

ナナホシテントウの脳神経分泌細胞の内分泌活性に関する研究¹⁾

桜井宏紀・加藤幸夫・武田 享

生物生産制御学講座
(1992年7月20日受理)

The Endocrine Activity of Brain-Neurosecretory Cells in the Lady Beetle, *Coccinella septempunctata bruckii*

Hironori SAKURAI, Yukio KATO and Susumu TAKEDA

Department of Controlled Plant Production
(Received July 20, 1992)

SUMMARY

To clarify the physiological mechanism of diapause in the lady beetle, *Coccinella septempunctata bruckii* Mulsant, characteristic of neurosecretory cells in the brain of adults and change of endocrine activity in the NSC related to the diapause was studied. In the protocerebrum, 3 cells of A, B and C were distinguished in the medial neurosecretory cells (M-NSC) and 2 cells of A and B were in the lateral - and the posterior-neurosecretory cells. Seasonal change of endocrine activity were detected in M-NSC. Development of axon and containing of neurosecretory granules were observed in the A cells of active adults as well as in the B cells of hibernating adults. No development of axon nor containing of neurosecretory granules was observed in the aestivating adults. Results indicated that the endocrine activity of NSC in the brain was suppressed in the aestivating adults.

Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ (57) : 91-97, 1992

要 約

ナナホシテントウの休眠の生理機構を明らかにするため、成虫の脳の神経分泌細胞の特徴と内分泌活性の季節的变化について観察した。成虫の脳の中央神経分泌細胞群ではA, B, Cの3種類、側方神経分泌細胞群及び後方神経分泌細胞群ではA, Bの2種類の細胞が存在した。中央神経分泌細胞について内分泌活性の季節的变化を調べた結果、活動期及び越冬期には神経軸索が発達し、前者ではA細胞、後者ではB細胞内に神経分泌物の含有がみられた。一方、夏眠期にはA細胞内に神経分泌物は認められず、神経軸索も発達しなかった。観察結果から、休眠期には中央神経分泌細胞の内分活性が抑制されていることが示唆された。

結 言

ナナホシテントウは東海地方では年2化性であり、第1世代成虫は夏眠するのに対し、第2世代成虫は越冬する¹⁾。著者らの一連の研究により、本種の夏眠はアラタ体内分泌活性の低下による真の休眠であるのに対し、越冬は低温による単なる活動抑制であることがわかった²⁻⁵⁾。脳-側心体-アラタ体系の微細構造の観察結果から、夏眠期には側心体及びアラタ体内に脳ホルモン顆粒が貯蔵され、夏眠の終了に伴い放出

1) 岐阜大学農学部昆虫教室業績 No. 129.

されることが示唆された^{6,7)}。しかし、脳ホルモンの分泌源である脳神経分泌細胞について休眠期における役割を検討したが、不明な点が多かった⁸⁾。そこで、本研究ではナナホシテントウの脳神経分泌細胞の特徴と内分泌活性の季節的変化について組織学的に検討した結果について報告する。

材料及び方法

供試昆虫：1991年～92年にかけて、岐阜県羽島市の馬飼大橋周辺の木曾川右岸の雑草上でナナホシテントウの成虫を採集し実験に使用した。

脳の組織観察：Ringer 液中で成虫を解剖し、脳を摘出し Susa 液⁹⁾で固定した。常法によりパラフィン包埋した後、5 μ mの連続切片を作成し、パラアルデヒドフクシンとトリクロームで二重染色を行ない⁹⁾、顕微鏡観察に供した。

呼吸測定：雌雄各10頭の呼吸量をワールブルグ検圧計により、25 $^{\circ}$ Cで測定した¹⁰⁾。

結 果

脳の神経分泌細胞の特徴：ナナホシテントウ成虫の脳では3種の神経分泌細胞群が存在した (Fig. 1)。即ち、脳間部 (pars intercerebralis: PI) の中央神経分泌細胞 (medial neurosecretory cell: M-NSC)、側方部の側方神経分泌細胞 (lateral neurosecretory cell: L-NSC)、及び後方部の後方神経分泌細胞 (posterior neurosecretory cell: P-NSC) である。また、脳の下方部の食道下神経球 (suboesophageal ganglion: SG) でも神経分泌細胞群が存在した。中央神経分泌細胞群ではA, B, Cの3種類の細胞が区別できた。大型で細胞質に紫色の含有物を有する約30個のA細胞 (Fig. 2-1)、小型で核と細胞質が赤色に

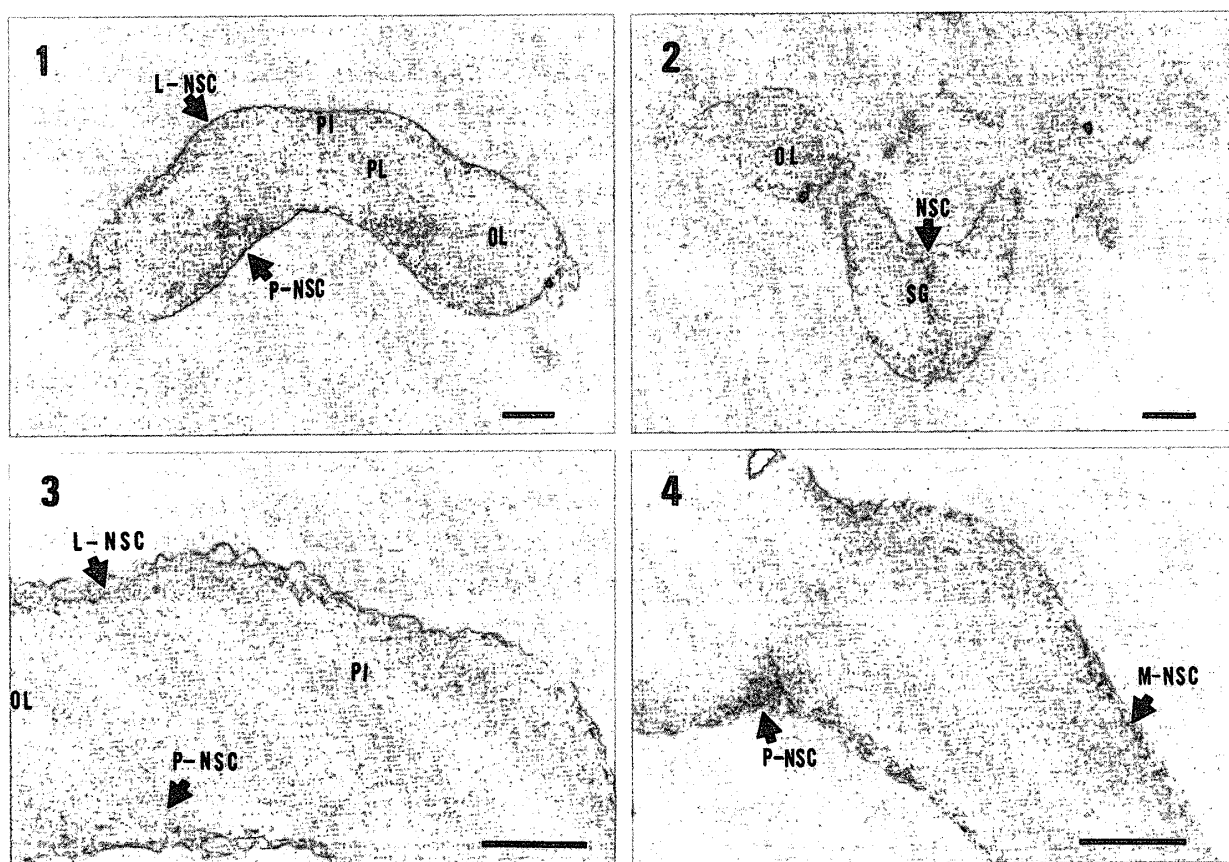


Fig. 1. Location of neurosecretory cells (NSC) in the protocerebrum and suboesophageal ganglion (SG) of adults. L-: lateral, M-: medial, P-: posterior, OL: optic lobe, P: pars intercerebralis. (Scale: 10 μ m)

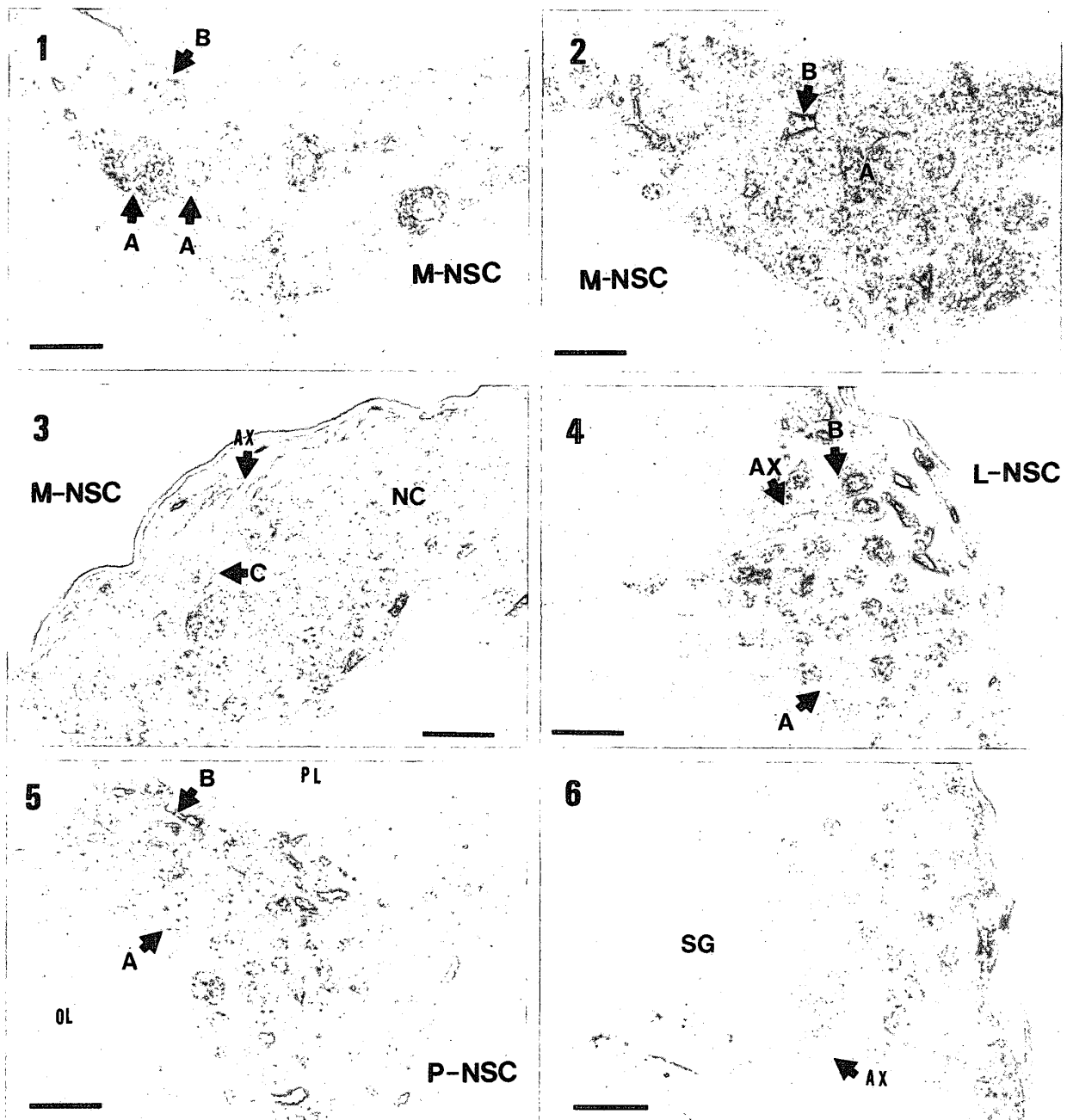


Fig. 2. Histological feature of neurosecretory cells in the protocerebrum and suboesophageal ganglion of adults. A, B and C show each NSC. AX: axon, NC: nerve cell. Refer the abbreviations in Fig. 1. (Scale: 2 μ m)

染色される約20個のB細胞 (Fig. 2-2), 並びにA, B両細胞群の両側に存在し染色性が低く中程度の大きさの約10数個のC細胞 (Fig. 2-3)である。C細胞群の末端からは神経軸索(axon: AX)が神経細胞群(nerve cell: NC)の周辺に伸びていた。側方神経分泌細胞群は核内に含有物が均一に分布するA細胞と、核が赤色に染色される小型のB細胞が区別できた (Fig. 2-4)。後方神経分泌細胞群は大型のA細胞と、赤色に染色されるB細胞が区別できた (Fig. 2-5)。一方、食道下神経球は一種の細胞のみが存在した (Fig. 2-6)。

脳における神経分泌細胞の分布状況と神経軸索の連絡の模式図を Fig. 3 に示した。中央神経分泌細胞群の神経軸索は、脳の中心部を通して側方に湾曲し、下方部の側心体神経 (nervus corporiscardiaci: NCC) に連絡していた。側方及び後方神経分泌細胞群の神経軸索は、共に下方の側心体神経に連絡していた。

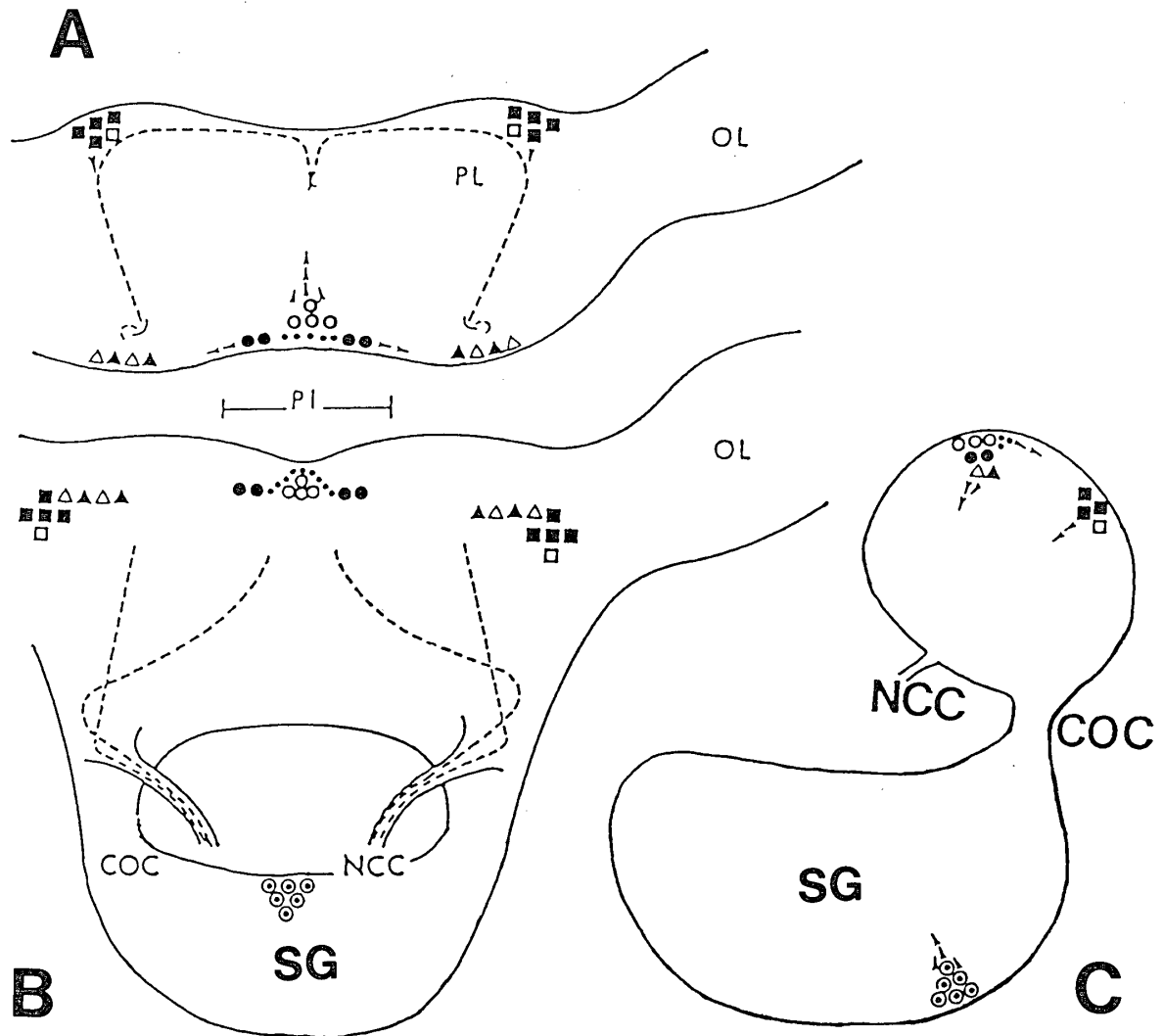


Fig. 3. Schematic representation of neurosecretory cells and course of axon in the cerebrum and suboesophageal ganglion.

○ : A, ● : B, ⊙ : C cells in M-NSC ; △ : A, ▲ : B cells in L-NSC ; ■ : A, □ : B in P-NSC ;
 ⊙ : SG-NSC.

COC : circumoesophageal connective, NCC : nervus corporis cardiaci. Refer the abbreviations in Fig. 1 and 2.

中央神経分泌細胞の内分泌活性の季節的变化：活動期の5月中旬ではA細胞の細胞質中に内分泌物質が蓄積し、神経軸上は束状に著しく発達していた(Fig. 4-1)。夏眠初期の7月上旬ではA細胞に内分泌物質の蓄積はみられず、神経軸索も発達していなかった(Fig. 4-2)。夏眠終了後の9月下旬ではA細胞に内分泌物質が蓄積し、神経軸索も発達していた(Fig. 4-3)。11月中旬では9月下旬とほぼ同様の状況を呈した(Fig. 4-4)。1月初旬ではA細胞は肥大したが、内分泌物質は全くみられなかったのに対して、B細胞には内分泌物質が蓄積し、神経軸索も発達していた(Fig. 4-5)。また、この時期の側心体には内分泌物質が散在し

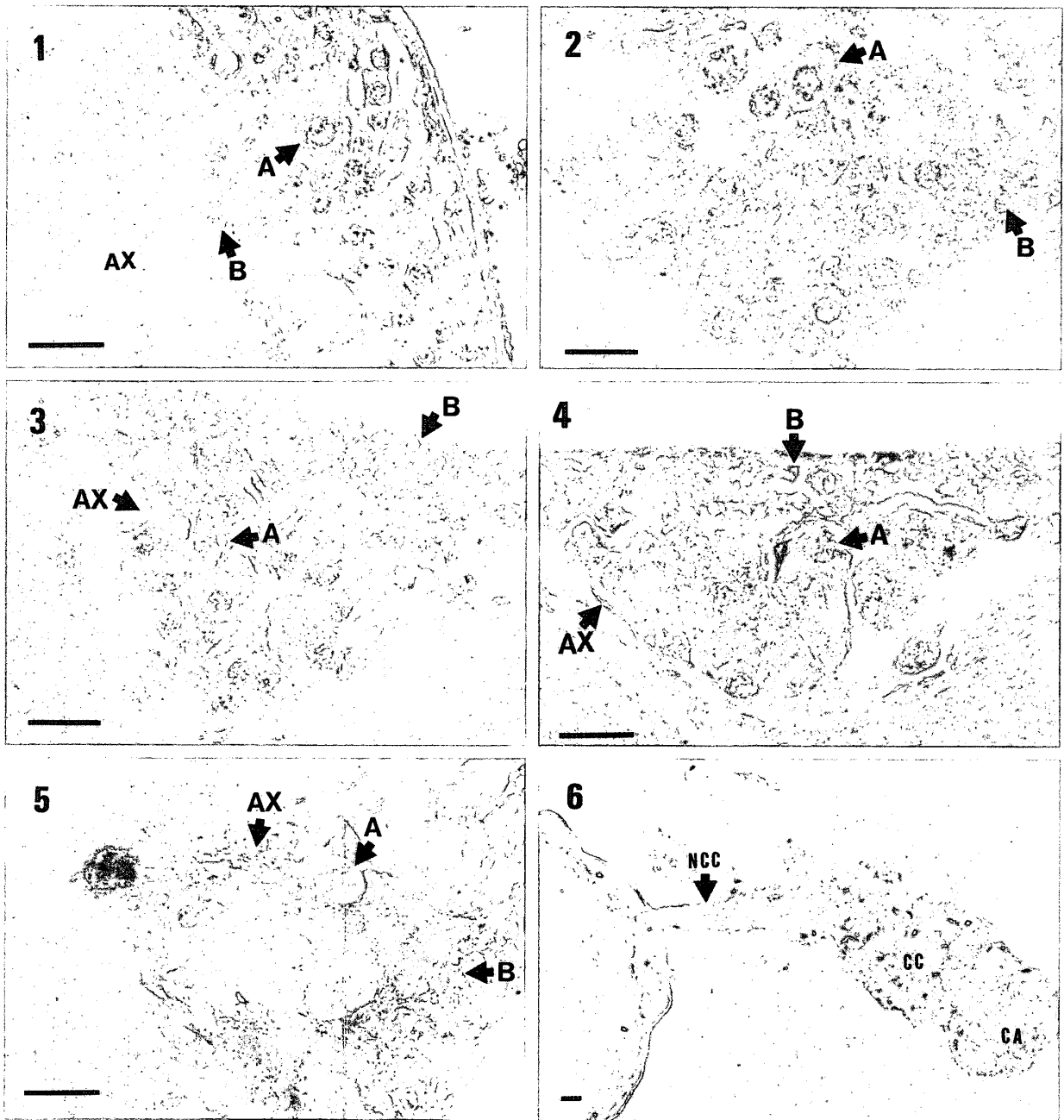


Fig. 4. Seasonal changes in endocrine activity of medial neurosecretory cells of adults. 1:mid-May, 2:early - July, 3:late - september, 4:late - November, 5: early-January, 6: corpus allatum (CA) and corpus cardiacum (CC) in early-January. Refer the abbreviations in Figs. 1 and 2. (Scale: 2 μ m)

ていた (Fig. 4-6)。

成虫の呼吸量の季節的变化：呼吸量は6月以降激減し，7月には雌雄とも最低値を示した (Fig. 4)。9月以降呼吸量は急速に増加し，11月に最高値を示し，1月初旬でも高い値を維持した。

考 察

ナナホシテントウ成虫は東海地方では6月下旬から8月下旬にかけて夏眠し，11月下旬から越冬に入る^{1,2)}。同様な成虫の活動状況が呼吸量の季節的变化からも示された。本種の夏眠はアラタ体の内分泌機能の低下に伴う真の休眠であるのに対して，越冬は低温による単なる治動抑制状態と考えられている³⁻⁵⁾。昆

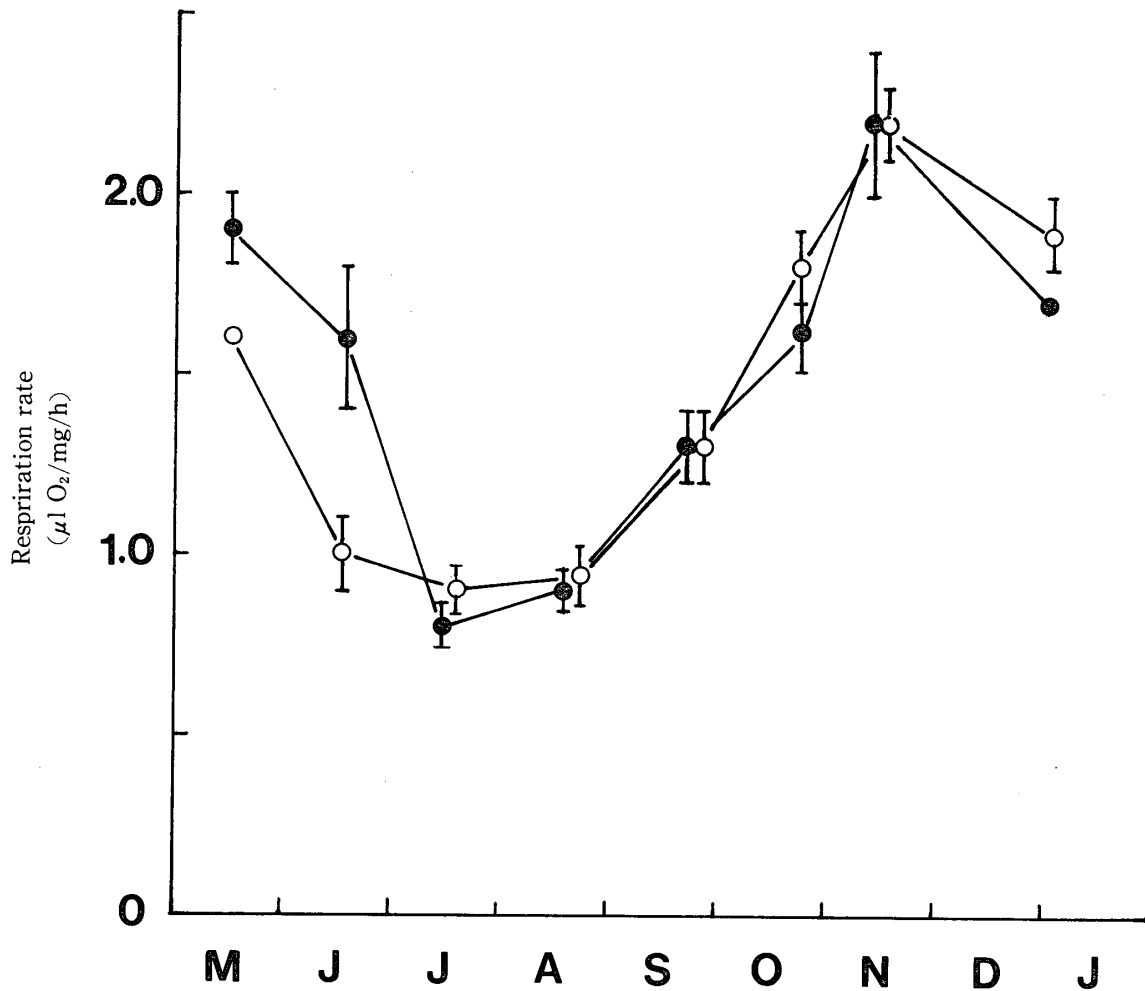


Fig. 5. Seasonal changes in the respiration rate of adults. ● : male, ○ : female. Vertical line in the value shows the standard deviation (n=10).

虫の脳には一般に数種類の神経分泌細胞群が存在し、休眠に伴い神経分泌物質の放出が抑制される^{11,12}。ナナホシテントウ成虫の春と秋の活動個体の脳の中央神経分泌細胞群では、神経軸索が発達しA細胞内に神経分泌物が含有されたことから、脳ホルモンの合成が活発に行なわれていることが推測される。一方、夏眠個体では中央神経分泌細胞群のA細胞内に神経分泌物は認められず、神経軸索も発達しなかったことから、脳ホルモンの合成機能が抑制されていることが示唆される。夏眠個体では卵巣発育は抑制され^{13,14}、活動個体に比べて呼吸量及び中腸のプロテアーゼ活性は著しく低下した^{5,15,16}ことから、脳ホルモンはアラタ体を刺激し、生殖及び代謝機能を支配しているものと考えられる。また、越冬個体では神経軸索が発達するが、中央神経分泌細胞群のA細胞内に神経分泌物は認められず、B細胞内に神経分泌物が顕著に蓄積したことから、越冬個体と活動個体との間で中央神経分泌細胞の内分泌機能に違いが示される。脳ホルモンの合成に関してA細胞は刺激的、B細胞は抑制的に作用することが暗示されるが、脳の各神経分泌細胞の相互機能については今後に残された興味深い研究課題である。

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.: Physiological distinction between aestivation and hibernation in the lady beetle, *Coccinella septempunctata bruckii* (Coleoptera: Coccinellidae). Appl. Ent. Zool. 21: 424-429, 1986.
 - 3) Sakurai, H., Hirano, T., Kodama, K. & Takeda, S.: Conditions governing diapause induction in the lady beetle, *Coccinella septempunctata bruckii* (Coleoptera: Coccinellidae). Appl. Ent. Zool. 22: 133-138, 1987.
 - 4) Sakurai, H., Hirano, T. & Takeda, S.: Change of electrophoretic pattern of haemolymph protein related to diapause regulation of the lady beetle, *Coccinella septempunctata bruckii* (Coleoptera: Coccinellidae). Appl. Ent. Zool. 22: 286-291, 1987.
 - 5) 桜井宏紀：ナナホシテントウの休眠のしくみ。インセクタリウム 27: 356-361, 1990.
 - 6) 小川信也・桜井宏紀・武田 享：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報 I. 側心体の微細構造の季節的变化。岐阜大学農研報 (53): 167-173, 1988.
 - 7) 小川信也・桜井宏紀・武田 享：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 II. アラタ体の微細構造の季節的变化。岐阜大学農研報 (53): 175-181, 1988.
 - 8) 桜井宏紀・武田 享・古橋博昭：ナナホシテントウの脳の微細構造の季節的变化。第31回応動昆虫大会講要 113, 1987.
 - 9) 佐野 豊：組織学的研究法—理論と術式, 南山堂, 941 PP., 1977.
 - 10) 深見順一：昆虫学実験法—呼吸量測定法, 日本植物防疫協会, 343-349 pp., 1965.
 - 11) Hoffmann, H. J.: Neuroendocrine control of diapause and oocyte maturation in the beetle, *Pterostichus nigrita*. J. Insect Physiol. 16: 629-642, 1970.
 - 12) De Wilde, J. & De Kort: Reproduction-endocrine control. In "The Physiology of Insecta" 2nd ed., 1: 97-157.
 - 14) 桜井宏紀・中西秀明・武田 享：ナナホシテントウの卵発育に関する研究——卵巣発育に及ぼす環境要因の影響——。岐阜大学農研報 (55): 83-92, 1990.
 - 15) 桜井宏紀・吉田紀子・小林千恵美・武田 享：ナナホシテントウの産卵と発育に及ぼす温度と日長の影響。岐阜大学農研報 (56): 45-50, 1991.
 - 16) 森川和英・桜井宏紀・三好武彦・武田 享：ナナホシテントウの中腸の微細構造とプロテアーゼ活性の休眠に伴う変化。岐阜大学農研報 (54): 71-79, 1989.