

# 運動・労働時の肌着の快適性に 関する被服衛生学的研究

共立女子短期大学 長 田 泰 公  
(共同研究者) 共立女子大学 小 林 茂 雄  
同 芳 住 邦 雄  
共立女子短期大学 高野倉 睦 子  
(現所属：昭和学院短期大学)  
同 渡 邊 千 種

## Study on the Comfort of Underwear during the Exercise or Labour

by

Yasutaka Osada

*Kyoritsu Women's Junior College*

Shigeo Kobayashi, Kunio Yoshizumi

*Kyoritsu Women's University*

Mutsuko Takanokura, Chigusa Watanabe

*Kyoritsu Women's Junior College*

### ABSTRACT

Underwear with the same design was made out of four kinds of fabrics; cotton, wool, camel, or cotton/polyester mixture. Four young females volunteered as subjects in this experiment. They spent 90 min in a climate chamber, in which the air temperature was kept at 20°C or 10°C, and performed an exercise of 2 met for 20 min on a bicycle ergometer. Through the experiment, the subjects wore 0.5 clo at 20°C or 1.5 clo at 10°C, including one of the underwear mentioned

above.

Temperature and humidity between the skin and underwear increased by the sweating during the exercise and then recovered. The amount of the increment was smallest with the camel underwear and smaller with wool and cotton underwear than cotton/polyester mixture one. Subjective evaluation of the thermal, soaking, and comfort sensations confirmed above physical findings. Then it was concluded that, as the material of the underwear used for the exercise or labour accompanied with sweating in a cold weather, camel was the most suitable and cotton and cotton/polyester mixture were the least suitable.

## 要 旨

運動・労働時、とくに発汗を伴う場合の肌着の素材の影響について研究した。素材にはコットン、ウール、キャメル、およびコットン/ポリエステル混紡の4種を選び、同一デザインで肌着を作製し、4人の女子被験者で次の実験をした。20℃または10℃の人工気候室内で、20分間の自転車エルゴメータ作業を負荷した。20℃では0.5 clo, 10℃では1.5 cloになるよう肌着の上に重ね着させた。

運動と発汗によって衣服下の温湿度は上昇し、安静により回復していくが、この変化はキャメルの肌着で最も小さく、ついでウール、コットン、コットン/ポリエステル混紡の順に濡れがひどく、ことに混紡では皮膚温も低かった。主観的にも発汗による冷たさ、湿感、不快感がキャメルで最小、混紡で最大であった。発汗を伴う運動時、ことに寒冷下では、キャメルが最も有利、ついでウールであると結論された。

## 1. 緒 言

一般に快適な肌着の素材としては、安静時、運

動・労働時ともコットンが最適とされており、それはコットンの持つすぐれた吸水・吸湿性、洗濯が容易なこと、安価であること、入手しやすいこと等によるものである。しかし、運動・労働時で発汗しても肌着の着替えが容易でない場合、特に寒冷な環境下で発汗を伴うような場合には、コットン以外の素材が望まれる場合があることが指摘されている。それは、コットンが透水性、透湿性に乏しく、一度濡れてしまうと肌にあたつて不快であるばかりか、寒冷時には体温をうばうからで、運動能力、作業能率を損ない、ときには危険さえ伴うという。

そこで本研究では、運動・労働時などの特に発汗を伴う場合の肌着の役割に着目し、コットン、ウール、キャメル等の異なる素材を用いて肌着を試作し、着用実験を行い、その素材の水分および熱の移動特性と快適感や生理的影響との関係を明らかにしようとするものである。これらの結果から登山やスキー等、寒冷な環境でのスポーツ、あるいは冷凍作業、戸外作業等、低温下での労働に適した肌着の条件を明らかにし、健康の維持や災害の防止のための基礎資料を提供しようとするものである。

表1 Fundamental Properties of the Fabrics used in the Experiment

sample	density		thickness mm	weight g/cm <sup>2</sup>	T. I. V.* <sup>1</sup> %	permeability* <sup>2</sup> %	air permeability* <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> · sec	nap
	thread/cm ↔	↓						
cotton	17	20	0.85	0.020	31.0	60.4	69.0	○
wool	16	15	0.94	0.028	28.2	63.8	29.3	○
camel	10	10	0.94	0.029	27.4	67.7	42.5	○
cotton/ polyester**	a16 b16	14 18	0.65	0.016	16.8	62.3	201.7	—

\*<sup>1</sup> Cooling method ; \*<sup>2</sup> Evapolation cup method ; \*<sup>3</sup> Frazier-type permeometer ;

\*\* Double layer knit structure. a and b are gauge/cm in upper and in lower layer, respectively

表2 Age and Physical Characteristics of the Subjects

subject no.	age (y)	height (cm)	weight (kg)	bust (cm)	body area* <sup>1</sup> (m <sup>2</sup> )
S1	19	166	49	80	1.54
S2	22	162	50	82	1.53
S3	19	165	53	82	1.58
S4	19	160	55	83	1.58

\*<sup>1</sup> calculated by Takahira's formula<sup>1)</sup>

## 2. 実験方法

### 1) 実験被服

コットン、ウールおよびキャメルの織物とコットン/ポリエステル混紡で2層構造の編物の4種類を素材として選び、同一形態(えり無し丸首、そで無し)の肌着を試作し、その上に各環境条件、運動強度に適したスポーツウェアを着衣した。環境温度10℃では合計1.5 clo, 20℃では0.5 cloとした。肌着の素材の詳細を表1に示した。

### 2) 被験者

年齢が18歳から22歳で、体格の近似した健康な女子4名を被験者として選んだ。被験者の年齢、体格等を表2に示した。

### 3) 環境条件

人工気候室において、環境温度20℃と10℃の2条件、相対湿度60%、気流は0.1 m/s以下と

した。

### 4) 負荷運動

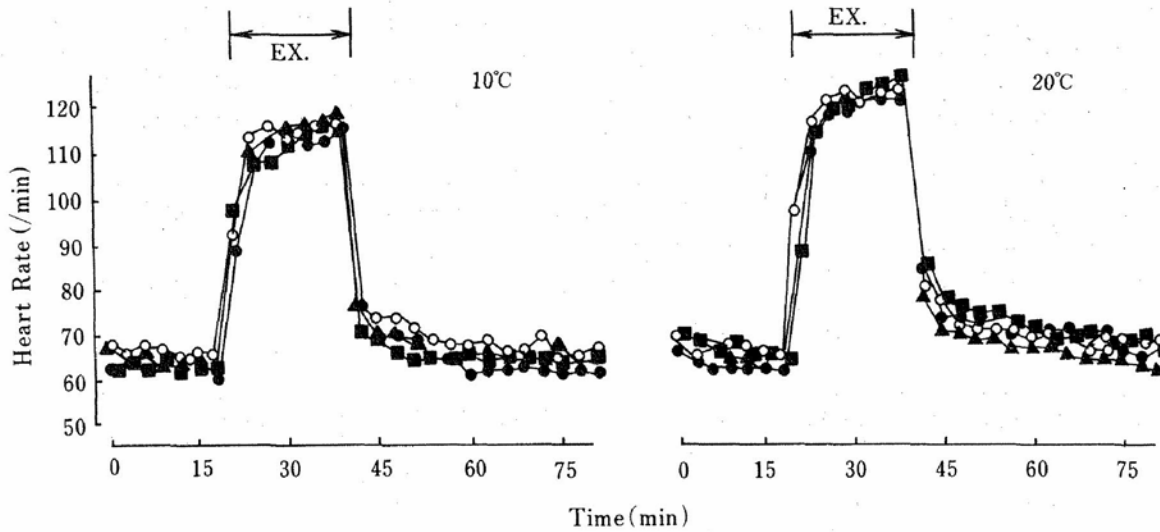
被験者に対して、自転車エルゴメータによる約2 metの運動を負荷した。ペダル速度は63 r/mで20分間運動を行った。

### 5) 測定項目

脈拍、舌下温、体重、全身6ヵ所の皮膚温、衣服内気候(上腹)、全身の温冷感、湿潤感、快適感の測定を行った。

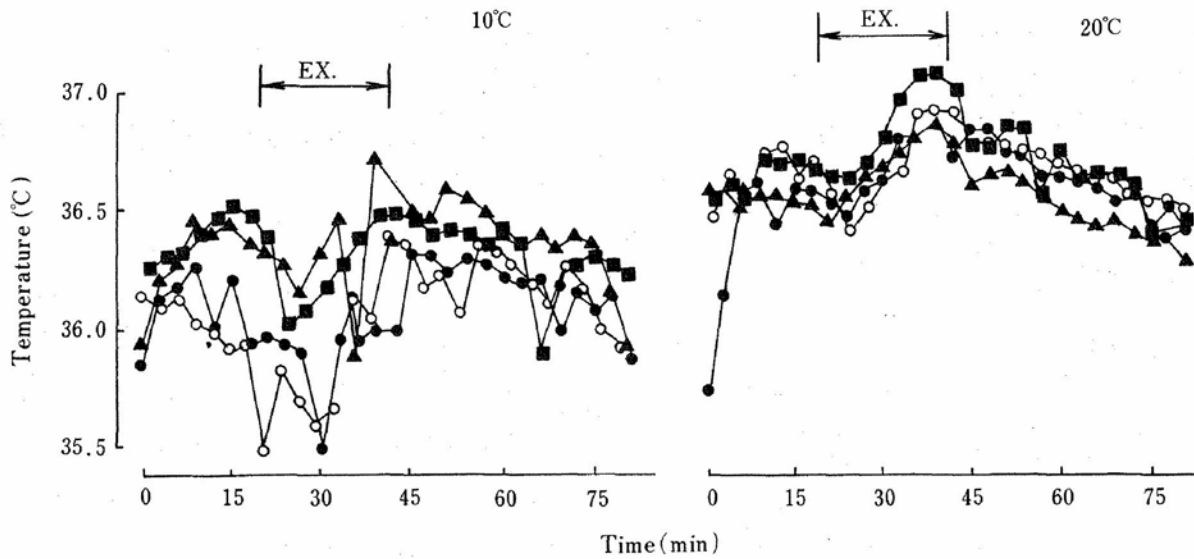
### 6) 測定

各環境条件および運動強度に適した被服を着衣した被験者は、前記設定条件にセットされた人工気候室に入室し、30分間椅座位で安静にした後、測定器具を装着し、15分間さらに安静にした。そして20分間の負荷運動をした後、45分間再び安静にした。運動の前、中、後の間での着心地として温冷感、湿潤感、快適感についての主観的評価を3分間隔で申告させるとともに、同じく3分間隔で舌下温、皮膚温をテクノセブン製サーミスタ温度計で、衣服内気候を温湿度分析システム(VAISALA社製、安立製データコレクタAM-7101付)で、体重はマルチレンジ電子台ばかり(メトラーKC120S)で測定した。また、実験に際しては女性被験者のため高体温期の6日間を選び、食後2時間を経過してから実験した。実験は肌着4種\*温度条件2種で1人8回実施した。肌



■ : camel ▲ : wool ● : cotton ○ : cotton/polyester Ex : exercise

図1 Change in heart rate



■ : camel ▲ : wool ● : cotton ○ : cotton/polyester Ex : exercise

図2 Change in oral temperature

着の着用順序はランダムとした。

### 3. 実験結果および考察

肌着の素材については以下，コットン；Co，ウール；W，キャメル；Ca，コットン／ポリエステル混紡；Co/Pと略記する。

#### 1) 脈拍，舌下温

脈拍，舌下温の経時変化を環境温度，素材別に4人の平均値を図1，図2に示した。どの環境条件下でも，運動によって変化するものの，肌着の素材による顕著な差は認められなかった。

#### 2) 体 重

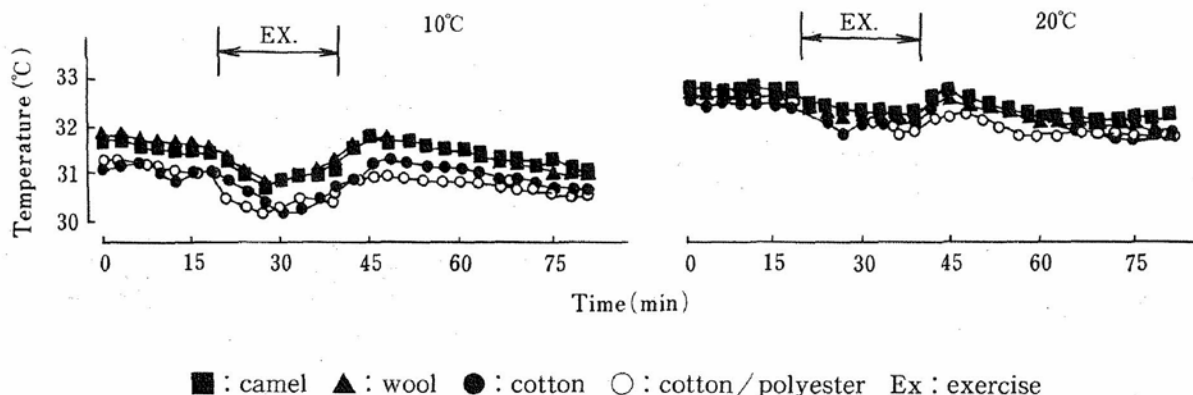


図3 Change in mean skin temperature

実験時間中に 0.3 ~ 1.0 kg 減少したが、肌着の素材による差はなかった。

### 3) 平均皮膚温

平均皮膚温は5点法により算出し<sup>2)</sup>、平均皮膚温の経時変化を環境温度、素材別に4人の平均値で図3に示した。運動開始によって一時低下するが、その後上昇した。肌着の素材間の差は著しくなかったが、Co/Pでは低下が著しいのみか、10°Cでは運動中も低下した。

### 4) 衣服下温湿度

衣服下温湿度の経時変化を環境温度別、素材別に4人の平均値で図4、図5に示した。

環境温度 20°C での第1層(皮膚/肌着)の衣服下の温度はいずれの肌着でも安静中は快適域である 30°C 前後で、運動することによって急に上昇し 33°C 位になった。しかし、Co/Pではやや低く、32°C 前後であった。運動後の回復期では徐々に低下し、Co、Co/Pは 30°C、W、Caは 31°C でほぼ安定した。

第2層(肌着/トレーナー)の温度はいずれの肌着においても安静中は第1層より 2 ~ 3°C 低く、運動中は 2 ~ 3°C の差を保ちながら第1層とともに上昇し、その後回復した。ただし、Co/Pでは回復期にその差が縮小し 1°C 位になった。

第1層の衣服下湿度はいずれの肌着でも安静時には快適域の 40 ~ 50% の範囲で、運動により上

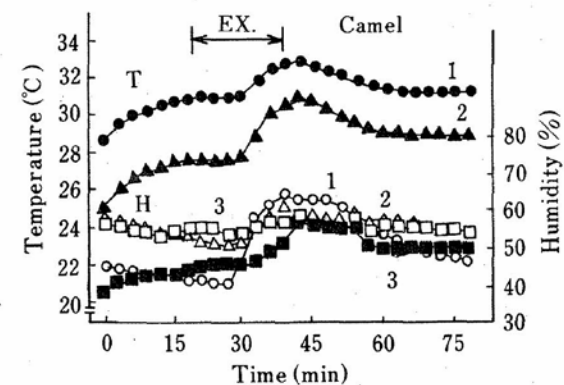
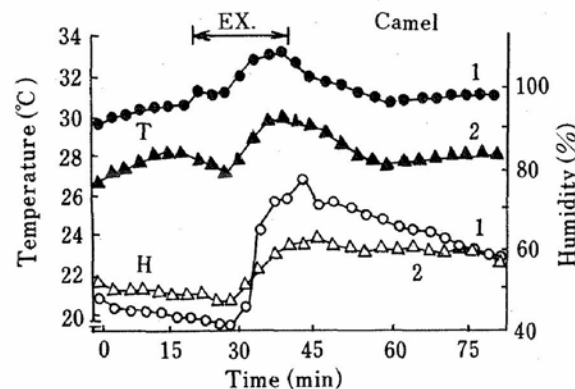
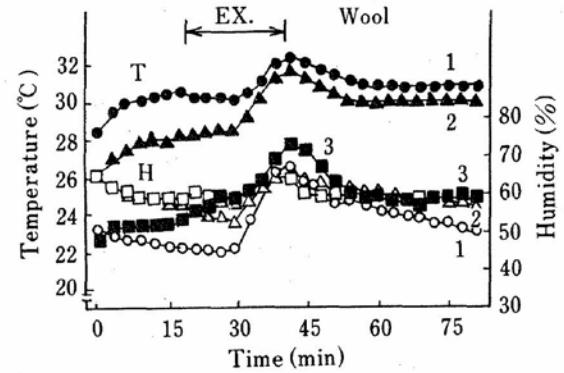
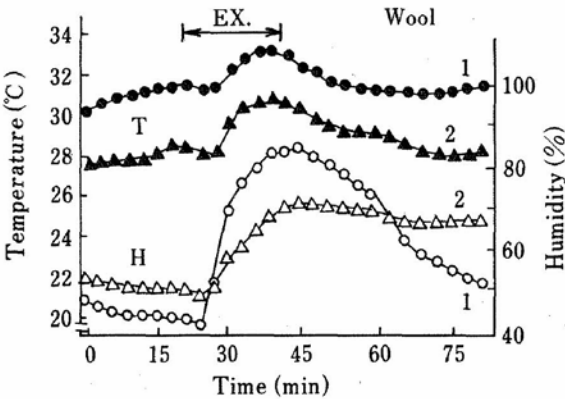
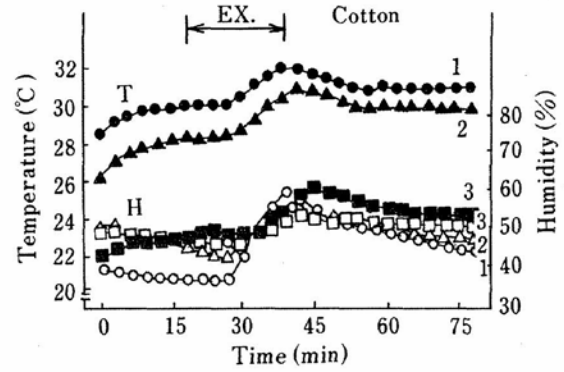
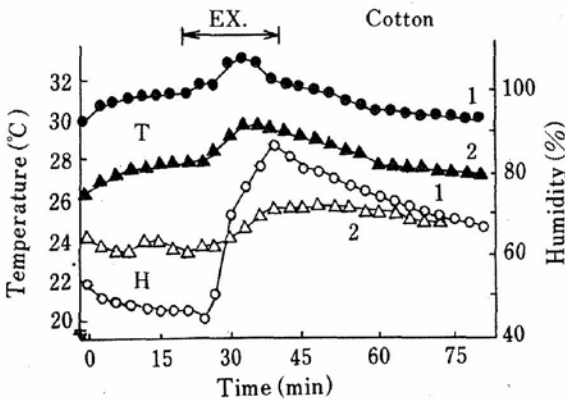
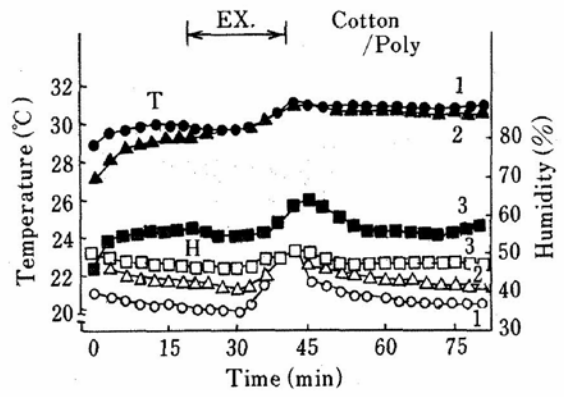
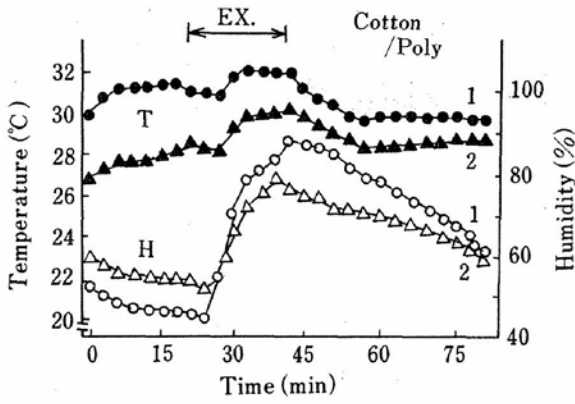
昇し、最大値が Co、Co/P では 90%、W では 85%、Ca では 75% であった。第2層の湿度はいずれの肌着においても第1層より高く、安静時との差は 5 ~ 10% で、Coのみ 20% 前後であった。運動により上昇するが、最高値は Co/P では 80%、Co、W では 70%、Ca では 60% であり、Caは低くしかも快適域の範囲内であった。そして回復期では徐々に低下し、Coでは第1,2層とも 70% となり、Wでは第1層が 55%、第2層が 70% と逆転し、Ca、Co/Pでは第1,2層とも 60% 前後であった。

10°Cでの衣服下温度も 20°Cと同様に、運動によって急速に上昇し、回復期に戻った。この場合、第1層(皮膚/肌着)、第2層(肌着/Tシャツ)、第3層(Tシャツ/スキーウェア)は大体平行して変化するが、第1,2層間の差が Co、W、Co/Pでは運動中に小さくなった。Caでは第1,2層間の差は初め 4°C と大きく、その後も 2°C の差を保った。

衣服下湿度の変化は 20°C の時と同様に運動によって上昇し、その後回復するが、やはり Ca の上昇が最も少なく、回復も早かった。

### 5) 主観的評価

主観的評価として全身の温冷感、湿潤感、快適感について官能検査を行った。その結果を図6 ~ 図9に 20°C の場合の4人の平均値で示した。

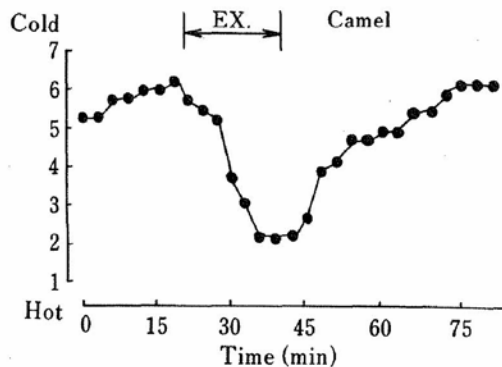
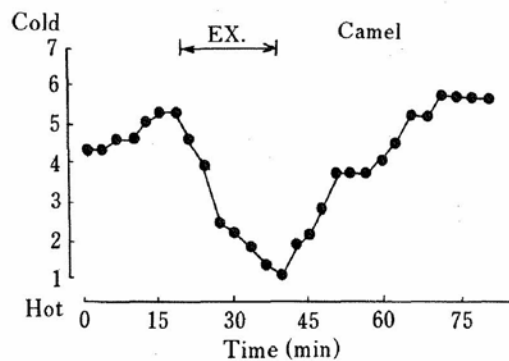
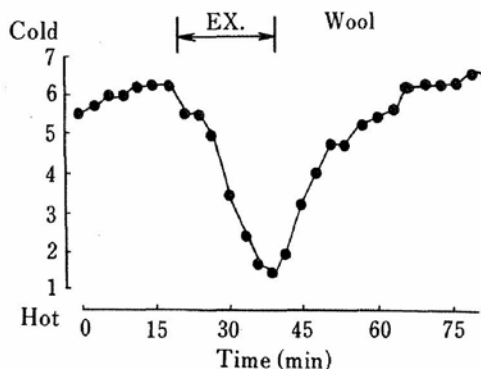
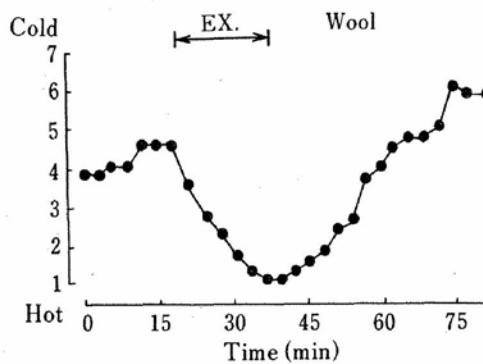
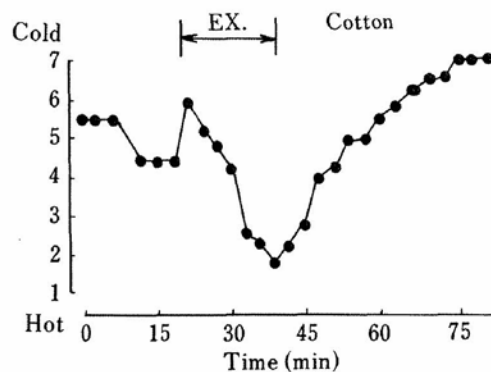
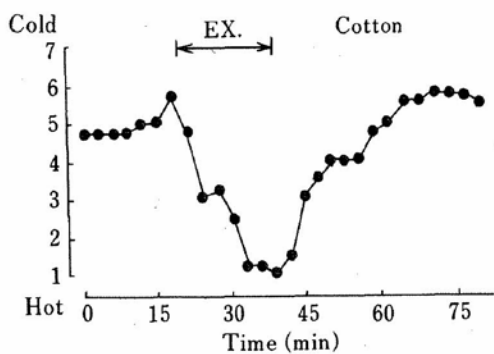
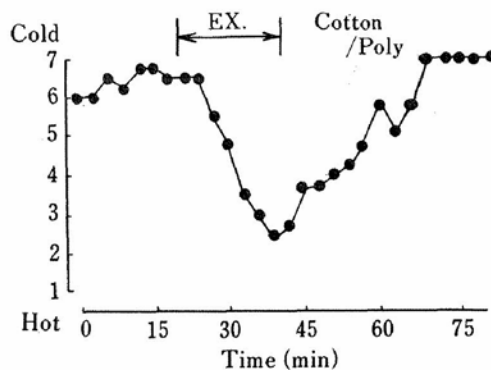
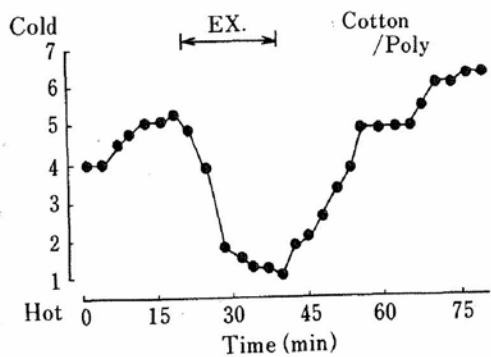


T : temperature  
 H : humidity  
 1 : skin/underwear  
 2 : underwear/training shirts

T : temperature  
 H : humidity  
 1 : skin/underwear  
 2 : underwear/training shirts  
 3 : training shirts/ski suits

図4 Change in temperature and relative humidity under the clothes (20°C, epigastrum)

図5 Change in temperature and relative humidity under the clothes (10°C, epigastrum)

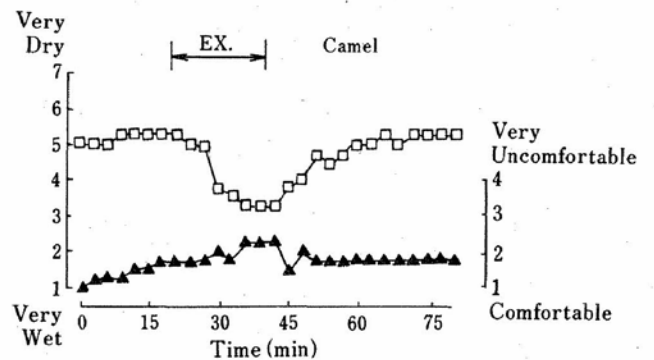
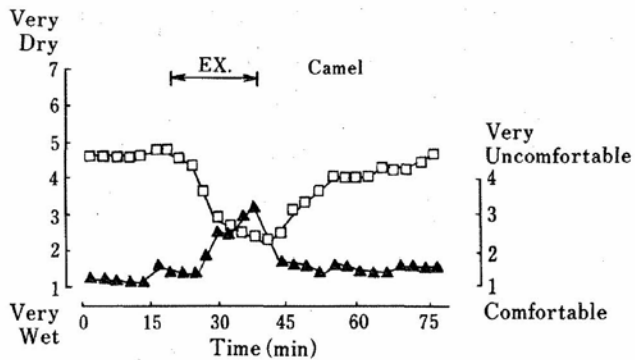
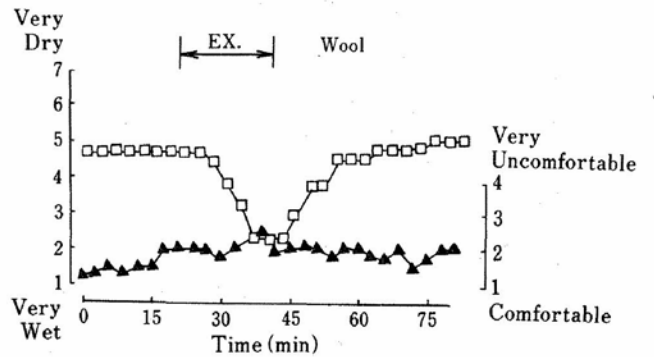
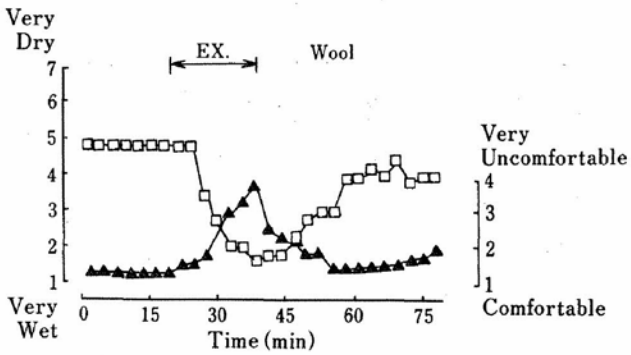
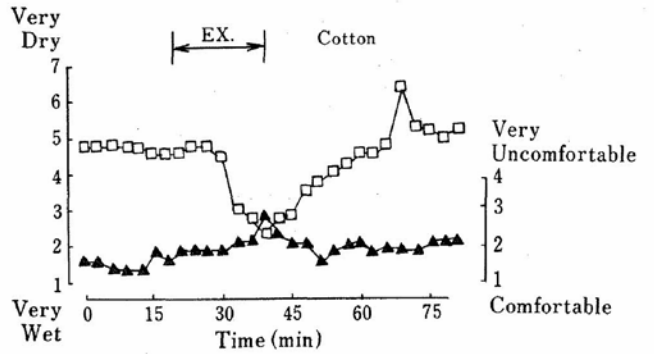
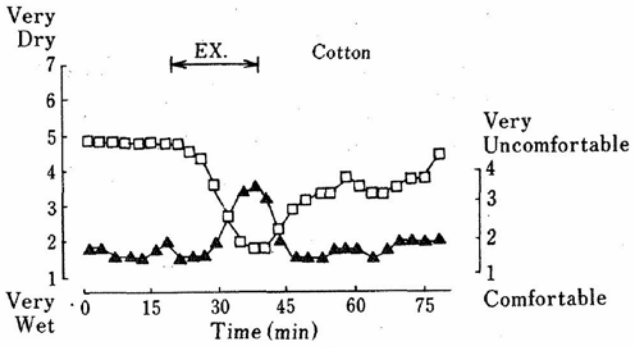
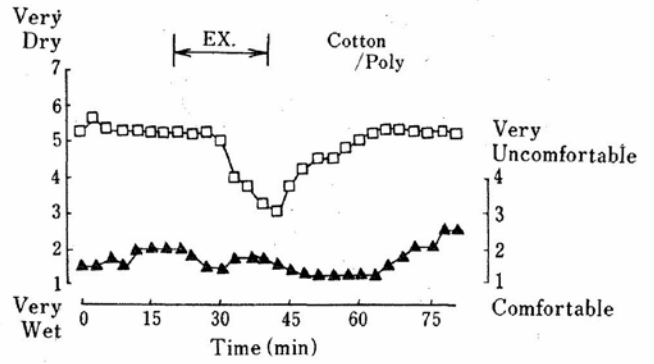
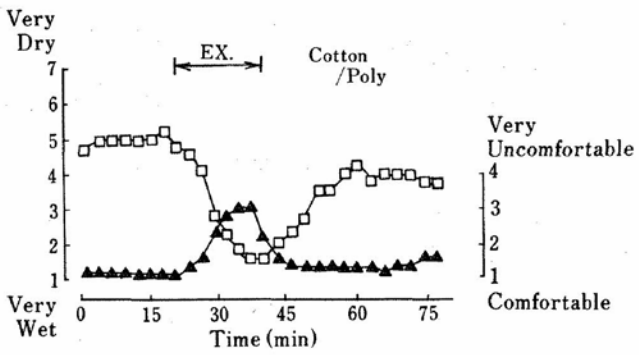


● : thermal sensation

● : thermal sensation

図 6 Thermal sensation during experiment (20°C)

図 7 Thermal sensation during experiment (10°C)



□ : soaking, ▲ : comfort

□ : soaking, ▲ : comfort

☒ 8 Sensation of soaking and comfort sensations during experiment (20°C)

☒ 9 Sensation of soaking and comfort sensations during experiment (10°C)



①温冷感：温冷感は1（暑い）～4（どちらでもない）～7（冷たい）の7段階で申告させた。

20℃ではいずれの肌着においても安静中は「4」で、運動により暖かく感じられ、最後は「1」の“暑い”と申告した。その後の回復期では徐々に評価がもどり、80分では「5～6」と評価した。肌着の素材による顕著な差は認められなかった。これは衣服下温度でCo/Pが回復期の最後で他の素材よりやや低かったことを除いて、顕著な差が認められなかったことから妥当な結果であると考えられる。

10℃では安静時にいずれの素材においても「5～6」を示すが、運動によって「1」に達し、回復期に次第に涼しい方へ向い、80分ではCo, Co/Pでは「7」の“冷たい”に達した。しかしWでは「6.5」、Caでは「6.2」に留まった。

②湿潤感：湿潤感は1（非常に湿っている）～4（どちらでもない）～7（非常に乾いている）の7段階で申告させた。20℃ではいずれの肌着においても安静時は「5」で始まり、運動によってより湿って感じられ、Co, Co/PおよびWでは「1.5」とかなりの湿りを感じているが、Caでは「2.2」に留まっていた。その後の回復は、Co, Co/Pが最も遅く、次いでWという順位で、Caは最も早く回復した。10℃の安静時では「4～5」と評価され、やはり運動により湿潤感が増した。運動終了時に、Co, Co/Pでは「2.5」に達するが、Wでは「3.0」、Caでは「3.2」に留まった。その後はいずれも「5」に回復したが、その回復はCaが最も早く、次いでW, Co, Co/Pの順であった。

③快適感：快適感は1（快適）～4（非常に不快）の4段階で評価させた。20℃ではいずれの肌着においても安静時は「1」と申告され、快適であった。しかしその評価も、運動することによって不快感が増加し、最大値は「3.0～3.5」に達した。その後の回復期にいずれももどり、「1.5」と評価された。

評価された。

10℃の安静時では「1～1.5」で、運動中上昇し、Coでは「2.75」、Wでは「2.5」、Caでは「2.25」と申告され、その不快感Caが最低であった。Co/Pでは安静時にすでに寒さによる不快感が強く、運動によりこれが緩和された。しかし、回復期には再度不快感があった。実験終了時点での不快感Co/Pが最も強く、Caが最も弱かった。これらの評価は実験中の上腹の皮膚温や平均皮膚温の結果を良く反映していると考えられる。

これらの結果から、運動発汗時の肌着としては汗を透過し、早く乾燥させ、寒さを防ぐ上でCaが最も優れ、次いでWであった。CoとCo/Pは湿りの回復が遅く、防寒性が低く、特に今回使用したCo/Pは寒冷な気候でのスポーツ用の2層構造の肌着であったが、防寒性に乏しい結果となった。

以上の結果は、筆者らがこれまでに起こってきた研究データによっても裏付けされる。すなわち、ナイロン、Co, W, Caなどの生地を降雨にさらし、BK式布地試験器やサーミスタ温湿度計で測定したところ、布地の吸水量、試験器円筒の冷却速度、円筒表面からの奪熱量などはCoが最大、Caが最小であった<sup>3)</sup>。

次にサーマル・マネキンを用い、Co, W, Caで作った肌着を水にぬらして着衣させ、その温熱特性を比較したところ、加水による熱遮断効果の低下、衣服下湿度の上昇、衣服表面温度の低下などがCoで最大、Caで最小であった<sup>4)</sup>。さらにこのような試験器やサーマル・マネキンによるモデル実験の結果が、実際の場面でも当てはまるかどうか、昨年度、人体実験を行った。Co, W, Caを素材として肌着を作製し、被験者に着用させて人工気候室内で踏み台昇降作業を課して発汗させた。その結果、衣服下湿度の上昇、温度の低下がCoで最大であり、Caでは緩徐であって、それまでの傾向と一致した<sup>5)</sup>。今回の研究は実験方法、運動負

荷方式などを改善し、これらの結果を一層確実なものにしたものと考え。しかし、運動時の肌着の評価をさらに確かなものにするためには、以上述べてきた素材による衣服気候の差異がヒトの体温調節にどのように影響を与えるのか、より詳細な研究が必要であろう。

#### 4. 総 括

運動、労働時、特に寒冷な環境下で発汗を伴う場合の肌着の役割に注目し、同一形態で素材はコットン、ウールおよびキャメルの織物、およびコットン/ポリエステル混紡の2層構造の編物の4種類の肌着を使用して、着用実験を行った。被験者は女子4名で、20°C または 10°C に調節した人工気候室において自転車エルゴメータによる約 2 met の運動を負荷した。着衣は上記の4種の肌着のいずれかの上に 20°C では 0.5 clo, 10°C では 1.0 clo になるように重ね着させた。運動による衣服下温湿度の上昇は、キャメル肌着の場合が最も小さく、次いでウール、コットン、コットン/ポリエステル混紡の順に湿度上昇が大であった。このことは主観答申にもあらわれ、発汗による冷たさ、湿度感、不快感はキャメルで最も弱く、次いでウール、コットン、コットン/ポリエステル混

紡の順となった。

以上のデータにより、発汗を伴う運動・労働時、とくに気温の低い時の肌着の素材として、4種のうちではキャメルが最も優れ、次いでウールであり、コットン、コットン/ポリエステル混紡は適当でないと結論された。

#### 文 献

- 1) 高比良英雄；日本人新代謝論，栄養研究所報告，1 (1)，61 (1925)
- 2) 大野静枝，吉田敬一編著；被服衛生・機構学，9，朝倉書店，東京 (1989)
- 3) 高野倉睦子，新野静枝；布のぬれに関する衛生学的研究，共立女子短期大学生活科学科紀要，(28)，31 (1985)
- 4) 高野倉睦子，長田泰公；肌着の温熱特性におよぼす吸湿の影響，—サーマル・マネキンによる実験—，共立女子短期大学生活科学科紀要，(33)，113 (1990)
- 5) 長田泰公，高野倉睦子；肌着の素材が運動発汗時の衣服気候と着心地におよぼす影響，共立女子短期大学生活科学科紀要，(34)，95 (1991)

#### 追 記

平成2年4月，共同研究者の高野倉睦子は昭和学院短期大学に転出したが，後任の渡邊千種とともに本研究に参加した。