

## 不織布からなる下着着用時の体温調節反応に関する研究

### A comparison of thermophysiological responses in participants wearing two kinds of underwear (nonwoven or knitted) in cold and hot environments.

前田 亜紀子 Maeda Akiko  
林 千穂 Hayashi Chiho

**Abstract:** The nonwoven fabric is often used as the disposable product. The purpose of this study is to evaluate the effects of two kinds underwear with different textiles (nonwoven; A or knitted; B). Thermophysiological responses were compared with two kinds of underwear in cold condition (C: 25°C60%RH→15°C60-75%RH) and hot condition (H: 30°C60%RH). Five and six young female adults participated on each condition, respectively. After the subjects rested for 15 min in a chair, they worked for 15 min exercise on a bicycle ergometer (70W) followed by 60 min and 50 min rest under each condition. Main results were summarized as follows: 1) Rectal temperature, mean skin temperature and clothing microclimate temperature (chest) after work in cold condition were kept significantly higher in A than in B. 2) Clothing microclimate humidity was significantly lower in hot condition in A than in B. 3) There were not any differences for skin temperatures, heart rate and subjective sensations between A and B. Thus, it was concluded that nonwoven underwear seemed to be more effective in keeping core temperature constant, mean skin temperature and clothing microclimate comfortable in cold and keeping clothing microclimate humidity appropriate in hot environments.

**Key words :** nonwoven, underwear, thermophysiological responses, rectal temperature

#### 1. 緒論

不織布とは織編構造を経ず、繊維を平面状の布にしたものであり、ウェブ web とは、薄いシート状のものを積層加工してつくられる。2001年に制定された JIS 不織布用語 (JIS L 0222) には、織・編物の他、紙、タフト及び縮絨フェルトを除くと定義されている。

不織布の構造的特徴は、繊維状多孔構造と高剛性であり、濾過性、吸収性、透水性、熱遮断性、クッション性が要求される用途で用いられることが多い。不織布の利用例としては、フィルター、ワイパー、クッション材、包装材、基布、吸音材、断熱材、保護材であり、いずれの用途も不織布の構造的特徴を活かしている (矢井田, 2002)。

不織布は、織布に比べ生産性、生産速度が格段によく、労働力、設備コストの負担も少ないことから、耐久製品も存在する一方で、一度の使用で捨てることのできる製品も多く、汎用性が高い。

ディスプレイ化は、環境対策に逆行しているとの批判もあるが、洗濯などの手間がかからず、製品の保管

と管理を最小限にできるという利点から、医療・衛生用品、防護服、寝装類として活用されており、近年、世界各地で頻発する大災害の折には、災害用品として不織布下着や衣料、マスク、使い捨てトイレなど、様々な製品が利用された。

不織布に関する先行研究としては、不織布の構造や製法に伴う、機能性に関する物理的材料特性を観察したものが多い (仲道, 1995; 矢井田, 1999)。被服としての不織布の主用途である、医療用製品や防護衣に関する研究もあるが (清水, 1986; 菅井, 2002)、いずれも特殊な環境であり、身近な生活環境に即した人体着用時の体温調節について研究されたものは見当たらない。

そこで今回私たちは、不織布下着着用時の人体の体温調節反応について、寒冷及び暑熱環境下における実験を実施し、綿下着着用時との比較検討を行った。

## 2. 実験方法

### 2-1. 環境条件及び実験スケジュール

実験は寒冷条件（以下条件Cとする）及び、暑熱条件（以下条件Hとする）の2種類の実験を人工気候室で行った。

各々の気温ならびに相対湿度は、条件Cが前室（25°C、60%RH）に滞在させた後、気温を15°Cに低下させた寒冷室に暴露した。寒冷室の安定にはおよそ15分を要し、湿度は60~75%RHの範囲であっ

た。条件Hでは気温30°C、相対湿度60%とした。

両条件の実験スケジュールを Fig.1 に示す。被験者は人工気候室に入室後、直腸温及び他のセンサー類を装着し、指定された衣服に着替えた後、体重測定を行った。

各条件下で、椅座位安静15分後、エルゴメータによる70Wの運動を15分行わせ、再び椅座位安静を保持させた。再安静時間は条件Cで60分、条件Hは50分とした。

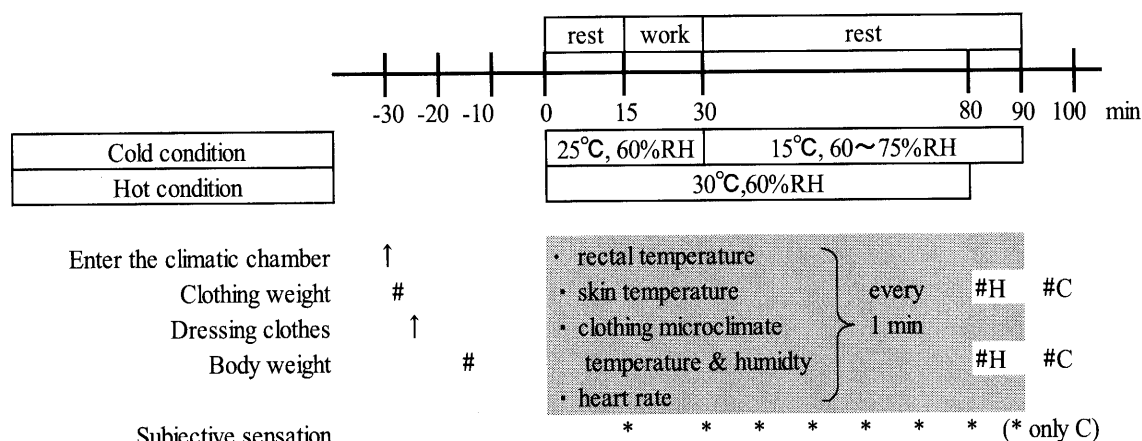


Fig. 1 Experimental schedule.

### 2-2. 被験者

被験者の身体的特徴について Table 1 に示す。被験者は健康な女子学生であり、条件Cが5名、条件Hが6名であった。なお、体表面積は藤本(1957)により算出した。

実験は月経期を除く期間とし、被験者の性周期を考慮して同一被験者内で黄体期か卵胞期のいずれかに統一して実験を実施した。被験者には事前に実験内容を十分に説明し、実験に参加する同意を得た。

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Environmental condition	Subject	Age (yrs)	Weight (kg)	Height (cm)	BSA (m <sup>2</sup> )
Cold condition	C1	20	47	160	1.41
	C2	20	55	164	1.54
	C3	20	54	165	1.53
	C4	19	56	167	1.57
	C5	19	56	158	1.51
	mean sd	19.6 0.55	53.6 3.78	162.8 3.70	1.51 0.06
Hot condition	H1	19	50	160	1.45
	H2	19	53	156	1.46
	H3	19	57	157	1.52
	H4	19	64	160	1.62
	H5	19	49	173	1.51
	H6	19	55	170	1.58
mean sd	19 0.00	55.6 5.55	163.2 7.79	1.54 0.06	

### 2-3. 測定項目

測定項目は、直腸温、皮膚温 9 点（前額、上腕、前腕、手背、胸、背、大腿、下腿、足背）、下着とトレーニングウェア間における衣服内温湿度 2 点（胸、背）、背の衣服表面温度、心拍数、主観申告（温冷感と不快感）、衣服重量である。平均皮膚温は、Hardy&Dubois の 8 点法（1938）に準じ次式より求めた。

$$\begin{aligned} \text{平均皮膚温} = & 0.07 \text{ 前額} + 0.17 \text{ 胸} + 0.18 \text{ 背} \\ & + 0.14 \text{ 前腕} + 0.05 \text{ 手背} + 0.19 \text{ 大腿} \\ & + 0.13 \text{ 下腿} + 0.07 \text{ 足背} \end{aligned}$$

主観申告は運動を開始する前の安静終了間際と運動終了時点、及び再安静期間中の 10 分毎に行った (Fig. 1)。温冷感は、非常に暑い「1」から非常に寒い「9」までの 9 段階尺度を、不快感は快適「0」から非常に不快「3」の 4 段階尺度を用いて申告させた。

測定機器については、直腸温及び、皮膚温は温度データメモリー K210（テクノセブン製）により、また衣服内温湿度は温湿度データストッカー DM3（神栄製）を、心拍数はスポーツテスター PE3000 を用いて各々 1 分毎に計測した。

また、実験前後に衣服重量及び、体重測定を行った。衣服重量測定には、島津製作所製の電子上皿天秤 LIBROR AEX-180 を用い、体重測定にはザルトリウス製、F150S を用いた。

### 2-4. 被服条件

Table 2 に各条件で使用した衣類を示す。使用した不織布下着は、条件 C が U ネック型の半袖シャツとビキニ型ショーツであり、条件 H では、U ネック型のノースリーブシャツとビキニ型ショーツとした。各々の条件において、同型の綿メリヤス下着を用いて比較検討を行った。

下着以外の衣類については、条件 C では長袖長ズボンのトレーニングウェアとし、条件 H では半袖長ズボンのトレーニングウェアとした。その他の被服は、ブラジャー、靴下及び、運動靴であった。

### 2-5. 下着素材の諸元

実験に用いた不織布はレーヨン 60%、綿 30%、ポリエステル 10% の混紡で、その製造方法は、樹脂を用いないで絡めるウォータージェット法であった。不織布との比較のため用いた下着は綿 100% のメリヤス編みで同型のデザインとした。

実験に用いた不織布と綿の物性試験の結果を Table 3 に示す。各物性試験の方法は次の通りである。吸水性は、バイレック法を用いた吸水速度測定法とした。吸湿性は絶対乾燥質量と標準状態（20℃、65%RH）における吸湿時質量に対する質量比によって水分率を求めた。透湿性試験は JIS L-1099 法に準拠した。通気性はフラジール型試験機を用いた。熱伝達率は外部業者に依頼した。

Table 2. Clothing condition.

	Cold condition	Hot condition
nonwoven or knitted underwear	U-neck half sleeve undershirts and, Bikini undershorts	U-Neck no sleeve undershirts and, Bikini undershorts
another clothing items	Long sleeve training shirts Training pants brassiere socks shoes	Half sleeve shirts Training pants brassiere socks shoes

Table 3. Physical properties of the underwear.

Measurement items		Nonwoven	Knitted
Material	(%)	rayon 60% cotton 30% polyester 10%	cotton 100%
Water absorption	(mm/10min)	117.60	112.20
Moisture absorption	(%)	11.21	8.61
Moisture permeability	(g/m <sup>2</sup> ·24hr)	46.10	28.80
Air permeability	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> ·sec)	502.30	304.90
Rate of thermal conductivity	(kcal/h·m <sup>2</sup> ·C)	22.22	37.38

### 2-6. 統計解析方法

全測定項目の経時変化については、条件毎に全被験者のデータの平均値を求めて比較した。

有意差検定は、同一の環境条件において、対のあるt両側検定を用いた。なお、危険率5%未満をもって有意とみなした。

### 3. 結果

本実験で用いた下着に被覆される部位である胸と背の皮膚温の推移をFig. 2に示す。上段に胸を、下段に背を示した。

胸と背の皮膚温は条件Cも条件Hも共に、運動により急激に上昇し、運動終了後の安静時には低下したが、条件Cの方が大きな低下を示した。

それぞれの皮膚温についての変動をみると、胸の条件Hにおける皮膚温は、不織布も綿も差はほとんどみられなかったが、条件Cでは不織布の方が綿より低下が抑制された。また、背の皮膚温は条件Hにおいて、不織布の方が綿より大きな低下を示したのに対し、条件Cでは逆に不織布の方が綿より低下が抑制された。

Fig. 3は運動終了時の値を基準とする再安静時の平均皮膚温(上図)と直腸温(下図)を変化量で

示したものである。

運動後の安静に伴い、平均皮膚温は運動終了後、不織布も綿も低下を示すものの、条件Hではその度合いは小さいが、条件Cでは低下が大きく、不織布の方が綿より低下が抑制された。

直腸温(下図)は、条件Hにおいて、不織布と綿

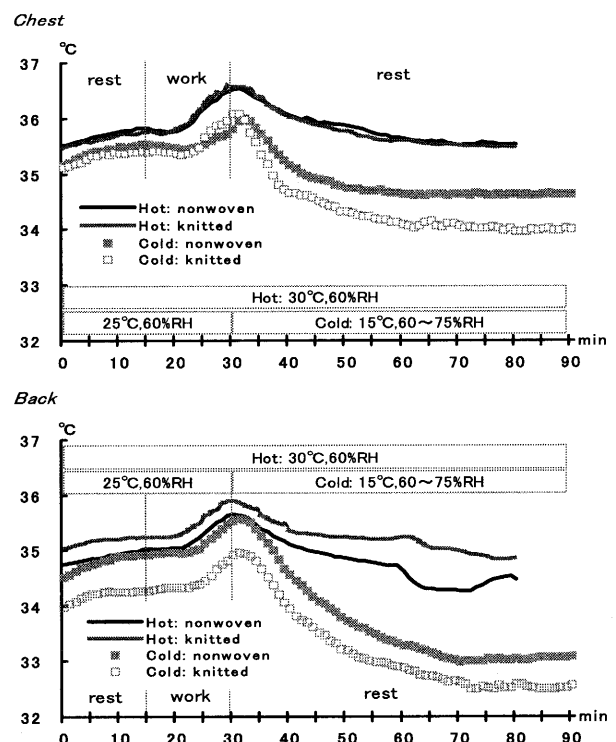


Fig.2 Change of skin temperature (chest and back).

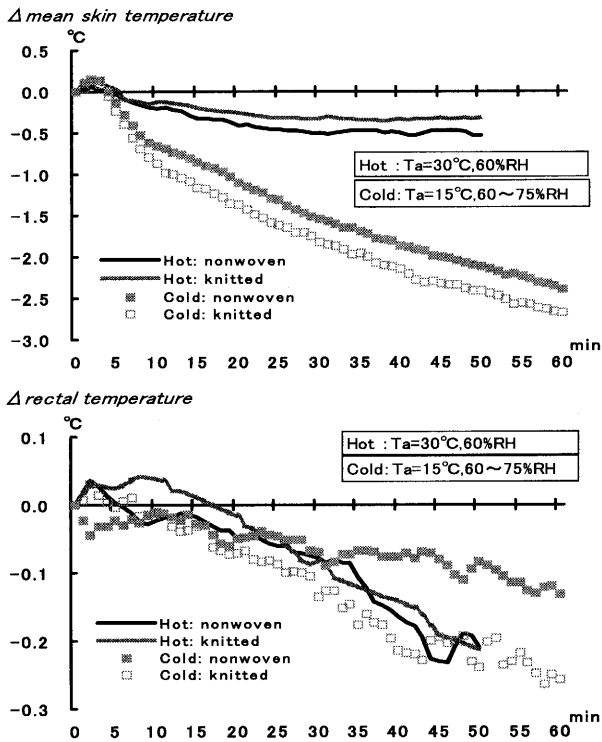


Fig.3 Change of  $\Delta$  mean skin temperature and  $\Delta$  rectal temperature.

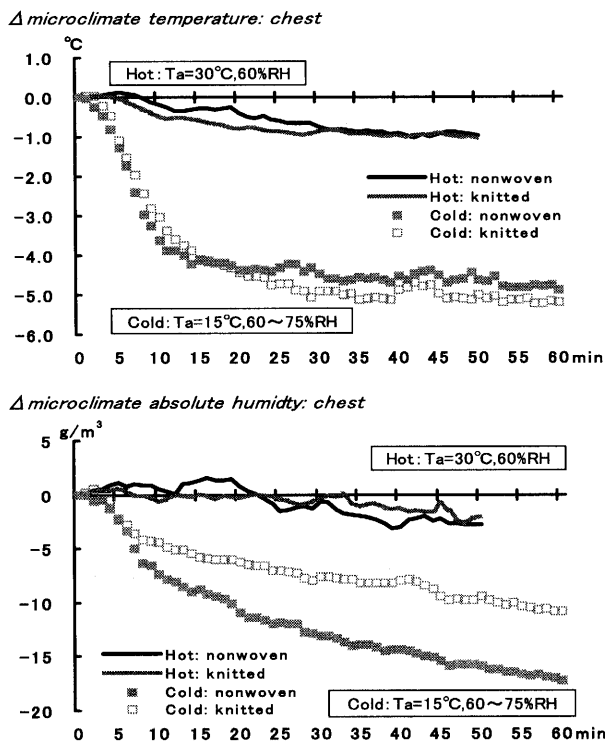


Fig.4 Change of  $\Delta$  microclimate temperature at chest.

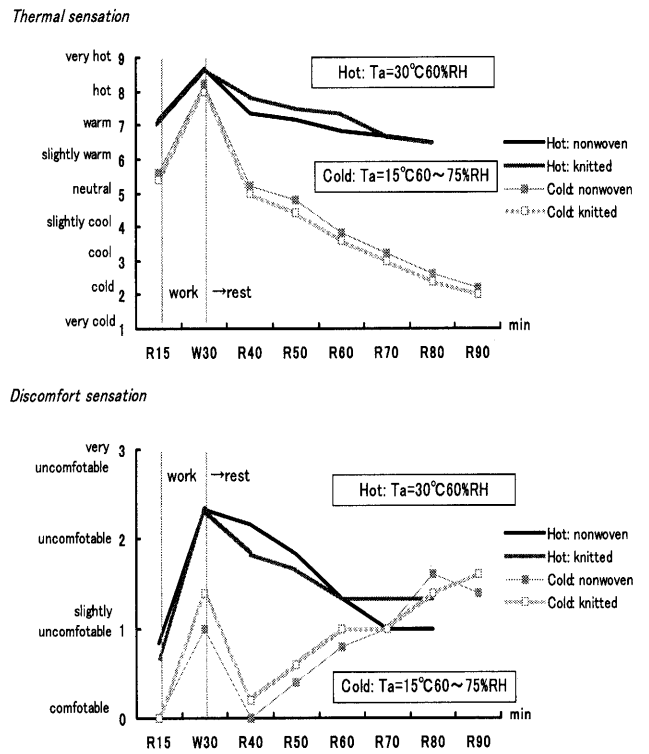


Fig.5 Thermal and comfort sensation.

の差はほとんどみられないが、条件Cでは、不織布の方が綿より低下が顕著に抑制され、安静30~50分後において、不織布と綿との間に有意差が認められた。

Fig. 4 に下着とトレーニングウェア間の胸部における衣服内温度（上図）及び衣服内絶対湿度（下図）について運動終了時の値を基準とする変化量を示した。

衣服内温度は条件Hでは、不織布と綿の間には、ほとんど差が見られないが、条件Cの場合は、不織布も綿も大きく低下し、不織布の方が低下はやや抑制された。

また、衣服内絶対湿度は、条件Hの場合、不織布の方が、綿より低下がやや大きい傾向がみられた。条件Cでは不織布の方が著しく低下した。

Fig. 5 に全身の温冷感及び不快感を示した。温冷感は条件C、条件Hともに、運動によって「暖かい」から「暑い」側へと申告が変化した。再安静時

には、条件Hでは実験終了時まで「暖かい」を維持したのに対し、条件Cでは「涼しい」から最終的には「寒い」申告にまで達したが、不織布と綿の間に有意差は認められなかった。

不快感は、条件Hで運動により「やや不快」から「不快・非常に不快」に近づくものの、再安静により「やや不快」へ戻る。条件Cでは、運動により一時は「快適」と申告したが、再安静の経過に伴い、不織布も綿も徐々に不快側に移行した。

#### 4. 考察

今回の実験結果から、直腸温は暑熱環境下において、不織布と綿との間に差はみられなかったが、寒冷環境下においては、運動後の低下が不織布で抑制され保温効果が示唆された。また、胸や背における衣服内絶対湿度については、不織布の方が綿より低値を示し、特に条件Cで大きな差を示した。

寒冷環境下において、不織布の方が直腸温の低下が小さかった理由として、不織布がTable 3の通り、綿よりも熱伝導率が低い値を示していることから、寒冷環境下においては、皮膚面から下着への熱伝導量が不織布の方が小さく、胸や背の皮膚温や衣服内温度の低下が抑制されたためと推測される。

さらに、不織布と綿の下着に被覆されなかった四肢部の皮膚温には、不織布と綿の差はみられなかったことから、不織布下着の方が、体幹部である胸や背からの放熱が、綿下着より抑制されたと考えられる。また、衣服内の絶対湿度が不織布の方が低値を示したのは、不織布の通気性や透湿度が高い値を示していることから、暑熱環境下で発汗量が増大した場合には、運動後の発汗を吸水、吸湿し、素早く透湿、通気して速乾させたと考えられる。

本実験で明らかにされたことは、不織布下着であっても、一般に用いられる綿100%のメリヤス編地の下着と比べ、暑熱環境下においては、ほとんど体温

調節反応上の違いはみられなかったが、寒冷環境時においては、むしろ、不織布の方が良好な評価が得られることが示唆された。

最後に、本研究の実験にご協力頂いた、長野県短期大学、衣生活研究ゼミナール卒業生の諸嬢に感謝の意を表します。

#### 引用文献

- 藤本薫喜ら、他4名：日本人体表面積に関する研究，日本衛生学雑誌，22，443-450（1968）
- Hardy, J. D. and Dubois, E. F.: The technic of measuring radiation and convection, J. Nutr., 15, 461-475. (1938)
- 仲道 弘：衣料用不織布の保温性についての一知見，織消誌，36(2)，39-44（1995）
- 清水美代子ほか：術中体温変化に対する不織布の意義について，手術部医学，7(1)，63-67（1986）
- 菅井清美，橋文夫：手術用ガウンの着用実態調査，織消誌，45(3)，55-61（2002）
- 矢井田 修：紙おむつに使用される繊維のリサイクルに関する研究，京都女子大学紀要，12，1-16（1999）
- 矢井田 修：不織布の技術開発動向と用途展開，織消誌，43（12），14-23（2002）