

労災疾病臨床研究事業費補助金

ベリリウム等の低濃度管理物質に対する有効な曝露防止対策に関する研究  
(211101-01)

令和3年度 総括研究報告書

研究代表者 石田尾 徹

令和4年（2022年）3月

## 目 次

### I. 総括研究報告

1. ベリリウムに関する文献的調査  
石田尾 徹, 山本 忍, 大藪 貴子, 東 秀憲, 保利 一  
.....01
2. ベリリウム製造および取扱いに関するアンケート調査  
山本 忍, 石田尾 徹, 大藪 貴子, 東 秀憲, 保利 一  
.....04
3. 模擬作業場の設計および施工  
石田尾 徹, 山本 忍, 大藪 貴子, 東 秀憲, 保利 一  
.....07
4. 呼吸用保護具のフィットファクタと防護係数の測定と評価  
大藪 貴子, 東 秀憲, 石田尾 徹, 山本 忍, 保利 一  
.....16

## ベリリウムに関する文献的調査

研究代表者 石田尾 徹

産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学講座 講師

石田尾 徹<sup>1</sup>, 山本 忍<sup>2</sup>, 大藪 貴子<sup>3</sup>, 東 秀憲<sup>4</sup>, 保利 一<sup>5</sup>

<sup>1</sup>産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学 講師, <sup>2</sup>同助教,

<sup>3</sup>産業医科大学 産業生態科学研究所 労働衛生工学 講師, <sup>4</sup>同教授,

<sup>5</sup>産業医科大学 名誉教授

### 研究要旨

本研究ではまず、ベリリウムの使用の実態、作業の種類、作業内容等、曝露状況等に関する国内外の文献を調査・収集した。ベリリウム作業のベリリウムについては、米国 OSHA が最終規則(Final rule)を公表しており、事業所向けのガイドラインを公表しているため、これも参考にして作業の実態を調査した。その結果、国外でのベリリウム作業としては、主に原子力関連、兵器製造関連が多く、他の精密機械加工に関してもこれらに関連したものと思われる。一方、工学的対策については、1970 年代より局所排気装置が使われているが、高流速の局所排気装置の設置が環境濃度低減に有効である知見が得られた。

#### A. 研究目的

ベリリウムについては、米国の OSHA が 2017 年に最終規則(Final rule)を公表している。これは、一般産業、建設業、造船業に分けて示しているが、いずれもベリリウムを 0.1%以上含有する物質が対象となっている。一方、わが国では、ベリリウムは特定化学物質の第 1 類に分類されているが、特化則の対象となるのはベリリウムを 1% (重量) 以上含有する製剤等、合金の場合はベリリウムを 3%(重量)を超えて含有するものに限られている。わが国で広く使用されているベリリウム銅合金の場合、ベリリウムの含有率は基本的に 3%未満であり、これらを取扱う作業については、作業環境測定や、特殊健康診断の義務はないため、実態が把握され

ているとはいえない。以上のことから、本研究では実態を把握することを目的として、ベリリウムの使用の実態、作業の種類、作業内容等、曝露状況等に関する国内外の文献を調査・収集した。

#### B. 研究方法

ベリリウムの TLV-TWA が  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $0.00005 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) と示された文献 (ACGIH 2014, BERYLLIUM AND COMPOUNDS) の引用文献を調査した。特に、ベリリウムの使用の実態、作業の種類、作業内容等、曝露状況等に関する文献を収集した。

#### C. 研究結果

上述したベリリウムの TLV-TWA が示さ

れた ACGIH の引用文献より、本研究に有用と思われる 6 件の文献を抽出した。次に、文献ごとに要約し、内容を整理した。項目として、ベリリウムの状態、作業内容、環境濃度、対象 n 数の結果が 5 件（文献[1-5]）、局所排気装置の改善例が 1 件[6]であった。得られた結果を表 1 に示す。物質の状態としては、銅ベリリウム合金をはじめ、ベリリウム合金という状態が最も多かった。作業内容としては、細線製造、面取り、線材の焼鈍、酸洗、線引き、精密機械加工等があった。濃度に関しては、最小値  $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  からかなり幅がみられたが、呼吸域で  $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と高濃度の報告例もあった。

#### D. 考察

表 1 より、ベリリウム作業[1-5]としては原子力関連、兵器製造関連がかなり多く、他の精密機械加工に関してもこれらに関連したものと考えられる。ベリリウムは合金として使用されることが多いが、現在の TLV-TWA から考えれば、高濃度の作業が多かったことが推察される。一方、工学的対策[6]については、1970～1977 年の大量生産期に局所排気装置が用いられていたが、1978～1982 年に生産が減少したため、以前に比べて環境濃度が減少（約  $0.3 \rightarrow 0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）した。その後、局所排気装置は改良されたが、1983～1985 年には再び生産が増加したため環境濃度は変わっていない。1986～1988 年は生産が減少するとともに高流速の局所排気装置が設置されたことから、環境濃度は約  $0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と改善されている。この様に米国のデータからも、高流速の局所排気装置が環境濃度低減に有効であることが示唆された。

#### E. 結論

本研究では、ベリリウム作業の実態把握を目的として、ベリリウムの TLV-TWA が示された ACGIH の引用文献より、本研究に有用と思われる文献を抽出し整理した。その結果、合金として原子力関連や兵器製造関連で多く使用されており、環境濃度も含め呼吸域でも高濃度となる報告例があった。また、工学的対策については、高流速の局所排気装置が環境濃度低減に有効であることが示唆された。文献的調査については、引き続き行う必要がある。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 1 環境測定および曝露測定の調査結果

文献	物質の状態	作業内容	濃度 (µg/m <sup>3</sup> )	備考
1	銅ベリリウム合金	細線製造 面取り 線材の焼鈍, 酸洗 線引き	0.03 (0.01-1.58) 0.12 (0.01-7.80) 0.06 (0.01-0.38)	185 人
2	金属ベリリウム, 酸化物, 合金	精密機械加工	0.13 (0.006-22.62)	20 人
3	金属ベリリウム, 酸化物, 合金	精密機械加工	0.02 (median) 0.2 (meam) 2 (95 パーセントイル)	3831 人
4	金属ベリリウム	原子兵器製造	0.11-0.72 (年平均曝露濃度) 0.02-0.32 (年平均定点濃度)	21768 人 367757 点
5	金属ベリリウム, 酸化物, 合金, セラミックス)	ベリリウム製品(金属, 酸化物, 合金, セラミックス)製造 プラント	0.4 (定点) 1.1 (呼吸域) 0.9 (襟元)	2274 人

引用文献：

- [1] Schuler CR et al.: Am J Ind Med 47:195–205 (2005).
- [2] Kelleher PC et al.: J Occup Environ Med 43:238–249 (2001).
- [3] Madl AK et al.: J Occup Environ Hyg 4(6):448–466 (2007).
- [4] Johnson JS et al.: Appl Occup Environ Hyg 16(5):619–630 (2001).
- [5] Kreiss K et al.: Occup Environ Med 54:605–612 (1997).
- [6] Barnard et al.: Am Ind Hyg Assoc J 57:804-808 (1996).

## ベリリウム製造および取扱いに関するアンケート調査

研究代表者 石田尾 徹

産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学講座 講師

山本 忍<sup>1</sup>, 石田尾 徹<sup>2</sup>, 大藪 貴子<sup>3</sup>, 東 秀憲<sup>4</sup>, 保利 一<sup>5</sup>

<sup>1</sup>産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学 助教, <sup>2</sup>同講師,

<sup>3</sup>産業医科大学 産業生態科学研究所 労働衛生工学 講師, <sup>4</sup>同教授,

<sup>5</sup>産業医科大学 名誉教授

### 研究要旨

本研究では、国内におけるベリリウム取扱いの現状を把握し、適切なばく露低減対策を構築するための基礎資料を得ることを目的としアンケート調査を実施する。本年度は、次年度に行う予定であるベリリウムの製造および取扱いに関するアンケート調査のための案を検討した。その結果、調査対象を 1564 事業所とし、調査項目を大きく 5 項目とした。郵送は来年度の 4~5 月の 1 か月間とし、その後集計、分析する予定である。

#### A. 研究目的

ベリリウムおよびベリリウム化合物等の管理濃度が極めて低い物質を製造、取り扱う工程では、従来の工学的対策（特別則で定められた排気装置の性能要件など）では作業環境管理が適切であると判断される状態にすることが困難であることが予想され、そのような場合は状況に応じた適切な作業環境管理、作業管理が求められる。

ベリリウムのばく露評価に係る規制は特定化学物質障害予防規則のみで作業環境測定および特殊健康診断の対象となるのはベリリウム含有重量が 1%を超えるベリリウム化合物あるいは 3%を超えるベリリウム合金のみである。豊岡らは、ベリリウムは日本において主にベリリウム銅合金として使用され、合金として製品利用されるベリリウム銅合金のベリリウム含有率は 0.5-3%

であり、流通しているベリリウム銅合金は、ベリリウム含有率 2%以下とみられると報告している[1]。

したがって、従来の作業環境測定および特殊健康診断ではベリリウムのばく露実態を把握できていないと言えない。本検討では、国内におけるベリリウム取扱いの現状を把握し、適切なばく露低減対策を構築するための基礎資料を得ることを目的としアンケート調査を実施する。

#### B. 研究方法

本年度は、対象と調査方法、アンケートの調査項目および分析方法について検討する。

#### C. 研究結果および考察

##### (1) 対象

調査対象は、「製造・取扱い事業所」とし

て、ベリリウム銅の製造メーカーおよびその仕入れ・納入先、一般社団法人新金属協会正会員および賛助会員、日本鋳業協会正会員、一般社団法人日本伸銅協会正会員および賛助会員、社団法人日本銅センター賛助会員、一般社団法人日本鋳造協会法人正会員および団体正会員、公益社団法人日本作業環境測定協会自社測定事業場および委託測定事業場、公益社団法人保安用品協会普通会员の 1112 事業所とした。また、「作業環境測定機関」として、公益社団法人日本作業環境測定協会の作業環境測定機関および指定測定機関の 452 機関についても委託・受注先における同様の調査を実施した。調査対象の詳細を表 1 に示す。

## (2) 調査方法

調査方法は、自己式質問紙調査(郵送法)により実施し、2022 年 4 月 14 日から 5 月 13 日の 1 ヶ月間で実施する。質問紙は「製造・取扱い事業所」は安全衛生委員会、「作業環境測定機関」は作業環境測定業務担当者宛てに依頼文と返信用封筒を同封し郵送した。回答者は、「製造・取扱い事業所」はベリリウム取扱い現場の責任者担当者、「作業環境測定機関」は作業環境測定業務の責任者となるように依頼し、回答は記名式で実施する予定である。

## (3) 調査項目

調査項目は①事業所の基本情報(7 および 8 項目)、②ベリリウム銅の製造・取扱いについて(11 項目)、③取扱い時の状況(5 項目)、④リスクアセスメントの実施状況(7 および 10 項目) ⑤健康影響に対する取り組み状況(2 項目)、⑥その他(2 項目)とした。なお、項目数が 2 パターンある場合は前者が

「製造・取扱い事業所」、後者が「作業環境測定機関」である。

## (4) 分析方法

各質問項目について単純集計を行う予定である。詳細な分析については 2022 年度に報告する。

## D. 結論

次年度に行う予定であるベリリウム銅の製造および取扱いに関するアンケート調査のための案を検討した。その結果、調査対象を 1564 事業所とし、調査項目を大きく 5 項目とした。郵送は来年度の 4~5 月の 1 か月間とし、その後集計、分析する予定である。

## E. 引用文献

1. 豊岡達士, 甲田茂樹 (2021): ベリリウム及びその化合物による健康障害の防止対策と職場における労働衛生管理ー最近の動向と我が国の課題ー. 産業衛生学雑誌 63(2) : 31-42

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

なし

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 1 調査票送付先

調査票送付先		事業所数
<u>製造・取扱い事業所</u>		
ベリリウム銅製造メーカー及びその仕入先, 納入先		147
一般社団法人 新金属協会	正会員	19
	賛助会員	20
日本鋳業協会	正会員	45
一般社団法人 日本伸銅協会	正会員	30
	賛助会員	13
社団法人 日本銅センター	賛助会員	24
一般社団法人 日本鑄造協会	法人正会員	329
	団体正会員	402
公益社団法人 日本作業環境測定協会	自社測定機関	34
	委託測定事業場	13
公益社団法人 保安用品協会	普通会员	36
<u>作業環境測定機関</u>		
公益社団法人 日本作業環境測定協会	作業環境測定機関	451
	指定測定機関	1

## 模擬作業場の設計および施工

研究代表者 石田尾 徹

産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学講座 講師

石田尾 徹<sup>1</sup>, 山本 忍<sup>2</sup>, 大藪 貴子<sup>3</sup>, 東 秀憲<sup>4</sup>, 保利 一<sup>5</sup>

<sup>1</sup>産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学 講師, <sup>2</sup>同助教,

<sup>3</sup>産業医科大学 産業生態科学研究所 労働衛生工学 講師, <sup>4</sup>同教授,

<sup>5</sup>産業医科大学 名誉教授

### 研究要旨

本研究は、ベリリウム等の低濃度管理物質や発がん物質を製造、取り扱う作業場において、作業者の健康障害を防止するために有効な工学的な曝露防止対策を検討するものである。ベリリウムに関する文献的調査により、高流速の局所排気装置の設置が環境濃度低減に有効である知見が得られている。本研究においても局所排気装置の有用性の検討を最終目標とするが、その局所排気装置を設置するための模擬作業場を設計および施工した。

#### A. 研究目的

ベリリウム等の管理濃度が極めて低い物質（低濃度管理物質）を製造、取り扱っている工程では、対策を行うことにより、作業に伴って発生する有害物質の室内への拡散をある程度抑えることができたとしても、特に発生源付近では管理濃度を超えることが考えられ、従来の工学的対策では第一管理区分にすることは困難になるといわれている。このような環境において、作業者の当該物質の曝露による健康障害を防止するためには、発生状況を把握するとともに、状況に応じた適切な対策を実施する必要がある。

従来、有害作業の工学的対策としては、特定化学物質障害予防規則（特化則）や有機溶剤中毒予防規則（有機則）等で、設備の密閉化、局所排気装置およびプッシュプル型換気装置の設置等が義務付けられ、局所排気

装置等の性能要件も定められているが、低濃度管理物質については、作業環境管理のみで作業環境を十分低減することが困難な場合も多いと考えられ、その他の方法、すなわち、個人保護具（呼吸用保護具、保護手袋等）の使用等を含めた総合的な管理が必要になると考えられる。一方、工学的対策についても、平成24年の有機則等の改正で、局所排気装置やプッシュプル換気装置に替わる多様な発散防止抑制措置も認められるようになっており、対策の方法も多様化している。

本研究室ではこれまで、局所排気フードの簡易設計法、破過検出が可能な防毒マスク吸収缶、光触媒や真空紫外光（エキシマランプ）を用いたVOCの分解、たばこ煙に適した呼吸用保護具のフィルターの検討など、有害化学物質を取扱う作業現場において労

働者の健康障害防止を防止するために有用な対策機器の研究開発を行ってきた。本研究は、これらの経験を踏まえて、ベリリウム等の低濃度管理物質や発がん物質を製造、取り扱う作業場において、作業者の健康障害を防止するために有効な工学的な曝露防止対策を検討するものである。

## B. 研究方法

実験室内に模擬作業場を設計した。設計の際は、模擬作業場から外部に空気以外漏れないように計画した。まず、模擬作業場内でのベリリウム粉塵の曝露防止については、研究室に独立した部屋を作り、卓上の囲い式の局所排気装置を常に稼働させ、気流を作り陰圧状態を保つこととした。局所排気装置内で発生した粉塵については、トラップユニット内に設置するバグフィルターあるいは水を用いたスクラバーを通して回収し、トラップユニットごと廃棄することとした。また、この模擬作業場の気中濃度をモニタリングするために、粉塵用のパーティクルカウンターと作業環境中に共存の可能性がある有機化合物用の濃度測定機器を準備する。

## C. 研究結果および考察

模擬作業場を設計するにあたり、仕様書を作成した（資料1参照）。この仕様書をもとに模擬作業場を設計した。設計図の詳細を図1に示す。

設計図をもとに施工を開始した。施工前

の状態を図2に、曝露チャンバー撤去作業を図3に、施工開始から完成までを図4-6に示す。既存の曝露チャンバーのブロアの性能が約  $2.0 \text{ m}^3/\text{min}$  であるため、模擬作業場内を陰圧にするための簡易排気装置の性能は最大で  $1.8 \text{ m}^3/\text{min}$  とした。可動式のダンパーを設置することにより、常に密閉状態を保つように工夫した。さらに、壁を断熱材にすることにより、温度および湿度をコントロール可能と考えられる。

## D. 結論

本研究では、実験室レベルでの模擬作業によるデータ収集、解析を最終目標として、本年度は実験室内に独立した模擬作業場を設計し建設した。その結果、卓上の囲い式の局所排気装置を常に稼働させることにより、作業場内を陰圧状態に保つことができた。今後は、来年度調査予定である現場実態調査を参考に、模擬作業場内に現場作業および環境を再現し、データ収集および解析を行う予定である。

## E. 健康危険情報

なし

## F. 研究発表

なし

## G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## 資料 1 模擬作業場の仕様書

### 1 工事名称

産業医科大学 大学本館 6 号館 6 階模擬作業場設置工事

### 2 工事目的

本研究では、大学本館 6 号館 6 階の研究室 (6601) 内に模擬作業場を作製する。作製の際は、常時、模擬作業場から外部に空気以外漏れないように設計しなければならない。そのため、独立した完全密閉の部屋とし、卓上の囲い式の局所排気装置を常に稼働させ、気流を作り陰圧状態にする。模擬作業場内外の空気温度は断熱材等により、常時コントロール可能とする。模擬作業場内外の空気濃度は、パーティクルカウンターとガスクロマトグラフを用いて、常時モニタリングする。実験室 (以前は動物実験用吸入曝露室) には、既存の配管ダクトおよび排気のためのブロア等があり、それらと接続すれば経費を抑えることができる。また、実験室の形状や配管ダクト等に合わせた独立設計とすれば、密閉性を高めることができる。本研究で研究対象とするベリリウムは、管理濃度が  $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 、TLV-TWA が  $0.00005\text{mg}/\text{m}^3$  と非常に低く危険な物質である。実験室は教員の居室と併設されているため、研究終了後も模擬作業場は解体せず、模擬作業場内外の有害物質濃度が完全にゼロになるまでモニタリングする必要がある。以上の理由より、独立設計および電気工事を含む建設工事が必要と判断する。

### 3 仕様

- ・ 6601 研究室内の窓側に設置する独立した空間 (約  $2\text{m}\times$ 約  $3\text{m}$ ) とする。
- ・ 6601 研究室内の窓側の形状に合わせた設計とする。
- ・ 既存の動物用曝露チャンバー等を撤去 (排気装置、電源、配水管) する。
- ・ 断熱材を用いたパネルにより、温度コントロールを可能とする。
- ・ 窓を設置することにより、模擬作業場内を外から目視することができる。
- ・ 装置の搬出入のため、幅  $90\text{cm}$  以上のワイド扉とする。
- ・ ドラフター等を内部に設置することにより陰圧状態を維持できる。
- ・ 模擬作業用の作業台 (ステンレス製) を設置する。
- ・ 既存の排気用配管ダクトを利用する。
- ・ 模擬作業場内に電源を設置する。
- ・ 将来、他の局所排気装置を設置するための配管ダクト (あるいは穴) がある。

以上。





工 種 : 模擬作業場設置工事  
種 別 : 設備工事  
細 別 : 着工前  
撮 影 箇 所 : 6階教室内  
施 工 管 理 値 :



工 種 : 模擬作業場設置工事  
種 別 : 設備工事  
細 別 : 着工前  
撮 影 箇 所 : 6階教室内  
施 工 管 理 値 :

図2 吸入曝露チャンバー撤去前



工 種 : 模擬作業場設置工事  
種 別 : 設備工事  
細 別 : 既設装置撤去搬出作業  
撮 影 箇 所 : 6階教室内  
施 工 管 理 値 :



工 種 : 模擬作業場設置工事  
種 別 : 設備工事  
細 別 : 既設装置撤去搬出作業  
撮 影 箇 所 : 6階教室内  
施 工 管 理 値 :

図3 吸入曝露チャンバー撤去作業



工 種 : 模擬作業場設置工事  
種 別 : 設備工事  
細 別 : 1° 祢取付作業  
撮 影 箇 所 : 6階教室内  
施 工 管 理 値 : 1° 祢取付



工 種 : 模擬作業場設置工事  
種 別 : 設備工事  
細 別 : 1° 祢取付作業  
撮 影 箇 所 : 6階教室内  
施 工 管 理 値 : 1° 祢建込

図 4 模擬作業場・壁設置



工 種 : 模擬作業場設置工事  
 種 別 : 設備工事  
 細 別 : 1° 柵取付作業  
 撮 影 箇 所 : 6階教室内  
 施 工 管 理 値 : 1° 柵建込完了



工 種 : 模擬作業場設置工事  
 種 別 : 設備工事  
 細 別 : 1° 柵取付作業  
 撮 影 箇 所 : 6階教室内  
 施 工 管 理 値 : 1° 柵周囲コーキング完了

図 5 模擬作業場・ドアと窓設置



工 種 : 模擬作業場設置工事  
種 別 : 設備工事  
細 別 : 完成  
撮 影 箇 所 : 6階教室内  
施 工 管 理 値 :



工 種 : 模擬作業場設置工事  
種 別 : 設備工事  
細 別 : 完成  
撮 影 箇 所 : 6階教室内  
施 工 管 理 値 :

図6 模擬作業場完成

## 呼吸用保護具のフィットファクタと防護係数の測定と評価

研究代表者 石田尾 徹

産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学講座 講師

大藪 貴子<sup>1</sup>, 東 秀憲<sup>2</sup>, 石田尾 徹<sup>3</sup>, 山本 忍<sup>4</sup>, 保利 一<sup>5</sup>

<sup>1</sup>産業医科大学 産業生態科学研究所 労働衛生工学 講師, <sup>2</sup>同教授,

<sup>3</sup>産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学 講師, <sup>4</sup>同助教,

<sup>5</sup>産業医科大学 名誉教授

### 研究要旨

本研究では、低管理濃度物質であるベリリウム等の化学物質に対しても、呼吸用保護具を選択し、有効に装着しているかを確認すべき状況が将来発生する可能性を考え、いくつかの保護レベルの異なる呼吸用保護具について、フィットテストを実施し、フィットファクターが各保護具の密着性と有効性の判断基準となるか予備検討を行った。その結果、半面形の4種類の呼吸用保護具のフィットテストにおいて、すべて要求フィットファクター100を超え、合格であった。今後は、フィットテスト対象者を増やし、どのような条件であれば、有効に保護具が働くのか、密着性を保てるのかを検討する必要がある。

### A. 研究目的

管理濃度が非常に低い物質が作業環境空气中に存在する時、その気中有害物質から労働者が曝露されるのを防ぐためには、局所排気装置や全体換気などの作業環境管理のみでは対応が難しく、呼吸用保護具の使用による防護を視野に入れる必要がある。例えば、現在インジウム化合物では、環境濃度によって有効な呼吸用保護具を選択し、使用することが義務付けられている。また、金属アーク溶接等の際に発生する溶接ヒュームにおいても、2021年4月より特定化学物質（管理第2類物質）に追加され、継続して作業を行う屋内作業場においては、個人ばく露濃度測定を行い、その吸入性マンガン濃度に応じて、作業環境の改善や有効

な呼吸用保護具を選択し、選択した呼吸用保護具が有効に装着されていることを示す密着性のテストであるフィットテストが、来年度から年に1回義務づけられる。フィットテストでは、フィットテスターでフィットファクターを計測する。このフィットファクターの値は用いた呼吸用保護具の(面体外の粒子数)÷(面体内の粒子数)で示され、その手順はJIS T8150:2021 付属書JD内に示されている。定量的フィットテストでは、半面形で100、全面形では500以上のフィットファクターが求められる。

本研究では、低管理濃度物質であるベリリウム等の化学物質に対しても、呼吸用保護具を選択し、有効に装着しているかを確認すべき状況が将来発生する可能性を考え、

いくつかの保護レベルの異なる呼吸用保護具について、フィットテストを実施し、フィットファクターが各保護具の密着性と有効性の判断基準となるか予備検討を行った。

## B. 研究方法

フィットテストの実施において、使用機器(フィットテスター)は欧米でフィットテストの汎用機である TSI 社の Porta Count8048 を用いた。呼吸用保護具は、使い捨て呼吸用保護具の 2 種類、①重松製作所製: DD11S2 型(排気弁なし), DS2, ②興研株式会社製; ハイラック 355-01 型(排気弁あり), DS2, および取り替え式呼吸用保護具 1 種類、③興研株式会社製: サカキ式 1015 型, RL2, に加えて、電動ファン付き呼吸用保護具 1 種類、④重松製作所製: Syn11V3 型, PL3 の 4 種類を用いた。電動ファン付き呼吸用保護具は、ファン未稼働の状態での測定を行った。静電フィルターが装着されている使い捨ての 2 種類および取り替え式の 1 種類については、N95 コンパニオン機能を ON にして測定を行った。また、使用機器は CNC 機能を搭載しているため、フィットテストは、短縮プログラム(4 動作)で測定を行った。フィットテストは実験研究室内で行い、試験粒子には実験室内の大気粉じんを用いた。テスト対象者は、呼吸用保護具の装着熟練者 1 名とした。

## C. 研究結果

得られた使い捨て呼吸用保護具の結果を図 1 に、取り替え式呼吸用保護具の結果を図 2 に示す。図中の 4 動作の保護具内外の粒子数は、写真撮影による途中経過の値であり、参考値である。最終結果は、テスト完

了画面の総合フィットファクターで示される。この総合フィットファクターの算出は、4 つの動作に対するフィットファクターをそれぞれ FF1, FF2, FF3, FF4 とすると、下式で表現され、合否が表示される。今回は半面形であるので、総合フィットファクターは 100 以上で合格となる。

4

$$FF = \frac{4}{(1/FF1)+(1/FF2)+(1/FF3)+(1/FF4)}$$

半面形の 4 種類の呼吸用保護具のフィットテストを行った結果、すべて要求フィットファクター 100 を超え、合格であった。

## D. 考察

4 種類の半面体の呼吸用保護具について、フィットテストを行った結果、すべて要求フィットファクター 100 を超える結果となった。しかし、今回は、フィットテスト対象者が保護具着用熟練者 1 名であり、各保護具について 1 回のテスト結果であったため、すべて合格となったが、今後は、フィットテスト対象者を増やし、どのような条件であれば、有効に保護具が働くのか、密着性を保てるのかを検討する必要がある。

## E. 結論

本研究では、低管理濃度物質に対しても、呼吸用保護具を選択し、有効に装着しているかを確認すべき状況が将来発生する可能性を考え、いくつかの保護レベルの異なる呼吸用保護具について、フィットテストを実施し、フィットファクターが各保護具の密着性と有効性の判断基準となるか予備検

討を行った。半面形の4種類の呼吸用保護具のフィットテストを行った結果、すべて要求フィットファクター100を超え、合格であった。今後は、フィットテスト対象者を増やし、どのような条件であれば、有効に保護具が働くのか、密着性を保てるのかを検討する必要がある。

**F.** 健康危険情報  
なし

**G.** 研究発表  
なし

**H.** 知的財産権の出願・登録状況  
なし

使い捨て呼吸用保護具  
 要求フィットファクタ（溶接作業）：100

興研製 ハイラック  
 355-O1型(排気弁あり)  
 DS2  
 固体粒子捕集効率95%  
 指定防護係数 10



使い捨て呼吸用保護具  
 要求フィットファクタ（溶接作業）：100

シゲマツ製：  
 DD11S2 (排気弁なし)  
 DS2  
 固体粒子捕集効率95%  
 指定防護係数 10

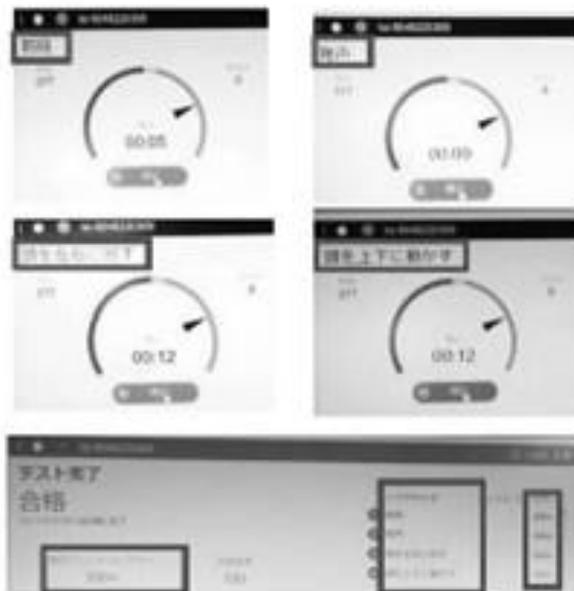


図1 使い捨て呼吸用保護具

## 取り替え式呼吸用保護具 要求フィットファクタ（溶接作業）：100

興研製：  
サカ斗式 1015型  
FL2  
固体粒子捕集効率95%  
指定防護係数 10



## 電動ファン付き呼吸用保護具（ファン未稼働） 要求フィットファクタ（溶接作業）：100

垂松製作所製 Syn11V3：  
FL3  
液体粒子捕集効率99.97%  
指定防護係数 300



図2 取り替え式呼吸用保護具