

(3) 媒介生物による温暖化評価

国立感染症研究所昆虫医科学部 沢辺京子・小林睦生・二瓶直子・斉藤一三・
津田良夫・楢田龍星・駒形 修・
Sudipta Roychoudhury

(研究委託先)

新潟市保健衛生部保健所環境衛生課 田中淳

[要旨]

国内各地におけるコガタアカイエカの捕集数を比較した結果、中部・中国・九州など西日本の調査地域のコガタアカイエカのトラップ当たりの平均捕集数は、東北地方に比べ10～100倍ほど多く、東北地方における低い媒介蚊密度は低い日本脳炎患者発生数に影響していると考えられた。さらに、各地の捕集数と最寒月の最低気温の平均との間に相関があることも明らかになった。コガタアカイエカは本来、熱帯・亜熱帯性の蚊であり、低温に対する耐性が低いと推察されるが、近年、都市部の下水道関係の施設（暗渠等）で越冬していることが初めて確認され、都市部の人工的な環境に適応して越冬している可能性が強く示唆された。

コガタアカイエカの栄養生殖分離（昆虫の休眠の一種）を発現する臨界日長は、20°Cの温度条件下で13.8時間（関東地方では8月下旬に相当）と算出され、その時間より短い日長条件下で孵化した幼虫が成虫になった時、その吸血と産卵が阻害されることが示唆された。また、コガタアカイエカは、すべての温度・日長条件下においてアカイエカよりも短命で、特に5°C前後の低温下での50%生存率は約21日であり、アカイエカの82日と比べ顕著に短命であった。一方、公園の自然環境を模して都内某所に設置した飼育ケージ内での蚊の生存を観察したところ、2011年度はコガタアカイエカ3,000頭以上を供試したが、4月まで生存した個体は1頭も確認できなかった。2012年度は、406頭のコガタアカイエカ中数頭は2月中旬まで生存していたが、前年同様に4月まで生存した個体はいなかった。室内実験と野外調査の結果はほぼ一致しており、栄養生殖分離を発現する日長、およびその覚醒を促す条件等の結果と併せてJEVの蚊体内での越冬を検討した結果、コガタアカイエカが国内で越冬できる地域は限局され、関東圏内でも越冬するコガタアカイエカは存在すると思われるが、その野外生存率は極めて低いこと。ウイルスを保有して越冬する確率はさらに低く、ウイルスの越冬に関しては否定されるであろうと結論した。

国内におけるアカイエカおよびチカイエカの分布状況および室内実験によって、生育温度が蚊生存率に及ぼす影響について検討した。さらに、キロメッシュ気候図を利用して今後の生息域の拡大あるいは縮小の可能性を考察し、今後、温暖化が進むことによって、アカイエカおよびチカイエカの分布域が拡大するとは単純には言い難いが、むしろ、温度・日長への反応性に劣るチカイエカが生き残る可能性は否定できないことが示唆された。一方、ネッタイエカは、近年、鹿児島県下に定着していることが確実視され、さらに、九州北部に位置する壱岐島からも捕集されたことから、近年の温暖化の影響が強く示唆された。これまでにネッタイエカが捕集された地域（鹿児島県や長崎県北部）の1980～2000年の最寒月3ヶ月間の月最低気温の平均は4～10°Cであったことから、これらの地域は、冬季でも凍結があまり生じない温暖な地域であると推察され

た。将来の温暖化によって、ネッタイエカがアカイエカの生息地に侵入・定着する可能性が示唆されたと同時に、これらアカイエカ種群（国内にはアカイエカ・チカイエカ・ネッタイエカが生息する）が関与するアルボウイルス感染症が国内に侵入した際には、その流行域がさらに拡大する可能性が高まったと言える。

【キーワード】

コガタアカイエカ、日本脳炎ウイルス、越冬、アカイエカ種群、ウエストナイルウイルスの侵入と定着、分布域拡大、温暖化

1. はじめに

地球規模での温暖化は、IPCCの報告書が指摘しているように急速に進行しており、ウイルスを含む微生物の活動や疾病媒介昆虫の分布等に顕著な影響を与えることが予想されている。しかし、食物生産に係わる作物への影響や植物の分布域、漁業資源、大型動物の分布域などに関する研究は散見されるが、ヒトの健康に害を与える病原体や媒介生物の生態に与える影響に関して総合的な研究はほとんど行われていない。本研究では、地球規模での温暖化が近い将来に顕在化すると考えられる太平洋沿岸の地域を中心に調査対象地域を設定し、長期間にわたって媒介生物に与える温暖化の影響をわかりやすい形で提示し、温暖化の影響を啓発することを目的とした。本研究では、アジア地域で主要な日本脳炎媒介蚊であるコガタアカイエカ、および国内にウエストナイル熱が侵入した際に主要な媒介者になると考えられるアカイエカ種群を調査対象とした。

コガタアカイエカの東北地方と西日本で得られるトラップ当たりの平均捕集数の大きな違いに注目し、気象条件との関係を解析した。2010年新潟市の豚舎で5台のライトトラップを用いて、コガタアカイエカを捕集したが、8月中旬以降、突然に平均の成虫捕集数の増加が認められた。これは、トラップ設置地域で発生した蚊集団が捕獲されただけとは思えない現象である。また、一部の地域で成虫越冬すると思われるコガタアカイエカの低温耐性を気象条件との関係から解析した。先行研究において、チクングニア熱やデング熱の重要な媒介蚊であるヒトスジシマカの分布域拡大に関して東北地域を中心に調査が行われており、年平均気温がヒトスジシマカの分布を規定する要因の一つであることが既に報告されている^{1,2)}。地球規模での温暖化が、近い将来日本脳炎媒介蚊の分布と成虫密度にどのような影響を与えるかを明らかにし、都市域の人工的な環境における媒介蚊の越冬の問題にも言及する。

国内での日本脳炎の発生は、1992年以降は年間10名以下で推移しているものの、蚊やブタにおける日本脳炎ウイルス（JEV）の活動は依然として活発である。このように国内で毎年流行するJEVは国内で越冬するのか？あるいは毎年海外から侵入してくるのか？JEVの主要な媒介種であるコガタアカイエカの長距離移動と越冬の実態解明が望まれている。1960年代後半、東シナ海洋上の定点観測船上でウンカ類が多数捕獲され、大陸や東南アジアから毎年飛来する農業害虫の存在が広く知られるきっかけとなった。それら昆虫類の中にコガタアカイエカが見出されたことから、本種の長距離移動性も注目されるようになってきた。一方、コガタアカイエカ体内でのJEVの越冬の可能性についてはこれまでに多くの議論がなされ、その可能性はほとんどないと結論されている³⁾。つまり、短日下で羽化したコガタアカイエカ雌の吸血と産卵は抑制され（栄養生殖分離）、秋にJEVを取り込み越冬する雌蚊の数は極めて少ないと考えられたからである。そこで、

本研究では、実験室内で設定した日長条件により越冬体勢に入った雌成虫の生存日数を比較するとともに、東京都内で10月以降捕集された越冬体勢に入っているコガタアカイエカ雌成虫を屋外ケージに放し、それらの生存を観察した。また、同成虫を実験室内の低温条件下で飼育して、それら成虫の生存率も調べた。これらの基礎的な調査により、将来の温暖化が日本脳炎媒介蚊の冬季の生存にどの程度影響を与えるかを明らかにすると考える。

アメリカ大陸とヨーロッパ大陸に生息するトビイロイエカは、ウエストナイルウイルス(WNV)の主要な媒介種である。一方、日本国内に生息するアカイエカ種群はトビイロイエカとは近縁の種であり、いずれもWNV媒介能があることが知られている^{4,5,6,7)}。また近年、アカイエカとネッタイエカに昆虫特異的フラビウイルス *Culex flavivirus* (CXFV) が高率に感染していることも報告されている⁸⁾。2008年12月に兵庫県西宮市内の六甲山系で捕獲されたイノシシからI型JEV (JaNBo37株) が分離され⁹⁾、イノシシが捕獲された地域を中心に蚊の捕集調査を行った結果、コガタアカイエカの活動が想定される時期以外(4・5月あるいは10月以降)に、アカイエカ、ヤマトヤブカおよびヒトスジシマカが捕集された。ウイルス感染実験から、アカイエカ体内でのJEVの増殖が認められることから^{10,11)}、特にアカイエカによるJEVの媒介の可能性が浮上した。アカイエカが日本を含む極東アジアに生息するのに対し、チカイエカは気温とは関係のない、何か別の適した環境があると推察されている。一方、ネッタイエカは熱帯地域から東南アジアの亜熱帯地域にかけて広く分布することが知られているが¹²⁾、国内においては、八重山諸島から屋久島の南西諸島と小笠原諸島での分布の記録がある¹³⁾。そこで本研究では、各種トラップによるネッタイエカの捕集を実施するとともに、温度・日長への反応性から、本種の九州地方への侵入と定着の可能性について考察する。

2. 研究目的

JEVの媒介蚊であるコガタアカイエカは、主に水田・湖沼等で発生し、日本脳炎の伝播に大きく関与しているとされる。西日本では個体群密度が高い傾向が指摘されているが、その詳細は明らかになっていない。関東以北の太平洋岸の県では、茨城県で2008年に日本脳炎の患者が発生したが、福島県以北からの発生報告はない。これらの地域においてもブタの抗JEV抗体保有率が年によっては上昇することが知られており、例えば、青森県でもウイルスの活動がJEV特異的な抗体の検出で明らかとなっている。しかし、媒介蚊であるコガタアカイエカの成虫密度に関する系統的な調査はこれまで行われておらず、詳細は明らかになっていない。一般に、節足動物媒介性感染症の流行に媒介動物の個体群密度が重要な要因と言われており、西日本と関東以北におけるコガタアカイエカの発生状況を調査すること、その密度と環境との関係を明らかにすることは、将来の温暖化の影響を考える上で重要である。そこで、媒介蚊の発生状況を詳細にモニタリングし、どの程度の密度でブタの抗体陽性率が高まるか、患者が発生しやすくなるかを明らかにする目的で本研究を遂行した。

一方、媒介蚊の生理・生態的な解析から、東北地方がコガタアカイエカの発生や越冬にとって適しているかなどの議論はほとんど行われていない。西日本を中心としたJEVのコガタアカイエカ体内での越冬の可能性についてはこれまでに多くの議論がなされ、その可能性はほとんどないと結論されている³⁾。つまり、短日下で羽化したコガタアカイエカ雌の吸血と産卵は抑制され(榮

養生殖分離)、秋に JEV を取り込み越冬する雌蚊の数は極めて少ないと考えられたからである。ところが、様々な温度と日長条件下でイエカ類の寿命を比較した我々の実験では、高温・長日下で羽化し、その後低温・短日下で飼育された雌の寿命は極めて長く、コガタアカイエカは 150 日以上も生存することが分かり、夏季に羽化した個体が越冬する可能性が示唆された。一方、野外では、コガタアカイエカの繁殖時期は 4 月から 9 月上旬まで続き、その後、繁殖休眠状態の雌成虫が越冬世代を形成することが知られている。コガタアカイエカの越冬場所に関して、津田・金(2008)は、繁殖休眠状態のコガタアカイエカが 9 月下旬から 12 月上旬にかけて東京都内の公園に集団飛来していることを報告した。さらに、翌年 4 月には同じ公園内で少数ながらコガタアカイエカの雌成虫が採集されたことから、秋に集団飛来したこれらコガタアカイエカの一部はそのまま公園内で越冬している可能性を指摘した。そこで本研究では、日長条件、卵巣の形態等から越冬体勢に入ったと考えられるコガタアカイエカを晩秋に都内で捕集し、それらの成虫を屋外ケージに入れて越冬させ、どの程度生存できるか検討した。また、室内で飼育されているコガタアカイエカを人工的に越冬状態にし、種々の温度に対する生存率を比較した。本研究の目的は、これらの室内実験と野外観察の両面から、コガタアカイエカの越冬が冬季の低温によってどのように影響を受けるかを明らかにすることである。それらの結果をもとに、JEV の蚊体内での越冬の可能性を考察した。

国内への外来性ウイルスの侵入を監視するために、WNV や JEV を始めとするアルボウイルス感染症の重要な媒介蚊であるアカイエカ種群の国内における詳細な分布域調査が求められている。これまでに我々が実施した国内調査の結果をもとに、アカイエカ種群の詳細な分布マップを作製した。特に、アカイエカとチカイエカに対しては、温度と日長に対する反応を室内実験により詳細に確認した。一方、ネッタイエカにおいては、九州地方への侵入と定着を検討するために、冬季(12~2月)3ヶ月の月最低気温の平均と本種の捕集地との関係を解析した。これらによって近年の温暖化がアカイエカ種群の分布域拡大に影響した可能性を検討することを目的とした。

3. 研究方法

(1) 蚊の捕集

コガタアカイエカは、ブラックライト型トラップおよび CDC 型ドライアイストラップを用いて、東北地方から関東・中部・中国地方の 7 県で捕集した(図 1)。新潟市内の豚舎におけるコガタアカイエカの捕集は、5 台の CDC ライトトラップ用いて、6 月 17 日から 9 月 17 日までの計 14 回行った。捕集地点はに示した。トラップは午後から夕方にかけて設置し、翌日の午前中に回収する方法で行

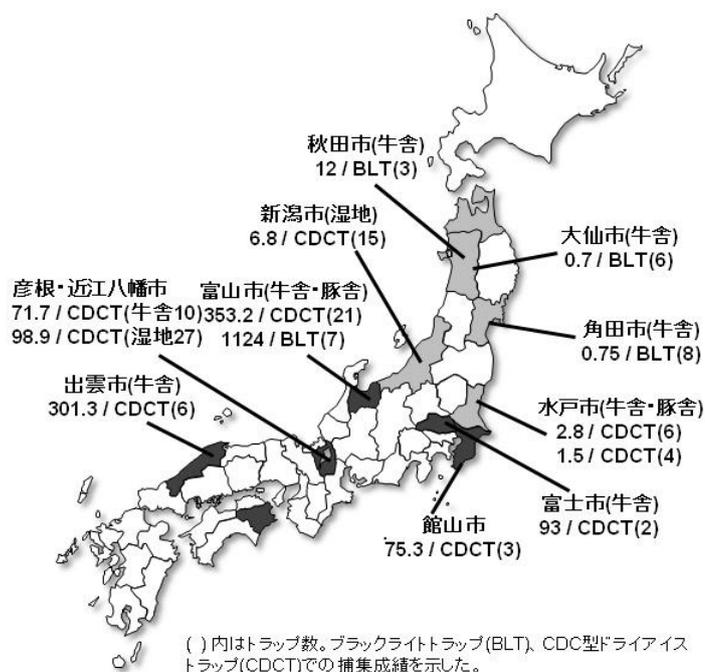


図 1 コガタアカイエカの捕集地と捕集数

い、その場で捕集された蚊をドライアイスで殺し、トラップごとに捕集蚊を容器に入れて冷凍状態で研究所に持ち帰り、種の同定を行った。

アカイエカ種群は、2003

～2010年に国内21都道府県において、主にCDCドライアイストラップを用いて行った(表1)。2009・2010年は、九州3県(長崎・佐賀・鹿児島県)において、長距離移動性昆虫を捕集するためのネットトラップおよびジョンソントラップに捕集された蚊類からアカイエカ種群を選別した。アカイエカ種群は形態的特徴が類似しており、判別が困難である場合が多いため、アセチルコリンエ

表1 日本国内で捕集されたアカイエカ種群の判別結果

Mosquito collection				No. identified	アカイエカ	チカイエカ	ネッタイエカ
Prefecture	City	Year	Trap				
Hokkaido		2003	CDC-dryice	10	10	0	0
Iwate		2003	CDC-dryice	11	11	0	0
Chiba		2003	CDC-dryice	53	42	11	0
Ibaraki		2004	CDC-dryice	199	199	0	0
Saitama		2004	CDC-dryice	114	110	3	0
Tokyo		2004	CDC-dryice	228	196	32	0
Kanagawa		2004	CDC-dryice	97	68	29	0
Akita		2005	CDC-dryice	77	77	0	0
Osaka		2005	CDC-dryice	82	74	8	0
Hiroshima		2005	CDC-dryice	28	3	25	0
Kochi		2005	CDC-dryice	101	52	47	0
Miyagi		2006	CDC-dryice	20	20	0	0
Nagasaki		2006	CDC-dryice	28	16	12	0
Aomori		2007	CDC-dryice	46	46	0	0
Niigata		2007	CDC-dryice	165	158	7	0
Kumamoto		2007	CDC-dryice	2	2	0	0
Kagoshima		2007	CDC-dryice	1	0	0	1
Hyogo		2008	CDC-dryice	238	223	15	0
Tokushima		2009	CDC-dryice	153	153	0	0
Saga	Saga	2009	Net	4	4	0	0
Kagoshima	Minami-Satsuma	2009	Johnson	72	3	0	69
Ishikawa	Kahoku	2010	CDC-dryice	49	8	41	0
Fukui	Sabae	2010	CDC-dryice	12	2	10	0
Nagasaki	Iki	2010	Johnson	9	7	0	2
Nagasaki	Goto	2010	Johnson	4	4	0	0
Kagoshima	Minami-Satsuma	2010	Johnson	17	0	0	17
Total				1,824	1,490	240	89

ステラーゼ2遺伝子の変異を用いた判別法(ACE2 assay)¹⁴⁾に従い、合計1,824頭をアカイエカ、チカイエカおよびネッタイエカにそれぞれ判別した。

(2) 気象解析

上述した東北・関東・中部・中国地方7県で得られたコガタアカイエカ、新潟市内6～9月の採集成績、および8月上旬の埼玉県と富山県での捕集成績も参考データとして利用した。気象データは気象庁の気象統計情報より、該当する年・月・日のデータを利用した。また、最寒月の最低気温の平均に関するキロメッシュ気候マップは、1980～2000年および2006～2035年の気温データをもとに作成し、4℃以下・4～10℃・10℃以上の3種類に色分けした。アカイエカ種群に対しては、気象データは気象庁の気象統計情報より、該当する年・月・データを利用して解析した。冬季(12～2月)3ヶ月の月最低気温の平均に関するキロメッシュ気候マップは、1980～2000年および2006～2035年の気温データをもとに作成し、4℃以下・4～10℃・10℃以上の3種類に色分けした。

(3) コガタアカイエカの低温耐性に関する室内実験および屋外における越冬の検証

2009年10月16日に都内の林試の森公園で採集した雌159頭を11月2日まで20℃で飼育した。11月3日に27℃長日条件に移し、休眠を覚醒後に吸血・産卵させ、12月末に子世代を得た。子世代の成虫は越冬体勢になっていない個体であるが、1月13日に5℃の低温室に移動させ生存個体数を記録した。一方、越冬体勢に入っていると考えられる雌成虫269個体を2009年10月21日に採集し、12月1日まで20℃で飼育した。その後、12月2日に5℃の低温室に移し、その後の

生存個体数を記録した。次いで、幼虫期間を高温・長日（25°C16L:8D）条件下で飼育し、羽化後24時間以内の雌雄各100頭を120×20×30cmサイズのケージ内で常時2%砂糖水を与え、5つの異なる温度・日長条件下（25°C16L:8D・20°C11L:13D・15°C11L:13D・10°C10L:14D・5°C全暗）に維持した。各温度・日長条件下で死亡するまで飼育し、成虫の生存率を調査した。

関東周辺の野外環境においてコガタアカイエカ雌成虫の越冬の可能性を調査するために、2010年10月12～24日に林試の森公園（東京都品川区）においてコガタアカイエカを採集し、都内の戸建て住宅の中庭に設置した2m立方のケージ内に、総数3,070頭の雌成虫を放した。5%砂糖水またはシヨ糖溶液を餌として7～10日間隔で与え、定期的に生存個体の確認を行った。

（4）アカイエカ種群の温度・日長に対する生存率の比較

実験室内において異なる温度・日長条件下での生存率を比較するために、幼虫期間を高温・長日（25°C16L:8D）条件下で飼育したアカイエカおよびチカイエカの羽化後24時間以内の雌雄各100頭を20×20×30cmサイズのケージ内で、常時約2%の砂糖水を与え、4つの飼育条件下（25°C16L:8D・20°C11L:13D・15°C11L:13D・10°C10L:14D）に維持した。各温度・日長条件下で死亡するまで飼育し、成虫の生存率を調査した。幼虫期への温度の影響を調べるために、27.5°C・25°C・23.5°Cの3つの水温中で幼虫を飼育し、羽化までに要した日数と死亡率を調査した。

4. 結果および考察

（1）蚊の捕集数と気温との関係

2005年以降の日本脳炎の患者の発生は、茨城県3名、石川県2名以外は静岡県以西の地域に限局されており、栃木・福島・新潟県以北では全く患者が発生していない。動物と蚊で感染環が成立している日本脳炎では、ウイルスの増殖動物の存在と媒介蚊の発生密度が重要な要因となる。また、国内の住宅は蚊が侵入し難い構造が全国的に普及しており、蚊に刺される頻度が極端に少ないのが特徴である。我が国のJEVの活動は、豚の特異的抗体の調査で、毎年9月までに西日本を中心に高い率で検出されており、依然としてウイルスの活動は活発に起こっていることが知られている。関東以北でもブタの抗体価が上昇することは知られているが、抗体保有率は西日本と比べて明らかに低い。この傾向は、媒介蚊の密度と関係している可能性がある。本研究では、水田地帯に存在する牛舎・豚舎、その他に湿原・湖沼・琵琶湖の内湖等を調査地として蚊の捕集数を比較した。図1に示すように、ブラックライト型のトラップ、CDC型ドライアイストラップと捕集方法によって捕集数は異なったが、秋田県大仙市、秋田市、宮城県、角田市、茨城県水戸市では、コガタアカイエカの捕集蚊は平均0.7～12頭と予想外に少なかった。一方、埼玉県富士見市の牛舎では、2トラップの平均が93頭、千葉県館山市豚舎では3トラップの平均75.3頭であったが、それより以西の調査地、特に2008年彦根市の牛舎では、一晩に1トラップあたり68,000頭、富山市牛舎では3,532頭のコガタアカイエカが捕集され、東北地方の10～100倍の捕集数であった。これらの地域においては、周辺環境がコガタアカイエカの発生に適していると推察された。このように、関東以北でのコガタアカイエカの捕集数は、西日本での捕集数と比べて明らかに少なく、水田地帯の牛舎で、捕集時期が8月上旬であるにも関わらず大きな違いが認められた。関東地方と新潟県を結ぶ線の西側と東側で捕集数に大きな違いがあることが示唆された。本調査結果と気象解析をもとに蚊の発生密度と気温との関係を考察した。年平均気温と厳冬期（1月）の平均気温および冬期

(12~2月)の最低気温の平均とコガタアカイエカの捕集数に相関関係は見られなかったが(結果は省略)、1月の最低気温の平均と捕集数との間には相関が認められた(図2)。コガタアカイエカの世界的な分布を考えると、アフリカ、中近東、インド、中国、東南アジア、韓国等温帯から亜熱帯、熱帯地域に広く分布し、各地域でJEVの重要な媒介蚊であることが知られている¹⁵⁾。これら分布地の気候から判断すると、コガタアカイエカは熱帯・亜熱帯由来の蚊と言える。一方、日本国内の分布に関しては、1945年からの約5年間で進駐軍が蚊の調査を行い、分類・生態・分布等の詳細な記録が残されている¹⁶⁾。

全国で採集されたコガタアカイエカ幼虫の2,091コロニーの分布地は関東以南に集中しており、東北地方は宮城県の仙台市近郊の記録以外認められない。しかし、北海道でも札幌近郊と帯広近郊で幼虫を採集した記録があり、幼虫数は少ないが北海道にもコガタアカイエカが分布していることが報告されている。コガタアカイエカは非常に長距離を飛翔することが可能であり、陸地から400km以上離れた洋上気象観測船で複数のコガタアカイエカが捕集された報告がある¹⁷⁾。夏季の一時期に北海道に飛来したコガタアカイエカが産卵した結果、幼虫が採集された可能性は否定出来ず、今後のより詳細な調査が必要である。将来的に東北地方で温暖化による気温の上昇が起こった場合、現在の媒介蚊密度が西日本と同様に高まる可能性が考えられ、継続したモニタリングが必要である。

コガタアカイエカの分布域および夏期の成虫捕集数の多少との関係から各地での成虫越冬が生理的に可能か否かを解析した。1月の最低気温の平均を1°C以下・1-3°C・3-5°C・5°C以上の4段階に分け、デジタル気候マップを作成した(図3)。九州・四国・本州の山間部の全ては1°C以下を示し、

九州・四国を含み太平洋岸の非常に限られた地域のみが1-3°C以上の地域であった。次いで、実験

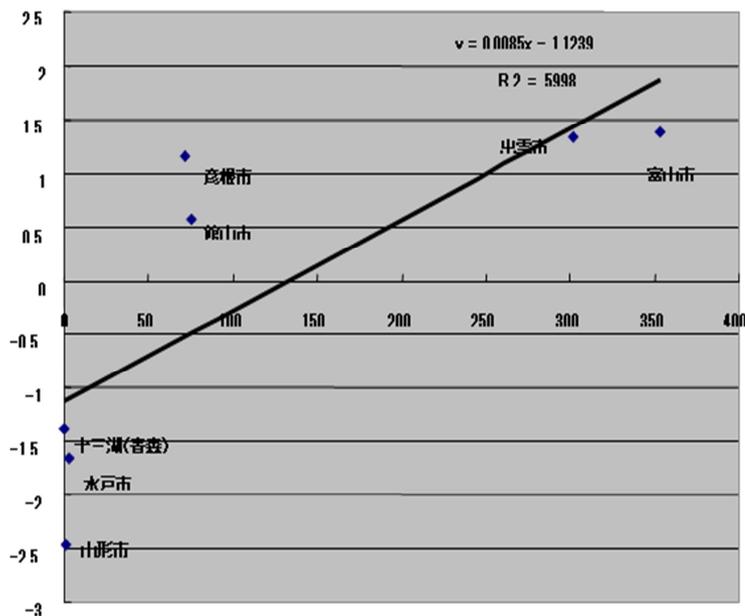


図2 1月の最低気温の平均とコガタアカイエカの平均捕集数との関係

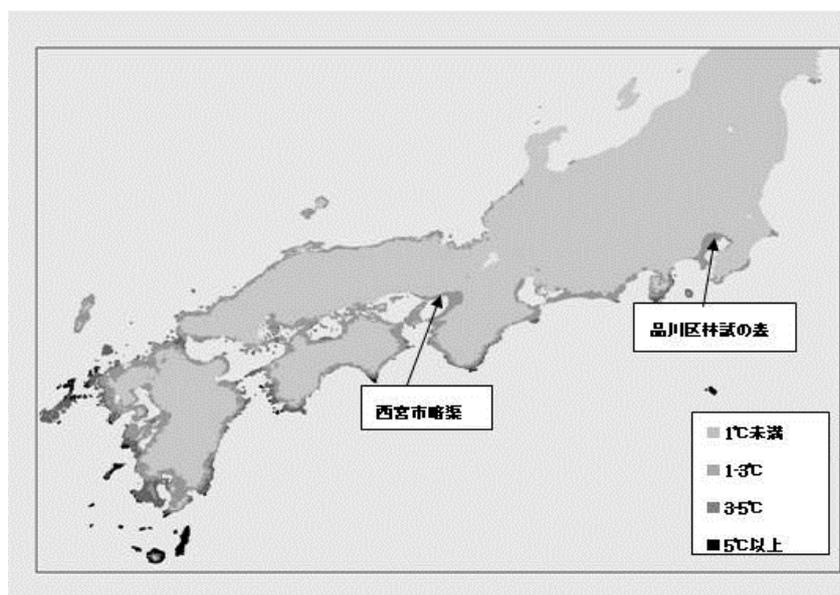


図3 1月の最低気温の平均に関するキロメッシュ気候図

的に越冬状態にしたコガタアカイエカ成虫を5°Cの恒温で保持すると、短期間で死亡することが判明し、冬期の低温に耐えられないことが強く示唆された。しかし、コガタアカイエカは、地表面に存在する人工的な容器に産み付けられた卵が越冬するヒトスジシマカなどとは大きく異なり、成虫で越冬することから、越冬環境がより安定し、ある程度の温度が保たれていれば翌春まで生存することが可能と考えられる。兵庫県西宮市の暗渠内で2007～2008年の冬季に越冬していると考えられるコガタアカイエカが30頭ほど捕集された。その暗渠の冬期の最低気温のモニタリングはなされていないが、暗渠内の気温は外気温より3～6°Cほど高いと推定された。仮に、西宮市の1～2月に最低気温が0°C近くに下がっても、暗渠や下水道などの特殊な構造物内の温度は5°C以下にはならない可能性がある。そのような都市部の特殊な構造物を巧みに利用して、コガタアカイエカは越冬している可能性があると考えられる。都市部での下水道関連の構造物がこれらの媒介蚊の越冬にどの程度関係するかより詳細な調査が今後必要である。

(2) コガタアカイエカの低温耐性に関する室内実験
非休眠の野外採集コガタアカイエカの次世代の成虫92個体を5°Cの条件で飼育したところ、急激に成虫は死亡し、平均生存日数は2.4日と算出された。非休眠状態の成虫は低温に対して非常に弱いこと、休眠の生理状態が低温耐性に重要であることが示唆された。一方、休眠状態の雌成虫を20°Cの温度条件に40日間飼育し、その後5°Cの条件に移した実験では、最初の20°Cの条件で19%が死亡した。その後5°Cで飼育すると、最初の10

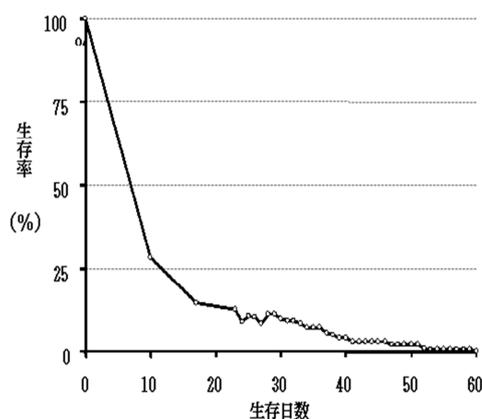


図4 越冬直前の野外捕集コガタアカイエカの低温下 (5°C) での生存率

日間で75%が死亡し、約2ヶ月で全てが死亡した (図4)。東京都の過去11年間 (2001～2011年) の1月の平均気温は6.15°Cで、コガタアカイエカの越冬には相当厳しい温度と考えられた。次に、コガタアカイエカの幼虫期間を高温・長日 (25°C16L: 8D) 条件下で飼育し、羽化後5つの異なる温度・日長条件下 (25°C 16L:8D・20°C 11L:13D・15°C11L:13D・10°C10L:14D・5°C全暗) に維持し生存率比較した (図5)。その結果、25°Cの長日条件、5°Cの全暗条件では2～3ヶ月以内にほぼ全ての成虫が死亡した。また、20°Cの短日条件においても3ヶ月で全てが死亡した。一方、10°C短日条件下では、1/3が3ヶ月間生存し、10%近くが5ヶ月間生存した。最も生存率が高かった実験区は、15°Cの短日条件で、全体の20%以上の個体が4～5ヶ月間生存した。これら5ヶ月

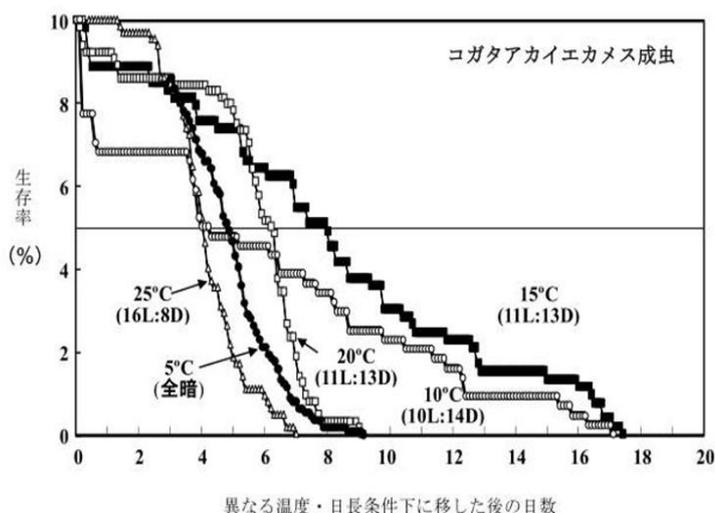


図5 種々の温度、日長条件におけるコガタアカイエカ雌の生存率

間生存した。最も生存率が高かった実験区は、15°Cの短日条件で、全体の20%以上の個体が4～5ヶ月間生存した。これら5ヶ月

以上の生存は、前年の晩秋に越冬状態に入った雌成虫が翌春の3~4月まで生存できる可能性を示しており、冬季の平均気温が10~15°C以上の地域でコガタアカイエカが越冬可能であると推察された。

(3) 東京都の冬季・屋外におけるコガタアカイエカの生存に関する野外調査

関東周辺の野外環境においてコガタアカイエカ雌成虫の越冬の可能性を調査するために、2010年10月12~24日に捕集されたコガタアカイエカを、都内の戸建て住宅の中庭に設置したケージ内に維持し、冬季の生存を観察した(表2)。

2011年2月11日に餌替えを目的にケージ内に入った際に26頭の生存個体を確認した。設置したケージの天井には、直射日光を遮るためのすだれを置いていたが、2月14日の積雪ですだれに雪が積もり、3日後の17日夜は大雨が降った。2011年は3月20~21日以降、生存個体は全く確認できなくなった。ケージ内

表2 コガタアカイエカの野外での生存率

実施期間	蚊種	10~11月	2月	4月1日
2010~2011年	コガタアカイエカ	3070	30数頭	0
	アカイエカ	18		0
2011~2012年	コガタアカイエカ	406	10数頭	0
	アカイエカ	6		2

には、コガタアカイエカの他に、同様に林試の森公園で採集されたカクイカ(5個体)やアカイエカ(10個体ほど)もケージ内に放ったが、これらの生存も確認できなかった。2011年は、2月の日最低気温が連続して5日間1°C以下になった時期があり、日平均気温が5°C以下の日が5日存在した。これら冬季の厳しい気象条件がケージ内のコガタアカイエカの生存率を著しく下げたと考えられた。2010年度はコガタアカイエカ3,000頭以上、アカイエカ18頭を供試したが、いずれも4月の生存は確認できなかった。同様の調査を2011年度も実施したところ、6頭中2頭のアカイエカの生存が4月に確認されたが、406頭のコガタアカイエカはケージ内で2月中旬までの生存が確認されたものの、前年同様に4月まで生存した個体は確認されなかった。2011年9月21日の台風15号により林試の森公園が大きな被害を受け、ケージに放す蚊を前年度の1/10しか捕集できなかったため、統計的に比較できる結果が得られなかった。野外での調査は多くの環境の影響を受けるが、2年間の調査で、東京都内の公園でコガタアカイエカは越冬すると可能性は否定できないものの、その割合は極めて低いと推察された。

1960年代後半、コガタアカイエカからのJEVの分離をはじめ、蚊体内でのウイルスの越冬の可能性については多くの実験と議論がなされた。例えば、野外で採集されるコガタアカイエカを観察し、横浜地方においては、夏至を過ぎて日長が短くなり始めて間もなく休眠が誘導され、9月を境に急激にその割合が上昇することが報告された¹⁸⁾。さらに、越冬個体群の発見と休眠性発現との関係から、本種の越冬は9月頃であろうと推定された^{19,20)}。このように、秋にJEVを取り込み越冬するコガタアカイエカの数極めて少ないと考えられたため、本種体内でのJEVの越冬の可能性はほとんどないと結論された³⁾。本実験で推定されたコガタアカイエカの休眠誘導の臨界日長は、野外捕集蚊を用いたこれら先行研究の結果とほぼ一致しており、我々も同様に、コガタアカイエカが国内で越冬できる地域は限局され、さらに、JEVを取り込んで越冬する確率は非常に低いであろうと結論した。

一方、新潟市内豚舎のコガタアカイエカの採集では、6月中旬からアカイエカは捕集されてい

るが、コガタアカイエカは4個のトラップの総捕集数が0~4頭(7月15日まで)と非常に少なく、その後8月11日まで12~69頭と捕集数は若干増加した。しかし、8月19日から急激に捕集数は増加し1,000頭を越えた。この急激な増加は、トラップ設置場所周辺で発生した個体が捕集されたとは考え難い捕集数の変化であり、新潟市以西の発生地から大量にコガタアカイエカが飛翔して来た可能性が強く示唆された。

図6に中国における1月の平均気温を、5°C以下・7°C・10°Cの等温線で示した。我々の実験室内のコガタアカイエカの生存を種々の温度条件下で維持した結果から判断すると、上海近郊に広がる広大な水田地帯では冬季にコガタアカイエカの越冬は不可能であると推察された。7°Cが越冬に適しているか否かは現時点では判断できないが、例えば、10°C以上が重要と考えたと、中国国内においても、毎年コガタアカイエカは南部の温暖な気候の地域で越冬し、翌春に北東部へ長距離飛行する可能性があると考えられる。

近年、中国国内でのコガタアカイエカの移動に関する研究成果が報告されているが、毎年南北の移動が起こることが明らかになった。我が国においても、1月の平均気温が10°C以上の地域は限られており、越冬可能な地域から毎年コガタアカイエカが移動し、それぞれの発生源で1~2代世代を重ねていると考えられる。これらのことを総合的に判断すると、JEVがコガタアカイエカ体内で越冬するのではなく、越冬可能な地域でウイルスを取り込み、それらの蚊が北東へ移動していると考えられる。

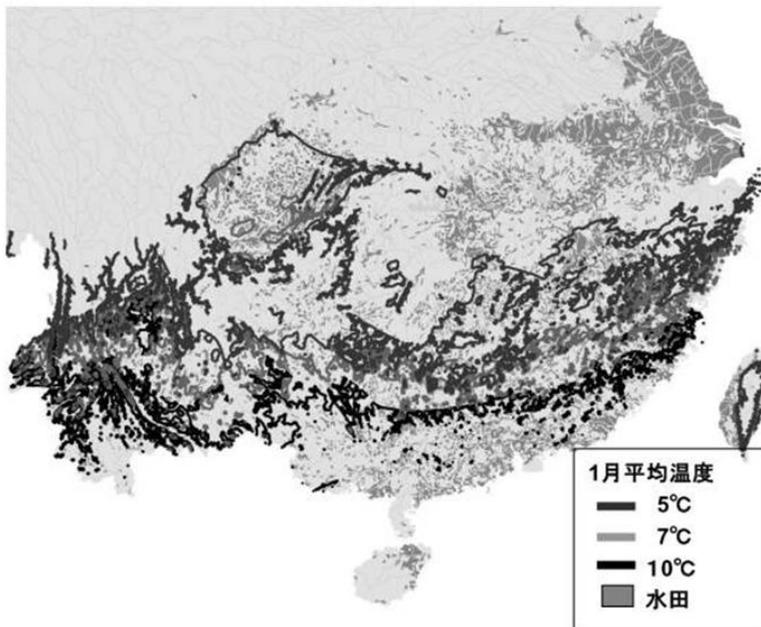


図6 中国における1月の平均気温の等温線

また、過去3年間、東京都内の公園で10~11月に大量のコガタアカイエカ成虫が捕虫網で採集され、これらの成虫が越冬場所を探している最中なのか、東京都内で越冬するのか、依然として結論は出ていないが、都市部の暗渠、下水道などの特殊な人工構造物内を越冬場所として利用している可能性は否定できない。本調査・研究において、3,000頭以上のコガタアカイエカ成虫を東京都内の屋外ケージに放して、生存個体の確認を行ったが、1頭も越冬が出来なかったこと。実験室内の実験においても、越冬状態に入った雌成虫であっても平均気温5°Cの低温条件に対して著しく弱いことが明らかになった。冬季の平均気温が高い地域で越冬した成虫または海外で発生した成虫が7~8月にかけて長距離を飛翔し、九州・四国・関西・中部・関東地方に飛来し、最終的に東北地方まで到達するとの説が強く支持された。

(4) アカイエカ種群の国内分布に関する調査

日本国内で捕集されたアカイエカ種群(合計1,824頭)を県別および採集年毎に集計した(表1)。

捕集数に大きな違いがみられたが、アカイエカは北海道から九州地方までの国内各地に広く生息しており、首都圏3県（千葉・東京・神奈川）、北陸2県（福井・石川）や高知県・広島県では、チカイエカの比率が高かったが、北海道・東北地方ではチカイエカは全く捕集されなかった。捕集方法や場所、時期によって発生数に差異は生じるが、チカイエカが多く捕集された地点の環境から、チカイエカが地上で活動できる何かしら適した環境が存在することが示唆された。一方、ネッタイエカは、1979年までの報告¹⁰⁾によると、その分布の最も北の位置は屋久島であり、九州および東京都の島嶼域からのみ、その生息が報告されていた（図7A）。しかし、近年の我々の調査で2007年8月に鹿児島県下の豚舎で捕集された集団の中に本種の存在が明らかになり、その後2009年・2010年と同地域で多数捕集されている（図7B）。本地域においては、アカイエカよりもネッタイエカの割合が高い傾向にあった。さらに、2010年は九州北部に位置する壱岐島からも本種が捕集された。壱岐市では長距離移動性昆虫のウンカ類を主な対象としたジョンソントラップによる定点捕集調査が継続して行われており、得られたネッタイエカはそのトラップに混入していた個体であったことから、それらが島外から飛来・侵入した集団である可能性は否定できない。しかし、アカイエカ種群の飛翔距離はそれほど長くないと予想されていることを考慮すると、ネッタイエカが約30年をかけて九州北部の島嶼域に定着したと考えるのも不思議ではない。今後の詳細な調査が望まれる。

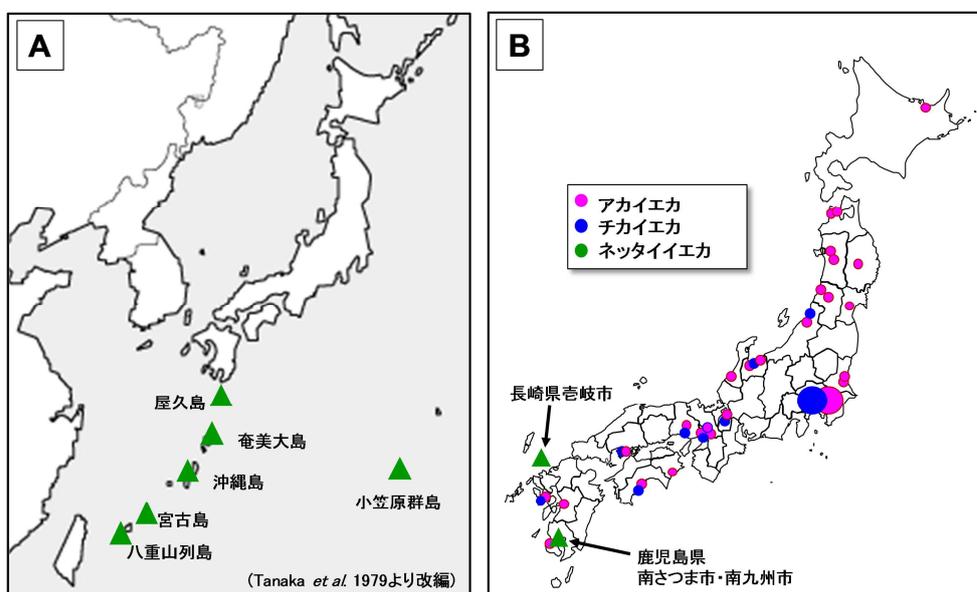


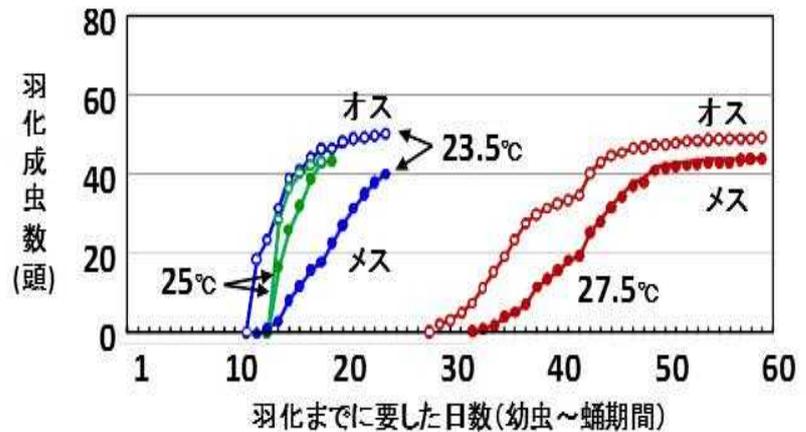
図7 アカイエカ種群蚊の国内分布の比較

(A: 1979年までに報告されたネッタイエカの捕集地, B: 2003～2010年の調査結果)

(5) 異なる温度・日長条件下における成虫および幼虫の寿命に関する室内実験

アカイエカ成虫は、いずれの飼育条件下においてもチカイエカ成虫よりも長命であった（雌1.4～1.9倍、雄2.6～8倍）。一番長寿であった飼育条件は、アカイエカで15°C11L:13D（雌の平均寿命は81日、最長209日）、チカイエカでは20°C11L:13D（雌の平均寿命44日、最長89日）であった。両者間で最も寿命に差があったのは、低温・短日（10°C10L:14D）条件下であった（アカイエカ雌は最長237日、チカイエカ雌は最長146日）。次いで、アカイエカ幼虫の生存に及ぼす温度の影響を調査した。23.5°Cおよび25°Cの水温下では雌雄ともに孵化後10～24日で羽化し、死亡率は約90%であった（図8）。また、27.5°Cの比較的高い水溫下では、羽化までに30～60日を要する個体が出現し、発育にバラツキが認められ、死亡率は同様に約90%と高かった。一方、実験室内

においては、羽化まで2ヶ月以上も要するが、正常に発育し羽化できるが、野外においてはそのような長期間にわたって環境の変化が生じないことはあり得ない。従って、水温が上昇するとアカイエカ幼虫の生存は困難になると予想される。アカイエカの成虫および幼虫の温度と日長に対する反応性から、アカイエカは比較的温度の低い環境下での生息に適して



ることが示唆された。一方、チカイエカは成虫の結果だけではあるが、アカイエカに比べて、すべての環境下で寿命が短く、また、温度や日長に対する反応性に劣ることが明らかになった。今後、温暖化が進むことによって、アカイエカおよびチカイエカの分布域が拡大するとは単純には言い難いが、むしろ、反応性に劣るチカイエカが生き残る可能性は否定できない。チカイエカは一度目の産卵には吸血が必要ではないが、二度目以降はアカイエカ同様に哺乳類も鳥類もほぼ同程度に吸血する²¹⁾。そのため、吸血による病原体の媒介はアカイエカよりも低いと評価されているが、生息数が多くなれば病原体の伝搬に関わる頻度は高くなることが予想される。

(6) 冬季(12~2月)3ヶ月の月最低気温の平均とネッタイエカ分布の関係

これまでにネッタイエカの生息が確認された地域、例えば、鹿児島県(屋久島・南さつま市・南九州市)と長崎県壱岐市(図7)の1980年~2000年の最寒月3ヶ月間の月最低気温の平均は4~10°Cであった(図9左)。この設定温度での解析が妥当か否かについては、今後の検証が必要ではあるが、少なくともこれらの地域は、冬季でも凍結があまり生じない温暖な地域であると考えられる。また、今後2035年までにこの温暖な地域は北上し、さらに内陸部へも地域を拡大することが予想された(図9右)。温暖化によって、ネッタイエカがアカイエカの生息地に侵入・定着する可能性があることが示唆された。

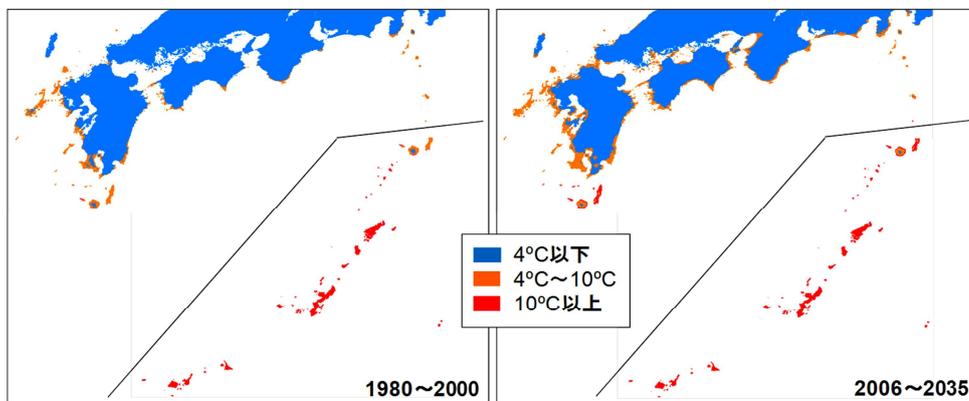


図9 冬季(12~2月)3ヶ月の月最低気温の平均を示すキロメッシュ気候図

5. 本研究により得られた成果

関東地域の東西でコガタアカイエカの2種類のトラップによる平均捕集数に大きな違いが観察され、気象条件が関係していることが予想された。地域によって媒介蚊の密度に大きな違いが認められることから、ワクチン接種の必要性等の問題にもある種の科学的根拠を与えることが可能と考えられる。このような地域による発生数の違いは、厳冬期および1月の最低気温の平均と相関があることも判明し、1月の最低気温の平均をもとに作成したデジタル気候マップによると、コガタアカイエカの越冬が確認または推定された地域はすべて1-3°Cであることが示唆された。都市部のある地域では、下水道関連の人工的な構造物で越冬蚊が採集されていることから、これらの構造物の最低気温などを詳細に検討し、越冬の温度条件等を明らかにすることが重要と考えられる。

3,000頭以上のコガタアカイエカ成虫を東京都内の屋外ケージに放して、生存個体の確認を行ったが、1頭の越冬個体も確認出来なかった。また、実験室内の実験においては、越冬状態に入った雌成虫であっても平均気温5°Cの低温条件に対して著しく弱いことが明らかになった。冬季の平均気温が高い地域で越冬した成虫または海外で発生した成虫が7~8月に長距離を飛翔し、少なくとも九州・四国地方に飛来し、その後分布を広げ、関西・中部・関東地方にまでおよび、最終的には東北地方まで到達するとの説が強く支持される結果である。

日本国内で捕集されたアカイエカ種群を遺伝子分類法により判別した結果、合計 1,824 頭の捕集蚊がアカイエカ、チカイエカおよびネッタイエカに判別された。アカイエカは北海道から九州地方までの国内各地に広く生息していたが、北海道・東北地方ではチカイエカは全く捕集されず、また、チカイエカの比率が高い地域があることが明らかになった。アカイエカの成虫および幼虫の温度と日長に対する反応性から、アカイエカは比較的温度の低い環境下での生息に適していることが示唆された。他方、チカイエカは成虫の結果だけではあるが、アカイエカに比べてすべての環境下で寿命が短く、また、温度や日長に対する反応性に劣ることが明らかになった。今後、温暖化が進むことによって、アカイエカおよびチカイエカの分布域が拡大するとは単純には言い難いが、むしろ、反応性に劣るチカイエカが生き残る可能性は否定できない。

一方、ネッタイエカは、近年、鹿児島県下に定着していることが確実と思われ、さらに、九州北部に位置する壱岐島からも本種が捕集され、近年の温暖化の影響が示唆された。これまでにネッタイエカが捕集された地域（鹿児島県や長崎県北部）の1980~2000年の最寒月3ヶ月間の月最低気温の平均は4~10°Cであったことから、これらの地域は、冬季でも凍結があまり生じない温暖な地域であると推察された。将来の温暖化によって、ネッタイエカがアカイエカの生息地に侵入・定着する可能性が示唆された。

6. 引用文献

- 1) Kobayashi, M., Komagata, O., Nihei, N. 2008. Global warming and vector-borne infectious diseases. J. Disaster Research, 3: 105-112
- 2) Kobayashi, M., Kasai, S., Sawabe, K., Tsuda, Y. 2008. Distribution and ecology of potential vector mosquitoes of West Nile fever in Japan. Global Environmental Research, 12: 27-33.
- 3) Oda, T., Wada, Y., Hayashi, K. 1978. Considerations on the possibility of overwintering of Japanese encephalitis virus in *Culex tritaeniorhynchus* females. Tropical medicine, 20(3): 153-155.
- 4) Turell, M.J., O'Guinn, M.L., Dohm, D.J., Jones, J.W. 2001. Vector competence of North American

- mosquitoes (Diptera: Culicidae) for West Nile virus. *J. Med. Entomol.*, 38: 130–134.
- 5) Turell, M.J., Dohm, D.J., Sardelis, M.R., O'Guinn, M.L., Andreadis, T.G., Blow, J.A. 2005. An update on the potential of north American mosquitoes (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus. *J. Med. Entomol.*, 42: 57–62.
 - 6) Kunkel, K.E., Novak, R.J., Lampman, R.L., Gu, W. 2006. Modeling the impact of variable climatic factors on the crossover of *Culex restuans* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae), vectors of West Nile virus in Illinois. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 74: 168–173.
 - 7) Molaie, G., Andreadis, T.G., Armstrong, P.M., Anderson, J.F., Vossbrinck, C.R. 2006. Host feeding patterns of *Culex* mosquitoes and West Nile virus transmission, northeastern United States. *Emerg. Infect. Dis.*, 12: 468–474.
 - 8) Hoshino, K., Isawa, H., Tsuda, Y., Yano, K., Sasaki, T., Yuda, M., Takasaki, T., Kobayashi, M., Sawabe, K. 2007. Genetic characterization of a new insect flavivirus isolated from *Culex pipiens* mosquitoes in Japan. *Virology*, 359: 405–414.
 - 9) 高崎智彦, 小滝徹, 倉根一郎, 澤辺京子, 林利彦, 小林睦生. 2009. 冬季に捕獲されたイノシシからの日本脳炎ウイルスの分離. *病原微生物検出情報*. 30: 156–157.
 - 10) Turell, M.J., Mores, C.N., Dohm, D.J., Lee, W.J., Kim, H.C., Klein, T.A. 2006a. Laboratory transmission of Japanese encephalitis, West Nile, and Getah viruses by mosquitoes (Diptera: Culicidae) collected near Camp Greaves, Gyeonggi Province, Republic of Korea 2003. *J. Med. Entomol.*, 43: 1076–1081.
 - 11) Turell, M.J., Mores, C.N., Dohm, D.J., Komilov, N., Paragas, J., Lee, J.S., Shermuhemedova, D., Endy, T.P., Kodirov, A., Khodjaev, S. 2006b. Laboratory transmission of Japanese encephalitis and West Nile viruses by molestus form of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) collected in Uzbekistan in 2004. *J. Med. Entomol.*, 43: 296–300.
 - 12) Smith, J.L., Fonseca, D.M. 2004. Rapid assays for identification of members of the *Culex (Culex) pipiens* complex, their hybrids, and other sibling species (Diptera: Culicidae). *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 70: 339–345.
 - 13) Tanaka, K., Mizusawa, K., Saugstad, E.S. 1979. A revision of the adult and larval mosquitoes of Japan (including the Ryukyu Archipelago and the Ogasawara Islands) and Korea (Diptera: Culicidae). *Contrib. Amer. Entomol. Inst.*, 16: 1–987.
 - 14) Kasai, S., Komagata, O., Tomita, T., Sawabe, K., Tsuda, Y., Kurahashi, H., Ishikawa, T., Motoki, M., Takahashi, T., Tanikawa, T., Yoshida, M., Shinjo, G., Hashimoto, T., Higa, Y., Kobayashi, M. 2008. PCR-based identification of *Culex pipiens* complex collected in Japan. *Jpn. J. Infect. Dis.*, 61: 184–191.
 - 15) World Health Organization. 1989. Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vector. pp. 134.
 - 16) LaCasse, W.J., Yamaguchi, S. 1955. Mosquito fauna of Japan and Korea. Office of the Surgeon, Hqs. 8th Army, APO343, pp. 213.
 - 17) 朝比奈正二郎, 鶴岡保明. 南方定点観測船に飛来した昆虫類第3報. 1969. *Kontyu*, 37: 290–304.
 - 18) 原田文雄, 森谷清樹, 矢部辰男. 1968. コガタアカイエカの生態, とくに吸血と産卵を中心にして (第2報). *衛生動物*. 19: 230–23.
 - 19) Wada, Y., Oda, T., Mogi, M., Mori, A., Hayashi, K., Mihune, K., Shichijo, A., Matsuo, S., Omori, N., Fukumi, H. 1976. Ecology of Japanese Encephalitis Virus in Japan : II. The population of vector mosquitoes and the epidemic of Japanese encephalitis. *Tropical Medicine*, 17: 111–127.
 - 20) Omori, N., Ito, S., Taketomi, M., Mifune, K., Shichijo, A., Hayashi, K. 1965. Experimental hibernation

of *Culex tritaeniorhynchus* in Nagasaki, Japan. 長崎大学風土病紀要, 7: 288-295.

- 21) Sawabe, K., Isawa, H., Hoshino, K., Sasaki, T., Roychoudhury, S., Higa, Y., Kasai, S., Tsuda, Y., Nishiumi, I., Hisai, N., Hamao, S., Kobayashi, M. 2010. Host-feeding habits of *Culex pipiens* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) collected at the urban and suburban residential areas of Japan. J. Med. Entomol., 47: 442-450.

[研究成果の発表状況]

(1) 誌上発表 (学術誌)

- ① M. Kobayashi, O. Komagata and N. Nihei: Journal of Disaster Research, 3: 105-112 (2008)
“Global warming and vector-borne infectious diseases.”
- ② M. Kobayashi, S. Kasai, K. Sawabe and Y. Tsuda: Global Environmental Research, 12: 27-33 (2008)
“Distribution and ecology of potential vector mosquitoes of West Nile fever in Japan.”
- ③ Y. Tsuda, O. Komagata, S. Kasai, T. Hayashi, N. Nihei, K. Saito, M. Mizutani, M. Kunida, M. Yoshida and M., Kobayashi, M: Journal of American Mosquito Control Association, 24: 339-343 (2008)
“A mark-release-recapture study on dispersal and flight distance of *Culex pipiens pallens* in an urban area of Japan.”
- ④ 小林睦生：資源環境対策, 44, 24-28 (2008)
「気候変動と媒介蚊. 特集/気候変動と感染症」
- ⑤ 小林睦生：獣医疫学雑誌, 12, 7-12 (2008)
「地球温暖化が媒介昆虫に与える影響」
- ⑥ Y. Tsuda and K.S. Kim: Medical Entomology and Zoology, 61, 69-78 (2010)
“Prediapause migration and overwintering of *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera:Culicidae) observed in a park in urban Tokyo during 2007 to 2009.”
- ⑦ Y. Tsuda, M. Haseyama, K. Ishida, J. Niizuma, K.S. Kim, D. Yanagi, N. Watanabe and M. Kobayashi: Medical Entomology and Zoology, 63, 21-30 (2012)
“After-effects of Tsunami on distribution and abundance of mosquitoes in rice-field areas in Miyagi Prefecture, Japan in 2011.”
- ⑧ M. Kobayashi, S. Kasai, H. Isawa, T. Hayashi, K. Sawabe and Y. Tsuda: Medical Entomology and Zoology, 63, 319-323 (2012)
“Overwintering of *Culex pipiens pallens* in an urban environment of Saitama Prefecture in Japan,”

(2) 口頭発表

- ① M. Kobayashi: 42nd Joint Working Conference on Viral Diseases US-Japan Cooperative Medical Science Program, Satellite Symposium“Global Warming, Environment and Viral Infections”, Nagasaki, Japan, 2008
“Future prospect of expansion of the northern distribution of *Aedes albopictus* in Japan by global warming.”
- ② M. Kobayashi: The 2nd Korea-Japan-China Forum on Communicable Disease Control and Prevention “Climate Change and Health”, Seoul, Korea, 2008
“Northern expansion of dengue vector distribution in Japan by global warming.”
- ③ M. Kobayashi: The 20th Federation of Asian and Oceania Pest Managers Association, Tokyo, Japan,

2008

“Global warming and vector-borne diseases.”

- ④ 米島万有子、渡辺護、二瓶直子、小林睦生：第60回日本衛生動物学会大会（2008）
「富山市の田園地帯におけるドライアイストラップにおけるコガタアカイエカの捕集調査」
- ⑤ 沢辺京子、佐々木年則、森林敦子、葛西真治、津田良夫、小林睦生：第62回日本衛生動物学会大会（2010）
「日本脳炎ウイルスのアカイエカ体内での越冬の可能性について」
- ⑥ 森林敦子、沢辺京子、金京純、津田良夫、小林睦生：第62回日本衛生動物学会大会（2010）
「コガタアカイエカの休眠導入期から覚醒期における脂質含量と脂肪酸組成の変動」
- ⑦ 佐々木年則、澤邊京子、鋏田龍星、金京純、津田良夫、伊澤晴彦、小林睦生：第62回日本衛生動物学会大会（2010）
「国内に生息する蚊類の日本脳炎ウイルス感受性」
- ⑧ 小林睦生：第45回日本脳炎ウイルス生態学研究会シンポジウム「JEVと媒介蚊に関する未解決な問題」（2010）
「コガタアカイエカの成虫密度と冬季温度条件との関係」
- ⑨ 沢辺京子：第45回日本脳炎ウイルス生態学研究会シンポジウム「JEVと媒介蚊に関する未解決な問題」（2010）
「コガタアカイエカの長距離移動に関する知見」
- ⑩ 津田良夫：第45回日本脳炎ウイルス生態学研究会シンポジウム「JEVと媒介蚊に関する未解決な問題」（2010）
「都市部におけるコガタアカイエカの休眼前移動と越冬生態」
- ⑪ 沢辺京子、新井智、松村正哉、大塚彰、衛藤友紀、梁瀬徹、今西望、S. Roychoudhury、鋏田龍星、小林睦生：第55回日本応用動物昆虫学会（2011）
「ミトコンドリア遺伝子が示唆する日本脳炎ウイルス媒介蚊の海外からの飛来」
- ⑫ 沢辺京子：第63回日本衛生動物学会大会シンポジウム「昆虫の長距離飛翔と病原体の伝播」（2011）
「コガタアカイエカの長距離飛翔と越冬生理に関する最近の知見」
- ⑬ 佐藤卓、松本文雄、安部隆司、二瓶直子、小林睦生：第63回日本衛生動物学会大会（2011）
「岩手県におけるヒトスジシマカ分布調査（2010年）」
- ⑭ 沢辺京子：日本学術会議公開シンポジウム「新時代の昆虫科学を拓く2」（2011）
「アジアにおける昆虫媒介感染症とそのベクター」
- ⑮ 沢辺京子：第27回個体群生態学会大会企画シンポジウム（2011）
「日本脳炎ウイルス媒介蚊の長距離飛翔性を検証する」
- ⑯ S. Roychoudhury, K. Sawabe, M. Watanabe and M. Kobayashi: 第63回日本衛生動物学会東日本支部大会（2011）
「Distribution of *Culex pipiens* complex in Japan.」
- ⑰ S. Roychoudhury, K. Sawabe, M. Watanabe, K.S. Kim, Y. Tsuda and M. Kobayashi: 第64回日本衛生動物学会大会（2012）
「Blood feeding pattern of *Culex pipiens pallens* in Miyagi prefecture after the great east Japan

Earthquake disaster」

- ⑱ 小林睦生、千崎則正、松本文雄、安部隆司、駒形修、二瓶直子、沢辺京子：第64回日本衛生動物学会大会（2012）
「岩手県におけるヒトスジシマカ分布調査（2011年）」
- ⑲ 沢辺京子、新井智、大塚彰、松村正哉、衛藤友紀、梁瀬徹、井上栄明、今西望、S. Roychoudhury、
鋤田龍星、多屋馨子、小林睦生：第47回日本脳炎ウイルス生態学研究会（2012）
「コガタアカイエカの海外からの飛来とその飛翔能力の評価」
- ⑳ 佐々木年則、鋤田龍星、伊澤晴彦、小滝徹、高崎智彦、星野啓太、平良常弘、津田良夫、小林
睦生、沢辺京子：第47回日本脳炎ウイルス生態学研究会（2012）
「蚊の体内における日本脳炎ウイルスの国内越冬に関する実験的検証」
- ㉑ M. Kobayashi: The 24th International Congress of Entomology, Scientific Program Section 13, Medical
and Veterinary Entomology “Impact of Climate Change and Natural Disaster in Arthropod Vector”,
Daegu, Korea, 2012
“Future prospect of northern expansion of *Aedes albopictus* in Japan.”
- ㉒ 鋤田龍星、津田良夫、金京純、佐々木年則、伊澤晴彦、葛西真治、今西望、小林大介：第64
回日本衛生動物学会東日本支部大会（2012）
「東京都内におけるコガタアカイエカの野外越冬の検証」

(3) 出願特許：なし

(4) 受賞等：なし

(5) 一般への公表・報道等：

- ① 朝日新聞（平成20年1月1日、全国版）
「怒る天 人に牙：温暖化の脅威急加速」
- ② 中日新聞（平成20年1月6日）
「感染症流行脅威潜む：温暖化“運び屋”も北上」
- ③ 産経新聞（平成20年4月8日、全国版）
「ウイルス運び屋：列島を北上」
- ④ 日本経済新聞（平成20年9月19日、全国版）
「温暖化と健康リスク 熱帯の感染症年々北上」
- ⑤ 日本経済新聞（平成21年9月14日、全国版）
「蚊が媒介（チクングニヤ熱） ウイルスの国内侵入を警戒」
- ⑥ 日本経済新聞（平成22年2月21日、全国版）
「ネーチャー・クライシス 変わる都市の生態系：冬の地下街で人を刺す」

(6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について

今後、将来の温暖化傾向がアカイエカ种群の密度に影響を与え、外来性ウイルスの侵入に際し、そのリスク地域が拡大することの啓発に努める