

バンクロフト糸状虫症の伝搬に関わる アカイエカの役割に関する実験的研究

第1報 27°C 及び 25°C で飼育した感染蚊の体内に於ける
フィラリア幼虫の發育, 分布及び生存数について

長崎大学風土病研究所衛生動物学研究室

大 森 南 三 郎
おお もり なん ざぶ ろう

緒 言

吾国では、バンクロフト糸状虫の中間宿主としてアカイエカが最も適当な蚊であることが望月(1910, 1911), 山田(1927), 小林(1940), 山下(1953, a, b), 外山(1956), 等によつて実験的に証明されており, 自然感染率も他の蚊に比して特に高率であることは山下(1951), 長花等(1954-1955), 大島(1956)等によつて明らかにされてきた。然し蚊体内に於けるフィラリア幼虫の生態に関しては尚不明の点が多く, 宿主と寄生虫の生物学的な関係, 或は蚊が糸状虫症の伝搬上果している疫学的な役割については実験的に究明すべき幾多の問題が残されている。著者はこれらの諸問題を解決するために, 27°C 又は 25°C 恒温室内で感染せしめたアカイエカを33, 30, 27, 25, 24, 22, 18, 16, 13及び 10°C 等の各種の恒温度及び冬期の室内, 室外の自然温度下で飼育して, これらの温度がフィラリア仔虫及び幼虫の發育, 生存に及ぼす影響を調べ, 更に第Ⅲ期幼虫の蚊体内に

於ける分布, 感染量と蚊の生存期間との関係等を追究すると共に, この間雇備した患者の内, 延17名について仔虫保有数と蚊の摂取する仔虫数との関係を調べ, 人末梢血流中に於ける仔虫の分布様式について, 個体群生態学的な立場から吟味を行つて幾多の興味ある知見を得たのでその結果を順を追つて報告する。

本研究は昭和27年から29年迄は人糸状虫研究班の一員として, 30年から32年迄は人畜糸状虫班員として文部省科学研究費の補助を受けて行つた。ここに記して謝意を表する。

本報はその第1報として, 27°C 及び 25°C 接触中の蚊体内に於けるフィラリア幼虫の生態に関する知見をまとめたものである。25—27°C の温度はフィラリア幼虫の發育上最適範囲にあつて, これらの温度下での観察結果は, それ以上或は以下の温度下での実験結果を批判する場合の基準となり得るので稍詳細に記述しておきたい。

実験材料と方法

夏期は, 温室及び孵卵器を使用して各種の定温度を得ることが吾々の研究室の条件下では稍困難であり, 蚊の生存期間が短縮して死亡率が高くなり多数の材料を得ることが容易ではないので, 実験は主に秋に始め冬期から春にかけて行つた。感染実験を行つた温室(内径180×180×180cm)内の温度は大體

27±1°C 及び 25±1°C を得たが, 湿度は自動的に調節出来ず, 乾燥時にはビニールの内面に散水したもので蔽つて飼育籠内を大體65~85%に保つことができた。

実験に供した蚊はすべてアカイエカ, *Culex pipiens pallens* Coquillett, 1898 で長崎県諫早市内

の、蕎麦軒の飲食店からの下水が流れ込む下水池で夥産する蛹を採集し、20×20×30cmの針金の枠を絹布の袋の中に入れて飼育籠中に収容して温室内で羽化させ、♂を除いて数日絶食させた。吸血はバンクロフト糸状虫、*Wuchereria bancrofti* (Cobbold, 1877)の仔虫保有者を温室内で仰臥させ下腿を、200個体の絶食♀蚊を収容した上記飼育籠中に入れさせ、22.00'～24.00'の間に約1時間静止させて行つた。吸血中温室内を暗黒にした場合と2燭光の赤色電球1個を点けた場合とがあるが吸血率は殆んど変わらないので多くは後者の薄暗い条件下で籠に黒布を蔽つておいた。約1時間中に充分或は殆んど満腹した蚊は吸血直後、飼育籠の大小に応じて30～100個体ずつ別の籠に入れ、2～5%砂糖水を浸した脱脂綿をその中に吊り毎日うすい砂糖水を追加注入して蚊がいつでも吸水できるようにしておいた。

蚊体内に於けるフィラリア幼虫の發育の過程を追究する場合には、感染血摂取後の蚊を毎日數個体ずつ双眼実体顕微鏡下で生理的食塩水中で剖検してフィラリア仔虫及び幼虫の生死、体長等を測定し、乾燥後ギムザ染色を行つて再検した。一方、フィラリ

ア幼虫の發育及び生存に及ぼす温度の影響を見る場合には、その温度に接触させた一群の感染蚊が自然に死に或は死に瀕したものを毎日取り出して上記の様に剖検し、最後の蚊が自然死を遂げる迄実験を続けた。

ギムザ染色後の水洗は、人血液の厚層標本の場合には行つたが、感染蚊の塗抹標本では、仔虫や幼虫の流失を防ぐためにこれを行わなかつた。染色後水洗しない標本は温暖の頃にはすぐ黴が生えるのでナフタリンとクレオソートで防黴した茶箱中に保存した。

フィラリア仔虫及び幼虫の体長の測定には、Micrometerを使用したが本報告中の表及び図に示すMicrometer scale即ち格子数とは双眼実体顕微鏡の接眼レンズ下に挿入した格子状マイクロメーターで測定した値であつて、オリンパス双眼実体顕微鏡の12.5×3のレンズ組合せの場合に1格子=0.170mmに相当する。格子状マイクロメーターは曲りくねつた虫体の長さを測定するのに、物差状のものよりも便利であるので全実験を通じて虫の体長はこの意味の格子数で示すことにした。

実 験 成 績

蚊が摂取した仔虫が感染幼虫になる迄の変態の仕方及び各發育期の特長等は山田(1927)、Feng(1933)、小林(1940)等によつて詳細に報告されているが、生態学的に、飼育温度との關係に於てその發育過程、發育停止の時期或は死期を追求していく場合にはⅠ、Ⅱ及びⅢ期の發育階梯を更に細分することが望ましいので第1表に示すように区分した。然し実際にはこの区分は困難な場合も、不正確を免れない場合もあつて、生理的食塩水中で剖検した生の標本について体長を測定する場合と染色標本についての場合とでは差があり、特に死体や溶解しつゝある虫体或はキチン化したものを測定する場合には令期すら識別できない場合がある。このような場合には虫体の外見とその時の体長とから令期及び細分した發育期を著者の経験に徴して推定した。

A. 27°Cでの実験成績

第1表に示すような細分の仕方に従つて、27°C内で飼育、羽化、絶食せしめた後感染血を摂取させ

た一群の蚊体内でのフィラリア幼虫の發育状況を示すと第1図の通りである。

第1図は27°C接触中の最短の發育過程を半模式的に示したものであるが、実際には同一♀蚊に摂取された仔虫の中にも速かに發育するものから發育が遅れ或は發育の途中で死亡するもの迄可成りの個体差がみられる。

図に見られるようにⅠ期の期間は比較的長く6、7日後にⅡ期に到達する。Ⅱ期は成長が非常に速かであり、著しい成長の個体差を生ずる。最も早く成長するものは感染後11日目の蚊体内でⅢ期に到達し、12日目に感染幼虫となる。然しこゝに注意しなければならない事は各發育期の区別である。実際には、第ⅠとⅡ期及び第ⅡとⅢ期の区別が2格子或は7格子に確然と存在するのではなく2格子以上或は以下でⅡ期になるもの、7格子以上或は以下でⅢ期となるものが屢見られる。特に後者の場合には8格子以上或は6格子位のⅢ期幼虫が見られる事も稀にはあ

Table 1. Diagnosis of developmental stages of filariae in *Culex pipiens pallens* by external appearance

Stage	Sub-stage	Body length		Width in mm	Remarks (see also below)
		in micro-meter scale	in mm		
I	a	1.4-1.8	0.238-0.306	0.0063-0.0081	
Exsheath					
I	b	1.8-1.1	0.306-0.187	0.0067-0.0124	Shortening and gradual thickening of the body occur
	c	1.0-0.8-1.0	0.170-0.136-0.170	0.0141-0.0282	The shortest sausage stage
	d	1.1-1.99	0.187-0.338	0.0247-0.0353	Elongation and thickening of the body occur
1st ecdysis					
II	a	2.0-4.0	0.340-0.680	0.0282-0.0371	} II a, b and c are divided only in convenience
	b	4.0-6.0	0.680-1.020		
	c	6.0-7.0	1.020-1.190		
2nd ecdysis					
III	a	7.0-8.0	1.190-1.360	0.0282-0.0176	} From a to b gradual elongation and thinning occur
	b	7.0-11.0	1.190-1.870		

I a : Microfilarial or embryonal stage ends by casting of egg membrane several hours after they reached stomach of the mosquito.

The body length of the II c stage larvae just prior to the second ecdysis vary with individuals from 6.0 to 7.0 or more in micrometer scale. The easy distinction of this from the III stage larvae is in the shape of the caudal end. The former has bluntly pointed conical tail while the latter has three remarkable globular caudal papillae.

Externally, III a and b can roughly be distinguished by a longer and more slender appearance of the latter.

る。このような場合にも形態を調べる目的で特別に作った標本では勿論区別できるが生態学的に多数の蚊について剖検し、簡単のためにギムザ染色をした標本では区別が困難な場合が屢あり特に第3報以下で述べるような各種の不適温度に接触させた場合には発育途中死亡してよく染色されなくなつたり、変形したり溶解し始めたりして区別できない場合が多い。このような場合には既述したように外見、体

長、体巾等から令期を推断した。

以上の発育過程を基準として、Lot No. 71の38個体の感染血摂取蚊について、自然に死んだ或は死に瀕した日に剖検して、体内のフィラリア幼虫の発育期、寄生部位及びその個体数を調べ一定期間毎にまとめた結果を示したのが第2表である。

表に示した期間の区切り方は、感染血摂取後幼虫が成熟する迄の11日間、その後の10日間毎及び最後

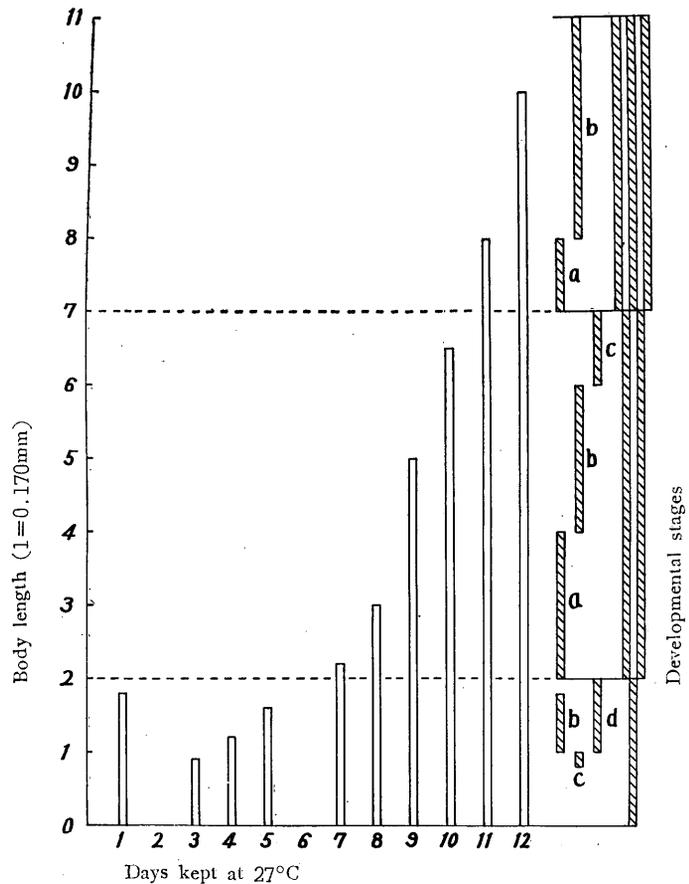
の13日間に分ち、その間に起る生態の変化を比較し得るようにした。但し、最後の期間はその間に死んだ蚊の数が少なくとも5, 6個体以上になるようにした。この実験に於て自然に死んでいつた38個体の夫々について仔虫及び幼虫保有数は示さないが一、二の特例について述べておく。フィラリア幼虫の最多数を保有していた蚊は第1群に属する♀ No. 12で感染血摂取後9日目に異常行動(主としてⅢ期幼虫の多寄生を受けた時に見られる気違いじみた行動で詳しくは考察の項で述べる)が見られたので剖検した所 | b が3, | c が5, | d が89, || a が19隻、計116隻が胸筋内で発見された。これに次いで多数に保有していたものは第2群に属する♀ No. 15で13日目に死亡したのであるが | b 2, | d 1, || a 13, || b 14, || c 3 及び ||| a 13, ||| b 8 隻即ち未成熟幼虫33隻とⅢ期幼虫21隻とを保有していた。これとは逆に全く仔虫及び幼虫の発見されなかつた蚊は第1群中, 1, 第3群中1, 第4群中2, 計4個体で38個体の10.5%に当る。

第2表に示した数字から各群毎の | + || 期、Ⅲ期及び全幼虫数の夫々の1♀平均並びに最後の全平均(11.3)に対する割合を示したのが第3表である。

第3表から分るように1♀平均の幼虫保有数は、早く死んだ蚊群に於ける程多く、長く生存するもの程その数が次第に減少していることが窺われる。

次に、Ⅲ期幼虫の分布状態をみるために、第2表に示した各群のⅢ期幼虫が蚊体の5部分即ち肢、腹部、胸部、頭、及び吻に分布する数の百分率を出し、その信頼限界を信頼度60%で示すと第2図のようになる。第4群即ち感染血摂取後32-44日の間に死亡した蚊の数は少ないので信頼巾が広くなつて明確を欠くが、全体としてみると胸と腹部には有意的に多く分布している事が分る。然し胸と腹部間及び

Fig. 1 Development of the larvae at 27°C

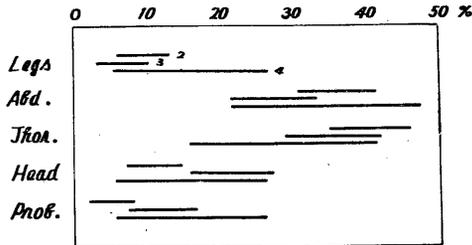


肢、頭、吻間には有意差は認められない。興味のあることには、蚊の同一部位に於ては各群内即ち日数の経過に伴う差が殆んど認められないことである。

B. 25°C での実験成績

25°C 温室内で、蛹から羽化させ、絶食後、感染血を摂取させた蚊体内でのフィラリア幼虫の發育状況を、感染後毎日数個体ずつ剖検して追究した成績から半模式的に作図したのが第3図である。この図から分るように 25°C では蚊の感染血摂取後8, 9日目に幼虫はⅡ期に到達し、その後急速に成長して12, 13日目にⅡc期に到達し、14日目にⅢa期、15日目に始めて感染幼虫となる。然し、27°C の場合にも述べたように、蚊の個体により、又、同一♀体内に於てもフィラリア幼虫の個体によりその發育に著しい差が見られる。例えばⅡc期でありながら体長が7.5, 時に8.0格子以上のものが認められる。この事は既に述べたように 27°C に於ても認められた

Fig. 2 60% confidence intervals for population percentage number of third stage larvae in five parts of the body of mosquitoes at 27°C



Remarks : 2, 3 and 4 of each three lines represent the group No. indicated in Table 2

が 25°C では发育が幾分徐々に進行するために個体差がより明らかに認められるので第 3 図には II c を 7 格子を越えて 7.5 格子迄延長して示してある。

次に第 3 図に示したような发育基準に基づいて、25°C 内で羽化、絶食、感染させ引き続きこの温度で飼育した Lot No. 94.3, 4 の 116 個体が自然に死に又は死に瀕した時に剖検した結果を第 4 表に示した。感染血摂取後の経過日数の区別は、27°C の場合と同様の意図によつて、未成熟期の 13 日、III 期幼虫が出現してからの 10 日間毎及び最後の 42 日間とし、表には夫々の期間内に剖検した 6 ~ 62 個体の蚊

Table 2 Number of filariae found in mosquitoes which died naturally within each successive interval at 27°C

Group No.	Days after infective meal		Natural death of mosquito		No. of filariae of each stage found in mosquitoes											Grand total of filariae					
	Interval	days	within the indicated days after infective meal	No.	I			II			Total of I + II	Distribution of III (a and b)									
					b	c	d	a	b	c		Legs	Abd.	Thor.	Head		Prob.	Total			
1	1-11	11	3-11	14	49	28	126	27	6	3	239										239
2	12-21	10	13-21	6	2	0	3	17	14	3	39	6	24	27	7	3	67				106
3	22-31	10	23-31	10	7	0	0	4	3	1	15	3	14	18	11	6	52				67
4	32-44	13	32-44	8	0	0	0	1	0	0	1	2	5	4	2	2	15				16
1-4	1-44	44		38	58	28	129	49	23	7	294	11	43	49	20	11	134				428

- Remarks: 1) Mosquitoes (Lot No. 71) allowed to emerge from wild caught pupae were exposed to a patient during from 21.30' to 22.30', November 29, 1953 in a rearing room of about 27°C and 65-85% R. H.
- 2) Mean No. of Mf per 20cmm from peripheral blood of the patient before and after the feeding of mosquitoes was 122.5 and the expected No. of Mf which would be taken up by an engorged female mosquito was 40.8.
- 3) Mosquitoes which died or were dying within a day were dissected for filariae every day.
- 4) The filariae belonging to the I and II stages, excepting some of I b being found in abdomen, were all found in the thorax.
- 5) Five third stage larvae were found very active in the last mosquito which was dying on the forty-fourth day after infective meal.

Table 3 Decrement in number of filariae in successive groups (shown in Table 2) at 27°C

Group	No. mosq.	I + II		III		I + II + III		
		No.	Per ♀	No.	Per ♀	No.	Per ♀	Its ratio to mean
1	14	239	17.1			239	17.1	1.51
2	6	39	6.5	67	11.2	106	17.7	1.57
3	10	15	1.5	52	5.2	67	6.7	0.59
4	8	1	0.1	15	1.9	16	2.0	0.18
Total	38	294	7.7	134	3.5	428	11.3	1.00

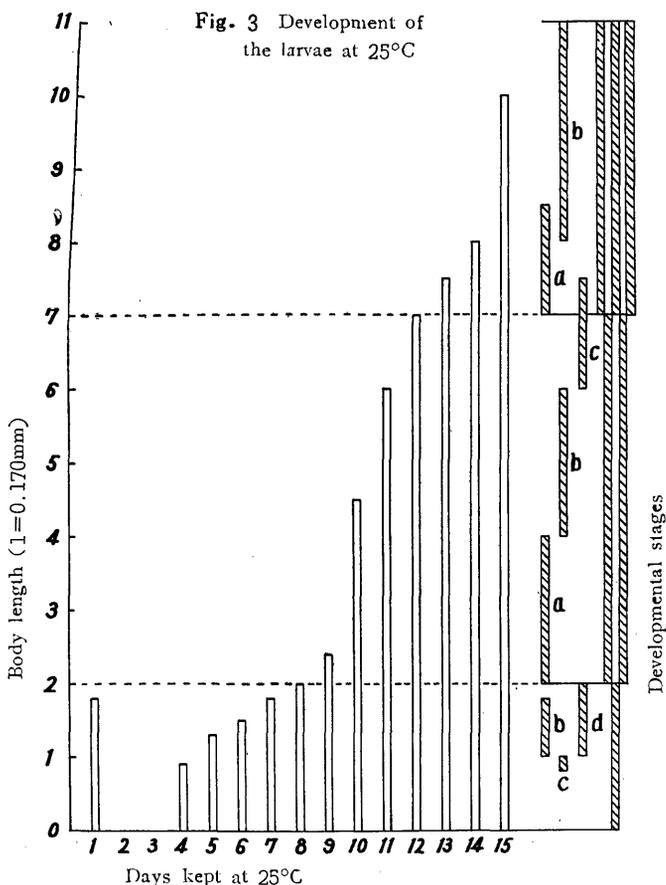


Fig. 3 Development of the larvae at 25°C

体内で発見されたフィラリア幼虫の各群毎の合計数を示してある。本実験に於て1♀体内に最多の幼虫を保有していた蚊は第2群中の感染後17日目のものと、18日目のもの及び第3群中の24日目に死亡したものと計3個体で、共に26隻を保有し、未成熟幼虫とⅢ期幼虫との割合は夫々2, 24 : 2, 24及び4, 22隻であつた。このように最高の保有数が27°Cの場合に比して少なかつたのは、吸血前後に於ける患者の20cmm中の平均仔虫数が30.8隻で、1♀の摂取予想数が10.3隻に過ぎなかつた事によるものと思われる。これらの3個体の内、前2者は死亡前異常行動を示したが後者については不詳である。一方仔虫及び幼虫を全然保有していなかつた蚊は第1, 2, 3, 4及び5群中2, 2, 1, 2及び1, 計8個体で全蚊数116個体の6.9%に当る。

第4表の数字から、I + II,

Table 4 Number of filariae found in mosquitoes which died naturally within each successive interval at 25°C

Group No.	Days after infective meal		Natural death of mosquito within the indicated days after infective meal	No.	No. of filariae of each stage found in mosquitoes									Grand total of filariae				
	Interval	days			I			II			I + II	Distribution of III (a and b)						
			b	c	d	a	b	c	Legs	Abd.		Thor.	Head	Prob.	Total			
1	1-13	13	2-13	6	0	34	18	2	2	1	57							57
2	14-23	10	14-23	62	0	0	0	15	35	16	66	70	83	141	89	111	494	560
3	24-33	10	24-33	28	0	0	2	10	8	1	21	20	48	42	54	35	199	220
4	34-43	10	34-41	14	0	0	0	0	4	1	5	4	6	11	8	7	36	41
5	44-85	42	46-85	6	0	0	0	0	1	0	1	0	5	10	0	1	16	17
1-5	1-85	85		116	0	34	20	27	50	19	150	94	142	204	151	154	745	895

- Remarks: 1) Mosquitoes (Lot No. 94.3 & 4) allowed to emerge from wild caught pupae were exposed to a patient during from 23.00' to 24.00', November 6, 1955 in a rearing room of about 25°C and 65-85% R. H.
 2) Mean No. of Mf per 20cmm from peripheral blood of the patient, before and after the feeding of mosquitoes was 30.8 and the expected No. of Mf which would be taken up by an engorged female mosquito was 10.3.
 3) and 4) The same as those shown in Table 2.
 5) No larvae were found in the last mosquito which died on the eighty-fifth day after infective meal, but in the last but one mosquito which died on the eightieth day of the meal, three very active third stage larvae were found.

Table 5 Decrement in number of filariae in successive groups (shown in Table 4) at 25°C

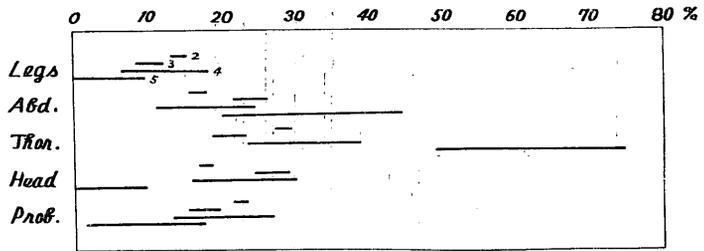
Group	No. mosq.	I + II		III		I + II + III		
		No.	Per ♀	No.	Per ♀	No.	Per ♀	Its ratio to mean
1	6	57	9.5			57	9.5	1.23
2	62	66	1.1	494	8.0	560	9.0	1.17
3	28	21	0.8	199	7.1	220	7.9	1.03
4	14	5	0.4	36	2.6	41	2.9	0.38
5	6	1	0.2	16	2.7	17	2.8	0.37
Total	116	150	1.3	745	6.4	895	7.7	1.00

Ⅲ及びⅠ+Ⅱ+Ⅲ期幼虫の各群毎の1♀平均数並びに最後の、その平均(7.7)に対する割合を示すと第5表の通りである。この表からも、早く死亡した蚊群に於ける程、保有するフィラリア幼虫の数が多く、長く生存したもの程その数が少なくなっていることが窺われる。

次に、蚊体内でのⅢ期幼虫の分布数の百分率の信頼限界を信頼度60%で示すと第4図の通りとなる。

第4図からⅢ期幼虫は胸部に稍多いこと、吻、頭、腹部間には大差のないこと及び感染後の経過日

Fig. 4 60% confidence intervals for population percentage number of third stage larvae in five parts of the body of mosquitoes at 25°C



Remarks : 2, 3, 4 and 5 of each four lines represent the group No. indicated in Table 4

数と蚊体各部に分布するⅢ期幼虫数の百分率との間に一定の傾向が認められないことなどが分る。

考 察

各種温度に於ける感染蚊体内でのフィラリア幼虫の発育状況を予備的に追究した結果から27°C-25°Cが最適温であることを知つたので、第3報以下で報告する総ての感染実験に使用した材料は27°C又は25°C恒温室内で蛹から羽化させ、数日絶食させた後感染血を摂取させた直後に各種の実験温度に接触させた。こういう意味でこれら両温度下での実験結果は詳細に記載しておくことが望ましいので以下両温度下での実験結果を比較しながら考察を加えたい。

- (1) フィラリア幼虫の発育状態と発育途中の死亡並びに幼弱幼虫の多寄生が蚊の生存に及ぼす影響について

27°Cでは25°Cに於けるよりも3日早く

感染幼虫となるが、何れの場合にも仔虫がⅡ期となる迄には全発育期間の1/2以上の日数が必要であつて蚊に摂取された仔虫が脱鞘し移動して第1回の脱皮をなし得る迄に生理的、形態的に著しい変化の起ることゝ符合する。適温下で少数寄生の場合にはⅠ期幼虫の死亡の少ない事は第4表の第2群以下でⅠ期幼虫が殆んどみられない事でも分る。然し多寄生の場合には発育が遅れ終に死亡するものがでてくる。第2表の第2,第3群にもⅠ期幼虫がみられるのはそのためだと思われる。第2及び第4表の第2群では既に感染幼虫が現われてきているから第2群以下に見られる幼弱幼虫は発育が遅れたものである。勿論、同時に摂取された仔虫が揃つて発育して行くもの

ではなく、特にその数が多い程發育の個体差が顯著に現われてくる。發育の遅れた幼虫はしばらくは生存しているがその内に死亡するものが多い。第3及び第5表の第2群ではⅠ期幼虫は既に死亡しているがⅡ期幼虫は尚生存している。所が第3群以下ではⅡ期幼虫も死亡しており、既に溶解し始めているものもある。

第Ⅱ期の幼虫は發育が極めて速かであつて發育の個体差も著しく現われ、發育の遅れたものは次第に死亡していく事は既に述べたがⅠbの時期のものは死後溶解する事が比較的少なく稍完全な形で蚊の胸筋内に残りギムザでよく染まるのが常である。所がⅠc以上特に發育の旺盛なⅡ期のものは死後溶解するものが多い。然しⅡa及びⅡbの或るものは死後黄変し稍堅くなつて長期間溶解せずに胸筋内に残る場合もある。Ⅲ期に到達すると胸筋を出て体腔内を自由に移動し始め1, 2日後には感染幼虫となるが適温下では感染幼虫は蚊が自然に死亡する迄は生存し得ると考えられる。但し後述するように蚊の附屬肢の内部に頭端を突込んだような場合にはそのまま死亡する事がある。

第3及び5表の第1群の数字は感染幼虫が發育してくる以前に自然死を遂げた蚊体内でのフィラリア幼虫数及び1♀平均数を示すものであるが、1♀平均の幼虫保有数は第2群のそれらと比較して同じ位か或は更に大であつて第3群以下と比較すると著しく大である。この事実を逆に考えれば比較的多寄生を受けた蚊が早期に死んでいることを示すものようである。既に述べた27°Cでの実験の第1群に属する♀No. 12は異常行動を示したが体内には合計116隻の幼弱幼虫を保有していた如きは其の好例である。幼弱幼虫の寄生による障害の原因機制については今は説明出来ないが、少なくとも多寄生を受けた場合には蚊の寿命が可成り短縮せしめられるものと考えねばならない。

(2) 患者の仔虫保有数と蚊の摂取する仔虫数との関係について

患者の末梢血の一定量(20cmm)中の仔虫数と満腹♀蚊の摂取仔虫数との関係については第2報で詳しく報告する予定であるが、大体に於ては仔虫の多い患者から吸血させた場合程、蚊の摂取する仔虫数は多いようである。然しこの両者は必ずしも比例的ではない。27°C及び25°Cの実験を行つた11月には自然界で採集される蚊の幼虫や蛹は大きく従つて成虫も大であり吸血量も他の季節のものよりも多く1♀の満腹時の平均血液摂取量は約6.7cmmであるから20cmmの約3分の1の血液を吸う事になる。従つてもし人末梢血液中の仔虫の分布が均等であると仮定すれば20cmm中に含まれる仔虫数の約3分の1に相当する仔虫を1満腹蚊は摂取すると予想され、27°C(第2表)の実験ではその予想数は40.8であり、25°C(第4表)では10.3である。所が実際には前者の場合の38♀についての平均は11.3(第3表)で、後者では7.7(第5表)であつて、前者の場合には予想数と実測数との間に著しい食い違いがみられる。この種の食い違いは同一患者から同一時刻に吸血させた一群のアカイエカの個体間にも普通に見られることであるが、これらの事実は、人末梢血中の仔虫は均等には分布しておらず、大小の群団をなして分布している事を暗示するものである。然し、こゝに興味のあることは、上述のように蚊の個体によつて摂取し得る仔虫数に差があるにも拘らず、各群を単位として1♀平均の仔虫保有数をみると第3及び5表の何れの場合にも日数の経過に伴つて次第に減少していることである。この減少の有様を両実験について比較し得るために各群毎の1♀の幼虫保有数を夫々の総平均である11.3及び7.7で除した商の系列を各表の最右端縦欄に示したが、その減少の割合は27°Cでは急であり、25°Cでは緩である。このことは前者に於て幼虫保有数が後者の場合より大であつて、その数が多い蚊が比較的早く死亡する事と関係があるように思われる。(第3表の第2群が大であることについては後述する)。

(3) 第Ⅲ期幼虫の移動性と組織、器官及び附属肢内への侵入性について

第Ⅲ期幼虫の蚊体内に於ける分布については詳細な報告は少なく、一群の蚊が自然に死んで行く順序に従つて体内分布を調べた成績は全くない。第2及び第4図には夫々 27°C 及び 25°C の場合の各群毎の蚊体内分布の状態が百分率法によつて示されているが既に述べたように 27°C の実験では胸部と腹部に多く、頭、吻、肢間には大差がない。然し 25°C では個体数の少なかつた第5群を除けば胸部に稍多く、吻、頭、腹部の三者間には大差なく肢では多少少ない。この両実験結果を通じてみると胸部と腹部ではその数が比較的多いが、頭部、吻及び肢の何れの部分にも少なからず侵入している事が分る。特に従来全く或は殆んど見逃されていた肢に可成りの感染幼虫が侵入している事実は注意すべきことである。

フィラリア幼虫はⅢ期に達すると移動性につづいて組織等へ侵入する性質が現われてくる。胸筋内でⅢ期に達した幼虫が体腔内を自由に移動するであろうことは、剖検時胸部と腹部の移行部、頸部及び下唇内等に於て全く相反する方位を取つた幼虫が発見される事から想像し得る。山田(1927)はⅢ期幼虫は一旦腹腔内に移動し感染型となるに従つて胸腔から頭部を経て吻に移動するとの見解を公にしているが、この様な方向を持つた移動をなすものでない事は著者の上記の観察からも想像されるが更に、第2及び第4図から分るように、蚊体内各部に分布する感染幼虫数の割合が、感染型に到達した以後の経過日数と特定な関係にないこと即ち、日数が経過する程、頭部や吻内に多く発見されると云うような傾向が認められない事からも明らかである。

移動し始めたⅢ期幼虫が感染型となるにつれて組織内等へ侵入する性質が現われてきて、腿節内へ極めて屢侵入し時に脛節、稀には第3跗節に迄突入している。又、翅の基部内に頭部を突入している場合もある。頭部で

は触鬚の基節内に突入している場合が多く、触角の基部内へ突込んだり、眼球内に入り込んでいる場合もある。吻に侵入する事は周知の事であるが稀には、その末端から体の一部を突き出している場合もある。この様な習性は吻から脱出し人類への皮膚感染を起すのに役立つと思われる。然し翅根部、触角或は触鬚等へ頭端を突込んだものは虫体が生きていてもこゝから引き出すことが困難であり、そのまま死亡しているものも多いので、自ら後退することが出来ず自らの生命を絶つ結果となるのではないと思われる。要するにⅢ期幼虫は体腔内を自由に移動し感染型となるや吻鞘その他体の各部へ侵入し、小穴或はその他の器官、組織内へも突入するものと思われる。

(4) 感染蚊の死期とフィラリア幼虫数との関係について

既に述べたように(第3及び5表)蚊体内のフィラリア幼虫数は蚊の感染後の経過日数と共に減少している事がみられる。その原因として考えられる事は、(a)多寄生を受けた蚊が早く死ぬ。(b)死亡した幼虫が溶解する。(c)感染幼虫が吻端から自然に或は脱脂綿から吸水中に脱出する可能性のある事などである。

(a)多寄生を受けた蚊が早期に死亡する事については既に言及してきたが、第2及び3表並びに第4及び5表から分るように第1群の死亡蚊の中にはⅠ期の c, d 及びⅡ期 a の多寄生を受けて異常行動を示すものがあることは既に述べた通りである。然し多数に異常行動をなす蚊が現れ、これらを剖検してⅢ期幼虫の多寄生を認めたのは第2表の第2群に於てであり、第4表の第2群に於ても同様の傾向が見られた。

著者の云う異常行動とは、蚊体内でⅢ期幼虫が発育して来た頃から数日或は10日位の間(それ以前或は以後にも見られないことはないが)、飼育籠の底板の上に静止していたり、歩き廻つたりして、刺戟を与えても飛び立ち得なかつたり、僅かな距離を飛び歩いたり終には転倒したり起き直つたりなどとす

る異常な或は気違いじみた行動を指すのであつて、正常な蚊が自然に死に瀕した時に示す行動とは明らかに異なる。このような個体は終には死亡していくものが多いが正常な状態に戻るものもある。この様な状態の蚊を13~15°Cの低温に曝すと正常にもどる場合が多い(幼虫の運動が低温のため停止するためと思われる)。異常行動を起した蚊を剖検すると幼虫の多寄生を受けている場合が多いが、時には僅かに数隻のⅢ期幼虫しか発見できない時もある。この異常行動を起す原因機制については既に述べたⅢ期幼虫の移動性と組織内への侵入性が考えられる即ち蚊の運動器官或は感覚器官への侵入、通過或は占拠によるものと考えられる。従つてこの行動が一過性に過ぎることもあり得るし、小数の感染幼虫によつても起され得るが、多寄生を受けた場合にその機会及び度合が甚しくなり致命的な障害を結果する事も多くなる筈である。この現象は一般的には仔虫数の多い患者から吸血させた蚊群に於て、より顕著にみられる筈であつて、27°Cでの実験の第2群の平均隻数が多いことはその好例であるように思う。これに反して、一般的には長期間生存し得た蚊体内には幼虫数が少ないのが当然のように思われる。

(b) 発育の途中死亡した幼虫が溶解するため起きると考えられる幼虫数の減少について。発育途中の幼虫の死亡は不適温度下で蚊を飼育する場合に顕著に現われるが、適温下でも多寄生を受けた場合に多く見られる。

総 括

1) 本報告は昭和27年から32年迄の間に、*Culex pipiens pallens* 体内に於ける *Wuchereria bancrofti* の幼虫の発育、生存に及ぼす各種温度の影響を調べた一連の研究の内、27°C及び25°Cに於ける実験結果をまとめたものである。

2) 蚊体内でフィラリア幼虫が発育を完了するのに、27°Cでは最短12日を要する。その1/2以上の日数は仔虫が脱鞘、移動、変態し

死亡した幼虫が溶解して虫体が認められなくなる事のあることは既に述べたがこの事がどの程度に起るものかについては今の所実証する方法がない。著者は本実験に於ける剖検時と染色標本の観察から溶解した虫体が認められなくなる数はあまり多くはないと考えている。然し例えその数が多くなくとも幼虫数の減少の一因とはなり得る。

(c) 感染幼虫の吻端からの脱出について。感染幼虫を保有する蚊が砂糖水を浸した脱脂綿から吸水中、幼虫が吻端から脱出するか否かを直接証明する事はできなかったが、間接的には次の観察によつて想像することができる。自然に死亡した蚊の吻端から感染幼虫が体の一部を出している事が稀にはある。又、麻酔させた蚊を生理的食塩水や水道水の上に浮べておくと吻端から可成りの幼虫が脱出する。この場合翅や肢を引き抜いておくとこれらの傷口からも脱出する。この様に自然に脱出して行くであろうことも、感染後の経過と共に幼虫数が減少していく一因と考えねばならないと思う。

以上を要するに、主として、多寄生を受けた蚊が早く死亡する傾向にあることにより、更に、蚊体内で死亡した幼虫が長い間には溶解して虫体が認め得なくなる場合のある事或はⅢ期幼虫が吸水時に吻端から脱出するであろう事などによつて、自然に死亡していく蚊の体内に於けるフィラリア幼虫の数は日数の経過と共に減少していくものと思われる。

てⅡ期に到達するのに必要である。Ⅱ期は4日位で終るがその間速かな成長がみられる。Ⅰ期及びⅡ期の発育は総べて胸筋内で行われる。Ⅲ期になると体腔内を自由に移動し始め、感染型となると組織、器官、附属肢へ侵入する性質が現われてくる。

25°Cでの発育過程は27°Cでのそれと全く平行的であるが感染幼虫となる迄には最短15日を必要とする。

3) 仔虫保有数の多い患者から同時に吸血させた一群の蚊が摂取する仔虫の数は仔虫の少ない患者から吸血させた場合より平均的、一般的には多いが必ずしも比例的ではない。又、同一患者から同時に吸血させた蚊の個体間にも摂取仔虫数の著しい個体差がみられる。これらの事実は人末梢血流中の仔虫の分布が均等ではなく大小の集団をなしているであろう事を暗示する。

4) 同一患者から同時に吸血させた一群の蚊が自然に死に或は死に瀕したものを順に剖検して保有する幼虫数を調べ、一定期日毎にまとめてみると各期間毎の1♀平均幼虫保有数は蚊の感染後の経過日数に従つて段階的に減少する。この現象は、(1)多寄生を受けた蚊が早く死んでいく事と重大な関係があり、(2)発育の途中死亡した幼虫の中には溶解して虫体が認められなくなるものがあること及び(3)感染幼虫が蚊の吸水中吻端から脱出するであろう事等もその原因の一部であろうと思われる。

5) 多寄生による障害はⅠ期或はⅡ期の初期の幼虫が盛んに発育していく時にも起されるようであるが、主としてⅢ期幼虫が多数に

蚊体内を移動し組織、器官の中に侵入したりこれを通過或は占拠する時に起るものと考えられる。

6) 第Ⅲ期幼虫の蚊体内での分布をみると胸腔及び腹腔内には稍多いが、頭部、吻鞘内或は肢脚内部へも可成りに侵入している。これらは又、自由に移動し得るものと考えられるが日数の経過に伴う蚊体各部での分布数の比率はあまり変化しない。跗節の末端或は触鬚、触角、翅根の内部等へ頭部を突込んだ幼虫はそのまま死亡するものが多いように思われる。これらの事から、感染幼虫は胸筋を出てから一定の道順に従つて移動して終には吻鞘内へ集まつていく様な合目的な移動をするものではなく、移動性と組織等への侵入性に支配されて体腔内や吻鞘内を自由に移動すると共に、運動器官や感覚器官へ侵入したりこゝを通過したり、これを占拠したり或は附属肢の基部内へ頭端を突込んだりする。これらの性質は蚊に機能的障害を与えることにもなり、或る場合には自滅の原因ともなるが、疫学的に興味があり重要なことはこの侵入性の故に人への皮膚感染が可能のように思われることである。

文

献

- 1) 別宮久夫：日本産 *Culex pipiens* group の研究。1 極東及び日本各地のもの形態学的比較研究。長崎医学会雑誌 31 (11) : 956-966, 1956.
- 2) Brug, S. L. : Chitinisation of parasites in mosquitoes. Bull. Ent. Res. 23 : 229-231, 1932.
- 3) Feng, L. C. : A comparative study of the anatomy of *Microfilaria malayi* Brug, 1927 and *Microfilaria bancrofti* Cobbold, 1877. Chin. Med. J. 47 : 1214-1246, 1933.
- 4) Hu, S. M. K. : Preliminary observation on the longevity of infective larvae of *Wuchereria bancrofti* in *Culex pipiens* var. *pallens* Coq. Chin. Med. J. 49 : 29-36, 1935.
- 5) ————— : Experiments of repeated infections of filarial larvae in *Culex pipiens* var. *pallens* Coq. Peking Nat. Hist. Bull. 12 (1) : 13-18, 1937.

- 6) ————— : Preliminary observations on the effects of filarial infection on *Culex pipiens* var. *pallens* Coq. Chin. Med. J. 55 : 154-161, 1939.
- 7) Iyengar, M. O. T. : Developmental stages of filariae in mosquitoes. Tec. paper No. 104, South Pac. Comm., Noumea, 1957.
- 8) Kartman, L. : Factors influencing infection of the mosquito with *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856). Exp. paras. 2 (1) : 27-78, 1953.
- 9) ————— : An observation on the loss of microfilariae from the mosquito host during its infective meal. J. Paras. 39 (5) 571-572, 1953.
- 10) ————— : On the growth of *Dirofilaria immitis* in the mosquito. Amer. J. trop. Med. Hyg. 2 (6) : 1062-1069, 1953.
- 11) ————— : Suggestions

- concerning an index of experimental filaria infection in mosquitoes. *Amer. J. trop. Med. Hyg.* 3 (2) : 329-337, 1954. 12) Kershaw, W. E., Lavoipierre, M. M. J., Chalmers, T. A. : Studies on the intake of microfilariae by their insect vectors, their survival, and their effect on the survival of their vectors. I *Dirofilaria immitis* and *Aedes aegypti*. *Ann. Trop. Med. Paras.* 47 : 207-224, 1953. 13) Kobayasi, H. : On the development of *Microfilaria bancrofti* in the body of the mosquito, (*Culex fatigans*). *Acta. Jap. Med. Trop.* 2 : 63-88, 1940. 14) 望月代次 : バンクロフト糸状虫の仔虫に就いて. *福岡医科大学雑誌* 3 (3) : 111-162, 1910. 15) ———— : 各種ノ蚊トバンクロフト氏糸状虫トノ關係ニ就イテ. 同上. 4 (3) : 384-444, 1911. 16) 長花 操他 : 鹿児島県に於けるフィラリア症の疫学的研究. III, IV, V, VI, VII, VIII. *鹿児島医学雑誌* 27 (7-8) : 157-160, 162-166, 1954 ; 27 (9-10) : 221-235, 1954 ; 27 (11-12) : 272-281, 1954 ; 28 (1-2) : 15-25, 1955 ; 28 (3-4) : 79-87, 1955. 17) Omori, N. : On the influence of temperatures upon the development and longevity of larvae of *Wuchereria bancrofti* in *Culex pipiens pallens*. 1st Report. 22nd Annual Meeting of Jap. Soc. Paras. Fukuoka, 1953. 18) ———— : N. : 2nd Report. *Ibid.* 23rd Annual Meeting, Tokyo, 1954. 19) ———— : 3rd Report. *Ibid.* 24th Annual Meeting, Kyoto, 1955. 20) ———— : 4th Report. *Ibid.* 25th Annual Meeting, Tokyo, 1956. 21) ———— : Considerations on the pattern of distribution of microfilaria of *Wuchereria bancrofti* in the peripheral blood stream of man. 26th Annual Meeting, Hakone, 1957. 22) 大島正治 : 西九州に於けるバンクロフト糸状虫症の浸淫並びに蚊族の自然感染に関する研究. 第2編蚊族の自然感染に関する研究. *衛生動物* 7 (1) : 9-18, 1956. 23) Poynton, J. O., Hodgkin, E. P. : Endemic filariasis in the Federated Malay States. *Bull. Inst. Med. Res. Fed-Malay St.* No. 1 : 67, 1938. 24) Pratt, I., Newton, W. L. : The migration of infective larvae of *Wuchereria bancrofti* within the mosquito host and their rate of escape under laboratory conditions. *J. Paras.* 32 (3) : 272-280, 1946. 25) Rao, S. S., Iyengar, M. O. T. : Studies on the influence of season on the development of *Filaria bancrofti* in *Culex fatigans*. *Ind. J. Med. Res.* 17 : 759-768, 1930. 26) Schlosser, R. J. : Photomicrographs of the developing larvae of *Wuchereria bancrofti* in a mosquito host of the South Pacific Area. *Amer. J. trop. Med.* 29 (5) : 739-745, 1949. 27) 外山寛樹 : 蚊の体内に於けるバンクロフト糸状虫幼虫の發育に及ぼす高温の影響並びに發育限界温度に就いて (会). *寄生虫学雑誌* 5 (2) : 251, 1956. 28) Yamada, S. : An experimental study on twenty-four species of Japanese mosquitoes regarding their suitability as intermediate hosts for *Filaria bancrofti* Cobbold. *Sci. Rep. Gov. Inst. Inf. Dis.* 6 : 559-622, 1927. 29) 山下 博 : 昭和25年の鹿児島県肝属郡新城村に於ける蚊に就ての月別にみた「フィラリア」幼虫検索成績 (会). 第1回日本衛生動物学会九州地方部会講演要旨 : 57-58, 1951. 30) ———— : フィラリア幼虫のアカイエカ体内發育の実験的研究 (会). *衛生動物* 4 (1, 2) : 12-13, 1953, a. 31) ———— : フィラリア幼虫のアカイエカ体内發育の実験的研究, 補遺 (会). 第3回日本衛生動物学会九州地方部会講演要旨 : 66-67, 1953, b.