

令和元年度

調査研究報告書

使用後1年以上の電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の  
機能に関する研究

令和2年3月

独立行政法人労働者健康安全機構

岡山産業保健総合支援センター

## 調査研究体制

### 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  
岡山産業保健総合支援センター 産業保健相談員 高尾 総司

## 使用後1年以上の電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の機能に関する研究

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
	岡山産業保健総合支援センター	産業保健相談員	高尾 総司

### A. 研究目的

PAPR（Powered Air Purifying Respirators）はマスク内が陰圧にならないようにファンが作動して陽圧にするため、マスク内への粉じんの漏れ率が少なく、フィットテストなどの圧着に配慮しなくてもマスク内への粉じんの漏れ率が少ないという利点がある。

そのため、高濃度の粉じんあるいはアスベストのような発癌物質の吸入がある職場ではPAPRの使用が義務付けられており、労働安全衛生法第42条に基づき「電動ファン付き呼吸用保護具の規格」（平成26年11月28日厚生労働省告示第455号）が定められている。

我々は平成30年度の調査研究で、通常防じんマスクの漏れ率は15年前の調査と同様24.8%の漏れ率があるが、PAPR装着では1%以下の漏れ率であったことを報告した。

しかし、使用後時間経過したPAPRが使用開始後と同様の性能が保たれているかどうかを調査した研究はない。そこで、今回使用後時間が最低でも1年以上経過したPAPRにおける漏れ率の実態と実際に使用してきた作業者のPAPRの装着感や継続した装着に関する意向について調査した。

### B. 対象と方法

一定以上の量の粉じんあるいは有害物質を取

り扱う耐火物粉碎作業9名、造船溶接作業5名、鉱山掘削作業8名、耐火レンガ製造2名、RCF（Refractory Ceramic Fiber）取り扱い作業6名、金属粉製造作業6名の合計36名を対象とした。

対象者には年齢、性別、呼吸器疾患の既往歴を聴取した。方法は1週間あたりのPAPR使用時間、使用年数、使用タイプとフィルタの交換時期について質問するとともに、PAPR使用中の感想をアンケート調査票（別紙）に回答を記入してもらった。その後、PAPRを装着して作業前のPAPRの漏れ率を測定した。漏れ率については使用時間別に2000時間以上、1000～1999時間、999時間以下に分けて評価した。PAPRの漏れ率の測定機器は柴田化学社製のマスク内圧・フィッティングテスター（MNFT ver.2）を使用した。

（倫理面への配慮）

事前に調査研究目的を口頭で説明するとともに記載文書を手渡し、全ての作業者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。

本調査研究は、独立行政法人労働者健康安全機構の産業保健調査研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。

### C. 結果

性別は男性が 36 名で女性はいなかった。年齢は 25~68 歳と幅広く、平均  $40.8 \pm 10.9$  歳、中央値は 41.5 歳であった。対象者 36 名の呼吸器系の既往歴として、気管支喘息が 1 名いた。

作業内容は図 1 に示すように溶接、グラインダー、粉砕など高濃度粉じん作業が多かった。また 1 週間あたりの使用時間は 31 時間以上が 50% と大半であったが、5 時間未満と有害業務にあたる時だけに使用する作業者が 21.4% だった。作業年数は 5 年未満と 6~10 年が 22.9%、11~15 年が 25.7%、16 年以上が 28.5 であった。

PAPR の漏れ率は昨年度の調査研究で行った 104 例の漏れ率が平均  $0.45 \pm 0.45\%$  中央値が 0.33% であり、今年度の 36 名では平均  $0.32 \pm 0.36\%$ 、中央値は 0.18% であり、有意な差は認められなかった (図 2)。

PAPR が導入されて 1~2 年が 36.4% と多かったが、3 年以上継続して使用している作業者も 63.6% いた。使用した PAPR のタイプはすべて面体型であった。

PAPR のフィルタの交換時期ではフィルタ交換のサインが出た時と答えた作業者が 18.4% いたものの、息苦しくなってからが 50% と最も多かった (図 3)。

フィルタ使用期間は月単位が 41.7% あるいは年単位が 19.4% で交換すると回答していた (図 4)。しかし、日単位が 33.3%、週単位が 5.6% あり、粉じん濃度が極めて高い場合にはフィルタ交換頻度が高かった。

PAPR の耐久時間は、約 2000 時間と公表されているが 2000 時間を超えて使用されている場合があった。使用時間の確認ができた 28 名で漏れ率の比較を行ったところ、2000 時間以上の作業者は 11 名で平均  $0.37 \pm 0.37\%$  (中央値 0.27%) であり、2000 時間未満の作業者は平均  $0.30 \pm 0.40\%$  (中央値 0.13%) ( $p=0.66$ ) と有意な差は認められなかった (図 5)。また、2000 時間以下を 1000~1999 時間、999 時間以下に分けて比較したところ、1000~1999 時間は 8 名で平均  $0.31 \pm 0.23\%$  (中央値 0.21%) ( $p=0.70$ )、999 時間以下は 9 例で平均  $0.29 \pm 0.50\%$  (中央値 0.10%) ( $p=0.71$ ) と有意な差は認められなかった (図 6)。

一方、2000 時間以上使用している PAPR で漏れ率が 1.69% と比較的高い例があった。その原因として、フィルタ交換が遅すぎたことが明らかとなった。しかし、それでも 2% 未満の漏れ率であり問題になるほどでは無かった。

PAPR の装着感について、使用后時間経過で動きにくさを感じる作業者が 38.9% (図 7)、疲労感が増加したと感じる作業者は 33.3% (図 8)、作業効率が下がったと感じる作業者が 19.4% (図 9) でいずれもわずかであり。長期間使用しても装着に問題がないとの回答であった。また、面体とのフィット感は使用開始時と比較して、65.7% が変わらないと回答していた (図 10)。さらに、全体の 83.3% は使用経過で粉じんを吸入する感触が無かったと回答し (図 11)、長期間使用しても使用開始時と変化がないと回答した作業者が 69.4% とほぼ同様であった (図 12)。そのため、通常防じんマスクと比較してやや使用しやすい以上が 44.5%、変わらないが 16.7% であり、使用しにくいと回答した作業者は 38.9% にとどまった (図 13)。

メンテナンスでは洗濯ができないことに対して、マスクが汚れた際には軽く汚れを拭く作業者が 80.6% と最も多かったが、16.7% はきちんと手入れをすると回答しており、作業者間で対応が分かれた (図 14)。

以上を勘案して今後も PAPR を継続して使用したいと回答した作業者は 75% と大半であり、昨年度 PAPR を初めて装着した作業者の 65.3% に比較してはるかに多くの作業者が PAPR を使用することを望んでいることが判った (図 15)。

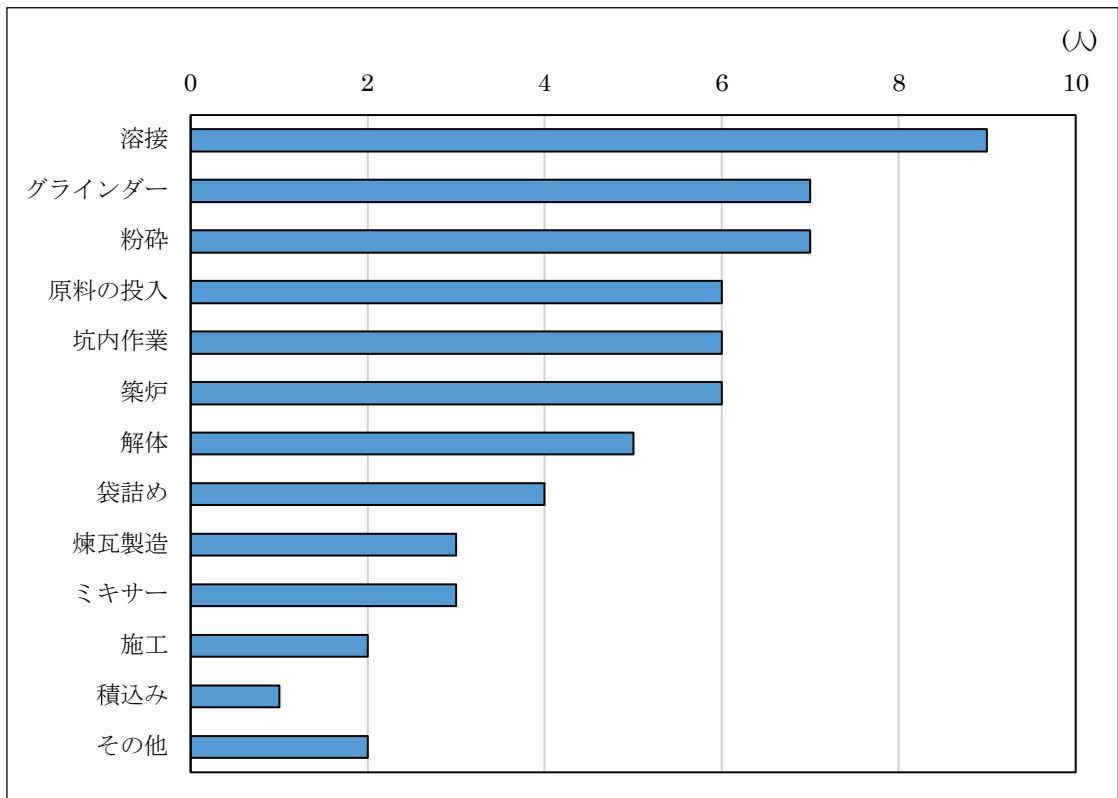


図1. 作業内容 (複数回答)

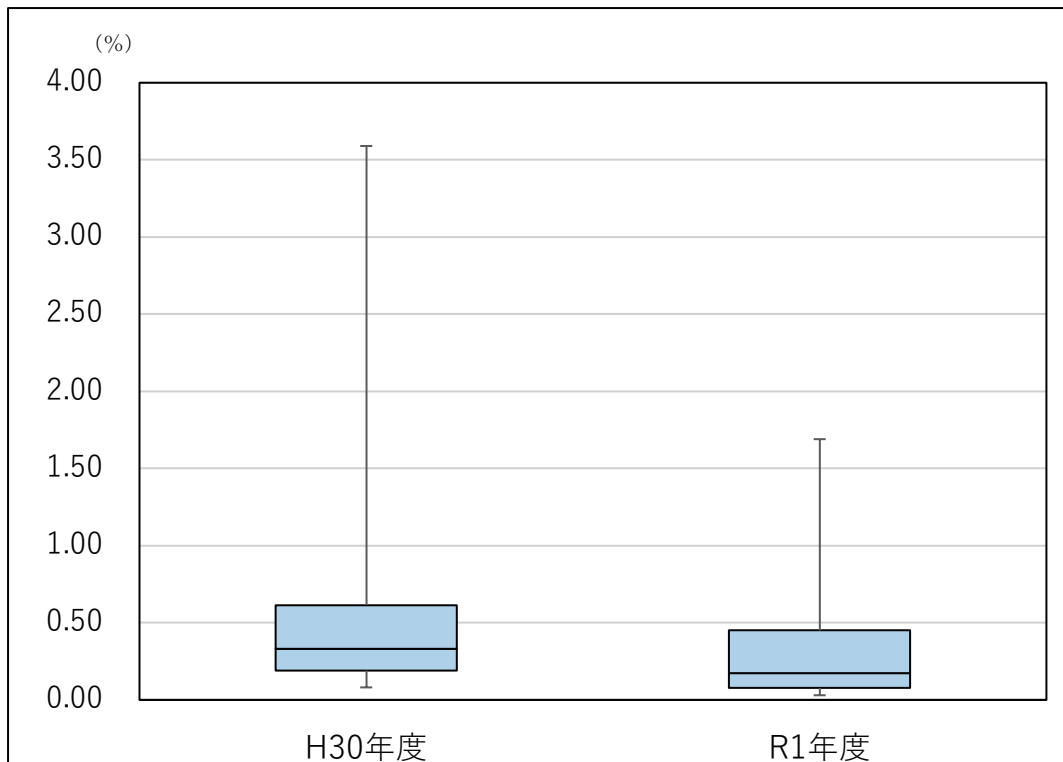


図2. 平成30年度と令和元年度のPAPRの漏れ率の比較

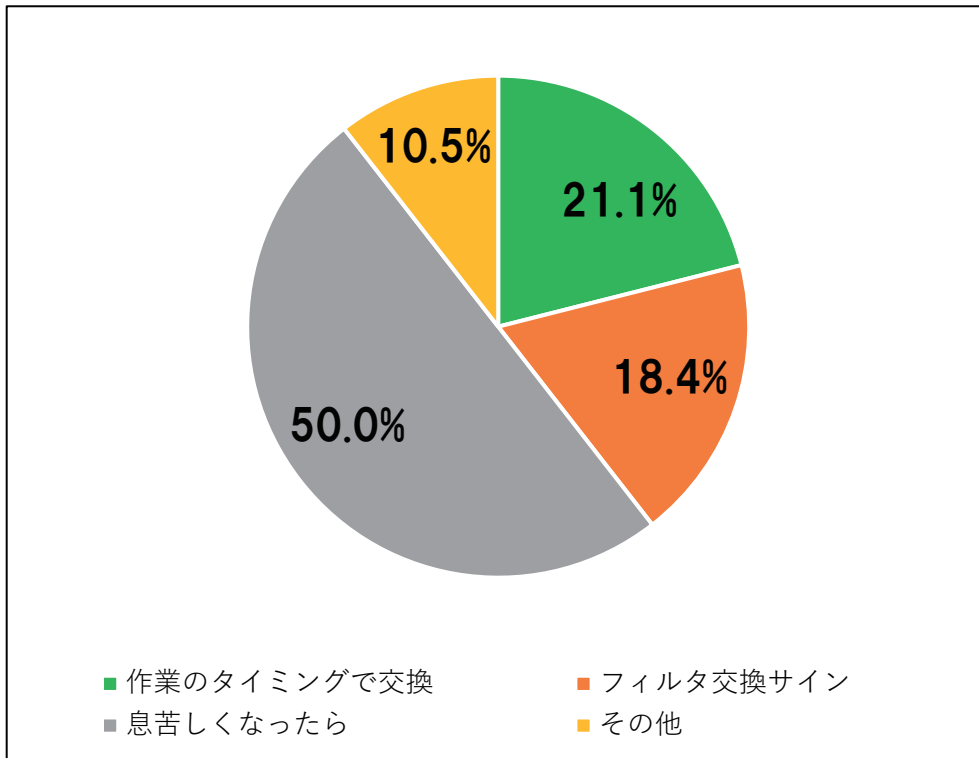


図3. フィルタ交換のタイミング

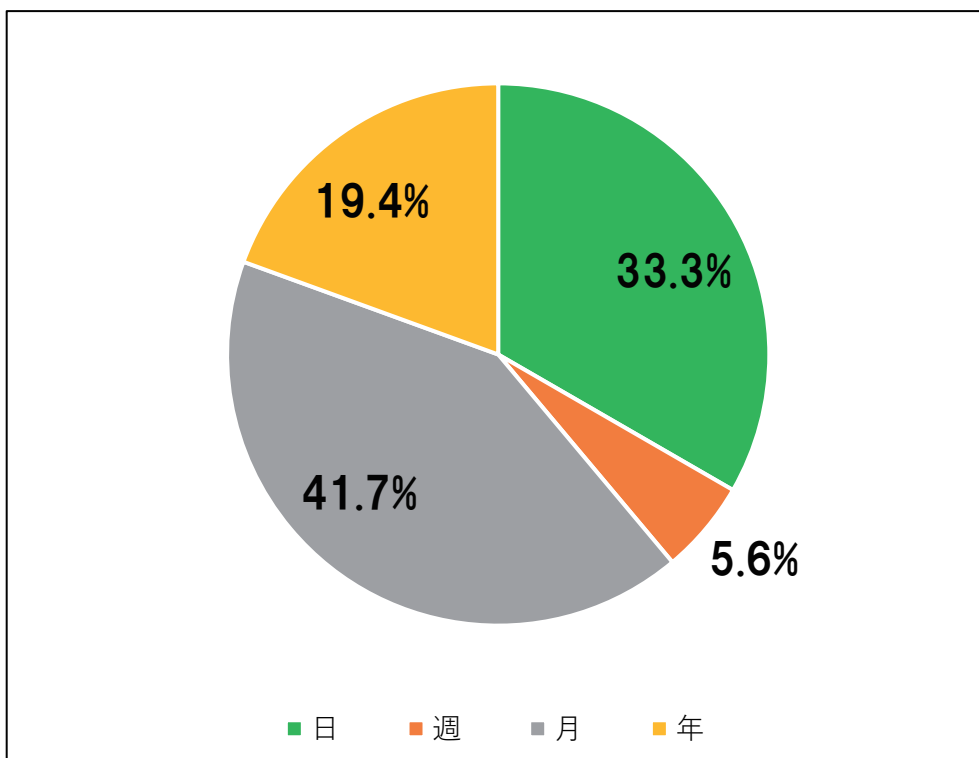


図4. フィルタ交換の頻度

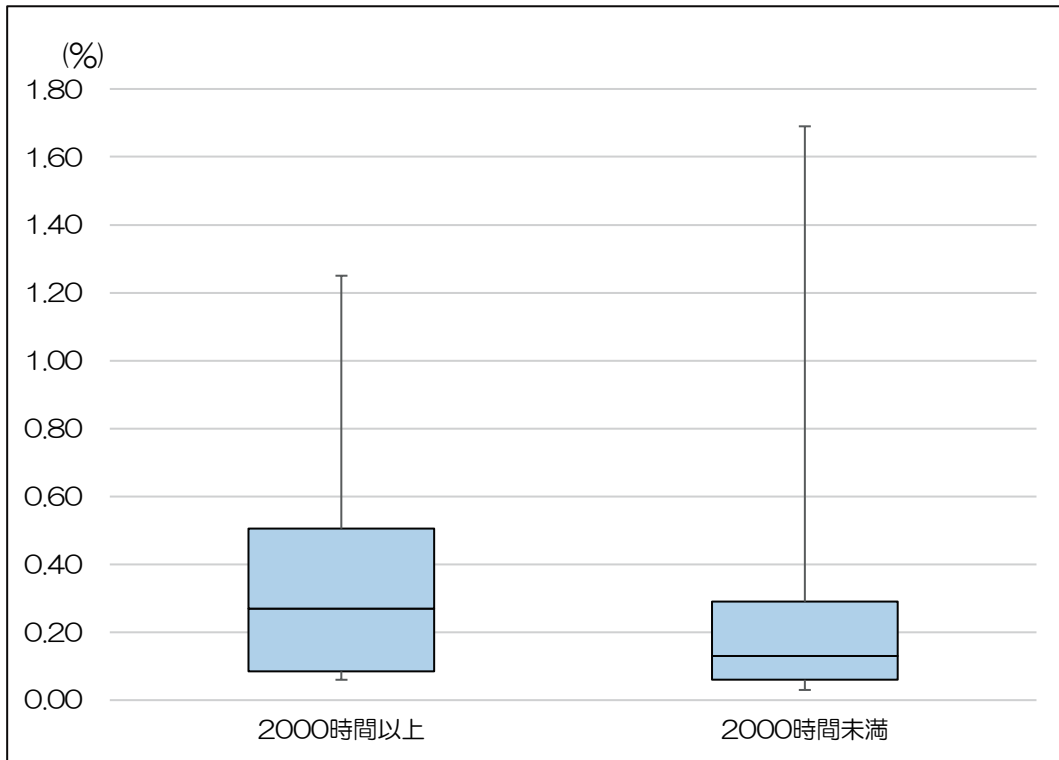


図5. 使用時間別の比較

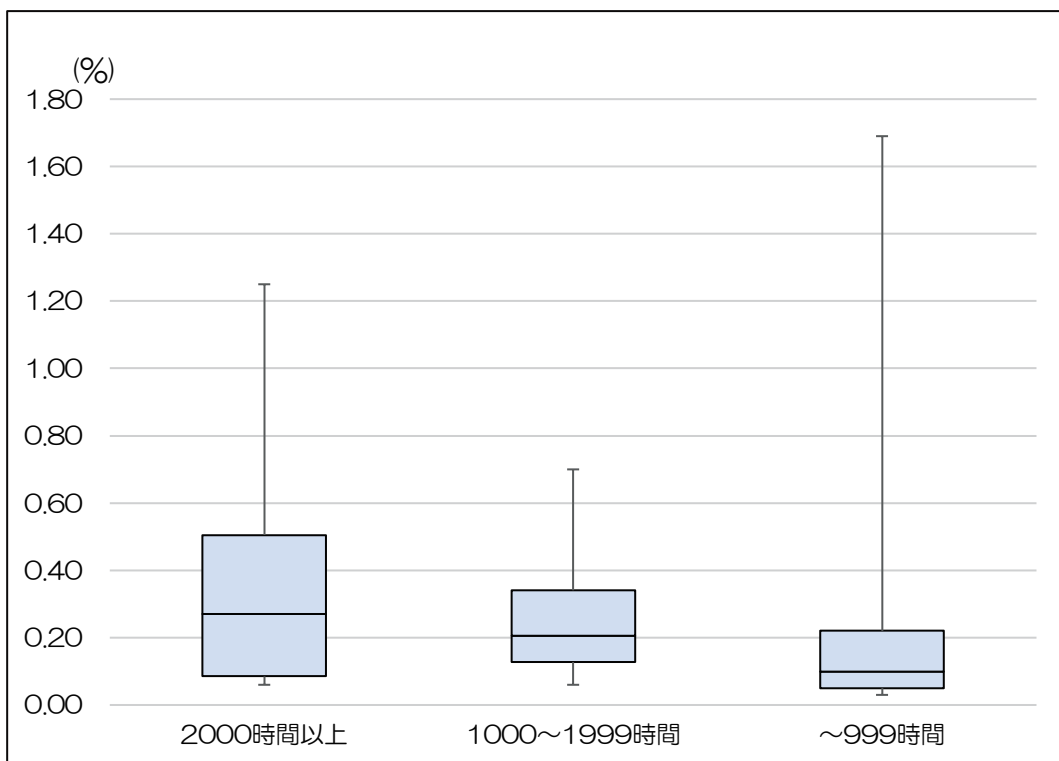


図6. 使用時間別の比較

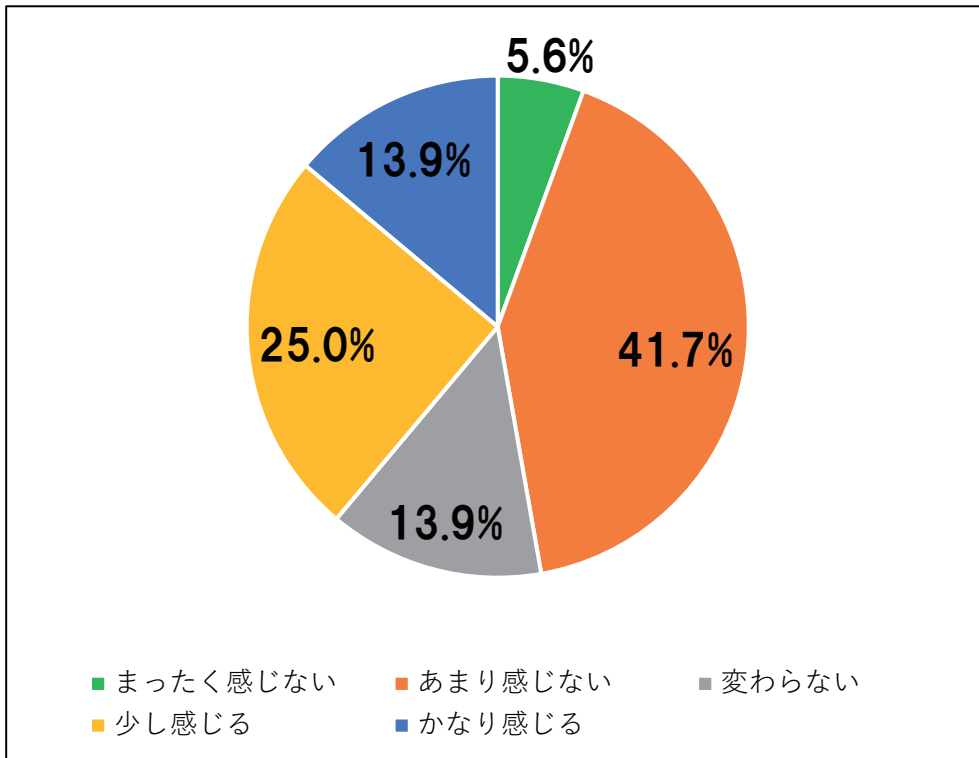


図7. 使用時間が経過するにつれて動きにくさを感じるか？

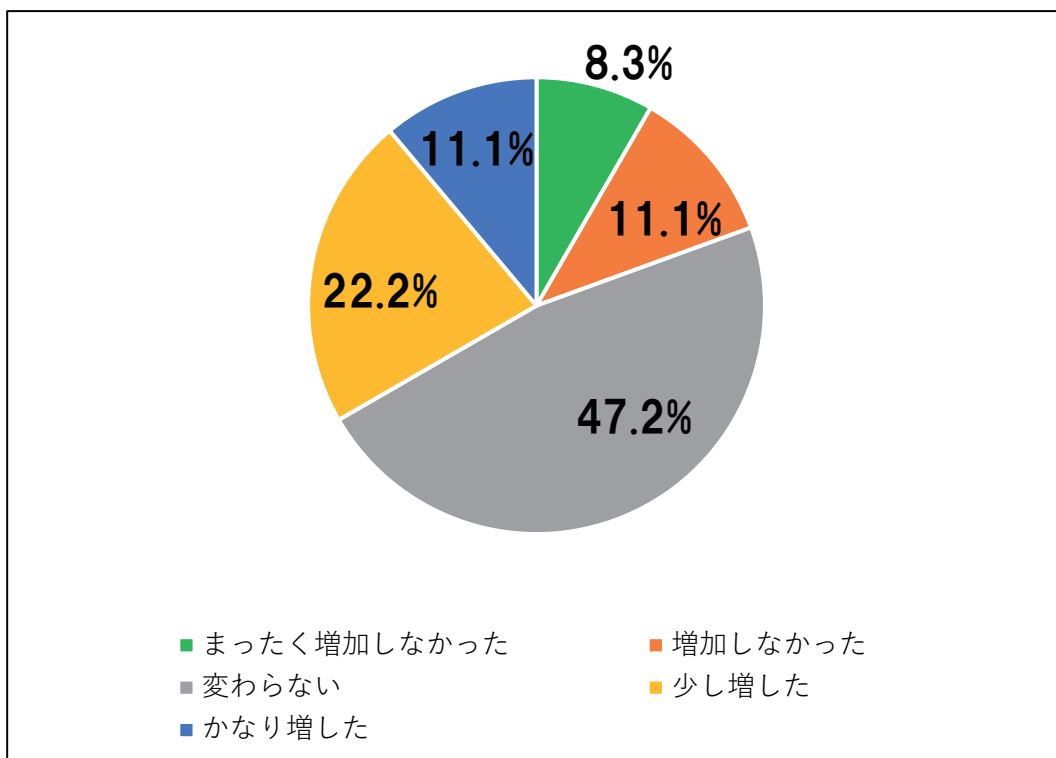


図8. 開始時に比較して疲労感が増加したか？



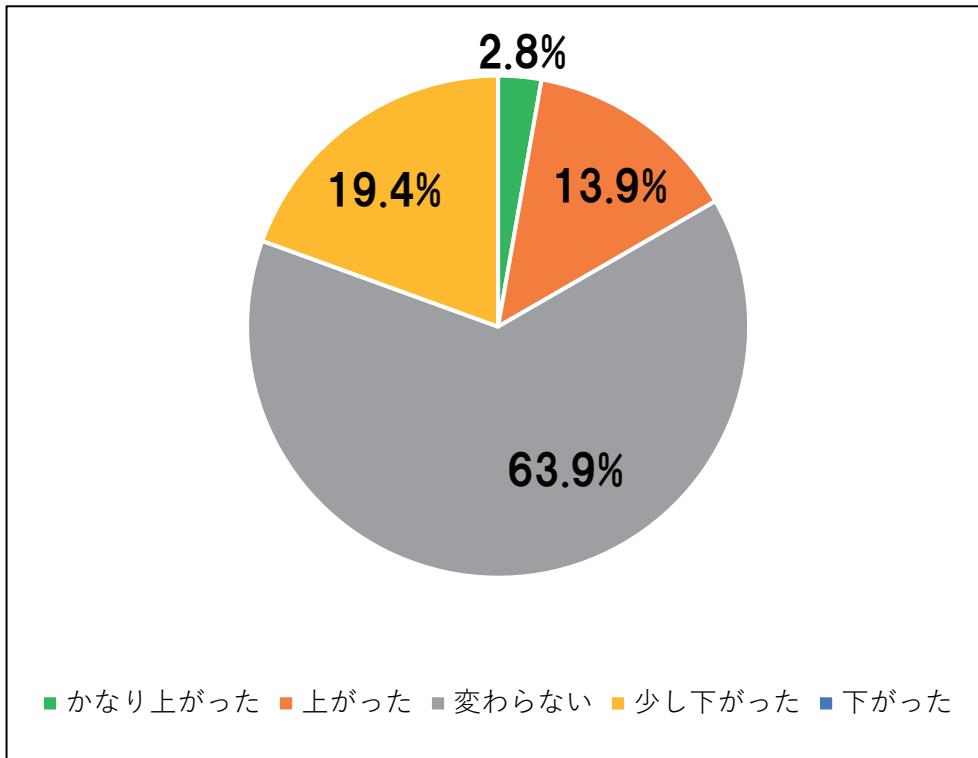


図9. 使用開始時に比べ作業効率が下がったと感じるか？

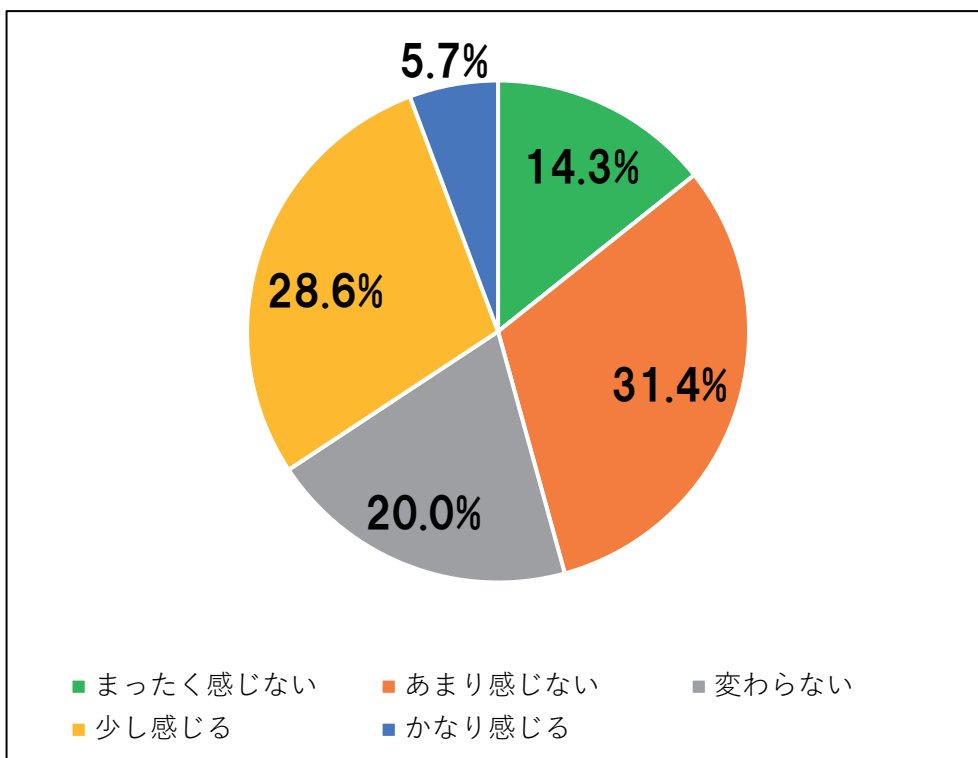


図10. 面体のフィットネスは使用開始時と変化を感じるか？

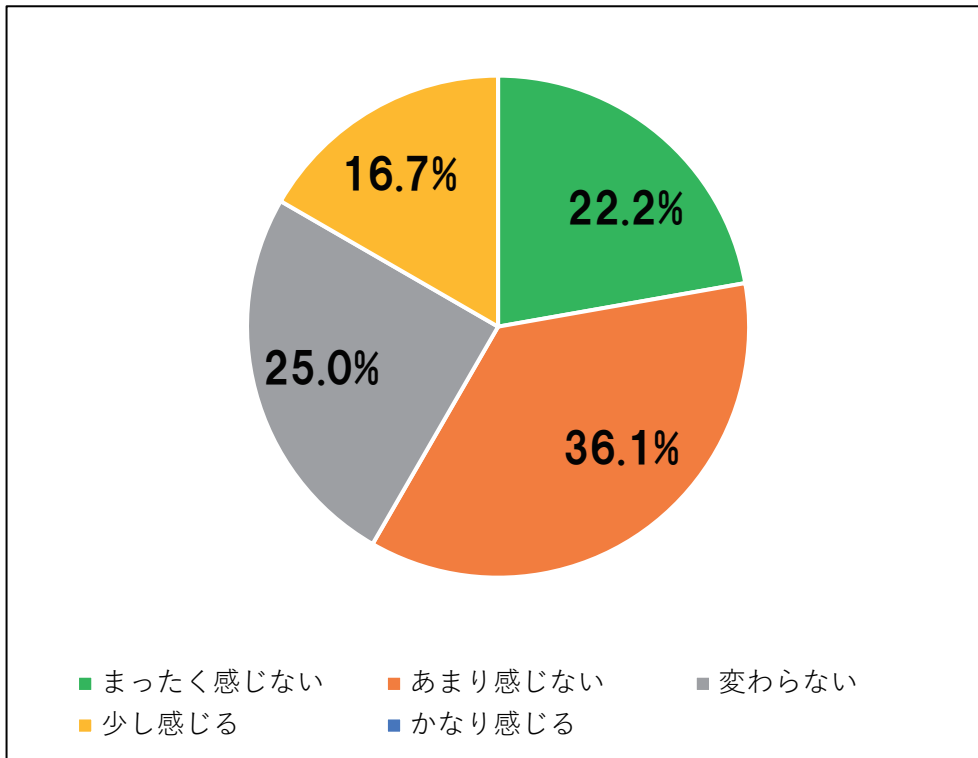


図 11. 使用時間経過につれて粉じん吸入を感じるようになるか？

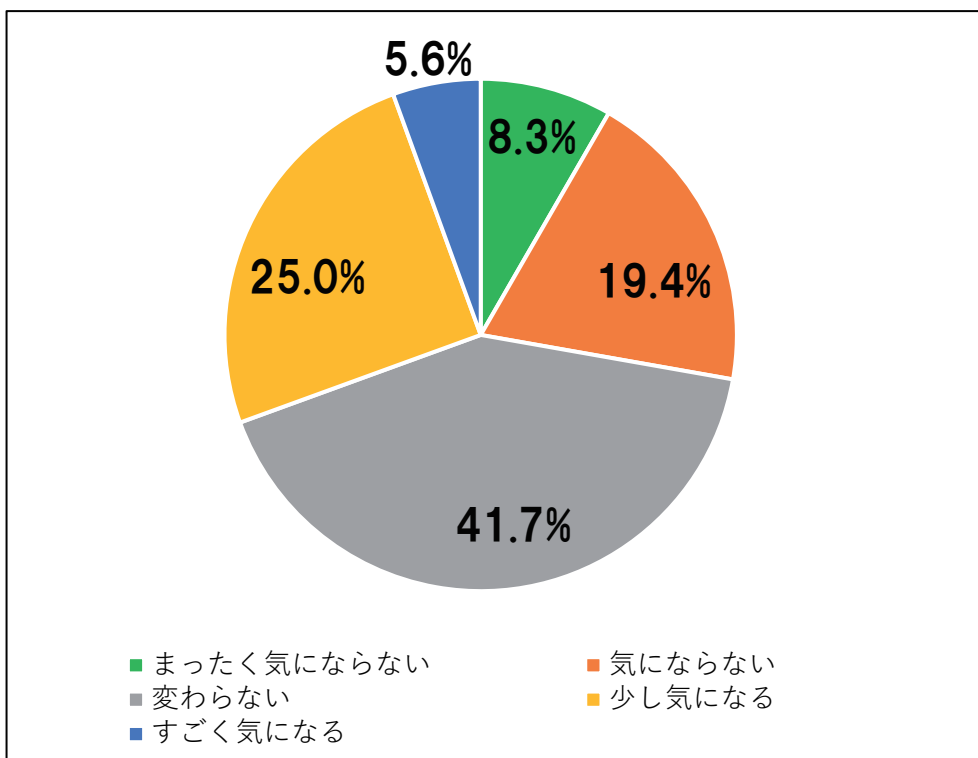


図 12. 長期間使用した PAPR の性能は当初に比較して機能低下が気になるか？

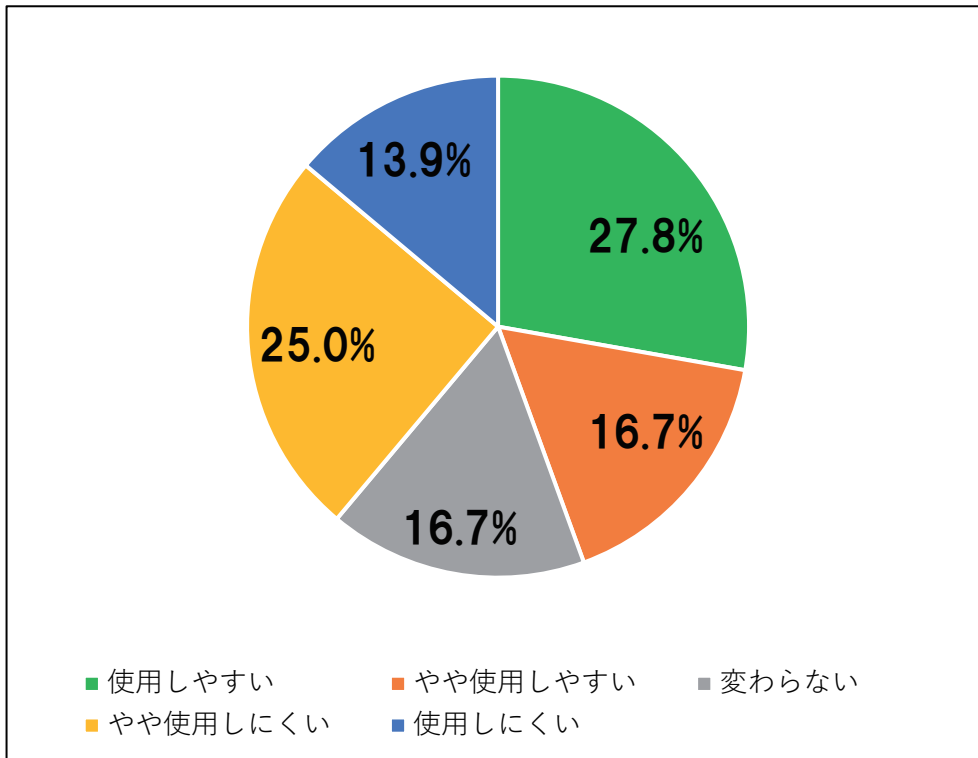


図 13. 従来の防じんマスクと比較して PAPR は使用しやすいか？

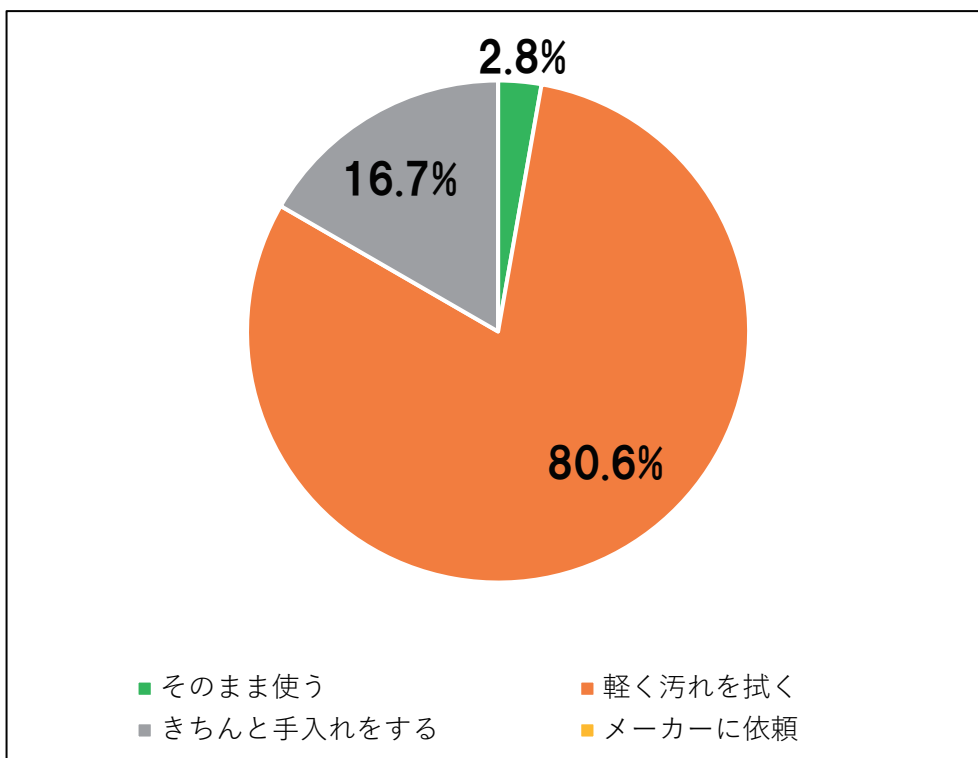


図 14. マスクが汚れたとき

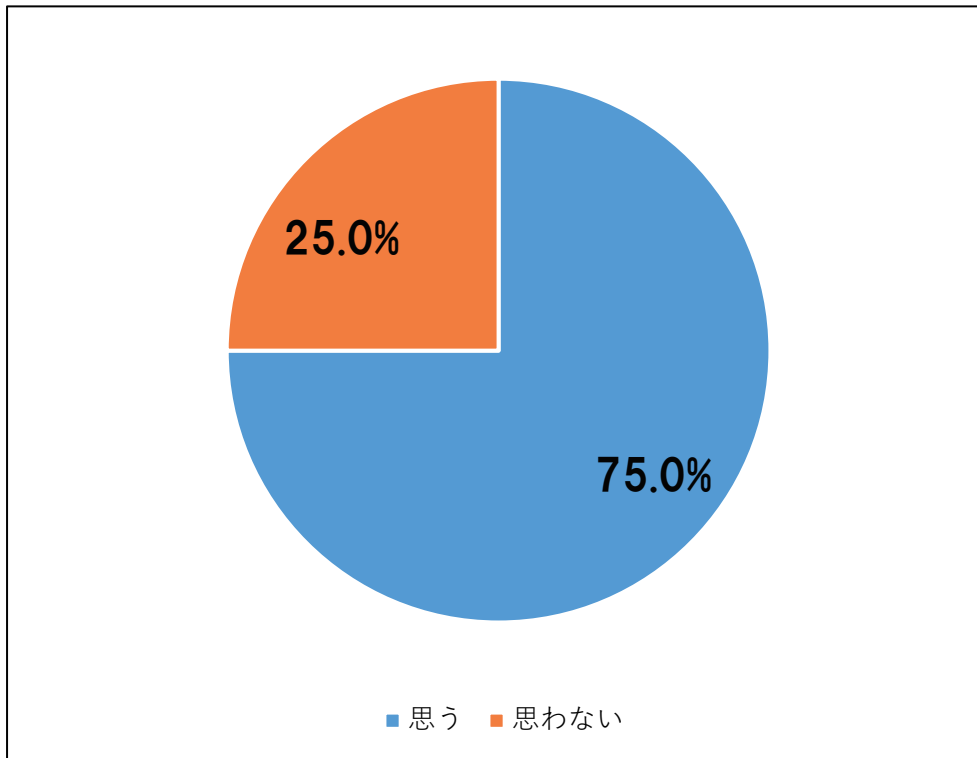


図 15. 今後も PAPR を使用していきたいと思うか？

#### D. 考察

昨年度の調査で PAPR の漏れ率は通常防じんマスクに比較して極めて良好であり、漏れ率は 1%未満であり、65.3%の作業者が PAPR を使用したいという回答を得た。

今回使用後時間経過の経った PAPR の漏れ率を測定したが、平均 0.32%の漏れ率であり、昨年度の調査研究報告書で報告した新品の PAPR を使用して測定した漏れ率の 0.45%より少なかった。すなわち、PAPR の漏れ率は使用後 2000 時間を経過してもほぼ使用開始時と同様であることが確認できた。一方で 2000 時間以上使用した PAPR で 1.69%の漏れ率があった作業者がいた。その原因としてフィルタ交換ができていないことが判った。

PAPR を装着する際の利点と欠点を昨年聴取したところ、PAPR の利点は呼吸が楽である、粉じんを体内に入れないから、漏れ率が低いから、口、鼻まわりに湿気がこもらないのが助かる、汗などをぬぐうためマスクを外す手間が省ける、熱が籠らないため、空気が涼しく感じら

れた、夏場に付けやすい、作業がしやすいであると作業者は述べている。一方、欠点では、楽だが大きさが気になる、かなり重い、重たく感じる、重いし呼吸しにくい、首に疲労感がある、軽さとして通常防じんマスクがよい、従来のマスクに慣れているため、音がうるさい、マスクの汚れが取れない、洗えない、電池の充電が面倒である。を挙げている。

要するに欠点は大きさと重さであり、マスクを洗濯できないことと毎日充電する必要があることである。一方、利点として、漏れ率が少なく、粉じんを吸入しないことと圧着が軽いために熱が籠らず、涼しい点を述べている。じん肺を回避することができ、涼しくて快適であれば、大きさや重さを少々我慢することもできるのではないかと思われる。今回のアンケート調査でも欠点を指摘している作業者は 30%未満であり、大半の作業者が PAPR の使用継続を希望しており通常防じんマスクに対して PAPR を装着したくないとする大きな反対意見は無かった。そのため、最終的に 36 名中 75%が今後とも

PAPR を使用したいと述べている。

昨年の調査研究でも PAPR の漏れ率は1%未満であり、メリヤスを付けてもその漏れ率には変化が無かったことから、高額であって長期に使用できれば費用対効果に繋がるのではないかと考え今回の研究を開始した。その結果、2000時間以上使用している PAPR であっても2000時間未満と同様に漏れ率は変わらず1%未満であった。しかし、PAPR であっても、その性能に問題は無くてもフィルタの目詰まりのため PAPR が正常作動していないことも示唆される事例があった。PAPR は洗濯できない為、日頃からの手入れが必要であり、目詰まりして息苦しくなってからフィルタを交換するという事は粉じん吸入にも通じるため問題がある。今回の調査では目詰まりしてからフィルタを交換すると答えた作業者が最も多かった。適当な時期に上手くフィルタを交換することと手入れを怠らなければ極めて優れた防じん効果があり、長期間かつ安全に使用できることが判明した。

五十嵐は PAPR の費用対効果について生産性・QOL 調査を行い、PAPR の費用対効果を最終的には証明できなかったと報告しているが、今回のデータを考慮すれば positive な結果が出るのではないかと考えられた。今後、我々も生産性や QOL の調査を組み合わせる費用対効果を検討したい。

平成 18 年度の調査研究で、アスベスト掻き落とし作業者が装着している通常防じんマスクの漏れ率を測定し、10%以上の漏れ率がある作業者が約半数あることを明らかにした。この調査結果を基に厚生労働省は当作業者に PAPR の装着を義務化した。今回我々が対象とした坑内掘りのように粉じん高濃度ばく露を受けるあるいは RCF や金属粉など有害物質の吸入がある作業者であったが、日本における新たなじん肺患者発生をゼロにするために PAPR のいっそうの普及が行われることを希望する。また、PAPR は高額なのでメンテナンスをうまく行い、より長期間使用できるようにしてほしいと願っている。

## E. 結論とまとめ

PAPR の防じん効果は使用後 2000 時間以上

を経過しても新品とほぼ同様の良好な漏れ率であった。また、長期間 PAPR を使用している作業者の 75 %は装着を継続したいと答えていたことは PAPR の大きな評価につながると思われる。

この効果を持続するためには、作業者によるフィルタの交換及び日頃からの手入れが必要で、その費用対効果についても positive な結果になる可能性が示唆された。

## F. 参考文献

- 1) 岡山産業保健推進センター，平成 12 年度調査報告書，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（2001）
- 2) Takigawa T, Kishimoto T, Nabe M, Nishide T, Wang DH, Seki A, Uchida G, Kira S. The current state workers' pneumoconiosis in relationship to dusty working environments in Okayama Prefecture, Japan. Acta Med Okayama. 56(6):303-8, 2002
- 3) 岡山産業保健推進センター，平成 15 年度調査報告書，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（2004）
- 4) 岸本卓巳 通常防じんマスクと電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の比較試験厚生労働科学研究報告書 じん肺エックス線写真による診断精度向上に関する研究 7-14（2019）
- 5) 岡山産業保健総合支援センター，平成 30 年度調査報告書，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一，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（2019）
- 6) 五十嵐中 電動ファン付き防じんマスクの生産性損失・QOL 調査 厚生労働科学研究報告書 じん肺エックス線写真による診断精度向上に関する研究（2020）
- 7) 岡山産業保健推進センター，平成 18 年度調査報告書，石綿飛散が想定される作業現場における石綿環境測定とマスク効率に関する調査（2008）

別紙

## 長期間使用している電動ファン付き呼吸用保護具の調査アンケート

整理番号( )

氏名		年齢	歳
----	--	----	---

### Q1. はじめにお聞きします。

① 性別	1. 男性 2. 女性
② 粉じん作業の経験 (対象粉じんの物質名)	_____年_____か月 ( )
③ どんな作業で防じんマスクを使用していますか?	「グラインダーでの研磨作業」「アーク溶接作業」「原料の投入作業」等具体的にお答えください
④ 現在使用機会のある呼吸用保護具を全て選んで下さい(複数回答可)	1. 防じんマスク(取替え式) (マスクの等級: ) 2. 防じんマスク(使い捨て式) (マスクの等級: ) 3. 防毒マスク 4. 防じん機能付き防毒マスク 5. 電動ファン付き呼吸用保護具 (マスクの等級: ) 6. 送気マスク
⑤ 電動ファン付き呼吸用保護具の使用期間はどのくらいですか? 又、週何時間くらい使用しますか?	_____年_____か月 (週当たり_____時間くらい使用)
⑥ 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 ( )

### Q2. 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。

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 製品名( ) 2. ルーズフィット形 製品名( )
② マスクのフィルタはどのタイミングで交換しますか	1. 作業のタイミングで交換 2. 電動ファン付き呼吸用保護具のフィルタ交換サインで交換 3. 息苦しくなったら交換 4. その他( )

③ マスクのフィルタはどれくらいの頻度で替えますか？	回/( 日・ 週・ 月・ 年 )	
④ 使用時間が経つにつれて機能低下を感じますか？	1. まったく感じない 3. 変わらない	2. 少し感じる 4. かなり感じる
⑤ マスク(面体)のフィットネスは使用開始時と変化を感じますか？	1. まったく感じない 3. 変わらない 5. かなり感じる	2. あまり感じない 4. 少し感じる
⑥ 使用時間が経過するにつれて動きにくさを感じますか？	1. まったく感じない 3. 変わらない 5. かなり感じる	2. あまり感じない 4. 少し感じる
⑦ 使用時間経過に連れて粉じん吸入を感じるようになりましたか？	1. まったく感じない 3. 変わらない 5. かなり感じる	2. あまり感じない 4. 少し感じる
⑧ 使用開始時に比較して疲労感が増加しましたか？	1. まったく増加しなかった 3. 変わらない 5. かなり増した	2. 増加しなかった 4. 少し増した
⑨ 使用開始時に比べて作業の効率下がったと感じますか？	1. かなり上がった 3. 変わらない 5. かなり落ちた	2. 上がった 4. 少し落ちた
⑩ マスクが汚れた時はどうしますか？	1. そのまま使う 3. きちんと手入れする	2. 軽く汚れを拭く 4. メーカーに依頼して手入れをする
⑪ 従来の防じんマスクに比較して電動ファン付き呼吸用保護具は使用しやすいですか？	1. 使用しやすい 3. 変わらない 5. 使用しにくい	2. やや使用しやすい 4. やや使用しにくい
⑫ 使用時間が経過した電動ファン付き呼吸用保護具の性能は使用当初に比較して機能低下が気になりますか？	1. まったく気にならない 3. 変わらない 5. すごく気になる	2. 気にならない 4. 少し気になる
⑬ 今後も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 ( )	

ご協力ありがとうございました。