

# 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

鄭 好根\*<sup>1</sup>・時田直恵\*<sup>1</sup>・米山雄二\*<sup>1</sup>

The influence of elastic load, oily soil adherence and washing on the  
elasticity of sportswear

The influences of elastic load, oily soil adherence and washing on sportswear were studied by measuring the change in stretch length of sportswear swatch. In the case of oily soil adherence in addition to elastic load, the oily soil penetrated into the polyurethane via diffusion and resulted in a change in the stretch length. When clothes containing the penetrated polyurethane were washed, the surfactant caused the penetration to spread inside the polyurethane, further changing the stretch length. However, the change with temperature was different in case of anionic surfactant (LAS-Na) from that of nonionic surfactant (EO8), and when a lot of LAS-Na diffused in the penetration process, the change in stretch length became negative and stretching became difficult. On the other hand, when subjected to elastic load and oily soil followed by washing, the wale direction and course direction showed the same conduct regardless of the temperature and EO8, and stretching became easy.

It was found that the elasticity of sportswear degrade with the penetration of oily soil which diffuse inside the polyurethane with the elastic load. With regard to the surfactant of the detergent to use while washing, EO8 result in lower the elasticity of sportswear than LAS-Na.

**Keywords :** sportswear, elastic load, polyurethane, oily soil, washing, surfactant

Received May 23, 2016 ; Accepted June 29, 2016

## 1 緒言

運動する時に着用するスポーツウェアはスポーツの種類に合わせて運動しやすいように機能が開発されており、そのスポーツウェアには運動機能性、快適性、吸汗・吸水性、耐久性、安全性が求められて

いる<sup>1)</sup>。その中で最も大切な機能となっている運動機能性を得るために、スポーツウェアの生地は、動きに追従して変形する伸縮性が付与されている。一般に、伸縮性を持つスポーツウェアにはポリウレタン繊維が用いられており、この繊維は伸縮性に優れる一方、強度的に他の合成繊維と比較して弱いため、単体では用いられず、ポリエステルやナイロンなどの他の繊維と混用されている。そして、スポーツウェアの生地はニット編成として、そのニット構造によ

\*<sup>1</sup> Hokyun Jung, Naoe Tokita, Yuji Yoneyama  
文化学園大学 服装学部  
東京都渋谷区代々木3-22-1 (〒151-8523)

る伸びとポリウレタン自身の弾性によって、大きな伸縮性を発現している。

しかし、ポリウレタンはイソシアネートとポリオールをウレタン化反応させることによって合成されるが、そのポリマー主鎖にはエステル結合またはエーテル結合を有しているため、化学的な影響を受けやすく、加水分解、熱劣化、油劣化などを受けて脆化しやすいことが知られている<sup>2)</sup>。

前報<sup>3)</sup>において、市販されている上半身用のスポーツウェアを試験衣料として用い、実際に着用・運動・洗濯を繰り返すことで、スポーツウェアの各部位の寸法変化を起こすことを明らかにし、また洗濯に用いる洗剤の成分の影響を受けて、陰イオン界面活性剤を主成分とする粉末洗剤よりも、非イオン界面活性剤を主成分とする液体洗剤の方が、寸法変化が大きいことがわかった。こうしたスポーツウェアの寸法変化の要因は、着用時における伸縮負荷、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、3つの要因が影響していると考えられる。

本研究では、前報と同じスポーツウェアの布片を用い、実着用を想定した条件の伸縮負荷、油性物質の付着、および洗浄の各操作を加えて、寸法変化を測定しそれぞれの影響について検討した。また、寸法変化の原因と考えられるポリウレタン糸だけを用いて同様の実験を行い、ポリウレタンに及ぼす3つの影響について検討した。

## 2 実験

### 2.1 試験布

試験衣料は、前報と同じスポーツメーカーの上半身用ウェア製品（ポリエステル：ポリウレタン＝86:14、平編みニット）を用いた。ニットの構造は編み糸が編み環を作りながらつながることで平面を構成している。この時、編み糸が編み環を作りながら進む方向をコースと呼び、編み環が隣の糸の編み環とつながっている方向をウェールと呼ぶ。ニット構造にはこのように方向性があるため、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、と50 mm × 300 mmの大きさに試験布を切り出し、長辺方向の上から50mmおよび250mmに測定用の線を引いて、試験に用いた。この試験布に、油汚れ付着、伸縮負荷、洗浄の各要因を、Table 1に示す組み合わせで処理を行い、引張り試験に用いた。

Table 1 Treatment condition for test fabric.

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

—: without +: with

ここで、油汚れは、食用のサラダ油(大豆100%) 1.5gと油溶性染料(Oil Red 5B) 0.01gをヘキサン50 mLに溶解して調製した油汚れ汚染液を試験布の中央部分に500 μLを滴下して付着させた。

伸縮負荷は、Fig.1に示すように水平方向に振幅運動をする装置を用い、これに試験布の中央部分18cmの両端を固定し、振幅6cm、1分間に70サイクルの速さで、60分間の伸縮運動を加えた。この伸縮負荷は、10℃、20℃、50℃で行った。ここで、伸縮の振幅は、上半身の運動で最も伸びが大きい部分が肘であることから、男女各10人の肘を曲げた時の伸びの測定値を参考にした。また、伸縮負荷のサイクルは次の理由で設定した。人間は有効な運動をするためには最大心拍数の60～80%を維持して運動するのが良いとされており、20代の場合130程度となる。この心拍数を得るには安静時の心拍数60との差、つまり70サイクルの繰り返し運動が目安となる<sup>4)</sup>ことから、伸縮負荷のサイクルを設定した。

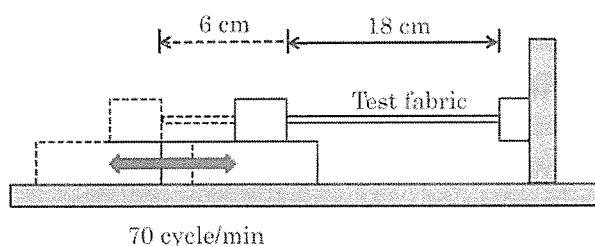


Fig. 1 Elastic stress for test fabric and polyurethane fiber.

試験布の洗浄は、洗浄試験機に Terg-O-Tometer (MS-8212, 上島製作所製)を用い、20℃、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, 花王製)およびポリオキシエチレンアルキルエーテル(EO8, エチレンオキシド付加モル数8, 花王製)

をそれぞれ 0.03% 溶液に調製して用いた。

### 2.2 試験布を用いた引張り試験

引張り試験は、前報と同様に JIS-L1096 の定荷重法 (D 法) を参考にして、Fig.2 に示す装置に試験布の上端 50mm 目印線の部分を固定して吊るし、試験布の下端に 0.12kg の錘を付けて伸長させた。1 分後に 250mm 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 250mm 目印線に第 2 マーカーを合わせ、両マーカー間の距離をノギス (DIGITAL CALIPER、シンワ測定製) を用いて測定し、試料布の伸長量  $L_1$  mm とした。原布を用いて行った時の伸長量  $L_0$  に対する試験布の伸長量の変化率 (%) を、下式より求めた。

$$\text{伸び量の変化率 (\%)} = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100 \quad \dots (1)$$

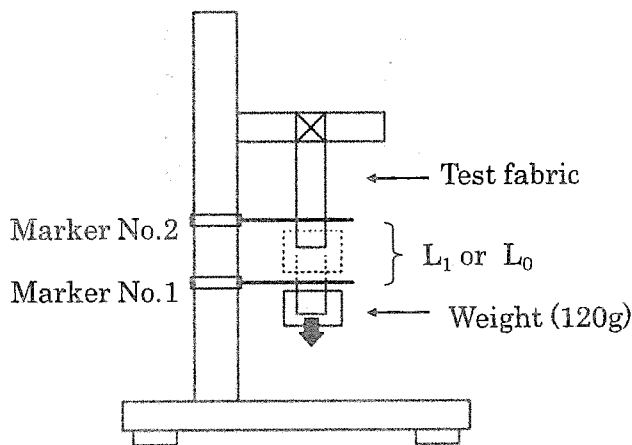


Fig. 2 Measurement of stretch length.

引張り試験は、同一条件で処理した試料布 3 枚を用い、試料布 1 枚について 5 回の引張り試験を実施し、合計 15 回の測定を行った。なお、5 回の試験のインターバルは JIS-L1096 に準拠して 1 分とした。

### 2.3 ポリウレタン糸を用いた引張り試験

スポーツウェアに含まれる繊維の中で伸縮性にかかわるポリウレタン糸 (LYCRA 470TEX, 東レデュポン製) を用い、この糸を 5 本、10 本、15 本をそれぞれ一束にして結び、長さ 30cm の試料束とした。これらの上端から 50mm の部分と 250mm のところに測長用の目印を付けた。試料束を Table 2 に示すように、油汚れ付着および伸縮負荷の要因を加えて処理した。

ここで油汚れは 2.1 で使用した油汚れ汚染液を用いて試料束に  $6.8 \pm 0.3$ mg 付着させた。試験束への伸縮負荷は試験布の時と同じように Fig.1 に示す装置を使用し、試料束の中央部分 18cm の両端を固定し、振幅 6cm、1 分間に 70 サイクルの速さで、60 分間の伸縮運動を加えた。

試料束の引張り試験は、Fig.2 に示す装置に試験

Table 2 Treatment condition for polyurethane fiber.

	Treatment condition			
	PU1	PU2	PU3	PU4
Adhesion of oily soil	—	—	+	+
Elastic stress	—	+	—	+

—: without +: with

束の上端 50mm 目印線の部分を固定して吊るし、試験束の下端に 0.012kg の錘を付けて伸長させて行った。試料布の場合と同様に 1 分後に 250mm 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 250mm 目印線に第 2 マーカーを合わせ、両マーカー間の距離をノギス (DIGITAL CALIPER、シンワ測定製) を用いて測定し、試料束の伸長量  $L_1$  mm とした。原糸を用いて行った時の伸長量  $L_0$  に対する試験布の伸長量の変化率 (%) を、(1) 式より求めた。

## 3 結果および考察

### 3.1 伸縮ストレスによる影響

試料布に各温度でウェール方向またはコース方向に 70rpm のサイクルで伸縮負荷を加え、その試験布に対して引張り試験を行った結果を Fig.3 に示す。

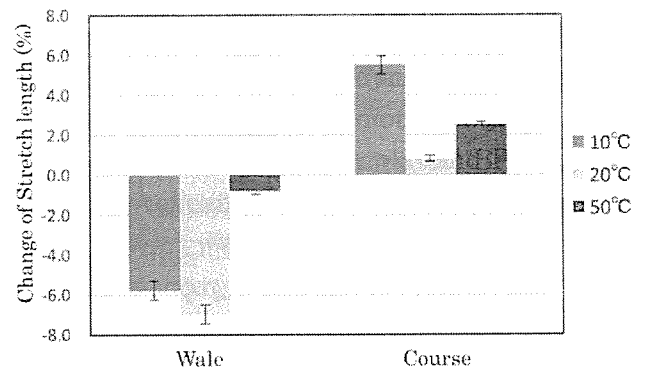


Fig. 3 Change of stretch length of sportswear after elastic stress (S2).

伸縮負荷を加えることによって、原布に比べて寸法変化が現れたが、ウェール方向とコース方向では異なる挙動が見られた。試料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。用いた試験布は前報に示したように平編みニット構造である。この構造は力を加えた時には、ウェール方向よりもコース方向の方が伸びやすく、回復性に優れている<sup>5)</sup>。試験布にはこのニット構造を構成する糸に伸縮性に優れたポリウレタン糸が含まれており、伸縮性に大きな役割を果たしている。試料布を一定の長さに伸ばした時のポリウレタン糸にかかる負荷を考えると、回復性の良いコース方向よりも、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。Fig.3において、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。

ポリウレタンは水素結合によって強い凝集力を持つウレタン層、ウレア層で構成された結晶性のハードセグメント部分と、ガラス転移点が低いポリオール成分から構成される非結晶性のソフトセグメント部分からなる。ポリウレタンは力が加わった時にハードセグメントは変形せずに、ソフトセグメントが引張り方向に伸びて変形し、力を取り除くと高分子鎖の複雑な絡み合いの影響で元に戻る性質がある<sup>2)</sup>。この点から Fig.3 の結果を考えると、伸縮負荷を強く加えるウェール方向の試験では低温の10℃および常温の20℃で約6%伸びにくくなっており、非晶質部分の絡み合いが強くなって伸びにくくなったものと考えられる。しかしウェール方向の50℃での伸縮負荷では、原布の伸長変化とあまり変わらず、これは50℃の温度での大きな伸縮では非晶質部分の変形が大きく起って、絡み合いが増えないものといえる。

一方、コース方向ではニット構造による伸縮の影響が大きいため、ポリウレタンへの伸縮負荷は小さいものと考えられ、この小さい伸縮を繰り返すと低温では非晶質部分のからみが緩んでいることを示す。20℃での伸縮負荷では、非晶質部分の動きが原布に近い状態となり、伸ばしても元に戻ろうとする性質が発揮されるために伸長変化が小さくなったと考える。しかし、50℃での伸縮を繰り返すと温度の効果で非晶質部分の動きがよく、変形しやすい状態となって伸びやすくなったと考えられる。

このように、スポーツウェアに繰り返し伸縮を加

えるだけで、繊維の伸縮性能に影響が残り、それは温度や伸縮の大きさによって影響の出かたが異なることがわかった。

### 3.2 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させた状態で伸縮負荷を加え、その試験布を用いて引張り試験を行った結果を Fig.4 に示す。

油汚れが付着し、そこに伸縮負荷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 Fig.3 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

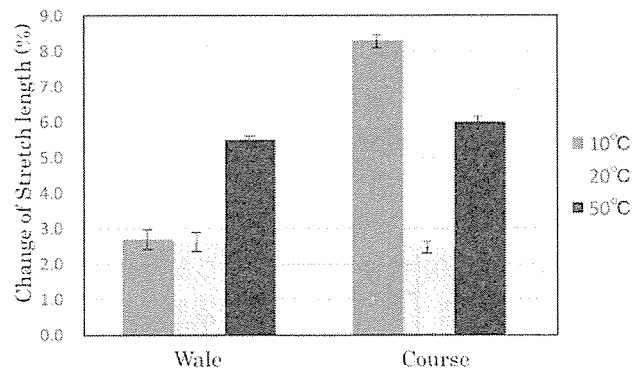


Fig. 4 Change of stretch length of sportswear after adhesion of oily soil and elastic stress (S3).

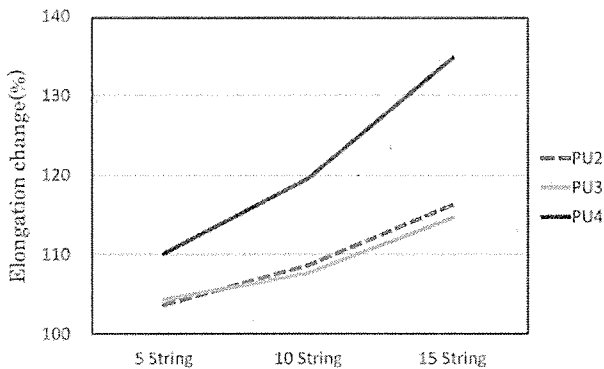
る傾向であったが、油汚れが存在すると、一転して伸びやすくなる現象になることがわかる。コース方向は、伸縮負荷だけでも伸びやすくなったが、油汚れが存在するとさらに伸びやすくなる現象であった。繊維の非晶質部分は染料などの分子が浸透して染まりやすい部分であり、非晶質部分の多いポリウレタンは油汚れによる浸透が起こりやすいと考えられる。この性質から Fig.4 の結果を考えると、ポリウレタンに付着した油汚れは非晶質のソフトセグメントに浸透するが、伸縮負荷を加えるとソフトセグメント部分の変形によってさらに油汚れが浸透拡散しやすくなり、ソフトセグメント部分の可塑化を引き起こし、そのために試料布は伸びやすくなったと考えられる。

### 3.3 ポリウレタン糸の引張り実験

試験布に対して油汚れが付着して伸縮負荷を加えた時に伸長変化が大きくなったことについて、油汚れの付着と伸縮負荷の影響が複合されたためと考

えられたが、これを明らかにするため、ポリウレタン糸を用いて、油汚れの付着、伸縮負荷、およびその両方の要因を加えて試験を行ってみた。その結果を Fig.5 に示す。

ポリウレタン糸の本数を変えて試験を行ったが、いずれの本数でも伸縮負荷を加えただけの処理条件 PU2 の糸、および油汚れを付着させただけの処理条件 PU3 の糸は原糸と比べて、伸長変化が現れ、103 ~ 116% の値を示した。そしてこの 2 つの条件を同時に行った場合、すなわち油汚れを付着させた状態で伸縮負荷を加えた処理条件 PU4 の糸は、伸長変化はさらに大きくなり、110 ~ 135% になることがわかった。この結果は、Fig.3 および Fig.4 における伸長変化が、ポリウレタン糸への影響が大きく表れていることを示している。ここでポリウレタン糸の本数が増えるにしたがって、伸長変化が大きい値を示したが、これは伸長変化の測定に同じ重さの錘を用いているため、本数が少ないとポリウレタンの非結晶部分が大きく変形するために伸長影響は小さく表れ、ポリウレタン糸の本数が多い場合には、その伸長影響が集合として大きく表れてくるからと考える。



**Fig. 5** Elongation change of polyurethane yarn; PU2;without adhesion of oily soil and with elastic stress. PU3;with adhesion of oily soil and without elastic stress. PU4;with adhesion of oily soil and elastic stress.

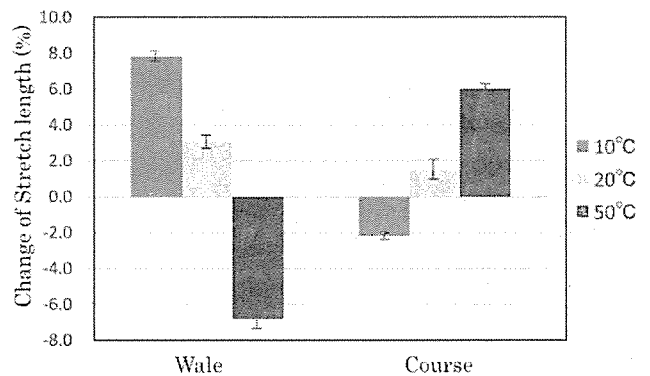
### 3. 4 洗浄時の界面活性剤による影響

油汚れを付着させて伸縮ストレスを付与した試料布を陰イオン界面活性剤 (LAS-Na) 溶液で洗浄した結果を Fig.6 に、非イオン界面活性剤 (EO8) 溶液で洗浄した結果を Fig.7 に示す。

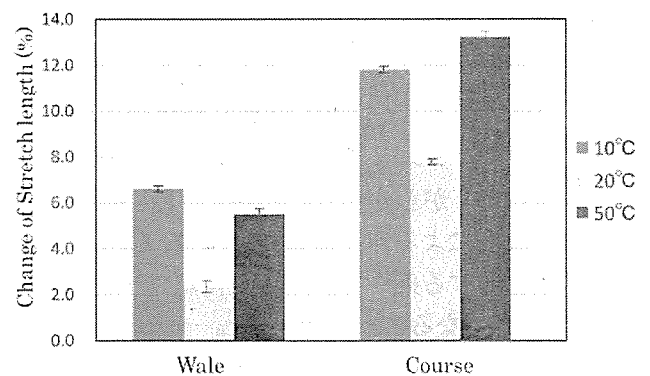
前報<sup>3)</sup>において、LAS-Na は浸透拡散しやすく、短時間で可塑化がすぐに起こりやすくなるが、浸透

量が多くなると LAS-Na 分子の立体構造に自由度が少ないために、可塑化が小さくなり、伸びにくくなるが見られた。このことを考えると、Fig.6 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。

一方、コース方向の結果で洗浄前後の変化を見ると、低温 10℃ と 20℃ で油汚れとともに伸縮負荷を与えた試験布では伸長変化は小さくなり、50℃ ではあまり変化していない。コース方向はニット構造から伸縮負荷はあまり大きく加わっておらず、ポリウレタンの非晶質部分は原糸とあまり変化なく、



**Fig. 6** Change of stretch length of sportswear after adhesion of oily soil, elastic stress and washing with LAS-Na solution (S4).



**Fig. 7** Change of stretch length of sportswear after washing with EO8 solution (S5).

LAS-Na の浸透はウェール方向の伸縮負荷を加えた場合より多いと考えられる。そのように考えると、低温 10℃ の処理では洗浄時に LAS-Na が多く浸透して伸びにくくなったものと考えられる。20℃ では

同じようにLAS-Naの浸透が少し影響しているといえる。ところが50℃の処理ではLAS-Naでの洗浄後も伸長変化は約6%と変化していない。これは50℃での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の浸透が起こりにくくなっているためと考えられる。

非イオン界面活性剤EO8で洗浄した結果(Fig.7)を洗浄前後の変化で見ると、まず、ウェール方向の低温10℃で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。前報<sup>3)</sup>において非イオン界面活性剤は分子量が大きく、またエチレンオキシド鎖の自由度を持つために、ポリウレタンの非晶質部分に浸透拡散して可塑性が進むと考えられた。今回の実験でも、EO8によって影響が大きく出ることが確認できた。しかし、ウェール方向の20℃と50℃における伸長変化はEO8での洗浄前とはあまり変化がなかった。ウェール方向は伸長負荷の影響が強く、非晶質部分の構造変化や伸縮負荷への油汚れの浸透拡散が起こり、このためにEO8の浸透量が少なく影響が表れなかったと考える。

#### 4 結論

市販されている上半身用の機能性スポーツウェアを試験衣料として用い、油汚れが付着して伸縮負荷を加えた場合に、ポリウレタン内部に油汚れの浸透拡散が進み、伸長変化がプラス方向、すなわち伸びやすくなることがわかった。また、油汚れがポリウレタン内部に浸透した衣類を洗浄した場合、界面活性剤がポリウレタン内部に浸透拡散して伸長変化を大きくすることがわかった。しかし、LAS-Naの場合には、温度による伸長変化が異なり、LAS-Naが多く浸透拡散する条件では伸長変化がマイナスになり、伸びにくくなることがわかった。一方、非イオン界面活性剤のEO8は、伸縮負荷と油汚れそして洗浄した時に、ウェール方向もコース方向も温度に関わらず同じ挙動を示し、伸びやすくなった。

以上の結果から、ポリウレタンを含有しているスポーツウェアは、着用して運動することで伸縮負荷がかかると、汗とともに発生した油汚れがポリウレタン内部に浸透が進み伸縮性の劣化が起こり、伸びやすくなることがわかった。そして洗濯をする際

に用いる洗剤の界面活性剤が非イオン界面活性剤EO8では、更にスポーツウェアの伸びが大きくなるが、陰イオン界面活性剤LAS-Naでは比較的伸びやすさは小さいことが明らかとなった。

また、本研究ではスポーツウェアの伸縮負荷、油汚れ付着および洗浄の各影響について、ポリウレタンのソフトセグメント部分に対する物質の浸透拡散と物性変化で考えてきたが、温度の影響を見ると10℃、20℃、50℃での狭い温度範囲でも、温度に伴う連続的な変化でない場合が見られる。このことは温度に関係して、ポリウレタンのソフトセグメント部分の微細構造変化が要因としてあることが示唆され、今後の課題となった。

#### 謝辞

本研究は 日本学術振興会科学研究費助成事業(基盤研究(C)No.26350083、平成26～28年度)により行いました。ここに深く感謝いたします。

#### 引用文献

- 1) 清嶋展弘, 織消費, 44(10), 571 (2003)
- 2) 横井知身, 三洋化成ニュース, No.471 (2012)
- 3) 鄭 好根, 時田直恵, 米山雄二, 材料技術, 34(6), 102 (2015)
- 4) 池上晴夫, 運動処方—理論と実際—, p107 朝倉書店 (1990)
- 5) 崔 源政, 李 有鎮, 米山雄二, 材料技術, 32(1), 1 (2014)