

カ類調査における3種類（ドライアイスを用いたCDC型ミニチュアライトトラップ、ヒト囿法、BG-センチネル™2トラップ）のトラップ比較

中嶋 智子 福浦 祐介 藤本 恭史

Mosquito Surveillance Using Three Trapping Methods: the Dry Ice-baited CDC Miniature Light Trap, Human-baited Count Method, and BG-sentinel™ 2 Trap

Satoko NAKAJIMA Yusuke FUKUURA Yasushi FUJIMOTO

京都市伏見区の京都府保健環境研究所構内で、ドライアイスを用いたCDC型ミニチュアライトトラップ、8分間ヒト囿、BG-センチネル™2トラップの3種のトラップを用いて、成虫カ調査の比較を試みた。調査は、2016年7月から2017年6月までの期間に、成虫カの活動最盛期、活動終息期、活動開始期の3回行い、ヒトスジシマカ *Aedes albopictus* とアカイエカ群 *Culex pipiens* group が捕獲された。時間あたりのヒトスジシマカ捕獲数、オスメス比とも、8分間ヒト囿、BG-センチネル™2トラップ、CDC型ミニチュアライトトラップの順で高く、捕獲期間はBG-センチネル™2トラップが最も長かった。一方、アカイエカ群に対しては、CDC型ミニチュアライトトラップ、BG-センチネル™2の順に捕獲個体数が多く、8分間ヒト囿では捕獲できなかった。また、BG-センチネル™2トラップではアカイエカ *Culex pipiens pallens* のオスを効率よく捕獲できる可能性が示唆された。

キーワード：成虫カ調査、ヒトスジシマカ、アカイエカ群、京都市伏見区、ドライアイス併用ライトトラップ、ヒト囿、BG-センチネル™2トラップ

Keywords：Adult mosquito sampling, *Aedes albopictus*, *Culex pipiens* group, Fusimi-ku Kyoto city, Light trap with dry ice, Human-baited method, BG-sentinel™ 2 trap

はじめに

カ類は古くから感染症を媒介することが知られ、防除の対象とされてきた衛生動物である。日本に100種以上生息し¹⁾、京都市内では上村により1960年代に37種のカ類が確認²⁾されているが、人を吸血する種はそのうちの一部とされている。また、感染症予防に資する研究対象として、日本では1900年代から様々な調査が行われてきた³⁾。成虫カ調査法は、古くはヒト囿も含むスウィーピングや壁面などで休息するカ類を吸管で集める方法などが提唱されている⁴⁾。New Jersey型ライトトラップが開発^{5,6)}されてからは、日本でも動物誘引法⁷⁾、ヒト囿法⁸⁾、スウィーピング法⁹⁾に加え、ライトトラップ法^{10,11)}が使用されるようになった。また、Reeves¹²⁾が1951年に使用したドライアイス誘引法も1960年代には日本でも用いられており¹³⁾、トラップも含め改良されながら¹⁾、現在でもよく使用されている方法で成虫カ調査が実施されるようになった。また、近年、デング熱の国内発生をきっかけに蚊媒介感染症に関する特定感染症予防指針（平成27年厚生労働省告示第260号、一部改正平成28年厚生労働省告示第119号）が制定・改定され、即時的なヒトスジシマカ *Aedes albopictus* 調査法として8分間ヒト囿（以下「ヒト囿」と記す）法が推奨されてもいる。

前報¹⁴⁾では、1kgドライアイスを用いたCDC型ミニチュアライトトラップ（以下「CO₂トラップ」と記す）法とヒト囿法で比較を行い、ヒト囿法は効率よくヒトスジシマカの捕獲が可能で即時的な本種の生息量と分布調査に優れており、CO₂トラップ法はヒト嗜好性の強いカ以外も捕獲できることからカ相や季節消長調査に適していることを示した。また、ヒト囿法はヒトスジシマカのオス個体の捕獲割合が高く、地点差を判別できたことから発生源調査に応用できる可能性が示唆されたが、日内変動が大きいこと調査結果の解析には調査条件等を吟味する必要性も示された。今回、ヒト皮膚の臭気成分とオクテノールを誘引物質としたBG-センチネル™2トラップ（ドイツ、Biogents社）（以下「BG-2トラップ」と記す）を使用する機会を得たことから、3種の方法を用いてその違いを比較検討したので報告する。

調査方法

1. 調査地と調査期間

京都府保健環境研究所（京都市伏見区、敷地面積約7000m²、34.9°N、135.8°E）は、住宅、商業、工業地が混在する都市の中にある。構内の東北隅付近のサクラ、ツツジ、キンモクセイ等が植え込まれた通路の一角を調査地点とした。調査地点北側は交通量の多い道路、東側は民家の庭と接し、西側は時間貸し駐車場、南側は2016年9月までは通路脇緑地帯であったが現在は2階建て倉庫となっている。調査は、カ

（平成29年12月18日受理）

の飛来数が増加する活動期の2016年7月から8月、カの生息が終息する2016年10月末から12月初旬、カが活動を始める2017年4月末から6月の3回、天候不順の週を除いた5-7週間の間に週1回実施した。

2. トラップ調査法

CO₂トラップ法とヒト囿法は前報¹⁴⁾と同じ手法で実施した。BG-2トラップは地表に設置し、24 ± 2時間稼働させた。誘引ルアーは半年ごとに新しいものと交換した。ヒト囿法は、7名の調査者が交代で実施した。調査は基本的には3日間連続で、CO₂トラップ24時間、ヒト囿8分間、BG-2トラップ24時間の順で実施し、いずれの調査も開始時刻は正午前後とした。捕獲カは冷凍殺虫処理後、実体顕微鏡等を用いて種の同定と雌雄の判別、計数を行った。

結果と考察

1. 捕獲力

カの活動時期ごとの調査法別調査1回あたりの平均捕獲数と性比を表1に示す。CO₂トラップでは、20回の調査で、ヒトスジシマカメス60個体、オス5個体、アカイエカ群メス102個体が捕獲された。BG-2トラップでは、19回の調査で、ヒトスジシマカメス208個体、オス129個体、アカイエカ群メス5個体、アカイエカ *Culex pipiens pallens* オス5個体が捕獲された。ヒト囿では21回の調査でヒトスジシマカメス28個体、オス15個体が捕獲され、アカイエカ群は捕獲されなかった。

前報¹⁴⁾同様、研究所構内に主として生息しているカはヒトスジシマカとアカイエカで、CO₂トラップではアカイエカ群オスが捕獲されにくいこと、ヒト囿法はヒトスジシマカ捕獲に特化した方法であることを確認した。一方、BG-2トラップのヒトスジシマカ捕獲数は時間あたりに換算するとヒト囿法に比較すると非常に少なく、アカイエカ群の捕獲数もCO₂トラップに比較すると低かったが、2種のカ類捕獲が可能であることが判明した。また、CO₂トラップでは捕獲されにくいアカイエカ群のオスが合計ではメスと同数、捕獲でき、アカイエカとチカイエカ *Culex pipiens molestus* との鑑別が可能となることから、アカイエカ群の発生状況把握に利するトラップ法であることが明らかとなった。

ヒトスジシマカの捕獲性比(メス/オス)を3法で比較す

表1 カの活動時期ごとの調査法別調査1回あたりの平均捕獲数と性比

(1) ヒトスジシマカ

	CO ₂ トラップ法		センチネルBG-2トラップ		ヒト囿法	
	メス	オス	メス	オス	メス	オス
活動期	9.3 (93%)	0.7 (7%)	30.0 (68%)	14.2 (32%)	2.2 (65%)	1.2 (35%)
活動終期	0.2 (100%)	— (0%)	0.8 (57%)	0.6 (43%)	0.4 (100%)	— (0%)
活動初期	0.4 (75%)	0.1 (25%)	4.0 (37%)	6.8 (63%)	1.7 (60%)	1.1 (40%)
—、捕獲されず						

(2) アカイエカ群

	CO ₂ トラップ法		センチネルBG-2トラップ	
	メス	オス	メス	オス
活動期	9.0 (100%)	— (0%)	0.3 (100%)	— (0%)
活動初期	6.9 (100%)	— (0%)	0.5 (38%)	0.8 (63%)
—、捕獲されず				

ると、合計で、CO₂トラップ92/8、BG-2トラップ62/38、ヒト囿65/35となり、誘引ルアーがヒトに代わる誘引性能をもつと推測でき、ライトとドライアイスのみ誘引とは異なる特性があることが判明した。また、活動開始期や活動終期にもオスを確実に採取できることから、本種の生態を成虫調査で把握できる可能性も高いと考えられた。

今回使用したBG-2トラップの前モデルのBG-センチネル™トラップではカ類の捕獲特性について先行研究がある。中国広州市のカの濃厚生息地でCDC型ライトトラップに比べ、ヒトスジシマカは4~5倍、ネッタイエカ *Culex pipiens quinquefasciatus* は1/2から同程度¹⁵⁾と捕獲優位性が示されている。また、ブルキナファソのマラリアを媒介するガンビアハマダラカ *Anopheles gambiae* の捕獲でもCDC型ライトトラップと比較して優位性が示され¹⁶⁾、ハマダラカ類の捕獲が可能であることが報告されている。オーストラリアクイーンズランド州のネッタシマカ *Aedes aegypti* 調査では、BG-センチネル™トラップ、背負い型CDC吸引トラップ(ヒト囿)、ドライアイスを併用したEVSトラップ(ライトトラップ)と比較され、捕獲数が最も多く、オスの捕獲割合も背負い型CDC吸引トラップにはやや劣るもののEVSトラップと比較して非常に高いとしている¹⁷⁾。今回用いたBG-2トラップもヒトスジシマカやアカイエカ群の捕獲が可能で、オスへの誘引効果も高いと考えられることから、先行研究結果も合わせ、実用性は高く、今後調査地によっては他種のカ調査に応用も可能と結論できる。特に、オスの発生の多寡は、発生源の有無や調査地点と発生源との遠近に関連するとされていることから、本法は発生源調査にも有効な方法となる可能性がみられた。

2. 調査週ごとのカ類捕獲

カ類の活動最盛期(2016年30週~35週)、終息期(2016年44週~50週)、開始期(2017年17週~24週)でのトラップごとのカ類の調査1回あたり捕獲数をオスメス別にヒトスジシマカを図1に、アカイエカ群を図2に示す。

ヒトスジシマカについては、活動最盛期ではいずれの方法でも捕獲数が多く、活動の活発さを把握できることがわかった。しかし、ヒト囿法は週ごとの捕獲数のばらつきが大きい結果となった。これは、日内変動が大きい¹⁴⁾ 本法では、調査時間が8分間と非常に短いこともあり、調査時の晴曇、風向・風速などの少しの変化で結果が大きく左右された可能性が高い。一方、長時間の稼働が可能なBG-2トラップは安定した捕獲が可能で、性比もヒト囿に比べ安定していることから季節消長調査への応用が十分可能と考えられた。また、活動終息期や活動開始期の捕獲は、前報でヒト囿がCO₂トラップに比べ高い感度があり、吸血リスク期間の推定に適している¹⁴⁾ ことを示したが、BG-2トラップはヒト囿よりも活動終息期で1箇月遅く、活動開始期で1週間早く採取され、長時間稼働ができる優位性を示した。また、活動開始期にはオスが比較的早く出現・活動を始めることが示され、幼虫の羽化調査を実施しなくても、生態についての知見を得ることができたと考えられた。ただし、今回の2016年10月27日、2017

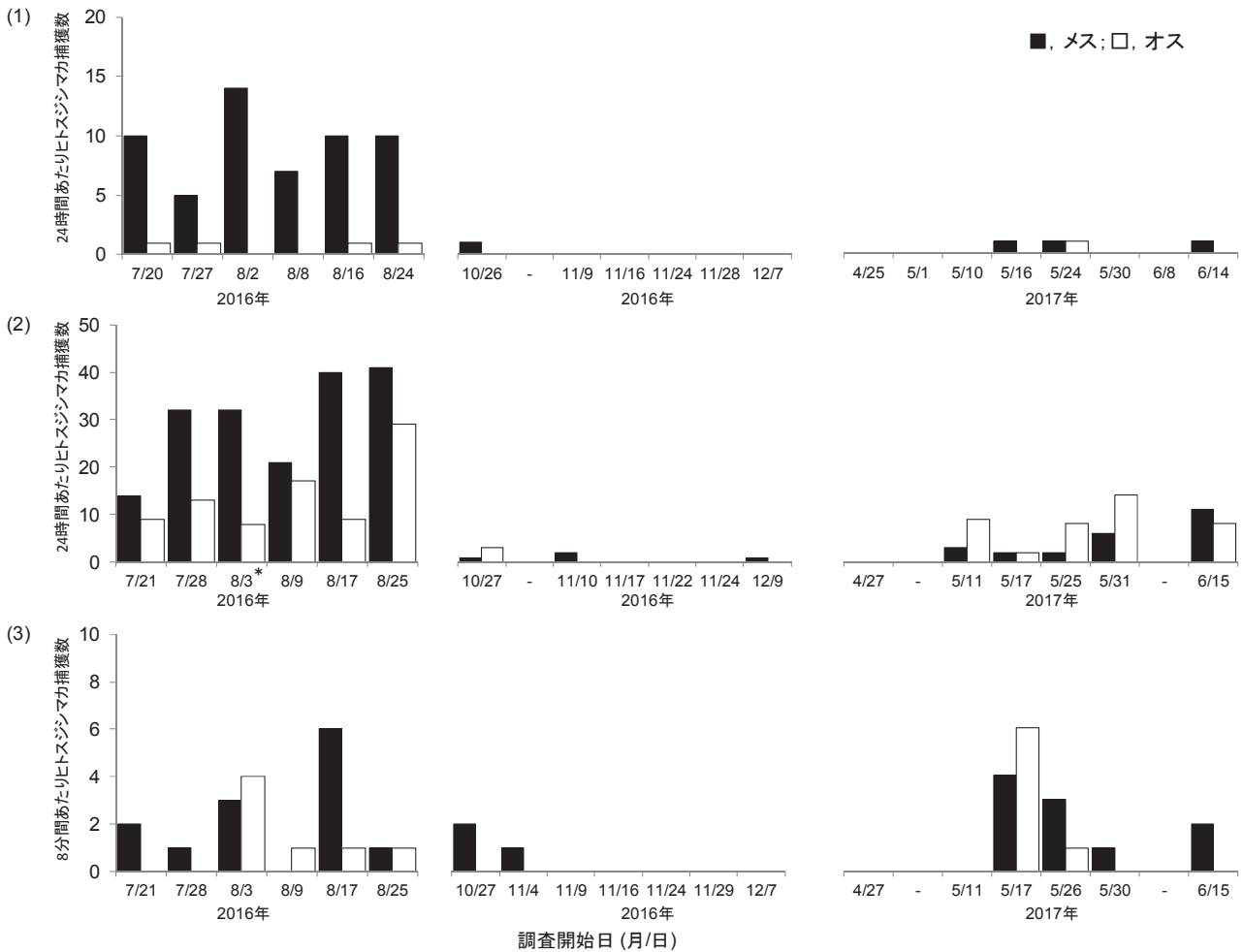


図1. 調査法ごとの調査1回あたりのヒトスジシマカ *Aedes albopictus* 捕獲数の比較。(1) ドライアイスを用いた CDC 型ミニチュアライトトラップ、(2) センチネル BG-2 トラップ、(3) 8 分間ヒト罫。ー, 調査を実施しなかった; *, 3 時間調査のため、24 時間あたりに捕獲数を補正

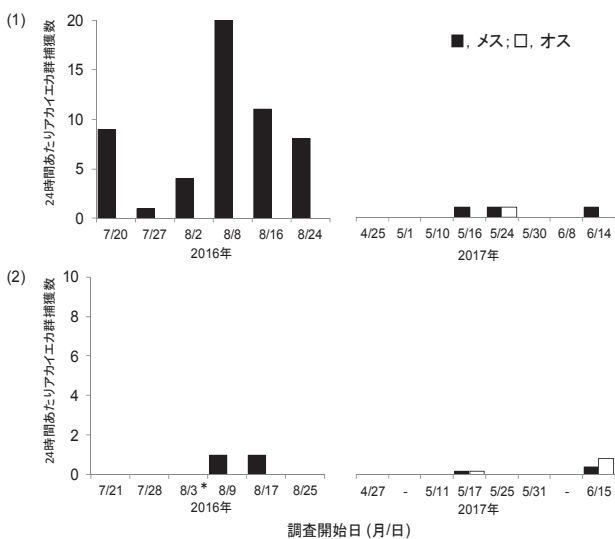


図2. 調査法ごとの調査1回あたりのアカイエカ群捕獲数の比較。(1) ドライアイスを用いた CDC 型ミニチュアライトトラップ、(2) センチネル BG-2 トラップ、ー, 調査を実施しなかった; *, 3 時間調査のため、24 時間あたりに捕獲数を補正

年 5 月 17 日のようにカの絶対活動数が少ない時期では、ヒト罫で比較的多数のカを捕獲すると、その後の BG-2 トラップの捕獲数が少なくなる影響が考えられ、複数の調査法を併用する場合、正確な動態把握には、リリースすることが必要かもしれない。

アカイエカ群については、夏期には CO₂ トラップの捕獲数に比べると BG-2 トラップは非常に捕獲数が少ない傾向が示された。一方、活動開始期では、BG-2 トラップは CO₂ トラップと同時期から捕獲されたこと、オスの採取割合が多かったことから、今後継続して、季節消長等の比較を行い、アカイエカ群での調査にも十分応用が可能かどうか、検討を重ねたいと考えている。

3. 3 種類のトラップ比較

今回の 3 種類のトラップ調査では、BG-2 トラップは他 2 種類のトラップに比べ捕獲数は劣るものの、ヒト罫法と同様の誘引性を保持し、調査地のカ類の生態を知るための有力なツールとなることが示された。また、ヒト BG-センチネル™ トラップでの先行研究例¹⁵⁻¹⁷⁾も合わせると、今回捕獲された 2 種類以外のカ類も捕獲が可能で、感染症媒介蚊の調査に適して

いることも予想できる。WHO が示す¹⁸⁾ ようにヒト囹法は、倫理面から調査者の安全を担保できる方法とは必ずしもいえないため、本トラップの実用性は高いと考えた。また、Englbrecht et al.¹⁹⁾ は、イタリアのヒトスジシマカ生息地で BG-センチネルTM トラップを複数台設置し、活動期に長期間稼働を行うことで、設置がないコントロール区に比べ、ヒトへの飛来を約 0.1% に、オビトラップでの産卵数を約 1/3 に抑制できたと報告している。BG-2 トラップは AC 電源やバッテリー使用ができ、長期連用が可能なことから、感染症発生時に備えて、防除器具としての使用を検討する価値があるかもしれない。

従来、カ類調査は感染症予防を目的として媒介蚊を対象に実施されてきた経過があり、調査地のカ相の解明や生息する多様なカ類の生態把握を目的とするような環境調査の視点では行われていない。府内のカの生態を正確に把握するためには、各トラップの特性を理解し、データを解析する必要性が改めて明確となった。しかし、CO₂ トラップによる成虫カ調査は日本では長年実施されてきた経過があり、たとえば、捕獲カの種類、性比の変動や変遷を比較するには欠かせない方法でもある。今後は、BG-2 トラップを併用することで、捕獲可能な在来のカ類やその消長について調査地点等考慮しながら検討し、データ蓄積を行いたいと考えている。

引用文献

- 1) 佐々学. 1971. I 同定法 3.1 日本産蚊科の既知種 & II 採集法 3.1 蚊成虫. 「衛生動物検査指針」(朝比奈正次郎編), pp.28-34&pp.120-123, 日本環境衛生センター, 川崎.
- 2) 上村清. 1968. 日本における衛生上重要な蚊の分布と生態. 衛生動物, 19 (1), 15-34.
- 3) 原淳. 1953. 日本の蚊に関する文献集. 衛生動物, 4(3-4), 108-132.
- 4) Smith, J.B. 1904. 1-VII Mosquito study and arrangement. "Report of the New Jersey state agricultural experiment station upon the mosquitoes occurring within the state, their habits, life history, &c.", pp.70-77, Trenton, N. J., MacCrellish & Quigley, state printers, NJ, USA.
- 5) Mulhern, T.D. 1934. A new development in mosquito traps. Proc. N.J. Mosq. Exterm. Assoc., 20:137.
- 6) Mulhern, T.D. 1942. New Jersey mechanical trap for mosquito surveys. Cire. N. J. agrie. Exp. Stn., 421:8
- 7) Sasa, M., Kanou, R., Takahashi, H. 1950. Two years observation on the seasonal activities and zoophilism of mosquitoes in Tokyo, by animal trap method. Jap. J. Exp. Med., 20:509-517.
- 8) 伊藤壽美代. 1953. ヒトスジシマカとヤマダシマカの周年世代推移について. 衛生動物, 19 (2):93.
- 9) 中尾舜一. 1959. 草地の晝間潜伏蚊類群集の生態学的研究: 第 1 報群集構造の動態. 衛生動物, 10 (1):1-7.
- 10) 利岡静一. 1952. 1950 年に於ける Light trap による蚊の採集成果について. 衛生動物, 3 (1-2):38-39.
- 11) 山口左伸, 稲臣成一. 1950. 岡山市に於ける 1950 年度日本脳炎流行と蚊の燈火採集成績に就いて. 衛生動物, 1 (3):67-69
- 12) Reeves, W.C. 1951. Field studies on carbon dioxide as a possible host simulant to mosquitoes. Proc. Soc. Exp. Bio. Med. 74 (1):64-66.
- 13) 武田植人, 栗原毅, 鈴木猛, 佐々学, 三浦昭子, 松本克彦, 田中英文. 1962. ドライアイスと蚊張を用いた蚊の捕集方法. 衛生動物, 13 (1), 31-35
- 14) 福浦祐介, 中嶋智子, 片山哲郎, 分銅絵美, 原田克也. 2016. ドライアスを併用した CDC 型ミニチュアライトトラップとヒト囹法を用いたカ類の調査. 京都府保健環境研究所年報, 61:38-45.
- 15) Li, Y., Su, X., Zhou, G., Zhang, H., Puthiyakunnon, S., Shuai, S., Cai, S., Gu, J., Zhou, X., Yan, G., Chen, X.C.. 2016. Comparative evaluation of the efficiency of the BG-Sentinel trap, CDC light trap and Mosquito-oviposition trap for the surveillance of vector mosquitoes. Parasites & Vectors, 9:446-454.
- 16) Pombi, F., Guelbeogo, F.M., Calzetta, M., Sagnon, N.F., Petrarca, V. La Gioia, V., della Torre, A.. 2015. Evaluation of a protocol for remote identification of mosquito vector species reveals BG-Sentinel trap as an efficient tool for *Anopheles gambiae* outdoor collection in Burkina. Malaria J., 14:161-169.
- 17) Williams CR, Long SA, Russell RC, Ritchie SA. 2006. Field efficacy of the BG-Sentinel compared with CDC Backpack Aspirators and CO₂-baited EVS traps for collection of adult *Aedes aegypti* in Cairns, Queensland, Australia. J. Am. Mosq. Control Assoc., 22 (2):296-300.
- 18) WHO. 2016. Learning unit 3 Sampling malaria vectors. "Malaria entomology and vector control -Guide for participants", pp.23-39, WHO, Geneva, Switzerland.
- 19) Englbrecht C., Gordon, S., Venturelli, C., Rose, A., Geier, M.. 2015. Evaluation of BG-Sentinel Trap as a Management Tool to Reduce *Aedes albopictus* Nuisance in an Urban Environment in Italy. J. Am. Mosq. Control Assoc., 31 (1):16-25.