

IV. 今後の対策 (新しい防除法、屋外吸血を防ぐ方法)

(1) 炭酸ガス製剤	44
田中嘉人 (住化エンバイロメンタルサイエンス)	
(2) 自治体、自治会による雨水升対策	49
元木 貢 (アペックス)	
(3) 屋外吸血対策	53
武藤敦彦 (日本環境衛生センター)	

2015年度殺虫剤研究班研究集会報告

日時： 2015年3月27日(金) 13:00-16:30

会場： 金沢大学 宝町キャンパス B会場 (医学類教育棟・第2講義室)

参加者：会員 21名, 非会員 39名

総会では、下記の事項が審議され承認された。

1. 会員動向：団体会員 9(増減無し) 個人会員 52(-2)

2. 2014年度決算：

期間：2014.4.1～2015.3.31

収入		支出	
2013年度繰越金	1,470,543	印刷費	5,800
大会参加費	6,000	通信運搬費	16,834
団体会員年会費		会議費	42,480
(2014年度分)	45,000	講師謝金・交通費	45,000
(2013年度分)	5,000	雑費	1,351
個人会員年会費			
(2018年度分)	2,000		
(2017年度分)	2,000		
(2016年度分)	2,000		
(2015年度分)	4,000		
(2014年度分)	78,000		
(2013年度分)	6,000		
雑収入	45		
合計	1,620,588		111,465
差引残高(2014年度繰越金)			1,509,123

3. 役員 (2015年度より新体制となった)

委員長：川田 均

委員：葛西真治、庄野美徳、谷川 力、富田隆史、橋下知幸、武藤敦彦、元木 貢

ヒトスジシマカの生態と分散行動

津田良夫（感染研・昆虫医科学）

ヒトスジシマカとは？

ヒトスジシマカの成虫は、中胸背の中央に1本の白い筋があること、脚に白斑があることが最も分かりやすい特徴である。しかしながら、これらの特徴はシマカ亜属の蚊に共通している。表1に示すように我国には現在6種類のシマカが生息している。これらの種類を形態的に区別することは可能である。

表1. 日本産シマカ類の6種の名称と分布

種類	学名	分布
ヒトスジシマカ	<i>Aedes (Stegomyia) albopictus</i>	青森以南、東南アジア、中南米、欧州など
ヤマダシマカ	<i>Aedes (Stegomyia) flavopictus</i>	日本全土
リバーシマカ	<i>Aedes (Stegomyia) riversi</i>	西日本から八重山諸島
ミスジシマカ	<i>Aedes (Stegomyia) galloisi</i>	北海道・本州
ダイトウシマカ	<i>Aedes (Stegomyia) daitensis</i>	南北大東島
タカハシシマカ	<i>Aedes (Stegomyia) wadai</i>	小笠原諸島

我国産シマカ類の中で最も広く分布しているヒトスジシマカは、本州以南から東南アジアまで分布していたが、1990年代以降、北米大陸、地中海沿岸地方、中南米、アフリカにまで分布を拡大している。

次に広い分布を持つシマカはヤマダシマカでわが国全土に分布し、3種類の亜種が区別されている。北海道から九州に分布するのはヤマダシマカ、奄美大島から沖縄群島に分布するのはダウンスシマカ、八重山群島に分布するのはミヤラシマカと呼ばれる。ヒトスジシマカとヤマダシマカの分布は大きく重なっているが、多くの場合人家の周辺にはヒトスジシマカが多く発生し、ヤマダシマカは山脚部の竹藪や樹洞、墓地にある人口容器などで発生が認められる。

ミスジシマカは北海道に普通に見られる種類で、本州ではまれな種類である。リバーシマカは琉球列島では森林でふつうに採集されるが、九州以北では生息地は限られ、佐多岬、北部九州、対馬、高知県、紀伊半島南部などの海岸沿いに残された広葉樹林で採集されているだけである。

残りの2種のシマカは分布がごく一部の島に限られており、ダイトウシマカは南北大東島の固有種、タカハシシマカは小笠原諸島の固有種であり、これらの島以外には分布

していない。

実験的には、ヒトスジシマカ、ヤマダシマカ、リバーシマカの3種がデングウイルスを媒介可能であることが知られている。

ヒトスジシマカとネッタイシマカの生態の比較

デング熱の媒介蚊として最も重要とされているのは、熱帯・亜熱帯に広く分布するネッタイシマカである。表2にヒトスジシマカとネッタイシマカの特徴を比較して示した。熱帯・亜熱帯地域ではヒトスジシマカはネッタイシマカと同じ地域に生息していることが多いが、そのような地域におけるデング熱の流行ではネッタイシマカが主役とされている。表に示したようにこれら2種はよく似た生態を持つが、ネッタイシマカの方が人との関わりがより密接である。ネッタイシマカは屋内で吸血し、潜伏場所も屋内が主であるため、媒介蚊対策も屋内や住居のごく周辺に集中する。一方、ヒトスジシマカは屋外の木陰で最もよく吸血活動を行い、屋内での吸血は例外的であって、潜伏場所も屋外の茂みである。

表2 デング熱を媒介するヒトスジシマカとネッタイシマカの生態の比較

	ヒトスジシマカ	ネッタイシマカ
地理的分布	熱帯地方から温帯地方	熱帯・亜熱帯
幼虫発生源	小さな人工容器、壺、雨水マス、排水溝、樹洞の溜まり水、竹切株など、人工容器と天然の器の両方を利用する。	小さな人工容器、花瓶、壺、貯水タンク、排水溝、井戸など、主として人工容器を利用する。
吸血行動	待ち伏せ型	待ち伏せ型
刺しに来る場所	主として屋外の木陰	屋内
潜伏場所	屋外の植物の茂み	屋内の暗所
吸血源の動物	人、犬、カメ、水鳥など状況に応じて多種の動物から吸血する。	主として人、屋内にいる動物からも吸血する。
移動範囲	環境によって異なるが、林の中であれば多くの個体は100～200mの範囲にとどまる傾向が強い。住宅地で複数の茂みが点在するような場合には、茂みの間を行き来する個体もいるため、移動範囲は広がる。	概ね100m程度とされるが、家から家へ移動するため、移動距離は住居の分布に影響される。
越冬能力	温帯地方で越冬する能力があり、我国では岩手県、秋田県が北限である。	最寒月の平均気温が10度以下の地域には分布できない。

ヒトスジシマカの発生源

ヒトスジシマカの幼虫は様々な大きさの器に発生する。水が溜まる器であれば材質に

よらず人工容器でも自然の容器でも発生する。人工容器としては、コップ、茶碗、プラスチック容器、植木鉢の水受け皿、お墓の花立など、自然の容器としては、竹の切株や樹木の窪み、岩にできた窪みなどがある。幼虫発生源として利用される大きな器としてはドラム缶や廃棄されたバスタブなどがある。庭に置き忘れたバケツや如雨露、水瓶、発泡スチロール箱、古タイヤ、水の溜まった排水溝や雨水マスなどにも、幼虫がよく発生する。雨水が溜まるような構造のもの、例えば廃棄された機械のフレーム、壊れた事務机や引き出し、雨除けのために使われているビニールカバーにできた窪みや襞の部分なども幼虫発生源となる。

ヒトスジシマカの幼虫発生源の多くは比較的小さいので、排水したり、取り除くことが可能である。定期的に庭や公園を清掃して、これらの幼虫発生源の除去を心がけることで蚊の発生を減らすことが可能である。

雨水マスや排水溝のように簡単に排水できない構造物の場合は、幼虫の成長阻害剤などを定期的に投入して発生した幼虫を殺す以外に、効果的な対策法はない。

季節消長

ヒトスジシマカの成虫は5月に発生が始まり、生息密度は6月から8月に急増してピークに達し、その後9月から10月にかけて激減するのが一般的な季節消長である。ただし、生息密度がピークに達する時期は年によって1か月程度の違いがある。また、場所によって季節消長に大きな違いがあることも知られている。

吸血行動：待ち伏せ型

ヒトスジシマカの吸血行動は待ち伏せ型である。成虫は藪（植物の茂み）に潜んで動物が近づくのを待っている。動物は呼吸や汗などによって様々な物質を放出しており、これらの物質はそこに動物がいることを示すサインになっている。ヒトスジシマカは藪に潜み、動物から送られるこれらのサインを察知して動物が近づいたことを知る。動物が放出する物質は動物の周辺に円形の雲のようにただよっていると考えられている。動物が潜伏中の蚊に近づき、動物の周囲に広がる放出物質の雲が蚊に達すると、蚊は吸血行動を開始する。このように蚊が察知できる放出物質の広がり誘引範囲と呼ばれ、動物の誘引範囲が大きいほど遠い場所から蚊が刺しに来ることになる。人の場合、ヒトスジシマカが感知できるのは人が潜伏場所に3～5m近づいた時と推定されている。言い換えると、ある場所でヒトスジシマカが刺しに来たとすると、その場所から3～5mの位置に蚊の潜伏場所があることになり、多数の蚊が刺しに来る場所がわかれば、その3～5mの場所が好適な潜伏場所になっていると推測できる。

潜伏場所

人囀による採集を行っている時、蚊が飛んでくる方向や刺しに来た個体数の多少から、

好適な潜伏場所の位置をある程度知ることができるが、藪の中のどこから出てきたのかはよくわからない。少なくとも植物の葉の上で休んでいる成虫を見ることはないし、葉上に成虫がいなくても、植物の葉を捕虫網でたたいたり、手で植物の根際を揺ると成虫が飛び出してくる。このような観察から、成虫は葉の裏側や茎に止まって待ち伏せていると考えている。

ヒトスジシマカの潜伏場所は植物の茂みだけとは限らない。発生源になっている雨水マスの壁面や道路側溝の中、古タイヤの中、廃棄物置場の暗所なども潜伏場所として利用されている。

成虫の分散行動

林や大きな緑地で人囀採集を行うと、吸血のために飛来するヒトスジシマカの数に偏りがあることがわかる。この分布の偏りが生じる主な理由は、成虫が吸血とは無関係に短い飛翔を繰り返して、よりよい潜伏場所に移動しているためと考えられる。また、吸血に成功した個体は数日かけて血液を消化して卵を生産する。吸血後 3~4 日で卵が完成すると、産卵するための場所（発生源）を探して移動する。潜伏場所の近くに適切な産卵場所がなければ、産卵場所を探し求めてかなりの距離を移動すると推測されている。そして産卵が済んだ成虫は、すぐに吸血行動に切り替わる。このように、吸血と産卵を繰り返しながら、好適な潜伏場所を転々としつつ蚊は一定の範囲を動き回って生活している。潜伏場所と産卵場所（幼虫発生源）が狭い範囲に存在していれば、蚊が動き回る範囲は狭くなり、逆に広い範囲に点在している場合は蚊が動き回る範囲は広くなる。このように蚊の行動範囲の大きさや、成虫の空間分布は環境によって大きく異なる。

長崎大学構内のグビロが丘の林を調査地とした **mark-release-recapture** 実験では、林の中に放逐された成虫は移動を繰り返して素早く林内に分散することが示されている。そして、その過程で潜伏に適した場所に出合えば、そこに集中する傾向が示唆されている。この調査地のように 100m×80m 程度の林であれば、1 日で林縁まで移動する個体も確認されている。

もう少し広い 250m×230m の範囲に複数の茂みが点在する市街地を対象として、ヒトスジシマカがどの程度の範囲を動き回るかを調べた。その結果この調査地では移動個体の平均移動距離は、75.3m だった。移動個体の中には、駐車場と建物によって 90m ほど離れた 2 つの緑地の間を行き来した個体があった。また調査地内の 3 つの茂みを飛び回って 187m 離れた場所で捕獲された個体も見つかっている。これらの長距離移動個体は放逐された集団のごく一部にすぎないので、ほとんどの個体は半径 100m ほどの範囲にとどまっていたのではないかと考えている。

防除対策の対象範囲

mark-release-recapture 実験の結果は、成虫の分散範囲が周囲の環境条件によって大き

く異なることを示している。したがって、デング熱の流行が起きた場合に防除対策を実施する際には、昨年のデング熱流行の経験なども考慮して、住宅地の場合少なくとも半径 100m の範囲は調査対象とすべきだろう。住宅地ではなくて、大きな公園や緑地の場合は、植物によって覆われる部分全体を対象とした調査を行って、その結果に即した対策を検討すべきと思われる。

寿命

ヒトスジシマカ成虫の寿命は、25°C の実験室内で平均 30 日ほどである。野外での寿命に関してはよい調査方法がなく、よくわかっていない。野外の調査地で、人囀法によって採集した個体を実験室で飼育し寿命を調べたところ、季節や場所によってかなり大きな違いが観察された。2 調査地での調査の結果、最も長命な場合、平均 47.8 日、最も短命な場合は平均 18.9 日の余命であった。

デング熱媒介蚊の殺虫剤抵抗性

長崎大学熱帯医学研究所

川田 均

1. デング熱媒介蚊の殺虫剤抵抗性の歴史

デング熱の主要な媒介蚊としては、ネッタイシマカ *Aedes aegypti* (L.) とヒトスジシマカ *Aedes albopictus* (Skuse) が代表的な位置を占めている。ネッタイシマカは、中南米、東南アジア、南アジア等の熱帯地域に広範囲に分布するが、黄熱病・デング熱その他の多くの熱帯病の媒介蚊であることから、古くから防除の対象になっており、殺虫剤抵抗性に関する報告が数多くなされてきている。1980年以前には DDT 散布が主流であり、DDT に対する抵抗性の報告が世界のほぼ全域からされている。1985年から2000年にかけては、有機リン剤およびカーバメイト剤に対する抵抗性報告が多くみられるが、1990年代になるとピレスロイド剤に対する報告がこれに加わり、2000年以降はピレスロイド剤に対する抵抗性の報告が目白押しとなっている（表 1）。ヒトスジシマカは東洋に

表1 ネッタイシマカの殺虫剤抵抗性に関する報告

	< 1970	1971 - 1975	1976 - 1980	1981 - 1985	1986 - 1990	1991 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005	2006 - 2010
北米				OP CB PY (Robert and Olson 1989)			OP PY (Sames et al. 1996)		
中南米	DDT (Wood 1968)				OP (Rawlins and Ragoonansingh 1990)	OP CB PY (Milena 1995)	OP (Coto et al. 2000)	OP PY (Rodriguez et al. 2001)	OP PY (Rodriguez et al. 2007)
	DDT (Wood 1965)			OP (Georghiou et al. 1987)	DDT OP CB PY (Mekuria et al. 1991)	OP (Rawlins and Samuel 1988)	OP (Lima et al. 2003)	OP (Macoris et al. 2003)	OP PY (Macoris et al. 2007)
欧州					OP (Rawlins and Wan 1995)	OP CB PY (Mazzarri and Genzolini 1995)		PY (da-Cunha et al. 2005)	PY (Brenques et al. 2003)
中国						DDT OP PY (Cui et al. 2006)			
東南アジア	DDT OP (池田 1958)	DDT (Margham and Wood 1975)	DDT (Bang et al. 1971)			DDT (Kohn 1991)		PY (Brenques et al. 2003)	DDT OP CB PY (Thanispong et al. 2008)
			DDT (Thaung et al. 1975)					OP PY (Vu et al. 2004)	OP PY (Sathantriphop et al. 2006)
								OP PY (Ponlawat et al. 2005)	OP CB PY (Jirakanjanakit et al. 2007)
								OP PY (Ping et al. 2001)	PY (Ahmad et al. 2007)
								DDT PY (Somboon et al. 2003)	PY (Kawada et al. 2009)
								PY (Huber et al. 2003)	
南アジア	OP (Madhukar and Pillai 1970)					DDT OP PY (Mourya et al. 1993)		DDT (Bansal and Singh 2003)	DDT OP (Tikar et al. 2008)
						DDT OP (Thavasselvam et al. 1993)		OP (Karunaratne and Heminowaw 2001)	
								DDT OP CB PY (Sharma et al. 2004)	
太平洋						OP CB PY (Failloux et al. 1994)		PY (Brenques et al. 2003)	
アフリカ		DDT (Inwang et al. 1967)						PY (Brenques et al. 2003)	
日本									

* 赤字は抵抗性に問題あり，青地は問題なし（OP, 有機リン剤; CB, カーバメイト剤; PY, ピレスロイド剤）

起源を発すると言われているが、20世紀になってから、ハワイおよび南太平洋の島々に分布が拡大した (Hawley 1988)。その後 1980 年代初期に、北米大陸東南部での生息が確認され (Reiter 1998)、現在では北米大陸中南部の普通種となっている (Moore 1999)。1980 年代後半には、中南米や豪州、オセアニア、アフリカ大陸にも侵入が確認されており、デング熱やチクングニア熱の重要な媒介蚊として注目されている。中古タイヤの日本から米国を中継した全世界への輸出が、この分布拡大の一つの重要な要因である。ヒトスジシマカに関する殺虫剤抵抗性の報告は、分布拡大が近年であることから比較的少ないが、1980 年以前から日本人研究者によって殺虫剤抵抗性に関する研究がなされている事実は興味深い。1980 年代後半には北米で有機リン剤抵抗性が報告されている。全般的に見ると、現時点においてはヒトスジシマカの殺虫剤抵抗性は、DDT 抵抗性を例外とすればネッタシマカほど深刻ではないように思われる (表 2)。

表2 ヒトスジシマカの殺虫剤抵抗性に関する報告

	< 1980	1981 - 1985	1986 - 1990	1991 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005	2006 - 2010
北米			OP CB PY (Robert and Olson 1989) OP CB PY (Khoo et al. 1988)		OP PY (Sames et al. 1996)	OP CB PY (Liu et al. 2004)	
中南米					OP PY (Sames et al. 1996)		
欧州						OP PY (Romi et al. 2003)	
中国				DDT OP PY (Neng et al. 1992) DDT OP PY (Cui et al. 2006)			
東南アジア						DDT PY (Somboon et al. 2003) OP PY (Ping et al. 2001) OP PY (Ponlawat et al. 2005)	OP PY (Pethuan et al. 2007) OP CB PY (Jirakanjanakit et al. 2007) PY (Kawada et al. 2009)
南アジア						DDT OP CB PY (Sharma et al. 2004)	
アフリカ							
日本	DDT OP (池庄司ら 1958)	DDT OP PY (高橋ら 1985)		DDT OP PY (當間ら 1992)			

* 赤字は抵抗性に問題あり，青地は問題なし (OP, 有機リン剤; CB, カーバメイト剤; PY, ピレスロイド剤)

2. ネッタシマカのピレスロイド抵抗性 (特に電位依存性ナトリウムチャンネルにおけるポイントミューテーションについて)

一般にピレスロイド抵抗性の主な原因としては、作用点である神経軸索に存在する電位依存性ナトリウムチャンネルにおけるポイントミューテーションに伴う低感受性 (ノックダウン抵抗性, *kdr*) と体内での代謝酵素の活性増大の二つが代表的である。ネッタシマカにおいてこれまで報告されているポイントミューテーションは主に 4 箇所である (I1011M/V, V1016G/I, F1534C, S989P; 数字はナトリウムチャンネル遺伝子上のミューテーションの位置, 前後のアルファベットは変異前と変異後のアミノ酸を示す);

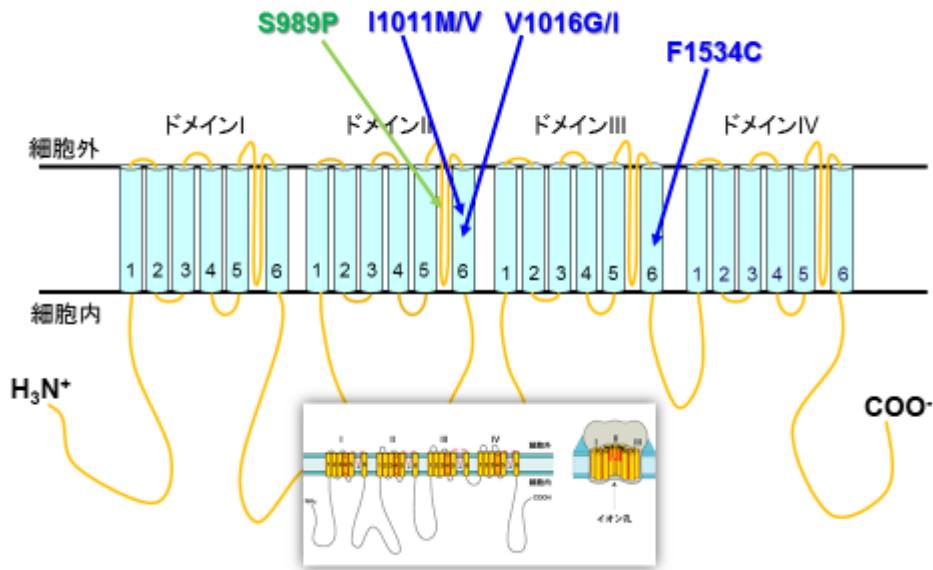


図1 ネットアイシマカにおいて報告されている主な電位依存性ナトリウムチャンネルのポイントミューテーション

図1). V1016G と F1534C は東南アジアに広く分布していると思われる, これまでにタイ, ベトナム, ミャンマーで詳細が報告されている. この二つのミューテーションは中南米にも広く分布しているが, 興味深いことにこの地域では V1016G ではなく全てが V1016I である (図2). F1534C は, 比較的近年に発見されたミューテーションであるが (Yanola et al. 2008), 中南米から東南アジアにかけて広範囲に分布していると思われる (図2).

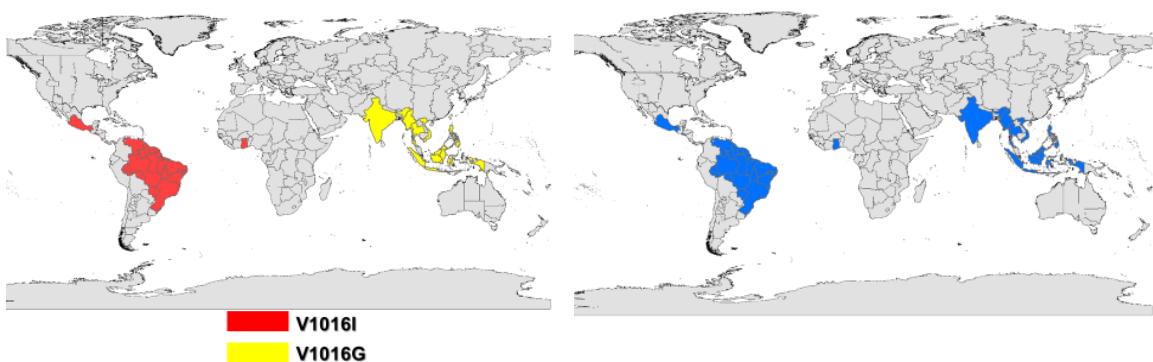


図2 ポイントミューテーション V1016VV1016I (左図) と F1534C (右図) の分布

著者らは、ベトナム各地のネッタイシマカのアレスロイド感受性を調べた結果、ベトナム中部から南部に至る広範囲の地域において高いアレスロイド抵抗性個体群が分布しており、ナトリウムチャンネルのポイントミューテーション (F1534C) がアレスロイド抵抗性ネッタイシマカの分布とほぼシンクロナイズして分布していることを突き止めた (Kawada et al. 2009a, 2009b) (図 3)。最近の調査により、F1534C が高頻度でガーナ共和国のネッタイシマカにも存在することが明らかとなった (Kawada et al. 未報告)。これは、アフリカ大陸におけるネッタイシマカのアレスロイドポイントミューテーションの最初の報告となるが、興味深いことに、このミューテーションが中南米あるいは東南アジアから

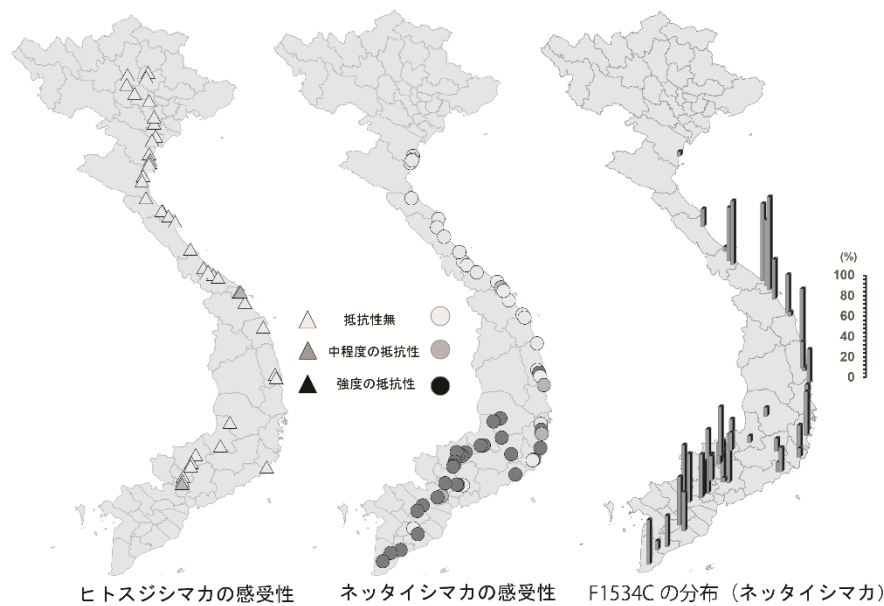


図 3 ベトナム中南部の中古タイヤから採集されたシマカ幼虫のアレスリンに対する感受性とネッタイシマカにおける電位依存性ナトリウムチャンネルの塩基置換 (F1534C) の頻度分布

移入してきたものであることが、ナトリウムチャンネルのドメイン II に存在するイントロンの解析により示唆されている。中古タイヤの輸出入は、大規模に世界各国間で行われており、これによってヒトスジシマカが全世界に分布するようになったのと同様に、ネッタイシマカのアレスロイド抵抗性遺伝子も容易に移入していることが推察される。

また、著者らはミャンマー共和国ヤンゴン市内において、一個体中に V1016G, F1534C, S989P の 3 箇所のミューテーションを併せ持つネッタイシマカ個体群の存在を報告している (Kawada et al. 2014)。これまでの報告では、V1016G と F1534C は同時に発現せず、いずれか一方のミューテーションを持つ個体は他方のミューテーションを持たないとされていたが、これらを併せ持つ個体が自然の個体群に見られたことは非常に重要な問題を提起する。V1016G, F1534C, S989P の 3 箇所のミューテーションを実験的にネッタイシマカに導入すると、デルタメスリンに対する抵抗性が、V1016G 単独では 2 倍に増

大, F1534C あるいは S989P 単独では変化なしであるのに対し, V1016G+S989P では 10 倍, V1016G+F1534C+S989P では実に 90 倍に増大することが証明されたからである (Hirata et al. 2014).

V1016G (あるいは V1016I) と F1534C の分布は地域によって異なるが, これには DDT とタイプ I ピレスロイド (ペルメトリンなど) およびタイプ II ピレスロイド (デルタメスリンなどのシアノ基を含むピレスロイド) の使用歴が関与しているのではないかと著者は想像している. すなわち, DDT あるいはタイプ I ピレスロイドの使用歴が長く, タイプ II ピレスロイドが比較的最近使用され出した地域においては, F1534C が単一で存在するかあるいは F1534C と V1016G (V1016I) の共存が, DDT やタイプ I ピレスロイドの使用歴がそれほど長くなく, タイプ II ピレスロイドが当初より使用されていた地域では V1016G (V1016I) が単独で存在するのではないかと考えているが, 確かな根拠はない.

3. ヒトスジシマカのピレスロイド抵抗性 (日本国内のヒトスジシマカに関する調査結果)

著者らは, 長崎市内の公園の雨水升に発生するヒトスジシマカが DDT とピレスロイドに対して抵抗性を有することを報告した (Kawada et al. 2010, Pujiyati et al. 2013). 長崎市では, 1950 年代前半には墓地の周辺やアカダナ (墓石の花立て) に DDT 油剤や粉剤を重点的に散布していたことが記録に残っている (大利 1958, 大利ら 1962). DDT の使用禁止 (1973 年) に伴って有機リン剤がこれに代わったが, ピレスロイド剤は全く防除には使用されず, さらに 2000 年以降には伝染病予防法改正によって組織的な殺虫剤の散布は実施されなくなっている. したがって, 長崎市内のヒトスジシマカにおけるピレスロイド低感受性は, 1950 年代の DDT 散布による影響を強く受けていることが推察された. 電位依存性ナトリウムチャンネルが DDT とピレスロイドの共通の作用点であり, 共通の代謝酵素の存在も示唆されているため, 両者に交差抵抗性が発達する可能性は大いにあることが考えられる. そこで, DDT とピレスロイド抵抗性の詳細について, 長崎市内採集の 20 コロニーと日本各地で採集された 8 コロニーのヒトスジシマカを用いて調査した結果 (図 4), 長崎市採集のヒトスジシマカのピレスロイド低感受性が DDT とピレスロイドに共通に関与すると思われる代謝酵素 (グルタチオン-S-転移酵素) の増大が原因であることを示唆する結果が得られた. 幸いなことに長崎市の個体群からはナトリウムチャンネルのポイントミューテーションは発見されなかった (Pujiyati et al. 2013). 著者らはこれに加えて, ヒトスジシマカの DDT 抵抗性が与那国島や南大東島などを例外としてほぼ全ての生息地に普遍化していることを報告している.

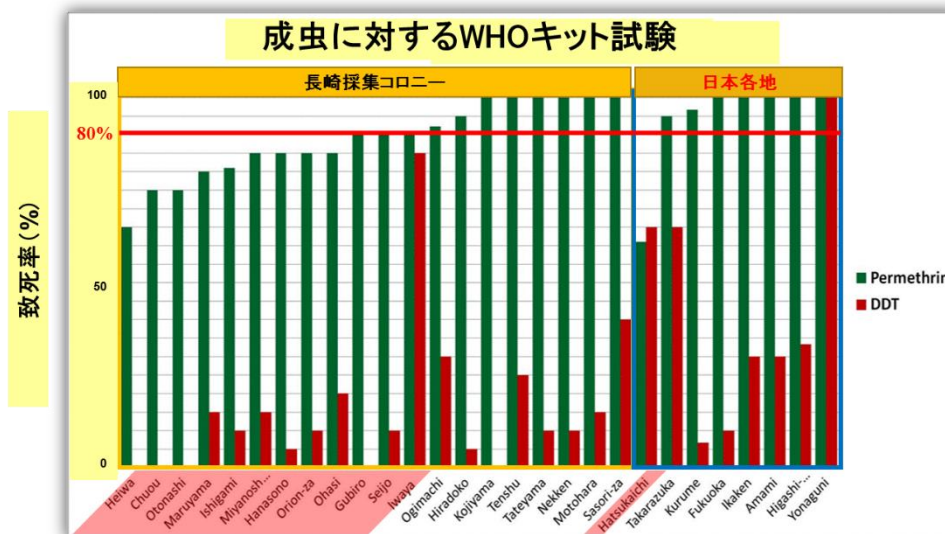


図4 長崎採集コロニーおよび日本各地採集コロニーのペルメトリンと DDT に対する感受性 (WHO Test Kit による殺虫試験結果)

ヒトスジシマカにおけるナトリウムチャンネルのポイントミューテーションは、シンガポールの個体群から発見された F1534C が世界初で今のところ唯一の報告であるが (Kasai et al. 2011), 今後の殺虫剤の使用によって、本種においてもノックダウン抵抗性遺伝子が普遍化する可能性は否定できない。本種のピレスロイド抵抗性に関しては、ネッタシマカと同様にその動向を常にモニターしていく必要がある。

4. おわりに

現在、ピレスロイド剤は媒介蚊防除の主流となっており、抵抗性問題が深刻になっているとは言え、今のところこれに代わる新しい殺虫剤の出現はなかなか期待できないことから、今後しばらくはできるだけピレスロイド剤の寿命を長く保ちながら効率的かつ合理的な防除を行っていく必要がある。ピレスロイド抵抗性が普遍化している海外のネッタシマカにおいては、有機リン剤やカーバメイト剤に対しては感受性が高い例が多く、これらの殺虫剤の緊急的な使用には期待が持たれる。また、国内のヒトスジシマカにおいては、DDT を除いていずれの殺虫剤に対しても重大な抵抗性を発達させていないと考えられ、当面は防除に困難を来すことはないものと思われる。しかし、殺虫剤による徹底した発生源対策を行えば、容易に抵抗性が出現することは長崎市の例からも証明済みである。ピレスロイド剤を成虫対策の主要手段とするのであれば、幼虫対策と同じ作用性の殺虫剤を使用することは非常に危険である。殺虫剤の必要最低限の使用により最大限の効力を発揮させることは、ピレスロイドの寿命を延ばすためにも重要なことであり、殺虫剤開発者や使用者の責務でもある。ポピュラー

ションレベルで殺虫剤抵抗性を生化学的・遺伝学的にモニターできるシステムの構築, および新しい作用性を有する殺虫剤の早期の開発, そして理論的には抵抗性発達の危険性が考えられない第一世代のピレスロイド剤を用いた空間忌避剤 (蚊取り剤や常温揮散性ピレスロイドを使用したデバイスなど) の使用等の手段の再考が急務であろう (Kawada 2012, 川田 2014) .

引用文献

- Ahmad I, Astari S, Tan M (2006)** Resistance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in 2006 to pyrethroid insecticides in Indonesia and its association with oxidase and esterase levels. Pak. J. Biol. Sci. 10: 3688-3692.
- Bang YH, Jatanasen S, Tonn RJ (1971)** Development and reversion of DDT resistance in an *Aedes aegypti* population in Bangkok, Thailand. Bull. World Health Organ. 45: 404-410.
- Bansal SK, Singh KV (2003)** Insecticide susceptibility status of *Aedes aegypti* to DDT and dieldrin in desert and non-desert parts of Rajasthan. J. Environ. Biol. 24: 113-116.
- Bregues C, Hawkes NJ, Chandre F, et al. (2003)** Pyrethroid and DDT cross-resistance in *Aedes aegypti* is correlated with novel mutations in the voltage-gated sodium channel gene. Med. Vet. Entomol. 17: 87-94.
- Coto MM, Lazcano JA, de Fernández DM, et al. (2000)** Malathion resistance in *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* after its use in *Aedes aegypti* control programs. J. Am. Mosq. Control Assoc. 16: 324-330.
- Cui F, Raymond M, Qiao CL (2006)** Insecticide resistance in vector mosquitoes in China. Pest Manag. Sci. 62: 1013-1022.
- da-Cunha MP, Lima JB, Brogdon WG, et al. (2005)** Monitoring of resistance to the pyrethroid cypermethrin in Brazilian *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations collected between 2001 and 2003. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 100: 441-444.
- Failloux AB, Ung A, Raymond M, Pasteur N (1994)** Insecticide susceptibility in mosquitoes (Diptera: Culicidae) from French Polynesia. J. Med. Entomol. 31: 639-644.
- Georghiou GP, Wirth M, Tran H, et al. (1987)** Potential for organophosphate resistance in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in the Caribbean area and neighboring countries. J. Med. Entomol. 24: 290-294.
- Hawley WA (1988)** The biology of *Aedes albopictus*. J. Am. Mosq. Control Assoc. (Suppl. 1) 4:1-39.

- Hirata K, Komagata O, Itokawa K, et al. (2014)** A single crossing-over event in voltage-sensitive Na⁺ channel genes may cause critical failure of dengue mosquito control by insecticides. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8: e3085.
- Huber K, Loan LL, Hoang TH, et al. (2003)** *Aedes aegypti* in south Vietnam: ecology, genetic structure, vectorial competence and resistance to insecticides. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health*. 34: 81-6.
- 池庄司敏明・平社俊之助・鈴木 猛 (1958) 数種の蚊幼虫に対する各種殺虫剤の LC₅₀ と抵抗性の検討 衛生動物 9: 302-307.
- Inwang EE, Khan MA, Brown AW (1967)** DDT-resistance in West African and Asian strains of *Aedes aegypti* (L.). *Bull World Health Organ*. 36: 409-421.
- Jirakanjanakit N, Rongnoparut P, Saengtharutip S, et al. (2007)** Insecticide susceptible/resistance status in *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* and *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Diptera: Culicidae) in Thailand during 2003-2005. *J. Econ. Entomol.* 100: 545-50.
- Karunaratne SH, Hemingway J (2001)** Malathion resistance and prevalence of the malathion carboxylesterase mechanism in populations of mosquito vectors of disease in Sri Lanka. *Bull. World Health Organ*. 79: 1060-1064.
- Kasai S, Ng LC, Lam-Phua, SG, et al. (2011)** First detection of a putative knockdown resistance gene in major mosquito vector, *Aedes albopictus*. *Jpn J. Infect. Dis.* 64: 217-21.
- Kawada H (2012)** New Mosquito Control Techniques as Countermeasures against insecticide resistance. In F Perveen [ed.] *Insecticides - Advances in Integrated Pest Management*. InTech. pp. 657-682.
- 川田 均 (2014) 殺虫剤抵抗性疾病媒介蚊に対する新しい防除法の試み 衛生動物 65: 45-59.
- Kawada H, Higa Y, Nguyen TY, et al. (2009a)** Nationwide investigation on the pyrethroid-susceptibility of mosquito larvae collected from used tires in Vietnam. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 3(3): e0000391.
- Kawada H, Higa Y, Komagata O, et al. (2009b)** Widespread distribution of a newly found point mutation in voltage-gated sodium channel in pyrethroid-resistant *Aedes aegypti* populations in Vietnam. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 3(10): e0000527.
- Kawada H, Maekawa Y, Abe M, et al. (2010)** Spatial distribution and pyrethroid susceptibility of mosquito larvae collected from catch basins in parks in Nagasaki city, Nagasaki, Japan. *Jpn. J. Infect. Dis.* 63: 19-24.
- Kawada H, Oo SZM, Thauang S, et al. (2014)** Co-occurrence of the point mutations in voltage-gated sodium channel in pyrethroid resistant *Aedes aegypti* populations in Myanmar. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8: e3032.

- Khoo BK, Sutherland DJ, Sprenger D, et al. (1988)** Susceptibility status of *Aedes albopictus* to three topically applied adulticides. J. Am. Mosq. Control Assoc. 4: 310-313.
- Kohn M (1991)** Susceptibility of adult *Aedes aegypti* (L.) and *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera; Culicidae) to DDT in Kampuchea. Folia Parasitol. (Praha) 38: 269-274.
- Lima JB, Da-Cunha MP, Da Silva RC, et al. (2003)** Resistance of *Aedes aegypti* to organophosphates in several municipalities in the State of Rio de Janeiro and Espírito Santo, Brazil. Am. J. Trop. Med. Hyg. 68: 329-333.
- Liu H, Cupp EW, Guo A, et al. (2004)** Insecticide resistance in Alabama and Florida mosquito strains of *Aedes albopictus*. J. Med. Entomol. 41: 946-952.
- Macoris ML, Andrighetti MT, Takaku L, et al. (2003)** Resistance of *Aedes aegypti* from the state of São Paulo, Brazil, to organophosphates insecticides. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 98: 703-708.
- Macoris ML, Andrighetti MT, Otrera VC, et al. (2007)** Association of insecticide use and alteration on *Aedes aegypti* susceptibility status. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 102: 895-900.
- Madhukar BV, Pillai MK (1970)** Development of organophosphorus resistance in Indian strains of *Aedes aegypti* (L.). Bull World Health Organ. 43: 735-742.
- Margham JP, Wood RJ (1975)** A genetical study of DDT resistance in the mosquito *Aedes aegypti*. Heredity 34: 53-59.
- Mazzarri MB, Georghiou GP (1995)** Characterization of resistance to organophosphate, carbamate, and pyrethroid insecticides in field populations of *Aedes aegypti* from Venezuela. J. Am. Mosq. Control Assoc. 11: 315-322.
- Mekuria Y, Gwinn TA, Williams DC, et al. (1991)** Insecticide susceptibility of *Aedes aegypti* from Santo Domingo, Dominican Republic. J. Am. Mosq. Control Assoc. 7: 69-72.
- Milena BM (1995)** Characterization of resistance to organophosphate, carbamate, and pyrethroid insecticides in field populations of *Aedes aegypti* from Venezuela. J. Am. Mosq. Control Assoc. 11: 315-322.
- Moore CG (1999)** *Aedes albopictus* in the United States: current status and prospects for further spread. J. Am. Mosq. Control Assoc. 15:221-227.
- Mourya DT, Gokhale MD, Chakraborti S, et al. (1993)** Insecticide susceptibility status of certain populations of *Aedes aegypti* mosquito from rural areas of Maharashtra state. Indian J. Med. Res. 97: 87-91.

- Neng W, Yan X, Fuming H, et al. (1992)** Susceptibility of *Aedes albopictus* from China to insecticides, and mechanism of DDT resistance. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 8: 394-397.
- 大利茂久 (1958) 蚊駆除の実際 衛生動物 9: 105-106.
- 大利茂久・下釜 勝・前田 理 (1962) 墓地のアカダナに注入した DDT の残効性について 長崎大学風土病紀要 4: 38-45.
- Pethuan S, Jirakanjanakit N, Saengtharatip S, et al. (2007)** Biochemical studies of insecticide resistance in *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* and *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Diptera: Culicidae) in Thailand. *Trop. Biomed.* 24: 7-15.
- Ping LT, Yatiman R, Gek LP (2001)** Susceptibility of adult field strains of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Singapore to pirimiphos-methyl and permethrin. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 17 :144-146.
- Ponlawat A, Scott JG, Harrington LC (2005)** Insecticide susceptibility of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* across Thailand. *J. Med. Entomol.* 42: 821-825.
- Pujiyati E, Kawada H, Sunahara T, et al. (2013)** Pyrethroid resistance status of *Aedes albopictus* (Skuse) collected in Nagasaki City, Japan. *Jpn J. Environ. Entomol. Zool.* 24: 143-153.
- Rawlins SC, Ragoonansingh R (1990)** Comparative organophosphorus insecticide susceptibility in Caribbean populations of *Aedes aegypti* and *Toxorhynchites moctezuma*. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 6: 315-317.
- Rawlins SC, Wan JO (1995)** Resistance in some Caribbean populations of *Aedes aegypti* to several insecticides. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 11: 59-65.
- Reiter P. (1998)** *Aedes albopictus* and the world trade in used tires, 1988-1995: The shape of things to come? *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 14:83-94.
- Robert LL, Olson JK (1989)** Susceptibility of female *Aedes albopictus* from Texas to commonly used adulticides. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 5: 251-253.
- Rodríguez MM, Bisset J, de Fernandez DM, et al. (2001)** Detection of insecticide resistance in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from Cuba and Venezuela. *J. Med. Entomol.* 38: 623-628.
- Rodríguez MM, Bisset JA, De Armas Y, et al. (2005)** Pyrethroid insecticide-resistant strain of *Aedes aegypti* from Cuba induced by deltamethrin selection. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 21: 437-445.
- Rodríguez MM, Bisset JA, Fernández D (2007)** Levels of insecticide resistance and resistance mechanisms in *Aedes aegypti* from some Latin American countries. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 23: 420-429.

- Romi R, Toma L, Severini F, et al. (2003)** Susceptibility of Italian populations of *Aedes albopictus* to temephos and to other insecticides. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 19: 419-423.
- Sames WJ 4th, Bueno R Jr, Hayes J, et al. (1996)** Insecticide susceptibility of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in the Lower Rio Grande Valley of Texas and Mexico. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 12: 487-490.
- Sathantriphop S, Paeporn P, Supaphathom K (2006)** Detection of insecticides resistance status in *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* to four major groups of insecticides. *Trop. Biomed.* 23: 97-101.
- Sharma SN, Saxena VK, Lal S (2004)** Study on susceptibility status in aquatic and adult stages of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* against insecticides at international airports of south India. *J. Commun. Dis.* 36: 177-181.
- Somboon P, Prapantadara LA, Suwonkerd W (2003)** Insecticide susceptibility tests of *Anopheles minimus s.l.*, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and *Culex quinquefasciatus* in northern Thailand. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health.* 34: 87-93.
- 高橋正和・主藤千枝子・和田義人 **et al. (1985)** ヒトスジシマカの各種殺虫剤感受性について *衛生動物* 36: 251-253.
- Thanispong K, Sathantriphop S, Chareonviriyaphap T (2008)** Insecticide resistance of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* in Thailand. *J. Pestic. Sci.* 33: 351-356.
- Thavaselvam D, Kumar A, Sumodan PK (1993)** Insecticide susceptibility status of *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* in Panaji, Goa. *Indian J. Malariol.* 30: 75-9. Erratum in: *Indian J. Malariol.* 30 :182.
- Thaung U, Ming CK, Thein M (1975)** Insecticide susceptibility of some vector fleas and mosquitoes in Burma. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health.* 6: 555-561.
- Tikar SN, Mendki MJ, Chandel K, et al. (2008)** Susceptibility of immature stages of *Aedes (Stegomyia) aegypti*; vector of dengue and chikungunya to insecticides from India. *Parasitol. Res.* 102: 907-913.
- 當間孝子・宮城一郎・知念高子 **et al. (1992)** 沖縄県各地のヒトスジシマカ *Aedes albopictus* 幼虫の殺虫剤感受性について *衛生動物* 43: 331-336.
- Vu DH, Nguyen TBN, Do TH, et al. (2004)** Susceptibility of *Aedes aegypti* to insecticides in Viet Nam. *Dengue Bull.* 28: 179-183.
- Wood RJ (1965)** A Genetical study of DDT-resistance in the Trinidad strain of *Aedes aegypti* . *Bull. World Health Organ.* 32:563-574.

Wood RJ (1968) Heterogeneity in the Trinidad DDT-resistant strain and the QS susceptible strain of *Aedes aegypti* L. The isolation of highly resistant and highly susceptible substrains. Bull. World Health Organ. 39: 639-645.

Yanola J, Somboon P, Prapantadara L (2008) A novel point mutation in the *Aedes aegypti* voltage-gated sodium channel gene associated with permethrin resistance. The 2nd International Conference on Dengue and Dengue Haemorrhagic Fever, Oct. 15-17, 2008, Phuket, Thailand.

2014年夏のデング熱患者発生時の防除事例

東京の事例

国立感染症研究所 昆虫医科学部第三室

駒形修

はじめに

2014年日本では約70年ぶりとなるデング熱の国内感染が起こった。最初の症例が8月に東京都内で起こり(1)、その後2カ月余りで160名に及ぶ国内感染例が報告された(2)。国内感染初発は渋谷区にある代々木公園で起こり、結果的に160名の感染者のうち多くが代々木公園とその周辺で感染したと推定されている。著者は、代々木公園とその周辺、およびいくつかの感染推定地での調査や防除に立ち会う機会を得た。そこで、東京都でのデング熱の発生と、その対策として特にヒトスジシマカの成虫防除を中心に紹介する。(本稿は、2015年に開催された第67回衛生動物学会大会殺虫剤研究班集会における口頭発表を修正・加筆したものである。)

初期対応

2014年8月25日に、デング熱が疑われる患者が発生し、26日には国立感染症研究所で検体の検査が行われデング熱陽性が確認された。更に感染地と思われる代々木公園から複数の患者が発生したこと、患者には海外渡航歴がなかったことから、国内感染患者であると判断された。東京都は28日にデング熱の国内感染患者が発生したことを報道発表した。また、感染地と推測された代々木公園の渋谷門付近半径75mの範囲に蚊の駆除ため、公園管理者により薬剤散布が行われた(3)(図1)。



図1. 2014年8月28日 代々木公園(渋谷区)

最初の患者が蚊に刺されたと思われる地点から、半径75m(ほぼ円で)フェンスで封鎖後、成虫対策剤が散布された。

ところで、75m という距離は、デング熱・チクングニア熱等蚊媒介感染症の対応・対策の手引き(4) (現在は平成 27 年 4 月 28 日版が厚生労働省より公開されている。以下「手引き」と略) を参考に設定されたものと思われる。最初の患者発生当時この「手引き」は草稿段階であった(平成 26 年 5 月版、以下、「5 月版」と略)。5 月版では、ヒトスジシマカの防除範囲に関して、「成虫の潜み場所と活動範囲 成虫は、民家の庭、公園、墓地などに潜み、朝方から夕方まで激しく吸血する。(中略) 1 週間ほどで徐々に拡散し、活動範囲は 50~100m とされる。」そして、防除に関しては、「表 1. 「幼虫防除の対象地域の範囲:狭い(患者宅から半径 50~100 m)」と表記されていた。」狭い」とはウエストナイル熱ウイルス媒介蚊防除(同じ表 1 に記載がある)に比較してのことで、ウエストナイル熱ウイルスの感染環に野鳥が関与していること等から広い範囲での防除が必要となるのに比較して「狭い」と表記されたのであろう。また 5 月版では「患者宅」と記述がなされていることから防除の想定地は住宅地であったことが伺える。ちなみに、5 月版では「公園」という単語は上記の蚊の活動範囲に関する記述の他には「手引き」全体を通して 2 箇所しかない。「手引き」では 2014 年のデング熱発生を受けて一部改訂され、例えば、「表 1. 「幼虫防除の対象地域の範囲:狭い(推定感染地から半径 100 m 程度が望ましい)」と改められた。

防除範囲を何 m にするのか、については現場の状況により判断するのが最善であると思われる方も多いであろう。しかし、現時点で「手引き」から防除範囲に関する記述が削除されていないのは、防除に際し“目安”が欲しい、という意見が、関係者に根強いためということである。



図2. 2014/9/5 代々木公園で取材をするマスコミ

デング熱の国内感染は約 70 年ぶりということもあり、報道は加熱気味であった。多くの国民には近年なじみのなかった感染症であったであろうことを考えると、デング熱という疾病を国民に周知したことには一定の意味があったと言える。しかし、過剰ではないかと思える一面もあった。例えば薬剤散布が行われた現場の幾つかでは、撮影者が散布者にぎりぎりまで接近していた場合もあった。また、患者発生を報道する際、地名こそ隠していたものの容易に場所が特定できるような画像を放映しているものもあった。感染症の対策という性格上、患者発生地の情報等の

公開はやむを得ない場合もあるが、疾病対策の妨げになったり、個人情報の漏洩になったりすることは避けられるようにすることが必要だと思われる。

代々木公園周辺でのヒトスジシマカ調査とデングウイルス検査

8月28日の代々木公園内で行われた限定的な薬剤散布では患者の発生が収まらなかったため、患者が発生した代々木公園通称A地区を封鎖し、全面に薬剤散布が実施されることとなった。感染研が関わった代々木公園周辺でのヒトスジシマカ密度調査の結果は既に論文(5)として公表されている。図1にその結果の一部を示す。

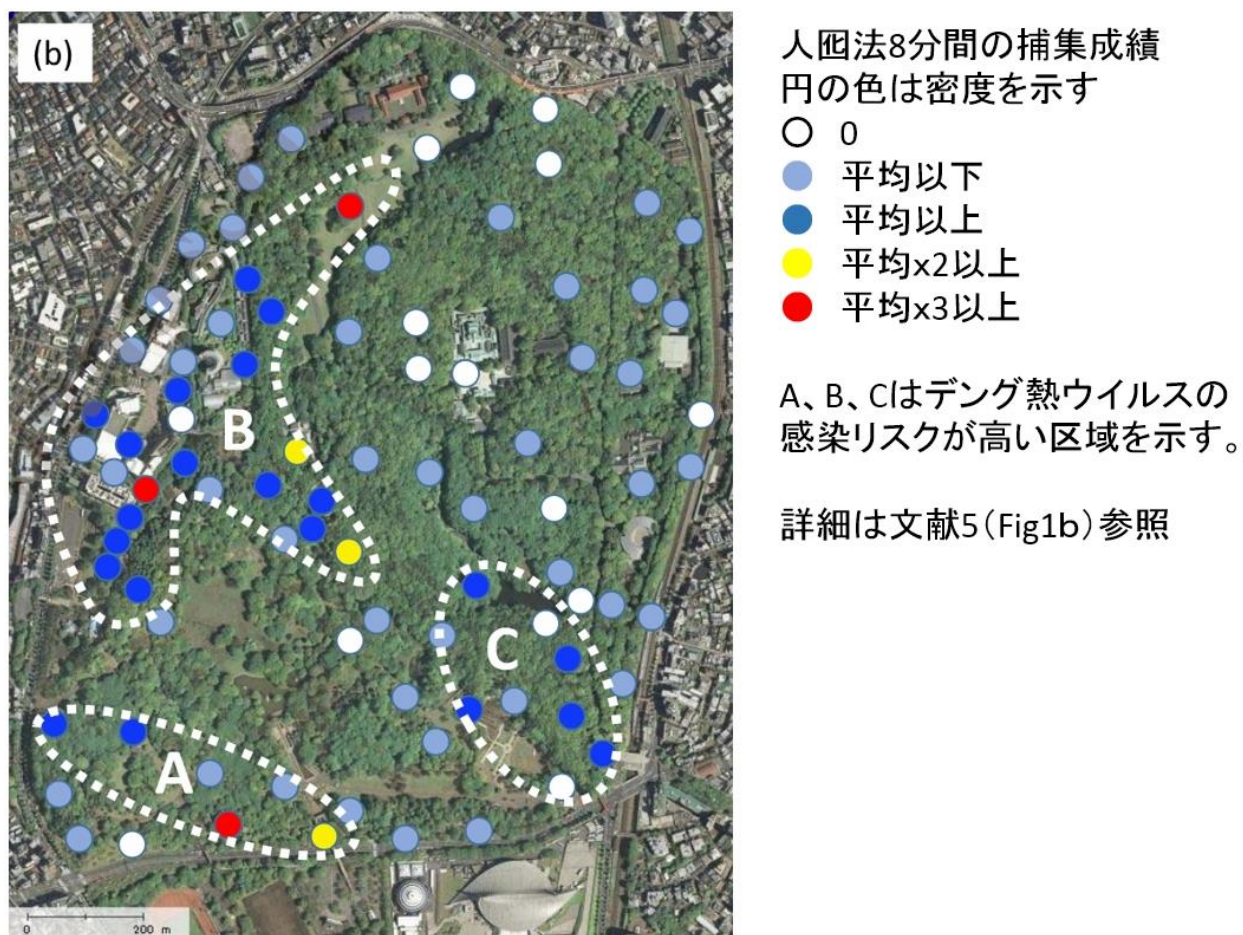


図1 デング熱患者発生時の代々木公園周辺におけるヒトスジシマカの捕集成績

代々木公園、およびその隣接する施設まで合わせるとかなりの面積であるが、実際はヒトスジシマカ成虫の生息密度が高い区域は限られていた。また、採集した蚊に対してウイルス検査が行われたが、蚊の生息密度の高いところでウイルスの検出の検出率が高かった（6）。このことから、患者発生時に蚊の生息密度の高い場所を重点的に防除することは、単に蚊の密度を落とすだけでなく、ウイルスを保有する蚊を防除するという点からも、望ましいといえる。

著者は代々木公園外の隣接する施設での成虫対策剤の薬剤散布に立ち会う機会を得た。その時は、調達できた薬剤に限りがあったということもあり、予めヒトスジシマカ成虫の密度調査（人囷法）を行い、成虫密度の高くリスクが高いと判断された地点から優先的に散布が行われた。散布数日後に行われた密度調査ではヒトスジシマカはほとんど捕集されず（各地点ほとんど0であった）成虫対策剤散布の効果が確認された（津田（私信））。

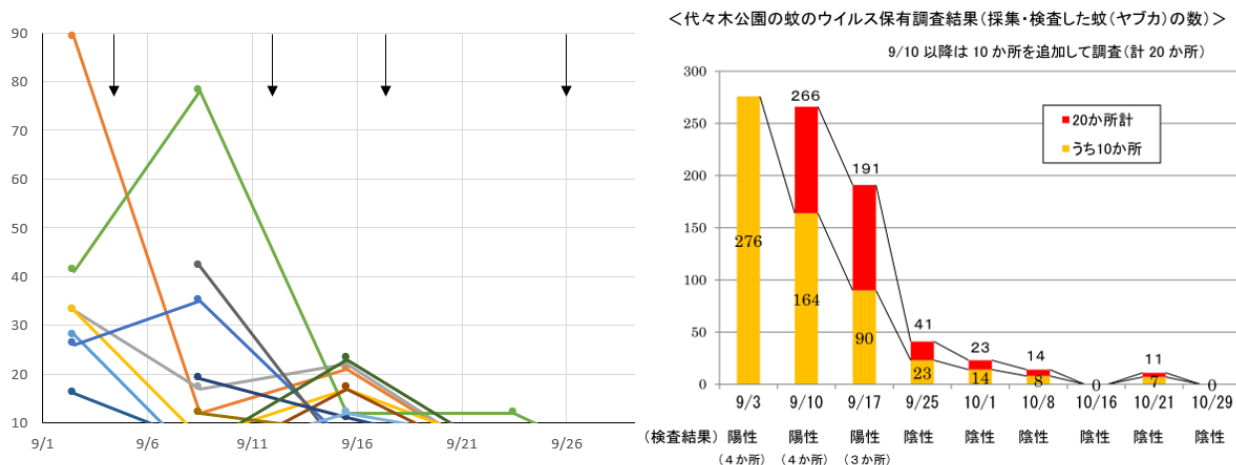


図2 代々木公園におけるヒトスジシマカ捕集数

左: 最終地点別捕集数。上部の↓は成虫対策剤散布日を示す。ただし、8月に行われた最初の薬剤散布(半径75m)は含まれない。文献7を基に、トラップ当たり10頭以上の捕集があったもののみ示し、10頭以下の捕集は示していない。

右: 捕集総数。文献3より引用。全てのトラップの捕集合計値およびデング熱ウイルス保有検査の結果

一方で、代々木公園内の調査結果に関しては詳細が東京都より公表されている（3，7）。調査は10月の終わりまで行われているが、9月30日の時点でトラップ当たりの捕集数は最大値5

頭、平均値 1.2 頭まで減少しており、その後は 5 頭以上の捕集数を示したトラップはなかった。代々木公園では合計 5 回の成虫対策剤の散布の他に、草刈り等の公園内の整備、幼虫対策（IGR 散布、雨水桝、池の清掃等）が同時に行われた。図 2 左のグラフは文献 7 より著者が作成したものであり、右のグラフは文献 3 より引用したものである。右のグラフで捕集総数をみると 9 月中旬以降、徐々に成虫の捕集数は減少しているように見える。この結果は、先に述べた周辺地域の人囀法による調査結果において、少なくとも散布直後に激減し、一旦はほぼ 0 になったことと対照的である。しかし、トラップ（捕集地点）個別にみると（左グラフ）、捕集数が多かった（本稿においては 10 頭以上とする）トラップの捕集数は徐々に減少したのではなくて、ある時点（薬剤散布であろう）を境に大きく減少する傾向にあった。言い換えるなら、成虫対策剤が散布された周辺ではよく効いて密度が激減したが、散布が不十分な地点ではヒトスジシマカが残り、3 回の散布（9 月 5, 12, 18 日）を重ねることにより、ようやく全ての地点で成虫が制御されたのではないかと推察される。9 月 18 日の散布が行われた後の最初の調査日である 9 月 25 日の調査結果では、成虫密度が合計 191 頭から 41 頭へ大きく減少しただけでなく、それ以降 Dengue 熱ウイルスの検査で一度も陽性の結果はでていない（ただし、通常、東京では 10 月に入ると調査でのヒトスジシマカの捕集数は激減する（8））。また、ウイルス検査に関しては検査対象の頭数が減少すればウイルス検出は難しくなることは考慮に入れる必要がある）。この推察が正しいとして、なぜ 3 回も必要だったか、という理由については想像するしかない。一因は、薬剤散布の準備が必要な時間が十分に確保できなかったことにあるように思う。2014 年の防除現場では、代々木公園に限ったことではないのだが、対策を急いでいる例（午前中に防除を業者に依頼して、午後に薬剤の散布を終了させるような例もあった）が多い印象を受けた。このため、十分な準備（予備調査や薬剤・機材の確保）や散布のための時間が確保できなかったのではないか。対策が早いことが良いことは言うまでもないが、不十分な散布を繰り返すことは、防疫の面（効果が得られず散布やり直しになれば、結局、対策が遅れることになる）からも、安全性の面からも、経費の面からも望ましくない。従って、薬剤散布に関しては十分な検証が必要であろう。また、都心の公園では、公園内部だけでなく周辺道路の人通りも多い。限られた時間の中では、散布対象地周辺を立ち入り禁止にするのも容易ではない。散布は半日から 1 日おくれるかもしれないが、散布前に散布予告の掲示をして散布準備を行い、人通りの少ない早朝等の時間帯を選んで散布を行っても良かったのではないかと感じた。

また、平時にできる備えとして、大きな公園での防除が必要な面積の見積もり及び住宅地での空き家の状況調査をしておいてはどうかと感じた。大きな公園では薬剤や機材の準備が大変なので、あらかじめヒトスジシマカが生息していそうな面積がどれくらいあるか（公園には、ヒトスジシマカの生息に適さない場所、例えばよく日光が当たる整備された芝生等がかなりの面積を占めている場合がある）等が把握されていれば、いざ防除が必要となった時の助けになるのではないかと。また、住宅地での防除に関しては、調査や薬剤散布は一軒一軒許可を得て行われていたが、地域によっては空き家が多く、その確認にずいぶん手間取った事例があった。個人情報保護や防犯、また新年度には引っ越しで住人がかわることが多い等、課題もあるが、他の災害における安否確認においても活用ができる。2015年は国政調査が行われる年だが、例えばそういう機会を利用して、空き家かどうかを把握しておいて、緊急時には利用できるようにしておくというのではないかと思う。

おわりに

以上、東京、特に代々木公園周辺での防除事例を中心に紹介した。

最後に、特に東京の事例に限らないが著者の印象に残った点を記しておきたい。それは、薬剤の散布に対して一般市民の反応が冷静だったことである。一部の地域では薬剤散布への抗議があったようにも聞いた。しかし、著者が立ち会った現場では、そのような場面には遭遇しなかった。もちろん、それには、公園等の地区の管理者やPCOといった薬剤散布担当者による安全への配慮、あるいは散布対象となった地域周辺へ一軒一軒説明を行う等した自治体担当者の尽力があったことはいままでもない。

もっとも、著者は立ち会った先で様々な方に殺虫剤の説明を求められることはあった。一般の方は防疫用殺虫剤に対して知識がないため、かなり不安をもっている。防疫用殺虫剤は医薬品と同じカテゴリーで、厚生労働省の承認を受けていることさえも、ほとんど知られていない。説明に関しても単に“蚊を防除するため薬剤を散布する”というだけではなく、“デング熱ウイルスを保有している可能性が高い蚊を緊急的に防除して、これ以上の患者の発生を防ぐ”というように防除目的を明確に説明し、地域住民等に理解を求めることが重要である。

感染症法では、扱いが特別な一部の感染症を除いて、感染症を危険性が高い順に一類から五類に分類する。2014年の東京都の感染症発生動向調査(9)によると、デング熱患者数（輸入症例も含む）は、二類感染症の結核、三類感染症の腸管出血性大腸菌（O157）感染症の患者発生数よりは少なかったが、同じ四類感染症のレジオネラ症の患者発生数より多く四類では一番多かった。つまり一類から四類に指定されている感染症の中で3番目に多い患者が発生したことになる。それが、わずか数ヶ月の間に急に発生した。今後、毎年国内感染が起きるとはかぎらないが、発生する時は2014年と同じように急に発生することになるだろう。2014年の経験を踏まえて今後に備えることが望まれる。

引用文献

1. 厚生労働省結核感染症課: デング熱の国内感染症例について(第一報), 2014年8月27日
2. デング熱国内感染症例の積極的疫学調査結果の報告, IASR Vol. 36 p. 137-140: 2015年7月号
3. 東京都蚊媒介感染症対策会議報告書、平成26年12月24日
4. 厚生労働省: デング熱・チクングニア熱等蚊媒介感染症の対応・対策の手引き 地方公共団体向け
5. **Tsuda, Y., Y. Maekawa, K. Ogawa, K. Itokawa, O. Komagata, T. Sasaki, H. Isawa, T. Tomita, and K. Sawabe.2015.** Biting density and distribution of *Aedes albopictus* during the September 2014 outbreak of dengue fever in Yoyogi Park and the vicinity in Tokyo Metropolis, Japan. *Jpn J Infect Dis.*
<http://doi.org/10.7883/yoken.JJID.2014.576>
6. 伊澤ら、2014年に東京都内で採集されたヒトスジシマカのデングウイルス保有状況、第67回日本衛生動物学会大会（2015年）（口頭発表 A16、金沢大学）※論文発表予定
7. 東京都福祉保健局 2014年、蚊の病原体保有調査の結果について（初報～第九報）
8. 津田・金、都市域の公園における蚊の生態研究：ヒトスジシマカの吸血飛来密度と飛来成虫の余命について、衛生動物 Vol. 63(3) 223-230
9. 感染症発生動向調査事業報告書(感染症発生動向調査年報)、東京都感染症情報センター(東京都健康安全研究センター健康危機管理情報課)

2014年千葉市稲毛区に おけるデング熱媒介蚊 ヒトスジシマカの防除事例

谷川 力¹⁾, 山内雅充²⁾, 石原新市¹⁾, 富岡康浩¹⁾, 木村悟朗¹⁾,
田中和之¹⁾, 駒形修³⁾, 津田良夫³⁾, 沢辺京子³⁾

(¹⁾イカリ消毒株式会社, ²⁾千葉市保健所, ³⁾感染研・昆虫医科学)

概 要

2014年9月6日(土)、千葉市内の医療機関から
デング熱が疑われる患者について情報があり、
検査を行った結果、デング熱患者であることが
確認され、医療機関から届け出があった。

患者は、最近一カ月以内の海外の渡航歴及び
代々木公園周辺を含む、東京都内への訪問歴
はなく、推定感染地域は、患者の居住地の周辺
の可能性がある。

患者について

- 1) **年齢等**: 稲毛区在住、男性、60歳代
- 2) **海外渡航歴**: 最近一カ月以内はなし
- 3) **発症・受診**: 8月31日(日)発症、9月2日(火)市内医療機関受診し、入院となる
- 4) **症状**: 発熱、頭痛、筋肉痛、骨関節痛、血小板減少、白血球減少、悪心、食欲不振、肝機能障害、9月9日現在では入院中
- 5) **検査・診断**: 9月8日(日)千葉県環境保健研究所で検査したところ、デング熱と確定
- 6) **蚊の刺咬歴**: 不明

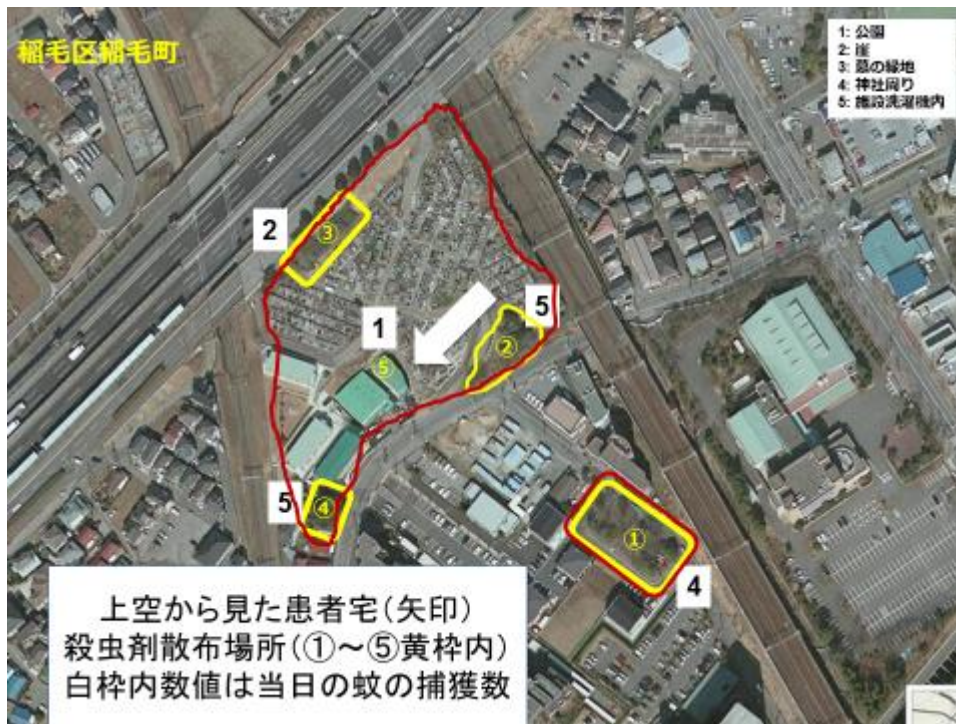
ICARI

時系列で整理すると

デング熱感染確定の流れとその後の対応

- 8月31日(日)発症
- 9月 2日(火)受診、入院
- 9月 6日(土)市内医療機関から情報提供
- 9月 8日(日)千葉県環境保健研究所で検査
デング熱と確定→PCR
- 9月 9日(月)8分間スウィーピング実施
- 9月10日(火)**殺虫**、8分間スウィーピング実施
- 9月16日、24日、10月3日:ヒト囲目視調査

ICARI



患者宅周囲⑤はプライベート保護のため
写真は割愛する。

⑤患者発生場所（洗濯機置付近）

施工の手順





施工前の打ち合わせ



8分間スウィーピング



発生源の一つ



蚊に注意の勧告



花立・水鉢での発生は水温が高いため無かったが、
手洗い鉢での発生は認められた。
* 墓周囲の殺虫剤の散布は各持主に許可を得なければ
ならないため、殺虫剤の散布はできなかった。

防除方法

動力噴霧: 広域な茂み等

エトフェンプロックス水性乳剤7%

50倍希釈液散布 (500mL/m²)

ハンドスプレー: 物影など細かい部分

フェトリン水性乳剤10%

50倍希釈液散布 (50mL/m²)

炭酸ガス製剤: 半閉鎖的な側溝内等

フェトリン炭酸ガス製剤

1%の噴霧 (1g/m²)



結果

記号	場 所	事前 捕獲数	事後 捕獲数	写真No.
A	稲毛東●丁目第●公 園内	4	0	①
B	墓地入口付近斜面	5	3	②
C	墓地隣接緑地帯	2	1	③
D	神社(道祖神)	5	3	④
E	施設内洗濯機付近	1	0	⑤
F	墓地敷地内(中心 部)	0	0	







	捕獲数(個体)		飛来数(個体)		
	9月9日	9月10日	9月16日	9月24日	10月3日
A	4	0	0	0	0
B	5	3	0	0	0
C	2	1	0	0	3
D	5	3	0	0	0
E	1	0	-	-	-
F	0	0	0	1	0
合計	17	7	0	1	3

- * 9月10日: 捕獲箇所は再殺虫を行った
- * 地点Eは私有地のためその後の調査はできなかった
- * 殺虫後の生息(飛来数)は目視調査のみ
⇒ 白い網を振ると住民に不安を与える恐れがあるため

ある団体からの苦情に対して

防除施工後、殺虫剤散布に対して農薬や薬剤の使用削減を訴える団体から行政機関へ問合せがあったが、使用薬剤の選定理由(安全性、魚毒性、使用実績)、対象場所に応じた薬剤の使い分けや実施状況などについて説明することで防除に対する理解が得られた。



最後に

野外での蚊の防除には、周辺環境への薬剤の影響リスクを十分配慮して複数の散布方法を組み合わせ、適切に使用することが重要であると考えられる。

墓地への散布は今回は環境条件(茂みが少なく、花立等は高温で蚊の生息に不向き)から発生は少なかったが、各個人の墓に対する施工の難しさを考えさせられた。

* 本報告の詳細は衛生動物66:31-33(2015)に掲載された。



2014年夏のデング熱患者発生時の防除事例

＝西宮市の事例＝

西宮市 環境衛生課

大石浩二

西宮市のデング熱患者発生時の防除事例を紹介させていただきます。

1 はじめに

西宮市では、伝染病予防法の時代からの防疫担当のチームが設置されており、感染症の予防と市民の快適な生活環境を確保するため、感染症発生時の消毒・駆除、災害発生時の消毒、公共の場所の昆虫等駆除、啓発事業などの業務を11名の職員が直営で実施している。

2 平常時の感染症媒介蚊対策

市民が蚊に刺される回数を減らして、感染症発生リスクを少しでも軽減できればと考え、公園、墓地等、蚊によく刺される場所を中心に、成虫になって飛び回る前に幼虫のうちに駆除することとし、発生源対策を実施。

公園対策では、市内約600カ所の公園を定期的に確認し、発生源が確認された場合は、月1回処置を実施。

講座開催やイベント出展、ホームページにより、市民に対して啓発事業を実施し、蚊を発生させない工夫や、蚊に刺されない工夫を伝えている。

3 感染症発生時の感染症媒介蚊対策

感染症発生時には、住民周知の徹底と迅速かつ的確な蚊の駆除が必要。

このため、ヒトスジシマカ対策を想定し、駆除担当職員用のマニュアルを作成し、駆除練習などを実施。また、国立感染症研究所の研究やデング熱対策の演習に参加し、職員の知識と技能の向上を図っていた。

薬剤の備蓄については、平常時の業務で使用している薬剤の在庫を一定確保しておくことで対応。使い慣れた薬剤を使い慣れた機材で使用する。

4 2014年患者発生時の対応

平成2014年10月

- 1日(水) 市内医療機関からデング熱疑い症例の一報。市保健所の簡易検査で陽性。
- 6日(月) 発症前の海外渡航歴から輸入症例としていたが、国立感染症研究所の遺伝子解析の結果、代々木公園の株と一致し、潜伏期間等も考慮した結果、国内感染例と判断。
- 7日(火) 14時 厚生労働省発表
15時 西宮市発表

○駆除範囲

推定感染場所から半径約200m(半径150mの範囲とその周辺部)。

戸建住宅と共同住宅が混在する地域。約156,000㎡。約1,100世帯。400区画。

(潜み場所が多く点在する住宅地のため、移動距離を50mと想定。複数の感染蚊が存在している場合、×2。想定移動距離の誤差を考慮、×1.5。念のため隣接する街区、+50m。50m×2×1.5+50m=200m)

○住民周知(職員30名)

ホームページ掲載、プレス発表のほか、駆除区域内の全世帯(約1,100世帯)訪問。

駆除通知文、駆除承諾書、啓発チラシを配布。

駆除方法や使用薬剤、人や動植物等への影響などの説明を徹底した。

留守であっても駆除作業を行なうことについての承諾、276件。

○蚊の捕獲調査(職員5名)

8分間捕集法(人囀)。11箇所中7箇所でヒトスジシマカのメス69匹。

8日(水)

○駆除作業(職員9名)

400区画中、344件処理。残56件は、不在かつ未承諾。

その他、道路の植込み、側溝等を処置。

9日(木)

○駆除作業(職員4名)

56件再訪問し、31件処理。残25件は空き家か?

14日(火)

○駆除成果の確認(職員2名)

駆除前と同一場所、同一方法で蚊の捕獲調査を行なったが、蚊の捕獲0匹。

(念のため翌週も蚊の確認を行なったが、0匹。)

5 駆除作業の内容

(1) 作業対象

半径約 200m (半径 150m と周辺部)

約 1,100 世帯 約 156,000 m²

400 区画 (児童遊園 3 件、戸建住宅 316 件、共同住宅 53 件、店舗等 28 件)

その他道路の植込み、側溝等。

(2) 作業内容

使用薬剤や駆除方法について住民等に説明しながら、作業を行なった。

[成虫対策]

エトフェンプロックス乳剤 (100 倍希釈) を 1,500 L 使用

戸建住宅等は手押しポンプ式肩掛け噴霧器 (5 L)、集合住宅等は車載の動力噴霧機で植込み等の潜み場所に薬剤散布

全ての現場が住宅の敷地内又は住宅の真横という状況であったため、空気中を漂う薬剤は使えなかった。

(薬剤散布のコツ)

- ・敷地内の状況を一目で確認し、成虫が潜む可能性のある場所 (植込み、低木、日の当たらない薄暗い場所等) に迅速に近づき飛びまわる前に薬剤をあてる。
- ・植込みは、根元から開始し、植込みの中から全ての葉の裏に薬剤をあてるような感じで。

[幼虫対策]

ピリプロキシフェン発泡錠を 1,000 g 使用

水を排出できるものは排出。雨水ます等には昆虫成長制御剤。

(3) 駆除実績

400 区画中 375 区画処置 (処置率 93.8%)

蚊捕獲数 作業前 69 匹 → 作業後 0 匹

以 上

ベトナムの事例

角田 隆（長崎大学熱帯医学研究所）

ハノイ市はベトナム国北部に位置するが、毎年数千人規模のデング熱患者が発生する。さらに、数年おきに大規模なアウトブレイクが起こる。最近では2009年に1万6千人の患者が発生し、そのうち4人の死者が出た。

ベトナムの保健行政は保健省のもとで北部、中部、中央山岳部、南部に区分けされ、各区にパスツール研究所が設置されている。北部の研究所はハノイにあり、国立衛生疫学研究所としてパスツール研究所と別の所属になっている。北部には28のProvinceがあり、日本でいうと都道府県に相当する。各ProvinceにはPreventive Medicine Center (以下、PMC) という部門があり、Provinceの衛生行政を取りまとめている。Provinceの下にはDistrictがあり、各Districtは2から4のCommuneから成り立っている。Communeにはそれぞれ保健所がおかれており、デング熱患者がCommuneの保健所を受診すると、患者の情報がDistrictの保健所に届き、さらにPMCへ通知される。

ベトナムのデング熱対策は成虫に対する殺虫剤散布によって行われる。まず、予防として年2回、リスクの高い地域に殺虫剤散布が行われる。リスクの高い地域とは過去にデング熱の流行があった地域であるか、家あたりの蚊の数が0.5匹以上の地域である。

次に、保健所や病院を通じてデング熱患者の発生がPMCに届くと、患者発生から48時間以内に第1回の殺虫剤散布が行われる。1週間後に駆除の効果が確認され、家あたり0.2匹以上の蚊が確認された場合、再び殺虫剤が投与される。駆除の対象となるのは患者宅から半径200m以内であるが、最後の患者発生から14日以内に患者が出なかった場合に駆除は終了となる。

殺虫剤抵抗性の発達を避けるため、Deltamethrin、Permethrin、Malathionの3種類の殺虫剤が数年おきに使用されている。そのほか、予防策として自治会単位でグッピーを購入して住民に提供することもある。ベトナムでは長い間、幼虫対策として飲料水に幼虫の駆除剤を投入することが法律で禁じられていた。しかし、2015年からスミラブを幼虫駆除剤として使用する許可が下りた。

ハノイ市のデング熱患者は市の中心部、いわゆる都市部に集中する(Cuong et al, 2011)。患者の多い地域ではネッタイシマカとヒトスジシマカの両方が分布するが、患者の少ない郊外ではネッタイシマカはほとんど生息していない。

0.75%Permethrinを用いたWHO testでのネッタイシマカとヒトスジシマカの羽化後3日齢の一日後の死亡率を示した(図1)。ネッタイシマカはPermethrinに対して非常に抵抗性が発達しており、ほとんどが生き残る。それに対してヒトスジシマカはPermethrinに対する感受性が高い。しかしながら、ネッタイシマカと同様に中心部のヒトスジシマカは

Permethrin に対する抵抗性を発達させている。さらに局所施用法において 1 日後の KD_{50} を求めたところ、中心部のネッタイシマカでは Permethrin に対して 287ppm という高い数値が得られた (図 2)。Deltamethrin に対しても中心部で抵抗性の高い傾向がみられた。ヒトスジシマカでもネッタイシマカと同様の傾向が認められたが、Deltamethrin に対して郊外の系統で 1.6ppm という比較的高い数値が得られた。現在、原因を調査中である。

参考文献)

Cuong HQ et al. (2011) Quantifying the Emergence of Dengue in Hanoi, Vietnam: 1998–2009. PLoS Negl Trop Dis 5(9): e1322. doi:10.1371/journal.pntd.0001322

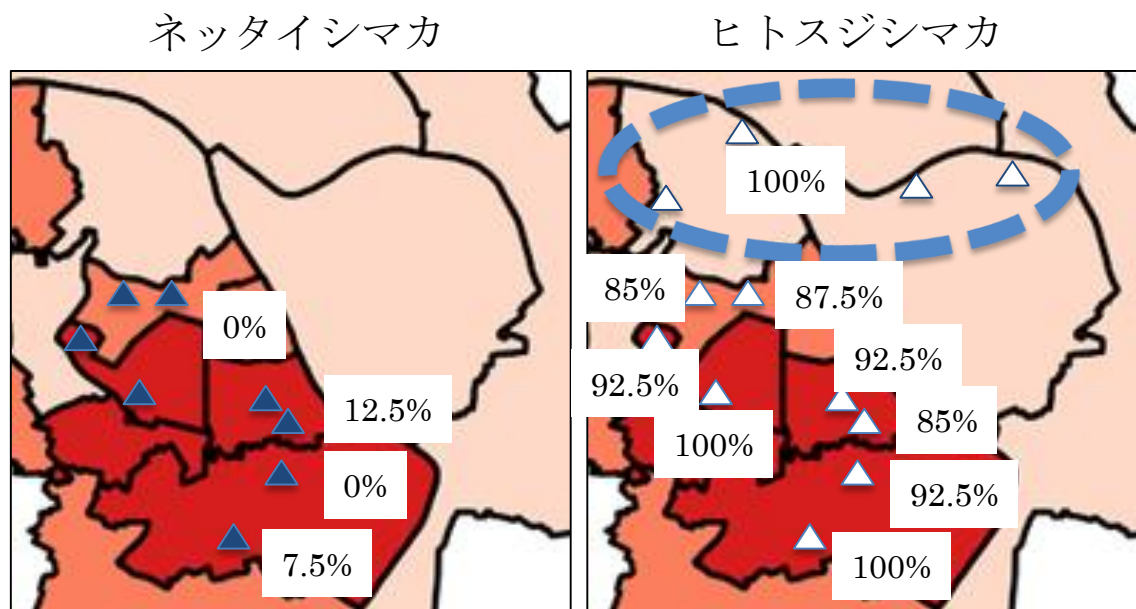
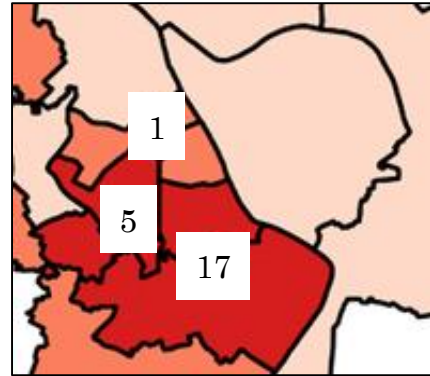
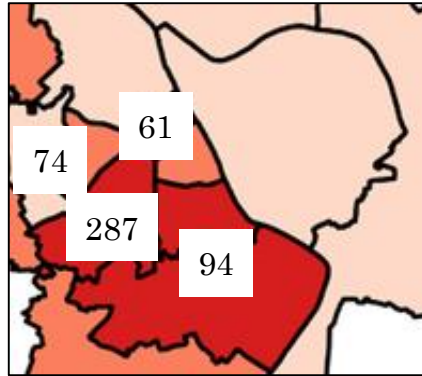


図 1. WHO test (0.75% Permethrin)の結果

ペルメトリン(ppm)

デルタメトリン(ppm)

ネッタイ



ヒトスジ

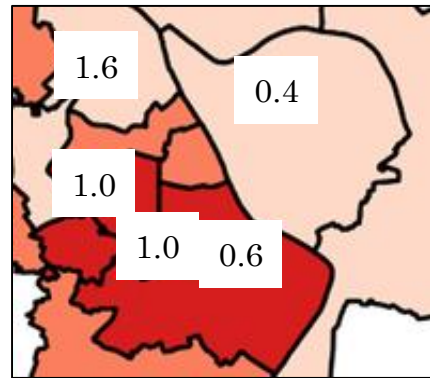
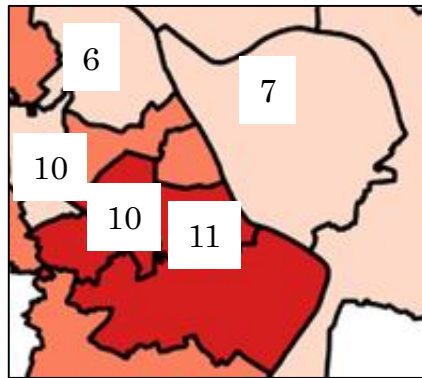


図 2. ペルメトリン、デルタメトリンに対するネッタイシマカとヒトスジシマカの KD₅₀

今後の対策（新しい防除法、屋外吸血を防ぐ方法）

炭酸ガス製剤「ミラクン®S」の活用

～媒介蚊の防除対策～

住化エンバイロメンタルサイエンス株式会社

田中嘉人

2014年、日本国内において約70年ぶりにデング熱が発生し、媒介蚊であるヒトスジシマカ成虫の屋外駆除が実施された。今後同様の事態が発生した場合、成虫対策資材として炭酸ガス製剤「ミラクン®S」が有効と考えられる。本報では炭酸ガス製剤「ミラクン®S」の概要と特長、実地試験結果、2014年のデング熱対策事例を紹介する。

炭酸ガス製剤「ミラクン®S」の概要と特長

炭酸ガス製剤「ミラクン®S」は液化炭酸ガスに直接、有効成分フェノトリンを溶解させた製剤である（日本液炭株式会社製）。乳剤、油剤、エアゾール剤等と異なる剤型の製剤として、平成4年3月にハエ、蚊、ゴキブリ用殺虫剤として医薬品として承認され、その後、平成9年2月に塵性ダニへの効能効果を追加、さらに平成16年12月に用法用量の追加承認により、屋外蚊への使用が可能となった。

炭酸ガス製剤「ミラクン®S」の主な特長3点を以下に記す。

①有機溶媒や界面活性剤、水を使用しないため、溶媒臭もせず、また濡れ等による汚染もほとんど生じない。②高圧ガスによる高噴射力を有し、且つ噴射される薬剤は超微粒な粒子径（ $0.3\text{--}3\mu\text{m}$ ）のため、隅々まで薬剤が到達する（ミラクン®Sと同じ炭酸ガス製剤であり、同様の特長を有するピレトリン炭酸ガス製剤の薬剤到達距離を図1に示した）。デング熱媒介蚊であるヒトスジシマカが生息する雑木林や茂み、植込み等でも薬剤が効率よく行き渡ることが期待できるため、広範囲でも少人数での施工が可能と考えられる。

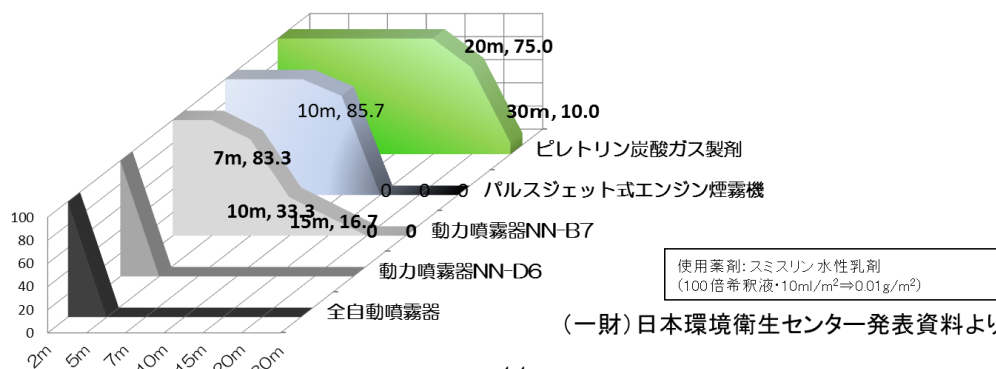


図1 各散布機器の薬剤の到達距離とヒトスジシマカ成虫に対する殺虫効果（一般財団法人日本環境衛生センター発表資料より引用）

③乳剤等では施工現場において、薬剤の調合や施工後の器材洗浄等が必要だが、本製剤ではそれらが不要であるため、作業効率が高い製剤と考えられる。

実地試験（一般財団法人日本環境衛生センター共同試験）

供試製剤：炭酸ガス製剤「ミラクン®S」 散布量：1g/m²

実施場所：静岡県沼津市内の寺院（4か所）の墓地

処理区・寺院C（面積1,420m²：処理量0.88g/m²）、

寺院D（面積1,423m²：処理量1.4g/m²）

対照区・寺院Aおよび寺院B

実施日：平成21年8月7日

試験方法：

炭酸ガス製剤「ミラクン®S」による蚊の密度抑制効果を評価する目的で、捕虫網を用いた8分間採集法を実施し、処理前、処理後の蚊の捕獲数を比較した。8分間採集法を製剤処理前、処理30分後、2,4,6時間後、1,2,3日後、および2,4,6週後に実施した。

また、処理した場所から離れたところでのヒトスジシマカ *Aedes albopictus* に対する駆除効果を評価する目的で、処理場所から5m、20m離れた場所にヒトスジシマカを放虫したケージを設置し、殺虫効果（24時間後）を評価した。

試験結果：

図2に、ヒトスジシマカ雌成虫の捕獲数を示した。炭酸ガス製剤「ミラクン®S」を処理した寺院C、Dでは、処理1日後までヒトスジシマカ雌成虫の捕獲数が0もしくは0に近い値で推移した。対照区である無処理の寺院A、Bでは、5-25頭程度の捕獲数で推移した（処理6時間後の寺院Aのデータなし）。

炭酸ガス製剤「ミラクン®S」を処理することによって、24時間程度、蚊の密度を抑制することを確認した。

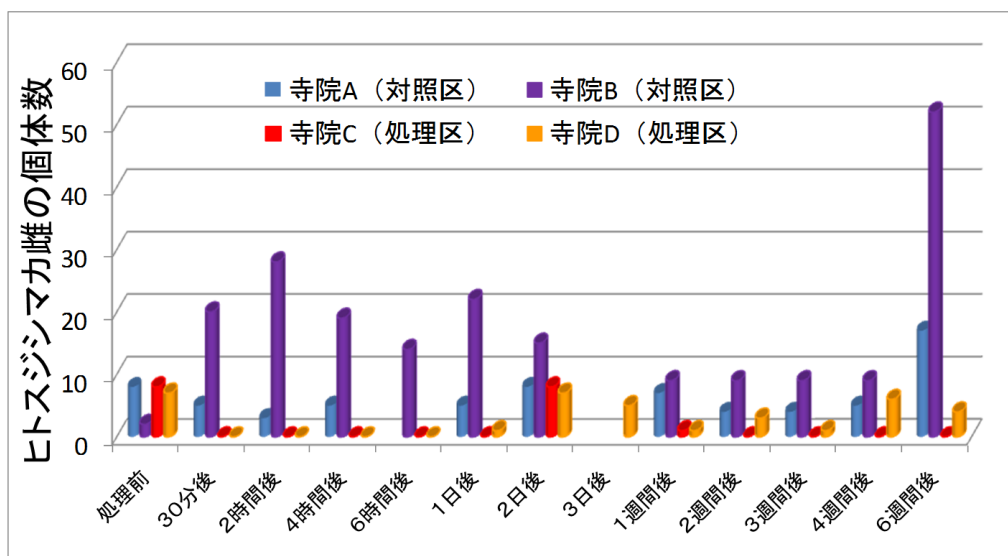


図2 各試験区で捕獲されたヒトスジシマカ雌成虫の個体数

表1に、処理場所から5m、20m離れた場所に設置したヒトスジシマカの1時間後ノックダウン(KD)個体数、KD率および24時間後致死個体数、致死率を示す。処理場所から5m離れた場所の1時間後KD率は、寺院C、Dでそれぞれ83.3%、100%であった。24時間後致死率はいずれも100%であった。処理場所から20m離れた場所の1時間後KD率は寺院C、Dでそれぞれ39.5%、94.6%であった。24時間後致死率はそれぞれ94.7%、89.2%であった。処理場所から20m離れた場所においても、十分に高い致死率が確認されたことから、20m離れた場所にも薬剤が十分に到達していると考えられる。

表1 処理場所から5m、20m離れた場所での1時間後KD率および24時間後致死率

	処理場所からの距離		供試虫数	1時間後KD	24時間後致死
寺院C	5m	合計	36	30	36
		%	—	83.3	100
	20m	合計	38	15	36(36)
		%	—	39.5	94.7(94.7)
寺院D	5m	合計	40	40	40
		%	—	100	100
	20m	合計	37	35	33(35)
		%	—	94.6	89.2(94.6)
対照区		合計	73	—	4(5)
		%	—	—	5.5(6.8)

()内は致死数+ノックダウン数を示す

2014年のデング熱対策事例

平成26年8月の都立代々木公園におけるデング熱の発生を受け、隣接する区域（①明治神宮、②国立オリンピック記念青少年総合センター）にて「ミラクン® S」による防除作業を実施した。国立感染症研究所の指導のもと、事前の生息調査に基づいた重点地域に施工した。

実施場所、実施日：

- ①明治神宮（内苑） 平成26年9月6日（土）
- ②国立オリンピック記念青少年総合センター 平成26年9月6日（土）

①明治神宮の例：

9月6日の施工前に、明治神宮内の5か所（A-E）で8分間採集法を実施し、蚊の生息調査を行った。その後、約40000m²の範囲に4名、1時間程度で施工した（施工した4名に加え、技術指導として2名参加した）。施工2日後の9月8日に再度、8分間採集法を実施し、蚊の生息調査を行った。結果を表2に示す。蚊の生息調査を行ったすべての調査地でヒトスジシマカ成虫の捕獲数が大きく減少し、炭酸ガス製剤「ミラクン® S」の高い駆除効果が確認された。

表2 捕獲されたヒトスジシマカ雌成虫の個体数（明治神宮）

No.	施工前(9/6)	施工後(9/8)
A	24	0
B	24	4
C	5	1
D	13	1
E	49	5

調査：国立感染症研究所



図3 施工時の様子

②国立オリンピック記念青少年総合センターの例：

9月6日の施工前に、国立オリンピック記念青少年総合センター内の5か所（A・E）で8分間採集法を実施し、蚊の生息調査を行った。その後、センター内の建物周囲（構内外周道路及び生息調査に基づく重点地域）約28000m²に4名、1時間程度で施工した。施工2日後の9月8日に再度、8分間採集法を実施し、蚊の生息調査を行った。その結果を表3に示す。生息調査を行ったすべての調査地でヒトスジシマカ成虫が捕獲されなかった。明治神宮の例に続いて、国立オリンピック記念青少年総合センターにおいても、炭酸ガス製剤「ミラクン®S」の高い駆除効果が確認された。

表3 捕獲されたヒトスジシマカ雌成虫の個体数（国立オリンピック記念青少年総合センター）

No.	施工前(9/6)	施工後(9/8)
A	9	0
B	13	0
C	11	0
D	12	0
E	13	0

調査:国立感染症研究所

結論

炭酸ガス製剤「ミラクン®S」は主に3点の特長（①有機溶媒や界面活性剤、水を使用しないため、溶媒臭もせず、また濡れ等による汚染もほとんど生じない、②高噴射力を有し、且つ噴射される薬剤は超微粒な粒子径（0.3-3μm）のため、隅々まで薬剤が到達する、③薬剤の調合や施工後の器材洗浄等が不要であるため、作業効率が高い）を有し、またその駆除効果は本報に記載した実地試験や2014年のデング熱対策事例で確認されている。今後、デング熱やヒトスジシマカが媒介する他の感染症が日本国内において発生した場合、ヒトスジシマカ成虫の対策資材として炭酸ガス製剤「ミラクン®S」が有効と考えられる。

自治体，自治会による雨水枴対策

アベックス産業株式会社

元木 貢

1. 自治体の取り組み

1) 東京都港区の事例

港区ではシルバー人材センターに委託し、50名で雨水ますの蚊防除作業を年6回、24,310箇所にてピリプロキシフェン錠剤を投入している。

2) 新潟市の事例

新潟市は、494の自治会で「新潟市住みよい郷土建設協議会」を結成し、ピリプロキシフェン・BT合剤を無償配布し、年4回雨水ます撒布を実施している。

3) 東京都大田区の事例

東京都大田区は東京都害虫防除協同組合に委託し、長年にわたりカヤネズミ、スズメバチ等の衛生害虫の対策を行ってきた。

2010年までは、区内にある公共雨水枴（約5万）に対し、1台につき3名編成で1日3班、延べ410台、1雨水枴当たりピリプロキシフェン0.5%含有粒剤2.5gを年4回散布してきた。2014年には予算の削減によって、6月～10月、全雨水枴の20分の1を抜粋して調査、発生している個所のみピリプロキシフェン1g錠を投与、2週後に効果調査及び羽化状況調査を行った。幸い昨年、デング熱の大田区内での発生がなかったが、万一発生があった場合には、ただちに蚊の駆除作業ができる体制が整備されている。また、組合独自で区内3公園においてCDCトラップとドライアイスを用いて成虫の捕獲調査を2005年から3年をわたって行った。3年間の合計でヒトスジシマカ3,330匹（全体の73%）、アカイエカ群1,200匹（同26%）、コガタアカイエカ37匹（同0.8%）と都市における蚊の種類はヒトスジシマカが圧倒的に多いことが判った。

2. 自治会の取り組み

1) 横浜市泉区緑園の事例

500戸からなる自治会では、2005年から住民の意思による住民自らの活動により、年4回雨水ます等の薬剤処理を行っている。2005年には福祉保健センターの指導により、フェニトロチオン10%乳剤100倍希釈液を1枴当たり30mLを処理した（目標処理濃度約1.6ppm）。2006年からはピリプロキシフェン0.5%発泡錠を1枴当たり1gに変更（目標処理濃度0.2ppm）、さらに9月にはピリプロキシフェン0.5%粒剤を1枴当たり1g投入に切り替えた。2009年には処理の簡素化から発泡錠にもどし、2010年からは5月から9月の年5回散布としている。防除

地域における蚊の吸血密度の推移は、処理前の 2000 年では 7 月下旬の 16 時から 18 時の間に人囀で 1 時間当たり誘引された蚊の数は 20 匹であったのに対し、処理後は 1.3～3.83 匹の間に減少した。一方、処理地域から 1km 離れた対照区では、2008 年に 45 匹を越えていた。

住民へ 2008 年 7 月に実施したアンケート調査では、「3 年前に比べてあなたの家周辺での蚊の被害」は、「非常に減った」が 46.9%、「少し減った」が 46.9%、「変わらない」3.1%、「無関心」3.1% であった。「今後も続けるか」では、「今の方式で続ける」90.7%、「方法を変えて」9.3%、「やめてよい」0% であった¹⁾。

2) PCOによる自治会防除事例

都内の 360 所帯のある自治会では、以前は PCO に依頼して全所帯にスイングイ
イ
ホグによる煙霧を行っていたが、一過性で効果が得られなかったため、PCO による蚊の調査を行い、住民による薬剤散布に切り替えた。

5 月から毎月発生状況を調査、6 月 4 日と 8 月 22 日にピリプロキシフェン 0.5%粒剤を 1 所帯当たり 25 g 配布し散布してもらった。8 月 22 日の薬剤投入日に TH 宅、MT 宅で幼虫の発生が見られた（表 1）。30 分間の人おとり法による成虫捕獲調査では、7 月～9 月まで調査した 5 軒のお宅で成虫が見られた（表 2）。これは隣接した都立公園や区道にある雨水枡からの飛来とみられた²⁾。

表 1 幼虫の発生状況

	薬剤投入					薬剤投入			
	1992年	5/30	6/4	6/11	6/20	7/18	8/22	9/19	10/24
TH宅	-	-	-	-	-	-	+	-	-
WK宅	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MT宅	-	-	-	-	-	-	+	-	-

表2 30分人おとり法による捕獲数

1992年				
	7/18	8/22	9/19	10/24
TH宅	5	1	10	0
WK宅	2	2	5	0
MT宅	1	1	1	-
SS宅	0	1	15	0
IS宅	2	12	7	0

シーズン終了後にアンケートを行ったところ、「昨年と同様の被害があり」が40.4%、「昨年より被害が少ない」が38%と半々であった。「まったく被害がない」が7.1%であった。駆除方法については、「簡単だった」85.7%、「難しかった」7.1%で、自分で薬剤散布を行うことには問題はなかったが、公園や道路雨水枡などの対策がとられていないと、自治会だけでの処理では限界があることがわかった。

3. PCOの保有薬剤，機材

2007年度感染症対策に関するアンケート調査で、PCOがどのくらいの薬剤と機材を保有しているか調査を行った。対象は日本ペストコントロール協会会員653社で379社の回答が得られた(回答率58%)。薬剤の保有量は、乳剤2.8缶、油剤0.5缶、ピレスロイド1.1缶、IGR剤6.3Kgであった(表3)。一方、機材はハンドスプレーヤー6.3台、セット式動力噴霧機(動力噴霧機と薬液タンクをトラックに搭載する)は1.8台、機材を搭載できる車輛4.6台で各社とも比較的多く保有していた。一方、背負い式動力噴霧機や動力煙霧機、ガソリンエンジン式ULV機はおのおの0.3台、0.7台、0.1台と、室内での煙霧作業の減少で各社の保有台数は少なかった(表4)。この結果から、PCOにより動力噴霧機やハンドスプレーによる成虫駆除は各社とも対応可能であるが、煙霧機や大型ULV機の保有は少なく対応は難しいことがわかった。

表3 PCO各社の薬剤保有量

種類	保有量 (1社平均)
乳剤	2.8缶
油剤	0.5缶
ピレスロイド剤	1.1缶
IGR剤	6.3Kg

表4 機材・車輛の保有台数

機材及び車輛	保有台数 (1社平均)
ハンドスプレーヤ	6.3台
セット動力又はリヤカー一式	1.8台
背負い式動力噴霧器	0.3台
煙霧機	0.7台
電動式ULV機	2.9台
ガソリンエンジン式ULV機	0.1台
緊急時に出動できる機材搭載車輛	4.6台

4. まとめ

昨年8月に69年ぶりにデング熱の国内発生が見られた。その前兆は一昨年、ドイツ人女性が山梨県笛吹市で蚊に刺され、帰国後発症した事例に遡る。女性が乗った飛行機は成田とフランクフルトの直行便で、日本以外で感染することはないとドイツの医療機関からの問合せがあった。海外への日本人旅行者が帰国後発症している数が毎年200名に上ること、海外からもデング熱流行地域から多数の旅行者が訪れていること、感染者の半数は症状が現れないので、ウイルス血症の時期に外出して蚊に刺され、その蚊が他の人を吸血した際にデング熱に感染すること、などが考えられる。住民またはその自治会による平常時の対策ができる仕組みづくり、市町村や道路管理者、公園管理者、建物管理者が一体となった平常時の発生源対策、患者発生時に備えたそれら管理者とPCOとの駆除に係る協定の締結、薬剤の備蓄、患者発生時のPCOの駆除作業の体制づくりが望まれる。

参考文献

- 1) 緒方一喜. (2013) 横浜市のある住宅地におけるヒトスジシマカの発生動態調査とその防除成績, ペストロジー 28: 89-99.
- 2) 伊藤弘文, 元木 貢. (1993) PCOにおける地域防除の試み (2), ペストロジー 8: 49-51.

シンポジウム「デング熱媒介蚊対策の現状と今後の対策」

— 家庭用殺虫剤、忌避剤による野外での吸血対策 —

一般財団法人日本環境衛生センター
環境生物・住環境部 武藤 敦彦

約 70 年ぶりにデング熱の国内感染が確認され、東京都内を中心として 160 人を超える感染者が発生した。これに対し、公共エリアでは、緊急的にヒトスジシマカの成虫対策を目的とした殺虫剤処理が行われた。公共エリアでは、このように自治体による広域対策が行われることが多いと考えられるが、住宅の敷地内や農地などの個人の領域や、自治体等による防除が実施されていないエリアにおいてレクリエーションなどの野外活動を行う際は、個人的に吸血に対する防御が必要とされる。また、蚊媒介性感染症発生時に広域防除が行われるまでの間は、個人的な防御が必要となる。

蚊の防除や忌避効果を標榜して医薬品医療機器等法によって承認され市販されている家庭用殺虫剤には、ピレスロイド剤を有効成分とする蚊取り線香、液体蚊取り、ファン式蚊取り、各種のエアゾール剤などがあり、人体に使用できる忌避剤としては、ディートを有効成分とするエアゾール型、ウェットティッシュやローションタイプなどがある。

当方では蚊類を対象とした種々の試験を実施してきている。今回の殺虫剤研究班シンポジウムでは、その中から、屋外での蚊の駆除や忌避の効果について承認されている屋外用のエアゾール剤およびファン式蚊取りと、人体用の吸血昆虫用忌避剤のヒトスジシマカに対する実地における効果について紹介した。

以下に今回のシンポジウムでの報告内容について示す。

1. 材料および方法

1) 評価対象種

ヒトスジシマカ *Aedes albopictus*

2) 供試薬剤

(1) 屋外用エアゾール剤

有効成分：トランスフルトリン

(2) ファン式蚊取り

有効成分：トランスフルトリンまたはメトフルトリン

いずれも、使用開始から 24 時間以内のもの

(3) 人体用忌避剤

有効成分：ディート (10%含有)

3) 実施方法

(1) 屋外用エアゾール剤

図 1 および 2 に示す一戸建て家屋またはマンション (いずれも神奈川県中郡大磯町) の庭部分で 10 月の中～下旬に試験を実施した。

図の●に示す処理区観察位置を中心として 4 m 四方にある茂みや草むら、地表面などに対して 1 m²当たり 1 秒 (計 16 秒、処理量: 45g 前後) の噴射処理を行い、その後、原則として 1 時間ごとに被験者に対する飛来数を観察した。図の○に示すように、処理エリアとは離れた場所に対照区を設定した。

飛来数の観察は、蚊の吸血を阻止するため、長袖、長ズボンを着用した被験者が5～10分間隔で、処理区または対照区の観察位置に5分間立ち、その時間帯の上半身前面部および下半身全体の衣服上の係留数（瞬間最大数）をもってその時間帯の飛来数として記録する方法で行い、その数を飛来数とした。観察は、薬剤処理前および処理後8～9時間目まで実施し、処理区では1時間の観察時間中に、5分間ずつ5回（試験場所A）または4回（試験場所B）、飛来数をカウントする方法で行った。対照区では、同様にしてそれぞれ3～4回のカウントを行った。なお、観察時以外の時間帯は、被験者は屋内など観察場所以外で待機した。

（2）ファン式蚊取り

図1に示す●の位置で試験を実施した。

観察は上記（1）と同様に瞬間最大係留数を観察する方法で行ったが、ファン式蚊取りの場合は、1分間の瞬間最大係留数を5分間（計5回）観察する方法で行い、処理前の飛来数を5分間観察した後、5分間の間隔を空けて処理中の飛来数を5分間観察し、再び5分間の間隔を置いて、処理後の観察を5分間行った。処理中の試験は作動させた供試薬剤を持った被験者が観察場所に入って椅子に座り、腰の部分または地面に薬剤を配置して実施した。なお、（1）と同様に、観察時以外の時間帯は、被験者は屋内など観察場所以外で待機した。

（3）人体用忌避剤

一方の腕（肘から指先まで）と脚（膝から踝まで）を処理区、もう一方を無処理対照区とし、神奈川県川崎市の雑木林内で試験を実施した。

処理薬量は腕1 mL、脚2 mLとし、ピペットで滴下した後、掌で塗り伸ばし、処理2、4、6および8時間後に、試験地内で30分間程度椅子に座り、処理区および無処理対照区からの吸血個体数をカウントした。なお、吸血が確認された個体は、吸血管で採集するか、その場で捕殺した。

被験者は待機時間中、軽い運動は行ったが、多量の汗をかくような運動は行わず、試験エリア外で待機した。

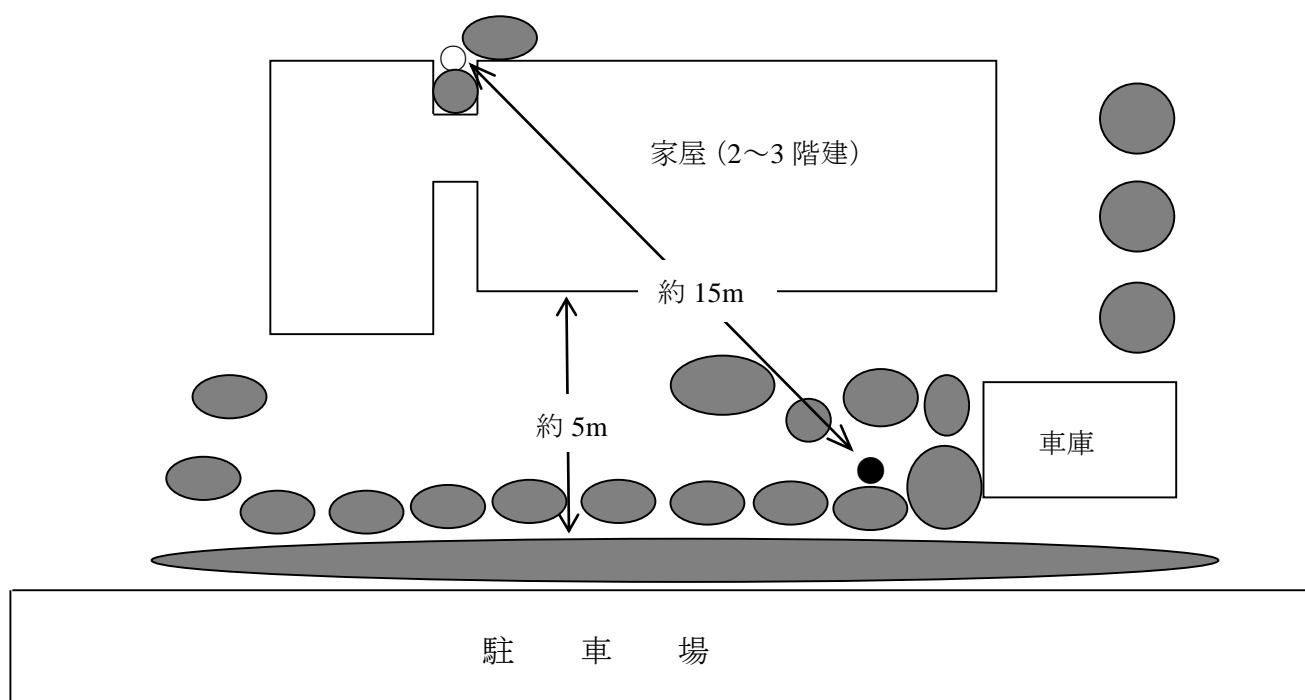


図1 実施場所A

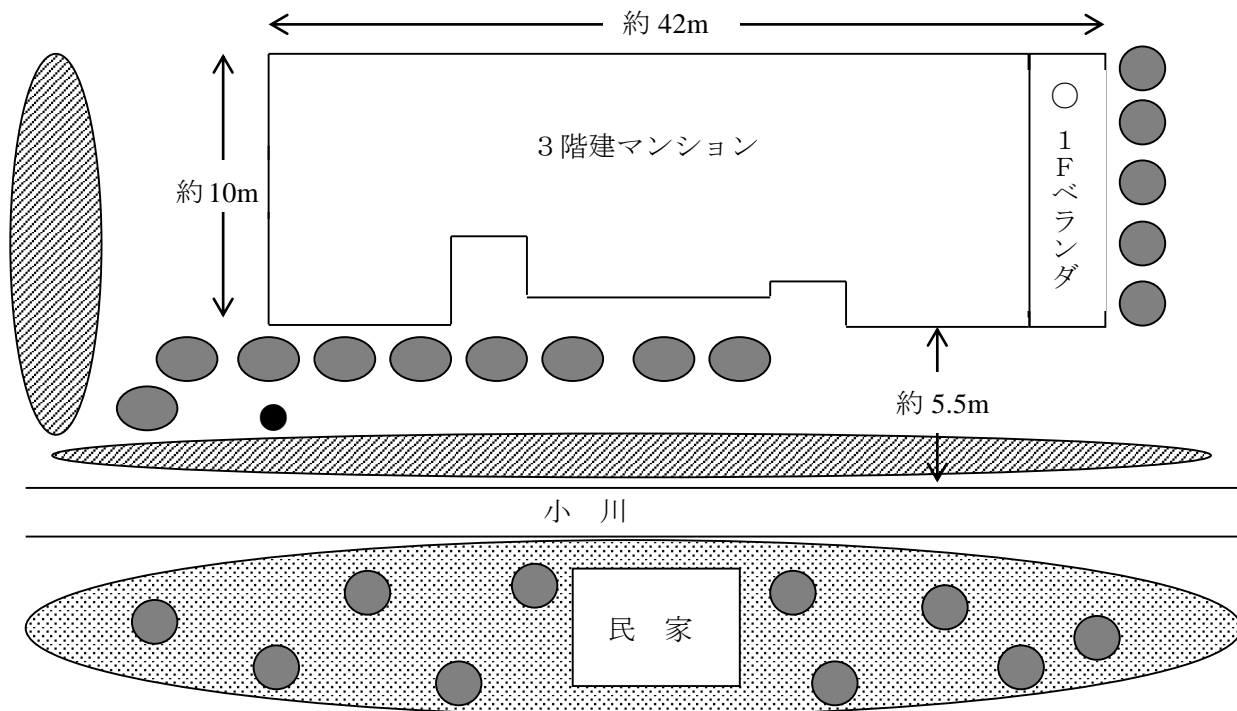
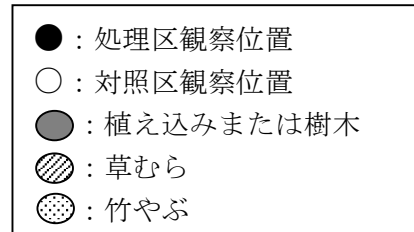


図2 実施場所B



2. 結果

1) 屋外用エアゾール剤

表1に示すように、処理前のヒトに対するヒトスジシマカの平均飛来数は、処理予定エリアで実施場所Aで5.6匹、実施場所Bでは3.3匹であったのに対し、処理後は実施場所Aでは処理5～6時間後、Bでは2～3時間後まで0となった。なお、その間、対照エリアでは、いずれの時間帯でも飛来が認められた。

表1 屋外用エアゾール剤処理後の各経過時間におけるヒトスジシマカのヒトへの飛来数

実施場所	処理前	処理後時間								
		0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8時間	
A	処理区	5.6	0	0	0	0	-	0	-	0.4
	対照区	2.3	2.3	2.7	1.7	0.3	-	0.7	-	1.7
B	処理区	3.3	0	0	0	0.3	0.3	1.0	2.3	0.8
	対照区	1.0	0.5	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	0.8	1.0

表中の数字は、処理区：4~5回、対照区3~4回観察の平均飛来数を示す
 処理前にAでオオクロヤブカが1匹飛来したが、その数は含めずに算出
 観察時気温：A 20.5~28.0℃ B 18.0~25.0℃

2) ファン式蚊取り

表2に示すように、製剤を作動させた場合は、作動前に比べてヒトスジシマカのヒトへの飛来数は明らかに減少し、本試験で供試した製剤は、いずれも処理中の飛来数を減少させる効果を示した。なお、作動中でも数匹の飛来が認められているが、飛来が認められたのは5分の観察時間中の最初のほぼ1分以内のみであった。また、作動終了後5分後には飛来数が回復する傾向が見られた。

表2 ファン式蚊取りを使用した場合のヒトスジシマカのヒトへの飛来数

製剤	作動前	⇒ 作動中	⇒ 作動終了後
A	17	2	8
B	21	3	7
C	25	5	3
D	26	3	4
E	12	1	3

表中の数字は、1分間観察×5回の合計数を示す

3) 人体用忌避剤

表3に示すように、無処理の前腕部や脚からのヒトスジシマカの吸血個体数は4~8匹であったのに対し、製剤を処理したもう一方の腕や脚からの吸血数は処理6時間後まで0匹で、忌避指数は100であった。また、処理8時間後でも対照区の吸血数に比べると、明らかに少ない吸血数で、70以上の忌避指数であった。

表3 ディートを有効成分とする人体用忌避剤を処理した場合の処理後の各経過時間におけるヒトスジシマカのヒトからの吸血個体数と忌避指数

被験者	処理後時間							
	2		4		6		8時間	
	処理区	対照区	処理区	対照区	処理区	対照区	処理区	対照区
A	0	7	0	6	0	6	2	7
B	0	4	0	5	0	5	1	5
C	0	6	0	8	0	8	2	7
計	0	17	0	19	0	19	5	19
忌避指数	100		100		100		73.3	

$$\text{忌避指数} = \left(1 - \frac{\text{処理区の合計吸血個体数}}{\text{対照区の合計吸血個体数}} \right) \times 100$$

3. 考察

ヒトスジシマカが媒介する感染症の発生時における個人防御に使用可能と考えられる製剤について実地での試験を行った結果、薬事法で承認された市販の屋外用エアゾール剤、ファン式蚊取りおよび吸血昆虫用忌避剤は、いずれもヒトスジシマカによる吸血を防ぐ効果が認められた。

屋外用エアゾールは、用法・用量通りの処理で数時間はヒトスジシマカの飛来を防ぐ効果があることが確認された。この効果は、有効成分への直接的な暴露による致死効果とその後の有効成分の揮散による忌避等の吸血行動の攪乱効果によるものと考えられた。

地点Aは地点Bに比べて効果の持続時間が長い傾向が見られたが、これは地点Bの処理エリアでは、潜み場所や発生場所となる竹やぶ等が連続しており、これらの場所からの飛来により、持続時間がAに比べて短かった可能性が考えられた。地点Aの処理エリア外にも植え込み等の潜み場所はあるが、そのエリアはBに比べると小さく、これら処理エリア外にも処理時に噴霧粒子が流れて効果が及んでいた可能性や、処理エリアに隣接するエリアは広い駐車場で、潜み場所がほとんど無いことなどがAでの効果がBでの持続時間よりも長かった理由として考えられた。

屋外用エアゾールの効力は、上記以外にも、処理エリアの広さや気温、風などによっても左右されると考えられるので、様々な環境での効力の検証が必要と思われる。

常温揮散性のピレスロイド剤を有効成分とするファン式蚊取りでは、作動させていても作動直後は飛来が認められ、持ち歩いていても吸血されてしまう可能性が示唆されたことから、屋外用としてさらに高薬量の製剤の開発を期待したい。

このような製剤は使用場所の風向や風速により効果が減衰する可能性も考えられることから、屋外作業時等に吸血を確実に防ぐためには、事前に作動させておいたり、複数個で作業場所等を取り囲むように使用するなどの工夫が必要であろう。また、作動を停止すると比較的短時間で飛来が回復する可能性が示唆されたことから、作動させて飛来がなくなったとしても、その後も発生場所では作動を継続させておくことが必要である。

有効成分としてディートを10%含有する吸血昆虫用忌避剤は、6時間程度はヒトスジシマカによる吸血を防ぐ効果が持続した。しかし、その効力の持続時間は発汗状況などに左右され、塗りムラがあると、塗布量が少ない部分から吸血されることがあるので注意が必要である。また、日本で市販されている忌避剤のディート含有量は5～6%から12%までの幅があり、有効成分含有量が少ないほど効力の持続時間は短くなることから、使用の際は表示されている有効成分含有量

に注意する必要がある。

現在、医薬品医療機器等法に基づく承認は、人体用の忌避剤を除いて「駆除」を前提としているが、今後は野外での蚊の吸血阻止や屋内への侵入阻止などの観点からの承認も積極的に進められるべきであろう。