

道路、幼稚園、小学校、高等学校、庁舎関係の雨水マスではイエカ属とヤブカ属の比率はそれぞれ、1:1.4、1:2.3、1:2.9、1:3.2、1:2.4でヤブカ属の方が多かったが、中学校ではその比率は1:21.2で圧倒的にヤブカ属が多く、また公園ではその逆で、1:0.06でイエカ属に傾き、保育所ではヤブカ属のみであった。この傾向は、調査各地区間でも高い類似性を示した。採集された蛹を室内で羽化させ、成虫の種類はアカイエカが16.2%、チカイエカ6.2%、ヒトスジシマカ77.2%であった。この結果は幼虫での結果と類似していた。アカイエカ、チカイエカおよびヒトスジシマカの3種で99.4%を占め、他の種類のヤマトヤブカ、トラフカクイカ、コガタアカイエカは少数個体確認された。アカイエカとチカイエカの各調査環境での混在比率は全合計ではアカイエカは70%強に対してチカイエカは30%弱であった。なお、調整池では有水率は高かったが幼虫および蛹は全対象で採集されなかった。

### 3) 薬剤散布対象域での発生源調査

各一斉薬剤散布時に先立ち西宮浜内の住所区画(1丁目から4丁目)ごとに、道路、施設、会社、マンション、一戸建住宅別に雨水マスの数を調査した。

### 4) 一斉薬剤散布

一斉薬剤散布をより確実、迅速、安全に実行するため、西宮市環境衛生課内に実行本部を設置し、各班ごとに責任者を置いた。事前に、担当区画(散布対象域、丁目ごと)を指定し人員を配置した。道路雨水マスへの薬剤散布では、西宮市環境衛生課職員1名の指導のもと社団法人大阪府PCO協会が散布にあたり、会社、施設、一戸建住宅敷地内への散布は主として市職員が担当した。西宮浜全域での

雨水マスの分布図により平成19年度は7月、8月、9月各月の初旬に市販のIGR系薬剤の種類(3種類)を替えて散布した。平成20年度は、ピリプロキシフェン0.5%含有(スマラブ発泡錠1g)とピリプロキシフェン0.5%含有(スマラブ発泡粒剤1g)を5~7月に処理した。各薬剤散布に要した時間はおおむね1.5日であった。

### 5) 薬剤散布後の成虫調査

平成19年度には西宮浜内における散布後1週間(7月9日)より9月25日までの週1回計11回の蚊成虫採集総個体数は804個体でそのうちイエカ類は84.3%を占め、ヒトスジシマカは15.7%であった。7月24日より9月25日までの9回採集分については、アカイエカは54.4%、チカイエカ24.1%、コガタアカイエカ0.8%でヒトスジシマカは20.7%を占めた。一方、西宮浜以外の採集蚊も種類構成はよく類似していた。平成20年度には蚊幼虫の発生初期の5月初旬から薬剤散布したにもかかわらず、アカイエカ群およびヒトスジシマカともに防除地域外での捕集個体数よりも顕著に多かった。

### 6) 雨水を用いた幼虫試験ならびに幼虫調査

平成19年度の効果はいずれの薬剤ともにおおむね1ヶ月間有効であったが、平成20年度の成績では2週間程度であった。

### 7) 薬剤散布地域でのアンケート調査

アンケートの対象は、西宮浜にある会社、および施設(公民館、幼稚園、保育所、小学校、中学校、派出所)および住民(一戸建、集合住宅)のすべてにアンケート用紙を配布した。配布枚数の総数は3,167枚で回答数は1,005枚で31.7%であった。本年平成19年に蚊成虫に咬まれた頻度を昨年と比較した設問に対して、

住家の内外で例年よりも蚊成虫に刺された回数は大半の回答者が少なかったと回答した。

#### D. 考察

人工島の西宮浜全域という広域な地域を防除対象とした IGR 系薬剤を使用しての、今回の防除効果をライトトラップならびに人囿法による定期的な成虫調査ならびに雨水マス内の停滞水での幼虫の羽化率から評価を試みた。アカイエカ群およびヒトスジシマカのライトトラップによる採集成績からは、アカイエカ群の個体数は防除地域の方が、防除地域外よりも顕著に多く、ヒトスジシマカについては防除地域内外ともに顕著な違いは認められず、人囿法による7月下旬から8月にかけての雌の採集数は顕著に防除地域内の方が多く、発生の山を抑制することができなかった。防除地域内における雨水マスへの各薬剤散布後いずれの時期も2週間程度はよく成虫発生を抑制していたが、3~4週間後の雨水マス内の停滞水での両種幼虫に対する室内生物試験では羽化率が高く、羽化阻止効果は認められなかった。西宮市における5月~7月にかけての日降水量は例年になく集中豪雨的な様相を呈した。特に薬剤投入後の日降水量は24mm~53mmにもおよんでいた。このことにより投入薬剤の流亡が生じたものと思われる。このような集中豪雨的な様相は防除地域外の地区も同様な傾向であったことを考え合わせると、前記した防除地域内の蚊成虫の防除地域外に比較しての顕著な多さは、徹底した発生源への対策と矛盾した。このことはアカイエカ群ならびにヒトスジシマカ成虫の飛翔行動についての調査の必要性がある

のかも知れない。

#### E. 研究発表 特になし

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

疾病媒介蚊監視システムの構築に向けて  
——西宮市における蚊発生状況の GIS による解析

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	二瓶直子	国立感染症研究所昆虫医科学部	客員研究員
	駒形 修	国立感染症研究所昆虫医科学部	流動研究員
	津田良夫	国立感染症研究所昆虫医科学部	室長
	吉田政弘	いきもの研究社	
	水谷正時	西宮市 環境衛生課	
	望月貫一郎	パスコ 研究開発センター	

（研究要旨）ウエストナイル熱等蚊媒介性感染症侵入時の効果的防除対策を立案し迅速に対応するためには、地理情報システム GIS の導入が衛生行政での世界的潮流である。2006 年から 2008 年の 3 年間、国立感染症研究所・いきもの研究社・西宮市環境衛生課の協力のもとに実施してきた西宮市全域を対象とした蚊相の調査のうち、主として地区別、調査区別、公園・公共施設・一戸建住宅・マンション・市営住宅などの地目別幼虫調査結果などの膨大な資料を、縮尺 1:2,500 西宮市国土基本図上に展開し GIS で解析し、分布の特徴特に地域差を明らかにした。これらの特徴とその要因を、他のデジタル化された地理情報たとえば下水道台帳システム、都市計画地区 GIS、陸域観測技術衛星 ALOS と重ね合せ、また水質検査を実施して検討した。この結果は蚊成虫の調査結果と合わせて、都市域の蚊監視システム構築の基礎資料として重要である。

#### A. 研究目的

ウエストナイル熱・デング熱をはじめ、輸入が疑われ、あるいは近い将来輸入・定着の可能性のある新興・再興感染症の対策として、都市部における蚊生息状況を把握するため、西宮市において蚊成虫および幼虫・蛹の調査を道路・調整池・公園・一戸建住宅などの雨水枡について調査した。その結果を同市のデジタル化された国土基本図上に作図し、地理情報システム GIS で管理して、地域的あるいは空間的特性を解析した。地目別雨水枡分布図を重ね合わせて、西宮市全域の蚊の生息状況を空間的に把握し、さらにその他の地理情報と重ね合わせて、より簡便に、

精確に瞬時に推測が出来、感染症が侵入した際、効果的で適正な駆除対策が可能な監視システムを構築したい。

#### B. 研究方法

##### 1. 供試地図および空中写真

1) デジタルマップとして、西宮市土木管理課が作成管理している西宮市国土基本図（地形図、1/2500DMデータ）およびデジタルマッピングデータファイル（平成 11 年作成、改定同 17 年）を、ArcView で利用した。

2) 紙地図として、同土木管理課が販売している縮尺 1:2,500 西宮市地形図。これに道路雨水

柵の位置を記入してスキャンした後、デジタル化して雨水柵をコード化した。

3) 下水道台帳閲覧システムによる下水道雨水・汚水の合流・分流区域分布図。

4) 西宮市都市計画情報閲覧システムから都市計画用途別地域を接合し一枚にまとめた。

5) 陸域観測技術衛星「だいち (ALOS)」その他、Landsat、Spot、Jels-1 などの衛星画像。これらは宇宙航空研究開発機構 JAXA との研究協力により提供された。

## 2. 地目別雨水柵蚊調査

道路雨水柵(計 7,682 箇所以上)、公園(全市 472 箇所のうち 52 箇所)、公共施設(学校・市の施設)(491 の内 75)、一戸建住宅(70,292 の内 500)、マンション(8,103 の内 43)、市営住宅(235 の内 235)を選び、調査面積、雨水柵の数、有水率、幼虫・蛹採集柵、採集された幼虫の数と種類を地区別調査区別に GIS にも利用できるように、Excel にまとめた。

## 3. 一戸建住宅・道路雨水柵データの GIS での展開

一戸建住宅については住宅ごとに、道路雨水柵については雨水柵ごとにコード化し、有水柵、幼虫生息柵、蚊の種類と採集数を図化し、また全市については調査区別にまとめて図化した。

## 4. 雨水柵の水質調査

蚊幼虫生息状況の地域差の要因を検討するため、公園・道路・一戸建住宅などの雨水柵で採水した検体を、水温、硝酸態窒素、アンモニウム態窒素、COD、pH などを、簡易水質分析用バックテストで調べた。結果は GIS で解析できるように数値で表現した。

## (倫理面への配慮)

本研究では対象動物が蚊であることから倫理面に抵触するものはない。

## C. 研究結果

### 1. 道路雨水柵と蚊幼虫相

道路雨水柵の有水率は 4%、そのうち幼虫

生息率は 38%で蚊の採集数は、北部に少なく、中央部ではばらつきがあり、南部地域では多い。国土基本図上に調査区別に、その調査区の重心上に採集総数をイエカ属、ヤブカ属に分けて棒グラフで示した。全市的に見ると、北部では一つの調査区でヤブカが採集されたに過ぎない。一方南部臨海低地に蚊総数の高い調査区が集中している。さらにイエカ属、ヤブカ属の比率を見ると、海岸線に近い部分にアカイエカ群が多い傾向があった。この蚊数の多い地域は、古くから開発された商業地域を主とし、緩傾斜の地形面で、下水道方式が汚水・雨水の合流区域と一致すると推定された。全道路雨水柵と、そのうち有水柵、幼虫生息柵を区別して図化した結果、有水雨水柵が集中的に分布する地域、分散して分布する地域など、地域差が確認された。

### 2. 一戸建住宅雨水柵と蚊幼虫相

全市で 425 戸調査して雨水柵総数は 1,603 柵で、有水率は 69%、幼虫生息柵は平均 9%であった。蚊幼虫総数は 1,929 個体でうちイエカ属、ヤブカ属の割合は 4:963 で明らかにヤブカが多かった。地区別に見ると北部と南部で比較的多かったが、中央部では 0-1 個体と少ない傾向であった。

### 3. GIS を用いた道路・一戸建住宅の雨水柵から発生する蚊相の特徴

両雨水柵を GIS で重ね合わせて、蚊生息調査がほぼ同時期に実施された地域で、しかも両地目の有水柵が隣接する地域を選び、両者の蚊の採集数や種類を比較した。ある調査区では道路雨水柵ではヤブカ属 974 個体、イエカ属 157 個体採集できたにもかかわらず、一戸建住宅ではヤブカ属 111 個体で、イエカ属は採集できなかった。道路雨水柵でイエカ 427 個体、ヤブカ属 347 個体が採集された調査区で、そこから 100-200m 離れた一戸建住宅ではわずかにヤブカ属の個体が採集されただけであった。またある調査区の事例では道路雨水柵でヤブカ属が 2 個体しか採集できず、一戸建住宅では全く採集できなかった。

道路雨水枡・一戸建住宅別イエカ属・ヤブカ属別採取数を調査区別に示すと、道路と一戸建住宅の雨水枡の幼虫発生状況では似たような傾向、すなわち北部・中部に少なく、南部に高いなどが確認された。

#### 4. 他の地理情報との重ね合わせ

蚊幼虫の生息の地域差をもたらす要因として、西宮市の地形的特徴に着目して、地形面を、山地、丘陵、台地、扇状地、自然堤防など沖積微高地、台地・扇状地を侵食する小河川の谷床低地などの沖積低地、大阪平野の一部を形成する沖積低地、臨海の埋立地などの人工改変・造成地などに大別し、地形の傾斜に規定されるのではないかと考えた。

一方、西宮市の下水道台帳閲覧システムから下水の分流・合流区域を、蚊の発生状況と重ね合わせると、蚊の発生数の多い地域は合流区域と一致した。

#### 5. 雨水枡貯留水の水質分析

一戸建住宅雨水枡については、調査項目の中には明らかにアンモニア態窒素、硝酸態窒素、COD など水質として極端に高い値も見られたが、大部分は蚊の生育に影響を与えるような値は示されなかった。しかし、pHなどで比較すると、生息枡では最低5.6も認められたが、6.4-6.6が多かったのに対し、非生息枡では5.4-5.6が多かった。一方分流区域ではpH 5.6と低い雨水枡があり、幼虫は生息しなかった。合流地区は主にpH 6.0-7.0であった。道路幼虫生息無雨水枡は一戸建て住宅と同様pHが低い傾向にあった。

#### 6. その他の地理情報と蚊発生源

一戸建住宅・公園・マンション・市営住宅などの地目は、都市計画用途区域で確定できることから、西宮市の都市計画地区GISを蚊生息環境判定へ応用することが可能であろうと考えた。蚊監視体制の構築に向けて、これらの特徴とその他のデジタル化された地理情報たとえば下水道台帳システム、都市計画地区GIS、陸域観測技術衛星ALOSや各種解像度の衛星画像のリモートセンシングなど)の導入を試みている。

#### D. 考察

今回の各種地目別蚊幼虫調査、特に一戸建住宅における雨水枡の調査は日本ではほとんど実施されていなかった。西宮市における蚊の調査は市域全域の1割の面積を対象としており、多くの労力と時間を費やす。また調査時期が蚊の発育期間に限られるため複数年にわたる調査となった。道路および一戸建住宅の調査では、中央部の調査区で蚊がほとんど採集されなかった。これらの地域の特性を明らかにすることは、蚊の生息条件を明らかにする上でも重要である。

一戸建住宅の雨水枡は有水率が高いが一般には蚊の発生数は少なく、蚊種はヒトスジシマカを主とする。一方道路雨水枡は有水率が平均より低いにもかかわらず、地域によってはヒトスジシマカやアカイエカ群の重要な発生源になっている。

データの地域的特性とその要因を明らかにするため、地形・水質調査など地理情報と関連付けて調査した。水質に関しては、各雨水枡につき一回の検水採取では結果の精度に限界がある。しかしpHの影響が推測され、蚊の生態とpHの関係や、西宮市においてpHの差をもたらすものは何か、詳らかにしていきたい。

GISによる生息状況の全市的推測方法を示した。蚊生息状況を推測するための地理情報として、今回は都市計画用途別地理情報システム、下水道台帳閲覧システム、ALOS画像などを検討し、さらに継続中である。

我々は首都圏におけるドライアイスを利用したCDCトラップによる蚊成虫の定点調査やその結果を東京都の地理情報システムを用いて解析し、広域の蚊相を簡便・迅速に推定する方法を検討してきた。それら成虫の生息予測と重ね合わせて、同市の多角的な蚊生息の推測が実施される中で、小規模な蚊の生息予備調査で、たとえば都市計画用途別地域のGISやALOS画像を利用したリモートセンシングで、全市的蚊の生息状況の推測を行うような監視システムの

構築が期待される。

#### E. 結論

ウエストナイル熱侵入時の効果的対策を立案するため西宮市の道路・一戸建住宅・発生源の調査結果を地理情報システム GIS に導入する方法を検討した。市域全域で、しかも蚊の発育期間内という時期的制約があり、調査頻度、調査項目に限界があった。

蚊幼虫調査の GIS による空間解析は、発生源の地域差を明らかにすると共に、その要因として、地形、下水道の雨水・汚水の合流・分流タイプ、水質などの関連を予測させ、調査を実施した。今後さらに利用可能な主題図を収集し、地形分類、傾斜、人工建造物など自然・人文環境などの地理情報の解析を行いたい。

今後成虫調査と重ねあわせて、西宮市全域の蚊の空間的分布を推測し、蚊媒介性の新興・再興感染症をモニタリングする方法を確立したい。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

Nihei, N., Komagata, O., Kobayashi, M., Epidemiological analysis of infectious diseases and the establishment of a surveillance system through remote sensing using ALOS images. 2007. Proceeding of the first joint PI symposium of ALOS Data Nodes for ALOS Program in Kyoto.

Tsuda, Y., O. Komagata, S. Kasai, T. Hayashi, N. Nihei, K. Saito, M. Mizutani, M. Kunida, M. Yoshida and M. Kobayashi (2008). "A mark-release-recapture study on dispersal and flight distance of *Culex pipiens pallens* in an urban area of Japan." *Journal of the American Mosquito Control Association* 24: 339-343.

##### 2 学会発表

二瓶直子、吉田政弘、水谷正時、駒形 修、望月貫一郎、小林睦生、西宮市における蚊幼虫の発生状況調査 (3)GIS による幼虫発生状況の解析と防除対策立案にむけて、第 59 回日本衛生動

物学会大会、大阪市立大学、2007 年 4 月 3-4 日、大阪

二瓶直子、駒形 修、小林睦生、ALOS 画像を用いた日本住血吸虫症などの感染症の疫学的解析。長崎大学平成 19 年度共同研究会、リモートセンシングおよび GIS を用いた社会環境要因に帰する感染症対策への適用研究、長崎大、2007 年 2 月 21-22 日、長崎。

Nihei, N., Komagata O., Kobayashi, M., Epidemiological analysis of infectious diseases and the establishment of a surveillance system through remote sensing using ALOS images. The first joint PI symposium of ALOS Data Nodes for ALOS Program in Kyoto, Nov. 19-23, 2007. Kyoto.

二瓶直子、駒形修、津田良夫、吉田政弘、水谷正時、望月貫一郎、小林睦生 (2008)。西宮市における蚊幼虫発生状況の地域差について。第 60 回日本衛生動物学会大会、栃木県下野市薬師寺 3311-1。

二瓶直子、駒形修、望月貫一郎、陸紹紅、汪天平、斉藤康秀、太田伸生、小林睦生 (2008)。国産陸域観測衛星 ALOS データを用いた日本住血吸虫症の疫学的解析。第 77 回日本寄生虫学会大会、長崎大学。

津田良夫、駒形修、葛西真治、林利彦、二瓶直子、斉藤一三、水谷正時、国田正忠、吉田政弘、小林睦生 (2008)。都市環境におけるアカイエカの飛行距離。第 60 回日本衛生動物学会大会、栃木県下野市。

#### H. 知的所有権の取得状況

##### (ア) 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

西宮市の雨水マスに発生する媒介蚊の発生状況調査および公園における  
ヒトスジシマカの発生密度の評価と環境要因について

研究分担者	小林睦生	国立感染症研究所昆虫医科学部
研究協力者	水谷正時	西宮市 環境衛生課
	吉田政弘	いきもの研究社
	二瓶直子	国立感染症研究所昆虫医科学部 客員研究員
	津田良夫	国立感染症研究所昆虫医科学部 室長

研究要旨 デング熱、チクングニヤ熱、ウエストナイル熱等の蚊媒介性感染症対策における予防対策として重要な媒介蚊の発生状況については、系統だった調査が行われていない。本研究事業において、兵庫県西宮市環境衛生課の全面的な協力を得て、全市から10地区を選定し、道路、公園、学校等の公共施設、マンション、市営住宅、一戸建住宅などの雨水マスの調査を行った。公園の調査では有水率は41%でそのうち23%に幼虫が発生していた。公共施設の調査で有水率は40%、幼虫発生率は20%。道路側溝の雨水マスは有水率12%、幼虫発生率は38%。一戸建て住宅の有水率は73%、幼虫発生率は13%、マンションの有水率は49%、幼虫発生率13%、市営住宅の有水率は36%、幼虫発生率14%であった。調査環境によって発生している蚊の種類に特徴が見られ、公園ではアカイエカ種群の比率が高く、一戸建て住宅とマンションではヒトスジシマカの比率が明らかに高かった。道路および市営住宅の雨水マスの幼虫に関してはイエカ属とヤブカ属の比率に大きな違いが認められなかった。幼虫防除に必要な費用を昆虫発育制御剤を処理することで計算したところ、月1回の雨水マスへの薬剤の投入を市街地面積を約57 km<sup>2</sup>として計算した場合、西宮市において年間約5千5百万円の経費が必要となった。チクングニヤ熱、デング熱の重要な媒介蚊であるヒトスジシマカに関して、市内に10地区各2公園においてヒトスジシマカの8分間スウィーピング法による成虫発生密度の評価を5月から10月まで行った。調査対象20公園の各面積、3 m以上の樹木数、捕集地点周辺での灌木の有無、幼虫発生源からの最短距離など、捕集数と関係すると考えられる環境要因と平均捕集数との関係を解析した。捕集成績は、公園間ではもとより同一公園であっても平均捕集数に大きな違いが認められた。公園の面積の大小、公園内の樹木密度(本数/100 m<sup>2</sup>)、公園内の幼虫発生雨水マスからの距離と平均捕集数との間に強い相関関係は認められなかった。捕集場所周辺の環境として隣接する遮蔽物の存在と平均捕集数との間に弱い相関が認められた。一方、平均捕集数と調査期間の最高捕集数とに高い相関が認められた。8分間の平均捕集数が7-9匹で最高捕集数が20匹を超える公園は、平時から蚊

の防除を行う必要があること、平均捕集数が2-4匹の公園も防除対策が強く望まれると考えられる。捕集数が多い地点の環境に関しては、樹木による日陰の存在、潜み場所としての灌木の存在、地表の草の存在、近くに壁や塀などの遮蔽物の存在、幼虫発生源としての有水雨水マスが存在が重要と考えられた。

## A. 研究目的

世界的に見るとデング熱は毎年のように東南アジア、中南米、太平洋諸島国等で流行が起こっており、日本での輸入症例は2008年に100例を超えた。また、2005-2006年にインド洋島嶼国、インド、スリランカ等で大きな流行が見られたチクングニヤ熱はヒトスジシマカが重要な媒介蚊であり、2008年もインドネシア、スリランカ、マレーシア、シンガポール等で患者が多数発生している。また、1999年にニューヨークで突然流行したウエストナイル熱はその後毎年連続してアラスカ、ハワイを除く州で流行しており、ここ数年でも3-4千人の患者が発生している。いつ日本にこれらの蚊媒介性感染症が突然流行するかは予断をゆるさない状況である。上記の感染症の媒介蚊は、我が国の都市部にも普通に分布しているアカイエカ種群やヒトスジシマカであるが、これらの蚊の発生状況、発生密度などの基本的な調査データが欠落している。本研究事業において、兵庫県西宮市環境衛生課の全面的な協力のもと、都市部に多数存在する雨水マスを中心に幼虫発生状況の調査を行った。また、公園を中心に、ヒトスジシマカ成虫の発生密度を人囀法の一つである8分間スィーピング法で評価することを試みた。これらの基礎的な調査結果が今後の我が国の媒介蚊防除対策の指針になると考えている。

## B. 研究方法

### 1. 調査地域の環境

西宮市は北緯 34° 44'、東経 135° 22' で、ほぼ日本の中央に位置し、北西-南東方向に長く、中心部を六甲山地が貫いている。北部の地域は標高が高く丘陵を大規模造成した高層住宅団地で、南部は大阪平野に連なり、標高数 m 以下の古くからの市街地や新しく開発された海浜の埋立地からなる。

### 2. 調査場所

西宮市を北側から海岸線までの地形を参考に 10 地区の調査場所を設定した。各々の調査場所で、1) 公共施設としては小学校、中学校、高校、幼稚園、保育園および西宮市の関連施設 76ヶ所の雨水マス 1,695 個、2) 公園 52ヶ所の雨水マス 682 個、3) 道路 43 町の 5,910 個、4) 一戸建住宅 420ヶ所の雨水マス 1,543 個、5) マンション 43ヶ所の雨水マス 1,064 個、6) 市営住宅 236ヶ所の雨水マス 4,212 個を平成 18 年 6 月から平成 19 年 11 月まで西宮市環境衛生課の職員を中心に調査をおこなった。一方、チクングニヤ熱の媒介蚊の成虫発生密度の評価に関しては西宮市に同様の 10 地区から 2 公園を無作為に抽出し、公園内のヤブカが捕集されやすいと考えられる 2 地点を捕集場所 A,B として選定し調査を行った。A 地点の数メートル離れた樹木に CDC 型ライトトラップを設置し、夕方から翌日の午前中まで蚊の捕集を併せて行った。



### 3. 発生源における幼虫調査

調査地域内の道路、公園、公共施設、一戸建住宅、マンション、市営住宅などの全ての雨水マスで、水の溜まっているマスの有水マスとして記録し、有水率を算出した。捕集は柄杓（クラーク社製、容量 350ml）を用い 4 隅を掬い取り、幼虫、蛹を採集した。採集した幼虫、蛹は採集場所ごとにプラスチック瓶に入れて環境衛生課に持ち帰り、成虫まで育て、ヤブカ属（主にヒトスジシマカ）とイエカ属（主にアカイエカ種群）に分類し、一部のアカイエカ種群は個眼数を観察してアカイエカとチカイエカに分類した。

### 4. 公園におけるヒトスジシマカ成虫密度の評価と周辺環境との関係

ヒトスジシマカの 1 種である捕虫網を用いた 8 分間スウィーピング法および CDC トラップで捕集された蚊は種類、雌雄別に記録した。各公園の面積は西宮市が保有している資料から入手した。3 m 以上の樹木は各公園でカウントし、地図上に樹木の位置を記録した。公園内および周辺道路の雨水マスに関しては、貯水の有無を記録し、幼虫の発生が認められる場合には、4 回の柄杓による採集を行い、持ち帰って幼虫総数を記録し、種の同定を行った。調査は 5 月 13 日から 10 月 28 日まで毎週行ったが、8 分間スウィーピング法によるヒトスジシマカの捕集数に関する解析には、5 月と 10 月の成虫発生密度がばらつくことが予想されたため、6 月から 9 月の間の 15 回の調査結果を利用した。

## C. 結果

### 1. 道路雨水マスの調査

雨水マスの有水率は、山地の造成地の 2 ヶ所で 40%を超えていたが、その他の

地区では 5.9 - 16.6%と低い値であった。有水マスの中で幼虫が発生していたマスの比率は山地より低地の地域が高い傾向が認められた。イエカ属とヤブカ属の比率はほぼ同程度であったが、若干ヤブカ属が多い傾向があった。道路の雨水マスの数は市内全体で 5 万個をこえることが推定されており、蚊の発生源としては重要と考えられた。

### 2. 公園雨水マスの調査

公園は市内全体で 472 ヶ所存在するが、そのうち 52 ヶ所に関して調査を行った。有水率は全体の平均 41%で地域による差は大きくなかった。全有水マスの中で幼虫が発生しているマスの率は全体で 23.0%であった。イエカ属とヤブカ属の比率では、明らかにイエカ属の発生数が多く、有機物の多い水系の存在がうかがわれた。

### 3. 公共施設の調査

学校施設、市営の施設を中心に 76 ヶ所の調査を行った。有水率は公園と同様に高く、全体の平均で 40.3%であった。地域的な差は顕著ではなかったが、人工の埋め立て島である西宮浜では 86.4%であった。幼虫が発生していた雨水マスの率は全体で 19.9%であった。イエカ属とヤブカ属の比率では、明らかにヤブカ属の比率が高い傾向が認められた。

### 4. マンションの調査

市内全体で 8,103 棟のマンションのうち、43 棟の敷地内に存在する雨水マスの調査を行った。10 地区の平均有水率は 49.1%と高く、西宮浜では 66.3%であった。幼虫発生が認められた雨水マスの率は平均で 12.8%であり、イエカ属とヤブカ属の比率ではヤブカ属（ヒトスジシマカ）の比率が明らかに高い傾向であった。

#### 5. 市営住宅の調査

市営住宅は全体で 235 棟存在するが、それら全てに関して調査を行った。有水率は 8%~72.2%と大きな幅が認められ、低地で高い傾向が認められた。幼虫発生が認められた雨水マスの比率は 14.5%であった。イエカ属とヤブカ属の比率はほぼ同様で、地区によってヤブカ属が多い場合とイエカ属が多い場合が存在した。

#### 6. 一戸建て住宅の調査

地域内の一戸建て住宅総数 70,292 戸のうち 420 戸に関して調査を行った。有水率は全体の平均で 73.1%と高く、顕著な地域差は認められなかった。幼虫発生が認められた雨水マスの比率は平均で 13.3%で、イエカ属とヤブカ属の比率ではヤブカ属の比率が非常に高い傾向が認められた。

#### 7. 西宮市における媒介蚊幼虫発生状況

各施設の雨水マスに発生する幼虫は、主にアカイエカ種群（アカイエカおよびチカイエカ）の幼虫とヒトスジシマカの幼虫であるが、イエカとヤブカの比率は調査場所によって大きく異なっていた。公園の雨水マスにおけるイエカ属の全体に占める比率が高いこと、公共施設、一戸建て住宅、マンションにおけるヤブカ（ヒトスジシマカ）の比率が高かったことが特徴的で、水質、周辺環境等の関係が示唆された。道路の雨水マスにおいては、イエカとヤブカがほぼ同様に発生しており、全体の数から考えて、都市部における媒介蚊の重要な発生源となっていることが示された。

#### 8. 西宮浜での幼虫防除費用から算出した市内全域の夏期の幼虫防除費用の算出

西宮浜の幼虫発生源と考えられる雨水マス約 7,000 ヶ所に昆虫発育制御剤を 6

月から 8 月にかけて処理し、島全体での成虫発生を抑えることを試みた。その作業に関して、PCO 業者 22 名の人件費を一人当たり 1 万 2 千円とし、経費を 5 千円として計算した。薬剤費はスミラブ発泡錠剤の購入費として計算した。その結果、島の面積である 2.59 km<sup>2</sup>での 1 回の防除費用に約 46 万円が必要である計算となった。この概算費用をもとに西宮市全体の面積から山林面積を引き、市街地の面積を 57%として計算したところ、1 回の薬剤処理に約 1 千百万円の費用が必要であることが明らかとなった。昆虫発育制御剤は、約 1 ヶ月効果が持続すると考えられていることから、夏期に 5 回（5 月から 9 月までの月 1 回）薬剤投与を行う必要がある。その結果、全体で 5 千 5 百万円が幼虫防除費用として必要である。この費用には、緊急時の成虫防除等の費用は含まれておらず、あくまでも平常時の幼虫対策に必要な経費である。

#### 9. 各公園 2 ヶ所の 8 分間スウィーピング法による捕集数について

A および B 地点の 2 ヶ所とも全く捕集されない公園が 2 ヶ所存在し、平均捕集数が 1.0 以下の地点が 14 ヶ所存在した。最高捕集数は 15 回の調査で 8.67 匹 / 8 分間であり、公園および捕集地点で相当捕集数に差があることが明らかとなった。各公園における A および B 地点での平均捕集数の相関を見ると、弱い相関が認められるが、A および B 地点での平均捕集数が相当異なる公園が存在した。

#### 10. 8 分間スウィーピング法の捕集数における最高捕集数と平均捕集数との相関

各公園の A 地点における最高捕集数を見ると、8 分間で 20 個体を超す非常に成虫密度の高い公園が 3 ヶ所存在する。ま

た、10 個体代の公園が6公園存在した。時期によっては成虫密度が相当高いことが明らかとなった。最高捕集数が得られた時期としては、7月下旬から8月上旬が多い傾向があるが、10月上旬に最高捕集数を記録した公園も認められた。6月から9月での平均捕集数では最高が8.7個体と多い公園が見られ、8分間で2個体以上が吸血飛来する公園が10ヶ所存在した。最高捕集数と平均捕集数との間に高い相関が認められた。

#### 11. 公園内の平均有雨水マス数とヤブカ幼虫数との関係

公園内に多数の有雨水マスが存在した場合、これらから幼虫が多数発生して、羽化成虫が8分間スウィーピング法で多数捕集されることが予想される。今回の調査で、平均有雨水マス数は0~9.2ヶ所と公園によって大きな違いが認められた。この平均値とそれらに発生するヤブカ幼虫数との相関を調べたところ、弱い相関が認められた。

#### 12. 8分間スウィーピング法による平均捕集数と捕集地点周辺での遮蔽物との関係

遮蔽物の多少に関する数値的表現は捕集地点の環境を種々の角度から撮影した写真によったが、1) 捕集地点の近くに住宅が存在する、2) 公園と民間の敷地を隔てる塀が存在する、3) 風の通しを妨げる構造物が存在する、4) 土手などの構造物が存在するなどを写真で判断し、1~3のスコアをつけて解析を行った。その結果、遮蔽物に関するスコアが高いほど蚊の捕集数が多い傾向が見られ、中間の相関関係が認められた。蚊の潜み場所において、風通しが悪いほど成虫にとって適した環境であると考えられる。

#### 13. ヒトスジシマカの捕集数に影響を与える環境要因

捕集数の増加に関係すると考えられる要因、関係しないと考えられる要因とにある程度分けることが可能となった。数学的解析が不十分であるが、捕集数が増加する要因としては、1) 樹木による日陰の存在、2) 潜み場所としての灌木の存在、3) 地表面における植物の存在、4) 遮蔽物の存在、5) 幼虫の発生源である有雨水マスの数などの要因が考えられる。一方、関係しないと考えられる要因としては、1) 公園の面積、2) 3m以上の樹木の密度、3) 捕集場所から幼虫発生源までに最短距離などが考えられる。また、ライトトラップによる捕集数と8分間スウィーピング法による捕集数とに何らの相関が認められず、多くの場合に、8分間スウィーピング法による捕集数が明らかに多い傾向が認められた。

#### D. 考察

西宮市の雨水マスの幼虫調査において、有水率は調査場所によってかなりの違いが見られ、特に道路雨水マスの有水率が12%と最も低かった。一戸建住宅での雨水マスにおける有水率は73%と高い傾向が認められた。公共施設の雨水マスの有水率は40%と高いが、幼虫が発生しているマスの比率が20%で、全体数は道路、一戸建住宅、マンションから比べると相対的に少ない。幼稚園、保育園、小学校、中学校など学校関係の施設での雨水マスは多く、平時から防除を積極的に推進する必要性が高い。イエコ属とヤブカ属の比率に関して、公園は明らかにイエコ属の発生が多い。一方、公共施設、一戸建住宅、マンションではヤブカ属(ヒトス

ジシマカ)の比率が明らかに高く、水質の問題が関わっていることが予想される。市営住宅ではイエカ属とヤブカ族の比率が変わらなかった。道路雨水マスにおいては、ヤブカ属の比率が若干高い傾向があるが、イエカ属の発生も見られ、両種の媒介蚊の重要な発生源となっている。

2005年から2006年にかけてのインド洋島嶼国、インド、スリランカ等で、また、2007年の北東イタリアでの小さな村におけるチクングニヤ熱の流行において、ヒトスジシマカが重要な媒介蚊であった。イタリアでのヒトスジシマカの成虫密度に関して、成虫密度を評価する方法が確立されておらず、我が国の発生密度と比較することが困難である。そこで、8分間スウィーピング法によって、西宮市の公園の種々の地点で捕集数を比較し、季節性、周辺環境との関係を解析した。その結果、捕集数が20個体を超す環境は、公園としての環境は決して良いとは言えず、地域住民が公園内で立ち止まることが不可能と考えられる密度である。インド洋島嶼国で始まったチクングニヤ熱の流行は、2008年も東南アジア諸国で流行しており、いつ日本に輸入患者が原因となる突発した流行が起こるか分からない状況である。今回の調査で、7月下旬から8月中旬にかけての8分間スウィーピング法による調査で、5個体以上吸血飛来が見られる公園環境においては、平時であっても防除を緊急に行うことが重要であり、各地でこれらの基本的な調査を行う必要性があると考えられる。

一般に、デング熱、チクングニヤ熱、ウエストナイル熱等が流行してから対策を始めるのは、効率も悪く即効性も低い。平時からの媒介蚊対策こそが上記の蚊媒

介性感染症対策に重要であり、また、吸血被害から住民を守ることもつながると考えられる。

## E. 結 論

蚊媒介性感染症の効果的対策を立案するため西宮市の10地区を選んで、公園、公共施設(小学校、中学校、幼稚園、保育園、西宮市関連施設)、道路、マンション、市営住宅、一戸建住宅に存在する雨水マスの有水率と幼虫発生状況の調査を行った。雨水マスの有水率は道路が最も低く、一戸建住宅の雨水マスの有水率が最も高かった。イエカ属とヤブカ属の比率に関しては、公園でイエカ属の比率が高く、公共施設、一戸建住宅、マンションでヤブカ属の比率が顕著に高かった。幼虫防除に必要な費用を昆虫発育制御剤を処理することで計算したところ、5月から9月の間に月1回の頻度で市内の全雨水マスに薬剤を投入する場合、市街地面積が約57km<sup>2</sup>の西宮市において約5千5百万円の経費が必要との試算結果を得た。

公園における8分間スウィーピング法による平均捕集数と種々の環境要因との相関関係を検討した。その結果、捕集数の増加に関係する要因と関係しない要因とに、ある程度分けることが可能となった。捕集数が増加する要因としては、1)樹木による日陰の存在、2)潜み場所としての灌木の存在、3)地表面の植物の存在、4)遮蔽物の存在、5)幼虫の発生源である雨水マスが多いなどの要因が考えられる。一方、捕集数と関係しないと考えられる要因としては、1)公園の面積、2)3m以上の樹木の密度、3)捕集場所から幼虫発生源までの最短距離

などが考えられる。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

1) Kobayashi M, Komagata O, Nihei N. Global warming and vector-borne infectious diseases. Journal of Disaster Research 3(2): 105-112, 2008.

2) Kobayashi M, Kasai S., Sawabe K., Tsuda Y. Distribution and ecology of potential vector mosquitoes of West Nile fever in Japan. Global Environmental Research, 12: 27-33, 2008.

### 2 学会発表

1) 小林睦生, 吉田政弘, 水谷正時, 二瓶直子, 駒形 修. 望月貫一郎. 西宮市における蚊幼虫発生状況調査 (1) 疾病媒介蚊対策の重要性に関する科学的根拠. 第59回日本衛生動物学会大会, 2007年4月3-4日, 大阪.

2) 二瓶直子, 吉田政弘, 水谷正時, 駒形 修, 望月貫一郎, 小林睦生. 西宮市における蚊幼虫の発生状況調査 (3) GISによる幼虫発生状況の解析と防除対策立案にむけて. 第59回日本衛生動物学会大会, 2007年4月3-4日, 大阪.

3) Nihei N, Komagata O, Kobayashi M. Epidemiological analysis of infectious diseases and the establishment of a surveillance system through remote sensing using ALOS images. The first joint PI symposium of ALOS Data Nodes for ALOS Program in Kyoto, Nov. 19-23, 2007. Kyoto.

4) Kobayashi M. Northern expansion of dengue vector distribution in Japan by global warming. The 2<sup>nd</sup> Korea-Japan-China Forum on Communicable Disease Control and Prevention "Climate Change and Health", October 15, 2008, Seoul.

5) 小林睦生, 二瓶直子, 水谷正時, 吉田政弘, 津田良夫. 我が国の都市部におけるヒトスジシマカの幼虫発生状況と成虫

密度評価法について. 第60回日本衛生動物学会大会, 2008年4月17日-4月18日, 下野市.

## 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

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

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)  
研究協力者 葛西真治(国立感染症研究所昆虫医科学部)  
研究協力者 駒形 修(国立感染症研究所昆虫医科学部)  
研究協力者 小林陸生(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、ナトリウムチャンネル遺伝子に四重アミノ酸置換突然変異が共通に見出されている。これら4つの座位を対象にして、SNaPshot法によりアタマジラミ罹患患者より採取したシラミがもつナトリウムチャンネル遺伝子のジェノタイプングを行った。2006年から2008年の3年間に29都道府県より407コロニー分のシラミを収集して調査した結果、北海道と沖縄県を含む13都道県に由来する34コロニー(8.4%)に、四重変異を共通に生じている遺伝子が含まれていた。試料収集年ごとの抵抗性遺伝子を有するコロニーの検出率は、2006年の4.8%(試験コロニー数(N)=42)、2007年の6.2%(N=178)、および2008年の11.2%(N=187)であり、抵抗性コロニーの増加傾向が示された。特定の小学校に抵抗性のシラミが蔓延しているケースも明らかになった。抵抗性遺伝子を保有していたアタマジラミに小児が罹患していたケース5例について、保護者へ駆除の経過を聴取したところ、いずれのケースでも、使用書通りの適用では駆除薬の有効性がないことが示された。

A. 研究目的

ここ数年、自治体に寄せられるアタマジラミ被害相談が増えているという報道がくり返されている。東京都の調査によると、2005年度の都内における被害相談件数は720件だったが、2006年度には1,125件に、さらに2007年度には1,864件に達し、毎年約5割増のペースで増加した。ほかにも、同様に被害相談件数が急増して問題になっている県(秋田県、福島県、埼玉県、大阪府)や市(札幌市、岐阜市、岡山市、倉敷市)があると報じられている(週刊SPA!, 2007年10月30日)。被害の急増が伝えられる原因は不明である。わが国でヒジラミ用駆除剤の販売を唯一手がける製薬会社は、2007年10月の報道取材に応じて、全国の年間のアタマジラミ罹患患者数を約50万人と推定した(朝日新聞, 2007年10月9日)。

わが国でヒ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息)を遅延させ、興奮の伝達を攪乱する。

我々が国立感染症研究所昆虫医科学部で2001年より2006年まで、首都圏(東京都、神奈川県、埼玉県)より採取した生きたアタマジラミを使って、ろ紙接触法に基づく抵抗性の判別を調査してきた。その結果、27コロニー中の3コロニーがフェントリン抵抗性と判定された。これらの抵抗性コロニーのナトリウムチャンネル遺伝子は、一致して、四重アミノ酸置換変異(D11E, M850L, T952I, L955F; 順に、N末端近傍, DIIS1-2細胞外ループ, DIIS5膜貫通セグメント, 同左)を生じていた。

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)。最近の神経生理学的研究により、四重アミノ酸置換変異のうち 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)。

アタマジラミは吸血源から離すとその多くが一日以内に死に始め、バイオアッセイに利用できなくなる。したがって、従来通りの試料収集ペースと試験方法では、抵抗性コロニーが出現する頻度や分布の地域性について言及することが困難であった。そこで、本研究開始に際し、まず、ピレスロイド抵抗性特異的で共通な作用点遺伝子の突然変異を抵抗性の指標として分子検出するために SNaPshot 法を確立した。この分子検出法に基づき、日本で現在用いられているピレスロイド系アタマジラミ駆除剤に対する抵抗性の実態をより明らかにしようと試みた。

## B. 研究方法

アタマジラミ試料収集:2007 年度以降のアタマジラミ試料は、国立感染症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/headlice.html>)で行った。おもに、医療機関、次いでアタマジラミ罹患者の保護者より試料が提供された。

分子ジェノタイプング:SNaPshot 法を適用し、ナトリウムチャンネルの D11E, M850I, T952I, L955F 置換変異を検出した。死亡し乾燥した状態で郵送されるシラミを使い、個体ごとに DNA を抽出し、マルチプレックス PCR でナトリウムチャンネル遺伝子の 3 断片を同時に増幅し、増幅された DNA を鋳型にして SNaPshot 反応を行い、最後に、対象とした 4 座位に関する遺伝子型を DNA シークエンサ上で解析した。卵の場合は、コロニーごとにまとめて DNA 抽出を行い、その中に抵抗性遺伝子が含まれていたかどうかについて解析した。

## C. 研究結果

2006 年から 2008 年末までの 3 年間の調査を通

算して、407 コロニー分、1005 個体(複数の卵をまとめて処理したケースも 1 個体として数に換算)を試験した。試料は 29 都道府県より寄せられ、このうち、抵抗性遺伝子を含むコロニーは北海道と沖縄県を含む 13 都道県で見つかった。抵抗性コロニーの出現率は、3 年間の通算で 8.4%であった。各年別に見ると、2006 年の 4.8%(試験コロニー数(N)=42)、2007 年の 6.2%(N=178)、および 2008 年の 11.2%(N=187)であり、抵抗性コロニーが増加した傾向も示された。

抵抗性遺伝子は全部で 34 のコロニーから検出された。抵抗性遺伝子は、検査対象とした 4 座位に關し、すべて四重アミノ酸置換変異(D11E, M850I, T952I, L955F)を有していた。また、抵抗性遺伝子のヘテロ接合体しか見出されなかった 4 コロニーを除く残りの 30 コロニーからは、ホモ接合体の存在が確認された。アミノ酸置換を生じている相同座位はアタマジラミの場合と異なるものの、イエバエのピレスロイド低感受性変異をコードするナトリウムチャンネル遺伝子(抵抗性遺伝子)は遺伝学的に完全劣性に近い。一方、アタマジラミの場合、四重アミノ酸置換を生じている突然変異遺伝子が示す優性の度合いは不明である。アタマジラミの抵抗性遺伝子がイエバエと同様な優性の度合いを示すと仮定すると、ピレスロイド系駆除薬の利用以前に駆除薬の効力が失われていると見なされるコロニーが大半であったことがわかる。同じ医療機関で別家族より採取された抵抗性遺伝子を含むシラミコロニーの例が、東京都江東区で 5 件、兵庫県赤穂市で 8 件あった。採集情報によるといずれの医療機関の場合も、それぞれの地域で同じ小学校に通う小児たちに見出された。

## D. 考察

われわれは、従来、四重アミノ酸置換変異を生じている抵抗性型ナトリウムチャンネル遺伝子をホモ接合体でもアタマジラミがピレスロイド抵抗性の原因であることを、殺虫剤含浸ろ紙への継続接触法による殺虫試験で示してきた(Kasai et al., 2003; Tomita et al., 2003, 2005)。今回の研究を進める中で、アタマジラミ駆除薬として販売されているシャンプー製剤を実際に用いた場合の経過について、抵抗性遺伝子が検出された試料を提供した保護者からコメントが試料とともに送られてきた。抵抗性遺伝子を保有す

るアタマジラミに寄生されていたいずれのケースでも、駆除剤の効力はなかったことが示されていた。2つの例では、1クールの駆除剤適用で、その期間中の2回目以降の処理において、コーミングで補足されるシラミの数が期待通りに減らないことから、駆除薬の効力がないことに気づいた。他の3例では、駆除薬の効力を疑いながらも結果的に2クール以上の駆除剤使用に至り、最終的には、駆除薬の利用を自主的に止めるか、または感染研からの抵抗性遺伝子検査結果に基づき利用を止めた。これら5つのケースの内2つは、感染研昆虫医学部発の抵抗性情報を紹介した新聞記事(または学校配付のプリント)を読んだことが直接のきっかけとなり、駆除薬の効力に疑問をいだいたことがわかった。1つのケースでは、駆除薬適用1クール後に保護者が駆除の失敗を駆除薬販売元に報告したが、その後も3クール目まで駆除薬を利用し続けた。このケースでは、保護者からのクレームに際して、駆除剤の販売元がピレスロイド抵抗性情報を適切に与えなかったことが疑われる。抵抗性情報を周知させると、すき櫛を使った物理的な駆除法への切り替えを円滑に行わせることができ、ひいては、寄生の終息を早めたり施設への抵抗性の蔓延を防ぐことに役立つといえる。

欧米の例から見ても明らかなように、今後、わが国でアタマジラミ駆除薬としてピレスロイド系の薬剤しか利用できないとすると、抵抗性コロニーの発生率が上昇し、駆除法をめぐってそうした混乱が予想される。本研究では、ピレスロイド抵抗性アタマジラミが蔓延していると疑われる施設が少なくとも2つの自治体にあったことが指摘された。現在、わが国におけるアタマジラミ駆除は、ピレスロイド系駆除薬とシラミ駆除専用すき櫛に頼るしかない。学校や保健所が保護者に向けて発する情報も、いずれかの手段を保護者の判断に委ねて選択させるものである。抵抗性コロニーの出現率は約1割と推定されたことを考慮すると、ほとんどのアタマジラミ罹患患者にとっては、使用書通りに使えば10日間の処理期間後に駆除が行える駆除薬の利用が、確実に楽な駆除方法といえるかもしれない。しかしながら、抵抗性が蔓延していると疑われる施設においては、学校または保健所等がいち早くそれに気づき、櫛を使った物理的駆除方法に切り替えを行うよう、注意喚起または勧告が発せられるべきである。そのためには、ふだんよ

り抵抗性シラミの存在と対策について適切な情報を自治体や学校レベルでも保護者に向けて与えておくことが必要である。また、アタマジラミの発見方法や駆除方法を知らせるだけにとどまらず、駆除が確実になされたかを確認することも必要である。保護者の側においては、駆除薬を使用書通りに処理するだけでなく、処理直後または入浴後のすき櫛を使ったコーミングにより、捕まるシラミの数を入念にモニターし、駆除効果を確認することが重要である。駆除薬として用いられるスミスリン製剤をピレスロイド感受性シラミに対して使用書通りに処理すれば、1回目の処理を終えた後にほとんどの幼虫と成虫が取り除かれるはずであり、その後の中2日ずつ置いて2~3回繰り返す処理では、卵から孵化した1齢幼虫を取り除くことを主な目的としている。この点を念頭に置けば、抵抗性シラミに罹患していた場合、捕獲されるシラミ数が処理の回を重ねても容易に減少しないことから、抵抗性の疑いをもつことができる。

これまでに、沖縄県で発生した3コロニー分のシラミを試験したが、そのすべてが抵抗性遺伝子をもつコロニーであった。調査例をさらに重ね、他県とは大きく異なる抵抗性シラミの蔓延がないか、注視する必要がある。

現在のSNaPshot法による解析には、ほとんどの場合、2日間を要していた。34コロニーから検出されたナトリウムチャンネル抵抗性遺伝子は、一貫して四重アミノ酸置換突然変異を有していたことから、解析の対象をDISS膜貫通セグメント内で近接するT952IとL955Fの2つの変異に絞り、より手順と所要時間をセーブする分子ジェノタイプ法に替えることも必要である。現在、新たな方法を開発し検討中である。地方自治体等の検査機関でも抵抗性の分子検査が実施されるようになることが望ましい。分子検査は、抜き取り調査であったにせよ、不適切な駆除処理による駆除失敗の可能性を排して、抵抗性シラミの存在を客観的に示すことができる。アタマジラミ発生の事実は、ともすると、学校や地域の評判を気にして、学校名や地域名を公にすることがはばかられたり、遅れたりしがちである。自治体の衛生研究所がこうした検査を行うことができれば、管轄域の教育委員会や保健所等との対策協議がより円滑に行われるようになるものと期待される。

英国では、これまで化粧品成分として利用されてき



たジメチコンとミスチン酸イソプロピルをそれぞれ有効成分とする新しいアタマジラミ駆除薬が現在利用可能になっている。カナダ、米国、オーストラリア、および、ほかの欧州諸国でも同様に利用可能になりつつある。これらの有効成分はいずれもシラミ気門または皮膚による体内水分量調節を阻害する作用を示し、これらを使った駆除薬は、原理的に抵抗性発達の恐れのないものと考えられている。わが国においても、現駆除薬の効力低下が今後大きな社会問題化する前に、新薬の開発や既開発品の登録が急がれる。

#### E. 結論

1. 2006年から2008年3年間に29都道府県から収集した407コロニー分のアタマジラミを検査したところ、抵抗性ナトリウムチャンネル遺伝子の保有率は8.4%であった。
2. 抵抗性遺伝子を保有するコロニーの出現率には増加傾向がうかがえ、2008年に収集した試料における抵抗性遺伝子保有コロニーの率は11.2%であった。
3. 抵抗性アタマジラミは全国に分布していると推測されるが、特定の施設に通う小児の間に抵抗性シラミが蔓延しているケースも認められた。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 葛西真治, 富田隆史, Question & Answer - アタマジラミは増えているのでしょうか, 健, 37(1): 12-14, 2008.
- 富田隆史, 復活したアタマジラミ, すこやかファミリー, 第575号: 22-23, 2007.
- 富田隆史, 葛西真治, アタマジラミ症, 健康教室, 59(5): 84-87, 2008.
- 富田隆史, 葛西真治, アタマジラミのピレスロイド系駆除剤抵抗性, 週刊日本医事新報, 第4377号: 97-98, 2008.

Kasai S, Ishii N, Natsuaki M, Fukutomi H, Komagata O, Kobayashi M, Tomita T, Prevalence of *kdr*-like mutations associated with pyrethroid resistance in human head louse populations in Japan, Journal of Medical Entomology, 16: 77-82, 2009.

富田隆史, アタマジラミ症の現状と対策, 保育と保健ニュース, 第42号: 4, 2008.

富田隆史, 薬学の時間 2008年4月3日放送「アタマジラミの流行」,

<http://medical.radionikkei.jp/premium/entry-157465.html?login>

##### 2. 学会発表

葛西真治, 石井則久, 駒形修, 小林睦生, 富田隆史, 夏秋優, ピレスロイド剤抵抗性アタマジラミの実態調査, 日本農薬学会第33回大会, 2008年3月31日.

Kasai S, Ishii N, Natsuaki M, Komagata O, Kobayashi M, Tomita T, Monitoring of *kdr*-mediated pyrethroid resistance in Japanese colonies of head lice, 4th Pan Pacific Conference on Pesticide Science, June 2, 2008.

葛西真治, 石井則久, 駒形修, 小林睦生, 富田隆史, 福富裕之, 夏秋優, ピレスロイド剤抵抗性アタマジラミの分子診断法, 第60回日本衛生動物学会大会, 2008年4月19日.

富田隆史, 石井則久, 夏秋優, 福富裕之, 駒形修, 小林睦生, 葛西真治, アタマジラミのピレスロイド抵抗性遺伝子の保有率, 第60回日本衛生動物学会大会, 2008年4月19日.

#### 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

蚊防除の省力化，自治体の衛生動物の防除態勢  
およびコロモジラミの生存条件に関する調査研究

- 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 武藤敦彦（財団法人日本環境衛生センター 環境生物部 次長）  
橋本知幸（財団法人日本環境衛生センター 環境生物部 課長代理）  
皆川恵子（財団法人日本環境衛生センター 環境生物部 係長）  
小泉智子（財団法人日本環境衛生センター 環境生物部 主任）  
数間 亨（財団法人日本環境衛生センター 環境生物部 主任）  
佐藤英毅（財団法人日本環境衛生センター 環境生物部 専門調査役）  
水谷 澄（財団法人日本環境衛生センター 客員研究員）  
三原 実（財団法人日本環境衛生センター 専任講師）  
長嶋孝行（東京農業大学 昆虫機能開発研究室 准教授）  
杉田 純（東京農業大学 昆虫機能開発研究室）

研究要旨 雨水枡に発生するアカイエカやヒトスジシマカなどの幼虫対策の省力化を図る手段として、薬剤処理雨水枡からの周辺雨水枡への効果の拡大状況の確認、銅ファイバーを用いた蚊防除実験、および薬剤を用いない方法として食塩や洗剤を用いた蚊防除の可能性について、基礎試験および実地試験により検討した。実地試験の結果、処理雨水枡から周辺雨水枡への効果の拡大は確認できず、銅ファイバーを用いた防除実験では、基礎効力試験で効果が認められた処理量において、実地では処理水域の銅イオン濃度が基礎試験時のようには上昇せず、効果は認められなかったが、基礎試験において死亡したアカイエカ幼虫を調べたところ、銅ファイバーを飼育水中に入れたことにより、蚊幼虫の中腸に何らかの影響がある可能性が示唆された（H18, 19年度）。食塩水のアカイエカおよびヒトスジシマカ幼虫に対する殺虫並びに産卵抑制効果については、基礎効力試験において、いずれの種類の子虫も1.5%の濃度で100%の致死率が得られ、アカイエカでは1.0%で完全な産卵抑制が認められ、ヒトスジシマカでも産卵数の減少が認められた。界面活性剤を19%含有する台所用洗剤では、洗剤濃度として約0.03%で100%の致死率が得られた（H20年度）。

防除態勢等に関する自治体に対するアンケート調査では、疾病媒介蚊に対する緊急時対応体制の構築、緊急時の対応マニュアル作成を行っている自治体は少なく、防除薬剤の備蓄を行っている自治体は半数以下であること、薬剤散布機器を保有している自治体は半数程度であること、衛生動物対策関連の予算や担当者数は減少傾向にあること、などが明らかとなった（H19年度）。

コロモジラミの生存条件に関する基礎的検討では、水または洗濯洗剤液(0.1%)に浸漬した場合の致死率は、水での20時間浸漬で0~100%、洗剤液では90~100%であったが、6時間浸漬では、高い場合でも洗剤水の15%程度にとどまった。浸漬試験でも浸漬時の水温により異なる傾向が見られたが、乾燥状態での生存期間は、温度により大きく異なり、30および35℃では4日以内に全て死亡したが、20℃では7日後まで70%以上の個体が生存し、全個体が死亡するのに要した日数は、9~12日であった(H20年度)。

#### A. 研究目的

ウエストナイル熱の国内侵入時に媒介蚊となりうるアカイエカやヒトスジシマカ、デング熱やチクングニヤ熱の侵入時にはヒトスジシマカが問題となるが、これらの都市部における主要な発生源に雨水樹がある。また、ヒトスジシマカは、一般家庭に見られる空き缶等の小容器の水からも発生する。これらの小水域は数も多く、一つ一つに殺虫剤を定期的に処理するためには多くの労力が必要となる。そこで、防除の省力化の可能性を検討することを目的として、処理雨水樹から周辺雨水樹への導水管を通じた効果拡大および基礎試験で効果が認められた銅ファイバーの雨水樹への投入による長期的な発生防止の可能性、銅の蚊幼虫に対する作用機序等に関する検討を行った。また、一般家庭で殺虫剤を用いず簡易的に行える方法として、食塩および食器用洗剤による蚊幼虫防除の可能性についても検討を行った。

ウエストナイル熱等の我が国への侵入が懸念される一方で、自治体における防除用薬剤の備蓄や駆除吏員の設置義務が無くなるなど、衛生動物媒介性疾患への対応、特に媒介動物の防除体制や緊急時の対応などについて懸念が示されている。このようなことから、自治体の衛生動物への対応の現状を知ること、それらの結

果から問題点の把握を行うことなどを目的としてアンケート調査を実施し、集計、解析を行った。

壱塚熱媒介への関与が疑われているコロモジラミに関しては、シラミ感染者からの感染拡大の可能性を模索することを目的として、空气中、水中および洗濯洗剤水中での生存状況についての基礎的検討を行った。

#### B. 研究方法

##### 1) 薬剤処理雨水樹から周辺雨水樹への殺虫剤の効果拡大に関する検討

神奈川県川崎市川崎区内の雨水樹(45×45cm、滞留水量10~25L)に対し、幼若ホルモン様物質を有効成分とする「シントースミラブ粒剤」(有効成分:ピリプロキシフェン0.5%)を5倍量(有効成分量として0.25ppm)または標準量(同0.05ppm)処理した。以後、約2週間ごとに処理樹および処理樹から5~20m程度離れた隣接する雨水樹および50m以上離れた位置にある対照樹から蛹を採集して研究室に持ち帰り、採集樹別にイエカ群(この一帯ではアカイエカとチカイエカの発生が認められている)とヒトスジシマカに分けて飼育して羽化率を算出し、処理樹から周辺樹への効果の拡大状況を評価した。

##### 2) 銅ファイバーを用いた蚊幼虫駆除に

## 関する検討

### (1) 基礎効力試験

脱塩素水 1L を入れたガラス容器に所定量の銅ファイバー（銅イオンウール CW100）または黄銅ファイバー（プラスチックウール BW80）を 0.5 g/L, 1.5 g/L, 4.5 g/L になるように入れ、その中に供試虫及び少量の餌を入れ、約 25°C の室温下に置いた。以降、適宜餌を追加して飼育し、幼虫が羽化までに要する日数、羽化数、死亡数等を観察し、区における供試虫全てが死亡もしくは羽化した時点で銅イオンメーター（日本イオン機）等によって測定した。

供試虫は下記のチカイエカ *Culex pipiens molestus* の若齢（1 齢）および老齢（4 齢）幼虫とし、1 区 25 匹前後、2~3 連で実施した。

- ①戸塚コロニー：ピレスロイド剤および有機リン剤に対して感受性のコロニー
- ②横浜コロニー：ペルメトリンに対し約 40 倍、フェニトロチオンに対し約 10 倍の抵抗性を示すコロニー

また、銅の蚊幼虫に対する影響を確認するために、銅ファイバーを入れた水中で 72 時間飼育した若齢幼虫を樹脂包埋し、ウルトラマイクロームにより、背脈管に対して垂直の方向で 0.75  $\mu$ m の切片を作成し、メチレンブルーで染色後、光学顕微鏡（OLYMPUS AX-70TRF）で細胞の状態を観察した。

### (2) 実地試験

神奈川県川崎市川崎区内にある雨水枡（45×45 cm、滞留水量 10~25 L）の水量を測定し、その水量に対し、ビニール紐でくくった銅ファイバー（銅イオンウール CW100）を 0.5 g/L, 1.5 g/L, 4.5 g/L になるように入れ、以後、ほぼ 2 週間ご

とに、ひしゃく（柄杓）掬い取り法によって、幼虫密度について調査を行い、効果判定を行った。対象とした雨水枡にはイエカ群とヒトスジシマカが発生していたが、調査の際は両種を分けずにカウントした。

生息密度の判定は下記の通りとし、一つの雨水枡について 3 回の掬い取りを行い、最も多く掬い取られた場合の評価を、その雨水枡の密度とした。

密度判定 0 匹：- 1~9 匹：+

10~99 匹：++ 100 匹以上：+++

また、実地試験を実施した公園内の雨水枡から滞留水および底土を採取して持ち帰り、持ち帰った採取水 1 L および底土 200 g または脱塩素水をガラス容器に入れ、その中に銅ファイバー 4.5 g を投入してそれぞれ銅イオン濃度の変動を比較検討した。

### 3) 食塩水等の殺幼虫効果および産卵抑制効果の検討

#### (1) 殺幼虫効果

150 mL 容のプラスチック容器に、脱塩素水で所定濃度（0.75~1.75% (w/v)）にした食塩水を 120 mL 入れて供試虫 25 匹を放した。少量の餌を与えて 25°C で保存し、その後、日数経過に伴う幼虫の死亡状況を観察し、得られた死亡率から、プロビット法（Litchfield-Wilcoxon 法）により、50% 致死濃度を算出した。なお、アカイエカ幼虫については、参考として、エタノール、台所用洗剤（界面活性剤 18% 含有）、ザラメ（飼育時に成虫の栄養源として、3~5% (w/v) で水に希釈して与えているもの）についても、種々の濃度に希釈したときの殺幼虫効果を検討した。また、ピレスロイド剤に対する感受性の異なるチカイエカ 2 系統について、食塩