成田国際空港近接地と周辺地域の媒介蚊調査 (2003, 2004 年)

津田良夫¹⁾ 比嘉由紀子^{1), 2)} 葛西真治¹⁾ 伊澤晴彦¹⁾
星野啓太¹⁾ 林利彦¹⁾ 駒形修¹⁾ 澤邊京子¹⁾ 佐々木年則¹⁾
富田隆史¹⁾ 二瓶直子¹⁾ 倉橋弘¹⁾ 小林睦生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⁾ 長崎大学・国際連携研究戦略本部 (〒852-8523 長崎市坂本 1-12-4)

(受領: 2006 年 4 月 24 日; 登載決定: 2006 年 6 月 22 日)

Results of mosquito collection at four areas near Narita International Airport, Japan, in 2003 and 2004

Yoshio TSUDA¹⁾, Yukiko HIGA^{1), 2)}, Shinji KASAI¹⁾, Haruhiko ISAWA¹⁾, Keita HOSHINO¹⁾,
Toshihiko HAYASHI¹⁾, Osamu KOMAGATA¹⁾, Kyoko SAWABE¹⁾,
Toshinori SASAKI¹⁾, Takashi TOMITA¹⁾, Naoko NIHEI¹⁾,
Hiromu KURAHASHI¹⁾ and Mutsuo KOBAYASHI¹⁾

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

²⁾ *Center of International Collaborative Research, Nagasaki University,
Sakamoto 1-12-1, Nagasaki, 852-8523 Japan*

(Received: 24 April 2006; Accepted: 22 June 2006)

Abstract: Adult mosquitoes were collected at neighboring and surrounding areas of Narita International Airport, Japan in 2003 and 2004, and the samples were checked for the West Nile virus. One area beside Narita International Airport and three areas, 8, 14 or 18 km from the airport, were selected for the mosquito collections. In each area 10 CDC-like suction traps enhanced with 1 kg of dry-ice were used to collect host-seeking mosquitoes. During the two-year survey a total of 5,882 females of 16 mosquito species in seven genera were collected and all samples were negative for the West Nile virus. There were significant differences in species composition of the mosquitoes among the study areas. The variation in mosquito numbers among 10 traps that were distributed at the same study area was analyzed. The trap site where the largest number of mosquitoes was recorded differed seasonally. The result of mosquito collection was compared between two different collection methods, dry-ice trap and sweeping, and the resting behavior of adult mosquitoes was discussed.

Key words: West Nile Virus, mosquito fauna, Narita International Airport, Japan

はじめに

1999年に米国ニューヨークで発生したウエストナイル熱は、患者数の増加とともに発生地域も急速に拡大し

2004年には米国西海岸に達した。我が国ではウエストナイルウイルスの侵入に対する警戒感が高まり、国際空港の検疫所やいくつかの自治体で蚊の発生状況調査と蚊からのウエストナイルウイルスの検出が試みられている。

海外からの蚊媒介性疾患の侵入を監視する上で、国際空港とその隣接地域は重要な調査対象になる (Lounibos, 2002; Kilpatrick *et al.*, 2004). 航空機内部の環境条件でも蚊が生息することが知られており、海外から到着した国際便の客室や貨物室から生きた蚊成虫が実際に採集されている (Lounibos, 2002). ハワイへのウエストナイルウイルスの侵入は現時点では確認されていないが、米国本土とハワイ間の頻繁な航空機の往来によってウエストナイルウイルスに感染した蚊が持ち込まれる可能性が指摘されている (Kilpatrick *et al.*, 2004). これと同様の推測が我国の国際空港の場合にも成り立つと考えられる。

我が国の国際空港における疾病媒介蚊の監視は検疫所によって行われているが、その対象地域は空港敷地内とその隣接地域に限られている。Russell (1987) は航空機の車輪格納庫内部におけるネッタイエカ *Culex quinquefasciatus* の生存率を、オーストラリアのシドニー、メルボルンと東南アジアのシンガポール、バンコク間の国際便を利用して調べ、67.5～97.5% が生存していたと報告している。車輪格納庫は着陸に先立って上空で開かれることを考慮すると、ウエストナイルウイルス侵入監視のための媒介蚊調査は国際空港内部や隣接地域だけでなく、少なくともその周辺十数キロを対象として実施することが望ましいと思われる。

マラリアやデング熱、日本脳炎などの媒介蚊の発生状況や病原体保有状況調査では、調査対象とする媒介蚊の種類が限られており、調査すべき地域もある程度絞ることができる。ところがウエストナイルウイルスの米国での流行では多種類の蚊からウイルスが分離されており、また大都会から農村部まで広い範囲で患者が発生している (ウエストナイル熱媒介蚊対策研究会, 2003). 着陸直前の航空機から飛び出す感染蚊を捕獲すること自体はほとんど不可能であると思われるが、航空機で持ち込まれた感染蚊が野鳥を吸血し、これが感染源となって我が国の媒介蚊によって流行が開始した場合には、空港周辺の媒介蚊調査によって流行の始まりを察知することは可能である。このような理由から、本研究では成田国際空港の隣接地域だけでなく空港の周辺地域をも対象として蚊の発生状況を調査した。またこの調査を通じてウエストナイルウイルス侵入監視のための疾病媒介蚊調査の標準的な方法を確立することも目的とした。

我々は都市域における疾病媒介蚊の発生状況をドライアイストラップによって調査してきた (津田ら, 2006). 同様の調査方法を基本として 2003 年と 2004 年の 2 年間にわたって、成田国際空港の隣接地域および周辺地域を対象として、疾病媒介蚊の発生状況を調

べ、採集された蚊成虫のウイルス保有状況を検査した。この論文では主として蚊の発生状況調査結果を分析し、疾病媒介蚊調査を実施する際に問題となる蚊相の調査地間の違いや、同じ調査地に設置したトラップ間の捕獲個体数の違い、さらにドライアイストラップによる採集と捕虫網によるすくい取り採集の結果に見られた相違について考察を行った。

材料と方法

調査地と採集方法：成田国際空港は滑走路が北西-南東方向に作られており、到着する航空機は風向きによって東あるいは西から侵入する。そこで、空港の東西十数キロの地域を調査対象として以下の点を考慮して調査地を選択した。(1) 成虫の潜伏・休息場所となる植生が豊かであること、(2) 水田や湿地など蚊の発生源が近くにあること、(3) 採集のためのトラップを設置しても支障がないこと。

成田国際空港西部に隣接した場所 1 カ所および東南部に 3 カ所の調査地を選び、各調査地に 10 台のドライアイストラップを設置して成虫採集を行った (Fig. 1). 採集は 1 kg のドライアイス発泡スチロールの箱に入れ、その横に CDC 型のサクショントラップを吊るして行った。昼行性ならびに夜行性の蚊を採集するため、トラップは午後 2 時から 4 時の間に設置し、翌朝 9 時から 10 時に回収した。2003 年は調査地の決定を目的とした予備調査を成田国際空港西部の成田市野毛平、空港東南部の山武郡芝山町と山武郡松尾町の 3 カ所で行った。2004 年は成田空港西部の成田市野毛平と山武郡松尾町に新たに山武郡横芝町の熊野神社を加えた合計 3 カ所で調査を行った。2003 年の調査期間は 7 月から 9 月で、毎月 1 回合計 3 回の調査を実施した。2004 年の調査期間は 6 月から 10 月で、3, 4 週間ごとに 1 回の頻度で合計 8 回実施した。熊野神社 (山武郡横芝町) での調査はドライアイストラップに加えて、3 あるいは 4 名が口径 36 cm の捕虫網を用いて神社境内の下草で休息している成虫をすくい取り法によって採集した。捕虫網によって捕獲された蚊が損傷しないように、数分間すくい取りを行った後クロロフォルムで殺して捕獲虫を拾い出した。この作業を 3, 4 回繰り返し、合計約 30 分間採集を行った。捕獲された成虫はドライアイスで冷凍して持ち帰り、実体顕微鏡下で種類同定を行った。種同定は原則として、Tanaka *et al.*, (1979) に従って行った。

捕獲蚊からのウイルス分離ならびにウイルス RNA の検出：捕獲蚊は最高 50 個体までを 1 プールとし、2% 牛胎児血清および 0.2 mM 非必須アミノ酸液を添加した Eagle's Minimum Essential Medium (ICN Biomed-

Fig. 1. A map showing the location of four study areas and the distance from Narita International Airport, Japan.

icals) 中で、細胞破砕機 (MM3000, QIAGEN) を用いてホモジェナイズした。この遠心上清を、各種培養細胞 (ヒトスジシマカ由来 C6/36 細胞, アフリカミドリザル腎臓由来 Vero 細胞, シリアンハムスター腎臓由来 BHK21 細胞) に接種し各々 7 日間培養した。各サンプルにつき 3 代盲継代を行った後、培養上清から High Pure Viral RNA kit (Roche Diagnostics) あるいは、Rneasy Mini kit (QIAGEN) を用いて RNA を抽出した。フラビウイルス RNA 検出を目的とした RT-PCR は、市販のキット (AccessQuick RT-PCR System (Promega) および Takara One Step RNA PCR Kit (TAKARA BIO)) を利用し、反応条件は添付のマニュアルに従った。プライマーには Briese *et al.* (1999) および Kuno *et al.* (1998) で報告されているフラビウイルス共通プライマーを用いた。反応後産物は 2% アガロースゲル電気泳動により確認した。一方、ウエストナイルウイルス特異的検出を目的としたリアルタイム PCR は、Lanciotti *et al.* (2000) に従って行った。

データ分析: 調査地による種類構成の違いを検討するために、総捕獲数が 10 未満の種類についてはその捕獲数を合計して分析した。捕獲個体の総数が統計的分析には十分でなかった芝山町の結果を除いて、2003 年と 2004 年の調査結果について、それぞれ調査地間の種類構成の違いをカイ 2 乗検定によって検定した。

熊野神社に設置した 10 台のトラップの捕獲個体数には大きな違いが見られたので、以下の 2 点について統計的な検討を行った; (1) 捕獲数が多い場所は調査時期とは関係なく常に同じか、(2) 異なる種類間でトラップによる捕獲数に相関関係があるか。この 2 点を考察するために、熊野神社で捕獲数が多かったアカイエカ群 *Culex pipiens* gr. (アカイエカ *Cx. pipiens pallens* とチカイエカ *Cx. pipiens form molestus*) とキンイロヤブカ *Aedes vexans nipponii* の 2004 年のデータを用い、トラップ間の捕獲数の相関分析を行った。

結 果

Table 1 に 2003 年の調査結果をまとめて示した。全体で 13 種類、760 個体の蚊が採集された。野毛平と松尾町では 11 種類が捕獲されたのに対して、芝山町では 4 種類しか捕獲されなかった。全体を通じて最も多く捕獲されたのはアカイエカ群で、ついでヒトスジシマカ *Ae. albopictus* であった。種類構成の調査地による違いを統計的に検討するには芝山町の捕獲個体数は十分ではなかった。野毛平と松尾町の種類構成の違いをカイ 2 乗検定によって検討したところ統計的に有意であった (カイ 2 乗値 = 20.2, $p = 0.005$)。

2004 年の調査結果を Table 2 に示した。全体で 16 種類 6,136 頭が採集された。このうちドライアイスト

Table 1. Results of dry-ice trap collection of mosquitoes conducted at three study areas in Chiba prefecture, Japan from July to September 2003.

	Species	Study area			Total
		Nogehira	Matsuo	Shibayama	
Females	<i>Culex pipiens pallens/molestus</i>	178	130	18	326
	<i>Aedes albopictus</i>	139	96	0	235
	<i>Ae. flavopictus</i>	46	34	0	80
	<i>Uranotaenia novobscura</i>	11	18	0	29
	<i>Armigeres subalbatus</i>	6	17	2	25
	<i>Anopheles</i> sp.	8	5	3	16
	<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	12	2	1	15
	<i>Tripteroides bambusa</i>	3	3	0	6
	<i>Ochlerotatus japonicus</i>	2	3	0	5
	<i>Ae. nipponicus</i>	0	4	0	4
	<i>Cx. bitaeniorhynchus</i>	3	0	0	3
	<i>Orthopodomyia anopheloides</i>	0	2	0	2
	<i>Ae. vexans nipponii</i>	1	0	0	1
	Female total	409	314	24	747
Males	<i>Ae. albopictus</i>	4	1	0	5
	<i>Ae. flavopictus</i>	0	5	0	5
	<i>Tr. bambusa</i>	2	1	0	3
	Male total	6	7	0	13
Total		415	321	24	760

ラップで 16 種類 3,803 個体，捕虫網によるすくい取り採集で 10 種類 2,333 個体が捕獲された。ドライアイストラップによって捕獲された蚊の種類構成は調査地によって有意に異なっていた（カイ 2 乗値 = 1,660.4, $p < 0.001$ ）。総捕獲数はアカイエカ群が最も多く，ついでキンイロヤブカ，コガタアカイエカ *Cx. tritaeniorhynchus*，ヒトスジシマカ，オオクロヤブカ *Armigeres subalbatus* の順であった。2003 年と比較してキンイロヤブカ，コガタアカイエカが相当多く捕獲された。2003 年の調査結果における両種の雌成虫の構成割合は，キンイロヤブカが 0.13% (= 1/747)，コガタアカイエカが 2% (= 15/747) にすぎなかった。これに対して 2004 年の調査結果では，それぞれ 13.1% (493/3,752)，7.8% (= 293/3,752) とアカイエカ群に次いで多く捕獲された。

2003 年および 2004 年に得られた成虫サンプルを用いて，蚊からのウエストナイルウイルスの検出を試みたがすべて陰性であった。

熊野神社で実施したドライアイストラップによる採集結果と捕虫網によるすくい取り採集の結果には種類構成に大きな違いが見られた（カイ 2 乗値 = 2,450, $p < 0.001$ ）。ドライアイストラップで捕獲された雌成虫の 79% はアカイエカ群でキンイロヤブカは 12% であった。これに対して，すくい取り採集で捕獲された雌成虫

の 90% はキンイロヤブカでアカイエカ群はわずか 1% にすぎなかった。すくい取り採集では合計 950 個体の雄成虫が捕獲されたが，ドライアイストラップではわずかに 10 個体であった。ドライアイストラップ採集とすくい取り採集の違いは，採集された雌成虫のうちで吸血している個体の割合にも現れていた（Table 3）。吸血していた個体はドライアイストラップ採集ではわずかに 2 種類 3 個体 (0.1%) であったが，すくい取り採集では 20.8% に相当する 287 個体（5 種類）が吸血蚊で，この比率の違いは統計的に有意であった（カイ 2 乗値 = 513.5, $p < 0.001$ ）。すくい取り採集で捕獲された吸血個体の 93.7% はキンイロヤブカであった。

2004 年の調査では 1 カ所の採集地あたり 10 個のトラップを設置した。トラップは多くの場合木の枝を利用して地面から 1.2~1.8 m の高さに吊り下げたが，その周辺環境（下草の繁り具合，直射日光の当たり具合や風通しの良さなど）は微妙に異なっていた。その結果トラップごとに捕獲数を見るとかなり大きな違いが見られた。2004 年の総捕獲個体数が最も多かった熊野神社のアカイエカ群の場合，同じ日に設置したトラップの最大捕獲数と最少捕獲数の比率は 6 回の調査で 3.3~31 倍に達した。そこで熊野神社で捕獲数が多かったアカイエカ群とキンイロヤブカのデータを用いトラップ間の捕獲数の相関分析を行った。

Table 2. Results of mosquito collections conducted by two different collection methods at three study areas in Chiba prefecture, Japan from June to October 2004.

Species	Dry-ice trap			Subtotal	Sweeping		Total
	Nogehira	Matsuo	Kumano S.		Kumano S.		
Femlaes							
<i>Culex pipiens pallens/molestus</i>	90	608	1,842	2,540	13		2,553
<i>Aedes vexans nipponii</i>	63	155	275	493	1,243		1,736
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	230	12	51	293	16		309
<i>Ae. albopictus</i>	86	34	44	164	22		186
<i>Armigeres subalbatus</i>	11	16	88	115	20		135
<i>Ochlerotatus japonicus</i>	3	11	14	28	42		70
<i>Tripteroides bambusa</i>	9	39	0	48	0		48
<i>Uranotaenia novobscura</i>	9	9	16	34	2		36
<i>Anopheles sinensis</i>	1	0	2	3	24		27
<i>Cx. bitaeniorhynchus</i>	6	10	1	17	0		17
<i>Ae. flavopictus</i>	3	3	1	7	1		8
<i>Ae. nipponicus</i>	0	4	0	4	0		4
<i>Mansonia ochracea</i>	3	0	0	3	0		3
<i>Cx. kyotoensis</i>	0	1	0	1	0		1
<i>Orthopodomyia anopheloides</i>	0	1	0	1	0		1
<i>Ox. sasai</i>	1	0	0	1	0		1
Female total	515	903	2,334	3,752	1,383		5,135
Males							
<i>Ae. vexans nipponii</i>	0	0	2	2	785		787
<i>Cx. pipiens pallens/molestus</i>	0	0	0	0	66		66
<i>Ar. subalbatus</i>	0	0	1	1	36		37
<i>Ae. albopictus</i>	13	8	6	27	3		30
<i>Oc. japonicus</i>	0	0	0	0	24		24
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	0	1	0	1	21		22
<i>Tp. bambusa</i>	8	9	0	17	0		17
<i>An. sinensis</i>	0	0	0	0	14		14
<i>Cx. bitaeniorhynchus</i>	0	0	0	0	1		1
<i>Ae. flavopictus</i>	0	1	0	1	0		1
<i>Cx. kyotoensis</i>	0	1	0	1	0		1
<i>Ur. novobscura</i>	0	0	1	1	0		1
Male total	21	20	10	51	950		1,001
Total	536	923	2,344	3,803	2,333		6,136

Table 3. Number of fed or unfed females collected by dry-ice trap or sweeping in Kumano shrine, Yokoshiba-cho, Chiba, Japan from June to October 2004.

Species	Dry-ice trap			Sweeping			Total
	Fed	Unfed	Subtotal	Fed	Unfed	Subtotal	
<i>Aedes vexans nipponii</i>	1	274	275	269	974	1,243	1,518
<i>Culex pipiens pallens/molestus</i>	2	1,840	1,842	2	11	13	1,855
<i>Armigeres subalbatus</i>	0	88	88	1	19	20	108
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	0	51	51	5	11	16	67
<i>Ochlerotatus japonicus</i>	0	14	14	0	42	42	56
<i>Ae. albopictus</i>	0	44	44	0	22	22	66
<i>Anopheles sinensis</i>	0	2	2	10	14	24	26
<i>Uranotaenia novobscura</i>	0	16	16	0	2	2	18
<i>Cx. bitaeniorhynchus</i>	0	1	1	0	0	0	1
<i>Ae. flavopictus</i>	0	1	1	0	1	1	2
Total	3	2,331	2,334	287	1,096	1,383	3,717
(%)	(0.1)	(99.9)	(100)	(20.8)	(79.2)	(100)	

捕獲数の多い場所が季節を通じて同じならば、ある回の捕獲個体数と前回の捕獲個体数の間には正の相関関係が期待される。そこで、アカイエカ群とキンイロヤブカの6回の調査結果について第1回目と第2回目、第2回目と第3回目…のように連続した2回の捕獲個体数の相関係数を求めた。その結果、前回の捕獲個体数と有意な正の相関関係が見られたのはキンイロヤブカの2回目と3回目の結果($r=0.89$)のみであった。しかもこの結果では2回目と3回目の調査で極端に多く採れた場所が1カ所だけ一致していたために相関係数が高くなっていた。したがって、調査日ごとに見ると捕獲数には常に大きな違いが見られ、また捕獲数が多い場所は季節を通じて一定しているわけではなく、調査日ごとに異なっていたということができる。

同じ調査日にアカイエカ群の捕獲数が多いトラップではキンイロヤブカも多く捕獲され、アカイエカ群が少なければキンイロヤブカも少ないという傾向があるかどうかを相関分析によって検討した。その結果いずれの調査日も統計的に有意な相関係数は得られず、あるトラップで捕獲されるアカイエカ群とキンイロヤブカの個体数には相関関係は見られなかった。

考 察

2年間の調査によって成田国際空港周辺で採集された蚊は16種類であった。上村(1968)は千葉県に分布する蚊の種類としてアカイエカ群、キンイロヤブカ、ヒトスジシマカなど11種類を報告している。これらの11種類に含まれておらず今回の調査で捕獲された種類は、カラツイエカ *Cx. bitaeniorhynchus*、シロカタヤブカ *Ae. nipponicus*、キョウトクシヒゲカ *Cx. kyotoensis*、ヤマトクシヒゲカ *Cx. sasai*、ハマダラナガスネカ *Orthopodomyia anopheloides* の5種類である。2003年と2004年の調査で最も大きく異なったのは、キンイロヤブカとコガタアカイエカの捕獲数であった。2004年は野毛平、松尾町のどちらの採集地でもキンイロヤブカとコガタアカイエカが2003年に比べて多く採集されており、これらの地域で水田や湿地から発生する両種類の発生量が多かったと推察される。

本研究で採集された蚊成虫からはウエストナイルウイルスは検出されなかった。米国におけるウエストナイル熱流行初期の媒介蚊調査では、調査した35種類のうち陽性サンプルが得られたのは9種類で、ウイルスに感染している蚊の割合(感染蚊率)は0.047~0.355%であった(Bernard *et al.*, 2001)。蚊個体群の感染蚊率を IR とすると、その個体群から N 個体の成虫をサンプリングして少なくとも1個体の感染個体を得る確率は $1 -$

$(1 - IR)^N$ と表される。仮に感染蚊率 $IR = 0.001$ であると仮定し、この式によって2004年の調査で採集されたアカイエカ群の雌成虫2,553個体を調べ、少なくとも1個体の陽性個体を得られる確率を求めると、 $1 - (1 - 0.001)^{2553} = 0.92$ となり、かなり高い確率で陽性サンプルが得られると予想される。しかしながら、実際にはまったく陽性サンプルが得られなかったという今回の調査結果から、ウエストナイルウイルスの成田周辺地域への侵入・定着がいまだ起こっていないと結論した。しかし、仮に捕獲個体数が2004年の十分の一に相当する255個体であったと仮定し同様の式を用いて計算すると、少なくとも1頭の陽性個体を得る確率はわずかに0.22である。ウエストナイルウイルスの侵入直後を想定すれば、感染蚊率(IR)はかなり低く、計算で仮定した0.1%よりも低いと予想され、同じ捕獲数でも陽性個体を得る確率はさらに低くなる。つまりウエストナイルウイルスの侵入・定着が起こっていたとしても、捕獲個体数が少ないことが原因で陽性サンプルが得られない場合が容易に予想され、侵入していないという誤った結論に達する可能性が極めて高い。したがってウエストナイルウイルスの侵入監視のためには、蚊の捕獲方法を検討し、少なくとも数千個体の成虫を採集してウイルス検出を試みることを望ましい。

本研究で明らかになった調査地間の蚊の種類数と種類構成の違いは、その背景にある蚊相の地域的な違いを反映しているものと考えられる。蚊成虫の飛翔範囲はヒトスジシマカのように数百mと狭い種類もいれば、コガタアカイエカのように10km以上の飛翔範囲を持つ種類も知られている(Service, 1993; Clements, 1999)。したがって、蚊相の地域的な違いを理解するには、調査地の周辺数キロの範囲にどのような発生源がどの程度存在しているか、成虫が潜伏するのに適した場所がどのように分布しているかなどを現地調査や地形図、航空写真の利用によって詳細に調査することが必要だろう(二瓶ら, 2005)。

本研究で示された捕獲個体数のトラップ間の違いに関する分析結果は、ある地域の媒介蚊相を調査するときには考慮すべき内容をいくつか含んでいる。まず多数の成虫が捕獲されるトラップの設置場所が季節を通じて固定しているのではなく調査日によって異なっていることは、今回用いたドライアイストラップの特性とトラップの設置場所の特性が大きく関係していると思われる。サクショントラップの捕獲効率は風に大きく影響されることが知られている(Bidlingmayer *et al.*, 1985; Bidlingmayer, 1985)。またドライアイスから発生する二酸化炭素ガスの流れや停滞状態も風に大きく影響される。こ

のような理由から本研究ではトラップの設置場所は四方が開けた場所ではなく、樹木や斜面、建物などによってある程度閉鎖された場所を選んだ。しかし熊野神社の場合、林の樹冠がよく発達して境内全体をほぼ覆っており、トラップ設置場所の周辺は樹木と下草によって取り囲まれていた。木の茂り具合や下草の状態は季節的に大きく変化するため、これに伴って風通しの良さや気温、湿度、照度などトラップの周辺環境も変化する。このようなトラップ周辺の環境条件の変化は捕獲効率に影響を与えるので (Bidlingmayer, 1985)、同じ場所にトラップを設置していたにもかかわらず捕獲効率が調査時期によって異なっていたと思われる。このことが多数の個体が捕獲される場所が一定せず調査日ごとに異なったことの主な理由と考えられる。

トラップによる捕獲個体数の違いを分析した結果、アカイエカ群が多数捕獲される場所とキンイロヤブカが多数捕獲される場所には共通性がないという結果が得られた。Tsuda *et al.* (2003) はアカイエカが地上に設置したトラップよりも樹冠部に設置したトラップで多く捕獲され、ヒトスジシマカでは逆であることを報告している。アカイエカ群とキンイロヤブカの捕獲数に有意な相関関係が見られないという分析結果は、おそらく吸血のために飛来するときの行動習性が両種で異なることを反映しているものと思われる (Bidlingmayer, 1971, 1975; Muirhead-Thomson, 1982)。効率よく多数の成虫を捕獲するために、今後トラップ設置場所の周辺環境に関する量的な評価を行って、蚊の種類による行動習性の違いと周辺環境との対応関係を明らかにすることが必要だろう。

熊野神社でのドライアイストラップ採集とすくい取り採集の結果に見られた種類構成の違いは、蚊成虫の行動習性を考える上で興味深い。ドライアイストラップは吸血欲のある成虫を対象とした捕獲方法であるのに対し (Service, 1993)、今回の調査で実施したすくい取り採集は主として下草で休息中の成虫を対象としていた。すくい取り採集で捕獲された種類の中にはヒトスジシマカ、ヤマトヤブカ、オオクロヤブカのように昼間吸血性で吸血のために飛来したと思われる種類も含まれていたが、捕獲された雌個体の 89.9% は夜間吸血性のキンイロヤブカであった。我が国のキンイロヤブカの昼間休息場所に関する調査は行われていないが、近縁種の *Aedes vexans* は林内の下草で昼間に休息し夜間に開けた場所に吸血のために飛来することが知られている (Bidlingmayer, 1971, 1975; Clements, 1999)。これに対してドライアイストラップで多数捕獲されているにもかかわらずすくい取り採集ではわずか 13 個体しか捕獲されな

かったアカイエカ群は、熊野神社のような場所の下草で休息することはまれであると考えられる。ロシアで行われた調査では、トビイロイエカ *Cx. pipiens pipiens* 成虫の休息場所は下草の中が主である場合もあれば、動物舎の中、作業小屋、井戸など調査地域によって様々に異なり、それぞれの地域の気象条件や人の経済活動などに影響されている (Vinogradova, 2000)。中尾 (1959a, b) や緒方ら (1968) はアカイエカがコガタアカイエカに比較して草むらを休息場所として選好する性質が弱いことを報告している。他方コガタアカイエカの休息場所については、緒方ら (1968) は豚舎内部よりも周辺にある雑草の草むらが選好されることを、また和田 (1970) は甘蔗やイチゴ畑のような背の低い広葉で深い茂みが好適であることを報告している。このような観察結果から推察するとコガタアカイエカの休息場所は日当たりの良い草むらである。熊野神社の境内は全体が樹木によって覆われ日当たりが悪くコガタアカイエカの休息場所としては不適であったと思われる。熊野神社のすくい取り採集ではシナハマダラカ *Anopheles sinensis* も採集されている。中尾 (1959a, b) はシナハマダラカが発生源の近くにある河原の草地で多数休息していることを明らかにしている。熊野神社近辺の水田で発生したシナハマダラカが境内の下草を休息場所のひとつとして利用していたものと思われる。

すくい取り採集で捕獲されたキンイロヤブカの 21.2% (=269/1,243) が吸血した個体であった。また総捕獲数は少ないが、シナハマダラカも 41.7% (=10/24) が吸血蚊であった。この結果は、この調査地の環境条件が吸血蚊の休息場所としても適していたことを意味している。吸血した個体を用いて、体内に取り込まれた血液の DNA 分析によって吸血源動物種を判定することができる (Ngo and Kramer, 2003; 沢辺・小林, 2004)。そして蚊の吸血嗜好性の定量的評価は疾病媒介能力を考える上で重要であり (津田ら, 2005; Kilpatrick *et al.*, 2005)、これを行うには吸血個体を多数採集することが不可欠である。その意味で熊野神社のような調査地は貴重である。今後種々の蚊について休息場所を明らかにすることが重要と思われるが、アカイエカやコガタアカイエカでは、未吸血の個体と吸血個体の休息場所が完全に同じではなく微妙にずれていることが報告されており (緒方ら, 1968; 和田, 1969, 1970)、蚊の生理的齢と休息場所選好性の関係についても詳細な調査研究が必要と思われる。

熊野神社におけるすくい取り採集では雌成虫だけでなく雄成虫も多数 (950 個体) 捕獲された。これはドライアイストラップで捕獲された雄成虫が全体でもわずか

51 個体であったことを考えると非常に大きな違いである。雄成虫が 10 個体以上採集された種類はキンイロヤブカ、アカイエカ群、オオクロヤブカ、ヤマトヤブカ、コガタアカイエカ、シナハマダラカで、これらの種の発生源はそれぞれ異なっており (Tanaka *et al.*, 1979), 周囲の発生源で羽化した雄個体が熊野神社境内に移動し、下草や落ち葉などを昼間の休息場所として利用していたものと思われる。

謝 辞

この研究は一部、厚生労働科学研究、新興・再興感染症研究事業 (H15-新興一般-18) の補助を受けて行われた。

引用文献

- Bernard, K. A., Maffei, J. G., Jones, S. A., Kauffman, E. B., Ebel, G. D., Dupuis II, A. P., Ngo, K. A., Nicholas, D. C., Young, D. M., Shi, P. Y., Kulasekera, V. L., Edison, M., White, D. J., Stone, W. B., NY State West Nile Virus Surveillance Team and Kramer, L. D. 2001. West Nile virus infection in birds and mosquitoes, New York state, 2000. *Emerg. Infect. Dis.*, 7: 679-685.
- Bidlingmayer, W. L. 1971. Mosquito flight paths in relation to the environment. I. Illumination levels, orientation, and resting areas. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 64: 1121-1131.
- Bidlingmayer, W. L. 1975. Mosquito flight paths in relation to the environment. Effect of vertical and horizontal visual barriers. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 68: 51-57.
- Bidlingmayer, W. L. 1985. The measurement of adult mosquito population changes-some considerations. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 1: 328-348.
- Bidlingmayer, W. L., Evans, D. G. and Hansen, C. H. 1985. Preliminary study of the effects of wind velocities and wind shadows upon trap catches of mosquitoes (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.*, 22: 295-302.
- Briese, T., Jia, X. Y., Huang, C., Gracy, L. J. and Lipkin, W. I. 1999. Identification of a Kunjin/West Nile-like flavivirus in brains of patients with New York encephalitis. *Lancet*, 354: 1261-1262.
- Clements, A. N. 1999. The Biology of Mosquitoes. Vol. 2. Sensory Reception and Behaviour. 740 pp., CABI Publishing, Oxon.
- 上村 清. 1968. 日本における衛生上重要な蚊の分布と生態. *衛生動物*, 19: 15-34.
- 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., Kramer, L. D., Campbell, S. R., Alleyne, E. O., Dobson, A. P. and Daszak, P. 2005. West Nile virus risk assessment and the bridge vector paradigm. *Emerg. Infect. Dis.*, 11: 425-429.
- Kuno, G., Chang, G. J., Tsuchiya, K. R., Karabatsos, N. and Cropp, C. B. 1998. Phylogeny of the genus *Flavivirus*. *J. Virol.*, 72: 73-83.
- Lanciotti, R. S., Kerst, A. J., Nasci, R. S., Godsey, M. S., Mitchell, C. J., Savage, H. M., Komar, N., Panella, N. A., Allen, B. C., Volpe, K. E., Davis, B. S. and Roehrig, J. T. 2000. Rapid detection of west nile virus from human clinical specimens, field-collected mosquitoes, and avian samples by a TaqMan reverse transcriptase-PCR assay. *J. Clin. Microbiol.*, 38: 4066-4071.
- Lounibos, L. P. 2002. Invasions by insect vectors of human diseases. *Annu. Rev. Entomol.*, 47: 233-266.
- Muirhead-Thomson, E. C. 1982. Behaviour Patterns of Blood-sucking Flies. 230 pp., Pergamon Press, Oxford.
- 中尾舜一. 1959a. 草地の晝間潜伏蚊類群集の生態学的研究 第 1 報 群集構造の動態. *衛生動物*, 10: 1-7.
- 中尾舜一. 1959b. 草地の晝間潜伏蚊類群集の生態学的研究 第 3 報 数種の蚊の潜伏習性. *衛生動物*, 10: 8-15.
- Ngo, K. A. and Kramer, L. D. 2003. Identification of mosquito bloodmeals using polymerase chain reaction (PCR) with order-specific primers. *J. Med. Entomol.*, 40: 215-222.
- 二瓶直子, 津田良夫, 小林睦生. 2005. 空中写真で衛生環境をどこまで読み取れるか. *生活と環境*, 50: 48-53.
- 緒方一喜, 田中生男, 水谷 澄, 鈴木 猛, 大畑吉春, 西沢 伝, 小林英夫. 1968. コガタアカイエカ成虫の系留場所に関する観察成績. *衛生動物*, 19: 38-43.
- Russell, R. 1987. Survival of insects in the wheel bays of a Boeing 747B aircraft on flights between tropical and temperate airports. *Bull. WHO*, 65: 659-662.
- 澤邊京子・小林睦生. 2004. ウエストナイル熱媒蚊と吸血嗜好性. *ファルマシア*, 40: 735-739.
- Service, M. W. 1993. Mosquito Ecology Field Sampling Methods 2nd ed. 988 pp., Elsevier Applied Science, London.
- Tanaka, K., Mizusawa, K. and Saugstad, E. 1979. A revision of the adult and larval mosquitoes of Japan (including the Ryukyu Archipelago and the Ogasawara islands) and Korea (Diptera: Culicidae). *Contr. Am. Entomol. Inst.*, 16: 1-987.
- 津田良夫, 比嘉由紀子, 伊澤晴彦, 星野啓太, 澤邊京子, 小林睦生. 2005. ウエストナイルウイルスの主要媒蚊を決定する生態的特徴. *臨床とウイルス*, 33: 17-21.
- 津田良夫, 比嘉由紀子, 倉橋 弘, 林 利彦, 星野啓太, 駒形修, 伊澤晴彦, 葛西真治, 佐々木年則, 富田隆史, 澤邊京子, 二瓶直子, 小林睦生. 2006. 都市域における疾病媒介蚊の発生状況調査—ドライアイストラップを用いた 2 年間の調査結果—. *衛生動物*, 57: 75-82.
- Tsuda, Y., Maekawa, Y., Saita, S., Hasegawa, M. and Takagi, M. 2003. Dry ice-trap collection of mosquitoes flying near a tree canopy in Nagasaki, Japan, with special reference to *Aedes albopictus* (Skuse) and *Culex pipiens pallens* Coquillett (Diptera: Culicidae). *Med. Entomol. Zool.*, 54: 325-330.
- Vinogradova, E. B. 2000. *Culex pipiens pipiens* Mosquitoes: Taxonomy, Distribution, Ecology, Physiology, Genetics, Applied Importance and Control. 250 pp., Pensoft, Moscow.
- 和田芳武. 1969. コガタアカイエカ類の生態の研究 II. 吸血前後の休止の習性. *衛生動物*, 20: 81-86.
- 和田芳武. 1970. コガタアカイエカ類の生態の研究 III. 野外における休息習性の比較観察. *衛生動物*, 21: 54-60.
- ウエストナイル熱媒蚊対策研究会. 2003. ウエストナイル熱媒蚊対策ガイドライン. 161 pp., 日本環境衛生センター, 川崎市.