

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：32674

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350083

研究課題名(和文)機能性衣料の性能維持に適した洗浄技術の確立

研究課題名(英文)Development of washing technology suitable for maintenance of functional clothing

研究代表者

米山 雄二 (YONEYAMA, Yuji)

文化学園大学・服装学部・教授

研究者番号：30556163

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、伸縮性を有する機能性衣料(スポーツウェア)の伸長量変化について、伸縮性を発現するポリウレタン繊維への油汚れの付着、運動時の繊維に加えられるストレス、および環境温度、洗浄する時に使用する洗剤の種類がどのように影響するかを検討した。その結果、スポーツウェアの伸縮性は、着用でも影響を受けるが、それよりも洗濯を繰り返すことで洗剤に含まれている界面活性剤の影響を受け、その影響は界面活性剤の種類や構造が関係して、異なることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：This study investigated the change in the elasticity of functional clothing (sportswear) according to the detergent used for washing, applied stress, and temperature experienced by the fibers during exercise as well as the oily soil attached to the functional fibers of polyurethane. As the results, the flexibility of sportswear is affected by wearing and repeated washing; in other words, the types and structures of the surfactant have a significant effect on the flexibility of sportswear.

研究分野：被服管理学

キーワード：機能性衣料 伸縮性 洗浄 界面活性剤

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化への防止意識や東日本大震災以降の省エネ・省資源の意識が高まり、家庭や企業内での室内温度の調整が進められ、その結果、夏は吸汗・速乾機能を持つ涼しい肌着や、冬は保温・発熱効果を持つ暖かい肌着が、大手衣料品メーカーより安価に発売され、約 50%の人がこうした機能性肌着を使用している。また、健康志向の高まりから、日常生活でジョギングやウォーキングなど気軽にスポーツを楽しむ習慣が増えており、最近のスポーツウェアはファッションナブルであることに加えて伸縮性により運動機能をサポートするウェアとなっている。こうした機能性衣料には、ポリエステル、ポリウレタンなどの化学繊維が使用され、伸縮性の富んだテキスタイルが使用されている。しかし、化学繊維は疎水性であるため、皮脂汚れが付着しやすく、臭いの発生原因となり、また繊維内部に入り込み材料特性（引張り強度や曲げ強度）の低下を引き起こすと考えられる。機能性肌着の使用実態調査では、1シーズンを使用して廃棄する人が多くを占めている。日本で廃棄される繊維製品は年間約 200 万トンもあり、機能性衣料のような消費行動は廃棄量を増やすことになり、持続可能な社会に逆行することから、機能性衣料の適切な手入れ方法の開発が望まれている。

2. 研究の目的

本研究は、機能性衣料（スポーツウェア）に付着した皮脂汚れが洗濯後も残留している状況を把握し、それが機能性衣料の伸縮性能の低下につながっていることを明らかにするとともに、その解決策として機能性衣料の性能維持に適した新しい洗剤組成および洗浄方法について提案するものである。

3. 研究の方法

本研究の課題は、機能性衣料における皮脂汚れの残留が布地の伸長量に影響して型崩れの原因になることを明確にすることと、この問題を解決するのに適した洗剤組成および洗浄方法を示すことにある。この 2 つの課題に向けて以下の方法で検討を行った。

(1) 機能性衣料の伸縮性に及ぼす要因の検討

スポーツウェアを着用して運動すると、発汗とともに皮脂汚れが繊維に付着し、また洗濯の際には洗剤に含まれる界面活性剤が繊維に吸着し、その伸縮性が変化すると考えられる。そこで、スポーツウェアの伸縮性に及ぼす要因について、着用・運動・洗濯の繰り返しによる寸法変化、油汚れの洗浄性および生地伸長量の変化から検討した。

着用試験

代表的な 4 社のスポーツウェアについて、材質を調べたところ、ポリエステルとポリウ

レタンが 85:15 または 84:16 の比率で用いられていた。本研究ではその中の 1 社の上半身用ウェアを試験衣料に選定した。

試験衣料を着用し、一定の運動をした後に市販洗剤を用いて洗濯し、乾燥後、再び着用・運動・洗濯を繰り返して衣料の寸法変化を測定した。洗浄は市販の粉末洗剤および液体洗剤を用い、洗剤濃度は表示されている使用量の目安 0.03% に設定した。洗濯は市販全自動洗濯機を用い、標準コースで行った。室内で乾燥した後に、JIS-L1909 に準拠して、図 1 に示す計測箇所を測定した。試験前の原寸法に対する試験後の寸法変化を下式により、寸法変化率として求めた。

$$\text{寸法変化率 (\%)} = \frac{\text{試験後の寸法} - \text{原寸法}}{\text{原寸法}} \times 100$$

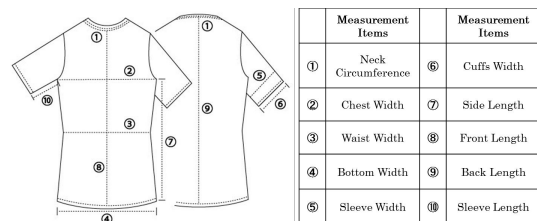


図 1 試験衣料の寸法計測箇所

油汚れ洗浄試験

試験衣料を 50 mm × 50 mm の大きさに切り、油汚れ汚染液を滴下・付着して、油汚れ汚染布を作製した。油汚れ汚染液は食用のサラダ油 1.5g と油溶性染料 0.01g をヘキサソール 50mL に溶解して調製した。洗浄試験は、試験機に Terg-0-Tometer を用い、回転数 120rpm で 10 分間の洗浄を行った。洗浄液は、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS-Na) とポリオキシエチレンアルキルエーテル (E08, エチレンオキシド付加モル数 8)、および市販液体洗剤を、それぞれ 0.03% 溶液として洗浄試験に用いた。洗浄力は洗浄前後の試料布の表面反射率を測定し、クベルカムンク式によって算出した。

引張り試験

試験衣料から、ウェール方向とコース方向のそれぞれに長辺を持つ 300 mm × 50 mm の布を切り出し試験布とした。試験布は LAS-Na 溶液、E08 溶液および液体洗剤溶液で洗浄を行い、室内乾燥後、20、65% の恒温恒湿室で 1 日保管して試験に用いた。引張り試験は、JIS-L1096 の定荷重法 (D 法) を参考にして、図 2 に示す装置に試験布を固定して吊るし、試験布の下端に 120g の錘を付けて伸長させた。1 分後に所定目印線に第 1 マーカーを合わせた後、錘を外して伸びを戻し、1 分後に目印線に第 2 マーカーを合わせ、両マーカー間を測定して、伸長量 L_1 mm とした。原布の伸長量 L_0 に対する試験布の伸長量の変化率 (%) を、下式より求めた。

$$\text{伸長量の変化率 (\%)} = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100$$

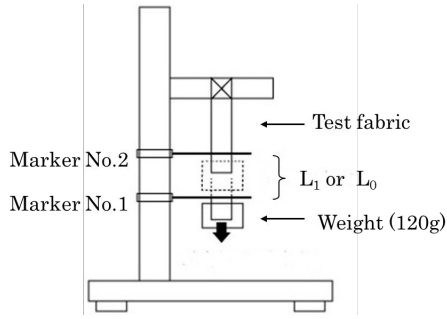


図2 伸長量の測定装置

(2) 機能性衣料の伸縮性に及ぼす伸縮ストレス負荷、油汚れ付着および洗剤の影響

スポーツウェアの寸法変化は、着用時における伸縮ストレス負荷、身体からの皮脂汚れの付着、また洗濯時の界面活性剤の吸着の要因があると考え、これらの影響を検討した。

引張り試験と同じサイズの試験布に伸縮負荷、油汚れ付着、洗濯の各要因を表1に示す組み合わせで処理を行い、引張り試験に用いた。ここで、油汚れは先の油汚れ汚染液を試験布の中央部分に滴下・付着させた。伸縮ストレスは図3に示すように水平方向に振幅運動をする装置を用い、温度10、20、50において振幅6cm、1分間に70サイクルで、60分間の伸縮ストレスを加えた。洗浄は、油汚れ洗浄試験と同様の条件で行った。

表1 試験布への処理条件

	Treatment condition			
	S1	S2	S3	S4
Adhering of oily soil	-	-	+	+
Elastic stress	-	+	+	+
Washing	-	-	-	+

-: without +: with

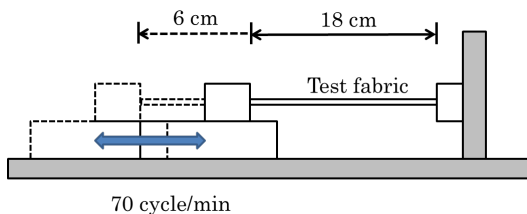


図3 伸縮負荷装置

4. 研究成果

(1) 試験衣料の着用による寸法変化

試験衣料を着用・運動・洗濯して、これを10回繰り返したとき、試験衣料の寸法変化を測定した結果を、図4に示す。試験衣料は着用・運動・洗濯を繰り返すと、全体に寸法変化が生じ、生地は伸びていることがわかった。

測定部位別に見ると、ウェール方向の部位、
、
、
は1~2%程度の寸法変化であるのに対し、コース方向の部位、
、
、
では3~4%程度と大きい値を示した。

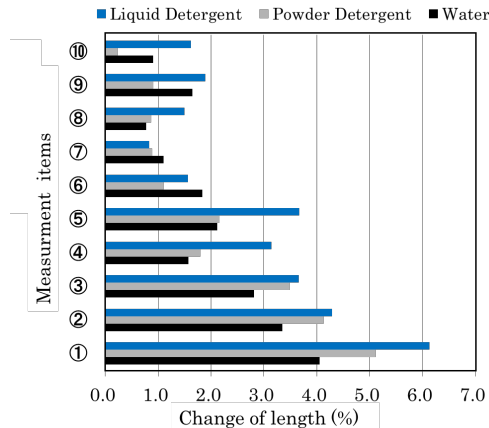


図4 着用・運動・洗濯を10回繰り返した後の寸法変化量

次に洗浄液を比較すると、粉末洗剤の場合では、コース方向の部位、
、
、
は水の時よりも伸びやすい傾向がみられるが、ウェール方法の部位、
、
、
は、逆に若干伸びにくくなる傾向であった。液体洗剤の場合は全般に粉末洗剤よりも寸法変化が大きくなっており、特にコース方向ではっきりと液体洗剤の方が大きい値となった。

これらの結果から、スポーツウェアは着用・運動・洗濯の繰り返しによって寸法変化が発生し、その変化はニット構造のコース方向に大きく表れ、寸法変化量は洗濯時に用いる洗剤によって違いがあることがわかった。

(2) 油汚れの洗浄性

試験布、JIS綿布およびJISポリエステル布に油汚れを付着して汚染布を作成し、これらをLAS-Na溶液、E08溶液および市販濃縮液体洗剤の3種類の洗浄液を用いて洗浄した結果を、図5に示す。油汚れの洗浄性は、綿布で最も高く、ポリエステル布および試験布では洗浄性が著しく低い値であった。

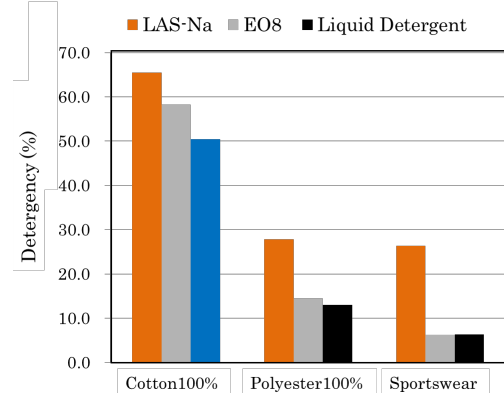


図5 油汚れの洗浄性

一般に油汚れは親水性繊維からは除去されやすく、親油性繊維からは除去されにくい

が、ポリエステル布よりも試験布の方が若干洗浄性は低い値を示した。ポリウレタン繊維は伸縮性能を発現するために非晶質部分が多く存在するが、この部分は染料や油などの分子が浸透しやすいため、ポリウレタンは化学物質の影響を受けやすい性質を持っている。すなわち、試験布は油汚れがポリウレタン繊維に浸透して、洗浄による除去がしにくいいため、ポリエステル布よりも油汚れ洗浄性が低くなったと考える。

(3) 機能性衣料の伸縮性に及ぼす伸縮ストレス負荷、油汚れ付着および洗剤の影響

伸縮ストレスの影響

試験布のウェール方向またはコース方向に各温度で70rpmのサイクルで伸縮ストレスを加えて、その試験布の引張り試験を行った。その結果を図6に示す。

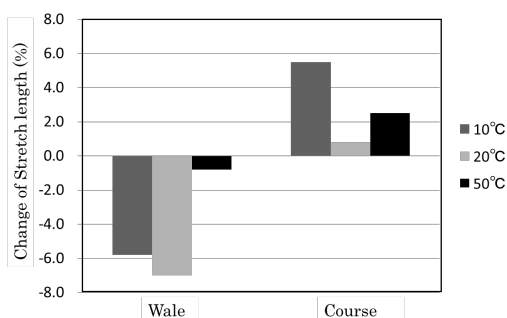


図6 伸長量変化に及ぼす伸縮ストレスの影響

伸縮ストレスを加えると、試験布のウェール方向は原布に比べて伸長変化はマイナスの値となり、伸びにくくなった。一方、コース方向では逆にプラスの値となって伸びやすくなった。用いた試験布は平編みニット構造であり、この構造は力を加えた時に、ウェール方向よりもコース方向が伸びやすく、回復性がある。試験布はこのニット構造にポリウレタン系が含まれ、伸縮性に大きな役割を果たしている。試験布を一定の長さに伸ばした時のポリウレタン系にかかる負荷を考えると、回復性の良くないウェール方向の方が大きな負荷がかかるといえる。ウェール方向とコース方向で異なる挙動を示したのは、この伸縮負荷の違いによると考えられる。また温度による伸長量の変化は、温度による非晶質部分での動きやすさと伸縮運動による絡み合いの強さが関係して異なることが示唆された。

油汚れの付着と伸縮ストレスの影響

試験布に油汚れを付着した状態で伸縮ストレスを加え、その試験布の引張り試験を行った結果を図7に示す。油汚れが付着し、そこに伸縮ストレスが加わった場合には、ウェール方向およびコース方向ともに、伸長変化は大きくプラスに増加しており、著しく伸びやすい状態となった。先の図6において伸縮負荷だけを加えた場合には、ウェール方向は

伸びにくくなる傾向であったが、油汚れが存在すると、一転して伸びやすくなる現象になった。コース方向は、伸縮ストレスだけでも伸びやすくなったが、油汚れが存在するとさらに伸びやすくなった。ポリウレタンに付着した油汚れは非晶質のソフトセグメントに浸透するが、伸縮負荷を加えるとソフトセグメント部分の変形によってさらに油汚れが浸透拡散し、ソフトセグメント部分の可塑化を引き起こして、試験布は伸びやすくなったと考えられる。

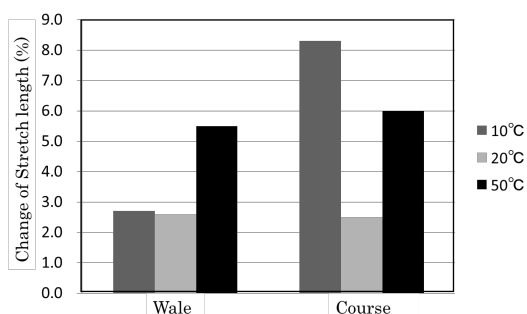


図7 伸長量変化に及ぼす油汚れ付着および伸縮ストレスの影響

洗浄時の界面活性剤の影響

油汚れを付着させて伸縮ストレスを加えた試験布をLAS-Na溶液で洗浄した結果を図8に、E08溶液で洗浄した結果を図9に示す。図8のウェール方向の結果は洗浄時のLAS-Naの浸透が起こり、低温10ではLAS-Naの浸透拡散によって可塑化がすすむが、処理温度が高くなるとLAS-Naの浸透拡散が多くなり、LAS-Naの立体構造によって伸びにくくなったと考えられる。

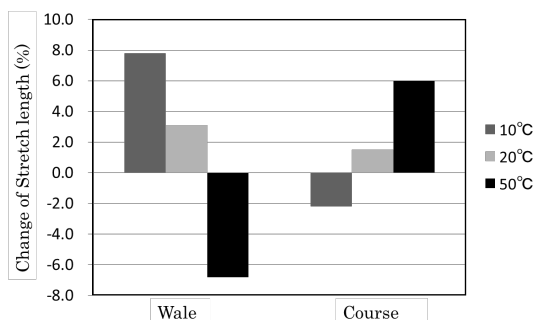


図8 油汚れ付着、伸縮ストレスおよびLAS-Na溶液で洗浄した後の伸長量変化

コース方向の結果を見ると、低温10と20では伸長変化は図7の値より小さくなっており、LAS-Naの浸透により伸びにくくなったといえる。しかし50の値は図7とほぼ同じ値であり、これは伸縮負荷によって油汚れが十分に浸透しているためにLAS-Naの浸透が起きていないと考えられる。

一方、非イオン界面活性剤E08で洗浄した結果(図9)を洗浄前の図7と比較すると、ウェール方向の低温10では油汚れとともに伸縮負荷を与えた試験布は伸長変化が3

6%に大きく増大しており、またコース方向でも伸長変化は洗浄する前の値とは約2倍に増大している。これらの増加量はLAS-Naよりも明らかに大きく、伸びやすくなっている。

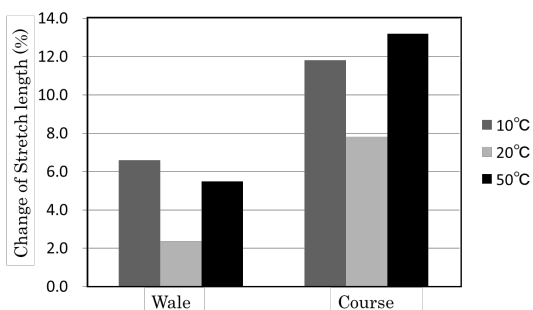


図9 油汚れ付着、伸縮ストレスおよびE08溶液で洗浄をした後の伸長量変化

(4) ポリウレタン系の伸縮性に及ぼす界面活性剤の構造の影響

試験布の伸長量変化は、ポリウレタン系への界面活性剤の影響が大きいことがわかったことから、ポリウレタン系を用い、界面活性剤の親水基と疎水基が異なる種々の界面活性剤の水溶液に浸漬させて、ポリウレタンの伸長量に及ぼす界面活性剤の構造的要因の影響を検討した。その結果、陰イオン界面活性剤の疎水基の影響は、炭素鎖の長さがポリウレタンへの吸着性と浸透拡散に影響し、炭素鎖が長くなると、その影響は小さくなることがわかった。また、疎水基にベンゼン環が存在すると立体構造の自由度が低いために、ポリウレタンのソフトセグメントを硬くする影響が現れ、伸長量の変化が少なくなることがわかった。また、非イオン界面活性剤は親水基のE0の付加モル数が8個の時に最も大きくなり、それ以上の付加モル数では伸長量の変化は小さくなった。これはE0鎖が長くなると吸着性と浸透拡散が低下して、ポリウレタンの伸張性の変化への影響は小さくなることがわかった。

本研究により、市販の機能性スポーツウェアにおいて運動機能性を維持するための伸縮性はポリウレタンの性質によって発現するが、ポリウレタンは、皮脂汚れの付着や伸縮ストレスの影響を受け、また、洗浄時に界面活性剤の影響を受けて伸長量が大きく変化することがわかった。また、その影響は界面活性剤の種類や構造が関係して、異なることが明らかになった。

2020年に東京オリンピックを開催するという明るい話題もあり、今後国民の健康スポーツ志向は更に高まって機能性衣料の市場が拡大し、日本が世界をリードする新たな高機能性衣料の開発や製品が多く生み出される可能性がある。本研究の成果はポリウレタンを使用して伸縮性を発現する機能性衣料の性能低下を抑える新しい洗浄剤の可能性に新しい知見を与えるものであり、国民の健

康的な生活の向上や環境保護の点だけでなく、日本の繊維産業の再活性化に貢献できるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

鄭好根・時田(藤生)直恵、米山雄二、「スポーツウェアの伸縮性に及ぼす伸縮負荷、油汚れ付着および洗浄の影響」、材料技術、34/4、pp75~80、2016、査読有

鄭好根・時田(藤生)直恵、米山雄二、「スポーツウェアの伸縮性に及ぼす洗剤の影響」、材料技術、33/6、pp119~125、2015、査読有

〔学会発表〕(計4件)

鄭好根・時田(藤生)直恵・米山雄二、「スポーツウェアの伸縮性に及ぼす界面活性剤の構造の影響」日本油化学会・第48回洗浄に関するシンポジウム、2016年11月10日(タワーホール船堀、東京都江戸川区)

鄭好根・時田(藤生)直恵・米山雄二、「機能性衣料の伸縮性に及ぼす界面活性剤の影響」日本油化学会・第47回洗浄に関するシンポジウム、2015年10月21日(大阪科学技術センター、大阪府大阪市)

鄭好根・藤生直恵・米山雄二、「機能性衣料の伸縮性に及ぼす洗剤の影響」日本繊維製品消費科学会・2015年年次大会、2015年6月27日(信州大学、長野県上田市)

鄭好根・藤生直恵・米山雄二、「機能性衣料の伸縮性に及ぼす洗濯の影響」日本油化学会・第46回洗浄に関するシンポジウム2014年10月21日(タワーホール船堀、東京都江戸川区)

〔図書〕

なし

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

米山雄二(YONEYAMA Yuji)
文化学園大学・服装学部・教授
研究者番号：30556163

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

時田(藤生)直恵(TOKITA Naoe)
文化学園大学・服装学部・助教
研究者番号：70713311

(4)研究協力者

鄭好根(JUNG Hokyun)