

B-10 地球温暖化によるアジア太平洋域社会集団に対する影響と適応に関する研究

(2) 流行モデルによる、動物媒介性感染症の地球温暖化に伴う拡大予測に関する研究 ーデング熱、デング出血熱を中心に

国立環境研究所環境健康部環境疫学研究室 小野雅司

長崎大学熱帯医学研究所 高木正洋・五十嵐 章・津田良夫

[要旨]地球の温暖化による重大な健康リスクが懸念されている動物媒介性感染症について、温暖化に伴うアジア太平洋域における分布域の拡大予測を行うことを目的に、国外の流行地での疫学調査(疾病調査と媒介蚊の生態調査)を実施した。

デング熱の流行地域は、従来の東南アジア諸国とカリブ海沿岸諸国から、最近では中国南部、南太平洋地域、中南米へと拡大している。さらに、従来東南アジアに限局していた重症型のデング出血熱も1980年代初めのキューバでの流行以来、カリブ海諸国と南米へも広がりつつある(図1)。

本研究では、アジア太平洋域社会集団への温暖化の影響を把握する目的から、中国南部及びタイ国を主要調査対象地域に選び、デング熱流行に係る諸要因解明のための調査を実施した。当該地域における過去の流行に関する資料の収集解析(ecological study)とともに、現地研究機関と協力して気温と媒介蚊の成長、生存との関係解明のための調査研究(野外実験並びに実験室実験)を実施し、いくつかの興味ある知見を得た。

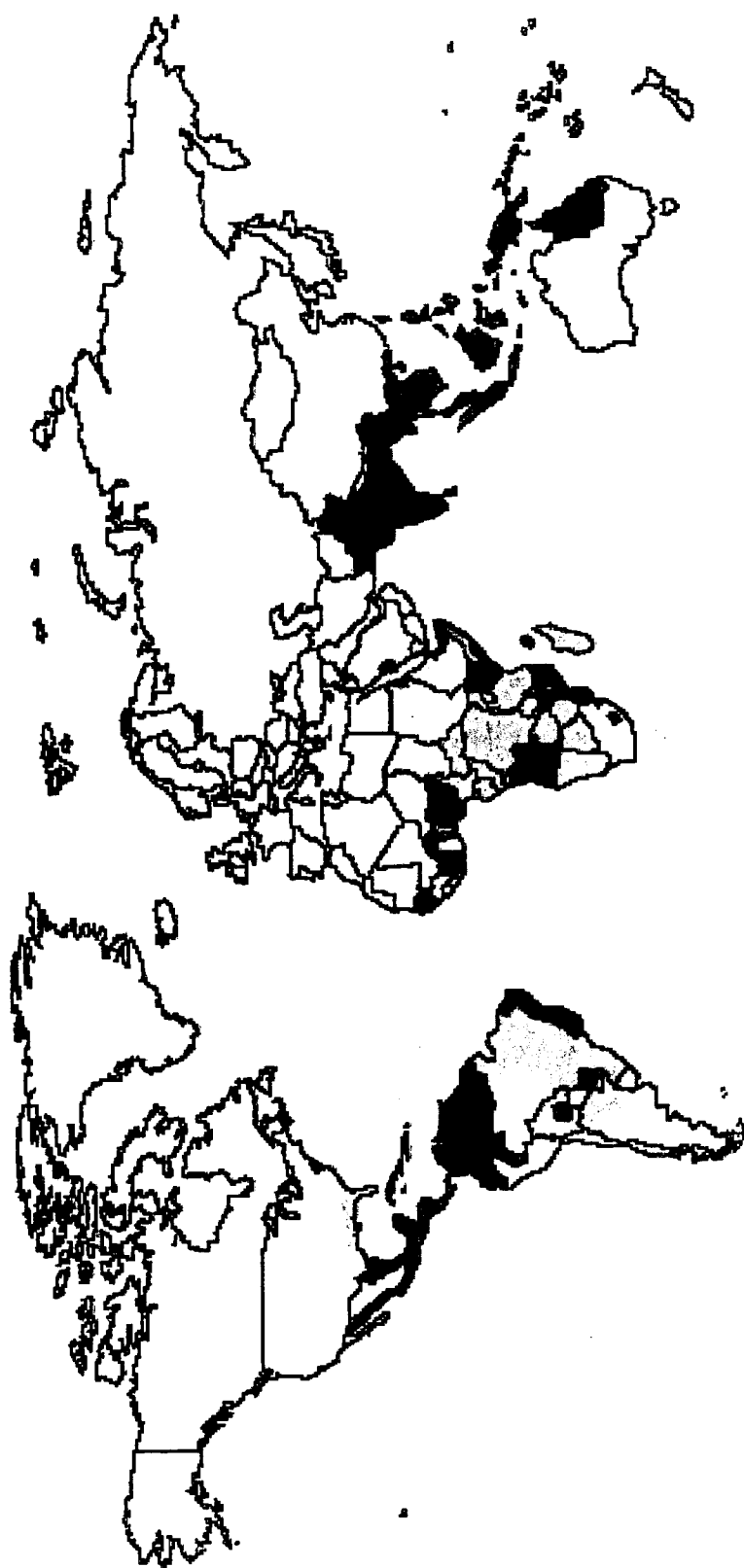
[キーワード]デング熱、デング出血熱、*Aedes mosquito*、気温、生育実験

1. はじめに

デング熱／デング出血熱は近年世界の熱帯・亜熱帯地域における保健衛生上の重要課題となっている。第一に患者数の増加と流行地域の拡大、第二に重症型のデング出血熱の出現、そして第三に地球の温暖化に伴う亜熱帯・温帯地域への拡大の恐れ、によるものである。特に第三の点に関しては、熱帯から亜熱帯地域にかけて広く分布する媒介昆虫の生息域は、地球の温暖化に伴い確実に分布域が北上・拡大する。また降水量の変化に関しても、媒介昆虫の生態系・ハビタートに与える影響は不確実なものの、総体としては媒介昆虫の生息域の拡大につながると予想される。

デング熱媒介蚊の最重要種であるネッタイシマカ(*Aedes aegypti*)は人家の周辺にある水容器(ツボ、コンクリート水槽、古タイヤの水溜り、等)で発生し、好んでヒトを吸血するというやっかいな性質を持っている。このため、世界規模で進行しつつある人口の増加と都市化の進展、そして多くの途上国で見られるような都市化に追いつけない社会基盤(上下水道、等)整備の不良と劣悪な生活環境の増加、等々と相まってデング熱感染の機会が広がっていくと考えられる。

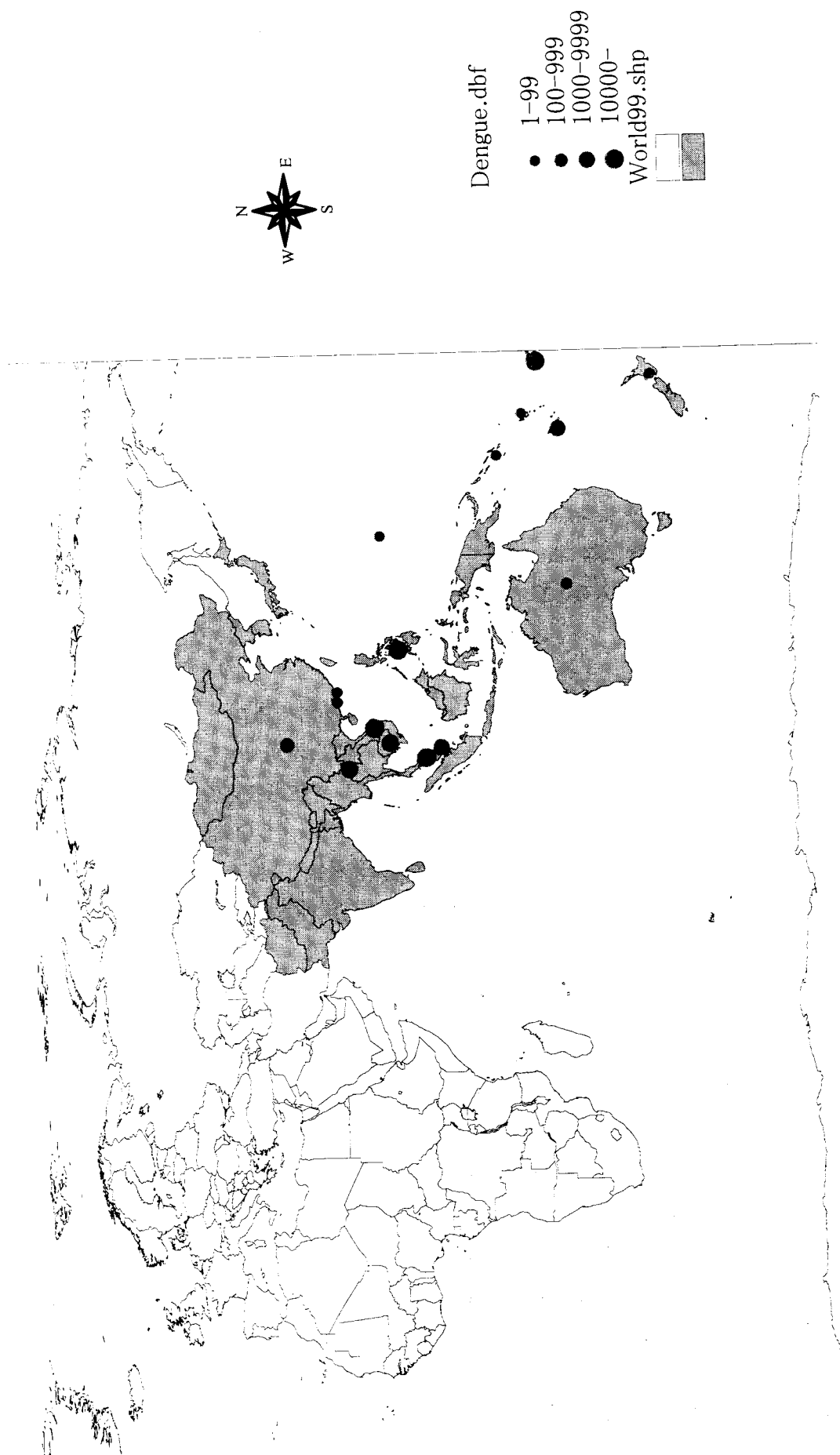
このように、地球温暖化は媒介蚊、ウィルスの生存に有利な自然環境を造りだし、その結果、デング熱／デング出血熱の流行拡大へつながることが懸念されている。



Areas infested with *Aedes aegypti*
 Areas with *Aedes aegypti* and dengue epidemic activity

図1 世界のデング熱／デング出血熱流行状況－1998

(CDC: World map of Dengue viruses and their mosquito vector, *Aedes aegypti*)



参考図 アジア太平洋地域における最近（1980年代以降）のデング熱／デング出血熱の流行状況

2. 目的

本研究は、地球温暖化に伴うアジア太平洋域社会集団におけるデング熱／デング出血熱流行分布域の拡大を予測することを目的としている。デング熱はシマカ属の蚊 (*Aedine mosquito*) が媒介するウィルスにより引き起こされる。気温の上昇は、一般に、媒介蚊幼虫の成長速度を加速するとともに生残率を上昇させ、さらに、デング熱ウィルスの生育期間の短縮をも引き起こすと考えられている。さらに、降水量の変化は媒介蚊の生育にとって最も重要な水環境を大きく変化させる。従って、デング熱の流行予測においては、温暖化に伴う様々な現象の中で、媒介蚊の地理的分布とそれを規定する各種自然環境条件を明らかにすることが、社会環境要因の解明とともに重要となる。

そのため、流行地域における過去のデング熱流行並びに媒介蚊の生息状況に関する資料の収集解析を通して、デング熱の流行に関わる気象要因等各種自然環境条件並びに生活習慣等の社会環境要因の寄与を解明するとともに、媒介蚊並びにデング熱ウィルスの成長、生存と気象条件との関係解明のための調査研究(野外実験並びに実験室実験)を行う。

これらの調査から得られた結果に基づき、流行モデルを用いて地球温暖化に伴って予想されるデング熱／デング出血熱流行分布域の拡大を予測する。

3. 研究方法

3. 1 デング熱流行並びに媒介蚊の生息状況に関する資料の収集解析調査

中国南部に位置する雲南省、広西壮族自治区、広東省、海南省内の 60 地区において、過去 10 年間 (1987～1996 年) の季節別の気象データ(気温、降雨量、他)、デング熱患者発生数、デング熱媒介蚊(ネッタイシマカ、ヒトスジシマカ)生息密度、等に関する各種データを収集した。収集データに基づいて、デング熱媒介蚊の季節的発生活長並びにデング熱患者発生と環境要因との関連について解析を行った。

さらに、タイ国保健省第2地域昆虫媒介性疾患防除所(OVBDC)に報告されている、北部タイチェンマイ県における過去9年間のデング出血熱患者数の年次変化を調べた。

3. 2 デング熱媒介蚊の生育に関する実験的研究

3. 2. 1 異なる温度条件下におけるデング熱媒介蚊の成長に関する実験的研究

1) 海南省熱帯病防治研究所の協力を得て、同研究所実験室でネッタイシマカ、ヒトスジシマカについて異なる温度条件(25℃、27℃、29℃、湿度 80%)での生育実験(幼虫～蛹～羽化)を行った。

2) 長崎大学熱帯研究所敷地内において約1年間(毎月)自然条件下でネッタイシマカ、ヒトスジシマカの発育(幼虫～蛹まで)実験を実施した。

3. 2. 2 標識再捕獲実験による媒介蚊日生残率の推定

海南島、タイ、石垣島において、marking release-recapture 法(蛍光塗料で標識した蚊を放散した後、一定期間再捕獲を行う)により、自然環境下での媒介蚊の生存率調査を実施した。

3. 3 デング熱媒介蚊の生態に関する野外調査研究

海南省熱帯病防治研究所及びタイ国北部チェンマイ市の昆虫媒介性疾患防除所の協力を得て、海口

市近郊並びにチェンマイ近郊の、自然環境、社会環境の異なる数地区においてデング熱媒介蚊の生息状況調査を実施した。

タイ国においては、保健省第2地域昆虫媒介性疾患防除所(OVBDC)と共同で、チェンマイ市とその近郊に位置する3地域で Ovi-trap と人工容器におけるヤブカ幼虫の発生状況調査を行い、デング熱媒介蚊発生状況の地域内及び地域間の違いに関するデータの収集と分析を行った。

4. 結果

4.1 デング熱流行並びに媒介蚊の生息状況に関する資料の収集調査・解析

表1には海南島における過去のデング熱流行の年次推移を地区別に示した。1980 年～1981 年と1985 年～1988 年にかけて大きな流行が観察されている。いずれも、関係機関の努力による短期間に流行の終息をみている。なお、19992 年以降同島では大きな流行は観察されていない。ただ、1980 年と1986 年の流行には大きな違いが見られる。すなわち、1986 年の流行では死亡者割合が高く、デング熱ウィルスタイプの違いも指摘されている。図2には、各月別の患者発生数を示した。同島は1年を通して比較的温暖(冬季の月平均気温が 15℃を越える)であるにもかかわらず、夏季に発生のピークを持つ明瞭な季節変動が観察された。

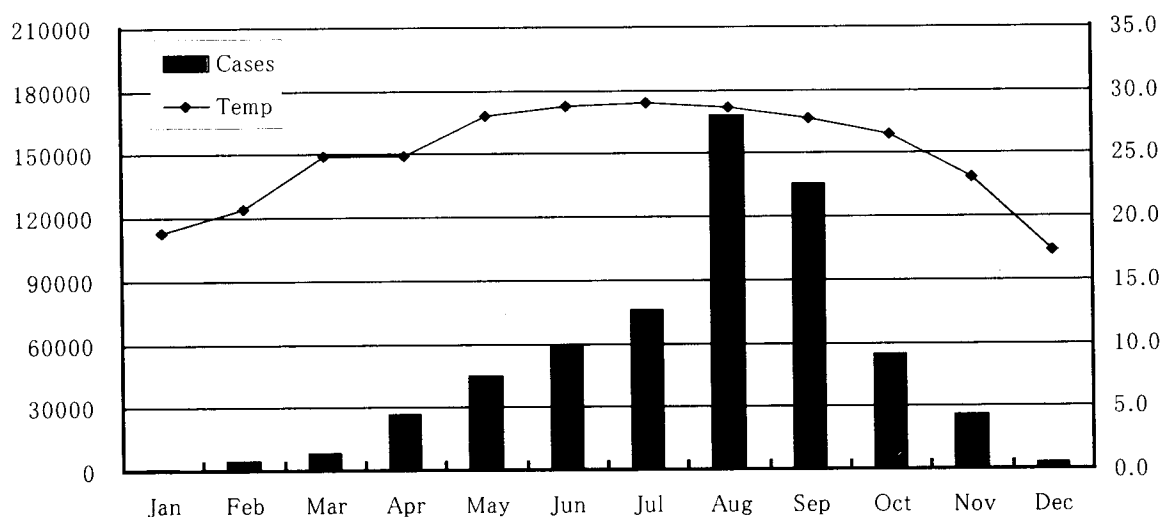


図2 デング熱患者月別発生数と気温の変化(中国海南島)

次に表2にタイ国北部チェンマイ県における過去9年間のデング出血熱患者数の年次変化を、地区別に示した。地域によって患者数に大きなばらつきが見られるものの、年次変化は周期的で 1991 年と 1994 年に明確なピークがみられた。

表1 中国海南省におけるデング熱流行の年次推移(1979～1991)

Country	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Haikou *	0	71,661	13	8			1	5,554	3,834	16			1
Qiongsan	0	77,362	54	3			0	33,851	3,900	370			497
Wenchang	0	4,830	651	0			0	2,323	1,068	3			0
Qionghai	0	35	0	0			0	10	0	0			0
Wanning	0	1	0	0			0	1	1	0			0
Anding	0	1,638	1,534	1			0	170	30	3,717			0
Dunchang	0	29	0	0			0	11	0	0			0
Chengmai	0	11,818	240	2			0	11,901	7,104	410			2
Lingao	0	78,478	7	0			9	11,420	5,059	65			2
Danxian	32	122,980	0	5			12,677	22,828	1,085	1,144			19
Sanya *	0	12,999	0	0			0	6,331	1,088	1,244			0
Lingsui	0	7,586	22	0			0	1,466	1,855	0			0
Baoting	0	16	1	0			0	3	1	0			0
Qiongzhang	0	17	0	0			0	2	0	0			0
Ledong	0	7,564	5	0			0	2,806	1,766	407			0
Dongfang	0	25,093	11	0			0	11,089	588	0			0
Changjiang	0	15,429	0	0			363	3,822	3,850	3			0
Baisha	0	32	0	0			0	5	0	0			0
Total	32	437,468	2,544	19			13,050	113,589	30,229	7,379			521
No.death		64	1				27	289	76	18			

表2 北部タイにおけるデング出血熱患者数とデング出血熱による死亡数の年次変化(1988～1996)

District	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Total
Maung	21	93	204 (1)	316	31	53	411	58	16	1,203 (1)
Doi Saket	2	6	64	149	1	4	80	0	2	308 0
Mae Rim	16	45 (1)	54	94 (1)	33	194	67	23	10	536 (2)
San Pa Tong	5	38	34	100	12	12	220	19	8	448 0
San Kam Panog	32	12	63	306 (1)	6	22	72	7	1	521 (1)
San Srai	9	17	56	98 (1)	5	30	50	12	2	279 (1)
Hang Dong	4	10	48	87 (1)	20	17 (2)	196	23	3	408 (3)
Sa Ra Pee	5	9	39	77 (1)	6	29	196	16	9	386 (1)
King Mae Vang			8	17		4	52	9	9	99 0
K. Mae Oon										0 0
Cham Tong	1	18 (1)	117 (2)	50	13	15	257 (1)	3	3	477 (4)
Hot	7	14	57	14 (1)	4	2	13 (1)	3		114 (2)
Doi Tao	2	7	104	8	1	10	35	2	5	174 0
K. Doi Lao								2	2	4 0
Mae Jam	13	6	22	13 (1)	26	2	15	10	5	112 (1)
Chiang Dao	106	7	41 (1)	35 (1)	4	18	45	9	6	271 (2)
Ving Heang	3	4	5	4	1	4	6	2	1	30 0
Proad	1	3	55 (2)	111	7	69	116	7	35	404 (2)
Fang	29	46	23	28 (1)	17	22	121 (1)	19	33 (1)	338 (3)
Chai Pra Kam	8	5	11	2	5	3	9	10	5	58 0
Mae Taeng	8	19	38	119 (1)	5	85	175	11	11	471 (1)
Sa Mosng	1	4	10 (1)	9	1	12	18	10	4	69 (1)
Mae Ey	4	38	7	15	4	3	33	3	31	138 0
Om Koy	1		2	2	2	2 (2)	14	3	2	28 (2)
Total	278 (0)	401 (2)	1,062 (7)	1,654 (10)	204 (0)	612 (4)	2,201 (3)	261 (0)	203 (1)	6,876 (27)

() : death

4. 2 デング熱媒介蚊の生態に関する実験的研究

4. 2. 1 異なる温度条件下におけるデング熱媒介蚊の成長に関する実験的研究

1) 実験室における生育実験

ネッタイシマカ、ヒトスジシマカについて異なる温度条件(25℃、27℃、29℃)での発育実験(幼虫～蛹～羽化)並びに生育(生存)実験を行った。

まず発育速度についてみると、従来の報告と比べて、ネッタイシマカは蛹化速度、羽化速度ともやや遅い傾向を示し、逆に、ヒトスジシマカでは蛹化速度、羽化速度とも早い結果が得られた(表3、図3)。なお、今回の飼育温度範囲(25℃～29℃)では、陳らの報告(図3中に実線で示した)ほど明瞭ではないが、飼育温度が高くなるにつれ発育速度が早くなる傾向が示された。また、蛹死亡率、性比においても飼育温度により若干の変化が観察された。

表3 温度条件別発育速度

ネッタイシマカ	25℃	27℃	29℃
半数蛹化時間	161.47	180.67	114.00
発育(蛹化)速度	61.93	55.35	87.72
半数羽化時間	212.07	208.67	162.00
発育(羽化)速度	47.15	47.92	61.73
蛹期	36.27	32.00	31.00
幼虫生存率	98.37	98.23	99.00
蛹死亡率	1.01	1.01	0.30
性比	1.01	1.03	0.82
ヒトスジシマカ	25℃	27℃	29℃
半数蛹化時間	158.63	168.20	137.50
発育(蛹化)速度	63.04	59.45	72.73
半数羽化時間	213.63	196.67	186.37
発育(羽化)速度	46.81	50.85	53.66
蛹期	32.80	28.33	48.00
幼虫生存率	97.96	95.27	98.00
蛹死亡率	1.12	8.34	0.67
性比	1.40	1.12	1.10

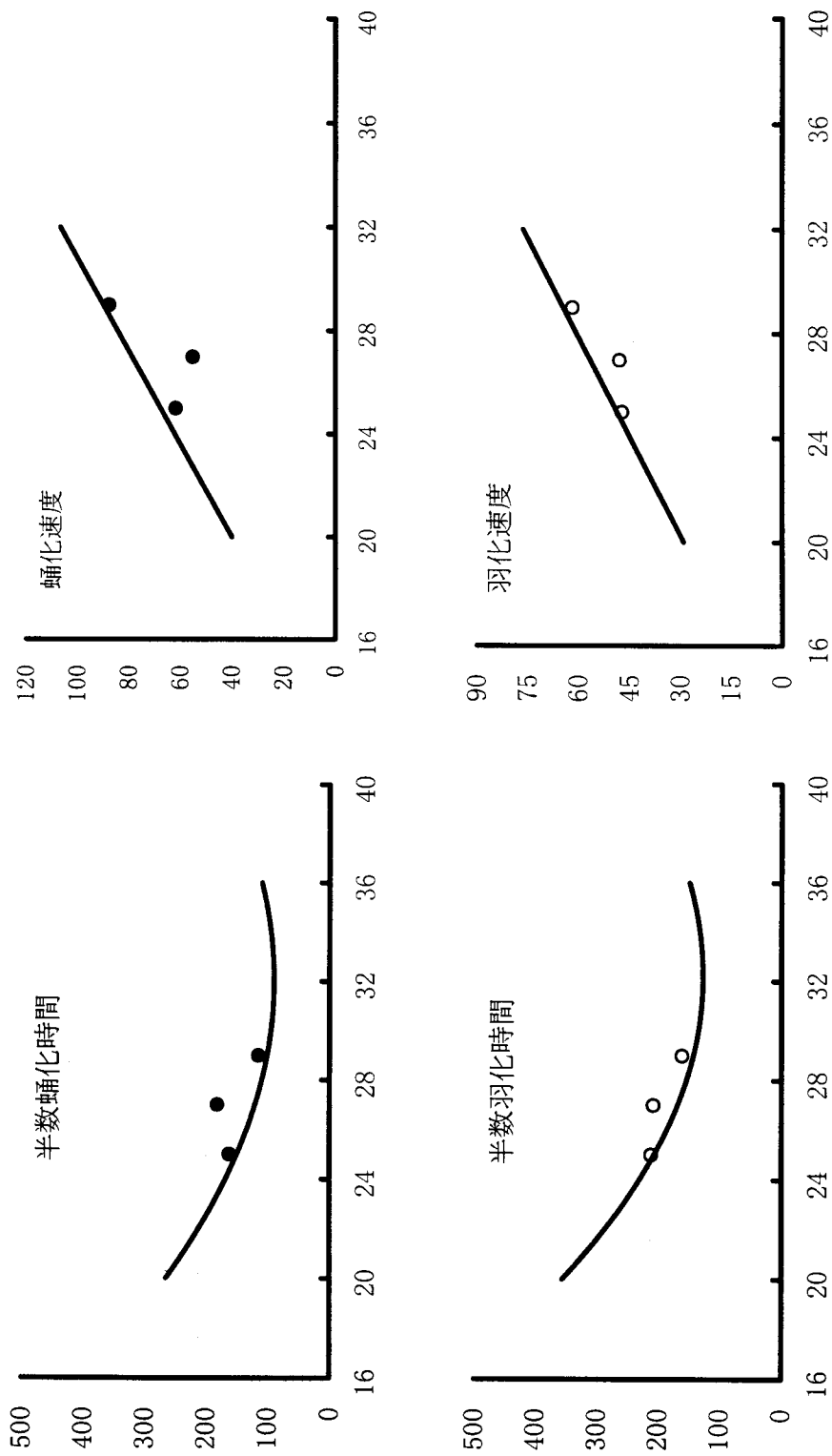


図3 飼育温度と发育速度の関係(その1ーネッタイシマカ)
実線: 文献より ●○: 実験結果 (横軸: 温度・°C)

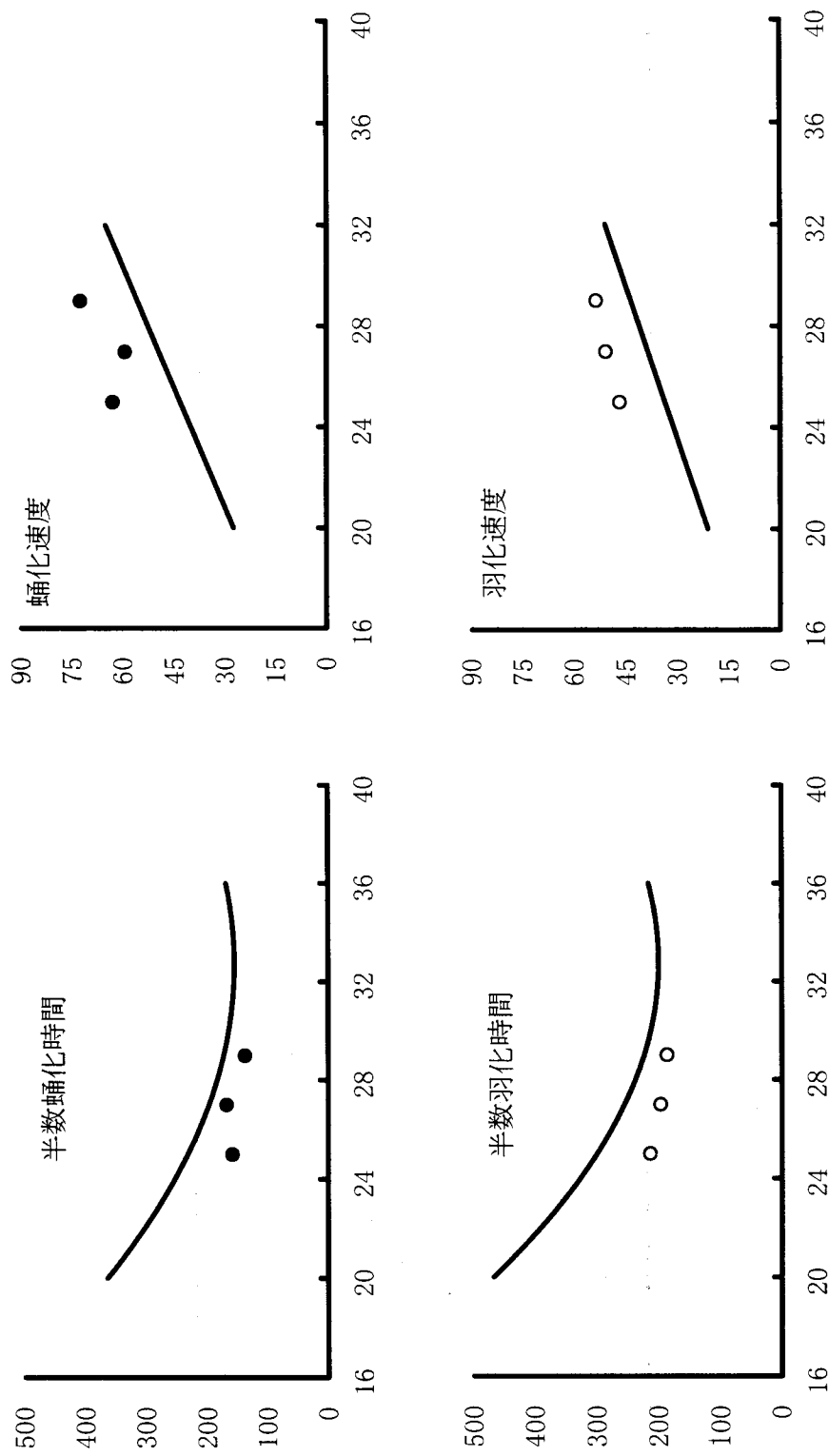


図3 飼育温度と発育速度の関係(その2-ヒトスジシマカ)
実線: 文献より ●○: 実験結果 (横軸: 温度・°C)

次に、生残率に関しては、両種ともいずれの温度条件(25℃、27℃、29℃)においても著しく長い生存期間が観察された(図4)。ネッタイシマカ、ヒトスジシマカとも雌においては90日を超えて生き残る個体も多く、また雄においても50日を超える個体も多く観察された。気温との関連についてみると、いずれの種・性においても、25℃に比べて27℃では生存期間の明らかな延長が観察されたが、29℃においてはヒトスジシマカの雌を除き27℃よりも生存期間が短縮していた。平均寿命についてみると、ヒトスジシマカの雌(29℃の方が若干長い)を除き、27℃が最も長かった(図5)。このことは、実験室レベルではデング熱媒介蚊の発育・生存に対して至適温度が存在し、過度の高温では生存期間が短くなることを示唆する結果である。

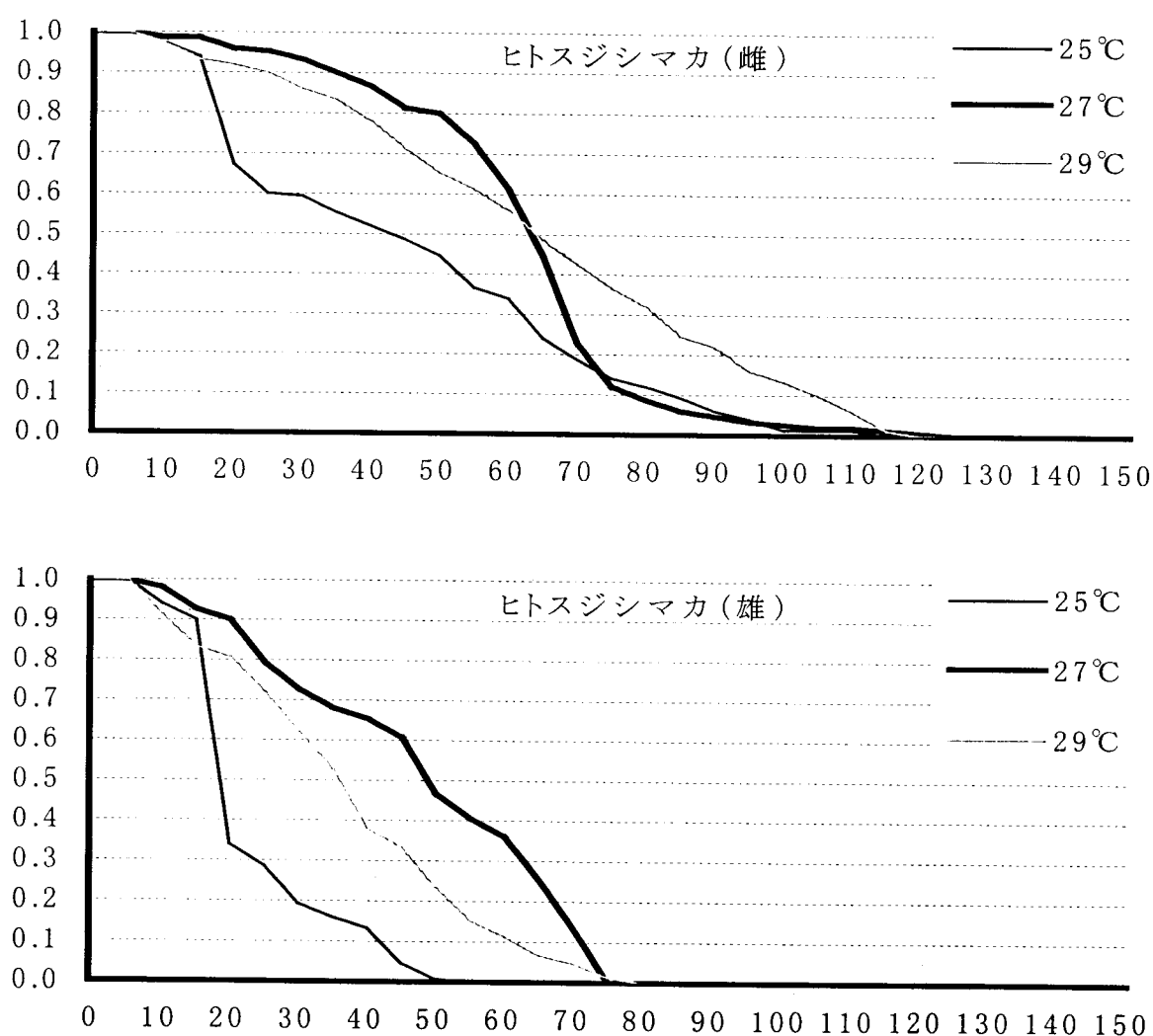


図4 気温別日生残率(%) その1(ヒトスジシマカ)

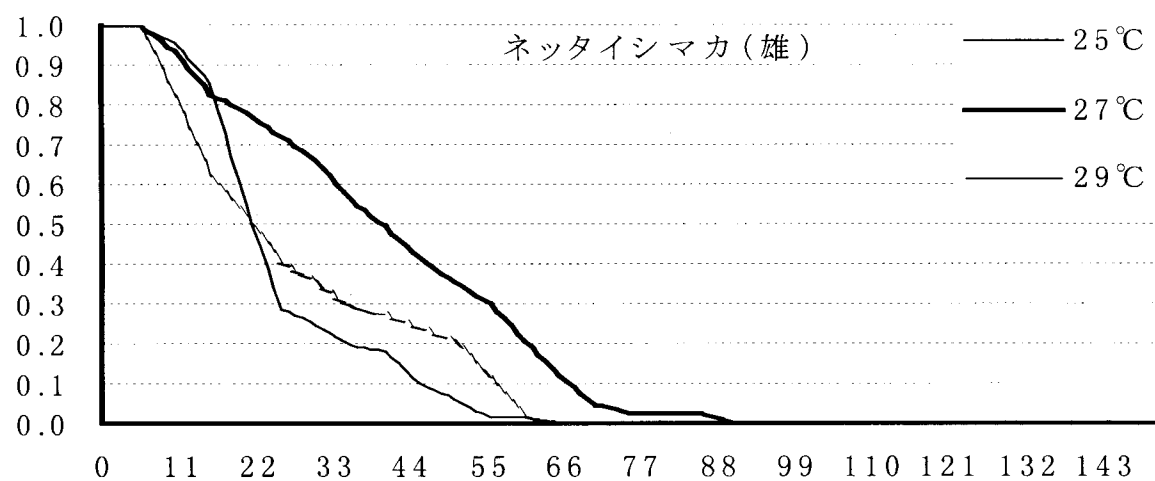
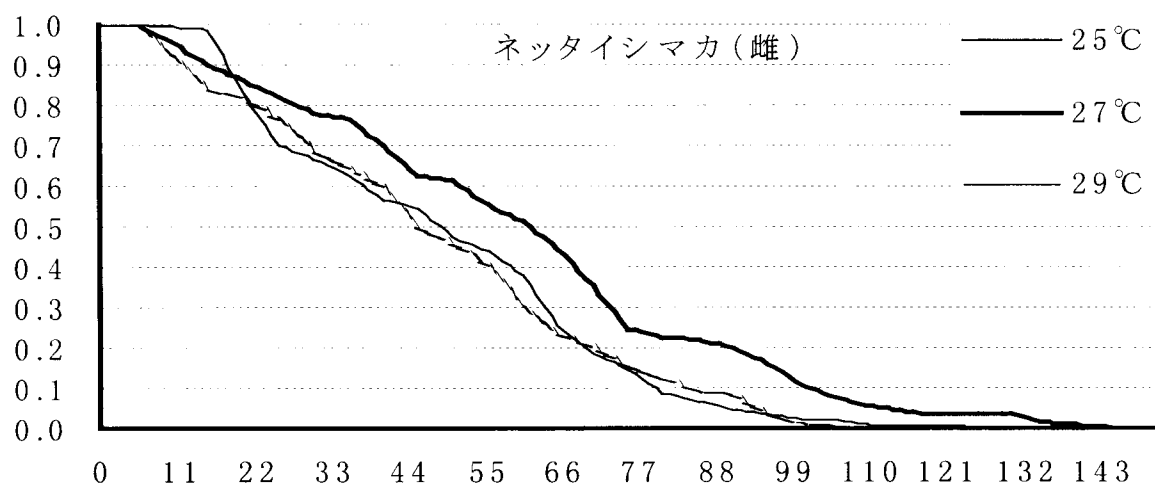


図4 気温別日生残率(%) その2(ネッタイシマカ)

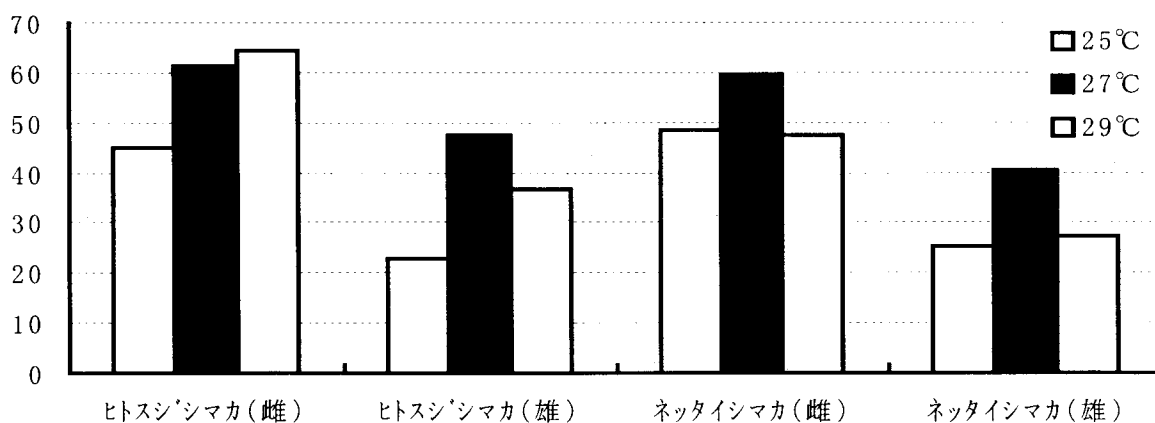


図5 気温別平均寿命(日)

2) 野外における幼虫発育実験

一般に、温度条件を厳密にコントロールできる実験室での実験結果は、実際の野外での観察結果と異なることが多い。そこで、以下の野外実験を行った。実験室で孵化させたネッタイシマカとヒスジシマカの1令幼虫 50 頭をプラスチック容器に入れ、長崎大学熱帯医学研究所構内の野外条件下で飼育して、生存率と発育日数を観察した。実験は、98 年 1 月から 12 月まで約 1 ヶ月おきに実施した。実験に用いた蚊はタイ国チェンマイで採集されたネッタイシマカとヒスジシマカの系統と石垣島および長崎で採集されたヒスジシマカの系統である。

ネッタイシマカは 4 月から 10 月下旬まで幼虫の発育が可能で、この期間の蛹化率は 80% 以上であった。平均発育日数はヒスジシマカの 3 系統よりも常に短く、8 月には平均 6.9 日で蛹化した(表4)。

表4 長崎大学熱帯医学研究所構内の野外条件下で飼育されたネッタイシマカとヒスジシマカ幼虫の蛹化率と平均発育日数

調査開始日	平均気温	<i>Ae. aegypti</i>		<i>Ae. Albopictus</i>					
		蛹化率	発育日数	石垣系統		長崎系統		チェンマイ系統	
				蛹化率	発育日数	蛹化率	発育日数	蛹化率	発育日数
980107	6.1	0		0		0		0	
980202	8.0	0		0		0		0	
980304	9.5	0		56	48.5	45	47.2	38	48.9
980405	18.0	85	16.6	94	17.4	-	-	-	-
980501	20.6	88	9.4	95	11.6	74	11.3	83	12.4
980602	21.7	90	9.6	99	10.9	84	11.7	88	11.5
980715	26.5	85	7.6	93	8.1	84	8.2	84	8.5
980827	25.7	87	6.9	95	7.1	97	9.0	63	7.7
980929	20.4	80	8.9	97	11.2	95	11.1	65	10.3
981028	11.8	86	14.0	77	19.2	81	17.1	67	17.3
981203	10.4	0		0		0		0	

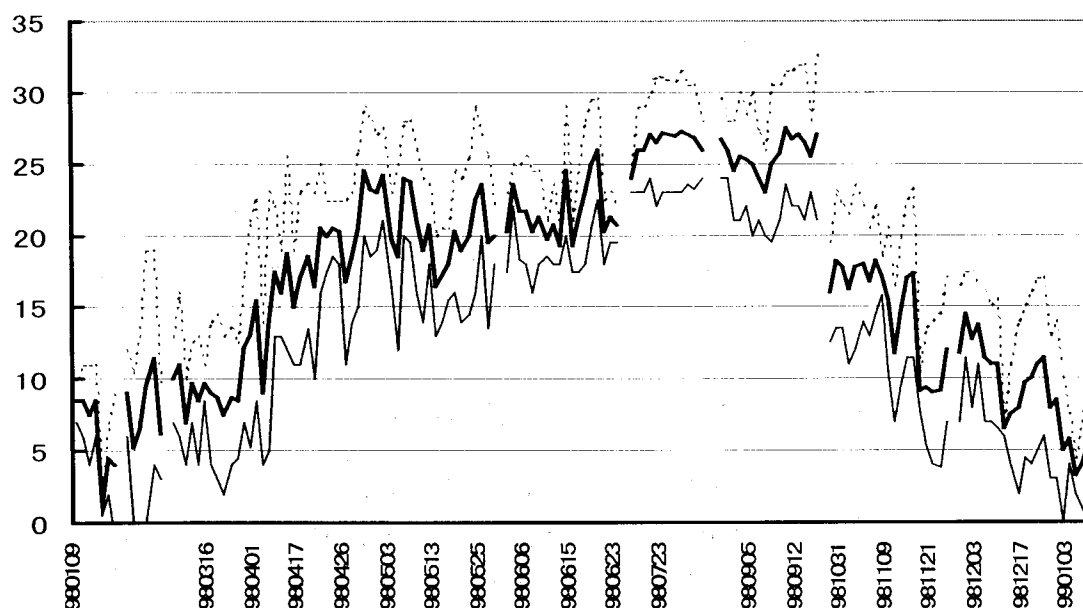


図6 幼虫の生存・発育実験時の最低、最高、平均気温の変化

ネッタイシマカとヒトスジシマカの違いが最もはっきりと観察されたのは3月であった。ネッタイシマカ幼虫はまったく発育できず、実験開始後2週間で全て死亡した。これに対してヒトスジシマカの3系統は、47～48日かかって38～56%が蛹になった。図6に示した実験期間中の温度変化と対応させると、ネッタイシマカの発育が可能となった4月初めは、最低気温が10度以上、日平均気温は15度前後を示していた。調査期間全体の平均気温は3月が9.5度、4月は18.0度で、これがネッタイシマカ幼虫の発育限界温度に関するひとつの目安と考えられた。

昆虫類の発育限界温度(発育零点)については、多くの場合生育温度別の発育速度に基づいた分析が行われている。調査期間中の平均温度を求め、これと発育速度との関係に直線回帰をあてはめて発育零点を推定してみた(図7、表5)。図7に示したように実験データは直線にうまくあてはまっていたが、発育零点の推定値は、ネッタイシマカで最も低く0.7度、ヒトスジシマカでは3.1～5.9度となり、ネッタイシマカの方が低温に弱いという実際の野外調査結果とは食い違っていた。

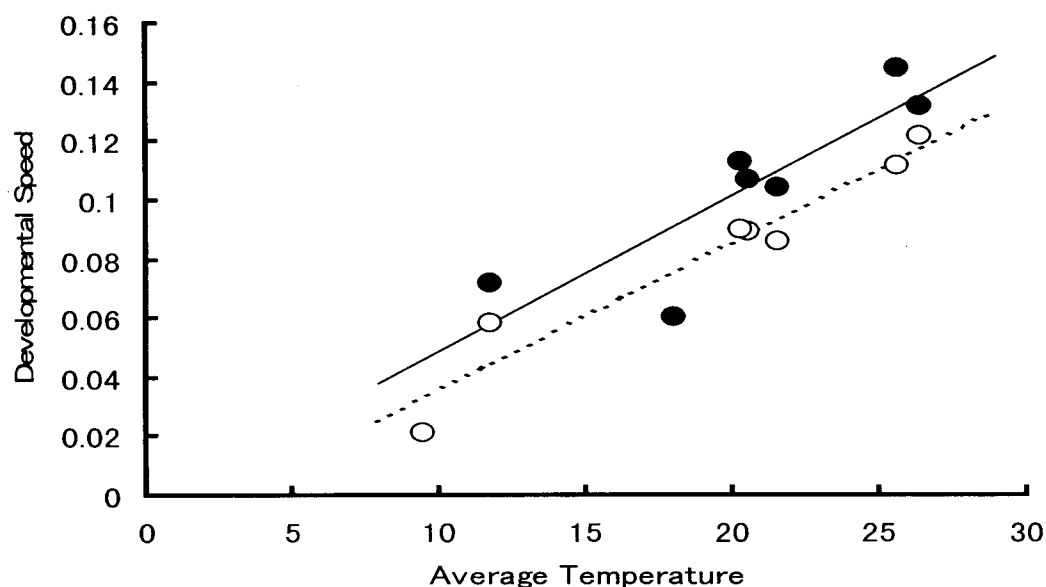


図7 調査期間中の平均気温と発育速度の関係

●・実線: *Ae. aegypti*、○・点線: *Ae. albopictus* 長崎系統

表5 温度－発育速度関係にあてはめた直線の係数と発育零点の推定値

	<i>Ae. aegypti</i>	<i>Ae. albopictus</i>		
		石垣系統	長崎系統	チェンマイ系統
傾き	0.0052	0.0062	0.0050	0.0054
Y切片	-0.0038	-0.0363	-0.0154	-0.0209
相関係数	0.856	0.952	0.968	0.955
発育零点	0.731	5.874	3.056	3.866

ネッタイシマカとヒトスジシマカ幼虫の生存と発育に最も大きな違いが見られた3月の調査結果をさらに詳しく検討してみた。表6に実験の経過日数に伴う生存幼虫数の変化と生存幼虫の発育ステージの平均値を示した。平均気温は実験開始後21日まで10度を下回っており、どの系統もこの期間の平均発育令は1、つまりすべてが1令幼虫であり、ネッタイシマカ幼虫、ヒトスジシマカ幼虫のどちらも発育していない。この低温期間にネッタイシマカ幼虫は全て死亡してしまったのに対して、ヒトスジシマカ幼虫数は毎日少しずつ減少を続けたものの、約半数が実験開始後21日まで生存していた。その後平均気温が10度以上になり急激な気温の上昇が起こり、この気温の上昇に呼応して幼虫の発育が始まり、平均発育令が大きくなっていったと考えられる。

表6 経過日数に伴う生存幼虫数(n)と平均発育令(AG)の変化(98年3月)

平均 気温	経過 日数	aeg1		aeg2		isg1		isg2		ng1		Ng2		th1		th2	
		n	A	n	A	n	A	n	A	n	A	N	A	n	A	n	A
		G		G		G		G		G		G		G		G	
	0	50	1	50	1	50	1	50	1	50	1	50	1	50	1	50	1
10.0	1	40	1	46	1	43	1	46	1	44	1	45	1	47	1	38	1
11.0	3	32	1	34	1	40	1	44	1	45	1	35	1	39	1	34	1
7.0	6	9	1	9	1	37	1	34	1	30	1	35	1	32	1	33	1
9.8	8	13	1	28	1	41	1	42	1	36	1	40	1	37	1	38	1
8.5	9	5	1	14	1	43	1	30	1	38	1	33	1	31	1	41	1
9.8	10	10	1	10	1	39	1	44	1	36	1	43	1	34	1	37	1
9.0	12	6	1	8	1	35	1	40	1	29	1	31	1	28	1	30	1
8.8	14			3	1	30	1	34	1	26	1	29	1	24	1	27	1
7.5	16					24	1	30	1	24	1	26	1	20	1	25	1
8.8	19					18	1	25	1	23	1	23	1	16	1	24	1
8.5	21					22	1	20	1	16	1	21	1	15	1	20	1
12.3	23					24	1	27	1	26	1	30	1	24	1	26	1
13.1	26					33	1	25	1	26	1	25	1	28	1	25	1
15.5	27					27	1.8	23	2	26	1.2	22	1.7	27	1.4	25	1.6
9.0	29					33	2.4	24	2.4	25	1.9	25	2	26	2.2	24	2.3
14.0	32					30	2.9	24	3.2	21	2.4	24	3	26	2.8	22	3
17.5	34					33	3.4	24	3.5	22	3	24	3.3	27	2.9	19	3.2
16.0	36					32	3.9	26	3.7	22	3.3	25	3.8	25	3.6	18	3.6
18.8	39					32	3.8	26	3.7	21	3.7	25	3.8	23	3.4	17	3.3
15.0	41					32	3.9	25	3.9	19	3.6	25	3.9	24	3.6	17	3.6
17.0	43					32	4	25	3.9	21	3.9	25	3.9	26	3.7	16	3.7
18.5	44					32	4	23	4	20	3.9	18	4	25	3.7	15	3.7
16.5	46					32	4	23	3.9	17	3.8	17	4	21	3.9	13	3.8
20.5	47					28	4	18	4	17	3.9	9	4	20	3.9	11	3.8
20.0	48					21	4	15	4	12	3.9	6	4	16	4	9	3.8
20.5	49					16	4	11	4	9	4	5	4	15	4	7	4
20.3	50					9	4	7	4	6	4	4	4	11	4	5	4
16.8	52					4	4	5	4	3	4	2	4	10	3.6	3	4
18.5	53					1	4	3	4	2	4	1	4	4	4	2	4
20.5	54					1	4	3	4	2	4	1	4	3	3	1	4
24.5	55							3	4					1	4		
23.3	56							2	4								

4 月初めに開始した調査ではネッタイシマカ幼虫の蛹化率は 85%であり、もし 3 月に野外飼育を開始したネッタイシマカ幼虫が 4 月まで生存できたなら、ヒトスジシマカ幼虫と同じように発育できたと考えられる。このように、3 月の実験結果がネッタイシマカとヒトスジシマカで大きく異なっていた主な原因は、低温条件下での生存能力の違いであることがわかる。そして、このような能力が生存上の意味を持つてくるのは、温度条件が季節的变化を示す環境であって、発育限界温度を実験的に推定する場合に用いられる定温環境では評価できない。この点に関しては、温暖化に伴う分布拡大範囲を発育限界温度によって予測する場合に十分注意する必要があるだろう。

4. 2. 2 標識再捕獲実験による媒介蚊日生残率の推定

中国海南島及び北部タイにおける調査結果を用いて、生残率の推定を行った。それぞれの調査の時期、放逐数、放逐場所及び再捕獲の方法を整理して表7に示した。中国海南島の実験では、調査対象とした村のすべての家(20 戸)で再捕獲を行った。

表7. 生残率の推定に用いた標識再捕獲実験の概要

調査地	種類	調査日	放逐数	放逐場所	再捕獲場所
中国海南島	<i>Ae. aegypti</i>	1997年8月	3009	村中心部	屋内 2 ヶ所、20 戸
中国海南島	<i>Ae. aegypti</i>	1997年8月	3076	村の端	屋内 2 ヶ所、20 戸
タイMaeMok村	<i>Ae. aegypti</i>	1997年11月	540	村の端	屋内 3・屋外 2 ヶ所、2 戸
タイMaeTaeng村	<i>Ae. aegypti</i>	1997年2月	150	村中心部	屋内 3・屋外 13 ヶ所、寺
中国海南島	<i>Ae. aegypti</i>	1998年3月	2111	村中心部	屋内 2・屋外 1 ヶ所、20 戸 林内 5 ヶ所
中国海南島	<i>Ae. albopictus</i>	1998年3月	2093	村中心部	屋内 2・屋外 1 ヶ所、20 戸 林内 5 ヶ所

表8. 各実験で観察された再捕獲数の時間的变化

調査地	種類	調査日	放逐後の日数							
			1	2	3	4	5	6	7	8
中国海南島 村の中心部	<i>Ae. aegypti</i>	1997年8月	48	15	10	16	9	8		
同 村の端	<i>Ae. aegypti</i>	1997年8月	29	19	8	9	9	10		
同 平均	<i>Ae. aegypti</i>	1997年8月	38.5	17	9	12.5	9	9		
タイMaeMok	<i>Ae. aegypti</i>	1997年11月	28	3	1	0	1	5	0	0
タイMaeTaeng	<i>Ae. aegypti</i>	1997年2月	11	3	1	1	6	0	0	
中国海南島	<i>Ae. aegypti</i>	1998年3月	93	16	13	7	10	8		
中国海南島	<i>Ae. albopictus</i>	1998年3月	20	7	1	0	1	3		

各実験で観察された再捕獲個体数の時間的变化を表8に示した。また海南島における調査結果を図8に示した。再捕獲数は放逐直後に最も多くその後徐々に減少し、放逐後4日あるいは 5 日目に再

び増加して2つ目のピークに達した。ネッタイシマカの再捕獲率は97年2月に実施された北部タイのMaeTaengでの結果(14.67%)を除けば、おおよそ2~7%であった。ヒトスジシマカに関しては中国海南島の98年3月のデータだけであるが、この時の再捕獲率は1.53%であった。再捕獲個体数の対数値に回帰直線をあてはめ、得られた回帰係数を用いて生残率の推定を行った(表9)。ネッタイシマカの生残率は0.678~0.819と比較的高い値であった。乾期と雨期を比較すると雨期の方が若干高い生残率であった。98年3月に中国海南島で行われた実験ではネッタイシマカとヒトスジシマカの両種を放逐している。この時の両種の生残率はネッタイシマカが0.678、ヒトスジシマカが0.687とほぼ同じ値であった。しかしながら、再捕獲率はネッタイシマカが約7%であるのに対して、ヒトスジシマカは約1.5%であった。この結果は、放逐場所が同じであってもその後の分散様式が種によって異なり、ネッタイシマカの方が人家周辺や屋内に多く留まることを示している。生残率(p)が常に一定と仮定して、算定式($-1/\log(p)$)を用いて期待余命を求め表9に併せて示した。ネッタイシマカの期待余命は乾期には2.57~3.12日、雨期には3.16~3.83日と雨期にやや長くなることが示唆された。いずれの結果も実験室での結果とは大きく異なるものとなった。

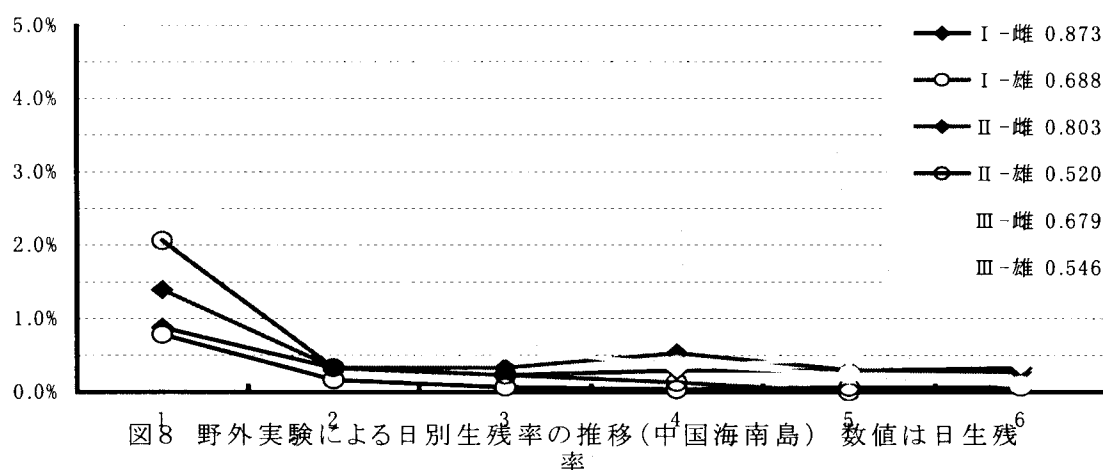


表9. 再捕獲数の時間的变化に対する対数回帰分析結果

Study area	種類	調査日	再捕獲率	生残率	相関係数	期待余命
中国海南島 村の中心部	<i>Ae. aegypti</i>	1997年8月	3.523	0.763	-0.811	3.70
同 村の端	<i>Ae. aegypti</i>	1997年8月	2.731	0.819	-0.770	3.83
同 平均	<i>Ae. aegypti</i>	1997年8月	3.122	0.788	-0.821	4.20
タイMaeMok	<i>Ae. aegypti</i>	1997年11月	7.037	0.729	-0.661	3.16
タイMaeTaeng	<i>Ae. aegypti</i>	1997年2月	14.667	0.726	-0.728	3.12
中国海南島	<i>Ae. aegypti</i>	1998年3月	6.964	0.678	-0.802	2.57
中国海南島	<i>Ae. albopictus</i>	1998年3月	1.529	0.687	-0.637	2.66

4. 3 デング熱媒介蚊の生態に関する研究

タイ国において実施した調査結果から、調査を実施した 3 地域のデング熱媒介蚊の発生状況に非常にはっきりした違いがあること、同じ地域(村)であっても幼虫や成虫の発生には偏りが見られること、が明らかになった。今回、1997 年 5 月から 1998 年 2 月にかけて実施したデータをもとに 3 地域の環境条件にどのような違いがあるのかについて検討した。また、デング熱媒介蚊の発生状況には地域間で違いが見られるだけでなく、人家周辺におけるネッタイシマカとヒスジシマカの局所的な分布の違いについて、OVBDC の敷地内に設置した Ovi-trap による 3 年間(1996 年～1998 年)のヤブカ類発生調査結果を用いて分析を行った。

1) チェンマイ周辺 3 地域における媒介蚊幼虫の発生消長

ネッタイシマカとヒスジシマカの幼虫発生数について行った分散分析の結果を表 10 に示したが、3 地域の発生状況には明らかな違い(変数:Area)が観察された。両種共に地域と季節の効果が統計的に有意であった。これに対して、屋外と屋内という Ovi-trap の設置場所の効果は有意ではなかった。

表 10 ネットアイシマカとヒスジシマカ幼虫の発生密度(匹・Ovi-trap)
に関する分散分析結果

<i>Ae. aegypti</i>				
Factors	df	Mean square	F-ratio	P
Season	9	0.52	3.744	<0.001
Area	2	22.14	159.34	<0.000001
In / Out	1	0.16	1.15	0.28
Season & Area	18	0.24	1.69	0.03
Season & in/out	9	0.05	0.32	0.97
Area & in/out	2	0.26	1.86	0.16
A & S & i/o	18	0.14	0.98	0.48
Error	2530	0.14		
<i>Ae. albopictus</i>				
Factors	df	Mean square	F-ratio	P
Season	9	1.35	11.69	<0.000001
Area	2	17.59	152.48	<0.000001
In / Out	1	0.25	2.13	0.14
Season & Area	18	0.58	5.04	<0.000001
Season & in/out	9	0.12	1.03	0.41
Area & in/out	2	1.56	13.52	0.000001
A & S & i/o	18	0.19	1.69	0.03
Error	2530	0.12		

調査期間全体を通じて観察されたネッタイシマカの幼虫発生密度は、SriPhoom(6.24) > MaeTaeng(1.98) > MaeRim(0.05)と SriPhoom で最も高く、MaeRim で最も低かった(表 11)。これに対してヒス

ジシマカの平均発生密度は逆の傾向を示し、MaeRim で最も高く、SriPhoom で最も低かった。この結果は前年の調査結果とも一致しており、観察された地域間差が年によって変化するのではなく、かなり安定的に見られることを示唆している。

表 11 チェンマイ周辺の 3 地域におけるネッタイシマカとヒトスジシマカ幼虫の発生密度(匹/0vi-trap/調査)の比較

Ae. aegypti

area	in			out			Total		
	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD
SriPhoom	108	5.56a	7.17	416	6.42a	8.03	524	6.24a	7.86
MaeTaeng	1032	2.17b	5.12	547	1.62b	5.17	1579	1.98b	5.14
MaeRim	92	0.12c	0.59	389	0.04c	0.39	481	0.05c	0.44

Ae. albopictus

area	in			out			Total		
	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD
SriPhoom	108	0.09a	0.96	416	0.13a	0.81	524	0.12a	0.84
MaeTaeng	1032	1.21b	3.55	547	3.05b	5.75	1579	1.85b	4.52
MaeRim	92	5.01c	4.75	389	5.02c	7.50	481	5.02c	7.06

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different.

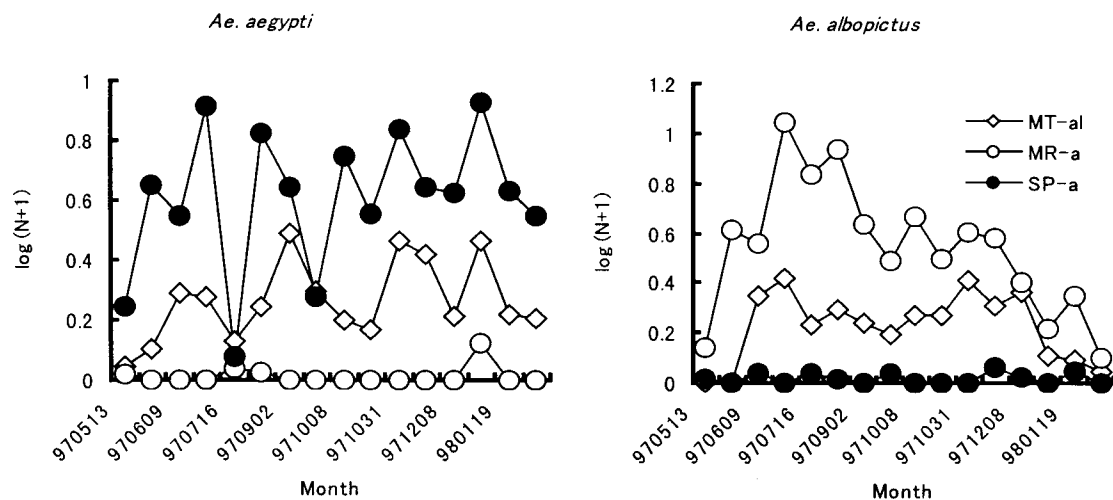


図 9 チェンマイ周辺の 3 地域におけるネッタイシマカとヒトスジシマカ幼虫の季節消長 (MT=MaeTaeng、MR=MaeRim、SP=SriPhoom)

図9に両種幼虫の季節消長を示した。ネッタイシマカ幼虫数は変動しているものの、調査期間全体を通じて一定のレベルで上下していた。ヒトスジシマカの幼虫発生数は12月から1月にかけて明らかに減少しており、発生密度の最も高かった MaeRim では7月にピークを持った一山型の季節消長が観察された。このような季節消長の特徴も基本的には前年の調査結果と同様であった。

以上の結果からデング熱媒介蚊の発生状況に見られた地域間の違いはかなり安定的に存在すると考えられる。このことは、SriPhoom はネッタイシマカが多く発生する地域、MaeRim はヒトスジシマカが多く発生する地域、MaeTaeng は両種が同程度に発生する地域というように、それぞれの地域が特徴づけられることを意味している。そして、その理由は3地域の上にデング熱媒介蚊の発生を大きく左右する何らかの環境条件の違いが存在しているためであると考えられる。そこで、3 地域の環境条件について現地調査を行った。

それぞれの地域で、以下の4つの環境パラメーターを測定した：(1)Ovi-trapを設置した家の周辺に生育している樹木の高さ、(2)家間の平均距離、(3)庭が植物で覆われている割合、(4)家から1、2.5、5、7.5、10m離れた地点の照度。表12に示したように、家間の平均距離は3地域で有意に異なり MaeRim で最も大きく、SriPhoom で最も小さかった。庭が植物で覆われている割合は MaeRim の方が SriPhoom よりも有意に低かった。平均樹高は MaeTaeng で有意に高かった。平均照度は家からの距離に関わらず MaeRim の方が高い傾向を示したが、統計的には有意ではなかった(表13)。

表 12 3 調査地域で調査した家間平均距離、平均樹高、庭の植物による被覆度。

Area	Distance between houses (m)			Tree height (m)			Percentage of area with vegetation cover		
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
Mae Rim	12.15a	8.67	54	6.63b	4.88	79	40.56b	19.28	12
Mae Taeng	6.80b	5.06	64	9.60a	6.57	56	67.5ab	24.8	18
Sri Phoom	3.78c	3.03	60	5.27b	2.10	31	72a	31.89	20

Means with the same letter in the same column are not significantly different

Tukey's method, $p>0.05$)

表 13 家から 1、2.5、7.5、10m 離れた地点の平均照度。

Area	n	1 m		2.5 m		7.5 m		10 m	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Mae Rim	20	1870.7	2106.5	2891.7	2394.4	2898.1	2331.6	3456.3	2157.2
Mae Taeng	20	1366.0	1871.9	2298.2	2270.8	2768.4	2294.5	2327.1	2273.8
Significance	20	p=0.428		p=0.426		p=0.871		p=0.182	

3地域のそれぞれに雨量計を設置し、1997 年 1 月から 12 月まで 1 年間の雨量を記録した。表 14 示したように、年間雨量は MaeTaeng で最も多く 1,184mm、SriPhoom で最も少なく 859mm であった。月別降雨量にはいずれの地域でも 4～5月と7～8月の2つのピークが見られた。降雨が 1 日の何時ごろに見られるかを、乾期(1-5 月)と雨期(6-12 月)に分けて表 15 に示した。雨期に年間降雨量の 80%以上が降ること、乾期には夕方に降雨が多いのに対して、雨期になると深夜から早朝にかけても降雨が見られ、30～40%が午前中に降ることがわかった。また、これらの傾向は 3 地域間でほぼ同様であった。したがって、降雨のパターン自体が 3 地域間で見られた媒介蚊発生状況の違いをもたらしているとは考えられない。

表 14 3 地域で 1997 年に測定した月別降雨量

月	MaeRim	MaeTaeng	SriPhoom
1月	0	0	0
2月	1	0	0
3月	30	24	19
4月	43.5	22.5	79.5
5月	44.5	86	37
6月	37	77	32.5
7月	217.5	403.5	209
8月	241	227.5	218
9月	168	227	108.5
10月	163	111.5	146
11月	8.5	5	9.5
12月	0	0	0
合計	954	1184	859

表 15. 3 地域で観察された 1 日における降雨パターン(乾期と雨期の比較)

時刻	MaeRim		MaeTaeng		SriPhoom	
	1-5月	6-12月	1-5月	6-12月	1-5月	6-12月
100	7	16	2.5	37.5	2.5	61.5
200	0.5	37.5	0	26.5	2.5	21
300	0	91	0.5	44.5	0	56.5
400	0	61.5	0	37.5	0	33
500	0	43	0	25.5	0.5	26
600	0.5	19.5	0.5	30.5	0	24
700	0	13	0	18	5	11
800	0	14.5	0	18	1.5	7.5
900	2.5	9.5	0	35	1.5	17
1000	1.5	22	0	24.5	2	23
1100	0	15.5	0	15.5	23.5	13
1200	0	7	0	6	0	5.5
1300	7	11.5	1	7	0	2.5
1400	0	6.5	1	19	4.5	19
1500	0	28.5	12.5	38.5	6	16
1600	6.5	89	28.5	65.5	0.5	36.5
1700	5	58	8.5	87	20	72.5
1800	29.5	62.5	8	116.5	23.5	49.5
1900	7	53	19.5	94.5	8.5	26
2000	12.5	34	16.5	66.5	7.5	24
2100	15	40	0.5	103	13.5	17.5
2200	1.5	67	0	33.5	3	53
2300	15	22	30	60	8.5	90
2400	8	13	3	41.5	1	18
合計	119	835	132.5	1051.5	135.5	723.5
%	12.5	87.5	11.2	88.8	15.8	84.2

2) OVBDC 敷地内におけるデング熱媒介蚊幼虫の発消長(1996～1998 年)

1996 年 7 月～1998 年 11 月までの調査結果から Ovi-trap 当たりの幼虫数を求め、幼虫密度の季節消長を図 10 に示した。1996 年に調査を開始した当時は、ネッタイシマカよりもヒトスジシマカの発生密度の方が高かったが、1998 年には逆転した。ネッタイシマカの発生密度は周期的な変動に似た変化を示しているが、1997 年に前年よりもやや高い密度レベルに達した後、1998 年にはほぼ同じ密度レベルを保っていた。これに対してヒトスジシマカの幼虫発生密度には明らかな減少傾向が観察された。

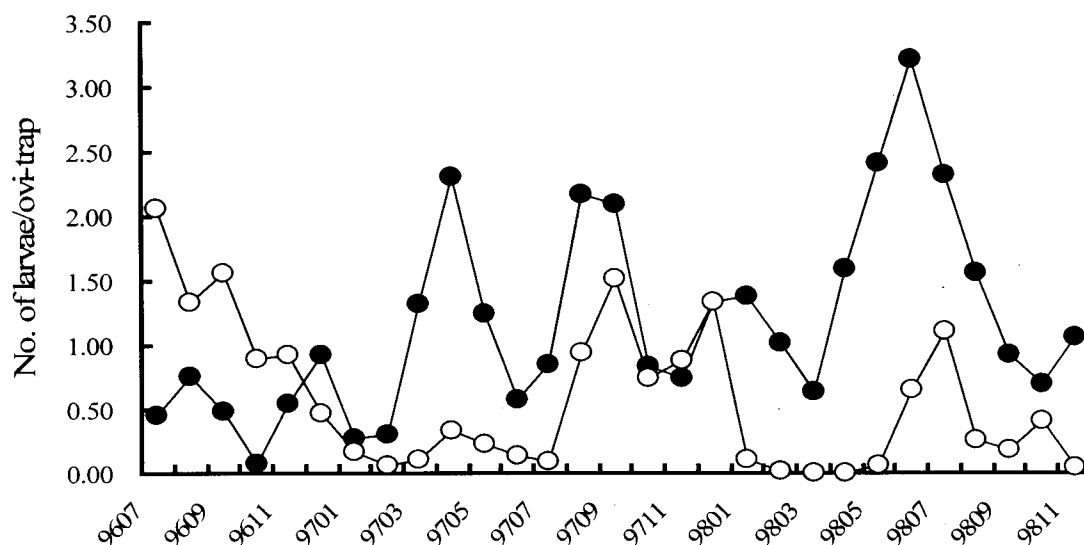


図 10 OVBDC 敷地内に設置した Ovi-trap に発生したネッタイシマカ(黒丸)とヒトスジシマカ(白丸)幼虫の季節消長

OVBDC の敷地を建物の位置を目安として6つのブロックに分け、各ブロックに設置された Ovi-trap に発生した幼虫数を計算した。調査期間を1996 年 7 月～1997 年 2 月、1997 年 3 月～1998 年 2 月、1998 年 3 月～1998 年 11 月の3期に分けて、Ovi-trap 当たりの平均幼虫発生数を計算して図 11 に示した。ネッタイシマカ幼虫はブロック6で最も多く発生し、ブロック1で最も少ない。この傾向に変化は見られなかった。これに対して、ヒトスジシマカ幼虫はブロック3での発生密度が年々低くなり、OVBDC 全体の発生密度も徐々に低くなった。

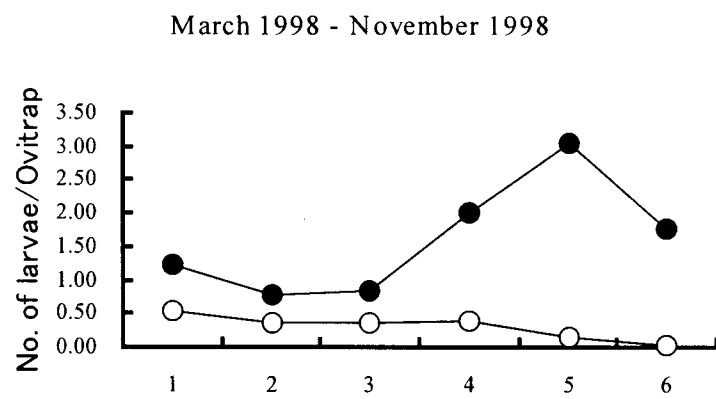
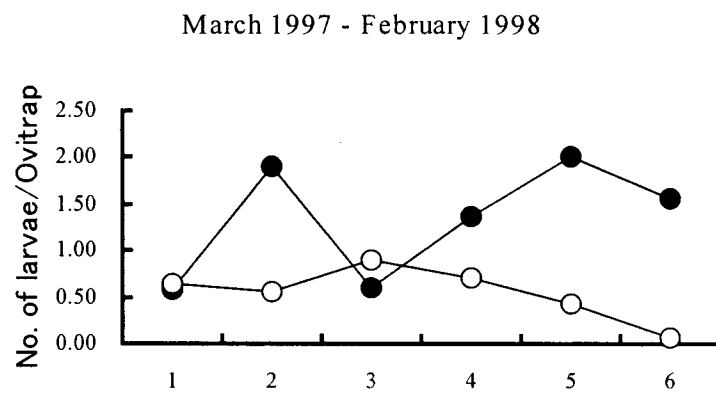
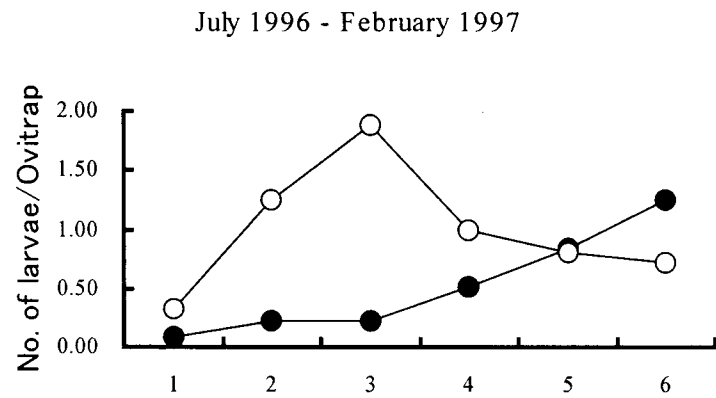


図 11 1996 年 7 月～1998 年 11 月に観察された OVBDC 敷地内における
 ネットアイシマカ(黒丸)とヒトスジシマカ(白丸)の局所分布の変化

過去3年間に OVBDC 敷地内で起こった環境条件の変化としては、樹木の生育に伴う日陰面積の増加があげられる。1997、1998、1999 年 2 月に OVBDC 敷地内の 9 ヶ所で、日の出から日没まで 1 時間毎に地面の 3×6m の範囲を写真で撮影した。地面の日の当たっている部分の相対面積を求め、OVBDC 全体の日の当たり具合とその時刻による変化を図 12 に示した。過去 3 年間、特に 1998 年に OVBDC 全体で日陰の面積が増加していることがわかる。Ovi-trap 周辺の日当たり面積と幼虫発生密度の関係を分析するために、日当たり面積を横軸に、その前年の平均幼虫発生密度を縦軸にとり図 13 に示した。ネッタシマカの場合、日当たり面積が年々減少するにつれて幼虫発生密度は高くなっているが、これとは逆に、ヒトスジシマカでは幼虫密度の低下が観察された。

ヒトスジシマカの発生が少なくなった原因としては、敷地内のヤブカ発生源であった古タイヤの減少も重要である。かつて 47 個あった古タイヤは 98 年 11 月には 26 個に減少した。しかも残っている古タイヤの多くは地面に埋もれたり、裂け目が入って水が溜まらない状態になっている。26 個の内幼虫の発生に適した状態のものはブロック 3 に 1 個、ブロック 1 に 4 個、全体でわずかに 6 個であった。古タイヤはネッタシマカの発生源でもあるが、古タイヤの減少の影響はヒトスジシマカでより大きかったと考えられる。

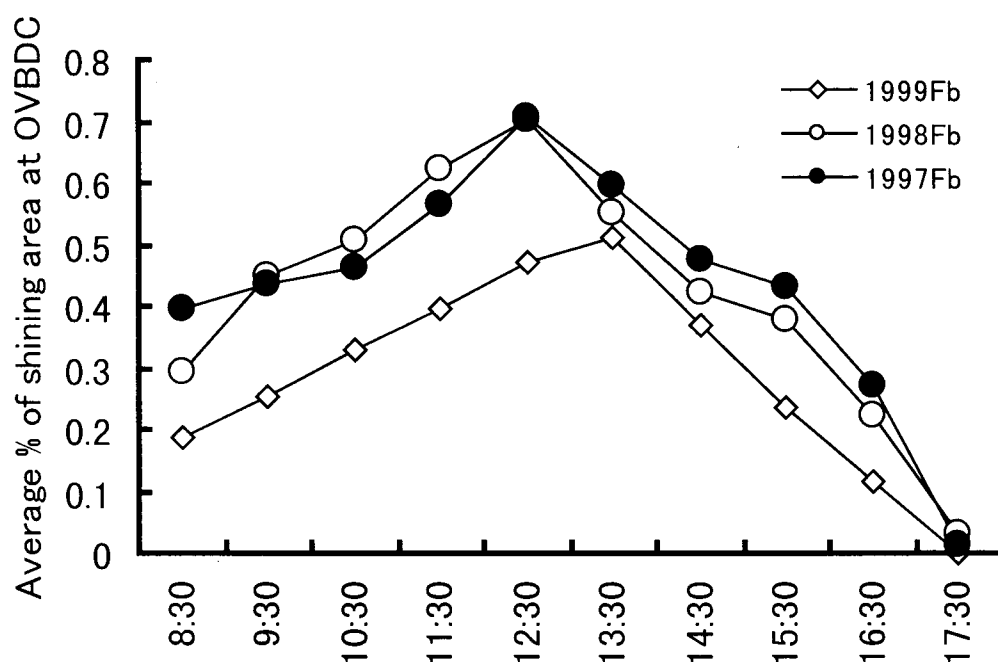


図 12 OVBDC 敷地内の平均日当たり面積の日周変化

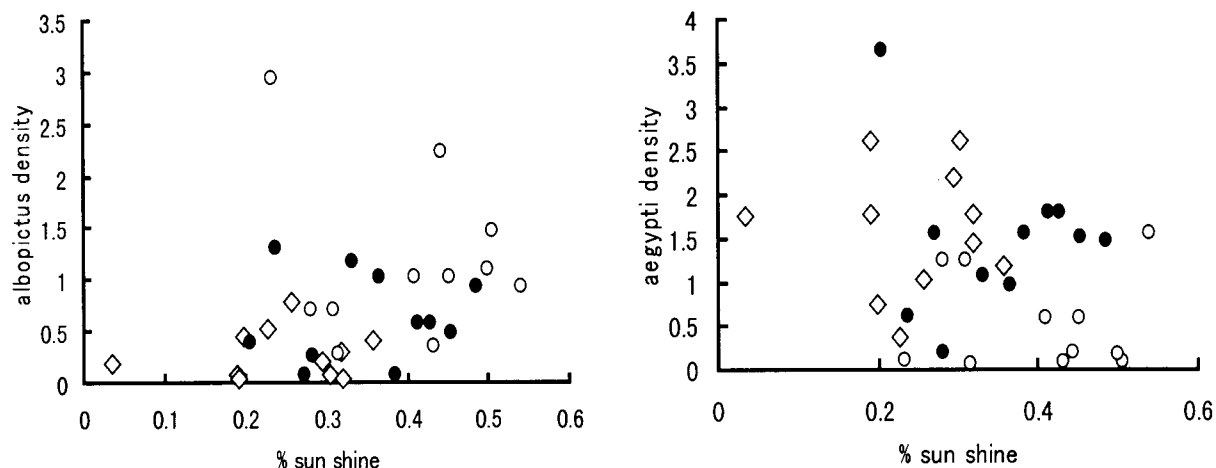


図 13 Ovi-trap 周辺の平均日当たり面積と幼虫発生密度の関係。
(○:1996 年、●:1997 年、◇:1998 年の調査結果)

3) 北部タイ(チェンマイ)におけるデング熱媒介蚊の生態

チェンマイ市のタイ国保健省第2地域昆虫媒介性疾患防除所では、敷地内に設置された古タイヤより発生するボウフラの季節消長および発生場所の水質、照度、水温などの環境条件について 1992～1994 年にかけて2年間の継続調査を行っている。この調査結果を基に、古タイヤでの季節的発生消長、発生頻度と発生場所の環境条件との関係を分析した。

幼虫調査は、原則として、毎週1回行い、47個の古タイヤからサイホンで約 300ml の水を吸い出し、水と共に採集されたボウフラの数を種毎に数えた。また、ほぼ3週間毎にそれぞれのタイヤから採集された水の温度、化学的酸素要求量(COD)、pH、 NO_2 、 NH_4 の濃度とタイヤ周辺の照度を測定した。

水質に関係するパラメーターは、調査日毎の平均値を求め、また時間的な変化については、分散分析を行ってその有意性を調べた。

ボウフラの発生していた古タイヤの数には、明らかな季節的な変化が見られた。ヒトスジシマカの発生していたタイヤの数は、ネッタシマカの発生していたタイヤの数よりも常に多かった。ネッタシマカが多数の古タイヤで採集された期間は雨期前半の6～8月で、雨期の後半には発生頻度はかなり低くなった。一方ヒトスジシマカの発生頻度は雨期後半にも極端には低下せず、乾期に最も低くなった。水温は乾期に最低となったが、年間を通じて 18 度以下になることはなく、したがって気温条件としては蚊の増殖は1年中可能であると思われた。平均幼虫密度は、ネッタシマカが 0.12(頭/タイヤ/調査)でヒトスジシマカのそれは 0.49 と有意に高かった($t=12.06$, $p<0.001$)。

水質にも時間的な変化が観察されたが、ネッタシマカとヒトスジシマカの季節的な変化と対応した変化を示すパラメーターはなく、水質の変化によってボウフラの季節消長を説明することはできなかった。ネ

ツタイシマカの発生頻度が雨季の後半に低くなる原因に関しては、今回の分析では明らかにならなかった。 Deng 熱媒介蚊としてはネツタイシマカの重要性が高いので、この点に関しては今後さらに分析的な調査を行う必要があるだろう。

各タイヤ毎に調査期間中にネツタイシマカの発生した頻度、ヒトスジシマカの発生した頻度、タイヤに水のあった頻度、および水温、照度、水質の平均値を計算した。さらに、ネツタイシマカとヒトスジシマカのそれぞれについて、タイヤ間のボウフラ発生頻度の違いとこれら7つの環境パラメーターの関係について重回帰分析を行った(表 16)。ネツタイシマカの場合、統計的に有意なパラメーターはタイヤに水のあった頻度と平均照度で、これらのパラメーターによってネツタイシマカの発生頻度に見られたタイヤ間の変異の約30%が説明された。ネツタイシマカの幼虫は周辺の照度が小さく、安定して水のあるタイヤに多く発生していた。ヒトスジシマカの発生頻度に見られたタイヤ間の変異を説明するパラメーターとしては、タイヤに水のあった頻度と平均照度に加えて平均CODも統計的に有意で、これら3つのパラメーターによって全体の変異の約58.8%が説明された。ここで注目したいのはネツタイシマカと異なり、標準偏回帰係数が正の値であり、ヒトスジシマカの発生頻度と平均照度の関係は正の相関を示す点である。つまり、ヒトスジシマカの幼虫は、比較的明るいところにあつて安定的に水があり、有機物の比較的多いタイヤに多く発生すると言うことができる。

重回帰分析で示されたネツタイシマカとヒトスジシマカの発生場所の環境条件の違いを、両種に共通する2要因(タイヤに水のあった頻度と平均照度)を横軸、縦軸にとった図14に示した。図中の点は、各古タイヤの値を示している。白四角は、ネツタイシマカもヒトスジシマカも1~4回しか発生が見られなかった古タイヤを示している。これに対して、白丸は、両種ともに5回以上発生した古タイヤを示している。また、黒丸はヒトスジシマカのみが5回以上発生し、ネツタイシマカは1~4回しか発生しなかった古タイヤを示している。ネツタイシマカの発生頻度の高い古タイヤは、図中の右下に集中していることがわかる。これに対してヒトスジシマカが高い頻度で発生した古タイヤは、ネツタイシマカの場合に比べてより広い範囲に分布しており、タイヤに水のあった頻度と平均照度の2要因で両種の発生場所の違いをある程度示すことができることがわかる。ただし、重回帰分析の結果に示されているように、これらの要因によって説明されるのは、発生頻度に見られるタイヤ間の変異の30%(ネツタイシマカの場合)と58.8%(ヒトスジシマカの場合)であることから、これらの要因よりも重要な要因があることが予想される。

表 16 ネツタイシマカ、ヒトスジシマカの発生頻度と7つの環境要因*
の重回帰分析の結果

種類	要因	標準偏回帰係数	重相関係数
ネツタイシマカ	平均照度	-0.211	0.594
	水の入っていた頻度	0.502	
ヒトスジシマカ	平均照度	0.227	0.767
	水の入っていた頻度	0.646	
	平均 COD	0.297	

* 水温、照度、水の入っていた頻度、pH、COD、NO₂、NH₄

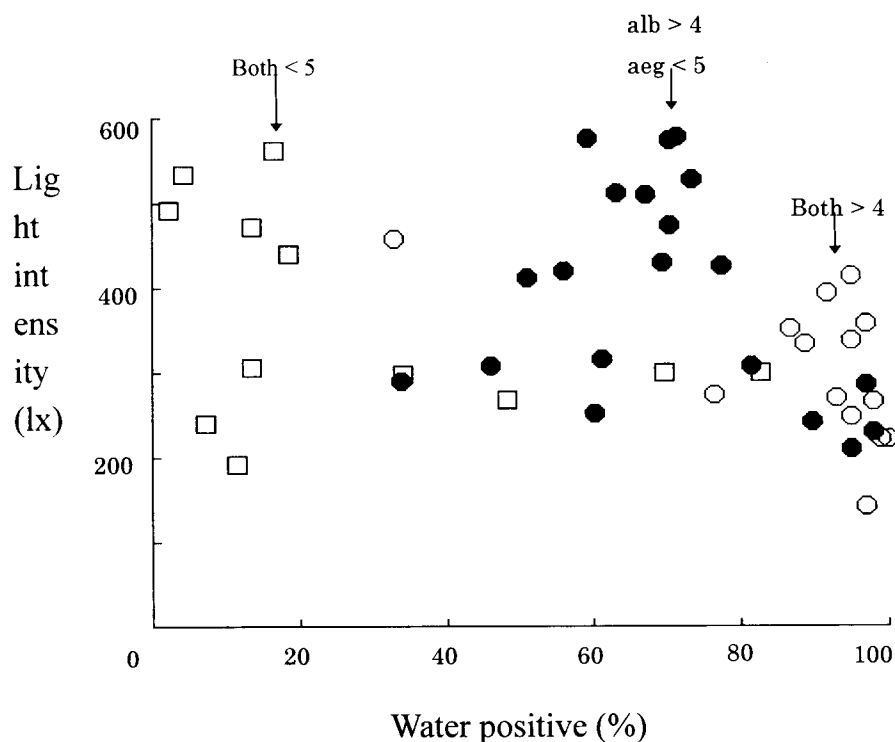


図 14 ネットアイシマカ及びヒトスジシマカの発生頻度と古タイヤに水の入っていた頻度及び平均照度との関係。

ネットアイシマカとヒトスジシマカの種間の相互作用に関しては、競争関係の有無について種々の報告がある。ここでは両種の幼虫発生について毎回のデータが独立であると仮定して、両種の在・不在に関する分割表を作成し、分割表に基づいて関連係数 (the coefficient of association, C_g , Hurlbert, 1969) を計算した (表 17)。両種の関連係数は正で統計的に有意 (0.154) であった。正の関連係数は現象的には両種が同じ古タイヤに発生する傾向があることを示しており、競争的な関係から予想される排他的分布にはなっていないことを意味している。

表 17 ネットアイシマカとヒトスジシマカの在・不在に関する分割表

		ネットアイシマカ	
		在	不在
ヒトスジシマカ	在	69	331
	不在	110	953

関連係数 (C_g) = 0.154 ($\chi^2=12.258$, $p<0.05$)

5. まとめ

デング熱媒介蚊の最重要種であるネッタイシマカは人家の周辺にある水容器で簡単に発生し、好んでヒトを吸血するという性質を有するといわれているが、詳細についてはなお不明の点が多い。世界規模で進行しつつある人口の増加と都市化の進展、そして多くの途上国で見られる都市化に追いつけない社会基盤(特に上下水道)整備の不良と劣悪な生活環境の増加、そして気温上昇によって拡大していくと考えられるデング熱について、実験室実験並びに野外実験、さらには既存データの解析を通じて、地球温暖化の影響予測を行うための基礎データの蓄積を行った。

1) デング熱流行並びに媒介蚊の生息状況に関する資料の収集解析調査においては、中国、タイ国における過去の流行記録に基づき、年次推移あるいは季節変化に着目し気象条件等との関連性について検討した。季節変化については、明瞭なパターン、すなわち夏季(高温期、雨季)に流行のピークを示す結果が観察されたが、経年的な変動からは明瞭な傾向は認められなかった。近年の異常気象(エルニーニョ、等)と突発的な流行の関連を指摘する報告も散見されるが、今回の調査研究からははっきりとした結論は得られなかった。

2) デング熱媒介蚊の生育に関する実験的研究においては、①媒介蚊の生育実験と②標識再捕獲法による媒介蚊日生残率の推定のための野外実験(海南島、タイ、石垣島)を実施した。また、生育実験においては、異なる温度条件下におけるデング熱媒介蚊の成長に関する実験的研究(中国海南島)とともに、長崎大学熱帯研究所敷地内において約1年間自然条件下での发育(幼虫～蛹まで)実験を実施した。

まず、ネッタイシマカ及びヒトスジシマカを対象に異なる温度条件下(25℃、27℃、29℃)での发育実験(幼虫～蛹～羽化)については、发育速度に関しては、従来の報告と比べて、ネッタイシマカは蛹化速度、羽化速度ともやや遅い傾向を示し、逆に、ヒトスジシマカでは蛹化速度、羽化速度とも早い結果が得られた。なお、今回の飼育温度範囲(25℃～29℃)においても、それほど明瞭ではないが、飼育温度が高くなるにつれ发育速度が早くなる傾向が示された。また、蛹死亡率、性比においても飼育温度により若干の変化が観察された。

次に、生残率に関しては、両種ともいずれの温度条件(25℃、27℃、29℃)においても著しく長い生存期間が観察された。気温との関連についてみると、いずれの種・性においても、25℃に比べて27℃では生存期間の明らかな延長が観察されたが、29℃においてはヒトスジシマカの雌を除き27℃よりも生存期間が短縮していた。平均寿命についてみると、ヒトスジシマカの雌(29℃の方が若干長い)を除き、27℃が最も長かった。このことは、実験室レベルではデング熱媒介蚊の发育・生存に対して至適温度が存在し、過度の高温では生存期間が短くなることを示唆する結果である。

次に、長崎大学熱帯医学研究所敷地内で実施した幼虫发育実験(ネッタイシマカ、ヒトスジシマカ)についてであるが、1998年1月から12月まで1年間、1ヶ月おきに実施した。ネッタイシマカは4月から10月下旬まで幼虫の发育が可能で、この期間の蛹化率は80%以上であった。平均发育日数はヒトスジシマカの3系統よりも常に短く、8月には平均6.9日で蛹化した。ネッタイシマカとヒトスジシマカの違いが最もはっきりと観察されたのは3月であった。ネッタイシマカ幼虫はまったく发育できず、実験開始後2週間で全て死亡した。これに対してヒトスジシマカの3系統は、47～48日かかって38～56%が蛹にな

った。実験期間中の温度変化と対応して考えると、ネッタイシマカの発育が可能となった4月初めは、最低気温が10度以上、日平均気温は15度前後であり、3月の平均気温9.5度と併せて考えると、これがネッタイシマカ幼虫の発育限界温度に関するひとつの目安と考えられた。

次に、標識再捕獲法による媒介蚊日生残率の推定のための野外実験(中国海南島及び北部タイ)についてであるが、各実験で観察された再捕獲個体数の時間的变化は、放逐直後に最も多くその後徐々に減少し、放逐後4日あるいは5日目に再び増加して2つ目のピークに達した。ネッタイシマカの再捕獲率は97年2月に実施された北部タイMaeTaengでの結果(14.67%)を除けば、おおよそ2~7%であった。ヒトスジシマカに関しては中国海南島の98年3月のデータだけであるが、再捕獲率は1.5%であった。再捕獲個体数の対数値に回帰直線をあてはめ、得られた回帰係数を用いて生残率の推定を行った。ネッタイシマカの生残率は0.678~0.819と比較的高い値であった。乾期と雨期を比較すると雨期の方が若干高い生残率であった。ネッタイシマカとヒトスジシマカの両種を放逐した中国海南島での実験では、両種の生残率はネッタイシマカが0.678、ヒトスジシマカが0.687とほぼ同じ値であった。しかしながら、再捕獲率はネッタイシマカが約7%であるのに対して、ヒトスジシマカは約1.5%であった。この結果は、放逐場所が同じであってもその後の分散様式が種によって異なり、ネッタイシマカの方が人家周辺や屋内に多く留まることを示している。生残率より期待余命を求めたが、ネッタイシマカでは乾期には2.57~3.12日、雨期には3.16~3.83日と雨期にやや長くなることが示唆された。いずれの結果も実験室での結果とは大きく異なるものとなった。

3) デング熱媒介蚊の生態に関する野外調査研究については、海南省熱帯病防治研究所及びタイ国北部チェンマイ市の昆虫媒介性疾患防除所の協力を得て、海口市近郊並びにチェンマイ近郊の、自然環境、社会環境の異なる数地区においてデング熱媒介蚊の生息状況調査を実施した。

タイ国において実施した調査結果から、調査実施地域によりデング熱媒介蚊の発生状況に非常にはっきりした違いがあること、また同じ地域(村)であっても幼虫や成虫の発生には偏りが見られること、が明らかになった。次に、これらの地域の環境条件にどのような違いがあるのかについて検討するとともに、人家周辺におけるネッタイシマカとヒトスジシマカの局所的な分布の違いについてOvi-trapによる3年間(1996年~1998年)のヤブカ類発生調査結果を用いて分析を行い、以下の結果を得た。

(1)両種幼虫の季節消長については、ネッタイシマカ幼虫数は変動しているものの、調査期間全体を通じて一定のレベルで上下していた。一方、ヒトスジシマカの幼虫発生数は12月から1月にかけて明らかに減少しており、発生密度の最も高かった地域では7月にピークを持つ一峰性の季節消長が観察された。

(2)調査地域の環境条件についての検討により、環境パラメーター(家の周辺に生育している樹木の高さ、家間の平均距離、庭が植物で覆われている割合、他)のいくつかが媒介蚊の消長に関連をもつことが示された。