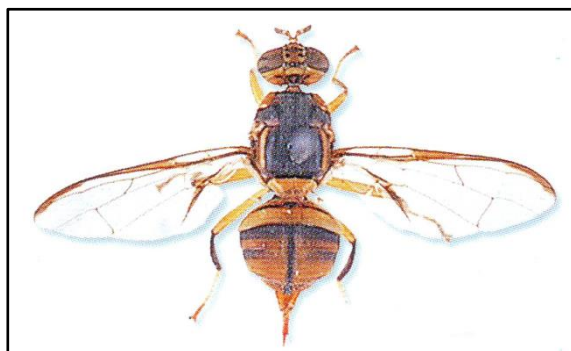


パラオのミバエ類

寺山 守

Tephritidae (Insecta, Diptera) in Palau

Mamoru TERAYAMA



**September, 2022
(Saitama, Japan)**

はじめに

ミバエ科 Tephritidae は、ハエ(双翅)目ハエ(短角)亜目 Diptera, Brachycera に位置づけられる大群で、世界に 6 亜科約 480 属 4,320 種が知られている(Norrbom et al., 1999; Norrbom, 2004). 本科には、ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis* やウリミバエ *Zeugodacus cucurbitae* など農作物に極めて深刻な被害をもたらす害虫を多く含み(50 種以上)、農作物の国内での保護のみならず農作物の輸出入・検疫の上で取り分け重要な昆虫である。このような植物検疫上重要な害虫種については、分類から生態までさまざまな研究や情報が世界で蓄積されており、本来それらの文献類を渉猟すれば、特定地域での対策を立てる際に事足りる状況にある。一方で、在来のみバエ類については、研究例に限られる場合が多い。

パラオでは、近年日本や台湾の協力のもとに、果物や果菜類の栽培の試みが盛んに進められている。しかし、取り分け重要な果実・果菜害虫として認識されているミバエ族 Dacini に属する複数の外来種がすでに侵入し、かつ広く生息し、大きな被害を与えている(Leblanc et al., 2015)。一方、在来種については調査や研究がほとんどなく、生態的知見はおろか種目録すら出来ていない状況にある。パラオの農業を振興させるためには、ミバエ類の対策が必須であり、まずは国内外の幅広い情報の集積が必要である。取り分け換金作物として、農作物の輸出を考えるのであれば、海外で輸入禁止対象病害虫となるミバエ類の根絶を果たす必要がある。同時に海外からの外来ミバエ類の侵入を防ぐ体制を作る必要がある。日本ではミバエ属 *Bactrocera* の種だけでも 18 種が輸入検疫の過程で発見されている(山迫・末吉, 2020)。ミバエ類で見るとほぼ毎日発見されていることになる(桐谷, 2000; 横浜植物防疫所, 2019)。果物類・果菜類を国内用に栽培するとしても、これらのミバエ類を放置すれば毎年莫大な農業被害が発生するであろう。いずれにせよ、今後防除研究を進めて行く上で、在来種を含めてまずは正確な分類がなされなければならない。

本報において、パラオにおけるミバエ研究の歴史と現状を取り上げ、今後の研究を進める上で必要となるパラオのみバエ類各種について概説する。

研究史

Hardy & Adachi (1956)によるミクロネシアのみバエ類のモノグラフには、17 種が報じられており、パラオからはミバエ亜科 Dacinae としてカロフィリミバエ *Bactrocera calophylli* (= *Dacus calophylli*)、フタスジマンゴウコミバエ *B. frauenfeldi* (= *Dacus frauenfeldi*)、ケブカミバエ亜科 Tephritinae のネッタヒメクロミバエ *Spathulina acroleuca* の合計 3 種が記録された。特にフタスジマンゴウコミバエは南西諸島(Southwest Islands)のプロアンナ島からも報告されている。1988-1990 年のみバエ類の調査によると、

ミカンコミバエ *B. dorsalis* とウンブロサミバエ *B. umbrosa* の 2 種が認められている (Allwood et al., 1999). 本 2 種の報告は McGregou(2000), Allwood et al. (2001)にも見られる. また Leblanc (1997)は, Allwood et al.(1999)に先立ってスターフルーツ *Averrhoa carambola* を害するミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis* を報告した(1996年の発見). ミカンコミバエは 1999-2000年の段階で, カヤンゲル島からバベルダオブ島, コロール島, ロックアイランド, ペリュリュー島, アンガウル島と広域に生息が認められた(Leblanc, 2015). SPC (2001)は *Bactrocera philippinensis* (= *B. dorsalis*)を報告した. また, GISAC (2015)では *B. philippinensis* が, スターフルーツ, グアバ, バナナ等に大きな被害を与えている

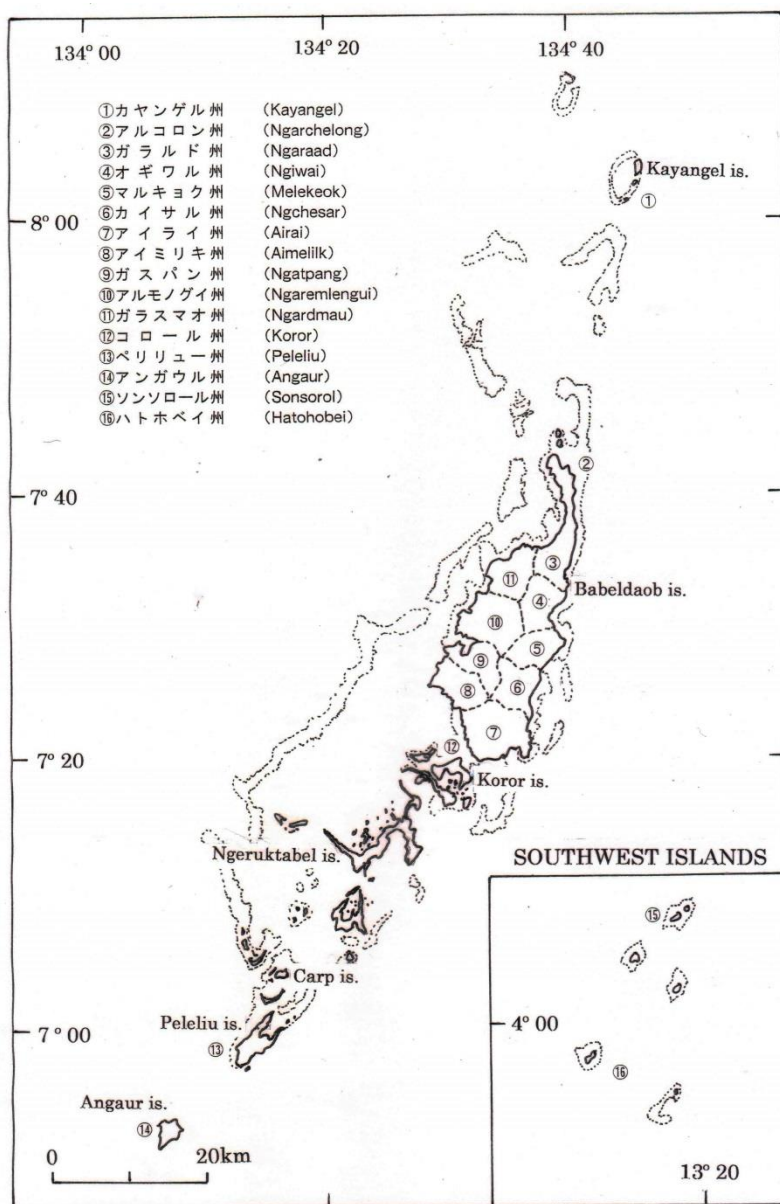


図 1. パラオ地図. 周囲は珊瑚礁に囲まれている.



図 2. A, 台湾の技術協力(Technical mission of the Republic of China (Taiwan))による実験農場, 入り口(バベルダオブ島); B, 同農場の果物栽培風景; C, 市場で販売される地産野菜類; D, 同, 国内栽培のバナナ; E, スーパーマーケットの野菜棚に並ぶ果物, 野菜類. パラオにおける野菜類の自給率は著しく低く(10%), 90%が合衆国や台湾など, 海外からの輸入にたよっている.

ことを報じ, スターフルーツで 73%, グアバで 51%もの果実への寄生が確認されたとしている. Shine (2003)は *B. frauenfeldi* と *B. umbrosa* を報じ, Holm & Michaels (2003) はパラオの果樹害虫ミバエ類として *B. dorsalis*, *B. frauenfeldi*, *B. umbrosa*, *B. calophylli* の 4 種を挙げた. さらに, Esguerra & Del Rosario (2007)はパラオの果実害虫として

Bactrocera frauenfeldi, *B. umbrosa*, *B. calophylli*, *B. philippinensis*, *B. occipitalis* の 5 種を提示した。これらの中で、*B. philippinensis* は *B. dorsalis* あるいは *B. papayae* の同物異名とみなされた。近年の分類研究では、*B. papayae*, *P. philippinensis* 及びアフリカ産の *B. invadens* は *B. dorsalis* の同物異名とみなされた (Schtze et al., 2015; Doorenweerd et al., 2018)。Leblanc et al. (2015) による分子系統解析の結果でも、これらは種レベルでの識別は出来ず、種内変異と判断された。一方、*B. papayae* は *B. dorsalis* とは独立した種であるとの異論があり (Drew & Roming, 2022)、分類は安定していない。前術のとおりパラオの Oriental fruit fly はフィリピンからの移入種で、フィリピンに生息するとされた *B. philippinensis* とみなされたことがあるが、現在 *P. philippinensis* は *B. dorsalis* の同物異名との主張 (Doorenweerd et al., 2018) と *B. papayae* の同物異名との見解がある (Drew & Roming, 2013)。Leblanc et al. (2015) は、*B. occipitalis* はおそらくパラオに生息しないと言う見解を示した。Doorenweerd et al. (2018) においても、本種の農作物への被害状況は現在不明で、不確実な記録 (特に Drew & Hancock, 1994) が不用意に引用されているとしている。

2001, 2013, 2014 年にメチルオイゲノール誘引剤とキュウレア誘引剤による分布調査を行った Leblanc et al. (2015) では、ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis*, フタスジマンゴウコミバエ *B. frauenfeldi*, ウンブロサミバエ *B. umbrosa*, カロフィリミバエ *B. calophylli* の 4 種を確認した。ミカンコミバエとフタスジマンゴウコミバエはカヤンゲル島からアンガウル島まで広く分布し、ウンブロサミバエはカヤンゲル島、バベルダオブ島、コロール島に分布が認められた。テリハボクの実を食害することから、農業害虫性のないカロフィリミバエはバベルダオブ島で確認された (Hardy & Adachi (1956) にアンガウル島からの記録がある)。

Siam weed あるいは devil weed と呼ばれ、農作物や在来の植物群落の重大な影響を与えるヒマワリヒヨドリ *Chromolaena odorata* が 1980 年代初頭にパラオに侵入し、分布を拡大した。これを駆除するために、南米原産で本種に虫こぶを作るミバエ科 Tephritidae のコンネクサミバエ *Cecidochares connexa* が 1999 年にパラオに導入されている (Esguerra, 2002)。

以上の研究史から、パラオからこれまでに記録のあるミバエ類を整理すると、以下に要約される。

1. 外来種

1-1. 農業害虫種

ミバエ亜科 Dacinae ミバエ族 Dacini

1) ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912)(s.l.)

= *Bactrocera papayae* (Drew & Hancock, 1994)

= *Bactrocera philippinensis* (Drew & Hancock, 1994)

= *Bactrocera occipitalis* (Bezzi, 1919): Esguerra & Del Rosario, 2007, misidentification

2) フタスジマンゴウコミバエ *Bactrocera frauenfeldi* (Schiner, 1868)

3) ウンブロサミバエ *Bactrocera umbrosa* (Fabricius, 1805)

1-2. 非害虫種

ミバエ亜科 Dacinae ミバエ族 Dacini

4) カロフィリミバエ *Bactrocera calophylli* (Perkins & May, 1949)

1-3. 人為的導入種

ケブカミバエ亜科 Tephritinae Cecidocharini 族

5) コンネクサミバエ *Cecidocharis connexa* (Macquart, 1848)

II. 在来種

2-1. 非害虫種

ケブカミバエ亜科 Tephritinae ケブカミバエ族 Tephritini

6) ネットアイヒメクロミバエ *Spathulina acroleuca* (Schiner, 1868)

ミバエ科の検索

ハエ目は世界に約 15 万 7000 種が記録されている大きいグループであるが、100 万種は存在するであろうと言われている。後翅が小さく退化して平均棍となり、そのために翅が 2 枚となっている。口器は吸汁型や針状に特殊化するものが多く見られる。ミバエ科 Tephritidae は、ハエ(短角)亜目 Brachycera の中で無弁翅亜節 Acalyptratae のミバエ上科 Tephritoidea に位置付けられる一群である。

発見されたハエがミバエ科であることを確認する場合、以下の特徴を点検すると良い(一戸・金田, 1992; 横浜植物防疫所, 1988)。

1. 上額眼縁刺毛と下額眼縁刺毛をもつ(図 2-A)。
2. 1 対の後頭頂刺毛があり、これらは正面から見て平行または離反して生え、2 本が交差することはない(図 2-A)。但し、ミバエ亜科 Dacinae では本刺毛の発達が悪く、ないかあっても微細な刺毛として存在する。
3. 翅の前縁脈(C 脈)は、肩横脈(H 脈)の前後と亜前縁脈(Sc 脈)の終点との 3 カ所に切れ目がある(図 2-C)。
4. 亜前縁脈(Sc 脈)と第 1 径脈(R₁ 脈)は分離していて、亜前縁脈(Sc 脈)は前縁脈(C 脈)の切れ目に向かって急角度で曲がる(図 2-C)。

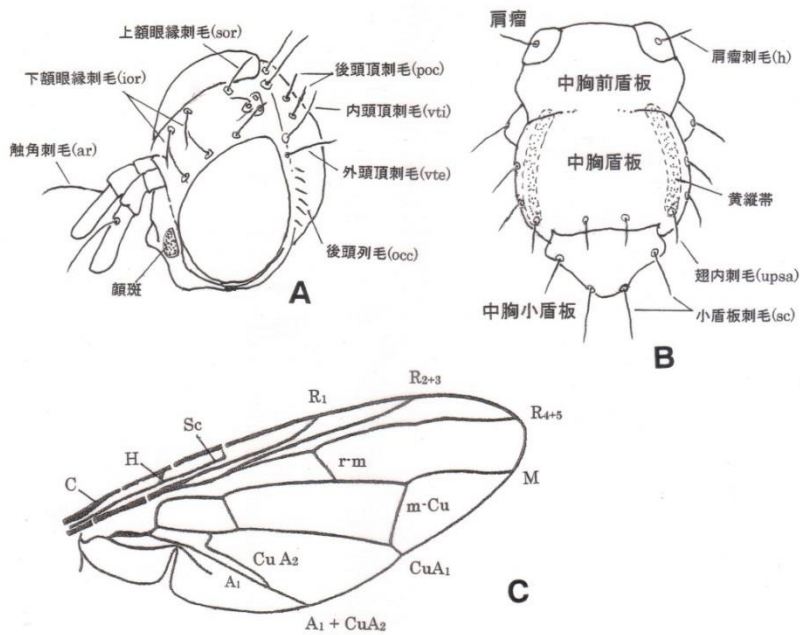


図 2. ミバエ科の外部形態. A, 頭部; B, 胸部, 背面; C, 前翅.

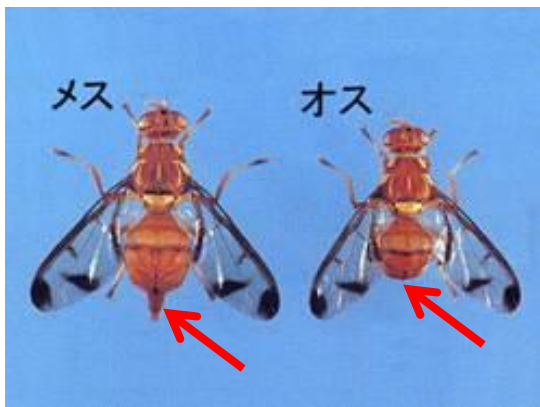


図 3. *Bactocera dorsalis* のメスとオス. メスには後方へ突出した長い産卵管(ovipositor)があることでオスとの区別は容易. (Photo by Okinawa Prefectural Agricultural Research Center: <https://www.pref.okinawa.jp/site/norin/byougaichubojokawata.html>)



図 4. A: カボチャ果実からの終齢幼虫の脱出孔, B: 終齢幼虫, C: マユ.

各種解説

パラオのミバエ類については、基本的に翅の模様と体部の色彩で種の識別が可能である。ただし、モニタリングなどの調査で多用されるトラップによる採集では、体の一部が破損している場合も多い。色彩や斑紋も標本の状態によっては不鮮明となる場合も多く、同定には熟練が必要である。

外来種

1) ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912) (s.l.)

形態：体長 7.5 mm 前後。Oriental fruit fly として世界的に知られる重要害虫である。翅は前縁室を含めて透明で、基部から後縁部に達する褐色斜帯がある。肩瘤に黄斑があり、中央刺毛はない。胸部背面は黒色で側方に黄縦帯があり、翅内刺毛を超える。小盾板に刺毛が 1 対ある。腹部は赤褐色で、色彩に変異が見られるが、基本的に第 1-3 節の前縁部に黒色の横帯があり、第 3 節以降の中央に縦走する黒色帯がある。

形態的に分類の困難な近似種が多く、これらの形態的に著しく類似した複数の種をひとまとめにして、ミカンコミバエ種群 *B. dorsalis* species complex あるいは *B. dorsalis* (s.l.) と言った表記がなされて来た。特に、*B. dorsalis*, *B. carambolae*, *B. papayae*, *B. philippinensis* の 4 種間での類似が著しく、同定が困難であったことからこれらを種群として一括して発表して来た経緯がある。近年においても、*B. papayae* と *B. philippinensis* が *B. dorsalis* の同物異名とみなされる (Schutze et al., 2015a) 一方、*B. papayae* を独立種とみなす見解や *B. philippinensis* を *B. papayae* の同物異名とみなす見解があり (Drew & Roming, 2013, 2022)、分類は安定していない。種認識の難しさは遺伝子解析結果からも示されており、例えば Schutze et al. (2015b) では、本種が *B. carambolae* と *B. kandiensis* との間で種間交雑を起こしていることを報じている。そのため、本報では広義の枠組み (*sense lato*; s.l. (in the broad sense)) で *B. dorsalis* の学名を適用しておく。

Bactrocera occipitalis は、ミカンコミバエに近似した種であるが、翅の前縁帯が広く、 R_{2+3} 脈を明瞭に越えることで *B. dorsalis* と区別される (*B. dorsalis* では、前縁帯が狭く、 R_{2+3} 脈を超えない)。Esguerra & Del Rosario (2007) が報じた *Bactrocera occipitalis* は、写真 (p. 83; Fig. 148) から判断する限りミカンコミバエに該当する。*Bactrocera occipitalis* はフィリピンやボルネオなどの東南アジアから報告されている種であるが、被害状況の実態は現在不明である (Doorenweerd et al., 2018)。パラオからの本種の記録は外しておく。

被害・生態：300 種以上に及ぶ多くの農作物を食害し、果実類のほかトマトなどの果菜類にも被害を与える。太平洋諸島だけでも 40 種の農作物の被害が報じられている (Leblanc et al., 2012, 2013a)。メスは産卵管を果実の果皮に刺し、組織内に卵を産む。幼虫が中身を食い荒らして育ち、3 齢を経た後、地上に降り土壤中で蛹になる。ミトコンドリア COI 遺伝

子の解析とオス交尾器の形態から、パラオで蔓延している個体群はフィリピンからの侵入が推定されている(Leblanc et al., 1015).

分布：東南アジア，中国，アフリカ，太平洋諸島に広く分布し，現在 65 か国以上から報告されている．日本では本種の根絶に成功させたが，2020 年以降九州本土の各地で相次いで発見されており，物資に伴った侵入ではなく，大陸部からの飛来が疑われている．海外からの輸送物資，携帯品，郵便物から発見される頻度は高く，年間 300 件にも達する(横浜植物防疫所, 2019).

2) フタスジマンゴウコミバエ *Bactrocera frauenfeldi* (Schiner, 1868)

形態：体長 6-7 mm の黒色の種. Mango fruit fly として知られている．翅に r-m 脈から m-Cu 脈にかけて斜めに走る褐色帯と，基部から後縁部に達する褐色斜帯があることで区別は容易である．肩瘤は黒褐色で中央刺毛はない．中胸は黒色で，暗灰色の太い帯が中央に見られ，細く短い黄色の縦帯が側方にある．小盾板には刺毛が 1 対あり，基部に逆三角形の黒斑がある．腹部も黒色で暗灰色の模様がある．

被害・生態：多くの果物を食害する．太平洋諸島では 73 種もの農作物の被害が報じられている(Leblanc et al., 2012, 2013a)．メスは果物に卵を産み，幼虫が中身を食い荒らす．

分布：東南アジア，オーストラリア，ニューギニア，太平洋諸島に広く分布する．

3) ウンブロサミバエ *Bactrocera umbrosa* (Fabricius, 1805)

形態：体長 6-7 mm. 翅に特徴的な褐色紋がある．パンノキの果実等に寄生することから Bread fruit fly と呼ばれている．基部に内部を透明にくり抜いた三角形状の紋があり，中央部に太い縦紋を，先端部に V 字状の紋をもつ．胸部は黒色で，側方に黄色の縦帯がある．

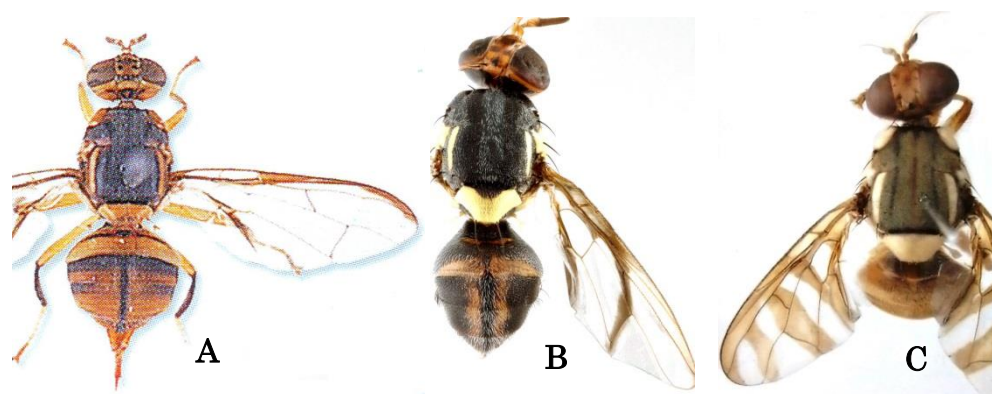


図 5. ミバエ科害虫種. A, ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912); B, フタスジマンゴウコミバエ *Bactrocera frauenfeldi* (Schiner, 1868); C, ウンブロサミバエ *Bactrocera umbrosa* (Fabricius, 1805).

黄色縦帯は長く、翅内刺毛に達する。腹部は赤褐色で、側方に黒色の大紋があり第 3 節以降の中央に縦走する細い黒色帯をもつ。

被害・生態：基本的にパンノキ属 *Artocarpus* の植物を食害し、特にドリアン、パンノキとジャックフルーツ(パラミツ、ナンカ)に被害が見られる。

分布：東南アジア、ニューギニア、太平洋諸島に広く分布する。

4) カロフィリミバエ *Bactrocera calophylli* (Perkins & May, 1949)

分類：色彩がミカンコミバエに類似するため、調査に際して注意が必要である。翅が透明で、基部から後縁部に達する褐色斜帯をも持たないことでミカンコミバエと識別される。

生態：テリハボク科 *Calophyllaceae* のテリハボク *Calophyllum inophyllum* のみを食害することから、非害虫種とされる。ただし、ミカンコミバエはテリハボクも食害するので調査の際には注意が必要である。

分布：東南アジア、日本(南西諸島)、ニューギニア、オーストラリア、太平洋諸島。



図 6. カロフィリミバエ *Bactrocera calophylli* (Perkins & May, 1949). (Photo by Queensland Museum Network: <https://learning.qm.qld.gov.au/resources/1552646/>)

人為的導入種

ヒマワリヒヨドリ *Chromolaena odorata* は、熱帯アメリカ起源のキク科の多年生草本で、丈の高さが 3-7m にもなり、時としては 10m を超える大型植物である。農耕地や川岸、道端、市街地等の攪乱環境に生育する。本種は他感作用（アレロパシー）により他の植物を駆逐し、農作物や在来植物に大きな被害を与える。また、繁殖力が強く、刈り取っても根茎から容易に再生する。生産する種子量も非常に多く分布拡大能力は高い。現在、世界中の熱帯、亜熱帯に分布を広げており、その侵入地域では重大な生物的脅威となっている。世界自然保護連合(IUCN)は、本種を‘世界の侵略的外来種ワースト 100’に選定している。

本種は 1980 年代初頭にパラオに侵入し、分布を拡大させた。これを駆除するために、南米原産で本種に虫こぶを作るミバエ科 Tephritidae のコネクサミバエ *Cecidochoares connexa* が 1999 年に導入された。

5) コネクサミバエ *Cecidochoares connexa* (Macquart, 1848)

分類：体長 5 mm. 前翅に 4 本の太い黒色帯を持ち他種との識別は容易である。頭部は橙色で、胸部は黒色。腹部は黒色の地色に灰色の横帯を持つ。

生態：ヒマワリヒヨドリ *Chromolaena odorata* に虫こぶを作り、幼虫はその中で成長する。虫こぶは終齢幼虫のもので長さ 1.8 cm，幅 1.1 cm ほどになる。

分布：新熱帯原産種であるが、ヒマワリヒヨドリ *Chromolaena odorata* 駆除を目的にグ



図 7. コネクサミバエ *Cecidochoares connexa* (Macquart, 1848). 左, オス ; 右, メス.
(Photo by Esguerra & Del Rosario, 2007)



図 8. *Chromolaena odorata* (ヒマワリヒヨドリ). IUCN: 100 of the World's Worst Invasive Alien Species. B: 矢印は虫こぶ内の幼虫.

アム島やオーストラリア，パプアニューギニア，インド，タイ等で人為的導入が行われている．パラオには，インドネシアで飼育されたものがグアム島へ導入され，さらにグアム島で育てられたものの一部が 1999 年にもたらされた．2021 年段階でも本種の生息が確認されており，定着している．

在来種

在来種については，概して生態情報がなく，野生植物のみに寄生する種がある一方で，栽培植物にも寄生するものがある．現時点では農業被害をもたらさない種であっても，新たな作物を導入した結果，その作物の害虫になる可能性もある．

前述のように，パラオでは野生植物に寄生するミバエ類については調査研究が行われていない．しかし，侵入警戒調査の対象となる重要ミバエ類を正確に識別する上でも，地域のミバエ類全般の知見を集積しておくことが必要である．

6) ネットアイヒメクロミバエ *Spathulina acroleuca* (Schiner, 1868)

分類：体長 3-3.5 mm の小型で暗褐色の種．翅の地色は黒色で，透明な斑紋を散布する．翅の基部は透明．

生態：幼虫はキク科植物 Compositae の花の中で育つ．

分布：熱帯アフリカから東南アジア，中国，日本，オーストラリアにかけて広域に分布する．ミクロネシアでも広く分布する．



図 9. ネットアイヒメクロミバエ *Spathulina acroleuca* (Schiner, 1868), 前翅. (Photo by Bhattacharya, K. Kr. et al., 2013)

要注意外来種

世界的な大きな被害を与えている種並びに地理的分布から，特に侵入に注意を傾けるべき重要ミバエ類の種を提示する．

クインスランドミバエ *Bactrocera tryoni* (Froggatt, 1897)

体長 6 mm. 英名は Queensland fruit fly. 翅は透明で，基部から後縁部に達する褐色斜帯のみが見られることからミカンコミバエに類似する．ただし，翅の前縁室は褐色であるこ



図 10. クイーンズランドミバエ *Bactrocera tryoni* (Froggatt, 1897). (Photo by Fruit Fly ID Australia, [https:// www.fruitflyidentification.org.au/species/bactrocera-tryoni/](https://www.fruitflyidentification.org.au/species/bactrocera-tryoni/))

とと，中胸の 1 対の黄色縦帯は比較的短く，翅内刺毛を超えないことで区別される．カンキツ類などに寄生する．本種に近似の種としてグアバに寄生する *B. neohumeralis* (Hardy) が存在する．

東南アジア，オーストラリアおよびその周辺島嶼に生息する．

Bactrocera musae (Tryon, 1927)

体長 6 mm で，色彩はミカンコミバエにやや類似する．Banana fruit fly と呼ばれているようにバナナの害虫として良く知られる．オーストラリアのクイーンズランド原産とされ，パプアニューギニアに侵入し，ソロモン諸島からも記録されている．17 種からなる *B. musae* 種群の一つであるが，本種の実態は複数種を含む隠蔽種群であると考えられており，詳細な分類研究を必要としている．

Bactrocera decipiens (Drew, 1971)

カボチャの害虫で，pumpkin fruit fly と呼ばれている．南洋諸島ではカボチャの輸入量は少なく，動植物検疫では重要視されていない．本種のオスは，現在ある誘引剤に誘引されない．

Bactrocera trivialis (Drew, 1971)

10 科以上に寄生する重要な果樹害虫で，かんきつ類，グアバ，マンゴー等の被害が多い．インドネシアからニューギニアにかけて分布している．

Bactrocera bryoniae (Tryon, 1927)

大型のミバエで，オーストラリアの東海岸から北部にかけて生息している．ウリ科，ナ

ス科，バショウ科等 5 科の植物から得られており，トウガラシから良く発見される．ニューギニアからも報告されているが，オーストラリアの個体群とは近似の別種である可能性が高い．バナナから発見されている．

ウリミバエ *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett, 1899)

体長 8-9 mm. Melon fly と呼ばれる大害虫である．長らく *Bactrocera cucurbitae* の学名が使われて来たが，近年 *Zeugodacus* 亜属が属に昇格され，そこに本種が位置付けられた (Dooreneerd et al., 2018)．翅の先端付近に褐色斑があり，m-Cu 脈上に発達した褐色帯がある．前縁室は透明．中胸は黄褐色で背面に 3 本の黄色縦帯を持つ．腹部も黄褐色．ウリ類のほか，熱帯果実のパパイヤ，マンゴーなどを食害し，インゲン，トウガラシなどの農作物にも害を与える．

東南アジア原産とされ，アフリカ，ニューギニア，ハワイ，グアム島に分布を拡大させた．琉球列島に侵入した個体群は，22 年をかけて根絶させたが，輸入貨物や携帯品に乗じて海外からの侵入が頻繁に見られる．

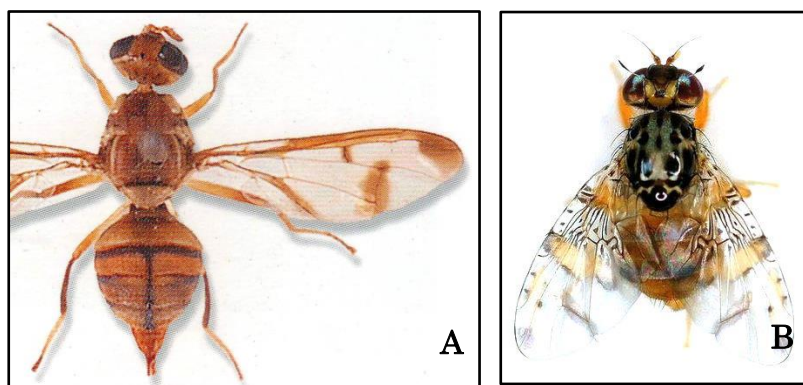


図 11. A: ウリミバエ *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett, 1899). B: チチュウカイミバエ *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824).

チチュウカイミバエ *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824)

体長 4.0-5.5 mm. 英名は Mediterranean fruit fly. 翅の基部に多数の褐色小斑点があり，前半部には褐色の帯や斑点がある．肩瘤の中央に刺毛をもつ．中胸背面に黄色の縦帯はない．小盾板に刺毛が 2 対あり，基部と先端に黒斑をもつ．広食性で，200 種類以上もの果物の食い荒らす大害虫である．成虫が果物上に産卵し，幼虫がその中身を食べて行く．

アフリカ原産で，19 世紀までにヨーロッパのスペインから中近東にかけて分布を広げ，その後オーストラリア，ハワイ，南アメリカに侵入，定着した．合衆国本土では，カリフォルニア，フロリダ，テキサス州に侵入したが，いずれも根絶に成功している．ただし，現在もたびたび北アメリカへの侵入が見られる．太平洋諸島ではハワイに侵入しており，根絶事業が進められている．

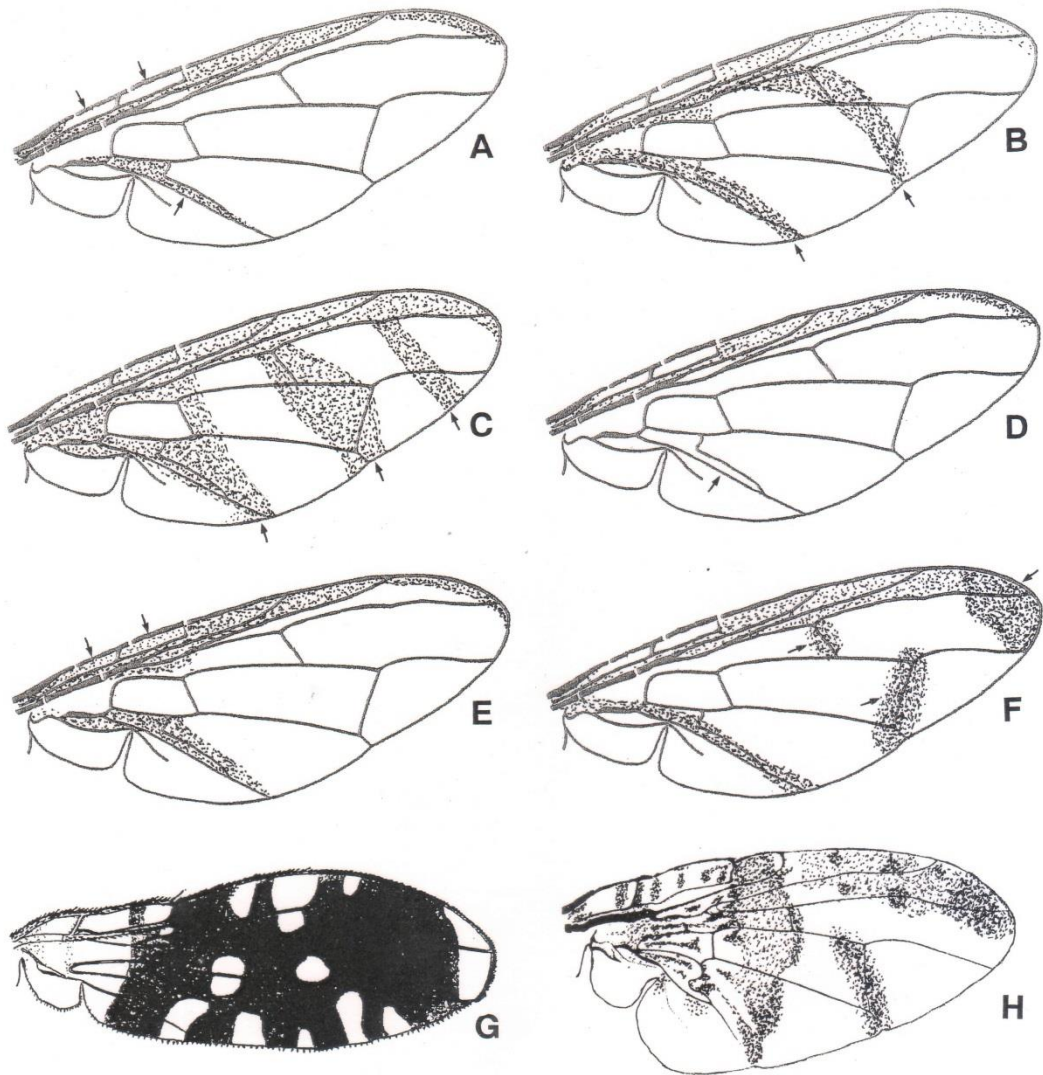


図 12. ミバエ類の翅. A, ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912); B, フタスジマンゴウコミバエ *Bactrocera frauenfeldi* (Schiner, 1868); C, ウンブロサミバエ *Bactrocera umbrosa* (Fabricius, 1805); D, カロフィリミバエ *Bactrocera calophylli* (Perkins & May, 1949); E, クインズランドミバエ *Bactrocera tryoni* (Froggatt, 1897); F, ウリミバエ *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett, 1899); G, ネットアイヒメクロミバエ *Spathulina acroleuca* (Schiner, 1868), (Hardy & Adachi (1956)より); H, チチュウカイミバエ *Ceratitis captata* (Wiedemann, 1824).

結語

本報で、パラオの重要な農業害虫であるミバエ類についての概要を解説した。ミバエ類の根絶事業は、世界各地で行われており、成功例があると同時に失敗例も少なくない。太平洋地域ではマリアナ諸島ロタ島のウリミバエの根絶成功例(1963年; ミバエ類の最初の根絶例)やグアム島のミカンコミバエの根絶成功例(1964年)がある(Steiner et al., 1965)一方、マリアナ諸島のロタ島、サイパン島、テニアン島、アギガン島、仏領ポリネシアでのミカンコミバエの根絶失敗例がある。いずれにせよ、根絶には莫大な予算と労力、時間がかかることを覚悟しなければならない。また、個体群密度を減少させた段階で防除を止めると、密度の高い他地域からの侵入個体による産卵がすぐに見られ、急速に個体群密度の回復が起こることから、基本的に隔離された島全体を単位とすれば、根絶を成功させる可能性があることが分かっている(Steiner et al., 1962)。ただし、合衆国本土のカリフォルニア、フロリダ、テキサス州でのチチュウカイミバエの根絶成功例や、ニュージーランドでのチチュウカイミバエの根絶成功例もある。

日本では南西諸島のウリミバエに対して、22年をかけて約204億円の費用と延べ44万人分の労力をかけて根絶に至らせしめた。また南西諸島、小笠原諸島のミカンコミバエに対しては、18年の歳月と約50億円の費用をかけ、延べ19万人が投じられて根絶させた(吉澤, 1993)。よって、ウリミバエとミカンコミバエを合わせた根絶防除事業は人件費を除き総額254億円にも上る。不妊虫放飼法の発案者であるエドワード F. ニップリング Edward F. Knipping は、1996年に第11回日本国際賞受賞で来日した際に、これまでの研究で一番難しかったことは、根絶事業費を獲得することだと言う旨を述べている。パラオでは、1998年にミカンコミバエとウンブロサミバエを対象とした根絶計画が立案され、根絶のための予算として120万米ドル(1億2000万円)を算定したが、計画は資金の獲得が得られずに終わっている(Allwood et al., 1999; McGregor, 2000)。同時期(1998-2000)に、マーシャル諸島とソロモン諸島との間にあるナウル共和国では、4種の重要害虫ミバエの内の3種の根絶に成功している(Allwood et al., 2002)。

ミバエ類の根絶には、主に不妊虫放飼法(SIT: Sterile insect technique)と雄除去法(MAT: Male annihilation technique)が用いられている。不妊虫放飼法は、γ線照射による不妊性のオスを大量に放逐し、メスがそのオスと交尾することで(ミバエ類のメスは1回のみ交尾を行う)、個体群密度の減少を狙う方法である。しかし、この方法は高価な設備投資が必要で、高額な予算と人材の確保が必要となる。雄除去法は(Steiner et al., 1965b)、例えば植物質繊維で作った4-5 cm四方の板(テックス板と呼ぶ)に、メチルオイゲノールやキュウレア、トリドルアなどのオスを引き付ける誘引剤と殺虫剤を含ませて野外に配置し、オス個体の除去を図ることで子孫を絶やす方法である。日本では、奄美大島や小笠原諸島でこのような誘殺板のヘリコプターによる大量散布も行われている。材質が植物質繊維であるこ

とから、放置してもやがて自然に土に還ることから回収の手間を省くことができる。マリアナ諸島では、不妊虫法飼法によるミカンコミバエの根絶に失敗した後、雄除去法を用いて根絶に導いた例もある(Steiner et al., 1970)。パラオでもシミバエの根絶事業を行うのであれば、誘殺板の大量散布による防除がより現実的ではないかと考える。

その他、天敵を利用する研究も行われているが、寄生蜂を用いた実験では、ハワイやタヒチでは個体群密度の減少に効果があったと判断されたが(Vargas et al., 2007, 2012a, b)、パラオでの実験では有効と判断される効果は得られなかった(Leblanc et al., 2015)。

ミバエ類の局所的な防除では、誘引物質としてタンパク質を混ぜた殺虫剤(protein bait spray)の散布方法があり、果物をミバエに産卵される前に袋掛けを行う(bagging of fruits)方法等もある。果物類の輸出に際しては蒸熱処理法(VHT: Vapor Heat Treatments System)が開発されている。果物に付いたミバエの卵や幼虫を蒸気と熱で殺虫する方法である。但し、この方法は日本では、植物検疫法による‘条件付き輸入解禁’を受けている国が指定果物を輸入させる際に事前に必要な処理方法である。パラオでは、まずミバエ類の個体群密度を低減させることが先で、高価なVHTを導入するのはその次の段階の話である。さらに、ミバエの防除と並んで先ずは品質のそろった良好な果物を安定的に生産し、国内自給率を高めるための育種技術の向上と、生産者を積極的に育成する等の生産性の向上が最優先課題であろう。

参考文献

- Allwood, A. J., J. W. Armstrong, K. Englberger & F. Sengebau, 1999. Feasibility study on eradication of fruit flies attracted to methyl eugenol (*Bactrocera dorsalis* and *Bactrocera umbrosa*) in Palau. FAO/AusAID/UNDP/SPC Project on Regional Management of Fruit Flies in the Pacific. Technical report. 28 pp.
- Allwood, A. J., L. Leblanc, E. Tora Vueti & R. Bull, 2001. Fruit fly control methods for Pacific island countries and territories. Plant Protection Service Secretariat of the Pacific Community, Pest Advisory Leaflet, (40): 1-12.
- Allwood, A. J., E. Tora Vueti & F. Sengebau, 2001. Implementation plan. Eradication of fruit flies attracted to methyl eugenol-oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) and breadfruit fly (*Bactrocera umbrosa*). FAO/AusAID/UNDP/SPC Project on Regional Management of Fruit Flies in the Pacific. Technical report. 29 pp.
- Allwood, A. J., E. T. Vueti, L. Leblanc & R. Bull, 2002. Eradication of introduced *Bactrocera* species (Diptera: Tephritidae) in Nauru using male annihilation and protein bait application techniques. In Veitch, C. R. & M. N. Clout (eds.), Turning the tide: the eradication of invasive species, 19-25.

- Bhattacharya, K. Kr., Halder, S. & Banerjee, D., 2013. New records of fruit flies (Diptera: Tephritidae) from Renuka wetland and wildlife sanctuary, Himachal Pradesh. *Rec. Zool. Surv. India*: 113(Part-3): 145-149.
- Doorendeerd, C., L. Leblanc, A. L. Norrbom, M. San Jose & D. Rubinoff, 2018. A global checklist of the 932 fruit fly species in the tribe Dacini (Diptera, Tephritidae). *ZooKeys*, 730: 19–56.
- Drew R. A. I. & D. L. Hancock, 1994. The *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) in Asia. *Bull. Entomol. Res., Supple. Ser.*, 2: 1-68.
- Drew, R. A. I., S. Raghu & P. Halcoop, 2008. Bridging the morphological and biological species concepts: studies on the *Bactrocera dorsalis* (Hendel) complex (Diptera: Tephritidae: Dacinae) in Southeast Asia. *Biol. Jour. Linn. Soc.*, 93: 217-226.
- Drew, R. A. I. & M. C. Romig, 2013. Tropical fruit flies of South-East Asia: (Tephritidae: Dacinae). C. A. B. International, Oxfordshire, United Kingdom, 653 pp.
- Drew, R. A. I. & M. C. Romig, 2016. Keys to tropical fruit flies (Tephritidae: Dacinae) of South-East Asia: Indomalaya to North-West Australia. CAB International, Wallingford, U. K., 487 pp.
- Drew, R. A. I. & M. C. Romig, 2022. The fruit fly fauna (Diptera: Tephritidae: Dacinae) of Papua New Guinea, Indonesia Papua, associated islands and Bougainville. CAB International, UK, 124 pp.
- Esguerra, N. M., 2002. Introduction and establishment of the thphritid gall fly *Cecidochares connexa* on siam weed, *Chromolaena odorata*, in the Republic of Palau. *ARC-PPRI* (2002); 148-151.
- Esguerra, N. M. & A. G. Del Rosario, 2007. Economic Entomology in Micronesia. Palau Community College, 224 pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019. Fruit fly management in Palau-Advisory leaflet, 4 pp. <https://www.fao.org/publications/card/en/c/CA7106EN/>
- GISAC, 2015. *Bactrocera philippinensis*. http://www.guaminsects.net/gisac2015/index.php?title=Bactrocera_philippinensis
- Hardy, D. E. & M. Adachi, 1956. Insects of Micronesia. Vol. 14 No.1. Diptera: Tephritidae. Bishop Museum. 28 pp.
- Holm, T. & P. Michaels, 2003. Republic of Palau. *In* Shine, C., J. K. Reaser & A. T. Gutierrez (eds.), Invasive alien species in the Austral-Pacific Region, Notional Reports & Directory of Resources. GISP, Bishop Museum & US Government), 102-122.
- 平尾重太郎・梅谷献二, 1974. フィリピンのマングロー栽培地におけるミバエ類調査報告書.

- 農林省熱帯農学研究センター, 21 pp.
- Hsu, J.-C., H.-T. Feng & W.-J. Wu, 2004. Resistance and synergistic effects of insecticides in *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Taiwan. *Jour. Econ. Entomol.*, 97: 1682-1688.
- 一戸文彦・金田昌士, 1992. 我が国の植物検疫において重要なミバエの種類とその識別法. 植物防疫所調査研究報告, 28: 69-74.
- 石井象二郎・桐谷圭治・古茶武男(編), 1985. ミバエの根絶-理論と実際-. 農林水産航空協会, 391 pp.
- 石川光一・一戸文彦・新井 茂, 1981. 小笠原父島および奄美大島産ミカンコミバエの生理的特性の比較. 植物防疫所調査研究報告, 17: 19-24.
- 伊藤嘉昭, 1980. 虫を放して虫を滅ぼす 沖縄・ウリミバエ根絶作戦私記. 中央公論社, 183 pp.
- Jin, T., L. Zeng, Y.-y. Lin, Y.-y. Lu & G.-w. Liang, 2011. Insecticide resistance of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae), in mainland China. *Pest Manag. Sci.*, 57: 370-376.
- 金田昌士・佐々木幹了, 1992. メチルオイゲノールと β -カリオフィレンの混合誘引剤によるセグロモモミバエに対するトラップ調査の効率化. 植物防疫所調査研究報告, 55: 21-23.
- Kamiji, T., 2021. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) intercepted by Japanese Import Plant Quarantine at Narita International Airport. *Res. Bull. Prot. Japan*, 48: 33-42.
- Kamiji, T. & M. Kadoi, 2021. Effectiveness of adenosine triphosphate (ATP) assays for rapid judgment of life or death of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae), eggs in quarantine. *Jpn. Jour. Environ. Entomol. Zool.*, 32: 69-73.
- Kamiji, T., M. Kaneda & M. Sasaki, 2018. Suppressive effects of trap capture on fertilized egg production in *Bactrocera correcta* (Bezzi) (Diptera: Tephritidae): comparison of two attractants, β -caryophyllene and methyl eugenol, in laboratory cages. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.*, 29: 127-134.
- 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.
- 小山重郎, 1994. 530億匹の闘い ウリミバエ根絶の歴史. 築地書館, 220 pp.
- Krosch, M. N., M. K. Schutze, K. F. Armstrong, Y. Boontop, L. M. Boykin, T. A. Chapman, A. Englezou, S. L. Cameron & A. C. Clarke, 2013. Piecing together an integrative taxonomic puzzle: microsatellite, wing shape and aedeagus length analyses of *Bactrocera dorsalis* s.l. (Diptera: Tephritidae) find no evidence of multiple lineages in a proposed contact zone along the Thai/Malay Peninsula. *Syst. Entomol.*, 38: 2-13.
- Leblanc, L., 1997. Fruit fly fauna in Federated States of Micronesia, Guam, Palau, Kiribati, Northern Marianas and Marshall Islands. *In* A. J. Allwood & R. A. I. Drew

- (eds.), Management of Fruit Flies in the Pacific. ACIAR Proceedings No. 76, 64-67.
- Leblanc, L., E. Tora Vueti, R. A. I. Drew & A. J. Allwood, 2012. Host plant records for fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacini) in the Pacific Islands. Proc. Hawaiian Entomol. Soc., 44: 11-53.
- Leblanc, L., E. Tora Vueti & A. J. Allwood. 2013a. Host plant records for fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacini) in the Pacific Islands: 2. Infestation statistics on economic hosts. Proc. Hawaiian Entomol. Soc., 45: 83-117.
- Leblanc, L., R. I. Vargas & R. Putoa, 2013b. From eradication to containment: invasion of French Polynesia by *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) and releases of two natural enemies: a 17-year case study. Proc. Hawaiian Entomol. Soc., 45: 31-43.
- Leblanc, L., F. Harry, F. Sengebau, M. San Jose¹, D. Rubinoff & R. Pereira, 2015a. A Survey of fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) and their Opiine parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) in Palau. Proc. Hawaiian Entomol. Soc., 47: 55-66.
- Leblanc, L., M. San Jose, N. Barr & D. Rubinoff, 2015b. A phylogenetic assessment of the polyphyletic nature and intraspecific color polymorphism in the *Bactrocera dorsalis* complex (Diptera, Tephritidae). Zookeys, 540: 339-367.
- Liu, H., D.-j. Zhang, Y.-j. Xu, L. Wang, D.-f. Cheng, Y.-x. Qi, L. Zeng & Y.-y. Lu, 2019. Invasion, expansion, and control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in China. Jour. Integrative Agri., 18: 771-787.
- Maung, K., Y. Mon, M. Khine, K. Chan, A. Phyoe, A. So, T. Han, W. Myo, S. San & A. Khai, 2021. Current Knowledge of Mango and Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Control in Myanmar: A Review. Advances in Entomol., 9: 49-58. doi:10.4236/ae.2021.91005.
- McGregor, A., 2000. A feasibility study of eradication of Oriental fruit fly (*B. dorsalis*) and breadfruit fly (*B. umbrosa*) from the Republic of Palau. FAO/AusAID/UNDP/SPC Project on Regional Management of Fruit Flies in the Pacific. Technical report. 45 pp.
- 農林水産省, 2003. 主な未侵入病害虫の解説. 植物防疫病害虫情報, (70): 6-7.
- Norrbom A. L., L. E. Carroll, F. C. Thompson, I. M. White & A. Friedberg, 1999. Systematic database of names. In Thompson, F. C. (ed.), Fruit fly expert identification system and systematic information database. Myia 9, 65-251.
- Norrbom A. L., 2004. Updates to Biosystematic Database of World Diptera for Tephritidae through 1999. Diptera Data Dissemination Disk (CD-ROM) 2.
- Plant Health Australia, 2018. The Australian handbook for the identification of fruit flies. Ver. 3.1, 157 pp. Plant Health Australia, Canberra, ACT.

- Raga, A. & M. E. Sato, 2006. Time-mortality for fruit flies (Diptera: Tephritidae) exposed to insecticides in laboratory. *Arq. Inst. Biol., Sao Paulo.*, 73: 73-77.
- San Jose, M., L. Leblanc, S. M. Geib & D. Rubinoff, 2013. An evaluation of the species status of *Bactrocera invadens* and the systematics of the *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) complex. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, 106: 684-694.
- Schutze, M. K., N. Aketarawong, W. Amornsak. K. F. Armstrong, A. A. Augustinos, N. Barr, W. Bo, K. Bourtzis, L. M. Boykin, C. Cáceres, S. L. Cameron, T. A. Chapman, S. Chinvinijkul, A. Chomič, M. De Meyer, E. Drosopoulou, A. Englezou, S. Ekesi, A. Gariou-Papalexidou, S. M. Geib, D. Hailstones, M. Hasanuzzaman, D. Haymer, A. K. W. Hee, J. Hendrichs, A. Jessup, Q. Ji, F. M. Khamis, M. N. Krosch, L. Leblanc, K. Mahmood, A. R. Malacrida, P. Mavragani-Tsipidou, M. Mwatawala, R. Nishida, H. Ono, J. Reyes, D. Rubinoff, M. San Jose, T. E. Shelly, S. Srikachar, K. H. Tan, S. Thanaphum, I. Haq, S. Vijaysegaran, S. L. Wee, F. Yesmin, A. Zacharopoulou & A. R. Clarke, 2015a. Synonymization of key pest species within the *Bactrocera dorsalis* species complex (Diptera: Tephritidae): taxonomic changes based on 20 years of integrative morphological, molecular, cytogenetic, behavioural, and chemoecological data. *Syst. Entomol.*, 40: 456-471.
- Schutze, M. K., K. Mahmood, A. Pavasovic, W. Bo, J. Newman, A. R. Clarke, M. N. Krosch & S. L. Cameron, 2015b. One and the same: Integrative taxonomic evidence that *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) is the same species as the Oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis*. *Syst. Entomol.*, 40: 472-486.
- Sengebau, F., N. Waqa & E. Tora Vueti, 2005. Fruit flies in Palau. Plant Protection Service Secretariat of the Pacific Community, Pest Advisory Leaflet, (44): 1-4.
- 尊田望之・北島克己・末次哲雄・上地 穰, 1985. ミバエ類の撲滅作戦. 植物防疫, 39(5): 195-200.
- SPC (Secretariat of the Pacific Community), 2001. *Bactrocera philippinensis* and *Bactrocera occipitalis* in Palau. Pest Alert No. 23, 1. https://www.spc.int/Pacifly/Pest_Adv_leaflets/Pest-Alert-23-NewFlies-Palau.pdf
- Steiner, L. F., E. J. Harris, W. C. Mitchell, M. S. Fujimoto & L. D. Christenson, 1965. Melon fly eradication by overflooding with sterile flies. *Jour. Econ. Entomol.*, 58: 519-522.
- Steiner, L. F., W. G. Hart, E. J. Harris, R. T. Cunningham, K. Ohinata & D. C. Kamakahi, 1970. Eradication of the oriental fruit fly from the Mariana Islands by the methods of male annihilation and sterile insect release. *Jour. Econ. Entomol.*, 63: 131-135.
- Steiner, L. F., W. C. Mitchell & A. H. Baumhover, 1962. Progress of fruit-fly control by

- irradiation sterilization in Hawaii and the Mariana Islands. *Inrer. Jour. Appl. Radiation & Isotopes*, 13: 427-434.
- Steiner, L. F., W. C. Mitchell, E. J. Harris, T. T. Kozuma & M. S. Fujimoto, 1965b. Oriental fruit fly eradication by male annihilation. *Jour. Econ. Entomol.*, 58: 961-964.
- 末吉昌宏, 2014. Family Tephritidae ミバエ科. 日本昆虫学会 日本昆虫目録編集委員会編, 日本昆虫目録第 8 巻双翅目(第 2 部 短角亜目額囊節), 権歌書房, 555-588.
- Tahir, H. M & R. Yaqood, 2015. Insecticide resistance in *Bactrocera dorsalis* H. (Diptera: Tephritidae). *Lap Lambert Academic Publ.*, KG, 73 pp.
- 田中 章, 2021. ミカンコミバエ, ウリミバエ -奄美群島の侵入から根絶までの記録-. 南方新社, 184 pp.
- Vargas, R. I., L. Leblanc, R. Putoa & A. Eitam, 2007. Impact of introduction of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and classical biological control releases of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on economically important fruit flies in French Polynesia. *J. Econ. Entomol.*, 100: 670-679.
- Vargas, R. I., L. Leblanc, E. J. Harris & N. C. Manoukis, 2012a. Regional suppression of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Pacific through biological control and prospects for future introductions into other areas of the world. *Insects*, 3: 727-742.
- Vargas, R. I., L. Leblanc, R. Putoa & J. C. Piñero, 2012b. Population dynamics of three *Bactrocera* spp. fruit flies (Diptera: Tephritidae) and two introduced natural enemies, *Fopius arisanus* (Sonan) and *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), after an invasion by *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Tahiti. *Biol. Contr.*, 60: 199-206.
- Vargas, R. I., J. C. Pinero & L. Leblanc, 2015. An overview of pest species of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biological approaches for their management with a focus on the Pacific region. *Insects*, 6: 297-318
- 山迫淳介・末吉昌宏, 2020. 農業環境変動研究センター所蔵の外国産ミバエ科 (昆虫綱: ハエ目) 標本目録. 農研機構研究報告, 5: 21-30.
- 横浜植物防疫所, 1988. 侵入警戒調査で発見されるミバエ類(I). 植物防疫所病害虫情報, 27: 3.
- 横浜植物防疫所, 1989a. 侵入警戒調査で発見されるミバエ類(II). 植物防疫所病害虫情報, 28: 3.
- 横浜植物防疫所, 1989b. 侵入警戒調査で発見されるミバエ類(III). 植物防疫所病害虫情報, 29: 3.

横浜植物防疫所, 1989c. 侵入警戒調査で発見されるミバエ類(IV). 植物防疫所病害虫情報, 30: 3.

横浜植物防疫所, 2019. 2017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, 117: 8.