

濡れた肌着の重ね方法の相違が効果的な 着干しと保温に及ぼす影響について

東京学芸大学 中 橋 美智子
(共同研究者) 船舶機装品研究所 村 山 雅 己
東京学芸大学 鄭 如 伶

Study of Drying and Thermal Insuration Effect Among Various Combination of Wet and Dry by Underwear and Shirt by

Michiko Nakahashi
Tokyo Gakugei University
Masaki Murayama
Research Institute of Marine Engineering
Cheng-Ru Linn
Tokyo Gakugei University

ABSTRACT

Assuming that the wearing clothes are wet, the drying effect by wearing wet clothes and its influence on thermal insuration of body temperature were studied. Worn clothes which were studied consisted of jersey cotton underwear and shirt made of various materials such as wool, mixed fiber and synthetic fiber.

For the testing equipment, a trial heat box of 15 cm square was used, which was controlled with a microcomputer so that the surface of the samples was kept at 36°C.

The experiments were conducted on the following combination, i. e.,

- 1) Only the cotton wear was wet and the shirt was dry, and
- 2) both the cotton wear and the shirt was wet.

Both the consumed electric power and the transfer of water con-

tent from the clothes were studied. The environmental condition was kept constantly the temperature to be 20°C, humidity 65% RH, air current 25 cm/sec.

The results were as follows:

1) When wearing wet underwear even if the shirt is dry, thermal insulation effect was found to be the poorest, therefore, it is recommended that wearing dry underwear preferably those made of synthetic fiber is especially necessary.

2) In case both the shirt and underwears are wet, those not made of cotton should be worn contacting the skin, especially woollen fiber may result in the best thermal insulation effect.

要 約

着衣が濡れている場合を想定し、綿ジャージの肌着を基本として、綿、毛および合繊ジャージとのそれぞれの組み合わせによる、着干しと保温の効果について検討した。測定装置は試料面 15 cm 角の試作ヒートボックスを使用し、コンピュータで試料面を 36°C 一定に保つようにコントロールした。実験は、綿の肌着のみが濡れており上着は乾燥している場合、および両方とも濡れている場合の 2 通りについて消費電力と水分の移動の測定を行った。本実験の結果は次の通りである。

(1) 上着が乾燥している場合には、乾燥したものを肌に着込むこと、できれば合繊が望ましい。

(2) 肌着、上着ともに濡れている場合には、綿素材以外のものを肌に着込むこと。毛が最良である。

1. 緒 言

厳寒時における海での遭難、冬山登山での発汗などによる衣服の濡れにより着用衣服の保温効果が減少し、体温維持が不可能となり死亡する例がある。また日常生活においても盛夏時、スポーツ時および高温室内での作業時など発汗により肌着

が湿潤し保温性低下による不快さを感じる人が多い。このような衣服が濡れた場合の保温力に関する報告^{1)~5)}は若干見られるが濡れた衣服の重ね着方法の相違が効果的な着干しと保温性に及ぼす影響についての研究は見られない。

そこで、本実験は衣服が濡れた場合の想定にたってそのまま継続着用しなければならない状況下においての着装の相違による衣服乾燥の変化と人体保温の関係について考察し、効果的な着装方法を追求することを目的とした。

着衣の構成は、綿ジャージの肌着を基本とし、それに綿、毛、および合繊ジャージのシャツのいずれかを重ねて着た場合とした。

着干しをしなければならない状況は次の 2 通りが想定される。

○登山時で風雨・汗等により着用衣服がずぶ濡れとなり、山小屋到着時には替えの乾燥したシャツはあっても着用衣服がすべて濡れてしまっている状態。

○海などにおける遭難において、全身ずぶ濡れになり、いかだまたは救命艇のなかで乾燥した着替えがなく、救助を待っている状態。

以上の想定にたって実験を試みた結果、濡れた肌着の重ね着方法の相違により着干し効果と保温

表1 試料の諸元

試料名		編物地			
		綿ジャージ	毛ジャージ	合繊1 ジャージ	合繊2 ジャージ
組成		綿100%	毛100%	ポリ塩化ビニル 70% ナイロン20 % アクリル10%	ポリエステル100%
組織		一目ゴム編み	一目ゴム編み	一目ゴム編み	一目ゴム編み
糸密度 (目/cm) (段/cm)	ウェール	20	17	13	17
	コース	19	17	18.5	16
厚さ (mm)		0.56	0.77	0.64	0.64
平面重 (g/cm)		0.019	0.023	0.020	0.019
通気量 (cc/cm ² /sec)		108	179	325	133
透湿度 (%)		38	46	48	45
吸湿度 (%)		9	14	1	1

注1) 通気量：フラシール型通気度実験機（島津製）による

注2) 合繊1 ジャージ：保温性が優れていて、ウィックドライ効果（汗や湿気を素材の中に
とめず外に放出する性質）が高いので、肌触りがよい。

注3) 合繊2 ジャージ：高密度パイル構造で暖かい空気を包みこむ、高度の吸汗加工をほどこ
すので、毛細管現象により、汗を素速く吸い取り、肌着の表側に拡散する。

に及ぼす影響について興味ある知見が得られたの
でここに報告する。

表2 実験試料の重ね着方法

		実験1 濡れた綿ジャージと乾 燥シャツとの組合せ	実験2 濡れた綿ジャージと濡 れたシャツとの組合せ
1	上 下	綿 (W) 毛 (D)	綿 (W) 毛 (W)
2	上 下	綿 (W) 合繊1 (D)	綿 (W) 合繊1 (W)
3	上 下	綿 (W) 合繊2 (D)	綿 (W) 合繊2 (W)
4	上 下	綿 (W) 綿 (D)	綿 (W) 綿 (W)
5	上 下	毛 (D) 綿 (W)	毛 (W) 綿 (W)
6	上 下	合繊1 (D) 綿 (W)	合繊1 (W) 綿 (W)
7	上 下	合繊2 (D) 綿 (W)	合繊2 (W) 綿 (W)
8	上 下	綿 (D) 綿 (W)	

2. 実験方法

2.1 実験試料

肌着素材として、最も適切である試料（できる
だけ厚さの近似したもの）を選定した。すなわち
表1に示すような、綿ジャージ、毛ジャージおよ
び合繊ジャージ1・2を用いた。今回の実験は、
綿ジャージの肌着を基本とするため綿ジャージを
肌着、これに重ねて着装する素材をシャツと仮定
した。以下濡れた綿を綿 (W)、乾燥した毛を毛
(D) とし、試料面に接する試料を下、その上に重
ねる試料を上とする。

2.2 測定条件

環境条件は、温度 $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $65 \pm 10\%$
RH の恒温室で行った。風速については快適衣服
内気候値⁶⁾ $25 \pm 5 \text{ cm/sec}$ で測定した。

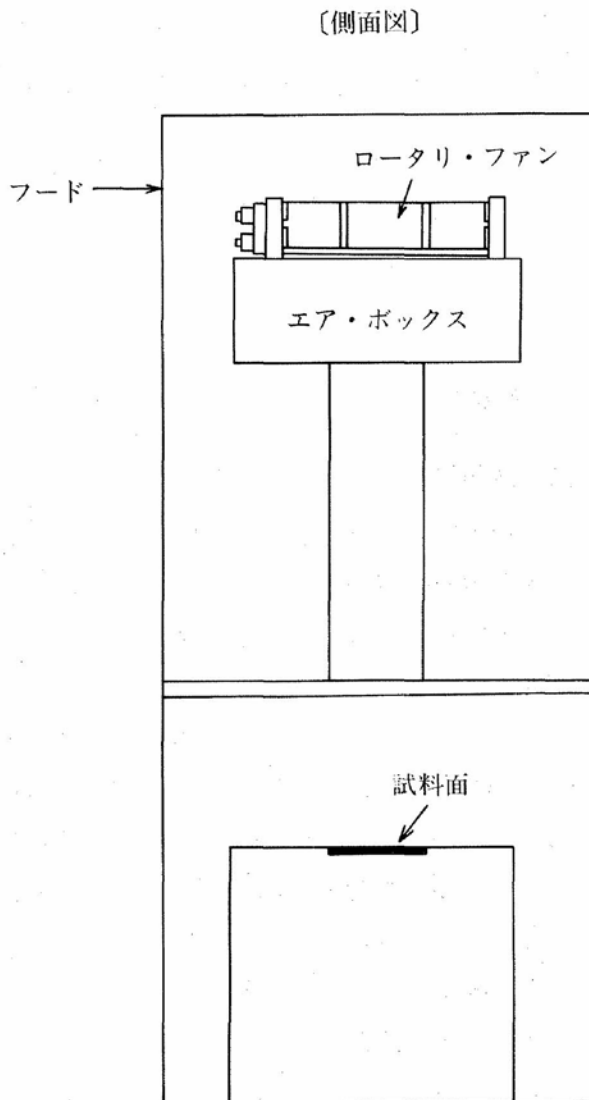
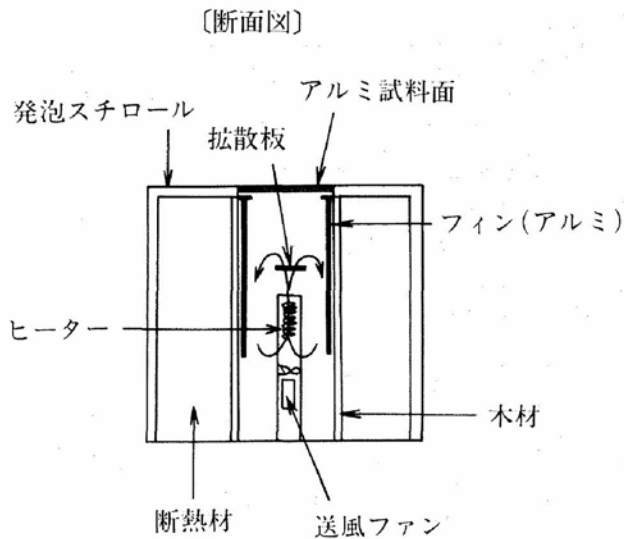


図1 実験装置

2.3 実験装置

実験装置は図1に示すような試作装置を用いた。試作保温測定装置は試料板の温度に瞬時対応して定温を保つ機構とせず、人体皮膚の熱容量を考慮してヒートボックスに熱容量を持たせることにより、温度制御に多少遅れを持つ機構を採用した。ヒートボックスは高さ40 cm、幅15 cmの断熱木材で構成し、上部に皮膚を想定したアルミニウム製試料板(15 cm×15 cm)を設定した。内部にはヒータと送風ファンを設置して熱風を循環させる構造とし、また熱を効率的に試料板へ伝達させるためのフィン設けてある。ヒートボックスは、さらに発砲スチロールで作製した箱にいれ防熱を行っている。

試料板上部には、試料板と同寸法の角形筒を設け上部のファンからの気流をできるだけ試料面全体に均一な風が当たるようにした。さらに、本装置全体をビニールシートで被覆し恒温室内の気流の影響を受けないように配慮した。

温度の制御は試料板の温度をコンピュータに取り込み、ヒータの電圧を変化させることによりコントロールしている。

2.4 実験方法

実験は表2に示す重ね着方法の2種類とした。

(1) 実験1：濡れた綿ジャージと乾燥シャツとの組合せ実験

濡れた綿ジャージ肌着を手で絞り、乾燥したシャツと組み合わせた実験(8組)について試みた。試料は試料板の大きさと同一にし試料の湿潤手順は40℃の微温湯に完全に浸漬後引き上げ、手絞りする。その後直ちに重量を測定し、試料板に設置すると同時に実験を開始する。また、試料間温度測定のために熱電対を試料の間に設置した。

(2) 実験2：濡れた綿ジャージと濡れたシャツとの組合せ実験

濡れた綿ジャージ肌着とシャツの両方を手で絞

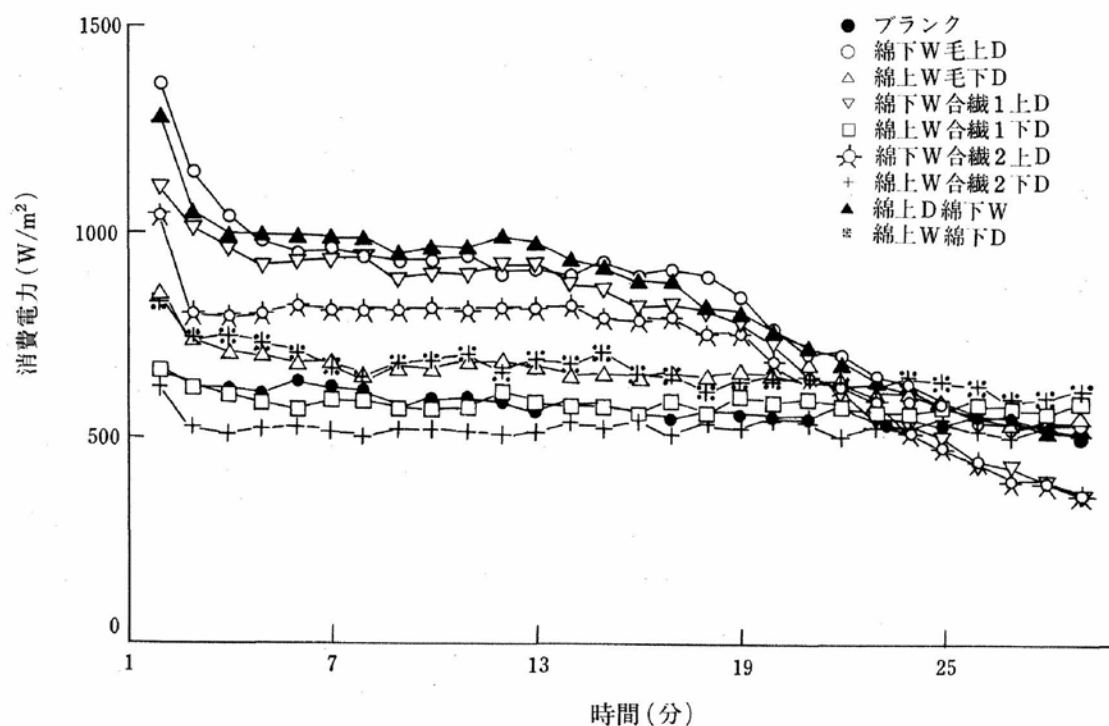


図2 濡れた綿と乾燥試料の組合せによる消費電力

り、これらを組み合わせた場合の実験（7組）について試みた。湿潤方法は実験1と同一手順である。

3. 結果および考察

3.1 実験1：濡れた肌着と乾燥したシャツの組合せ実験結果

(1) 消費電力

図2は、濡れた肌着を想定した綿ジャージと乾燥したシャツの組合せによる消費電力-時間曲線の一例である。各データは前後の数値を足して3等分することによりスムージング操作を行っている。

実験開始時に消費電力が高いのは室温の20℃になっている試料を試料板に設置して実験を開始するためである。この傾向は濡れた綿を下にした場合に特に顕著であり、濡れた綿が直接肌に接触すると他の素材に比べて極めて冷たく感じる理由でもある。濡れた綿は他の素材に比べて熱伝導率が高く、さらに肌に張り付く度合いが大きいため接触面積が大きいことが原因である。また各試料すべてにわたり15分を超えたあたりから消費電力が低下するが、これは試料の水分が蒸発により減少し、乾燥するためである。

上記のことを考慮にいれ、消費電力の一定している5分から15分までのデータの平均値と15分

表3 消費電力と試料間温度

上下	綿 (W) 合繊2 (D)	綿 (W) 合繊1 (D)	綿 (W) 毛 (D)	綿 (W) 綿 (D)	合繊2 (D) 綿 (W)	合繊1 (D) 綿 (W)	毛 (D) 綿 (W)	綿 (D) 綿 (W)
消費電力 (W/m²)	480	550	590	640	810	850	880	970
試料間温度 (°C)	27.4	27.0	26.6	26.4	33.3	32.5	32.5	31.1

表4 水分量移動量

(単位: g)

上 下	綿 (D) 綿 (W)	綿 (W) 綿 (D)	毛 (D) 綿 (W)	綿 (W) 毛 (D)	合繊1 (D) 綿 (W)	綿 (W) 合繊1 (D)	合繊2 (D) 綿 (W)	綿 (W) 合繊2 (W)
綿初期水分	5.522	5.464	5.469	5.504	5.442	5.260	5.409	5.183
綿残留水分	1.617	3.003	1.738	3.650	1.973	3.100	2.134	3.034
試料吸水水分	0.655	0.045	0.652	0.166	0.287	0.039	0.276	0.101
綿消失水分	3.905	2.461	3.731	1.854	3.469	2.160	3.274	2.149
全残留水分	2.272	3.092	2.390	3.816	2.261	3.139	2.411	3.135
全蒸発水分	3.250	2.416	3.079	1.688	3.182	2.121	2.998	2.048

後における試料間の温度を消費電力の少ない順に並べたものが表3である。

表3は、濡れた綿ジャージを下にした場合と上にした場合の2グループに明確に分類され、いずれの素材でも乾燥した試料を肌に直接着用し、濡れた肌着をその上に着用した方が保温性に優れていることが認められる。試料間温度からみても、乾燥試料を下にした場合には、濡れた綿を下にした場合よりも、平均で5℃以上低い温度を示し

ており高い断熱効果があることが認められる。

(2) 水分移動

消費電力の測定と併せて、濡れた綿の実験前水分量と実験開始15分後における水分量および乾燥試料に移動した水分量を表4に示す。実験の結果、濡れた綿を上においた場合には、他の乾燥試料に移る水分量は少ない。

表4の結果から、濡れた綿の実験前水分量を100%として、残留水分率、試料への移動水分率

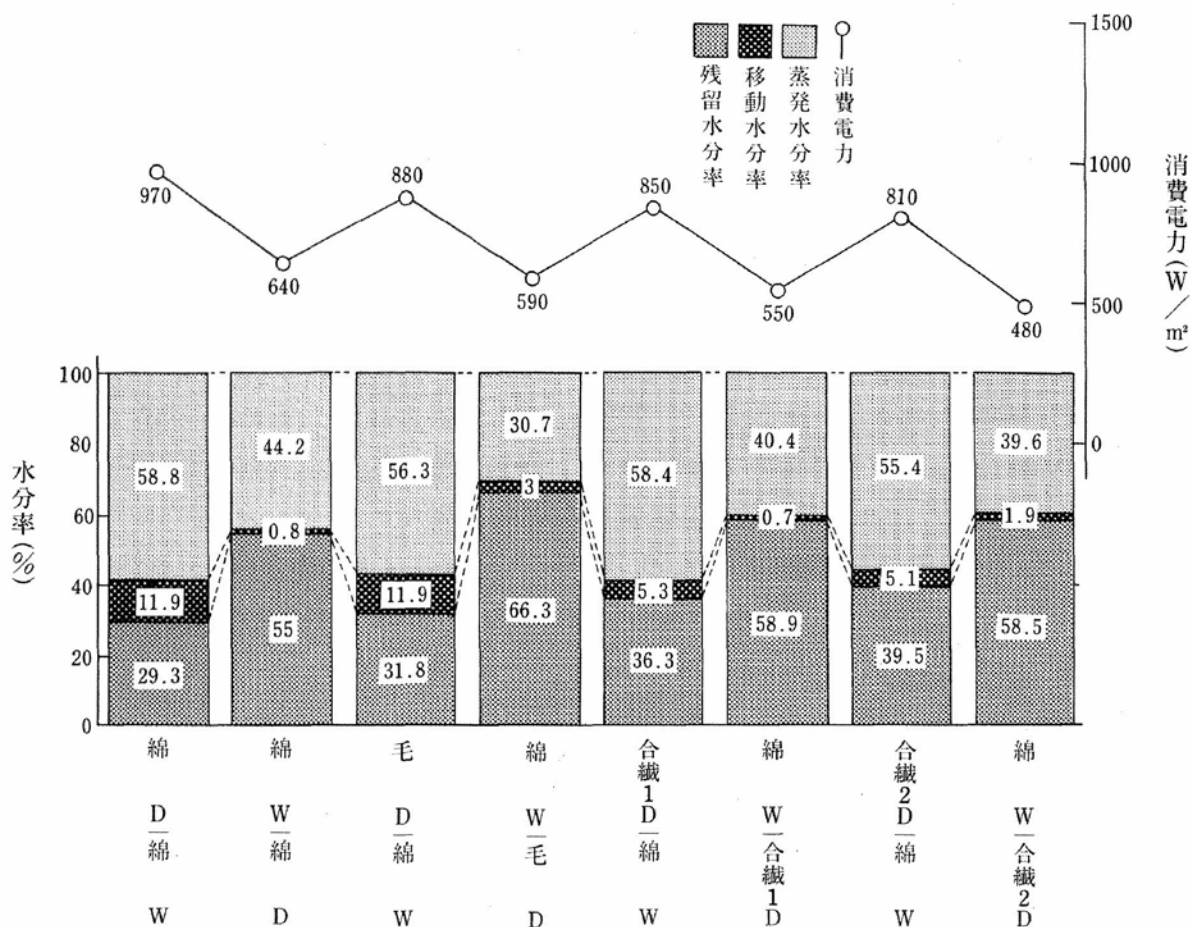


図3 濡れた綿と乾燥試料の組合せによる平均消費電力と15分後の水分移動

表5 蒸発効率

上 下	綿 (W) 合繊 2 (D)	綿 (W) 合繊 1 (D)	綿 (W) 綿 (D)	合繊 1 (D) 綿 (W)	合繊 2 (D) 綿 (W)	毛 (D) 綿 (W)	綿 (D) 綿 (W)	綿 (W) 毛 (D)
蒸発効率 (W/m ² /g)	234.4	259.3	264.9	267.2	270.2	285.8	298.4	349.5

表6 消費電力と試料間温度

上 下	綿 (W) 毛 (W)	綿 (W) 合繊 2 (W)	綿 (W) 合繊 1 (W)	毛 (W) 綿 (W)	合繊 2 (W) 綿 (W)	合繊 1 (W) 綿 (W)	綿 (W) 綿 (W)
消費電力 (W/m ²)	620	700	710	880	970	1030	1250
試料間温度 (°C)	27.9	27.5	27.6	31.7	31.2	31.4	24.4

および蒸発水分率を積み上げ棒グラフにして表3の消費電力と組み合わせたものを図3に示す。消費電力と水分蒸発量は比例関係にあり、消費電力が高いほど蒸発水分量も多くなっている。消費電力を蒸発水分量で除算して1gの水分に蒸発させるに要した消費電力を計算し、順に並べたものを表5に示す。

表5から、綿と毛の組合せを除き消費電力の場合と同じく、乾燥したシャツを濡れた肌着の下に

着込んだ方が効率が高いことが示されている。

綿(W)/毛(D)の組合せが効率が悪くなっているのは水分蒸発量が少ないからである。これは試料間の温度からいっても、綿(W)/合繊1(D)、綿(W)/合繊2(D)の温度より低くなっており、水分蒸発量が少なくなっていることが裏付けられている。毛の表面ははっ水性があることから上にある綿からの水分浸透が少ないことも理由と考える。

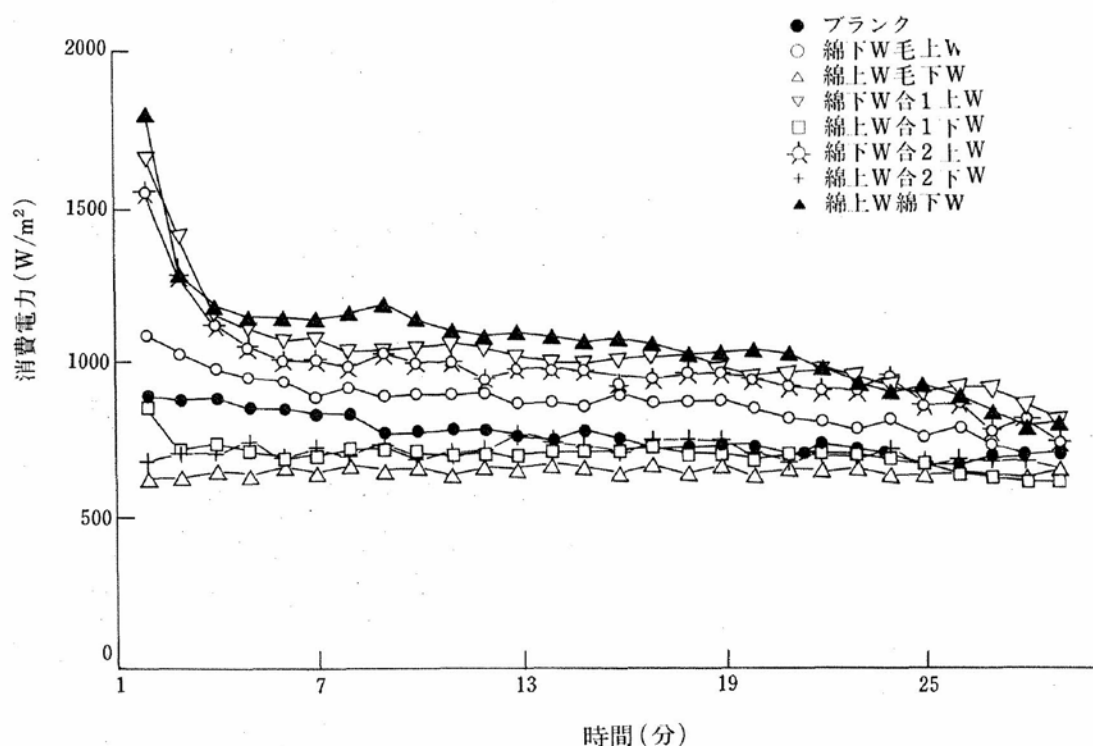


図4 濡れた綿と濡れた試料の組合せによる消費電力

3.2 実験2：肌着、シャツともに濡れた組合せの実験結果

(1) 消費電力

図4に綿ジャージの肌着および各素材のシャツが両方ともに濡れた場合を想定した組合せの消費電力-時間曲線の一例を示す。実験開始初期において消費電力が高いのはすでに述べた理由によ

る。表3と同じく消費電力が一定している5分から15分までのデータの平均値と15分後における試料間の温度を消費電力の少ない順に並べたものを表6に示す。

実験1と同様、2グループに分かれ綿ジャージを下にしたものがすべて消費電力が高く保温性が悪い結果となっている。また試料間温度も綿を下

表7 水分量移動量

(単位：g)

上 下	綿 (W) 綿 (W)	毛 (W) 綿 (W)	綿 (W) 毛 (W)	合繊1 (W) 綿 (W)	綿 (W) 合繊1 (W)	合繊2 (W) 綿 (W)	綿 (W) 合繊2 (W)
綿初期水分	5.559	5.413	5.229	5.376	5.432	5.402	5.461
試料初期水分	5.329	6.671	6.613	5.679	5.564	7.734	7.659
綿残留水分	3.949	2.598	5.843	3.739	5.743	2.705	6.260
試料残留水分	2.655	5.319	3.116	3.616	2.058	6.890	3.951
綿消失水分	1.380	2.815	0	1.637	0	2.697	0
綿吸水水分	0	0	0.614	0	0.311	0	0.798
試料消失水分	2.944	1.352	3.497	2.063	3.505	0.844	3.708
全残留水分	6.604	7.917	8.959	7.355	7.802	9.596	10.211
全蒸発水分	4.324	4.167	2.883	3.700	3.194	3.541	2.910

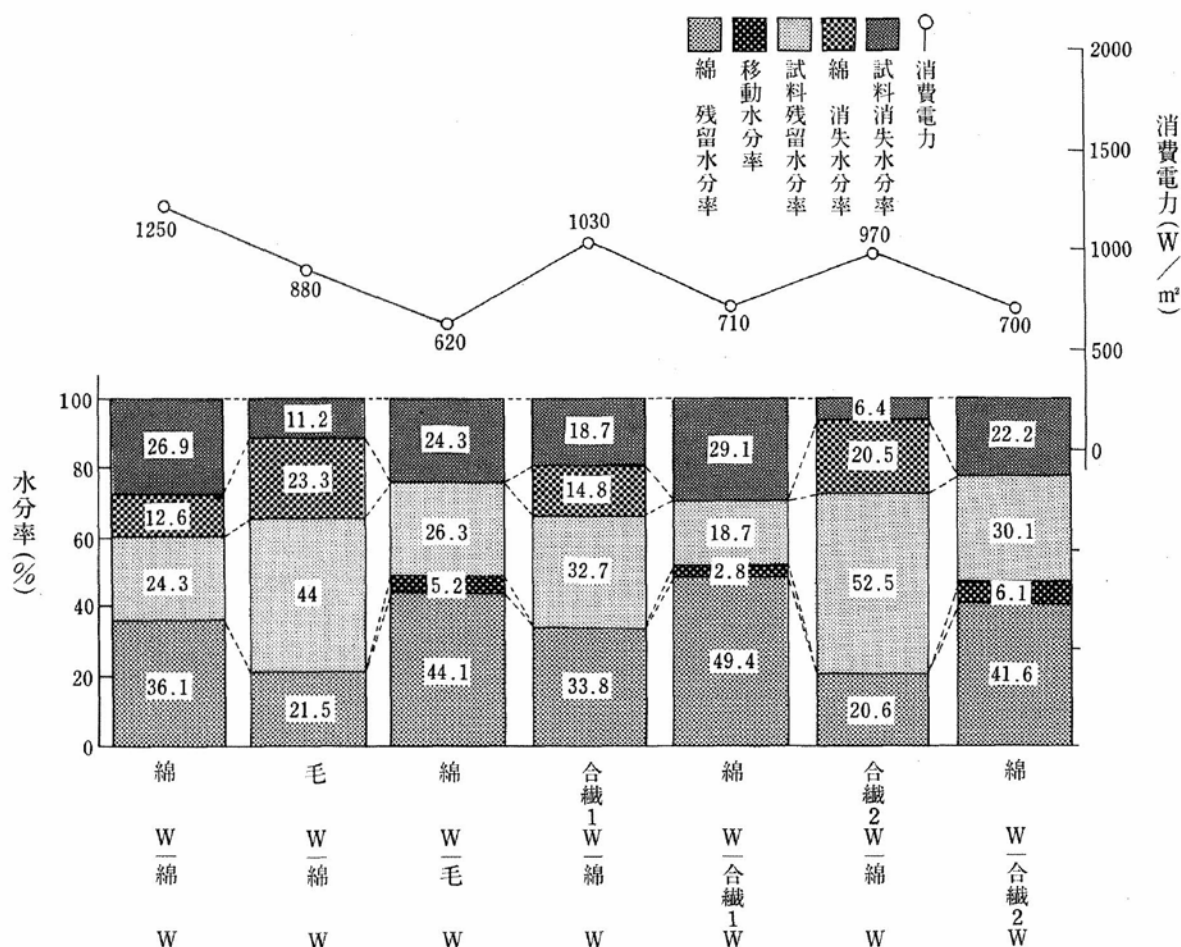


図5 濡れた綿と濡れた試料の組合せによる平均消費電力と15分後の水分移動

にした場合と上にした場合では平均して 4℃ 近い差があり断熱効果の差を示している。

実験 1 と大きく相違している特異点は、合繊よりも毛の方が消費電力が小さく保温性がよいことである。その他の組合せにおける順位は変化がみられなかった。

(2) 水分移動

表 4 と同じく綿ジャージと各試料の初期水分量および 15 分後の水分量から計算した残留水分、消失水分、吸水水分および全残留水分と全蒸発水分を表 7 に示す。ただし、吸水水分とは初期水分量より多くなった場合のみを示しており、実際の水分移動量ではない。

図 3 と同じく綿ジャージの水分量と試料の水分量の合計を 100% として綿残留水分率、移動水分率、試料の残留水分率、綿の消失水分率および試料の消失水分率を積み上げ棒グラフとし表 6 の消費電力と同時に示したものが図 5 である。

綿の吸水性がきわめて高いことから綿と綿の組合せを除き、綿が上にきているときのみ綿の水分は初期水分より大きくなり移動水分として現れている。百分率で表示してある関係上、吸水水分がある場合には綿の残留水分率は吸水水分率を足したものである。

表 5 と同じく、消費電力を蒸発水分率で除算した結果を表 8 に示す。

表 8 において実験と大きく相違している点は、消費電力と同じく、毛の効率の高いことにある。この理由は毛の湿潤熱⁷⁾に大きく関係があると思われる。そのほかにも毛の吸湿性がよいにもかかわらず、吸水性が小さいことから、濡れた綿が上にあり濡れた毛が下にある場合を想定して考察す

ると、

○皮膚により暖められた毛は、繊維内水分を蒸発以外には放出せず、水の移動にともなう熱移動が少ないこと

○上にある冷たい綿からの水の逆流を受け付けにくいこと

などが上げられる。

以上のことは、図 6 および図 7 に示す、15 分後と 30 分後の水分移動の比較からみても、綿 (W) / 毛 (D) の組合せは、綿から毛への水分移動が小さく、また綿 (W) / 毛 (W) の組合せは、上にある綿への水分移動が大きいこと、などから示される。

3.3 総合考察

実際の諸条件において着干しを行う場合、単純に熱量と水分蒸発量だけから計算される効率によって決定するわけにはいかない。効率の観点のみで論ずるならば毛 (W) / 綿 (W) が一番であり、乾燥している毛を持ち合わせていたとしても濡らして着用する方がよいことになる。また短時間で乾燥させようとすれば、濡れた綿と綿の組合せが最大であるが、消費電力も最大であり、現実的ではない。

人体実験によれば上に着るものが乾燥していたとしても濡れた綿を肌に直接着込んだ時には寒さに耐えられない。着干しを行うにしても、最低限の保温性は維持されなければならない。この最低限の保温性を試作保温測定装置に試料をおかない状態 (ブランク) で測定した消費電力とすると、約 660 W/m²となる。これを実験 1 におけるデータと比較すると、乾燥した試料を下にした場合は 660 W/m²を上回り、着干しをする場合には必ず

表 8 蒸発効率

上	毛 (W)	綿 (W)	綿 (W)	綿 (W)	合繊 2 (W)	合繊 1 (W)	綿 (W)
下	綿 (W)	毛 (W)	合繊 1 (W)	合繊 2 (W)	綿 (W)	綿 (W)	綿 (W)
蒸発効率 (W/m ² /g)	211.2	215.1	222.3	240.6	274.0	278.4	289.1

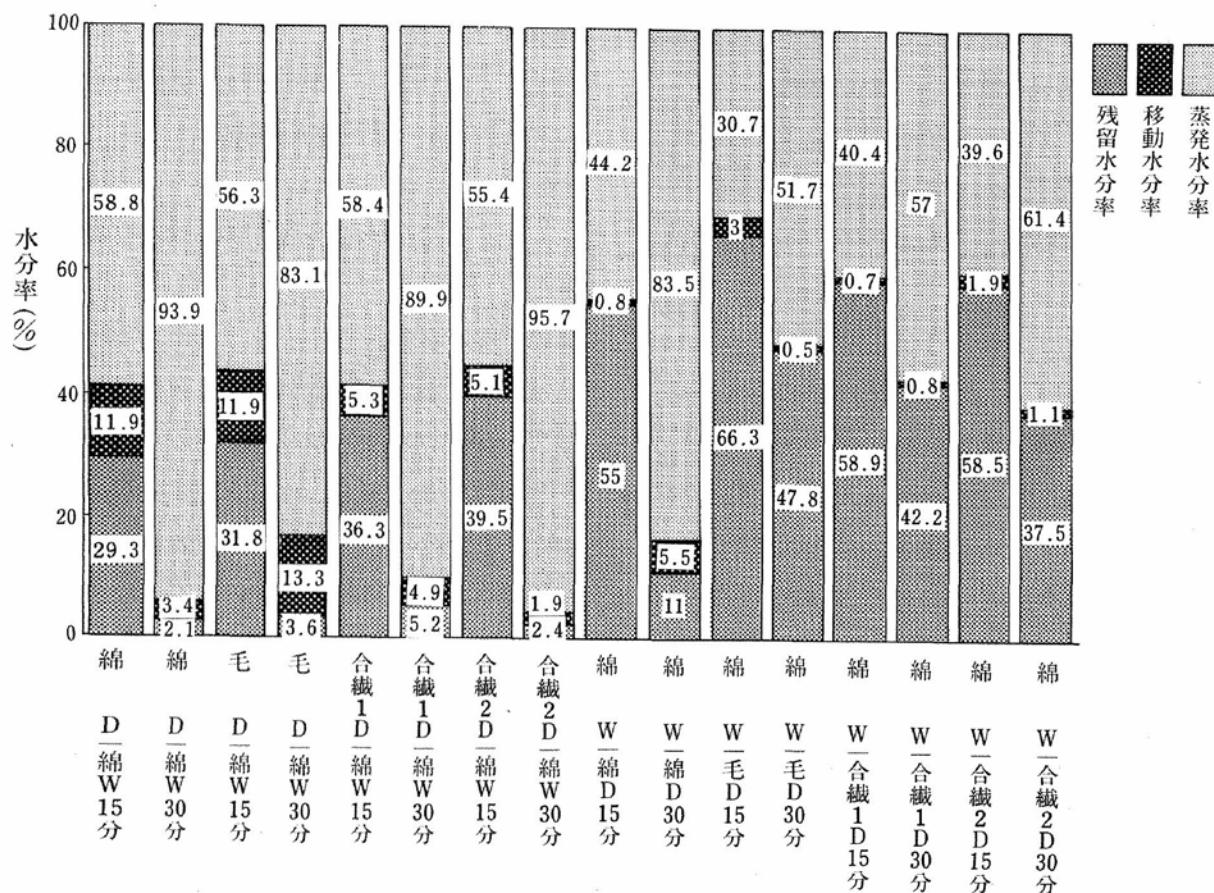


図6 濡れた綿と乾燥試料の組合せによる 15 分後と 30 分後の水分移動

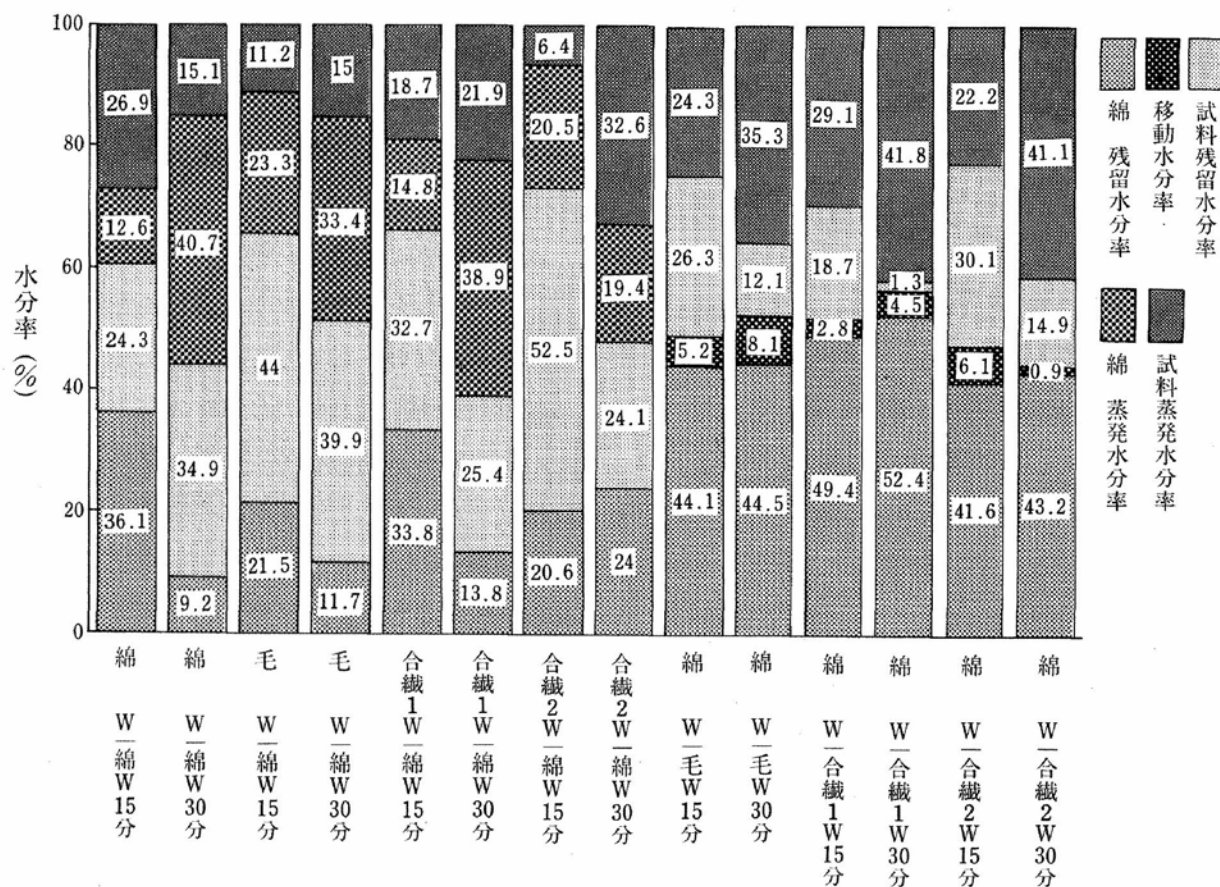


図7 濡れた綿と濡れた試料の組合せによる 15 分後と 30 分後の水分移動

乾燥したものを肌に直接着込んでから濡れたものを上に着装すればよいことになる。さらに、素材上からは合繊などが望ましい。登山等で予備のシャツには合繊が勧められよう。

実験2におけるデータでは、実験1と相違して毛の組合せが非常によい結果となったことが注目される。消費電力 660 W/m^2 下回ったのは毛が下にある場合だけである。しかし実際に今回の実験は風速 25 cm/sec で室内の想定であり、風速の強い屋外等における場合には、ブランクの消費電力はさらに大きくあがるため、濡れたものでも着用した方が保温性が高いと考える。

実験2によって得られた結論はすべての着衣が濡れてしまった場合には、綿素材以外のものを肌に着込み、綿を上に着用すべきであるということである。特に毛素材を肌に着込めば着干し効果に留まらず、保温性にも大きな効果がある。

綿は値段、肌触り、汚れ付着および汗の吸水などからいって、最高の肌着であり、そのため肌着として綿ジャージを着用しているのが一般的である。

しかしながら、なんらかの理由で濡れてしまいかつ着替えがない場合には、そのままの状態での継続着用在生死を分けるようなことにもなる。本実験ではそのため、綿ジャージを基本として実験を試み、単なる着装方法の相違によって保温と着干しに効果があることを示した。

しかしながら、ヒトは血液循環の助けをかりて、被服を含む温熱環境の刺激に応じて core と shell の比率を変え体全体の断熱性を変化させることが知られている。したがって、本実験装置を用いて得られた今回のデータを基に、今後着用実験を試み、さらに検討する予定である。

4. 総 括

衣服が濡れた場合を想定し、綿ジャージの肌着を基本として、その上に着装する素材を綿、毛および合繊など種々の組合せによる着干しと保温の効果について実験を試み、次のような結論が得られた。

- 1) 肌着が濡れ、シャツが乾燥している場合には乾燥したものを肌に着込むことにより、保温効果を高めることができる。合繊が効果的である。
- 2) 肌着、シャツともに濡れている場合には綿素材以外のものを肌に着込むことにより保温効果がたかまる。毛が最良である。

文 献

- 1) 高野倉睦子他; 布の濡れに関する衛生学的研究, 共立女子短期大学家政科紀要, 28 (1985)
- 2) 安田 武他; 登山用肌着の吸水性に関する考察, 繊維製品消費科学会誌, 4 (1963)
- 3) 安田 武他; 登山用肌着の吸水性に関する考察 (第2報), 繊維製品消費科学会誌, 9 (1963)
- 4) 安田 武他; アウトドアスポーツの衣料の重ね着トータルシステムの基礎的研究, デサントスポーツ科学, Vol.10 (1989)
- 5) 松本喜代一他; スポーツウェアとしての羊毛製品の放出性について, デサントスポーツ科学, Vol. 7 (1986)
- 6) 青木松三; 衣服の熱学的研究, 日衛誌, 2 (1951)
- 7) 近土 隆; 羊毛の構造と湿潤熱, 繊維工学, 38, 1 (1985)