

# 衣服重量から見る 放射線遮蔽衣の快適性向上に関する検討

Examining the Weight of Radiation-Protective Clothing  
to Improve Wearer Comfort

竹 崎 泰 子\*    多 屋 淑 子\*\*  
Yasuko TAKEZAKI    Yoshiko TAYA

# 衣服重量から見る 放射線遮蔽衣の快適性向上に関する検討

Examining the Weight of Radiation-Protective Clothing  
to Improve Wearer Comfort

竹崎 泰子\* 多屋 淑子\*\*

Yasuko TAKEZAKI

Yoshiko TAYA

**Abstract** Workers inside the Fukushima Daiichi Nuclear Plant and similar sites risking radiation exposure to wear radiation-protective clothing. Previous related research has concerned preventing heat stroke in nuclear plant workers; however, none has examined such clothes' effectiveness in shielding from radiation. Here, we measured the real  $\gamma$  radiation-shielding effectiveness of radiation-protective clothing at several designated evacuation assembly points. Additionally, we measured mean skin temperature, temperature and humidity between the skin and clothes, heart rate, feelings of pressure and discomfort, and the sensation of warmth in a laboratory setting, and examined how these variables related with clothing weight. Heavier radiation-protective clothing conferred more-effective  $\gamma$  radiation shielding, but also increased humidity within clothing, heart rate, feeling of pressure to the shoulder, and whole-body discomfort. In order to improve operational efficiency at nuclear plants, radiation-protective clothing should be lightened, and modified to alleviate feeling of pressure to the shoulder.

**Key words:** Radiation-Protective Clothing 放射線遮蔽衣, Clothing Weight 衣服重量, Comfort 快適性, Feeling of Pressure 圧迫感, Radiation-shielding rate 放射線遮蔽率

## 1. はじめに

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所（以降、原発と表記する）事故の収束のため、現在も多く作業員が原発内で従事している。その中でも高線量となっている作業現場では、放射線被曝量を減少させるため、放射線（能）防護服が着用されている。

原発事故以前より放射線（能）防護服に関する研究は行われているが、暑熱環境下での原発内作業に伴う熱中症対策が多数を占め、カバーオール型の放

射能防護服に関するものが多いようである。しかし、カバーオール型の放射能防護服には放射性物質が身体に直接付着することを防ぐ役割はあるものの、放射線を遮蔽することはできない。そのため、鉛や鉄を遮蔽体として組み込んだ放射線防護服、すなわち放射線遮蔽衣の着用が必要とされる。

現在市販されている放射線遮蔽衣は、遮蔽体を含むために通常の衣服よりも重量が重くなり、そのことが身体への負荷となり、快適性の低下を生じる原因となることが危惧される。原発作業現場では作業時間短縮による放射線被曝量の減少と身体への負荷軽減が課題であるが、放射線遮蔽衣の快適性向上に関する研究はなされていないようである。

そこで、本研究では、作業効率ならびに快適性の優れる放射線遮蔽衣の検討を目的として、実際に空間放射線量の高い地域にて市販の放射線遮蔽衣を着

\* 人間生活学研究科 生活環境学専攻  
Graduate School of Human Life Science, Division of Environment

\*\* 被服学科  
Department of Clothing

用して $\gamma$ 放射線の遮蔽効果を検討した。また、気温と湿度を制御した実験室にて、これらの放射線遮蔽衣の衣服重量が身体へ与える影響や着用感について検討を行った。

## 2. 実験

市販放射線遮蔽衣着用時の放射線遮蔽効果を測定するため、空間放射線量の高い地域にて、実際に実験用衣服を着用して $\gamma$ 放射線の遮蔽効果実験を行った。さらに、市販放射線遮蔽衣着用時の身体への影響と着用評価を計測するため、環境条件を一定に設定したシールドルームにて着用実験を行った。

### 2-1. 空間放射線量の高い地域における市販放射線遮蔽衣の $\gamma$ 放射線遮蔽効果に関する実験

#### (1) 市販放射線遮蔽衣の現状調査

原発内などの高線量な作業現場の衣服は、一般に、カバーオール型の放射能防護服を外側に着用し、その内側に放射線遮蔽衣が着用されている。現在市販されている放射線遮蔽衣は、その用途や衣服形状は様々であり、遮蔽体の種類も多種多様である。

Fig. 1は、放射能防護服の着用例である。これらは環境中の放射性物質が身体へ付着することを防ぐ役割はあるが、放射線を遮蔽する効果は無い衣服である。この例で示される市販のカバーオール型の放射能防護服は、ポリエチレンやポリプロピレンなどの素材が用いられ、使い捨ての場合が多いよう



Fig. 1 Coverall type of radioactivity protective clothing<sup>注1)</sup>

ある。

このような状況から、市販放射線遮蔽衣の用途や衣服形状、および遮蔽体を調査し、その結果を以下に示す。

#### a) 放射線遮蔽衣の用途

放射線遮蔽衣の用途は、医療用と原発作業用の2種類に分類される。主に医療用はX線検査、原発作業用は高線量作業現場で用いられている。

#### b) 放射線遮蔽衣の衣服形状

放射線遮蔽衣の衣服形状は、空気中に飛散している放射性物質からの放射線を遮蔽するため、全方位防護可能な形状であることが望ましいと考える。放射線遮蔽衣の多くは、体幹部を放射線遮蔽体が被覆する形状となっている。しかし、防護対象部位の違いから喉元を完全に被覆するハイネック形状もあれば、頸部が露出する丸襟形状もある。さらに、着脱方法の違いから、両脇をベルトで留める形状もあれば、前中央開口部をチャックで留める形状もある。このように放射線遮蔽衣の衣服形状は多種多様である。

#### c) 放射線遮蔽衣に用いられる遮蔽体

放射線遮蔽衣に用いられる遮蔽体には、鉛ゴムや含鉛ビニルシート、多元素複合シートなどがある。原発作業用では、地球環境に対する影響や高重量が問題視され、無鉛化の取り組みがなされ、鉛よりも柔軟で軽量のタングステン繊維やデムロン繊維を使用しているものもある。

#### d) 放射線遮蔽衣の衣服重量

現在市販されている放射線遮蔽衣は種類により用途が異なり、多種多様な衣服形状や遮蔽体が用いられている。それに伴い、放射線遮蔽衣の衣服重量も幅広く、軽量の放射線遮蔽衣では、医療用で約3kg、原発作業用で約5kgが多いようである。中には、約20kgの高重量の原発作業用放射線遮蔽衣もある。

### (2) 実験用放射線遮蔽衣の選定

本研究では作業効率や快適性の優れた放射線遮蔽衣の検討を目的として、着用時の $\gamma$ 線の遮蔽効果の測定、ならびに身体への負荷や快適性を検討する。そのための供試被服として、入手可能な3種類の放

Table 1 Characteristics of radiation-protective clothing

実験用衣服	重量 (kg)	厚さ (mm)	遮蔽体	衣服形状		
				襟の形状	脇の形状	裾の形状
放射線遮蔽衣	A (Fig. 2)	13.0	4	鉛	丸襟	開口あり 裾の位置: 大腿中部
	B (Fig. 3)	7.0	4	デムロン	喉元までの ハイネック	開口あり 裾の位置: 臀部下
	C (Fig. 4)	3.0	5	タングステン	喉元までの ハイネック	開口なし 裾の位置: 腰部
基本着衣 (日常着)	上衣	0.4	1.5	なし	長袖スウェット (組成: 綿55%, ポリエステル46%)	
	下衣	0.5	1.5	なし	長ズボン (組成: 綿55%, ポリエステル46%)	



Fig. 2 Radiation-Protective Clothing "A"  
 ※写真中の○部分は、他試験で使用のため、欠損箇所である。

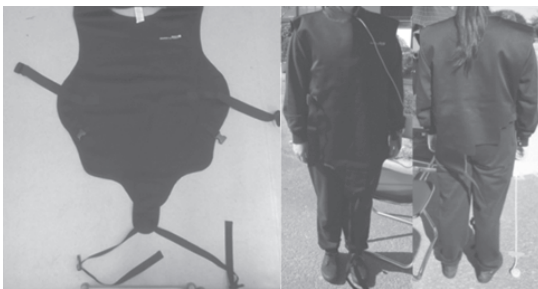


Fig. 3 Radiation-Protective Clothing "B"

放射線遮蔽衣を選定した。着用実験には、放射線遮蔽効果の無い一般の日常着を対照衣服として加え、実験用衣服は4種とした。

選定した放射線遮蔽衣は、Table 1に示すように、放射線遮蔽体に鉛を使用した着衣重量13.0 kgの放射線遮蔽衣A (Fig. 2)、デムロンを使用した7.0 kgの放射線遮蔽衣B (Fig. 3)、さらに、タングステンを使用した3.0 kgの放射線遮蔽衣C (Fig. 4)の3種である。ここで、Cは遮蔽体の軽量化を目的としてタングステンニットが用いられている。



Fig. 4 Radiation-Protective Clothing "C"

### (3) 放射線遮蔽衣の $\gamma$ 放射線遮蔽効果の着用実験

#### 1) 実験環境

実環境における放射線遮蔽効果実験は、2013年11月9日に、福島県伊達市霊山町上小国にある小国地区交流会館前にて行った。交流会館前の実験実施日の環境放射線量は $0.47 \mu\text{Sv/h}$ であった。この地点の環境放射線量は事故以前は $0.03 \mu\text{Sv/h}$ であり、実験地周辺の地区の一部は、原発事故直後は特定避難勧奨地点に指定されていた地域であった。

#### 2) 被験者

被験者は、供試放射線遮蔽衣サイズに適合する身体サイズを持つ健康な成人女性1名を選定した。

#### 3) 着装条件

着装条件は、Table 1に示すように、一般に日常着として用いられる放射線遮蔽効果の無い長袖スウェット（綿55%，ポリエステル45%）と長ズボン（綿55%，ポリエステル45%）を基本着衣とし、その上に、放射線遮蔽衣を着用した。

#### 4) 測定項目

実環境における放射線遮蔽効果実験では、放射線遮蔽衣の放射線遮蔽率を求めるために、環境放射線量と着衣内放射線量を測定した。

## a) 環境放射線量

環境放射線量の測定は、通信機能付環境放射線モニタ（HORIBA 製 Radi PA-1100）を用いて行った。この測定器は  $\gamma$  放射線を測定することができる。測定には測定器を地面から 1 m の高さに設置し、測定間隔を 10 秒として環境の  $\gamma$  線を連続測定した。測定器のエネルギー範囲は 150 keV ～ 1250 keV、有効測定範囲は 0.001 ～ 19.99  $\mu$ Sv/h であった。

b) 着衣内  $\gamma$  放射線量

着衣内の放射線量の測定は、通信機能付環境放射線モニタ（HORIBA 製 Radi PA-1100）を用いて行った。測定には、測定器を基本着衣と人体の上腹部の間に設置し、測定間隔を 10 秒として供試衣服内の  $\gamma$  放射線を連続測定した。測定器のエネルギー範囲は 150 keV ～ 1250 keV、有効測定範囲は 0.001 ～ 19.99  $\mu$ Sv/h であった。

5)  $\gamma$  放射線遮蔽効果の実験方法

被験者は環境放射線量の測定位置から 1m 離れて立位し、環境放射線量と着衣内放射線量を 10 分間測定した。この時、測定開始後 2 分間を順応時間とし、8 分間を測定データとした。実験回数は、現地実験のため 1 回とした。

放射線遮蔽率は、測定した環境放射線量と着衣内放射線量から次式を用いて算出した。なお、供試被服が基本着衣の放射線遮蔽率は、人体の放射線遮蔽率に相当する。

$$\text{放射線遮蔽率 (\%)} = (\text{環境放射線量} - \text{着衣内放射線量}) / \text{環境放射線量} \times 100$$

## 2-2. 実験用放射線遮蔽衣の衣服重量が身体へ与える影響ならびに着用評価に関する実験

## (1) 実験条件

実験は、2013 年 12 月～2014 年 1 月に、日本女子大学泉山館地下 1 階人間環境制御装置室内シールドルームにて、温湿度 25.0℃・50% RH に設定した環境下で行った。被験者および着装条件は  $\gamma$  放射線遮蔽効果実験と同一条件である。

## (2) 計測項目および実験方法

衣服重量による身体負荷の指標として平均皮膚温と着衣内温湿度、および心拍数を計測した。さらに、主観申告による着用評価を行った。

## a) 皮膚温ならびに平均皮膚温

皮膚温は K 型の熱電対を用いて計測し、計測部位は、前額 ( $T_1$ )、上腹 ( $T_2$ )、前腕 ( $T_3$ )、手背 ( $T_4$ )、

大腿 ( $T_5$ )、下腿 ( $T_6$ )、足背 ( $T_7$ ) の 7 点とした。計測間隔は 10 秒として連続計測した。

平均皮膚温は、Hardy & DuBois の 7 点法を用いて以下の式から算出した。

$$\begin{aligned} \text{平均皮膚温 (}^{\circ}\text{C)} \\ = 0.07T_1 + 0.35T_2 + 0.14T_3 + 0.05T_4 + 0.19T_5 + 0.13T_6 \\ + 0.07T_7 \end{aligned}$$

ここで、式中の  $T_1$  から  $T_7$  は、上述の皮膚温の計測部位の計測値である。

## b) 着衣内温湿度

着衣内温湿度は、温度・湿度データロガー（T & D 社製 TR-76Ui CO2）を用いて、温湿度センサーを上腹部に取り付け、計測間隔を 10 秒として連続計測した。

## c) 心拍数

心拍数は、アクティブトレサ（GMS 社製 AC-301）を用いて、計測間隔を 1 秒として連続計測した。

## d) 着用評価

着用評価は、全身の快不快感と温熱感覚（胸部、肩部、背部、腰部、全身）、圧迫感（胸部、肩部、背部、腰部、腹部）の 3 項目とし、申告用紙（Fig. 5）を用いて主観申告を行った。

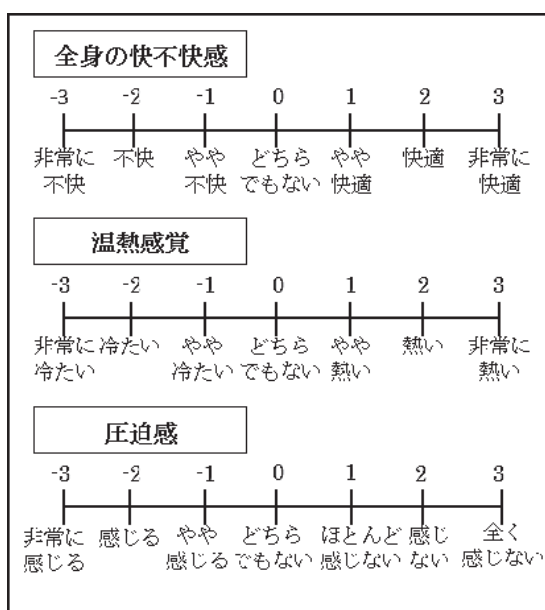


Fig. 5 Subjective declaration paper



#### e) 着用実験タイムスケジュール

被験者は着装条件に従い、基本着衣と放射線遮蔽衣を着用し、各計測センサーを所定の位置に取り付ける。シールドルームに入室後、タイムスケジュール (Fig. 6) に従い、1条件につき繰り返し2回の実験を行った。計測開始後25分間を椅座位安静とし、環境への順応時間とした。

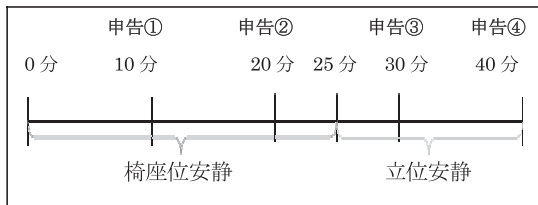


Fig. 6 Time schedule of the experiment

### 3. 結果・考察

#### 3-1. 放射線遮蔽衣の $\gamma$ 放射線遮蔽効果

対照衣服である日常着と放射線遮蔽衣の $\gamma$ 放射線遮蔽効果について検討した。対照衣服は、放射線遮蔽体を含まない日常用の衣服であり、基本着衣を着用時の放射線遮蔽量は、人体の放射線遮蔽量に相当する。一方、放射線遮蔽衣を着用した時の放射線遮蔽量は、人体の放射線遮蔽量と放射線遮蔽衣単体の放射線遮蔽量との合算値として測定されることから、放射線遮蔽衣単体の放射線遮蔽量や遮蔽率は、人体の放射線遮蔽率を減じた値として表した。

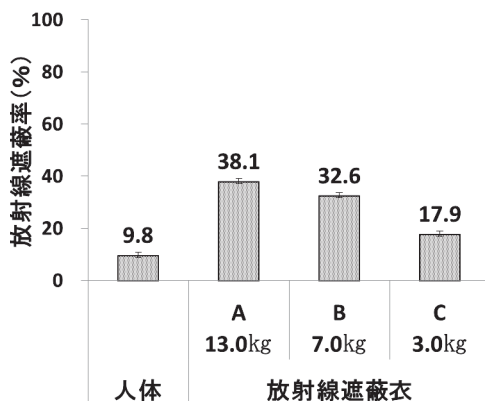


Fig. 7 Comparison of  $\gamma$  Radiation-shielding rate

放射線遮蔽効果の無い対照衣服と3種の放射線遮蔽衣 A・B・C のすべての測定値について、二元配置の分散分析を行ったところ、有意水準1%で4種の衣服の放射線遮蔽量間には有意差が見られたが、各衣服の時間経過毎の測定値間には差が無いことがわかった。そこで、各衣服の放射線遮蔽率の平均値を Fig. 7 に示した。

次に、これらの平均値の差が統計的に有意であるかを確かめるために、有意水準1%で両側検定のt検定を行ったところ、4種の実験用衣服の放射線遮蔽率の平均値間には有意差が見られ、得られた遮蔽率には統計的に差があることがわかった。したがって、実験に用いた3種の放射線遮蔽衣は、日常着に比べて、 $\gamma$ 放射線の遮蔽効果が大きいことが確認でき、遮蔽効果の大きさは  $A > B > C$  となり、衣服重量との関係も示唆された。

Fig. 7 の放射線遮蔽率を単位重量当たりの放射線遮蔽率に換算すると、放射線遮蔽衣 A は 2.9% /kg, B は 4.7% /kg, C は 5.9% /kg となり、放射線遮蔽衣の着衣重量が最小であった C の実験用衣服において、単位重量当たりの放射線遮蔽率が最大を示す結果となった。実験に用いた3種の放射線遮蔽衣は遮蔽体も衣服形状もさまざまであることから、それらの特徴について詳細な比較はできないが、今後、放射線遮蔽効果のある素材等の検討をする際に参考

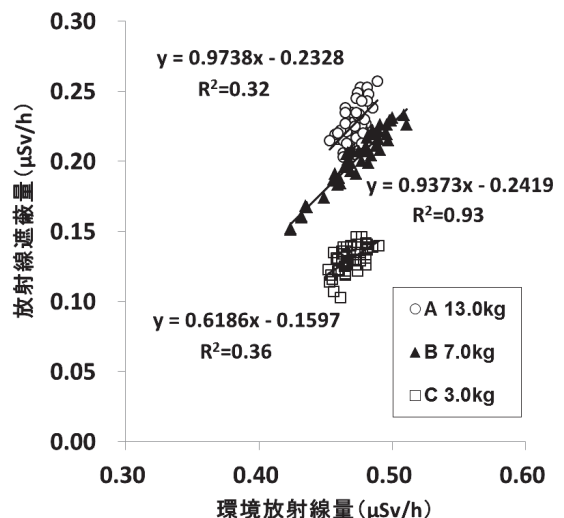


Fig. 8 Relationship between environmental radiation levels and  $\gamma$  radiation shielding quantity

となる情報を得ることができた。

Fig. 8 は、環境放射線量と実験用放射線遮蔽衣の放射線遮蔽量との関係である。ここで使用した放射線遮蔽量は、人が着用した時の放射線遮蔽量を表し、人体の放射線遮蔽量を含むデータを使用している。図より、3種の放射線遮蔽衣を着用した時の放射線遮蔽量は、環境放射線量と相関があり、各々の遮蔽衣において、環境放射線量に対する挙動が異なることが観察できた。具体的には、放射線遮蔽衣 B は、環境放射線量と放射線遮蔽量との間にはピアソンの相関係数  $R=0.96$  の強い相関があり、放射線遮蔽衣 A と C に比べて、広範囲の環境放射線で安定した遮蔽力を持つことが予想される。

以上より、放射線遮蔽効果は遮蔽体の種類により特徴があることが示唆され、着用目的や用途により、適切な遮蔽体の選定を行う必要があることがわかった。

次に、放射線遮蔽率と衣服重量との関係を検討した。

Fig. 9 は、放射線遮蔽率と放射線遮蔽衣の重量の平方根との関係である。両者間には非常に強い相関があり（ピアソンの相関係数  $R=0.96$ ），放射線遮蔽率は放射線遮蔽衣の重量の平方根（ $\text{kg}^{1/2}$ ）を用いて、次式で示されることがわかった。

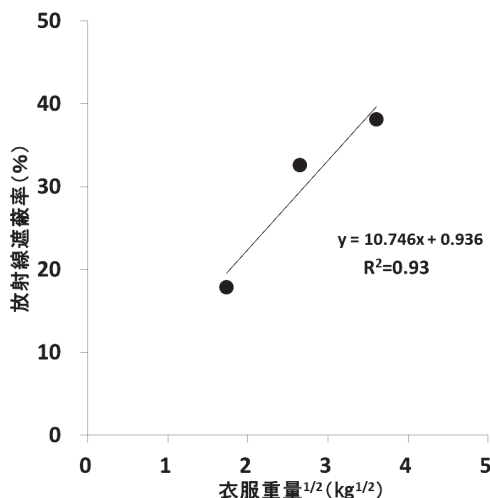


Fig. 9 Relationship between the weight of radiation-protective clothing and  $\gamma$  radiation-shielding

$$y = 10.746x + 0.936$$

ここで、

$x$  : 放射線遮蔽衣の重量の平方根 ( $\text{kg}^{1/2}$ )

$y$  : 放射線遮蔽率 (%)

である。

したがって、放射線遮蔽衣は重量が高重量であるほど放射線遮蔽効果があることが確認できた。しかし、放射線遮蔽効果を高めることに伴う衣服重量の増加は、着用感や作業効率などの観点において種々の課題を生じることが懸念される。特に、高重量の衣服を着用した長時間の作業は、心身のストレスの増大に繋がることが問題である。そのような理由から、以下に、実験に用いた放射線遮蔽衣の衣服重量と身体への影響について検討した。

### 3-2. 放射線遮蔽衣の衣服重量による身体への影響

平均皮膚温と着衣内温湿度、心拍数から、放射線遮蔽衣の衣服重量と身体への影響を検討した。

Table 2 は、日常着と放射線遮蔽衣着用時の立位安静状態における平均皮膚温と着衣内温湿度、心拍数である。これらのデータは、実験スケジュール中の立位姿勢時の安定したデータを用いて算出した。繰り返し実験2回のデータ間には有意に差が見られたことから、個々の実験におけるデータで表した。

Table 2 Mean skin temperature, temperature and humidity between the skin and clothes, heart rate at the time of standing

		日常着	放射線遮蔽衣		
			A 13.0kg	B 7.1kg	C 3.0kg
平均皮膚温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	1回目	34.0	32.8	33.7	34.1
	2回目	33.2	33.6	34.2	33.3
着衣内温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	1回目	32.7	33.3	33.2	34.7
	2回目	31.9	33.1	33.4	34.4
着衣内湿度 (%RH)	1回目	31	52	46	41
	2回目	29	42	42	37
心拍数 (bpm)	1回目	83	100	94	87
	2回目	73	89	88	83

一般の日常着である対照衣服に比べて、衣服重量の大きな放射線遮蔽衣を着用すると、着衣内温湿度、心拍数が高くなる傾向が観察された。

そこで、着衣内温湿度と心拍数各々に対して日常

着と放射線遮蔽衣 A, B, C のすべての計測値について、二元配置の分散分析を行ったところ、有意水準 5% で 4 種の衣服間には差があることがわかった。そこで、着衣内温湿度、心拍数の比較から、以下の考察を行った。

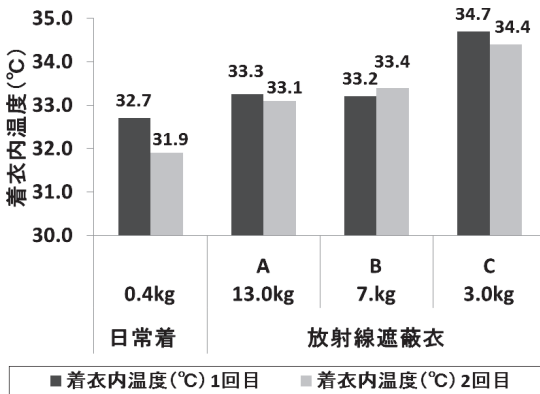


Fig. 10 Comparison of temperature between the skin and clothes at the time of standing

Fig. 10 は、着衣内温度の比較である。着衣内温度と衣服重量との相関関係はなかったが、着衣内温度は放射線遮蔽衣 A・B と比較して C が高い温度を維持した。この理由としては、着衣形状による差を予想することができる。すなわち、放射線遮蔽衣 A・B は体幹部を前後で挟む形状であり、体幹部が開いているが、C はベスト形状であることから、着衣内に温かい空気層が維持され、A, B よりも着

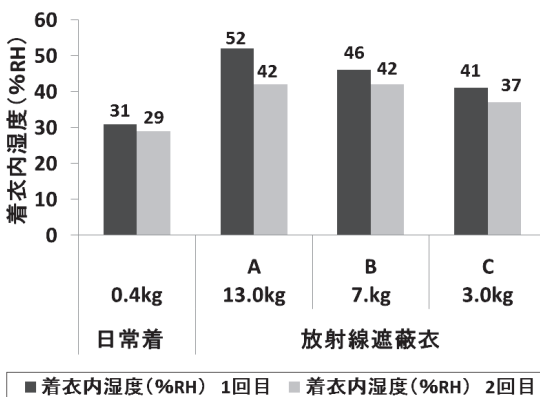


Fig. 11 Comparison of humidity between the skin and clothes at the time of standing

衣内温度が上昇したと考えられる。

Fig. 11 は着衣内湿度の比較である。着衣内湿度は放射線遮蔽衣 A・B と比較し、C が低い。放射線遮蔽衣 C はニット素材が用いられており、通気性が優れているため着衣内湿度が低くなったと考えられる。また、一般的に放射線遮蔽衣は放射性物質を着衣内に通過させないことが重要とされ、使用する素材は高密度で厚手であることが多い。そのため、放射線遮蔽率の高い放射線遮蔽衣ほど高重量であり、通気性が低下することが予想され、本実験結果からもその傾向が観察された。

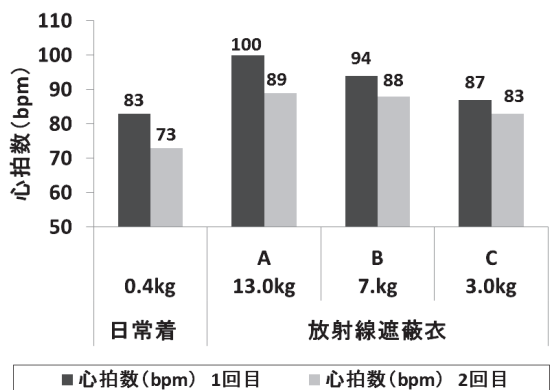


Fig. 12 Comparison of heart rate at the time of standing

Fig. 12 は心拍数の比較である。安静状態の心拍数は、放射線遮蔽衣の重量の大きな A の 13.0 kg と B の 7.0 kg と比較すると 3.0 kg の衣服重量の C が低い結果となった。放射線遮蔽衣の重量負荷が心拍数の増加に繋がることが観察された。

以上より、放射線遮蔽衣は、日常着に比べて、着用時に着衣内湿度と心拍数が上昇し、衣服重量が身体へ影響を与えていることが推測される。

### 3-3. 放射線遮蔽衣の衣服重量と全身の快不快感・温熱感覚・圧迫感

放射線遮蔽衣の着用快適性を検討した。Table 3 は、立位安静時における全身の快不快感、温熱感覚、圧迫感の申告結果である。実験開始から 40 分経過後の主観申告結果から平均値を算出した。

全身の快不快感の結果を見ると、放射線遮蔽衣着用時には日常着よりも不快感が大きくなることがわかる。温熱感覚においては、本実験の温熱環境条件



Table 3 Whole-body discomfort, sensation of warmth and feelings of pressure at the time of standing

	日常着	放射線遮蔽衣			
		0.4kg	A B C		
			13.0kg	7.0kg	3.0kg
全身の快不快感		0.0	-3.0	-3.0	-2.0
温熱感覚	胸部	0.0	0.0	0.0	0.0
	肩部	0.0	0.0	0.0	0.0
	背部	0.0	0.0	0.0	0.0
	腰部	0.0	0.0	0.0	0.0
	全身	0.0	0.5	0.0	0.0
圧迫感	胸部	1.5	-2.5	-2.0	-2.0
	肩部	3.0	-3.0	-3.0	-2.0
	背部	2.5	-2.5	-3.0	-2.0
	腰部	1.0	-3.0	-2.5	-2.5
	腹部	3.0	0.0	0.0	0.5

と作業強度においては、衣服重量による差は見られなかった。

圧迫感においては、日常着である基本着衣に比べて、衣服重量の大きな放射線遮蔽衣着用時には圧迫感を感じていることが観察された。

Fig. 13 は、基本着衣と放射線遮蔽衣を着用した時の各部位の圧迫感を比較するために、両者の圧迫感の差の絶対値をレーダー軸で示している。3 種の実験用の放射線遮蔽衣は、日常着に比べて全ての部位で圧迫感を感じていることが明らかであり、肩部の圧迫感がいずれの衣服重量でも大きく、背部にお

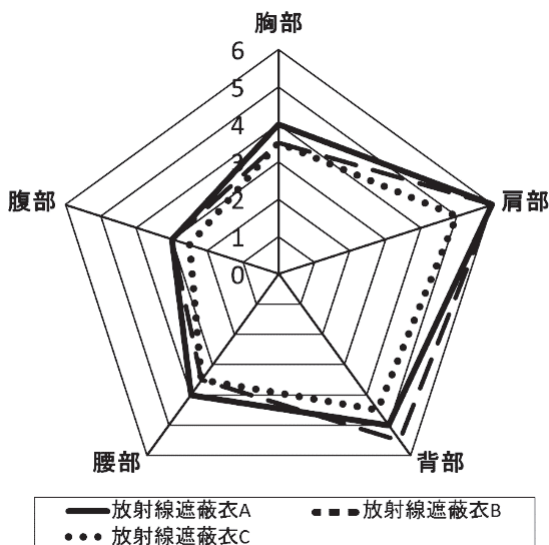


Fig. 13 Comparison of feelings of pressure of everyday wear and radiation-protective clothing

いても圧迫感を感じていることがわかった。

Table 3 から、放射線遮蔽衣着用時には全身の快不快感と肩部の圧迫感に関係があることが観察できる。放射線遮蔽衣の衣服重量と肩部の圧迫感との高い相関（ピアソンの相関係数  $R = -0.80$ ）が確認され、肩部への圧迫感の要因が放射線遮蔽衣の衣服重量であることがわかった。この結果は、一般に立位の際は衣服重量が肩部にかかるために衣服圧が肩部の頂上付近で高くなる報告と一致する。以上から、一般の繊維製品である日常着に対して、高重量になるほど放射線遮蔽衣着用時の肩部への圧迫感と全身の不快感が増大することがわかった。

したがって、作業効率ならびに快適性の向上を期待できる放射線遮蔽衣を検討するには、衣服重量の軽減と共に、圧迫感を強く感じる肩部や背部への衣服圧を緩和する対策をとる必要がある。

### 3-4. 放射線遮蔽衣の着用時間と全身の快不快感・圧迫感との関係

衣服重量の大きな放射線遮蔽衣の長時間着用による身体への影響を検討するために、実験開始から終了までの全身の快不快感と圧迫感の平均値を用いて、4 種の実験用衣服について比較した。

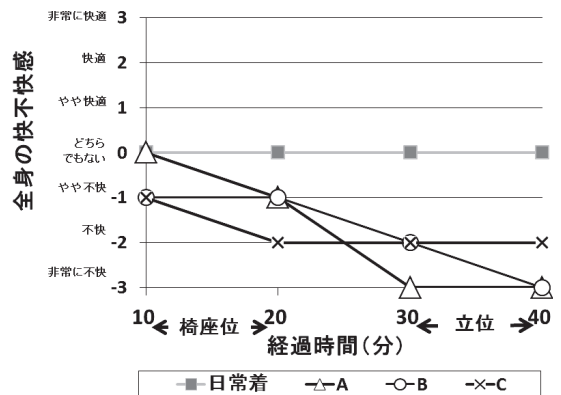


Fig. 14 Relationship between wear time and whole-body comfort and discomfort of radiation-protective clothing

Fig. 14 は、着用時間の経過による全身の快不快感の推移である。図中の 10 分と 20 分経過時の申告は椅座位安静状態にあり、30 分と 40 分経過時の申告は立位安静状態にある。日常着の着用時に比べて

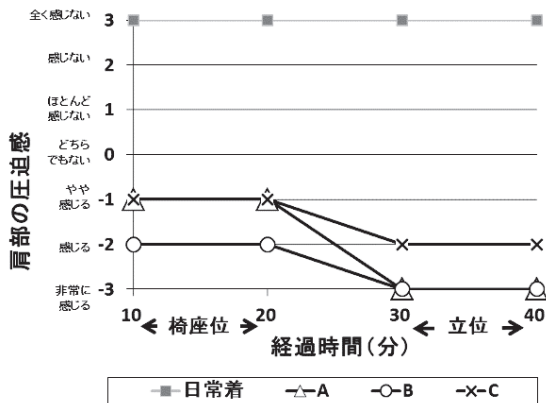


Fig. 15 Relationship between wear time and feelings of pressure to the shoulder of radiation-protective clothing

重量の大きな衣服を着用すると、着用時間の経過に伴い、椅座位安静、立位安静のいずれの状態においても全身の不快感が増大する傾向がみられる。

Fig. 15 は、全身の快不快感と肩部の圧迫感との関係の経時変化を示している。衣服重量の大きな衣服は、着用時間が長くなるに伴い、全身の不快感と肩部の圧迫感が増大することが明らかとなった。

以上より、環境放射線量の高い作業現場等の放射線遮蔽衣の長時間着用は心身に負荷が生じることが観察された。従って、放射線遮蔽衣の快適性向上を図るために、作業者の安全と快適性向上に関してはより一層の配慮が望まれる。

#### 4. まとめ

福島第一原発内などの作業現場では、放射線遮蔽衣の着用は必須である。従来、原発内作業における熱中症対策に関する放射能防護服の研究は行われているが、放射線を遮蔽する効果のある放射線遮蔽衣に関する研究は見当たらないようである。本研究では、放射線を遮蔽する効果のある放射線遮蔽衣を対象とし、特定避難勧奨地点における $\gamma$ 放射線遮蔽効果の測定、ならびに環境を一定に制御した実験室において、平均皮膚温、衣服内温湿度、心拍数、快不快感、温熱感覚、圧迫感を計測し、放射線遮蔽衣の重量との関係を検討した。

本研究で対象とした放射線遮蔽衣には、鉛、デムロン、タングステンという異なる遮蔽体を用いた3

種類を選定した。

環境放射線量の高い地域における実環境での測定から、実験に用いた放射線遮蔽衣は、一般の日常着よりも遮蔽効果があることが確認された。また、遮蔽体の種類により遮蔽効果に特徴が見られることも示唆された。さらに、放射線遮蔽衣の衣服重量が増加するほど $\gamma$ 放射線遮蔽効果は高くなる傾向が明らかとなった。次に、実験用の放射線遮蔽衣の衣服重量が身体へ与える影響を検討した結果、衣服重量が増加すると心拍数が増加し、衣服内の湿度の上昇も観察された。放射線遮蔽衣を着用すると、衣服重量と肩部の圧迫感には強い負の相関がみられ、一般的な日常着に比べて衣服重量の大きな放射線遮蔽衣を着用すると、肩部の圧迫感と全身の不快感が増大することも明らかとなった。さらに、着用時間が長くなると、全身の不快感と圧迫感が増大する傾向があることも観察された。

以上より、放射線遮蔽衣の重量が増加するほど $\gamma$ 放射線遮蔽効果は大きくなるが、一方では、身体への負荷が増加し、着用快適性が低下することが明らかとなった。したがって、放射線遮蔽衣には、 $\gamma$ 放射線遮蔽効果をより高める必要があること、同時に、着用中の快適性を向上させることが喫緊の課題であり、現在、それらの対策を検討中である。

#### 〔要 約〕

福島第一原発内などの作業現場では、放射線遮蔽衣の着用は必須である。従来、原発内作業における熱中症対策に関する放射能防護服の研究は行われているが、放射線を遮蔽する効果のある放射線遮蔽衣に関する研究は見当たらないようである。本研究では、放射線を遮蔽する効果のある放射線遮蔽衣を対象とし、特定避難勧奨地点における $\gamma$ 放射線遮蔽効果の測定、ならびに環境を一定に制御した実験室において、平均皮膚温、衣服内温湿度、心拍数、圧迫感、快不快感、温熱感覚を計測し、放射線遮蔽衣の重量との関係を検討した。放射線遮蔽衣の重量が増加すると放射線遮蔽効果は大きくなり、着衣内湿度と心拍数が増加し、肩部の圧迫感と全身の不快感が増大した。放射線遮蔽衣の重量が増加するほど、 $\gamma$ 放射線遮蔽効果は大きい、身体への負荷が増大し、着用快適性が低下することが明らかとなった。作業効率を向上するためには、放射線遮蔽衣の軽量化と肩部の圧迫感の軽減のための対策が必要である。

## 注

注1) 「国際原子力機関に対する日本国政府の追加報告書—東京電力福島原子力発電所の事故について—(第2報)」(経済産業省: <http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/backdrop/pdf/20110911/annex2.pdf>) を加工して作成。

## 参考文献

1) 佐々木行忠: 原子力発電所等における放射線(能)防護服, 繊維製品消費科学, 41 (10),

28-32, (2000)

- 2) 高橋直樹, 李珠英, 若林斉, 枋原裕: 原子力施設における防護服着用作業員のためのリアルタイム暑熱負担遠隔モニタリング装置の開発とその運用, 保健物理, 46 (2), 140-147 (2011)
- 3) 下坂知加, 石垣理子, 猪又美栄子: 衣服重量が若年者と高齢者の頸肩部腕負担に与える影響, 日本家政学会誌, 60 (6), 569-577 (2009)
- 4) 吉村博子, 酒井豊子, 石川欣造: 衣服の拘束性に関する研究 オーバーコートの肩部衣服圧に関するモデル的解析, 日本家政学会誌, 38 (3), 199-203 (1987)