

スポーツウェア等の繊維材料に関する 放湿特性の熱分析法による解析

京都工芸繊維大学 堤 直 人
(共同研究者) 同 清 造 剛
同 松 本 喜代一

Study on Moisture Evaporation from Textile Materials for Sport-Wear by Thermal Analysis

by

Naoto Tsutsumi, Tsuyoshi Kiyotsukuri, Kiyochi Matsumoto
Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology

ABSTRACT

Moisture evaporation behavior from wetted fibers of wool, cotton, hemp and ramie at 40°C was investigated by thermogravimetry and differential thermal analysis. The drying characteristics of these fibers were determined from these behavior of moisture evaporation.

The thermogravimetric curve in a stream of nitrogen was quite different from that in air. The difference may be attributed to the fact that the humidity in a stream of nitrogen is different from that in air. Two-step periods of falling rate were shown in the plot of drying rate against the logarithmic moisture content in a stream of nitrogen, and the transition moisture content (W_t) was observed. Drying behavior of wool was remarkably different from those of cotton, hemp and ramie. This may be related to some specific properties and structure of wool fibers. The differential thermal analysis curve of cotton differed from those of hemp and ramie, suggesting the influence of morphological difference between them.

要 旨

羊毛、木綿、亜麻およびラミーを供試して、これらの湿潤状態からの放湿挙動を、体温近傍の40°Cで、熱重量測定装置ならびに示差熱分析装置を用いて測定し、その挙動を乾燥挙動と結び付けて解析した。熱重量測定では、窒素気流下と空気中での乾燥挙動が顕著に相違しており、繊維試料表面付近の湿度の相違が著しく反映することが推定された。木綿と麻は、窒素気流下の乾燥速度—対数含水率曲線において2段階の減率乾燥挙動を示し、転移含水率 W_t が観測された。羊毛の乾燥挙動は、木綿や麻のそれらと顕著に相違しており、羊毛の有する特異性の寄与が示唆された。木綿と麻は、示差熱分析曲線において相違が観測され、形態学的構造の差異が反映していることが示された。

1. 緒 言

スポーツウェア等の繊維材料に関しては、他の一般衣料のそれら以上に、発汗による吸湿と放湿の特性はとくに重要である。この吸放湿特性は、繊維材料の種類によって非常に相違しており、天然繊維においても木綿と羊毛では特徴的な相違が見られる。また、最近では種々の新しい繊維材料も開発されているが、これらの多岐にわたる繊維材料をスポーツウェアに有効に利用するためには、吸放湿特性の詳細な把握が不可欠である。

われわれはすでに、乾燥測定装置を用いて羊毛布地と木綿布地の乾燥挙動¹⁾を、羊毛布地と木綿布地との重ね合わせ布地、羊毛と木綿の混紡布地、ならびに表層スケールを削除した羊毛布地の乾燥挙動²⁾を、報告してきた。その結果、羊毛と木綿ではそれぞれ乾燥挙動を相違しており、表面がはっ水性でありながら抱水性である羊毛の特異性と関連づけて検討してきた^{1,2)}。

本研究では、最近進歩の著しい熱分析装置（熱

重量測定装置および示差熱分析装置）を用いて、スポーツウェアとしての繊維材料についての放湿挙動を測定し、それらを乾燥挙動と結び付けて検討した結果を報告する。今回は、すでに報告した羊毛、木綿に加えて亜麻とラミーの4種の繊維材料を用いた。

2. 実験方法

2.1 試 料

羊毛、木綿、亜麻およびラミーを供試した。羊毛は前処理を施さずに、そのまま用いた。その他の木綿、亜麻およびラミーはのり抜きの処理を施して、実験に用いた。

2.2 のり抜き処理法

試料布重量の1%ののり抜き剤(ジアスターゼ)を試料布重量の25倍の水に溶かした水溶液に、試料布を一夜、浸漬した後、湯洗、水洗し、のり抜きを行った。

2.3 測定用試料の調製

熱重量測定(TG)および示差熱分析(DTA)に供する試料は、次のようにして調製した。布を細断した試料120mgに水を0.15ml加えて湿潤させた後、その含水試料をマイクロ天秤で10mg秤取した。

2.4 測定条件

TGおよびDTAは、それぞれ島津DT-30シリーズ熱重量測定装置および示差熱分析装置を用いて行った。TG、DTAいずれの場合も、5°C/minで室温より昇温した後、40°Cで一定温度に保持して測定した。雰囲気としては、2ml/minの窒素気流下と空気中の2通りの条件を設定した。TGにおいては、40°Cでの測定で、平衡重量に達した後、再び5°C/minで昇温し、105°Cで30min保持し、そのときの平衡重量を絶乾重量とした。

2.5 繊維直径

用いた4種の繊維直径は、反射型偏光顕微鏡下

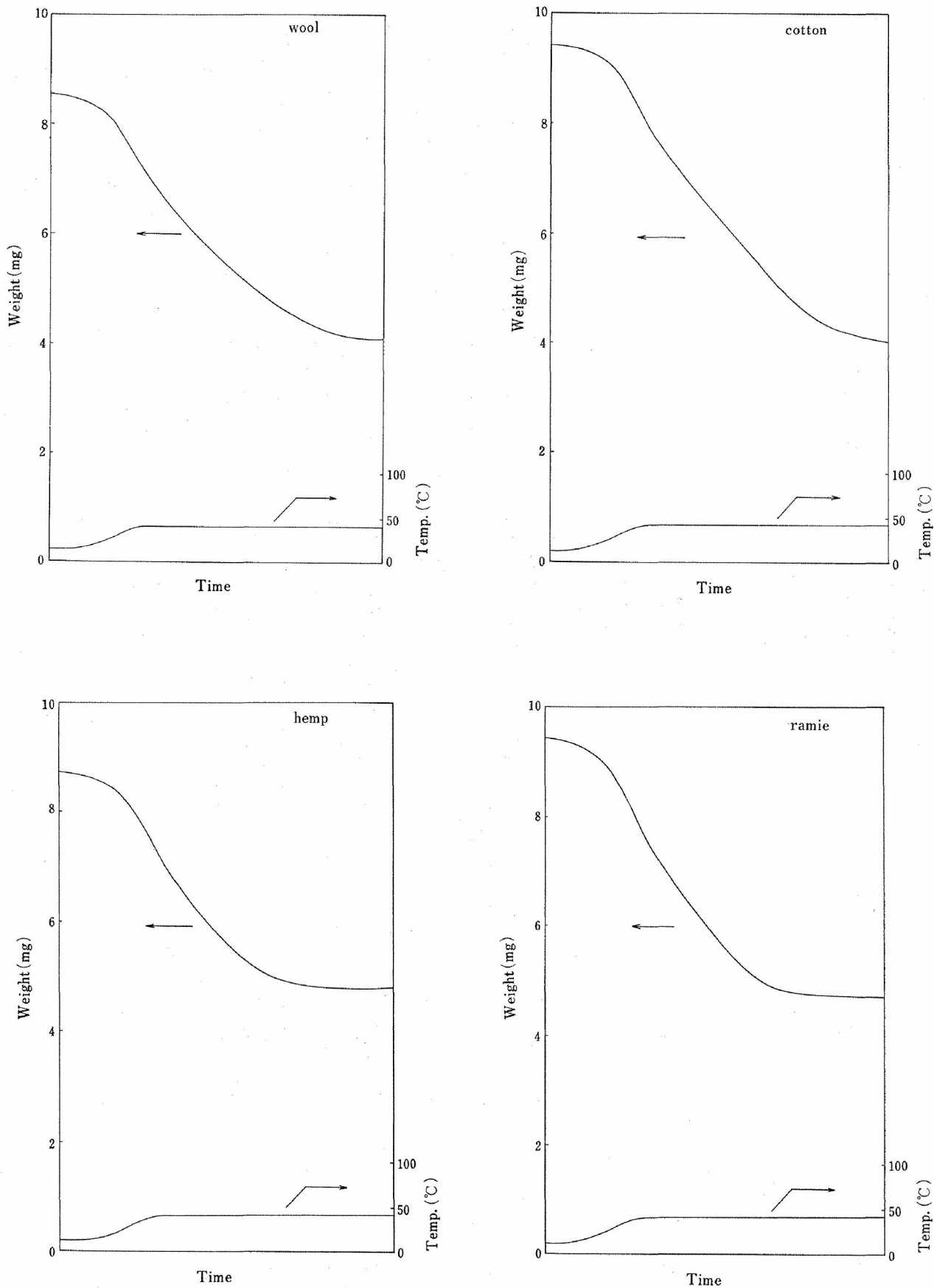


图1 各种湿纤维在给定温度为40°C时的热重分析曲线。

表1 Diameter of various fibers

fibers	diameter (μm)
wool	23
cotton	15
hemp	20
ramie	30

で測定して求めた。その結果を表1に示す。

3. 結果と考察

3.1 TGによる乾燥挙動

図1に、TGによる4種の繊維材料の窒素気流下での40°Cにおける放湿による重量変化曲線例を示す。5°C/minでの昇温過程の放湿挙動は温度が変化しているために複雑であり、本研究では、40°Cの一定温度になった時点以降の放湿挙動について、一定時間ごとに重量変化曲線の傾きより乾燥速度を、その絶対量より含水率を求めた。その結果得られた対数含水率—乾燥速度曲線を、羊毛、木綿、亜麻およびラミーそれぞれについて、窒素気流下、空気中ともに図2、図3、図4および図5に示す。

羊毛以外の木綿、亜麻およびラミーでは、窒素気流下での乾燥速度が同じ含水率では空気中でのそれに比べて大きい値を持っている。窒素気流下では、蒸発した水分は直ちに系外へ放出されるために繊維試料表面近傍の湿度はつねに一定に保たれているが、空気中での測定では、蒸発した水分が繊維試料表面近傍にとどまるために試料セル内はかなり高湿度になっていると考えられる。この

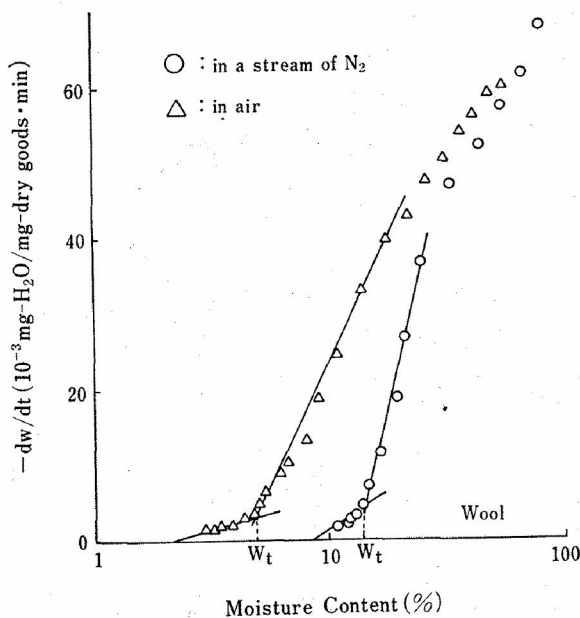


図2 Logarithmic moisture content dependence of drying rate at 40°C for wool.

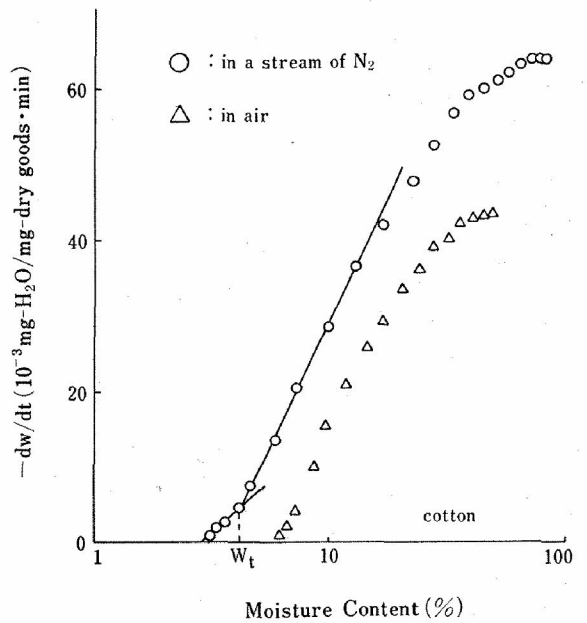


図3 Logarithmic moisture content dependence of drying rate at 40°C for cotton.

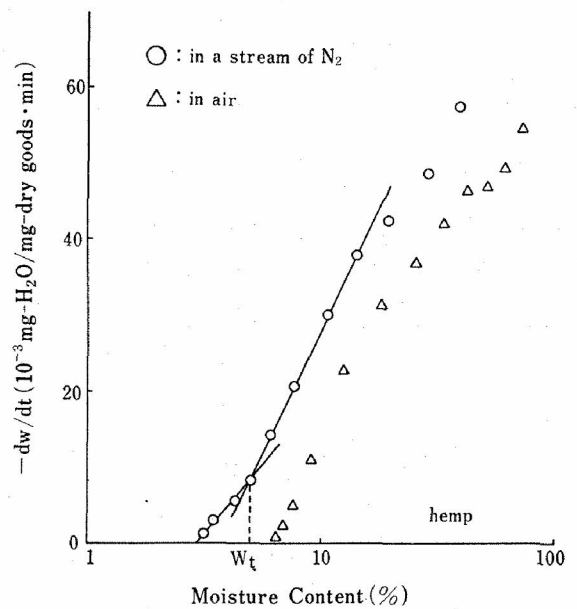


図4 Logarithmic moisture content dependence of drying rate at 40°C for hemp.

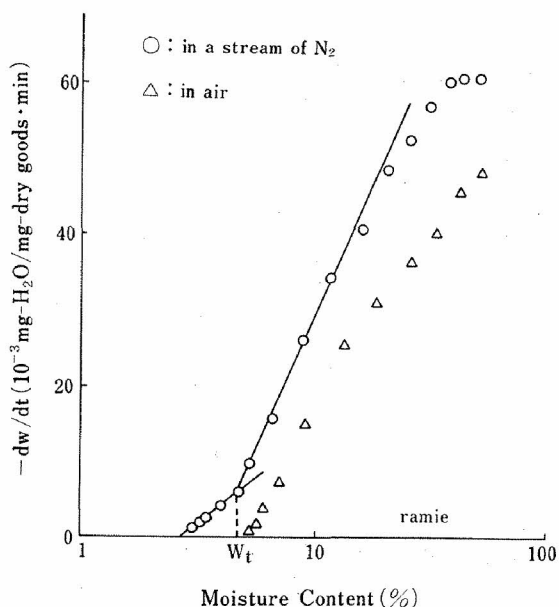


図5 Logarithmic moisture content dependence of drying rate at 40°C for ramie.

原因により、恒率乾燥速度、減率乾燥速度ともに窒素気流下の方が大きな値を示したものと解される。

乾燥速度が零に達したときの平衡含水率 (W_e) は、表2に示すように羊毛以外はいずれの試料でも窒素気流下で約3%、空気中で5~6%となり、相違している。この現象も上述の試料セル内の湿度の相違によって説明されよう。窒素気流下での減率乾燥速度は2段階になっており、この挙動はわれわれが先に報告した木綿織物の乾燥特性測定装置による測定結果¹⁾と一致している。その折点は転移含水率 (W_t) に対応しており、繊維内部

表2 Transition moisture content (W_t) and equilibrium moisture content (W_e) of various fibers.

Samples	W_t (%)		W_e (%)	
	in N_2	in air	in N_2	in air
wool	12	5	9	2
cotton	4	—	3	6
hemp	4.6	—	2.8	6
ramie	5	—	2.7	5

の収着水分のうちの索状水の拡散蒸発律速過程から懸吊水の拡散蒸発律速過程へ移行する点である。しかしながら、空気中の測定では、羊毛以外は転移含水率は観測されなかった。空気中での平衡含水率は表に示すように、木綿、亜麻およびラミーでは5~6%であり、一方それらの窒素気流下での転移含水率は4~5%である。従って、空気中での測定では、転移含水率に達する前の高含水率で乾燥速度が零になっている。このために空気中の測定では転移含水率が認められなかったものと推定される。

木綿、亜麻およびラミーの乾燥速度と含水率との関係を、窒素気流下、空気中それぞれの場合について比較した結果を図6、図7に示す。これらの図に示されるように、試料の種類に関係なく3者は重なり合ってほとんど差がない。麻は、その繊維構造が多孔質なために吸水性がよくかつ放湿性がよいと言われ、発汗の激しい夏物衣料として広く用いられている。しかし、TG 測定の結果では木綿と麻に顕著な差はみられない。

羊毛の乾燥挙動は、上述の木綿、亜麻およびラミーのそれらと著しく異なる。表1に示すよう

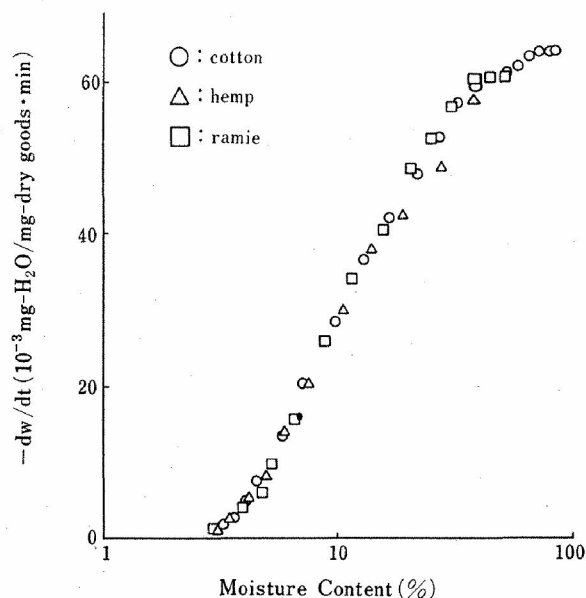


図6 Superposed plots of drying rate against logarithmic moisture content in a stream of nitrogen for cotton, hemp and ramie.

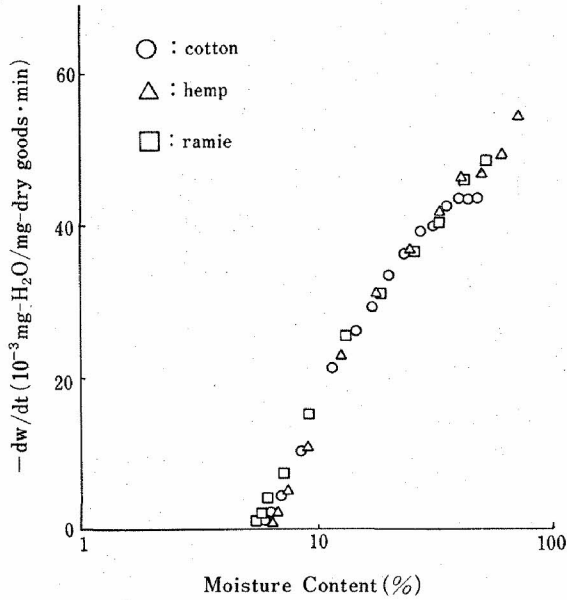


図7 Superposed plots of drying rate against logarithmic moisture content in air for cotton, hemp and ramie.

に繊維の直径には大差なく、繊維直径などの形態的な相違ではなく、羊毛のもつ特異性のためではないかと考えられる。すなわち、羊毛はその表面がはっ水性であるが、抱水性であり、また大きな湿潤熱を有するなど、特異な性質を示し、これらの特異性が乾燥挙動に反映したのではないかと推定される。

3. 2 DTAによる乾燥挙動

羊毛、木綿、亜麻およびラミーでの5°C/min昇温後40°Cに保持したときの窒素気流下でのDTA曲線を、図8に示す。いずれの試料においても、大きな吸熱曲線を描く。これは水分の放湿過程での蒸発潜熱による吸熱によるものである。40°Cで一定温度に保持した後、羊毛、木綿では6～7分後に、亜麻、ラミーでは3～4分後に、吸熱曲線の戻りの勾配が急になっているのが観測される。この勾配の変化点は、恒率乾燥から減率乾燥への移行点、すなわち限界含水率(W_c)に対応している。このW_cに到達するに要する時間が麻は木綿より速い。このようにDTAでは両者に明瞭な相違が認められ、高含水率領域では麻の乾燥速度は明らかに木綿よりも速い。しかし、前記し

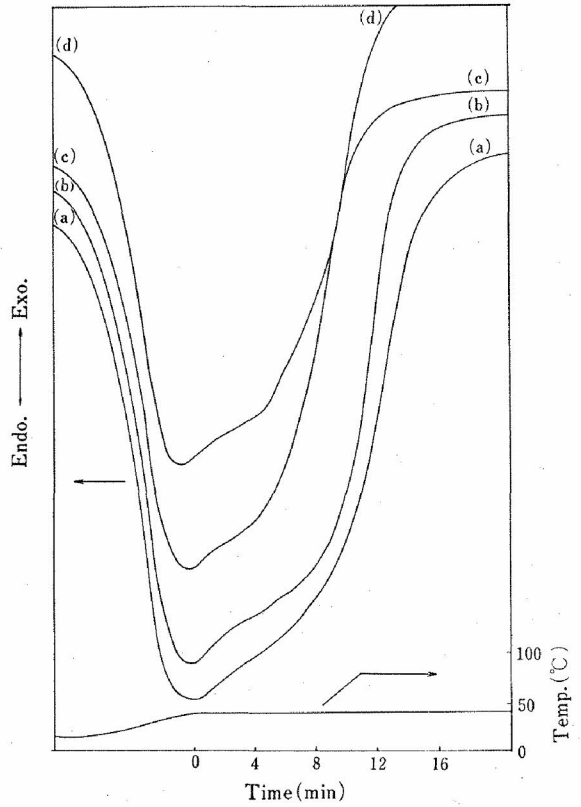


図8 DTA curves of various wetted fibers at a given temperature of 40°C; (a) wool, (b) cotton, (c) hemp, (d) ramie.

たようにTG測定による低含水率領域では両者に顕著な相違は認められなかった。この挙動の相違は、麻の乾燥速度の速さが、麻特有の多孔質な形態学的特徴に起因していることを示唆している。

4. 結 語

TG, DTAなどの熱分析法による各種繊維材料の放湿挙動を乾燥挙動と結び付けて解析した。

TGによる窒素気流下での乾燥挙動は、空気中でのそれと相違しており、繊維試料表面付近の湿度の乾燥速度に及ぼす影響が示唆された。このことから、窒素流量を変化させた場合の窒素流量と乾燥挙動の関係を把握することによって、繊維構造と乾燥特性(放湿特性)との関係が明確になると考えられる。

TGとDTAは別個に測定したため、両者のデータの定量的な比較は行えなかったが、TGとDTA

の同時測定を行うことによってさらに詳細な解析が可能であろう。

文 献

- 1) 清造剛, 松本喜代一; デザントスポーツ科学, **6**: 204 (1985)
- 2) 松本喜代一, 清造剛, 堤直人; デザントスポーツ科学, **7**: 149 (1986)