

制服に関する被服気候学的研究

吉田 恭子*, 江川 文*, 横山宏太郎**

(武庫川女子大学家政学部被服学科)

Studies on Clothing Microclimate of the School Uniform

Kyoko Yoshida*, Fumi Egawa* and Kotaro Yokoyama**

Department of Textiles and Clothing Sciences

Mukogawa Women's University, Nishinomiya 663

When environment changes, man adjusts his garments to be most comfortable. But if he wore an uniform, adjustment should be limited to some extent. Thus uniform is required to be a better buffer for thermal environment than usual clothing.

Thermal comfort of the school uniform of Mukogawa Women's University for spring and autumn was investigated by the wear tests in an artificial climatic chamber under various conditions of air temperature, humidity and work levels. It was revealed that the thermal properties of the school uniform are adequate to the climatic condition which was designed for.

The thermal comfort votes of the subjects showed close relationship with the water vapour pressure of microclimate in the clothing.

緒 言

我々は、生活の場である環境に適応した被服を着用することによって快適感を得、反対に適応していないと、不快感をもつ。被服が不快感を与える要因として、デザイン・色・柄などの精神的要因、肌触りやサイズなどの物的要因、環境の寒暑に応じておこる体温調節に関連した温熱的要因などがあげられるが、本研究では、温熱的要因に注目し、衣服内気候と快適性について検討を行った。

我国では四季が明瞭であるため、快適な衣生活を送るために衣替えを行っている。衣替えは、慣例的に6月と10月の初めに行われているが、衣替え前後の気候は暑い日があったり寒い日があったりするため、最近では、決まった時期に衣替えを行うというよりも、各人の温冷感によって着装を変える傾向が強いようである。しかし、中学生・高校生をはじめ、制服を着用している人々にとっては、一定の衣服を定められた時期

まで着用しなければならないため、衣替え前後の時期は必ずしも快適に過ごせるというわけではない。

そこで、春期・秋期に着用されている制服の一例として、最も身近な武庫川学院規定の制服（黒タイラードスーツ）を着用して、人工気候室での環境の温度・湿度を変化させ、衣替え前後の温熱条件を中心に快適性の検討を行い、一定の標準服で快適に過ごせる温熱条件の許容範囲を考察した。

着用衣服の実態調査と着用実験の衣服選択

着用実験に用いる衣服を選択するため、制服の下に実際にどのような着装をしているのかを調査し、その組合せを決定した。

1. 調査方法

本学家政学部被服学科の学生100名を対象に、アンケートを配布し、春期（4月～5月）および秋期（10月～11月）に制服の下に着用している衣服の実態調査を行った。調査期間は、昭和63年5月21日～6月21日である。

2. 調査結果と考察

Table 1 に制服の下に着用している衣服の種類を、

* 被服材料学第2研究室

** 農林水産省北陸農業試験場気象資源研究室

月ごとの着用割合で示す。ブラジャー (99~100%着用)、ショーツ (100%着用) 以外の衣服についてみると、ガードルは約65%着用、スリッパ・ベチコート類は54~66%着用、シャツ類については4月21%, 5月8%, 10月20%, 11月43%と、月によってかなり着用の差異がみられる。ブラウスについては、5月は半数に近い者が半袖を着用している。また、セーター・ベストは4月15%, 5月3%, 10月11%, 11月59%の着用で、11月にはかなりの重ね着をしている様子が見られる。

各衣服の素材については、Table 2 (4ヶ月の平均値) のように、ショーツはほとんどが綿であり、ス

リッパは65%がナイロンを着用している。ブラジャー、ガードルについてもナイロン、ナイロン混のものが最も多く着用されている。ブラウスは綿100%のものが64%着用されているが、これは対象者が被服学科の学生であり、消費性能の認識が、他の学生よりも強いため、一般の平均的な割合よりも高い値になったように推察される。また、調査した4ヶ月においては、月による着用衣服素材の差異はほとんどみられなかった。

3. 着用実験の衣服の選択

Table 1, 2 をもとに、人工気候室で着用実験を行うときの衣服の組み合わせと素材を選択し、Table 3 のような衣服を決定した。ただし、スリッパについては他の衣服に比べて着用割合が少ないため、着用実態ではナイロン100%のものが最も多かったが、今回の実験には江川ら¹によって最も快適であると報告されてい

Table 1. Kinds of the clothing under the uniform and its wear rate by month.

Clothing	Wear rate (%)			
	Apr.	May.	Oct.	Nov.
Brassiere	99	100	99	99
Under shorts	100	100	100	100
Girdle	65	64	68	65
Slip	49	46	45	53
Slip (N)	2	2	4	4
" (L)	3	0	2	3
Petticoat	6	6	6	6
Undershirt (L)	3	1	3	23
" (H)	12	1	11	10
" (N)	6	6	6	10
Blouse (L)	100	55	88	100
" (H)	0	45	12	0
Sweater	11	2	9	52
Vest	4	1	2	7
Others	0	0	0	0

N: No sleeve, H: Half sleeve, L: Long sleeve

Table 3. The clothing used for the wear tests in an artificial climatic chamber.

Clothing	Materials
Tailored suits	Wool 100%
(Uniform of M. W. U.)	(Lining: Polyester 100%)
Blouse	Cotton 100%
Slip	Cupra 75%/Polyester 25%
Brassiere	Nylon/Polyurethane/Others
Under shorts	Cotton 100%
Girdle	Nylon/Cotton/Polyurethane
Panty Hoses	Nylon/Cotton/Polyurethane

Table 2. The ratio of clothing by textile materials worn under the uniform.

Materials	Wear rate (%)				
	Brassiere	Under shorts	Girdle	Slip	Blouse
Nylon/Polyurethane	30	0	23	1	0
Cotton 100%	16	89	3	1	64
Nylon 100%	10	0	17	65	0
Nylon/Polyester	6	0	0	0	0
Nylon/Cotton	3	0	8	0	0
Silk 100%	0	3	0	0	0
Polyester 100%	0	0	6	14	20
Polyester 65%/Cotton 35%	0	0	0	0	6
Others	35	8	43	19	10

るキュプラ75%・ポリエステル25%のものを選択した。また、併せてパンティストッキング、および本学規定の上靴(室内シューズ)を着用した。

実験衣服の物性試験

1. 試験方法

JIS L 1096-1984の方法に基づいて、着用衣服の厚さ、密度、質量、保温性、吸水性、通気性、吸湿性の測定を行った。なお、吸水性は水デシケーター中に試料を一定時間放置後、絶乾重量を求めて算出した。透湿性についてはJIS Z 0208-1976を応用した横山ら²の方法によった。

2. 結果

Table 4に各衣服の物性試験の結果を示す。今回使用したスリッパは、概して保温率が低く、吸水性、吸湿率の大きい試料であると考えられる。

人工気候室における着用実験

1. 実験方法

1-1 被験者の選択

被験者は、健康な21~22歳の女性10名に、暑い環境条件の29℃・38%の人工気候室内で着用実験を行ってもらい、汗かきでもなく、また汗をかきにくい体質でもない人で、温冷感、快適感、汗の出方の主観申告が、衣服内気候の変化に対応している5名を選んだ。

1-2 実験条件の設定

人工気候室の環境条件は、大阪管区気象台の大阪・神戸の過去37年間のデータをもとに、衣替え前後の4・5月、10・11月の気候(温度・湿度)を想定し、更に人工気候室で予備実験を行い、実験環境を設定した。実験は、大別して、安静の場合と運動した場合、また寒い環境と暑い環境の組合せによる下記の4種類について行った。

1) 安静の実験—安静状態で環境条件を変化

- ① 60分間で 温度15℃→5℃→15℃に変化
- ② 60分間で 温度20℃→35℃→20℃に変化
- ①・②のいずれも湿度は65%

2) 運動の実験—環境条件が一定で、運動を行う

- ① 温度10℃, 湿度70%—11月下旬の気候に近い条件
- ② 温度29℃, 湿度38%—5月下旬の気候に日射を考慮した条件

運動の実験は、実験開始後、安静椅座10分、その後運動10分・安静椅座15分を2回繰り返す、合計60分間とした。運動量は通学時の平均的な運動量と同程度にするため、エルゴメーターを使用し、強度は75W、回転数60 r. p. m. とした。

また、寒冷および暑熱による体温調節反応は、体温の周期リズムによって影響されるといわれている³ので、実験の時間帯は午後からに統一した。

1-3 測定項目および方法

衣服内気候(温度・湿度)測定部位は、体幹部として、胸・みぞおち・下腹部・背中・臀部の5点および、前後の大腿部2点の計7点とし、体温は、深部温モニター(CTM-204, テルモ株式会社製)を用いて前額深部温を測定した。また、環境の温度・湿度を被験者の周囲2点で測定した。センサーは、皮膚に直接取り付け、測定は、いずれも1分間隔で行った。

また、同時に、快適性に関する主観申告をTable 5に示す温冷感9段階・快適感4段階・汗の申告4段階のカテゴリースケールの中から1分毎に得た。

被験者はTable 3に示した衣服を着用したが、暑く不快を感じた場合にはブレザーの脱衣を、また寒く感じたときはコートの着用を許可した。

1-4 データ処理

前報⁴で述べた方法で、衣服内気候の測定データは、

Table 4. Physical properties of fabrics used in the experiment.

Samples	Physical properties													
	Weight (g)	Thickness (mm)	Density (count/cm)		Thermal retaining property (%)	Water absorption (mm)		Air permeability (cc/cm ² /sec)	Moisture permeability (g/cm/mb・10 ⁻⁶)			Moisture vapour absorption (%)		
			Warp	Weft		Warp	Weft		25℃	30℃	35℃	2min	2hour	24hour
Tailored suits (S)	70.8	0.69	256	276	6.39	0	0	10.45	4.34	5.53	6.51	0.35	2.85	14.03
" (L ₁)	14.4	0.11	466	358	14.79	44.8	36.6	11.40	5.69	5.46	5.45	1.57	1.01	1.42
" (L ₂)	10.6	0.08	440	316	17.43	26.8	25.0	50.20	4.69	6.70	6.75	0.94	1.24	1.75
Blouse	12.5	0.35	544	292	17.43	58.2	39.4	16.72	5.04	6.00	6.45	1.00	4.75	12.91
Slip	7.7	0.24	256	212	6.03	44.4	41.6	151.93	5.61	7.10	6.06	1.16	6.43	16.75

S: Shell Fabric, L₁: Lining (Jacket), L₂: Lining (Skirt)

Table 5. The category scales for subjective votes.

Thermal sensation	Confort sensation	
9 Very hot	4 Very uncomfortable	
8 Hot	3 Uncomfortable	
7 Warm	2 Slightly uncomfortable	
6 Slightly warm	1 Comfortable	
5 Neutral	Sweat state	
4 Slightly cool	4 Be streaming with sweat	
3 Cool	3 Be in a sweat	
2 Cold	2 Be slightly sweat	
1 Very cold	1 No sweat	

補正処理を行い、水蒸気圧を計算してフロッピーに収録する。そのデータを用いて、横軸に時間をとり、プロッターによりグラフ化し、主観申告については、キーボードから直接入力し、収録する。そして収めたデータをグラフ化し、また数値を積算するなどの解析、検討を行った。

結果および考察

実験結果を検討するに当り、衣服内温度は運動を行っても変化に乏しく、環境の温熱条件による差異もほとんどみられないこと、また、湿度は、運動や環境条件によって変化するが、衣服内の空気層の水分量を直接的に示すものではないと考えられるので、拡散による水分移動のドライビングフォースの指標となる水蒸気圧に着目する。

まず、ある被験者について、高い温度の環境条件で、運動を伴う実験を行った場合の結果を Fig. 1 に示す。運動に伴う衣服内の水蒸気圧の変化をみると、運動とともに水蒸気圧は急激に上昇し、運動を停止すると低下する挙動がみられる。しかし、運動をやめても完全に元の状態には戻らず、2回目の運動を行うと、1回目の運動時よりも全体に水蒸気圧は高くなる傾向がみられた。また、温冷感、快適感、汗の出方の申告も衣服内水蒸気圧に伴って変化している。

しかし、これらの変化は個人差が大きく、Fig. 1 のように運動の有無により、水蒸気圧が明瞭に上昇、下降する者ばかりではなく、1回の運動で水蒸気圧が上昇したまま安静椅座になっても元の状態に戻りにくい者もみられた。

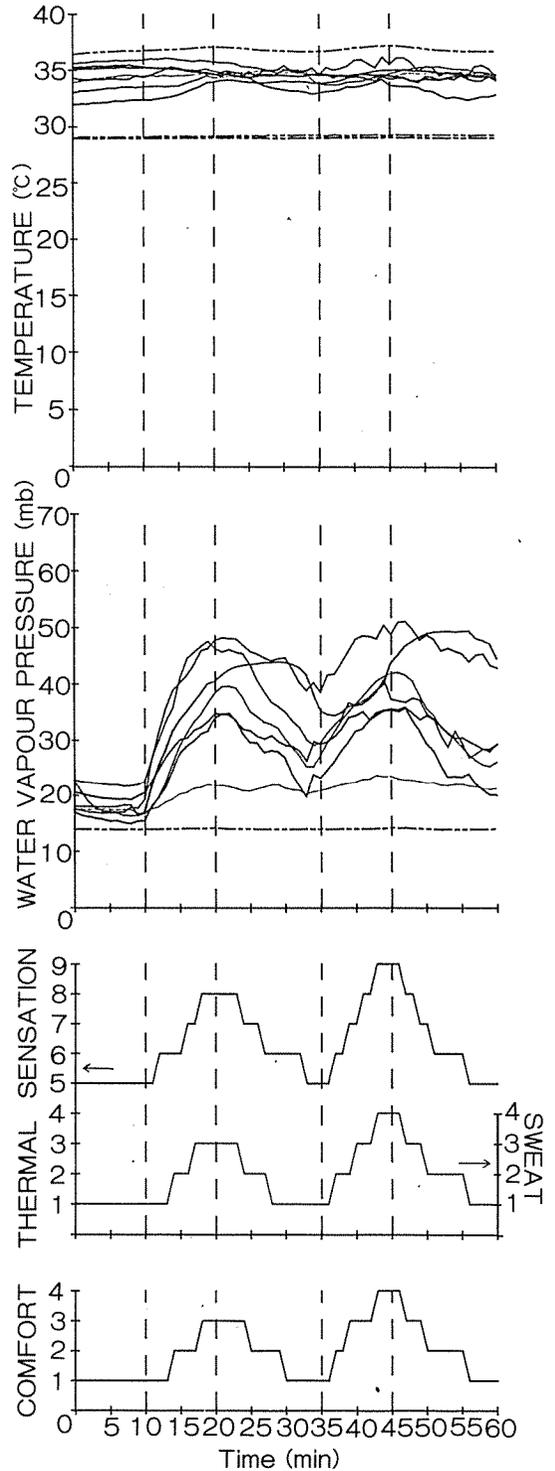


Fig. 1 Examples of the clothing microclimate and the sensation votes.

そこで、個人差について検討を行うために、実験結果を運動あり、運動なし、高い温度環境、低い温度環境の4回の実験全てについて、各被験者ごとに衣服内気候の変化が激しい体幹部5箇所の衣服内の温度・水蒸気圧・快適感を1分毎に平均し、横軸に温度、縦軸に水蒸気圧をとり、快適域、不快域の分布を調べた。

被験者5名の結果をみると、大別して3つのパターンに分類されるので、そのうち、特徴が比較的是っきり現われている3名の結果を Fig. 2 に示す。3名とも

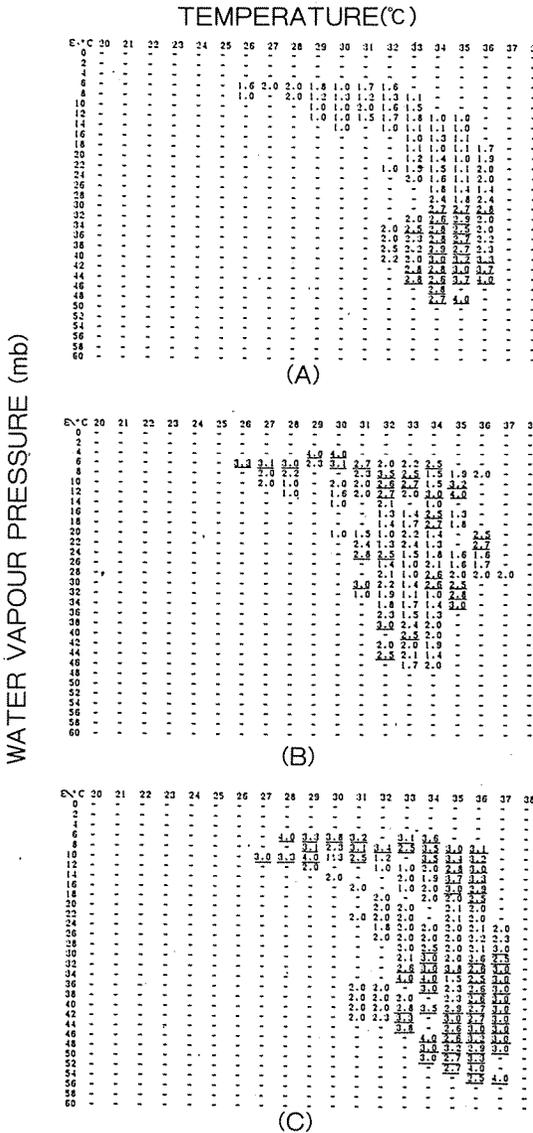


Fig. 2 Changes in comfort sensation as functions of water vapour pressure and temperature in the clothing on three examples.

衣服内温度・水蒸気圧の値は概ねよく似た分布になっている。快適値に関しては、Aの場合は、温度・水蒸気圧の高いところに快適感2.5以上（大別すると不快と感じる部分）の不快の分布を示し、むしろ暑さに対して不快を感じやすいことがわかる。Bの場合は、水蒸気圧の低いところと高いところを中心に、全体的に不快が分散している。Cの場合は、水蒸気圧の低いところと、温度が高く、水蒸気圧も高いところに対してかなり敏感に不快を感じている。また、他の被験者よりも水蒸気圧が高いところに分布していることから、暑がり・寒がり・汗かきといった体質であることがうかがわれる。

このように、不快域はかなり個人差が認められるが、被験者5名について体幹部の全実験値を集計・平均すると Fig. 3 のように、不快域は衣服内温度の高い部分に現われる傾向があるが、衣服内の水蒸気圧に注目すると、水蒸気圧の高い部分 (30mb以上) および低い部分 (10mb以下) に多く分布していることが認められる。これは、高い部分については体内で発生された熱が体の外へ放散されにくくなったためであり、また低い部分については体内で発生された熱が伝わりやすくなったためであると考えられる。

次に、安静の実験について、環境の温度と温冷感を時間ごとに平均した結果を Fig. 4 に示すと、暑さ寒さは環境温度に敏感に反応し、暑さよりも寒さの方が、より敏感に変化している。図中の矢印は温度の上昇、下降の変化を示しているが、低い温度条件で環境の温度変化をした場合、高い温度条件で環境の温度変化をした場合とも、温度上昇よりも下降時の方が涼しい・寒いという感覚が強くなる。このことは、高い方の温度変化では、温度上昇によりいったん暑い感覚を抱い

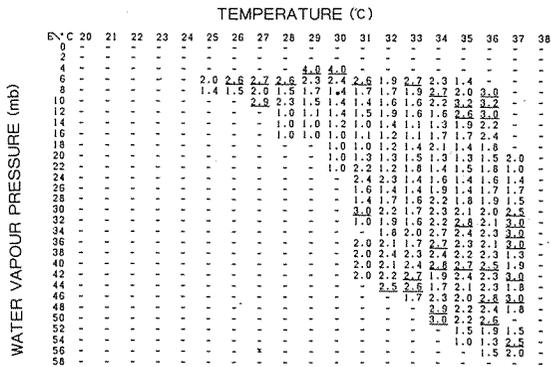


Fig. 3 Changes in comfort sensation as function of water vapour pressure and temperature in clothing by whole subjects.

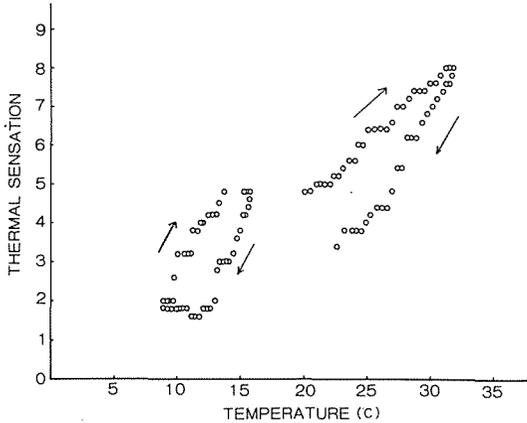


Fig. 4 Relations between thermal sensation and temperature in artificial climatic chamber.

てしまうため、同じ温度に下降しても上昇時よりも涼しく感じるためであろう。低い方の温度変化では、それに加えて、下降時は不快な方へ温度変化がおこるため、測定時間が長くなると、いわゆる身体の芯まで冷える状態になるためであろうと思われる。

次に、温冷感と快適感の対応をみるため、その変化の顕著な運動を行う実験をとりあげ、低い温度変化(10℃)、高い温度変化(29℃)について、申告をそれぞれ安静時と運動時に分けてまとめると、Fig. 5 のよ

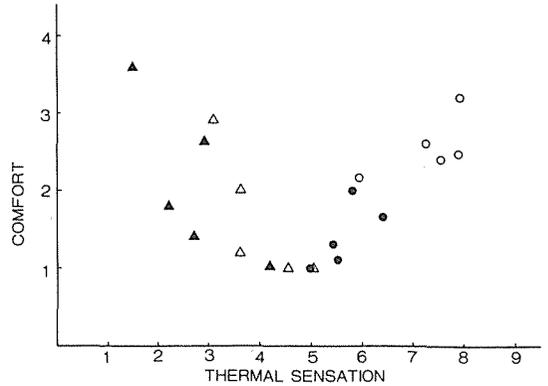


Fig. 5 Relations between comfort and thermal sensation.

○ : EXERCISE (29°C), ● : REST (29°C)
△ : EXERCISE (10°C), ▲ : REST (10°C)

うになり、10℃の寒い環境では、安静時に“寒くて不快”と感じていたものが、運動を行うことによって、“やや涼しく、やや不快”と感じるようになる。このことは、安静時と運動時に分けて集計した衣服内の水蒸気圧の分布をあわせて考えると、運動により水蒸気圧が高くなって、寒い環境でも衣服内の水蒸気圧が快適範囲に入るためであり、逆に高い環境温度では水蒸気圧が快適範囲を超えるためであると考えられる。

		TEMPERATURE (°C)																		
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
WATER VAPOUR PRESSURE (mb)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	3.5	2.7	2.5	1.5	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	3.3	2.7	2.3	1.5	1.0	-	1.2	1.1	1.0	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	3.5	2.8	2.5	1.7	1.0	-	1.4	1.3	1.3	1.4	-	-	-	-	-
	8	-	-	-	-	3.5	2.2	1.5	1.4	1.1	-	1.2	1.1	1.0	1.4	1.7	2.1	2.6	-	-
	10	-	-	-	-	3.5	2.2	1.5	1.4	1.1	-	1.4	1.3	1.2	-	-	2.3	2.6	-	-
	12	-	-	-	-	2.0	1.4	1.3	1.0	-	-	1.4	1.4	1.4	-	-	-	-	-	-
	14	-	-	-	-	-	-	1.8	-	-	-	1.1	-	-	1.7	1.6	1.9	-	-	-
	16	-	-	-	-	-	-	-	1.8	-	-	1.3	1.2	1.1	-	2.3	2.3	2.6	-	-
	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4	1.2	1.0	-	2.3	2.6	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	1.4	1.2	-	-	-	-	-	-
	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	1.4	1.1	-	-	-	-	-
	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4	1.5	-	-	-	-	-
	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	1.6	1.9	-	-	-
	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8	1.9	-	-	-
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	2.1	2.3	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	2.5	-
34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3	2.6	-	
36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	
38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fig. 6 Relations between the comfort and environment (water vapour pressure, temperature). The circle indicates in the average environment condition in April, May, October and November.

最後に、人工気候室での着用実験で得られた快適感を春期(4月・5月)、秋期(10月・11月)の気候に適用して考察する。Fig. 6は、安静の実験における環境温度と環境の水蒸気圧に対する快適感の関係から得られた快適感の表に、気候データ(4, 5, 10, 11月)の平均温度と、湿度から換算した水蒸気圧の分布を示したものである。黒丸で囲まれた部分は春期・秋期の気候の範囲を示しているが、この範囲の環境条件では制服のように一定の服装でもほぼ快適に過ごすことができることが判る。しかし、本実験では、無風の状態で行われたので、風の影響が加われば、この分布範囲は左に移行し、寒くて不快となり、セーターやコート類の着用なしでじっとしていれば、快適に過ごせない日のあることを示唆している。また、気象台のデータは直射日光の当たらない日影の気候を示しているが、直射日光が当たれば、分布範囲は右に移行する。予備実験で5月の通学時の平均的な日射をグローブ球の温度を基準として求め、日射のない気温20℃の状態が日射のある気温29℃とほぼ同程度になることがわかったので、運動の実験の高温の環境を29℃に設定したが、このことから考えても、日射により分布範囲は大きく右に移行することが理解できよう。

また、安静の実験で29℃→30℃の間で被験者5名中3名が上着を脱いだことから、5月下旬の気候でも上着を脱げばある程度快適に過ごせることが判るが、日射が強かったり、歩行のような運動を伴うと、快適に過ごせない日のあることも推察できる。

ま と め

制服のような一定の衣服を、ある気候範囲で着用する場合の快適性を被服気候学的見地から検討し、次のような結論を得た。

- 1) 被服内の温度は環境条件が変化したり、運動を行っても大きな変化はみられない。
- 2) 被服内の水蒸気圧は環境条件、運動によって変化

し、そのことが快・不快の要因となっている可能性がある。被服内の水蒸気圧、快適感は個人差によってかなりのバラツキがみられるが、総合的にみると、水蒸気圧がほぼ10mb以下、および30mb以上になるとほとんどの場合、不快感を覚えている。

- 3) 温冷感は環境温度に応じて反応するが、暑さよりも寒さの方が敏感となる傾向がみられた。
- 4) 春期(4・5月)、秋期(10・11月)の季節を通じて、制服のような一定の衣服で快適に過ごせるかということについては、5月下旬、11月下旬以外の気候ではほぼ快適に過ごせることが判った。しかし、5月の下旬になると上衣を脱がなければ暑くて不快であったり、11月下旬にはセーターやコート類を着用しないと寒くて不快になったりすることが実験的に証明された。従って、衣替え前後の気候では、例えば、本学では制服の調整期間が設けられているように、気候に対応して着装を工夫すれば、快適に過ごせる期間がひろがるであろう。

謝 辞

本研究に際し、御協力下さいました寺崎奏さんにお礼申し上げます。また、アンケート調査および人工気候室着用実験の被験者になっていただいた本学学生諸姉に深く感謝の意を表します。

文 献

1. 江川, 横山, 大久保, 緋田, 池永, 中村, 霜鳥, 武庫川女子大学紀要, 36, 被233, (1988).
2. 横山, 善積, 有坂, 大橋, 中島, 武庫川女子大学紀要, 32, 被85, (1984).
3. 黒島晨汎, 環境生理学, 理工学社, 東京, p. 137, (1981).
4. 松浦, 横山, 大谷, 岸村, 藤原, 武庫川女子大学紀要, 35, 被449, (1987).

(1989年9月27日受理)