

氏名（本籍）	ジョン ホグン 鄭 好根（大韓民国）
学位の種類	博士（被服環境学）
学位記番号	博乙第30号
学位授与年月日	平成29年3月11日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当 文化学園大学学位規程第5条第3項該当
論文題目	スポーツウェアの伸縮性に及ぼす界面活性剤の影響に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 米山 雄二 教授 永井 伸夫 教授 後藤 純子（共立女子大学） 准教授 柚本 玲

論文内容の要旨

近年、市販されているスポーツウェアは激しい人体の動きに追従し、過酷な条件下で使用されるため、一般の衣服に比べて素材はもちろんパターン、デザインおよび縫製にも人体の動きを考慮した工夫が求められている。同じパターンやデザインであっても、使用する素材によって機能性は変わってくる。このようにスポーツウェアは制作において様々な工夫がされており、機能性素材は他の要素より重要である。しかし、スポーツウェアに使用されている素材は、ポリエステルやポリウレタンのような合成繊維であり、これらのような合成繊維は疎水性であることから、一般に油汚れが付着しやすく、また洗浄によって除去されにくく、繊維の間に油汚れが多く残留してしまう性質がある。これらの汚れは、繊維に残留すると保温性や通気性、吸水性の低下、細菌の発生と繁殖などによる機能面や衛生面の低下につながってくる問題点が考えられる。

本研究では、ポリウレタンが入っている機能性スポーツウェアの繊維に付着する油汚れや運動する時に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スポーツウェアの主たる機能である伸縮性の変化に及ぼす影響を検討した。

第1章「序論」では、まず、スポーツウェアの誕生から現在までのスポーツウェアの歴史や産業、主に使用されている素材について述べた。そして機能性スポーツウェアで最も大事な機能である伸縮性について、油汚れの付着、伸縮ストレス、洗濯などの要因が機能性スポーツウェアの伸縮性変化に及ぼす影響を把握するとともに、その原因を伸縮性に重要な役割を持つポリウレタン繊維に対するこれら要因解析から解明する目的を示した。

第2章「基本原理」では、スポーツウェアの機能性や、その機能性を活かすために使用されている編み方や合成繊維および筋肉の動きについて述べた。また、衣類に付着する汚れの

種類や性質を示し、これらの汚れが繊維に付着する機構について示した。次に、洗浄メカニズムについては、界面活性剤の動きや分類から述べた。そして本研究で注目した界面活性剤である LAS-Na と EO8 について原理や特徴について述べた。

第 3 章「スポーツウェアの着用実験」では、市販されているコンプレッションタイプを用い、室外環境の要因が影響しない室内トレーニングをして人体から出る汗や皮脂などの要因が加わり、着用と運動、洗浄を繰り返す実用的な条件においてスポーツウェアがどのような変化を起こすのかを明らかにするため、スポーツウェアの寸法変化および黒ズミ・黄ばみの発生について検討した。

スポーツウェアの着用・運動・洗浄の繰り返しの回数が多くなるほど、寸法変化が大きくなり、特に、スポーツウェアの構造の特性に従ってウェール方向よりもコース方向で寸法変化が大きく発生した。このように、日常生活や運動する時に着用されているスポーツウェアは、着用・運動・洗浄を繰り返すことでスポーツウェアの伸縮性の劣化が起きていることがわかった。また、洗剤の種類によっても異なり、粉末洗剤を用いた洗浄では繰り返し着用試験をするほどコース方向が伸びやすくなり、濃縮液体洗剤を用いた洗浄では、全ての測定部位の寸法変化が大きくなり、コース方向の寸法変化は粉末洗剤の場合よりも大きく表れた。コース方向の変化は、スポーツウェアのニット構造においてコース方向にポリウレタンが含まれることと関係し、また洗剤による伸縮性の違いは、界面活性剤の種類、すなわち陰イオン界面活性剤および非イオン界面活性剤の違いが関係していると考えられる。また、繰り返し着用試験では試験衣料の部位による色差も変化し、その程度は運動時に人体から分泌される汗や皮脂量の大きい部位での変色が大きく、分泌量の少ない腕部の変色が一番小さいことがわかった。

本章の結果から、洗剤成分である界面活性剤の影響の他にも、運動している時に人体から分泌される汗や皮脂汚れなどが繊維に付着し、洗浄で除去できなく繊維の間に残留して、繊維の伸縮性と色の変化に影響を与えることが示唆された。

第 4 章「スポーツウェアの洗浄性」では、第 3 章における黒ズミ・黄ばみの結果から機能性スポーツウェアの油汚れ洗浄性に注目し、それを明らかにするために洗剤に含まれる界面活性剤の種類、スポーツウェアの編み構造、およびポリウレタン含有の影響について検討した。

市販洗濯剤や界面活性剤を用いたスポーツウェアの油汚れの洗浄力については、JIS 布に比べ、スポーツウェアの方が非常に低い値を示した。しかし、同じ機能性を持つポリエステル 100%のスポーツウェアでは JIS ポリエステル布と同様に油汚れの洗浄力は高い値を示した。このことは、スポーツウェアに使用されているポリエステルとポリウレタンは疎水性繊維であり、油汚れは洗浄では除去されにくいと考えてきたが、ポリエステル 100%のスポーツウェアでは油汚れの洗浄力が高い値を示したことから、スポーツウェアの洗浄性について、使用されているポリウレタンが大きく影響を与えることがわかった。

本章の結果から、ポリウレタンを含むスポーツウェアに付着した皮脂汚れは、洗浄によって除去しにくく、その原因はポリウレタンの存在が影響していることであり、皮脂汚れはポリウレタンに付着して影響を与えていることが示唆された。

第 5 章「スポーツウェアの強度変化」では、実際に運動する時にスポーツウェアに加えられる因子、すなわち、第 4 章で述べたスポーツウェアに付着する油汚れ以外の因子を明らかにするために伸縮ストレス、着用温度、洗濯する時に使用する洗剤の界面活性剤について、試験布の伸縮に及ぼす影響を検討した。

スポーツウェアにハードな伸縮ストレスを加えると、ポリウレタンが含まれているコース方向の変化はあまりなかったが、ウェール方向は非常に伸びにくくなり、さらに試験布に油汚れを添加することでコース方向およびウェール方向ともに伸びやすくなった。すなわち、油汚れを付着してストレスを加えると伸長量の変化は大きくなることがわかった。試験布を界面活性剤で洗浄すると、伸長量の変化は陰イオン界面活性剤の LAS-Na も非イオン界面活性剤の EO8 もいずれも伸びやすくなった。伸縮ストレス時の温度の影響では、EO8 ではウェール方向もコース方向も伸びやすくなったが、LAS-Na はウェール方向とコース方向が逆の傾向を示した。このことは温度によるポリウレタンへの界面活性剤の浸透量が伸縮性に影響していることがわかった。

本章の結果から、スポーツウェアの伸縮性に重要な役割を持つポリウレタンは、皮脂汚れの付着によって伸縮性に影響し、また洗浄時に用いる洗剤に含まれる界面活性剤がポリウレタン内部に浸透拡散し、可塑化を起こして伸縮性が低下することが示唆された。

第 6 章「ポリウレタン糸の伸縮変化」では、第 3 章から第 5 章で用いた機能性スポーツウェアは、油汚れに対して洗浄力が低く、残留している油汚れと洗浄時の界面活性剤が影響して、スポーツウェアの寸法変化や伸張量の変化が大きく見られた。その原因は、ポリウレタン繊維の伸縮性変化であることを明らかにするために、ポリウレタン糸を用いて、第 4 章および第 5 章と同様の処理条件で、油汚れ、伸縮ストレス、界面活性剤との接触を加えて、ポリウレタン糸の伸長量の変化を検討した。

スポーツウェアの布地と同様の試験を、ポリウレタン糸に適用して実験を行った結果、油汚れ付着と伸縮ストレスが加わることで伸長量の変化が大きくなるが、界面活性剤溶液との接触が伸長量の変化に大きく影響した。界面活性剤と接する時間とともに伸縮性の変化は大きくなり、前章のスポーツウェアの実験と同様の結果であったことから、市販の機能性スポーツウェアは、洗浄時において界面活性剤がポリウレタンに大きく影響し、その伸縮性を変化させることが明らかとなった。

また、界面活性剤溶液によるポリウレタンの変化を、界面活性剤溶液への溶出現象に注目してみると、LAS-Na 溶液では界面活性剤がポリウレタンに吸着・浸透し、ポリウレタンから成分の溶出が起きることがわかった。しかし、非イオン界面活性剤の場合には吸着・浸透が起きるが、ポリウレタンからの成分の溶出は認められず、LAS-Na と EO8 ではポリウレタンに対する影響が異なることと関係づけられた。

本章の結果から、ポリウレタンを含むスポーツウェアの伸縮性は、着用・運動・洗浄によりポリウレタン糸が皮脂汚れの付着、伸縮ストレス、および界面活性剤の影響を受けて大きく変化するためであることが明らかとなった。

第 7 章「ポリウレタンの伸縮性に及ぼす界面活性剤の構造の影響」では、第 6 章において

界面活性剤の分類による伸縮性変化の結果から同じポリウレタン糸を用い、界面活性剤の構造による伸縮性の変化を明らかにするために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ることで、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。

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、脂肪酸ナトリウムではC12の場合が最も大きくポリウレタンの伸張性に影響し、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の親水基の影響は、EO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、ポリウレタンへの吸着と浸透拡散に親水基のEO鎖の長さが関係し、EO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も小さくなることがわかった。

本章の結果から、機能性スポーツウェアに含まれるポリウレタンは、界面活性剤による影響を受けるが、その影響は界面活性剤の分子構造によって異なり、疎水基および親水基の種類や長さがポリウレタンの伸縮性に影響することが明らかとなった。スポーツウェアの洗濯時における洗剤の界面活性剤が、スポーツウェアの寸法変化や伸長量の変化に影響するという第3章の結果を説明できるものとなった。

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、そのポリウレタンは、油污れの洗浄性が悪く、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した。これらの影響で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、異なってくる事が明らかになった。

論文審査結果の要旨

本論文は、全8章から成る。

第1章「序論」では、スポーツウェアの機能と使用素材について述べ、伸縮性を持つスポーツウェアは動きやすいことから一般衣料にも伸縮性のある衣類が広く使用される現状において、使用による経時変化を起こして伸縮性が低下する問題点に着目するに至った経緯、並びにこれを着用、洗濯を繰り返す被服管理学の視点から要因を研究する意義を述べている。

第2章「基本原理」では、スポーツウェアの機能性や、その機能性を発現するために使用されている編み方や合成繊維および筋肉の動きについて述べ、また、衣類に付着する汚れの種類や性質、洗浄メカニズムにおける界面活性剤の作用を紹介し、本研究で使用するスポーツウェアおよび界面活性剤の特徴について述べている。

第3章「スポーツウェアの着用実験」では、スポーツウェアに着用、運動、洗濯の実用的な要因を繰り返し加えた時に、どのような変化を起こすのかを明らかにするため、市販のコンプレッションタイプのスポーツウェアを試験衣料として、紫外線の影響を受けない室内環境の中で着用、運動、洗濯を繰り返し、スポーツウェアの寸法変化および黒ズミ・黄ばみの発生について検討した。その結果、着用、運動、洗濯を繰り返すことによって、人体から分泌される汗や皮脂汚れなどが繊維に付着・残留し、また洗剤成分の界面活性剤の影響によって、黄ばみ・黒ずみの発生および寸法変化が起きることを把握している。

第4章「スポーツウェアの洗浄性」では、スポーツウェアの油汚れ洗浄性に注目し、洗剤に含まれる界面活性剤の種類、スポーツウェアの編み構造、およびポリウレタン含有の影響について検討した結果、ポリウレタンを含むスポーツウェアに付着した皮脂汚れは、洗浄によって極めて除去しにくく、その原因はポリウレタンの存在にあることを明らかにし、皮脂汚れはポリウレタンに付着して伸縮性に影響を与えている一つの要因であることを把握している。

第5章「スポーツウェアの強度変化」では、第4章で述べたスポーツウェアに付着する油汚れ以外の因子、すなわち実際の運動時にスポーツウェアに加えられる伸縮ストレス、着用温度、洗濯する時に使用する洗剤の界面活性剤の因子について、それらが試験布の伸縮性に及ぼす影響を検討した。その結果、スポーツウェアの伸縮性に重要な役割を持つポリウレタンは、皮脂汚れの付着によって伸縮性が変化し、また洗浄時に用いる洗剤に含まれる界面活性剤がポリウレタン内部に浸透拡散し、可塑化を起こして伸縮性が低下することを示唆している。

第6章「ポリウレタン糸の伸縮変化」では、スポーツウェアの寸法変化や伸張量の変化が、布地に含まれるポリウレタンの伸縮性変化であることを明らかにするために、ポリウレタン糸を試料に用いて、油汚れ、伸縮ストレス、界面活性剤との接触を加えて、ポリウレタン糸の伸長量の変化を検討した結果、ポリウレタンを含むスポーツウェアの伸縮性は、着用、運動、洗濯によりポリウレタン糸が皮脂汚れの付着、伸縮ストレス、および界面活性剤の影響を受けて大きく変化するためであることを明らかにしている。

第7章「ポリウレタン糸の伸縮性に及ぼす界面活性剤の構造の影響」では、ポリウレタンに対する界面活性剤の構造的要因の影響を明らかにするため、陰イオン界面活性剤の種類および、疎水基の長さの異なる脂肪酸 Na、親水基の長さの異なる非イオン界面活性剤を用いて検討した結果、スポーツウェアに含まれるポリウレタンは界面活性剤による影響を受け、その影響は界面活性剤の分子構造によって異なり、疎水基および親水基の種類や長さがポリウレタンの伸縮性に影響することを明らかにしている。このことから、スポーツウェアを洗濯する際に用いる洗剤の種類によって寸法変化や伸長量の変化が異なるという、第3章の結果を説明できると述べている。

第8章「結論」では、第3章から第7章で得られた結果を総括し、市販の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によって発現するが、そのポリウレタンは、油汚れの洗浄性が悪く、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ため、スポーツウェアの伸縮性は着用、運動による影響を受ける他にも、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大きく受け、その影響は界面活性剤の種類や構造が関係して、異なってくると結論づけている。

これを要するに、本論文はスポーツウェアの伸縮性変化を、油汚れ、運動時の伸縮ストレスおよび洗浄時の界面活性剤の影響を被服管理学の視点から明らかにしようとした研究であり、ポリウレタンを使用して伸縮性を発現する機能性衣類の性能低下を抑える新しい洗浄剤の可能性について新しい知見を加えたものであり、被服環境学分野に貢献するところが大きい。よって本論文は博士（被服環境学）の学位論文として十分価値のあるものと認められる。