

電動ファン付き防じんマスクと通常防じんマスクの比較に関する研究 —電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の主観的並びに客観的な効果の検討—

研究代表者	岡山産業保健総合支援センター	所長	石川 紘
研究分担者	岡山産業保健総合支援センター	産業保健相談員	岸本 卓巳
	岡山産業保健総合支援センター	産業保健相談員	西出 忠司
	岡山産業保健総合支援センター	産業保健相談員	横溝 浩
共同研究者	東京大学大学院薬学系研究科	准教授	五十嵐 中

A. 研究目的

日本の粉じん作業場は環境改善により、じん肺発生が多かった時代に比べ粉じん量が減少している。それにもかかわらず、新規のじん肺有所見者数は毎年 100 人以上あり、プラトー状態となっている。新たなじん肺発生の要因として、防じんマスクの適切な使用がなされていないこともその可能性として考えられるため、粉じん作業場に出向いて実際に使用されている通常防じんマスクの漏れ率について調査を行った。

電動ファン付き防じんマスク（Powered Air Purifying Respirator (PAPR)）はマスク内が陰圧とならないようファンが作動するため、漏れが少ない。そこで、PAPR を粉じん作業者に貸与して、通常防じんマスクとの漏れ率の比較検討を行った。また、粉じん作業中の作業者の個人の粉じんばく露濃度を測定するとともに漏れ率を考慮して、個人粉じん吸入濃度（総・吸入性粉じん濃度）を換算した。また、各粉じん作業強度の違いにより作業中の呼吸量がどれくらい変動するかを測定して PAPR のマスク内の陽圧が保たれるかどうかの検討も行った。

一方、日頃使用している通常防じんマスクの代わりに着用した PAPR による作業時の着用感や作業に及ぼす感想をアンケート調査した。

B. 対象と方法

耐火レンガ製造作業員 72 名と自動車部品製造での溶接作業員 28 名、磁性粉製造作業員 4 名の常時粉じん作業を行っている併せて 104 名を対象とした。

対象者には性別、粉じん作業歴、呼吸器疾患の既往歴を聴取した。また、個人ばく露濃度測定は 32 名を対象として行った。

まず、作業開始時に日常使用している通常防じんマスクの漏れ率を測定した。漏れ率についてはメリヤス布着用の有無による比較検討も行った。測定機器は柴

田科学社製のマスク内圧・フィティングテスター (MNFT ver. 2) を使用した。その後通常防じんマスクの代わりに用意した PAPR は興研社製 BL-1005 か重松製作所製 SY28RX2 を着用してマスクの漏れ率を測定した。さらに呼吸サンプリング装置を使用して 19~65 歳（平均 32.9±13.2 歳）の 23 名の平均呼吸量、一回換気量、呼吸回数、平均ピーク流量を計測した。PAPR 着用後 3 時間作業を行った後の着用感等についてアンケート調査を行った。一方、個人サンプラーを用いて、個人の粉じんばく露濃度を測定した。個人ばく露濃度とマスクの漏れ率から作業員の粉じん吸入量（総・吸入性粉じん濃度）を換算した。

（倫理面への配慮及び利益相反の有無）

事前に作業場の責任者及び粉じん作業員に研究目的を説明し、全ての作業員の研究同意を得てから調査を開始した。また、研究者に経済的利益等の利益相反は無い。

C. 結果

対象とした 104 名中 102 名は男性で、2 名が女性であった。呼吸器疾患の既往歴があった作業員は 2 名のみであった。粉じんばく露年数は 1~5 年が 43.1%、6~10 年が 24.5%、11~15 年が 9.8%、16~20 年が 10.8%、21 年以上が 11.8%と 10 年未満の作業員が約 70%と大半を占めた。通常防じんマスクの漏れ率は中央値 21.27%であり、PAPR では中央値 0.33%であり、大きな差異が認められた。また、通常防じんマスクにメリヤス布を着用した場合の漏れ率はメリヤス布ありの漏れ率中央値が 28.5%、なしが 14.4%であったが、PAPR ではメリヤス布ありが 0.45%、なしが 0.29%であった。一方、個人ばく露濃度における吸入性粉じんは中央値 0.5mg/m³で、総粉じんは中央値 1.48mg/m³と多かった。

個人ばく露濃度とマスクの漏れ率から換算した通常防じんマスク着用者の吸入性粉じん濃度は中央値 $0.043\text{mg}/\text{m}^3$ であり、PAPR では中央値 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ であった。呼吸量解析結果では平均呼吸量 $24.2\text{L}/\text{min}$ 、平均ピーク流量は $82.6\text{L}/\text{min}$ であり、従って肉体的に激しくない労働強度と思われ、許容濃度との比較が可能と思われる。

通常防じんマスクと PAPR の比較に対するアンケート結果では PAPR は電池が組み込まれているため重く大きいと感じる人がともに約 70% と多く、動きにくさや視界に変化を感じる人が過半数以上あった。しかし、ファンの音が気にならない人は 63.6% で、通常防じんマスクに比較して呼吸が楽であると回答した人が 86.7% と大半を占めた。

これに反して通常防じんマスクでは機能低下を感じる人が 29.6% あり、しめ紐あるいは排気弁の劣化を感じたと回答した人がいた。今後 PAPR を使用したいと希望した人は 65.3% であり、PAPR の着用感はよいと判断した。

D. 考察

平成 12 年度の岡山産業保健推進センター調査研究において、胸部単純写真上、じん肺予備軍と言われる PR0/1 所見を含む有所見者が 17.3% いることに注目し、粉じん作業者に防じんマスクの着用の有無について聴取したところ、その 95% は防じんマスクを着用していると回答した。そのため、じん肺有所見者が高率に存在する理由として防じんマスクの漏れが問題ではないかと考え、平成 15 年度の調査研究において、粉じん作業者が着用している防じんマスクの平均漏れ率を測定した結果、漏れ率の平均が 24.3% であった。

マスク適正着用指導効果を確認するため平成 16 年から 5 年間粉じん作業場に定期的に出向いて防じんマスクの適切な使用方法について適宜指導を行った。その結果、短期的な漏れ率は有意に改善されたが、長期的な改善が認められた事業場は主体的に指導した 7 事業場のうち 2 事業場のみであり、防じんマスクの適切な着用を持続させることの難しさを痛感した。

そこで、今回は通常防じんマスクに替えて、フィットテストが厳しくなくても粉じん吸入量が少ない PAPR を選択し、通常防じんマスクとの比較試験を施行した。

今回の研究においての通常防じんマスクの平均漏れ率は 24.75% と高率であり、防じんマスクの性能が改善された現在でも平成 15 年に調査した通常防じんマスクの漏れ率とほとんど変わらないことが判明した。この漏れ率に影響を与える可能性のあるメリヤス布の

着用の有無ではメリヤス布を着用すると漏れ率が 28.5% に増加することから、粉じん濃度が極めて高い作業場ではメリヤス布着用の問題がある可能性が示唆された。一方、PAPR は通常防じんマスクに比較して高額ではあるが、マスクの平均漏れ率は 0.45% とその防じん効果は明らかで、粉じん吸入量が軽減していた。

今回我々が調査した作業場は吸入性粉じん濃度が $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ と高かったため、マスクの漏れ率を考慮した場合、通常防じんマスク内では吸入性粉じん濃度が $0.043\text{mg}/\text{m}^3$ であった。許容濃度はシリカでは $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ 、第 1 種粉じんでは $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ であるので、通常防じんマスクではシリカ主体の粉じん作業場では問題である。そのため長期間のばく露があるとじん肺発症が否定できない程度であった。しかし、PAPR ならばマスク内濃度は $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ であり全く問題ない。

今回使用した通常風量形 PAPR では $30\text{L}/\text{min}$ の呼吸量で呼吸模擬装置を作動させ面体内の陽圧を維持している。しかし、23 名中 2 名では平均呼吸量が $30\text{L}/\text{min}$ を超えており、陽圧を維持できない可能性も示唆された。

PAPR は電池やファンの使用により、大きさや重さが増したため、PAPR を着用して作業する上での不利益も考慮されたが、アンケート調査によってその欠点を指摘した率は高いものの、呼吸が楽で、吸入粉じん量も少ないというメリットから今後 PAPR を使用したいと希望した作業者は 65.3% あった。しかし、実際に PAPR は通常防じんマスクの数倍の値段がするため費用対効果についても検討する必要があると思われる。

今後の新たなじん肺防止のため PAPR を上手く活用することが新たなじん肺発生抑制に必要であると考えられた。

E. 結論

PAPR は通常防じんマスクに比較して有意に粉じん吸入量を減少させる効果があり、着用した作業人も呼吸のしやすさ等のメリットが大きく、今後着用したいと望む作業者が過半数を占めた。今後、PAPR の使用機会が増加すれば価格等も低下することから高濃度粉じん作業場での使用が拡大することが期待される。