中島ら, 1976), 露地栽培オクラでは, 土着天敵であるテントウムシ類やヒメハナカメムシ類の活動が活発になるのは, ワタアブラムシの発生よりも遅れる傾向にある(下八川, 2002). 露地栽培ナスでも, 5月上旬の定植から約1か月の期間は, 天敵類がまだ十分

に働かない(高井, 1998)。このように, 露地栽培野菜では, 5 ~ 6 月は土着天敵による密度抑制効果が期待できない。よって, この時期はアブラムシに対する別の防除対策を講じる必要がある。ただし, IPM 体系を構築するためには, 土着天敵に影響を及ぼさない防除方法, すなわち, 化学殺虫剤に依存しない防除方法が求められる。したがって, 生物的防除など代替技術の開発が必要とされている。

施設栽培では, アブラムシの生物的防除として, 放飼増強法の実用化が進んでいる(田口, 2006)。放飼増強法とは, 室内で大量増殖した天敵を圃場や温室に人為的に放飼する方法であり(矢野, 2003), 施設栽培の野菜類でアブラムシ類に利用できる天敵として, コレマノンアブラバチやショクガタマバエなどが天敵製剤として開発され, 現在, 農薬登録されている。しかし, 露地栽培では放飼増強法はほとんど取り組まれていない(大野, 2003)。それは, 露地栽培では, 放飼した天敵が対象作物から逃れる可能性があるためである。そこで, 近年, 放飼する天敵が逃亡しないように, 遺伝的に飛翔能力が低い系統のナミテントウ「飛ばないナミテントウ」が人為的な選抜によって作出された (Seko et al., 2008)。飛ばないナミテントウは露地栽培ナス (Seko et al., 2008), 露地栽培キク (国本, 2010),

施設栽培キュウリ（世古，2009）および施設栽培の非結球アブラナ科葉菜類（Adachi-Hagimori et al.，2011）のアブラムシ類に対して成虫放飼が有効であることが報告されている。また，井口ら（2011b）は，飛ばないナミテントウを利用してシシトウ育苗期のモモアカアブラムシを防除するには，幼虫放飼より成虫放飼のほうが優れていると報告している。これらのことから，露地栽培野菜の IPM 体系を構築するうえで，アブラムシを防除するためには飛ばないナミテントウ成虫の利用が有望と考えられた。そのためには，鱗翅目害虫対策として目合い 4mm ネットで全面被覆された環境においても，飛ばないナミテントウが有効に働く必要がある。しかし，目合い 4mm ネットで全面被覆された露地圃場での成虫放飼試験は，10 ～ 11 月（国本，2009）と 4 ～ 5 月（国本，2010）にそれぞれキクで実施された 2 例のみであり，アブラムシの発生が最も多くなる 5 ～ 6 月（野里，1988）に野菜類で実施された事例はない。

露地栽培シシトウは，和歌山県では 4 月に定植され，6 月から 11 月まで収穫される（和歌山県農林水産部，2002）。栽培期間を通して，2 種のアブラムシ，ワタアブラムシとモモアカアブラムシが発生し，シシトウの生育阻害や排泄物によるすすの発生などが引き起

こされる（山下，2006d）。

そこで，目合い 4mm ネットで全面被覆された露地圃場でのアブラムシ類の防除対策を確立するために，5 ～ 6 月のシシトウにおいて，飛ばないナミテントウ成虫放飼による防除効果を検討した。



## 第2節 材料および方法

試験は、2009年（試験1）と2010年（試験2）の2回実施した。両試験とも、飛ばないナミテントウ成虫を放飼する放飼区と放飼しない無処理区を、互いに5m以上離して設置した。1区は3畝、面積 $38.4\text{ m}^2$ （ $4.8\text{ m} \times 8.0\text{ m}$ ）、39株とし、シシトウを4月に定植した（表3-1）。また、鱗翅目害虫防除のために、圃場を目合い4mmのネットで全面被覆した。

試験1では、4月30日に各区約200頭と5月2日に各区約300頭のワタアブラムシをシシトウ上位葉に放虫した。このワタアブラムシは、放虫直前に農業試験場内のシシトウ苗から採集したものである。放虫は、アブラムシが寄生したシシトウ葉を、試験区のシシトウの枝にビニル紐で結びつける方法で行った。一方、モモアカアブラムシは自然発生とした。5月7日のナミテントウ第1回放飼の直前に、アブラムシが増えすぎた葉を摘除するなどして、1株当たりのアブラムシ密度を両種合計で約30頭に調整した。放飼区に、5月7日に1株あたり2頭、14日に3頭、21日に3頭の飛ばないナミテントウ成虫を放飼した。第1回放飼時の草丈は約25cm、第3回放飼時の草丈は約35cmであった。

試験 2 では，ワタアブラムシ，モモアカアブラムシとも自然発生とした．放飼区は，飛ばないナミテントウの放飼直前に，アブラムシが多い葉を摘除するなどして 1 株当たりのアブラムシ密度を兩種合計で約 60 頭に調整した．なお，無処理区は 1 株当たりのアブラムシ密度が兩種合計で 54.3 頭であったため，調整しなかった．放飼区に，5 月 27 日に 1 株あたり 3 頭の飛ばないナミテントウ成虫を放飼した．放飼時の草丈は約 60cm であった．

試験 1，2 とも，供試した飛ばないナミテントウは，独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センターで作出された系統（Seko and Miura，2009）を，株式会社アグリセクトが増殖した成虫（羽化後 7 日未満）であった．

調査は，飛ばないナミテントウの放飼前から放飼 25 ～ 28 日後までの期間に概ね 3 ～ 4 日間隔で，14 ～ 39 株の全葉について，アブラムシ類，ナミテントウ，その他のアブラムシ捕食者とアブラムシのマミーの個体数を 1 株ごとに数えた．そして，SPSS software 13.0J for Windows（SPSS Japan Inc.，2004）を用いて，Mann - Whitney の *U* 検定により，放飼区と無処理区の間でアブラムシ密度を比較した．なお，それぞれの試験期間中の圃場の気温を温度データロガー「お

んどとり Jr. TR-52」(株式会社ティアンドデイ製)によって計測したところ、試験1が平均 20.5 ，最高 39.9 ，最低 5.4 ，試験2が平均 20.9 ，最高 34.0 ，最低 8.9 であった(表 3-1)。

表3-1. 露地栽培シトウにおける飛ばないナミテントウ成虫放飼試験の概要

試験	調査期間	品種	定植日	飛ばないナミテントウ		気温( )		
				放飼日	放飼量 (1株あたり)	平均	最高	最低
1	2009年 5月7日～6月4日	紀州ししとう1号	4月20日	5月7日 5月14日 5月21日	2頭 3頭 3頭	20.5	39.9	5.4
2	2010年 5月27日～6月21日	葵ししとう	4月23日	5月27日	3頭	20.9	34.0	8.9

### 第3節 結果および考察

試験1と試験2における，アブラムシとナミテントウの1株あたり密度の推移をそれぞれ図3-1と図3-2に示す．試験1のワタアブラムシ密度は，第1回放飼前（5月7日）は放飼区と無処理区でほぼ同じであった．その後，無処理区では増加し，28日後（6月4日）に1株あたり約7千頭になった．これに対し，放飼区のワタアブラムシ密度は放飼4日後（5月11日）に減少し，放飼11日後（5月18日）には無処理区の密度の1%未満になった．放飼区のワタアブラムシ密度は放飼18日後（5月25日）にやや増加したが，その後また減少した．モモアカアブラムシの密度の推移は，試験期間を通して，ワタアブラムシとほぼ同様の傾向であった．

試験2のワタアブラムシ密度は，放飼前（5月27日）は放飼区と無処理区でほぼ同じであった．その後，無処理区では増加し，25日後（6月21日）に1株あたり1万4千頭以上に達した．これに対し，放飼区のワタアブラムシ密度は，無処理区の密度より低く推移した．放飼12日後（6月8日）には，放飼区のワタアブラムシ密度は，無処理区の1%未満になった．モモアカアブラムシの密度の推移は，試験期間を通して，ワタアブラムシとほぼ同様の傾向で

あった。

試験 1 と試験 2 において，放飼後の各調査日における放飼区と無処理区の間で，アブラムシ数に有意差が認められた ( $p < 0.05$  , Mann-Whitney の  $U$  検定；図 3-1(A,B) , 3-2(A,B) ) . シシトウにおけるアブラムシの被害許容密度は，明らかにされていない。しかし，本結果は，飛ばないナミテントウを放飼するとアブラムシが低密度に維持されることを示している。Seko et al. (2008) は，露地栽培ナスにおいて，同じ系統の飛ばないナミテントウを放飼したところ，ナミテントウを放飼しない場合と比べて，ワタアブラムシの個体数が抑制されたと報告している。

試験 1 と試験 2 の放飼区において，ナミテントウ成虫が試験の全期間を通じて観察されたが（図 3-1(C) , 3-2(C) ) , 無処理区では観察されなかった。本研究での飛ばないナミテントウの残存成虫数と残存期間は，露地栽培ナスでの試験(Seko et al. 2008) や施設栽培の非結球アブラナ科野菜での試験（Adachi-Hagimori et al. 2011）で観察されたものとほぼ同じ傾向であった。

露地栽培圃場では土着天敵類がアブラムシの密度抑制に重要な役割を果たしている（Nakata , 1995 ; Van Den Berg et al. , 1997 ; Wells

et al. ,2001 ; 伊藤ら ,2005 ; 伊藤・古川 ,2009 ).しかし ,高井( 1998 )  
は , 露地栽培ナスでは 5 月上旬の定植から約 1 か月の期間は天敵類  
がほとんど働かないと報告している . 本研究でも , 試験 1,試験 2 と  
も , 試験の全期間を通して , アブラムシのマミーと捕食性天敵がご  
く少数観察された程度であった(表 3-2 , 3-3) . したがって , 飛ばな  
いナミテントウ以外の天敵は , 本試験時のアブラムシの密度に影響  
を与えていないと考えられる .

今回の結果は , 飛ばないナミテントウ成虫が , 目合い 4mm ネット  
トで全面被覆された露地栽培シシトウにおける生物的防除資材とし  
て , 土着天敵では抑制できない 5 ~ 6 月のワタアブラムシとモモア  
カアブラムシに対して効果があることを示している . しかし , 飛ば  
ないナミテントウをどのくらいの頻度と密度で放飼すれば最適な防  
除効果が得られるのか , まだ明らかとなっていない .

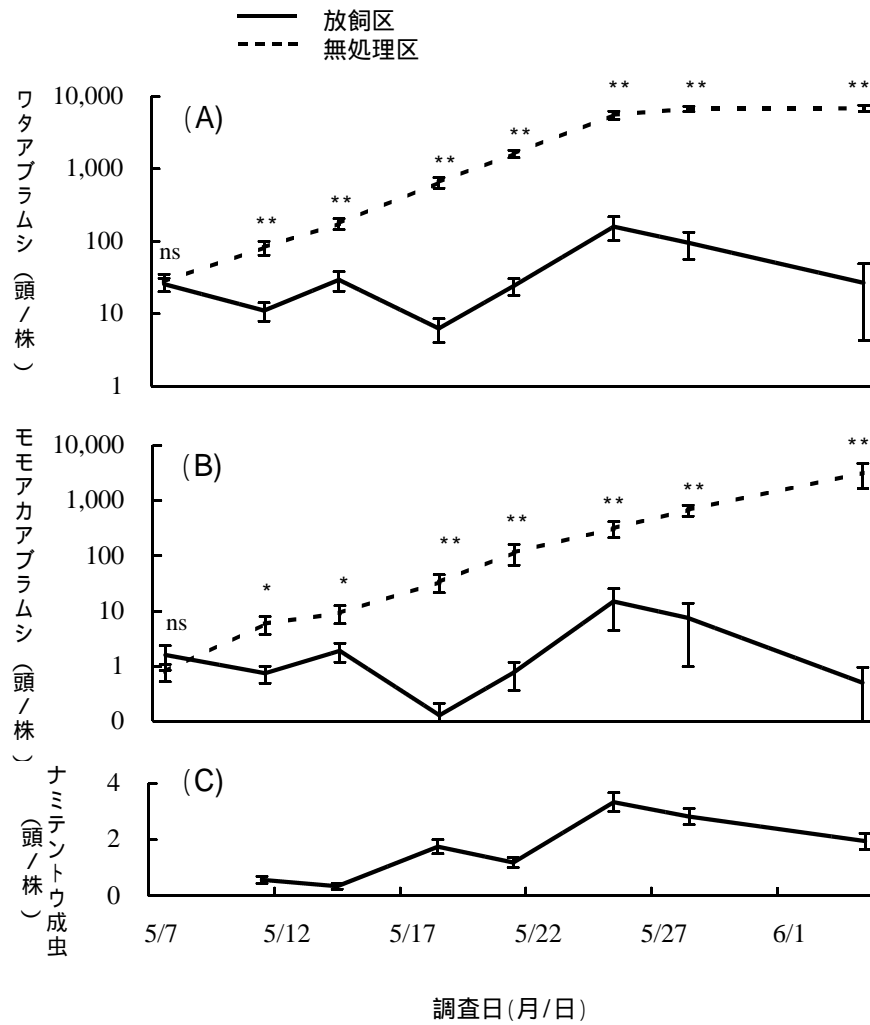


図3-1. アブラムシ類(A,B)とナミテントウ(C)の密度の推移(試験1, 2009年)

は飛ばないナミテントウの放飼を示す。  
 縦棒は標準誤差を示す。  
 \* 5%水準で有意. \*\* 1%水準で有意. ns 有意差なし。  
 (Mann-Whitney *U*-test)



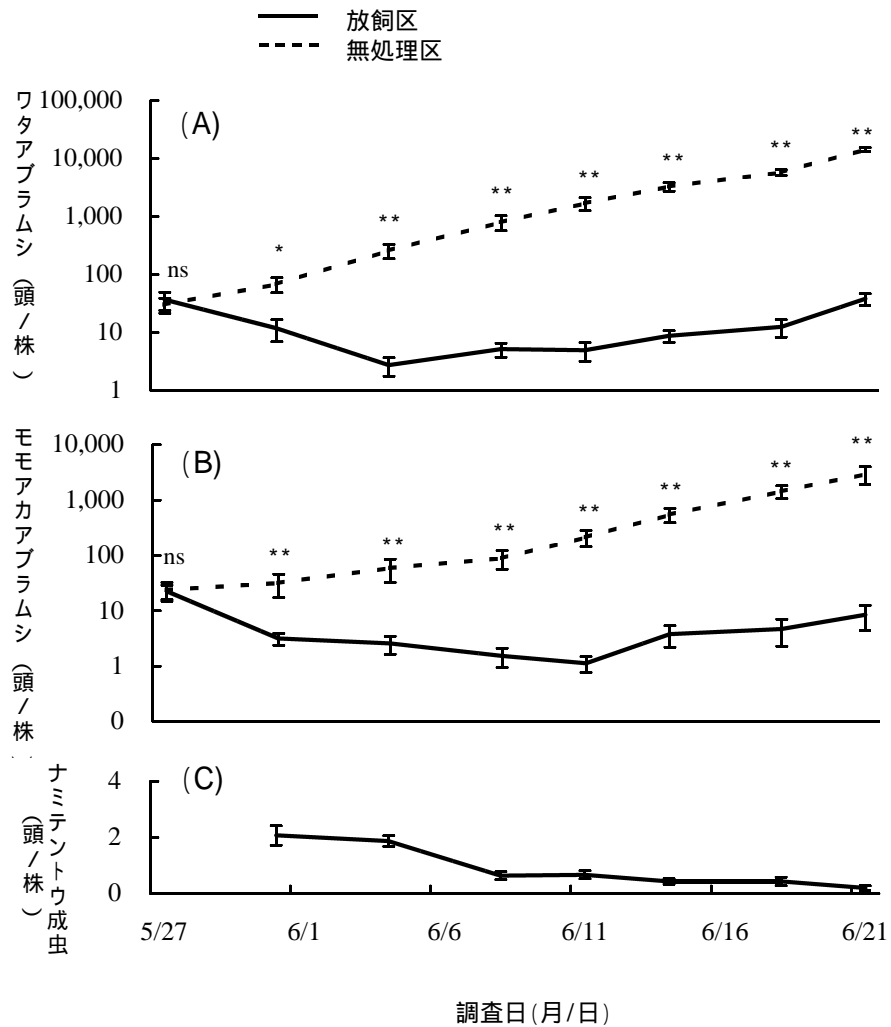


図3-2. アブラムシ類(A,B)とナミテントウ(C)の密度の推移 (試験2, 2010年)

は飛ばないナミテントウの放飼を示す。  
 縦棒は標準誤差を示す。  
 \* 5%水準で有意. \*\* 1%水準で有意. ns 有意差なし.  
 (Mann-Whitney  $U$ -test)

表3-2. 目合い4mmのネットで全面被覆した露地栽培シトウにおけるアブラムシの土着天敵の発生状況 (試験1, 2009年)

種	ステージ	月/日	1株あたり個体数 (平均 ± 標準誤差)							
			5/7	5/11	5/14	5/18	5/21	5/25	5/28	6/4
ヒメハナカメムシ類	成虫 放飼区		0	0	0	0	0	0	0	0.05 ± 0.05
	幼虫		0	0	0	0	0	0	0	0
	成虫 無処理区		0	0	0	0	0	0	0	0
ヒラタアブ類	幼虫		0	0	0	0	0	0	0	0
	幼虫 放飼区		0	0	0	0	0	0.05 ± 0.05	0	0
	幼虫 無処理区		0	0	0	0	0	0.10 ± 0.10	0.05 ± 0.05	0.30 ± 0.15
寄生蜂によるマミー	放飼区		0.03 ± 0.03	0	0	0	0.03 ± 0.03	0.20 ± 0.09	0.30 ± 0.16	0
	無処理区		0	0.08 ± 0.04	0.10 ± 0.06	0.87 ± 0.23	0.87 ± 0.27	4.30 ± 1.60	10.70 ± 7.36	12.70 ± 3.28
ショクガタマバエ	幼虫 放飼区		0	0	0	0	0	0	0	0
	幼虫 無処理区		0	0	0	0	0	0	0.40 ± 0.28	0
ナナホシテントウ	成虫 放飼区		0	0	0	0	0	0	0	0
	幼虫		0	0	0	0	0	0	0.05 ± 0.05	0.30 ± 0.21
	成虫 無処理区		0	0	0	0	0	0.20 ± 0.09	0.05 ± 0.05	0
クロヘリヒメテントウ	幼虫		0	0	0	0	0	0.10 ± 0.07	0.85 ± 0.29	0.70 ± 0.30
	成虫 放飼区		0	0	0	0	0	0	0	0
	幼虫		0	0	0	0	0	0	0	0
ヒメカメノコテントウ	成虫 放飼区		0	0	0	0	0	0	0	0
	幼虫		0	0	0	0	0	0	0	0
	成虫 無処理区		0	0	0	0	0	0	0	0
	幼虫		0	0	0	0	0	0	0	0

表3-3. 目合い4mmのネットで全面被覆した露地栽培シトウにおけるアブラムシの土着天敵の発生状況 (試験2, 2010年)

種	ステージ	月/日	1株あたり個体数 (平均 ± 標準誤差)							
			5/27	5/31	6/4	6/8	6/11	6/14	6/18	6/21
ヒメハナカメシ類	成虫 放飼区	0	0	0.03 ± 0.03	0.03 ± 0.03	0.07 ± 0.05	0.10 ± 0.06	0.37 ± 0.10	0.87 ± 0.27	
	幼虫	0	0	0	0	0	0	0.07 ± 0.05	1.47 ± 0.45	
	成虫 無処理区	0	0.03 ± 0.03	0	0	0.07 ± 0.05	0.14 ± 0.07	0.13 ± 0.09	0.43 ± 0.23	
ヒラタアブ類	幼虫	0	0	0	0	0	0	0.07 ± 0.07	0	
	幼虫 放飼区	0	0	0	0	0	0	0	0.07 ± 0.07	
	幼虫 無処理区	0.03 ± 0.03	0	0	0.07 ± 0.05	0.07 ± 0.05	0.03 ± 0.03	0.47 ± 0.19	1.86 ± 0.61	
寄生蜂によるマミー	放飼区	0.53 ± 0.17	0.50 ± 0.16	0.77 ± 0.18	0.37 ± 0.11	0.23 ± 0.10	0.10 ± 0.07	0.17 ± 0.08	0.07 ± 0.07	
	無処理区	0.37 ± 0.17	1.37 ± 0.47	3.23 ± 0.93	3.40 ± 0.81	4.03 ± 1.05	6.48 ± 2.71	15.87 ± 3.54	12.43 ± 2.74	
ショクガタマバエ	幼虫 放飼区	0	0.03 ± 0.03	0	0	0	0	0	0	
	幼虫 無処理区	0.07 ± 0.05	0	0	0.03 ± 0.03	0.27 ± 0.27	2.83 ± 1.10	8.00 ± 2.43	15.57 ± 4.61	
ナナホシテントウ	成虫 放飼区	0	0	0	0	0	0	0	0	
	幼虫	0	0	0	0	0	0	0	0	
	成虫 無処理区	0	0	0.03 ± 0.03	0.07 ± 0.05	0.03 ± 0.03	0	0	0	
クロヘリヒメテントウ	幼虫	0	0	0	0	0	0	0	0	
	成虫 放飼区	0	0	0	0	0	0	0	0	
	幼虫	0	0	0	0	0.03 ± 0.03	0	0	0	
ヒメカメノコテントウ	成虫 放飼区	0	0	0	0	0	0	0	0	
	幼虫	0	0	0.10 ± 0.06	0	0	0	0	0	
	成虫 無処理区	0	0.03 ± 0.03	0.03 ± 0.03	0.03 ± 0.03	0	0	0.03 ± 0.03	0.13 ± 0.09	
ヒメカメノコテントウ	幼虫	0	0	0	0	0	0	0.07 ± 0.05	0	
	成虫 放飼区	0	0	0	0	0	0	0.07 ± 0.07	0	
	幼虫	0	0	0	0	0	0	0	0	

## 第 4 章

### アザミウマ類の防除対策

～土着ヒメハナカメムシ類によるアザミウマ類の密度抑制～

## 第1節 緒言

シシトウ栽培では、ミナミキイロアザミウマ、ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* (Pergande) やヒラズハナアザミウマ *F. intonsa* (Trybom) などによる被害が問題となっている(柴尾, 2011)。これらのアザミウマ類は、果実に傷をつけて外観を損ない、品質低下を招く。さらに、ミナミキイロアザミウマは新芽の伸長を阻害して葉を奇形にする(柴尾, 2011)。アザミウマ類は露地栽培では5月から10月頃まで発生し、施設栽培では年間を通して発生する。発生期間が長いため、これまでは化学殺虫剤による防除が頻繁に繰り返されてきた。しかし、薬剤感受性の低下(羽室・柴尾 2000；古味, 2003；西本ら, 2006；柴尾ら, 2007)により十分な防除効果が得られない状況となっている。

ヒメハナカメムシ類は、アザミウマ類の有力な天敵としてよく知られている(第1章)。施設栽培では、ナス、ピーマンやシシトウなどで、タイリクヒメハナカメムシの放飼増強法による生物的防除技術が普及している(岡林, 2002；下元, 2011)。一方、露地栽培では土着のヒメハナカメムシ類の保護利用が重要であると考えられている(永井, 1993；Takemoto and Ohno, 1996；根本, 2003；大

野, 2003). 土着ヒメハナカメムシ類のアザミウマ類に対する密度抑制効果について, 日本では, 露地栽培のナスで多くの報告がある(永井ら, 1988; 永井, 1990; 河合・河本, 1994; 大野ら, 1995; 高井, 1998 など). トウガラシ類では, 米国の露地栽培ピーマンにおいて, *Orius insidiosus* (Say) がミカンキイロアザミウマなどの密度を抑制することが認められている (Funderburk et al., 2000; Reitz et al., 2003). これらのことから, 日本でも, 露地栽培のトウガラシ類において, ヒメハナカメムシ類がアザミウマ類の密度抑制に有効に働くと期待される. しかし, 日本では, トウガラシ類における土着ヒメハナカメムシ類の発生状況や害虫密度抑制効果についての報告はない.

また, 本研究で構築をめざす IPM 体系では, 大型鱗翅目害虫防除のために露地圃場全体を目合い 4mm のネットで被覆することを基幹とする. しかし, このようなネット被覆環境下の農作物におけるアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生消長や, ヒメハナカメムシ類による害虫密度抑制効果は明らかにされてない.

そこで, まず, ネットで被覆していない露地栽培シトウにおいて, アザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生状況を明らかにした.

同時に，目合い 4mm ネット全面被覆条件下のシシトウにおいて，アザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生状況を調査し，ネットで被覆していないシシトウでの発生状況と比較した．そして，目合い 4mm ネットで全面被覆した露地栽培シシトウにおいて，殺虫剤による天敵除去法を用いて，ヒメハナカメムシ類によるアザミウマ類の密度抑制効果と被害抑制効果を検討した．

## 第2節 材料および方法

### 1. 露地栽培シシトウにおけるアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生状況

露地栽培シシトウにおいて、ネットで被覆していない無被覆区と目合い 4mm のネットで全面被覆したネット区を設け、アザミウマ類およびヒメハナカメムシ類の発生状況を調査した。試験は、2008年（試験1）と2009年（試験2）の2回実施した。

#### 1) 試験1

無被覆区とネット区を約 3m 離して設置し、シシトウを 5 月 21 日に定植した。無被覆区は栽培面積 43.2 m<sup>2</sup> (4.8m × 9.0m), 36 株で、2 反復とした。ネット区は栽培面積 64.0 m<sup>2</sup> (8.0m × 8.0m), 55 株で、1 反復とした。両区とも定植後から調査終了時まで殺虫剤は散布しなかった。

調査は、6 月 6 日、13 日、25 日、7 月 4 日、10 日の 5 回行った。各区 20 ~ 100 花について、白色アクリル板 (10cm × 10cm) 上で花を指で 10 回程度たたき、落下したアザミウマ類およびヒメハナカメムシ類の個体数を数えた。そして、SPSS software 13.0J for Windows (SPSS Japan Inc., 2004)を用いて、Wilcoxon の符号付き順



位検定により，無被覆区とネット区の間でアザミウマ類の密度，ヒメハナカメムシ類の密度を比較した．また，花に生息していたアザミウマ類成虫およびヒメハナカメムシ類成虫を適宜，採集して室内に持ち帰り，実体顕微鏡下で種を同定した．なお，試験 1 および後述の試験 2，3，4 とともに，アザミウマ類の種の識別は千脇ら（1994）の簡易同定法に従った．ヒメハナカメムシ類の種の識別は雄の交尾器の形態（Yasunaga，1997b）によった．

## 2) 試験 2

無被覆区とネット区を約 5m 離して設置し，シシトウを 4 月 20 日に定植した．両区とも栽培面積  $38.4 \text{ m}^2$  ( $4.8\text{m} \times 8.0\text{m}$ )，39 株，1 反復とし，定植後から調査終了時まで殺虫剤は散布しなかった．

調査は，6 月 4，11，18，25 日，7 月 3，9，23 日の 7 回行った．各区 50 花について，試験 1 と同様の方法でアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の個体数を数えた．そして，試験 1 と同様に，無被覆区とネット区の間でアザミウマ類の密度，ヒメハナカメムシ類の密度を比較した．アザミウマ類およびヒメハナカメムシ類の種の同定は，試験 1 と同様に適宜行った．また，7 月 23 日に，長さ 1cm 以上の果実について，アザミウマ類による被害の有無を調査した．

## 2. ヒメハナカメムシ類によるアザミウマ類の防除効果

目合い 4mm のネットで全面被覆した露地栽培シシトウにおいて、化学殺虫剤を散布してヒメハナカメムシ類の発生を抑制した天敵除去区と、化学殺虫剤を散布しない無処理区を設け、アザミウマ類の発生状況とシシトウ果実の被害について調査した。試験は 2009 年（試験 3）と 2010 年（試験 4）の 2 回実施した。

### 1) 試験 3

天敵除去区と無処理区を、前述の試験 2 のネット区に隣接した圃場に、互いに約 4m 離して設置し、シシトウを定植した。各区の栽培面積、株数等は試験 2 の各試験区と同じとした。天敵除去区に、6 月 11 日と 6 月 25 日にピリダベンフロアブル、7 月 10 日にペルメトリン乳剤を散布した。なお、両剤ともヒメハナカメムシ類に対する影響が大きいと考えられている薬剤である（永井，1998；大野，2000；土屋，2001）。

調査は、6 月 11，18，25 日，7 月 3，9，23 日の 6 回行った。各区 50 ～ 100 花について、試験 1 と同様の方法でアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の個体数を数えた。そのうち、7 月 9 日は天敵除去区の花からアザミウマ類の成虫を採集し、種を同定した。また、7

月 23 日に、長さ 1cm 以上の果実について、アザミウマ類による被害の有無を調査した。

## 2) 試験 4

天敵除去区と無処理区を約 4m 離して設け、シシトウを 4 月 23 日に定植した。各区は栽培面積 38.4 m<sup>2</sup> (4.8m × 8.0m)、39 株で、1 反復とした。天敵除去区に、5 月 31 日にイミダクロプリド水和剤、6 月 17 日にジノテフラン水溶剤とピリダリルフロアブル、7 月 8 日にエマメクチン安息香酸塩乳剤とアクリナトリン水和剤、7 月 28 日にペルメトリン乳剤、8 月 4 日にペルメトリン乳剤とピメトロジン水和剤、8 月 17 日にペルメトリン乳剤を散布した。このうち、イミダクロプリド水和剤、ジノテフラン水溶剤、エマメクチン安息香酸塩乳剤、アクリナトリン水和剤、ペルメトリン乳剤はヒメハナカメムシ類に対する影響が大きいと考えられている薬剤である（永井，1998；大野，2000；土屋，2001）。

調査は、5 月 28 日～ 8 月 31 日の期間に、6～12 日間隔で 13 回行った。まず、シシトウの任意の 50 花に生息するアザミウマ類とヒメハナカメムシ類を採集した。採集方法は長町ら（2005）に従った。すなわち、チャック付きポリ袋（ユニパック F-4、長さ 170mm

×幅 120mm ×厚さ 0.04mm , 株式会社生産日本社製) 内で花を指  
で 10 回程度たたいて昆虫類を袋内に落下させた。そのチャック付  
きポリ袋を室内に持ち帰り , 70 %エタノール溶液を入れて冷蔵庫  
に保管した。後日 , 採集されたアザミウマ類とヒメハナカメムシ類  
の個体数を実体顕微鏡下で数えた。そのうち , アザミウマ類成虫と  
ヒメハナカメムシ類雄成虫は種を同定した。

また , 6 月 8 日 ~ 8 月 31 日に 7 日間隔で , 収穫した果実から任  
意に 150 果を選び , アザミウマ類による被害の有無を肉眼で調べた。

### 第3節 結果

#### 1. 露地栽培シシトウにおけるアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生状況

##### 1) 試験1

無被覆区では、アザミウマ類の発生は6月中旬～下旬に多く、1花あたり0.9～1.0頭であった。その後は減少し、7月10日は0.1頭となった(図4-1)。ヒメハナカメムシ類の発生は、6月下旬まで1花あたり0.1頭以下であったが、7月上旬に増加し、7月10日は0.4頭となった。

ネット区では、アザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生は、無被覆区と同様に推移した(図4-1)。アザミウマ類、ヒメハナカメムシ類とも、無被覆区とネット区の間には有意差は認められなかった(Wilcoxonの符号付き順位検定、 $p>0.05$ )。

アザミウマ類は、6月25日、7月4日、10日に両区から採集した成虫はいずれもヒラズハナアザミウマが優占であった。ネギアザミウマ *Thrips tabaci* Lindeman とミカンキイロアザミウマも少数確認された。ヒメハナカメムシ類は、7月10日にネット区から採集した雄成虫(n=7)はすべてタイリクヒメハナカメムシであった。

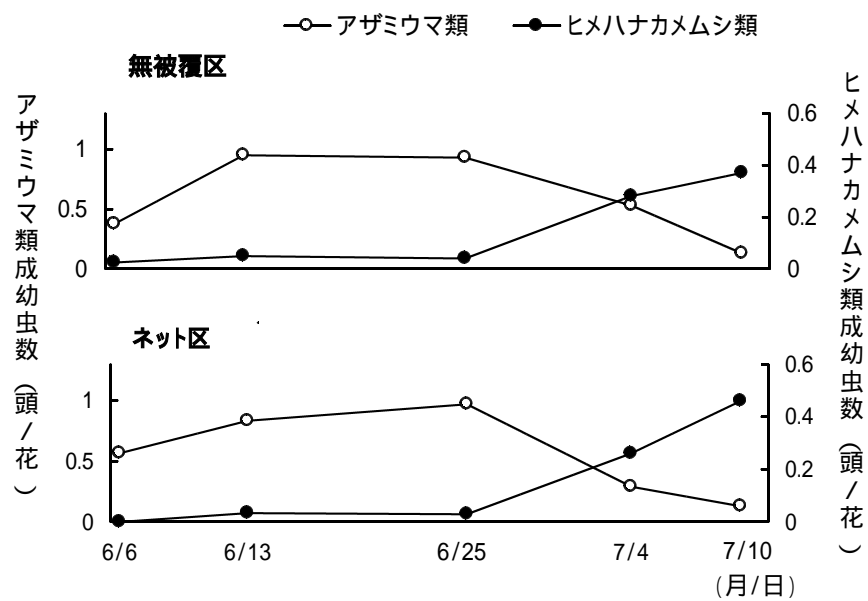


図4-1. シットウにおけるアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生状況 (試験1, 2008年)

アザミウマ類, ヒメハナカメムシ類とも, 無被覆区とネット区の間には有意差は認められなかった (Wilcoxonの符号付き順位検定,  $p > 0.05$ ).

## 2) 試験 2

無被覆区では、アザミウマ類の発生は 6 月上旬から漸増し、6 月 25 日に 1 花あたり 4.4 頭のピークとなった。その後に急減し、7 月 9 日以降は 0.2 頭以下の低密度になった（図 4-2）。ヒメハナカメムシ類の発生は、6 月上旬から漸増して 7 月 3 日に 1 花あたり 0.3 頭のピークとなり、その後は漸減した。

ネット区では、アザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生は、無被覆区と同様に推移した（図 4-2）。アザミウマ類、ヒメハナカメムシ類とも、無被覆区とネット区の間には有意差は認められなかった（Wilcoxon の符号付き順位検定、 $p>0.05$ ）。

両区とも、アザミウマ類は 6 月上旬はネギアザミウマが優占で、7 月上旬はヒラズハナアザミウマとミカンキイロアザミウマが多かった（表 4-1）。ヒメハナカメムシ類は、7 月上旬はタイリクヒメハナカメムシが優占で、ナミヒメハナカメムシやコヒメハナカメムシも認められた（表 4-2）。

7 月 23 日のアザミウマ類によるシシトウの被害果率は、無被覆区は 0.3 %、ネット区は 0.2 %であった（表 4-3）。

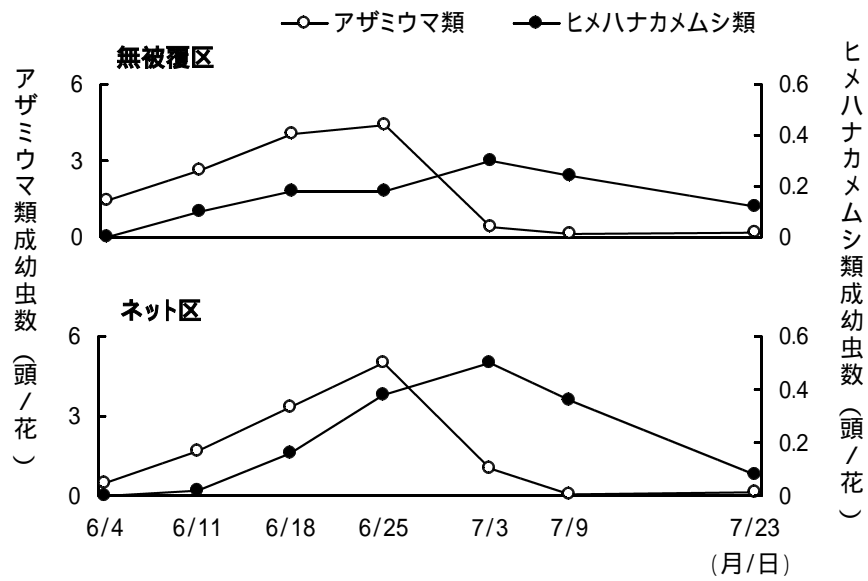


図4-2. シシトウにおけるアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生状況 (試験2, 2009年)

アザミウマ類, ヒメハナカメムシ類とも, 無被覆区とネット区の間には有意差は認められなかった (Wilcoxonの符号付き順位検定,  $p > 0.05$ ).



表4-1. シシトウの花から採集したアザミウマ類成虫の種構成 (試験2, 2009年)

	6月4日					7月9日				
	調査 虫数 (頭)	比率 (%)				調査 虫数 (頭)	比率 (%)			
		ミカン	ヒラズ	ハナ	ネギ		ミカン	ヒラズ	ハナ	ネギ
無被覆区	8	0	25	0	75	9	33	67	0	0
ネット区	16	6	13	13	69	11	18	73	9	0

注)ミカンはミカンキイロアザミウマ, ヒラズはヒラズハナアザミウマ, ハナはハナアザミウマ, ネギはネギアザミウマを示す.

表4-2. シシトウから採集したヒメハナカメムシ類成虫の種構成  
(試験2, 2009年7月9日)

	調査 虫数 (頭)	比率(%)		
		タイリクヒメ ハナカメムシ	ナミヒメ ハナカメムシ	コヒメ ハナカメムシ
無被覆区	38	89	11	0
ネット区	30	73	20	7

注) 雄成虫を調査した。

表4-3. アザミウマ類によるシシトウの被害果率  
(試験2, 2009年7月23日)

	調査果数	被害果率
無被覆区	1750	0.3 %
ネット区	463	0.2 %

## 2. ヒメハナカメムシ類によるアザミウマ類の防除効果

### 1) 試験 3

無処理区では，ヒメハナカメムシ類の発生は6月中旬から漸増して7月3日に1花あたり0.6頭のピークとなった．その後は漸減したが，6月下旬～7月下旬は0.2頭以上で推移した（図4-3）．アザミウマ類の発生は，6月中旬は1花あたり4.1～4.8頭であった．その後は漸減し，7月3日以降は0.5頭以下の低密度になった．

一方，天敵除去区では，ヒメハナカメムシ類の発生は6月中旬からほとんど増加することなく，7月下旬まで1花あたり0.1頭以下の密度で推移した（図4-3）．アザミウマ類の発生は，6月中旬は1花あたり3.5～5.0頭であった．その後，無処理区のように減少せず，むしろ増加し，6月下旬～7月下旬は5.3～8.3頭で推移した．天敵除去区のアザミウマ類の発生密度は，6月下旬は無処理区の2倍，7月上旬～下旬は無処理区の17～56倍であった．

7月9日に天敵除去区で採集したアザミウマ類は，ミカンキイロアザミウマ 64%，ヒラズハナアザミウマ 32%，ハナアザミウマ *Thrips hawaiiensis* (Morgan) 5%であった（n=66）．

7月23日のアザミウマ類によるシトウの被害果率は，無処理

区は 0.4 %であった。天敵除去区は無処理区の 90 倍の 36.2 %であった(表 4-4)。

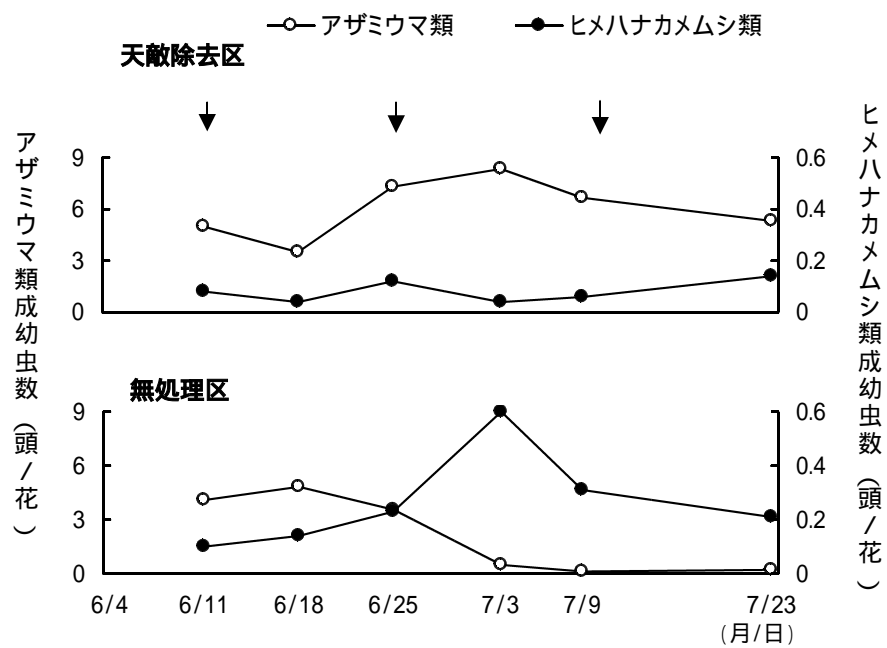


図4-3. 目合い4mmのネットで全面被覆した露地栽培シシトウにおけるアザミウマ類の発生状況(試験3, 2009年)

図中の ↓ は殺虫剤散布日を示す。

表4-4. アザミウマ類によるシシトウの被害果率  
(試験3, 2009年7月23日)

	調査果数	被害果率
天敵除去区	600	36.2 %
無処理区	500	0.4 %

## 2) 試験 4

無処理区では，ヒメハナカメムシ類は 6 月中旬に発生し，漸増した．7 月上旬～ 8 月下旬は発生が多く，1 花あたり 0.4 ～ 0.7 頭で推移した（図 4-4）．アザミウマ類は 5 月下旬から 6 月下旬まで漸増し，1 花あたり 6.6 頭のピークに達した．その後は減少し，7 月上旬は 1.9 頭，7 月中旬～ 8 月下旬は 0.8 頭以下で推移した．

一方，天敵除去区では，ヒメハナカメムシ類は 5 月下旬からほとんど増加することなく，8 月下旬まで 1 花あたり 0.2 頭以下の密度で推移した（図 4-4）．アザミウマ類は 5 月下旬から 6 月下旬まで漸増し，6 月下旬は 1 花あたり 2.9 頭であった．その後，無処理区のように減少せず，逆に 7 月上旬に 19.1 頭に激増した．7 月 8 日に殺虫剤を散布した後は密度が低下し，7 月中旬～ 8 月上旬は 0.8 頭以下で推移した．8 月中旬～ 下旬は再び増加し，2.9 ～ 3.6 頭で推移した．天敵除去区のアザミウマ類の発生密度は，7 月上旬は無処理区の 10 倍，8 月中旬～ 下旬は無処理区の 4 ～ 16 倍であった．

ヒメハナカメムシ類は，無処理区で採集された雄成虫（n=35）はナミヒメハナカメムシ，タイリクヒメハナカメムシ，コヒメハナカメムシの 3 種で，タイリクヒメハナカメムシがほぼ 7 割を占めた．



天敵除去区で採集された雄成虫 (n=3) はすべてナミヒメハナカメムシであった。

アザミウマ類は、無処理区では5月下旬～6月中旬はネギアザミウマが、6月下旬～8月下旬はヒラズハナアザミウマが優占であった。このほか、ミカンキイロアザミウマ、ミナミキイロアザミウマ、ハナアザミウマなども認められた。天敵除去区では5月下旬はネギアザミウマが、6月上旬はミカンキイロアザミウマが多く、6月中旬以降はヒラズハナアザミウマが優占した。

アザミウマ類によるシシトウの被害果は、無処理区は6月中旬から認められ、6月下旬に一時的に被害果率が15%まで上昇したが、すぐに低下した。その後、被害果はほとんど認められなくなり、7月上旬以降の被害果率は0.7%以下であった(図4-4)。一方、天敵除去区では、被害果は6月下旬から認められ、7月上旬に被害果率が61%に急増した。天敵除去区の7月上旬の被害果率は、無処理区の91倍であった。その後、天敵除去区の被害果は減少し、7月下旬以降はほとんど認められなくなったが、8月下旬に再び増加し被害果率が10%になった。

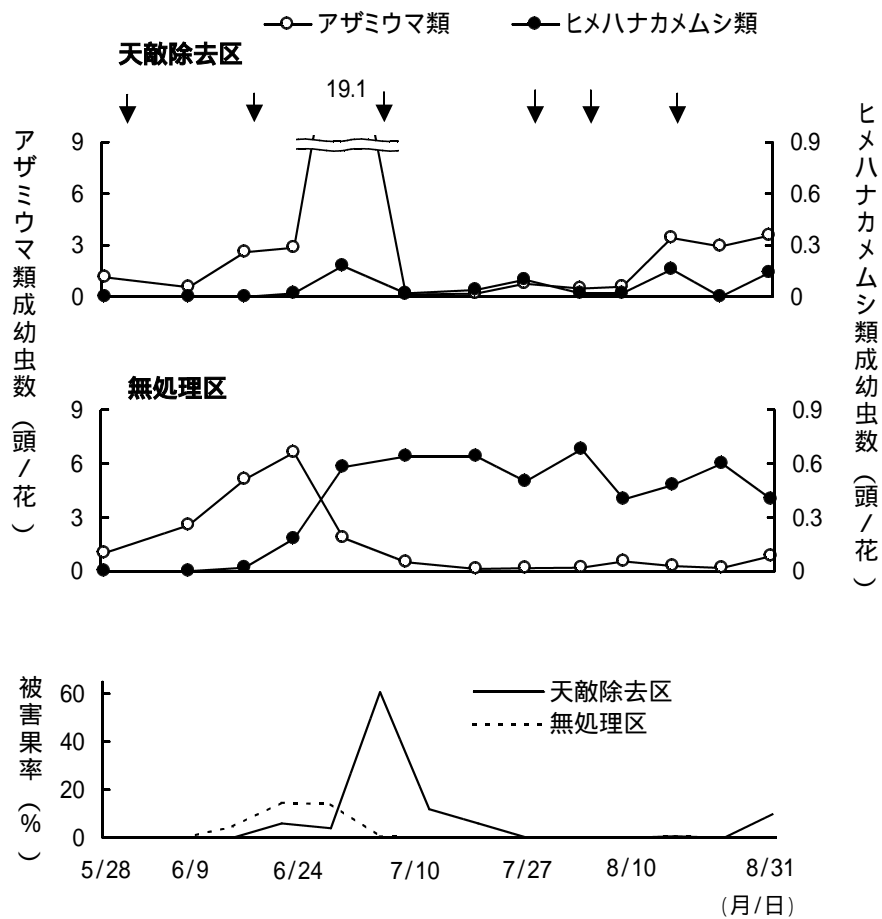


図4-4. 目合い4mmのネットで全面被覆した露地栽培シトウにおけるアザミウマ類の発生と被害果率の推移(試験4, 2010年)

図中の ↓ は殺虫剤散布日を示す。

#### 第4節 考 察

日本では、露地栽培のピーマンやシシトウなどトウガラシ類におけるヒメハナカメムシ類は、各地で観察例があるものの(たとえば、安永, 1998; 井口・福嶋, 2009; 鹿児島県農業開発総合センター, 2010), その発生状況や害虫に対する密度抑制効果は明らかでなかった。そこで、ネットで被覆していない露地栽培シシトウにおいて、6~7月に、花の中に生息するアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生状況を調査した。アザミウマ類の発生は6月上旬から漸増し、6月中旬~下旬に多くなった(図 4-1, 4-2)。ヒメハナカメムシ類の発生は、6月上旬または下旬から漸増して7月上旬に多くなった。ヒメハナカメムシ類は、タイリクヒメハナカメムシが優占であった(表 4-2)。岡山県(永井, 1990)や福岡県(Ohno and Takemoto, 1997)の露地栽培ナスでは、ヒメハナカメムシ類は7月上~下旬に発生が多くなっている。本試験における和歌山県のシシトウでのヒメハナカメムシ類の発生は、これらの報告とほぼ一致した。ただし、福岡県の露地栽培ナスにおける優占種はナミヒメハナカメムシであり(Ohno and Takemoto, 1997), 本試験の結果と異なった。アザミウ

マ類は7月上旬以降、ヒメハナカメムシ類が多くなると同時に減少した(図 4-1, 4-2)。これらのことから、露地栽培シシトウでは7月上旬にヒメハナカメムシ類の発生が多くなり、それ以降のアザミウマ類の発生を抑制すると思われた。

これまでも、目合い 4mm のネットはヒメハナカメムシ類の圃場内への侵入を阻止しない(安永, 1998)とされていたが、その影響の程度は明らかでなかった。そこで、目合い 4mm のネットで全面被覆したシシトウにおいて、アザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生状況について調査した。その結果を前述のネットで被覆していない露地栽培シシトウでの発生状況と比較すると、ネット区のアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生推移は、無被覆区と同様であった(図 4-1, 4-2)。また、発生したアザミウマ類の種構成(表 4-1)、ヒメハナカメムシ類の種構成(表 4-2)およびアザミウマ類によるシシトウの被害果率(表 4-3)も差がなかった。以上のことから、露地栽培のシシトウでは、目合い 4mm のネットで圃場を全面被覆してもアザミウマ類およびヒメハナカメムシ類の発生に影響しないと考えられる。

次に、目合い 4mm のネットで全面被覆した露地栽培シシトウに

において、殺虫剤散布による天敵除去法により、ヒメハナカメムシ類のアザミウマ類に対する天敵としての働きを評価することを試みた。天敵除去区でもヒメハナカメムシ類の発生はみられたが(図 4-3, 4-4), 無処理区と比較すると全調査期間にわたって密度が低く、除去の程度は十分であったと判断して考察する。無処理区のアザミウマ類は、7 月上旬以降は低密度で推移した(図 4-3, 4-4)。それに対して、殺虫剤を散布してヒメハナカメムシ類の発生を低密度に抑えた天敵除去区では、アザミウマ類は7 月上旬以降も密度が低下せず、無処理区の 10 倍以上の高い密度となった。7 月のアザミウマ類によるシシトウの被害果率は、無処理区は極めて低かった(表 4-4, 図 4-4)。それに比べて、天敵除去区は高く、無処理区の約 90 倍になることもあった。つまり、殺虫剤を散布してヒメハナカメムシ類を除去するとアザミウマ類が高密度になり、被害果が多くなった。この結果は、露地栽培ナスにおける永井(1990)の報告や、米国の露地栽培ピーマンにおける Funderburk et al.(2000)の報告と同じ傾向である。これらのことから、目合い 4mm のネットで全面被覆した露地栽培シシトウにおいて、ヒメハナカメムシ類はアザミウマ類の発生を抑制する効果が高いと考える。

シシトウの花では、6月下旬～8月はヒラズハナアザミウマが優占する傾向があった。シシトウにおけるヒラズハナアザミウマの被害許容密度は明らかにされていない。しかしながら、試験3と試験4の無処理区では、7月以降の被害果率がそれぞれ、0.4%と0.7%以下と極めて低かったことから、土着ヒメハナカメムシ類を活用したアザミウマ類の密度抑制は十分実用的であるといえる。

以上のことから、露地栽培シシトウでは、目合い4mmのネットで圃場を全面被覆しても、アザミウマ類とヒメハナカメムシ類は無被覆と同様に発生する。そして、目合い4mmネットで全面被覆した露地栽培シシトウにおいて、土着ヒメハナカメムシ類はアザミウマ類の密度抑制に有効に働くことが明らかになった。

## 第 5 章

### 総 合 考 察

近年，環境保全型農業や安全・安心な農産物の高品質安定生産への関心の高まりを受けて，IPM の導入が各種作物で検討されている（森ら，2008）．防除する必要のある害虫は一般的に複数種が発生するため，IPM では複数の防除法を合理的に統合することが求められる（中筋，1997）．しかし，露地栽培野菜でこれまでに提案されてきた IPM 体系の多くは，1 種類の重要害虫を対象とする土着天敵の利用と，それを補完するための選択性殺虫剤の利用の組み合わせである．化学農薬への過度の依存から脱却するための IPM であるが，依然として選択性殺虫剤への依存度は高いといわざるをえない．そこで，化学農薬以外の複数の防除手段を組み合わせる複数の害虫を総合的に管理する体系の構築を目指した．本研究では，露地栽培野菜において，世界的に，そして多くの野菜品目で共通の重要害虫である鱗翅目害虫，アブラムシ類およびアザミウマ類に対して，それぞれ異なる手法，すなわち，防虫ネット（物理的手法），飛ばないナミテントウ（生物的手法；放飼増強法）およびヒメハナカメムシ類（生物的手法；土着天敵の利用）による防除対策を検討した．

第 2 章では，露地栽培シシトウにおいて，防虫ネット全面被覆に



よる鱗翅目害虫の防除について検討した。目合い 4mm のネットで露地圃場を全面被覆すると、オオタバコガ成虫の侵入を防止する効果が高く、幼虫による被害を軽減できることが明らかになった。第 3 章では、露地栽培シシトウにおいて、飛ばないナミテントウ放飼によるアブラムシ類の防除について検討した。5 月に飛ばないナミテントウ成虫を放飼すると、ワタアブラムシとモモアカアブラムシに対する防除効果が高いことが明らかになった。第 4 章では、露地栽培シシトウにおいて、土着天敵ヒメハナカメムシ類によるアザミウマ類の防除について検討した。ヒメハナカメムシ類は 7 月上旬に多くなり、アザミウマ類の密度抑制効果および被害抑制効果が高かった。このように、個々の技術はシシトウの各々の害虫に対して高い防除効果が認められた。これらの技術は、IPM 体系構築のための有力な防除手段になると考えられる。そこで、本章では、これらを組み合わせた露地栽培野菜の IPM 体系の可能性について考察する。

IPM では、複数の防除法を統合するうえで、各々の防除手段が互いの働きを阻害しないことが重要である(中筋, 1997)。そこで、本研究で取り組んだ 3 つの防除手法のうちの 2 手法の組み合わせである、防虫ネット全面被覆と飛ばないナミテントウ、防虫ネット全

面被覆と土着ヒメハナカメムシ類，および飛ばないナミテントウと土着ヒメハナカメムシ類について，互いの働きを阻害しないかをそれぞれ考えたい．まず，防虫ネット全面被覆と飛ばないナミテントウの組み合わせについては，第3章で試験を実施した．飛ばないナミテントウ成虫を目合い4mmのネットで全面被覆されたシシトウ圃場に放飼したところ，アブラムシ類に対する十分な防除効果が得られた．このことから，防虫ネット全面被覆と飛ばないナミテントウの組み合わせは特に問題はないと考えられる．次に，防虫ネット全面被覆と土着ヒメハナカメムシ類の組み合わせについては，第4章において検討した．露地栽培のシシトウでは、目合い4mmのネットを全面被覆してもヒメハナカメムシ類は無被覆と同様に発生し，アザミウマ類の発生を抑制する効果が高かった．したがって，防虫ネット全面被覆は，ヒメハナカメムシ類を利用したアザミウマ類の防除を阻害しない．最後に，飛ばないナミテントウと土着ヒメハナカメムシ類の組み合わせについて考えたい．土着天敵を活用するためには，その天敵に対する化学農薬の影響をできるだけ小さくしなければならない（根本，2003；大野，2009）．生育期の殺虫剤散布はもちろん，アブラムシ防除のために定植時に処理するネオニ

コチノイド系殺虫剤などの粒剤も、その後に発生する天敵に影響を及ぼすことがある（根本，2003；大野，2009）。土着ヒメハナカメムシ類を保護利用するうえで、定植時や生育期に殺虫剤を使用せず、アブラムシの発生に応じて飛ばないナミテントウを放飼する防除法は、望ましい方法であるといえる。また、飛ばないナミテントウを放飼するうえでも、ヒメハナカメムシ類を含む土着天敵類の発生は避ける必要がない。むしろ、土着天敵類には、飛ばないナミテントウによるアブラムシ密度抑制効果を補完する役割が期待される。したがって、飛ばないナミテントウと土着ヒメハナカメムシ類は互いに望ましい組み合わせといえる。以上のことから、いずれの2手法の組み合わせも、互いの働きを阻害することはないと考えられる。そこで、次のステップとして、3つの防除手法を組み合わせた総合実証が必要である。しかし、本研究では、それぞれの害虫が最も多く発生する時期、すなわち、防虫ネットの鱗翅目害虫（オオタバコガ）に対する防除効果は8～11月、飛ばないナミテントウのアブラムシ類に対する防除効果は5～6月、土着ヒメハナカメムシ類のアザミウマ類に対する密度抑制効果は6～8月に調査した。このため、各防除手法とも、春から秋までの作付期間を通しての調査はし

ていない。今後、これらの防除手法を組み合わせた IPM 体系において、作付期間を通しての各害虫に対する防除効果を明らかにしたい。

本研究では、供試作物にシシトウを用いた。この IPM 体系が他の野菜品目で利用できるか、以下に考察する。目合い 4mm のネットで露地圃場を全面被覆すると大型鱗翅目害虫に対して防除効果が得られることは、既にキク(国本ら 2006)やキャベツ(井口ら 2011a)で認められている。本研究において果菜類のシシトウでもオオタバコガに対する防除効果が明らかとなったことにより、防虫ネット全面被覆法は多くの種類の野菜や花き栽培に利用できる汎用性のある技術であると考えられる。次に、飛ばないナミテントウ成虫放飼が野菜のアブラムシ類に対して有効であることは、露地栽培のナス(Seko et al., 2008)、施設栽培のキュウリ(世古, 2009)や非結球アブラナ科葉菜類(Adachi-Hagimori et al., 2011)において報告されている。そして、本研究では、防虫ネットで全面被覆されたシシトウにおいて高い防除効果が認められた。これらのことから、飛ばないナミテントウ成虫放飼は防虫ネット全面被覆条件下でも様々な野菜栽培に利用できることが推察される。土着ヒメハナカメムシ類

の利用によるアザミウマ類の発生抑制は、露地栽培ナスにおいて、永井（1991）、大野ら（1995）、Takemoto and Ohno（1996）によって有効性が確認されている。本研究では、目合い 4mm のネットで全面被覆された露地栽培シシトウにおいても土着ヒメハナカメムシ類は有効であることが明らかとなった。これらのことから、土着天敵ヒメハナカメムシ類の利用は、防虫ネット全面被覆条件下でもナスやシシトウなど果菜類のアザミウマ類の対策として利用できると考えられる。以上のことから、シシトウだけでなく、多種多様な露地栽培野菜においても、防虫ネット全面被覆、飛ばないナミテントウと土着ヒメハナカメムシ類はそれぞれ有効であり、これらを組み合わせた IPM 体系も有効であろう。

本研究における IPM 体系の大きな特徴の 1 つは、目合い 4mm のネットを利用することにより、大型鱗翅目害虫の侵入は阻止するが、アザミウマ類の土着天敵であるヒメハナカメムシ類の侵入は阻害しないことである。三浦ら（2001）はアブラナ科葉菜類において、目合い 1mm の防虫ネットをべたがけして主要害虫を防除し、ネットのみで防除できないコナガに対して天敵タマゴバチの放飼を併用する体系を考案した。防虫ネットにより比較的大型の害虫の侵入を阻

止して、目合いより小さな天敵を通過させる仕組みは、本研究の体系と類似している。今後、オオタバコガやヒメハナカメムシ類以外の害虫や天敵などについても、目合い 4mm ネットの全面被覆がこれらの発生に及ぼす影響を明らかにできれば、他の作物に応用する際に大いに参考になるであろう。

本研究のシトウ栽培ではオオタバコガ、アブラムシ類、アザミウマ類以外の害虫はほとんど発生しなかったが、栽培する作物によっては他種の害虫が発生することもある。たとえば、ハダニ類は多くの野菜類で重要な害虫となっている（小林，1982；井上ら，1983a；江原・真梶，1996）。一方，殺虫剤の影響が小さければ，土着のカブリダニ類やヒメハナカメムシ類などがハダニ類の密度抑制によく働くことがわかっている（大谷ら，1991；河本・河合，1988；森ら，2008；浜村，1989）。IPM 体系の導入によって殺虫剤の使用量が少なくなると，このような土着天敵の効果も期待できるようになるであろう。しかし，その反面，殺虫剤の使用量が少なくなると，これまで殺虫剤で同時防除されていた害虫が顕在化することが懸念される（伊藤ら，2005）。本研究でも，化学殺虫剤をほとんど使用しなかった 2010 年の試験において，防虫ネットで被覆していない

シシトウでホオズキカメムシ *Acanthocoris sordidus* (Thunberg) の発生が観察された。ホオズキカメムシは、慣行防除圃場ではほとんど発生することがない潜在害虫である。ただし、好運なことに、目合い 4mm ネットで全面被覆したシシトウではホオズキカメムシはまったく発生しなかった(井口, 未発表)。これらのように、殺虫剤使用量を削減することによって発生が増える害虫, 減る害虫, 新たに発生する害虫を明らかにし, 必要に応じて補完的な対策を検討しなければならない。また, 現状では, 病害防除に対する IPM の取り組みは虫害分野に比べて著しく少ない(對馬, 2005)。将来的には, 病害防除や, さらには雑草防除も含めた総合的有害生物管理としての IPM 体系の確立を目指すべきである。

IPM は、「安全な食糧供給と、国土や自然環境を保全する機能を併せ持つ環境保全型農業」の役割を果たすであろうと期待されている(中筋, 2008b)。本論文では, これまで実践が困難であるとされてきた露地栽培野菜での IPM について 1 つの体系を提示した。しかし, 地域が変われば気象条件, 周辺環境, 栽培体系, 病虫害や土着天敵類の発生状況などが異なる(宮井, 2005; 田中, 2009)。このため, IPM は地域実情を踏まえた最適な防除手段を選択し, そ

の地域に応じた体系を構築する必要がある（大岡，2009；根本，2010）。今後は，各地域の生産現場で本 IPM 体系の総合的な実証試験を実施し，改良を加え，実用化を図ることが望まれる。



## 摘 要

農作物の害虫防除対策として、化学農薬は極めて重要な役割を担っている。しかし、害虫の殺虫剤に対する抵抗性の問題、食の安全・安心確保に対する消費者の要望や環境への負荷の軽減の面から、殺虫剤のみに依存しない害虫防除対策の確立が急務となっている。このため、総合的害虫管理（IPM）の概念を基本とした防除方法を構築する必要性が高まっている。日本での野菜生産における IPM は、施設栽培ではイチゴ、トマト、ピーマンなど多くの品目で実用化されている。しかし、露地栽培の IPM 体系は、ナスなど一部の品目で提案されているのみである。しかも、露地栽培では、土着天敵と選択性殺虫剤以外の防除技術を組み合わせた IPM 体系についての報告はほとんどない。そこで、供試作物にシシトウを用いて、多くの野菜に共通の重要害虫である鱗翅目害虫、アブラムシ類とアザミウマ類に対する防除技術を検討し、それらを組み合わせて複数の害虫を総合的に管理する IPM 体系の構築を図った。

## 1. 鱗翅目害虫の防除対策

オオタバコガは多くの殺虫剤に対して感受性が低いことなどから、殺虫剤による防除が困難となっている。そこで、防虫ネットを利用した物理的防除法を検討した。まず、室内で、目合いが異なるネットで作製した3種類のケージにオオタバコガ成虫を入れ、脱出する個体数を調べた。目合い4mmのネットで作製したケージからは雌雄とも脱出しなかった。このことから、オオタバコガ成虫は目合い4mmのネットを通過できないと考えられた。次に、目合い4mmのネットで露地圃場の全体を被覆し、オオタバコガの防除効果を調べた。ネットで被覆した内部では、性フェロモントラップに雄成虫が誘殺されず、成虫の侵入を防止する効果が高いことが示唆された。また、ネット被覆内では、オオタバコガ幼虫によるシシトウの被害が大きく抑制された。以上のことから、露地栽培シシトウにおいて、目合い4mmのネットで圃場を全面被覆すると、オオタバコガに対する優れた防除効果が得られることが明らかになった。この防虫ネット全面被覆法は、オオタバコガ以外にモンシロチョウ、ウワバ類、ヨトウガ、ハスモンヨトウ、ウラナミシジミなど、多くの大型鱗翅目害虫の発生を同時に抑制できると期待できる。

## 2. アブラムシ類の防除対策

ワタアブラムシとモモアカアブラムシは露地栽培野菜では5～6月に多発する。アブラムシには多くの土着天敵類が存在することがよく知られているが、この時期は天敵類がまだ十分に働かないので、防除の必要が生じる。IPM体系を構築するためには、土着天敵に影響を及ぼさない防除方法、すなわち、化学殺虫剤に依存しない防除方法が求められる。そこで、アブラムシ類に対して、人為的な選抜によって作出された新しい生物的防除資材“飛ばないナミテントウ”を利用した生物的防除法(放飼増強法)を検討した。目合い4mmネットで全面被覆された露地栽培シシトウにおいて、5月に飛ばないナミテントウ成虫を放飼したところ、5～6月のワタアブラムシとモモアカアブラムシの発生を極めて低密度に抑えることができた。

## 3. アザミウマ類の防除対策

ミナミキイロアザミウマ、ミカンキイロアザミウマやヒラズハナアザミウマなどのアザミウマ類は、薬剤感受性の低下により防除が

困難となっている。一方、ヒメハナカメムシ類は、アザミウマ類の有力な天敵としてよく知られており、露地栽培ナスにおいて土着ヒメハナカメムシ類の発生状況や害虫の密度抑制効果が報告されている。そこで、露地栽培シシトウのアザミウマ類に対して、土着のヒメハナカメムシ類を活用した生物的防除法（土着天敵の利用）を検討した。ヒメハナカメムシ類は7月上旬に多くなり、アザミウマ類の発生密度が低くなった。そして、シシトウ圃場を目合い4mmのネットで全面被覆してもヒメハナカメムシ類の発生推移や種構成は無被覆区と同様であり、アザミウマ類によるシシトウの被害果率も差がなかった。次に、殺虫剤散布による天敵除去法により、ヒメハナカメムシ類のアザミウマ類に対する天敵としての有用性を評価することを試みた。その結果、目合い4mmのネットで全面被覆した露地栽培シシトウにおいて、ヒメハナカメムシ類はアザミウマ類の被害を抑制する効果が高く、土着のヒメハナカメムシ類を活用したアザミウマ類の防除は実用的であると考えられた。

以上のことから、露地栽培シシトウにおいて、オオタバコガに対して防虫ネット全面被覆（物理的防除法）が、アブラムシ類に対し

て飛ばないナミテントウ成虫放飼(生物的防除法；放飼増強法)が、アザミウマ類に対して土着ヒメハナカメムシ類の活用(生物的防除法；土着天敵の利用)が、それぞれ有効であることが明らかになった。そして、これらの防除手段を組み合わせても、各々の防除手段が互いの働きを阻害することはないと考えられた。また、シシトウだけでなく、多種多様な露地栽培野菜においても、防虫ネット全面被覆、飛ばないナミテントウと土着ヒメハナカメムシ類はそれぞれ有効であると考えられた。したがって、これらを組み合わせた防除体系は、露地栽培野菜のIPM体系として有望である。

## 謝 辞

本論文は筆者が広島大学大学院生物圏科学研究科(博士課程後期)環境循環系制御学専攻に在籍中の研究成果をまとめたものである。同研究科客員教授 三浦一芸博士には主指導教員として本研究の実施の機会を与えて戴き、その遂行にあたって終始ご指導を戴いた。ここに深謝の意を表す。同研究科教授 実岡寛文博士、同研究科客員教授 山内 稔博士には本稿に関しご助言を戴いた。本研究の第 2 章の試験では奈良県農業総合センター総括研究員 國本佳範博士に有益なご助言を戴き、第 3 章の試験では独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター主任研究員 世古智一博士に有益なご助言を戴き、第 4 章の試験では岡山県農林水産総合センター農業研究所副所長 永井一哉博士に貴重な文献資料を提供して戴くとともに有益なご助言を戴いた。ここに深謝の意を表す。

和歌山県農林水産総合技術センター農業試験場元場長の平田 滋氏、前場長の和佐憲道氏、現場長の神藤 宏氏には本研究の実施と

本論文のとりまとめの機会を与えていただき，農業試験場の元環境部長 吉本 均氏，前環境部長 森下年起氏，現環境部長 島津 康氏には研究を遂行するうえで数々のご配慮を賜った．特に吉本 均氏からは，露地圃場を防虫ネットで覆うというアイデアなど，貴重な着想を与えていただいた．社団法人和歌山県植物防疫協会 福嶋 総子氏には本研究への絶大なるご支援と数々のご協力をいただいた．これらの方々に，心よりお礼を申し上げます．

本研究の一部は農林水産省委託事業（新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業）「多種多様な栽培形態で有効な飛ばないナミテントウ利用技術の開発（平成 20 年～ 22 年）」によった．

## 引用文献

- 足立年一 (1997) 野菜・花き害虫：コナガ . 植物防疫 51 : 440-444 .
- Adachi-Hagimori, T., M. Shibao, H. Tanaka, T. Seko and K. Miura (2011)  
Control of *Myzus persicae* and *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) by adults and larvae of a flightless strain of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on non-headed *Brassica* cultivars in greenhouses. *BioControl* 56: 207-213.
- Bonney Samuel・大野和朗・境 大輔・加藤幸太郎(2005) 土着天敵  
活用による露地ナスでの総合的害虫管理 選択性殺虫剤は天敵  
に影響を及ぼすのか . 応動昆大会講要 49 : 180.
- 千葉武勝 (1977) ヤガ類の発生生態 . 植物防疫 31 : 210-215.
- 千脇健司・佐野敏広・近藤章・田中福三郎 (1994) 粘着トラップに  
誘殺されたアザミウマ類の簡易同定法 . 植物防疫 48 : 521-523 .
- Dixon, A.F.G. (2000) *Insect predator-prey dynamics: ladybird beetles and biological control*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 257pp.
- 江原昭三・真梶徳純 (1996) 植物ダニ学 . 全農教 , 東京 . 419pp.



江村 薫・田澤信二(編)(2004)話題の新技术 黄色灯による農業害虫防除．農業電化協会，東京．135pp.

FAO(1966) Report of the FAO/UNEP panel of experts on integrated pest control 1965, Rome. Part1, 91pp.; Part2, 186pp; Part3, 129pp.

FAO(2010)世界食料農業白書 2009年報告．国際農林業協働協会，東京．256pp．

福井俊男(1997)4ミリ目ネット被覆によるハスモンヨトウの防除．  
今月の農業 41(4)：75-78.

Funderburk,J., J.Stavisky and S.Olson (2000) Predation of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in Field Peppers by *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Environ. Entomol.*29: 376-382.

古家 忠(2002)トマトの明日を考える 育種，栽培，病虫害対策，  
流通 熊本県におけるトマト害虫の体系防除技術．今月の農業  
46(2)：51-55.

合田素行(1996)日本における環境保全型農業の現状とその可能性．  
農業経済研究 68(2)：88-96.

後藤英世(2006)防虫ネットおよび黄色灯によるピーマンのタバコ

ガの防除効果．今月の農業 50(12)：56-61．

行徳 裕 (2005) 天敵農薬利用の現状と問題点．日本農薬学会誌 30  
(2)：165-170.

行徳 裕・柏尾具俊・横山 威 (2004) 施設メロンにおけるワタヘ  
リクロノメイガおよびオオタバコガに対する防虫ネットの被害  
防止効果．九病虫研会報 50：66-71.

浜 弘司・安藤幸夫・細田昭男・鈴木 健・高木 豊 (1995) ワタ  
アブラムシの薬剤抵抗性に関する研究 第4報 各クローン系統  
の各種薬剤に対する感受性．応動昆 39：117-125.

浜村徹三 (1989) ハダニ類の天敵．植物防疫 43：372-374.

浜村徹三 (1997) 野菜・花き害虫：ハダニ類 .植物防疫 51：547-549 .

浜村徹三 (1998) オオタバコガの最近の発生動向と被害 アンケー  
ト調査の結果から．植物防疫 52：407-413.

浜村徹三 (1999) 難防除害虫対策 オオタバコガ 近年のオオタバ  
コガの発生様相．今月の農業 43(12)：74-81 .

浜村徹三 (2000) 全国的に見たオオタバコガの最近の発生状況．植  
物防疫 54：278-286.

浜村徹三 (2008) 野菜害虫の発生生態と防除．植物防疫講座 - 害虫

- ・有害動物編（第3版第5刷）. 日植防，東京，pp.237-263 .
- 羽室弘治・柴尾 学（2000）各種薬剤によるヒラズハナアザミウマ成虫及びミカンキイロアザミウマ成虫の殺虫効果．関西病虫研報 42：43-44 .
- 早田栄一郎（1998）オオタバコガ幼虫に対する有効薬剤の検定．九病虫研会報 44：64-66 .
- 広瀬義躬（2003）天敵利用の展開 天敵放飼の環境影響と関連して．植物防疫 57：491-494 .
- 細田昭男・浜 弘司・鈴木 健・安藤幸夫（1993）ワタアブラムシの薬剤抵抗性に関する研究第3報 ナスとキュウリに寄生する個体群の寄主選好性と有機リン剤感受性．応動昆 37：83-90.
- 井口雅裕・福嶋総子（2009）色彩粘着トラップによるヒメハナカメムシ類のモニタリング．応動昆大会講要 53:151.
- 井口雅裕・森下正彦・藪野純子・福嶋総子・岩橋良典・矢野貞彦（2003）和歌山県におけるシロイチモジヨトウの薬剤感受性．関西病虫研報 45：51-52 .
- 井口雅裕・福嶋総子・吉本 均・三浦一芸（2011a）露地栽培における防虫ネット全面被覆が病害虫の発生とキャベツの生育に及

ぼす影響．関西病虫研報 53：25-29.

井口雅裕・福嶋総子・三浦一芸（2011b）シシトウ育苗期における  
飛ばないナミテントウ成虫放飼と幼虫放飼によるモモアカアブ  
ラムシ密度抑制効果の比較．関西病虫研報 53：31-36.

今村 洋(1997)環境保全型農業の現状と今後の方向 .農業と経済 63  
(12)：17-23.

井村岳男・國本佳範・松村美小夜（2002）奈良県におけるオオタバ  
コガ *Helicoverpa armigera*(Huebner)の発生消長と経過世代数．  
奈良農技セ研報 33：20-25．

井上博仁（2008）和歌山県におけるマイナー作物対策について．農  
薬時代 188：23-27.

井上雅央・森 由美子・藤島千栄美（1983a）野菜におけるナミハ  
ダニの研究( )．奈良農試研報 14：82-86．

井上 孝・堀内崇裕・山下 泉（1983b）露地シシトウでのシルバ  
ーポリフィルムマルチによるアブラムシ類とスリップス類の防  
除効果．応動昆大会講要 27:110.

井上栄明・上和田秀美・柿元一樹・櫛下町鉦敏（1998）卵寄生蜂  
*Trichogramma* sp. によるオオタバコガの防除(1)スジコナマダ

ラメイガ卵による卵寄生蜂 *Trichogramma* sp. の大量飼育 . 九  
病虫研会報 44 : 56-59 .

石倉 聡・福島啓吾・那波邦彦 (2000) 防蛾用黄色蛍光灯による終  
夜照明が秋ギクの開花に及ぼす影響 . 近畿中国農研 100 : 50-54.

伊藤清光・古川勝弘 (2009) 殺虫剤無散布ジャガイモ圃場でのアブ  
ラムシ類および捕食性天敵類の発生とイモの収量 . 応動昆 53  
: 45-51.

伊藤清光・古川勝弘・大久保利通 (2005) 殺虫剤削減による土着天  
敵の働きを活かした北海道でのジャガイモのアブラムシ類防  
除 . 応動昆 49 : 11-22.

上遠野富士夫・河名利幸 (1996) 害虫防除新素材の特性と利用技術  
施設野菜害虫の物理的防除法 被覆資材 . 植物防疫 50 :  
468-471 .

鹿児島県農業開発総合センター (2010) 鹿児島県有機農業情報 4 .  
鹿児島県農業開発総合センター , 南さつま市 .

柿元一樹・井上栄明・吉田龍実 (2002) クワ園におけるヒメハナカ  
メムシ類の個体群密度と種構成の季節的変動 . 応動昆 46 :  
209-215.

- 上和田秀美 (1999) 難防除害虫対策 オオタバコガ 各種飼料で飼育したオオタバコガ幼虫の発育. 今月の農業 43(12): 87-89.
- 金崎秀司・森貞雅博・山崎康男 (1997) 愛媛県におけるオオタバコガの発生と防除対策. 四国植防 32: 39-45.
- 柏尾具俊 (1995) 施設栽培イチゴにおける主要害虫の総合防除 1. 無加温促成栽培下における天敵と選択的薬剤を組み合わせた防除試験. 九病虫研会報 41: 96-101.
- 片山晴喜 (1997) 野菜・花き害虫: ミカンキイロアザミウマ. 植物防疫 51: 235-238.
- 勝山直樹・田口義広 (2000) 天敵利用による夏秋トマト害虫の防除効果の検討. 関西病虫研報 42: 63-64.
- Kawai,A. (1995) Control of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) by *Orius* spp. ( Hemiptera: Anthocoridae) on greenhouse eggplant. *Appl. Entomol. Zool.* 30: 1-7.
- 河合 章 (2001) 野菜における虫害防除のポイント. 今月の農業 45 (1): 42-45.
- 河合 章 (2003) 主要害虫と防除. 五訂施設園芸ハンドブック. 日本施設園芸協会, 東京, pp.426-432.

河合 章・河本賢二 (1994) 露地栽培ナスの吸収性微小害虫に対する捕食性天敵ヒメハナカメムシ類 (*Orius* spp.) の密度抑制効果 . 野菜茶試研報 A9 : 85-101.

河本賢二・河合 章 (1988) 露地栽培ナスの数種害虫に及ぼす捕食性天敵 *Orius* sp. の影響 . 九病虫研究会報 34 : 141-143.

桐谷圭治 (2004) 「ただの虫」を無視しない農業 . 築地書館 , 東京 . 192pp .

北上 達・大久保憲秀 (2004) ナミテントウ及びナナホシテントウによるイチゴのワタアブラムシ防除 第1報 幼虫放飼による防除効果 . 三重科技農研部報 30 : 19-24 .

小林義明 (1982) 野菜ハダニ類の発生と防除上の問題点 . 植物防疫 36 : 435-439.

小寺孝治 (2003) マルチ・べたがけ資材と利用 . 五訂施設園芸ハンドブック . 日本施設園芸協会 , 東京 , pp.75-84 .

Kogan, M. (1998) Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 243-270.

小島孝夫 (1996) オオタバコガの発生消長と発育期間 . 福井農試研報 33 : 25-33.

古味一洋 (2003) 高知県におけるミナミキイロアザミウマの薬剤感受性の状況 . 高知農技セ研報 12 : 21-25 .

河野 哲・八瀬順也 (1996) 害虫防除新素材の特性と利用技術 物理的防除の特性と利用技術 昆虫の色覚の利用 . 植物防疫 50 : 472-475 .

向坂信一・田中 寛 (1999) 黄色蛍光灯によるヤガ(夜蛾)の防除 . 農業電化 52(6) : 2-6 .

国本佳範 (2006) 露地圃場での簡易な害虫侵入防止ネット設置方法の開発 . 奈良農技セ研報 37 : 1-7 .

国本佳範 (2009) 飛翔できないナミテントウを利用したキクでのアブラムシ類防除 . 関西病虫研報 51 : 93-94.

国本佳範 (2010) 飛翔できないナミテントウを利用したキクでのアブラムシ類防除と幼虫のキク上での分散 . 関西病虫研報 52 : 115-117 .

国本佳範・印田清秀・宮原和典 (2006) 露地キク圃場での簡易なネット被覆によるタバコガ類防除の実用化 . 近畿中国四国農研 9:16-20 .

国本佳範・小山裕三・平富勇介・印田清秀 (2007) 露地栽培キク圃



場での簡易なネット被覆によるタバコガ類防除．植物防疫  
61:327-330.

国本佳範・小山裕三・印田清秀・平浩一郎・平富勇介（2008）超簡  
易露地圃場ネット被覆法の開発．奈良農総セ研報 39：1-4．

國友義博・佐幸歌菜・天野絵美（2006）山梨県のナスほ場における  
タバコガ類の発生実態．関東病虫研報 53：119-122．

Kuroda,T. and K.Miura (2003) Comparison of the effectiveness of two  
methods for releasing *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera:  
Coccinellidae) against *Aphis gossypii* Glover (Homoptera:  
Aphididae) on cucumbers in a greenhouse. *Appl. Entomol. Zool.*  
38: 271–274.

黒木修一（2011）宮崎県における ICM の推進．植物防疫 65：  
404-408．

黒木修一・中村正和・川崎安夫（1996）施設栽培ピーマンにおける  
主要害虫の総合防除に関する研究 1.ヤマトクサカゲロウを用  
いたアブラムシ類防除．九病虫研会報 42：99-102．

牧野 晋・新屋敷生男・西岡稔彦（1992）野菜，花き類におけるア  
ブラムシの薬剤感受性 2.ピーマン産地とナス産地のモモアカ

アブラムシ . 九病虫研会報 38 : 113-117.

Maredia,K.M., D.Dakouo and D.Mota-Sanchez (2003) *Integrated pest management in the global arena*. CABI publ.,UK. 512pp.

松丸恒夫 (2008) 千葉県のエコ農業と減農薬技術 . 植物防疫 62 : 247-249.

三浦 正・西村 繁 (1980) テントウムシの発育と捕食活動 . 島根大農研報 14 : 144-148 .

三浦一芸・田中 寛・柴尾 学・太田 泉 (2001) 被覆資材とタマゴバチ *Trichogramma* の併用によるコナガの防除 . 応動昆 45 : 151-155 .

宮井俊一 (2005) IPM 技術開発と普及の課題 巻頭言 . 植物防疫 59 : 451-452 .

宮田 正 (2008) 害虫駆除から総合的害虫管理へ . 関西病虫研報 50 : 7-10 .

望月文昭(1992)フェロモントラップの形状と適用害虫 .植物防疫 46 : 17-23 .

森 克彦・高木一夫・柑本俊樹・後藤哲雄・小林政信 (2008) ダイズにおけるハダニおよび天敵類の発生消長と殺虫剤散布の影

響．応動昆 52：215-223．

森下正彦（1997）野菜・花き害虫：ミナミキイロアザミウマ．植物  
防疫 51：232-234．

森下正彦（1998）和歌山県御坊市におけるコナガの薬剤感受性の変  
動．応動昆 42：209-213．

森下正彦・東 勝千代（1990）合成ピレスロイド剤に対するモモア  
カアブラムシの感受性低下．応動昆 34：163-165.

村井 保・積木久明（1996）モモアカアブラムシとワタアブラムシ  
の個体群増殖．岡大資生研報 4：59-65.

那波邦彦・向坂信一（1995）黄色蛍光灯によるスイートコーンのア  
ワノメイガの被害軽減．応動昆中国支会報 37：19-24．

奈良井祐隆（1997）農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感受性検定マ  
ニュアル 野菜・花き害虫 オオタバコガ．植物防疫 51：  
488-491．

永井一哉（1990）露地栽培ナスにおけるハナカメムシ *Orius* sp. に  
よるミナミキイロアザミウマの密度抑制効果．応動昆 34：  
109-114.

永井一哉（1991）露地栽培ナスでのミナミキイロアザミウマの総合

防除の体系．応動昆 35：283-289．

永井一哉（1993）ミナミキイロアザミウマ個体群の総合的管理に関する研究．岡山農試臨報 82：1-55.

永井一哉（1998）土着天敵 畑の天敵 アザミウマ類の天敵 ナミヒメハナカメムシ．農業総覧 病害虫防除・資材編 11．農文協，東京，pp.土着 31-38.

永井一哉・平松高明・逸見 尚（1988）ハナカメムシ *Orius* sp.（Hemiptera: Anthocoridae）によるミナミキイロアザミウマ *Thrips palmi* Karny（Thysanoptera: Thripidae）の密度抑制について．応動昆 32：300-304.

長町知美・辻野 護・柴尾 学・田中 寛（2005）花たたき法によるナスのアザミウマ類の捕獲効率．関西病虫研報 47：149-150．

長坂幸吉・熊倉裕史・田中和夫・中川 泉・尾島一史（2003）野菜栽培での防虫ネットの効果．植物防疫 57：169-173.

内藤 篤・服部伊楚子・五十嵐良造（1971）わが国におけるハスモンヨトウの分布と発生 - とくに最近における発生の増大について - ．植物防疫 25：475-479.

中石一英・朝比奈泰史・弘田憲史（2002）黄色蛍光灯による露地シ

ヨウガのアワノメイガとハスモンヨトウの防除．四国植防 37  
: 59-66.

中嶋康博 (2011) 食の信頼回復の経済学．フードシステム研究 17  
: 299-304.

中島三夫・野中隆史・佐藤俊次 (1976) 露地栽培のピーマンにおける  
アブラムシ類の発生様相．九病虫研究会報 22 : 144 -146.

中野昭雄・田中昭人・後藤昭文 (2006) 露地栽培コマツナにおける  
防虫ネットのトンネル被覆による各種害虫の侵入阻止効果．四  
国植防 41 : 33-39 .

中筋房夫 (1997) 総合的害虫管理学．養賢堂，東京．273pp.

中筋房夫 (2008a) 総合的害虫管理学の確立に向けて．岡山大学農  
学部学術報告 97 : 83-86 .

中筋房夫 (2008b) 環境保全型農業における総合的病害虫・雑草管  
理(IPM)の役割．日本作物学会紀事 77 : 216-217.

Nakata,T. (1995) Population fluctuations of aphids and their natural  
enemies on potato in Hokkaido, Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 30:  
129-138.

根本 久 (2003) 天敵利用で農薬半減．農文協，東京．198pp .

- 根本 久 (2010) 化学農薬を使わない病害虫の抑止．農林水産技術  
研究ジャーナル 33(4) : 26-30.
- 日本応用動物昆虫学会 (2006) 農林有害動物・昆虫名鑑 増補改訂  
版．日本応用動物昆虫学会，東京．387pp．
- 日本植物防疫協会 (2008) 病害虫と雑草による農作物の損失．日植  
防，東京．40pp．
- 日本植物防疫協会 (2011) 農薬概説 2011．日植防，東京．317pp．
- 西 貞夫 (1994) 施設園芸の発展過程と将来．三訂施設園芸ハンド  
ブック．日本施設園芸協会，東京，pp.6-19．
- 西本周代・柿元一樹・井上栄明・柏尾具俊 (2006) 鹿児島県内の花  
きほ場で発生する主要アザミウマ類 3 種に対する各種薬剤の殺  
虫効果．九病虫研会報 52 : 49-53．
- 野口 浩 (1999) 性フェロモン利用による害虫防除の現状と課題．  
植物防疫 53 : 398-402．
- 野村昌史 (2003) 農生態系進出によるイラクサギンウワバの害虫化．  
植物防疫 57 : 174-177.
- 野里和雄 (1988) ワタアブラムシの暖地における発消長．高知大  
学学術研究報告 37 : 農学 121-129.

- Oerke, E.-C. and H.-W. Dehne (2004) Safeguarding production - losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection* 23: 275-285.
- 小川欽也・ピーター ウィツガル (2005) フェロモン利用の害虫防除 - 基礎から失敗しない使い方まで - . 農文協, 東京 . 144pp .
- 大野 徹 (2000) 天敵生物: ヒメハナカメムシ類 . 植物防疫 54 : 290-294 .
- 大野和朗 (2003) 露地野菜害虫に対する天敵の利用と今後の課題 . 植物防疫 57 : 510-514 .
- 大野和朗 (2009) 土着天敵を利用した総合的害虫管理 . 生物間相互作用と害虫管理 . 京都大学学術出版会 , 京都 , pp.163-184.
- 大野和朗 (2010) 生物多様性向上による露地ナスでの害虫管理 . 農林水産技術研究ジャーナル 33(9) : 17-21 .
- Ohno, K. and H. Takemoto (1997) Species composition and seasonal occurrence of *Orius* spp. (Heteroptera: Anthocoridae), predacious natural enemies of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae), in eggplant fields and surrounding habitats. *Appl. Entomol. Zool.* 32:27-35.

- 大野和朗・嶽本弘之・河野一法・林 恵子（1995）露地栽培のナス  
におけるミナミキイロアザミウマの総合防除体系の有効性．福  
岡農総試研報 14：104-109．
- 大岡高行（2009）総合的病害虫・雑草管理（IPM）への取組．植物  
防疫 63：409-412.
- 大谷 徹・高藤晃雄・井上雅央（1991）合成ピレスロイド剤散布下  
の露地栽培ナスにおけるカンザワハダニと天敵 2 種の発生消  
長．応動昆 35：153-159.
- 岡林俊宏（2002）施設栽培における総合防除の現状と課題 高知県  
安芸地区のナス・ピーマン類における害虫総合管理の現状．今  
月の農業 46(12)：24-28.
- 岡田利承（2003a）ナス科野菜 オオタバコガ．日本農業害虫大事  
典．全農教，東京，pp.265-266．
- 岡田利承（2003b）ナス科野菜 ハスモンヨトウ．日本農業害虫大  
事典．全農教，東京，p.267．
- 岡田利承（2003c）ナス科野菜 ヨトウガ．日本農業害虫大事典．  
全農教，東京，p.266．
- 岡田利承（2003d）アブラナ科野菜 タマナギンウワバ．日本農業



害虫大事典．全農教，東京，p.198．

岡田齊夫（2008）作物の害虫，害虫とは何か．植物防疫講座 - 害虫  
・有害動物編（第3版第5刷）．日植防，東京，pp.3-11.

奥 俊夫・小林 尚（1966）ハナカメムシの1種が大豆のアブラム  
シ類の密度消長におよぼす影響 多食性捕食虫とその食餌動物  
の相互関係の一例．応動昆 10：89-94.

小野本徳人・根来淳一・柴尾 学・田中 寛（1996）人工飼料浸漬  
法によるオオタバコガの薬剤殺虫効果．関西病虫研報 38：  
23-24.

刑部正博・上杉龍士(2009)ハダニの薬剤抵抗性 .日本農薬学会誌 34  
：207-214 ．

Reitz,S.R., E.L.Yearby, J.E.Funderburk, J.Stavisky, M.T.Momol and  
S.M.Olson (2003) Integrated management tactics for *Frankliniella*  
thrips ( Thysanoptera:Thripidae) in field-grown pepper.  
*J.Econ.Entomol.*96: 1201-1214.

西東 力（1995）ワタアブラムシの薬剤抵抗性に関する研究．静岡  
農試特別報告 21：1-69.

西東 力（1997）野菜・花き害虫：アブラムシ類．植物防疫 51：

484-487 .

西東 力・池田二三高・小澤朗人 (1996) 静岡県におけるマメハモ

グリバエの寄生者相と殺虫剤の影響 . 応動昆 40 : 127-133 .

世古智一 (2009) 施設キュウリ栽培における遺伝的に飛ばないナミ

テントウのアブラムシ防除効果 . 応動昆中国支会報 51 : 1-6.

Seko,T. and K.Miura (2009) Effects of artificial selection for reduced

flight ability on survival rate and fecundity of *Harmonia axyridis*

(Pallas) (Coleoptera:Coccinellidae). *Appl. Entomol. Zool.* 44:

587-602.

Seko,T., K.Yamashita and K.Miura (2008) Resident period of the

flightless strain of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas

(Coleoptera: Coccinellidae) in open fields. *Biol. Control* 47:

194-198.

柴尾 学 (2011) 野菜栽培で問題となるアザミウマの見分け方 . 植

物防疫 65 : 504-509 .

柴尾 学・池宮甚一・坂本 敦・松本譲一 (1997) 黄色蛍光灯によ

るナスのオオタバコガの防除 . 関西病虫研報 39 : 11-12 .

柴尾 学・藤川純子・竹村 忍・田中 寛 (2002) ハウス開口部の

ネット被覆によるナデシコのハスモンヨトウの防除．関西病虫  
研報 44：7-11.

柴尾 学・江原昭三・細見彰洋・田中 寛（2006）ブドウにおける  
チャノキイロアザミウマとコウズケカブリダニの個体群密度に  
及ぼす薬剤散布の影響．応動昆 50：247-252.

柴尾 学・岡田清嗣・田中 寛（2007）スピノサド剤とクロルフェ  
ナピル剤に対して感受性の低いミナミキイロアザミウマの発  
生．関西病虫研報 49：85-86．

志賀正和（1970）アブラムシ類の個体群動態．植物防疫 24：87-94.

志賀正和（2008）害虫管理．植物防疫講座 - 害虫・有害動物編（第  
3版第5刷）．日植防，東京，pp.125-155．

清水喜一（1999）オオタバコガの生態と防除．農薬春秋 79：10-18.

下元満喜（2011）高知県における IPM の推進．植物防疫 65：400-403.

下八川裕司（2002）土着天敵を利用した露地オクラの害虫防除．高  
知農技セ研報 11：27-35.

食品科学広報センター（2004）食育 “食べる力”を育むために．  
食品科学広報センターニュース 28：1-4.

宗林正人（2002）植物防疫基礎講座 アブラムシ類の見分け方(1)

農作物のアブラムシの見分け方総説．植物防疫 56：170-174．

染谷 淳・清水喜一（1997）千葉県におけるオオタバコガの発生生態と薬剤感受性．関東病虫研報 44：241-248.

SPSS Japan Inc. (2004) *SPSS 13.0J for Windows*. SPSS Japan Inc., Tokyo.

杉山恵太郎（2002）施設栽培における総合防除の現状と課題 施設トマトにおける総合的害虫管理と今後の課題．今月の農業 46 (12)：18-23.

田口義広（2006）天敵製剤利用上の問題点と将来展望．植物防疫 60：532-538.

高田 肇（1992）ワタアブラムシの生物学 - 研究の現況と展望(1)．植物防疫 46：127-132.

高橋 滋（2002）植物防疫基礎講座 アブラムシ類の見分け方(3) 野菜のアブラムシ類．植物防疫 56：310-315．

高井幹夫（1991）シロイチモジヨトウの薬剤抵抗性．植物防疫 45：239-241．

高井幹夫（1998）在来天敵を利用した露地ナス害虫の防除 ．主要害虫と天敵類の発消長．高知農技セ研報 7：21-27.

高尾保之（2004）植物生育への影響 1 - 夜間照明・葉菜類 - . 話題の新技术 黄色灯による農業害虫防除 . 農業電化協会 , 東京 , pp.47-63 .

嶽本弘之（2002）施設イチゴにおける害虫総合管理の現状と課題 . 今月の農業 46(12) : 30-33.

Takemoto,H. and K.Ohno (1996) Integrated pest management of *Thrips palmi* in eggplant fields, with conservation of natural enemies: Effects of surroundings and thrips communities on the colonization of *Orius* spp. In *Proceedings of the International Workshop on Pest Management Strategies in Asian Monsoon Agroecosystems*. Kyushu National Agricultural Experimental Station, Kumamoto, pp.235-244.

田中尚智（1999）耕種的防除法・資材 寒冷紗など . 農業総覧 病虫害防除・資材編 10 . 農文協 , 東京 , pp.987-992.

田中幸一（2009）生物多様性と害虫管理 . 生物間相互作用と害虫管理 . 京都大学学術出版会 , 京都 , pp.225-243.

田中 寛・福田 渉・木村 裕（1989）アブラナ科軟弱野菜における被覆資材のべたがけによるコナガの防除 . 応動昆中国支会報 31 : 1-4.

- 谷口達雄(1987)野菜アブラムシ類防除の現状と問題点 .植物防疫 41  
: 165-169.
- 田付貞洋(1996)害虫防除新素材の特性と利用技術 フェロモンの  
特性と利用技術 . 植物防疫 50 : 464-467.
- 手柴真弓・堤 隆文(2006)フジコナカイガラムシの土着天敵フジ  
コナカイガラクロバチに対する数種薬剤の影響 . 福岡農総試研  
報 25 : 59-63.
- 手塚俊行(2003)新天敵農薬 ナミテントウ剤の使い方 .植物防疫 57  
: 376-379 .
- 戸田世嗣・柏尾具俊(1997)ヤマトクサカゲロウ幼虫に対する農薬  
の影響 . 九病虫研究会報 43 : 101-105.
- 豊嶋悟郎(2007)露地葉菜類における総合的害虫管理 .農および園 82  
: 795-800 .
- 豊嶋悟郎・小林荘一・吉濱 健(2001)交信攪乱剤ダイアモルアに  
よるレタスのオオタバコガ防除 . 応動昆 45 : 183-188 .
- 土屋 亨(2001)新規天敵農薬タイリクヒメハナカメムシ剤の開発 .  
植物防疫 55 : 418-421 .
- 對馬誠也(2005)病害防除における I P Mの展望と課題 - アブラ

- ナ科野菜根こぶ病防除を事例として - . 関東病虫研報 52 : 1-8 .
- 内田一秀 (2002) 黄色高圧ナトリウムランプによるスイートコーンのオオタバコガ防除 . 農業電化 55(4) : 18-22 .
- 内田一秀・後藤千枝・務川重之・光永貴之・鈴木芳人 (2009) オオタバコガ幼虫の頭幅に基づく齡期の推定 . 応動昆 53 : 157-164 .
- 梅川 學・宮井俊一・矢野栄二・高橋賢司(編) (2005) IPM マニュアル - 環境負荷低減のための病害虫総合管理技術 - . 中央農研 , つくば . 236pp .
- Van Den Berg, H., D. Ankasah, A. Muhammad, R. Rusli, H. A. Widayanto, H. B. Wirasto and I. Yully (1997) Evaluating the role of predation in population fluctuations of the soybean aphid *Aphis glycines* in farmers' fields in Indonesia. *Journal of Applied Ecology* 34: 971-984.
- 若村定男 (1993) 性フェロモン防除法の適用条件 . 植物防疫 47 : 499-502.
- 和歌山県農林水産部 (2002) 野菜栽培指針 . 和歌山県農林水産部 , 和歌山 . 99pp.
- Wells, M. L., R. M. McPherson, J. R. Ruberson and G. A. Herzog (2001)

Coccinellids in cotton: population response to pesticide application and feeding response to cotton aphids (Homoptera: Aphididae).  
*Environ. Entomol.* 30: 785-793.

藪 哲男 (1998) 黄色光の夜間点灯によるオオタバコガの防除と効果発現機構. 農業電化 51(10): 22-25.

山中正仁 (2004) 植物生育への影響 2 - 花き類 -. 話題の新技术 黄色灯による農業害虫防除. 農業電化協会, 東京, pp.65-75.

山下 泉 (2005) タイリクヒメハナカメムシに対する殺虫剤の影響評価. 高知農技セ研報 14: 13-18.

山下 泉 (2006a) トウガラシ類 アザミウマ類. 農業総覧 原色病虫害診断防除編 2-1 野菜・果菜. 農文協, 東京, 追録 36: 31-40.

山下 泉 (2006b) トウガラシ類 タバコガ類. 農業総覧 原色病虫害診断防除編 2-1 野菜・果菜. 農文協, 東京, 追録 36: 63-68.

山下 泉 (2006c) トウガラシ類 ハスモンヨトウ. 農業総覧 原色病虫害診断防除編 2-1 野菜・果菜. 農文協, 東京, 追録 36: 69-72.

山下 泉 (2006d) トウガラシ類 アブラムシ類. 農業総覧 原色



病虫害診断防除編 2-1 野菜・果菜．農文協，東京，追録 36：  
51-56.

山下 泉・下八川裕司（2005）施設ピーマンの IPM．植物防疫 59  
：457-461.

矢野栄二（2003）天敵 - 生態と利用技術 - ．養賢堂，東京．296pp.

八瀬順也（2004）黄色灯による害虫管理 - 花き，野菜類のガ類を  
中心として - ．話題の新技术 黄色灯による農業害虫防除．農  
業電化協会，東京，pp.33-46.

安田弘法・城所 隆・田中幸一（2009）序論 - 新たな害虫管理に向  
けて．生物間相互作用と害虫管理．京都大学学術出版会，京都，  
pp.1-16.

Yasunaga,T. ( 1997a) The flower bug genus *Orius* Wolff  
(Heteroptera:Anthocoridae) from Japan and Taiwan, Part I. *Appl.*  
*Entomol.Zool.* 32: 355-364.

Yasunaga,T. ( 1997b) The flower bug genus *Orius* Wolff  
(Heteroptera:Anthocoridae) from Japan and Taiwan, Part II. *Appl.*  
*Entomol.Zool.* 32: 379-386.

Yasunaga,T. ( 1997c) The flower bug genus *Orius* Wolff

(Heteroptera:Anthocoridae) from Japan and Taiwan, Part III. *Appl.*

*Entomol.Zool.* 32: 387-394.

安永智秀 (1998) 土着天敵 畑の天敵 アザミウマ類の天敵 タイ

リクヒメハナカメムシ . 農業総覧 病害虫防除・資材編 11 .

農文協 , 東京 , pp.土着 45-48.

吉松慎一 (1995) 1994 年に西日本で多発生したオオタバコガとそ

の加害作物 . 植物防疫 49 : 495-499.

行本峰子 (1992) 環境保全型農業における農薬の役割 . 植物防疫 46

: 455-457 .