

図 4.107 囲い式フードを通常時の3分の2の吸引風速で稼働した時のフード2で従事していた作業員の粉じんばく露濃度（10分間移動平均値）

また、フード3で作業をしている作業員の粉じんばく露濃度測定結果は、 9.55 mg/m^3 であった。また、作業員の粉じんばく露濃度の時間的変動状況を図 4.108 に示す。さらに、10分間移動平均値の結果を図 4.109 に示す。

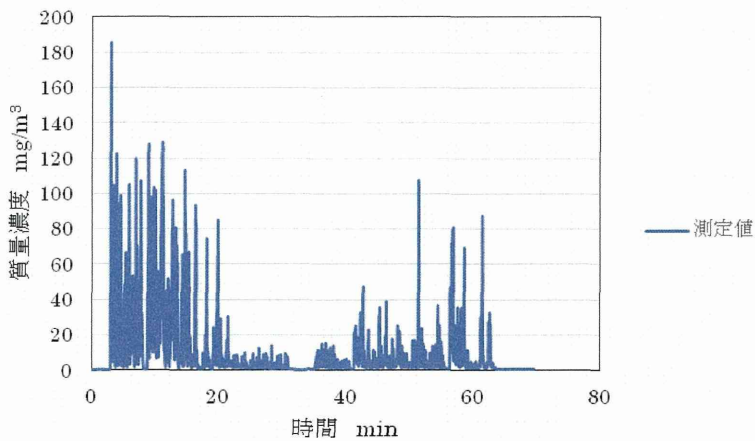


図 4.108 囲い式フードを通常時の3分の2の吸引風速で稼働した時のフード3で従事していた作業員の粉じんばく露濃度

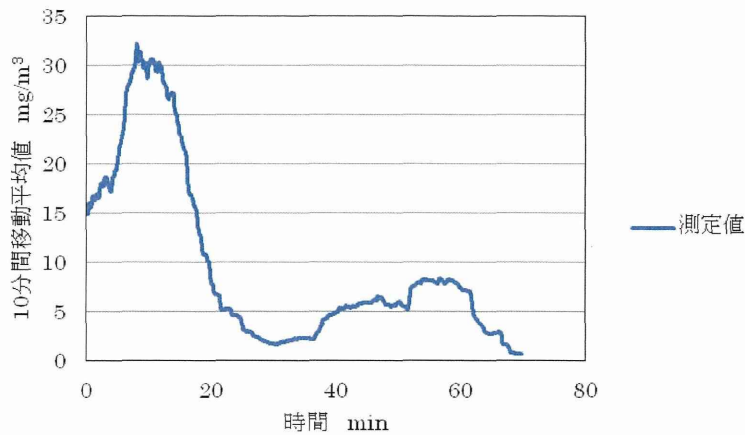


図 4.109 囲い式フードを通常時の3分の2の吸引風速で稼働した時のフード3で従事していた作業者の粉じんばく露濃度（10分間移動平均値）

粉じんばく露濃度は高濃度であったが、溶接作業者は電動ファン付き呼吸用保護具（山本光学社製 MP 型ヘルメットタイプ）を着用しており、図 4.106 及び図 4.108 のような高濃度の粉じんを作業者はばく露していない。

c) 囲い式フードを通常の3分の1の吸引風速で稼働した時

囲い式フードを通常の3分の1の吸引風速で稼働した時のフード開口面の中心の吸引風速を表 4.39 に、作業場の作業環境測定の結果を表 4.40 に示す。

表 4.39 開口面風速の測定結果 (m/s)

フード種類	フード 1	フード 2	フード 3	フード 4
ダクト開口面	0.43	0.38	0.70	0.97
ダクト開口面から 100mm 離れた点	0.15	0.07	0.15	0.40
開口面中央	0.14	0.13	0.14	0.14

表 4.40 各測定点における粉じん濃度と管理区分

粉じん濃度 (mg/m ³)	測定点 1	0.38
	測定点 2	0.32
	測定点 3	0.40
	測定点 4	0.53
	測定点 5	0.64
	測定点 6	0.51
幾何平均値 M ₁ (mg/m ³)		0.45
幾何標準偏差 σ ₁		1.29
幾何標準偏差 σ		2.04
E _{A1}		1.46
E _{A2}		0.58
管理濃度 (mg/m ³)		3.00
管理区分		第 1 管理区分

表 5.40 よりこの作業環境は第 1 管理区分である。

この時、フード 2 で作業をしている作業者の粉じんばく露濃度測定結果は、 7.76 mg/m^3 であった。また、作業者の粉じんばく露濃度の時間的変動状況を図 4.110 に示す。さらに、10 分間移動平均値の結果を図 4.111 に示す。

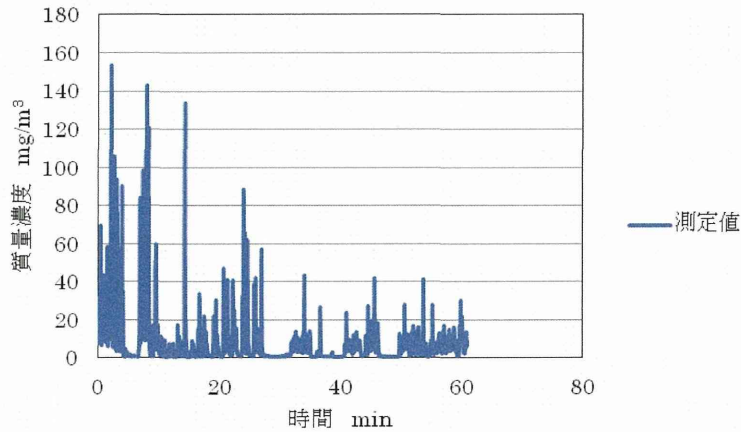


図 4.110 囲い式フードを通常時の 3 分の 1 の吸引風速で稼働した時のフード 2 で従事していた作業者の粉じんばく露濃度

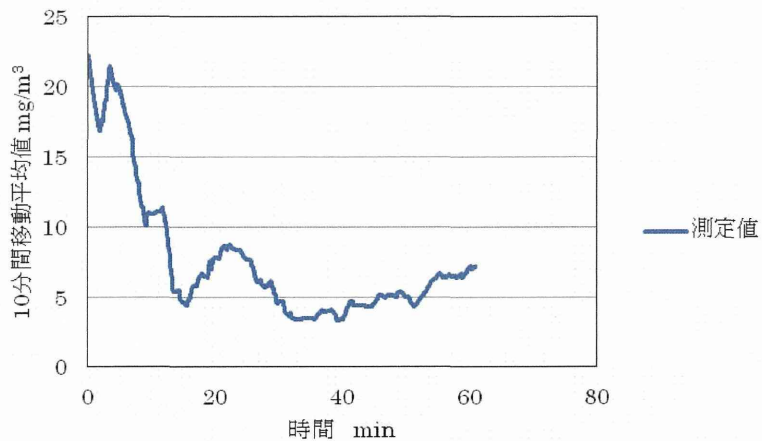


図 4.111 囲い式フードを通常時の 3 分の 1 の吸引風速で稼働した時のフード 2 で従事していた作業者の粉じんばく露濃度 (10 分間移動平均値)

また、フード 3 で作業をしている作業者の粉じんばく露濃度測定結果は、 2.93 mg/m^3 であった。また、作業者の粉じんばく露濃度の時間的変動状況を図 4.112 に示す。さらに、10 分間移動平均値の結果を図 4.113 に示す。

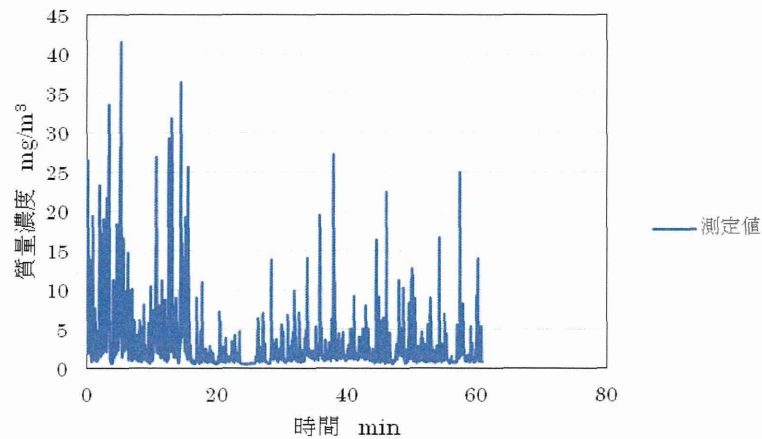


図 4.112 囲い式フードを通常時の3分の1の吸引風速で稼働した時のフード3で従事していた作業者の粉じんばく露濃度（10分間移動平均値）

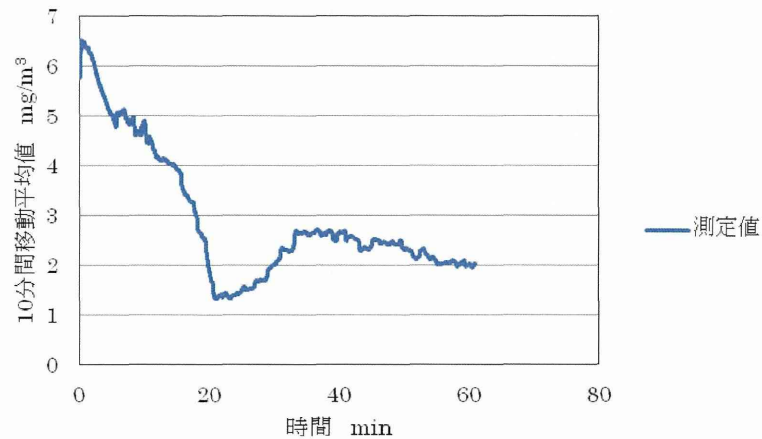


図 4.113 囲い式フードを通常時の3分の1の吸引風速で稼働した時のフード3で従事していた作業者の粉じんばく露濃度（10分間移動平均値）

粉じんばく露濃度は高濃度であったが、溶接作業者は電動ファン付き呼吸用保護具（山本光学社製 MP 型ヘルメットタイプ）を着用しており、図 4.112 及び図 4.113 のような高濃度の粉じんを作業者はばく露していない。

4.5.6.3 まとめ

プレート溶接をする作業であったため、高濃度の粉じんが発生する作業であった。囲い式フードを通常時の3分の2、3分の1の吸引風速で稼働しても、作業環境は第一管理区分を維持しており、作業環境に影響を与えるような漏洩はなかった。

作業者の肩に設置したデジタル粉じん計 LD-6N による粉じんばく露濃度は高濃度であったが、溶接作業者は電動ファン付き呼吸用保護具（山本光学社製 MP 型ヘルメットタイプ）を着用しており、実際に作業者がばく露している粉じん濃度は低濃度である。

4.5.7 ベルト研磨、バフ研磨作業現場

4.5.7.1 測定対象作業場の概要

真鍮、銅合、アルミ、ステンレス、亜鉛、銅などの研磨工程、鏡面加工、仕上げ加工をする工場において、バフ兼ベルト研磨の単位作業場で測定を行った。研磨作業には46台のバフ兼ベルト研磨機が設置されており、約30名の作業者が従事していた。設置されているバフ兼ベルト研磨機には、局所排気装置が設置されており、連続稼働している。測定対象作業場の概略を図4.114に、研磨作業の状況を図4.115に示す。

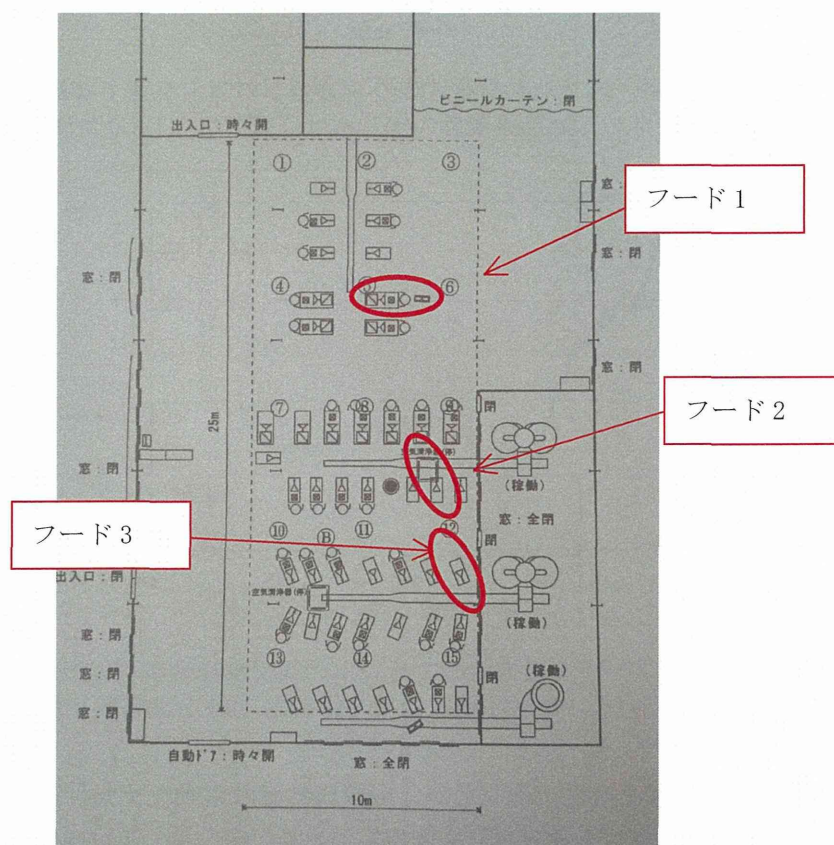


図 4.114 測定対象作業場の概略



図 4.115 研磨作業の作業状況

4.5.7.2 研磨作業時の作業者のばくろ濃度測定および作業環境測定

a) レシーバー式フードの吸引風速を通常の吸引風速で稼働した時

測定対象作業場に、図 4.114 に示す 15 測定点 (①~⑮) を設定して、作業環境濃度を測定した。併行測定により求めた質量濃度変換係数 K 値は、 $0.0010 \text{ mg/m}^3/\text{cpm}$ である。また、粉じん中の遊離けい酸は 0.80 % であり、管理濃度は 1.54 mg/m^3 である。

各測定点の測定結果および結果から算出した管理区分を表 4.41 に示す。

表 4.41 各測定点における粉じん濃度と管理区分

粉じん濃度 (mg/m^3)	測定点 1	0.14
	測定点 2	0.22
	測定点 3	0.22
	測定点 4	0.16
	測定点 5	0.18
	測定点 6	0.17
	測定点 7	0.16
	測定点 8	0.16
	測定点 9	0.15
	測定点 10	0.15
	測定点 11	0.18
	測定点 12	0.22
	測定点 13	0.15
	測定点 14	0.16
	測定点 15	0.17
幾何平均値 M_1 (mg/m^3)		0.17
幾何標準偏差 σ_1		1.16
幾何標準偏差 σ		1.98
E_{A1}		0.53
E_{A2}		0.22
管理濃度 (mg/m^3)		1.54
管理区分		第 1 管理区分

表 4.41 よりこの作業環境は第 1 管理区分である。

フード開口面の測定点（点 a～点 b）を図 4.116 に示す。囲い式フードを通常の吸引風速で稼働した時の開口面の吸引風速は、表 4.42 に示す通りである。なお、表 4.42 にはフード 1～フード 3 の吸引風速の結果を示している。

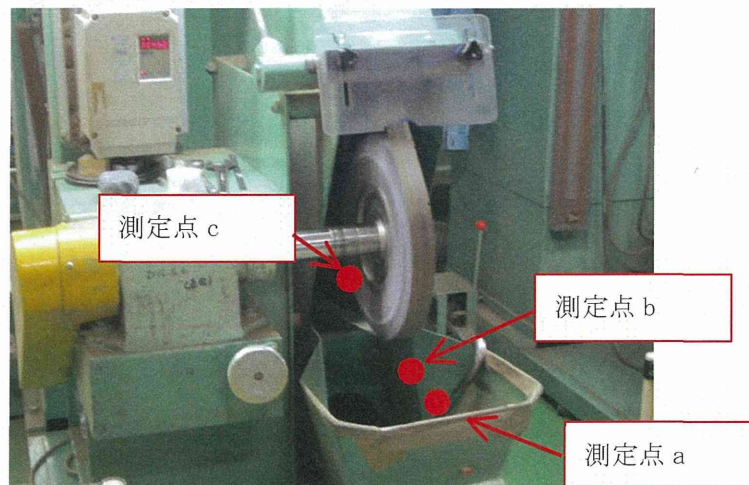


図 4.116 開口面風速の測定点

表 4.42 開口面風速の測定結果

フード 1 の吸引風速(m/s)	a	1.4
	b	1.6
	c	0.7
フード 2 の吸引風速(m/s)	a	1.3
	b	1.7
	c	0.7
フード 3 の吸引風速(m/s)	a	1.9
	b	2.3
	c	1.4

b) レシーバー式フードを通常の吸引風速よりも下げて稼働した時

作業時にレシーバー式フードの吸引風速を通常時よりも遅くした時の作業環境および図 4.114 に示したフード 1、フード 2、フード 3 で従事していた作業者の粉じんばく露濃度を測定した。フード 1、フード 2 ではベルト研磨、フード 3 ではバフ研磨の作業をしていた。各測定点の測定結果および結果から算出した管理区分を表 4.43 に示す。

表 4.43 各測定点における粉じん濃度と管理区分

粉じん濃度 (mg/m ³)	測定点 1	0.09
	測定点 2	0.08
	測定点 3	0.04
	測定点 4	0.36
	測定点 5	0.07
	測定点 6	0.06
	測定点 7	0.10
	測定点 8	0.10
	測定点 9	0.11
	測定点 10	0.11
	測定点 11	0.28
	測定点 12	0.38
	測定点 13	0.15
	測定点 14	0.22
	測定点 15	0.38
幾何平均値 M_1 (mg/m ³)		0.13
幾何標準偏差 σ_1		2.04
幾何標準偏差 σ		2.66
E_{A1}		0.66
E_{A2}		0.21
管理濃度 (mg/m ³)		1.54
管理区分		第 1 管理区分

表 4.43 よりこの作業環境は第 1 管理区分である。

レーザー式フードを通常の吸引風速より下げて稼働した時のフード開口面の吸引風速は、表 4.44 に示す通りである。

表 4.44 開口面風速の測定結果

フード 1 の吸引風速 (m/s)	a	1.2
	b	0.8
	c	0.4
フード 2 の吸引風速 (m/s)	a	1.0
	b	0.9
	c	0.7
フード 3 の吸引風速 (m/s)	a	1.6
	b	1.4
	c	0.7

レーザー式フードを通常の吸引風速よりも下げて稼働した時にフード 1 で従事していた作業者の粉じんばく露濃度測定結果は、0.10 mg/m³であった。作業者の粉じんばく露濃度の時間的変動状況を図 4.117 に示す。また、10 分間移動平均値の結果を図 4.118 に示す。

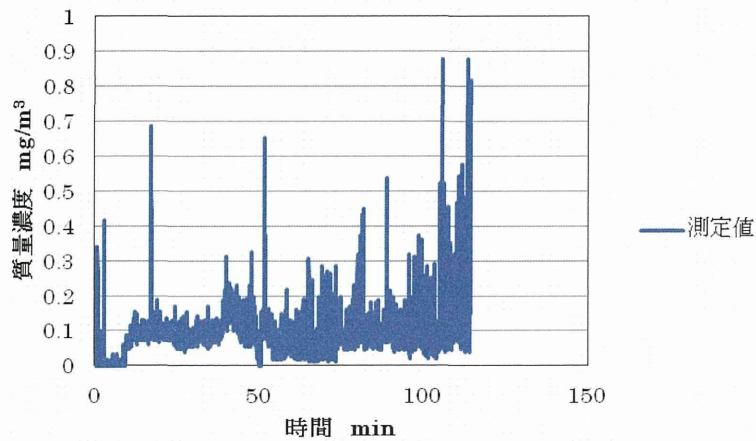


図 4.117 レシーバー式フードを通常よりも吸引風速を下げて稼働した時のフード1で従事していた作業者の粉じんばく露濃度

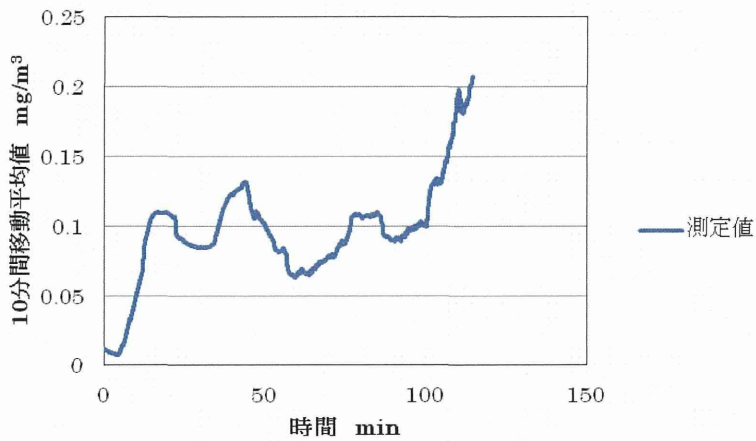


図 4.118 レシーバー式フードを通常よりも吸引風速を下げて稼働した時のフード1で従事していた作業者の粉じんばく露濃度（10分間移動平均値）

また、フード2で従事していた作業者の粉じんばく露濃度測定結果は、 0.27 mg/m^3 であった。作業者の粉じんばく露濃度の時間的変動状況を図 4.119 に示す。また、10分間移動平均値の結果を図 4.120 に示す。

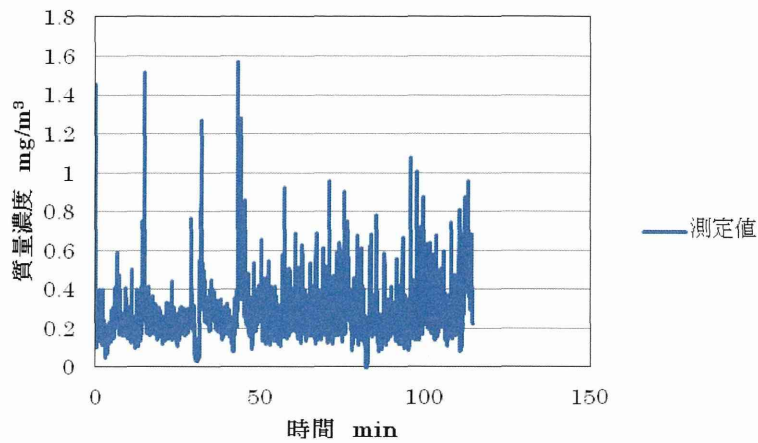


図 4.119 レシーバー式フードを通常よりも吸引風速を下げた稼働した時のフード2で従事していた作業者の粉じんばく露濃度

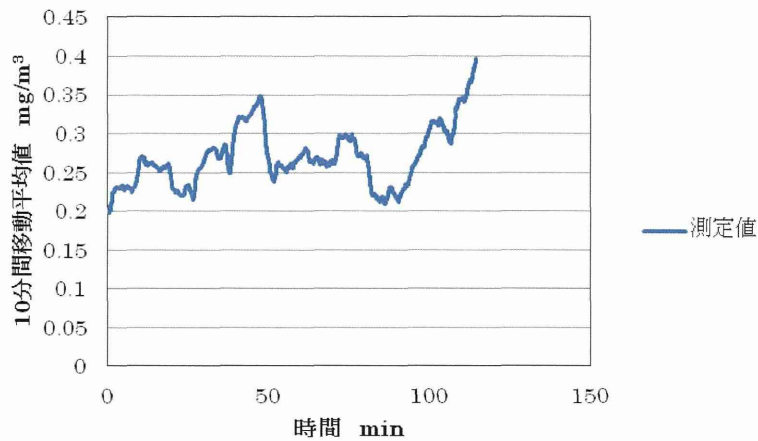


図 4.120 レシーバー式フードを通常よりも吸引風速を下げた稼働した時のフード2で従事していた作業者の粉じんばく露濃度（10分間移動平均値）

さらに、フード3で従事していた作業者の粉じんばく露濃度測定結果は、 $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ であった。作業者の粉じんばく露濃度の時間的変動状況を図 4.121 に示す。また、10分間移動平均値の結果を図 4.122 に示す。

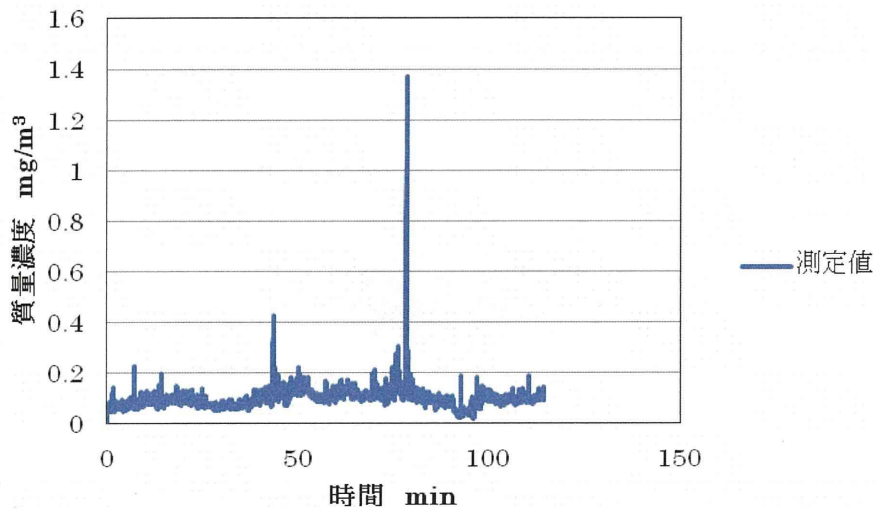


図 4.121 レシーバー式フードを通常よりも吸引風速を下げて稼働した時のフード3で従事していた作業者の粉じんばく露濃度の変動状況

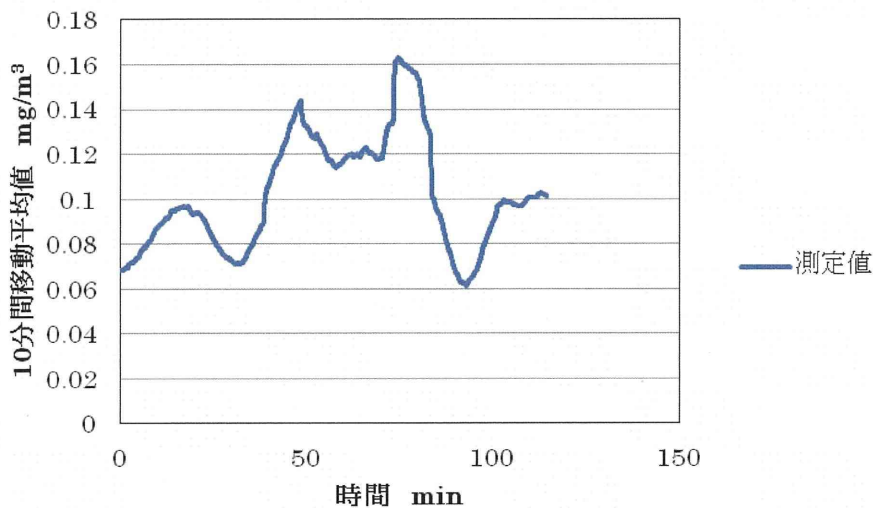


図 4.122 レシーバー式フードを通常よりも吸引風速を下げて稼働した時のフード3で従事していた作業者の粉じんばく露濃度（10 分間移動平均値）

図 4.117、図 4.119 及び図 4.121 より、短時間ではあるが粉じんばく露濃度が高くなる時があった。しかし、粉じんばく露濃度の 10 分間移動平均値の変動状況や粉じんばく露濃度を考慮すると、今回の作業は、粉じんばく露濃度の低い作業と考えられる。

4.5.7.3 まとめ

ベルト研磨・バフ研磨による研磨作業であったため、作業にともなう粉じんの発生は低濃度であった。このことから、レシーバー式フードを通常の 3 分の 2、3 分の 1 の吸引風速で稼働しても、作業環境は第一管理区分を維持しており、作業環境に影響を与えるような

漏洩はなかった。また、粉じんばく露濃度は管理濃度よりも低い濃度であった。

4.5.8 総括

(1) 金属研磨作業現場

研削機による切削用ドリルの歯の研磨作業であったため、作業にともなう粉じんの発生が低濃度であったことと管理濃度が 3.0 mg/m^3 であったことから、局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くしても作業環境は第一管理区分を維持しており、作業環境に影響を与えるような漏洩は認められなかった。

(2) 衛生陶器の研磨作業現場

グラインダーにより衛生陶器の表面を研磨する作業であった。囲い式フードを通常の $\frac{3}{2}$ の吸引風速で稼働しても、作業環境は第一管理区分を維持しており、作業環境に影響を与えるような漏洩は認められなかった。また、囲い式フードを通常の吸引風速で稼働した時の粉じんばく露濃度に比べて、通常の $\frac{3}{2}$ の吸引風速で稼働した時の粉じんばく露濃度の方が高い濃度を示した。しかし、管理濃度 1.58 mg/m^3 と比べると、粉じんばく露濃度は管理濃度よりも非常に低い濃度であった。

囲い式フードを通常の $\frac{3}{1}$ の吸引風速で稼働した時、作業環境は第一管理区分を維持しており、その時の作業者の粉じんばく露濃度は管理濃度より低い濃度であった。囲い式フードを通常の $\frac{3}{1}$ の吸引風速で稼働した時には研磨の対象物質が変わり、粉じんの発生量が少なくなったため、粉じんばく露濃度は低濃度に留まったと考えられた。

(3) プレート溶接作業現場

プレート溶接をする作業であったため、高濃度の粉じんが発生する作業であった。囲い式フードを通常の $\frac{3}{2}$ 、 $\frac{3}{1}$ の吸引風速で稼働しても、作業環境は第一管理区分を維持しており、作業環境に影響を与えるような漏洩はなかった。

作業者の肩に設置したデジタル粉じん計 LD-6N による粉じんばく露濃度は高濃度であったが、溶接作業者は電動ファン付き呼吸用保護具（山本光学社製 MP 型ヘルメットタイプ）を着用しており、実際に作業者がばく露している粉じん濃度は低濃度である。

(4) ベルト研磨・バフ研磨作業現場

ベルト研磨・バフ研磨による研磨作業であったため、作業にともなう粉じんの発生は低濃度であった。このことから、レシーバー式フードを通常の $\frac{3}{2}$ 、 $\frac{3}{1}$ の吸引風速で稼働しても、作業環境は第一管理区分を維持しており、作業環境に影響を与えるような漏洩はなかった。また、ばく露濃度は管理濃度よりも低い濃度であった。

(5) 粉じん則一部改正への提言

本測定では、粉じんを取り扱い、第 1 管理区分を維持している事業場で、作業現場に設置されている局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くした状態で、作業者のばく露濃度および作業環境測定を行い、局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くしても第 1 管理区分が維持できるかどうかの検証を行った。測定対象現場は粉じん取扱い作業場で第 1

管理区分になっている事業場として、金属研磨作業現場、衛生陶器研磨作業現場、プレート溶接作業現場、ベルト研磨・バフ研磨作業現場を選定した。検証を行った結果、局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くしても作業環境は第 1 管理区分を維持しており、作業環境に影響のある漏洩は見られなかった。

以上のことから、作業環境が良好とされる第 1 管理区分を満たしている作業場では、作業環境が第 1 管理区分を維持し、ばくろ濃度が管理濃度を下回る範囲内であれば、設置されている局所排気装置の吸引風速を制御風速よりも遅くして稼働することが可能であると考えられた。

4.6 結言

本研究では、厚生労働省令に定められている粉じん則において、局排等以外の粉じん発散防止装置の使用を可能にすることを目的としている。そのため、実際に局所排気装置の要件を満たさない屋内排気型フードを用いて、実際の作業場を想定し、有害物質の環境への漏洩の有無を調べた。また、実際の粉じん作業現場で既存の局所排気装置を制御風速以下で稼働した時の、周囲への漏洩濃度測定、作業環境測定および作業者のばく露濃度測定をした。

以下に本研究で得られた知見を述べる。

4.6.1 フランジ効果およびフィルターの圧力損失

1) フランジ効果

フランジを付けることでフード前方の等速度面が前方にも横にも広がり、発散源を捕捉できる範囲が広がることを確認できた。その一方、フード開口面近傍の吸引風速はフランジ効果が見られず、逆にフランジを付けることで風速は遅くなることが分かった。これらのことから、有害物質の発生状況や発散源とフード開口面の距離から、フランジを付けるか否かを考慮する必要があると考えられた。

2) フィルターの圧力損失

屋内排気型フードを作製するにあたり、フィルターの圧力損失を調べた。金属メッシュフィルターは圧力損失が低く、ファンへの負荷も低減できる有用なプレフィルターであると考えられた。HEPA フィルターはバグフィルター等の集塵フィルターの中では比較的圧力損失は大きい、 $0.3\mu\text{m}$ の粒子を99.97%捕集でき、屋内排気には必要なフィルターであった。

4.6.2 ダクト付きフードを用いた制御風速等に関する実験

1) マネキンの有無による捕捉点風速

捕捉点風速はマネキンが無い時と有る時で差が生じ、マネキンがある方が捕捉点風速は遅くなった。また、マネキンが無い時は Dalla Valle の式により算出した理論値よりも風速が速くなり、マネキンが有る場合は理論値より風速が遅くなる傾向にあることが明らかになった。

2) 2種類の発散源と排风量

発煙ノズルを用いた場合には、ばく露濃度が高くなった。発煙BOXを用いた場合には、発煙ノズルよりも発生速度が緩やかであったため、ばく露は見られず、作業者に見立てたマネキンの腰の部分の方で主に漏洩が見られた。また、フードの形状や煙の発生速度によって必要排风量は異なることが分かった。

3) 制御風速

本実験条件では、制御風速以下で発散源を捕捉できた。また、発散源の発生量、フードの開口面積、発散源のフード開口面からの距離によって、漏洩およびばく露を防ぐために必要となる捕捉点風速は異なることが分かった。これらのことから、現在はフードの吸引性能を制御風速(外付け式フードの場合は1.0 m/s)で評価しているが、作業環境が良好で、発散源の発生量および発生速度が遅ければ、捕捉点風速を制御風速より遅くしても十分に発生した煙を捕捉できると考えられた。

さらに、捕捉点風速を0.1m/s下げただけで排风量は大きく削減できることがDalla Valleの式より明らかになった。これは、少ないエネルギーで発散源を速やかに捕捉することが必要とされる中、制御風速より遅い吸引風速であっても作業環境を良好に保つことができる作業場では、エネルギーコスト、CO₂排出量の削減も期待できる。

4.6.3 屋内排気型フードを用いた外乱気流の影響に関する実験

1) 外乱気流の影響

一様な気流をフード周囲から発生し、その時の煙の漏洩濃度およびばく露濃度を測定した。制御風速よりも遅い捕捉点風速であっても漏洩およびばく露を防げると考えられた。ただし、斜め前方と前方からの0.4m/s以上の一様な気流に対しては、ついたてを立てる等の対策をし、外乱気流の影響を低減することが望ましいと考えられた。

2) 作業台周囲の人の移動による影響

作業台周囲を人が移動した時の煙の漏洩濃度およびばく露濃度を測定した。今回実験した3種類の移動(フード側面に沿って移動する時、作業台に向かいUターンをして戻る時、マネキンの背後を移動する時)においては、それぞれにおいて制御風速以下の捕捉点風速で漏洩およびばく露を防げると考えられた。

3) 屋内排気

マグネシウムリボンを燃焼して発生させた粉じんと、砂岩を研磨して発生させた粉じんをそれぞれ屋内排気型フードで吸引し、集じんフィルター通過後の粉じん濃度を測定した。

集じんフィルター通過後の粉じん濃度は非常に低濃度であり、屋内排気型フードに内蔵した集じんフィルターで粉じんは十分に捕集された。使用したフィルターはプレフィルターとして金属メッシュフィルターをメインフィルターとしてHEPAフィルターを使用した。集塵効率の高いフィルターを用いれば、作業環境に影響を与えない程度の粉じん濃度に抑えて屋内排気ができ、局所排気装置以外の屋内排気型フードの導入が可能になることが明らかになった。

4.6.4 粉じん則一部改正のための現場検証調査

第 1 管理区分を維持している粉じん作業場で、作業現場に設置されている局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くした時に、局所排気装置からの粉じんの漏洩濃度、作業環境測定および作業者のばく露濃度測定を行い、局所排気装置の吸引風速を制御風速よりも遅くしても第 1 管理区分を維持できるか否かの検証を行った。検証の結果、局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くしても作業環境は第 1 管理区分を維持しており、作業環境に影響のある漏洩は見られなかった。そのため、制御風速を基に設計された局所排気装置であっても、作業環境が良好に保たれれば、制御風速以下で装置を運用することが可能である。

局排等以外の粉じん発散防止抑制装置を使用できるようになれば、作業場に適用した装置を導入することができる。具体的には、作業環境測定により作業環境が良好であれば、定められていた制御風速以下で装置を運用することが可能となり、エネルギーコストの削減に繋がる。また、従来の屋外排気を屋内排気にすることで、装置の小型化が図られ大幅な設備費の削減が期待できる。

4.7 粉じん則の一部改正への提言

現在、「有機溶剤中毒予防規則等の一部を改正する省令(平成 24 年厚生労働省令第 71 号)」により、有機溶剤中毒予防規則第十三条の三の規定による発散防止抑制装置として設置する局所排気装置以外の発散防止抑制装置設置が認められている有機溶剤の場合、漏洩を監視するために必要な市販のモニター等の常時監視装置が有機溶剤の漏洩監視に対応出来ていないのが現状である。また、有機溶剤の捕集に有効な活性炭も現場の有機溶剤の濃度に対する捕集時間と活性炭の飽和吸着の関係に明確な答えを出すのが難しい状況であるため、その運用に苦慮しているのが現状と考える。

そうした現状を考えた時、粉じんの局所排気装置等以外の発散防止抑制装置は、有機溶剤と違い、粉じん捕集のためのフィルター（ろ過材）が存在し、その運用もバグフィルター等で明らかになっており、さらに、粉じん漏洩を常時監視するための粉じん計もデジタル粉じん計等リアルタイムモニターが市販されている。こうしたことから、粉じんに関する局所排気装置等以外の発散防止抑制装置が、一番実現性・実用性が高いと考える。

そこで、今回製作した粉じんに関する局所排気装置等以外の発散防止抑制装置が、以下の全ての要件を満たす場合は粉じん則を改正し、当該抑制装置も特定粉じん発生源に係る装置として取り扱うことが妥当と考える。

(1) 制御風速を満たしていなくても粉じん作業の作業性が良く、発散防止抑制装置の開口面からの漏洩が無いこと。

(2) 発散防止抑制装置にバグフィルター用のフィルター（ろ過材）等を取り付け、排出口からの排出粉じん濃度が管理濃度の 10 分の 1 以下になっている事を、排出口に設置したデジタル粉じん計等にて常時監視すること。

- (3) 発散防止抑制装置を設置した場所の作業環境が第1管理区分で有ること。
- (4) 発散防止抑制装置を設置した状態で粉じん作業を行い、その時作業者のばく露濃度及び10分間移動平均値が管理濃度以下であること。

上記の粉じん則改正に必要な要件で、本当に局所排気装置等以外の発散防止抑制装置として認められるかについて検証するために、今後、大型発散防止抑制装置を作製し、粉じんを用いた模擬実験を行う事と並行して、現場の事業所の協力をいただき、現在現場に設置されている局所排気装置を用いて、吸引風速を制御風速より遅くした場合の吸引風速と漏洩濃度の関係等模擬実験に近い測定を実施し、局所排気装置等以外の発散防止抑制装置の実用性の検証を行う。

その成果を踏まえて、改めて粉じんに関する局所排気装置等以外の発散防止抑制装置の設置を特定粉じん発生源に係る措置として取り扱うため必要な要件を提案するので、その折りには、是非、粉じん則の一部を改正し、粉じん作業現場で局所排気装置等以外の発散防止抑制装置を使用できるようになることを切に希望する次第である。

E. 結論

1. 金属その他無機物を製錬し、又は溶融する工程において、土石又は鉍物を開放炉に投げ入れ、焼成し、湯出しし、又は鑄込みする場所における作業時の粉じんばく露濃度

今後新たに粉じん則の別表第2及び別表3のいずれかに追加すべき可能性のある作業として、別表第1第17号に定められた「金属その他無機物を製錬し、又は溶融する工程において、土石又は鉍物を開放炉に投げ入れ、焼成し、湯出しし、又は鑄込みする場所における作業（以下、土石又は鉍物を開放炉に投入する作業、と略す）」作業は、金属を溶融し、出湯する一連の作業の途中の工程で、出湯前に溶融面のノロが鑄込み先の製品に入らないように、事前にノロを取り除くために鉍物等を炉に投入する作業である。投入時は、溶湯の熱上昇気流によって、投入された鉍物等が粉じんとして作業環境中に飛散する。飛散した粉じんの影響を作業者が受けるが、そうした作業は、現在「粉じん作業」に指定されているが、(別表2)の作業に該当するのがあるいは、(別表3)の作業に該当するのかを判断するために、現場測定を実施した。

土石及び鉍物の開放炉への投入作業として、12事業場で15名の作業者のばく露濃度測定を行った。作業者の作業により粉じんばく露濃度の幾何平均値には差がみられるものの、作業方法によらずほとんどの作業で、ばく露濃度が管理濃度を上回った。また、ばく露濃度が管理濃度を下回っていた作業者についてもばく露濃度の10分間平均値が管理濃度を上回っている作業者が2名いたことが明らかとなった。

現在、鑄物工場における別表第1第17号土石又は鉍物を開放炉に投入する作業は、粉じん則で粉じん作業(別表第1)に指定されているが、特定粉じん作業(別表第2)及び呼吸用保護具を使用する作業(別表第3)には指定されていない。そこで、本研究で現場調査を行い、新たに土石又は鉍石投入作業を(別表第2)又は(別表第3)のどちらの作業に指定すべきか検証した結果、12作業場の内、15名の作業者が管理濃度を超過していることが明らかになったので、粉じん則を改正し、いずれかに指定し、種々の衛生工学的な対策を講じることが適切な措置と考える。

土石又は鉍石を投入等作業は、金属溶解時に開放炉から金属ヒュームが発生するが、最も粉じんが発生するのは、土石又は鉍物を開放炉に投げ入れる作業である。土石又は鉍物を開放炉に投げ入れるのは、溶解金属面に浮いているノロが出湯時に鑄型に入ると鑄物製品の不良になるので、そのノロを出湯前に取り除くために行う作業で、溶融作業工程では約1回の短時間作業である。一般的に開放炉には、キャノピーフード、上方型外付け式フード及びリングフード等が設置されていることが多いが、中小の鑄物工場で局所排気装置が設置されていない場合が多いと思う。鑄込み等作業は、キャノピーフード、上方型外付け式フード及びリングフード等の局所排気装置を用いた防じん対策が可能な作業と考えられるので、「作業工程、作業の態様、粉じん発生の様態などからみて一定の発生源対策を講ずる必要があり、かつ、有効な発生源対策をこうじることができるもの」に該当する「特

定粉じん発生源」である（別表第2）に該当することが適切な作業と考えるが、現実的には、土石又は鉍石投入等作業は作業工程における短時間作業であること、作業環境測定の実施が困難と判断させること及び作業者の粉じんばく露濃度が高いこと等を総合的に判断すると（別表第3）の呼吸用保護具を使用する作業とすることが適切と考える。

2. 屋外の鉍物等を動力により破碎する作業

本年度は、粉じん則の別表第2及び別表3のいずれかに追加すべき可能性のある作業として、別表第1第8号に定められた鉍物等破碎作業のうち石材事業場等において屋外で行われている手持ち削岩機を用いた岩石等の小割り作業について、粉じん曝露濃度測定を行った。

その結果、屋外で手持ち削岩機を用いて鉍物等の破碎等を行う作業は、2作業場3名の作業者の粉じんばく露濃度測定結果において、測定した全ての作業者のばく露濃度について管理濃度を超えていた。また外付け式フード等の局所排気装置を用いた防じん対策は容易ではないと考えられることから、呼吸用保護具を着用することを義務付けた粉じん則別表第3に列挙される作業にすることが適切な措置と考えられる。

本調査測定では、2作業場3名の作業者と測定数は少ないが、こうした石材等の小割り作業は、日本においてもまだ存在し、現在でも小割り作業を行っている作業者が少なからず存在し、本調査と同じ様な粉じん曝露濃度にさらされている可能性はあると想像されるので、屋外において鉍石等を手持ち削岩機等の動力により破碎等する作業は別表3に組み入れる粉じん則の改正が必要と考える。

3. 船倉内の荷役作業終了後の清掃作業時の粉じんばく露濃度

現在、「粉じん作業」に指定されていないが、今後新たに指定すべきと考えられる作業の有無について調査し、ある場合には、その作業における粉じんばく露リスクの調査を行い、粉じんばく露防止対策の必要性について検討する。具体的には、船倉内の荷役作業終了後の清掃作業であるが、現場測定に関して、外国船籍の場合の治外法権、船主の了解、測定時の測定者の安全等の問題から作業の見学だけなら大丈夫との連絡も受けたのですが、最終的には、見学の許可も得られなかったが、幸い27年度は、事業場の協力により、測定を実施することが出来た。

4事業場で11名の作業者の粉じんばく露濃度を測定を行った結果、作業員11名の内、10名の作業員が管理濃度を超える、つまり、91%（10/11）の作業で管理濃度を超えていた。このことより船倉内の荷役作業終了後の清掃作業時の粉じん濃度を管理濃度以下に低減することは困難であることが予想される。

現在「荷役作業後の清掃作業」作業は、粉じん則で粉じん作業に指定されていないが、本研究で現場調査を行い、新たに粉じん作業に指定すべきか検証した結果、ほとんど全ての清掃作業で管理濃度を超えていることが明らかになった。

よって粉じん則を改正し、「粉じん作業」とする必要性があると考え。

さらに、船倉清掃作業は外付け式フード等の局所排気装置を用いた粉じん対策が困難な作業と考えられるので、呼吸用保護具を着用することを義務付けた別表第 3 の作業にすることが適切な措置と考える。

船倉清掃作業は、長年測定を行うべく、船主協会、商社、船舶運用会社等各方面にお願いをしてきたが、外国船籍の場合の治外法権、船主の了解、測定時の測定者の安全等の問題から、荷主の許可が得られず、測定が難しかった。

本年は、4 事業場で 11 名の作業者について、粉じん濃度ばく露測定が出来たことは、奇跡に近く、測定を許可してくれた事業所に心から御礼申し上げます。

4. 粉じんに関する局所排気装置等以外の発散抑制装置の導入への基礎的研究

平成 24 年 4 月「有機溶剤中毒予防規則等の一部を改正する省令」により、局所排気装置の設置が義務付けられた作業場において、作業者の安全が確保され、作業場が良好とされる第 1 管理区分に区分され、かつ所轄労働基準監督署長からの許可を得た場合には、特例として局所排気装置以外の代替措置を取っても良いことになった。つまり、局所排気装置に規定された要件を満たさない装置であっても使用することができ、作業環境測定のみによって作業環境管理を行うことができる。作業環境が良好であれば、定められていた制御風速以下で装置を運用することが可能となり、エネルギーコストの削減に繋がる。さらに従来の屋外排気を屋内排気にすることで、装置の小型化が図られ大幅な設備費の削減が期待できる。しかし、このような特例は、粉じん障害防止規則においてはまだ認められていない。

そこで、本研究では、粉じん障害防止規則においても同様に、局所排気装置以外の粉じん発散防止抑制装置の使用を可能にするため、制御風速と漏洩濃度の関係を求めるために 26 年度と同様に集じんフィルターを内蔵した屋内排気型側方吸引型外付け式フードを作製し、実験室を実際の作業場に想定し、粉じんの環境への漏洩の有無を調べることで、制御風速を下げて作業環境を良好に保つことができることを検証すべく実験を行った。また、併せて、外乱気流が作業現場に設置された局所排気装置の漏洩濃度にどのような影響を与えるかについても検証を行った。さらに、粉じんを取り扱う作業現場で、第 1 管理区分に成っている事業場において、作業現場に設置されている局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くした状態で、局所排気装置からの粉じんの漏洩濃度、作業者のばく露濃度及び作業環境測定を行い、局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くしても第 1 管理区分が維持できるかどうかの検証を行った。

本研究では、厚生労働省令に定められている粉じん則において、局排等以外の粉じん発散防止装置の使用を可能にするを目的としている。そのため、実際に局所排気装置の要件を満たさない屋内排気型フードを用いて、実際の作業場を想定し、有害物質の環境への漏洩の有無を調べた。また、実際の粉じん作業現場で既存の局所排気装置を制御風速以

下で稼働した時の、周囲への漏洩濃度測定、作業環境測定および作業者のばく露濃度測定をした。

以下に本研究で得られた知見を述べる。

4.1 フランジ効果及びフィルターの圧量損失について

1) フランジ効果

フランジを付けることでフード前方の等速度面が前方にも横にも広がり、発散源を捕捉できる範囲が広がることが確認できた。その一方、フード開口面近傍の吸引風速はフランジ効果が見られず、逆にフランジを付けることで風速は遅くなることが分かった。これらのことから、有害物質の発生状況や発散源とフード開口面の距離から、フランジを付けるか否かを考慮する必要があると考えられた。

2) フィルターの圧力損失

屋内排気型フードを作製するにあたり、フィルターの圧力損失を調べた。金属メッシュフィルターは圧力損失が低く、ファンへの負荷も低減できる有用なプレフィルターであると考えられた。HEPA フィルターはバグフィルター等の集塵フィルターの中では比較的圧力損失は大きい、 $0.3\mu\text{m}$ の粒子を99.97%捕集でき、屋内排気には必要なフィルターであった。

4.2 ダクト付きフードを用いた制御風速等に関する実験

1) マネキンの有無による捕捉点風速

捕捉点風速はマネキンが無い時と有る時で差が生じ、マネキンがある方が捕捉点風速は遅くなった。また、マネキンが無い時は Dalla Valle の式により算出した理論値よりも風速が速くなり、マネキンが有る場合は理論値より風速が遅くなる傾向にあることが明らかになった。

2) 2種類の発散源と排風量

発煙ノズルを用いた場合には、ばく露濃度が高くなった。発煙BOXを用いた場合には、発煙ノズルよりも発生速度が緩やかであったため、ばく露は見られず、作業者に見立てたマネキンの腰の部分の方で主に漏洩が見られた。また、フードの形状や煙の発生速度によって必要排風量は異なることが分かった。

3) 制御風速

本実験条件では、制御風速以下で発散源を捕捉できた。また、発散源の発生量、フードの開口面積、発散源のフード開口面からの距離によって、漏洩およびばく露を防ぐために必要となる捕捉点風速は異なることが分かった。これらのことから、現在はフードの吸引性能を制御風速(外付け式フードの場合は 1.0 m/s)で評価しているが、作業環境が良好で、発散源の発生量および発生速度が遅ければ、捕捉点風速を制御風速より遅くしても十分に発生した煙を捕捉できると考えられた。

さらに、捕捉点風速を 0.1 m/s 下げるだけで排風量は大きく削減できることが Dalla Valle の式より明らかになった。これは、少ないエネルギーで発散源を速やかに捕捉することが