

原 著

国際線航空機の蚊の調査結果および検疫港・検疫飛行場における外来種の蚊の侵入事例（2008～2018年）

新妻 淳^{*1)} 長谷山路夫²⁾ 奥宮真由美¹⁾
日原 隆¹⁾ 島村 博¹⁾ 津田良夫³⁾

¹⁾横浜検疫所（〒231-0002 神奈川県横浜市中区海岸通1-1）

²⁾東京検疫所（〒135-0064 東京都江東区青海2-7-11）

³⁾国立感染症研究所（〒162-8640 東京都新宿区戸山1-23-1）

（受領：2020年10月21日；掲載決定：2021年1月6日）

Results of mosquito inspection on international aircraft, and incidence of invasion of exotic mosquitoes at quarantine ports and airports in Japan (2008–2018)

Jun NIIZUMA^{*1)}, Michio HASEYAMA²⁾, Mayumi OKUMIYA¹⁾,
Takashi HIHARA¹⁾, Hiroshi SHIMAMURA¹⁾ and Yoshio TSUDA³⁾

* Corresponding author: niizuma-jun@mhlw.go.jp

¹⁾Yokohama Quarantine Station, 1-1 Kaigan-dori, Naka-ku, Yokohama, Kanagawa 231-0002, Japan

²⁾Tokyo Quarantine Station, 2-7-11 Aomi, Koto-ku, Tokyo 135-0064, Japan

³⁾National Institute of Infectious Diseases, 1-23-1 Toyama, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8640, Japan

(Received: 21 October 2020; Accepted: 6 January 2021)

Abstract: We report the results of mosquito inspection on international aircraft and in government-run areas by the Japanese Quarantine Station, Ministry of Health, Labour and Welfare between 2008 and 2018. In total, 22,452 aircraft were inspected and 822 adult mosquitoes (including 145 dead mosquitoes) were collected from 240 (1.07%). The majority of the mosquitoes on aircraft belonged to *Culex*. The most abundant *Culex* species was *Cx. quinquefasciatus* and 469 adults were captured. Among them, 398 were collected from aircraft from India. The second-most abundant was *Cx. pipiens* complex (158 adults) and the third was *Cx. gelidus* (100 adults). An important invasive dengue vector, *Aedes aegypti* (2 adults), was captured on an aircraft from the Philippines. In mosquito inspection at government-run areas, the invasion of *Ae. aegypti* was confirmed at Narita International Airport in 2012, 2013, 2014, 2015, and 2017, Tokyo International Airport (Haneda Airport) in 2013, and Chubu Centrair International Airport (NGO) in 2016 and 2017. Virus detection from the collected mosquitoes revealed Japanese encephalitis virus gene (genotype I, a prevalent genotype in Japan at present) from *Cx. tritaeniorhynchus* captured at Narita International Airport in 2013, Mikawa Port in 2015, and Kyushu Saga International Airport in 2017.

Key words: International aircraft, *Culex*, *Cx. quinquefasciatus*, *Aedes aegypti*, Japanese encephalitis virus genotype I, *Cx. tritaeniorhynchus*

緒 言

世界保健機関（World Health Organization: WHO）は、国際航行する船舶や航空機を介した感染症の侵入・拡大防止を行うことを目的に国際保健規則（International Health Regulations (2005): IHR2005）を定め、参加国にその実施を求めている（WHO, 2009）。その中で蚊族等の媒介動物が、交通機関の発達によって国際的に移動すること、また媒介動物の侵入に伴う感染症の拡大防止を図るため、検疫港・検疫飛行場（入域地点）で媒介動物の調査（ベクターサーベイランス）と防除等の衛生対策への対応能力（ベクターコントロール）を高め

ることが求められている。

日本では法令によって、全国に所在する検疫所がジカウイルス感染症、チクングニア熱、デング熱、マラリア、ウエストナイル熱および日本脳炎を対象にして、入域地点でのベクターコントロールを実施するために、蚊の生息・侵入調査および病原体保有検査（検疫所ベクターサーベイランス）を行っている（長谷山, 2020）。検疫所ベクターサーベイランスの調査結果の詳細（2008～2019年）は年次ごとに「検疫所ベクターサーベイランスデータ報告書」として公開されている（厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生・食品安全企画課検疫所業務管理室, 2020）。また、2001～2005年に成田国際

空港で実施されたベクターサーベイランスの調査結果の一部は長谷山ら (2007) によって発表されている。検疫所が実施したベクターサーベイランスでは、海外で脅威となっている重要な媒介動物を空港で捕獲した事例等が複数あるものの、一部の関係者が認識しているだけで国内では広く浸透していない。また、これまでに検疫所全体のベクターサーベイランスの調査結果を網羅的にとりまとめた報告はない。

本論文は海外から侵入する蚊種と病原体の保有状況を調査することを目的として、2008年から2018年に実施された「検疫所ベクターサーベイランスデータ報告書」の中から国際線航空機や政令区域で捕獲された蚊の外來種の発見事例、病原体検出事例に焦点をあてて集計を行った。さらに、厚生労働省が公表している「検疫所業務年報 (平成30年)」のデータ (厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生・食品安全企画課検疫所業務管理室, 2020) を参照して、デング熱等の蚊媒介感染症の国内発生の防止の観点から考察した。

材料と方法

検疫所ベクターサーベイランスの概要

2019年の時点で、92の海港と30の空港で実施されている。調査対象感染症は、蚊族により媒介されるジカウイルス感染症、チクングニア熱、デング熱、マラリア、ウエストナイル熱、日本脳炎およびねずみ族またはノミ類により媒介される南米出血熱、ペスト、ラッサ熱、腎症候性出血熱 (HFRS)、ハンタウイルス肺炎候群 (HPS) である。

検疫法施行令 (政令) で指定された検疫港や検疫飛行場周辺を入域地点 (政令区域) として定め、その区域で生息している蚊の侵入・生息状況を調査している。加えて検疫法で定めた感染症 (検疫感染症) の国内侵入防止を目的に病原体の保有状況を監視している。検疫所ベクターサーベイランスには、海外から日本に到着する航空機への侵入状況を把握するための「航空機調査」、および海外を発航した航空機・船舶が到着する空港および港である入域地点の生息状況を把握することを目的とした「政令区域内の調査」がある。

1) 航空機調査

航空機調査は空港ごとに前年の来航機数および検疫感染症患者の年間発見数に基づいてリスク評価を行い、評価結果に応じて翌年の航空機調査機数を決定した。その上で、蚊媒介感染症の流行地域を発航する航空機を優先し、運航計画、過去の採集実績等を踏まえて調査対象とする航空機 (貨物機も含む) を選定した。また乗客等から機内での蚊の目撃情報が提供された場合は、臨時調査を実施した。調査方法としては航空機到着後、旅客機は旅客が降りてから検疫官が概ね2名で機内に立ち入り、客室乗務員から機内での蚊の有無について聞き取りを行い、機内全体を目視により確認を行った。座席の下の暗がりには懐中電灯で照らしながら、目視による確認が困難な場所は振動を与え飛翔する蚊の確認を行った。また、貨物機については、到着後ただちに貨物室に立ち入り、旅客機と同様に目視により確認を行った。蚊を発見した場合は生死にかかわらず、捕虫網と吸虫管等で捕獲する方法を用いた。調査に要する時間は、航空機の運航スケジュール、機体の大きさ、調査人数等により影響を受けるため必ずしも一定ではないが最大30分間程度であった。

2) 政令区域調査

政令区域調査は、航空機調査と同様にリスク分析の結果に

よって年間の調査回数を決定した。調査は政令区域内を、一辺が約1,000mの四角形 (3次メッシュ: 調査区域) で区画し、蚊が侵入・生息する可能性が高い外航船舶が頻繁に接岸する埠頭、コンテナの蔵置場所、国際線航空機の駐機場所周辺等が含まれる調査区域を優先して選定し、調査区域内での聞き取りや事前調査の結果等から、蚊が採集できる場所等を定点に設定した。1調査区域あたり、成虫については誘引剤としてドライアイスを用いたCDCトラップ (ドライアイス・ライトトラップ) を1個設置し、概ね一昼夜調査を行った。幼虫については人工的に産卵場所を提供するオビトラップを3個設置し、蚊の繁殖時期には概ね1週間に1回の頻度でトラップ内の幼虫の有無を確認した。あわせて、調査区域内にある側溝等の産卵場所となる水域を3定点設定し、柄杓・ピペットを用いて幼虫を採集した。

3) 蚊の種同定と病原体検査

航空機調査や政令区域調査で採集した蚊は、Tanaka et al. (1979) にしたがって形態的特徴によって同定した。アカイエカ群 *Culex pipiens complex* に属する種の分類は、各検疫所の同定者によって亜種が区別されている場合と区別されていない場合があるため、検疫所ベクターサーベイランスデータ報告書にアカイエカ *Cx. pipiens pallens* Coquillett, チカイエカ *Cx. pipiens form molestus* Forskal, トビロイエカ *Cx. pipiens pipiens* Linnaeus, アカイエカ群と同定されたサンプルを、本論文ではまとめて、アカイエカ群として集計を行った。また、検疫所ベクターサーベイランスデータ報告書のアカイエカ群にはサンプルの状態が悪く、亜種やネッタイエカ *Cx. quinquefasciatus* Say の区別ができなかったサンプルが含まれているため、本論文のアカイエカ群には上記の3亜種に加えてネッタイエカも含まれている可能性がある。

病原体検査は、感染リスクの観点から、原則、生きた雌成虫で検疫感染症に関わる媒介種を対象とした。死亡個体や雄成虫についての検査は、各検疫所の担当者の判断で実施しており詳細を把握することはできなかった。また、病原体検査は、種毎・航空機毎・調査区域毎に最大50個体を1プール (検体) とし、蚊の種類に応じてフラビウイルス、チクングニアウイルス、マラリア原虫の遺伝子検査を実施した。

なお、チクングニア熱は、2011年2月に検疫感染症になったため、それ以前に採集された媒介種については、病原体検査を実施していない。

4) 統計分析

航空機から蚊が採集された頻度の有意差検定は、比率の多重比較 (Holm法) によって行った。その際、蚊が採集された回数が5に満たない少数例は、合計して分析を行った。分析にはR (ver.3.2.0) を用いた。

結 果

1) 航空機調査

(1) 年次別、地域別、国別調査結果

2008年から2018年に検疫所で実施した航空機調査数および蚊が捕獲された航空機数を Table 1 に示す。調査期間の11年間に22,452機について調査を実施し240機 (1.07%) から蚊が捕獲された。航空機から蚊が採集された頻度は年によって変動し、2013年が最も高く2.27%、2017年が最も低い0.22%で、この違いは統計的に有意であった ($p < 0.05$)。また、2013年が最も蚊が採集された頻度が高かったが、それ以降

Table 1. Frequency of mosquito interception events on international aircraft to Japan, 2008–2018.

Year	No. of aircraft		Frequency (%)
	Inspected	With mosquitoes	
2008	1,951	34	1.74ab
2009	1,621	15	0.93abc
2010	2,049	33	1.61ab
2011	2,172	18	0.83bc
2012	2,613	30	1.15ab
2013	2,334	53	2.27ab
2014	2,321	19	0.82bc
2015	2,084	13	0.62bc
2016	1,925	12	0.62bc
2017	1,853	4	0.22c
2018	1,529	9	0.59bc
Total	22,452	240	1.07

The frequencies followed by the same letter were not significantly different ($p > 0.05$, pairwise comparison of proportions with Holm's correction).

Table 2. Frequency of mosquito interception events on international aircraft from different regions.

Region	No. of aircraft		Frequency (%) (b/a)
	Inspected (a)	With mosquitoes (b)	
Asia	18,909	207	1.09
North America	1,610	18	1.12
Oceania	855	7	0.82
Europe	817	5	0.61
Middle East	210	2	3 1.15
Africa	22	1	
Latin America and the Caribbean	29	0	
All	22,452	240	

The frequency was not significantly different among regions ($p > 0.05$, pairwise comparison of proportions with Holm's correction).

は2017年まで下がる傾向が確認された。

航空機の調査結果を発航地に基づいて7地域に分類して Table 2に示した。地域別に見ると、アジア地域を発航した航空機の調査数が最も多く18,909機で全調査機数の84.22%であった。これらの航空機で蚊が採集されたものは207機で1.09% (207機/18,909機)に相当した。次が北米地域発航便で1,610機 (全調査機数の7.17%)について調査を実施し、18機 (1.12%)から蚊が採集された。その次がオセアニア地域の855機 (全調査機数の3.81%)について調査を実施し、7機 (0.82%)から蚊が採集された。さらにヨーロッパ地域の817機 (全調査機数の3.64%)で、5機 (0.61%)から蚊が採集された。アフリカ地域発航便では調査した航空機が22機と少ないものの1機から蚊が採集され、その割合は4.55%と最も高かった。蚊の採集頻度は地域によって0~4.55%の値を示したが、その違いは統計的には有意ではなかった ($p > 0.05$)。

航空機の発航地と機内からの蚊の採集頻度の違いをさらに

詳しく検討するために、国・地域別に集計して Table 3に示した。50カ国・地域からの航空機について調査を実施したが、調査機数は中国本土5,450機 (24.27%)が最も多く、台湾4,017機 (17.89%)、韓国3,568機 (15.89%)、米国1,499機 (6.68%)、タイ1,373機 (6.12%)の順に上位を占めた。機内から蚊が採集された航空機の数5機以上の国・地域は10カ国で、そのうち8カ国はアジア地域であった。統計分析が可能なアジア地域について、蚊の採集頻度の違いを分析したところ、最も頻度が高かったのはインド (16.86%)で、次いでマレーシア (3.36%)、タイ (2.69%)、フィリピン (1.56%)の順であった。アジア地域以外では、フランス領ニューカレドニア60機中7機 (11.67%)、エジプト22機中1機 (4.55%)、カタール45機中2機 (4.44%)が比較的高い頻度であった。

調査機数が少ない国を除きデング熱等、蚊媒感染症の流行地域から来航する航空機に焦点を当てるとマレーシア357機中12機 (3.36%)、タイ1,373機中37機 (2.69%)、ベトナム1,082機中9機 (0.83%)で蚊が採集された。またウエストナイル熱の流行地域である北米地域から来航する航空機では米国1,499機中18機 (1.20%)で蚊が採集された。

(2) 航空機調査で捕獲された蚊の種類と病原体遺伝子検出結果

航空機で捕獲された種類と個体数を発航地別に Table 4に示す。合計822個体が捕獲され、死亡個体は145個体であった。うち種同定まで至ったものは4属15種合計776個体であった。捕獲された15種のうちアジア地域から12種、北米地域から6種が捕獲された。中東地域、アフリカ地域からはイェカ属のみが捕獲された。捕獲された蚊のほとんどがイェカ属で822個体中794個体 (96.59%)と圧倒的に多かった。種の内訳はウエストナイルウイルス媒介種のネッタイエカが822個体中469個体 (57.06%)と最も多く、アカイエカ群が158個体 (19.22%)、日本脳炎ウイルス媒介種である *Cx. gelidus* (Theobald) が100個体 (12.17%)、コガタアカイエカ *Cx. tritaeniorhynchus* Gilesが33個体 (4.01%)という順であった。また外部形態の損傷により正確に種まで同定できなかったものは46個体であった。

捕獲個体数は少ないものの公衆衛生上重要視すべき種として黄熱ウイルスやデングウイルスの媒介種であるネッタイエカ *Aedes aegypti* (Linnaeus) がフィリピンからの便で2個体確認された。また日本脳炎ウイルス媒介種であるシロハシイエカ *Cx. pseudovishnui* Collessが1個体 (フィリピン)、三日熱マラリア原虫の媒介種であるシナハマダラカ *Anopheles sinensis* Wiedemannが2個体 (ベトナム、米国)、マレー系状虫やバククロフト糸状虫の媒介種であるアシマダラヌマカ *Mansonia uniformis* (Theobald) が2個体 (中国本土、韓国)捕獲された。また熱帯熱マラリア原虫の媒介種が多く含まれるタテンハマダラカ亜属のハマダラカ *Anopheles* (*Cellia*) sp.もベトナムからの便で1個体捕獲された。

機内で捕獲した蚊822個体中608個体について病原体遺伝子検査を実施したところすべて陰性であった。

(3) 蚊の由来地

蚊の種類ごとに、航空機から採集された個体の由来地を検討するために、Table 5に航空機の発航国・地域および発航都市別に集計して示した。機内から蚊が採集された航空機は合計20カ国・地域で、41都市から発航していた。

ネッタイエカは15カ国・地域で、20都市から発航した

Table 3. Frequency of mosquito interception events on international aircraft to Japan from different origins (country/ territory/ area).

Region	Country/Territory/Area	No. of aircraft		Frequency (%) (b/a)
		Inspected (a)	With mosquitoes(b)	
Asia	India	439	74	16.86 a
	Thailand	1,373	37	2.69 bc
	Mainland China	5,450	31	0.57 ef
	Philippines	1,343	21	1.56 cd
	Malaysia	357	12	3.36 b
	Vietnam	1,082	9	0.83 de
	Korea	3,568	7	0.20 ef
	Singapore	703	7	1.00 cd
	Myanmar	8	4	0.20 f
	Indonesia	442	2	
	Taiwan	4,017	2	
	Pakistan	27	1	
	Sri Lanka	80	0	
	Others ¹⁾	20	0	
		4,594	9	
Oceania	French New Caledonia	60	7	11.67
	Australia	107	0	0.00
	French Polynesia	30	0	0.00
	Guam	480	0	0.00
	Hawaii	134	0	0.00
	New Zealand	20	0	0.00
	Saipan	7	0	0.00
	Others ²⁾	17	0	0.00
North America	USA	1,499	18	1.20
	Canada	111	0	0.00
Latin America and the Caribbean	Costa Rica	1	0	0.00
	Mexico	28	0	0.00
Europe	Finland	60	1	1.67
	France	82	2	2.44
	Germany	37	1	2.70
	Russia	240	1	0.42
	Azerbaijan	85	0	0.00
	Italy	42	0	0.00
	Luxembourg	165	0	0.00
	Netherlands	91	0	0.00
	Others ³⁾	15	0	0.00
Middle East	Qatar	45	2	4.44
	Iran	11	0	0.00
	Israel	1	0	0.00
	Turkey	35	0	0.00
	UAE	118	0	0.00
Africa	Egypt	22	1	4.55
	All	22,452	240	1.07

¹⁾Including Cambodia, Laos, Maldives, and Mongolia. ²⁾Including Palau and Papua New Guinea. ³⁾Including Austria, Belgium, Denmark, England, Kazakhstan, and Uzbekistan. The frequencies for Asian countries followed by the same letter were not significantly different ($p > 0.05$, pairwise comparison of proportions with Holm's correction).

航空機から採集された。このうちインドからの航空機での採集数が398個体と最も多く（ムンバイ359，ボンベイ37，デリー2），ネッタイエカ全体の84.86%（398個体/469個体）を占めた。2012年にはムンバイ-成田路線の航空機1機から237個体のネッタイエカが捕獲された事例もあった。インド以外でネッタイエカが10個体以上捕獲された国・地域は、中国本土，フランス領ニューカレドニア，ドイツ，タイ

であった。

アカイエカ群は27都市から発航した航空機から158個体が捕獲された。インドからの侵入が最も多く56個体で、インドの3都市の中ではムンバイから発航した航空機からの採集個体数が51と最も多くインド国内の91.07%を占めた。アカイエカ群の採集個体数が次に多かったのは、米国で54個体であった。このうち、50個体は東海岸のニューアークから

Table 4. A list of mosquito species and their numbers (including dead mosquitoes) collected on international aircraft from different countries/territories/areas to Japan in 2008–2018.

Species	Origin of aircraft (Country/Territory/Area) *																Total (240)				
	Ind. (74)**	Tha. (37)	M.Chi. (31)	Phi. (21)	Mal. (12)	Sin. (7)	Vie. (9)	Kor. (7)	Mya. (4)	INDN. (2)	TAW. (2)	Pak. (1)	USA. (18)	FNC. (7)	Ger. (1)	Fra. (2)		Fin. (1)	Rus. (1)	Qat. (2)	Egy. (1)
<i>Culex quinquefasciatus</i>	398(1)	10	13(1)	5	6	2(1)	6(1)	1	1	1	1(1)	1	1	12	11(11)	7	1				469(16)
<i>Cx. pipiens</i> complex	56(52)	1	17(1)	3(2)	11(8)	3(1)	1(1)	2			1		54(3)						1		158(68)
<i>Cx. gelidus</i>		80(31)		19(1)																	100(32)
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>		17(2)	7(2)	2	1	1(1)	1	2					2								33(5)
<i>Cx. spp.</i>	9(3)	2(1)		2(1)	2(2)	7(7)		1	5				1(1)	1(1)					1		31(16)
<i>Cx. orientalis</i>			1																		1
<i>Cx. pseudovishnui</i>				1																	1
<i>Cx. rubithoracis</i>							1											1			1
<i>Aedes vexans</i>													1								2
<i>Ae. vigilax</i>														2							2
<i>Ae. aegypti</i>																					2
<i>Ae. dorsalis</i>			1																		1
<i>Ae. nigromaculis</i>													1								1
<i>Anopheles sinensis</i>							1						1								2
<i>An. (Cellia) sp.</i>							1						1								2
<i>An. koreicus</i>																					1
<i>Armigeres sp.</i>																					1
<i>Mansonia uniformis</i>			1																		1
Unidentified	7(4)	1(1)				3(3)		1					1								13(8)
Total	470(60)	112(35)	39(4)	34(4)	20(10)	16(13)	11(2)	9	6	2	2(1)	1	62(4)	15(1)	11(11)	7	1	1	2		1 822(145)

*Ind = India, Tha = Thailand, M.Chi = Mainland China, Phi = Philippines, Mal = Malaysia, Sin = Singapore, Vie = Vietnam, Kor = Korea, Mya = Myanmar, INDN = Indonesia, TAW = Taiwan, Pak = Pakistan, USA = United States of America, FNC = French New Caledonia, Ger = Germany, Fra = France, Fin = Finland, Rus = Russia, Qat = Qatar, Egy = Egypt. **The number in parentheses following the origin of the aircraft is the number of aircraft with mosquitoes.

Table 5. Departure place and total number of mosquitoes collected on international aircraft to Japan, 2008–2018, by species.

Species (Total No. of mosquitoes)	Departure Country/ Territory/Area	Departure place	No. of mosquitoes (No. of dead mosquitoes)
<i>Culex quinquefasciatus</i> (469)	India	Bombay	37
		Delhi	2(1)
		Mumbai	359
	Mainland China	Hong Kong	13(1)
	French New Caledonia	Noumea	12
	Germany	Frankfurt	11(11)
	Thailand	Bangkok	10
	Malaysia	Kota Kinabalu	1
		Kuala Lumpur	5
	Vietnam	Hanoi	3
		Ho Chi Minh	3(1)
	Philippine	Cebu	1
		Manila	4
	Singapore	Singapore	2(1)
	Finland	Helsinki	1
	Indonesia	Denpasar	1
	Myanmar	Yangon	1
	Pakistan	Karachi	1
	Taiwan	Taipei	1(1)
	USA	New York	1
<i>Cx. pipiens</i> complex (158)	India	Bombay	2
		Delhi	3(1)
		Mumbai	51(51)
	USA	Dallas	1(1)
		Houston	1(1)
		New York	1
		Newark	50(1)
		Anchorage	1
		Beijing	1
		Changchun	1
	Mainland China	Dalian	2
		Fuzhou	1
		Guangzhou	1
		Hong Kong	1
		Shanghai	10(1)
	Malaysia	Kuala Lumpur	11(8)
	France	Paris	7
	Philippine	Cebu	1
		Manila	2(2)
	Singapore	Singapore	3(1)
Egypt	Cairo	1	
Korea	Cheongju	1	
	Incheon	1	
Qatar	Doha	1	
Taiwan	Taipei	1	
Thailand	Bangkok	1	
Vietnam	Ho Chi Minh	1(1)	
<i>Cx. gelidus</i> (100)	Thailand	Bangkok	80(31)
	Philippine	Manila	19(1)
	Indonesia	Denpasar	1

Table 5. Continued

Species (Total No. of mosquitoes)	Departure Country/ Territory/Area	Departure place	No. of mosquitoes (No. of dead mosquitoes)
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i> (33)	Thailand	Bangkok	17(2)
		Hong Kong	3(1)
	Mainland China	Macao	1
		Shanghai	3(1)
	Korea	Incheon	1
		Pusan	1
	Philippine	Manila	2
	USA	Chicago	1
		Los Angels	1
	Malaysia	Kuala Lumpur	1
	Singapore	Singapore	1(1)
	Vietnam	Ho Chi Minh	1
	<i>Aedes aegypti</i> (2)	Philippine	Manila
<i>Ae. vexans</i> (2)	Russia	Vladivostok	1
	USA	Anchorage	1
<i>Ae. vigilax</i> (2)	French New Caledonia	Noumea	2
<i>Anopheles sinensis</i> (2)	USA	San Francisco	1
	Vietnam	Ho Chi Minh	1
<i>Mansonia uniformis</i> (2)	Mainland China	Shanghai	1
	Korea	Incheon	1
<i>Ae. dorsalis</i> (1)	Thailand	Bangkok	1
<i>Ae. nigromaculis</i> (1)	USA	San Francisco	1
<i>An. koreicus</i> (1)	Korea	Incheon	1
<i>Cx. orientalis</i> (1)	Mainland China	Shanghai	1
<i>Cx. pseudovishnui</i> (1)	Philippine	Manila	1
<i>Cx. rubithoracis</i> (1)	Vietnam	Ho Chi Minh	1

発航した航空機から採集された。これら2カ国でアカイエカ群全体の69.62%に相当した。また、米国で捕獲された蚊62個体中55個体にあたる88.71%はウエストナイルウイルス媒介蚊であった。

次に採集個体数が多かったのは*Cx. gelidus*で、すべての個体がアジア地域からの航空機で捕獲されており、タイのバンコク発の航空機で80個体、フィリピンのマニラ発の航空機で19個体、インドネシアのデンパサール発の航空機で1個体であった。到着空港は成田国際空港（千葉県成田市）が1個体で残り99個体はすべて関西国際空港（大阪府泉佐野市）到着路線で発見された。コガタアカイエカは12都市から発航した航空機から33個体が採集された。タイと中国本土発航の航空機からの捕獲個体数がそれぞれ17個体、7個体と多く、これら2カ国で33個体中24個体（72.73%）を占めた。

ネッタイシマカは捕獲個体数が2個体と少ないがすべての個体がマニラ-成田路線で捕獲された。

また、北米路線でコガタアカイエカ、ネッタイエカおよびシナハマダラカが、またヨーロッパ路線でネッタイエカが捕獲されているが、これらの種類は発航した地域には生息していない。

2) 政令区域調査（港湾衛生調査）

(1) 外来種捕獲事例

空港や港の周辺で外来種が捕獲された事例をTable 6に示す。いずれの空港における事例においても、ネッタイシマカの捕獲場所を中心に最大半径400m内にできるだけ多くのオビトラップとドライアイス・ライトトラップを設置し成虫の拡散を阻止しながら、原則、月平均気温が10°C以下になるまで調査を継続し、調査期間を通じて、定期的に殺虫剤や昆虫成長制御剤を投入し防除に努めた。さらに、羽化後に得られた成虫も含めてフラビウイルス、チクングニアウイルスの遺伝子検査を実施し、すべての個体が陰性であったことが確認された。

・成田国際空港では、空港の屋外に設置したオビトラップでネッタイシマカの幼虫や蛹が2012、2013、2014、2015年および2017年に発見された。ネッタイシマカの侵入時期は6、8、9月および11月であった。

2012年8月の侵入事例は航空機到着スポット付近の1個のオビトラップからネッタイシマカの幼虫と蛹が合計27個体発見され、回収の翌日に羽化が確認されている（Sukehiro et al., 2013）。発見が1日遅ければ、これらネッタイシマカ成虫が空港内に拡散することになり、検疫所のベクターサーベイランスによって本種の侵入阻止が行われた貴重な事例であった。

2013年は8月と9月にネッタイシマカの侵入が確認され

Table 6. Interception events of exotic mosquitoes and infected mosquitoes with pathogens at Japanese quarantine ports and airports 2008–2018.

Year	Month	Port/Airport	Species	Stage	Origin	Pathogen
2012	Aug.	Narita International Airport	<i>Aedes aegypti</i>	larva & pupa	Exotic	
2013	Aug.	Narita International Airport	<i>Ae. aegypti</i>	larva & pupa	Exotic	
		Kansai International Airport	<i>Culex gelidus</i>	adult	Exotic	
	Sep.	Tokyo International Airport	<i>Ae. aegypti</i>	adult	Exotic	
		Narita International Airport	<i>Ae. aegypti</i>	larva & pupa	Exotic	
		Narita International Airport	<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	adult	Indigenous	JEV*
2014	Sep.	Narita International Airport	<i>Ae. aegypti</i>	larva	Exotic	
2015	Jun.	Narita International Airport	<i>Ae. aegypti</i>	larva	Exotic	
	Aug.	Mikawa Port	<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	adult	Indigenous	JEV
	Sep.	Narita International Airport	<i>Ae. aegypti</i>	larva	Exotic	
	Nov.	Narita International Airport	<i>Ae. aegypti</i>	larva	Exotic	
2016	Aug.	Chubu Centrair International Airport	<i>Ae. aegypti</i>	larva, pupa & adult	Exotic	
	Nov.	Kansai International Airport	<i>Cx. gelidus</i>	adult	Exotic	
2017	May	Chubu Centrair International Airport	<i>Ae. aegypti</i>	adult	Exotic	
	Jul.	Kyushu Saga International Airport	<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	adult	Indigenous	JEV
	Aug.	Kyushu Saga International Airport	<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	adult	Indigenous	JEV
		Narita International Airport	<i>Ae. aegypti</i>	larva	Exotic	

*JEV: Japanese encephalitis virus.

た。8月（航空機到着スポット）と9月（貨物ターミナル貨物倉庫付近）の発見場所は直線距離で約1,000m離れており、それぞれ設置されたオビトラップ1個からネッタイシマカの幼虫と蛹を確認した。その後実施した追加調査では新たなネッタイシマカは確認されなかった。

2014年9月、2015年6, 9, 11月、2017年8月には航空機到着スポット付近に設置したオビトラップ1個からネッタイシマカの幼虫が確認されたが、その後実施した追加調査では新たなネッタイシマカは確認されなかった。

・東京国際空港（東京都大田区）では、2013年9月に貨物ターミナル地区に設置したドライアイス・ライトトラップでネッタイシマカ雌成虫1個体が捕獲されたが、その後実施した追加調査では新たなネッタイシマカは確認されなかった。

・中部国際空港（愛知県常滑市）では、2016年8月に貨物地区に設置したドライアイス・ライトトラップの回収作業中にネッタイシマカ雌成虫を1個体捕獲し、その後の追加調査で貨物地区の雨水マスや貨物検査場の溜まり水にネッタイシマカの幼虫と蛹が多数確認された。また一部、羽化した成虫が旅客ターミナルビルとは別の施設内へ侵入していることが確認され、継続的な調査を実施するとともに、発生源対策（有機リン系殺虫剤および昆虫成長制御剤の投入）および配管内に潜伏している成虫の対策として高圧洗浄並びにピレスロイド系炭酸ガス製剤による殺虫剤噴霧処理を行った。翌年2017年5月には、2016年の発見場所と同じ施設内で飛翔している蚊1個体を捕獲した旨の連絡が検疫所に寄せられ確認したところネッタイシマカ雌成虫であった。また、その2日後にネッタイシマカ雄成虫が1個体捕獲された。その後の調査ではネッタイシマカは発見されなかった。

・関西国際空港では、2013年8月と2016年11月に*Cx. gelidus*の雌成虫を1個体ずつ貨物地区周辺に設置したドライアイス・ライトトラップで捕獲した。その後、トラップを追加設置し、継続的に実施した調査では同種を確認できなかつ

た。これらの成虫に対して実施したフラビウイルス遺伝子検査の結果は陰性であった。

(2) 病原体遺伝子検出事例

日本脳炎ウイルス遺伝子陽性のコガタアカイエカが成田国際空港（2013年）、三河港（愛知県田原市：2015年）、九州佐賀国際空港（佐賀県佐賀市：2017年）で確認された（Table 6）。いずれの事例においても継続的な調査の実施、関係者への注意喚起、航空機への蚊の侵入防止の呼びかけが実施された。

・成田国際空港の事例は、2013年9月に捕獲したコガタアカイエカ27個体（1プール）で日本脳炎ウイルスのI型遺伝子が検出された。追加調査で得られた200個体（19プール）について実施した検査ではすべて陰性であった。

・三河港の事例は、2015年8月下旬に捕獲されたコガタアカイエカ32個体（1プール）から日本脳炎ウイルス遺伝子が検出され、I型に弱い反応が確認されたが確定はできなかった。

・九州佐賀国際空港の事例では、2017年7, 8月に捕獲したコガタアカイエカより日本脳炎ウイルスのI型遺伝子が検出された。7月には1,251個体（26プール）のコガタアカイエカが捕獲され、26プール中1プールから日本脳炎ウイルスのI型遺伝子が検出された。8月にも同一捕獲地点に設置したトラップで636個体（13プール）のコガタアカイエカが捕獲され、13プール中1プールから日本脳炎ウイルスのI型遺伝子が検出された。

考 察

1) 航空機を介した蚊の侵入について

航空機が疾病媒介蚊の分布を拡大する重要な要因のひとつであることは広く知られており（Lounibos, 2002; Tatem et al., 2006a,b; ECDC, 2012）、航空機内における蚊の生存率に関する実験的研究や蚊媒介性病原体（デングウイルス、ウエストナイルウイルス、日本脳炎ウイルス、マラリア原虫等）が蚊によって持ち込まれるリスクの評価に関する研究等が行わ

れている (Russell, 1987; Kilpatrick et al., 2004, 2006; Brown et al., 2012; Mier-y-Teran-Romero et al., 2017; Oliveira et al., 2018). しかしながら、ベクターサーベイランスとして行われた航空機調査の結果を報告した論文は少ない (Le Maitre and Chadee, 1983; Takahashi, 1984; Derraik, 2004; 長谷山ら, 2007; Ammar et al., 2019). そのため、本研究で得られた結果、例えば航空機から蚊が採集された頻度や採集された蚊の個体数等に関する値を海外で行われた先行研究と比較することは難しい。ただし、航空機内から採集された蚊の種類相に関しては比較検討することが可能である。

2008年から2018年に検疫所が調査を行った航空機22,452機のうち、240機から合計822個体の蚊が採集され、採集された蚊の96.59%がイエカ属であることが判明した。個体数は少ないもののネットアイマカもフィリピンのマニラ路線で採集された。また、政令区域内の調査でも本来国内に生息していないネットアイマカや*Cx. gelidus*が採集されていることから、蚊が航空機内に侵入すること、航空機に侵入した蚊が機内に留まらず、航空機から逃げ出しているという事実が確認された。また、検疫所が調査を実施している航空機は、国際線の就航便の一部であり、未調査の航空機に疾病媒介蚊や感染蚊が侵入していることも考えられる。国際線全便に対して調査を実施することは不可能であるが、蚊媒介感染症の流行地域を発航する航空機を中心とした調査や定期的な政令区域調査により、外来種の侵入阻止や国内未発生の蚊媒介感染症の予防等に大きく貢献できると考えられる。また、今回の調査結果から、本来生息していない地域を発航した航空機でコガタアカイエカ (北米路線)、シナハマダラカ (北米路線)、ネットアイエカ (北米路線、ヨーロッパ路線) 等が確認されているが、これは同一の航空機を複数の路線で利用すること等によるものと推測される。

海外を発航し日本に到着した航空機は2018年で290,824機となり、2014年と比較すると約80,000機が新たに就航した (厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生・食品安全企画課検疫所業務管理室, 2020)。このように日本に來航する航空機は増えていることから、海外の蚊が航空機を介して国内へ侵入する機会は高まっている。その一方で、航空機から蚊が採集される頻度は減少しており、その理由として考えられるものは、航空会社による航空機侵入防止策の実施や駐機時間が短いLCC (Low-cost carrier) の就航に伴い航空機調査の時間が短縮されたこと等が推察される。しかし、調査の対象となった航空機のデータはなく状況について把握することができない。今後、航空会社の対策の有無や航空機調査に要する時間などを把握し、必要に応じて、航空機の選定も含めた調査方法の見直しが求められる。

2) ネットアイエカを中心としたイエカ属の蚊の航空機侵入等の可能性について

Table 4に示されたように、本研究で航空機から採集された蚊822個体中96.59%はイエカ属に属していた。Le Maitre and Chadee (1983)はトリニダッドの国際空港で、1965年から1974年の間に89,863機の航空機の調査を行い、592機から節足動物を採集した。このうち蚊類は6種類50個体で、全体の5.3%を占めていた。最も多く採集されたのはネットアイエカ (28個体) で、未同定のイエカ属の種 (13個体) と合わせると、蚊類全体の82%を占めていた。ニュージーランドに

到着する航空機および船舶で2001年から2018年に蚊が採集された事例は244回あり、14種が採集されている (Ammar et al., 2019)。このうちイエカ属は107回 (43.85%) 採集されており、最も採集回数が多かったのはネットアイエカ (60回) であった。ニュージーランドに到着する航空機から蚊が採集された事例は、2000年以前にも報告されており、最も頻繁に採集されたのはイエカ属の蚊であった (Derraik, 2004)。成田国際空港で2001年から2005年に実施された航空機調査では、2,161機中26機から蚊が採集され、そのうち64.28%はイエカ属の蚊であった (長谷山ら, 2007)。このように航空機からイエカ属の蚊が多く採集されることは、次のような理由によると思われる。一般にイエカ類は飛翔力が大きく、成虫は夜間活動性で正の走光性がある。そのため空港で使用される夜間照明が、空港周辺の広い範囲からイエカ類を誘引し、駐機中の航空機内部に侵入する機会が多くなると推察される。またイエカ類の中でも、ネットアイエカとアカイエカ群の構成割合が高かったのは、これらの種の地理的分布が非常に広く、またどの地域でも最も普通にみられる種類であるためと思われる (Harbach, 2012)。

今回の調査結果でも明らかなように国際線航空機240機から822個体の蚊が確認され、ウエストナイルウイルスや日本脳炎ウイルスのベクターであるイエカ属の蚊が多く捕獲された。これら捕獲されたイエカ属のうちウエストナイル熱の流行地域である北米地域からの侵入も確認されたが、蚊媒介感染症に関する特定感染症予防指針によれば、ウエストナイル熱については媒介蚊のみを介して人から人への感染環は成立しないことや近縁のウイルスである日本脳炎ウイルスについては国内で予防対策が講じられていること等 (厚生労働省, 2015) から公衆衛生上ただちに深刻化することは考えにくい。しかし、1999年にニューヨークに侵入後に米国本土に定着したウエストナイルウイルスは、イスラエルで分離されたウイルス株と相溶性が高いと報告されている (Lanciotti et al., 1999; 林・倉根, 2005)。このことから、イスラエルで空港の照明に誘引されたウエストナイルウイルスを保有したイエカ属の媒介蚊が、航空機に侵入し、ニューヨーク到着時に航空機から逃げ出し、空港周辺の野鳥を吸血したことがきっかけとなり、ウエストナイル熱の流行が起きた可能性も否定できない (Reisen, 2013)。特にウエストナイル熱の流行地域から発航する航空機が到着する空港においては、注意が必要となる。

また、近年、中国のコガタアカイエカや韓国のアカイエカ、ハマダライエカ *Culex orientalis* EdwardsからV型遺伝子の日本脳炎ウイルスが検出されている (Li et al., 2011; Kim et al., 2015)。検疫所の航空機調査でも中国本土や韓国発航の航空機からコガタアカイエカやアカイエカ群が見つかり、V型遺伝子の日本脳炎ウイルスを保有する感染蚊が国内に侵入した場合は、現在の日本脳炎ワクチンでは、I型、III型に比べ、V型に対する効果が弱いことが報告されており (Tajima et al., 2015)、公衆衛生上注意が必要である。また、成田国際空港、九州佐賀国際空港、三河港で捕獲したコガタアカイエカから日本脳炎ウイルス遺伝子が検出されているが、遺伝子型は国内で流行しているI型であり、国内においては予防対策も構築されていることから、すぐに脅威となる可能性は低いが、日本脳炎ウイルスを保有したコガタアカイエカが日本脳炎未発生病国へ持ち出されることがないよう航空会社への呼びかけ等の注意が必要である。

3) ネットアイシマカを中心としたシマカの国内侵入および定着について

今回の調査期間においても、国際線の航空機調査では個体数が少ないもののネットアイシマカが捕獲されている (Table 4)。また2012年から2017年まで国際空港の屋外に設置したオビトラップ等でもネットアイシマカが捕獲されている (Table 6)。ネットアイシマカの侵入事例はこれまでも報告されており、1972年に、マニラから東京国際空港に到着した航空機で、ネットアイシマカ雌成虫が捕獲されている (Ogata et al., 1974)。成田国際空港では1980, 1992, 1993年にマニラおよびバンコクから到着した航空機でネットアイシマカ成虫が捕獲されている (Sukehiro et al., 2013)。また福岡空港では2002年6月に旅客ターミナルビルの検疫所内で飛行中のネットアイシマカ雌成虫を捕獲している (土井ら, 2003)。ニュージーランドのオークランド国際空港でも2001年から2018年の間にネットアイシマカが19回採集されており、最近5年間は発見回数が増加傾向を示している (Ammar et al., 2019)。成田国際空港や東京国際空港で2012年から2015年に捕獲されたネットアイシマカの遺伝子解析によると、同種はアジア/太平洋由来であること (Itokawa et al., 2020) や2016, 2017年に中部国際空港で2年連続同じ場所で捕獲されたネットアイシマカも東南アジア由来の別系統の個体であること (胡ら, 2019)、またネットアイシマカが国内に生息していないことから、海外で航空機に侵入し、日本到着時に航空機から逃げ出した個体が一時的に繁殖したものと推測される。

中部国際空港の2016年のネットアイシマカの侵入事例では、海外から輸入された植物を検査する貨物検査場の溜まり水に大量のネットアイシマカの幼虫と蛹が確認されている。これは関係機関からの情報提供に基づき侵入を探知できた事例であった。関係者からの情報によると、この事例の侵入経路として、海外から輸入された植物にネットアイシマカの卵が付着していた可能性も推察されており、同様の事例はヒトスジシマカ *Aedes albopictus* (Skuse) でも報告されている (Scholte et al., 2007) ことから、今後はこのような侵入経路も念頭に調査を行う必要がある。

これまでは旅客ターミナルビル内にネットアイシマカが侵入した事例は確認されていないが、旅客ターミナルビル内は気温の変化も少なくほぼ20°C以上で安定 (長谷山ら, 2007) しており、ネットアイシマカが侵入した場合の防除がとても困難となる。そのため、旅客ターミナルビル内の観葉植物の受け皿等の小さな発生源についても日常的な目視確認が必要である。特にバンコクから国際線が毎日就航 (2020年8月現在欠航) し、冬季でも屋外の月平均気温が10°C以上ある那覇空港 (沖縄県那覇市) は他の空港と比較しネットアイシマカが定着するリスクは高い (津田ら, 2013)。また那覇空港に限らず、デング熱の流行地域のうち特に東南アジア便が多く就航している空港では、到着スポット付近へのオビトラップの設置等リスクに応じた調査計画の策定が検疫所には求められる。

4) 蚊媒介性の検疫感染症の患者発見数について

検疫所での検疫感染症患者の発見数に着目すると、2019年に検疫所は57名の蚊媒介感染症患者 (チクングニア熱13名, デング熱43名, マラリア1名: 速報値 (未発表)) が報告された。2019年の届出数のうち、国外で感染したデング熱患者の届出数は459名 (国立感染症研究所, 2020) であ

り、検疫所におけるデング熱患者の発見率は約9.37% (=43名/459名) であった。このことは、入国時には健康状態に異常がなかったとしても、潜伏期間を経て、入国後に国内で発症しデング熱と診断される事例が約90%であったことを意味している。2014年、70年ぶりに国内で発生したデング熱は在来種のヒトスジシマカが媒介蚊であった (関ら, 2015; Kobayashi et al., 2018)。本種は北海道を除く全国に普通に生息していることから、デング熱の輸入症例を発端に国内で感染が拡大する可能性は否定できない。したがって、平常時に自治体によって行われるヒトスジシマカ対策も重要である。

5) 今後の展望について

観光立国推進計画等を背景として、新たな国際線や大型クルーズ客船が就航した。また日本人の出国者数も2015年から年々増加し、2019年は約2,008万人となっている (日本政府観光局, 2020) ことから、海外の蚊が侵入するリスクも海外で旅行者がデングウイルスに感染するリスクも高まった。このような背景の中で、2019年には5年ぶりにデング熱患者の国内発生が確認されており (国立感染症研究所, 2020)、条件さえ整えば国内感染が起こることが証明された。

2020年8月現在、新型コロナウイルス感染症の国際的な流行により水際対策として外国人の入国制限や日本人の渡航制限が勧告され、海外からの訪日外国人旅客数等は著しく減少している。しかし、この状況は一時的なものであり、再び、海外との往来が活発になることが予想される。

今後も外国人観光客等の健康を守り、蚊媒介感染症の発生防止の観点から検疫所等の行政機関が果たすべき役割は重要であり、引き続き関係諸機関と連携して侵入リスクに応じた監視を行う必要がある。加えて、日本における蚊媒介感染症の発生状況並びに外来種の侵入情報等に関する情報を発信することも重要である。

謝 辞

本論文に用いた調査データは、「検疫所ベクターサーベイランスデータ報告書」として横浜検疫所がまとめたものから引用した。この報告書を作成するにあたり、これまで港湾衛生調査に従事された全国検疫所の港湾衛生担当職員および港湾・空港関係者の皆様に感謝いたします。

文 献

- Ammar, S. E., McIntyre, M., Swan, T., Kasper, J., Derraik, J. G. B., Baker, M. G. and Hales, S. 2019. Intercepted mosquitoes at New Zealand's ports of entry, 2001 to 2018: current status and future concerns. *Trop. Med. Infect. Dis.*, 4: 101; doi:10.3390/tropicalmed4030101.
- Brown, E. B. E., Adkin, A., Fooks, A. R., Stephenson, B., Medlock, J. M. and Snary, E. L. 2012. Assessing the risks of West Nile Virus-infected mosquitoes from transatlantic aircraft: implications for disease emergence in the United Kingdom. *Vector Borne Zoonotic Dis.*, 12: 310–320.
- Derraik, J. G. B. 2004. Exotic mosquitoes in New Zealand: a review of species intercepted, their pathways and ports of entry. *Aust. N. Z. J. Public Health*, 28: 433–444.
- 土井良一, 古川徹也, 五島謙太郎, 小泉俊次郎, 林 昭宏, 多賀賢一郎, 水田英生. 2003. 福岡空港検疫所支所におけるネットアイシマカ (生体) の捕獲について. *日本検疫医学会誌*, 5: 90–92.
- ECDC [European Centre for Disease Prevention and Control].

2012. Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe. 100 pp., ECDC, Stockholm.
- Harbach, R. E. 2012. *Culex pipiens*: species versus species complex – taxonomic history and perspective. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 28: 10–23.
- 長谷山路夫. 2020. 日本の検疫体制. 衛生動物の事典 (津田他編), pp.124–125. 朝倉書店, 東京.
- 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.
- 胡 錦萍, 糸川健太郎, 津田良夫, 二見恭子, 比嘉由紀子, 沢辺京子, 皆川 昇. 2019. 中部国際空港で発見したネッタイシマカの移入元推定. *衛生動物*, 70: 64.
- Itokawa, K., Hu, J., Sukehiro, N., Tsuda, Y., Komagata, O., Kasai, S., Tomita, T., Minakawa, N. and Sawabe, K. 2020. Genetic analysis of *Aedes aegypti* captured at two international airports serving to the Greater Tokyo Area during 2012–2015. *PLoS One*, 15: e0232192.
- Kilpatrick, A. M., Gluzberg, Y., Burgett, J. and Daszak, P. 2004. Quantitative risk assessment of the pathways by which West Nile Virus could reach Hawaii. *EcoHealth*, 1: 205–209.
- Kilpatrick, A. M., Daszak, P., Goodman, S. J., Rogg, H., Kramer, L. D., Cedenio, V. and Cunningham, A. A. 2006. Predicting pathogen introduction: West Nile Virus spread to Galápagos. *Conserv. Biol.*, 20: 1224–1231.
- Kim, H., Cha, G. W., Jeong, Y. E., Lee, W. G., Chang, K. S., Roh, J. Y., Yang, S. C., Park, M. Y., Park, C. and Shin, E. H. 2015. Detection of Japanese encephalitis virus genotype V in *Culex orientalis* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) in Korea. *PLoS One*, 10: e0116547.
- Kobayashi, D., Murota, K., Fujita, R., Itokawa, K., Kotaki, A., Moi, M. L., Ejiri, H., Maekawa, Y., Ogawa, K., Tsuda, Y., Sasaki, T., Kobayashi, M., Takasaki, T., Isawa, H. and Sawabe, K. 2018. Dengue Virus infection in *Aedes albopictus* during the 2014 autochthonous dengue outbreak in Tokyo Metropolis, Japan. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 98: 1460–1468.
- 国立感染症研究所. 2020. 〈特集〉デング熱・デング出血熱 2015～2019年. 病原微生物検出情報, 41: 89–101. [accessed August 24, 2020]. Available from: <https://www.niid.go.jp/niid/ja/dengue-m/dengue-iasrtpc/9691-484t.html>.
- 厚生労働省. 2015. 蚊媒介感染症に関する特定感染症予防指針 (平成27年厚生労働省告示260号). 厚生労働省. [accessed May 4, 2020]. Available from: <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/0000186691.pdf>.
- 厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生・食品安全企画課検疫所業務管理室. 2020. 検疫所業務年報平成30年. 厚生労働省検疫所. [accessed May 4, 2020]. Available from: <https://www.forth.go.jp/ihr/fragment1/000063180.pdf>.
- 厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生・食品安全企画課検疫所業務管理室横浜検疫所港湾衛生評価分析官. 2008～2018. 検疫所ベクターサーベイランスデータ報告書. 厚生労働省検疫所. [accessed May 4, 2020]. Available from: <https://www.forth.go.jp/ihr/fragment2/index.html>.
- PLé Maitre, A. and Chadee, D. D. 1983. Arthropods collected from aircraft at Piarco international airport, Trinidad, West Indies. *Mosq. News*, 43: 21–23.
- Li, M. H., Fu, S. H., Chen, W. X., Wang, H. Y., Guo, Y. H., Liu, Q. Y., Li, Y. X., Luo, H. M., Da, W., Ji, D. Z. D., Ye, X. M. and Liang, G. D. 2011. Genotype V Japanese encephalitis virus is emerging. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, 5: e1231.
- 林 昌宏, 倉根一郎. 2005. ウエストナイルウイルスに関する最新の知見と対策. *山口獣医学雑誌*, 32: 1–12.
- Lounibos, L. P. 2002. Invasions by insect vectors of human disease. *Annu. Rev. Entomol.*, 47: 233–266.
- Mier-y-Teran-Romero, L., Tatem, A. J. and Johansson, M. A. 2017. Mosquitoes on a plane: Disinsection will not stop the spread of vector-borne pathogens, a simulation study. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, 11: e0005683.
- 日本政府観光局. 2020. 2019年訪日外客数・出国日本人数. 日本政府観光局. [accessed May 4, 2020]. Available from: https://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/data_info_listing/pdf/200117_monthly.pdf
- 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: 177–184.
- Oliveira, A. R. S., Piaggio, J., Cohnstaedt, L. W., McVey, D. S. and Cernicchiaro, N. 2018. A quantitative risk assessment (QRA) of the risk of introduction of the Japanese encephalitis virus (JEV) in the United States via infected mosquitoes transported in aircraft and cargo ships. *Prev. Vet. Med.*, 160: 1–9.
- Reisen, W. K. 2013. Ecology of West Nile Virus in North America. *Viruses*, 5: 2079–2105.
- Russell, R. C. 1987. Survival of insects in the wheel bays of a Boeing 747B aircraft on flights between tropical and temperate airports. *Bull. World Health Organ.*, 65: 659–662.
- 関なおみ, 岩下裕子, 本 涼子, 神谷信行, 栗田雅行, 田原なるみ, 長谷川道弥, 新開敬行, 林 志直, 貞升健志, 甲斐明美, 中島由紀子, 渡瀬博俊, 上田 隆, 前田秀雄, 小林一司, 石崎泰江, 広松恭子. 2015. 東京都におけるデング熱国内感染事例の発生について. *日本公衆誌*, 62: 238–250.
- Scholte, E. J., Dijkstra, E., Ruijs, H., Jacobs, F., Takken, W., Hofhuis, A., Reusken, C., Koopmans, M. and de Boer, A. 2007. The Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*) in the Netherlands: should we worry? *Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet.*, 18: 131–136.
- 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.
- Tajima, S., Yagasaki, K., Kotaki, A., Tomikawa, T., Nakayama, E., Moi, M. L., Lim, C.-K., Saijo, M., Kurane, I. and Takasaki, T. 2015. *In vitro* growth, pathogenicity and serological characteristics of the Japanese encephalitis virus genotype V Muar strain. *J. Gen. Virol.*, 96: 2661–2669.
- Takahashi, S. 1984. Survey on accidental introductions of insects entering Japan via aircraft. In *Commerce and the spread of pests and disease vectors* (ed. Laird, M.). pp.65–79, Praeger, New York.
- 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.
- Tatem, A. J., Hay, S. I. and Rogers, D. J. 2006a. Global traffic and disease vector dispersal. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 103: 6242–6247.
- Tatem, A. J., Rogers, D. J. and Hay, S. I. 2006b. Estimating the malaria risk of African mosquito movement by air travel. *Malar. J.*, 5: 57.
- 津田良夫, 助廣那由, 梅澤昌弘, 稲垣俊一, 村上隆行, 木田中, 土屋英俊, 丸山 浩, 沢辺京子. 2013. 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. *衛生動物*, 64: 209–214.
- WHO [World Health Organization]. 2009. International Health Regulations (2005): assessment tool for core capacity requirements at designated airports, ports and ground crossings. WHO/HSE/IHR/LYO/2009.9. WHO. [accessed May 4, 2020]. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70839/WHO_HSE_IHR_LYO_2009.9_eng.pdf;sequence=1.