

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

神奈川県，長野県，富山県，三重県および大阪府における
ヒトスジシマカ成虫の飛来消長に関する研究

主任研究者 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・部長）
平林公男（信州大学・繊維学部・応用生物学系・教授）
斉藤一三（麻布大学・環境保健学部・寄生虫学研究室・共同研究員，
国立感染症研究所・昆虫医科学部・客員研究員）
渡辺 護（国立感染症研究所・昆虫医科学部・客員研究員）
吉田政弘（いきもの研究社・代表）

研究要旨

ヒトスジシマカの各地での発生期間を把握する目的で，2010年に引き続き神奈川県，長野県，富山県，三重県，大阪府において，ヒトに誘引される蚊を捕虫網で8分間捕集する「8分間採集法」で調査を行った結果，飛来開始は5月中旬から6月上旬，7月～9・10月にかけて飛来が多い状態が続き，飛来の終息は10月中旬～11月中・下旬であった．飛来開始日や終息日の地域による差は，最低気温など，気温の違いによる結果が大きいと考えられたが，気温が高くても飛来が終息する地域もあり，気温以外の要因も関与しているのではないかと思われた．

A. 研究目的

わが国の東北地方以南に分布するヒトスジシマカ *Aedes albopictus* は，都市部でも雨水榊などの小水域から多数発生し，朝から夕方にかけて屋外でヒトから激しく吸血する蚊として知られている．本種は，現在，熱帯地方を中心に流行し，わが国でも多くの輸入症例が報告されているデング熱やチクングニヤ熱の媒介蚊として知られており，これらの感染症が本種により国内で媒介される可能性が考えられ，また，ウエストナイル熱も媒介可能であることが報告されている．本種は，屋外で昼間に吸血することから，屋内への侵入防止対策を実施すれば吸血被害を軽減できる夜間吸血性の蚊に比べて，個人防御が行いにくい蚊であると思われる．このため，本種が媒介する感染症の国内侵入・発生時には，緊急的に野外における成虫駆除やその態勢整備のための防除期間の設定，住民への注意喚起が必要となる．そのためには本種成虫の吸血飛来期間やその変動を把握するための継続的な調査が必要であることから，その基礎資料を得る目的で，昨年に引き続き神奈川県から大

阪府までの7地点でヒトに対する飛来状況について調査を行った．

B. 研究方法

1) 調査対象種

ヒトスジシマカ *Aedes albopictus*（成虫）

2) 調査場所と調査期間

調査場所は，これまでに対象種の生息が認められている下記の地点とした．2011年の調査場所と調査期間は下記のとおりであるが，④を除く地点については，発生終期に飛来が0になってから，さらに1週間以上調査を継続し，飛来の終息を確認した．

- ① 神奈川県海老名市国分北 3-15 2011年6月10日～12月7日
- ② 神奈川県中郡大磯町大磯 2011年4月17日～12月4日
- ③ 長野県上田市常入 2011年6月6日～10月23日
- ④ 富山県富山市呉羽（呉羽山公園） 2011年5月19日～10月25日
- ⑤ 三重県名張市鴻之台 2011年5月4日～10月30日

- ⑥ 大阪市東成区（玉津公園） 2011年4月30日～11月19日
- ⑦ 大阪市中央区（大阪城公園） 2011年5月3日～10月30日

3) 調査方法

ヒトが毎回同一の調査場所に立ち、飛来するヒトスジシマカを捕虫網で8分間捕集し、その捕集数（捕集数は以下「飛来数」とする場合がある）をカウントする8分間採集法で実施した。なお、上記③の調査場所では、捕集時間は6分間で実施した。捕集虫は原則として雌雄別にカウントしたが、結果は合計数で示した。また、一部の地点では幼虫の発生状況を目視で調査した。

調査は基本的に晴天または曇天、また、風が弱い日を選んで実施し、調査時には天候や風の状態、気温などを記録した。なお、飛来状況と温度の関連などの解析には、特に断りがない限り下記に示す最寄りの気象台観測所のデータを使用した。

- 花巻市：花巻
- 海老名市：海老名
- 大磯町：辻堂（藤沢市）
- 上田市：上田
- 富山市：富山
- 名張市：上野（伊賀市）
- 大阪市：大阪

4) 調査時間、間隔および期間

2011年の調査（捕集）時間は各地点で異なり、上記①では日出1時間前、正午および日没1時間前に、②では原則として7:00～8:00または16:00以降、③では6:00としたが、発生初期や終期の低温の時期には気温が上昇する日中の調査を追加した。④～⑥は日中（10:00～16:00）の調査が多かった。

調査間隔は各地点で異なるが、一部を除き、原則として週1回程度の調査を実施し、上記①および⑥では、さらに頻回の調査を行った。

（倫理面への配慮）

環境や人獣に対する影響は考えられないことから、倫理面への配慮は特に行わなかった。

C. 研究結果

1) 飛来期間と飛来数

各地のヒトスジシマカの飛来開始日、最多飛来日、最終飛来日とその捕集時点の気温および飛来終了確認日（最終飛来日および飛来終了確認日は確認された地点のみ）を、2010年（一部2009年）の結果も含めて表1に示し、8分間採集（地点⑥では6分間）による捕集数と捕集時の気温を図1～7に示した。ほとんどの調査日において同一日に朝、昼、夕の調査を行い、各調査日に複数のデータがある地点①では、それぞれの時間帯の捕集数を別々にグラフ化した。

表1に示すように、飛来期間は地点により様々であったが、2011年に調査を行った地点では、2010年とほぼ同様に、概ね5月下旬から6月上旬に飛来が始まり、最終飛来日が確認されている①の海老名市および②の大磯町では11月下旬に終息し、③の上田市、⑤の名張市では10月中旬、⑦の大阪市では11月上旬に終息した。④の富山市では飛来終了の確認が行われていないが、11月中旬ごろまで飛来があったとの情報を得ている。なお、②で目視により確認した幼虫の発生期間は、5月15日～11月27日であった。

飛来数は図1～7に示すように、いずれの地点でも6月中旬以降、とくに6月下旬から7月以降に急激に増加する地点が多く、9月中旬から10月上旬ごろまで多い傾向がみられたが、地点③では、9月下旬以降急激に飛来数が減少する傾向が見られた。これらの傾向は2010年とほぼ同様であった。地点①および②では10月下旬ごろまで飛来数が多い状況が続いたが、これらの地点でも10月下旬以降急激に減少した。なお、雌雄の割合は地点や調査時期などにより様々であり、地点④の6月14日のように雄の飛来数が80%を占めるような場合もあったが、全般的に雌の飛来数のほうが多く、地点②の結果でみると、全飛来（捕集）数に占める雄の割合は、0～50%で、10～30%台であることが多かった。

2) 気温と飛来数

ヒトスジシマカが飛来した（捕集された）最低気温は、2011年の調査では12.4℃（地点③：9月26日）、次いで16.9℃（地点②：6月2日）、17.0℃（地点①：10月12日）であった（図1-1, 2, 3参照）。なお、2010

年の調査では、地点④の近くの地点（富山市月岡）で確認された 13.3℃（10月19日）が最低（昨年の報告では温度データがなかったため地点①の捕集時気温を最低としたが、気象台観測所のデータを参照した結果、この数値が最低となった）で、次いで地点①の 14.0℃（11月19日）、地点③の 14.5℃（10月12日）で、地点②では 14.8℃（10月24日）であった。なお、2010年は 15℃前後でも飛来が認められているが、2011年は地点③を除いて 16℃以下で飛来が認められた地点はなかった。また、同一日の捕集時間帯別の評価が可能な地点①および②についてみると、発生初期や終期の低温期には、より温度が高い日中の時間帯の飛来が増加する傾向がみられ、地点①の 10月6日、11月13日、30日や②の 10月29日の結果では、朝の気温 14～18℃の時間帯には飛来が認められなかったのに対し、昼または夕の気温が 20℃を超える時間帯には 2～15匹の飛来が認められている（図1および2参照）。また、地点③では、6月6日～16日、9月27日～10月11日の調査で、気温が 5.8～13.3℃の 6:00 に調査を行った日には飛来がないが、気温が 17.7～20.2℃の昼や夕に調査を行った日には 1～2匹の飛来が認められている（図3参照）。

飛来開始日、最多飛来日、最終飛来日および飛来終了確認日前 2 週間の平均最低・最高・平均気温を表 2 に、捕集数と捕集地点の最低気温の推移を図 8～13 に示した。

図 8～11 および 13 から、日最低気温が 15℃を下回る日が多くなると飛来数が減少し、図 8～10 からは 10℃を下回る日が多くなると飛来がほぼ終息する傾向がうかがえるが、図 12、13 に示した地点⑤の名張市と地点⑥の大阪市では、日最低気温が 10℃以上の日が多い段階で飛来が終息し、特に地点⑥でその傾向が強かった。また、地点②の大磯町、③の上田市および⑤の名張市のグラフ（図 9、10、12）からは、日最低気温が 10℃を上回るようになると飛来が始まる傾向が読み取れたが、地点⑥および⑦（いずれも大阪市）では 15℃を上回る日が多くなってから飛来が認められるようになった。なお、ほとんどの地点で日最低気温が 20℃を上回るようになると飛来数が

増加する傾向がみられた。

これらの傾向について、表 2 に示した 2011 年の気温との関係でみると、飛来開始日前 2 週間の平均最低気温は、地点②～④では 13℃前後、⑥、⑦では約 15～16℃で、平均最高気温はいずれも 20℃以上、平均気温は、地点②～⑤では 17℃台、地点⑥および⑦では 19℃台であった。最終飛来日前後の平均最低気温は、地点①で最も低く 4.9℃、地点⑦が最も高く 16.8℃であった。最高気温は地点①～③では約 17～20℃、平均気温は約 10～15℃であったが、地点⑤～⑦では①～③と比べていずれも約 1～5℃高かった。また、最多飛来日前 2 週間の平均最低気温は地点⑤を除いて 20℃以上で、⑦が最も高く 25.2℃であった。この時期の平均最高気温は、ほとんどの地点で 30℃前後で、平均気温は 25℃前後の地点が多かったが、地点⑥、⑦は、その他の地点に比べていずれも約 1～3℃高かった。

D. 考察

ヒトスジシマカ成虫の各地での発生期間を把握するための基礎資料を得る目的で、2010 年に引き続き、神奈川県海老名市および中郡大磯町、長野県上田市、富山県富山市、三重県名張市、大阪府大阪市で 5～6 月以降に 8 分間（上田市は 6 分間）採集法による調査を行った。

その結果、2011 年の調査では調査地点によって異なるが、5 月中旬から 6 月上旬に飛来が始まり、7 月以降、9 月中旬（上田市）から 10 月中旬（海老名市、大磯町）ごろまで飛来が多い状態が続き、10 月中・下旬頃（上田市、名張市、大阪市）～11 月下旬（海老名市、大磯町）に終息した。時間帯を分けて調査を行った地点では、発生初期や終期には、最盛期において飛来が多い朝よりも、気温が上昇する日中に飛来が増加する傾向がみられた。

最寄りの気象台観測所のデータによれば、飛来開始日前後の平均気温は、5 月が海老名市で 18.0℃、大磯町で 17.7℃、上田市が 15.4℃、富山市が 17.0℃、名張市が 17.7℃、大阪市が 19.6℃で、6 月はそれぞれ、22.4、21.8、20.8、22.3、23.0、24.2℃であった。

5・6月の平均気温はいずれも大阪市で最も高く、最低の上田市と比べると4℃以上高かったが、大阪市と上田市の飛来開始時期には大きな違いは認められなかった。最も早く飛来が認められた地点は大磯町で、次いで富山市であり、平均気温が高かった大阪市よりも2週間以上早かった。また、飛来開始前2週間の平均気温も大磯町や上田市、富山市、名張市に比べて大阪市は1.5～2.3℃高く、大阪市は19℃台であったのに対し、他の地点は17℃台で、この時期の平均最低気温も他地点と比べて0.7～3.6℃高かった。最終飛来日に関しても同じような傾向が見られ、最終飛来日前2週間の大阪市の平均気温は、他地点に比べて2.1～7.9℃、平均最低気温も2.5～9.9℃高かった。飛来開始時期に関しては、2010年も同じような傾向が認められている。大阪市における調査は気温が上昇する日中に行われていることが多く、調査時の気温が影響したとは考えにくい。2010年の報告では、大阪市での最終飛来日の確認が行われていなかったため、平均気温からみて、大阪市の最終飛来日は海老名市や大磯町と同様であろう、と推測したが、2011年の調査結果からみると異なる結果となり、地域の集団の特性など、気温以外の何らかの要因が関与している可能性が示唆されたが、これまでの調査では明らかにできず、今後の調査に待ちたい。

2010年と2011年の飛来開始日は、両年共に確認されている大磯町、上田市、富山市、名張市、大阪市の結果では、その差は0～8日であったが、その時期の飛来開始前2週間の温度や月平均気温などとの関連は明らかではなかった。

上田市の調査は2010年が6:00に統一して実施したのに対し、2011年は発生初期や終期には日中の温度が上昇する時間帯の調査も行った。その結果、発生初期では6:00には飛来が認められなくても、日中の時間帯には飛来が認められた。しかし、飛来開始日は2010年よりも2011年のほうが5日遅い結果となり、2010年と同じ条件で調査を行えば飛来開始日はさらに遅くなった可能性が高い。この地点の2010年と2011年の5月および6月の月平均気温は0.1～0.2℃の違いであったが、

2011年のほうが飛来開始日前2週間の平均最低気温は1.6℃、平均気温は1.4℃高かった。にもかかわらず飛来開始日が遅かった理由は明らかではないが、2010年の飛来開始日の6月5日を基準にその前2週間の2011年の気温をみると、平均最低気温は11.3℃でほとんど同じ(2010年は11.1℃)であるが、2010年よりも平均最高気温で2.5℃、平均気温が0.5℃低かったことが関係しているのかもしれない。また、この調査地点では、最終飛来日前2週間の気温が2011年は2010年に比べて平均最低気温で5.7℃、最高気温で0.8℃、平均気温で3.6℃低いにもかかわらず、飛来終了日はほぼ同じであった。これは日中の調査を追加したことによる結果である可能性が高く、2010年と同じ6:00のみの調査であれば、飛来終了日は9月26日となっていた可能性が高い。

大磯町の調査では、2011年の飛来開始は、2010年に比べて8日早かった。2010年に比べて2011年の飛来開始前2週間の平均最低気温、最高気温、平均気温はいずれも0.7～1.6℃低く、この気温だけをみれば、2011年のほうが遅くなった可能性があるが、越冬した卵が孵化して幼虫が発育を開始するであろう4月の月平均気温や最低気温、最高気温は2011年のほうが0.8～1.6℃高く、この気温の高さが関与した可能性も考えられる。

地点①の海老名市、②の大磯町、③の上田市では、最低気温が10℃を、⑥、⑦の大阪市では15℃を下回る日が多くなると飛来数が激減し、その後飛来が終息する傾向がみられ、前述の飛来開始日や終息日前後の気温と同様に調査地点による違いがみられた。当初、気温データから発生期間の推定を試みようとして開始した本調査であったが、2011年の調査結果からみると、必ずしも気温の変動からだけでは推定ができない可能性も示唆された。今後は、調査地点をさらに拡大して同様な調査を継続し、種々の気象との関連や地域の集団の特性などに関する解析を試みたい。

E. 結論

デング熱やチクングニヤ熱の媒介蚊として知られるヒトスジシマカのヒトに対する吸血

飛来期間は、神奈川県海老名市および大磯町、長野県上田市、富山県富山市、三重県名張市、大阪府大阪市における 2011 年の調査では、飛来開始が 5 月中旬から 6 月上旬で、終息は 10 月中・下旬頃（上田市、名張市、大阪市）～11 月下旬（海老名市、大磯町）であった。また、飛来が多い期間は、7 月以降、9 月中旬（上田市）から 10 月中旬（海老名市、大磯町）であった。発生期間はその時期の気温が関係すると考えられたが、飛来開始日や最終飛来日前後の温度には地域により違いがみられ、必ずしも温度のみが発生期間を決定する要因ではないことが示唆された。

日本各地での同様な調査の継続的な実施によるこのようなデータの蓄積は、本種の発生期間や発生量の推定、また、それに基づく防除期間や防除体勢の構築などの基礎資料となると思われ、今後も全国各地での継続的な飛

来消長調査および結果の解析が必要と考えられた。

F. 健康危険度情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

平林公男. 長野県内におけるヒトスジシマカの研究記録と近年の上田市における発生動態

第 27 回日本ペストロロジー学会大会,
2011.11.18, 千葉市

H. 知的財産の出願・登録状況

なし

表1 各調査地点における飛来開始日、最多飛来日および最終飛来日

調査地点	調査年	飛来開始日 (捕集数)	最多飛来日 (捕集数)	最終飛来日 (捕集数)	飛来終了 確認日**	捕集時気温*** (°C)		
						開始日	最多日	最終日
花巻市	2010	8/18* (2)	9/17 (5)	10/14 (1)	10/27	33.0	26.6	21.0
海老名市・国分北A	2010	6/12 (2)	7/28 (13)	11/23 (2)	11/25	20.0	28.0	16.5
海老名市・国分北B	2010	—	8/13 (33)	11/28 (1)	12/5	—	25.0	19.0
	2011	[6/10 (6)]	8/30 (39)	11/30 (2)	12/7	[25.0]	30.0	22.0
大磯町	2009	—	—	11/15 (3)	11/21	—	—	22.7
	2010	5/23 (1)	8/14 (79)	11/14 (2)	11/20	19.1	28.3	18.0
	2011	5/15 (1)	7/24 (47)	11/20 (1)	11/23	24.0	27.0	24.5
上田市	2010	6/5 (1)	8/20 (16)	10/12 (2)	10/17	14.8	23.5	14.5
	2011	6/10 (1)	8/26 (22)	10/15 (1)	10/16	24.7	21.2	16.7
富山市・月岡	2010	6/1 (3)	7/27 (13)	[10/19 (1)]	—	21.0	29.0	[15.5]
富山市・呉羽山公園A	2010	5/25 (1)	7/27 (16)	[10/19 (5)]	—	21.4	34.0	[15.5]
	2011	5/24 (6)	9/6 (34)	[10/25 (2)]	—	18.0	28.0	[16.4]
富山市・呉羽山公園B	2010	6/1 (8)	8/31 (33)	[10/19 (5)]	—	21.3	32.0	[16.1]
	2011	[5/19 (3)]	9/6 (69)	[10/25 (4)]	—	[18.5]	28.0	[16.4]
名張市	2010	6/5 (1)	7/19 (18)	[10/17 (0)]	—	21.3	29.1	[16.1]
	2011	6/5 (3)	6/12 (6)	10/15 (2)	10/22	23.7	19.8	21.6
大阪市・玉津公園	2010	6/5 (1)	8/21 (45)	[11/3 (2)]	—	25.5	31.6	[16.6]
	2011	6/6 (1)	9/18 (65)	11/5 (1)	11/12	24.7	30.4	20.7
大阪市・大阪城公園	2010	5/31 (1)	7/31 (47)	[10/3 (7)]	—	22.1	29.2	[23.6]
	2011	6/5 (2)	7/12 (59)	10/15 (4)	10/22	24.6	28.5	23.8

[]: 調査開始日から飛来があったため、飛来開始日ではなく「調査開始日」となる

・最終的な飛来終了の確認(飛来数が0になった以降の2週間程度の調査)が行われていないので、「最終調査日」となる

*: この日から調査場所を変更、前回(8月10日)の調査までは、別の場所で行った

** : 飛来が0となり、その日以降の調査(1週間以上)でも飛来が確認されなかった場合、飛来終了確認日とした

***: 名張市(2011年)、大阪市(2011年)は最寄りの気象台の温度データ。その他は、調査時に現場で温度計等で測定したもの

表2 飛来開始日前, 最多飛来日前, 最終飛来日前および飛来終了確認日前の最低・最高・平均気温(2週間の平均値)

調査地点	調査年	最低気温*℃				最高気温*℃				平均気温*℃			
		飛来開始日前	最多飛来日前	最終飛来日前	飛来終了確認日前	飛来開始日前	最多飛来日前	最終飛来日前	飛来終了確認日前	飛来開始日前	最多飛来日前	最終飛来日前	飛来終了確認日前
花巻市	2010	—	—	12.8	8.2	—	—	22.4	16.5	—	—	17.1	12.9
海老名市・国分北A	2010	14.4	23.7	7.8	7.6	23.7	33.5	17.1	15.5	19.0	28.4	11.8	11.7
海老名市・国分北B	2010	—	25.0	7.8	6.9	—	31.7	15.8	17.2	—	27.8	11.4	11.7
	2011	—	22.5	6.3	4.9	—	30.0	17.3	15.4	—	25.7	11.8	9.9
大磯町	2009	—	—	11.1	10.9	—	—	19.5	17.8	—	—	15.3	14.1
	2010	14.7	25.7	10.3	9.3	22.0	29.7	19.8	18.0	18.1	26.9	14.8	13.4
	2011	13.1	23.0	12.6	11.4	20.7	29.1	18.9	18.6	17.4	25.7	15.5	14.8
上田市	2010	11.1	22.7	14.1	13.8	22.8	31.9	21.9	22.8	15.7	22.0	17.2	17.4
	2011	12.7	20.4	8.4	8.7	22.0	29.7	20.3	21.0	17.1	23.9	13.6	14.4
富山市・月岡	2010	14.0	23.5	—	—	21.3	33.6	—	—	17.1	28.3	—	—
富山市・呉羽山公園A	2010	12.6	23.5	—	—	21.7	33.6	—	—	16.6	28.3	—	—
	2011	12.7	22.3	—	—	23.5	28.6	—	—	17.8	25.2	—	—
富山市・呉羽山公園B	2010	14.0	24.9	—	—	21.3	34.5	—	—	17.1	29.3	—	—
	2011	—	22.3	—	—	—	28.6	—	—	—	25.2	—	—
名張市	2010	12.9	21.4	—	—	24.2	29.6	—	—	17.7	25.0	—	—
	2011	14.6	16.4	11.7	12.1	22.3	24.4	22.7	23.2	17.9	20.0	16.8	17.3
大阪市・玉津公園	2010	15.6	26.9	—	—	25.1	34.5	—	—	19.6	30.2	—	—
	2011	15.3	23.5	15.1	14.8	22.9	31.8	23.6	21.6	19.4	27.0	18.9	18.1
大阪市・大阪城公園	2010	16.1	26.0	—	—	24.5	33.9	—	—	19.7	29.5	—	—
	2011	16.3	25.2	16.2	16.8	22.8	32.3	23.8	24.8	19.2	28.2	19.7	20.4

*:各調査地点の最寄りの気象台の温度データから算出

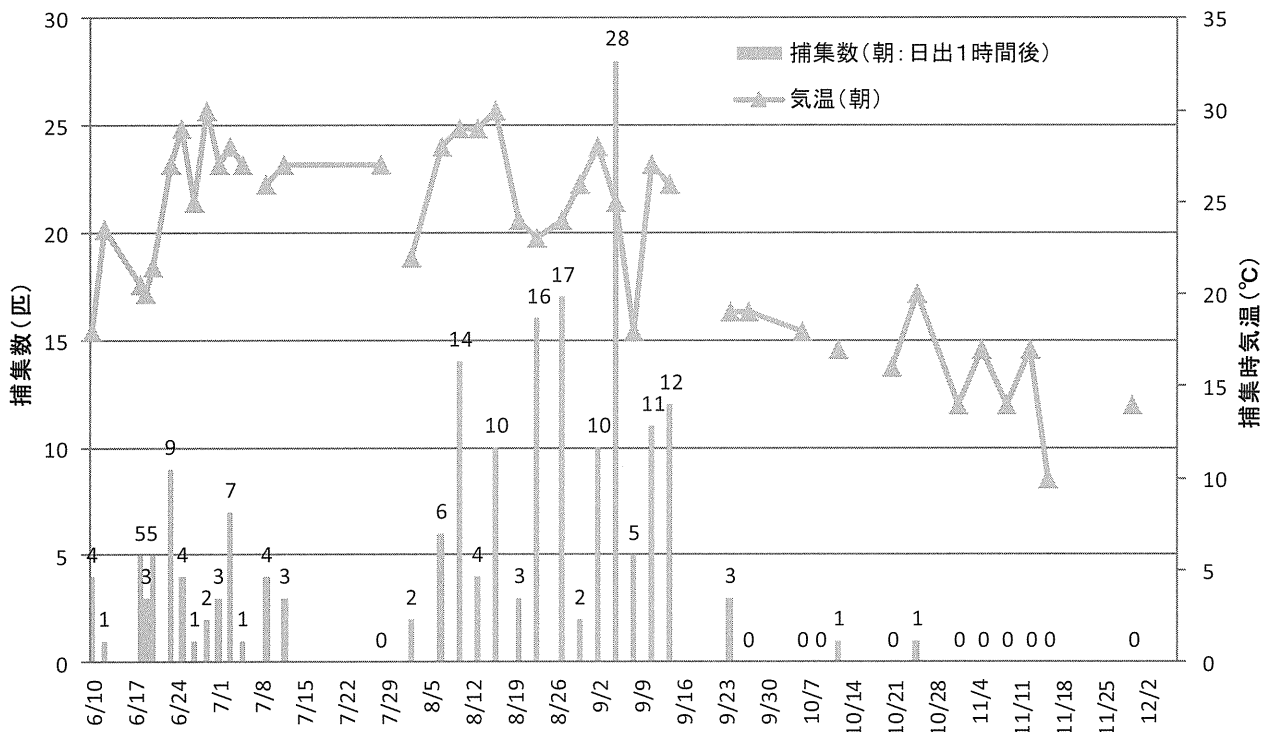


図1-1 捕集数の変動(海老名市国分北B): 朝

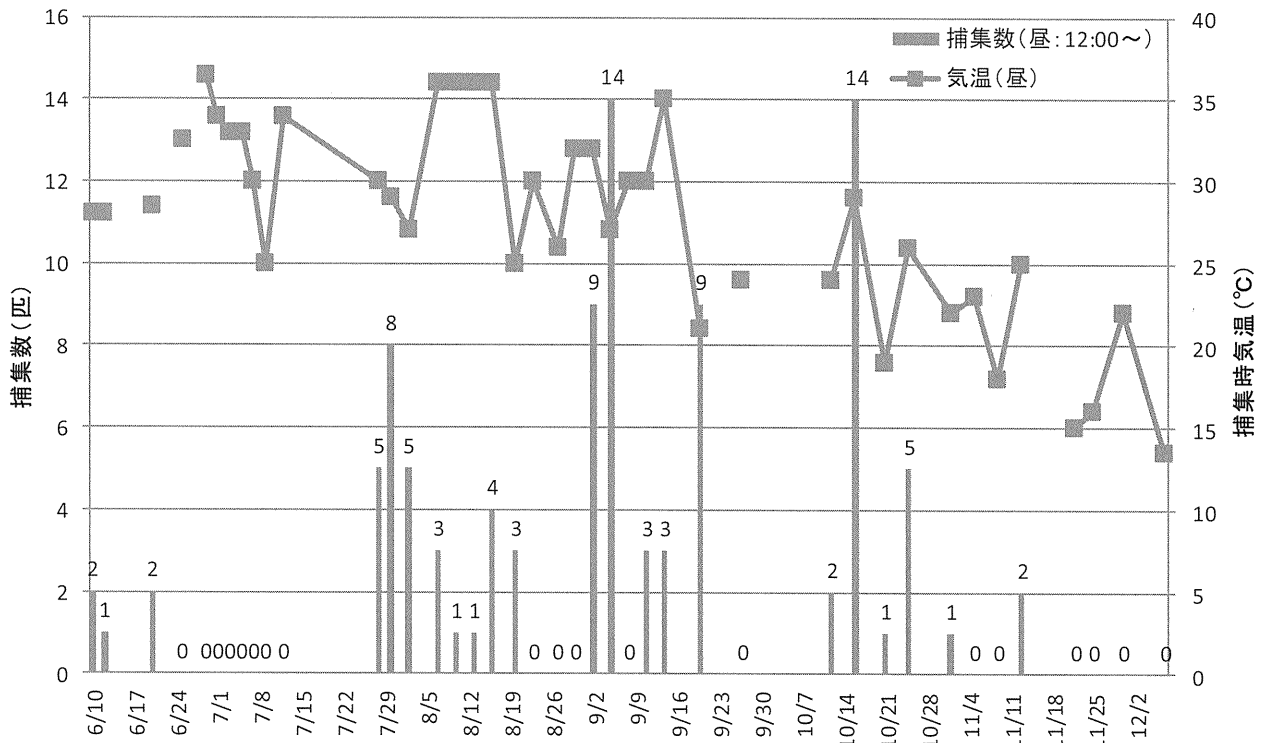


図1-2 捕集数の変動(海老名市国分北B):昼

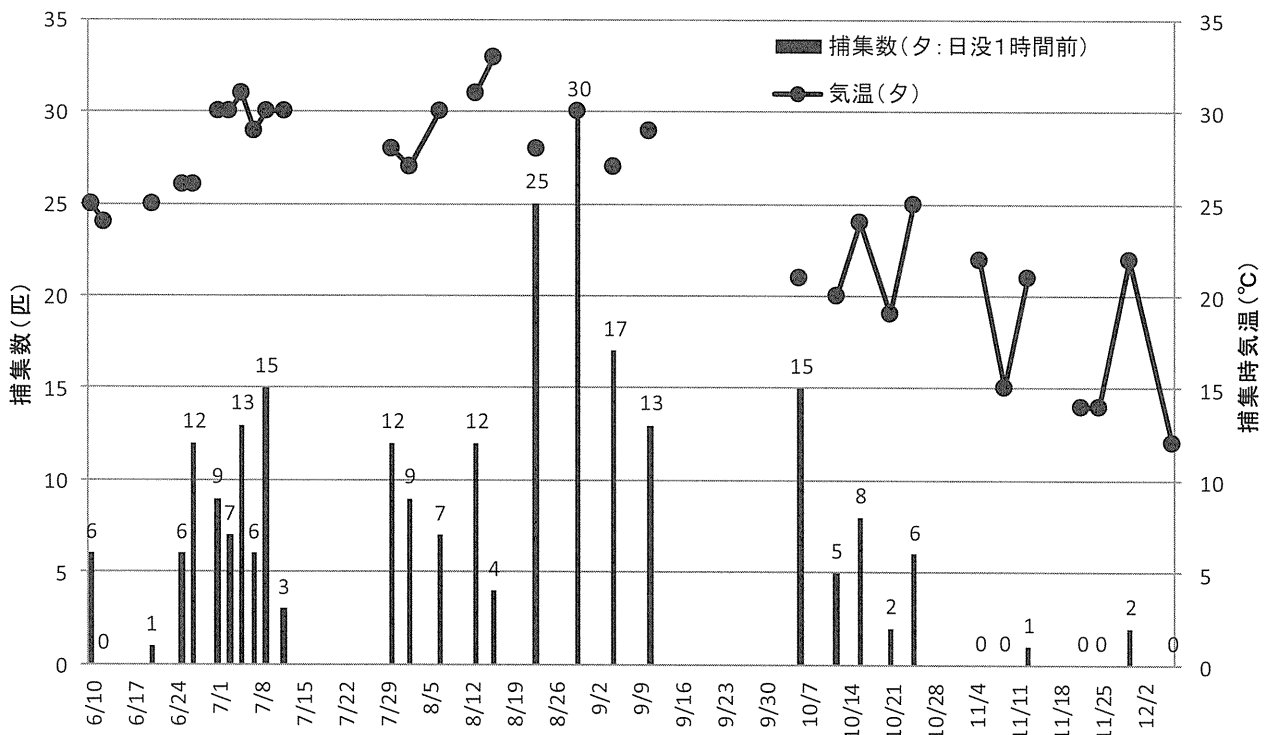


図1-3 捕集数の変動(海老名市国分北B):夕

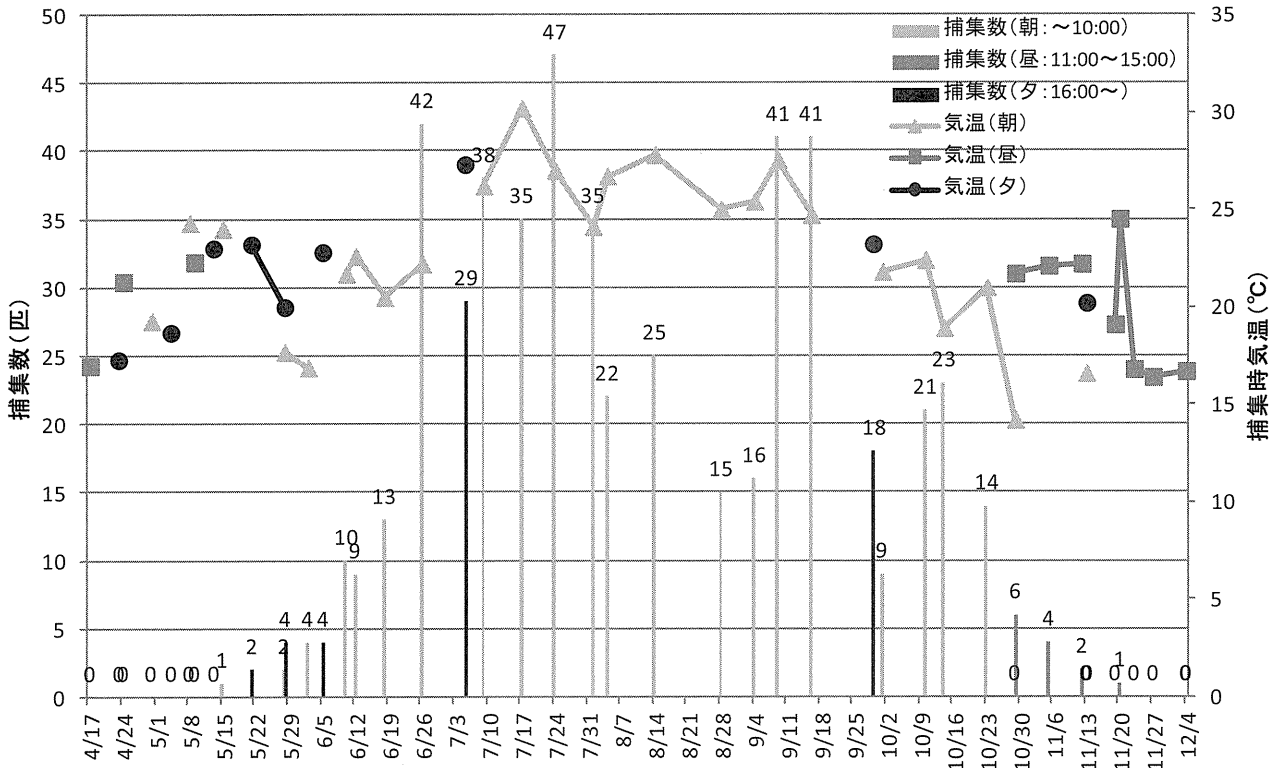


図2 捕集数の変動(大磯町)

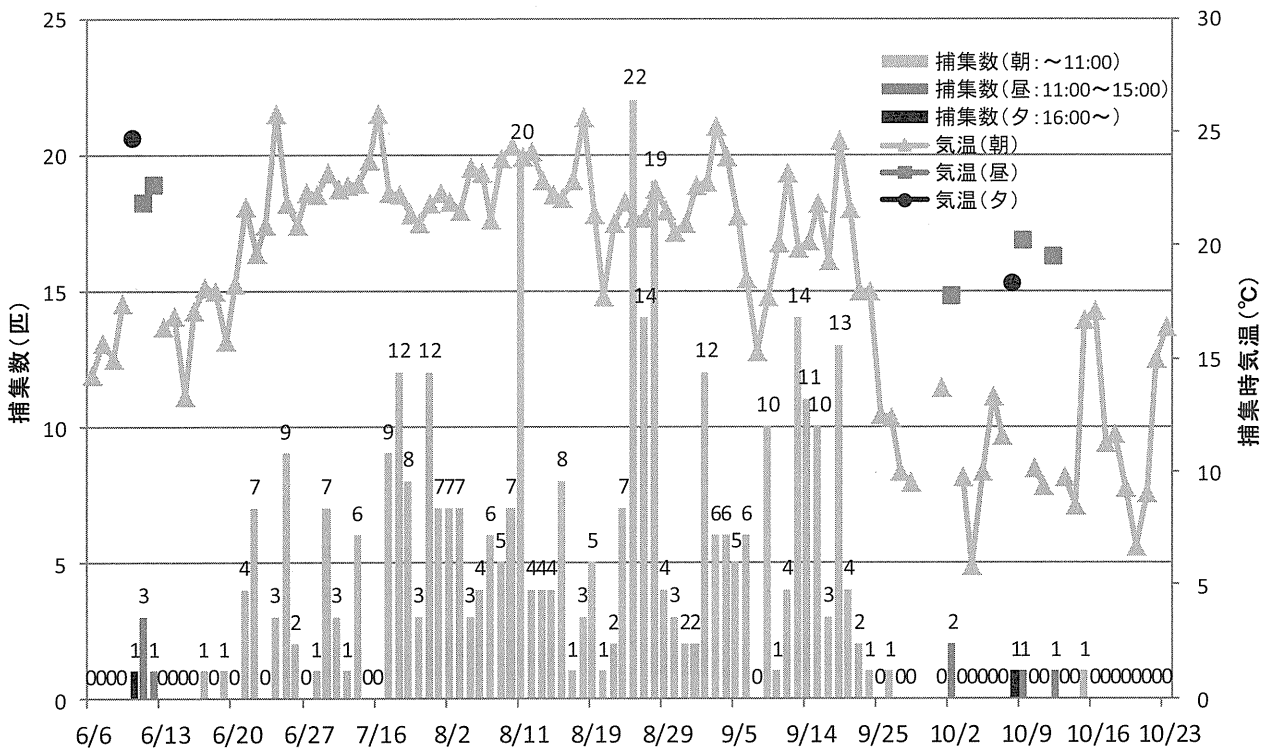


図3 捕集数の変動(上田市)

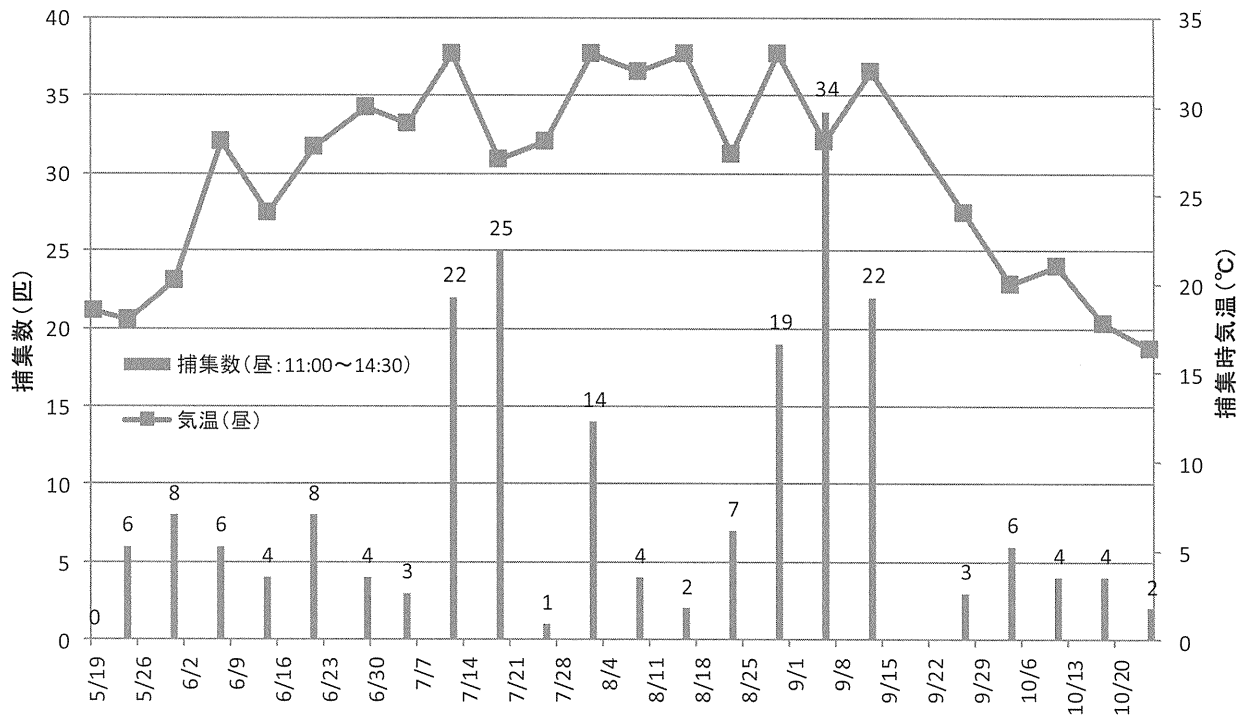


図4-1 捕集数の変動(富山市・呉羽山公園A)

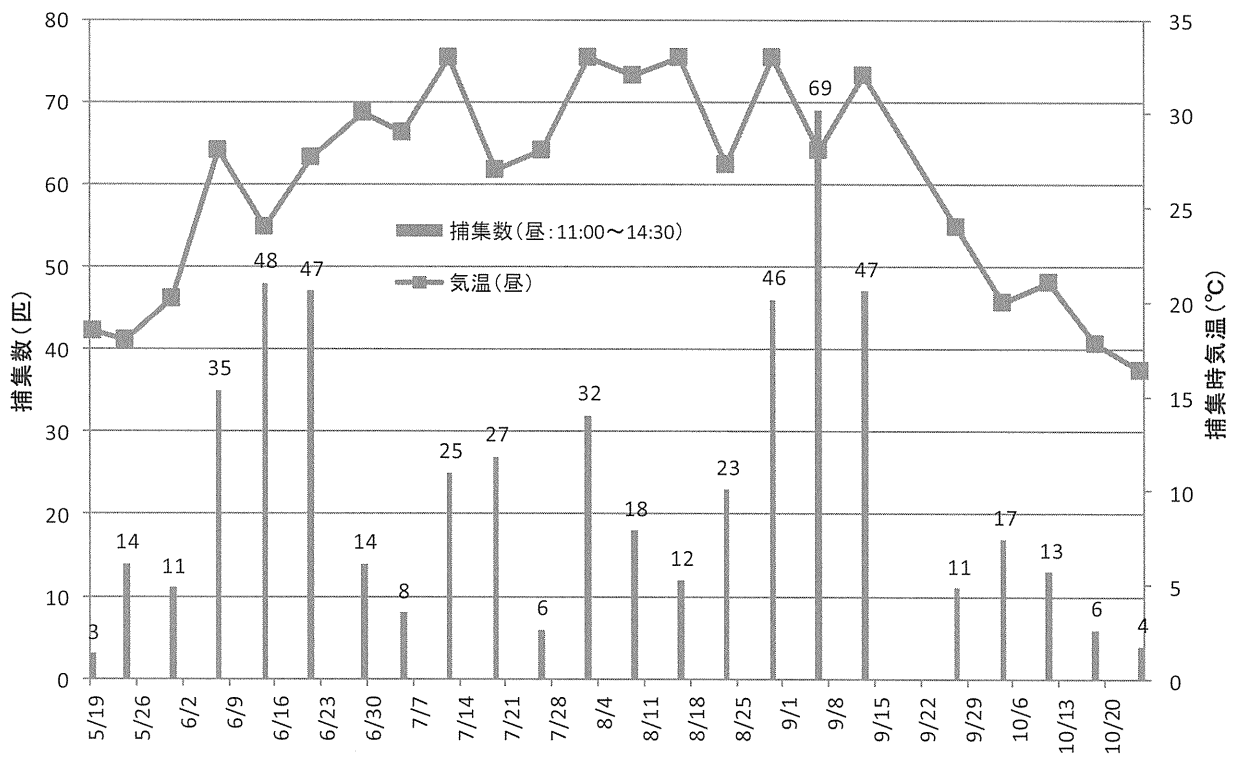


図4-2 捕集数の変動(富山市・呉羽山公園B)

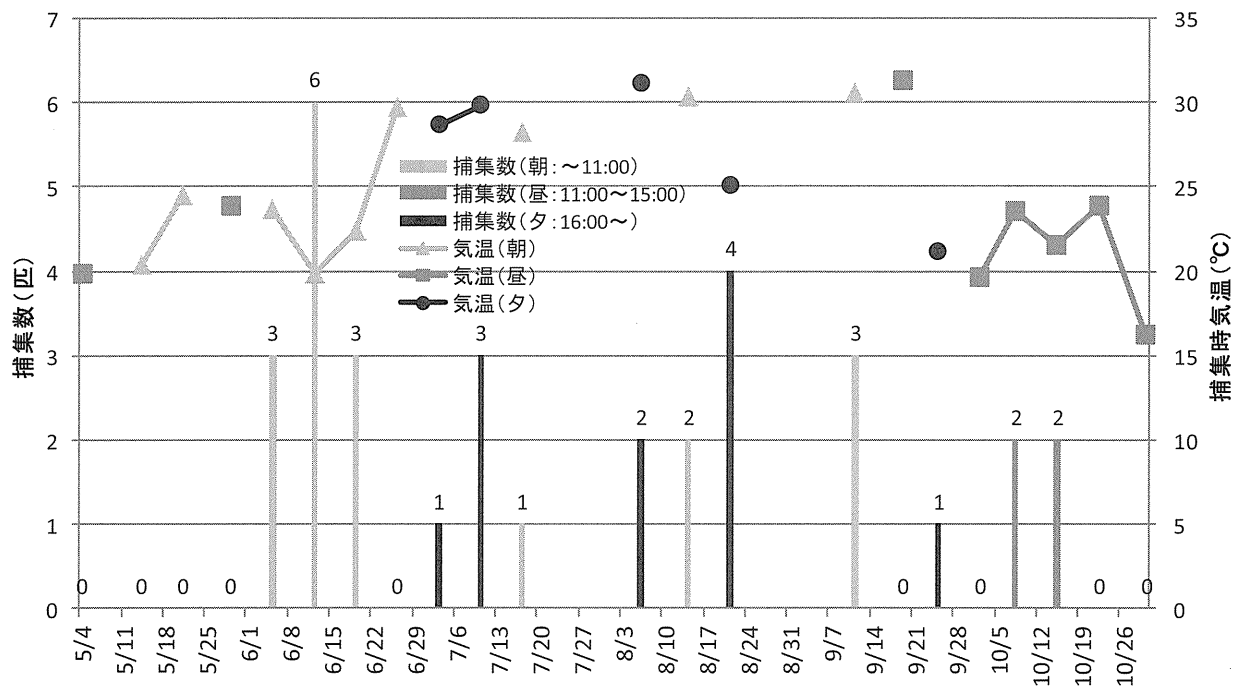


図5 捕集数の変動(名張市)

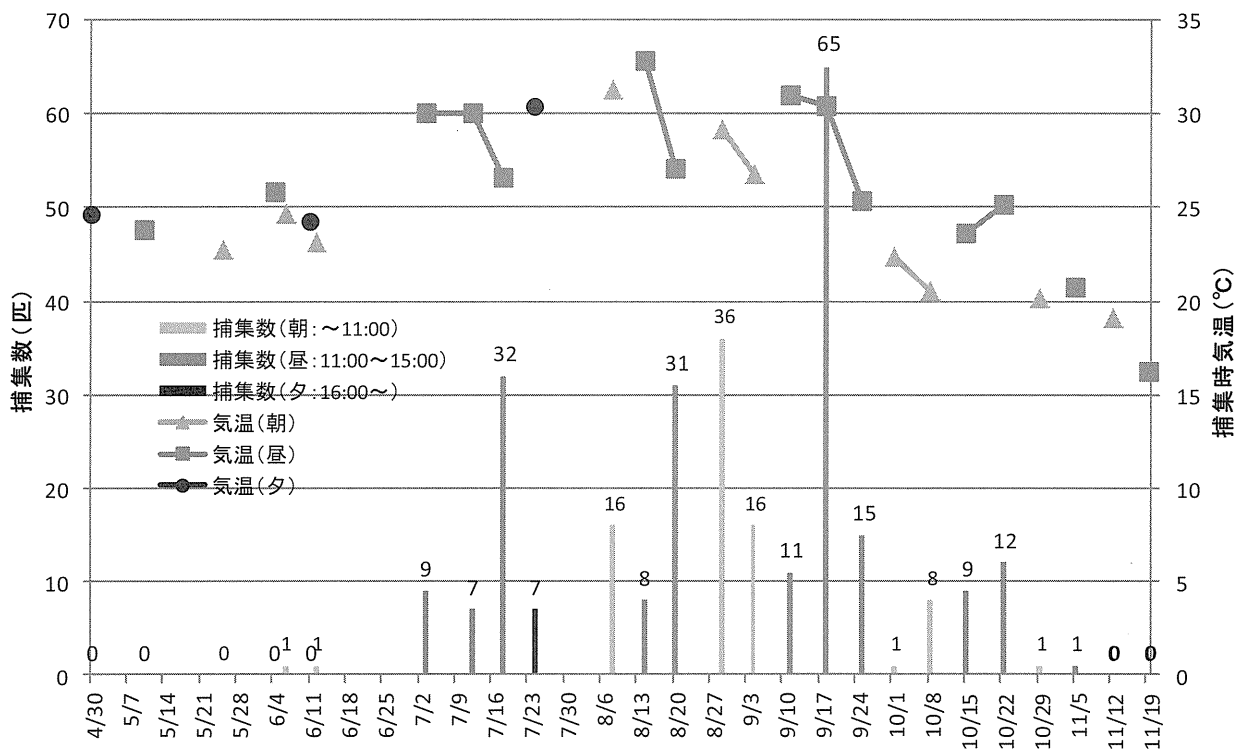


図6 捕集数の変動(大阪市・玉津公園)

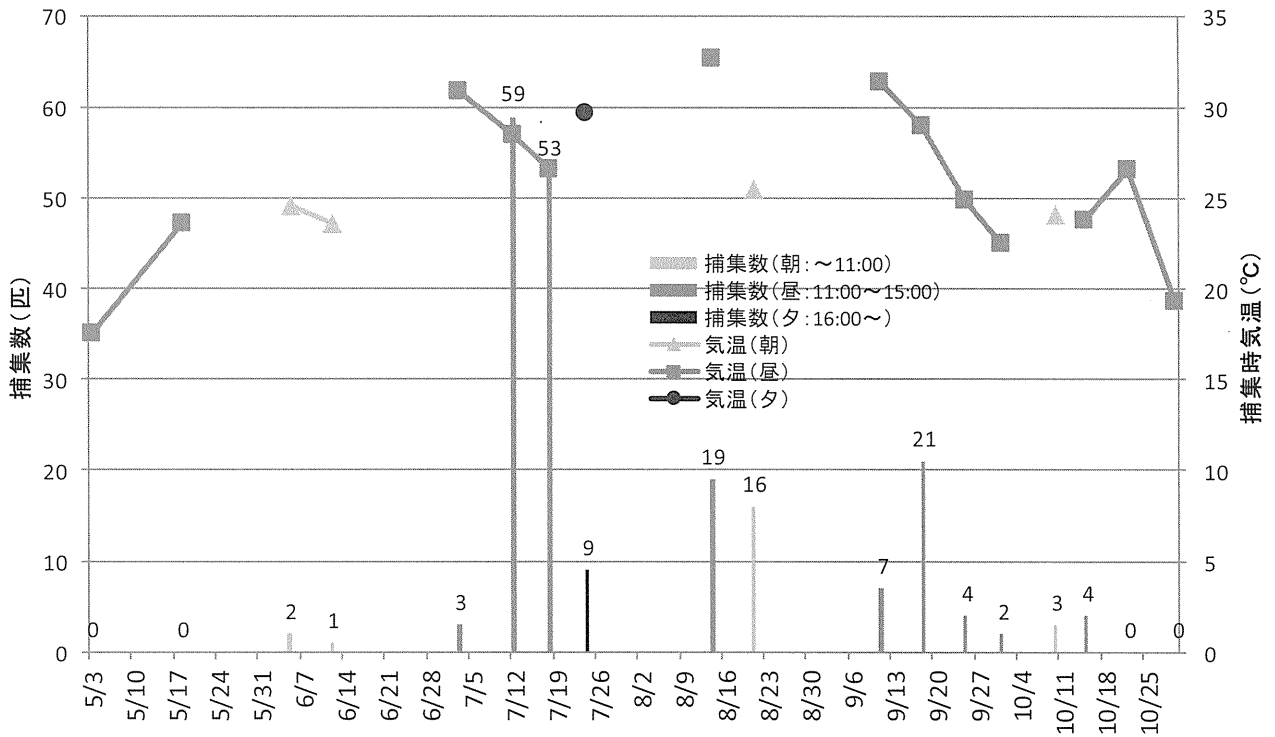


図7 捕集数の変動(大阪市・大阪城公園)

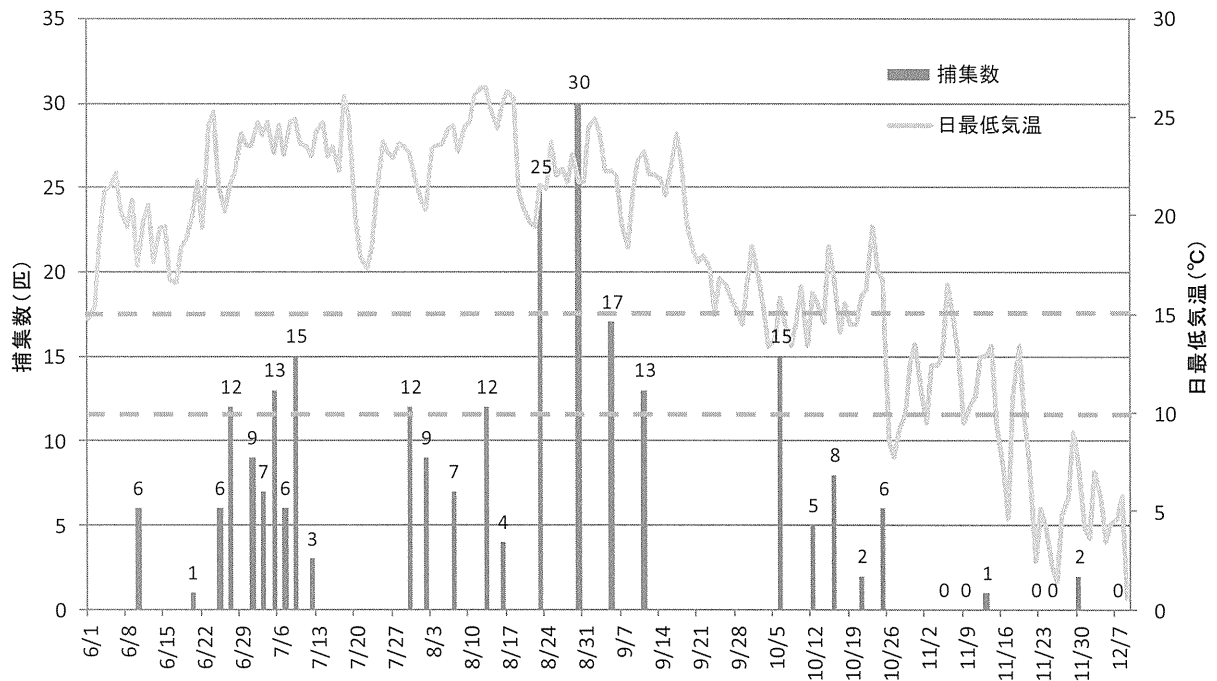


図8 捕集数(日没1時間前)と最低気温の推移(海老名市)

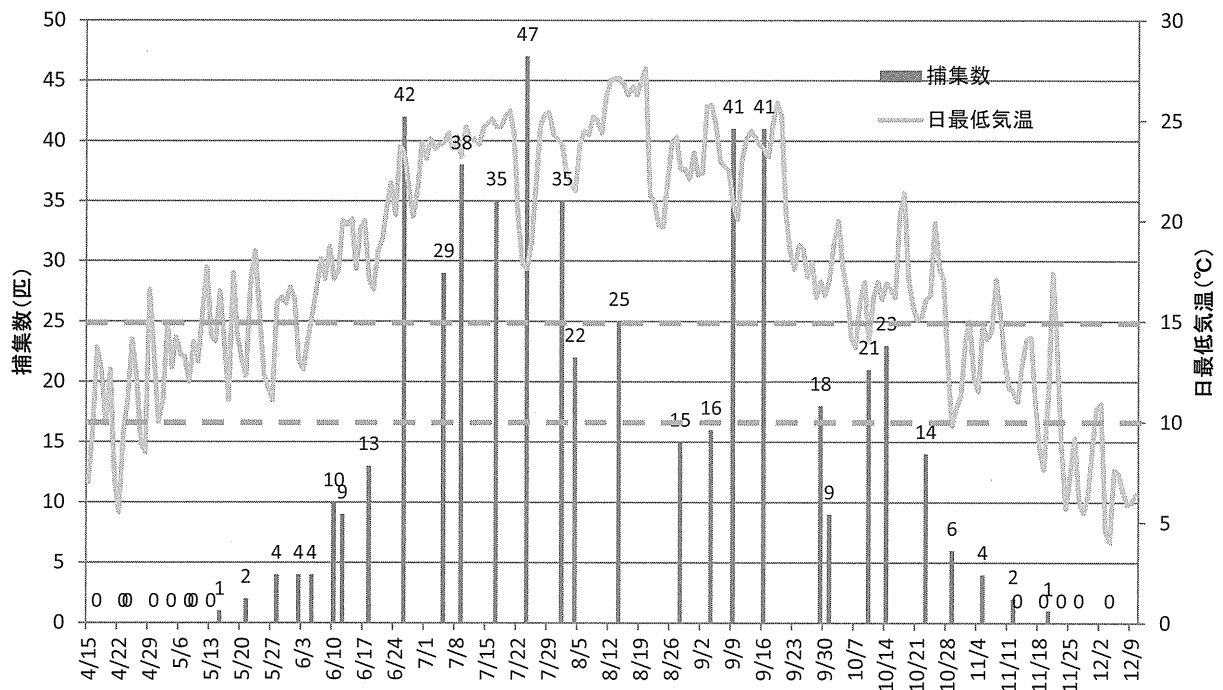


図9 捕集数と最低気温の推移(大磯町)

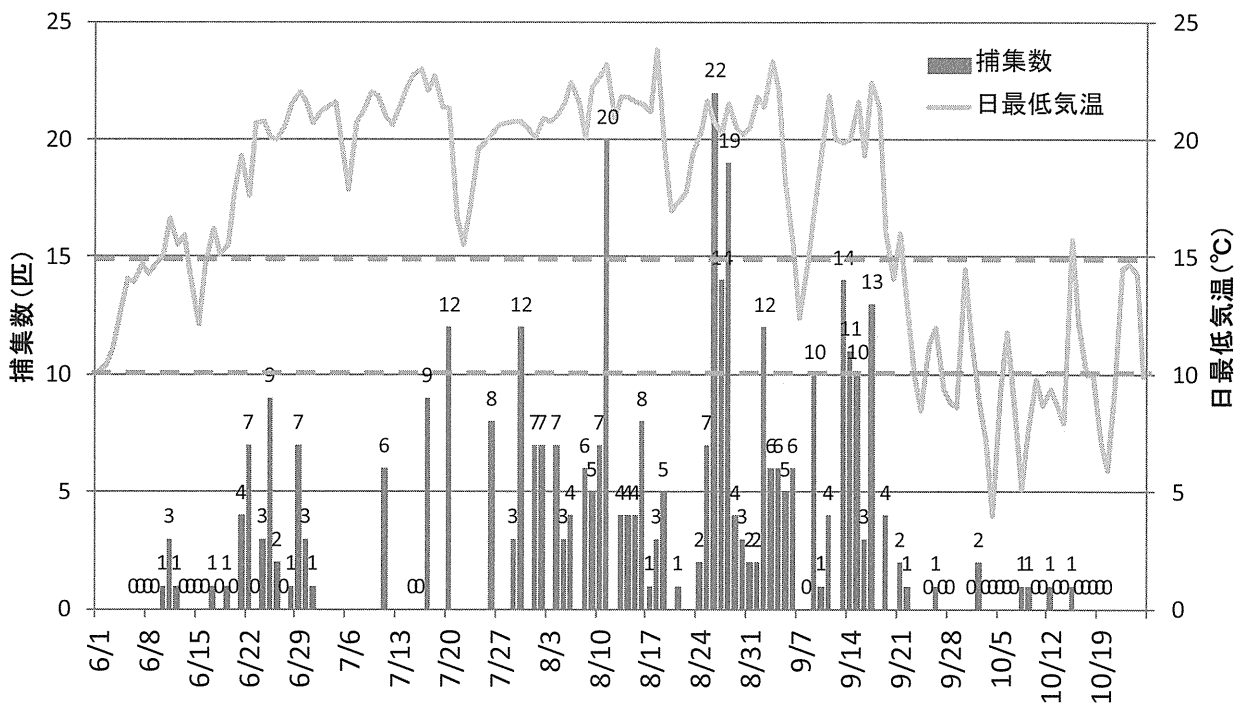


図10 捕集数と最低気温の推移(上田市)

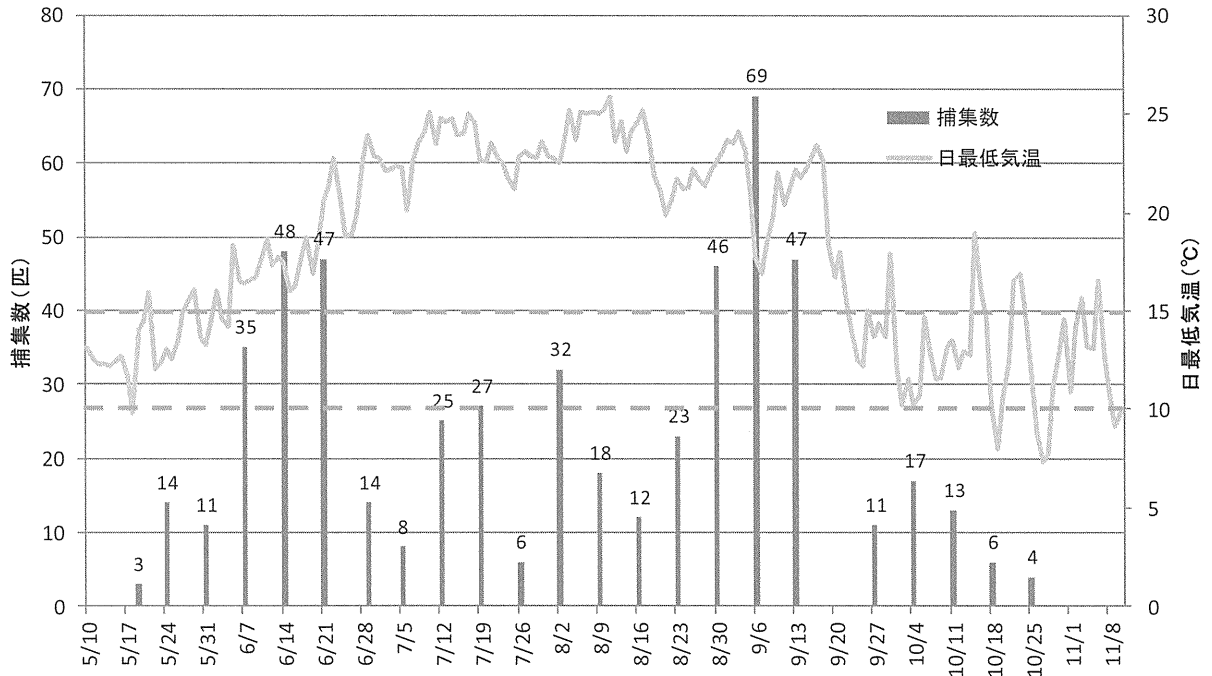


図11 捕集数と最低気温の推移(富山市呉羽山公園B)

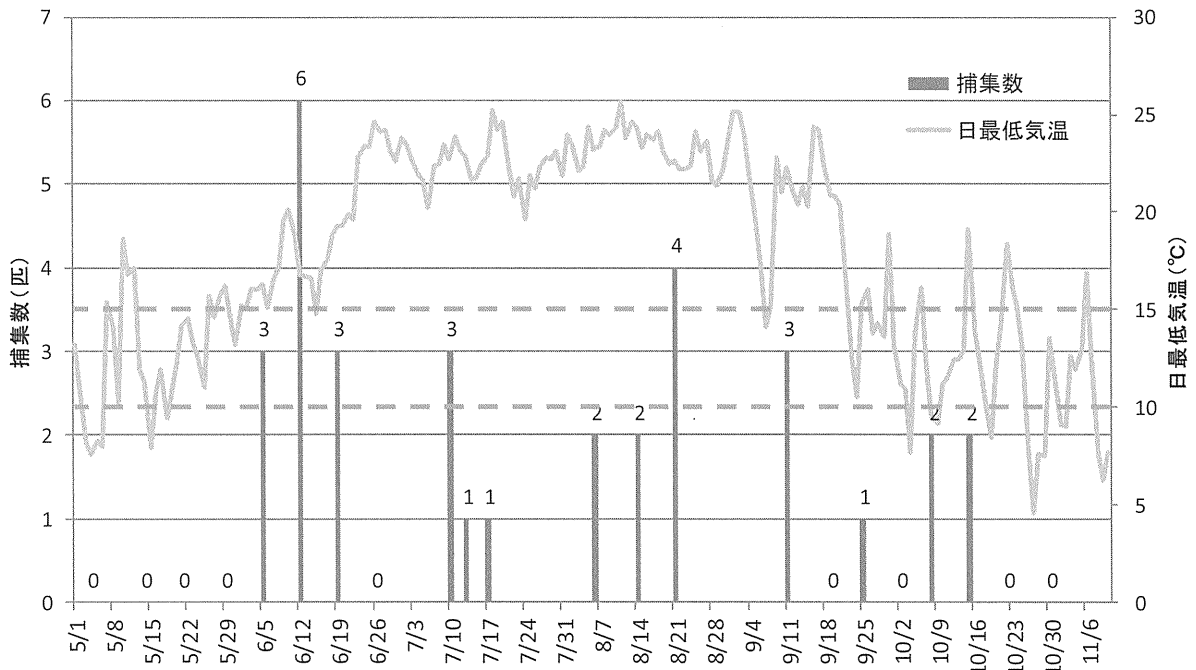


図12 捕集数と最低気温の推移(名張市)

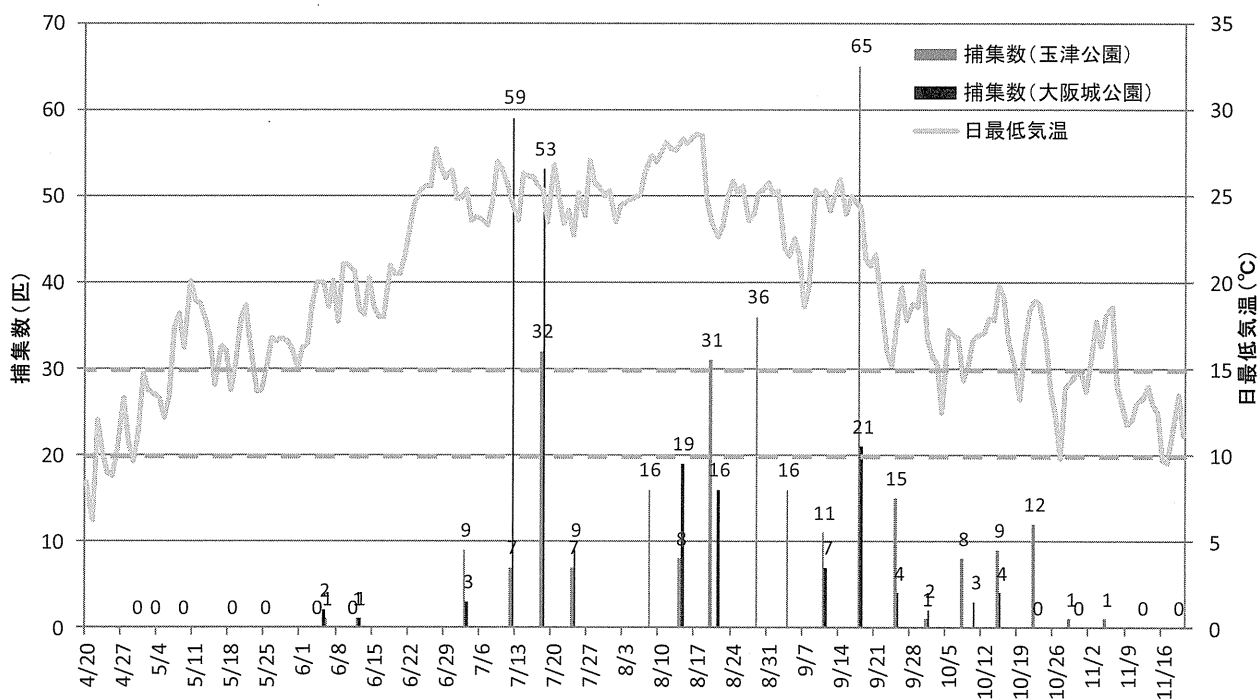


図13 捕集数と最低気温の推移(大阪市)

厚生労働省科学研究費補助金（新型インフルエンザ等新興・再興感染症研究事業）
分担研究報告書

国内で想定されるデング熱流行時に媒介蚊として危惧されるシマカ類の調査、およびベトナムのデング熱媒介蚊の捕食者としての水生カメムシ類の調査

研究分担者 川田 均（長崎大学熱帯医学研究所）
研究協力者 比嘉由紀子（長崎大学熱帯医学研究所）
大庭伸也（長崎大学熱帯医学研究所）
砂原俊彦（長崎大学熱帯医学研究所）
Nguyen Thi Yen (National Institute of Hygiene and Epidemiology, Vietnam)
Nguyen Thuy Hoa (National Institute of Hygiene and Epidemiology, Vietnam)
Luu Le Loan (Pasteur Institute in Ho Chi-Minh city, Vietnam)

研究要旨

2011年11月に九州（熊本、宮崎、鹿児島）および沖縄県（本島、与那国島）において、道路脇に放置もしくは保管されている古タイヤにたまっている水溜りから、ネットによる掬い取り法によって蚊の幼虫を採集し、ピレスロイドに対する抵抗性調査を実施したところ、冬季の調査であったために九州の三県からはシマカ類は採集されなかったが、沖縄では本島および与那国島のいずれの島からもシマカ類が採集された。また、ベトナムのネットイシマカにおいて観察されたようなピレスロイドに対する極度の低感受性は見られなかった。長崎市内の公園で採集されたヒトスジシマカコロニーの殺虫剤感受性を、日本各地で採集された同種コロニーと比較したところ、DDTに対する抵抗性が全国的に普遍化していることが明らかとなった。ピレスロイドに対する抵抗性も数カ所で散見されたが、ナトリウムチャンネルの遺伝子変異（*kdr*）は全く検出されず、DDTとの交差抵抗性については現在のところ確たる証拠は見つかっていない。

水瓶に発生する捕食性昆虫の種構成を明らかにするため、ベトナム南部のタンチャンにおいて調査を実施した。その結果、チビミズムシ類とカタビロアメンボ類がネットイシマカ幼虫の捕食者であることが明らかとなった。

A. 研究目的

デング熱およびデング出血熱は、熱帯地域において最も重要な蚊媒介性疾患の一つである。デングの主要な媒介蚊として、ネットイシマカ *Aedes aegypti* (L.) とヒトスジシマカ *Aedes albopictus* (Skuse) が重要な位置を占めている。ヒトスジシマカは東洋に起源を發すると言われていたが、20世紀になってから、全世界規模で分布を拡大し、デング熱やチクングニヤ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ことは確実である。ヒトスジシマカの殺虫剤抵抗性は今のところ大きな問題とはなっていないが、世界的な分布拡大と共に今後問題化することは必至である。

本研究は、上記2種の日本を含む東南アジアにおける分布をミクロな観点から詳細にマッピングすることにより、両種の棲み分けや種の置き換え現象の要因や遺伝学的背景を解析するとともに、現在防除の主流となっているピレスロイド抵抗性の分布や特性を明らかにすることによって、有効な防除法策定にあたっての情報を提供することを大きな目的とする。また、ネットイシ

マカのピレスロイド抵抗性が普遍化しているベトナムなどにおいては、殺虫剤散布に変わる新しいコントロール手法が望まれており、蚊の密度を調節している天敵などの生物的要因を明らかにすることも重要である。さらに、東南アジアのみならず、国内におけるヒトスジシマカの分布様式や殺虫剤抵抗性の現状を調査することによって、将来想定されるデング熱の海外からの移入によるアウトブレイクの際に媒介蚊となりうる本種の、有効な防除対策のための情報を提供することも本研究の目的の一つである。

B. 研究方法

1. 国内で想定されるデング熱流行時に媒介蚊として危惧されるシマカ類の調査

2011年11月に九州（熊本、宮崎、鹿児島）および沖縄県（本島、与那国島）において、道路脇に放置もしくは保管されている古タイヤにたまっている水溜りから、ネットによる掬い取り法によって蚊の幼虫を採集した。幼虫採集と同時に、タイヤ数、水のたまっているタイヤ数、幼虫のいたタイヤ数もカウントした。採集地点はGPSをつかって位置情報を記録した。幼虫は生かしてフィールドステーションに持ち帰り、ピレスロイド系殺虫剤（*α*-アレスリン）に対する感受性テストをおこなった。感受性テスト法は次のとおりである。

- 1) 20ml のガラスバイアルに採集した幼虫を1頭放った（各濃度10頭が目標）。
- 2) バイアル内の殺虫剤濃度が0.1ppm、0.4ppmとなるように *α*-アレスリン溶液をバイアルに滴下した。
- 3) 滴下後30分間幼虫のノックダウンを観

察し、50%の幼虫がノックダウンする時間（ KT_{50} ）を求め、6段階にスコアリングし、各濃度のスコア（1-6）をかけ合わせた数値を感受性指数（1（感受性）<<<< 36（抵抗性））とした。

2. 長崎市内の公園に生息するヒトスジシマカのピレスロイド感受性調査

長崎市内に点在する公園の雨水マス等に発生するヒトスジシマカのピレスロイド感受性調査を実施した。感受性調査は、前述した幼虫に対する感受性テストの他に、WHOテストキットを使用した成虫の感受性試験も実施した。また、ピレスロイドに対する抵抗性メカニズムを知る一助として、ピレスロイドの作用点であるナトリウムチャンネルの遺伝子変異（*kdr*）としてこれまでネッタイシマカにおいて報告されている、ドメインII-膜貫通セグメント6(DIIS6)領域のアミノ酸置換L1014F、V1016GおよびI1011M（あるいはV）のそれぞれの変異に関して、および近年になってタイのネッタイシマカ採集個体から発見された、上記のアミノ酸置換変異とは異なるドメインIII-セグメント6(DIIIS6)領域の新しいアミノ酸置換変異(F1534C)について、ダイレクトシーケンスによって調査した。

3. ベトナム南部の水瓶に発生する蚊幼虫の天敵としての水生カメムシ類の調査

水瓶に発生する捕食性昆虫の種構成を明らかにするため、ベトナム南部のタンチャンにおいて調査を実施した。各家庭の敷地内に設置してある水瓶においてネットによる掬い取り法により採集された捕食性水生カメムシの個体数を調べた（Knox et al. 2007の方法を採用）。

上記の調査で採集された水生カメムシ類が実際に蚊幼虫を捕食しているかどうかを確認するため、全体の99.7%を占めるチビミズムシ類 *Micronecta* spp. (ミズムシ科) とカタビロアメンボ類 *Microvelia* spp. (カタビロアメンボ科) を分析対象とし、これらの昆虫を採集し、即座に99.5%エタノールで固定した。REDExtract-N-Amp Tissue PCR Kit (Sigma, St. Louis, MO) で水生カメムシ類の腹部のDNAを抽出し、ネッタイシマカ *Aedes aegypti* およびヒトスジシマカ *Ae. albopictus* の種同定用プライマー (18SFHIN (5' -GTA AGC TTC CTT TGT ACA CAC CGC CCG T-3' (Crabtree et al. 1995), aeg.r1, 5' -TAA CGG ACA CCG TTC TAG GCC CT-3', alb.r1 5' -GTA CTA GGC TCA CTG CCA CTG A-3' (Higa et al. 2010)) を用いて胃の内容物調査を行った。PCRは96°C12分に続き、96°C30秒、52°C30秒、72°C1.5分の40サイクル、72°C4分の伸長反応でおこなった。

C. 研究結果

1. 国内で想定されるデング熱流行時に媒介蚊として危惧されるシマカ類の調査

九州(熊本、宮崎、鹿児島)および沖縄県(本島、与那国島)の76地点で採集を行った。冬季の調査であったために九州の三県からはシマカ類は採集されなかったが、ヤブカ属およびナガハシカ属(キンパラナガハシカ)の蚊の幼虫が採集された。一方、沖縄では、本島および与那国島のいずれの島からもシマカ類が採集され、これらはタイヤから発生する蚊の優先種であった。シマカ類の幼虫に関しては、フィールドで殺虫剤感受性試験を行ったが、ベトナムのネ

ッタイシマカにおいて観察されたようなピレスロイドに対する極度の低感受性は見られなかった。

2. 長崎市内の公園に生息するヒトスジシマカのピレスロイド感受性調査

調査した長崎市内の公園22ヶ所のうち4箇所において成虫のペルメトリンに対する抵抗性(WHOテストキットの試験で80%以下の致死率)が確認された。これら4地点におけるコロニーはいずれもDDTに対しても抵抗性を示した。DDT抵抗性は16箇所の地点で確認された(表1)。比較のために日本各地の7カ所で採集されたヒトスジシマカのコロニーの内、6カ所でDDT抵抗性が確認された。DDT抵抗性が確認されなかったのは与那国島で採集された1コロニーのみであった。また、ペルメトリン抵抗性が確認されたのは広島のコロニーのみであった(表2)。採集されたすべてのコロニーにおいて、ナトリウムチャンネルDIIおよびDIIIのアミノ酸置換は発見されなかった。

3. ベトナム南部の水瓶に発生する蚊幼虫の天敵としての水生カメムシ類の調査

3日間の調査でミズムシ科、カタビロアメンボ科、アメンボ科、マルミズムシ科およびマツモムシ科を含む合計36464個体の水生カメムシ類が採集された。ミズムシ科が全体の87.0%を占め、次いでカタビロアメンボ科(12.7%)、その他については数%であった(図1)。水瓶の中では、一般に蚊の天敵として知られるトンボ目の幼虫や、水生甲虫、捕食性の蚊類は見つからなかった。

PCRの結果、40%のチビミズムシ類(25

個体中 10 個体) と 12% のカタピロアメンボ類 (25 個体中 3 個体) の腹部より *Ae. aegypti* の遺伝子が検出された (図 2)。

D. 考察

1. 国内で想定されるデング熱流行時に媒介蚊として危惧されるシマカ類の調査

今回の調査 (2011 年 11 月) では、九州南部でシマカ類は全く採集されず、すでに卵による休眠に入っていたものと考えられた。これに対して沖縄県ではこの時期においてもシマカ類の活動がみられ、安定的に水をためているタイヤは発生源として注意する必要があると思われる。日本のシマカ類として、主にヒトスジシマカとヤマダシマカの 2 種の発生が考えられるが、形態による同定が困難であるため、今回採集した幼虫は、協力研究者 (比嘉) らによって開発されたマルチプレックス PCR 法を用いて分子同定を行い、今後、詳細な分布および感受性指数を調べる予定である。

2. 長崎市内の公園に生息するヒトスジシマカのピレスロイド感受性調査

過去の調査において我々は、長崎市内に点在する公園の雨水マス等に発生するイエカ類およびヒトスジシマカのピレスロイド感受性調査を実施したが、イエカ類の抵抗性はさほど問題ではなかったのに対し、ヒトスジシマカはいくつかの地域においてピレスロイド抵抗性を示すことを報告した (Kawada et al. 2010)。長崎市では、1960 年代から DDT 油剤を墓石の花受けなどに処理し、組織的にヒトスジシマカの幼虫防除を行ってきたが、その後 DDT の使用禁止と共に有機リン剤の使用にシフトし、現在では殺虫剤による組織的防除は行われてい

ないのが現状である。その間、ピレスロイド系殺虫剤による防除はほとんどなされていない。したがって、現在のヒトスジシマカに観察されるピレスロイド抵抗性は、過去の DDT 散布によって淘汰された DDT 抵抗性との交差抵抗性であることが推察された。しかしながら、今回の調査によって、ヒトスジシマカの DDT 抵抗性が全国規模で普遍的なものであることが明らかになった。唯一与那国島で DDT 感受性コロニーが得られたのは、1940 年代に米軍によって実施された DDT による組織的なマラリア媒介蚊防除がこの島では十分に行われなかったことを示唆している。他の地域では、蚊の防除のみでなく様々な害虫防除に DDT が使用されており、抵抗性が普遍化したのであろう。今回の調査結果のみでは、長崎市内のヒトスジシマカのピレスロイド抵抗性と DDT 抵抗性の因果関係は明らかにできなかった。ピレスロイド抵抗性の要因は、*kdr* ではなく代謝による可能性が大きいいため、代謝抵抗性因子の究明が必要である。

3. ベトナム南部の水瓶に発生する蚊幼虫の天敵としての水生カメムシ類の調査

ベトナムでは水瓶内にミズムシ類が発生することは報告されていた (Nam et al. 2000) が、蚊幼虫を捕食する事が示されたのは本調査が初めてである。PCR の結果は、水生カメムシ類が水瓶内で蚊幼虫を捕食していることを示唆している。水瓶内のケンミジンコ類が蚊幼虫の有効な天敵として報告されている (Kay and Nam 2005) が、これに加えて水生カメムシ類も有用なデング熱媒介蚊の天敵としての働きを持つことが明らかとなった。

E. 結論

ベトナムにおけるこれまでの我々の調査では、ネッタイシマカのピレスロイド抵抗性が南部を中心に普遍化しているのに比べ、ヒトスジシマカにおいてはピレスロイド抵抗性がほとんど発達していないことがわかっている。これは、ヒトスジシマカ成虫の生態がネッタイシマカとは異なっているために殺虫剤への被曝の程度が両種で異なっているのが原因と考えられる。一方、日本国内では DDT に対する抵抗性が普遍的であり、ピレスロイド抵抗性は一部の地域においてのみ散見される現象のようである。蚊に限らず多くの害虫の DDT 抵抗性はおそらく全世界規模の現象と思われ、この殺虫剤が如何に多くの害虫防除に使われてきたかを示唆している。近い将来、ペルメトリンを代表とするピレスロイド殺虫剤についても、世界規模で抵抗性が普遍化する可能性が高いと思われる。今のところ、ピレスロイドに代わるような安全性が高く、しかも殺虫性能の高い化合物は発見されていないのが実態であり、現状に甘んじてピレスロイドに頼りきり、将来に対する何の対策も講じないのは、非常に危険なことである。ピレスロイドの忌避性を活用した、抵抗性を発達させない有効なコントロール方法の開発、ピレスロイドに代わる有効な殺虫剤の開発、化学防除にこだわらない生物防除、物理防除などへのシフトなどが今後の重要な課題であろう。

F. 健康危険情報

特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Kawada H, Maekawa Y, Abe M, Ohashi K, Ohba S, Takagi M. 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(2010).
- 2) Higa Y, Nguyen TY, Kawada H, Tran HS, Nguyen TH, Takagi M. Geographic distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* collected from used tires in Vietnam. *J. Am. Mosq. Contr. Assoc.* 26: 1-9(2010).
- 3) Ohba, S., Huynh TTT, Kawada H, Le LL, Ngoc HT, Hoang SL, Higa Y, Takagi M: Heteropteran insects as mosquito predators in water jars in southern Vietnam. *J. Vector Ecol.* 36:1-5 (2011).

H. 知的財産権の出願・登録状況 なし

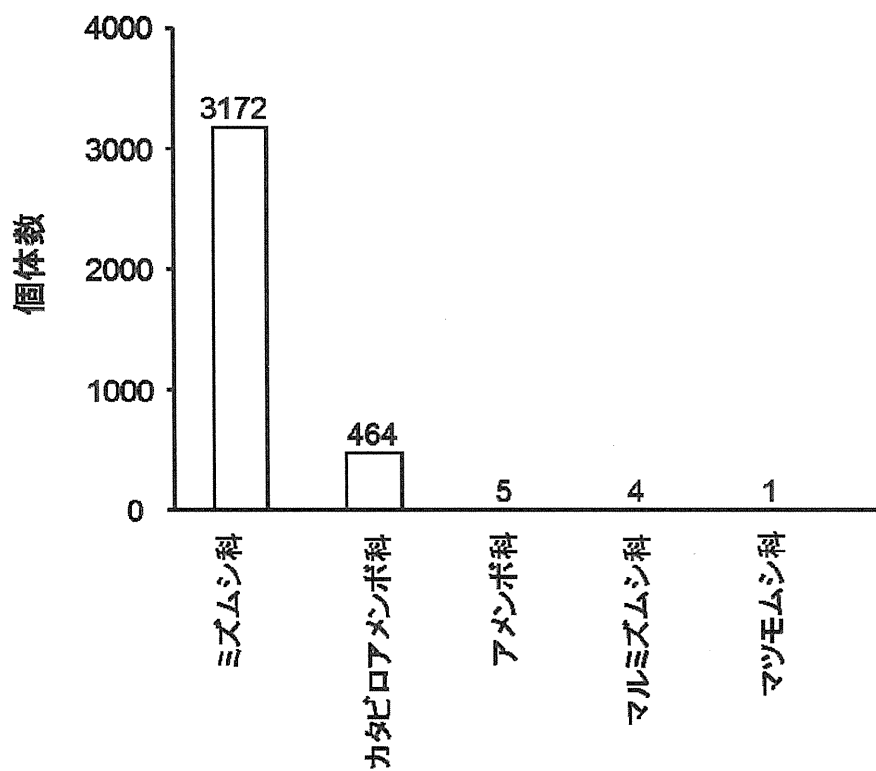


図1. 水瓶より採集された水生カメムシ類

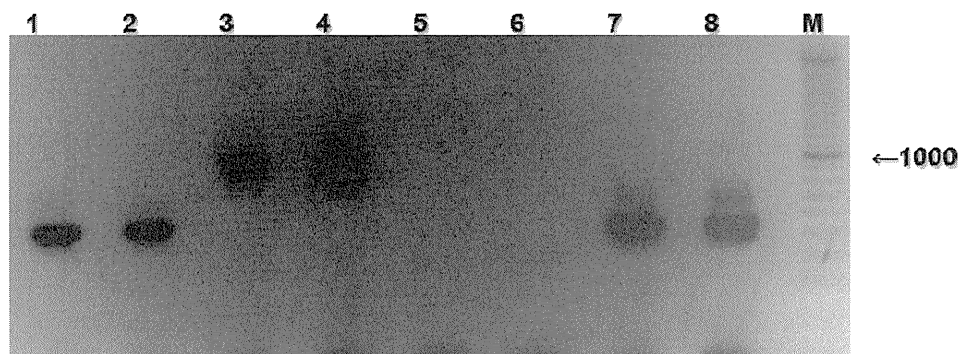


図2. PCRの結果.

1, 2. *Aedes aegypti*, 3, 4. *Ae. albopictus*, 5, 6. チビミズムシ類,
7, 8. *Ae. aegypti*を捕食したチビミズムシ類