

누에나방(*Bombyx mori* L.) 終齡幼虫一蛹 轉換期の
前胸腺 分泌細胞의 미세구조적 변화

吳壽子** · 金志峴* · 金昌煥* · 金宇甲*

Ultrastructural Changes on the Secreting Cells of the Prothoracic
Gland During the Larva-pupal Molt of *Bombyx mori* L.

Oh S.J.**, J.H. Kim*, C.W. Kim*, W.K. Kim*

Abstract

In order to define the morphological changes of the secreting cells of prothoracic gland during larva-pupal molt, ultrastructural observations were carried out using *Bombyx mori* L. as the experimental material.

At first stage of present experiment, 4 day old 5th instar larva, the polyhedral secreting cells were centrally located in the prothoracic gland surrounded by the connective sheath. The secreting cells were attached to the neighboring cells by the prominent desmosomes, and the plasma membrane contacted with connective sheath were highly infolded. In cytoplasm, the most of the cell organelles, such as rod-like mitochondria, rough surfaced endoplasmic reticulum, ribosome were developed.

As the stages advance from larva to pupa, general feature of the secreting cells were retained, but structural changes of the various cytoplasmic organelles—ribosome, rough surfaced endoplasmic reticulum, mitochondria, Golgi apparatus, lamellar body, and vesicle—were noted.

In the perinuclear cytoplasm of the secreting cells at the stage of 6 day old 5th instar larva, it is peculiar that only a large amount of ribosomes were distributed and the other organelles were retreated from the juxtannuclear region. Just before and after spinning cocoon, these features were more remarkable.

Rough surfaced endoplasmic reticulum were gradually increased from the stage just before spinning cocoon to the pharate pupa.

Rod-like mitochondria with irregular cristae and the matrix showing low density were distributed throughout the cytoplasm in the secreting cells of the 4 day old 5th instar larva. Sometimes, longitudinally distended and curved mitochondria were observed. At the stage of pharate pupa, most of mitochondria were deformed. The rod-like mitochondria of the secreting cells of pupal prothoracic gland were narrower than those of 4 day old 5th instar larva, and the electron density of the mitochondrial matrix is increased in pupa.

*高麗大學校 理科學部 生物學科

**가톨릭大學 醫學部 解剖學教室

*Dept. of Biology, Korea University

**Dept. of Anatomy, Catholic Medical College

Golgi apparatus were a few in number in both stages, last instar larva and spinning cocoon. In stages of the pharate pupa, the Golgi apparatus were frequently observed.

Cytoplasmic vesicles were observed for the first time in the secreting cells of one day after spinning cocoon, and the number and the size of cytoplasmic vesicles were distinctly increased in pharate pupa and just after pupation.

In the secretory cells of the PG, it is concluded that the RER was closely related to synthesizing the enzymes seem to produce the ecdysone.

서론

昆蟲에 있어서 成長을 주도하는 hormone은 알라타體에서 분비하는 juvenile hormone과 前胸腺에서 분비하는 Steroid系인 ecdysone 그리고 이 두 hormone의 分泌를 조절하는 brain hormone이라는 것은 잘 알려진 사실이다(Schneiderman & Gilbert, 1961, 1964; Schneiderman, 1969; Kim, 1980). 이 중 ecdysone은 表皮細胞 核内の RNA합성을 자극하여 단백질 합성을 촉진시켜서 새로운 큐티클의 形成에 관여하는 hormone으로 1939년 Becker와 Plagge에 의해 처음 發見된 이후 많은 學者에 의하여 여러 方面으로 研究 報告되고 있다(Wigglesworth, 1957; Siew & Gilbert, 1971; Vedecis et al., 1973; Glass et al., 1978; Birkenbeil et al., 1979).

최근 시험관내 實驗에 의하여 前胸腺에서 非活性 prohormone인 α -ecdysone이 분비되고 이것이 oenocyte나 다른 조직에서 活性인 β -ecdysone으로 전환되어 作用 됨이 밝혀졌다(King et al., 1973, 1974; Chino et al., 1974; Romer et al., 1974).

이와 같은 ecdysone은 成長에 필수적인 hormone인 만큼 그 生産地를 알아내기 위하여 많은 實驗이 이루어져 왔다. Locust와 성충모기에서는 ovary에서도 α -ecdysone이 분비된다는 보고가 있기는 하나(Hagedorn et al., 1975; Glass et al., 1978), ecdysone의 주된 生産地는 前胸腺이라는 것이 生理學的 免疫學的으로 증명되고 있다(Chino et al., 1974; King et al., 1974; Romer et al., 1974; Bollenbacher et al., 1975; Birkenbeil et al., 1979).

ecdysone에 대한 生理學的 免疫學的 研究와 함께 그 分泌腺인 前胸腺에 대한 形態學的 研究도 활발히 이루어져 왔다. 즉 Scharrer(1964)는 *Leucophaea maderae*와 *Blaberus cranifer*를 Hintze-Podufal(1971)은 *Cerura vinula*를 Blazsek et al. (1975)과 Gersch et al. (1975)은 *Galleria mellonella*를 Chu et al., (1980)은 *Xyleborus ferrugius*를 각각 재료로 하여 變態과정에서 따라

腺의 分泌 기능과 관련된 微細構造의 變化를 觀察 報告하였다. Beaulaton(1968 a,b)은 4齡과 5齡의 *Bombyx mori* L.를 재료로 齡 탈피기의 미세구조를 다루기는 하였으나, 단편적인 것 뿐 腺 分泌細胞 活動能에 따른 미세구조의 종합적 보고는 없었기에 본 연구에서는 *Bombyx mori* L.를 재료로 變態과정 중의 終齡幼虫에서 蛹으로 變態하는 시기를 택하여 前胸腺 分泌細胞의 活性에 따른 미세구조의 變化를 관찰하고자 하였다.

재료 및 방법

KAIST에서 사육중인 누에 중에서 5齡 4일, 6일, 吐絲 직전과 吐絲 1일, 前蛹期, 蛹化 직후, 蛹化 1일의 누에를 實驗材料로 使用하였다.

각 시기의 材料를 제 2 앞가슴마디 위로 절단하여 解剖顯微鏡下에서 前胸腺을 적출하였다. 적출한 前胸腺은 4°C의 2% paraformaldehyde-glutaraldehyde 혼합 용액에 2시간 전고정한 후 Millonig's phosphate buffer (pH 7.3)로 20분씩 3회 세척하고, 이어서 1% Osmium tetroxide로 2시간 동안 후고정한 다음 같은 buffer액으로 세척하여 통상법으로 탈수시켜 Epon-Araldite Mixture에 포매하였다.

포매된 前胸腺에서는 주로 間部를 택하여 Sroval MT-11 ultramicrotome으로 1 μ m 두께의 semisection을 만들어 1% toluidine blue-borax로 염색한 후 부위를 확인한 다음 초박절편을 만들어 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색하여 Hitachi HS-7S와 JEM 100B 電子顯微鏡으로 觀察하였다.

결과

누에의 前胸腺은 제 1 앞가슴마디의 양쪽 氣門의 내측에 있는 한쌍의 기관으로 쌍 Y자 모양을 하고 있었다(Fig. 1). 腺의 겉은 두꺼운 皮膜으로 싸여있고 그 속에 腺細胞가 위치하였다. 腺細胞에 접한 皮膜 속에는 신경섬유와 신경교세포 및 기관세지가 분포되어 있었다(Fig. 2, 3).

발생 단계에 따른 前胸腺의 일반 구조는 거의 비슷한

형태로서, 分泌細胞는 다각형으로 皮膜에 접한 細胞膜은 심한 주름을 이루었고, 이웃 분비세포와 접한 세포막은 잘 발달된 desmosome으로 연결되어 있었다. 核은 대체로 細胞 中央에 위치하되 심하게 분엽상을 이루었고, 작은 染色質 덩어리가 核質內에 산재성으로 또는 核膜에 접하여 나타났다. 세포질내 소기관들은 5齡 4일부터 蛹化 1일까지 대체로 잘 발달되어 있었는데, 각 발생시기, 즉 終齡期, 吐絲期, 前蛹期, 蛹期에 따라 다음과 같은 分泌細胞의 形態學的 변화가 관찰되었다.

終齡期: 5齡 4일의 分泌細胞내 소기관 중에서 미토콘드리아는 많은 수가 細胞質內에 고루 분포하였고, 모양은 杆狀으로 cristae는 조밀하고 불규칙한 배열을 이루었으며 그 기질의 電子密度는 낮았다. 리보솜과 microtubule도 잘 발달되어 세포질 전반에 고루 분포하였다. 그의 조면소포체는 소량으로서 세포질 곳곳에出現하였고, 작은 Golgi apparatus는 소수로서 핵 주위에 위치하였다(Fig. 4, 5).

5齡 6일의 腺細胞의 대체적인 모습은 4일의 것과 큰 차이는 볼 수 없었으나 세포질 내에 고루 분포하던 미토콘드리아를 비롯한 세포소기관들이 外形質로 밀려 위치하였으며, 核 주변부 세포질에는 리보솜만이 분포되어 있었다(Fig. 6).

吐絲期: 吐絲期 직전과 吐絲 1일로 구분하여 觀察하였다. 吐絲期直前의 前胸腺 分泌細胞는 核의 모양이라든가 핵내 염색질의 분포 양상, 이웃 세포와의 연결관계 등 대체적인 모습은 5齡 4일의 것과 비슷하였다. 分泌細胞의 핵 주변부 세포질에는 많은 리보솜과 단일 粗面 소포체의 cistern들이 絲狀으로 배열되어 있었다(Fig. 7). 미토콘드리아는 5齡 6일에서 처럼 核 주변부 세포질에는 거의 분포되어 있지 않았고, 그 모습에 있어서 대다수의 것은 杆狀이나 일부는 長軸方向으로 신장되어 구부러져 있되 가운데가 잘록해진 형태였다(Fig. 8). 세포질에서 lamellar body가 소수 관찰되었는데, 이들은 횡단면상 8~10층의 층판이 전자밀도가 강한 중심부를 동심원상으로 싸고 있었다. 그의 microtubule Golgi apparatus 등은 5齡 4일, 6일의 것과 비슷하였다.

吐絲 1일의 腺細胞의 대체적인 모습은 吐絲期直前과 비슷하였으나, 核 주위의 세포질내에 粗面 소포체의 발달이 더욱 뚜렷해졌고, 많은 양의 리보솜도 함께 분포하고 있었으며, lamellar body가 吐絲期 직전의 것과는 달리 細胞質內에 흔히 무리를 이루고 있었다(Fig. 9). 미토콘드리아는 杆狀形외에 변형된 것들이 종종

관찰되었는데, 변형된 미토콘드리아에 의해 둘러싸인 세포질의 전자밀도는 주위의 것보다 낮았고, 그 속에는 소수의 리보솜이 위치하였다(Fig. 9). 그의 특이한 구조로서 소수의 vesicle이 이 시기에 처음으로 관찰되었다.

前蛹期: 이 시기의 分泌細胞內 소기관들은 吐絲期 以前의 것에 비하여 뚜렷한 변화를 보였는데, 그 중 미토콘드리아는 대부분이 변형되어 分切現象을 나타내었고, 核 주변부를 포함한 모든 세포질내에 고루 분포되어 있었다. 粗面小胞體는 세포질내에 잘 발달되어 있되 특히 核 근처에서는 cistern들이 서로 근접하여 수십층의 동심원상 배열을 하고 있음도 관찰할 수 있었다(Fig. 11). 그의 vesicle은 그 크기가 吐絲期 것에 비해 컸고 수도 증가하였으며, Golgi apparatus는 다소 확장된 상태로 세포질 곳곳에서 나타났다(Fig. 10).

蛹期: 蛹化前後와 蛹化 1일로 구분하였으나 이 두 시기의 分泌細胞들 사이의 미세구조적 차이는 觀察할 수 없었다. 그러나 細胞內 粗面小胞體는 網狀으로 널리 퍼져 있었을 뿐 前蛹期에서 보였던 층판 배열은 관찰되지 않았고, 또한 Golgi apparatus는 蛹前의 시기 것에 비해 더욱 발달되어 있었다(Fig. 12, 13). 미토콘드리아는 모두 杆狀으로서 5齡 4일 것에 비하여 그 크기가 작았고, cristae의 배열은 성글었으며, 기질의 전자밀도는 더 높았다(Fig. 12). 그리고 세포질내 vesicle은 前蛹期の 것보다 더 커져 있었다.

고 찰

본 實驗의 結果에서 ecdysone을 分泌하는 것으로 인정된 前胸腺 分泌細胞는 5齡 부터 蛹期에 이르는 탈피 과정에서, 細胞의 대체적인 모습이나 배열, 또는 세포 연결관계 등 일반 구조에서는 거의 뚜렷한 변화를 볼 수 없었으나, 分泌細胞의 미세구조 특히 세포소기관중 mitochondria, 粗面小胞體, ribosome, Golgi apparatus, lamella body 등의 모양과 배열에서 뚜렷한 차이를 나타내었다.

일반적으로 Steroid系 hormone을 分泌하는 細胞에서는 peptide 分泌細胞와는 달리, 세포질내 滑面小胞體에서 hormone이 合成되고 이어 分泌顆粒 形態로 細胞質內에 저장되지 않고 직접 膜을 통해 分泌되는 것으로 알려져 있으며, 이는 Christensen(1965)이 포유류인 guinea pig에서, Christensen & Fawcett(1966)는 mouse에서 steroid hormone인 testosterone을 분비하는 고환間質細胞의 세포질내에 다른 세포소기관보다 滑面小胞體의 발달이 뚜렷함을 지적함으로써 증명되었다.

그러나 ecdysone 합성에 관여하는 소포체의 구조는 昆虫의 種에 따라 차이가 있는 것 같다. 즉 Scharrer (1964)는 *Leucopaea maderae*와 *Blaberus craniifer*의 前胸腺 細胞의 細胞質 내에는 소포체가 드물게 분포하나 대부분이 vesicle 내지 tubule 모양인 滑面小胞體이었다고 했으며, Hintze-Podufal(1971)은 Lepidoptera의 일종인 *Cerura vinula*의 前胸腺 分泌細胞에서는 滑面小胞體와 粗面小胞體도 공히 다수 분포하고 있음을 보고하였다. Blazsek et al.(1975)은 Lepidoptera의 일종인 *Galleria mellonella*에서는 滑面小胞體보다 粗面小胞體의 발달이 두드러짐을 보여 주었다. 본 實驗에 使用한 누에 前胸腺 分泌細胞의 소포체는 뚜렷한 粗面小胞體이었다.

Beaulaton(1968b)은 *Bombyx mori* L.의 5齡 幼虫 末期의 前胸腺 分泌細胞에는 粗面小胞體의 발달이 가장 현저하고 이 시기의 조면 소포체는 부분적 퇴화상으로서 annulate lamellae가 형성된다고 하였다. 그리고 Shigematsu & Moriyama(1970)는 *Bombyx mori* L.의 silk gland에서 fibroin 합성과 ecdysone 농도와의 관계는 ecdysone 농도가 5齡 5일부터 점차 증가하여 7일이 되면 입체농도에 달해 fibroin이 합성되기 시작한다고 하였다. Calvez et al.(1976)은 *Bombyx mori* L.의 血中 ecdysone 농도는 吐絲開始 후에 증가하고 前蛹에서 最大로 된다고 보고하였다. 이상 연구자들의 結果를 기초로 본 實驗에서 나타난 小胞體의 變化를 고찰해보면, 누에 前胸腺 分泌細胞의 소포체는 顆粒性으로서 吐絲期 直前부터 점차 증가되어 前蛹期에 가장 현저한 발달을 나타냈음은 粗面小胞體가 ecdysone 합성에 관여하는 효소 합성을 촉진하는 것으로 생각되며, 특히 前蛹期에 粗面小胞體의 층배열이 나타남은 이때 부터 粗面小胞體가 부분적으로 퇴화되는 것으로 사료된다.

본 實驗에서 腺細胞內 미토콘드리아는 시기에 따라 모양이나 分布 양상에 많은 變化를 관찰할 수 있었다. 즉 5령 4일에는 대부분이 杆狀이나 소수의 미토콘드리아가 長軸으로 신장되어 兩分되는 현상을 띠었고, 이와 같은 미토콘드리아의 分切 현상은 吐絲期 直前부터 점차 증가되어 前蛹期에 가장 많이 관찰되었으며, 蛹期에서는 이와 같은 모습이 거의 관찰되지 않았다. Beaulaton(1968 a)은 누에 幼虫 前胸腺 細胞에서 미토콘드리아내에 글리코겐이 축적되는 現象을 보고하였으며, 4령과 5령 사이의 齡 탈피기 사이에는 腺細胞의 활동과 관련되어 글리코겐양이 줄어든다고 했으나, 본 研究에서는 전 시기를 통하여 이와 같은 양상은 전혀 관찰되지 않았다. Scharrer(1964)는 終齡期の *Leucopaea*

*maderae*와 *Blaberus craniifer*에서 미토콘드리아의 兩分現象과 아울러 終齡 後半期에 작아졌음을 관찰하였고, Gersch et al. (1975)은 *Galleria mellonella*에서 吐絲期 직전에 미토콘드리아가 앞의 시기에 비하여 더 작아졌고 또한 전자밀도도 높아졌음을 관찰하였다. 이들의 結果는 본 實驗조건과 대체로 일치하였다. 따라서 미토콘드리아의 양분현상이 終齡 末期까지 점차 증가됨은 곧 미토콘드리아가 세포의 활성화와 밀접한 관련이 있음을 시사하는 것이라 여겨진다.

한편 分泌物의 배출현상에 대하여 Scharrer(1964)와 Hintze-Podufal(1971)은 각각 *Leucopaea maderae* 및 *Blaberus craniifer*와 *cerura vinula*의 電子顯微鏡의 研究에서 前胸腺 腺細胞의 분비활동이 왕성한 시기에 micropinocytotic vesicle 형태로의 배출현상을 흔히 관찰할 수 있었다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 Golgi apparatus가 前蛹期과 蛹化 直後에 증가하여 나타났고 cytoplasmic vesicle이 吐絲 1일부터 출현하기 시작하여 蛹化 直後까지 커져 있음을 관찰하였을 뿐 이들이 관찰한 구조는 발견할 수 없었다. Shaaya & Karlson (1965)의 보고에 따르면 *Bombyx mori* L.가 蛹으로의 탈피 前에 ecdysone 농도가 증가하였다는 사실을 감안할 때 이 소기관들이 분비활동과 관련이 있음을 쉽게 짐작할 수 있다.

또한 Blazsek et al.(1975)은 *Galleria mellonella* L.의 腺細胞의 活性이 증가할 때에 핵의 分葉이 뚜렷하였고 진정염색질양이 증가하였음을 보고했는데, 본 누에의 前胸腺 腺細胞에서는 실험초기인 5령 4일부터 핵은 심한 分葉狀을 나타내었고, 다만 핵내 이질염색질의 분포양상이 5령 4일과 前蛹期에 다소 차이를 나타내는 했으나 세포 活性과의 관련 여부를 가리기는 어렵다고 하겠다.

결 론

누에나방(*Bombyx mori* L.)의 탈피과정에 따른 前胸腺 分泌細胞의 미세구조적 變化를 추궁할 目的으로 終齡에서 蛹으로 되기까지의 前胸腺 分泌細胞를 電子顯微鏡으로 관찰하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

終齡 4일의 건홍선 분비세포는 다각형으로 皮膜으로 싸여 있으며 핵은 심한 分葉狀을 나타냈고 皮膜 부위의 分泌細胞의 細胞膜은 심하게 주름지어 있었으며 이웃세포와는 desmosome으로 연결되어 있었다.

核의 염색질은 작은 덩어리로 핵질내에 두루 분포하였고 細胞質에는 소포체와 미토콘드리아, microtubule, 리보솜 등의 세포내 기관들이 잘 발달되어 있었다.

중령에서 蛹化 1日 사이에 몇몇 주요 소기관들의 변화가 뚜렷하였다. 즉 리보솜은 5령 6일부터, 조면소포체와 이분되는 미토콘드리아는 蛹化期 직전부터 점차 증가되어 그 발달이 뚜렷하였다. Golgi apparatus의 vesicle은 前蛹期와 蛹化 직후에 증가하여 나타났다.

전흉선 분비세포의 조면소포체는 ecdysone 합성에 관여하는 효소합성과 깊은 연관이 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- Beaulaton, J. (1968a). Modifications ultrastructurales des cellules sécrétrices de la glande prothoracique de vers à soie au cours deux derniers âges larvaires. II. Le glycogène, ses relations avec le chondriome et le réticulum encoplasmique. J. Microsc. 7, 673~692.
- Beaulaton, J. (1968b). Modifications ultrastructurales des cellules sécrétrices de la glande prothoracique de vers à soie, au cours des deux derniers âges larvaires. III Les lamellés annellées et leur dégradation. J. Microsc. 7, 895~906.
- Becker, E. and E. Plagge. (1939a). Über das die pupariumbildung auslösende hormon der filegen. Biol. Zbl. 59, 326~341.
- Birkenbeil, H., M. Eckart, and M. Gersch. (1979). Electron microscopical-immunocytochemical evidence of ecdysteroids in the prothoracic gland of *Galleria mellonella*. Cell Tiss. Res. 200, 285~290.
- Blazsek, L., A. Balazs, V.J.A. Novák, and J. Malá. (1975). Ultrastructural study of the prothoracic glands of *Galleria Mellonella* L. in the penultimate, last larval, and pupal stages. Cell Tiss. Res. 158, 269~280.
- Bollenbacher, W.E., V. Vedeckis, L.I. Gilbert, and J.D. O'Connor. (1975). Ecdysone titers and prothoracic gland activity during the larval-pupal development of *Manduca sexta*. Dev. Biol. 44, 46~53.
- Calvez et al. (1976). Cited from *Insect Metamorphosis: Aspects of Chemo-Physiology*, ed. Hasegawa K. (1979), Tokyo, Nankodo.
- Chino, H.S., T. Sakurai, N. Ohtaki, H. Ikekawa, M. Miyazaki, and H.A. Ishibashi. (1974). Biosynthesis of α -ecdysone by prothoracic glands 'in vitro'. Science 183, 529~530.
- Christensen, A.K. (1965). The fine structure of testicular interstitial cells in guinea pig. J. Cell Biol. 26, 911~935.
- Christensen, A.K. and D.W. Fawcett. (1966). The fine structure of testicular interstitial cells in mice. Am. J. Anat. 118, 551~572.
- Chu, H.M., D.M. Norris, and K.D.P. Rao. (1980). Ultrastructure of the prothoracic gland of variously aged female pupae of *Xyleborus ferrugineus* and associated ecdysteroid titers. Cell Tiss. Res. 123, 1~8.
- Gersch, M., H. Birkenbeil and J. Ude. (1975). Ultrastructure of the prothoracic gland cells of the last instar of *Galleria mellonella* in relation to the state of development. Cell Tiss. Res. 160, 389~397.
- Gilbert, L.I. and H.S. Schneiderman. (1961). Some biochemical aspects of insect metamorphosis. Reprinted from Am. Zoologist 1, pp.11~51.
- Glass, H., H Emmerich, and K.D. Spindler. (1978). Immunohistochemical localization of ecdysteroid in the follicular epithelium of locust oocytes. Cell Tiss. Res. 194, 237~244.
- Hagedorn, H.H., J.D. O'Connor, M.S. Fuchs, B. Sage, D.A. Schlaeger, and M.K. Bohm. (1975). The ovary as a source of α -ecdysone in an adult mosquito. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 72, 3255~3259.
- Hintze-Podufal, C. (1971). Studies on the fine structure of prothoracic gland cells of *Cerura vinula* (Lepidoptera). J. Zool. (Lond.) 164, 425~428.
- Kim, C.W. (1980). Postembryonic development in the cabbage butterfly, *Pieris rapae* L., Commemoration Papers for professor C.W. Kim's 60th birthday Anniv., pp.19~94.
- King, D.S. and E.P. Marks. (1974). The secretion and metabolism of α -ecdysone by cockroach (*Leucophaea maderae*) tissue in vitro. Life Sci. 15, 147~154.
- King, D.S., W.E. Bollenbacher, D.W. Borst, W.V. Vedeckis, J.D. O'Connor, P.I. Ittycheriah, and L.I. Gilbert. (1974). The secretion of ecdysone by the prothoracic glands of *Manduca sexta* in vitro. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 71, 793~796.
- Romer, F., H. Emmerich and J. Nowock. (1974). Biosynthesis of ecdysone in isolated prothoracic

- gland and oenocytes of *Tenebrio molitor* in vitro. J. Insect Physiol. 20, 1975~1967.
- Scharrer, B. (1964). The fine structure of blattarian prothoracic Rity glands. Z. Zellforsch. 64, 401~426.
- Schneiderman, H.A. (1969). Control systems in insect development. In biology and the Physical Sciences, ed Devons, S., pp.186~208, New York, Columbia University Press.
- Schneiderman, H.A. and L.I., Gilbert. (1964). Control of growth and development in insects. Science 143, 325~333.
- Shaaya, E. and P. Karlson, (1965). Der ecdysonititer wahrend der insekentwicklung. IV. Die entwicklung der Lepidoptera *Bombyx mori* L. and *Cerura vinula* L., Dev. Biol. 11, 424~432.
- Shigematsu, H. and H. Moriyama. (1970). Effect of ecdysterone on fibroin synthesis in the posterior division of the silk glands of the silkworm, *Bombyx mori* J. Insect Physiol. 16, 2015~2022.
- Siew, Y.C. and L.I. Gilbert. (1971). Effects of moulting hormone and juvenile hormone on insect endocrine gland activity. J. Insect Physiol. 17, 2095~2104.
- Vedeckis, W.V. and L.I. Gilbert. (1973). Production of cyclic AMP and adenosine by the brain and prothoracic glands of *Manduca sexta*. J. Insect Physiol. 19, 2445~2457.
- Wigglesworth, V.B. (1957). The action of growth hormones in insects. Symp. Soc. Exp. Biol. 11, 204~227.

Figure Legends

Fig. 1. Stereomicrograph of one side prothoracic gland of the 5th instar larva. $\times 20$

Fig. 2. A cross section of the prothoracic gland of 5th instar larva. Several secreting cells surrounded by the connective sheath are centrally located. $\times 400$ T: Tracheole

Fig. 3. Electron micrograph of the prothoracic gland of the 4 day old 5th instar larva. Nerve fibers with neurosecretory granules, vesicles and tracheoles embedded in the tracheal cell are observed in the connective sheath. $\times 4,800$

Fig. 4-5. Secretory cell of 4 day old 5th instar larva.

Fig. 4. shows the secreting cells contained highly lobulated nucleus with dotted chromatin and well-developed cell organelles; rod-like mitochondria, microtubules, rough-surfaced endoplasmic reticulum, etc. The plasma membrane is highly infolded near the connective sheath(arrows). MT: Microtuble $\times 8,000$

Fig. 5, mitochondria showing irregularly arranged cristae and moderate electron density of the matrix, and distinct desmosomes (D) are noted. N: Nucleus, G: Golgi apparatus $\times 11,700$

Fig. 6. A part of the secreting cell of the 6 day old 5th instar larva. Free-and polyribosomes are mainly accumulated at the perinuclear cytoplasm. Arrows indicate the desmosomes. $\times 10,600$

Fig. 7,8. Parts of secreting cell at the stage, just before spinning cocoon.

Fig. 7, rough surfaced endoplasmic reticulum (RER) singly distributed and a large amount of ribosomes are noticeable in the perinuclear cytoplasm. $\times 13,300$

Lamellar body(arrow) with electron dense core and deformed mitochondria(M) are seen in Fig. 8. $\times 33,200$

Fig. 9. Electron micrograph of the secreting cell of the prothoracic gland, one day after spinning cocoon. Abundant free-and polyribosomes are observed in the perinuclear cytoplasm. $\times 6,600$ Several lamellar bodies and a deformed mitochondria are noted.

Fig. 10,11. Electron micrographs of the secreting cells of pharate pupal prothoracic gland.

Fig. 10, a large amount of RER and mitochondria are characteristically observed. Most of the mitochondria are longitudinally distended and curved, and the matrix is showing high electron density. The small areas of the cytoplasm surrounded by the curved mitochondria are lighter and contains only a few ribo-

somes. Large cytoplasmic vesicles are observed in the cells of this stage. $\times 11,800$

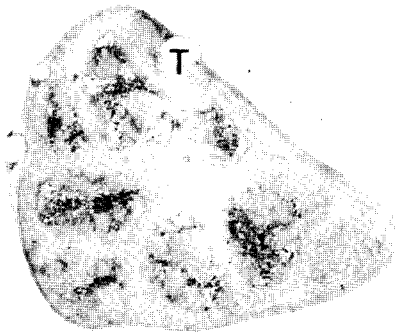
Fig. 11, numerous RER cisternae are stacked in the perinuclear cytoplasm. Arrows indicate deformed mitochondria. $\times 11,000$

Fig. 12. A part of the cell in the stage, just after pupation. Enlarged cytoplasmic vesicles(V) are increased in number. Small and elongated mitochondria are distributed throughout the cytoplasm and the electron density of the mitochondrial matrix is increased. $\times 13,300$

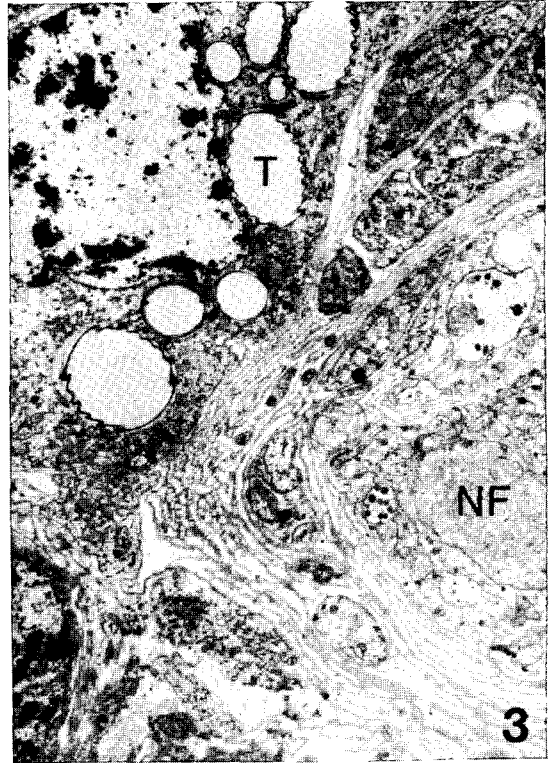
Fig. 13. A part of prothoracic gland secreting cell at the stage of one day after pupation. Note highly infolded nucleus with clumped chromatin and well-developed all organelles densely arranged in the cytoplasm. $\times 8,900$



1



2



3



4



5

