

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

武庫川女子大学 安田 武
(共同研究者) ミズリー・コロンビア大学 H. Yasuda
武庫川女子大学 奥野 温子

On the Layered System of Clothing for Outdoor Sports

by

Takeshi Yasuda

Department of Home Economics, Mukogawa Women's University

Hirotsugu Yasuda

Department of Chemical Engineering, University of Missouri-Columbia

Tsumuko Okuno

Department of Home Economics, Mukogawa Women's University

ABSTRACT

The water vapor transport through the layered system of clothing for outdoor sports were discussed. The total insulation in man is made up of sum of the insulation afforded by clothes, air, sweat and tissues. A function of clothing is to keep the comfort of body from the environment, this is especially need when outdoor sports. Over heating when exercising in the cold with loss of insulation associated with the production of sweat, and thus of water vapor, is a well recognized hazard.

A new apparatus which can evaluate the rate of moisture transfer through the fabric layered system was developed. This apparatus has of two chambers located on both side the layered system, one is kepted at high constant water vapor pressure by hot water and the other is kepted at lower water vapor pressure by a freezing machine. The transit of water vapor pressure in middle layer of layered system was measured, and it was cleared that the water vapor pressure in

middle layer has relation on the moisture absorption of fabrics.

The results of this study were suggested that the complex system of the different moisture regain fabrics must be under consideration to the layered system for outdoor sports.

要 旨

アウトドアスポーツのための重ね着の水蒸気透湿性について論じた。人体の保温は衣料，空気，汗，皮膚の問題の総合されたものである。人体は寒いときに運動をして発熱すると汗を出す。このような水は時として障害を起こすことがある。

そこで、重ね着を通しての水蒸気移動の速さを測る装置を開発した。この装置は、重ね着部分の両端に2つの室を持っていて、その一つは温水を用いて、高い水蒸気圧を保ち、他は冷凍機を用いて低い水蒸気圧を保っている。これらの重ね着の中間層の水蒸気の移動が測られ、中間層の水蒸気圧は繊維の吸湿性に深い関係があることが明らかにされた。この研究の結果、アウトドアスポーツのための重ね着には、異なった吸湿性を持つ層の混合された系が考えられなければならないことが示された。

1. 緒 言

ここに一枚の図がある(図1)。この図には人体から発散した水蒸気(汗の組成成分として)がソ

ックスを経てスニーカーを通過し、外気中に出てゆく様子が図式的に示されている。多くの人はこの図によって、水蒸気がスニーカーの外面、つまり外気中に沢山出て行けば快適と感じられると予想するであろうし、もし水蒸気がソックスに沢山とどまって出て行かなければ、蒸れて不愉快であろうと考えるのではないかと想像される。

ソックスの素材が水蒸気を保持しないような、つまり疎水性のものであれば、水蒸気は容易に通過するわけであるから、そのソックスは透湿性が大きいと評価され、従って「透湿性の大きい素材は快適である」と言われることになるであろう。

ところで、透湿性の大きい衣料は常に快適ときめてよいものであろうか。静的測定法によって求められた透湿性の値がただちに常に快適性に結びつくものであろうか。また、不愉快な定常状態というものがあるものであろうか。暑ければ脱ぎ寒ければ着ることぐらいは、幼児でも出来ることであるから、不愉快な状態は長くはつづかないのが普通ではないだろうか。

登山やスキーの実地体験によると、蒸れるとい

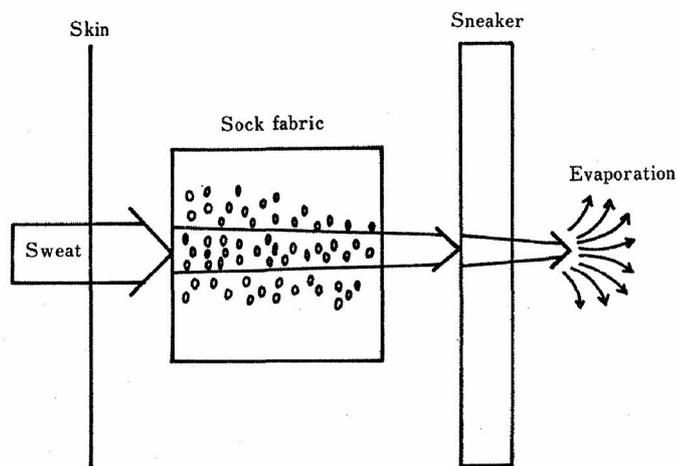


図1 運動靴の水蒸気発散の模式図

うことは、蒸れているということよりも、蒸れはじめる不愉快さが印象に残る。これは定常状態の透湿係数といったものよりも、水蒸気圧の動的変化といったものが重要であることをうかがわせる。さらには衣服の各層間の水蒸気圧の動的変化に興味を持たれる。

蒸れるということは、体温とくに皮膚温が上がって肌から水蒸気を蒸散させて、蒸発熱がうばわれて、皮膚温を低下させるといったことによって、体温調節が主として行われているとすれば、当然、肌に近い衣服層間の空気の水蒸気圧が低いことが望ましいのは明らかである。皮膚に接した衣服最内層空間の水蒸気圧が皮膚温の飽和水蒸気圧以上であれば、皮膚表面からの蒸発は起こるべくもない。

従って快適性のためには肌に近い湿度をなるべく低く保つことと、それを実現するために、重ね着の順序と材質、つまりレイヤードシステムを工夫することが大切であろうと考えられる。

重ね着の層を通して水蒸気が外部にもたらされる場合に、ドライビングホースとなるものは、一般に水蒸気圧の差である。いかなる温度の変化があろうとも、布が水ですっかり濡れていようとも、水蒸気は水蒸気圧の高い方から低い方に移動する。一般に冬期の外気の（特に冬山の）水蒸気圧は低いから、冬期の方がレイヤードシステムの外部への水蒸気移動は容易である。それに比べて夏期の衣服の蒸れは深刻な問題である。

高温多湿環境下のスポーツは、レイヤードシステムの水分移動に関して極めて困難な問題を含んでいるが、一方、氷点下の低温低湿環境は、水蒸気圧がきわめて低く、激しい水分移動とコンデンセーションが起こるので、ときには危険な問題となる。

被服材料の透湿性については、多くの既往の研究があり、興味深い知見が知られているが、その場合、ほとんどのシュミレートされた透湿性はア

イソサーマルな一定条件下で測定されたものであり、このような「カンフォートファクター」をただちに「サバイバルファクター」に用いることは出来ない。

衣服のカンフォートファクターとサバイバルファクターは、違ったものであり、特にアウトドアスポーツの衣服に関しては、この両ファクターの違いに注意が払われなければならない。

本研究では、最近ミズリー大学に完成した、レイヤードシステムのノンアイソサーマルでトランジェットな測定の出来る透湿性測定装置によって、まず基本的な繊維で織られた布のレイヤードシステム装置について検討を行ったので報告し、今後より複雑なシステムについて研究を進めてゆくことにしたい。

2. 文献にみる動的透湿性と、レイヤードシステムの研究

透湿性と快適性に関心を持って、身近にある文献を探してみると、この方面の研究について、丹羽（奈良女子大学）の論文が早くから、多く、かつ示唆に富んでいることに気がつくが、以下に関係の深い論文を調べてみよう。

丹羽¹⁾は、被服衛生の立場から出来るだけ実際の透湿条件をモデルにして繊維組成の異なる織物について、透湿が定常状態に至るまでの、透湿初期における挙動と要素について検討している。即ち、30°Cの恒温室の中に湿度50.9%と81%に調整した槽を作り、あらかじめ、湿度計を入れた槽を50.9%槽の上に24時間放置し、乾室とし、その後、81%の湿室を覆っているガラス板をとると同時に手早く乾室をその上に移動させる。この時から湿室から試料をとうして乾室へ透湿が開始される。その結果、布の通気性と気孔率との間には有為な相関がみられず、吸湿性が大きく関係することを見いだした。高湿度側から織物を通して低湿度側への透湿現象は、まず繊維に吸湿され、そし

て放湿拡散されながら、他方で織物空間を自由拡散していく現象と考えた。吸湿率の大きいものほど透湿速さが緩慢となり、定常状態になる時間も長くなる。これに反し、吸湿率の小さい合成繊維は、透湿が速やかであるとともに、定常状態になる時間も短い。

Galbraith²⁾は木綿、はっ水性木綿およびオーロンスーツの被験者の快適性に及ぼす効果を比較し、被験者が発汗して皮膚の上の多量の汗が不快さの原因であるとしている。

丹羽³⁾は透湿の定常状態における透湿機構を明らかにし、各種繊維織物とも、水蒸気移動抵抗係数と含気率の逆数の間に直線関係が成立する。その直線の勾配が衣服材料を構成する繊維固有の透湿抵抗を表す特性値とした。

丹羽⁴⁾は肌着の透湿性について論じ、これまで行われてきた研究成果のほとんどは、過渡的非定常状態の重要性を述べていて、また、肌着材料の液相水分の吸収能は狭義の透湿性よりもむしろ、直接的に肌着の着心地を大きく支配するとも述べている。即ち、肌着は、狭義の透湿性よりも吸湿、吸水性が着心地に主役を演じているとしている。

また、肌着の快、不快は皮膚面に残留する水分量のいかんによってもたらされ、それは肌着材料の水分吸収量に依存するとしている。

尾崎⁵⁾は、一般に布地の透湿性を測定する方法は定常的な系での測定であるが、布の着用快適性の評価には、布の初期現象が必要で、非定常状態でのダイナミックな測定が必要であるとしている。

内藤⁶⁾は、重ね着の透湿性について綿布、レーヨン、キュプラ、ポリエステル及びそれらの組み合わせについて測定して報告している。

諸岡⁷⁾は、親水性の木綿繊維と疎水性のポリエステル繊維の繊維組成の違いによる水分移動特性と着用感の違いを調べ、被験者の高気温や運動時

のような体温上昇気運にさらされたとき、暑いと感じ発汗がおこる。この水分移動が敏速に行われないと衣服内湿度の上昇開始時間が早く、かつ急速になり衣服最内層の高い蒸気圧のため皮膚からの直接の蒸発が抑制され、被験者は常に暑いと感じ、発汗が促進され、不快感につながる。衣服内湿度の上昇開始時間の早いものは、ポリエステル、ポリエステル・木綿混、木綿の順序になる。また、純水(汗)を入れた恒温槽の上部に厚さ4mmのガラスフィルターをおき、これを皮膚面とみなし、その表面温度を35°Cとし、ガラスフィルターから6mm離して、試料をおき、その間の空気層の湿度を検出しうるようにし、布上部に、温湿度並びに風速をコントロール出来る空洞を設置して初期10分までについて発汗、シミュレーション実験を実施し、実用実験結果との一致を確かめている。

内藤⁸⁾は、重ね着の透湿抵抗値の風による影響について、定常状態についての検討を行っている。

黒田⁹⁾は、それぞれ水蒸気濃度を一定に保った2つの部屋の間を試料布を置き、試料布を透過して出てきた水分を、乾燥剤に吸収させてその重量変化から透湿速度を測定している。

Holliesら¹⁰⁾は、各種繊維素材のシャツについて多数のパネラーに、着用試験を行い、その結果から統計的にみて、天然合繊にかかわらず、吸湿性のある繊維が良好な着心地を与える最因子であることを発表している。

Scheurell¹¹⁾は、皮膚と衣服の間の水分の存在が不快感と密接に関係しその湿度が3~5%上昇するだけで不快感をもたらすのに十分であるとしている。

諸岡¹²⁾は、液体水が布に直接作用する場合の熱特性を測定し、模擬皮膚部を黒色アルマイト処理をした金属加熱平板とし33°Cの一定温度に保ち、メスピペットにより計量された0.3ccの水を

熱する中央部に混入し、放熱特性を連続測定して報告している。

それによると、肌側に疎水性繊維を用いた2相構造編布やウール編布は最大の熱損失率が少なく、濡れからの回復時間が長いが、綿・ポリエステル混紡布、多孔性ポリエステル布は最大熱損失が大きく、濡れからの回復時間が短いなど繊維組成並びに布構造の影響が大きいことを明らかにしている。

安田¹⁹⁾は、透湿性防水布は、その外面と内面の水蒸気圧によって優れた透湿性を発揮する。しかし、その布が最外衣に用いられ、氷点下になった場合に、その内面に吸湿性の低い重ね着が用いられていると透湿性防水布の内面に霜が生成しやすく、その場合には、透湿性防水布は、不透湿性フィルムと同じ様な機能を持ち、透湿性を発揮できないだけでなく、外衣の内面に生じた氷は、氷点以上のテントなどの中で、溶けて水になり、再び水分透過性より重ね着相を逆行して人体の肌の方に移行し、著しく体温を奪うことが予想される。このような着衣は凍死などの事故につながることもあると思われる。それに比較して、吸湿性のある素材を重ね着として用いると、このような危険な傾向は改善されると論じている。

Farnworth¹⁴⁾及び Scheurell¹⁵⁾は、ポリエステル、ポリエステル・木綿混紡、木綿の3種について、汗をかいた体表面の湿度の変化を求め、ポリエステル(数秒)と吸湿性の木綿(数十～数百秒)とでは飽和に達する時間に、大きい差があることを示している。

赤井¹⁶⁾は、実際の衣服の重ね着状態を想定し、このような系における過度状態の広義の透湿を調べることを目的として装置を示唆した。

この装置は一定の初期水蒸気密度をもった高温部と低温部からなり、その間に挿入された試料を介しての水分移動によって生じる両部の水蒸気密度の変化から過度状態での布の透湿を試料側での

見かけの透湿抵抗として評価した。

綿布とポリエステル布とではその結果を異にし、透湿の寄与によると述べている。

これらの透湿性に関する研究をみると、動的透湿性の測定について興味深い研究が見出せるが、レイヤードシステムについての測定は未だ行われていないようである。また、短時間の動的測定についても検討されていないので、レイヤードシステムの短時間の動的測定を行いたいと考えた。

まず、著者らの行った研究を説明し、それをもとに、より改良された測定結果を述べる。

3. レイヤードシステムの吸湿性についての一知見

前記¹³⁾の装置(図2)において、Cの保温材の層(たとえば、ポリエステル綿や羽毛など)の種類を変えてDのチャンバーの湿度を2つのプローブで測定してみると、図3のようになることが知られている。同じく、C層が吸湿性の小さい材料である場合には、Dチャンバーの湿度上昇が速やかなので、E層(ゴアテックスなど)の下面に霜の発生する傾向が認められることが知られている。そのことから、図4のような構造¹⁸⁾が示されている。

この図は、例えば登山者の着用している透湿性防水布が氷点以下の環境にさらされたような場合に、その内面(表面)に多量の水蒸気が霜となって付着したり、結露して氷化したような状態が起こって、透湿性が失われると共に、いっそう結露傾向が強まり、その後、例えば氷点以上のテントの中などで休養したときに氷が溶けて透湿性のよい(吸湿性の少ない)材料の層を逆行して肌を濡らし、体温を奪い、着用者を危険な状態にもたらし恐れのあることを示唆している。

安田¹⁷⁾は、著名な登山家、植村氏の、アラスカにおける遭難について、まだ詳しい公表がないので、あくまでも推測の域を出ないが、と断わっ

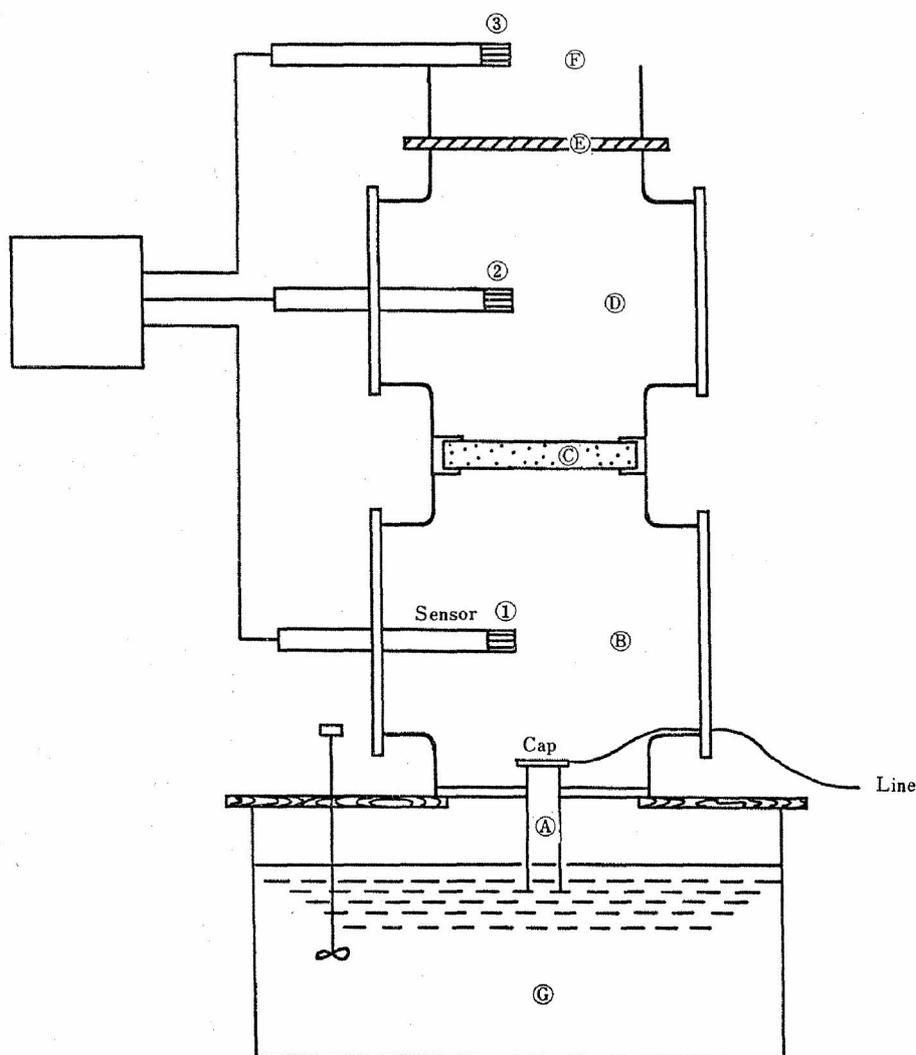


図2 保温材の透湿性の測定装置¹³⁾

て、次のような可能性も考えられるのではないだろうかと述べている。

植村氏の着衣を記録などで知りうる範囲で推定すると、カシミヤ肌着（内容不明）にポリエステルのパイル状の厚地セーター、ポリエステルの防寒衣、ゴアテックス防風衣を着用していたと思われる。このような状態では、おそらく、図4の一部のケースのように肌を水が濡らす現象が予想されるが、後にキャンプから発見された日誌には、その着衣の不愉快さについて、とくにキャンプに入ってから休養をとるべき時の寒さについて、極めて強い表現での記述がみられる。それが遭難につながったとは断定できないが、登山医学の教えるところによれば、体温の低下は機能低下を招

き、遭難につながる可能性があるため、それを避けるべきであるとされている。

このような例を考えても、レイヤードシステムの透湿性について研究する意義は極めて大きい。

4. 実 験

レイヤードシステムの透湿性を検討するために、図5、6のような装置を用いた。

-80°Cまで冷却しうる能力をもつ冷凍機 (endocal ULT-80, NESLAB INSTRUMENTS, Inc.) を用いて、例えば-25°Cで冷却除湿すると共に、温水装置 [Lobe parmer, Constant Temperature Circuration Model (1267-62)] で、例えば50°Cの温水を循環させて適当な温湿度を

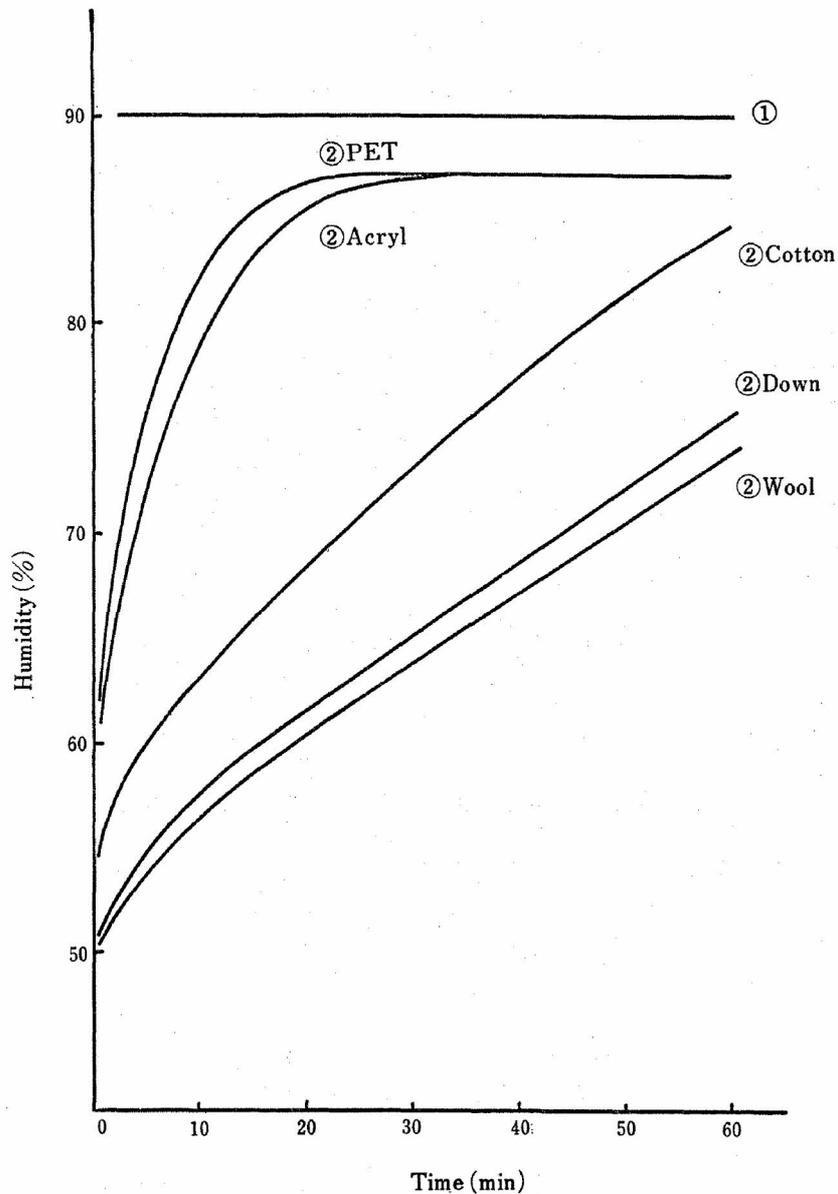


図3 保温材の透過した湿度の変化¹³⁾

保っている環境部分に、図5のような装置に4枚の布 (L_1, L_2, L_3, L_4) と中間にプローブ (P_1, P_2, P_3) とその上下にシャッター、下部に 37°C の温水槽を設け、測定の手順としては、 $L_1 \sim L_4$ の布をとりつけたのち、上部シャッターを開き、内部が一定温度になるまで放置した。

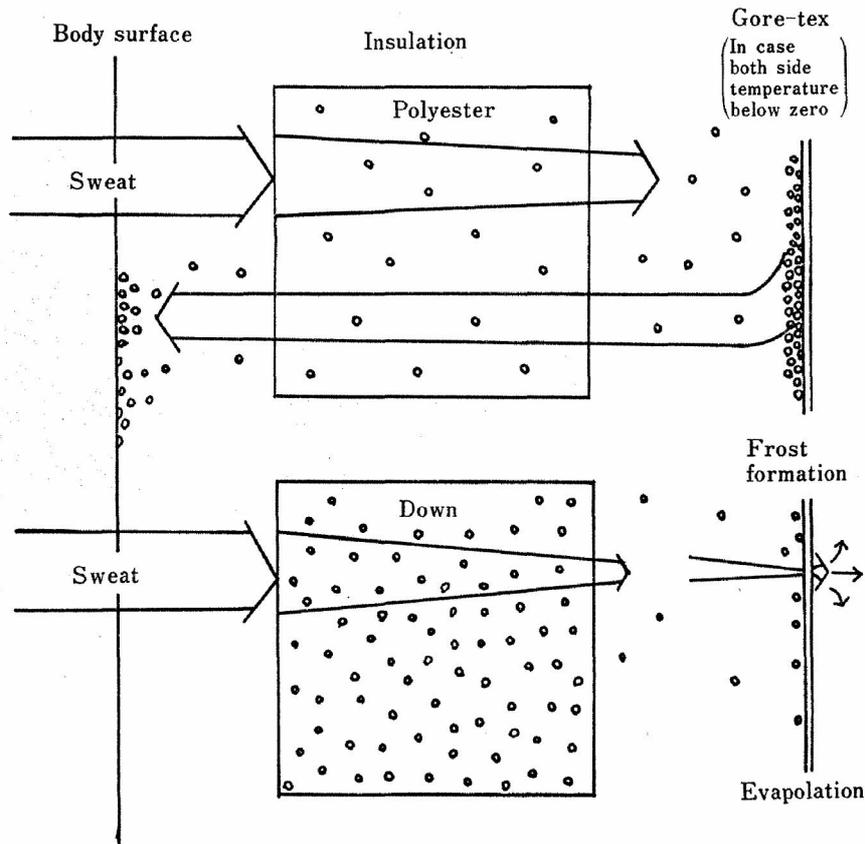
測定開始にあたっては、上部シャッターを閉じ、下部シャッターを開いて秒単位の一定時間ごとに、各プローブの温度と湿度を測定して記録させた。プローブには、VAISALA Type HMP 113A を用いた。 L_1 に同一布を用いて比較すると

きは、皮膚面とみなせるので、 P_1 は肌と衣服の接する層を測定することになる。なお、装置の詳細は、ミズリー・コロンビア大学での研究の多くの成果を整理したうえ、近く別に報告される予定である。

以下に測定結果の温度と湿度の測定値から水蒸気圧の値を計算して比較したいくつかの例をあげる。

Gore-tex の下にポリエステルを着用したときに、羊毛を着用したときの比較をしてみると、布試料 L、プローブ P としたときに、いま、

Insulating Materials and Frost Formation on Inside of Gore-tex, when the Temperatur is below Zero.



THICKNESS OF ARROWS REPRESENTS SWEAT REMOVAL
DOTS REPRESENT SWEAT RETENTION

Polyester holds much less water than Down in interspace of the fibres, then, more frost formation is observed on Gore-tex. (see DISCUSSION)

図4 極低温におけるレイヤードシステムの水蒸気移動の模式図¹³⁾

表1 レイヤードシステム

	P ₁		P ₂	P ₃	L ₄
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₃	
(1)	PET	PET	PET	Gore-tex	Gore-tex
(2)	PET	Wool	Wool	Gore-tex	Gore-tex

表1に示した(1)と(2)を比較してみると、P₁ (肌に接する層) と P₃ (外衣の内側の層) との水蒸気圧 P_{H₂O} の時間的経過は、図7のようになっている。P₁ についてみると、ポリエステル前面では数分で急速に水蒸気圧が上昇し、それに比べて羊毛の前面では上昇がゆるやかであることがわかる。P₃ についても同じような傾向がみられる。この P₁ の水蒸気圧の時間的変化から考えて、中

間層がポリエステルの場合には肌に蒸れ感が生じ易いであろうし、また P₃ の水蒸気圧の時間的変化から考えて、外衣内面に結露の可能性も高いであろうと想像することが出来よう。このように中間層に吸湿性のある羊毛のような材料が用いられた場合には、透湿がゆるやかで、かつ、肌に近い層でも、外衣に近い層でも水蒸気圧が低いとの好ましい結果が期待される。

以下に定性的ではあるが、現在までに得られた結果をみると、図8の PET, PET, PET, PET の場合は、P₁ (一番上位のカーブ) はかなり急に立上がり、P₂, P₃ もこれに近づくように立上がっている。

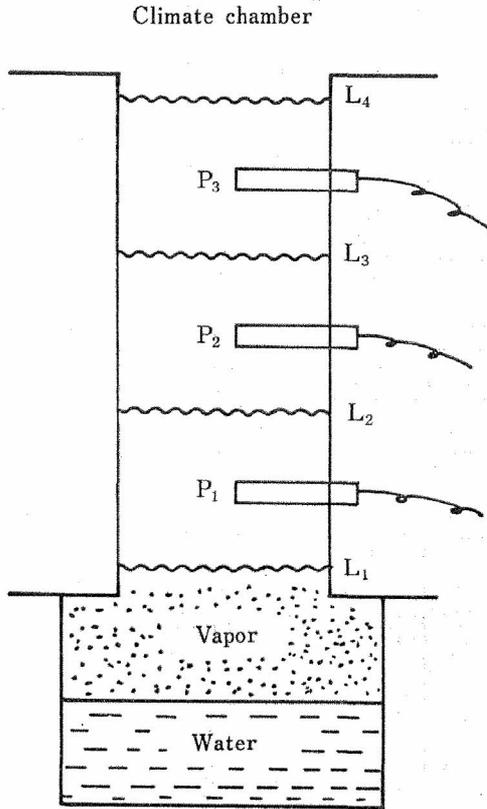


図5 レイヤーシステムの模式図

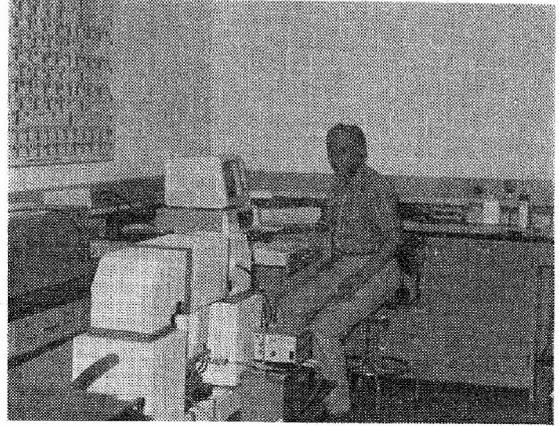


図6 試作した動的透湿性測定装置

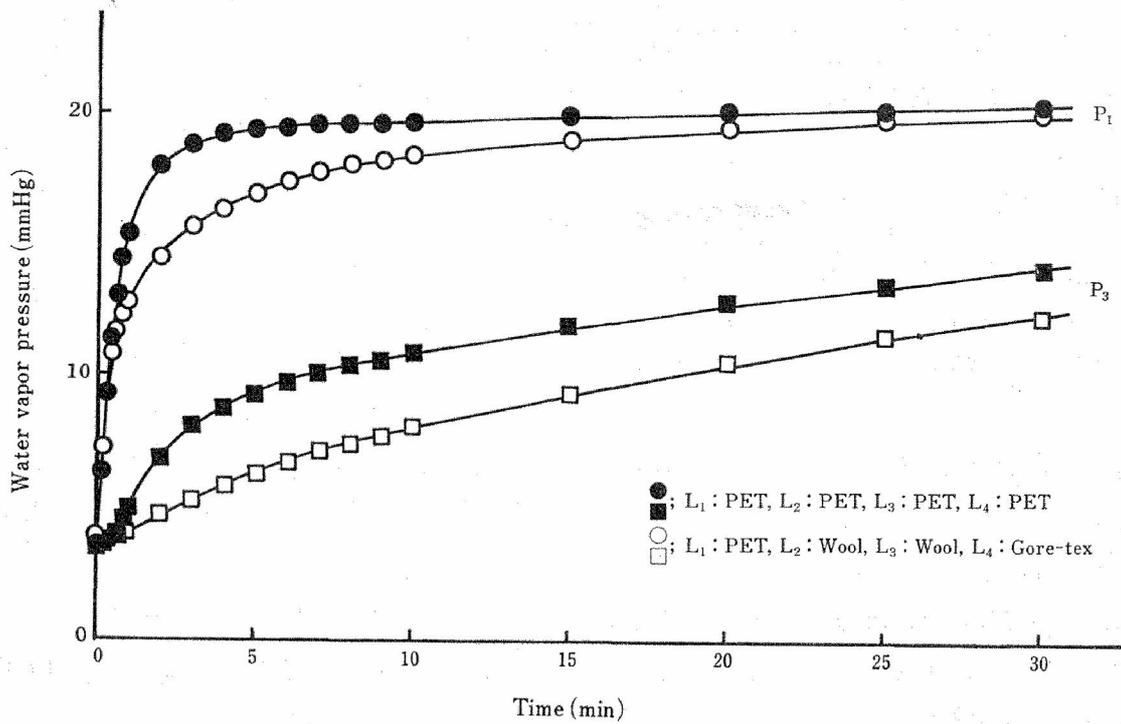


図7 中間層が PET または Wool の場合の P₁ と P₃ の水蒸気圧の時間的变化

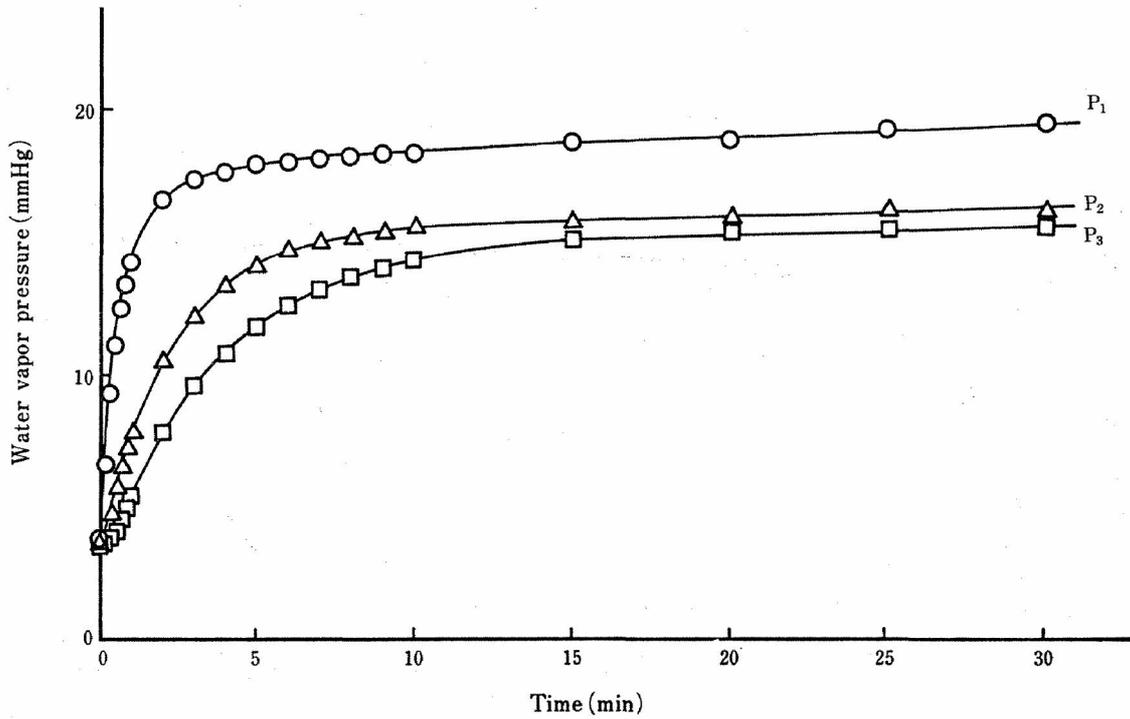


図8 水蒸気圧の時間的变化 (L_1 :PET, L_2 :PET, L_3 :PET, L_4 :PET を置いた場合)

それにくらべて、図9のPET, Wool, Wool, Woolの場合には、 P_1 , P_2 , P_3 の水蒸気圧の上昇がゆるやかである。そのことをよりわかりやすくするために図10に P_2 の値だけをとり出し、また、同じ場合の温度をプロットしてみると図11の

ようになる。図10と図11を比較してみると、PETの場合には水蒸気透過がすみやかであるにもかかわらず、温度変化があまりみられない。それに比べてWoolは、その孔隙を通じて水蒸気の透過がゆるやかであるだけのように見えるが、図11をみ

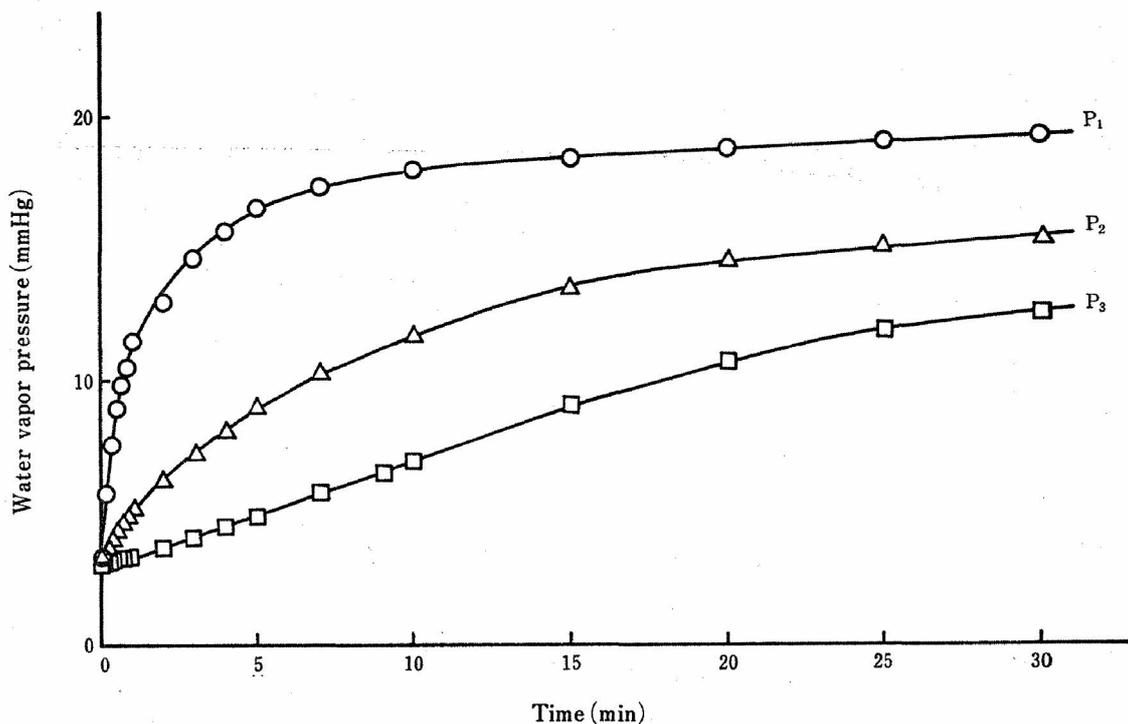


図9 水蒸気圧の時間的变化 (L_1 :PET, L_2 :Wool, L_3 :Wool, L_4 :Wool を置いた場合)

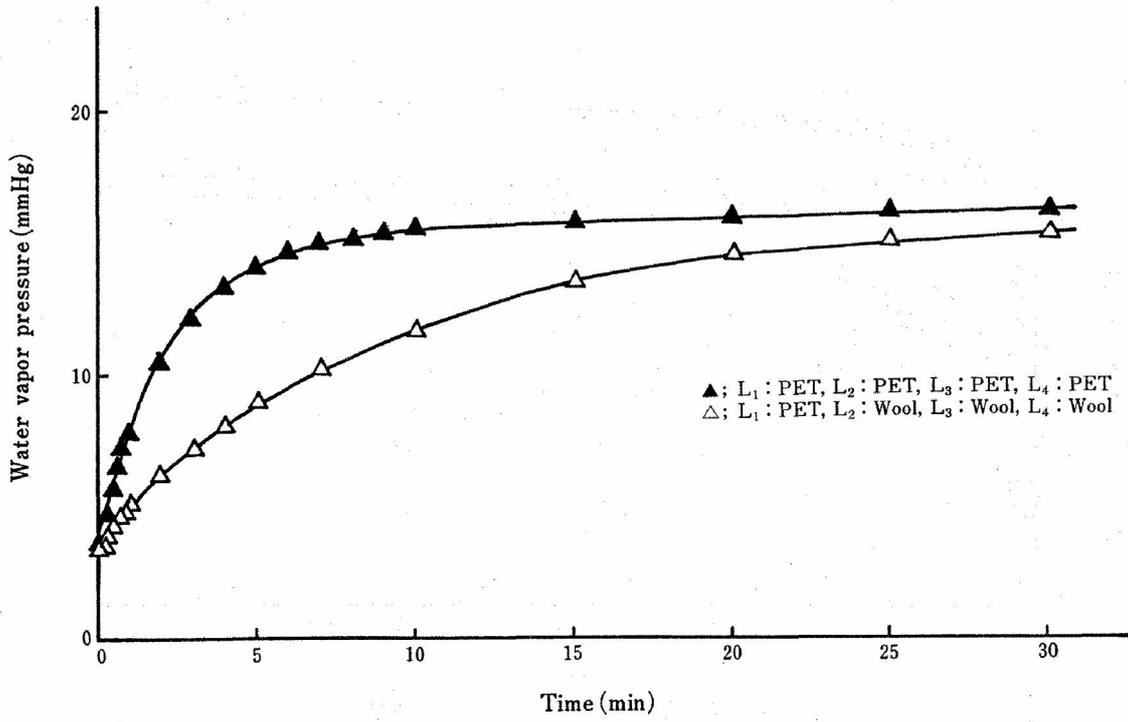


図10 P₂ の水蒸気圧の時間的変化

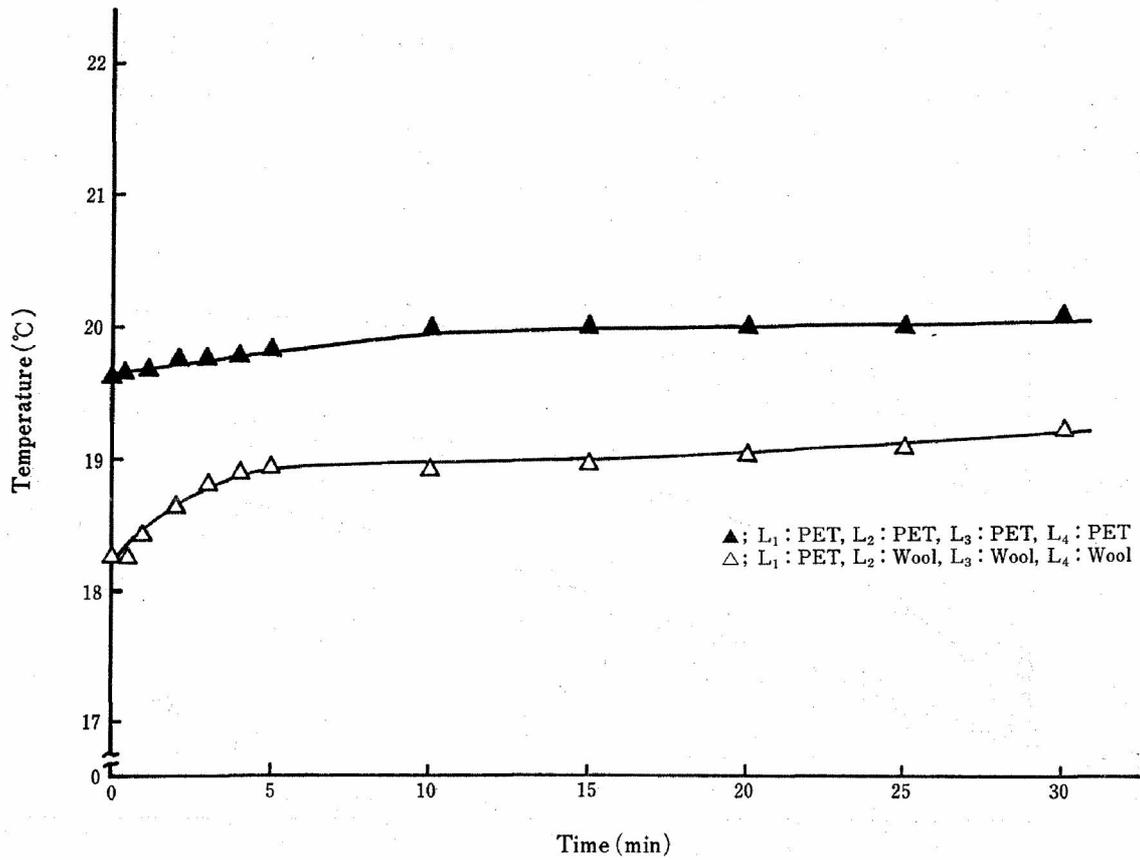


図11 P₂ の温度の時間的変化

ると温度の著しい上昇がみられる。

河合ら¹⁸⁾は、「スポーツ用被服材料の着用性能に関する基礎的研究」の中で、水分の収着、拡散はつねに収着熱の発生を伴うものであることを特に強調しているが、本研究のような布の層間においてもこのような(図11)の著しい温度の上昇がみられたことは、きわめて興味深く、Wool層の水蒸気圧の透過が吸熱を伴うものであることを示しているものと考えられる。今後、PETやWoolの比較にとどまらず広くレイヤードシステムの層間と布表面の温度の測定を準備中である。

また、図8にくらべて、P₁の(肌側に対して)うしろにL₂としてWoolを置いた場合にも、図12のように全般に透湿曲線の立上がり方がゆるやかになる。このように、Woolはその布の前面の層においても水蒸気圧を下げる効果がある。これが発熱を伴うであろうことはいうまでもない。

図13は、Gore-texを最外衣に用いた場合であるが、その最外衣がPETである場合図8にくらべて特にP₃の全般に水蒸気圧が低下していることが認められる。このような場合には、「PET布よ

りもGore-texは透湿性がよくて蒸れない」ということが出来る。

さらに図14をみると、L₂にWoolを用いたために、P₁は著しく低下している。図15では、Gore-texの前面にWoolを用いているが、P₃が図13や図14よりも低い値になっていて結露の可能性は少なくなっている。次にL₂とL₃ともにWoolを用いたときには図16のようになり、肌の近くの層P₂もGore-texの前面P₃も、L₂やL₃がPETである場合にくらべて水蒸気圧が低く、快適でかつ結露しにくいことが予想される。きわめて興味深いことは、表2において*1はP₁曲線が一致し、*2はP₃曲線がほとんど一致している。

表2 レイヤードシステム

図11	PET	(Wool)*1	PET	Gore-tex
図13	PET	(Wool)	(Wool)*2	Gore-tex
図12	PET	PET	(Wool)	Gore-tex

このことは、WoolをL₂にもってくれば、L₃が異なっているときでもWool前面は同じような水蒸気圧になり、WoolをL₃にもってくればL₂が異なっているときでもWool後面(外衣側)は

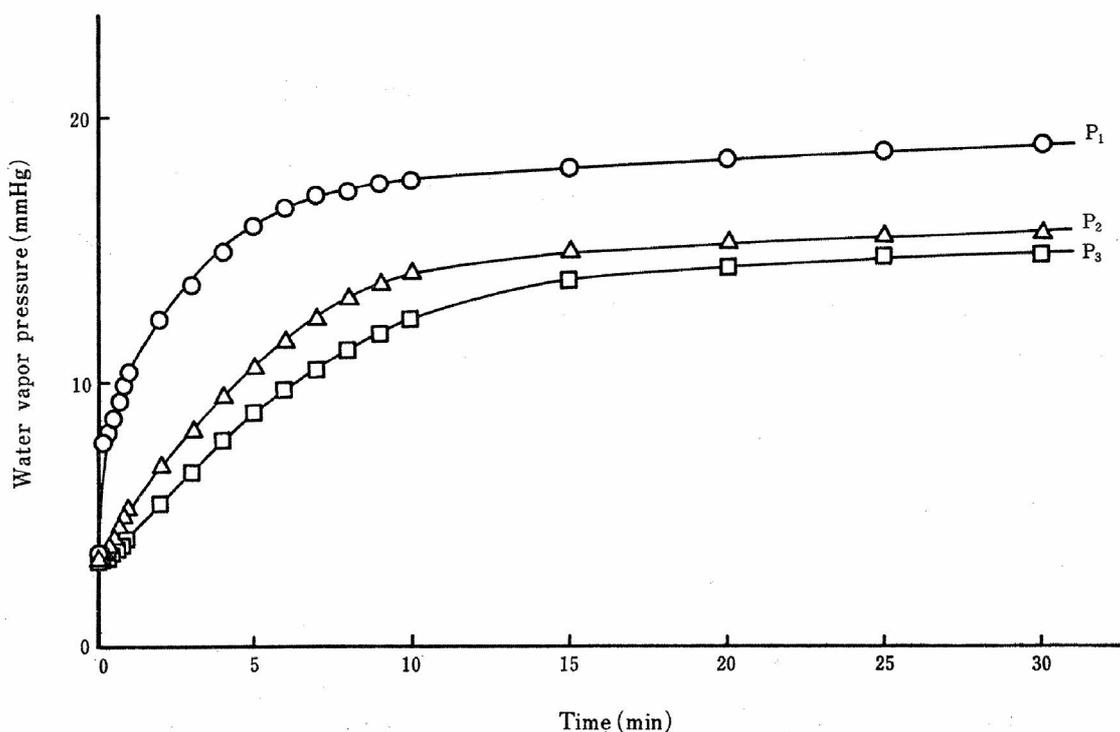


図12 水蒸気圧の時間的变化 (L₁:PET, L₂:Wool, L₃:PET, L₄:PET)

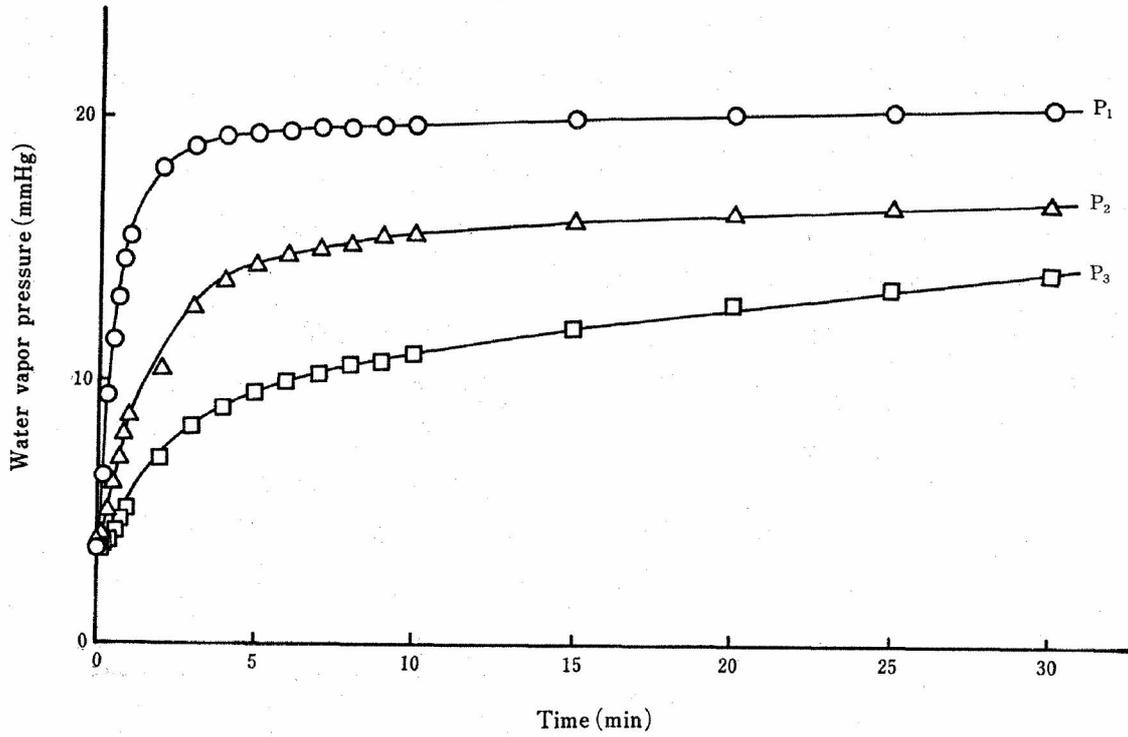


図13 水蒸気圧の時間的变化 (L₁: PET, L₂: PET, L₃: PET, L₄: Gore-tex)

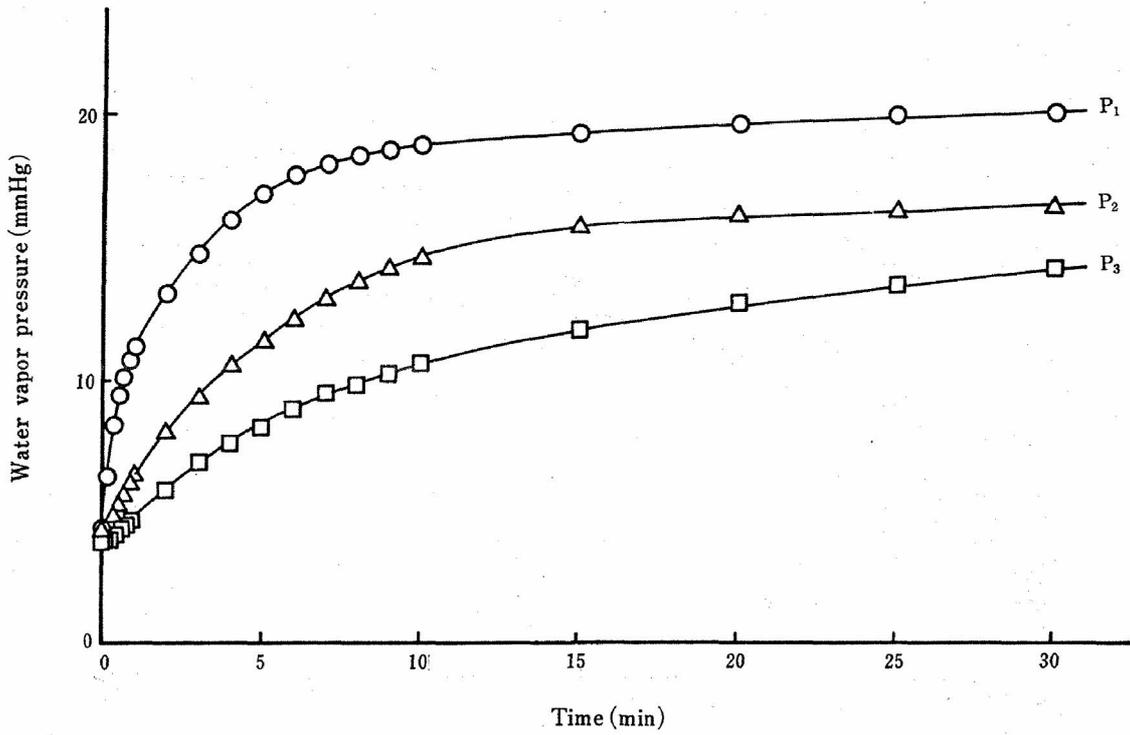


図14 水蒸気圧の時間的变化 (L₁: PET, L₂: Wool, L₃: PET, L₄: Gore-tex)

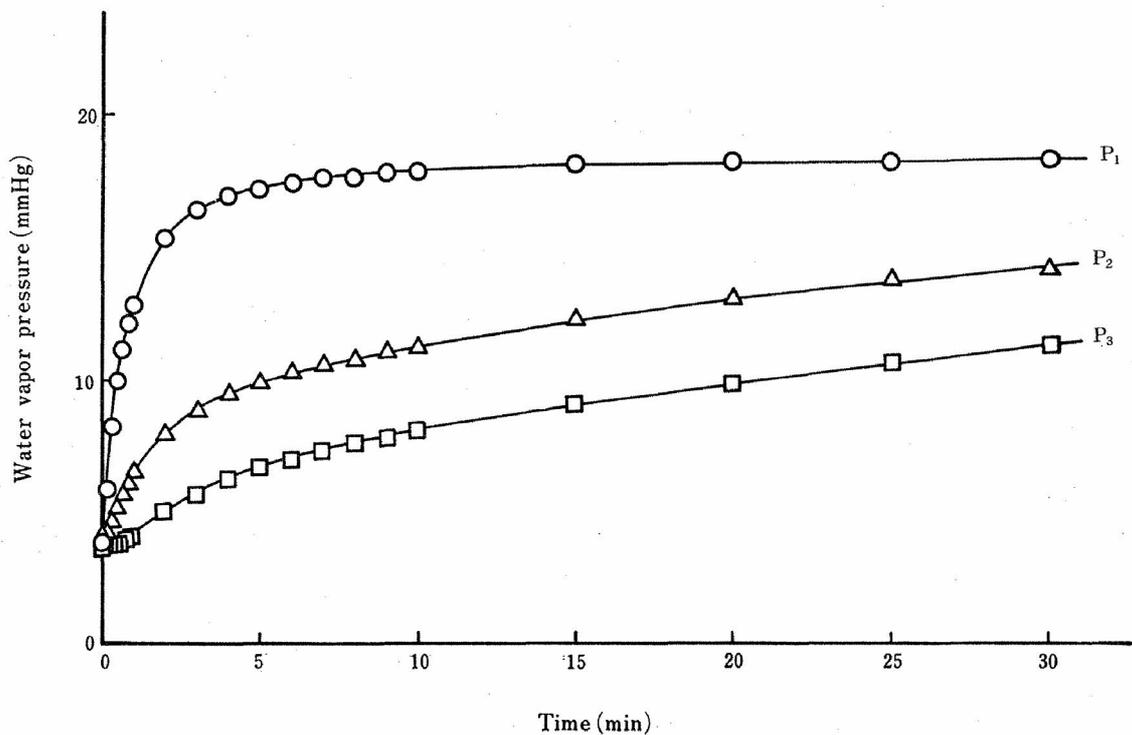


図15 水蒸気圧の時間的変化 (L₁: PET, L₂: PET, L₃: Wool, L₄: Gore-tex)

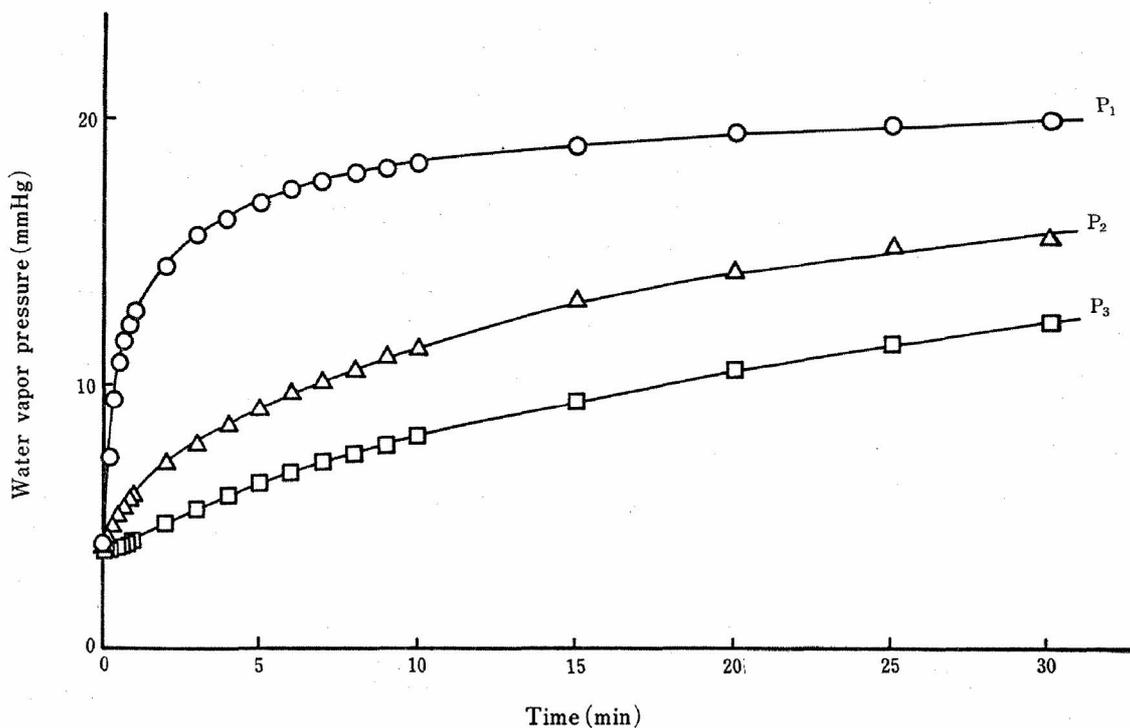


図16 水蒸気圧の時間的変化 (L₁: PET, L₂: Wool, L₃: Wool, L₄: Gore-tex)

同じような水蒸気圧になることを示している。

5. ま と め

寒冷環境にさらされるスポーツでは、重ね着をすることが一般である。保温の目的には、厚く重ね着をすればよいが、スポーツの場合には、激しい発汗をとまなうのでこの汗がどこに行くかが大きい問題である。なるべく早く外気に発散させるために、一般には透湿性の大きい衣料が好ましいとの考えが有力である。透湿性が大きければ汗が出てゆくから快適だと考えるのは、衣服最内層の水蒸気圧が低くなるだろうとの考えによるものであろう。しかし、透湿性が大きいと水蒸気圧が下がることを測定して確かめた報文はほとんど見られない。定常状態で測定された透湿性の値が大きい材料でつくられた衣服を着用すれば、快適だとの考えは、大きい飛躍がある。また、レイヤードシステムについて透湿性を測定した結果もほとんど知られていない。

このような問題に少しでも役立てるために、重ね着に相当するレイヤードシステムの透湿性についての測定を試みた。その結果、次のようなことがわかった。

1) まず、これまで行なわれたいろいろな方法での透湿性測定について検討したが、レイヤードシステムについてダイナミックな層間水蒸気圧変化を測定した報告が見当らなかつた。

2) 疎水性の材料の一例にポリエステルを用い、吸湿性のある材料の一例として羊毛を用い、外衣の一例として Gore-tex を用いたいくつかの組合せについて定性的ではあるが次のような現象がみられた。

3) ポリエステルは透湿性が大きいですが、ひとつの層の前面の水蒸気圧も高く、後面の水蒸気圧も高い傾向があるので蒸れが予想される。

4) 羊毛は透湿性は小さいが、ポリエステルに比べるとひとつの層の前面の水蒸気圧が低く、後

面の水蒸気圧も低い傾向があるので蒸れがポリエステルに比べて少ないことが予想される。

5) Wool の透湿による層間の温度の上昇が観測された。このことについては、測定感度の改良や布面の測定法などを考え、更に詳細な測定を準備中である。

6) 水蒸気圧がレイヤードシステムを内面(肌側)から外気面に移動するとき、速やかであればよい場合もあるが、速やかではよくない場合もある。例えばあまり速やかに移動して外衣の外気との透湿の速さとのバランスが失われると、外衣内面に結露するようなことが起こる。そのような場合のことも考えると、レイヤードシステムの内層に、吸湿性のある材料が存在して、水蒸気移動を適当に調節できることが望ましい。

7) 結局、レイヤードシステムは用途に応じて、吸湿性の違った材料を重ね合わせて水蒸気移動を適当に調節することが好ましいと考えられる。

8) そのためには今後レイヤードシステムの透湿性について多くの組合せの定量的な研究が期待される。

9) なお、「透湿性が大きいから蒸れない」との考えは一般的でなく、特定の場合に限られる。

文 献

- 1) 丹羽雅子; 家政学研究, 8, 113 (1961)
- 2) R.L. Galbraith, J.E. Werden, M.K. Fahnestock, and B. Price; *Text. Res. J.*, 32, 236 (1962)
- 3) 丹羽雅子, 高力紀子; 家政学研究, 14, 155 (1967)
- 4) 丹羽雅子; 織消誌, 9, 446 (1968)
- 5) 尾崎晶子; 織学誌, 31, T-254 (1975)
- 6) 内藤道子, 中島利誠; 織消誌, 20, 222 (1979)
- 7) 諸岡晴美, 丹羽雅子; 家政誌, 30, 320 (1979)
- 8) 内藤道子, 中島利誠; 織消誌, 21, 183 (1980)
- 9) 黒田旦哉; 織消誌, 26, 260 (1985)
- 10) N.R.S. Hollies, R.N. DeMartino, H.N. Yoon, A. Buckley, C.L. Becker, W. Jackson; *Text. Res. J.*, 54, 544 (1984)
- 11) D.M. Scheurell, S.M. Spivak, N.R.S. Hollies;

- Text. Res. J.*, **55**, 394 (1985)
- 12) 諸岡晴美, 丹羽雅子; 消科誌, **27**, 495 (1986)
- 13) 安田武, 井尻登喜子; 消科誌, **27**, 31 (1986)
- 14) B. Farnworth; *Text. Res. J.*, **56**, 462 (1986)
- 15) D.M. Scheurell, S.M. Spivak, N.R.S. Hollies;
Text. Res. J., **56**, 463 (1986)
- 16) 赤井智幸, 奥野陸夫; 織消誌, **28**, 231 (1987)
- 17) 安田 武, 本多勝一, 『武田文男編; “植村直己の
冒険を考える”, p.155, 朝日新聞社 (1984)
- 18) 河合弘勉, 高岡 昭, 岩崎雅美, 福田光完; デサ
ントスポーツ科学, **9**, 34 (1988)