

# 繭層加熱処理方法の膨化・溶解性におよぼす影響\*

青 沼 茂\*\*

Shigeru AONUMA : The Effects of the Heating Conditions on the Swelling and Soluble Properties of the Raw Silk Cocoon Shells.

(1958年9月20日受理)

製糸工程において、繭にたいする加熱処理はいろいろな条件のもとでおこなわれ、しかもそれぞれ極めて重要な役割をもっている。これらの加熱による繭質変化は加熱条件および被加熱物の状態により異なり、たとえば繭層にたいする熱処理<sup>(1)(2)</sup>そのもの影響、加熱時に発生する水分、アンモニアガス、浸漬時の蛹体浸出液の影響等<sup>(3)~(10)</sup>があげられる。しかし、これらに関する報文中、同一試料にたいする乾熱、湿熱等の加熱法別の比較は少い。本報では乾繭、煮繭工程の各熱処理を合理化するための基礎実験として、生繭にたいする加熱方法の繭層膨化、溶解性におよぼす影響について実験した結果を報告する。

起稿にあたり、御校閲ならびに有益な御助言をいただいた当学部長林貞三教授、高木春郎助教授、また研究に協力された吉池恵美子嬢に深謝する。

## 実験試料および方法

供試材料は昭和32年本学部産、春生繭(日122×支122改)約2000粒の切開繭層をもちいた。試料は繭層を繭長方向に8等分し、1回の使用量を4粒分(1.5~1.6g)とした。これらをつぎの試験区分にしたがい熱処理し、それぞれの繭層膨化、溶解度を測定比較した。

- (1) 対照区：生繭層を減圧(10mmHg)浸透(H<sub>2</sub>O, 20°C)し、湿潤せしめたのち直ちに熱水浸漬した。
- (2) 乾熱処理区：生繭層を100°Cの恒温乾燥器中で加熱(1, 3, 5時間)後、1昼夜放置して実験に供試した。熱水浸漬にあたり予め減圧浸透により繭層湿潤を行った。
- (3) 乾熱蒸区：金網製容器に試料を入れ100°Cで触蒸(5, 10, 15分間)後、ただちに減圧浸透を行い熱水浸漬した。

- (4) 湿熱蒸区：予め減圧浸透後、金網製容器に入れて触蒸(5, 10, 15分間)し、ただちに熱水浸漬した。生繭層の無水量は原量測定時に採取つた試料の水分率から推定した。

繭層膨化度は Cooler 付試験管(内径3cm)に蒸留水80ccを入れ、Water Bath 中で恒温(95°C)に達したのち試料を投入、所定時間(5, 10, 15, 20, 30分間)浸漬後取出し、ただちに定めた条件で脱水、湿重量をもとめ、その無水量にたいする増加水分量の割合で示した。繭層溶解度は浸漬中の溶解減耗量をもとめ、無水原量にたいする割合で示した。

ここに浸漬処理繭層の無水量測定にあたっては、あらかじめ低温(60°C内外)で約8時間乾燥後、110°C, 1.5時間乾燥し湿潤繭層セリシンが秤量管の内壁に附着固化することを防ぎ、秤量上の誤差を極力少くするように留意した。

また、各区10分浸漬後の試料を重量的に外、中・内層ほぼ均等に剝離層別し、練減量より繭層別溶解度を推定した。さらにこの練減量(残存セリシン量)にたいする前記浸漬脱水後の水分量の割合をもつて繭層セリシン膨化度を示した。

## 結果および考察

### (1) 加熱処理法別繭層膨化度比較<sup>(1)</sup>

あらかじめ、ここでいう膨化度とはいわゆる膨潤度とは異なり、繭層の熱水浸漬中に溶出した部分を除いた残部についての見掛上の値であることをおことわりする。

煮繭処理工程において、繭層膨化度は繭解舒の良否と密接の関係があり、煮繭程度の判定上有効な一要素である。第1表および第1~4図は加熱処理法別の繭層膨化

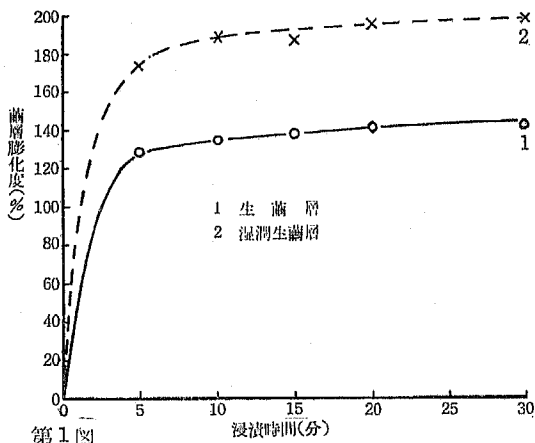
\* 本研究は「煮繭に関する基礎的研究(第3報)」とする。

\*\* 信州大学繊維学部製糸学研究室

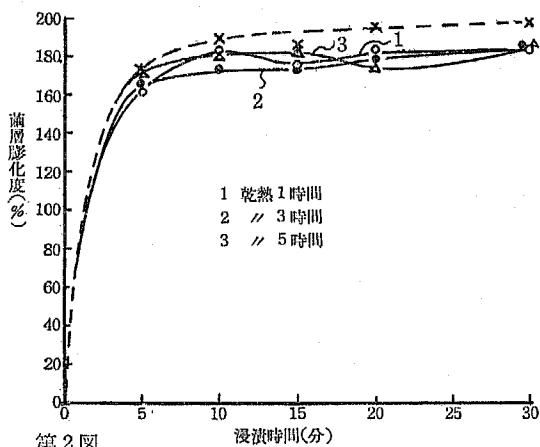
第1表 加熱処理法別菌層膨化度(%)

処理区分	浸漬時間	5分	10分	15分	20分	30分
(1)	生菌層(無滲透)	128±7.8	135±7.3	137±11.4	143±15.5	143±9.1
	湿潤生菌層(対照区)	174±11.8	190±11.7	186±18.1	196±8.8	198±15.2
(2)	乾熱1時間	163±12.5	182±14.7	176±15.1	182±14.0	183±10.9
	〃3時間	165±9.4	173±5.4	173±8.7	179±22.9	184±7.3
	〃5時間	173±9.0	181±10.6	182±13.5	173±16.8	184±29.7
(3)	乾触蒸5分	148±15.6	158±6.3	164±12.5	162±19.9	173±6.2
	〃10分	145±7.1	157±13.0	163±9.3	158±7.3	164±14.3
	〃15分	146±10.0	159±14.0	158±12.5	160±13.0	165±9.7
(4)	湿触蒸5分	195±12.2	195±9.0	199±8.2	205±6.4	210±11.2
	〃10分	188±11.3	204±8.0	208±9.4	207±8.0	202±8.3
	〃15分	197±10.3	193±6.2	203±11.5	200±11.5	201±8.0
(5)	湿触蒸5分後常温乾燥	—	167±14.0	—	—	—
	〃10分〃	—	190±12.5	—	—	—
	〃15分〃	—	189±16.8	—	—	—

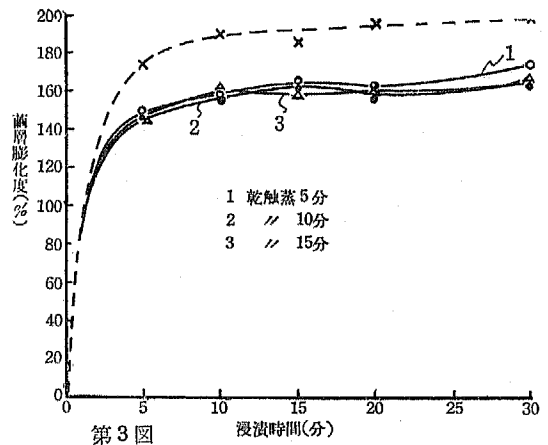
(信頼度 95%)



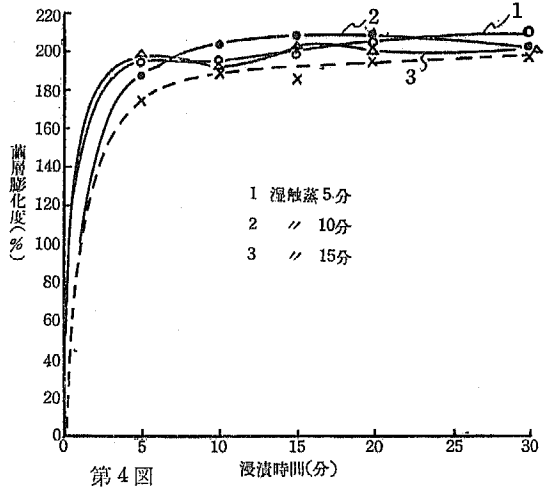
第1図



第2図



第3図



第4図

度を示すものである。

図および表のごとく、いずれも浸漬時間の増加にともない膨化度は漸時増大する。(浸漬時間をさらに増加するときは、セリシンの溶出によりフィブリン量にたいする菌層残存セリシン量の割合が減少し、膨化曲線はいつたん Saturate し、その後、下降してふたたび平衡に達する<sup>(1)</sup>) 第1図は生菌層をあらかじめ湿潤したものとの比較である。第2表はその分散分析結果である。湿潤生菌層(対照区)の膨化度は湿潤しないものより明らかに大きく、また熱水浸漬時間による差も有意水準1%で認められ、浸漬時間とともに漸次増大する。なお、第2~4図には比較対照の便をはかるため、対照区の測定値を点線でそれぞれに記入した。

第2表 分散分析結果(1)

要因	分散比	判定
浸漬時間(A)	4.54	* * $F_{40}^4(0.01)=3.82$
処理時間(B)	317.0	* * $F_{40}^4(0.01)=7.31$
(A) × (B)	1.64	

乾熱(100°C)処理結果は第2図のごとく、いずれも対照区に比し小さく、また加熱時間による差は第3表のごとく、有意水準5%で認められた。すなわち加熱1時間区より3時間区へと減少し、加熱5時間区では3時間区より増加する傾向をみとめた。さらに浸漬時間と加熱時間の交互作用は有意水準1%でみとめられた。

第3表 分散分析結果(2)

要因	分散比	判定
浸漬時間(A)	23.3	* * $F_{90}^4(0.01)=3.64$
加熱時間(B)	4.28	* $F_{90}^2(0.05)=3.15$
(A) × (B)	38.8	* * $F_{90}^8(0.01)=2.82$

$B_1 > B_2 < B_3 > B_4$

つぎに、乾触蒸処理効果については第3図に示すごとく、対照区より明らかに減少することが知られた。ただし本実験の範囲内では触蒸時間による差はみとめられなかった。(第4表)

第4表 分散分析結果(3)

要因	分散比	判定
浸漬時間(A)	9.85	* * $F_{90}^4(0.01)=3.64$
触蒸時間(B)	0.92	
(A) × (B)	4.84	* * $F_{90}^8(0.01)=2.82$

また、煮菌処理工程の蒸気熱成部に関連性のある湿触

蒸処理結果は、第4図のごとくである。湿触蒸区は対照区よりいずれも膨化度大であるが、第5表のごとく、触蒸時間による差は明瞭ではない。

第5表 分散分析結果(4)

要因	分散比	判定
浸漬時間(A)	5.66	* * $F_{90}^4(0.01)=3.64$
触蒸時間(B)	0.92	
(A) × (B)	2.18	* $F_{90}^8(0.05)=2.09$

なお、湿触蒸後常温で乾燥した場合(熱水浸漬前減圧滲透)の測定値も参考までに第1表の末尾に示した。表には10分浸漬の場合のみを示したが、対照区と殆んど同程度の膨化度であり、乾触蒸区より明らかに大きいことがわかった。

以上、加熱処理別菌層膨化度を比較した結果、乾熱および乾触蒸処理によって膨化度は減少し、乾触蒸効果は特に顕著であることがわかった。また湿触蒸処理によってやや膨化度が増す傾向がみられた。ただし実験範囲内では乾熱処理区を除き加熱時間による差はみとめられなかった。これら加熱処理別の菌層膨化度のちがいは菌層間隙に差を生じ、したがってセリシンの加熱変性による影響のほか、菌殻組織の変化からも溶解性に差異をもたらす原因になりうるものと考えられる。

#### (2) 加熱処理別菌層溶解度比較

すでに窪田<sup>(6)</sup>は常温乾燥菌をもちいて菌質におよぼす加熱温度の影響(湿度一定)をしらべ、温度の高い程(90°C ~ 70°Cにおいて)、時間の長いほどその解舒抵抗は増加するも、加熱2時間以降は緩慢となることを報告し、金子<sup>(9)</sup>、太田<sup>(6)</sup>、松本等<sup>(8)</sup>は乾燥により菌層セリシンの溶解度を低下し、乾燥時間の長いものほど著しく、また、内層部位の低下が外層に比し多くなることを報告している。さて、内部に生菌を包蔵した状態で加熱処理する場合は、処理過程で、菌体水分その他の影響が複雑な組み合わせ条件をとることが予想される。したがってこれから結果の解析を行うことは難かしいと思われる。本実験ではこの意味から、菌層のみにたいする乾熱・湿熱処理等の菌層溶解性におよぼす影響をもとめ比較した。以下のべる結果は前記膨化度測定の際、浸漬により溶出した菌層溶解量からもとめたものである。

まず、溶解度を比較する場合、菌層のような湯水にぬれがたい性質および独特の菌殻組織を有するものにたいしては、セリシンそのものの溶解性のほか、菌の形質的要因も十分に考慮する必要がある。そこで、最初に生菌

第6表 加熱処理法別菌層溶解度

処理区分	浸漬時間	5分	10分	15分	20分	30分
(1)'	生菌層(無滲透)	3.57±0.15	4.22±0.51	4.36±0.40	4.93±0.53	6.10±0.76
	湿润生菌層(対照区)	3.60±0.45	4.45±0.36	4.88±0.79	5.78±0.37	6.94±0.63
(2)'	乾熱1時間	3.15±0.60	3.55±0.79	4.48±0.36	4.72±0.28	5.41±0.45
	"  3時間	3.09±0.41	3.79±0.51	4.09±0.23	4.52±0.49	5.35±0.76
	"  5時間	3.40±0.46	4.05±0.22	4.69±0.26	4.99±0.47	5.84±1.44
(3)'	乾触蒸5分	2.94±0.88	4.31±0.43	4.66±0.61	4.71±0.74	5.89±0.53
	"  10分	2.83±0.26	3.97±0.31	4.31±0.23	4.84±0.51	5.63±0.48
	"  15分	3.82±0.35	4.58±0.38	5.20±0.56	5.77±0.61	6.09±0.61
(4)'	湿触蒸5分	5.10±0.50	5.43±0.13	6.04±0.47	6.00±0.54	7.00±1.21
	"  10分	5.16±0.47	5.80±0.29	6.49±0.21	7.11±0.54	8.00±1.34
	"  15分	6.27±0.59	6.30±0.49	7.40±0.52	8.22±0.69	8.92±0.26
(5)'	湿触蒸5分後常温乾燥	—	3.75±0.30	—	—	—
	"  10  "	—	4.12±0.33	—	—	—
	"  15  "	—	4.50±0.18	—	—	—

(信頼度95%)

層を湿润したものとしないものについて溶解性を比較した。第5図および第7表のごとく、湿润生菌層(対照区)は有意水準5%で湿润しないものより溶解性大なることが認められ、この傾向は浸漬20~30分において特に明瞭であつた。以下第6~8図には比較に便ならしめるために、対照区の測定値を点線で記入した。

第7表 分散分析結果(1)'

要因	分散比	判定
浸漬時間(A)	45.5	** F <sub>40</sub> <sup>4</sup> (0.01)=3.82
処理間(B)	5.8	* F <sub>40</sub> <sup>1</sup> (0.05)=4.08
(A) × (B)	1.3	
A <sub>5</sub> < A <sub>10</sub> < A <sub>15</sub> < A <sub>20</sub> < A <sub>30</sub> , B 乾 < B 湿		

生菌層にたいする乾熱処理効果は第6図のごとくである。対照区よりいづれも溶解度を減少し、加熱時間による差は第8表のごとく有意水準5%でみとめられた。すなわち加熱1時間より3時間へと漸時減少するが、加熱5時間区では逆に増加することがみとめられた。

第8表 分散分析結果(2)'

要因	分散比	判定
浸漬時間(A)	42.2	** F <sub>60</sub> <sup>4</sup> (0.01)=3.64
加熱時間(B)	4.3	* F <sub>60</sub> <sup>2</sup> (0.05)=3.15
(A) × (B)	0.5	
A <sub>5</sub> < A <sub>10</sub> < A <sub>15</sub> < A <sub>20</sub> < A <sub>30</sub> , B <sub>1</sub> > B <sub>3</sub> < B <sub>5</sub> > B <sub>1</sub>		

つぎに生菌層にたいする乾触蒸効果は第7図および第9表のごとくである。乾熱処理の場合のごとく、触蒸5分、10分と次第に溶解度は低下するが、触蒸がある限界を超えるとセリシンの易溶化が促進されるためか、触蒸15分においては逆に増大することがみとめられた。

第9表 分散分析結果(3)'

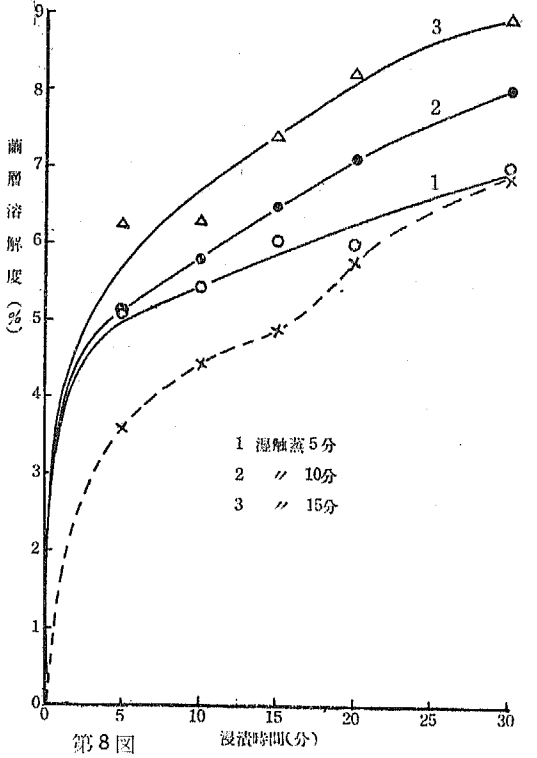
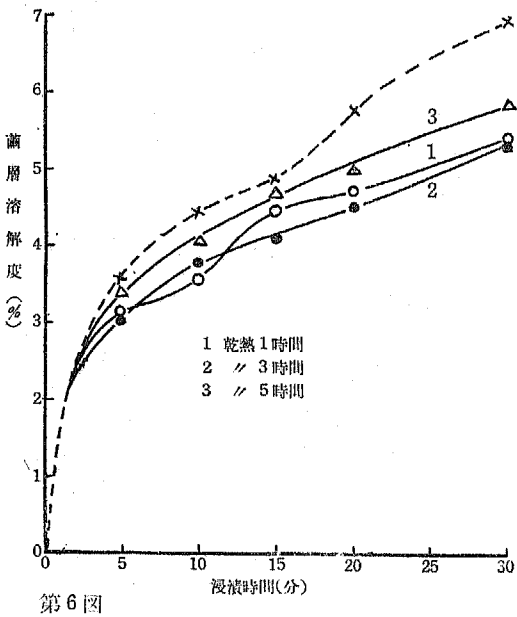
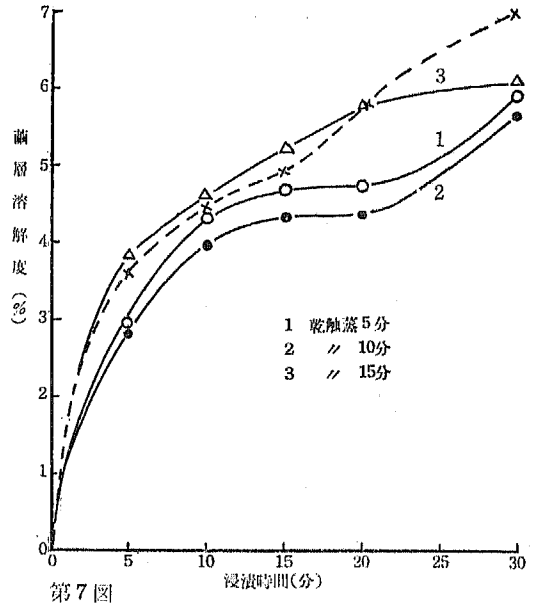
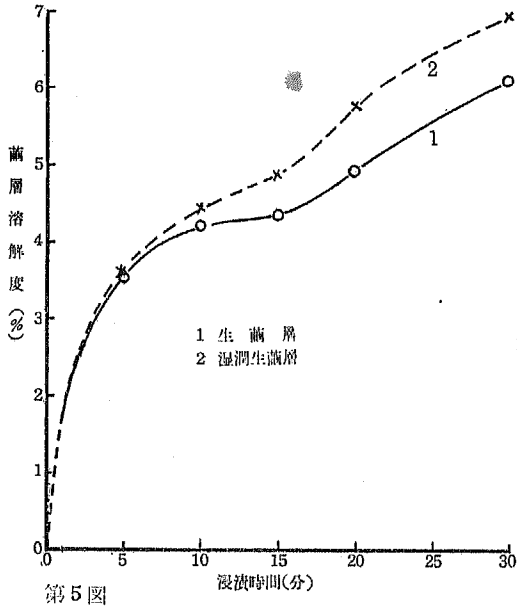
要因	分散比	別定
浸漬時間(A)	41.6	** F <sub>60</sub> <sup>4</sup> (0.01)=3.64
触蒸時間(B)	17.0	** F <sub>60</sub> <sup>2</sup> (0.01)=4.97
(A) × (B)	0.2	
A <sub>5</sub> < A <sub>10</sub> < A <sub>15</sub> < A <sub>20</sub> < A <sub>30</sub> , B <sub>5</sub> > B <sub>10</sub> < B <sub>15</sub> > B <sub>5</sub>		

これらは生菌層の不安定なセリシンが加熱変性する場合、加熱により水和性を減じ難溶化する反面、熱分解による易溶化も併起し、両者の進行過程における速度のちがいによるものと考えられる。

つぎに、あらかじめ減圧浸透により湿润せしめた菌層を所定時間触蒸後、これをただちに熱水浸漬した場合については第8図および第10表に示したごとくである。

第10図 分散分析結果(4)'

要因	分散比	判定
浸漬時間(A)	42.7	** F <sub>60</sub> <sup>4</sup> (0.01)=3.64
触蒸時間(B)	56.2	** F <sub>60</sub> <sup>2</sup> (0.01)=4.97
(A) × (B)	1.5	
A <sub>5</sub> < A <sub>10</sub> < A <sub>15</sub> < A <sub>20</sub> < A <sub>30</sub> , B <sub>5</sub> < B <sub>10</sub> < B <sub>15</sub>		



対照区に比し湿触蒸区はいずれも溶解度を増し、触蒸時間とともに著しく増加することがみとめられた。これは湿潤菌層の触蒸処理によつて、セリシンの加熱変性とともにセリシン分子間への水分子の介入を促進し、物理的に著しく易溶化するものと考えられる。なお参考までに湿触蒸後常温で乾燥し、熱水浸漬前に減圧浸透した1例を第6表末尾に示した。対照区に比べ溶解度の低下はそれほど著しくなく、また触蒸時間の長いものほど溶解度が増加することを知つた。

(3) 菌層別溶解度比較

第11表 各区菌層別溶解度

	外 層		中 層		内 層		セリシン膨化度
	練 減 率	溶解度	練 減 率	溶解度	練 減 率	溶解度	
無 処 理 区	45.6±1.2	—	26.5±0.9	—	23.9±0.4	—	—
生 菌 層	37.6±2.2	8.0	26.1±2.2	0.4	23.7±1.4	0.2	598±41
湿潤生菌層	36.8±2.1	8.8	23.0±2.0	3.5	20.4±1.1	3.5	914±77
乾熱1時間	35.7±1.3	7.9	23.6±0.3	2.9	21.1±1.3	2.8	865±98
“ 3 “	39.9±2.2	5.7	23.8±3.1	2.7	22.7±2.1	1.2	771±10
“ 5 “	38.7±1.2	6.9	24.1±0.3	2.4	22.2±1.3	1.7	817±47
乾触蒸5分	38.2±2.3	7.4	25.8±1.3	0.7	22.7±1.4	1.2	699±45
“ 10 “	37.3±3.5	8.3	22.8±0.5	3.7	20.3±2.8	3.6	757±57
“ 15 “	36.1±1.4	9.5	23.2±1.5	3.3	20.7±0.5	3.2	734±39
湿触蒸5分	33.3±3.0	12.3	22.7±1.3	3.8	21.9±0.6	2.0	923±87
“ 10 “	31.6±1.9	14.0	23.0±1.9	3.5	20.9±2.0	3.0	1018±69
“ 15 “	31.3±1.3	14.3	22.6±1.0	3.9	20.5±1.2	3.4	968±56

(信頼度95%)

第11表に示すごとく、生菌層にたいして湿潤生菌層の溶解度が増加したのは、菌層浸潤の結果、中、内層が著しく増加するためであることがわかつた。乾熱および乾触蒸処理区においては加熱処理時間による差は余り明瞭でない。しかし、乾熱区において加熱3時間区の溶解度はいつたん減少し、5時間区でやや増加する傾向がみられ、乾触蒸区においては触蒸時間とともに溶解度は増加し、とくに中・内層の増加が著しいことをみとめた。湿触蒸区においては外層の溶解度増加も著しいが、また、中・内層の溶解度も大きく、煮菌熟成部の処理効果と関連し興味あることと思われる。この点に関連して丸山はセリシンの溶解度は蒸煮時間の長くなるにしたがつて増加し、しかも蒸煮による外層の溶解度にたいする中・内層の溶解度は湯煮菌に比し大であると報告している。

いずれにしても第11表の測定値は菌層別溶解度の間接的な測定結果であるために、ある程度の誤差はまぬかれ

加熱処理別膨化・溶解度の概要は前述した如くであるが、さらに処理効果の内容を知るために、菌層別の溶解度をもとめ比較した。1例として各区10分浸漬区について示した。まづ菌層を剝離層別して重量的に3等分し、それぞれの練減率(残存菌層セリシン)をもとめ、無処理区の練減率との差をもつて菌層別溶解度を推定した。ただしこの場合の練減率は精練後のフィブロイン量を基準として算出したものである。また、この残存セリシン量にたいする前記菌層膨化度測定時の増加水分量の割合でセリシン膨化度(仮称)を算出し、参考までに示した。

なかつた。したがつて第6表の結果と必ずしも一致しなかつた。加熱処理別のセリシン膨化度は第11表に示す如く、大体、前記菌層膨化度と同様の傾向であり、乾触蒸区の膨化度は明らかに小さいことがみとめられた。

(4) 加熱処理法別溶解曲線について

菌層の加熱変性により当然その溶解機構もかわり、その影響が溶解曲線上にあらわれてくるものと考えられる。そこで第5～8図に示した各区溶解曲線を観察すると、対照区、乾熱1時間処理区および乾触蒸5分10分区では浸漬10～20分の位置に変曲点(concave)がみとめられ、それぞれ加熱処理時間の増加とともに次第に消失する傾向がみとめられた。これに関連して、中村<sup>(3)</sup>は生菌および赤外線乾燥菌の溶解曲線をしらべ、2～4時間溶解区に変曲点が存在するが、赤外線照射時間とともに次第に消滅し、また熱気乾燥菌には変曲点がみとめられないことを指摘している。また変曲点の発生原因と

して、溶解の初期に易溶性セリシンが溶出し、変曲点を境に難溶性セリシンの溶出が考えられ、両セリシンの溶解性の差が著しいときに発生し、易溶性セリシンの難溶化とともに均質化すれば concave は消失すると考察している。

本実験における溶解曲線の変曲点は浸漬10~20分での問題であり中村の指摘した(2~4時間)ものとはおのづからことなるものと思われる。また変曲点の発生原因は兩種セリシンの溶解性の差によるほか、むしろ繭層の膨潤・溶解過程における繭殻組織変化と密接の関係を有するものと考えられる。すなわち、変熱性による難溶化の比較的少ない場合は熱水浸漬による繭層の膨化著しく、一時は繭層間隙の減少による溶解速度に停滞を生じ、溶解の進行とともに正常に回復するため、その部分に変曲点を生ずるものと思う。また加熱変性により繭層膨化度が低下しても、繭層間隙の減少による溶解度の低下が緩和されるため変曲点は発生しないのではないかも考えられる。(1例:乾触蒸区は繭層膨化度の低下著しいにもかかわらず溶解度の減少は他区に比し顕著ではない)

したがって繭層のごとき特殊な構造組織を有するものにたいする溶解現象は、その形質的要因により著しく左右される面が考えられ、結果の判定に明確さを欠く点に留意する必要があるものと思う。これらの点についてさらに検討するとともに、加熱時の繭質変化に関係する他の要因についても研究をすすめる予定である。

## 摘 要

生繭層にたいする加熱処理法別の膨化・溶解性について得られた結果の概要は次の如くである。

(1) 乾熱(100°C)処理(1, 3, 5時間) 繭層は対照区より繭層膨化・溶解度ともに減少するが、加熱5時間区においては3時間区より増大する傾向がみとめられる。

(2) 乾触蒸(100°C)処理(5, 10, 15分) 繭層は繭層膨化度著しく減少し、溶解度は触蒸10分区まで減少したが、触蒸15分区においては逆に増大する。

(3) 湿触蒸(100°C)処理(5, 10, 15分) 繭層は、繭層膨化、溶解度ともに対照区より大きく、溶解度の増加はとくに著しい。繭層別では外層はもとより中・内層の増加も著しい。

(4) 各区溶解曲線を観察した結果、対照区、乾熱1時間処理および乾触蒸5分、10分区において、曲線に変曲

点がみとめられた。しかしこれは加熱時間とともに次第に消失する傾向を有する。

(5) 繭層の膨化・溶解性を比較する場合、繭殻構造等の形質的要因を充分考慮する必要のあることをみとめた。

## 文 献

- 1) 伊藤武男・小森康三: 農化, 15(1), 53~55 (1939)
- 2) 小塚多吉・外 2 名: 日蚕誌, 24(2), 127~131(1955)
- 3) 金子英雄・外 3 名: 蚕学誌, 2(2), 125~141(1930)
- 4) 伊藤武男・小森康三: 農化, 15(3), 300~304(1939)
- 5) 窪田 潤 : 蚕学誌, 12(3), 145~149(1941)
- 6) 太田良信 : 郡是研彙(7), 42~54, (1941)
- 7) 奥 正己 : セリシン定着論, : 20~22 (1943)
- 8) 松本 介 : 日蚕誌, 19(6), 600~602(1950)
- 9) 中村 勉 : 日蚕中部, (7), 19~20 (1956)
- 10) 松本 介・中村 勉: 日蚕誌, 26(3), 242~243(1957)
- 11) 林 貞三・外 3 名: 製絹織, 110~115 (1952)
- 12) 丸山義十 : 生糸, 1(4), 9(1952)

## Summary

In the present report the writer studied on the effect of the heating conditions on the degree of swelling and solubility of the raw silk cocoon shells. The brief results obtained are as follows:

1) The degree of swelling and solubility of the raw cocoon shells heated in dry air (for 1, 3, or 5 hours) at 100°C decreases in comparison with the unheated control. But the heating time has a certain limit, and when it passes over the limit, the curve (degree) of swelling and solubility rises.

2) The degree of swelling of the cocoon shells moistened in steam (for 5, 10, or 15 minutes) at 100°C remarkably reduces in comparison with the control. But when the cocoon shells are thus moistened for more than 15 minutes, their solubility increases.

3) When the cocoon shells are moistened (for 5, 10, or 15 minutes) at 100°C after dipping, both the degrees of swelling and solubility increase and that of the latter is more evident.

The solubility of the middle or the inner layers of the cocoon shells increases as well as

the outer layers.

4) When all the solubility curves of the testing samples thus variously treated are examined, a concave can be found in each of the curve of the raw cocoon shells, those heated for one hour at 100°C

and those moistened for five or ten minutes at 100°C. But as the duration of the heating time increases, the concave decreases till it disappears.

(Laboratory of Filature, Faculty of textile and Sericulture, Shinshu University)

---