

ブータンにおけるミバエ類の発生状況と防除対策

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター ^{もり} 守 ^や 屋 ^{せい} 成 ^{いち} 一

ブータン・ウェンカル再生可能天然資源研究開発センター **Loday PHUNTSHO・Sonam GYELTSHEN・Tshering PENJOR**

はじめに

ブータンでは2010年より5か年の予定で「園芸作物研究開発・普及支援プロジェクト」が国際協力機構(JICA)による技術協力事業として実施されている。本プロジェクトの主要目的は、ブータン東部6県(ゾンカク: Dzongkhak)における園芸作物の振興を図り、農家の貧困削減につながる魅力ある農村作りを目指すことである。ところが、2012年春季以降、各種の果樹でミバエ類の被害が急増したため、当初計画になかった虫害の短期専門家が2012年と2013年の2度にわたって派遣され、被害状況の把握と防除対策の策定に当たった。

ブータン政府が提唱する「国民総幸福: Gross National Happiness」の概念、それに基づく「世界一幸せな国」という桃源郷イメージ、さらに2011年のブータン国王ご夫妻の訪日などにより、日本国内におけるブータンの認知度は、近年著しく高まった。しかしながら、同国の農業の実態を知る人は依然として少ないと思われる。そこで、本稿では、ブータン東部を中心に農業の現状を簡単に紹介するとともに、2シーズン約5か月間の調査結果から、断片的ではあるが、ブータン東部におけるミバエ類の発生・被害状況と防除対策を紹介したい(表紙参照)。

本文に先立ち、ミバエ類の同定を賜った農林水産省横浜植物防疫所・鶴田賢治博士、ミバエ類の調査資料・調査方法等に関してアドバイスをいただいた沖縄県病害虫防除技術センター・沖縄県農業研究センター・農林水産省那覇植物防疫所の担当者、現地調査に協力いただいたJICAプロジェクトの富安裕一専門家・佐々木健一専門家・ウェンカル再生可能天然資源研究開発センターおよびサブセンターを含む現地スタッフ、ブータン農林省国立植物防疫センターの関係者各位に厚く御礼申し上げます。ミバエ類の標本は、ブータン政府の承認を得て日本

Fruit Fly Problem and its Control Trial in the Kingdom of Bhutan.
Seiichi MORIYA, Loday PHUNTSHO, Sonam GYELTSHEN and Tshering PENJOR

(キーワード: ブータン, ミカンコミバエ, *Bactrocera minax*, カンキツ, 有機農業, 国際協力機構)

に持ち帰った(Material Transfer Agreement: NBC/BRD/1-7/2011-2012/273, NBC/BRD/1-7/2013-2014/1389)。

I ブータンの農業

ブータンはインドと中国に挟まれたヒマラヤ山脈の南麓、沖縄本島と同じ北緯27度付近に位置し、面積は九州とほぼ同じ約3.8万km²、人口は約70万人である。南部インド国境付近の低地にわずかな平地がある以外は、国土の多くが、特に東部では、深い渓谷で隔てられた山岳地帯となっている。首都ティンブーがあるブータン西部に比べて、地形がより急峻で交通の便が悪い東部の開発は相対的に遅れており、農業に限らず、インフラ整備などを含む「東西格差」の解消を図っていくことが今後の重要課題とされている。

ブータンでは人口の過半数が農業に従事し、その多くが小規模な地域自給自足型の農業を営んでいる。農家の生活向上のために園芸作物の商業的栽培が奨励されており、標高の高い西部地域で栽培されるリンゴ、暖温帯気候域の南部・中間標高地域におけるカンキツ、および高地で栽培されるジャガイモ・トウモロコシ等が主な換金作物である。このうち、カンキツ・リンゴ・ジャガイモは隣国インドやバングラデシュに輸出されている。一方、主食の米を含む多くの農畜産物を隣国インドからの輸入に頼っているのが現状である。

II ブータンのミバエ類

ブータン国内ではカンキツ類が広く栽培されているが、ミバエ類の被害が以前より問題とされていた。そこで、ブータンの農林省国立植物防疫センター(National Plant Protection Centre: NPPC)はオーストラリアのグリフィス大学と共同して調査研究プロジェクトを2000~05年にかけて実施し、ブータン国内から新種2種を含む29種のミバエ類を記載・記録した(DREW et al., 2007)。さらに、カンキツを加害する主要種 *Bactrocera minax* (ミカンバエ近縁種; 図-1B) の生態の解明と防除に関する研究も行われた(DORJI et al., 2006)。しかしながら、これ以後、ブータンのミバエ類に関する組織的

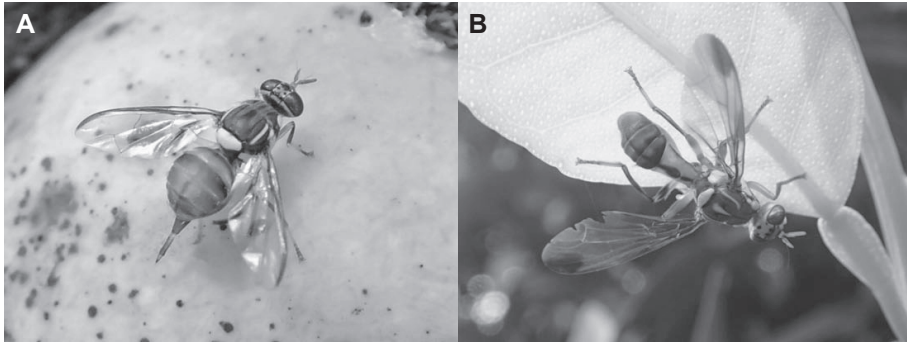


図-1 A: ミカンコミバエ雌成虫 (体長7~8 mm)
 B: *Bactrocera minax* 雄成虫 (ミカンバエ近縁種, 体長12~14 mm)
 野外では, ミカンコミバエとの体長差以上に大きく感じられる。

な研究は行われていない。また, このプロジェクトが, 主にブータン西部を調査対象地として実施されたため, 地理的に隔絶されたブータン東部におけるミバエ類の発生状況などに関する情報は得られていない。

III ブータン東部におけるミバエ類の発生状況

「園芸作物研究開発・普及支援プロジェクト」(Horticulture Research and Development Project: HRDP) はブータン東部のモンガル (Mongar) 県ウエンカル (Wengkhar) の再生可能天然資源研究開発センター (Renewable Natural Resources Research and Development Centre: RNR RDC) を拠点とし, ブータン東部6県 (Lhuentse, Trashiyangtse, Mongar, Trashigang, Pemagatshel, Samdrup Jongkhar) をカバーしている。2012年春季よりRNR RDCの圃場で栽培されているカンキツ類に加えて, ナシ, カキ等の各種果樹果実でミバエ類によると思われる被害果が急増したため, 同年9~10月にかけて, 虫害の短期専門家が派遣され, ブータン東部6県におけるミバエの発生と被害状況を調査した。さらに, 翌2013年5~7月に再度派遣され, モンガル・ルンツェ (Lhuentse) 県内の春季から夏季にかけてのミバエ発生状況の把握と防除計画の策定にあたり, カンキツ園における試験的な防除を実施した。

1 2012年9~10月の調査

ブータン東部におけるミバエ類に関する調査報告などが皆無に等しい状態のため, まず, ミバエ類の加害種の特定と分布状態および被害実態の把握等, 対象害虫に関する基礎情報の収集を試みた。

ブータン国内の道路網は整備途上で, 主要都市を結ぶ車両通行可能な道路が事実上1本しかなく, 迂回路がない。大半が1.5車線以下で路面状態もよくなく, 急峻な

山岳地帯を縫うように走り, しかも, 崖崩れや地すべりにより, 頻繁に通行止めとなる。そのため, 直線距離でわずか数十km先の調査地への移動でも宿泊が伴うことになる。したがって, 以下に述べる東部6県のトラップ設置と回収だけでほぼ3週間を要し, 調査は1回のみとせざるを得なかった。ちなみに, 首都ティンブーからモンガルまで直線距離では約160kmであるのに対し, 実走行距離は470km以上に及び, 1泊2日を要する。

ブータン東部6県の延べ20箇所 (主にカンキツ園) に加えて, ブータン西部2県 (Punakha, Wangdue Phodrang) の2箇所 (カンキツ園) において, ミバエ類の誘引物質を誘引源とする簡易トラップを総計94個設置した。トラップ設置日は, 東部が9月18日から10月17日の間, 西部が10月23日である。これらの簡易トラップを1~12日後に回収し, 誘殺されたミバエ類の種類と個体数を調査した。

誘引トラップは100mlポリエチレンビンを利用した小型トラップと容量1lのペットボトルを加工したトラップを併用した (図-2A, B)。ブータン国内でのトラップ材料入手の容易さを考慮すると, 今後はペットボトルトラップの使用が推奨される。

誘引源は2種の誘引剤 (methyl eugenol と cue-lure の混合剤, および trimedlure) を用いた。それぞれミカンコミバエ種群 *B. dorsalis* species complex, ウリミバエ *B. cucurbitae*, チチュウカイミバエ *Ceratitis capitata* の雄成虫を特異的に誘引する。誘引物質の誘引力はミカンコミバエ種群>ウリミバエ>チチュウカイミバエの順になる。

混合誘引剤を誘引源とするすべてのトラップでミバエ類が誘殺され, ミバエ類はブータン東部に広く分布することが示された。総誘殺個体数は6,437匹で, その大半はミカンコミバエ種群 (図-1A) であった。ウリミバエ



図-2 ミバエ類の捕獲に用いた誘引トラップ

- A: ポリエチレンビントラップ, B: ペットボトルトラップ,
 C: マックファイルトラップ, D: シュタイナートラップ,
 E: 黄色粘着板トラップ.

は標高の低い Mongar 県の Lingmethang とブータン西部 Wangdue Phodrang 県の Bajo の 2 箇所で 18 匹得られた。両種以外にセグロウリミバエ種群 *B. tau species complex* を含む複数種のミバエ類が 110 匹捕獲されており、現在同定作業中である。チチュウカイミバエ誘引トラップは南部・低標高地域の 5 箇所に延べ 10 個設置したが、誘殺は見られなかった。ただし、本種の誘引剤 trimedlure の誘引力はそれほど強力でないと言われていたため、ブータン国内未分布と断定はできない。

トラップ設置場所の標高と誘殺個体数との間には明確な関係が認められず (図-3)、事前に想定された標高の低い温暖な地域ほど個体数が多いであろうという傾向は認められなかった。

簡易トラップ設置の際に、果樹園内の落下果実 (ミバエ類の加害により落下した可能性がある) を拾い集め、実験室に持ち帰った。これらの果実を通気性のあるプラスチック容器に収容し、果実内部の幼虫の成長を待った。2 週間程度経過した後に、すべての果実を分解し、

終齢幼虫と思われる個体を取り出し、湿り気を与えたパーミキュライトの中に移し、蛹化させた。得られた羽化成虫が同定できれば、当該種の寄主植物が判明する。落下果実採集場所の誘殺個体数と被害果率 (内部に幼虫がいた割合) との間には明確な関係が認められず、誘殺個体数が多いほど被害果率が增加する傾向もなかった。ただし、今回は各地域とも原則として 1 回限りの調査のため、ミバエ類による被害状況の把握には、年間を通した継続調査が必要である。

簡易トラップで捕獲された個体、被害果実から羽化した個体、および NPPC による 2011 年と 2012 年の調査で得られた個体を日本に持ち帰り、農林水産省横浜植物防疫所の鶴田賢治博士に同定を依頼した。しかしながら、ブータン産ミバエ類に関する参照資料が乏しく、未記録・未記載種が含まれる可能性があるため、現時点で種名が判明しているのは、ミカンコミバエ種群・セグロウリミバエ種群を含む 7 種である (表-1)。このうち、ウェンカル RNR RDC 圃場内のナシ、カキ果実からミカ

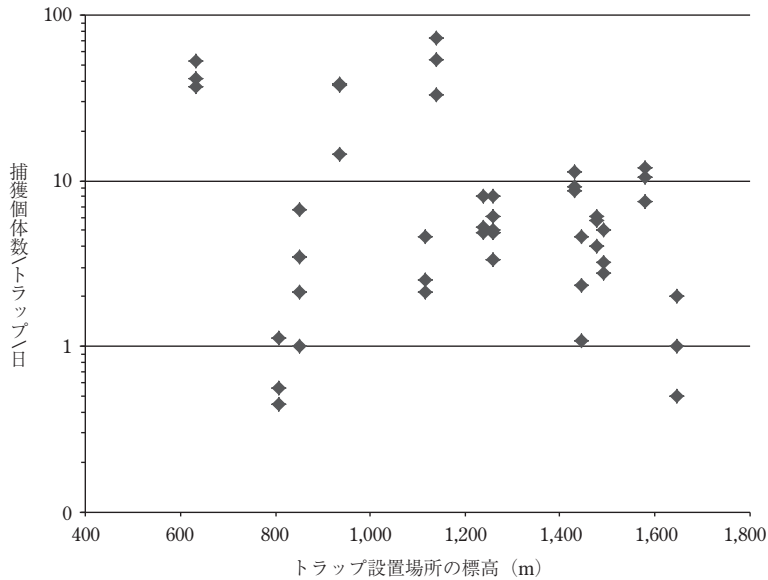


図-3 ミバエ誘引トラップの設置場所標高と捕獲個体数との関係
(2012年9～10月, 1回調査)

表-1 寄主植物調査で記録されたブータン産ミバエの同定結果

和名	学名	英名	寄主植物
ミカンコミバエ種群	<i>Bactrocera dorsalis</i> species complex	Oriental fruit fly species complex	カンキツ・モモ・ナシ・ カキ・マンゴー
ウリミバエ	<i>B. cucurbitae</i>	Melon fly	バクダンウリ*
セグロウリミバエ種群	<i>B. tau</i> species complex	—	バクダンウリ
ナスミバエ	<i>B. latifrons</i>	Solanum fruit fly	トウガラシ
—	<i>B. tuberculata</i>	—	カンキツ
モモミバエ	<i>B. zonata</i>	Peach fruit fly	カンキツ
ミカンバエ近縁種	<i>B. minax</i>	Chinese citrus fruit fly	カンキツ

* *Cyclanthera pedata* (lady's slipper gourd).

ンコミバエ種群の羽化成虫が得られたことが注目される。

B. minax は methyl eugenol や cue-lure 等の誘引剤に反応しないこと、他のミバエ類とは異なり、年1世代で成虫の活動時期が4～8月ころであること (DORJI et al., 2006) などから、2012年9～10月の調査では、一部の地域で本種幼虫によると思われる被害果を見いだしたのみで、成虫は全く発見されなかった。

2 2013年5～7月の調査

2012年の調査終了後、ペットボトルトラップと混合誘引剤を用い、ミバエ類の発生消長調査が継続された。調査地点は Wengkharr RNR RDC 圃場と標高が異なるモンガル県内4箇所のカンキツ園 (Lingmethang, Gar-

mani, Hurungpam, Dedrang) である。この調査は今後も通年にわたって継続されることになっている。

誘引捕獲された個体の大半がミカンコミバエ種群であり、図-4に示された結果から、①標高の低い Lingmethang (約600 m) ではミバエ類が冬季間も発生を繰り返していること、②標高が増すにつれて冬季の発生が少なくなり、標高が最も高い Wengkharr (約1,700 m) では冬季間の発生が認められないこと、③春季の気温上昇とともに、低地の周年発生地から標高の高い地点に順次成虫が移動・分散する可能性が高いこと、という防除対策上、非常に重要な新発見がもたらされた。

2013年の調査目的の一つは、春季に羽化が始まる *B.*

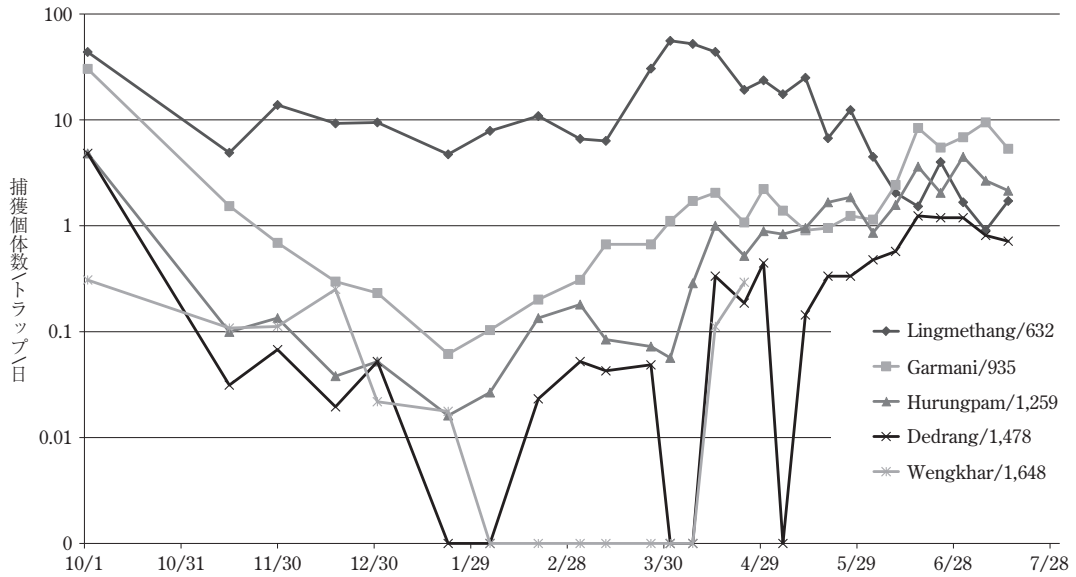


図-4 ペットボトルトラップによるモンゴル県内のミバエ類誘引消長(2012～13年)
凡例は地名/標高 (m).

minax の発生動向を把握することである。本種は誘引剤に反応しないため、蛋白加水分解物(プロテイン剤)を誘引源とする食餌誘引トラップ(マックファイロトラップ)と色彩に対する誘引効果を利用した黄色粘着板トラップを用いた(図-2C, E)。一方、誘引剤(methyl eugenol と cue-lure)に反応するミバエ類に対しては、前年から調査を継続しているペットボトルトラップに加えて、沖縄県のミバエ類再侵入防止事業で使われているシュタイナートラップ(図-2D)を入手し、両者の比較を行った。調査地点は、後述のミバエ防除対象カンキツ園4箇所と無防除カンキツ園5箇所を選定し、5月16日から7月17日まで原則として1週間間隔で調査を行った。

B. minax に対するマックファイロトラップと黄色粘着板トラップの誘引力は弱く、さらに防除対象地点では、トラップ調査と防除作業を平行して行ったため、本種の発生消長を解析できるほどの個体数が誘引されなかった。今回のトラップ調査で *B. minax* が捕獲されたのは9地点中6地点で、そのうちの5地点は調査期間中の誘殺総個体数が6匹以下であった。したがって、本種の発生の有無や発生期間の把握に関する定性的なデータを得るにとどまった。

ペットボトルトラップとシュタイナートラップとの誘引捕獲個体数を4地点で比較したところ、地点ごとに多少のばらつきや相違があるものの、簡易なペットボトルトラップで得られたデータがシュタイナートラップデー

タの代替となり得ることが示された(図-5)。これにより、ペットボトルトラップの誘殺データを解析する際に、日本国内のミバエ類根絶防除事業や再侵入防止事業で蓄積されてきたシュタイナートラップの膨大な誘殺データを直接比較参照することが可能となった。今後も、ペットボトルトラップによる調査の継続が望まれる。

IV ミバエ類防除の試み

ミバエ類の根本的な防除対策として、沖縄県・鹿児島県等で実施されたウリミバエの不妊虫放飼法、ミカンコミバエの雄除去法による根絶防除が国際的にも有名であるが、実行には様々な制約があり、通常は殺虫剤散布や果実袋かけによる被害軽減が一般的である。しかしながら、ブータン国内では、小規模なカンキツ園が急傾斜地に散在し、樹体管理が不十分な粗放栽培状態であるため、生産性が低く、殺虫剤の使用や袋かけは、物理的・経済的に厳しい。さらに、農業政策の目玉として有機農業が奨励されており、殺虫剤主体の化学的防除は、害虫といえども殺生を嫌う宗教観と相まって、数多くの制約を受ける。

そこで、周囲から比較的独立しているカンキツ園4箇所(Budur [ルンツェ県], Patpari, Lingmethang, Wengkhhar)を選び、農家への普及啓蒙を兼ねて、2013年5月中旬より有機農業と共存可能な防除を試行した。事前計画では、ミバエ類の移動能力を考慮にいれて、数千ha規模の広域防除を目指した。しかし、現地調査の結

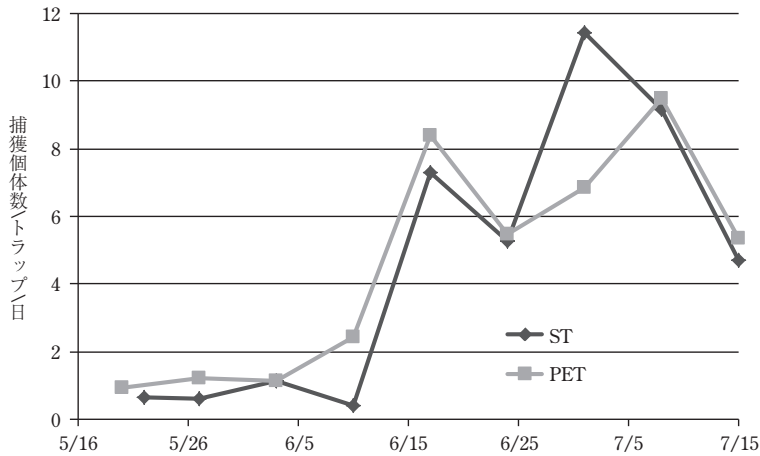


図-5 シュタイナートラップ (ST) とペットボトルトラップ (PET) のミバエ類誘引個体数の比較

(モンゴル国 Garmani, 2013年)

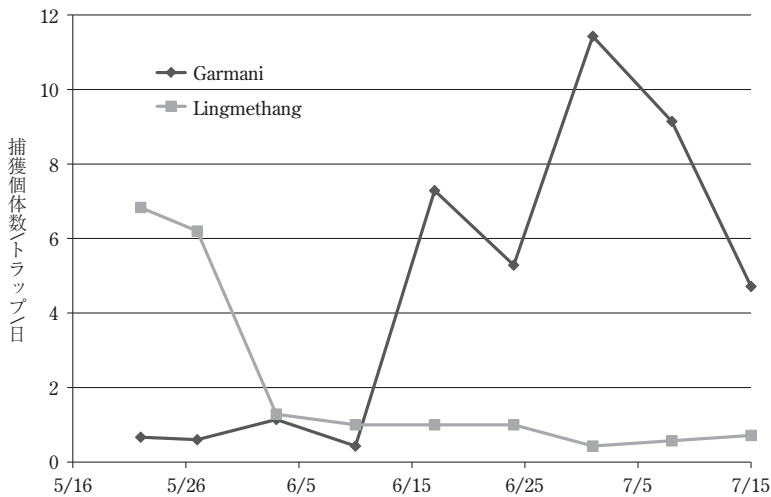


図-6 シュタイナートラップによるミバエ類の誘引状況 (2013年)

Lingmethang (プロテイン剤・テックス板散布) と Garmani (無防除)

果, 地形的な隔離が十分でないことや野生寄主植物が広く分布することが判明したため, 小規模なカンキツ園に防除資材を集中させることとした。

主要加害種である *B. minax* に対しては, 1週間ごとに食餌誘引剤 (プロテイン剤) と殺虫剤 (有機農業で使用が認められているスピノサド) の混合液を防除対象地域の樹木にスポット状に噴霧した。この方法は, 日本国内のミバエ類根絶防除の過程で行われた「密度抑圧防除」に倣ったものである。ミカンコミバエ種群に対しては, 誘引殺虫剤による「雄除去法」を適用し, 1 ha 当たり4枚のテックス板 (サトウキビの搾りかす繊維を板状に圧

縮し, 誘引剤と殺虫剤を含侵させたもの) を4週間間隔で防除対象地域内の樹木の枝などに吊り下げた。これらの防除手段に加えて, 9月以降のカンキツ収穫期に落下果実を1週間おきに拾い集め, 地面に掘った深さ1 m以上の穴に埋没処理することで, 落下果実から脱出する幼虫の成育を阻止することとした。被害果の埋没処理は, 蛹で越冬する *B. minax* に対して, 翌年の羽化成虫を減少させる効果が期待できる。

B. minax に対する防除効果は, 被害果埋没処理の効果が反映される翌年以降の被害果率で評価されるべきであり, 結論を出すまでに数年を要することになる。一方,

ミカンコミバエ種群に対しては、防除対象面積が狭かったにもかかわらず、モニタートラップに誘引捕獲される雄成虫数の減少が認められた(図-6)。ただし、雄個体数の低減が被害果減少に直接影響するわけではない。また、防除対象地域内外にはグアバなどの野生寄主植物が存在するため、小面積で実行された雄除去法でカンキツに対する防除効果を期待することは厳しいと言わざるを得ない。

なお、ブータン中部 Tsirang 県のカンキツ栽培地帯では、ミバエ類による被害の大半が *B. minax* によるものであることから、食餌誘引剤散布と被害果の埋没処理による3年計画の防除プロジェクトが2013年からNPPCによって実施されており、被害軽減に対する現地農家の期待が高まっている。

おわりに

ミバエ類の防除対策を効果的に推進するためには、広

域一斉防除が必須である。今後は、関係行政機関の有機的な連携による組織的な取り組みと、農家個人レベルでの害虫防除に対する意識改革と教育指導の徹底が不可欠である。

首都ティンブーを離れると、日本では当たり前の日用品の入手が困難になる一方、ここ数年で有線電話を飛び越えて、携帯電話が一気に普及し、地方におけるインターネットの利用も当たり前になった。あふれる情報の中でも、国民総幸福に基づいたバランスのとれた経済発展に期待したい。

引用文献

- 1) DORJI, C. et al. (2006): Bull. Entomol. Res. 96: 531 ~ 538.
- 2) DREW, R. et al. (2007): The Raffles Bulletin of Zoology 55(1): 1 ~ 21.