夏物機能性肌着素材の性能と風合い評価

The Performance of Functional Summer Underwear Material and Hand Evaluation

矢中 睦美
Mutsumi Yanaka

要旨

現在、クールビズ対応商品として、吸水速乾性、撥水性、通気性、接触冷感、消臭機能などの糸や布地を使用した製品開発が進み、様々な機能性衣料が市場に並んでいる。本研究では、夏物機能性肌着が、実際に吸水・速乾機能、接触冷感などを体験でき、快適であるのかを検証することを目的とし、スポーツウェアや綿肌着と比較しながら検討した。①疎水性で水分率の低いポリエステルを混用し、放水性をよくしたもの、②繊維や糸を細くし、肌と布地表面の接触面積を増やし、接触冷感と風合い評価（手触り感）、吸湿性、放水性をよくしたもの、③糸の表面に水分率の高い扁平形状のキュプラを用い、肌表面に接触することで接触冷感に優れ、なめらかで吸水性のよいものなど様々であった。また洗濯処理を行うことで、糸が乱れ、布地表面が毛羽立ち、風合いが変化するため、各種の評価に影響を及ぼしている。しかし、ポリエステル、あるいはポリエステルが混用されているものは、洗濯処理による機能性の低下が少ない。接触冷温感評価値（q-max）と手触り感による風合い評価に一致性が見られ、ひんやり、なめらかな感触のものが好みだと感じていることが示唆された。

●キーワード：**機能性肌着素材**（functional underwear material）／**水分特性**（wicking and moisture content）／
風合い評価（hand evaluation）

1．緒　言

環境省では、地球温暖化対策の一つとしてオフィスでの省エネを実現するために、クールビズとウォームビズを提唱している。化学繊維などの素材メーカーにおいても、このクールビズに対応する涼しい素材を展開している。“涼しい素材”とは、触った時に冷やっとする接触冷感を有する素材のことである。天然繊維の麻や化学繊維のレーヨンやキュプラがこの接触冷感に優れている。これは、①繊維中に水分を多く含むこと、②熱伝導率が高いこと、③さらに触った時に少し硬く感じる（シャリ感）ことなどが影響している。

2011 年に、アパレル各社が最も注力した「機能性」は、クールビズ対応である。吸水速乾性、撥水性、通気性、接触冷感、消臭機能などの糸や布地を使用した製品開発が進み、各社から、機能性が付加された様々な夏物肌着が販売され、市場に並んだ。クールビズ対応商品は、紳士用Ｙシャツからはじまり、Ｔシャツ、インナー、ジャケット、そしてレディスアイテムにも拡大した。女性向けのクールビズ商品は、オン・オフの両面で快適に着用できるものが多く、レディスアパレルでは、30 代以上の社会人女性や、50 代以上のミセス層向けブランドを拡充する動きも多く見受けられる。

プロモーション戦略においては、2012 年になって、アパレル各社はテレビコマーシャルを積極的に放映するようになり、雑誌などでも多く取り上げられている。テレビコマーシャルで認知度が一気に高まったブランドもあり、それに追随するかのように各社もブランドイメージコマーシャルを展開しはじめている。

本研究では、夏物機能性肌着が、実際に吸水・速乾機能、接触冷感などを体験でき、快適であるのかを、スポーツウェアや綿肌着と比較しながら検討することを目的とする。

2．試　料

試料布は表１に示す市販の夏物機能性肌着Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｄの４種、比較布としてポリエステル 100％のスポーツウェアＥ、綿 100％の肌着Ｆを加え、編地計６種を用いた。図１に、機能性肌着４種の走査電子顕微鏡写真（SEM）を示す。

市販の布地には糊や柔軟剤などの加工が施されている

表１　試料布の諸元

布　名	A		B		C		D		E		F	
材質（%）	ポリエステル 90 ポリウレタン 10		ポリエステル 87 ポリウレタン 13		キュプラ 67 ナイロン 30 ポリウレタン 3		ポリエステル 65 レーヨン 20 キュプラ 15		ポリエステル 100		綿 100	
糸の太さ（dtex）	120		90		115		330		260		180	
糸密度（3cm間）	ウェール 60	コース 75	ウェール 60	コース 90	ウェール 53	コース 60	ウェール 45	コース 75	ウェール 45	コース 60	ウェール 45	コース 60
厚さ（mm）	0.42		0.34		0.58		0.52		0.63		0.67	
平面重（g/㎡）	140		108		138		121		136		129	
見かけの比重	0.33		0.32		0.24		0.23		0.22		0.19	
充填率（%）	24.6		24.1		17.5		19.3		15.9		12.4	
会社名	A社						B社		C社		D社	

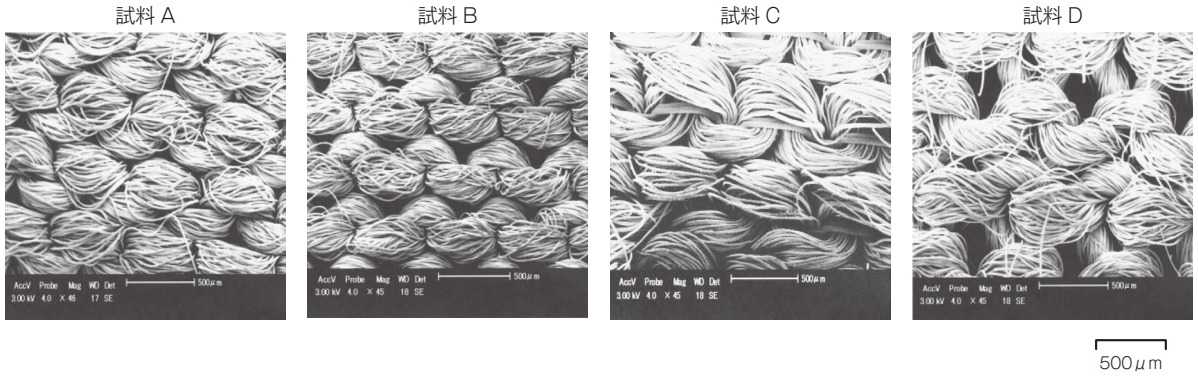


図１　試料（肌へ接する面）　SEM

ため、それらが実験に影響を及ぼさないよう、全自動洗濯機（東芝 AW－B42G）を用いて洗濯処理を行った。洗濯用洗剤の表示は、〔弱アルカリ性合成洗剤：25ｇ（24mL）／30Ｌ、成分：界面活性剤（29％：ポリオキシエチレンアルキルエーテル、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩）、水軟化剤、安定化剤、アルカリ剤、分散剤、蛍光増白剤、酵素〕である。

洗濯条件は、浴比１：30、水量 47Ｌ（高水位）、水温は常温、９分間本洗い、すすぎ２回、脱水４分間とした。乾燥は、室内のネット上で平干し自然乾燥とした。これを 10 回繰り返し処理布とした。洗濯用洗剤は標準使用濃度で処理を行った。

３．実験方法

３－１　厚さの変化

原布と洗濯処理後の試料布の厚さを、定圧厚さ測定器を用い、各々10ヶ所測定し、平均値を求め、次式により変化率を算出した。

$$\Delta d = \{(d_1 - d_0) / d_0\} \times 100\ (\%)$$

Δd：厚さの変化率（%）
d_1：洗濯後の厚さ（mm）
d_0：洗濯前の厚さ（mm）

３－２　吸水性

吸水速度をバイレック法[1) 2)]（吸い上げ法）、および滴下法[1) 2)]により評価する。

１）バイレック法

20cm× 2.5cmの試験片を布のたて、よこ方向別々に用意し、試験片の下端から１cmまで水中に浸し、10 分間放置後、水の吸い上げ高さを測定する。測定を３回繰返し、平均値を求める。測定は室温で行う。

２）滴下法

布試料を空間に水平に張り、布表面から１cm上より水 0.1ccを滴下し、布地に水が吸収されて、水滴の反射光

を示さなくなるまでの時間を測定する。測定は5回繰返し、平均値を求める。測定は室温で行う。

3－3　吸湿性

一定湿度下で、試料が空気中の湿度に応じて、水分の吸湿量を調べる。本実験では、調湿は、温度20℃におけるデシケーター内に、塩素酸ナトリウム（$NaClO_3$）の飽和溶液（溶解度：48.9％／100％）を調製し、湿度74.0％となる[3]ようにした。

試料は、幅4㎝で、重量2.00ｇとなるように長さを調節した試験片を、互いに触れないように巻いて、秤量瓶の中に立てて入れる。これを、恒温乾燥機内（温度98℃）で乾燥させ、重量減少が布地重量の0.1％（0.002ｇ）以内を連続したら絶乾とみなす。この重量をW_1（絶乾試料＋秤量瓶）とする。

次に、調湿したデシケーター内に絶乾試料を48時間以上放置し、デシケーター内の湿度で平衡吸湿量に達するのを待つ。次いでその重量W_2（平衡吸湿試料＋秤量瓶）を測定する。次式により、試料の水分率[4]を算出する。3回の測定値の平均値を求める。

水分率＝（$W_2 - W_1$）／（$W_1 - W_0$）× 100（％）

- W_0：秤量瓶の重量（ｇ）
- W_1：絶乾試料＋秤量瓶の重量（ｇ）
- W_2：平衡吸湿試料＋秤量瓶の重量（ｇ）

3－4　放水性

ぬれた布地が乾燥する性能を放水性といい、洗濯や汗でぬれた衣服の乾きの速さを示す。吸水した水分の何％が時間とともに放水していくかを測定する。

10㎝四方の試験布を水中に20分間浸漬後、直ちに、ぬれたままの試験布を垂直に下げ3分間放置する。放置後の重さを測定し最大吸水量とする。その後、15分毎の重さを3時間後まで測定し、各々の試験布の重さから対体積吸水量を算出し、時間経過による放水速度を求める。対体積吸水量は次式により算出する。

対体積吸水量＝（W’－W）／（Ｓ×ｄ）（ｇ／㎤）

- W’：浸漬後の各試験布の重さ（ｇ）
- W ：浸漬前の各試験布の重さ（ｇ）
- Ｓ ：試験布の面積（㎠）
- ｄ ：試験布の厚さ（㎝）

3－5　接触冷温感評価値（q-max）

ある一定の温度を持ったセンサーを試料に接触させた時の熱移動量を測定することで、人間の感覚と類似したデータを得ることができる。

20㎝四方の試料を用意し、精密迅速熱物性測定装置KES-F7（THERMO LABO Ⅱ TYPE）を用い、接触冷温感評価値（q-max）を測定する。数値が小さいほど暖かく、大きいと冷たく感じることを表わす。

3－6　風合い評価

各試料布間の手触り感の違い、原布と洗濯10回処理布との違いを、シェッフェの一対比較法の中屋の変法により評価する。評価尺度は3段階とし、被験者は本学の女子学生30名とした。評価項目は、「ひんやり感」「なめらかさ」「好き」の3項目である。

評価は開眼で行い、それぞれの試料を15㎝四方に切りサンプルとし、「ひんやり感」の項目では手の甲に触れた時の感触を、「なめらかさ」の項目は試料布の表面を指で撫でた感触を、「好み」の項目では前2項の感触の総合を評価させる。

2試料1セットで行い、先の試料の感覚を思い出しながら後の試料と比較し、差があるかどうかを以下の数値で評価させた。

試料間に、全く感覚の差がなかった→ 0
少し感覚の差があった→ 1
はっきりと感覚の差があった→ 2

3－7　各種試料布の性能と風合い評価

試料布ごとに、吸水性、吸湿性、放水性、接触冷温感などの各種性能と、風合い評価についての結果の検討を行う。

4．結果および考察

4－1　厚さの変化

図2に、原布と洗濯10回処理布の厚さの変化を示した。

夏物機能性肌着では、試料布Ｃの厚さ増加が14％と大きく、次いで試料布Ｄの4％増となっている。これは、洗濯を繰り返すことにより、繊維や糸が乱れ、布地表面の毛羽立ちにより厚みが増したと考えられる。

一方、試料布Ａでは変化が見られず、試料布Ｂでは厚さが9％減少している。比較布のスポーツウェアである試試料布Ｅも厚さが減少しており、ポリエステルの材質のものは10回程度の洗濯では、布地表面がほとんど毛羽立たず、なめらかである。混用される材質の割合にも影響され、繊維の太さや糸の撚り方などにも影響してい

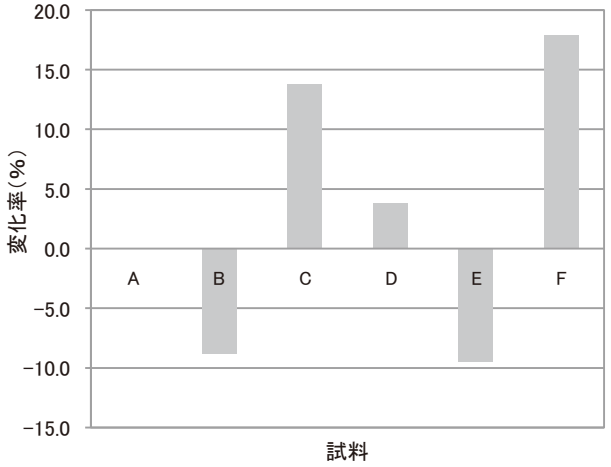


図２　洗濯処理による厚さの変化

ることが示された。

また、比較布である試料布Ｆの厚さ増加が 18％と最も大きい。これは材質が綿であることが考えられ、洗濯処理をすることで、他の試料に比べ表面の毛羽立ちが著しいためである。

４－２　吸水性

１）バイレック法

吸水性の傾向を見るために、ウェール方向とコース方向の吸い上げ高さの平均値を求めて図３に示した。

夏物機能性肌着では、試料布Ｃ、Ａ、比較布Ｅの吸水性が高い。試料布Ｃは吸水性のよいキュプラが 67％を占めていることが影響していると思われる。試料布ＡはＢとほぼ同材質であるが、糸間に空隙の少ない試料布Ａ（図１）の方が水を吸い上げたと考える。また、比較布Ｅは疎水性繊維であるポリエステルのみが用いられ、繊維や糸内部への吸水ではなく、繊維と繊維、糸と糸の間に吸収される、いわゆる毛細管現象により吸水したと考える。

６種の試料布ともに、原布に比して、洗濯 10 回処理布の吸い上げ高さが高い傾向であった。これは洗濯処理を施すことで、繊維表面の加工が除去され、布地表面の風合いが変わり、吸水性に影響したと考えられる。

２）滴下法

布表面上に滴下した一定量の水滴の吸水時間を、図４に示した。

試料布Ａ、Ｂ、Ｃは洗濯 10 回処理布の吸水速度が遅くなっている。これは洗濯処理を行うことにより布地表面が毛羽立ち、表面からの吸水性が妨げられたためだと思われる。試料布Ｄのみ、処理布の吸水時間が短くなっ

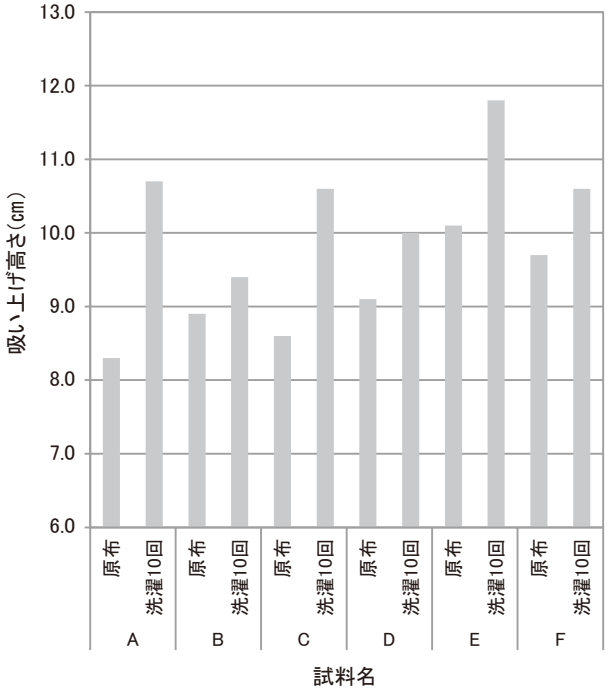


図３　バイレック法による吸水性

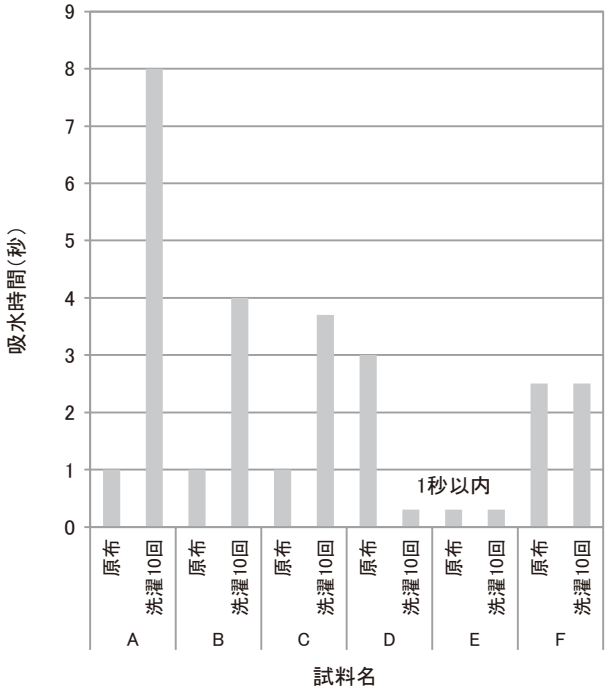


図４　滴下法による吸水性

ており、洗濯処理を行うことで、施されている何らかの加工が除去されたのではないかと考える。比較布Ｅは、原布、洗濯 10 回処理布ともに１秒以内に吸水しており、洗濯による変化は見られず、材質綿 100％である比較布Ｆでも同様の結果が得られた。

吸水性を２つの方法で調べた結果、比較布Ｅの吸水性が最も大きく、スポーツウェアとしての特性が示され

た。繊維断面からの吸水の場合は毛細管現象を伴うため、布地表面からの吸水とは傾向が異なることが分かった。

４－３　吸湿性

吸湿平衡となった場合の水分率を、原布、洗濯 10 回処理布について図５に示した。

試料布Ｃの水分率が最も高く、原布は綿である比較布Ｆよりも吸湿性に優れている。次いで試料布Ｄと続くが、これは水分率の高いキュプラが多く使用されているためだと考える。試料布Ｂ、Ａは、疎水性で水分率の低いポリエステルと、ポリウレタンが混用されているため吸湿性が小さい。原布ではほとんど差がないものの、処理布は試料布Ｂの方がやや吸湿性が高くなっている。これは試料布Ｂが、試料布Ａを改良し繊維が細くなり、空隙がやや多くなったことが要因だと考える（図 1）。比較布Ｅはスポーツウェアであるが、吸湿性が最も低い結果になり、吸汗性には優れているが、湿気としては吸収されないことが示された。

原布よりも洗濯処理布の方が吸湿性がよい。繊維自体への吸湿性は洗濯を繰り返すことで、一般に上昇する傾向があるためだと考える。

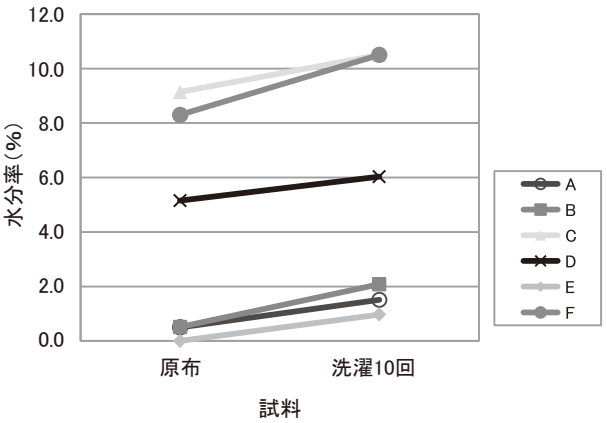


図５　吸湿性

４－４　放水性

最大吸水量を 0 分とし、15 分毎に 3 時間後まで測定を行った対体積吸水量の、時間経過による放水速度を、試料布ごとに図 6 に示す。

最大吸水量が多いのは試料布ＤとＣであり、放水速度は遅い傾向である。これは水分率の高いキュプラを使用しているため吸水性はよいが、放水性が悪いという結果になった。試料布Ｃは、処理間の時間経過による吸水量の減少は双方ほぼ変わらない。試料布Ｄの対体積吸水量は、原布と洗濯 10 回処理布間に差があリ、これは、滴下法と同じ傾向である。綿である比較布Ｆは、最大吸水量は最も多いが、放水速度はやや速かった。

一方、最大吸水量が少ないのは試料布Ａ、Ｂ、比較布Ｅであり、放水速度は速い傾向である。これはポリエステルが使用されているため、吸水性が悪く放水性がよいという結果になったと考える。

試料布Ａ、Ｂは、最大吸水量はほぼ同じだが、試料布Ｂの方が放水速度が速い。滴下法でも述べたが、糸や繊維が細くなり、空隙が多くなったことが要因と思われる。試料布Ｂの原布、洗濯 10 回処理布ともに最大吸水量は変わらず、時間経過による吸水量の減少は洗濯 10 回処理布がわずかに小さい。

試料布Ｃを除き、全体的に原布の最大吸水量が少なく、グラフの勾配が緩やかになっている。このことから、洗濯処理をすることで布地表面の風合いが変わり、繊維表面の加工が除去されることで吸水量に影響がみられることが推測される。

４－５　接触冷温感評価値（q-max）

図 7 に、原布と洗濯 10 回処理布の接触冷温感評価値（q-max）の結果を示す。

試料布ＣとＢの評価値が高く、接触冷感を示す傾向である。試料Ｃは、糸表面に水分率の高い扁平キュプラを使用しており、これが肌表面に接触するためだと考える。しかし洗濯処理により糸が乱れ、布地表面が毛羽立ち、風合いが損なわれるため接触冷感が低下している。

試料布Ｂは、試料布Ａに比べ評価値が高い。これは繊維、糸を細くすることで肌と布面の接触面積が多くなり、接触冷感が増したと考える。

試料布Ｄと比較布Ｆが同程度の接触冷感を示し、比較布Ｅの値が最も低かった。

全体的に処理布の数値が減少しており、洗濯を施すことで布地表面の風合いが変化したことを示している。

４－６　風合い評価

図 8 には、手触り感による風合い評価の結果を示す。試料は夏物機能性肌着ＢおよびＣ、比較布および比較布Ｆ（原布のみ）の 4 種類を選定して行った。

各評価項目全てにおいて、試料間の値の差は危険率 1％以下で有意と認められた。

「ひんやり感」の項目では、試料布ＣおよびＢの原布

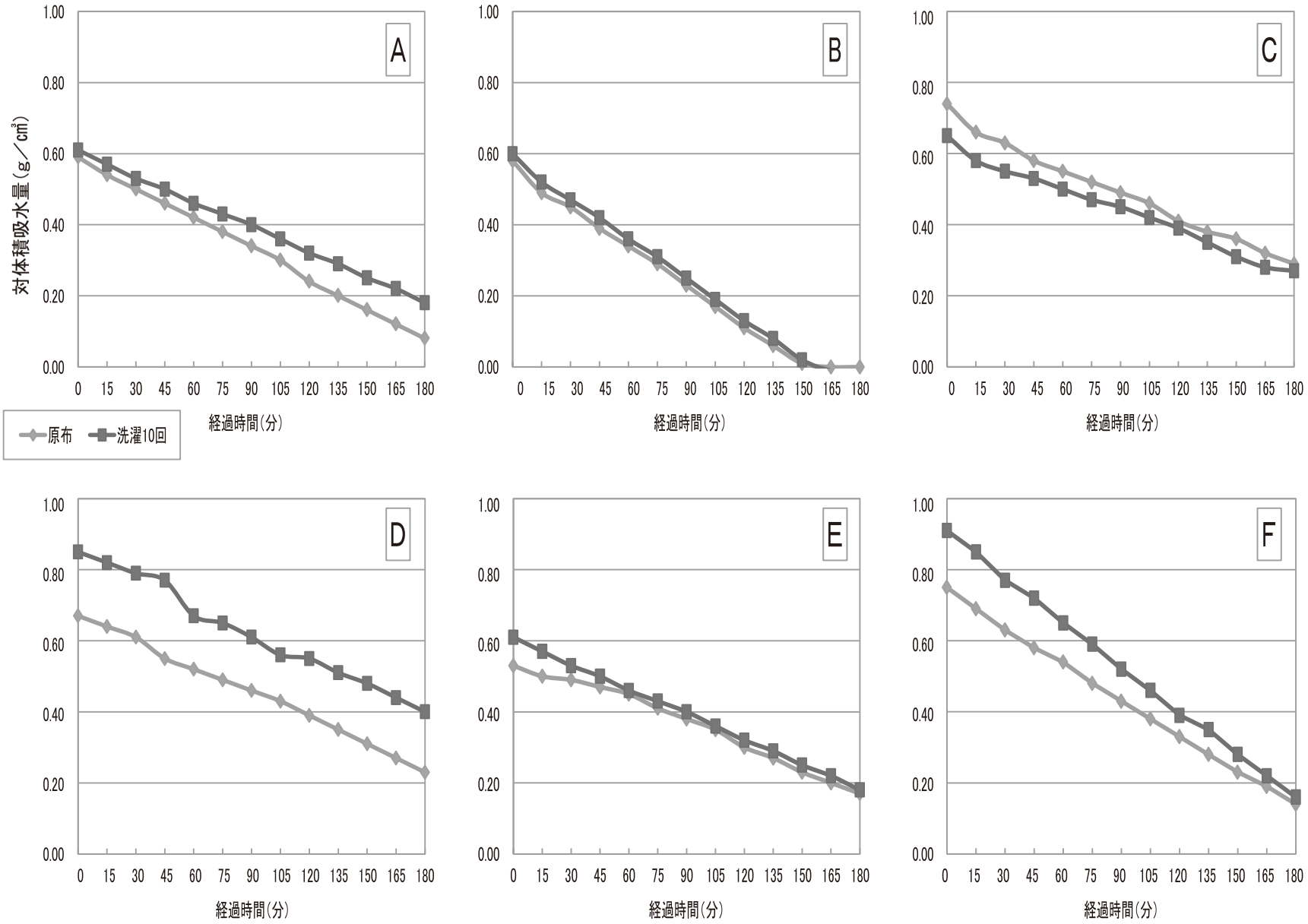


図６　放水性（対体積吸水量の放水速度）

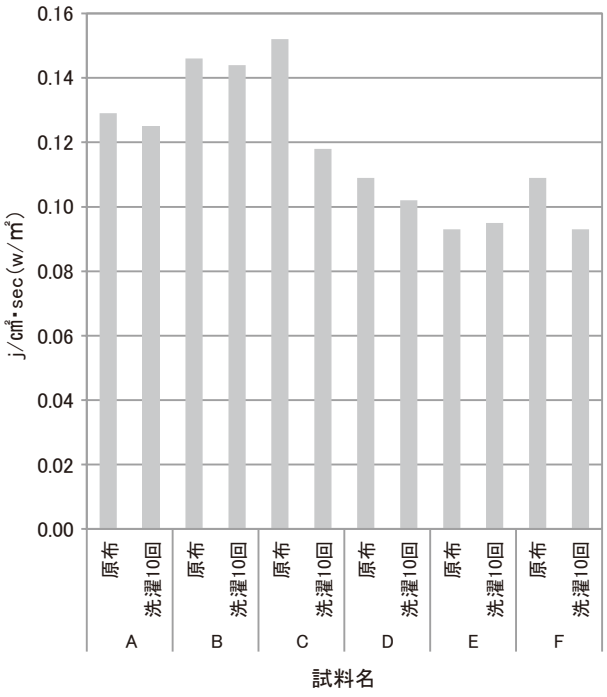


図７　接触冷温感評価値（q-max）

の評価が高い。試料布Ｃは、糸表面に吸水性のよいキュプラが使用されており、これが肌に接触し、“ひんやり”と感じていると考える。洗濯処理を行うと、糸が乱れ布地表面が毛羽立ち、風合いが損なわれるため評価が低下する。試料布Ｂは、細いポリエステルの繊維や糸が、より多く肌へ接触するため評価がよいと思われる。洗濯処理による変化は見られない。比較布Ｅ、特に比較布Ｆの評価は低い。比較布Ｆは綿であり、綿特有のわずかな毛羽立ちを感知したため、よい評価が得られなかったと考える。

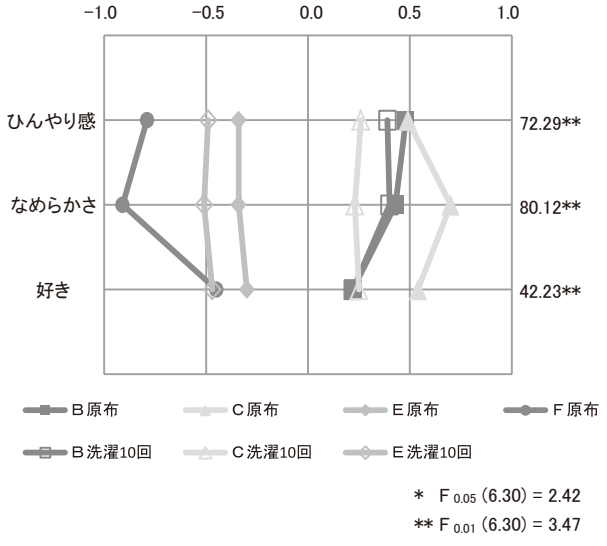


図８　風合い評価（手触り感）

「なめらかさ」「好き」の項目でも、「ひんやり感」と同じ傾向である。このことは、ひんやり、なめらかな感触のものが好みだと感じることを示している。ただし、比較布Ｃは「ひんやり感」「なめらかさ」の評価が悪いものの、「好き」項目で、やや評価が上向きになっている。これはひんやり、なめらかではなくても綿の肌触りを好む被験者がいるということである。

４－７　各種試料布の性能と風合い評価

まず、各種試料布の性能と風合い評価について表２にまとめた。

夏物機能性肌着４種では、総合すると、吸水性、吸湿性はあまりよくないが、放水性、接触冷感、風合い評価に優れた試料布Ｂの評価が一番よかった。繊維や糸を細くし、肌と布地表面の接触面積を増やすことで、接触冷感や風合い評価（手触り感）がよくなったと思われる。

また、試料布Ｃは、水分率の高いキュプラが用いられているため、接触冷感、風合い評価に優れ、吸湿・吸水性もよいが、放水性が悪いという結果になった。

比較布Ｅはポリエステル 100％だが吸水性のみに優れている。吸汗・速乾性を謳っているスポーツウェアであるが、放水性はあまりよくない。

今回の試料布において、水分特性、接触冷温感、風合い評価など全ての機能性に優れたものはなかった。

次に、各種性能の測定値と風合い評価の相関関係を求め、図９に示した。11. 風合い評価「ひんやり感」の原布と 3. 滴下法の原布間、12.「ひんやり感」の処理布と 4. 滴下法の処理布間で、危険率１％以下で相関性が見られた。また 14. 風合い評価「なめらかさ」の処理布と 4. 滴下法の処理布間で、15. 風合い評価「好き」の原布と 3. 滴下法の原布間、9. 接触冷温感の原布間で、それ

表２　各種試料布の性能と風合い評価

項目＼試料	A	B	C	D	E	F
吸水性	○	△	○	○	◎	○
吸湿性	△	△	◎	○	×	◎
放水性	○	◎	×	△	△	○
接触冷温感	○	◎	◎	△	△	△
風合い評価	—	◎	◎	—	△	×

◎‥かなり良い　○‥良い　△‥悪い　×‥かなり悪い

1. 吸水性バイレック法 原布															
2. 吸水性バイレック法 洗濯10回															
3. 吸水性滴下法 原布															
4. 吸水性滴下法 洗濯10回															
5. 吸湿性 原布															
6. 吸湿性 洗濯10回					*										
7. 放水性 原布															
8. 放水性 洗濯10回															
9. 接触冷温感 原布															
10. 接触冷温感 洗濯10回		−*													
11. ひんやり感 原布			**												
12. ひんやり感 洗濯10回				**											
13. なめらかさ 原布	−*														
14. なめらかさ 洗濯10回				*								*			
15. 好き 原布			*						*		*				
16. 好き 洗濯10回															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

＊ r＜0.05　＊＊ r＜0.01

図９　各性能と風合い評価の相関性

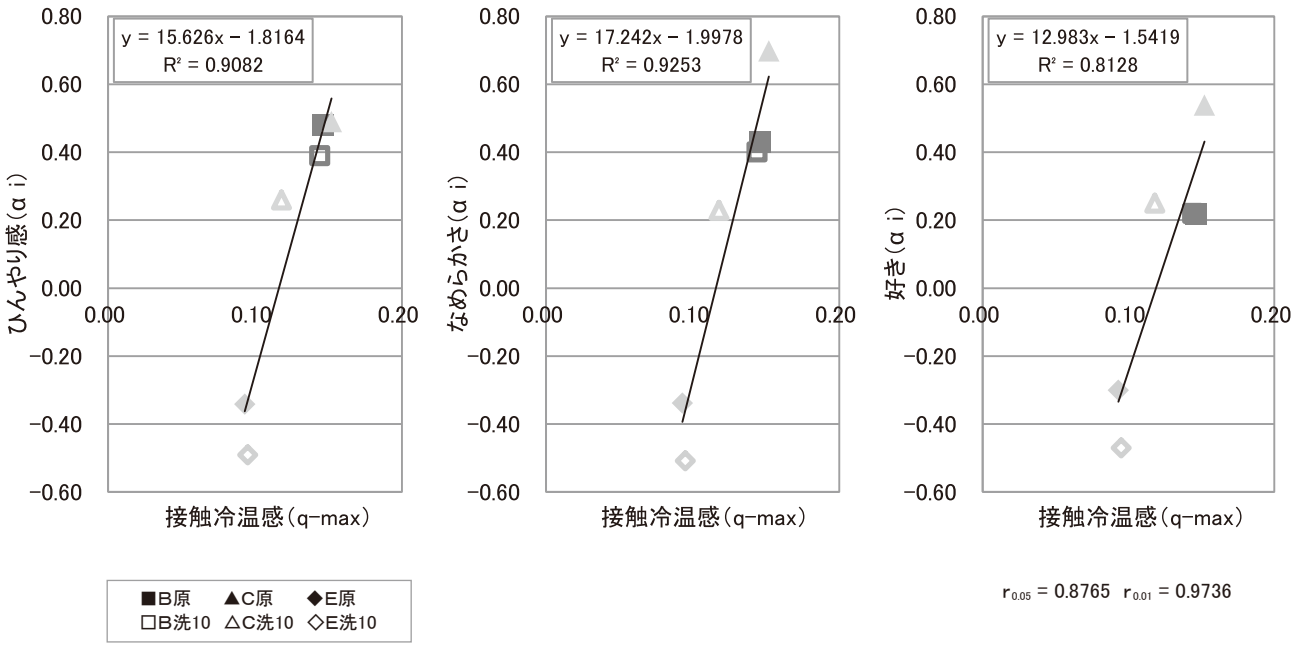


図 10　接触温冷感評価値（q-max）と風合い評価の相関性

ぞれ危険率５％以下で相関性が見られた。風合い評価には、布地表面からの滴下法による吸水性が関係していることが示された。

最後に、接触冷感評価値（q-max）と手触り感による風合い評価の相関関係を図 10 に示す。実線は、最小二乗法による近似直線を示したものである。風合い評価の「ひんやり感」「なめらかさ」では危険率１％以下で、「好き」では危険率５％以下で、概ね相関性が見られ、接触冷感評価値と風合い評価、両者の関係に、ほぼ一致性が示された。

5．まとめ

本研究では、夏物機能性肌着を用い、実際に吸水速乾機能、接触冷感などが体験でき快適であるのか調べることを目的とし、スポーツウェアや綿肌着と比較しながら検討を行った。

1）接触冷温感のあるものを、好きと評価している傾向があり、風合い評価には、布地表面からの滴下法による吸水性が関係していることが示された。

2）手触り感による風合い評価は、いずれの項目でも試料布Ｃ、Ｂの原布の評価が高く、ひんやり、なめらかな感触のものが好みだと感じていることが分かる。また、接触冷温感評価値（q-max）と手触り感による風合い評価に一致性が見られる。

3）疎水性で水分率の低いポリエステルとポリウレタンが混用されている試料布ＡおよびＢは、放水性はよいが、吸水性、吸湿性は悪い。また、試料布Ａを改良した試料布Ｂは、繊維や糸が細く空隙が多くなり、肌と布地表面の接触面積が増えたため、接触冷感が増し手触り感がよく、吸湿性、放水性も良好である。

4）試料布Ｃは、糸の表面に水分率の高い扁平形状のキュプラが使われており、これが肌表面に接触するため接触冷感に優れ、なめらかと感じるが、放水性は悪い。

5）洗濯処理により、糸が乱れ、布地表面が毛羽立ち、風合いが変化するため各種評価に影響する。ポリエステル、あるいはポリエステルが混用されているものは、洗濯処理による機能性の低下が少ない。

6）今回実験を行った試料布では、総合的には試料布Ｂの評価が最もよく、次いで試料布Ｃであったが、全ての機能性に優れたものはなかった。

今後は、水分特性、接触冷感、風合い評価など、全ての項目で機能性に優れた夏物肌着の開発を期待する。

最後に、本実験に当たり助言をいただきました森川陽先生、実験を精力的に行ってくれた卒業生の清原彩子氏（平成 23 年度卒）、久本麻依氏（平成 24 年度卒）に感謝いたします。

引用文献

1） 成瀬信子 『基礎被服材料学』 文化出版局、2006 p.126
2） JIS Ｌ 1907 繊維製品の吸水性試験方法
3） 高分子学会編 『高分子と水』 共立出版株式会社、1995 p.247、p.249
4） 石川欣造 『被服材料実験書』 同文書院、1995 pp.50-56
5） JIS Ｌ 1096 一般織物試験方法

参考 URL

1） 株式会社 しまむら
＜http://www.shimamura.gr.jp/＞ 2013.8.10
2） 株式会社 日経ＢＰ社
＜http://www.trendy.nikkeibp.co.jp/＞ 2013.8.11
3） 株式会社 日本経済新聞社
＜http://www.mw.nikkei.com/jp/＞ 2013.8.10
4） 株式会社 ニューバランス ジャパン
＜http://www.newbalance.com/jp/＞ 2013.8.10
5） 株式会社 ユニクロ
＜http://www.uniqlo.com/jp/＞ 2013.8.13
6） 日本化学繊維協会
＜http://www.jcfa.gr.jp/fiber/topics＞ 2013.8.10