

# ウールブレンドニットの熱水分特性

小 柴 朋 子\*

## Evaluation of Heat and Moisture Transfer Characteristics of Wool Blended Fabric

Tomoko Koshiba

**要 旨** ウールは保温性や吸湿性が他の繊維に比べ特に優れる。近年はウォッシュャブル機能が向上し、さらに、消臭性やムレにくさの長所を生かして、スポーツ用インナーとして、新しく展開が図られている。高品質な織度の細かい繊維長の長いメリノウールが出回り、国際的な品質保証制度が定着してきたことに伴い高機能な製品が展開されてきているが、さらに新機能を付与するため、ウールと他の繊維とのブレンドファブリックが様々に提案されて、市場に出回っている。スポーツ用インナーとして市販されている衣服を含め、編み組織と染色の異なるウール 100% 4 種とシルク 100% 4 種、ウールシルクブレンドファブリック 2 種を用いて、スポーツ用インナーとして求められる熱水分移動特性について測定し、それらの物理的性能間の関係性について考察した。その結果、ウールとシルクはともに獣毛繊維であるため、厚さと重さは高い相関を示し、厚さと重さはそれぞれ保温性、吸湿透湿性、乾燥性と高い相関を示したが、吸水性、熱伝導性とは相関が低かった。シルクをブレンドしたニット布は、薄手の内着素材として、保温性、吸水性・透湿性に優れ、スポーツ用肌着として着用快適性が期待できることが示された。

キーワード ウールブレンドニット (wool blended fabric) 熱水分特性 (heat and moisture characteristics)  
メリノウール (merino)

### I はじめに

ウールは、保温性、吸湿性の点で他の繊維に比べ群を抜き、消臭機能やシワになりにくさなど、多くの長所を持つ繊維である。そのため、長い歴史の間、織物あるいはニットとして多用されてきた。ウールは獣毛繊維の特徴として撥水性を持ち、倦縮があるため多量の空気を含むなど、他の植物性天然繊維にはない利点がある。それを生かし、アウター・インナーの別を問わず、夏用冬用を問わず、利用されてきた。特に最近ではウールの薄手ニットがスポーツ用のインナーとして市場に出回るようになってきた。

### II スポーツ用ウール

激しいスポーツにより多量発汗が生じた場合、その濡れたウェアによって体表面が冷却されて不快感が生じる。すぐに着替えることのできない長時間に及ぶスポーツの場合は、特に体力を無駄に消耗することになる。従来、綿は吸水性に優れるため、肌着やスポーツウェア素材として多用されてきた。しかし、乾燥速度が遅いため、多量発汗する場合には不都合である。一方、合繊類は、乾燥性に優れるが吸水性に乏しいので、無効発汗が増加し、肌にまとわりつくなど、運動機能性の点で問題点もある。

一方、ウールは自重の 40% までの水分を吸収しても表面は乾いた感じを保つ特長を持ち、

\* 本学教授 被服衛生学

多量の汗を吸水できる。発汗開始時にウェア内の湿度が高まるとスケールの隙間が開いて水蒸気が内部に取り込まれ、水分吸着して収着熱が発散する。そのため急激な温度変化を生じず、汗冷えを感じにくい。またスケールの撥水性は繊維と繊維のすき間に液状水が浸入することを防ぎ、繊維間や繊維内に含む空気層があるので濡れても表面が平滑化しにくく、接触冷感が生じにくい。以上の点から、従来ウールは保温性という利点を生かし冬向き衣料として利用されてきたが、最近では「スポーツウール」という提案が一般にも受け入れられ、市場が拡大してきている。

ウールがスポーツウェアやインナーに多用される理由は、他にもある。ウールの表面は撥水性のスケールで覆われ、水滴、油滴を弾く。そのため汚れは繊維内部に沈着しにくい。また高い水分率を保つため、静電気が発生しにくい。したがってチリやほこりの付着による汚れが少ない。つまりウールは、汚れがつきにくく、とれやすい性質をもつといえる。また、特にアウトドアスポーツ用インナーとして優れている理由は、汗臭くなりにくいことである。ウェアが汗で濡れるとチリやほこりが付着しやすくなり、皮膚の汚れが汗に溶けてウェアの繊維内部、あるいは繊維間に吸いこまれ、しつこい汚れと汗臭さの原因になる。しかし、ウールは表面の撥水性能が優れるため、繊維内部、或いは繊維間に汗と汚れが沈着しにくい。羊毛には重金属が含まれており、この金属イオンが臭いの分子を分解し、消臭する働きを持つ。特に銅イオンは微生物の細胞の増殖を抑える働きがある。そのため、登山やトレッキングなど、特に着替えが困難な場合、驚くほど臭いがつきにくく、長時間にわたって着用を続けることができる。

しかしウールは毛羽が多くてチクチク感が生じやすく、直接肌に触れるアイテムには不向きとも言われる。およそ30ミクロン(30/1000ミリ)より太い繊維を5%以上含むと、チクチク感が発生しやすくなるといわれ、ウール下着など直接肌に触れる製品は、平均太さが19ミ

クロン程度のしなやかなウールを用いる必要がある。ウールは縮絨を起こしやすく、洗濯の頻度の高いスポーツウェアには不向きと考えられてきた。しかし、現在ではウォッシュャブルウールとして、実際に各種スポーツで、ウールニットインナーが利用されている。その背景としては、メリノ種の羊が大量に飼育されるようになり、特に高品質のウールが大量に出回るようになってきたことが挙げられる。

### Ⅲ ウール生産の現状

現在、世界中で飼育されている羊の数は約11億頭弱で、その産毛量は150万トン強、全世界で生産される総ての繊維の3%を占める(IWTO Market Information 2006)。羊の種類は3,000余種といわれているが、ウールとは一般的に全世界の羊毛の45%を占めるメリノ種の羊の毛のことをさし、産地としてはオーストラリア29%、中国13%、ニュージーランド11%、旧ソ連邦6%が多く、オーストラリアは生産量の約75%がメリノ種である。メリノ種は1頭から得られる量が少ないため、オーストラリアでは生産頭数が75%でも、ウールとしての生産量は市場の約30%を占めるに過ぎない。オーストラリアはメリノ種の世界最大の産出国で、日本向け輸入の約80%はメリノ種であり、特に日本はメリノの消費が大きい市場である。一方、ニュージーランドは特に高品質のメリノが生産されるが、年間でわずか約8千トンであり、約330万頭のメリノ羊がハイカントリーと呼ばれる南島の南部サザンアルプス一帯で飼育される。メリノ羊が飼育される地域は水はけの良い山岳地帯で、夏は山の上に、冬は山麓に常に牧草が確保され、安定して栄養を与えられる。オーストラリアがフラットな乾燥大陸で、度々深刻な旱魃の影響を受けるのに対し、ニュージーランドは適度な降雨と温暖な海洋性気候に恵まれ、起伏を利用した環境を生かして安定した高品質のメリノが生産されている。

1頭の羊には、5000万本の毛が密生するとい

われるが、毛の長さはメリノ種は比較的短く5～10cmで、太さは雑種で0.024～0.042mmに対し、メリノ種は直径0.018～0.023mmと細い。1頭の羊でも体の場所によって長さや太さが違い、頭、腹、背、脚や喉の毛は短めで太く低品質であるが、肩の部分や横腹部は比較的細く、良質である。1頭からは、平均4.55キログラムの羊毛がとれる。

以上が、ウールがスポーツ用インナーに用い



Fig.1 ニュージーランド南島のメリノ種

られる理由であるが、アウトドアスポーツが盛んで、海外からの観光客もトレッキングやスキーなどを目的に滞在することが多いニュージーランドでは、高品質のインナーの需要が多い。ニュージーランドのメリノは、生産量は全世界の生産量のわずか1.33%を占めるに過ぎないが、直径が19ミクロンと特に細く、白度が高く、繊維長や織度のばらつきが少ない特徴をもつ。高品質のメリノウールが生産されるため、ニュージーランドのスポーツ用品メーカーやアパレル企業は今までにない高価格帯の薄手ウールニットインナーを発売するようになった。ICEBRAKER社など、ホールガーメントを取り入れたインナーは、成型性の良さとともに、高い吸湿性・保温性のため着用感の良さが認められ、夏・冬共に国内外での販売量は拡大している。

#### Ⅳ ウールの品質保障

ウールの品質に関しては、1937年7月に「国際羊毛事務局」がロンドンで非営利組織として創立されてから、「ウールマーク」による純毛製品の品質保証が国際的に定着している。「国際羊毛事務局」はロンドンから豪州に移転して1998年「ザ・ウールマーク・カンパニー」に改称され、現在は「オーストラリア・ウール・イノベーション」AWIとしてウールの品質保証活動が行われている。現在はウール製品に求められるニーズが変わり、新毛の純度を示すウールマークは、再生羊毛の混率により3タイプがある。新毛100%のウールマーク(WOOLMARK)、新毛の混率50%以上のウールマークブレンド(WOOLMARK BLEND)、新毛30～50%混率のウールブレンド(WOOLBLEND)の3種で、消費者に定着するまでには混乱を招く表示となっているのが現状である。

日本ではここ数年にわたって、食品の生産地偽装や賞味(消費)期限の偽装などが社会問題になっており、「カシミア70%」などの表示で販売されたストールに、全くカシミアが使用されていなかった事件など、アパレルにも、表示に対する信頼が揺らぐ事態が発生している。そこで、ザ・ウールマーク・カンパニーは、現在の「ウール100%」の保証だけでなく、「生産地表示」や「環境負荷の少なさ」を表示する方針を決めた(織研新聞2008.6.7)。

いずれにせよ、消費者のウールの品質に対する要求程度はますます高まっており、メリノウールは、羊の育成段階から見直した更なる改良が試みられている。

#### Ⅴ ウールブレンドの現状

メリノウールの高品質化が図られる一方、最近、ウールの使用性の向上を図る加工技術が進み、例えば、洗えるウール「Natural Easy

Care」, 防縮ウール「ECO・WASH」等が相次いで提案され, 一層スポーツウェアへの展開が進み, 日本でも大規模に展開される可能性がでてきた。一方, ウール以外の繊維とのブレンド素材の開発も進んでいる。

従来, ウールとの混紡や交織は, 化学繊維の低い水分性能を補うため, あるいはウールの引っ張りや摩擦に対する脆弱性をカバーするために行われることが多かったが, 最近では, ウールに新たな機能性を付与し, あるいは全く新しい特性を持つ繊維を創出するために行われるようになってきた。新しい風合いや他繊維の特徴を併せもつ機能素材が提案され, 従来ウールのイメージにない分野への進出がさらに進んできている。

ウールと合成繊維は様々な組み合わせ, 様々な混率でブレンドされているが, 例えば天然繊維ウールと高吸水異形断面合成繊維ポリエステルとのハイブリッドスポーツウェア「アクアウール」や, 吸湿速乾素材を謳うポリエステルとの二重構造ジャージの「SPORTWOOL<sup>®</sup>」などが最近人気を博している。その他, ウールとトリアセテート「ソアロン<sup>®</sup>」や, ウールとポリトリメチレンテレフタレート「ソロ<sup>®</sup>」といった新規羊毛複合素材の開発が進んでいる。

もちろん, 他の天然繊維との組み合わせには, 多様な展開があり, 例えばイタリアのE.ゼニア社の「WOOL - SILK - LINEN」はウール, シルク, リネンの3種の天然繊維がブレンドされ, 夏向きな機能性と上品な光沢と柔らかな手触りと軽さを追求した高級素材である。その他, 獣毛繊維のカシミアやアンゴラ, モヘヤとは従来からブレンドが行われているが, ニュージーランドでは, オーストラリアから持ち込まれたオポッサムという小動物の毛を利用したウールブレンドニットが広く市販されている。オポッサムはニュージーランドで繁殖しすぎて有害動物とされているが, 逆にそれを活かしてその細く空洞で軽い毛がウールと混紡されて冬用ニットとして利用が広がっている。

その他には, 天然素材としてウールと和紙,

ウールと竹繊維, ウールととうもろこし繊維などが新しいウールブレンドとして提案されている。竹は, 抗菌・浄化作用をもつことで知られる。上質なウールに, 竹を原料とするレーヨン繊維を融合させた「BAMBOOL<sup>®</sup>」(NIKKE)は, 軽やかな感触と「超・天然」というコンセプトで売り出され, 「愛・地球博」ではそのエコロジー性が評価され, 公式アテンダントユニフォームに採用された。

これらの混紡糸は, ブレンドによってウール100%とは異なる物性を示す。日本においても, 今後薄手高級肌着としてのニット布の需要, スポーツ用インナーとしての需要は拡大するものと考えられる。スポーツウェアとしては高い着用快適性が必須であり, 熱・水分特性に関し素材の特性を明らかにすることが求められる。そこでスポーツ用インナーとして出回っているウールブレンドニットがどのような熱水分特性を示すか, 今回材料特性実験を行った。ウールブレンドの例として, 近年注目を集める, ウールシルクブレンドを対象とした。ニュージーランド現地企業であるシルクボディ社は中国産絹を用いた高級なスポーツ用アンダーウェアを製造販売している。本研究ではそのシルクボディ社提供の試料布を対象に, ウール, シルク100%試料布に比べて, ウールとシルク混紡ニットが持つ熱水分特性を, 国際規格に基づいた測定法を用いて特に各種物性間の関係性を明らかにすることを目的として, 実験を行った。

## VI 実験方法

### 1) 試料布

測定した素材は Table 1 に示す素材・編み組成・色の異なる10種である。(ウール100%1×1リブ編白・黒, ウール100%シングルジャージ白・黒, シルク100%1×1リブ編白・黒, シルク100%シングルジャージ白・黒, ウールシルク混紡シングルジャージ黒・シルクウールコットン混紡シングルジャージ黒)

Table 1 (図中\* : 1 × 1 rib # :Single Jersey)

MARK	Fiber content	Structure	Finish
Wool1	Wool 100%	*	Dyed
Wool2	Wool 100%	*	non-dyed
Wool3	Wool 100%	#	Dyed
Wool4	Wool 100%	#	non-dyed
Silk1	Silk 100%	*	dyed
Silk2	Silk 100%	*	non-d
Silk3	Silk 100%	#	dyed
Silk4	Silk 100%	#	non-d
WB1	Wool54% Silk46%	#	dyed
WB2	Silk72% Wool13% Cotton15%	#	dyed

## 2) 測定項目

厚さ, 単位面積重量, 吸湿性, 吸水性, 透湿性, 熱抵抗, 熱伝導性, 乾燥時間。

## 3) 測定方法および測定装置

試料布は, 20℃ 65%の恒温恒湿室内に, 少なくとも 24 時間以上放置した後に, 各測定を行った。

試料布は ISO6330 (2000) に準拠し, 洗濯機 (Electro Wascator FOM71MP-L) を用いて, Baffle を足して 2kg 重にし, 20℃ の水で洗剤なし, 弱流すぎ 80 秒, 脱水 30 秒で行った。



Fig.2 Electro Wascator



Fig.3 試料布

### ① 厚さと重量 (Thickness & mass)

重量は British Standard (BS) EN12127:1998, 厚さは ISO5084:1996 に従い, 試料布 5 枚について, 測定した。



Fig.4 Digital thickness gauge

### ② 水分率 (Regain)

絶乾重量を測定後, 標準状態に 24 時間放置して秤量し, 重量差から求めた。



Fig.5 絶乾用 oven

### ③ 透湿性 (Water vapor permeability)

BS7209 : 1990 に従い, コントロール布と各試料布 3 枚ずつについて, 5 時間後の重量変化を計測し, g/m<sup>2</sup>/day に換算した。



Fig.6 透湿性測定装置



Fig.8 Qc tester

④ 吸水性 (Lac)



Fig.7 吸水量測定風景

BS-EN ISO9073-6 : 2003 に基づき、試料布 5 枚について計測した。

⑤ SGHP 法による熱抵抗 (Rd · Re)

A guarded-hot plate (ISO1993) 法により、hotplate の温度が  $35 \pm 0.1^\circ\text{C}$  の平衡 (3% 以内) に達してから 30 分間の平均値を求める (National Fire Protection Association 1990)。Re は、有孔板から蒸留水を吐出させ、NFPA (熱抵抗測定用対照布) を通して吸湿させた。3 回測定し、変動が 10% 以上の場合更に繰り返した。

⑥ 熱伝導率 Qc (dry fabric · wet fabric)

Fig.7 に示す熱移動量測定装置を用いて、dry fabric と wet fabric の熱伝導率を測定した。湿潤布は、Wescator を用いて、ISO6330 に従い、脱水後密閉袋に入れて、標準状態で 24 時間放置し、重量変化がないことを確かめた後に、測定した。繰り返し、5 回測定した。

⑦ 乾燥時間

a. 懸垂法 蒸留水に浸漬後、秤上でクリップで上端を挟んで吊り下げ、重量変化を 5 分毎に計測する。湿潤前重量に達した時、あるいは 30 分以上減少変化しない時点を乾

燥時間 a とした。

b. SGHP による計測 Sweating guarded hot plate を用いて、供給熱量が平衡に達した時点を乾燥時間 b とした。



Fig.9 懸垂法測定風景

Ⅶ 研究結果および考察

試料布の諸元に関する測定結果を Fig.10 ~ 11 に示す。試料布の厚さ、単位面積当たりの重量は、ウールシルク混紡 (WB1) > ウール > WB2 > シルクの順で、シングルジャージはリブよりも軽量で薄い特徴を有した。混紡のうち WB1 は最も厚く、WB2 はシルクとほぼ同程度の厚さと重量をもつ布地である。

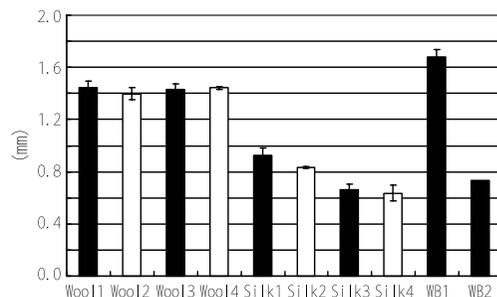


Fig.10 Thickness (mm)

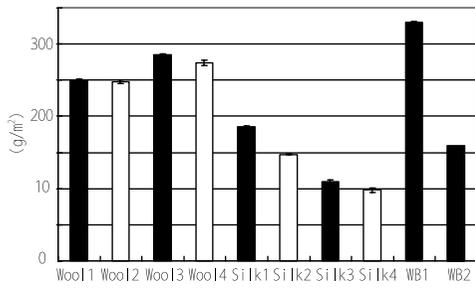


Fig.11 Mass per unit (g/m<sup>2</sup>)

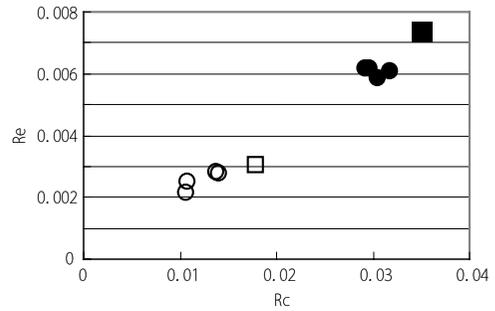


Fig.13 熱抵抗 Rc と蒸発熱抵抗 Re との相関

(●: wool1 ~ 4, ○: silk1 ~ 4, ■, □: WB1・2)

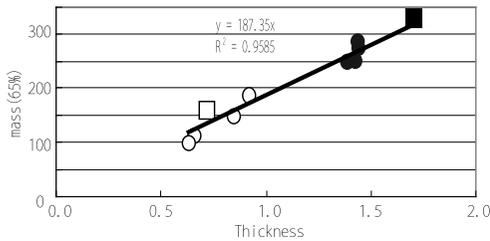


Fig.12 厚さと重さの相関

(●: wool1 ~ 4, ○: silk1 ~ 4, ■, □: WB1・2)

Fig.12 に示すように、測定した10種の布間では厚さと重さは  $r = 0.98$  の高い相関を持ち、厚い布地は重かった。これは今回使用した布は天然繊維のウールとシルク、あるいは天然繊維間の混紡であり、比較的比重が近かったためといえる。

### 熱的性質

Rct と Ret の結果を Fig.11,12 に示す。Rc と Re の相関は大きかった。ウールと WB1 は保温性が大きく、シルク100%の4種はいずれも保温性は小さかった。保温力は厚さに依存し、ウールはいずれも保温力は大であったが、WB2 はシルクの混紡率が大きい、厚さの割りに保温力が大きい布地であることが示された。

乾燥布の Qc を Fig.15 に示す。接触温冷感に対応する物性である Qc は、ウールよりシルクが大であるが、WB2 は、シルク100%に比べ、Qc が小さく、ウールと混紡することで、接触冷感が低く抑えられる布地であることが示された。

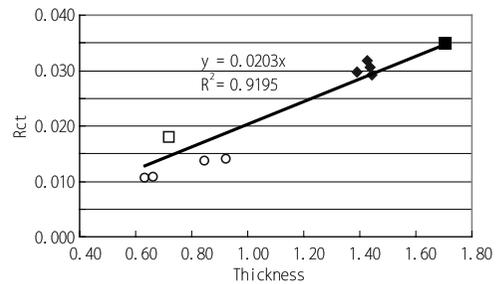


Fig.14 厚さと Rct の相関

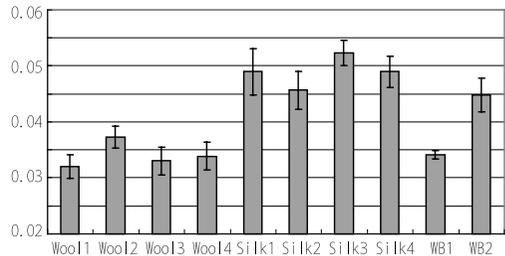


Fig.15 Qc (dryFabric) の相関

### 水分特性

Fig.16 は厚さと吸水性の関係を示す。厚さと吸水性の間には相関が見られなかった。厚い4種のウールは吸水性の良い2種と低い2種に分かれ、編組織の違いを示した。WB1 は厚いが吸水性が低く、WB2 は厚さの割には高い吸水性を示した。薄手のインナーとしては、WB2 の優位性が示された。同様に、洗濯機 (Electro Wascator FOM71MP-L) を用いて、弱流すす

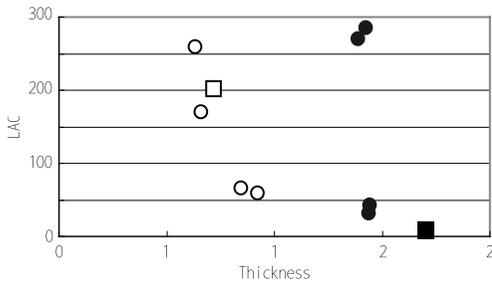


Fig.16 厚さと吸水性の相関

(●: wool1 ~ 4, ○: silk1 ~ 4, ■.□: WB1・2)

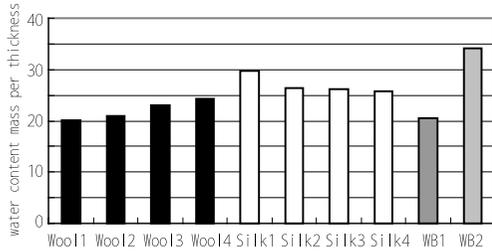


Fig.17 Electro Wascator による吸水(厚さ当り)

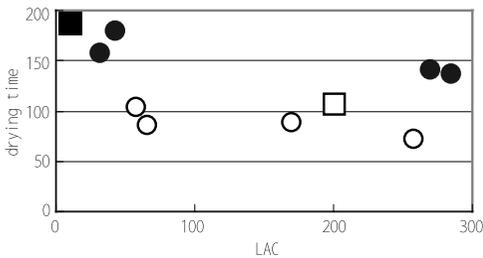


Fig.18 吸水性と乾燥時間の相関

ぎ 80 秒, 脱水 30 秒を行った後の試料布の厚さ当りの水分含有量を Fig.17 に示すが, シルク 100% のほうが厚さ当りは吸水量が多いことが示された。特に WB2 は厚さの割りに吸水量が多く, 綿が 15% 混紡されていることの効果が示されたものと考えられる。

Fig.18 に吸水性と乾燥時間の関係を示す。シルクは乾燥が速い。吸水量と乾燥時間との間には相関が見られず, 編組織の違いを反映するものと考えられた。乾燥時間は懸垂法と SGHP

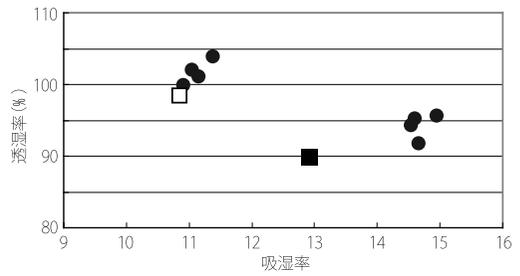


Fig.19 吸湿率と透湿率の相関

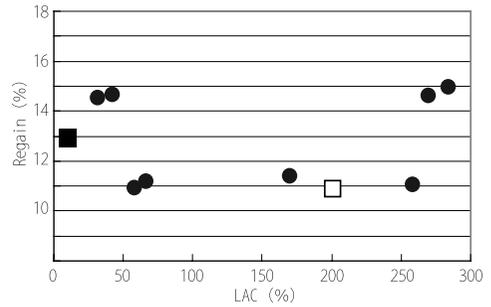


Fig.20 吸水性と吸湿性の相関

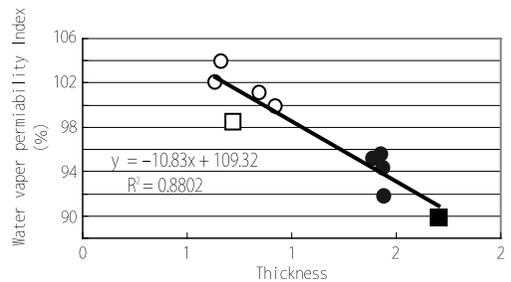


Fig.21 厚さと透湿性の相関

法が同様の傾向を示した。

Fig.19 に吸湿率と透湿率, Fig.18 に吸水率と吸湿率のそれぞれ相関を示す。いずれも相関性が認められず, 吸水性能, 吸湿性能, 透湿性能は独立した性能であり, それぞれ, 繊維の水分特性とファブリックの組織構造を反映していることが確認された。混率に従って, 吸湿率は WB1 はウール 100% とシルク 100% の中間値だが透湿性は低く, 厚さが反映したものといえる。

ウール 100% に比べ, シルク混紡 WB1 は吸

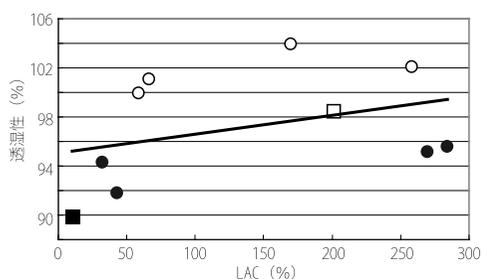


Fig. 22 吸水性と透湿性の相関

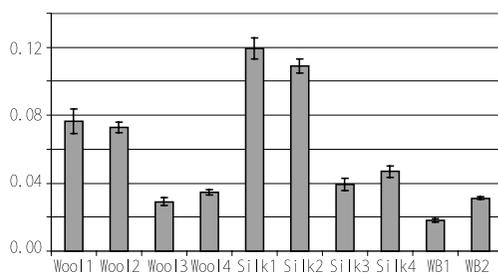


Fig. 23 Qc conductivity (wet fabric)

湿性・吸水性・透湿性のいずれも低下を示した。WB2はシルク 100%に比べ、透湿性は低く、吸水量は大であった。シルクはいずれの布地も高い透湿性を示した。ウールは高い吸湿性を持つが、シルクを混紡することにより、吸湿性は低下した。しかし、吸水性や透湿性についてはコットン混にすることにより向上することが示された。

Fig.22に吸水性と透湿性の相関、Fig.23に濡れた布のQcを示す。スポーツウェアとしては、発汗が生じた場合、なるべく無効発汗を防ぎ皮膚表面に汗が残留しないことがその後の不快感の減少につながり、ひいてはパフォーマンスの向上に役立つ。また、透湿性が良いウェアが発汗の皮膚上での蒸発を進める点でも好都合であり、更に濡れたウェアのQcが小さいことが求められる。

以上の点から、スポーツ用のインナーウェアとして、すなわち薄手の内着素材として、

WB2が吸水性・透湿性に比較的優れ、Qcも小さく、水分性能に優れていることが明らかとなった。

熱的性能、水分性能の点からウール 100%、シルク 100%、ウールブレンドシルクについて比較した場合、混紡によりスポーツ用肌着として着用快適性の向上が期待できることが示されたといえる。今後、シルク混紡によりウールの持つ優れた熱水分特性を損なうことなく、軽く肌触りの良いニット製品の開発が企図しうるものと思われた。

## VIII おわりに

本研究は、本学平成 18 年度海外研修制度 B による研究成果である。海外研修を受け入れていただいた New Zealand, Otago University, Clothing and Textile Science の Professor Raechel Laing, 並びに Supervisor であり共同

	厚さ	重さ	吸水性	湿熱伝導性 (湿潤布)	乾燥性 (scale)	乾燥時間 (SGHP)	吸湿性	透湿性	乾熱伝導性 (乾燥布)	熱抵抗 (乾燥布)	湿熱抵抗 (乾燥布)
厚さ	1										
重さ	0.980	1									
吸水性	-0.312	-0.413	1								
湿熱伝導性(湿潤布)	-0.251	-0.295	0.083	1							
乾燥性(scale)	0.943	0.966	-0.427	-0.451	1						
乾燥時間(SGHP)	0.927	0.952	-0.465	-0.159	0.919	1					
吸湿性	0.843	0.776	0.037	-0.235	0.767	0.703	1				
透湿性	-0.938	-0.963	0.361	0.408	-0.973	-0.954	-0.735	1			
乾熱伝導性(乾燥布)	-0.929	-0.911	0.155	0.313	-0.880	-0.866	-0.898	0.907	1		
熱抵抗(乾燥布)	0.970	0.959	-0.167	-0.360	0.931	0.881	0.868	-0.943	-0.967	1	
湿熱抵抗(乾燥布)	0.983	0.959	-0.206	-0.364	0.948	0.884	0.866	-0.943	-0.940	0.989	1

Fig. 24 各物性間の相関行列

■ : > 相関係数 0.7 □ : > 相関係数 0.9

研究者である同大学同学科の Senior lecture, Dr. Cheryl Wilson 先生に対し, 心から感謝の意を表するとともに, 海外研修を許可しご協力いただいた文化女子大学の関係の先生方各位に対し, お礼を申し上げます。なお試料布の提供に関しては New Zealand, Dunedin の Silkbody 社にご協力いただいた。ここに記し感謝したい。

## 文 献

大橋 一宏, Easy Care 自然力アップの洗えるウール, 繊維機械学会誌, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, 61 (6) 425-427, 2008  
白井 安弘, 人と地球にやさしい防縮ウール ECO・

WASH Shrink-resistant wool "ECO-WASH", friendly to the human body and the earth, 繊維製品消費科学, 49 (2) 118 ~ 122, 2008

柴田 清弘, 天然繊維ウールと高吸水異形断面合成繊維ポリエステルとのハイブリッドスポーツウェア「アクアウール」, (特集 高度化する複合テキスタイル Part-1), 加工技術, 37 (2) ,2002, pp. 94 ~ 96  
島 栄治, スポーツウェアの開発事例 (特集 スポーツ), 人間生活工学, 3 (2) ,2002, pp. 19 ~ 22  
<<http://www.woolmark.jp/sportwool/sport01.html><2008.10.15 ウールマーク <<http://merino.jp/><2008.10.25 オーストラリアメリノ <<http://www.wool.co.jp/><2008.10.25 AWI