

羊毛繊維の吸湿特性

牛腸ヒロミ

Sorption of Water Vapor by Wool Fibers

HIROMI GOCHO

Equilibrium water sorption isotherms for wool fibers were obtained and the sorptive capacity of these fibers was discussed with respect to the effect of descaling.

Taking into account both equilibrium and kinetic data, the effect of descaling on these water sorption behaviors was obvious. The BET sorption mechanism was obeyed by these water/wool systems in the relative humidities ranging from about 10% to 40%.

羊毛繊維は、細胞膜複合体によって接合された、表皮（キューティクル）と皮質（コルテックス）細胞組織の集合体であり、特徴的な二元構造と表面構造を有している³⁾。また化学構造的には、20種にも及ぶアミノ酸よりなる複雑なポリペプチドである。この複雑な構造のために、独特の繊維物性をもっており、スーツなどの被服、毛布などの寝具、カーペットなどの室内装飾品など広い分野で使用されている。

繊維物性としては、表面は、はっ水性でありながら、吸湿性は大であること、熱の遮断性のよいこと、弾性回復が大で、しわになりにくいことなど、被服材料として、すぐれた性能を持つ。特に吸湿性に関しては、被服の着心地に大いに関係があるだけでなく、水分が存在することによる諸物性への影響は大⁵⁾で羊毛を使用するにあたって知っておかなければ

ならない重要な性質の一つである。

また特徴的な性質の一つに収縮性があり、フェルトの製造や、毛織物独特の風合いをつくりあげる縮充工程は、この性質を利用したものである。反面、洗たく機にかけると収縮してしまい、形態安定性の点からは不利である。キューティクルには方向性があるため、繊維集合体に力が加わると、繊維が毛根方向へ、非可逆的な運動をし、縮充がおきる。このような縮充を防ぐため、現在、防縮加工法として、キューティクルを除去する方法とポリマーにより被覆する方法とがあり、本実験では、酸化法により、キューティクルを剥離させた、改質羊毛（脱スケール羊毛）を用いた。

以上の点から、本報告では、上記の改質羊毛と未改質羊毛とを用いて、平衡収着実験及び吸湿速度実験を行ない、羊毛繊維への水分

の収着特性を検討した。

材料と方法

1 試料

試料繊維は平均繊度 21.3μ のオーストラリア産メリノ羊毛64's (以下W1と略記する)と、これを常法⁶⁾により脱スケールしたもの(以下W2と略記する)を用いた。繊維の精製はイオン交換水で1時間以上煮沸し、その後、メタノール、ベンゼンにより、各々一晩ソックスレー抽出器にて抽出することにより行った。

2 吸湿速度の測定

既報¹⁾に示したような吸着ばかり法により、吸湿量の経時変化を測定した。105±2°Cで数時間乾燥後、五酸化リンデシケータ中に保存しておいた繊維試料約50mgを石英バスケットにいれ、吸着筒内の石英スプリングに取り付け、恒量になるまで真空乾燥する。測定温度は20°Cで、このとき、系の真空度は約 10^{-3} mmHgであった。測定は3-4回繰り返し行った。

3 平衡収着量の測定

デシケータ法により、20°Cでの平衡収着量を測定し、試料W1, W2の平衡収着等温線を積分法により求めた。調湿用の塩類飽和溶液としては、塩化リチウム(11.0%RH), 酢酸カリウム(22.8%RH), 炭酸カリウム(43.3%RH) 塩化ナトリウム(75.4%RH), 塩化カリウム(85.0%RH), 硝酸カリウム(93.8%RH)の各塩を、再結晶法により、繰り返し三回精製して用いた。()内は20°Cにおける各塩類飽和溶液の相対湿度である。

繊維試料約2gを秤量びんにいれ、105±2°Cで数時間乾燥後、五酸化リンデシケータ中に放置し、以後1週間おきに秤量し、絶対乾燥値を決定した。平衡吸湿量測定試料は、このまま、平衡脱着量試料は、この絶乾試料を硝酸カリウムの高相対湿度デシケータ中で平衡に達するまで調湿してから、20°Cの恒温

室中に置いた各デシケータ中に約2時間放置後、秤量し、以後三日おきに秤量して、その重量変化が、試料重量の0.1%以下となったとき、平衡収着量とした。

結果及び考察

1 吸湿速度

図1に20°C, 75.4%RHの図2に22.8%RHの

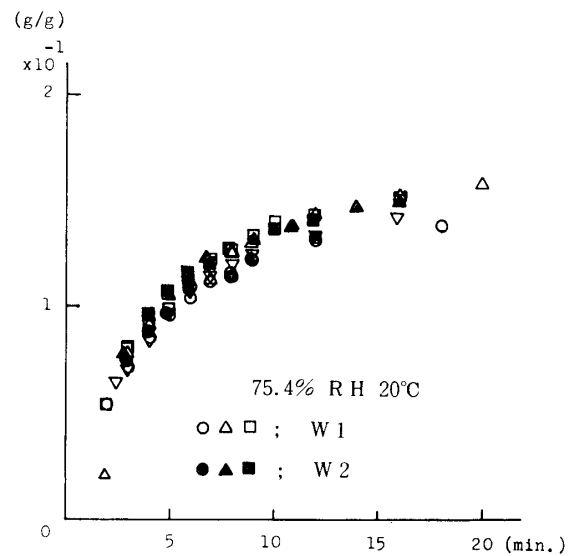


Fig.1 Sorption curves for water/wool

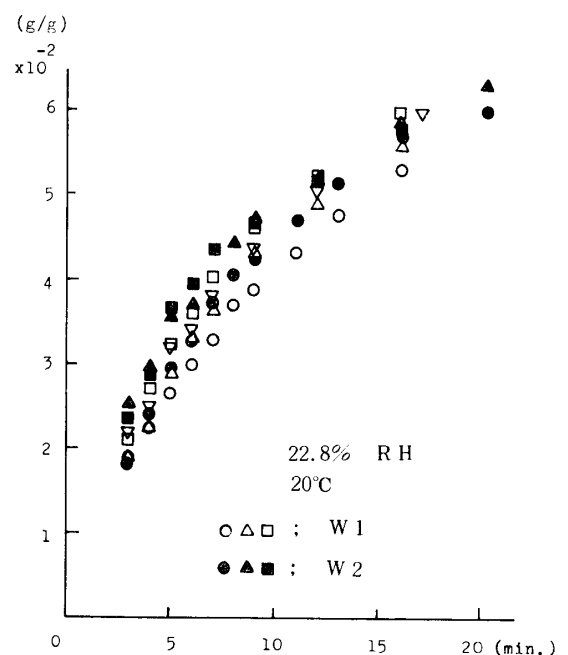


Fig.2 Sorption curves for water/wool

飽和水蒸気圧中で測定したW1とW2の吸湿量を時間に対してプロットしたものを示した。両飽和蒸気圧下で、繰り返し3-4回測定したが、ほぼ同じ挙動を取り、またW1とW2も、それぞれ、ほぼ同様の値を示した。羊毛繊維のスケールの有無が吸着剤の吸着速度に

影響を及ぼすことが報告されている⁴⁾が、この図から、そのことがはっきりとは分からないので、更に、これらを、横軸に時間の平方根、縦軸に吸湿量を取って再プロットした。図3、図4に示したように、この図は吸湿初

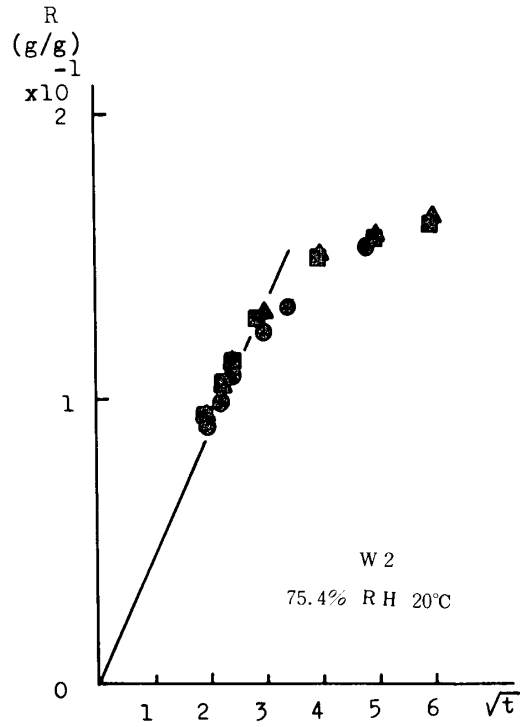
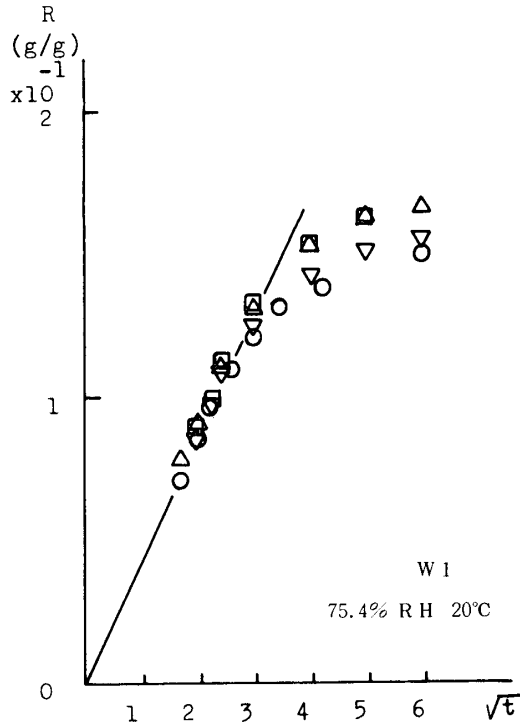


Fig.3 R vs. \sqrt{t} for sorption of water vapor on wool

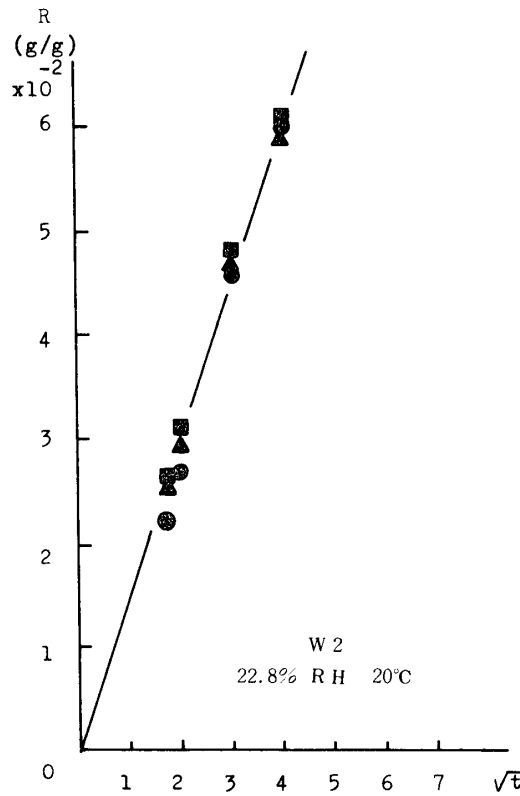
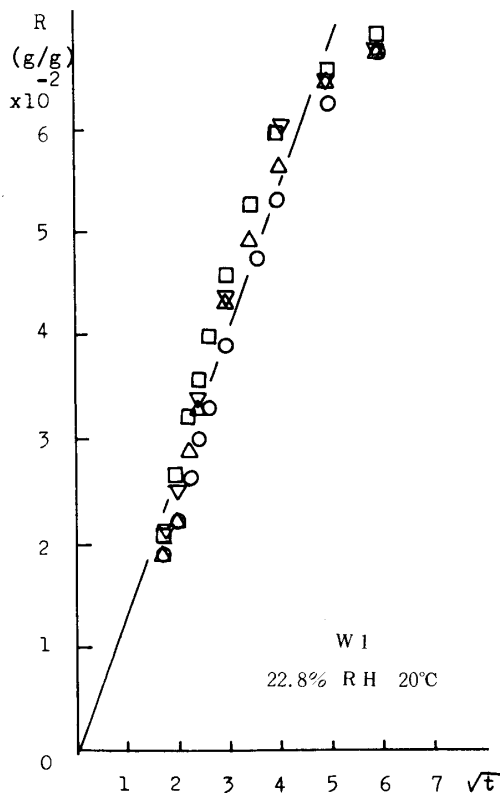


Fig.4 R vs. \sqrt{t} for sorption of water vapor on wool

期に於て直線性を示す。この直線の傾きは吸湿速度の目安と見なせる¹⁾わけであるが、各相対湿度に於てW1とW2の直線の傾きは、22.8%RHでW1が 1.61×10^{-1} 、W2が 1.62×10^{-1} 、75.4%RHでW1が 4.23×10^{-2} 、W2が 4.51×10^{-2} とわずかにW2の方が大きく、スケール有無の効果が示された。これらの値は最小二乗法により得た。

2 平衡収着量

図5に20°Cでの平衡収着量をプロットした

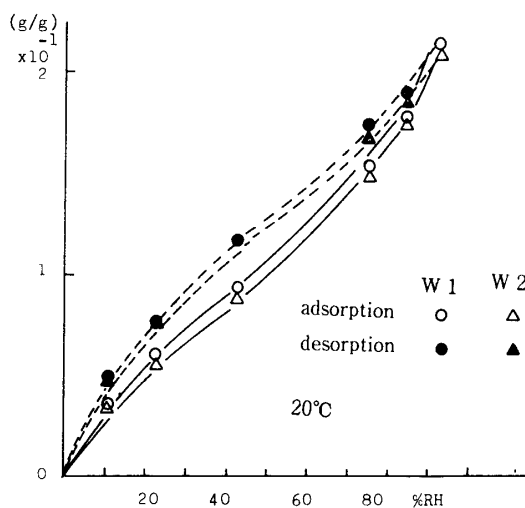


Fig.5 Sorption isotherms for the water vapor on wool fibers at 20 °C

ものを示した。W1、W2それぞれ、吸着平衡より脱着平衡の方が大きな値を示し、加圧吸着させていく場合と減圧脱着させていく場合とで、中圧部分の収着等温線が一致しない、いわゆるヒステリシス現象を示した。この現象は、繊維や多孔質物質への水蒸気や有機蒸気の収着等温線によくみられる現象であり、従来、毛管凝縮説²⁾で説明されてきた。W1とW2では、吸脱着曲線とも、僅かではあるが、W1の方がW2より大きな値を示した。

また図5の平衡収着等温曲線は低相対湿度領域で上に凸のシグモイド型を示している。そこでBETの収着理論に適用してみる。BET理論はBrunauer, Emmett および Tellerらにより提出された多分子層吸着理論であり、相対圧0.05-0.35ぐらいの領域で吸着気体の

分圧と吸着量の関係をBET式によって示すことが出来る。BET式は次式で表される。

$$\frac{x}{N(1-x)} = \frac{1}{NmC} + \frac{(C-1)x}{NmC}$$

ここでNは繊維1g当りに収着された水の量(gまたはモル数)、xは相対圧、Nmは単分子収着量(gまたはモル数)、Cは収着エネルギーに関する定数である。BET式からわかるように $x - \frac{x}{N(1-x)}$ プロットは直線を示しており、上述したように、通常、これは $x = 0.05 - 0.35$ の範囲で成り立ち、その直線の傾き $\frac{C-1}{NmC}$ とy切片 $\frac{1}{NmC}$ からNmとCが簡単に求まる。Nmは繊維の比表面に対応し、Cは繊維-水蒸気間の相互作用の強さを表す。

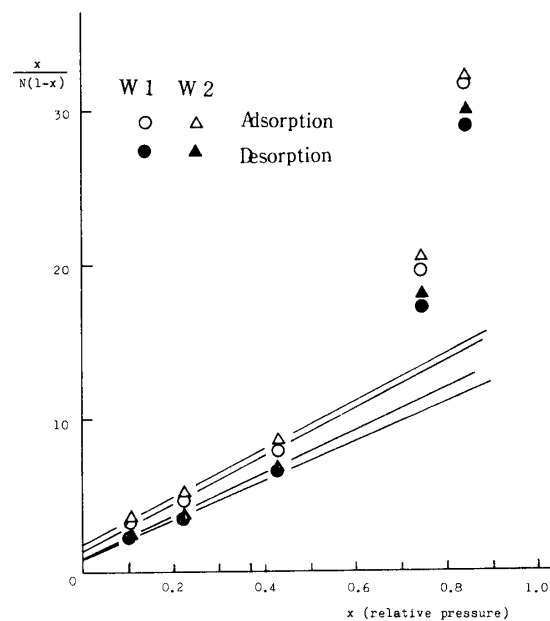


Fig.6 $x/N(1-x)$ vs. x for sorption of water vapor on wool

図6にW1、W2のBETプロットを示した。相対圧0.1-0.4の範囲では直線にのり、高相対圧領域では直線から大きくはずれ、多分子層吸着していることが示唆された。つまり、W1、W2による水の収着は、低相対圧領域では水が羊毛の特定座席に順次吸着していくと考えられている、BET吸着機構によるものと考えられる。即ち、水分子は羊毛のアミノ基やカルボキシル基などの官能基に局在化吸着していると思われる。BET定数は表1に示した。Nmの値から、脱スケールす

ることにより、収着座席の数が若干減少していることがわかる。

Table1 Parameters for sorption model

	Nm (g/g)	C
W 1 A [*]	0.060	10.7
W 2 A	0.057	9.1
W 1 D	0.073	14.2
W 2 D	0.068	16.3

※ A : Adsorption D : Desorption

ま と め

羊毛繊維とその表面からキューティクルを取り去った試料とを用いて、吸着速度実験、平衡収着実験を行い、次のことが明らかになった。

(1) W 1 に比べて W 2 は、吸着速度がわずかに大きく、キューティクルの有無の効果が示された。

(2) 平衡収着量は W 1 の方が W 2 に比べてわずかに大きく、キューティクル剥離の過程で、羊毛になんらかの構造変化が起こったことを示唆した。このことは、Nm の減少からも明らかである。

(3) W 1, W 2 への水の収着が、局在化吸着であることが示唆された。

最後に、本研究を行うにあたり、ご指導を賜りました、お茶の水女子大学教授中島利誠博士及びご援助を賜りました皆様方に深く謝意を表します。

文 献

- 1) 牛腸ヒロミ, 中島利誠: 織消誌, **22**, 154 (1981)
- 2) 慶伊富長: 吸着, 共立出版(東京) P.41 (1976)
- 3) 近土隆: 繊維と工業, **2**, No.2・3, 116 (1969)
LEEDER, J. D.: 繊維加工, **39**, 317 (1987)
- 4) MEDLEY J. A. & ANDREWS, M. W.: Text. Res. J., **29**, 398 (1959)
HADFIELD H. R. & LEMIN, D. R.: J. Soc. Dyers & Colourists, **77**, 97 (1961)
根本嘉郎, 三輪貞夫: 工化., **68**, 2173 (1965)
- 5) MORTON W. E. & HEARLE J. W. S.: Physical Properties of Textile Fibers, Butterwoths (London), P.180 (1962)
中島利誠他: 概説被服材料学, 光生館(東京) P.108 (1986)
- 6) 特開昭55-36342