

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 3 章

野外活動用外衣の被服衛生学的研究

3.1. はじめに

ヒトの生活圏の拡大と多様化により、被服の果たす役割は重要となっている。外界の諸環境条件に対し、適切な被服類を用いることにより、快適な被服内気候がもたらされ、体温調節を円滑に行うことが可能となる（清水ら, 1987）。

透湿性防水素材は、その特性を活かし、酷暑酷寒環境および薬剤曝露などの生命の危険性を伴う現場で主に使用されてきた（Tochihara et al., 1993, McLellan et al., 1996, Rissanen et al., 1997）。加えて近年では快適性あるいは健康面でのニーズが高まり、透湿性防水素材は生活環境全般に普及し、登山などの野外活動着や各種スポーツ衣料、街着、あるいは医療現場に至る幅広い身近な分野で使用されている。（上野, 1984）。

そこで本研究では、雨衣の日常生活における使用について検討することを目的とし、透湿性防水素材が活用され、また、その性能を発揮すると予想される関東地区における春秋の気候を想定して実験を行った。そこで気温については10°Cおよび20°Cを設定した。

雨衣の素材として、マイクロテックス（以下MT）、ゴアテックス（以下GT）およびハイパロン（以下HP）の3種を用いた。MTとGTは透湿性防水素材であり、HPは非透湿性防水素材である。そしてこれらを着用して作業を行った際の被服内気候を測定し、温熱ストレスについて評価した。

透湿性防水素材はラミネート型、コーティング型、および高密度織物に大別でき（斉藤, 1985）、MTおよびGTは共にラミネート型である。透湿性防水素材からなる衣類の性能について比較した研究の多くが、GTのみを対象としており、MTとGTの両者について生理学的観点から比較したものは、筆者らが知る限り他に例がない。両素材の物性は既に知られているとはいえ、それが衣服として実際に着用された場合、生理・心理学的事項にどのような違いをもたらすか興味もたれた。

さらに、透湿性素材（MTおよびGT）は、非透湿性素材（HP）より温熱ストレスを低減させるには効果的であるだろうが、非透湿性素材がどの程度まで透湿性素材に対抗し得るかについて観察することも本研究の目的のひとつであった。

ヒトは被服着用時において蒸れを感じた場合、服を脱ぐことで対処できる。しかしながら、雨天時では、防水のため着続ける必要がある。すなわち透湿性防水素材がその字のごとく透湿性と同時に防水性について謳っているからには、雨天時における生体影響につい

て検討する必要がある。そこで雨天を想定し、透湿性および非透湿性防水素材の両者からなる外衣着用時の生理・心理的影響について捉えることを試みた。

3.2. 方法

3.2.1. 概要

実験の概要は以下の通りである。被験者1名における試行回数は、環境条件5種、被服条件3種の計15回であった。

- ・環境条件：①10°C RH40%
②10°C RH80%
③20°C RH40%
④20°C RH80%
⑤20°C RH80%下にて散水
- ・被験者：成人女子6名
- ・衣服条件：2種の透湿性防水素材（MT、GT）と1種の非透湿性防水素材（HP）からなる外衣および共通の內衣
- ・測定項目：被服内温度・湿度、皮膚温、直腸温、心拍数、衣服重量、主観評価（温冷感、蒸れ感）、酸素摂取量
- ・試行総数：環境条件5種×衣服条件3種×被験者6名=90回
（作業負担量の測定のため、別途実験施行日を設けた）

3.2.2. 被験者

被験者は実践女子大学大学院に在学中の健康な成人女子6名であった。身体的特徴について表3-1に示す。なお、体表面積の算出は藤本(1957)による。また、体脂肪比率はNagamine et al. (1964) および Brozek ら (1963) の式を用いて算出した。表3-1右端に掲げてあるRMRは、後述する踏み台昇降作業における値である。

被験者に対しては、飲酒、極度な疲労を伴う作業を禁じ、また睡眠不足や風邪の疾患に留意させた。試行は月経期を除く期間とし、黄体期と卵胞期の区別は行わなかった。なお各条件はランダムになるよう配置され、実験は日内リズムを考慮し、午後の同一時間帯に限定して行った。

表 3-1 被験者の身体的特徴

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BSA (m ²)	Fat (%)	BMI	RMR
A	22	163.0	49.8	1.48	15.7	18.7	5.4
B	22	157.3	63.3	1.60	22.8	25.6	6.3
C	22	168.0	66.0	1.71	27.3	23.4	6.4
D	22	162.5	60.3	1.60	21.5	22.8	6.2
E	25	162.7	54.9	1.54	17.3	20.7	5.8
F	23	171.5	54.7	1.59	16	18.6	6.1
mean	22.6	163.2	58.9	1.60	20.5	22.2	6.1
sd	1.1	5.2	5.9	0.1	4.3	2.9	0.4

3.2.3 環境条件

実践女子大学に設置してある人工気候室（アッペ科学製）を用いた。環境条件は気温 10 および 20°C、相対湿度 40 および 80%を組み合わせた 4 種に、気温 20°C相対湿度 80%下で雨天を模すという条件を加えた、計 5 種であった。環境条件およびその略号について表 3-2 に示す。

表 3-2 環境条件

Code	Temperature	Relative humidity	Other
10・40	10°C	40%	—
10・80	10°C	80%	—
20・40	20°C	40%	—
20・80	20°C	80%	—
20・80R	20°C	80%	Rain

3.2.4 被服条件および素材

被服条件について表 3-3 に、またその様子を図 3-1 に示す。外衣素材は 2 種の透湿性防水素材（MT および GT） および 1 種の非透湿性防水素材（HP）の計 3 種とした。表の下段には被験者に共通する衣類条件を示す。運動靴以外は綿 100%素材であり、長袖 T シャツ、スパッツ、ブラジャー、ショーツ、ソックスを着用させた。雨天を想定した条件（20・80R）では、透湿性防水素材エントラントを用いて自作した靴カバーを装着させた。

外衣を含めた全被服重量（運動靴を除く）は、992～1,144 g であった。被服内温湿度測

定用器材については、その重量が負荷とならないように身体から離す。なお、身体に装着したセンサーと電極の総重量は約12kgであった。

表 3-3 被服条件

Outer Wear		
Code	Materials	Weight(g)
MT	Microtex (permeable)	457-468
GT	Goretex (permeable)	589-620
HP	Hyparon (non-permeable)	531-563
Common clothing		
Items	Material	Weight(g)
Long sleeve T-shirt	100% cotton	120
Spats	100% cotton	275
Brassiere	100% cotton	42
Shorts	100% cotton	26
Socks	100% cotton	61
Sports shoes	Nylon etc.	450-550
Shoes cover*	Entrant	45-50

*Used at condition20・80R



図 3-1 外衣と內衣

3種素材の主な物性値について表3-4に示す。MTは日東電工製、GTはジャパンスーパーカックス製、HPはイスカ製である。この3種は、全て裏面はポリエステルであり、各々加工が施されたものである。なお、MTおよびGTの構造的特徴は、いずれも微小な通気孔を持つ多孔質膜と布地のラミネート構造であり、各々の通気孔はMTが0.6 μ 、GTが0.2 μ であり、気孔率は各々85%および82%である。

透湿度試験はJIS L 1099 カップ法に準拠した(図3-2)。なおこの方法では環境条件として気温40°C相対湿度50%が指定されているが、今回は気温30°C相対湿度80%下で実施した。これは本研究における高湿度条件に近似させたものである。また、比較のため覆いなし状態における素材についても透湿度を求めた。これらは各々59.0 および 0.7 (g/m²/hr) であり、そこで覆いなし状態を100%として各々の比率を表すとMT、GT、HP、および覆いなしは、各々28、25、3および1となる。

表3-4 外衣の物性値

Code	Weight (g cm ²)	Moisture transfer (g cm ² hr)	Thickness (mm)	Density (per inch)		Bending property (mm)
				Warp	Weft	
MT	81	1.68 × 10 ⁻³	0.11	119	102	76.0
GT	137	1.50 × 10 ⁻³	0.22	122	66	80.9
HP	117	0.18 × 10 ⁻³	0.12	126	97	79.9

Moisture transfer was measured under 30°C, RH 80%.

Bending property was measured using heart loop method.

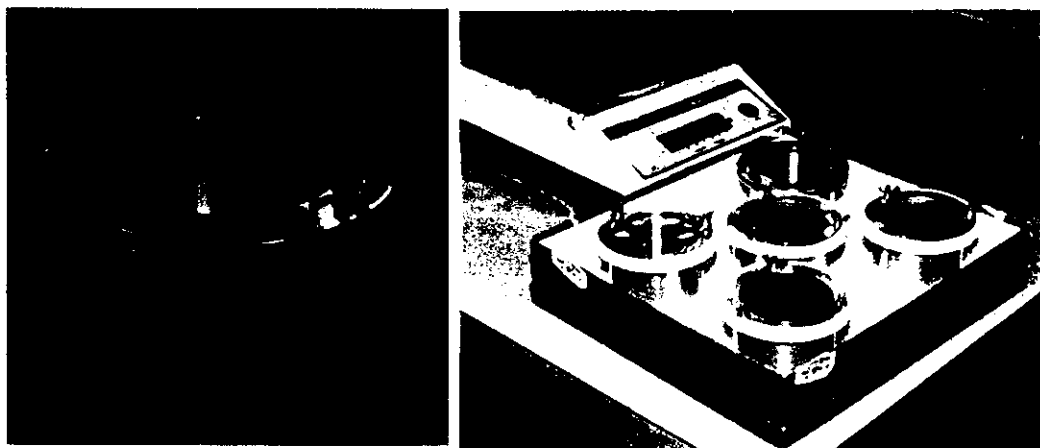


図3-2 透湿度試験(JIS L 1099)カップ法の機材と実験風景

上記3種素材を用いて外衣が製作された。サイズは身長155cm用および165cm用の2種であり、デザインは共通仕様のセパレート型フード付雨衣であった。図3-3に概要を示す。裏面にはメッシュ生地が当てられた。その範囲は、上衣ではフード部を除く全面、下衣では下腿部ファスナー上端部より上の全面であった。メッシュ生地はポリエステル（重量 26.27g/m^2 ）であり、孔は $1.7\times 2.5\text{mm}$ の楕円形をなし、その個数は約1000個/ 100cm^2 であった。

外衣のサイズにおいて、被験者AおよびBには身長155cm用を、また他の4名には身長165cm用を着用させた。被験者Aは身長163.0cmであるが、体重は49.8kgであり、165cm用ではゆとり量が大きすぎたため155cm用を着用させた。なお、身丈や袖丈をはじめ動作には支障がなかった。

なお環境条件20・80Rでは、フードを使用し、開口部は顔面部に沿ってフィットさせた。運動靴は透湿性防水素材のエントラント布にて作成した靴カバーで覆った。ちなみに条件20・80Rにおいて、水滴が外衣から内部へ浸透することはなかった。

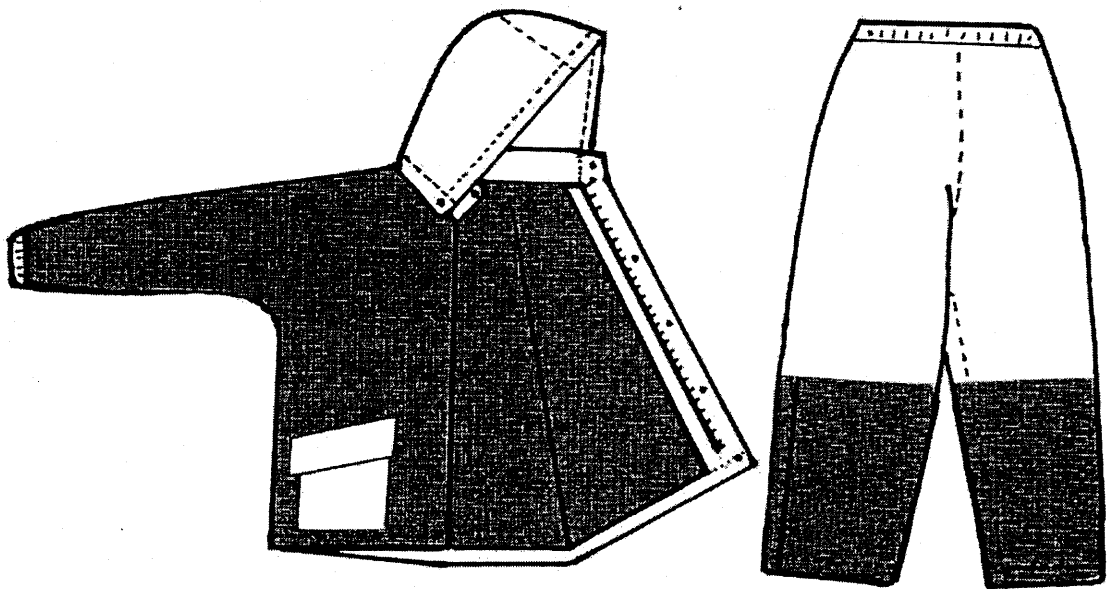


図3-3 外衣のデザイン

注) グレー部分は内側がメッシュ生地となっている

3.2.5. 測定項目

測定項目は被服内温湿度3点(1ch.:ブラジャー中央部、2ch.:胸部のTシャツと外衣間、3ch.:背部のTシャツと外衣間)、皮膚温(前額部、胸部、上腕部、大腿部、下腿部)、直腸温、心拍数、酸素摂取量、および主観申告(蒸れ感、温冷感)であった。なお、使用した申告用紙および測定機材の仕様について補遺に掲げる。

被服内温湿度の測定では温湿度データコレクタ(神栄製、本体:TRH-DM3、センサ部:THP-23)を用いた。皮膚温および直腸温の測定では温度データコレクタ(安立製、本体:AM-7002、センサ部:CC型)を用いた。心拍数はポリグラフ(日本光電製、RM-6008)により記録した胸部誘導心電図より求めた。

主観評価において、温冷感は7部位(頭部、頸部、体幹部、上肢部、下肢部、手部、および足部)、蒸れ感は8部位(前額部、腋窩部、胸部、背部、腰部、上肢部、下肢部、および足部)に対して申告させた。なお感覚スケールは吉田(1981)に準じ、温冷感については9段階(-4:非常に寒い~+4:非常に暑い)、蒸れ感については4段階(0:乾いている~3:非常に蒸れる)にて申告させた。

平均皮膚温はRamanathan(1964)に準じ、次式により求めた。

$$T_{sk} = 0.3(\text{胸部} + \text{上腕部}) + 0.2(\text{大腿部} + \text{下腿部})$$

貯熱量変化率(ΔS)はGaggeとNishi(1977)に準じ、安静時と作業最終時の差に基づき次式より算出した。

$$\Delta S = (0.97 \text{ m/A}) \Delta T_b / \Delta t$$

S:貯熱量 W/m^2

m:体重 kg

A:体表面積 m^2

$\Delta T_b / \Delta t$:平均体温変化量 $^{\circ}\text{C}/\text{時}$

平均体温はColin et al.(1971)に準じ、次式より算出した。

$$T_b = 0.65T_{re} + 0.35T_{sk}$$

T_{re} :直腸温 ($^{\circ}\text{C}$)

T_{sk} :平均皮膚温 ($^{\circ}\text{C}$)

3.2.6. 実験手順

図 3-4 に、測定項目および測定時期について示した。被験者は実験開始 2 時間前までに食事を済ませ、別室にて衣類およびセンサ類を装着した後、人工気候室に入室して 20 分間、椅座位安静を保持した。次いで 30 分間にわたる漸増負荷による踏台昇降作業（台高 25cm）を行った。昇降頻度は 5 分毎に漸増（10, 13.5, 16.5, 19, 21 および 23 回/分）させ、規制はメトロノーム（セイコー製、SQM-318）の発する音によった。

実験開始前と実験終了後に衣服重量の測定を行った（図の#）。主観申告と心拍数の測定は 5 分毎に実施した（図の*）。なお心拍数はポリグラフ（日本光電製、RM-6008）で得た胸部誘導心電図に基づき算出した。被服内温湿度、直腸温、皮膚温は、作業開始の 5 分前から作業終了まで、1 分毎に測定した。

環境条件 20・80R における散水は、作業時の 30 分間を通して行った。散水方法については後述する。

	Rest	W1	W2	W3	W4	W5	W6		
frequency of step test (time/min)		10	13.5	16.5	19	21	23		
time (min)	-20	-5	0	5	10	15	20	25	30
weight of clothing									
rectal temperature									
skin temperature									
microclimate clothing									
subjective sensations		*	*	*	*	*	*	*	*
heart rate		*	*	*	*	*	*	*	*
sprinkling (in 20・80R)									

図 3-4 測定項目および測定時期

3.2.7. 作業の生体負担量の評価

本測定は試行日を特別に設け、気温 20℃ 相対湿度 40% 下で MT を着用させた状況にて実施した（図 3-5、左）。漸増負荷による踏台昇降作業は W1～W6 の相に分かれるが、W2、W4 および W6 の各相における後半に、ダグラスバッグ法により酸素摂取量を求めた。呼気ガス濃度測定はフクダ産業製 RV-4000 によった。基礎代謝率（BMR）は沼尻（1974）に

準じて推定値を得た、これらを基にRMR（エネルギー代謝率）を求めた（山崎、1994）。
作業最終段階（W6）におけるRMRの平均（±sd）は、表3-1に示した通り、6.0（±0.3）であった。

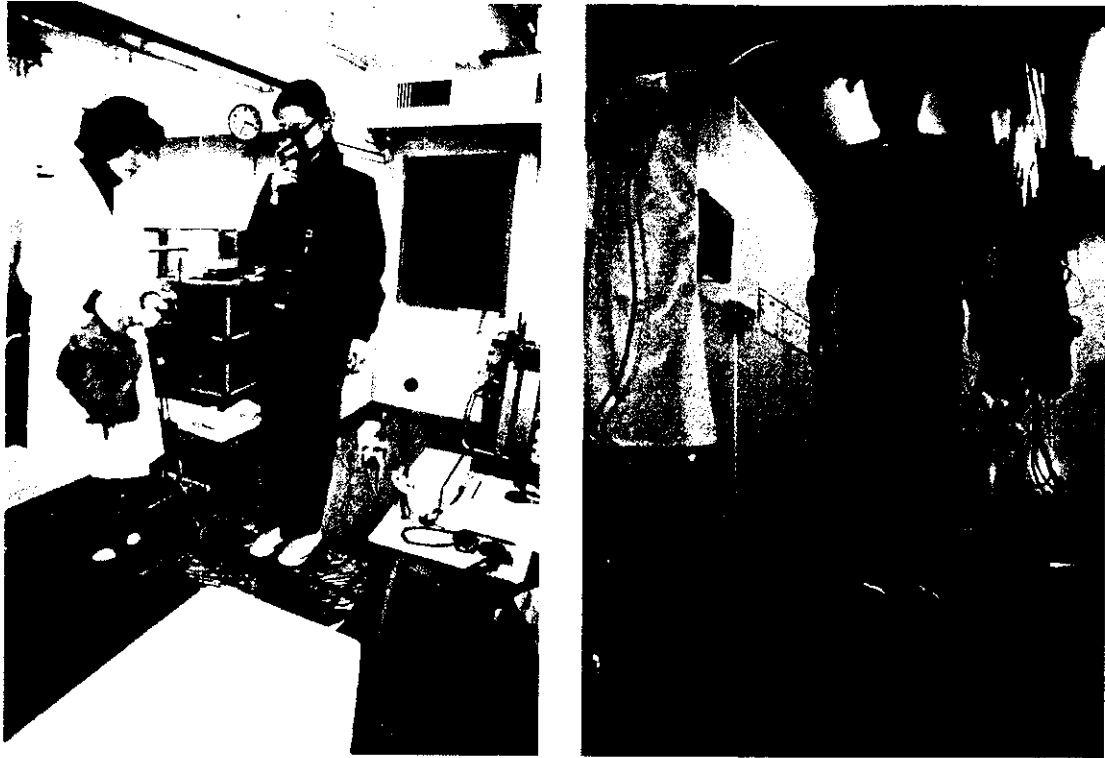


図3-5 実験風景

左：代謝量測定風景

右：散水風景

3.2.8. 散水方法

環境条件 20・80R においては人工気候室内に水受け（縦 180cm×横 90cm×深さ 18cm）を設け、この中で踏台昇降作業を行わせた。散水用器材は蓄圧式噴霧器（アイリスオーヤマ製、ホームスプレー211、2ℓ型）とし、放水量は 80ml/分、水温は 20℃とした（図3-5、右）。

散水のリズムとパターンは、あらかじめ定めた様式に従った。これは身体の前面、後面を共に9区画に分け、同一の順序にて、1区画につき作業前半（0～15分）は2拍、作業後半（16～30分）では4拍にわたり散水するものであった。なお散水リズムの規制については、踏台昇降作業のためのメトロノーム音に従った。

身体の区画分けは、前面で①頭頂部、②顔部前面、③右肩および右腕部、④左肩および左腕部、⑤右胸部、⑥左胸部、⑦腹部、⑧右大腿および右下腿部、⑨左大腿および左下

腿部、後面では①頭頂部、②後頸部、③右肩および右腕部、④左肩および左腕部、⑤背部上面、⑥背部下面、⑦腰部、⑧右大腿および右下腿部、⑨左大腿および下腿部とした。

身体上方から見た投影面積を 500cm^2 と仮定すると、雨量は約 90mm/hr となり、これは内田 (1992) によれば「やや強い雨」に相当する。

3.2.9 統計

各項目における有意差検定では、Snedecor and Cochran (1975) に従い、対のある t 両側検定を用いた。なお、危険率 5% 未満をもって有意とみなした。

3.3. 結果

3.3.1. 図表の形式および表記について

諸測定項目の推移に関する図では、5種の各環境条件における被験者6名の平均を示す。横軸は時間（分）を意味し、作業開始前5分以降について表した。一方、表においては、最終作業 W6 での終了直前の値について示した。なお各測定項目の変化量(°C)は、作業開始5分前時点と作業最終時点での値より求めたものである。

環境条件および素材についての表記は、表 3-2、表 3-3 および 3-4 に示した略号に従う。被服内気候の測定部位 3箇所については既に述べたが、ここに再掲する。

1 ch : 胸部中央付近、第1層（ブラジャー中央部）

2 ch : 胸部中央付近、第2層（Tシャツと外衣との間）

3 ch : 背部中央付近、第2層（Tシャツと外衣との間）

2種の気温条件すなわち、条件 10・40 および 10・80 の群と条件 20・40 および 20・80 の群については、各々「低温条件」および「中温条件」と表現した。また、条件 20・80R と他の4種条件を区別する場合、各々「濡れ条件」および「非濡れ条件」と表現した。

3.3.2. 被服内温湿度

図 3-6、3-7、3-8 に部位別の被服内温度および湿度の推移について示した。被服内温度は、初期レベルにおいて既に環境条件の影響を受けており、中温条件（20・40 および 20・80）では低温条件（10・40 および 10・80）より約 4～5°C 高い。被服内温度が増加を開始するのは、中温条件では作業開始後 5～10 分の間であるのに対し、低温条件では作業開始後 10～15 分の間であった。

被服内絶対湿度については、条件 20・80 において最も早期に増加が開始されかつ高水準にあり、一方、条件 10・40 では最も増加が遅くかつ低水準にあった。

雨天を模した条件（20・80R）における被服内温度および湿度の推移については、他の中温条件での推移に類似するものの、それら非濡れ条件より概して低目の水準にあった。

1ch. : ブラジャー中央部

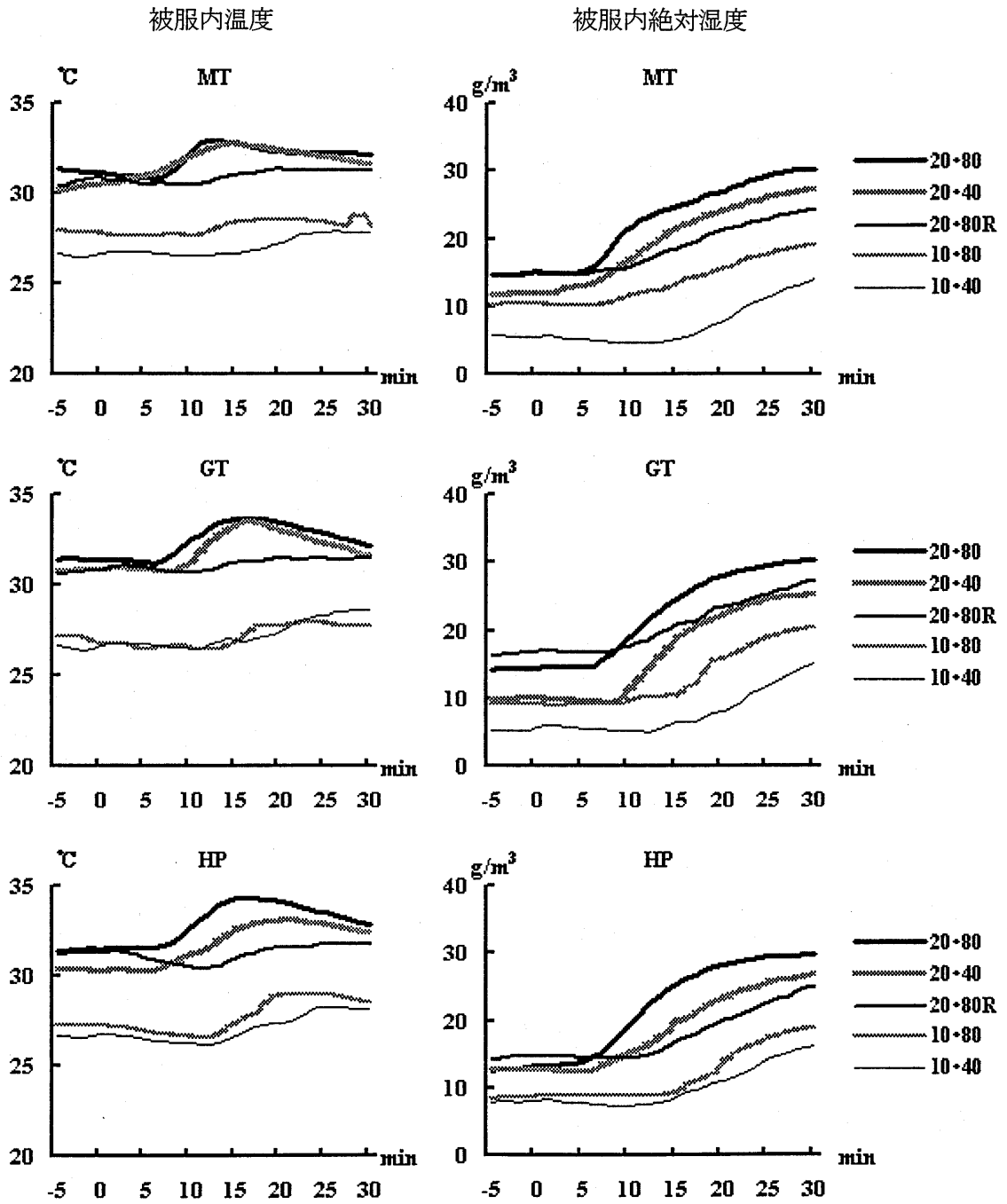


図 3-6 被服内温度および絶対湿度の推移 (1ch)

2ch. : 胸部Tシャツ外衣間

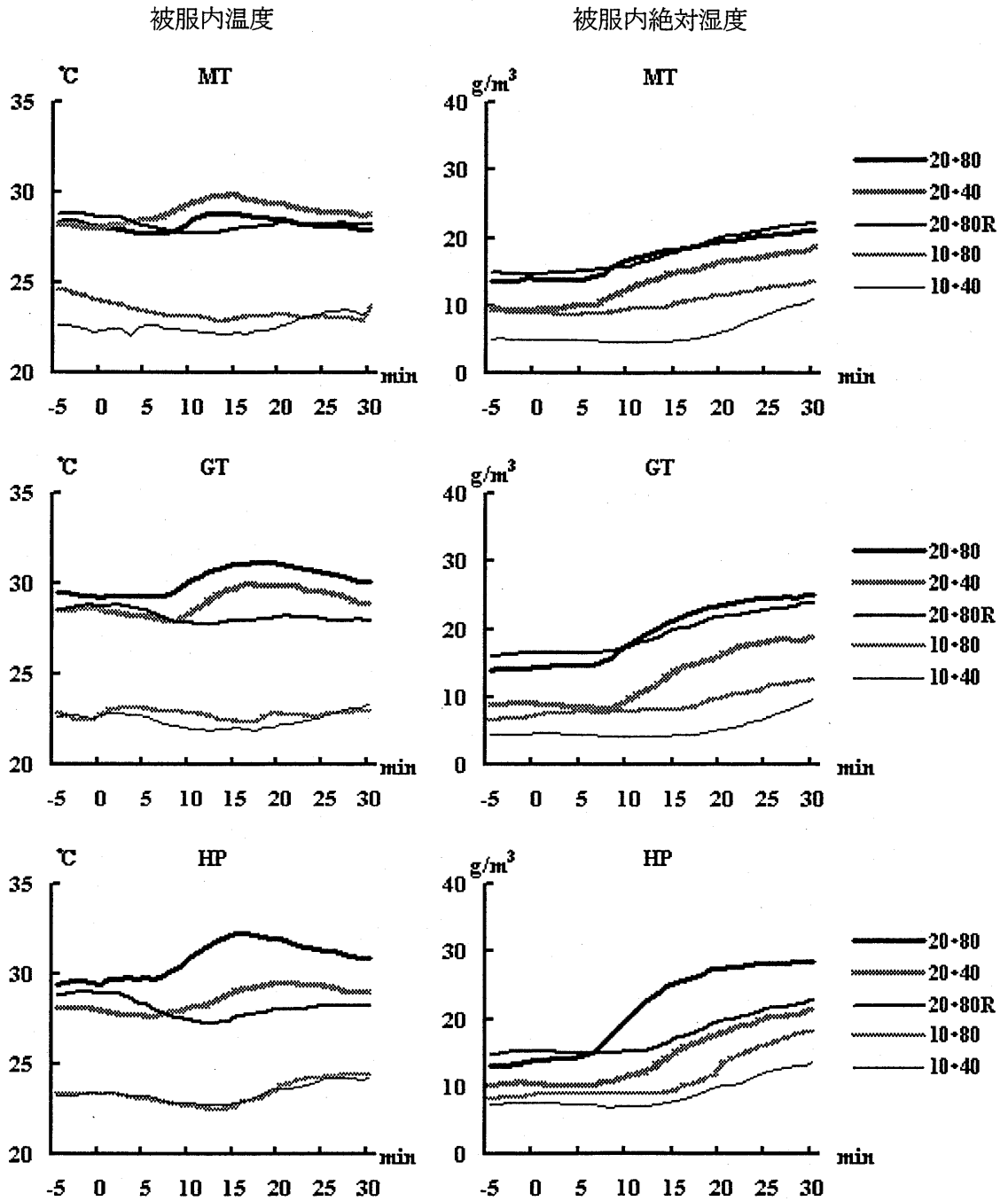


図 3-7 被服内温度および絶対湿度の推移 (2ch)

3ch. : 背部Tシャツ外衣間

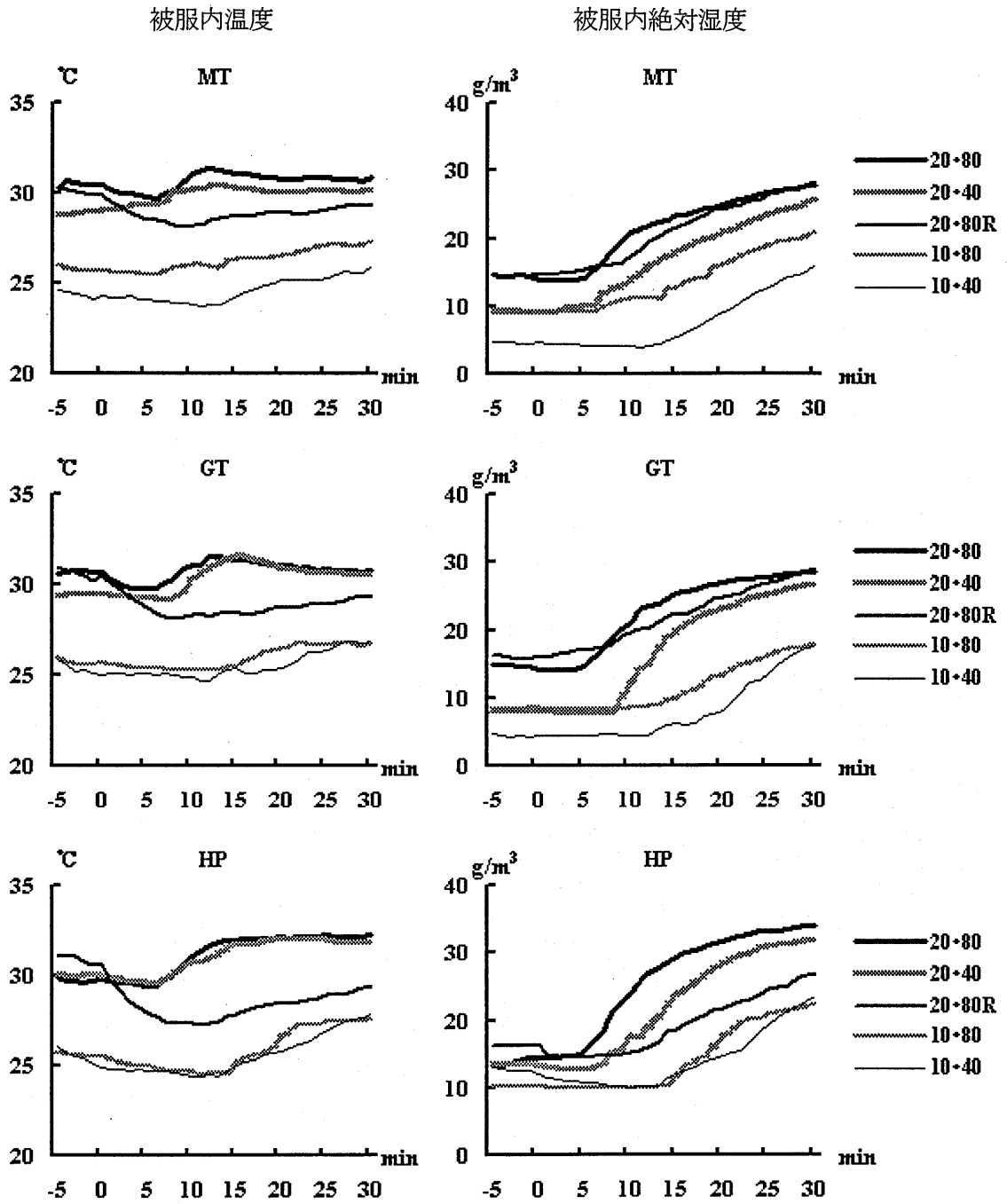


図 3-8 被服内温度および絶対湿度の推移 (3ch)

表 3-5 には作業最終時における被服内温度湿度の平均、および素材間比較（対のある t 両側検定）について示した。数値について比較すると、被服内温度の最大値（32.9℃）が観察されたのは、条件 20・80 における測定部位 1 ch での HP 着用時であった。また同じく最小値（23.1℃）は、条件 10・80 における 2 ch での MT 着用時であった。

有意差検定の結果、透湿性素材の方が非透湿性素材よりも温熱ストレスを低減させ得ることが認められた。なお MT と GT の間には有意差は認められなかった。

表 3-5 作業最終時における被服内温度・絶対湿度の平均値
および素材間比較（対のある t 両側検定）

		Temperature (°C)		Environmental conditions									
				10・40		10・80		20・40		20・80		20・80R	
1ch	MT	23.4 ± 2.0	28.2 ± 1.6	31.7 ± 1.1	32.1 ± 0.7*	31.2 ± 0.6							
	GT	28.6 ± 1.6	27.8 ± 1.1	31.7 ± 0.6	32.1 ± 0.9*	31.4 ± 1.1							
	HP	26.8 ± 1.1	28.7 ± 2.3	32.5 ± 1.0	32.9 ± 1.0	31.8 ± 1.0							
2ch	MT	23.5 ± 2.0	23.1 ± 2.4	28.9 ± 1.0	28.0 ± 1.6*	28.2 ± 0.8							
	GT	27.9 ± 1.3	23.0 ± 1.5	29.0 ± 1.2	30.1 ± 1.2	27.9 ± 0.8							
	HP	26.0 ± 1.5	24.5 ± 2.1	29.1 ± 1.9	30.9 ± 1.2	28.2 ± 1.5							
3ch	MT	24.2 ± 1.4*	27.3 ± 2.3	30.3 ± 1.2*	30.9 ± 0.4	29.4 ± 1.9							
	GT	28.2 ± 1.0	26.7 ± 1.4	30.6 ± 0.8*	30.8 ± 1.3	29.4 ± 1.5							
	HP	27.8 ± 1.2	27.6 ± 2.3	31.9 ± 1.0	32.2 ± 1.3	29.3 ± 1.2							
		Absolute humidity (g/m ³)											
		10・40		10・80		20・40		20・80		20・80R			
1ch	MT	14.2 ± 4.7	19.2 ± 6.6	27.8 ± 3.6	30.4 ± 2.1	24.5 ± 2.7							
	GT	15.2 ± 5.8	20.5 ± 5.2	25.7 ± 4.7	30.3 ± 4.3	27.3 ± 1.9							
	HP	16.3 ± 4.9	19.2 ± 5.5	27.1 ± 6.2	29.9 ± 2.8	25.2 ± 2.0							
2ch	MT	11.1 ± 4.0	13.8 ± 5.0	19.0 ± 3.4	21.2 ± 1.6**	22.5 ± 3.7							
	GT	9.8 ± 3.6*	12.9 ± 2.5*	19.1 ± 3.8	25.1 ± 3.6	23.9 ± 1.4							
	HP	13.5 ± 5.1	16.6 ± 4.9	21.6 ± 2.5	28.5 ± 2.3	22.9 ± 2.0							
3ch	MT	16.1 ± 6.2**	21.1 ± 7.7	26.2 ± 3.7**	27.9 ± 3.7*	28.2 ± 6.3							
	GT	17.6 ± 6.6**	18.0 ± 4.8	26.8 ± 4.5*	28.4 ± 2.2*	28.9 ± 3.5							
	HP	23.5 ± 5.6	22.4 ± 7.7	32.1 ± 3.3	33.9 ± 4.6	26.8 ± 3.6							

MT vs. HP, GT vs. HP, *: p<0.05 **: p<0.01

1ch: center of brassiere

2ch: between T-shirt and outerwear of the chest

3ch: between T-shirt and outerwear of the back

3.3.3. 直腸温および心拍数

図 3-9 および図 3-10 に直腸温および心拍数の推移について示す。なお左側は平均、右側は変化量（作業前 5 分を基準とする）である。

直腸温は作業により約 0.6°C 上昇し、作業終了時では全条件において約 38.0°C 水準に至った。心拍数もほぼ同様であり、作業強度の漸増に伴い全般に 50~60 拍/分の増加を示し、作業終了時では約 130 拍/分となった。

表 3-6 に作業最終時における平均値、変化量、および標準偏差について示す。心拍数においては、低温条件では中温条件より低い傾向にある。また同じ中温条件でも、濡れ条件の方が非濡れ条件よりも低い。ただし、直腸温および心拍数ともに、環境条件間あるいは素材間に、統計的有意差は認められなかった。

表 3-6 作業最終時における平均値、変化量および標準偏差

	Environmental condition	MT			GT			HP		
		mean	sd	Δ	mean	sd	Δ	mean	sd	Δ
Rectal temperature (°C)	10・40	38.0	0.5	0.1	38.0	0.5	0.3	38.1	0.6	0.3
	10・80	38.1	0.6	0.2	38.1	0.5	0.3	38.0	0.5	0.2
	20・40	38.0	0.4	0.2	38.1	0.5	0.1	38.0	0.5	0.1
	20・80	37.9	0.5	0.2	38.0	0.5	0.2	38.0	0.5	0.2
	20・80R	38.0	0.6	0.3	38.0	0.6	0.2	38.0	0.5	0.3
Heart rate (beats/min)	10・40	128	51	6.0	131	54	8.7	130	54	9.2
	10・80	130	51	7.6	125	53	7.1	126	51	5.6
	20・40	133	58	11.9	137	61	8.3	137	62	13.2
	20・80	133	55	7.4	135	59	7.1	134	52	6.4
	20・80R	130	51	12.8	129	51	8.9	128	51	0.3

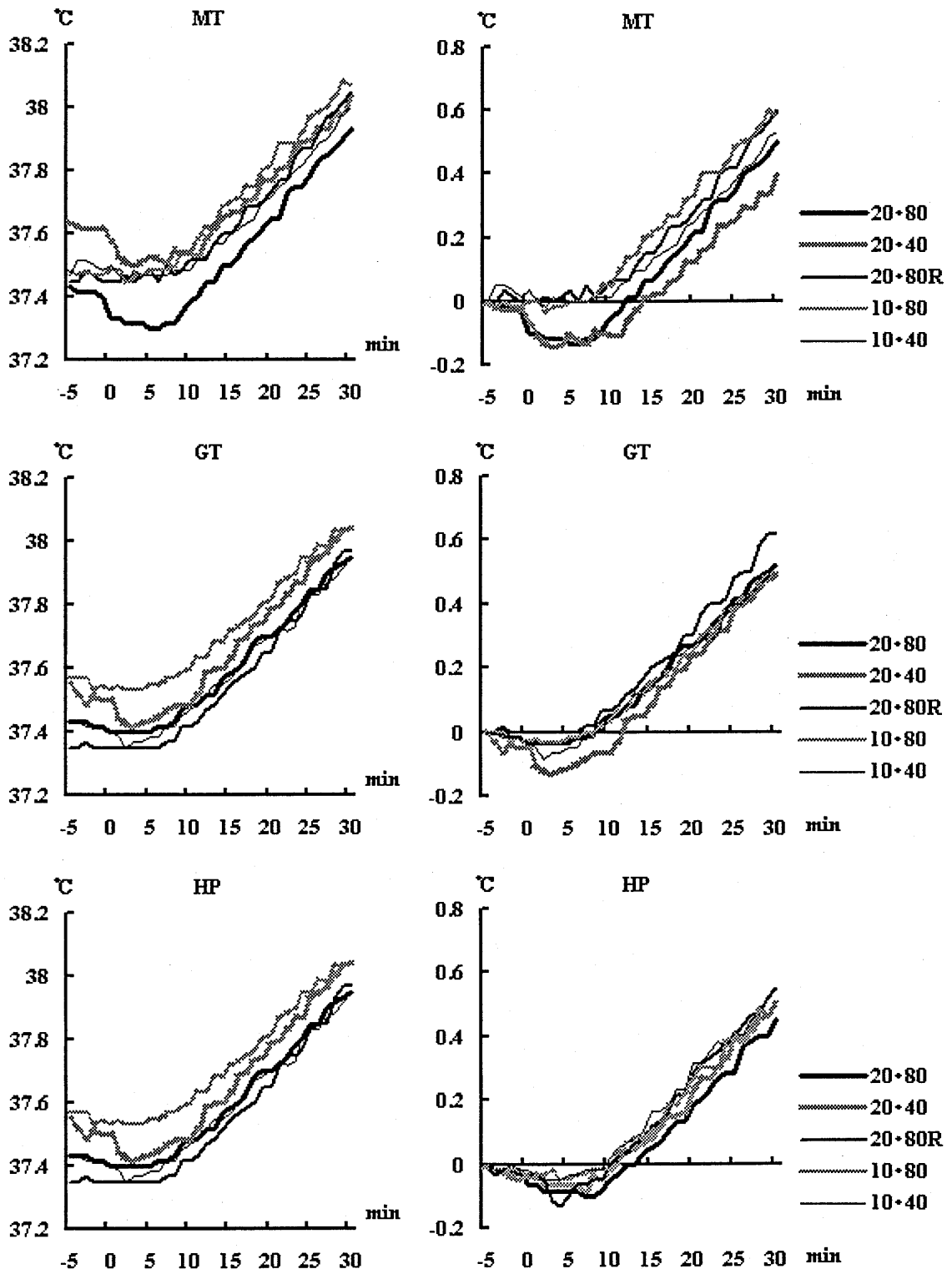


図 3-9 直腸温の推移

左：測定値、右：変化量（作業5分前を基準とする）

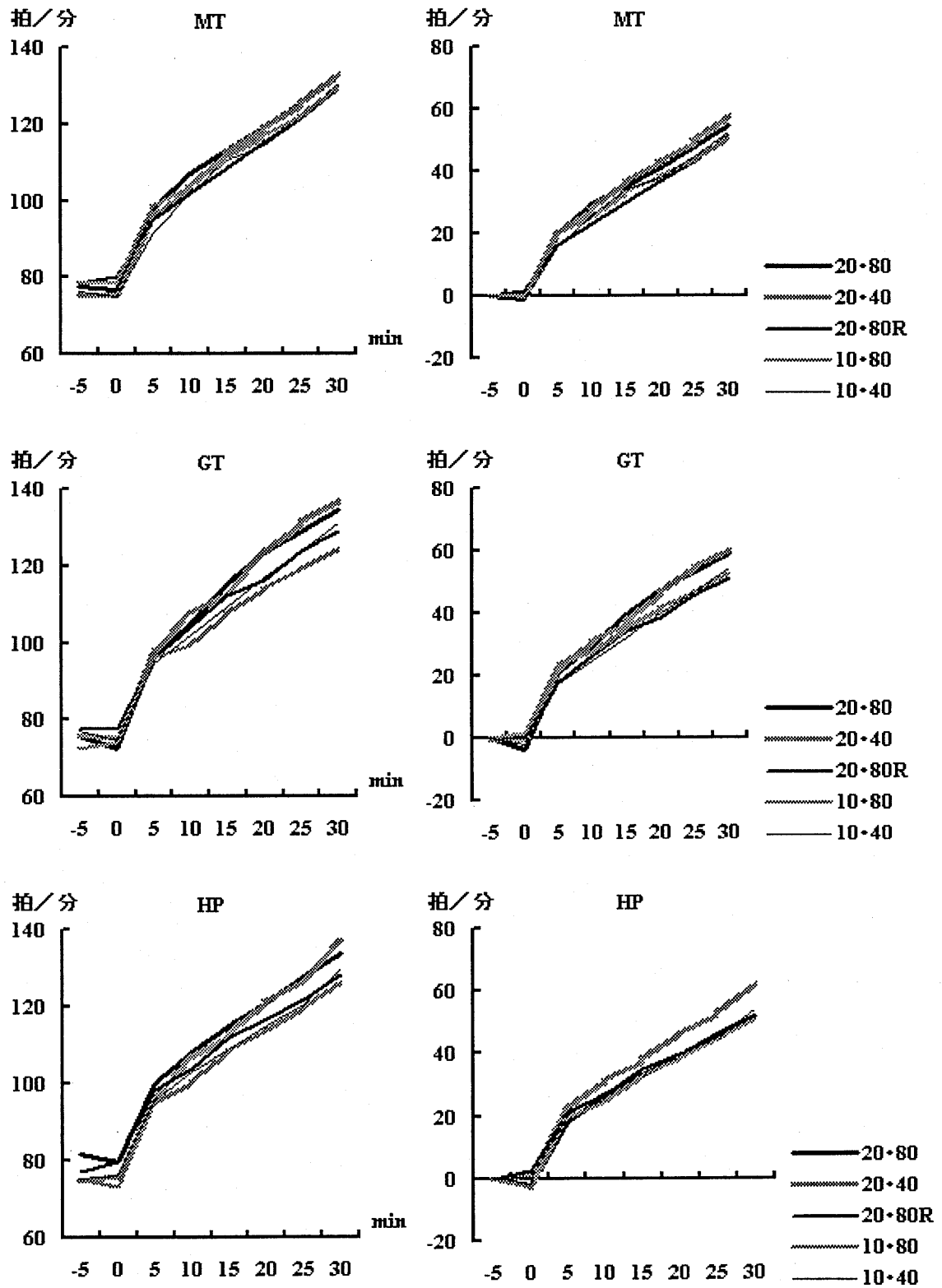


図3-10 心拍の推移

左：測定値、右：変化量（作業5分前を基準とする）

3.3.4. 皮膚温

平均皮膚温の推移について図 3-11 に示した。左側は平均、右側は変化量（作業前 5 分を基準とする）である。

平均皮膚温は環境条件の影響を受ける。すなわち低温環境と中温環境とで大きく傾向が分かれ、前者では 31~32℃にて推移するのに対し、後者では 34℃前後となる。条件 20・80R では、中温環境よりやや低値となり、33℃付近で推移した。

変化量をみれば、透湿性素材（MT および GT）と非透湿性素材（HP）の差異は明らかであり、後者においては時間経過に伴う著しい増加が観察された。

表 3-7 に、作業最終時における平均、変化量、標準偏差、および t 検定の結果について示す。数値について比較すると、最終時において最も低値を示したのは環境条件 10・40 における MT および GT での 30.9℃であり、最大は 20・80 における HP での 34.8℃であった。

素材間比較では、透湿性素材 MT において、非透湿性素材 HP より平均皮膚温を低減させる効果が認められた（条件 10・80 では $p<0.05$ 、条件 20・80 では $p<0.01$ ）。ちなみに GT と HP 間には有意差は認められなかった。

表 3-7 作業最終時における平均皮膚温の平均値、変化量、標準偏差および t 検定の結果

Environmental Condition	MT			GT			HP		
	mean	sd	Δ	mean	sd	Δ	mean	sd	Δ
10・40	30.9	1.2	-0.7	30.9	1.2	-0.7	31.4	1.3	-0.4
10・80	31.0*	1.4	-0.8	31.7	1.1	-0.4	31.6	1.1	-0.2
20・40	33.7	1.6	0.2	34.1	0.3	0.3	34.3	0.6	0.8
20・80	34.0**	0.5	-0.2	34.4	0.7	0.4	34.8	0.4	0.8
20・80R	33.5	0.6	0.3	33.5	0.8	0.2	33.6	1.2	0.3

MT vs. HP *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

(°C)

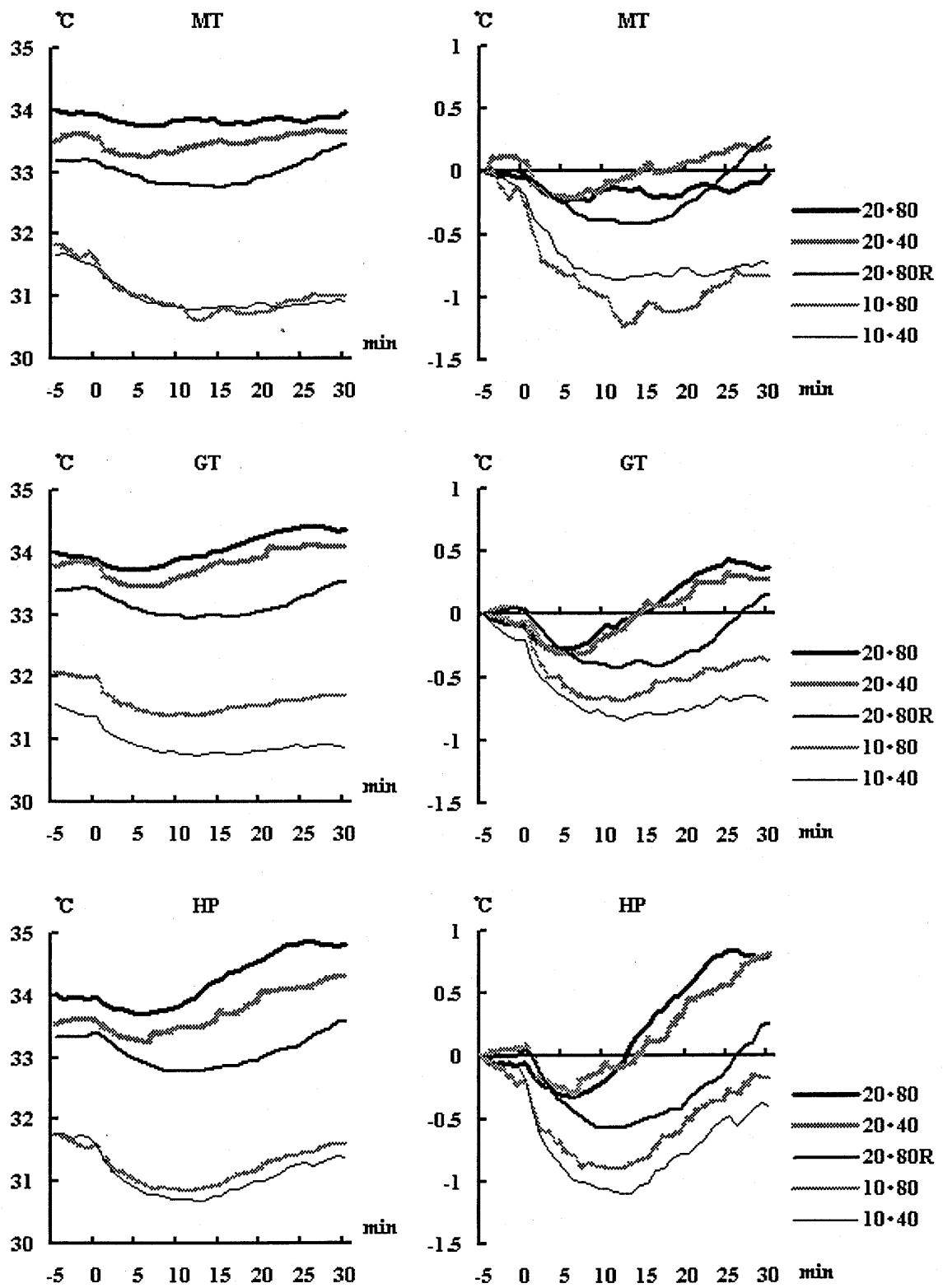


図3-11 平均皮膚温の推移

左：測定値、右：変化量（作業5分前を基準とする）

表 3-8 に、作業最終時における各身体部位皮膚温の平均、変化量、標準偏差、および t 検定の結果を示す。また、図 3-12 に各身体部位における皮膚温の推移について示す。

胸部皮膚温は、全環境条件で減少傾向を示し、作業最終時において最も減少を示したのは、条件 10・80 での MT であった。統計的には、条件 20・40 において、HP が MT より有意に高くなった。

下腿部の皮膚温は、全環境条件において作業開始後わずかに減少し、次いで上昇に転じた。なお素材の違いによる差異は見られなかった。

MT 着用条件において部位差について比較すると、胸部では全般に皮膚温が高く、一方大腿部では低い値を示した。なお、低温環境では中温環境に比し、これら両者の較差が大きくなった。

表 3-8 作業最終時における各身体部位皮膚温の平均値、
変化量、標準偏差および t 検定の結果

Measurement point	Environmental condition	MT			GT			HP		
		mean	△	sd	mean	△	sd	mean	△	sd
Forehead	10・40	30.1#	-0.9	0.7	30.3	-0.4	0.9	30.5	-0.7	0.8
	10・80	30.8	-0.2	2.3	25.2	-0.9	1.1	29.6	-1.5	0.5
	20・40	32.7	-0.7	1.3	33.1	-0.2	1.4	32.7	-0.5	1.1
	20・80	33.6	-0.8	1.1	33.6	-0.1	1.2	32.6	-1.2	1.0
	20・80R	32.9	-0.7	0.7	32.3	0.5	1.2	32.2	-1.1	1.8
Chest	10・40	32.7	-1.1	1.3	32.7	-1.5	1.8	32.1	-1.2	1.8
	10・80	32.3	-1.6	1.5	27.4	-1.3	1.1	33.4	-0.7	0.5
	20・40	34.2**	-1.1	0.5	34.2	-1.0	0.6	34.6	-0.4	0.6
	20・80	33.8	-1.3	1.1	34.2	-1.0	0.9	34.6	-0.9	0.6
	20・80R	34.0	-0.6	0.8	34.0	-0.9	1.3	34.2	-0.7	0.9
Upper arm	10・40	29.3	-1.4	1.3	29.3	-1.2	1.8	30.8	-0.2	2.7
	10・80	31.3	0.5	3.0	25.8	-0.6	2.3	30.1	-0.2	2.1
	20・40	34.0	1.1	1.3	34.0	0.8	0.7	34.1	2.0	0.9
	20・80	34.3	0.6	0.9	34.7	0.9	0.8	35.0	1.5	0.6
	20・80R	32.9	0.5	1.2	33.6	0.7	1.6	33.4	0.4	1.9
Thigh	10・40	29.4	-0.6	2.4	29.2	-0.1	1.6	30.1	-0.4	1.8
	10・80	29.6	0.2	1.9	25.3	0.0	1.9	29.2	-0.4	1.1
	20・40	33.7	1.1	1.5	33.5	1.0	1.2	34.4	1.7	0.8
	20・80	33.1*	0.4	1.5	34.1	1.5	0.6	35.0	2.2	0.6
	20・80R	32.3*	0.3	0.8	32.0	0.1	1.9	32.1	0.5	1.7
Lower leg	10・40	32.0	0.8	2.2	32.0	0.8	1.5	32.2	0.7	2.3
	10・80	33.3	1.8	0.8	27.4	0.7	1.4	32.7	1.0	2.2
	20・40	34.5	1.0	0.6	34.5	1.0	0.9	34.0	0.6	0.9
	20・80	34.6	1.0	0.9	34.6	1.1	1.3	34.6	1.2	0.8
	20・80R	34.0	1.3	1.1	34.1	1.3	1.0	34.4	1.4	1.5

#:p<0.05(MT vs. GT), *:p<0.05 **:p<0.01(MT vs. HP)

(°C)

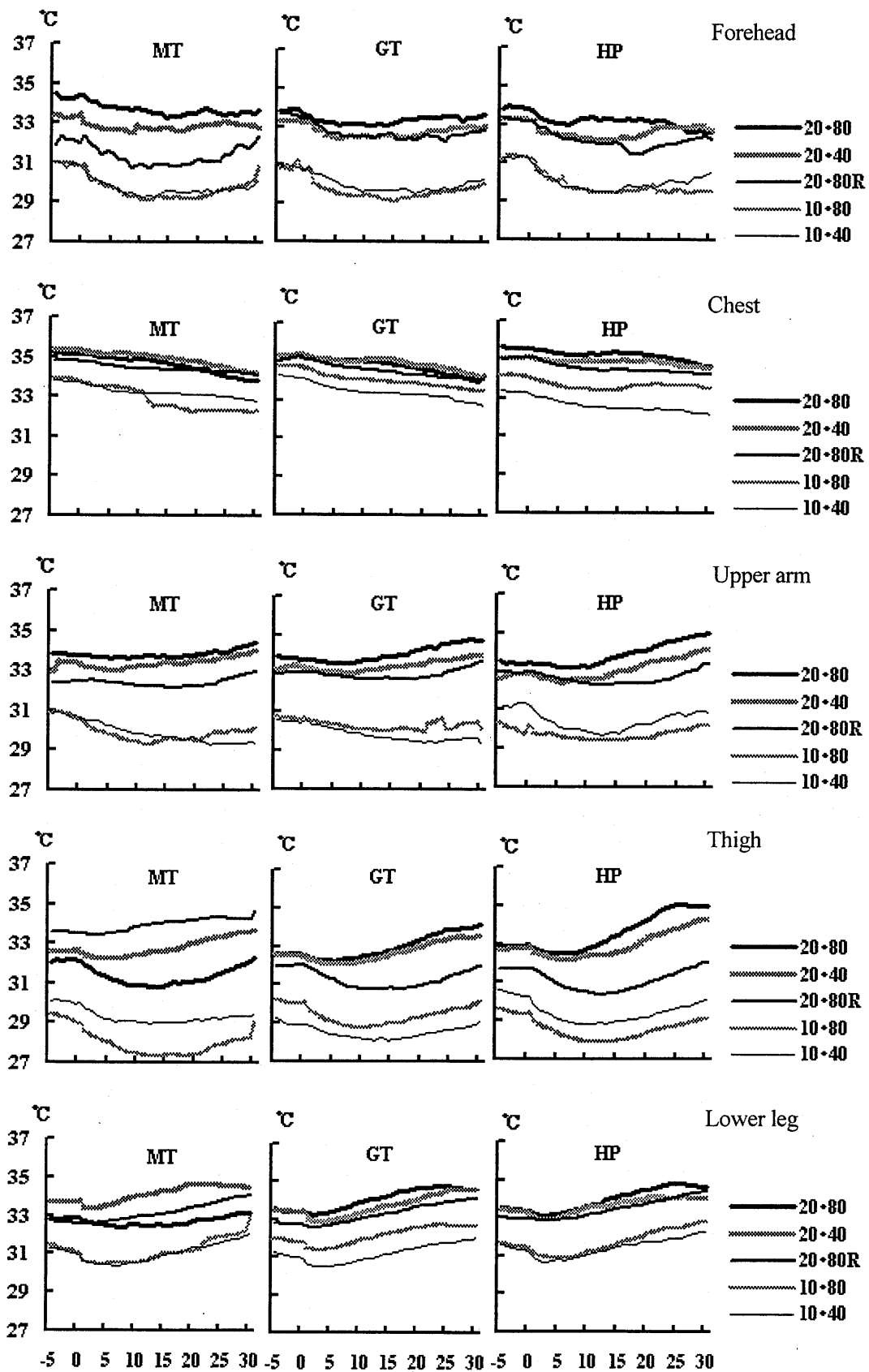


図 3-12 各身体部位における皮膚温の推移

3.3.5. 主観申告

図 3-13a, 3-13b および図 3-14a, 3-14b に各身体部位における温冷感および蒸れ感の推移について示した。また表 3-9 および表 3-10 に、各々温冷感および蒸れ感について、作業最終時における各身体部位での平均、標準偏差、および t 検定の結果を示した。

温冷感および蒸れ感の申告値は、時間経過に伴い「暖かい」側または「蒸れる」側へ移行した。なお当然ながら、これらは環境条件の影響を受け、低温条件より中温条件において、また低湿条件より高湿条件においてその傾向が強く現れた。条件 20・80R では、温冷感および蒸れ感共に、同一気温での他の 2 種非濡れ条件より申告値は低くなった。これらの傾向は、既に示した被服内温度あるいは被服内湿度の推移とよく合致する。

作業最終時について比較すると、温冷感の最大値は、条件 20・80 にて HP を着用した場合での頸部および体幹部における 3.5 であった。一方、最小値は 0.8 であり、これは条件 20・80R にて HP を着用した場合での足部において得られた。非濡れ条件での最小値は 1.0 であり、低温条件での頭部 (MT)、下肢部 (MT)、および足部 (GT および HP) においてみられた。

統計的検定の結果、有意差が示されたのは、温冷感においては、環境条件 10・80 での手部および 20・80 での足部であり、いずれも HP が MT に比し、高い温冷感申告となった。

また、蒸れ感においては、環境条件 20・80 での脚部および 10・40 での足部であり、いずれも HP が MT に比べ、高い蒸れ感申告となった。

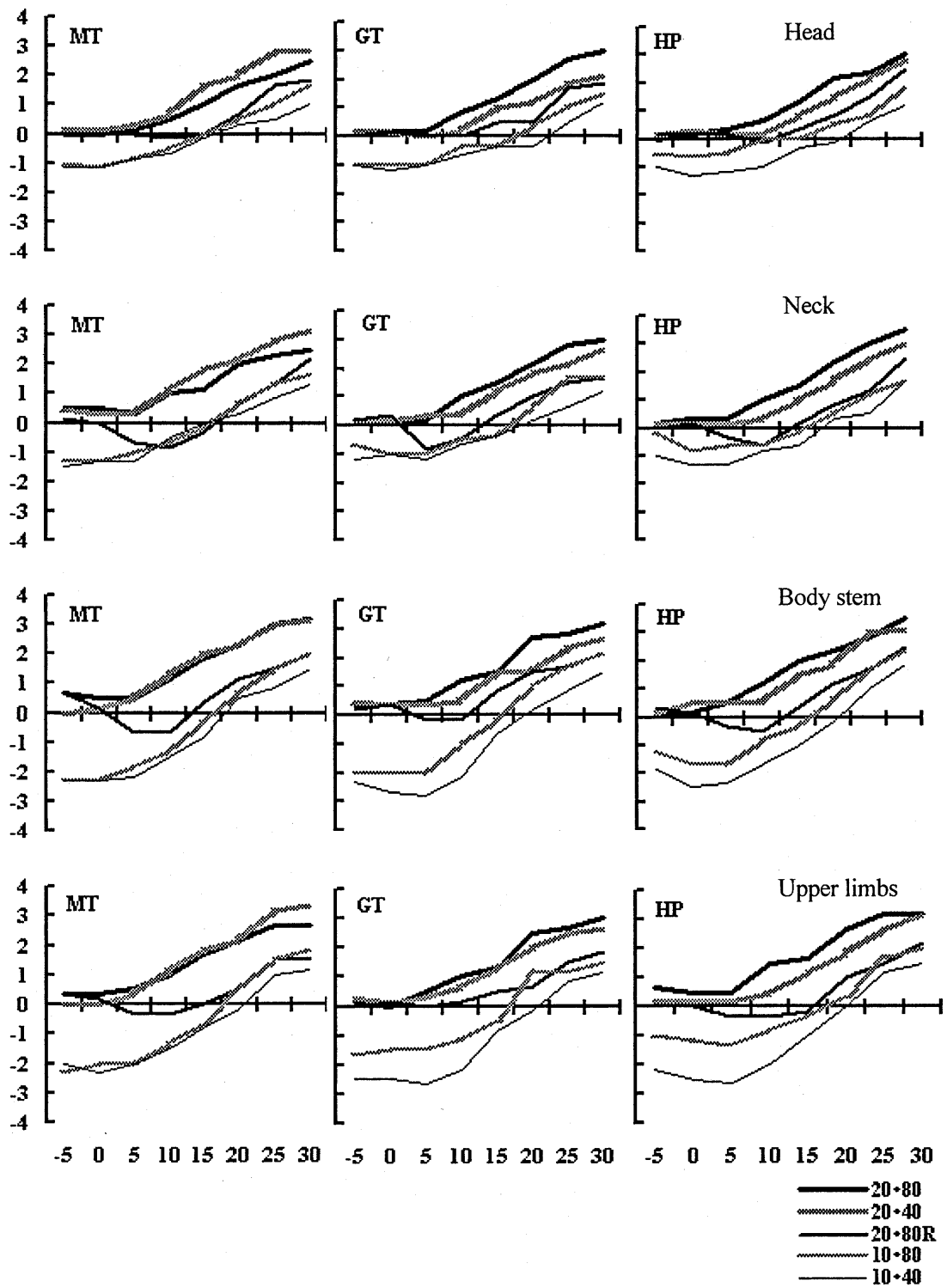


図 3-13a 各身体部位における温冷感の推移

縦軸は温冷感申告尺度（-4：非常に寒い～4：非常に暑い）に相当

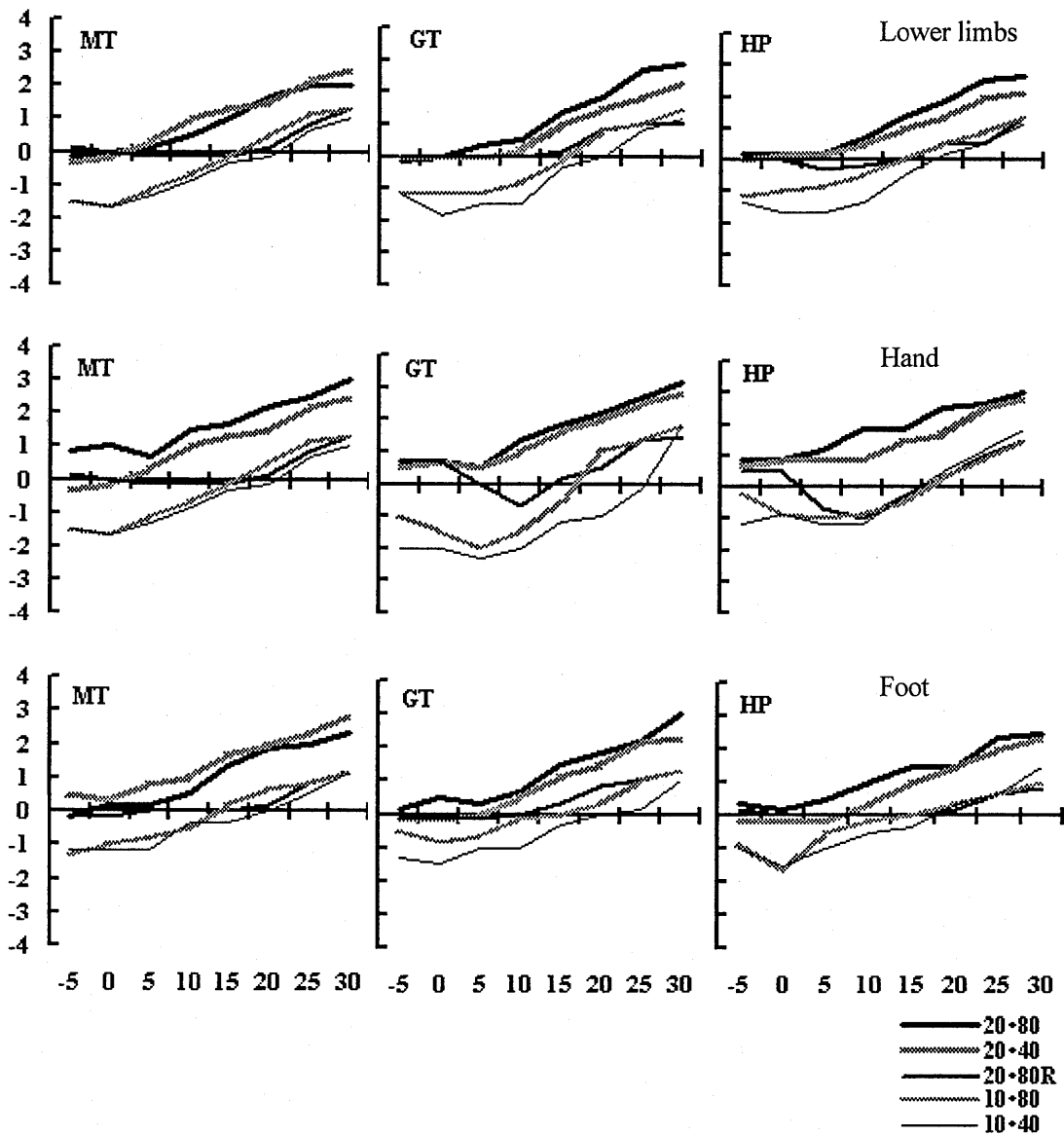


図 3-13b 各身体部位における温冷感の推移

縦軸は温冷感申告尺度（-4：非常に寒い～4：非常に暑い）に相当

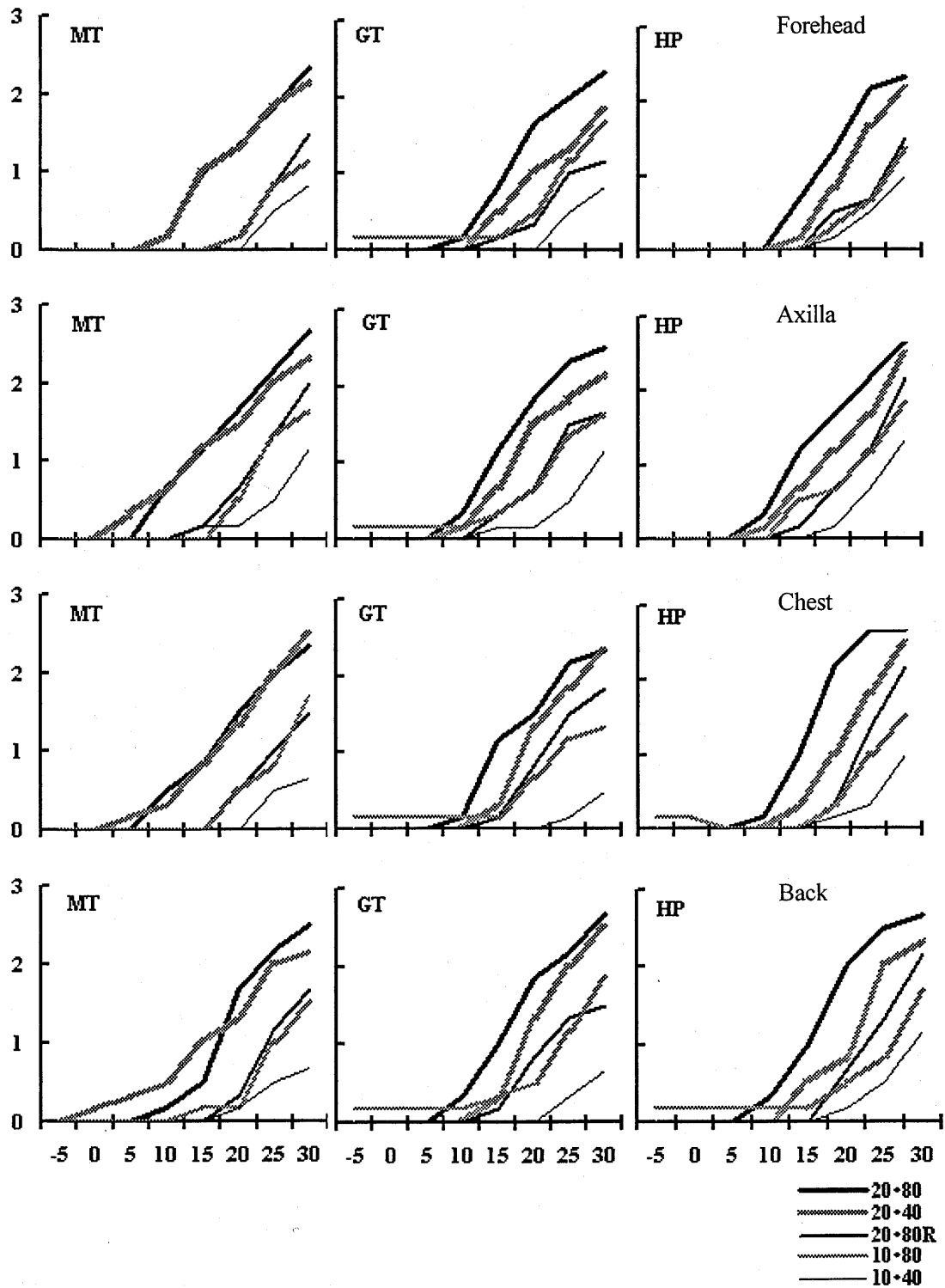


図 3-14a 各身体部位における蒸れ感の推移

縦軸は蒸れ感申告尺度 (0 : 乾いている ~ 3 : 非常に蒸れる) に相当

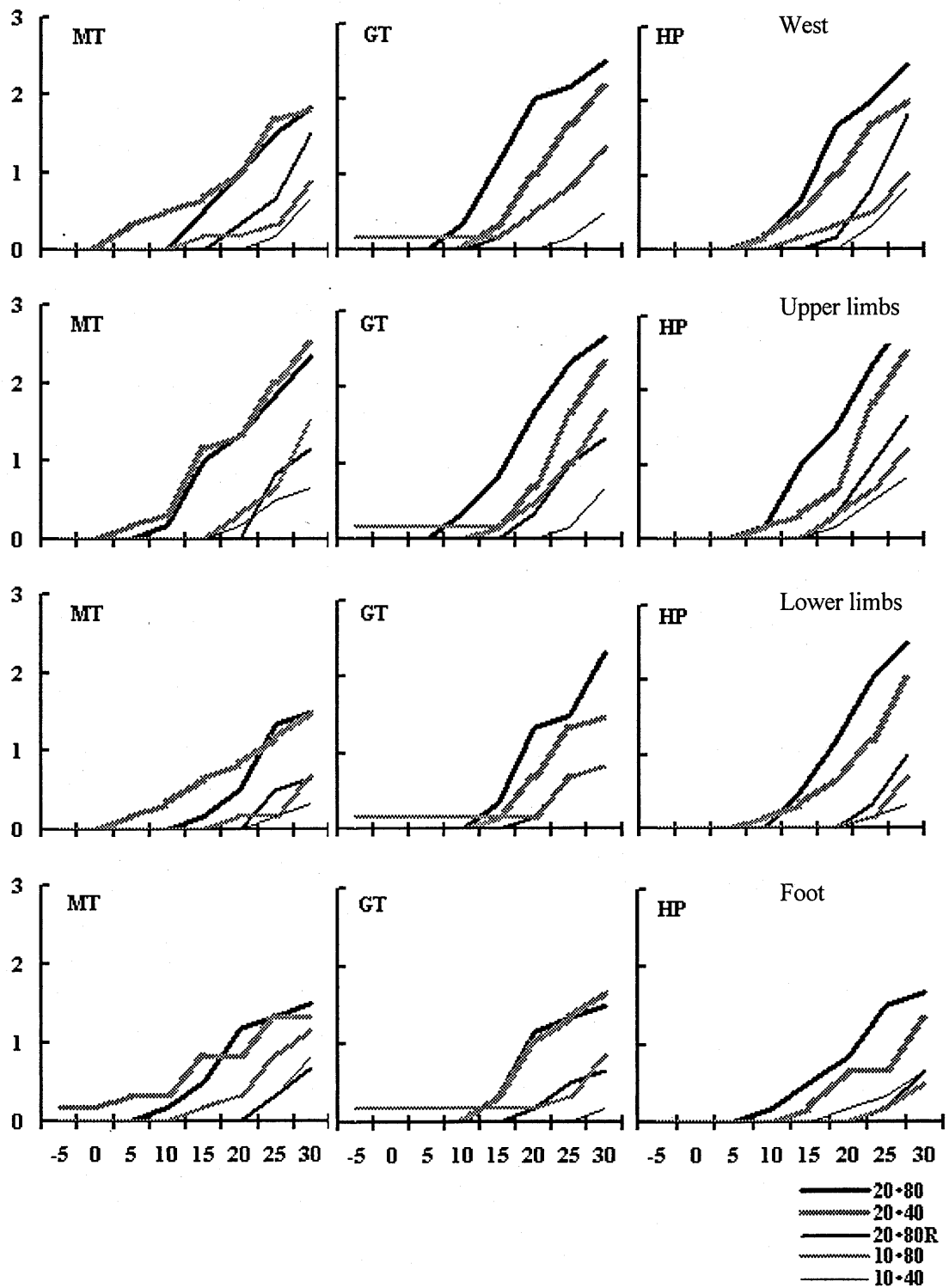


図 3-14b 各身体部位における蒸れ感の推移

縦軸は蒸れ感申告尺度 (0 : 乾いている ~ 3 : 非常に蒸れる) に相当

表 3-9 作業最終時における各身体部位の温冷感の平均値、
標準偏差および t 検定の結果

	Environmental		MT		GT		HP	
	condition	mean	sd	mean	sd	mean	sd	
Head	10・40	1.0	0.8	1.2	0.7	1.2	1.1	
	10・80	1.7	0.7	1.5	0.8	1.8	0.9	
	20・40	2.8	0.7	2.2	0.9	2.8	0.9	
	20・80	2.5	0.5	3.0	0.6	3.0	0.6	
	20・80R	1.8	1.1	1.8	0.7	2.5	1.0	
Neck	10・40	1.3	0.7	1.2	0.9	1.7	0.9	
	10・80	1.7	0.9	1.7	0.7	1.7	0.9	
	20・40	3.2	0.9	2.7	0.7	3.0	0.8	
	20・80	2.5	0.8	3.0	0.6	3.5	0.5	
	20・80R	2.2	0.9	1.7	0.7	2.5	0.8	
Body stem	10・40	1.5	0.8	1.5	0.8	1.8	0.7	
	10・80	2.0	0.6	2.2	0.7	2.3	0.7	
	20・40	3.2	0.7	2.7	0.7	3.2	0.7	
	20・80	3.2	0.7	3.2	0.7	3.5	0.5	
	20・80R	2.0	0.8	2.2	0.7	2.5	1.1	
Upper limbs	10・40	1.2	1.1	1.2	1.1	1.5	0.8	
	10・80	1.8	0.7	1.5	0.8	2.0	0.6	
	20・40	3.3	0.5	2.7	0.7	3.2	0.7	
	20・80	2.7	0.7	3.0	0.8	3.2	0.7	
	20・80R	1.5	0.8	1.8	0.7	2.2	0.7	
Lower limbs	10・40	1.0	0.6	1.2	0.7	1.2	0.7	
	10・80	1.3	0.5	1.5	0.5	1.3	0.9	
	20・40	2.5	0.5	2.3	0.9	2.2	0.7	
	20・80	2.0	0.8	2.8	7.0	2.7	0.7	
	20・80R	1.3	0.5	1.0	0.6	1.3	0.7	
Hand	10・40	2.0	0.6	1.8	0.7	1.8	0.9	
	10・80	1.7*	0.5	1.8	0.7	1.5	1.0	
	20・40	3.0	0.0	2.8	0.9	2.8	0.7	
	20・80	3.0	1.0	3.2	0.7	3.0	0.6	
	20・80R	1.0	1.0	1.5	0.5	1.5	0.8	
Foot	10・40	12.0	0.9	1.0	0.6	1.5	0.8	
	10・80	1.2	0.4	1.3	0.5	1.0	1.2	
	20・40	2.8	0.4	2.3	1.2	2.3	0.7	
	20・80	2.3*	0.7	3.0	0.8	2.5	0.5	
	20・80R	1.2	0.7	1.3	0.7	0.8	0.4	

0: neutral 1: slightly warm 2: warm 3: hot, * p<0.05 (MT vs. HP)

表 3-10 作業最終時における各身体部位の蒸れ感の平均値、
標準偏差および t 検定の結果

	Environmental	MT		GT		HP	
	condition	mean	sd	mean	sd	mean	sd
Forehead	10・40	0.8	0.7	0.8	0.7	0.1	0.6
	10・80	1.2	0.7	1.7	0.5	0.3	1.1
	20・40	2.2	0.7	1.8	0.4	2.2	0.7
	20・80	2.3	0.7	2.3	0.7	2.3	0.5
	20・80R	1.5	1.0	1.2	0.7	1.5	1.0
Axilla	10・40	1.2	0.4	1.2	0.7	1.3	0.5
	10・80	1.7	0.5	1.7	0.5	1.8	1.1
	20・40	2.3	5.0	2.2	0.7	2.5	0.8
	20・80	2.7	0.7	2.5	0.5	2.7	0.5
	20・80R	2.0	0.8	1.7	7.0	2.2	0.9
Chest	10・40	1.7	0.7	0.5	0.5	1.0	0.8
	10・80	1.7	7.0	1.3	5.0	1.5	1.0
	20・40	2.5	8.0	2.3	0.7	2.5	0.8
	20・80	2.3	0.7	2.3	5.0	2.7	0.5
	20・80R	1.5	1.0	1.8	0.7	2.2	0.9
Back	10・40	0.7	0.7	0.7	0.7	1.2	0.9
	10・80	1.5	1.0	1.8	0.7	1.7	1.1
	20・40	2.2	0.7	2.5	0.5	2.3	0.5
	20・80	2.5	0.5	2.7	0.5	2.7	0.5
	20・80R	1.7	0.7	1.5	0.8	2.2	0.9
Waist	10・40	0.7	0.7	0.5	0.8	0.8	0.9
	10・80	0.8	1.1	1.3	0.5	1.0	1.2
	20・40	1.8	0.9	2.2	0.9	2.0	0.8
	20・80	1.8	0.7	2.5	0.8	2.5	0.8
	20・80R	1.5	1.0	1.3	0.9	1.8	1.1
Upper limbs	10・40	0.7	0.5	0.7	0.7	0.8	0.7
	10・80	1.5	1.0	1.7	0.5	1.2	0.7
	20・40	2.5	0.8	2.3	0.5	2.5	0.5
	20・80	2.3	0.7	2.7	0.7	3.0	0.0
	20・80R	1.2	0.7	1.3	0.5	1.7	0.5
Lower limbs	10・40	0.3	0.5	0.0	0.0	0.3	0.5
	10・80	0.7	0.5	0.8	0.4	0.7	0.7
	20・40	1.5	0.5	1.5	0.5	2.0	0.8
	20・80	1.5*	0.5	2.3	0.7	2.5	0.5
	20・80R	0.7	0.5	0.8	0.7	1.0	0.8
Foot	10・40	0.8*	0.7	0.2	0.4	0.7	0.5
	10・80	1.2	0.4	0.8	0.4	0.5	0.8
	20・40	1.3	0.7	1.7	0.7	1.3	0.5
	20・80	1.5	0.5	1.5	0.8	1.7	0.5
	20・80R	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5

0 : dry 1 : slightly wet 2 : wet 3 : too wet, *: p<0.05(MT vs HP)

3.3.6. 貯熱量

図 3-15 は各条件における貯熱量の平均と標準誤差を示したものである。貯熱量については、安静時と作業最終時の差に基づき算出した。

貯熱量は全て正值であり、時間経過に伴う熱負荷の増大が示された。また、条件 10℃より条件 20℃の方が高値であった。素材間比較での序列は、条件 20・80R を除く全条件において、MT<GT<HP となった。統計的には条件 20・40 および 20・80 において有意 ($p<0.05$) に MT<HP となった。

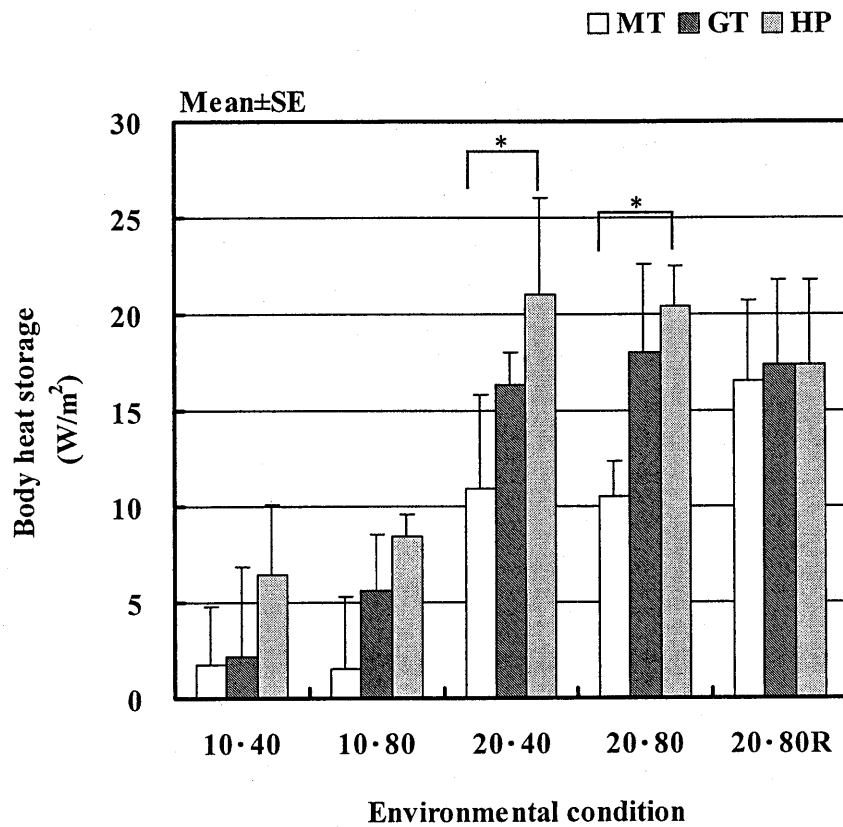


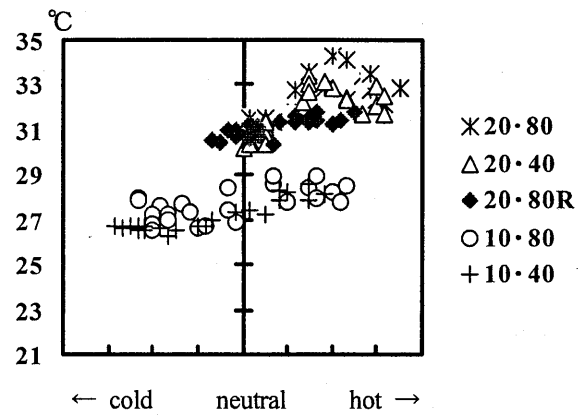
図 3-15 作業時における貯熱量の比較 * : $p<0.05$

3.3.7. 被服内気候と主観申告値の相関

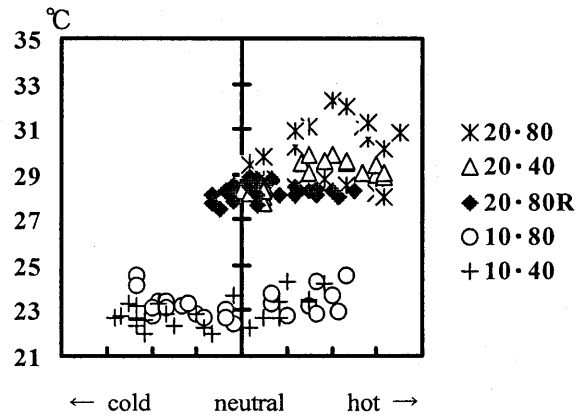
図 3-16 は 3 箇所（首、手首、足首）の被服内温度と体幹部温冷感との相関関係について、また、図 3-17 は 3 箇所（首、手首、足首）の被服内絶対湿度と、各々に対応する身体部位での蒸れ感との相関関係について示したものである。さらに表 3-11 に相関係数について示した。

被服内温度と体幹部温冷感の関係についてみると、両者は正の相関関係にあることが分かる。なお温熱的中立点における被服内温度は、低温条件では約 26℃、中温条件では約 30℃、散水条件では約 28℃である。被服内絶対湿度と背部蒸れ感の関係についても、正の相関関係が認められた（表 3-11）。

ブラジャー中央部の温度



胸部Tシャツ外衣間の温度



背部Tシャツ外衣間の温度

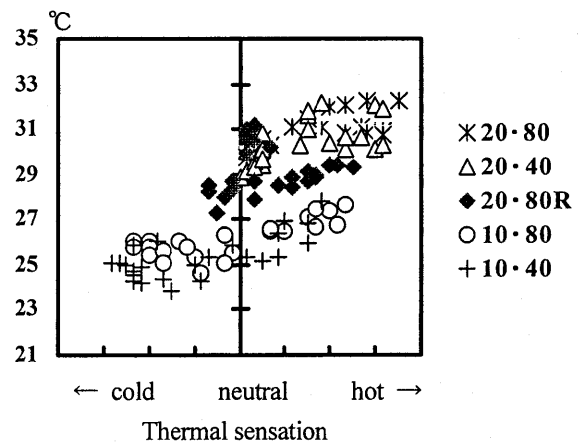
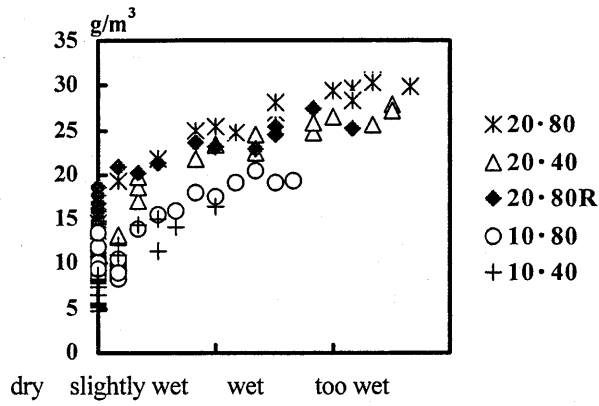
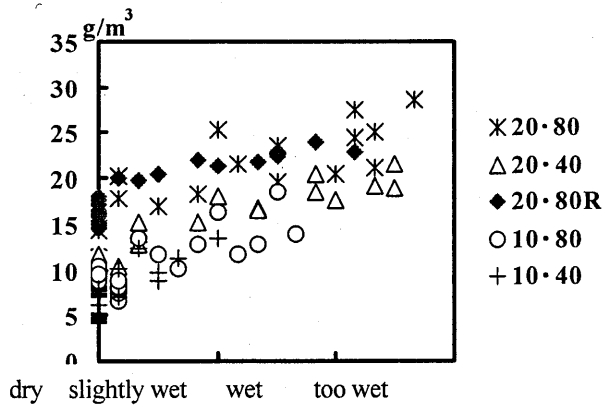


図 3-16 被服内温度 (縦軸) と体幹部温冷感の相関

ブラジャー中央部の絶対湿度



胸部Tシャツ外衣間の絶対湿度



背部Tシャツ外衣間の絶対湿度

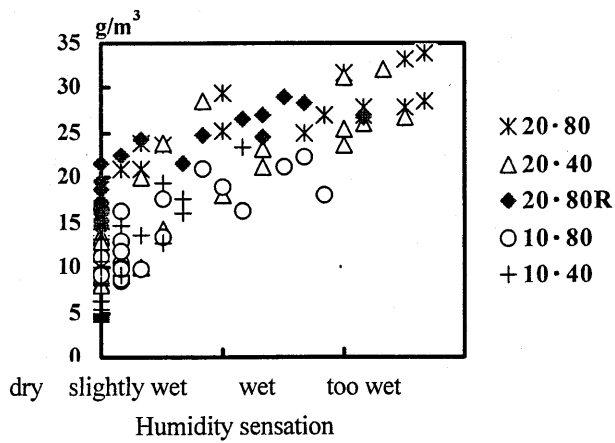


図 3-17 被服内絶対湿度 (縦軸) と
蒸れ感 (上・中段: 胸部蒸れ感、下段: 背部蒸れ感) 相関

表 3-11 被服内気候と主観申告値の相関係数

環境条件	被服内気候測定部位	体幹部温冷感	胸部蒸れ感
10・40	1ch. ブラジャー中央部	0.898**	0.868**
10・80		0.618**	0.912**
20・40		0.708**	0.931**
20・80		0.636**	0.949**
20・80R		0.801**	0.907**
		体幹部温冷感	胸部蒸れ感
10・40	2ch. 胸部Tシャツ外衣間	0.517**	0.832**
10・80		0.101	0.798**
20・40		0.655**	0.933**
20・80		0.317	0.898**
20・80R		0.095**	0.890**
		体幹部温冷感	背部蒸れ感
10・40	3ch. 背部Tシャツ外衣間	0.698**	0.831**
10・80		0.770**	0.840**
20・40		0.609**	0.852**
20・80		0.672**	0.899**
20・80R		0.167	0.872**

df=22, *:p<0.05 **:p<0.01

3.4. 考察

従来の透湿性素材に関する被服衛生学あるいは生気象学的研究では、酷暑あるいは酷寒について検討されることが多かった。一方、本研究では10°Cあるいは20°Cといった、しのぎやすい温度条件を設定したことが特色となっている。ちなみに理科年表（国立天文台、1998）によれば、東京における月別平均気温は4月14.1°C、5月18.6°C、10月17.6°C、11月12.6°Cである。さらに月別平均相対湿度は、最低値は1月50%であり、最高値は7月76%となっている。以上より今回設定した4種環境条件は、我が国の関東地区における春秋の気候の影響を捉える上で適切であったと判断される。

さて、雨天時における対処法として、第一に傘を用い衣類に直接水滴が当たらないようにする方法がある。第二に登山やスポーツあるいは野外作業時にみられるように、防水性衣料に頼る方法がある。こうした外衣の濡れを伴わない状況と、外衣が濡れる状況では、被服内気候あるいは生体への影響等は異なることが予想される。

そこで本研究では、人工気候室内において雨天を模すという条件を加えた。そのため事前に感電対策、実験器材の防水処置、使用した水の排水処理等の諸問題を解決する必要があった。なお、水滴の大きさ、水温および水量などが、実際といかに合致しているかといった問題がある。さらに野外にあつては日射、風、雪といった様々な要素が加わる。しかしながら、再現し得る実験条件を設定することによって事象の解明が進む。すなわち、今回、実際に散水実験を遂行したことに意義があると考えている。

被服条件に関して特筆すべきことは、3種素材による外衣は、全く同一のデザインとなるよう特別に縫製されたことである。なお目視的には3者を区別することは困難であった。手触りにおいてGTは他の2者よりやや硬い感がするものの、3者における着心地は極めて類似していた。また被験者には全試行を通じて、3種素材の区別を認識させないよう配慮した。以上より、素材の物性の違いが生理・心理面に及ぼす効果について、高い精度で捉え得たものと思われる。

2種の透湿性防水素材（MT、GT）と1種の非透湿性防水素材（HP）の透湿度の比率は、気温30°C相対湿度80%環境下において各々28対25対3（1：0.89：0.11）であった（表3-4）。透湿性の高い素材の方が温熱ストレスを低減させる効果の高いことは予想され得るのであるが、実際に同一デザインの外衣をヒトが着用した場合、物理的指標をはじめ生理

・心理的指標において、どの程度の差異がもたらされるのか興味もたれた。

もしも MT と GT 間において、特筆すべき効果が認められないならば、これらの二者択一に際しては、ケア、コスト、あるいは嗜好といった面について検討すればよいことになる。ケアの面に関しては、MT および GT に透湿性をもたらしている微小な孔は、汚染あるいはすすぎ不足に伴う溶剤の残留によって機能低下が生じる恐れがある。こうした被服整理学領域における特性も、選択に際して重要な要素となる。一般に非透湿性素材からなる外衣はコスト面において有利である。よって、透湿性素材との間で、差異を生じない条件の範囲が求められれば、適切な使用条件について提言できることになる。

本研究の運動負荷における特徴は、30 分間にわたる漸増負荷での踏台昇降作業を行わせたことである。これの理由は、運動負荷の増大および時間経過に伴い、生体側の温熱ストレスも増加するが、一定の様式で漸増させれば、直腸温あるいは被服内気候といった指標の挙動から、素材間の違いが明らかにされ得るのではないかと考えたためである。その結果、被服内気候あるいは平均皮膚温は、低温あるいは低湿条件ほど、遅れて増加する現象が観察された。なお、被服内湿度の推移から、発汗潜時を捉えて比較することを試みたが、特定の傾向は得られなかった。

結果を総括すれば、透湿性素材は非透湿性素材より、温熱ストレスの低減効果が高く、さらには同じ透湿性素材であっても、MT の方が GT より温熱ストレスの低減効果が高かった。すなわち、被服内温度および絶対湿度（表 3-5）については、MT と HP 間および GT と HP 間に有意差が認められた。また平均皮膚温（表 3-7）、貯熱量（図 3-15）、あるいは末梢部における主観申告（表 3-9 および表 3-10）において、MT と HP 間にのみ有意差が認められたことは、MT は GT よりも温熱ストレスの低減効果があることを意味するものであるといえる。

これまでも透湿性の異なる素材からなる外衣について比較検討した研究例は多いが、本研究と同様に、被服内気候の温度あるいは湿度の低下に透湿性素材が貢献することが示されている。

例えば Hirabayashi et al. (1995) は、暑熱下 (30°C RH50%) において透湿性の異なる 2 種（一方の素材の透湿度を 1 とすると他方は 0.7）農薬散布用防除衣着用時の影響について比較した。作業負荷によって被服内絶対湿度は上昇し（最終的には各々 32 および 36g/m³）、両者間には有意差 ($p < 0.05$) がみられた。本研究では 2 種の透湿性素材の透湿度の比は 1 : 0.89 であり、かつ被服内湿度の増加度も小さいものであった。そのため両素材間の差異

はわずかな水準にとどまったものと考えられる。

また、大野ら (1987) は農薬散布服について、運動時 (踏台昇降作業 20 分間、RMR 5.75) の生理・心理的影響を観察している。なお環境条件は 26°C 相対湿度 50% であり、5 種の異なる素材と 2 種のデザインが比較された。同一デザインの場合、透湿性の優れる素材と、これが極めて劣る素材について平均皮膚温の上昇度の比較では、前者は約 1.2°C であるのに対し後者では約 1.7°C であった。本研究においても同様に平均皮膚温については透湿性素材における有効性が認められた。

以上より、被服内気候あるいは平均皮膚温については、素材の物性による差異が現れやすいと判断される。

深部体温あるいは心拍数などの生理的指標は、厳しい温熱ストレス下であれば、素材差が現れやすい傾向にあるといえる (Jette, et al. 1992; Aoyagi, et al. 1994)。しかしながら、本研究のような軽ないしは中程度のストレス下では、必ずしも素材の効果が出現するとは限らない。

前記 Hirabayashi et al. (1995) によれば、素材差の影響は直腸温については認められない。また、清水ら (1989) による報告も同様である。この研究では成人男子 5 名を用い、透湿性の異なる 3 種素材からなる外衣着用時の被服内気候について検討が行われた。3 種素材の内、2 種は本研究の GT と HP とほぼ同等である。室温約 21°C 相対湿度約 61% 下において 15 分間の一定強度の作業 (約 65% Vo_2max) が行われた。その結果、透湿性素材がもたらす被服内温湿度の低減効果が認められる一方、心拍数あるいは舌下温には有意差が生じなかった。

本報の女性被験者の最大酸素摂取量を小宮ら (1988) に従い 2000ml/分とすれば、最終段階での作業強度は約 70% Vo_2max となる。我々は漸増負荷様式としたものの、よく類似した実験条件であるといえる。

生理的指標には身体形状、呼吸循環機能、発汗機能、生体リズムといった諸要素が総合的に関与する。さらに種々の作業条件あるいは環境条件等が組み合わされるとき、衣服素材がもたらす温熱効果の違いは、色々な様相を呈するのであろう。

鈴木 (1932a~e) の研究報告以来、快適な衣服最内層の気候は温度 33°C、相対湿度 55% といわれている。ちなみに絶対湿度に換算すれば、気温 24、27 および 30°C では各々約 12.5、15.0 および 17.9g/m³ となる。本研究結果では環境条件に拘わらず被服内温度は 33°C 以下であった (図 3-6~図 3-8)。HP について被服内湿度の推移をみると (図 3-6~図 3-8)、

相対湿度 55%以下を保つ作業開始以後の期間は、環境条件 10・40、10・80、20・40 および 20・80 において、各々 15、15、10 および 5 分となる。なお作業開始後の 5 分、10 分、および 15 分に相当する RMR 値は、各々約 3.3、3.7、および 4.1 となる。これら諸条件の範囲内にあっては、温熱特性において、非透湿性素材は透湿性素材に十分、伍し得ると考えられる。

条件 20・80 における作業最終段階での MT、GT、HP の各々の貯熱量 (図 3-15) は、10.5、18.1、20.4 W/m² であり、これと同時期の作業最終段階における体幹部温冷感 (図 3-13a) および胸部および背部蒸れ感 (図 3-14a) は各々「非常に暑い」および「非常に湿っている」状態にあった。透湿性素材といえども通気性は乏しい。よって改善をはかるとなれば、換気を増す工夫が考えられる。

Vogt (1983) は被服によるポンピング効果について指摘している。Vokac et al. (1973) は、作業強度が増すことによって踏台作業による人体の上下運動が激しくなるため、被服のわずかな開口部を通して換気が大きくなり放熱が促進されるという見解を示した。また Henane et al. (1979) は、GT 製防護服着用時に 45°C 下で中強度作業を行わせた時の貯熱量は 19 W/m² であり、これに強制的な換気を加えるとその値は半減したことを報告している。

通常、雨滴や衣服についた水滴は上方から下方へ移動する。よって一般に雨衣の上部は塞ぎ、下部は開放して換気を促進する構造となっている。今回、実験に用いた雨衣はセパレート型であるため上衣の下縁からの換気が可能であり、また、踏台昇降という作業様式はポンピング効果の促進に貢献したことであろう。つまり、透湿性、非透湿の違いに拘わらず、開口部および身体動作による換気効率に対する工夫は、快適な被服内気候形成に大きく関わっているといえる。

本研究の特徴のひとつは、実験室内において散水したことである。これにより、被服内気候 (図 3-6~3-8)、皮膚温 (図 3-12)、主観申告 (図 3-13 および図 3-14) の各指標において温熱負荷が小さくなる傾向が認められた。この理由については、散水による外衣表面部の冷却作用のため、熱伝導による熱除去効果がもたらされたと推察する。

実際の野外活動では、様々な気象条件の下、数時間から数日にわたりひとつの外衣の着用を続けることは多く、その間、身体の活動レベルも刻々と変化する。つまり環境条件と共に被服内気候も様々に変化するため、野外活動用の外衣の素材としては、非透湿性防水素材より透湿性防水素材が適用されることが、生体にとって望ましいといえるであろう。