

Leishmania donovani の電子顕微鏡的形態

中 西 健 一

大阪大学微生物病研究所 寄生虫原虫学部

(部長 森下 薫教授, 指導 猪木正三教授)

(昭和 30 年 12 月 21 日受領)

緒 言

電子顕微鏡の実用化に伴ない, 原虫類のこの方面における研究も最近数多く行われて来つつある。Kala azar の病原体 *Leishmania donovani* についても既に Emmel: Jacob 及び Götz (1942), Sen Gupta: Das Gupta 及び Bhattacharya 等 (1951) によつて報告されているが, その成績によれば電子線通過に対して原虫体が余りに厚く, たゞその輪廓を示すにとどまり, また shadowing 法によつても虫体の高低を知るに過ぎず, 原虫の内部構造はほとんど明らかにされていない。その後 Das Gupta: Guha 及び DE 等 (1954) は, 原虫体に塩酸処理を施すことによつて興味ある幾らかの写真を発表した。

今回私は各種濃度のオスミウム酸による固定, 塩酸による加水分解, 酵素ペプシンによる消化, 更に1948年 Pease 及び Baker によつて創始された超薄切片法などを応用し, *Leishmania donovani* の電子顕微鏡による外表及び内部構造に関し, きわめて興味ある知見を得たので報告する。

材料及び方法

材料は1948年, 大阪大学病院入院患者より分離した北川株の培養第 132代ないし第 147代のもので使用した。培養基は電子顕微鏡観察時, 赤血球の混入を避けるため, 田辺液状培地を遠心沈澱したその上清部を用い, 培養温度24~25°Cで原虫接種後7ないし14日目のものを観察した。すなわち原虫数の最も多い7~14日目の供試培養基を遠心沈澱(約3000r.p.m.)し, その上清部を廃棄し, 沈澱原虫を3回生理食塩水で洗滌した後, 種々の操作処理を試みた。

固定剤としては1%及び0.5%オスミウム酸 pH 7.4

Ken'ichi Nakanishi: On the fine structures of *Leishmania donovani* as shown by electron microscope. (Department of Parasitology, Research Institute for Microbial Diseases, Osaka University, Osaka, Japan.)

磷酸緩衝液, 2%オスミウム酸生理食塩水を用いたが, 塩酸加水分解及びペプシン消化を施した標本では固定剤を用いず, 生理食塩水で洗滌した沈澱原虫をあらかじめコロチオン膜を張つた mesh の上に載せ, 室温で乾燥固定を行った。更にこの乾燥固定した標本を mesh ごと1規定塩酸中で60°C30分, あるいは pH 1.8 の 0.3%ペプシン生理食塩水中で38°C30分間処理した。この場合, 所定の時間処理した標本は, 1秒間蒸留水中で洗滌後再び室温で乾燥した。これらの標本の一部にはクローム shadowing 法を利用したものもある。

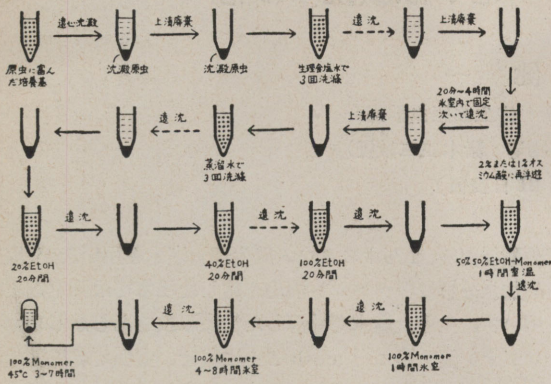
超薄切片標本の作製には同様な培養法, 洗滌法によつて得た原虫を材料とし, その固定には2%オスミウム酸生理食塩水, 及び1%オスミウム酸 pH 7.4 磷酸緩衝液を用い, 20分~4時間水室内で固定し, これを蒸留水で3回洗滌した後エタノール系列の20%液20分間, 40%液20分間, 60%液20分間, 80%液20分間, 100%液20分間の順に処理し脱水した。この場合本材料は一般の組織と異り, 原虫の集まりであるため, 種々の操作には東(1952)の「細菌を切る方法」にならひ常に遠心沈澱法を利用し, 上清を廃棄しては沈澱原虫に次の濃度の EtOH を注入していった。

包埋剤は n-butyl methacrylate の単独使用, あるいは n-butyl methacrylate に対し methyl methacrylate を10~30%の割に混じたものを用い, 重合には o-chlorobenzoyl peroxide を1~3%の割に入れて触媒とした。

すなわち 100% EtOH で20分間脱水後, 既に peroxide の入っている 50%~50% EtOH-Monomer で1時間室温放置し, 次いで 100% Monomer で1時間水室内, 更に 100% Monomer で4~8時間水室内, 次に Lilly の No. 0 ゼラチンカプセルに分注し 45°C 恒温器中で3~7時間重合した。更に重合を進めるため, 2~3日室温に放置した後切断したものもある。以上の操作を図示すれば第1図の如くである。

切断に際してのミクロトームは Spencer の 820型,

第1図 原虫を集めて包埋まで



あるいは日本マイクローム研究所製RU型で、ナイフは串田(1954)の提唱せる硬質ガラスの破片をもつばら用い、切断された切片は60°C前後の湯温上に浮遊し、これをあらかじめコロチオン膜を張つた mesh の上にすくつたのである。

脱包埋は電子線の照射による昇華を利用した。

使用した電子顕微鏡は日立製作所製HU 6型、加速電圧50 K.V. のものである。

成 績

本原虫の培地内の一般形態は、横川：森下等(1953)の成書によれば無鞭毛楕円形のリーシュマニア型から、有鞭毛紡錘形のレプトモナス型に至るあらゆる発育型が見られ、鞭毛のあるものもその長幼により短梨子状形のものから長紡錘形のものまで、あらゆる形態のものが見られる。更に核はいずれの形態においてもほぼ体の中央に位し、運動核質は体の前端にあつて、それから体の前方に向かって1本の遊離鞭毛が出て、大きさも種々であるが成長したものは通常長径15~25μ、幅径1.5~3.5μ、遊離鞭毛15~28μである。ただし私が1%オスミウム酸 pH 7.4 燐酸緩衝液で25~35分間固定し、Giemsa 染色を施したものでは、虫体の長径、幅径、遊離鞭毛は各6.9~20.8μ、1.5~3.0μ、8.0~20.0μであつた。本実験においてはもつばら鞭毛型を対象とした。

1) 1% オスミウム酸 pH 7.4 燐酸緩衝液、あるいは 2% オスミウム酸生理食塩水で20~40分間固定した場合

電子線に対し原虫は余りに厚く、虫体部及び鞭毛部ともその輪廓を表わすだけで内部構造はほとんどわからない。鞭毛は尖端まで大体同じ幅をなしてのび、尖端は大多数鈍に終つている (Fig. 1) が、Fig. 2 の如く鼓楯状に膨大しているものも見られる。Fig. 1 及び Fig. 2 に

おける虫体の長径、幅径、遊離鞭毛は各約12.2μ:11.5μ、2.6μ:1.5μ、14.6μ:14.5μ であつた。

2) 0.5% オスミウム酸 pH 7.4 燐酸緩衝液で同時間固定した場合

原虫全体が薄膜でおおわれているのが見られ、その薄膜には虫体部で縦に走る繊維を透視することができる (Fig. 3, Fig. 4)。しかし虫体内部構造は未だ明らかではない。

3) 1 規定塩酸 60°C 30 分間の処理を施した場合

虫体部の内容のぬけたと思われる像も得られ、虫体を縦にすなわち虫体長軸に平行に走る幅約20mμの繊維が多数認められて (Fig. 5)、ある像ではその繊維を約80本数えることができる (Fig. 6)。その他細胞質がほとんど破壊され、核 (A)、parabasal body (B)、blepharoplast 部 (C) 及び鞭毛 (D) を残しているかのような写真も得られて (Fig. 7)、この写真では核は楕円形で赤血球のように中央陥凹し、そのほぼ中心に核小体 (E) も認められる。核のやや前方にやはり小楕円形の parabasal body を認め、更にその前方鞭毛起始部にある blepharoplast はめいりように識別しにくい。このFig. 7における核の長径は約1.24μ、短径約1μで核小体の径約0.3μである。鞭毛は幅約50mμの繊維の束より成り、私の得た像ではその数が7~11本であつた (Fig. 8, Fig. 9)。

4) 0.3% ペプシン 生理食塩水 pH 1.8 38°C 30 分間の処理を施した場合

鞭毛 (F) はほとんど消化されその痕跡を残すのみで、虫体もかなりの影響をうけている (Fig. 10)。特に核質 (G) は細胞質よりも強く作用をうけ電子線を比較的よく通しているが、核小体 (H) に相当する所は逆に密でほぼ円形をなして見られる。Fig. 10 における三つの核の平均の長径は約2.4μ、短径約2.0μで核小体は約1.2μであつた。

5) 2% オスミウム酸生理食塩水固定による超薄片像

細胞膜の厚さは約30 mμ、そのある所には数多くの繊維 (I) がはえているかと思われるものがある (Fig. 11) 細胞質には数個の空胞らしいものが見られ、またそのうちのあるものでは、中にきわめて密な直径約100mμのほぼ正円形の顆粒 (J) を認めるものもある。細胞質は無数の不均等な顆粒の集合状、または網目状に見え、ある所には数個の均等な構造を有する径約250mμの顆粒状の像 (K) も認められる (Fig. 12)。核は不規則な形を

なし、50 μ m 内外の核膜を明らかに区別し、中央には核小体を認め、その他核小体と同様に密な顆粒 (L) も見られている (Fig. 13)。鞭毛が虫体部を遊離する部分の構造は、細胞膜が直接鞭毛に移行せず、細胞膜の続きが虫体内部の方向に凹み毛根部のように小管状となり、その中を鞭毛が走っている (Fig. 14, Fig. 15)。Fig. 14 において鞭毛の起始部と不規則な形をなした核との間に見える腎形の境界めいりような部分 (M) は、その位置よりして *parabasal body* の断面かもしれない。その他鞭毛起始部附近には、往々にしてかなり大なる空胞らしいものが見られる。鞭毛は数本の繊維の束より成ると前にのべたが、超薄切片像においてもそれが認められている (Fig. 14)。

6) 1%オスミウム酸 pH 7.4 磷酸緩衝液固定による超薄切片像

前者に比し細胞質に空胞は少ない (Fig. 16) が、不規則な形をした比較的大なるきわめて密な顆粒 (N)、及びこれより大きくやはり不規則な形をなして、細胞質の所々に散在する比較の密な像 (O)、更に紐状の影像 (P) 等が認められる。その他細胞質で空胞状に見えるものの中に、鞭毛の横断面と推察される像 (Q) も見られ、鞭毛を構成している繊維が輪状に配列しているようである。

考 察

1) 固定、包埋、切断について

生物試料の電子顕微鏡観察のための固定剤としては、現在 pH 7.4 に緩衝された 1%オスミウム酸が最良の固定液であると言われている。それは固定時酸性固定液では細胞蛋白質の凝固を引き起し、空胞を作りやすいためと言われる。私の経験でも 1%オスミウム酸 pH 7.4 磷酸緩衝液で固定した時のほうが、2%オスミウム酸生理食塩水で固定した場合よりその超薄切片像において、細胞質に空胞が少なかった。しかし非切標本観察には、1%オスミウム酸 pH 7.4 磷酸緩衝液、2%オスミウム酸生理食塩水、更に *L. donovani* を生理食塩水で洗滌後乾燥固定した三つの場合の写真像には、特別の差違を明らかに指摘することはできなかった。

超薄切片にふすべき試料のオスミウム酸による固定時間については、一般に言われている氷室内 4 時間を厳守せずとも、私の行った最短 20 分間でも充分であった。これは本材料が単個細胞の原虫であるため、オスミウム酸の作用が迅速に達せられるためであろう。

優秀な超薄切片像を得るために包埋剤の硬度が問題とされ、*n-butyl methacrylate* の単独使用、あるいは *n-butyl methacrylate* 及び *methyl methacrylate* を適当な割合に混じり使用する等、種々言われている。串田 (1954) は特に硬質ガラス破片を用いて切断の場合は、*n-butyl metha.* 7 に対し *methyl metha.* 3 の割合が良好な結果が得られると言ったが、私は包埋剤の硬軟より、むしろ東 (1951) の強調したように使用するナイフの鋭利さが、良い超薄切片を得る最大の要件と考える。なおまた切断面積が小なるほど薄き切片が得られやすく一度切断された切片を 60°C 前後の温湯上に浮遊させたのは、切片を伸展させ、電子顕微鏡観察に好都合ならしめたためである。

2) 電子顕微鏡像について

非切標本の無処理固定の像は、Emmel 等 (1942) の言った如く、たしかに電子線通過には原虫体は余りに厚く、内部構造はほとんどわからない。しかし堀井 (1955) は *Trypanosoma gambiense* を観察した時に内部構造がわずかに見られるものがあり、これは変性に陥った *T. gambiense* であるかも知れぬと言ったが、私の実験ではこのようなものは全然見ることができなかった。

Fig. 1 及び Fig. 2 における計測値は、横川・森下等 (1953) が記載している所より小さいが、私がオスミウム酸で固定し、Giemsa 染色を施し光学顕微鏡で計測した所には、だいたい合致している。いずれにしても一枚の写真に一原虫の全容を取めんとしたため、自然比較的小なる原虫を選んだ結果によるものと考えられる。

無処理固定では鞭毛もまたたゞ 1 条の繊維として観察され、その先端が多くの場合鈍に終っているが、ときに鼓棒状をなしてふくれているものも見られた。この標本は培養 10 日目のものであったが、これは培養中の発育時期によるものかも知れない。

0.5%オスミウム酸磷酸緩衝液固定標本で虫体をおおう薄膜を、また塩酸処理標本で虫体長軸に平走する多数の繊維を認めたが、かかる所見のうち薄膜に関しては、既に Meyer 等 (1954) が *Trypanosoma cruzi* についても観察している。この薄膜は原虫の最外層を形成すると思われる。Fig. 16 におけるやや細長き一断面像 (R) はこの事実を物語っていると見えよう。他方この繊維については Lofgren (1950) が *Leishmania tropica* に同じような構造を認め、生原虫ではこの繊維によって *elastic membrane* が形成されていると述べ、また *Leishmania*

donovani については Das Gupta 等 (1954) 及び吉井 (1954) もこの繊維を認め、特に Das Gupta 等は *myoneme fibrils* と呼んでいる。ともかく虫体に対し繊維が縦に走る。すなわち虫体長軸に平行に走っているとゆうことは、本原虫体の紡錘形の形態上にも、またその運動にも大いに関係あると思われる。この観点に立つて Das Gupta 等、吉井等の知見を確認するとともに、Lofgren の *elastic membrane* 形成説をも首肯せんとするものである。

鞭毛はたゞ1本のものでなく何本かの繊維の集まりより成ることは、*Euglena gracilis* 等について Pitelka 等 (1949) が既に報告している。本原虫については私は塩酸処理標本で鞭毛が7~11本の幅約50 μ mの繊維束より成る知見を得た。一方 Das Gupta 等 (1954) はやはり本原虫で5~9本、吉井 (1954) は同じく7~9本の繊維束構造を見ている。この繊維数における相違は、材料の処理法、得た標本の選択等による相違に基づくものと考えられるが、これを要するに本種原虫鞭毛が数本の繊維束より構成される事実は疑う余地がなく、まづ Fig. 14における超薄切片写真の鞭毛の縦断面像は、この知見を明らかに裏づけている。更に Fig. 4 及び Fig. 16 の横断面像 (Q) から、これら繊維束は輪状に配列し、全体をおおう薄鞘内を縦走するものと考えられる。

塩酸加水分解により Fig. 5, Fig. 6 の如く外表面を残したものと、時には Fig. 7 のように細胞の中心部を残した写真も得ることができた。これは原虫の処理時に受ける影響の差によるためかも知れない。Fig. 7 において見られる核は中央陥凹して見えるが、これは処理により受けた変形と考えられ、また細胞質はほとんど破壊されているが核、*parabasal body* 及び *blepharoplast* 部、鞭毛等の形態は比較的よく保存されている。これに反しペプシン処理の Fig. 10 においては細胞質より核の受ける影響大きく、鞭毛もほとんどその痕跡を残す程度であることは、塩酸処理の Fig. 7 と比しまことに対蹠的と言えよう。なお Fig. 10 に見られる核小体は核の大きさに比しやや大きな形態を有しているが、Fig. 13 の超薄切片所見より核小体もまた大きく見えてもいつこうに差支えないと言える。

超薄切片像の Fig. 11 において細胞膜に付着している繊毛状 (I) のものは、虫体を縦に走る繊維を切断した所と考えられ、Fig. 13 に見られる核小体と同様に密な顆粒 (L) は、クロマチン顆粒かと思われる。Fig. 14 において細胞質と同程度の密度で境界めいりような腎形

の像 (M) が認められるが、これは明らかに直接鞭毛に連絡してはならず、鞭毛は細胞質より発生しているかの観を呈している。この原虫の核は細胞質の中央に認められるので、腎形像はその位置からみて、*parabasal body* とみなされるべきだろうか。一方 *blepharoplast* の切片像は、明らかにし得なかつた。Fig. 16 における空胞状の中に輪状に見える所 (Q) は、鞭毛の横断面であろう。その他細胞質には核以外に種々の顆粒、あるいは顆粒状の像が見られるが、これらのうちにはヴォルチン顆粒の断面も含まれているのであろう。更にききわめて不規則な比較的密な像、及び紐状の像なども認めているが、これらが如何なるものかを断定するには至つておらず、このような所見より原虫の内部構造は、ききわめて複雑であることがうかざされる。Fig. 14, Fig. 15 の如く細胞膜が直接鞭毛に移行せず、その続きが虫体内部の方向に凹んで小管状を呈し、その中を鞭毛が走つて毛根状あるいは関節状をなしていること、及び鞭毛が数本の繊維の束より成つていことは、鞭毛運動にまことに好都合なことと考えられるのみならず、特に哺乳動物の毛根の構造と相似していて興味がある。

結 論

- 1) 各種濃度のオスミウム酸による固定、塩酸による加水分解、酵素ペプシンによる消化及び超薄切片法による *Leishmania donovani* の電子顕微鏡的観察を行った。
- 2) 試料作成時の固定、包埋、切断についても幾らかの見解をのべた。
- 3) 無処理固定標本では原虫の内部構造はほとんどわからず、鞭毛尖端は多く鈍に終るが、あるものでは鼓桴状にふくれている。
- 4) 細胞膜は明らかに区別し得る (厚さ約30 μ m) がこの微細構造については最外層に原虫体をおおう薄膜があり、その下に虫体を縦走し原虫の運動に関係すると思われる幅約20 μ mの多数の繊維が存在している。
- 5) 細胞質には種々の顆粒、空胞及び不規則な形をなした比較的密な構造、更に紐状の像などが認められ、これらより原虫の細胞質構造は顆粒状あるいは網状をなしききわめて複雑なものと考えられる。
- 6) 各処理により核、及び核構造を認めた。その計測により核の長径約1.24~2.4 μ m、核小体の長径約0.3~1.2 μ m、核膜の厚さは約50 μ mで *parabasal body* も指摘したが *blepharoplast* のめいりような像は得ていない。

7) 鞭毛は7~11本の幅約50 m μ の纖維束より成り、これが薄鞘内を輪状に配列しつつ縦走する。鞭毛起始部は細胞膜の陥凹によって生ずる小管内を独立した構造として走行する。

稿を終るに臨み、御指導御校閲を賜わつた森下薫教授、防疫学部深井孝之助助教授に深甚の謝意を表し、また滞米中にもかかわらず種々御指導御激励を忝うした猪木正三教授、更に常に御協力を煩わした電子顕微鏡室西義美氏に心から感謝致します。

(本論文の要旨は昭和29年9月第10回日本寄生虫学会西日本支部大会及び昭和30年4月第24回日本寄生虫学会総会において発表した)。

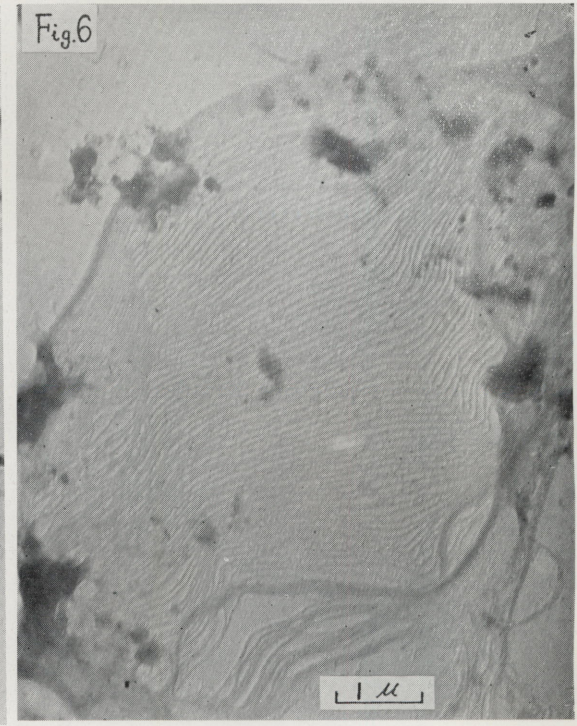
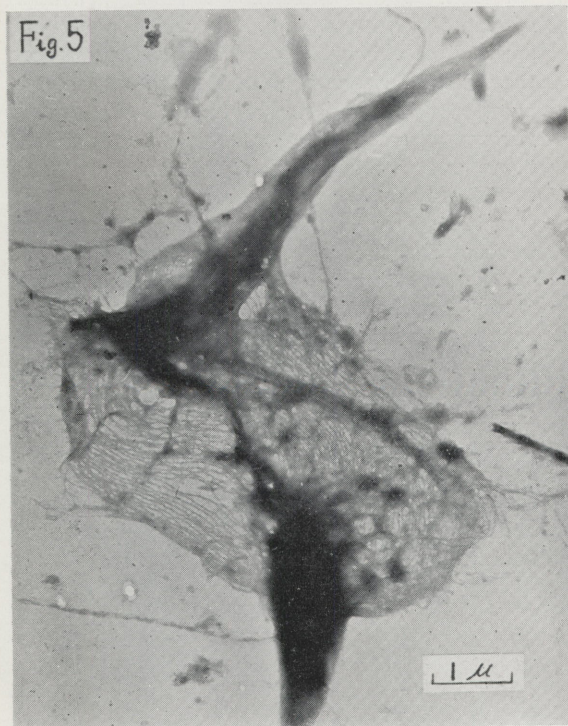
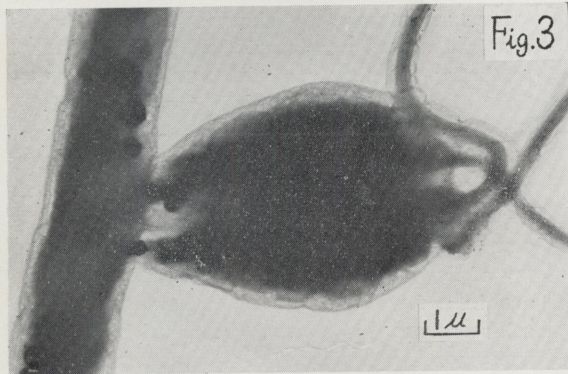
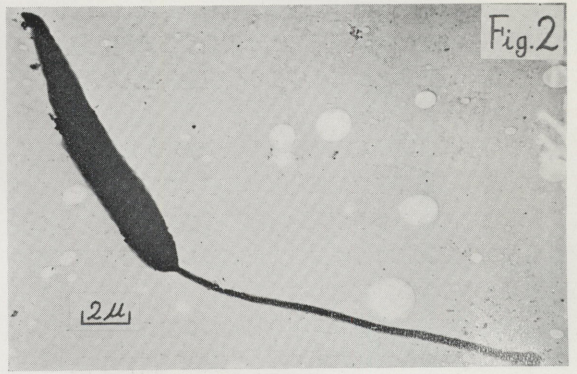
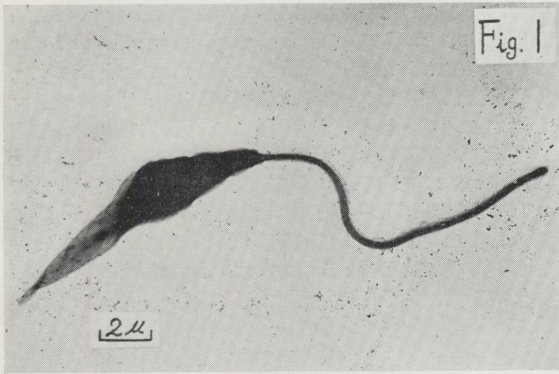
文 献

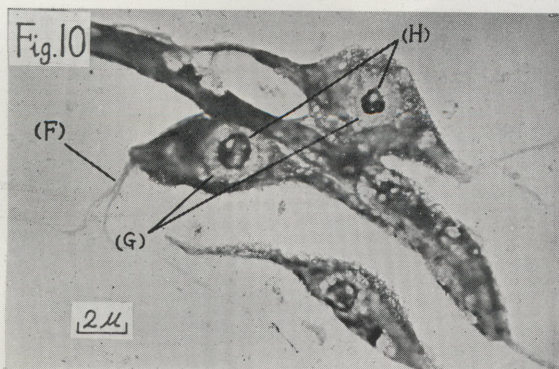
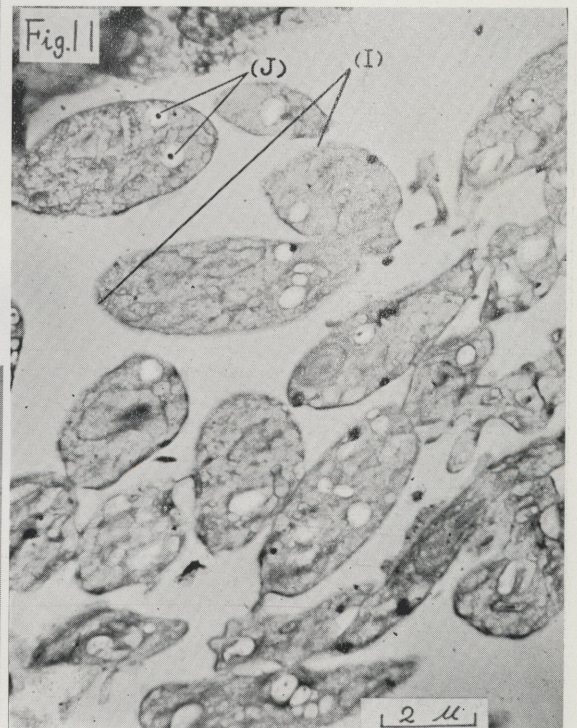
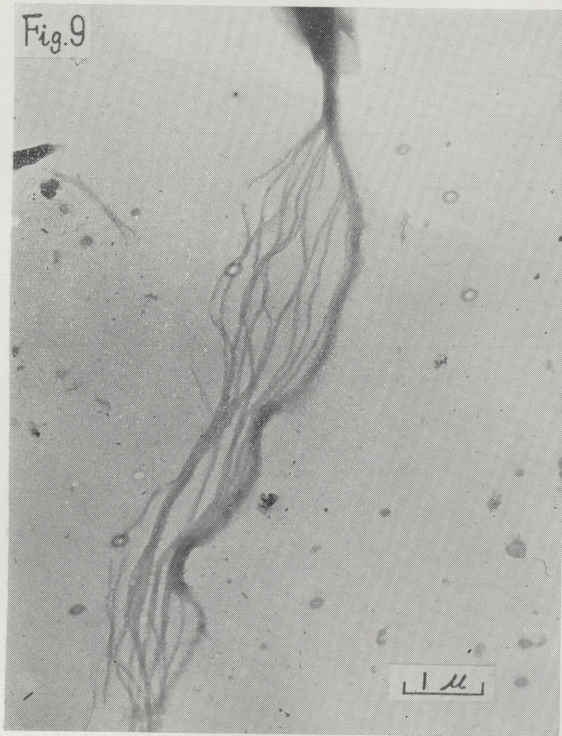
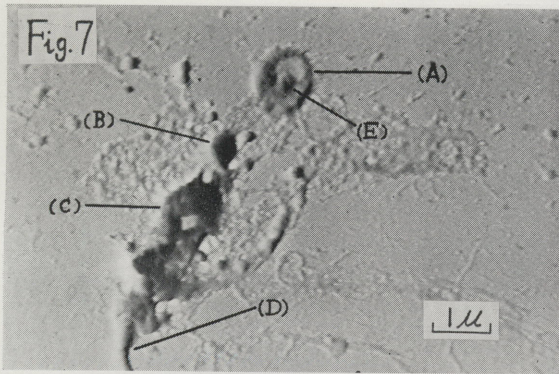
- 1) Das Gupta, N. N., A. Guha and M. L. DE (1954): Observations on the structure of *Leishmania donovani*—The Kala-azar parasites. Exp. Cell Research, 6, 353-360. —2) 電子顕微鏡学会関東支部 (1953): 電子顕微鏡の為の超薄切片技術, 第1版, 72 p., 東京. —3) Emmel, L., A. Jacob and H. Götz (1942): Elektronenoptische Untersuchungen an *Malaria Sporozoiten* und Beobachtungen an Kulturformen von *Leishmania donovani*. Deutsch. Tropenmed. Zeitschr., 46(13), 354-358. —4) 東 昇(1951): 米国に於けるウルトラマイクローム技術の現状(2). 日本医師会雑誌, 26(13), 412-414. —5) 東 昇(1952): 細菌を切る方法. 科学, 22(9), 480-484. —6) 堀井章市 (1955): 超薄切片法による細胞の電子顕微鏡的研究, 第一篇トリパノゾーマの電子顕微鏡的観察. 電子顕微鏡, 4(1), 258-263. —7) 串田弘(1954): ガラスナイフによる超薄切片の作製法 n-Butylmethacrylate-methylmethacrylate 包埋試料について. 電子顕微鏡, 3(3), 199. —8) Lofgren, R. (1950): The structure of *Leishmania tropica* as revealed by phase and electron microscopy. J. Bact., 60(5), 617-625. —9) Meyer, H., K. R. Porter (1954): A study of *Trypanosoma cruzi* with the electron microscope. Parasit., 44(1,2), 16-22. —10) Pease, D. C., R. F. Baker (1948): Sectioning techniques for electron microscopy using a conventional microtome. Proc. Soc. Exp. Biol. & Med., 67(4), 470-474. —11) Pitelka, D. R. (1949): Observations on flagellum structure in Flagellata. Univ. Calif. Publ. Zool., 53(11), 377-430. —12) 笹川久吾(1951): 電子顕微鏡. 第1版, 404p., 東京. —13) Sen Gupta, P. C.,

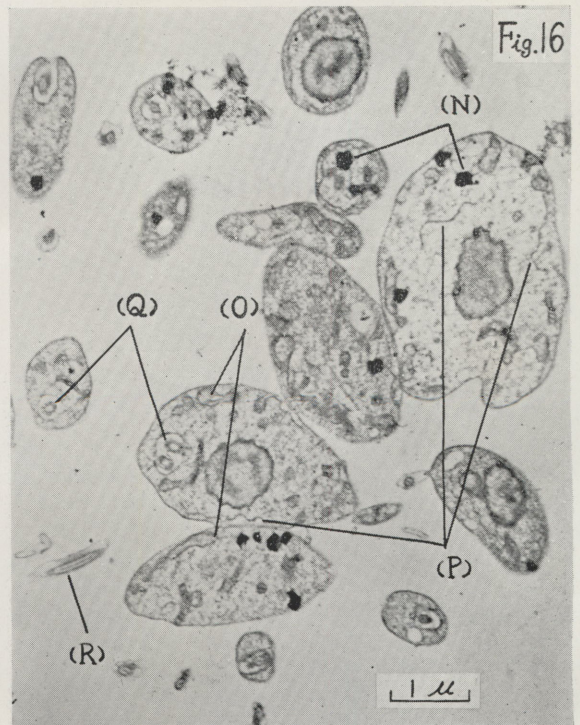
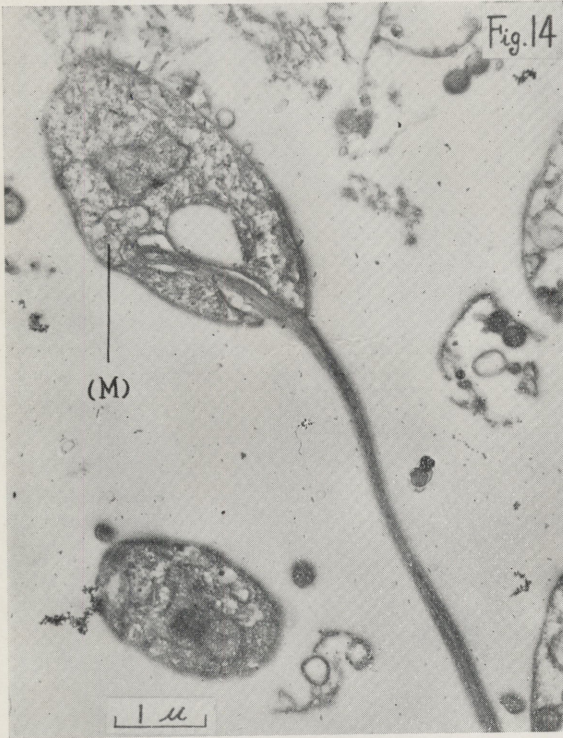
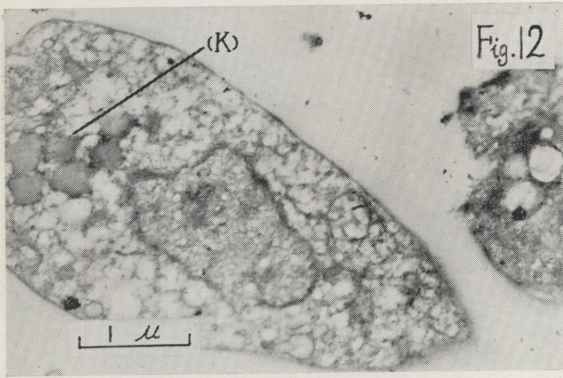
H. N. Das Gupta and D. L. Bhattacharya(1951): Electron and photomicrographic studies of the Flagellate Form of *Leishmania donovani*. Nature, 167, 1063-1064. —14) 田辺操(1923): 「ライシュマニアドノヴァニ」培養基内発育条件ニ就キテ. 細菌学雑誌, (333), 425-436. —15) 安澄権八郎(1954): 欧米に於ける電子顕微鏡応用の現況. 学術月報, 17(3), 166-168. —16) 横川定, 森下薫(1953): 最新人体寄生虫学提要. 第4版, 336p., 東京. —17) 吉井(朝倉)善作(1954): *Leishmania donovani* の電子顕微鏡的研究. 電子顕微鏡学会第10回学術講演会.

Summary

Electron-microscopic observations of *Leishmania donovani* were carried out by using several methods; the fixations with various concentrations of osmic acid solution, hydrolysis with HCl, digestion with pepsin and ultra-thin sections. The techniques of fixation, inbed and section needed for making specimens were related. On the cases of non treatment, the internal structure of protozoa can hardly be seen and the top of flagellum become mostly round, but there are in a few cases that its end swells up. The cell-membrane is about 30 m μ thick and the uppermost layer forms a thin sheath covering protozoa. Under the sheath there are a number of fine fibres about 20 m μ in width along the longitudinal axis of body, and it was thought that they should have a role in the protozoa movement. In the cytoplasm, many kinds of granules, various vacuoles, irregular formed images, rather dense or string-like images could be seen. It is considered that the cytoplasm is composed very complicatedly. The longest-diameter of nucleus is about 1.24 to 2.4 μ , also nucleolus is about 0.3 to 1.2 μ and the nucleal-membrane is about 50 m μ thick. I could point out parabasal body but not exactly blepharoplast. The flagellum consist of a bundle of seven to eleven fibres about 50 m μ in width, which are arranged into a ring inside the thin sheath on a sectional diagram and trace through inside the sheath from beginning to end. At the position where the flagellum separate from protozoa body, the cell-membrane becomes hollow and forms a narrow pipe. The flagellum penetrate into the body through the pipe.







写真説明

Fig. 1: 1%オスミウム酸 pH7.4 磷酸緩液固定。原虫は輪廓だけを表わし、内部構造はほとんどわからない。鞭毛尖端は鈍に終っている。(×3250)

Fig. 2: 2%オスミウム酸生理食塩水固定。鞭毛尖端が鼓桴状に膨大している。(×3000)

Fig. 3: 0.5%オスミウム酸 pH 7.4 磷酸緩液固定。原虫全体が薄膜でおおわれ、虫体を縦に走る繊維を透視できる。(×7000)

Fig. 4: 0.5%オスミウム酸 pH7.4 磷酸緩液固定。鞭毛部の薄膜を示す。(×6500)

Fig. 5: 1 規定塩酸 60°C 30 分間処理。虫体部の内容のぬけたと思われる写真。虫体を縦に走る繊維が多数認められる。(×10500)

Fig. 6: 1 規定塩酸 60°C 30 分間処理。虫体部を縦に走る繊維を示す。(×11000)

Fig. 7: 1 規定塩酸 60°C 30 分間処理。核 (A), parabasal body (B), blepharoplast 部 (C) 及び鞭毛 (D) を残した写真。核は赤血球のように中央陥凹し、そのほぼ中心に核小体 (E) が認められる。(×7500)

Fig. 8: 1 規定塩酸 60°C 30 分間処理。鞭毛は幅約 50m μ の繊維の束より成るところを示す。この写真は 7 本の繊維より成る。(×9000)

Fig. 9: 1 規定塩酸 60°C 30 分間処理。鞭毛を形成する繊維。11本認められる。(×10500)

Fig. 10: 0.3%ペプシン生理食塩水 pH 1.8 38°C 30 分間処理。鞭毛 (F) は痕跡状で、細胞質、核質 (G) とともにかなりの影響をうけている。特に核質は強く作用をうけて電子線をよく通し、核小体 (H) に相当する所は逆

に密である。(×3000)

Fig. 11: 2%オスミウム酸生理食塩水固定による超薄切片像。細胞質は無数の顆粒の集合状または網目状に見え、空胞らしきものも認められて、そのうちのあるものでは、中にきわめて密なほぼ正円形の顆粒 (J) も認められる。細胞膜の所には、虫体を縦に走る繊維の断面 (I) が見られる。(×6000)

Fig. 12: 2%オスミウム酸生理食塩水固定による超薄切片像、細胞質中の数個の均等な構造を有する顆粒状の像 (K) を示す。(×14000)

Fig. 13: 2%オスミウム酸生理食塩水固定による超薄切片像。核の中央には核小体が認められ、核と同様に密な顆粒 (L) はクロマチン顆粒であろう。(×18500)

Fig. 14: 2%オスミウム酸生理食塩水固定による超薄切片像。鞭毛は細胞膜の凹みにより生じる小管内を通って虫体部から遊離する。鞭毛には鞭毛を形成する繊維の縦断像が認められ、鞭毛起始部附近には、このようにかなり大なる空胞らしいものが見られやすい。(M) は parabasal body の断面かと思われる。(×11500)

Fig. 15: 2%オスミウム酸生理食塩水固定による超薄切片像。Fig. 14 と同様に鞭毛起始部の構造を示す。(×14000)

Fig. 16: 1%オスミウム酸 pH 7.4 磷酸緩液固定による超薄切片像。細胞質は 2%オスミウム酸生理食塩水固定によるものより空胞少なく、比較的大なるきわめて密な顆粒 (N)、不規則な形をなした比較的密な像 (O)、更に紐状の像 (P) などが認められ、また鞭毛の横断面と思われる所 (Q) も見られる。(R) は原虫の薄膜が最外層を形成すると考えられるところを示す。(×10000)