

クルマエビの神経分泌に関する研究—I

食道上および眼柄内神経節に分布する
神経節細胞集団の位置的関係

中 村 薫*

Studies on the Neurosecretion of the Prawn, *Penaeus japonicus* B.—I

Positional Relationships of the Cells Groups Located
on the Supraoesophageal and the Optic Ganglions

Kaworu NAKAMURA*

Abstract

The experiments were carried out preliminarily in order to investigate the neurosecretion of the prawn, *Penaeus japonicus* B.. The microanatomical observations were conducted to clarify their numbers and their constructional situations of the cells groups located on the supraoesophageal and the optic ganglions. The groups were, then, referred to the PAS-positive substances.

From the results, the groups are divided into 7 or 8 based on their localizations. The former groups are named, here, as follows;

1) medulla externa (m. e.) large dorsal, 2) m. e. small dorsal, 3) m. e. internal, 4) corpora pedunculata (c. p.) dorso-external, 5) c. p. dorso-internal, 6) c. p. ventro-external and 7) c. p. ventro-internal. The latter are similarly as; 1) anterior, 2) ventro-anterior, 3) ventro-middle, 4) ventro-posterior, 5) lateral, 6) posterior, 7) ventral- and 8) dorsal-olfactory lobes.

The granules were observed at least in the cells of the m. e. small dorsal, the anterior and the ventro-posterior. The colloidal was found in the pars distalis x-organi. And that, both the substances showed the PAS-positives. It seems that the granules of the ventro-posterior have a possibility to be neurosecretory products, depending on the appearances in the peripheries and the axons of the cells.

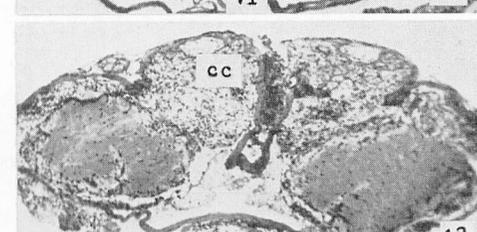
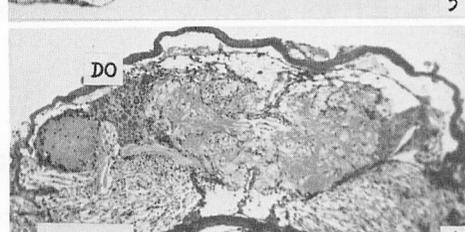
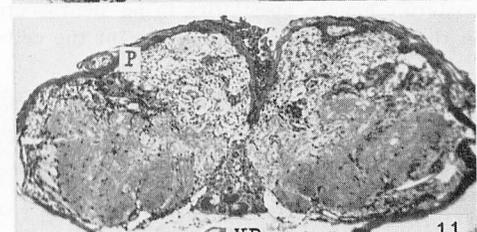
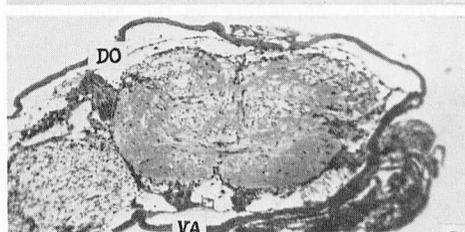
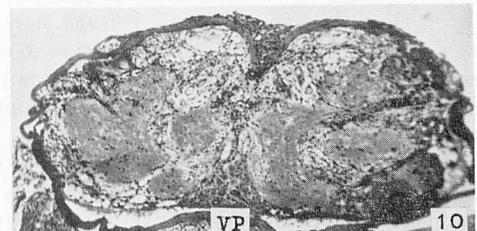
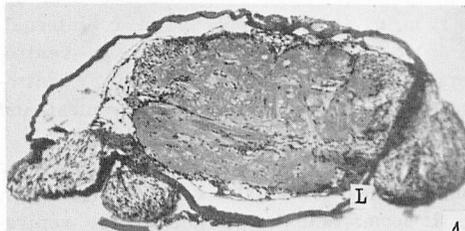
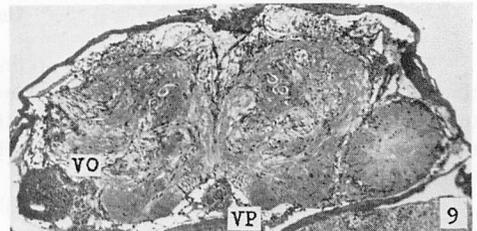
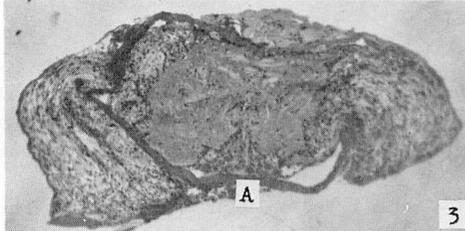
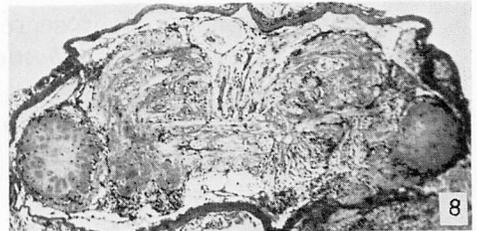
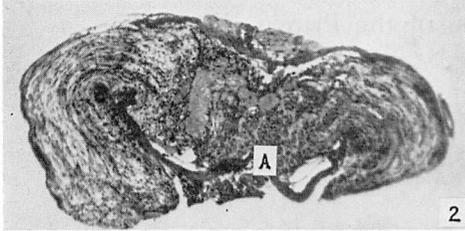
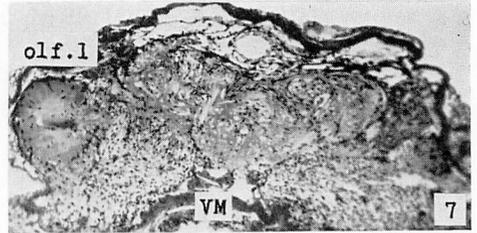
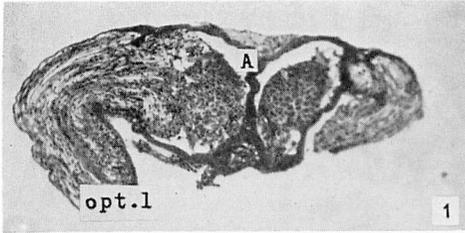
甲殻類における神経分泌現象は GOMORI 染色法の導入以来, ENAMI¹⁾, PASSANO²⁾³⁾, BLISS and WELSH⁴⁾, CARLISLE⁵⁾, MATSUMOTO⁶⁾⁷⁾, 松本⁸⁾⁹⁾, MIYAWAKI¹⁰⁾¹¹⁾, DURAND¹²⁾ 等により十脚目の X 器官—サイナス腺複合体を主な対象とし, また眼柄内および食道上神経節に分布する神経分泌細胞群に関して組織学的研究がなされた. ところで従来の研究は神経分泌細胞と他の非分泌神経節細胞との当該神経節上の位置関係に明確性を欠き, 著者は本研究を始めるにあたりこの点を的確に把握する必要性を考えた.

実 験 方 法

体重 5~10g のクルマエビ *Penaeus japonicus* より食道上神経節と眼柄内神経節を摘出し組織標

* 鹿児島大学水産学部増殖生理学研究室 (Lab. of Propagation Physiology, Fac. of Fisheries, The Univ. of Kagoshima, Kagoshima, Japan)

Plate I

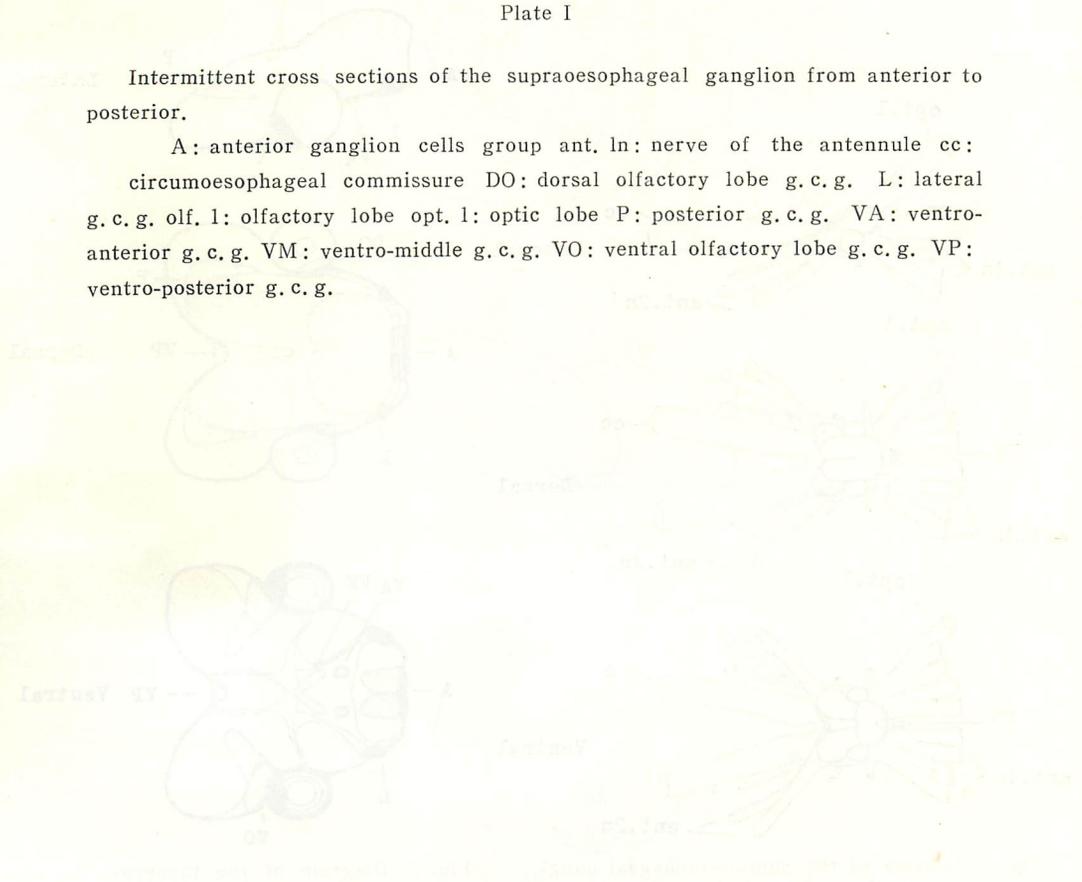


Explanation of plates

Plate I

Intermittent cross sections of the supraoesophageal ganglion from anterior to posterior.

A: anterior ganglion cells group ant. ln: nerve of the antennule cc: circumoesophageal commissure DO: dorsal olfactory lobe g. c. g. L: lateral g. c. g. olf. l: olfactory lobe opt. l: optic lobe P: posterior g. c. g. VA: ventro-anterior g. c. g. VM: ventro-middle g. c. g. VO: ventral olfactory lobe g. c. g. VP: ventro-posterior g. c. g.



本とした。前者は摘出して固定、後者は眼柄のまま固定した後、当該部位を摘出した。固定は飽和ピクリン酸・飽和昇汞等量混合水溶液 (20ml): Na_2SO_4 (1g) の溶液を用いて24時間おこない、n-ブタノール脱水の後、 4μ パラフィン切片とした。染色は McMANUS 過沃素酸 SCHIFF (PAS) 法 (佐野, 1972 による)¹³⁾ を施し核染色には MAYER ヘマトキシリン (佐野, 1972 による)¹⁴⁾ を用いた。細胞の計測には接眼移動測微計を用い組織切片上、楕円体と仮定した細胞の最大核径を含む面の長径と短径の平均を測定値とした。なお計測対象は体重 8g のエビより選んだ。

結 果

食道上神経節細胞集団: 神経節の形態は Fig. 1 および Plate I に示した。神経節細胞集団の分布位置は Fig. 2 に示した。細胞体は神経節表面に位置し、その特定部位に集団を形成する。中で

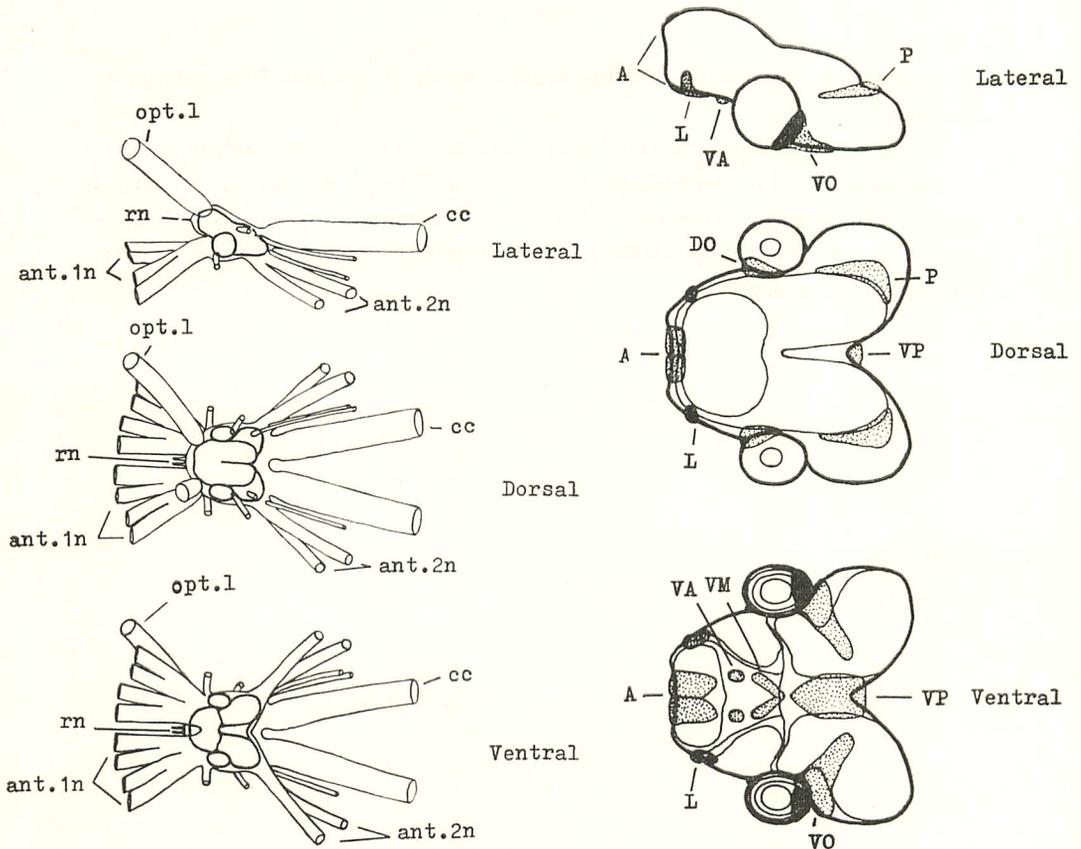


Fig. 1. Schema of the supraesophageal ganglion, ant. 1n: nerve of the antennule ant. 2n: nerve of the antenna cc: circumoesophageal commissure opt. 1: optic lobe rn: rostral nerve

Fig. 2. Diagram of the topography of the ganglion cells groups on the supraesophageal ganglion. A: anterior ganglion cells group DO: dorsal olfactory lobe g.c.g. L: lateral g.c.g. P: posterior g.c.g. VA: ventro-anterior g.c.g. VM: ventro-middle g.c.g. VO: ventral olfactory lobe g.c.g. VP: ventro-posterior g.c.g.

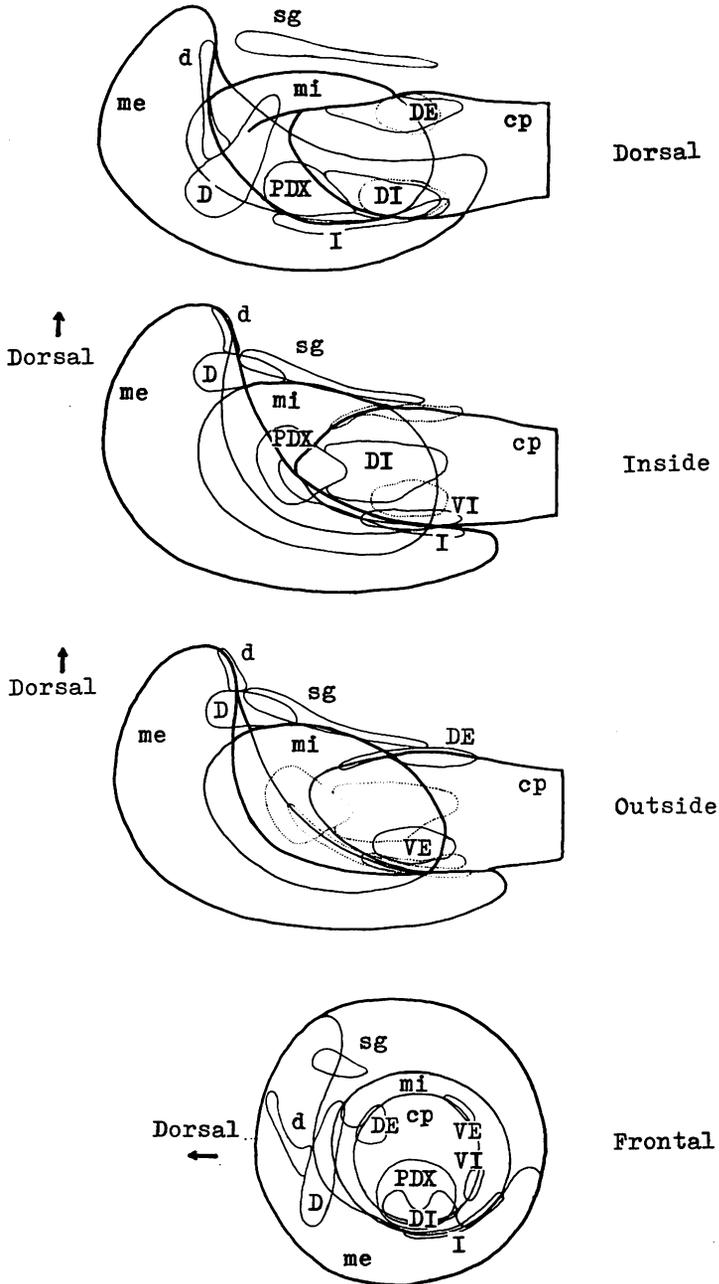


Fig. 3. Diagram of the topography of the main ganglion cells groups on the right optic ganglion. cp: corpora pedunculata D: medulla externa large dorsal ganglion cells group d: m.e. small dorsal g.c.g. DE: c.p. dorso-external g.c.g. DI: c.p. dorso-internal g.c.g. I: m.e. internal g.c.g. me: medulla externa mi: m. interna PDX: pars distalis X-organi sg: sinus gland VE: c.p. ventro-external g.c.g. VI: ventro-internal g.c.g.

Plate II

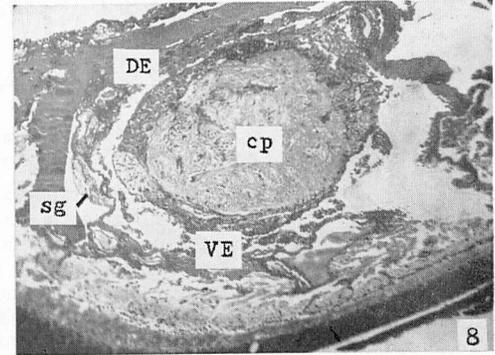
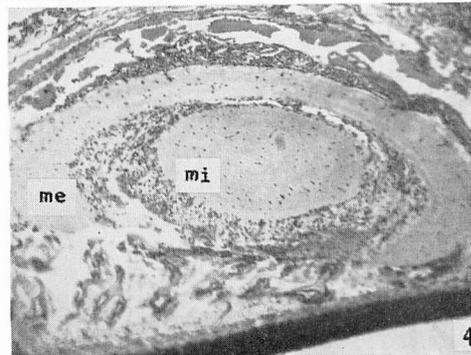
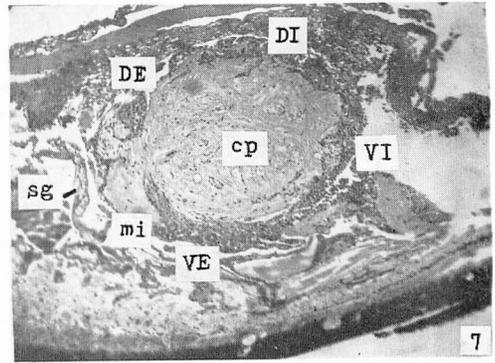
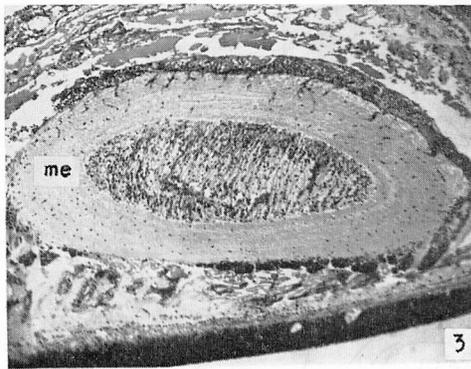
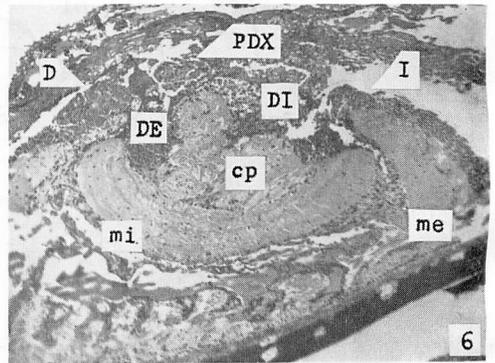
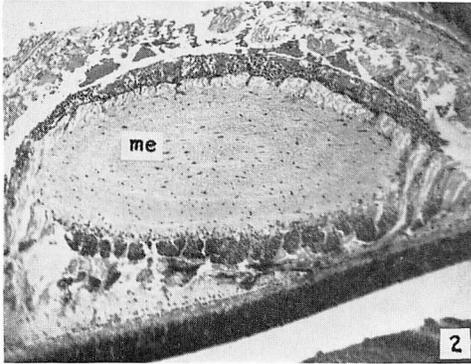
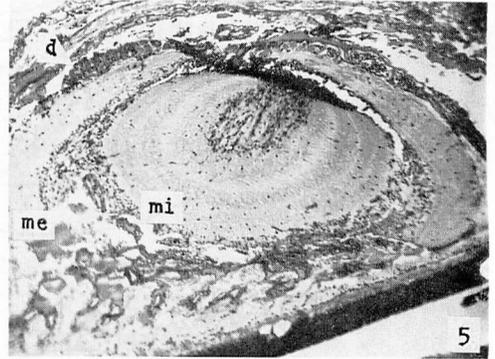
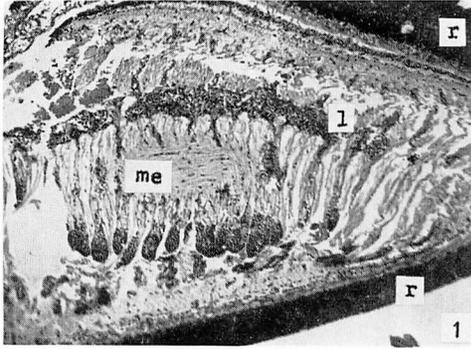


Plate II

Intermittent cross sections of the optic ganglion (left eyestalk) from distal to proximal.

cp: corpora pedunculata D: medulla externa large dorsal ganglion cells group d: m. e. small dorsal g. c. g. DE: c. p. dorso-external g. c. g. DI: c. p. dorso-internal g. c. g. I: m. e. internal g. c. g. l: lamina ganglionalis me: medulla externa mi: m. interna PDX: pars distalis X-organi r: retina sg: sinus gland VE: c.p. ventro-external g. c. g. VI: c. p. ventro-internal g. c. g.

も神経節前部, 背面後部, 腹面後部, 嗅葉腹面後部等に位置する細胞集団の占める面積は大きい。神経節前面には前部神経節細胞集団 (A) が位置し腹面前方域まで分布する。一方, A細胞集団の両側背面より視葉 (opt. *l*) が眼柄内へのび眼柄内神経節をつくる。嗅葉 (olf. *l*) は神経節の中央両側に位置する楕円体状の神経胞 neuropile で, 神経節とその腹面寄りに連絡する。嗅葉の背面前部と腹面後部には各々背面嗅葉部および腹面嗅葉部神経節細胞集団 (DO, VO) が位置する。両者は各々嗅葉と神経節本体の間に介在し, 特に後者は嗅葉腹面後部より神経節腹面後部にかけて広く分布する細胞集団である。神経節腹面においてA細胞集団の側方には側部神経節細胞集団 (L) が位置し, A細胞集団の後方には正中線をはさんで対称的に各1対の腹面前部および腹面中間部神経節細胞集団 (VA, VM) が前後に位置する。後2者は嗅葉内側, 神経節腹面より前方に派出する左右第1触角神経 (ant. 1n) の基部間に位置する。VM細胞集団の後方には正中線上に不對の腹面後部神経節細胞集団 (VP) が位置する。一方, 神経節背面後部の第2触角神経 (ant. 2n) 基部には後部神経節細胞集団 (P) が位置し, その背面上方を背面前方部位から派出した囲食道神経交連 (cc) が食道下神経節へ向かう。

眼柄内神経節細胞集団: 神経節 (右眼柄) の形態と主な細胞集団の分布位置を Fig. 3, 分布位置を平面的展開して地図的に表現したものを Fig. 4 に示す。左眼柄内神経節の横断写真を Plate II に示す。神経節は基部より柄体 (cp) または終髄, 中髄 (mi), 外髄 (me), 神経節葉 (*l*) に区分される。神経節葉は複眼網膜神経と連絡する (Fig. 3, 4 では省いた)。柄体は食道下神経節より眼柄内へのびる視葉の末端部位である。形状は棍棒状で, その額角側腹面に円傘状の中髄の額角側内縁が接する。中髄は柄体の腹面下方に位置し, 後者の反額角側を覆うように広がる。中髄の額角側外縁に, より大きい円傘状をした外髄の額角側内縁が接する。外髄は柄体の額角側に位置し, 柄体と中髄を額角側上方より覆うように広がる。

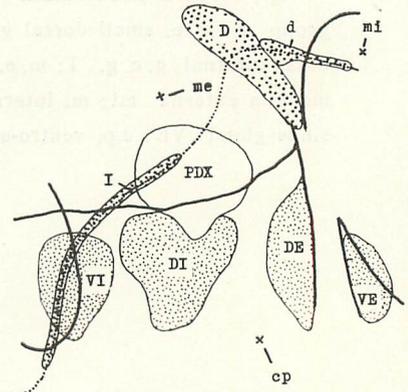


Fig. 4. Diagrammatic map of the main ganglion cells groups' distribution on the right optic ganglion. Abbreviations are the same as in Fig. 3.

柄体, 中髄および外髄の相互の接触角度は個体差少なく大略一定である。ところでサイナス腺 (sg) は柄体の反額角側背面上方に位置し, 柄体体軸と並行する器官で, その内部に PAS 陰性粗粒状物質の蓄積が認められる。また X 器官末端部 (PDX) は柄体先端部の額角側背面に位置し, PAS 陽性コロイド状物質を内部に蓄積した多数の胞状組織より構成される。

各神経節部位における細胞体は当該部位の表面に位置し特定の集団を形成する。特に外髄と柄体にはまとまった集団が認められる。一方, 神経節葉, 外髄末端面, 柄体先端部等には 5μ 以下の小形細胞が多数分布するが, まとまりを把握し難いのでそれらは Fig. 3, 4 の集団より省いた。外髄には3個の細胞集団が認められる。その2個は背面外縁中央に位置し相互に隣接する外髄小背面および外髄大背面神経節細胞集団 (d, D) である。前者は背面外縁に沿って分布する。後者は外髄背面外縁より中髄背面外縁にかけて分布し, 柄体と連絡する神経繊維束を有する。残る1個は外髄額角側外縁に沿って分布する外髄内側神経節細胞集団 (I) である。柄体には4個の細胞集団が認めら

れる。その2個は背面反額角側と額角側に位置する柄体背面外側および柄体背面内側神経節細胞集団 (DE, DI) である。残る2個は腹面反額角側と額角側に位置する柄体腹面外側および柄体腹面内側神経節細胞集団 (VE, VI) である。

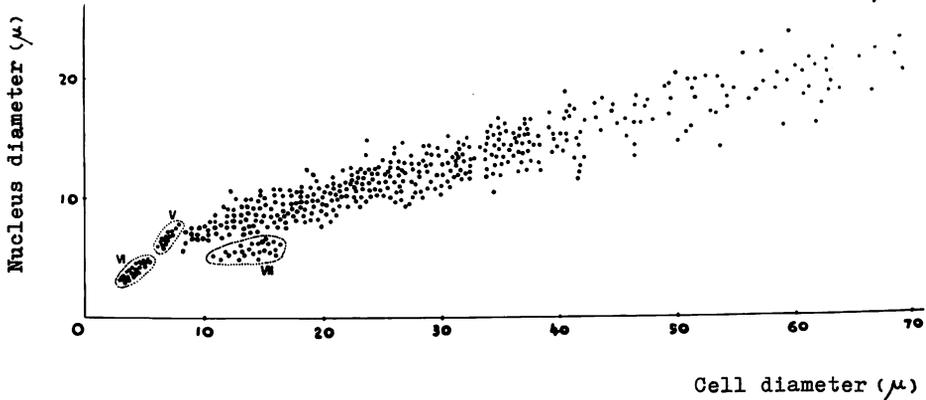


Fig. 5. Arranged cells pattern in the supraoesophageal and the optic ganglion cells groups. V, VI, VII are classified cell types. Over 70 μ cells are cut off.

Table 1. Morphological classification of the ganglion cells distributed on the supraoesophageal and the optic ganglions.

*: a nucleus diameter/a cell diameter
PAS(+): PAS-positive granules contained

Cell-type	Size (μ)	Diameter ratio*	Distribution in the ganglion cells groups													Remarks		
			A	L	DO	VO	VA	VM	VP	P	D	d	I	DE	DI		VE	VI
I	100 > 70 \leq	0.3				+					+	+						
II	70 > 40 \leq	0.3~0.4	+		+	+					+	+						A-PAS(+)
III	40 > 15 \leq	0.4~0.5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	A-, VP-, d-PAS(+)
IV	20 > 10 \leq	0.6~0.7	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	
V	10 > 5 \leq	0.8~0.9				+												
VI	5 \leq	0.9~1.0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
VII	20 > 10 \leq	0.3~0.4	+															

各神経節細胞集団を構成する細胞群の分類と分布：細胞の大きさと核・細胞径比を基準とした神経節細胞の形態的分類を試みた。結果を Fig. 5, Table 1 に示した。Fig. 5 は両神経節の細胞集団より構成細胞を任意に 470 個選び核径と細胞径との関係を調べたものである。但し 70 μ 以上の

細胞は省き、 20μ 以下の細胞は少数選択するにとどめた。Fig. 5中のV, VI, VIIはTable 1に示した細胞の分類番号で、他と比較して核・細胞径比が大きく異なる細胞群である。細胞は大形なもの程その数を減じ、細胞の大きさは連続的である。Table 1は各神経節細胞集団における分類された細胞の所在を示す。70~100 μ に至る巨大細胞(I)は、VO, VP, P細胞集団に存在するが、その数は計数可能な程に少ない。細胞は単極型 monopolar で細胞体は神経節表面に位置し、その内方に軸索を出す。核は細胞質に比較して小さく25 μ 程である。40~70 μ の大形細胞(II)はA, DO, VO, VP, P細胞集団に存在し、その核・細胞径比は0.3~0.4程である。10~40 μ の中形細胞(III, IV)は全ての細胞集団に存在し、その核・細胞径比は0.4~0.5(III)或いは0.6~0.7(IV)である。5 μ 以下の小形細胞(VI)は全ての細胞集団に存在し他の細胞間に介在する。その数は計数不可能で細胞の中では最も多く、細胞は楕円状の核で大半を占められる。以上に加えて2種の細胞群が特定細胞集団に認められる。VO細胞集団には5~7 μ の小形細胞(V)が局在し、細胞は密に集合して嗅葉腹面後半球を覆う。その核・細胞径比は大きく0.8~0.9程である。またA細胞集団の額角神経(Fig. 1, rn)基部付近には10~20 μ の細胞(VII)が局在し、周囲のA細胞集団とは独立した集合体を形成する。その核・細胞径比は小さく0.3~0.4程である。

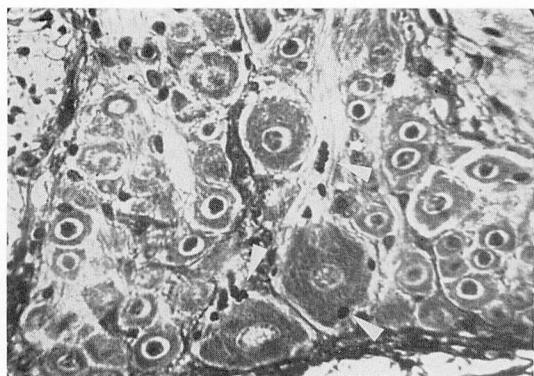


Fig. 6. PAS-positive granules in two VP-cells. Arrows show the granules situated at the periphery and the axon of the cells.

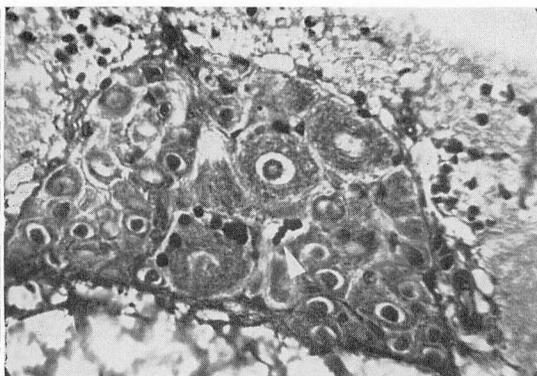


Fig. 7. PAS-positive granules in the VP-cell's periphery and another VP-cell's axon. Arrows show those granules.

PAS 陽性顆粒状物質: A, VP, d 細胞集団には PAS 陽性の顆粒状物質を有する神経細胞が認められる。この細胞はA細胞集団においては大きさ15~70 μ 、核・細胞径比0.3~0.5の中形、大形細胞に属し、VP, d 細胞集団においては各々大きさ35~40 μ 、15~20 μ また核径は15 μ 、10 μ の中形細胞に属する。A, d 細胞集団の当該細胞のPAS物質は細胞質周辺に多く認められるが、VP細胞集団の当該細胞ではFig. 6, 7に示す如く細胞質周辺の他に軸索移行部および軸索中にも認められる。

考 察

食道上神経節の細胞集団の名称に関してはKRIEGER¹⁵⁾、BETHE (BULLOCK and HORRIDGE, 1965による)¹⁶⁾、TURNER¹⁷⁾等で一定していない。HELM¹⁸⁾は十脚目の比較解剖をおこない当該細胞集団を6個に分けた。著者との比較をTable 2に示す。HELMによると嗅葉腹面後部の細胞集団は嗅葉後半球を覆う集団(III)と神経節本体に属す集団(IV)とに分けられるが、著者はこれを

Table 2. Comparison of the nomenclature of the supraoesophageal ganglion cells groups.

I	cellulae anteriores, vorderes	A	anterior ganglion cells group
I _a		VA	ventro-anterior g. c. g.
I _b		VM	ventro-middle g. c. g.
II	c. superiores laterales	DO	dorsal olfactory lobe g. c. g.
II _a		L	lateral g. c. g.
III	c. lobi olfactorii	VO	ventral olfactory lobe g. c. g.
IV	c. inferiores laterales		
V	c. posteriores	VP	ventro-posterior g. c. g.
VI	c. angulares	P	posterior g. c. g.

HELM (1928)

NAKAMURA (1974)

まとめて VO 細胞集団として扱った。一方, A, VA, VM 細胞集団および DO, L 細胞集団を各々一つにまとめる (I, II) 立場は HELM の比較解剖学的考慮によるものであるが, クルマエビにおける各細胞集団は明瞭に独立して分布することから紛らわしさを避けるため著者は 8 個の名称を用いた。眼柄内神経節の各細胞集団に関しては参考となる前例がなく, このまま提示する。

クルマエビのサイナス腺は ENAMI¹⁾, BLISS and WELSH⁴⁾, CARLISLE⁵⁾, MATSUMOTO⁷⁾ 等による他の十脚目と比較すると, その位置にずれが認められる。後者では中髄或いは柄体の背面正中線上もしくは背面額角寄りに位置するとされるがクルマエビでは柄体背面反額角側に位置する。しかしその組織構造に関しては他の十脚目と同様である。また X 器官末端部も他の十脚目と比較して, その位置にずれが認められる。後者では外髄腹面或いは柄体基部腹面に位置するとされるが, クルマエビでは柄体末端部背面に位置する。その組織構造にはタマネギ体 onion body が認められない。本実験では GOMORI 染色をおこなっておらず X 器官神経節部の検索には確定性を欠くが, X 器官末端部の位置を考慮すると眼柄内神経節細胞集団の中で最もよくまとまり, 大きさ 10~40 μ の細胞群より構成される外髄背面外縁の D 細胞集団にその可能性がある。

PAS 陽性顆粒状物質に関しては MIYAWAKI¹¹⁾ によるクリガニ *Telmessus cheiragonus* の例があり, その胸部神経節細胞における出現状況は本実験で VP 細胞集団の神経細胞に観察されたものと酷似する。MATSUMOTO⁶⁾⁷⁾, WELSH¹⁹⁾, SCHARRER²⁰⁾ 等によると, 一般に神経分泌物は核周辺の細胞質に認められ, 細胞周辺さらに軸索中に移行するとされるが, VP 細胞集団中の神経細胞において同様に解釈できる像が確認されることより, 本顆粒状物質は神経分泌物である可能性が大きい。

要 約

1. クルマエビの食道上および眼柄内神経節の表面に分布する神経節細胞を, その分布位置をもとに前者において 8 個, 後者において 7 個の細胞集団に分けた。
2. サイナス腺と X 器官末端部の位置を明確にした。前者は柄体反額角側背面上方に位置し, 後者は柄体末端部額角側背面に位置する。
3. 両神経節細胞集団を構成する細胞の形態的分類をおこない, 各細胞集団における所在を調べた。
4. 両神経節の特定細胞集団の神経細胞に PAS 陽性顆粒状物質を認め, それが神経分泌物であ

る可能性を指摘した。

文 献

- 1) ENAMI, M. (1951): The Sources and Activities of Two Chromatophorotropic Hormones in Crabs of the Genus *Sesarma*. II. Histology of Incretory Elements. *Biol. Bull.*, **101**, 241-258.
- 2) PASSANO, L. M. (1951): The X-organ-sinus gland Neurosecretory System in Crabs. *Anat. Rec.*, **111**, 502.
- 3) PASSANO, L. M. (1954): Phase Microscopic Observations of the Neurosecretory Product of the Crustacean X-organ. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, **24** suppl., 72-73.
- 4) BLISS, D. E., and J. H. WELSH (1952): The Neurosecretory System of Brachyuran Crustacea. *Biol. Bull.*, **103**, 157-169.
- 5) CARLISLE, D. B. (1953): Studies on *Lysmata seticaudata* Risso (Crustacea Decapoda) VI. Notes on the Structure of the Neurosecretory System of the Eystalk. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, **24**, 434-446.
- 6) MATSUMOTO, K. (1954): Neurosecretion in the Thoracic Ganglion of the Crab, *Eriocheir japonicus*. *Biol. Bull.*, **106**, 60-68.
- 7) MATSUMOTO, K. (1958): Morphological Studies on the Neurosecretion in Crabs. *Biol. J. Okayama Univ.*, **4**, 103-176.
- 8) 松本邦夫 (1955): ズワイガニ胸部神経節の神経分泌. 動雑, **64**, 361-365.
- 9) 松本邦夫 (1955): ズワイガニ脳神経分泌. 同上, **64**, 366-369.
- 10) MIYAWAKI, M. (1955): Neurosecretory Cells of the Crab, *Telmessus cheiragonus* (Tilesius), in the Living Condition. *Annot. Zool. Japon.*, **28**, 163-166.
- 11) MIYAWAKI, M. (1956): PAS-Positive Material in the Neurosecretory Cells of the Crab, *Telmessus cheiragonus* (Tilesius). *ibid.*, **29**, 151-154.
- 12) DURAND, J. B. (1956): Neurosecretory Cell Types and Their Secretory Activity in the Crayfish. *Biol. Bull.*, **111**, 62-76.
- 13) 佐野 豊 (1972): “組織学研究法”, 南山堂, 東京, 455-456.
- 14) 佐野 豊 (1972): 同上, 179-180.
- 15) KRIEGER, K. R. (1880): Ueber das Centralnervensystem des Flusskrebse. *Z. Wiss. Zool.*, **33**, 527-594.
- 16) BULLOCK, T. H., and G. A. HORRIDGE (1965): “Structure and Function in the Nervous Systems of Invertebrates”, Vol. 2, W. Freeman and Company, 816-833.
- 17) TURNER, C. H. (1901): The Mushroom Bodies of the Crayfish and Their Histological Environment. *J. Comp. Neurol.*, **11**, 321-368pl. 21-24.
- 18) HELM, F. (1928): Vergleichend-Anatomische Untersuchungen über das Gehirn, Insbesondere das Antennalganglion der Dekapoden. *Z. Morph. Ökol. Tiere*, **12**, 70-134.
- 19) WELSH, J. H. (1961): Neurohumors and Neurosecretion. in “The Physiology of Crustacea” (ed. by T. H. WATERMAN), Vol. 2, Academic Press, New York and London, 299-300.
- 20) SCHARER, E. (1962): Concluding Remarks. in “Neurosecretion” (ed. by H. HELLER and R. B. CLARK), Academic Press, London and New York, 421-424.