報 文

(昭和31年8月31日受理)

纖維素纖維の生長過程に関する研究

第9報 綿纖維の生長過程におけるリントの未成熟度 (immaturity) について

東京農工大学繊維学部 大 野 泰 雄

STUDIES ON THE GROWING PROCESS OF CELLULOSE FIBER. (IX) ON THE IMMATURITY OF LINT DURING THE GROWING PROCESS OF COTTON FIBER.

By Yasuo Ōno

(Faculty of Textile Industry, Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan)

In order to elucidate the maturity process of lint during the growing process of cotton fiber, the immaturity ratio (I), perimeter (p), weight fineness (W), wall thickness (t) of lint were daily measured by arealometer. Cotton variety used for this research was "Rikuchimen Kanno No. I", a sort of upland cotton. Wall thickness and weight fineness of lints increased linearly from 24th day to 40th day after flowering and later showed constant value until the boll opening. Perimeter of lint showed a constant value from 20th day after the flowering to the boll opening. Maturity ratio (I) decreased linearly from 24th to 40th day after the flowering and later showed a constant value until the boll opening. From above experiments, it may be concluded that the elongation growth of lint completed by 22nd day after the flowering, the growth of wall thickness began from 20th day after flowering, wall thickness increased linearly and completed 40th day after the flowering, and cellulose was synthesized and deposited in lint at the same rate during the secondary wall formation.

The relationships among immaturity ratio (I) and immaturity (D), perimeter (p), weight fineness (W) and wall thickness (t) are discussed.

(Received. 31. 8. 1956)

I. 緒 言

原綿の成熟度のその製品におよぼす影響を明らかにしめることは、紡績工業における原綿の品質管理の基礎を確立するため、極めて重要である。そこでまず第1段階として原綿の成熟度を測定する簡便なる方法が確立されなければならない。このような目的でつくられた一つの装置が arealometer¹⁾ (通称エアロメーターと呼ぶ) である。

著者はまずリントの成熟度とリントの諸性質、たとえばリントの細胞膜壁の厚さ (wall thickness), リントの周囲長 (perimeter), 繊度 (weight fineness) との関係を示し明らかにしめるため、綿纖維の生長過程におけるリントを逐日的に採取し、これらの試料をエアロメーターを用いて測定した。さらにこれらの実験

結果より綿纖維の生長過程におけるリントの成熟過程を追跡せる結果につき報告する。

II. 実験試料

実験試料は第1報²⁾に報告した試料と同じく東京都下小金井の東京農工大学繊維学部試験園場に5月中旬陸地棉閑農1号を播種し、8月3日に開花した花に一斉に名符をつけ研究試料として逐日的に採取し試料とした。(開架は開花後59日目) エアロメーターの測定には第1～第3結果枝のおおのの第1節のボール (boll) の整数部分を用了。

III. 実験方法および実験装置

エアロメーターの測定原理および方法については Hertel, K. L., and C. J. Craven³⁾ らの詳細な報告が

あるので、ここでは簡単にふれるにとどめる。

1. 測定原理

ある特別な条件のもとに円筒形の毛細管を通る気体の流出量を記述する式は Knudsen¹⁾と Poiseuille²⁾によって提出されている。比表面積(specific area)を求めるこの装置では Knudsen type の寄与はなく、Poiseuille の式にしたがうことが明らかにされた³⁾。

そこで Poiseuille の式にある仮定を入れて変形すると(1)式になる。

$$Q = \frac{K a \Delta p \varepsilon^3}{\mu A^2 L (1 - \varepsilon)^2} \quad (1)$$

Q = volume flow rate of gas.

a = cross-sectional area of porous plug.

L = length of plug.

Δp = pressure difference between ends of plug.

ε = void fraction, or porosity. (ratio of void volume to total volume of plug)

μ = viscosity of gas.

A = specific area of solid material in the plug.

K = a constant.

$$K = \frac{\zeta}{k_0} \quad \begin{matrix} \zeta = \text{orientation factor.} \\ k_0 = \text{shape factor} \end{matrix}$$

(1) 式を変形して

$$R = \frac{\Delta p}{Q} = \frac{k_0}{\zeta} \frac{\mu m^2 \rho A^2 L^2}{(\rho a L - m)^3} \quad (2)$$

m = mass of fibers in the plug.

ρ = density of fibers.

$R = \Delta p / Q$ = resistance offered by the plug to gass flow.

(2) 式は 3 つの変数、すなわち抵抗(R)、プラグの長さ(L)、比表面積(A)に関係している。それゆえ比表面積(A)の実験的測定には R と L を測定するか、あるいは他の 1 つを固定してこれらの量のいずれか一方を測定することによってなされる。

2. 測定方法および測定装置

エアロメーターの測定方法は空気の流れに対する抵抗 R を固定させ、繊維のプラグ (plug) がこの抵抗を持つために圧搾されねばならない長さ L を実験的に測定することである。エアロメーターの構造は電気的測定に用いられるホイートストン・ブリッジと同じである。銅の毛細管よりなる 3 つの抵抗と第 4 番目の抵抗は試験しようとする圧搾し得る多孔性の繊維のプラグからなりたっている。

Fig. 1 にこの装置を示す。アスピレーター・バルブ

Fig. 1 Diagram of the arealometer.

B—aspirator bulb.

C—cylinder.

F—fiber sample chamber.

G—hand wheel.

M—inclined manometer.

N—arealometer scale.

R_1, R_2, R, R' —air passages.

V—valve.

B はシリンダー C に空気を送る。C はゆるく摺り合せられた秤量されたピストンからなる。このシリンダーは水柱約 1 インチの一定の圧でブリッジに空気を送る。同図より明らかなように、このブリッジは 2 つの並行したブランチからなっている。この並行したブランチは直列に 2 つの抵抗をもっている。 R_1 に入る空気のすべては F 中の繊維のプラグを通して大気中に出る。一方 R_2 に入る空気はバルブ V の位置によって R か、あるいは R と R' を通って大気中に出る。 $R_1 = R_2$ であるから、マノメーター M は試料函 F 中の繊維試料が R (あるいは $R + R'$) の抵抗に等しい抵抗を持っている時は、圧力差は零を示す。試験しようとする繊維試料を圧搾する必要がある場合は調整されたドラム N を回転することによって、試料函 F 中にピストンを押し進めることができる。ドラム N の上には比表面積 (specific area, A) の直接的読みを 2 つのスパイラル・スケールで刻んである。1 つのスケールはバルブ V が開かれた時の低い圧搾における読み (A_1) であり、他のスケールはバルブ V が閉じられた時の高い圧搾における読み (A_2) である。

試料の採取量——試料の採取量は測定しようとする試料の比重 (g/cm^3) の $1/10$ に等しい瓦数だけの試料 (綿の場合は 152mg) をとる。(0.1cc の容積に相当する)

試料の挿入法——試料を針金の棒の端にまいて、試料用円筒管の中に差し入れ、その後その棒を抜いて試

料用円筒管とともに試料函 F に入れる。(繊維が空気の流れに正確に直角になるようにする。)

3. 計 算 式

試料を付属のバランスで定められた重量だけ精確に採取し、上述のように測定装置の試料函 F に装填し、これに高低二様の異った圧力をあたえて、マンローメーター M が零を示すように試料を圧搾したときに示される比表面積の数値 A_1 (低い圧のときの読み) および A_2 (高い圧のときの読み) を測定する、これらのデータより下記の計算式により、未成熟性 (D), 未成熟比 (I), リントの周囲長 (p), リントの細胞膜壁の厚さ (t), 繊度 (W) などを求めることができる。

未成熟性 D, (immaturity) $D = A_2 - A_1$

未成熟比 I, (immaturity ratio) number.

$$I = \sqrt{0.0625D + 1}$$

周囲長 p, (perimeter) μ .

$$p = 12,566 I / A_1$$

膜壁の厚さ t, (wall thickness) μ

$$t = 2,000 / A_1 (1 + \sqrt{1 - I})$$

繊 度 W, (weight fineness) $\mu\text{g/in}$

$$W = 0.485 \times 10^6 I / A_1^2$$

IV. 実験結果および考察

1. 綿繊維の生長過程におけるリントの未成熟比、細胞膜壁の厚さ、周囲長、繊度の変化について
綿繊維の生長過程におけるリントを逐日的に採取し、

Fig. 2 The growing process of cotton fiber measured by arealometer.

エアロメーターを用いてリントの未成熟比、細胞膜壁の厚さ、周囲長、繊度などを測定した。これらの結果を Fig. 2 に示す。(開花後 21 日目のリントは非常に未成熟で本装置では測定することができなかったため開花後 24 日目のリントより測定した)。

細胞膜壁の厚さは開花後 24 日目で 1.6μ であるが、開花後 40 日目では 2.8μ とほぼ直線的に増加し、それ以後は極く僅かな増加を示すのみで、開花後 59 日目では 3.1μ であった。

リントの周囲長は開花後 24 日目で 61μ 、開花後 59 日目で 59μ とほぼ一定値を示した。これは後述するように開花後 22 日目頃で伸長生長(表面生長)が終了していることを示している。

繊度は開花後 24 日目で $3.5\mu\text{g/in}$ であるが、開花後 40 日目では $5.5\mu\text{g/in}$ とほぼ直線的に増加し、それ以後は極く僅かな増加を示すのみで、開花後 59 日目では $5.8\mu\text{g/in}$ であった。

未成熟比 I は開花後 24 日目で 3.3 であるが、開花後 40 日目では 2.0 とほぼ直線的に減少し、それ以後は極く僅かな減少を示すのみで、開花後 59 日目では 1.8 であった。(完全に円形に成熟したリントの未成熟比 I は 1 である。)

以上の実験事実より綿繊維の生長過程を次のように説明することができる。リントの周囲長が開花後 24 日目以後一定値を示す事実より、リントの伸長生長(表面生長)は開花後 24 日目においては、すでに終了していることを示している。そしてリントの細胞膜壁の厚さおよび繊度がこの時期よりほぼ直線的に増加を始めることは、この時期より肥厚生長が開始されていることを示している。そして開花後 40 日目頃で膜壁の厚さおよび繊度が飽和する事実は、この時期でほぼ肥厚を終ることを示しているものと考えられる。これは第 2 次細胞膜の生成の期間において、繊維素がほぼ同じ割合で生成され、沈着しつづけることを示している。未成熟比 I は膜壁の肥厚および繊度の増加と逆比例して減少し、繊維素が生成され膜壁に沈着されるとともに未成熟比は減少し、膜壁の厚さおよび繊度が一定となると、未成熟比もまたほぼ一定となり、成熟状態を良く示している。

上述のエアロメーターによってリントの生長過程を追跡した結果は、先に著者がリントの伸長生長及び肥厚生長を追跡し、リントの伸長生長(表面生長)が開花後 22 日目頃において終了し、肥厚生長が開花後

18日目頃より開始し、開花後40日目頃ではほぼ終了することを報告したが、その結果⁵⁾と良く一致している。

2. 未成熟比 (I) と未成熟性 (D), 周囲長 (p), 織度 (W), 膜壁の厚さ (t) との関係

未成熟比 (I) と未成熟性 (D), 周囲長 (p), 織度 (W), 膜壁の厚さ (t) との関係を求めた結果を Fig. 3 に示す。

Fig. 3 Immaturity ratio-Immaturity (D),-Perimeter (P),-Weight fineness (W),-Wall thickness (t) relationships.

i) 未成熟比 (I) と未成熟性 (D) との関係

試験される繊維が完全に成熟し円形の場合は $A_1 = A_2$ で $D = 0$ となることが期待される。(この場合 $I = 1$ となる) Fig. 3-1 より明らかなように I と D の関係は未成熟比 I が增大するほど、いいかえれば未成熟になるほど未成熟性 $D (D = A_2 - A_1)$ の値は直線的に増大することを示している。

ii) 未成熟比 (I) とリントの周囲長 (p) との関係

Fig. 3-2 より明らかなように未成熟比 I の値にかかわらず、リントの周囲長 p は一定値を示す。これはこの試料が開花後24日目以後のリントの伸長生長(表面生長)を終った試料について測定したためである。したがって伸長生長を終ったリントは成熟状態にかかわらずリントの周囲長 p は一定である。

iii) 未成熟比 (I) と織度 (W) との関係

Fig. 2-3 より明らかなように未成熟比 I の増大と

ともに織度 W は減少する。すなわち成熟するとともに織度 W は増大する。したがって綿の品種が同一の場合は、織度を測定することによって成熟度を推定することができる。

iv) 未成熟比 (I) とリントの細胞膜壁の厚さ (t) との関係

未成熟比 I の増大とともにリントの細胞膜壁の厚さ t は減少する。すなわち成熟するとともに細胞膜壁の厚さは増大する。

V. 総 括

綿繊維の生長過程におけるリントの成熟過程を追跡するため、エアロメーターを用いてリントの未成熟比 I, 周囲長 p, 織度 W, 細胞膜壁の厚さ t を逐日的に測定した。

リントの細胞膜壁の厚さ、織度ともに開花後24日目頃より開花後40日目頃まではほぼ直線的に増加し、それ以後ボールの開裂まではほぼ一定値を示した。リントの周囲長は開花後24日目頃からボールの開裂まではほぼ一定値を示した。未成熟比 I は開花後24日目頃より開花後40日目頃まではほぼ直線的に減少し、それ以後ボールの開裂まではほぼ一定値を示した。

これらの実験事実にはリントの伸長生長(表面生長)が開花後22日目頃で終了し、開花後20日目頃よりリントの肥厚生長が急速に開始せられ、開花後40日目頃ではほぼ終了することを示している。またこの時期において繊維素がほぼ同じ割合で生成され、沈着しつづけることを示している。

さらに未成熟比 I と未成熟性 D, 周囲長 p, 織度 W, 膜壁の厚さ t との関係について2, 3の考察を加えた。

本研究に当り種々御指導を賜った東京工業大学金丸寛教授、前田弘邦教授、またエアロメーターの使用を許可せられ御教示を賜った日本紡績検査協会梅宮文吾部長、また御助言賜った梅林弘氏に深甚なる感謝の意を表す。本実験の一部は文部省科学研究費および日本綿業技術研究所研究費によった。ここに併記して謝意を表す。

文 献

- 1) Special Instruments Laboratory Inc., (U.S.A) Model 142
- 2) 大野泰雄: 織学誌, 11, 520 (1955)
- 3) Hertel, K.L. & C. J. Craven; *Text. Res. J.*, 21, 765 (1951)
- 4) Loeb, L.B., "The kinetic theory of gases", 2nd ed., New York and London, McGraw-Hill Book Co., Inc., p. 283, p. 293 (1934)
- 5) 大野泰雄: 織学誌, 11, 714 (1955)