

バンクロフト糸状虫症の伝搬に関わる トウゴウヤブカの役割に関する実験的研究

第2報 トウゴウヤブカ体内に於けるフィラリア幼虫の発育及び 幼虫の寄生が蚊に及ぼす影響について*

長崎大学医学部医動物学教室 (主任: 大森南三郎教授)
長崎大学風土病研究所衛生動物学研究室 (主任: 大森南三郎教授)

中 村 義 清
なか むら よし きよ

Experimental Studies on the Role of *Aedes togoi* in the Transmission of Bancroftian Filariasis. 2. On the development of filariae in *Aedes togoi* and effect of their parasitism on the mosquito. Yoshikiyo NAKAMURA. Department of Medical Zoology, Nagasaki University School of Medicine (Director: Prof. N. OMORI), Department of Medical Zoology, Research Institute of Endemics, Nagasaki University (Director: Prof. N. OMORI)

緒 言

トウゴウヤブカがフィラリア伝搬上果している役割を究明するためには、先ず、実験的にフィラリア幼虫の蚊体内での発育、生存と温度との関係を明らかにし、幼虫が発育を完了し得る温度範囲或いは発育零点と、幼虫の寄生が中間宿主である蚊の生存に及ぼす影響を調べ、これらの観察結果を検討して本種の感受性を評価する必要がある。本報告はこのような諸問題についての実験結果をまとめたものである。

本報告を出すに当たって、終始御指導と原稿の校閲を賜わった恩師大森南三郎教授に謹んで感謝の意を表し、実験上色々の援助を受けた教室の伊藤寿美代博士に深謝する。

実験材料及び方法

実験に供したトウゴウヤブカ (*Aedes togoi*) の♀成虫は1962年4月及び11月に長崎県五島列島の福江島で採集した幼虫を25°C~27°Cの温室内で飼育羽化させたものである。

吸血は、25°C、比較湿度60~80%の温室内で、羽化後適当に絶食させた同年令の♀蚊150~200個体ずつを収容した入絹籠中 (20×20×30cm) に、仰臥させた

仔虫保有者の両下腿を夫夫挿入させて午後9時から午前0時30分迄の間に行なった。

一籠の♀蚊の中、充分に吸血する個体数と所要時間は、日により、群によって可成りに異なり、その日に吸血するだけのものが吸血し終るのに、25分乃至85分、普通は約1時間を要した。

4月に採集し5月に羽化させた♀成虫はほぼ普通の大きさで、満腹蚊は平均4.2cmの血液を摂取したが、11月に採集し12月に羽化させたものは非常に大きく満腹蚊は平均7.0cmの血液を摂取し、中等度 (満腹蚊の約60%程度) に吸血したのもでも4.4cmを摂取した。

吸血させた患者は *Wuchereria bancrofti* の仔虫保有者で、同一人を使用し延べ7晩に亘って吸血させ約2,400個体 (25群) の吸血蚊を得た。この患者の仔虫数は日により、時刻によって著しく異なったので各群 (Lot) 毎に、吸血前後の30cm中の仔虫数を平均して、その群の蚊が吸血した時の患者の保有仔虫数とした。

満腹したもの或るいは中等度に吸血した蚊を吸血直後に、飼育籠の大小に応じて約50~150個体ずつ収容して2%砂糖水を与え、各恒温度、冬期屋内及び屋外の自然温度に接触させて、感染蚊体内でのフィラリア幼虫の発育、生存に及ぼす温度の影響を調べた。

*長崎大学風土病研究所業績 第457号
長崎大学医学部医動物学教室業績 第132号

幼虫の發育期の記載は大森 (1957) に従い、蚊の胃中にある間は Ia, 腹腔内を経て胸筋内に侵入し發育を始めたI期幼虫をIb, Ic, Idに, II期幼虫をIIa, IIb, IIcに, III期幼虫をIIIaと, IIIb 即ち感染幼虫とに区別した。

各温度に接触中の蚊群は毎日これを観察して、この間に自然死したもの或るいは瀕死のものを、時には生蚊を殺して、双眼実体顕微鏡下で剖検して蚊体内の幼虫の發育程度とその生死を調べた。幼虫の正確な寄生数とその發育期の決定は、ギムザ染色後に行なつたが、死後の染色標本では多少体長が短縮しており、蚊体内で死亡後長期間経過したものでは後で良く染色されない場合が予想されたので染色前の観察を特に注意して行なつた。フィラリア幼虫の生死は、蚊を適温乃至は高温度に接触させたものでは剖検時に於ける幼虫の運動によって容易に判別出来るが、低温度に長期間接触させた場合には、それが非常に困難になる。後者の場合には、剖検中、照明用電燈による加温で、動き出す事によって、多くの場合その生死が判別出来るが、必要な場合には、その蚊群中の若干個体を適温下で飼育して幼虫の發育の有無を確かめてから、その時の幼虫の生死を判定する方法をとつた。

実 験 成 績

I フィラリア幼虫の發育, 生存と温度との關係

蚊体内に摂取された仔虫の 其の後の發育, 生存と

温度との關係を調べるために、西南九州の月別平均気温と大森 (1958) が調べたアカイエカ体内での幼虫の發育状況とを考慮に入れて、冬期屋内、屋外の自然温度、及び12°Cから3°C置きに35°C迄の8段階の恒温度を選定した。

これらの各温度に接触させた蚊群の Lot 番号、患者血を摂取させた日と時刻、蚊血前後に於ける患者血30

Table. 2 Rearing conditions under which infected mosquitoes were kept just after their being fed on the microfilarial carrier

| Mean temp.(°C) and relative humidity(%) | Remarks |
|---|--|
| 7.2 & 78.2 (3.4-11.0) (55-94) | Mean of natural outdoor temperature and moisture in winter from Dec. 19, 1962 to Jan. 13, 1963 |
| 10.0 & 75.5 (7.7-12.3) (55-94) | Mean temperature and moisture for 17 days in the laboratory and 9 days outdoors, from Dec. 17, 1962 to Jan. 12, 1963 |
| 12±0.9 & 79±2 | Constant temperature and humidity rooms: Temperatures were constant, but humidities varied in about 4-12% |
| 15±1.0 & 90±5 | |
| 18±1.0 & 83±4 | |
| 21±0.6 & 79±2 | |
| 24±0.5 & 81±2 | |
| 27±0.7 & 80±3 | |
| 30±1.0 & 80±6 | |
| 33±0.5 & 75±3 | |

Table 1 Experimental procedures for obtaining infected mosquitoes at 25°C to be exposed to variable and constant temperatures just after feeding

| Lot No. | Date of feeding | | Mean No. of Mf in 30cmm blood of carrier before and after the feeding | No. of mosquitoes infected and dissected | Rearing temp.* (°C) |
|---------|-----------------|-------------|---|--|---------------------|
| | Date | Time (p.m.) | | | |
| 19.2 | Dec. 18, 1962 | 11.55-12.30 | 53.2 | 71 | 7.2 |
| 14.2 | Dec. 17, 1962 | 9.45-10.10 | 17.8 | 62 | 10.0 |
| 18.1 | Dec. 18, 1962 | 9.30-10.00 | 7.0 | 169 | 12 |
| 9.1 | May 7, 1962 | 9.05-10.30 | 144.6 | 259 | 15 |
| 8 | May 6, 1962 | 9.05-10.20 | 170.0 | 135 | 18 |
| 7.3 | May 5, 1962 | 10.40-12.00 | 194.2 | 118 | 21 |
| 7.2 | May 5, 1962 | 10.40-12.00 | 194.2 | 80 | 24 |
| 10.1 | May 8, 1962 | 9.05-10.20 | 163.0 | 101 | 27 |
| 18.2 | Dec. 18, 1962 | 9.30-10.00 | 7.0 | 148 | 30 |
| 19.3 | Dec. 18, 1962 | 11.55-12.30 | 53.2 | 56 | 33 |

*Details for rearing conditions are given in Table 2.

cmm中の平均仔虫数並びに感染血摂取後自然死したものの或るいは瀕死のもの、時には生蚊を殺して剖検した蚊数を示すと第1表の通りである。接触させた温度条件は第2表に示す通りで、表中の7.2°Cは吸血直後から最後の早蚊が自然死する迄の26日間の冬期屋外飼育室での平均気温(範囲3.4~11.0°C)で、78.2%はその間の平均湿度(範囲55~94%)である。又、10.0°C及び75.5%は、吸血蚊を直後から実験室内で17日間(11.7~14.7°C, 61~91%)飼育後、屋外飼育室で9日間(1.0~7.9°C, 55~94%)飼育中に全部死亡したが、この26日間の平均気温及び湿度である。12°C, 78.5%乃至33°C, 74.7%の各温度及び湿度は夫夫恒温室内での恒温度及び平均湿度である。

これらの温度条件下で飼育中の蚊を上述したような方法で経時的に剖検した結果から、幼虫の発育、生存状態並びに蚊の生存状況を図示すると第1図のようになる。

図中の矩形の高さは感染蚊を各温度に接触させてから最後の蚊が自然に死亡する迄の期間即ち早蚊の各温度に於ける最長生存日数を示したものである。矩形中の1本の直線及び2乃至3本の平行線はフィラリア幼虫の発育期即ちI, II, 及びIII期を示し、幼虫が生存している場合には実線で示した。死亡したものが混在し始めるとII及びIII期では平行線の中の1本をその時

期から点線で示したが、1期幼虫の場合には幼虫が悉く死亡した時期から点線で示した。

15°C以下の温度に接触中、フィラリア幼虫は殆んど発育しない。15°Cでは可成りのものがId期迄は発育するが、他はIc又はIbに止まる。然し幼虫は最長45日間生存している。12°C, 冬期屋内及び屋外の自然温度に曝したものでは悉くIb期に止まり、12°Cでは約31日、平均気温10.0°Cでは約26日、平均気温7.2°Cでは約20日間生存し得るに過ぎない。

18°C以上の温度では幼虫は発育を完了して感染幼虫となる。18°Cでは発育途中の幼虫に可成り死亡するものが見られ、特にII期幼虫の死亡が目立つ。21°C~27°Cの温度範囲では発育は極めて順調であって、多寄生を受けた場合を除けば、発育途中の幼虫の死亡は殆んど見られない。この温度範囲では感染幼虫は蚊が生存している限り、その体内で極めて元気に生存している。従って21°C~27°Cは本種幼虫の発育生存にとって好適な温度範囲であり、特に24°C~27°Cが最適温度であると考えられる。感染幼虫に到達する日数は18, 21, 24, 及び27°Cでは夫夫36, 23, 14, 及び11日と次第に短くなる。

30°Cでは発育は旺盛であるが稀にI期の後期又はII期の始めに、虫体の後半が肥大して畸型を呈するものが出て来る。多くのものは感染幼虫となるが、21°C

Fig. 1 Development and longevity in days of filariae in *Aedes togoi*

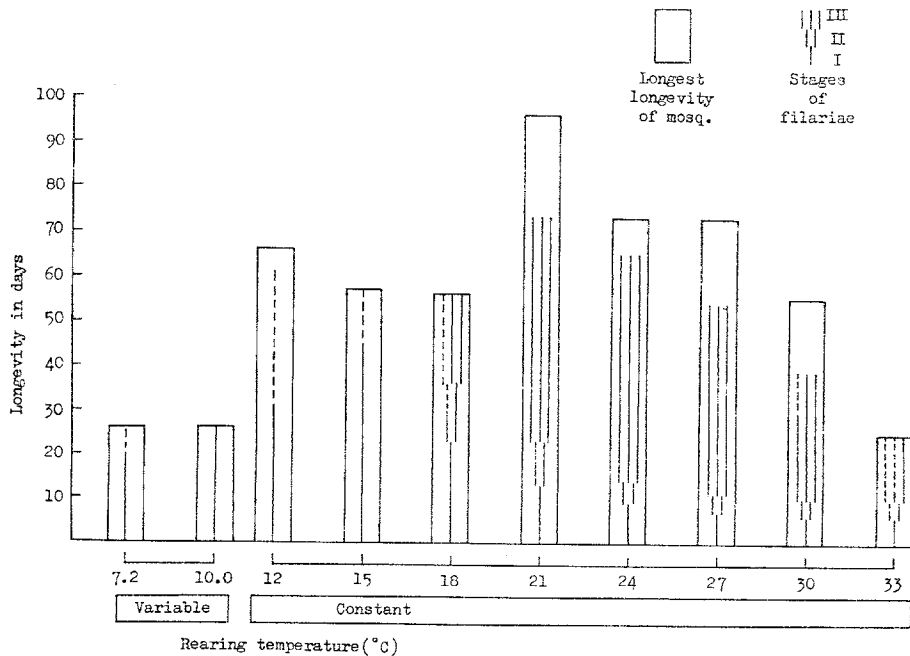
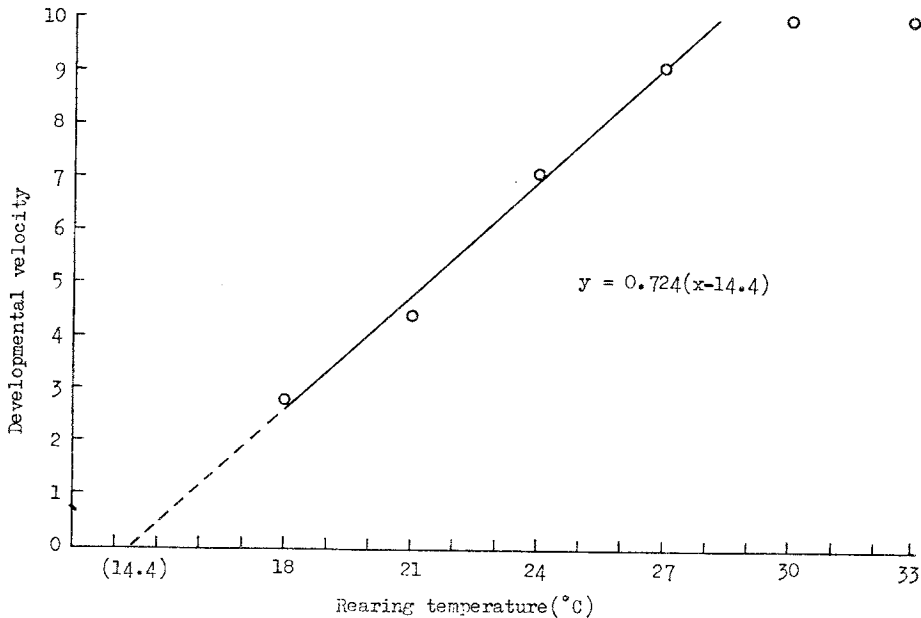


Fig. 2 Regression of velocity in development of filariae in *Aedes togoi* on rearing temperature



虫は、僅少個体であっても、出現するのではないかと考えられる。

Ⅲ 幼虫の寄生が蚊の生存に及ぼす影響

フィラリア幼虫が寄生することによって蚊はどのような影響を受けるかを見るために、第1表に示した各温度で飼育した感染蚊を各群毎に自然死して行くものを毎日剖検して、その成績を1週間毎にまとめ、1週間の間に自然死した早蚊1個体当たりの幼虫数を経時的に図示すると第3図のようになる。自然死して行く蚊の数は必ずしも一定ではなく、蚊の保有する幼虫数も又個体によって大きく変動するので、蚊の保有する幼虫数と蚊の生存との関係を吟味しようとする場合には、同時に吸血させた多数の蚊について調べることが望ましいので24, 21, 及び18°Cの実験では第1表に示した各実験と同時に進んだ実験結果を夫夫追加して図に示した。15°Cから27°C迄の各温度での実験では、吸血させた患者の保有仔虫数は可成り多かったが7.2°C, 10.0°Cの変温及び12, 30, 及び33°Cでの各実験では仔虫数が非常に少なく、更に早蚊の数も必ずしも多くはないが、実験の都合上、これ以上に材料を得ることが出来なかった。このような訳で蚊体内の保有幼虫数も非常に少なく、これらの実験例では、第3図中の幼虫数の目盛りを粗く示した。

21, 24, 及び27°Cの好適温度に接触中、特に目立

つことは、感染幼虫が発育して来る前後、特に、感染幼虫が出現し出してからの1週間位に自然死した蚊体内には、その前後に於ける何れの時期よりも多数の幼虫が発見されることである。即ち、多寄生を受けた蚊はこの時期に特に多く死亡することが判る。従って、この時期以後に死亡する蚊体内では、夫々の実験に於ける早蚊の平均保有幼虫数よりも少ない幼虫数を保有することになり、その数はHの経過に従って益々少なくなる傾向が見られる。多寄生を受けた蚊が感染幼虫出現時に特に多く死亡すると云う現象は仔虫数の多い患者から吸血させた蚊を好適温度下で飼育する時に甚だしく、接触温度が低い時及び、摂取仔虫数が少ない場合には著しくは現われない。

18°Cでは摂取仔虫数は少なくないが、感染幼虫の活動が鈍くなるので、蚊に対する機械的障害は殆んど見られない。

15°Cでの実験でも摂取仔虫数は少なくはないが、幼虫はId期以上には発育出来ず、蚊に対しては殆んど悪影響を及ぼさないように思われる。従って蚊の死期に拘わらず、保有する幼虫数は、平均幼虫数とほぼ等しい。

12°C以下の各低温度に接触させた実験では、低温のために幼虫は全く発育せず、而も摂取仔虫数が何れの場合にも非常に少なかったので、幼虫の寄生による

～27°Cでの場合と比較するとその生存期間は稍短くなるように思われ、既に30日頃から死亡するものが現われ始める。感染幼虫が出現する迄の期間は30～33°Cで最も短かく、共に僅かに10日間である。

33°Cでは Id 及び IIa期に殆んど総べての幼虫は虫体の後半から後端にかけて肥大して畸型となる。畸型を呈した幼虫は運動が鈍く、發育を完了せずに死亡するものもあるが、後述するように約59%のものは0.44～0.85mm即ち適温下で發育する III期幼虫の体長の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ で形態的には感染幼虫となる。然し運動は極めて緩慢で、殆んど総べてが胸部で発見され、頭部その他の組織や器官内に侵入しているものは見られず早期に死亡する。これらの観察結果から30°C以上となると高温の悪影響が現われて来るものと考えねばならない。

次に、各温度へ接触中の感染蚊の生存期間を見ると、21°Cで最も長く（実際には蚊が最長期間生存し得る温度は18°Cと21°Cの間にあると想像される）、それよりも高低両温度域に於いて次第に短縮して行くことが判る。従って高温域では蚊の生存期間の短縮に伴って感染幼虫の死期も早くなるが、この現象はアカイエカの場合とはほぼ同様である。然し低温域では幼虫の發育はアカイエカに於ける場合と同様阻止されるが、蚊の生存期間も又温度の低下に従って短縮していることはアカイエカの場合とは全く異なる点であって疫学的には極めて興味があり重要なことである。

長期間生存した蚊では、保有幼虫が少ないか、或るいは全く発見されないものが多く、この傾向は第1図から判るように21°C～27°Cの各温度で飼育した場合に顕著である。この事は、これらの温度範囲では幼虫の發育は旺盛であり、活動は極めて活発であるので、後述するように、多寄生を受けた蚊程早く死滅して行くことと深い関係があるように思われる。

II フィラリア幼虫の生態学的發育零点

感染幼虫の發育が見られた温度即ち18°Cから33°C迄の6段階の温度（第2表）に接触中、最初の幼虫が感染幼虫に到達する迄の日数を夫々の温度に於ける發育日数とし、その逆数を各温度での發育速度として表示すると第3表のようになる。

表に示した發育日数は各温度に於いて仔虫が感染幼虫に迄發育する最短日数を示すものであるが、18°Cから27°C迄はほぼ比例的に短縮していることが判る。然し30°C及び33°Cでは共に10日で感染幼虫になるが、それ以下には短縮され得ない。而も30°Cでは既

Table. 3 Days and velocity in development of filariae required for reaching maturity in *Aedes togoi* at various constant temperatures

| x: Temp. (°C) | Developmental period | | | y: 100 Days |
|------------------|----------------------|----------|-------|-------------------|
| | I Stage | II Stage | Total | |
| 18 | 23 | 13 | 36 | 2.78 |
| 21 | 13 | 10 | 23 | 4.35 |
| 24 | 9 | 5 | 14 | 7.14 |
| 27 | 7 | 4 | 11 | 9.09 |
| 30 | 6 | 4 | 10 | |
| 33 | 6 | 4 | 10 | |

に高温の悪影響が現われ始め、33°Cではそれが顕著となる。

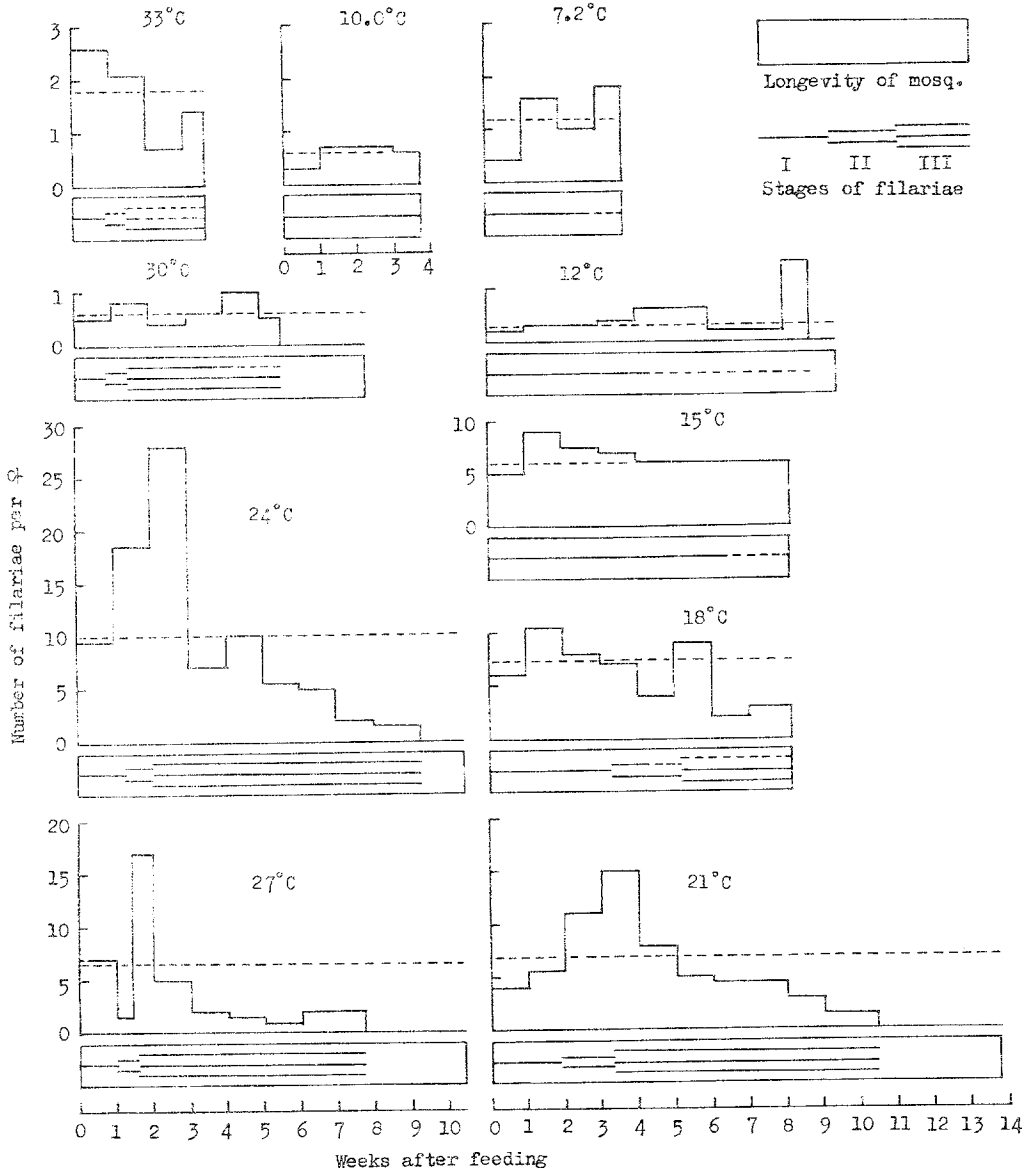
今、フィラリア幼虫のトウゴウヤブカ体内での生態学的發育零点を推定するために、發育がほぼ比例的に促進されると思われる18°Cから27°C迄の温度での發育日数の逆数を發育速度と見做して、飼育温度に対応する發育速度をプロットして、最小二乗法によって直線を求めてみると第2図のようになる。この直線がX軸と交わる点即ち14.4°Cはフィラリア幼虫の生態学的發育零点と見做すことが出来る。この温度点は大森（1958）がアカイエカを使用して推定した發育零点14.6°Cに近いことは興味あることであり、同時にこのように高い温度点に發育零点を持つことは疫学的に極めて重要なことでもある。

發育零点を別の見方をすれば、發育を完了し得る最低温度に近い温度点であると考えることが出来るから、これ以上の温度では發育を完了し得ることになる。所が15°Cでは Id 期に迄發育するに過ぎず、大森（1958）のアカイエカでの実験では16°Cでは IIa期に迄發育するに過ぎない。又、18°Cでは後述するように感染幼虫が出現してから最後の蚊が死亡する迄の間に蚊体内で発見される全幼虫数に対する感染幼虫数の割合は非常に低く、53.9%に過ぎないことを考えると、実験的に感染幼虫が出現し得る最低温度は17°C附近にあるのではないかと想像される。この食い違いは、低温域に於ける恒温は幼虫の發育を抑制する可能性があると考えられることによるものではないかと思われる。恐らく、大森（1959）が指摘したように、上に求めた發育零点附近の低温と高温とが組合わされた変温下で飼育する場合にはその平均温度でよりも發育は促進されると思われるならば、自然温度下ではその平均気温が、上述の發育零点より多少高ければ感染幼

Fig. 3 Changes in the number of filariae per naturally died ♀ and per time interval in each experiment shown in Table 1, excepting in cases at 24, 21, and 18°C in which Figs. were drawn adding the data in some other respectively similar experiments

In Experiments at 33, 30, 12, 10, and 7.2°C, mosquitoes were fed on the carrier on the occasions of being much lower in microfilarial counts than in the other ones as shown in Table 1.

(A broken line shows the number of filariae per ♀ in each experiment)



何らの影響も見られない。

30°Cに接触させた実験では患者の仔虫数が非常に少ない時に吸血させたので、1♀の保有幼虫数が非常に少なかったこと、更に、30°Cに於いて既にフィラリア幼虫に対する高温の悪影響が多少見られたことによって幼虫の寄生による特殊な被害は現われていない

ものと考えられる。

33°Cでは、摂取仔虫数が少なく、幼虫は発育の比較的初期に畸型となり、運動は極めて鈍く、発育途中に死亡する幼虫も多い。発育を完了した短小な感染幼虫は、運動は極めて不活潑で、殆んど胸部に止まり組織や器官中へ侵入するような例は全く見られない。

従ってこの温度では例え幼虫の多寄生を受けても、蚊は殆んど機能障害を被らないように思われる。

以上のように蚊に対する幼虫の寄生による被害は、多寄生を受けた蚊が21°C～27°Cの適温下で飼育され、感染幼虫が発育してきて組織や器官中へ侵入、貫通して盛んに活動する頃に最も顕著に現われてくる。従ってこのような温度下では多寄生を受けたものが早期に死亡する傾向が顕著にみられる。このことが、長期間生存した蚊程、保有する幼虫数が少なくなる主な原因であろうと考えられるが、その他に、蚊が水滴や砂糖水を吸水する際に吻端から感染幼虫が脱出するであろうことも原因の一部ではないかと考えている学者もある。著者はこの間の事情を更に究明するために、同時に吸血させた多数の蚊について、24°Cの温室内で飼育中、自然死したものと、生きた蚊を殺したものとについて保有幼虫数を経時的に比較してみた。第4図はその詳細を図示したものである。同一条件下で飼育し、同時に、同一仔虫保有者(吸血前後の30cm中)の平均仔虫数62.5隻)から吸血させた364個体について36日間に亘って毎日、自然死したもの(計131♀

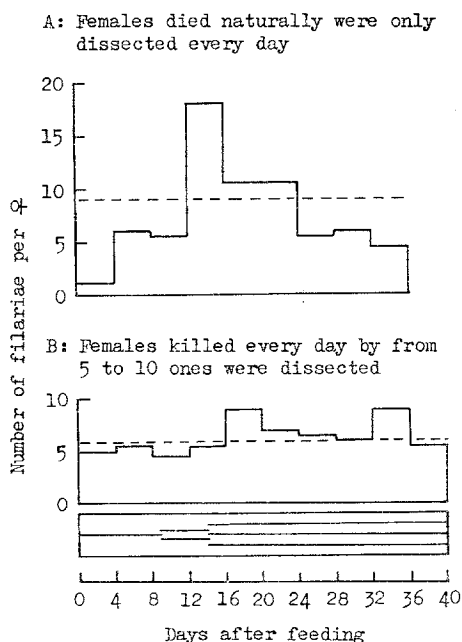
♀)を剖検すると同時に、生存♀成虫を毎日5～10個体ずつ40日間に亘って無作為に殺して剖検(計233♀)して、自然死群と生きたものを殺した群について4日毎に1♀当たり保有する幼虫数を出し、これを経時的にヒストグラムで図示した。経時的な変化の状態を見易くするために各群毎の1♀平均幼虫数を夫夫点線で示した。

自然死群では吸血後12日～16日の間に24個体、次の4日間に23個体、その次の4日間に16個体が自然死した。この温度では仔虫摂取後14日目に感染幼虫が発育してくるが、12～16日の4日間に死亡した24個体の保有幼虫数は図に示すように平均18.1隻と非常に多く、1♀の最多保有数は53隻(感染幼虫48隻)、30隻以上保有していた♀が7個体いた。然し只1隻以下しか保有しなかったものも7個体いた。この時期には蚊の運動が鈍くなり異常行動を示し、一兩日中に死亡するものが多い。即ち、感染幼虫が発育して来る頃から4、5日の間に死亡率が比較的高くなり、而も多寄生を受けたものが多く死ぬので、感染幼虫の活潑な運動による機械的障害によって、♀蚊は死期を早められるものと判断せざるを得ない。このことは、無作為に殺した群で、平均幼虫保有数が経時的に殆んど変化していないことから推定できる。

以上第3図及び第4図に示した実験結果から、感染幼虫が現われ始める頃から2、3日乃至1週間位の間に多寄生を受けた蚊が機械的障害のために多く死亡することが判るが、更にその後もより多寄生を受けたもの程早く死亡する傾向のあることが認められる。

Ⅱ期の発育しつつある幼虫の多数寄生によっても、時に比較的高い死亡率のみられる場合があるので、特に多寄生を受けた場合には発育途中の幼虫によっても蚊の生存に或る程度の悪影響はあるものと考えられる。著者の実験の範囲では仔虫数が1cm中7.8隻程度に多い患者から吸血させた場合にはこの傾向は必ずしも顕著にはみられない。然し、Jordan (1962)の示している図によると、1cm中0.05～6.2隻から18.8～25隻程度に仔虫を保有する患者から吸血させたネッタイエカでは仔虫数が多くなるにつれて蚊は益々著しい悪影響を受け、Ⅰ期幼虫の多寄生によってさへ蚊の早期死亡が原因されることを思わせるが、このような仔虫保有数の多い患者を利用出来ないの言明出来ないが、或るいはあり得ることかも判らない。何れにせよ、多寄生を受けた蚊が早期に死亡することが、逆に長期間生存した♀蚊程保有幼虫数が少ない原因となっているものと考えられる。

Fig. 4 Comparison of the changes in the number of filariae per ♀ in each time interval in group A (131♀♀) and B (233♀♀) which were fed on a carrier at the same time and kept at 24°C (A broken line shows the number of filariae per ♀ in each group)



感染幼虫保有蚊が砂糖水を吸う際に吻端から脱出するかどうかを確かめるために、脱脂綿を数回に亘って精査したが、吸血中に脱出したと思われる例には全く遭遇しなかったもので、吻鞘を曲げない状態で吸血する場合には吻端からの脱出は起らないのではないかと考える。

IV 感受性の吟味

トウゴウヤブカのフィラリア幼虫に対する感受性については、望月 (1913), 山田 (1927), 及び大森 (1962) 等によって自然適温下で調べられ、本種は感受性の非常に高い種類であることの一応の結論は得られてはいるが、本種によるフィラリア伝播の疫学を論ずるに足る充分な資料ではない。そこで著者は患者の保有仔虫数の異なった条件下で吸血させた蚊群を各種温度下で飼育して、夫々の温度に於いて感染幼虫が出現し始めた日から、最後の蚊が自然死する迄の間の感染の強弱を吟味して見た。その詳細は第4表に示した

通りである。

第4表は、仔虫数の異なる時期に25°Cの湿室内で吸血させた、蚊群を18°Cから33°C迄の温度範囲で3°C置きに6段階の恒温度に接触させ感染幼虫が出現し始めた日から各群の蚊が夫々全部死亡するまで、毎日自然死する蚊を剖検した結果を整理したものである。(A)欄には剖検した蚊数を、(B)欄には(A)の中感染幼虫を保有していた蚊数を、(C)には全く幼虫の発見されなかった蚊数を、(D)には剖検蚊体内で発見された全幼虫数を、(E)には(D)中の感染幼虫数を記し、これらの観察結果からトウゴウヤブカの感受性について吟味した。

$\frac{B}{A} \times 100$: 感染幼虫保有率、この率の大小は $\frac{C}{A} \times 100$ 即ち非感染率の大小と殆んど全く逆の関係にある。非感染率は一般的には、吸血時の患者血中の仔虫数の多寡と関係があると考えられ、例えば Lot No.18, 2の場合には非常に高い。然し Lot No.19, 1と

Table 4 Susceptibility of *Aedes togoi* to *Wuchereria bancrofti*

| Lot No. | Rear- ing temp. (°C) | No. Mf per cmm blood of carrier | Period in days of dissecting mosq. after feeding | No. of mosquitoes | | | Total No. of | | Rate of masq. | | Rate of larvae reaching maturity (E/D × 100) | No. mature l. | |
|---------|-------------------------------|--|---|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------------|---|---------------------------------------|--|----------------------------------|--|
| | | | | dissected (A) | having mature larvae (B) | having no larvae (C) | larvae (D) | mature larvae (E) | having mature larvae (B/A00 × 100) | having no larvae (C/A × 100) | | per ♀ dis- sected (E/A) | per ♀ with mature larvae (E/B) |
| 8 | 18 | 5.67 | 38-56 | 19 | 11 | 8 | 76 | 41 | 57.9 | 42.1 | 53.9 | 2.2 | 3.7 |
| 12.4 | | 4.73 | 24-63 | 34 | 23 | 11 | 210 | 202 | 67.6 | 32.4 | 96.2 | 5.9 | 8.8 |
| 10.4 | 21 | 5.43 | 24-64 | 54 | 42 | 12 | 324 | 318 | 77.8 | 22.2 | 98.1 | 5.9 | 7.6 |
| 7.5 | | 6.47 | 24-96 | 77 | 42 | 34 | 511 | 503 | 54.5 | 44.2 | 98.4 | 6.5 | 12.0 |
| 14.4 | | 0.59 | 15-57 | 53 | 42 | 11 | 147 | 147 | 79.2 | 20.8 | 100.0 | 2.3 | 3.5 |
| 19.1 | | 1.77 | 15-34 | 53 | 47 | 6 | 576 | 550 | 88.7 | 11.3 | 95.5 | 10.4 | 11.7 |
| 16 | | 2.08 | 15-39 | 221 | 178 | 43 | 1899 | 1845 | 80.5 | 19.5 | 97.2 | 8.4 | 10.4 |
| 12.5 | 24 | 4.73 | 19-54 | 38 | 27 | 11 | 301 | 299 | 71.1 | 28.9 | 99.3 | 7.9 | 11.1 |
| 7.2 | | 6.47 | 15-73 | 64 | 39 | 25 | 467 | 458 | 60.9 | 39.1 | 98.1 | 7.2 | 11.7 |
| 6 | | 7.17 | 15-65 | 57 | 46 | 11 | 592 | 584 | 80.7 | 19.3 | 98.6 | 10.2 | 12.7 |
| 11.1 | | 7.68 | 15-49 | 51 | 29 | 22 | 383 | 367 | 56.9 | 43.1 | 95.8 | 7.2 | 12.7 |
| 14.3 | | 0.59 | 12-52 | 101 | 76 | 25 | 298 | 293 | 75.2 | 24.8 | 98.3 | 2.9 | 3.9 |
| 12.2 | | 4.73 | 12-54 | 25 | 20 | 5 | 142 | 135 | 80.0 | 20.0 | 95.1 | 5.4 | 6.8 |
| 9.2 | 27 | 4.91 | 14-25 | 10 | 6 | 4 | 60 | 60 | 60.0 | 40.0 | 100.0 | 6.0 | 10.0 |
| 10.1 | | 5.43 | 12-73 | 26 | 16 | 10 | 150 | 136 | 61.5 | 38.5 | 90.7 | 5.2 | 8.5 |
| 18.2 | 30 | 0.23 | 11-55 | 91 | 21 | 67 | 52 | 46 | 23.1 | 73.6 | 88.5 | 0.5 | 2.2 |
| 19.3 | 33 | 1.77 | 11-25 | 34 | 18 | 15 | 47 | 28 | 52.9 | 44.1 | 59.6 | 0.8 | 1.6 |

19.3とは同一時刻に吸血させたものであるが、前者では僅かに11.3%が感染しなかったにも拘わらず、後者では44.1%が感染していない。又その他の実験でも非感染率の大小は群によって異なり吸血時に於ける患者の仔虫数の多寡とは常に必ず平行的であるとは限らない。この不一致は、患者の末梢血流中の仔虫の分布がPólya-Eggenberger型をなしている(中村1964)ために起ることであり、従って又、吸血前後の耳朶血30 *cm*中の仔虫数がその時の血流中の仔虫の棲息密度を必ずしも代表するものでないことなどによるものと思われる。

$\frac{E}{D} \times 100$: 幼虫の成熟率。摂取された仔虫が感染幼虫になる割合は、18°C及び33°C接触群で特に低く、次いで30°Cでのものが低い。これは18°C及び33°Cでは発育途中特にII期幼虫の死亡によるもので、30°Cでもこの傾向が多少見られたことによるものである。21°C~27°Cの適温下で飼育したものでは91%以上の高率で感染幼虫となっているが、多少の振れが見られるのは、既に述べたように感染幼虫が現われ始めて数日間は多寄生を受けた蚊の死亡率が高く、多数寄生の場合には幼虫の発育が多少不揃いとなる。この時期の未成熟幼虫数は群によって多少異なることによるものと思われる。

このように多数寄生の場合には幼虫の発育が不揃となり、一方では蚊の死期を早める傾向があるので、仔虫数の多い患者から吸血させた場合には、感染幼虫が出現し始めてから数日間に死亡した蚊体内では未成熟幼虫の発見される割合が比較的多くなることが予想される。27°Cでの Lot No.10. 1の場合の成熟率が稍低かったのはその好例である。

$\frac{E}{A}$: 剖検蚊1♀当たりの感染幼虫数。患者から吸血させた蚊の中、感染幼虫が出現してから最後の蚊が死亡する迄の間に自然死した蚊1♀当たりの感染幼虫数は、非感染蚊をも含めた剖検蚊1♀当たりの値であるので、患者の保有仔虫数の多寡及び飼育温度との関係を吟味するのに不適当であると思われる。そこで感染幼虫保有蚊1♀当たりの感染幼虫数、即ち $\frac{E}{B}$ についてみると、18°Cでは発育途中の幼虫の死亡により、33°Cでは患者の保有仔虫数が少なかったことと発育途中の幼虫の死亡などにより、30°Cでは仔虫数が少なかったことと多少の幼弱幼虫の死亡によって、夫夫低い値を示していることが判る。21°C~27°Cの適温下ではこの値が一般に大で、而も大体に於いては仔虫数が増すに従って多少多くなる傾向のあることが判るが、27°Cの Lot No.12. 2やNo.10. 1でその数が

比較的低いのは、恐らく患者の保有仔虫数は多かったにも拘わらず摂取仔虫数の少ない蚊が比較的多かったことによるのではないかと思われる。

以上の感受性の程度を大森(1962)のアカイエカについての成績と比較すると、著者の24及び27°Cでの感染幼虫保有蚊率、幼虫の成熟率、及び剖検蚊1♀当たりの感染幼虫数は該当する実験条件下でのアカイエカの場合の成績と可成り近い値を示している。従って実験的感染能力に関する限りではトウゴウヤブカはアカイエカとほぼ同程度であると言い得る。

総 括

1) 感染血摂取直後の *Aedes togoi* の♀群を12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 及び33°Cの各恒温、及び冬期室内と屋外の自然温度に接触させて、蚊体内での *Wuchereria bancrofti* 幼虫の発育、生存に及ぼす温度の影響を調べ、同時に幼虫の寄生が宿主蚊に及ぼす影響についても吟味した。本実験は1962年4月から1963年11月迄の間に行った。

2) 接触温度と蚊体内でのフィラリア幼虫の発育、生存との関係は次の通りである。15°Cでは可成りのものがId期迄は発育し最長45日生存するものがある。12°C及び平均室温10°C、平均室外温度7.2°C接触中は全く発育せず、夫夫、最長31, 26及び21日程度生存するに過ぎない。18°Cでは感染幼虫となり得るが発育途中の死亡率が可成りに高い。21°C~27°Cでは発育は順調であって、途中の死亡は殆んどみられない。24°C~27°Cの温度は本種幼虫の発育にとって最適範囲と考えられる。30°Cでは発育は旺盛であるが、I期後期又はII期の初めに体の後半が肥大して畸形を呈するものが現われる。感染幼虫の生存期間は24~27°Cに於けるよりも多少短縮するように思われる。33°Cでは殆んど幼虫が畸形となり早晩死滅する。僅少個体は感染幼虫となるが大半は短小であって普通の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ に過ぎず、すべて運動緩慢でやや早期に死亡する。即ち、15°C以下では発育せず、30°C以上では高温の悪影響が現われる。18~27°Cで感染幼虫が発育し、24~27°Cが最適温度範囲と云える。

3) 感染幼虫が出現する迄の日数は、18, 21, 24, 27, 30, 及び33°Cで夫夫、36, 23, 14, 11, 10, 及び10日である。不適な高温と思われる30及び33°Cを除き、その他の各温度下での発育日数の逆数を発育速度とすると、接触温度と発育速度との間には $Y = 0.724(X - 14.4)$ なる回帰関係が得られ、この式からフィ

ラリア幼虫の発育零点は 14.4°C と推定される。この温度は大森(1958)がアカイエカで求めた 14.6°C に極めて近い。

4) 21°C ~ 27°C 迄の好適温度範囲では感染幼虫が出現しはじめてから2, 3日乃至1週間位に自然死した蚊体内には、多数の幼虫が発見される。即ち多寄生を受けた蚊がこの時期に集中的に死亡することが判る。その後もより多くの幼虫の寄生を受けたもの程早く死亡する傾向がみられる。このことが長期間生存した早程保有幼虫数が少ないことの原因であろう。所が、 18°C では感染幼虫の運動が極めて不活発となるために寄生による悪影響は著しくは現われず、 30°C 及び 33°C では、たまたま仔虫数の少ない時に吸血させ、従って摂取仔虫数が少なかったために明らかな結果は得られなかった。

5) 感染蚊の生存日数は 21°C に於いて最も長く、それより高低両温度域に於いて次第に短縮している。従ってフィラリア幼虫の生存期間は高低両温度域に於いて、中間宿主である蚊の生存期間の短縮に伴なって短かくなって行く。本種早蚊の生存日数が低温域で短縮していくことは疫学的に重要且つ極めて興味のあることである。

6) 感染幼虫保有蚊率即ち剖検蚊数に対する感染幼虫保有蚊の割合、幼虫の成熟率即ち蚊体内に採取された仔虫が感染幼虫になる割合、剖検蚊1♀当りの感染幼虫数、及び感染幼虫保有蚊1♀当りの感染幼虫数等を調べた成績をアカイエカ(大森, 1962)での成績と比較すると、実験的感染能力に關する限りでは、トウゴウヤブカは、最も感受性の高いアカイエカと殆んど差のない程度に大であることが判る。

文 献

1) Jordan, P. & Goatly, K. D. : Bancroftian filariasis in Tanganyika: A quantitative study of the uptake, fate and development of microfilariae of *Wuchereria bancrofti* in *Culex fatigans*. Ann. Trop. Med. Paras., 56 (2) : 173—187, 1962.

2) Kartman, L. : Factors influencing infection of the mosquito with *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856). Exp. Paras., 2 (1) : 27—78, 1953.

3) 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. 1. *Dirofilaria immitis* and *Aedes aegypti*. Ann. Trop. Med. Paras., 47 : 207—224, 1953.

4) Kobayasi, H. : On the development of *Microfilaria bancrofti* in the body of the mosquito, (*Culex fatigans*). Acta Jap. Med. Trop., 2 : 63—88, 1940.

5) 望月代次 : バンクロフト氏糸状虫, 仔虫ニ就イテ。福岡医科大学雑誌, 3 (3) : 111—162, 1910.

6) 望月代次 : 各種ノ蚊トバンクロフト氏糸状虫トノ関係ニ就イテ。福岡医科大学雑誌, 4 (3) : 384—444, 1911.

7) 望月代次 : 福岡地方ノ蚊科。福岡医科大学雑誌, 7 (1) : 1—65, 1913.

8) 長花操 : 鹿児島県に於けるフィラリア症の疫学

的研究。X 全編の総括, 考察と結論。鹿児島医学雑誌, 30 (7~8) : 257—279, 1957.

9) Nagatomo, I. : Epidemiology and control of bancroftian filariasis in some villages of Nagasaki prefecture. 1. Incidence of filariasis and natural infection rate of mosquitoes in Nanatugama and Taira village. Endem. Dis. Bull. Nagasaki, 2 (4) : 296—306, 1960.

10) 中村義清 : バンクロフト糸状虫症の伝播に關わるトウゴウヤブカの役割に關する実験的研究。1. トウゴウヤブカの摂取する仔虫数及び仔虫の蚊体内に於ける移動。長崎大学風土病紀要, 6 (1) : 25—33, 1964.

11) 大森南三郎 : バンクロフト糸状虫症の伝播に關わるアカイエカの役割に關する実験的研究。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発育, 分布及び生存数について。長崎医学会誌, 32 (11) : 1434—1445, 1957.

12) 大森南三郎 : バンクロフト糸状虫症の伝播に關わるアカイエカの役割に關する実験的研究。第2報。人末梢血流中に於けるミクロフィラリアの分布様式について。長崎医学会誌, 33 (8) : 1345—1353, 1958.

13) Omori, N. : Experimental studies on the role of the house mosquito, *Culex pipiens pallens* in the transmission of bancroftian filariasis. 3. Duration of life of filariae in mosquitoes exposed to winter temperatures. Yokohama Med. Bull., 9 (6) : 382—390, 1958.

14) **Omori, N.** : Experimental studies on the role of the house mosquito, *Culex pipiens pallens* in the transmission of bancroftian filariasis. 4. Development and longevity in days of filariae in mosquitoes kept at a series of constant temperatures. Nagasaki Med. J., **33** (11) Suppl.: 61—70, 1958.

15) **Omori, N.** : Experimental studies on the role of the house mosquito, *Culex pipiens pallens* in the transmission of bancroftian filariasis. 5. On the distribution of infective larvae in mosquito and the effect of parasitism of filariae upon the host insect. Nagasaki Med. J., **33** (11) Suppl.: 143—155, 1958.

16) **大森南三郎** : フィラリアの中間宿主に於ける發育. 第15回日本医学会総合学術集会記録, **2** : 644.

filariasis in Japan. Bull. Wld Hlth Org., **27**(4—5) : 585—594, 1963.

20) **Omori, N. & Fujii, S.** : On the feeding habits of *Aedes togoi* and some other species of mosquitoes. Yokohama Med. Bull., **4** (1) : 23—31, 1953.

21) **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. 長崎医学会誌, **7** (1) : 9—18, 1956.

22) **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. Parasitol., **41** : 1—10, 1955.

