

各種ポリエステル布の汚染・洗浄特性と 洗浄力評価法

山口 庸子, 小林有紀子, 永山 升三*

(共立女子短期大学, * 共立女子大学総合文化研究所)

平成8年7月25日受理

Characteristics of Soil Deposition and Removal and Evaluation of Detergency for Various Polyester Fabrics

Yoko YAMAGUCHI, Yukiko KOBAYASHI and Masuzo NAGAYAMA*

Kyoritsu Women's Junior College, Chiyoda-ku, Tokyo 101

**The Institute of Human and Cultural Research, Kyoritsu Women's University, Chiyoda-ku, Tokyo 101*

The influence of the fabric substrate on soil deposition and removal of artificially soiled cloths, using polyester cloths consisting of single fibers of different deniers and different cross-sectional shapes, called Shingosen, was investigated. In addition, artificially soiled polyester cloths were prepared, containing the soil components of natural soils on shirt collars as determined by composition analysis, using an aqueous dispersion soiling medium. This soiling medium was made up of oily soil, soluble protein, carbon black and clay dispersed in water.

A method for determining detergency was established using the Kubelka-Munk equation and Minato methods in order to avoid the influence of background reflectance. The artificially soiled polyester Shingosen cloths had a higher soil deposition and retention efficiency than other such cloths made from conventional fibers. On the other hand, artificially soiled polyester cloths with approximately 40% reflectance were found to have a high correlation for evaluating the detergency of four kinds of powder detergents as natural facial-wipe polyester cloths in terms of the detergent's soil removal ability.

(Received July 25, 1996)

Keywords: artificially soiled cloth 人工汚染布, naturally soiled cloth 天然汚染布, Shingosen 新合織, polyester ポリエステル, detergency 洗浄性, reflectance 反射率.

1. 緒 言

新合織のような新素材繊維の開発にともない多種多様化した繊維製品が急激に増加していることから、これら繊維製品の洗浄を行う上で、繊維基質の相違に対応した洗浄および洗浄力評価を行っていくことが重要視される。したがって、繊維基質の汚染性・洗浄性を考慮した汚染布を提案していくことが必要不可欠と考える。

従来、衣料用洗剤の洗浄力評価には使用する污垢の性質が大きく影響することから、JISの衿垢布法(日本工業規格1994;戸張等1982;Obendorf and Webb 1987),ファミリーバンドルテスト法(ASTM 1978),顔の汚れをラビングした顔垢汚染布法など(Webb

and Obendorf 1987),実際の汚れを採取した天然汚染布による洗浄力評価が行われてきた。しかし、天然汚染布を使用した洗浄力評価では、個人差や地域差、季節によって変動する天然汚染布を迅速に多量に作成することが難しいことから人工汚染布の考案が検討されてきた(角田と大場1968;米田等1970;柏等1970;角田等1969)。奥村等(1981)は、衿垢汚染布の洗浄力評価と相関性の高い挙動を示す人工汚染布として水を分散媒としてタンパク質を配合した湿式人工汚染布を開発し、現在では洗濯科学協会にて頒布されている。しかし、この市販人工汚染布は繊維基質として綿布を使用しているのみで、天然汚染布と類似した洗浄挙動を示す綿布以外の人工汚染布の作製を提案していくこ

とが必要と考える。また、EMPA や Krefeld の市販人工汚染布に見られるように、ポリエステルや羊毛など綿布以外を繊維基質とした汚染布も市販されているが、超極細繊維や異形断面繊維など新合繊についての汚染性や洗浄性を検討した研究は見あたらない。

そこで、本研究では超極細繊維や異形断面繊維といった繊維形態の異なるポリエステル布を対象に、繊維基質の相違が汚染性・洗浄性に及ぼす影響について検討すると共に、水を分散媒として人体皮膚代謝成分を汚れのモデル成分として配合したタンパク質配合湿式人工汚染布を作製し、天然汚染布の洗剤に対する洗浄力評価結果と良い相関性を持つ洗浄力試験用のポリエステル人工汚染布を提案した。また、繊維基質の相違する汚染布の洗浄率を比較する場合、従来の反射率約30%の台紙上で汚染布の反射率を測定する方法では(奥山と皆川 1994)、台紙の反射率の影響を含めて反射率を測定していることから、繊維基質が相違すると台紙の反射率の影響も異なるため、繊維基質が異なる汚染布の洗浄率を比較することができないといった問題を引き起こしている。そこで、湊の方法(湊 1968; 村田 1990) および Kubelka-Munk の式(Kubelka and

Munk 1931) を用いて台紙の影響を全く受けない汚染布自体の反射率を求め、この値から洗浄率を算出する方法を確立した。

2. 実験方法

(1) 試料

試料布は単繊維の異なる3種類のポリエステルフィラメント糸を用いた平織り布を使用した。試料の詳細を Table 1 に、単繊維断面の電子顕微鏡写真を Fig. 1 に示す。通常の円形ポリエステル繊維で織られたトロピカルを標準試料に、新合繊として異形断面繊維を使用したデシン、超極細繊維を混合したナスカについて、十分な糊抜き精練を行い使用した。

(2) 汚染布の作成法

1) 人工汚染布

奥村等の水を分散媒としたタンパク質配合湿式人工汚染布の作製方法に準じて、天然衿垢布の平均的な污垢成分の分析値に従って、Table 2 に示したタンパク質成分、油性污垢成分、泥、カーボンブラックを強力な乳化・分散装置(ポリトロングジェネレーター・PT 36/4 Kinematica 社)により水溶液中に分散させた安

Table 1. Details of the polyester fabrics*

Sample	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)	Yarn size (D×Fil)		Single yarn (D)		Thread density (count/inch)	
			Warp	Weft	Warp	Weft	Warp	Weft
(A) Tropical	0.268	120.0	150×48	50×48	3.13	3.13	76	68
(B) Dechine	0.229	91.5	50×24	75×72	2.08	1.04	221	108
(C) Nasuka	0.254	110.0	150×37	60×48	(0.2-0.4)		158	94

*Plain fabrics were used.

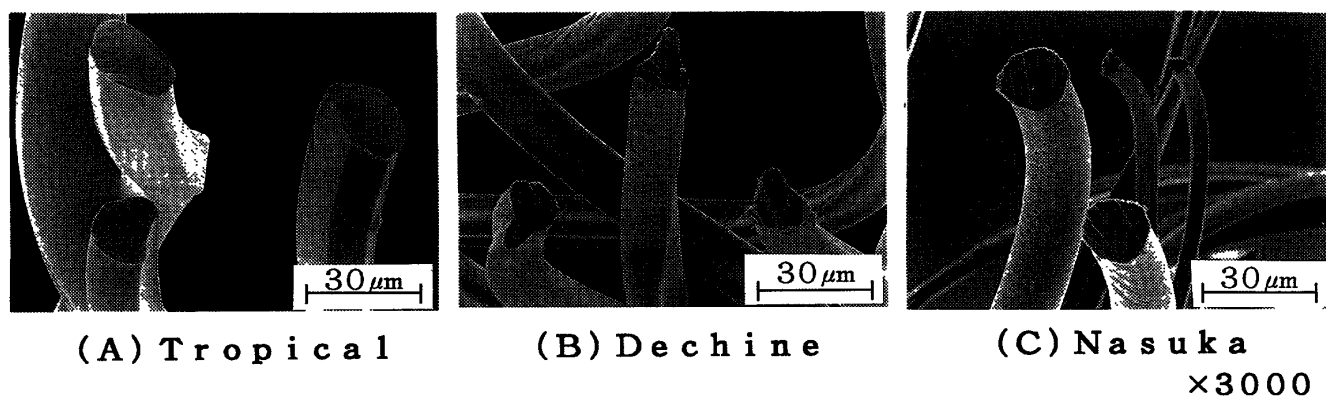


Fig. 1. Scanning electron microphotographs of different polyester fibers

定な汚染浴（汚垢成分 50 g/水 850 ml）を調製した。これに試料布を浸漬して汚垢を均一に付着させ、熱処理後ラビング処理を行い汚染布を作製した（山口と永山 1992）。なお、奥村等の汚染浴組成は綿布に付着した汚れの分析結果をもとにモデル的に汚垢成分を作製したもので、疎水性のポリエステル布では、綿布とは異なる付着汚垢成分あるいは汚染性を示すことが予測されることから、ポリエステルの天然汚染布を作製し、両者の洗剤に対する洗浄力評価の比較を行った。また、従来の綿布を対象とした湿式人工汚染布では汚染布の反射率によって洗浄率は大きく異なり、反射率 $40 \pm 2\%$ の汚染布を適切な洗浄率が求められる汚染布とされていることから（奥村等 1981；山口と永山 1992）、ポリエステル布にとって適切な反射率が得られる汚染浴濃度を検討した。そこで、奥村等の汚染浴濃度を基準として、その $1/4$, $1/3$, $1/2$, 1 , 2 倍の汚染浴を調製し、絞り率が $2.0 \sim 2.3$ 倍の範囲になるように汚染布を作製した。

2) 顔垢汚染布

比較用の天然汚染布として、着用による衿・袖口の汚れの洗浄力評価と高い相関性を示す顔垢汚染布を用いた。顔垢汚染布は、3 種類のポリエステル布について、それぞれ Fig. 2 に示すように直径 6 cm とやや大きな顔垢採取用のサンプルを、男性を対象に、全体が均一になるように、顔、首をこすり汚れを採取し、大汚れから小汚れの汚染布を各試料布ごとに 10 枚作製した。作製した顔垢汚染布は 4 等分に裁断し、4 種類の洗剤の洗浄力評価用汚染布とした。

(3) 洗浄方法

洗浄装置は上島製作所製の Terg-O-tometer を使用した。洗浄槽に人工汚染布 10 枚を入れて、120 rpm の往復半回転で 10 分間洗浄した後、3 分間のすすぎを 2 回行った。洗浄用水には硬度約 $3 \sim 4^\circ$ DH の水道水 1 l を用いて、浴比 $1:30$ （メリヤス布で総量を調整）、洗浄温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ で、Table 3 に示した 4 種類の洗剤を用いて指示濃度で洗浄した。顔垢汚染布も同様に洗浄した。

(4) 洗浄性の評価

1) 反射率から求める洗浄率の算出法

光電光度計（TC-6C 型、東京電色社）を用いて、人工汚染布の洗浄前後の反射率を測定した。従来の汚染布の反射率は、反射率を約 30% に統一した灰色台紙上で測定し、台紙の反射率の影響を含めて汚染布の反射率を測定しているため（日本工業規格 1979）、異

Table 2. Composition of soils

Organic components (%)		
Oily components	Oleic acid	28.3
	Triolein	15.6
	Cholesterol Oleate	12.2
	Liquid Paraffin	2.5
	Squalene	2.5
	Cholesterol	1.6
Protein component		
	Gelatine	7.0
Inorganic components (%)		
	Clay	29.8
	Carbon black	0.5

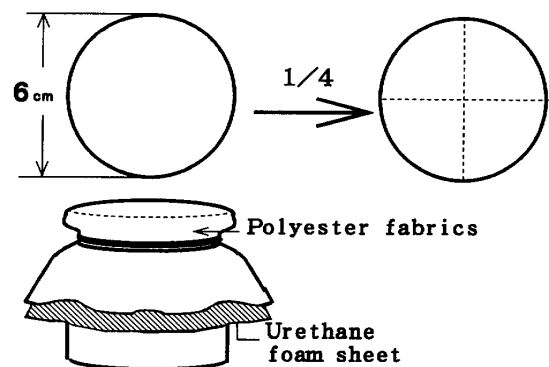


Fig. 2. Preparation of the soiled facial-wipe cloth

なる繊維基質を汚染布として使用した場合、台紙の反射率の影響が相違することから、汚染布自体の反射率を求めることができない。そこで、湊の方法（湊 1968）および Kubelka-Munk（Kubelka and Munk 1931）の式を用いて、台紙の影響を全く受けない汚染布自身の反射率を求める方法を誘導し洗浄率を算出する方法を提案した。湊の方法より、白と黒の台紙上に置かれた汚染布の散乱係数（ S_c ）は同一であることから（1）式の関係が成立する（Yamaguchi *et al.* 1996）。

$$S_c = \frac{\log_e \left[\frac{(R_{c\infty} - R_{g1})(1/R_{c\infty} - R_{c1})}{(R_{c\infty} - R_{f1})(1/R_{c\infty} - R_{g1})} \right]}{X(1/R_{c\infty} - R_{c\infty})} = \frac{\log_e \left[\frac{(R_{c\infty} - R_{g2})(1/R_{c\infty} - R_{c2})}{(R_{c\infty} - R_{c2})(1/R_{c\infty} - R_{g2})} \right]}{X(1/R_{c\infty} - R_{c\infty})} \quad (1)$$

ここで、 R_{g1} と R_{g2} はそれぞれ白と黒の台紙の反射率を示し、 R_{c1} と R_{c2} はそれぞれ白と黒の台紙上で測定した汚染布の反射率を示す。一般に、密度の等しいシートを試料として使用した場合、 X は試料の厚さを

用いて、単位厚さあたりの散乱係数に変換して表示している。しかし、布のように生地の種類の違いによって、織り密度が変わる場合は厚さだけでは不十分と考え、繊維自体の散乱係数を表示する場合は、単位面積あたりの質量 (g/cm^2) で補正を行った。したがって、実測値の R_{g1} , R_{g2} , R_{c1} , R_{c2} を用いて、(2) 式より台紙の影響を受けない汚染布の反射率 (R_{∞}) を求めることができる。

$$R_{\infty} = (-B + \sqrt{B^2 - 4A^2}) / 2A \quad (2)$$

$$A = R_{c1} \cdot R_{g2} - R_{c2} \cdot R_{g1}, \quad B = (R_{g1} - R_{g2})(1 + R_{c1} \cdot R_{c2}) - (R_{c1} - R_{c2})(1 + R_{g1} \cdot R_{g2}).$$

人工汚染布の洗浄率は、(2) 式より算出した台紙の影響を受けない反射率 (R_{∞}) を用いて、(3) 式に示すように Kubelka-Munk の式から K/S 値を求め算出した。

$$\text{洗浄率}(\%) = \frac{(\text{汚染布の } K/S) - (\text{洗浄布の } K/S)}{(\text{汚染布の } K/S) - (\text{原白布の } K/S)} \times 100 \quad (3)$$

ここで

$$K/S = (1 - R_{\infty})^2 / 2 R_{\infty}$$

R_{∞} : (2) 式より算出した反射率。 K : 吸収係数。 S : 散乱係数。

2) 目視判定

顔垢汚染布の洗浄力の評価は Scheffé の一対比較法 (中屋の変法) に基づき (日科技連官能検査委員会 1975), 本学助手 8 名をパネルとして、4 等分に裁断して 4 種類の洗剤で洗浄した 4 タイプの顔垢汚染布を

サンプルとして、3 種類の試料布ごとに汚れ落ちの状態がきれいか汚いかを 7 段階尺度 (非常に、少し、やや、どちらともいえない、やや、少し、非常に) により判定した。なお、Kenko 製のマルチデーライトを使用して C 光源の標準光源下において、反射率約 30 % の灰色台紙上で判定した。

3. 結果および考察

(1) 洗浄率算出式の検証

台紙の影響を受けない汚染布の反射率として (2) 式より求めた計算値 (R_{∞}) と、台紙の影響を受けないように汚染布を 10 枚重ねて反射率を測定した実測値 (R_{∞}) との関係を図 3 に示す。3 種類の試料布ともに非常に高い一致性を示すことから、汚染布の繊維基質が異なっても、台紙の影響を受けない反射率を (2) 式から算出することができる。しかし、図 4 に示すように、洗浄後の反射率の計算値 (R_{∞}) と実測値 (R_{∞}) の関係は、図 3 に示した洗浄前の関係に比較して大きく相違する。これは、洗浄によって洗浄後の汚染布の反射率にばらつきが生じるため、汚染布を重ね合わせて測定する実測値 (R_{∞}) では下地となる汚染布の影響が異なり、(2) 式より算出した計算値 (R_{∞}) と異なる値を示したものと考えられる。したがって、洗浄後のばらつきの大きい汚染布の反射率を求める場合、(2) 式より算出した計算値 (R_{∞}) として反射率を求めることによって、台紙の反射率に影響されない汚染布自体の反射率を求めることができ、繊維基

Table 3. Detergent product characteristics

Detergent	Concentration (g/l)	Surfactant (available component)	Builder
(1) Standard (JIS)	1.33	LAS* ¹ (15%)	STP,* ⁶ CMC* ⁷ Sodium sulfate Sodium carbonate Sodium silicate
(2) Heavy duty syndet	0.83	LAS AOS* ² AE* ³	Sodium aluminium silicate Carbonate Enzyme Optical brightener
(3) Neutral detergent	1.50	LAS AS* ⁴	Sulfate
(4) Soap	1.67	SOAP (60%)* ⁵	—

*¹Sodium linear alkylbenzene sulfonate. *² α -Olefinsulfonate. *³Polyoxyethylene alkyl ether. *⁴Alkyl sodium sulfate.

*⁵Pure soap. *⁶Sodium tripolyphosphate. *⁷Sodium carboxymethyl cellulose.

各種ポリエステル布の汚染・洗浄特性と洗浄力評価法

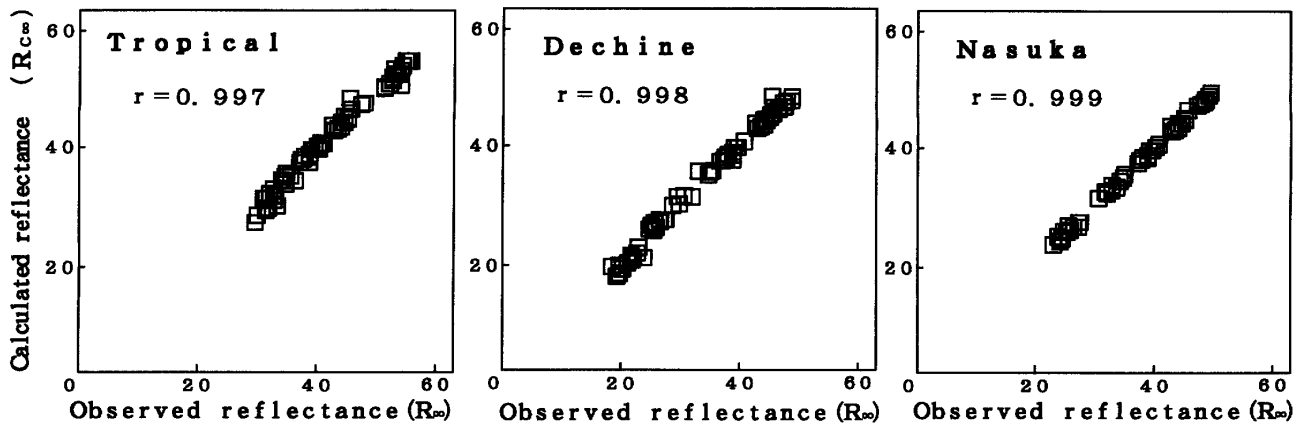


Fig. 3. Relationship between observed reflectance and calculated reflectance for artificially soiled cloth

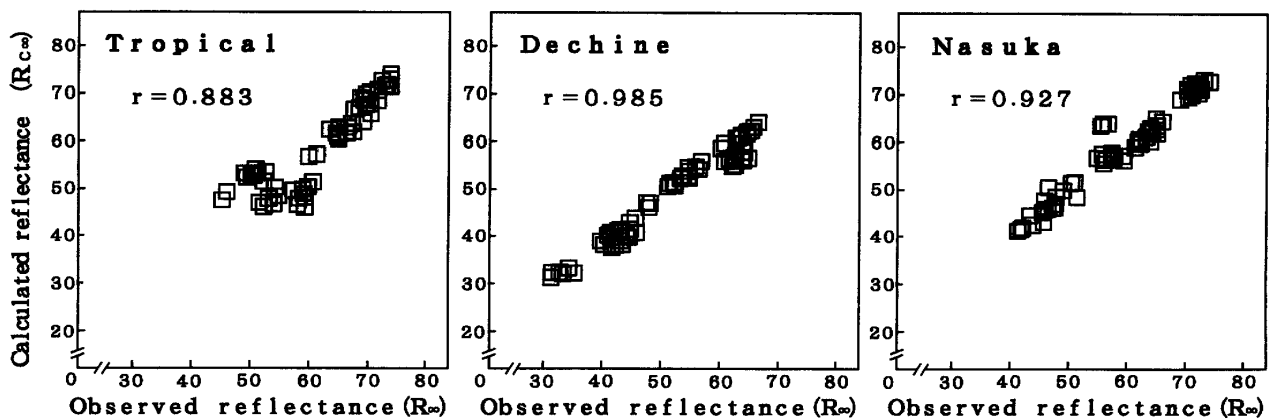


Fig. 4. Relationship between observed reflectance and calculated reflectance after washing the artificially soiled cloth

質の異なる汚染布間の洗浄率を台紙の反射率の影響を受けない汚染布の反射率から算出した値として比較することができる。

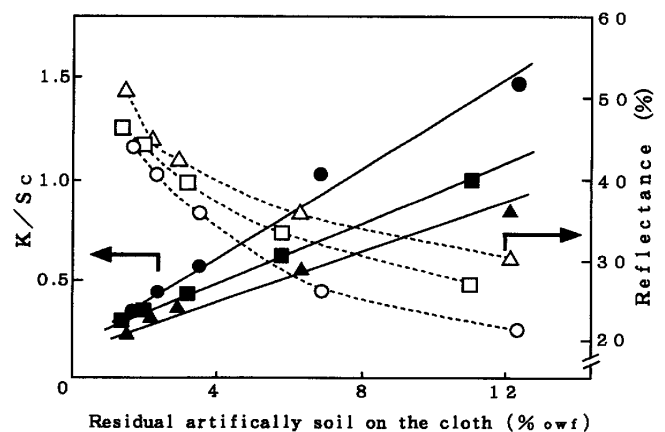
(2) ポリエステル湿式人工汚染布の汚染性

(4) 式より算出した污垢付着量と (2) 式より求めた反射率と K/S_c 値との関係を Fig. 5 に示す。

$$\text{污垢付着率 (\%)} = \frac{\text{絞り率} \times \text{汚染浴濃度}}{\text{試料の重量}} \times 100$$

(4)

3 種類の人工汚染布とも污垢付着量と K/S_c 値は直線関係を示し、綿汚染布と同様にポリエステル布においても、この湿式人工汚染布では、 K/S_c 値から洗浄率を算出することによって、污垢付着量と相関性の高い洗浄率を求めることができる。しかし、試料布によって污垢付着量と K/S_c 値の関係が相違することから、汚染性は試料布によって異なることがわかる。汚染浴濃度が高くなるほど新合織の K/S_c 値は高い値を示すことから、一般のポリエステル布に比較して異形断面

Fig. 5. Relationship between residual artificial soil on the cloths and K/S_c value or reflectance

▲, K/S_c value of Tropical; ●, K/S_c value of Dechine; ■, K/S_c value of Nasuka; △, reflectance of Tropical; ○, reflectance of Dechine; □, reflectance of Nasuka; —, K/S_c value; ----, reflectance from Eq. (2).

繊維や超極細繊維からなる新合繊では、污垢成分が付着しやすい傾向にあることが推察される。また、汚れの付着機構を大別すると、機械的な作用による汚れの付着、汚れと繊維間などに見られる van der Waals 力による付着、静電気力による付着があげられるが、疎水性繊維であり帯電量の高いポリエステル粒子汚れに対する汚染性の評価は、静電気力による影響が大きいことがあげられている(奥山と皆川 1991)。そこで、この3種類の試料布を5カ月間室内に放置して静電気力に左右されやすい浮遊汚れの付着状態を評価した。

(2)式より算出した暴露布の反射率(R_{∞})を用いて(5)式より算出した汚染率と、汚染性を示す指標として汚染布の K/S_0 値から原布の K/S_0 値を差し引いた値をFig. 6に示した。

$$\text{汚染率 (\%)} = \frac{\text{原白布の } R - \text{暴露布の } R}{\text{原白布の } R} \times 100 \quad (5)$$

ここで R : 反射率。

カーボンブラックや泥などの粒子汚れを主な污垢成分とする環境暴露布においても湿式人工汚染布と同様に、新合繊の汚染率および K/S 値が高い値を示すことから、新合繊は一般のポリエステル布に比較して汚

れが付着しやすいことがわかる。

顔垢汚染布と湿式人工汚染布の污垢付着状態を電子顕微鏡で撮影した結果をFig. 7に示した。顔垢汚染布、人工汚染布ともに繊維と繊維の間に污垢が付着し、異形断面繊維のデシン、超極細繊維を含む混繊糸のナスカでは、一般のポリエステル布のトロピカルよりも、

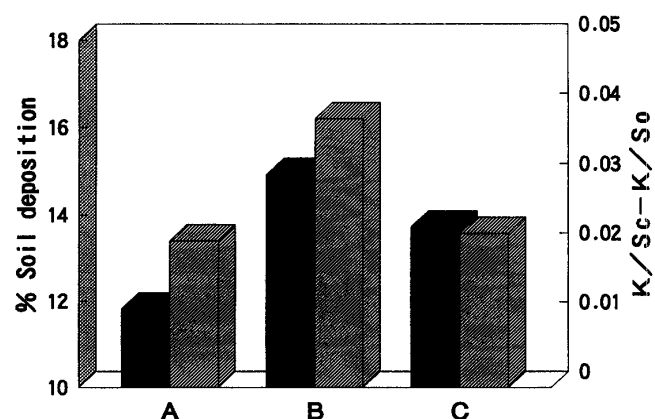


Fig. 6. Soiling properties following exposure to natural impurities in the atmosphere over a period of five months

A, Tropical; B, Dechine; C, Nasuka. ■, soil deposition; ▨, $K/S_c - K/S_0$.

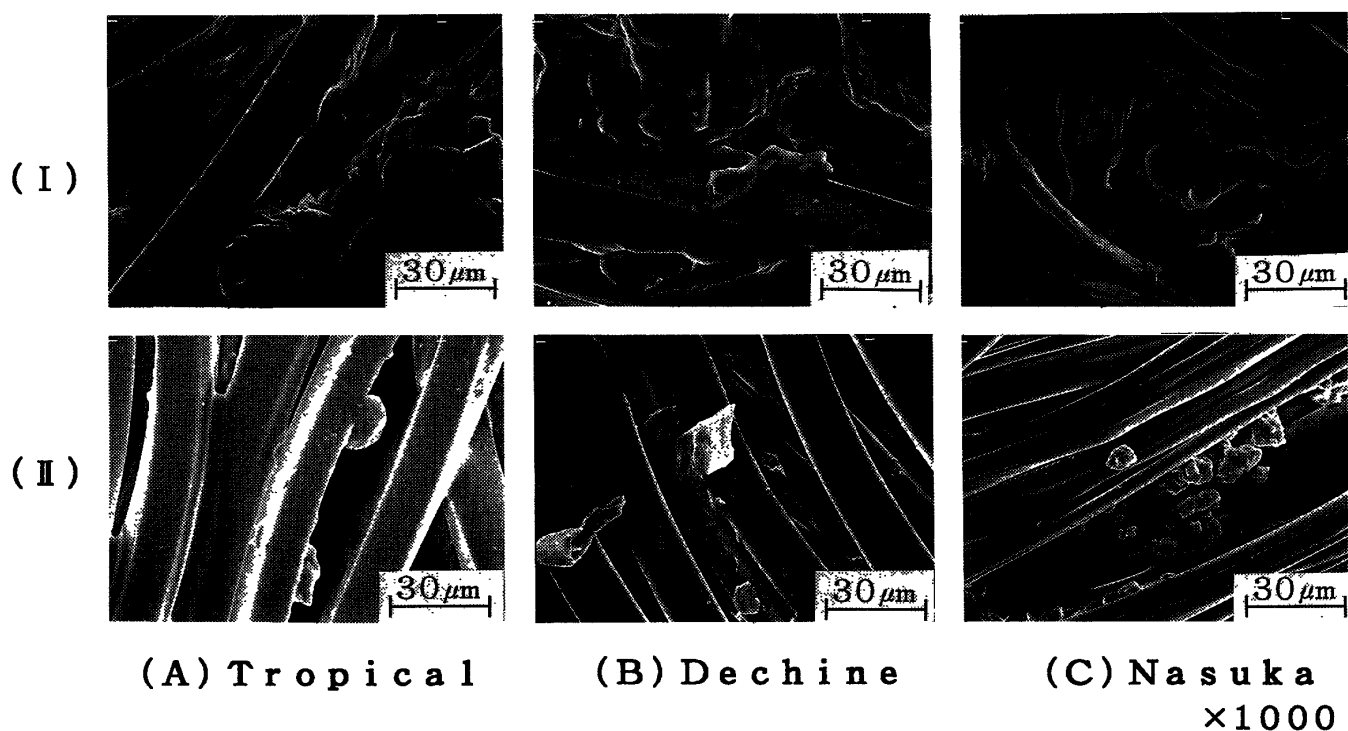


Fig. 7. Scanning electron microphotographs of soiled cloths
(I), naturally soiled cloth; (II), artificially soiled cloth.

各種ポリエステル布の汚染・洗浄特性と洗浄力評価法

繊維と繊維あるいは糸と糸など織り組織間の凹凸が複雑で、こうした間隙に污垢が付きやすい傾向にあることを確認した。

(3) ポリエステル湿式人工汚染布の洗浄性

各汚染浴濃度で作製した湿式人工汚染布の洗浄率を Fig. 8 に示した。いずれの試料布においても、污垢付着量にかかわらず、粉石鹼、弱アルカリ性洗剤、JIS 洗浄力判定用指標洗剤（以後 JIS 指標洗剤とする）、中性洗剤の順で高い値を示し、一般的な洗剤の洗浄力評価としてほぼ一致する傾向を示した。

次に、顔垢汚染布を用いて天然汚染布との洗浄性を比較した。顔垢汚染布は、同様に 4 種類の洗剤を対象にその洗浄性を Scheffé の一対比較法（中屋の変法）に従い 7 段階尺度を用いて -3 点から +3 点を与えて

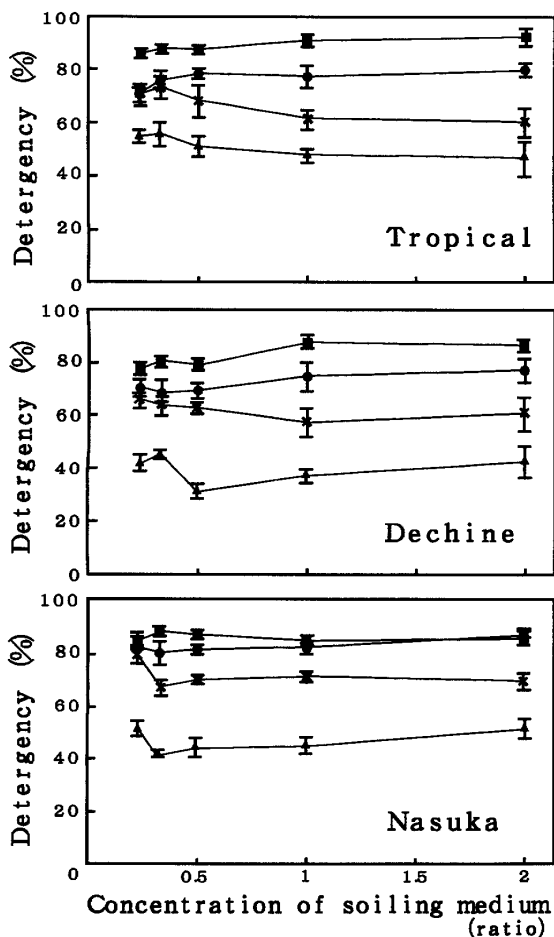


Fig. 8. Detergency evaluation of 4 kinds of powder detergents using artificially soiled cloth treated with different concentrations of soiling medium

×, standard detergent (JIS); ●, heavy duty detergent; ▲, neutral detergent; ■, soap.

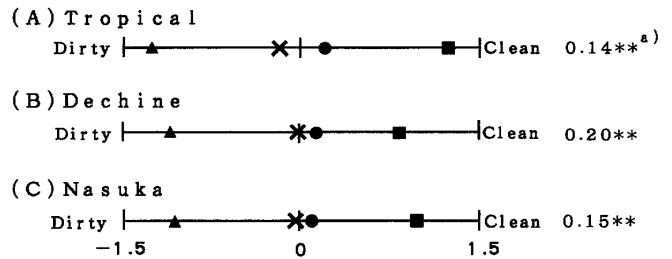


Fig. 9. Estimated value of the main effect $\hat{\alpha}_i$ obtained from Scheffé's paired test for soiled facial-wipe polyester cloths

×, standard detergent (JIS); ●, heavy duty detergent; ▲, neutral detergent; ■, soap. ^{a)}Yardstick level of significance (0.01).

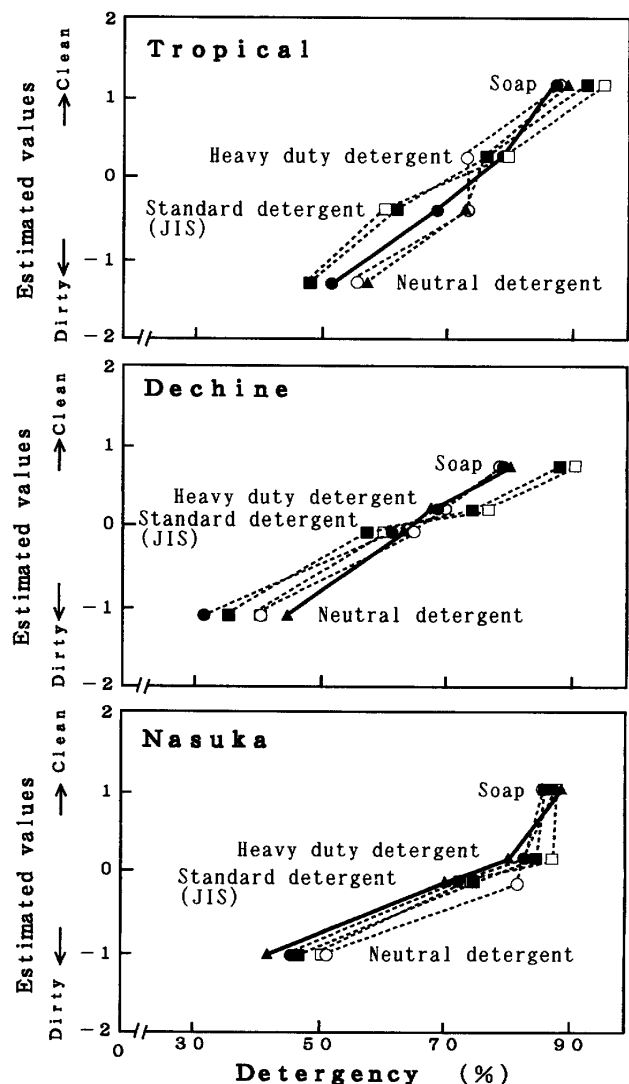


Fig. 10. Relationship between the artificially and naturally soiled cloths on detergency

■, standard concentration of soiling medium ratio; □, twice; ●, one half; ▲, one third; ○, one quarter; —, highest correlation.

Table 4. Correlation between concentration of soiling medium and correlation coefficient (r)

Sample	Concentration* ¹ (ratio)	r * ²	R * ³ (%)
(A) Tropical	1/4	0.948	50.7
	1/3	0.989	45.0
	1/2	0.998	43.2
	1	0.994	36.5
	2	0.951	29.7
(B) Dechine	1/4	0.989	45.1
	1/3	0.999	40.7
	1/2	0.986	36.4
	1	0.979	26.1
	2	0.979	22.1
(C) Nasuka	1/4	0.855	47.1
	1/3	0.953	44.5
	1/2	0.925	41.3
	1	0.898	33.6
	2	0.889	26.9

*¹Concentration of soiling medium ratio. *²Correlation coefficient. *³Reflectance of artificially soiled cloth.

被験者の平均尺度を算出し主効果を求め Fig. 9 に示した。分散分析の結果危険率 1% で有意となり、洗剤の洗浄力評価は顔垢汚染布を用いて有効に評価することができる。また、各サンプル間の有意差判定としてヤードスティックの値を算出し信頼区間を求め判定した結果、デシンとナスカの汚染布を用いた弱アルカリ性洗剤と JIS 指標洗剤の洗浄力評価間を除いて、危険率 1% で有意となり、いずれの試料布においても、粉石鹸が最も高い洗浄性を示し、次いで弱アルカリ性洗剤、JIS 指標洗剤、中性洗剤となった。そこで、顔垢汚染布と人工汚染布の洗剤に対する洗浄力評価の関係を Fig. 10 に示した。いずれの試料布においても、顔垢汚染布と人工汚染布の洗剤に対する洗浄力評価は高い相関性を示すことから、ポリエステルを繊維基質として提案した湿式人工汚染布においても天然汚染布の代替えとしての利用が期待できる。また、汚染浴濃度別に作製した人工汚染布と天然汚染布の 4 種類の洗剤の洗浄力評価結果の相関係数および人工汚染布の反射率を Table 4 に示した。いずれの試料布においても、人工汚染布の反射率が 40% 前後で最も高い相関係数を示し、ポリエステル布も綿布の湿式人工汚染布と同様に、汚染布として適正な反射率値を 40% 前後に持つ

ことを確認した (奥村等 1981; 山口と永山 1992)。反射率から洗浄率を算出する場合、油性污垢成分およびタンパク質污垢成分の洗浄性を直接評価できないという問題は残るが (原田等 1986)、繊維基質や織り組織が異なっても表面反射率を 40% 前後に設定して作製する事によって、天然汚染布に近似した洗浄力評価を示すポリエステル湿式人工汚染布の洗浄特性を確認した。

衣料素材の多種多様化した今日において、今後、各種新素材繊維の洗浄力評価に対応したポリエステル湿式人工汚染布の実用化が期待される。

4. 要 約

新合繊を対象として単繊維の太さ・形状の異なる 3 種類のポリエステル布を用いて、繊維基質の相違する汚染布の洗浄率の算出方法、超極細繊維や異形断面繊維といった新素材繊維の汚染性および洗浄性について検討すると共に、水を分散媒として天然汚染布の平均的な分析値に準拠して作製したモデル污垢成分を配合した汚染浴を用いて、天然汚れと類似の洗浄挙動を示す洗浄力試験用のポリエステル湿式人工汚染布を提案しようと試み、以下の結果を得た。

各種ポリエステル布の汚染・洗浄特性と洗浄力評価法

(1) 従来の反射率の測定方法では、台紙の反射率を約 30% に統一したことから、繊維基質の相違する人工汚染布では台紙の反射率の影響が異なり、汚染布自体の反射率を測定することができない。そこで、湊の方法を用いて台紙の影響を受けない汚染布自体の反射率を誘導し、この値から K/S 値を求め洗浄率を算出する方法を確立した。

(2) 超極細繊維や異形断面繊維などの単繊維からなる新合繊は、一般のポリエステル布に比較して、汚れが付着しやすく落ちにくい傾向にあることを確認した。

(3) 水を分散媒としてモデル污垢成分を配合した汚染浴を用いて提案したポリエステル湿式人工汚染布は、繊維基質の織り組織や繊維形態が異なっても表面反射率を 40% 前後に調整する事によって、4 種類の洗剤に対する顔垢汚染布の洗浄力評価結果と高い相関を示すことを確認した。

終わりに本研究を進めるにあたり、顔垢汚染布の作製にご協力いただきましたライオン(株)森 貞光氏に深く感謝申し上げます。なお、本研究の一部は平成 7 年度日本家政学会第 47 回大会において報告した。

引用文献

- ASTM (1978) ASTM D 2960 (*Standard Method of Controlled Laundering Test Using Naturally Soiled and Use Hold Applicances*), ASTM, Philadelphia
- 原田隆司, 福岡重紀, 藤田依久子 (1986) 脂質汚れの洗濯除去に関する一判定法, 繊維消誌, **27**, 119-125
- 柏 一郎, 桑村秀明, 川崎征夫, 稲村正和, 西沢 均, 角田光雄 (1970) 洗浄に関する研究 第13報 人工汚こう布の改良, 油化学, **19**, 1095-1101
- Kubelka, P., and Munk, F. (1931) Ein Beitrag zur Optik der Farbastriche, *Zeit. Tech. Physik*, **12**, 593-601
- 湊 幸衛 (1968) Reference Color による Kubelka-Munk

- 二定数理論の散乱係数, 千葉大工学部研究報告, **19**, 203-208
- 村田幸男 (1990) 『色彩技術ハンドブック』, 総合技術センター, 東京, 254-255
- 日本工業規格 (1979) JIS C 9606
- 日本工業規格 (1994) JIS K 3371
- 日科技連官能検査委員会 (編) (1975) 『新版官能検査ハンドブック』, 日科技連出版社, 東京, 379-385
- Obendorf, S.K., and Webb, J.J. (1987) Detergency Study: Distribution of Natural Soils on Shirt Collars, *Text. Res. J.*, **57**, 557-563
- 奥村 統, 徳山清孝, 阪谷武信, 鶴田康生 (1981) 新しい人工汚こう布に関する研究 第1報 タンパク質を配合した人工汚こう組成及び調製方法の研究, 油化学, **30**, 432-441
- 奥山春彦, 皆川 基 (編) (1991) 『洗剤・洗浄の事典』, 朝倉書店, 東京, 235-241
- 奥山春彦, 皆川 基 (1994) 『洗剤・洗浄の事典』, 朝倉書店, 東京, 180-181
- 戸張真臣, 関根和子, 田中丈三, 永山升三 (1982) 衿垢布の洗浄性に関する研究, 繊維消誌, **23**, 519-526
- 角田光雄, 大場洋一 (1968) 天然汚こう付着状態と分析結果, 油化学, **17**, 82-87
- 角田光雄, 大場洋一, 柏 一郎 (1969) 天然汚染布と類似の洗浄性をもつ人工汚染布, 工化, **72**, 290-296
- Webb, J.J., and Obendorf, S.K. (1987) Detergency Study: Comparison of the Distribution of Natural Residual Soils after Laundering with a Variety of Ditergent Products, *Text. Res. J.*, **57**, 640-646
- 山口庸子, 永山升三 (1992) 洗浄力試験用人工汚垢布の研究 天然汚れに一致した汚垢布の作成, 共立女短大生活科学科紀要, **35**, 157-162
- Yamaguchi, Y., Murata, Y., Osada, M., Nagayama, M. (1996) Effect of Light-Scattering Properties on Tintorial Depth of Dyed Fine-Denier Polyester Fabrics, *Sen'i Gakkaishi*, **52**, 362-368
- 米田義章, 美濃順亮, 芳崎弘一郎 (1970) 洗浄に関する研究 第6報 天然汚こうの付着状態, 油化学, **19**, 163-169