

Washing Feeling and Cleaning Performance of Washcloths

MANABE Ikuyo^a, MOROOKA Hideo^{b,*}, MOROOKA Harumi^c, MATSUMOTO Yo-ichi^d

^a Graduate School of Nara Women's University, Kita-uoya-higashi-machi, Nara 630-8506, Japan

^b Nara Women's University, Kita-uoya-higashi-machi, Nara 630-8506, Japan

^c Toyama University, 3190 Gofuku, Toyama 930-8555, Japan

^d Shinshu University, Tokida, Ueda, Nagano 386-8567, Japan

Received 12 September 2005; accepted for publication 2 February 2006

Abstract

To obtain fundamental information on the washing feeling and the cleaning performance of washcloths, we surveyed the washing feeling using five kinds of washcloth on market in Japan, which were made of cotton, ramie, silk, regular synthetic fiber (nylon/polyester), and microfiber (nylon/polyester). Further, we selected the regular and microfiber washcloths for further study due to remarkable differences in washing feeling between them. We examined the performance of both types washcloth on cleaning a felt-tip-pen mark from human skin, their effect on stratum corneum, and made physical measurements of the contact state between them and human skin, etc. It was found that the regular washcloth had a poor cleaning effect, though it had a good washing feeling. On the contrary, the microrfiber washcloth had a good cleaning effect, though it had a bad washing feeling.

Key Words: Washcloth, Microfiber, Washing, Cleaning, Feeling

浴用タオルの洗浄感と洗浄性能

眞鍋郁代^a, 諸岡英雄^{b,*}, 諸岡晴美^c, 松本陽一^d

1. 緒言

筆者らは生活用繊維製品、特に極細繊維製品の設計に役立つ基礎的知見を得るために、これまでに対微粒子性能を検討する繊維製品のひとつとして化粧パフを選択し、さらに対液体性能を検討する繊維製品のひとつとして台所ふきんを選択し、それらの消費性能に関する検討を行い、有用な幾つかの基礎的知見を得てきた[1, 2]。本報では、対人間性能を検討する繊維製品のひとつとして浴用タオルを選択し、その設計に役立つ基礎的知見を得ることを目的とした。

デパート等のバス用品売り場へ行くと、入浴時に身体を洗うための浴用タオルとして様々な素材・タイプのもものが売られている。素材でみると、木綿・絹・麻の天然繊維や、合成繊維ではナイロン・ポリエステル・プロピレン・アクリルなどの浴用タオルが市販されている。その他、これらに種々の加工をしたもの、例えば、ハーブや蜂蜜、アミノ酸、海藻エキス、真珠エキスなども含ませたものも売られている。しかし、従来から一般的に使用されている浴用タオルは、通常のナイロン100%製の浴用タオルや、ナイロンと他合繊とを混用

した浴用タオルなどが多いようである。近年、極細繊維使いの浴用タオルも発売されるようになり、これは従来の製品にない特徴があるということで、消費者の注目を集めている。

浴用タオルの消費性能には必要とされる多くの性能が存在するが、消費者にとって最も重要な浴用タオルの消費性能は、皮膚への損傷が無く、垢（古い角質細胞）や皮脂などの汚れやその他の皮膚上に付着した汚れを除去する性能であろう。また、単に汚れが除去されるだけでなく、洗浄時は快適に使用でき、かつ洗浄後も快適な洗浄感が得られる必要がある。しかしながら、一般に、快適であることが人間にとって好ましいこととは限らない。したがって、洗浄感と洗浄性能とのかかわりも明確にしておく必要があると考える。ここで、洗浄感を洗浄によって消費者が感ずる官能量とし、肌触り感や汚れ落ち感、総合的快適感などの諸官能量を含むものとする。また、洗浄性能を洗浄に関わる諸性能とし、汚れ落ちの効果（洗浄効果とする）や洗浄にかかわる諸物理量なども含むものとする。

浴用タオルに関する従来の研究は少なく、以下に示す報告のみのようである。服部[3]は、ナイロン浴用タオルは洗浄

* 連絡先：奈良女子大学 630-8506 奈良市北魚屋東町, E-mail: hi31024@cc.nara-wu.ac.jp

の際、皮膚にある程度の刺激を与え、汚れがよく落ちたような洗浄感が得られることから広く使用されていることを報告している。しかし、ナイロン浴用タオルは、長期使用によって皮膚の色素沈着が起こる危険性が指摘されるとともに[4-6]、家庭用品による皮膚障害発生報告上位10品目に含まれることが多い[7]。このように浴用タオルに関する研究報告は少なく、さらなる研究報告が望まれる。特に、ナイロン浴用タオル等の合成繊維使い浴用タオルについては、皮膚刺激性の問題点が指摘されてはいるが、その洗浄性能については殆ど検討されてなく、詳細な研究が必要と考える。また、極細繊維使いの浴用タオルも、繊維が細いので洗浄性能に優れている事が推測されるが、洗浄感や洗浄性能に関する研究報告はなされてなく、同様に詳細な研究が必要と考える。

そこで、本研究では、浴用タオルの洗浄感と洗浄性能に関する基礎的知見を得るために、レギュラー合繊タオルや極細繊維使い浴用タオルを含む市販の代表的浴用タオルを用いて、洗浄中・洗浄後の洗浄感と、洗浄効果や皮膚への影響、およびそれらに影響する物理量の違いなどを検討した。

2. 研究方法

繊維素材および接触感の異なる市販浴用タオルを用いて、はじめにSD法による洗浄感調査を行い、洗浄感において顕著な傾向がみられた素材（レギュラー合繊と極細繊維）のみについて洗浄性能を検討した。洗浄性能では、皮膚汚れの洗浄効果や人体皮膚への影響を、さらにそれらの影響や効果に関連すると想定される、浴用タオルの物理量を明確にすることにした。皮膚汚れの洗浄効果は皮膚上に着けられた油性マジックの減色の程度から、人体皮膚への影響については皮表角層水分量の測定から検討した。物理量については、浴用タオルと皮膚との摩擦特性（対皮膚摩擦特性）とみかけの接触面積を検討した。さらに、泡立ち感を重要な項目であったので、泡立ち性を泡の個数とみかけの直径の分布から検討した。以下に研究方法の詳細を示す。

2.1 試料

試料は市販の綿 (Sam.1)、麻 (Sam.2)、絹 (Sam.3)、レギュラー合繊 (ナイロン/ポリエステル, Sam.4) 製の浴用タオル ((株) マーナ製) 4種と極細繊維 (ナイロン/ポリエステル, Sam.5) の浴用タオル1種 ((株) 帝人製) の計5種類を使用した。これらの試料は、収集した市販浴用タオル21種を用いて行った、洗いの予備実験の結果から、繊維素材と肌触りを考慮して、選択している。Sam.2, 4は洗い時に比較的つよい刺激感を感じるものの代表として、Sam.1, 3, 5は中等もしくはよわく感じるものの代表として、それぞれ選出している。なお、特殊加工をしている浴用タオル、例えばアミノ酸や海藻エキス、真珠エキスなどを含ませたものは選択していない。試料の構造の詳細をTable 1に、電子顕微鏡写真をFig. 1に示す。石鹼は、市販のボディソープ ((株) 花王製 ビオレ, 1g当り0.83 ml) を用いた。

2.2 測定方法

(1) 洗浄感調査

SD法洗浄感調査用紙と前述の試料5種類を被験者（健康

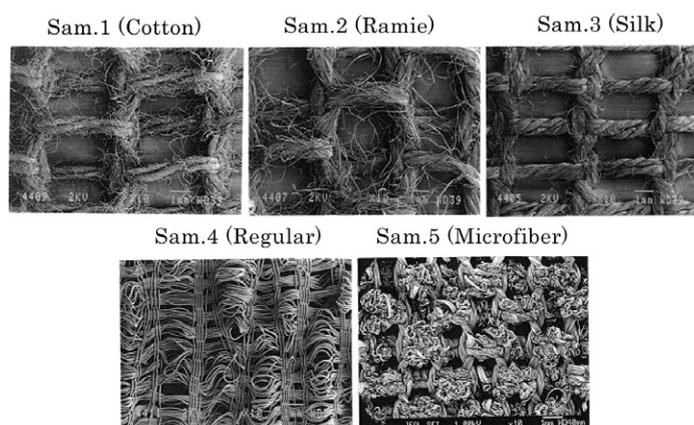


Fig. 1 Appearance of washcloths.

Table 1 Construction of samples.

Samples	Fiber	Yarn		Weave	Cloth		
		Warp	Weft		Density(number/cm) Warp	Weight(g/m ²) Weft	Size(cm ²) (Width×Length)
Sam.1 (Cotton)	Cotton 100%	36.9tex/3 (S100t/m)	36.9tex/3 (S100t/m)	Doup	6.20	4.88	155 33×90
Sam.2 (Ramie)	Ramie 100%	11.8tex/3 (S180t/m)	11.8tex/3 (S180t/m)	Doup	5.28	4.88	125 28×90
Sam.3 (Silk)	Silk100%	16.7tex/2/3 (S500/S180t/m)	16.7tex/2/3 (S500/S180t/m)	Doup	5.41	5.15	145 42×100
Sam.4 (Regular)	Nylon80% PET20%	PET3.3tex-1f	Nylon 44.4tex-16f	Plain	44.9	13.2	105 30×110
Sam.5 (Microfiber)	Nylon15% PET85%	PET16.7tex/3 (Z600/S300t/m)	Nylon0.026tex-1f gray yarn0.23tex	Doup	12.8	12.7	260 28×90

な女子大生22名)に配布し、実際に入浴時に使用してもらい、その洗浄感を申告させた。なお、被験者には素材等の情報は一切告知しなかった。調査は2000年7月中旬～10月上旬に行った。

SD法評価に用いた用語は次のように選出した。女子大生20名を用いた用語収集の予備実験を行い、浴用タオルの洗浄感に関する形容語82語を選出し、浴用タオルの使い心地に関するもの8語、浴用タオル使用後の肌の状態に関するもの5語、翌日の肌の状態に関するもの5語、計18語に集約し、SD法調査用紙(7段階評価, ±3: 非常に, ±2: かなり, ±1 やや, 0: どちらでもない)を作成した。それらの用語を以下に示す。

浴用タオル使用中の使い心地に関する用語: 「泡立ちがわるい(-) — 泡立ちがよい(+)(泡立ち感Bubble feelingとする)」、「チクチクする(-) — チクチクしない(+)(チクチク感Non-prickle feeling)」、「痛い(-) — 痛くない(+)(痛感Painless feeling)」、「使いにくい(持ちにくい)(-) — 使いやすい(持ちやすい)(+)(把持感Hold feeling)」、「滑りにくい(-) — 滑りやすい(+)(すべり感Slide feeling)」、「汚れが落ちる気がしない(-) — 汚れが落ちる気がする(+)(汚れ落ち感Clean feeling)」、「ザラザラする(-) — ザラザラしない(+)(ザラザラ感Non-rough feeling)」、「総合的に不快(-) — 総合的に快適(+)(快適感Comfort feeling)」

浴用タオル使用後の肌の状態に関する用語: 「肌がスベスベしない(-) — 肌がスベスベする(+)(スベスベ感Skin-smooth feeling)」、「さっぱりしない(-) — さっぱりした(+)(さっぱり感Refresh feeling)」、「ヒリヒリする(-) — ヒリヒリしない(+)(ヒリヒリ感Non-irritate feeling)」、「肌がつっぱった感じがする(-) — 肌がつっぱった感じがしない(+)(つっぱり感Non-skin-tension feeling)」、「汚れが落ちた気がしない(-) — 汚れが落ちた気がする(+)(汚れ落ち感Clean feeling)」

翌日の肌の状態に関する用語: 「皮膚があれた(-) — 皮膚があれなない(+)(肌荒れ感Non-skin-rough feeling)」、「肌ハリがない(-) — 肌ハリがある(+)(肌ハリ感Skin-fresh feeling)」、「肌がつっぱった感じがする(-) — 肌がつっぱった感じがしない(+)(つっぱり感Non-skin-tension feeling)」、「肌に潤いを感じない(-) — 肌に潤いを感じる(+)(肌潤い感Moist-skin feeling)」、「総合的に不快(-) — 総合的に快適(+)(快適感Comfort feeling)」

(2) 油性マジック汚れに対する洗浄効果の観察

女子大生5名の左右前腕内側部上の皮膚に、油性マジック((株)ゼブラ製ハイマッキー緑)を用いて2 cm × 2 cmの大きさの油性マジック汚れ(2度の重ね塗り)を作成し、40 ± 1°Cの温湯を含ませた浴用タオル(水分率120 ± 5%)で5回擦り、浴用タオル使用前後のマジック汚れを実体顕微鏡((株)ニコン製SMZ-10, 倍率60倍)で観察し、写真撮影した。

このカラー写真を測色計(ミノルタ製CM-2002)で測色し、浴用タオル使用前後の色差を求めた。

(3) 皮表角層水分量の測定

人体皮膚への影響の検討は皮表角層水分量の測定から行った。測定部位には左右前腕内側部を用い、以下に述べる洗浄

の前・後におけるそれらの測定値の違いを検討した。洗浄前の測定は、被験者が25°C, 50 ± 10%RHの環境条件下の実験室に入室して15分の安静時間をとった後に行った。次に、被験者の右前腕内側部を、40 ± 2°Cの温湯に5分間浸漬後、ボディソープ3.0 gをつけてよく泡立てたSam.4(レギュラー)で、左前腕内側部を同条件で泡立てたSam.5(極細繊維)で入浴時とほぼ同様の力で3回擦り洗い、500 ccの温湯で流す操作を行った。皮膚上の液相水分は乾いた綿タオルの押し当て(5回)により拭き取った後、3分間の安静時間をおき、洗浄後の測定を行った。測定には皮表角層水分量測定装置SKIN SURFACE HYGROMETER((株)IBS製SKICON-200)を用いた。この測定器は、角層に3.5 MHzの高周波電流を流したときの電気伝導度を測定する装置で、電気伝導度を皮表角層水分量と定義している。測定範囲は1~1999 μsであり、値が高いほど皮表角層水分量が多い。被験者には健康な女子学生6名を用いた。安静時間10分後から測定を開始し、洗浄前と後の皮表角層水分量の経時変化を測定した。測定は同一部位(前腕内側部)において10ポイントの測定箇所を設けて行い、その平均値を解析に用いた。

(4) 物理量の測定

(i) 対皮膚摩擦特性値の測定方法[8]

対皮膚摩擦特性値の測定には水平摩擦装置と動歪計STRAIN AMPLIFIER((株)共和電業製DPM-613A)を用いて測定した。被験者には目視検査で肌に異常が認められない女子大生5名を用いた。幅2.5 cm × 長さ4 cm = 10 cm²の面積を持つ接触子の下面に、幅2.5 cm × 長さ21 cmに切り長さ方向に2つ折にした試料を固定し、被験者の、水平に保持された前腕内側部に接触させ、接触子上に分銅を載せる。速度1 mm/sで接触子を引張り移動させ、発生する摩擦力を力計で検出し、レコーダーに記録した。摩擦係数μの算出方法は以下の通りである。

$$\mu = F/W \quad (1)$$

W: 荷重(分銅 + 各試料の重さ + 摩擦子自重5.58 g)

F: 平均摩擦力(最大摩擦力の平均値)

(ii) 浴用タオルとプラスチック板の接触面の観察

1 cm²当たり約8.48 mgの炭素粉末をほぼ均一に付着させた、厚さ2.5 mmのプラスチック平板上に、泡立てた試料を置き、さらにその上に100 gの分銅を10秒間載せ、試料とプラスチック平板(+炭素粉末)を垂直方向から接触させた。その後、他の透明プラスチック平板上にその試料の下面(炭素の接触面)を接触させ、これをプラスチック板の底面側からビデオルーペ(スカラ(株)VL-77AT)で撮影し、市販の画像解析ソフト(三谷商事(株)製Mac Scope2.17)に画像を取り込み、以下のように解析した。接触面積の測定は取り込んだ画像をグレー画像化し、しきい値を用いて2値化を行い計測領域(炭素の付着した領域)を抽出し、その面積率を求めた。

(iii) 石鹸泡の個数と見かけの直径

約10~15 cm角に折りたたんだ浴用タオルを40 ± 1°Cの温湯に浸漬し、ボディソープを3 gつけ、手揉みで約1分間泡立てた後、その泡を実体顕微鏡(倍率60倍)で観察、前述の画像

処理ソフトで画像解析を行った。泡の個数は面積8 mm×6 mm内の泡を数え、泡のみかけの直径は、泡の面積を画像処理により求め、その面積を円と仮定して求めた。

3. 結果及び考察

3.1 洗浄感調査

実用時における市販浴用タオル（綿、麻、絹、レギュラー合繊、極細繊維）の洗浄感を明確にするために、女子大生を被験者に洗浄感のSD法調査を行った結果のSD法得点をTable 2 (a) 使用中の使い心地, (b) 使用後の肌の状態, (c) 翌日の肌の状態) に示す。なお、*印は危険率P < 0.05で有意差のあることを意味するが、表が煩雑になるので、本文に関わりのある項目のみに記する事にした。傾向として、両者間に1程度の差があるものは概ね有意差が認められた。

「使用中の使い心地」をみると、総合的な快適感 (Comfort) はSam.4 (レギュラー, SD法得点 +1.6) がもっとも評価が高く、次いでSam.5 (極細繊維, +0.7), Sam.1 (綿, +0.5), Sam.2 (麻, 0), Sam.3 (絹, -0.6) の順であった。詳細にみると、Sam.4は泡立ち感Bubble feeling (+2.7), 汚れ落ち感Clean feeling (+2.5) の項目で評価がたかく、チクチク感Non-prickle feeling (-1.2), 痛感Painless feeling (-1.0), ザラザラ感Non-rough feeling (-1.5) の項目で評価が低かった。「使用後の肌の状態」では、さっぱり感Refresh feeling (+1.7), 汚れ落ち感Clean feeling (+2.1) の項目で評価が高く、ヒリヒリ感Irritate feeling (-0.3), つっぱり感Skin-tension feeling (-0.1) では評価が低かった。「翌日の肌の状態」では、肌荒れ感Non-skin-rough feeling (+0.8), つっぱり感Skin-tension feeling (0) は通常の評価を得た。すなわち、Sam.4は泡立ち感, さっぱり感に優れ、皮膚の汚れがよく落ちている感じが得られるが、チクチク感, ザラザラ感, 痛感などの肌への刺激感のあることが

Table 2 SD scores of washcloths.

(a) Washing feeling during washing.

* P<0.05

Feeling Kinds of washcloth	Bubble	Non - prickle	Painless	Hold	Slide	Clean	Non - rough	Comfort
Sam.1	-0.3	+2.2	+2.4	+1.1	+1.2	+0.1	+2.2	+0.5
Sam.2	-0.3	+0.8	+0.9	+0.2	-0.8	+1.0	-0.3	0
Sam.3	-1.5	+1.6	+2.3	-0.8	+0.5	-0.3	+1.4	-0.6*
Sam.4	+2.7	-1.2	-1.0	+1.7	+1.2	+2.5	-1.5	+1.6
Sam.5	*-0.1	*+2.1	*+2.5	+1.3	+1.6	*0	*+2.1	*+0.7

(b) The feeling of the state of skin after washing.

Feeling Kinds of washcloth	Skin - smooth	Refresh	Irritate	Skin - tension	Clean
Sam.1	+0.9	+1.1	+2.2	+1.3	+0.8
Sam.2	+0.8	+1.1	+1.0	+1.1	+1.2
Sam.3	+0.7	-0.1	+1.3	+1.1	-0.7
Sam.4	+0.3	+1.7	-0.3	-0.1	+2.1
Sam.5	+1.0	*0	*+2.2	*+1.6	*+0.1

(c) The feeling of the state of skin on the next day after washing.

Feeling Kinds of washcloth	Non - skin - rough	Skin - fresh	Skin - tension	Moist - skin	Comfort
Sam.1	+1.7	+0.5	+1.4	+0.3	+0.7
Sam.2	+0.7	+0.4	+0.4	+0.1	+0.2
Sam.3	+1.4	+0.5	+1.0	+0.3	0
Sam.4	+0.8	+0.4	0	+0.1	+1.3
Sam.5	*+2.2	+0.7	*+1.5	+0.4	+0.7

分かった。

一方Sam.5は、「使用中の使い心地」については、泡立ち感 (-0.1), 汚れ落ち感 (0) の評価がSam.4に比べかなり低く、チクチク感 (+2.1), 痛感 (+2.5), ザラザラ感 (+2.1) の項目で評価が高く、チクチクしなく、痛みもザラザラもしない肌触りのよい浴用タオルであることが分かった。「使用後の肌の状態」では、さっぱり感 (0), 汚れ落ち感 (+0.1) の評価が低く、ヒリヒリ感 (+2.2), つっぱり感 (+1.6) の項目で評価が高く、Sam.4とはほぼ逆の評価傾向が得られた。「翌日の肌の状態」では、肌荒れ感 (+2.2), つっぱり感 (+1.5) で高い評価を得た。このように、本研究で用いた極細繊維使い浴用タオルはレギュラー合繊浴用タオルに比べ泡立ち感やさっぱり感が劣り、汚れが落ちた感じが得られないが、刺激感の少ない浴用タオルであることが分かった。

その他の天然繊維使い浴用タオルについては、顕著な傾向がほとんどみられないので、簡便に述べることにする。「使用中の使い心地」では、Sam.1は、Sam.5とほぼ同様の比較的高い評価を得、肌触りの良い浴用タオルである。Sam.3は、チクチクや痛みはないが、泡立ちにくく、持ちにくく、快適な洗浄感は得られていない。Sam.2は、全ての項目において±1以内のSD法得点を得、特徴のない並みの浴用タオルである。「使用後の肌の状態」では、天然繊維使い浴用タオルは概ねSam.5及びSam.4と同等または両者の中間の評価を得ている。「翌日の肌の状態」でも同様に、同等の評価または中間の評価を得ている。

以上の結果から、洗浄感調査結果からみた市販の浴用タオルには消費性能の異なる製品が存在することが明確になった。特に、Sam.4とSam.5は洗浄感の評価が相反する場合が多い結果が得られたので、それらの違いを以下において詳細に検討する。

3.2 洗浄性能

(1) 油性マジック汚れに対する洗浄効果

3.1において、Sam.4 (レギュラー) は汚れ落ち感の評価がたかく、Sam.5 (極細繊維) はその評価が低かった。この評価を検証するために、皮膚上に塗られた油性マジック (緑色) を、温湯のみを含んだ浴用タオル (Sam.4とSam.5) で擦り洗いを行った。その結果の写真をFig. 2に示す。Sam.4の場合は擦り洗い前後に色落ちはほとんど見られないが、Sam.5では擦り洗い後ではマジックの色落ちが明瞭に観察される。AfterとBeforeのカラー写真間の色差の平均値は、Sam.4の場合で $\Delta L^* = 0.72$ (標準偏差S.D. = 1.08), $\Delta a^* = -0.42$ (S.D. = 1.14), $\Delta b^* = 0.97$ (S.D. = 1.45), Sam.5では $\Delta L^* = 11.51$ (S.D. = 1.16), $\Delta a^* = -4.09$ (S.D. = 0.77), $\Delta b^* = 19.54$ (S.D. = 1.96) で、Sam.5の方が汚れを落としている。(Sam.5とSam.4の3量間にはそれぞれ危険率 $p < 0.05$ で有意差あり。) したがって、Sam.5は汚れ落ち感の評価が低い但实际上は皮膚上の汚れを良く落とし、逆に汚れ落ち感の評価が高いSam.4は皮膚上の汚れを落としにくい傾向にあることが分かった。

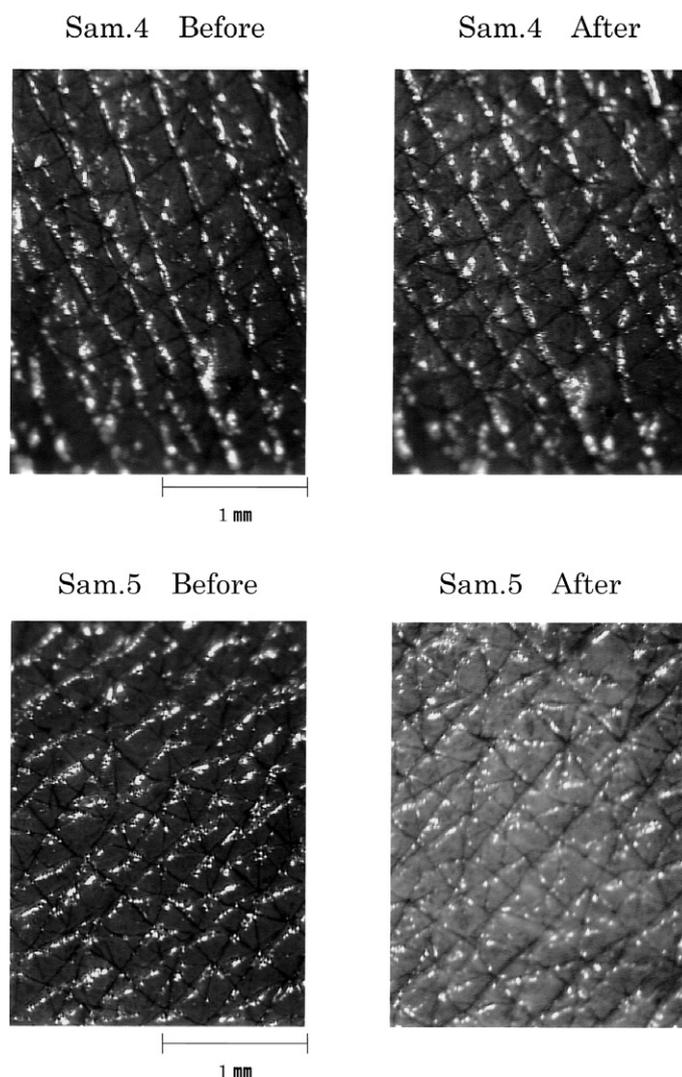


Fig. 2 Changes in color on skin painted using green-felt-tip pen before and after washing.

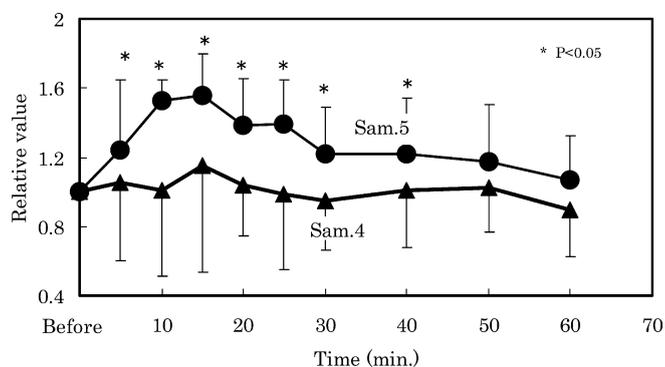


Fig. 3 Changes in the relative value of water content in stratum corneum after washing.

(2) 皮膚への影響

皮表角層水分量の測定結果をFig. 3に示す。これは洗浄前の測定値を基準にとり、洗浄後の測定値の経時変化を相対値 Relative value (平均値と標準偏差) で表したものである。図

から、Sam.5（極細繊維）の皮表面層水分量は洗浄後一旦増加し、その後次第に摩擦洗浄前の値に回復する傾向がみられるが、Sam.4（レギュラー）の皮表面層水分量は摩擦洗浄後もほとんど変化がない。経時変化全体を通じてSam.5はSam.4よりも皮表面層水分量値がたかい。Appendixのテープストリッピング法によれば、古い角層等を除去すると皮表面層水分量が増加するので、Sam.5の方がSam.4よりも角層をより多く除去していると考えられ、Sam.5の方が皮膚への影響は大と考えられる。

(3) 物理量

Sam.5（極細繊維）はSam.4（レギュラー）に比べ皮膚上の汚れ除去性能（洗浄効果）に優れていることを明確にしたが、ここではその原因を物理量、特に接触に関連した物理量から検討した。

Fig. 4は前腕内側部上を浴用タオルで摩擦したときの摩擦係数の石鹸量依存性を検討した結果である。これによると、通常の乾燥時 (Dry) ではSam.5の摩擦係数 μ は0.41, Sam.4の μ は0.58と後者の方が約1.4倍高いが、温湯 (water) のみを浴用タオルに含浸させた場合 (水分率で $120 \pm 10\%$) では、Sam.5は約1.2で乾燥時の約3倍、Sam.4は約0.95で約1.6倍に、両者とも増加しているが、Sam.5は著しい増加である。すなわち、温湯中で両浴用タオルを用いて皮膚を摩擦した場合、Sam.5の方が皮膚上の汚れを落としやすいと考えられる。さ

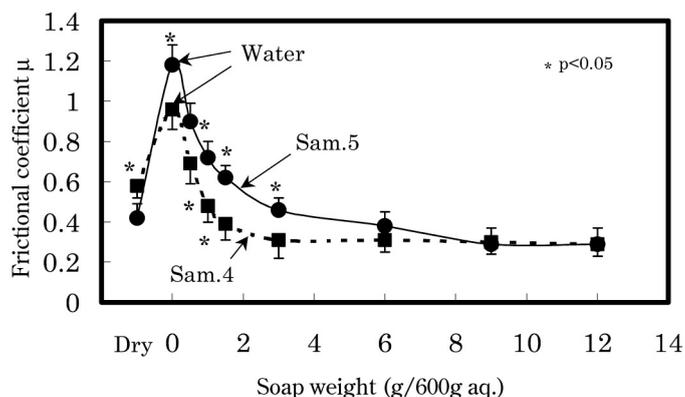


Fig. 4 Relationship between frictional coefficient and soap weight.

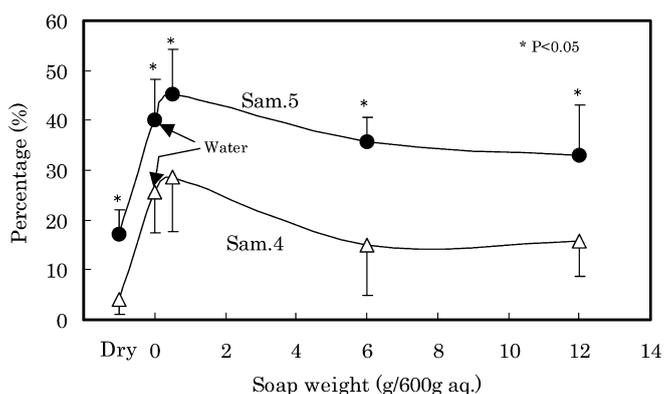


Fig. 5 Relationship between soap weight and the percentage of apparent real contact area ($7 \times 9 \text{ mm}^2$).

らに石鹸で泡立てた状態の浴用タオルの摩擦係数を測定すると、石鹸量が増加すると共に摩擦係数は漸次減少するが、Sam.4の場合は石鹸量が約2 (g/600g aq.) 以降は一定値 (約0.3) になった。それに対し、Sam.5の場合は一定値 (前者と同じ約0.3) になるのは約9 (g/600g aq.) 以降で、その間はSam.5の方が摩擦係数は高い。

摩擦係数が高いことは必ずしも皮膚と浴用タオルとの接触がおおきいことを意味しない場合、例えば布による皮膚の変形による摩擦前面の前面抵抗などもあるので、見かけの真実接触面積を測定した。アクリル平板上に炭素粉をほぼ均一に散布し、その上に浴用タオルを押し当て、タオルに移動した炭素粉の表面積を画像解析装置により測定した結果を見かけの真実接触面積と定義し、Fig. 5を得た。図は一定面積 ($7 \times 9 \text{ mm}^2$)

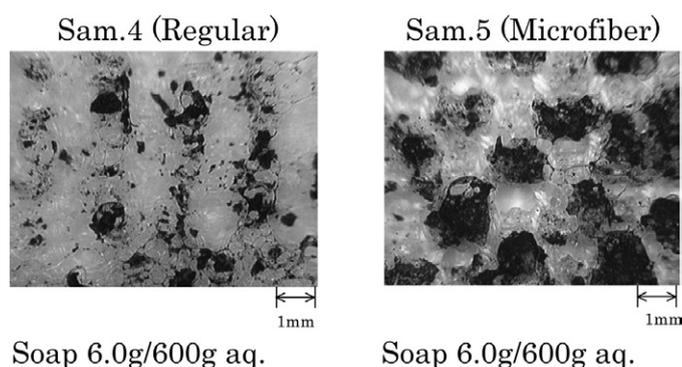


Fig. 6 Pictures of the apparent real contact area between a washcloth and a plastic plate ($7 \times 9 \text{ mm}^2$).

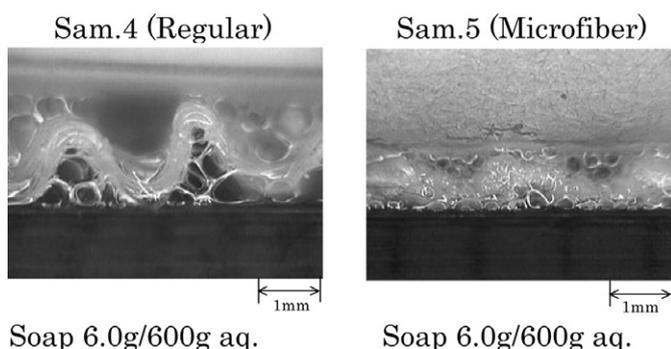


Fig. 7 Photographs of a contact state when a washcloth comes into contact with a plastic plate.

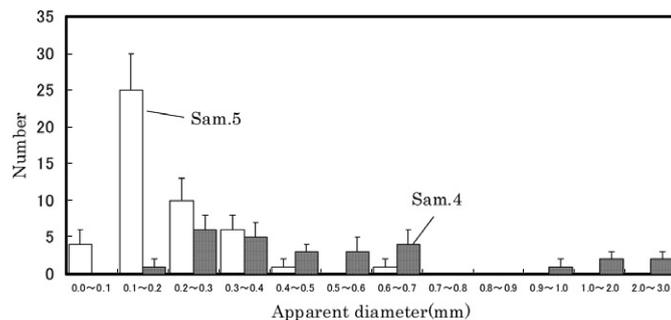


Fig. 8 Distribution of apparent diameter of bubbles.

の浴用タオルに占める見かけの真実接触面積の割合を示した一例である。石鹸で泡立てた状態における見かけの真実接触面積は、Sam.5は約35%前後、Sam.4は約16%で、前者の方が約2倍おおい。一般的に、浴用タオルと皮膚との接触する機会（面積）が多い方が、汚れは除去しやすいと考えられる。したがって、Sam.5が汚れ除去において優れている理由の一つに、この接触面積がおおきいことにあると考える。なお、Fig. 6に炭素粉が付着した状態の両浴用タオルの表面写真を示した。

洗浄感調査によれば、Sam.4は泡立ちが良く、Sam.5は悪いという評価を得ていた。一般的に泡立ちが良い方が汚れ除去性能に優れていることが推察される。そこで、アクリル平板と浴用タオルとの接触状態における石鹸泡の形態を観察してみた。Fig. 7はその一例で、アクリル平板と浴用タオルとの間（布より下方）には、Sam.4の場合は大きな泡が少数存在し、Sam.5の場合には小さな泡が多数存在することが認められる。泡立ちの違いをさらに明確にするために、浴用タオルで泡立てたときの泡の拡大写真を撮影し、 $8 \times 6 \text{ mm}^2$ 面積内の泡立ちの個数と見かけの直径を測定した。その結果がFig. 8で、Sam.5の場合には見かけの直径が0.1~0.2 mmの泡が多く（25個）、0.7~0.8 mm以上のものはみられない。それに対しSam.4は2.0~3.0 mmまでの泡が少数存在している。一般に、小さな泡が多数存在する場合と大きな泡が少数存在する場合の汚れ除去の効果は、汚れとの接触回数（面積）が多くなる、多数の微小な泡が存在する場合（汚れの移動量が多くなる）の方が洗浄効果は優れていると考えられる。おそらく、Sam.5の洗浄効果が優れている理由には、布と皮膚との間の接触面積がおおきいことのほかに、多数の微小な泡の存在も理由の一つになると思われる。一般に泡の大きさは、ノズルの径と表面張力によるといわれている[9]ので、微小な泡が多数存在する原因は、非常に細い繊維（極細繊維）が作る微小な空隙の存在によるものであろう。

以上のように、本研究において、浴用タオルにおける洗浄感と洗浄性能を実験的に検討し、洗浄感と洗浄性能は必ずしも一致しない結果を得たことは、今後の浴用タオルの設計方法や研究の方向を考えるときの基礎的な重要知見になると考えられる。現段階では、どの程度の洗浄効果が人にとって最適であるかはわかっていないし、快適な洗浄感が得られることの意義も分かっていないので、さらなる詳細な研究が必要と考える。特に、本研究で用いたレギュラー合繊と極細繊維の両浴用タオルの間には、繊維の太さの他に織構造が大きく異なっているので、織構造の効果に関する更なる研究も必要と考える。

4. 結 語

市販浴用タオルの洗浄感と洗浄性能に関する基礎的知見を得るために、木綿、麻、絹、レギュラー合繊（ナイロン/ポリエステル）、極細繊維（ナイロン/ポリエステル）製の5種の市販浴用タオルについて洗浄感調査を行い、そのうち顕著な差がみられたレギュラー合繊と極細繊維製の浴用タオルを用

いて、洗浄効果と皮膚角層への影響および接触状態等の洗浄性能について検討し、本実験の範囲内で以下の結果を得た。

- (1) レギュラー合繊浴用タオルにおいては、肌触り感（チクチク感、ざらつき感、痛感）の評価が低く、汚れ落ち感や泡立ち感の評価や総合的快適感の評価が高かったが、実際の汚れを除去する洗浄効果は低かった。相対的にみて、この浴用タオルの対皮膚摩擦特性値は低く、みかけの接触面積は小さかった。また、比較的大きな泡が少数発生していた。
- (2) 極細繊維浴用タオルでは、肌触り感の評価が高く、汚れ落ち感や泡立ち感の評価が低かったが、高い洗浄効果を有した。相対的にみて、この浴用タオルの対皮膚摩擦特性値は高く、みかけの接触面積は大きかった。また、比較的小さな泡が多数発生していた。

謝 辞

本研究の実験を遂行するに際し、多大なご協力を頂きました（株）NI帝人商事吉田典雄氏、佐藤博士氏、奈良女子大学生山田美絵氏、土田知恵子氏、水成恵子氏、同院生原 弥生氏に深謝致します。

References

- [1] Manabe I, Morooka H, Yoshida N, Morooka H, Matsumoto Y (2005) J Jpn Res Assn Text End-Uses, **46**, 519-528
- [2] Manabe I, Morooka H, Morooka H, Matsumoto Y (2005) J Jpn Res Assn Text End-Uses, **46**, 777-789
- [3] Hattori E (1999) Dermatic Treatment, **4**, 360-364
- [4] Uragami H (1981) J Jpn Soc Cuta H, **6**, 48-51
- [5] Teshima K (1997) J Jpn Soc Cuta H, **37**, 202-210
- [6] Sugai T (1988) J Jpn Soc Cuta H, **20**, 7-8
- [7] Kousei-sho Seikatsu-eisei-kyoku (1998) "Report H12"
- [8] Morooka H, Kanayama M, Takino H (1980) Kaseigaku Zasshi, **21**, 278-282
- [9] Osawa T (1996) "Awa no omoshiro kagaku", p16, Shokabo Co, Tokyo

Appendix: テープストリッピング法による皮表角層水分量の変化

皮膚の汚れ除去前後における皮表角層水分量の基本的変化を知るために、以下の方法によるテープストリッピング法の実験を行った。被験者5名に対して、被験部位に粘着性セロハンテープを貼り付け・剥がすストリッピング操作を、セロハンテープ1枚につき10回繰り返し、これを一人につきセロハンテープ5枚分を行った。テープストリッピング法により角質細胞を含む皮膚上の汚れを除去する前と後で得られた5名の皮表角層水分量 (water content in stratum corneum) の平均値は、除去前は267.4 μs で、除去後は395.3 μs であった（両者間には $p < 0.05$ で有意差あり）。この結果から、古い角層を含む皮膚上の汚れを取り除くと、皮表角層水分量は増加することが分かった。