

# 営繭過程における温湿度の周期的変動 が繭層構造におよぼす影響について\*

青 沼 茂\*\*

Sigeru AONUMA : Influences of Periodic Changes of Temperature  
and Relative Humidity during the Cocoon Building of the  
Silkworms upon the Structure of Cocoon Layers.

(1960年9月1日受理)

上蔕環境と繭解舒との関係については古くから研究され、営繭時の湿度の上昇は繭の解舒を不良にすることが明らかにされている。またその原因について、土屋<sup>1)</sup>は一般養蚕家によつて飼育された大量の繭をもちいて、現地気象と解舒との関係を詳細に研究し、営繭過程に起る繭形の変化からこれを解明した。しかし営繭過程における温湿度の変動が繭層構造におよぼす影響についてなされたものは極めて少い。著者等<sup>2)</sup>はすでに人為的に調湿した条件下で、上蔕または生繭取扱い中の湿度の影響をしらべ、湿度の変動による影響の著しい場合の存在することをみとめた。

本報では同一荷口内の繭層構造のバラツキは蚕児の個体差によるもの以外に、吐糸開始時期を異にした場合の環境差による影響も大きいものと考え、自然環境のもとで吐糸開始時期の異なる群毎に層別し、営繭過程における温湿度の変動による影響を比較した結果、これら各群の間で繭層構造に著しい差異を生じ、営繭過程における温湿度の周期的変動と密接な関係のあることをみとめた。

起稿にあつて試料を提供された当学部竹田博士および同研究室の各位、研究上の有益な御助言をたまわつた鐘淵蚕糸河田蚕種製造所長杵掛久雄博士ならびに実験を援助された当研究室吉池恵美子嬢にたいして深謝する。

## 実験試料および方法

本研究は1958, 1959年の2回、いずれも春蚕をもちいて実験した。第1回目は日122改×支122良の5令熟蚕、第2回目は日122×支122をあらかじめ雌雄別としてそれぞれ約2000頭を実験に供した。いずれも回転蔕に上蔕せしめ、吐糸開始後繭綿部の形成を終り、繭形がかすかにみとめられる時期をもつて識別することとし、6時間間隔でちょうど繭殻形成開始期にあるものみに標識をつけて層別した。以下説明上これらの各グループを仮りに“吐糸群”となづけることにする。これらの営繭過程に対応する上蔕環境を自記温湿度計に記録せしめ、繭層構造との相互関係を調査することにした。繭層構造の比較にあつてこれにおよぼす営繭環境効果の検出精度をたかめるために、各吐糸群内をさらに繭形によつて大・丸・長・小の4形態に層別した。これは同一荷口内でも繭形によつて繭層構造に著しい差を生ずることをみとめているからである。なお繭層構造の比較には繭層粗密度、繭層通水度および解舒抵抗等を測定しておこなつた。

\* 本研究は昭和34年4月および昭和35年4月の日本蚕糸学会において発表したものである。

\*\* 信州大学繊維学部製糸研究室

実験結果および考察

実験 1

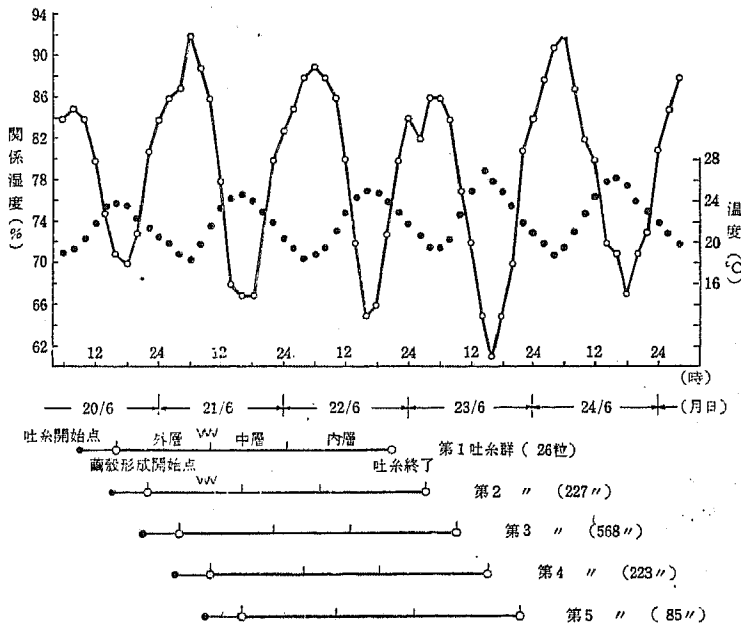
1958年春蚕日122改×支122良についておこなった実験の上族環境ならびに營繭経過の概要を示すと第1図の如くである。營繭期間およびその前後数日間は晴天にめぐまれたため、温湿度の日中変化もほとんど同様で、平均気温22°C、湿度79%RHであつた。なお日中の変化は午前6時頃最低気温(18~19°C)となり、午後3時前後に最高(24~25°C)に達した。これにたいする湿度は午前6時頃に最高(88~92%RH)、午後4時前後に最低(61~65%RH)に達するような周期的変動を示した。かような環境のもとで試料を層別した結果5つの群にわけることができた。これらの吐糸群別營繭粒数は第3群が最も多く、これを中心として大体正規分布に近い出現粒数を示した。なお繭殻形成過程と環境条件の対応を明らかにして両者の関係を知るために、各群とも総吐糸時間を60時間と推定(厳密にはいろいろの条件で変動する)し、繭

綿部形成時間を平均約7時間として、繭殻形成期間(53時間内外)を外・中・内層に区分(繭糸長を3等分し、それぞれの所要吐糸時間を繭層部位別吐糸速度<sup>4)</sup>から算出してとめた)し、各層の吐糸時間を18, 14.7, 20.3時間と推定して繭層部位を示した。

これらの繭を繭長・繭巾分布の平均値を中心として大・丸・長・小型に層別し、吐糸群

第1表 吐糸群別各繭型出現率

吐糸群	繭型			
	大型	丸型	長型	小型
第1群	19.3%	15.4%	11.5%	53.8%
第2群	19.0	11.9	19.4	49.7
第3群	30.8	12.7	22.2	34.3
第4群	35.0	15.2	18.8	31.0
第5群	40.0	9.4	20.0	30.6



第1図 吐糸群別營繭経過ならびに營繭中の温湿度変化

別に各繭型の出現率をもとめた結果は第1表の如くである。吐糸開始の早かつた第1・第2吐糸群は小型の出現率多く、その後に吐糸を開始した群では大型の出現率が多い。これは後述の吐糸開始時期が雌雄で異り、雄は雌より早いことによるものと考えられる。

### (1) 吐糸群別繭層粗密度

繭層構造を比較する手段としてはいろいろの方法があげられるが、一応簡単にしてしかも概要を知るに好適と考えられる繭層粗密度をもつて比較した結果は第2表の如くである。

第2表 吐糸群別繭層粗密度測定結果

群 繭型	第2群	第3群	第4群	第5群	平均
大型	18.25	19.87	19.65	19.02	19.20
丸型	19.04	18.58	20.42	17.27	18.83
長型	22.25	20.55	20.65	19.52	20.74
小型	20.02	21.22	20.90	18.67	20.20
平均	19.89	20.05	20.40	18.62	

ただし、第1群は試料数が少なかつたためにこれをのぞいた他の各群について実験した。またここに繭層粗密度とは繭層同部を径5.60mmの円型に打抜き、これをもちいて次式より算出した値である。

繭層粗密度

$$= \text{繭層重(mg)} / \text{繭層厚さ(mm)}$$

第3表はこの分散分析結果である。表に示したように、吐糸群間、繭型間およびその交互作用に危険率1%で有意差がみとめられた。すなわち吐糸群間では第2、第3、第4吐糸群の順に漸次繭層粗密度が増し、第5吐糸群で急減することがわかり、吐糸営繭環境差による影響が明らかにみとめられた。

繭型間では著者等がすでにみとめている結果と同様に、大・丸型は長・小型に比して小さく、また繭型による繭層粗密度の差は各吐糸群毎にことなることがわかつた。

### (2) 吐糸群別繭層通水度

同一試料について吐糸群、繭形および浸漬温度各4水準で要因実験をおこない、繭層通水度を測定比較した結果は第4表の如くである。ただし、ここに浸漬とはあらかじめ常温のもとで試料を真空浸透し、それぞれ所定の温度に2分間浸漬したのち通水度を測定したもので、浸漬による繭層膨潤の影響をも知る目的でおこなつたものである。

第3表 分散分析表

要因	変動	自由度	不偏分散	分散比
A吐糸群間	2890.8	3	963.6	12.49**
B繭型間	3355.7	3	1118.6	14.50**
A × B	3270.2	9	363.4	4.71**
誤差	3701.1	48	77.1	
全変動	13217.7	63		

\*\*：危険率1%で有意

第4表 吐糸群別繭層通水度測定結果 ( $\times 10^{-4}$ )

群 浸漬 温度	第2群				第3群				第4群				第5群				平均
	大	丸	長	小	大	丸	長	小	大	丸	長	小	大	丸	長	小	
35°C	72	54	32	56	90	69	55	41	70	43	52	43	66	141	57	36	61
55	83	49	35	47	69	62	44	42	87	39	40	43	67	151	57	91	62
75	72	52	26	51	87	73	46	46	69	45	42	56	56	144	66	79	63
95	50	26	36	38	48	41	30	33	57	29	31	40	37	99	30	48	42
平均	48				54				49				76				

第5表はこの分散分析結果である。吐糸群間では第5群が通水度最も大きく、菌形別では大・丸型が長・小型にくらべて大きく、ほぼ菌層粗密度と逆の関係にあることは従来の結果<sup>2)</sup>と同様である。また浸漬温度別では低温よりある温度までは大差なく、高温浸漬区は菌層膨潤の影響をうけ著しく減少する。さらに吐糸群間の差を菌型別に観察すると、大型のみに特異な傾向がみとめられ、他の菌型においては第5群で通水度最大となるに反して、大型のみは最低を示した。

第5表 分散分析表

要因	変動	自由度	不偏分散	分散比
A吐糸群間	8296.8	3	2765.6	39.1**
B菌型間	8708.8	3	2902.9	41.1**
C浸漬温度間	4981.5	3	1660.5	23.5**
A×B	17255.3	9	1917.3	27.1**
A×C	1361.1	9	151.2	2.1
B×C	1107.1	9	123.0	1.7
誤差	1906.3	27	70.6	
全変動	43616.9	63		

影響をうけ著しく減少する。さらに吐糸群間の差を菌型別に観察すると、大型のみに特異な傾向がみとめられ、他の菌型においては第5群で通水度最大となるに反して、大型のみは最低を示した。

(3) 吐糸群別解舒抵抗

(1), (2)の結果より各吐糸群の菌層構造の概要を知ることができたが、なお念のため同一試料について解舒

抵抗を測定比較した結果は第6表の如くである。ただし繰糸条件は40°C, 80m/min, 湯浸透煮沸菌法6分煮菌のものである。

第6表 吐糸群別解舒抵抗測定結果 (×10<sup>-3</sup>)

群 型 菌層別	第2群				第3群				第4群				第5群				平均
	大	丸	長	小	大	丸	長	小	大	丸	長	小	大	丸	長	小	
外層	168	111	178	191	186	138	177	161	191	150	158	158	133	131	144	197	160
中層	174	116	212	173	197	140	181	150	173	161	193	171	122	131	134	116	159
内層	221	128	208	194	197	253	182	140	164	182	262	238	155	199	157	131	181
平均	172				174				183				137				

第7表はこの分散分析結果である。吐糸群間に危険率1%で有意差がみとめられ、第2, 第3, 第4吐糸群の順に漸次解舒抵抗を増し、第5吐糸群で急激に低下し前記(1), (2)の結果とよく対応している。

以上(1)~(3)を通じて、菌環境による影響は菌殻形成開始時期によって異なり、これが菌層構造に差異を生ずる一原因となることが明らかにな

つた。すなわち第2吐糸群より第4吐糸群まで漸次菌層粗密度は増大し、第5吐糸群で急減する傾向がみとめられ、したがって菌層通水度はこれと逆の関係となり、解舒抵抗は菌層粗密度と同様の傾向を示すことがみとめられた。そこで各吐糸群の菌層過程で受けた温湿度変化を第1図によつて検討すると、第1吐糸群と第5吐糸群とはほとんど同様の温湿度変化を受けていることがわかる。そしてこの両群の外層部形成過程は湿度変動の谷から山にかけての湿度上昇

第7表 分散分析表

要因	変動	自由度	不偏分散	分散比
A吐糸群間	14820.7	3	4940.2	5.8**
B菌層間	5099.5	2	2549.7	2.9
C菌型間	8962.7	3	2987.6	3.5*
A×B	4212.3	6	702.1	0.85
B×C	2448.8	6	408.1	0.47
A×C	10169.9	9	1130.0	1.4
誤差	15416.1	18	855.2	
全変動	61130.0	47		

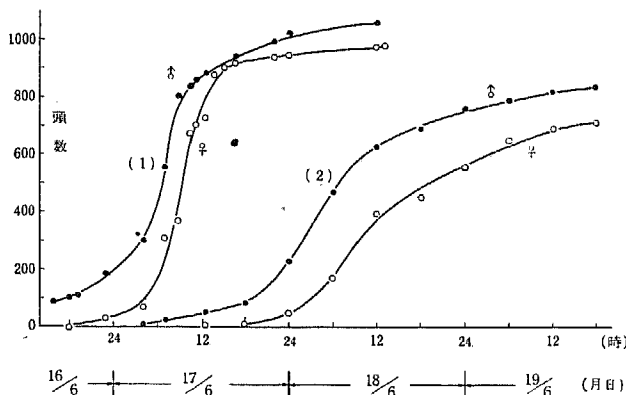
区間に対応している。一方繭層密度が最も大きかった第4吐糸群では湿度の周期的変動の谷が外層部形成過程の前半部に相当していることがわかる。そして、たまたま第1, 第2吐糸群について繭殻表面に縮型の現われる時期を観察した結果, 両者とも高湿より低湿へ移行する過程(第1図~印の位置参照)に発生することがみとめられた。このことより営繭経過条件によつて差があるにしても, 営繭過程で高湿環境から低湿環境へ移行する過程において繭殻に収縮現象を生ずるものと考えられる。縮すう生成の原因については土屋の詳細な研究<sup>9)</sup>があり, これによれば繭の縮すうは繭綿による外方への張力と繭殻の収縮による内方への相反する方向に作用する力学的法則によつて, 最外層に発生し, 繭殻が固定した後に吐糸される繭糸は, 繭殻に牽引されて収縮しないため縮型が発生しないとされ, したがつて外層の縮型は内層に比較して深く刻まれると考察している。さらに多湿環境において発生する縮型は, 既に発生した蚕児固有の縮型に更に加えて営繭中ならびに営繭完了後においても繭殻全体が収縮する際発生する収縮歪との2種の力の作用によつて発生した複合的のものであると結論されている。さてこれらの原因による収縮現象が高湿環境より低湿環境へ移行する過程に発生し易いとする, 繭の縮型または繭層構造に影響を与える重要な因子の一つとして, 繭殻形成開始期から最初の収縮現象

第8表 吐糸群別営繭粒数

繭殻形成開始日時		♂	♀	計
17/6 AM. 6.00	第1群	22	—	22
	〃2〃	29	—	29
	PM. 6.00	〃3〃	第1群 7	38
	12.00	〃4〃	〃2〃 20	170
18/6 AM. 6.00	〃5〃	234	〃3〃 127	361
	12.00	〃6〃 149	〃4〃 221	370
	PM. 6.00	〃7〃 60	〃5〃 47	107
	12.00	〃8〃 72	〃6〃 97	169
19/6 AM. 6.00	〃9〃	28	〃7〃 87	115
	12.00	〃10〃 27	〃8〃 42	69
	PM. 6.00	〃11〃 11	〃9〃 27	38
計		813	675	1488

を顕著に生ずるまでの繭殻形成量の多少が考えられる。たとえば第1, 第5吐糸群の如きは湿度の上昇過程に外層の大部分を形成し終つたのち, 収縮作用をうけるので外殻はある程度固定しその後発生する収縮作用を支えるに必要な抵抗力をもつにいたるものと考えられる。一方第4吐糸群は, 外殻形成量が少いうちに第1の収縮作用をうけるので外殻の収縮に対抗する抵抗力が少いため, 第2の収縮過程でそれまでの繭殻全体が同時に収縮作用をうけ繭殻構造が密になつてゆくものと推察される。

なお第1吐糸群は試料数の都合によつて前記の実験に供することが出来なかつたが, 第5群と類似環境のもとで営繭されているので, これとの関係を求めるために小規模実験によつて繭層粗密度を測定した結果18.64という平均値が得られ両者とも繭層粗密度の小さいことがみと



第2図 上簇開始(1)及び繭殻形成開始(2)頭数の累積度数曲線

められた。

実験 2 (雌雄を区別した場合)

実験 1 では雌雄を考慮せずにおこなったが、実験中雌雄の差を考慮する必要をみとめたので、1959年春蚕日122×支122をあらかじめ雌雄別とし、実験 1 の方法に準じて試料を層別し測定をおこなった。第 2 図および第 8 表はこれらの吐糸営繭経過を示すものである。

種繭養蚕時によく見受けられるように、蚕児の吐糸開始時期は雌雄によつて異なり雄は雌よりも早く吐糸を開始するのが普通である。この場合も雄は雌に比して 6~12 時間早く吐糸をはじめた。したがつて吐糸群はもとより雌雄によつても営繭環境に時間的ズレを生ずることがわかる。また第 8 表に示したように、雌では 9 群、雄では 11 の群に層別することが出来た。なお営繭環境の概要は第 3 図の如くである。実験 1 の場合に比べて、温湿度の日中変化は緩やかではあるが、やはり同様の周期的変動を示している。

これらの繭を前同様に繭型で層別した結果は第 6 表の如くである。ただし営繭粒数の少い群はのぞいて調査したものである。

第 9 表 吐糸群別各繭型出現率

♀♂別	群	繭型				備考
		大型	丸型	長型	小型	
♀	第 3 群	39.7%	26.4%	3.3%	30.6%	平均繭巾3.56cm 繭長2.23cm
	〃 4 〃	50.0	24.8	9.6	15.6	
	〃 5 〃	26.1	26.1	19.6	28.2	
	〃 6 〃	31.6	18.9	15.8	33.7	
	〃 7 〃	15.4	17.9	15.5	51.2	
♂	第 4 群	39.8	22.3	10.8	27.1	平均繭巾3.43cm 繭長2.13cm
	〃 5 〃	38.2	17.5	14.6	29.7	
	〃 6 〃	53.0	20.1	17.5	9.4	
	〃 7 〃	47.4	13.6	22.1	16.9	
	〃 8 〃	29.0	17.4	15.9	37.7	

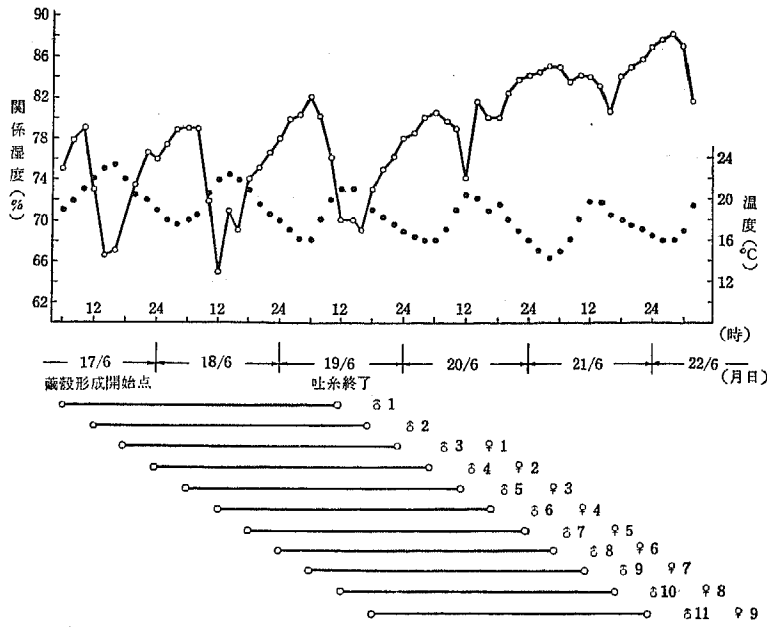
以上のような試料について、繭層粗密度、通水度等を測定比較した結果、実験 1 とほとんど同様の傾向がみとめられた。(詳細省略)ここでは特に繭層粗密度の測定結果を示しこれが吐糸営繭環境との関係を明らかにすることとする。第 10 表は各吐糸群の繭

第 10 表 吐糸群別繭層粗密度比較表

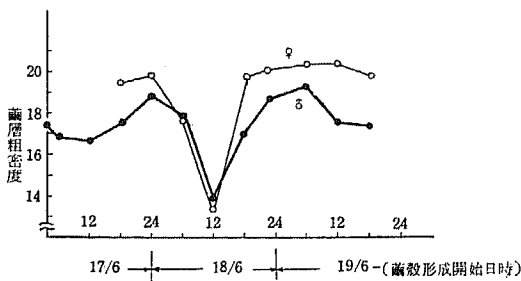
繭殻形成開始日時	♂	♀
17/6 AM. 4.00	17.5	—
	第 1 群 16.9	—
	〃 2 〃 16.8	—
PM. 6.00	〃 3 〃 17.6	第 1 群 19.4
	〃 4 〃 18.9	〃 2 〃 19.8
18/6 AM. 6.00	〃 5 〃 17.9	〃 3 〃 17.7
	〃 6 〃 13.8	〃 4 〃 13.4
	PM. 6.00	〃 7 〃 17.0
12.00	〃 8 〃 18.7	〃 6 〃 20.2
	19/6 AM. 6.00	〃 9 〃 19.3
12.00	〃 10 〃 17.5	〃 8 〃 20.4
	PM. 6.00	〃 11 〃 17.3

長、繭巾分布からみた中央部(繭巾2.1~2.2cm×繭長3.4~3.5cm)に位置する試料について測定した繭層粗密度の比較を示すものである。なお営繭環境と繭層構造を直接比較対照するに便ならしめるため第 3 図とともに図示(第 4 図)した。

第 4 図または第 10 表から明らかのように、吐糸群別繭層粗密度の変動に周期性の存在することがみとめられ、その周期は営繭過程における湿度



第3図 吐糸群別営繭経過ならびに営繭中の温湿度変化



第4図 吐糸群別繭層粗密度変化

の変動周期とほとんど一致することがわかった。なお繭層の外層部が湿度変動の谷（低湿期）より山（高湿期）にかけて形成された雄の第2, 6, 10吐糸群ならびに雌の第4吐糸群等はいずれも繭層粗密度が小さく, 第1実験の結果とよく一致し, 繭殻形成開始期の差による営繭環境差が繭層構造と密接な関係を有することを確認した。また雌雄別に比較すると, 雌は雄に比して明らかに繭層粗密度は大

きいことがみとめられた。これに関して榊井<sup>9)</sup>は繭層緻密度(繭繊維容積/繭層全容積)を雌雄で比較し, 雌繭は雄繭より緻密であること, またアルコール浸潤時間は雌は雄より大であること等をみとめ, 雌雄により営繭動作が異なるものと推断している。著者もその原因を追求するため雌雄別

練減試験等をおこなったが両者に有意差がみとめられず, 強いて両者の差異をあげれば, 雄は雌より吐糸速度が早く営繭動作が活発であること, また繭糸繊度が異なること等であるが明確な原因については不明である。

以上営繭湿度の周期的変動が繭層構造と密接な関係を有することを実験的に確めたが, その物理的作用機構については今後さらに研究する予定である。

### 摘 要

自然環境のもとにおいて蚕児の営繭過程における温湿度の周期的変動が繭層構造におよぼす影響をしらべた結果はつぎの如くである。

- 1) 同一荷口内における繭層構造のバラツキは蚕児の個体差によるもののほか吐糸後繭殻形

成開始時期のちがいによる営殻環境差によつて著しく影響をうける。

2) 繭層粗密度は蚕児の吐糸後繭殻形成開始時期によつて周期的変動を示し、その周期は営繭過程における湿度の変動周期と一致し、繭層の外層部を湿度変動の低湿環境より高湿環境へ移行する過程に形成した繭は繭層粗密度小となる。

3) 吐糸開始時期は雌雄によつて異り、雄は雌より6～12時間早く吐糸をはじめ。また繭層粗密度は雌が雄より明らかに大である。

## 文 献

- 1) 土屋茂一郎：家蚕の営繭過程における繭形の変化が解脛に及ぼす影響に関する研究 (1957)
- 2) 林貞三・宮入和夫・青沼茂：信大織報, (5), 87～91 (1955)
- 3) 青沼茂・和田義郎・片岡孝命・石井昭衛：製糸技術, (5), 59～65 (1958)
- 4) 林貞三・青沼茂：蚕糸品質向上中間報告, (2), 290～300 (1949)
- 5) 3) に同じ
- 6) 林貞三・青沼茂・柳沢連子：信大織報, (9), 111～116 (1959)
- 7) 青沼茂：信大織報, (4), 74～78 (1954)
- 8) 1) に同じ
- 9) 樺井博：日蚕雑, 9 (1), 27～41 (1938)

## Summary

The author studied on the effects of the periodic changes of temperature and relative humidity during the cocoon building of silkworms under natural condition upon the structure of cocoon layers. The main results obtained are as follows;

1) The structure of cortex is varied not only with the individualities of silkworms, but with the difference of the periodic changes of temperature and relative humidity during the cocoon building; the difference of them at the time to start the formation of the cortex.

2) The apparent density of cocoon shells has the periodic changes according to the starting time of cocoon formation and the periodic changes of density are in accordance with the periodic changes of temperature and relative humidity. When the outer layer of a cocoon is built under the condition of rising humidity, the apparent density becomes smaller than that of layer built under other conditions.

3) The starting point of cocoon building is different with the sexes of silkworms and it was found that the male silkworms start from 6 to 12 hours earlier than the female and the apparent density of the cortex which was built by the female is more compact than that of the male. But this is owing to the other cause than the periodic changes of temperature and relative humidity.

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