

沖縄島に侵入したナスミバエ

誌名	沖縄県農業研究センター研究報告 = Bulletin of the Okinawa Prefectural Agricultural Research Center
ISSN	18829481
著者名	小濱, 継雄
発行元	沖縄県農業研究センター
巻/号	8号
掲載ページ	p. 1-18
発行年月	2014年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



沖縄島に侵入したナスミバエ：発生経緯と防除対策および今後の課題

小濱継雄

沖縄県農業研究センター病虫管理技術開発班

〒 901-0336 沖縄県糸満市真壁 820

Invasion and Colonization of *Bactrocera latifrons* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) in Okinawa Island and Problems for its Control

Tsuguo Kohama

はじめに

日本の南に位置する沖縄県は、その地理的条件から南方系の侵入害虫が多い (Morimoto & Kiritani, 1995 ; Kiritani, 1998 ; 小濱・嵩原, 2002). 侵入害虫の中には、経済的に重要な害虫が含まれる。かつて、沖縄県を含む南西諸島には果実・果菜類の大害虫ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis* Hendel とウリミバエ *B. cucurbitae* Coquillett (ハエ目: ミバエ科) (図 1) が生息していた。2 種とも南方から沖縄県に侵入し、南西諸島のほぼ全域に分布を拡大した。これら 2 種ミバエは日本の植物防疫法で輸入禁止対象病害虫 (一般に特殊病害虫と呼んでいる) に指定されているため、その寄主となるマンゴー *Mangifera indica* L. などの果実やゴーヤー (ニガウリ) *Momordica charantia* L など果菜類を、発生地である沖縄から未発生地である本土に自由に移動することができなかった。これらミバエの存在は、沖縄県の農業振興上、重大な障害となっていた。この問題の根本的な解決法は、これらミバエを根絶することであった。ミカンコミバエは雄除去法により 1986 年に、ウリミバエは不妊虫放飼法により 1993 年に、それぞれ根絶された (小山, 1984; 伊藤・垣花, 1998 ; 沖縄県農林水産部, 1994 を参照)。現在、沖縄産ゴーヤーやマンゴーが全国で売られるようになったのは、これら 2 種ミバエを根絶できたことによる。

ナスミバエ (旧称マレーシアミバエ) *Bactrocera latifrons* (Hendel) は、日本における第 3 の侵入有害ミバエである (図 2)。本種は、もともと東南アジア、中国南部、台湾、インドおよびスリランカ等に分布する (White & Elson-Harris, 1992)、主にナス科果実を加害する検疫対象害虫である。

本種は 1983 年にハワイのオアフ島に (Vargas & Nishida, 1985b), 2006 年にはアフリカのタンザニアに (De Meyer, 2007 ; Mwatawala et al., 2007) 侵入した。ハワイ諸島ではその後主要な島に分布を拡大しており (Liquido et al., 1994; Harris et al, 2001, 2003), またアフリカではタンザニアに隣接するケニアに広がっている (Mziray et al., 2010b)。日本国内では 1984 年に沖縄県与那国島で発見された (金田ら, 1985; 照屋, 1994)。これは世界的にみれば米国ハワイに次ぐ侵入事例であった。さらに 2010 年には沖縄島でも発見された (沖縄県病害虫防除技術センター, 2010)。与那国島においては、後述のように根絶に成功しており、現在国内における本種の発生地は沖縄島のみである。

本種は今後、ミカンコミバエやウリミバエがそうであったように、沖縄県全域に分布を拡大し、さらに南西諸島を北上する可能性がある。それを食い止めるためには、沖縄島における本種のまん延防止策が重要な課題である。ナスミバエは特殊害虫ではないので、現在国内では本種の寄主となる作物の移動規制はない。かといって国際的な植物検疫との関わりでいえば「普通の害虫」とはいえない。ナスミバエの問題は植物防疫の観点から国際的にデリケートな問題である。

本稿では、まず沖縄県における本種の発見と防除の経緯にふれ、防除対策に不可欠な生物学についての情報を整理し、害虫としての特徴を述べる。そして、本種の防除対策、このハエと今後どう向き合っていくのがよいのか、を検討し、今後の課題について述べる。

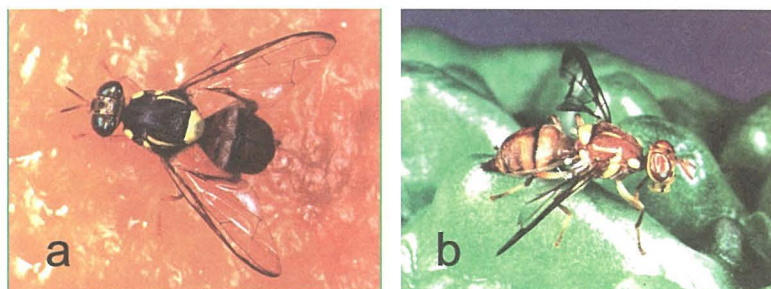


図 1 ミカンコミバエ (a) とウリミバエ (b)

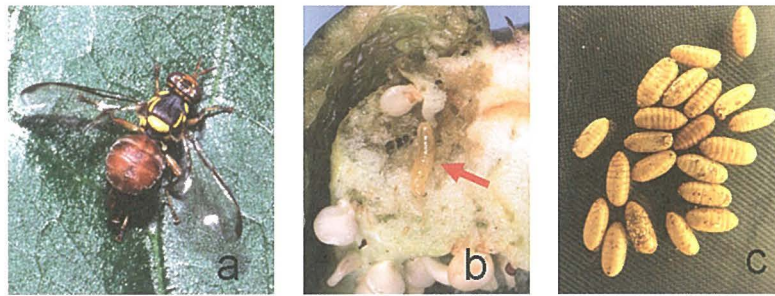


図2 ナスミバエ a 成虫, b ピーマンを加害する幼虫 (矢印), c 囲蛹

1. 沖縄県における発生経緯

与那国島における本種の発生の経緯あるいは防除について、金田ら(1985), Kuba et al. (2006), Shimizu et al. (2007), Matsuyama et al. (2008), 小濱・松山 (2010) および松山 (2012) が報告している。しかし、与那国島における2003年以前の発生状況については、公表された資料が極めて少ない。また、沖縄県における発生状況については、沖縄県病害虫防除技術センター (2010, 2011, 2013) のみである。両島における発生経緯は本種の生物学的特性を理解する上で重要な情報と考えられるので、論文など公表された資料と会議資料、筆者の経験をもとに、与那国島と沖縄県における発生と防除の経緯について述べる (付表1を参照)。

1-1 与那国島における発生

与那国島は、面積約2,900ha、石垣島の西約120km、また台湾の東約110kmに位置する日本最西端の島である。同島でナスミバエが発見されたのは1984(昭和59)年であった。当時、与那国島を含む沖縄県八重山諸島ではミカンコミバエ根絶防除が実施されていた。本種はミカンコミバエの防除効果確認のための果実調査において2地域(桃原, 潮原)でテリミノイヌホオズキ *Solanum americanum* Mill. などの果実から検出された(金田ら, 1985)。翌1985(昭和60)年4月にも沖縄県の実施した果実調査で見ついている(照屋, 1984)。さらに1985(昭和60)年7月から11月に実施された国によるミカンコミバエ駆除確認調査においても本種はテリミノイヌホオズキやトマト *S. lycopersicum* L. の果実から多数(124頭)見ついている(那覇植物防疫事務所, 1986)。与那国島は地理的に台湾に近いので、台湾から飛来してきた可能性がある一方で、寄生果実の持ち込みの可能性もあり、侵入原因は特定されていない(金田ら, 1985)。1984年と1985年に連続して確認されたが、1986(昭和61)年以降13年間、本種は検出されなかった(Shimizu et al., 2007)。

沖縄県ではミカンコミバエやウリミバエの根絶後、これらミバエの再侵入を監視するため、県全域にモニタリングトラップを配置し、定期的にトラップ調査を実施するとともに、県全域において年2~3回果実調査を実施している(Ohno et al., 2009を参照)。ナスミバエは、その定期的果実調査において1999(平成11)年10月、14年ぶりに与那国島で検出された(Shimizu et al. 2007) (図3)。発見地は「桃原」で、採取したトマピー(シシトウガラシ) *Capsicum annum* L. から1♂が羽化した。検出直後に国と県による「マレーシアミバエ発見に伴う対策会議」が開催され、対策が協議された。同年12月の調査では「島仲」で採取したナス *S. melongena* L. から3頭が羽化した。桃原は1984年にナスミバエが検出された地域であり、また島仲は1984年に検出された潮原に地理的に近接していた。

ナスミバエの再発見に伴い2000(平成12)年1月から5月にかけて果実調査が4回行われ、合計17,216個の果実を調査したが、本種は検出されなかった。そこで、1999年12月の果実調査で確認されたものを最終発見日とし、3世代相当期間、新たに本種が検出されなかったことから、与那国島におけるナスミバエの発生は終息したと判断された。

1-2 潜伏するミバエ

ところが、その4か月後の2000年9月の定期果実調査において、本種は再々度、与那国島で見つかった。祖納(図3)で採取したナスからナスミバエが23頭羽化したのである。そこで国と県の関係機関による「対策会議」が再び開催された。沖縄県では本種の発生状況を把握するため、定期的に果実調査を実施し、寄生が確認された地点周辺の防除—寄主植物の抜き取り、寄主の株もとへの殺虫剤処理、および周辺原野へのプロテイン剤散布を行った(プロテイン剤はミバエ類雌雄成虫を誘引する蛋白加水分解物に殺虫剤を混ぜた毒餌剤:誘引剤の項で詳しく述べる)。また地元住民に対しては、協力依頼のチラシを配り、シマトウガラシ(キダチトウガラシ) *Capsicum frutescens* L. などナス科生果実の島外への移動自粛を呼びかけた(Kuba et al., 2006を参照)。2000年までは、本種の分布域は集落地(3集落)周辺にほぼ限られていたが、2003(平成15)年までに島のほぼ全域に分布を拡大し(図3)、2004年には与那国島に定着した、と判断された(Kuba et al., 2006; Shimizu et al., 2007)。

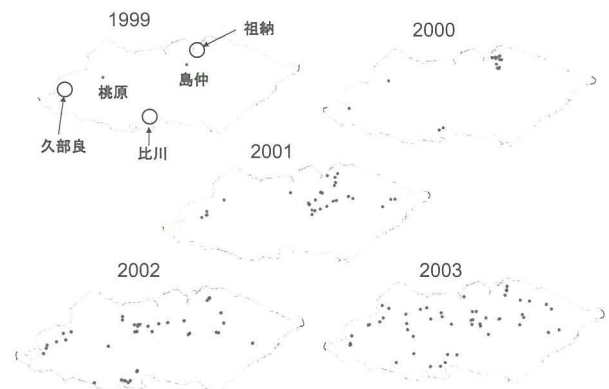


図3 1999年~2003年の与那国島におけるナスミバエの分布拡大のようす(Shimizu et al., 2007を改変)

図中の数字は年を、●は寄生果の確認地点、○は集落地を示す(3集落ある)。

1-3 根絶防除

与那国島におけるナスミバエの発生に伴い、沖縄県病害

虫防除所は発生予察特殊報を発表した（沖縄県病害虫防除所, 2004）。農林水産省は、本土などへのまん延を防止するため、2004（平成16）年11月に農林水産大臣による「まん延防止対策及び防除指示」を沖縄県と鹿児島県に対し発出した。同年12月には韓国政府が九州および南西諸島から韓国へのトマト生果実の輸入を禁止した（2006年には禁止措置が緩和され与那国島のみが対象地域になった）（福ヶ迫・岡本, 2012）。

このようなことから、当時、沖縄県の害虫関係者は本種が県全域にまん延した場合、国内においても寄主となる作物の移動が規制されるおそれがあり、そうなった場合、沖縄農業への経済的打撃は大きいと予測した。そこで沖縄県は、他地域へのまん延防止のため、ウリミバエ根絶に実績のある不妊虫放飼法を使って本種を根絶する計画を立てた。不妊虫放飼に必要な技術開発は沖縄県農業研究センターで進められ、計画どおり約3年間で大量増殖法、不妊化、輸送法など不妊虫放飼に必要な技術を開発した（小濱・松山, 2010；松山, 2012）。

1-3-1 野生虫の密度抑圧

不妊虫放飼に先立って、2004（平成16）年～2006（平成18）年に野生虫の密度抑圧防除が実施された。本種の発生が多い地域、約400haを対象に、耕作地周辺の藪や原野に動力噴霧機を用いて、さらに寄生果が確認された地点に対してはピンポイントで手動噴霧機を用いてプロテイン剤を散布した。薬剤散布ができない集落等では、テリミノイヌホオズキなど主に野生寄主の除去を行った（小濱・松山, 2010；松山, 2012）。

防除開始後、2005（平成17）年8月までは連続してナスミバエに寄生された果実が認められたが、9月から翌年の8月までの1年間、寄生果は全く検出されなかった。果実調査では検出されなかったが、この間に、黄色粘着トラップ（図4）では成虫が2回、それぞれ1頭ずつ捕獲された。このことは、低密度下では果実調査による野生虫の検出には相当の量の果実を採集する必要があることを示している。また、黄色粘着トラップは、捕獲効率が非常に低いものの、果実調査を補完する調査法として有効であることが示された（松山, 2012）。



図4 与那国島で使用した黄色粘着トラップ（矢印）

1-3-2 不妊虫放飼

野生虫の密度が予定どおり低下したと考えられた、2007（平成19）年9月から不妊虫放飼を開始した。ナスミバエの増殖は、沖縄県糸満市にある沖縄県農業研究センター内の増殖施設で行った（図5および図6）。生産した蛹にガンマ線をあて、不妊化し、与那国島へ空輸した。島のほぼ全域40か所に放飼用カゴ（図7）を配置し、カゴにナスミバエの蛹を1地点あたり約1万頭入れ、羽化した成虫が自由に分散する方法で不妊虫を放した。放飼は毎週1回、放飼量は1回当たり40～50万頭であった（小濱・松山, 2010；松山, 2012）。



図5 ナスミバエ増殖施設と生産スタッフ



図6 ナスミバエの成虫ケージ

ケージの中に、人工採卵器がセットされている。

放飼開始2か月後の2007年11月からナスミバエの寄生果が確認されなくなった。しかし、2009（平成21）年1月、14か月ぶりに本種の寄生果が確認され、そして同じ場所で続いて3月にも寄生果が確認された。この場所は14か月前に寄生果が最後に確認された場所に近接していたこと（直線距離にして約100m）、発生地点周辺は放飼カゴの密度が低く、不妊虫による防除圧が弱かったと考えられることから、この地域に野生虫が細々と残っていたと判断された。そこで、発生地に対し不妊虫の追加放飼を行ったところ、2009年4月以降、新たな寄生果実とは認められなかった（松山, 2012）。

沖縄県による効果確認調査の結果をうけ、国による駆除確認調査が行われた。その結果、2011（平成23）年8月に与那国島のナスミバエの根絶が公表され（福ヶ迫・岡本, 2012）、与那国島を対象とした本種のまん延防止という当初の目的は達成された。これは不妊虫放飼法によるナスミバエの世界で初めての根絶事例となった。



図7 不妊虫放飼のカゴ

カゴの中にナスミバエの蛹を1万頭入れる。羽化した成虫は自由にカゴから飛び立っていく。

1-4 沖縄島における発生

与那国島のナスミバエの根絶にめどがついたころ、沖縄島で本種が偶然に発見された（沖縄県病害虫防除技術センター、2010）。

2010（平成22）年11月12日に中城村に設置されているミバエ類モニタリング用トラップでミカンコミバエが1頭誘殺された。そこで11月18日にミカンコミバエの発生確認のため、誘殺されたトラップ周辺で果実調査を行ったところ、採取されたナスから12月13日にナスミバエが確認されたのである（このナスはハウス外に放置された収穫残渣物であった）。同日、発見地点を中心に半径200mの範囲

内で果実調査を実施したところ、ナス科果実から多数のナスミバエ幼虫が確認された。12月15日には発見地から半径2kmの範囲—中城村のほぼ全域で、さらに翌16日には中城村を除く中部8市町村で果実調査が行われた。その結果、本種は中部のほぼ全域で発生していることが判明した。シマトウガラシ（図8）、テリミノイヌホオズキ、ナスから見つかり、特に寄生が多かったのがシマトウガラシであった。その後、沖縄島南部の豊見城市、八重瀬町など、そして北部の東村および金武町でも本種の発生が確認された（沖縄県病害虫防除技術センター2010を参照）。

発見された2010年の6月と9月に、沖縄島を含む沖縄県全域で定期的果実調査が2回実施され、ナス科果実も多数採取されているが、ナスミバエはいずれの島からも検出されていなかった（沖縄県農林水産部特殊病害虫対策本部、2012を参照）。発生が確認された直後に実施された中部地域の農家や住民からの聞き取り調査によると、2010年夏には本種が発生していたらしい、という複数の情報が得られている。筆者が聞き取った、宜野湾市でシマトウガラシを栽培している住民の話では、前年2009年の夏に作った「コース」（トウガラシ類を泡盛に漬けた香辛料）の瓶の底にウジが多数見られたという（図9参照）。このようなことから、2009年、あるいはそれ以前に侵入していた可能性もある。後述のように、ナスミバエの繁殖能力は低いため、広域に広がるにはそれなりの時間がかかると考えられるからである。これらの事実は、通常行われる果実調査において本種を検出することが容易でないことを示している。

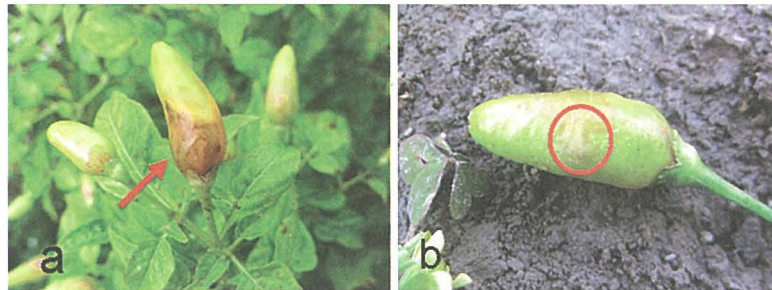


図8 シマトウガラシの被害果実

a 油が滲んだようになる b 幼虫が透けて見える（円の中）

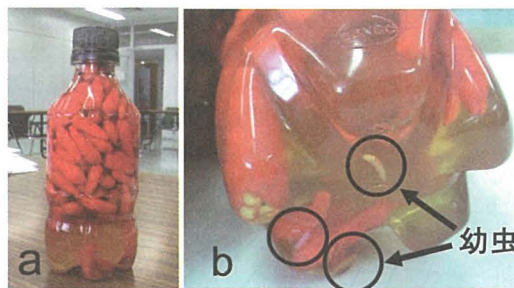


図9 コース（トウガラシを泡盛に漬けた香辛料）（谷口原図）

a 全体 b 底に沈んだ幼虫（うじ）（円で示す）

1-5 防除対策

このような経緯をふまえ、2011（平成23）年1月6日付けで、沖縄県ナスミバエ防除対策本部設置要領が策定され、防除対策のための組織化がなされた。沖縄県では出荷果菜類への加害を防ぐ取り組みとして、以下のような主に物理的防除法で被害回避、被害軽減をはかるよう指導して

いる。①栽培施設の入り口を2重カーテンにする、②露地栽培においては作物を防虫ネットで覆う、あるいは果実に袋がけをする、③収穫残渣はビニール袋に密封・処分する、④施設、圃場周辺の野生寄主を除去する、さらに⑤作物を出荷場に搬送する場合、ネットがけをする。その上で、⑥沖縄県は寄主となる作物の栽培地周辺の藪にプロテイン剤

を散布し防除を行っている。

1-6 ミバエの弱点

2011年と2012年の調査では、2010年に比べ、本種の個体数は激減した。個体数が減少したのは沖縄島に襲来した台風が大きな要因と推定される(表1)。2011年5月28日に台風2号が、また8月5日に台風9号がそれぞれ沖縄島に襲来した。これらの台風後の調査において、採取できた

寄生果実はひじょうに少なかった。2度の台風襲来により、テリミノイヌホオズキやシマトウガラシなど好適寄主植物が壊滅的な打撃を受けた結果である。さらに追い打ちをかけるように2012年にも8月から10月にかけて複数の台風が沖縄島に襲来した。そのたびに好適寄主が大きな打撃を受け、本種の個体数が激減したと推定される。幼虫は果実がなければ生存できない。ミバエ類の弱点である。

表1 2011～2012年に沖縄島に襲来した台風

年	月日	最大風速	瞬間最大風速	
		m/s	m/s	
2011年	5月28日	35.0	55.3	台風2号
	8月5日	27.9	43.1	台風9号
2012年	8月27日	25.2	38.5	台風15号
	9月16日	25.9	41.5	台風16号
	9月29日	41.1	61.2	台風17号
	10月17-18日	22.1	34.9	台風21号

風速是那覇市の観測データ(気象庁; www.data.jma.go.jp)

しかしながら、本種は絶滅したわけではなかった。その後の果実調査の結果では、沖縄島中部で低密度ながら残存していることがわかっている。したがって、寄主植物の回復とともに、徐々に本種の個体数が増えていくと予想された。事実、2013年には中部地域を中心に寄生された果実が広範囲でみつかり(沖縄県病害虫防除技術センター, 2013)、個体数が再び増加しているのは間違いない。

1-7 検出困難なミバエ

沖縄県におけるナスミバエの発生の経緯をみると、本種の特徴のひとつである、検出が極めて困難である、ことがよくあらわれている。これはウリミバエやミカンコミバエでは考えられないことである。おそらく、本種の場合、通常の果実調査で検出可能なレベルまで個体群密度が上昇する期間(潜伏期間)が他のミバエに比べかなり長いであろう。有効なモニタリング手段がない現状では、この虫は難敵といえるのではないだろうか。

与那国島では、1986年以降、13年間、本種は検出されなかった。また1999年の再発見後の果実調査で一度は発生が終息したと判断されている。さらに、根絶防除中に2度、約1年間も寄主植物調査で検出されないこともあった。このようなことから、与那国島で1999年に再発見されたのは、検出場所が1984年の発生場所と近接していたことを考慮すると、再侵入ではなく、長らく低い密度で個体群を維持していた本種が14年ぶりに検出された可能性もある。ひょっとしたら、ナスミバエは与那国島に古くから棲みついていた虫かもしれない。それが、ミカンコミバエ根絶中の集中的な果実調査で検出されたのではないだろうか。

沖縄島では発見された時点において、すでに本種は中部地域を中心に広域で発生しており、しかも密度が高い状況であった。もし、ミカンコミバエの誘殺がなければ、本種はおそらく、その後の数年間、検出されなかったと思われる。というのは、発見された2010年の定期果実調査で本種は見つからないからである。台風が襲来した2011年と2012年には個体数が激減していたと推定されるので、両年とも通常の果実調査において本種は検出されなかったであろう。

大発生したにもかかわらず、本種の沖縄島への侵入原因

は与那国島同様、特定されていない。飛来侵入したことも考えられるが、寄生果実の持ち込みのほうがより可能性が高いと思われる。しかし、本種は顕在化するまでの時間-潜伏期間が長いので、侵入時期を特定するのも容易でない。したがって、侵入原因を調べるのは極めて困難であろう。

2. ナスミバエの生物学

2-1 和名と英名

以前使われていた和名、マレーシアミバエは、当時の英名 Malasian fruit fly からつけられたものである(一戸, 1983)。現在の和名はナスミバエである。英名は Solanaceous fruit fly または Solanum fruit fly (ナス類につくミバエの意) である。なお本種のタイプ標本の採集地(タイプロカリティ)は台湾である(Hardy, 1973)。

2-2 形態と生態

ナスミバエ成虫の体長は6～7mm、胸部背面は黒色で両側に黄色の縦帯があり、前翅先に丸い黒紋がある(図2a)。翅端に丸い黒斑があること、腹部背面にT字型紋がないことで、本種によく似たミカンコミバエ種群 *Bactrocera dorsalis species complex* (図1a)と識別できる。卵は白色、バナナ状で長さ約0.8mm。幼虫はいわゆる「うじ」(図2b)で、終齢幼虫の体長は約8mm。蛹(困蛹)は淡褐色の樽型で長径5.1mm、短径2.3mm程度である(図2c)。ウリミバエなど他のミバエ類と同様に、雌成虫が果実に卵を産みつけ、幼虫が果実内部を食害し、果実を腐らす。老熟幼虫は果実から脱出し、土中で蛹になる。沖縄県では年7世代経過すると推定されている。

2-3 発育

ナスミバエの発育については、Vargas & Nishida (1985a)、Vargas et al. (1996) および石田ら(2005)の報告がある。発育期間は16～32℃で、卵2.0～9.3日、幼虫7.3～24.0日、蛹8.9～28.3日である(表2)。

表3にミバエ類3種の有効積算温量を示した。これからわかるように、ナスミバエはウリミバエやミカンコミバエに比べ、卵～成虫の発育に要する時間が長い(Vargas et al., 1996)。

表2 ナスミバエの発育期間（日）

温度(°C)	卵	幼虫	蛹	文献
16.0	9.3	24.0	28.3	Vargas et al., 1996
18.0	5.7	14.5	24.8	Vargas et al., 1996
24.0	3.2	9.0	13.0	Vargas et al., 1996
26.5	2.3	9.0	11.3	石田ら、2005
26.6	2.3	8.5	10.2	Vargas & Nishida, 1985
29.0	2.0	7.3	9.2	Vargas et al., 1996
32.0	2.0	7.3	8.9	Vargas et al., 1996

表3 ミバエ類3種の発育段階別の平均有効積算温量（日度）（Vargas et al. 1996）

発育段階	ナスミバエ	ウリミバエ	ミカンコミバエ
卵	41.4	18.5	21.1
幼虫	185.9	124.4	160.8
蛹	193.9	152.5	176.1
合計	421	295	358

石田ら（2005）は、26.5°Cの条件で飼育した結果、幼虫期の生存率が54.8%であったと報告した。表4は温度別にみたミバエ類3種幼虫の生存率である（Vargas et al., 1996）。ナスミバエ幼虫の生存率は、各温度ともウリミバエやミカンコミバエのそれよりも低い。16°Cと32°Cで低く、特に16°Cにおいて幼虫期の生存率は2.6%と極端に低かった。ナ

スミバエは他のミバエに比べ、幼虫期の適応温度の範囲が狭いことを示しており、低温に弱いことがわかる。このことから、沖縄島において、幼虫は冬季（那覇市の1-2月の平均気温は16°C：気象庁のデータより）に生存率がかなり低下すると推定される。

表4 ミバエ類3種幼虫の各温度における平均生存率（%）（Vargas et al., 1996）

温度(°C)	ナスミバエ	ウリミバエ	ミカンコミバエ
16	2.6	84.2	74.6
18	75.8	85.4	80.5
24	66.7	89.6	92.0
29	74.2	94.1	92.0
32	52.4	88.7	94.3

表5 ナスミバエの繁殖形質

温度(°C)	雌寿命(日)	産卵前期間(日)	生涯産卵数/♀	産卵数/♀/日	文献
16.0	58.8	14.0	1.4	0.7	Vargas et al., 1997
18.0	80.3	10.4	173.4	3.8	Vargas et al., 1997
24.0	46.3	6.3	143.3	7.2	Vargas et al., 1997
26.5	61.7	11.7	945.2	10~20	石田ら、2005
26.6	64.1	10.7	256.2	最大30	Vargas & Nishida, 1985
29.0	36.4	5.3	169.3	6.6	Vargas et al., 1997
32.0	15.0	7.2	0.2	0.2	Vargas et al., 1997

2-4 繁殖形質

繁殖形質については、Vargas & Nishida (1985a), Vargas et al. (1997), 石田ら (2005), Wingsanoi & Siri (2012) が報告している（表5）。

Vargas & Nishida (1985a) は、26.6°Cの条件でトウガラシ

に産卵させた結果、平均産卵前期間10.7日（範囲6-17日）、産卵期間は49.5日（範囲6-117日）、雌あたり平均産卵数は256.2個（範囲9-587個）、日当たり最大卵数は30個/雌、産卵ピークは羽化後6-10週間、卵数は7個/週で（表5）、雌は生涯にわたって少数の卵を産み、1つの産卵孔に1

卵（全体の86%）、2卵（12%）、3卵（1%）、4卵（1%）しか産まないと報告している。

石田ら（2005）は、人工産卵器を使って、26.5°Cの条件で調べた結果、平均産卵前期間は11.7日（範囲3-17日）、雌あたり平均産卵数は945.2個、雌当たり日当たりの産卵数は10-20卵であったと報告している。産卵痕の89%に1卵、10%に2卵、1%に3卵が産下され、1産卵痕あたりの平均産卵数は1.1個で、これはテリミノイヌホオズキ（図10）のような小さな果実を数多く結実させる植物に適した産卵様式と考察している。

また、Wingsanoi & Siri (2012) は、25°Cの飼育条件で、産卵前期間9日、産卵期間45日、産卵数は平均41.3個（範



図10 テリミノイヌホオズキ
ナスミバエの好適寄主植物:直径5-8mm程度の小さな果実を多数つける

囲1-300個)、生涯に渡って少しずつ産卵すると報告している。

さらに、Vargas et al. (1997) は、16~32°Cの5段階の温度で本種の産卵数を調べた。これによると、18~29°Cにおける生涯産卵数は143~256個であるが、16°Cと32°Cではほとんど産卵しないこと、そして32°Cでは雌の寿命が極端に短くなることを示した。

表6にミバエ3種の個体群パラメーターを示した(Vargas et al., 1997)。純繁殖率(R_0)は、1頭の雌が次世代に残す成雌の数を示し(ただし、ここでは卵数で示されている)、その値が大きいほど繁殖能力が高い。内的自然増加率(r)は瞬間出生率と瞬間死亡率の差で、 r が大きいほど個体群は単位時間内に急速に増加する。純繁殖率が最も高いのは3種ミバエとも24°Cで、その中でナスミバエの R_0 が最も低く、ミカンコミバエの1/9、ウリミバエの1/4程度しかない。内的自然増加率は3種ミバエとも29°Cで最大になるが、ナスミバエは他のミバエに比べ値が最も低い。平均世代期間(T)は、種間で大差なく、温度が高くなると短くなる。このようにナスミバエは R_0 および r とも値が小さく、他のミバエに比べ繁殖能力が低いことがわかる。同様に、Carey (1989) も人口学的な解析結果から、本種の繁殖能力がハワイに生息する他の有害ミバエ3種に比べ低いことを報告している。

以上のように、ナスミバエの繁殖適温は25-27°Cあたりで温度域が狭く、雌は生涯にわたり少数の卵を産み、産卵1回当たり(産卵孔あたり)の卵数も1~4個と少なく、本種の繁殖能力はウリミバエやミカンコミバエに比べて低いことがわかる。

表6 ミバエ3種の個体群パラメーター (Vargas et al., 1997)

パラメーター	種	温度(°C)				
		16	18	24	29	32
純繁殖率(R_0)	ナスミバエ	0.2	53.3	60.8	48.6	
	ウリミバエ	12.7	133.5	264.5	201.4	0.1
	ミカンコミバエ	1.5	190.3	560.2	211.6	0.2
内的自然増加率(r)	ナスミバエ	-0.018	0.055	0.092	0.119	
	ウリミバエ	0.024	0.077	0.148	0.175	-0.137
	ミカンコミバエ	-0.0003	0.067	0.140	0.161	-0.060
平均世代時間(T)	ナスミバエ	91.2	73.1	43.6	31.7	
	ウリミバエ	106.2	65.0	37.5	30.3	24.3
	ミカンコミバエ	133.2	77.4	45.1	33.4	28.1

2-5 寄主植物

ナスミバエの寄主植物について、Hardy (1973), Vargas & Nishida (1985b), Meksongsee et al. (1991), Vijaysegaran (1991), Liquido et al. (1994), Allwood et al. (1999), Harris et al. (2001, 2003), Kapoor (2004), McQuate et al. (2007), Shimizu et al. (2007), Mziray et al. (2010ab) および松山 (2012) などが報告している。

最近、McQuate & Liquido (2013) はナスミバエの寄主として14科59種をシノニムなどの解説つきで報告した(59種のうち5種は属名のみで種名は特定されていない)。これは野外で寄生が確認された記録をまとめたものである。内訳は、ナス科が34種(55.9%)、続いてウリ科9種(15.3%)、他の科では1科あたり1~2種である(付表2参照)。

本種の寄主についての古い記録にはミバエ種の誤同定が疑われ、特にナス科以外の寄主についての記録の扱いに注

意が必要である(White & Elson-Harris, 1992; Allwood et al., 1999)。たとえば、Vijaysegaran (1991) によるマレーシアの寄主リストにはテネラル成虫(羽化直後で体の着色が薄い成虫)の誤同定によるものが多く記録されており、またHardy (1973) が記録したランバイ *Baccaurea motleyana* Muell.Arg. (コミカンソウ科) も再検討すべきという(Allwood et al. 1999)。

ナスミバエの寄主植物についての詳しい調査は、主として侵入地であるハワイ、タンザニア、沖縄でなされている。原産地についてはAllwood et al. (1999) の広範な調査報告がある。

ハワイにおいて、Vargas & Nishida (1985b) が、オアフ島からトマトなどナス科5種を記録し、野性種ではイヌホオズキ *Solanum nigrum* L. で、栽培植物では家庭菜園のトウガラシ *Capcicum annuum* L. で寄生率が高く、商品で栽培

されるナスとトマトでは低かったと報告している。そして、家庭菜園とパイナップル畑、道路脇が生息地であると述べている。Liquidó et al. (1994) は、トウガン *Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn. など6種の新記録を含む寄主15種(ナス科11種, ウリ科4種)をハワイ島とマウイ島から記録し、野生種としてカラントトマト *Solanum pimpinellifolium* L., オオイヌホオズキ *S. nigrescens* Mart. & Gal. およびスズメナスビ *S. torvum* Sw. などの寄生率が高く、菜園や商業栽培ではトウガラシ、トマト、ナスの被害が大きいと報告している。

タンザニアにおいて、Mziray et al. (2010a) は、本種は小さい果実を長期にわたって多数つける *S. anguvi* Lam. および *S. scabrum* Mill. につき、果実から発生する数は少ないと報告している。Mziray et al. (2010b) は、ナス科16種、ウリ科13種の果実を調査し、ナス科12種、ウリ科3種の計15種を本種の寄主として確認した。寄生率はイヌホオズキ、*S. scabrum* と *S. aethiopicum* L. で高く、最も選好性が高かったのは *S. scabrum* であった。そしてナス科寄主植物のほとんどにおいて、ナスミバエはウリミバエ、チチュウカイミバエ *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) および *Bactrocera invadens* Drew, Tsuruta & White よりも寄生数が多かったと述べている。

与那国島において、Shimizu et al. (2007) はナスやオキナワスズメウリ *Diplocyclos palmatus* (L.) C. Jeffrey など2科5種の寄主を確認し、ナスやトマト、テリミノイヌホオズキで寄生率が高く、トウガラシ(シシトウガラシ、ピーマンを含む)の寄生例はわずかで、シマトウガラシについては、のべ363地点から合計27,776個を採取し調べたが、寄生例はなかったと報告している。松山(2012)は、与那国島において、不妊虫放飼法によるナスミバエの根絶防除の効果確認のため、寄主植物調査を2004年10月から2010年3月までほぼ月に1回行い17科41種を調べた。その結果、寄生が認められたのはトマト、ナス、シシトウガラシ(トウガラシ)、イヌホウオズキおよびテリミノイヌホオズキの5種で、シマトウガラシについては、のべ151地点から合計8,553個を採取し調べたが、寄生は確認されてない。以上のように、与那国島からナス科5種、ウリ科1種の計6種が寄主として記録されているが、注目すべきはシマトウガラシから本種が全く検出されなかったことである。

Allwood et al. (1999) は、東南アジア(一部インドの記録を含む)で、野外におけるミバエ類の寄主植物調査を行い、ナスミバエの寄主として10科25種を記録した。そのうちナス科植物は14種である(文献記録3種を含め、計17種)。その他にフトモモ科、ミカン科等の植物が含まれているが、いずれも寄生例はわずかである(因みに、ミカンコミバエでは39科117種、ウリミバエでは12科36種の寄主が記録されている)。この報告で注目されるのは、ウリ科植物38種が調査されているが、ナスミバエの寄生は確認されていないことである。東南アジアにおいては、ウリ科植物は寄主として利用されていない可能性がある。あるいは、これはウリミバエなどウリ科を好む他のミバエ種との競争の結果かもしれない。

興味深いのは、ウリ科植物で本種の寄生が確認されたのは、侵入地であるハワイ(ウリ科4種)やタンザニア(同3種)、与那国島(同1種)である(Liquidó, 1994; Shimizu et al., 2007; Mziray et al., 2010b)。本種は侵入先で新たにウリ科を寄主として利用しているようである。また、ゴヤーと同属の寄主植物 *M. trifoliolata* Hook がタンザニアに

おいて記録されていることである(Mziray et al., 2010b)。気になるのは、Liquidó et al. (1994) の寄主リストにゴヤーが E.J. Harris の未発表データとして載っていることである。ただし、この未発表の記録以外、ナスミバエの寄主としてゴヤーの記録はない(McQuate & Liquidó, 2013)。

2-6 発生活長

本種の発生活長についての記録は少ない。Shimizu et al. (2007) は、与那国島において果実への寄生は周年認められ、春・夏季に発生が多く、発生ピークは6月で、秋・冬季の発生は少なかったと報告している。Mziray et al. (2010a) によると、タンザニアでは成虫はトラップで周年捕獲されるが、捕獲数が少なく、明瞭な捕獲ピークは認められず、果実の寄生率は果実が多い雨季(3-5月と10-12月)に比較的高かったという。

2-7 生息場所

沖縄では野外における本種の生態についての情報は極めて少なく、野外でどのような生活をしているのかよくわかっていない。

ハワイでは、Vargas & Nishida (1985b) によると家庭菜園のナス科作物あるいはパイナップル畑など耕作地のイヌホオズキなど野生寄主で繁殖するという。Harris et al. (2001) はナス科野菜、特にナスが植栽された家庭菜園が好みの生息場所で、収穫されずに残った過熟のナスが特に良いニッチェで、ナスを加害する他のミバエ類に競争して勝つことができると述べている。McQuate et al. (2007) は、野性種のスズメナスビ *Solanum torvum* Sw. 群落で個体数が多いと報告している。

2-8 移動分散

一般に、ミバエ類の移動能力は高い(Fletcher, 1989)。例えばミカンコミバエ(Iwahashi, 1972)やウリミバエ(Kamiwada & Tanaka, 1991; Kohama & Kuba, 1996)は、海を越え、数十kmから200km以上も飛翔し、島間移動することが知られている。またMuraji et al. (2008)は、ミカンコミバエ種群(*B. philippiensis* Drew & Hancock)がフィリピンから直接、約650km離れた沖縄県の先島諸島に台風などの気流に乗り飛来してくる可能性があることを示唆している。しかし、ナスミバエの飛翔力や移動分散についての研究はPeck & McQuate (2004)と平林ら(2012)の報告のみで、長距離移動についての情報は無い。

Peck & McQuate (2004)は、標識・再捕法で好適寄主であるスズメナスビ群落においてナスミバエの分散距離を調べたところ、6週間に渡って放飼地点から200m以内で見つかったと報告している(1頭は500m先で見つかった)。この結果から、本種は寄主果実がある場合、あまり移動しないことが示唆される。しかし、果実がない場合、かなりの距離を移動するかもしれないとも述べている。

平林ら(2012)は、室内において、フライトミルおよびスピードガンを使ってナスミバエとミカンコミバエの飛翔力を調べた。その結果、ミカンコミバエのほうが合計飛翔時間と飛翔回数が多く、推定飛翔距離も長いことを明らかにした。推定された12時間あたりの飛翔距離はミカンコミバエの約10kmに対しナスミバエは約3kmであった。これらのことから、ナスミバエはミカンコミバエに比べ、飛翔能力が低いと結論づけている。

ミカンコミバエよりもナスミバエの飛翔能力は劣るかも

れないが、ナスミバエが野外においてあまり分散しないということを示しているわけではない。この点について、平林ら (2012) も野外においては風にアシストされた長距離移動もありうると述べている。本種はハワイ諸島では発見から7年後には主要な島に分布を拡大しており (Liquido et al. 1994), またアフリカではタンザニアからケニアに分布を広げており (分布拡大には寄生果実の移動に伴うものもあると思われるが) (Mzirai et al., 2010b), 移動力は大きいかもしれない。

2-9 雄成虫の誘引物質

多くのミバエ類で雄成虫の誘引物質が知られており、これらはモニタリングや密度抑圧防除に用いられている。たとえばミカンコミバエ種群の雄はメチルオイゲノール (methyl eugenol) に、ウリミバエの雄はキュウルア (cuculure) やラズベリーケトン (raspberry ketone) に強く誘引される。また、チチュウカイミバエの誘引剤としてトリメドール (trimedlure) がある (誘引力は弱い) (Harris et al., 2003; Jang et al., 2007b)。しかし誘引物質が知られてないミバエ種は多い (White & Elson-Harris, 1992 を参照)

表7 ナスミバエ雄成虫の主な誘引物質

誘引物質	文献
α -ionol (latilure)	Flath et al. (1994)
α -ionone	Flath et al. (1994)
α -ionol + cade oil	Liquido et al. (2000)
3-oxo- α -ionol	Ishida et al. (2008)
3-oxo- α -ionone	Ishida et al. (2008)
3-oxo-7, 8-dihydro- α -ionone	Enomoto et al. (2010)

ナスミバエ雄の主な誘引物質を表7に示した。

Flath et al. (1994) は、ミバエ類雄の誘引剤に化学的構造が似ている多数の精油や合成芳香化合物について、ナスミバエの誘引性をバイオアッセイし、ionone- と ionol- 類縁物に高い誘引性が認められ、中でも α -イオノール (α -ionol) の誘引性が高いことを報告した。しかし、野外条件では、プロテイン剤トラップで捕獲された雌のほうが、 α -イオノールトラップに誘引される雄よりも多かったという (α -イオノールはラティルア (latilure) として知られる; MacGovern et al., 1989)。

ケイドオイル (cade oil: 杜松油) は、ケイドネズ *Juniperus oxycedrus* L. (ヒノキ科) からとれる精油で、ナスミバエ雄に対する弱い誘引性がある。これを α -イオノールと混合 (併用) すると相乗効果があり、より誘引性が高まる (Liquido et al. 2000; McQuate & Peck, 2001 など)。

Harris et al. (2003) は、ハワイのモロカイ島で、1991-1992年および1995年に α -イオノールを誘引源にしたトラップと果実調査でナスミバエの分布と消長を調べたところ、本種は果実では検出されたが、トラップでは全く捕獲されなかったと報告している。

McQuate & Peck (2001) は、野外にナスミバエの不妊虫を放飼し、 α -イオノールとケイドオイル混合物を誘引源にしたトラップと α -イオノールのみを誘引源にしたトラップを使って捕獲数を比較した結果、 α -イオノール単独よりも混合物が3倍多く捕獲できたと報告した。McQuate et al. (2007) はナスミバエの個体数が多いズメナスビ群落において、 α -イオノールとケイドオイル混合剤トラップを使って調査し、ピーク時でも1頭/トラップ/日程度しか捕獲されなかったと報告している。またKuba et al. (2006) も与那国島でこの混合剤を使って誘引性を試験したが、本種は全く捕獲されず、混合剤はモニタリングに使えないと述べている。

McQuate et al. (2013) は、プロテイン剤を誘引源にしたトラップに比べ、 α -イオノール+ケイドオイルを誘引源にしたトラップの方がより多く捕獲されたと報告しているが、Mziray et al. (2010a) がタンザニアにおいて、成虫の消

長を1年間調べたところ、プロテイン剤トラップでは周年通じて捕獲されたが、 α -イオノール+ケイドオイルトラップでは、果実の被害が多い4-5月にのみ捕獲され、捕獲数は前者が後者よりも4.5倍多かった報告している。

McQuate & Peck (2001) は結局のところ、 α -イオノールとケイドオイル混合によりトラップの捕獲効率は向上するが、その誘引力はメチルオイゲノールやキュウルアと比較すると極めて低く、本種のモニタリングには、プロテイン剤トラップと果実調査も併用すべきと述べている。

最近、 α -ionone類縁体である、3-oxo- α -ionone (Ishida et al., 2008; Nishida et al., 2009) や3-oxo-7, 8-dihydro- α -ionone (Enomoto et al. 2010) がナスミバエ雄に対し強力な誘引活性や摂食刺激をもつことが明らかになっている。特に、3-oxo-7, 8-dihydro- α -iononeは、より誘引活性が強い (Enomoto et al. 2010)。これらの新規誘引物質はナスミバエ雄の誘引剤として、モニタリングに使える可能性があり、実用化に向け野外において捕獲効率の研究が沖縄県農業研究センターと京都大学による共同研究が進められている。

2-10 生物学的特性

ナスミバエは、発育期間が長い、繁殖能力が低い、生育や繁殖に適した温度の範囲が狭く、低温に弱い、個体群が低いレベルで維持される、主要な寄主はナス科で寄主範囲が狭い、といった生物学的な特性をもっている。本種はナス科植物の生育する家庭菜園が好みの場所で、他種ミバエが少ないパイナップル畑や牧場、道路沿いが主な生息場所である。

このような生物学的特性から本種は害虫としての重要性は低いと考えられる。一方で、有効な誘引剤がなく、検出が困難で、防除が容易でないことも本種の特徴である。

3. 害虫としてのリスク評価

3-1 一般的な評価

ナスミバエの害虫としての重要性は、ウリミバエやミカンコミバエ種群に比べると低い。日本の植物防疫法では、

ナスミバエは、輸入禁止対象病害虫（ウリミバエやミカンコミバエ種群など）、特定重要病害虫（ミナミアメリカミバエ *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) など）に次ぐ重要病害虫（セグロウリミバエ *Bactrocera tau* (Walker) など）に位置づけられる。ナスミバエがミカンコミバエ種群やウリミバエと異なるのは、国内においては移動禁止対象になっていないことである。

本種は半島マレーシアでは、ミカンコミバエ種群やウリミバエとともに経済的に重要なミバエ6種に含まれており、トウガラシの被害は多い場合60-80%の損失がある (Vijayasegaran & Osman, 1991)。Kapoor (2004) もインドにおいてトウガラシとナスに被害を与えると報告している。一方、Mziray et al. (2010a) はタンザニアにおいて、本種は個体数が少ないことから、経済的に重要な害虫ではなく、重要性は検疫対象害虫ということに限定されると述べている。

一方で、Liquido et al. (1994) は、本種が1世代20日程度であること、雌の産卵前期間が短く、少数の卵を長期に渡って産むこと、寄主範囲が狭いこと、低い個体群密度を維持すること、他のミバエ類が少ない風が吹きすさぶ乾燥した土地に定着できるという生態的特質から、好適寄主があり、生理的に耐えられる環境であれば他のミバエと共存し、定着できると述べている。そして、本種は今のところ経済的な重要性が小さい害虫であるけれども、ハワイや米本土の農業に及ぼす潜在的脅威を注意深く吟味することを勧めている。

3-2 沖縄では？

現在発生している沖縄島に限って言えば、本種は潜在的に重要な害虫といえる。万が一、寄生果実が本土の市場に出荷された場合、産地として大きな経済的な影響を受けるのは確実であろう。実際、県内で商品として出回っているシマトウガラシ生果から本種は見つかっており、寄生果実が未発生地を持ち込まれないとも限らない。そうなった場合、作物の出荷に寄生がかかるかもしれない。

東南アジアには、ミカンコミバエ種群やウリミバエなど強烈な有害ミバエがナスミバエと同所的に存在する（例えば Allwood et al., 1999）。侵入したハワイやアフリカも同様である (Jang, 2007 ; Mziray et al., 2010b)。これらの国や地域と環境が大きく異なるのは、現在、沖縄県（日本）には、ナスミバエを除いて有害ミバエが存在していないことである。競争者がいない環境では、ニッチをを広げ、寄主範囲を広げる可能性はないだろうか。

今後、本種は沖縄島内において生息域を広げるであろう。そして、沖縄島周辺の島々、宮古・八重山諸島、さらには南西諸島を北上し、奄美諸島あるいはそれ以北に達することも十分考えられる。今後の分布拡大に伴い、この虫の害虫としての扱いが変わるかもしれない。

4. 防除対策

4-1 モニタリング

害虫の発生消長および未発生地における検出、防除効果の判定には信頼できるモニタリング法が不可欠である。ナスミバエには強力な誘引剤がないため、現状では、果実調査が最もよいモニタリング法であるが (Harris et al. 2001, 2003)、低密度時に寄生果を検出することは極めて困難であることが示されている (松山, 2012)。

他に、黄色粘着トラップやプロテイン剤を誘引源にした

トラップの使用も考えられるが、いずれも効率が悪く、労力のわりにはほとんど捕獲されない。ただし、黄色粘着トラップは、低密度時に果実調査を補完することができる (松山, 2012)。

4-2 防除

侵入し、定着した外来害虫の対策は、その種が経済的に重要かどうかで大きく異なる。防除手段の検討にあたっては、経済学的アプローチによって、どの戦略がもっとも実現可能性とコストのバランスがよいか、評価することが有効である (山中, 2011)。

外来害虫に対して、根絶をはかるか、封じ込めるか（分布を拡大させない）、被害軽減を図るか、の判断が大切である (山中, 2011)。ミカンコミバエやウリミバエのように経済的に重要な「特別な害虫」であるなら根絶を目指し、経済的重要性が低い「普通の害虫」であるなら通常の害虫管理で被害軽減を図るべきである。根絶ないしは封じ込めを行うなら、侵入初期が最もコストがかからず、また成功の可能性が高い。まん延し、生息域が拡大すると、それだけ防除にコストがかかり、時間もかかり、成功する可能性が低くなる。

McQuate et al. (2007) は、ミバエ類の密度抑圧防除法として、不妊虫放飼法の可能性を述べ、また雄除去法、プロテイン剤散布、生物学的防除、圃場の衛生管理（サニテーション：収穫残渣処理等）をあげている。そして、強力な誘引剤がないため、雄除去法は期待できず、プロテイン剤散布はある程度有効性が期待できるが、寄生蜂を用いた生物学的防除は寄生率がかなり低いので、ほとんど有効ではない、サニテーションは密度抑圧にある程度の効果があり、また多くの寄主は雑草であるので、それらを壊滅すれば密度抑圧に効果があるかもしれないと述べている。

4-2-1 物理的防除

害虫の侵入防止措置がとられた施設で栽培すること、露地栽培においては作物への網掛けや果実の袋かけは、手間がかかるが、ミバエの産卵防止に有効な方法である。

他に、ミバエの色彩反応を利用した防除法がある。鈴木・宮良 (1983) は、ウリミバエが黄色に誘引されることを確認し、黄色粘着テープが露地栽培キュウリでウリミバエの被害軽減に有効であることを報告した。また、鈴木・宮良 (1983, 1984) は、シルバーマルチフィルムを設置した場合、ウリミバエの飛来防止効果があり、本種によるキュウリの被害果率が無処理の1/3～1/10に低下することも報告している。これらの方法は露地栽培のシマトウガラシや家庭菜園における果菜類に対するナスミバエの被害軽減にも使えそうである。

4-2-2 殺虫剤

雌成虫は圃場外から、産卵のため栽培作物に飛来し、幼虫は果実の中で育ち、蛹は土中にいるため、圃場における殺虫剤によるミバエ類の防除は困難である。また、ナス科の果菜類は収穫期間が長いため、頻繁に殺虫剤を散布しなければならないが、殺虫剤の使用回数には制限があるため、薬剤のみに頼った防除は無理である。

4-2-3 プロテイン剤

ミバエ類の密度抑圧、被害軽減防除には一般にプロテイン剤が使われる (Barry et al., 2006)。蛋白質を加水分解し

てつくられる蛋白加水分解物（アミノ酸混合物）は、ミバエを含むハエ類を誘引するので、トラップ調査に用いられ（一戸・金田，1989），また、これに殺虫剤を加え、毒餌剤（プロテインベイト剤＝プロテイン剤）として、ミバエ類の防除に用いる（Cornelius et al., 2000; Burns et al., 2001; Vargas & Prokopy, 2006）。

プロテイン剤としてプロテイン 20（田盛・伊良波，1986；一戸・金田，1989），Nu-Lure（Cornelius et al., 2000; Vargas & Prokopy, 2006）や GF-120（Barry et al., 2003; Barry et al., 2006; Piñero et al., 2011）などが知られる。

与那国島において、ナスミバエ野生虫の密度抑圧にプロテイン剤（プロテイン 20）が使われ、高い防除効果が認められている（松山，2012）。しかし、この剤の登録は失効しており（本剤の登録失効，また代替剤の登録がないのは、ミバエ防除に痛手である），現在、沖縄県でナスミバエの防除に使われているプロテイン剤は GF-120 である（本剤は一般に市販されていない）。

GF-120 についてはウリミバエやミカンコミバエ，チチュウカイミバエに誘引効果が認められている（Barry et al., 2006; Piñero et al., 2011）。McQuate (2009) は、野外ケージでナスミバエに対する GF-120 の防除試験を行った結果、本剤の効果が高く、野外においてもナスミバエの密度抑圧防除に有効であろうと述べている。

4-2-4 寄主除去とサニテーション

Vargas & Nishida (1985b) は、ハワイでは、パイナップル畑や耕作地のイヌホオズキなど野生寄主が繁殖源になっているので、除草剤で野生寄主を防除することにより、本種の数を減らすことができると述べている。与那国島において、野生寄主の除去を密度抑圧防除の一環として実施し（小濱・松山，2010；松山，2012），それなりの効果があったと思われるが、どのくらい効果があったのかについてはきちんと評価されていない。

収穫残渣物の処理は病害虫管理の基本である。残渣物を放置すると、病害虫の発生源となる。沖縄島中城村で最初に本種が検出されたのが、ハウスの外に放置されたナスであった。残渣物の適切な処理は、密度抑圧にある程度の効果がある（McQuate et al., 2007）ということである。

4-2-5 不妊虫放飼法

不妊虫放飼法とは、放射線をあて不妊にした害虫を野生虫よりも多く野外に放して害虫の数を減らす一虫を放して虫を滅ぼす（伊藤，1980）一防除技術である。不妊虫の効果を高めるため、放飼前に野生虫の密度低減を図る（伊藤・垣花，1998；松山，2012）。この方法は、低い個体数レベルを維持するナスミバエの密度抑圧に向いている（Vargas & Nishida, 1985a; McQuate et al. 2007; Mziray et al., 2010a）。ナスミバエについては不妊虫放飼法による与那国島での根絶実績がある（小濱・松山，2010；松山，2012；福ヶ迫・岡本，2012）。したがって、ナスミバエに対する本法は、最も有効な防除手段である。

しかしながら、沖縄島全域において不妊虫放飼法を適用するには、莫大な費用と多くの労力、時間がかかるのは間違いない。沖縄島（約 1200km²）は与那国島（約 29km²）の約 40 倍の面積がある。与那国島の放飼量は週当たり 40 万～50 万頭で、これを元に単純に計算すると、沖縄島の防除に必要な不妊虫数は、週当たり 1,600 万から 2,000 万頭になる。莫大な数の不妊虫を生産するためには、大量増殖の

ための新たな技術開発および新たな増殖施設が必要となる。

不妊虫の生産量が限られているので、沖縄島全域、あるいは沖縄島中部全域に対して不妊虫を放飼するのは無理である。しかし、限られた不妊虫を有効に使う方法はある。プロテイン剤の散布が難しい、集落地周辺では不妊虫が使えないのではないだろうか。

4-2-6 封じ込め

また、封じ込め的手段として、不妊虫放飼法は検討の余地がある。現在、本種の生息域は沖縄島中部にほぼ限定されている。そこで、中部地域を挟むように、南北にバッファゾーンを設け、不妊虫を放すことで、南北への分布拡大を抑える作戦である。その上で、プロテイン剤散布と寄主植物除去を組み合わせれば、その効果はより高くなると考えられる。沖縄県農業研究センターにあるナスミバエ増殖施設（図 5）では、1 週間に 100 万頭の不妊虫生産が可能である。与那国島の放飼量から単純に計算すると、5,600～7,000ha 分に相当する。不妊虫を用いた封じ込めは実現可能性がある方法のひとつではないだろうか。

2011 年あるいは 2012 年は、ナスミバエを封じ込める（あるいは根絶する）、絶好の機会であったと思われる。兩年とも強い台風により寄主果実が壊滅的打撃を受け、ナスミバエの個体数が激減したからである。グアム島のミカンコミバエ根絶防除では、強い台風でグアム島の果実の大部分が落下し、ミバエ類が激減したときをねらって、ミカンコミバエ不妊虫の放飼が行われ、成功したという（伊藤，2008 を参照）。前述のように、不妊虫放飼の前に、誘引剤等を使って野生虫の個体数低減を行うが、グアムの例は、自然の力（台風）で野生虫の密度を低下させたことになる。このようなことも検討しておきたい。

5. 今後の課題

(1) 防除方針の決定

重要なことは、ナスミバエの分布拡大を防止する方向で防除対策の方針を検討することである。そのためには、本種の害虫として位置づけを改めて評価する必要があると思われる。そして、現時点でとりうる防除手段を組み合わせ、被害軽減、封じ込めを行うのがよいと思われる。

(2) モニタリング法

現在、もっとも必要とされるのが、本種の誘引剤である。新誘引物質 3-oxo-7, 8-dihydro- α -ionone (Enomoto et al., 2010) は、これまでの誘引剤に比べ、誘引活性がより高いと報告されており、モニタリング法の改善に期待できる。しかし、本剤は揮発性が低いので、本剤を吸着させるホルダーの工夫により揮発性を高める必要がある。またミバエ類は黄色を好むので、より誘引性を高めるためトラップの色彩も検討課題である。

(3) 野外における生態の解明

ウリミバエは、寄主植物が存在する場所に集中して分布することがわかっている。ウリミバエ成虫を捕虫網ですくいと、空間分布を詳しく調べたところ、夏季にはゴーヤー畑周辺にいて、そこで繁殖しているが、ゴーヤーのなくなる冬季には広葉樹の林縁にいて、そこで摂食や交尾し、産卵は野生ウリ群落で行うことが明らかにされている（Iwaizumi, 1991, 1993）。

ナスミバエも寄主植物周辺で生活していると考えられるので、このような調査で確認が必要である。これは誘引剤がなくてもできる調査である。野外における生態や空間分布の解明は、防除を進める上で有用な情報となるからである。

(4) 寄主植物

野外において何を利用し、何が利用されないか、選好性の高い寄主は何か、を明らかにすることは重要である。また、ゴーヤーと同属の寄主植物が記録されていることから、ゴーヤーに寄生するか、注意深く調査する必要がある。

沖縄島産のナスミバエはシマトウガラシを好むが、与那国島では寄生例が全くなかったことから、両島のナスミバエの由来が異なる可能性がある。もし、系統の違いがあるならば、侵入経路も異なることが予想されるので、DNA 解析等で系統関係を調べる必要がある。

(5) 防除法

現在とりうる防除手段—物理的防除、寄主除去、プロテイン剤散布などを矛盾のないように組み合わせ、密度抑

圧、被害軽減を図ることである。さらには前述のシルバーマルチフィルム（鈴木・宮良, 1983, 1984）なども活用した新たな防除法を取り入れ、そして不妊虫放飼の併用も検討すべきと考える。

(6) 新たな侵入

国際間の貿易と旅行は、その規模・頻度が拡大するばかりで、外来昆虫の侵入の機会が増大している。侵入を防ぐには空港・海港での検疫がもっとも効果的な予防措置である。しかし、検疫体制の強化には限界があり、検疫を突破して侵入してくる害虫がいる（桐谷, 2000 ; 山中, 2011）。

桐谷（2000）は、1993-1998年に検疫で輸入禁止品の生果実から発見されたミバエの件数をまとめ、1日1件の割合でミバエが発見されていると述べている。その多くは観光客の携帯品である。最も多いのがミカンコミバエ種群、次いでナスミバエ（当時はマレーシアミバエ）である。

表8は、2006～2011年の検疫で発見された主なミバエを示した（横浜植物防疫所, 2007-2012）。桐谷（2000）と同様、最近の事例でもミカンコミバエ種群が最も多く、次いでナスミバエが多いことがわかる。

表8 2006～2011年に輸入検疫で発見された主なミバエの件数（横浜植物防疫所, 2007-2012）

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	合計
ミカンコミバエ種群 <i>Bactrocera dorsalis</i> species complex	166	176	215	189	149	177	1,072
ウリミバエ <i>Bactrocera cucurbitae</i>	7	4	10	6	5	16	48
チチュウカイミバエ <i>Ceratitidis capitata</i>	6	2	2	3	3	5	21
ナスミバエ <i>Bactrocera latifrons</i>	130	116	120	153	142	191	852

ナスミバエの発見件数が増えてきたのは、1995年からである。1993年は0件、1994年は11件であったが、1995年には76件、1996年以降は毎年100件以上にのぼる（桐谷, 2000 ; 表8）。これは近年のトウガラシブームと関係しているかもしれない。したがって、今後、ナスミバエが沖縄県に新たに侵入する可能性があるため、この点も関係機関は注意しなければならない。

おわりに

沖縄県は南方系害虫の最前線にある。亜熱帯気候で暖かいので、南の虫も棲みやすいのであろう。これまでに多くの害虫が南方から侵入・定着し、沖縄農業は経済的な被害を受けてきた。ミカンコミバエやウリミバエはその例である。

これら2種ミバエの根絶後、沖縄県では全域にトラップを配置し、再侵入を監視している。ミカンコミバエ（種群）は1986年の根絶後、毎年のようにトラップで捕獲されており、県内で再発生した事例が数回ある（Ohno et al., 2009）。本種はそのたびに再根絶されてきた。

なかには侵入したが、定着に失敗し、人に知られることなく消えたミバエもいるであろう。しかし、侵入を繰り返すことで、いつか定着するものもでてくるであろう。石垣島では、セグロウリミバエが1998年と2003年に（Ohno et al., 2008）、また西表島では *Bactrocera synnepthes* (Hendel) が

2006年にそれぞれトラップで捕獲されているが（Ohno & Tamura, 2008）、いずれも定着に失敗している。セグロウリミバエはウリミバエに匹敵するウリ科の害虫であるので、定着した場合、ウリ科作物に大きな被害がでると予想される、要警戒ミバエのひとつである。*B. synnepthes* は西表島で一時繁殖した可能性が指摘されている。

キュウリアやメチルオイゲノールに誘引されるミバエ類は現行のモニタリング体制で、トラップによる検出が可能である。しかし、ナスミバエにはモニタリングに使える強力な誘引剤が今のところない。誘引剤が知られていない、あるいは弱い誘引剤しかないミバエ類はトラップで監視するのは困難である。このようなミバエ類が万一発生した場合に、初期防除の対応—どの防除資材を使うかなど—が今後の検討課題である。

沖縄県はミバエ「危険地帯」といえる。今後もミバエ類が沖縄県に侵入してくるのは間違いない。それは飛来であったり、寄生果実の持込であったりと、原因は異なるかもしれないが、松山（2012）が述べているように、ミバエ類が侵入した際に、直ちに行動がとれるよう、それぞれのミバエ種についての被害予測と、対応マニュアルを構築しておくべきであろう。

謝辞

本文を読み、有益なコメントをいただいた原口大氏に厚

くお礼申しあげる。また、写真を提供していただいた谷口昌弘氏にもお礼を申し上げる。

引用文献

- Allwood, A. J., A. Chinajariyawong, R. A. I. Drew, E. L. Hamacek, D. L. Hancock, C. Hengsawad, J. C. Jipanin, M. Jirasurat, C. Kong Krong, S. Kristaneepaiboon, C. T. S. Leong and S. Vijaysegaran (1999) Host plant records for fruit flies (Diptera: Tephritidae) in South East Asia. Raffles Bull. Zool., Supplement (7): 1-92.
- Barry, J. D., R. I. Vargas, N. W. Miller and J. G. Morse (2003) Feeding and foraging of wild and sterile Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the presence of spinosad bait. J. Econ. Entomol. 96: 1405-1411.
- Barry, J. D., N. W. Miller, J. C. Piñero, A. Tuttle, R. F. L. Mau and R. I. Vargas (2006) Effectiveness of protein baits on melon fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae): attraction and feeding. J. Econ. Entomol. 99: 1161-1167.
- Burns, R. E., D. L. Harris, D. S. Moreno and J. E. Eger (2001) Efficacy of spinosad bait sprays to control Mediterranean fruit flies and Caribbean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in commercial citrus in Florida. Florida Entomol. 84: 672-678.
- Carey, J. R. (1989) Demographic analysis of fruit flies. In: Robinson, A. S. & G. Hooper (eds), Fruit flies; their biology, natural enemies and control. World Crop Pests, 3B: 253-265. Elsevier, Amsterdam.
- Clausen, C. P., D. W. Clancy and Q. C. Chock (1965) Biological control of the Oriental fruit fly (*Dacus dorsalis* Hendel) and other fruit flies in Hawaii. Tech. Bull. (1322). U.S.D.A., Washington D. C. 102pp.*
- Cornelius, M. L., L. Nergel, J. J. Duan and R. H. Messing (2000) Responses of female oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) to protein and host fruit odors in field cage and open field tests. Environ. Entomol. 29: 14-19.
- De Meyer, M. (2007) Alert! New invasive *Bactrocera* species in Africa: *Bactrocera latifrons*. Insect Pest Control Newsletter (68): 29.
- Enomoto, H., T. Ishida, A. Hamagami, and R. Nishida (2010) 3-Oxygenated α -ionone derivatives as potent male attractants for the solanaceous fruit fly, *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae), and sequestered metabolites in the rectal gland. Appl. Entomol. Zool. 45: 551-556.
- Flath, R. A., R. T. Cunningham, N. J. Liquido, and T. P. McGovern (1994) Alpha-ionol as attractant for trapping *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 87: 1470-1476.
- Fletcher, B. S. (1989) Movements of tephritid fruit flies. In: Fruit flies their biology, natural enemies and control 3B (Robinson, A.S. and G. Hooper eds.): 209-219. Elsevier, Amsterdam.
- 福ヶ迫晃・岡本昌洋 (2012) 与那国島におけるナスミバエの根絶達成. 植物防疫 66: 13-17.
- Hardy, D. E. (1973) The fruit flies (Tephritidae - Diptera) of Thailand and bordering countries. Pacif. Ins. Monogr. 31: 1-353 + 8 pls.
- Harris, E. J., N. J. Liquido, and C. Y. L. Lee (2003) Patterns in appearance and fruit host utilization of fruit flies (Diptera: Tephritidae) on the Kalaupapa Peninsula, Molokai, Hawaii. Proc. Hawaiian Entomol. Soc. 36: 69-78.
- Harris, E. J., N. J. Liquido, and J. P. Spencer (2001) Distribution and host utilization of *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) on the Island of Kauai, Hawaii. Proc. Hawaiian Entomol. Soc. 35: 55-66.
- 平林千鶴・小森一也・城間良昭・岡本昌洋・濱上昭人 (2012) ナスミバエとミカンコミバエの飛翔能力の比較. 植防研報 (48): 19-26.
- 一戸文彦 (1983) *Dacus latifrons* ハワイに侵入. 横浜植物防疫ニュース (558): 3.
- 一戸文彦・金田昌士 (1989) 横浜市内でマクファイル・トラップに誘殺された双翅目昆虫. 植防研報 (25): 71-74.
- 石田龍顕・中原重仁・箕浦和重・土肥野利幸 (2005) 与那国島産マレーシアミバエ *Bactrocera latifrons* (Hendel) の発育と増殖能力. 植防研報 (41): 39-42.
- Ishida T., H. Enomoto, and R. Nishida (2008) New attractant for males of the solanaceous fruit fly *Bactrocera latifrons*. J. Chem. Ecol. 34: 1532-1535.
- 伊藤嘉昭 (1980) 虫を放して虫を滅ぼすー沖縄・ウリミバエ根絶作戦私記. 中央公論社, 東京.
- 伊藤嘉昭 (2008) 不妊虫放飼法の歴史と世界における成功例. 伊藤嘉昭編, 不妊虫放飼法ー侵入害虫根絶の技術: 1-17. 海游舎, 東京.
- 伊藤嘉昭・垣花廣幸 (1998) 農薬なしで害虫とたたかう. 岩波書店. 東京.
- Iwahashi, O. (1972) Movement of the oriental fruit fly adults among islets of the Ogasawara Islands. Environ. Entomol. 1: 176-179.
- Iwaizumi, R. (1991) Physiological age and mating status of the female melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett. In: Proceedings of the International Symposium on the Biology and Control of Fruit Flies (Kawasaki, K. O. Iwahashi, and K. Y. Kaneshiro eds.). Ginowan, Okinawa, Japan: 285-289.
- Iwaizumi, R. (1993) Habitat and reproduction in a winter population of the melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) in the southern part of Okinawa Island. Res. Bull. Pl. Prot. Japan 29: 19-25.
- Jang, E. B. (2007) Fruit flies and their impact on agriculture in Hawaii. Proc. Hawaiian Entomol. Soc. 39: 117-119.
- Jang, E. B., V. Casana-Ginner and J. E. Oliver (2007) Field captures of wild melon fly (Diptera: Tephritidae) with an improved male attractant, raspberry ketone formate. J. Econ. Entomol. 100: 1124-1128.
- Kamiwada, H. and A. Tanaka (1991) Dispersal and long distant flight of the sterile melon fly in Kagoshima Prefecture, Japan. In: Proceedings of the International Symposium on the Biology and Control of Fruit Flies (Kawasaki, K. O. Iwahashi, and K. Y. Kaneshiro eds.). Ginowan, Okinawa, Japan: 291-296.
- 金田昌士・杉本俊一郎・石原博一 (1985) *Dacus latifrons* 与那国島で発見される. 那覇植物防疫情報 (59): 294.
- Kapoor, V. C. (2004) Fruit-fly pests and their present status

- in India. Barnes B. N. (ed.), Proceedings of the 6th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance. 6-10 May 2002, Stellenbosch, South Africa: 23-33.
- Kiritani, K. (1998) Exotic insects in Japan. Entomol. Sci. 1: 291-298.
- 桐谷圭治 (2000) 日本に毎日持ち込まれるミバエ. 保全生態学研究 5: 187-189.
- Kohama, T. and H. Kuba (1996) Movement of sterile melon flies in Okinawa, Japan. In: Fruit fly pests. A world assessment of their biology and management (McPherson, B. A. and G. J. Steck eds.). pp. 415-423. St. Lucie Press, Florida.
- 小濱継雄・高原建二 (2002) 沖縄県の外来昆虫. 沖縄県立博物館紀要 (28): 55-92.
- 小濱継雄・松山隆志 (2010) 不妊虫放飼法による与那国島のナスミバエまん延防止防除事業の現状. 植物防疫 64: 762-765.
- 小山重郎 (1984) よみがえれ黄金の島—ミカンコミバエ根絶の記録. 筑摩書房, 東京.
- Kuba, H., T. Matsuyama, and N. Mougi (2006) Current status of the solanaceous fruit fly control project in Yonaguni Island. FFTC-OPARC Joint International Symposium on Area-Wide Management of Insects Pests. Proceeding of the Symposium. October 2-3, 2006. Okinawa Pref. Agric. Res. C., Okinawa, Japan, pp. 41-51.
- Liquido, N. J., E. J. Harris, and L. A. Dekker (1994) Ecology of *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) populations: host plants, natural enemies, distribution, and abundance. Ann. Entomol. Soc. Am. 87: 71-84.
- Liquido, N. J., R. T. Cunningham, G. T. McQuate and R. A. Flath (2000) Attractants for *Bactrocera latifrons* (Hendel). U. S. Patent 6,019,964.
- 松山隆志 (2012) 南方系侵入ミバエ類の根絶技術に関する一連の研究. 沖縄県農業研究センター研究報告 (6) : 60-90.
- Matsuyama, T., T. Kohama, C. Miyazato, H. Kuba, N. Mougi and A. Kobayashi (2008) Current status of the eradication project for solanaceous fruit fly, *Bactrocera latifrons* (Hendel) (Diptera: Tephritidae), in Yonaguni Island, Okinawa, Japan. Yang, E. C. and C. J. Shih (eds.) In: Proceedings of the International Symposium on the Recent Progress of Tephritid Fruit Flies Management. Formosan Entomol. Spec. Pub. (10): 67-70.
- McGovern, T. P. R. A. Flath and R. T. Cunningham (1989) Attractants for *Dacus latifrons*, the Malaysian fruit fly. U. S. Patent 4,877,607.
- McQuate, G. T. (2009) Effectiveness of GF-120NF fruit fly bait as a suppression tool for *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae). J. Appl. Entomol. 133: 444-448.
- McQuate, G. T. and S. L. Peck (2001) Enhancement of attraction of alpha-ionol to male *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) by addition of a synergist, cade oil. J. Econ. Entomol. 94: 39-46.
- McQuate, G. T., A. H. Bokonon-Ganta, and E. B. Jang (2008) Use of alpha-ionol + cade oil for detection and monitoring of *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) populations. In: Sugayama, R., R. A. Zucchi, S. Ovruski and J. Sivinski (eds.). Fruit flies of Economic Importance: From Basic to Applied Knowledge. Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, 10-15 September 2006, Salvador, Brazil: 89-95.
- McQuate, G. T., A. H. Bokonon-Ganta, and S. L. Peck (2007) Population biology and prospects for suppression of the solanaceous fruit fly, *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae). Proc. Hawaiian Entomol. Soc. 39: 111-115.
- McQuate, G. T., E. Jang and M. Siderhurst (2013) Detection/monitoring of *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae): assessing the potential of prospective new lures. Proc. Hawaiian Entomol. Soc. 45: 69-81.
- McQuate, G. T., Y. S. Keum, C. D. Sylva, Q. X. Li, and E. B. Jang (2004) Active ingredients in cade oil that synergize attractiveness of α -ionol to male *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 97: 862-870.
- Meksongsee, B., A. Liewvanich and M. Jirasuratana (1991) Fruit Flies in Thailand. Vijaysegaran, S. and A. G. Ibrahim eds. Proceedings of the 1st International Symposium on Fruit Flies in the Tropics. 14-16 March 1988, Kuala Lumpur, Malaysia. Organised by MARDI & MAPPS. pp. 83-98.
- Morimoto, N. and K. Kiritani (1995) Fauna of exotic insects in Japan. Bull. Natil. Inst. Agro-Environ. Sci. (12): 87-120.
- Muraji, M., S. Nakahara, T. Ishida, K. Minoura, I. Miyazaki and T. Kohama (2008) The Philippines is a possible source of the *Bactrocera dorsalis* complex species (Diptera: Tephritidae) occasionally collected in the Ryukyu Islands of Japan; analyses of mitochondrial DNA. Appl. Entomol. Zool. 43: 609-615.
- Mwatawala, M., M. De Meyer, I. M. White, A. Maerere, and R. H. Makundi (2007) Detection of the solanum fruit fly, *Bactrocera latifrons* (Hendel) in Tanzania (Dipt., Tephritidae). J. Appl. Entomol. 131: 501-503.
- Mziray, H. A., R. H. Makundi, M. Mwatawala, A. Maerere, and M. De Meyer (2010a) Spatial and temporal abundance of the solanum fruit fly, *Bactrocera latifrons* (Hendel), in Morogoro, Tanzania. Crop Prot. 29: 454-461.
- Mziray, H. A., R. H. Makundi, M. Mwatawala, A. Maerere, and M. De Meyer (2010b) Host use of *Bactrocera latifrons*, a new invasive tephritid species in Tanzania. J. Econ. Entomol. 103: 70-76.
- 那覇植物防疫事務所 (1986) 八重山群島におけるミカンコミバエ駆除確認調査の記録. 那覇植物防疫事務所. pp.73.
- Nishida, R., H. Enomoto, T. E. Shelly, and T. Ishida (2009) Sequestration of 3-oxygenated α -ionone derivatives in the male rectal gland of the solanaceous fruit fly, *Bactrocera latifrons*. Entomol. Exp. Appl. 131: 85-92.
- Ohno, S., and Y. Tamura (2008) First detection of the fruit fly *Bactrocera synnephes* (Diptera: Tephritidae) on Iriomote Island, south-western Japan. Entomol. Sci. 11: 105-110.

- Ohno, S., Y. Tamura, D. Haraguchi, and T. Kohama (2008) First detection of the pest fruit fly, *Bactrocera tau* (Diptera: Tephritidae), in the field in Japan: Evidence of multiple invasions of Ishigaki Island and failure of colobnization. *Appl. Entomol. Zool.* 43: 541-546.
- Ohno, S., Y. Tamura, D. Haraguchi, T. Matsuyama and T. Kohama (2009) Re-invasion by *Bactrocera dorsalis* complex (Diptera: Tephritidae) occurred after its eradication in Okinawa, Japan, and local differences found in the frequency and temporal patterns of invasions. *Appl. Entomol. Zool.* 44: 643-654.
- 沖縄県病害虫防除技術センター (2010) 平成 22 年度病害虫発生予察注意報第 1 号. pp. 2.
- 沖縄県病害虫防除技術センター (2011) 平成 23 年度病害虫発生予察技術情報第 2 号. pp. 2.
- 沖縄県病害虫防除技術センター (2013) 平成 25 年度病害虫発生予報第 10 号. pp. 16.
- 沖縄県病害虫防除所 (2004) 平成 16 年度病害虫発生予察特殊報第 1 号. pp. 2.
- 沖縄県農林水産部編 (1994) 沖縄県ミバエ根絶記念誌. 沖縄県農林水産部.
- 沖縄県農林水産部特殊病害虫対策本部 (2012) 平成 22 年度沖縄県特殊病害虫防除事業報告 (36). 沖縄県農林水産部. pp. 338.
- Peck, S. L., and G. T. McQuate (2004) Ecological aspects of *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) on Maui, Hawaii: movement and host preference. *Environ. Entomol.* 33: 1722-1731.
- Piñero, J. C., S. K. Souder, L. E. Gomez, R. F. L. Mau and R. I. Vargas (2011) Response of female *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) to a spinosad bait and polymer matrix mixture with extended residual effect in Hawaii. *J. Econ. Entomol.* 104: 1856-1863.
- Shimizu, Y., T. Kohama, T. Uesato, T. Matsuyama, and M. Yamagishi (2007) Invasion of solanum fruit fly *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) to Yonaguni Island, Okinawa Prefecture, Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 42: 269-275.
- Somata, C., A. Winotai and P. A. C. Ooi (2010) Fruit flies reared from *Terminalia catappa* in Thailand. *J. Asia Paci. Entomol.* 13: 27-30.*
- 鈴木 寛・宮良安正 (1983) 色彩反応を応用したウリミバエの物理的防除法. 沖縄農研報 (8): 31-36.
- 鈴木 寛・宮良安正 (1984) ミナミキロアザミウマの生態及び防除の関する研究 (1). 農業被覆資材による物理的防除技術. 沖縄農研報 (9): 85-93.
- 田盛直一・伊良波幸仁 (1986) 蛋白加水分解物によるウリミバエの誘引効果試験. 植防研報 (22): 91-92.
- 照屋 匡 (1994) 新たに発見された 4 種のミカンコミバエ類似種. 沖縄県ミバエ根絶記念誌: 174-175. 沖縄県農林水産部.
- Udayagiri, S. and N. J. Mohan (1986) New records of insect pests associated with the medicinal plant *Solanum viarum*. *Indian Drugs* 23: 1-4.*
- Vargas, R. I., and T. Nishida (1985a) Life history and demographic parameters of *Dacus latifrons* (Hendel) (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 78: 1242-1244.
- Vargas, R. I., and T. Nishida (1985b) Survey for *Dacus latifrons* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 78: 1311-1314.
- Vargas, R. I., and R. Prokopy (2006) Attraction and feeding responses of melon flies and oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) to various protein baits with and without toxicants. *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* 38: 49-60.
- Vargas, R. I., W. A. Walsh, E. B. Jang, J. W. Armstrong, and S. T. Kanehisa (1996) Survival and development of immature stages of four Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 89: 64-69.
- Vargas, R. I., W. A. Walsh, D. Kanehisa, E. B. Jang, and J. W. Armstrong (1997) Demography of four Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 90: 162-168.
- Vijaysegaran, S. (1991) The current situation on fruit flies in Peninsular Malaysia. Vijaysegaran, S. and A. G. Ibrahim eds. *Proceedings of the 1st International Symposium on Fruit Flies in the Tropics.* 14-16 March 1988, Kuala Lumpur, Malaysia. Organised by MARDI & MAPPs. pp. 125-139.
- Vijaysegaran, S. and M. S. Osman (1991) Fruit flies in Peninsular Malaysia: their economic importance and control strategies. In *Proceedings of the International Symposium on the Biology and Control of Fruit Flies.* Kawasaki, K., O. Iwahashi, and K. Y. Kaneshiro (eds.): 105-115. The Food and Fertilizer of Technology Center, The University of the Ryukyus and The Okinawa Prefectural Government. Okinawa, Japan, 2-4 Sept. 1991.
- White, I. M. and M. M. Elson-Harris (1992) Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. C.A.B. International, Wallingford, UK.
- Wingsanoi, A. & N. Siri (2012) The oviposition of the chili fruit fly (*Bactrocera latifrons* Hendel) (Diptera: Tephritidae) with reference to reproductive capacity. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 34: 475-478
- 山中武彦 (2011) 侵略的外来昆虫が農林業に与える経済被害とその対策. 西川 潮・宮下 直編著, 外来生物—生物多様性と人間社会への影響: 126-147. 裳華房, 東京.
- 横浜植物防疫所 (2007) 輸入検疫で発見された主な重要病害虫. 植物防疫所病害虫情報 (83): 5.
- 横浜植物防疫所 (2008) 2007 年に輸入検疫で発見された主な重要病害虫. 植物防疫所病害虫情報 (86): 8.
- 横浜植物防疫所 (2009) 2008 年に輸入検疫で発見された主な重要病害虫. 植物防疫所病害虫情報 (89): 8.
- 横浜植物防疫所 (2010) 2009 年に輸入検疫で発見された主な重要病害虫. 植物防疫所病害虫情報 (92): 8.
- 横浜植物防疫所 (2011) 2010 年に輸入検疫で発見された主な重要病害虫. 植物防疫所病害虫情報 (95): 8.
- 横浜植物防疫所 (2012) 2011 年に輸入検疫で発見された主な重要病害虫. 植物防疫所病害虫情報 (98): 8.
- 米倉浩司・梶田忠 (2003-) 「BG Plants 和名-学名インデックス」(YList), http://bean.bio.chiba-u.jp/bgplants/ylist_main.html.

*は直接引用できなかった文献で, McQuate & Liquido (2013) からの間接引用である。

付表 1 沖縄県におけるナスミバエ関係年表

1984（昭和 59）年

日本で初めてナスミバエが与那国島で発見される（4月）。

1985（昭和 60）年

八重山諸島において国によるミカンコミバエ駆除確認開始（6月）。

与那国島でナスミバエの寄生果実が多数見つかる（7月～11月）。

1986（昭和 61）年

八重山諸島のミカンコミバエ寄主植物の移動禁止が解除される（2月）。

1999（平成 11）年

与那国島で果実調査においてナスミバエ再発見される（10月）。

2000（平成 12）年

与那国島各地で被害果が多数見つかる。与那国島の被害軽減防除を開始（10月）。

2004（平成 16）年

与那国島のナスミバエ発生について沖縄県が病害虫発生予察特殊報を発行（3月）。

農林水産大臣より沖縄県知事へマレーシアミバエのまん延防止措置を指示（11月）。

韓国政府が南西諸島及び九州地方から韓国へのトマト生果実の輸入禁止を発表（12月）。

与那国島におけるナスミバエまん延防止防除事業開始（12月）。

2006（平成 18）年

韓国政府が検疫条件の緩和（輸入禁止地域は与那国島のみ）を発表（8月）。

2007（平成 19）年

与那国島でナスミバエ不妊虫放飼開始式・不妊虫放飼防除開始（9月）。

2010（平成 22）年

沖縄島中城村でナスミバエが発見される（11月）。

2011（平成 23）年

国による与那国島ナスミバエ駆除確認調査（4～6月）。

与那国島のナスミバエ根絶が正式に公表される（8月）。

付表2 ナスミバエの寄主植物リスト

本リストはMaQute & Liquido (2013) をもとに、種名不詳(sp.)のものやシノニムと考えられるものを整理してまとめたものである。種名は、基本的に米倉・梶田 (2003-) に従い、MaQute & Liquido (2013)も参考にした。

MaQute & Liquido (2013) では、トマト属 *Lycopersicon* がナス属 *Solanum* に、ザクロがザクロ科 Punicaceae からミンハギ科 Lythraceae に移され、また、トウダイグサ科 Euphorbiaceae がコミカンソウ科 Phyllanthaceae に、クマツヅラ科 Verbenaceae がシソ科 Lamiaceae にそれぞれ変更されているので、それに従っている。

学名	和名または英名	主な記録地：出典
Solanaceae ナス科		
<i>Capsicum annuum</i> L.	トウガラシ (シントウガラシ)	東南アジア：Allwood et al., 1999
<i>Capsicum chinens</i> Jacq.	ハバネロトウガラシ	タンザニア：Mziray et al., 2010b
<i>Capsicum frutescens</i> L.	キダチトウガラシ	ハワイ：Liquido et al., 1994
<i>Lycianthes biflora</i> (Lour.) Bitter	メジロホオズキ	東南アジア：Allwood et al., 1999
<i>Physalis peruviana</i> L.	ブドウホオズキ	ハワイ：Liquido et al., 1994
<i>Solanum aethiopicum</i> L.	tomato-fruit eggplant	タンザニア：Mziray et al., 2010 b
<i>Solanum americanum</i> Mill.	テリミノイヌホオズキ	与那国島：Shimizu et al., 2007
<i>Solanum anguivi</i> Lam.	African eggplant	タンザニア：Mziray et al., 2010b
<i>Solanum capsicoides</i> All. (= <i>Solanum aculeatisimum</i> Jacq.)	キンギンナスビ	東南アジア：Allwood et al., 1999
<i>Solanum granuloseprosum</i> Dunal		東南アジア：Allwood et al., 1999
<i>Solanum dulcamaroides</i> Poir.		マレーシア：Hardy, 1973
<i>Solanum erianthum</i> D. Don (= <i>Solanum donianum</i> Walp.)	ヤンバルナスビ	マレーシア：Hardy, 1973
<i>Solanum incanum</i> L.	bitter-apple	台湾：Hardy, 1973
<i>Solanum lasiocarpum</i> Dunal	Indian nightshade	台湾：Hardy, 1973
<i>Solanum linnaeanum</i> Hepper & P. M. Jaeger	キダチハリナスビ	ハワイ：Peck & McQuate, 2004
<i>Solanum lycopersicum</i> L. (= <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	トマト	ハワイ：Vergas & Nishida, 1985
<i>Solanum macrocarpon</i> L.	African eggplant	タンザニア：Mwatawala et al., 2007
<i>Solanum mammosum</i> L.	ツノナス	東南アジア：Allwood et al., 1999
<i>Solanum melongena</i> L.	ナス	ハワイ：Vergas & Nishida, 1985
<i>Solanum nigrescens</i> Mart. & Gal.	オオイヌホオズキ	ハワイ：Liquido et al., 1994
<i>Solanum nigrum</i> L.	イヌホオズキ	ハワイ：Vergas & Nishida, 1985
<i>Solanum pimpinellifolium</i> L. (= <i>Lycopersicon pimpinellifolium</i> (Jusl.) Mill.)	currant tomato	ハワイ：Vergas & Nishida, 1985
<i>Solanum pseudocapsicum</i> L.	タマサング	ハワイ：Liquido et al., 1994
<i>Solanum scabrum</i> Mill.	garden-huckleberry	タンザニア：Mziray et al., 2010b
<i>Solanum sisymbriifolium</i> Lam.	ハリナスビ	インド：Clausen et al, 1965
<i>Solanum stramonifolium</i> Jacq.		東南アジア：Allwood et al., 1999
<i>Solanum torvum</i> Sw.	スズメナスビ	ハワイ：Liquido et al., 1994
<i>Solanum trilobatum</i> L.	ツルダチスズメナスビ	東南アジア：Allwood et al., 1999
<i>Solanum viarum</i> Dunal	tropical soda-apple	インド：Udayagari & Mohan, 1986
<i>Solanum violaceum</i> Ortega	テンジクナスビ	東南アジア：Allwood et al., 1999
Cucurbitaceae ウリ科		
<i>Benincasa hispida</i> (Thunb.) Cogn.	トウガン	ハワイ：Liquido et al., 1994
<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai	スイカ	タンザニア：Mziray et al., 2010b
<i>Coccinia grandis</i> (L.) Voigt	ivy gourd	ハワイ：Liquido et al., 1994
<i>Cucumis dipsaceus</i> C. G. Ehrenb. ex Spach	teasel gourd	タンザニア：Mziray et al., 2010b
<i>Cucumis sativus</i> L.	キュウリ	ハワイ：Liquido et al., 1994

付表2 続き

学名	和名または英名	主な記録地：出典
<i>Diplocyclos palmatus</i> (L.) C. Jeffrey	オキナワズズメウリ	与那国島：Shimizu et al., 2007
<i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standl.	ヒョウタン	ハワイ：Liquido et al., 1994
<i>Momordica trifoliolata</i> Hook. f.		タンザニア：Mziray et al., 2010b
Combretaceae シクンシ科		
<i>Terminalia catappa</i> L.	モモタマナ	タイ：Somta et al., 2010
Lamiaceae シソ科		
(Verbenaceae クマツヅラ科)		
<i>Gmelina philippensis</i> Cham	キバナヨウラク	東南アジア：Allwood et al., 1999
Lythraceae ミソハギ科		
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	サルスベリ	東南アジア：Allwood et al., 1999
<i>Punica granatum</i> L.	ザクロ	東南アジア：Allwood et al., 1999
Myrtaceae フトモモ科		
<i>Psidium guajava</i> L.	バンジロウ	東南アジア：Allwood et al., 1999
Oleaceae モクセイ科		
<i>Linociera parkinsoni</i>		東南アジア：Allwood et al., 1999
<i>Linociera xanthocarpum</i>		東南アジア：Allwood et al., 1999
Passifloraceae トケイソウ科		
<i>Passiflora foetida</i> L.	クサトケイソウ	東南アジア：Allwood et al., 1999
Phyllanthaceae コミカンソウ科		
(Euphorbiaceae トウダイグサ科)		
<i>Baccaurea motleyana</i> Muell. Arg.	ランバイ (Rambai)	マレーシア：Hardy, 1973
Rhamnaceae クロウメモドキ科		
<i>Ziziphus jujube</i> Miller.	ナツメ	タイ：Clausen et al., 1965
<i>Ziziphus nummularia</i> (Burm.f.) Wight & Arn.		東南アジア：Allwood et al., 1999
Rubiaceae アカネ科		
<i>Coffea arabica</i> L.	コーヒー	ハワイ：Harris et al., 2003
Rutaceae ミカン科		
<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	ライム	東南アジア：Allwood et al., 1999
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack.	ゲッキツ	東南アジア：Allwood et al., 1999
Sapindaceae ムクロジ科		
<i>Sapindus rarak</i> DC		東南アジア：Allwood et al., 1999