

# 繊維および繊維製品の劣化

— ナイロンおよびレーヨン布の洗浄による吸湿性の変化 —

## Deterioration of Fibers and Fiber products

— Change of Hygroscopicity of Fabrics of Nylon and Rayon by Laundering —

宮田 奈美子  
Namiko Miyata

坂本 敦子  
Atsuko Sakamoto

(1979年11月30日 受理)

### I 諸 言

被服の損傷劣化は、着用、洗たく、手入れおよび保存などの期間に起るものであるが、当然のことながら、できるだけ被服のそれは少なく、最初の状態を保っていることが望ましい。そこで繊維および繊維製品は、被服材料の大部分をしめるので、その損傷劣化に注目した。そして、一次構造および高次構造（凝集状態）をもつ繊維構造の微少の変化をも、知る一つの手がかりとなるため、吸湿性の変化を検討した。

劣化による繊維の吸湿性の変化については、従来、J.C. Austin<sup>1)</sup>が、洗たく、乾燥を繰り返して劣化した綿は、吸湿性が低下することを報告している。しかし、小出<sup>2)</sup>は綿は洗たく回数が増すにつれて、吸水性が増加することを、また、中島<sup>3)</sup>も、洗たくにより疲労した綿布の吸湿性が増加することを報告している。天然繊維である綿は、高次構造の変化の手がかりとなる結晶部分が発達していて多いが、化学繊維は一般に結晶部分も少なく、綿とは、異なった挙動を示すことも十分に考えられる。したがって、本報告はナイロンおよびレーヨン布の洗浄における機械的作用による吸湿性の変化を調べた。特に吸湿性の変化について、繊維表面積と吸湿自由エネルギーの面から検討した例はないようなので、これらについて検討した。

### II 実 験

#### 2. 1 試料

次のようなナイロン（6と66）およびレーヨン布を使用した。織布は衣生活研究会の実験用未加工白生地で、平織のナイロン6とレーヨン布で織密度はそれぞれ118.9×87.4/2.54cm<sup>2</sup>および109.2×76.2/

2.54cm<sup>2</sup>であった。これらを20℃の水に1時間浸漬後、室内で自然乾燥させて使用した。編布は、市販のナイロン（6と66）ストッキング（両者とも15Dと40D）およびナイロン6スリッパを用いた。これらを20℃の水に30分間浸漬後、室内で自然乾燥させて使用した。

#### 2. 2 洗浄

ターゴトメーターを使用して、20cm×20cmの試布を綿袋に入れ、浴比1:30、回転速度100rpm、温度35℃において所定時間洗浄した後、室内で自然乾燥させた。

#### 2. 3 平衡吸湿量の測定

20cm×20cmの各試布を秤量びんに入れ、定温乾燥器によって、ナイロン布は1.5時間、レーヨン布は2.0時間50℃で予備乾燥した後、20℃の恒温室で所定の相対湿度のデシケーター中に、約30日間放置後、秤量し、以後3日間ごとに秤量して、その重量変化が、試布重量の0.05%以下の差となった時に、平衡とみなした。各試布は50～70日間で平衡に達した。次にこれらの各試布を35℃で10～20日間真空乾燥させ絶乾とした。平衡吸湿量は、各相対湿度における試布の重量と絶乾重量との差を絶乾重量100gあたりに換算した値である。各相対湿度における調湿は、次のような濃度の溶液<sup>4)</sup>を用いるデシケーター法によった。20℃における92.3%、73.7%、53.5%、44.6%および27.5%RHは、それぞれグリセリン25.0%、60.0%、78.6%、83.0%および92.0%溶液を用いた。また、67.4%RHはNH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>飽和溶液を、35.4%、16.4%、9.2%および4.1%RHは、それぞれH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>濃度（W%）の50%、60%、65%および70%溶液を用いた。

### III 結果および考察

#### 3. 1 吸湿性におよぼす洗浄時間の影響

ナイロンおよびレーヨン布の吸湿性におよぼす洗淨時間の影響を図1に示す。図にみられるように、

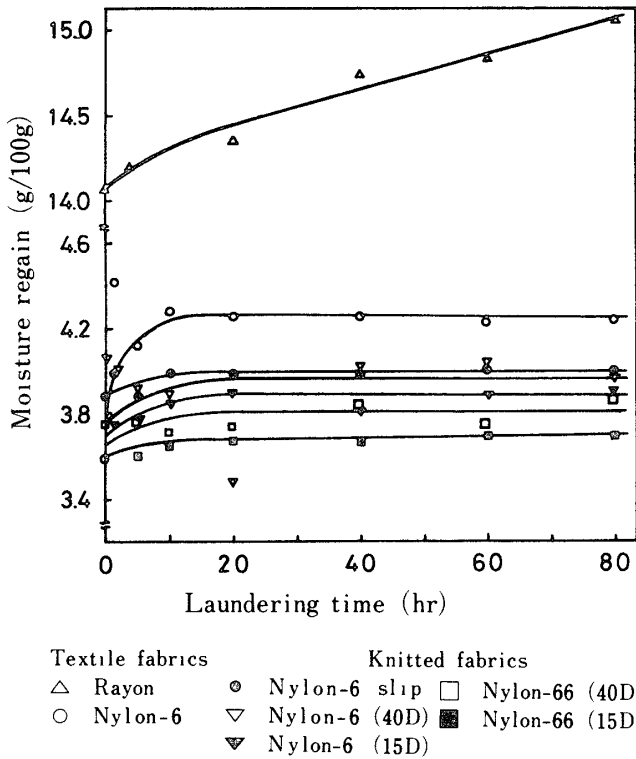


Fig.1 Effects of laundering time on moisture regain.

洗淨時間が増すと、水分率は増加しており、未洗淨布と80時間洗淨した布とでは、レーヨン織布が約1 g/100 g, ナイロン6織布が0.7 g/100 g, ナイロン6ストッキングが0.2~0.3 g/100 g, およびナイロン66ストッキングが0.1~0.2 g/100 g, 増加している。結晶化度の多い天然繊維の綿が洗淨時間が増すと、吸湿性が増加する<sup>2)3)</sup> ように、結晶性の比較的低い化学繊維であるナイロンおよびレーヨン布も洗淨時間が増加すると、吸湿性が増加することがわかった。このことは、保健衛生上の点から好都合である。一般に繊維および繊維製品の吸湿性の変化は、繊維を構成している高分子中の親水基の変化、すなわち一次構造の変化および結晶部分の相違や結晶の大きさすなわち高次構造(凝集状態)の変化が考えられるが、本実験の場合の詳細については別報で報告する。

3.2 平衡吸湿量

ナイロン6およびレーヨンの未洗淨布と80時間洗淨した布の吸湿等温線を図2に示す。図にみられるように、これらの曲線はジグモイド型を示し、B.E.T.型吸着機構があてはまることを示した。一

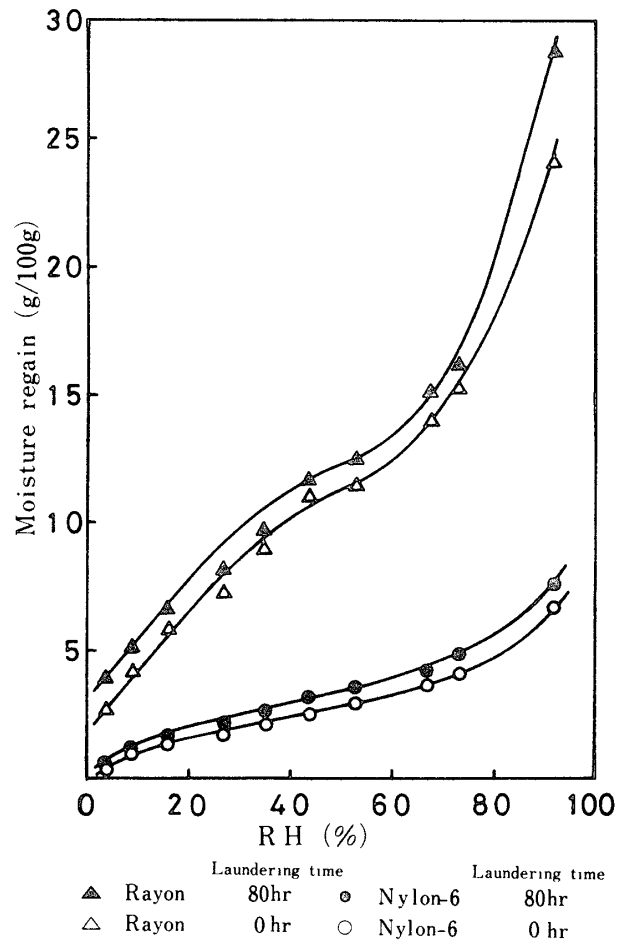


Fig.2 Sorption isotherm for Nylon and Rayon.

般に繊維の吸湿等温線<sup>5)</sup>は、B.E.T.型を示すことは知られているが、80時間洗淨した布も同様にB.E.T.型を示した。

3.3 B.E.T.理論<sup>6)</sup>による表面積について  
ナイロン6およびレーヨンの未洗淨布と洗淨布の吸湿等温線が、図2に示すように、B.E.T.型を示すことから、飽和蒸気圧  $x = 0.05 \sim 0.40$  の範囲の測定値に対し、B.E.T.式<sup>6)</sup>を適用し、B.E.T.プロットを行なった結果を図3に示す。B.E.T.式<sup>6)</sup>は次のとおりである。

$$\frac{x}{V(1-x)} = \frac{1}{VmC} + \frac{C-1}{VmC} x \dots\dots(1)$$

ここで、Vは飽和吸着量 (g/g), Vmは単分子層吸着量 (cc/g), Cは吸着熱に関する定数である。ただし、水の場合、近似的にVm (g/g)である。図3に示すように、B.E.T.プロットは直線となるので、切片  $1/VmC$  と勾配  $C-1/VmC$  とから、Vmすなわち試料表面に単分子層を形成するのに必要な水の吸着量を求めた。ここで、吸着水分子を球形として、繊維分子表面上で最密充てんしていると仮定

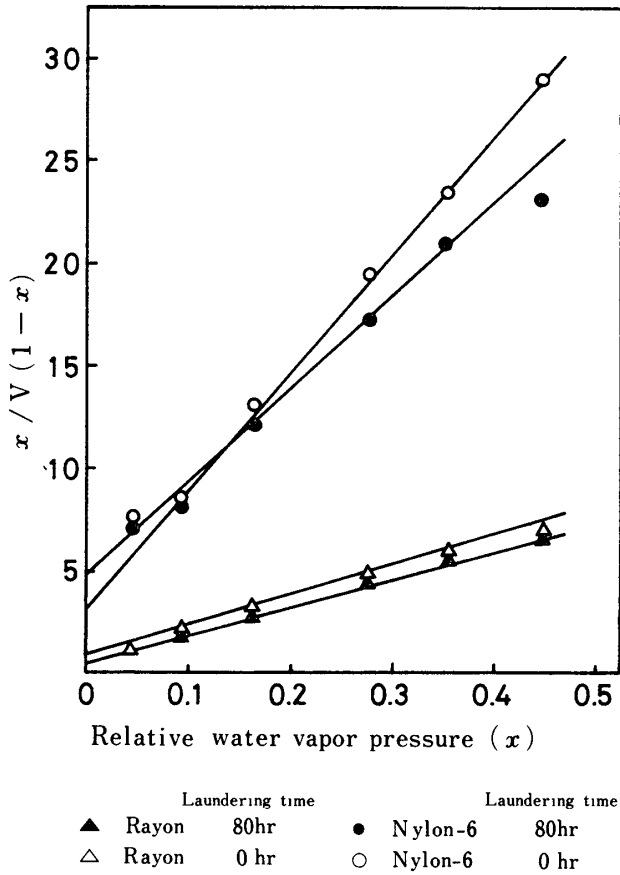


Fig. 3 The B . E . T . plots for Nylon and Rayon at 20°C.

すれば、比表面積  $S$  ( $m^2/g$ ) は  $S = 2.82 V_m \dots (2)$  となる<sup>6)</sup>。ナイロンおよびレーヨンの未洗浄布と洗浄布について、単分子層吸着量  $V_m$  ( $g/g$ ) と比表面積  $S$  ( $m^2/g$ ) を表1に示す。表1にみられるように、ナイロンおよびレーヨン布とも洗浄時間が増すと、単分子層吸着量と比表面積は増加していることがわかる。ここで表面積すなわち外部表面と内部表面の内容としては、3.1で述べたと同様なことが考えられる。

Tab. 1 Calculated surface areas and free energy of moisture regain

Nylon-6				
Laundrying time (hr)	$V_m$ ( $g/100g$ )	$S$ ( $m^2/100g$ )	$\Delta F$ ( $cal/g$ )	$\Delta F/S$ ( $cal/m^2$ )
0	1.64	4.6	2.07	0.45
5	1.66	4.7	2.39	0.51
60	1.89	5.3	2.39	0.45
80	1.90	5.4	2.81	0.52
Rayon				
0	6.33	17.9	8.27	0.46
80	6.67	18.8	9.25	0.49

3.4 吸湿自由エネルギーの変化

図2の吸湿等温線を、さらに別の面から解析しようとして、吸湿に要する自由エネルギーの変化の算出を試みた。これはナイロンやレーヨンの水に対する親和力の尺度ともゆうべきものである。等温的な過程<sup>7)</sup>では、1gの水蒸気が固体表面へ移行するのに必要な自由エネルギー変化 $\Delta F$ は次式<sup>7)</sup>によって表わされる。

$$\Delta F = \frac{RT}{M} \int_0^1 \frac{V}{x} \cdot dx \dots (3)$$

ここで、 $V$  ( $g$ )は繊維1gあたりに吸湿される水の重量、 $x$ は相対蒸気圧、 $M$ は水の分子量、 $T$ は絶対温度および $R$ はガス定数である。 $V/x$ を図2のデータから算出し、これを $x$ に対してプロットしたのが、図4である。この図の各曲線の下の部分の

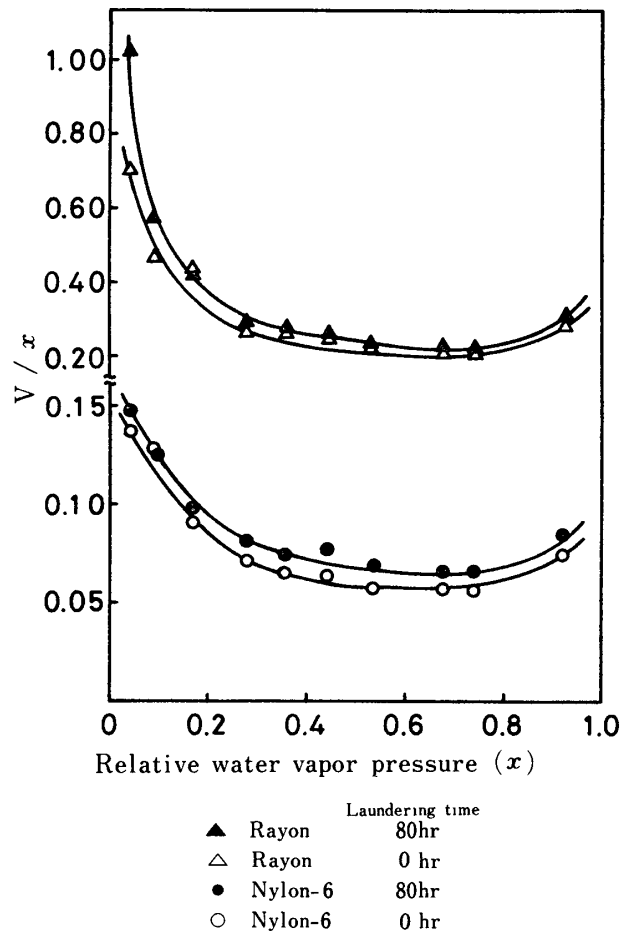


Fig. 4 Plots of  $V/x$  against  $x$  for Nylon and Rayon.

面積を区分球面積法によって求め、(3)式の $\int_0^1 V/x dx$ の値を得、 $\Delta F$ および単位表面積あたりの自由エネルギー即ち $\Delta F/S$ を算出して表1に示した。表からわかるように、ナイロンおよびレーヨン布とも、洗浄時間が増すと $\Delta F$ が増加、すなわち、水との親

和力が増加している。しかし、レーヨン布の $\Delta F$ がナイロン布のそれの3.3~4倍であるにもかかわらず、 $\Delta F/S$ についてはほとんど差が認められない。未洗浄布と比べて、洗浄布は吸湿性が増加するが、その原因は表面積の増加であるがその結果自由エネルギーの増加、即ち水との親和力が増加すると思われる。しかし、 $\Delta F/S$ すなわち単位面積あたりの自由エネルギーは、ナイロンおよびレーヨンの未洗浄布および洗浄布とも殆んど差がないことから、水分子と繊維分子との間の結合は、水素結合によるものであろう。

#### IV 結 言

ナイロンおよびレーヨン布の洗浄における機械的作用による吸湿性の変化を表面積と自由エネルギーの面から検討した。結果は次のとおりである。1) ナイロンおよびレーヨン布とも、洗浄によって吸湿性が増加するが、保健衛生上好都合である。2) 吸湿等温線は、未洗浄布および洗浄布ともジグモイド型を示し、B.E.T.型吸湿機構であることを示す。3) 表面積および吸湿自由エネルギーに関しては、洗浄布は未洗浄布と比べ増加しているが、このことが吸湿性の増加の原因であらう。4) 単位面積あたりの吸湿自由エネルギーは、ナイロンおよびレーヨンの未洗浄と洗浄布の間に差がない。このことから、水分子と繊維分子の間の結合は、水素結合によるものであろう。

#### 文 献

- 1) J.C.Austin, J.S.Roberts: *Text. Res. J.*, **26**, 303 (1956)
- 2) 小出直人: 家政誌, **12**, 234 (1961)
- 3) 神宮寺静枝, 中島利誠: 同上, **27**, 499 (1976)
- 4) 繊維学会編: 繊維便覧原料編, 丸善, P.1074 (1968)
- 5) 繊維学会編: 繊維物理学, 丸善, p.170 (1962)
- 6) 慶伊富長: 吸着, 共立出版, p.95 (1967)
- 7) Bull.H.B.: *J. Am. Chem. Soc.*, **66**, 1499 (1944)