千葉大学医学部, 解剖学教室 (主任: 森田教授).
Dept. of Anat. (Director: Prof. Sh. MORITA), School of Med., Chiba Univ., Chiba.

ニワトリ造精機転の電子顕微鏡的研究.

Spermatogenesis of the Domestic Fowl Studied with the Electron Microscope.

永 野 俊 雄 Toshio NAGANO.

(Received December 26, 1958.)

電子顕微鏡が細胞学に応用されて以来10年になろうとしているが, その間の技術の向上にともなう幾多の業績は近年枚挙に暇なき程発表されつつある. 一方光学顕微鏡による造精機転の研究は多くの細胞学者の特別の興味をひき, 諸種動物に於て研究され, その歴史は半世紀以上も経過している.

造精細胞の超薄切片による電子顕微鏡の研究は Watson (1952), Challice (1953) 等が鼠類で行ったのを始めとして, その後研究者により多くは哺乳類, その他両棲類, 昆虫類, 軟体動物等で研究されている. しかし本研究の実験動物たるニワトリ (*Gallus domesticus*) の造精細胞の電子顕微鏡の研究は塗抹標本で Grigg と Hodge (1949) が研究した以外は見当らず, 光学顕微鏡の研究もその細胞が小型の為か Zlotnik (1947) のものがあるのみで, その他 Ballowitz (1888), Guyer (1909) Retzius (1909), Adamstone と Card (1934) 等のものは主に spermatozoa の構造及び核学に属する研究である.

顧るに造精機転の形態学的研究は非常に深遠にして狭き電子顕微鏡の視野を以てしては未解決の部分もあり, 今後の研究に待つ事も多いが, 余は本動物造精細胞の microsome, endoplasmic reticulum, Golgi 装置, mitochondria, 中心小体及び spermatid の metamorphosis 等に就て, いささかの所見を得たのでここに報告する.

又 Ellenberger (1911) の顕微比較解剖学によると, 鳥類 spermatozoa の形態は2つに大別され, 'Singvögel' に属するものは波動膜を有し両棲類のそれに類似し, 'Hausgeflügel' に属するものは爬虫類のそれに類似すると記しているが, 本研究が spermatozoa の比較形態学的な1つの資料となれば幸である.

本研究は私の千葉大学医学部解剖学教室に於ける大学院学生としての研究であることを附記する.

1. 材料と方法.

1. 白色レグホン睾丸を1% OsO₄ (acetate veronal 緩衝液で pH 7.4 に調整) で2—3時間固定後, 水洗し, ethyl alcohol で脱水して Luperco CDB 2% を添加した

n-butyl methacrylate と methyl methacrylate, 8:2 の混合比の monomer に 40°C にて包埋した。

2. 超薄切片は JUM 3 及び 4 型ミクロトームを使用し、包埋剤を除くことなく JEM 4 型電子顕微鏡にて 1,000—17,000 倍にて撮影し、所定の倍率に写真的に引伸した。

3. 光学顕微鏡的に Ciaccio, Champy, Da Fano 等の固定液にて固定し、Golgi 装置検出のために OsO_4 1% 液にて処理又は銀浴し、paraffin 切片を製作、haematoxylin 単染色及び、鉄 haematoxylin (Heidenhain) 染色を行い、電子顕微鏡の所見と比較した。

II. 所見と考察.

Microsome 及び Endoplasmic reticulum.

1. 本動物の造精細胞の細胞質に微細顆粒が多数認められ、それ等は大小濃淡の種々な各段階があり、その間を微細な線維状物質にて連結されているのが認められる。かゝる物体は森田教授が光学顕微鏡的に 'Mikrosomen' と命名したものに相当すると思われる。

2. Microsome (以下 Ms と略) につきての電子顕微鏡の所見は各種細胞での総攬として森田 (1958) があり、ウニ卵細胞で黒住 (1957), 黒住等 (1958), 筋原細胞で小木曾 (1958) の研究がある。それを要約すれば、微細顆粒の集合した電子密度の高い物質 (森田の A 物質) と明るい比較的大型顆粒と暗点状の小型顆粒とを区別する (森田の S-microsome と C-microsome)。

3. 一方細胞質内には Ms. を附着した線状構造が認められ、これは 2 本が並列して存在することが多い。又この 2 重線はその間隙が拡大して嚢状化することも認められる。切片で 2 重線状又は嚢状とみられるものは立体的に 2 重膜又は管状のものが切断されたと考えられる。実際切片上で小輪状に見られることもあり (図 2), 小胞状、管状更に大きくなれば 2 重膜状のものが存在することを示唆する。

4. かゝる形態を示すものは諸学者により種々命名されて endoplasmic reticulum (Palade 等 1952, Palade 1955) cytoplasmic membrane (Sjöstrand 1953, Sjöstrand 等 1954, Sjöstrand 1956), ergastoplasmic sac (Weiss 1953), 小胞体 (渡辺 1955) 等と呼んでいる。Palade (1956) は 1956 年以後 endoplasmic reticulum (以下 Er. と略) を顆粒の附着が認められるものと認められるものとを rough surfaced 及び smooth surfaced Er. と区別している。そして氏は後記する Golgi 装置の要素も Er. の範疇に入れている。この分類は形態的、機能的に異なると考えられるものを一括して取扱うことは妥当でない様に思われるが、前記した線状構造物を本文の記載に Er. なる言葉を用いる。

5. Er. の形態は前記した様であるが、これは spermatogonium, spermatocyte 及

び spermatid に見られる. 又 spermatid では一部に所謂 rough surfaced のものが見られる (図10). Burgos と Fawcett (1955) は猫で spermatocyte 及び spermatid では rough surfaced のものは殆どなく, 皆 smooth surfaced のものであると報告しているが, 本例では, これと相違している.

6. Er. の生成及び起源につき以下諸説を記し, 又私の所見を記する. Palade (1956) は macrophage で細胞形質膜が反転彎入し, それが Er. の膜との連続を示し, かゝる様にこの生成を考えている. 又 Gay (1954, 1955), Afzelius (1955a), 及び Swift (1956) 等は Er. と核膜との関係を論じ, DeRobertis (1954) や Anderson と Beams (1956) 等は細胞質内の電子密度高き顆粒は核性の要素であるとし, 更に Bennett (1956) は細胞質内外や細胞質と核質との物質の移動に 'membrane flow' なる仮説で説明している. これと別に紡錘系との関係については黒住等 (1957 a, 1957 b, 1958) と森田 (1931, 1958) の研究がある. 余の標本で有糸分裂時の紡錘系については項を改めて記するが, 所謂 'spindle vesicle' (森田 1958) の連続として観察される. 又図 2 に示される様に 2 個の細胞が互に細胞質で連絡を持つ場合, たとえこの細胞が異常な連絡であろうとも又分裂末期であるとしても, その連絡している細胞質の位置的に紡錘系が存在したと考えられる所に多数の Ms., Golgi 装置及び Er. が認められる. この事実は是等細胞質要素が紡錘系と密接なる関係を有する事を示すものであって, 次の様な森田 (1958) の記載を証明するものである.

“紡錘系の遺残体の内部には到る所に多量の A 物質が産生されているものであって, 糸状物質及び膜様物の形態が合着, 融合, 消失の諸機転に依りて化生せられて行く…….”

Porter (1954) の細胞分裂末期の写真も紡錘系と Er. との移行が暗示される.

7. Ms. が念珠状に連絡して紡錘系を形成しこれが遺存するものは所謂 'Spindelrestkörper' に属するものである. これは成熟しつつある spermatid にも認められ (図 17), Ms. が念珠状に連絡して数本並列しているのが認められることもある.

Golgi 装置.

1. Golgi 装置は電子顕微鏡的に辜上体上皮で Dalton と Felix (1954), 睪細胞で Sjöstrand と Hanzon (1954) によって従来の光学顕微鏡的 Golgi 装置が電子顕微鏡的に観察された. Golgi 装置は超薄切片では平行線状の層状構造物 (Golgi membrane) とその附近の小胞 (Golgi vesicle) と大型の空胞 (Golgi vacuole) より成立っていると記載されている.

2. 本例の spermatogonium, spermatocyte 及び spermatid の細胞質内には核の一側に限局して 2 重平行線状を呈する層状構造が並列し, 空胞も認められ, 内部の比較的明るい小顆粒, 即ち S-microsome と形態的に等しい顆粒が密集して認め

られる (図 1, 4, 5, 7). この Golgi 装置を構成する平行線状物は microsome 顆粒が念珠状に連鎖を作ることにより構成されているのが知られる. 空胞は S-microsome の限界壁が破れ内容が交通し大型となることに起因すると考えられる (図 7).

3. Burgos と Fawcett (1955) は猫の spermatid の Golgi 装置の成立について, 小型の空胞は flattened vesicles からその端で出芽し, ちぎれて発生すると記しているが, 私の考えは全く相違する. 又 Lacy (1957) は軟体動物神経細胞の Golgi 装置で層状を示す構造は立体的に 1 枚の膜が皺襞を作ったもので空胞は膜と膜との間が拡張したもので切片上で個々に分離していても, 立体的に連続していると記しているがその真偽は正確な連続切片によらねば決定出来ない.

4. 光学顕微鏡的な 'Idiozom' と呼ばれた物体と Golgi 装置との異同について Burgos と Fawcett (1955, 1956) は猫及び *Bufo* で従来 'Idiozom' とは Golgi 装置に外ならぬと記している. 私の標本でも Golgi 装置と別に 'Idiozom' に相当するものは見当らない.

5. Golgi 装置近傍に大型濃暗な十数個の顆粒の集団が認められる (図 1, ↗印). この物は従来 chromatic body 又は accessory body と呼ばれたものに相当すると考えられる. Zlotnik (1947) は光学顕微鏡的にこれに相当すると考えられるものを Golgi-X と命名しているが, この顆粒が特別に Golgi 装置の一部であるとは考えられない. Burgos と Fawcett (1955) も猫 spermatid で同様な顆粒の集団を chromatic body 又は accessory body に相当すると考えている. Golgi 装置内に稀に中心小体が観察された. このことは別項に記する.

Mitochondria.

1. Mitochondria (以下 Mit. と略) の電子顕微鏡的構造は Palade 等 (1952), Sjöstrand (1953) 等により研究された. Palade は Mit. は 2 重膜構造を有し原形質と境界を持ち, その内側膜が Mit. の内方に向って皺襞を作り, これを cristae mitochondriales と命名した. 一方 Sjöstrand 及び協力者等は Mit. の所謂 cristae は皺襞でなく, Mit. の外壁を形成する 2 枚の外膜と内部の内膜とは独立で接触は見られるが連続していなかったと記した. 即ち Sjöstrand (1956): "No direct continuity between inner and outer membranes was observed although the inner membranes were in close contact with the outer surface membrane along at least part of their rims." しかし後に Ekholm と Sjöstrand (1957) は甲状腺上皮の Mit. で彼等の所謂外膜と内膜とが連続しているのも報告している.

2. Mit. の構造は動物種類, 細胞の種類の相違により異っている. 以下本実験例の Mit. について記す. Mit. は各精細胞で円形又は桿状の外形を示し, 細胞質内に分散して存在する. しかし核近傍の Golgi 装置周辺に集合している場合も認められる. Watson (1952) は白鼠の spermatocyte で Mit. が細胞質周辺に 1 列に並ん

だ像を示しているが、本例でかゝる像は認められない。Mit. 内部の所謂 *cristae* は視細胞や腎尿管主部上皮のもので示される様な (Sjöstrand 1953, Sjöstrand と Hanzon 1954, Sjöstran と Rhodin 1955), Mit. の長軸に対して直角に存在し相互に平行に位置している様なもののみは見られず、あらゆる角度を作り、又 *cristae* 自身も屈曲しているものが多い (図 5)。又成長しつつある *spermatid* では長軸と平行する如きものも認められる (図 10, 17, 18)。

3. Mit. 内部構造は上記の外に顆粒状乃至泡沫状構造を有するものも認められる。かゝる場合のものは一般に小型で、これより明瞭なる *cristae* を示す Mit. までの移行が認められる。Mit. の外膜及び *cristae* を細見するに、微細な顆粒の連続として観察され、かゝる顆粒状泡沫状構造物は形態的に *microsome* と同一物と思われる。Mit. 内部の *cristae* 以外の間隙実質部分は淡明微細顆粒状で所謂 *mitochondria* 物質 (*matrix*) が充滿している。顆粒状乃至泡沫状構造を示す Mit. は柿沼等 (1955) Bargmann 等 (1955), Rhodin と Dalhamn (1956) 黒住 (1957a) 等が各種細胞で示している。又 Rouiller と Bernhard (1956) は再生時の肝細胞で正常でも存在する顆粒集合状の球状物体 (*microbody*) の内部に *cristae* が生ずるのを報告しているが、*cristae* が顆粒集団内に発現することは注目すべきことである。Wohlfath-Bottermann (1957) は *paramecium* の *endoplasma* 内の '*cytoplasmatisches Bläschen*' より Mit. が形成されると記している。他方 Lever (1956) は副腎皮質細胞で Mit. と Golgi 装置の膜との類似性より前者は後者より形成されることを暗示しているが、本例ではかゝる構造は見られない。Frey-Wyssling (1957) は Mit. は細胞質内で *de novo* に発生する可能性を記している。即ち "*Falls nun die Mitochondrien nicht aus spezifischen Promitochondrien, sondern aus unspezifischen Plasmamikrosomen hervorgehen würden, die Möglichkeit gegeben, dass sie de novo aus dem Cytoplasma entstehen.*"

4. 図 2 に見られる様に細胞分裂末期と考えられる細胞の紡錘糸が存在したと思われる部位に Mit. が集合して存在することは *microsome* の項で記した様な機序で Mit. と Ms. の近親的発生関係を示すものと考えられる。

中心小体及び紡錘糸.

1. 電子顕微鏡による中心小体についての研究は *spermatozoa* 尾部に存在するものについて Afzelius (1955b) はウニで Burgos と Fawcett (1955, 1956) は猫とガマ (*Bufo*) で記載し、更に両棲類、鼠類、ニワトリ胚の胸腺、脾や軟骨細胞で De Harven と Bernhard (1956) の、鼠類の脾その他各種体細胞で山田 (1956, 1958) の同じく細網細胞、リンパ系細胞及び形質細胞で天野 (1957a, 1957b), 田中等 (1957) の、人の形質細胞で Stoeckenius (1957) の、哺乳類白血球で Policard 等 (1958) の報告がある。彼等の中心小体についての記載は殆ど一致している、即ち De Harven 等の記載によると、中心小体は直径 $150\text{ m}\mu$ 、長さ $300\text{ m}\mu$ の中空

の円筒形でその壁は強い osmiophil で約 9 本の小管よりなり互に円筒の長軸に平行して排列している。この中心小体は細胞有糸分裂時には紡錘極に、静止期には細胞質内の核膜附近や Golgi 装置の近傍に存在すると記している。即ち De Harven & Bernhard (1956): “In allen Fällen stellt sich dieser Körper (Zentralkörper) als Hohlzylinder mit einem Durchmesser von etwa $150\text{ m}\mu$ und einer Länge von $300\text{--}500\text{ m}\mu$ dar. Seine Wandung, die stark osmiophil ist, besteht aus etwa 9 Röhrchen, die untereinander und zur Achse des Zylinders parallel angeordnet sind. Der Zentralkörper liegt entweder am Spindelpol von Mitosen oder in der Nähe der Nuclearmembran und des GOLGIapparates im Cytoplasma von ruhenden Zellen.”

2. 以下自家所見を記する。

静止期の中心小体が縦断又は横断で得られた。図 3 は spermatocyte の Golgi 装置内に矩形を呈する 2 個の中心小体 (diplosome) が見られる。強拡大写真では (図 4, 5) 矩形を呈するその壁は全長に互り細い filament が並列して、更にその filament は強い osmiophile な物質によって包埋され、又この物質はその壁のみならずその近傍にも見られる。この物質は森田 (1958) により A 物質と名付けたものに一致すると考えられる。2 個の中心小体の間はその filament により連絡されているが、その連絡間部の A 物質は少いので明るく見える。この部分は位置的に所謂 ‘centrodesmose’ に相当する所である。

3. 中心小体と核との位置的関係は、或場合はその長軸は核の中心に向っているし、或場合はその長軸とそれに対する核膜の切線とは平行している。要するに核と中心小体の軸との位置的関係は求められない様に思われる。

4. 中心小体の横断と考えられるものは図 8 の様に円形で中心部は明るく、そのまわりに 9 本の filament が環状に排列して壁を形成している。

5. 其他中心小体の内腔の中心部にやや暗い物体が見られる (図 5)。これは Rhodin と Dalhamn (1956) が絨毛細胞の基底小体で発見した ‘central kidney-shaped opaque body’ と類似するが、本例では特に腎臓形は呈さない。又矩形を呈する中心小体の外側にやや離れて大きさ約 0.1μ 程の顆粒の集合よりなる塊状物体がその中心小体の長軸を中央にして対称的に存在する (図 5)。即ち diplosome を示す場合は各々中心小体に 1 対ずつ 2 対が見られる。この物は立体的に考えれば円筒形を示す中心小体の外側を環状に取巻いている物体と推察される。かゝる物体についての文献的記載は見当たらないが、これが精細胞に特有であるとなると spermatid 尾部に存在する ring centrosome に類似するものと思う。

6. 前記した様な中心小体内部の物質や中心小体外側を環状に取巻く物体に附随する電子密度の高い物質は何れも A 物質として論ずべきものであると考える。

7. 静止期の中心小体は Golgi 装置内部又は近傍に認められるが、中心小体は Golgi 装置構成要素と直接に連結を有することは見られない。ただ中心小体壁や

近傍にある A 物質なるものは周囲の細胞形質内にも存在するものであるが、量的に差異を有している。

8. 天野 (1957 a, 1957 b) は細網細胞及び形質細胞で中心小体の一端より細管が延びて Golgi 装置の 'Golgi canaliculi' (天野) を作り、従って Golgi canaliculi は縦断超薄切片上には 4—6 本の並走する構造として現われ、その数は最大 9 本であると記している。しかし図 5 にも見られる様に、中心小体と同氏の Golgi canaliculi と連絡する像は見られない。又同氏は Afzelius (1955 a) のウニ卵の Golgi 装置の並走する管は 9 本で、これは全部が 1 平面に並んだと考えればよいと記しているが、然らば Dalton と Felix (1956) の *Lumbricus* の spermatid に於ける Golgi canaliculi は 10 数本あることは如何に説明されるのであろうか。同氏の説明には正鵠を得ない点がある様に思われる。

9. 図 3 に見られる様に中心小体周囲には Golgi 装置, microsome, 少量の endoplasmic reticulum もあり、更にその外側を Mit. が集合している。所謂 'centrosphere' に相当する部分は大半 Golgi 装置よりなっていると考えられる。この事実は電子顕微鏡的に中心小体が発見される以前に Porter (1954) が「centrosphere では Er. や Mit. を欠いて小さい vesicle や細管状要素の束や、やゝ高い density の不定形或は線維状物質が細胞質の一部にある」と記しているのに一致する。

10. 細胞有糸分裂の終期の初めて中心小体を含む写真が得られた (図 6)。この中心小体は 2 個存在し、その 1 個は矩形で、他の 1 個は楕円形の壁を有する。これは前者は縦に、後者はやゝ斜に円筒形の中心小体が切断された像と考えられる。その壁の構造は filament と A 物質とよりなっていることは静止期の場合と等しい。この細胞は恐らく spermatocyte と考えられるが、他側の紡錘極にも 2 個の中心小体が存在するものと推測され、この時期に 4 個の中心小体が存在することを暗示する。De Harven 等 (1956) は Colchicin で処理した細胞で紡錘系は見られないが、一極に 2 個の中心小体が存在するのを示している。同氏等は正常細胞分裂中期にはかゝる像は示していない。最近山田 (1958) は脾細胞等で紡錘極に 2 個の中心小体を観察した。私の写真や山田の所見より細胞では有糸分裂中期乃至終期の一極にすでに 2 個の中心小体が認められると考えられる。

11. 中心小体は常に細胞静止期に存在するものであろうか。又中心小体自身が 2 分するものであろうか。第 1 の問題は現在の技術の段階では困難な様に思われる。それは静止期の細胞の少くとも 1 個が完全な連続切片が得られなければ即断出来ない。第 2 の問題についても必要充分な所見は得られないが、図 4 と 5 は円筒形の中心小体が横に 2 分するものを示すと考えられる。又最近山田等 (1958 a, 1958 b) は嗅粘膜上皮で、「Olfactory rod の基底部には cilia を突出せしめない basal body のみが表面細胞膜に接してかなり多数存在し、又この近傍の細胞体内

に中心子（筆者の中心小体と同様な構造）が散在して観察される。」と記し、中心小体が分裂することを暗示している。

12. 紡錘糸は中心小体より染色体に向って走っている。紡錘糸がすべて中心小体と連結しているかどうか決定出来ない。染色体は中等度の density を持った顆粒集合体として観察され、その中に特に density の高い部分が見られる。これは所謂 ‘centromere’ 又は ‘kinetochore’ に相当するかも知れない（図 6）。

紡錘糸を細見するに紡錘糸は微細な紡錘形空胞状の小胞の 1 列状に縦列した糸として見られ、一部その小胞は個々が成長し或は合着融合して大型のものとなることも見られる。又紡錘糸の外壁には C-microsome 及び A 物質をともなっているのが観察され、この所見は森田（1953）の家蚕造精細胞の有糸分裂の紡錘糸の所見と一致する（図 6）。

中心小体と spermatid 鞭毛につきては別記する。

Metamorphosis.

a) 核の変化.

1. Spermatid の核は円形であって、その核膜は内外 2 枚の膜よりなっている。核内には 1 個乃至 2 個の osmiophile な核小体と考えられるものが見られる。一般に核質は細胞質内に存在する Ms. と等しいと思われる微細な顆粒で一様に充されている。又一部顆粒が凝集したと思われる様な斑紋が切片上で認められる場合もあり、細い線維状物質が不規則に核内に存在することもある。

2. 鞭毛の発生、acrosome の形成に次いで、核は前端と後端の極性が現われ、細長く伸長する。伸長した核の核質は粗大な osmiophile の顆粒の集合したものとなってその顆粒間は比較的淡明である（図 15, 16, 18）。

3. 伸長しつつある spermatid 核は初期には細胞体内でうねっていると考えられ切片上では複雑な形を呈する。この時期には未だ caudal sheath は観察されない（図 9）。この様な事実は光学顕微鏡的にニワトリで Zlotnik（1957）が記載している。本動物の spermatid 核がこの様な形態を示すことは 1 つの特徴と考えられ、他種の動物での記載は見当らない。

4. 成熟しつつある spermatid の核質の構造は各々動物で報告されている。人、猫及び *Bufo* の spermatid では本例と同様な顆粒状であり（Burgos と Fawcett 1955, 1956, 1953）。安澄（1956 a）はスズメで核内に縦走する filament を観察し、更にそれはより細いラセン状糸の集りにより構成されると記している。又安澄等（1956, 1957）Sjöstrand と Afzelius（1957）、Gibbons と Bradfield（1957）等は昆虫の spermatid 核内に縦走する細管がみられ、横断面では 6 角柱が蜂巢状に排列することを報告し、更に Rebhum（1957）はカタツムリの spermatid では filament でなくて複雑に縦走する膜が lamellae となっていると報告している。かくの如く動物の種類によって成熟しつつある時期の spermatid 核質は粗な顆粒

状、蜂巢状に排列した6角柱、更には層状の膜等に構成されている。本例では人、猫、*Bufo* と類似した核質である。X線回折の結果軟体動物の或る種 (*Sepia*, *Loligo* 等) の spermatid 核の或る時期に desoxyribonucleoprotein 分子が長軸と平行に排列して結晶型となることを報告しているが注目すべきことである (Wilkins と Randall 1953)。

b) acrosome.

1. Acrosome (Akrosoma) なる言葉は Lenhossék (1898) が spermatid 核の先端の顆粒状物体につけた名である。又 Benda (1889) は明るい空胞で包まれた 'Idiozom' の内部に丸い顆粒を目撃している。学者により acrosome はその顆粒のみを指したり、頭部を包む head cap, (Kopfkappe) を含んで用いることもある。私は電子顕微鏡的にこの顆粒のみを acrosome と記し、それが小型の顆粒状の時は acrosomal granule と呼び、その顆粒が大型の空胞の中にある時にその空胞を acrosomal vacuole と呼ぶことにする。この命名は acrosome 発生過程は別として Fawcett (1958) の命名に従っている。

2. Spermatid の Golgi 装置の中心部附近に顆粒を含封する空胞が見られる (図 11, ↗印) このものは後に空胞が甚だ大型に肥満し、嚢状に変化し、顆粒も大型となり、核と密着して acrosome となる。Acrosomal granule の増大と共に acrosomal vacuole は核の前端を被う。これが head cap である。

3. 本動物の spermatozoa では、核の部分が非常に細長くなり、head cap で包まれた部分は核全長の十数分の一を占めるに過ぎない。成熟しつつある spermatid の長軸に一致した写真 (図 14 と 15) では、acrosome と核とは acrosome の凹部に核の先端部が突出して凸部となり嵌った様になっている。

完成された acrosome の内部構造は核よりやや淡明であって、大率均一なものである。

4. 先に記した spermatid の Golgi 装置内部の顆粒を封含した空胞は森田 (1931) の 'Vakuole mit korn' と命名したものに一致するものであり、これが acrosome の原基と考えられる。

5. Acrosome の形成につき光学顕微鏡的所見により Gatenby (1918), Bowen (1922) 等は Golgi 装置の分泌により産生されるという説がある。Burgos と Fawcett (1955, 1956) も猫と *Bufo* の acrosome は Golgi 装置が分泌する様であると記している。即ち "The acrosomal granule appears to be a secretory product of the GOLGI complex. . ."

この様な説明は古来よりの説であるが、Golgi 装置が acrosome を分泌するというならば、acrosome 形成時、或は後に Golgi 装置に非常な形態的变化が現われると考えられ、又 spermatogonium, spermatocyte の Golgi 装置と spermatid の Golgi 装置とは形態的に異なる点があるべきであろうと思われる。しかるに acrosome 形成後の spermatid 後部の細胞質中に Golgi 装置が明瞭に認められる (図

13), 又 spermatogonium と spermatocyte の Golgi 装置も spermatid のものと形態的に異なる所がない。以上の事より Golgi 装置分泌説は疑わしいと思う。最初 Ms. 顆粒が 'Vakuole mit korn' の小型の形状に於て発生し来るものであると考えられる。

6. 本動物 spermium の形態は不明であるが, acrosome は Sertoli 細胞との copulation に役立つ事, 又受精に関して何等かの機能を持つ事は確かであろう。即ち Leuchtenberger と Schrader (1950) は各種動物の acrosome で hyaluronidase の検出を試み, 鳥類, 爬虫類に検出されず, 哺乳類に検出されて, これは鳥類, 爬虫類の卵細胞は濾胞細胞が取巻いていない事に対応させている。本例の acrosome は比較的小型であることと Burgor と Fawcett (1956) の *Bufo* の acrosome にはその形成経過に proacrosomal granule が見られないという報告とは比較細胞学的に興味あることである。

7. Afzelius と Murray (1957), Colwin 等 (1957) はウニ卵と精子とを混合して, Afzelius は受精しない場合でも acrosome より filament 様物体がのび卵細胞の表面に附着している写真を示し, Colwin 等は受精の際に acrosomal filament を認めている。

8. Acrosome と Sertoli 細胞との関係は森田 (1931) が acrosome と Sertoli 細胞の mitochondria との間に吸引力を考えたことは注目すべき事である。事実 Sertoli 細胞の Mit. は copulation している spermatid の頭部附近に集っている (図14)。Leblond と Clermont (1952) は PAS 反応で acrosome が陽性な事実より acrosome は polysaccharide があり, この粘性が Sertoli 細胞との copulation に関係すると記しているが, spermatid が Sertoli 細胞の上部でその中心に向って必ず copulation している事実は説明出来ない様に思われる。

c) Caudal sheath (Schwanzmanschette).

1. Spermatid の頭部, 中間部及び鞭毛のまわりに多くの Ms. の連鎖により形成された細い線維が縦走しているのが観察される (図 13 と 16)。これが caudal sheath である。Caudal sheath が著明に見られる時にその個々の線維の横断面では (図 18) 数層に頭部を取り巻いているが, 鞭毛の部分では頭部の部分より少数である。この caudal sheath は acrosome の拡がりの後端の部分, 即ち所謂赤道輪より後方に発生し延びている。

2. 本例で spermatid 頭部に於て caudal sheath が密に取り巻き, 尾部の方はむしろ弱く取り巻いているが, 光学顕微鏡的に Zlotnik (1947) はニワトリで伸長した spermatid 核のまわりに核と染色性の異った 'hyaline tube' を記載し, caudal sheath は核の後端から尾方の細胞質内に見られると記しているが, 電子顕微鏡的には彼の所謂 'hyaline tube' なるものは caudal sheath に外ならないと考えられる。

3. 図 12 は spermatid 後部を示し caudal sheath の形成途上のものを示してい

る。それは2枚の核膜と別に osmiophile な顆粒状物体の連続として caudal sheath の形成が見られる。Caudal sheath の起源について光学顕微鏡的にも諸説があり、電子顕微鏡的に Watson (1952) は白鼠でその起源は明らかでないが、head cap の後端より始まると記し、Burgos と Fawcett (1955) は猫で acrosome の後端や核膜でなく、head cap より後方の 'ring' より起ると記している。沢田 (1957) は廿日鼠で2枚の核膜の外層より延びるものであると記しているが、本例では図12の様に核膜と別に顆粒状物質の連続として Ms. 及び A 物質を原基として発生するものであると考える。

4. Caudal sheath は本例では spermatozoa の前端部を除いた頭部と中間部を残余の細胞質と共に包むことは確かである。Spermatozoa の細胞質は後述する様に頭部と中間部を包みそれより後方は本例に於ては細胞形質膜が鞭毛を包む様になるので (図16と17及び模式図)、未だ未完成の spermatozoa の中間部より後方にある細胞質と caudal sheath は消失するか、又頭部が更に伸長して、結局 caudal sheath の後端は中間部の後端までしか到達しないと考えられる。又図20の様に鞭毛のある部分に見られる caudal sheath は鞭毛を取り巻く膜の外部に、わずかに見られるのもその証左であると考えられる。

5. Caudal sheath は哺乳類で認められるが、両棲類に至ると認められない。両棲類では波動膜が認められるが、本例では認められない。又本例の caudal sheath は頭部を主として包んでいることも1つの特徴である。

d) 中間部 (middle piece) 及び鞭毛.

1. Spermatid の核が未だ円形を保つ時期に acrosome の形成と共に鞭毛の成生が見られる。鞭毛の前端は未だ核の後極との間に附着が起らない時にその前端部はやゝ太くなっている。Spermatid が發育して細長い核の後端で caudal sheath にかこまれた部分に中心小体が見られる。それは中心小体の項に記した様に約9本の細い filament とそれを包埋している A 物質が環状に壁を作り内腔は明るく見える (図13と16)。更にそれより尾方に細長い矩形を呈する部分部分が観察され、その後端に鞭毛が附着している (図16と17及び模式図)。

2. この様に spermatid の長軸に一致した切片では核後端の中心小体は環状に認められ、その後方は矩形を呈する部分が見られるが、この矩形の部分の横断と考えられるもの (図12) では中心小体の構造と非常に類似する。しかしその長さは約 1μ を算する (図16)。

3. 一方鞭毛の構造は中心に1対からなる中心軸系とその周辺に9本の2重の周辺軸系から成り全体を細胞形質膜が包んでいる (図21)。本例の鞭毛構造は Fawcett と Porter (1954) が種々の絨毛細胞で調べた絨毛構造と一致する。

4. 図16に示された矩形を呈する部分には鞭毛の中心軸系に相当するものは認められず、その矩形の後端より中心軸系が附着している。鞭毛の周辺軸系は矩形状を呈する壁に附着しているのが認められる。この矩形状を呈する部分が sper-

matozoa の中間部に相当し、核の後端と中間部の間の中心小体のある部分が所謂 neck (Hals) (頸部) に相当する所である。又この中間部の後端の所では本例で著明である様に残余の細胞質が折返って形成される細胞形質膜に鞭毛が包まれているのが知られる (図 16, ↗印, 図 17)。

5. 中間部の構造は本例では中心小体の構造と類似し、又各種動物 spermatozoa 尾部に proximal と distal centrosome が記載されているが、本例で核の後端にある中心小体が proximal centrosome に相当し、distal centrosome に相当するものは認められないので、中間部の構造より推察すると、所謂 distal centrosome は本例の中間部そのものであるとも考えられる。

6. 中間部と鞭毛との関係は、恰も絨毛細胞で Fawcett と Porter (1954), Rhodin と Dalhamn (1956) 又絨毛虫で Roth (1956) 等が記している様に基底小体と絨毛との関係に一致する。即ち Rhodin と Dalhamn の図 2 と私の spermatid 模式図と比較すると、彼等の基底小体の部分は丁度本例 spermatid の中間に相当する。たゞ絨毛細胞と異なることは頸部に proximal centrosome が存在することである。しかし最近山田等 (1953a) が嗅粘膜上皮で基底小体と別に「中心子 (筆者の中心小体に相当) が長軸の方向に伸長し、中央部で横に 2 分し、細胞表面に近づくに従ってこれより絨毛を発生せしめる」と記していることは本例の spermatid 頸部、中間部と鞭毛との関係に一致する様に思われる。

7. Spermatozoa 中間部に所謂 ring centrosome に相当するものが認められる。このものは図 12 では中間部の外側を環状に取巻くと考えられ、それは微細な顆粒を含む黒色塊状体より出来ている。この ring centrosome は中心小体の項に記した様に A 物質を多分に含有している。又 spermatocyt の中心小体のまわりに ring centrosome 様のものが存在することも既に記した。Ring centrosome は spermatid の成熟にともない中間部の外側を後方に移動すると考えられ、図 16 では中間部外側に所々 A 物質塊として認められ、又中間部と尾部鞭毛との境では、細胞形質膜の折れ返った所にも A 物質が見られる。この所が所謂 'annulus' である。Fawcett (1958) の人の spermatozoa 模式図にも中間部後端に ring centrosome が示されている。本例でこの ring centrosome が明白に認められる場合と図 17 の様に認められない場合もある。Anberg (1957) は射精された人精子では ring centrosome は認められないと記している。

8. 鞭毛の横断では本例で中心に 1 対の中心軸系と周辺に 9 対の周辺軸系が見られ (図 21), 絨毛構造と一致する。又本例では Burgos と Fawcett (1956) の *Bufo* の鞭毛構造とも類似する。各種哺乳動物では中間部の横断像でその鞭毛様構造の更に外側に dense な花弁状の 9 個の線維 (Fawcett 1958) が示されているが、本例では見られない。このものは安澄及びその協力者 (1956c) により鼠類、スズメ、昆虫 (バッタ) 等で発見され、'peripheral set' と名付けられ、これは 'ring centriole' より発し、コイ、蛙では見られず、体内受精をする動物の精子が peri-

pheral set を持ち、体外受精をする動物の精子はこれを持たずこれを精子の運動と関係づけて推論しているが、本例には当てはまらない様に考えられる。又本例では所謂 mitochondria 性のラセン状構造も波動膜も認められない、これ等の点は比較解剖学的差異と考えられる。

A schematic drawing of a late spermatid of the domestic fowl depicted in longitudinal and cross sections at various levels. A acrosome, C centrosome, CS caudal sheath, F flagellum, G GOLGI apparatus, M mitochondria, MP middle piece,

e) Sertoli 細胞.

1. 本例の Sertoli 細胞の細胞質は各々造精細胞間の間隙を充して不定形な形態である(図3). 細胞質は一般に造精細胞より明るく Ms., Mit., Golgi 装置を含有する(図22).

2. Mit. は円形又は楕円形で造精細胞のものより暗調で、その内部構造は複雑で泡沫状又は管様のものが見られる. Mit. の長軸と直角方向に互に平行して排列する様な cristae mitochondriales は認められない. この Mit. に於て小皺襞として cristae が認められるのではなく、指状の突起として形成されるものと考えられる(図22). 又 Mit. の所謂基質が多い. かゝる構造の Mit. は paramecium で Sedar と Porter (1955), 副腎皮質、黄体細胞、睾丸間質細胞、胎盤等で Belt と Pease (1956) 等が報告して、後者は特にこの Mit. と steroid 分泌に関係づけている. 又本例の Sertoli 細胞の Mit. はしばしば中心が明るく、cristae が周辺に片寄っている像が見られる. 著しい場合には Mit. は空胞状で、ごく少量の cristae の痕跡が見られるにすぎない(図22). かゝる Mit. の退化現象であると考えられる.

4. Sertoli 細胞と造精細胞との境界は人工的にしばしば離れることがある. しかしその時に両者の間に電子密度高く線状に結合している部分が認められる. かゝる部分は各々造精細胞間に見られることはなく、必ず Sertoli 細胞と造精細胞との間に見られ、又 Sertoli 細胞と造精細胞と接する面全体に見られるのでなく一部に見られる(図3, 7印, 図19). 又この結合は成熟しつつある spermatid と

Sertoli 細胞との copulation の場合は見られない。この様な結合は上皮細胞間の電子顕微鏡的な desmosome 又は terminal bar と類似するものであるが、Sertoli 細胞と造精細胞との両者間に存在するという記載には接しない。

III. 結 語.

ニワトリの睾丸の超薄切片を製作し、電子顕微鏡により観察し、次の結果を得た。

1. 精細胞の細胞質中には無数の微細顆粒が存在し、それ等には大小濃淡の種々なる段階があり、その間を微細な線維状物質にて連絡されている。これ等を microsome と呼び、これは細胞構成要素の発生的原基と考えられる。

2. 所謂 endoplasmic reticulum には smooth と rough surface のものが認められ、その生因は microsome、紡錘系及び紡錘系遺残物と密接な関係を有する。

3. Golgi 装置は微細な顆粒、2 重線状構造物及び空胞よりなるが、その微細な顆粒は細胞質内に存在する S-microsome に等しきものと考えられる、2 重線状の層状構造も空胞も microsome 連鎖の相互融合を来して形成されると思われる。

4. Mitochondria 内部構造は種々であり、顆粒状、泡沫状のものも認められる。所謂 cristae mitochondriales は微細顆粒の連続として観察される。

5. 中心小体は円筒形で、その長軸と平行に 9 本の filament が osmiophile な物質内に包埋されて壁を作成し、静止期で Golgi 装置内部又は近傍に観察される。上記の osmiophile な物質は A 物質 (森田 1958) に外ならない。この A 物質は中心小体壁のみならずその近傍に不整塊状物質として存在する。

6. 有糸分裂後期の中心小体は紡錘極に 2 個見られ、その構造は静止期のものと異なる所がない様に考えられる。又円筒形の中心小体は横に中央で 2 分すると考えられる。

7. 紡錘系がすべて必ず中心小体と連結するかどうか不明である。1 条の紡錘系の構造は紡錘形空胞状の小胞の 1 列に並んだ糸として見られ、その外壁に小型の C-microsome 及び A 物質をともなっている。

8. Spermatid の成熟につれて核質は粗な顆粒集合状の構造を示す。

9. Acrosome は Golgi 装置内の顆粒を封含した空胞を原基として発生する。完成された acrosome の形態は、acrosome の凹部が核前端的凸部と嵌合した様になっている。Acrosome は受精とは別に Sertoli 細胞との copulation の現象と関係ある様に思われる。

10. Caudal sheath は微細顆粒が 1 列に縦走した細い線維より成って、所謂赤道輪より後方の頭部及び中間部を包む。この線維は核膜と関係ない様に思われる。

11. 鞭毛は中心に 1 対と周辺に環状に排列する 9 対の線維よりなり、一般纖毛構造と類似する。哺乳類精子中間部に見られる様な横断で花弁状を示す osmiophile な 9 個の線維は見られない。

12. 精子頸部に中心小体が認められ、中間部は中心小体と同様な構造である。故に中間部は所謂distal centrosome に相当すると考えられる。Ring centrosome は中間部外側に顆粒状の黒き塊様物体として認められ、又所謂 annulus にも見られる。この ring centrosome も多量の A 物質より成ると考えられる。

13. Sertoli 細胞の細胞質は各々造精細胞の間隙を充している。Sertoli 細胞と造精細胞との間に desmosome 様のものが発見されるが、copulation の状態にある spermatid にはかゝる desmosome 様構造は認められない。

終りに本論文は森田秀一教授の御指導、御鞭撻による所甚大である。ここに深謝の意を表す。又電子顕微鏡撮影については技術員噴代修氏を煩わした。併せて謝意を表す。

Author's Abstract.

The seminal epithelium of the domestic fowl was studied in thin sections observed with the electron microscope. The results obtained are summarized as follows:

1. The cytoplasm of seminal cells contains a great number of fine granules (microsomes) which vary in density as well as in size from a few to 200 $m\mu$. Rough and smooth surfaced Types of the endoplasmic reticulum are observed in the cytoplasm of seminal cells. As the rough ones decrease, the smooth ones increase in number during the differentiation of seminal cells, at least, until the spermatid grows elongated. These observations differ from those on the cat as reported by BURGOS and FAWCETT. The origin of endoplasmic reticulum may be closely concerned with the microsomes connected like a beaded chain, with spindle fibrils and remnants.

2. The GOLGI apparatus of each of all seminal cell types of this animal consists of GOLGI granules, lamellae and vacuoles. The GOLGI apparatus is identical with the 'Idiozom' of light microscopy. It appears that the GOLGI granules are probably equivalent to the S-microsomes of MORITA being scattered in the general cytoplasm, and both the lamellae and the vacuoles of GOLGI apparatus may be developed through the expansion of S-microsomes or from chains of them fusing with each other.

3. Internal structure of the mitochondria observed in this material is extensively variable. Some show the striae, i. e., cristae mitochondriales of PALADE which are seen as a connection of the fine granules in some parts, while others are seen as masses of fine granules or small vesicles. These granules and vesicles may belong to the category of the microsomes.

4. The centrosome observed in the GOLGI area of the resting cells is cylindrical in form and its wall consists of several parallel filaments embedded in the osmiophile substance which may correspond to the A-substance of MORITA. This substance is also found separately, lateral to the wall of centrosome. It appears that this substance is in a ring just like a 'ring centrosome' of the spermatid. The cylindrical centrosome may be transversely divided into two forming the diplosome. In some cases, at one pole of the spindle during the anaphase of the mitotic division, there are two centrosomes, each of which shows essentially the same structure as

that of the resting cell.

5. The spindle fibrils are observed as the strands or tubules, and in some parts as a file of small vesicles which are called the S-microsomes. Hence, it may be considered that the spindle fibrils arise from the beaded chains of microsomes, and attaining a tubular appearance, again lose the tubular features or remain as the bead-like strands in some parts, during the mitotic cycle. In this point of view, the author agrees with KUROSUMI's description of sea urchin blastomeres.

6. During the period while the spermatids are maturing, the karyoplasm appears as an aggregation of coarse granules similar to those of the cat and toad as reported by BURGOS and FAWCETT. These granules do not grow into filaments or lamellae as are found in certain animals.

7. The acrosome develops from the granule within a vacuole in the GOLGI apparatus of the spermatid. The tip of the elongated nucleus is found inserted into the acrosome just like a key put into a lock. The acrosome consists of a homogeneous substance and there are no filamentous elements.

8. It is noticed that the origin of the caudal sheath is not concerned with the nuclear membranes but with the beaded strands of the microsomes. The head, except for the anterior part covered by head cap, and the middle piece of spermatid are surrounded by the caudal sheath.

9. Besides a centrosome, it is observed in the late spermatid that the middle piece has a cylindrical shape resembling a centrosome, but is much longer than the latter. It seems that the middle piece may correspond to the 'distal centrosome', which has been elongated. It may be also noted that the middle piece is equivalent to the basal corpuscle of cilium. In some cases, the so-called ring centrosome is found encircling the middle piece as a mass of dense granular substance, while others are found at the 'annulus', to which the tip of the invaginated plasma membrane corresponds, where the flagellum begins.

10. The flagellum of this spermatid consists of nine pairs of peripheral filaments and two central ones. It seems that the wall of the cylindrical middle piece is continuous with the peripheral ones. It seems that the wall of the cylindrical middle piece is continuous with the peripheral ones at the end of the middle piece, where the plasma membrane is invaginated. Hence, the part of the intracytoplasmic flagellum is covered by the double plasma membranes.

11. The desmosomal structure is frequently found between the SERTOLI cell and the germ cell, but such a structure has not been detected at the contact surfaces between the SERTOLI cells and the elongated spermatids inserted into them.

文 献.

- Adamston, F. B. and L. E. Card : J. Morphol. 56 (1934). P. 325. — Afzelius, B. A.: Exp. Cell Res. 8 (1955 a). P. 147. — Z. Zellforsch. 42 (1955 b). S. 134. — Afzelius, B. A. and A. Murray : Exp. Cell Res. 12 (1957). P. 325. — Amano, S.: Cytologia 22 (1957 a). P. 193. — 天野重安 : 細胞化学シンポジウム, 6 (1957 b). 頁 43. — Anberg, A.: Acta Obstet. Gynecol. Scand. 36, Suppl. 2 (1957). P. 1. — Anderson, E. and H. W. Beams: J. biophys. biochem. Cytol. 2, Suppl. (1956). P. 439. — Ballowitz, E.: Arch. mikr. Anat.

- 32 (1888). S. 401. — **Bargmann, W., A. Knoop u. T. H. Schiebler** : Z. Zellforsch., 42 (1955). S. 386. — **Belt, W. D. and D. C. Pease** : J. biophys. biochem. Cytol. 2, Suppl. (1956). P. 369. — **Benda, C.** : Arch. mikr. Anat. 30 (1887). S. 49. — **Bennett, H. S.** : J. biophys. biochem. Cytol. 2, Suppl. (1956). P. 99. — **Bowen, R. H.** : Anat. Rec. 24 (1922). P. 159. — **Burgos, M. H. and D. W. Fawcett** : J. biophys. biochem. Cytol. 1 (1955). P. 287. — J. biophys. biochem. Cytol. 2 (1956). P. 223. — **Challice, C. E.** : J. Roy. micr. Soc. 70 (1953). P. 115. — **Colwin, L. H., A. L. Colwin** : and **D. Philpott** : J. biophys. biochem. Cytol. 3, (1957). P. 489. — **Dalton, A. J. and M. D. Felix** : Amer. J. Anat., 94 (1954). P. 171. — J. biophys. biochem. Cytol. 2 Suppl. (1956). P. 79. — **De Harven, E. u. W. Bernhard** : Z. Zellforsch. 45 (1956). S. 378. — **De Robertis, E.** : J. Histochem. Cytochem., 2 (1954). P. 341. — **Ekholm, R. and F. S. Sjöstrand** : J. Ultrast. Res. 1 (1957). P. 178. — **Ellenberger, W.** : Handbuch der vergleichenden Mikroskopischen Anatomie. Bd. 2. Paul Parey 1911. S. 288. — **Fawcett, D. W.** : Internat. Rev. Cytol. 7 (1958). P. 195. — **Fawcett, D. W. and K. R. Proter** : J. Morphol. 94 (1954). P. 221. — **Frey-Wyssling, A.** : Handbuch der Protoplasmaforschung. Bd. 2. A, 2 (1957). S. 16. — **Gaytenby, J. B.** : Quart. J. micr. Sci. 63 (1918). P. 401. — **Gay, H.** : Anat. Rec. 120 (1954). P. 728. — Proc. Nat. Acad. Sci 41 (1955). P. 370. — **Gibbons, I. R. and J. R. G. Bradfield** : J. biophys. biochem. Cytol. 3 (1957). P. 133. — **Grigg, G. W. and A. J. Hodge** : Austral. J. Sc. Res. 2 (1949). P. 271. — **Guyer, M. F.** : Anat. Anz. 34 (1909). S. 573. — **Kakinuma, T., H. Abe and Y. Nomura** : Okajimas Fol. anat. jap. 27 (1955). S. 97. — 黒住一昌 : 解剖誌. 32 (1957 a). 頁 175 と 202. — **Kurosumi, K.** : Protoplasma 49 (1957 b). P. 116. — **Kurosumi, K., M. Yamagishi, and T. Nagakawa** : Okajimas Fol. anat. jap. 30 (1958). P. 369. — **Lacy, D.** : J. biophys. biochem. Cytol. 3 (1957). P. 779. — **Lever, J. D.** : J. biophys. biochem. Cytol. 2, Suppl. (1956). P. 313. — **Leblond, C. P. and Y. Clermont** : Amer. J. Anat. 90 (1952). P. 167. Fawcett 1958 より引用. — **Lenhossek, M.** : Arch. mikr. Anat. 51 (1898). S. 215. — **Leuchtenberger, C. and F. Schrader** : Proc. Nat. Acad. Sc. 36 (1950). P. 677. Fawcett 1958 より引用. — 森田秀一 : 千葉医誌. 9 (1931). 頁 1069. — 解剖誌. 33 (1958). 頁 95. — 小木曾利貞 : 千葉医誌. 33 (1958). 頁 739. — **Palade, G. E.** : J. biophys. biochem. Cytol. 1 (1955). P. 567. — J. biophys. biochem. Cytol. 2, Suppl. (1956). P. 85. — **Palade, G. E. and K. R. Porter** : J. exp. Med. 1 (1952). P. 641. — **Policard, A., M. Bessis, J. Breton and J. P. Thiery** : Exp. Cell Res. 14 (1958). P. 221. — **Porter, K. R.** : Fine structure of Cells. Leiden, 1954. P. 236. — **Rebhum, L. I.** : J. biophys. biochem. Cytol. 3 (1957). P. 509. — **Retzius, G.** : Biol. Untersuch. N. F. 14 (1909). S. 89. — **Rhodin, J. and T., Dalhamn** : Z. Zellforsch. 44 (1956). S. 345. — **Roth, L. E.** : J. biophys. biochem. Cytol. 2, Suppl. (1956). P. 235. — **Rouiller, C. and W. Bernhard** : J. biophys. biochem. Cytol. 2, Suppl. (1956). P. 335. — 沢田 喬 : 解剖誌. 32 (1957). 頁 423. — **Sedar, A. W. and K. R., Porter** : J. biophys. biochem. Cytol. 1 (1955). P. 583. — **Sjöstrand, F. S.** : Nature, 171 (1953). P. 30. — Internat. Rev. Cytol. 5 (1956). P. 455. — **Sjöstrand, F. S. and J. Rhodin** : Exp. Cell Res. 4 (1953). P. 426. — **Sjöstrand, F. S. and V. Hanzon** : Exp. Cell Res. 7 (1954). P. 393 and 419. — **Sjöstrand, F. S. and B. A. Afzelius** : Electron Microscopy. Almqvist and Wiksell, 1957. p. 164. — **Stoeckenius, W.** : Frank. Z. Pathol. 68 (1957). S. 404. — **Swift, H.** : J. biophys. biochem. Cytol. 2, Suppl. (1956). P. 415. — 田中春高, 花岡正男, 天野重安 : 日血誌. 20 (1957). 頁 85. — 渡辺陽之輔 : 電子顕微鏡. 4 (1955). 頁 89. — **Watson, M. L.** : Biophysic. Acta 8 (1952). P. 369. — **Weiss, J. M.** : J. exp. Med. 98 (1953). P. 607. — **Wilkins, M. H. F. and J. T. Randall** : Biochem. Biophysic. Acta (1953). P. 192. Fawcett 1958 より引用. — **Wohlfarth-Bottermann, K. W.** : Electron Microscopy. Almqvist & Wiksell, 1957. P. 137. — **Yamada, E.** : アジア大洋州地区電子顕微鏡国際学会. 1956. — **Yamada, E.** : Kurume med. J. 5 (1958). P. 242. — 山田英智と安武正作 : 第14回日本電子顕微鏡学会. 1958 a. — 解

剖誌 33 (1958 b). 頁 242. — **Yasuzumi, G.**: Exp. Cell Res. 11 (1956 a). P. 240. — J. biophys. biochem. Cytol. 2 (1956 b). P. 445. — アシヤ大洋州地区電子顕鏡国際学会, 1956 c. — **Yasuzumi, G., W. Fujimura, A. Tanaka, H. Ishida** and **T. Masuda**: Okajimas Fol. anat. jap. 29 (1956). P. 133. — **Yasuzumi, G.** and **H. Ishida**: J. biophys. biochem. Cytol. 3 (1957). P. 663. — **Zlotnik, I.**: Quart. J. micr. Sci. 88 (1947). P. 353.

Plate-figures.

Explanation of Plates.

Fig. 1. Electron micrograph showing the spermatocytes. In the cytoplasm, numerous microsomes (*Ms*), endoplasmic reticula and GOLGI apparatus (*G*) are shown. A gathering of several coarse dense granules (arrow) are shown in the vicinity of the GOLGI apparatus. $\times 16,000$.

Fig. 2. The cytoplasmic connection between the two spermatocytes. Microsomes and GOLGI apparatus are seen in the place where the spindle fibrils have been situated. $\times 11,000$.

Fig. 3. A survey picture of the seminal epithelium. The basement membrane of the seminiferous tubule and the interstitial connective tissue are seen at the lower right corner. The cytoplasm of the SERTOLI cell (*S*) fills the space among the seminal cells. In the GOLGI areas of the two spermatocytes (left and above the center) are found the centrosomes. The desmosomal structures between the SERTOLI cell and the germ cells are indicated by arrows. $\times 6,300$.

Fig. 4. Higher magnification micrograph of the two centrosomes (*C*) (diplosome) of the spermatocyte shown in Fig. 3. They are in the GOLGI area (*G*). $\times 40,000$.

Fig. 5. Higher magnification micrograph of the other two centrosomes shown in Fig. 3. They are rectangular in form in this section. The dense masses (arrows) are symmetrically situated lateral to the rectangular centrosomes. *G* GOLGI apparatus, *N* nucleus. $\times 59,000$.

Fig. 6. Electron micrograph showing the anaphase of spermatocyte division. Two centrosomes (C , C') are shown at one pole of the spindle. The spindle fibrils (SF) are shown as strands. The moderately dense granular masses seen at the center are chromosomes (Ch). Certain dense materials in the chromosomes probably correspond with the kinetochore. M mitochondria. $\times 45,000$.

Inset is a higher magnification micrograph showing the centrosomes and the spindle fibrils $\times 91,000$.

Fig. 7. A horse-shoe shaped GOLGI apparatus of the spermatocyte. Probable transitional forms from the microsomes (*Ms*) to the GOLGI granules are seen. $\times 25,000$.

Fig. 8. The cross-section of the centrosome (*C*) of the spermatogonium. *G* GOLGI apparatus, *N* nucleus. $\times 28,000$.

Fig. 9. Irregularly coiled nucleus (*N*) of the elongating spermatid. At lower side, the flagellum is seen at *F*. $\times 19,000$.

Fig. 10. The continuity between smooth and rough surfaced types of endoplasmic reticulum in the cytoplasm of spermatid is indicated by the arrow. *N* nucleus, *M* mitochondria. $\times 42,000$.

Fig. 11. The GOLGI apparatus of the early spermatid contains a granule within a vacuole (arrow). $\times 25,000$.

Fig. 12. The caudal portion of the rather early spermatid. The ring centrosome (*R*) and nearly cross sectioned middle piece (*MP*) are shown. The dense granular material considered as the early stage of the formation of caudal sheath (*CS*) is seen independent from two layers of nuclear membranes. $\times 35,000$.

Fig. 13. The caudal portion of the elongated spermatid showing the centrosome (*C*) and caudal sheath (*CS*). There are microsomes, endoplasmic reticula and GOLGI apparatus (*G*) in the cytoplasm. *M* mitochondria. $\times 40,000$.

Figs. 14. and 15. The longitudinal sections of the anterior parts of the late spermatids. The tip of the nucleus is found inserted into the acrosom (*A*). *M* mitochondria, *S* SERTOLI cell. $\times 12,000$ and $\times 17,000$.

Fig. 16. The centrosome (*C*) seen in the neck region of the spermatid. The dense substances (*D*) are seen at the sides of the middle piece (*MP*). The invaginated points (arrows) of the plasma membrane are seen. *CS* caudal sheath. $\times 20,000$.

Fig. 17. The longitudinal section of the posterior part of the late spermatid. The characteristic structure of the flagellum begins at the end of the rectangular middle piece (*MP*) where the plasma membrane is invaginated. In the cytoplasm there are files of small vesicles (arrow). $\times 35,000$.

Fig. 18. The cross-section of the head of spermatid. The nuclear content consists of aggregated coarse granules enclosed by the nuclear membrane. In the cytoplasm, the cross sectioned delicate filaments of the caudal sheath (*CS*) and mitochondria (*M*) are seen. $\times 38,000$.

Fig. 19. The desmosomal structure between the SERTOLI cell (*S*) and the early spermatid. (cf. Fig. 3) $\times 35,000$.

Fig. 20. The cross-section of the caudal portion of the spermatid. The caudal sheath (*CS*) is seen outside the flagellum, and residual cytoplasm of the spermatid is surrounded by the cytoplasm of SERTOLI cell (*S*). $\times 50,000$.

Fig. 21. The cross-section of the flagella. $\times 90,000$.

Fig. 22. The SERTOLI cell. In the cytoplasm are observed microsomes, GOLGI apparatus (*G*) and vacuolated mitochondria (*M*). *N* nucleus of SERTOLI cell. $\times 18,000$.