ノ ー ト

セル内除染作業における作業負担調査 (Ⅱ)

—防護服の種類による発汗量の違い—

木内 伸幸^{*1}, 池沢 芳夫^{*1}

(1990 年 9 月 25 日受理)

(1991 年 1 月 18 日再受理)

Work Strain in Decontamination of Hot Cells (Ⅱ)

—Sweat Rates in Different Types of Protective Clothings—

Nobuyuki KINOUCHI^{*1} and Yoshio IKEZAWA^{*1}

In decontamination of hot cells, the workers should wear suitable protective clothing to protect them from internal exposure and skin contamination. But such protective clothing causes some work strain, especially heat-stress.

As a simple method to evaluate quantitative work strain, we used sweat rates of the wearers.

In the previous paper, sweat rates for workers with two types of protective clothing were reported. In the present paper, sweat rates under severer working conditions are measured for three types: (1) pressure ventilated blouse; (2) full-face mask & polyethylene coverall; (3) full-face mask & vinyl anorak. The measured values for 65 subjects widely scatter from 0.2 to 2.5 l/h for all the protective clothing.

Based on these values, the effects of protective clothing and working conditions (ambient temperature and humidity) on work strain are discussed.

KEY WORDS: work strain, sweat rate, hot cell, decontamination, protective clothing

1. はじめに

ホットセル内の除染作業は、セル内の試験装置および設備の保守、点検作業における作業員の被ばく低減のため、保守、点検作業に先立って実施される。そのおもな作業内容は、マニプレータ等を使用した遠隔法では除染できなかった、セル床面、壁面および試験装置の外面に付着している放射性汚染物質を、セル内に立ち入り、水で濡らした紙ウェス等で拭き取ることである。作業内容

としては、高度なものではないが、身体表面汚染と内部被ばくを防護するために呼吸用保護具および防護服を着用しているため、作業員にとってはかなりの作業負担を強いられている。

著者らは、ホットセル内の除染作業における作業員の作業負担調査の一環として、作業負担を「腎外水分喪失量（以下、発汗量という）」を指標にして検討している。

既報¹⁾では、エアラインスーツまたは全面マスクとビニールアノラックを着用した作業員の作業期間中の発汗量を測定し、その検討結果について報告した。

今回、セル内温度、湿度がより苛酷な作業環境下において、全面マスクとビニールアノラックを着用した作業員の発汗量を測定し、前回の結果と比較した。また、あ

^{*1} 日本原子力研究所東海研究所保健物理部；茨城県那珂郡東海村 (〒319-11)

Department of Health Physics, Tokai Research Establishment, Japan Atomic Energy Research Institute; Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

Fig. 1 Distribution of sweat rates for workers with protective clothings.

らたに浄気式加圧服または全面マスクと不織布（カバーオール形簡易防護服）を着用した作業者の発汗量を測定したので、その検討結果も報告する。

2. 発汗量の測定

セル内で除染作業に従事した作業者を対象に、作業前後の体重差を測定し、比重1として発汗量（l）を求めた¹⁾。測定手順は、以下のとおりである。

- (a) 作業前体重測定
- (b) 防護服および呼吸用保護具の着用
- (c) セル内除染作業（約1時間）
- (d) 防護服および呼吸用保護具の着脱
- (e) 作業後体重測定

体重測定用の機器としては、卓上型デジタル台秤（大和製衡製 DP-5000：最小表示量 50 g）を用いた。

測定時の作業条件等は、以下のとおりである。

(1) 作業環境

（セル内温度）20～26℃ 平均 23℃
（セル内湿度）49～73% 平均 61%

(2) 測定対象者

セル内除染作業：21 名
年齢：19～58 歳

(3) 測定例 延べ 65 例

(4) 着用呼吸用保護具および防護服

防護服 S：浄気式加圧服（重松製作所、自給式ハーフスーツ AP-11R1）

防護服 T：全面マスク（MSA、ウルトラツイン面体）
＋不織布（デュボン、TYVEK）2 枚

防護服 M：全面マスク（MSA、ウルトラツイン面体）

＋ビニールアノラック

各防護服の下には、下着、つなぎ服を着用しており、さらに、布手袋、ゴム手袋、軍足、靴カバー、布帽を着用している。

(5) 作業内容

セル内除染作業

- ・床面、壁面の汚染物質の拭き取り
- ・内装機器の表面等の汚染物質の拭き取り（水で濡らした紙ウェス等を使用）

3. 測定結果

防護服 S、防護服 T および防護服 M を着用した各作業者の発汗量の測定結果から、単位作業時間（1 時間）当りの発汗量（以下、発汗量は、これを示す）を求めた。その発汗量の分布を Fig. 1 に示す。また、Table 1 に、測定した発汗量の最大値、最小値、平均値を示す。前回の測定結果¹⁾を比較のためあわせて示す。

Fig. 1 からわかるように、防護服 T、M 着用の場合には、測定値が広範囲に分布している。これは、防護服 S 着用と比べて、手足等の身体動作の自由度が大きいため、壁、床面の広範囲な除染、あるいは内装機器の細部の除染といった、作業内容の多様性によるものと考えられる。

発汗量の平均値は、防護服 S あるいは防護服 T 着用の場合、同じく 1.0 l/h、防護服 M 着用の場合、1.5 l/h であった。

発汗量の平均値からみる限りでは、防護服 S、防護服 T 着用による作業に対する平均値な作業負担は、本除染作業では、ほぼ等価であった。防護服 M 着用による作業者の負担は、防護服 S、T 着用と比べて、その負担の

Table 1 Sweat rates for workers with protective clothings.

Protective Clothing	Sweat rate (l/h)				
	Type S	(This work) Type T	Type M	(Comparison) Type R* ¹⁾	Type M ¹⁾
Air temperature		Ave. 23°C		Ave. 18°C	
Relative humidity		Ave. 61%		Ave. 41%	
Maximum	1.7	2.3	2.5	2.0	2.1
Minimum	0.2	0.2	0.5	0.7	0.2
Average	1.0	1.0	1.5	1.1	1.0
Number of subjects	16	30	19	13	35

* Type R : Air-line Suit (LA CALHENE, SC-440HAS)

度合は大きかった。

4. 考 察

4.1 作業環境の温・湿度と発汗量との関係

前回と今回における防護服M着用による作業者の発汗量の測定結果を比較すると、**Fig. 1** および **Table 1** に示すように、今回の測定値は、前回に比べ、全体的に約 0.5 l/h 大きい。

おもな原因は、除染作業期間中の作業環境において、今回は、セル内温度が、約 5°C 高く、湿度が、約 20% 高いことによると考えられる。

三浦ら²⁾は、寒冷環境の 5°C、10°C では、筋労作の場合も椅座作業の場合も、発汗量に差は認められないが、15°C 以上になると筋労作による発汗が大となり、35°C 以上では、とくに筋労作時の発汗が急増することを指摘している。川島³⁾は、簡易防護服（防護服Mとはほぼ同じ）着用者の平均皮膚温、直腸温が気温および作業量に影響していること、および気温上昇（10°C から 30°C）に伴う発汗量の増加を報告している。また、PULKET, *et al.*⁴⁾は、医療用ガウン着用者を対象に、気温 34°C から 38°C の範囲において、湿度上昇（水蒸気圧 25 mmHg から 33 mmHg）に伴う発汗量の増加を報告している。

測定結果から、作業者の負担の軽減対策として、セル内温・湿度を低くするという作業環境の改善が有効であるといえる。また、測定発汗量の最大値あるいは平均値を、発汗量の適正限界値と比較することで、事前の作業計画における作業時間の決定の指標として利用できると考える¹⁾。

4.2 防護服と作業負担との関係

セル内除染作業において着用される各防護服と作業負担との関係は、発汗量測定時の作業環境を考慮すると、

Fig. 2 Work strain by wearing protective clothings in decontamination of hot cells.

Fig. 2 のように考えられる。

負担の度合としては、防護服R（エアラインスーツ）と防護服M（全面マスク＋ビニールアノラック）、防護服S（浄気式加圧服）と防護服T（全面マスク＋不織布）が、それぞれ等価である。

ここで、興味深いのが、防護服Tと防護服Mの関係である。すなわち、セル内の空気中の放射能濃度のレベルにより、呼吸用保護具として全面マスクを選択した場合、身体汚染防護の観点から、どちらの防護服を選択すべきかという問題である。

作業者の負担を考慮すると、防護服Tを選択するのが望ましい。一方、水、洗浄剤の使用や多数の機器が設置されている狭い所を除染する場合には、防護服Mが望ましい。なぜなら、不織布（防護服T）は、軽量、柔軟、高通気性等、優れた特性をもっているが、反面、ビニー

ルアノラック（防護服M）に比べて、耐水性が小さい、機器等の角部接触により破れやすいといった強度に乏しい欠点があるためである。

そこで、防護服M着用の場合には、作業時間の短縮、セル内温・湿度を下げる等の方策で、作業負担を低減化することを考慮してみる必要がある。

5. おわりに

実際のセル内除染作業において、全面マスクと不織布およびビニールアノラック、浄気式加圧服、エアラインスーツ着用者の発汗量を測定することにより、その作業負担について検討した。

その結果から、作業負担を考慮した防護服の選択、作業環境の改善の必要性を指摘した。

さらに、軽量化、動き易さといった作業者の負荷を総合的に考慮した呼吸用保護具および防護服の改良が重要であると考ええる。

本稿をまとめるにあたり、ご助言をいただいた保健物理部体内放射能課長須賀新一氏、放射線管理第3課高橋昭雄氏、測定等ご協力いただいた実用燃料試験室燃料試験課、原子力代行㈱、東京ニュークリア・サービス㈱の諸氏に深く感謝します。

参 考 文 献

- 1) 木内伸幸；セル内除染作業における作業負担調査一腎外水分喪失量（発汗量）の測定一，保健物理，**25**，82（1990）。
- 2) 三浦豊彦編；“新労働衛生ハンドブック”，p. 201（1974），労働科学研究所，川崎。
- 3) 川島美勝；放射能防護服の衣服気候特性，空調調和・衛生工学，**56**，247（1982）。
- 4) C. PULKET *et al.*；A comparison of heat stress indices in a hot-humid environment, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, **41**, 442（1980）。