

蚕繭の再乾に関する研究 (第3報)

低温風力乾燥に就いて

白井 美 明 *

(昭和27年9月5日受理)

Yoshiaki SHIRAI : STUDIES ON THE REDRYING OF COCOONS.

III ON THE "THROUGH DRYING" OF THE PILE OF COCOONS BY THE LOW TEMPERATURE

緒 言

低温風力乾燥方法⁽¹⁾は繭積層の厚さを従来の乾燥方法に於ける繭付量⁽¹¹⁾より遙かに厚くしたことが特徴である。この乾燥方法に於て貫流空気の圧損失、乾燥速度及び繭質が如何なる原因によつて変化するかを知る爲に本研究を行つた。尙再乾時に低温風力乾燥を行つた理由は次の如くである。即ち第2報⁽¹²⁾に示した様に従来の乾燥方法に依れば再乾時の蛹体乾燥速度はおそく、繭層の水蒸気透過抵抗も亦小さい。この爲繭腔内に存在する水蒸気量は少い。然るに乾燥中に於て繭を堆積することは繭積層内部に発生した水蒸気の脱出を困難にする。従つて繭腔内の水蒸気量は多くなる。繭腔内水蒸気量を少くして乾燥を行ふ爲には水蒸気発生量の少ない再乾時が低温風力乾燥に好都合と考えたからである。

本報に於ては風速、繭形及び繭積層の厚さが貫流空気の圧損失に及ぼす影響について求め、更に繭質の変化に就いて研究し若干の結果を得たので報告する。

本稿を草するに当り講座主任萩原教授の御懇篤なる御指導を得た。実験には依田隆江氏の助力を求めた。以上の各位に深甚なる感謝を捧げる。

実 験 方 法

(1) 試 料

昭和27年度本学部産夏蚕繭日115号×支108号を用い、之れを繭形の大小により3区に区別した、各区の繭質の概要を第1表に示した。

第1表 大小別繭質の概要

| 区 別 | 対1立粒数 | 繭層量歩合 | 繭層の厚さ |
|-------|-------|-------|--------|
| 大 粒 区 | 72.3粒 | 19.2% | 0.42mm |
| 中 〃 〃 | 87.7 | 19.5 | 0.41 |
| 小 〃 〃 | 126.7 | 19.4 | 0.38 |

備考 対1立粒数は3回平均、繭層の厚さは頭部と胴部との20粒の平均値である。

(2) 実験装置及び実験条件

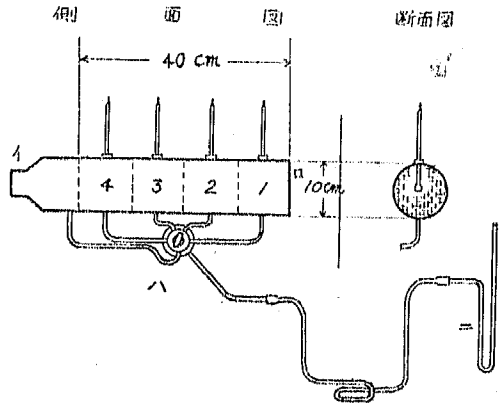
低温風力乾燥方法に於て空気は繭積層を貫流する。かかる場合に必要な送入空気量、圧力差に於て夫々適当な送風装置が選定されなければならない。この爲に低温風力乾燥方法に於ても送入空気量、圧力差に關係する因子を求める必要がある。この因子を求める方法として従来模型実験が行われた。横型装置として吸引式充填筒を使用した。

乾燥充填筒⁽⁹⁾に於ける流体の圧損失、拡散を主要素とする場合の流体と充填固体との反応速度については内田、藤田⁽¹⁾及び塩谷氏⁽²⁾がデメンション解析に依つて一般式を求めた。用いた充填物は鉛散弾他二種及び蔗糖の結晶(ザラメ)である。

* 信州大学繊維学部 原料科学研究室

本研究に用いた充填筒の略図を第1図に示した。この円筒の一端（イ）に Turbo-blower を連結し、他端（ロ）から空気は吸引される。繭は（ロ）から入れ、充填繭積層の厚さは40cmとした。筒内は網目1cm²の金網で4区に分け、各区の繭充填密度は等しくした。金網は種々の測定に好都合の爲め取外しが出来る様にした。各区（仕切り）の中央側壁には温度計差込孔及び風圧測定孔を設け、夫々の直径は10mm及び1mmとした。各区の風圧測定孔は銅管で5方コック（ハ）を介して水柱マンメーター（ニ）に連絡した。この装置を第2報に記した対流乾燥機内に收容した。blower から排出された空気は調湿⁽⁶⁾された後再び筒の送入口（ロ）に至り円筒内に入る。温度計の球部は繭積層内にある様にして置く。

第1図 充填筒略図



先ず充填筒を所定の温湿度に調湿⁽⁶⁾した対流乾燥機内に收容し、（イ）部を blower に連続した後送風を行う。この様にして通風条件を種々に変化して各区の圧損失、時間の経過と共に起る各区の温度の変化と乾燥程度の変化について調査した。乾燥程度調査の場合には送風を中止し、又調査作業に要した時間は乾燥時間から除いた。送入風速は（ロ）で Anemometer によつて測定した。各区の繭は乾燥条件が相違するので仕切り1, 2, 3, 4, の順に本乾繭となる。本乾となつた繭は繭質調査の都合上装置から取出した。この爲繭積層は順次減少した。繭積層の減少は残つた各区の乾燥条件を更に変化させた。実際の低温風力乾燥の場合には繭積層の厚さは常に一定に保持されている。本実験に用いた乾燥条件は第2表の通りである。

第2表 乾燥条件

| 実験 区別 | 繭 形 | 初 乾 | | | | 中 置 間 放 時 間 | 再 乾 | | | |
|----------|--------|------|------|--------|-------|-------------------|------|------|--------|-------|
| | | 乾繭温度 | 乾繭湿度 | 空筒風速 | 繭付方法 | | 乾繭温度 | 乾繭湿度 | 空筒風速 | 繭付方法 |
| A | 中 | 90°C | 5% | 0m/min | 1.5粒並 | 2 昼夜 | 60°C | 15% | 0m/min | 1.5粒並 |
| B | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 17 | 264 | 充 填 |
| C | 〃 | 〃 | 〃 | 264 | 充 填 | 〃 | 〃 | 17 | 166 | 〃 |
| D | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 15 | 264 | 〃 |
| E | 大 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 22 | 〃 | 〃 |
| F | 小 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 22 | 〃 | 〃 |

備考 温度は±3°C、湿度は±2%の範囲で調節した。1.5粒並の場合は対流乾燥機内に従来の方法によつて收容し、扇風機を運転しなかつた。その場合風速は零と仮定した。

此の様な実験装置によつて得られた結果は同一レイノルズ数及び形状係数を持つた実際装置の値と一致する⁽⁹⁾形状係数として筒内径と充填繭の代表長さとの比を用いる⁽¹⁾とすれば、本装置と同一寸法の実験装置は考えられないので実測数値はこのまゝ応用することが出来ない。然し乍ら如何なる有ダメンション数が蚕繭の乾燥に関係するかは推定出来ると考えた。繭質の変化についても同様である。

実 験 結 果

(1) 圧損失に及ぼす因子

装置自体の圧損失を知る爲に空筒に金網のみを取付け送風速をかえて各区の風圧差を測定した。

その結果を第 3 表に示した。

第 3 表 空筒に於ける風圧差 (水柱mm)

| 風速 | 筒内位置 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|---------|------|----|----|----|
| | 43m/min | 測定不能 | // | // | // |
| 166 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 222 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 264 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |

備考 筒内位置は空気送入口より順に 5, 15, 25, 35cm の距離で夫々 1, 2, 3, 4, の 4 区とした。筒風圧差は大気圧との差で、吸引方法を用いた為負符号をもっている。表中で、符号を省略した。

表に示した。

第 4 表 充填筒に於ける風圧差

| 風速 | 空筒時 | 筒内位置 | 筒形 | 風圧差 (水柱mm) | | | |
|----------|---------|------|----|------------|----|----|----|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 166m/min | 11m/min | 大形 | 大形 | 1 | 4 | 6 | 7 |
| | 11 | 中形 | 中形 | 1 | 3 | 4 | 6 |
| | 15 | 小形 | 小形 | 1 | 4 | 6 | 9 |
| 222 | 24 | 大形 | 大形 | 1 | 6 | 9 | 10 |
| | 24 | 中形 | 中形 | 2 | 6 | 8 | 10 |
| | 27 | 小形 | 小形 | 2 | 6 | 9 | 12 |
| 264 | 38 | 大形 | 大形 | 3 | 9 | 13 | 18 |
| | 39 | 中形 | 中形 | 4 | 10 | 14 | 18 |
| | 40 | 小形 | 小形 | 3 | 9 | 14 | 19 |

備考 表示方法は第 3 表と同じ

本実験に於ても u の増加及び d の減少によつて ΔP が増加することが第 4 表に依つて知られる。亦 l なる満積層内部に於ても風圧差は満積層位置によつて変化した、満積層の厚さ l を変化した場合の風圧差を第 5 表に示した。

第 5 表 満積層の厚さと風圧差 (水柱mm)

| 種別 | 風圧差 | | | 貫流風速 | | |
|--------|---------------------|-----|-----|---------|-----|-----|
| | 166m/min | 222 | 264 | 166 | 222 | 264 |
| 満積層の厚さ | | | | | | |
| 40cm | 9mmH ₂ O | 13 | 22 | 11m/min | 24 | 38 |
| 30 | 8 | 12 | 20 | 19 | 30 | 51 |
| 20 | 7 | 9 | 15 | 27 | 40 | 66 |
| 10 | 2 | 2 | 3 | 41 | 67 | 84 |

備考 円筒の仕切りの間隔は 10cm である。連続した 3 つの仕切りのみに満を收容すれば満積層を 30cm にしたことになる。以下同様にして満積層を変えた。第 3 表と同じく風圧差の負符号は省略した。用いた満は中形満であつた。

即ち装置の爲に生ずる圧損失は風速の影響を受ける。温度測定孔及び風圧測定孔から空気が漏れない様にしたので筒内各位置によつて風速は変化しない。風速が 43m/min 以下の場合には圧損失が殆んど零であつた。本実験で満を充填した場合、第 4 表に示した様に風速は 4m/min 以下であつたので装置の爲に生ずる圧損失は考慮しなかつた。測定位置についても同様である。筒空筒時に於ける温度測定の結果も温度差を認めなかつた。

満を充填した時は Turbo-blower の特性に依つて貫流風速は甚しく低下した。その結果を第 4

圧損失について求められている一般式⁽¹⁾は

$$\frac{\Delta P}{\rho l} = C \left(\frac{u^2}{2gd} \right)^p \left(\frac{du\rho}{\mu} \right)^q \left(\frac{D}{d} \right)^r$$

である。但し

ΔP = l なる充填層の厚さに対する圧損失 [gr/cm²]

l = 充填層の厚さ [cm]

u = 空筒時の風速 [cm/sec]

d = 充填物の代表長さ [cm]

g = 重力の加速度 [cm/sec²]

ρ = 空気の筒内平均密度 [gr/cm³]

μ = 空気の筒内平均粘度 [gr/cm sec]

D = 筒の内径 [cm]

C, p, q, r = 恒数

即ち満積層の厚さを増加すると風圧差が増加し、前式の関係と同様になる。満積層の厚さと満形の大小とが風圧に及ぼす影響は前者の方が大きかつた。

Turbo-blower の性質として吸込圧と吸込空気量及び blower の回転数との間には密接な関係⁽²⁾がある。第 4 表の結果に於ては風圧差の増加に伴い充填時の風速が増加している。これは吸込圧の増加に伴い吸込量の増加する範囲の条件で

blower を運転したことを示す。この結果から低温風力乾燥装置の性能は空気貫流機構の条件、blower の性質によつて影響を受けることが知られる。

(2) 乾燥速度に及ぼす因子

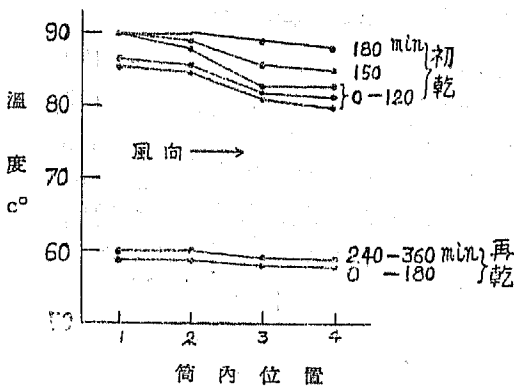
(a) 充填層の厚さ

本装置に蚕繭を充填して乾燥する場合の乾燥速度を従来の1.5粒並の乾燥方法と比較する爲に第2表のA区及びD区の実験を行つた。その結果を第2図に示した。

第2図の点線及び実線は各区の該当経過時間に於ける含水率を結んだものである。即ち繭積層内の乾燥速度は繭積層の位置によつて異なる。初乾の場合は之が特に甚しい。従つて全繭積層の乾燥終了時間は繭積層の高さに関係する。尙初乾に於ては本実験条件を用いると繭積層を40cmとしても1.5粒並のものより乾燥所要時間が短かゝつた。亦第2図は繭積層の第一層の乾燥速度が早いもの程、それ以後の繭積層の乾燥速度は抑制されることを示している。

乾燥充填筒内に於ける乾燥は断熱的と考えられるのでD区の繭積層各部の温度を第3図に示した。

第3図 繭積層別温度



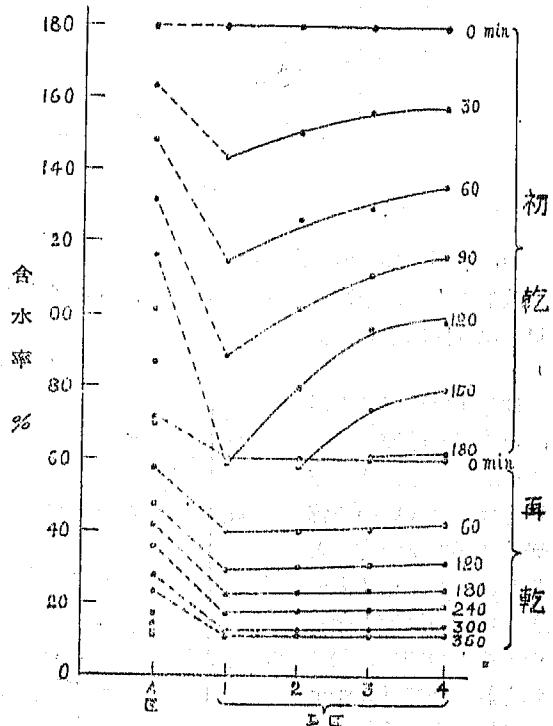
乾燥速度の早いもの程多くの熱量を要求される。その爲乾燥速度の早い部分の温度降下は多い。D区の初乾に於て、第一層は120min、第二層は150min、第三層及び第四層は180minで乾燥を中止した。この爲夫々の仕切りは該当時間以後空筒となる。

(b) 送入風速

再乾の場合低温を用いたので繭積層の各部に於ける乾燥速度の勾配は僅少であつた。この勾配が風速により如何に変化するかを知る爲に第2表に示したB区及びC区の実験を行つた。その結果を第4図に示した。図示方法は第2図と同様である。

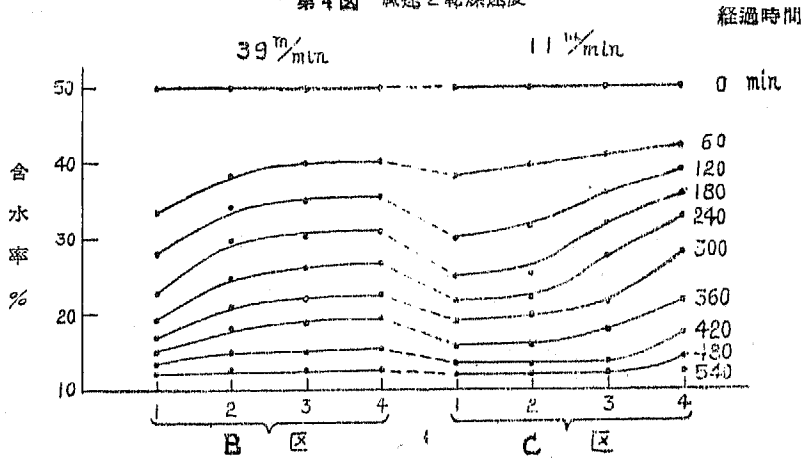
即ち風速は乾燥速度に影響する。本実験に於てC区繭積層の最後層は乾燥時間に於て約1時間多くなつた。

第2図 充填層の厚さと乾燥速度 経過時間



図中の折線は各仕切内の温度を該当経過時間について結んだものである。即ち送入空気は初乾に於て90°C再乾に於て60°Cであつたが乾燥に必要な熱量を供給した爲にその空気温度は低下した。

第4図 風速と乾燥速度

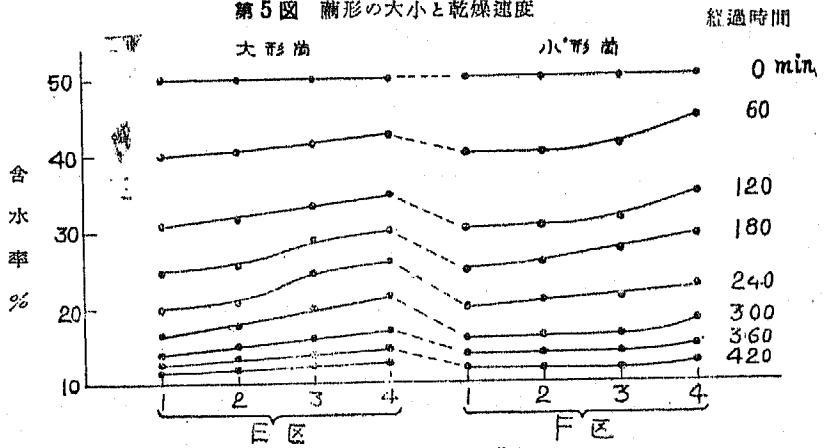


(c) 繭形の大小

繭形の大小は繭質，蛹体の充填密度，其の他を左右するのでE区及びF区の実験を行つた。その結果を第5図に示した。

即ち本実験では大形繭の方が乾燥速度がおそい。之は小形繭の充填密度が大きいので乾燥速度が低下⁽³⁾すると思われるが，第4表の繭充填時の風速と繭形の大小との関係に於て示された様に blower の性質により大形繭の風速が減少したことも一つの原因であらう。

第5図 繭形の大小と乾燥速度



(3) 繭質に及ぼす因子

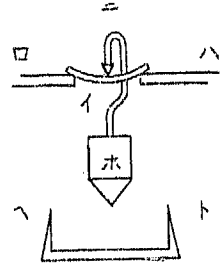
繭層を成る繭殻の状態に保たせているのは主としてセリシンの膠着力による⁽¹⁰⁾。従つて繭層の剛性は繭層セリシンの性質に関係する。繭層セリシンの性質は繭質就中解舒に関係する⁽¹⁰⁾。従つて繰糸成績と繭層の水中に於ける軟化速度との間には或る相関関係があるものと考えられる。繭層のヤング率 E とその断面二次モーメント I との相乗積は繭層の剛性を示す⁽⁴⁾。繭層の剛性が時間の経過に伴い変化する速度は繭層の軟化速度を表わす。然るに繭層の中央に集中荷重 1 個をかけ，その両端が固定されていない場合，繭層の支持点間の中央に生じた撓量 Y は

$$Y = \frac{WL^3}{48EI}$$

である⁽⁴⁾。但し W は荷重，L は繭層支持点距離である。従つて W と L が一定の時 Y は EI に反比例し，Y の変化速度は EI 即ち繭層の軟化速度に比例する。本研究では繭層の性質として此の撓性を採用した。撓性を測る方法として第6図の装置を考案した，

第6図 撓量測定装置

試料(イ)は0.8cmの距離を有する水平台(ロ)(ハ)に載せた。(ロ)(ハ)の中央に0.8cmの長さを有する knife edge (ニ)を介して集中荷重(ホ)を掛けた。その爲に萋層は撓み、(ホ)は下降する。(ロ)(ハ)は一体になつていて微動装置により上下動をすることが出来る。(ロ)(ハ)を上昇させて(ホ)の尖端を固定縁(ヘ)(ト)と一直線になる様にする。従つて(ロ)(ハ)の上昇距離は萋層の中央の撓量に一致する。



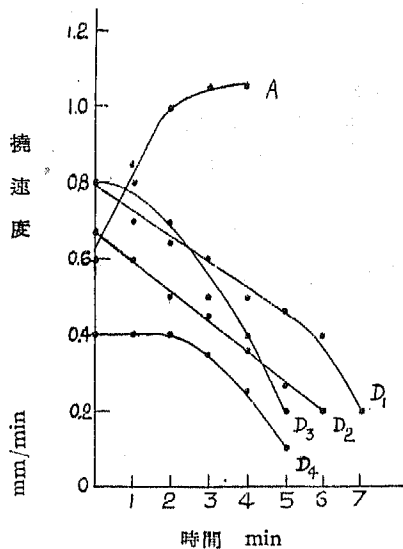
試料を取付け、空气中に於ける撓量を求めた後、装置全体を室温(28°C)の蒸溜水中に浸漬した。浸漬後1分間毎にその撓量を測定した。荷重は25gr(水中)である。浸漬時間は7分迄測定した。此の場合萋層の膨潤による厚さの変化を考慮しなかつた。濡れ難い⁽⁸⁾萋層に対してはこの程度の水温及び浸漬時間では膨潤現象が僅少であり、萋層の厚さの測定誤差⁽¹⁰⁾内にあると仮定した。

試料は1cmの正方形とし、1粒から2個の試験片を採取した。採取個数は各実験について16個宛とした。試料の厚さは試験片の四隅に於て micrometer で測定し、その平均値を用いた。試料の取付方法は内層側を上方とした。

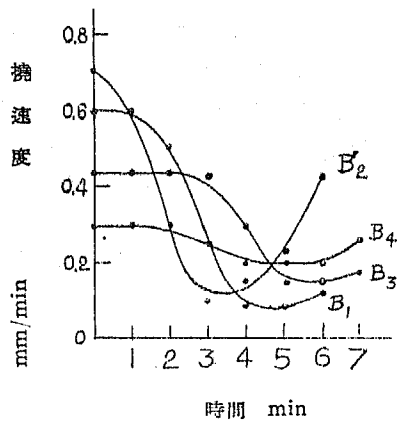
此の方法で得られた結果は各試料の見掛上の撓量である。試料の厚さ及び巾を夫々 h 及び b とすると平均的な断面二次モーメントは
$$I = \frac{bh^3}{12}$$

である⁽⁴⁾。本測定方法では b が一定であるので I は h³ に比例する。上式によつて見掛撓量から萋層の厚さが一定な場合の比較撓量を求めた。之れに依つて萋層の浸水時間に対する厚さの影響のない撓量の変化速度を求めることが出来る。その結果を第7乃至第10図に示した。

第7図 充填層の厚さと撓速度

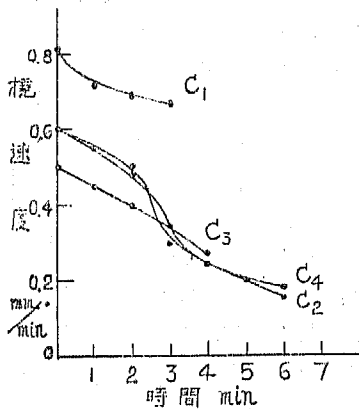


第8図 初乾方法と撓速度

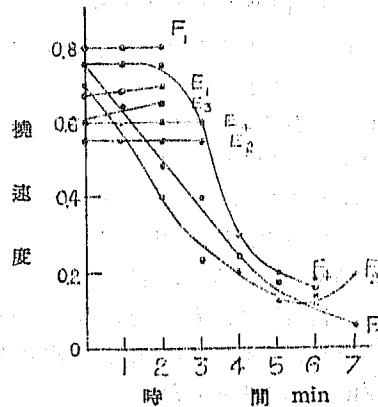


各図中の ABCDEF は第2表に示した実験区の試料で、添字 1234 は円筒内区分別の試料であることを示す。亦曲線の短いものはその該当時間迄荷重の爲支持台から試料が落下したことを示す。各図中の曲線は比較的斉一を欠いていた。その原因を試験片の準備調査によつて推定した、即ち

第9図 風速と撈速度



第10図 繭形と撈速度



第8図のB₂及び第9図のC₁は他の円筒内区別試料より夫々約10%及び14%繭層の薄いものが数個混入していた。第10図のE区は全部大形繭であるので試験片の曲率が他のものより小さく、縮皺は粗で大きかった。従つて繭層の撈量の変化速度は多くの繭層の性質によつて変化すると考える。然し乍ら各図の結果に於て乾燥条件と撈量の変化速度との関係が比較的多く示されている。

第7図はA区とD区との撈量の変化速度を表わした曲線である。即ち各区によつて曲線の性質が異なるので繭質が相異したことを示す。第8図の曲線を第7図のD区曲線と比較する。即ち初乾方法の相異によつて曲線の後半の性質が異なる。又第8図と第9図とを比較すると風速によつて曲線の後半の性質がやゝ異なる。以上のことから繭積層の厚さ、初乾方法、風速によつて繭質が変化したと考える。第10図に就いては試験片の曲率、縮皺、その他の影響が多く混入したと考えられるので繭形の大小によつて起る乾燥中の繭質変化を認めることは出来なかつた。此の様な撈量の変化速度が繭の如何なる性質によつて左右されるかについて尙研究を進めている。

摘 要

再乾方法に於ける仕上工程期間⁽³⁾に低温風力乾燥を採用する実験を行い次の結果を得た。

- (1) 低温風力乾燥の場合、風圧の損失程度は風速、繭形の大小及び繭積層の厚さにより変化する。
- (2) 乾燥速度は風速、繭形の大小及び繭積層の影響を受ける。
- (3) 低温風力乾燥装置の性能は空気貫流機構に影響される。
- (4) 繭層の撈性は風速及び繭積層の影響を受ける。又湿度が影響することは従来の方法と同様である。
- (5) 其の他圧損失、乾燥速度、繭質に影響する繭層の性質については研究中である。

文 献

- (1) 内田俊一, 藤田重文 (1934) 工業化学雑誌 37編11册
- (2) 内田俊一, 塩谷 精 (1935) 工業化学雑誌 38編11册
- (3) 鈴木三郎, (1938) 乾燥論
- (4) 湯浅亀一, (1943) 材料力学
- (5) 亀井三郎, (1948) 空気の靄濕及乾燥
- (6) 内田俊一, (1948) 流体輸送
- (7) 白井美明, (1950) 日本製糸学雑誌 第19巻5号
- (8) 樺井 博, 川北文夫, (1950) 繊維学会誌 第6巻 第2册
- (9) 梅原信愛, (1950) 製糸絹研究発表講演録 (日本製糸協会)
- (10) 萩原清治, (1951) 蚕繭学
- (11) 岩根恒徳, (1951) 繭乾燥教本 (日本製糸協会)
- (12) 白井美明, (1951) 信州大学繊維学部研究報告書 第1号

Summary

In the course of the 'Through Drying' of the pile of cocoons by the low temperature, the variations of the loss of air pressure, the drying speed and the quality of cocoons could be observed.

As the result of the experiment, the height of the pile of cocoons, the air speed and the size of cocoons were found to relate to the variations.