

令和4年度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)

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	講師
研究分担者	山本 忍	産業医科大学	産業保健学部	作業環境計測制御学	助教
研究分担者	保利 一	産業医科大学	名誉教授		
研究分担者	東 秀憲	産業医科大学	産業生態科学研究所	労働衛生工学	教授
研究分担者	大藪 貴子	産業医科大学	産業生態科学研究所	労働衛生工学	講師

研究の背景と目的

ベリリウム等の低濃度管理物質を製造、取り扱っている工程では、対策により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、工学的対策としては、特化則や有機則等で、設備の密閉化、局所排気装置（局排）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、局排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、個人保護具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。令和3年から特化則に追加された溶接ヒュームについては、個人サンプリング法によりマンガン濃度を測定し、吸入するマンガン濃度が管理濃度を超えないような防護係数を有する呼吸用保護具を選択し着用させるとともに、年1回保護具のフィットテスト実施し防護状態を確認することになっている。一方、平成24年の有機則等の改正で、局排等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。本研究では、ベリリウム等の低濃度管理物質を製造、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曝露防止対策を検討するものである。ただし、現在、低管理濃度特定化学物質は14物質あり、物質ごとに作業の種類、作業内容、発生状況等は大きく異なる。そこで本研究では、対象物質としてベリリウムを選択し、これを取り扱う作業の実態を把握し、有効な曝露防止対策を提案することを目的とする。

研究結果の概要

本研究はベリリウム等の低濃度管理物質について、作業者の曝露を防止する方法を検討するものである。研究は、文献的研究、現場調査および実験室的研究からなる。令和3年度は、1)文献調査、2)現場アンケート調査案作成、3)模擬作業場の設計・施工および4)フィットテスト機器の準備を行った。令和4年度は前年の知見をもとに、1)現場アンケート調査、2)フィットテスト、3)現場実態調査（濃度測定）および4)模擬作業のための姿勢・動作確認

を行った。以下に詳細を述べる。

1. 現場アンケート調査

調査対象は「製造・取扱いの可能性のある事業場」として 1112 事業場、作業環境測定機関 452 機関とし、自記式質問紙調査により実施した。調査票は、「事業場または測定機関の基本情報」、「ベリリウムの製造・取扱いについて」、「取扱い時の状況」、「リスクアセスメントの実施状況」、「健康影響に対する取り組み状況」等で構成され、回答は記名式で、事業場の現場責任者または作業環境測定業務の責任者が回答者となるように依頼した。調査時期は 2022 年 4 月 14 日から 5 月 13 日の 1 か月間とした。アンケートの回収率は 32%であった。取扱いのあった事業場は延べ 32 事業場であった。製造・取扱い時の状態としてはベリリウム合金 41%、ついでベリリウムが 23%であった。用途は試薬および原料としての使用で約半数を占めた。含有率は、3%未満が 34%であり、不明が 49%であった。作業の種類はサンプリング作業および鋳造作業がそれぞれ 26%、24%であった。年間の取扱量は 500 kg 未満が半数を占め、それ以外は不明であった。取扱い時の状況は、作業場に局所排気装置を設置している事業場は 63%で、呼吸用保護具および保護手袋を着用している事業場はそれぞれ 47%、71%であった。リスクアセスメントの実施率は 10%であった。ばく露濃度測定の実施状況は、取扱い事業場からの回答では全て未実施であったが、作業環境測定の対象となる含有率で取扱いがされている事業場はなかった。特殊健康診断の実施状況は、実施していないと回答した事業場が 16%あったが、それらの全ての事業場は特殊健診の対象とならない事業場であった。また、各質問項目において「不明」と回答したのは作業環境測定機関からの回答で、これは作業環境測定機関が把握していない、または何らかの理由で回答を避けた可能性が考えられる。したがって、本結果は国内のベリリウム取扱い状況を十分に反映していない可能性もある。本調査から、作業環境管理・作業管理・健康管理が法令に基づいて適切に行われている事業場がある一方、排気設備のない事業場や適切な保護具の選定がなされていない可能性のある事業場もあることがわかった。

2. フィットテストの実施

20 名を対象として、フィットテストを行った。不合格の場合は教育後再テストを実施し、教育前後の結果を比較した。同時に顔の寸法を測定した。使用したマスクは、シゲマツ DD11-S2-5、興研 ハイラック 350 型、3M 8210 J-DS2、興研 1015-02 型、興研 1005RRX-05 型、シゲマツ TW01SC、シゲマツ PAPR Sy11V3A の計 7 種とした。シゲマツ製の TW01SC と PAPR はメカニカルフィルターであり、それ以外は静電フィルターである。3M 8210 J-DS は、他のマスクに比べてフィットファクタ (FF) が低い傾向であった。これは、鼻部の金属が固いため、鼻への密着性が悪くなったと考えた。取り換え式マスクのうち、興研 1015-02 型では、2 回目も含め全員が合格した。このマスクは他と比較して一番小さく、顔の小さい被験者でもフィットしやすかったと考えた。興研 1005RRX-05 型では、2 名が合格できなか

った。このマスクは他と比較して一番大きいことから、顔の小さい被験者に対して密着性が低かったと考えた。シゲマツ PAPR Sy11V3A では、1名が不合格であったが、他と比べ1回目でも不合格になる人数が多かった。PAPRには電動ファン用のバッテリーが面体に付属しており重いため、テスト中にマスクがずれてしまうことが多かったためであると考えた。各マスクにおけるフィットテストの合否と被験者の顔寸法情報の関係より、鼻根おとがい距離がマスクの密着性に影響を与える可能性が示唆された。以上のことより、保護具の密着性については、装着時の教育と顔の形状が要因であることが示唆された。

3. 現場実態調査（濃度測定）

現場アンケート調査を回答した事業所の中から、数事業所に対して現場実態調査の協力を依頼した結果、1事業所が調査可能となった。9月1日に事前説明を行い、ベリリウム取扱い作業日に合わせて、10月6日に各測定を行った。測定項目は、「作業環境測定」、「個人曝露濃度測定（非取扱い作業を含む）」および「スポット測定」とした。採取したサンプルはすべて分析を委託した。その結果、全サンプルが定量限界以下であり、この事業所は問題ないことがわかった。

4. 模擬作業のための姿勢・動作確認

前項3.の作業時の姿勢・動作をビデオ撮影した。15分間の作業の間、前屈および首の上下運動が確認された。これは、呼吸用保護具のフィットテストの動作に含まれていることがわかった。