成田国際空港におけるネッタイシマカの 越冬可能性に関する実験的研究

津田良夫^{*,1)} 助廣那由²⁾ 梅澤昌弘²⁾ 稲垣俊一²⁾ 村上隆行²⁾
木田 中²⁾ 土屋英俊²⁾ 丸山 浩²⁾ 沢辺京子¹⁾

¹⁾ 国立感染症研究所・昆虫医科学部 (〒162-8640 東京都新宿区戸山1-23-1)

²⁾ 成田空港検疫所 (〒282-0004 千葉県成田市古込字古込1-1)

(受領: 2013年10月23日; 掲載決定: 2013年11月21日)

Experimental study on possibility of *Aedes aegypti* overwintering at Narita International Airport, Japan

Yoshio TSUDA^{*,1)}, Nayu SUKEHIRO²⁾, Masahiro UMEZAWA²⁾, Shunichi INAGAKI²⁾,
Takayuki MURAKAMI²⁾, Nori KIDA²⁾, Hidetoshi TSUCHIYA²⁾,
Hiroshi MARUYAMA²⁾ and Kyoko SAWABE¹⁾

* Corresponding author: Department of Medical Entomology, National Institute of Infectious Diseases,
Toyama 1-23-1, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8640, Japan (E-mail: tsudayso@nih.go.jp)

¹⁾ Department of Medical Entomology, National Institute of Infectious Diseases,
Toyama 1-23-1, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8640, Japan

²⁾ Narita Airport Quarantine Station, 1-1 Aza-Furukome, Furukome, Narita, Chiba 282-0004, Japan

(Received: October 23 2013; Accepted: November 21 2013)

Abstract: Experiments exposing *Aedes aegypti* to winter conditions were conducted at Narita International Airport, Japan during December 2012 to March 2013 to evaluate the possible overwintering of the species. Four and 2 study sites were selected inside and outside the terminal buildings, respectively, and air temperature and relative humidity were recorded hourly at each site. Eggs were placed for 91 or 63 days at each study site, respectively, and the hatching rate and adult emergence rate were examined in March 2013. Under outdoor conditions (daily average of 5.2°C and 57.3%R.H.), 6% of the exposed eggs hatched but no adults emerged. Eggs exposed to indoor conditions (daily average of 14.3–19.4°C and 34.3–36.8%R.H.) showed 2 to 8% adult emergence. Exposure experiments using larvae were conducted for 1 week every month, and their development and survival rate were observed. Under outdoor conditions in January and February 2013, all the exposed larvae died within a week. Larvae placed inside the terminal building developed well and the threshold temperature for larval development was estimated as 10.6°C and 11.6°C for hatched larvae and 4-day-old larvae, respectively.

Key words: *Aedes aegypti*, overwintering, Narita International Airport, threshold temperature for larval development

緒 言

ネッタイシマカは熱帯、亜熱帯地域に広く分布し、黄熱病、デング熱、チクングニヤ熱などを媒介している医学的に重要な疾病媒介蚊の一種である。本種は第二次世界大戦以前には、八重山諸島や沖縄本島でふつうにみられる種類であったが、現在はこれらの地域にもまったく生息していない (Tanaka et al., 1979)。近年報告されている地球温暖化や物流のグローバル化に伴い、ネッタイシマカなど重要な疾病媒介蚊がそれまで分布していなかった地域に侵入・定着するリスクは高まっており、注意深い監視の必要性が指摘されている (Medlock et al., 2012; ECDC, 2012)。

我が国では国内に常在していない感染症の侵入を防ぐために、国際港及び国際空港で検疫が行われ必要な措置が講じられている。検疫の対象とされている検疫感染症および検疫感染症に準ずる感染症の中には、蚊などの媒介動物によって伝

播されるものが含まれるため、各検疫所では毎年ベクターサーベイランスを実施して媒介動物の侵入・生息状況および病原体の保有状況を調査している (水田ら, 1999; 長谷山ら, 2007)。

2012年8月8日に成田空港検疫所が実施していたベクターサーベイランスにおいて、空港内に設置された産卵トラップから多数のヤブカ幼虫と蛹が採集され、実験室内で飼育したところ合計27個体のネッタイシマカ成虫が羽化した。過去には成田国際空港と羽田空港で行った国際線航空機内の調査で、ネッタイシマカ成虫がそれぞれ4回、1回採集されたことがあるが、空港内に設置した産卵トラップで本種の幼虫・蛹の発生が確認されたのはわが国で初めてのことであった (Ogata et al., 1974; Sukehiro et al., 2013)。そのため成田国際空港に侵入したネッタイシマカの定着を防ぐために、成田空港検疫所では徹底した成虫及び幼虫の分布調査を行うと共に、雨水マスや排水溝など潜在的な幼虫発生場所に対する殺虫剤

処理を行った。その結果、ネッタイシマカの繁殖や分布拡大が疑われるような例はまったく観察されず、定着を阻止することができたと結論した (Sukehiro et al., 2013)。

ネッタイシマカの幼虫は10°C以下の平均気温では發育できないと考えられるため (Christophers, 1960; Tsuda and Takagi, 2001; Chang et al., 2007), 2012年8月に成田国際空港に侵入したネッタイシマカの対策では、発生場所を空港の屋外水域に留め、仮に一部の卵や幼虫が防除対策を逃れて生き残ったとしても、冬の低温によって死滅させ定着を阻止する戦略を採用した。冬季の成田市における過去の平均気温を考慮すれば、仮にネッタイシマカの卵や幼虫が屋外の水域に残っていたとしても、低温によって死亡すると予想された。しかしながら、空港ビル内は温度管理によって常に20°C以上の気温が保たれているという報告があるため (長谷山ら, 2007), 温度条件だけを見れば、ネッタイシマカが空港ビル内に侵入した場合は越冬に成功する可能性が高い (Ofuji, 1963; Tsuda and Takagi, 2001)。米国では21の州でネッタイシマカの採集記録があり、その中には冬季に氷点下まで気温が低下する地域が多数含まれることから、屋外の気候条件だけで本種の生存の可能性が決まっているとは言い切れない (Reiter, 2010; Eisen and Moore, 2013)。

本研究は、2012年8月から10月に成田国際空港で実施されたネッタイシマカの防除対策に引き続いて、空港ビル内における本種の越冬可能性を明らかにするために行われた。成田国際空港ビル内の4カ所および比較のために屋外の2カ所に、温湿度記録計とともにネッタイシマカの卵および幼虫を設置して、卵・幼虫の發育と生存が設置場所の温度条件によってどの程度影響されるかを実験的に調査した。調査結果に基づき空港ビル内外におけるネッタイシマカの越冬可能性について考察した。

材料と方法

実験場所と実験期間：ネッタイシマカの侵入が確認された成田国際空港第2ターミナルビルを実験場所とした。ターミナルビル1, 2, 3階のプランター設置場所および1階税関検査場の出口扉前にある観賞用植物設置場所の計4カ所を屋内の実験場所として選んだ。また、比較のために屋外の実験場所として、2012年8月にネッタイシマカの幼虫と蛹が発生した88番スポットに近いビル外壁に作られたパイプスペースを選んだ。この場所は外気に曝されているため屋外の気温条件と同じであると思われたが、12月に実施した1回目の実験で実際に温湿度を記録したところ、夜間に屋内から排出される空気によって気温がかなり上昇することがわかった。そのため2013年1月の調査からは、ネッタイシマカの幼虫と蛹が採集された産卵トラップの設置場所を新たな実験場所として追加した。実験は2012年12月14日から2013年3月21日の期間、濾紙に産卵されたネッタイシマカ卵を外気条件下に暴露する実験、ならびに実験室コロニーより得られた幼虫を用いた1週間の幼虫暴露実験を1カ月おきに4回実施した。

実験方法：暴露実験にはインドネシアのスラバヤ市で2000年に採集され実験室で継代飼育されてきた系統を用いた。各実験場所にロガー (HOBO8, オンセットコンピューター社, 米国) を設置して、2012年12月11日から2013年3月21日の期間、温度と相対湿度を1時間おきに記録した。

(1) 卵の暴露実験：国立感染症研究所の飼育室 (26.5°C,

相対湿度58%)で2012年11月28日から30日の間に濾紙に産卵されたネッタイシマカの卵を12月13日まで乾燥させ、12月14日に成田国際空港の実験場所に設置した。卵が付着した濾紙を約3cm×4cmの大きさに切り分け、1枚を直径3cm、深さ5cmのプラスチック容器に入れ、空気が出入りできるようにナイロンメッシュの布で蓋をして、容器ごと調査場所に設置した。卵はそのまま3月14日の第4回幼虫暴露実験日まで屋外及び屋内の気象条件下に置き、実験開始時に卵の付着した濾紙ごと水に漬けて25°Cのふ卵器に保管した。1週間後に孵化した幼虫数を記録した。濾紙は取り出してさらに4日間乾燥させたのち、再び水に漬けて1週間後に孵化した幼虫数を記録した。2回の浸漬処理の後に濾紙面の卵数を数え、孵化した幼虫数の合計から孵化率を計算した。孵化した幼虫は餌を与えて、25°Cのふ卵器内で飼育を続け、すべての幼虫が死亡あるいは成虫になるまで飼育を続けた。

(2) 幼虫の暴露実験：実験場所の気温条件とその場所での幼虫の發育・生存の関係を調べるためには、孵化幼虫を設置して成虫まで育つ個体数と發育期間の長さを記録する方法が従来行われている方法である。しかし、本研究の実験場所は一般利用客が出入りしている空港のターミナルビル内であるため、最も注意を要するのは、実験に使用した幼虫あるいは実験期間中に幼虫が發育して羽化した成虫が、なんらかのトラブルで逃げ出したり、持ち出されることである。実験に用いた孵化幼虫がすべて死亡するか成虫まで發育する期間は、10~15°C程度の低温条件では1カ月以上に達すると推測される (Tsuda and Takagi, 2001)。そして暴露実験の期間が長くなるほどトラブルが発生する確率も高くなるので、トラブルを避けるために、本研究では暴露期間を1週間に設定し、暴露期間中の温度条件によって幼虫がどの程度發育したかを調べ、温度と發育度合いの関係を明らかにすることを目的とした。

ネッタイシマカ幼虫の低温に対する耐性は發育ステージによって異なることが知られている (Christophers, 1960, Chang et al., 2007)。そこで本研究では、24時間以内に孵化した幼虫と孵化後4日間26.5°Cの飼育室で飼育した幼虫 (3令) を暴露実験に用いた。幼虫は50個体ずつ、汲み置き水100mLと餌 (昆虫飼育用固形飼料, オリエンタル酵母工業(株), 東京) 約100mgが入った280mLのペットボトルに入れて、各実験場所に1週間設置した。ペットボトルの口はナイロンメッシュ布で塞ぎ、通気できるようにした。ただし2月の孵化幼虫は、実験に使用した卵の孵化率が低く、十分な孵化幼虫数が得られなかったため、1カ所あたり15個体の孵化幼虫を暴露実験に用いた。

実験を開始してから1週間後にペットボトルを回収し、生存幼虫数を記録した。4日令の幼虫で蛹や成虫まで發育した個体が含まれる場合はその数も記録した。生存幼虫は頭幅を測定し、予め測定しておいた孵化幼虫の平均頭幅を基にそれぞれの幼虫の頭幅の増加率 (D) を計算した。幼虫の令数と頭幅の関係から予備的に求めた頭幅の増加率は、令が進むたびに1.5倍であった。したがって、 n 回脱皮した幼虫の頭幅の増加率Dは、 $D=1.5^n$ と表すことができる。そこで、幼虫の脱皮回数を以下の式によって推定した：脱皮回数 = $\log(D)/\log(1.5)$ 。脱皮回数の推定値を四捨五入し、得られた脱皮回数に孵化幼虫の場合は1を、4日令幼虫では3を加えて、その幼虫の令数とした。

温度・相対湿度の記録：1時間毎の記録を日ごとに平均して平均値を求めた。幼虫発育と気温の関係の分析では、1週間の実験期間中の日平均気温を基に回帰分析を行った。卵の発育と気温、湿度の関係に関する分析では、6カ所すべての実験場所について記録が得られた1月11日から3月22日の日平均値を基に統計分析を行った。

統計分析：調査場所に1週間暴露された孵化幼虫については、場所ごとに1週間後に生存していた幼虫の平均令を求めた。さらに各調査場所の暴露実験期間中の平均気温を求めた。4回の暴露実験結果をひとつにまとめて、平均気温を独立変数、その場所における幼虫の平均令を従属変数として回帰分析を行い、孵化幼虫の発育が起こらない限界の気温を推定した。回帰分析では、発育がまったく起こらなかった1, 2月のトラップ設置場所のデータとトラブルのあった3月の3階の調査場所のデータを除外し、合計20組のデータを用いた。

4日令幼虫の場合は、蛹あるいは成虫に達した個体の割合を求め、平均気温を独立変数とする回帰分析を行って、4日令幼虫が1週間の暴露期間では蛹まで発育できない限界の気温を推定した。その際、実験終了時に蛹も成虫も得られなかった場所のデータ8組を除外し、合計15組のデータを分析した。

調査場所間の気温と湿度の違いを検討するために分散分析を行い、Tukey's HSD-testによって平均値の有意差判定を行った。

気温データの分析：我が国の7つの主要国際空港（新千歳空港、成田国際空港、羽田国際空港、中部国際空港、関西国際空港、福岡空港、那覇空港）におけるネットタイシマカの越冬可能性を検討するために、気象庁のホームページ（www.data.jma.go.jp/）から気温データを収集し分析した。新千歳空港、成田国際空港、関西国際空港に関しては空港で測定された2003年から2010年の月別平均気温を用いた。それ以外の空港の場合、空港で測定された2003年から2010年のデータが利用できなかったため、同じ期間に最も近い気象観測所で測定されたデータを用いて月別平均気温を求めた。

結 果

暴露実験を行った6カ所について、実験期間中の平均気温と平均相対湿度を求めて、Table 1に示した。平均気温はターミナルビル1階の税関検査場出口（1FA）で最も高く19.4°C、最も低かったのは88番スポットの産卵トラップ設置

場所（88TRP）で5.2°Cだった。ターミナルビル内の3カ所（1F, 2F, 3F）の平均気温には有意差がなく、13.9~14.7°Cであった。88番スポットに近いビル外壁に作られたパイプスペース（88SPT）の平均気温は12.1°Cで、ビル内部よりも有意に低く、88TRPよりは有意に高かった。相対湿度は、最も気温が低かった88TRPで有意に高く57.3%で、それ以外の場所間の違いは有意ではなく34.3~36.3%であった。

実験期間中の平均気温に有意な差が観察された4つの実験場所について、日平均気温の変化を描いてFig. 1に示した。屋内の平均気温は屋外よりも高く、また安定していたことがわかる。それに対して、最も平均気温が低かった88TRPでは、1月と2月の2カ月間は5°C以下の日が多く、3月になってから気温が急激に高くなっており、気温の変化が非常に大きかったことがわかる。また、外壁のパイプスペース（88SPT）で記録された気温の季節変化は屋内（1F）の季節変化よりも変動が大きいものの、1Fの平均気温とほぼ平行した変化を示しており、ビル内部の気温調節に強く影響されていたことが示唆される。

それぞれの実験場所に設置され、異なる温度・湿度条件に暴露された卵の孵化率および成虫まで発育した個体の割合をTable 1に示した。平均気温が最も低かった88TRPに設置された卵の孵化率は非常に低く6%であった。これに対して

Fig. 1. Changes in daily mean air temperature recorded at 4 study sites at Narita International Airport from December 2012 to March 2013. The arrows at the bottom of the figure indicate periods of exposure experiments using larvae.

Table 1. Results of experiments exposing *Aedes aegypti* eggs to 6 different sites inside and outside the terminal building of Narita International Airport, Japan during December 2012 to March 2013.

Site		Duration of exposure (days)	Mean ($\pm$ S.D.) Temperature ($^{\circ}$ C)	Mean ($\pm$ S.D.) Humidity (R.H.)	Total eggs exposed (E)	Total eggs hatched, H, (%)	Emerging adults (A)	Adult emergence rate (A/E)	Mortality of hatched larvae (1-A/H)
1F	Inside	91	13.9b $\pm$ 1.6	35.7a $\pm$ 9.9	753	516 (69)	14	0.02	0.973
1FA	Inside	91	19.4a $\pm$ 0.7	34.3a $\pm$ 7.2	380	233 (61)	32	0.08	0.863
2F	Inside	91	14.3b $\pm$ 1.6	36.8a $\pm$ 9.6	749	492 (66)	8	0.01	0.984
3F	Inside	91	14.7b $\pm$ 1.6	35.4a $\pm$ 9.2	468	356 (76)	22	0.05	0.938
88SPT	Outside	91	12.1c $\pm$ 2.8	36.3a $\pm$ 10.3	419	321 (77)	2	0.004	0.994
88TRP	Outside	63	5.2d $\pm$ 3.6	57.3b $\pm$ 17.0	393	22 (6)	0	0	0

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different (Tukey's HSD-test, $p < 0.05$).

残りの5カ所に設置された卵の孵化率は61~77%と予想外に高かった。しかし、孵化した幼虫を25℃のふ卵器の中で飼育したところ、死亡率が非常に高く、88TRPの卵から孵化した幼虫はすべて死亡した。他の実験場所の温度・湿度条件に暴露された卵から孵化した幼虫の死亡率は0.863~0.994を示し、成虫まで育った個体は、初期卵数の0.4~8%にすぎなかった。孵化して成虫まで发育した卵の割合と暴露期間中の平均気温の間には、はっきりした直線関係が認められた (Fig. 2)。回帰直線によって卵から羽化する成虫の数がゼロになる平均気温を求めたところ、12.1℃であった。暴露期間中

Fig. 2. Relationship between mean temperature during the exposure period and adult emergence rate (%) of *Ae. aegypti* eggs exposed to 6 different climatic conditions at Narita International Airport. Eggs laid on filter paper were kept in a plastic vial with a nylon mesh cap, and placed at 5 and 1 study sites in December 2012 and January 2013, respectively. The eggs were soaked in water in March 2013 and hatched larvae were reared to adults. The open circle was excluded from the regression analysis.

の平均湿度と暴露した卵の孵化率および孵化して成虫まで发育した割合の間には、相関関係は認められなかった。

幼虫の暴露実験の結果を Fig. 3 に示した。1月と2月の88TRPにおける暴露期間中の日平均気温はそれぞれ2.9, 2.7℃を示し、ここに設置された幼虫は、孵化幼虫も4日令幼虫もすべて1週間の暴露期間中に死亡した。孵化幼虫の发育と平均気温の関係には、明瞭な直線関係が認められた (Fig. 3b)。得られた回帰直線によって、幼虫の发育が停止し平均令が1.0のままである平均気温を推定したところ、10.6℃であった。したがって、本実験で使用したネッタイシマカの系統では、孵化幼虫が发育できる限界の気温は10.6℃付近にあると考えられる。孵化幼虫の生存率と平均気温の関係 (Fig. 3a) はかなりばらつきが大きく、全体の傾向がはっきりしなかった。しかし、Fig. 3aの白丸で示した2月の調査結果を除外すると、暴露実験中の平均気温は Fig. 3bで推定した孵化幼虫の发育限界温度 (10.6℃) よりも高く、多くの場合80%以上の幼虫が生存していた。

1週間の暴露期間中に蛹または成虫まで发育した4日令幼虫の割合には、強い温度依存性が観察された (Fig. 3d)。回帰直線を求め、幼虫发育が起らず蛹まで发育した割合がゼロになる平均気温を推定したところ、11.6℃であった。4日令幼虫の生存率と平均気温の関係を Fig. 3c に示した。平均気温が10.1℃以下の2つの場合は生存率が低く10%以下であったが、それ以外はデータのばらつきが比較的小さく、暴露期間中の平均気温が Fig. 3dで推定した4日令幼虫の发育限界温度 (11.6℃) よりも高い場合には、60%以上の生存率を示していた。

考 察

2012年8月に成田国際空港で実施されていたベクターサーベイランスで、ネッタイシマカの幼虫・蛹が多数発見さ

Fig. 3. Effects of temperature conditions on survival and development of hatched larvae and 4-day-old larvae. The open circles in figures (a and c) show the results in the coldest month, February 2013.

れ、定着阻止を目的とした調査と媒介蚊対策が行われたが (Sukehiro et al., 2013), この媒介蚊対策における基本的な防除戦略は、集中的な防除対策によって発生場所を空港の屋外水域に留め、一部の卵や幼虫が生き残ったとしても、冬の低温によってすべて死滅させるという戦略であった。ネッタイシマカ幼虫の低温耐性に関する既存の報告 (Christophers, 1960; Tsuda and Takagi, 2001; Chang et al., 2007) と成田国際空港が位置する地域の冬季の平均気温を考慮すると (Table 2), 成田国際空港周辺の冬の平均気温は10°C以下であり、ネッタイシマカ個体群を死滅させるのに十分低い気温であると推測された。本研究の結果はこの推測が妥当であることを実験的に支持している。

本研究で実験場所のひとつとして選んだ88TRPは、この場所に設置された産卵トラップにネッタイシマカの幼虫と蛹が発生した場所であるが、1, 2月の日平均気温は5°Cを下回る日が多く (Fig. 1), 屋内の実験場所よりもはるかに低温であった。そして、この場所に設置された幼虫は1週間の暴露期間中にすべて死亡した。また、同じ場所に1月から3月まで63日間設置された卵からは6%の幼虫が孵化したが、成虫まで发育した個体はいなかった。これらの結果は成田国際空港の屋外の水域に発生したネッタイシマカは冬季の低温条件によって死滅するという推測が正しかったことを示している。

88TRPよりも暖かい場所に設置された孵化幼虫および4日令幼虫の发育限界温度は、それぞれ日平均気温が10.6°C, 11.6°Cであることがわかった。また、冬季に日平均気温が12.1°C以下の低温条件に曝した卵からは成虫が羽化することはないと推測された (Fig. 2)。したがって、ネッタイシマカの越冬可能性を評価する際に、Christophers (1960) をはじめ過去の多くの研究で本種の分布北限を決めている気候要因として採用されてきた、冬季の日平均気温10°Cを目安とするのは妥当と思われる。Table 2に我国の7つの主要国際空港の月別平均気温を示した。月平均気温が10.0°C以下である期間は表中でグレーに塗りつぶした部分で、新千歳空港でもっとも長く11月から4月まで (6カ月)、成田国際空港、羽田国際空港、中部国際空港、関西国際空港では12月から3月まで (4カ月)、福岡空港では12月から2月まで (3カ月) であることがわかる。したがってこれらの空港では、屋外の発生場所に限ればネッタイシマカが越冬できる可能性はないか、あるいは非常に低いと考えられる。これに対して、那覇空港で

は一年を通じてネッタイシマカの发育が可能な温度条件が満たされているため、本種の侵入・定着に対する注意深い監視が望まれる。

成田国際空港ターミナルビルの屋内は温度調節によって冬季でも平均13.9°Cから19.4°Cの温度に保たれていることが今回の調査によって明らかになった。また、このような気温条件であれば、ネッタイシマカ幼虫が蛹・成虫まで发育することも確認された。したがって、空港ターミナルビルの内部は一年を通じてネッタイシマカが生息可能な場所と考えて、発生源となりうる人工容器に対する監視を行うことが重要と思われる。2012年8月に成田国際空港ターミナルビルの内部で行った調査では、ネッタイシマカの発生源となりうる人工容器として、ビル内部に設置された観葉植物の水受け容器が見つかり (Sukehiro et al., 2013)。

ターミナルビルの外部であっても、屋内から暖かい空気が排気される場所 (88SPT) では、実験期間中の平均気温が12.1°Cと幼虫の发育限界温度よりも高く、この条件で暴露された卵からはわずかであるが2個体 (0.4%) の成虫が羽化した。この結果は屋外のネッタイシマカの発生場所を監視する上で重要である。成田国際空港のターミナルビルでは、排気用パイプスペースの周辺には水が溜まるような構造物は見つからない。しかし、屋内からの排気管が排水溝などに接していれば、排水溝の周辺の気温が冬季でも高く保たれて、ネッタイシマカの越冬が可能となることも考えられる。空港ターミナルビルの構造は空港によって異なるので、ベクターサーベイランスに際して、屋内外の発生水域に加えて屋内からの排気管の設置位置などに関しても熟知しておくことが必要だろう。

本研究で屋内の温・湿度条件に91日間暴露した卵の孵化率は66~76%と高かったが、孵化した幼虫の生存率は非常に低く成虫まで发育したのは0.4~8%にすぎなかった。冬季に室内条件で保管されたネッタイシマカの卵から翌春孵化した幼虫の生存率が低いことは、Ofuji (1966) によっても報告されているが、その理由は不明である。この現象は本種の越冬可能性を評価する上で重要であり、さらに実験的な検討を加える必要があると思われる。

謝 辞

成田国際空港ターミナルビル内外における実験装置の設置に関して、ご協力いただいた成田国際空港株式会社宮原祐二

Table 2. Monthly average temperature during 2003 to 2010 recorded at 7 major international airports in Japan.

International Airport	Location		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
New Chitose	42°46.5'N	141°41.5'E	-5.7	-5.4	-0.7	5.1	10.6	15.2	18.1	20.8	17.0	10.5	4.0	-2.7
Narita	35°45.8'N	140°23.1'E	3.9	5.0	7.9	12.7	17.0	20.7	24.0	25.6	22.6	17.1	11.9	6.8
Tokyo (Haneda)*	35°41.4'N	139°45.6'E	6.3	7.0	9.7	14.6	19.1	22.9	26.0	27.6	24.4	18.8	13.9	9.1
Nagoya (Chubu)*	35°10.0'N	136°57.9'E	4.7	6.1	8.8	14.6	19.2	23.3	26.6	28.1	25.0	18.7	12.9	7.3
Kansai	34°26.0'N	135°13.9'E	6.5	7.0	9.2	14.3	18.9	23.0	26.6	28.2	25.6	20.0	15.0	9.5
Fukuoka*	33°34.9'N	130°22.5'E	6.7	8.1	10.6	15.4	19.8	23.5	27.4	28.5	25.3	20.0	14.4	9.0
Naha*	26°12.4'N	127°41.1'E	17.1	17.9	18.9	21.4	24.3	26.8	29.2	29.1	28.2	25.7	22.6	18.9

* Meteorological data were obtained from the nearest meteorological station using the online database of the Japan Meteorological Agency (www.data.jma.go.jp/).

氏に感謝いたします。本研究の一部は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 H24- 新興- 一般-007）および環境省地球環境保全試験研究費 (S-8) の補助を受けて行われた。

文 献

- Chang, L. H., Hsu, E. L., Teng, H. J. and Ho, C. M. 2007. Differential survival of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae exposed to low temperatures in Taiwan. *J. Med. Entomol.*, 44: 205–210.
- Christophers, S. R. 1960. *Aedes aegypti* (L.) the yellow fever mosquito. 739p. Cambridge University Press, Cambridge.
- Eisen, L. and Moore, C. G. 2013. *Aedes (Stegomyia) aegypti* in the continental United States: a vector at the cool margin of its geographic range. *J. Med. Entomol.*, 50: 467–478.
- European Centre for Disease Prevention and Control. 2012. Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe. Stockholm, ECDC.
- 長谷山路夫, 飯塚信二, 大前比呂思, 津田良夫. 2007. 成田国際空港に到着する国際線航空機内ならびに空港区域における蚊の採集結果. *衛生動物*, 58: 191–197.
- Medlock, J. M., Hansford, M., Schaffner, F., Versteurt, V., Hendrickx, G., Zeller, H. and Bortel, W. V. 2012. A review of the invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks, and control options. *Vector-Borne Zoonotic Dis.*, 12: 435–447.
- 水田英生, 松本昭子, 五島謙太郎, 小竹久平. 1999. 関西国際空港に生息する蚊科の調査、特にイナトミシオカについて. *衛生動物*, 50: 161–164.
- Ofuji, K. 1963. Possibility of establishment of yellow fever mosquito, *Aedes aegypti* (L.) in Japan. 2. Cold- and dry-resistance of eggs, ecological zero point of larvae, development of larvae in early spring, and general summary. *Trop. Med.*, 5: 209–222.
- Ogata, K., Tanaka, I., Ito, Y. and Morii, S. 1974. Survey of the medically important insects carried by the international aircrafts to Tokyo International Airport. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, 25: 177–18.
- Reiter, P. 2010. Yellow fever and dengue: a threat to Europe? *Euro Surveill.* 2010;15 (10): pii=19509. Available online: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19509>.
- Sukehiro, N., Kida, N., Umezawa, M., Murakami, T., Arai, N., Jinnai, T., Inagaki, S., Tsuchiya, H., Maruyama, H. and Tsuda, Y. 2013. First report on invasion of yellow fever mosquito, *Aedes aegypti*, at Narita International Airport, Japan in August 2012. *Jpn. J. Infect. Dis.*, 66: 189–194.
- Tanaka, K., Mizusawa, K. and 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. Am. Entomol. Inst.*, 16: 1–987.
- Tsuda, Y. and Takagi, M. 2001. Survival and development of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae under a seasonally changing environment in Nagasaki, Japan. *Environ. Entomol.*, 30: 855–860.