

## 被験者を用いた冷却ベストの快適性評価

### Evaluation of Thermal Comfort with an Improved Cooling Vest by Subject Experiments

9530129 山本ゆう子  
指導教官 田辺新一

#### 1. はじめに

通信機械室など高温の室内において、快適な保守作業を可能にするために冷却ベストを作製した。昨年度までの研究では、計4回の冷却ベストの試作および改良を行い、作用温度30°Cの環境下での快適性評価を行った。今年度は、サイズおよび冷却パックの構造の改良を行い、作用温度33°Cの環境下での快適性評価を行った。

#### 2. 冷却ベストおよび冷却パックの改良

図1に改良した冷却ベストを示す。平成9年度の冷却ベストは現場実測においてサイズが小さいという問題が生じたため、リベルト部分の検討を行い装着感の向上を図った。図2、図3に新たに額部を冷却するように開発した冷却帽子と、使用時の煩雑さを少なくするため構造を簡素化した冷却パックを示す。

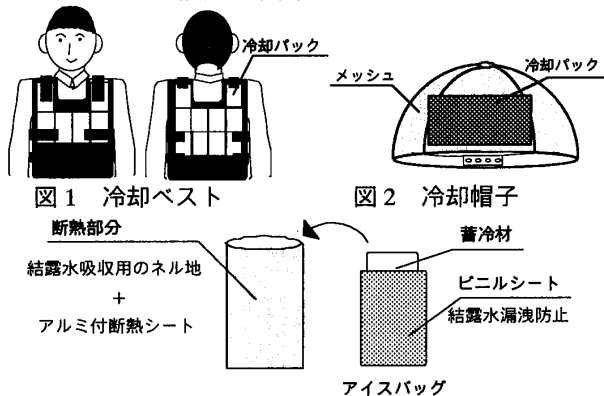


図1 冷却ベスト

図2 冷却帽子

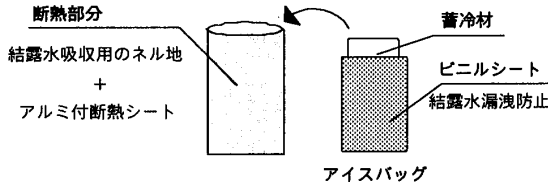


図3 冷却パックの構造 (平成10年度改良)

冷却ベスト及び冷却帽子の表面温度の経時変化を調べるため、作用温度33°C設定の環境下で、サーマルマネキンにベスト+帽子+作業着を着用させ、冷却効果がなくなるまで表面温度を測定した。図4に結果を示す。環境の平均作用温度は32.8°Cであった。冷却ベストでは約5時間、冷却帽子では約150分間、人体側表面温度を20°C以下に保った。

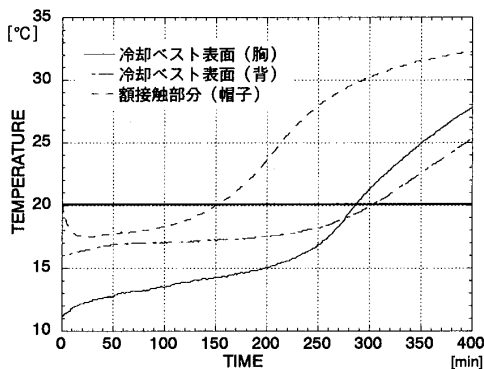


図4 表面温度の経時変化

#### 3. 被験者実験方法

作用温度33°Cの環境下での冷却ベスト着用による生理・心理的効果を確認するとともに、頭部の冷却を行った場合との比較を行った。平成10年7月8日~同年7月31日に、お茶の水女子大学感覚工学測定室で行った。頭部冷却には、冷却帽子(図2)を使用した。実験条件は、表1に示す計5条件である。以下、各着用条件を表1に示した[V]、[V+C]、[C]、[to=28°C]と記述する。被験者は健康な大学生年齢の男性6名とし、全ての実験条件に参加した。表2に被験者体躯、図5に被験者実験風景を示す。

表1 実験条件

実験条件	環境条件		着衣条件		
	作用温度 [°C]	相対湿度 [%]	作業服	冷却ベスト	冷却帽子
Control:[Control] (冷却ベスト非着用)	33	40	○	×	×
冷却ベスト着用:[V]	33	40	○	○	×
頭部冷却:[V+C] (ベスト着用)	33	40	○	○	○
頭部冷却:[C] (ベスト非着用)	33	40	○	×	○
作用温度28°C:[to=28°C] (冷却ベスト非着用)	28	40	○	×	×

○は着用、×は非着用を示す。

表2 被験者体躯 (S.D.)

Num-ber	Sex	Age [year]	Height [cm]	Weight [kg]	Body Surface Area* [m <sup>2</sup> ]	Rohrer Index** [-]
6	male	22.5 (1.05)	170.0 (4.00)	60.3 (9.29)	1.71 (0.12)	122.6 (18.76)

\*Calculated by Takahira's Equation :  $A=72.46W^{0.425} \times H^{0.725}$

\*\*Rohrer Index =  $W/L^3 \times 10^7$



図5 被験者実験風景

(左:立位、右:踏み台昇降運動時)

図6に申告用紙を示す。温冷感、快不快感、熱的受容度、発汗感覚、冷却したい部位等についての申告を行い、冷却ベストの使用感についてはアンケート方式の自由記述を行った。生理的項目として、皮膚温、衣内温湿度、体重等の測定を行った。皮膚温の測定点は、額・上腕・手・胸・背・大腿・下腿・

足部の計 8 点とし<sup>2)</sup>、衣内温湿度は背中・胸の 2 点とした。

被験者は作用温度 25°C、相対湿度 50%rh の前室で 10 分間安静にした後、作用温度 33°C、相対湿度 40%rh、静穏気流の人工気候室に 90 分間滞在し、機械保守作業を想定した 1.4met の踏み台昇降運動を行った<sup>3)</sup>。10 分毎に申告を行い、皮膚温、衣内温湿度は 1 分毎に測定した。飲水を許可し、飲んだ水の量と体重を実験前後および人工気候室入室後 30 分毎に記録した。

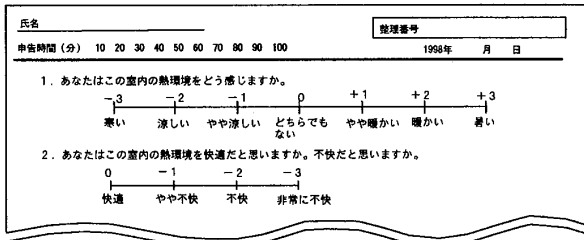


図 6 申告用紙 (一部)

4. 被験者実験結果・考察

図 7 に全身温冷感の申告結果を示す。20分から 90 分の申告の平均値は、冷却ベスト着用条件では[V]で 0.70、[V+C]で 0.61 となり、冷却ベスト非着用の 2 条件[Control]1.75、[C]1.37 に比べ熱的中立に近い値が得られた。[to=28°C]では 0.21 となり熱的中立に最も近い値となった。[Control]と各条件間の申告値の差を PMV<sup>4)</sup> (0.88clo, 1.4met 条件) を用いて作用温度換算すると、[V]、[V+C]では約 5~6°C、[C]では約 2°C 分の冷却効果があることがわかった。

図 8 に全身快不快感の申告結果を示す。20分から 90 分の申告の平均値は[Control]で-1.53、[C]で-1.15、[V]で-0.76、[V+C]で-0.58、[to=28°C]で-0.14 となった。[Control]と各条件間の申告値の差を DISC<sup>5)</sup> (0.88clo, 1.4met 条件) を用いて作用温度換算すると、[V]、[V+C]では約 3°C、[C]では約 1°C 分の不快感抑制効果があることがわかった。

図 9 に平均皮膚温を示す。ベスト着用条件の[V]、[V+C]は、ベスト非着用の 2 条件[Control]、[C]より約 1°C 低い皮膚温となった。また、[V]、[V+C]は [to=28°C]よりも低い皮膚温となった。

図 10 に体重減少量より求めた、被験者の個人別皮膚ぬれ率を示す。皮膚ぬれ率は個人差が大きく、[Control]と比較して[V]、[V+C]の値が増加もしくは減少する人の 2 組に分かれた。冷却帽子着用により、皮膚ぬれ率は一様に増加する傾向が見られた。

5. まとめ

冷却パットの改良と被験者実験を行った。被験者実験では、温冷感、快不快感に冷却ベスト着用時([V]、[V+C])で約 4°C 前後の効果があり、冷却帽子のみ([C])では 1~2°C の効果が見られた。平均皮膚温はベスト着用時と非着用時に約 1°C の差が見られた。皮膚ぬれ率は、冷却帽子を着用により増加する傾向が見られた。

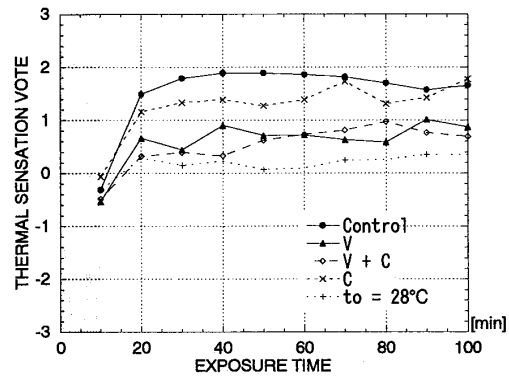


図 7 全身温冷感申告値

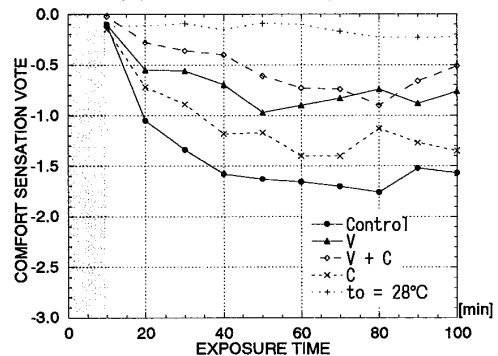


図 8 全身快不快感申告値

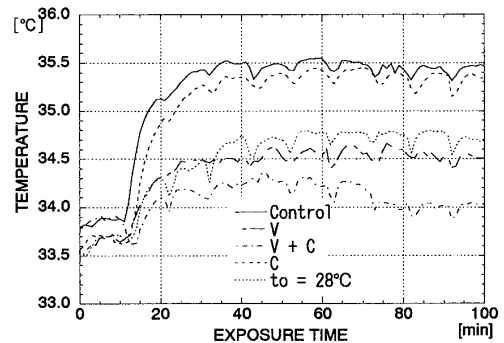


図 9 平均皮膚温

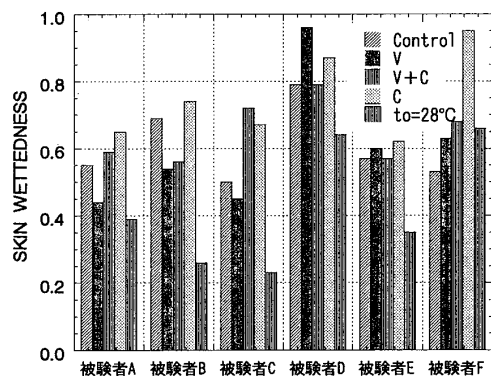


図 10 皮膚ぬれ率

【参考文献】

- 1) 田辺, 吉見, 高木, 羽山, 小松; 通信機械室における快適作業のための冷却ベストに関する研究-冷却ベストの改良と現場実測-, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 1995, pp.685-688
- 2) 中山昭雄編; 温熱生理学, 理工学社, 1981
- 3) 田辺, 今村, 蔦, 鈴木; オフィスにおける湿度が熱的快適性に与える影響, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 1998, pp.921-924
- 4) ISO-7730; Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, 1993
- 5) ASHRAE Handbook 1997 FUNDAMENTALS