

あった。2008年～2010年の解剖結果を集計したところ、経産雌の休眠率は29% (7/27) で、未経産雌の96% (590/616) よりも低く、統計的に有意であった。また、産卵経験がありかつ休眠している個体の割合は、1.0% (7/640) と推定された。翌春の捕獲個体数は合計29雌であった。

(3) 渡り鳥飛来地の疾病媒介蚊調査：平成21年度：四国東部で渡り鳥が飛来する那賀川流域の水田地帯を対象として、2009年5月から10月に疾病媒介蚊調査を実施した。調査地域内に周辺環境の異なる6ヶ所を選び、各2台のドライアイストラップを設置して成虫の捕獲を行った。サギ類の集団営巣場所(サギ山)では捕虫網による捕獲も合わせて行った。トラップ採集によって合計18種類5172個体が捕獲された。コガタアカイエカが全体の60%を占め、ついでアカイエカ群、カラツイエカ、ヒトスジシマカの順であった。カラツイエカの構成割合が全体の10%とやや高いことが、過去に調べた出雲平野などの蚊相と異なっていた。水田地帯と丘陵地帯との境界に位置する溜池の周辺では、日向や日蔭の湿地発生性種と樹洞発生性種で構成される多様な蚊群集が形成されていた。サギ山では多数の吸血蚊が採集された。総捕獲個体に占める吸血蚊の割合は、アカイエカ群が77.7%と最も高く、ついでトラフカクイカの66.7%、コガタアカイエカの42.2%であった。釧路市動物園および釧路湿原野生生物保護センターでドライアイストラップおよび捕虫網による疾病媒介蚊の調査を行った。ドライアイストラップ採集によって合計16種類4545個体が捕獲された。捕獲個体数はトラップ1台・1日当たり平均114個体という非常に高い密度であった。エ

ゾヤブカが最も多く捕獲され、全体の54%を占めていた。ついでヤマトハボシカ、キンイロヤブカ、ミスジハボシカの順であった。捕虫網によって最も多く吸血蚊が捕獲されたのはエゾヤブカで、138個体であった。half gravidやgravidのようにある程度消化が進み、卵形成が進行中の個体が29個体(21%)捕獲されていることから、吸血後の休息場所として植物が利用されていると推察された。2008年7月末に行った同様の調査の採集結果と比較すると2009年の捕獲個体数は約5.7倍であり、今シーズンの捕獲個体数は非常に多かった。平成22年度：2010年5月末に宮崎県日南市で、ドライアイストラップを用いて疾病媒介蚊の発生状況を調査した。その結果3属8種類、198個体が採集された。最も捕獲個体数が多かったのはシロハシエカで全体の約59%を占めていた。この結果は、2003年以降に調査された他の地域の蚊相と比較して著しく異なっていた。シロハシエカの捕獲個体数が多く、蚊群集の構成割合が非常に高いという特徴が、今回の調査に限ったことであるのか、あるいは毎年同じような発生状況であるのかは不明である。2010年6月～8月に、霞ヶ浦周辺の水田地帯および4つの湖沼を対象として、ドライアイストラップによる成虫調査を実施した。その結果8属14種、12,964個体が採集された。コガタアカイエカとアカイエカ群が全体の約93%を占め、ついでカラツイエカ、ヒトスジシマカの順に多く捕獲され、これら4種で全体の98.8%に達した。湖沼を発生源とするアシマダラヌマカとキンイロヌマカが採集され、特にキンイロヌマカは大貫沼で比較的多く採集された。採集場所間で種類構成を比較したところ、コガタアカイエカは河川敷で多く捕

獲され、アカイエカ群は集落周辺で多く捕獲される傾向が見られた。

(4) マラリア媒介蚊の分布調査：平成 21 年度：琵琶湖・湖東地域の水田発生性蚊幼虫の発生状況を調べるために、彦根市街地の南西に流れる犬上川の下流から上流に沿って、湖岸から内陸部の丘陵地の裾まで約 10km の範囲を対象にした現地調査を 6 月中旬に行った。7 ヶ所の採集場所を選定し、それぞれ 10 枚の水田をランダムに選んで、1 水田当たり柄杓で 30 杯の水を集めて採集された幼虫の数を記録した。幼虫の発生が確認された水田の比率は、上流部で 80% と最も高く、中流域では 30~40%、湖岸に最も近い下流域では調査した 30 枚の水田のうちわずかに 1 ヶ所の水田で幼虫が採集された。水田発生性蚊の繁殖シーズンの初期には幼虫の分布にかなり大きな偏りがあることがわかった。個体数の増加に伴って、幼虫の空間分布がどのように拡大していくのかを今後の調査で明らかにすることが重要である。平成 22 年度：2010 年 7 月 6~9 日に鉏路湿原で、疾病媒介蚊の成虫調査と幼虫調査を実施した。10 台のドライアイストラップを設置して野生生物保護センターの構内で行った成虫調査では、4 属 9 種類、139 個体が捕獲された。幼虫調査を実施した 6 ヶ所の水域のうち、5 か所でハマダラカ幼虫が採集され、しかもこれら 5 ヶ所のすべてからシナハマダラカあるいはオオツルハマダラカの形態的特徴を有する 2 種類が得られた。シナハマダラカと同じ形態的特徴を有する種類について DNA 分析を行ったところ、2004 年に韓国のサンプルで記載された *Anopheles belenrae* と一致した。

(5) 蚊類の吸血源動物の同定：平成 21 年度：

東京湾沿岸の渡り鳥飛来地の一つである東京港野鳥公園で 2007 年に実施した疾病媒介蚊の定期調査で、アカイエカ群を主とする 7 種の蚊が採集された。40 個体の吸血蚊の吸血源動物を同定したところ、アカイエカは 95% が鳥から吸血していたのに対して、ヒトスジシマカはすべて哺乳動物から吸血していた。平成 22 年度：東京都の都市域にある公園で 2007 年から 2008 年にかけて捕虫網による蚊採集を実施した。その結果、公園内で繁殖している 6 種類、8,939 雌が採集された。これらの採集個体の中から、アカイエカの吸血蚊サンプル 220 個体を分析して、吸血源動物の同定を行った。分析したアカイエカ吸血蚊は 1 個体を除き、すべて野鳥から吸血しており、もっとも多く吸血していた鳥種はハシブトガラスで、全体の 64% を占めていた。次に多く吸血していたのは、スズメで 12.7%、ついでシジュウカラが 6.8% で、これら 3 種類で全体の 83.6% に達した。

(6) 鳥マラリアの感染環に関する研究：平成 21 年度：東京港野鳥公園で 2007 年に実施した疾病媒介蚊の定期調査で、アカイエカ群を主とする 7 種の蚊が採集された。これらの蚊サンプルから鳥マラリア原虫の検出を行ったところ、アカイエカの吸血個体の 65% とアカイエカ未吸血蚊 (MIR=29.9) とチカイエカ未吸血蚊 (MIR=13.5) から鳥マラリア原虫遺伝子が検出された。さらに 1 個体のトラフクイカ (未吸血) から原虫遺伝子が検出された。検出された鳥マラリア原虫のチトクローム b 遺伝子の配列を調べた結果、相互に 0.21~5.86% 異なる 5 つの遺伝的系統が区別された。最も高い頻度で検出された鳥マラリア原虫の遺伝的系統の配列は登録されている *Plasmodium relictum*-P5 のそれと

100%一致していた。平成 22 年度：東京都の都市域にある公園で採集されたアカイエカのサンプルから鳥マラリア原虫の検出を行った。吸血蚊の腹部から鳥マラリア原虫が検出された個体は合計 53 個体で、原虫陽性個体の吸血源となっていた鳥は、ハシブトガラス、スズメ、シジュウカラ、メジロ、シメの 5 種類であった。未吸血個体の鳥マラリア原虫保有率は 33.7% (32/95 プール) であった。今回の分析結果と過去に同様の分析によって得られたヒトスジシマカとヤマトクシヒゲカの結果を総合して、野鳥由来蚊媒介性病原体の潜在的な感染ルートについて考察した。

(7) 東日本大震災被災地における媒介蚊調査：平成 23 年度：2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、巨大地震によって引き起こされた津波が建造物や道路、橋、農地、草原などを破壊した。宮城県南部の水田地帯を対象として、津波による環境破壊が蚊の発生量と分布にどのような影響を与えているかを明らかにするため、2011 年 6、7、8 月に現地調査を行った。調査はトラップを用いた成虫採集と柄杓による幼虫採集によって行った。ドライアイストラップによる成虫調査では、4 属 9 種類 6,542 個体の成虫が採集され、アカイエカ、イナトミシオカ、コガタアカイエカ、ヒトスジシマカが優占種であった。ヒトスジシマカ以外の優占種はみな津波被害を受けた地域での密度の方が被害を受けなかった地域よりも有意に高かった。トラップ採集によって捕獲された吸血蚊の吸血源動物を同定したところ、アカイエカはシジュウカラをイナトミシオカはドブネズミを吸血していた。水田地帯に形成された水域は平均 0.47~0.21%の塩分を含んでいた。採集された幼虫の多くは、イナトミシオカ、コガ

タアカイエカおよびハマダラカ類であった。幼虫が採集されたサンプルの割合は 6 月の 2.7%から 8 月の 79.5%まで増加し、幼虫発生域の拡大が示された。東日本大震災の巨大地震と津波による環境破壊が疾病媒介蚊の発生にどのような影響を与えているかを明らかにするため、福島県北部海岸沿いに分布する水田地帯を対象とした幼虫調査を 2011 年 9 月に実施した。得られた結果を宮城県南部で 8 月末に行われた幼虫調査結果と比較し、以下の結果が得られた。津波の被災地には様々な塩分濃度の水域が形成され、その約 80%に蚊の幼虫が発生していた。発生が確認された種類は、イナトミシオカ、コガタアカイエカ、シナハマダラカ/エセシナハマダラカ、アカイエカであった。水域の塩分濃度が 0~1%程度であれば、イナトミシオカやコガタアカイエカ、シナハマダラカの幼虫発生源として利用されうる。C. 考察

過去 5 年間の蚊成虫のモニタリング結果に基づいて発生量の基準となる値が得られたことは、蚊発生の多寡を論じる上で非常に意味がある。温帯地方に生息する昆虫類の発生量は、越冬世代の生存数と繁殖シーズンの初期の気象条件に大きく左右されると考えられ、蚊類の場合も同様の傾向があると言える。コガタアカイエカの越冬に際して、越冬世代の成虫が秋に季節的な移動を行っていることは、2007 年からの継続調査によって確かめられた。越冬成虫の多くは産卵した形跡がないことから、吸血経験もないと推測される。春先に採集される成虫の個体数は非常に少なく、冬季の死亡率がかなり高いことが予想される。実際の越冬場所の探索とそこでの生存率調査が今後の課題である。北海道釧路湿原で採集された蚊の種類は本州以南の地域

とは大きく異なっていた。この第一の理由は、気象条件の違いにあるといえるだろう。気象条件がさほど変わらない徳島県と宮崎県で種類構成に大きな違いがみられたことは興味深い。霞ヶ浦周辺の調査で示されているトラップ設置場所による採集蚊相の違いに示されているように、採集される蚊の種類構成は周囲の環境条件によって大きく影響されることから、ある地域の蚊相を正確に把握するためには、いろいろな環境にトラップを設置して調査することが必要である。疾病媒介蚊の医学的重要度を評価する上で、吸血源としてどのような種類の動物を利用しているかを知ることは、非常に重要である。人嗜好性の高い種類はヒトの蚊媒介性病原体の重要な媒介蚊であると言えるが、人だけでなく野鳥も吸血する種類の場合はウエストナイルウイルスのような病原体の bridge vector として重要である。アカイエカは鳥嗜好性が高い種類であるが状況によってはヒトも吸血する。アカイエカからは、野鳥の鳥マラリア原虫を保有する個体が高頻度で見つかることから、蚊媒介性病原体の効率的な媒介蚊であると考えられ、ウエストナイルウイルスの潜在的な媒介蚊として重要である。2011年3月に起こった東日本大震災によって被災した地域では、多数のアカイエカやコガタアカイエカの発生が確認された。また、これまで生息の報告がなかったイナトミシオカが広範囲で発生していることが明らかになった。これらの種類は、ウエストナイルウイルスや日本脳炎ウイルスなどが野鳥などによって持ち込まれれば、その媒介が可能であるので、今後もその発生状況を注意深く監視する必要がある、継続的な調査が望まれる。

#### D. 結論

継続調査の結果に基づき東京都の都市域の代表的な疾病媒介蚊であるアカイエカとヒトスジシマカの発生密度の平年値を求め、これと比較することで当該年の蚊の発生の多寡を評価できるようになった。コガタアカイエカの越冬世代成虫の季節移動が確かめられた。徳島県と茨城県の水田地帯の主要な疾病媒介蚊がアカイエカとコガタアカイエカであることが示された。アカイエカは野鳥を吸血している個体が多く、また鳥マラリア原虫の主要媒介蚊であることが明らかになった。東日本大震災の被災地の水田地帯では、アカイエカ、コガタアカイエカ、イナトミシオカの大発生が認められた。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

Kim, K.S., Tsuda, Y., Sasaki, T., Kobayashi, M. and Hirota, Y. 2009. Mosquito blood meal analysis for avian malaria study in wild bird communities: laboratory verification and application to *Culex sasai* (Diptera: Culicidae) collected in Tokyo, Japan. *Parasitology Research* **105**, 1351-1357.

Kim, K.S., Tsuda, Y. and Yamada, A.. 2009. Blood-meal identification and detection of avian malaria parasite from mosquitoes (Diptera: Culicidae) inhabiting coastal areas of Tokyo Bay, Japan. *Journal of Medical Entomology* **46**:1230-1234.

Tsuda, Y., Matsui, S., Saito, A., Akatani, K., Sato, Y., Takagi, M. and Murata, K. 2009. Ecological study on avian malaria vectors on an oceanic island of Minami-Daito, Japan. *J.*

- Am. Mosq. Control Assoc., 25:279-284.
- Hiroko Ejiri, Yukita Sato, Risa Sawai, Emi Sasaki, Rei Matsumoto, Miya Ueda, Yukiko Higa, Yoshio Tsuda, Sumie Omori, Koichi Murata, Masayoshi Yukawa 2009. Prevalence of avian malaria parasite in mosquitoes collected at a zoological garden in Japan. *Parasitology Research* 105:629-633.
- Tsuda, Y. and Kim, K.S. 2010. Prediapause migration and overwintering of *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) observed in a park in urban Tokyo during 2007 to 2009. *Med. Entomol. Zool.*, 61: 69-78.
- Kim, K.S. and Tsuda, Y. 2010. Seasonal changes in the feeding pattern of *Culex pipiens pallens* govern the transmission dynamics of multiple lineages of avian malaria parasites in Japanese wild bird community. *Molecular Ecology* 19: 5545-5554.
- 片野理恵, 津田良夫, 斎藤康秀, 小林睦生. 2010. イナトミシオカ *Culex inatomii* の生態に関する実験的研究: 飼育水の塩分濃度および気温が幼虫発育に与える影響と低温条件下の個体群の繁殖. *衛生動物* 61: 327-333.
- Ejiri, H., Sato, Y., Kim, K.S., Hara, T., Tsuda, Y., Imura, T., Murata, K. and Yukawa, M. 2011. Entomological study on transmission of the avian malaria parasite in a zoological garden in Japan: Blood-meal identification and detection of avian malaria parasite DNA from blood-fed mosquitoes. *Journal of Medical Entomology*, 48:600-607.
- Ejiri, H., Sato Y., Kim, K.S., Tsuda, Y., Murata, K., Saito, K., Watanabe, Y., Shimura, Y., and Yukawa, M. 2011. Blood-meal identification and prevalence of avian malaria parasite in mosquitoes collected at Kushiro Wetland, a subarctic zone of Japan. *J. Med. Entomol.*, 49: 904-908.
- 津田良夫 2011. 蚊の疾病媒介生態に関する野外研究: 特に都市域における最近の研究. *Med. Entomol. Zool.*, 62: 211 - 224.
2. 学会発表
- Tsuda, Y. and Kim, K.S. Ecology of avian malaria in urban Tokyo: community structure, larval habitats, biting behavior of mosquitoes inhabiting at a study park. 1<sup>st</sup> Nordic Malaria Conference, 1 - 3 September 2010, Lund, Sweden.
- Kim, K.S. and Tsuda, Y. Ecology of avian malaria in urban Tokyo: feeding pattern and incidence of avian malaria parasite in *Culex pipiens pallens*. 1<sup>st</sup> Nordic Malaria Conference, 1 - 3 September 2010, Lund, Sweden.
- 金京純, 津田良夫, 小林睦生. 2009. 東京港野鳥公園における捕集蚊からの鳥マラリア原虫と吸血源動物の検出. 第 61 回日本衛生動物学会大, 平成 21 年 4 月 3 日, 高松.
- 津田良夫・金京純 2009. 2007 年と 2008 年の秋に突然飛来したコガタアカイエカの大集団. 第 61 回日本衛生動物学会大会, 2009 年 4 月 3 日~4 日, 高松市.
- 津田良夫・金京純 2009. コガタアカイエカ越冬世代の生態調査. 第 44 回日本脳炎ウイルス生態学研究会, 2009 年 6 月 19 日~20 日, 千歳市.
- 津田良夫・金京純 2009. コガタアカイエカの越冬に関する生態的研究: 2008 年秋と 2009 年春の野外調査結果. 第 61 回日本衛生動物学会東日本支部大会, 2009 年 10 月 17

日，東京。

津田良夫，金京純．東京都立公園におけるコガタアカイエカの越冬生態調査（2009年春と秋の調査結果）第62回日本衛生動物学会大会，2010.4.2-4，鹿児島市。

津田良夫，金京純．徳島県阿南市の水田地帯における疾病媒介蚊調査．第62回日本衛生動物学会大会，2010.4.2-4，鹿児島市。

金京純，津田良夫．2007年および2008年に新潟県佐潟湿地で捕集された蚊の発生状況ならびに鳥マラリア原虫の保有状況．第62回日本衛生動物学会大会，2010.4.2-4，鹿児島市。

江尻寛子，佐藤雪太，津田良夫，村田浩一，原樹子，湯川眞嘉．動物園の特性を活かした鳥マラリアの感染生態調査．第62回日本衛生動物学会大会，2010.4.2-4，鹿児島市。

高井憲治，小熊讓，澤辺京子，金京純，津田良夫，小林睦生．*Anopheles hyrcanus* 群ハマダラカ雌成虫の翅脈暗斑・白斑の長さの種間差異への寄与．第62回日本衛生動物学会大会，2010.4.2-4，鹿児島市。

米島万有子，渡辺護，二瓶直子，津田良夫，中谷友樹，小林睦生．滋賀県琵琶湖湖東地域における感染症媒介蚊の分布調査とその景観分析．第62回日本衛生動物学会大会，2010.4.2-4，鹿児島市。

津田良夫．都市部におけるコガタアカイエカの休眠前移動と越冬生態．第45回日本脳炎ウイルス生態学研究会，2010.5-28-29，東京。

津田良夫，金京純．イナトミシオカの生態に関する実験的研究(2)：幼虫の密度が発育と

生存および蔵卵数に与える影響。

今西望，高井憲治，金京純，津田良夫，小林睦生，糸山亨，沢辺京子．鉏路湿原周辺に生息するハマダラカ成虫の形態的特徴．第62回日本衛生動物学会東日本支部大会，2010.10.16.千葉県印西市。

江尻寛子，佐藤雪太，金京純，津田良夫，澤辺京子，村田浩一，斉藤慶輔，渡辺有希子，志村良治，湯川眞嘉．鉏路湿原周辺に生息する蚊の吸血源動物の推定．第63回日本衛生動物学会大会，2011.4.14-16，東京。

津田良夫．蚊の疾病媒介生態に関する一連の野外研究．第63回日本衛生動物学会大会，2011.4.14-16，東京。

今西望，高井憲治，金京純，津田良夫，小林睦生，糸山亨，澤辺京子．鉏路湿原周辺で採集された *Anopheles belenrae* の形態的特徴および系統解析．第63回日本衛生動物学会大会，2011.4.14-16，東京。

津田良夫，長谷山路夫，石田恵一，新妻淳，金京純，柳大樹，渡邊希，小林睦生．2011.津波が疾病媒介蚊の分布と発生数に与えた影響に関する調査結果：宮城県南部水田地帯．第63回日本衛生動物学会東日本支部大会，2011年10月22日，東京。

## G. 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

厚生労働科学研究費補助金(新興・再興感染症研究事業)  
分担研究総合報告書

東日本大震災の津波被害地における衛生昆虫の発生状況調査

|       |      |                |       |
|-------|------|----------------|-------|
| 研究分担者 | 小林陸雄 | 国立感染症研究所昆虫医科学部 | 部長    |
| 研究協力者 | 渡辺 護 | 国立感染症研究所昆虫医科学部 | 客員研究員 |
| 研究協力者 | 林 利彦 | 国立感染症研究所昆虫医科学部 | 主任研究官 |
| 研究協力者 | 斎藤一三 | 国立感染症研究所昆虫医科学部 | 客員研究員 |
| 研究協力者 | 沢辺京子 | 国立感染症研究所昆虫医科学部 | 室長    |
| 研究協力者 | 津田良夫 | 国立感染症研究所昆虫医科学部 | 室長    |

震災・津波によって様々な環境が破壊され、種々の衛生害虫の発生が懸念されたことから、岩手県陸前高田市と宮城県気仙沼市で5月から11月まで定期的に9~10回、福島県南相馬市で9, 11月に2回発生調査を行った。

津波によって蚊の幼虫の生育に適した溜水環境が作られ、アカイエカ、コガタアカイエカ、シナハマダラカさらに海水混じりの環境から発生するトウゴウヤブカ、イナトミシオカが多量に発生した。また、冷凍倉庫などから流れ出た魚類・加工品には大量のオオクロバエ、クロキンバエなどが発生し、打ち上げられた漁具・海草・汚泥からは大量のコバエ類が発生した。アブ、ブユ、ヌカカなどの吸血性昆虫の発生もみられたが、津波の影響で発生が多くなったとは考えにくい。しかし、何れも水系環境から発生する昆虫であるので、今後とも発生に留意する必要がある。

#### A. 研究目的

地震・津波による下水道や排水溝の破壊と閉塞は汚物を拡散し、湿潤な環境や止水箇所を増加させ、また、津波で押し流された家屋跡に残った浄化槽・便槽、さらに、瓦礫やゴミの堆積は健康生活維持の大きな懸念材料になる。この様な湿潤環境は様々な昆虫やネズミなどの多量発生を容易にし、動物媒介性感染症の発生が危惧される事態になる。そこで被災地においてどの様な衛生上問題になる昆虫類が発生しているのか、その実態を明らかにすることを目的とした。

#### B. 研究方法

飛翔性吸血昆虫の捕集は CDC トラップの豆電球を外し吸引のみを用いて、ドライアイスと組み合わせて各定点に設置することで行った。ハエ類の採集は飛翔している個体やゴミなどに止まっている個体を捕虫網で捕ることで行い、アブの採集は自動車や調査人に飛来した個体を捕虫網で捕獲することで行った。蚊幼虫の調査は津波の被害があった地域で、様々な溜水環境を柄杓で掬い取る方法で行った。

調査地は何れも津波被災地である岩手県陸前高田市の高田小学校の周辺、市中心部から 3km 離れた長部漁港から山手の上長部にかけての範囲、宮城県気仙沼市の南部

に位置する南気仙沼小学校を中心にした地域、気仙沼市街から 9km 南の階上地域、さらに福島県南相馬市鹿島区の真野川下流の地域である。調査は 2011 年 5 月 5 日から 11 月 12 日まで、ほぼ 3 週間毎に行った。ただ、ドライアイストラップは 6 月 3 日から 10 月 29 日までに設置した。また、福島県南相馬市鹿島区における調査は 9 月 18~19 日と 11 月 9 日の 2 回のみである。

## C. 研究結果

### I. 蚊成虫の捕集成績

岩手県陸前高田市下和野の高田小学校周辺では 6 台のトラップで 10 種類 2,120 個体の蚊が捕集され、アカイエカ群が最も多数捕集された (86.6%)。コガタアカイエカが 186 個体 (8.8%) 捕集されたが、海水混じりの塩水環境から発生するイナトミシオカは 21 個体 (1%)、トウゴウヤブカは 20 個体 (0.9%) であった。全体の捕集数は小学校体育館横の定点が最も多かったが (794 個体)、津波の被害で瓦礫と化した家屋跡の定点でも 387 個体が捕集された。この地域のトラップ 1 夜当りの定点別平均捕集数はアカイエカで 12~126 個体の範囲、コガタアカイエカは 2~10 個体の範囲であった。

岩手県陸前高田市気仙町長部・上長部地域でも 10 種類 1,370 個体の蚊がトラップ 6 台で捕集され、前述の高田小学校周辺ではオオクロヤブカが捕集されたのに対し、この地域では代わりにセスジヤブカが少数捕集された。また、この地域全体ではコガタアカイエカ (794 個体) がアカイエカ群 (497 個体) よりも多く捕集された。また、この地域では津波で家屋が流された定点で捕集数が多く、被害が小さかったと思われる定点、さらに津波が到達しなかった定点では捕集数が少なかった。なお、この地域のトラップ 1 夜当りの定点別の平均捕集数はコガタアカイエカは 1~63 個体、アカイエカ群は 2~42 個体であった。

宮城県気仙沼市南部地域：この地域では 12 台のトラップで 11 種類 18,526 個体の蚊が捕集されたがアカイエカ群が 17,683 個体 (95.4%) と圧倒的に多く捕集され、コガタアカイエカ 466 個体 (2.5%)、イナトミシオカ 249 個体 (1.3%) と続いた。蚊が最も多数捕集されたのは南気仙沼小学校の定点で、8 月 6 日に欠測したにもかかわらず 6,436 個体が捕集された。この地域のトラップ 1 夜当りの定点別の平均捕集数はアカイエカ群は 34~1,060 個体、コガタアカイエカは 1~28 個体、イナトミシオカは 0~11 個体であった。

宮城県気仙沼市階上地域：この地域では 12 台のトラップで 12 種類の蚊が捕集され、アカイエカ群が 19,087 個体 (75.3%) と最も多数が捕集され、次いでコガタアカイエカの 5,753 個体 (22.7%)、イナトミシオカの 344 個体 (1.4%) などが捕集された。前述の気仙沼市南部に比べアカイエカの占有率が低下し、コガタアカイエカとイナトミシオカの占有率が高くなった。また、シナハマダラカが 96 個体捕集され、他の調査地点に比べ多い。全般的には津波の被害が顕著であった波路上漁港に近い定点で多数が捕集され、漁港から離れるに従って捕集数が減少する傾向がみられ、津波が到達しなかった定点が最も少なかった。アカイエカは 7 月 14 日に全ての定点で最も多数が捕集され、季節が進むにつれ減少する消長を示した。コガタアカイエカは 8 月 4 日に最多になった定点が多くを占めた。イナトミシオカはコガタアカイエカよりも最多捕集日が遅く観察された。この地域のトラップの 1 夜当りの定点別の平均捕集数はアカイエカ群は 102~577 個体、コガタアカイエカは 19~179 個体、イナトミシオカは 1~11 個体であった。

福島県南相馬市鹿島区東部地域では 9 月 18 日のトラップ 12 台の調査で、8 種類の蚊が捕集された。コガタアカイエカが 3,919 個体と最も多数が捕集され、全体の



82.6%を占め、アカイエカが 444 個体 (9.4%)、イナトミシオカが 290 個体 (6.1%)と続いた。

気仙沼市南部地域と階上地域においてドライエストラップで捕集された吸血蚊の吸血源動物の分析を行ったところ、階上地域で採集された 26 個体は 88.5% (23 個体) がスズメ、7.7% (2 個体) がハシブトガラス、3.9% (1 個体) がヒトを吸血していた。南部地域では 12 個体の吸血蚊が捕集され、その 75% (9 個体) がスズメ、残り 3 個体はツバメ、ヒト、ネコをそれぞれ 1 個体ずつ (8.3%) 吸血していた。津波被災地で広く多数見られたカモメ類は全く吸血されていないかった。なお、合計 38 個体の蚊は分子分類の結果、全てがアカイエカであった。

## II. 蚊幼虫の採集成績

岩手県陸前高田市の高田小学校の入り口付近では残された住居基礎部の溜りや地表溜りなど蚊の生息・発生が考えられる溜水環境が多数見出され、それらからはシナハマダラカ幼虫が一部コガタアカイエカと共に多数が採集された。井戸からは大量のアカイエカ群幼虫が採集された。季節が進むにつれ浄化槽と便槽からアカイエカ群などが採集されるようになった。なお、塩分濃度は 0.6% が最高で、0%、0.1% が多数を占めた。陸前高田市の他地域では、便槽・浄化槽や水槽から多数のトウゴウヤブカが、側溝からシナハマダラカとコガタアカイエカが、住居跡基礎溜りからアカイエカ、水路溜りからシナハマダラカとコガタアカイエカが採集された。

宮城県気仙沼市南気仙沼小学校では 5 月 6 日の調査時に、学校内外の側溝と中庭の池が蚊の発生源になると思われたので、継続的に観察を続けた。幼虫は 6 月下旬から採集される様になり、側溝からはアカイエカが大量に採集され、それは 8 月末まで続いた。一方、池は当初ハナアブ幼虫が発生していたが、8 月下旬からトウゴウヤブカが採集される様になり、9 月にはアカイエ

カ、シナハマダラカ、イナトミシオカ採集される様になり、さらに 10 月にはイナトミシオカが大量に採集される様になった。なお、池の塩分濃度は調査期間中 1% を下回ることは無かった。また、気仙沼湾内の大島において 6 月 4 日、8 月 5-6 日、9 月 16-17 日に被災水田、住宅跡、損壊漁船などの溜りで採集を行い、被災水田からは少数のコガタアカイエカとシナハマダラカが、住宅跡からは大量のトウゴウヤブカと少数のアカイエカ、イナトミシオカ、ヤマトヤブカが、放置漁船からはトウゴウヤブカとアカイエカがほぼ毎回採集された。

気仙沼市階上地域では 6 月 3 日にユスリカ類が採集されるのみで、蚊幼虫は採集されなかった。8 月上旬までは津波到達境界域の水田、水路、地表溜りでの採集が主で、シナハマダラカ、コガタアカイエカ、アカイエカが採集されていたが、8 月下旬以降は被災地全域に立ち入りが可能になり、大量にアカイエカが発生している浄化槽や便槽の存在を確認した。また、海岸に近い住宅などの跡地からはトウゴウヤブカが大量に発生している便槽、雨水桝などが確認された。なお、塩分濃度 0.3% の被災水田と 0.5% の便槽からシナハマダラカ、コガタアカイエカ、アカイエカ、イナトミシオカの 4 種が同時に採集された場合があり、トウゴウヤブカは塩分濃度が 0.8~2.3% と高い便槽や雨水桝と、被災漁船の船内溜りや池簀水槽などから採集された。

福島県南相馬市鹿島区真野川下流地域では 9 月 18~19 日と 11 月 9 日の調査で 6 種類の蚊幼虫が採集された。コガタアカイエカが最も多くの溜水環境から多数が採集された。アカイエカ群は合成樹脂製寸胴バケツにオオクロヤブカと共に大量に発生していたのを始め、住宅跡の基礎の溜りなどから採集され、シナハマダラカは用水路溜り、地表溜りなどから採集された。イナトミシオカは 1 か所の被災水田の溜りから少数が採集されたのみであった。

以上の他に断片的な調査を行った下記地域においてもトウゴウヤブカ、ヤマトヤブカ、アカイエカ群、シナハマダラカ、コガタアカイエカ、キンイロヤブカを様々の溜りなどから採集された。岩手県田野畑村、山田町織笠海岸、大槌町、大船渡町野々田・細浦海岸、釜石市両石、陸前高田市長部漁港、宮城県気仙沼市朝日町、南三陸町。

### III. ハエ類の採集成績

全体的には衛生上問題になるハエ類はクロバエ科 7 種、ニクバエ科 2 種、イエバエ科 7 種、ハナバエ科 1 種、ヒメイエバエ科 5 種、ハマベバエ科 1 種、トゲハネバエ科 1 種、ヤチバエ科 1 種、フンコバエ科 9 種、クロコバエ科 1 種、ツヤホソバエ科 1 種、ミギワバエ科 1 種、ニセケバエ科 1 種の合計 13 科 38 種が採集された。この他に不衛生な環境から発生するチョウバエ科、ハナアブ科、ノミバエ科、ハナバエ科など 10 種類ほどが採集されたが、種名が未同定などであるためここでは除外した。ただ、5 月～6 月にはチョウバエ科の発生が顕著に多かった。調査地域別では、陸前高田市下長部や気仙沼市階上で多種多数が採集された。とくに、5 月から 6 月までツマグロイソハナバエ、ハマベバエ、オオクロバエの多発生が海岸近くでみられ、6～7 月には広い範囲でオオクロバエとクロキンバエの大発生がみられた。さらに、7～8 月にはイエバエの多量発生がみられた。

### IV. アブ類の採集成績

アブ類の一部には砂浜環境や水田・沼沢から発生する種類が知られているが、今回被災地域から採集されたホルバートアブ、ハセガワキイロアブ、キンイロアブ、トシオカアブ、アカウシアブ、ヤマトアブ、シロフアブ 7 種の中では、ホルバートアブが前者環境で、シロフアブが後者環境で発生する可能性がある。今回、アブが最も多数採集されたのは、陸前高田市上長部の山間の定点であり、直接津波の被害を受けていない小さい谷間で発生したアブが飛来し

たと思われる。トシオカアブは南相馬市の真野川下流の鳥崎に設置した CDC トラップで捕集されたが、この種が関西以東で採集されたのは今回が初めてである。

### V. ブユの採集成績

ブユは 6 月下旬から CDC トラップで、各地域で成虫数個体が捕集されていたが、10 月下旬に多数捕集されたので、同定を行ったところ 5 種 179 個体を確認した。オオイタツメトゲブユ 157 個体、アカクラアシマダラブユ 19 個体とスズキアシマダラブユ、アシマダラブユ、ウチダツノマユブユ各 1 個体である。陸前高田市上長部地域で 134 個体、下和野地域で 29 個体、気仙沼市南部地域で 16 個体が捕集された。

### VI. その他の衛生昆虫の採集・目撃成績

各調査地域のトラップでヌカカ科が少数採集されたが、10 月に採集されたホシヌカカを除いて未同定である。

11 月の調査時には陸前高田市、釜石市、宮古市でクサギカメムシの飛来を確認しており、山腹など高台に設置された仮設住宅にも飛来した可能性がある。

### D. 考察

津波などで溜水環境が増大し、蚊の発生が促され、延いては蚊媒介性感染症の流行を引き起こすと言う図式は、誰もが危惧する常識的な想定と思われるが、実際に証明された事例はほとんど無い様に思われる。今回の東日本大震災においてはハエ類の大発生が 5 月下旬から被災各地で起こり、調査と駆除が行われた。蚊の発生は結果として駆除が要望された地域は 2, 3 に留まったが、実際には蚊の発生は津波によって幼虫の生息に適した溜水環境が作られ、多量に発生した。

ハエ類の大発生は冷凍倉庫などが損壊し、それらから流れ出た大量の魚類を餌とするクロバエ科が大発生し、津波で損壊した防波堤、打ち上げられた養殖筏などからツマグロイソハナバエやハマベバエが大発生した。

さらに、津波による汚泥の打ち上げはフンコバエなどのコバエ類の発生を促したと思われる。イエバエ科やヒメイエバエ科の多量発生はゴミなどの処理が不十分のため発生したと思われる。

アブ類やブユ類が採集されたのは、今回の津波被害と直接関係が無い様に思われる。ただ、両科とも有機物が少ない環境を好む性質があり、津波被災地の水系浄化の程度を知るには一つの指標になるかも知れない。今後とも発生の状況を知ることは、その地域の環境の復旧・回復を知る手がかりになると思われる。衛生昆虫の発生全体を考えると、2012年以降の発生量は天候（気温）次第では、2011年よりも更に多くなることが予想され、引き続いての監視調査が望まれる。

#### E. 結論

津波によって蚊の幼虫の生育に適した溜水環境が作られ、アカイエカ、コガタアカイエカ、シナハマダラカさらに海水混じりの環境から発生するトウゴウヤブカ、イナトミシオカが大量に発生した。また、冷凍倉庫などから流れ出た魚類・加工品には大量のオオクロバエ、クロキンバエなどが発生し、打ち上げられた漁具・海草・汚泥からは多量のコバエ類が発生した。アブ、ブユ、ヌカカなどの吸血性昆虫の発生もみられたが、津波の影響で発生が多くなったとは考えにくい。何れも水系環境から発生する昆虫であるので、今後とも発生に留意する必要がある。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

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災地における疾病媒介蚊の発生状況調査. 衛生動物，63 巻投稿中.

#### 2. 学会発表

渡辺 護・渡辺はるな・田原雄一郎・平尾素一・石川善太・川端健人・菅野格朗，2012. 東日本大震災被災地の陸前高田市と気仙沼市における蚊の発生調査. 第66回日本衛生動物学会西日本支部大会，2011年10月8-9日，金沢市.

渡辺 護，震災被災地の気仙沼市と陸前高田市における蚊の発生調査成績. 第63回日本衛生動物学会東日本支部大会，シンポジウム「東日本大震災被災地の環境と衛生害虫の発生」，2011年10月22日，東京・感染研.

渡辺 護・渡辺はるな・平尾素一・田原雄一郎・石川善太・川端健人・菅野格朗. 東日本大震災被災地における蚊の発生調査. 第27回ペストロジー学会，2011年11月17-18日，千葉市.

#### 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

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、ペルメトリン、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 ( $\mu\text{g}/\text{♀}$ ) 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**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**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。防除しようとする野外集団にもしも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ニ世代室内で飼育したコロニーを塩基配列の解析に、ニ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。薬液はフェニトロチオン、ペルメトリンおよびエトフェ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  $\mu$ 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 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* *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、震災前からの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優性の度合いの小さ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

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。本研究事業期間内の2009～2011年の調査では全国で386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68コロニー分が含まれる。同様な調査を開始した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% ( $N=71$ )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、まず、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: アタマジラミ試料は、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:シラムのゲノム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

2009~2011年には、34都道府県(京都府を除く)を含む386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63(沖縄県からは3つ)、沖縄県より収集した71のコロニー(保護者直接提供によるものが3つ)を含む。当該期間3年間の集計における抵抗性遺伝子を保有するコロニーの割合は22.5%であった。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、先行調査期間(2006~2008年)の結果と同様であった。沖縄県に関する2009~2011年収集試料における抵抗性コロニー率は、95.8%( $N=71$ )であった。

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。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、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。沖縄県内の宮古市、石垣市からの試料の収集ができたコロニー数は小さかったが(それぞれ、 $N=2, 1$ )、いずれの市からも抵抗性遺伝子を保有するコロニーは同定されている。

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(2006~2011年)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。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. 日本皮膚科学会誌  
121, 2898-2899.

富田隆史, 葛西真治, 駒形修, 小林睦生, 石井則

久, 上里博, 平良清人, 平良勝也, 岡野祥,  
2010. わが国におけるアタマジラミのピレス  
ロイド系駆除剤抵抗性の発達状況. 病原微生物  
検出情報 31, 352-354.

富田隆史, 駒形修, 葛西真治, 2009. アタマジラ  
ミとスミスリン抵抗性. 皮膚病診療 31, 906-  
913.

##### 2. 学会発表

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

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.

富田隆史, 葛西真治, 駒形修, 夏秋優, 石井則久,  
小林睦生, 2010. アタマジラミのピレスロイド  
系駆除薬抵抗性に関する2009年の調査結果,  
第62回日本衛生動物学会大会.

葛西真治, 石井則久, 夏秋優, 駒形修, 小林睦生,  
富田隆史, 2009. 駆除薬抵抗性アタマジラミの  
迅速分子診断法確立と2008年の調査結果, 第  
61回日本衛生動物学会大会

#### 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

厚生労働科学研究費補助金（新興・再興感染症研究事業）  
分担研究総合報告書

トコジラミの殺虫剤感受性と駆除法の検討

研究分担者 山内健生 富山県衛生研究所 主任研究員  
研究分担者 小林睦生 国立感染症研究所昆虫医科学部 部長  
研究協力者 渡辺 護 国立感染症研究所昆虫医科学部 客員研究員

沖縄県，福岡県，千葉県，石川県，富山県，新潟県，北海道で採集された 10 系統のトコジラミに対して，ピレスロイド剤のペルメトリンとフェノトリン，有機リン剤のディクロルボスとフェニトロチオン，カーバメイト剤のプロポクスル油剤の感受性を試験した。「千葉系」がピレスロイド系のフェノトリンに対して超高度の抵抗性を示し，次いで「沖縄那覇系」が高い抵抗性を示した。ペルメトリンに対しては「沖縄那覇系」が高い抵抗性を示し，「千葉系」，「新潟長岡系」が続いた。一方，「富山 08 系」，「北海道旭川系」は低度の抵抗性であることが明らかになり，採集地によって感受性が異なることが確認された。全般的には各地のトコジラミともピレスロイド剤では確実な駆除は望めないと思われた。有機リン剤とカーバメイト剤に対しては低度の抵抗性が認められるが，丁寧な散布を行うことで駆除は可能と考えられる。

ディクロルボス含有樹脂剤は家具調度品，寝具などに潜んだトコジラミを駆除する際に利用が考えられ，熱風・蒸気は殺虫剤が使用出来ない場合に利用が考えられる。なお，最近駆除の要望が増えてきた，室内の家具などが多い一般家屋などでの駆除は 2，3 の駆除法を組み合わせることで確実な駆除が期待できる。

A. 研究目的

トコジラミの刺咬被害が国際的に広がっている。国内においても急激に増加しており，害虫駆除業者などによって駆除作業が行なわれているが，一部で駆除に失敗する例が問題になっている。その失敗の原因の一つにトコジラミの殺虫剤に対する抵抗性の発現が考えられ，国内各地のトコジラミの殺虫剤感受性レベルを把握する必要がある。そこで国内各地からトコジラミを採集

し実験室で増殖させ，室内で使用される主要な殺虫剤に対する感受性を調べることを目的とした。また，効果的な駆除法としてディクロルボス樹脂蒸散剤の利用方法，熱で殺す方法の有効性についてモデル実験で明らかにすることも目的とした。

B. 研究方法

トコジラミの採集と増殖法；2，3 の害虫駆除業者などに，トコジラミの採集を依

頼することで入手した。トコジラミは数個体から増殖が可能であるので、入手後直ちに 18L×28W×23H cm のプラスチック容器に放し、金網固定のマウスを与えて飼育を開始した。なお、容器の底にはトコジラミの潜み場所として、濾紙を数枚二つ折りにして端をホッチキスで留めた隙間を配置した。飼育繁殖は富山県衛生研究所の飼育室で温度 23±2℃、照度約 200 ルクス の 15 明 9 暗下で毎週もしくは隔週にマウスを与えて行った。

トコジラミの入手先は、2001 年 10 月に富山県黒部市で採集された「富山 01 系」、同ホテルで 2008 年 3 月に採集された「富山 08 系」、千葉県千葉市で 2009 年 8 月に採集された「千葉系」、石川県金沢市で 2009 年 2 月に採集された「石川系」、沖縄県那覇市で 2010 年 11 月に採集された「沖縄那覇系」、福岡県福岡市行橋で 2010 年 10 月に採集された「福岡行橋系」、福岡市若宮で 2010 年 10 月に採集された「福岡若宮系」、石川県金沢市で 2010 年 10 月に採集された「石川金沢系」、新潟県長岡市で 2010 年 9 月に採集された「新潟長岡系」、北海道旭川市で 2010 年 11 月に採集された「北海道旭川系」、さらに 1972 年頃から(財)日本環境衛生センター環境生物部で飼育維持されてきた、殺虫剤に感受性であると思われる「帝京大系」の合計 11 系統を実験に用いた。

実験に用いた殺虫剤は全て市販製剤を用いた。ピレスロイドはペルメトリン 5% 水性乳剤とフェノトリン 10% 水性乳剤を、有機リン剤はディクロルボス 5% 乳剤とフェニトロチオン 10% 乳剤を蒸留水で 1% に希釈して、カーバメイト剤はプロポクスル 1% 油剤をそのまま試験に用いた。

試験方法；①濾紙継続接触法は径 11cm の No. 131 定性円形濾紙に、1% の各殺虫剤液を 0.5ml 均一になる様に滴下 (約 50ml/m<sup>2</sup>)、一晩風乾後、薬剤滴下面を内側にし

て二つ折りにし、その内側に 5 対のトコジラミ成虫を放し、経過時間毎の死亡虫を観察する方法で行った。②腹面微量滴下法は各薬剤の 1% 液を、リピーティングデスペンサーに、25 μl 微量注射器を装着して、1 μl ずつトコジラミ成虫の腹面に滴下し、死亡までの時間を個体別に観察した。

### C. 研究結果

濾紙継続接触法では LT50 値を求められなかった場合があり、その場合は 288 時間後の死亡率で、基準となる「帝京大系」との比で求めた。その結果、「千葉系」においてフェノトリンに対して、倍率が求められないほど極めて高度な抵抗性の発現が認められた。「千葉系」の他は「沖縄那覇系」で 130.9 倍と最も高く、「福岡行橋系」、「新潟長岡系」の 65.5、「石川系」の 42.1 などであり、「富山 08 系」が 3.5 倍と最も低かった。ペルメトリンに対しては「沖縄那覇系」で 205.7 倍と最も高く、「千葉系」が 127.8、「新潟長岡系」が 102.9 と続き、「富山 08 系」が 1.2 倍と最も低かった。有機リン剤では「沖縄那覇系」においてディクロルボスで 6.6 倍、フェニトロチオンで 5.6 倍が最も高く、「富山 08 系」において最も低く前者で 1.3 倍、後方で 1.2 倍であり全般的にピレスロイドよりも明らかに低い値を示した。カーバメイト系のプロポクスルではさらに、「帝京大系」との比は小さく、「福岡行橋系」の 2.2 倍から「富山 01 系」の 1.1 倍の範囲であった。また、腹面微量滴下法においても死亡までの平均時間が求められない場合があり、その場合には各地採集トコジラミの各殺虫剤に対する最短死亡時間を、「帝京大系」の最短時間で除することで求めた。腹面微量滴下法においても「千葉系」はフェノトリンに対して倍率が求められないほど極度の抵抗性の発現が認められた。「千葉系」の他は「沖縄那覇系」で

743 倍と高く、「石川金沢系」666 倍、「福岡行橋系」、「福岡若宮系」、「新潟長岡系」の 557 倍と高度の抵抗性を示したが、「石川系」、「富山 08 系」、「北海道旭川系」、「富山 01 系」は 8.2 倍から 4.3 倍と低い値を示し、抵抗性のレベルが低いことが示唆された。ペルメトリンに対しては「沖縄那覇系」1,843 倍、「新潟長岡系」921 倍、「千葉系」827 倍と明瞭に高く、「福岡行橋系」、「福岡若宮系」691 倍、「石川金沢系」591 倍と高く、「石川系」、「北海道旭川系」、「富山 01 系」、「富山 08 系」は 8.7 倍から 4.5 倍と低度の抵抗性比を示した。有機リン剤のディクロルボスでは「福岡若宮系」と「石川金沢系」の 3.7 倍から「富山 01 系」の 1.5 倍の範囲で、フェントロチオンでは「石川金沢系」の 4.3 倍から「千葉系」の 1.8 倍であった。カーバメイト系のプロポクスルでは「石川金沢系」「富山 01 系」「富山 08 系」の 2.6 倍から「北海道旭川系」の 1.5 倍の範囲で、今回試験した殺虫剤の中では最も抵抗性比が小さかった。

室内の TV、家具、本棚さらにはカーテンや壁に掛けてある衣服類等にもトコジラミが潜む場合が多く、それらを確実に駆除する方法が必要である。今回、モデル的に 18L×28W×23H cm の水槽を用いて、ディクロルボス樹脂蒸散剤の実験を行ったところ、規定の 2 倍量で (115g/5m<sup>3</sup>) 6 時間の暴露で確実にトコジラミを殺すことが確認された。ただ、本に挟み込んだトコジラミは 96 時間後でも生存した個体があり、極めて狭い隙間に潜んだトコジラミを殺すには注意が必要である。

一方、殺虫剤を使用しない方法として「熱殺法」が効果的である。45℃以上の熱風や蒸気に 30 秒曝すことで完全に殺すことが出来る。隙間モデルを用いた実験では、その空間奥行きが 30cm の場合でも 50℃に熱することで、3 分間で確実に死ぬことが確

認された。蒸気の場合にはさらに短い時間で確実に殺すことが出来る。

#### D. 考察

全般的には「北海道旭川系」、「富山 01 系」のトコジラミが「帝京大系」との比が小さく、抵抗性が低く、「千葉系」、「沖縄那覇」で抵抗性が高い。とくに、「千葉系」のフェントリンに対する抵抗性は極度に高いと言える。フェントリン、ペルメトリンなどのピレスロイドに対しては「福岡行橋系」「福岡若宮系」「石川金沢系」「新潟長岡系」も比較的高度な抵抗性を発現しており、「北海道旭川系」「富山 01 系」「富山 08 系」「石川系」の低度の抵抗性とは異なり、トコジラミの採集地によって殺虫剤の効果が異なることが示唆され、各採集地で独自に抵抗性を発現させたか？または、国内各地で吸血被害が急激に増えている現状から、国内外から同時の持ち込み・移動が疑われる。

ピレスロイド剤に対して強度の抵抗性であることは、ピレスロイド剤は駆除作業が容易であることと、人畜に対する毒性が比較的低いことから、国内外で多用され、それが抵抗性発現の一因になった可能性は否定出来ない。一方で、トコジラミは帝京大系の成績から、DDT と同様に元々ピレスロイドには低感受性であったと思われる。何れにしても、ピレスロイドが主剤の ULV、煙霧剤、蒸散剤、噴射剤などは駆除には寄与しないと考えるべきと思われる。

今回の試験成績からは、トコジラミの駆除にはプロポクスルの利用が考えられるが、実際の施工には臭いや油染みに注意が必要と思われ、更に一般家庭では毒性についても考慮する必要がある。ディクロルボス樹脂蒸散剤の利用や「熱殺法」を組み合わせることで、より安全で確実な駆除が可能になるとと思われる。