

表 5.5 の結果より、3 台の相対濃度計の R.S.D. は 10 回分全てが 5[%] 以下となった。また、表 5.6 の結果より、誤差の値は全て 10[%] 以下となった。以上のことから、測定台上に粉じんは均一に拡散していると考えられる。

5.4 流量低下が慣性衝突式分粒装置の分粒特性に与える影響

5.4.1 流量低下時の粉じん濃度測定

5.4.1(a) 概要

流量低下によって、吸入性粉じん濃度測定の結果にどのような影響を与えるかを検証した。

5.4.1(b) 実験方法

図 5.5 に示すようなダストチャンバー内に測定台を設置し、その上に NWPS-254 とポンプ(MP-Σ3)を 3 台セットした。そして、各 NWPS-254 の吸引流量を 2.5[L/min]、2.4[L/min]、2.3[L/min] に(各 NWPS-254 は順に、No.1、No.2、No.3 と称する)設定する。これは、NWPS-254 が吸引流量を 2.5[L/min] に調整することで、吸入性粉じん(4 μm、50%cut)を捕集することができるようになっているため、他の 2 台を 2.4[L/min] 及び 2.3[L/min] に設定することで、流量低下を再現したものである。

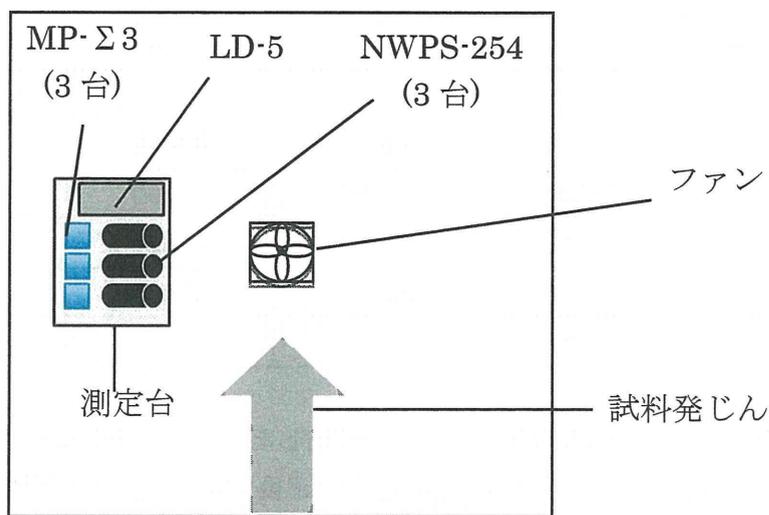


図 5.5 ダストチャンバー概略図

入口付近からチャンバー内に向かってインピンジャーにより粉じんを発じんさせ、3 台の NWPS-254 を 30 分間併行測定し、各機器の測定濃度の値を比較した。なお、本実験では粉じん試料として、タルクと碎石試料を用いた。碎石試料とは実際の碎石現場で発生した粉じんを集めた試料のことで、以降碎石試料と記載する。タルクと碎石試料の粒度分布測定結果を図 5.6 に示す。

また、吸入性粉じんの測定として許容できるか否かの判断基準として、国際規格の分粒装置に対する質量濃度等価試験に係る評価基準を用いた。そこには「回帰式の傾きが 0.9 か

ら 1.1 の範囲内にあること」と記載されている。そのため本実験では、基準器となる No.1 の NWPS-254 の質量濃度測定結果に対する、No.2 及び No.3 の質量濃度測定結果の比が、それぞれ 0.9 から 1.1 の範囲内であれば、吸入性粉じんの測定として許容できることとした。なお、比を算出する際は式 4.4 を用いた。

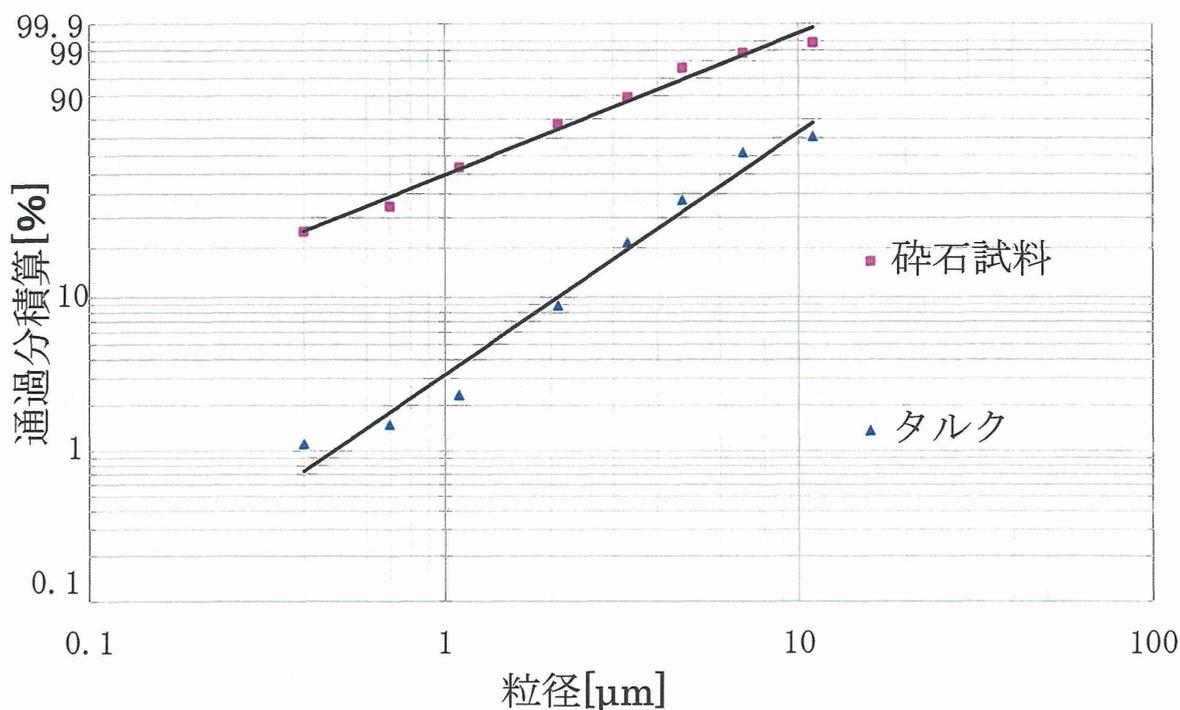


図 5.6 Rosin-Rammler 線図

$$\text{比} = \text{No.2、No.3 の質量濃度 (mg/m}^3\text{)} / \text{No.1 の質量濃度 (mg/m}^3\text{)} \quad (\text{式 4.4})$$

5.4.1(c) 実験結果

10 回分のタルクの結果の 1 例として 1 回目の結果を表 5.7 に、砕石試料の 1 例として 1 回目の結果を表 5.8 にそれぞれ示す。

表 5.7 タルクの実験結果(1回目)

NWPS-254	捕集量 [mg]	質量濃度 [mg/m ³]	比
No.1(基準器)	0.39	5.2	1.00
No.2(2.4[L/min])	0.41	5.7	1.10
No.3(2.3[L/min])	0.41	5.9	1.14
LD-5	カウント数 [COUNT]	相対濃度 [cpm]	K 値[mg/m ³ /cpm]
	43930	1464	0.0036

表 5.8 砕石試料の実験結果(1回目)

NWPS-254	捕集量 [mg]	質量濃度 [mg/m ³]	比
No.1(基準器)	0.58	7.7	1.00
No.2(2.4[L/min])	0.60	8.3	1.08
No.3(2.3[L/min])	0.61	8.8	1.14
LD-5	カウント数 [COUNT]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
	103244	3441	0.0022

タルク及び砕石試料の 10 回の測定結果をそれぞれまとめたグラフを図 5.7 と図 5.8 にそれぞれ示す。2 本の赤線(比が 0.9 と 1.1 となる直線)の範囲内であれば吸入性粉じん濃度の測定として許容することができる。

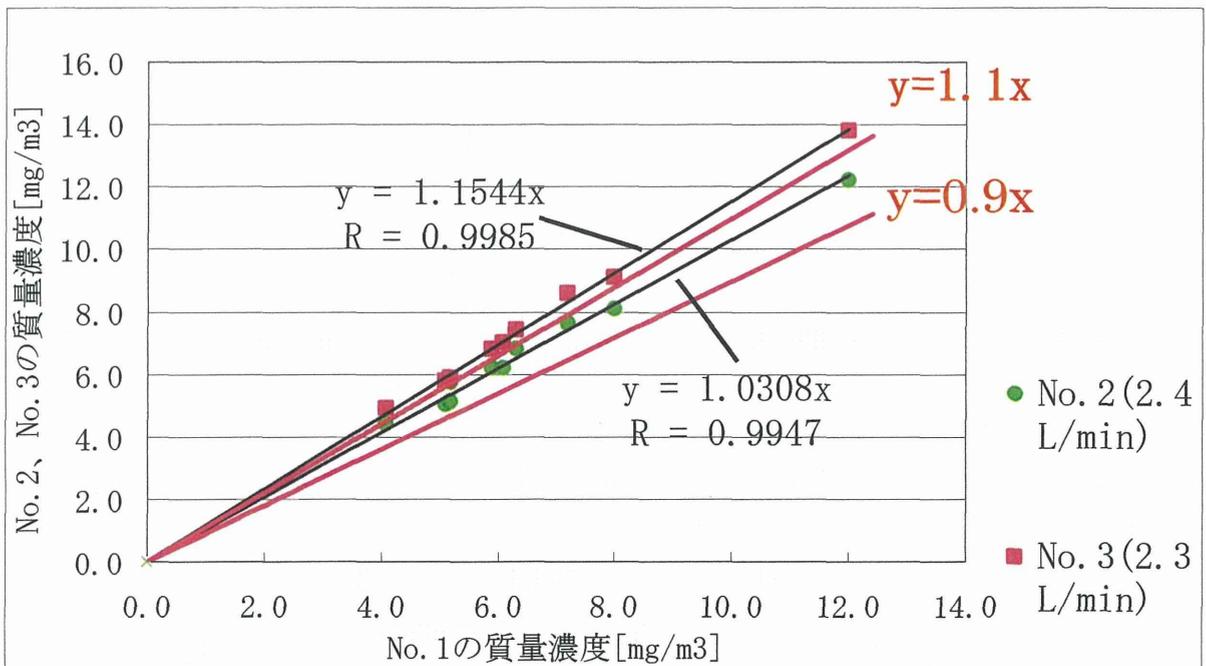


図 5.7 タルクの実験結果(10回分)

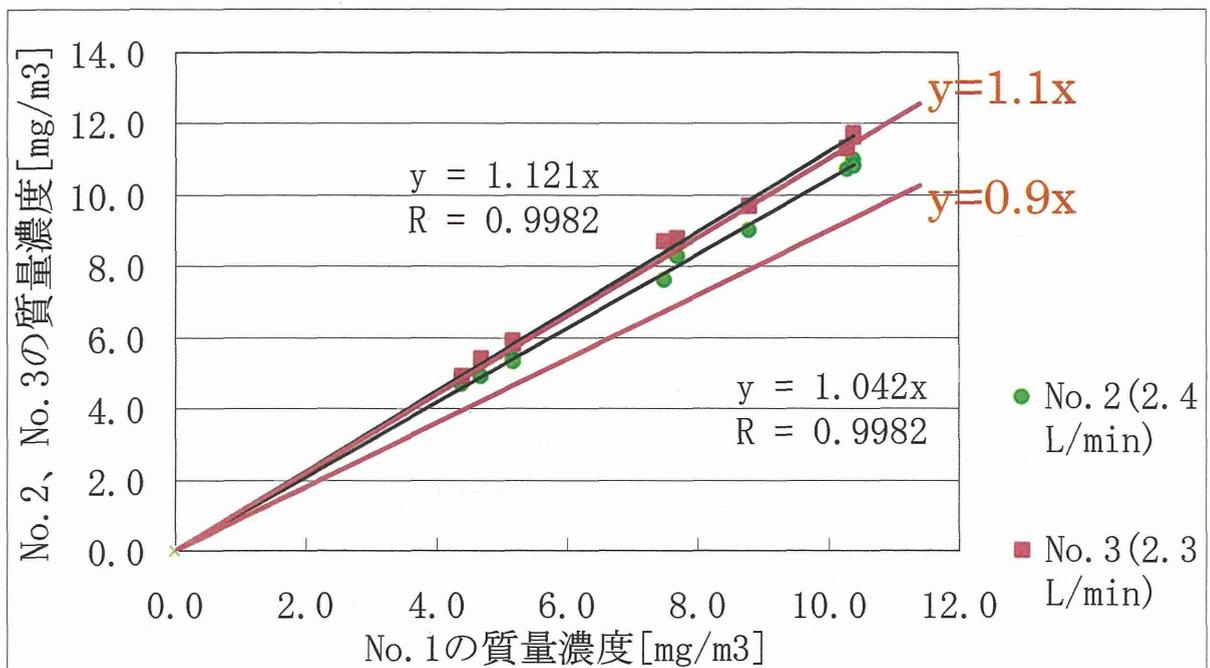


図 5.8 砕石試料の実験結果(10 回分)

タルク、砕石試料の結果共に、吸引流量が 2.4[L/min]であれば、比は 0.9 から 1.1 の範囲内であることが分かる。一方、吸引流量が 2.3[L/min]にまで低下すると、比は 0.9 から 1.1 の範囲外になった。以上のことから、2.4[L/min]までの流量低下であれば、吸入性粉じん濃度測定として許容できる結果となっていることが分かる。

また、流量が低下するにつれて、比の値が 1.0 から増えている結果となった。これは流量低下によって粒子の慣性力が弱まり、本来衝突板に捕集されるべき粒子が、衝突板を通過し、ろ紙に捕集されたためだと考えることができる。

2つの試料の比較をすると、タルクの結果より、砕石試料の比の値が 1 に近い値となっている。これは、図 5.6 の粒度分布測定結果より分かるように、砕石試料の方が細かい粒子が大きく、流量低下によって慣性力が低下する粒子の量が少なかったためだと考えられる。

5.4.2 衝突板上に捕集された粉じん量の測定

5.4.2(a) 概要

5.4.1 より、2.5[L/min]から吸引流量が低下するにつれて、衝突板に捕集される粒子の量が減ったために、比の値が 1.0 から増えたと考察できる。この考察の正否を確認するために、衝突板に捕集された粒子の量を測定し、流量低下との関係性を検証した。

5.4.2(b) 実験方法

5.4.1(b)と同じように実験を行なった。ただし、粉じん量を測る際には、ろ紙だけでなく衝突板の質量も計量し、ろ紙上の粉じん及び衝突板上の粉じん量を測定した。結果は、式

5.5 に示すような吸入性粉じん量比で表す。なお、実験は碎石試料を使用し、4 回行なった。

$$\text{吸入性粉じん量の割合} = \frac{\text{ろ紙上の粉じん量(mg)}}{\text{ろ紙} + \text{衝突板上の粉じん量(mg)}} \quad (\text{式 4.5})$$

5.4.2(c) 実験結果

4 回分の実験結果を表 5.9～表 5.12

に示す。また、吸入性粉じん量割合をまとめた結果を図 5.9 に示す。

表 5.9 衝突板上に捕集された粉じん量の測定結果(1 回目)

流量[L/min]	ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合
2.5	0.35	1.00	0.26
2.4	0.35	0.95	0.27
2.3	0.37	0.89	0.29

表 5.10 衝突板上に捕集された粉じん量の測定結果(2 回目)

流量[L/min]	ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合
2.5	0.78	1.69	0.32
2.4	0.78	1.59	0.33
2.3	0.80	1.47	0.35

表 5.11 衝突板上に捕集された粉じん量の測定結果(3 回目)

流量[L/min]	ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合
2.5	0.77	1.78	0.30
2.4	0.77	1.74	0.31
2.3	0.78	1.65	0.32

表 5.12 衝突板上に捕集された粉じん量の測定結果(4 回目)

流量[L/min]	ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合
2.5	0.78	1.98	0.28
2.4	0.78	1.88	0.29
2.3	0.81	1.73	0.32

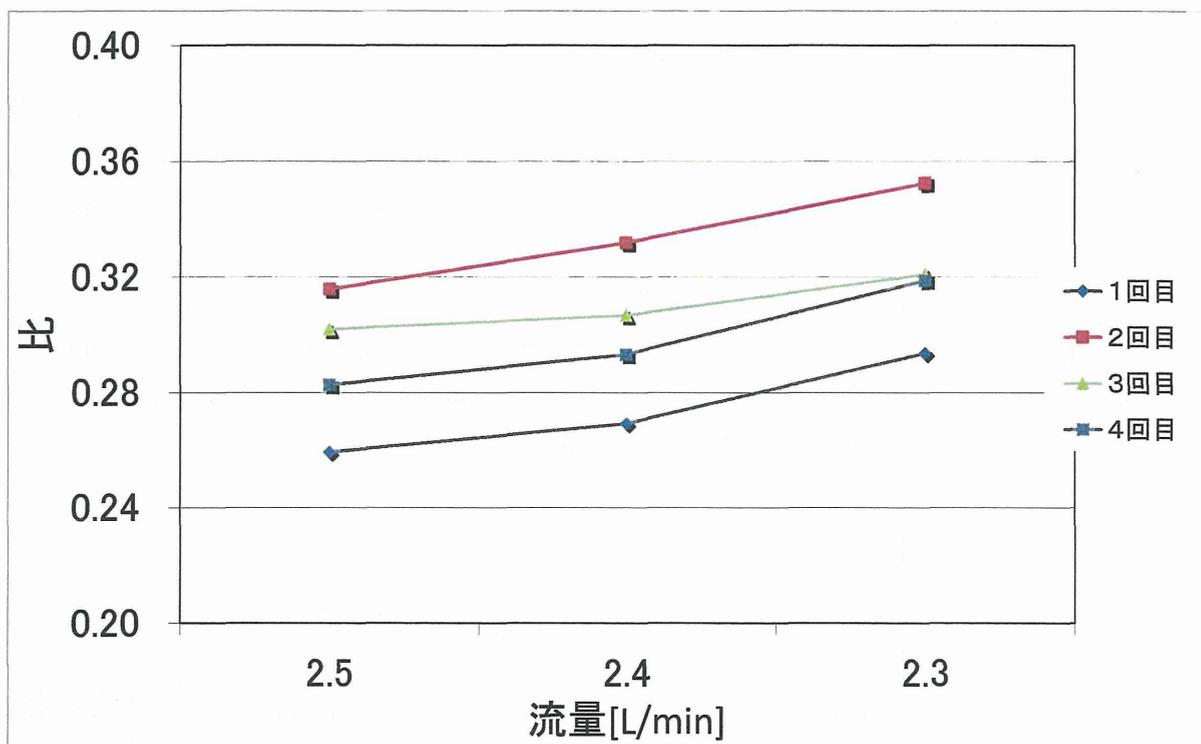


図 5.9 吸入性粉じん量割合の結果(4 回分)

表 5.9～表 5.12 及び図 5.9 より、流量の低下につれて、ろ紙上の粉じん量が増加し、衝突板上の粉じん量が減少していることが分かる。しかし、吸引流量が 2.4[L/min]の場合、ろ紙上に捕集された粉じん量は、2.5[L/min]の場合にろ紙上に捕集された粉じん量と同じであることから、総粉じん捕集量に占める吸入性粉じんの割合は増加しているが、流量低下により慣性力が低下しても、吸引流量が 2.4[L/min]であれば、吸入性粉じんの濃度に影響したことが明らかとなった。

5.5 正確な吸入性粉じん測定を行うための NWPS-254 型個人サンプラーの判断基準

5.5.1 改良型 MP-Σ 3 型吸引ポンプ使用における実験

5.5.1(a) 概要

25 年度は、個人ばく露濃度測定時に正確に吸入性粉じんを測定していると判断基準を「高濃度の粉じんを取り扱う作業場や長時間の測定においては、測定終了後に総吸引量を測定時間で割った吸引流量を確認し、その結果が 2.4[L/min]を下回っている場合は、測定結果を破棄するという基準を設けるべきである」と提案した。しかし 25 年度の提案だと図 4.10 に示す 2 事例のように測定終了後 2.4[L/min]を下回っていても、測定の途中 2.4[L/min]を下回っていることが考えられる。つまり、25 年度の提案では、2.4[L/min]を下回っている場合は、測定結果を破棄する」は、正しい判断基準ではあるが、逆に、最終流量が 2.4[L/min]を上回っていた場合、正確に吸入性粉じんを測定しているかという点、それは、図 5.10 で

示したように正しい判断基準であるとは言えない。そこで、26年度は、個人ばく露濃度測定中に 2.4[L/min]を下回った時に、NWPS-254 型個人サンプラー（以下、NWPS-254 と略す）の測定に用いる MP-Σ 3 型吸引ポンプ（柴田科学社製）自体が停止する様な改良型 MP-Σ 3 型吸引ポンプをメーカーと共同で改良を行った。MP-Σ 3 型吸引ポンプ改良のポイントは、MP-Σ 3 型吸引ポンプを異常停止する流量誤差（設定流量と瞬間流量表示の誤差）の閾値を ±20%以上から ±4%以上と成るように改良した。また、流量誤差が閾値以上になり、MP-Σ 3 型吸引ポンプが停止するまでの時間を 60 秒から 5 秒に改良した点である。

開発した改良型 PM-Σ 3 型吸引ポンプを用いて個人ばく露濃度測定を行なえば、正確な吸入性粉じん濃度測定を行うことが可能となると考え、開発したポンプの評価を行うことを目的に実験した。改良型 Σ 3 型吸引ポンプの外観図を図 5.11 に示す。

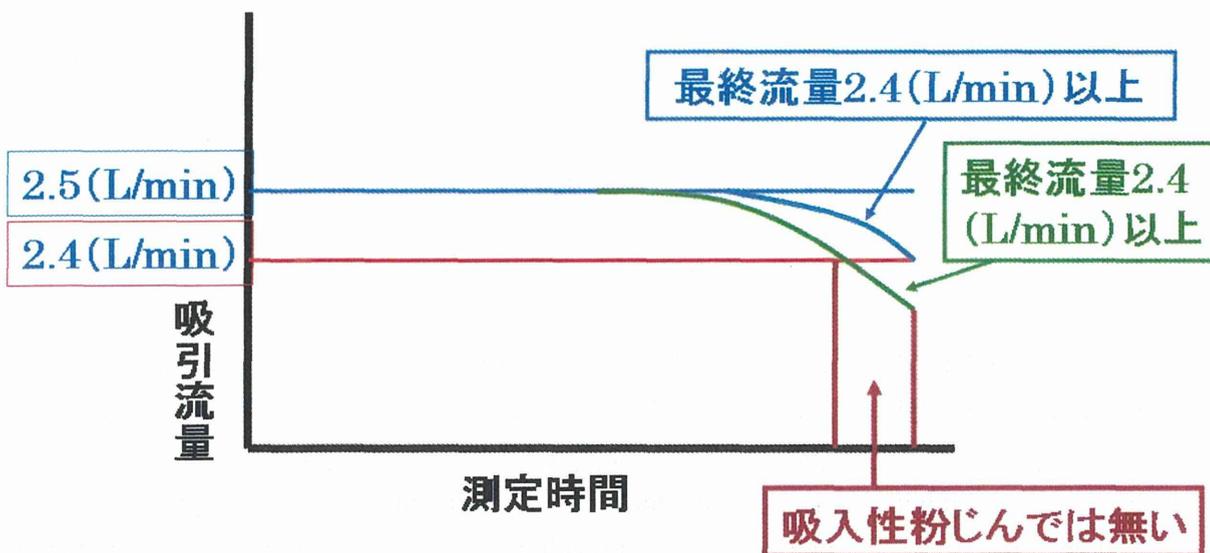


図 5.10 吸引流量と吸入性粉じんの関係



図 5.11 改良型 MP-Σ 3 吸引ポンプの外観図

5.5.1(b) 実験方法

実験方法に関しては 5.4.1(b)と変わらないが、今回は改良型 PM- Σ 3 吸引ポンプ、NWPS-254 それぞれ 1 台を使用して実験を行った。実験に使用した試料はアリゾナロードダスト、碎石試料の 2 種類である。

5.5.1(c) 実験結果

3 回分の実験結果を表 5.13~5.18 に示す。

表 5.13 改良型 MP- Σ 3 吸引ポンプによるアリゾナロードダストの測定結果(1 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
10.50	11.41	0.48	98

表 5.14 改良型 MP- Σ 3 吸引ポンプによるアリゾナロードダストの測定結果(2 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
11.14	14.69	0.43	119

表 5.15 改良型 MP- Σ 3 吸引ポンプによるアリゾナロードダストの測定結果(3 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
10.90	13.32	0.45	120

表 5.16 改良型 MP- Σ 3 吸引ポンプによる碎石試料の測定結果(1 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
10.45	17.47	0.37	110

表 5.17 改良型 MP- Σ 3 吸引ポンプによる碎石試料の測定結果(2 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
10.21	21.99	0.36	69

表 5.18 改良型 MP- Σ 3 吸引ポンプによる碎石試料の測定結果(3 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
10.47	15.46	0.40	147

25年度アリゾナロードダストを用いてろ紙上の粉じん捕集量の増加が流量低下に与える影響について実験した結果のグラフを図 5.12 に示す。図 5.12 より、捕集量の増加に対して、流量は 2 次関数的に低下していくような結果となった。つまり、流量が 2.4[L/min]にまで低下するのは、ろ紙上の粉じん捕集量が 10[mg]程度にまで増加したときであることが分かっている。

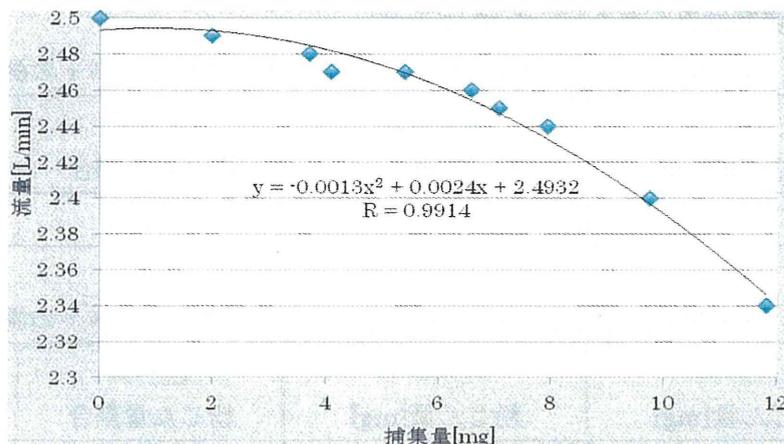


図 5.12 粉じん捕集量と通過前流量の関係

そこで、表 5.13 から表 5.18 より、改良型 PM-Σ 3 吸引ポンプが、吸引流量 2.4[L/min]に流量低下して停止したときの時間は 69~147 分とバラバラであるが、ろ紙上の粉じん捕集量は、10.21~11.14mg で、10mg を超える程度で吸引を停止している。このことから、改良型 PM-Σ 3 吸引ポンプは、吸引流量が 2.4[L/min]低下になると停止することが明らかとなった。

5.6 まとめ

吸引流量低下が吸入性粉じん濃度測定に与える影響に関して、25 年度及び 4.4.1 の結果より、アリゾナロードダスト、JIS 試験用粉体 1,2 種、タルク及び砕石粉じんの 4 試料において NWPS-254 における流量低下は、2.4[L/min]までであれば吸入性粉じんの測定として許容することが確認できた。

捕集量と流量低下の関係に関して、4.5 の結果より、アリゾナロードダストと砕石試料で実験を行なった際は、捕集量が 10[mg]程度にまで増加すると、吸引流量は 2.4[L/min]にまで低下する結果となった。ただし、粉じんの比重や粒度分布、飛散状況によって、この値は変動する可能性がある。そのため、捕集量と流量低下に関する関係は、参考程度に留めておく必要があると考えられる。また、直接的に吸入性粉じん濃度測定に影響を及ぼすのは吸引流量であるため、主眼を置くべきは吸引流量である。

そのため、ある程度の量の粉じんを捕集できる作業場では、吸引流量が 2.4[L/min]を下回る危険性があることに留意して測定を行なわなければならない。その事を考慮して、26

年度は、個人ばく露濃度測定中に 2.4[L/min]を下回った時に、NWPS-254 の測定に用いる MP-Σ 3 型吸引ポンプ（柴田科学社製）自体が停止する改良型 MP-Σ 3 吸引ポンプをメーカーと共同で開発を行った。

そこで、NWPS-254 を用いて正確にばく露濃度測定を行うための判断基準は、下記の通りである。

1) 改良型 PM-Σ 3 吸引ポンプを用いてばく露濃度測定を行う場合

吸引流量が 2.4[L/min]以下になると 10 秒以内で自動的に吸引を停止するので、それまでの総吸引流量で採取粉じん量を割ることで、正確な吸入性粉じん濃度を測定することが可能である。

2) 通常の PM-Σ 3 吸引ポンプを用いてばく露濃度測定を行う場合

次の 2 種類の判断基準がある。

①測定終了後、PM-Σ 3 吸引ポンプによる総吸引流量を測定時間で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以下であった時は、正確な吸入性粉じん濃度測定が行われていないので、測定結果を破棄する。

②測定終了後、PM-Σ 3 吸引ポンプによる総吸引流量を測定時間で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以上であった時は、直ちに、PM-Σ 3 吸引ポンプを 3 分間作動させ、その 3 分間作動時の総吸引流量を 3 分で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以上であった時は正確な吸入性粉じん濃度測定が出来たと判断する。逆に、PM-Σ 3 吸引ポンプを 3 分間作動させ、その 3 分間作動時の総吸引流量を 3 分で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以下であった時は正確な吸入性粉じん濃度測定が出来ていないと判断して、測定結果を破棄する。

6. 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

6.1 屋内排気型外付け式フードの換気効果に関する基礎的研究

6.1.1 目的

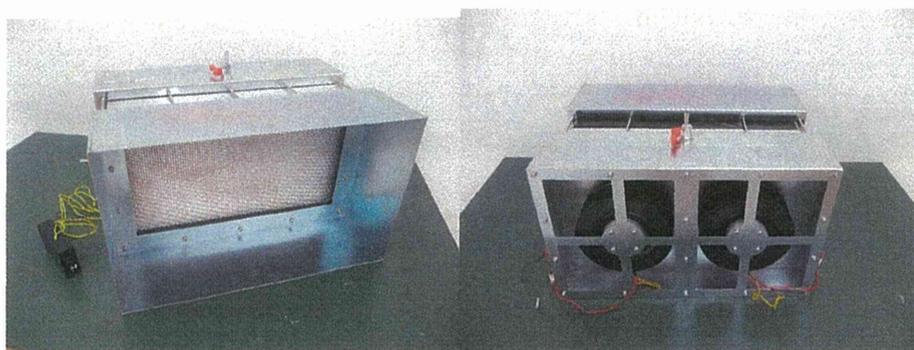
有害物質が発生する工場等の作業環境では、作業者の健康と安全を守るために厚生労働省令で定められた作業場に、局所排気装置等の設置が義務付けられている。近年、有機溶剤中毒予防規則、特定化学物質障害予防規則、鉛中毒予防規則においては省令が一部改正され、そのような作業場において、作業者の安全が確保され、作業場が第一管理区分に区分され、かつ所轄労働基準監督署長からの許可を得た場合には特例として、定められていた措置以外の措置を取っても良いこととなった。つまり、作業環境が良好であれば、定められていた制御風速以下で装置を運用することが可能となり、エネルギーコストの削減に繋がる。さらに従来の屋外排気を屋内排気にすれば、装置の小型化によって大幅な設備費の削減が期待できる。

そこで、本研究では現在上記の特例許可が適用されない粉じん作業の場合について、制御風速以下で作業環境を良好に保つことができるかどうかを検証するため、集じんフィルターを内蔵した屋内排気型の側方吸引型外付け式フード（以下、屋内排気型外付け式フード）を用いて、実験室内で発煙装置からの煙粒子に対する漏洩濃度、ばく露濃度および捕捉点風速を測定した。さらに、従来の屋外排気を屋内排気にすることが可能かどうかを検証するため、フィルター通過後の濃度も測定した。

6.1.2 装置および実験方法

6.1.2.a 屋内排気型外付け式フード

屋内排気型外付け式フード（開口面サイズ 縦 300mm×横 500mm）を作製した。屋内排気型外付け式フードの外観図を図 6.1 に示す。これは、遠心ファン（山洋電気株式会社製 SanAce C175）を 2 台内蔵し、ファンとフードの間にパイロスクリーン（布引製作所社製）、 $0.3\mu\text{m}$ を 99.97% 捕集できる HEPA フィルター（Panasonic 社製 AIR FILTER）を挿入してある。ファンの排気風量はコントローラーで調節が可能である。



正面図

背面図

図 6.1 屋内排気型外付け式フードの外観図

6.1.2b 実験装置

本研究では、横風がない場合と横風がある場合に分けて漏洩濃度とばく露濃度の測定を行った。図 6.2 に実験の外観を示す。作業台上に屋内排気型外付け式フードを設置し、作業者に見立てたマネキン（サイズ:肩幅 430mm、身長 1800mm）の口元付近が作業台上から 500mm の高さになるように設置した。発生源にはφ2.0mm×ピッチ 3.5mm のパンチングを上面に張った発生 BOX（サイズ 縦 200mm×横 300mm×高さ 100mm）を、フード開口面から 450mm 離れた作業台上に置き、煙発生装置（日本カノマックス株式会社製 Model8304）からの煙を発生 BOX 上面から 30L/min で発煙した。また、横風の発生にはプッシュフード（興研株式会社製 PS-21H）を用い、一様な風速の気流を発生させた。

図 6.3 に測定点の位置と実験装置の各寸法を示す。漏洩濃度とばく露濃度の測定点は、フード開口面の周囲の漏洩濃度測定点①～③、フィルター通過後の屋内排気濃度確認のための測定点④、作業者に見立てたマネキン周辺の漏洩濃度測定点⑤、⑥および呼吸域のばく露濃度測定点⑦とし、測定にはデジタル粉じん計 LD-6N を用いた。なお、予備実験として煙粒子の質量濃度変換係数を求める実験を行った結果、平均 (n=3) で質量濃度変換係数は $1.64 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3/\text{cpm}$ であった。

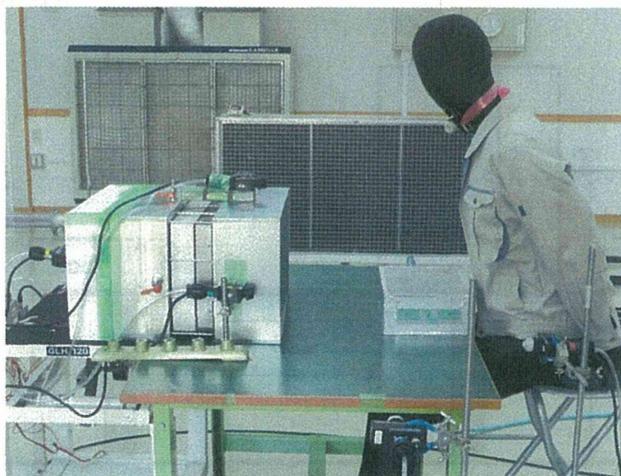


図 6.2 実験の外観図

行った。排気風量は横風がない場合の実験と同様に4条件とし、煙発生30秒後に3分ずつ測定した。なお、測定点⑥は横風の下流側（図6.3の測定点⑥'）に移動した。

ここで、外乱気流の目安として沼野氏は、窓を閉めた時の屋内気流を0.25m/s、ラジエーターやオープン炉などからの対流による気流を0.15~0.4m/sとしている。本研究ではこれらの値を参考にし、横風の風速を0.2m/s、0.3m/s、0.4m/s、0.5m/sの4条件とした。事前にプッシュフードだけを稼働し、図6.3に示した3点（点A、点B、点C）の横風方向の風速を微風速計で3分間測定することによって、3点の平均値が横風の設定風速になっていることを確認した。

6.1.2d 漏洩判定基準値

本研究では、たばこの煙に対して定められた基準値である0.15 mg/m³ ²⁾を漏洩判定基準値として用い、この基準値を超えていなければ発生した煙を十分に捕捉できているとした。

6.1.3 結果および考察

各排気風量における捕捉点風速（3分間の平均値）を表6.1に示す。外乱気流がない場合の、各排気風量における濃度測定結果を表6.2に示す。表中の値は各10分間3回の測定結果の平均値である。また、漏洩判定基準値を超えた場合は網掛けをした。

表 6.1 捕捉点風速

排気風量 m ³ /min	3	4	5	6
捕捉点風速 m/s	0.03	0.05	0.06	0.08

表 6.2 質量濃度測定結果（横風なし）

排気風量 m ³ /min	測定点					単位 (mg/m ³)	
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
3	0.010	<0.001	0.402	<0.001	1.202	0.961	0.001
4	0.011	<0.001	0.006	<0.001	0.001	0.004	<0.001
5	0.011	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	<0.001
6	0.010	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.006	<0.001

横風がない場合、排気風量3m³/minのとき、マネキン周辺において特に漏洩が見られた。これは、発生した煙粒子の一部がフードの吸引気流に捕捉されず後方に漏洩したためと考えられ、後方への漏洩の様子は目視でも確認できた。排気風量4m³/min~6m³/minでは全ての測定点で漏洩は見られなかった。排気風量4m³/minのときの捕捉点風速は表3.1より0.05m/sであり、横風がない場合には制御風速1.0m/sよりも小さい捕捉点風速で漏洩を防げると考えられた。また、フィルター通過後の測定点④の濃度測定結果からフィルターで

煙を十分捕集できていることが確認できた。

次に、横風がある場合の各排気風量における測定結果を表 6.3 に示す。表中の値は各 3 分間の平均値である。ただし、測定点④の濃度測定は、横風なしの濃度測定の結果が著しく低濃度であったため、横風ありでも同様と考えて、濃度測定を行わなかった。

表 6.3 質量濃度測定結果（横風あり）

風量 m ³ /min	外乱気流 m/s	測定点					単位 (mg/m ³)	
		①	②	③	④	⑤	⑥'	⑦
3	0.2	1.784	<0.001	<0.001	—	0.002	0.207	<0.001
	0.3	1.115	<0.001	<0.001	—	0.002	0.353	<0.001
	0.4	6.624	<0.001	<0.001	—	0.002	0.007	<0.001
4	0.2	0.089	<0.001	<0.001	—	0.001	0.003	<0.001
	0.3	0.563	<0.001	<0.001	—	0.001	0.003	<0.001
	0.4	0.599	<0.001	<0.001	—	0.001	0.003	<0.001
	0.5	1.904	<0.001	<0.001	—	0.001	0.003	<0.001
5	0.2	<0.001	<0.001	<0.001	—	<0.001	0.003	<0.001
	0.3	0.016	<0.001	0.001	—	<0.001	0.002	<0.001
	0.4	0.263	<0.001	<0.001	—	<0.001	0.035	<0.001
	0.5	0.585	<0.001	<0.001	—	<0.001	0.001	<0.001
6	0.2	0.001	<0.001	<0.001	—	<0.001	0.003	<0.001
	0.3	<0.001	<0.001	0.001	—	<0.001	0.002	<0.001
	0.4	0.222	<0.001	0.001	—	<0.001	0.014	<0.001
	0.5	0.320	<0.001	<0.001	—	<0.001	0.001	<0.001

表 6.3 より、横風が 0.3m/s 以下の時は、5m³/min 以上で漏洩を防ぐことができ、その時の捕捉点風速は 0.06m/s 以上であった。横風が 0.4m/s 以上の時には、6 m³/min を含まずそれより大きい排気風量が必要となるが、本研究で設定した 0.4m/s、0.5m/s の横風に対して、捕捉点風速が 0.08m/s で漏洩が認められたため、0.08m/s 以上の捕捉点風速が必要と考える。あくまでも推測ではあるが、捕捉点風速が 0.08m/s 以上必要と言っても、制御風速の 1.0m/s よりも小さい捕捉点風速で漏洩は防げると考えられる。さらに、測定点①で最も漏洩が見られたため、横風に対しては、横風の下流側のフード側面で漏洩濃度を測定することで、作業場に適した排気風量を設定できると考えられる。

本研究においては、一様な横風を発生させたが、実際の作業場では様々な方向からの外乱気流や突発的な外乱気流が起こりうる。そのため、今後外乱気流の条件を変え、漏洩濃度とばく露濃度への影響を検証する必要がある。また、各種粉じんに対しての検証も必要である。

6.1.4 まとめ

屋内排気型外付け式フードを用いて、煙を発生した時の漏洩濃度とばく露濃度を測定した。横風がない場合には、捕捉点風速が 0.05m/s 以上であれば、漏洩とばく露を防ぐことができた。横風がある場合には、横風の大きさに応じて捕捉点風速も大きくする必要はあるが、外付け式フードに定められている制御風速 1.0m/s よりも小さい捕捉点風速で漏洩を防げる場合があった。さらに、適切なフィルターを挿入しフィルターの排出側にデジタル粉じん計を設け、フィルター通過後の濃度管理をすることで、屋外排気を屋内排気にすることは十分に可能であることが分かった。

6.2 局所排気装置等以外の発散抑制装置の導入への現場実証調査

本研究では、粉じんを取り扱う作業現場で、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、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。測定対象現場は、粉じん取り扱い作業場で第1管理区分に成っている事業場として、金属研磨作業現場を選定した。

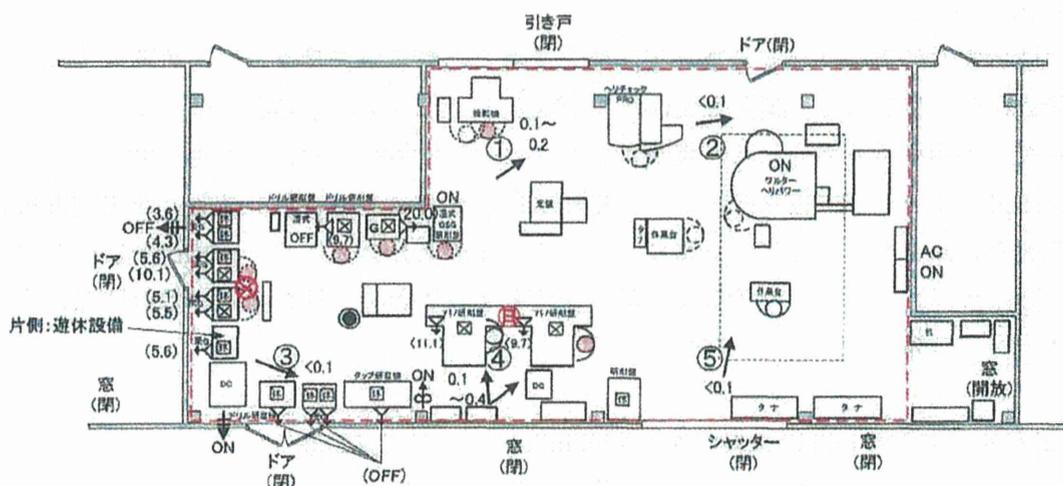
6.2.1 測定方法及び評価法

作業によって発生する粉じんについて、作業環境測定及び作業者のばく露濃度測定を作業中に行った。ばく露濃度については LD-6N デジタル粉じん計の検出部を作業者の右肩に固定し、操作部および吸引ポンプを作業者の腰に装着し、作業中の連続測定を行った。

評価方法は、作業環境測定基準に従った評価と個人ばく露濃度の幾何平均値と管理濃度との比較での評価を行った。さらに、管理濃度と幾何平均粉じん濃度の比較だけでなく、10 分間移動平均値の結果も併せて評価した。つまり、作業時の幾何平均粉じんばく露濃度が管理濃度を下回った場合でも、発生する粉じん濃度の時間的変動状況によっては、一時的に粉じんばく露濃度が、管理濃度を超えている場合も想定できるので、その事を考慮して、管理濃度と幾何平均粉じん濃度の比較だけでなく、10 分間移動平均値の結果も併せて評価した。

6.2.2 測定対象作業現場の概要

対象作業場は、油圧機器と精密機械加工、建機用部品と自動車用部品等を製作及び加工する工場、測定は工場内で金属加工に使用するドリル等の修理のために、両頭グラインダー、万能工具研磨機、研削盤、湿式研磨機により、ドリル等の切削工具を研磨する作業工程において、今回両頭グラインダー及び研削盤において切削工具を研磨する作業が断続的に行われた。作業場では、研磨作業に 2 名の作業者が従事していた。設置されている研磨機等には、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 6.4 に示す。また、研磨作業の状況を図 6.5 に示す。



6.4 測定対象作業場の概略図



図 6.5 研磨作業の作業状況

6.2.3 測定方法

1) 作業環境測定

平行板式ローボリュームサンプラーと相対濃度計 LD-3K2 を用いて、併行測定及び各測定点における相対濃度測定を行った。

2) ばく露濃度測定

ばく露濃度については LD-6N デジタル粉じん計の検出部を作業者の右肩に固定し、操作部および吸引ポンプを作業者の腰に装着し、作業中の連続測定を行った。測定対象作業者は、2名である。

6.2.4 作業環境測定

測定対象作業場に、図 6.4 に示す 5 測定点を設定して、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、0.0040 ($\text{mg}/\text{m}^3/\text{cpm}$) である。また、粉じん中の遊離けい酸は、0% であり、管理濃度は、3.0 (mg/m^3) である。

各測定点の測定結果を表 6.4 に示す。

表 6.4 各測定点における粉じん濃度

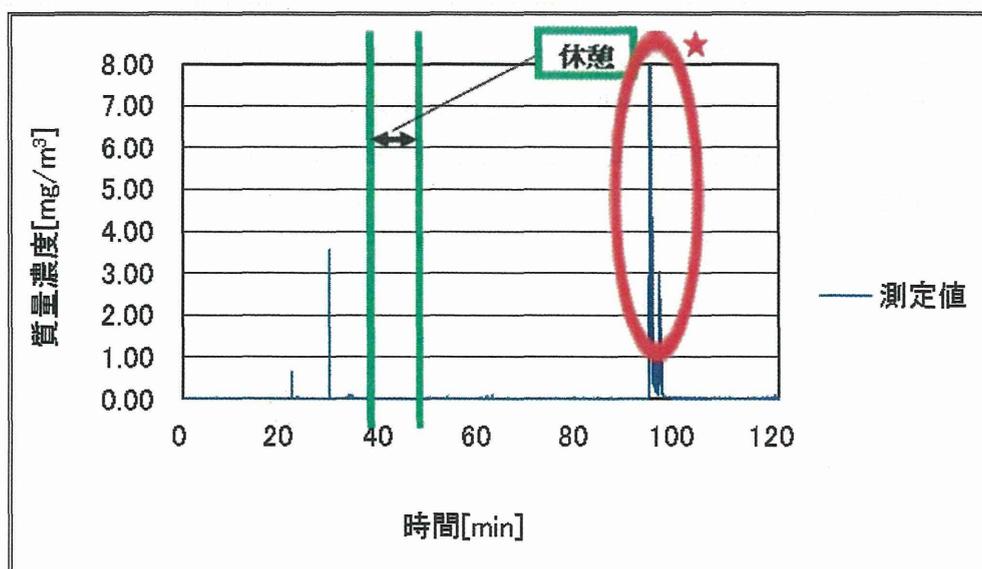
測定点	相対濃度(cpm)	粉じん濃度 (mg/m^3)
No.1	16.6	0.07
No.2	15.6	0.06
No.3	16.2	0.06
No.4	32.2	0.13
No.5	9.4	0.04

表 6.4 より、 $M_1=0.07$ (mg/m^3)、 $\sigma_1=1.53$ より、 $M=0.07$ (mg/m^3)、 $\sigma=2.21$ となる。 $M=0.07$ (mg/m^3)、 $\sigma=2.21$ より、 $E_{A1}=0.24$ 、 $E_{A2}=0.10$ となり、管理濃度が 3.0 (mg/m^3) であることから、この作業環境は、第 1 管理区分である。

6.2.5 研磨作業時の作業者のばく露濃度測定及び漏洩濃度測定

1) 研磨作業時の作業者のばく露濃度測定

作業場概略図 (図 6.4 参照) の測定点④付近で研磨作業を行っている作業者 (図 6.5 参照) のばく露濃度測定結果は、0.058 (mg/m^3) であった。また、作業者のばく露濃度の時間的変動状況を図 6.6 に示す。さらに、10 分間移動平均値の結果を図 6.7 に示す。



(★は、意図的に排気装置の風量を変更したことによる濃度の上昇を示す)

図 6.6 ドリル研削機による研磨作業時の粉じんばく露濃度の変動状況

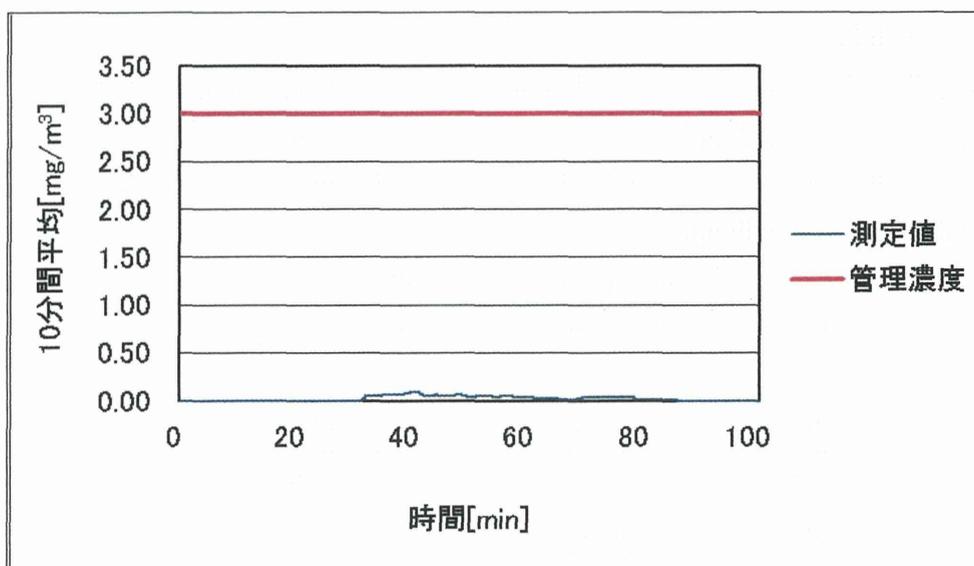
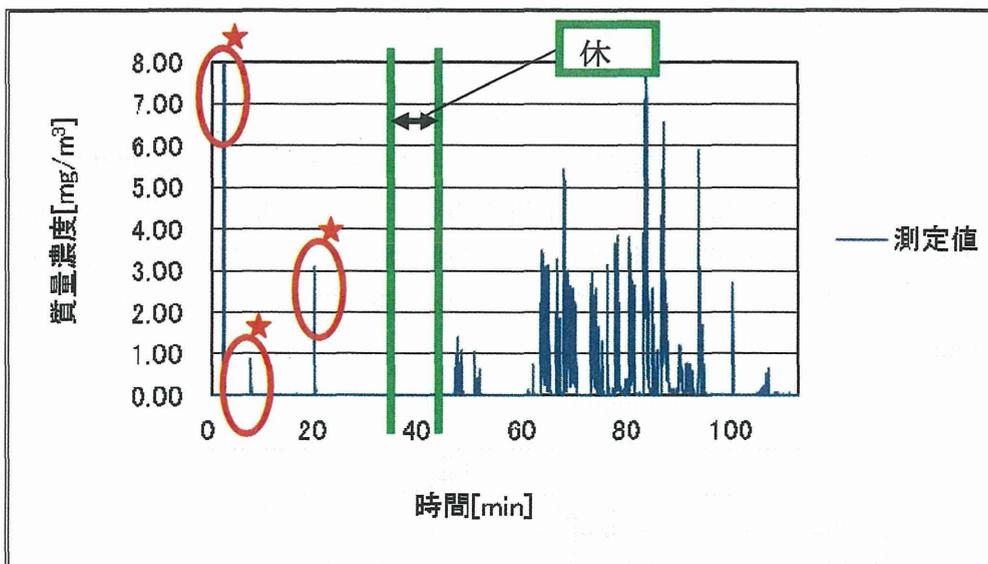


図 6.7 ドリル研削機による研磨作業時の粉じんばく露濃度の変動状況
(10 分間移動平均値)

図 6.6 より、短時間ではあるが著しく高濃度の粉じんにはばく露されているが、図 6.7 の粉じんばく露濃度の 10 分間移動平均値の変動状況やばく露濃度が、 $0.058 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ であったこと、さらに、作業者が意図的に排気装置の風量を変更したことによる濃度の上昇であり、通常作業に伴う高濃度の発じんでないこと総合的に判断すると、この作業は、ばく露濃度の低い作業と考えられる。

2) ドリル研削機による研磨作業時の漏洩粉じん濃度

研磨機に取り付けられているフレキシブルダクトにより、研磨作業時に発生した粉じんを吸引している。そこで、研磨作業時にフレキシブルダクトから漏洩して環境中に飛散する粉じんの濃度測定を行った。その時の漏洩粉じん濃度は、 $0.21 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ であった。また、その時の漏洩粉じん濃度の時間的変動状況測定結果を図 6.8 に、10 分間移動平均値の結果を図 6.9 に示す。



(★は、作業によるものでなく、機器の付け替えにより、カウントが上昇したことを示す)

図 6.8 ドリル研削機による研磨作業時の漏洩粉じん濃度の変動状況

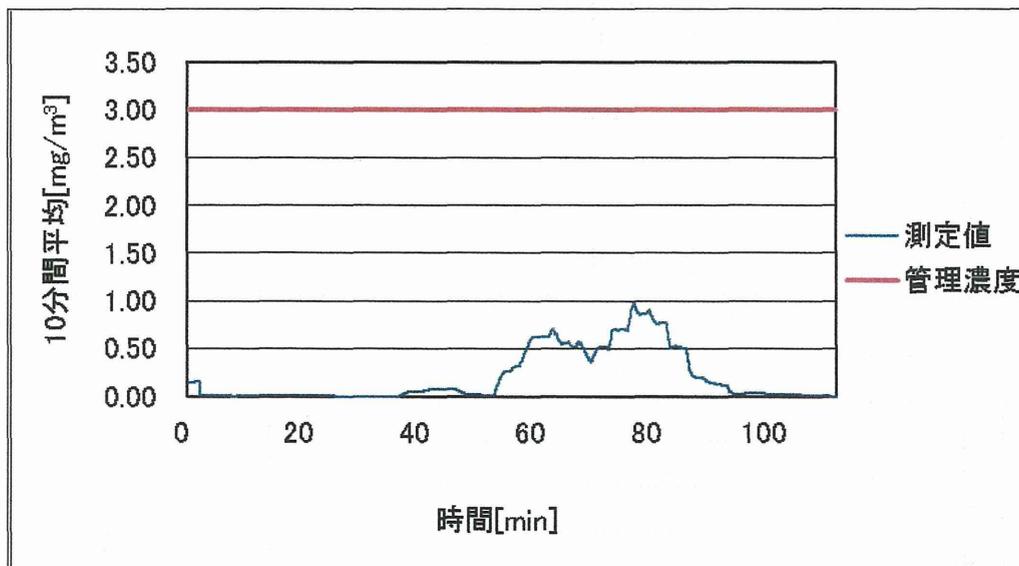


図 6.9 ドリル研削機による研磨作業時の漏洩粉じん濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)

図 6.8 より、研磨作業を行っている時は、研磨機に取り付けられているフレキシブルダクトからの粉じんの漏洩が認められた。これは、研磨作業の飛散する粉じんの方向及び飛散の広がり具合と飛散粉じんを吸引するフレキシブルダクトの開口面の位置関係が有っていないことに関係していると考えられる。しかし、図 6.9 の粉じんの漏洩濃度の 10 分間移動平均値の変動状況及び濃度や漏洩粉じん濃度が $0.21 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ であることから、作業環