

家蚕の変態過程における中腸組織の機能的解析(I) : 変態過程における中腸組織のタンパク質及び核酸の 量的変動

藤井, 博
九州大学農学部蚕学教室

<https://doi.org/10.15017/23276>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 33 (2/3), pp.127-133, 1979-01. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :

家蚕の変態過程における中腸組織の機能的解析

I. 変態過程における中腸組織のタンパク質 及び核酸の量的変動

藤 井 博

九州大学農学部蚕学教室

(1978年10月13日受理)

Studies on Functional and Structural Conversion of the Midgut during Larval-Pupal Transition in the Silkworm, *Bombyx mori*

I. Developmental Changes in the Amounts of Protein and Nucleic Acid in the Midgut

HIROSHI FUJII

Laboratory of Sericulture, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-01, Fukuoka 812

緒 言

カイコは幼虫から蛹への変態に際し外観上著しい形態的变化をする。その変態過程に生体内において組織崩壊 (histolysis) や組織形成 (histogenesis) という著しい変化が起こっている。すなわち絹糸腺、皮膚腺、剛毛、前胸腺などの幼虫器官は退化消失し、他方、翅やアンテナなどの器官形成が起こり、成虫器官の完成に向かって発達してゆく。このような変態に伴う組織崩壊や組織形成は、当然生理的変動過程として捉えられるものである。

これまでに行なわれた変態現象に関する生化学的追究には、一般には昆虫の全一歩としての個体における生理的変化の様相に着目した場合が多くみられる。しかしながら昆虫は蛹化過程では摂食しなくなり、栄養的な閉鎖系となり、その生体においては種々の組織崩壊と、いろいろの段階の組織形成とが相互に関係しあつて変化しているものと思われる。それ故に全一歩としての個体レベルで変態機構を解析しようとしても解釈が非常に困難であり、したがって昆虫の体液、脂肪組織や絹糸腺などの単一組織を対象として研究することが必要となる。

カイコは5令初期から中期にかけて最も盛んに食桑し、さらに日令が進むにつれ、次第に摂食量を減じ、熟蚕になると遂に食桑しなくなる。このような変化は

必然的に消化器官である中腸での組織的ならびに機能的变化と相互的な関連をもつであろう。組織学的にみると、まず蛹化に伴つて形態的には今まで大きかつた組織が縮んで小さくなり、組織学的には組織崩壊が起こっている(辻田, 1943; 赤井, 1970; Waku and Sumimoto, 1971)。

中腸は元来、消化器官であるが幼虫から蛹への変態に際し、消化吸收機能という本来の役割は弱まり、遂には完全に停止するものと思われている。従つてこの過程における中腸を対象とした従来の研究では、消化器官としての機能を主目的とした組織学的観察が行なわれ、中腸皮膜は円筒細胞、蓋状細胞と新生細胞とからなり、円筒細胞と蓋状細胞が消化吸收機能を司っていることが明らかにされている。さらに栄養生理学的な立場からは種々の消化(分解)酵素についての活性変動を主体とした研究が行なわれている(堀江, 1955; 山口, 1955; 須貝, 1957; 江口・古川, 1970)。

すなわち変態において中腸は退化 (degeneration) の一途を辿つて形態的に縮小し、機能的には衰退するものという立場でしか捉えられていない。しかしながらカイコは熟蚕期から閉鎖系に入るのであるが、閉鎖系に入つてからの中腸が単に衰退の方向に向かうのみで、他の器官組織の発達に関与しないということは考え難いことである。それにもかかわらず中腸の変態過程にみられる形態と機能の変化に伴うタンパク質や核

酸などの物質的变化についての研究は殆んど行なわれていない。

そこで著者はカイコの中腸の変態過程における代謝的変動を、主としてタンパク質の量的変動および質的变化並びに核酸量の変動を調べ、変態に伴う中腸組織の形態および機能的変化との関係について検討した。

本研究を遂行するにあたり終始指導と鞭撻をいただいた筑紫春生名誉教授、坂口文吾教授、土井良宏助教授ならびに内容を精査していただいた林勝哉教授、古賀克己助教授に、また日頃批判と協力をいただいた河口豊助手をはじめとする蚕学教室の方々、さらに木原始氏をはじめとする家蚕遺伝子実験施設の職員の方々に対して深く感謝の意を表する。

材料および方法

供試蚕は九大農学部保存の正常系 p 22 系統とし、その5令起蚕から蛹までに至る各段階のものを用いた。蚕の飼育は桑葉で行なつた。この系統の蚕は最適条件下では4日半から5日間の5令幼虫期間を経て熟蚕となり8日目には蛹化する。

中腸の摘出：中腸の摘出には蚕を冷生理食塩水中で解剖、中腸を縦に開き、内容物や付着している他の組織をできる限り取り除いた後、濾紙で水分を除いた。一部は直ちに実験に用いたが、残余は -20°C に凍結した後、分析に用いた。

中腸組織からの核酸およびタンパク質の分画：核酸、タンパク質の分画に当つては、Schmidt, Thannhauser と Schneider 法 (STS 法) (大沢ら, 1963) を基本とし、これに若干の改変を加えて行なつた。すなわち、組織 100 mg をとりこれに3倍量の冷生理食塩水を加え、ガラスホモジナイザーにて摩砕し、この摩砕液に冷 10% 過塩素酸 (PCA) 液を最終濃度 5% になるように加え、 0°C にて 30 分間放置した後、遠心分離して沈澱を集める。この沈澱をさらに冷 5% PCA 液で2回洗う。ついでこの沈澱にエタノール：エーテル (3:1 v/v) を 1 ml 加え、 60°C で 5 分間加熱し、脂質を除く。さらにこの操作を2回くり返して得た沈澱に 0.3 N KOH を 1 ml 加え 37°C で 18 時間加水分解を行なつた。加水分解後、PCA で中和し、遠心分離を行なつて上清を集めた。残つた沈澱をさらに 5% PCA で洗つて、洗液を前の上清と合せ RNA 分画とした。RNA を抽出した残りの沈澱にさらに 5% PCA を 1 ml 加え、 90°C で 15 分間加熱を行ない、遠心分離によつて上清と沈澱に分別し、上清を DNA 分画、最終沈澱をタンパク質分画とした。

DNA, RNA およびタンパク質の定量：DNA は Dische und Schwarz (1930) の方法に基づきジフェニールアミンで発色させ仔牛胸腺を標準に用いて定量した。RNA は Davidson and Wymouth (1944) の方法を若干変えて、オルシンで発色させ、酵母 RNA を標準に用いて定量した。

タンパク質の定量はタンパク質分画の沈澱を 1 N NaOH で熱分解した後、遠心分離を行なつて上清を取り、この上清について Folin 法に基づき、牛血清アルブミンを標準に用いて定量した。

中腸組織タンパク質の電気泳動分析：タンパク質の質的変動を調べるに当つては、中腸組織を生理食塩水中で摩砕し、 $10,000 \times g$ で 10 分間遠心分離を行ない、この上清を試料とし、Ornstein (1964) の方法に準じてポリアクリルアミドを支持体としてディスク電気泳動を行なつた。

結 果

1. 5令発育経過に伴う体重と中腸組織の変動

カイコは5令期になると急速に生長する。生長に伴う体重と組織重の変化を Fig. 1 に示す。体重は5令1日目には 1.4 g であつたものが、食桑を続けるにつれて、急速に増加してゆき、4日目には 3.25 g の最大体重になつた。5日目には食桑を停止し、吐糸を開始し、完全に閉鎖系 (熟蚕) に入つた。体重は熟蚕から蛹へと変化していくにつれて急速に減少し、7日目

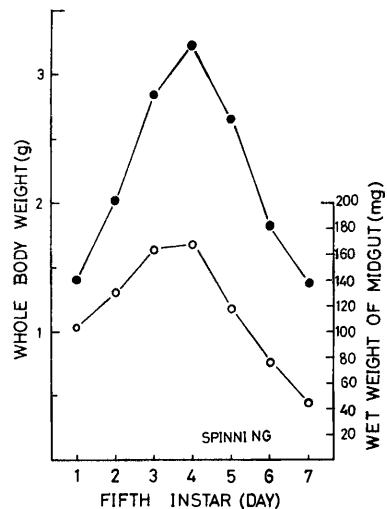


Fig. 1. Changes in whole body weight and wet weight of the midgut during the development of the fifth instar larvae. —●—: Whole body; —○—: Midgut.

の化蛹直前期には 1.4 g となつた。したがつて、体重の時間的推移は食桑中と食桑停止後との2つの時期で方向が変り結局 4 日目を頂点とする釣鐘状を示す。

中腸組織重の変化は体重の変化と平行している。すなわち 1 日目から直ちに増加し始め、食桑が最も盛んになる 3 日目に最大となり、これが 4 日目まで続いた。その後食桑活動が弱まり、さらに停止するに伴い、中腸組織の重量は急速に減少していつた。この重量変化に伴つて、中腸は 5 令初めほぼ 3.5 cm の長さであつたものが、食桑につれて長さを増し、盛食期には約 6.5 cm で最長となつたが食桑を停止すると小さく縮んで遂には 3.3 cm 位の長さとなつた。しかし前蛹期などでは、食桑期に比べ小さく、縮んだように見えるが、引き伸ばすと盛食期のものとはほぼ同じ長さを保つていた。

2. 发育に伴う中腸組織のタンパク質量と核酸量の変動

5 令发育経過に伴う中腸組織のタンパク質量と DNA および RNA の核酸量の変動を Fig. 2 に示す。1 頭の組織当りのタンパク質量は 5 令 1 日目には 9.5 mg で、2 日目には極めてわずかに減少し、その後は急激に増加し 3 日目の盛食期に 17 mg で最大となつた。さらに发育が進み、熟蚕になり食桑活動が停止するに伴い、タンパク質量は急減し、前蛹期の 7 日目には 1.5 mg にまで減少した。RNA 量の変動パターンはタンパク質量のそれと良く似ている。すなわち 5

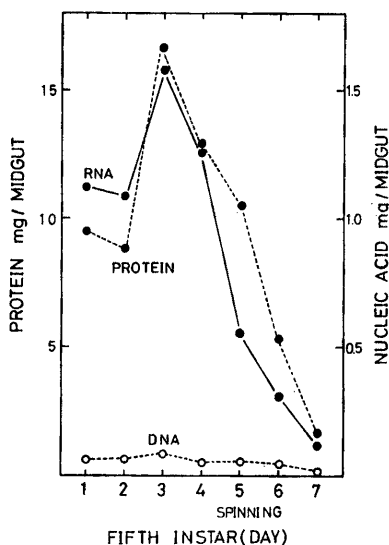


Fig. 2. Changes in the total DNA, RNA and protein of the midgut during the development of the fifth instar larvae.

令 1 日目と 2 日目とはほぼ同じであるが、3 日目の盛食期には急激に増加し、1.6 mg と最大になつた。その後发育が進むに伴つて急減してゆき、前蛹期である 7 日目にはわずか 0.1 mg となつた。

DNA 量は 5 令期を通じて、ほとんど同じであるが、前蛹期にいくぶん減少した。

3. 5 令发育経過に伴う中腸組織の DNA 量当りのタンパク質量および RNA 量比の変動

Fig. 3 に示すように DNA 量当りのタンパク質量の比の変動は 5 令 1 日目に比し 2 日目にはわずかに小さくなるが、5 令 3 日目から 4 日目にかけて急激に大きくなり、その後はまた急激に小さくなつた。この 3 日目から 4 日目は消化吸収の最も盛んな時期にあたる。その後食桑を停止して前蛹に至る間のこの比にはほとんど大きな変動がみられなかつた。また DNA 量当りの RNA 量比の変動は DNA 量当りのタンパク質量比の場合とほぼ同じ傾向で盛食期に最大となり吐糸を始め食桑を完全に停止すると急激に小さくなるが、吐糸終了から前蛹期にかけて大きな変化はみられなかつた。

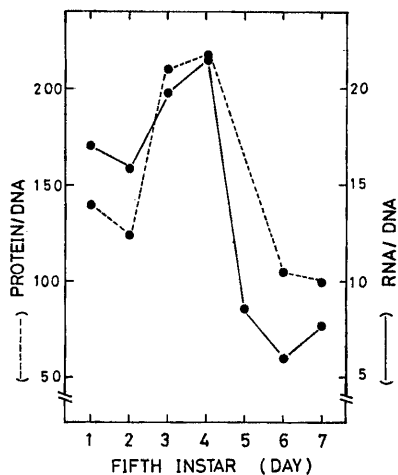


Fig. 3. Changes in the ratio of RNA and protein to DNA in the midgut during the development of the fifth instar larvae.: Protein/DNA; —●—: RNA/DNA.

4. 5 令发育経過に伴う中腸組織タンパク質の質的变化

タンパク質は組織を構成する物質の主要な部分を占め中腸組織においては乾燥重量の 80 %にも達している。タンパク質の发育経過にともなう質的变化をディスク電気泳動法により分析した。Fig. 4 に電気泳動像をサイモグラフで現わしたものを示す。4 令期、5

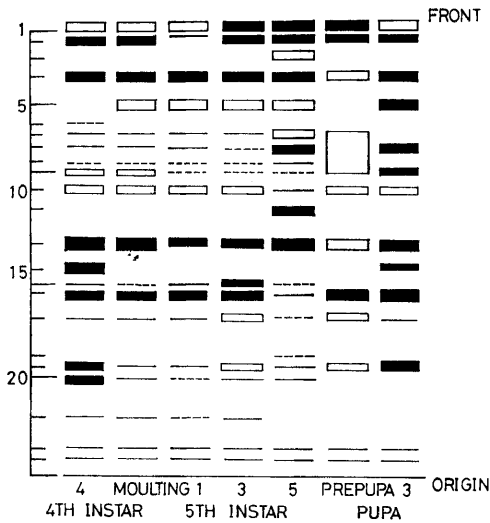


Fig. 4. Changes in electrophoretic patterns of protein of the midgut during the development. The staining intensity of the various bands by amidoblack, which is apparently indicative of the relative protein concentration, is illustrated by variation in stippling intensity.

令期と蛹期を通じて、共通する泳動バンドが多く存在するが、量的にはかなりの変動がみられる。まず4令期と5令期とを比較すると、第19と20のバンドはそれぞれ量的には4令期に多いが、5令期になると減少する。第1, 2, 4, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22や23の大部分のバンドは4令と5令両期に共通して存在する。また第5バンドは4令期には検出されず、5令期にのみ認められる。また第6や14バンドのように4令期にのみ認められ、5令期には消失するものもある。次に5令期と蛹期とを比較すると両期を通じてやはり多くの共通のバンド(第1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 17, 19, 22, 23)がみられるが、これらのうち第1, 2, 4, 8, 10, 11, 13, 16, 19, 22, 23のバンドは4令および5令幼虫期と蛹期とを通じて存在している。しかしながら第5バンドは5令期と蛹期とにみられるものである。第21バンドは4令期から5令期にかけて存在するが5令5日目になると消失する。また幼虫期に存在していた第15と20のバンドは前蛹期から消失する。前蛹期には幼虫期にみられる第7~10バンドが1本の中広いバンドとなり個々のバンドの区別がつかなくなる。さらに第7と9のバンドは蛹期には消失してしまう。また5令5日目のみ存在する第3, 12と18のバンドがある。

要するに4令と5令幼虫期と蛹期とを通じて共通の多くのバンドがあるが、4眠を境にしてそれまで存在していたバンドが消失したり、また新しいバンドの出現もみられる。前蛹期には第7~10バンドのように1本の中広いバンドとなり個々のバンドの区別がつかなくなつたり、さらにこの期を境にバンドの数も減少するという激しい変化が起こっている。

考 察

カイコの5令幼虫期間における食桑量は、全幼虫期間における食桑量の8割以上に及ぶ。食下された桑葉は消化吸収されて栄養物として体液を介して各組織官に運ばれ、そこで生体を構成する素材やエネルギー源として利用され、カイコは急激に成長する。中腸はそのための消化と吸収という重要な生理機能を営むものである。しかしながら熟蚕になる前には、カイコの摂食行動は弱くなり熟蚕になるに及んでついには停止し、完全に外からの栄養物を補給しない閉鎖系に入る。このような状態に入れば、中腸の消化吸収機能は自然に衰えていくのか(組織細胞的に退化)また、たとえ消化吸収機能があつても、それがなんらかの原因で発揮できなくなるのか、あるいは組織細胞的な機能は保持されるものの、何んらかの原因で機能的役割が変更させられるのではないかなどという可能性が考えられる。

まず中腸組織の重量の変動をみると、Fig. 1に示すように、食桑を開始するに伴い増加し、盛食期に最大となり食桑が弱まるにしたがつて減少している。さらに中腸の大きさは5令初期には小さく、食桑が盛んになるとともに大きくなり、その後食桑を停止すると縮んで小さくなる。すなわち中腸組織の大きさとその重量はカイコの食桑活動と密接に関係しているといえる。また中腸の組織学的研究(赤井, 1970)や酵素活性の変動に関する研究(山口, 1955; 須貝, 1957; 堀江, 1955; 江口・古川, 1970)によつて明らかにされているように、消化吸収機能も中腸組織自体の変化の場合と同様の消長を示している。したがつて組織重の変動は消化吸収機能の変化とも密接に関係しているものといえる。

Figs. 1および2に示すように、組織重とタンパク質量とは、発育の進行に伴つて、平行して変動している。すなわち組織重の変動にともなうタンパク質量の変動は中腸組織を構成するタンパク質ないしは機能に関連するタンパク質の変動を反映しているものと思われる。

中腸の組織学的研究 (辻田, 1943; 赤井, 1970; Waku and Sumimoto, 1971) や酵素活性の変動に関する研究から明らかなように, カイコの中腸は幼虫の生長発育にともなつて大きくなり, 重量が増加する。そしてより多くの栄養物を得るために, 消化吸收機能は盛んになり, それに関連した酵素活性が高くなる。しかし熟蚕になり消化吸收機能が低下するに伴い, 酵素活性が低下することは発育経過に伴う中腸組織タンパク質の量的変動が酵素活性の変動とほぼ平行していることから推察される。しかしながら組織学的観察の結果から, 熟蚕になると中腸組織細胞はその構造と機能が退化していくとみなされているが, 実はこの時期に新しいタンパク質が出現してくるのである。このタンパク質は組織細胞の分解により生じたものと考えられるが, 一面, 酵素タンパク質の合成を示すものとも思われる。

タンパク質は染色体に配列して存在する遺伝子の遺伝情報が mRNA に写しとられ, この mRNA の情報に基づき, リボソームや tRNA などの協調作用によつて合成されることがわかつている。すなわちタンパク質の合成にはそれに先立ち RNA が合成されることが必要である。したがつてタンパク質合成の場における RNA 量の変化はタンパク質合成の活性変化を反映しているものとみなすことができる。全 RNA の変化をみると Fig. 2 に示すように発育が進むにつれて増加し, 3 日目の盛食期に最大となり漸次減少してゆく。タンパク質の量的変動はこの RNA 量の変動と極めてよく一致している事実から, これはタンパク質合成が盛食期に最も盛んであることを示すものと解される。

全 RNA 量は組織が大きくなるにしたがい増加している。しかし組織重当りの RNA 量の変動は Fig. 5 に示すように, 5 令初期ほど高く, これより発育が進み, 熟蚕から蛹へと変化するにしたがつて漸次減少している。このことは 4 令期に造られた RNA や 4 眠中に造られた RNA が細胞質中に長時間安定な状態で保持され, それが発育経過の進行に伴つて次第に減少してゆくことを暗示している。全 RNA 中の大部分のものは rRNA であるとみなされるので, 恐らくこの RNA は 4 令後期から 4 眠中にかけて細胞質にリボゾームの形で保存されて 5 令期に至り, 急激な発育に必要な細胞活動に利用されるのであろう。

中腸の大きさの増大と組織重量の増加は, 細胞質成分の増加, すなわち細胞の肥大成長によるのか, あるいは細胞の分裂増殖による細胞数の増加によるのかと

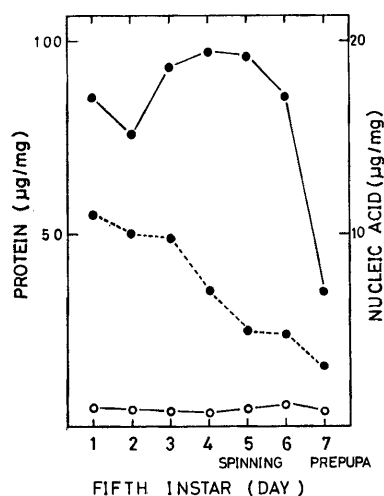


Fig. 5. Changes in the amount of DNA, RNA and protein of the midgut during the development of the fifth instar larvae. —●—: Protein;: DNA.

いう, 2つの可能性が考えられる。もし細胞が分裂増殖を行なっているならば, 発育に伴つて DNA 量が増加してゆくはずである。ところが Fig. 2 と Fig. 5 に示すように DNA 量は 5 令 1 日目から 7 日目の前蛹を通じてほとんど同じである。従つて組織量の増加は細胞数の増加によるものではなく細胞の肥大成長に基づくものと推察される。このことは辻田 (1943) による中腸組織の組織学的観察で, 5 令食桑期間中, 新生細胞, 円筒細胞と壺状細胞のいずれにおいても分裂像が観察されなかつたこととよく一致している。したがつて発育に伴う DNA やタンパク質量の増加は細胞の肥大成長による細胞質成分の増加を意味するものと思われる。

Davidson and Leslie (1950) は分化した細胞においては, 核に対する細胞質の量的比率が増加する傾向にあること, 換言すれば, DNA 量に対するタンパク質量の比によつて概略の分化の程度を表わすことができることを指摘した。5 令期における中腸組織の DNA 量に対するタンパク質量の比は 3 日目と 4 日目に最大となつており, 吐糸中の 6 日目では最大値の 1/2 にまで減少している。このことから中腸組織細胞では 3 日目と 4 日目に消化吸收の機能が最も盛んで, これらの機能に関与する酵素タンパク質の合成も盛んに行なわれているものと推察される。これに反して 5 日目, 6 日目と発育が進むにつれて中腸組織細胞は消化吸收機能を漸次失つていくものと思われる。

タンパク質は細胞を構成する細胞の構造と機能とに変化が生じると、当然タンパク質の質的或いは量的変動を生じるものと考えられる。そこで幼虫期と蛹期までの発育経過に伴う中腸組織のタンパク質の変化をみた。5令5日目(熟蚕)と前蛹の食桑しなくなるいわゆる閉鎖系に入った時期に、泳動バンドの出現や消失といったいわゆるタンパク質の量的ならびに質的变化がみられ、その上当然のことであるが、幼虫期と蛹期とを通じて共通するバンドも多数みられた。しかし熟蚕から前蛹を境に、幼虫期には幼虫期特有の泳動パターン、蛹期には蛹期特有の泳動パターンが認められる。また幼虫期と蛹期との泳動パターンが異なっているということは、両時期における中腸組織を構成する細胞のちがいが、それに伴う構造と機能のちがいを反映していると思われる。

以上の結果、中腸は変態に際し幼虫期にみられた消化吸収機能を失っていく反面、それとは異なつた機能をもつように変化してゆくものと考えられる。

摘 要

変態過程における中腸組織のタンパク質の質的及び量的変動並びに核酸の量的変動も調べた。

1. 中腸組織重は5令起蚕後摂食を始めると増加してゆき、盛食期に最大となり、その後摂食活動が弱くなるにつれて減少してゆく。

2. 中腸組織のタンパク質量は組織重の変動と平行して変化している。またRNA量はタンパク質量に平行して変化している。しかしDNAは5令1日目から蛹までほぼ一定の値を示し、発育に伴う変動はほとんどみられない。

3. 中腸組織タンパク質の質的变化をディスク電気泳動法で分析したところ、23本のタンパク質の泳動帯を認めた。5令幼虫になると、4令幼虫にみられた第6、14の2本の泳動帯が消失し、新しく第3と9の泳動帯が出現した。さらに前蛹期になると第3、12と19の3本の泳動帯が現われ、さらに第7~10の泳動帯が1本に融合し、個々の泳動帯の区別がつかなくな

つた。蛹期になると幼虫期のものと比べ比較的泳動帯が少なくなつた。

以上の結果、幼虫から蛹への変態に際し、中腸組織細胞は構造的・機能的変化を生じて、幼虫期にみられた消化吸収機能を失っていく反面、幼虫期とは異なつた機能を持つように変化していくものと考えられる。

文 献

- 赤井 弘 1970 家蚕の消化管の電子顕微鏡的研究
1. 中腸皮膜組織の微細構造. 蚕試報, 24: 303-344
- Davidson, J. L. and I. Leslie 1950 A new approach in the biochemistry of growth and development. *Nature*, 165: 49-53
- Davidson, J. N. and C. Waymouth 1944 Tissue nucleic acid: 1. Ribonucleic acid and nucleotides in embryonic and adult tissue. *Biochem. J.*, 38: 379-381
- Dische, Z. und K. Schwarz 1930 Mikromethode zur Bestimmung verschiedener Pentosen nebeneinander bei Gegenwart von Hexosen. *Mikrochemica Acta* 2: 12-19
- 江口正治・古川 繁 1970 家蚕蛹の中腸の蛋白分解酵素. 日蚕雑, 39: 387-392
- 堀江保宏 1955 家蚕幼虫消化管のalkali-phosphataseについて. 応動, 20: 68-74
- 大沢省三・高木康敬・竹村彰祐・磯見二郎・関口陸夫 1963 核酸, 広川書店, 1-19頁
- Ornstein, L. 1964 Theory of disc acrylamide gel electrophoresis. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 121: 321-349
- 須貝悦治 1957 蚕兒中腸皮膜におけるアルカリフォスファターゼ. 日蚕雑, 26: 35-39
- 辻田光雄 1943 家蚕皮膜の組織学的並びに細胞学的研究. 蚕試報, 11: 211-293
- Waku, Y. and K. Sumimoto 1971 Metamorphosis of midgut epithelial cells in the silkworm, *Bombyx mori*, with special regard to the calcium salt deposits in the cytoplasm I. Lightmicroscopy. *Tissue and Cell*, 3: 127-136
- 山口定次郎 1955 家蚕幼虫消化管の局所的機能差に関する研究. I. 消化管皮膜組織および消化液の酵素作用. 信大繊維報, 5: 47-52

Summary

The midgut which changes dramatically from a functional digestive tissue in the feeding larva to a non-functional digestive tissue of the non-feeding larva and pupa, so-called a closed system has been regarded as a vestigial tissue or degenerating tissue (although it possesses excretory function and other unknown functions). Although little is known about biochemical changes, especially protein and nucleic

acids, in the midgut during metamorphosis, histological studies on the midgut during postembryonic development have been reported.

The present study describes changes in composition and quality of protein and nucleic acid in the midgut during metamorphosis in order to examine the relationship between structural and functional changes and biochemical changes in the midgut during metamorphosis.

The amount of protein in the midgut changed in parallel with the wet weight of the midgut. The amount of RNA changed in similar to that of protein content, but the amount of DNA was on a constant level during metamorphosis.

The soluble protein in the midgut at the fourth instar larval stage, the fifth instar larval stage and the beginning of the pupal stage were examined by electrophoresis in acrylamide gel. The 23 bands were detected in bufferend saline extracts of the midgut in the both larval and pupal stages. There were a number of quantitative and qualitative changes in the protein pattern between the fourth instar larva and the fifth instar larva. The bands 6 and 14 at the fourth instar larva, disappeared at the early stage of the fifth instar larva and the new bands 3 and 9 appeared during the fifth instar larval development. At the prepupal stage, the 3, 12 and 19 bands appeared newly and then the 7 to 10 bands were not distinguished, because each of these bands diffused as one band, although the many proteins occurred almost in the midgut in the larval and pupal stages. The protein pattern in the pupal stage was simple compared with that of the larval stage.

It was found that the degree of the increase and decrease of the wet weight and protein and nucleic acid contents in the midgut follows closely the degree of feeding activity of the larva. It is suggested that those changes reflect changes in the structure and function of the midgut at the metamorphosis from larva to pupa.