

# 冷却ベストに関する研究

## Thermal Comfort of the Cooling Vest

9740445 吉見直枝  
指導教官 田辺新一

### 1. はじめに

通信機械室など、通常は無人で主に機械のみが作動している室内では、その冷房設定温度を高くし、空調運転効率を向上させることで、省エネルギーを図ることが出来る。しかし、室内が高温となるため、機械保守作業者の労働環境としては好ましくない。本研究は、高温環境下における快適かつ能率的な作業を可能にするための冷却ベストを開発し、その評価を行うことを目的とした。

文献調査により、体幹部は冷点密度が高く冷感受性が強いことがわかった<sup>1)</sup>。冷却方式としては、水冷式、空冷式および水冷却などがある。水冷式や空冷式では小型の空調機器が必要となり、作業の妨げとなる恐れがある。一方、水冷却は構造が簡単で作業の妨げになりにくい。また、Epsteinらは、水冷却は熱容量が大きく高い冷却効果があり、生理的負担を制御すると報告している<sup>2)</sup>。

これらのレビュー結果をもとに、本研究では水冷却で体幹部を冷却するベストを開発した。ベスト型の着衣本体に蓄冷材および断熱シートからなる冷却パックを挿入し、胸および背中を冷却する。また、既存の冷却スーツの冷媒温度および接触冷感を考慮し、冷却パックの表面温度を17~19℃に設定した。

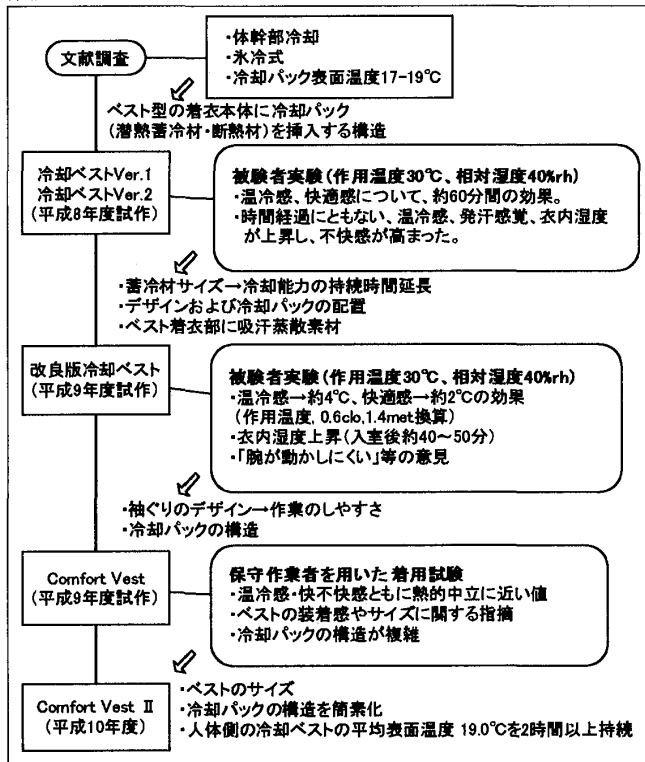


図1 研究フロー

### 2. 冷却ベストの試作および快適性評価

図1に研究フローを示す。被験者を用いた生理・心理的測定<sup>3)4)</sup>を行い、冷却ベストの着用により、温冷感、快不快感が熱的中立状態に近づくことがわかった。一方、冷却持続時間、デザイン、冷却パックの構造等の問題が明らかとなり計4回の改良を行った。図2に今年度改良を行った冷却ベスト「Comfort Vest II」を示す。

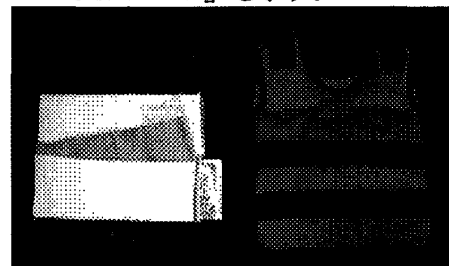


図2 Comfort Vest II

### 3. サーマルマネキンを用いた冷却ベストの性能評価

サーマルマネキン<sup>5)</sup>を用いて、冷却ベスト着用時の熱損失量および皮膚温を測定した。環境の空気温度設定を22/24/26/28/30/33℃と変化させ測定を行った。図3に環境の作用温度 $t_o$ による基礎着衣熱抵抗値 $I_{cl}$ の変化を示す。作業着のみの時は、作用温度による差はほとんどなく、0.88cloのほぼ一定であった。冷却ベスト着用時は、環境の作用温度が上昇するのに従い $I_{cl}$ の値が低下した。回帰式は、 $I_{cl} = 2.076 - 0.0571 t_o$  ( $R=0.973$ )であった。

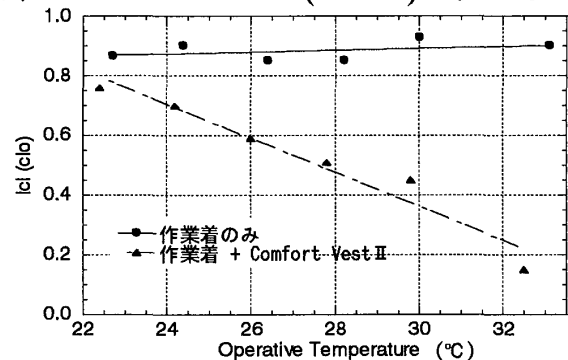


図3 環境の作用温度による着衣熱抵抗値の変化

図4に冷却ベスト着用時の皮膚温および熱損失量から算出した、各部位の見かけの基礎着衣熱抵抗値を示す。冷却ベストを着用することにより、冷却を行っている Chest、Back および冷却部位に近接している Pelvis の皮膚温が低下し熱損失量が増加した。環境の作用温度が高くなるほど冷却パックとの温度差が大きくなるため、冷却部位の皮膚温や熱損失量への影響が大きくなり、見かけの基礎着衣熱抵抗値が小さくなった。

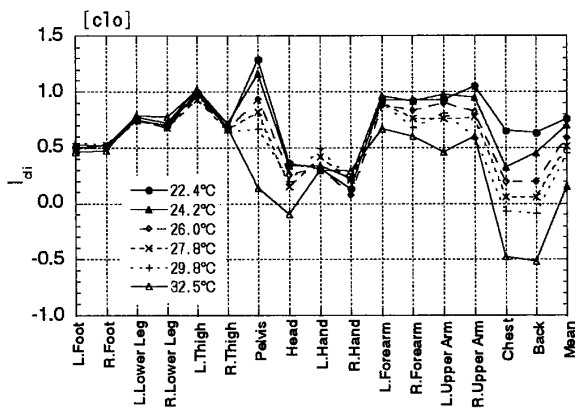


図4 各部位基礎着衣熱抵抗 Icli (作業着+Comfort Vest II 着用時)

4. 被験者実験

被験者実験により、生理的および心理的測定を行った。実験は平成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にて、健康な大学生年齢の男性6名を被験者として行った。

実験条件を表1に示す。人工気候室は、高温作業環境を想定し作用温度33°C、相対湿度40%、静穏気流に制御した。被験者は90分間の曝露期間中、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>9)</sup>。なお、頭部冷却には、額部を冷却するように設計した冷却帽子を使用した。心理的測定項目として、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10分ごとに行った。図5に申告用紙を示す。生理的項目としては、皮膚温8点<sup>7)</sup>、衣内温湿度、体重等の測定を行った。

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	33	40	○	×	×
V	33	40	○	○	×
V+C	33	40	○	○	○
C	33	40	○	×	○
to=28°C	28	40	○	×	×

○は着用、×は非着用を示す。

図5 申告用紙(一部)

図6に体の各部位ごとの皮膚温(21~100分目の平均値)を示す。冷却ベストの着用により、胸および背中の皮膚温は約3°C低下した。冷却帽子の着用により、額の皮膚温は約1°C低下した。

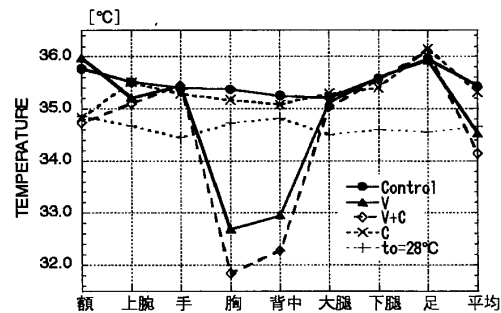


図6 体の各部位の皮膚温

全身温冷感の20~90分の申告平均値は、冷却ベスト着用時は[V]で0.70、[V+C]で0.61となり、冷却ベストを着用していない条件の[Control]1.75、[C]1.37に比べ、熱的中立に近い値が得られた。[Control]と各条件間の申告値の差をPMV<sup>8)</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7に熱的受容度の申告結果を示す。20~90分の申告平均値は、冷却ベストを着用していない条件では、[Control]-0.20、[C]-0.11と低い値となった。冷却ベストの着用により、[V]で0.30、[V+C]で0.47と熱環境を受け入れられる側の申告となった。

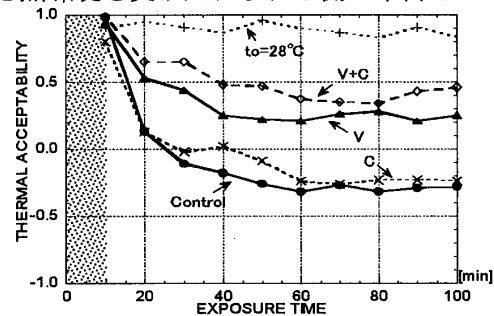


図7 熱的受容度の経時変化

6. まとめ

冷却ベストの試作・改良を行い、サーマルメネキン実験および被験者実験により快適性評価を行った。冷却ベスト着用時の基礎着衣熱抵抗値は、環境の作用温度が上昇するのに従い低下した。冷却ベストの着用により、胸および背中の皮膚温は約3°C低下した。温冷感に関して作用温度約5~6°C分の冷却効果があり、熱的受容度が高くなった。

【参考文献】

- 1) 李, 田村; 人体表面の温度分布(第1報)冷点分布密度の部位差, 人間と生活環境, 2(1), 1995, pp.30-36
- 2) Y. Epstein, Y. Shapiro, S. Brill; Comparison between different auxiliary cooling devices in a severe hot/dry climate, Ergonomics, Vol.29, Part 1, 1986, pp.41-48
- 3) 田辺, 小林, 吉見, 羽山, 小松; 通信機械室における快適作業環境維持のための冷却ベストに関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会(東京), 1997, pp.481-484
- 4) 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(北海道), 1998, pp.921-924
- 5) 田辺, 長谷部; 皮膚温度可変型サーマルメネキンによる室内環境評価法に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, No.448, 1993, pp.1-8
- 6) 田辺, 今村, 藤, 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, 1995, pp.685-688
- 7) 中山昭雄編; 温熱生理学, 理工学社, 1981
- 8) ISO-7730; Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, 1993