

幼若及び抗幼若ホルモンによる 蚕の発育と繭糸質の制御

農林水産省蚕糸試験場養蚕部
蚕生理第一研究室長

赤 井

弘

はじめに

蚕は“silkworm”と呼ばれるように、多量の絹質物を絹糸腺で生成し、分泌して繭を作る昆虫であり、人類は古くからこの絹を衣服に利用してきた。また“domesticated silkworm”とも呼ばれ、飼い馴らされた虫の代表でもあり、飼料や環境によって大きく制御することは難かしいと考えがちである。野外の昆虫の場合には、人工飼料による十分な栄養条件を与えたり、適温下で飼育することにより著しい肥大成長がみられる場合も少くない。

しかしながら、飼い馴らされてきた家蚕の場合でも、内分泌的条件の変化に対しては顕著な変化が生じ、制御の可能性が大きく残されている。例えば、4齢1日目の幼虫から幼若ホルモンを分泌するアラタ体を摘出すると、その幼虫は5齢幼虫になることなく早熟蛹となる。また、脱皮直後の5齢起蚕に前胸腺から分泌されるエクダイソンを注射すると、2日後には幼虫脱皮が起る。前者の場合には、繭の大きさや蛹は手術をしない正常のものの半分以下となり、幼虫期間も短縮する。

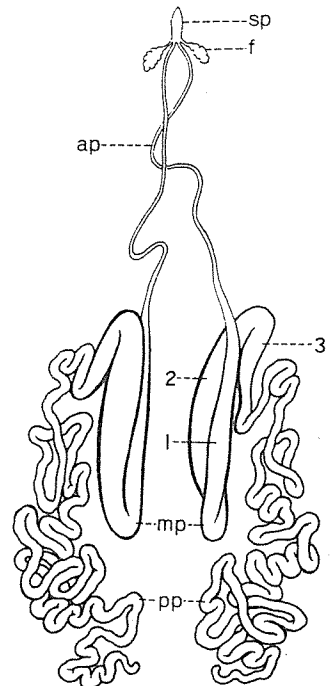
このように、昆虫の成長のしくみに組みこまれている内分泌要因、すなわち、昆虫ホルモンによる制御の領域は、“gene technology”による制御技術が確立されるまでは最も重要な制御手法になるものと考えられる。

今回は、われわれの研究室で実施してきた昆虫ホルモンによる蚕の発育制御に関する研究を中心に今後の見通しについても触れることにしたい。

1. 蚕の成長と吐糸営繭

蚕は卵から孵化してから4回脱皮し、22～23日で熟蚕となり繭を作る。この間に体重は孵化直後の蟻蚕の約1万倍になり、体長は約25倍にも達する。脱皮直後の幼虫の皮膚表面には多数の微皺がみられ、その後の体躯の肥大に伴い皮膚表面は伸張し微皺は見られなくなる。脱皮は皮膚表面の伸張が限界にきたときに起るものと考えられる。

繭糸を構成するフィブロイン及びセリシンは体内の絹糸腺で生成され分泌される。第1図に示すように、絹糸腺は後部糸腺、中部糸腺及び前部糸腺からなり、



第1図 家蚕5齢期の絹糸腺

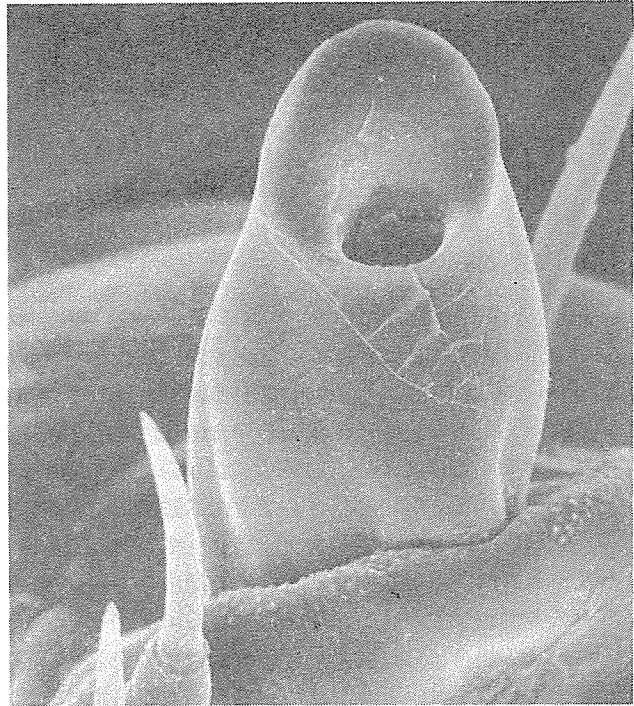
sp: 吐糸管, f: フィリッピ腺, ap: 前部糸腺, 1: 中部糸腺前区, 2: 中部糸腺中区, 3: 中部糸腺後区, mp: 中部糸腺, pp: 後部糸腺

前部糸腺が合一して吐糸管に連なる。

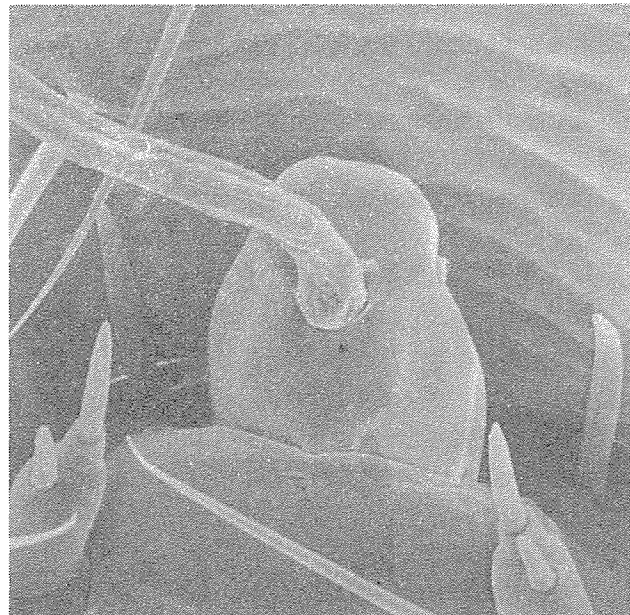
絹糸腺の腺腔内にはフィブロインとセリシンから成る液状絹が貯留され、熟蚕になると吐糸管から繭糸として吐糸される。液状絹のうち、フィブロインは後部糸腺細胞で合成され、腺腔へ分泌されるが、腺腔内の液状フィブロインはフィブロイン基本繊維（直径約130 Å）が集って形作る塊状集団（1～3 μm）が集積され、柱状のフィブロインを形成している。この柱状フィブロインが中部糸腺後区に移行すると、この区域の腺細胞から分泌される内層セリシンに覆われ、さらに、中部糸腺中区ではその外側に中層セリシンが、中部糸腺前区では外層セリシンが分泌されて最外層を形成する。前部糸腺は中部糸腺に較べると著しく細くなっているが、管腔内の液状絹は中部糸腺前区と同様、柱状フィブロインを中心にその外側を3層のセリシン層で包まれている。液状絹が吐糸管を通過する時に、液状フィブロインを構成するフィブロイン基本繊維の塊状集団は引伸ばされて糸状化が起る。

吐糸管の先端部には吐糸口が開口し（第2図）、熟蚕期には吐糸管繭が行われる（第3図）。吐糸口の大きさは繭糸の太さの上限を規制する要因ではあるが、蚕の就眠前や起蚕時に見られる極めて細い繭糸の吐糸の場合には吐糸口と繭糸の太さとの間に規制関係はみられない。

繭糸繊度は蚕の品種によって差



第2図 吐糸をしていない時の吐糸管



第3図 吐糸中の吐糸管（松村ら，1979）

がある。太繊度としてよく知られている 27 太 (約 4.3 d) と MK (1.5 d) の吐糸速度を比較すると、MK は 27 太の約 3 倍の速さで吐糸されていることが確かめられた。したがって、繭糸繊度を規制する要因は、吐糸口の大きさ (上限の規制) と吐糸速度が重要な要因と考えられ、後者は液状絹の水分率と絹糸腺の内圧に関係するものと考えられる。

2. 幼若ホルモン (JH) による制御

アラタ体から分泌される JH は、昆虫の幼若形質を保持する作用があり、1967 年に当時ウィスコンシン大学教授であった Rollev 博士らによって初めて単離され、その化学構造が決定された。その後、多くの JH 類縁化合物が合成され、昆虫から単離された JH よりも著しく強い生物活性をもつ化合物も造られている。

第 4 図は、5 齢初期の蚕の幼虫に JH を経皮時に投与した場合の絹糸腺における RNA とフィブロイン合成が対照区に比しどのような影響を受けるかを示したものである。対照蚕の絹糸腺では、5 齢期になると RNA 合成活性は経時的に下降するが、JH 投与蚕ではその下降が対照蚕より遅れる。フィブロイン合成活性は、熟蚕期頃までは JH 投与蚕がやや低い、熟蚕期以降は対照蚕よりも高い活性を維持し、総量として JH 投与蚕が対照蚕より多量のフィブロインを合成する。

この現象は飼育試験においても認められ、5 齢期に 1 回の JH 投与によって飼育期間が 1 日延長し、繭重及び繭層重が約 10% 増加する技術として普及している。

JH の投与は、3 齢期及び 4 齢期に投与しても増繭効果がみられるので、3 齢から 5 齢期に複数回の JH 投与を行うことにより 5 齢 1 回の投与より高い 20% 程度の増繭効果をあげることも可能である。同一蚕品種では、繭層重と繭糸繊度とはほぼ比例的な関係にあるので、繭層重を高めることは繭糸繊度を太くすることにつながる。

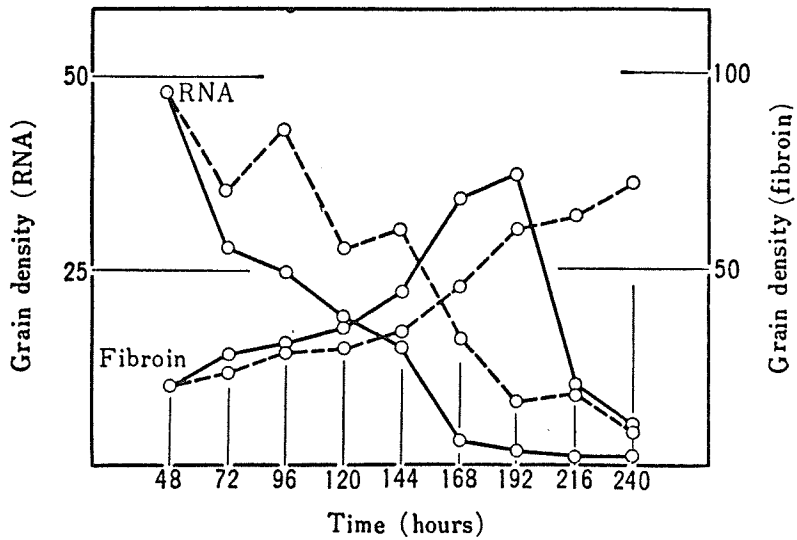
JH による増繭効果は蚕品種により差異がみられるので、多糸量系で JH に対する感度の高い品種に JH 投与を行うと繭層量が多く繭糸繊度の太いジャンボ繭を作ることができる。第 5 図には、古い品種、現在の品種、JH 投与によるジャンボ繭の写真に掲載した。

JH を多量に投与すると幼虫から蛹への変態が進まない“永続幼虫”が生じる。この永続幼虫も JH の投与量によって幼虫期間が異なる。第 6 図には、JH の投与量によって生じる永続幼虫から投与量の少ないものまでの産繭量を示したものである。

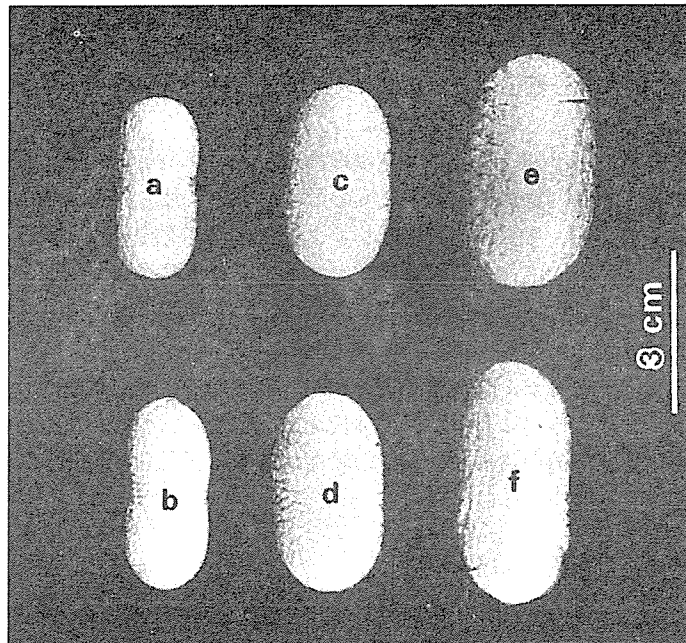
JH は経皮的に投与されるが、JH が皮膚を通過し、体内の器官に分布するか否かが確かめられている。第 7 図は、 ^{14}C でラベルした JH の体内諸官への分布状態を示したものである。JH を皮膚表面に塗布してから 1 時間後には相当量の活性が体内に移行し、長時間残在していることがわかる。

3. 抗幼若ホルモン (AJH) による制御

AJH は JH の生物活性を抑制する物質の総称で昆虫が体内で生成する物質ではない。AJH を蚕に経口的に投与すると普通の 4 眠蚕は容易に 3 眠化される。第 8 図は、蚕の各齢期に AJH を投与した場合のその後の発育経過に及ぼす影響を示したものである。AJH を 4 齢初期に投与すると 100% の 3 眠蚕が生じ、第 9 図に示すような極めて小形の繭を作る。3 齢初期に投与すると 3 齢期間が延長され、脱皮して 4 齢になるが 100% 3 眠蚕となる。その繭は 4 齢期に AJH を投与したものより大きい (第 9 図)。2 齢期に投与すると 2 齢期が延長し、2 眠及び 3 眠期の脱

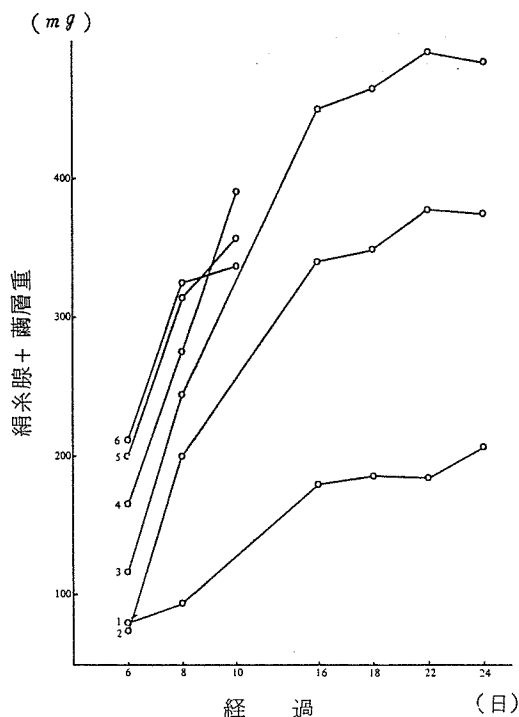


第4図 JH投与蚕の絹糸腺細胞におけるRNA及び絹タンパク合成の変化
5齢48時間目に体重1g当たり1 μ gのJHまたはオリーブ油(対照区)を注射し、両区のRNA及びフィブロイン合成を定量的オートラジオグラフィで調べた。点線はJH投与区、実線は対照区。



第5図 超多糸量系品種, HN90×HC74にJH剤を投与した繭と普通の繭との比較

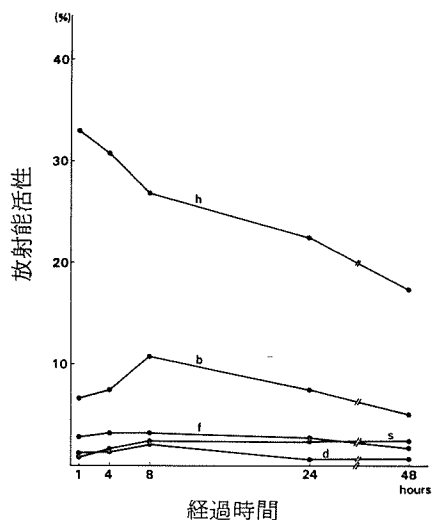
- a, b: 古い品種, 又昔の繭層 (a, 23cg; b, 21cg)
c, d: 日136号×支131号の繭層 (c, 68cg; d, 69cg)
e, f: JH剤を投与したHN90×HC74の繭層 (e, 雌119cg; f, 雄112cg)



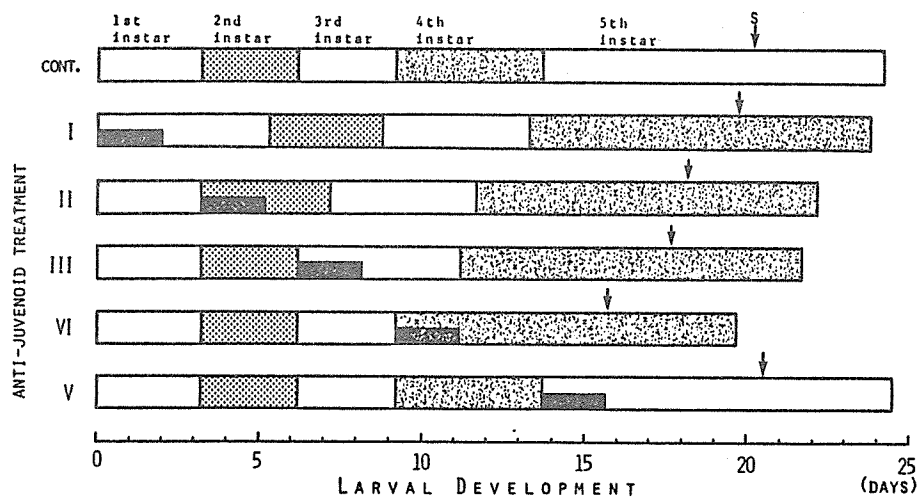
第6図 産絹量（絹糸腺+繭層）に及ぼすJH投与の影響

5齢1日目にJHを投与し、その後の乾物重の変化を図示した。

1 : 1頭当り 30 μ g のJHを投与, 2 : 3 μ g,
3 : 0.3 μ g, 4 : 0.03 μ g, 5 : 0.003 μ g, 6 :
対照区

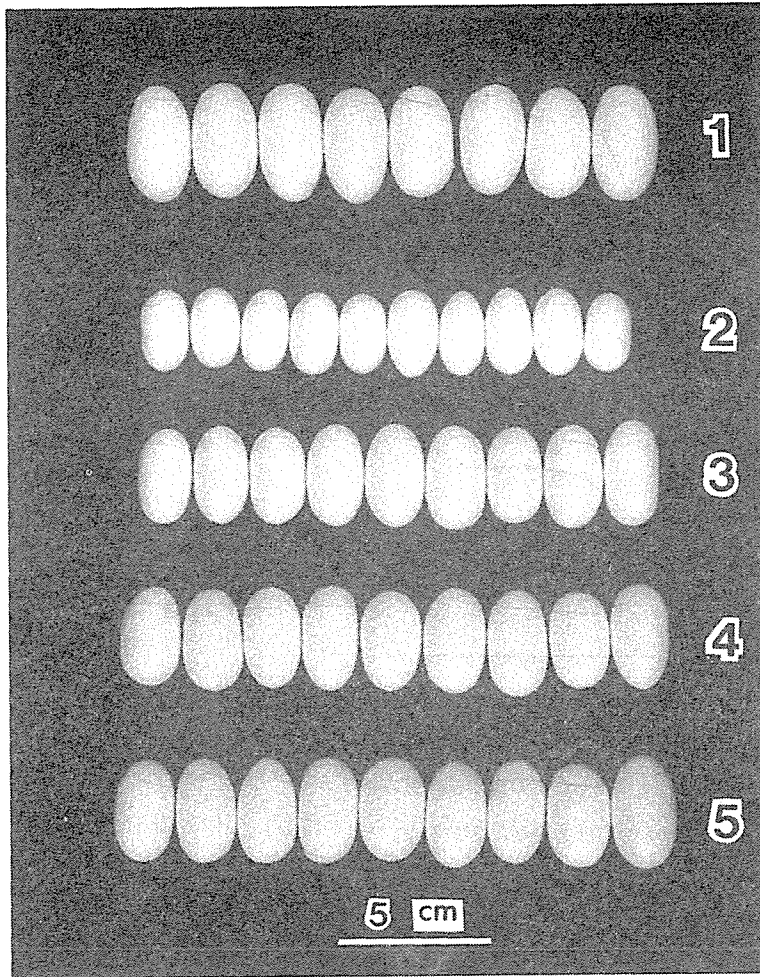


第7図 ^{14}C でラベルしたJH化合物の
経皮投与後の放射能活性の変化
h : 皮膚, b : 血液, f : 脂肪体,
s : 絹糸腺, d : 消化管



第8図 幼虫経過に及ぼすAJH投与の影響

Cont : 対照区, I : 1齢期にAJH投与, II : 2齢期投与, III : 3齢期投与,
IV : 4齢期投与, V : 5齢期投与, S : 吐糸開始時期



第9図 繭の量的形質に及ぼすA J H投与時期の影響

- | | | | |
|---|---|-------------------|---------------|
| 1 | : | 対照区, 4 眠蚕 | (平均繭層重, 65cg) |
| 2 | : | A J H 4 齡投与の 3 眠蚕 | (平均繭層重, 20cg) |
| 3 | : | A J H 3 | " (" , 38cg) |
| 4 | : | " 2 | " (" , 45cg) |
| 5 | : | " 1 | " (" , 50cg) |

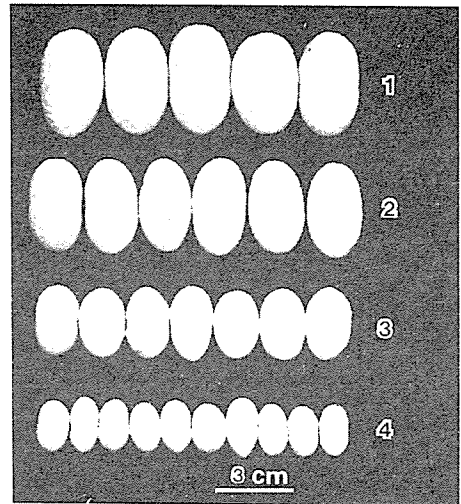
皮を経て約90%が3眠蚕となり、その繭は3齡投与の場合よりも大きい。1齡投与の場合も1齡期が延長し、1, 2, 3眠期の脱皮を経て3眠蚕となるが、3眠化率は約50%に止まる。繭は2齡投与よりも大形となるが対照区のそれを上廻ることはない。

つぎに、同一蚕品種を用いてJ HとA J Hにより、繭と繭糸の太さをどの程度制御できるかを明らかにするため、HN90×HC74を用いて両生理活性物質の投与実験を試みた。第10図に示すように、J H投与区では対照区の繭層重の60~65cgに対し1g以上のジャンボ繭が得られた。A J Hの3齡投与区では繭層重が約30cgの繭が、4齡投与では繭層重が約9cgの繭が3眠蚕から得られた。

上記の繭の一部を電子顕微鏡用の包埋剤で包埋し、厚さ $1\mu\text{m}$ の厚さの切片を作り光学顕微鏡で比較観察した（第11図）。繭糸の断面積を比較すると繭層重にほぼ比例していることが明らかになった。

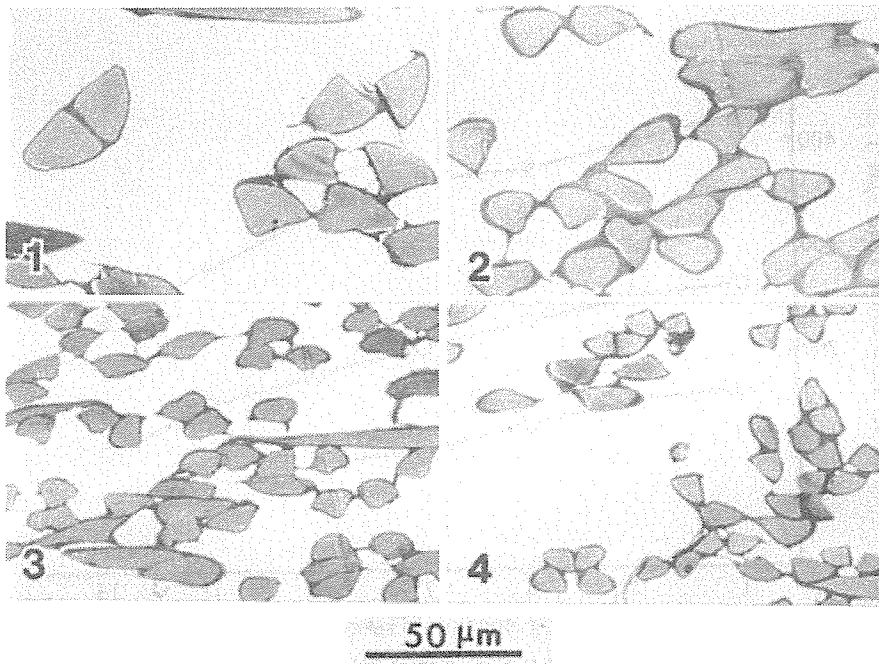
A J Hの3 齢及び4 齢投与は、ほぼ100%の3 眠化が起り、繭の揃いも良いので繭の一粒繰りにより繭糸繊度を調査した。その結果は第12図に示すように、繭糸繊度は対照区、A J H 3 齢投与、4 齢投与の順に細くなり、繭糸長との関係も明らかになった。

つぎに、繭糸繊度の測定が終わった繭糸を電顕用包埋剤で包埋し、繭糸長の 112.5m ごとに切片を作り、光顕で写真撮影を行い、自動面積計で繭糸断面積を測定した。その結果を第13図に図示した。対照区では、1本の繭糸の断面積の平均値は $343\mu\text{m}^2$ であり、3 齢投与で $201\mu\text{m}^2$ 、4 齢投与で $133\mu\text{m}^2$ であった。



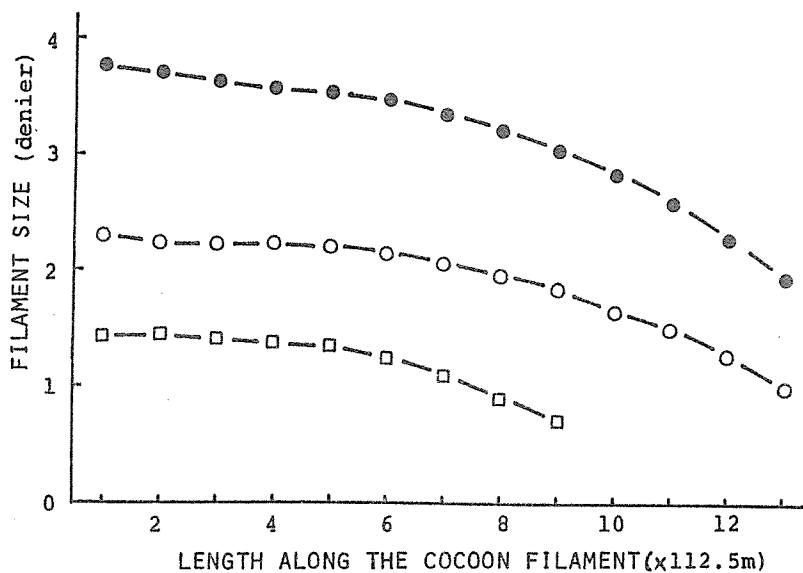
第10図 J H及びA J H剤投与蚕の繭の写真

- 1 : J H投与繭, 繭層重 $1.051\sim 1.150\text{mg}$
- 2 : 対照区, 繭層重 $600\sim 650\text{mg}$
- 3 : A J Hの3 齢投与, 繭層重 $270\sim 320\text{mg}$
- 4 : A J Hの4 齢投与, 繭層重 $80\sim 100\text{mg}$



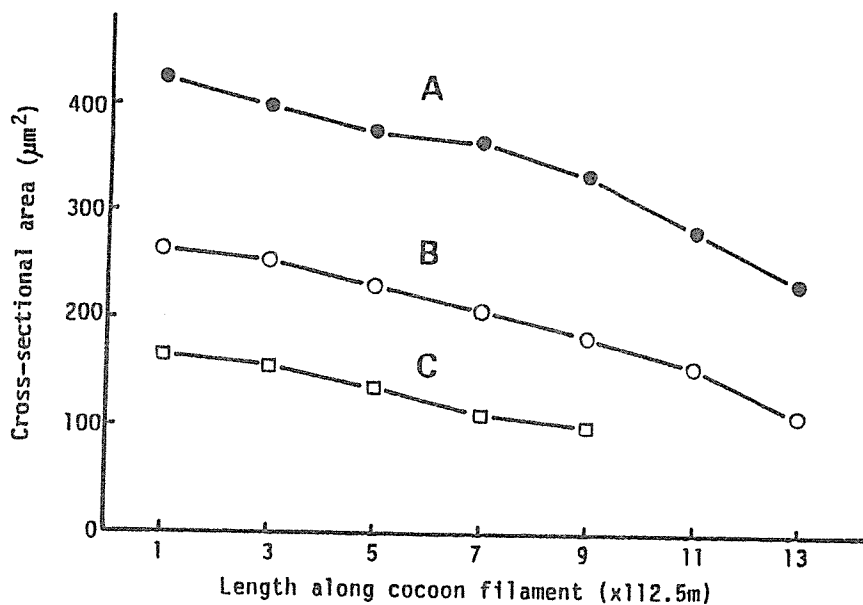
第11図 第10図の繭（1～4）の切片の写真の一部

- 1 : J H投与繭
- 2 : 対照区
- 3 : A J H 3 齢投与
- 4 : A J H 4 齢投与



第12図 AJH投与蚕の繭の繭糸繊度

●—●: 対照区
○—○: AJH3 齢投与
□—□: " 4 "



第13図 AJH投与の繭糸断面積に及ぼす影響

A: 対照区
B: AJH3 齢投与区
C: AJH4 齢投与区

なお、この手法によると繭糸の太さばかりでなく、繭糸の形態や変異を観察することができ
る。

お わ り に

以上、蚕の成長と吐糸、JH及びAJHによる蚕の成長と繭及び繭糸の制御について述べた。
繭のような動物の体を通して造られる生産物を制御することは相当な困難さが伴うが、昆虫ホル
モンの利用によってその可能性は大きく拡大されたと云えよう。今後の生理活性物質の作用機作
に関する研究は、制御の可能性をさらに高めることが予想される。

一方、今後の多様な絹製品の開発に必要な特徴のある多様な繭糸を準備するためにも、生理活
性物質の利用による制御技術の確立が必要となり、貢献できることになろう。