

カラシナ白さび病肥大組織の電子顕微鏡による観察

野津 幹雄[※]・石原 義光[※]

Mikio NOZU and Yoshimitsu ISHIHARA

Electron-Microscopical Studies on the Hypertrophied Tissues
of *Brassica cernua* Infected with *Albugo macrospora*

はじめに

植物(感受体)と病原体の相互関係において、病原体が感受体細胞に影響を与え、その反応として感受体細胞が増生や肥大を起こす場合があり、菌瘻と呼ばれている。植物菌瘻形成機構の解明には物質面からの検討をしなければならないが、その一助として各種菌瘻組織細胞を微細構造の立場から把握することも必要である。

Albugo 属菌によるカラシナ白さび病の病徴は葉、莖、花梗に現われるが、典型的な病徴は本病が花梗に発生した場合で、罹病組織が肥大し、彎曲する。また花卉が緑化、肥大することもある。ナタネ白さび病肥大莖組織に関する光学顕微鏡による研究は赤井^{1,2)}によって行われ、またダイコン白さび病罹病細胞における *Albugo* 属菌の吸器に関する微細構造は Berlin らにより報告された。しかし白さび病罹病組織細胞の微細構造に関しては報告がない。筆者らはカラシナ白さび病肥大莖組織の超薄切片を観察しているので、今までに得られた結果について述べる。

実験材料と方法

Albugo macrospora (Togashi) S. Ito によるカラシナ (*Brassica cernua* Forbes et Hemsl.) の肥大莖組織と対照区として健全莖組織を供試した。本菌は純寄生菌であるので、自然感染による肥大莖である。供試組織の表面には分生胞子は認められず、組織には褐変細胞も認められなかった。このような肥大莖の細片をグルタルアルデヒドとオスミウム酸で二重固定し、水洗後エタノール系列で脱水し、プロピレンオキシドを通してエポキシ樹脂に包埋した。ガラスナイフを用い、日本電子 JUM-5 B 型超ミクロトームで超薄切片を作成した。超薄切片は酢酸ウラニル飽和水溶液で電子染色し、カーボンで補強した後、日立 HU-12A 型電子顕微鏡 (75

KV) で観察した。

結果と考察

超薄切片に用いた組織は表皮下細胞数15-20個までの層に限定した。健病共に表皮下4-7細胞層までの細胞には澱粉を含む葉緑体が多数認められ、光顕下では緑色の細胞として観察できる。図3は罹病組織葉緑体の一例であるが、健全莖組織の表皮下細胞の葉緑体と区別することは困難である。図1は表皮下5細胞層に相当する細胞を示した像である。罹病組織であるので、図1の右側には細胞間隙に病原体の菌糸(図1のIH)や吸器(図1のH)が認められる。図2は緑色細胞でも、肥大していると思われる細胞であって、超薄切片では葉緑体が認められる頻度が低くなるようである。図2においても菌糸(IH)と吸器(H)が認められる。図1・2において、吸器は液胞(V)内に存在するように見えるが、よく見ると吸器は感受体の細胞質で取り囲まれていることがわかる。図11・12に示される吸器は肥大した皮層細胞に認められたもので、感受体細胞の細胞質部分の電子密度は低下し、感受体細胞の崩壊直前であると思われる。このような状態では、吸器を取りまいてははずの感受体の細胞膜は認められなかった。観察した範囲では吸器が直接液胞内に存在する像は得られなかった。吸器の細胞壁は電子密度の高い外層と電子密度の低い内層にわけられ(図12)、細胞壁が厚い場合(図13)は内層が発達したものと考えられる。吸器内のミトコンドリア(M)は感受体細胞のミトコンドリアに比較して大きく、クリステはチューブ状である。また図13に示すように、小胞体(ER)が明瞭で中央に液胞を持つ吸器もある。

一般に植物の細胞には大きな液胞があり、細胞質は細胞壁に沿って薄い層として存在する。肥大組織の細胞の場合は特に細胞質の層が薄いように思われる。図1・2からもわかるように、葉緑体の部分を除くと細胞質部分は細胞壁に沿って極めて薄い層で存在していることにな

※ 植物病理研究室

り、図2からは細胞の大部分は液胞が占め、次いで葉緑体が占めていることがわかる。またミトコンドリアは葉緑体に接近している場合が多いようである。分裂して間もない細胞や液胞が発達していない若い細胞は別として、肥大組織細胞の超薄切片では核やその他の細胞内器官の観察できる機会は少なくなる。肥大組織細胞の核(図1・4・5のN)は種々の形を示すが、図4のように球形に近い形の核は少なく、図5は扁平に近い形、図1では核膜が陥入しており複葉型であると考えられる。仁の数は超薄切片であるにもかかわらず、複数の場合が多く、1核内に数個の仁が存在することが推定できる。図5の細胞は原形質分離を起こしているが、核は2重膜を保持しているし、図1・4の核も2重膜を保持しており、肥大組織が形成されるまでの過程では核膜が崩壊するような細胞の変化は起きていないことがわかる。

肥大組織中には、異常分裂(増生)後個々の細胞が伸長しなかったと思われる組織(図4)があり、この組織には比較的細胞質の層が厚いもの(図4の1)、細胞質部分の電子密度が高く、細胞としての動きが低下していると思われるもの(図4の2)、細胞質の電子密度が低下し、トノプラストに異常があると思われる細胞(図4の3)などが見られる。このような組織は肥大莖や肥大花梗の彎曲と関係していると考えられる。

図6のように澱粉粒を含まない葉緑体を持つ細胞もあり、これらの葉緑体は細胞質部分のリボゾームが認められないような状態においてもグラナラメラ(図7)が崩壊するほどの変化は起こらない。図8は健全組織細胞のゴルジ体の1例を示したものである。図7・8・10・11は肥大細胞で、リボゾームはほとんど認められない。このような細胞の状態であっても、葉緑体(図7・10)、ゴルジ体(図9・10)、ミトコンドリア(図9・10)などの細胞内器官の崩壊は認められず、おそらく罹病組織細胞の褐変直前まで、それぞれの基本的な形が保持される。できるかぎり変性している葉緑体を探すようにしたが、このような葉緑体にはFraction I protein⁴⁾と考えられる結晶構造が見られる場合がある(図10・11矢印)。この結晶構造は罹病組織細胞における健全だと思われる葉緑体内には認められなかった。またミトコンドリアに

は電子密度の高い顆粒が含まれる場合がある(図9・10)。

以上結果の概要を述べたが、カラシナ白さび病肥大莖組織はかなり異った細胞からできた組織であることが推定できる。罹病組織の細胞間隙には多数の卵胞子も形成されており、若い時期の肥大組織の検討も必要であり、これらに関し観察の継続を企画している。

摘 要

Albugo macrospora (Togashi) S. Ito によるカラシナ (*Brassica cernua* Forbes et Hemsl.) 肥大莖組織の超薄切片を観察した。まだ分生胞子が形成されていない組織では、表皮下4—7細胞層には澱粉粒を含み、グラナラメラの発達した葉緑体が多数認められた。葉緑体には澱粉粒を含まないもの、アミロプラストに近いもの、Fraction I protein の結晶を有するものがあつた。ミトコンドリア、ゴルジ体、核の構造はこわれていなかった。核には複数の仁が認められた。肥大細胞には大きな液胞があり、細胞質は細胞壁に沿って薄い層になっており、時には原形質分離を起こしていた。また肥大組織の中には分裂した後伸長が停止したと思われる細胞(組織)もあつた。細胞間隙に菌糸、感受体細胞に吸器を認められた。吸器にはミトコンドリア、小胞体、液胞が認められ、細胞壁は内外2層からなり、外層は電子密度が高かつた。

引用文献

1. 赤井重恭：植物病害研究 **3**：71—83, 1937.
2. 赤井重恭：動物及植物 **10**：631—633, 1942.
3. BERLIN, J. D. and BOWEN, C. C. : Amer. J. Bot. **51**：445—452, 1964.
4. KAWASHIMA, N. and WILDMAN, S. G. : Ann. Rev. Plant Physiol. **21**：325—358, 1970.

図中の記号：CH 葉緑体，CM 細胞膜，CW 細胞壁，ER 小胞体，G ゴルジ体，GR グラナラメラ，H 吸器，IH 菌糸，M ミトコンドリア，N 核，NO 仁，S 澱粉粒，T トノプラスト，V 液胞

Summary

Ultra-thin sections of the hypertrophied stem-tissues of *Brassica cernua* infected by *Albugo macrospora* were studied under an electron-microscope. Hypertrophied cell had a large vacuole and a thin peripheral layer of cytoplasmic area. Sometimes, plasmolysis was observed but the disintegration of double membrane was not seen in nuclei, chloroplasts and mitochondria. Fungal hyphae were recognized in inter-cellular spaces and inside of the cell of suscept tissue.

Although the tips of hyphae were recognized in the suscept cell, the hyphae (haustorium) were always surrounded by an invaginated cytoplasm. In the haustorial cells, large mitochondria, endoplasmic reticula and vacuole were found .

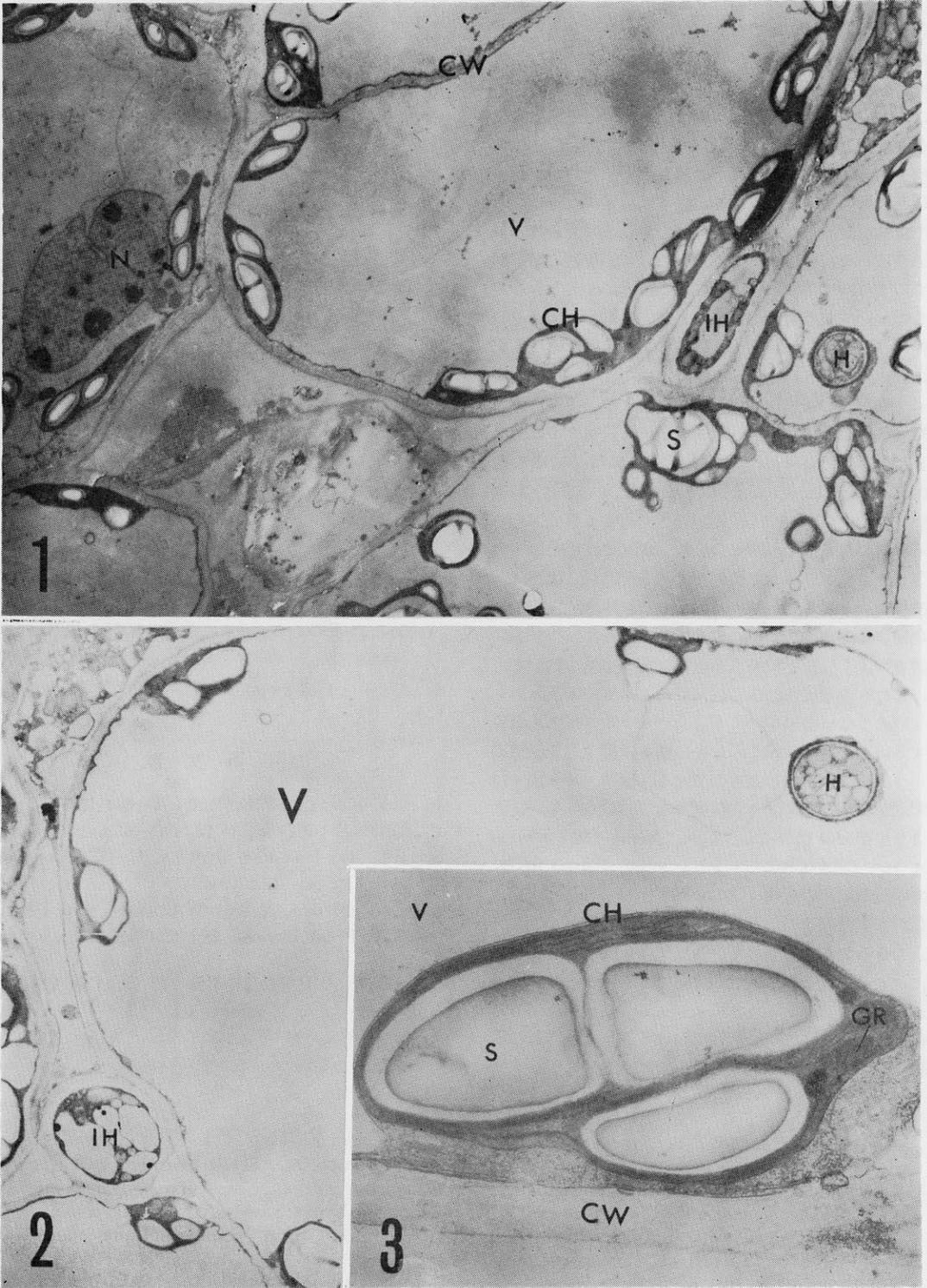


図1・2 カラシナ白さび病肥大茎組織細胞と病原体, ×7000

図3 肥大茎組織の葉緑体の一例, ×1600

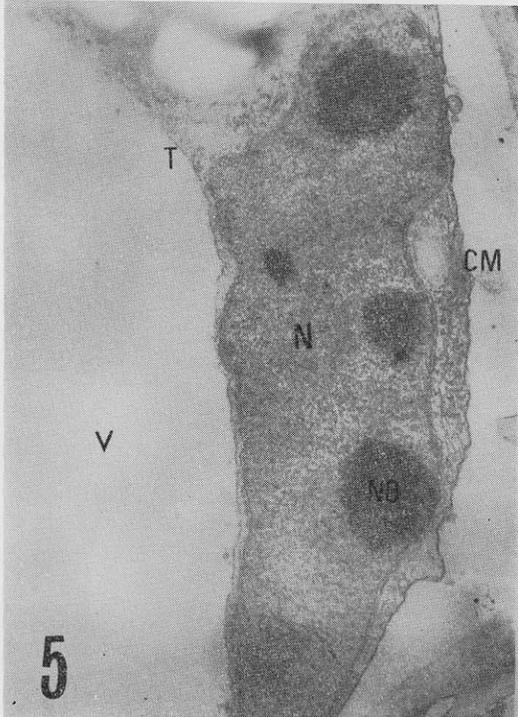
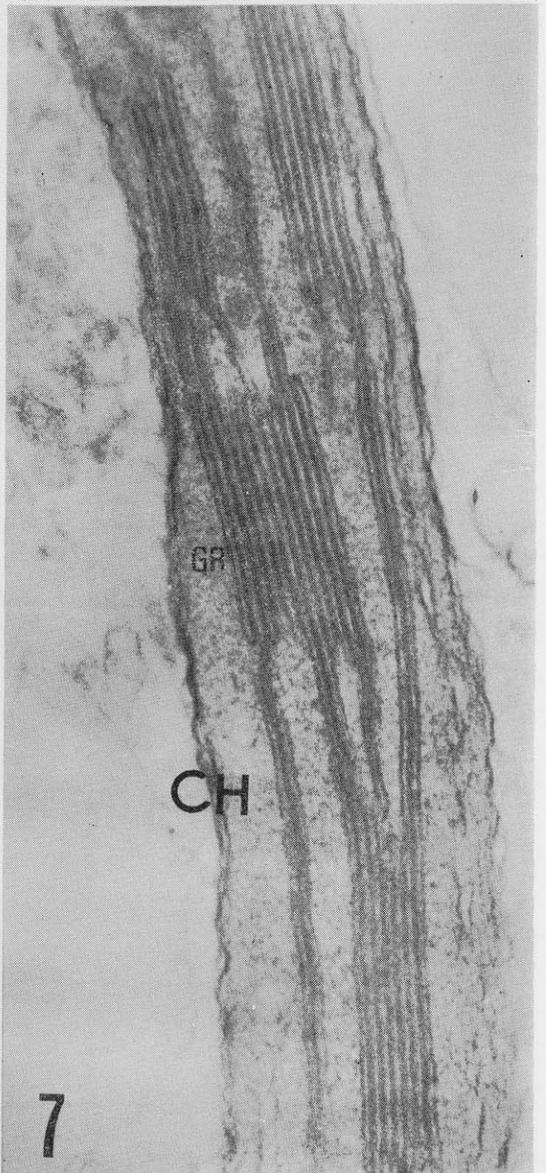
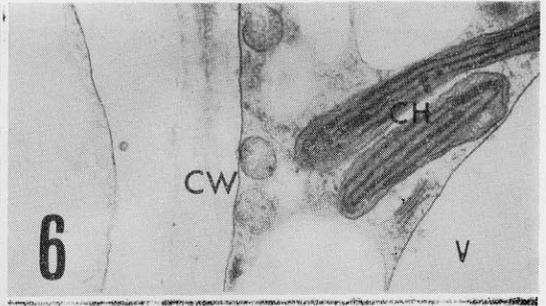
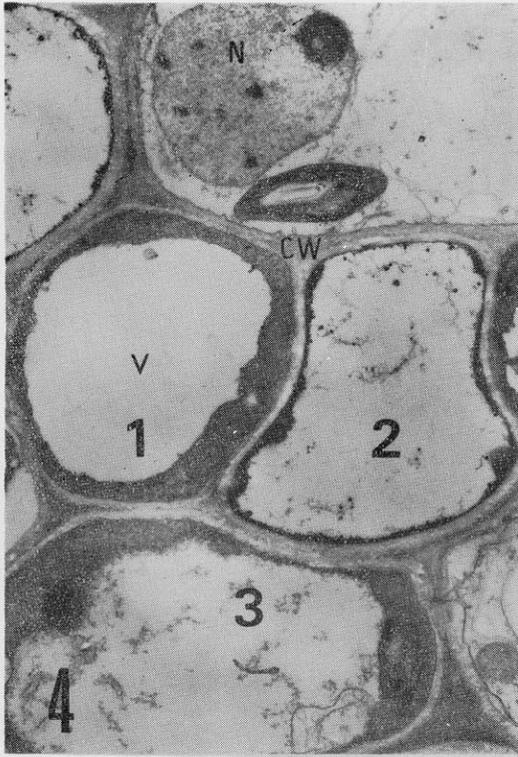


図4 肥大茎組織中の伸長が停止したと思われる細胞。×7000

図5 肥大細胞の原形質分離と核。×16000

図6・7 澱粉を含まない葉緑体。図6×7000, 図7×80000

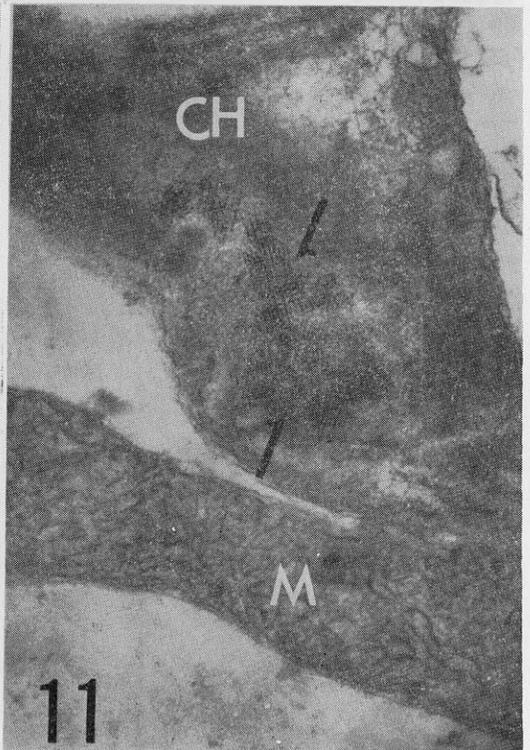
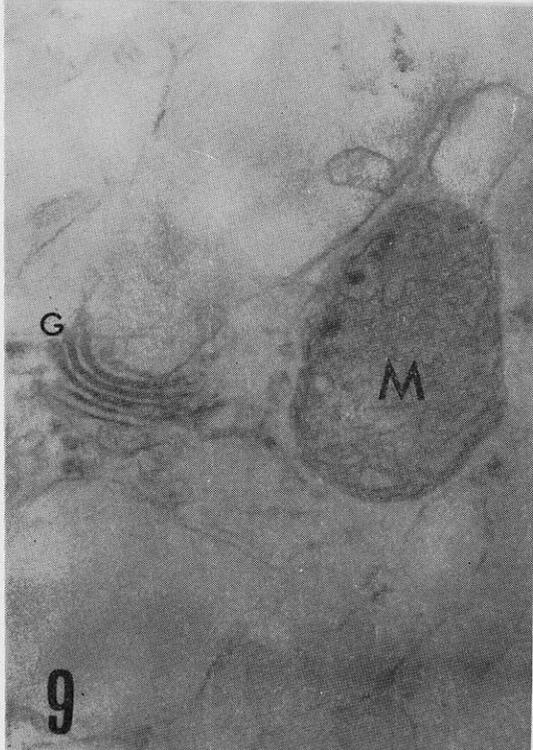
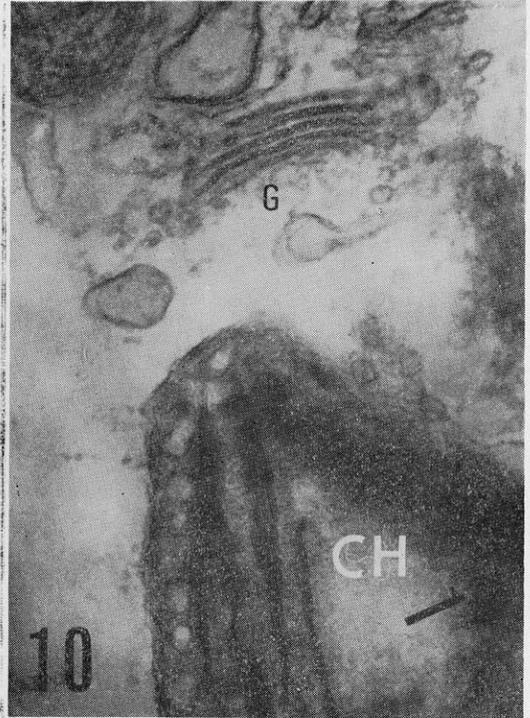
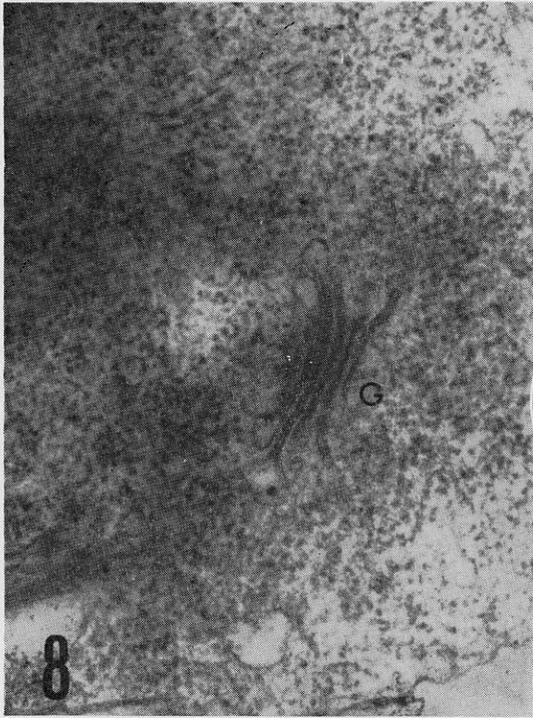


図8 健全織組のゴルジ体. ×40000

図9・10・11 肥大細胞のミトコンドリア・ゴルジ体・葉緑体. ×40000

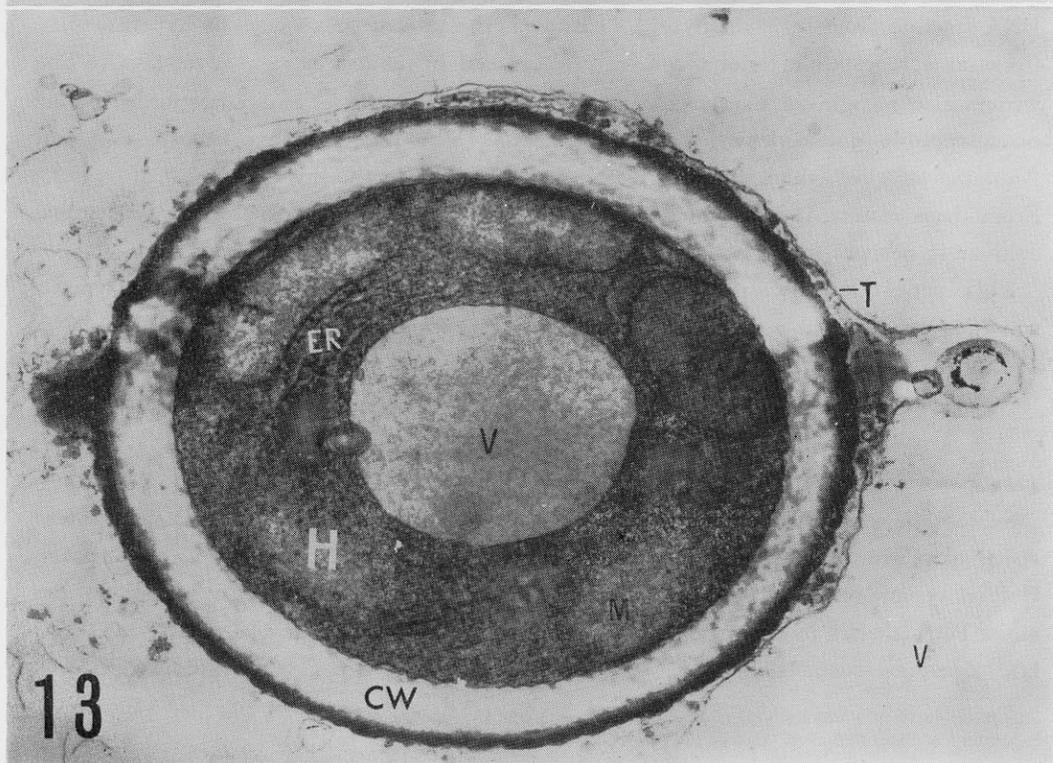
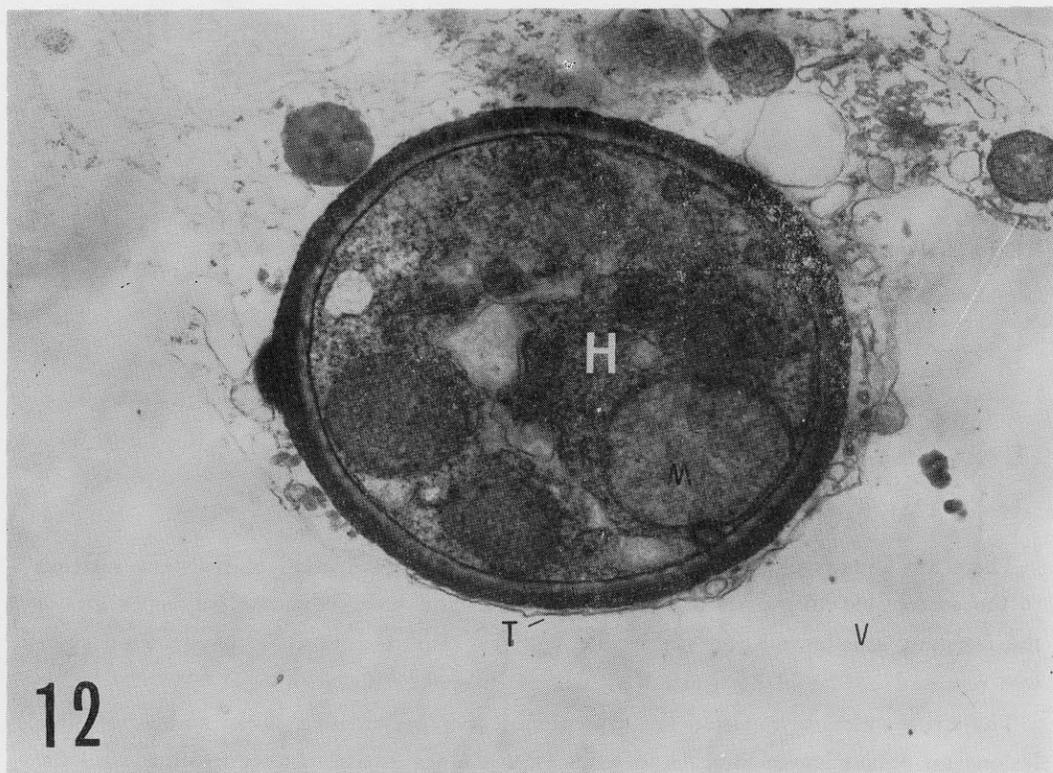


図12・13 吸器. $\times 20000$