

電子顕微鏡的観察に基づく glucose-6-phosphatase の活性局生部位に関する研究

Studies on the Localization of Activity of Glucose-6-Phosphatase as
Revealed by Electron Microscopy

安 澄 権 八 郎*
Gonpachirô Yasuzumi

要 旨

電子顕微鏡の医学、生物学への応用は電子顕微鏡自体の分解能の向上と相まって、ますます広くかつ深遠になりつつある。生物の生命の単位とも言うべき細胞の核および細胞質を構成する小器官の構造とその機能に関する知見が急速の進展をなしたことは電子顕微鏡の賜物である。細胞小器官の協同作業によって組み立てられた構造には物理的法則に従う規則性がある。試料製作の技術の向上は細胞構成要素の化学的組織および酵素活性の場を電子顕微鏡の水準の下に決定する域まで発展せしめた。

肝臓にたくわえられた糖原体(glycogen)がブドウ糖へ転換するとき加水分解する酵素, glucose-6-phosphatase (G-6-Pase) の細胞中における活性の場が主として rough-surfaced endoplasmic reticulum (RER) にあることが明らかとなった。腎皮質のホルモン, cortisone を注射したダイコクネズミでは、その活性の場が RER のみならず、ミトコンドリアの内部のくし状構造と周囲の限界膜にも認められた。このことは蛋白合成の場が RER のみであるという従来の考えに対して、非常時においてはミトコンドリアも蛋白合成の場となり得ることを示唆するといっても過言でなからう。

G-6-Pase の細胞内局在部位は動物または細胞の差によって必ずしも一定でなく、無脊椎動物では一定の細胞小器官に G-6-Pase のみならず、その他の酵素系が存在する。特に軟体動物の異形精子細胞の Golgi 器官が G-6-Pase の活性の場であると同時に水解酵素の活性の場であることは興味ある事実である。かように下等動物では一小器官が多形酵素系を構成するが、高等動物では各種の小器官にそれぞれ酵素活性の場が分化する傾向が認められる。このことはわれわれ社会において機構の複雑化とともに、分担の分化する過程によく似たところがある。

1. 緒 言

生物細胞は遺伝子を保持する核と代謝機能をいとなむ細胞質から構成されている。細胞質の代謝機能は諸種の小器官によって行なわれる。電子顕微鏡によって、これらの小器官の構造が明らかになったのみならず、それらの機能についても光学顕微鏡による間違った考えを是正した点が少なくない。

核と細胞質との間の境界膜の存否はながい間論争されたが、電子顕微鏡の登場によって直ちに解決された。核膜は二重膜であって、決して連続していないで諸所に小孔がある(写真1参照)。この小孔は時々薄い隔膜(厚さ 14 Å) で閉ざされていることもある。この小孔(直径 400~1,000 Å) は核質と細胞質との物質交換を容易ならしめるものである。最近この小孔は酵素の活性が顕著であって、エネルギーの供給部位であることも明らかとなった。核は遺伝子の保有のみならず、細胞質の代謝とも密接な関係のあることがわかったことも電子顕微鏡の分解能に負うところが大きい。

細胞質では蛋白の合成が行なわれるが、その場は rough-surfaced endoplasmic reticulum であることが電子顕微鏡によって明らかとなった。これは膜で包まれた槽で、その表面に ribosomes という 110~130 Å 大の粒子が付着している。この ribosomes はリボ核酸と蛋白から構成されている。後述するように、この小器官で glucose-6-phosphatase と称する酵素を担う蛋白が合成される。またこの小器官は細胞質中の物質運搬の通路として役立つものである(写真2, 5参照)。

Golgi 器官は光学顕微鏡時代には細胞の単なる栄養小器官であると考えられていたが、今日では分泌小器官であり、ある種の virus 粒子の増殖の場、精子細胞では精子尖体形成の場であることなどが

明らかとなった。この小器官は小胞と層状の膜構造から構成されており、この膜構造は諸種の水解酵素の活性の局在部位である。ハチエウ類の精子細胞では、この小器官は変形して、小管の集合した花模様を示し、小管の壁の厚さは 70 Å, 小管腔は 35 Å, 長さは 0.14~0.20 μ である(写真3参照)。

小器官の一つミトコンドリアは二重の限界膜で包まれ、その内膜は内方にくし状に延びて内容を分画して、酵素の活性の場として働く(写真6参照)。特殊の細胞では、核酸のあるものがここで合成されることも観察されている。

自然の山野も美しいが、それ以上に造化の神によって創造された生体の構造は一定の法則によって組み立てられた、整然とした配置の美がある。諸種の細胞小器官、主として上に述べたものの協力によってでき上った精子の尾部の構造を観察すると、光学顕微鏡ではとうてい想像だにされなかった糸状構造の美がうかがわれる(写真4参照)。尾部の中を縦走する軸糸は2組あって、中央の2本と、これを取り囲む9対からなる中心束と、さらに周辺にある9本の密度の高い周囲束から構成される。これらの軸糸の数は動物の高等、下等を問わず一定している。また、これらの軸糸の配列は非常に規則正しい配列形式をとるものである。周囲束に接してソラ豆ようのものはミトコンドリアの融合によって形成された Nebenkern と称するもので、呼吸酵素の活性部位である。さらに帯状構造を備える放射状突起は、精子の波動運動の補助器官と想像されている。

細胞内における一定元素の凝集または分布の分析も electron probe microanalyser (XMA または XMH) により可能となった⁽¹⁾⁽²⁾。さらに生物細胞の微細構造の機能と活動状態を明らかにする酵素の証明に関する電子顕微鏡的観察が Sheldon 氏ら⁽³⁾⁽⁴⁾によって発表以来、多くの報告が諸種の動物の諸細胞についてなされている。しかし酵素の活性は固定その他の技術によって容易に低下す

* 奈良医科大学解剖学教室電子顕微鏡研究室 医学博士

るので、酵素活性反応の考案とともに、固定操作はなお今後課せられた問題を残している。

glycogen が glucose に転換されるとき、glucose-6-phosphate (G-6-P) あるいは glucose-1-phosphate を加水分解する特殊な phosphatase が存在することは Cori 氏および協同研究者⁽⁵⁾によって初めて生化学的に報告された。

その後 Fantl 氏⁽⁶⁾は肝、腎および腸に、この酵素の存在を追試した。次いで Broh-Kahn 氏と Mirsky 氏⁽⁷⁾、さらに Swanson 氏⁽⁸⁾らによって確認され注目をひくに至った。肝細胞における、この酵素の特殊性が de Duve 氏一派⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾の一連の研究によって報告され、また Weber 氏⁽¹¹⁾により cortisone の投与によって、肝細胞におけるこの酵素の活性が2倍も増大することが報告された。

G-6-P を加水分解する酵素、G-6-Pase は生化学的に証明されたが、細胞化学的には初めて Chiquoine 氏⁽¹²⁾が観察し、次いで Wachstein 氏と Meisel 氏⁽¹³⁾は同氏の方法を改良して Tris-maleate, 0.05 M の緩衝液と G-6-P のカリウム塩を用いることにより、さらに鮮明な像を得た。

電子顕微鏡的レベルにおいては Tice 氏および Barnett 氏⁽¹⁴⁾が初めてネズミの肝細胞において、hydroxyadipaldehyde の固定液を用いることによって、磷酸鉛の反応産物を smooth-surfaced または rough-surfaced endoplasmic reticulum (SER または RER)、および核膜に認めた。この所見は Orrenius 氏と Ericsson 氏⁽¹⁵⁾、Saito 氏⁽¹⁶⁾らによって支持された。

G-6-Pase の活性局在部位は哺乳動物の肝細胞においては主として RER に、次いで SER および核膜に限られ、その他の細胞小器官においては証明されていない。多くの酵素の活性が固定剤によって低下または阻害されるので、固定液の選択およびその使用方法が酵素活性の電子顕微鏡的研究のかぎである。

著者は奈良医大解剖学教室電子顕微鏡研究室における多くの研究員との協同研究において、酵素の研究に固定液および固定法を考案し、まだ報告されなかったミトコンドリアの限界膜および cristae に G-6-Pase の活性を認めた。さらに無脊椎動物の中腹足目の精子細胞においては Golgi 器官、およびコン虫の Malpighian tubules においては SER および RER が G-6-Pase 活性局在部位であることを観察したので、総括的に報告し、詳細な報告はそれぞれの実験者によって他の機関紙に追って発表される。

細胞化学的検鏡と同時に生化学的分析をも行なったので、その知見の一端も報告する。

2. 実験材料および実験方法

実験材料として諸種の動物の諸臓器の細胞について観察したが、今回の報告ではダイコクネズミの肝、マルタニシ *Cipangopaludina malleata* Reeve の精巣、およびオンブバッタ *Atractomorpha bedeli* Bolivar の Malpighian tubules について述べる。ダイコクネズミの肝については、正常肝と肝の1/3~2/3を切除して3, 24, 48, 72時間後における再生肝について実験した。さらに cortisone 25 mg を毎日1回3日間注射し、4日目に肝の一部を採取して観察した。105~125 g の雄のダイコクネズミの肝の小片を多くの酵素の研究に用いられる固定液、4% ホルムアルデハイド、6.25% グルタルアルデハイド、2.00~6.25% ハイドロオキシアデプアルデハイド(それぞれ PH 7.0~7.2 に緩衝)中にて、30~60分間固定し、1~24時間7.5% 蔗糖液中にて水洗後、G-6-P を基質として含む Wachstein-Meisel 液(硝酸鉛を含む)⁽¹²⁾中に15~30分間投入し、水洗後1% オスミック酸で後固定する。上記の方法によって得た成績は予期に反して、酵素反応産物の出現は微量であるか、あるいは微細構造が破壊されて不鮮明であったので、下記の方法を考案した。

1.25% グルタルアルデハイドを門静脈を通じて15分間注入後、肝の小片を切除して7.5% 蔗糖液で短時間水洗後、氷結切片または微小薄片を上記のように浸漬、1% オスミック酸で固定後、常規の方法によって脱水、エポンにて包埋する。これを Porter-Blum のミクロトームまたは LKB のウルトロトームで超薄切片を作成し、Formvar-grids に載せてウラニール、鉛の二重染色またはウラニールの単染色を施して、日立電子顕微鏡 HU-11C にて観察撮影した。

上記の G-6-Pase の細胞学的局在部位に関する電子顕微鏡的観察と同時に、同一材料を生化学研究室に依頼して、それぞれの microsomal fractions について G-6-Pase の生化学的微量分析を行なった。

3. 実験成績

G-6-P を含む Wachstein-Meisel の標準液と硝酸鉛との混合液中に肝組織片を30分間浸漬することによって、細胞の微細構造はまったく破壊されることなく、G-6-Pase の反応産物としての磷酸鉛の沈着が RER の槽内に、または、その膜面の外側に接して現われた。その反応産物の大きさは必ずしも一定しないが、RER の内槽の一部をまったく埋め、RER の全域にわたって現われることはない。RER の外側に現われる場合には、膜に不正形の顆粒状として付着し、その大きさは ribosomes よりも大である(写真5参照)。正常肝においては、SER はほとんど見られないので、反応産物もちろん SER に現われることはない。まれにミトコンドリアの限界膜(2層の膜の間)に現われることがある。その他の細胞小器官、Golgi 器官および microbodies にはまったく見られない。核質、核膜、形質膜、胆毛細管の microvilli および desmosomes にも現われない。

再生肝においては核および細胞質の構造の変化が肝切除3時間後において見られる。核においては染色質は核の周辺と仁に接して凝集する、まだ核分裂像はみられない。分裂像は24時間後において観察された。細胞質においては glycogen は減少して小集団または個々に分離する。RER の端部はやや膨大して SER に移行する。正常肝においては比較的整然と、核の輪郭に沿って配列した長形のミトコンドリアは、形態も大きさも不同となり、その配列も乱れ、分裂像を示すものもある。また myelin のような層状構造を示すものも現われる。この異形ミトコンドリアにおいては elementary particles も見られるが、このことについては他の機会において詳しく述べたい。Golgi 器官は正常肝に比較して著しく発達して容積を増し、小胞中には分泌顆粒を認める。

G-6-Pase 活性反応は RER のみならず、SER においても現われ(再生肝3~72時間)、その量は正常肝の場合に比較して増加したようにはみえない。特に興味あることはミトコンドリアの限界膜または cristae の中に G-6-Pase 活性反応産物が現われることである(写真6参照)。まれに核膜および核の周辺の染色質上に活性が見られることがある。

cortisone 注射後4日目の肝細胞においては、glycogen が著しく増加して細胞質を埋め、細胞質基質はわずかに核の周辺にのみ見られるものが多い。G-6-Pase 活性反応の磷酸鉛の沈着が RER および SER に現われるが、特にミトコンドリア中に多数現われる。再生肝においてもミトコンドリア中に酵素の活性を認めたが、そのミトコンドリア数は非常に少なかった。しかるに cortisone を注射したものにおいては、すべてのミトコンドリアの限界膜または cristae の中に顕著に現われ、電子顕微鏡像の上において著しい G-6-Pase の増加が観察せられた。

マルタニシの精巣の諸細胞を観察するに、特に G-6-Pase 活性の反応産物が異形精子細胞の Golgi 器官の層状膜構造上に顕著に現われるが(写真7参照)、RER, SER およびミトコンドリアには現われ

ない。正形精子の細胞ではほとんど G-6-Pase の反応産物は見られない。

オンブパッタの Malpighian tubules においては、G-6-Pase 活性反応物質は SER 中に現われ、しかも SER をまったく埋めて線状であって、低倍率では網状を示す部位も見られる。ただし核に接した領域、核、核膜、ミトコンドリア、基底膜および刷子縁には見られない(写真 8 参照)。

G-6-Pase 活性の生化学的分析によると、正常肝と再生肝とは、ほとんど変化がないが cortisone を注射したときは、正常値に比較して 4 倍量に増加した。Malpighian tubules においては正常肝の 10 倍量(蛋白の 1 mg 量に対する比率から計算して)を示す。マルタニシ精巣においては蛋白の分離が不可能であったために、生化学的に G-6-Pase の測定は不可能であった。

G-6-Pase の生化学的分析値は少なくとも肝および Malpighian tubules においてはまったく電子顕微鏡による細胞学的所見と一致することを明らかにした。分析方法ならびに数値の詳しい報告は他の機会にゆずる。

4. 考 察

ダイコクネズミ肝細胞中の G-6-Pase 活性の電子顕微鏡的研究においては、1.25% glutaraldehyde の注入固定法が従来の方法よりもすぐれていることを実証した。固定液を注入するに適切な血管系を有しない動物臓器組織においては、1% glutaraldehyde を用いることの適切であることを示した。

コン虫の Malpighian tubules はホ乳動物の腎に相当する器官であるが⁽¹⁷⁾、ホ乳動物の腎においては尿管の第一曲部刷子縁において G-6-Pase の活性が顕著に証明される(未発表)⁽¹⁸⁾。しかるに Malpighian tubules においては、SER または RER 中において証明され、刷子縁においては証明されない。しかし thiamine pyrophosphatase (TPPase) (未発表)⁽¹⁹⁾ の活性は SER または RER 中において観察され、あたかも G-6-Pase の反応のような像を示す。

無脊椎動物の中腹足目、節足動物などにおいては精子に正常形と異形の 2 種類ある。異形精子の機能については幾多の未解決の問題がある。中腹足目の一種マルタニシの精子にも正常形と異形の 2 種類があって、異形精子細胞の細胞質中に核質が核膜孔を通じて現われ、Golgi 器管内において DNA が polysaccharide に転換する⁽²⁰⁾。かかる転換の起こる小器官において G-6-Pase の活性が認められたことは Nemuth 氏一派⁽²¹⁾⁽²²⁾の研究と関連して興味がある。同氏らの生化学研究によると、胎生テンジクネズミの肝に glycogen の蓄積とともに G-6-Pase の発達が認められるからである。マルタニシの Golgi 器官中においては nucleoside diphosphatases の活性も証明され⁽²⁰⁾、この酵素は DNA の polysaccharide への転換に重要な酵素であることはいうまでもない。

上述のように Malpighian tubules においては ER が G-6-Pase および TPPase 活性の局在部位であり、異形精子細胞の Golgi 器官においては上記両酵素系の局在部位である。かように動物の差異または細胞の相違によって、酵素の局在部位は必ずしも同一でなく、また同一細胞小器官が多形酵素系を形成することは細胞学上興味ある事実である。

ダイコクネズミの正常肝細胞における G-6-Pase の活性に関する所見は多くの先人^{(14)~(16)}の業績と一致する。再生肝および cortisone 注入肝における所見は、この酵素の活性部位についての新知見である。G-6-Pase の合成が ER のみならず、ミトコンドリアの限界膜および cristae においても行なわれることを示した。Weber 氏⁽¹¹⁾

は生化学的に cortisone によって G-6-Pase の活性が 2 倍増大することを報告しているが、ミトコンドリア中に G-6-Pase の出現することを認めていない。

Weber 氏と Singhal 氏⁽²³⁾の研究によると、cortisone によって肝細胞中の G-6-Pase の活性は増加するも、actinomycin D を投与すると、この増加を著しく、または完全に制限する。このことは actinomycin D が DNA 依存 RNA の合成を阻止する結果であろうと述べ、G-6-Pase はこの RNA の合成によって調節されることを暗示している。

RNA の合成が核内のみならずミトコンドリア内においても起こるという報告もあるが(Novikoff の総説)⁽²⁴⁾、cortisone 注入肝において特に RNA の合成がミトコンドリア内において惹起されるか否かは今後の研究にまたねばならない。

5. 結 言

擲筆に当たり電子顕微鏡 HU-11C の使用の便宜を与えられし日立製作所那珂工場応用開発の藤森慶一氏、技術課の福田昭博氏、ならびに技術上の援助を賜った田中一彦氏および栗田一彦氏に深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) G. Yasuzumi: J. Cell Biol. 14, 421 (1962).
- (2) G. Yasuzumi, K. Okada and H. Takahashi: Electron Microscopy 2, 749 (1966), (editor: R. Ueda), Maruzen Co., Tokyo.
- (3) H. Sheldon, H. Zetterqvist and D. Brandes: Exptl. Cell Res. 9, 592 (1955).
- (4) D. Brandes, H. Zetterqvist and H. Sheldon: Nature 177, 382 (1956).
- (5) G. T. Cori, C. F. Cori and G. Schmidt: J. Biol. Chem. 129, 629 (1939).
- (6) P. Fantl, M. N. Rome and J. F. Nelson: J. Exptl. Biol. 20, 121 (1942).
- (7) R. H. Broh-Kahn and I. A. Mirsky: Arch Biochem. 16, 87 (1948).
- (8) M. J. Swanson: J. Biol. Chem. 184, 647 (1950).
- (9) C. de Duve, J. Berthet, H. G. Hers and L. Dupert: Bull. Soc. Chim. Biol. 31, 1242 (1946).
- (10) C. de Duve, B. C. Pressman, R. Gianetto, R. Mattiaux and F. Appelmans: Biochem. J. 60, 604 (1955).
- (11) G. Weber: Advances in Enzyme Regulation 1, 1, & 321 (1963).
- (12) A. D. Chiquoine: J. Histochem. Cytochem. 1, 429 (1953).
- (13) M. Wachstein and E. M. Meisel: Amer. J. Clin. Path. 27, 13 (1957).
- (14) L. W. Tice and R. J. Barrnett: J. Histochem. Cytochem. 10, 754 (1962).
- (15) S. Orrenius and J. L. E. Ericsson: J. Cell Biol. 31, 243 (1966).
- (16) T. Saito: Electron Microscopy 2, 103 (1966), (editor: R. Ueda), Maruzen Co., Tokyo.
- (17) I. Tsubo and P. W. Brandt: J. Ultrastructure Res. 6, 23 (1962).
- (18) K. J. Lee: 未発表
- (19) G. Yasuzumi and I. Tsubo: 未発表
- (20) G. Yasuzumi, K. J. Lee, H. Fukui and M. Yoshida: Z. Zellforsch. (in press).
- (21) A. M. Nemuth, W. Insul and S. B. Flexner: J. Biol. Chem. 208, 765 (1954).
- (22) A. M. Nemuth: J. Biol. Chem. 208, 773 (1954).
- (23) G. Weber and R. L. Singhal: J. Biol. Chem. 239, 521 (1954).
- (24) A. B. Novikoff: The Cell 2, 299 (1961), Editors: J. Brachet and A. E. Mirsky, Academic Press, New York and London.

特許第473880号(特公昭40-26025号)

中 村 奎 一・瀬 谷 道 雄・大 竹 勇

積 算 記 録 装 置

この発明は使用積算記録電力量を一定時間ごとに自動的に印字する積算記録装置に関するものである。従来この種計器には時間を任意に整定する機構を具備していないために、任意の時間内での計量の算出は困難であったが、この発明はクラッチ操作杆26と歯車9との作用により時間整定つまみ25を回転し、時間車12を任意に回転整定することができる。その作用を説明すると、クラッチ操作杆26を矢印61のように回転すればこの操作杆26は金具27を支点としてその先端部28が矢印62のように回転する。したがってこの先端部28の回転により歯車9がバネ15に抗して矢印63の方向に移動し、歯車2との噛み合いが解かれる。

これは駆動体1の歯車比が大きいため歯車2と歯車9とがかみ合った状態では、整定つまみ25を回転してもカム軸3は容易に回転することができないため、上記のように噛み合いを解き、整定つまみ25を回転し、腕38を矢印64の方向に回転し、ラチェット39とこのラチェット39と係合する係合杆40との係合を解き、時間車12を回転し、任意に時間整定をなすものである。

時間整定動作が完了し、クラッチ操作杆26を解放すれば、バネ15の復帰力により歯車9は原位置に復帰し、駆動体1の歯車2とかみ合い平常時の姿に戻る。

以上のようにこの発明によれば、記録紙35は時間整定時において送りが停止しかつ、計量値も打印記録されないで任意に時間整定をしても、時間車12のみ計算の簡単な表示をし、実際の計量値は引き続き連続して記録できる効果を有するものである。

さらに構造が簡単で種々の便利な機構を具備し、取扱いが容易となっている点もこの発明のもたらす効果である。(西宮)

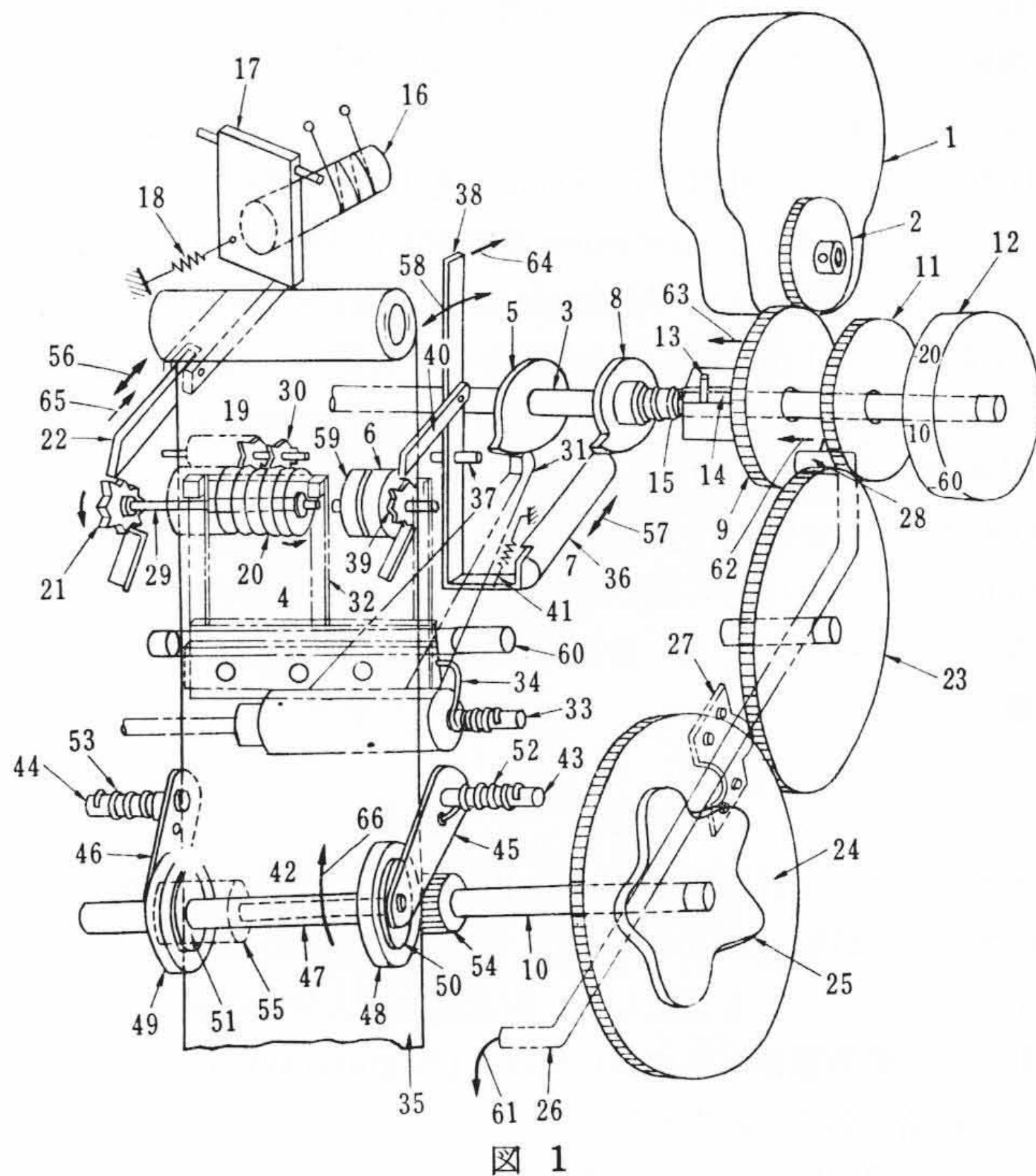


図 1

特許第474916号(特公昭40-26936号)

本 名 孝 男

直 流 限 時 継 電 器

この発明は角形ヒステリシス特性を有する鉄心を積分回路として構成し、これとレベル判定回路とを組み合わせ、これらを非安定マルチバイブレータなどの発振器をもって駆動するようにし、前記鉄心の積分時間とレベル判定回路の時定数の和を整定限時とする長限時の直流限時継電器を提案するものである。

図1において外部接点52を投入すると補助リレー53の動作によりスイッチ31を切換え同時にトランジスタ11, 12から成る発振回路10にはツェナーダイオード54により定まる定電圧が印加され、発振回路は回路定数によって定まる周期でオン、オフを繰返す。その出力として方形波出力を得る。この方形波出力を積分回路20のトランジスタ21, 22のベースに与えて、このトランジスタ21, 22をオン、オフさせ、その出力を鉄心23の1次巻線24, 2次巻線25に加えると、この鉄心の磁束レベルは一方の飽和点より他方の飽和点に移行する。同時に3次巻線26に誘起される出力の半波分度でトランジスタ34のベースをたたき、これをオンにし、コンデンサ36に充電された電荷を瞬時放電させる。すなわちトランジスタ34のオ

ン、オフによりコンデンサ36は充電、放電を繰返す。

上記動作が継続し鉄心23の磁束レベルがある飽和点に達すると、3次巻線の出力は零となり、トランジスタ34はオフ状態をつづけるのでコンデンサ36は一定電圧 E_{54} に向って上昇し、これがスイッチ回路40の動作電圧 E_{45} に達した点において出力用補助継電器回路50が動作し、所期の限時をもって継電動作が完了するものである。

このときの限時は方形波間隔 t_1 とその数 n との積と、抵抗35, コンデンサ36による時定数 CR により決定されるレベル判定回路30の限時 t_2 との和によって定まるので、従来の CR 素子により決定されるのと異なり全く温度の影響を受けない利点がある。

さらにこの発明によれば、比較的簡単な回路構成で、しかも安定した高精度の直流長限時継電器を得ることができ、従来の CR 素子により起因する諸々の欠点、すなわち CR 素子の漏えい電流、漏えい抵抗などの問題はすべて解決できるという効果がある。

(西宮)

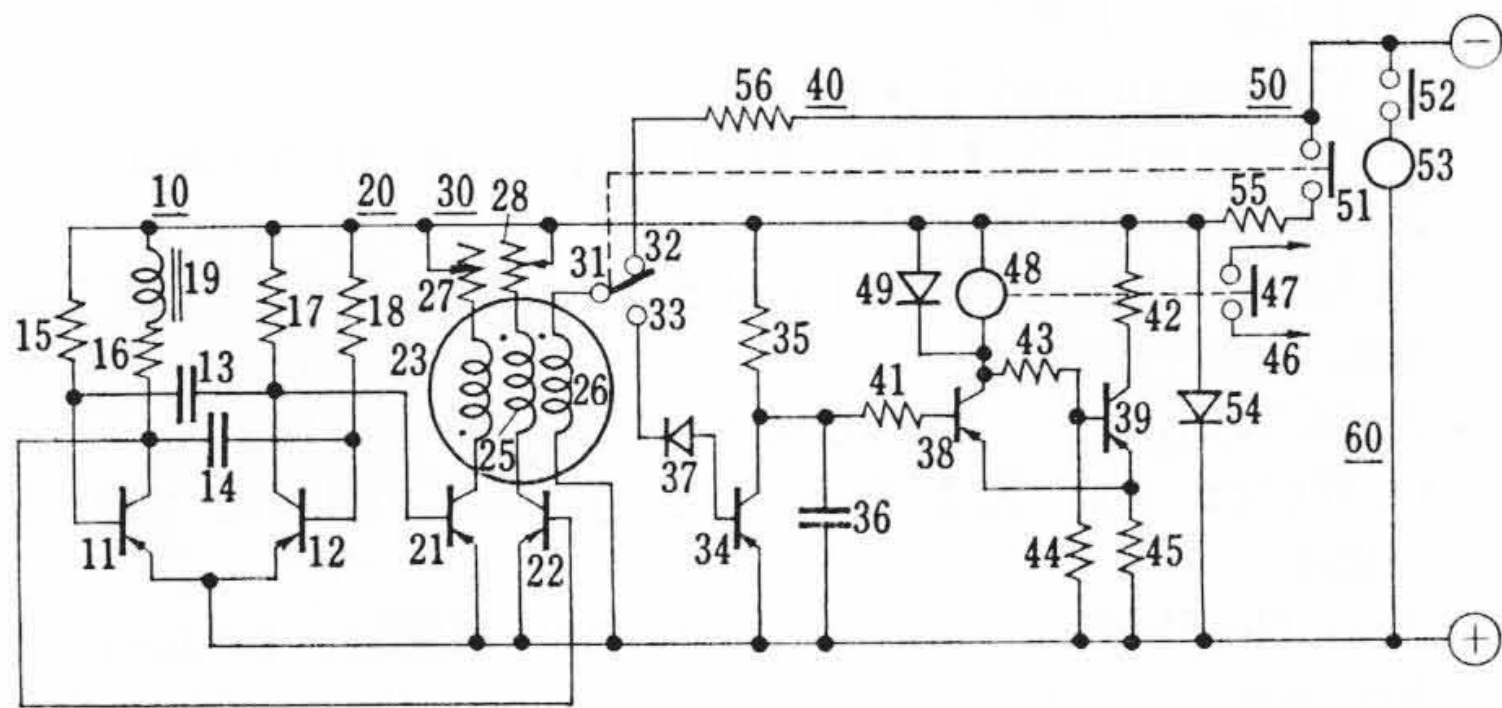


図 1

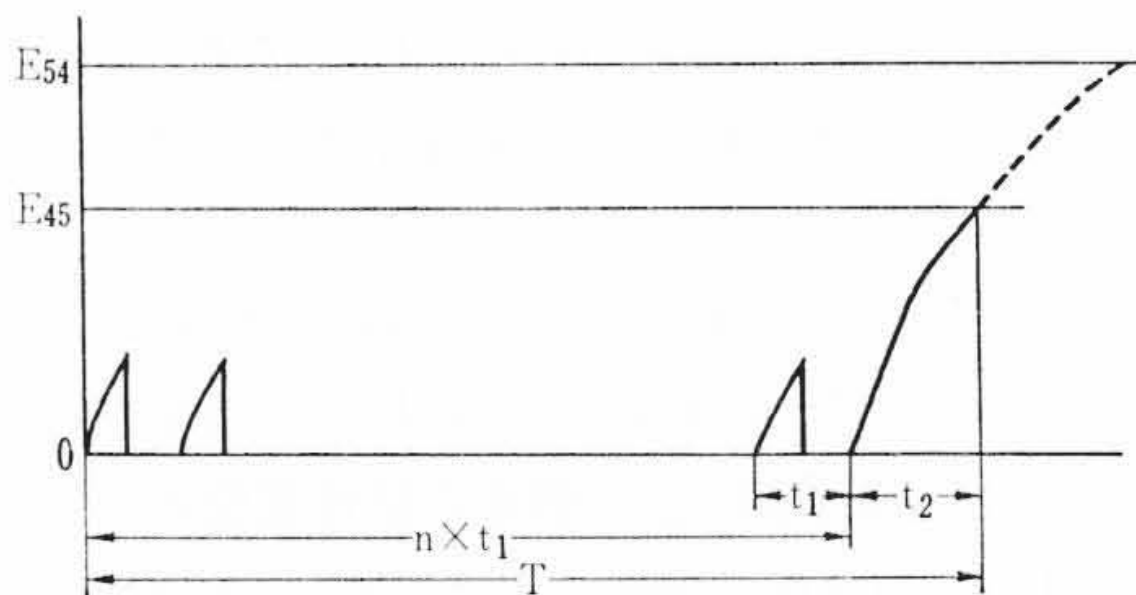


図 2

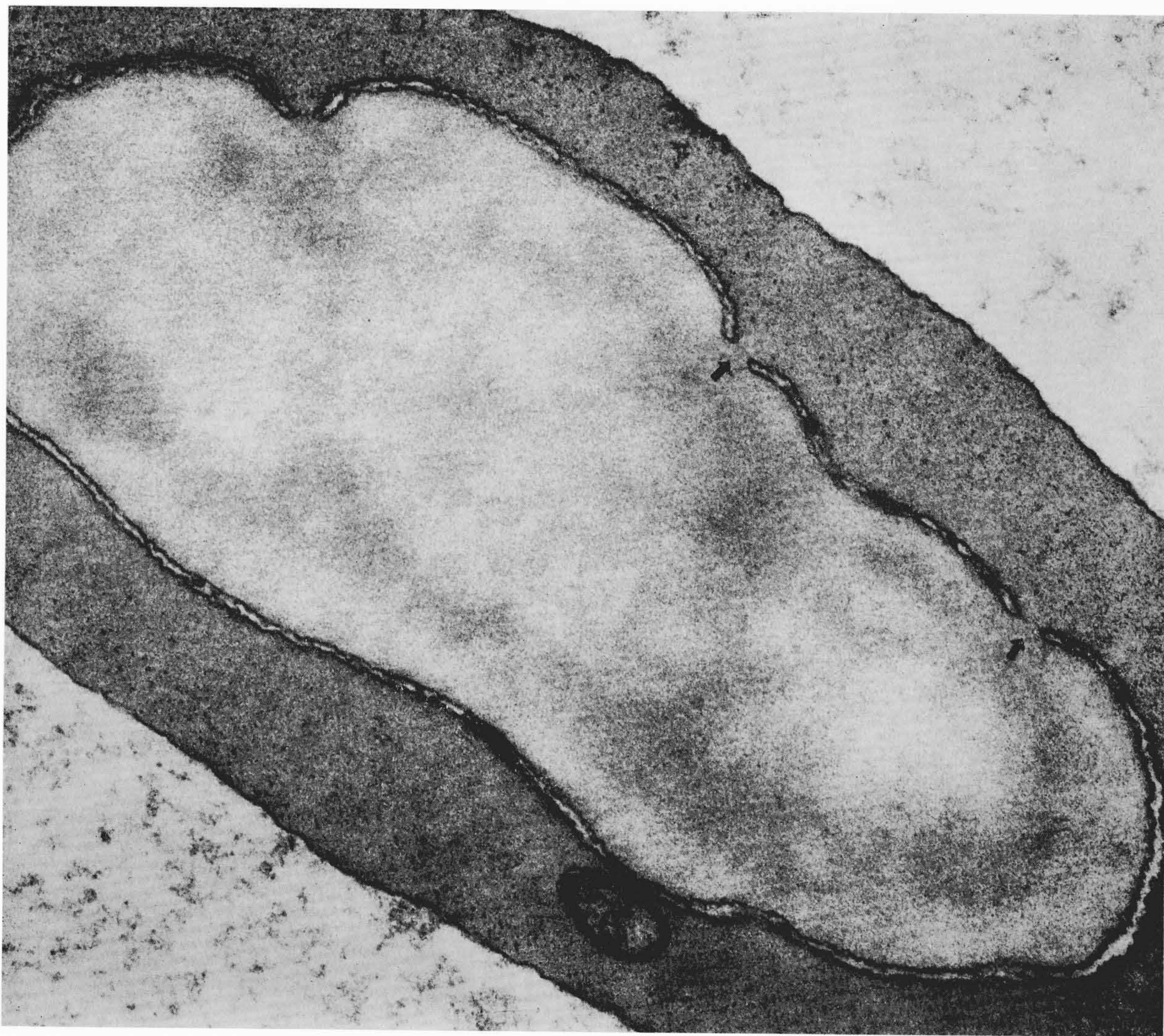


写真1 フナ有核赤血球 矢印は核膜小孔と、その部に薄い隔膜の存在を示す。 (×70,000)

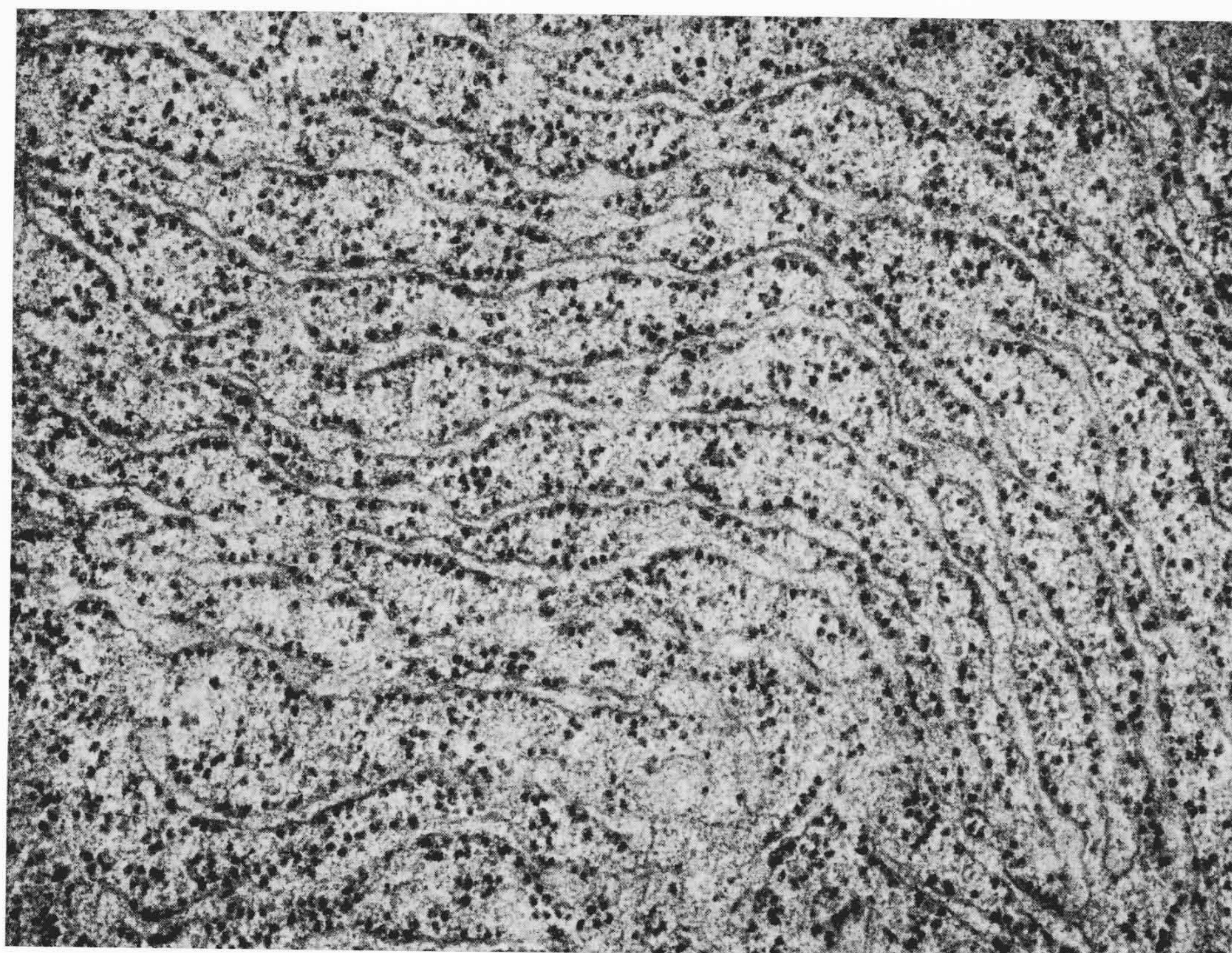


写真2 ダイコクネズミ
肝細胞質中の rough-
surfaced endoplasmic
reticulum (×47,000)

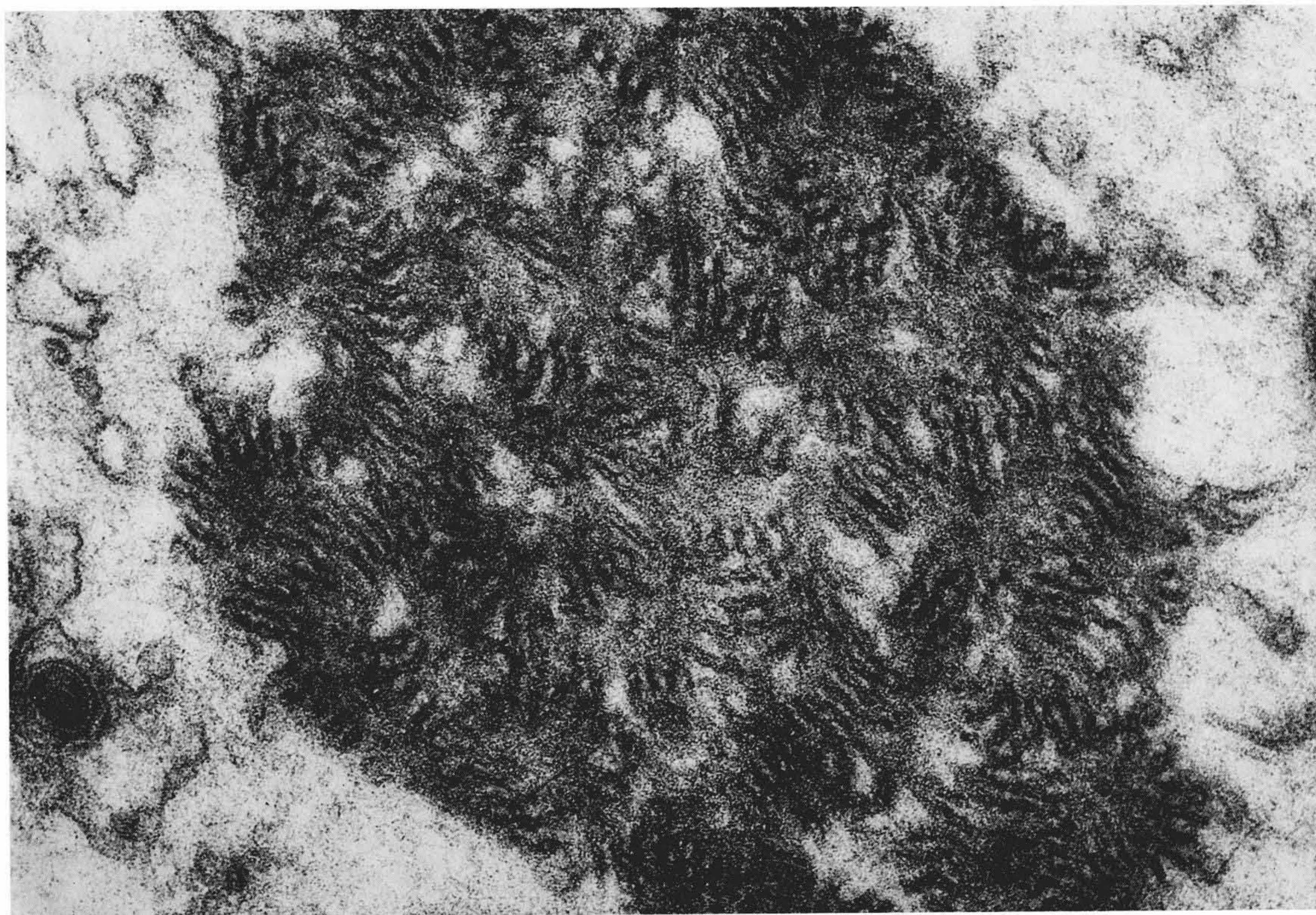


写真3 カメの精子細胞中に現われた Golgi 器官の変形した花模様構造 (×70,000)

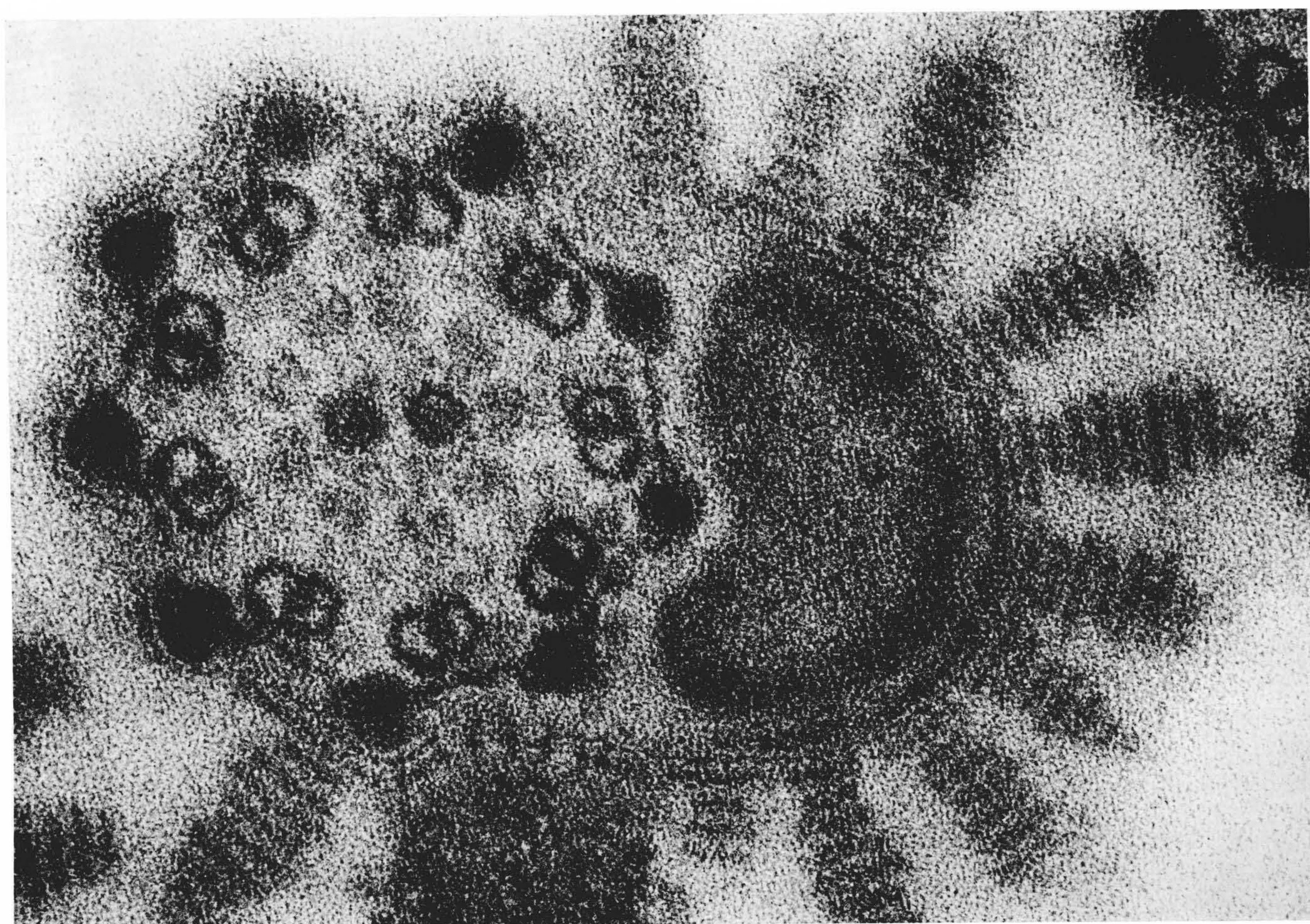


写真4 カイコの精子尾部の横断像 (×400,000)

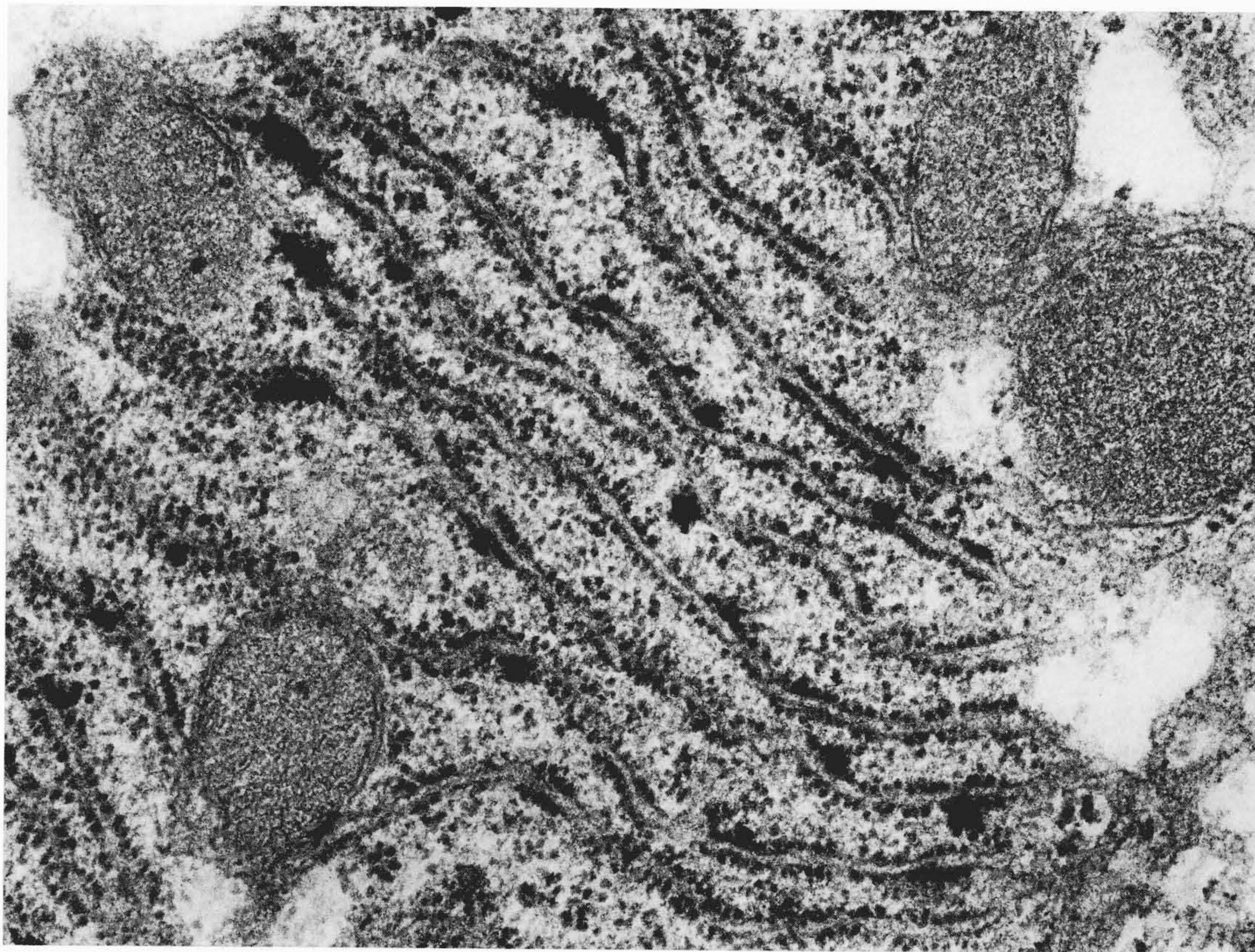


写真5 ダイコクネズミ肝細胞における G-6-Pase 活性反応の磷酸鉛の沈着 (×52,000)
 反応は rough-surfaced endoplasmic reticulum の内槽および外膜と、ミトコンドリアの限界膜の一部に見られる。

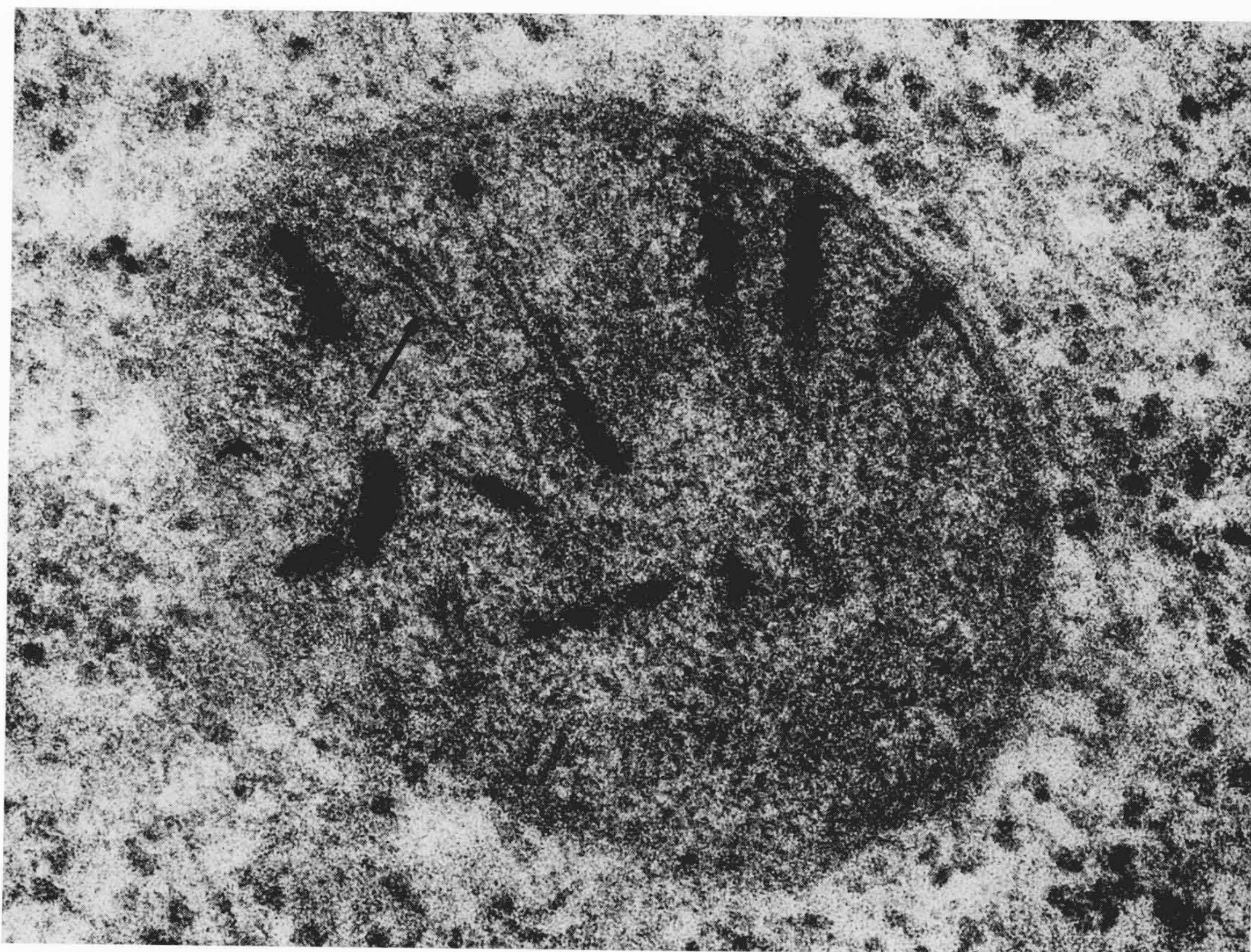


写真6 ダイコクネズミ肝細胞中のミトコンドリアの G-6-Pase 活性反応 (×132,000)
 反応は crista の中に陽性に現われる crista は3層の unit membrane 構造を示し、2層の暗層は 25 Å で明層は 15 Å である(矢印)。

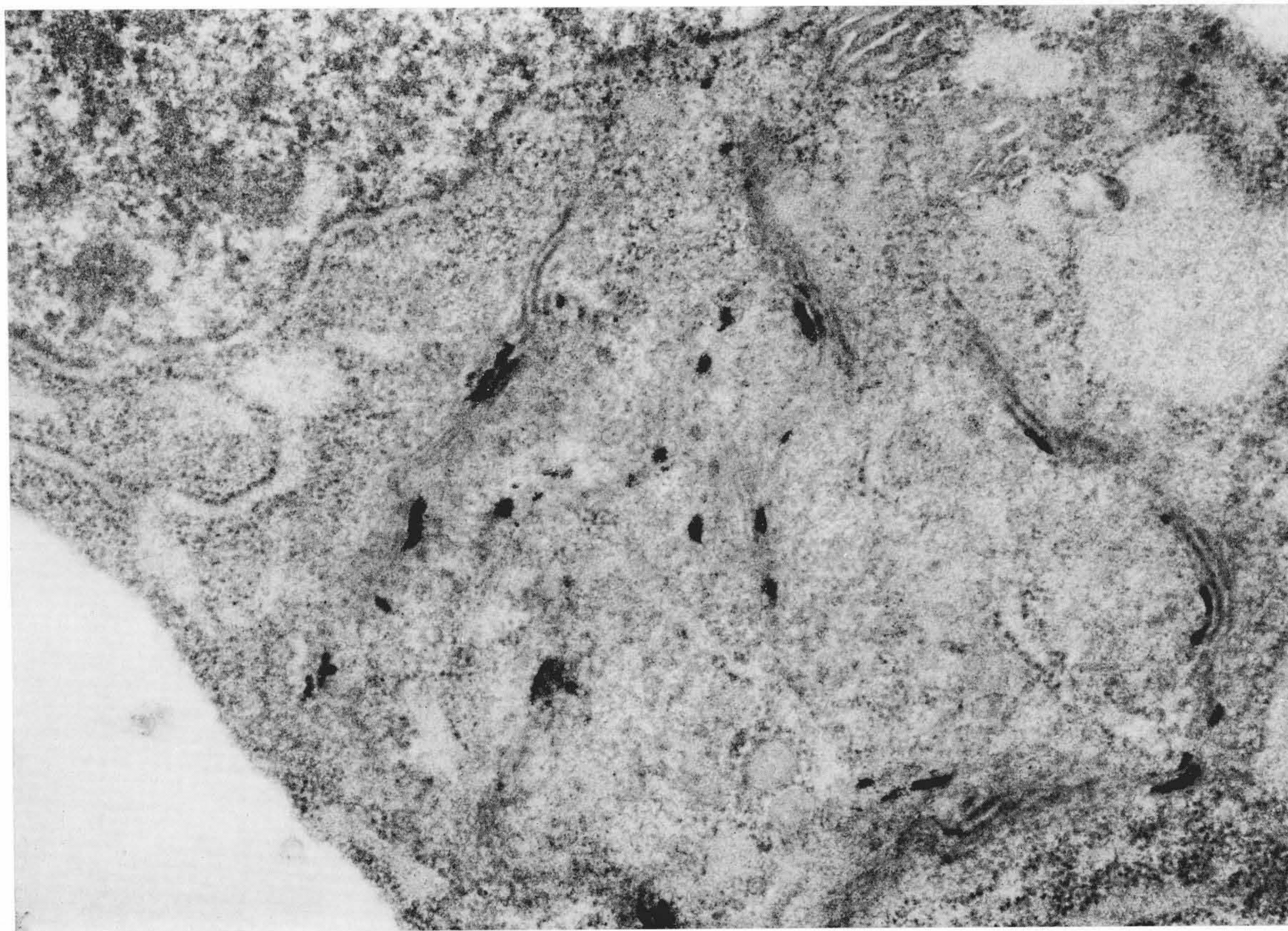


写真7 マルタニシ異型精子細胞の Golgi 器官における G-6-Pase 活性反応 (×34,000)

酵素の活性反応は Golgi 器官の層状膜構造に沿って現われる。



写真8 Malpighian tubule における G-6-Pase の活性の局在部位 (×56,000)

活性反応は rough-surfaced または smooth-surfaced endoplasmic reticulum には認められるが, desmosomes (矢印) には認められぬ。