日本産蚊の国内分布に関する全国調査

前川 芳秀* 津田 良夫 沢辺 京子

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)

(受領: 2015年9月10日; 掲載決定: 2015年11月7日)

A nationwide survey on distribution of mosquitoes in Japan

Yoshihide MAEKAWA*, Yoshio TSUDA and Kyoko SAWABE

* Corresponding author: maekawa@niid.go.jp

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

(Received: 10 September 2015; Accepted: 7 November 2015)

Abstract: A nationwide survey of mosquito distribution in Japan was carried out in 2013 and 2014, in order to determine the current distribution of vector mosquitoes. Forty-two study sites located either in coastal or inland areas were selected from Hokkaido to Kyushu, and mosquitos were collected using CDC-like traps with 1 kg of dry ice (dry ice traps), a sweeping net and a dipper for collecting larvae. Ten dry ice traps were operated at each study site for 3 or 4 days. Larvae were collected from various bodies of water and carried to the laboratory, where they were reared until adult for species identification. The locations of the trap and larval collection sites were recorded using GPS. A total of 16,608 mosquitoes of 44 species and 11 genera were collected in this study. Adult density ranged between 0.002 and 16.51 adults/trap night among the 34 species collected by the dry ice traps. The geographical and altitudinal distributions of the mosquito species were compared. *Culex tritaeniorhynchus*, *Cx. pipiens* group, *Aedes albopictus*, and *Cx. orientalis* were distributed widely and with a relatively high density of >2 adults/trap night, suggesting that these species are of high medical importance. In Hokkaido *Ae. excrucians*, *Culiseta nipponica*, and *Ae. punctor/communis* were collected at relatively high densities ranging between 0.51 and 1.98 adults/trap night, and are thus considered a locally abundant species.

Key words: mosquito, geographical distribution, dry ice trap, Japan

緒 言

日本産蚊の国内の分布に関する研究は、LaCasse and Yamaguti (1950) によってまとめられ、その後医学的に重要な種類を対象とした詳細な分布調査が上村 (1968) によって行われた。これらの研究では、琉球列島と小笠原諸島は調査の対象からはずされていたが、島嶼地域も含めた日本産蚊の分類学と国内分布に関するもっとも包括的な研究が、Tanaka et al. (1979) によって行われている。さらに、琉球列島の蚊に関しては1975年以降精力的な現地調査が行われ、2種の新種と4種の新記録種を含めたモノグラフがToma and Miyagi (1986) によって発表されている。2000年以降に行われた我国産蚊の野外調査は特定の地域を対象にしたものであり(小曾根ら, 2004, 2005; Higa et al., 2006; 津田ら, 2006a; Tsuda et al., 2009a, b; 白石, 2011; 山内, 2010), 全国的な調査は実施されていない。

Tanaka et al. (1979) が日本産蚊の国内分布の研究を発表してから約40年が経過し、その間に都市化による水田の消失や沿岸部の干拓あるいは護岸に伴う湿地の消失、さらには地球温暖化による気温の上昇などさまざまな環境変化が起きている。これらの環境変化が、蚊の生息密度あるいは生息域に変化をもたらしていることは、最近行われたいくつかの研究によって示されている。たとえば、ヒトスジシ

マカ *Aedes albopictus* (Skuse) の分布限界の北進 (Kobayashi et al., 2002; 佐藤ら, 2012) や南方種のニセシロハシエカ *Culex vishnui* Thobald の琉球列島への侵入・定着 (Miyagi et al., 1992), 2011年3月に起きた東日本大震災の津波被災地で報告されたアカイエカ群 *Cx. pipiens* gr. やイナトミシオカ *Cx. inatommii* Kamimura and Wada の大発生 (Tsuda et al., 2012; Tsuda and Kim, 2013; 津田ら, 2013; 渡辺ら, 2012) などがその例である。

蚊の医学的な重要性を考えれば、疾病媒介蚊の国内分布は可能な限り新しくかつ正確なことが望ましく、分布に関する情報を定期的に更新することが大切である。そこで、本研究は、日本産蚊の国内分布の現状を明らかにすることを主目的として、2013年、2014年に現地調査を行った。

本研究が目的としている国内分布調査のように、広い地域を対象として蚊の分布域を明らかにするためには、蚊の生息を確認し全国各地の多数の場所で調査を行う必要がある。その際、調査場所の数が多ければ多いほど詳細な分布情報が得られる一方で、多地点で調査するためには莫大な労力と時間が必要になる。また、遠隔地のように調査機会が限られる地域では、数回の調査によって生息しているすべての種類を明らかにするのは非常に難しい。これらの問題を解決するひとつの手法として、ある種類の生息が確認された複数の地域について生態的な情報を収集・分析し、その種類が生息する生

態的条件に関する数学的モデルを作成して未調査地域における生息を予測する研究が行われている (Franklin, 2009). このような手法によって種の分布の予測地図を得るために使われる数学的モデルは “Species niche model” あるいは “Ecological niche model” と呼ばれ, サウジアラビアにおけるコガタアカイエカ *Cx. tritaeniorhynchus* Giles の分布や東南アジアやアフリカ, 韓国におけるマリア媒介蚊の分布の予測に利用されている (Levine et al., 2004; Foley et al., 2008, 2009; Obsomer et al., 2012; Sallam et al., 2013; Drake and Beier, 2014).

種の分布の予測地図の精度を高くするためには, 生態的条件が異なる多数の調査地を対象にして生息の有無を確認する必要がある. そこで本研究は生息の有無に加えて, 将来的に予測地図を作成する際の分析に有用な生態情報を収集できるように, 気候や植生, 地形の違いに着目して調査地を選定した. 本論文では, 2013年と2014年に行った日本産蚊の国内分布調査結果を報告する.

材料と方法

調査期間ならびに調査地

2013年の調査は6月から10月まで北海道, 青森県, 秋田県, 東京都, 静岡県, 愛知県, 岡山県, 広島県, 香川県, 愛媛県, 宮崎県の1都1道9県で原則として各1回 (概ね5日間) 行った. 2014年は4月から9月まで北海道, 福島県, 岐阜県, 和歌山県, 山口県, 長崎県, 熊本県, 鹿児島県の1道7県で原則として各1回 (概ね5日間) 行った. 北海道の調査は北方系ヤブカ類とハマダラカ類の発生時期が異なるため, 2013年6月, 2014年6, 7月の3回行った. また岐阜県高根と東京都奥多摩, 長崎県対馬, 鹿児島県出水ならびに蘭牟田では幼虫採集のみ行った. 調査地の合計は42カ所で, 北海道から九州まで東西南北に広範囲に位置しており, これによって気候や植生の異なる地域を調査できるよう考慮した. また地形の違いを考慮して, 調査地には沿岸部の水田地帯と内陸部の水田・丘陵地が含まれるように選んだ. 本研究で沿岸部は, 標高50m, 海岸からの距離5km以内とし, 標高と距離から沿岸部と内陸部を区別した. さらに5kmを超えても標高30m以下の低地は, 海岸から大規模な平野が広がる地域と考えられるため, 標高30m以下の調査地は距離に関わらず沿岸部とした. 各採集地点は, GPS (GARMIN 62S, WGS64) で緯度経度と標高を記録し, 座標による調査地の分布を Fig. 1 に示した. 海岸に近い発生源では標高がマイナス表示されることがあり, このような場合は, 採集地の緯度経度と地理院地図電子国土 Web (国土地理院: <http://maps.gsi.go.jp/>) を用いて修正した. 各調査地の地理的位置は, ドライアイストラップを設置した10カ所の緯度・経度の平均値を求め, それらの中心地点の座標で示した (Table 1). 各調査地の海岸からの距離を示すために, 中心地点から最も近い海岸線までの直線距離を地図上で求めた. さらに, 各調査地の標高は, ドライアイストラップ設置点10カ所の標高の平均値で示した.

採集および種同定法

成虫採集は, 津田ら (2006b) の方法に従い吸引式トラップと誘引源のドライアイス1kgを組み合わせたドライアイストラップおよび捕虫網を用いて行った. ドライアイストラップは調査地域内の湧水や小川, 池近くの茂み, 水田や河川

Fig. 1. Geographic locations of the 42 sites examined in this study.

敷, 公園, 寺社, 緑地, 岩礁や湿地, 防風林など周辺環境が異なる10か所を選んで1台ずつ設置し, 3晩もしくは4晩連続して採集を行った. さらにドライアイストラップの設置場所は風の影響を受けにくい場所を選び, 樹木や柵などを利用して地上から1.5mの高さに吊るし, 15:00から翌朝9:00まで捕集した. また捕虫網を用いてトラップ設置時や幼虫採集時に調査者に誘引され飛来する成虫を捕集した. 捕集した成虫は, 生かした状態で宿舍へ持ち帰り, クロロホルムで麻酔して種同定を行った. 種同定はTanaka et al. (1979) の検索表を用いて, 主に雌成虫の形態的特徴に基づいて行った. 雌成虫の形態では種同定が難しいとされる種類についてはグループとして扱い, シナハマダラカ群 *Anopheles sinensis* gr., クシヒゲカ亜属 *Culex* (*Culicomyia*) spp., アカイエカ群, チシマヤブカ/トカチヤブカ *Ae. punctor/communis* として示した. シナハマダラカ群にはシナハマダラカ *An. sinensis* Wiedemann, オオツルハマダラカ *An. lesteri* Baisas and Hu, エンガルハマダラカ *An. engarensis* Kanda and Oguma, ヤツシロハマダラカ *An. yatsushiroensis* Miyazaki が含まれる. また, クシヒゲカ亜属には, ヤマトクシヒゲカ *Cx. sasai* Kano, Nitahara and Awaya, キョウトクシヒゲカ *Cx. kyotoensis* Yamaguti and LaCasse, アカクシヒゲカ *Cx. pallidothorax* Thobald, クロフクシヒゲカ *Cx. nigropunctatus* Edwards, リュウキュウクシヒゲカ *Cx. ryukyensis* Bohart が, さらにアカイエカ群には, アカイエカ *Cx. pipiens pallens* Coquillett, ネットアイエカ *Cx. pipiens quinquefasciatus* Say, チカイエカ *Cx. pipiens form molestus* Forskal が含まれる. チシマヤブカ/トカチヤブカには, チシマヤブカ *Ae. punctor* (Kirby) とトカチヤブカ *Ae. communis* (De Geer) が含まれる.

幼虫採集は柄杓や金魚網, ハンドポンプを用いて樹洞, 小川, 湧水, 古タイヤ, 沼, 湿地, 池, 河床水溜, 花筒, 手水舎, 竹切株, 人工容器 (ドラム缶や空き缶, ペットボトル, バケツなど), コンクリートタンク, 水田, 側溝, 桧, 海岸の岩礁や汽水域を対象として行った. 採集した幼虫は, 国立感染症研究所昆虫医学部 (感染研) の実験室へ持ち帰り, エビオス粉末を与えて気温 $26.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 湿度 $57.6 \pm 0.9\%$ の条件で飼育し, 羽化成虫を用いて種類を同定した.

Table 1. Location, average altitude, and distance from the nearest seashore to the center of each study site examined in this study.

No	Prefecture	Study site	Coast/inland	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Distance (m)
1	Hokkaido A	Aoyama	inland	43.4059	141.5840	72.3	12401
2	Hokkaido B	Ishikari	coast	43.2252	141.3564	5.8	2082
3	Hokkaido C	Toubetsu	coast	43.1598	141.5067	6.9	16080
4	Hokkaido D	Ochiai	inland	43.0823	140.8884	259.8	14103
5	Hokkaido E	Moiwa	inland	43.0508	141.2389	184.6	13091
6	Hokkaido F	Naganuma	inland	42.9802	141.7176	40.5	42668
7	Hokkaido G	Bentennuma	coast	42.6412	141.7816	3.7	2718
8	Aomori A	Tsugaru	coast	40.8588	140.3140	20.1	2644
9	Aomori B	Goshogawara	inland	40.8570	140.4894	47.2	17526
10	Aomori C	Iwaki	inland	40.6270	140.3023	374.8	19341
11	Akita	Oodate	inland	40.3241	140.5232	130.5	42746
12	Fukushima A	Aizu	inland	37.4871	139.6960	290.2	70680
13	Fukushima B	Minami aizu	inland	37.1476	139.6343	843.4	94151
14	Gifu A	Furutaki	inland	36.2045	137.3128	684.8	78715
15	Gifu B	Shirakawa	inland	36.1759	136.8824	780.8	50351
16*	Gifu C	Takane	inland	36.0402	137.5952	1270.3	83823
17*	Tokyo	Okutama	inland	35.8550	139.0355	903.7	65783
18	Aichi	Nishio	coast	34.8090	137.0465	28.7	3280
19	Shizuoka A	Iwata	coast	34.7442	137.8517	23.8	9501
20	Shizuoka B	Hamamatsu	coast	34.7419	137.6681	18.6	7887
21	Okayama A	Ushimado	coast	34.6375	134.1493	21.8	2269
22*	Nagasaki	Tsushima	coast	34.6089	129.3358	28.6	2166
23	Okayama B	Okayama	coast	34.5766	133.8915	13.7	8742
24	Hiroshima A	Onomichi	coast	34.5153	133.3513	23.7	10625
25	Hiroshima B	Mihara	coast	34.3899	133.0129	28.8	6838
26	Yamaguchi A	Ikumo	inland	34.3636	131.5713	245.7	16334
27	Kagawa A	Sakaide	coast	34.3446	133.9128	21.1	2068
28	Kagawa B	Sanuki	coast	34.3167	134.2096	50.8	3051
29	Yamaguchi B	Akiyoshi	inland	34.2866	131.2893	154.8	10324
30	Wakayama A	Wakayama	coast	34.2522	135.2797	14.1	13431
31	Ehime A	Saijou	coast	33.9113	133.1488	13.3	1089
32	Wakayama B	Kiitanabe	coast	33.6823	135.3558	17.4	0
33	Ehime B	Uchiko	inland	33.4698	132.7096	285.4	23763
34	Kumamoto A	Kami amakusa	coast	32.5216	130.4191	15.5	97
35	Kumamoto B	Shimo amakusa	inland	32.4283	130.0926	92.8	6757
36	Kumamoto C	Ushibuka	coast	32.2777	130.0822	23.7	1786
37*	Kagoshima A	Izumi	coast	32.1056	130.2693	9.3	1149
38	Miyazaki A	Miyazaki	coast	31.9579	131.4180	19.8	5547
39	Kagoshima B	Kirishima	inland	31.8640	130.7736	455.0	16317
40*	Kagoshima C	Imuta	inland	31.8223	130.4720	252.5	23487
41	Miyazaki B	Nichinan	coast	31.5014	131.3741	24.9	485
42	Miyazaki C	Kushima	coast	31.4438	131.2502	111.1	1945

In each study site, 10 collection sites were selected for dry-ice trap collection. The average latitudes and longitudes of their positions were calculated and used as the center of the study site. *: Larval collection only.

分布型の区分方法

分布範囲の広狭と捕集密度の高低による分布型の区分を試みた。前者は成虫が捕集された調査地の数（調査地数）、後者はトラップ1台1日当たりの捕集個体数（捕集密度）を種ごとに求めて評価した。種ごとに求めた調査地数も捕集密度も連続変数とみなすことができるが、値の大小関係によって分布型を区分するための閾値を決める理論的な根拠は知られていない。しかしながら採集された調査地数の順に種を並べれば、両極に位置する種、つまり多くの調査地で採集され広域に分布すると思われる種（広域分布種）とわずか数か所の調査地でしか採集されず分布が局所的と思われる種（局所分布種）を区別することは可能である。同様の操作は捕集密度

に関しても行うことができ、密度の高い順に種を並べて密度が高い種（高密度種）と密度が低い種（低密度種）を区別することができる。また、広域分布種と局所分布種を区別する調査地数の閾値を決めることは難しいので、本研究では値の上位と下位の5種を選んで広域分布種および局所分布種とし、残りの種はその中間に位置する種と考えた。捕集密度に関しても同様に、密度の上位と下位の5種を選び、それぞれ高密度種と低密度種、残りの種は中間の密度とした。さらにこのような区分を行った上で、分布の広さと密度の高さの2側面を考慮して調査結果を整理したところ、分布型として以下の4つの型が区別された；広域・高密度種、広域・低密度種、局所・高密度種、局所・低密度種。本研究における具体

Table 2. The results of the dry-ice trap collection conducted at 37 study sites in 2013 and 2014.

Species	Study sites																																							Total	Density collected	No. of areas				
	coast																			inland																										
	2	3	7	8	18	19	20	21	23	24	25	27	28	30	31	32	34	36	38	41	42	sub total	1	4	5	6	9	10	11	12	13	14	15	26	29	33	35	39								
<i>Culex tritaeniorhynchus</i>					254	85	262	613	3268	9	356	1901	168	26	759	23	23					7747				1						1	5	4			11	7758	16.51	17						
<i>Cx. pipiens</i> gr.	22	143	32	11	203	17	31	3	79	14	23	146	29	169	55	516	3		1		1497				39	79		13					2	1			134	1631	3.47	23						
<i>Cx. orientalis</i>	53	172	93	4						7								1			330	23			185	81		308	28	41	84	4	2	1			757	1087	2.31	16						
<i>Aedes albopictus</i>					40	6	20	181	85	106	44	53	45	80	13	21	54	11	37	39	18	853													4	87	91	944	2.01	19						
<i>Ae. excrucians</i>	632	223	19																		874	57	1														58	932	1.98	5						
<i>Cx. pseudovishnui</i>					2		91	3	1	87	5		5	46			13	41	17	168	10	484													2	20	504	1.07	16							
<i>Culiseta nipponica</i>	237	17	15																		269	1															1	270	0.57	4						
<i>Ae. punctator communis</i>	24	49	2																		75	75	89														167	242	0.51	6						
<i>Cx. bitaeniorhynchus</i>					20		56	1	1	2	4	20		3	1		3	1	1		113						2									58	171	0.36	18							
<i>Ae. yanadai</i>	101		3																		104																2	106	0.23	3						
<i>Armigeres subalbatus</i>					11	2	8	1		8	1	8	9		1		5		7		61																3	1	13	17	78	0.17	14			
<i>Cx. (Culicomyia) spp.</i>					3			5									1	38	14	1	62																2	4	66	0.14	9					
<i>Ae. nipponicus</i>													5			1	3	1	2	12																		15	1	23	1	2	43	55	0.12	11
<i>Ae. vexans nipponii</i>				1	1											20	1				23	2			1	1			6						1	6			1	18	41	0.09	11			
<i>Ae. esensis</i>				2	1																3	21			2	3	1												27	30	0.06	6				
<i>Tripteroides bambusa</i>					7	2	1	2		3		1			1	3	1				21																		5	1	8	29	0.06	13		
<i>bambusa</i>																																														
<i>Cx. vagans</i>	10	12																			22																		0	22	0.05	2				
<i>Ae. riversi</i>																		2	17		19																	0	19	0.04	2					
<i>Anopheles sinensis</i> gr.					2	1	1		6	1	3		3			1					18																		0	18	0.04	8				
<i>Ae. galloisi</i>	6																				6	4																7	13	0.03	3					
<i>Orthopodomyia</i>					1		1	1	1	1			2				4				9																		0	9	0.02	5				
<i>anopheloides</i>																																														
<i>Ae. togoi</i>																4		3			7																		0	7	0.01	2				
<i>Ae. oreophilus</i>																					0						7											7	7	0.01	1					
<i>Lutzia vorax</i>																					5																		1	6	0.01	3				
<i>Ae. dorsalis</i>																					6																		0	6	0.01	2				
<i>Ae. bekkui</i>																					4																		2	6	0.01	5				
<i>Uranotaenia novobscura</i>																					4																		1	2	6	0.01	5			
<i>novobscura</i>																																														
<i>Ae. nobukonis</i>																					4																		0	4	0.01	2				
<i>Ae. flavopictus flavopictus</i>																					1																		2	3	0.01	3				
<i>Ae. japonicus japonicus</i>																					1																		1	1	2	0.00	2			
<i>Mansonia uniformis</i>																					1																		0	1	0.00	1				
<i>Cx. infantulus</i>																					1																		0	1	0.00	1				
<i>Cx. inatomi</i>																					1																		0	1	0.00	1				
<i>Ae. sasai</i>																																									1	1	0.00	1		
Area total	1085	616	176	17	519	136	322	961	3442	150	523	2118	285	275	876	544	119	100	93	249	31	12637	179	94	0	227	167	13	321	37	65	133	35	11	20	16	15	106	1439	14076	29.95	37				
No. of trap nights	32	15	30	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	277	3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	193	470				
Area density	33.9	41.1	5.87	1.7	51.9	13.6	32.2	96.1	344.2	15	52.3	211.8	28.5	13.8	87.6	27.2	11.9	10	9.3	24.9	3.1	45.62	59.7	9.4	0	22.7	16.7	1.3	32.1	3.7	3.25	6.65	3.5	0.55	1	1.6	1.5	10.6	7.5	29.9						
No. of collected species	8	6	12	4	7	9	5	13	6	13	8	7	11	3	5	6	9	14	4	9	4	32	6	3	0	4	6	5	2	4	7	5	8	5	6	3	6	7	24	34						

The details of study sites are showed in Table 1.

Basically 10 dry ice traps were used to collect adults in each study site.

Density=Total number of collected species/470 (total of trap nights)

Area density=Area total of collected mosquitoes/No. of trap nights

的な分布型の区分方法は、まず捕集密度の順位と分布の順位ともに上位5位に入る種を選び、これらを広域・高密度種とした。逆に捕集密度の順位と分布の順位がともに下位5位に入る種を選び、局所・低密度種とした。広域・高密度種の次に捕集密度の順位が高い種のうち、分布の順位が低く、採集された調査地数が明らかに少ない3種を局所・高密度種とした。残った種の中で分布の順位が高く、捕集密度の順位が低い種として4種を選び広域・低密度種とした。

結 果

成虫採集

調査地の地理的分布と位置をFig. 1とTable 1に示した。Fig. 1で沿岸部の調査地は白丸(○)、内陸部の調査地は黒丸(●)で示した。調査地の中で最も南に位置するのは宮崎県串間(Table 1, 42番, 北緯31.4438), 最も北に位置するのは北海道東部の青山(Table 1, 1番, 北緯43.4059)であった。また、最西端と最東端の調査地は、長崎県対馬(Table 1, 22番, 東経129.3358)と北海道東部の弁天沼(Table 1, 7番, 東経141.7816)であった。調査地の平均標高は3.7mから1,270.3m, 海岸からの距離は0mから94,151mであった。

37調査地(370採集地点, 470 trap nights)で実施したドライアイストラップ採集によって10属34種14,076個体(Table 2)が、また捕虫網採集では、17調査地で6属21種(ヤブカ一種, *Aedes* sp.を含む)379個体(Table 3)の成虫が捕

集された。

Table 2にはドライアイストラップによる捕集個体数の多い順に種類をリストして、捕集総数を示した。また、捕集密度はDensity, 各採集地の捕集密度はArea densityとしてトラップ1台1日当たりの捕集個体数を求めて表に示した。得られた結果から4つの分布型を区別し、それぞれの分布型を示す種として4または5種を選んだ。多数の調査地で捕集され、トラップ1台1日当たりの捕集密度が高い種(広域・高密度種)と考えられたのは、以下の4種類であった; コガタアカイエカ17調査地16.51個体/trap night, アカイエカ群23調査地3.47個体/trap night, ハマダライエカ *Cx. orientalis* Edwards, 16調査地2.31個体/trap night, ヒトスジシマカ19調査地2.01個体/trap night。これに対して、多数の調査地で捕集されたが捕集密度が低い種(広域・低密度種)とされたのは、以下の5種類であった; カラツイエカ *Cx. bitaeniorhynchus* Giles, 18調査地0.36個体/trap night, オオクロヤブカ *Armigeres subalbatus* (Coquillett), 14調査地0.17個体/trap night, キンパナガハシカ *Tripteroides bambusa bambusa* (Yamada), 13調査地0.06個体/trap night, シロカタヤブカ *Ae. nipponicus* LaCasse and Yamaguti, 11調査地0.12個体/trap night, キンイロヤブカ *Ae. vexans nipponii* (Thobald), 11調査地0.09個体/trap night。さらに捕集された調査地数は少ないが捕集密度が高い種(局所・高密度種)としたのは、アカンヤブカ *Ae. excrucians* (Walker), 5調査地1.98個

Table 3. The results of the sweep net collections conducted at 17 study sites in 2013 and 2014.

Speices	Study sites																		Total	Collected area		
	coast									sub total	inland										sub total	
	2	3	7	8	22	32	36	41	1		4	9	10	12	13	15	33	39				
<i>Aedes excrucians</i>	37	58							95	82									82	177	3	
<i>Ae. punctor/communis</i>	1	4							5	39	6	1							46	51	5	
<i>Ae. albopictus</i>						48		1	49									1	1	50	3	
<i>Ae. flavopictus flavopictus</i>	1								1			4		7		4	4	8	27	28	6	
<i>Ae. yamadai</i>	17	3							20										0	20	2	
<i>Ae. esoensis</i>				1					1			10	1						11	12	3	
<i>Ae. nipponicus</i>								3	3				4		1				5	8	3	
<i>Ae. japonicus japonicus</i>		1	2	2					5			1							1	6	4	
<i>Ae. riversi</i>								6	6										0	6	1	
<i>Ae. vexans nipponii</i>					3		1		4										0	4	2	
<i>Armigeres (Armigeres) subalbatus</i>						1			1					2	1				3	4	3	
<i>Ae. sp.</i>			3						3										0	3	1	
<i>Culex pipiens gr.</i>						1			1				1						1	2	2	
<i>Anopheles sineroides</i>					1				1										0	1	1	
<i>Cx. orientalis</i>									0			1							1	1	1	
<i>Ae. dorsalis</i>			1						1										0	1	1	
<i>Ae. oreophilus</i>									0				1						1	1	1	
<i>Ae. galloisi</i>									0							1			1	1	1	
<i>Ae. bekkui</i>			1						1										0	1	1	
<i>Ae. sasai</i>				1					1										0	1	1	
<i>Tripteroides bambusa bambusa</i>									0			1							1	1	1	
Total	56	66	7	4	4	50	1	10	198	121	6	18	7	9	2	5	4	9	181	379		
No. of days	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				
No. of collected species	4	4	4	3	2	3	1	3		2	1	6	4	2	2	2	1	2				

The details of study sites are showed in Table 1.

Mosquitoes attracted during larval collections and the setting of dry ice traps were collected by a sweep net.

体／trap night, ヤマトハボシカ *Culiseta nipponica* LaCasse and Yamaguti, 4調査地0.57個体／trap night, チシマ／トカチヤブカ, 6調査地0.51個体／trap nightである。最後に, 採集された調査地が少なく捕集密度も低い種(局所・低密度種)としたのは4種で, アシマダラヌマカ *Mansonia uniformis* (Theobald), フトシマツノフサカ *Cx. infantulus* Edwards, イナトミシオカ, ホッコクヤブカ *Ae. sasai* Tanaka, Mizusawa and Saugstadである。本研究で広域・高密度種に区分された種は, 37調査地中16調査地以上で捕集され, 捕集密度が2.0個体／trap nightより高い種であった。広域・低密度種に区分された種は, 11以上の調査地で採集され捕集密度が0.4個体／trap nightよりも低い種であった。また, 局所・高密度種は捕集された調査地の数が6以下と少ないが, 捕集密度が0.5個体／trap nightより高い種であり, 局所・低密度種は, 1調査地のみで捕集され, 捕集密度が最も低い0.002個体／trap nightを示す種であった。

沿岸部と内陸部の調査地を比較すると, ドライアイストラップで捕集された34種のうち27種は, 沿岸部での捕集密度が内陸部より高かった。捕集密度が高いコガタアカイエカやアカイエカ群, ヒトスジシマカは低緯度の沿岸地域に集中して分布し, ハマダライエカは内陸部で多かった。ハマダライエカは, 高緯度から低緯度まで幅広く分布しているが, 中・高緯度での捕集数が顕著に多かった。北海道の沿岸部では, ヤマトハボシカとアカエゾヤブカ *Ae. esoensis* Yamadaが, 内陸部の山中では, チシマヤブカ／トカチヤブカの捕集密度が高かった。採集地ごとの捕集種数を比較すると, 沿岸部の調査地では10種以上の蚊が採集された調査地が5カ所あった: 種類数が多い順に熊本県牛深(36番)14種, 岡山県牛窓(21番)と広島県尾道(24番)13種, 北海道弁天沼(7番)12種, 香川県(28番)11種。一方, 内陸部の調査地では10種類以上の蚊が採集された調査地はなく, 岐阜県白川(15番)の8種が最も多く, 次いで福島県南会津(13番)と鹿児島県霧島(39番)の7種であった。

トラップ設置時や幼虫採集を行っている際に吸血にきた成虫の捕虫網採集の結果をTable 3に示した。合計6属21種の蚊が採集されたが, そのうち16種はヤブカ属であった。特にアカンヤブカとチシマヤブカ／トカチヤブカの襲来は著しく, 捕虫網を振る間隙を突いて吸血される程で, 他種とは比較にならないほど激しかった。北海道で捕集したヤブカの一種 *Aedes* sp. は, 頭頂部に狭横臥鱗片を有し後脚跗節基部に白帯があり, 翅前部には鱗片がないためコガタキンイロヤブカ *Ae. bekkui* Mogiに類似している。しかし, 口吻腹面に白色部分はなく, 亜背版に鱗片がある点がコガタキンイロヤブカとは明らかに異なっていた。主に北海道に分布し本州では稀なミスジヤブカ *Ae. galloisi* Yamadaが岐阜県白川(15番)の山中で採集された。

幼虫採集

41調査地で採集され感染研で室内飼育された幼虫からは, 10属33種2,153個体の成虫が得られた(Table 4)。成虫採集では捕獲されなかった種類は8種含まれ, そのうち3種は以下のハマダラカ類だった; チョウセンハマダラカ *An. koreicus* Yamada and Watanabe, エセシナハマダラカ *An. sineroides* Yamada, ヤマトハマダラカ *An. lindesayi japonicus* Yamada。北方系のチシマヤブカ／トカチヤブカなどのセスジヤブカ亜

属 *Ae. (Ochlerotatus)* sp. の幼虫は採集できなかったが, トワダオオカ *Toxorhynchites towadensis* (Matsumura), ハトリヤブカ *Ae. hatorii* Yamada, ワタセヤブカ *Ae. watasei* Yamada, コガタクロウスカ *Cx. hayashii hayashii* Yamada, ミナミハマダライエカ *Cx. mimeticus* Noé, エゾウスカ *Cx. rubensis* Sasa and Takahashi は, 成虫採集では捕集されていない種類である。沿岸部と内陸部の調査地からはそれぞれ27種と23種の蚊種が得られ, 両地域に共通する種は17種であった。沿岸部で多数採集されたのはヒトスジシマカとコガタアカイエカ, シナハマダラカ群で, これに対して内陸部で多く採集されたのはハマダライエカとヤマトヤブカ *Ae. japonicus japonicus* (Theobald), ヤマトハマダラカ, エセシナハマダラカであった。調査地ごとに種類数を見ると, 比較的種類数が多く10種以上が採集されたのは, 内陸部の和歌山県和歌山(30番)14種, 次いで福島県南会津(13番)11種, 沿岸部の熊本県牛深(36番)11種, そして長崎県対馬(22番)10種であった。

種類ごとに採集結果をみると, 41調査地中最も多くの調査地から採集された種は, ヤマトヤブカ19地点(438個体)であった。次いでシナハマダラカ群, 14調査地(193個体), 13調査地から採集されたのはヒトスジシマカ(264個体)とクシヒゲカ亜属(225個体), キンバラナガハシカ(99個体), 12調査地で採集されたのはコガタアカイエカ(200個体)であった。Tanaka et al. (1979)によれば森林に生息し比較的稀な種とされるトワダオオカの幼虫は青森, 岐阜, 東京, 愛媛, 鹿児島の内陸部で採集された。本種の幼虫は, 落ち葉が沈んだ古タイヤおよび竹切株において, キンバラナガハシカ, ヤマトヤブカ, ヤマダシマカ *Ae. flavopictus* Yamada, クシヒゲカ亜属, ハマダラナガスネカ *Orthopodomyia anopheloides* (Giles), ブナノキヤブカ *Ae. oreophilus* (Edwards), フタクロホシチビカ *Uranotaenia novobscura novobscura* Barraudなどの幼虫と共に採集された。九州地方では稀とされるワタセヤブカが熊本県天草の樹洞からヒトスジシマカとリヴァースシマカ *Ae. riversi* Bohart and Ingram 幼虫と共に採集された。

幼虫が採集された33種について, 幼虫の採集場所の標高をFig. 2に示した。図ではハマダラカ属を●, ヤブカ属を■, イエカ属を▲, それ以外の種類を×で示してある。標高差に対応した分布には属による違いは見られなかった。約半数の16種は標高0~700mの範囲の場所から採集された。最も標高の高い場所で採集された幼虫はヤマトハマダラカで, 標高1,374mの河床の水草が生えている淀みから採集された。ヤマトヤブカとクシヒゲカ亜属, キンバラナガハシカ, コガタアカイエカ, ハマダライエカの幼虫は低地から1,000mを超える山地まで広い範囲に位置する調査地で採集された。シマカ亜属幼虫は, ヒトスジシマカとリヴァースシマカ, ワタセヤブカが標高200m以下の人工容器や樹洞などの発生源で採集されたが, ヤマダシマカは低地から1,000mを超える山地でも採集された。ブナノキヤブカ幼虫は, 標高900m以上の山地にある樹洞や落ち葉が沈んでいる古タイヤ, 縁石の穴などから採集された。トワダオオカ幼虫はブナノキヤブカ幼虫とは異なり, 100m程度の低地から1,000m付近の山地の調査地で採集されており, 生息に適した森があれば広く生息している事が示唆された。トウゴウヤブカ *Ae. togoi* (Theobald) やアカエゾヤブカ, ヤマトハボシカ, ワタセヤブカの幼虫は標高20m以下の沿岸部からのみ採集され, これに対して内陸

Table 4. The results of larval collections conducted at 41 study sites in 2013 and 2014.

Species	Study sites																																								No. of Total collected areas				
	coast																				inland																								
	sub																				sub																								
2	3	7	8	18	19	20	21	22	23	24	25	27	28	30	31	32	34	36	37	38	41	42	total	1	4	6	9	10	11	12	13	14	15	16	17	26	29	33	35	39	40	total			
<i>Aedes japonicus japonicus</i>	6	1						51						17	28	3		3				1	107	7	21	40	69	24	32	10	34		61	14	9	10	331	438	19						
<i>Ae. albopictus</i>					14				59				13	17	8	20	42					3	11	187					19						10	15	33		77	264	13				
<i>Culex (Culicomyia) spp.</i>											11			7	6		2					26	52							14	14	36	14		81	5	1	8	173	225	13				
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>				23	1	5					12			17	15	3	30					6	112										60		3		25		88	200	12				
<i>Anopheles sinensis</i> gr.			12		27	1	2				20			2	70	13	27					174				7		3			3	3		1				5	19	193	14				
<i>Cx. orientalis</i>	1	1	7											31								40			31		23	10	11	73									148	188	9				
<i>Tripteroides bambusa</i>								1	14					5	1	2	7					30						1	21	16	14		6	9	2			69	99	13					
<i>An. lindesayi japonicus</i>															2							2					34		5	9	9	10						67	69	6					
<i>Ae. vexans nipponii</i>						29																29																29	29	58	2				
<i>Cx. hayashii hayashii</i>						9					2	2		23		1						37						4					1	5				10	47	8					
<i>An. sineroides</i>																						0			1							29					14	44	44	3					
<i>Uranotaenia novobscura</i>						3									1				2			3	9										6		8	15		29	38	7					
<i>novobscura</i>																																													
<i>Ae. togoi</i>																28	8					36																	0	36	2				
<i>Cx. infantulus</i>						6					5	3	3	2								8	27																6	33	7				
<i>Ae. flavopictus flavopictus</i>								10							11							21			4					7							1		12	33	5				
<i>Lutzia vorax</i>															2		4					6	12								7	8		3	1		19	31	7						
<i>Culiseta nipponica</i>	20	1																				21																	0	21	2				
<i>Ae. hatori</i>															16							16																0	16	1					
<i>An. koreicus</i>								8							6							14																	0	14	2				
<i>Orthopodomyia</i>								1										11				12																	0	12	2				
<i>anopheloides</i>																																													
<i>Toxorhynchites</i>																																													
<i>towadensis</i>																																													
<i>Ae. riversi</i>								3										8				11																		0	11	2			
<i>Armigeres subalbatus</i>																						0																			11	11	2		
<i>Cx. pipiens</i> gr.													1	1								2									7	1						4	7						
<i>Ae. nipponicus</i>																						8																	8	10	4				
<i>Cx. pseudovishnui</i>																						8																	2	10	2				
<i>Cx. bitaeniorhynchus</i>															1			1				7																0	7	3					
<i>Cx. rubens</i>															2							4									1	2						3	7	4					
<i>Cx. mimeticus</i>																						0				2													6	6	2				
<i>Ae. oreophilus</i>																						5																0	5	1					
<i>Ae. yamadae</i>																						0																	5	5	2				
<i>Ae. watasei</i>	4	1																				5																	0	5	2				
<i>Cx. vagans</i>																						4																	0	4	1				
Total	25	9	20	0	67	17	0	5	118	59	32	40	16	33	118	0	108	92	102	59	0	6	58	984	0	7	62	49	34	116	38	109	174	52	87	37	14	163	62	90	27	48	1169	2153	41
No. of days	3	2	3	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	35	1	1	2	1	2	2	1	3	1	2	1	1	2	1	2	1	1	27	62			
No. of collected species	3	4	3	0	4	4	0	1	10	1	4	5	2	5	14	0	7	5	11	3	0	2	6	27	0	1	5	3	1	5	4	11	7	6	4	5	3	5	9	8	4	3	23	33	

The details of study sites are showed in Table 1.

Fig. 2. Altitudes of the sites from which the larvae of 33 mosquito species were collected in this study.

1=*An. lindesayi japonicus*, 2=*Ae. japonicus*, 3=*Cx. (Culiciomyia) spp.*, 4=*Lt. vorax*, 5=*Cx. tritaeniorhynchus*, 6=*Cx. orientalis*, 7=*Tp. bambusa*, 8=*Ae. flavopictus*, 9=*Ae. oreophilus*, 10=*Ae. nipponicus*, 11=*An. sineroides*, 12=*Cx. pipiens* gr., 13=*Cx. vagans*, 14=*Tx. towadensis*, 15=*Cx. hayashii*, 16=*Ur. novobscura*, 17=*Cx. rubensis*, 18=*An. sinensis* gr., 19=*Cx. bitaeniorhynchus*, 20=*Ar. subalbatus*, 21=*An. koreicus*, 22=*Cx. pseudovishnui*, 23=*Ae. vexans*, 24=*Cx. infantulus*, 25=*Ae. hatorii*, 26=*Ae. albopictus*, 27=*Ae. riversi*, 28=*Or. anopheloides*, 29=*Cx. mimeticus*, 30=*Ae. watasei*, 31=*Cs. nipponica*, 32=*Ae. yamadai*, 33=*Ae. togoi*. ●=Genus *Anopheles*, ■=Genus *Aedes*, ▲=Genus *Culex*, ×=Genus *Lutzia*, *Tripteroides*, *Toxorhynchites*, *Uranotaenia*, *Armigeres*, *Orthopodomyia*, *Culiceta*.

部ではブナノキヤブカ幼虫が2調査地、スジアシエカ *Cx. vagans* Weideman とハトリヤブカの幼虫は1調査地でのみ採集された。

考 察

本研究で採集された蚊の種類と採集された調査地の数を、3つの調査方法（ドライアイストラップ採集、幼虫採集、捕虫網採集）ごとにまとめて Table 5 に示した。得られた種類数はドライアイストラップ採集が最も多く 34 種、次いで幼虫採集で 33 種、捕虫網採集は最も種類数が少なく 21 種だった。成虫採集では採集されず、幼虫採集でのみ採集された種類は 8 種であった。捕虫網採集で採集された種類は、2 種（エセシナハマダラカとヤブカ的一种）を除いて、ドライアイストラップ採集でも採集されていた。本研究の捕虫網採集は、作業中に調査者に誘引され飛来した成虫を採集したものであり、採集された蚊は人吸血性の種類である可能性が高い。蚊類の医学的重要性を考える際、人吸血性は非常に重要な性質であり、ある調査地の蚊相の調査方法としては人吸血性の種類を効率よく採集できる方法が望ましい。このように人吸血性の種類を採集することを重視して評価すると、本研究で使ったドライアイストラップ採集法は捕虫網採集で捕獲された人吸血性種のほとんどを捕獲しており、適切な方法であったといえることができるだろう。

ドライアイストラップ採集の利点について、津田 (2013) は操作が簡便であること、乾電池駆動であるため様々な場所に設置できること、夜行性の種類だけでなく昼行性の種類にも有効であること、吸血性でない昆虫類の採集数は少ないためソーティング作業が容易であることなどをあげているが、これらの利点は本研究でも認められた。しかしながら、トラップを使用した捕集には欠点もある。もっとも致命的な欠点は、トラップを適切な場所に設置しなければ周辺に生息し

ている蚊を捕集できないことである。本研究のドライアイストラップ採集が適切に行われたかどうかを評価するために、2001 年から 2011 年にかけて北海道から沖縄の 13 の調査地でドライアイストラップを用いて行われた蚊相調査（津田, 2013）で採集された種類を Table 5 に比較して示した。津田 (2013) は 27 種を報告しているが、このうち 21 種が本研究のドライアイストラップ採集でも採集された。しかも、本研究で多数の調査地で採集された 10 種のうち 9 種は津田 (2013) がリストした種と共通していることから、本研究のドライアイストラップ採集は適切に実施されたと判断された。Tanaka et al. (1979) が北海道から九州で採集した種類は 69 種であり、本研究ではシナハマダラカ群やアカイエカ群、クシヒゲカ亜属などは複数種を含むと考えられるため、69 種のうち少なくとも 43 種 (62%) が採集されたことになる。また、Tanaka et al. (1979) で稀な種と記述されているのは合計 29 種であるが、このうち 10 種 (30%) が本研究で採集されている。本研究では時間的制約のために、各調査地での調査は原則として 1 回しか行われておらず、そのため調査地に生息している蚊種のすべてを採集できたとは考えられないが、比較的生態密度が高く、人が遭遇する頻度が高い種類の多くが採集されたと推測される。

過去に行われた広域にわたる蚊相調査、例えば上村 (1968), Tanaka et al. (1979), Toma and Miyagi (1986) では、幼虫調査が主体であったため、成虫の生息密度に関する客観的な評価はほとんど行われていない。生息密度や分布に関しては普通 (common), 多い (abundant), 稀 (rarely collected) のような記述にとどまっている。しかしながら、多数の地域で多様な種を採集する中で、種によって生息密度や分布域が異なることに、多くの研究者が気付いていたことは間違いのないと思われる。本研究で用いたドライアイストラップ採集法は、トラップ 1 台 1 日当たりの捕集密度を求めることによ

Table 5. Comparisons of species occurrences observed in this study by three different methods, with data from previous studies.

Species	Dryice Trap	Larval coll.	Sweep net ¹	Tsuda (2013) ²	Tanaka et al. (1979) ³
<i>Culex pipiens</i> gr.	23	4	2	○	
<i>Aedes albopictus</i>	19	13	3	○	
<i>Cx. bitaeniorhynchus</i>	18	4		○	
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	17	12		○	
<i>Cx. orientalis</i>	16	9	1	○	rare in Honshu
<i>Cx. pseudovishnui</i>	16	3			
<i>Armigeres subalbatus</i>	14	2	3	○	
<i>Tripteroides bambusa bambusa</i>	13	13	1	○	
<i>Ae. nipponicus</i>	11	2	3	○	
<i>Ae. vexans nipponii</i>	11	2	2	○	
<i>Cx. (Culiciomyia) spp.</i>	9	13		○	
<i>Anopheles sinensis</i> gr.	8	14		○	
<i>Ae. punctor/communis</i>	6		5		
<i>Ae. esoensis</i>	6		3		
<i>Uranotaenia novobscura novobscura</i>	5	7		○	
<i>Orthopodomyia anopheloides</i>	5	2		○	
<i>Ae. excrucians</i>	5		3		
<i>Ae. bekkui</i>	5		1	○	rare
<i>Culiseta nipponica</i>	4	2			
<i>Lutzia vorax</i>	3	7		○	
<i>Ae. flavopictus flavopictus</i>	3	5	6	○	
<i>Ae. yamadae</i>	3	2	2		rare
<i>Ae. galloisi</i>	3		1		rare in Honshu
<i>Ae. japonicus japonicus</i>	2	19	4	○	
<i>Ae. riversi</i>	2	2	1		rare in Kyushu
<i>Ae. togoi</i>	2	2			
<i>Cx. vagans</i>	2	1		○	
<i>Ae. dorsalis</i>	2		1		
<i>Ae. nobukonis</i>	2				rare
<i>Cx. infantulus</i>	1	7		○	rare in temperate Japan
<i>Ae. oreophilus</i>	1	2	1		
<i>Ae. sasai</i>	1		1		
<i>Cx. inatomii</i>	1			○	
<i>Mansonia uniformis</i>	1			○	rare in temperate Japan
<i>Cx. hayashii hayashii</i>		8		○	
<i>An. lindesayi japonicus</i>		6			
<i>Toxorhynchites towadensis</i>		5			
<i>An. sineroides</i>		3	1	○	
<i>An. koreicus</i>		2			
<i>Cx. rubensis</i>		2			rare in Honshu
<i>Ae. hatorii</i>		1			
<i>Ae. watasei</i>		1			rare in Kyushu
<i>Cx. mimeticus</i>		1			
<i>Ae. sp.</i>			1		
No. of species	34	33	21	23	10

¹Mosquitoes attracting to a collector were collected using a sweep net during the field survey.²Species collected by the dry ice traps at 13 locations in Japan from 2001 to 2011 (Tsuda, 2013).³Species described as "rare" species in Tanaka et al. (1979).

て、調査地における生息密度の多寡を定量的に示すことができた。そして生息が確認された調査地の数だけでなく、それらの調査地における捕集密度を考慮することによって、分布範囲の広さと生息密度を組み合わせた以下に示す4つの型を区別することができた：広域・高密度種、広域・低密度種、局所・高密度種、局所・低密度種。蚊の生息に関して分布型を区別することには次のような意義がある。蚊の医学的重要度は、分布域の広さや捕集密度のような個体群生態学的特徴

に人吸血性を加味することによって、より適切に評価できると思われる。広範囲にしかも高密度で生息する蚊は、媒介可能な病原体が侵入した場合に集団としての疾病媒介力が大きいと考えられるので、広域・高密度種は医学的に最重要な種類と考えられる。本研究で広域・高密度種と考えられたのは4種であるが、人吸血性を加味するとこれら4種の中で医学的重要度が高い種類は、コガタアカイエカ、アカイエカ群、ヒトスジシマカの3種ということができる。また、コガタア

カイエカとアカイエカ群は標高1,000m付近でも幼虫が採集されており、垂直方向にも広く生息していた。コガタアカイエカは最も重要な日本脳炎ウイルス媒介蚊であり、アカイエカ群は、アメリカではウエストナイルウイルスが検出されているが、我が国では同ウイルスは未検出のため潜在的媒介蚊として知られている。さらに、ヒトスジシマカは2014年に東京都の代々木公園とその周辺で起きたデングウイルスの流行で最も重要な媒介蚊であった (Tsuda et al., 2015)。

本研究で局所・高密度種 (採集された調査地の数は少ないが捕集密度が高い種) とされたのは、アカンヤブカ、ヤマトハボシカ、チシマヤブカ/トカチヤブカである。これらの中でアカンヤブカとチシマヤブカ/トカチヤブカは、雪融けの水溜りなどに幼虫が発生し (佐藤ら 1962, Dahl et al. 2004), 昼夜を問わず激しく襲来して人を著しく吸血することが知られているが、この吸血習性は本研究でも確認された。我が国の場合、これらの種の分布は局所的であるが、生息密度が高いことから医学的重要度は高いと言える。ブリテン諸島では、チシマヤブカはウエストナイルウイルスの bridge vector である可能性が示唆されており (Medlock et al. 2005), 北欧や北米ではチシマヤブカやトカチヤブカのような雪融け水の発生源から発生するヤブカ属は、Snowshoe Hare virus と Jamestown Canyon virus の重要な媒介蚊であるという報告もある (Becker et al., 2010)。これら人畜共通感染症ウイルスの侵入を監視し、国内外への拡散を抑制するためには、近縁種を含めた北方系ヤブカ属の分布と生態、生息密度を明らかにする必要がある。

過去の調査で稀種とされていた種類の中には、その後の調査によってより広範囲に分布すると考えられるようになった種類がある。本研究で採集された種類の中では、コガタキンイロヤブカとイナトミシオカがその例と考えられる。前者は我が国の数カ所のみで報告されている稀種とされていたが (Tanaka et al., 1979), 本研究では5調査地で採集された。水田 (2011) は大阪府の調査地で本種の発生を確認している。さらに、福島県の東日本大震災の津波被災地における調査でも、捕獲個体数は少ないが、2カ所でコガタキンイロヤブカが採集されていること (津田ら, 2013) から、今後の調査によってより正確な分布域が明らかにされるだろう。イナトミシオカも岡山県の干拓地が唯一の生息地とされていたが、その後の研究で大阪湾沿岸部、東京湾沿岸部、新潟県佐潟湿地、釧路湿原などで生息が確認されている (Tsuda et al., 2009; Ejiri et al., 2011; 水田ら, 2012; Tsuda and Kim, 2013)。さらに本種は、東日本大震災の津波被災地でも大発生したことが報告されている (Tsuda et al., 2012; 渡辺ら, 2012; Tsuda and Kim, 2013)。また、検疫所が港と空港を対象として実施しているベクターサーベイランスでは、イナトミシオカは北海道から本州にかけて広範囲に生息していることが示唆されている (水田ら, 2012)。本研究では1調査地でしかイナトミシオカは採集されていないが、これら既存の調査報告を考慮すると、局所・低密度種とするよりは広域・低密度種に区分する方が適切であるかもしれない。コガタキンイロヤブカやイナトミシオカに限らず、これまでの調査では生息地が限られるとされている種に関しては、今後の調査によって新たな生息地が見つかる可能性があり、それにともなって分布型の区分も適宜検討する必要があるだろう。

本研究の幼虫採集と成虫採集の結果を比較すると、同種で

あっても採集方法の違いにより採集される地域や数にばらつきがあった。例えばヤマトヤブカは、ドライアイストラップでは2調査地から2個体、捕虫網採集では4調査地から6個体が採集されたが、幼虫採集でははるかに多く19調査地から438個体の羽化成虫を得た。主に内陸部の複数の発生源から採集され、この種が全国的に分布する普通種であることは幼虫採集結果によって明らかである。同様にハマダラカ亜属も、ドライアイストラップ採集よりも幼虫採集での採集数が多く、内陸部の複数の調査地から採集された。さらに、トワダオオカ、トラフカクイカ *Lutzia vorax* Edwards, フトシマツノフサカ *Cx. infantulus* Edwards, クシヒゲカ亜属などの採集方法は、ドライアイストラップより幼虫採集の方が適していると思われた。一方、ヒトスジシマカやコガタアカイエカ、アカイエカ群は、ドライアイストラップ採集の方が幼虫採集より採集数が多く、各地での捕集成績が良かった。したがって、ある地域に生息する蚊の種類相をできるだけ正確に知るためには、本研究で実施したように、ドライアイストラップによる成虫採集と幼虫採集を組み合わせた調査を行うことが現時点ではもっとも有効な方法であると思われる。

ドライアイストラップで捕集した蚊の捕集密度は、沿岸部で0.0036~27.97 (個体/ trap night), 内陸部で0.0052~3.92 (個体/ trap night) であり、捕集した34種のうち25種は、沿岸部での捕集密度が内陸部より高く、ヒトスジシマカやコガタアカイエカ、アカイエカ群は、北緯33度から35度の沿岸地域から高密度で捕集された。沿岸部は、低い丘陵地や平地が広がり工業団地や市街地、農耕地が多く、これらの地域に存在する様々な環境 (住宅地、水田、家畜舎、水路、ため池、公園、林など) は同時に、蚊の生息に適した多様な環境を提供していると推測される。本研究で示された、沿岸部のドライアイストラップでの捕集密度が内陸部よりも高い傾向は、この推測を裏付けているように思われる。

日本脳炎媒介蚊であるコガタアカイエカは広域・高密度種であり、本研究で調査した1,000m以上の山地でも幼虫が採集されており、人口密度の高い沿岸部を中心に日本各地に分布している。飼育豚での日本脳炎の流行は毎年繰り返されており、日本脳炎ウイルス感染蚊も採集されていることから (佐藤ら, 2009; 津田, 2013; 小林ら, 2014), 日本脳炎に感染するリスクは依然として存在している。本研究では、ウエストナイルウイルスの潜在的な媒介蚊として警戒されているアカイエカ群、ヒトスジシマカ、コガタアカイエカ、キンイロヤブカ、ヤマトヤブカ、ヤマダシマカ、シナハマダラカ (小林ら, 2003) が、国内各地で採集された。ウエストナイル熱ウイルス媒介蚊は、マラリアや日本脳炎などと比べると多様であり、生息場所や発生源、季節消長、吸血行動などが異なるため、重要な媒介蚊種は地域によって異なると予想される。したがって、地域ごとにどのような蚊が生息しているかを正確に把握することが望まれる。

ある地域の蚊相を知るためには、詳細かつ正確な調査が必要であることは言うまでもないが、このような調査を実施することは実際にはかなり難しい。この問題は蚊に限ったことではなく、多くの動植物でも同様の問題が存在している。ある生物種の生息が確認された複数の地域について生態的な情報を収集・分析し、その種の分布範囲を予測する手法は、現在も様々な検討が進められており、我が国においても分析に必要な分布データの蓄積が何よりも重要である。これら情報

は、感染症対策の観点からも重要であり、その意味で本研究のように広範囲にわたる多様な環境を対象にした蚊相調査を可能なかぎり継続するべきである。今後は、蓄積されたデータを基にした我が国の蚊の生息分布に対する Species niche model の適用を行い、蚊の予測分布地図の作成を試みたい。

謝 辞

調査地の選定や幼虫サンプルの処理などに協力していただいた星野啓太、小川浩平両博士に感謝します。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）ならびに国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）新興・再興感染症に対する革新的医薬品等開発推進研究事業および環境省地球環境研究総合推進費（S-8）によって行われた。

文 献

- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C. and Kaiser, A. 2010. Mosquitoes and Their Control, 577 pp. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, London.
- Dahl, C., Nielsen, T. L. and Petersson, E. 2004. Mosquito larvae (Diptera: Culicidae) in snow-melt pools in a Swedish Lapland area. *J. Vec. Ecol.*, 29: 109–123.
- Drake, J. M. and Beier, J. C. 2014. Ecological niche and potential distribution of *Anopheles arabiensis* in Africa in 2050. *Malar. J.*, 13: 213.
- Ejiri, H., Sato, Y., Kim, K. S., Tsuda, Y., Murata, K., Saito, K., Watanabe, Y., Shimura, Y. and Yukawa, M. 2011. Blood-meal identification and prevalence of avian malaria parasite in mosquitoes collected at Kushiro Wetland, a subarctic zone of Japan. *J. Med. Entomol.*, 49: 904–908.
- Foley, D. H., Klein, T. A., Kim, H. C., Sames, W. J., Wilkerson, R. C. and Rueda, L. M. 2009. Geographic distribution and ecology of potential malaria vectors in the Republic of Korea. *J. Med. Entomol.*, 46: 680–692.
- Foley, D. H., Rueda, L. M., Peterson, A. T. and Wilkerson, R. C. 2008. Potential distribution of two species in the medically important *Anopheles minimus* complex (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.*, 45: 852–860.
- Franklin, J. 2009. Mapping species distributions, spatial inference and prediction. p. 320, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Higa, Y., Hoshino, K., Tsuda, Y. and Kobayashi, M. 2006. Dry ice-trap and human bait collection of mosquitoes in the eastern part of Hokkaido, Japan. *Med. Entomol. Zool.*, 57: 93–98.
- 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.
- Kobayashi, M., Nihei, N. and Kurihara, T. 2002. Analysis of northern distribution of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Japan by geographical information system. *J. Med. Entomol.*, 39: 4–11.
- 小林睦生ら. 2003. ウエストナイル熱媒介蚊対策に関するガイドライン. 66 pp. 国立感染症研究所昆虫医科学部, 東京.
- 小林大介, 伊澤晴彦, 江尻寛子, 佐々木年則, 前川芳秀, 吉川 亮, 松本文昭, 吾郷昌信, 津田良夫, 鎌田龍星, 田島 茂, 小林睦生, 太田伸生, 沢辺京子. 2014. 2012年および2013年に長崎県で捕集されたコガタアカイエカ *Culex tritaeniorhynchus* のアルボウイルス保有状況調査. 第49回日本脳炎ウイルス生態学会抄録集, p. 52.
- 小曾根恵子, 金山彰宏, 神奈川県ベストコントロール協会. 2004. 横浜市中における蚊成虫捕獲調査（2003年度）. ペストロジー学会誌, 19: 103–108.
- 小曾根恵子, 金山彰宏, 神奈川県ベストコントロール協会. 2005. 横浜市中における蚊成虫捕獲調査—（第2報）—（2004年度）. ペストロジー, 20: 89–94.
- La Casse, W. K. and Yamaguti, S. 1950. Mosquito fauna of Japan and Korea, 268 p., App. I, The female terminalia of the Japanese mosquitoes, 7 p., App. II, Organization and function of malaria detachments, 213 p. Off. Surg., HQ. 8th Army APO 343 Japan.
- Levine, R. S., Peterson, A. T. and Benedict, M. Q. 2004. Distribution of members of *Anopheles quadrimaculatus* Say s.l. (Diptera: Culicidae) and implications for their roles in malaria transmission in the United States. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 70: 105–109.
- Medlock, J. M., Snow, K. R. and Leach, S. 2005. Potential transmission of West Nile virus in the British Isles: an ecological review of candidate mosquito bridge vectors. *Med. Vet. Entomol.*, 19: 2–21.
- Miyagi, I., Toma, T., Hasegawa, H., Tadano, M. and Fukunaga, T. 1992. Occurrence of *Culex (Culex) vishnui* Theobald in Ishigakijima, Ryukyu Archipelago, Japan. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, 43: 259–262.
- 水田英生. 2011. 大阪府の南部で採集された希少種コガタキンイロヤブカ *Aedes bekku* とコガタフトオヤブカ *Verrallina nobukonis* の発生源と成虫および幼虫調査の結果. 衛生動物, 62: 195–198.
- 水田英生, 上田泰史, 涌元美彰, 長谷山路夫, 森 英人, 白石祥吾, 後藤郁夫. 2012. イナトミシオカ *Culex inatomi* の分布について: 検疫所の蚊族調査結果. 衛生動物, 63: 11–17.
- Obsomer, V., Defourny, P. and Coosemans, M. 2012. Predicted distribution of major malaria vectors belonging to the *Anopheles dirus* complex in Asia: ecological niche and environmental influences. *PLoS ONE*, 7: e50475.
- Sallam, M. F., Al Ahmed, A. M., Abdel-Dayem, M. S. and Abdullah, M. A. 2013. Ecological niche modeling and land cover risk areas for rift valley fever vector, *Culex tritaeniorhynchus* Giles in Jazan, Saudi Arabia. *PLoS ONE*, 6: e65786.
- 佐藤 卓, 松本文雄, 安部隆司, 二瓶直子, 小林睦生. 2012. 岩手県におけるヒトスジシマカの分布とGISを用いた生息条件の解析. 衛生動物, 63: 195–204.
- 佐藤正三, 富田 征. 1962. 阿寒及び知床の蚊. 北海道教育大学紀要（第二部）, 13: 146–159.
- 白石祥吾. 2011. 愛媛県における蚊幼虫調査（2009年および2010年の調査結果）. 衛生動物, 62: 109–116.
- 佐藤 弘, 多屋馨子, 岡部信彦, 高崎智彦, 倉根一郎. 2009. わが国のブタにおける日本脳炎に対する抗体保有状況（感染症流行予測調査より）. *IASR*, 30: 151–152.
- 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.
- 田中和夫. 2005. カ科Culicidae. 日本産水生昆虫, 科・属・種への検索（川合禎次, 谷田一三編）, pp. 757–1006, 東海大学出版, 日本.
- Toma, T. and Miyagi, I. 1986. The mosquito fauna of the Ryukyu archipelago with identification keys, pupal descriptions and notes on biology, medical importance and distribution. *Mosq. Syst.*, 15: 1–109.
- 津田良夫. 2013. Science Watch, 蚊の観察と生態調査, 359 pp., 北隆館, 東京.
- 津田良夫, 比嘉由紀子, 葛西真治, 伊澤晴彦, 星野啓太, 林利彦, 駒形 修, 澤邊京子, 佐々木年則, 富田隆史, 二瓶直子, 倉橋 弘, 小林睦生. 2006a. 成田国際空港近接地と周辺地域の媒介蚊調査（2003, 2004年）. 衛生動物, 57: 211–218.
- 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. 2006b. 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., Matsui, S., Saito, A., Akatani, K., Sato, Y., Takagi, M. and Murata, K. 2009a. Ecological study on avian malaria vectors on an oceanic island of Minami-Daito, Japan. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 25: 279–284.
- Tsuda, Y., Sasaki, E., Sato, Y., Katano, R., Komagata, O., Isawa, H., Kasai, S. and Murata, K. 2009b. Results of mosquito collection from coastal areas of Tokyo Bay receiving migratory birds. *Med. Entomol. Zool.*, 60: 119–124.
- Tsuda, Y., Haseyama, M., Ishida, K., Niizuma, J., Kim, K. S., Yanagi, D., Watanabe, N. and Kobayashi, M. 2012. After-effects of Tsunami on distribution and abundance of mosquitoes in rice-field areas in Miyagi Prefecture, Japan in 2011. *Med. Entomol. Zool.*, 63: 21–30.
- 津田良夫, 石田恵一, 山内 繁, 新妻 淳, 助廣那由, 梅澤 昌弘, 柳 大樹, 岡本徳子, 沢辺京子. 2013. 東日本大震災の津波が蚊の分布と発生数に与えた影響: 宮城県南部水田地帯と福島県沿岸部における2012年の調査結果. 衛生動物, 64: 175–181.
- Tsuda, Y. and Kim, K. S. 2013. Outbreak of *Culex (Barraudius) inatomii* (Diptera: Culicidae) in disaster areas of the Great East Japan Earthquake and Tsunami in 2011, with ecological notes on their larval habitats, biting behavior and reproduction. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 29: 19–26.
- Tsuda, Y., Maekawa, Y., Ogawa, K., Itokawa, K., Komagata, O., Sasaki, T., Isawa, H., Tomita, T. and Sawabe, K. 2015. Biting density and distribution of *Aedes albopictus* during the September 2014 outbreak of dengue fever in Yoyogi Park and the vicinity in Tokyo Metropolis, Japan. *Jpn. J. Infect. Dis.*, 69: 1–5.
- Wada, Y., Mogi, M., Oda, T., Mori, A., Suzuki, H., Hayashi, K. and Miyagi, I. 1976. Notes on Mosquitoes of Amami-Oshima Island and the overwintering of Japanese encephalitis virus. *Trop. Med.*, 17: 187–199.
- 渡辺 護, 渡辺はるな, 田原雄一郎, 平尾素一, Roychoudhury, S., 沢辺京子, 石川善太, 川端健人, 菅野格朗. 2012. 被害日本大震災の津波被害地における疾病媒介蚊の発生状況. 衛生動物, 63: 31–43.
- 山内健生. 2010. 愛媛県宇和島市の有人島と本土で採集された蚊類. 衛生動物, 61: 121–124.