

市販タオルの圧縮率と表面特性に及ぼす柔軟仕上げ剤の効果

牛腸ヒロミ・柏原美波・稲垣サナエ・上西朋子

* 生活環境学科 アパレル管理研究室

Effect of softener finishes on the compressibility and surface property of commercial towels

Hiromi GOCHO, Minami KASHIWABARA, Sanae INAGAKI and Tomoko UENISHI

* Department of Human Environmental Sciences, Jissen Women's University

The effects of commercially available softeners for cotton products were quantified. The compressibility (C), compressive elastic modulus (CEM), surface frictional coefficient (SFC) and the directional anisotropy (DA), were measured for a cotton towel that was treated with three commercially available softeners, D, R and H after 10 or 20 washings.

It was found in samples of 20 times washings that C was improved to 115 %, CEM to 1.20 % with D but not with R and H, SF to 85 %, and DA to about 90 % in both directions.

Key words : towel (タオル), fabric softener (柔軟仕上げ剤), compressibility (圧縮率), compressive elastic modulus (圧縮回復仕事量), surface friction coefficient (表面摩擦係数)

1. はじめに

洗濯用柔軟仕上げ剤には、繊維製品を柔らかく仕上げたり、洗濯じわを軽減する効果や帯電防止、抗菌性を付与した製品がある。1980年代には、繊維に大量に吸着し、環境に大量に排出されるカチオン型界面活性剤の使用濃度や水質汚濁が問題となり、界面活性剤の生分解性の改質などが行われた¹⁾。1990年前後では、柔軟仕上げ剤による吸水性の改善のための工夫²⁾が行われ、柔軟仕上げ剤による吸水性変化³⁾などが報告されている。柔軟仕上げ剤の繊維表面への吸着メカニズム⁴⁾などが明らかにされ、2000年代には節水洗濯や環境意識の高まりを受け、濃縮タイプのもも増え、香りに注意を払う商品が開発され始め⁵⁾、敏感肌などに配慮した商品⁶⁾も出現した。環境保全型繊維であるポリ乳酸布地の性能に及ぼす柔軟剤他加工剤の複合的効果⁷⁾などの研究も見られる。防臭効果や香りの機能を追究する製品が上市されるにつれ、香りを楽しんだり⁸⁾、香りを重視する⁹⁾など、柔軟仕上げ剤の香りの効果を対象にした研究が増えている¹⁰⁾。

市販のタオルは洗濯を繰り返すと徐々に硬くなり、風合いや肌触り、手触りが悪くなる。

タオルのような肌触り、手触りを重視する商品には、このような変化を防止する事を第一の目的とした柔軟加工が施される。

柔軟剤は、布を柔らかにし、布の表面の摩擦を少なくすることにより、洗濯しわや衣料の絡みを防止する。その他に、静電気を防止する、衣類にほこりや花粉が付着することを抑えるなど様々な効果がある。最近では、抗菌防臭効果を付与したり、洗濯をする人の気持ちをよくする効果などを考えた香りの付加がなされている。

この様に柔軟剤には様々な効果があるが、基本的には、布を物理的に柔らかくし、手触りをよくすることが重要である。

本研究では洗濯の際に使用する柔軟仕上げ剤の繊維製品に及ぼす柔軟効果を評価する。

具体的には、柔軟仕上げ剤で処理したタオルの圧縮率および圧縮弾性率の測定と表面摩擦係数の測定を行い、三種類の市販の柔軟仕上げ剤の種類と洗濯回数との効果を検討した。

2. 実験

2-1. 試料

用いた柔軟仕上げ剤は、最近発売された表1に示すD, R, Hの三種である。表1に示すように、一般に柔軟仕上げ剤は、カチオン型の界面活性剤が用いられる。

試料Dは、滑らかで柔らかな肌触りとリラックスさせる香りが特徴である。

試料Rは、柔らかな風合いと洗濯しわ、静電気の防止などの柔軟剤の基本的性質に加え、付香した香りに特徴を与えている。

試料Hは、ふわふわさらさらした風合いと防臭、抗菌性の付与、花粉の付着を防ぎ、洗濯しわや静電気を抑え、心地よい匂いが付香されている。

表2は市販タオル試料の基本物性値で、タオルは綿100%の無印良品のものを使った。

表1 使用した市販柔軟剤の成分と特徴

試料	成分	備考
D	エステル型カオチン界面活性剤 (18%)、陽イオン性軟化剤	シルクのようになめらかでやわらかな肌ざわり、スウィートラベンダーとバニラのほんのり甘い香りですリラックス
R	界面活性剤 (エステル型ジアルキルアンモニウム塩)、安定化剤、香料	長く続ける香り、繊細な香り、質の高い香り
H	界面活性剤 (エステル型ジアルキルアンモニウム塩、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、脂肪酸系 (非イオン))、安定化剤	ふわさらドライ仕上げ、防臭、抗菌、花粉の付着、洗濯しわ、静電気防止、フルーティーアロマの香り

表2 市販タオル試料*の基本物性

質量	厚さ	糸密度	
		タテ糸	ヨコ糸
g cm^{-2}	cm	本 cm^{-1}	
0.0381	0.205	26.4	21.2

*綿100% (無印良品)

2-2. 柔軟仕上げ剤の成分と働き

柔軟仕上げ剤は、カチオン型の界面活性剤を主成分とし、製品によって、仕上がりをさらに良くするための性能向上剤、安定した性能を保つための安定化剤などが配合されている。

界面活性剤は、1つの分子の中に、水になじみやすい親水基と、油になじみやすい疎水基 (親油基) の2つの部分を持つ物質で、カチオン型の界面活性剤は、水に溶けるとプラスの電気を帯びる親水基を持っている。

洗濯のすすぎの後の水に柔軟仕上げ剤を入れると、親水基が繊維の表面に吸着し、親油基を外側にして柔軟剤が繊維の表面にきれいに並んだ状態になる。そのため、繊維の表面は、油の膜ができた状態になり、摩擦抵抗が減少し、繊維同士のすべりがよくなるので、洗濯物がふんわりとなめらかに仕上がる。また、界面活性剤の親水基には、水分子が強く結合しているため、静電気が発生してもこの水分子を通して放電される。従って、柔軟仕上げ剤を使うと静電気の発生が抑えられるのである。

2-3. 試料の調製

力学的性質を測定するために使用したタオル試料は、洗剤のみを使用して洗濯したタオル、洗濯後に柔軟仕上げ剤を使用したタオルを用いた。

市販濃縮型弱アルカリ性合成洗剤を用いて、洗剤量18mL、洗浴量30L、浴比1:20、洗濯温度20±3℃の条件で行なった。洗濯は、ドラム型洗濯乾燥機 (家庭用ドラム型洗濯乾燥機 TW-E520V (C) TOSHIBA) を用いて、洗濯乾燥モードで、所定通りに、10回および20回洗濯、乾燥した。柔軟仕上げを行なった試料は、洗濯、すすぎを行なった後、所定量の柔軟仕上げ剤を投入して処理した。

2-4. 実験方法

2-4-1. 圧縮率測定

圧縮試験機 KES-FB3 を用いて、試料の圧縮荷重に対応する圧縮ひずみを測定し、圧縮変形量から圧縮率を、応力-ひずみ曲線の積分値から圧縮仕事を、最大圧力からの除重により得られる、応力-ひずみ曲線の積分値から圧縮回復仕事を計算して、手で触った時のふんわり感に対応する量を求めた。

試験片 3 枚を、経方向が交互に直角になるように重ね、一定圧力下で一分間保持したのち、圧力を除いて一分間放置し、その後、標準圧力を付加して厚さを測定する。これを 10 回繰り返して平均値を求めた。

(1) 式から、圧縮率 C_r を計算する。

$$C_r = (T_0 - T_1) \times 100 / T_0 \quad (1)$$

ここで T_0 は試験片の厚さ、 T_1 は荷重後の試験片の厚さである。

試験片に一定速度で圧力を加えている時の圧力と厚さの関係である応力-ひずみ曲線の積分値が圧縮仕事量で (2) 式で表される。

$$Wc = \int_{x=h_0}^{x=h_m} P dx \quad (2)$$

ここで h_0 は圧力 0 の時の試験片の厚さで、 h_m は最大圧力時の試験片の厚さである。

圧縮荷重が最大値に達した後、一定速度で除重していく過程での圧力と厚さの関係である応力-ひずみ曲線の積分値が圧縮回復仕事量で (3) 式で表される。

$$Wc' = \int_{x=h_0}^{x=h_m} P' dx \quad (2)$$

圧縮仕事量と圧縮回復仕事量は圧縮試験機に搭載されている積分計により自動計算される。

原布は 10 回、柔軟仕上げ剤使用洗濯処理試料は、15 回繰り返し測定をして、その平均値を計算した。

2-4-2. 表面摩擦測定

表面摩擦係数 MIU はカトーテックの表面試験機 KES-FB4 を用いて表面平均摩擦係数、摩擦係数の変動および表面の凹凸のデータを得、布表面の滑りやすさを評価した。

原布は 5 回、柔軟仕上げ剤使用洗濯処理試料は 15 回繰り返し測定をして平均値を計算した。

3. 結果と考察

3-1. 圧縮率

図 1 に 4 種の試料の圧縮率を示す。洗濯回数は 10 回と 20 回で、試料 N は柔軟剤を使用せず、洗濯のみをしたもので、試料 D, R, H はそれぞれ、所定の回数洗濯した後に市販柔軟仕上げ剤 D, R, H を使用したものである。

洗濯回数が 10 回の際は、洗濯後に柔軟仕上げ剤を使用しなくても、使用しても圧縮率は 54.5%~56.3%

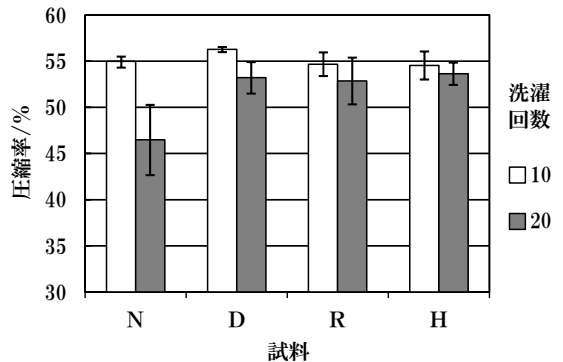


図 1 圧縮率に及ぼす洗濯回数と柔軟仕上げ剤の効果

とほとんど変わらず、柔軟仕上げ剤 D を使用した時が圧縮率 56.3% と最も大きくなった。

洗濯回数が 20 回になると、柔軟仕上げ剤を使用しなかった試料 N は、洗濯 10 回時の 54.9% から 46.5% と大きく減少した。柔軟仕上げ剤を使用しなかったため、洗濯によって繊維同士が絡まりやすくなり、硬く、滑りにくくなったため圧縮率が小さくなったと考えられる。

それに対して、柔軟仕上げ剤を使用した試料は、柔軟仕上げ剤の種類にかかわらず圧縮率は 52.9%~53.6% と 10 回洗濯時よりは若干低下したが、柔軟仕上げ剤を使用しなかった試料 N に比べ、圧縮率の低下は少なく、柔軟仕上げ剤の効果が見られた。柔軟剤を使用した試料 D, R, H の場合は柔軟剤の主成分であるカチオン界面活性剤が繊維表面に吸着するため、お互いに反発しあって、ふっくらさを保つので圧縮率が大きくなると考えられる。

3-2. 圧縮特性値

図 2 に試料の圧縮回復仕事量を示す。圧縮回復仕事量は一旦荷重をかけて圧縮させた後、除重して圧力を取り除いた後の回復の力の大きさを示している。

洗濯回数は 10 回と 20 回で、試料の記号は、N は柔軟仕上げ剤を使用せず洗濯のみをしたもの、試料 D, R, H はそれぞれ、所定の回数洗濯した後に市販柔軟仕上げ剤 D, R, H を使用したものである。

洗濯回数の影響は、図 2 から、柔軟仕上げ剤を使用しなくても、D, R, H のどの柔軟仕上げ剤を使用しても、洗濯回数が 10 回の時よりも、20 回の方が圧縮回

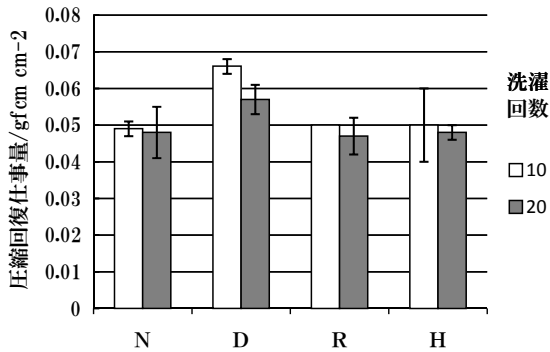


図2 圧縮回復仕事量の及ぼす洗濯回数と柔軟仕上げ剤の効果

復仕事量は低下し、洗濯回数を増すほど、圧縮からの回復力が低下することを示す。

柔軟仕上げ剤の種類の影響は、10回洗濯の時も、20回洗濯の時も、試料Dが最も圧縮回復仕事量が大きく、柔軟効果がよいことが分かる。

試料RとHの圧縮回復仕事量は10回洗濯の時も、20回洗濯の時でも、柔軟仕上げ剤未使用の試料Hとほとんど変わらなかった。

圧縮率に対しては、同じような効果が見られた柔軟剤D, R, Hだが、圧縮回復仕事量に対しては、効果が異なった。柔軟仕上げ剤Dは主成分のカチオン界面活性剤が繊維上に吸着するだけでなく、繊維内部に浸透して、繊維の弾性を向上させていると考えられる。

3-3. 表面摩擦性

図3に試料N, D, R, Hの順方向の表面摩擦係数MIUを示す。洗濯回数10回の試料より、20回の試料の方

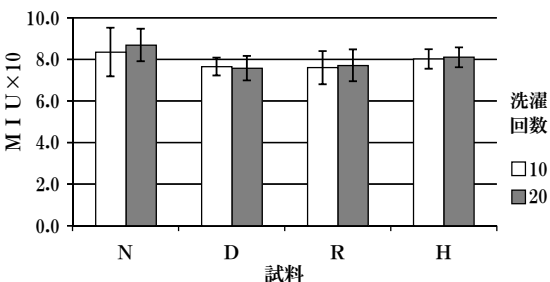


図3 表面摩擦係数(MIU)に及ぼす洗濯回数と柔軟仕上げ剤の効果(順方向)

が若干MIUが大きくなっている。

洗濯を繰り返すことにより、試料表面が毛羽立ってきて、摩擦係数が大きくなったと考えられる。

また、洗濯後に柔軟仕上げ剤を使わない試料Nが最も大きなMIUを示し、試料表面が荒れて来ていることが示唆される。柔軟仕上げ剤3種を使った試料D, R, HのMIUに大きな違いは見られないが、3種とも試料Nよりは小さな値を示し、表面を平滑にするという柔軟仕上げ剤の効果が見られる。

逆方向のMIUの値も、これと同様に、10回洗濯の試料より20回洗濯の方が試料Nを除いて若干MIUが大きいようにも見えるが、ほとんど同じくらいの値を示す。10~20回程度の洗濯では、MIUに大きな変化は与えないと考えられる。

図4に洗濯10回後の順逆方向のMIUの結果を示す。どの試料も順方向よりその逆方向のMIUが大きな値を示し、タオル地のパイルが方向性を示すことが分かる。

柔軟仕上げ剤を使わないN10試料が往復ともに、最も大きなMIUを示し、3種の柔軟仕上げ剤間に違いは見られないものの、柔軟仕上げ剤の効果をはっきりと表れた。

4. まとめ

市販タオルの柔らかさに及ぼす洗濯回数と柔軟仕上げ剤の種類の影響を、試料の圧縮率と圧縮回復仕事量、摩擦係数の結果から、合わせて深く考えると、20回洗濯後の試料では、圧縮率が55%から46%に下がったものが、柔軟仕上げ剤処理により、55%程度を保つことが分かった。この数値は十分効果が認められる値であり、洗濯20回後の圧縮率に及ぼす柔軟仕上

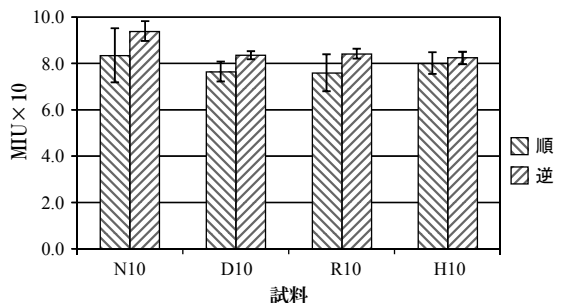


図4 10回洗濯試料の順方向と逆方向の表面摩擦係数(MIU)に及ぼす柔軟仕上げ剤の効果

げ剤の効果が明らかになった。

一方、摩擦係数は、洗浄回数を増してもほとんど変わらなかった。このことは先の考察で、柔軟仕上げ剤のカチオン界面活性剤が、綿繊維の内部に侵入し、内部の摩擦係数を小さくすることによって、布を構成する繊維が曲がり易くなったことによるのではないかと推測できる。

逆に洗濯回数を増やすと繊維が徐々に硬くなることは経験的な事実であるが、今回は圧縮率、圧縮回復仕事量、摩擦係数の数値でも示すことができた。このことも繊維内部の、マイクロフィブリルの配列が変わり、セルロースの結晶化が進むことが、硬くなることの原因であると考えることができる。

参考文献

- 1) Taeuber G, Klotz H, Neufahrt A (1986) : Environmental aspects of cationic fabric softeners, Proc. 2nd World Conf. Deterg.
- 2) 富所進：新時代を迎えたオレオケミカル脂肪酸アミン需要の 70～80%を占める自家消費 新型柔軟仕上げ剤などの新用途、油脂、42 (9)、51-54 (1989)
- 3) 生野晴美、松永典子：家庭用柔軟仕上げ剤による綿布の吸水性変化－1994年の市販品を対象に－、東京学芸大学紀要 第6部門 技術・家庭・環境教育、49、33-37 (1997)
- 4) 中村和吉、藤原夏美：柔軟仕上げ剤の繊維表面への吸着現象、日本家政学会誌、49 (4)、383-388 (1998)
- 5) 中野公洋：し好性と機能性を兼ね備えた香料の開発 衣類柔軟仕上げ剤の実例、季刊香料、No.205、107-111 (2000)
- 6) 宮坂広夫：皮膚官能・生理特性とその評価・測定 乾燥・敏感肌のための「肌ケア発想のお洗濯」－家庭用の衣料用洗剤と柔軟仕上げ剤について－、フレグランスジャーナル、35 (2)、54-60 (2007)
- 7) Avinc Ozan, Day Rebecca, Carr Chris, Wilding Mike : Effect of combined flame retardant, liquid repellent and softener finishes on poly (lactic acid) (PLA) fabric performance, Text. R. J., 82 (10)、975-984 (2012)
- 8) 池田亜希子：生活をもっと楽しく香りあふれる現代社会、化学と工業、64 (11)、861-865 (2011)
- 9) 丸山賢次：柔軟仕上げ剤における香りの世界－アロマの時代－、繊維製品消費科学、53 (10)、800-802 (2012)
- 10) 藤井日和、斉藤麻優美、宮原岳彦、江川直行、高岡弘光：柔軟仕上げ剤の香りが女性の印象に及ぼす影響、繊維製品消費科学、53 (10)、803-810 (2012)