

# カイコの吐糸と蛹化の関係

誌名	群馬県蚕業試験場研究報告
ISSN	13412981
著者名	清澤,真琴 木内,信
発行元	群馬県蚕業試験場
巻/号	7号
掲載ページ	p. 45-49
発行年月	2001年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## カイコの吐糸と蛹化の関係

清澤真琴・木内 信<sup>1)</sup>

(群馬県蚕業試験場・<sup>1)</sup> 農林水産省 蚕糸・昆虫農業技術研究所)

Relationships between Spinning and Pupation in Silkworm, *Bombyx mori*

Makoto KIYOSAWA・Makoto KIUCHI<sup>1)</sup>

(Gunma Sericultural Experiment Station・<sup>1)</sup> National Institute of Sericultural and Entomological Science)

### 要 旨

養蚕の現場では、「ごろつき」「不結繭蚕」と呼ばれる、吐糸営繭せず正常に蛹化しない個体が見られることがある。このような現象は、体内に残留する絹タンパクとの関係が従来から指摘されているが、詳細は明らかでないため、吐糸を阻害して蛹化に及ぼす影響を調べた。実験は、熟蚕を上簇し、吐糸中の任意の時間に繭から幼虫を取り出して、吐糸管を鋭利なピンセットで除去し、吐糸を止めた。その後、幼虫を繭に戻して様子を観察した。また、体液中エクジステロイド濃度の測定と、その一部について分画を行った。その結果、吐糸が60%以上ならば多少遅延するが正常に蛹化した。しかし20%以下の場合、ほとんどの個体が幼虫態のまま致死した。このような個体を解剖したところ、翅や気管、蛹クチクラの形成が起こり、排出されなかった絹タンパクが絹糸腺を破って体腔内に滲出していた。エクジステロイド濃度は、対照よりピークの濃度が低く、しかも遅れて現れた。

### 緒 言

カイコの吐糸とそれに続く蛹化については、これまでも多くの研究がなされてきた。人為的に吐糸を阻害すると蛹化遅延や半化蛹になったり(川畑、1955; 赤尾、1941・1942・1943; 福田、1951)、何らかの理由で吐糸できない、あるいは不十分な場合、正常に蛹化できないことは、養蚕の現場でも見られる現象である(笹原、1978; 松崎、1977)。

これらの現象について、体内に残留する絹タンパクとの関係が従来から指摘されている(赤尾、1943; 笹原、1978)。絹糸腺除去試験を行

った赤尾(1943)は、吐糸行動は過剰なアミノ酸および水分の排出行動であり、これが完全に行われない場合、蚕体内はアミノ酸過剰症あるいは水分過多となり、物質代謝に異常を呈すると論じている。また笹原(1978)は、半化蛹蚕の発現と蚕体内における脂質類やホルモンの代謝との間に何らかの関連があるのではないかと推測しているが、詳細は明らかでない。

そこで、吐糸を任意の時期に阻害して蛹化に及ぼす影響を調べ、吐糸と蛹化の関係について検討した。同時に体液中の脱皮ホルモン濃度の測定も行い、吐糸・蛹化とホルモンの関連についても検討した。

なお本研究は、平成12年度依頼研究員として、平成12年11月1日から同13年1月31日までの3ヶ月間にわたり、農林水産省 蚕糸・昆虫農業技術研究所 生産技術部 蚕栄養生理研究室において行ったものである。

### 材料と方法

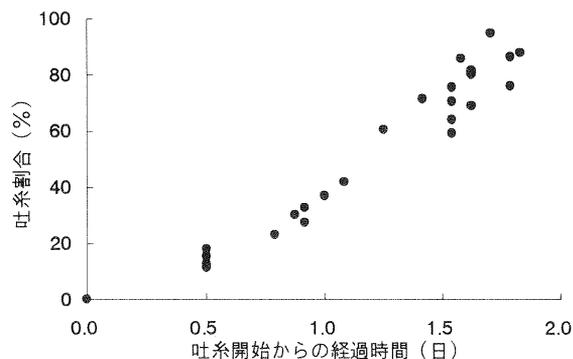
実験には、26℃、12L : 12Dの条件で全齢人工飼料育した支145号×日140号のメスをを用いた。ワンダリングを開始した個体を、ボール紙で格子状に仕切った容器の中に1頭ずつ営繭させた。吐糸中の任意の時間に繭から幼虫を取り出し、実体顕微鏡下で吐糸管を鋭利なピンセットで除去して吐糸を止めた。その後、繭に幼虫を戻して様子を観察した。

また、吐糸開始から蛹化までの体液中エクジステロイド濃度の測定も行った。試験個体の体液を0.5～1日ごとにサンプリングし、RIAによって測定した(竹田ら、1986)。さらに一部のサンプルについてはエクジステロイドの分画も行った。

## 結 果

### 1. 吐糸量と吐糸時間

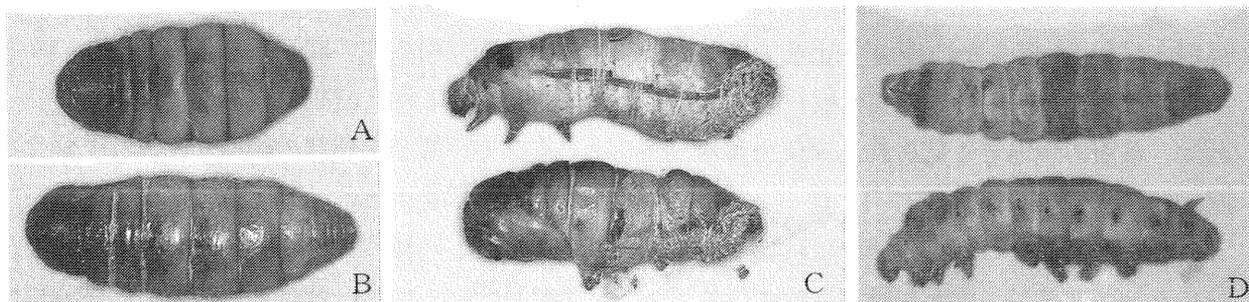
最初は無処理個体について、吐糸開始からの経過時間と吐糸量を比較した。その結果、吐糸は1日で30～40%、1.5日で約70%、2～2.5日で100%終了した。吐糸開始から3～3.5日で蛹化した(第1図)。



第1図 吐糸割合と吐糸時間の関係

### 2. 吐糸割合と蛹化の様子

次に処理個体で蛹化の様子を観察した(第2図)。AおよびBは正常蛹化した個体である。Aは無処理個体であるが、Bは吐糸開始直後に吐糸を止めた個体(W0処理個体)で、体内に絹タンパクを残留したままであるため、異常に大きい蛹となった。Cは完全に蛹化できなかった個体である。上の個体は気門がずれたところで、下の個体は第6体節付近まで脱皮したところで、それ以上脱皮することができなかった。Dは幼虫態のまま致死した個体である。W0処理個体は、Bのように

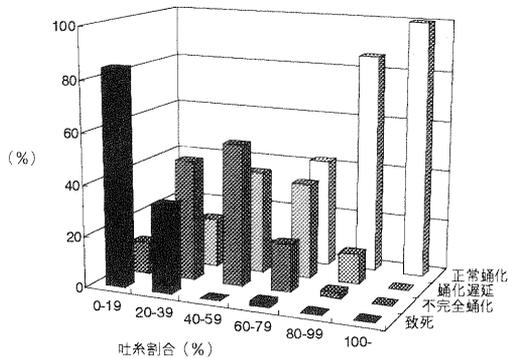


第2図 蛹化の様子

(A : 無処理正常蛹化、B : W0処理正常蛹化、C : 不完全蛹化、D : 幼虫態のまま致死)

正常蛹化する個体はまれで、ほとんどの個体は脱皮行動を起こさず致死した。

以上のような蛹化の様子と吐糸割合との関係を、第3図に示した。吐糸割合が80%以上では、ほとんどの個体が無処理個体と同時に蛹化した。60~80%では、無処理個体と同時か、それより1~2日遅れて蛹化するものが8割程度あった。20~60%では蛹化遅延個体とともに脱皮が不完全な個体も多く、20%以下では多くの個体が幼虫態のまま致死した。



第3図 吐糸割合と蛹化

これらの個体について解剖・観察した。無処理個体が前蛹となるワンダリング2.5~3日 (W2.5-3) には、すでに絹糸腺が破れ、絹タンパクが体腔中に滲出しているのが観察された。W3.5-4では絹タンパクのほとんどが体腔中で固まっており、W4.5-5では蛹クチャや新しい気管、翅の形成などが起こって、絹糸腺の崩壊が進んでいた。この様子は、無処理個体のW2.5-3に相当した。絹糸腺はおもに中部糸腺や、中部糸腺と前部糸腺の境目などが破れ、体腔中の絹タンパク塊は随所に存在した。

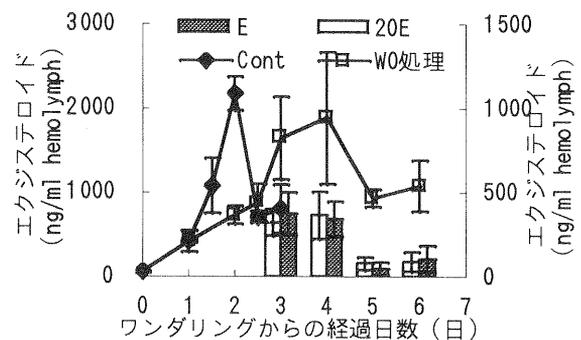
### 3. 体液中エクジステロイド濃度の変動

そこで、無処理個体と吐糸開始時に処理した個体を用い、ワンダリング開始から体液中エクジステロイド濃度を測定した(第4図)。

無処理個体では、これまでの報告(木口ら、1985: Kiuchi, 1992)同様、吐糸開始から2日でピークとなり、この時期は吐糸終了と一致した。その後濃度が下がり、蛹化時には1000ng/ml弱となった。

一方処理個体では、W3-4にかけて上昇したが、無処理個体のような鋭いピークは認められず、最高値も低かった。また、その後の下降も緩やかで、全体的に無処理個体に比べて遅延した。

さらに、W0処理個体のW3~6の体液について、ecdysone (E) と20-hydroxyecdysone (20E) の分画を行った。その結果、量の多少に着目した場合、体液中エクジステロイド濃度のピーク以前はE、ピーク以降は20Eが多かった。これは、以前に調べられている無処理個体についての分画と同様の結果であるが、無処理個体の場合に比べて、量の差は僅かであった。



第4図 体液中エクジステロイド濃度の変動

### 考 察

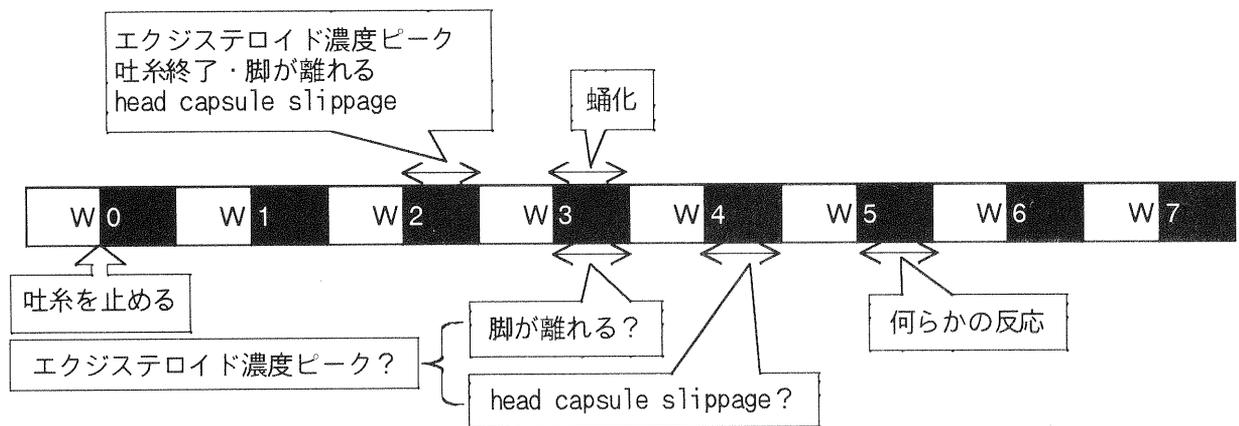
以上の結果を基に、吐糸開始から蛹化までの

タイムテーブル作成を試みた (第5図)。

通常、カイコはワンダリング開始 (W0) から2日間吐糸を続け、W2-2.5に吐糸を終了し、繭の内部から腹脚を離していわゆるhead capsule slippageを起こす。同時にエクジステロイド濃度がピークとなる。その22~24時間後に蛹化する。

しかしW0で吐糸を止めた場合、W3-3.5で腹脚が縮み、その約24時間後にhead capsule

slippageの状態となり、さらにその24時間後に変色 (黒化・褐変) などの何らかの反応が見られる。W0以外の処理でも、正常に蛹化できなかった場合は、それらの個体観察から、同じような経過をたどり、最終的に半化蛹や気門のずれなどの反応を示していた。これらの経過には個体差による大幅なぶれも認められるが、概してこのような傾向だと思われる。



第5図 吐糸開始から蛹化までのタイムテーブル

以上から、吐糸を止めることによって引き起こされた遅延は、エクジステロイド濃度の変動と関連性があると考えられた。しかし、処理個体のエクジステロイド濃度は、下降の程度が軽く、高濃度が長期間にわたって続いていた。また、処理個体の解剖観察によって、吐糸を阻害した個体は、蛹クチクラが形成されているにもかかわらず、幼虫態のまま致死することがわかった。測定された濃度は蛹化に有効であるにもかかわらず、なぜ蛹化脱皮に至らないのかを調べるため、これらの成分を分画し、Eと20Eの割合について調べたところ、2つの成分の差は僅かだったが、量の多少は無処理個体の場合と同様であった。この結果からは脱皮できない原因をEと20Eの割合に求めることはできない。近年では、

ecdysis-triggering hormone、pre-ecdysis-triggering hormoneという脱皮に関わる新しいホルモンが発見され、脱皮行動を誘導する複雑なカスケードが提案されている (Zitnan *et al.*, 1996; Ewer *et al.*, 1997; Kingan *et al.*, 1997; Zitnan and Adams, 2000 a, b)。これらのホルモンは、eclosion hormoneによって活性化されたInka cellから分泌され、体を萎縮させるpreecdysisという行動を引き起こすと考えられ、蛹クチクラの形成は起こっているが幼虫クチクラを脱皮することができないという、今回の実験で見られた現象との関連性についても、検討が必要と思われる。

また、これは、絹糸腺が破れて体腔内に滲出した絹タンパクが、脱皮行動の障害となっているためではないかとの可能性も考えられ

る。先にも述べたが、赤尾 (1943)・福田 (1951) によれば、3 齢あるいは4 齢で絹糸腺を除去すると、吐糸期における体液中の非タンパク態窒素や遊離アミノ態窒素の含量が無処理固体の約2 倍になり、aminoacidaemie(体液内アミノ酸鬱積症) を起こす。これが脱皮できない原因であるとしている。さらに、平板吐糸をさせた個体の多くが脱皮できずに致死することが知られているが、これらの個体

の絹糸腺も膨大し破裂が見られることを観察している (赤尾、1941)。もともと絹糸腺がない場合と絹糸腺が破裂した場合には、体液中に過剰になる物質は異なると思われるが、いずれにせよ通常とは異なる体内環境になることは明らかである。今後、体液中に含まれる物質を分析し、吐糸を止めることで引き起こされる体内の生化学的変化を解明したいと考えている。

### 引用文献

- 赤尾 晃 (1941) : 蚕試報、10、189~223  
 赤尾 晃 (1942) : 日蚕雑、13、110~113  
 赤尾 晃 (1943) : 蚕試報、11、295~309  
 Ewer, J.・Gammie, C. and Truman, J.W. (1997) : J. Exp. Biol., 200、869~881  
 福田紀文 (1951) : 蚕試報、13、423~476  
 川畑外志夫 (1955) : 福島蚕試報、15、75~79  
 木口憲爾・安居院宣昭・川崎秀樹・小林勝利 (1985) : 蚕試報、30、83~100  
 Kingan, T.G.・Gray, W.・Zitnan, D. and Adams, M.E. (1997) : J. Exp. Biol., 200、3245~3256  
 Kiuchi, M. (1992) : Wild Silkmooths' 91、83~90  
 松崎 巖 (1977) : 蚕糸研究、101、17~22  
 笹原重雄 (1978) : 蚕糸研究、106、31~36  
 竹田 敏・木内 信・上田 悟 (1986) : 2 蚕試報、30、361~374  
 Zitnan, D.・Kingan, T. G.・Hermesman, J.L. and Adam, M.E. (1996) : Science, 271、88~91  
 Zitnan, D. and Adams, M.E. (2000) : J. Exp. Biol., 203、1329~1340  
 Zitnan, D. and Adams, M.E. (2000) : J. Exp. Biol., 203、3011~3018