

## 小形条虫 *Hymenolepis nana* によるチャバネゴキブリ *Blattella germanica* への感染実験

古川 忠明

昭和大学医学部医動物学教室

(昭和45年8月17日 受領)

### 緒言

小形条虫 *Hymenolepis nana* の中間宿主として、すでに20種におよぶ昆虫が報告されている (Cavier & Leger, 1965; Marshall, 1967; 宮地, 1959; Schiller, 1959)。しかし、ゴキブリ類についてはほとんど研究されておらず、ワモンゴキブリ *Periplaneta americana* に対する経口感染が成立しないことを明らかにした Schiller (1959) の報告が唯一のものであろう。ゴキブリ類は近年非常に繁殖を示し、特に都市型地域最大の害虫になっているといわれ (鈴木・緒方, 1968)、寄生蠕虫類の中間宿主としての役割も無視できないものがあると思われる。なかでもチャバネゴキブリ *Blattella germanica* は本邦全土に分布する重要種であり、すでに縮小条虫 *Hymenolepis diminuta*、鎖状鉤頭虫 *Moniliformis moniliformis* および旋尾線虫科の *Gonglyonema pulcurum*, *G. neoplasticum*, *G. orientalis* の中間宿主であることが知られているが (土井, 1957; 素木, 1968)、小形条虫の中間宿主としての役割は明らかにされていない。本実験において、著者は小形条虫卵の経口投与によるチャバネゴキブリへの感染実験を行なうとともに、この昆虫を実験的中间宿主として用いることを考慮し、感染方法について検討を加えた。さらにこの昆虫の体内における幼虫 (cysticeroid) の発育に関与する要因のひとつとして、宿主の飼育温度の影響を調べた。

### 材料と方法

虫卵：小形条虫卵は、実験に際してその都度マウスに寄生していた成条虫の受胎節から集めたものを使用した。実験には採集した虫卵をそのまま用いる一方、卵殻を除去した虫卵をも用いた。卵殻を除去する場合には、Berntzen & Voge (1965) の方法にしたがい、虫卵を生理食塩水で洗浄・濃縮して容量10mlの三角コルベン

に入れ、径3mmのガラスビーズとともに magnetic stirrer で5分間攪拌して脱殻した。以下、採集したままの虫卵を正常卵、卵殻を除去したものを脱殻卵とする。

宿主：本実験に用いたチャバネゴキブリは、バタートラップなどで捕獲し、マウス用固形飼料を与えて室温で飼育したものである。実験にあたり雌の成虫25~30匹を選び、径9cm、深さ10cmのガラス容器に收容した。感染実験においては、虫卵を投与したゴキブリを30°Cの孵卵器内で飼育した。また宿主の飼育温度と幼虫の発育の関係を検討する実験では、感染ゴキブリをそれぞれ室温(23°C~25°C)、および30°Cと37°Cの孵卵器内で飼育した。

感染方法：正常卵および脱殻卵のそれぞれについて、経口投与方法と腹腔内注射法を試みた。経口感染の場合は、虫卵と少量の水で湿したマウス用粉末飼料とを混合し、1~数日間絶食しておいたゴキブリに与えた。1個体あたり平均2000個の虫卵を30分以内に摂取するように餌の量とそれに含まれる虫卵数を調節した。腹腔内注射の場合は、ゴキブリをエーテルで麻酔し、あらかじめ滅菌生理食塩水でくりかえし洗浄した約500個の虫卵を、ツベルクリン注射器と1/4皮下針を用いて、0.05~0.1mlの滅菌生理食塩水とともに、ゴキブリの腹側から腹腔内へ注射した。

剖検と観察：虫卵を投与したゴキブリを一定時間後に生理食塩水で開腹して内容を洗い出し、顕微鏡下で cysticeroid の感染の有無を検索した。幼虫を検出した場合は個々について形態的に観察し、その発育程度を Voge & Heyneman (1957) の報告にしたがって5段階にわけて記録した。さらに20個前後の幼虫を6~8週目のマウスに経口投与し、2週後にマウスを剖検して成条虫の寄生を確認することにより、終宿主に対する感染性を検査した。

Table 1. Results of experimental infection of german cockroaches, *Blattella germanica*, with *Hymenolepis nana* eggs.

Group*	Number of eggs inoculated	Number of cockroaches examined	Number of cockroaches infected	Per cent positive	Mean number of cysticercoids per infected insect (range)
1	2000	85	10	11.8	4.3(1-17)
2	2000	76	1	1.3	3
3	500	65	65	100	69.5(13-220)
4	500	32	0	0	0

\* Group 1: Feeding with intact eggs.

2: Feeding with shell-removed eggs.

3: Intraperitoneal injection with shell-removed eggs.

4: Intraperitoneal injection with intact eggs.

### 実験結果

#### 1. 感染実験

実験にあたってゴキブリを4群にわけ、正常卵を経口投与した群を第1群、脱殻卵を経口投与した群を第2群、脱殻卵を腹腔内に注射した群を第3群、正常卵を腹腔内に注射した群を第4群とした。各群とも感染7日後に剖検した。実験結果は Table I に示した。

第1群では、85匹のゴキブリを用い、1個体あたり2000個の正常卵を経口投与した。剖検の結果感染を認めたゴキブリは10匹(11.8%)であった。このうち5匹から1個ずつ、他の5匹からそれぞれ2、6、6、7、17個(平均4.3個)のcysticercoidを検出した。幼虫はいずれもゴキブリの腹腔内に寄生していた。検出した幼虫のマウスへの感染実験は行なわなかったが、顕微鏡下で観察した限りでは形態的に正常な成熟cysticercoidであった。

第2群では、76匹のゴキブリに1個体あたり2000個の脱殻卵を経口投与した。このうち1匹(1.3%)より3個の幼虫を検出した。これらの幼虫についてもマウスへの感染実験は行なわなかったが、形態的には正常な成熟cysticercoidであった。

第3群では、100匹のゴキブリの腹腔内へ、1個体あたり500個の脱殻卵を注射した。このうち65匹が7日間生存し、その全例(100%)に感染を認めた。検出した幼虫数は1個体あたり13~220個、平均69.5個であった。このうち295個の幼虫を16匹のマウスに経口投与し、2週後にこれらを剖検して合計42条の成条虫を得た。ゴキブリ1個体におよそ100個以上の多数の幼虫が寄生していた例では、いわゆるcrowding effectが明らかに認められ、寄生幼虫数の増加にともなつて幼虫の発育が悪くなる傾向が認められた。

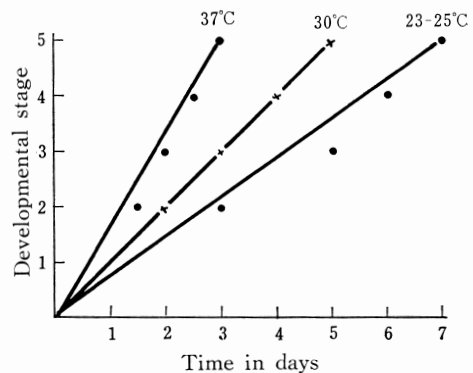


Fig. 1. Effect of temperature on the rate of development of *H. nana* cysticercoid in *B. germanica*.

Five developmental stages are briefly as follows (Vogel & Heyneman, 1957); Stage 1, solid ball of cells, general appearance of an hexacanth; Stage 2, growth and cavity formation; Stage 3, elongation of body and differentiation of scolex primordium and a posterior vesicle; Stage 4, further development of scolex and its withdrawal into vesicle; Stage 5, completion of differentiation and maturation.

雄の成虫と終令期の幼ゴキブリを用い、同様の方法で感染実験を行なつた結果いずれも感染が成立した。感染幼ゴキブリではしばしば脱皮が行なわれたが、cysticercoidの発育には何らの影響も与えなかった。

第4群では、40匹のゴキブリを用い、1個体あたり500個の正常卵を腹腔内へ注射した。このうち32匹を剖検した結果いずれも感染を認めなかった。

#### 2. 感染ゴキブリの飼育温度と幼虫の発育:

上述のように、脱殻卵の腹腔内注射によつて高率の感染を認めたので、次にこの方法を用いてゴキブリの体内

における幼虫の発育に及ぼす飼育温度の影響を検討した。その結果は Fig. 1 に示した。幼虫の発育程度は宿主の飼育温度によつてほぼ一定しており、少なくとも23~37°Cの間では飼育温度が高いほど幼虫の発育が早くなることが認められた。これを幼虫の成熟に要する日数で比較すると、それぞれ室温(23~25°C)では7日、30°Cでは5日、37°Cでは3日であつた。

### 考 察

虫卵による経口感染実験の結果、成熟 cysticeroid の感染が認められたことから、チャパネゴキブリが小形条虫の中間宿主になり得ることは明らかである。この結果現在までに本条虫の中間宿主として知られている20種におよぶ昆虫類にさらに1種を加えることができた。Schiller (1959)によれば、好適中間宿主と考えられるゴミムシダマシ科の1種 *Tribolium confusum* に本条虫卵を経口投与した場合、そのうち57%が感染し、1個体あたり平均17個の幼虫が寄生していたという。彼の報告では投与虫卵数が不明なので厳密な比較はできないが、チャパネゴキブリでは平均2000個の虫卵を経口投与したにもかかわらず、感染率、寄生幼虫数ともに低い値であつた。しかしこのことによつて本種の自然中間宿主としての役割を看過することはできないと思われる。すなわち本種はネズミによつて汚染されやすい場所に多く生棲しており、自然感染の機会も多いと考えられる。今後、本種その他のゴキブリ類における自然感染の有無を検索し、自然界における中間宿主としての役割を明らかにすることが必要であらう。

上述のように、チャパネゴキブリが小形条虫の中間宿主になりうることを確認したので、次に本種を実験的の中間宿主として用いることを考慮し、高感染率を得ることを目的として感染方法を検討した。まずいわゆる脱殻卵の経口投与を試みた。小形条虫の発育には必ずしも中間宿主を要せず、終宿主に摂取された虫卵は宿主の腸管の絨毛内で cysticeroid に発育し、ついで腸腔内で成条虫になる。しかしこの場合投与した虫卵の2~15%が感染するにすぎないといわれている。このような低感染率の原因については明らかにされていないが、Berntzen & Voge (1965)は脱殻卵をマウスに経口投与し、正常卵の経口投与による感染率1.1%に対し、脱殻卵の場合は23%の感染率を得たと述べている。このことはあらかじめ脱殻処理をしておくこと終宿主に対し感染しやすくなることを示している。著者は中間宿主にもこれがあてはま

ると考え、チャパネゴキブリに脱殻卵を経口投与したが、感染率を高めるにはいたらなかつた。しかし正常卵あるいは脱殻卵のいずれを経口投与した場合でも若干の感染が認められたので、幼虫の寄生部位であるゴキブリの腹腔内が幼虫の生育に不適であるとは考えられない。これらのことから、幼虫がゴキブリの腹腔内へ到達する過程において、単に機械的脱殻の可否だけでなく、他に何らかの障害のあることが推察される。そこで次に、虫卵を宿主の腹腔内へ直接投与することを試みた。Cavier & Leger (1965)は、虫卵の経口投与では感染しないとみられるワモンゴキブリの腹腔内へ、人工的に孵化した六鉤幼虫を注射し、cysticeroid の生育を認めたと述べている。一方 Di Conza (1968) と Weinmann (1969) は、脱殻卵を数種の脊椎動物(マウス、カナリヤ、トカゲなど)の皮下または筋肉内に注射すると、その部位で孵化・発育することを明らかにした。本実験では後者の方法にしたがい、脱殻卵をチャパネゴキブリの腹腔内へ直接注射した。その結果全例に感染を認め、1個体あたり500個の虫卵を投与したのに対し平均69.5個の幼虫を検出することができた。また正常卵を腹腔内へ注射した場合は感染不成立に終つた。これらの実験により、脱殻卵はチャパネゴキブリの腹腔内においても孵化・発育することができ、したがつて感染に際して必ずしも人工孵化をする必要はないことが判明した。さらに脱殻卵の腹腔内注射法による実験結果は、先に述べた経口感染実験の結果に比べて感染率、寄生幼虫数ともに高い値であり、この方法がチャパネゴキブリに対する感染方法として勝れていることを示している。

中間宿主体内における小形条虫の発育は、宿主の飼育温度によつて一定しており、温度の上昇にともなつて幼虫の発育が早くなることが知られている。Heyneman (1958)によれば、*Tribolium confusum*において幼虫が成熟するのに要する日数は25°Cで11日、30°Cで5.5日、37°Cで4日であつたという。著者は、脱殻卵の腹腔内注射法によつて感染を行なつたチャパネゴキブリについて、宿主の飼育温度と幼虫の発育との関係を検討し、Heyneman の報告とほぼ同様の結果を得た。

以上に述べたように、著者は本実験においてチャパネゴキブリが小形条虫の中間宿主になりうることを確認するとともに、感染方法について若干の検討を加えたが、なかでもこの昆虫の腹腔内へ脱殻卵を注射する方法は、小形条虫の研究に多くの便宜を与えるものと思われる。すなわち、この方法によれば極めて高い感染率が得られ、

また寄生幼虫数がある程度調節することができる。さらに感染ゴキブリを一定の温度下で飼育することにより、一定の発育段階にある幼虫を多数採集することも可能である。実験室内におけるチャバネゴキブリの飼育繁殖は容易であり、この点でも本種を実験的中间宿主として用いることは多くの利点を持っている。

### 結 論

小形条虫卵によるチャバネゴキブリへの感染実験を行ない、次の結果を得た。

1. ゴキブリ1個体あたり平均2000個の正常卵を経口投与し、30°Cで7日間飼育した結果11.8%のゴキブリに感染を認め、平均4.3個の成熟cysticeroidを検出した。同数の脱殻卵を経口投与した場合は、感染率1.3%、寄生幼虫数3個であった。この結果チャバネゴキブリは小形条虫の中间宿主になりうる事が判明した。

2. ゴキブリ1個体あたり平均500個の脱殻卵をゴキブリの腹腔内へ直接注射したところ、感染率100%、平均寄生幼虫数69.5個であった。正常卵を腹腔内へ注射した場合は感染不成立であった。

3. ゴキブリ体内においてcysticeroidの成熟に要する日数は、23~25°Cでは7日、30°Cでは5日、37°Cでは3日であった。

御指導と御校閲を賜わった岡本謙一助教授に深謝いたします。

### 文 献

- 1) Berntzen, A. K. and Voge, M. (1965): In vitro hatching of oncospheres of four hymenolepidid cestodes. *J. Parasit.*, 51, 235-241.
- 2) Cavier, R. et Leger, N. (1965): A propos de l'évolution d'*Hymenolepis nana* var. *fraterna* chez des hôtes intermediaires inhabituels. *Annals de Parasitologie*, 40, 651-658.
- 3) Di Conza, J. J. (1968): Hatching requirements of dwarf tapeworm eggs (*Hymenolepis nana*) in relation to experimental development of larval stages in mice. *Z. Parasitenk.*, 31, 276-281.
- 4) 土肥幸枝(1959): 縮小条虫の人体感染に関与する主要中间宿主の研究, *東京医事新誌*, 76, 75-81.
- 5) Heyneman, D. (1958): Effect of temperature on rate of development and viability of the cestode *Hymenolepis nana* in its intermediate host. *Exp. Parasit.*, 7, 374-382.
- 6) Marshall, A. G. (1967): The cat flea *Ctenocephalides felis felis* (Bouché, 1835) as an intermediate host for cestodes. *Parasit.*, 57, 419-430.
- 7) 宮地敬介(1959): 矮小条虫の中间宿主を介しての感染と其の直接感染との成立に関する生物学的研究, *東京医事新誌*, 76, 421-425.
- 8) 素木得一(1968): 衛生昆虫学, 第3版, 1560頁, 北隆館, 東京.
- 9) Schiller, E. L. (1959): Experimental studies on morphological variations in the cestode genus *Hymenolepis*. I. Morphology and development of the cysticeroid of *H. nana* in *Tribolium confusum*. *Exp. Parasit.*, 8, 91-118.
- 10) 鈴木猛・緒方一喜(1968): 日本の衛生害虫—その生態と駆除—, 第1版, 254頁, 新思潮社, 東京.
- 11) Voge, M. and Heyneman, D. (1957): Development of *Hymenolepis nana* and *Hymenolepis diminuta* (Cestoda: Hymenolepididae) in the intermediate host *Tribolium confusum*. *Univ. Calif. Public Zool.*, 59, 549-579.
- 12) Weinmann, C. J. (1969): Larval development of *Hymenolepis nana* (Cestode) in different classes of vertebrates. *J. Parasit.*, 55, 1141-1142.

**Abstract**GERMAN COCKROACHES (*BLATTELLA GERMANICA*) AS AN  
INTERMEDIATE HOST OF *HYMENOLEPIS NANA*

TADAAKI FURUKAWA

*(Department of Medical Biology, Faculty of Medicine, Showa University, Tokyo, Japan)*

The present study was designed to determine whether german cockroaches, *Blattella germanica*, can serve as an intermediate host for *Hymenolepis nana*. The female adult cockroaches raised from a colony maintained in our laboratory were subjected to experimental infections with either intact or shell-removed eggs of *H. nana*. They were kept in an incubator at 30°C, and examined for infections with cysticercoid larvae after 7 days.

Ten (11.8%) out of 85 cockroaches which were allowed to feed 2000 intact eggs harboured an average of 4.3 mature cysticercoids. On the other hand, only 1 insect with 3 larvae was found from 76 cockroaches exposed to 2000 shell-removed eggs. These findings constitute a new intermediate host record for *H. nana*.

All of 65 cockroaches (100%) received each an intraperitoneal injection with 500 shell-removed eggs had mature cysticercoids ranging in number from 13 to 220 with an average of 69.5. But an attempt to establish infection by intraperitoneal injection with intact eggs was unsuccessful.

The rate of larval development in *B. germanica* was influenced by temperature at which the host insects were maintained. At temperatures ranging from 23 to 25°C, larval development was completed at 7 days, while at 30°C and 37°C larvae attained the mature stage within 5 and 3 days, respectively.