

蟻虫体壁の形態学的研究

(1) 角皮の微細構造

坪田 種夫

岡山大学医学部寄生虫学教室 (主任 稲臣成一教授)

(1965 年 12 月 17 日受領)

蟻虫の形態学的な研究は非常に多くなされているが、いずれも光学的観察の域にとどまっている。

竹下(1956)は蟻虫の組織化学的な研究を行ない、glycogen, alkaline phosphatase, nucleic acid, lipid 等の分布について観察したのち、電子顕微鏡と蛍光顕微鏡を用い組織学的解明に努力し、特に電子顕微鏡による観察では体壁組織と子宮の構造について極く簡単に報告している。

また坂井田(1957)は *Aspicularis tetraptera*, *Syphacia obvelata* および *Enterobius vermicularis* の3者の分泌系、排泄系について比較し、これに詳細な検討を加えている。

これらの研究を参考にして蟻虫の形態学的構造を一段と深く電子顕微鏡的段階から観察して、今までの報告にみられない非常に興味ある所見を得たので報告する。

材料および研究方法

piperazine citrate あるいは pyrvinium pamoate で駆虫した虫体を材料とし、これを生理食塩水でよく洗浄後ほぼ中程から頭部と尾部に2分して、燐酸緩衝液で pH 7.5 とした1%オスミック酸にて6時間氷室内で固定し

た。脱水はアルコール (70%, 80%, 90%, 95%, 100%) の各液に12時間づつ通して methacrylate で包埋した。包埋には稲臣等(1963)の法に従い semi-polymerized methacrylate を使用し、薄板包埋法で重合させた。ついで Porter-Blum microtome で超薄切片とし、醋酸ウラニールで染色して日本電子 JEM-7 型および日立 HS-6 型電子顕微鏡で観察した。

観 察

1) 角皮の構造

角皮は体壁の最外層をなし、光学的には無色透明、硝子様構造をもつた層で、この表面には体の長軸に直角に、線虫類の特徴とも言うべき transverse striation が無数に認められる。虫体が真直に伸展した状態では角皮の厚さは薄い所で 2.67μ 、厚い所で 3.22μ 、平均 3.11μ 程であるが体を屈曲させた場合その外側に当る角皮は非常に薄くなり transverse striation もはなはだしく不明瞭となるが内側に当る部分では厚さも厚くなり、transverse striation も著明となつて来る。このような角皮を電子顕微鏡下に観察すると電子密度の差により6層に区別することができる (Fig. 1, 3, 4, Table 1)。

第1層すなわち最外層は比較的電子密度が高く、cortical layer として役立っており無数の transverse striation が深い溝としてみられる。これら striation の中間部における厚さは $0.49 (0.32-0.64) \mu$ 程であるが、striation の近くになるに従い、その厚さは薄くなり、特に striation の部分では 0.06μ あるいはそれ以下となつている。この層は便宜上 external cortical layer と呼ぶことにする。

第2層は density の低い層で striation の中間では $0.22 (0.19-0.27) \mu$ 程の厚さであるが、striation 近くのいわゆる striation の肩の部分では非常に厚く $0.60 (0.38-0.78) \mu$ 程に達して

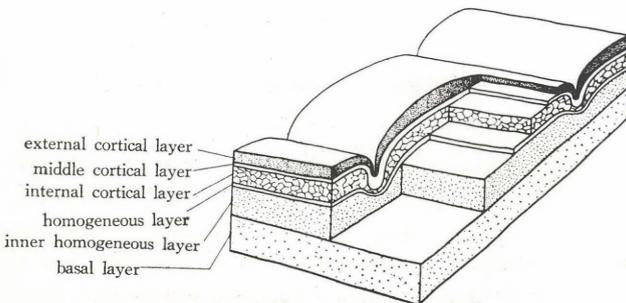


Fig. 1 Diagram to show the submicroscopic structure of cuticle

Table 1 Measurement of cuticle on the body surface of *Enterobius vermicularis* (μ)

Specimen number		1	2	3	4	5	6	7	8	Average thickness (23)
Measuring number		2	2	3	5	5	2	2	2	
Layers of cuticle	1 External cortical layer	0.64	0.64	0.33	0.32	0.38	0.50	0.58	0.56	0.494
	2 Middle cortical layer	0.21 0.69	0.26 0.64	0.20 0.44	0.19 0.38	0.19 0.38	0.27 0.78	0.26 0.74	0.20 0.76	0.223 0.601
	3 Internal cortical layer	0.08 0.55	0.16 0.59	0.20 0.67	0.19 0.64	0.19 0.64	0.23 0.50	0.15 0.52	0.12 0.52	0.165 0.576
	4 Homogeneous layer	0.16	0.10	0.81	0.64	0.64	0.13	0.21	0.20	0.361
	5 Inner homogeneous layer	0.64	0.53	0.84	0.77	0.70	0.60	0.31	0.40	0.598
	6 Basal layer	1.02	1.07	0.26	0.32	0.25	0.92	0.84	0.76	0.680

いる。また striation の直下では通常それよりやや薄くなつていて、非常に弾力性に富んだ層のように見え、体の屈曲によつてこの層の厚さに相当の差が出て来る。なお体が一直線に伸びている時には全く見られないが、体の屈曲した時その内側に位する部分ではこの層の striation 直下に数本あるいはそれ以上の体表面に平行した縞が出現するのが見られる。なおこの層は middle cortical layer と呼ぶのが適當のようである。

第3層は第1層とほとんど同様かあるいはやや density が低く、均等な構造を示さず、大小不同の空胞が無数に見られる。第1層と同様に striation の中間では厚く 0.58 (0.50-0.67) μ 程に達しているが、striation 直下では 0.17 (0.08-0.23) μ と薄くなつており、さらに体の屈曲運動によつては相當に伸展して薄くなつているのがみとめられる。この層も cortical layer の一部と考え internal cortical layer と呼んで見た。

第4層は第3層に比して density が低く、その構造もほとんど均等で無構造に近く厚さは 0.36 (0.10-0.64) μ 程であり homogeneous layer と呼ぶのが適當と思われる。

第5層は第4層よりはさらに density が低く、厚さも均等で 0.60 (0.31-0.84) μ 程であり無構造に近いが非常に微細な線維様構造の見られる部分もあるが inner homogeneous layer とすべき層である。

第6層は以上の5層より遙かに density が低く、厚さは 0.68 (0.25-1.07) μ 程でその構造はほとんど均等で無構造であり basal layer とすべきであろう。なおこの層は何等の basement membrane のごときものを介さずに直接角皮下層に連続している。

以上のごとく角皮層は6層に分つことができる。しかしこれら各々の層の間には明確な境界が見られず、ただ

単に density の差によつて6層に区分出来るだけでそれぞれの間には如何なる限界膜も存在しない。なお Fig. 2 に示すごとくに虫体によつては角皮に9-11層を数えるような部分がしばしば出現する。恐らくは竹下もこのような部分を見て角皮が10層からなるとしたのであろう。しかしこれは cortical layer ことに第2層にみられるような平行した縞状の線条部分が極度に強く出現したものと思われる。またこのような場合第3層の internal cortical layer の幅が広がつて非常に厚く見えるようである (Fig. 5)。

2) Transverse striation

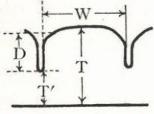
Transverse striation はこれら6層のうち第1-3層に達しており、直接関連性をもっている。従つて体の屈伸時に第1-3層では厚さに大きく影響が現われてくる。

蟯虫の transverse striation は非常に明確で、striation の間隔は、短いもので 6.24 μ 、長いもので 7.54 μ 平均 6.87 μ とほとんど cuticle の厚さの2倍に近い。transverse striation の溝の深さは 0.79 (0.65-0.96) μ 程で cuticle の厚さのほぼ $\frac{1}{4}$ である。次いでこの striation の底部と cuticle の基底部の距離は 1.85 (1.33-2.33) μ 程で cuticle の厚さの約 $\frac{1}{2}$ に相当する (Fig. 1, 3, 4, Table 2)。

3) 頭囊(帽)

蟯虫の頭部にはいわゆる側翼がみられる。この部は transverse striation の数にして頭端より16-18個位の長さにおよんでおり内部には器官を認めず囊状を呈している。この横断面像を見ると、側線に沿つた部分で外方に突出してはいるが、これらは頭部全体を被つており決して側方にのみ突出した翼状突起のごときものではない。むしろ頭帽あるいは頭囊 (head capsule) と呼ぶのが適當と思われる形状を呈している (Fig. 6, 7)。

Table 2 Measurement of transverse striation on the body surface of *Enterobius vermicularis* (μ)

		Specimen number	1	2	3	4	5	6	7	8	Average (23)
		Measuring number	2	2	3	5	5	2	2	2	
	Transverse striation	W width	6.24	6.45	7.15	7.54	6.90	6.48	7.08	7.08	6.865
		D depth	0.91	0.96	0.71	0.74	0.77	0.83	0.65	0.76	0.791
		T' thickness of cuticle at striation	1.88	1.61	2.33	2.00	2.19	1.66	1.79	1.33	1.848
		T thickness of cuticle	3.22	3.22	3.15	3.09	3.03	2.96	2.75	2.67	3.011

この部分は角皮のうち第1-3層までが内側の3層から分離して外方に張り出したもので cortical layer が homogeneous layer から別離してできたものと見るべきである。しかも体壁を直接包んでいる角皮は第5,6の両層で結局この部分では第4層が非常に膨化してここに液状物が貯溜したものと考えられる。すなわち head capsule における第1層はやや density の高い homogeneous な層で、厚さは平均 0.46μ 程である。第2層は low dense な層で、fiber 様の線状が見られ、この層の厚さは平均 0.57μ 程である。第3層は大小不同の空胞が見られその間には dense な顆粒が無数に散在している。この層の厚さは平均 0.93μ 程で、この層の底部には明らかな境界を見ることが出来る。第4層と見られる嚢状部には直径 0.01μ 以下の dense な顆粒が充満している。この部の厚さは一番厚いところで transverse striation の頭端から第7-8番目位のところで約 13μ に達している。第5層、第6層は他の部の角皮層にみられるものと全く同様である。

4) 側翼 lateral ala

線虫類の多くのものは体の両側線に沿って外部に突出した側翼が見られる。蟯虫においても独特な側翼が認められる。本虫の側翼は Fig. 2 に示すごとく横断像では尖端の鈍円な1本のにぶい突起として見られその幅は基底部 (a) で約 4.85μ 、高さ (c) は約 4.41μ 、基底部より角皮の基底部の厚さ (b) は約 2.65μ である。この側翼の最外層はやはり external cortical layer により被われているが middle cortical layer は側翼の基底部に迄入り込んでいない。しかしそれより尖端に向つては、入り込んでおらず、むしろ側翼それ自身にはこれを欠除しているとみて差支えない。従つて側翼の尖端部では external cortical layer の下側に直接 internal cortical layer が連

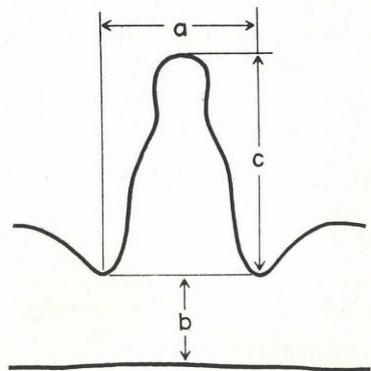


Fig. 2 Diagrammatic presentation of a lateral ala of *Enterobius vermicularis*

- a····width of the basis of lateral ala
- b····thickness of cuticle at the site of alar basis
- c····height of lateral ala

接しており側翼の内側に向つて多数の分岐が見られ、その間には直径 2 \AA 程の非常に微細な顆粒が無数に充満した層が見られる。このような構造は先に述べた head capsule における顆粒層と非常によく似ている。なお側翼の直下の部分では角皮の他の部分に見られるような homogeneous layer, inner homogeneous layer 等の区別が判然とせず線維様構造を呈した homogeneous layer が僅かに 0.5μ 程の厚さでみとめられる外にはこの部分では全く basal layer を欠除している。

さらにこの部の角皮層と角皮下層との間には僅かながら間隙がみられ、この間隙には非常に density の高い組織が見られる。このものが果して如何なるものであるかはさらに追究中である。

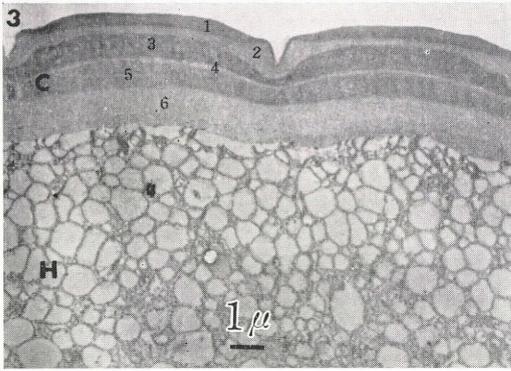


Fig. 3 The cuticle (C) is composed of 6 layers of different electron density without presenting well-marked border lines between them. The entire thickness is about 3μ and the layers are external cortical layer (1), middle cortical layer (2), internal cortical layer (3), homogeneous layer (4), inner homogeneous layer (5), and basal layer (6). The spongelike hypodermis (H) is shown inside the cuticle, and the transverse striation on the surface of cuticle.

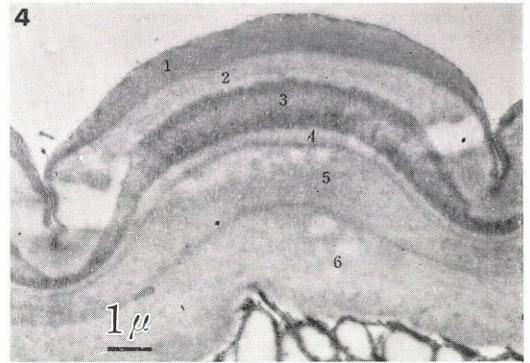


Fig. 4 Longitudinal section of the flexuose side of cuticle. The thickness is about 7μ and 6 layers are distinguishable. Hypodermal myofibrils are seen being attached to the inner surface of the basal layer.

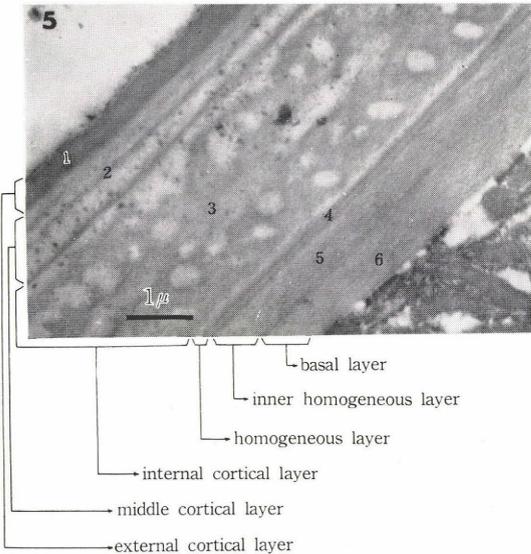


Fig. 5 Cross section of cuticle. A striped pattern of finer layers is visible in the middle cortical layer and usually is this the case with cross sections. A number of vacuoles are seen in the broadened internal cortical layer.

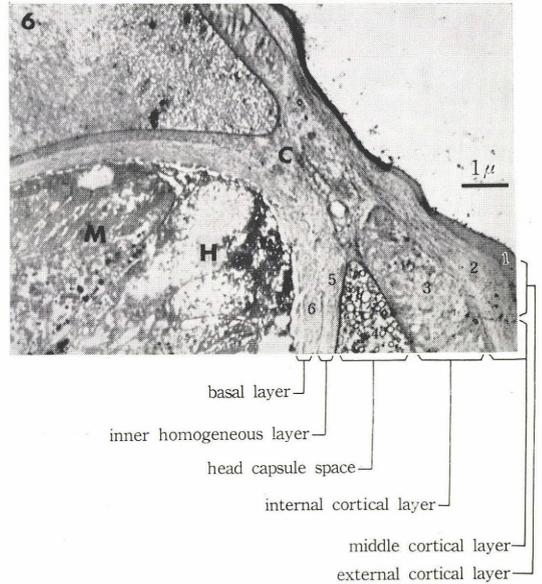


Fig. 6 Cross section of the merging portion of cuticle and its head capsule at the site of the 15th transverse striation from the head-top. The capsule is composed of 3 cortical layers. The homogeneous layer is broadened filling up the head-capsule space and contains a large number of fine granules. In this part the inner homogeneous layer and the basal layer are also demonstrated.

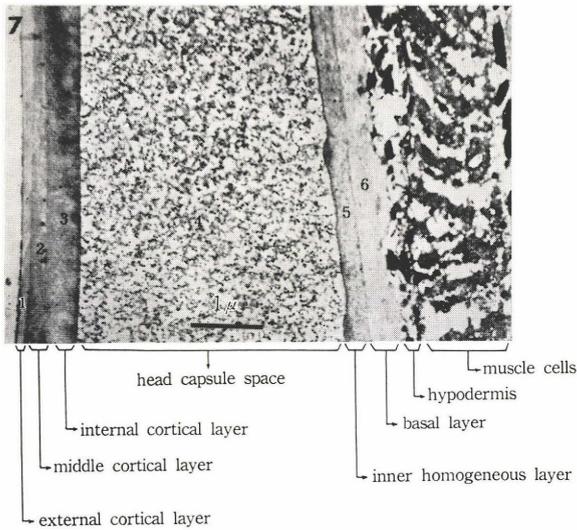


Fig. 7 Cross section of cuticle at the site of the 15th transverse striation of the head capsule from the head-top.

考 察

寄生性線虫の角皮の形態学的な構造、特にその微細構造に関しては Bird & Dentsch (1957) により豚蛔虫の角皮構造の解明が行なわれ、豚蛔虫の角皮には6層あることを認めている。蟻虫の角皮については竹下(1958)が観察しているが竹下は蟻虫の角皮は10層よりなるとしており、その厚さも約 3.7μ と報告している。しかしこの報告をみると私の観察の結果と非常に異なっている。すなわち竹下は cross section によつてのみ観察しており角皮の観察に使つた写真は恐らく transverse striation 近くの section であるために middle cortical layer に出てくる多数の平行縞に相遇し、これ等を各独立した層と考えたようである。

Reed *et al.* によれば earth worm の角皮には 45° の角度で交叉する所の fiber があり、また蛔虫の角皮でも斜に走行する fiber が crossing するのが光学的に認められているが蟻虫ではこのような構造に乏しいようである。角皮の最外層は蛔虫では比較的 density が低く思えるが蟻虫では density が高いと思われる、角皮の厚さについては竹下は蟻虫で約 3.7μ としているが、私の観察では平均 3.011μ ($2.67-3.22$) で余り大きな差はみとめられない。

また transverse striation については Bird *et al.* の豚

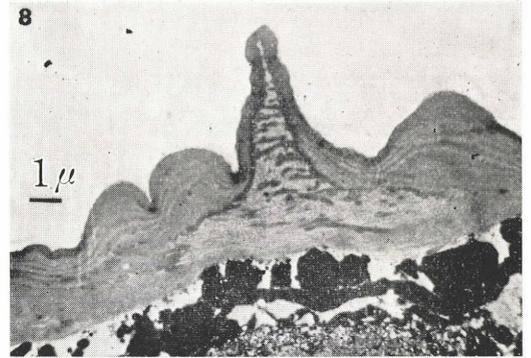


Fig. 8 Cross section of a lateral ala at a site of the middle part of the body showing a simple form on its both sides. Some stripes are visible in the middle cortical layer. There seen a number of fine granules at the core of the ala and fine fibrils in the homogeneous layer.

蛔虫の写真について計測してみると間隔は約 30μ にも及んでいるが蟻虫では僅かにその約 $1/5$ に相当している。

西尾(1924)の報告によれば lateral ala は幅の太い所で 0.1mm とのべているが私の結果では約 17μ であつた。これに関しては稲臣(1963)等が幼線虫について詳細な観察をしているが幼虫型のもとの親虫型のものとはその型の上で非常に大きな差が見られそうであるのでこの点に関しては将来の研究にまつ所が多い。

head capsule については従来側翼として呼ばれていたが、これはこのものの本質的構造の上からは全く適したものではなく head capsule と称するのが最も適したように思われる。

なおこの機能に関しては目下の所推測の域を脱していないが恐らくは頭部の保護器官である外にも何らかの働きをするものと思われる。

結 論

- 1) 蟻虫の親虫の角皮は電子密度の差により external cortical layer, middle cortical layer, internal cortical layer, homogeneous layer, inner homogeneous layer, basal layer の6層に区別できる。
- 2) 親虫の頭部には head capsule がある。
- 3) lateral ala は単純型で著明である。
- 4) transverse striation も明確である。

終りにのぞみ御指導，御校閲を賜った稲臣成一教授に衷心より感謝します。

なお本論文の要旨は第34回日本寄生虫学会(1965)で発表した。

文 献

- 1) Bird, A. F. & K. Deutsch (1957) : The structure of the cuticle of *Ascaris lumbricoides* var. *suis*. *Parasitology*, 47, 319-328.
- 2) 稲臣成一・田中寛・作本台五郎・板野一男(1963) : 幼線虫体表構造の電子顕微鏡的研究. *寄生虫学雑誌*, 12(1), 16-39.
- 3) 西尾恒敬(1924) : 蟯虫類に関する研究. *千葉医学会雑誌*, 2(2), 109-162.
- 4) Reed, R. & K. M. Rudall (1948) : Electron microscope studies on the structure of earthworm cuticles. *Biochemica et Biophysica Acta*, 2, 7-18.
- 5) 坂井田久善(1957) : 蟯虫類の分泌排泄系について. *岐阜医大紀要*, 5(3), 230-236.
- 6) 竹下貞子(1956) : 蟯虫の組織化学的研究. *寄生虫学雑誌*, 7(1), 89-95.

Abstract

SUBMICROSCOPIC STRUCTURE OF *ENTEROBIUS VERMICULARIS*

I. CUTICLE

TANEO TSUBOTA

(Department of Parasitology, Okayama University Medical School, Okayama, Japan)

The cuticle of *Enterobius vermicularis* is composed of 6 layers of different electron density without presenting well-marked border lines between them. The thickness of the entire cuticle is about 3μ .

The structureless external cortical layer is considerably dense and 0.5μ in thickness at an intermediate site of two transverse striations but thinner than 60 \AA at the site of the striation.

The middle cortical layer is less dense and about 0.2μ in thickness at an intermediate site of the striations but as thick as about 0.6μ at the site of the striation.

The internal cortical layer is a fairly dense stratum containing a number of vacuoles and its thickness is about 0.6μ at an intermediate site of the striations but about 0.2μ beneath the striation.

The homogeneous layer is structureless and low in density being about 0.4μ in thickness.

The inner homogeneous layer is about 0.6μ in thickness.

The innermost homogeneous basal layer has the lowest density among the layers and its thickness is about 0.7μ .

The average distance between each of highly clear transverse striations is about 7μ and their depth is about 8μ .

The form of lateral ala is extremely simple.

A head capsule is seen all over the head part and the covering range is as long as about 120μ corresponding to the area of approximately 18 transverse striations.