

## A hygienic study of the garments for outdoor activity clothing

前田, 亜紀子

<https://doi.org/10.15017/459583>

---

出版情報 : 九州大学, 2006, 博士 (工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

## 第 4 章

### 濡れた衣服の体温調節反応への影響

## 4.1. はじめに

濡れを前提とする衣服として雨衣、潜水用スーツ、海難救命服等を挙げることができる。また第一次産業、屋外スポーツ、軍事等において雨対策は必然である。しかし、大概の衣服は乾燥した状況での着用が前提となっているため、降雨に見舞われたとき、温熱ストレスにまつわる不具合が生じ易い。

衣服の濡れがもたらす人体への影響については広く関心が持たれており、野外およびこれを模した数日間に及ぶ暴露実験 (Castellani, et al., 2001; Marrao, et al., 2005)、作業強度の違いがもたらす生理学的影響の観察 (Pugh, 1967; Thompson, et al., 1996; Tikuisus, et al., 1999; Weller, et al., 1997)、登山あるいは軍事演習における装備と寒冷傷害との関係 (Harirchi, et al., 2005; McCullough and Arora, 2004; Rav-Acha, et al., 2004)、異なる下着素材の保温性 (Bakkevig and Nielsen, 1994; 緑川と登倉, 1995)、雨具着用時の衣服内気候 (Kaufman, et al., 1987; Li, 2005; 前田ら, 1999a) 等の報告がなされている。

通常の乾燥した衣服着用時において、温冷感が中立であるとき、平均皮膚温は 33°C であることは広く知られている (Gagge, 1969)。また、体温上昇時では、濡れた衣服は温熱ストレスを低減させる効果がある (前田ら, 1999b)。

急な降雨に見舞われ着替えがままならない時や、登山や水辺でのレジャー、災害や戦争まで視野に入れば、天候悪化による衣服の濡れは、体温調節の不均衡を引き起こし、遭難や事故、危機的状況に陥る原因となる。しかしながら、筆者らが知る限り、衣服から水がしたたり落ちるような着衣条件下における生理・心理反応を捉えた研究例は極めて乏しい。また、そうした状況において、快適さをもたらす平均皮膚温はどうなるであろうか。快不快はどのような影響を受けるであろうか。本研究の目的は、濡れた衣服の影響について、気温、衣服様式、水分率、作業強度の各条件を組合せ、生理・心理的観点から観察することである。

## 4.2. 方法

### 4.2.1. 被験者

被験者は健康な女性 11 名とした。事前に実験の趣旨および内容について説明を行い、合意を得た。年齢、身長、体重、体脂肪率の平均値 (sd) は、各々 21.9 (3.9) 歳、159.5 (5.2) cm、54.5 (6.6) kg、25.6 (6.0) % であった。体重および体脂肪率の測定は体重体組成計 (オムロン製 HBF-355) によった。

月経中は実験を中止した。全被験者の月経周期については記録したが、データ処理に際し、黄体期と卵胞期については区分しなかった。

なお、被験者には実験実施にあたって、運動習慣や寒暑の感じ方について記入させた。この用紙については補遺に掲げる。

Table 4-1 Physical characteristics of the 11 subjects

	Age	Height	Weight	BSA	Fat	BMI
	yrs	cm	kg	m <sup>2</sup>	%	kg/m <sup>2</sup>
A	18	161.0	58.7	1.61	26.0	22.6
B	19	155.0	48.8	1.45	26.3	20.3
C	22	158.0	60.3	1.61	29.9	24.2
D	22	155.0	65.9	1.65	37.3	27.4
E	20	163.0	63.0	1.68	32.2	23.7
F	22	160.5	47.0	1.47	17.2	18.2
G	33	172.0	51.1	1.60	19.0	17.3
H	22	158.4	50.6	1.50	20.3	20.2
I	21	159.2	56.1	1.57	26.8	22.1
J	20	160.0	51.2	1.52	22.1	20.0
K	22	152.0	47.0	1.41	24.7	20.3
mean	21.9	159.5	54.5	1.55	25.6	21.5
sd	3.9	5.2	6.6	0.09	6.0	2.9
max	33	172	65.9	1.68	37.3	27.4
min	18	152	47	1.41	17.2	17.3

#### 4.2.2. 被服条件

条件2種を設けた。様式S（約0.85clo）の構成はブラジャー、ショーツ、ソックス、Tシャツ、スウェット上下であった。様式I（約0.18clo）の構成はブラジャー、ショーツ、ソックス、Tシャツ、トランクスであった。なおclo値の算出はISO（1991）に準拠した。サイズは被験者の体格に応じ、MサイズとLサイズを用意した。実験に用いた衣類について、図4-1に示す。

ブラジャーおよびショーツは綿95%+ポリウレタン5%、ソックスは綿81%+ポリエステル9%+ナイロン8%+ポリウレタン2%、Tシャツおよびトランクスは綿100%、スウェット上下は綿77%+ポリエステル23%（リブ部分は綿92%、ポリウレタン8%）であった。履物は樹脂製サンダルとした。なお踵部にひもを掛け、脱落を防止した。



図4-1 実験に用いた衣類

衣服の濡れ条件は3種とした。条件Dでは、衣服を実験準備室内に放置し乾燥させた。条件W1では所定の衣類を約20分おたかり水に浸した後、電気洗濯機(サンヨー製ASW-70V5)で5分間脱水した。その後、高気密性の袋に入れて人工気候室内に置き、環境温にたじませた。条件W2では、環境と同温度に設定した水に約60分おたかり浸した後、着脱開始25分前におたかり水から取り出し、水分を自然落下させた。なお、この処置は人工気候

室内で行った。ブラジャーとショーツについては実験初期に乾燥したものを与え、以後は着脱を行わず、濡れについては成り行きに任せた。水分率の算出は次式による。

$$\text{水分率 (\%)} = (\text{衣服重量} - \text{絶乾重量}) / \text{絶乾重量} \times 100$$

条件 D、W1、W2 における水分率の平均は、靴下は各々 5、80、287%、T シャツは 3、74、173%、トランクスは 3、62、132%、スウェット上は 3、60、214%、スウェット下は 3、58、280% であった。なお衣服重量は、条件 D および W1 では着用前に、また条件 W2 では脱衣直後に測定した。秤量にはメトラ製 PB5001 (精度 0.1 g) を用いた。衣類は個別に高气密性の袋または容器に入れて管理した。なお、様式 T 着用安静時における各濡れ段階の写真を補遺に掲げた。

条件 D、W1、W2 における着衣重量の平均は、様式 S では各々 951、1,413、2,839g、様式 T では各々 356、501、759g であった。この他に加わる重量としては、サンダル(500g)、温度測定器材(273g)、呼気採集用マスク(172g)、蛇管(100g)がある。したがって条件 D、W1、W2 において被験者に与えられる総重量は、様式 S では各々 2.00、2.46、3.89kg、様式 T では各々 1.40、1.55、1.80kg であった。

#### 4.2.3. 環境条件

実践女子大学が所有する人工気候室 (アツベ科学製) を用いた。気温は 30、25、20°C の 3 条件とし、相対湿度は 80% 一定とした。気温と衣服様式を組合せ、5 条件を設けた (以下 30S、30T、25S、25T、20S と表す)。試行順序については、条件に偏りがないように配置した。

#### 4.2.4. 実験手順

実験は 2004 年 8～9 月に実施した。午前の部 (10 時開始) と午後の部 (13 時開始) に分け、被験者はいずれかに固定された。被験者は実験開始時刻の 1 時間前までに研究室に到着し、30 分にわたり温熱ストレスのない室内で安静を保持した後、着替え等を開始した。

条件 D、W1、W2 はこの順序に進行させた。被験者は実験準備室で条件 D の衣類を着用し、人工気候室に入った。各々において安静期 (D のみ 15 分、W1 と W2 では着替え期間を含み 20 分) と作業期 (10 分) を設定した。作業は踏台昇降運動 (台高 10cm、昇降頻度 15 回/分) とした。作業風景の写真を補遺に掲げた。

#### 4.2.5. 測定項目

酸素摂取量 ( $VO_2$ )、直腸温 (Tr)、皮膚温 (前額、前腕、手背、足背、下腿前部、大腿前部、腹)、および主観申告値 (温冷感、不快感) を得た。酸素摂取量はダグラスバッグ法により各安静期および作業期の最終相について測定し、被験者の体重当たりの値を求めた。ガス濃度測定には呼気分析装置 (フクダ産業製 RV-4000) を用いた。

直腸温及び皮膚温は YSI 製、LT-8A により 30 秒毎に記録した。平均皮膚温 (Tsk) の算出は Hardy-DuBois 7 点法 (Hardy and DuBois, 1938) に従った。

主観申告値は、安静期の 5 分目と 14 分目、作業期の 3 分目と 9 分目に得た。評価尺度は温冷感では 11 段階、不快感では 4 段階とした。感覚尺度についての詳細は巻末補遺 4-2 に示す。

#### 4.2.6. 統計解析

安静期および作業期の最終相を対象とした。なお、直腸温と平均皮膚温については対象とする期間の終了前 90 秒間 (データ数 3 個) の平均値とした。主観申告値については安静期の 14 分値および作業期の 9 分値とした。直腸温は 3 名に欠損値があり、8 名について解析した

環境条件 (30S、30T、25S、25T、20S)、濡れ条件 (D、W1、W2) および被験者の三元配置における分散分析 (ANOVA) を行った。次にこれらに有意性が認められるとき、フィッシャーの制限付き最小二乗差 (LSD) 検定による多重比較を行った。なお、危険率 5% 未満をもって有意とみなした。

## 4.3. 結果

### 4.3.1. 統計

表 4-2 に ANOVA、表 4-3 に LSD 検定の結果について示す。

表 4-2 三元配置分散分析の結果

Measurement items	Phase	rest			work			
		Factors	df	F value 判定	Factors	df	F value 判定	
VO <sub>2</sub>	A	Temperature & Clothing style	4	2.22	Temperature & Clothing style	4	4.21 **	
	B	Dry / Wet	2	8.22 **	Dry / Wet	2	8.24 **	
	C	Subject	10	25.78 **	Subject	10	55.50 **	
	Interaction	A×B		8	1.29	A×B	8	1.70
		A×C		40	3.19 **	A×C	40	2.72 **
		B×C		20	1.08	B×C	20	0.30
Tre	A	Temperature & Clothing style	4	7.16 **	Temperature & Clothing style	4	10.09 **	
	B	Dry / Wet	2	8.75 **	Dry / Wet	2	6.26 **	
	C	Subject	7	24.49 **	Subject	7	17.30 **	
	Interaction	A×B		8	2.12 *	A×B	8	1.69
		A×C		28	15.43 **	A×C	28	12.29 **
		B×C		14	1.75	B×C	14	2.26 *
Tsk	A	Temperature & Clothing style	4	1117.11 **	Temperature & Clothing style	4	1696.51 **	
	B	Dry / Wet	2	1164.63 **	Dry / Wet	2	2092.35 **	
	C	Subject	10	91.18 **	Subject	10	140.43 **	
	Interaction	A×B		8	79.69 **	A×B	8	109.06 **
		A×C		40	4.83 **	A×C	40	4.56 **
		B×C		20	3.22 **	B×C	20	3.10 **
Thermal sensation	A	Temperature & Clothing style	4	60.61 **	Temperature & Clothing style	4	93.53 **	
	B	Dry / Wet	2	69.00 **	Dry / Wet	2	170.50 **	
	C	Subject	10	6.86 **	Subject	10	13.09 **	
	Interaction	A×B		8	3.92 **	A×B	8	9.50 **
		A×C		40	1.71 *	A×C	40	2.28 **
		B×C		20	1.24	B×C	20	1.66
Discomfort sensation	A	Temperature & Clothing style	4	6.30 **	Temperature & Clothing style	4	2.81 *	
	B	Dry / Wet	2	57.12 **	Dry / Wet	2	30.17 **	
	C	Subject	10	6.91 **	Subject	10	6.22 **	
	Interaction	A×B		8	8.63 **	A×B	8	11.26 **
		A×C		40	1.93 **	A×C	40	1.23
		B×C		20	2.14 **	B×C	20	2.55 **

\*: p<0.05, \*\*: p<0.01



表 4-3 LSD 検定の結果

Phase	Measurement items	Factors	Temperature & Clothing style	Dry / Wet
Rest	VO <sub>2</sub>		—	W1>D**, W2>D**
	Tr		30S>25T**, 20S** 30T>25T**, 20S** 25S>25T**, 20S**	W1>D**, W2>D**
	Tsk		30S>25S**, 25T**, 20S** 30T>30S**, 25S**, 25T**, 20S** 25S>20S** 25T>25S**, 20S**	D>W1**, W2** W1>W2**
	Thermal sensation		30S>25S**, 25T**, 20S** 30T>25S**, 25T**, 20S** 25S>25T**, 20S**	D>W1**, W2**
	Discomfort sensation		25T>30S**, 30T**, 25S* 20S>30S**, 25S**	W1>D** W2>D**, W1**
Work	VO <sub>2</sub>		30S>25T** 25S>25T** 20S>30T*, 25T**	W2>D**, W1**
	Tr		30S>25T**, 20S** 30T>25T**, 20S** 25S>25T*, 20S**	W1>D**, W2*
	Tsk		30S>25S**, 25T**, 20S** 30T>30S**, 25S**, 25T**, 20S** 25S>20S** 25T>25S*, 20S**	D>W1**, W2** W1>W2**
	Thermal sensation		30S>25S**, 25T**, 20S** 30T>25S**, 25T**, 20S** 25S>25T**, 20S**	D>W1**, W2**
	Discomfort sensation		20S>30S**, 25S**	W2>D**, W1**

\*: p<0.05, \*\*: p<0.01

### 4.3.2 酸素摂取量

図 4-2 に結果を示す。5 種環境条件を込みにした平均値は、安静期および作業期において各々4.6 および 13.2 ml/min/kg であった。なお、これは各々250 および 715ml/min に相当する。

安静期においては、W1,W2>D となり、作業期においては、S>T となる傾向、および W2>D,W1 であることが観察された。

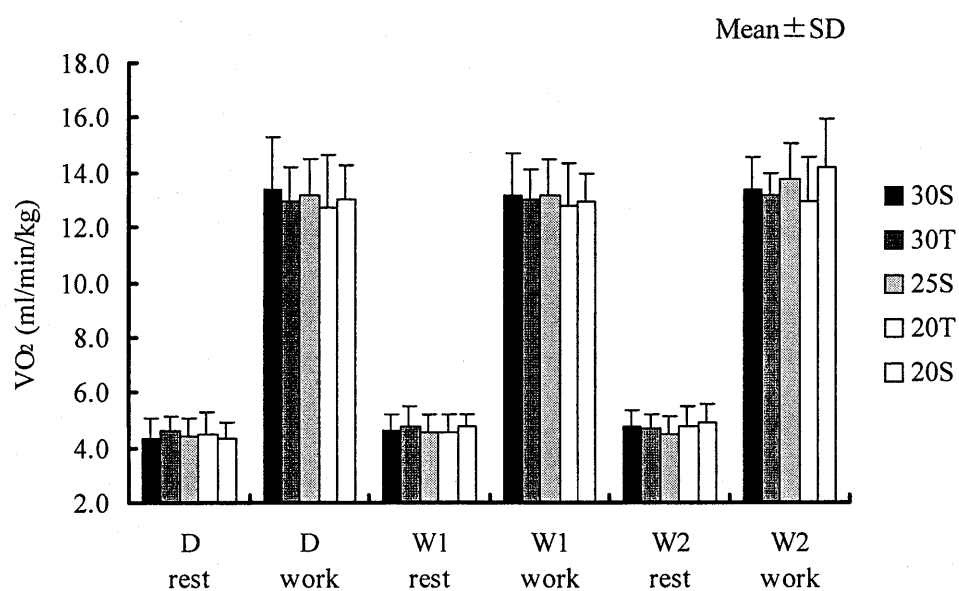


図 4-2 酸素摂取量の比較

### 4.3.3. 直腸温および平均皮膚温

直腸温の推移について図 4-3 上段に示す。安静期には下降、作業期には上昇を示した。安静期および作業期において、同じ衣服様式間では環境温が高い方が直腸温は高く、同一環境温であれば  $T > S$  となった。濡れ条件間の比較では安静期では  $W1, W2 > D$ 、作業期では  $W1 > D, W2$  となった。これは、本実験計画による履歴効果に、上述の環境および衣服条件が関与したものであろう。

概して、直腸温は、条件 30T と 25S では漸増傾向、条件 25T と 20S では漸減傾向を示し、30S は両者の中間に位置した。

平均皮膚温の推移について図 4-5 下段に示す。明らかに 3 群 (30S と 30T、25S と 25T、および 20S) に分かれた変化パターンが認められ、直腸温に比し、環境温依存性が高いといえる。なお、条件 D から条件 W1 への移行を機に、 $S > T$  から  $T > S$  へ序列が入れ替わった。そして条件 D の期間および条件 30T を除いて漸減傾向にあり、特に 20S では著しい低下を示し、最終的には  $28.6^{\circ}\text{C}$  へと至った。

有意差検定の結果では、環境条件については直腸温と同様であるが、衣服の濡れに関しては、安静期および作業期において条件 D が有意に高くなった。

以上より、平均皮膚温は、気温の水準に依存し、衣服の濡れは皮膚温に対して確実に低下作用をもたらすといえる。

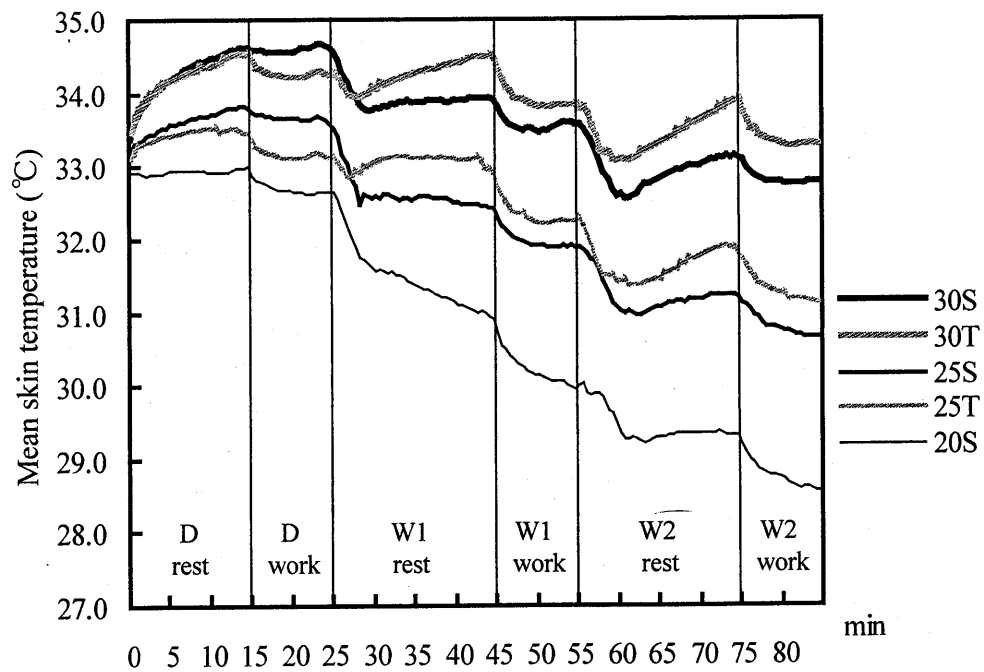
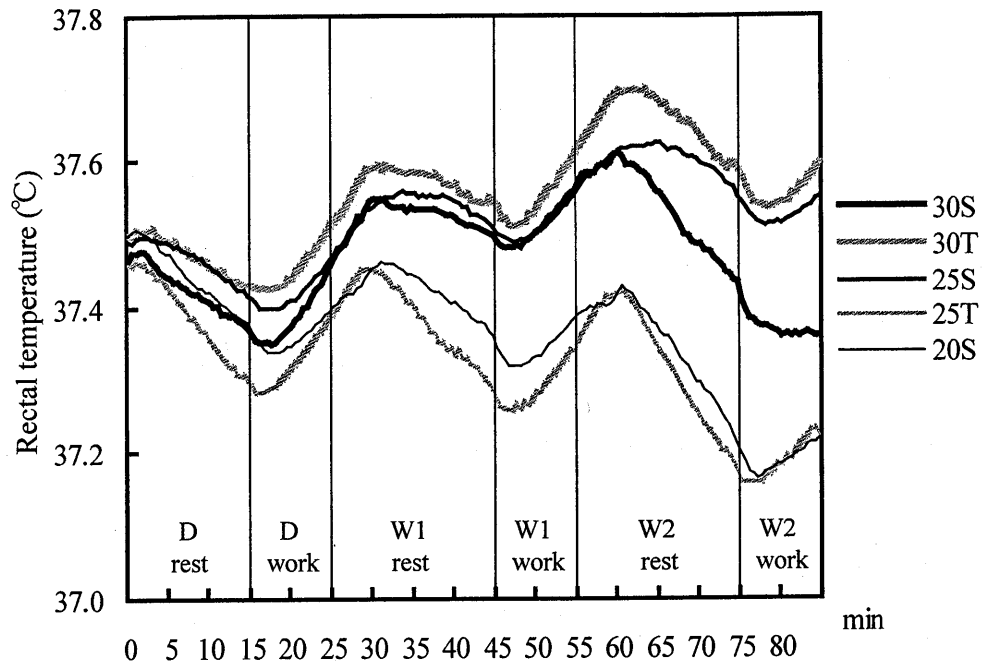


図 4-3 直腸温（上段）および平均皮膚温（下段）の推移

#### 4.3.4. 主観申告値

図 4-4 上段に全身温冷感、同じく下段に不快感の推移について示す。全身温冷感は、開始時点において既に申告値に相違があるものの、以後における値の推移は、直腸温と平均皮膚温を併せたような変化を示した。すなわち、直腸温と同様に安静期に下降、作業期に上昇を示し、そして平均皮膚温と同様、実験の進行に伴い下降を続けた。

有意差検定の結果も両指標に類似するものであったが、濡れ条件に関しては、平均皮膚温の結果と合致した。

W2 での後期において5種環境条件を比較すると、全身温冷感および不快感は3群に分類できる。すなわち、条件 30S および 30T では温冷感は中立であり不快感もわずかである。条件 20S では寒く不快であり、条件 25S および 25T は両者の中間に位置した。

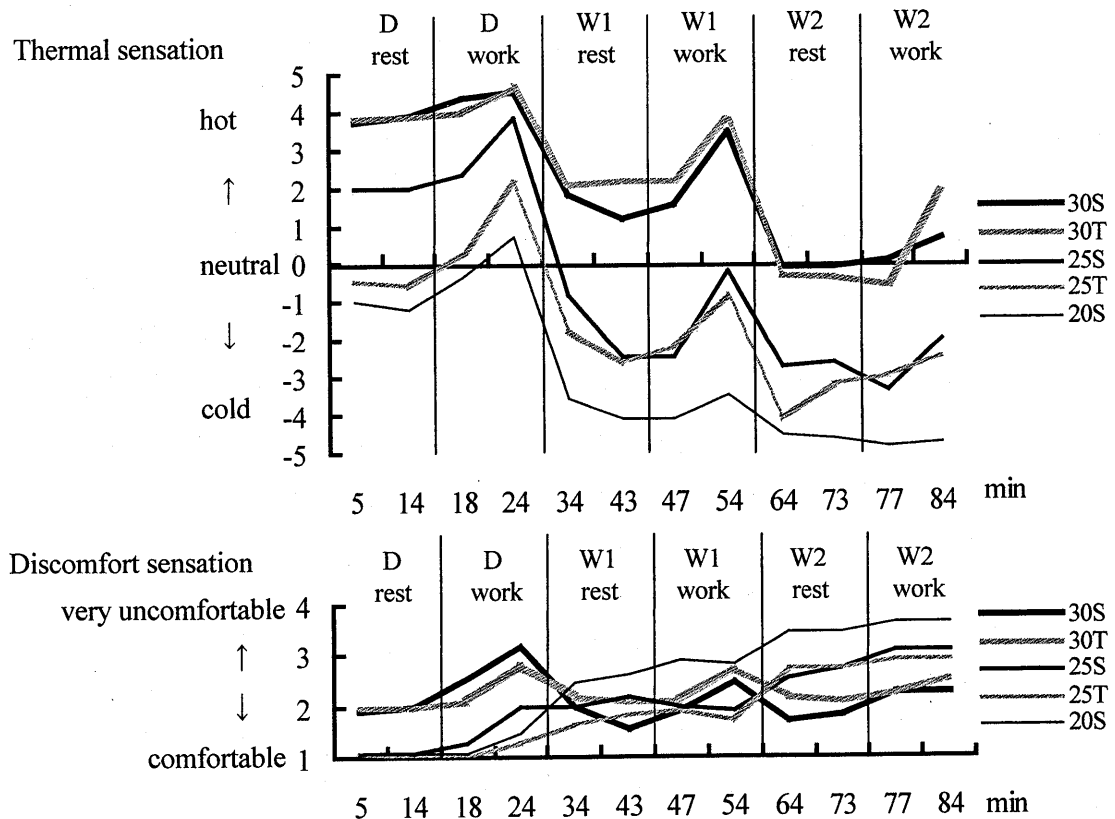


図 4-4 温冷感（上段）および不快感（下段）の推移

#### 4.3.5. 平均皮膚温と全身温冷感の相関

被験者の平均値に基づいて求めた相関関係について図 4-5 および図 4-6 に示す。前者は個々の濡れ条件について、後者は安静と作業について比較したものである。全てに有意な相関関係が認められた。Fig. 4-5 において、温冷感「0」における平均皮膚温は3条件の全てにおいて33°Cに相当した。なおこれら3条件には安静と作業が含まれているため、両者について比較すると(Fig. 4-6)、全身温冷感申告値は、作業によって「暑い」側にシフトすることが分かる。なお、図中の矢印は、同一の濡れ条件での安静期から作業期への移行を意味する。平均皮膚温の水準が低いほど、また濡れ度が増すほど、温冷感の「暑い」側へのシフト量に比して平均皮膚温の低下度が高くなった。なお、その範囲は0.5~1.5°Cであった。

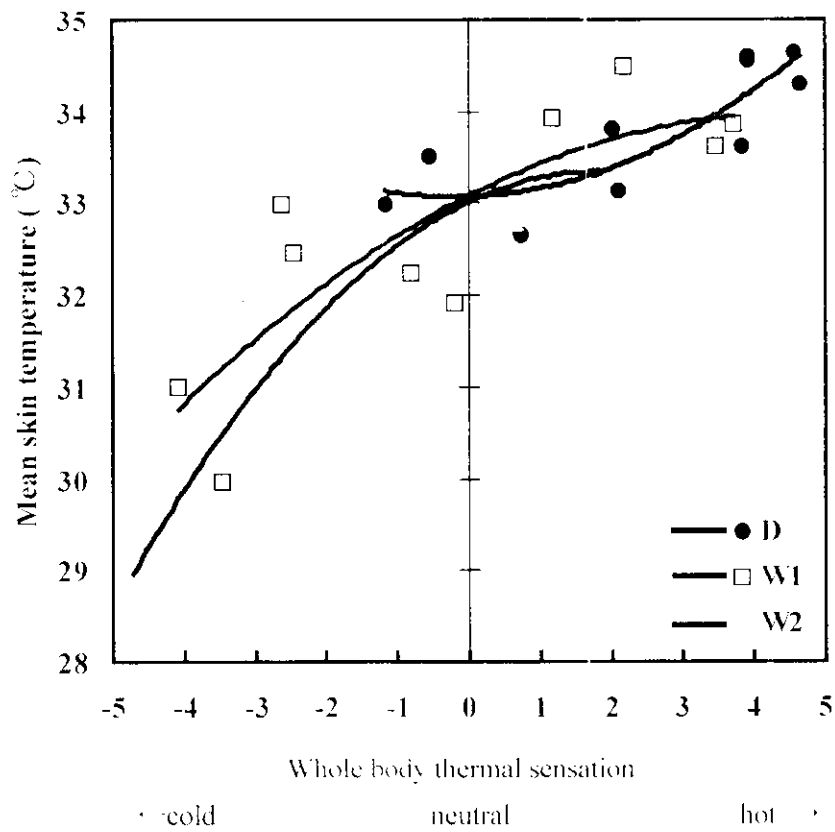


図 4-5 平均皮膚温度と全身温冷感の関係

回歸式:  $Y = -0.07X^2 + 0.02X + 33.08$  (条件 D,  $r^2 = 0.707$ )

$Y = -0.04X^2 + 0.39X + 33.09$  (条件 W1,  $r^2 = 0.681$ )

$Y = -0.10X^2 + 0.37X + 33.02$  (条件 W2,  $r^2 = 0.847$ )

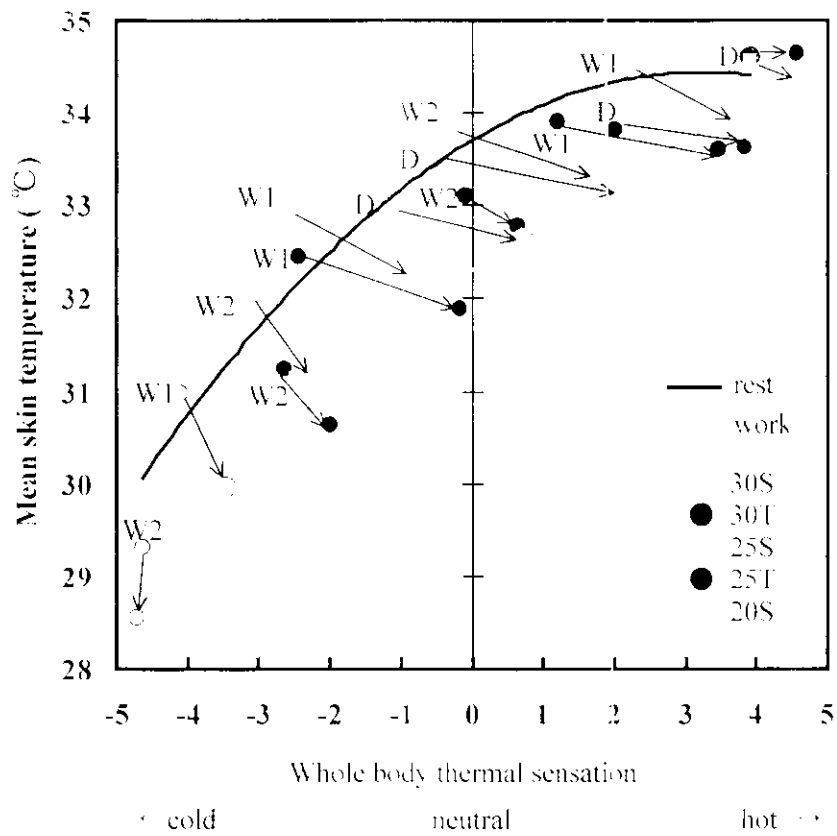


図4-6 平均皮膚温と全身温冷感の関係

回帰式： $Y = -0.07X^2 + 0.46X + 33.71$  (安静時,  $r^2 = 0.898$ )

$Y = -0.04X^2 + 0.57X + 32.30$  (作業時,  $r^2 = 0.972$ )

矢印は、同一濡れ条件でのrestからworkへの移行を意味する。



## 4.4. 考察

微妙な感覚や生理機能について捉えようとする実験では、女性被験者の月経周期の相は統一させることが望ましい。しかし周期を揃えたとしても、試行時期に1ヶ月単位で開きが生じるなら、体調、体重、季節等の変化が外乱要因となり得る。本研究では負荷となる物理量の違いが月経周期の影響を凌駕すると予想し、月経周期の相は統一しなかった。事実、山崎ら(2006)は、生理・心理的指標に対する月経周期の影響は小さいことを報告している。

降雨時には先ず外衣が濡れ、下着へと水が浸透して行く。これを模すために散水を行うと、衣服の水分率を特定することが困難となる。よって今回、あらかじめ濡らした衣服を着用させ、着用後、時間を置いて測定した値に基づき評価する方法を採用した。また、条件D、W1、W2の順に進行させ、各々に安静期と作業期を設けた。つまり履歴効果が付随するのであるが、同一の実験手順とすることにより、異なる環境条件間の違いについての比較が可能となった。

さらに、繊維が水蒸気を収着するとき、収着熱が生じるため、濡れた衣類を着用する実験ではこの現象が外乱となる恐れがある。田村(2004)によれば、高湿度下に各種布地を置いたとき、温度は8分目付近でピークとなり以後徐々に低下する。本実験は濡らした後に十分に時間を置いたことから、その影響については無視し得る。

作業様式は踏台昇降運動とした。沼尻(1974)に準じてBMR(基礎代謝量)を推定し、RMR(作業時代謝量)を算出すると2.7となる。日本産業衛生学会(2004)によれば、これは中等度作業に相当する。

濡れた衣服を着用することにより、衣服重量の増加および湿った衣類がまとわりつくことによる作業効率の低下が生じる。また作業強度と気温の組合せにより、温熱ストレスの増大あるいは軽減がもたらされ、これらが代謝量に影響する。

本研究の代謝量測定結果(図4-2)より、安静期では衣服の濡れが寒冷ストレスの増大をもたらしたこと、また作業期では衣服重量の増加が生体負担増をもたらしたことが認められた。

全試行の平均値に基づき代謝量の比率を求めると、様式Sにおける条件DとW2の比率は100:106であり、同様に様式Tでは100:103である。なお衣服重量は、条件W2は条件Dに対し、様式Sでは1.89kgの増、様式Tでは0.40kgの増であった。

作業時における代謝量を推定する方法については多くの提案がなされている(例えば Margaria et al., 1965; Pandolf et al., 1977; ISO, 1990)。作業様式が本研究と同様である Margaria et al. (1965) に従えば、条件DとW2の代謝量の比率は、様式Sでは100:103、様式T

では 100 : 101 となる。今回の結果は、これを上回るものであるが、これは、濡れた衣服が動作を妨げることによる作業効率低下と寒冷ストレスによる代謝量増加が複合したためと考えられる。

条件 30S、30T においては、安静と作業による履歴効果を受けながら、直腸温は漸増し、平均皮膚温は漸減した (図 4-3)。そして全身温冷感は中立へ至った (図 4-4)。なお両者を比較すると、安静期作業期共に  $T > S$  であった。様式 S では様式 T に比し、濡れた衣服の被覆面積が多く、そのため皮膚温が低く維持されたと解釈される。

乾燥した衣類を着用しているとき、深部温が増大することは温熱ストレスの増大につながる。そこで、衣服その他の工夫により身体の一部を冷却し、温熱ストレスを減じるための研究が多く行われている (例えば、Duffield et al., 2003; Nishihara, et al., 2002; Smolander et al., 2004; Webster et al., 2005)。また、透湿性あるいは非透湿性素材からなる雨衣を着用すると、いずれであっても暑熱下および作業時には衣服内の温度湿度を上昇させ、温熱ストレスおよび不快感が増大する。しかしながら、雨衣表面の濡れが身体表面を冷却させ、これにより温熱ストレスが軽減される場合があることを筆者らは報告している (前田ら、1999b)。

濡れた衣服を着用した場合も同様の効果が期待できる。つまり、本研究結果は、気温 30 °C 下で降雨に見舞われるとき、雨衣の有無に応じて安静と作業が適切に配分されるなら、温熱ストレスによる害を最小に止めることができることを示唆するものである。

条件 25S と 25T を比較すると、安静と作業の影響を受けつつ、直腸温 (図 4-3 上段) は前者では漸増し、後者では漸減した。そして平均皮膚温は  $T > S$  とする序列を維持しつつ漸減した。

Shimizu ら (1998) は、酸素摂取量が 25ml/min/kg となる強度の作業を 25°C に設定した水中と陸上において行わせている。その結果、直腸温と平均皮膚温は、水中作業時の方が陸上作業時より低くなった。

本実験条件の条件 25S および 25T における条件 W2 での平均皮膚温 (図 4-3 下段) は、安静期および作業期ともに約 31°C 水準にある。つまり浸水と濡れた衣服の着用との比較では、体熱除去効果が異なることは明白である。そのため、本研究における作業強度は Shimizu らが設定した作業強度の約 5 割であるにも関わらず、直腸温は条件 25S において漸増したものと考えられる。

一方条件 25T では直腸温は漸減した (図 4-3 上段)。実験が長期にわたれば、ある時点

で定常に達するのであろうが、この条件下では、人体は寒冷ストレスを被ることは明らかである。つまり、気温 25°C では衣服様式の違いの効果が大きいといえる。スウェット上下が著しく濡れたとき、それを脱いで様式 T のごとく軽装になるより、着続ける方が体熱は奪われ難いことになる。

以上より、濡れた衣服が寒冷ストレスをもたらす気温は 25°C と 30°C の間にあり、これにはさらに衣服様式と作業強度が関わっていることが判明した。

緑川と登倉 (1995) は、気温 20°C 相対湿度 80% 下において、2 分間にわたり散水 (80mm/h および 120mm/h) と気流 (2.0m/sec) を与え、肌着素材の違いについて観察した。直腸温は低下を示さず、その理由については収着熱の効果によると考察している。つまり、収着熱の発生は発汗によるもので、散水による濡れは内衣に至っていなかったものと推察される。このような短時間での軽度の濡れであれば、寒冷ストレスは少ないということになる。

一方、本研究において、条件 20S および 25T での直腸温は、作業期に上昇を示すものの、実験期間を通じて漸減し、また平均皮膚温は低下の一途を辿った。そして Fig. 4-6 における矢印は、環境温低下および濡れ度増大に伴って下向きになった。つまり、これらの条件においては寒冷ストレスが大きく、作業による産熱効果の貢献も乏しいといえる。

日本における気温 20~25°C の春秋期気候であっても、ずぶ濡れ状態に睡眠、泥酔、意識障害などの諸条件が加わると、偶発性低体温症に陥る恐れがあるという (成松, 2004)。このことは、本実験結果からも十分に推察できる。

中橋ら (1990) によれば、気温 20°C 相対湿度 65% において、濡れた綿肌着の上に乾燥綿シャツを着用した場合と、これを逆とした場合を比較すると、前者の保温性は後者の約 6 割であった。また、肌着とシャツが濡れた状態であるとき、素材が共に綿である場合の熱損失は、毛肌着に綿シャツを重ね着した場合のほぼ 2 倍となった。また Bakkevig and Nielsen (1994) は、寒冷下における濡れた下着の保温性について比較し、両面編の混紡が優れ、リブ編のポリプロピレンが劣ることを報告している。

このように実際の衣服着用時には、下着から外衣に至る組合せは多様であり、これに上衣と下衣および素材といった要素が関与する。つまり、濡れた衣類の生体影響について捉えようとするとき、衣服構成に関する検討も重要である。

温冷感が中立であるとき、平均皮膚温は 33°C であることは広く知られている (Gagge, 1969)。本研究における意義は、濡れた衣服を着用した場合での、温冷感と平均皮膚温の関係について捉えたことにある。その結果、平均皮膚温が 33°C 以下であるとき、温冷感は

「寒い」側へ急激に変化した。

山崎ら (2006) は、様式 T での条件 D と同等の衣服条件において、気温を 24°C から漸増させたときの平均皮膚温と全身温冷感について報告している。申告における感覚スケールは本研究と同様である。これによれば、主観申告値「-1」と「0」の違いに相当する平均皮膚温の幅は、男性では 0.0~0.1°C、女性では 0.1~0.2°C であり、いずれもわずかであった。

乾燥した衣類を着用するとき、冷環境下にあつては身体末梢部の皮膚温は低下するが、体幹部の皮膚温は維持される。一方、濡れた衣類を着用する場合、全身にわたり皮膚温が低下するので、これに呼応して全身温冷感が著しく低下するのである。

衣服は多様である。そして降雨時における濡れ方も一様ではない。また状況によっては発汗がもたらされ、寒冷下ではそれが氷結することもある。着用が長引けば衣服の一部が乾燥する。さらに気温、風速、作業条件等も多様である。歩行時にあつては靴および路面の影響も大きい。以上示したように、野外活動時における衣服の濡れの影響については、検討すべき事項が極めて多い。

しかしながら、本研究により、全身にわたって衣服が濡れた場合、気温 30°C では着衣等の工夫により温熱ストレスは最小に止め得ること、25°C 以下の環境では、特に軽装の場合、作業強度および衣服の濡れ具合によっては、寒冷によるストレスがもたらされ得ることが明らかとなった。