

表1 豚舎周辺で捕集された蚊

月日	種別	アカイエカ	コガタアカイエカ	ヒスジシマカ	オオグロヤブカ	ハマダラカ	ハマダライエカ	カラツイエカ	合計
1回目	6月16日	23	2						25
2回目	6月24日	76	7	2		1	1	1	88
3回目	7月1日	297	1	2		2			302
4回目	7月8日	437		1	2	1			441
5回目	7月15日	141	4						145
6回目	7月21日	287	69	3		11	1		371
7回目	7月27日	100	12	1		1			114
8回目	8月3日	153	35			31			219
9回目	8月11日	142	42	1		8	1		194
10回目	8月19日	371	1,346			80			1,797
11回目	8月26日	91	599	1	1	16			708
12回目	9月2日	86	542			15			643
13回目	9月9日	27	370	1		7	1		406
14回目	9月16日	20	662	1		6	1		690
種別合計		2,251	3,691	13	3	179	5	1	6,143

図2 トラップで捕集された蚊の種類と捕集数（5トラップの総数）

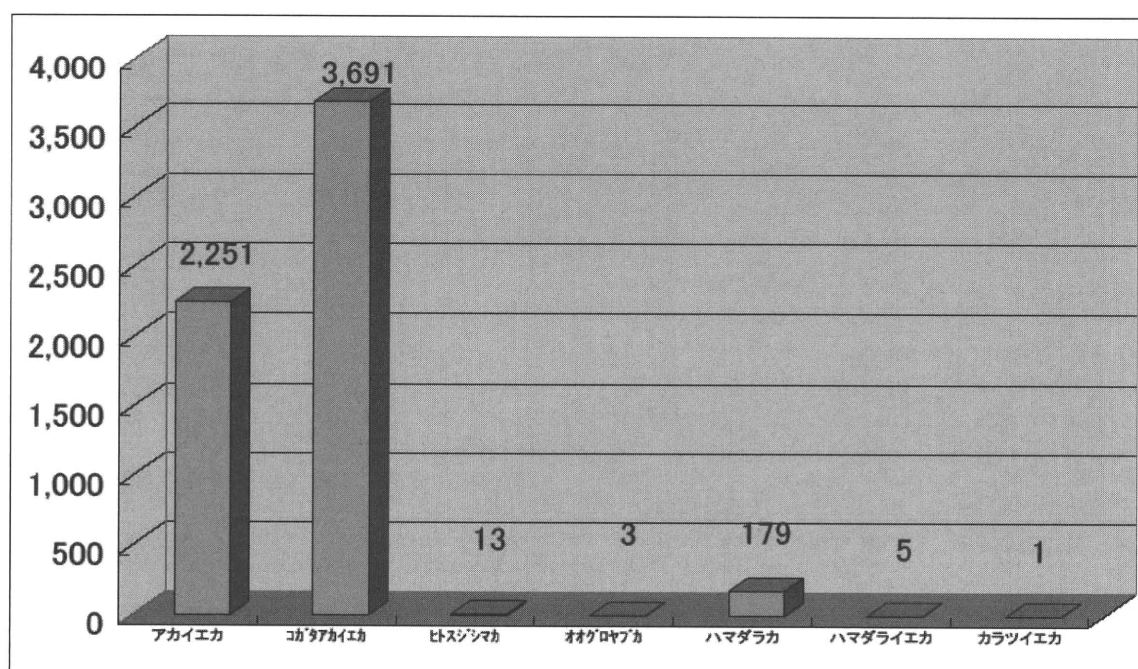


図2 豚舎における蚊の捕集消長と日平均気温

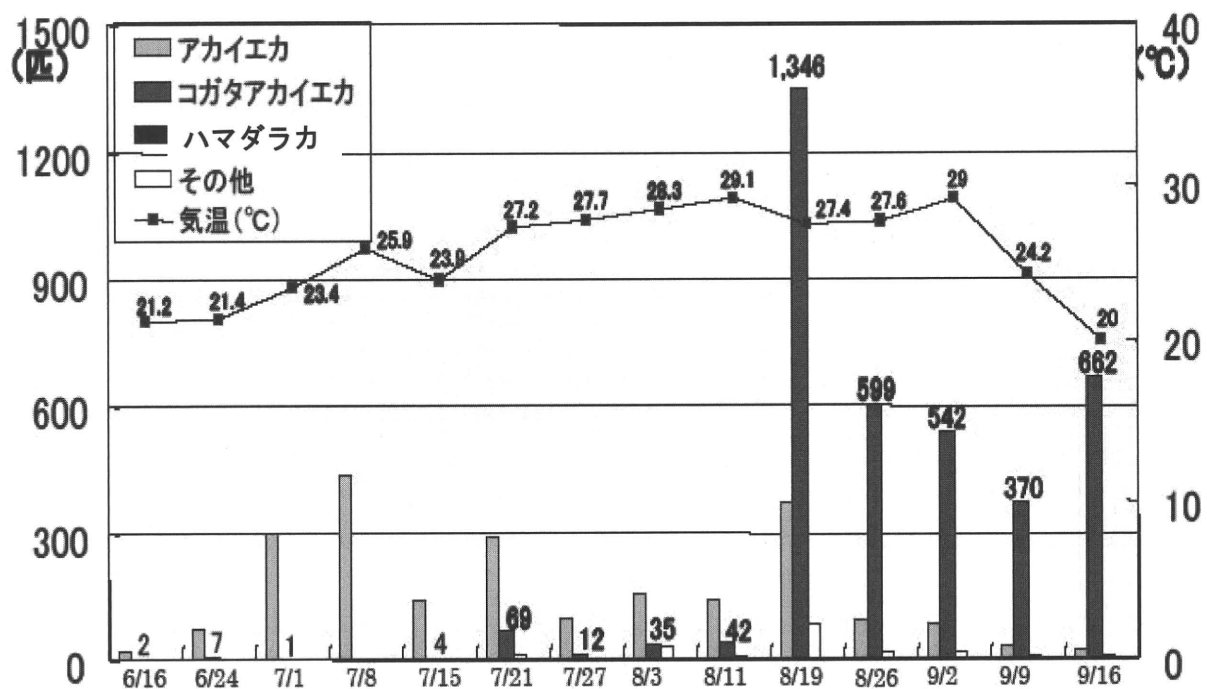


表2 豚舎周辺日本脳炎媒介蚊・捕獲集計(1～7回目)

設置場所・設置No.		アカイエカ	コガタカイカ	ヒスジシマカ	オオグロヤカ	ハマダラカ	ハマダライエカ	カラツイエカ	トラップ	合計	備考
1 回 目	No.1 A									0	
	No.2 B	3								3	
	No.3 C	2								2	
	No.4 D	2								2	
	No.5 E	16	2							18	
種別計		23	2	0	0	0	0	0	0	25	
設置		6月16日 AM<PM>		2:00	回収		6月17日 AM<PM>		2:00		
2 回 目	No.1 A	14								14	
	No.2 B	3	1							4	
	No.3 C	58	6	2			1	1		68	
	No.4 D	1				1				2	
	No.5 E									0	
種別計		76	7	2	0	1	1	1		88	
設置		6月24日 AM<PM>		2:00	回収		6月25日 AM<PM>		2:00		
3 回 目	No.1 A	50		1						51	
	No.2 B	19								19	
	No.3 C	146	1	1		1				149	
	No.4 D	15								15	
	No.5 E	67				1				68	
種別計		297	1	2	0	2	0	0		302	
設置		7月1日 AM<PM>		2:00	回収		7月2日 AM<PM>		2:00		
4 回 目	No.1 A	164		1						165	
	No.2 B	16								16	
	No.3 C	242			2					244	
	No.4 D	15				1				16	
	No.5 E									0	
種別計		437	0	1	2	1	0	0		441	
設置		7月8日 AM<PM>		10:45	回収		7月9日 AM<PM>		11:00		
5 回 目	No.1 A	29	1							30	
	No.2 B	19								19	
	No.3 C	37								37	
	No.4 D	10								10	
	No.5 E	46	3							49	
種別計		141	4	0	0	0	0	0		145	
設置		7月15日 AM<PM>		11:00	回収		7月16日 AM<PM>		11:00		
6 回 目	No.1 A	76	5							81	
	No.2 B	41	15							56	
	No.3 C	107	12	3						122	
	No.4 D	18	1			1				20	
	No.5 E	45	36			10	1			92	
種別計		287	69	3	0	11	1	0		371	
設置		7月21日 AM<PM>		11:00	回収		7月22日 AM<PM>		10:45		
7 回 目	No.1 A	29	6			1				36	
	No.2 B	15	3							18	
	No.3 C	41	2	1						44	
	No.4 D	15	1							16	
	No.5 E									0	
種別計		100	12	1	0	1	0	0		114	
設置		7月27日 AM<PM>		11:00	回収		7月28日 AM<PM>		3:00		
小 計	No.1 A	362	12	2	0	1	0	0		377	
	No.2 B	116	19	0	0	0	0	0		135	
	No.3 C	633	21	7	2	1	1	1		666	
	No.4 D	76	2	0	0	3	0	0		81	
	No.5 E	174	41	0	0	11	1	0		227	
種別計		1,361	95	9	2	16	2	1		1,486	

表3 豚舎周辺日本脳炎媒介蚊・捕獲集計表(8~14回)

設置場所・設置No.		アカイエカ	コガタアカイエカ	ヒスジシマカ	オオゲロヤブカ	ハマダラカ	ハマダライエカ	カラツイエカ	トラップ	合計	備 考
8 回 目	No.1 A	43	15			3				61	
	No.2 B	13	7			2				22	
	No.3 C	46	1							47	
	No.4 D	49	1			17				67	
	No.5 E	2	11			9				22	
	種別計	153	35			31				219	
設置		8月3日 AM>PM		11:00	回収	8月4日 AM>PM		3:00			
9 回 目	No.1 A	71	8	1		3	1			84	
	No.2 B										
	No.3 C	18	12							30	
	No.4 D	52	18			2				72	
	No.5 E	1	4			3				8	
	種別計	142	42	1		8	1			194	
設置		8月11日 AM>PM		2:00	回収	8月12日 AM>PM		2:00			
10 回 目	No.1 A	17	33			3				53	
	No.2 B	192	262			9				463	
	No.3 C	87	110			7				204	
	No.4 D	70	871			54				995	
	No.5 E	5	70			7				82	
	種別計	371	1,346			80				1,797	
設置		8月19日 AM>PM		9:30	回収	8月20日 AM>PM		10:30			
11 回 目	No.1 A	18	160		1	2				181	
	No.2 B	15	91			5				111	
	No.3 C	14	112	1						127	
	No.4 D	31	206			4				241	
	No.5 E	13	30			5				48	
	種別計	91	599	1	1	16				708	
設置		8月26日 AM>PM		9:50	回収	8月27日 AM>PM		9:50			
12 回 目	No.1 A	37	156			7				200	
	No.2 B	12	116			2				130	
	No.3 C	13	45							58	
	No.4 D	21	180			5				206	
	No.5 E	3	45			1				49	
	種別計	86	542			15				643	
設置		9月2日 AM>PM		10:00	回収	9月3日 AM>PM		10:00			
13 回 目	No.1 A	15	131	1		2	1			150	
	No.2 B	7	105							112	
	No.3 C					3				3	
	No.4 D	4	95			2				101	
	No.5 E	1	39							40	
	種別計	27	370	1		7	1			406	
設置		9月9日 AM>PM		10:00	回収	9月10日 AM>PM		10:00			
14 回 目	No.1 A	3	84	1						88	
	No.2 B	3	183							186	
	No.3 C	2	181			1				184	
	No.4 D	12	191			1	1			205	
	No.5 E		23			4				27	
	種別計	20	662	1		6	1			690	
設置		9月16日 AM>PM		10:00	回収	9月17日 AM>PM		10:00			
小 計	No.1 A	204	587	3	1	20	2			817	
	No.2 B	242	764			18				1,024	
	No.3 C	180	461	1		11				653	
	No.4 D	239	1,562			85	1			1,887	
	No.5 E	25	222			29				276	
	種別計	890	3,596	4	1	163	3			4,657	
合 計	No.1 A	566	599	5	1	21	2			1,194	
	No.2 B	358	783			18				1,159	
	No.3 C	813	482	8	2	12	1	1		1,319	
	No.4 D	315	1,564			88	1			1,968	
	No.5 E	199	263			40	1			503	
	種別計	2,251	3,691	13	3	179	5	1		6,143	

厚生労働科学研究費補助金（新興・再興感染症研究事業）
分担研究報告書

トコジラミの殺虫剤感受性と駆除法の検討

分担研究者 山内健生 （富山県衛生研究所）
分担研究者 小林睦生 （国立感染症研究所・昆虫医科学部）
協力研究者 渡辺 護 （国立感染症研究所・昆虫医科学部）

研究要旨

富山県、石川県、千葉県で採集されたトコジラミについて、市販5種殺虫剤に対する感受性を、殺虫剤残渣継続接触法と微量滴下法で試験を行った。その結果、採集されたトコジラミ全てにおいて、ピレスロイド系のフェノトリン、ペルメトリンに高度の抵抗性の発現が確認された。また、有機リン系のDDVP、フェニトロチオンおよびカーバメイト系のプロポクスルに対しても低度の抵抗性発現が認められた。とくに、千葉県で採集されたトコジラミは極めて高度の抵抗性を示し、日常的に多用されるフェノトリン、ペルメトリンでは駆除が困難と思われた。

トコジラミを確実に駆除する一方法として、DDVP含有樹脂蒸散剤の殺虫効果を実験的に確認した。さらに、熱風と蒸気による殺虫法の効果を確認した。

さらに殺虫剤に変わる駆除法として熱の利用が一部で行われているため、その効果について実験的に確認することも目的とした。

A. 研究目的

最近のトコジラミ被害の復活および駆除の難しさに、殺虫剤に対する感受性の低さが関与していると考えられたので、国内3箇所では2001~2009年に採集されたトコジラミ4系統に対する5種殺虫剤の感受性レベルと、約40年前から実験室で飼育維持されて来た個体群の感受性レベルと比較して、感受性の相違および抵抗性発現の有無を確認することを目的とした。

B. 研究方法

a). 供試トコジラミの由来

日環セ系：1972年頃から（財）日本環境衛生センターで飼育維持されてきた個体群。

富山01系：2001年10月に富山県黒部市のリゾートホテルで採集した数個体を元に、富山県衛生研究所で増殖維持した個体群。

富山08系：2008年3月に、同上のホテルで採集した数個体を元に富山県衛生研究

所で増殖維持した個体群。

石川系：2009年2月に、石川県金沢市のシテイホテルで採集した数個体を、富山県衛生研究所で増殖維持した個体群。

千葉系：2009年8月に千葉県千葉市の簡易ホテルで採集した数個体を、富山県衛生研究所で増殖維持した個体群。

これらの個体群は温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、照明約 200 ルックスの 15 明 9 暗の飼育室で、小型水槽（18L×28W×23H）に潜み場所になる濾紙を折った紙辺や木片を入れ、毎週もしくは隔週に金網固定のマウスを与えて増殖維持されてきた。試験には 2 週間マウスを与えていない雌雄成虫を用いた。

b) 供試殺虫剤（全て市販製剤）

ピレスロイドはペルメトリン 5%水性乳剤とフェノトリン 10%水性乳剤、有機リン剤はディクロルボス 5%乳剤とフェニトロチオン 10%乳剤、カーバメイト剤はプロポクスル 1%油剤を試験に応じ、蒸留水もしくはアセトンで希釈して用いた。

c). 試験方法

1. 濾紙継続接触法：直径 11cm の No.131 定性円形濾紙に、1%の各殺虫剤液を 0.5ml 均一になるように滴下、一晚風乾後、薬剤滴下面を内側にして二つ折りにし、その内側に雌雄 5 個体ずつのトコジラミ成虫を放し、経過時間毎の死亡虫を観察する。各薬剤 2 個のシャーレを 2 回の繰り返しを行った。

2. 腹面微量滴下法：各薬剤の 1%と 0.5%液を、リピーティングデスペンサー (Hamilton, PB600-1)に、 $25 \mu\text{l}$ 微量注射器 (Hamilton, #702) を装着して、 $1 \mu\text{l}$ ずつトコジラミ成虫の腹面に滴下し、死亡までの時間を個体別に観察した。1 薬剤につき、各系のトコジラミ成虫をプロポクスルに

16 個体、他の殺虫剤には 24~30 個体供試した。

d). DDVP 樹脂蒸散剤の効果確認試験

約 1000cm^3 の微小容器（11×10×9cm）と約 6000cm^3 の小型容器（17×24×15cm）を用いて、その容器の中に 10 個体のトコジラミ成虫を挟み込んだ二つ折りにした直径 9cm の円形濾紙を入れる。それに、市販の DDVP 含有樹脂蒸散剤（18.6%含有）をゴキブリ駆除の基本量（ $57.5\text{g}/5\text{m}^3$ ）に従い、微小容器（11.5mg）と小型容器（68.9mg）に入れ、4 時間、6 時間、24 時間経過後の死亡率を観察した。試験には、「日環セ」、「富山 01」、「千葉」系を用い、DDVP 蒸散剤の基本量とその 2 倍量の効果を観察した。

e) 熱殺法の検討

1. 直接曝露法：市販お茶パック（30×40mm）に、10 個体のトコジラミ成虫を入れ、それにヘアドライヤー（ナショナル、EH542, 550W；吹出口の温度は $87.8 \sim 88.5^\circ\text{C}$ ）による乾燥熱または家庭用蒸気掃除器（TERMOZETA, スチームクリーナー 1500W；吹出口の温度は $88.3 \sim 90.2^\circ\text{C}$ ）による蒸気熱を、吹出口からの距離を調節することで、 30°C から 5°C 刻みで 50°C まで 5 段階の温度条件で、お茶パックに 15 もしくは 30 秒間直接吹き掛け、死亡の有無を確認した。各温度に富山 01 系のお茶パック 2 袋を供試した。

2. 間接曝露法：二つ折りの濾紙に潜ませたトコジラミをプラスチック容器（12×20×13cm）に入れ、その容器を大型の容器（18×33×22cm）に入れその隙間に湯を満たして、トコジラミの入った容器を 40°C または 50°C で温めた場合の死亡までの時間、およびトコジラミの入った容器を大型のビニール袋（100×105cm）の中央に入

れ、そのビニール袋に布団乾燥機（三菱 AD-B200, 680W）の送風筒を差し込んで、残りの入り口を粘着テープで塞ぎ、20分間熱風を吹き込みトコジラミの入った容器の内部を 45℃前後に温めた場合の死亡を観察した。各試験に富山 01 系成虫 10 個体の 2 回試験した。

3. 隙間モデル吹き込み法：12×12cm 長さ 30cm の杉角材を、5mm 角の工作材を挟み込んで 2 本もしくは 4 本貼り合せ、幅 5mm 高さ 300mm 奥行き 120mm の隙間と、幅 5mm 高さ 240mm 奥行き 300mm の隙間を作り、その隙間にお茶パックに入れたトコジラミを最も奥に差し入れ、前述の乾燥風と蒸気を 15～180 秒間吹き込み、死亡数を観察した。試験には富山 01 系を各温度でお茶パック 2 袋もしくは 3 袋用いた。

C 研究結果

a) 各地で採集したトコジラミの殺虫剤感受性

表 1 に、殺虫剤の残渣面に触れる効果を想定した、濾紙継続接触法による成績を示した。殺虫剤に対して感受性と推定される「日環セ系」は、試験した 5 薬剤ではプロポクスルで最も感受性が高く 50%致死時間 (LT50 値) は 26 分 30 秒であった。次いでディクロルボスの 40 分、フェニトロチオンの 117 分、ペルメトリンの 246 分、フェノトリンの 312 分であった。各トコジラミの感受性をみると「富山 01 系」はフェノトリンで感受性が最も低く、日環セ系の約 31 倍の時間を要した。ペルメトリンは日環セ系の 5.4 倍であり、他の 3 薬剤では日環セ系の 1.5～1.1 倍と比は小さかった。「富山 08 系」においてもフェノトリンで最も感受性が低かったが、LT50 値は日環セ系の 3.5 倍で、「富山 01 系」に比べ明

らかに小さかった。さらに、ペルメトリンに対しては日環セ系の 1.1 倍で、ほぼ同等であった。他 3 薬剤ではプロポクスルで 1.7 倍、ディクロルボスで 1.3 倍、フェニトロチオンで 1.2 倍であった。「石川系」は、各薬剤に対して「富山 01 系」よりも日環セ系との比が僅かに大きく、フェノトリンで 42 倍、ペルメトリンで 6 倍、他の 3 薬剤では 1.7～1.9 倍と感受性が低かった。「千葉系」は更に各殺虫剤に対して感受性が低く、フェノトリンでは 12 日 (17,280 分) 経過後の死亡率は 0%で、日環セ系に比べ顕著に感受性が低かった。また、ペルメトリンにおいても 12 日経過後の死亡率は 27.5%で、感受性が明らかに低かった。フェニトロチオンでは日環セ系の LT50 値に比べ 3.6 倍、ディクロルボスで 3.2 倍、プロポクスルで 2 倍の時間を要した。

表 2 に、速効的効果を知る方法として、1%剤の腹面滴下法の成績を死亡までの最短と最長時間、平均時間と標準偏差で示した。「日環セ系」ではプロポクスルの平均時間は 6 秒 23 で極めて短時間で死亡した。一方、ディクロルボスは 3 分 48 秒、フェニトロチオンは 11 分 8 秒、ペルメトリンは 11 分 30 秒、最も遅いフェノトリンでも 22 分 12 秒であった。この「日環セ系」に対して、「富山 01 系」ではペルメトリンで 4.9 倍、フェノトリンで 4.3 倍の時間を要したが、プロポクスルでは 2.6 倍、フェニトロチオンで 2.2 倍、ディクロルボスで 1.5 倍の時間を要するに留まった。「富山 08 系」ではフェノトリンで 6 倍、ペルメトリンで 4.5 倍の時間を要したが、プロポクスルでは 2.6 倍、フェニトロチオンでは 2 倍、ディクロルボスでは 1.8 倍の時間を要するに留まった。「石川」ではペルメトリンで 8.7 倍、フェノトリンで 8.2 倍の時間を必要としたが、フェニトロチオンでは 2.3 倍、プ

ロボクスルでは 2.2 倍，ディクロルボスでは 1.8 倍の時間を要するに留まった。「千葉系」ではプロボクスルとフェニトロチオンで 1.8 倍，ディクロルボスで 2.0 倍の時間を要するに留まったに対し，フェノトリンでは滴下後 96 時間の死亡率は 0%，ペルメトリンでは 48 時間後の死亡率 4.2%，96 時間後の死亡率は 45.8%であり，日環セ系に比べ明瞭に低感受性であることが示された。

さらに，薬剤の濃度を 0.5%にして同様の試験を行うと，プロボクスルでは，死亡までの平均時間は各系のトコジラミで 1.2～1.4 倍に伸張したが，フェノトリンとペルメトリンではほとんど変わらなかった。一方，ディクロルボスとフェニトロチオンでは 2～5 倍に伸張した。

また，対照として蒸留水，70%エタノール，アセトンも試験したが，96 時間経過しても死亡する個体は現れなかった。ただ，70%エタノールでは滴下直後に仰転する個体が多くみられたが，数時間後には蘇生し，少なくとも 96 時間は生存した。

b) DDVP 蒸散剤の殺虫効果

基本量(11.5g/m³)では 6 時間曝露で，「日環セ」，「富山 01」系は 100%の死亡率が得られたが，「千葉」系は 95%であった(表 3)。24 時間後には「千葉」系も 100%の死亡が確認された。さらに，蒸散剤を 2 倍量にすると「日環セ」，「富山 01」系は 4 時間後に 100%死亡したが，「千葉」系は 97.5%の死亡率であった。しかし，6 時間後には 100%の死亡が確認された。

c) 熱殺法の検討

試験成績を表 4 に示した。乾燥熱風をお茶パックに入ったトコジラミに 15 秒曝露した成績では，30℃では死亡率が 0%であ

ったのが，50℃で 100%になった。蒸気熱では同様に 30℃では 0%であったのが，45℃で 100%になった。さらに，曝露時間を 30 秒に延長すると，40℃の乾燥熱風で 90%，45℃で 100%の死亡率を得た。蒸気熱では 35℃で 75%に達し，40℃では 100%になり，蒸気の方が乾燥熱風に比べ速く死亡する傾向が見られた。ただ，卵に対しては十分な卵数が人手出来なかったため，確実な成績が得られなかった。

一方で，潜んでいるトコジラミを，周りから熱することで駆除する場合を想定し，2 重の容器で隙間を湯で 40℃に暖めると 100%死亡までに 10 分間必要であったが，50℃に熱すると 3 分間で 100%が死亡した(表 5)。また，100×105cm のビニール袋の中央に実験容器を入れ，布団乾燥機で 20 分間送風すると供試個体の全てが死亡した。この時の温度は送風開始後約 10 分で 43～47℃に達し，20 分経過後までこの温度を維持した(表 5)。

表 6 に，隙間モデルを用いた熱風と蒸気の試験成績を示した。幅 5mm 奥行き 120mm の隙間の入り口(吹き込み口)から温度 80～88℃の熱風を 30 秒間吹き込んだ場合，出口の温度は 60～66℃になりトコジラミは確実に死亡した。吹き込み口の熱風温度を 70～80℃にすると出口の温度は 38～46℃に低下し，全個体が死亡するには 60 秒間の吹き込みが必要になった。ただ，出口に板を当て熱風が留まる様にした場合，温度は 50～61℃に上昇し，30 秒で全個体が死亡した。蒸気では 81～82℃を 30 秒間吹き込むと出口の温度は，45℃になり全個体が死亡した。蒸気を 70～75℃にすると出口の温度は 40～50℃になり，45 秒または 60 秒で全個体が死亡した。出口に板を当てると，出口の温度は 60～68℃に上昇し，30 秒間で確実に死亡した。

隙間の奥行きを 300mm に延ばすと (表 7), 吹き込み口での熱風温度を 80~86°C にしても, 出口の温度は 60 秒間の吹き込みで 37.7°C までしか上昇せず死亡率は 45% であった. それを 180 秒間に伸ばすと出口の温度は 55.3°C に達し, 全個体が死亡した. 出口に板を当てると 60 秒間の吹き込みで 47.1°C に達し, 全個体が死亡した. 蒸気では 81.4°C を 30 秒間吹き込むと出口の温度は 45°C になり, 全個体が死亡した. 出口に板を当てると出口の温度は 15 秒で 47°C になり全個体が死亡した.

D 考 察

感受性試験成績を日環セ系と他 4 系を比較すると, 各系とも全般的に日環セ系よりも低感受性を示し, 抵抗性を発現していると判断される. とくに, ピレスロイド剤のフェントリンにおいて顕著に低感受性を示し, ペルメトリンも含め高度な抵抗性であると言える. 駆除作業が容易であり人畜に対する毒性が比較的低いことから, 国内ではフェントリンやペルメトリンの空間噴霧 (ULV) が多用され, 諸外国では lambda-cyhalothrin や delta-methrin など多種のピレスロイドが利用され, それが抵抗性発現の一因になった可能性は否定できない. 一方で, トコジラミは日環セ系の成績からも, DDT と同様に元々ピレスロイドには低感受性であったと思われる. 何れにしても, ピレスロイドが主剤の煙霧剤, 蒸散剤, 噴射剤を含め, ピレスロイド剤ではトコジラミの駆除は出来ないと考えるべきである.

今回の野外採集 4 系の各殺虫剤に対する感受性レベルが異なることから, 各採集地で独自に抵抗性を発現させたことが推察される一方, 国内各地でトコジラミによる吸血被害が急激に増加している現状から, 国

内外からの移動・持ち込みが疑われる.

現時点で, 殺虫剤による駆除を考えた場合, 毒性, 臭い, 効果の面から, DDVP 乳剤が適していると思われ, 樹脂蒸散剤も含め効果が期待できる.

部屋全体に潜んでいるトコジラミの駆除には懸念が残るが, 家財道具などを特大のビニール袋などに入れ, その中に DDVP 蒸散剤を放置する方法でトコジラミの駆除が可能であると思われる.

一方で, 殺虫剤の使用を避けたい場合には, 熱の利用が考えられる. トコジラミは 40°C 以上の熱風もしくは蒸気に 1 分間曝すことが出来れば, 確実に殺すことが出来る. 隙間の奥行きが浅く閉鎖的であれば問題ないが, 奥行きが深いか開放的であると, 風で吹き飛ばされる事もあり, 完全に殺すことが出来ないことが懸念される. その場合, 建物の構造を把握して, 熱風や蒸気の吹き込みの温度や時間を考慮する必要がある. なお, ベッドやテレビなどの電化製品, 本棚の書籍などの殺虫処理には乾燥熱風は好適と思われるし, 蒸気も機種を選ぶことで水分は殺虫乳剤と同程度でひどく濡れる心配は無い.

E 結 論

国内で採集されたトコジラミは, ピレスロイド系殺虫剤に強度の, 有機リン系殺虫剤に低度の抵抗性を発現している事が確認された. 採集地域によってその程度は大きく異なることから, 実際の駆除には十分な留意が必要である. 一方で, 駆除に殺虫剤の使用が出来ない場合, あるいは使用したくない場合などには熱処理法は有効と考えられる.

F. 研究危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

渡辺 護, 2010. トコジラミの復活, 駆除は難しい!! 環動昆, 21:187-193.

渡辺 護, 2010. トコジラミの殺虫剤感受性と熱殺法の検討. 衛生動物, 61:239-244.

渡辺 護, 2011. トコジラミの復活, 確実な駆除を目指して!! 環境管理技術, 29:xx-xx. (投稿中)

山内健生・奥嶋雄一, 2010. 倉敷市の一般家庭で発生したトコジラミ刺症. 家屋害虫, 32:77-78.

2. 学会発表

渡辺 護, 谷口敬敏, 山内健生, 2010. トコジラミに対する熱殺法の検討. 第62回衛生動物学会東日本大会, 2010年10月16日.

渡辺 護, 2010. トコジラミ被害の現状

と駆除の難しさ (教育講演). 第66回寄生虫学会西日本支部大会, 2010年11月6日.

H. 知的所有権の取得状況

1 特許取得

なし

2 実用新案登録

なし

3 その他

なし

表1 濾紙継続接触法による各系トコジラミ成虫に対する5種殺虫剤の50%死亡時間

殺虫剤	トコジラミの系統				
	日環セ	富山01	富山08	石川	千葉
フェントリン 1% 乳剤	312分	9,600分	1,080分	13,140分	1)
ペルメトリン 1% 乳剤	246分	1,329分	282分	1,500分	2)
ディクロルボス1%乳剤	40分	57分30秒	51分	68分	126分
フェントロチオン1%乳剤	117分	174分	140分	219分	420分
プロポクスル 1% 油剤	26分30秒	28分	45分	46分48秒	52分

¹⁾12日(17,280分)経過後の死亡率 0%.

²⁾12日経過後の死亡率27.5%.

対照(蒸留水)の12日経過後の死亡率は 0%.

表2 腹面微量滴下法による各系トコジラミ成虫に対する5種殺虫剤の死亡までの時間

殺虫剤	時間	トコジラミの系統				
		日環セ	富山01	富山08	石川	千葉
フェントリン 1% 乳剤	最短	15分	75分	90分	105分	1)
	最長	28分	210分	300分	360分	
	平均	22分12秒	95分48秒	133分24秒	182分12秒	
	S.D.	1分	24分54秒	58分42秒	66分54秒	
ペルメトリン 1% 乳剤	最短	8分45秒	26分40秒	20分45秒	30分30秒	2)
	最長	17分45秒	90分	95分	150分	
	平均	11分30秒	56分	51分36秒	99分48秒	
	S.D.	2分47秒	17分06秒	20分54秒	30分18秒	
ディクロルボス1%乳剤	最短	2分50秒	4分	4分15秒	5分15秒	5分30秒
	最長	5分	8分15秒	9分45秒	9分15秒	18分
	平均	3分48秒	5分36秒	6分48秒	6分54秒	7分30秒
	S.D.	36秒	1分10秒	1分52秒	1分	2分50秒
フェントロチオン1%乳剤	最短	7分	17分15秒	17分50秒	17分30秒	13分
	最長	18分	37分	30分	40分	29分
	平均	11分06秒	24分48秒	22分06秒	25分42秒	20分24秒
	S.D.	3分22秒	5分06秒	3分22秒	5分58秒	3分48秒
プロボクスル 1% 油剤	最短	5秒	13秒	13秒	10秒	9秒
	最長	10秒	20秒	18秒	20秒	15秒
	平均	6秒23	16秒11	16秒30	13秒56	11秒38
	S.D.	1秒48	1秒85	1秒43	2秒71	1秒55

¹⁾ 96時間後の死亡率は0%.

²⁾ 48時間後の死亡率4.2%、96時間後の死亡率は45.8%.

表3 DDVP蒸散剤のトコジラミに対する実験的検討(曝露時間後の死亡率)

曝露時間 (hrs)	蒸散剤基本量(11.5g/m ³)						蒸散剤2倍量(23g/m ³)					
	1000cm ³ 容器			6000cm ³ 容器			1000cm ³ 容器			6000cm ³ 容器		
	日環セ	富山01	千葉	日環セ	富山01	千葉	日環セ	富山01	千葉	日環セ	富山01	千葉
4	70	65	40	65	70	45	100	100	95	100	100	97.5
6	100	100	95	100	100	95			100			100
24	100	100	100	100	100	100						

1000容器=11L×10W×9H=990cm³

6000容器=17L×24W×15Hcm=6120cm³

実験は各曝露時間に、100容器ではトコジラミ成虫10個体、6000容器ではトコジラミ成虫10個体×2枚の2回繰り返しで行った。

表4 熱風および蒸気を直接トコジラミに噴射した時の死亡率

温度 (°C)	15秒曝露		30秒曝露	
	熱風	蒸気	熱風	蒸気
30	0	0	10	15
35	15	35	30	75
40	55	90	90	100
45	90	100	100	
50	100			

富山01系トコジラミ成虫を各温度、各実験に10個体×2回用いた。

表5 間接的にトコジラミを熱空間に曝露した時の死亡率

1) 湯の場合

容器内の温度	100%死亡までの時間
40°C	10分
50°C	3分

2) 熱風の場合

吹き出し口の温度	容器内の温度	死亡率
64~66°C	43~47°C	100%

布団乾燥機で20分間送風、ほぼ10分後に上表の温度に達する。

表6 隙間モデルにおけるトコジラミ成虫に対する熱処理の効果(5×120モデル)

1) 熱風

裏板 ¹	温度(°C)		吹込時間(秒)	実験数	死亡率(%)
	吹込口	出口			
無	80~88	60~66	30	20	100
	70~80	38~41	30	20	55
	70~80	38~43	45	30	93
	70~80	38~46	60	30	100
有	70~80	50~57	15	20	75
	70~80	50~61	30	30	100

2) 蒸気

裏板 ¹	温度(°C)		吹込時間(秒)	実験数	死亡率(%)
	吹込口	出口			
無	81~82	45	30	20	100
	70~75	40~43	30	20	90
	70~75	40~48	45	30	100
	70~75	40~50	60	20	100
有	70~75	60~65	15	30	97
	70~75	60~68	30	20	100

¹ 裏板とは、熱風・蒸気が筒抜けにならない様に、隙間の出口に張り付けた板。
トコジラミは幅5mm奥行き120mmの隙間モデルの吹き込み口から最も遠い位置に静置。

表7 隙間モデルにおけるトコジラミ成虫に対する熱処理の効果(5×300モデル)

1) 熱風

裏板 ¹	温度(°C)		吹込時間(秒)	実験数	死亡率(%)
	吹込口	出口			
無	80~86	33.2	30	20	10
	80~86	37.7	60	20	45
	80~86	55.3	180	20	100
有	80~86	42.7	30	20	90
	80~86	47.1	60	20	100

2) 蒸気

裏板 ¹	温度(°C)		吹込時間(秒)	実験数	死亡率(%)
	吹込口	出口			
無	81.4	45	30	20	100
有	82.1	47	15	20	100

¹ 裏板とは、熱風・蒸気が筒抜けにならない様に、隙間の出口に張り付けた板。
トコジラミは幅5mm奥行き300mmの隙間モデルの吹き込み口から最も遠い位置に静置。

アタマジラミのピレスロイド系駆除剤抵抗性

研究分担者 富田隆史(国立感染症研究所昆虫医科学部)
協力研究者 葛西真治(国立感染症研究所昆虫医科学部)
協力研究者 駒形 修(国立感染症研究所昆虫医科学部)

日本、米国、英国のピレスロイド系殺虫剤抵抗性アタマジラミには、ピレスロイド作用点のナトリウムチャンネルに四重アミノ酸置換突然変異が共通に見出されており、このうちの3座位に生じた置換が作用点の低感受性をもたらしている。これらの4座位を対象として分子ジェノタイピングを行い、日本におけるピレスロイド抵抗性コロニーの分布を調査した。2010年の調査では全国で172コロニー分の試料を試験し、その中には抵抗性の蔓延が疑われている沖縄県より重点的に収集した44コロニー分が含まれる。2006年より通算すると、沖縄本島由来の試料における抵抗性コロニー率は100%であった(供試コロニー数N=50)。一方、沖縄県を除く医療機関等を通じて収集した試料(保護者直接提供を除く)に占める抵抗性コロニー率は5.2%(N=562)で、この率に年次増加傾向は認められなかった。日本本土と沖縄県における抵抗性遺伝子の頻度に著しい違いがあることが明らかになった。

A. 研究目的

わが国でアタマジラミ駆除用に認可されている薬剤は、一般用医薬品として販売されるスミスリンパウダーと同シャンプーで、これらの有効成分はいずれもピレスロイド系殺虫剤のフェントリンである。ピレスロイド系殺虫剤の作用点は、神経・筋などの興奮性細胞の細胞膜に存在する膜タンパク質であるナトリウムチャンネルである。ピレスロイド系殺虫剤は、ナトリウムチャンネルの閉鎖を阻害することで、細胞膜内外の再分極化(すなわち活動電位の終止)を遅延させ、興奮の伝達を攪乱する。

ピレスロイド系駆除剤の有効性の低下は、世界的に見て、1990年代後半から学術誌でも頻繁に掲載されるようになってきている。米国とデンマークでは、90%以上のコロニーがピレスロイド抵抗性となっている(Yoon et al., 2004; Kristensen et al., 2006)。これらの国で、殺虫試験によりピレスロイド抵抗性と判定し

たコロニーに対して作用点遺伝子のアミノ酸置換変異の同定を行うことで、少なくともT952I置換変異と抵抗性との因果関係が明瞭に示された(Yoon et al., 2003; Kristensen et al., 2006)。最近の電気生理学的研究により、四重アミノ酸置換突然変異のうちE11を除く残りの3つの変異は、いずれもピレスロイド感受性の低下に影響を及ぼすことが確かめられている(Yoon et al., 2008)。

本研究では、わが国におけるピレスロイド系駆除剤の有効性を評価することを目的とし、ナトリウムチャンネル遺伝子の分子ジェノタイピングを行うことにより、ピレスロイド抵抗性遺伝子の頻度分布を調査した。2006年から始めたピレスロイド作用点遺伝子の四重変異に基づく過去4年間の調査では、総計で8.5%のコロニーが抵抗性であり(31都道府県由来、N=407)。これらの試験で抵抗性と判定した44コロニーは、共通して上に述べたナトリウ

ムチャンネルの四重アミノ酸置換突然変異が生じた同一タイプの遺伝子を保有していた。今年度の研究では、昨年度までの研究でピレスロイド抵抗性の蔓延が懸念されていた沖縄県より重点的に試料を収集し解析した。

B. 研究方法

アタマジラミ試料収集：タマジラミ試料は、国立感染症昆虫医科学部のホームページに掲載した要領 (<http://www.nih.go.jp/niid/entomology/headlice/headlice.html>)により行った。おもに、医療機関、次いでアタマジラミ症幼・小児の保護者より試料が提供された。2009年以降、沖縄県下の医療機関と幼児施設に向けた試料収集依頼に際し、それぞれ、琉球大学医学部皮膚科学教室（上里博，平良清人）と沖縄県衛生環境研究所（平良勝也，岡野祥）の協力を得た。また、2010年2月には、皮膚科を診療科目として含むことを標榜する沖縄県下210の医療機関にアタマジラミ試料収集を依頼状により依頼した。

分子ジェノタイピング：シラミのゲノムDNAを抽出し、ナトリウムチャンネル遺伝子の部分配列をPCR増幅し、QProbe法に基づく融解曲線解析を行い、隣接したT952とL955座位に生じたアミノ酸置換突然変異をジェノタイピングした。これら2座位に変異が認められた個体に関しては、さらにD11とM850の2座位を加えた4座位を対象としたSNaPshot法（一塩基伸長法に基づくミニシークエンシング法）により、四重突然変異の解析を行った。QProbe法とSNaPshot法の詳細は、それぞれ、昨年度の研究分担報告書とKasai et al. (2009)の方法に従った。

C. 研究結果

2010年には、22都道府県（京都府を除く）を含む172コロニー分の試料を収集した。この中には、保護者より直接提供されたコロニーが22（いずれも沖縄県外）、沖縄県より収集した44のコロニー（いずれも医療機関または

県衛生環境研究所を通じて収集）を含む。当年の抵抗性遺伝子を保有するコロニーの割合は31.4%であった（表1）。抵抗性遺伝子はすべて四重突然変異(E11, I850, 1925, F955)を有するものであり、那覇市の1つのコロニーで抵抗性遺伝子のヘテロ接合体しか検出されなかった例を除き、すべてホモ接合体として検出された。抵抗性遺伝子が四重突然変異を有すること、およびほとんどの抵抗性遺伝子がホモ接合体として検出される傾向は、昨年までの調査結果と同様であった。沖縄県に関する2010年収集試料における抵抗性コロニー率は、沖縄本島では100% (N=41)であり、宮古島市では半数(N=2)、石垣市では収集できた1つが抵抗性コロニーであった。

34都道府県（京都府除く）に及ぶ2006年より2010年までの5年間の調査結果を総計すると、全国の抵抗性コロニー率は14.0%であった（表1）。保護者直接提供試料に関しては、良好な駆除成果が得られないことに困窮しているコメントが寄せられていたが、この分類群に限定した抵抗性コロニー率を求めると25.0%となった(N=88)。保護者直接提供を除く試料の大部分は医療機関を通じて入手したもので、この試料における抵抗性コロニー率は12.5%であって、保護者直接提供試料に比べて半減した。

沖縄本島からは2008年より2010年までの間に8市1町3村の医療機関等(N=48)または保護者(N=5)から試料の提供を受け、総計53のコロニーが解析されているが、そのすべてが抵抗性コロニーであったことになる（表2）。

保護者直接提供と沖縄県分を除く日本本土の医療機関等からの試料に基づく5年間通算の抵抗性コロニー率は5.2%であり、総試験数や単に保護者直接提供を除く分類群におけるものより大幅に減じていた。また、抵抗性コロニー率には年次増加傾向は認められなかった。この結果は、本土における大多数のコロニーに対するピレスロイド系駆除剤の有効性

を示唆する(表1)。

D. 考察

沖縄本島でピレスロイド抵抗性コロニーが蔓延している理由の1つとして考えられることは、国内最大の米軍基地を擁する沖縄本島において、米軍・米軍軍属家族の人口比が大きいことである。米国ではピレスロイド抵抗性のナトリウムチャンネル遺伝子の保有率が90%を超えている地域が多数存在することが示されている(Gao et al., 2003; Kwon et al., 2008)。米国における抵抗性遺伝子のアミノ酸置換座位に関するハプロタイプは日本産のものと一致するため、同一起源の抵抗性遺伝子が米国から沖縄本島に向けて、日本本土に向けてよりも、頻繁に移入された可能性がある。

沖縄本島では、現在も薬局においてピレスロイド系薬剤がアタマジラミ駆除用医薬品として販売されているが、保護者の間では、有効性や作用性の明らかでない未認可の薬剤商品(販売者による呼称では頭皮洗浄剤)を駆除に利用して対処するケースが散見される。沖縄県におけるピレスロイド抵抗性蔓延と未認可薬流通の現状をふまえると、ピレスロイド系薬剤とは作用性の異なる新駆除薬のわが国への導入が早急に必要である。欧米諸国では従来化粧品成分として利用されてきた化学物質を利用した新規駆除薬が流通し始め、文献

上では良好な駆除効果が示されている(Mumcuoglu et al., 2009; Burgess, 2009)。

E. 結論

1. 2006～2010年の医療機関等を通じて収集した試料に基づく、日本本土(沖縄県を除く)のアタマジラミのピレスロイド抵抗性コロニー率は5.2%と推定された。
2. 沖縄本島におけるアタマジラミのピレスロイド抵抗性コロニー率は100%近くに達していると推定された。
3. 新規アタマジラミ駆除薬の早急な導入が必要である。

F. 研究危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

H. 知的財産の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

表 2. 都道府県別に見たピレスロイド抵抗性ナトリウムチャンネル遺伝子を含むアタマジラミコロニーの検出率

採集地	試験数	抵抗性数	抵抗性率	保護者提供数	保護者提供抵抗性数
北海道	9	1	11.1%	0	0
青森県	1	0	0.0%	0	0
宮城県	2	0	0.0%	2	0
秋田県	5	0	0.0%	0	0
山形県	5	0	0.0%	0	0
福島県	7	0	0.0%	1	0
茨城県	6	5	83.3%	5	4
(水戸市)	1	0	0.0%	1	0
(つくば市)	4	4	100.0%	4	4
(北茨城市)	1	1	100.0%	1	1
群馬県	1	0	0.0%	1	0
埼玉県	38	2	5.3%	7	2
千葉県	12	1	8.3%	2	1
東京都	165	15	9.1%	19	2
(江東区)	85	6	7.1%	0	0
(江東区除く)	80	9	11.3%	19	2
神奈川県	52	2	3.8%	11	2
新潟県	104	1	1.0%	3	0
(長岡市)	100	1	1.0%	0	0
(長岡市除く)	4	0	0.0%	3	0
福井県	1	0	0.0%	1	0
長野県	2	1	50.0%	1	0
岐阜県	2	0	0.0%	0	0
静岡県	6	0	0.0%	1	0
愛知県	9	2	22.2%	5	2
三重県	21	1	4.8%	1	0
大阪府	8	0	0.0%	2	0
兵庫県	119	10	8.4%	5	0
(赤穂市)	18	8	44.4%	0	0
(赤穂市除く)	101	2	2.0%	5	0
奈良県	4	0	0.0%	0	0
和歌山県	6	0	0.0%	0	0
岡山県	3	0	0.0%	2	0
広島県	2	1	50.0%	1	1
香川県	14	1	7.1%	0	0
愛媛県	15	0	0.0%	1	0
高知県	1	0	0.0%	1	0
福岡県	7	2	28.6%	4	2
長崎県	4	0	0.0%	1	0
熊本県	1	0	0.0%	0	0
大分県	2	1	50.0%	2	1
鹿児島県	6	0	0.0%	0	0
沖縄県	53	52	98.1%	5	5
(名護市)	2	2	100.0%	0	0
(うるま市)	1	1	100.0%	1	1
(沖縄市)	1	1	100.0%	0	0
(北谷町)	2	2	100.0%	0	0
(北中城村)	2	2	100.0%	2	2
(中城村)	1	1	100.0%	0	0
(浦添市)	25	25	100.0%	1	1
(那覇市)	13	13	100.0%	1	1
(南風原村)	2	2	100.0%	0	0
(南城市)	1	1	100.0%	0	0
(宮古島市)	2	1	50.0%	0	0
(石垣市)	1	1	100.0%	0	0
送付元不明	5	0	0.0%	4	0
総計	698	98	14.0%	88	22

コロニーとは、一人の患者もしくは一つの家族から採取されたアタマジラミの集団をさす。

厚生労働科学研究費補助金（新興・再興感染症研究事業）
分担研究報告書

昭和前期にマラリアが流行した地域における蚊の発生状況調査，2010年の成績

分担研究者 小林睦生（国立感染症研究所・昆虫医科学部長）
協力研究者 渡辺 護（国立感染症研究所・昆虫医科学部客員研究員）
米島万有子（立命館大学文学部・地理学・大学院生）
二瓶直子（国立感染症研究所・昆虫医科学部客員研究員）
津田良夫（国立感染症研究所・昆虫医科学部室長）
沢辺京子（国立感染症研究所・昆虫医科学部室長）
及川陽三郎（金沢医科大学・感染予防医学（医動物）・講師）
山内健生（富山県衛生研究所・研究員）

研究要旨

昭和前期（1926～46年）にマラリアが流行した滋賀県琵琶湖湖東地域，福井県鯖江地域，石川県河北潟地域および富山県氷見地域において，現時点での蚊の発生状況を把握するための調査を行った。琵琶湖湖東地域では6月中旬から10月上旬まで，鯖江地域では6月上旬から10月下旬まで，ともに3週間毎に2日連続の捕集調査を行い，河北潟干拓地および氷見地域では5月中旬から10月下旬まで隔週に1日の捕集調査を行った。琵琶湖湖東地域の3軒の牛舎では合計137,247個体の蚊が捕集され，その90.5%をコガタアカイエカが占めたが，シナハマダラカも9.0%捕集された。犬上川流域のCDCトラップでは21,389個体が捕集され，その92.3%がコガタアカイエカで，6.8%がアカイエカ，シナハマダラカは僅かに0.3%であった。蛇砂川流域では40,311個体が捕集され，その96.7%がコガタアカイエカで，1.5%がアカイエカ，1.1%がシナハマダラカであった。鯖江地域の牛舎では合計43,603個体が捕集され，その98.2%がコガタアカイエカ，1.3%がシナハマダラカであった。CDCトラップでは25,821個体が捕集され，その77.7%がコガタアカイエカ，18.6%がアカイエカ，シナハマダラカは僅かに0.02%であった。一方，河北潟干拓地のCDCトラップでは，39,385個体の蚊が捕集されたが，その49.3%がアカイエカ，49.2%がコガタアカイエカとほぼ同等であったが，シナハマダラカは全く捕集されなかった。氷見市では全体で3,489個体が捕集され，その83.7%がコガタアカイエカ，10.9%がアカイエカであり，シナハマダラカは僅かに0.2%，7個体であった。

A. 研究目的

地球温暖化・気候変動の影響でマラリアの流行が一部で懸念されているが，マラリア

アを媒介するシナハマダラカ群の分布およびその濃淡の調査成績は少ない。そこで、昭和前期にマラリアが大流行した5県の内(表1)、滋賀県琵琶湖湖東地域、福井県鯖江・武生地域、石川県河北潟干拓地と富山県氷見市において、現時点での蚊の発生状況、とくにマラリアを媒介するシナハマダラカ群の発生状況を把握することを目的とした。

これらの結果は、マラリアの流行懸念に対する評価資料と、現在侵入が危惧されている他の蚊媒介性感染症の伝播拡大を阻止する際の、蚊対策の基礎資料を提供すると期待される。

B. 研究方法

昭和前期(1926~1946年)にマラリア患者の発生が顕著であった彦根市郊外地域の牛舎と、その対照として近江八幡市の山際の牛舎、さらには近江八幡市街の牛舎、計3軒に東京エーエス社製のライトトラップを吊るして蚊の捕集を行った。さらに、犬上川流域に12台、蛇砂川流域に10台のCDCトラップを設置した。それらは豆電球を外し、ドライアイス1kgを誘引源にして毎回ほぼ10時頃に設置、翌朝9時ごろに捕集蚊を回収した。調査期間は6月18日から10月2日まで、3週間毎に6回2日間連続の捕集を行った。

福井県鯖江地域(武生盆地)では山田淳一(1941)および木水英夫(1952)が調査を行った範囲を踏襲した。盆地の南端にあたる旧武生市岩内町の牛舎にライトトラップを設置し、CDCトラップは前述の山田、木水の調査点と重なる様に、盆地の北端の福井市末広町から南下する様に鯖江市内に

12台、越前市(旧武生市)に8台、合計22台設置した。設置時間および設置方法・調査間隔は前述の琵琶湖湖東地域と同様である。ただし、期間は6月4日から10月29日までの8回である。

石川県河北潟干拓地域はCDCトラップのみの調査で、干拓地の内部に7台、外縁北東部(かほく市、津幡町)に5台設置した。調査期間は5月11日から10月27日までに、隔週に1日、15時に設置、翌朝9時に回収した。設置方法は上述の通りである。

富山県氷見市では1995年まで富山県衛生研究所が蚊の調査定点にしていた牛舎近くの川岸にCDCトラップを2台、丘陵部の溜池堤防などに6台設置した。調査期間は河北潟干拓地域と同日で、トラップの設置は13時、回収は翌日12時である。

(倫理面への配慮)

調査協力者の氏名などが特定されない様に配慮した。

C. 研究結果

a) 琵琶湖湖東地域における蚊の捕集成績
表2に畜舎における成績を示した。彦根市郊外水田地帯の牛舎では調査1日当たり6,358.6個体の蚊が捕集され、その90.9%がコガタアカイエカであったが、シナハマダラカも9.0%捕集された(表2-1)。近江八幡市郊外の山際の牛舎においては1,078.0個体の捕集数の内、88.4%がコガタアカイエカ、18.9%がシナハマダラカであった(表2-2)。近江八幡市の市街地の牛舎では、4,000.8個体の捕集数の内92.4%がコガタアカイエカ、6.2%がシナハマダラカであった(表2-3)。彦根市郊外の牛舎では2009年