

スポーツウェアの汗の乾燥について
(スポーツウェアに蓄積した汗成分の乾燥障害)

京都工芸繊維大学 清 造 剛
(共同研究者) 同 松 本 喜代一

**On the Drying of Sweat in Sport-wear
(Hindrance to the Drying
by Sweat Components Accumulated in Sport-wear)**

by

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

ABSTRACT

Relationship between drying rate and various sweat components was examined at a given temperature of 40°C, near bodies temperature, for plain weave and single knit fabrics of cotton. The drying rate was measured by using an apparatus designed in our laboratory.

The drying rate, which is composed of constant rate period and falling rate period, were discussed, in relation to moisture content of the fabrics. It was concluded that increasing sweat components results in hindrance to the drying rate of the fabrics.

要 旨

通常、スポーツウェアに用いる木綿の平織物とシングルニットを比較しながら、体温近傍の 40°C での乾燥速度と各種汗成分との関係を調べた。乾燥速度は、われわれの研究室で設計した装置を用いて測定した。

含水率と、恒率期間と減率期間からなる乾燥速

度との関係を検討した。

増加する汗成分が布の乾燥速度を阻害することを見出した。それゆえに、スポーツウェアは、洗たくしたものを頻繁に着がえて使用すべきであることが裏付けられた。

1. 緒 言

一般に、スポーツウェアは、運動に伴う人体か

らの大量の発汗によって湿潤しても、そのまま着用し続けると、自然乾燥してしまう。この間に、汗成分中の水分は蒸発除去されても、食塩分や脂質分などは、そのまま着衣を構成する繊維の内外に残存し、発汗と乾燥の繰り返しの間に、漸次蓄積されることになる。この食塩分や水溶性脂質分などは、吸湿・吸水能があり、特に食塩は潮解性を有し、たとえ微量であっても繊維の乾燥を阻害して、スポーツウェアを連続着用したときに、人体に不快感を与え、精神的にも生理的にも悪影響を及ぼすことが懸念される。したがって、このためにもスポーツウェアは、普通の衣料よりも頻繁に洗たくして使用する必要がある。

本研究の目的は、上述したように、スポーツウェアに蓄積して食塩濃度の増加した汗成分が布の乾燥速度に及ぼす障害について検討する。そして、これによって、スポーツをする人が常にスポーツウェアを快適に着用するために必要な諸条件を探り、スポーツウェアの改善に寄与することを目的とする。

2. 実験方法

2.1 試料

本研究では、スポーツウェア用繊維としては、繊維と水との関連性に注目して、親水性であって比較的乾燥しにくい木綿100%の平織物とシングルニットに限定した。供試した布の特性を表1に示す。乾燥実験に際し、試料布のみかけの表面積は、試料寸法10cm×10cmの表裏を合算して求めた。

2.2 測定試料の調製

布を湿潤させる汗成分を含む付着溶液は、次のようにして調製し、マングルで圧搾して、約200%含水率の測定試料を調製した。

(1) 食塩水溶液；局方食塩を水に溶解し、5～20%の水溶液とした。

(2) 汗成分水溶液；一般に、人の発汗量は個人差、運動量差および季節差によって大きく異なる。文献¹⁾によれば、それは夏季の成人室内生活者の場合、自然蒸泄分を含めて、1.5～3l/day位であり、スポーツをする人ではこの3倍以上と見積られよう。汗成分の約98%は水分であるが、そ

表1 Characteristics of samples.

Sample No.	Fabric structure	Yarn density (line/cm)		Denier or Count (den) or (count)		Dry weight (g/m ²)
		Warp	Weft	Warp	Weft	
Cotton (1)	plain weave	28	28	30/1	36/1	90
Cotton (2)	single knit	8	4.5	—	—	208

表2 Chemical component in the sweat¹⁾.

(unit ; mg/dl)			
Chlorine	320	Pyruvic acid	2
Sodium	200	Glucose	2
Nitrogen	20—70	Calcium	2
Lactic acid	35	Magnesium	1
Potassium	20	Amino acids	1
Urea	15	Creatinine	0.3
Ammonia	5		

の他に表2に示すような無機および有機の化学成分を含んでいる。ここでは、この標準に基づき、その主成分の食塩、乳酸、尿素を水に溶解し、基準濃度の10~40倍水溶液とした。

(3) 脂質溶液；市販牛脂をクロロホルムに溶解し、1~25%溶液とした。これを含浸し、溶剤を蒸発させた布を、水で湿潤して測定に供した。

2.3 乾燥条件

一般に、被乾燥物は一定温度で一定蒸気圧を示すゆえに、乾燥速度は、被乾燥物に接する空気温度、湿度、圧力、気流の方向と速度などの外的条件に依存する。また、被乾燥物の大きさ、形状、成分、結合状態、含有水分、平衡水分、乾燥程度、その他の物理的、化学的性質などの内的条件にも依存する。

本研究では、スポーツウェアに付着した汗成分の種類と濃度についての比較検討を単純化するために、無風状態下での熱板の赤外線加熱による熱

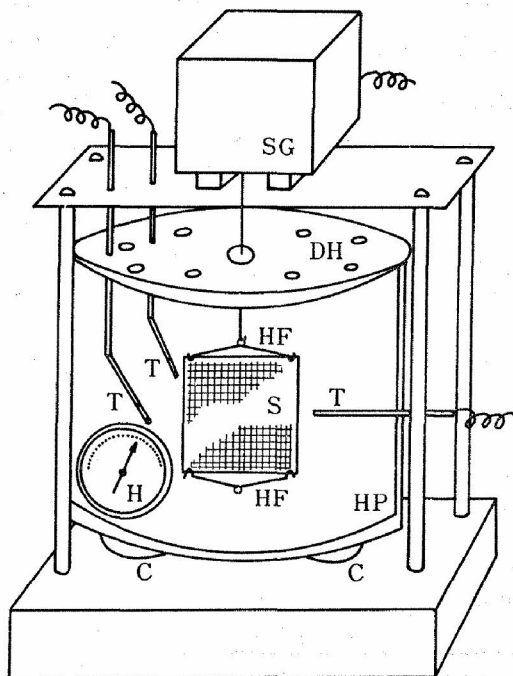


図1 Illustration of measuring parts in dryer. SG; strain gage connected to monitor and recorder, DH; deflate hole (open or shut), HP; hot plate heating by infrared radiation lamp, HF; hanger frame, S; specimen, T; thermometer connected to monitor, controller and recorder, H; hygrometer, C; cushion.

放射方式の乾燥条件に限定した。

2.4 測定装置

われわれが考案した全自動万能乾燥特性測定装置^{2,3)}を用いて、乾燥実験を行った。図1にその要図を示す。温度調節は、試料の温度むらをなくすために設置した曲面加熱板の加熱用赤外線ランプの電圧自動調節によって行った。一方、湿度調節は、恒温恒湿実験室(20°C, 65% RH)で実験を実施することによって行い、試料からの水分蒸発に伴う湿度変化を大実験室の大容積中では無視できるとした。

2.5 乾燥速度の測定

湿潤した試料をクリップわくで拵げて、測定装置内に吊り下げ、乾燥温度を体温近傍の40°Cとして、乾燥中の試料の重量変化をストレンゲージに連結した自動表示盤で観測しながら、その経時変化を測定温度とともに正確に自記記録して、絶乾繊維試料を基準にした含水率と乾燥速度を算出した。試料の絶乾重量は、JIS-L 1096にしたがって、105±5°Cで乾燥し、電子天秤を用いて計測した。

3. 乾燥特性値のもつ意味

3.1 乾燥過程

繊維表面に水分が存在するとき、これに熱空気を通じると、空気と水とが直接に接触して、熱移動と物質移動が両者の境膜を通じて行われることは、周知のとおりである。このような乾燥は、一般に水分が表面に存在する初期には早く、いわゆる恒率乾燥期間と呼ばれて、一定速度で進行する。引きつづく乾燥においては、繊維内部の水分の拡散速度が小さくなり、乾燥速度が一定比率で減少して、いわゆる減率乾燥期間と呼ばれる状態を経て、最後には乾燥速度が0に達して、乾燥が完結する。

3.2 恒率乾燥期間

化学工学の分野では、材料表面に付着してい

る自由水分(付着水)の恒率乾燥速度 R_c [kg (water)/kg(dry goods)·hr] は, (1)式で表わされている⁴⁻¹²⁾.

$$R_c = -dw/dt = k \cdot A(H_s - H) / M \quad \dots\dots(1)$$

ここで, w は試料の含水率 [kg/kg(dry goods)], t は乾燥時間 [hr], k は蒸発係数 [kg/m²·hr], H_s, H はそれぞれ試料表面の温度 θ [°C]における空気の飽和湿度と空気本体の湿度 [kg/kg(dry air)], M は絶乾試料の質量 [kg], および A は試料の乾燥表面積 [m²]である. ただし, ここでは中島ら¹³⁾の報告に準じて, 試料のみかけの表面積当りの試料質量の変化率を乾燥速度とする. すなわち, R_c は [mg(water)/100cm² (dry goods)·min]で表わす. 恒率乾燥は, 試料の限界含水率 W_c で終り, 減率乾燥に移る.

3. 3 減率乾燥期間

減率乾燥期間は, 普通2段階に区分される. 第1段では, 繊維内部の空隙を構成する大きさが異なるが互いに連結している毛細管内に毛管吸引力で保有されている毛管水と繊維内を乾燥表面に向かって流れる索状水との拡散速度の低下に起因し

て, 乾燥速度が低下する. 第2段では, 繊維の非晶領域などに入り込んで強く分子状に吸着されて分子鎖の接点に残存する懸吊水がその場で蒸発し, 発生蒸気が繊維内を拡散して乾燥表面に到着するために, 乾燥速度はより一層遅くなる. この第1段と第2段との転移点における含水率を, われわれは転移含水率 W_t と呼び, 繊維乾燥の重要な特性の1つであることを既報^{2,3)}で示した.

さらに, 上記した第1段と第2段の2つの減率乾燥期間を過ぎてもなお乾燥を続けると, やがて乾燥速度が0に達して, 平衡含水率 W_e となる. W_e 以下で残存する微量の水分は, 繊維内部で水素結合などを介しての化学的結合水分であり, 除去されにくい.

4. 結果と考察

4. 1 乾燥速度—含水率曲線による評価

われわれは, 湿潤した多くの繊維および繊維製品の減率乾燥速度—時間曲線がすべて上に凸の曲線を描くことを先に報告した^{2,3)}. 汗成分の溶液を用いて湿潤した本研究の場合にも類似の傾向が

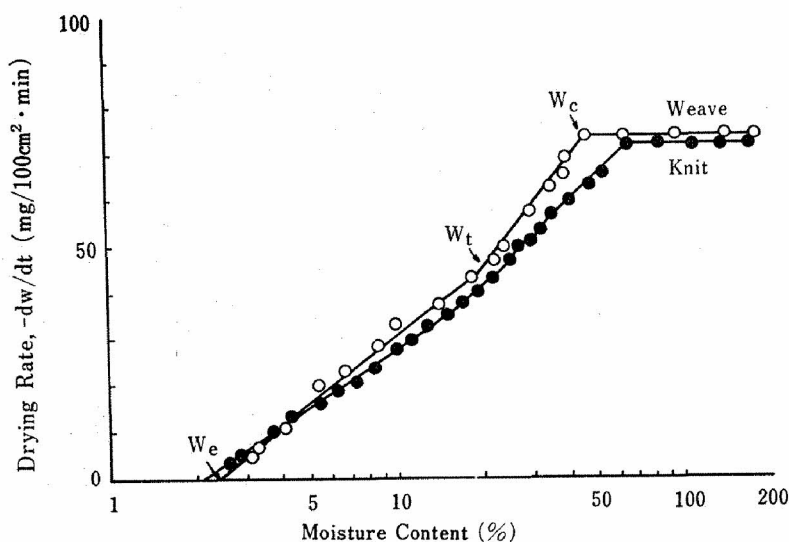
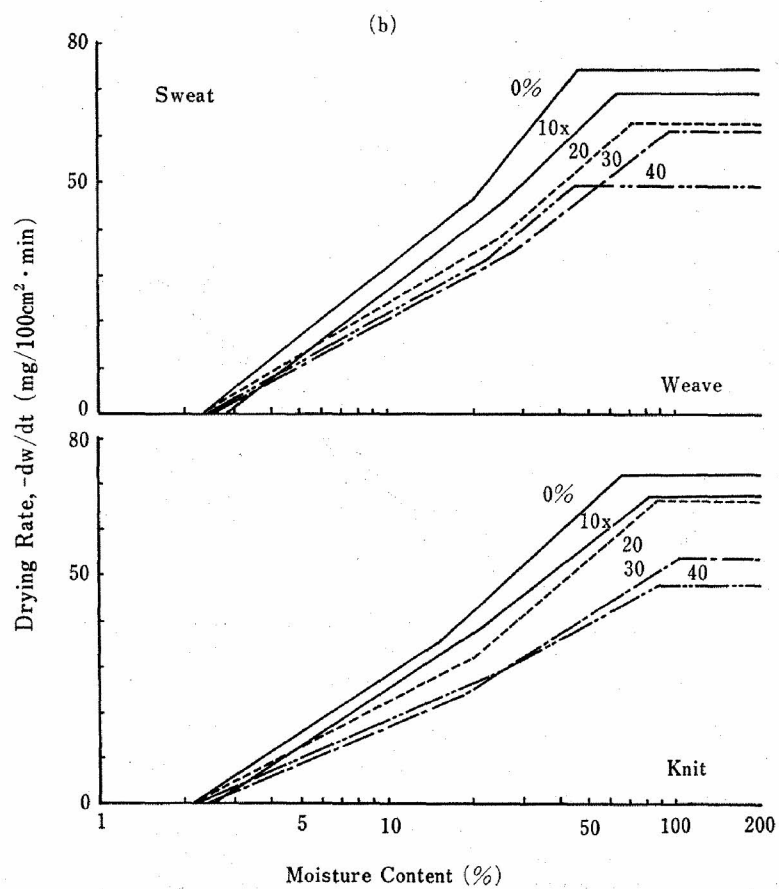
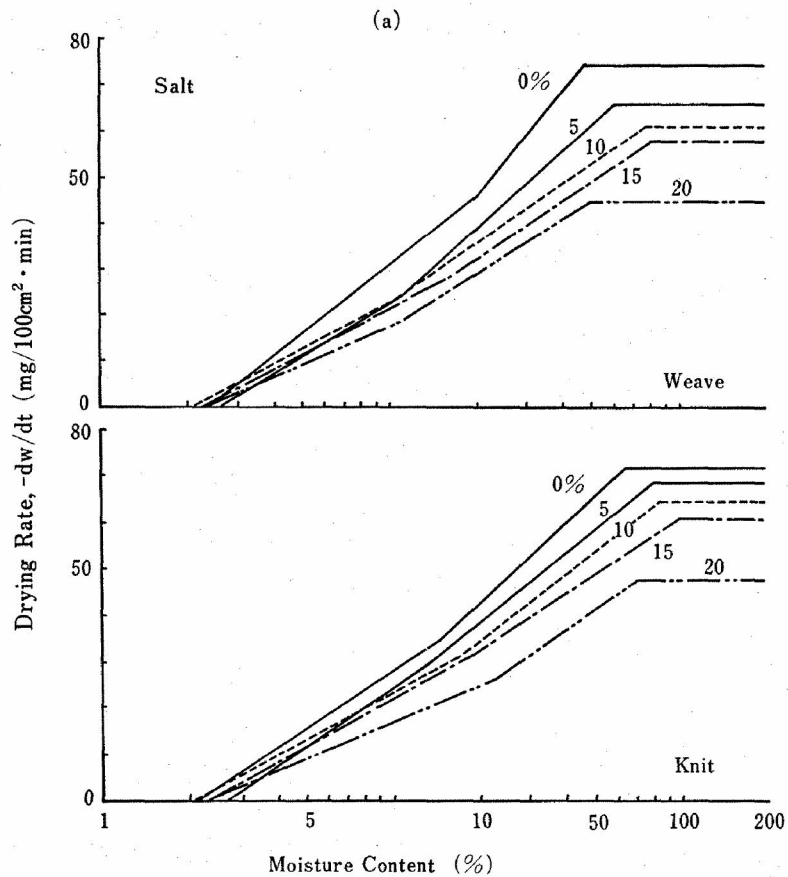


図2 Relation between drying rate and logarithmic moisture content at 40°C for the plain weave and single knit fabrics of cotton.
 W_c ; critical moisture content, W_t ; transitional moisture content, and W_e ; equilibrium moisture content.
 ○; plain weave fabric, ●; single knit fabric.



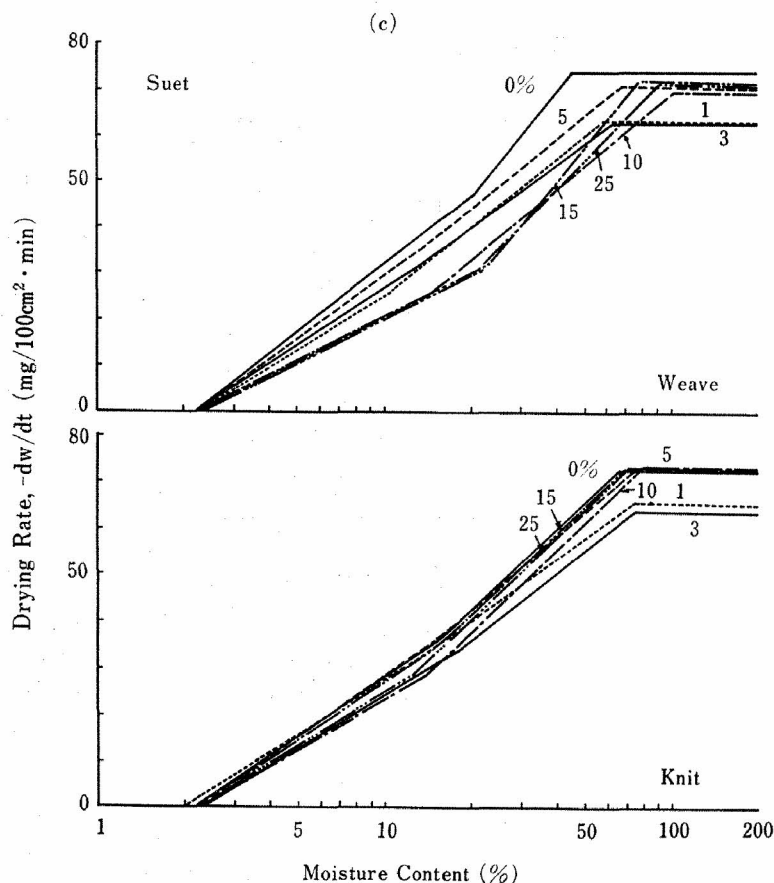


図3 Relation between drying rate and logarithmic moisture content at 40°C, comparing with the concentration of solution containing (a) salt, (b) sweat and (c) suet components for the weave and knit fabrics of cotton. The numbers are %- or ratio-concentration of the solution.

見出された。そこで、既報^{2,3)}と同じ手法によって、恒率乾燥速度と3種の含水率 (W_e , W_t , W_c) を算出した。

まず、水のみによって湿潤した2種の布の乾燥速度—含水率 (対数) の関係を図2に示す。恒率乾燥速度については、既報¹⁴⁾と同様に、布の組織に関係しないことが再確認された。しかし、限界含水率 (W_e) は、織物とニットで相違している。これは、両者の組織の粗密の相違を反映しており、組織の密な織物のほうが真の表面積が多いために、表面付着水が多くなって、その脱離で W_e が低くなったと考えられる。次の減率第1段の乾燥期間では、繊維の細い織物のほうが繊維内部の水の表面への拡散が速くて、乾燥速度が早く

なっている。転移含水率 (W_t) も両者で若干の差異があるが、しかし平衡含水率 (W_e) は両者ではほぼ一致している。

4.2 乾燥速度—付着溶液濃度曲線による評価

2種の木綿布に食塩、汗成分および脂質を濃度を変えて湿潤させた場合の乾燥速度—含水率の関係を図3 (a~c) に示す。これらより求めた恒率乾燥速度—付着溶液濃度の関係を図4 (a~c) に示す。

食塩 (図4・a) と汗成分 (図4・b) の濃度の増加に伴う恒率乾燥速度の低下は、高濃度になるにしたがって急激に大きくなっている。このことは、繊維に付着した食塩や汗成分が水分子と相互作用して脱離しにくくなることを示唆している。

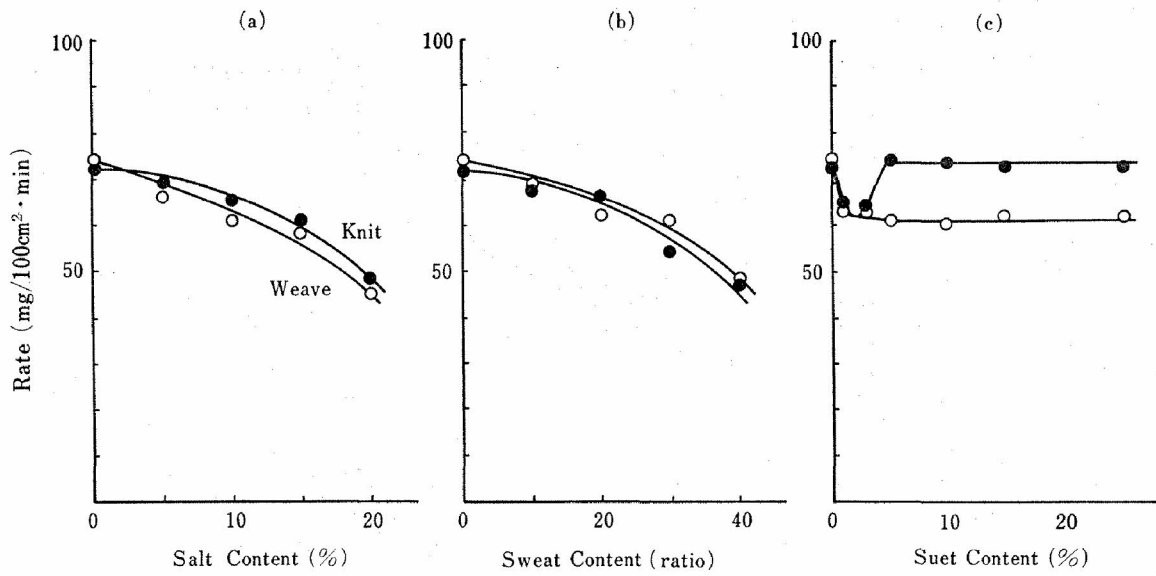


図4 Change in drying rate during constant rate period for two kinds of the fabrics vs. concentration of solutions containing (a) salt, (b) sweat and (c) suet components. ○; plain weave fabric, ●; single knit fabric.

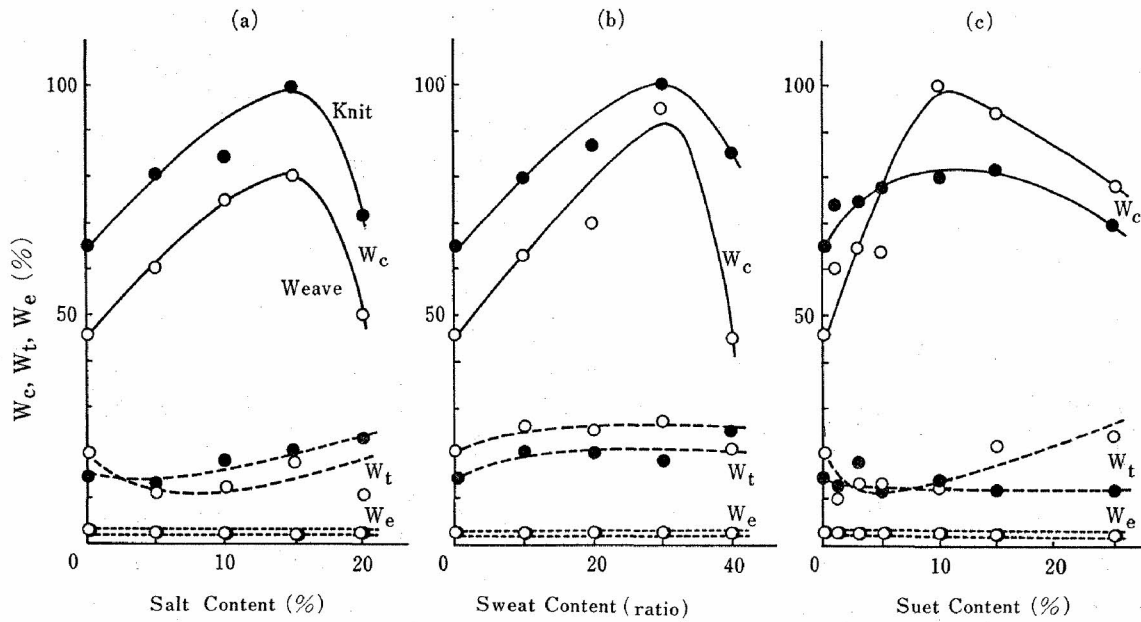


図5 Changes in three drying characteristics, i.e. the critical (W_c), transitional (W_t) and equilibrium (W_e) moisture contents for two kinds of the fabrics vs. concentration of solutions containing (a) salt, (b) sweat and (c) suet components. ○; plain weave fabric, ●; single knit fabric.

この結果から、スポーツウェアにおいて、汗が蓄積すると乾燥しにくくなるために、洗たくを頻繁にせねばならないことが理解されよう。

一方、脂質 (図4・c) については、低濃度で乾

燥速度に若干の低下があるものの高濃度では濃度による影響はほとんど認められない。これは、脂質分が繊維の表面を覆うことによって表面付着水が少なくなることと関連していると考えられる。

このような脂質分の大量の付着は、スポーツウェア着用時に不快感を与えるであろう。

なお、布の種類による相違は、食塩と汗では認められないが、脂質分の場合には明瞭に現われており、繊維組織の差異を反映している。

4. 3 含水率—付着溶液濃度曲線による評価

2種の布についての3種の付着溶液の濃度が乾燥時の限界 (W_c)、転移 (W_t) および平衡 (W_e) の各含水率に及ぼす影響をまとめて、図5(a-c)に示す。

W_c は試料布間でかなりの相違が認められるが、付着溶液濃度の増加に伴う W_c の変化の傾向は、食塩と汗成分とでは類似している。すなわち、食塩の場合には約15%で、汗成分の場合には約30倍濃度(基準濃度に対して)でピークをもち、それ以上では急激に低下している。 W_c がピーク値になるまでは、食塩および汗成分が繊維内部に浸透して、水分子の繊維表面からの脱離を妨害するような相互作用をもたらしていることが示唆される。なお、ピーク出現以上の高濃度での低下は、食塩や汗成分が繊維内部に充満することによって繊維内部の水分子の量が減少することによって考えられる。この詳細については、さらに検討を要しようが、注目される現象である。

脂質分の場合にも W_c はピークをもつが、2種の布によってその傾向が若干異なっており、脂質分では繊維内部への浸透よりも布の真の表面積の相違による影響のほうが大きいと考えられる。

次に、 W_t は、各成分の濃度増加によってあまり変化していない。これは分子状に吸着される水の量には、 W_t があまり大きな影響がないことを意味しよう。

最後に、 W_e は、各成分の濃度変化にほとんど依存していない。このことは、 W_e が繊維と結合水との関係においてのみ決定されることを示唆し

ている。したがって、これもまた、スポーツウェアの乾燥においては考慮しなくてもよいであろう。

5. 結 語

スポーツウェアに蓄積する汗の影響を、布の乾燥速度や含水率から検討し、汗成分の蓄積が布の乾燥を顕著に阻害することを実証した。したがって、多量に汗をかくスポーツにおいては、スポーツウェアを快適に着用するためには、水分の蒸発しやすさの点からも、よく洗たくしたものを頻繁に着がえて使用すべきことが裏付けられた。

文 献

- 1) 内海直志, 宇野虹児; 「現代被服整理学」 p. 2 (1980, 化学同人)
- 2) 内海暢生, 清造剛, 松本喜代一; 京都工芸繊維大学アパレル科学研究成果概要, 2, 1 (1982)
- 3) 松本喜代一, 清造剛, 内海暢生, 内海直志; 繊維機械学会誌 (投稿中)
- 4) J.H. Perry; "Chemical Engineer's Hand Book", 4th ed., 15—1 (1963)
- 5) 桐栄良三; 続新化学工学講座, 10 「気流乾燥装置」 (昭35), (日刊工業新聞社)
- 6) 東畑平一郎, 城塚正, 小島和夫; 「化学工学実験」 p. 146 (昭35), (産業図書)
- 7) 桐栄良三, 平岡正勝; 「化学工学」, 3, p. 301 (昭38), (東京化学同人)
- 8) 化学工学協会編; 「初歩化学工学」, p. 209, (昭40), (いづみ書房)
- 9) 桐栄良三; 「詳論化学工学」, 2, p. 582, (昭42), (朝倉書店)
- 10) 化学工学協会編; 「化学工学便覧」 改訂3版, (昭43), (丸善)
- 11) 桐栄良三, 他; 「乾燥装置マニュアル」 (昭53), (日刊工業新聞社)
- 12) 亀井三郎; 「化学機械の理論と計算」 第2版, p. 343 (昭54), (産業図書)
- 13) 中島利誠, 進藤緑; 織学誌, 37, T—347 (1981)
- 14) L. Fourt, A.M. Sookne, D. Fishman, M. Harris; *Text. Res. J.*, 21, 26 (1951)