

# 繭絲の構成に關する研究 (IX)

## (絹絲腺内に於ける絹物質の異方性に就て)

萩原清治

Kiyoharu OGIWARA:- Studies on the constitution of cocoon silk (IX.)  
On the anisotropic property of fibroin substance in the silk-gland.

### I. 緒 論

著者は第1報に於て絹絲腺内の絹物質を人工的に處理して、其れを牽引した場合に起る絹物質内の内部摩擦の増加と牽引量との關係に就て報告した。又第2報に於て牽引状態と生成纖維の構造上の差を金屬鹽による吸着状態より觀察した結果を報告した。其れによれば人工牽引によりて生じた纖維の性質は處理方法、牽引速度及び牽引量の如何によりて異なることを知つたのである。

本報に於ては腺内にあつて外部から牽引を受けざる絹物質が、吐絲口に達する迄に如何なる構造上の變化を起すかに就て偏光顯微鏡を用ひて觀察したのである。

腺内にある絹物質——主としてF物質の状態であつて以下述べる場合、絹物質とはF物質を云ふ。——が前方に移動される間に、或は又中部絲腺内に貯溜されてゐる間に起る性質の變化に對しては後報にて詳細に報告する。

偏光顯微鏡による絹纖維の構造に就ては、小原博士<sup>(1)</sup>の極めて詳細なる研究があり、絹絲腺内のものに就ては天蠶を用ひて牽引長倍數と偏光色の變化に就て報告されたものがある。其れによれば試料を絹絲腺の何れの部分に採つたか述べてないが、無牽引の儘酸處理を行つて凝固したものは、縦斷面の6 $\mu$ の厚さに於て干涉色淡く、周邊部及び中心部は一様に輝き、其他は斑點狀の光輝を放つが大體暗黒を示す。然し之れを牽引して其の牽引倍數をして12倍に達するに凝固絹は全く原纖維のみとなり著しく輝いて來るが、横斷面は干涉色微弱となる。従つて以上の如き處理によつて生成したものは、ミセルの配列は規則的となり、然かも其の状態は一軸性の複屈折をなすことを述べてゐる。

著者は腺内にありて纖維狀を形成せず、又殆んど状態の變化を起さないことを考へられる。

絹物質、藥液又は熱湯處理によりて變化を受けた状態のもの及び之れが空氣中に取出されて牽引されることなく、其の儘乾固した状態のもの等を試料として觀察を行つたのである。

### II. 實 驗 方 法

蠶體內より抽出せる絹絲腺に就て次の如き處理を行ひ、之れを硝子板上に載せて觀察した。

(a) 第6報(a)方法によりて處理せるものの凝固状態。

生體內より取出した絹絲腺を Carnoy 液にて5分處理し、次に Delafield Haematoxyline solution に10分間浸し、鹽酸アルコール液に處理したる後、Na OH (2%) + アルコール (90%) = 2:3 にて處理し水洗せるものを、Glycerine 中に封入して觀察した。

(b) 熱湯殺後、絹絲腺を抽出し、(a)方法にて處理したもの。

(c) 抽出後、微酸液に浸漬したもの。

抽出せる絹絲腺は何れも 0.5% CH<sub>3</sub>COOH に 1 分間處理し、水洗したる後 Glycerine 中に封入した。

(d) 抽出後微アルカリ液に浸漬。

0.1% Na OH に浸して觀察した。

(e) 抽出後、蒸溜水中に放置。

抽出せるものを直ちに PH=6.8 内外の水中に浸し直ちに觀察した。

(f) 抽出後、生理的食鹽水中に浸漬して其の儘觀察した。

(g) 抽出せる絹絲腺（前部絲腺のみ）を水洗後、前部及び中部絲腺の境にて切斷し、此の一端を保持して懸垂し、其の儘乾燥したものに就て觀察した。

(h) 抽出せる絹絲腺を水に浸し、中部絲腺の一部を切斷して絹物質を水中に露出せしめたる後、攪拌して可成良く分散せしめる。

然る後容器を強く振盪して生じたる沈澱物を硝子板上に採り、濕潤状態の儘（Glycerine 封入）及び之れを乾燥したるものに就て觀察した。觀察方法は次の如くした。光線には 80w の電燈を使用し之れを、

K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> 15g  
CuSO<sub>4</sub> 35g  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1g  
水 300c.c.

} の混合液を通した光線を使用した。其の光線の波長は大體 576~

579m.μ. 附近である。觀察には第 1 列赤色石膏板を使用してミセルの結晶状態又は配列方向を吟味し、然る後其の干渉色を觀察した。

### III. 實 驗 結 果

以上の如くして得た結果を示す。

(a) 常法によりて處理せるもの。

(i) 正常蠶に於ける腺内 F 物質の干渉色及び其の有無。

第 1 表

経過日數	前 部 絲 腺			中 部 絲 腺			後 部 絲 腺		
	前	中	後	前	中	後	前	中	後
起 蠶	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃
2 日 目	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃
3 日 目	/	/	/	/	極微灰	無	〃	〃	〃
4 日 目	/	/	/	/	極微灰	無	〃	〃	〃
5 日 目	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃
6 日 目	/	極微灰	〃	無	〃	〃	〃	〃	〃
7 日 目	極微灰	無	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
8 日 目 (熟蠶)	極微灰	無	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

備 考

直交=コルに對して試料が 45° に置かれた場合の干渉色を示す。斜線欄は F 物質の認められない部分である（第 6 報參照）干渉色は Berek の Compensater に現はれる色と比較して、小原氏の著書（顯微鏡による纖維研究法 191 頁）にある色の名稱を使用した。無は前記の觀察に於て干渉色を示さないものである。即ち異方性なきもの。

此の表の如く F 物質は 其の先端部に於て僅か乍ら 扁光色を示し、其の色は極微灰色にして 100m.μ. 内外の干渉の起きてゐることを示す。（各部の F 物質の太さは異なる）

而して第1列赤色石膏板を挿入して觀察するに、何れも纖維軸に對して加色の方向をまつてゐる。之れより見て各期に於けるF物質の先端部は此の處理を行つて凝固してゐる時は何れもミセルの結晶を起してゐるか、或は又長さの方向にミセルの配列を起してゐることが明かである。此の處理によつてF物質は何れも凝固を起しており、又 Delafield Haematoxyline によりて僅かに着色されてゐる。従つて是等の吸着成分によりて多少の性質が變化してゐることは考へられる。

(ii) 早期上痰嚢に於ける腺内F物質の干渉色及び其の有無。

(一) 5齡2日目絶食せるもの 第2表

経過日數	前部絲腺			中部絲腺			後部絲腺		
	前	中	後	前	中	後	前	中	後
當日	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃
2日目	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃
3日目	/	/	/	/	極微灰	無	〃	〃	〃
4日目	/	/	/	/	極微灰	無	〃	〃	〃
5日目	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃
6日目	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃
7日目	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃

(二) 5齡3日目絶食せるもの 第3表

経過日數	前部絲腺			中部絲腺			後部絲腺		
	前	中	後	前	中	後	前	中	後
當日	/	/	/	/	極微灰	無	〃	〃	〃
2日目	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃
3日目	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃
4日目	/	/	/	/	極微灰	無	〃	〃	〃
5日目	/	/	/	/	微灰	無	〃	〃	〃
7日目	/	/	/	/	灰色	無	〃	〃	〃
8日目	/	/	/	/	極微灰	無	〃	〃	〃

(三) 5齡5日目の絶食せるもの 第4表

経過日數	前部絲腺			中部絲腺			後部絲腺		
	前	中	後	前	中	後	前	中	後
當日	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃
2日目	/	/	/	/	無	〃	〃	〃	〃
3日目	/	/	/	/	灰色	無	〃	〃	〃
5日目	微灰	〃	無	〃	〃	〃	〃	〃	〃
6日目	灰色	微灰	〃	無	〃	〃	〃	〃	〃

(四) 5 齡 7 日 目 絶 食 せ る も の 第 5 表

經過日數	前 部 絲 腺			中 部 絲 腺			後 部 絲 腺		
	前	中	後	前	中	後	前	中	後
當 日	極微灰	〃	無	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2日目(米蠶繭)	/	無	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2日目(營繭)	灰 色	灰 色	無	〃	〃	〃	〃	〃	〃

(四) 正 常 熟 蠶 第 6 表

經過日數	前 部 絲 腺			中 部 絲 腺			後 部 絲 腺		
	前	中	後	前	中	後	前	中	後
當 日(米蠶繭)	極微灰	〃	無	〃	〃	〃	〃	〃	〃
當 日(營繭)	灰 色	微 灰	無	〃	〃	〃	〃	〃	〃

以上によつて見るに、早期上簇蠶に於ても大體F物質の先端に當る部分には幾分の結晶性ミセルの生成されてゐることが明かであり、此のものが前部絲腺内に移動する時は何れも僅か乾干渉度を増加してゐることが明かである。

(b) 熱湯殺固定後抽出せるもの。

試料として熱蠶を採つた。此の場合には第6報の如くF物質内に中心軸の現出せるものを認めめたが、捻轉の甚だしいものは殆んどなかつた。之れに就て干渉色は次の如し。

第 7 表

回 數	前 部 絲 腺			中 部 絲 腺			後 部 絲 腺		
	前	中	後	前	中	後	前	中	後
第 1 回	灰 色	〃	〃	無	〃	〃	〃	〃	〃
第 2 回	極 灰	〃	〃	無	〃	〃	〃	〃	〃

即ち干渉色の出現状態は(a)の試料と殆んど同様であり、唯干渉色の範圍が廣がり幾分後方延びてゐる。

(c) 抽出後、微酸液處理のもの。(以下實驗表略す)

此の試料に就ても凝固状態及び干渉色に於て殆んど(a)と同様である。

(d) 微アルカリ液處理

試料は激しき膨化のため著しく長さを増し捻轉状となり、又前部絲腺に於て兩端を切断する時はF物質は腺外に露出して來る。又セリシン物質は殆んど溶解し去るを認める。

F物質は原形を保持してゐるが凝固を起してゐない。又干渉色は何の部分にも出現せず視野は暗黒である。

(e) 抽出後直ちに水中に浸漬

此の試料は(d)と殆んど同様にF物質は凝固を起すことなく、膨化を起して長さの方向に膨脹して來る。干渉色も亦(d)と殆んど同様に何の部分にも發見されず視野は全く暗黒である。

(f) 抽出後、生理的食鹽水中に浸漬

此の試料は浸漬後5~10分迄は形態上に殆んど變化なきも、其れ以上経過するに(1)と同様

に長さの方向に膨脹して來る。干渉色に於ては放置時間の如何に關らず殆んき現はれない。

(g) 抽出後、前中部絲腺の一端を保持し、懸垂して乾燥せるもの。

此の試料に就ては凝固によりて試料は長さを $\frac{1}{2}$ に短縮する。而して此の場合の偏光色を見るに(a-b-c)で現はれたる同程度、即ち鹹灰色又は灰色の干渉色を示す。

(h) 中部絲腺絹物質分散液の振盪による沈澱物

此の沈澱物は大部分のものが干渉色を現はす。特に纖維狀沈澱物質に於ては灰色迄を示した。更に此の干渉色を示した部分に就て第1列赤色石膏板を使用して調査するに、纖維軸の方向に加色を示すことは(a)の場合と全く同様である。

(i) 次に以上のものの對照區として外界に吐絲する場合、吐絲絲條の乾燥を防ぐために其れを人工的に水中に吐絲せしめ其れに就て干渉色を觀察した。而して絲條の牽引は蠶兒が自然に行ふ如き程度とした。(3<sup>mm</sup>/s ~ 8<sup>mm</sup>/s)

此の纖維を其の儘一水中にて觀察せるに、干渉色は正常の繭層より採取せる纖維のものを殆んき同様に、第1列及び第2列の強き種々なる色を現はした。此の色はa-b-c-g-h等の現はすものより遙かに高度にあることを知り得る。

以上の種々なる觀察によりて腺内にあるF物質粒子及び吐絲絲條の結晶性又は配列が如何なる場合に起るかに就て推定することが出来る。即ち腺内に於けるF物質の状態と殆んき變化なしと考へられる(f)試料に於てはF物質は何れの部分に於ても全く干渉色を示してゐない。之れより考へて生體の腺内にあるF物質は腺内を移動する間には聚合性は増加するが、結晶状態を呈せず又は一定方向への配列度弱めて微弱であること考へることが出来る。

之れは恐らく其の含水量大なるため、各粒子間の距り大にして比較的不規則なる状態にて分散してゐるためであらう。又(d)、(e)に於てはF物質は膨化を起し長さの方向を増し、粒子は配列を起した如く考へられるが、膨潤によりて含水量は一層大なるため、干渉色を示さないものと考へる。然るに(a)、(b)、(c)等の如く其の儘凝固せるものは、何れも其の先端部に於て僅か乍ら干渉色を示してゐる。之れを(f)、(d)、(e)等と考へ併せるに、(h)は(f)が其の儘凝固したもの、(a)、(c)は(d)、(e)が凝固したものと考へられる。従つて此の場合干渉色を現はしたのはF物質の凝固によること云ふことになり、此の際各粒子の融合が起り結晶性を増すか或は又配列を起して來るものと考へる。

是等の觀察よりして干渉色の出現は其の原因の如何に拘らず、F物質の凝固を起すことによりて起るものであること云ふことが出来る。然し乍ら此の場合にも干渉色が前部絲腺内又は中部絲腺にては、先端部にのみ起ることより考へるに、結晶又は配列も凝固のみによつてはF物質の聚合度が或る程度以上進まなければ起さないのではないかと考へられる。

更に此の如き状態の變化は(g)及び(h)の實驗によりて尙明かに知ることが出来る。即ち(g)に於けるF物質の凝固は(a)、(b)及び(c)の如く藥液の作用を全然受けず、單に水分の放散のみによる凝固であるに拘らず干渉色を示し、(b)に於ては(e)の如く靜置すれば、干渉色を示さざるに水中に分散して後強く振盪して得た凝固物は僅か乍ら干渉色を示したのである。即ち藥液の作用、水分の放散作用及び機械的振盪作用等を行つて絹物質の凝固を促すに、此のものは如何なる場合にも干渉色を示すこと云ふことになる。

之れによつて見れば、是等の作用は單に凝固を促すのみならずF物質分子の結晶を形成し、或は又配列を起さしめる機能を有すること云ふことになる。

以上の如く絹物質が腺内に於て其の儘凝固する場合には、前部絲腺の先端に於ても干渉色は最強灰色(100m.μ.)を示すが、此のものが吐絲管を経て吐絲口外に出で、凝固したものに於ては干渉色は急激に増し、最弱、鮮黄色(350m.μ.)位迄を現はして來る。然かも其の纖維は前部

絲腺内のものより細いのである。

斯くの如く前部絲腺内のものと吐絲纖維との間に大なる差異を示すことは、此の間に於てF物質の配列及び結晶状態に急激なる變化の生ずることが推定出来る。而して此の間に於て凝固以外に起る作用は外部からの牽引であることから考へて、此の作用が粒子の配列性に最も大なる關係のあることが容易に知られるのである。

C. For氏が吐絲に當つて絹物質の凝固するのは全く此の牽引作用のみによるとして、之れに對してGug-gerinnungと名付けたのも、以上の如く吐絲の前後に於ける絹物質の急激なる變化を觀察しての結果を考へる。

#### IV. 摘 要

偏光顯微鏡を使用して以上の各試料に就き觀察し次の結果を得た。

1. 絹絲腺内に於ける絹は如何なる部分のものも異方性を示さない。
2. 蠶體より絹絲腺を取出して其の儘凝固した絹物質は、先端部が中部絲腺内にある間は極微灰色を示すが、先端部が前部絲腺に移動するに其の部分のものは灰色～鐵灰色の干渉色を示す。順次後方に行くに従つて干渉色消失する。
3. ②より見て絹物質は中部絲腺より前部絲腺に移動する間に、漸次分子の聚合性配列性の高められることが推定される。
4. 絹物質分散液は異方性を示さざるも、之れを振盪して生じた凝固物は灰色迄の干渉色を示す。
5. 以上の異方性に於てnrは何れも纖維軸の方向と一致することを認める。
6. 吐絲を水中に行ひ、凝固纖維の乾燥せざる様にし、其の儘觀察しても正常の纖維に就て觀察しても干渉色同様にして、350m.μ. — 1000m.μ.の色を示す。

而して此の干渉色は絹物質を抽出して其の儘凝固したものと比較して極めて強度である。之れより考へてF物質粒子の配列は、其の大部分が前部絲腺より吐絲されて纖維化する迄に起ることを考へられ、又吐絲作用より見て其れが牽引作用に最も多くの影響を受けることが認められる。

(於上田蠶絲専門學校)

#### 参 考 文 獻

1. 小原 龜 太 郎 (1932) 理化學研究所彙報 第11輯第3號、8號 第15冊第7號
2. ♫ (1934) 日本蠶絲學會學術講演集 第1卷
3. ♫ (1934/35) 蠶絲界報 第41卷第487號 第42卷第500號
4. 清 水 正 徳 (1941) 蠶絲試驗場報告 第10卷第7號

受理 昭和17年11月12日