

衣服素材の汚染と水分特性の変化

東横学園
女子短期大学 谷田貝 麻美子

The Influence of Soiling on the Water Transfer Characteristics of Clothing Materials

by

Mamiko Yatagai

Toyoko Gakuen Women's College

ABSTRACT

The influence of soiling with human sebum and sweat on the water transfer characteristics of fabrics was investigated.

Water absorbency and moisture regain were examined for cupra fabrics soiled with various oily substances, components in sweat, and proteins.

The water absorbency of soiled cupra fabrics was decreased compared to that of unsoiled one. The extent of the decrease depended on kinds of soil and soiling level. Soiling with saturated oils and proteins brought a considerable reduction in the water absorbency. The decrease of water absorbency rate was also observed.

These changes of the water absorbency are supposed to be due to the changes of wetting of fiber and fabric surface.

The moisture regain of soiled cupra fabrics was decreased or increased depending upon kinds of soil. These results are supposed to be related to both the hygroscopicity of soil and the changes in water adsorption sites of cellulose molecules.

要 旨

衣服素材の水に関わる性質が、身体に由来する皮脂や汗などの汚れの付着によって、どのように変化するかを調べた。種々の油性物質、汗の構成成分、タンパク質によってキュプラ織物を汚染し、その吸水性および吸湿性を測定した。キュプラ織物の吸水性は、汚れの付着によって低下し、その低下の程度は、汚れの種類や量によって異なった。飽和油性物質やタンパク質の付着が、吸水性を著しく低下させ、吸水速度の低下も認められた。このような吸水性の変化は、汚れの付着による繊維および織物表面のぬれ特性の変化によるものと考えられる。

一方、キュプラ織物の吸湿性は、汚れの種類によって、低下する場合と増大する場合の双方が見られた。このような結果は、汚れ物質そのものの吸湿や、汚染によってもたらされるセルロースの水分吸着サイトの変化などに関係すると考えられる。

緒 言

衣服素材の吸水性、吸湿性、透湿性、放湿性など、水分移動に関わる諸性質は、衣服の快適性や体温調節機能に深く関係している。このような衣服素材の水分特性を消費科学的に評価するには、素材本来のもつ水分特性のほかに、着用時に生活環境や身体から付着するさまざまな汚れの影響も、考慮しなくてはならない。

とりわけ運動時は、活発な身体活動や発汗によって、衣服内外からの汚染がきわめて生じやすい条件にあるといえる。同時に、運動時の体温調節が妨げられることなく、快適性が保たれるためには、発汗や不感蒸泄に由来する衣服内の多量の水分が、衣服によって適切に処理されることが必要である。このことから、衣服素材の水分特性に及ぼす汚染の影響を明らかにすることは、スポー

ツウェアの実用性能評価を行うにあたって、とくに重要であると思われる。

一般に、衣服の汚染が衣服の諸性能に影響を及ぼすことは、経験的にもよく知られている。中橋¹⁾は、実際の着用によって污垢の付着した織物の諸性能の変化を調べた。その結果、汚れの付着によって織物の吸水性は一般に低下し、吸湿性は逆に増加する傾向が見られたが、これは汚れ物質の吸湿によるものと述べている。

また、汗中の成分が綿布に及ぼす影響について、Bhatら²⁾は、人工汗液に浸漬した綿布に強度の低下、繊維の結晶化度の低下、黄変などが見られたと報告している。しかし、汚れの組成、量、付着状態など汚染の条件と、布の諸性能の変化との関係については、これまで系統的な研究は行われていない。

本研究では、親水性繊維であるキュプラ織物の水に関わる諸性質のうち、吸水性ならびに吸湿性について、皮脂や汗などに含まれる汚れ物質が及ぼす影響を、汚れの種類や量などの点から検討した。

1. 実験方法

1.1 試 料

1.1.1 織 物

親水性繊維として、再生セルロースであり、ほぼ円形の断面で平滑な繊維形状を持つ、キュプラを用いた。キュプラ平織布(衣生活研究会, 40/1×40/1)を、アミラーゼおよび非イオン界面活性剤水溶液に加温浸漬して糊抜き後、エタノールでソクスレー抽出することにより、脱脂して使用した。吸水性には直径3cmの円形の試験片を、吸湿性には4×4cmの試験片を、それぞれ使用した。

1.1.2 汚れ成分

身体から衣服に付着する汚れには、皮脂、汗、垢、体液などがある。皮脂には、遊離脂肪酸、ト

リグリセリド、スクアレン、コレステロールおよびそのエステル、炭化水素など種々の油性物質が含まれる^{3,4)}。また、汗の組成は個人差や季節による変動が大きく、身体の部位や採取条件によっても異なるが、そのおよそ98%以上を水が占め、そのほかに塩化ナトリウム、尿素、乳酸、アルギニンやヒスチジンなど各種の遊離アミノ酸を含む⁵⁾。

垢は、皮膚からはく離れた表皮角質層であり、身体由来の代表的なタンパク質汚れである。また、血液などの体液も、アルブミンなど各種のタンパク質を含んでいる。これらの汚れが衣服に付着する量は、汚れの種類や身体部位、季節などにもよるが、1~2日着用した場合で、繊維重量に

表2 Composition of Sweat Soil (wt%)

Sodium Chloride	38
Urea	15
Lactic Acid	45
Histidine	2

対しておよそ1~5%程度である⁶⁾。

本実験では、こうした天然污垢をもとに、モデル汚れの組成を決定した。油性汚れとして、表1に示すように、室温で固体または液体の油性物質を混合して、またはそれぞれ単独の汚れとして使用した。汗汚れには、表2に示す成分を混合して、または単独で使用した。このうち、乳酸はDL-乳酸

を、またヒスチジンは、JISその他の汗堅牢度試験用人工汗液に用いられる、L-ヒスチジン塩酸塩を使用した。さらに、タンパク質汚れとして、水溶性タンパク質のうち、単純タンパク質である牛血清アルブミンと、変性タンパク質であるゼラチンを使用した。試薬はいずれも、特級または一級市販品をそのまま使用した。

1.2 織物の汚染

油性汚れはヘキサンまたはエタノールに、汗汚れおよびタンパク質汚れは水に溶解し、その溶液を試験片に均一に滴下して汚染した。汚染量は、繊維重量に対して0.5~5% (owf) とした。

1.3 吸水性の測定

汚染した試験片を自然乾燥し、さらにシリカゲルデシケータ中で一晩保存した後、吸水性の測定に供した。吸水性は、Larose⁷⁾の測定原理に基づく、簡便な方法によって測定した。ガラスフィルタ

表1 Oily soil

Oily substance		m.p. (°C)	Composition of mixed oily soil (%)
Hydrocarbon	Heptacosane	59 ^a	5
	Squalene	-72 ^a	10
	Tetradecane	5.9 ^b	
Triglyceride	Tripalmitin	45.0(α) ^c	12.5
		56.0(β') ^c	
		65.5(β) ^c	
Triolein	-32(α) ^c	12.5	
	-12(β') ^c		
	4.9(β) ^c		
Tricaprylin	-21(α) ^c	8~8.3(β) ^c	
	8~8.3(β) ^c		
Fatty acid	Palmitic acid	63 ^a	30
	Oleic acid	13(α) ^a	10
		16(β) ^a	
	Octanoic acid	16.5 ^b	
Elaidic acid	46.5 ^c		
Fatty alcohol	Eicosanol	65 ^a	10
	Oleyl alcohol	13~19 ^b	5
	Decyl alcohol	6.9 ^c	
Cholesterol		147~150 ^b	5

^a: Determined by Differential Scanning Calorimetry

^b: Reference (8)

^c: Reference (9)

(3G-3) に水を供給し、湿潤したフィルタ面に試験片を接触させて、30 g の荷重をかけ、布表面から吸収される水分量の経時変化を、水供給部の水位の変化から読み取った。

1.4 吸湿性の測定

吸湿性は、秤量びん中で、吸湿による試験片の重量増加を測定する方法により調べた。汚染に先立ち、試験片を 105°C で 2 時間乾燥して、絶乾重量 (w_0) を求めた。これを前述の方法で汚染し、自然乾燥させた後、シリカゲルデシケータ中で一晩保存してから、硫酸水溶液で 65% RH に調湿したデシケータ中で吸湿させた。一週間後の試験片の重量を、平衡吸湿重量 (w_e) とみなし、試験片に付着させた汚れ重量を w_s とし、次式により水分率を求めた。

$$\text{水分率 (\%)} = \frac{w_e - w_0 - w_s}{w_0} \times 100$$

なお、実験はいずれも 20°C, 65% RH の条件下で行った。

2. 結果と考察

2.1 汚染による吸水性の変化

2.1.1 油性汚れの影響¹⁰⁾

図 1 に、皮脂をモデルとした油性物質混合汚れが、キュプラ織物の吸水性に及ぼす影響を示す。吸水量は、試験片一枚が吸収する水分量を、吸水を開始してからの経時変化で示してある。図から

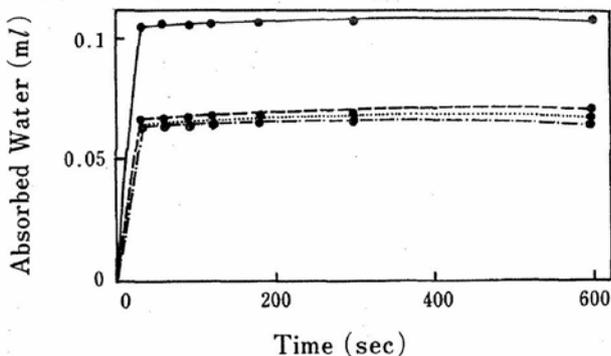


図 1 Water absorbency of cupra fabrics soiled with 0 (—), 1 (----), 3 (.....), and 5 (----) %owf mixed oily soil

明らかなように、混合汚れは、キュプラ織物の吸水性を大きく変化させ、汚染量 1% owf において、すでに著しい吸水量の低下が見られる。

図 2, 図 3, 図 4 は、混合汚れの構成成分であるトリパルミチン, トリオレイン, エイコサノールをそれぞれ単独汚れとして汚染した場合の結果

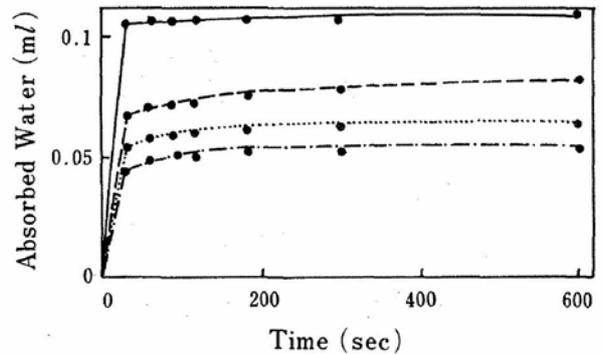


図 2 Water absorbency of cupra fabrics soiled with 0 (—), 1 (----), 3 (.....), and 5 (----) %owf tripalmitin

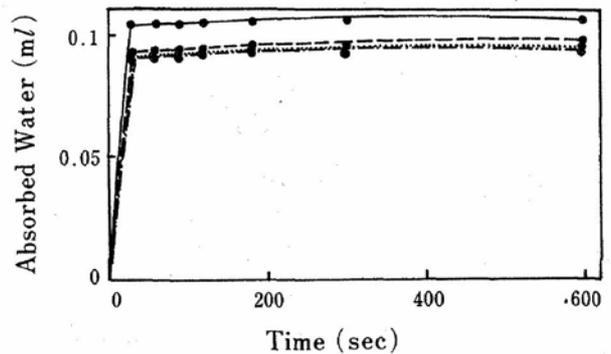


図 3 Water absorbency of cupra fabrics soiled with 0 (—), 1 (----), 3 (.....), and 5 (----) %owf triolein

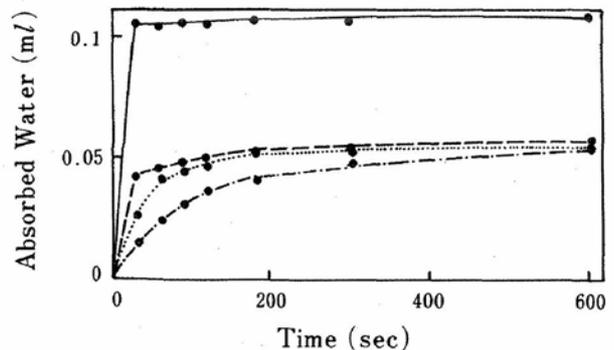


図 4 Water absorbency of cupra fabrics soiled with 0 (—), 1 (----), 3 (.....), and 5 (----) %owf eicosanol

である。図2のトリパルミチンでは、汚染量の増加とともに吸水性が低下していく。図3のトリオレインでは、トリパルミチンの場合に比べて、吸水性の低下は比較的小さく、汚染量の影響もあまり見られない。また、図4のエイコサノールでは、汚染量の増加とともに、吸水速度の低下が明らかに認められるが、吸水開始から10分後の吸水量には、汚染量による違いは見られない。このように、吸水性に及ぼす汚染の影響は、汚れの種類によってかなり異なることがわかる。

図5は、混合汚れおよびその構成成分で汚染した、キュプラ織物の吸水開始から10分後の吸水量を、未汚染布の吸水量に対して、相対的に示したものである。いずれの汚れが付着しても吸水性は低下するが、その低下の程度は汚れの種類に

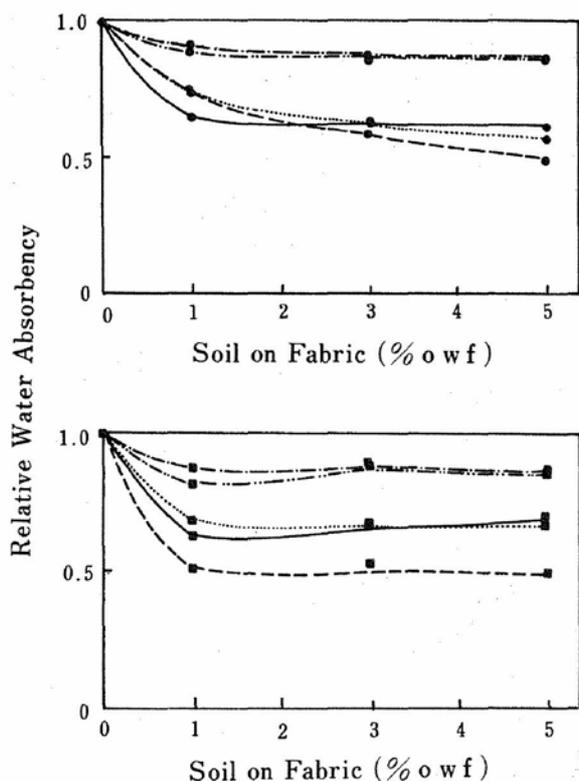


図5 Relative water absorbency of cupra fabrics soiled with various oily soils; (●- - - -) heptacosane, (●- · - · -) squalene, (●- - - -) tripalmitin, (●- - - -) triolein, (■- - - -) palmitic acid, (■- · - · -) oleic acid, (■- - - -) eicosanol, (■- - - -) oleyl alcohol, (■- - - -) cholesterol, and (●- - - -) mixed oily soil

よって異なっている。

図6は、混合油性汚れの構成成分のほかに、表1に示すすべての油性物質について、3% owfの汚染が、キュプラ織物の吸水性に及ぼす影響を調べたものである。ここでも、汚染布の吸水開始から10分後の吸水量を、未汚染布の吸水量に対して相対的に示してある。図より、キュプラ織物の吸水性を大きく低下させるのは、固体、液体にかかわらず、飽和の油性汚れであり、不飽和の油性汚れによる吸水性の低下は、比較的小さい傾向が認められる。すなわち、皮脂中に含まれる種々の油性物質のうち、エイコサノールやパルミチン酸などの飽和油性物質が、吸水性の低下に大きく寄与し、オレイルアルコール、オレイン酸、スクアレンなどの不飽和油性物質の影響は小さいといえる。

一般に、織物の吸水性は、組成繊維の親水性の程度と、織物構造によって決まると考えられる。汚染の影響も、これら両方の面にあらわれ、汚れの付着による繊維のぬれ特性の変化、すなわち疎水化または親水化と、汚れが糸や繊維のすき間に

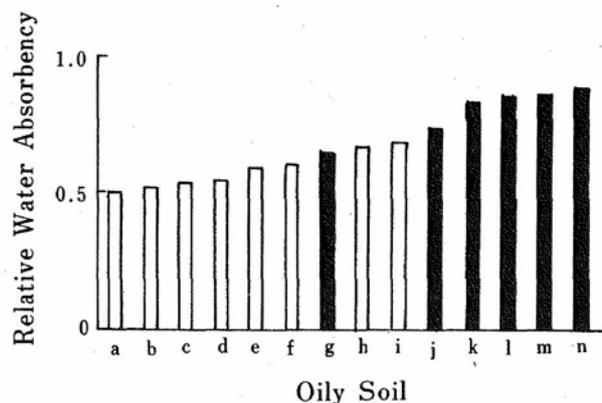


図6 Relative water absorbency of cupra fabrics soiled with 3% owf saturated (□) and unsaturated (■) various oily soils; a: decyl alcohol, b: tetradecane, c: eicosanol, d: octanoic acid, e: tripalmitin, f: heptacosane, g: cholesterol, h: palmitic acid, i: tricaprylin, j: elaidic acid, k: squalene, l: oleic acid, m: triolein, n: oleyl alcohol

付着することによる、織物の幾何学的な状態の変化がおこると考えられる。疎水性繊維の織物の場合、その吸水機構はもっぱら織物構造によるため、汚れの物理的な付着状態が大きく影響するが、本実験で使用したような、親水性繊維の織物では、汚れの付着状態よりも、汚れ物質の親水性の違いの影響がより大きいと考えられる¹⁰⁾。

すなわち、油性汚れが付着することにより、キュプラ織物の表面のぬれ特性が変化するが、汚れの種類によって疎水化の程度が異なり、その結果、吸水性の低下に差が生じたものと考えられる。

2.1.2 汗汚れの影響

図7に、汗の構成成分およびそれらの混合汚れが、キュプラ織物の吸水性に及ぼす影響を示す。油性汚れに比べて、吸水性の低下が小さいことがわかる。成分別に見ると、乳酸の影響がやや大きい。汗中の構成成分は、いずれも水溶性であることから、これらの成分の付着は、繊維や織物表面のぬれ特性をさほど変化させないと考えられる。

2.1.3 タンパク質汚れの影響

図8および図9に、アルブミンおよびゼラチンで汚染した、キュプラ織物の吸水量の経時変化を示す。また、図10は、これらの汚染布の吸水開始から10分後の吸水量を、未汚染布の吸水量に対

して、相対的に示したものである。いずれのタンパク質の場合も、汚染量の増大にともなって、吸水性が著しく低下し、吸水速度も低下する。タン

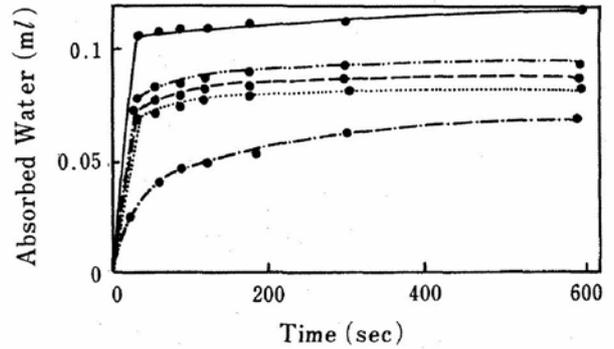


図8 Water absorbency of cupra fabrics soiled with 0 (—), 0.5 (— · — · —), 1 (----), 3 (.....), and 5 (----) %owf albumin

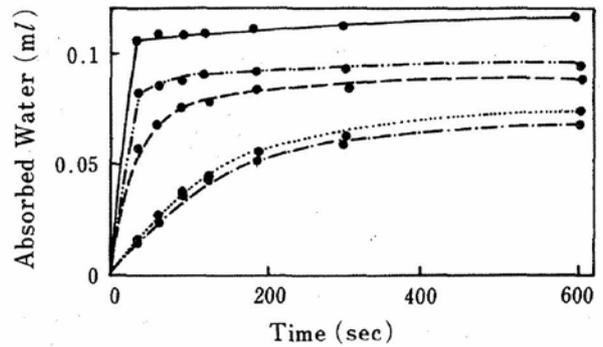


図9 Water absorbency of cupra fabrics soiled with 0 (—), 0.5 (— · — · —), 1 (----), 3 (.....), and 5 (----) %owf gelatin

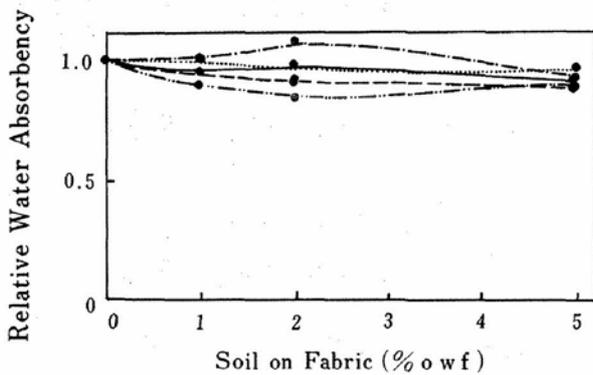


図7 Relative water absorbency of cupra fabrics soiled with NaCl (— · — · —), urea (----), lactic acid (— · — · —), histidine (.....), and mixed soil (—)

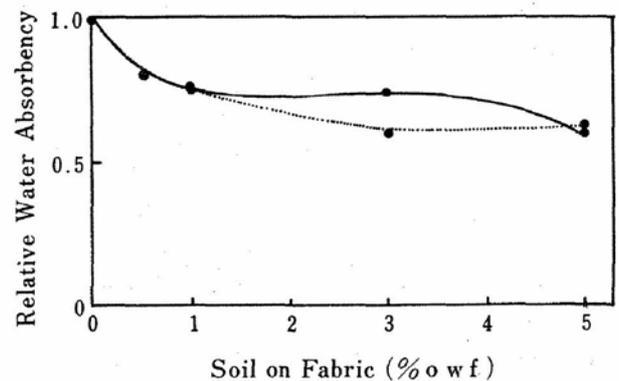


図10 Relative water absorbency of cupra fabrics soiled with albumin (—) and gelatin (.....)

パク質のような、巨大分子の付着によって、繊維および織物表面の幾何学的な状態も含めた、ぬれの著しい変化が生じるためと考えられる。

2.2 汚染による吸湿性の変化

2.2.1 油性汚れの影響

図11に、油性物質混合汚れ、およびその構成成分で汚染したキュプラ織物の吸湿性を示す。図から明らかなように、スクアレン、ヘプタコサンといった炭化水素で汚染した場合の吸湿性は、未汚染布の吸湿性とほとんど変わらない。

一方、脂肪酸や脂肪アルコールで汚染した場合は、程度の違いはあるものの、吸湿性が低下している。織物の吸湿性は、織物構造のような繊維の集合状態にはほとんど影響されず、繊維自身の吸湿性によって決定される。その際、繊維分子構造

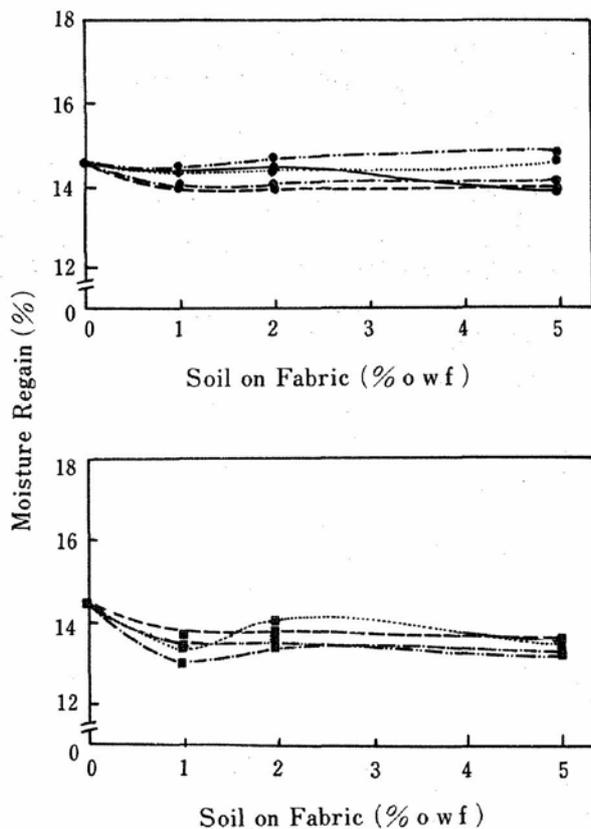


図11 Moisture regain of cupra fabrics soiled with various oily soils ; (●.....) heptacosane, (●-.....) squalene, (●----) tripalmitin, (●----) triolein, (■.....) palmitic acid, (■-.....) oleic acid, (■----) eicosanol, (■----) oleyl alcohol, and (●——) mixed oily soil

中の極性基が、水分の吸着サイトになると考えられる。キュプラの場合、セルロース分子中の水酸基がこの役割を果たすが、脂肪酸や脂肪アルコールの極性基と、セルロース水酸基との間に、相互作用が生じることによって水分の吸着が妨げられ、その結果、吸湿性が低下すると考えられる。

2.2.2 汗汚れの影響

図12に、汗中の成分およびその混合汚れで汚染した、キュプラ織物の吸湿性を示す。乳酸、尿素、ヒスチジンの付着による吸湿性の低下が見られる。先の油性汚れの場合と同様に、セルロースへの水分の吸着が妨げられた結果と考えられる。

一方、塩化ナトリウムで汚染した場合は、吸湿性が著しく増大している。これは、塩化ナトリウムの吸湿によるものと考えられる。

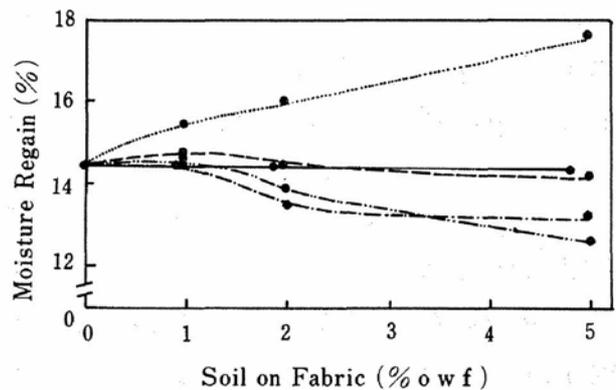


図12 Moisture regain of cupra fabrics soiled with NaCl (.....), urea (----), lactic acid (---...), histidine (----), and mixed soil (——)

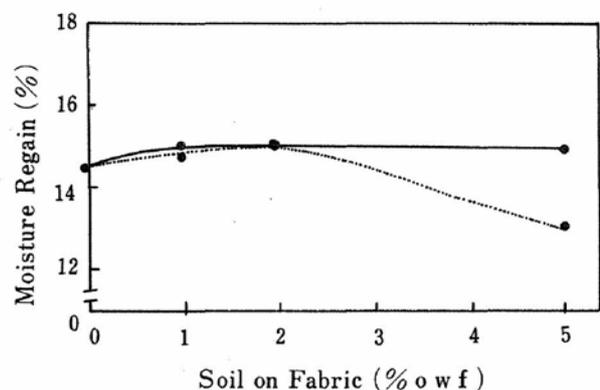


図13 Moisture regain of cupra fabrics soiled with albumin (——) and gelatin (.....)

2.2.3 タンパク質汚れの影響

図 13 は、アルブミンおよびゼラチンで汚染した場合の結果である。いずれのタンパク質で汚染した場合も、吸湿性は増大する傾向が認められるが、ゼラチンでは、汚染量 5% owf で、かえって吸湿性が低下する特徴的な変化を示す。

3. まとめ

衣服素材の吸水性および吸湿性に、皮脂や汗など、身体に由来する汚れの付着が及ぼす影響を調べた。実験結果よりつぎの知見を得た。

(1) キュプラ織物の吸水性は、油性汚れの付着によって低下する傾向を示すが、その低下の程度は、油性汚れの種類によって異なる。汗汚れは吸水性にほとんど影響を及ぼさないが、タンパク質汚れは吸水性を著しく低下させる。このような吸水性の低下は、汚れの付着によって、繊維および織物表面が、疎水化されることによると考えられる。

(2) キュプラ織物の吸湿性は、付着する汚れの種類によって増大する場合と、低下する場合がある。汚れそのものの吸湿や、汚れの付着による繊維分子中の水分吸着サイトの変化などによるものと考えられる。

以上のように、汚染が衣服素材の水分特性に及ぼす影響は、汚れの種類と量によって異なり、しかも、同じ汚れであっても、吸水性と吸湿性に異なる変化をもたらすことがわかった。織物による液体水の吸収と水蒸気の吸収では、その機構が異なることに起因すると考えられる。消費科学的見地から、衣服素材とくにスポーツウェアのような、汚染の影響が大きい衣服の素材について、水分移動に関する性能評価を行うに当たっては、個々の水分移動特性の機構をふまえて、汚染の影響を明らかにしていくことが必要である。

文 献

- 1) 中橋美智子;家政学雑誌, 18, 24 (1967)
- 2) N. V. Bhat, et al.; *Text. Res. J.*, 60, 240 (1990)
- 3) 林 信太, 井上恵雄;油化学, 18, 176 (1969)
- 4) 林 信太, 井上恵雄;油化学, 18, 249 (1969)
- 5) 浦畑俊博;染色工業, 35, 148 (1987)
- 6) 皆川 基, 岡本幾子;繊維製品消費科学, 19, 106 (1978)
- 7) P. Larose.; *Am. Dyest. Rep.*, 31, 105 (1942)
- 8) 有機合成化学協会編, 有機化合物辞典, 講談社 (1985)
- 9) 日本油化学協会編, 油脂用語辞典, 幸書房 (1987)
- 10) 谷田貝麻美子, 駒城素子;繊維製品消費科学, 33, 684 (1992)