

# 労働衛生保護具着用時の作業負担と機能性・快適性に関する研究

澤田 晋一\*1 前田 節雄\*1 奥野 勉\*1 上野 哲\*1 柴田 延幸\*1  
石松 一真\*1 榎本 ヒカル\*1

労働現場で使用されている労働衛生保護具には現在いくつかの重大な問題点がある。防護服では、市販の防暑・防寒服（具）の客観的性能が不明であり使用選択基準は作業現場の経験に依存している。防振手袋では、通達で防振手袋の使用が推奨されているが、どのような防振効果を持った防振手袋を使用すればいいかの規定はなく、国内外で販売されている防振手袋の振動軽減効果も明確になっていない。遮光保護具では、現行JIS規格の使用標準は障害防止の観点からは十分な科学的根拠に基づいていない。結果として、作業現場では労働衛生保護具着用起因する種々の健康問題（特に暑熱寒冷障害、振動障害、眼障害等）が生じている可能性がある。そこで本研究は、防護服については、発汗歩行型サーマルマネキンにより防火服のサイズ、材質などが熱特性（顕熱抵抗）に及ぼす影響および防暑クールベストの冷媒の効果を解析した。また、足のサーマルマネキンを用いて、防寒靴、安全靴、静電靴などの温熱特性を定量的に評価した。いずれも、サーマルマネキンによる科学的、客観的な数値に基づいて労働衛生保護具の温熱特性を評価することの重要性が示された。防振手袋については、新しく制定・発行されたJIS T 8114（防振手袋）に準拠した防振手袋の振動軽減効果の評価システムを構築するとともに、国内外で入手できる防振手袋の振動軽減効果を新JIS規格準拠の装置を用いて明らかにした。また、指先振動感覚閾値を指標として防振手袋の振動軽減効果について検討し、事業者や作業者が振動障害を予防する為の防振手袋選択方法を提案することが出来た。遮光保護具については、市販の遮光めがねの金属製フレームからのニッケル溶出量を測定評価したところ、約60%に規制値を超えるニッケルが検出され、接触皮膚炎を引き起こしている可能性が示唆された。また、保護めがねの視認性・快適性に影響するオキュラ（フィルター）の散乱に関してISOと日本の試験法を実験的に比較し互換性を検討したところ、両者に相関なく、ISO規格改定のための重要なデータを提出できた。

**キーワード:** 労働衛生保護具, 防護服, 防護靴, 防振手袋, 遮光めがね, サーマルマネキン, 振動感覚閾値, ニッケル溶出, オキュラ

## 1 はじめに

労働現場では様々な防護服や保護具が使用されている。これらの労働衛生保護具には現在いくつかの重大な問題点がある。(1)暑熱・寒冷ストレス防護のための防暑・防寒服（具）については市販されている製品の客観的性能が不明であり使用選択基準は作業現場の経験に依存していること、(2)防振手袋についてはその使用が各種通達で推奨されているもののどのような防振効果を持った防振手袋を使用すればよいかの規定はないこと、(3)遮光保護具については現行JIS規格の使用標準は障害防止の観点からは必ずしも十分な科学的根拠に基づいていないこと、等である。その結果として、作業現場では労働衛生保護具着用起因する種々の健康問題（特に暑熱寒冷障害、振動障害、眼障害等）やヒューマンエラーによる労働災害が生じている可能性がある。

そこで本研究では、(1)衣服の保温性（顕熱抵抗）と透湿性（潜熱抵抗）を定量評価可能なサーマルマネキンにより、市販の防暑・防寒服（具）の使用の信頼性・妥当性を検討する。(2)防振手袋については、現場での使用と振動ばく露の実態調査を行い防振手袋の振動軽減効果

の評価システムを構築するとともに、指先振動感覚閾値を指標として防振手袋の振動軽減効果評価方法について検討し、事業主や作業者が振動障害を予防する為の防振手袋選択のためのガイドラインを策定する。また、現在改訂作業が始まっているISO規格に日本からデータを提供するとともに、改定が始まるJIS規格にデータを提供する。(3)現場での遮光保護具の使用実態調査を実施するとともに、実験的に遮光保護具の性能を客観的に評価することにより適切な遮光保護具の使用標準を提案する。以上の3点を重点的に推進することを目的とした。

## 2 研究概要と方法

**1) 防護服(具):** 様々な防護服や保護具が開発され市販されているが、その保温性能、断熱性能、通気性、透湿性などの熱物理学特性は必ずしも明らかでない。また、種々のクールベストも開発されているが、その冷却性能の客観的評価が求められる。これら評価結果は、労働衛生保護具着用時の温熱ストレスを軽減する上で、極めて重要な情報である。そこで、市販の防寒服、防暑服、防火服、防護服等の熱抵抗と蒸発抵抗等の熱特性を、わが国最先端の発汗歩行型サーマルマネキンにより定量的に測定し、それらの信頼性・有効性を検討する。また、防暑服に装着されるクールベストの冷媒の素材とその効果の違いも検討する。さらに足のサーマルマネキンにより、市販の防寒靴、安全靴、静電靴、作業靴の温熱特性を測定し、

\*1 (独)労働安全衛生総合研究所。

連絡先: 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾 6-21-1

(独)労働安全衛生総合研究所 国際情報・研究振興センター

澤田晋一 E-mail: sawada@h.jniosh.go.jp

その保温性能の客観的評価を行う。

**2) 防振手袋**：これまでのJIS T 8114やISO 10819の防振手袋の振動軽減評価方法では、防振手袋の手のひら部分での振動軽減効果を評価する方法が規定されてきている。しかし、この評価方法では、手腕振動障害が発症している指先での振動軽減効果を測定評価することは困難である。指先や指のような質量が非常に軽い部分、そして、手のひらに比べて表面積の狭い部分での、ハンドルから防振手袋を介しての振動軽減効果を評価する方法は存在していなかった。本研究では、ハンドルから指先や指部分への振動伝達を測定、評価できるシステムを構築し、これまでJIS規格やISO規格で評価できなかった、指先や指部分での防振手袋の振動軽減効果を測定できるシステムを構築する。次に、このシステムを用いてわが国に市販されてきている防振手袋の振動軽減効果を測定し、わが国で使用されてきている防振手袋の振動軽減効果を明らかにする。また、振動軽減効果だけでは、防振手袋の振動軽減効果を生理的に評価できないので、手腕振動障害の診断で用いられてきている指先振動感覚閾値を指標として、加振器を用いた急性暴露実験を行い、指先および指部分での防振手袋の振動軽減効果を検討する。そして、手のひら部分、および、指先や手部分の防振手袋の振動軽減効果を測定評価する方法を確立するとともに、事業主や作業員自身が、使用する工具にあった防振手袋選択のためのガイドラインを策定する。

**3) 遮光保護具**：遮光保護具の遮光能力に関する学術的な文献および各国の規格を調査し、その問題点について整理する。遮光保護具のオキキュラ(光学フィルター)の可視光および紫外放射に対する透過率を測定し、その遮光能力を評価するための測定系を開発する。また実際に市販、使用されている遮光保護具のオキキュラを収集し、新規開発した測定系を用いて、その遮光能力を実験的に評価する。実際に作業現場で使用されている遮光保護具のオキキュラの遮光度番号と作業の種類、条件の関係について調査する。また、わが国では、メタルフレームの保護めがねが多く使用されているが、メタルフレームから溶出するニッケルがアレルギー疾患を引き起こす可能性が懸念されている。そこで、実際に使用されているメタルフレームの保護めがねに対し、ニッケル溶出の測定、評価を行う。

### 3 研究の特色・独創性

**1) 防護服(具)**：わが国最先端の発汗歩行型サーマルマネキンにより市販の労働衛生防護服(具)の信頼性と問題点を温熱特性(顕熱抵抗と潜熱抵抗)の観点から客観的かつ公平中立に明らかにできる。

**2) 防振手袋**：本研究では、ハンドルから指先や指部分への振動伝達やBiodynamic Responseを測定できるシステムを構築し、これまでJIS規格やISO規格で評価できなかった、指先や指部分での防振手袋の振動軽減効果の測定はこれまで世界中で実施されていない。指先部分と手のひら部分の影響の差を検討することは重要である。

**3) 遮光保護具**：有害光線と遮光保護具に関する労働衛生学的研究は、ほとんど行われておらず、本研究は貴重である。

### 4 研究結果のまとめ

防護服(具)については、(1)防火服着用による暑熱ストレスを軽減するために、防火服のサイズ、材質、防火服の内に着用する作業着のズボンの長さに関する顕熱抵抗測定をサーマルマネキンで測定した。立位静止状態ではサイズによる顕熱抵抗の差はなかったが、歩行時ではLLサイズの防火服の顕熱抵抗が最も低かった。防火服の内側に着用する作業ズボンを短くすると、立位静止、歩行状態とも下腿部の顕熱抵抗が減少したが、全顕熱抵抗ではほとんど変化がなかった。(2)日本の作業現場で使われている防寒靴、安全靴、静電靴の温熱特性を定量的に評価するために、スウェーデンのルンド大学で開発された足のサーマルマネキンを用いた防護靴評価の国際共同研究を実施した。防寒靴として販売されている靴を比較した結果、かなり顕熱抵抗が異なったことから、科学的、客観的な数値に基づいて防寒性を判断することが重要であることが分かった。また、顕熱抵抗が低い場合、ソックスも保温性を高めることに大きく寄与することがわかった。(3)クールベストに入れる新開発の冷媒B(柔軟性あり)と冷媒A(柔軟性無し)の性能をサーマルマネキンで評価した結果、冷媒Bは冷媒Aよりも着用直後の冷却効果が大きかった。これは、冷媒Bがマネキン表面との密着性が良かったからだと考えられた。

なお、研究期間の第2年度と第3年度前半には研究推進の中核設備・機器である人工環境室とサーマルマネキンが故障したため研究推進が不可能となった。しかし、サーマルマネキンを修理する過程で、潜熱抵抗評価技術を改良し、高精度の防護服熱特性評価システムを実現させ、次のプロジェクトのイノベーション25研究に継続させたことは特筆に値する。

防振手袋については、新しく制定・発行されたJIS T 8114(防振手袋)に準拠した防振手袋の振動軽減効果の評価システムを構築するとともに、国内外で入手できる防振手袋の振動軽減効果を新JIS規格準拠の装置を用いて明らかにした。また、指先振動感覚閾値を指標として防振手袋の振動軽減効果について検討し、事業者や作業員が振動障害を予防する為の防振手袋選択方法を提案することが出来た。

遮光保護具については、市販の遮光めがねの金属製フレームからのニッケル溶出量をISOの評価方法(改正規格原案)を用い測定評価を行ったところ、39個の試料の中の23個から(約60%)規制値を超えるニッケルが検出され、このニッケルが実際に接触皮膚炎を引き起こしている可能性が示唆された。また、保護めがねの視認性・快適性に影響するオキキュラ(フィルター)の散乱に関してISOと日本の試験法を実験的に比較し互換性を検討したところ、両者に相関なく、ISO規格改定のための重要なデータを提出できた。

## 5 主要な出版物

## 英文

- 1) K Kuklane, S Ueno, S Sawada, I Holmer. Testing cold protection according to EN ISO 20344. Is there any occupational footwear that does not pass?. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2009; 53(1) : 63-8.
- 2) S Ueno, S Sawada. The Effects of Walking on Dry Heat Exchange of a Newly Developed Fire-fighter's Clothing. In: *Thermal Manikins and Modelling*. ed by Jin-tu Fan. 2006: 262-267.
- 3) S Ueno, S Sawada. Effects of walking on dry heat exchange of fire-fighter's clothing with thermal manikin. *International Mini-Symposium on Safety, Wearer Mobility and Comfort for Firefighter Protective Clothing*. 2006: 27-31.
- 4) S Ueno, S Sawada. Estimation of Cooling Effect of Ice Packs by Thermal Manikin. *Environmental Ergonomics XII, Proceedings of the 12th International Conference on Environmental Ergonomics*. 2007: 447-450.
- 5) N Shibata, S Maeda. Vibration-isolating performance of Cotton Work Gloves Based on Newly Issued JIS T8114 *Industrial Health*. 2008; 46: 477-483.
- 6) N Shibata, N Hosoya, S Maeda. Establishment of One-Axis Vibration Test System for Measurement of Biodynamic Response of Human Hand-Arm System. *Industrial Health*. 2008; 46: 629-634.
- 7) S Maeda, N Shibata. Temporary Threshold Shifts (TTS) of Fingertip Vibrotactile Perception Thresholds from Hand-Held Tool Vibration Exposures at Working Surface. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2008; 38: 693-696.
- 8) S Maeda, N Shibata. Subjective Scaling of Hand-Arm Vibration. *Ind Health*. 2008; 46: 118-124.

## 和文

- 9) 上野哲, 澤田晋一. サーマルマネキンを使った防火服の顕熱抵抗測定. *労働安全衛生研究*. 2008 ; 1(3) : 189-196.
- 10) 上野哲, 澤田晋一. 防護服着用時の暑熱ストレス評価をめぐる最近の知見. *セーフティダイジェスト*. 2006 ; 52 : 2-10.
- 11) 柴田延幸, 前田節雄. 新 JIS T8114 に基づいた国内流通防振手袋の振動軽減効果の測定・評価. *労働安全衛生研究*, 2008 ; 1 : 151-156.
- 12) 前田節雄, 柴田延幸. 改正 JIS T 8114(防振手袋)規格と CE マークとの関係. *労働安全衛生研究*. 2008 ; 1 : 161-163.
- 13) 奥野勉. 金属フレーム保護眼鏡からのニッケルの溶出. *労働安全衛生研*. 2009 ; 2(1) : 11-18.
- 14) 奥野勉. 保護めがねなどの個人用眼保護具に対する光拡散の試験方法について. *セーフティダイジェスト*. 2009 ; 55(9) : 2-6.