

高齢者向け快適衣服の開発

—高齢者向けアウトドアウェアの開発—

都築正廣、吉村 裕

要旨

近年、高齢者の健康志向が高まり、アウトドア活動として各種のスポーツやハイキング、登山がたいへん盛んである。そこで、これら運動時の発汗に着目し、親水性と疎水性の繊維を組み合わせることにより、吸汗速乾性のある快適ファブリックの開発について研究を進め、ポロシャツ、スウェットシャツを製作した。

その結果、目的とする吸汗速乾性に優れたスポーツシャツを開発することができた。

1. はじめに

高齢化社会の進展に対応し、平成7年度から愛知県商工部では、商工部6試験研究機関が協力し、「円熟世代＝メロウエイジ向け商品開発」の研究に取り組んできた。

7年度には、「メロウエイジ商品に関する調査研究」を実施し、8年度、9年度の2カ年で、それぞれの試験研究機関の特色に合わせた開発研究を進めた。

尾張繊維技術センターでは、「高齢者向け快適衣服の開発に関する研究」を行った。8年度では、「高齢者向けハウスウェア」を開発、9年度において、「メロウスポーツシャツ」の開発研究に取り組んだ。

この間、わが国にあっては、福祉、高齢者に対する関心が急速に深まり、各所で実態把

握、調査研究、商品開発やシンポジウム、展示会などの取り組みが盛ん行われるようになってきた。ここで特筆すべきは、「ユニバーサルデザイン」という概念が確立、普及してきたことである。

「ユニバーサルデザイン」とは、1990年にアメリカにおいて提唱された概念で、「特別なニーズという考え方に基づくアプローチではなく、すべての人々に共用できる機能や空間を志向し、その実現のための複数の解に対応するフレキシビリティを製品に如何に配慮していくかの手法」をいい、これを取り込んで、高齢者専用品ではなく、年齢を問わない製品を開発することが大切となる。

こうした視点を踏まえ、研究を進めた。

2. 実施内容

本研究においては、発汗、乾燥、水分移動構造、評価などが課題となる。

2.1 発汗について

まず、発汗について明らかにした。^{1)、2)、3)}

(1) 発汗の形態

身体からの水分放散のうちで呼吸気道と皮膚から放散されるものを蒸泄という。そしてこれは、感覚なく絶えず放散されている不感蒸泄と暑さや運動に応じて出る可感蒸泄に分けられる。

不感蒸泄は、普通の日本人成人においては、快適気温で身体安静の場合で1平方メートルあたり毎時23gであり、体表面積1.6平方メートルで1日あたりの不感蒸泄量は900gになるとされる。可感蒸泄は、通常いうところの発汗であり、両方とも体温調節上重要な役目をはたしている。

(2) 汗腺

汗腺は皮膚の表面に広く分布されている糸球を持った細長い管状管で、エクリン腺（小汗腺）とアポクリン腺（大汗腺、腋窩や腹部などに散在）の2種類がある。人体のほとんどは、エクリン腺であり、分泌細胞は変化せず、薄い液体である汗を分泌する。

汗腺の総数は、個人差が大きいが2～5百万とされる。この汗腺も汗の分泌能力のある能働汗腺とその力のない不能汗腺が存在する。日本人の平均能働汗腺数は約228万といわれる。

(3) 発汗の種類

人の発汗は、高気温時や運動時の温熱性発汗と精神感動、精神作業や痛みにより起こる精神性発汗がある。

(4) 汗の成分

99.2～99.7%は水であり、残りの大部分は塩分である。

(5) 発汗量の目安

温熱性発汗量は概ね以下のとおり。

夏季における室内作業（29℃）

1.6～1.9 kg/日

炎天下の歩行（32～36℃）0.4～0.6 kg/時

炎天下の荷物運搬（32～35℃）

1.2～2.0 kg/時

高熱工業作業（28.5～35℃）

1.3～1.5 kg/時

1日あたりの最高発汗量 10～15kg/日

また、人は季節に順応するため、同条件でも発汗量は違いがあり、夏は最も多く発汗する。

(6) 運動時の発汗

運動時の発汗の特徴は、温熱性発汗と精神性発汗が併発されることや温熱性発汗の潜伏期が短く、運動中止後の発汗継続期間が長いことなどが挙げられる。

(7) 発汗の分布

温熱性発汗の量的分布は、身体の部位における能働汗腺の分布と汗腺の分泌能力によって定まる。身体的主要部位による特徴は次のとおりである。

〔発汗量〕（多い順）

顔面、頸部、手背＞躯幹の前後両面＞躯幹の側面、四肢＞太腿内面

〔能働汗腺の密度〕（多い順）

手掌、足趾、前額、手背＞上腕外面、太腿外面、足背、腰部＞躯幹部、下肢

〔分泌能力〕（多い順）

躯幹部＞頸部、顔面＞四肢＞手掌、足趾

なお、これについて個体により違いがあり、発汗の分布について概ね4つのパターンに分けられる。

①全身におおよそ均一に発汗する全身型

②上肢に汗の少ない上肢希汗型

③下肢に少ない下肢希汗型

④四肢に少なく躯幹に多い四肢希汗型

(8) 高齢者の発汗

ホメオスタシスの維持（＝生体内部環境がよく一定に維持されていること）の代表例で

ある体温の恒常性維持は、生命維持に極めて重要である。発汗は、その体温の恒常性維持に要となる作用を果たすもので、高齢者といえど高い調節機能を保持するといわれている。しかし、よく観察すると、一般的に高齢者の体温は低い傾向にあり、加えて加齢による調節機能の低下により、高齢者の体温は環境温の影響を受けやすい。すなわち、発汗開始時間の遅れ、発汗量の減少など反応力の低下により、環境温が低いと体温が下がりやすく、環境温が高いと体温は上がりやすい、とされる。

(9) 発汗と衣服

発汗の形態には個体差が大きい、生命維持上極めて重要な役割を果たしていることを確認した。特に高齢者は調節機能が低下するため、実際の運動などの生活現場においては、衣服による調節機能のサポートという視点が必要となろう。

本研究において想定しているハイキングなどでは、歩行時に多く発汗が見られ、休息時にその汗が体表に残ると体を過剰に冷やしてしまうという場合が多く見られる。従って、衣服が汗を体表から外に逃がしてやる機能を持てば、ホメオスタシスの維持において極めて有効となる。

2.2 水分と布地の検討

次に、衣服材料の繊維物における水分の挙動について、乾燥を主眼として整理する。

(1) 水分の保持形態

布地における水分の保持には3つの形態がある。

- ①繊維表面の付着水
- ②繊維内部に吸蔵されている結合水
- ③繊維間の空隙に保有されている毛管水

付着水は微々たる量であり、結合水は綿、レーヨンなどの親水性繊維において大きく、毛管水は繊維間空隙の形態、量により定まる。

(2) 水分の移動

結合水は、接した水分を繊維の内部に吸蔵し、後、その場で気化蒸発し、繊維間の空隙を通じて気相拡散する。

毛管水は、毛管吸引力を駆動力として液体の水として移動する。

(3) 乾燥特性曲線

布地における水分乾燥は、通常図1の乾燥特性曲線を描く。

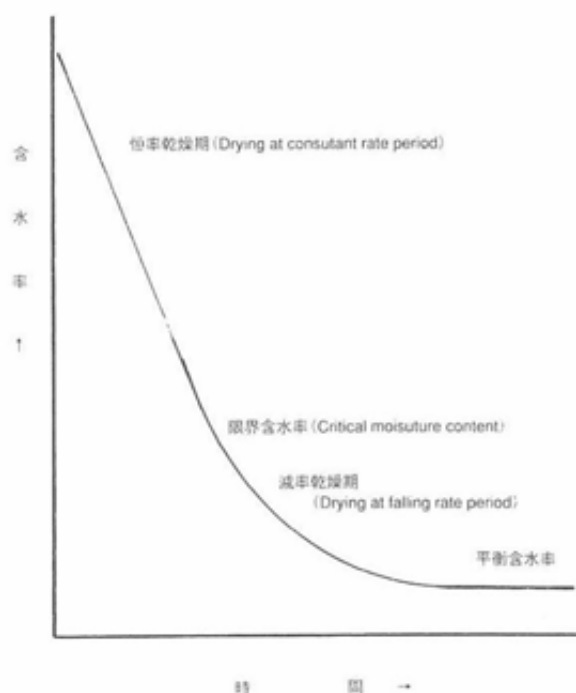


図1 乾燥特性曲線

厳密には、まず材料余熱期間を経て、直線的に水分が減少していく恒率乾燥期に入る。そして乾燥速度の恒率性が保てなくなる点、即ち、布内部から十分に水分が補給され布表面が飽和水蒸気で満たされている最後の点である限界水分率に達する。

この点を超えると2次曲線を描く減率乾燥

期に入る。そして水分が蒸散を続け、乾燥雰囲気と布地の水分率が釣り合う平衡含水率になって乾燥は終わる。

(4) 乾燥速度と因子

(ア) 恒率乾燥期

M.Harrisらによれば、恒率期の乾燥速度は布の毛羽、厚さ、織り糸の太さの違い等、布構造の相違や、原料繊維の化学的構造の相違には影響されない、とされる。即ち、布の特性と蒸発する水分との間には相互作用がなく、どのような布でも一定量の水分が蒸発する。

また、山田⁴⁾によれば、恒率乾燥期の蒸発速度は、基本的には、大気温と濡れた布の温度（もしくは、湿球温度）の温度差に依存している、という。

恒率乾燥期は、基本的に布内部の繊維間に含まれる毛管水が布表面に供給され、乾燥が続く状態である。乾燥時間は毛管水の含量によって決まる。

(イ) 減率乾燥期

一方、減率乾燥期は、毛管水が無くなり、繊維内に含まれている結合水が蒸発する状態である。即ち、繊維内部に吸蔵された水分が、水又は水蒸気として繊維の表面に移動し、繊維間を抜けて蒸発を起こす。このため、山田によれば、減率期の乾燥速度は、水蒸気の吸着状態及び移動時の抵抗度合を決める布の構造に影響を受ける。

素材別では、ウールが水分率56%付近で、綿は27%付近、ナイロンで10%付近から減率期に移行し、この順で長い減率期を示す。また、乾燥速度は、合繊などの疎水性繊維で一般に大きく、布の厚さが薄いほど大きい。

(5) 布試料による乾燥実験

(ア) 試料の作成

下記素材について、それぞれをカバーファクター0.4で、筒編み機により編地にした。

ポリエステル（フィラメント糸）	150d
脱スケールウール	1/52
綿	30/1
レーヨン	30/1

(イ) 実験方法

布試料は活性剤による油抜き処理後、温水で洗浄、乾燥させた。4点とも10gの重さで裁断し、3時間、水に浸漬した後、脱水機で5分間脱水した。これを20℃、65%RHの恒温恒湿室において広げ乾燥させながら、10分間隔でその重量を計測した。その結果を図2に示す。

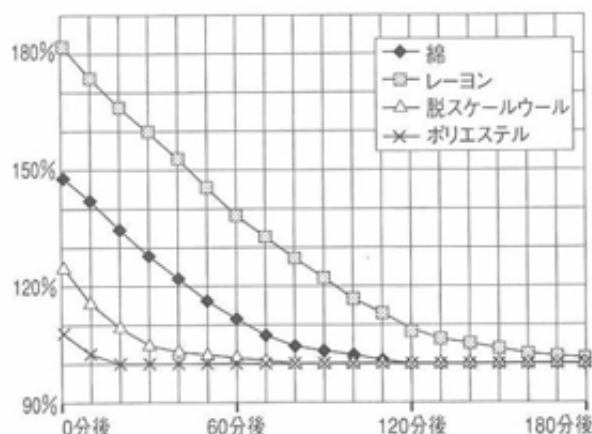


図2 素材別乾燥試験結果

ここで確認できることは、まずそれぞれが乾燥特性曲線を描き、恒率乾燥と減率乾燥の特徴を表す。また、脱水機による脱水が、繊維間の毛管水の多くをはじき出すため、素材別の結合水の多寡によって、計測頭初の重量差が表れる。即ち、レーヨン、綿、脱スケールウール、ポリエステルと親水度合の大きい順に上から曲線が並び、かつ乾燥速度が遅い。

(6) 吸汗、乾燥に係る考察

以上において明らかになった利用する重要な布地の機能は、次の4点である。

まず、吸汗においては、

①毛細管現象

皮膚から発せられた汗を布地に吸上げると共にそれを布地の他域に拡散する。

②保水力

毛管水と結合水の和であり、素材や布地構造によりその大きさが変わる。

また、乾燥においては、

③恒率乾燥

④減率乾燥

である。

そこで、2つの素材を比べてみると機能の違いが明確になる。

まず、親水性繊維の代表例の綿は、毛管水及び多量の結合水により、早い吸水力と大きな保水力を持つ。しかし、このため恒率乾燥期、減率乾燥期ともに長くなり、含んだ水分が多いと皮膚と生地の上に多量の水蒸気が生じ、いつまでもベトベトしている。

一方、疎水性繊維のポリエステルでは、結合水は殆どなく、毛管水が主体であるため、保水力が小さく、また乾燥も恒率乾燥が主で乾きが早い。しかし、汗の量が多いと、水分が布地に吸上げられず、皮膚と生地の上に滞留し、これもまたベトベト。

いずれにしても、大量の汗は、まず恒率乾燥に乾燥速度が定められるため、自在に生地の外に蒸散していくわけにはいかない。

しかし、実際の着用において快・不快を決定するのは、皮膚と布地の間の水分、水蒸気の量、膚面の乾燥性である。つまり、膚面と布地の間に着目し、ここにおける「吸汗と速乾性」を実現するのである。

そこで考えられるのは、「疎水性繊維と親水性繊維の組み合わせ」である。膚面に疎水性繊維を置き毛細管現象を発現させ、外面に親水性繊維を配して吸上げた水を保持する、

という2層による機構である。膚に触れる疎水性繊維は乾燥性に優れるため、べとつき感を抑えることが出来る。

もちろん、生地が厚かったり、素材によって保温性が高すぎると無用な発汗を促すことになり、適度な通気性等の配慮が必要なことは言うまでもない。

2.3 メロウスポーツシャツの開発

以上の開発要点を踏まえ、製品開発研究に進んだ。

2.3.1 布地の開発

疎水性繊維と親水性繊維の2層構造の編地の作成に入った。

(1) 使用繊維

膚面の疎水性繊維には、
ポリエステル糸（フィラメント ウーリー加工糸）

150d

表面の親水性繊維には、

脱スケールウール糸 1/52

綿コマ糸 30/1

レーヨン（スパン糸） 30/1

を使用した。

(2) 製編

組織 裏面1×1針抜、リバーシブル

使用編機 シングル丸編機（22G）

釜径 76.2cm（30inφ）

これにより、ポリエステル×脱スケールウール、ポリエステル×綿、ポリエステル×レーヨンの3種類の編地を得た。

2.3.2 評価法の開発

布地の吸水性を評価するのに、JISでは、滴下法、バイレック法、沈降法がある。また、乾燥性の評価では、同L1096のA法、B法があ

るが、いずれも1層の布地を想定しており、2層で表裏の乾燥度の違う繊維を用いた今回の場合のように、双方の違いを測定しようとするには適さない。

このため、表裏の吸水性、乾燥性をそれぞれ測るべく、マーロの乾燥測定機を使用し計測を試みたが不可能であった。

そこで、新たな評価法を開発する必要がある、次記方法を開発、YT乾燥試験法（以下YT法）と命名した。

(1) 趣旨

人体の衣服着用時を想定し、試料の膚面側にレベリング染料溶液を滴下後、水滴が十分布地に吸収されたら裏返す。滴下直後、生地によっては水分保持力に劣り、染液が透過・脱落することもあり、これを受け皿で受け重量を測定する。続いて、必要とする時間経過ごとに試料上の水分重量を測る。

一方、別途試料で上記同様、滴下後必要とする時間経過ごとに、試料の表裏両面にろ紙を置き圧力をかけて染料をろ紙に吸収させ、その形状を写取る。

この2つの時系変化をもって吸水性、乾燥性を判定する。

フローは図3のとおり。

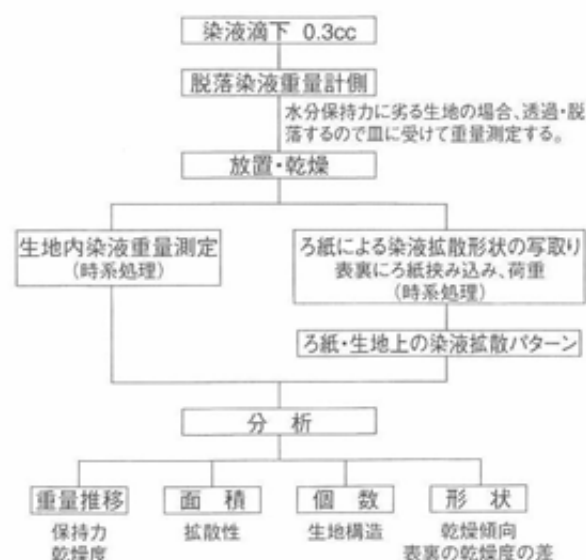


図3 YT乾燥試験法のフロー

(2) 器材

染液重量測定には電子天秤を用いる。

もう一方のろ紙による測定は次のとおりである。これに必要な器材の選定は、JIS L 0848 汗に対する染色堅ろう度試験を援用した。

ア. 硬質プラスチック板

試験液に影響を及ぼさない材質の平滑な面を持つもので、大きさは約115×126×厚さ1.5mmのもの。面積は、JIS L 0848 汗に対する染色堅ろう度試験の2倍。

イ. 荷重

JIS L 0848 汗に対する染色堅ろう度試験の荷重、約4.6kgの2倍の約9.2kgのおもり。

(3) 染料溶液

レベリング染料溶液。0.4%溶液、ブルー。

(4) 操作

①試料を20℃、65%RHの環境下に数時間放置する。以下、この条件で操作を進める。

②試料の膚面にあたる側を上にし、レベリング染料溶液0.3ccを滴下。水滴が十分布地に吸収されたら裏返し、水平面に広げ、放置する。

③次に、必要とする時間ごとに、試料の水分重量を計測。なお、生地によっては水分保持力に劣り、染液が透過・脱落することもあるので滴下直後、これを受け皿で受け重量を測定する。

④また、ろ紙による染液拡散形状の写取りは、試料の表裏両面にろ紙を置き、約115×126×厚さ1.5mmのプラスチック板で挟み、約9.2kgのおもりで、30秒間荷重をかける。これにより、染料がろ紙に吸収され、その形状が写し取られる。ろ紙は、TOYO、フィルターペーパー、5B、110mm（直径）を使用。

参考；図4

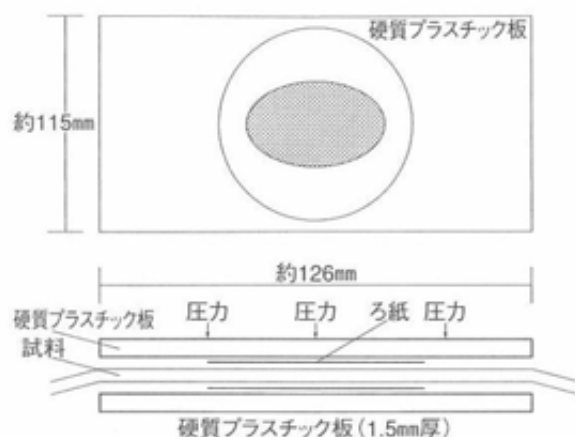


図4 YT法ろ紙による染液拡散形状の写取り

⑤計測した染液重量及びろ紙に現れた染料の形状、面積等で吸水、乾燥度を分析する。

2.3.3 開発製品の評価

(1) 開発製品のYT法による評価

開発した3種の編地をYT法によって評価した。

(ア) ポリエステル×脱スケールウール

表に脱スケールウール、膚面にポリエステル2層構造編地に染料溶液0.3ccを滴下すると、液は約10秒から15秒で布地に吸い込まれた。しかし、染液は保持されず、大部分が透過・脱落した。その結果を、表1に示す。滴下染液の総重量0.3gのうち0.229gが脱落した。生地に残った0.071gは、図5のように恒率乾燥に入った。

表1 YT法による2層構造編物の染液重量測定結果

単位：g

	脱落量	0分	1分	2分	3分	4分	5分	6分	7分	8分	9分	10分	11分	12分	13分	14分
ポリエステル×脱スケールウール	0.229	0.071	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
ポリエステル×綿	0.003	0.297	0.3	0.3	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
ポリエステル×レーヨン	0	0.3	0.3	0.3	0.23	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27
	15分	16分	17分	18分	19分	20分	21分	22分	23分	24分	25分	26分	27分	28分	29分	30分
	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.23
	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22

従って生地上の染液は十分な拡散性を示さず、ろ紙への写取りは良好な結果が得られなかった。

また、前掲2.2の(5)と同様の乾燥試験も行い、ポリエステル、脱スケールウールの編地との比較も試みた。(図6)

これを見ると、2層構造編地が最も保水力が高い。

以上のことから、脱スケールウールは結合水が少なく、保水に寄与しておらず、毛管水の恒率乾燥が主体であることが分かる。従って、所期設計の親水性繊維と疎水性繊維の2層構造にはならず、目的とする機能が発現しなかった。

(イ) ポリエステル×綿

表に綿、膚面にポリエステルの2層構造編地に染料溶液0.3ccを滴下、液は約4秒から6

秒で布地に吸い込まれ、編地の畝の方向に長くなって楕円形に拡散した。

その重量の結果は、表1により、滴下染液の総重量0.3gのうち0.003gが脱落し、生地に残った0.297gは、図5のように恒率乾燥に入るの分かる。

また、ろ紙による染液拡散形状の写取りの結果は、図7のとおりである。

これを見て分かるように、滴下後1分という早い段階で、膚面のポリエステルに液がおらず、表の綿に殆ど吸い上げられている。そして、表面で乾燥が進んでいくのが読み取れる。楕円形の長径は、約7.5mm、短径は約5.5mmであり、布地に残った染液の形状と合致する。

また、前掲2.2の(5)と同様の乾燥試験も行い、ポリエステル、綿の編地との比較も試みた。(図8)

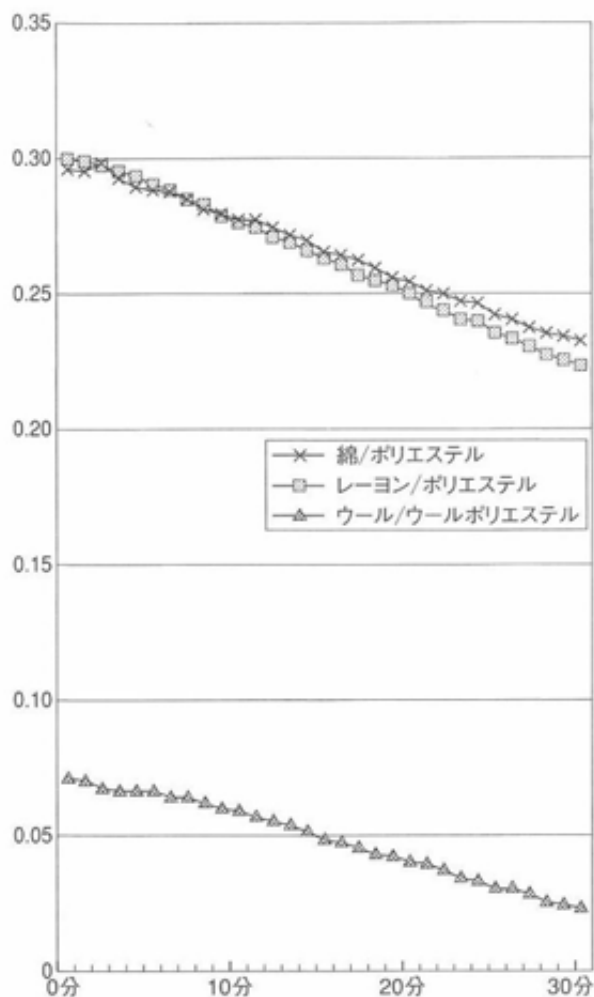


図5 YT法による2層構造編物の染液重量測定結果

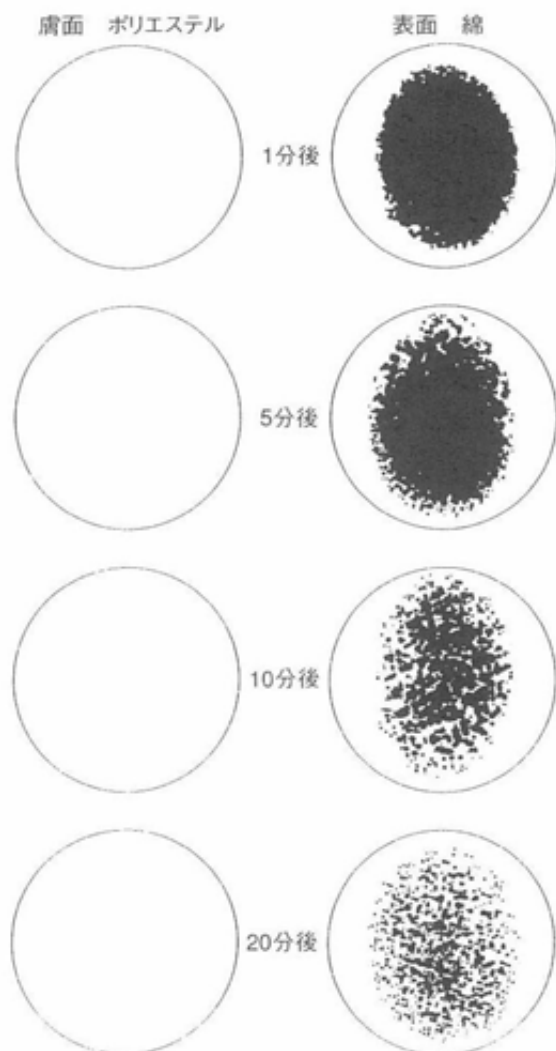


図7 ポリエステル×綿編物のろ紙写取り結果

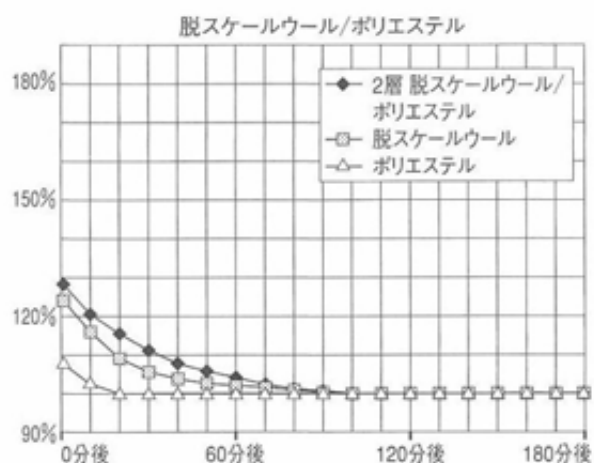


図6 ポリエステル×脱スケールウールの2層構造編物乾燥試験結果

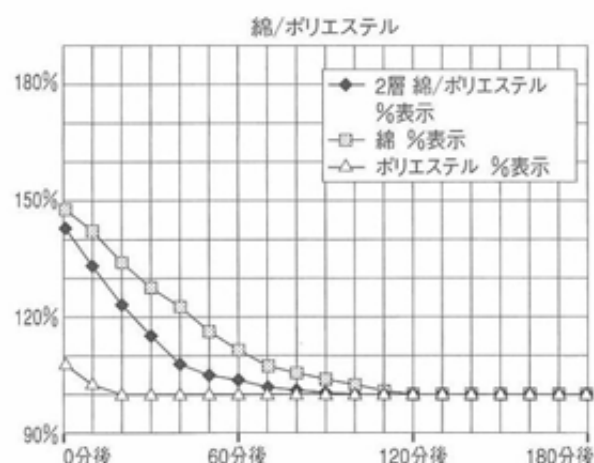


図8 ポリエステル×綿の2層構造編物乾燥試験結果

これを見ると、綿、2層構造編地、ポリエステルの順に保水力が高い。2層編地の乾燥特性曲線を見ると、綿より恒率乾燥速度が早

く、かつ限界水分率の出現が早い。これは、膚面のポリエステルが乾燥に寄与しているためと思われる。

以上のことから、ポリエステルは染液を吸込み、毛管現象により綿の方へ送り込む、綿は結合水が多く保水に寄与し、毛管水とともに多くの染液を保持するが、ポリエステルは極めて早い段階で乾燥しており、染液の多くが綿側に移行してしまうことが読み取れる。従って、所期設計の親水性繊維と疎水性繊維の2層構造として、目的とする機能を発現させることができた。

(ウ) ポリエステル×レーヨン

表にレーヨン、膚面にポリエステルの2層構造編物に染料溶液0.3ccを滴下、液は直ちに布地に吸い込まれ、綿の場合と同様に編地の畝の方向に長くなって楕円形に拡散した。重量の結果は、表1のとおり、滴下染液の脱落はなく、生地全てが保持された。

またろ紙による染液拡散形状の写取りの結果は、綿の場合と同様の形状であり、長径約8.1mm、短径は約5.8mmで、綿より少し大きかった。(掲載省略)

また、乾燥試験は図9のとおりであった。これを見ると、綿の場合と同様、レーヨン、2層構造編地、ポリエステルの順に保水力が高い。

以上のことから、レーヨンを親水性繊維として、目的とする機能を発現させることができた。

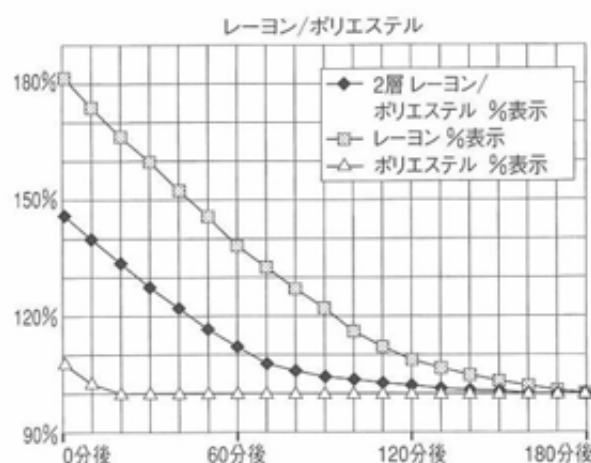


図9 ポリエステル×レーヨンの2層構造編物乾燥試験結果

(3) 評価試験結果による考察

親水性繊維と疎水性繊維を2層にするという設計は間違っておらず、予想以上の吸水力と膚面、ポリエステル側の乾燥性が発現した。

素材別に見ると、綿及びレーヨンは、その保水力を発汗度合に応じ生かすことが大切で、T.P.Oに合わせ使われることになろう。

ただ、脱スケールウールは、期待した保水力がなく、目的とする機能を発揮しなかった。ウールはむしろ、その高い吸湿・保湿性を生かしながら、汗ははじき表面へ拡散させる、という機能を引き出すような別の設計意図で、膚面サイドで使用した方が良いと思われ、今後の課題としたい。

2.3.4 縫製品の製作

開発した編地のうちポリエステル×綿、ポリエステル×レーヨンにより、ポロシャツ、スウェットシャツを製作した。(写真1、2)

2種の編地を使い、それぞれ紳士物、婦人物に展開、計4点を製作した。また、ポリエステル×綿でスウェットシャツ1点も製作した。

この開発製品は、実際の各種の運動において着用を試した。そこでは、静止、運動開始、発汗、休息、再度運動開始と様々な行動をとり、また気温、風などに影響される。夏季の多量発汗、無風では、やはり汗の膚面滞留、ムレ感が起きた。秋季の中程度の発汗(汗ばむ状態)、微風状態では、膚面の乾燥感を得た。開発製品は、所期目的であるハイキングなどでは有効であることを確認した。

3. まとめ

近年の高齢者は健康志向が高く、各種のスポーツやハイキング、登山がたいへん盛んである。今回の研究は、そのハイキングにおけ



写真1 ポロシャツ



写真2 スウェットシャツ

る発汗に焦点を当てて、快適な衣服の開発に取り組んだ。

研究を進めるうち、これは別に高齢者だけの問題でなく、若壮年すべての人に関わることで、まさにユニバーサルデザインであること実感した。

開発製品についての要点は以下にまとめられる。

(1) 疎水性繊維と親水性繊維の2層構造は、

膚と布地間の吸汗・速乾性の発揮に有効な機構であることが分かった。

(2) 布地の吸水、乾燥における重要な機能は、毛細管現象と毛管水・結合水の和である保水力である。このため、布地製作上の眼目は、使用目的に応じた素材の選択及び糸・組織の設計であることが分かった。

例えば、発汗量が多い場合には親水性繊維に結合水の大きいレーヨンを使用する、などの素材選択である。あるいは、毛細管現象をより発揮させるため、繊維間空隙を膚面は粗で表面に向かって次第に密にしていく、といった糸・組織の設計である。

(3) 求めた機能は、あらゆる局面に対応するものでなく、運動の程度による発汗量、気温、風などによって違ってくる。加えて個人差も大きいと考えられる。

衣服の機能は、着用時の目的、状況によって、使い分けする必要があることを改めて確認した。

また、吸汗・速乾性のみならず、「快適な着心地」という上位概念を実現するには、風合や肌触り、保温性、透湿・放湿性、通気性などの複合的な要素を最適化していくことが必要であり、今後も総合的な視点で改良を図っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 吉村寿人、緒方維弘編；生理学大系Ⅳ-1 代謝の生理学-1, (株医学書院, 第2章
- 2) 吉村寿人編；新医科生理学 (中巻), 南江堂, 第4章
- 3) 入来正躬編；体温調節のしくみ, 文光堂, p250~251
- 4) 山田晶子；繊維学会誌, 41, T-250 ('85)