

綜 説

家蠶血組織の發生並に機能に關する研究概説

蒲 生 俊 興

高等動物に於ける所謂鬆和性結締組織に屬する細胞に多數の喰嘔性細胞が識別される。即ち巨大喰嘔細胞 (Macrophages)、組織球性細胞 (Histiocyte)、網狀内被系 (Reticuloendothel-system) 等で、是等は或は遊離し又は多數連絡して網狀に存在する細胞で何れも血行内に現れる異物を喰嘔する性能を有し、ことに膠質狀を呈する諸種の色素を攝取蓄積する機能を有するから Carmine 等の生体染色によつて明かに他種細胞と區別される特徴がある。次に無脊椎動物に於ける喰嘔性細胞は Athrocyte (=Sammelzelle) 或は Nephrocyte (腎細胞) などとして記載せられ、体液内に游行する喰嘔細胞 (Phagocyte) と共に哺乳動物に於ける前記の組織と同種のもので解せられてゐる。ことに昆蟲綱に於ては Weismann (1864) が家蠶の幼蟲で花彩狀細胞帶を發見して以來多くの昆蟲學者の研究の鋒先がその細胞群に向けられ殆どあらゆる昆蟲各目に就てその細胞の形態、機能が研究せられた。従て多くの昆蟲學者によつて夫々異なる呼稱を以て報告せられてゐる。例へば Wielowiejski (1886) は Diptera に就て血組織 (Blutgewebe), Bruntz (1904) は Thysanura 及び Lepidoptera に於て腎細胞 (Nephrocyte), Kowalevsky (1889) は Musca に關し酸性腎 (Acid excretory organ) 又は蓄積腎 (Storage kidney), Verson (1911) は家蠶に於て圍心腺 (Pericardial gland) 及び周氣管腺 (Peritracheal gland) 又池田氏 (1913) は家蠶に就て第二血組織 (圍心組織) 及び第一血組織 (周氣管組織) として記載してゐる。余も家蠶に於て之等兩組織を圍心細胞と周氣管細胞とに區別し、兩細胞は殆ど同一な機能を有するから Wielowiejski に従つて合せて血組織として記載した。

今昆蟲体血組織の構造、發生並に機能に關する從來の研究業績を通覽し、併て余の研究結果の梗概を記せば次の通りである。

(I) 組 織 發 生

圍心細胞の胚子的發生に關しては Heymons (1895), Zawarzin (1911), 池田氏 (1913) 及び Hollande (1922) 等の研究があり、何れも其の起源を中胚葉とする點に於て一致せるも、Hollande は Yponomeuta 及び Vanessa に就きその圍心横隔膜から分化するものと推論し、Zawarzin は Aeschna に於て背脈管を構成する外膜 (Adventitia) から生成されるものと認め、又池田氏は家蠶に就て中胚葉より分離せる原細胞の分裂により、背脈管の兩側に發達する扇狀筋上に配列するに至るものと推論してゐる。又 周氣管細胞の胚子的發生に關しては家蠶につき櫻井氏 (1915) は蠶に Wheeler (1893), Heymons (1895) 及び外山博士 (1902) が記載せる所謂食道下体を構成する各細胞が孵化前に於て分散するによつて形成せられるものと論じてゐる。

次に圍心細胞の後胚子的發生に關しては Weismann (1864), Kowalevsky (1886, '87), Vaney (1902), Bruntz (1904), Henneguy (1904), Metalnikov (1903, '08), Berlese (1909), Verson (1911), 池田氏 (1913), 櫻井氏 (1915), Hufnagel (1918) 及び Hollande (1922) 等の研究があるが夫々材料の異なる如くはその所説も諸種の點に於て相違を示してゐる。

(a) 圍心細胞の核分裂法に就ては (イ) 有絲分裂を認める者——Verson (*Bombyx mori*) Berlese (*Lithosia*), Hollande (*Yponomeuta*) と (ロ) 無絲分裂を認める者——Hufnagel (*Yponomeuta*), Metalnikov (*Galleria*), Hollande (*Galleria*) とがある。

(b) 圍心細胞の多核細胞 (Syncytium) の成因に就ては (イ) 細胞中に異なる大きさの數核を指摘せる者——Bruntz (*Pieris*), Berlese (*Lithosia*), Hollande (*Galleria*) と, (ロ) 數個の細胞癒合によつて生じたと認むるもの——Metalnikov (*Galleria*), Berlese (*Lithosia*) と、並びに (ハ) 細胞分裂を伴はない核分裂の結果生ずると認むるもの——Hufnagel (*Yponomeuta*), Hollande (*Vanessa*, *Galleria*) とが區別される。

(c) 多核細胞出現の意義に就ては (イ) 細胞退化の徴と認むる者——Metalnikov (*Galleria*) と (ロ) 新細胞生成の一過程と認むる者——Verson (*Bombyx mori*), Hollande (*Vanessa*, *Galleria*) とある。

(d) 多核細胞發生の時期に關しては (イ) 既に孵化後間もなき幼蟲に認むる者——Hollande (*Vanessa*), (ロ) 幼蟲の各齡に觀たる者——Hufnagel (*Yponomeuta*), Hollande (*Galleria*), (ハ) 化蛹前の幼蟲 (前蛹期) に認めた者——Metalnikov (*Galleria*), Berlese (*Lithosia*), Hufnagel (*Yponomeuta*), Hollande (*Galleria*), 並びに (ニ) 蛹期間及び成蟲期に認めた者——Hollande (*Galleria*, *Vanessa*) とが區分される。

(e) 圍心細胞の蛹期間に於ける行動に就ては (イ) 變態期間に於て、その一部消失すと認むる者——Metalnikov (*Galleria*), (ロ) その儘成蟲に移行すと認めた者——Weismann (*Musca*), Kowalevsky (*Musca*), Vaney (*Gastrophilus*), Hollande (*Galleria*, *Vanessa*), (ハ) 蛹期間中に却て増殖すと認めた者——Verson 及び池田氏 (家蠶) とある。

(f) 蛹期間に於ける圍心細胞解体の方法に關しては (イ) 血球の捕食作用 (phagocytosis) に因ると認むる者——Metalnikov (*Galleria*), (ロ) 細胞体の自家融解 (Autolysis) に因ると認むる者——Terre, Henneguy, 及び Bishop 等が主として昆蟲体の脂肪細胞に於て夫々觀察してゐる。

次に周氣管細胞の後胚子的發生に就ては從來僅かに Kowalevsky (1886) の *Musca*, Verson (1911) 及び池田氏 (1913) の家蠶に關して研究せるものがあるのみで何れも蛹期間に於て該細胞の一部消失することを記載してゐる。

× × ×

以上の如く昆蟲体血組織細胞の發生に關しては研究結果區々にして歸一する所が無い。著者は家蠶の一代を通じ本組織の構造分布發生並びに蛹期間に於ける解離に就て觀察する所があつたから先づ茲にその梗概を記して見やう。

(1) 家蠶血組織の構造及び分布

家蠶の血組織は背脈管の内外周圍と扇狀筋に附着して存在する圍心細胞 (Pericardial cell) と縱走主氣管の附近に存在する周氣管細胞 (Peritracheal cell) との二種に區分され、何れも胚子の中胚葉 (Mesoderm) 起源の組織であるがその構造や分布上兩者には可成の相違がある。

(2) 血組織の發生

(イ) 胚子的發生

胚子の食道下休から分化して周氣管細胞が生成されることは櫻井氏が既に記載された通りであるが、著者の觀察では胚子時代には圍心細胞は全く見出すことが出来ない。

(ロ) 後胚子的發生

周氣管細胞が孵化二、三日前から分化を開始するに對し、圍心細胞は第二眠以後の各眠毎に背脈管の心原細胞の原始核から、又扇狀筋細胞核からは第一齡盛蠶當時から生成分化される。

(3) 血組織の分裂増殖

發生分化當初の血組織細胞が漸次成長して各眠期後半になると先づ核の直接分裂を起して多核細胞のまま次齡起蠶となり、之が各齡盛蠶と化蛹當初の頃細胞体の分割を起して、再び單細胞に戻る。而して此の場合に於ける核分裂の方法は Wasielewski (1902) の Diatmesis 法に類する直接分裂に因る。尙 Peter (1925) が分裂中の細胞は作用せず、或は作用旺盛なる細胞は分裂せずして、作用の衰ふるに及んで分裂することを報じてゐるが、余の血組織の觀察では蠶兒食桑中、血組織細胞が盛んに攝取増大する時期には核分裂は行はれず、各眠後期に該細胞の代謝作用が比較的衰へた頃に核分裂を起すことは Peter の説を裏書するが、斯くして得られた多核細胞は次齡盛食期迄盛んに攝取増大した場合に各核毎に細胞体は分割して單細胞となることは同氏の説と趣を異にするものである。

(4) 血組織の蛹期間に於ける解離

化蛹後 3~5 日目頃に既に成長極度に達した血組織は自家融解 (Autolysis) にて一部崩壊すると共に、他方に存在する幼若な小細胞が漸次分裂増殖して之に代る。蛹期間に解離する細胞は周氣管細胞に多く圍心細胞には極めて少い。

(II) 機 能

圍心細胞の機能に就ては Graber (1871-'73), Balbiani (1886), Wislowiejski (1886), Kowalevsky (1886), Grandis (1890-'91), Cuénot (1895-'96) Philiptschenko (1907), Metalnikov (1908), Bruntz (1903-'09), Verson (1911), 池田 (1913), Hollande (1922), Kuhl (1924), Keilin (1924) 等の研究がある。今その所説を分類すると：—

(1) 体液中に浸入せる異物を攝取して淨血作用を營むと認めたる者

(イ) 体液内瓦斯交換の作用を有すと認めたる者 (Graber)

(ロ) 体液内に注射せる Ammonia carmine の攝取を記載したるもの (Kowalevsky, Cuénot, Grandis, Metalnikov, Bruntz, Philiptschenko, Hollande 及び Kuhl)

(ハ) 細菌及び毒素等を攝取捕食すと認めたる者 (Balbiani Kuhl)

(ニ) 体液中の溶解性物質を攝取して、不溶性となし、之を細胞内に蓄積する作用を有すと認めたるもの (Kowalevsky, Grandis, Cuénot Kuhl)

(ホ) 細胞内に不溶性として蓄へた物質を血球をして捕食せしむる仲介作用を有すと認めたる者 (Metalnikov)

(ヘ) 体液中の膠質性物質を攝取し、細胞内酵素によつて之を晶質性物質に分解し再び体液中に返戻する作用を認めたるもの (Hollande)

(ト) 体液中の過剩鹽基性物質を攝取して之を中和する能力を有すと認めたる者 (Hollande)

(2) 体液中の代謝産物を攝取し、間接的に排泄作用に關與すると認むる者

(イ) 体液中代謝産物を攝取蓄積する一種の蓄積腎 (Rein d'accumulation) と認めたる者、(Kowalevsky, Grandis)

(ロ) 細胞中に攝取された物質は化學變化を受けて再び体液中に放出され更に Malpighi 管によつて排泄せられるものと認めたるもの (Cuénot, Hollande)

(ハ) 細胞中に代謝産物の集積著しいものは崩壊して血球によつて捕食されるものと解したる者 (Metalnikov)

- (3) 体液中より攝取した物質を分解して再び体液中に放出し、主要器管の新陳代謝に關與すと認めたもの (Wielowiejski)
- (4) 血組織を一種の内分泌器官と認めた者 (Verson, Hollande)
- (5) 血組織を一種の造血器管と認めた者 (Balbiani, 池田榮太郎)

× × ×

上記の如く昆蟲体血組織中圍心細胞の機能に關しては所説甚だ區々にして歸一する所がないばかりでなく周氣管細胞の機能に就いては未だ正確なる記載を有たない。仍て余は家蠶の圍心細胞と周氣管細胞の機能に就て少しく研究する所あつたから其の梗概を記述することにする。

(1) 血組織の淨血作用

余は蠶兒体腔内に (イ) Lithium carmine 又は Tolidin 青の如き膠質性色素 (ロ) 炭粉粒子及び Carmine 顆粒の如き懸濁液 (ハ) 細菌浮游液や Sericin 溶液の如きものを注射し、是等が血組織細胞によりて攝取される状態を詳細に觀察した。即ち (イ) の場合は注射後 1~3 時間から (ロ) (ハ) の場合は注射後 24~48 時間から細胞内に攝取せられ、而も (ハ) の如き可消化性物質は攝取後 2~3 日後は細胞内消化を受けて全く消失するに對し Carmine, 炭粉粒子は蠶の終生その細胞体内に保留される。然し極端に色素を攝取したものは核内迄も染色するに至り漸次活力が衰へやがて崩壊して色素を体液中に放出すると共に之等の色素は再び若細胞によつて攝取蓄積せられて行く。

(2) 血組織細胞の荷電と攝取作用

血組織細胞質は平均 PH 5.0~5.6 核は PH 4.0~5.4 で更に細胞質の等電位點は PH 4.9~5.3 であるから血組織細胞質は明かに陰性荷電である。此の事實は顯微鏡下で電氣を通じ細胞体小片又は細胞質内小顆粒の電氣泳動の實驗結果と一致する。次に血組織は血液内で陽性荷電を有する膠質性物質を攝取する機能を有し、即ち水溶液で陰性荷電を有する酸性色素のうち体液内で荷電の轉換を行つて陽性となる Lithium carmine の如き色素と又水溶液中陽性荷電を有する塩基性色素中体液内で荷電の轉換を行はなない色素、例へば Tolidin 青の如きは血組織細胞によつて攝取される。従て血組織細胞の攝取作用は一種の電氣的吸着の現象と考へられる。

(3) 血組織細胞の細胞内代謝作用

食桑と共に体液中に吸収された食餌中の蛋白性物質は漸次血組織細胞によつて攝取蓄積せられ、細胞内小顆粒 (microsome) 中に好酸性の蛋白顆粒 (1.0~1.5 μ) として現れ、之が絶食期間 (例へば眠期及び營養期) に入つて細胞内酵素の作用を受けて漸次消化し去られる。又前蛹期頃から細胞質内に好鹽基性の顆粒 (2~8 μ) を生じ、化蛹に及んでその顆粒が周圍から漸次好酸性に轉化し化蛹第八日頃に消失する。

(4) 血組織の代謝作用と他器官との關係

Lithium carmine を攝取せしめて血組織細胞の代謝機能に制限を與へると脂肪細胞及び絹絲腺の發育を阻害し、体液内の amino 酸量及び体液酸中和能力を低下する。又血組織細胞は蛹期間及び眠期間に於ける脂肪細胞内蛋白性貯藏養分の消費と密接な關係を有するが、併し血組織の代謝機能を制限すると脂肪細胞内の蛋白性顆粒の消費は甚だしく遅延する。

(5) 血組織は果して排泄作用を仲介するか

從來多くの學者の報告せる處によると圍心細胞は Malpighi 管と共同作業に於て排泄作用を仲介する如く考へられて來たが、余の觀察によると (イ) 食物中の營養の多少によつて細胞内代謝顆粒に多少の差を生ずること、(2) 蛹の末期呼吸作用を増大するにも不拘、細胞内代謝顆粒は却つて減少すること、(3) 食桑期中一度絶食するか或は眠期に於ける絶食と共に細胞内の顆粒は直ちに消失すること、(4) 昆蟲の營養細胞たる脂肪細胞中の蛋白性顆粒の消費と密接な關

係があること、等の事實に徴して、本組織の代謝機能を直ちに排泄作用を仲介するものとは断定し難いばかりでなく、寧ろ蠶体内に於ける蛋白性栄養物質の分解利用と深い関係を有するものと思へる方が妥當と思はれる。

(6) 圍心細胞と周氣管細胞との比較

周氣管細胞が胚子時代の食道下細胞塊から發達して既に胚子の末期から活動するに對し、圍心細胞は漸く第一、二眠期から分化發生を見て徐ろに活動を起す。従て周氣管細胞は早く成長の極度に達し、蛹期間には著しく解離作用を受けて其の数を減ずるか圍心細胞は蛹期間に於て却つて其の数を増加するやうである。されど兩細胞とも中胚葉系の組織でその大いさは違ふが殆ど同様な機能を呈することは明かである。而して余の觀る所では周氣管細胞は特に家蠶に於て發達し他の昆蟲類には至つて少いか或は絶無である。

(7) 血組織は造血器官に非ず

既に Balbiani や池田氏が記載した如く果して血組織に造血機能ありやといふに、余の觀察では全くこの事實がない。

(8) 血組織は内分泌器官なりや

Verson 及び Hollande の記述せる如く直ちに本組織を内分泌作用を有する器官と認むることは困難であるが、ともかく此の細胞内では蛋白性物質を攝取蓄積しつゝ細胞内消化を行つて再び体液内に分泌するは明らかであるから此の意味に於て一種の内分泌器官と認めることは可能性がある。併し其の機能上 Verson の考へてゐる如く眠期に於て必要とする物質を内分泌するものと思へることが出来ない。(以上)

(於 上田蠶絲専門學校)

Studies on the histogenesis and the physiological functions of the blood tissue in the silkworm, *Bombyx mori*, L.

Toshioki GAMÓ

(Abstracted from The Bulletin of the Imperial Uyeda College
of Sericulture and Silk-industry, Vol. 2, No. 1, Oct. 1936.)

Résumé

(I) Introduction.

Since Weismann (1864) has discovered the "garland-like strand", a part of the blood tissue in the Muscid larvae, it has been studied by many authors in almost all orders of insects, and has been variously named *the blood tissue* (Wielowiejski, 1886), *the nephrocyte* (Bruntz, 1904), *the storage kidney* (Kowalevsky, 1889), *the acid excretory organ* (Kowalevsky, 1889), *the pericardial and peritracheal glands* (Verson, 1911), and *the athrocyte* (Burian, 1924).

The blood tissue in the silkworm consists of certain localized groups of cells, which occur in two principal groups: (1) Pericardial cells and (2) Peritracheal cells.

Pericardial cells consist of three kinds of cell chains arranged in linear series, (a) laid along the out side of the dorsal vessel, (b) along the inside of the vessel and (c) along

aliform muscles of both sides of the vessel.

Peritracheal cells usually form a chain which is suspended in the body cavity along the longitudinal main trachea on both sides of the body.

In the present paper, the author has dealt with the anatomical structure, the histogenesis and the physiological functions of these blood tissues of the silkworm, throughout its generation. The outline of these experimental results on the histogenesis and the functions of the tissues, especially on the significance of intracellular change during the metamorphosis and the final disposition of the cell-inclusions are described as follows:—

(II) Experimental results.

(1) Histogenesis.

It is obvious that the pericardial cells are generated either from the primitive nucleus of the cardio-blast cell in the dorsal vessel, or from the generative nucleus of the aliform muscle respectively. The developmental period during which the pericardial cells are generated from the former is in each moulting period after the second instar, and from the latter is in each moulting period after the end of the first instar. But the peritracheal cells are clearly differentiated from the suboesophageal body of the embryonic stage.

(2) Cell division and multiplication.

Poli-nucliated cells of the blood-tissue are yielded by means of direct nuclear division without following by cleavage of cytosome, at the end of each moulting stage, in the course of spinning stage and in the seventh day pupa.

But as the feeding of the larva progresses, these multinuclear cells gradually grow up until the cleavage of the cell-body takes place making a mononuclear cell.

(3) Histolysis

The tissues fully developed at the end of the larval instar, are subjected to autolytic disolution, in the stage of 3—5 day pupa. But the pericardial cells rather increase in number owing to the differentiation of young cells, whereas the peritracheal cells usually decrease during the same period.

(4) Storing and phagocytosis of foreign substances.

Blood-tissues are able to phagocytose particulate matter and to store foreign substances brought to it in colloidal solution.

(a) The ultra-microscopical particles of the colloidal dye solution such as lithium carmine and tolidin blue, injected into the body-cavity, gain access to and are stored by the cells within 1—3 hours after injection.

(b) On injecting the suspensions of any sterile materials such as India ink, powdered carmine used as particulate matter, these are ingested within 24—48 hours after injection.

(c) Suspensions of living bacteria and colloidal solution of sericin introduced into the body-cavity are at first destroyed by leucocytes being broken into finer particles, after which these penetrate into the cells within 24—48 hours after injection.

(d) If the foreign particles are of different nature and indigestible, they may remain

for a long time in the cells which have ingested them, and on penetrating into the nucleus, the cells gradually degenerate during the pupal stage, and the particles are set free and may be taken up again by other young cells. But if the particles are digestible as are micro-organisms or sericin solution, they may be gradually destroyed within 2—3 days through intracellular digestion.

(5) The hydrogen-ion concentration and the electric charge of the blood-tissue.

It seems reasonable to assume that the cells of blood-tissue are negatively charged because the iso-electric point of cytosome of the cell (PH 4.9—5.3) is a little less than the PH value of it (PH 5.0—5.6).

According to the author's experiments it is obvious that the colloidal particles which are positively charged in the body-fluid are easily taken up by the blood-tissue cells. In other words, either some of the acid stains which easily change potentiality in the body-fluid, or some of the basic stains in which no change in charge takes place in the body-fluid, are easily ingested and stored up in the cytosome. On that account, it is reasonably considered that the elective ability of intake of vital dyes is chiefly due to the physical phenomenon of electric adsorption and the adhesiveness of colloidal particles.

(6) Intracellular digestion of albuminoid granules.

The ultra-microscopical particles of the nitrogenous colloidal solution which come from the food through the digestive organ, enter the cell body in an invisible manner, aggregate in the cytoplasm into larger particles (1.0—1.5 μ) and continue to increase in size during the feeding stage. Later, the particles are gradually destroyed through intracellular digestion in the moulting stage. The same phenomenon is regularly recapitulated during the pupal stage, i. e., the much larger albuminoid spherules (2—10 μ) which appear in proportion as histolysis of the larval tissues go forward gradually undergo the identical change by means of intracellular digestion.

(7) Staining reactions of cytoplasmic inclusions and the physiological significance.

The cytoplasmic inclusions in blood-tissue cells which occur in the feeding stage of larvae and in the pupal stage are rationally recognized to be an albuminous substance, as indicated by positive Millon- and Fehling-reactions.

In following the evolution of these spherules, from basophile microsomes to acidophile cytoplasmic spherules: at first, the cytoplasmic structure, being filled with microsomes and vacuoles, is finely alveolar in appearance and stains blue with Mallory's triple stain modified by Heidenhain, and dull pink with iron hematoxylin with eosin. And according as nitrogenous colloidal particles which come from the food or the reserved materials enter the cells, basophile microsome gradually undergo a change in staining reactions, becoming redish-blue or red with Mallory's stain and black with iron-hematoxylin from they edge. As the acidophile area in the spherules gradually increase in amount, they fuse with each other, ultimately transforming the entire spherule into an acidophile spherical body. Meantime these acidophile spherules gradually continue to disappear during the moulting stage or pupal instar.

(8) Interrelations of physiological functions between the blood-tissue and other organs.

When the metabolic activity of the blood-tissue cell is restricted by making use of

the properties with which the cell is able to store up the colloidal suspensions of lithium carmine which is harmless in the insect body, it has become clear that the development of the fat cells and the silk-gland is checked to a certain extent, and the contents of amino-acids and buffer activity of the body-fluid exceedingly decrease.

Furthermore, it is extremely obvious that the metabolism of the blood-tissue plays an important rôle in both the appearance and the disolution of albuminoid granules which appear in the fat cells at the beginning of each moulting stage and the prepupal stage.

And because these albuminoid spheres produced in the fat cells are considered as representing a form which may possibly be more soluble, more readily available for assimilation in tissue growth during the metamorphosis of the insect, it seems reasonable to assumed that the blood-tissue in the silkworm plays undetermined part in intermediary metabolism of albuminous substances which are connected rather with nutrition than with excretion.