

急な雨天によりスポーツウェアが
湿潤した際の体の冷却作用とそれ
に対する肌着素材の生理的意義

奈良女子大学 緑川知子

(共同研究者) 同 登倉尋實

**The Cooling Effects of Two Kinds of Underwear Materials on Human
Body Under the Influences of Wetted Sportswear by a Shower**

by

Tomoko Midorikawa, Hiromi Tokura

Graduate School of Human Culture

Nara Women's University

ABSTRACT

The aim of our present experiment was to elucidate the physiological significance and the cooling effects on human body of two kinds of textile materials of underwear worn inside the wetted sportswear by a shower. In a bioclimatic chamber at an ambient temperature of 20°C and relative humidity of 80%, nine female young adults volunteered as subjects of this experiment. They put on either the underwear made from cotton 100% (C) or the one made from polyester with 30% wool blend (P/W). The subjects wore the underwear consisting of an undershirt, underpants, a brassiere, shorts and socks inside 100% polyester sportswear ensemble.

The subjects sat quietly in a chair for first 40 minutes until their rectal temperature became steady—state. Then, they kept standing posture for the next 22 minutes. During the first 2 minutes they were subjected to a heavy shower (120 mm/h) or a light one (80 mm

/h). And during the last 5 minutes they remained under the strong wind condition (4.8 m/sec).

Main findings were as follows ;

1) Mean skin temperatures and mean body temperatures were kept significantly lower in C than in P/W during the last 5 min only with the heavy shower condition. 2) The subjects felt colder and more uncomfortable in C than in P/W especially during the last 5 min with the heavy shower condition. 3) Clothing surface temperatures were clearly higher in C than in P/W, judging from the data by a thermoviewer. These data were discussed from the viewpoint of clothing physiology.

要 旨

雨でスポーツウェアが濡れた際に、その内に着用している肌着の素材が体の冷却作用と生理反応に与える影響について調べた。環境温 20℃ 相対湿度 80% に設定されている人工気候室で、9名の成人女子が被験者として協力した。スポーツウェアの内に着用する肌着の素材が綿 100% (綿条件)、あるいはポリエステル 70% とウール 30% の混紡素材 (混紡条件) について実験を行った。肌着としてアンダーシャツ、ズボン下、ブラジャー、ショーツ、ソックスを用いた。

被験者は直腸温が安定に達した後、立位安静で、2分間は 120 mm/h あるいは 80 mm/h の雨に濡れた。そして、15分間立位安静を保った後、最後の5分間は有風下 (4.8 m/sec) におかれた。平均皮膚温と平均体温のレベルは、多雨有風下の綿条件の方が混紡条件よりも有意に低くなった。被服表面温が綿条件で高く、環境へ多くの熱を失っていた。被験者は綿条件においてより寒く、不快に感じた。

緒 言

暑熱環境下ならびに寒冷環境下における、運動

時の発汗による人体体表面からの水分に衣服素材が与える影響に関する報告は数多くある¹⁻⁸⁾。しかし、外環境から衣服系に多量に浸入してくる雨等の水分と肌着との関係を調べた研究は、ほとんど見られない。たとえば、山で遭難したときやヨットで遭難したとき、あるいは屋外で行うラグビー、サッカー、マラソンのようなスポーツ時に急に雨天になる場合、そして一般には、傘を持っていないのに急に雨が降り始めた場合など、外環境から多量の水分が外衣から浸入してきて、肌着が湿潤して体が冷却されることは、よく体験されることである。

1991年ゲームレース中、ヨットが転覆した際のただ一人の生存者は、乾きやすく、保温力のあるアクリル素材の肌着が、綿素材肌着用者と生死を分けたと語っている⁹⁾。そこで、本研究は、衣服最外層から多量の水分が衣服系に浸入してウェアが湿潤した際、肌着の繊維素材が人体冷却にどのような影響を与えるかを明らかにする目的で企画された。

1. 実験方法

1.1 被験者

年齢 20.7 ± 0.2 歳、体重 50.7 ± 1.4 kg、身長

160.7 ± 1.7 cm の健康な女子学生が、本実験についての説明を受けて承諾をし確約書に署名捺印後、被験者として参加した。

1. 2 実験環境

人工気候室（東レ・テクノラマ）を、環境温 20℃ 相対湿度 80% に設定した。2 分間の降雨時には 2.0 m/sec の風とともに、120 mm/h の多雨、あるいは 80 mm/h の小雨の条件で雨を降らせた。回復期最終の 5 分間の有風時には、被験者の前から 4.8 m/sec の風を吹かせた。

1. 3 実験着

被験者は肌着（ブラジャー、ショーツ、長袖シャツ、ズボン下）の上にスポーツウェア上下を着用し、靴下、運動靴と防水性の高い帽子を着用した。ポリエステル 100% のスポーツウェアの中に着用する肌着が綿 100%（綿条件）、あるいはポリエステル 70% とウール 30% 混紡（混紡条件）について実験を行った。以下の文章では、綿素材肌着着用時を綿条件、ポリエステル・ウール混紡肌着着用時を混紡条件と記す。

1. 4 測定項目

サーミスター温度センサーを用いて、直腸温と皮膚温（前額部、胸部、前腕部、大腿部、下腿部）を測定した。皮膚温測定用のサーミスターは、防水性のサージカルテープを用いて貼付した。温冷感アンケートと快適感アンケートには、われわれが改良した細かい尺度の物（結果の図を参照）を用いた。被験者前面上半身の表面温度は、サーマルメジャーを用いて撮影した。

1. 5 実験手順

被験者は実験室に到着後、実験服に着替え、人工気候室に入り、各センサーを装着後、直腸温が安定に達するまで 40 分間椅座位開眼安静を保った。それから、立位開眼安静の状態、2 分間 2 m/sec の風を前方から伴って頭上からの雨に降られた。その後、さらに 15 分間立位安静を保った後、5 分間前方から吹く 4.8 m/sec の有風条件下

におかれた。

雨に濡れる前から実験終了まで適宜、全身の温冷感と温熱快適感のアンケート記入の後、表面温度を記録するためにサーマルメジャーの前に立った。

1. 6 データ処理

平均皮膚温（MST）、平均体温（MBT）の算出にはつぎの式を用いた。

$$\text{MST} = 0.3 T_{\text{chest}} + 0.3 T_{\text{arm}} + 0.2 T_{\text{thigh}} + 0.2 T_{\text{leg}}$$

$$\text{MBT} = 0.65 \text{MST} + 0.35 T_{\text{rec}}$$

小雨の綿条件と混紡条件のデータが 5 人分、多雨の綿条件と混紡条件のデータが 4 人分得られた。両条件において同一被験者でない場合、いずれも一例ずつあったので、両条件間の検定には対応しない T 検定を用いた。雨に濡れることにより有意な変化を生じたか否か、雨がやんだ後 15 分間の回復期によって、また 5 分間の有風条件によってそれぞれ有意な変化を生じたか否かについて、対応する T 検定を用いて有意差検定を行った。

2. 実験結果

いずれの雨量条件下においても、またいずれの着衣条件下においても、各部皮膚温と平均皮膚温の経時的変化には同様の傾向が認められた。すなわち、環境温 20℃ の人工気候室で 40 分間安静の間の皮膚温は安定していて、40 分目の前額部と胸部皮膚温はほぼ 34.5℃、前腕部、大腿部、下腿部皮膚温はこれより約 3℃ 低いほぼ 31.5℃、平均皮膚温はほぼ 33℃ であった。降雨により各部皮膚温は下降を示し、その後 15 分の安静時にも徐々に下降を続け、有風下では、さらに急な下降を示した。

図 1 は各雨量のときの各部皮膚温について、それぞれの雨量において両着衣条件間で比較したものである。有風下において、被覆されている部位

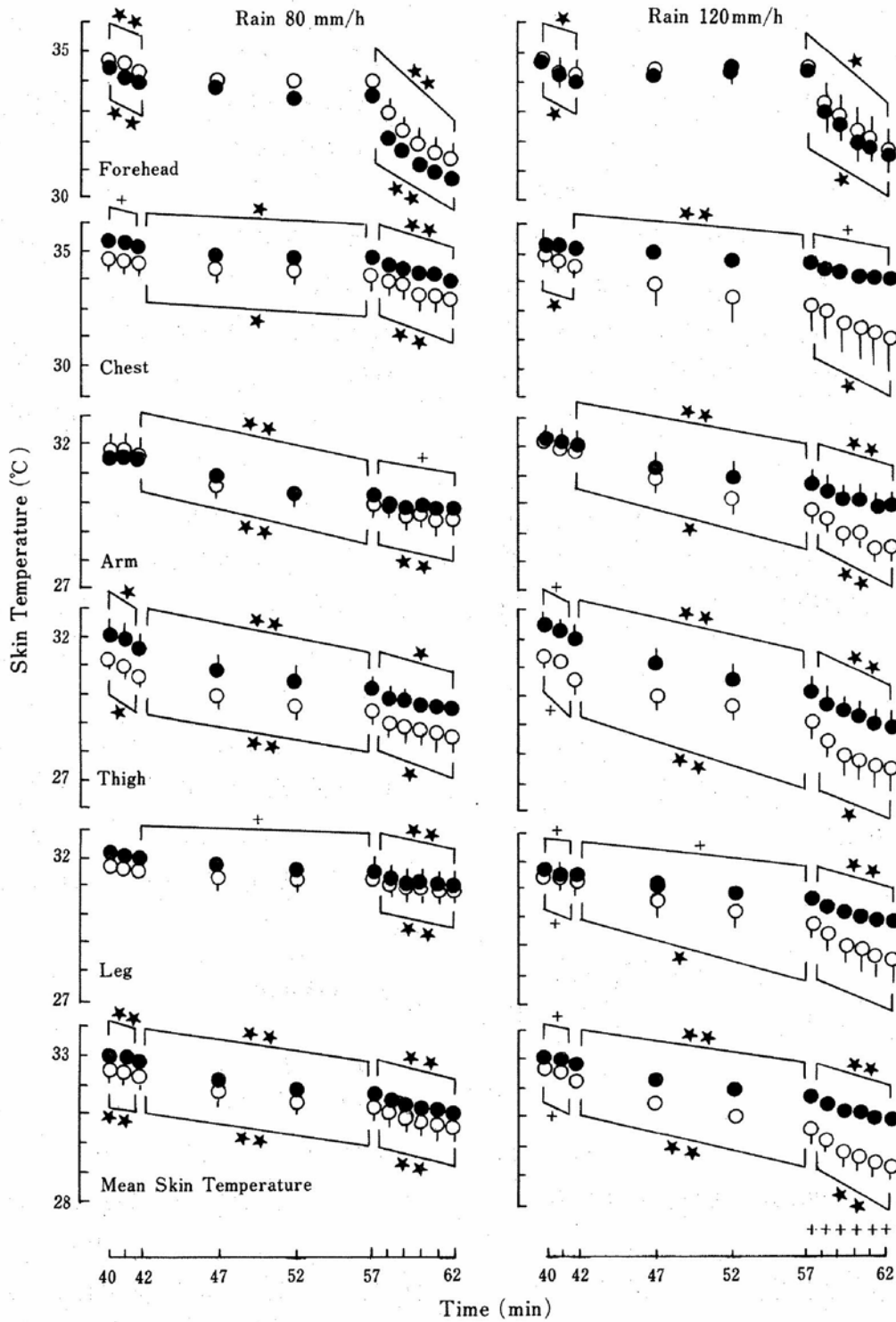


図1 各部皮膚温と平均皮膚温の経時的变化
 各雨量のときに各部皮膚温の降雨による変化を綿条件(○)と混紡条件(●)で比較している
 左側;雨量 80 mm/h 右側;雨量 120 mm/h

においてもほぼ 1°C の明らかな皮膚温下降が認められたが、被覆されていない前額部皮膚温の下降度が約 3°C と大きい。素材の差は少雨時より

も、多雨時に大きくなる傾向がみられた。両着衣条件間の皮膚温レベルについては有意な違いは認められなかったが、多雨有風下の平均皮膚温は、

混紡条件 ($30.97 \pm 0.1^\circ\text{C}$) よりも綿条件 ($29.41 \pm 0.5^\circ\text{C}$) において有意に低い値を示した。

いずれの着衣条件においても、前額部皮膚温は降雨時（少雨時：綿条件 $0.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 、混紡条件 $0.6 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 、多雨時：綿条件 $0.8 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 、混紡条件 $0.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ）と有風時（少雨時：綿条件 $2.62 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 、混紡条件 $2.8 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 、多雨時：綿条件 $2.8 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、混紡条件 $2.9 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ）には有意な下降を示した。

図2に示すように、直腸温には、いずれの条件下においても有意な変化は認められなかった。両着衣条件の実験終了時の直腸温のレベルは少雨時では綿条件 $37.01 \pm 0.20^\circ\text{C}$ 、混紡条件 $37.03 \pm 0.10^\circ\text{C}$ とほぼ同じであるが、多雨時には両着衣条件間の差が生じ綿条件 $37.02 \pm 0.20^\circ\text{C}$ 、混紡条件

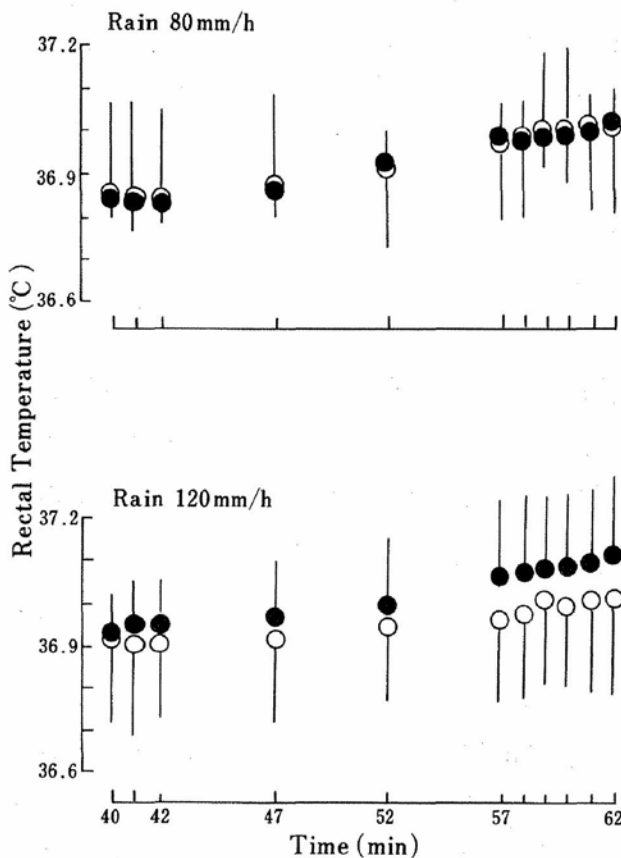


図2 直腸温のレベルの経時的変化
各雨量のときの直腸温の降雨による変化を綿条件 (○) と混紡条件 (●) で比較している
上段;雨量 80 mm/h 下段;雨量 120 mm/h

$37.12 \pm 0.20^\circ\text{C}$ と綿条件の方が低い傾向になった。

図3は各雨量のときの平均体温のレベルを両着衣条件間で経時的に比較したものである。いずれの条件においても、降雨後の有風下で（少雨時：綿条件 $0.22 \pm 0.00^\circ\text{C}$ 、混紡条件 $0.20 \pm 0.00^\circ\text{C}$ 、多雨時：綿条件 $0.42 \pm 0.10^\circ\text{C}$ 、混紡条件 $0.24 \pm 0.00^\circ\text{C}$ ）有意な下降を示し、多雨有風下の綿条件の平均体温のレベルは、混紡条件よりも有意に低くなった（綿条件 $34.38 \pm 0.10^\circ\text{C}$ 、混紡条件 $34.96 \pm 0.20^\circ\text{C}$ ）。このときに体から失われた単位時間あたりの熱量は、綿条件 234.65 ± 36.2 watts、混紡条件 153.72 ± 27.6 watts で、綿条件に多い傾向が認められた。

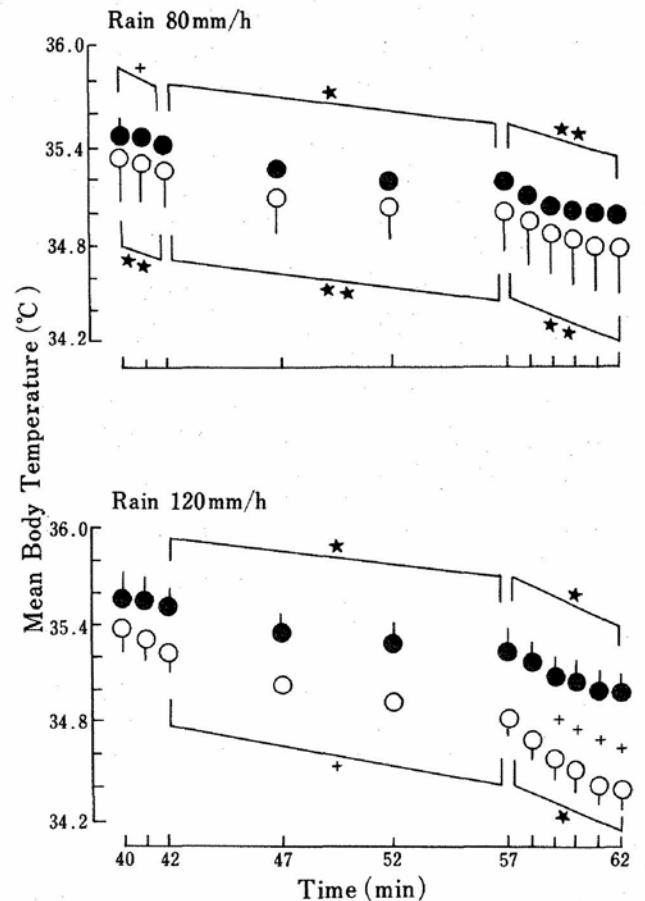


図3 平均体温のレベルの経時的変化
各雨量のときの平均体温の降雨による変化を綿条件 (○) と混紡条件 (●) で比較している
上段;雨量 80 mm/h 下段;雨量 120 mm/h

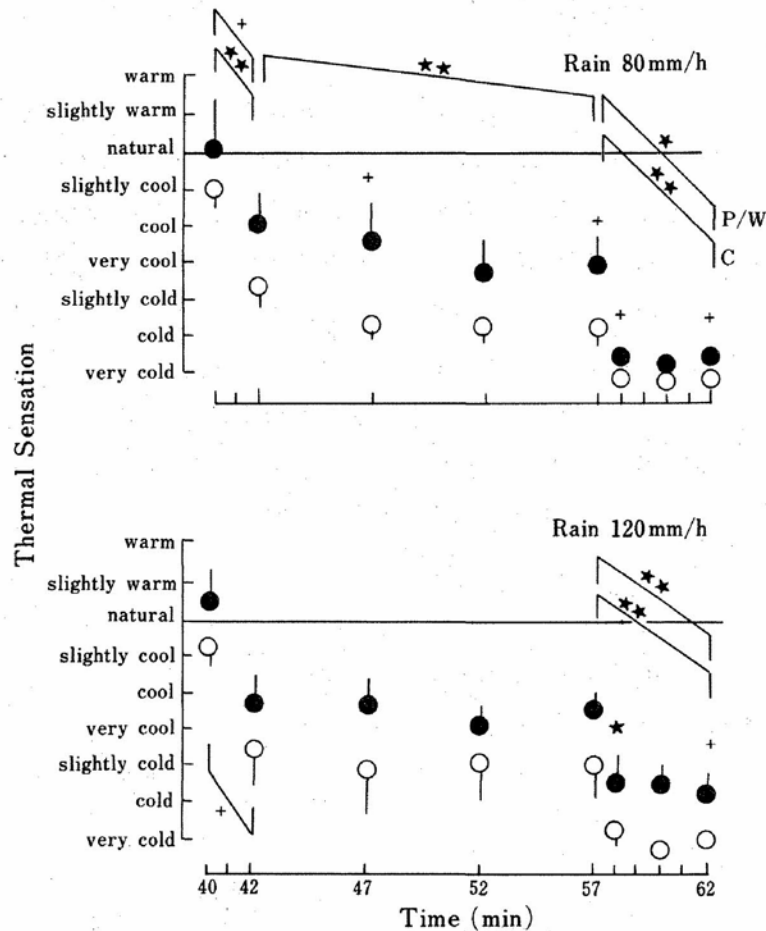


図4 温熱感覚の経時的変化

各雨量のときの温熱感覚の降雨による変化を綿条件 (○) と混紡条件 (●) で比較している
 上段;雨量 80 mm/h 下段;雨量 120 mm/h

図4は各雨量のときの温冷感を両着衣条件間で経時的に比較したものである。温冷感はいずれの条件においても、有風時に有意な低下が認められた。そして、綿条件の方が混紡条件よりも寒く感じたというアンケート結果が得られた。

快適感は、いずれの条件においても、降雨により有意に低下したことが図5から分かる。そして、綿条件の方が混紡条件よりも不快に感じたというアンケート結果が得られた。

表面温度は、綿条件の方がいつまでも高い傾向が認められた。

3. 考 察

衣服最外層から多量の水分が衣服系に浸入して

肌着が湿潤した際、肌着の繊維素材の違いが人体冷却にどのような影響を与えるかを明らかにする目的で、ポリエステルスポーツウェア上下の実験服の下に着用する肌着の素材が、綿100%（綿条件）あるいは、ポリエステル70%とウール30%の混紡素材着用時（混紡条件）について、環境温20℃ 相対湿度80%に設定されている人工気候室で2分間の降雨後、15分間立位安静を保った後、さらに5分間風に吹かれたときの温熱生理反応を測定した。得られた主な知見は以下のとおりである。

1. 多雨時の有風下の平均皮膚温は、混紡条件よりも綿条件において、有意に低い値を示した。
2. 多雨有風下の綿条件の平均体温のレベル

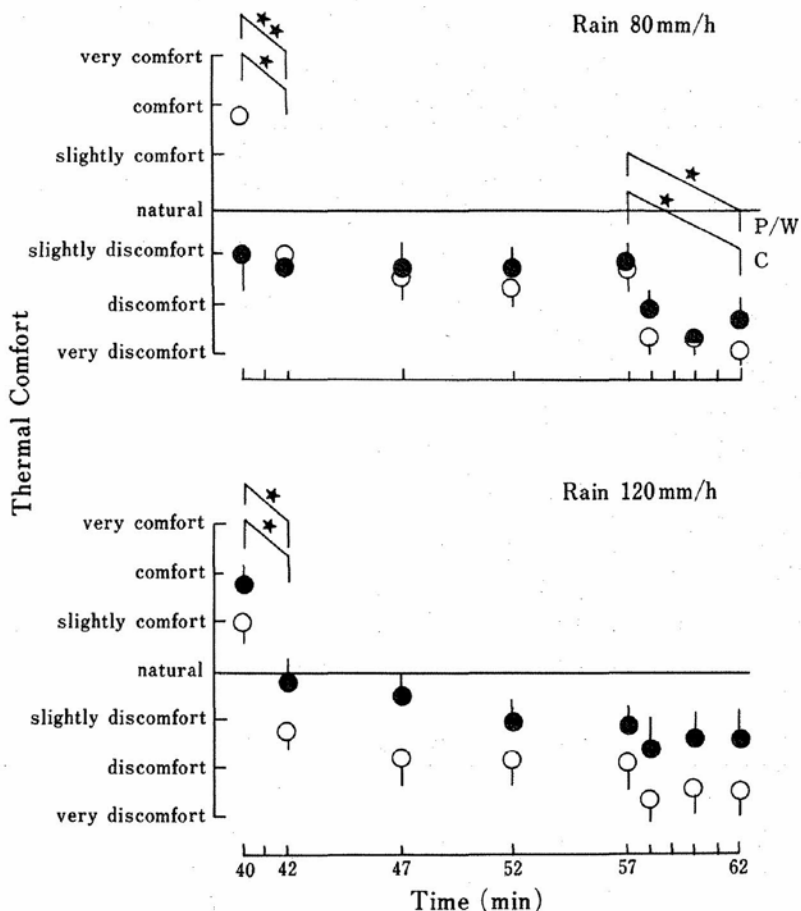


図5 温熱快適感の経時変化

各雨量のときの温熱快適感の降雨による変化を綿条件 (○) と混紡条件 (●) で比較している
 上段; 雨量 80 mm/h 下段; 雨量 120 mm/h

は、混紡条件よりも有意に低くなった。このときに体から失われた単位時間あたりの熱量は、綿条件に多い傾向が認められた。

3. 温冷感はいずれの条件においても、有風時に有意な低下が認められ、綿条件の方が混紡条件よりも寒く感じた。

4. 快適感、いずれの条件においても、降雨により有意に低下し、綿条件の方が混紡条件よりも不快に感じた。

5. 被服表面温度は、綿条件の方が高く保たれた。

多雨有風下の平均体温の低下は、綿条件の方が大きく、貯熱量の減少が多かった。まず、この理由を考察する。被服表面温は、混紡条件よりも綿

条件の方が高かった。被服表面温と環境温との温度差が綿条件の方が多く、被服表面から環境への温度差による熱放散量は綿条件の方が多かったと推測される。

つぎに、綿条件の方が混紡条件よりも被服表面温度が高くなった理由について考察する。伝導による熱放散量には熱伝導率も関与する。今回は環境温 20℃ で、環境からの雨により外衣の外側から水分が衣服系に浸入した。肌着が吸水すると熱伝導率が増す。両肌着素材の吸水性の違いが、熱伝導率の違いを大きくした可能性が考えられる。そこで、両素材の吸水性を各種測定法により測定した結果を、表1に示した。

いずれも、綿素材肌着の吸水性が混紡素材肌着

表1 肌着の吸水性

バイレック法は30分目の吸水高を示した。ただし*においては、試料の都合上15分間で11.5cmの高さが得られた

	厚さ	吸水性			
	(mm)	沈降法 (sec)	滴下法 (sec)	バイレック法 (cm)	吸水率 (%)
綿条件					
ブラジャー	1.29	—	0.9	*	444.9
アンダーシャツ	0.61	0.6	0.1	17.0	172.1
ショーツ	0.79	4.7	0.7	12.5	335.3
ズボン下	0.44	0.4	0.1	16.0	188.4
靴下	1.35	1.3	0.1	14.5	263.1
混紡条件					
ブラジャー	1.94	—	—	0.0	256.2
アンダーシャツ	0.95	—	—	0.0	228.7
ショーツ	1.01	—	491	8.5	214.3
ズボン下	0.95	—	—	0.0	228.7
靴下	3.33	184	2.0	6.0	394.0

のそれよりも高いことを示している。そこで、綿条件においては、外衣のスポーツウェアに吸水された水分が、肌着に多く吸収されたため、肌着の熱伝導率が増加し、保温性は混紡条件よりも小さくなったのではないかと考え、以下の材料実験を行った。結果を図6に示す。

250 cc の空き缶につや消しの黒色塗料を塗布したものをを用いて、第1缶目は裸缶とし、つぎに着衣実験に用いた綿条件と混紡条件をそれぞれ以下のように缶を巻いて保温性試験を行った。第2缶と3缶目は、上半身を想定して長袖シャツとスポーツウェア生地を(○, ●), 第4缶と5缶目は下半身を考慮してズボン下とスポーツウェア生地を(△, ▲), 第6缶目と7缶目は腰部を想定してショーツとズボン下とスポーツウェア生地を(□, ■)巻き、スポーツウェア生地に吸水させた状態で、環境温 20°C 有風下に 60 分間置いた。

図6に示すように、缶内の水温は、はじめいずれの条件においてもほぼ 34°C であったが、綿条件において混紡条件の下降 14°C よりも大きい

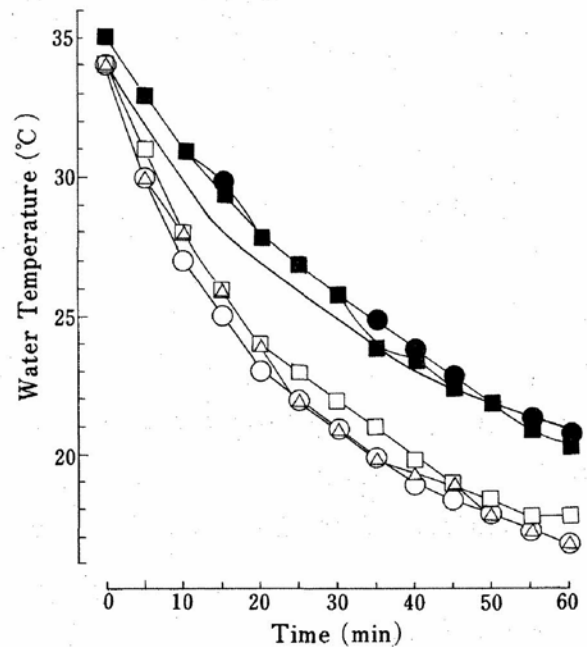


図6 保温性試験結果

太い実線は裸缶、第2缶と3缶目は上半身を想定して長袖シャツとスポーツウェア生地を巻き(○, ●), 第4缶と5缶目は下半身を考慮してズボン下とスポーツウェア生地を巻き(△, ▲), 第6缶目と7缶目は腰部を想定してショーツとズボン下とスポーツウェア生地を巻き(□, ■), スポーツウェア生地に吸水させた状態で、環境温 20°C 有風下に 60 分間置いた。白の記号は綿条件、黒の記号は混紡条件をあらわす

17°C の下降を示し、混紡条件を巻いたときの 21°C よりも低い値 17°C を示した。

材料実験時に、外側に巻いたスポーツウェア生地水分吸収による重量増加は、いずれの条件下においてもほぼ 19 g であった。この値を 100% として、実験終了時の各布地の重量増加を、綿条件と混紡条件で比較したのが図 7 である。混紡条件に比べ綿条件では、スポーツウェアの水分が肌着に吸収された量が多く、衣服系から蒸発により放出された水分量が少ないことが分かる。綿条件

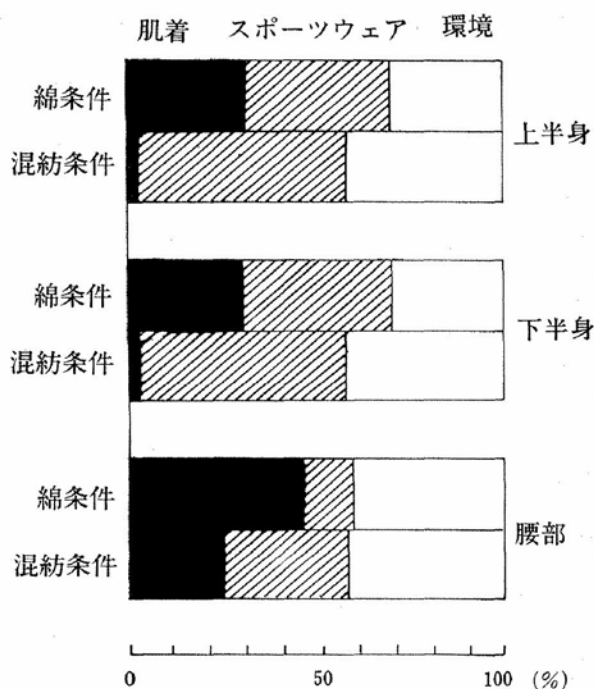


図 7 保温性試験に用いた生地の水分吸収率

上段は上半身を想定して長袖シャツとスポーツウェア生地を巻き、中段は下半身を想定してズボン下とスポーツウェア生地を巻き、下段は腰部を想定してショーツとズボン下とスポーツウェア生地を巻き、スポーツウェア生地を雨で濡れた状態にし、環境温 20°C 有風下に 60 分間置いたときに、スポーツウェアが含んでいた水が最内被服層 (■) のアンダーシャツ (上半身), ズボン下 (下半身), ショーツとズボン下 (腰部), 最外層のスポーツウェア (▨) に含まれた割合と環境に蒸発した割合 (□) をあらわしている。それぞれ上段に綿条件, 下段に混紡条件を示す。図から混紡条件生地を巻いた場合よりも綿条件生地を用いた場合の方が、肌着が吸収した水分量が多いことがわかる

では外衣の水分は吸水性の高い肌着に吸水され、肌着素材の熱伝導率を増し、人体からの熱を被服表面に伝え被服表面温を高く保ったと推察される。

綿条件の方が温冷感が低かったのは、平均皮膚温が低かったからであろう¹⁰⁾。また、綿条件では肌着が吸水したことにより皮膚表面まで濡れたが、混紡条件の皮膚表面はほとんど濡れていなかった。皮膚が濡れたこと、熱放散量が多かったことなどが不快感を高めたと推測される¹¹⁻¹⁵⁾。

本実験では、外衣が吸水した水分は、両着衣条件間において同じであったと考えられるが、図 8 に示すように、綿条件では、外衣が吸水した水分は肌着に吸収され、皮膚表面からの熱を伝えやすくなり、被服表面温を高く保ち、環境温と被服表面温の差を大きくしてさらに熱を環境へ失いやすくした。

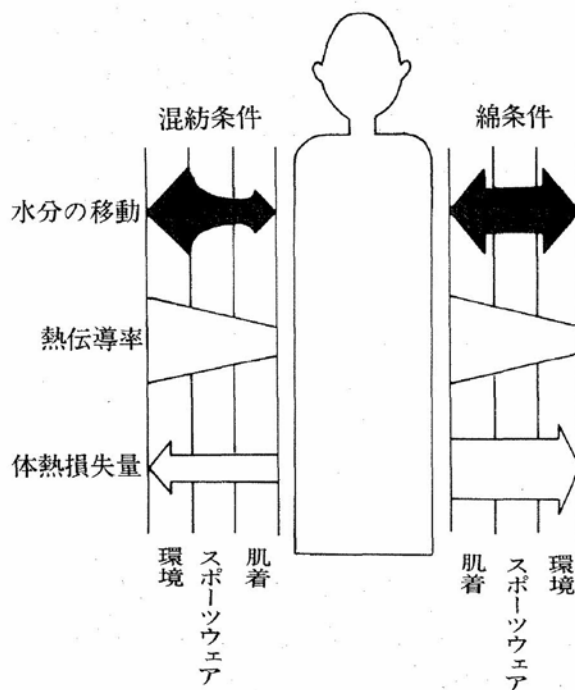


図 8 左に混紡条件, 右に綿条件を示す。上段に外衣が吸水した水分の移動を、中段に熱伝導率の大きさを、下段に体熱損失量を示す。綿条件下では、外衣が吸水した水分は肌着に吸収され、皮膚表面からの熱を伝えやすくなり、熱を環境へ失いやすくした

寒冷環境において運動による発汗で被服が湿潤した場合、綿素材着用時には、アクリル素材着用時に比べ、平均皮膚温と衣服内温度の低下は最も大きい、直腸温低下は有意に少なく、被験者は最も快適であったという⁹⁾。このとき汗吸収による衣服重量の増加と皮膚残留汗量に、素材間の違いは認められなかったため、放湿性の低い綿素材が乾きにくいため、熱伝導率が高まり、被服内温度が低下し皮膚温が低下したと考察している。今回は吸水量が多かったため、素材の吸水性の違いが大きく影響した。事実、今回の実験においても、少雨のときには両着衣条件間に違いが生じることはなかったが、多雨時には違いが現れた。

緑川³⁾らは6名の被験者について、安静時に37°Cの高環境温において発汗により肌側からトレーナが吸汗後に、環境温を20°Cに下降させたときの体温調節反応を綿素材とアクリル素材について調べた。綿素材着用時にはアクリル素材着用時に比べ、皮膚温が大きく低下したが、直腸温の低下は少なかった。綿は吸水性吸湿性が高く、汗を吸収した後に綿着用時には保温性の低下が多く、乾燥も遅かったため、平均皮膚温はアクリル着用時よりも有意に下降した。が、平均皮膚温が綿素材着用時に低く保たれたことにより、皮膚温と深部体温との温度差が大きくなり、人体被殻部の断熱性は綿素材着用時に増加していたのではないかと報告している。今回は綿条件の平均体温の低下が大きく、被服表面温が高く保たれたため、綿条件において放熱量が多かったと考えた。

体からの汗により肌着が濡れる場合と、外衣が含んだ多量の水分により肌着が濡れる場合との比較は慎重を要する。今回の着衣実験においても、少雨の場合には素材間の違いは少なかったが、多雨の場合には違いが大きくなった。

4. 総括

衣服最外層から多量の水分が衣服系に浸入して

肌着が湿潤した際、ポリエステルスポーツウェア上下の実験服の下に着用する肌着の素材が綿100%（綿条件）、あるいはポリエステル70%とウール30%の混紡素材着用時（混紡条件）について、環境温20°C相対湿度80%に設定されている人工気候室で2分間雨に濡れた後、温熱生理反応を測定した。多雨有風下の綿条件の平均体温のレベルは、混紡条件よりも有意に低くなり、体から失われた単位時間あたりの熱量は、綿条件に多い傾向が認められた。

被服表面温が綿条件で高く、環境へ多くの熱を失っていたと推測された。外衣が吸水した水分は、吸水性の高い綿条件において肌着に吸水され、肌着の熱伝導率を増し、体表からの熱を肌着をとおして表面に伝え、被服表面温を高くしたと考えた。綿条件の方が混紡条件よりも肌着の吸水量が多く寒く感じ、綿条件の方が混紡条件よりも皮膚表面が濡れ、不快に感じた。

つまり、今回得られた着衣実験の結果は、外衣が水分を含んだ場合、內衣素材の吸収性が衣服系の熱伝導率に大きく関与し、体からの熱放散を左右し、温冷感、とくに濡れることによる温熱快適感にまで影響することを示唆している。

謝辞

本実験を行うにあたって、雨を降らせることができる人工気候室テクノラマの使用を快く承諾していただき、また、人工気候室の運転ならびに各種測定機器についてご協力いただきました。東レ株式会社テキスタイル開発センター第3開発室西桜光一室長、溝口利行氏をはじめ研究室の皆さまに深謝いたします。また、実験の験者として協力いただきました奈良女子大学大学院人間文化研究科2回生 李 秀 賢氏と家政学部4回生 大政康枝氏、大倉香里氏、そして被験者各位に感謝の意を表します。

文 献

- 1) Tokura, H. ; Effects of shirt material on thermoregulatory responses and clothing climate in sedentary and exercising women at warm and cold ambient temperatures. In : Objective Measurement : Applications to Product Design and Process Control. edited by Kawabata, S. et al., The Textile Machinery Society of Japan. Osaka. 365-373 (1985)
- 2) H. Tokura, T. Midorikawa-Tsurutani ; Effects of hygroscopically treated polyester blouses on sweating rates of sedantary women at 33°C, *Textile Reseach Journal*, **55**, 178-180 (1985)
- 3) 緑川知子, 笹瀬綾子, 橋本聡子, 登倉尋実 ; 気温変動時の温熱生理反応と衣服気候に対するアクリルと綿トレーニングウェアの影響, *日本繊維製品消費科学会*, **43**, 13-18 (1991)
- 4) M. Ochiai, T. T-Midorikawa, H. Tokura, Y. Yanai ; Thermophysiological significance of various kinds of cotton fabric for human thermoregulatory responses and clothing microclimate at warm ambient temperatures, *The Journal of Asian Regional Assosiation for Home Economics*, **2**, 11-20 (1992)
- 5) 登倉尋実, 山下由香, 緑川知子 ; 寒冷下の運動時および運動直後の体温調節反応に与える衣服の影響, *デサントスポーツ科学*, **5**, 102-113 (1984)
- 6) Hiromi Tokura, Manami Saeki, Tomoko Midorikawa ; Physiological significance of netted shirts for thermoregulatory responses of resting and exercising women under warm and radiated environments, *Descente Sports Science*, **6**, 282-288 (1985)
- 7) H. Tokura, A. Sasase, S. Hasimoto, T. Midorikawa ; Thermophysiological studies of double-face knitted fabrics under cyclic ambient temperatures, *Descente Sports Science*, **10**, 203-208 (1989)
- 8) Ikuko Koyama, Tomoko T-Midorikawa, Hiromi Tokura ; Effects of different clothing of human thermophysiological responses and clothing microclimate under the influences of cyclic changes in environmental humidity, In : Thermal physiology 1989, Proceeding of the International Symposium on Thermal Physiology, Tromso, Norway, 16-21, July, pp 513-518, 1989. Editor : James B. Mercer.
- 9) 1992年12月1日朝日新聞, ひと, 遭難ヨット「たか」号の生存者佐野三治
- 10) H. Hensel ; Temperature Sensation in Man: Thermoreception and Temperature Regulation, 18-32 (1981)
- 11) 三ツ井紀子, 酒井豊子, 中島利誠 ; 運動中の衣服下気候と着心地に及ぼす繊維の影響, *日本生気象学会雑誌*, **23**, 35-42 (1986)
- 12) 菅井清美, 中島利誠 ; 綿・ポリエステル2層素材衣服着用下の衣服気候と着用感覚, *日本生気象学会雑誌*, **26**, 5-13 (1989)
- 13) 三ツ井紀子, 中島利誠 ; 運動中の衣服下気候と着心地に及ぼす布物性の影響, *日本生気象学会雑誌*, **26**, 41-48 (1989)
- 14) 三ツ井紀子, 中島利誠 ; 衣服素材の衣服下気候と着心地に及ぼす影響, *日本生気象学会雑誌*, **28**, 125-135 (1991)
- 15) Kotaro Yokoyama ; Relation between clothing microclimate and comfort, In : Proceedings of International Symposium on Clothing Comfort Studies in Mt. Fuji, pp 103, 122 (1988)