

## 무당거미(*Nephila clavata* L. Koch) 瓶狀腺의 微細構造

### IV. 小瓶狀腺의 腺分泌部

文明珍 · 金字甲

### Ultrastructure of the Ampullate Gland in the Orb Web Spider, *Nephila clavata* L. Koch

#### IV. Secretory Portion of the Small Ampullate Gland

Moon, Myung Jin and Woo Kap Kim

(Received April 4, 1989)

#### Abstract

Ultrastructure of the secretory portion of the small ampullate gland in the orb web spider, *Nephila clavata*, has been investigated using the electron microscope. The secretory portion of this gland comprise two different regions which are a S-shaped storage sac and a long, convoluted tail.

By the internal textures of the secretory granules, the sac is subdivided into two regions; the proximal region near the tail and the distal region near the duct. Commonly single layered connectives cover the basal portion of the sac epithelium, and apical portion of the epithelial cells is occupied by the thick cuticles. Within the epithelial cells of both the proximal and distal region, several types of the secretory granules surrounded by a limiting membrane and had characteristic crystalloid are scattered throughout the cytoplasm. The granular size and its electron densities are not coincide with each other according to the maturation level of the granules.

The wall of the tail is composed of single layer of columnar epithelial cells, and their nuclei are found at the basal portion of the cells. Dissimilar to the epithelial cells of the sac, apical cuticles are not found at this portion. In the cytoplasm of these cells, numerous secretory granules, synthesized from the rough endoplasmic reticula commonly and had fine fibrous materials, are found. At the cell surface bordering the lumen, microvilli are seen, and along the cellular boundaries specialized septate junctions and desmosomes appeared.

緒 論

왕거미과에 속하는 거의 모든 種은 2쌍의 瓶狀腺을 가지고 있어서 그 크기나 형태에 따라 大瓶狀腺과 小瓶狀腺으로 불리우고 있는데, 여기서 만들어진 실은 방사실이나 안전실 또는 발판실 등을 짜는데 사용되며, 種에 따라서 그 數와 形態가 매우 다양한 것으로 알려져 있다(Kovoor, 1987).

거미의 瓶狀腺에 관한 연구는 주로 왕거미과(Araneidae)의 왕거미屬(genus *Aranus*)이나 무당왕거미屬(genus *Nephila*)을 대상으로 시행되었는데, Fisher와 Brander (1960), Andersen(1970), Kavanagh와 Tillinghast(1979), Tillinghast(1984), Tillinghast와 Christenson(1984) 등에 의해 병상선에서 생성되는 物質의 화학적 성분이 밝혀졌으며, Peakall(1965, 1966, 1969), Candelas와 Cintron(1981), Candelas와 Lopez (1983) 등에 의해 병상선 내에서의 견사물질 合成過程과 견사의 합성을 유발시키는 機作에 관한 연구들이 수행되었다.

병상선의 電子顯微鏡的 구조는 Bell과 Peakall(1969)에 의해 왕거미과의 일종인 *Aranus sericatus*에 대한 연구가 보고된 이후, Kovoor와 Zylberberg(1972)에 의해 역시 같은 種을 대상으로 瓶狀腺의 분비관에 대한 微細構造가 관찰되었으며, 최근에 무당거미를 재료로 하여 대병상선 분비관과 분비낭, 그리고 말단분비부의 미세구조가 관찰보고된 바 있다(Moon 들, 1988b, c). 그러나 이들 연구가 모두 대병상선만을 대상으로 하였고, 소병상선에 관한 것은 거의 알려져 있지 않다.

따라서 본 연구는 병상선의 각 부위별 미세구조를 밝히기 위한 연구의 일부로서 무당거미(*Nephila clavata* L. Koch) 小瓶狀腺의 腺分泌部인 分泌囊과 末端分泌부에 관한 관찰결과이다.

材料 및 方法

10월중 서울近郊에서 채집한 무당거미(*Nephila clavata* L. Koch) 雌性成體를 實驗室(25°C)에서 사육하여 마지막 脫皮를 끝낸 個體를 실험에 사용하였다.

생리식염용액(pH 7.4)에서 해부하여 적출한 한쌍의 소병상선을 해부현미경하에서 各部位別로 細分하여 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde(4°C, Sorenson's phosphate buffer, pH 7.4)에 2시간 前固定한 후, 완충용액(Sorenson's phosphate buffer, 4°C, pH 7.4)으로 10분씩 3회 세척하였다. 다시 1% OsO<sub>4</sub>(4°C Sorenson's phosphate buffer, pH 7.4)로 2시간 後固定하고 동일완충용액을 사용하여 충분히 세척한 후, ethanol농도 상승순으로 脫水하였으며 propylen oxide로 置換하여 Epon-Araldite 混合液에 包埋하였다

포매된 조직은 LKB ultramicrotome으로 먼저 semithin section하여 1% borax에 녹인 1% toluidine blue로 hot plate(60°C) 상에서 染色한 다음 광학현미경으로 관찰하였으며, 이어서 超薄切片을 제작하여 copper grid에 부착시킨 다음, uranyl acetate와 lead citrate로 二重染色하여 JEM 100CX - II型 透過電子顯微鏡으로 80kV에서 관찰하였다.

結 果

小瓶狀腺은 복강내에서 背面의 정중선 부근에 위치하며 分泌囊 내부에는 白色의 견사 물질이 액체상태로 간직되어 있었다. 腺의 형태는 大瓶狀腺과 마찬가지로 비후된 管狀의 分泌囊(sac)과 가늘고 긴 末端分泌部(tail), 그리고 두 부위에서 굽어져 세겹으로 겹쳐진 긴 分泌管(duct)으로 구성되어 있었으며, 전체적으로 대병상선에 비해 크기가 훨씬 작고 말단분비부의 발달정도도 미약하였다(Fig. 1).

A. 分泌囊

소병상선의 분비낭은 말단분비부에서부터

형성된 견사물질이 저장되는 장소인 동시에 일부의 합성도 일어나는 장소로서 상피세포의 내부에 함유된 분비과립의 미세구조적 특성에 따라서 분비관에 가까운 遠位部와 말단분비부에 연결된 近位部로 구분되었다.

#### (a) 遠位部

분비관과 연결되는 부위에서는 큐티클의 발달정도가 미약하였고, 원주상의 상피세포 내에는 많은 분비과립이 함유되어 있었다(Plate 1-1, 2). 분비과립의 크기와 모양은 매우 다양하였는데, 핵 근처의 基部에서는 내부가 투명한 대형의 液胞가 함유되어 있었으며, 內腔部에서는 電子密度가 높은 소형의 과립이 형성되어 있었다. 또한 세포질 전역에 걸쳐 粗面小胞體가 산재되어 있었고, 미토콘드리아와 글리코젠 粒子도 풍부하게 함유되어 있었다(Plate 1-3).

內腔에는 얇은 큐티클층이 형성되어 있었고, 여기에 접하는 상피세포의 원형질막에는 微細絨毛가 형성되어 있었다. 인접한 상피세포 사이에는 septate junction이 관찰되었고, 내강부의 측면세포막에는 desmosome이 형성되어 있었다(Plate 1-4). 핵膜的 함입이 심한 핵의 주변부에는 조면소포체가 잘 발달되어 있었고, 전자밀도가 낮은 소형과립이 세포소기관과 연결되어 있는 형태도 관찰되었다. 또한 글리코젠 粒子는 세포질 전역에 걸쳐 산재되어 있었고, 상피 아래에는 한층의 얇은 結合組織이 형성되어 있었다(Plate 1-5, 6).

한편 세포질내에 함유된 전자밀도가 높은 과립은 고배율로 확대한 전자현미경상에서 格子狀의 結晶構造를 이루고 있음이 확인되었다(Plate 1-7, 8).

#### (b) 近位部

분비관과 연결된 分泌囊의 근위부 상피세포에는 많은 과립이 함유되어 있었고, 뚜렷한 限界膜을 가진 이 과립의 크기와 전자밀도는 과립의 성숙정도에 따라서 조금씩 달리 관찰되었다(Plate 2-1, 2). 이 부위의 상

피 아래에도 원위부에서와 마찬가지로 결합 조직층이 얇게 형성되어 있었고, 內腔에는 원위부의 것에 비해 비후된 큐티클층이 형성되어 있었다(Plate 2-3, 4).

상피세포의 세포질내에는 뚜렷한 한계막으로 싸여 있는 많은 球形의 분비과립으로 거의 채워져 있었고, 이들 과립의 주변부에는 조면소포체가 발달되어 있었다(Plate 2-5, 6). 과립의 내부에서는 치밀한 結晶構造가 관찰되었고, 과립의 한계막 주변에는 細絲性物質로 이루어진 層板構造가 여러겹으로 형성되어 있었으며, 안쪽 층판 가까이에서는 작고 치밀한 과립상구조도 관찰되었다(Plate 2-7). 또한 빗살모양의 내부구조를 가진 과립도 세포질의 내강쪽에서 흔히 관찰되었다(Plate 2-8).

#### B. 末端分泌部

견사물질의 합성이 일어나는 소병상선의 말단분비부는 가늘고 긴 管狀構造로서, 모든 부위에서 그 미세구조적 특성이 동일하였다.

上皮細胞는 기저부에 핵이 위치한 圓柱細胞로 이루어져 있었으며, 분비낭과는 달리 내강부에 큐티클층이 형성되어 있지 않았다. 세포질에는 많은 분비과립이 형성되어 있었는데(Plate 3-1, 2), 이 과립은 비교적 전자밀도가 낮았으며, 내부에는 細絲性物質이 함유되어 있었다(Plate 3-3). 세포질의 내부에는 粗面小胞體가 매우 특이적으로 발달되어 있었고, 상피세포의 내강면 원형질막에는 微細絨毛가 형성되어 있었으며, 세포사이에는 septate junction과 desmosome이 관찰되었다(Plate 3-4).

상피세포의 핵은 球形으로서 특히 仁이 잘 발달되어 있었고, 핵주변부의 세포질에서는 전자밀도가 낮은 소형의 분비과립들이 조면소포체와 연결되어 있었다(Plate 3-5). 특히 과립형성의 초기과정으로 생각되는 구조, 즉 조면소포체의 cisternae 속에 과립의 基質과 동일한 물질로 차있는 팽대된 구조가 관찰되었다(Plate 3-6), 大瓶狀腺의 末端分

泌部에서와 마찬가지로 이 부위의 선상피세포에서도 세포질 전역에서 조면소포체만이 관찰된 뿐, 골지複合體는 전혀 관찰되지 않았다(Plate 3-7).

### 考 察

왕거미科的 거미들은 두쌍의 瓶狀腺을 가지고 있으며, 그 크기나 형태에 따라 大瓶狀腺과 小瓶狀腺으로 불리우고 있는데(Kovoor, 1987), 그 형태적 유사성으로 인해 이들 두 병상선의 기능이나 구조가 동일한 것으로 인식되어 왔으며, 일부의 보고에서는 병상선에서 분비되는 물질의 성분이 동일개체의 大, 小瓶狀腺에서는 물론이고, 他種間에서도 모두 동일하다고 하였으나(Kovoor, 1987), 최근에 밝혀진 바에 의하면, 무당거미의 경우 大瓶狀腺은 전방적돌기를 통해, 그리고 小瓶狀腺은 중방적돌기를 통해 개구되어 있으며, (Moon 과 Kim, 1988), 走査電子顯微鏡으로 관찰한 두 瓶狀腺의 吐絲管은 그 크기와 형태가 거의 동일하나, 복강내부에 함유된 絹絲腺의 형태나 조직화학적 성질은 서로 일치하지 않는다고 하였다(Moon 과 Kim, 1988 ; Moon 들, 1988a).

실제로 무당거미의 大瓶狀腺과 小瓶狀腺 내부에 함유된 견사물질의 성분을 전기영동법으로 분석한 결과, 두 견사선에서 분리된 총 21개의 단백질 밴드중에서 17개의 밴드가 서로 일치하였고 각 단백질밴드의 강도도 비슷한 패턴을 나타내었으나, 하나의 밴드는 大瓶狀腺에서만, 그리고 3개의 밴드는 小瓶狀腺에서만 검출되어 이들의 물질 조성이 서로 다름이 보고된 바 있다(Moon 들, 1988a).

거미의 견사선내에 함유된 견사물질은 potassium dihydrogen phosphate, potassium nitrate,  $\gamma$ -amino butyramide, taurine-related compounds 등의 水溶性물질(Fisher 와 Brander, 1960 ; Anderson과 Tillinghast, 1980)과 fibroin, elastomers, adhesives,

junctional cements 등의 不水溶性물질(Andersen, 1970 ; Tillinghast, 1984 ; Tillinghast 와 Christenson, 1984)로 이루어져 있는데, 병상선에서 생성되는 물질은 대부분이 不水溶性물질로서 放射絲(radial fiber)나, 동심원상의 hub spiral, 그리고 dragline 등에 광범위하게 분포하여 주로 그물의 물리적인 支持作用을 수행하는 것으로 알려져 있다. 종에 따라 약간씩의 차이는 있지만 불수용성물질중에는 전체 polypeptides중 glycine과 alanine의 함량이 55%~69%를 차지하고 있는데, side chain이 작은 이 아미노산에 의해 형성되는 antiparallel-plated sheets구조에 의해 silk fibroin이 結晶構造를 가지게 되며, 또한 견사섬유의 탄력성과 강인성을 지니게 된다고 하였다(Lucas, 1964 ; Denny, 1976 ; Work, 1976, 1977).

거미의 각 絹絲腺은 腺分泌部와 分泌管으로 이루어져 있으나, 무당거미의 大, 小瓶狀腺과 鞭狀腺의 세종류는 선분비부가 팽대된 分泌囊과 가늘고 긴 관상의 말단분비부로 이루어져 있으며, 거의 대부분의 견사물질은 말단분비부에서부터 형성되지만, 저장부로 알려진 분비낭에서도 일부의 合成이 일어나는 것으로 보고되어 있다(Bell과 Peakall, 1969). 그리고 분비관에 가까운 遠位部와 말단분비부에 가까운 近位部가 서로 다른 분비세포들로 이루어져 있고(Kovoor, 1972), 각 부위에서 합성되는 단백질의 성분도 서로 다른 것으로 알려져 있다(Work, 1984).

분비낭의 내부에 액체상태로 간직된 견사 단백질은 전형적인  $\alpha$ 나선구조로 이루어져 있으나, 분비관을 통과하여 고체상의 섬유로 변형된 상태에서는  $\beta$ 병풍구조(beta plated sheet structure)를 가지게 되는 것으로 알려져 있는데(Bell 과 Peakall, 1969 ; Wilson, 1962), 일반적으로 분비낭의 近位部에 함유된 물질은 강한 好酸性을 나타내는 반면, 원위부에는 약한 好산성물질이나 好鹽基性물질이 함유되어 있고, 이 물질은 絹絲섬유의

바깥층을 형성하여 섬유를 보호하거나, 섬유의 水分함량을 조절하는 것으로 추측되고 있다(Kovoor, 1984, 1986, 1987).

본 실험에서 관찰된 무당거미 小瓶狀腺의 분비낭도 近位部가 遠位部에 비해 매우 신장되어 있었고, 함유된 분비과립의 형태나 전자밀도 등이 서로 달리 나타나는 점 등으로 미루어 대병상선의 분비낭에서 관찰된 결과(Moon 등, 1988b)와 마찬가지로 근위부와 원위부를 이루는 물질의 조성이 서로 다르다는 것을 알 수 있었다. 그리고 분비낭의 근위부와 원위부에 함유된 대부분의 분비과립들이 格子狀의 結晶構造를 가지고 있었는데, 이들 과립이 모두 조면소포체로부터 起源한다는 사실과 소병상선으로부터 자신의 무게를 지탱하기 위한 강하고 탄력성이 있는 실이 생성된다는 생태적 관찰 등으로 미루어, 분비낭에서 생성되는 과립의 주성분이 단백질이며, 동시에 불수용성물질일 것으로 생각된다.

대부분의 경우 병상선의 말단분비부는 분비낭에 비해 길게 신장되어 있지만, 사관류의 *Hypochilus*屬, *Filistata*屬, *Dictyna*屬, *Amaurobius*屬과 무사관류의 *Telma*屬, *Pholcus*屬, *Uroctea*屬, *Linyphia*屬 등은 분비낭이 극도로 축소되어 있고, 반면에 왕거미과목의 *Cyrotophora*屬, *Argiope*屬이나 응달거미과목의 *Polenecia*屬, *Miagrammopes*屬 등의 종류는 말단분비부가 축소되어 분비낭의 거의 전부를 차지하고 있는 것으로 알려져 있다(Kovoor, 1972, 1987) 소병상선의 말단분비부도 대병상선의 것과 마찬가지로 분비낭에 비해 매우 신장되어 있었고, 분비세포의 구조나 생성된 분비과립의 형태는 분비낭의 것과는 서로 다른 것으로 관찰되었다. 즉 분비낭의 상피에 함유된 분비과립들은 전형적인 결정구조를 가지고 있음에 비해 말단분비부의 상피내에 함유된 분비과립들은 전자밀도가 낮은 섬유상구조를 가지고 있었다.

그러나 분비낭과 말단분비부의 상피내에

골지복합체가 전혀 관찰되지 않았고, 조면소포체만이 공통적으로 발달되어 있었다는 사실로 미루어 이미 Bell과 Peakall(1969)에 의해 밝혀진 바와 같이 병상선의 건사물질은 조면소포체내에서 이미 분비할 준비가 완료된 상태로 합성되고, 골지복합체를 통한 더 이상의 농축과정이 필요하지 않은 것으로 생각되며, 세포내의 絹絲合成過程도 단시간내에 매우 급속히 일어날 것으로 사료된다.

## 結 論

무당거미(*Nephila clavata* L. Koch)小瓶狀腺의 分泌囊(sac)과 末端分泌部(tail)의 微細構造를 電子顯微鏡으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

건사물질의 저장소인 분비낭은 上皮에 함유된 과립의 형태에 따라서 分泌管에 이어진 遠位部와 말단분비부에 연결된 近位部로 구분되었다. 분비낭의 基底部에는 얇은 結合組織이 분포되어 있었고, 內腔部에는 비후된 큐티클층이 형성되어 있었다. 세포내에 함유된 분비과립들은 限界膜이 뚜렷한 結晶構造를 가지고 있었으며, 성숙도에 따라서 과립의 크기와 전자밀도가 달리 관찰되었다.

건사물질의 合成이 일어나는 말단분비부는 끝이 막힌 管狀의 구조로서 核이 기저부에 위치한 圓柱細胞들로 이루어져 있었으며, 분비부의 內腔에는 분비낭과는 달리 큐티클이 형성되어 있지 않았다. 粗面小胞體와 연결된 분비과립의 내부에는 細絲性物質이 함유되어 있었고, 상피세포의 내강부 원형질막에는 微細絨毛가 형성되어 있었으며, 인접세포간에는 septate junction과 desmosome에 의해 連接되어 있었다.

## References

- Andersen, S.O. 1970. Amino acidic composition of spider silks. *Comp. Biochem. Physiol.* 35, 705-713.

- Anderson, C.M. and E.K. Tillinghast. 1980. GABA and taurine derivatives on the adhesive spiral of the orb web of *Argiope* spiders, and their possible behavioural significances. *Physiol. Entomol.* 5, 101-106.
- Bell, A.L. and D.B. Peakall. 1969. Changes in fine structure during silk protein production in the ampullate gland of the spider *Araneus sericatus*. *J. Cell Biol.* 42, 284-295.
- Candelas, G.C. and J. Cintron. 1981. A spider (*Nephila clavipes*) fibroin and its synthesis. *J. Exp. Zool.* 216, 1-6.
- Candelas, G.C. and F. Lopez. 1983. Synthesis of fibroin in the cultured glands of *Nephila clavipes*. *Comp. Biochem. Physiol. B* 74, 637-642.
- Denny, M. 1975. The Physical properties of spider's silk and their role in the design of orb-webs. *J. Exp. Biol.* 65, 483-506.
- Fisher, F.G. and J. Brander, 1960. Eine Analyse der Gespinste der Kreuzspinne. *Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem.* 320, 92-102.
- Kavanagh, E.J. and E.K. Tillinghast, 1979. Fibrous and adhesive components of the orb webs of *Araneus trifolium* and *Argiope trifasciata*. *J. Morphol.* 160, 17-32.
- Kovoor, J. 1972. Etude histochimique et cytologique des glandes sericigenes de quelques Argiopidae. *Ann. Sci. Nat. Zool. Biol. Anim.* 14, 1-40.
- Kovoor, J. 1984. Anatomie, histologie et affinites de l'appareil sericigene des *Hersilia* Sav. & Aud. (Araneae, Hersiliidae). *Can J. Zool.* 62, 97-106.
- Kovoor, J. 1986. L'appareil sericigene dans les genres *Nephila* Leach et *Nephilengys* Koch : anatomie microscopique, histochemie affinites d'autres Araneidae. *Rev. Arachnol.* 7, 15-34.
- Kovoor, J. 1987. Comparative structure and histochemistry of silk-producing organs in Arachnids. In : Nentwig, W. (ed) *Ecobiology of Spiders*. Springer Verlag, Berlin, pp. 159-186.
- Kovoor, J. and L. Zylberberg. 1972. Histologie et infrastructure de la glande chelicerienne de *Scytodes delicatula* Sim. (Araneida, Scytodidae). *Ann. Sci. Nat. Zool.* 12 Ser. 14, 333-388.
- Kovoor, J. and L. Zylberberg. 1972. Morphologie et ultrastructure du canal des glandes ampullacees d'*Araneus diadematus* Clerck (Arachnida, Araneidae). *Z. Zellforsch.* 128, 188-211.
- Lucas, F. 1964. Spiders and their silks. *Discovery* 25, 20-26.
- Moon, M.J. and W.K. Kim. 1988. Distribution of the spinning apparatus and its fine structure of the orb web spider, *Nephila clavata* L. Koch. *Korean Arachnol.* 4, 1-13.
- Moon, M.J., S.B. Baek and W.K. Kim. 1988a. Study on the histochemical characteristics and protein patterns of the spider silk glands in *Nephila clavata* L. Koch. *Korean Arachnol.* 4, 127-136.
- Moon, M.J., C.S. Kim and W.K. Kim. 1988b. Ultrastructure of the ampullate gland in the orb web spider, *Nephila clavata* L. Koch. I. Excretory duct of the large ampullate gland. *Korean J. Electron Microscopy* 18, 93-106.
- Moon, M.J., C.S. Kim and W.K. Kim, 1988b. Ultrastructure of the ampullate gland in the orb web spider, *Nephila clavata*

- L. Koch. II. Sac and tail portion of the large ampullate gland. Korea J. Electron Microscopy 18, 107-117.
- Peakall, D.B. 1965. Regulation of the synthesis of silk fibroins of spiders at the glandular level. Comp. Biochem. Physiol. 15, 509-515.
- Peakall, D.B. 1966. Regulation of protein production in the silk glands of spiders. Comp. Biochem. Physiol. 19, 253-258.
- Peakall, D.B. 1969. Synthesis of silk, mechanism and location. Am. Zool. 9, 71-79.
- Tillinghast, E.K. 1984. The chemical fractionation of the orb web of *Argiope* spiders. Insect Biochem. 14, 115-120.
- Tillinghast, E.K. and T. Christenson, 1984. Observations on the chemical composition of the web of *Nephila clavipes* (Araneae, Araneidae). Arachnol. 12, 69-74.
- Wilson, R.S. 1962. The control of dragline spinning in the garden spider. Q. J. Microsc. Sci. 103, 557-571.
- Work, R.W. 1976. The force-elongation behavior of web fibers and silks forcibly obtained from orb-web spinning spiders. Text. Res. J. 46, 485-492.
- Work, R.W. 1977. Dimensions, birefringences and force-elongation behavior of major and minor ampullate silk fibers from orb-web spinning spiders. The effects of wetting on these properties. Text. Res. J. 47, 650-662.
- Work, R.W. 1984. Duality in major ampullate silk and precursive material from orb-web building spiders (Araneae). Trans. Am. Microsc. Soc. 103, 113-121.

### Figure Legends

#### Plate 1. Distal region of the sac.

- 1, 2. Light micrograph of the distal sac region of the small ampullate gland.  
L : inner lumen, N : nuclei of the epithelial cells. ( $\times 200$ ) ( $\times 750$ )
3. Electron micrograph of the epithelial cells with various vacuoles (V) of the basal portion of the epithelium and secretory granules (SG). ( $\times 7,000$ )
4. At the apical portion of the epithelial cells, microvilli (MV), septate junctions (SJ) and desmosome (D) are observed. CU : cuticle layer. ( $\times 17,000$ )
5. Around the nucleus, glycogen particles (GP) and immatured secretory granules (SG) are accumulated. At this portion, electron lucent small granules (G) are connected with rough endoplasmic reticula (ER). ( $\times 8,000$ )
6. In the cytoplasm of the epithelial cell, rough endoplasmic reticula (ER) associated with electron lucent granules (arrows) are evenly distributed. ( $\times 13,000$ )
7. Higher magnification of the secretory granule (SG) accumulated in the cytoplasm of the epithelial cell. ( $\times 21,000$ )
8. Inside of the secretory granule (SG), paracrystalline structure is observed. ( $\times 36,500$ )

#### Plate 2. Proximal region of the sac.

- 1, 2. Light micrograph of the proximal sac region of the small ampullate gland.  
L : inner lumen. ( $\times 200$ ) ( $\times 750$ )

3. Electron micrograph of the epithelial cells containing secretory granules(SG). ( $\times 9,000$ )
4. At the apical portion of the epithelial cell, thin cuticular layer(CU) and short microvilli(MV) are seen. ( $\times 17,000$ )
5. Along the plasma membrane of these cells well developed septate junctions(SJ) appeared. The secretory granules(SG) are connected to rough endoplasmic reticula(ARROWS). ( $\times 10,500$ )
6. The nuclei(N) of the epithelial cells are located at the basal portion. And around the nucleus secretory granules(SG) are compactly aggregated. ( $\times 7,000$ )
7. High magnification electron micrograph of the secretory granules. In the periphery of the secretory granule, several lamellae(long arrow) and electron dense particles(short arrows) are noted. ER : rough endoplasmic reticula. ( $\times 36,500$ )
8. Paracrystalline structure is clearly seen within the secretory granules. ( $\times 13,000$ )

**Plate 3.** Tail(terminal secretory portion)of the small ampullate gland.

1. Light micrograph of the tail portion of the small ampullate gland. L : inner lumen. ( $\times 300$ )
2. Light micrograph of the epithelial cells containing secretory granules. N : nuclei. ( $\times 600$ )
3. In the cytoplasm of the epithelial cell, oval shaped secretory granules(SG) are densely aggregated and rough endoplasmic reticula(ER) are highly developed. ( $\times 13,500$ )
4. At the apical portion of the epithelial cell, microvilli(MV) and septate junctions (arrow) are seen. M : mitochondrion, SG : secretory granule. ( $\times 10,500$ )
5. Around the nucleus(N) of the epithelial cell, small secretory granules(SG) are associated with rough endoplasmic reticula(ER). NL : nucleolus. ( $\times 9,000$ )
6. In the cytoplasm of the epithelial cell, rough endoplasmic reticula(ER) are characteristically developed. Occasionally ribosomes are attached to the limiting membrane of the immature secretory granules(SG). M : mitochondrion. ( $\times 21,000$ )
7. High magnification electron micrograph of the secretory granules(SG) and the rough endoplasmic reticula(ER). Inside of these granules, fine fibrous materials are visible. M : mitochondrion. ( $\times 26,000$ )







