

【原著】

女性ファンデーション用編布の素材と編構造が熱・水分移動特性に及ぼす影響

中橋美幸¹⁾、金丸亮二¹⁾、和田 猛¹⁾、諸岡晴美²⁾

1) 富山県工業技術センター生活工学研究所 2) 京都女子大学家政学部

要 約

本研究では、温熱的に快適な女性ファンデーションを開発することを最終目標とし、その基礎研究として、女性ファンデーション用編布の繊維素材、編構造の違いが熱・水分移動特性に及ぼす影響について皮膚モデルにより明らかにした。その結果、女性ファンデーション用編布の乾熱損失量については、厚さ、重さ、見かけ密度等の構造因子による影響が大きいことがわかった。不感蒸散シミュレーション実験における水分蒸発量は、吸湿性がよく薄い編布ほど大きいことがわかった。発汗シミュレーション実験では、編布の吸水面積が大きいものほど潜熱移動量の最大値が大きく、乾燥までの時間が速かった。本研究で用いた測定方法によって、女性ファンデーション用編布の熱・水分移動特性を把握することができ、温熱的快適性を考慮した女性ファンデーション用編布の設計が可能となることが示唆された。

(キーワード: 女性ファンデーション、繊維素材、編構造、熱・水分移動特性)

1. 緒 言

女性のファンデーション類（ブラジャー、ガードル等）は、補整効果を発現させるためにハードパワータイプのストレッチ編布を用いているものが多い¹⁾。それらは、体幹部に着用され、身体に密着するため温熱的快適性に及ぼす影響は大きく、多くの成人女性が夏季着用における暑さや蒸れによる不快感を経験している。

これまで、女性ファンデーション類に関する研究は、衣服圧の観点から行われたものが多くみられ²⁻⁴⁾、温熱的快適性に関するものは少ないように思われる^{1) 5)}。また、身体に密着して着用される衣料の一つであるパンティストッキングについては、諸岡らによる一連の研究があり⁶⁻⁸⁾、吸湿性パンティストッキングの開発に繋げている。

女性ファンデーションに用いられるストレッチ編布は、ナイロンやポリエステル繊維にポリウレタン弾性糸のインレイを基調とした編組織からなるものが一般的である。しかし、近年では、着用快適性を追求して、吸湿性素材・加工を用いたもの、編組織を工夫したものなどがみられる。

本研究では、温熱的に快適な女性ファンデーションを開発することを目的に、その基礎研究として、繊維素材、編構造の異なる女性ファンデーション用編布を試料とし、それらが熱・水分移動特性に及ぼす影響を明らかにした。

2. 実験方法

1) 試料

素材、編構造の異なるファンデーション用編布 5 種を試料とした。試料は、ラッセル機で製編された経編であり、太さの異なる 2 種のポリウレタン弾性糸を挿入したツーウェイ調の編組織からなる。試料の詳細を表 1 に示す。試料①はナイロンの経編に綿を、試料②はポリエステル経編にキュプラを、それぞれ挿入した編組織からなる。試料③、④はナイロンを、試料⑤はコットンライクなポリエステルを用いた経編である。

2) 試料の水分移動特性

試料の水分移動特性として、水分率、吸水面積、吸水率および透湿量を測定した。

水分率 (R) は、293K、65%RH の標準状態に加えて、30、50、90%RH 下で測定した。吸水面積 (Ab) は、滴下した 0.1ml の蒸留水の上に試料を水平に設置し、5 分間吸水させて算出した。吸水率 (L) は、ラローズ法を用いて測定し、抱水したガラスフィルターの上に、試料、重り (17g/cm²) を順次設置し、5 分後の吸水率を算出した。

透湿量 (Vt) は、JIS Z 0208 透湿度試験法 (カップ法) を用いて測定した。298K、90%RH の環境下でカップの質量変化を測定し、単位時間あた

りの透湿量を算出した。

3) 試料の熱・水分移動特性の測定

熱物性測定装置サーモラボⅡBの熱板(測定有効面積 10cm×10cm)を人の平均皮膚温に近似した33℃に設定し、293K、65%RHの恒温恒湿室内で測定を行った。

Table 1. Samples

Sample	Fibrous materials (%)	Yarn count (dtex)	Gauge	Knitted density	Thickness ¹⁾ (mm)	Weight (g/m ²)	Air permeability (cm ³ /cm ² /s)	
①	6,6-nylon	64	44	28	180c/50w	0.72	211	118.3
	polyurethane	17	{ 33 155					
	cotton	19	73					
②	polyester	76	44	28	186c/50w	0.62	199	143.0
	polyurethane	14	{ 44 78					
	cupra	10	33					
③	6,6-nylon	74	44	28	162c/48w	0.46	160	153.8
	polyurethane	26	{ 33 155					
④	6-nylon	73	44	28	168c/50w	0.47	175	132.0
	polyurethane	27	{ 44 155					
⑤	polyester	88	88	28	108c/42w	0.70	200	49.4
	polyurethane	12	{ 44 78					

¹⁾at pressure of 0.588kPa

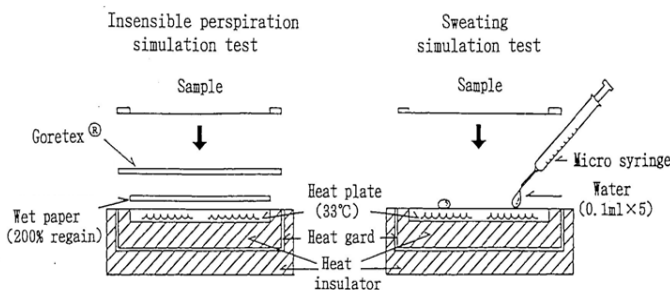


Figure 1 Schematic Diagrams of experimental method used TERMO LABO II B.

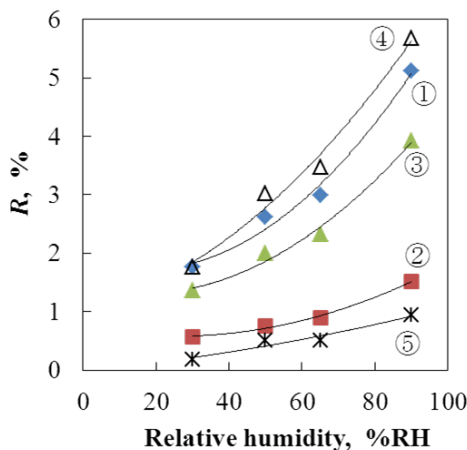


Figure 2 Isothermal moisture absorption curves under a condition of 293K.

a) 乾熱損失量の測定

熱板上に試料を設置し、平衡状態に至るのを確認した後、3分間の平均熱損失量 Hd (W/m^2) を測定した。

b) 不感蒸散シミュレーション実験

人の不感蒸散を想定して実験を行った。図1に示すように、熱板上に水分率200%の濾紙、透湿防水布を順次設置し、これを皮膚からの水分蒸散モデルとした。その上に、試料を設置して平衡状態を確認した後、3分間の平均熱損失量 Htm (W/m^2) を測定した。また、(1)式により水分蒸発量 Wn ($g/(m^2 \cdot s)$) を算出した。ここで、 Hdn は前述の水分蒸散モデルに水分が存在しない系での乾熱損失量であり、 L_{33} は水温33℃での水の潜熱 (2.430J/g) である。

$$Wn = (Htm - Hdn) / L_{33} \quad (1)$$

c) 発汗シミュレーション実験

人が発汗した場合を想定して、熱板の上に0.1mlの水をほぼ均等に5カ所滴下した後に試料を設置した(図1)。一時平衡に至ることを確認した後、3分間の平均熱損失量 (Hts) を測定した。また、(2)式により潜熱移動量 (Hws) を算出した。乾燥時間 t についても測定を行った。

$$Hws = Hts - Hd \quad (2)$$

3. 結果および考察

1) 吸湿性および吸水性

293Kにおける等温吸着曲線を図2に示す。当然のことながら相対湿度の上昇に伴って水分率 (R) が増加する。ポリエステル混率の高い試料⑤では、水分率が最も低く高湿時(90%RH)で約1%であった。試料②においても高湿時の水分率が約1.5%と低かった。このことは、キュプラの混用率が10%と低く、ポリエステル使いであったためと考えられる。これに対して、ナイロンを用いた試料③、④、綿を挿入した試料①では、比較的高い吸湿性能を示し、高湿時の水分率は4~6%であった。

一方、ナイロンのみを用いた試料③、④では、吸水面積 Ab 、吸水率 L ともかなり小さく、吸水性がほとんどみられなかった(図3)。これに

対して、試料①、②、⑤では、 Ab および L が大きかった。吸水面積 Ab では、①>②>⑤の順に、綿使いのものほど大きかったが、ファンデーション着用時の衣服圧を想定した吸水率 L では、⑤>②>①と、先とは逆順になる傾向がみられた。有意ではなかったものの、通気性、見かけ密度 WT

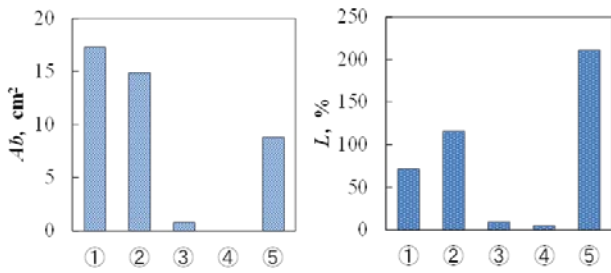


Figure 3 Water absorption area (Ab) and water absorption rate (L).

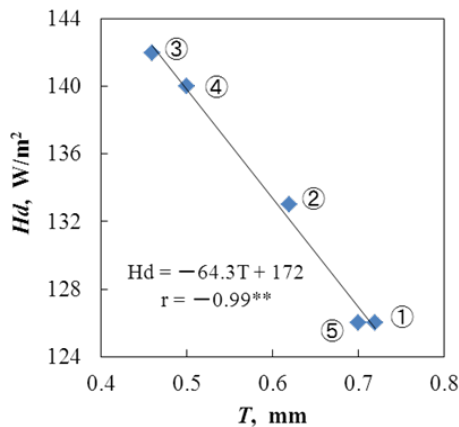


Figure 4 Relation between thickness (T) and dry heat loss (Hd).

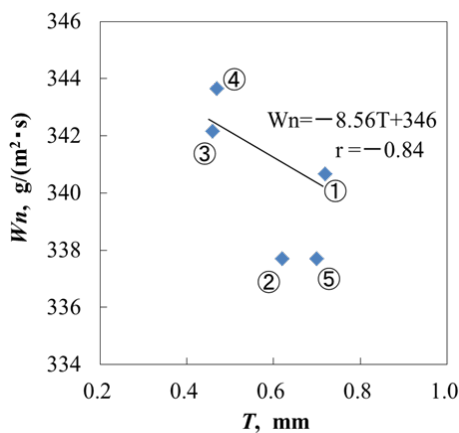


Figure 5 Relation between thickness (T) and evaporation rate (Wn) in sensible perspiration simulation test.

が小さいほど吸水率 L が大きい傾向がみられ、編布の空隙率（含気率）が吸水率に大きく影響した結果であると推察された。

以上のことから、吸湿性は、ナイロン使いのものとポリエステル使いのものとの分化し、繊維素材による影響の大きいことが確認された。吸水面積は、繊維構造や挿入編組織等による毛細管現象の影響を、吸水率は編布の含気率の影響を大きく受けることがわかった。

2) 構造因子と熱・水分移動特性との関係

a) 構造因子と乾熱損失量 Hd との関係

厚さ T と乾熱損失量 Hd との関係を図4に示す。 T と Hd との間には相関係数 $r = -0.99^{**}$ の危険率1%で有意な負の相関が認められた。また、 Hd は、重さ W ($r = -0.93^*$)、見かけ密度 WT ($r = 0.94^*$)、透湿量 Vt ($r = 0.98^{**}$) との間にも有意な相関が認められた。

以上のように、乾熱損失量 Hd については、繊維素材にかかわらず、編布の構造因子である厚さ、重さ、見かけ密度による影響の大きいことがわかった。

b) 構造因子と不感蒸散シミュレーション実験における水分蒸発量 Wn との関係

厚さ T と水分蒸発量 Wn との関係を図5に示す。 Wn の大きさは、図2に示した吸湿性の大きさによって2グループに分かれることが明白である。また、グループ間で厚み依存があることもわかった。すなわち、発汗しない状態においては、吸湿性がよく薄い編布を用いた女性ファンデーションの着用が皮膚からの水分蒸散を促し、温熱的快適性を維持できると推察される。

c) 発汗シミュレーション実験における総熱損失量 Hts および潜熱移動量 Hws

図6に、発汗シミュレーション実験での時間経過に伴う総熱損失量 Hts の変化挙動を示す。熱板に試料を設置した直後から、液体水が試料に濡れ広がり、吸水面積の拡大とともに総熱損失量 Hts が増大し、一時平衡状態に至る（恒率乾燥期）。その後、 Hts は減少し（減率乾燥期）、やがて供給した水がすべて放散して乾燥時の熱損失量 Hd に至る⁹⁾。吸水面積の小さかった試料③、④では、他の試料より水が濡れ広がるまでの時間が長く、乾燥までの時間が長くなる傾向がみられた。

そこで、潜熱移動量 Hws と乾燥時間 t との関係

をみてみた(図7)。両者の間には $r = -0.92^*$ で有意な負の相関がみられ、 Hws が大きいほど乾燥時間が短くなることが明らかとなった。また、 Hws は吸水面積 Ab との間において、有意な正の相関 ($r = 0.88^*$) がみられた。すなわち、吸水面積が大きいものほど Hws が大きく、乾燥時間も速くなることがわかり、発汗時の熱・水分移動には吸水性が重要であると思われる。しかし、冬季の発汗を想定した場合には、試料③、④のように穏やかな熱移動である方が急激な体熱移動を避ける効果があると推察される。

Hws と厚さ T 、重さ W 、見かけ密度 WT 等の構造因子との間においては、有意な相関関係がみられなかった。編布の水分移動に関わる Hws については、 Hd の場合とは異なり、吸水面積等の水分関連特性と構造因子が複雑に関与していることがわかった。

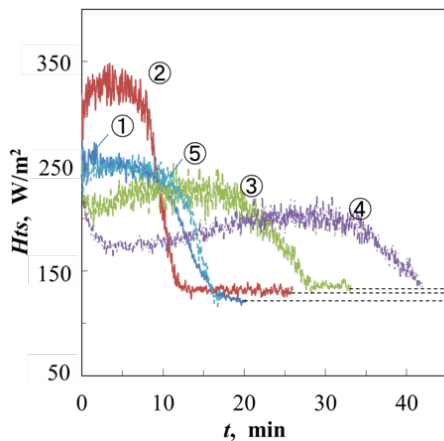


Figure 6 Changes in total heat loss accompanied by water transfer (Hts).

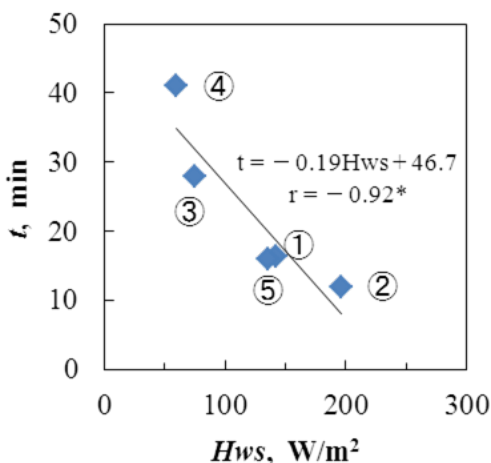


Figure 7 Relation between wet heat loss (Hws) and the drying time (t) in sweating simulation test.

4. 結 言

本研究では、繊維素材および編構造の異なる女性ファンデーション用編布を用いて、それらが熱・水分移動特性に及ぼす影響を明らかにし、温熱的快適性に影響を及ぼす要因を分析した。結果は、以下のとおりである。

- 1) 乾熱損失量 Hd については、女性ファンデーション用編布の厚さ T 、重さ W 、見かけ密度 WT 等の構造因子による影響を大きく受けることがわかった。
- 2) 皮膚からの不感蒸散シミュレーション実験では、吸湿性がよく薄い編布ほど水分蒸発量 Wn が増大した。
- 3) 発汗シミュレーション実験における Hws については、編布の吸水面積 Ab が大きいほど潜熱移動量 Hws の最大値が大きく、乾燥時間 t が短くなった。

本研究で示した測定方法によって、水分移動を伴う編布の放熱特性の特徴を把握することができ、女性ファンデーション用編布の用途に応じた設計が可能となることが示唆された。

なお、本研究の内容については、第34回日本熱物性シンポジウム(日本熱物性学会, 2013)にて口頭発表を行った。

5. 引用文献

- 1) 中村智子, 諸岡晴美, 諸岡英雄 (2005) : 女性ファンデーション用パワーストレッチ編布の乾・湿時における見かけの熱伝導率, *Netsu Bussei*, 19(2), 73-78
- 2) 伊藤紀子, 井上真理, 中西正恵, 丹羽雅子 (1995) : ガードル素材の二軸伸長特性と着用感および被服圧, *織消誌*, 36(1), 102-108
- 3) 稲村綾子, 中西正恵, 丹羽雅子 (1995) : ガードルの快適感と素材物性, *織消誌*, 36(1), 109-118
- 4) Miyuki Nakahashi, Harumi Morooka, Noriko Nakamura, Chihiro Yamamoto, Hideo Morooka (2005) : An Analysis of Waist-nipper Factors that Affect Subjective Feeling and Physiological Response - For the Design of Comfortable Women's Foundation Garments -, *SEN'I GAKKAISHI*, 61(1), 6-12
- 5) 中村智子, 諸岡晴美, 中橋美幸, 諸岡英雄 (2005) : ウエストニッパー素材の水分特性が衣服内温湿

度, 心拍数, 口腔温, 皮膚温及び主観評価に及ぼす影響, SEN'I GAKKAISHI, 61(9), 241-246

6) 平田理恵, 諸岡晴美, 諸岡英雄, 出口順子, 平賀 敏 (1999) : 吸湿性パンティストッキングの温熱的特性, 織消誌, 40(12), 792-799

7) 諸岡晴美, 平田理恵, 諸岡英雄, 出口順子, 平賀 敏, 佐藤栄二 (1999) : 温熱的快適性を目的としたパンティストッキングの開発 (第1報) 吸湿性および吸水性が夏季着用性能に及ぼす影響, J. Text. Mach. Soc. Japan, 52(1), T1-T8

8) 平田理恵, 諸岡晴美, 諸岡英雄, 出口潤子, 平賀 敏, 佐藤栄二 (2000) : 温熱的快適性を目的としたパンティストッキングの開発 (第3報) キュプラ混用パンティストッキングの夏季着用性能と素材物性, J. Text. Mach. Soc. Japan, 53(2), T37-T45

9) 山内八千代, 諸岡晴美, 諸岡英雄, 佐野真弘, 草本伸夫 (2002) : シルクプロテインによる吸湿加工が座席シート表皮材の使用性能に及ぼす影響, SEN'I GAKKAISHI, 58(6), 202-208

Original : Influence of Materials and Knitted Structure for Women's Foundation Garments on Heat and Water Transfer Properties, Miyuki Nakahashi¹⁾, Ryoji Kanamaru¹⁾, Takeshi Wada¹⁾, Harumi Morooka²⁾, 1) Human Life Technology Research Institute, Toyama Industrial Technology Center, 2) Department

of Apparel and Space Design, Kyoto Women's University, Abstract: We investigated the influences of fibrous materials and the knitted structure of women's foundation garments on the heat and water transfer properties in the test simulating insensible perspiration or sweating condition. The dry heat loss (Hd) was found to be significantly affected by structural factors, including the thickness (T), weight (W), and apparent density (W/T) of women's foundation garments. The water evaporation rate (Wn) significantly increased for more highly hygroscopic and thin materials in the test simulating insensible perspiration condition. The larger area of water absorption (Ab) was associated with a significant increase in wet heat loss (Hws) and a shortened drying time in the testing simulating sweating condition. In addition, Hws but not Hd was suggested to be intricately related to not only the structural factors but also the water-related properties of materials.

<連絡先>

〒939-1503 富山県南砺市岩武新 35-1
富山県工業技術センター生活工学研究所
中橋 美幸
電話 : 0763-22-2141 FAX : 0763-22-4604
eメール : nakahasi@itc.pref.toyama.ac.jp