

（８）通常防じんマスクと電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の比較試験

研究分担者 岸本 卓巳

所属 労働者健康安全機構 アスベスト疾患研究・研修センター 所長

研究要旨 平成29年度から粉じん作業者を対象として、通常防じんマスクと電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の比較を行ってきた。通常防じんマスクの漏れ率は紐のゆるみやメリヤスの装着により平均25.95%であると昨年報告したが、その後防じんマスクの適正な使用の指導を行ったところ、3年間に測定した漏れ率の平均は23.96%に低下した。粉じん作業場における個人ばく露濃度を測定し、マスクの漏れ率を考慮し換算したところ、通常防じんマスクでは総粉じん濃度が平均0.760mg/m³、吸入性粉じん濃度が平均0.20mg/m³と漏れ率の改善とともに吸入粉じん量も低下した。一方、PAPRでは、マスクの漏れ率は平均0.45%で、個人ばく露濃度と漏れ率を換算しても総粉じん濃度は0.016mg/m³、吸入性粉じん濃度は平均0.004mg/m³と問題になる吸入量では無かった。

また、PAPR装着に対するアンケート調査結果ではマスクの重さや大きさ、ファンの音さらには動きにくさが気になる作業者もいたが、通常防じんマスクと比較して呼吸が楽あるいはやや楽と感じた作業者は84%あり、全体の68.1%は今後PAPRを使用したいと回答しており、昨年度集計より多くの作業者がPAPRを使用したいという結果を得た。

一方、通常防じんマスクでは機能低下を感じる作業者は32%あり、その中には面体の変形、紐あるいはゴムの劣化を指摘し、呼吸のしにくさや苦しさがあると回答した作業者もいた。

以上、通常防じんマスク着用の問題点とPAPRの利点及び欠点が明確になった。新たなじん肺の発生を防ぐためにPAPRの着用は有用であるが、導入費用が高額であるためこの問題をどのように解決するかという命題が残った。

A. 研究目的

日本の粉じん作業場は職場の環境改善により、著しくばく露粉じん量が減少している。一方、平成30年度の新規のじん肺有所見者数は91人とはじめて100人を割り込んだ。新たなじん肺の発生の1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をこの3年間調査して平均約26%の漏れがあることを報告してきた。

一方、ファンの作動によりマスク内が陰圧とならないため、漏れが少ない電動ファン付

き防じんマスク（Powered Air Purifying Respirator（PAPR））を粉じん作業者に装着して、通常防じんマスクとの漏れ率の比較検討を行ってきた。また一部の作業者においては、個人の粉じんばく露量を測定するとともに漏れ率を考慮して、個人の粉じん吸入量（総・吸入性粉じん濃度）を換算した。

一方、PAPRの装着が作業において従来の防じんマスクとどのように異なるかについての比較感想をアンケート調査した。

B. 研究方法

耐火レンガ製造作業において、粉碎等の粉じん作業を常時行っている作業員71例と溶接作業を常時行っている作業員19例、炭素製造作業員14例の104例を対象とした。

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例を対象として行った。

方法は昨年度と同様に、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。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と重松製作所製Sy28RX2、Sy11を使用した。そして、PAPRを装着してマスクの漏れ率を測定した。

PAPRにて3時間作業を行った後の装着感等の比較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、個人の粉じん吸入量（総・吸入性粉じん濃度）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。

通常防じんマスクとPAPRを使用した作業中の感想をPAPR着用後に表1に示す調査票を用いてアンケート調査し、比較検討を行った。

(倫理面への配慮)

事前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。

C. 研究結果

対象とした104例中101例は男性で、3例が女性であった。呼吸器疾患既往歴がある例は5例のみであった。粉じんばく露年数は1～5年が38.8%、6～10年が24.1%、11～15年が13.8%、16～20年が9.5%、21年以上が13.8%と10年以上粉じん作業を行っているベテランが全体の37.1%と比較的多かった。

通常防じんマスクの漏れ率は図1に示すよ

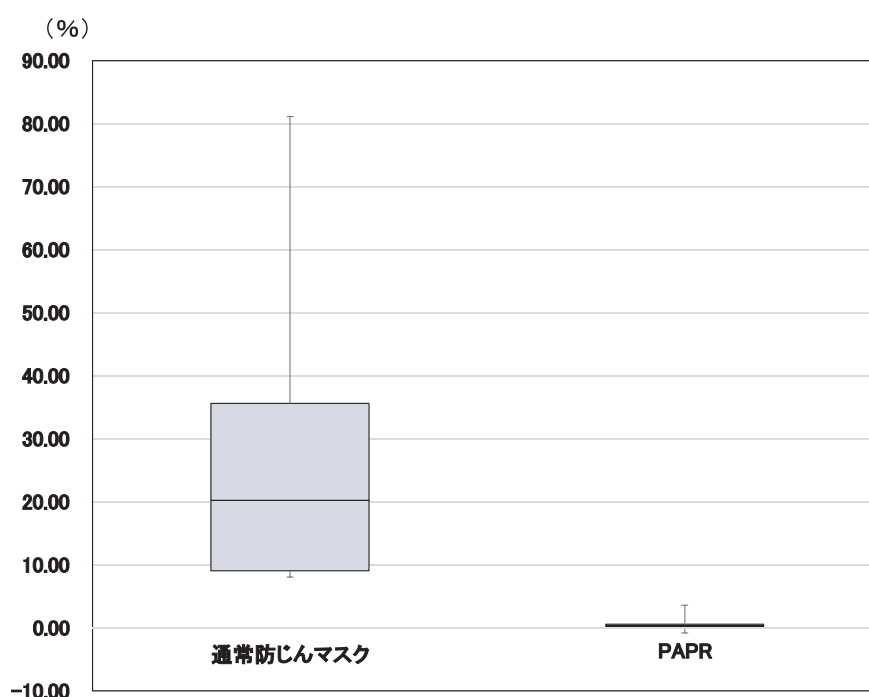


図1 通常防じんマスクとPAPRの漏れ率の比較

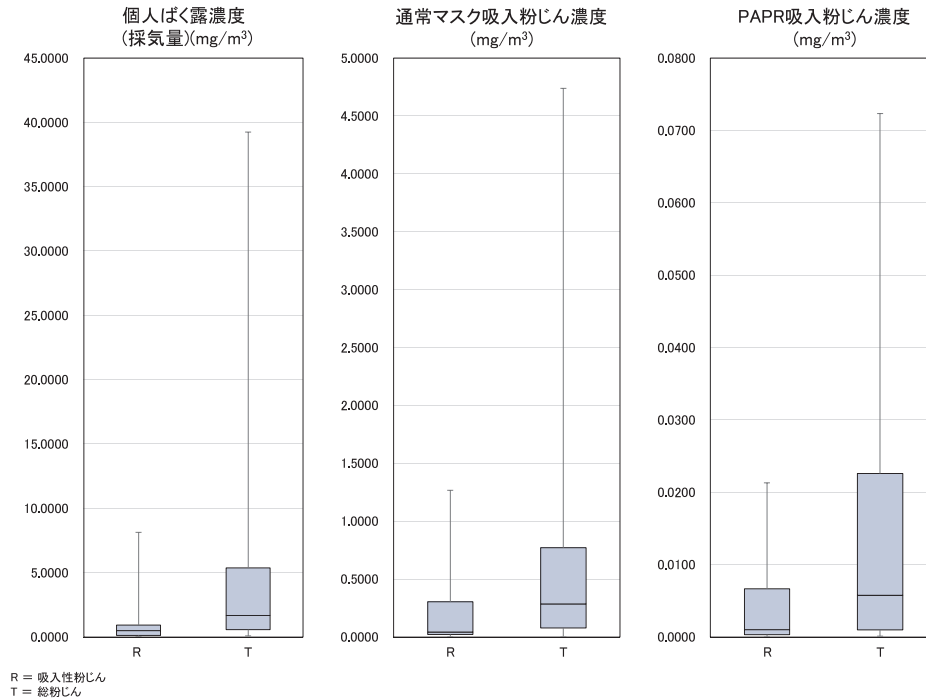


図2 個人ばく露濃度 通常防じんマスクとPAPRの比較

うに、 23.96 ± 18.39 (0.47~81.1) % 中央値 20.23%、PAPRでは、 0.45 ± 0.42 (0.08~3.59) % 中央値 0.35% であり、改善率は $95.73 \pm 6.97\%$ (55.60~99.80) % 中央値 98.22% であった。

一方、個人ばく露濃度は図2に示すように総粉じんは 4.49 ± 7.30 (0.08~39.25) mg/m^3 中央値 $1.67\text{mg}/\text{m}^3$ で、吸入性粉じんは 1.18 ± 1.83 (0.03~8.13) mg/m^3 中央値 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ であった。

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装着者における総粉じん濃度が 0.761 ± 1.164 (0.001~4.739) mg/m^3 中央値 $0.286\text{mg}/\text{m}^3$ であり、PAPR装着者では 0.016 ± 0.021 (0.000~0.072) mg/m^3 中央値 $0.006\text{mg}/\text{m}^3$ であった。

通常防じんマスク装着者の吸入性粉じん濃度が 0.203 ± 0.294 (0.001~1.267) mg/m^3 中央値 $0.043\text{mg}/\text{m}^3$ であり、PAPRでは 0.004 ± 0.005 (0.000~0.021) mg/m^3 中央値

$0.001\text{mg}/\text{m}^3$ であった。

アンケート結果は図3~7に示す。PAPRは通常防じんマスクに比べて大きさが大きく、電池が組み込まれているため重い、重さ、大きさを少し以上感じる作業者が各81.2%、70.4%あった(図3)。また、動きや視界に変化を感じるかどうかの問いに対しては少し以上感じる作業者が各46.1%、41.9%と動きや視界に対する不満は半数以下であった(図4)。また、ファンの音に対しては全く気にならない作業者が49.3%と半数未満へと減少し、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作業者が84%と大半を占めた(図5)。

これに反して通常防じんマスクでは機能低下を感じる作業者は32%あり、その中には面体の変形、ゴムや紐の劣化を感じたり、呼吸のしにくさや苦しさを感じたりした作業者もいた(図6)。以上の感想をまとめて、今後PAPRを使用したいと希望した作業者は昨年

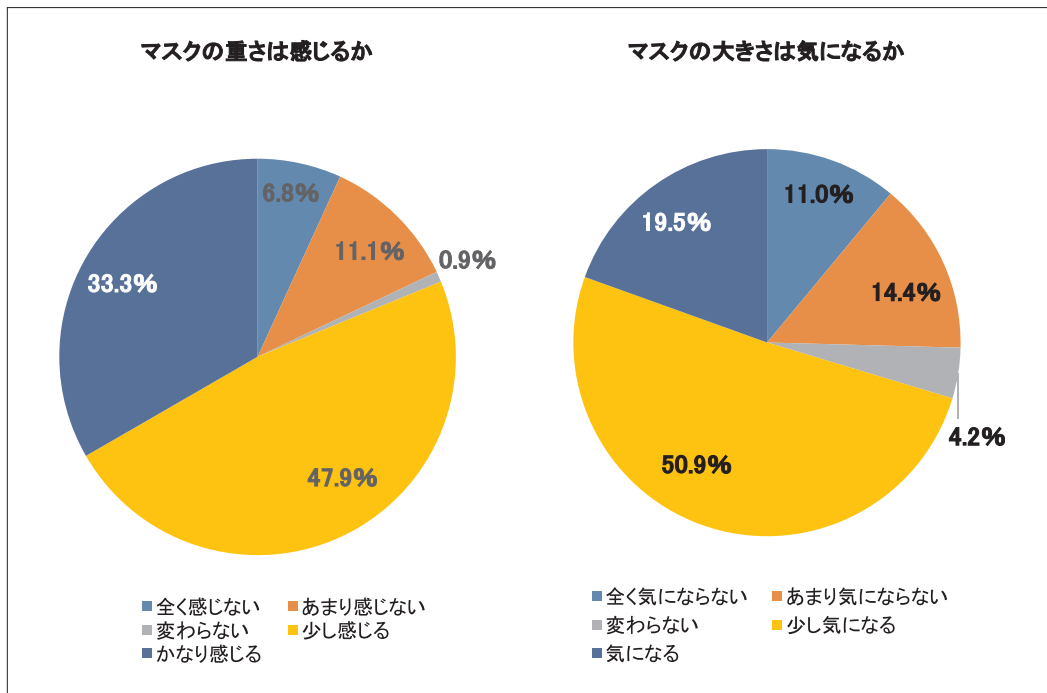


図3 マスクの重さと大きさの比較

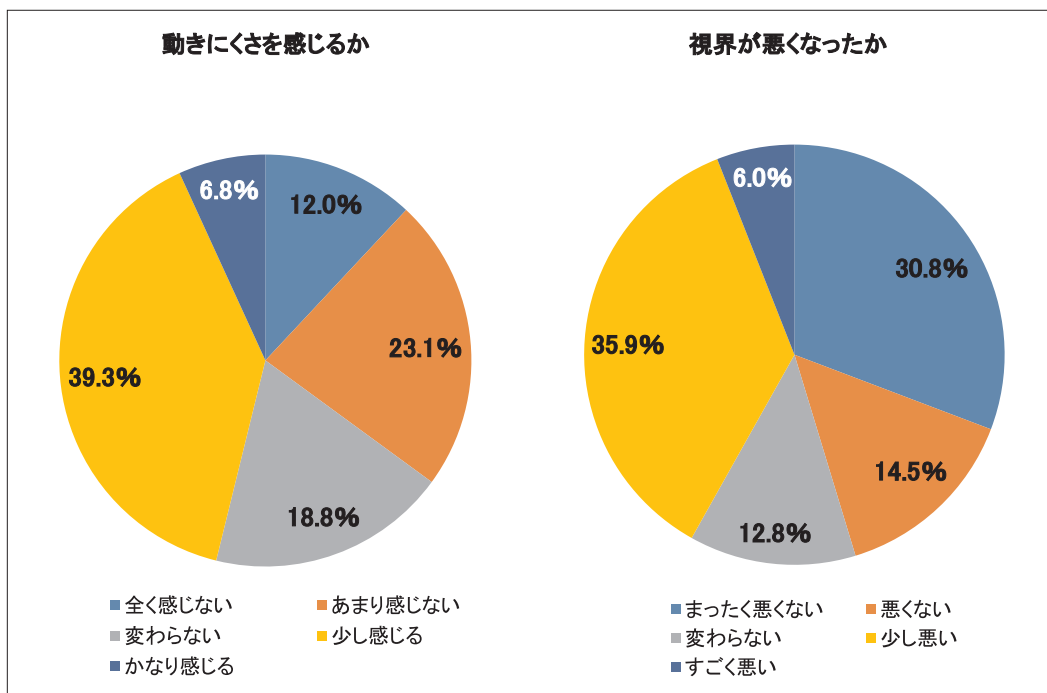


図4 動きにくさと視界の変化の比較

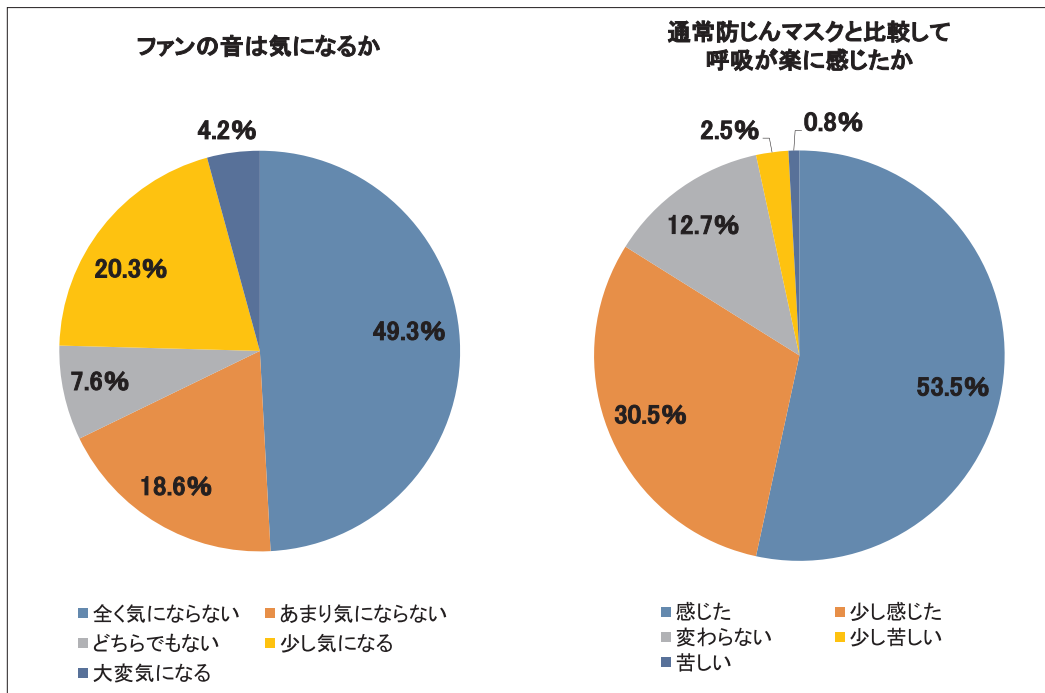


図5 ファンの音と通常防じんマスクと比較して呼吸が楽に感じたかの比較

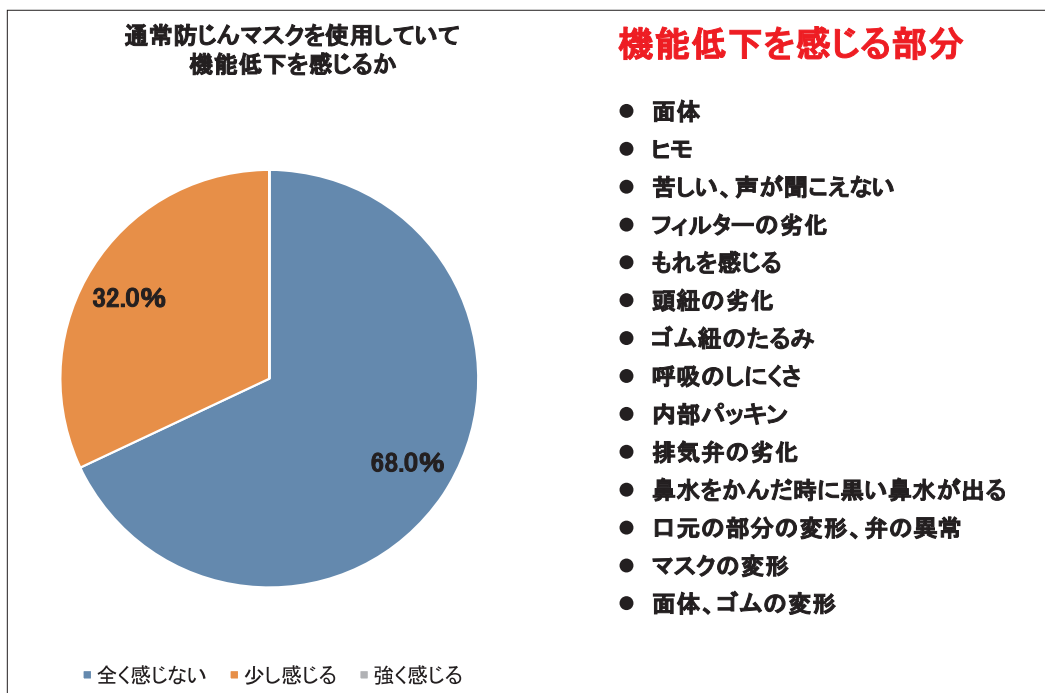


図6 通常防じんマスクを使用していて機能低下を感じるか

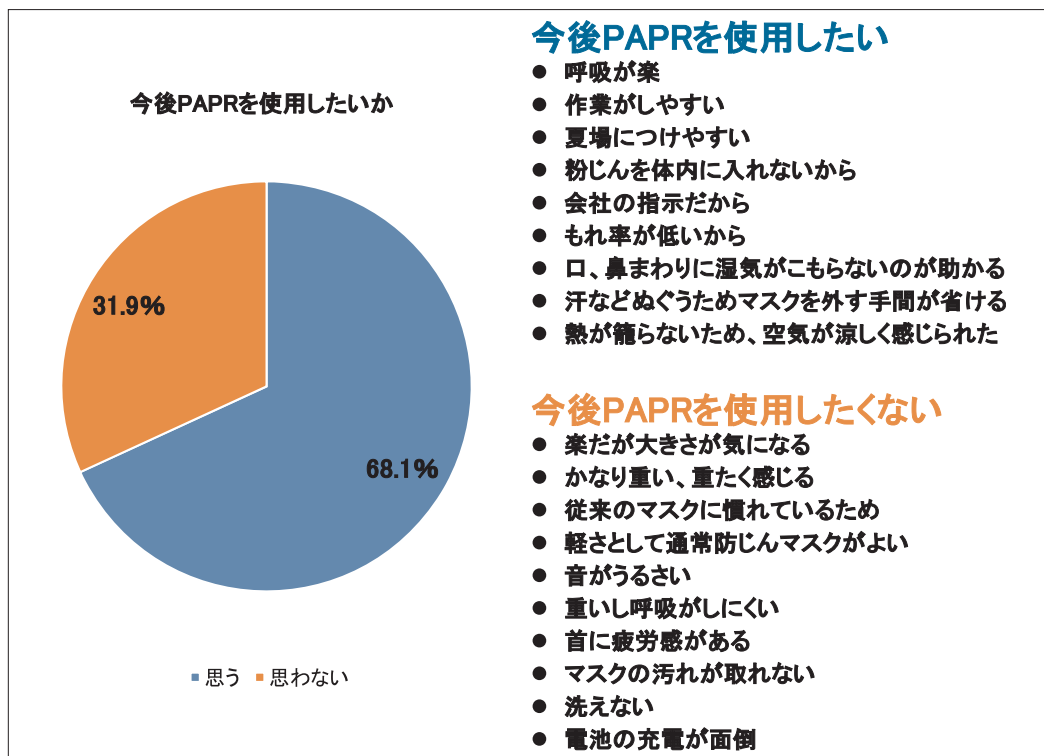


図7 今後PAPRを使用したいか

の59.7%より約10%増加し68.1%であった(図7)。以上の結果より、PAPRの装着感は概してよかったと判断した。

D. 考察

我々は平成12年度の岡山産業保健推進センター調査研究において、岡山・香川県の粉じん作業員1,006例中、胸部エックス線、PR0/1所見を含む有所見者が174例(17.3%)いることに注目し、粉じん作業員80例に防じんマスクの着用の有無について聴取したところ、岡山では97%、香川では92%が防じんマスクの着用を行っていた。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年度の岡山産業保健推進センターの調査研究において、178例の粉じん作業員を対象として防じんマスクの漏れ率を測定したところ、平均24.3%の漏れがあった。そのため、耐火物粉砕作業員14例にマスクの適正な装着方法を

指導したところ、指導前の平均漏れ率は20.6%であったが、指導後には5.8%に減少した。この指導効果を継続させるため、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装着方法について5年間指導を行ったが、長期的な改善が認められた事業場は指導した7事業場のうち2事業場のみであった。通常防じんマスクは、フィットテストをきちんと行った上で装着すると、圧着部位の皮膚の荒れや息苦しさなどがあり、仕事の効率が悪くなることが予想されるため、メリヤス等を装着している作業員が少なくない。そのため、我々は昨年通常防じんマスクにメリヤス装着した際の漏れ率を測定したが、有意差はなかったものの、漏れ率が増加することを報告した。

そこで、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を減少させることが想定されるPAPRを選択し、通常防じんマスクとの比較試験を3年間施行

表1 電動ファン付き呼吸用保護具の調査アンケート票

電動ファン付き呼吸用保護具の調査アンケート票

整理番号()

氏名		年齢	
----	--	----	--

①初めにお聞きます。

1	性別	1 男	2 女
2	粉じん作業の経験	年 ヶ月	
3	普段使用されているマスクはどんなマスクですか？	マスクの種類やメーカーなど分かる範囲でお書きください	
4	呼吸器疾患はありますか？	1 ない	2 ある
			差し支えなければ、疾患名をお書きください

②防じんマスクと比較して電動ファン付き呼吸用保護具におけるアンケートをお願いいたします。

設 問		回 答 該当するものに○を付けてください				
1	この度装着された電動ファン付き呼吸用保護具を教えてください。	1 面体形		2 ルーズフィット形		
		製品名:		製品名:		
2	防じんマスクと比較して電動ファン付きは呼吸が楽に感じましたか？	1 感じた	2 少し感じた	3 変わらない	4 少し苦しい	5 苦しい
3	マスクの大きさは気になりますか？	1 まったく気にならない	2 あまり気にならない	3 変わらない	4 少し気になる	5 気になる
4	視界が悪くなりましたか？	1 まったく悪くない	2 悪くない	3 変わらない	4 少し悪い	5 すごく悪い
5	マスクの重さは感じますか？	1 まったく感じない	2 あまり感じない	3 変わらない	4 少し感じる	5 かなり感じる
6	動きにくさを感じますか？	1 まったく感じない	2 あまり感じない	3 変わらない	4 少し感じる	5 かなり感じる
7	ファンの音は気になりますか？	1 まったく気にならない	2 あまり気にならない	3 変わらない	4 少し気になる	5 かなり気になる
8	今後、電動ファン付き呼吸用保護具を使用していきたいと思えますか？	1 思う	2 思わない	その理由等があればお答えください		

してきた。

通常防じんマスクの適正使用の指導は行ったものの、今回の研究においても通常防じんマスクの平均漏れ率は23.96%と高率であり、15年前のデータ（24.3%）と比較しても防じんマスクの漏れはほとんど変わらないことが判明した。一方、PAPRは通常防じんマスクに比較して高額ではあるが、マスクの漏れ率は 0.45 ± 0.42 （0.08～3.59）%とその防じん効果は明らかによく、粉じん吸入濃度を有意に軽減していることが実際の粉じん作業現場においても実証された。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、装着し作業する上で不利益が予想されたため、アンケート調査によって作業者にその感想を求めた。しかし、意外にその欠点を指摘する率は低く、呼吸が楽で、粉じん吸入量が少ないというメリットを指摘し、全体の7割に近い68.1%がPAPRを使用したいという結果を得た。なお、着用の推進に問題があるとすれば、高額である費用が問題であると思われる。

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必要であると考えられた。

E. 結論

実際の作業現場においても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った。PAPRは大きさや重さあるいはファンの音に若干問題もあったが、呼吸のしやすさ等のメリットが大きいことから着用したいと望む作業者が約70%を占めることから、今後の新たなじん肺防止のためうまく活用して行く必要があると思われる。

F. 参考文献

1. 粉じん作業場におけるじん肺患者発生状況に関する研究 岡山産業保健推進センター調査研究報告書 2001.3
2. 香川県の粉じん作業場におけるじん肺発生状況に関する研究 香川産業保健推進センター調査研究報告書 2001.3
3. 粉じん作業場におけるマスク効率と呼吸機能に関する研究 岡山産業保健推進センター調査研究報告書 2004.3
4. 石綿飛散が想定される作業現場における石綿作業環境測定とマスク効率に関する調査 岡山産業保健推進センター調査研究報告書 2007.3
5. 防じんマスク適正使用の教育指導の効果に関する検討 岡山産業保健推進センター調査研究報告書 2009.3
6. 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－ 岡山産業保健総合支援センター調査研究報告書 2019.3

G. 研究発表

1. 論文発表
該当なし
2. 学会発表
該当なし

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得
該当なし
2. 実用新案登録
該当なし

3. その他
該当なし

