

図1 宮城県南部水田地帯で成虫調査を行った場所を示す地図

表1 ドライアイストラップによって捕獲された種類とその個体数

種類	津波被害なし				津波被災地			
	6月 (8)	7月 (12)	8月 (12)	計 (32)	6月 (12)	7月 (18)	8月 (18)	計 (48)
アカイエカ	1	194	133	328	10	2,565	1,415	3,990
イナトミシオカ	0	1	1	2	7	248	1,230	1,485
コガタアカイエカ	0	11	86	97	0	86	961	1,047
ヒトスジシマカ	2	35	249	286	0	1	14	15
オオクロヤブカ	0	1	4	5	0	0	1	1
ハマダライエカ	0	0	2	2	2	0	0	2
シナハマダラカ	0	1	0	1	0	2	0	2
カラツイエカ	0	0	1	1	0	0	0	0
キンイロヤブカ	1	0	0	1	0	0	0	0
合計	4	243	476	723	19	2,902	3,621	6,542

表2 津波被災地と津波の被害を受けなかった地域の成虫密度 (/トラップ/日)の比較

	2011年7月			2011年8月		
	津波被害なし	津波被災地	<i>P</i> *	津波被害なし	津波被災地	<i>p</i>
アカイエカ	22.8 ± 6.9	210.9 ± 169.1	0.005	11.3 ± 13.5	78.5 ± 65.6	0.012
イナトミシオカ	0.1 ± 0.4	20.5 ± 15.4	<0.001	0.1 ± 0.3	68.3 ± 60.6	<0.001
コガタアカイエカ	1.3 ± 1.0	7.2 ± 5.2	<0.001	7.2 ± 10.5	53.4 ± 97.2	<0.001
ヒトスジシマカ	4.3 ± 8.3	0.1 ± 0.3	0.029	21.3 ± 42.6	0.2 ± 0.5	0.010

表 3 水域から採集された幼虫の種類と幼虫が採集された水域の数

種 類	6 月	7 月	8 月
イナトミシオカ	0	2	21
コガタアカイエカ	0	7	10
シナハマダラ/エセチョウセンハマダラカ	1	4	5
ハマダライエカ	1	0	4
シロハシイエカ	1	0	0
アカイエカ	0	0	3
幼虫が採集されたサンプルの数(%)	2 (2.7)	12 (31.6)	35 (79.5)
採取したサンプルの総数	75	38	44

表 4 幼虫が採集された水域の平均塩分濃度

	6 月	7 月	8 月
シナハマダラ/エセチョウセンハマダラカ	0.2	0.33 ± 0.05	0.06 ± 0.05
イナトミシオカ	-	0.25 ± 0.21	0.14 ± 0.19
コガタアカイエカ	-	0.31 ± 0.12	0.2 ± 0.13
アカイエカ	-	-	0.1 ± 0.1
ハマダライエカ	0	-	0
シロハシイエカ	0	-	-

(雌成虫数+1) / トラップ/日

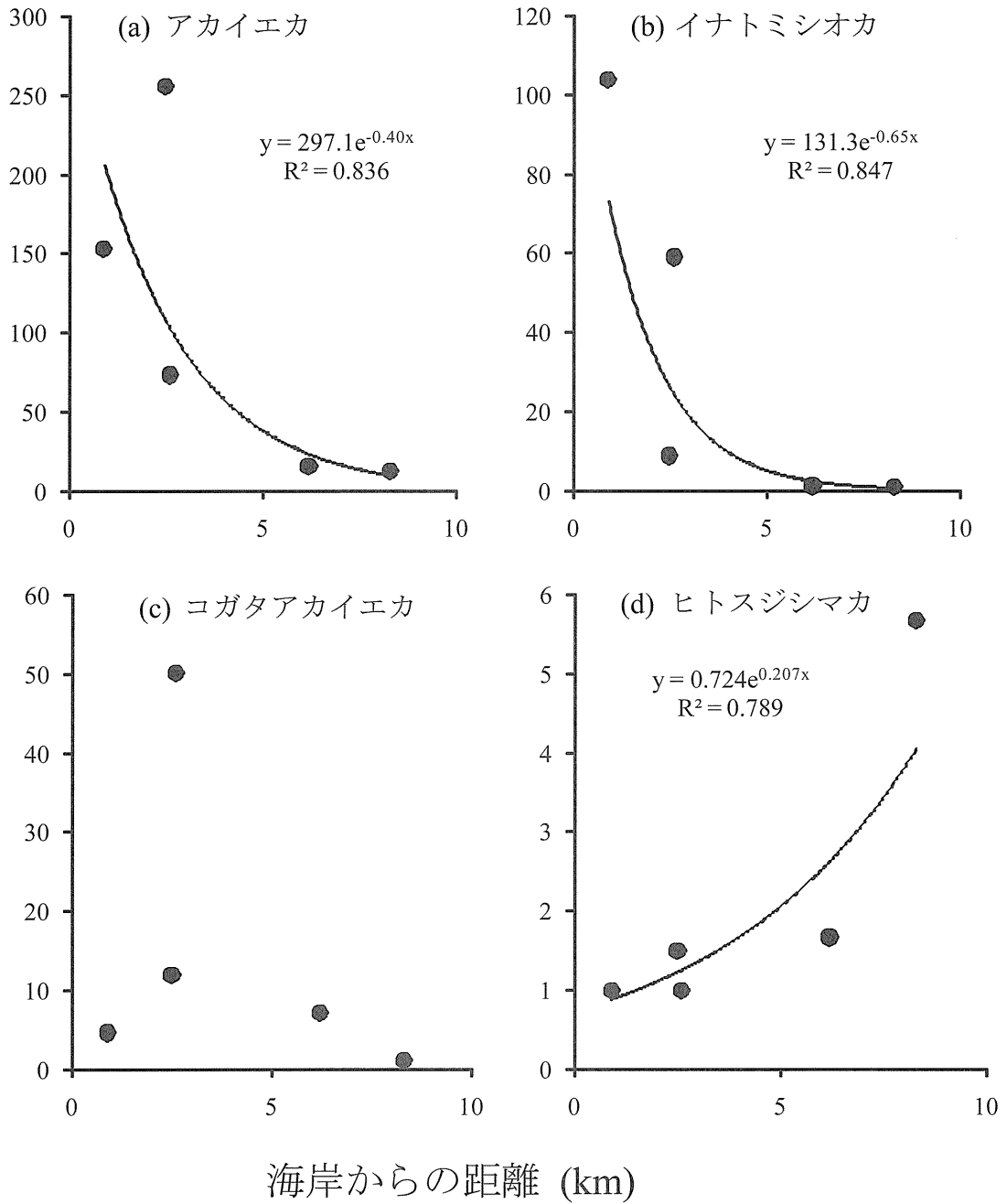


図 2 4 種蚊の成虫密度と海岸からの距離の関係

東日本大震災による津波被災市街地における蚊幼虫の発生状況(2011年)

分担研究者	小林 睦生	国立感染症研究所昆虫医科学部
研究協力者	葛西真治	国立感染症研究所昆虫医科学部
	富田隆史	国立感染症研究所昆虫医科学部
	二瓶直子	国立感染症研究所昆虫医科学部
	林 利彦	国立感染症研究所昆虫医科学部
	沢辺京子	国立感染症研究所昆虫医科学部
	渡邊登志也	日本防疫殺虫剤協会
	橋本知幸	日本環境衛生センター環境生物部
	武藤敦彦	日本環境衛生センター環境生物部
	吉田 政弘	いきもの社

研究要旨

7月下旬から9月上旬の宮城、岩手県の津波被災地において、特に、住宅地や低層のビルなどがあつた市街地で、建築物の基礎コンクリートが残っている地域で幼虫調査を行った。その地域には点々と浄化槽、浄化槽に関連したタンク等の構造物、トイレの便槽、建物のコンクリートで囲まれた基礎などが点在し、ほぼ全てに水が溜まっており、多くに蚊の幼虫が発生していた。蚊の種類としては、アカイエカ *Culex pipiens* group、トウゴウヤブカ *Aedes togoi*、キンイロヤブカ *Aedes vexans*、シナハマダラカ *Anopheles sinensis* の4種類であつた。幼虫の発生水域の大きさ、水深、藻などの繁茂状態、塩分濃度、その他種々のゴミや有機物の存在などが関係するが、幼虫の発生数には相当差が認められた。柄杓1杯に100頭を超す幼虫が採集された。塩分濃度の高い水域でトウゴウヤブ、イナトミシオカ、シナハマダラカが、低い水域ではアカイエカ、ヤマトヤブカが発生していた。大槌町の浄化槽からシナハマダラカの幼虫が採集された。本調査における古タイヤや雨水マスなどを含む小水域の発生源、浄化槽および関連施設における塩分濃度は0~2.5%と幅があつた。これらの結果から、アカイエカ、コガタアカイエカ、シナハマダラカの幼虫は1.5%未満の塩分濃度で発育できることが明らかとなつた。気仙沼のある漁港周辺でのCDCトラップによる成虫の捕集において、アカイエカとコガタアカイエカが多数捕集された。7月中旬の調査では、トラップ当り2,000頭を超すアカイエカが1晩で捕集された。これら成虫の捕集結果は周辺地域での幼虫の大量発生と関係している可能性が強く示唆された。

A. 研究目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、地震発生後30-40分ほどで最大級の津波が福島県、宮城県、岩手県、青森県など太平洋沿岸に打ち寄せた。4県合わせた津波被災面積は約400km²に達し、地表面に存在したほぼ全ての木造建築物を押し流し、鉄筋コンクリート製の工場、マンション、学校なども地域によってはほぼ3階部分まで壊滅的に破壊された (Fig. 1)。瓦礫の処分は、6月ぐらいまで分別せずに集積場に集められ、その後、木材、鉄筋、コンクリート塊など細かく分けられ、分別集積されている。津波被災地では、瓦礫処理と同時に、破壊されたビルディング、一般木造住宅、港湾地域の建築物が少しずつ解体され、基礎のコンクリート部分を残して綺麗に整地され始めた。しかし、これら整地された建築物跡地に、非常に多くの浄化槽、浄化槽関連のタンク等の構造物が点在しており、それらのほとんどに水が溜まっていた。そこで、これらの構造物にどのような種類の蚊が発生しているかを知るために蚊幼虫の発生状況調査を試みた。幼虫発生源と塩類濃度との関係が明らかになっておらず、幼虫発生水域の塩分濃度の測定を行った。7月下旬から9月上旬にかけて、岩手県、宮城県の津波被災地、特に市街地を中心に蚊幼虫の発生状況を調査し、塩濃度との関係について考察した。

B. 研究方法

幼虫調査は7月28-29日に気仙沼市、大船渡市、陸前高田市で、8月31日に気仙沼市で、9月14日に山田町、大槌町で行った。調査地域は津波で木造建築物がほとんど流出した市街地で、海岸線から500m以内の内陸地である。地域や調査時期によって、被災市街地の状況は異なるが、多くの建築

物は取り壊されて、瓦礫も調査地周辺には存在していない。調査水域は主に建築物の基礎に点在する浄化槽、浄化槽関連のコンクリート製のタンク、住宅の基礎部分のコンクリートの枠などで、一部、周辺の種々の水溜まりも調査した。気仙沼の波路上地区では破壊された高校周辺の大型の浄化槽を調査した。

幼虫採集は約1.4mの柄杓で表面の水をすくい取る方法で行った。掬い取った水から幼虫を直接駒込ピペットで50mlの広口ビンに吸い取り、感染症研究所に持ち帰って成虫まで飼育し、種の同定を行った。なお、幼虫が発生している水域の塩分濃度をデジタル塩分計 (榊水ポリマテック: SS-31A) で測定し、記録した。また、地図上での住所確認が困難な場所が多いことから、将来の解析のためにGPS装置およびGPS機能付のデジタルカメラで採集場所の記録を行った。なお、本報告における *Culex pipiens* はアカイエカとチカイエカの分子分類がなされていないので、*Culex pipiens group* とし、本文中ではアカイエカ群と記述した。

C. 研究結果

津波被災地における蚊の発生状況

近年、東北地方のヒトスジシマカに関して、岩手県の太平洋沿岸では、2009年まで大船渡が北限とされていたが、今回の津波による被害がどのような影響を与えたか不明である。2010年に大槌町の寺院に隣接する急斜面の墓地でヒトスジシマカ幼虫が複数箇所で見つかった。しかし、その寺院は津波によって完全に流失し、隣接する墓地も相当数破壊された。2011年の調査において、斜面の上部に存在した墓石の花立て等から幼虫が採集され、津波による影響を受けなかった越冬卵から発育した成虫が生き残っている

ことが確認された。

被災3県において、津波によって形成された多数の水溜まりが蚊幼虫の発生源となることは予想されたが、塩分濃度との関係では詳細は不明であった。被災地で採集された蚊の種類としては、アカイエカ群 *Culex pipiens* group、イナトミシオカ *Cx. inatomii*、トウゴウヤブカ *Aedes togoi*、キンイロヤブカ *Aedes vexans nipponii*、シナハマダラカ *Anopheles sinensis*、オオクロヤブカ *Ar. subalbatus* の6種類であった。幼虫の発生水域の大きさ、水深、藻などの繁茂状態、塩分濃度、その他種々のゴミや有機物の存在などが関係する可能性があるが、幼虫の発生数には差が認められた。柄杓1杯に100頭を超す幼虫が採集されることも複数の発生水域で観察された。気仙沼市内の漁港周辺での調査においては、漁船、道路側溝、古タイヤ、雨水マスなどからも幼虫を採集したが、水が溜まっているほぼ全ての浄化槽、浄化槽関連のタンク、便屋から多数の幼虫が採集され、塩分濃度の高い水域での幼虫はトウゴウヤブカ、低い水域ではアカイエカが主な種類であった。山田町、大槌町においてもほぼ同様の結果であった。大槌町の浄化槽からシナハマダラカの幼虫が採集された。同蚊は水田や湿地などのより広大な水域に発生すると考えられていたが、このような小水域にも発生することが明らかになった。

本調査における古タイヤや雨水マスなどを含む小水域の発生源、浄化槽および関連施設における塩分濃度は0~2.5%と幅があった。海水の塩分濃度は約3.5%程度であるので、雨水や湧水等で希釈されたと考えられる。1~2%の濃度の水域には、塩分耐性が知られているトウゴヤブカが認められ、淡水にのみ発生すると考

えられていたアカイエカ、ヤマトヤブカ、シナハマダラカも0-1.4%の水域で幼虫が認められた。これらの結果から、上記3種の蚊は1.5%未満の塩分濃度でも幼虫が発育できることが明らかとなった。気仙沼の漁港周辺でのCDCトラップによる成虫の捕集において、アカイエカとコガタアイエカが多数捕集された。7月中旬の調査では、トラップ当たり2,000頭を超すアカイエカが1晩で捕集された。これら成虫の捕集結果から、周辺地域で幼虫が大量発生している可能性が強く示唆された。

また、瓦礫集積場での古タイヤ、破壊された自動車などは、雨水が溜まりやすく、ヒトスジシマカ幼虫の恰好の発生源となる。過去10年以上に渡って東北地方のヒトスジシマカの分布調査が行われており、太平洋沿岸地域における分布北限に関しても、北限地域での同蚊の侵入、一時的な定着が繰り返されていることが知られている。チクングヤ熱の重要な媒介蚊であることから、今後注視してヒトスジシマカの発生状況および分布域の拡大に関して調査が必要と考えられる。

D. 考察

被災地周辺の幼虫調査において、特に学校、病院、ホテルなど大型のビル周辺に多数の大型の浄化槽やその関連の施設が存在し、多くの施設で水が溜まっていた。周辺の瓦礫は8月末にはほとんど片付けられており、浄化槽の開口部がより顕在化していた。施設によっては相当大型の浄化槽があり、埋めるのに、大量の砂利や土砂が必要と考えられる。ただ、現時点で津波の被災地内にはほとんど住民が住んでおらず、周辺の小高い地域に仮設住宅などが存在することから、住民からの吸血被害の情報は少ない。2011年

の夏季に発生した大量のアカイエカやトウゴウヤブカは、成虫や卵のステージで越冬することから、翌年の蚊の活動期には、前年よりもより多数の蚊が発生する可能性がある。

被災地で捕集されたアカイエカの吸血源動物の解析において、スズメと人の血液が検出されており（渡邊ら、印刷中）、多数の発生源の存在、吸血源動物、人の存在を考えると、翌年の春以降もこのような蚊の大量発生が起こる可能性は否定できず、近隣住民や工事関係者等の吸血被害も想定される。

浄化槽以外に、居住地域の道路側溝の排水溝が津波によって詰まり、アカイエカ幼虫が多数発生している現場を大船渡市などで観察した。一部、発育制御剤（IGR）の1種が処理されており、蛹化と羽化をほぼ完全に阻止していた。今後、このような蚊の防除対策は重要と考えられる。

大槌町の浄化槽からシナハマダラカの幼虫が採集された。同蚊は水田や湿地などのより広大な水域に発生すると考えられていたが、このような小水域にも発生することが明らかになった。

E. 結論

津波被災地の幼虫発生源では、当初、塩分がある程度含まれている可能性があるため、アカイエカ、ヤマトヤブカ、シナハマダラカは発生しないと予想していた。しかし、本調査において、アカイエカは0.8%の塩分濃度まで、ヤマトヤブカは0.7%まで幼虫発生が認められた。また、シナハマダラカは塩分濃度が1.4%の水域に発生が認められた。被災地において、蚊が媒介する感染症の流行の可能性は非常に低いと考えられる。しかし、渡邊らのトラップによる成虫捕集の結果では、

8月下旬に多数のコガタアカイエカが捕集されており、いままで東北地方で行ったコガタアカイエカの畜産施設等での蚊の少数の捕集結果とは大きな差が認められた。日本脳炎は、1990年代から年間の発生患者数が10名以下を推移しているが、国内でのウイルスの活動は依然活発に続いており、ウイルス遺伝子の変異の問題を含めて、平常時から注意して調査を継続することが必要である。その意味で、被災地での幼虫発生源対策がほとんど行われていない現状は、ある種の蚊媒介性感染症流行のリスクの存在を意味する。また、アカイエカ群が主要な媒介蚊であるウエストナウル熱も、渡り鳥等によって突然流行する可能性は否定できず、アカイエカ群の発生源対策も今後の問題である。津波被災地の環境で大量発生している蚊は、直接感染症の媒介に関わらない可能性があるが、仮設住宅、近隣住民、復興事業に携わる工事関係者等に精神的、肉体的に被害を与えることも考えられる。被災地周辺における仮設住宅等では玄関網戸などハエや蚊が簡単に屋内へ侵入できないような物理的な対策をリーフレットの配布によって衛生害虫対策の重要性を啓発したが、根本的な対策としては、計画的な発生状況調査と積極的な媒介蚊防除対策の推進が強く望まれる。

G. 研究発表

1. 論文発表

小林睦生¹⁾、葛西真治¹⁾、富田隆史¹⁾、渡邊登志也²⁾、二瓶直子¹⁾、林利彦¹⁾、橋本知幸³⁾、武藤敦彦³⁾、吉田政弘⁴⁾、沢辺京子¹⁾、2012. 東日本大震災による津波被災市街地における蚊幼虫の発生状況(2011年)

Med. Entomol. Zool. 63(1):印刷中
渡辺 護、渡辺はるな、田原雄一郎、平尾
素一、Sudipta Roychoudhury、沢辺京
子、石川善太、川端健人、菅野格朗 2012.
東日本大震災の津波被害地における疾病
媒介蚊の発生状況調査 Med. Entomol.
Zool. 63(1): 印刷中

なし

2. 学会発表
なし

H. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得
なし

2. 実用新案登録
なし

3. その他
なし

図 1 3 階まで破壊された建築物と整地された地表に存在
する浄化槽、浄化槽関連の施設

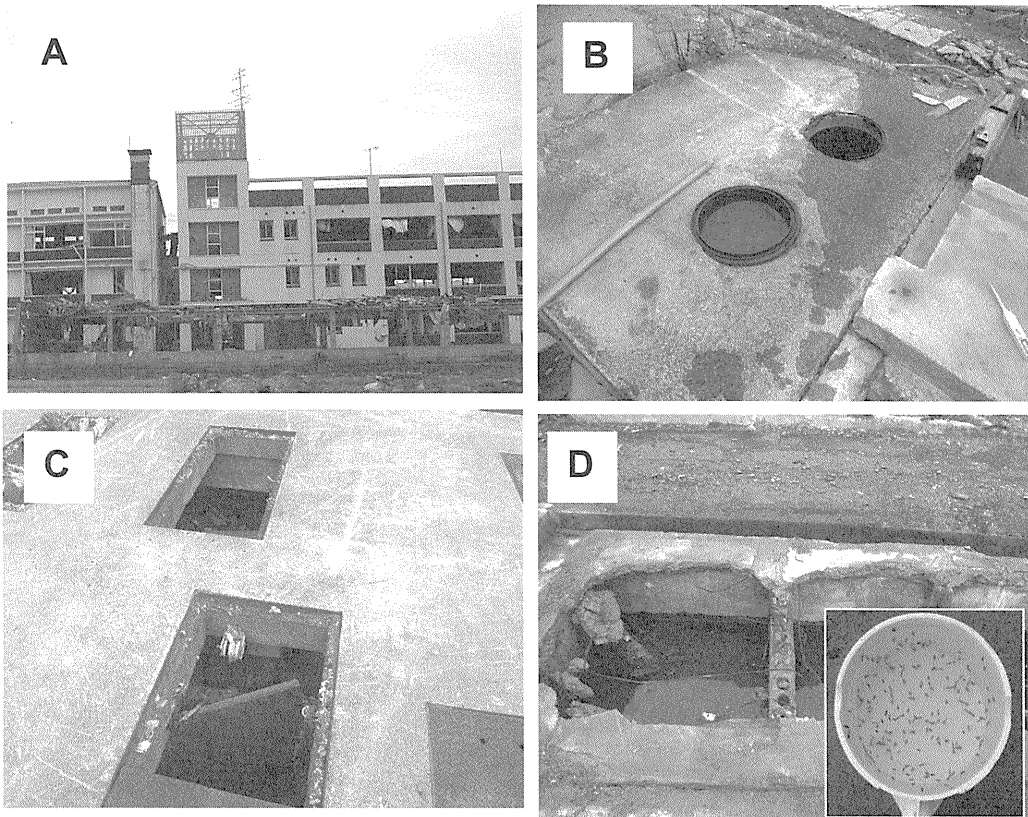


図2 津波被災地における幼虫発生源の塩分濃度と蚊の種類

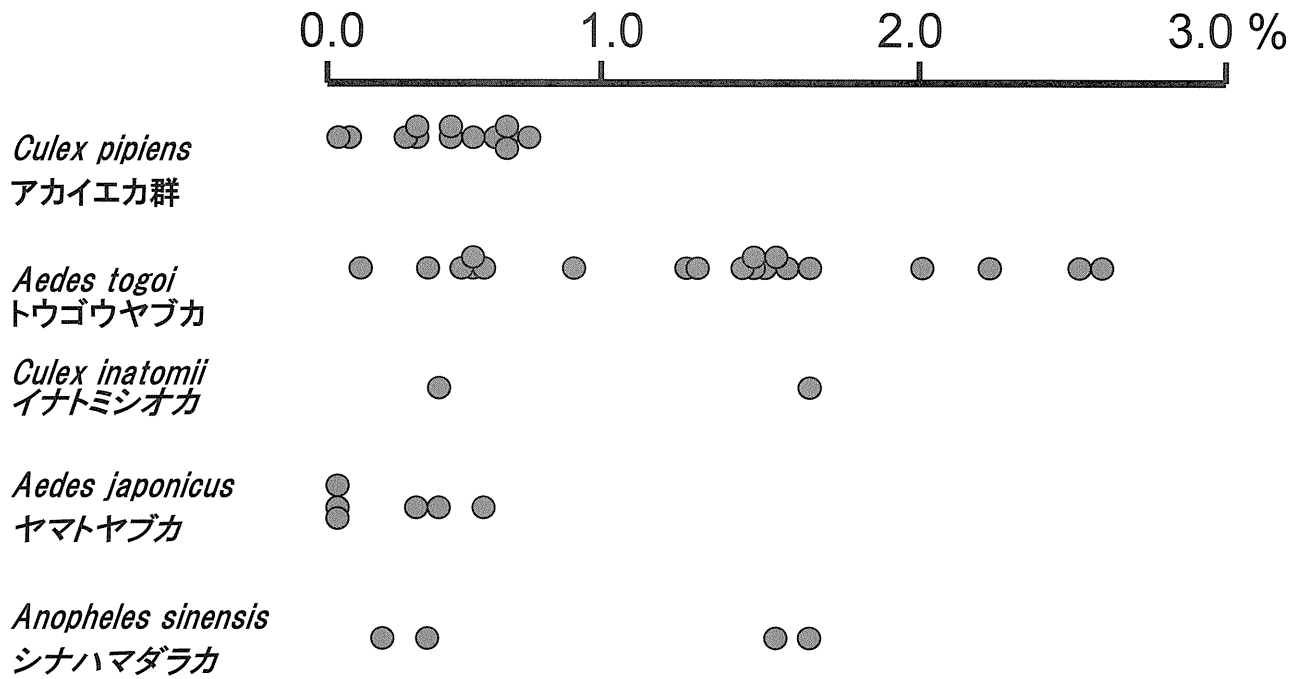


表1 山田町および大槌町における蚊幼虫の調査結果(9月14日)

No.	調査地	発生源	塩濃度(%)	発生蚊の種類
1	山田町	浄化槽	0.6	<i>Cx. pipiens</i>
2	山田町	排水管	0	<i>Cx. pipiens</i>
3	山田町	基礎コンクリート枠	1.2	<i>Ae. togoi</i>
4	山田町	浄化槽	0.1	<i>Ae. togoi</i>
5	山田町	浄化槽	1.3	<i>Ae. togoi</i>
6	山田町	金属缶	0.3	<i>Ae. togoi</i>
7	山田町	浄化槽	0.4	<i>Ae. togoi</i>
8	山田町	浄化槽	0	<i>Ae. japonicus</i>
9	山田町	浄化槽	0.4	<i>Cx. pipiens</i>
10	山田町	浄化槽	0.7	<i>Cx. pipiens, Ae. togoi</i>
11	山田町	浄化槽	0.5	<i>Ae. togoi</i>
12	山田町	浄化槽	0.7	<i>Cx. pipiens</i>
13	大槌町	浄化槽	1.2	<i>Ae. togoi</i>
14	大槌町	浄化槽	1.5	<i>Ae. togoi</i>
15	大槌町	基礎コンクリート枠	2.2	<i>Ae. togoi</i>
16	大槌町	基礎コンクリート枠	1.7	<i>Ae. togoi</i>
17	大槌町	浄化槽	2.5	<i>Ae. togoi</i>
18	大槌町	浄化槽	1.4	<i>An. sinensis</i>
19	大槌町	浄化槽	0.9	<i>Ae. togoi</i>
20	大槌町	浄化槽	1.4	<i>Ae. togoi</i>

Cx. pipiens アカイエカ群、*Ae. togoi* トウゴウヤブカ、*Ae. japonicus* ヤマトヤブカ、*An. sinensis* シナハマダラカ

厚生労働科学研究費補助金(新興・再興感染症研究事業)
分担研究報告書

東日本大震災被災地で発生したイエバエの殺虫剤感受性および *kdr* 遺伝子頻度

研究分担者 富田隆史(国立感染症研究所昆虫医科学部)
協力研究者 葛西真治(国立感染症研究所昆虫医科学部)
協力研究者 駒形 修(国立感染症研究所昆虫医科学部)

研究要旨: 東日本大震災被災地で大量発生したイエバエの殺虫剤感受性とピレスロイド殺虫剤の作用点感受性の低下をもたらす *kdr* 遺伝子の頻度について調査した。イエバエは石巻市と気仙沼市の被災地から採集した。殺虫剤の感受性はフェニトロチオン, ペルメリン, エトフェンプロックスを用いて局所施用法により調べた。各薬剤に対する LD50 ($\mu\text{g}/♀$) は, 石巻 1.6, 0.26, 0.40, 気仙沼 1.0, 0.12, 0.49 であった。過去の報告に記載されている感受性系統と比較すると, 各々 11, 5, 6 倍, 7, 2, 8 倍感受性が低かった。この結果は, 林ら(1990)が 1988, 1989 年に宮城県を含む各地で採集された野外コロニーのうち, 防除可能であると報告されているコロニーの感受性と同程度であった。ゲノム DNA の *kdr* 変異(L1029F)及び *super kdr* 変異(M933I)の保有について調べた。その結果, *kdr* 変異をもつ遺伝子のほとんどが *super kdr* 変異を併せもつ二重変異体であった。また, *kdr* 変異をもつ遺伝子の頻度は石巻が約 32%, 気仙沼が 21%であった。

A. 研究目的

東北大震災による津波の被害は、太平洋沿岸の多くの地域を襲った。地表面に存在したほぼ全ての構造物を押し流し、多くの瓦礫・廃棄物が発生した。被災地には漁業及び水産加工や農産加工場などが多く存在する地域が含まれていたことから、多数の貯蔵施設が破壊された。その結果、数千トンの魚介類等の廃棄物が津波によって内陸地域に押し流され、また、貯蔵されていた魚介類等も相当量が施設内で腐敗したことが推定される。これら腐敗物を好んで餌とするハエ類の大発生が起きた。その中でも、イエバエは好んで人の居住空間に侵入する性質があり、被災地の避難所では大量のハエの侵入が見られた(葛西, 2011)。イエバエは、一般のゴミ処分場や養豚場、牛舎、鶏舎などの畜産施設の堆積された排泄物から主に発生する。東京湾ゴミ処分場の夢の島が有名な例であるが、時として大発生することがある。また、家屋内に侵入する性質があることから、不快害虫であることは勿論、感染症の媒介にも関わっている。そのため、イエバエは防除の対象と

なってきた。

イエバエ成虫の防除では、主に有機リン剤とピレスロイド剤が使用されてきた。この2つのグループの薬剤は、防疫用殺虫剤及び動物用医薬品として長年使われてきた。以前よりイエバエでは有機リン剤抵抗性や、ピレスロイド剤抵抗性の報告がなされている。その中には今回の被災地である東北地方における報告も含まれる。

しかしながら、かつてイエバエの殺虫剤抵抗性が防除上の問題となり、盛んに報告が行われたのは、せいぜい 1990 年代の前半頃までである。その後は、畜産業の隆盛やゴミ処理方法の変化などから、イエバエが大きな社会問題と認識されることはなくなっていった。そのため、そのころから現在に至るイエバエの殺虫剤抵抗性に関する報告は、多くない。

今回、震災により生じた多量の廃棄物から発生したイエバエの防除が必要とされている。有機リン剤やピレスロイド剤抵抗性に寄与する作用点の変異は、作用点タンパク質のアミノ酸置換突然変異により生じることがほとんどである。もし、防除しよう

とする野外集団に、抵抗性遺伝子が一定頻度で存在しているとすれば、殺虫剤の使用により、それらが淘汰され、急速に抵抗性が発達する可能性がある。そこで、本研究では被災地で採集したイエバエの殺虫剤抵抗性を生物検定し、またピレスロイド系殺虫剤抵抗性の主要な原因とされている *kdr* 変異についてその遺伝子頻度を調べた。

B. 研究方法

1. イエバエの捕集

イエバエは、気仙沼と石巻市の廃棄物置き場において、それぞれ、成虫をスウィーピングにより、採集した。採集した世代および二世室内で飼育したコロニーを塩基配列の解析に、二世代飼育したコロニーを殺虫試験に用いた。

2. 殺虫試験

局所施用により、殺虫試験を行った。薬液はフェントロチオン、ペルメトリンおよびエトフェンプロックスの原体のアセトン溶液を用いた。また、共力効果を調べるためにペルメトリンと共に共力剤としてピペロニルブトキシドを用いた。イエバエは二酸化炭素及びエチルエーテルを用いて麻酔した。麻酔されたイエバエの胸部背面に、ハミルトン社製のリピーティングディスペンサーを用いて、0.5 μ L を施用した。

24 時間後に生死を確認し、LD50 を算出した。

3. ピレスロイド殺虫剤抵抗性に係る *kdr* 遺伝子頻度の解析

ナトリウムチャンネルをコードする *kdr* 変異遺伝子の頻度を、ゲノム DNA の配列の解析により調べた。

イエバエの脚部を切断し、Tissue Lyser II (Qiagen 社)を用いて、ジルコニアビーズで磨砕した。REDExtract-N-Amp™ Tissue PCR Kit (Sigma 社)を用いてゲノム DNA を抽出した。それを鋳型にして PCR 法により、イエバエの *kdr* 変異塩基座位付近の配列を増幅した。PCR 産物は ExoSAP-IT (GE 社)により処理して配列決定のための鋳型とした。配列の決定は、BigDye1.1 (Life Technology 社)を用いてラベリング反応を行った後、BigDye X Terminator (Life Technology 社)を用いて精製した。精製産物を ABI PRISM® 3130 Genetic Analyzer (Life Technology 社)を用

いて分析し、塩基配列を決定した。

C. 研究結果

殺虫試験の結果を表1、表2に示す。これらの結果を 1988 年および 1989 年の林ら (1990) の値と比較すると、有機リン剤、ピレスロイド剤ともに室内の感受性系統よりも高かった。しかし、野外の集団としては高い値ではなかった。

ペルメトリンにピペロニルブトキシドを加えて処理する殺虫共力試験の結果、ことにより、LD50 は感受性の LD50 以下まで大幅に減少した。ピペロニルブトキシドは多くの殺虫剤系の解毒代謝に関わるシトクロム P450 酸化酵素 (P450 と略) の一般的な阻害剤とされていることから、ピレスロイド感受性低下の代謝要因として、P450 の活性亢進があげられる。

kdr 変異 (L1029F) 及び *super kdr* 変異 (M933I) を調べた結果、*kdr* 変異をもつ遺伝子の頻度は石巻が約 32% (39 個体 78 遺伝子中)、気仙沼が 21% (55 個体 110 遺伝子中) であった。それらのほとんどは *super kdr* 変異を併せもつ二重変異体であった (石巻 100%、気仙沼 89%)。

D. 考察

イエバエの抵抗性は、これまで主にゴミ処理場あるいは畜舎において報告されている。これらに共通する特徴は、イエバエの餌が一年を通して断続的に供給されることにより餌場を求める飛散が生じにくく、ある意味での閉鎖的な小集団が維持されており、その集団に対して殺虫剤の使用が頻繁に行われ、淘汰選抜が行われることである。

今回、採集した 2 つの系統の殺虫剤感受性は、感受性よりは低いものの、石巻、気仙沼とも高い抵抗性 (林ら 1990 の基準による) ではない。この理由は、被災地におけるハエの発生状況と過去の報告より以下のように類推される。

今回イエバエを採集した石巻および気仙沼の廃棄物置き場は、東日本大震災という天災により突発的、一時的に生じたものである。規模も大きく、従来のゴミ処理場や畜舎のように殺虫剤を十分散布することはできない。恐らく、ハエの発生が特に多い場所等で、限られた範囲で行われているのが現状であろう。そうであるとすれば、震災後の瓦

礫に対する殺虫剤の散布が、閉鎖的なイエバエ集団を淘汰選抜するような状況にあったとは言えない。

従って、本研究で見られた、石巻・気仙沼両系統の殺虫剤抵抗性は、震災後に行われた防除、殺虫剤による防除により淘汰選抜されたものではなく、その抵抗性レベルは震災前から、この地域に生息していたイエバエの抵抗性を示していると推察される。

また、イエバエの殺虫剤抵抗性に関する過去の報告によれば、今回調べた石巻や気仙沼のレベルの抵抗性の集団は、日本の各地から発見されている。たとえば、林ら(1990)は宮城県を含むいくつかの地域を調査した結果、殺虫剤の散布歴のないところからも、抵抗性集団を発見している。イエバエの移動能力は不明であるが、少なくとも1990年の時点で、イエバエのピレスロイド剤や有機リン剤の抵抗性は全国的に広がっていた可能性が高い。

そこで、ピレスロイド殺虫剤の作用点の変異である *kdr* の頻度の調査を行った。前述した理由から、今回の石巻、気仙沼の両系統ともにピレスロイド系殺虫剤による淘汰圧を受けている状態にはない。そのことは、これらの系統の LD50 値が野外集団として高くないことから支持される。また、共力効果を見る試験において、共力剤により殺虫剤に対する感受性は大幅に高くなった。このことは、感受性との比較における感受性の低下が解毒代謝に大部分依存するものであることを示しており、*kdr* は抵抗性の因子として、現時点の現地の野外集団では重要ではなかったことを示している。

kdr 変異(L1029F)及び *super kdr* 変異(M933I)を調べた結果、*kdr* 変異をもつ遺伝子の頻度は石巻が約 32%、気仙沼が 21%であり、それらのほとんどが *super kdr* 変異を併せもつ二重変異体であった。*kdr* 遺伝子は遺伝学的に劣性の度合いの大きい変異遺伝子とされており、*kdr* ホモ接合体の殺虫剤感受性低下がそのヘテロ接合体に比べて著しいことが明らかにされている。石巻と気仙沼の集団で *kdr* ホモ接合体の現れる頻度は、それぞれ、10%と4%と推定されるので、ナトリウムチャンネルの低下が2010年の現地での殺虫剤散

布の効果に大きな問題をもたらしていたとは考えにくい。しかしながら、この先にこの *kdr* 遺伝子が淘汰選抜されれば、抵抗性レベルは上昇し、ピレスロイド殺虫剤による防除に困難をもたらすであろう。従って、殺虫剤の使用に関しては、抵抗性のモニタリングの併用が必要であると言える。

E. 結論

1. 今回、採集された石巻・気仙沼イエバエ両系統の抵抗性レベルは実験室で維持されている感受性系統と比べれば高かった。
2. 石巻・気仙沼両系統のイエバエを、過去に防除が困難であった集団と比較すると、その抵抗性レベルは低い。
3. 共力効果を調べた結果、現状では両系統ともペルメトリンに対する感受性の低下は解毒代謝への依存が大きかった。
4. *super-kdr* を伴う *kdr* 遺伝子が石巻 32%、気仙沼 21%の頻度で存在した。
5. 従って、現状では殺虫剤抵抗性により防除が困難になることはない。しかし、*kdr* 遺伝子が一定の割合で存在することから、殺虫剤の使用により抵抗性遺伝子が選抜されるような状況が生じれば、殺虫剤の有効性が失われる事態も生じ得る。

F. 研究危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

H. 知的財産の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

表 1. フェニトロチオン殺虫試験

採集地	LD50(μg)	95%信頼限界	Slope
気仙沼	1.04	(0.90-1.20)	5.69
石巻	1.58	(1.33-1.88)	5.19
感受性*(高槻)	0.15		

表 2-A. ペルメトリン殺虫試験殺虫試験

採集地	Permethrin	95%信頼限界	Slope
気仙沼	0.117	(0.096-0.142)	3.39
石巻	0.259	(0.201-0.331)	3.36
感受性*(高槻)	0.049		

表 2-B. エトフェンプロックス殺虫試験殺虫試験

採集地	Etofenprox	95%信頼限界	Slope
気仙沼	0.486	(0.401-0.585)	3.38
石巻	0.402	(0.316-0.506)	3.47
感受性*(高槻)	0.060		

表 3. 共力効果試験

採集年	採集地	LD50(μg)		共力効果 (倍)
		Permethrin	+PBO	
2011	気仙沼	0.117	0.008	14
	石巻	0.259	0.009	29
	感受性*(高槻)	0.049		

*林, 藤曲 (1990) 千葉衛研 14 号 1-5 より改変;採集地:宮城県のを抜粋

厚生労働科学研究費補助金(新興・再興感染症研究事業)
分担研究報告書

アタマジラミのピレスロイド系駆除剤抵抗性

研究分担者 富田隆史(国立感染症研究所昆虫医科学部)
協力研究者 葛西真治(国立感染症研究所昆虫医科学部)
協力研究者 駒形 修(国立感染症研究所昆虫医科学部)

日本、米国、英国のピレスロイド系殺虫剤抵抗性アタマジラミには、ピレスロイド作用点のナトリウムチャンネルに四重アミノ酸置換突然変異が共通に見出されており、このうちの3座位に生じた置換が作用点の低感受性をもたらしている。これらの4座位を対象として分子ジェノタイプピングを行い、日本におけるピレスロイド抵抗性コロニーの分布を調査した。2011年の調査では全国で97コロニー分の試料を試験し、その中には抵抗性の蔓延が疑われている沖縄県より重点的に収集した21コロニー分が含まれる。2006年より通算すると、沖縄県由来の試料における抵抗性コロニー率は95.9%であった。一方、沖縄県を除く医療機関等を通じて収集した試料(保護者直接提供を除く)に占める抵抗性コロニー率は5.0%(N=623)で、この率に年次増加傾向は認められなかった。日本本土と沖縄県における抵抗性遺伝子の頻度に著しい違いがあることが明らかになった。

A. 研究目的

わが国でアタマジラミ駆除用に認可されている薬剤は、一般用医薬品として販売されるスミスリンパウダーと同シャンプーで、これらの有効成分はいずれもピレスロイド系殺虫剤のフェントリンである。ピレスロイド系殺虫剤の作用点は、神経・筋などの興奮性細胞の細胞膜に存在する膜タンパク質であるナトリウムチャンネルである。ピレスロイド系殺虫剤は、ナトリウムチャンネルの閉鎖を阻害することで、細胞膜内外の再分極化(すなわち活動電位の終止)を遅延させ、興奮の伝達を攪乱する。

ピレスロイド系駆除剤の有効性の低下は、世界的に見て、1990年代後半から学術誌でも頻繁に掲載されるようになってきている。米国とデンマークでは、90%以上のコロニーがピレスロイド抵抗性となっている(Yoon et al., 2004; Kristensen et al., 2006)。これらの国で、殺虫試験によりピレスロイド抵抗性と判定したコロニーに対して作用点遺伝子のアミノ酸置換変異の同定を行うことで、少なくとも T952I 置換変異と抵抗性との因果関係が明瞭に示された(Yoon et al., 2003; Kristensen et al., 2006)。最近の電気生理学的研究により、四重アミノ酸置換突然変異のうち E11 を除く残りの 3

つの変異は、いずれもピレスロイド感受性の低下に影響を及ぼすことが確かめられている(Yoon et al., 2008)。

本研究では、わが国におけるピレスロイド系駆除剤の有効性を評価することを目的とし、ナトリウムチャンネル遺伝子の分子ジェノタイプピングを行うことにより、ピレスロイド抵抗性遺伝子の頻度分布を調査した。2006年から始めたピレスロイド作用点遺伝子の四重変異に基づく過去5年間の調査では、総計で14.0%のコロニーが抵抗性であり(34都道府県由来、N=698)。これらの試験で抵抗性と判定した98コロニーは、共通して上に述べたナトリウムチャンネルの四重アミノ酸置換突然変異が生じた同一タイプの遺伝子を保有していた。今年度の研究では、一昨年度までの研究でピレスロイド抵抗性の蔓延が懸念されていた沖縄県より、昨年度に引き続き、重点的に試料を収集し解析した。

B. 研究方法

アタマジラミ試料収集: タマジラミ試料は、国立感染症研究所昆虫医科学部のホームページに掲載した要領(<http://www.nih.go.jp/niid/entomology/headlice/head>

lice.html)により行った。おもに、医療機関、次いでアタマジラム症幼・小児の保護者より試料が提供された。2009年以降、沖縄県下の医療機関と幼児施設に向けた試料収集依頼に際し、それぞれ、琉球大学医学部皮膚科学教室(上里博, 平良清人)と沖縄県衛生環境研究所(平良勝也, 岡野祥)の協力を得た。また、2010年2月には、皮膚科を診療科目として含むことを標榜する沖縄県下210の医療機関にアタマジラム試料収集を依頼状により依頼した。

分子ジェノタイプング:シラミのゲノムDNAを抽出し、ナトリウムチャンネル遺伝子の部分配列をPCR増幅し、QProbe法に基づく融解曲線解析を行い、隣接したT952とL955座位に生じたアミノ酸置換突然変異をジェノタイプングした。これら2座位に変異が認められた個体に関しては、さらにD11とM850の2座位を加えた4座位を対象としたSNaPshot法(一塩基伸長法に基づくミニシーケンシング法)により、四重突然変異の解析を行った。QProbe法とSNaPshot法の詳細は、それぞれ、一昨年度の研究分担報告書とKasai et al. (2009)に記載の方法に従った。

C. 研究結果

2011年には、13都道府県(京都府を除く)を含む97コロニー分の試料を収集した。この中には、保護者より直接提供されたコロニーが16(沖縄県からは1つ)、沖縄県より収集した21のコロニー(保護者直接提供によるものが1つ)を含む。当年の抵抗性遺伝子を保有するコロニーの割合は22.7%であった(表1)。抵抗性遺伝子はすべて四重突然変異(E11, I850, I925, F955)を有するものであり、すべてホモ接合体として検出された。抵抗性遺伝子が四重突然変異を有すること、およびほとんどの抵抗性遺伝子がホモ接合体として検出される傾向は、昨年までの調査結果と同様であった。沖縄県に関する2011年収集試料は全て沖縄本島由来のもので、それらにおける抵抗性コロニー率は、90.5%($N=21$)であった。2011年の調査において沖縄本島から初めて抵抗性遺伝子が検出されないコロニーを2つ確認した。

34都道府県(京都府除く)に及ぶ2006年より2011年までの6年間の調査結果を総計すると、

全国の抵抗性コロニー率は15.1%であった(表1)。保護者直接提供試料に関しては、良好な駆除成果が得られないことに困窮しているコメントが寄せられていたが、この分類群に限定した抵抗性コロニー率を求めると23.1%となった($N=104$)。保護者直接提供を除く試料の大部分は医療機関を通じて入手したもので、後者の試料における抵抗性コロニー率は、13.9%であり(表中に示していない分類群)、保護者直接提供試料に比べて大きく減じていた。

沖縄本島からは2008年より2011年までの間に6市1町3村の医療機関等($N=59$)または保護者($N=12$)から試料の提供を受け、総計71のコロニーを解析しているが、日本本土における率とは顕著に異なる高い抵抗性コロニー率であったことになる(表2)。

保護者直接提供と沖縄県分を除く日本本土の医療機関等からの試料に基づく6年間通算の抵抗性コロニー率は5.0%であり、試料全体や単に保護者直接提供を除く分類群におけるものよりも大幅に減じていた。また、抵抗性コロニー率には年次増加傾向は認められなかった(表1)。その原因は不明であるが、この結果に基づけば、大多数の日本本土におけるコロニーに対しては、ピレスロイド系駆除剤の有効性は当面の間保てる可能性もある。

D. 考察

沖縄本島でピレスロイド抵抗性コロニーが蔓延している理由の1つとして考えられることは、国内最大の米軍基地を擁する沖縄本島において、米軍軍属家族の人口比が大きいこととの関連である。米国ではピレスロイド抵抗性のナトリウムチャンネル遺伝子の保有率が90%を超えている地域が多数存在することが示されている(Gao et al., 2003; Kwon et al., 2008)。米国における抵抗性遺伝子のアミノ酸置換座位に関するハプロタイプは日本産のものとは一致するため、同一起源の抵抗性遺伝子が米国から沖縄本島に向けて、日本本土に向けてよりも、頻繁に移入された可能性がある。

沖縄本島では、現在も薬局においてピレスロイド系薬剤がアタマジラム駆除用医薬品として販売されているが、保護者の間では、有効性や作用性

の明らかでない未認可の薬剤商品(販売者による呼称では頭皮洗浄剤)を駆除に利用して対処するケースが散見される。沖縄県におけるピレスロイド抵抗性蔓延と未認可薬流通の現状をふまえると、ピレスロイド系とは作用性の異なる新駆除薬のわが国への導入が早急に必要である。欧米諸国では従来化粧品成分として利用されてきた化学物質を利用した新規駆除薬が流通し始め、文献上では良好な駆除効果が示されている(Mumcuoglu et al., 2009; Burgess, 2009)。

E. 結論

1. 2006～2011年の医療機関等を通じて収集した試料の解析結果に基づくと、日本本土(沖縄県を除く)のアタマジラミのピレスロイド抵抗性コロニー率は5.0%と推定された。
2. 沖縄本島におけるアタマジラミのピレスロイド抵抗性コロニー率は96%前後であると推定され、日本本土における率に比べて顕著に高かった。
3. 新規アタマジラミ駆除薬の早急な導入が必要である。

F. 研究危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

富田隆史, 葛西真治, 駒形修, 小林睦生, 2011.
アタマジラミのピレスロイド系薬剤抵抗性の発達と有効な駆除対策. 日本皮膚科学会雑誌 121, 2898-2899.

2. 学会発表

富田隆史, 2011. 衛生害虫の殺虫剤抵抗性, 第27回日本ペストロジ学会大会.

栗澤遼子, 富田隆史, 葛西真治, 2011. スミスリンの効かないアタマジラミの台頭, 第63回日本皮膚科学会西部支部学術大会.

H. 知的財産の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

表 1. 年次別に見たピレスロイド抵抗性ナトリウムチャンネル遺伝子を含むアタマジラミコロニーの検出率

採集年	全コロニー			保護者提供			沖縄県			保護者提供と沖縄県を除く		
	試験数	抵抗性数	抵抗性率	試験数	抵抗性数	抵抗性率	試験数	抵抗性数	抵抗性率	試験数	抵抗性数	抵抗性率
2006	42	2	4.8%	2	1	50.0%	0	-	-	40	1	2.5%
2007	179	12	6.7%	16	3	18.8%	0	-	-	163	9	5.5%
2008	188	19	10.1%	23	9	39.1%	3	3	100.0%	165	10	6.1%
2009	117	11	9.4%	25	3	12.0%	6	6	100.0%	88	4	4.5%
2010	172	54	31.4%	22	6	27.3%	44	43	97.7%	106	5	4.7%
2011	97	22	22.7%	16	2	12.5%	21	19	90.5%	61	2	3.3%
総計	795	120	15.1%	104	24	23.1%	74	71	95.9%	623	31	5.0%

コロニーとは、一人の患者もしくは一つの家族から採取されたアタマジラミの集団をさす。

表 2. 都道府県別に見たピレスロイド抵抗性ナトリウムチャンネル遺伝子を含むアタマジラミコロニーの検出率

採集地	試験数	抵抗性数	抵抗性率	保護者提供数	保護者提供抵抗性数
北海道	10	1	10.0%	1	0
青森県	1	0	0.0%	0	0
宮城県	2	0	0.0%	2	0
秋田県	5	0	0.0%	0	0
山形県	5	0	0.0%	0	0
福島県	7	0	0.0%	1	0
茨城県	8	5	62.5%	7	4
(水戸市)	1	0	0.0%	1	0
(つくば市)	6	4	66.7%	6	4
(北茨城市)	1	1	100.0%	1	1
群馬県	1	0	0.0%	1	0
埼玉県	42	2	4.8%	9	2
千葉県	14	1	7.1%	2	1
東京都	185	16	8.6%	21	2
(江東区)	94	7	7.4%	0	0
(江東区除く)	91	9	9.9%	21	2
神奈川県	61	3	4.9%	18	3
新潟県	110	1	0.9%	3	0
(長岡市)	102	1	1.0%	0	0
(長岡市除く)	8	0	0.0%	3	0
福井県	1	0	0.0%	1	0
長野県	2	1	50.0%	1	0
岐阜県	2	0	0.0%	0	0
静岡県	6	0	0.0%	1	0
愛知県	9	2	22.2%	5	2
三重県	27	1	3.7%	1	0
大阪府	10	0	0.0%	3	0
兵庫県	139	10	7.2%	6	0
(赤穂市)	18	8	44.4%	0	0
(赤穂市除く)	121	2	1.7%	6	0
奈良県	4	0	0.0%	0	0
和歌山県	6	0	0.0%	0	0
岡山県	3	0	0.0%	2	0
広島県	2	1	50.0%	1	1
香川県	14	1	7.1%	0	0
愛媛県	18	0	0.0%	1	0
高知県	1	0	0.0%	1	0
福岡県	9	2	22.2%	5	2
長崎県	4	0	0.0%	1	0
熊本県	2	1	50.0%	0	0
大分県	2	1	50.0%	2	1
鹿児島県	6	0	0.0%	0	0
沖縄県	74	71	95.9%	6	6
(名護市)	2	2	100.0%	0	0
(うるま市)	1	1	100.0%	1	1
(沖縄市)	4	4	100.0%	0	0
(北谷町)	2	2	100.0%	0	0
(北中城村)	2	2	100.0%	2	2
(中城村)	1	1	100.0%	0	0
(浦添市)	38	37	97.4%	1	1
(那覇市)	18	17	94.4%	2	2
(南風原村)	2	2	100.0%	0	0
(南城市)	1	1	100.0%	0	0
(宮古島市)	2	1	50.0%	0	0
(石垣市)	1	1	100.0%	0	0
送付元不明	3	0	0.0%	2	0
総計	795	120	15.1%	104	24

コロニーとは、一人の患者もしくは一つの家族から採取されたアタマジラミの集団をさす。