

温熱環境と温冷感・人体反応に関する研究

Studies on thermal sensation and physiological response to thermal environment

代表研究者	横浜国立大学工学部教授	後 藤 滋 Prof., Faculty of Eng., Yokohama National Univ. Shigeru GOTOH
協同研究者	IBA 環境熱学研究所長 北海道大学名誉教授	射場本勘市郎 President, IBM Thermal Environment Research Inst. Emeritus Prof., Hokkaido Univ. Kan-ichiro IBAMOTO
	奈良女子大学家政学部助教授	磯 田 憲 生 Assoc. Prof., Faculty of Home Economics, Nara Women's Univ. Norio ISODA
	横浜国立大学工学部助手	川 島 美 勝 Assist., Faculty of Eng., Yokohama National Univ. Yoshikatsu KAWASHIMA
	豊橋技術科学大学教授	小 林 陽 太 郎 Prof., Toyohashi Univ. of Technology Yotaro KOBAYASHI
	昭和大学医学部助教授	田 中 正 敏 Assoc. Prof., School of Medicine, Showa Univ. Masatoshi TANAKA
	文化女子大学家政学部助教授	田 村 照 子 Assoc. Prof., Faculty of Home Economics, Bunka Women's college Teruko TAMURA
	京都大学工学部助教授	中 村 泰 人 Assoc. Prof., Faculty of Eng., Kyoto Univ. Yasuto NAKAMURA
	大阪市立大学工学部教授	成瀬 哲 生 Prof., Faculty of Eng., Osaka City Univ. Tetsuo NARUSE
	芝浦工業大学講師	南 野 健 Assist. Prof., Shibaura Institute of Technology Osamu MINAMINO
	大阪市立大学生活科学部教授	三 平 和 雄 Prof., Faculty of Sci. of Liv., Osaka City Univ. Kazuo MIHIRA
	昭和大学医学部教授	吉 田 敬 一 Prof., School of Medicine, Showa Univ. Keiichi YOSHIDA

1. Laboratory Studies on human response to thermal environment

Thermal sensations and physiological responses at rest or during pedalling on bicycle ergometer were measured with reference to differences between males and females. The differences of the rectal temperatures in female subjects between high and low ambient temperatures were smaller than in male subjects. On the contrary, the differences of the mean skin temperatures were higher than in male subjects.

The effects of variable air movement on skin temperature and thermal sensation of the subjects were experimentally investigated in summer. As the subjects, healthy young women (nude and sedentary) were exposed to different thermal condition in the climate room.

Physiological and Psychological effects of human body exposed to uneven air movements

mainly upon the lower part of the body were measured. A young adult with voluntary clothing (0.69~1.39 clo) was exposed to 15, 23 and 30°C air temperatures and 0, 0.5 and 1.0 m/s air movements, during 90~120 minutes at sedentary conditions.

The skin temperature distributions of 27 young women in shorts were studied at each air temperature (T_a) 22, 25, 28, 31 and 34°C using thermography. The whole and the regional mean skin temperature were calculated from a heat map as shown in Fig. 3 that was drawn up from 19 thermograms obtained at each T_a level.

The physiological response and clothing climate of male subjects worn clothings for protection against the cold, heat and fire or radioisotope were measured to a step change in ambient temperature or exercise.

2. Field surveys of thermal condition and human reaction in buildings

The thermal environments, thermal sensations of occupants and their clothing insulations in office buildings were surveyed both in Tokyo and in Osaka for 4 seasons. There was a relationship between room temperature or thermal sensation and insulation value of clothing in each season. The ranges of thermally environmental elements in thermally neutral zone were found from the results of these surveys with the ranges of clothing insulation.

Field survey on the seasonal changes of thermal sensation and clothing in women was carried out.

3. Studies on clothing function

The regional thermal resistance has been determined on the effect of combination of underwears in skirt style wearing and the experimental results have shown that the total clo value of each garment well fits to Nevin's equation. Next, A regional thermal resistance accompanied by the water vapor evaporation has been determined by using the wetted thermal manikin. A sportswear and onepiece dress different in their textile material have been discussed.

4. Measurements and analyses of thermal environment

The Vector Radiant Flux Meter capable of measurement of environmental radiant flux to a human body separately solar and long-wave radiation was completed and used in some rooms, and was found to be a useful device to measure and analyse the radiant field for a person.

The author has tried to make a back wetted card-type thermometer as a synthetic thermal environment indicator. It includes not only radiant wall effects, but also ambient aerial temperature, humidity and velocity. Furthermore, without any heater system, the card can easily indicate the human thermal sensation level under any clothing and working in connection with sex and age.

研究目的

人間-環境系の中で、温熱環境は生物体の生存に基本的にかかわるものであるから、環境要素の中でも根幹をなすものといえる。また、地球上の人類生息分布における温度範囲からみても、それが広く宇宙に存在する数千 k (恒星表面) ないし数千万 k (恒星内部) のうちの 80°C 程度のものであることを考へるとき、地球上における人間生存の温熱環境がいかに貴重なものであるかがわかる。

それゆえ一般室内環境を始めとして、労働環境、都市気候などにおける温熱環境の問題は重要

であり、その評価は的確に行なわれなければならぬ。それには生体固有の体温調節機序の存在とその特性を十分に考慮して行なう必要がある。しかしながら従来、労働環境や一般室内環境における温熱条件の問題は経済やエネルギー事情によって左右されやすく、人間-熱環境系として十分考察されずに断片的に取り扱われることが多い。また、他の環境要素に対する防護措置などによって温熱問題が軽視されたり、忘れられたりしてせっかくの措置などが機能しなくなることがある。そこで本研究においては、本邦の温熱関係研究者が結集協力して、広い分野にわたるテーマを緊密な

連絡のもとに研究を遂行し、温熱環境と温冷感・人体反応に関する基礎データを集積して、これをシステム論的に総合体系化しようとする。さらに、その成果に基づいて労働環境、一般暖冷房などにおける設計、維持管理上の基礎を確立しようとするものである。

研究経過・成果

人工気候室などによる実験室研究と実際の各種建物における現場実態調査（環境測定およびアンケート調査）とを併行して行ない、とくに作業強度、被服量、性差、年齢差、季節変化に着目してデータの集積をし、人体と温熱環境の系としてその取扱いを総合的にまとめる。以下に具体的な成果を記す。

1. 人体反応（生理・心理的）に関する実験的研究

1) 温冷感・人体反応の男女差について

従来、伝統的に男性の分野とされてきたスポーツの分野や職場にも女性の進出がめざましい。これにはただ性差についての漠然とした考えではなく、各々に適当とされる運動レベルや環境レベルについて確かなものを把握する必要がある。性差の明らかな違いは妊娠や分娩という種族保存の役割におけるものから、形態的にも生理的にも根本的に違っているところもみられ、これらが温熱ストレスに対しいかに対処し、反応するかは重要な点であろう。

ここでは20歳代の男・女各々5名を被験者とし、高温（35°C）、中性温域（25°C）、低温（15°C）の環境に暴露し温冷感・人体反応の性差について検討した。着衣は短パン、半袖シャツとし、各環境温下で20分間椅子坐安静の後、自転車エルゴメータ作業を5分間行なうというパターンを3回繰り返した。運動負荷は50, 75, 100Wの順とした。

安静時の心拍数は高温環境ほど高い値を示すが男女差はみられない。運動による心拍数の安静時レベルからの増加量は女性で高い値を示すが環境温による差は少ない。運動に伴い収縮期血圧は上昇するが、上昇の程度には男女差はみられない。拡張期血圧は運動に伴う変化は認められず、男女

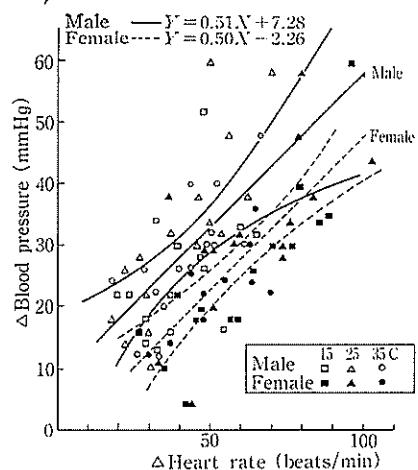


図1. 運動に伴う収縮期血圧の上昇度（ΔBP）と心拍数の増加度（ΔHR）の関係（男女別）

差も明らかでない。図1に運動に伴う収縮期血圧の上昇度（ΔBP）と心拍数の増加度（ΔHR）の関係について男女別の回帰直線と95%の信頼限界を示した。両群の回帰直線に傾きに差はみられず、高さにおいて男子が有意に高く、女子の運動に伴う心拍数の増加に対する血圧上昇の低いことが示された。

直腸温の気温別の経時的变化をみると、女子では気温25°Cでは全経過を通じて大きな変化はみられない。気温35°Cでは漸高傾向がみられ平均37.4°C弱を示している。気温15°Cの場合は漸次低下がみられる。男子の場合も女子の場合とほぼ同じ傾向を示しているが、気温35°Cでは女子よりやや直腸温は高い。95分間の実験最終時の気温35°Cと15°Cとの直腸温の差をみると、男子が女子より大きい差を示している。Hardy-DuBoisの7点法より求めた平均皮膚温（ \bar{T}_s ）の経時的变化をみると、女子では気温25°Cの場合 \bar{T}_s の変化はほとんどみられず32°C台を示している。気温35°Cの場合は \bar{T}_s は上昇がみられ、95分暴露により35.5°Cを示している。運動によって \bar{T}_s は高温時では上昇が、低温時では低下傾向がみられ、男子においてもほぼ同傾向がみられる。95分間暴露時の気温35°Cと15°Cとの \bar{T}_s の差を男女で比較すると、女子でやや差

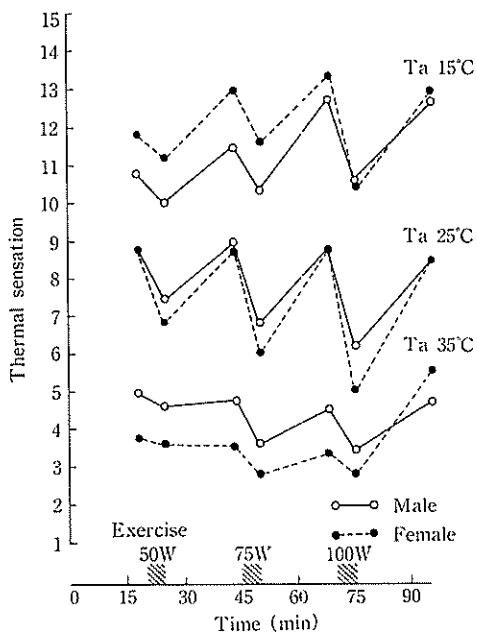


図2. 運動時の温冷感の経時的变化(男女別)

が大きく、直腸温とは異なった結果を示している。すなわち、女子では外殻部の気温による変化が大であり、核心部での変化は男子に比し小さい傾向がみられる。

図2に温冷感の経時的变化を示した。温冷感は15段階法によった。すなわち、①非常に暑い、③暑い、⑥暖かい、⑧どちらともいえない、⑩涼しい、⑬寒い、⑯非常に寒いなどである。気温25°Cで安静時には、男女とも「やや涼しい」から「どちらともいえない」であるが運動強度が強くなるに伴って暖かい側に申告し、「やや暖かい」から「暖かすぎる」といった程度の申告となる。気温15°Cでは、初めの安静時において女子の平均では「やや寒い」であるが、男子では「涼しすぎる」といった1ランクのレベル差を示している。運動によって暖かい側に傾くが、この場合も男子は1ランクのレベル差を示している。しかし運動強度が大きくなり、経時的に時間が長引くに伴って性差はみられなくなる。高温においても女子では安静時「やや暑い」であるが男子では「暖かすぎる」といった約1ランクの差がみられ、温冷感申告の程度からみると男子の場合が程度が軽

い。ただし、経時にみるとその差は少なくなる傾向がみられる。これらには体格や生理的な違いによって影響を受けるものと考えられる。(田中、吉田)

2) 変動気流の人体影響に関する実験

夏期において裸体椅坐安静状態の青年女子を被験者として、気流速度が周期的に変動する気流に暴露した場合の人体の皮膚温、温冷感および気流感に及ぼす影響について実験を行なった。実験は、奈良女子大学の人工気候室(1.9 m × 3.5 m × H 2.5 m, -10~40°C, 40~80%, 0.15 m/s)内に送風装置を設置して行なった。設定温熱条件としては、気温 25, 30, 35°C, 相対湿度 50% とし、気流は被験者位置での平均気流速度を 0.25, 0.5 m/s, 変動周期を 13, 53 s/c とした。送風装置は被験者前面 1.5 m, 高さ 1.2 m の位置に設置され、吹出口が周期的に上下に移動し、水平吹出時には気流が前額部に、50°下向き吹出時には足部に当たる。被験者には健康な青年女子 3~6 名(22~26才)を採用し、裸体椅坐安静状態で各設定気温・気流 0.1 m/s の条件に 1 時間暴露した後、変動気流に 60 分間(35°C)または 90 分間(25, 30°C)暴露した。測定項目は皮膚温 12 点、舌下温、温冷感(9段階)、快適感(7段階)および気流感(7段階)である。なお、平均皮膚温は Hardy-DuBois の 12 点体面積重み平均で求めた。実験は昭和 55 年 7 月~8 月に実施した。

舌下温は気温 30, 35°C ではほぼ 37°C で安定しているが、気温 25°C の場合には 90 分後に約 36°C まで低下し、気流が速いほど低下の度合が大となる。

皮膚温は気温 35°C では 34~36°C の範囲ではほぼ安定しているが、気温 25, 30°C では気温が低いほど、気流が速いほど低下している。気温 25°C の場合には変動気流暴露直後に皮膚温低下がみられ、四肢末梢部の低下が著しく、軀幹部でも気流が直接当たる胸乳部において大である。気流 0.5 m/s では暴露 90 分後には 27(足背)~34°C(前額)となっている。

平均皮膚温は気温 35°C ではほぼ 35°C である

のに対し、気温 25°C では終る時には $29.9\sim31^{\circ}\text{C}$ と変動気流暴露開始時から $2\sim3^{\circ}\text{C}$ の低下を示し、低温で気流が速いほど平均皮膚温は低くなる。

全身温冷感申告は平均皮膚温が 33°C 以下では寒い側の申告がみられ、 34°C 以上では暑い側の申告となっている。また、部位別温冷感で全身温冷感と最も相関が高いのは肩および腕の申告で、肩・腕を代表する三角筋皮膚温は平均皮膚温と近似した値と経時変動を示している。

気流感については、8項目に關して申告を受けたが、そのうち、強弱感と変動感では気流が速く周期が速いほど強く動きのある気流として感じられる傾向にあり、経時変化はほとんど認められない。これは、定速気流では時間経過に従い弱く感じるようになるのに対し、気流変動が皮膚感覚を刺激し続けることによると考えられる。(磯田)

3) 各種条件ならびに下半身に気流を受ける場合の人体反応

温熱環境条件が人体の生理的、心理的反応に及ぼす影響について、特に着衣・裸体の相違により、運動時・座業時の相違による各組合せの場合と、次に人体の下半身に対し不均等気流が当たる場合などについて、それぞれ皮膚温・温冷感・快適感などについて測定、または申告受けを行なった。

(i) 着衣(ほぼ 1.0 clo)と裸体時、自転車エルゴメーター 73.58 W と座業(椅坐)の場合、人体周辺気流が $25, 20, 15^{\circ}\text{C}$ で均等気流が 40 cm/s 以下の実験を健康な青年男子を被験者として、継続時間 $60\sim70$ 分として行なった。

(1) 平均皮膚温は一般に低下しているが、運動時の方が座業時に比して低下割合が大である。

(2) 運動時・座業時ともに、各部位皮膚温はいずれの場合でも、軸幹部が高く、足背・下腿が低い。

(3) 直腸温は、運動時には着衣・気温に關係なくおおむね 1°C 上昇し、座業時には気温レベルが低いほど低下している。

(ii) 風洞内下半身に対する不均等気流の人体反応実験

(1) 健康な青年男子を被験者として、気温 $15, 23, 30^{\circ}\text{C}$ 、気流 $0, 0.5, 1.0 \text{ m/s}$ 、暴露時間 $90\sim120$ 分として、皮膚温・温冷感・快適感を測定または申告受けを行なった。

(2) 足背など末梢部に近いほど、その温度変化が大である。

(3) 気温・気流 3段階ずつの組合せにおいては、おおむね末梢部に至るほど、軸幹部・大腿部に比して、気温の低下・気流の増加に従って皮膚温が低下している。

(4) 気温 15°C の場合、気流が $0\rightarrow1.0 \text{ m/s}$ と増加するに従い、平均皮膚温の低下は最大で 2.3°C となっている。

(5) 気温 23°C の場合、平均皮膚温は緩慢に低下し、最大で 1.0°C の低下となっている。

(6) 気温 30°C の場合、足背では比較的低レベルであるが、他部位ではほぼ一定で、舌下温が最高レベルである。

(7) 軸幹部の例として臍部の場合、実験中はとんどすべての皮膚温が上昇している。 15°C の場合、上昇度は最大で 2.3°C となっている。

(8) 大腿前、下腿前においては、大略温度は低下し、足背より小で、軸幹部と足背の低下状態の中間にある。

(9) 足背が高温環境から受ける上昇反応は頗著である。最大の場合 12°C も上昇している。

(10) 気温と気流の関係では、気流が増加するほど、温冷感申告が<寒い>方向へ移動している。

(11) 平均皮膚温と全身温冷感の関係、および膝下だけの平均皮膚温との関係はよく類似しているが、膝下部分の平均皮膚温のレベルは前者に比してほぼ 6°C 低い。

(12) 温冷感と快適感の関係では、前者の linear scale の中央付近<どちらともいえない>で快適感申告が最大となっている。(小林)

4) 各種温熱環境に対する皮膚温分布について
成人女子の裸体時を対象として、各種温熱環境に対する人体反応のうち特に皮膚温分布に焦点を絞り、その反応特性、個体差とその要因、温冷感との関連などについて検討を加えた。皮膚温の測

定には thermography を用い、分布を観察するとともに、これから読み取ったデータについて主成分分析を試みた。

被験者は 19~22 歳の女子 (27 名) で、あらかじめ $28.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の前室で 60 分間椅坐安静の後、気温 22, 25, 28, 31, $34 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 10\%$ の人工気候室に入室、120 分後に thermogram、および直腸温、酸素消費量、腎外水分喪失量、血圧、温冷感、快適感、身長、体重を採取・測定した。主な結果は次のとおりである。

(1) 気温の変化に対する皮膚温の反応特性

(1) 各気温における皮膚温の分布を 0.4°C 幅の等温線によってステップ表示し、気温変化に伴う分布パターンの変化を観察した。図 3 に気温

28°C の分布例を示す。

(2) 体表を図 3 に示す分割線で小区分に分割し、次式により全身および区別面積平均皮膚温を求めた。気温変化に対するそれらの変化を図 4

区分平均皮膚温 = (各等温帶の面積 × 等温帶の中心温度) の区分内総和 ÷ 区分総面積に示す。皮膚温の変化は大きく分けて、a) 気温 $22 \sim 28^{\circ}\text{C}$ 間での変動が比較的小さく (変化率 0.2 ~ 0.7)、 $31 \sim 34^{\circ}\text{C}$ 間で皮膚温の低下を示す頭部・軸幹部型と、b) $22 \sim 28^{\circ}\text{C}$ 間での変動が大きく (変化率 0.8 ~ 1.4) $31 \sim 34^{\circ}\text{C}$ 間でも上昇を続ける手・足部型の二つに分類され、いずれも気温 $28 \sim 29^{\circ}\text{C}$ 間に変曲点をもつ。

(3) 気温 $22 \sim 34^{\circ}\text{C}$ 下のデータを total で分

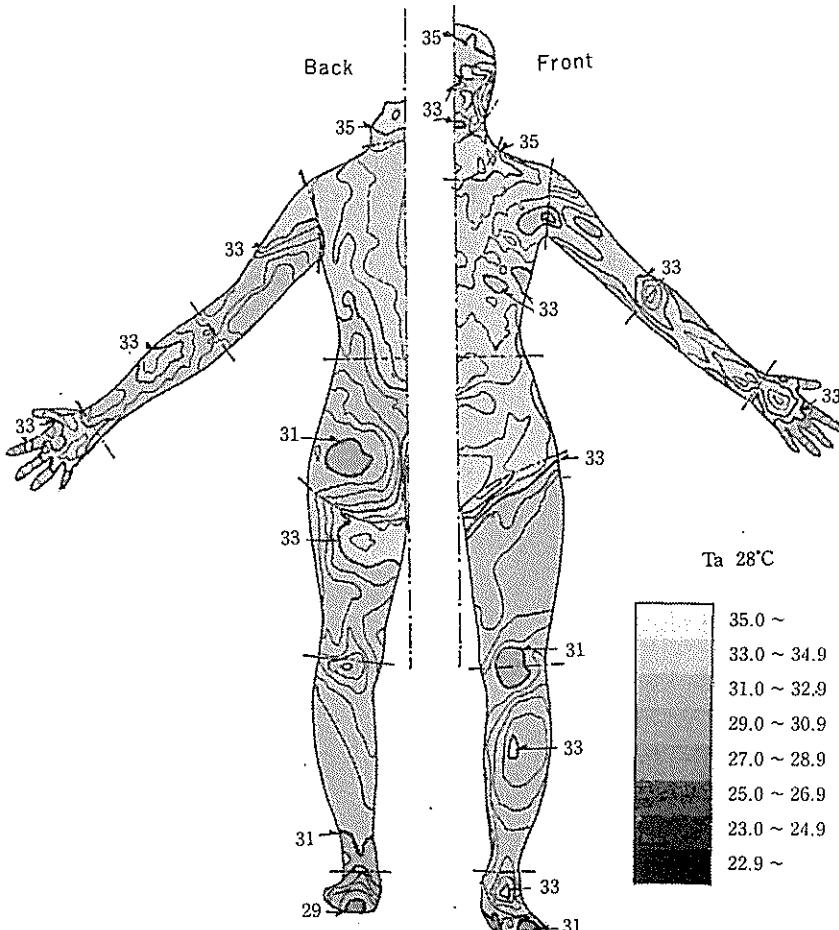


図 3. 気温 28°C における皮膚温分布例 (女子)

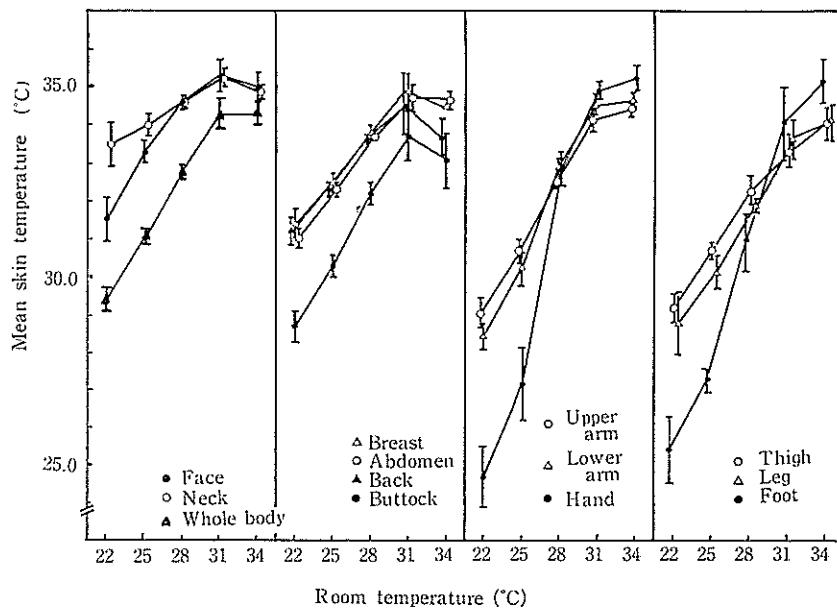


図 4. 全身および区別平均皮膚温の気温による変化

析すると、温冷感は皮膚温と中程度以上の相関を示し、特に平均皮膚温とは $r=0.90$ 、手指、足趾とは $r=0.91$ の高い相関性を示した。

(4) 温冷感の中立点は 28.3°C であった。この気温は皮膚温変化の変曲点と近似し、このとき、上・下肢皮膚温は、付根から末梢への温度勾配が（-）から（+）へ逆転する中間の均一な状態にあった。

(ii) 同一気温下での皮膚温分布の個体差

(1) 皮膚温分布の個体間変動要因を探り、分布型を類型化する手段として、皮膚温の主成分分析を試みた。図 5 は、第 I～第 III 主成分における各測定点の因子負荷量を気温別に図示したものである。これをもとに各主成分を解釈すると、第 I 主成分は全身皮膚温の温度 レベルを表わす因子、第 II 主成分は軀幹部と手足部皮膚温の高低関係を表わす因子と考えられる。因子負荷量の絶対値には気温による変化がみられるが、定性的には再現性が認められる。第 III 主成分は気温により著しい差がみられ、低温下では上・下肢の関係、高温下では軀幹部と腕・脚部の関係を示す。各主成分の全変動に対する寄与率は気温により異なり、 31°C 下では最大、 25°C 下で最小の値を

示す（表 1 参照）。

(2) 各個体の第 I～第 III 主成分値を求め、これとローレル指数、腎外水分喪失量などとの相関を求めた。表 2 の結果に示すとおり、第 I 主成分は、低温下においてはローレル指数と、高温下においては腎外水分喪失量と各々負の相関を示し、身体冷却域では肥満度、すなわち皮下脂肪量が、また蒸発調節域では発汗量が皮膚温の個体差要因であることがわかる。

(3) 同一気温下では、温冷感と皮膚温はほとんど無相関を示し、同一条件での温冷感の個体差は、皮膚温の高低では説明されないことが明らかとなった。（田村）

5) 体温調節系の特性と温熱環境評価

——防寒服、防火服、放射能防護服の

性能について——

熱環境の評価は、生体固有の体温調節系の存在とその特性を十分考慮してなされなければならない。そのためには、「人間の体温調節系の特性」を総合的に把握することが必要である。本研究では、この「人間の体温調節系の特性」のデータを裸体時、性差、年令差、季節差などに注目して集積してきた。そして被服着用時の特性として、全

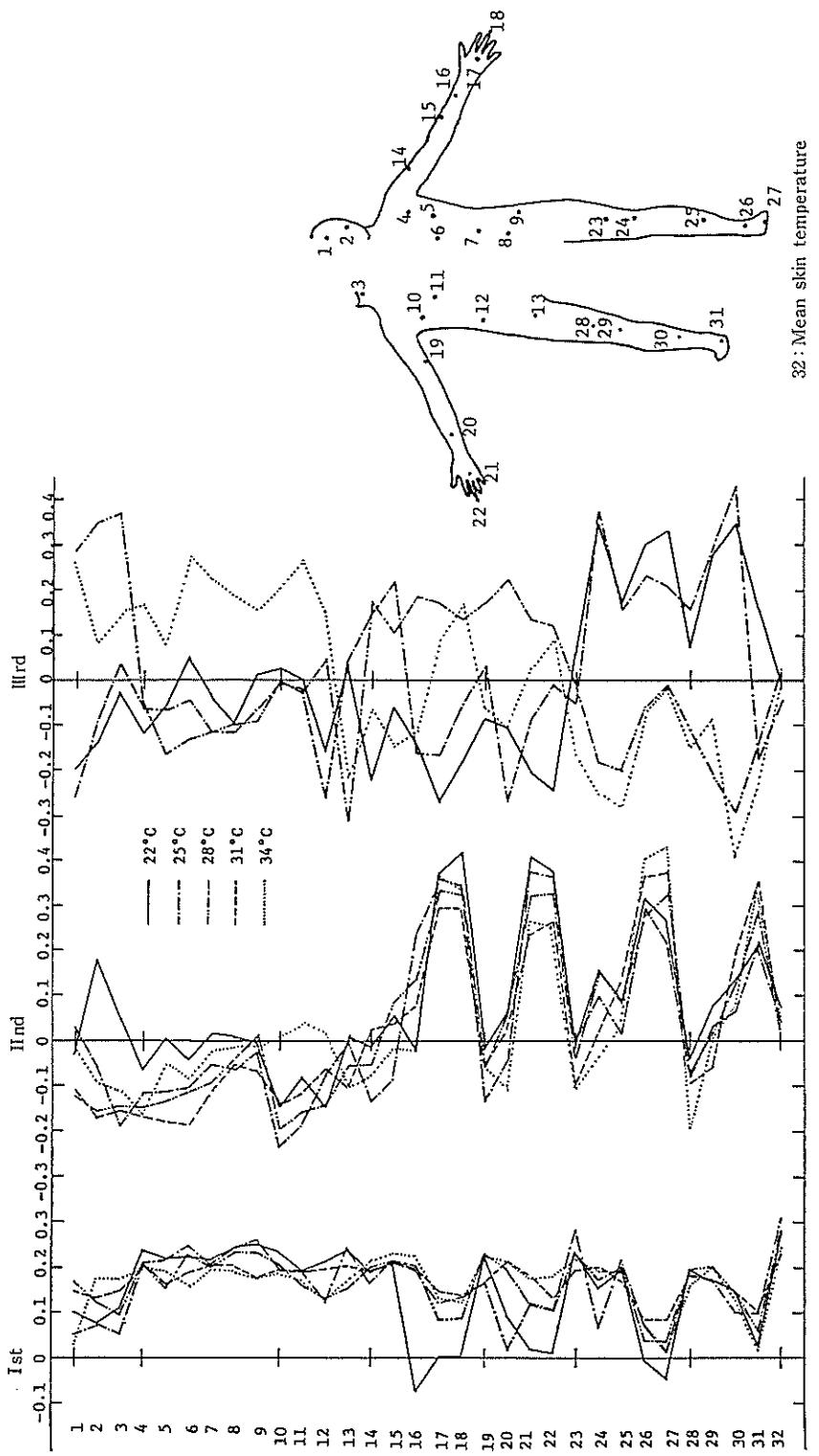


図 5. 第 I~第 III 主成分における各測定点の気温別因子負荷量

表 1. 第 I~第 III 主成分の全変動に対する寄与率

P.C.	Ta	22°C	25°C	28°C	31°C	34°C
I		36.53	29.41	39.81	53.54	45.88
II		12.50	16.84	18.29	17.19	13.27
I+II		49.03	46.25	58.10	71.72	59.15
III		10.44	8.47	8.41		12.59
I+II+III		59.47	54.72	66.51		71.74

表 2. 第 I~第 III 主成分値とローレル指数、腎外水分喪失量との相関係数

Principal Component	Rohrer Index	Weight Loss
I st	22(°C)	-0.776
	25	-0.462
	28	-0.388
	31	+0.225
	34	+0.326
II nd	22	-0.062
	25	+0.204
	28	+0.252
	31	+0.453
	34	+0.253
III rd	22	+0.212
	25	+0.265
	28	+0.058
	31	—
	34	+0.038

身を一様な布地で覆った「一様被服」および、女子が一般に着用していると考えられる標準的な夏服、合服、冬服の着用時について測定してきた。今回は、これらの基礎的なデータを応用して特殊環境および特殊服について検討したものである。

(i) 特殊環境作業と特殊服について

高温あるいは低温などの特殊環境作業においては、通常の被服では人体を十分に保護しえない。そこで防寒服、防火服などの特殊服が使用される。これらには他に放射能防護服、気密服、潜水服、耐酸服、航空服、宇宙服など、種々の特殊環境、特殊作業に応じた特殊服がある。これらの特殊服はその特殊性能を満たすために、一般に膨大になるため、作業性、衣服気候特性が低下し、種々の問題が生じてくる。

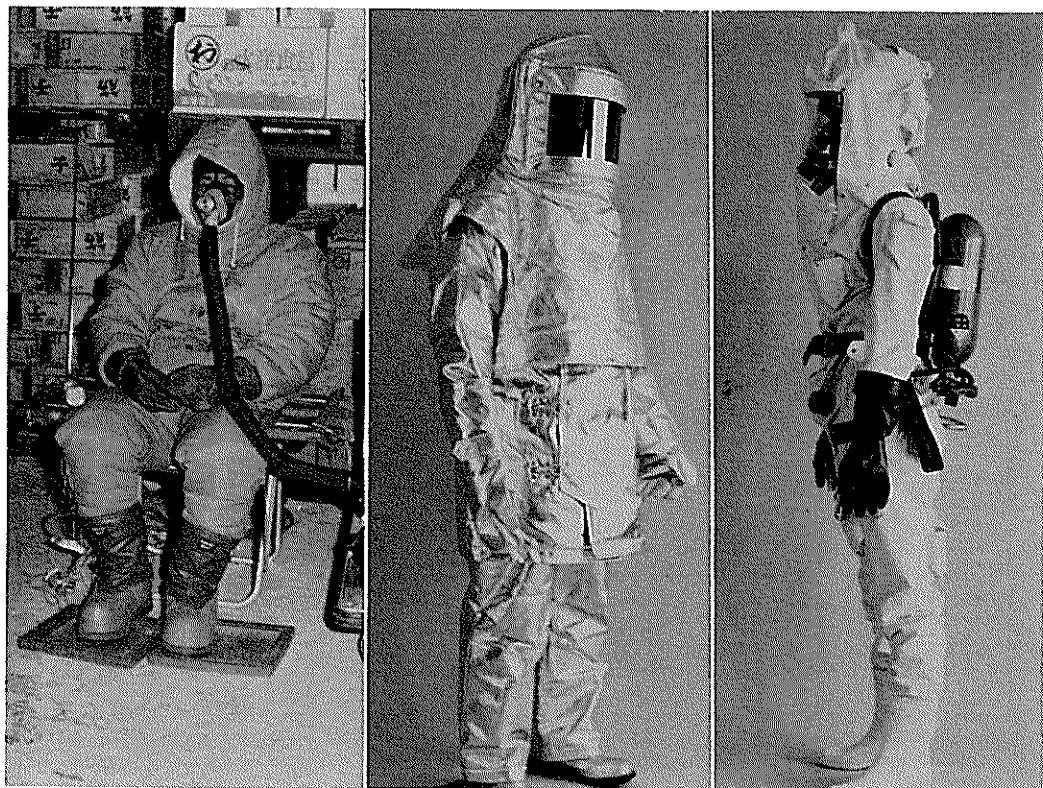
したがって、これらの特殊服はその着用目的である特殊性能はもちろんのこと、作業性、衣服気

候特性などについて十分調査した上で、使用されることが望ましい。しかしながら、現状では、防寒服、防火服においてもその性能について不明のまま使用されている。これらの性能の測定法、表示法、標準化などが検討されなければならない。

特殊性能については、その特殊服ごとに固有の調査が必要であるが、衣服気候特性、作業性は共通の問題であるので、広く「特殊環境作業と特殊服」として体系的に調査することとし、防寒服、防火服および放射能防護服について着用実験を行なった。(図6参照)

(ii) 防寒服の着用実験

実験は-35°C の超低温倉庫にて行なった。広さ 1,260 m²、天井高 4.2 m の一角を用いた。被験者は前室(約 5°C)にて椅子安静の状態で約 60 分経過させた後、-35°C に設定された超低温室内に移動し、前室と同様の状態を保った。被験者は健常男子 4 名、女子 5 名であり、低温室内に滞在した時間は約 60~120 分であった。運動負荷はトレッドミルにて荷した。測定項目は、皮膚温、耳内温、直腸温、代謝産热量、脈拍、呼吸数、血圧、温冷感、不快感などである。図 7 は内部温、皮膚温の測定結果の例であり、(a) は男子被験者、極地用防寒服着用時のもので(b) は同じ被験者のスキー服着用時のものであり、超低温室で 120 分滞在し、のち前室に出て回復を 60 分間記録した。(c) は防寒作業服のもので、120 分後からはトレッドミルにて運動を荷した。末梢部の温度がある程度下がると急激に反転して増加していく場合があり、足からくる場合と手からくる場合とがあり必ずしも一致しない。末梢血管の拡張の機序の問題で興味ある今後の課題である。また、末梢部の保温の重要性が認識された。防寒服については、防寒性能の測定法、表示法の検討が緊急な課題である。



(a) 極地型防寒服

(b) 消防用特殊防火衣

(c) 密閉型放射能防護服

図 6. 着用実験を行なった特殊服の例

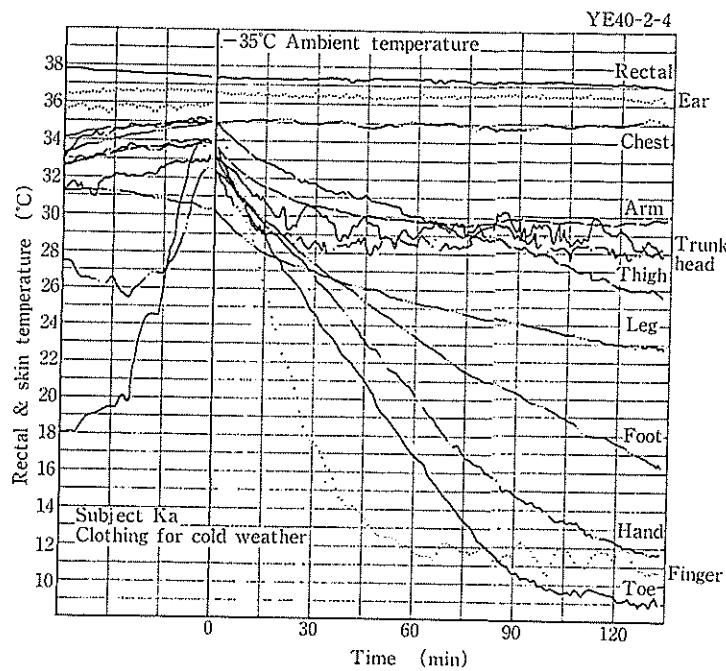
(iii) 防火服

消防作業用防火服、火災避難用保護衣類、あるいは製鉄所の炉前作業で用いる防熱服などは、高熱環境から人体を保護することが主な目的であるが、従来これらの衣服に用いられる布地の耐熱性についての試験基準は一応あるものの、本格的な防熱服の性能試験はほとんど行なわれていないのが実情である。消防活動などの安全のためにも防火衣の性能を把握することが必要である。今回は、石油コンビナート火災などで使用される特殊防火衣の衣服気候特性について若干の実験を行なった。特殊防火衣は、東消型の通常作業衣の上に着用した。人工気候室内での測定と、模擬火災実験を行なった。被験者は 21 歳の健康男子であり、約 20°C の前室にて 1 時間椅子坐安静の後、人工気候室内に移動し 30 分安静とし、その後トレッドミルにて 30 分の軽作業を荷し、5 分休み 30

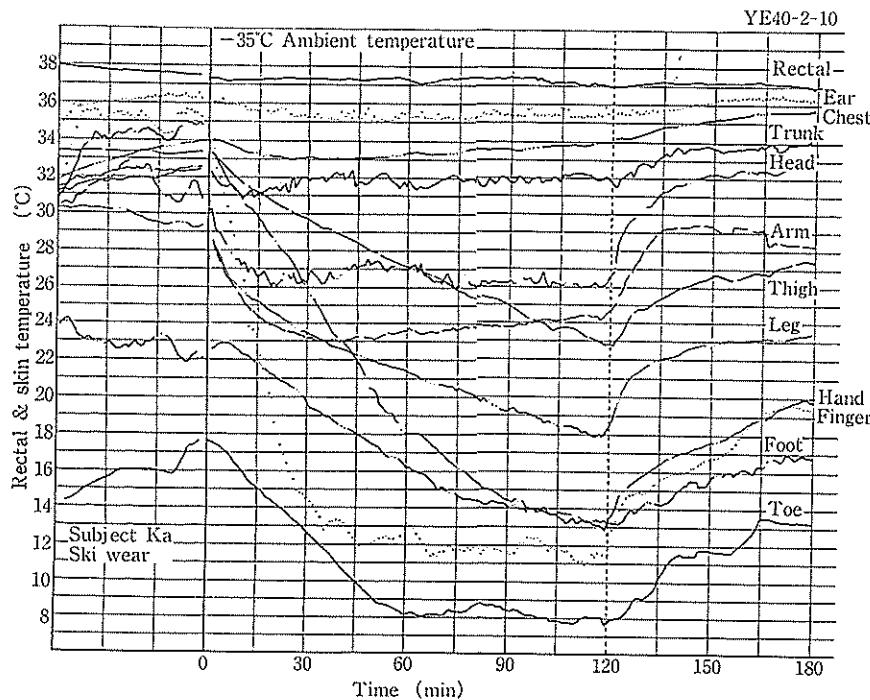
分運動を繰り返した。また、正面から赤外線ランプを照射し放射熱の影響をみた。測定項目は防寒服の場合とほぼ同様である。気温 20°C でも作業開始後約 1 時間で直腸温は 38°C 以上となり、被服内湿度も 90% を越した(図 8 参照)。模擬火災実験は屋外で行ない、オイルパンに満した灯油を燃焼させた。測定項目は人工気候室実験と同様である。被験者に放射される熱量は試作した熱量計によって測定した。これらの実験から特殊防火衣の衣服気候はかなり悪化する。換気あるいは冷却装置を組み込んで負担を軽減する必要があるようと思われる。しかし最も大切なことは、防火服の防熱性試験を実施しその使用限界を明確にして、作業管理基準を確立することである。

(iv) 放射能防護服

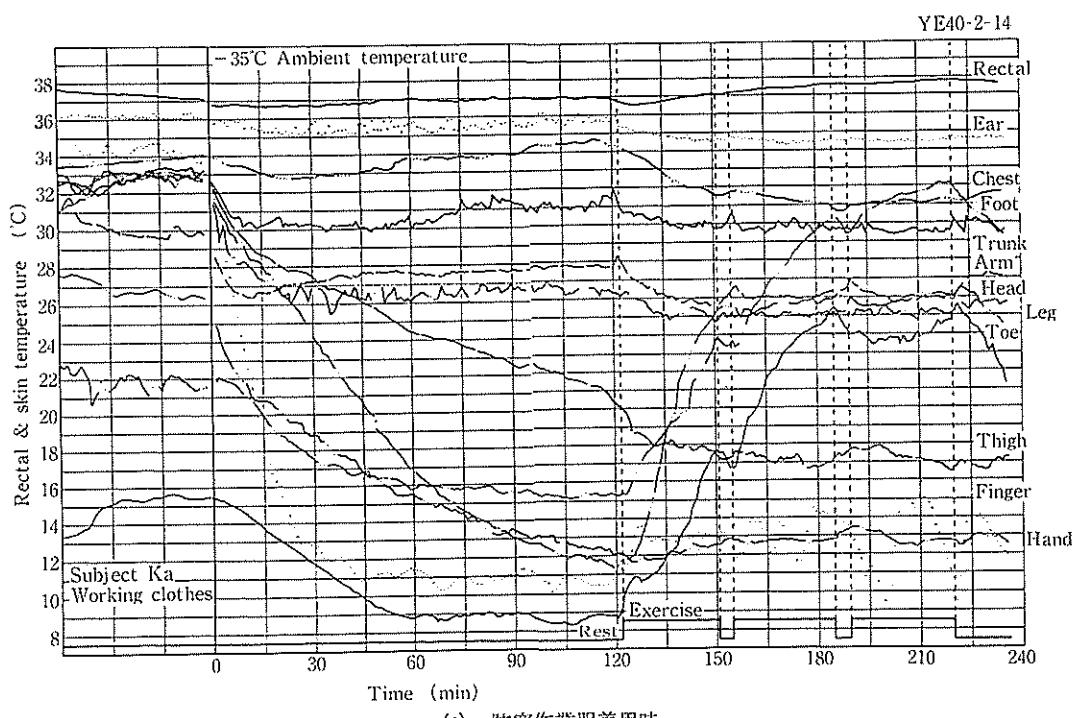
原子力発電所における保守点検作業では放射性物質の体内摂取防止の観点から、放射能防護服、



(a) 極地型防寒服着用時



(b) スキー服着用時

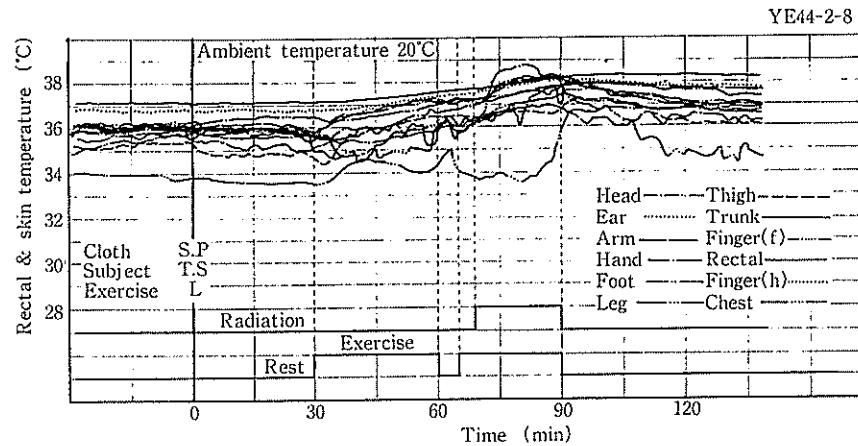


(c) 防寒作業着用時

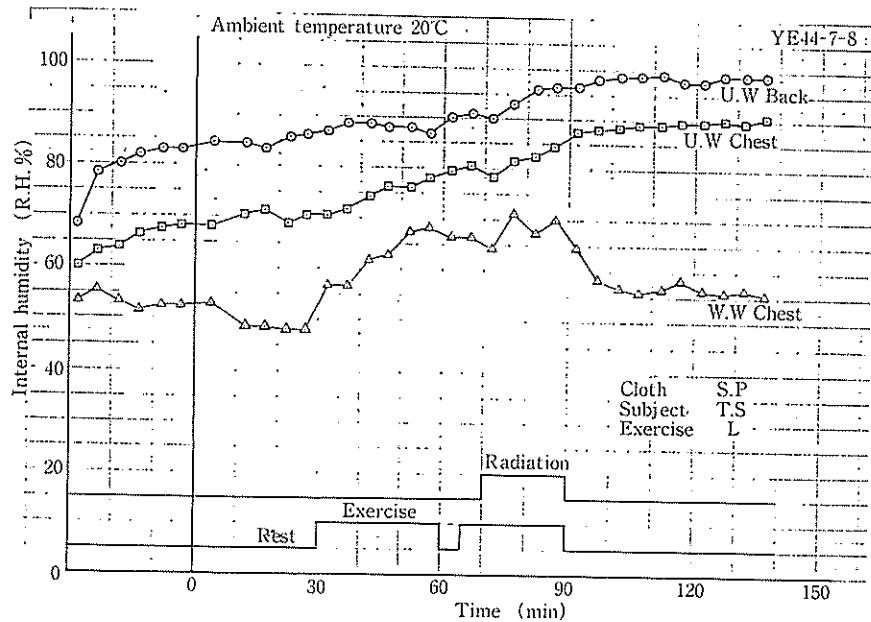
図 7. 各種防寒服着用時の内部温および皮膚温

防護マスクなどが用いられている。このため、原子力発電所における作業は一般の作業と異なり、被服衛生学的には、過重な被服の着用を強いられている。いわゆる高温暑熱環境ではなくても、被服内気候は、かなり悪条件になる場合も考えられる。この負担のために防護服の着用がおろそかに

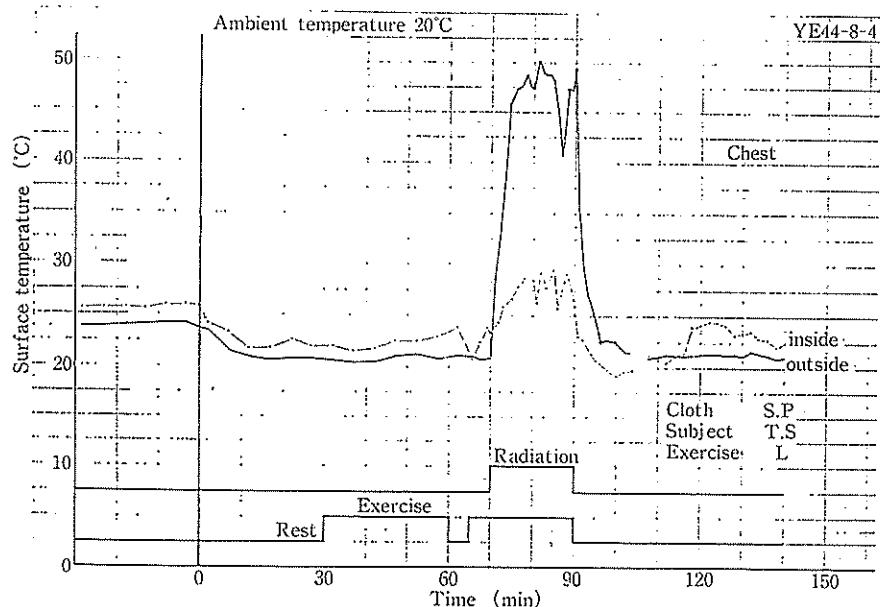
なったりすると、本来の放射能防護にも悪影響を及ぼす結果になる。そこで、原子力発電所における作業管理では、被暴線量による管理の他に、衣服気候特性によって決まる熱的負担による管理が必要であると思われ、熱的負担の少ない防護服の開発および補助具の開発が望まれる。



(a) 内部温および皮膚温



(b) 被服内湿度



(c) 被服内外表面温度

図 8. 特殊防火衣の着用実験例

これらのためには、防護服の衣服気候特性を測定し、作業管理基準を設定するための資料を集積することが必要である。我々は着脱性、作業性とともに防護服の衣服気候特性の検討を行なった。

実験に使用した防護服は、密閉型防護服、送風型防護服、自給式フード付ブラウス、簡易防護服の4種である。実験は人工気候室にて行ない、被験者は健康男子3名で、時間経過は気温・湿度約28°C、50%の前室で、防護服を着用し、閉眼、椅坐、安靜で約60分経過させたのち、一定条件の人工気候室内に移動させて、安靜時は同じ状態で約180分経過させ合計240分間の状態を記録採集した。測定項目は防寒服などと同様であるが、作業は踏台昇降によった。これらの実験により、種々の事柄を考察あるいは演繹できる多くのデータが得られた。衣服気候特性の要点をまとめると、簡易防護服では発汗の蒸散を全く抑えられてしまうため、衣服気候はかなり悪化する。密閉型防護服ではボンベなどの荷重が加わるため更に悪くなる。使用限度は気温20°C、軽作業程度とみられる。送風型防護服では、送風によってかなり改善される。自給式フード付ブラウスにも送風の効果がみられた。

(v) まとめ

温熱環境の諸問題を考察するためには、生体固有の特性を具体的に測定把握していかなくてはならない。防寒服、防火服などの身近かにあるもので、その性能が不明のまま使用されている。これら労働衛生学的諸問題の遅れを取り戻さなくてはならない。(後藤、川島)

2. 温熱環境の現場実態調査

1) 温熱環境と温冷感・着衣量に関する現場実態調査

—事務所建築・関東地区調査—

事務所ビルにおける温熱環境と在室者の温冷感および着衣量の関係を明らかにするため、東京都内の4か所のビル(D.S., T.S., D.C., T.K.)で実態調査を行なった。調査は、D.S.ビル、T.S.ビルでは春期、夏期(冷房)、秋期、冬期(暖房)の4期について、D.C.ビル、T.K.ビルでは夏期(冷房)について、各々3日間ずつ1日4回、

室内温熱環境条件の平面分布(温湿度、気流速度、グローブ温度)を測定し、同時に温冷感、快適感、着衣状況などについてアンケート調査を在室者に対して行なった。調査対象者数および延べ人数を表3に示す。なお、D.S.ビルでは設定室温を任意に変えることができたので広い室温範囲で調査を行なえたが、他の3ビルでは設定室温を狭い範囲内でしか変えることができなかつた。

調査結果から温冷感のカテゴリースケールで「5. どちらともいえない」にその両側のスケール「4. やや涼しい」と「6. やや暖かい」とを含めて「普通」の申告、「2. 暑い」にその両側のスケール「1. 非常に暑い」と「3. 暖かい」を含めて「暑い側」の申告、「8. 寒い」にその両側のスケール「7. 涼しい」と「9. 非常に寒い」を含めて「寒い側」の申告とし、各ビルにおける「暑い側」「普通」「寒い側」の申告率と室温およびグローブ温度の関係を季節別・性別に求めた。このうち、D.S.ビル女性の夏期と冬期の結果を図9~12に示す。夏期では、「暑い側」「普通」「寒い側」の申告ともグローブ温度が室温よりも1~1.5°C程度高い温度でほぼ同様の申告率を示した。他の季節でも、夏期ほど顕著ではないが同様の結果が示されている。他のビルにおいても同様である。したがって、実際のビルにおいては、放射熱の影響を十分考慮しなければならない。また、政府機関によって示されている省エネルギーのための設定室温は夏期冷房時28°C、冬期暖房時18°Cであるが、図9~12よりこの温度では夏期においては室温で80%が「暑い側」の申告をし、冬期では室温で100%が「寒い側」の申告をする結果となる。他のビルにおいてもほぼ同様の結果が示されている。したがって、政府機関によって示されているこの設定室温は、再検討が必要である。

「普通」の申告をした調査対象者の室温、グローブ温度、相対湿度、気流速度、着衣量の分布より上下それぞれ20%を除いた範囲を快適範囲として表4に示した。着衣量の多い冬期は比較的低い室温で、逆に夏期は着衣量が少なく高温で快適範囲を示している。グローブ温度についても同様の傾向がみられる。室温・グローブ温度の快適範

表 3. 調査対象者数および延べ人数

ビル名	期	調査対象者数 (人)			延べ人数 (人)		
		男性	女性	合計	男性	女性	合計
DS	春 期	145	109	254	1101	948	2049
	夏 期	118	107	225	977	991	1968
	秋 期	117	100	217	899	947	1846
	冬 期	132	105	237	907	970	1877
TS	春 期	35	13	48	219	113	332
	夏 期	31	11	42	219	98	317
	秋 期	31	12	43	230	120	350
	冬 期	24	10	34	183	95	278
DC	夏 期	53	15	68	393	149	542
TK	夏 期	44	13	57	407	133	540

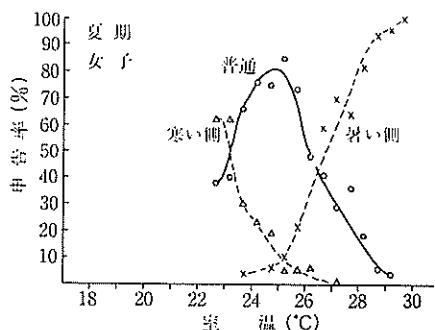


図 9. 室温と温冷感申告率 (DS ビル)

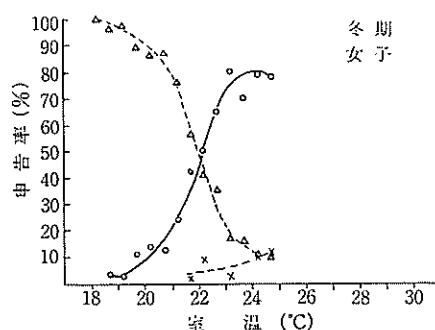


図 11. 室温と温冷感申告率 (DS ビル)

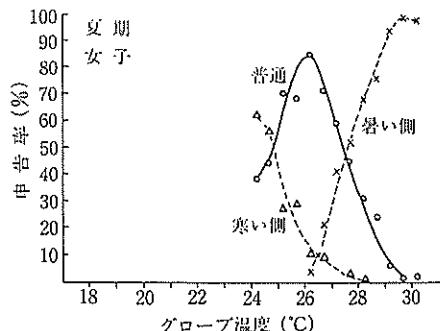


図 10. グローブ温度と温冷感申告率 (DS ビル)

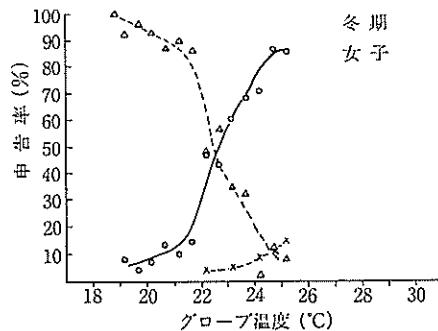


図 12. グローブ温度と温冷感申告率 (DS ビル)

図は、同季節であってもビルによってその範囲に差が見られる。これは、ビルによって設定室温が違うためと考えられる。着衣量では、同季節であ

れば、男性はビルによって変わらないが、女性はその範囲に差がみられる。これは、女性の衣服は会社の制服によって制約されるためである。ま

表4. 快適範囲

			室温 (°C)	グローブ温度 (°C)	相対湿度 (%)	気流速度 (m/s)	着衣量 (clo)
DS	春期	男性	22.5~25.5	23.7~26.1	49~54	0.12~0.20	0.71~0.99
		女性	22.5~25.3	23.6~25.9	48~54	0.13~0.19	0.68~0.83
	夏期	男性	24.0~27.0	25.5~27.9	56~63	0.13~0.20	0.63~0.73
		女性	24.0~26.7	25.4~27.7	55~62	0.14~0.19	0.65~0.74
	秋期	男性	22.7~25.9	23.8~26.4	48~54	0.14~0.23	0.69~0.86
		女性	23.2~26.1	24.2~26.6	48~54	0.13~0.22	0.68~0.81
	冬期	男性	20.8~24.1	21.6~24.6	48~58	0.13~0.21	0.81~1.16
		女性	21.7~24.5	22.4~25.0	47~57	0.15~0.21	0.72~0.95
TS	春期	男性	23.1~24.0	23.4~24.5	51~64	0.12~0.23	0.75~1.00
		女性	23.1~24.1	23.4~24.3	51~64	0.08~0.26	0.76~1.00
	夏期	男性	25.6~26.7	26.4~28.0	55~59	0.12~0.22	0.60~0.74
		女性	25.0~26.1	25.7~26.9	56~60	0.11~0.18	0.64~0.76
	秋期	男性	22.8~24.7	23.4~25.0	42~50	0.13~0.22	0.73~0.97
		女性	23.2~24.9	23.7~25.1	40~48	0.12~0.18	0.70~0.87
	冬期	男性	22.1~23.4	22.5~23.6	39~46	0.13~0.21	0.92~1.31
		女性	22.0~23.2	22.3~23.6	40~47	0.10~0.25	0.79~0.99
DC	夏期	男性	25.0~26.8	26.0~27.4	59~65	0.12~0.19	0.59~0.74
		女性	25.3~26.9	26.2~27.5	59~64	0.12~0.18	0.48~0.63
TK	夏期	男性	24.6~25.8	25.3~26.5	52~57	0.13~0.18	0.57~0.67
		女性	24.3~25.3	25.0~26.1	53~57	0.13~0.17	0.46~0.65

た、快適範囲でも、ビル・季節を問わず、グローブ温度が室温より0.5~1.5°C高く、放射熱の影響がみられる。これは、窓および照明からの影響が大きいためと考えられる。

各ビルにおける温熱環境条件の快適範囲とその時の着衣量を示した。また、実際の建物においては放射熱の影響が強いので、快適範囲を問題にする場合は、室温のみではなくグローブ温度をも含めて考慮する必要があることが示された。したがって、政府機関によって示されている設定室温は、放射熱の影響を考慮しての再検討が必要である。(南野、成瀬、磯田)

2) 温熱環境と温冷感・着衣量に関する現場実態調査

——事務所建築・関西地区調査——

関西地区にある事務所建築物における温熱環境

条件(気温、湿度、気流、輻射熱)の空間分布の測定と同時に、在室者に対する温冷感快適感および着衣量に関するアンケート調査を行ない、実際の建築物室内における温熱環境の現況を把握するとともに、温熱環境と温冷感・着衣量との関係について検討を加えた。

調査は、中規模の事務所建物 DU ビルの 8 階フロアの事務室を対象として、夏期および冬期にそれぞれ 3 日間ずつ 1 日 4 回の温熱環境条件の平面分布の測定と、在室者に対するアンケート調査を行なった。温熱環境条件として温湿度(電動アスマン通風乾湿計)、気流速度(熱式風速計)およびグローブ温度を床上高さ 1.2 m の位置で測定し、同時に在室状況、温冷感、快適感、着衣状況などについてアンケート調査した。調査対象者は 104 名(内女性 24 名)が定員であるが、勤務中

のため毎回変動し、調査票の有効回答率は定員に對し女性では 70%，男性では 50% 程度であった。室内の設定冷暖房温度は、初日は通常温度(夏期 26°C, 冬期 22°C), 2 日目・3 日目は通常温度 ±2°C とした。

夏期調査結果: 気温は 25.2~26.5°C 平均 25.8 °C の範囲にあり、ほぼ均等な状態で分布している。相対湿度は 50~60% で良好である。気流速度は一部 0.3 m/s を越える部分がみられ、平均で 0.17 m/s ある。グローブ温度は気温よりほぼ 1°C 高く、窓あるいは照明からの放射熱が大きいことを示している。着衣量は男女ともに 0.5 ~0.8 clo の範囲にあり、男女差は認められない。温冷感申告は気温が 26°C を越えると暑い側の申告がみられ、グローブ温度では 27°C を越えるとその傾向が確認できる。以上より夏期においては、現状着衣（男性一夏用軽装、女性一夏用軽装+ユニホーム）では気温 24~26°C、グローブ温度 25~27°C の範囲にある場合に温熱環境は良好であろうと考えられる。

冬期調査結果: 気温は 23.5~25°C 平均 24.1 °C の範囲にあり、ほぼ均等な状態である。相対湿度は 30~40% とかなり低くなっている。気流速度は大部分で 0.2 m/s 以下であり、ほとんど不感気流である。グローブ温度は気温とほぼ等しく、窓および周囲壁面からの放射熱と照明および人体からの放射熱が相殺されたものと考えられる。着衣量は男性では 0.8~1.2 clo (平均 1.03 clo)、女性では 0.7~0.95 clo (平均 0.83 clo) と女性の方が 0.2 clo 程度薄着をしている。また、夏期と比べると男性では約 0.3 clo、女性では約 0.2 clo 増えている。さらに女性においては、全員がひざ掛けを準備し、気温が低いほどひざ掛けの装着率が増加する。温冷感申告は気温が 24°C を越えると「やや暖かい」の申告が増加し、22°C 以下になると寒い側の申告が増加しており、特に女性の方でその傾向が顕著に示される。これは女性の方がやや薄着していることによると考えられる。

以上より冬期においては、現状着衣（男性一通常着衣、女性一冬用軽装+ユニホーム）では、温

熱的中性域が、気温・グローブ温度ともに 22~24°C の範囲にあると考えられる。また、低湿度傾向がみられるが、これは省エネルギーの励行に伴いさらに低湿度になることも予想され、悪影響が出ることも考えられる。(成瀬、磯田、南野)

3) 温冷感および着衣量、着装方法に関する実態調査

女子大学生 25 名を対象として、年間の着衣実態を毎月追跡調査・測定した。戸外気温と着衣重量との関係を図 13 に示す。図中の数字は各月の平均重量を示し、8 月に最低、2 月に最高、バラツキは冬期に大である。気温と着衣重量との間に

$$y = -45.4x + 1924.5 \quad (r = -0.761)$$

の関係が認められ、このうち、全身的に快適と回答した者のみについての関係式は

$$y = -63.4x + 2211.7 \quad (r = -0.804)$$

となった。すなわち、快適者の着衣量は全体の着衣実態に比べて、冬期は多く夏期は少ないことがわかる。着衣実態と快適者着衣との間のこのよう

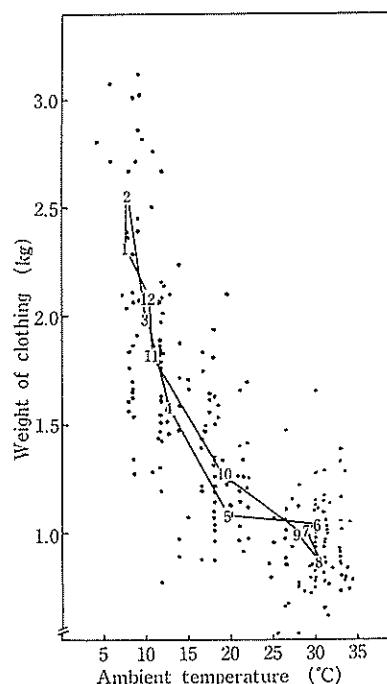


図 13. 戸外気温と着衣重量との関係 (図中の数字は各月の平均重量を示す)

なぞれは、今後、標準着衣決定に当たって配慮を要すると考えられる。(田村)

3. 被服の保温機能に関する研究

サーマルマネキンによる着衣の局所別熱抵抗の計測

種々の温熱環境下で快適さを得るために、通常、被服により調節するが、このとき衣生活の中で着衣の熱絶縁性を大きく変化する要因は重ね着量と発汗による影響といえる。

(i) 重ね着効果について

重ね着の種類が最も多様である女子のスカートスタイルについて 25 種の着装をとりあげ、下半身を 12 区分した位置で、着衣の局所別熱抵抗をサーマルマネキンを用いて計測した結果は次のとおりである。

(1) スリップ、ペチコートの有無がスカートスタイルの保温力に大なる影響をもたらす。一般に大腿上部の熱抵抗が最大で、腰部は被服間隙が少ないためギャザスカートを除き脇部で低下する。また、同一量の着衣でも着装の順序による保温力の差が見いだされる。スカートの形状は、ス

リム、セミタイトスカートのように裾の広くないものが平均的に保温力を大にしている。

(2) 重ね着による着装の保温力の増大を予測する式が得られた。各衣服パーツの熱抵抗 X_i の単位をクローレ値で表し、重ね着した着装全体のクローレ値 Y を予測する式は $Y=0.827\sum X_i+0.033$ で表され、この式は Nevins の式 $Y=0.8\sum X_i+0.05$ とよく一致した。我が国でも Nevins の式は適合するといえる。

(ii) 発汗時の着衣の熱抵抗について

湿潤するサーマルマネキン(ぬれ度 1.0)を用いて、発汗による水分蒸発を伴う着衣の熱抵抗を、通気性の異なる 3 種のワンピースおよび吸水性の大なるスポーツウェアについて計測し、次の結果を得た。

(1) 湿潤しているマネキンの表面温度はマネキンに綿ニット、初期凝縮水温度 22°C、含有水分率 150% の湿潤布をとりつけて計られる。そのとき瞬時に表面温度は低下するが、被服がこの湿潤布に密着していると、湿潤布の水分率が 30% になるまでほぼ一定の温度を保ち、後、乾燥状態

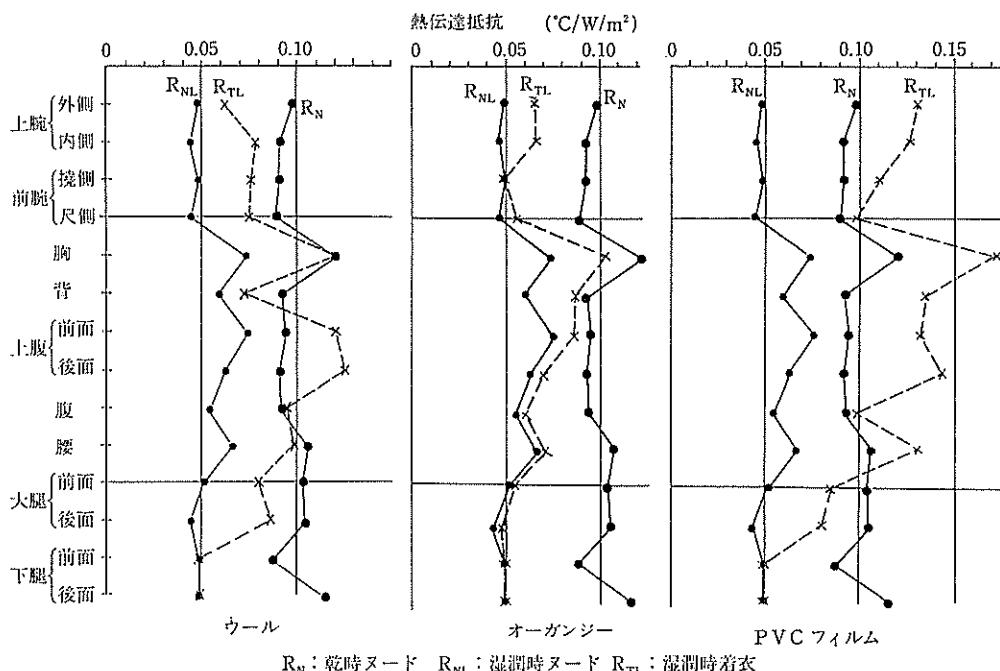


図 14. 湿潤時のワンピースドレスの熱抵抗の比較

に至るタイプと、被服との間に間隙のあるとき瞬時に低下した後、いったん表面温度が上昇しそのまま一定値を保つタイプに分けられた。

(2) マネキン表面温度が一定に保たれる間で計測された湿潤時の熱抵抗は、乾時の着衣効果と比較して著しく小さく $1/2$ 以下となり、とくに布の通気性または吸水性が大なるとき、あるいは着衣構造に水蒸気の逃げやすい通路をもつときは、ヌード時の乾時の表面熱伝達抵抗以下の熱抵抗となる。逆に全く着衣内部の水蒸気が動きえない部位では、加温された水蒸気が見掛けの大なる保温力をもつ。その一例を図 14 に掲げる。なお、着衣効果の優劣は湿潤布が乾燥状態に移行するまでの時間にも影響され、それは布の材質に関係がある。(三平)

4. 热環境条件の計測・解析と測器の開発

1) 热放射環境の実験解析

室の内外を問わず人体に作用する热環境の中で、热放射環境は方向性があつて一定しないことと、日射と長波長放射というような生体には異なる作用をもたらす 2 種類の放射があることが特長であり、それらが热放射環境の実態把握を困難にしているところから、人体に作用するこれらの値を測定することのできる計測器を完成させ、それを用いて実際の室内空間で測定を行なって、热放射環境の実態把握を試み、人体への热負荷の解析の資料とする。

周囲環境から作用する人体形状に対応した热放射量を測定するために立方体放射束計を完成させ、立方体の各表面とも日射と長波長放射の測定ができるようにした。

(i) 南側壁面にのみ窓ガラスがある正方形状室内の 3 行 3 列合計 9 点で測定を行なったところ、窓際列で窓側への冷却が認められ、中央列、壁際列では天井からの放射による热放射が認められた。窓際に設置してあるラジエータで暖房を行なった場合は、立方体各面に対して平均放射温度が気温よりも $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 大きかった。日射の影響は窓際列で大きく、窓から離れた壁際列ではほとんど影響を受けないことがわかった。

(ii) 夏期における体育馆内部の热環境悪化の

現場調査を、屋根構造が単純で断熱処理の貧弱な A 体育馆とその逆の B 体育馆で行なった結果、A 体育馆では、室温 31.6°C 、作用温度 33.0°C 、その差 1.4°C に対し、B 体育馆では、室温 29.6°C 、作用温度 30.3°C 、その差 0.7°C であった。すなわち、热放射の作用は A 体育馆は B 体育馆の 2 倍であった。A 体育馆では日射より長波長放射の効果が大きく、B 体育馆はその逆であった。湿球温度と作用温度を基にした不快指数の判定では、A 体育馆では限界値 28 を超えて体温調節不可能の危険域に入るのに対し、B 体育馆は限界値を超えないことがわかった。

得られた結果の半ばは常識的にうなづけるものであるが、これら定量的に得られたことが本研究での成果である。

人体に対する热放射環境の測定が、立方体環境放射束計を用いることによって可能なことがわかったので、測定精度を上げること、現場測定を使いやすいうように改良を加えること、それによって現場測定のデータを蓄積して、人体一熱環境の実際的な問題の解析に資することが今後の課題といえよう。(中村)

2) 暖冷房適温計の試作

(i) 皮下ヌレ面モデルの設定

人体の皮面は生乾き状態なので、その定常放熱すら取扱いに工夫を要する。在来のいわゆるヌレ率 w も、実は乾湿の面積別ではなくて、皮温に相当する飽和蒸気圧を、補正して割引く便法にすぎない。

半世紀にわたって気温影響を過大視してきた ET 指標を捨て、米国暖冷房工学会 ASHRAE が 1972 年から提示した New ET* 線図さえも、特に暑熱域に関して上記 w 値の誤認から、定常限界を明らかに越境しているので、更に修正を要する²⁰⁾。

筆者は胴体の皮下にヌレ面を想定して、頭熱と潜熱の並列な流出抵抗回路を試みた²¹⁾。

$$50Mj = \frac{34.5 - T_a^*}{0.025 + 0.018 G + \frac{1}{5 + \alpha_o}} + \frac{2.23(35.51 - \alpha_o)}{\frac{3}{Mj} + 0.054 G + \frac{1}{\alpha_o}} \quad (1)$$

表 5. 代謝熱流束と活力比

	老 年	中 年	青 年	女 子	幼 年	(kcal/m ² h)
代 謄 热 流 束 H	45	50	55	50	60	
活 力 比 j	0.9	1.0	1.1	1.0	1.2	比 率
胴 体 の 直 径 D	20	30	25	20	15	(cm)

表 6. α_c の採用値

v (m/s)	0.1	0.3	0.5	1.0
30	2.4	3.1	3.8	5.7
25	2.6	3.3	4.1	6.1
(cm)	20	2.8	3.5	4.4
	15	3.0	4.0	5.0
				(kcal/m ² h °C)

ただし、 M は作業強度で椅子は $M=1$ (Met) 式 (1) の第 1 項は乾性放熱で、皮下のセンサー温 34.5°C を中立温感と見て、環境側の OT 温度 T_a^* との間に対流と輻射によって定常放熱する。分母 = R と置くと、それは皮層と服地の抵抗に、衣面と環境との伝達抵抗が直列に加わる。

同様に第 2 項は蒸汗放熱で、皮下ヌレ面の水蒸気 (混合比 g/kg) は 35.51 の飽和値で、身辺空気の x_a との位差が駆動力となる。これに理論係数 2.23 を掛けると温度次元となり、分母 = P は熱抵抗で表現され、その直列の順序は皮膚、服地と衣面の境膜抵抗となる。

(ii) 中立温感線図

着衣の伝熱抵抗値 G (deci clo = 0.018 m²h °C/kcal) および表 6 の身辺空気の対流熱伝達率 α_c 値を用いて、図 15 など中立温感線図を得た²²⁾。

(iii) 実用公式への近似化

式 (1) で解説した分母 R, P と横軸片 $[T_a^*]$ を用い、温感線の傾角 $\tan \theta$ について次式を樹てる。

$$\frac{x_a}{[T_a^*] - T_a^*} = \frac{1}{2.23} \cdot \frac{P}{R} \quad (2)$$

式 (2) の x_a は計測に手間を要するので、これを消去するために乾湿 (板) 温度計を用いて、その示度 D および W で置換させる。半切ハガキ位の板で最も簡単な胴体曲率とみなす。発熱源不要が特長。

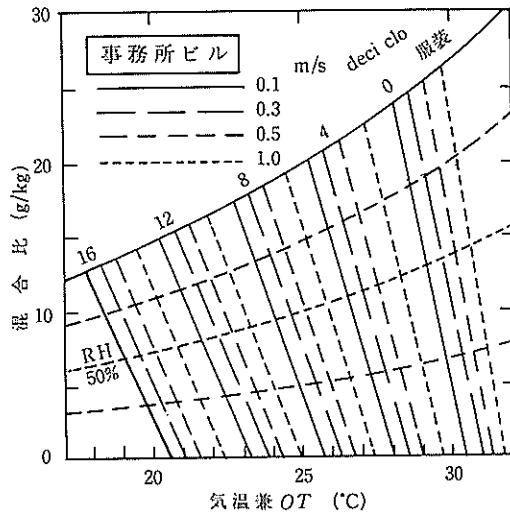


図 15. 中立温感線図

$$(5 + \alpha_c)(D - T_a^*) = 0 \quad (3)$$

$$2.23 \alpha_c (x_w^* - x_a) = (5 + \alpha_c) (T_a^* - W) \quad (4)$$

ここに x_w^* は W における飽和値で、略算式は湿り空気線図から得られる。

$$x_w^* = W - 5.31 \quad (5)$$

以上の式 (2) ~ (5) を連立して解き、その結果を整理するとき、全く簡便に使用され補正も暗算ができる実用公式が得られた²³⁾。

(iv) 暖冷房の適温計

液晶系の発色デジタル温度計テープをカードに上下 2 段に貼り、防水ケースに封入して、下段テープの裏面のみ吸水紙で濡らすと、環境の作用温 OT や適衣 G が直読でき、気湿 RH も概算される。

図 16 は暖冷房適温計の姿図である。(射場本)
今後の課題

温熱環境と人体反応に関する各種のデータの蓄積をするという所期の目的はほぼ果すことができ

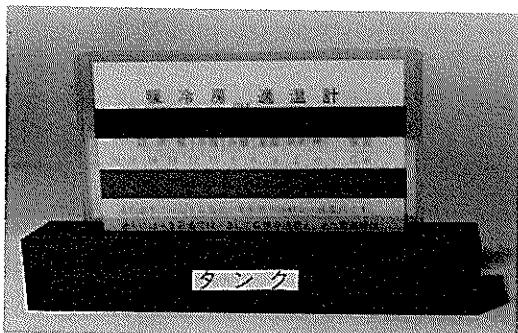


図 16. 暖冷房適温計

たと思う。ことに協同研究者がそれぞれの役割をもって研究テーマを分担し、幅広く基礎データを収集することができた。また、数名の協同による現場実態調査は協同研究ならではの成果と思われる。さらに、分野の異なる研究者が一つの目的に向って協力し、深く交流できたことは得難い体験であった。しかし、今後はさらにこれらの成果を集約して、より具体的な結論として人間活動に反映させることが重要と考える。また、人間一熱環境系としてより体系づけて行かねばならない。それにはさらに幅広い対象に目を向けながら、基礎的な人間反応を深く追求してゆく必要があり、それを総合して体系化しなければならない。これは今後に残された大きな課題である。

謝 辞

2年間にわたり本研究をご援助頂いた日産科学振興財団ならびに温かいご理解とご支援を頂いた選考委員の諸先生に対し心から感謝する次第である。

発 表 論 文

- 1) 大中忠勝、柳原 裕、山崎信也、松井住人、田中正敏、吉田敬一：種々の環境温度条件下における身体運動時の生理反応に及ぼす性差の影響、日衛誌、35(1), (1980).
- 2) 田中正敏、大中忠勝：各種気温条件における運動時の循環機能評価とエネルギー消費との関係について、体力科学、29(4), (1980).
- 3) 磯田憲生他：変動気流の人体影響に関する実験的研究、第4回人間一熱環境系シンポジウム報告集、(昭和 55 年 12 月).
- 4) 三島由美、柳原典子、玉田順子、磯田憲生、梁瀬慶子：室内気流の人体に及ぼす影響に関する実験的研究、日本建築学会近畿支部研究報告集、(昭和 56 年 6 月).
- 5) 小林陽太郎他：風洞内不均等気流の人体に及ぼす影響に関する実験的研究（青年男子、着衣・椅子・安靜）1. 実験装置と主として皮膚温への影響、同上 2. 下半身に対する主として温冷感・快適感への影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、(昭和 56 年 9 月).
- 6) 渡辺ミチ、田村照子、松岡真理子：22—34°C 環境温度条件下における成人女子の全身および体区分別平均皮膚温の変動、家政学雑誌、31(10), (1980).
- 7) 大野静枝、飯塚幸子、田口秀子、田村照子、中橋美智子、吉田敬一、渡辺ミチ：各種温度条件下着衣標準の設定に関する調査ならびに実験研究、第1報女子学生の実態調査、第4回人間一熱環境系シンポジウム報告集、(1980年 12 月).
- 8) 田村照子：皮膚温の主成分分析における環境温度条件の効果、日本衛生学雑誌第 51 回日本衛生学会総会講演集、36(1), (1981).
- 9) 川島美勝、後藤 滌：低温環境作業と防寒服装に関する研究、(1) 超低温倉庫における着用実験、日本生気象学会雑誌、17(3), (1980).
- 10) 川島美勝、後藤 滌、増田順子、大平通泰、小林進、井上武一郎：放射能防護服の研究、(1) 衣服気候特性、第4回人間一熱環境系シンポジウム報告集、(1980 年 12 月).
- 11) 増田順子、大平通泰、川島美勝、後藤 滌、井上武一郎：放射能防護服の研究、(2) 着脱性、作業性、第4回人間一熱環境系シンポジウム報告集、(1980 年 12 月).
- 12) 川島美勝、大平通泰、後藤 滌、佐藤 忠、赤尾宏、鶴飼 恒：耐熱防火服の研究、(1) 防熱性試験機の試作と特殊防火衣の衣服気候特性、第4回人間一熱環境系シンポジウム報告集、(1980 年 12 月).
- 13) 南野 脩、成瀬哲生、磯田憲生他：事務所ビルにおける温熱環境と温冷感および着衣量に関する実態調査研究第 4~9 報、日本建築学会関東支部研究報告集、(昭和 55 年 7 月) および日本建築学会大会学術講演梗概集、(昭和 55 年 9 月).
- 14) 南野 脩、成瀬哲生他：同題目第 10 報、日本建築学会大会学術講演梗概集、(昭和 56 年 9 月).
- 15) 成瀬哲生、磯田憲生、南野 脩、梶井宏修他：事務所建築の室内環境調査：夏期、その 1. 調査概要、その 2. 熱環境要素測定、その 3. 温熱要素に関するアンケート調査結果、空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集、(昭和 56 年 3 月).
- 16) 成瀬哲生、磯田憲生、南野 脩、梶井宏修他：事務所建築の室内環境調査について：冬期、その 1. 調査概要および温熱環境要素測定、その 2. 温熱環境要素と温冷感・着衣量、日本建築学会大会学術講演梗概集、(昭和 56 年 9 月).

- 17) 花田嘉代子, 三平和雄: 着衣の局所別熱抵抗に関する研究, 第3報 スカートスタイルの重ね着効果, 第6報 水分蒸発を伴う着衣の熱抵抗について, 繊維製品消費科学会誌, 21(4), p. 37 (1980), 22(2), p. 27 (1981).
- 18) 中村泰人, 小玉文博: 室内空間における熱放射分布の日射と長波長放射との分離測定, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, (昭和 55 年 10 月).
- 19) 中村泰人, 吉田治典, 杉山 隆: 大阪府下に建つ市立体育馆の熱環境調査(非空調空間の環境調査), 日本建築学会近畿支部研究報告集<計画系>, (昭和 56 年 6 月).
- 20) 射場本勘市郎: 省エネ暖冷房の適温環境, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, (昭和 56 年 10 月).
- 21) 射場本勘市郎: 体感温と暖冷環境の設計理論, 科学技術広報財団, (昭和 53 年 11 月).
- 22) 射場本勘市郎: 暖冷房適温計の開発原理, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, (昭和 55 年 10 月).
- 23) 射場本勘市郎: 冷暖房の適温計を考える, 労働の科学, 35(6), (1980), (労働科学研究所).