

（7）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－

研究分担者 岸本 卓巳

所属 岡山労災病院 呼吸器内科学 副院長

研究要旨 日本におけるじん肺の発生は著しく減少したが、今でもなおゼロとなっていない。その原因の1つとして防じんマスクの適正な着用が行われていないことが想定される。そこで、マスク効率に優れる電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の効果と従来型の防じんマスクの比較を行い、作業者の吸入粉じん量を計測する計画を立案した。粉じん作業者の吸入粉じん量が両マスクによりどの程度の差異があるか、PAPRにより新たなじん肺発生がどの程度抑制され得るか検討する。

A. 背景

粉じん作業においては、労働安全衛生法により粉じんの発散を防止するために局所排気装置等の設置や作業者に対して粉じん吸入を阻止するために防じんマスクの着用が推進されている。しかし、現在でも粉じん吸入によって発生するじん肺の減少が下げ止まっていることも事実である。

我々は平成12年度の岡山産業保健推進センターの調査研究によって、岡山県の粉じん作業者の胸部レントゲンを調査して、1,006例中174例（17.3%）ではじん肺の1型には至らぬが、じん肺所見を認めるPR0/1の所見以上を有し、なおかつ40歳未満の4例ではじん肺1型（PR1/0）であることを報告した¹⁾。一方、これら対象者の97%では何らかの防じんマスクの着用があったことから、その原因がマスクの漏れであることが疑われた。

平成15年度の調査研究にて、粉じん作業者の防じんマスクの漏れ率が平均24.3%あったことにより、じん肺有所見の原因の一部には

防じんマスクの漏れがあることを確認した。そこで、マスクの漏れ率の高い作業者に対して、その場でマスクの適切な着用指導を行ったところ、漏れ率が5.8%低下することも確認した。

平成18年度の調査研究²⁾では、この傾向は石綿除去作業者においても同様であることを確認し、同作業には電動ファン付き防じんマスク Powered Air Purifying Respirator（PAPR）の着用が必要であるとする国の方針に大きく貢献した。

平成20年度の調査研究³⁾では、平成15年度のマスクの漏れを調査した事業場に対して、定期的なマスクの適正使用の指導を行ったが、同一事業場の作業者のマスクの漏れ率を計測したところ、7事業場中漏れ率が低下した事業場が2事業場であったのに反して5事業場では増加しており、一時的な教育効果は長期には維持できないことが判明した。そのため、通常の防じんマスクでの防じん効果が一定以上上がらないことから、平成27年度の

調査研究⁴⁾では、PAPRの生理学的な優位性を確認するため通常の防じんマスクとPAPRの比較試験を行ったが、その効果は作業時の脈拍の増加を抑える程度でPAPRの生理学的効果についてはその優位性を示唆する結果が得られなかった。そこで、今回はPAPRの費用対効果についてその優位性を示すため、作業者に対する主観的な評価とともにマスク効率を加味した粉じん作業者個人の粉じん吸入量を測定して客観的な評価を行い、その効果についても検討することを目的とした。

PAPRの費用対効果があり、粉じん作業現場で使用された場合には、吸入粉じん量が低下して新たなじん肺患者が減少すれば、粉じん作業者の健康保持のために有用である。その結果、日本における新たなじん肺発生を抑制することができると思われる。

B. 目的

一般粉じん作業者における粉じん吸入防止におけるPAPRの効果の評価を行い、今後の日本におけるじん肺患者発生を減少させることが可能か評価することを目的とする。PAPRの着用により呼吸が楽になり、作業効率が向上する一方マスクの圧着する皮膚の刺激が少ないなどの自覚症状が少なく、作業後の疲労感が少ないなどメリットがある。一方、マスクの漏れ率が少なく、吸入粉じん量が有意に少ないなど新たなじん肺発生回避効果がある。

作業者の曝露濃度と防じんマスクの効率を測定することによって、作業者が1日に曝露される吸入粉じん量を計算でき、その作業者が将来じん肺になる危険性が想定できる。PAPRの使用によりじん肺抑制効果があれば、高価であっても事業主がPAPRを導入する可能性が高くなり、マスクの価格も低下することが予想される。その結果、将来の日本

におけるじん肺患者数の減少につながる。

C. 対象と方法

平成15年度及び20年度の岡山産業保健推進センターの研究で防じんマスクの効率を測定した4事業場他、我々の研究の趣旨に賛同していただける粉じん作業場で現在粉じん作業を行っている100人を対象とする。

通常防じんマスクとPAPRの比較を主観的あるいは客観的に評価して、PAPRの有用性について評価する。

主観的評価方法としてアンケート調査票(別紙)を2枚用意して回答をお願いする。(通常防じんマスクとPAPRの着用の感触と疲労感の比較)

客観的評価方法として粉じん作業場の個人曝露濃度の測定とマスクの漏れ率の測定(通常防じんマスクとPAPR着用における差を粉じん作業中の8時間で比較する)、曝露サンプラーを装着することにより個人曝露量を測定するとともにマスクの漏れ率とマスク内の陽圧について、専用器械を使用して測定する。

通常防じんマスクとPAPRを8時間着用して、マスクを着用した際の吸入粉じん曝露量を計算して、PAPRの費用対効果を算定する。

D. 結果

日本におけるじん肺の発生は著しく減少したが、今でもなおゼロとなっていない。その原因の1つとして防じんマスクの適正な着用が行われていないことを我々は報告してきた。そこで、マスク効率に優れるPAPRの効果と従来型の防じんマスクの比較を行う調査研究について企画、立案した。対象事業所との調整を行って、平成30年1月に調査を開始したところであり、その一部をパイロット研究報告として別紙に報告する。来年度にはパイロット研究成果を吟味し、より良い計画を

策定して対象を拡大し研究を継続し、その結果を報告する予定である。

E. 文献

1. 平成15年調査研究報告書 粉塵作業場におけるマスク効率と呼吸機能に関する研究 平成16年3月（岡山産業保健推進センター）
2. 平成18年調査研究報告書 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 平成19年3月（岡山産業保健推進センター）
3. 平成20年調査研究報告書 防じんマスク適正使用の教育指導の効果に関する検討 平成21年3月（岡山産業保健推進センター）
4. 平成27年調査研究報告書 電動ファン付呼吸用保護具着用による負荷の軽減の調査研究 平成28年3月（岡山産業保健総合支援センター）

電動ファン付マスクの使用アンケート票

整理番号()

① 初めにお聞きします。

1	お名前			
2	年齢は？			歳
3	性別は？	1. 男	2. 女	
4	粉じん作業の経験は？	年 月		
5	呼吸器疾患はありますか？	1. ない		2. ある
6	タバコは吸いますか？	1. ない		2. ある

差支えなければ、疾患名をお書きください。

() 歳～ () 歳まで 1日に () 本

② 今回のテストで電動ファン付マスクを使用した方にお聞きします。

設	問	回 答 該当するものに○を付けてください。					
1	今までの使用期間は？	1. 1年以上		2. 3か月以上		3. 3か月未満	
2	息苦しさ（息を吸うとき）は感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
3	息苦しさ（息を吐くとき）は感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
4	作業中、息切れをしたことがありますか？	1. 全くない	2. 少しある	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
5	口で呼吸することはありますか？	1. 全くない	2. 少しある	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
6	動きにくさを感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
7	作業後の疲労感を感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
8	マスクの漏れは感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
9	粉じんを吸っていると感じることはありますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
10	顔等に粉じんが付着することはありますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
11	汗の量は増えていませんか？	1. 全く増えていない	2. 少し増えている	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. かなり増えている	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
12	メガネが曇りませんか？	1. 全く曇らない	2. 少し曇る	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. ひどく曇る	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
13	マスク内の湿気を感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
14	マスク内の臭いを感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
15	マスク内の暑さ（寒さ）を感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
16	作業の効率が上がったと感じますか？	1. 全く変わらない	2. 少し上がった	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. かなり上がった	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
17	ファンの音は気になりますか？	1. 全く気にならない		2. 少し気になる		3. すごく気になる	
18	視界に変化を感じませんか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
19	マスクの大きさは気になりますか？	1. 全く気にならない	2. 少し気になる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. かなり気になる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない
20	マスクの重さは感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて ① 多い ② 同じぐらい ③ 少ない

③ 今回電動ファン付きマスクを使用した後の自覚症状について、各質問に対し最も当てはまる項目の□に✓を付けてください。

	設問	回答		
1	保護具を付けている間のイライラ感	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
2	保護具を付けている間の不安感	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
3	保護具を付けている間の落ち着かない感じ	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
4	保護具を付けている間のゆううつ感	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
5	保護具を付けている間の体調不良	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
6	保護具を付けている間の集中力低下	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
7	保護具を付けている間の作業ミス	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
8	保護具を付けている間の強い眠気	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
9	保護具を付けている間のやる気の低下	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
10	保護具着用後のぐったりした疲れ	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)

通常防じんマスクと電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の 有用性の比較パイロット試験

研究分担者 岸本 卓巳

所属 岡山労災病院 呼吸器内科学 副院長

1. 方法

2018年1月31日に炭酸ガスアーク溶接作業場において半自動で溶接を行っている9名の作業員に対して通常の防じんマスク（1001、1005、1015、1111型）着用の際と電動ファン付き防じんマスク（BL-1005、SY28RX2型）を着用した際のマスクの漏れ率を測定し、比較検討した。

マスクの漏れ率の測定は興研株式会社及び株式会社重松製作所の担当者が施行し、両測定機器に差がないことを確認したのち(株)重松製作所の測定機器にて両マスクの漏れ率の測定を行った。また、9名中3名には午前10時30分から80分間、粉塵用個人サンプラーを装着して、粉塵曝露量を測定するとともに、興研のスタッフにより作業時の呼吸量の測定を行った。また、これら9名を含む粉塵作業員16名には電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の着用に対する感想を別紙の如き簡易アンケート用紙に記入していただいた。

2. 結果

対象者16名はすべて男性であった。マスク効率を測定した9名の粉塵曝露歴は5～10年（平均7.9年）で、通常防じんマスクとPAPRの漏れ率は表1に示す如くである。防じんマスクにメリヤスのカバーを付けていた作業員が3名あり、締め紐が伸びて緩い作業員が4名、排気弁が変形していた作業員が2名あった。そのうち、作業員6、8は上述の2点が認められた。

これら9名の防じんマスクの漏れ率の平均は32.86%であった。メリヤス、締め紐の伸び・緩み、排気弁の変形等、防じんマスクの漏れ率を大きくする要因のなかった2例ではいずれも漏れ率は5.07%、9.14%と良好であったのに対して、マスクの漏れの原因となる前述の3点のいずれかがあった7例の漏れ率の平均は40.22%であり、漏れ率が10%未満であった作業員はいなかった。

一方、PAPRの漏れで、最も漏れ率が大きかった作業員でも1.11%であり、平均は0.51%であった。

粉塵曝露量と呼吸量を測定した3名の結果は表3に示す。1カ月作業を行ったと仮定した際のマスクの漏れ率を考慮した吸入粉じん量は表の右端に示す。通常防じんマスクとPAPRの装着において吸入粉じん量に大きな差異を認める。PAPR使用についての簡易アンケート調査（表2）による感想では、16名中14名（87.5%）が通常防じんマスクに比べて呼吸が楽に感じ、今後PAPRを使用していきたいと答えた。一方、マスクの大きさが少し気になるが10名（62.5%）、重さが気になるが9名（56.3%）、視界の変化がすごく気になるが3名（18.8%）、少し気になるが10例（62.5%）であった。また、動きにくさを少し感じるは4名（25.0%）であった。また、ファンの音が気になるが2例（12.5%）あった。

表1 通常防じんマスクとPAPRの漏れ率

作業者	作業内容	測定器	マスク		漏れ率 (%)	漏れ率 平均 (%)	備考
1	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	興研	1015	通常マスク	30.13	20.13	メリヤス有
		重松			10.13		
		興研	BL-1005	PAPR	1.07	1.11	
		重松			1.07		
		重松			SY28RX2		
2	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	興研	1015	通常マスク	30.05	50.03	メリヤス有
		重松			70.00		
		興研	BL-1005	PAPR	0.34	0.66	
		重松			0.78		
		重松			SY28RX2		
3	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	興研	1015	通常マスク	2.63	5.07	
		重松			7.50		
		興研	BL-1005	PAPR	0.00	0.53	
		重松			0.64		
		重松			SY28RX2		
4	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1111	通常マスク	39.43	—	締め紐伸び
			BL-1005	PAPR	0.43	0.58	
			SY28RX2		0.73		
5	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1005	通常マスク	81.10	—	排気弁変形
			BL-1005	PAPR	0.26	0.53	
			SY28RX2		0.80		
6	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1111	通常マスク	34.10	—	締め紐伸び、排気弁不良
			BL-1005	PAPR	0.40	0.40	
			SY28RX2		0.39		
7	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1001	通常マスク	9.14	—	
			BL-1005	PAPR	0.29	0.34	
			SY28RX2		0.39		
8	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1001	通常マスク	42.99	—	メリヤスカバー有、締め紐緩い
			BL-1005	PAPR	0.16	0.21	
			SY28RX2		0.25		
9	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1111	通常マスク	13.78	—	締め紐伸び (緩い)
			BL-1005	PAPR	0.15	0.23	
			SY28RX2		0.30		

表2 簡易アンケート用紙

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 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 面体形		2 ルーズフィット形		
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。	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 視界に変化を感じませんか？	1 全く気にならない		2 少し気になる	3 すごく気になる	
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 全く気にならない		2 少し気になる	3 すごく気になる	
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いませんか？	1 思う	2 思わない	その理由等があればお答えください		

表3 粉塵曝露量と吸入量

作業者	作業内容	マスク	漏れ率 (%)	個人曝露濃度		呼吸量測定結果		
					(mg/m ³)	平均呼吸量 (m ³ /分)	吸入粉塵量 (mg/分)	吸入粉塵量 (mg/月)
1	炭酸ガス アーク溶接 (半自動)	通常 マスク	20.13	R	0.04	0.0156	0.00065	1.26
				T	0.10	0.0156	0.0016	3.09
		PAPR	1.11	R	0.04	0.0156	0.00065	0.67
				T	0.10	0.0156	0.0016	0.16
5	炭酸ガス アーク溶接 (半自動)	通常 マスク	39.43	R	1.39	0.0272	0.038	143.84
				T	1.48	0.0272	0.038	151.41
		PAPR	0.43	R	1.39	0.0272	0.038	1.57
				T	1.48	0.0272	0.038	1.65
6	炭酸ガス アーク溶接 (半自動)	通常 マスク	81.10	R	0.05	0.0204	0.001	7.79
				T	0.08	0.0204	0.0017	13.24
		PAPR	0.26	R	0.05	0.0204	0.001	0.02
				T	0.08	0.0204	0.0017	0.04

R = 吸入性粉じん

T = 総粉じん

3. 考察

我々は平成12年度の調査で、岡山県において1,006例の粉塵作業者の胸部レントゲン写真を読影し、その17.3%がPRO/1以上のじん肺有所見者であることを報告した。そして、これら粉塵作業にあたっている作業者の97%は何らかの防じんマスクを装着していることを確認したため、これらの有所見の原因として防じんマスクの漏れが大きく関わっていることではないかと考え、防じんマスクの漏れ率について研究をはじめた。

特に粉塵別では溶接におけるヒュームでは総粉塵量の約80%が吸入性粉塵であり、その粒型が細かいためじん肺発生の可能性が高いのではないかと考えた。

平成15年度には柴田理研のマスクフィッティングテスターを用いて粉塵作業者178名のマスクの漏れ率を測定したところ、平均漏れ率は24.3%であった。特に造船溶接作業では平均漏れ率が39.6%と高かった。

今回パイロットテストで行った溶接作業者の防じんマスクの平均漏れ率は32.86%であり、平成15年度の24.3%を超え、造船溶接作業者の39.6%と同等であった。特に漏れの原因としてメリヤスの使用、締め紐の伸び・緩み、排気弁の変形が大きく関わっていた。特にメリヤスの使用や締め紐の伸び・緩みは15年前の調査の時点と同様であった。

一方、PAPRの漏れ率の平均は0.51%と極めて低く、マスク効果には全く問題はなかった。この漏れ率を考慮して実際の吸入粉塵量を計算したところ表3に示すように吸入粉塵量に大きな差が認められた。今回は1カ月あたりとして計算したが、これが1年あるいは5年と経過すると蓄積吸入粉塵量がじん肺を生じるような吸入量となる可能性があることが判った。

通常の防じんマスクのメリヤスの使用や締

め紐の伸び・緩み、フィルター交換等について、平成16年から5年間各粉塵作業場に出向いてマスクの適正使用について指導を行った。その結果、指導直後にはマスクの漏れは大きく改善したものの、長期的な指導効果には問題があることを平成20年度に報告書にまとめた。

このような防じんマスクの漏れは吸入粉塵量の増大をもたらし、新たなじん肺発生の大きな要因になりうる。一方、高価とはいえそのマスク効果の確かなPAPRとの対比実験を行ったところ、メリヤスの使用、締め紐の伸び・緩み、排気弁の変形等、負の要因がたとえ存在しても、PAPRの漏れは極めて小さいことが示唆された。

一方、作業者にPAPRを使用した後の感想では、呼吸が楽で、今後も使用したいという感想をほぼ全員からいただいた。一方、PAPRの大きさ、重さや視界の変化、作業のしにくさについては、今後の問題としてより詳細な意見を聴取する必要があると思われる。

この結果を基に、より多くの粉塵作業者を対象とした調査を行うとともに粉塵作業者のPAPRの着用に対する感想あるいは意見をまとめて作業者の主観的な効果について評価する予定である。

今回のパイロット研究は労働安全衛生コンサルタントの西出忠司氏、横溝浩氏、岡山産業保健総合支援センターの島村明氏、株式会社興研、株式会社重松製作所による協力もとの結果報告であり、報告誌上であるが、改めてこれらの人々の協力と多大な尽力に深謝の意を表す。

溶接作業者の呼吸量測定結果報告書

興研株式会社 技術本部
飯能研究所 湯浅 久史

2018年1月31日の現場調査（パイロット試験）と併せて実施した作業者の呼吸量測定結果につきまして、以下の通りご報告申し上げます。

1. 試験方法及び条件

(1) 呼吸サンプリング装置

呼吸サンプリング装置の外観と構成について図1に示した。

また、装置の仕様を表1に示した。

(2) 試験方法及び条件

被験者となる作業者にサンプリング装置を装着させ、定性法にて顔面との密着性を確認した。次いで、作業者に日常の作業を実施してもらい、その間の呼吸データ及び作業内容を記録した。計測時間は、作業者の作業工程が1巡以上終了し、呼吸が安定したとみられる時間とした。特に、作業者Bでは、計測開始後720秒までは機械の故障により通常の作業工程を行っていなかったため、故障から復

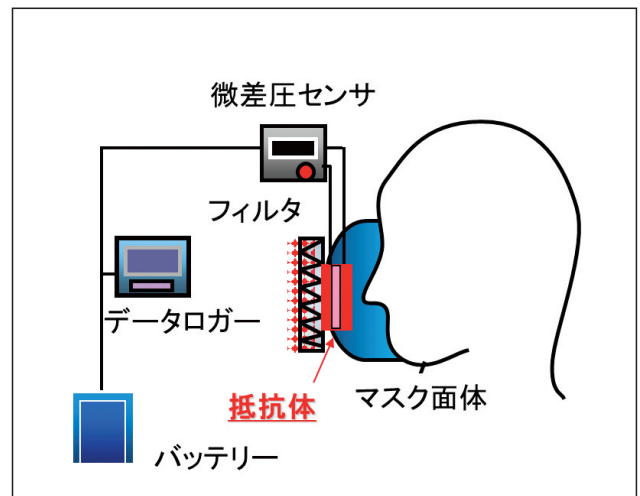


図1 呼吸サンプリング装置の外観（左）と構成（右）

表1 呼吸サンプリング装置の仕様

マスク面体	興研(株)製半面形マスク面体を改造
差圧センサ応答速度	10msec
データ受信間隔	0.1sec
フィルタ捕集効率	防じんマスク用RL2フィルタを使用
マスク吸気抵抗	70Pa at 40L/min
マスク排気抵抗	70Pa at 40L/min

表 2 呼吸量測定の実験条件

作業員	3名 (A, B, Cとする)
測定時間	10分以上20分以下 (作業工程のルーチンが一通り終了し呼吸が安定するまで)
呼吸データ解析時間	計測開始 2分経過後から
解析データ	① 毎分呼吸量, MV (L/min) ② 平均一回換気量, VT (L) ③ 呼吸回数, F (cycle/min) ④ 平均吸気ピーク流量, PF (L/min)

表 3 被験者情報

被験者 ID	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	体表面積 BSA (m ²)	作業工程
A	42	168	57	1.64	サス受け部品のロボット溶接工程
B	28	162	52	1.54	リアトーションのロボット溶接工程
C	20	175	57	1.69	フロントクロス of ロボット溶接工程

帰してからの呼吸データを解析した。呼吸量測定条件及び解析した呼吸データを表 2 に示した。

(3) 被験者情報及び作業工程

呼吸量測定における被験者情報を表 3 に示した。

体表面積はDu Bois式 ($BSA = \text{身長}^{0.725} \times \text{体重}^{0.425} \times 0.007184$) より算出した。

作業員Aの工程は、車のサスペンションの springs 受け部品のロボット溶接であり、部品はφ100mm×高さ100mm程度の薄板金属部品を扱っていた。部品質量も軽く、工程での移動も多くないことから作業負荷としては低いことが予想された。

作業員Bの工程ではφ100mm×長さ1m程度の金属管 (重量12kg程度) を持ち上げて移動させる工程であり、金属管の持ち運び頻度も4回/分程度と高く移動距離も5m程度あり、作業負荷として高いものと考えられた。なお、呼吸データの測定開始から720秒後までは機械の故障により作業が止まっており、

他の作業員と会話しながら修理を行っていたため解析から除外した。

作業員Cは横500mm×縦300mm、厚み3mm程度の軽量部品を扱う工程であり、移動距離も2m程度と短く作業負荷は大きくないと予想された。ただし、仕掛部品が終了した際には通路を挟んだ逆側まで部品が満載されたカゴを取りに行く必要があるため、その瞬間は力を要するため呼吸量が高くなることが見込まれた。

2. 試験結果

各被験者の呼吸量測定結果のまとめを表 4 に示した。また、波形データを図 2 に示した。

結果より、被験者Aの平均呼吸量 (MV) は 15.6L/min、Bが27.2L/min、Cが20.4L/min となり、前述の作業工程から推測したように負荷の大きな作業では呼吸量が高くなった。

表 4 呼吸量解析結果

作業者	MV (L/min)	VT (L)	F (cycle/min)	PF (L/min)
A	15.6	0.8	19.4	58.2
B	27.2	1.1	25.1	97.8
C	20.4	1.1	18.2	59.9

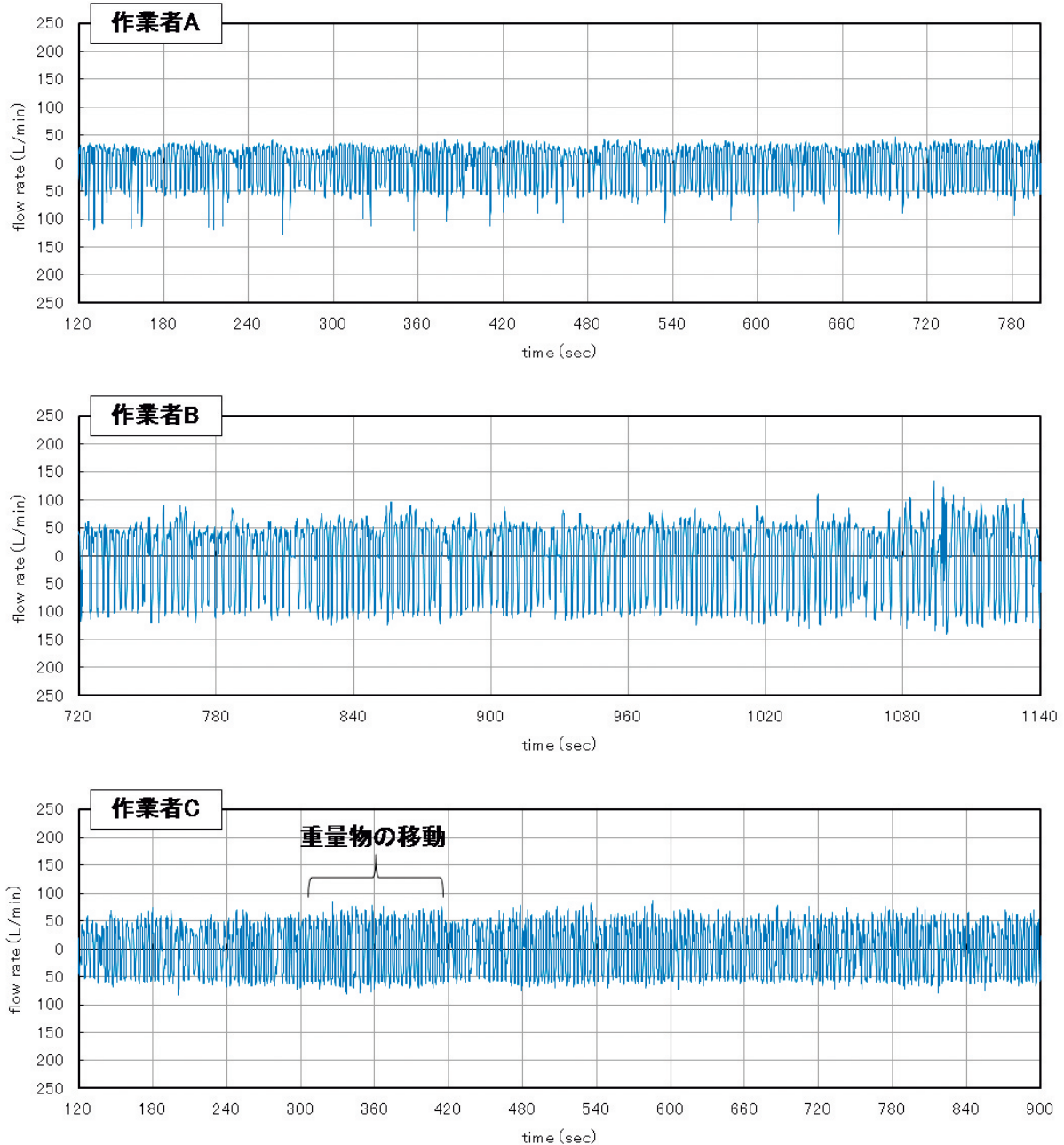


図 2 各作業者の作業中の呼吸波形