

ナナホシテントウの脳一側心体系の微細構造に関する研究

I. 側心体の微細構造の季節的变化*

小川慎也・桜井宏紀・武田 享

生物生産制御学講座
(1988年8月1日受理)

Studies on ultrastructure of brain-corpus cardiacum in the lady beetle, *Coccinella septempunctata bruckii*

I. Seasonal changes in ultrastructure of corpus cardiacum

Shinya OGAWA, Hironori SAKURAI and Susumu TAKEDA

Department of Controlled Plant Production
(Received August 1, 1988)

SUMMARY

To understand the physiological mechanism of adult diapause in the lady beetle, *Coccinella septempunctata bruckii*, a function of brain-corpus cardiacum system as the endocrine center of diapause regulation, was studied electromicroscopically. The present paper dealt with seasonal changes in the ultrastructure of corpus cardiacum (CC) in the female adult. The CC was divided into the storage part and the secretory part. In the former a mass of axons originating from the brain presented abundantly, whereas in the latter the secretory granules (SG) were contained throughout a year. The number of SG detected also in the axons increased remarkably in the early period of aestivation and decreased in the late period. The SG in the secretory part of CC was transferred actively during the active period in adults.

Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. (53) : 167—173, 1988.

要 約

ナナホシテントウ成虫の休眠生理のメカニズムを明らかにするため、内分泌活性の中樞である脳一側心体系に着目し、特にその雌成虫の側心体の微細構造の季節的变化を電子顕微鏡によって観察した。側心体は組織学的に貯蔵部と分泌部に区別され、前者には脳からくる多数の軸索が集中的に分布していた。軸索中に見られる分泌顆粒は、夏眠の初期に急増し、夏眠の後期に減少することから、夏眠の終了に伴い側心体から多量のホルモンが放出されることが示唆された。一方、側心体の分泌細胞部では分泌顆粒が周期的に分布しており、活動期に分泌顆粒の移動が活発となる傾向が示された。

緒 言

害虫防除への天敵利用を図る上で、アブラムシ類の天敵である捕食性テントウムシの積極的利用が注目される。ナナホシテントウ *Coccinella septempunctata bruckii* Mulsant はわが国で最も普通に見られるア

* 岐阜大学農学部昆虫学級室業績No.116

ブラムシ捕食性テントウムシであり、東海地方では通常2化性である¹⁾。第1世代成虫は5月下旬頃出現し、6月下旬頃夏眠に入り、8月中旬頃夏眠から覚醒する。一方、第2世代成虫は10月上旬頃より出現し、12月下旬頃には越冬に入り、翌年3月上旬頃から活動を再開する。このうち夏眠現象は内分泌的に抑制された真の休眠であることが示唆されている²⁻⁴⁾。本種を天敵としてアブラムシ類の生物的防除に導入する際、休眠現象は防除効果を抑制することから、休眠の生理機構の解明は重要な課題である。本研究ではナナホシテントウの休眠の生理機構を内分泌学的に追究するため、休眠の内分泌制御の中心である脳一側心体系のうち、側心体について微細構造の季節的变化を検討した。

材料及び方法

供試昆虫：1985～86年にかけて岐阜市柳戸の岐阜大学周辺の雑草上で、ナナホシテントウ雌成虫を毎月約10頭採集し、実験に使用した。

試料作成：虫体を2.5%グルタルアルデヒド・リン酸緩衝液中で解剖し、脳を側心体及びアラタ体の付着した状態で摘出して前固定を行った後、2%オスミック酸で後固定を行った。その後エタノール系列によって脱水し、QY-1を浸透剤としてエポキシ樹脂に包埋した。なお脳は、脳一側心体系の観察に適するように、両視覚葉の部位を除去して包埋した。

試料観察：ガラスナイフにより試料の超薄切片を作成し、フォルムパールを支持膜としたシートメッシュに付着させた。電子染色として2%酢酸ウラニール溶液と佐藤⁵⁾の鉛染色液により切片の二重染色を行い、岐阜大学計測センターの電子顕微鏡（日立H-800型）により組織観察と写真撮影を行った。

結 果

ナナホシテントウ成虫の側心体とアラタ体の組織学的関係についての光顕像をFig. 1に示す。側心体は脳の下方にアラタ体と接して存在する。電顕学的に側心体は2つの部分に区別できた。1つは脳の神経分泌部からの軸索と接続している部分であり、分泌顆粒の貯蔵部分 (storage lobe) と考えられる。他の1つ

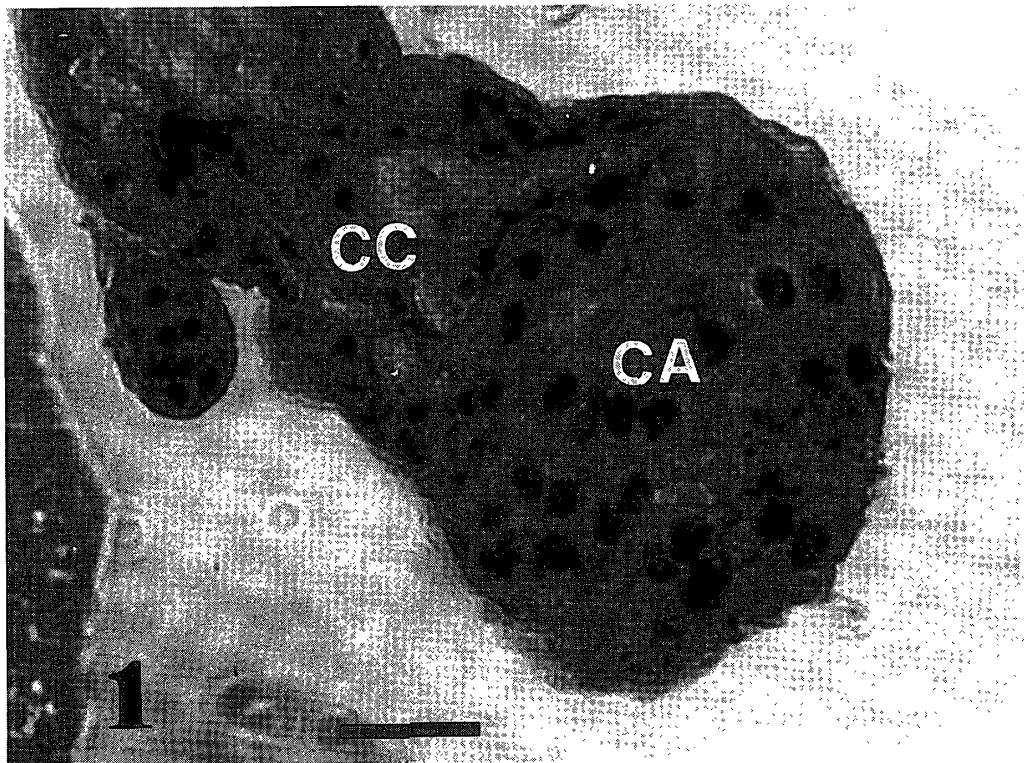


Fig. 1. Corpus allatum (CA) and corpus cardiacum (CC) of female adult on April 20th.
Scale : 10 μ m.

は側心体固有の神経分泌細胞 (secretory lobe) が局在する部分である。前者の貯蔵部には複数の神経分泌軸索が存在しており、3月の活動期には側心体の軸索内に円形で径200~300nmの最も一般的な分泌顆粒 (sg 1) が観察された (Fig. 2)。また電子密度の低い形の不規則な分泌顆粒 (sg 2) も見られ、それぞれ軸索内に散在する。一方、夏眠初期である7月上旬には軸索内に顆しい分泌顆粒 (sg 1) が見られ (Fig. 3)、この時期に脳から送られてくる分泌顆粒の量の極めて多いことがわかる。夏眠後期の8月上旬では分泌顆粒は著しく減少するとともに、極めて密に圧縮された状況を呈し、軸索自体もかなり収縮した (Fig. 4)。なお側心体に見られる不規則な顆粒 (sg 2) は周期的にあまり形態的变化が見られず、またある種の分泌代謝物と考えられる濃密体 (dense-body : db) が夏眠期には多く出現した。

側心体の分泌細胞部では、分泌顆粒の季節的変異が観察された。活動期には分泌顆粒の数は著しく増加し、分泌細胞部に均一に分布していた (Fig. 6)。これに対して夏眠期の8月初旬には分泌顆粒は細胞内に局在しており、また細胞膜も著しく発達していた。顆粒の大きさの変異は活動期に最も大きく (Fig. 6)、越冬期である1月初旬 (Fig. 5) や夏眠期 (Fig. 7) には少なかった。なお活動期と越冬期には、径約50nmの均一で集合的な特徴を示すシナプス小胞様の顆粒 (シナプトイド : S) が観察された。

考 察

脳から側心体に至る側心体神経の中を多数の神経分泌軸索が貫通、融合して側心体の分泌顆粒貯蔵部と接続している。側心体の神経分泌軸索内に見られる分泌顆粒 (sg 1, sg 2) は活動期に散在することから、分泌顆粒の一般的な輸送状態が示される (Fig. 2)。一方、夏眠初期の神経分泌軸索中における分泌顆粒の夥しい存在は、脳から輸送されてきた分泌顆粒が側心体内で放出されず、蓄積することを示唆している (Fig. 3)。このように夏眠個体では側心体からの分泌顆粒の放出が抑制されることにより、側心体の内分泌活性が低下するものと考えられる。これに対し夏眠後期には神経分泌軸索中の分泌顆粒は激減し、軸索は著しく内容物が乏しくなった (Fig. 4)。このように夏眠後期には側心体から分泌顆粒が急速に放出されて、側心体の内分泌活性が再び増加する。モンシロチョウ成虫の脳には4種類 (I, II, III, IV型) の神経分泌細胞が存在し、それぞれが含有する分泌顆粒の形状は異なっている⁶⁾。そのうち3種類の神経分泌顆粒 (I, II, IV型) は軸索を介して側心体と接続している。ナナホシテントウの分泌顆粒のsg 1及びsg 2の形状はモンシロチョウのII型及びIV型神経分泌細胞由来の顆粒と、それぞれよく似ていた。側心体の分泌部では多種類の分泌顆粒の他に、核、ミトコンドリア、粗面小胞体、リボゾーム、ゴルジ装置、並びに結合組織などの細胞内器官が複雑に分布し、典型的な分泌細胞像を呈していた。このように分泌顆粒が多種類見られたことから、側心体自身が顆粒を分泌するとともに、そこで脳からの分泌顆粒を再合成することが考えられる。活動期には粗面小胞体及びリボゾームがよく発達しており、またミトコンドリアも増加しており、側心体の分泌活性は活動期に高まっていると推察される (Fig. 6)。また分泌顆粒は越冬期 (Fig. 5) や夏眠期 (Fig. 7) と比較して活動期には散在しており、顆粒が流動していることを示している。これに対して越冬及び夏眠期では、顆粒は側心体の分泌部に集積しており、特に夏眠期ではそれが顕著であり、側心体の貯蔵部と類似した組織像を呈していた。なお夏眠期に見られた側心体貯蔵部の膜構造の著しい発達は、顆粒の貯蔵に関連した組織学的変化と考えられる。

側心体から血液中への神経分泌物質の放出の機構は不明瞭であるが、これについて2つの知見が提出されている。第1は、シナプス小胞様顆粒 (シナプトイド) から放出された神経活性物質が分泌顆粒中からの分泌物質の放出を引き起すという⁷⁾。第2は、神経分泌顆粒が分泌物を放出することにより、膜が変成してシナプトイドとなるとの見解である⁸⁾。本研究では活動期や越冬期にはよく見られたシナプトイドが、夏眠期に見られなかったことから、シナプトイドの欠如が内分泌活性の低下に何らかの関係を有するものと思われる。また側心体の分泌物の放出を考える上でアラタ体との関連は無視できない。即ち、脳から側心体へ送られた脳ホルモン (神経分泌顆粒) が、側心体から直接血リンパ中に放出されるのか、あるいはアラタ体へ移行して血リンパ中に放出されるのか、という点である。ナナホシテントウの側心体内で見られた脳由来する分泌顆粒のsg 1及びsg 2は、ともにアラタ体内の神経分泌軸索末端において観察されたことから⁹⁾、アラタ体を介しての放出の可能性が考えられる。

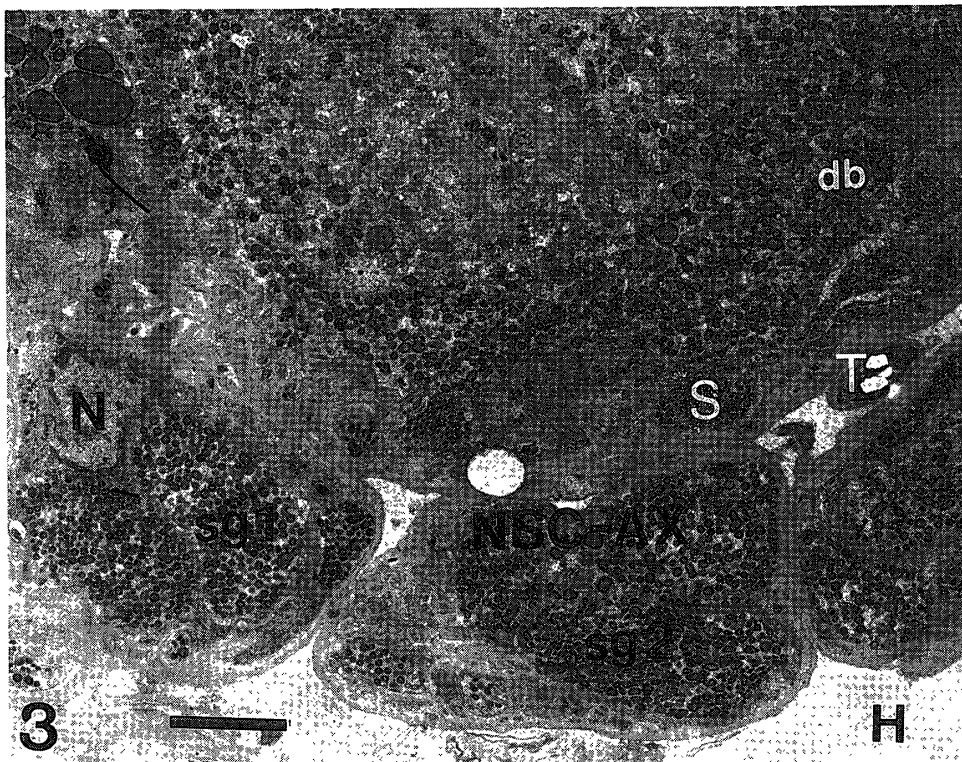
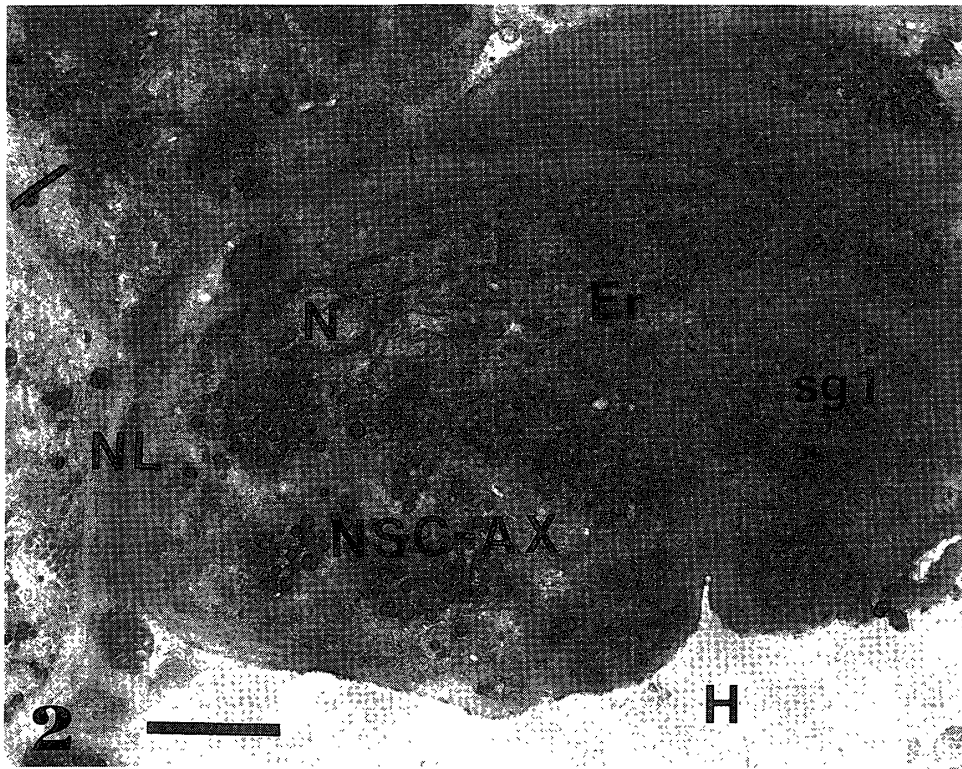


Fig. 2-7. Seasonal change in ultrastructure of corpus cardiacum (CC) in the female adults. Er : rough endoplasmic reticulum ; H : haemolymph ; NL : neural lamella structure ; N : nuclear ; AX : axon ; NSC-AX : neurosecretory cell axon ; T : trachea, db : dense body, S : sinaptoid, sg 1,2 : secretory granule 1, 2, M : mitochondria.

Fig. 2. The neurosecretory axon of CC on March 4th. Scale : $2\mu\text{m}$.

Fig. 3. The neurosecretory axon of CC on July 10th. Scale : $1\mu\text{m}$.

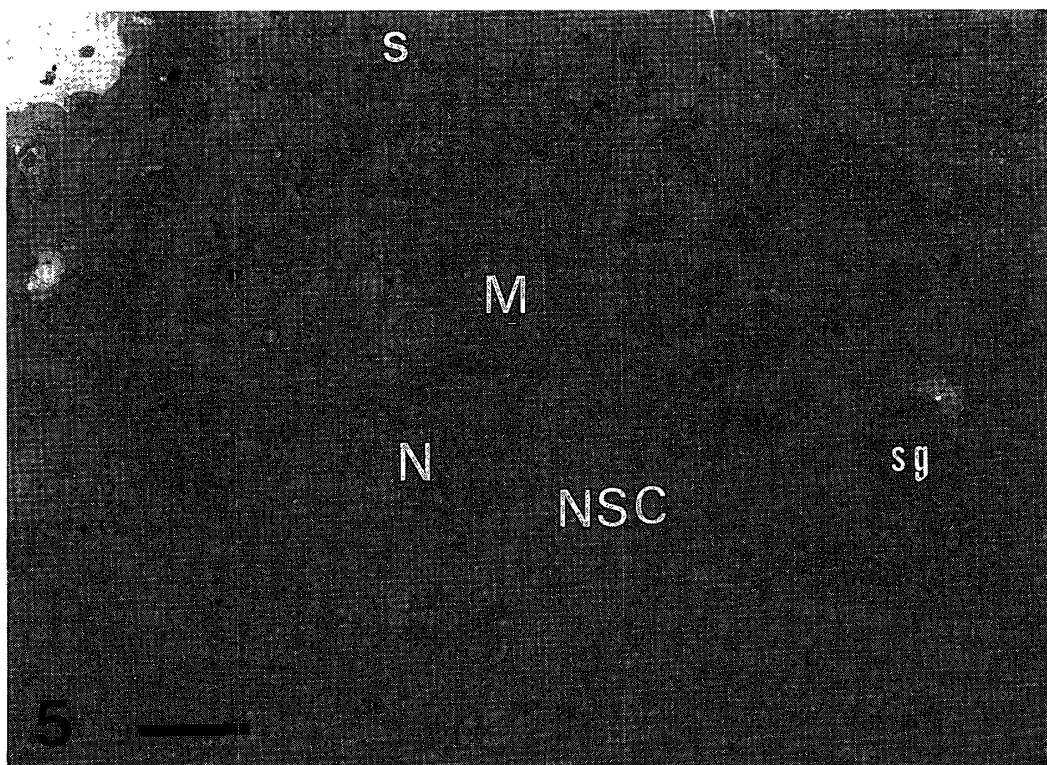
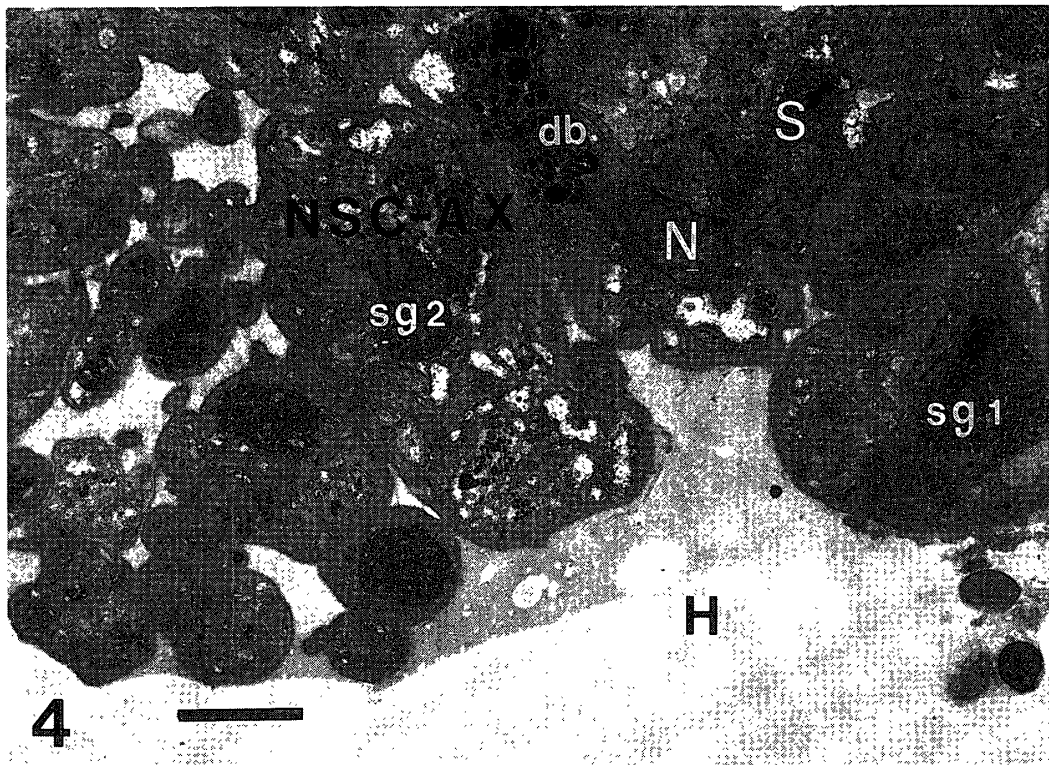


Fig. 4. The neurosecretory axon of CC on August 5th. Scale : $1\mu\text{m}$.

Fig. 5. The neurosecretory cell of CC on January 6th. Scale : $1\mu\text{m}$.

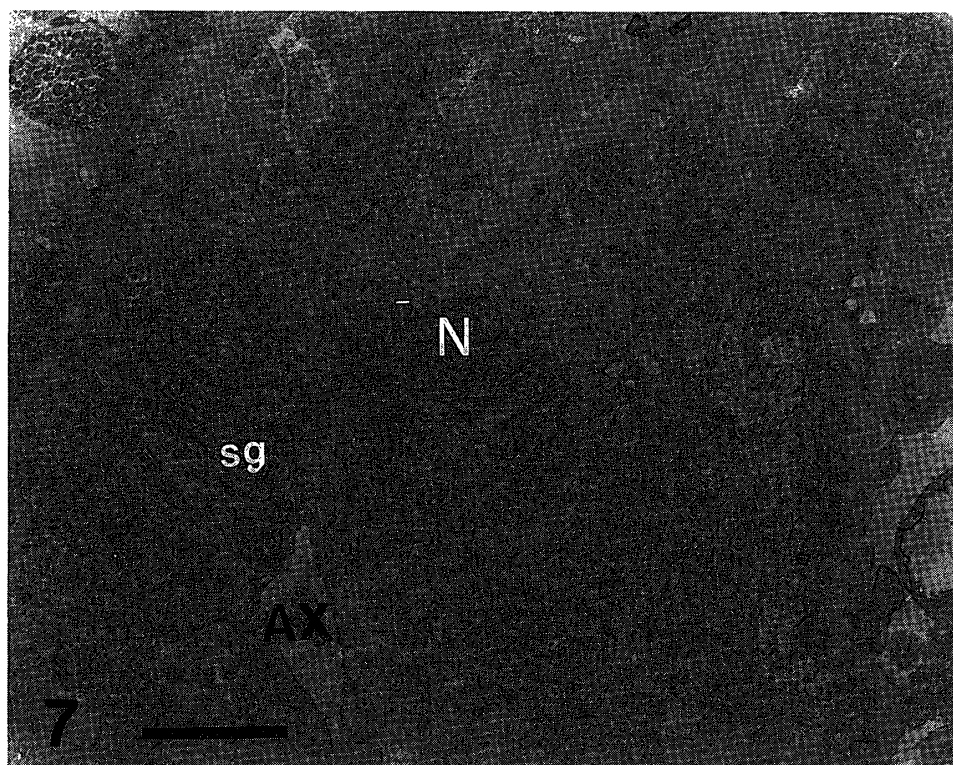
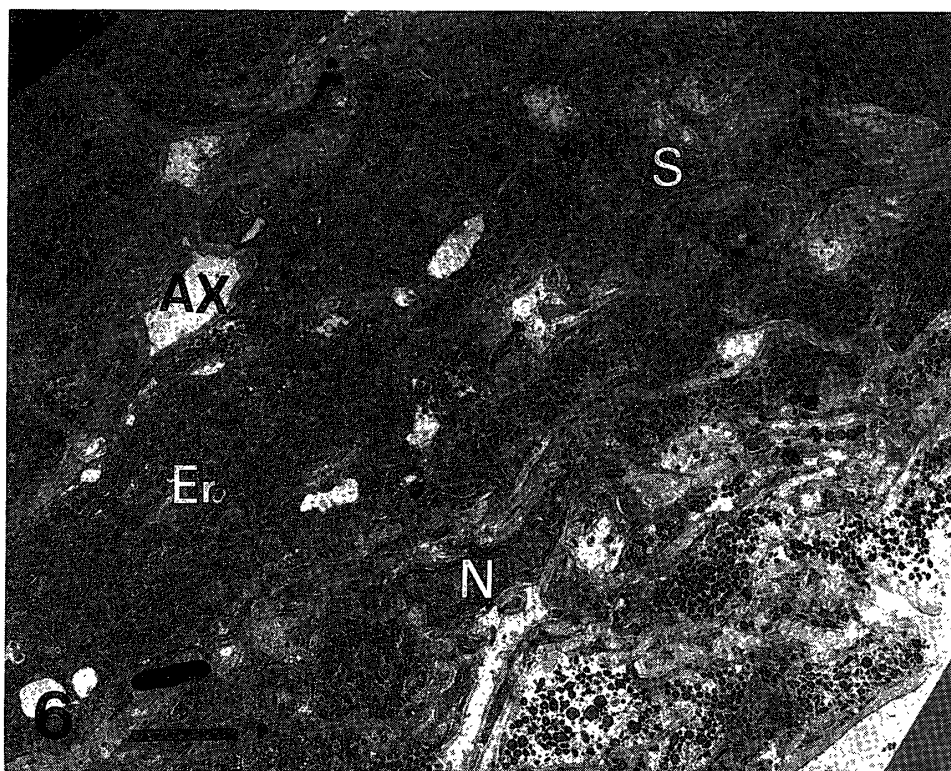


Fig. 6. The neurosecretory cell of CC on May 6th. Scale : $1\mu\text{m}$.

Fig. 7. The neurosecretory cell of CC on August 5th. Scale : $1\mu\text{m}$.

引用文献

- 1) Sakurai, H., Goto, K. & Takeda, S. : Emergence of the ladybird beetle, *Coccinella septempunctata bruckii* Mulsant in the field. Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. (48) : 37-45, 1983.
- 2) Sakurai, H., Hirano T. & Takeda S. : Change in electrophoretic pattern of haemolymph protein in diapause regulation of the lady beetle, *Coccinella septempunctata bruckii* (Coleoptera : Coccinellidae). Appl. Ent. Zool. 22 : 286-291, 1987
- 3) Sakurai, H., T. Hirano & S. Takeda : Physiological distinction between aestivation and hibernation in the lady beetle, *Coccinella septempunctata bruckii* (Coleoptera : Coccinellidae). Appl. Ent. Zool. (21) : 424-429, 1986.
- 4) Sakurai, H., T. Hirano, K. Kodama & S. Takeda : Conditions governing diapause induction in the lady beetle, *Coccinella septempunctata bruckii*. Appl. Ent. Zool. (22) : 133-138, 1987.
- 5) 佐藤泰山：超薄切片用鉛染色法の一改良法。J. Electronmicroscopy, 17, 158-159, 1968.
- 6) 河野義明：モンシロチョウの休眠誘起時における脳一側心体系の微細構造, III. 神経分泌細胞の軸索と側心体. 応動昆16 : 59-66, 1972.
- 7) Koelle, G. B. : A proposed dual neurohumoral role of acetylcholine : its function at the pre and post synaptic site. Nature. (190) : 208-211, 1961.
- 8) Holmes, R. L. and G. W. Knowles : Synaptic vesicles in the neurohypophysis. Nature. (185) : 710-711, 1960.
- 9) 小川慎也・桜井宏紀・武田 享：ナナホシテントウ雌成虫の脳一側心体系の微細構造に関する研究, II. アラタ体の微細構造の季節的变化. 岐阜大農研報(53) (印刷中)