

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 25 日現在

機関番号：24201

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22405019

研究課題名(和文) 新規防除技術の展開に向けた検疫害虫ミバ工類の原産地における生態特性の解明

研究課題名(英文) Elucidation of ecological properties of Bactrocera fruit flies, serious pests of fruits, in their native areas for the establishment of new pest control measures

研究代表者

沢田 裕一 (SAWADA, Hiroichi)

滋賀県立大学・環境科学部・教授

研究者番号：90259391

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,700,000円、(間接経費) 3,210,000円

研究成果の概要(和文)： 検疫害虫、Bactrocera属ミバ工類の原産地において、雄誘引剤を用いたトラップ調査と、被害果実の標本抽出調査を実施し、この地域に生息する主要害虫種として、ミカンコミバ工同胞種群の2種を含む5種のミバ工類を特定した。同胞種である*B. carambolae* (B.c)と*B. papayae* (B.p)について、新たな簡易判別法を開発した。被害果実の標本抽出調査の結果、B.cは主にスターフルーツを、B.pは主にマンゴを利用することが明らかになった。しかし室内飼育実験では両種の寄主特異性は認められず、従って野外で観察された寄主利用の特異性は、配偶行動など両種の生態特性に依拠したものと推察された。

研究成果の概要(英文)： We identified five *Bactrocera* species (including two sibling species of *B. dorsalis* complex) as major pest fruit flies in west Java, Indonesia, using male-attractant traps and sampling of infested fruits. In particular, to identify *B. carambolae* (B.c) and *B. papayae* (B.p), sibling species being hardly identifiable due to their close resemblances, we developed a simple and practical identification method on the basis of their morphology. The sampling survey of infested fruits revealed some degree of host specialization of the two species; B.c mainly on star fruit whereas B.p mainly on mango. Laboratory experiments, however, detected no host specialization. These results suggested that some host specialization observed in the field reflected species-specific differences in ecological properties, such as mating behaviors.

研究分野：農学A

科研費の分科・細目：農学、応用昆虫学

キーワード：検疫害虫 ミバ工 個体群動態 Bactrocera属 寄主選択 配偶行動 インドネシア

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 日本(沖縄など)におけるミバエ研究：*Bactrocera* 属ミバエ類について、日本では沖縄や奄美諸島などに侵入したウリミバエ (*B. cucurbitae*) とミカンコミバエ (*B. dorsalis*) がよく知られている。ミカンコミバエは、1983年に、雄除去法により比較的容易に日本から根絶された。他方、ウリミバエは雄除去法では根絶されず、そのため多額の国家予算を投入して不妊虫放飼法により、1993年に漸く日本から根絶された。この間、不妊虫放飼法に関連してウリミバエに関する多数の研究が実施された(伊藤・編著 2008 など)。ウリミバエが雄除去法で根絶できなかった理由として、両種の雄誘引剤への反応性や配偶行動などの相違が重要だと推測されるが(岩橋 1998 など) 詳細は不明である。

(2) ミカンコミバエ種群の分類と地理的分布：これまで原産地の熱帯アジアでミバエ類の野外生態研究が進まなかった最大の理由は、ミカンコミバエ類の分類と同定が困難だったためである。これらは、外部形態による分類が困難な多数の種(同胞種)を含み、ミカンコミバエ種群(*B. dorsalis* complex)を構成する。Drew and Hancock (1994)は、これまでの研究成果を取りまとめ、この種群に属する52種のミバエ類を記載した(現在では70種以上が記載されている)。特に、これまでミカンコミバエとして記載されていた種を、*B. dorsalis*、*B. carambolae*、*B. papayae*の3種に分類した。*B. dorsalis*は日本(沖縄、奄美、小笠原諸島など)、米国(ハワイなど)、マリアナ諸島はじめ太平洋の島々など、*B. carambolae*はブラジル、ガイアナなど南米諸国、*B. papayae*はオーストラリアなどに侵入し、これら3種は世界的な大害虫として知られる。この種群の種多様性は、ジャワ、スマトラ、カリマンタンなどインドネシア群島西部で最も高く、この地域が種群の地理的分布の中心とされる(Clarke et al 2005)。

## 2. 研究の目的

*Bactrocera* 属ミバエ類は、熱帯アジアを原産とし、果実・野菜類の害虫として、また植物検疫害虫として経済的にきわめて重要なグループである。属内の一部の種は、世界の各国に侵入し深刻な経済的問題を引き起こしてきたため、日本(沖縄など)、米国(ハワイ、カリフォルニア)、オーストラリア、ブラジルなどで、数多くの研究が行われてきた。しかし、これらの研究は、特定の国(地域、環境)に侵入した特定の種について、個別的に研究されてきたため、それら各国での研究成果は断片的な知見にならざるを得なかった。本研究は、この属の地理的分布の中心に位置するインドネシア群島西部において、そこに生息する主要害虫種を対象に、その生物学的、生態学的特性を調査・比較解析

し、相互の種間関係を解明することを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) 雄誘引剤を用いたトラップ調査：インドネシア・ジャワ島の農村地帯に数ヶ所の調査地を設定して、メチルオイゲノールとキュールアーを誘引剤とするスタイナー型雄誘引トラップを各調査地に10個程度設置し、ミバエ類の種構成と個体数の季節変動を調査した。調査地は、ミバエ類の主要寄主植物で商品価値も高いマンゴーの果樹園、および様々な熱帯果樹が生茂る村落生態系に調査地を設置した。

(2) 被害果実の標本抽出調査：各調査地で、マンゴー、グアバ、スターフルーツ、ローズアップルなどミバエ類の主要寄主植物の被害果実をサンプリングし、室内でおが屑に置いて培養した。幼虫は果実から脱出しおが屑で蛹化するので、これを分離・培養して成虫を得た。成虫は性成熟するまで飼育し、標本にして種を同定・計数した。この過程で羽化する捕食寄生者も標本化して同定・カウントした。

(3) *B. carambolae* と *B. papayae* の実験個体群の育成：野外から採集したマンゴーとスターフルーツの被害果実を培養して成虫を羽化させた。羽化した成虫を雌雄に判別・分離して(ミバエ類の雌雄の判別は容易)、性成熟させ、性成熟した雌雄を1ペアごとケージに入れ、マンゴーまたはスターフルーツを与えて子世代を育成した。死亡した親成虫を同定することにより、子世代の種を特定し、2種の実験個体群を育成した。なお、実験個体群の育成に先立って、現地ですぐ入手可能な成虫餌料の開発など、実験室内でのミバエ類の累代飼育の手法を確立した。

(4) 雌成虫による産卵選択と幼虫飼育実験：交尾後の成虫に主要寄主植物の果実を与え、産卵選択実験を行った。産卵された果実は、終齢幼虫が脱出し蛹化するまで培養して、幼虫の発育日数や生存率を測定して、果実の質的条件を評価した。このような実験室内で得られた産卵選択や寄主植物の質的条件の評価について、野外での寄主植物の利用状況と比較した。

## 4. 研究成果

(1) ジャワ島における *Bactrocera* 属ミバエ類の、主要害虫種の特定：メチルオイゲノールを誘引剤とする雄誘引トラップにより、ミカンコミバエ種群に属する *B. carambolae* と *B. papayae*、および *B. umbrosa* の3種が、またキュールアーを誘引剤とする雄誘引トラップにより、*B. cucurbitae* と *B. albistrigata* の2種が多数捕獲された。被害果実の標本抽出調査により、*B. carambolae*

と *B.papayae* は、様々な熱帯果実から多数採取され、この地域の最重要ミバエ害虫種と推察された。*B.umbrosa* は、ほぼジャックフルーツのみに限定された。*B.cucurbitae* は、スターフルーツから数個体発見されたのみで、スイカなどのウリ科果菜類(畑作物)に依拠していると推察された。*B.albistrigata* は、ローズアップルで多数、採集された。以上の調査結果により、上記の5種が、インドネシア・ジャワ島における *Bactrocera* 属ミバエ類の主要害虫種と推察された。

上記の5種のミバエ類の中で、*B.cucurbitae* と *B.albistrigata* の2種は、外部形態が極めて類似していることに加え、害虫としての経済的重要性がとくに高く、かつ両種の生態特性についても不明な点が多い。したがって、本研究では、この2種に重点を置いて研究を進めた。

**(2) *B.carambolae* と *B.papayae* の簡易判別法の開発:** ミカン科ミバエ種群に属するこの2種は、インドネシア・ジャワ島における最も重要な果実害虫種で極めて形態が類似しており、さらに地理的変異も大きいため、判別するのが非常に困難である。本研究では、ジャワ島の個体群を対象に、腹部第4背板の模様、腹部第3~5背板の中央縦黒帯、翅脈  $R_{2+3}$  に重なる翅の縁取りなど6ヶ所の形質を用い2種の判別を試みた。捕獲した個体について、6ヶ所の形質を主成分分析(PCA)にかけたところ、交尾器の長さや翅脈の長さを除く4つの形質を用いることで2種を十分に判別できることが分かった。また、2種を判別するのに最も確実性の高い形質の組み合わせを決定するため、判別分析と交差検定を行った結果、腹部第4背板の模様と翅の縁取りの先端を組み合わせることで確実に2種を判別できることが分かった。

**(3) ミバエ個体数の季節消長:** 西ジャワ州のマンゴー農園で2年間実施したトラップ調査によれば、ミバエ個体数(大部分が、*B.papayae*)のピークは11月~1月で、雨季に増加して、乾季に減少することが示された。雨季、特に11月~1月は主要な寄主植物であるマンゴーの結実期にあたり、したがって、ミバエ類の個体数変動に対し、植物資源量(マンゴーの結実量)の変動の重要性が指摘された。またミバエ個体数が乾季に減少する理由として、乾季の乾燥した地面では、果実から脱出した老熟幼虫の蛹化が困難となり(ミバエの老熟幼虫は、果実から脱出して土中に潜り蛹化する)その間にアリなどによる高い捕食圧を受けることが重要だと推測された。

**(4) *B.carambolae* と *B.papayae* の野外での寄主利用状況:** 農業省果樹実験林(西ジャワ州スパン県)およびカラワン県の村落生態系において被害果実の標本抽出調査を実施

した。比較的狭い地域に様々な果樹が高密度に密集して植栽されている果樹実験林では、15本の樹木から75個のマンゴーを採集し、そこから457個体のミバエ成虫が羽化した。羽化したミバエ成虫を同定・カウントしたところ、全個体数の98%にあたる448個体が *B.papayae* (*B.p*)であった。一方、スターフルーツから羽化したミバエ類527個体のうち、

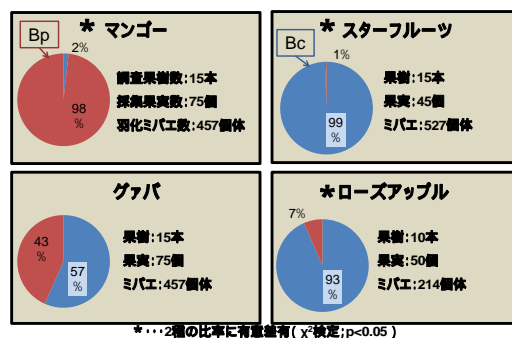


図1. 主要寄主植物(果実)4種に対するミバエ類の寄主利用(果樹実験林:西ジャワ州スパン県)

99%の522個体は *B.carambolae* (*B.c*)であった(図1)。これらの調査結果は、*B.p*はマンゴーを、*B.c*はスターフルーツを選好するという著しい寄主特異性の存在を示唆している。*B.papayae*の寄主植物は200種以上、*B.carambolae*の寄主植物は100種以上が知られており(Clark et al 2005)、両種はこれまで、様々な果実種を加害する広食性害虫種だと想定されてきた。しかし今回初めて、両種は著しい寄主特異性を持つことが明らかになった。

他方、水田、畑、集落から成る比較的広い地域に、各種の果樹が低密度で散在している村落生態系においては、マンゴーからは主に *B.p* が、スターフルーツからは主に *B.c* が羽

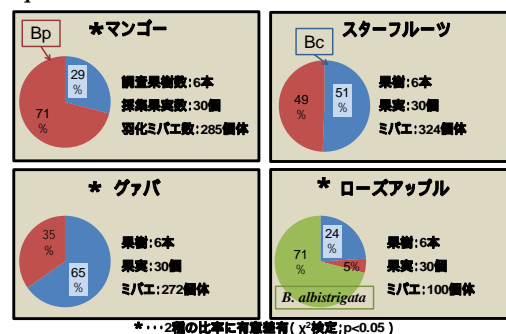


図2. 主要寄主植物(果実)4種に対するミバエ類の寄主利用(村落生態系:西ジャワ州カラワン県)

化するという傾向は認められるものの(図2)、果樹実験林で見られたような著しい寄主特異性は確認できなかった。以上の調査結果を総括した結果、野外で観察された *Bactrocera* 属ミバエ類2種にみられる寄主特異性は、種が本来もつ生理的性質によるのではなく、個体群の置かれた立地条件や、繁殖過程、種間の配偶干渉など両種の生態特性に強く依拠したものと推察された。

**(5) *B.carambolae* と *B.papayae* の実験室内での寄主選択:** *B.carambolae* と *B.papayae*

の実験個体群にマンゴーおよびスターフルーツを与え(さらに、一部の果実については、針で孔を開け)子世代個体群を育成した。2種のミバエともに、スターフルーツと孔を開けたマンゴーでは産卵数が多く、多数の老熟幼虫が脱出、蛹化した。他方、孔を開けないマンゴーでは、特に *B.carambolae* の産卵数が著しく低下し、産卵が抑制されることが示された。マンゴーの果皮はスターフルーツに比べ厚く、そのため産卵管の短い *B.carambolae* では、産卵管の長い *B.papaya* に比べ産卵が困難だと推測された。また、野外から採集したマンゴーでは、ミバエは特定のマンゴー果実に集中して寄生することが認められた。その理由として、ミバエは、果皮が傷ついたマンゴーに集中して寄生するためだと推測された。2種のミバエ幼虫は、マンゴーとスターフルーツで順調に生育し、両果実種ともに、2種のミバエにとって良好な寄主植物だと推察された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

##### [雑誌論文](計 1件)

Kago, H., H. Sawada, S. Agus, T. Nishida, and M. Tsukada (2012) A simple criterion for distinguishing between sympatric fruit flies *Bactrocera carambolae* and *B. papaya* (Diptera: Tephritidae) notorious pests of diverse fruits on Java. Jpn. J. Environ. Entomol. Zool. 査読有 23(3): 143-149.  
<http://www.kandoukon.org/>

##### [学会発表](計 9件)

籠洋、インドネシア・ジャワ島における *Bactrocera* 属ミバエ類の主要害虫種とその寄主利用パターン、第57回日本応用動物昆虫学会大会、2013年3月27日~29日。藤沢市。

来田村輔、インドネシアに生息するミカンコミバエ種群2種間の繁殖干渉、第57回日本応用動物昆虫学会大会、2013年3月27日~29日。藤沢市。

籠洋、インドネシア・ジャワ島における *Bactrocera* 属ミバエ類の生態特性(1)被害をもたらす種の構成とその判別法、日本環境動物昆虫学会第24回年次大会、2012年11月17日~18日。名古屋。

沢田裕一、インドネシア・ジャワ島における *Bactrocera* 属ミバエ類の生態特性(2)各種の寄主利用パターンの解析、日本環境動物昆虫学会第24回年次大会、2012年11月17日~18日。名古屋。

Agus Susanto, Response of female *Bactrocera papaya* (Diptera: Tephritidae) on five mango varieties.,

24<sup>th</sup> International Congress of Entomology, 19 - 25 Aug. 2012, Daegu, Korea.

籠洋、同所的な2種ミバエ *Bactrocera carambolae* と *B. papayae* の簡易判別法、第56回日本応用動物昆虫学会大会、2012年3月28日、奈良市。

Agus Susanto, Sustainable control of fruit fly to improve quality of mango in Indonesia, The 2nd International Conference on Sustainable Future for Human Security - Sustain 2011, 9 October 2011, Uji Campus, Kyoto University, Japan

塚田森生、同所的に分布するミカンコミバエ種群の寄主植物利用様式の違い、第55回日本応用動物昆虫学会大会、2011年3月28日、福岡市。

##### [その他]

ホームページ等

<http://www.ses.usp.ac.jp/lab/ezl/Bactrocera.htm>

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

沢田 裕一 (SAWADA, Hiroichi)  
滋賀県立大学・環境科学研究科・教授  
研究者番号: 90259391

##### (2)研究分担者

西田 隆義 (NISHIDA Takayosi)  
滋賀県立大学・環境科学研究科・教授  
研究者番号: 60208189

山村 光司 (YAMAMURA Kouji)  
農業環境技術研究所・主任研究員  
研究者番号: 60354122

塚田 森生 (TUKADA Morio)  
三重大学・生物資源研究科・准教授  
研究者番号: 20273352

##### (3)研究協力者

籠 洋 (KAGO Hiroshi)  
滋賀県立大学・環境科学研究科・大学院生

川竹友志 (KAWATAKE Tomosi)  
三重大学・生物資源研究科・大学院生

日高直哉 (HIDAKA Naoya)  
滋賀県立大学・環境科学研究科・大学院生

来田村 輔 (KITAMURA Tasuku)  
京都大学・理学研究科・研究員

Agus Susanto  
バジャジャラン大学・農学部・講師