

5 . 船倉内の荷役作業終了後の清掃作業における粉じんばく露リスクの調査研究

5.1 目的

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。

そこで、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として、船倉内の荷役作業終了後の清掃作業における粉じんばく露リスク調査を行った。

本章ではこの作業における粉じんばく露リスクの調査を行い、呼吸用保護具を使用すべき作業へ改正する必要があるかどうかを検討した。

5.2 調査方法

5.2.1 調査対象の作業および事業場

測定対象とした作業は、岩石、鉬石専用運搬船の船底で岩石、鉬物をスコップ、箒によって掻き出し、掃き寄せる作業及び積荷として大豆粕を運搬してきた運搬船の船底で大豆粕をアンローダーで陸揚げした後、スコップや竹箒等で清掃する作業である。

調査は以下の4事業所で行った。

A社（積荷：岩石）

B社（積荷：岩石）

C社（積荷：鉄鉬石）

D社（積荷：大豆粕）

5.2.2 測定方法

対象作業によって発生する粉じんについて、作業者のばく露濃度を測定した。ばく露濃度測定は 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。測定時間は作業の進行に応じておよそ10分～2時間程度を目安とした。その装着状況を図2.1に示す。



図 2.1 LD-6N デジタル粉じん計の装着状況

5.2.3 評価方法

評価方法は、ばく露濃度と管理濃度との比較で判断した。つまり、ばく露濃度が管理濃度を超えていれば、有効な呼吸用保護具を着用する必要がある作業と判断し、管理濃度以下であれば、呼吸用保護具を着用する必要のない作業と判断する。また、作業時の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可能性も考えられる。そこで、粉じんばく露濃度と管理濃度との比較だけでなく、10 分間移動平均値の結果も併せて評価した。つまり、測定時に 10 分間移動平均値が管理濃度を超える時間帯があった場合は、管理濃度を超えていると評価することとした。ここで、10 分間移動平均値とは、ある時刻の前 5 分、後 5 分の計 10 分間の平均濃度を瞬間ごとに求めた値である。10 分間移動平均値を示した図の 1 測定点は、10 分間の平均濃度を示す。

5.3 粉じんばく露濃度調査結果

5.3.1 A 社

測定対象の船は 1000t の砕石専用船で、積荷は砕石である。作業は 7~8m × 5~6m、深さ 3~4m の船倉で行われ、作業員 1 人について測定を行った。作業員の粉じんばく露濃度の測定結果を表 5.1 に、また粉じん濃度変動状況を図 5.1 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 5.2 に、測定中の作業状況を図 5.3 にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 33.8%であり、管理濃度は 0.07[mg/m³]であった。

表 5.1 粉じんばく露濃度測定結果

	粉じんばく露濃度 [mg/m ³]	管理濃度[mg/m ³]	管理濃度超え (超えれば)
作業員	0.80	0.07	

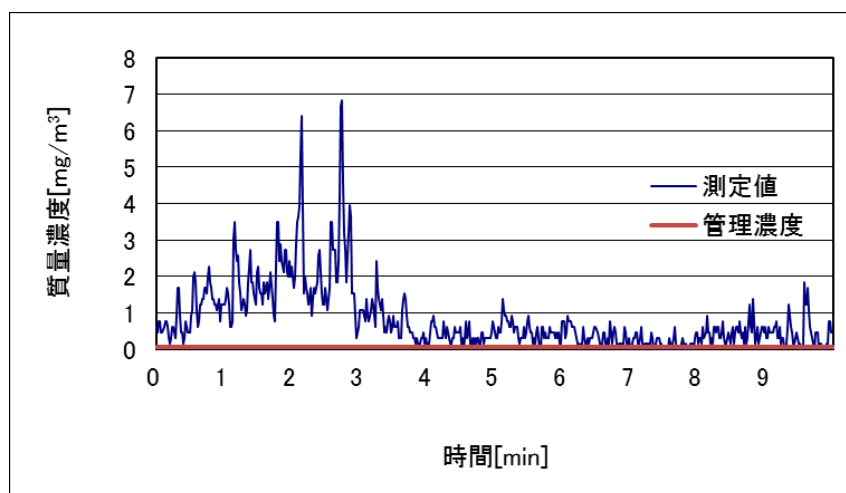


図 5.1 作業員の粉じんばく露濃度変動状況

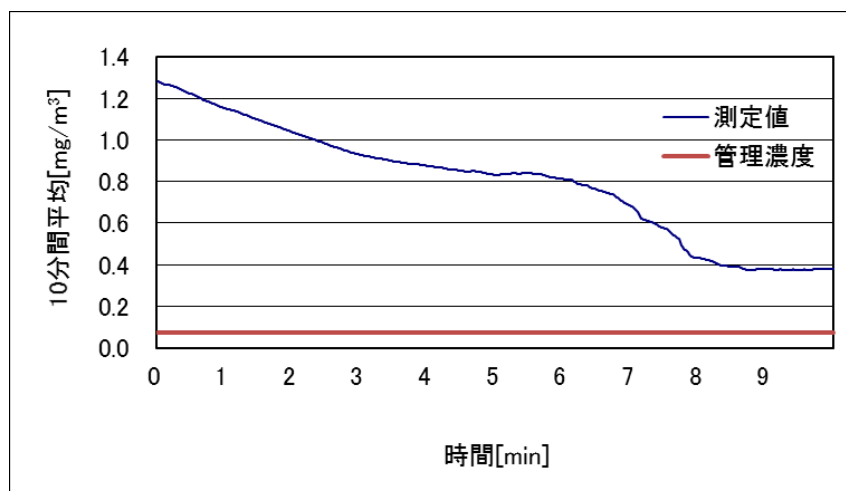


図 5.2 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）



図 5.3 船底での清掃作業状況

5.3.2 B社

測定対象の船は 1000t の砕石専用船で、積荷は砕石である。作業は 3～4m×5～6m、深さ 5m の船倉で行われ、3 人の作業者について測定を行った。作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 5.2 に示す。また、作業者の粉じんばく露濃度の変動状況を図 5.4 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 5.5 に、作業者の粉じんばく露濃度の変動状況を図 5.6 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 5.7 に、作業者の粉じんばく露濃度の変動状況を図 5.8 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 5.9 にそれぞれ示す。測定中の作業状況を図 5.10 及び図 5.11 にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 33.8%であり、管理濃度は 0.07[mg/m³]であった。

表 5.2 粉じんばく露濃度測定結果

	粉じんばく露濃度 [mg/m ³]	管理濃度[mg/m ³]	管理濃度超え (超えれば)
作業者	1.10	0.07	
作業者	0.32	0.07	
作業者	0.20	0.07	

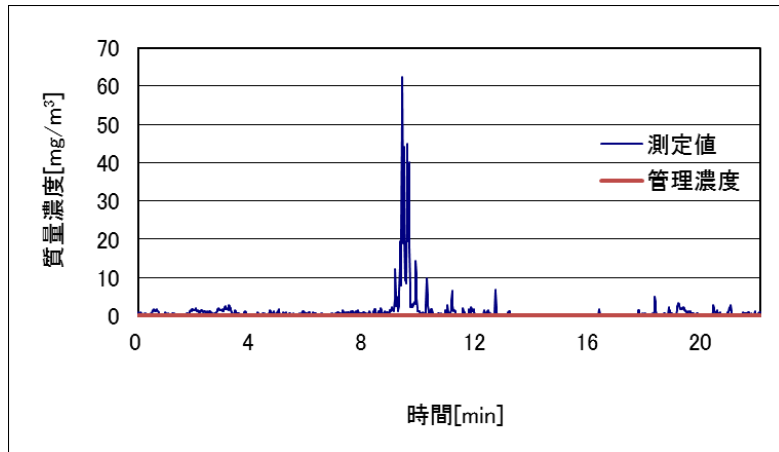


図 5.4 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

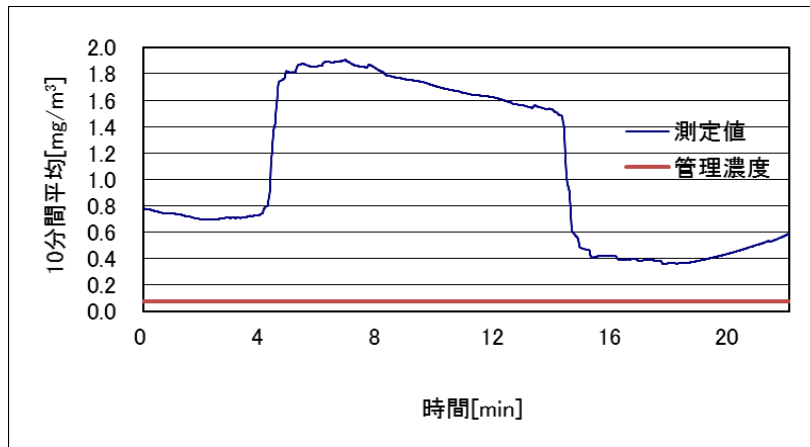


図 5.5 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10分間移動平均値）

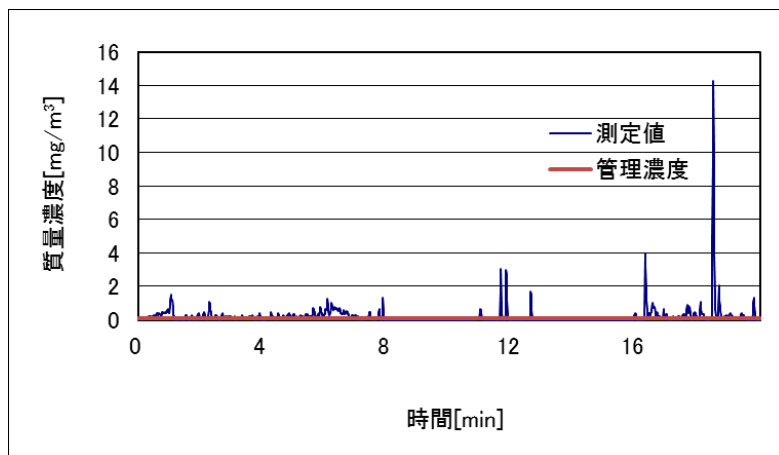


図 5.6 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

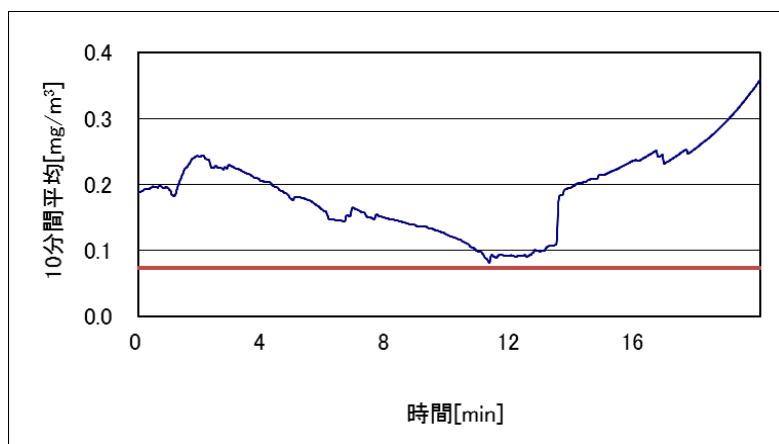


図 5.7 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

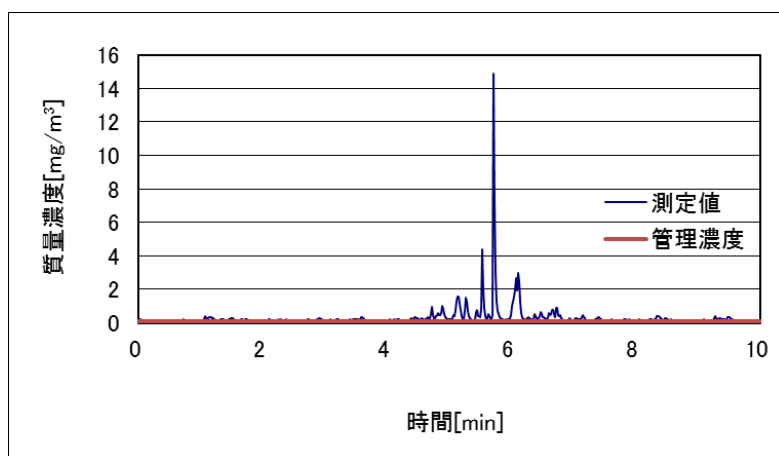


図 5.8 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

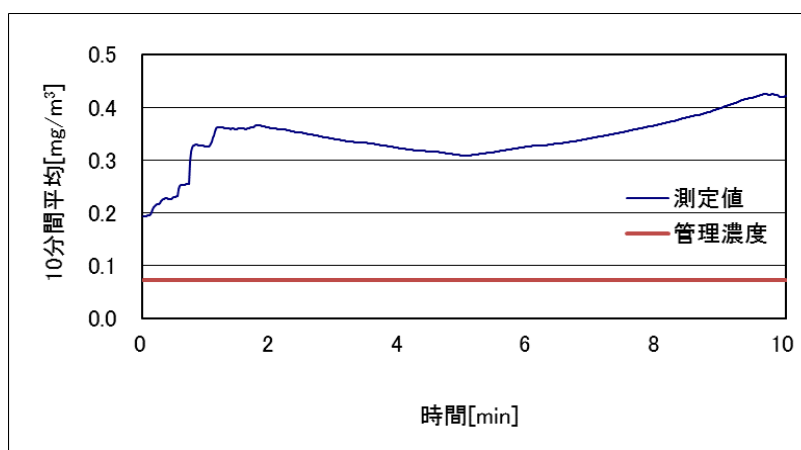


図 5.9 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）



図 5.10 船底での清掃作業状況（その1）



図 5.11 船底での清掃作業状況（その2）

5.3.3 C社

測定対象の船は20万tの鉱石運搬専用船で、積荷は鉄鋼原材料である。作業は15m×30m、深さ20mの船倉で行われ、5人の作業者について測定を行った。作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表5.3に示す。また粉じんばく露濃度変動状況及び粉じんばく露濃度変動状況の10分間移動平均値の変動状況を図5.12～図5.21にそれぞれ示す。測定中の作業者の清掃作業状況を図5.22及び図5.23にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は4.1%であり、管理濃度は0.51[mg/m³]であった。

表 5.3 粉じんばく露測定結果

	粉じんばく露濃度 [mg/m ³]	管理濃度[mg/m ³]	管理濃度超え (超えれば)
作業者	0.31	0.51	*
作業者	0.66	0.51	
作業者	0.06	0.51	×
作業者	0.98	0.51	
作業者	0.39	0.51	*

*：10分間移動平均の値が管理濃度を上回ったので、管理濃度を超えていると判断した。

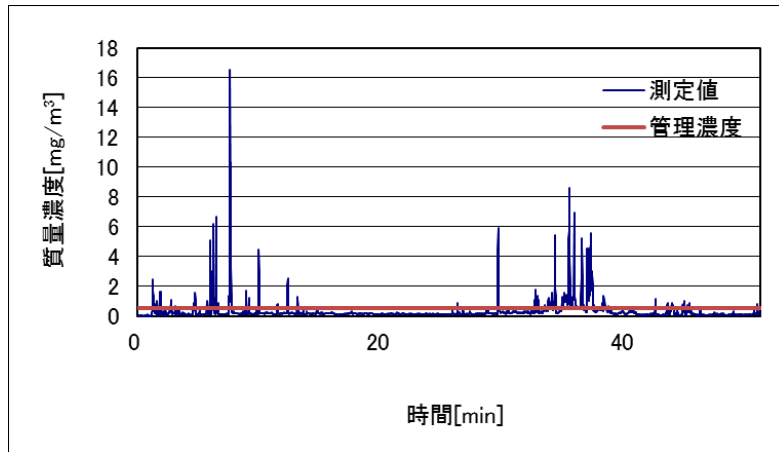


図 5.12 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

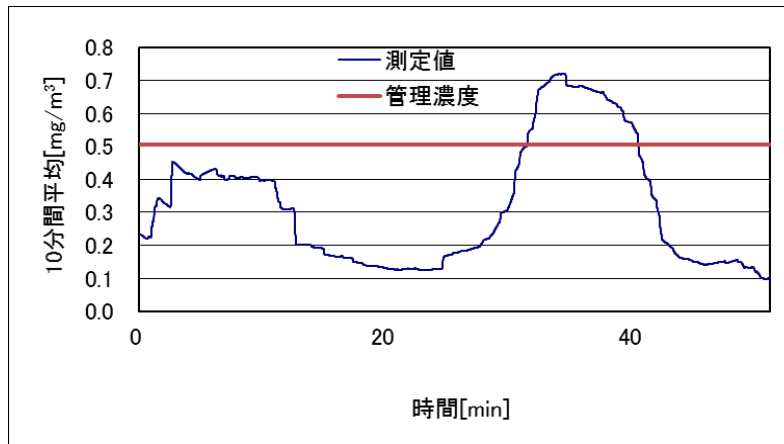


図 5.13 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

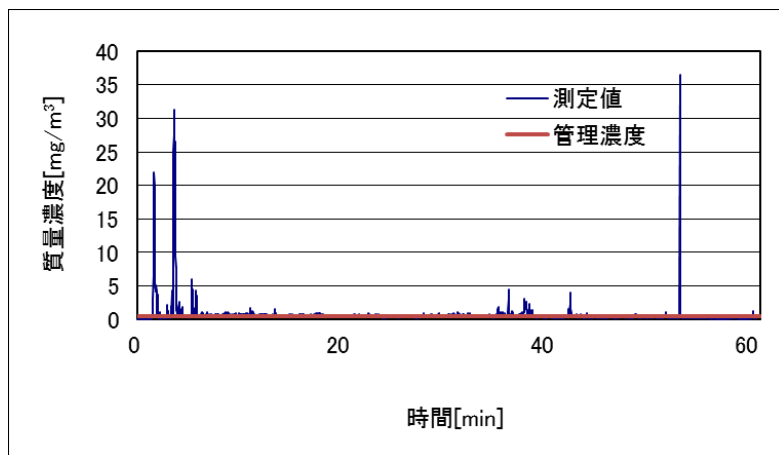


図 5.14 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

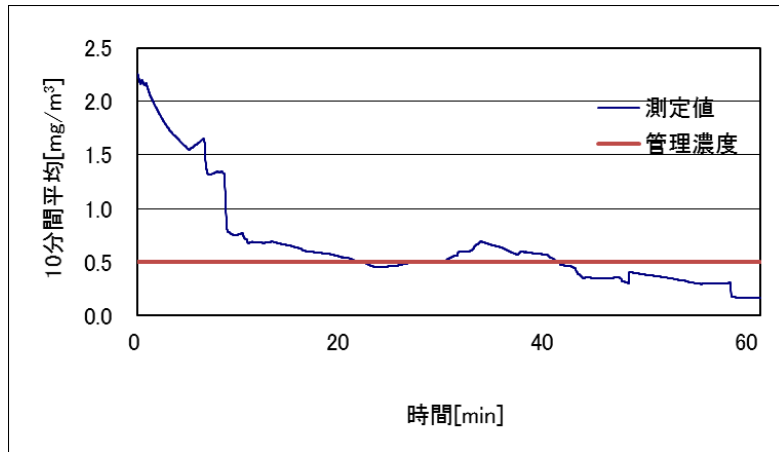


図 5.15 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

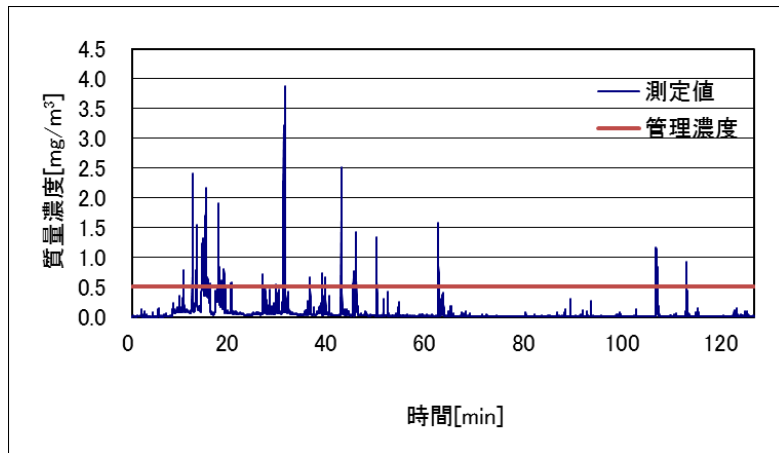


図 5.16 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

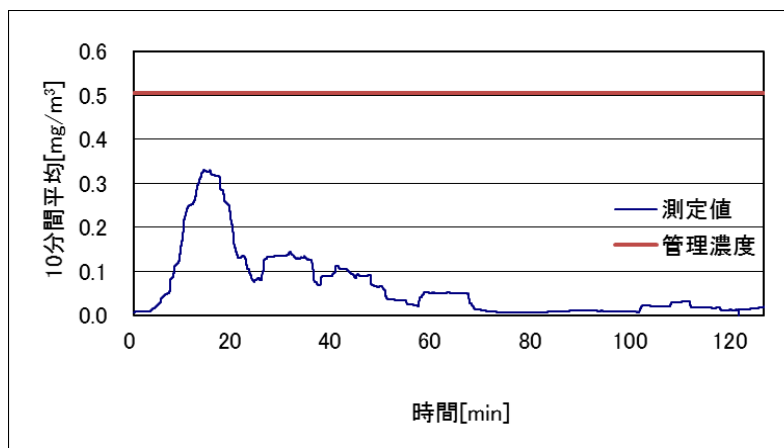


図 5.17 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

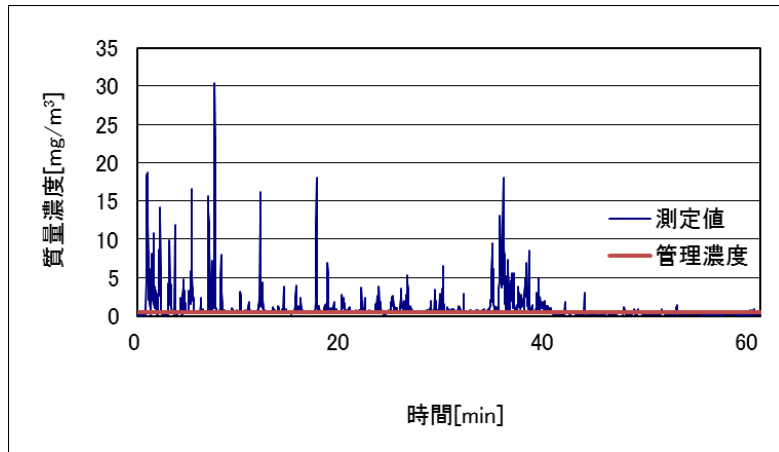


図 5.18 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

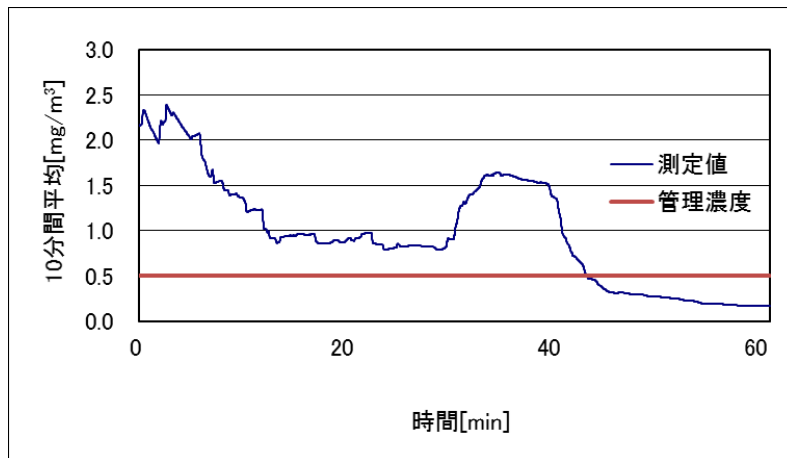


図 5.19 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10分間移動平均値）

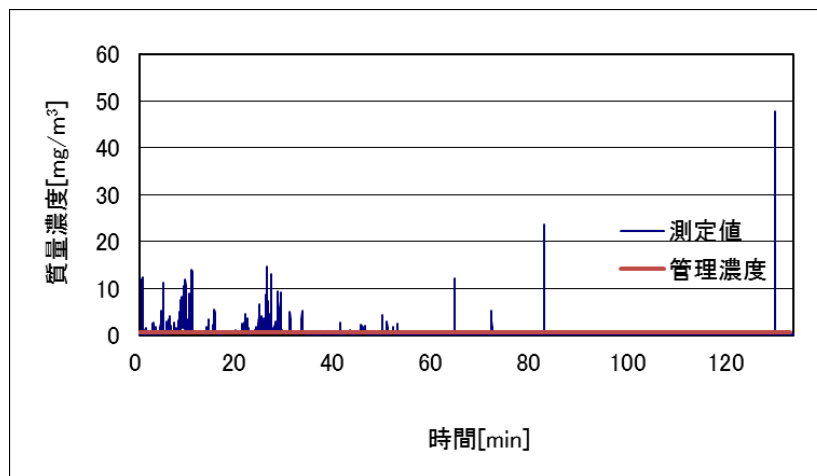


図 5.20 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

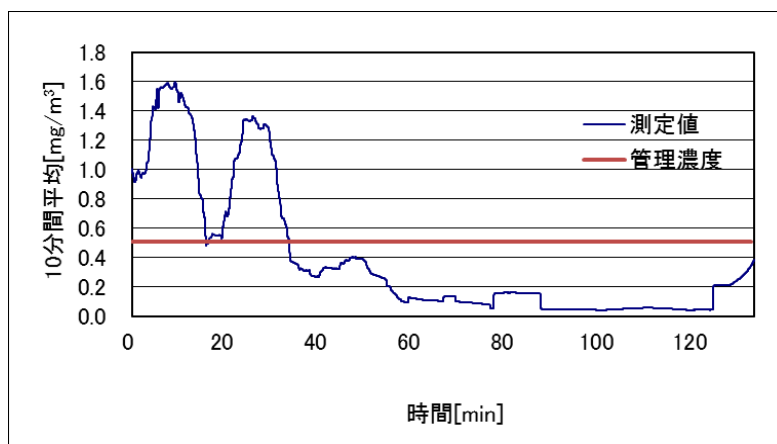


図 5.21 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）



図 5.22 船底での清掃作業状況（その 1）

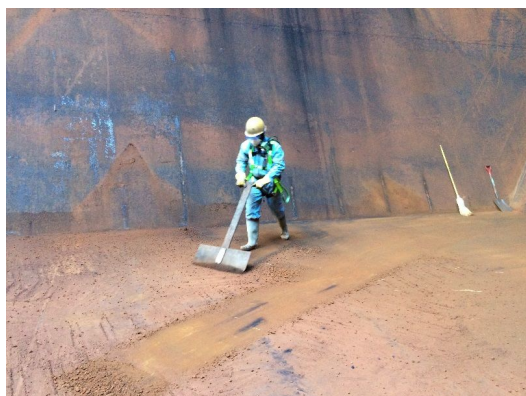


図 5.23 船底での清掃作業状況（その 2）

5.3.4 D 社

測定対象の船の積荷は大豆粕である。作業は、クレーンバケットで船倉内の床が見えるまで荷揚げをした後、作業者が船倉内に入り、スコップや竹箒で大豆粕を集め、集めた大豆粕をバケットで荷揚げする。バケットで荷揚げの後、清掃作業等を行う。測定は、船倉の作業者 2 人に対して実施した。作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 5.4 に示す。本調査では、作業の関係で、NWPS-254 型個人ばく露粉じん計での測定のため、粉じんばく露濃度の変動状況の測定は行えなかった。測定中の作業状況を図 5.24 と図 5.25 に示す。

なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は2.2%であり、管理濃度は0.72[mg/m³]であった。

表 5.4 粉じんばく露測定結果

	粉じんばく露濃度 [mg/m ³]	管理濃度[mg/m ³]	管理濃度超え (超えれば)
作業者	4.98	0.72	*
作業者	6.42	0.72	

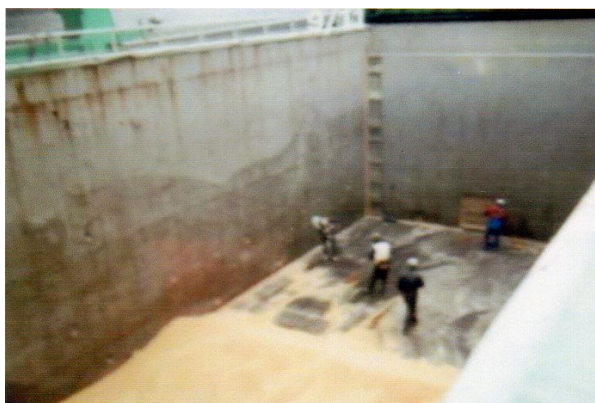


図 5.24 船底での清掃作業状況 (その1)

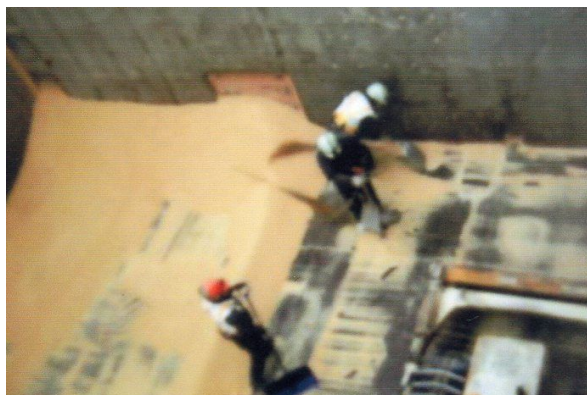


図 5.25 船底での清掃作業状況 (その2)

表 5.4 より、作業者の粉じんばく露濃度が、他の船底での清掃作業に比べて著しく高濃度なのは、積荷が大豆粕のため、乾燥しており、粉じんの発生しやすい状況にあった。また、大豆を畑から収穫するときに、畑の土が大豆に付着し、その土が大豆粕にする工程でも取りきれないまま、荷積みされたため、輸送中に偏石等により船底に少し溜まったため、大豆粕でありながら、2.2%の遊離けい酸含有率を示したと考えられる。以前小麦、トウモロコシ及びコウリヤンの船底清掃作業の測定をしたときに、同様な経験をした。

5.4 結論

4事業場の11名の作業者の粉じんばく露濃度測定結果をまとめて表 5.1 に示す。また、船倉清掃作業時の全作業者の粉じんばく露濃度測定の集計結果を表 5.2 に示す。

表 5.1 船倉清掃作業時の粉じんばく露濃度測定結果のまとめ

作業場所	作業者	粉じんばく露濃度 [mg/m ³]	管理濃度 [mg/m ³]	管理濃度超え (超えれば)
A社		0.80	0.07	
B社		1.10	0.07	
		0.32	0.07	
		0.20	0.07	
C社		0.31	0.51	*
		0.66	0.51	
		0.06	0.51	×
		0.98	0.51	
		0.39	0.51	*
D社		4.98	0.72	*
		6.42	0.72	

* : 10 分間移動平均の値が管理濃度を上回ったので、管理濃度を超過していると判断した。

表 5.2 船倉清掃作業時の粉じんばく露濃度測定の集計結果

粉じんばく露濃度		管理濃度 [mg/m ³]	管理濃度 超えの割合	
幾何平均 [mg/m ³] (幾何標準偏差)	濃度範囲			
0.64 (3.86)	0.06~6.42	0.07~0.72	91%	10/11

表 5.2 に示すように 91% (10 / 11) の作業で管理濃度を超過していた。このことより管理濃度以下に粉じんばく露濃度を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過し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」とする必要があると考える。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。

以上のことから、荷役作業後の清掃作業は、粉じん作業とし、併せて、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の結論を平成 28 年 5 月じん肺班に報告する。

船倉清掃作業は、25 年及び 26 年と測定を行うべく、船主協会、商社、船舶運用会社等各方面をお願いしてきたが、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。

幸い 27 年は、粉じん測定の主旨に賛同し、粉じん測定に理解を示してくださった事業場の協力を得て、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。

6 . 流量低下が慣性衝突型個人粉じん計 NWPS-254 の吸入性粉じん濃度測定に与える影響

6.1 目的

作業環境測定や個人ばく露濃度測定を実施する際は、サンプラーを用いて吸入性粉じんの濃度を測定しなければならない。慣性衝突式分粒装置を用いたサンプラーにより測定を行なう場合は、ポンプの吸引流量を決められた一定の値に保つ必要がある。なぜなら、吸引流量が変化すると、粒子の持つ慣性力が変化し、慣性衝突式分粒装置の分粒特性が変わってしまうからである。そのため、作業環境測定でよく用いられる慣性衝突型粉じん計 NWPS-354 においては、面積流量計が付属したポンプを用い、吸引流量を視覚的に確認している。また吸引流量が変化しても、適宜修正することができる。

一方、個人ばく露濃度や作業者のばく露濃度に用いられる個人サンプラーのポンプには、面積流量計が付属しておらず、また作業者に取り付けってしまうため、作業中の吸引流量の修正が難しい。そのため、ろ紙上に大量の粉じんが捕集される測定を行なった場合、圧力損失の増加により吸引流量が低下し、吸入性粉じん濃度測定を正確に行うことができない危険性が考えられる。しかし、その正確性の判断基準に関しては何も提示されていないのが現状である。

そこで本研究では、現行の慣性衝突型個人ばく露濃度測定器 NWPS-254 (以下、NWPS-254 と略す) において、吸引流量が低下した際の、流量低下と吸入性粉じん濃度測定結果の関係性の検証を行ない、どの程度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かという判断基準を作成した。

NWPS-254 における慣性衝突式分粒装置等の内部構造の概略図を図 2.1 に示す。

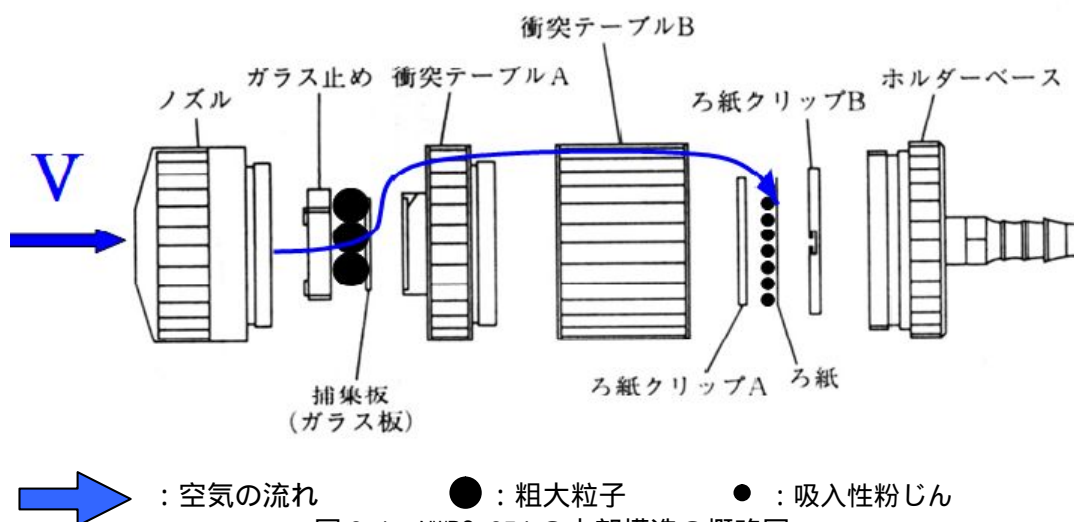


図 2.1 NWPS-254 の内部構造の概略図

6.2 相対濃度計 LD-5 及び LD-3K2 の器差確認実験

6.2.1 概要

主実験を行なう前に、実験装置であるダストチャンバー内の粉じん濃度が均一であることを確認するために使用する相対濃度計の器差を確認するための実験を行った。

6.2.2 実験方法

粉じんを発じんさせていない通常の部屋の中で、LD-5 を 2 台、LD-3K2 を 1 台用意し、図 2.2 に示すように横並びに配置した。これら 3 台を 30 分間並行測定し、カウント数を比較することで、器差の確認を行った。



図 2.2 器差確認実験の実験風景

6.2.3 実験結果

10 回分の実験結果を表 3.1 に示す。

表 3.1 器差確認実験の結果 [COUNT]

機器名	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
LD-5 No.1	1137	1464	1416	2763	2763
LD-5 No.2	943	1281	1315	2778	2714
LD-3K2	1032	1512	1483	2921	2947

機器名	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
LD-5 No.1	640	471	395	342	321
LD-5 No.2	655	499	409	353	331
LD-3K2	596	490	403	374	395

次に、“LD-5 No.2” を基準器として、各機器とのカウント比をとった結果を表 3.2 に示す。カウント比は式 4.1 により求めた。

$$\text{カウント比} = \text{LD-5No.1 及び LD-3K2 のカウント数} / \text{基準器のカウント数} \quad (\text{式 4.1})$$

表 3.2 基準器と各機器とのカウント比

機器名	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
LD-5 No.1	1.21	1.14	1.08	0.99	1.02
LD-3K2	1.09	1.18	1.13	1.05	1.09

機器名	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
LD-5 No.1	0.98	0.94	0.97	0.97	0.97
LD-3K2	0.91	0.98	0.99	1.06	1.19

表 3.2 の結果より、実験 10 回分のカウント比の平均値を求め、その逆数を取り補正係数を求めた。計算式は式 4.2 に、カウント比の平均値と補正係数の結果を表 3.3 に示す。

$$\text{補正係数} = 1 / \text{カウント比の平均値} \quad (\text{式 4.2})$$

表 5.3 カウント比の平均値と補正係数

機器名	カウント比の平均値	補正係数
LD-5 No.1	1.03	0.97
LD-3K2	1.07	0.94

6.3 ダストチャンバー内における測定台上の濃度均一性確認実験

6.3.1 概要

本章の主実験では、ダストチャンバー内の測定台上で実験を行うため、発じんした粉じんが測定台上で均等に拡散しているかどうかを確認した。

6.3.2 実験方法

ダストチャンバー内に設置した測定台上に LD-5 を 2 台、LD-3K2 を 1 台横並びに配置する。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て、3 台の相対濃度計を並行測定する。ダストチャンバー内の概略図を図 3.1 に、実験風景を図 3.2 に示す。

30 分間の測定結果のカウント数に、式 4.2 で求めた補正係数を乗じた補正後カウント数の値を比較する。各機器の補正後カウント数の基準器との誤差が $\pm 10\%$ 以内であれば、発じんした粉じんが測定台上に均等に拡散していると判断する。この実験を 10 回行ない、1 回の実験につき、3 台の相対濃度計の位置を 1 つずつ横にずらし、ローテーションした。

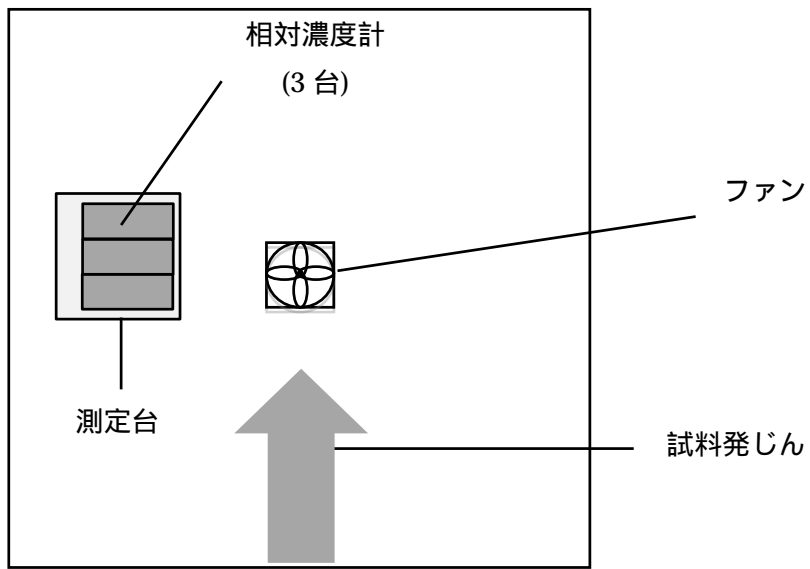


図 3.1 ダストチャンバー内の概略図(1.4[m] × 1.4[m] × 高さ 3.0[m])

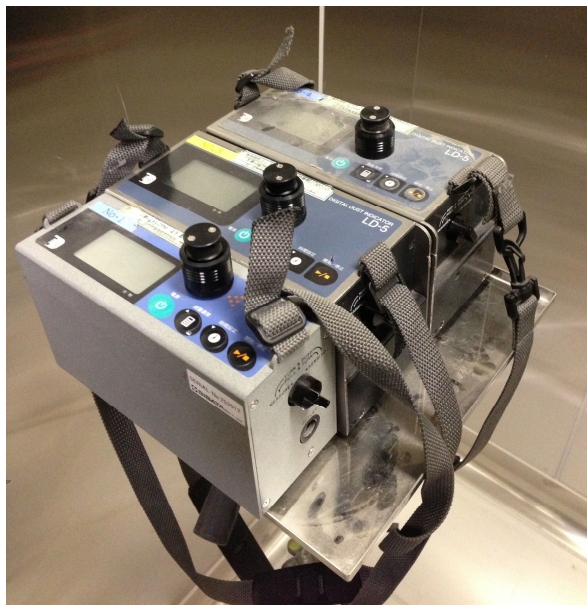


図 3.2 濃度均一性確認実験の実験風景

6.3.3 実験結果

10 回分のカウント数の測定結果を表 3.4 に示す。また、表 3.4 の測定結果に補正係数を乗じた値及びその相対標準偏差(以下、R.S.D.)を表 3.5 に示す。

表 3.4 10 回分の測定結果 [COUNT]

機器名	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
LD-5 No.1	31384	21269	25628	36558	55625
LD-5 No.2	31431	22304	25235	36594	55424
LD-3K2	32108	22875	25849	36824	55886

機器名	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
LD-5 No.1	28499	29673	37684	17545	54902
LD-5 No.2	28483	29627	37621	17238	55041
LD-3K2	29139	30316	38304	17373	55877

表 3.5 補正後カウント数の結果 [COUNT]

機器名	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
LD-5 No.1	32222	21837	26312	37534	57110
LD-5 No.2	31431	22304	25235	36594	55424
LD-3K2	34267	24413	27587	39300	59644
R.S.D. [%]	1.9	3.2	1.8	2.5	2.4

機器名	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
LD-5 No.1	29260	30465	38690	18013	56367
LD-5 No.2	28483	29627	37621	17238	55041
LD-3K2	31098	32354	40879	18541	59634
R.S.D. [%]	1.9	1.8	2.0	2.6	2.2

式 4.3 を用いて、表 3.5 の値から誤差を算出した結果を表 3.6 に示す。

誤差 (%)

$$= \frac{\text{補正後カウント数} - \text{基準器の補正後カウント数}}{\text{基準器の補正後カウント数}} \quad (\text{式 4.3})$$

表 3.6 誤差の算出結果 [%]

機器名	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
LD-5 No.1	3.1	7.4	1.4	3.0	2.6
LD-3K2	4.5	4.1	4.3	6.0	5.8

機器名	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
LD-5 No.1	2.9	2.8	2.8	1.2	3.2
LD-3K2	4.4	4.4	4.8	5.8	5.1

表 3.5 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 3.6 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。

6.4 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

6.4.1 流量低下時の粉じん濃度測定

6.4.1(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。

6.4.1(b) 実験方法

図 3.3 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- 3) 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 μ m、50%cut) を捕集することができるようになっていたため、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。

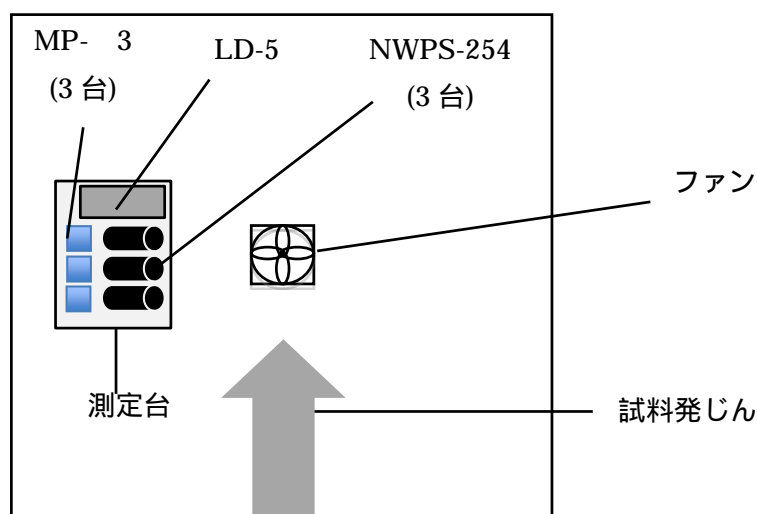


図 3.3 ダストチャンバー概略図

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 3.4 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。

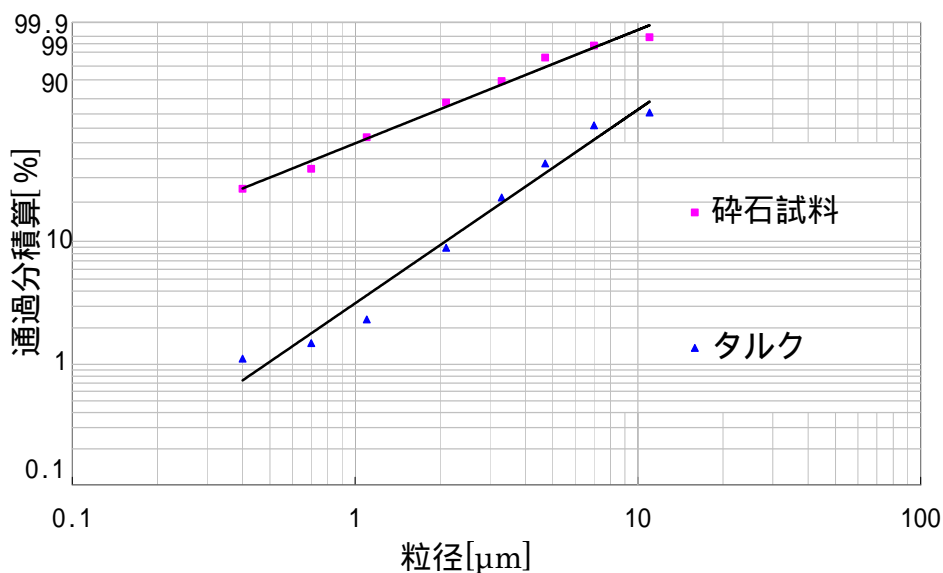


図 3.4 Rosin-Rammler 線図

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

6.4.1(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 3.7 に、砕石試料の 1 例として 1 回目の結果を表 3.8 にそれぞれ示す。

表 3.7 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 3.8 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3.5と図3.6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。

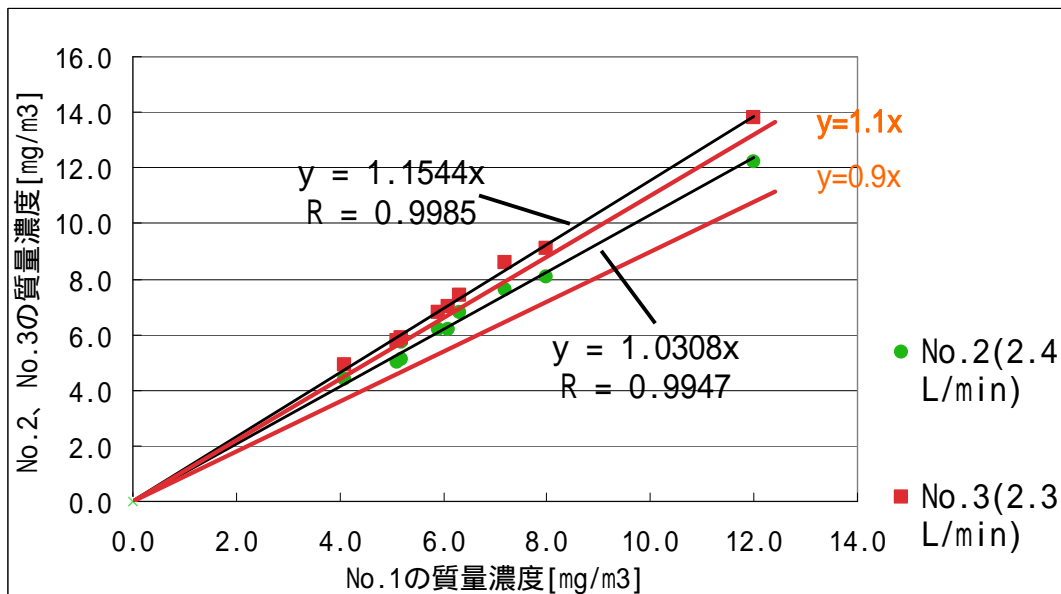


図 3.5 タルクの実験結果(10回分)

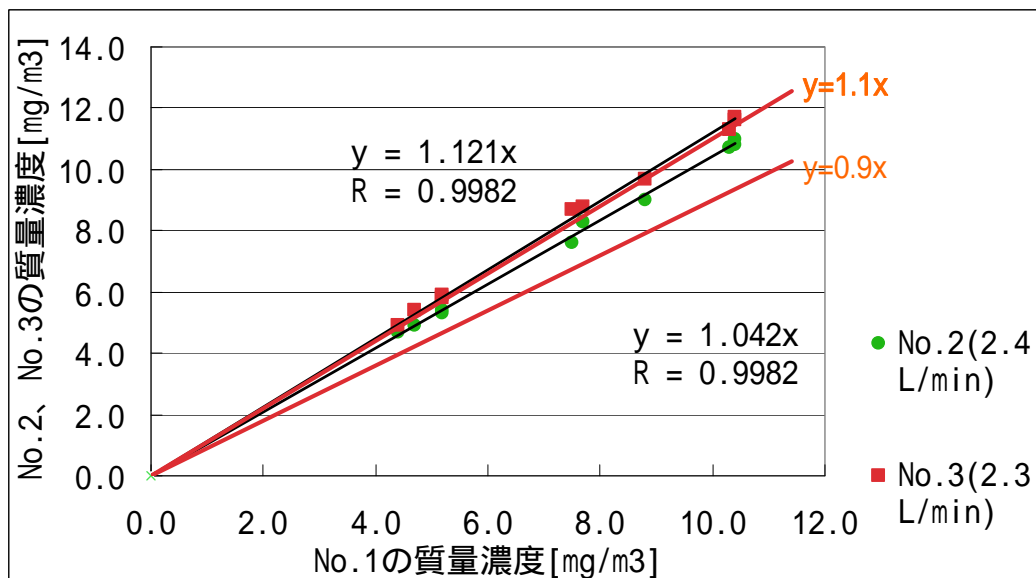


図 3.6 砕石試料の実験結果(10回分)

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

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、碎石試料の比の値が1に近い値となっている。これは、図 3.3 の粒度分布測定結果より分かるように、碎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。

6.4.2 衝突板上に捕集された粉じん量の測定

6.4.2(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。

6.4.2(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。

吸入性粉じん量の割合 = ろ紙上の粉じん量 (mg) / ろ紙 + 衝突板上の粉じん量 (mg)

..... (式 4.5)

6.4.2(c) 実験結果

4 回分の実験結果を表 3.9～表 3.12 に示す。また、吸入性粉じん量割合をまとめた結果を図 3.7 に示す。

表 3.9 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]	ろ紙粉じん量[mg]	衝突板粉じん量[mg]	吸入性粉じん割合
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 3.10 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]	ろ紙粉じん量[mg]	衝突板粉じん量[mg]	吸入性粉じん割合
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 3.11 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]	ろ紙粉じん量[mg]	衝突板粉じん量[mg]	吸入性粉じん割合
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 3.12 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]	ろ紙粉じん量[mg]	衝突板粉じん量[mg]	吸入性粉じん割合
2.5	0.78	1.98	0.28
2.4	0.78	1.88	0.29
2.3	0.81	1.73	0.32

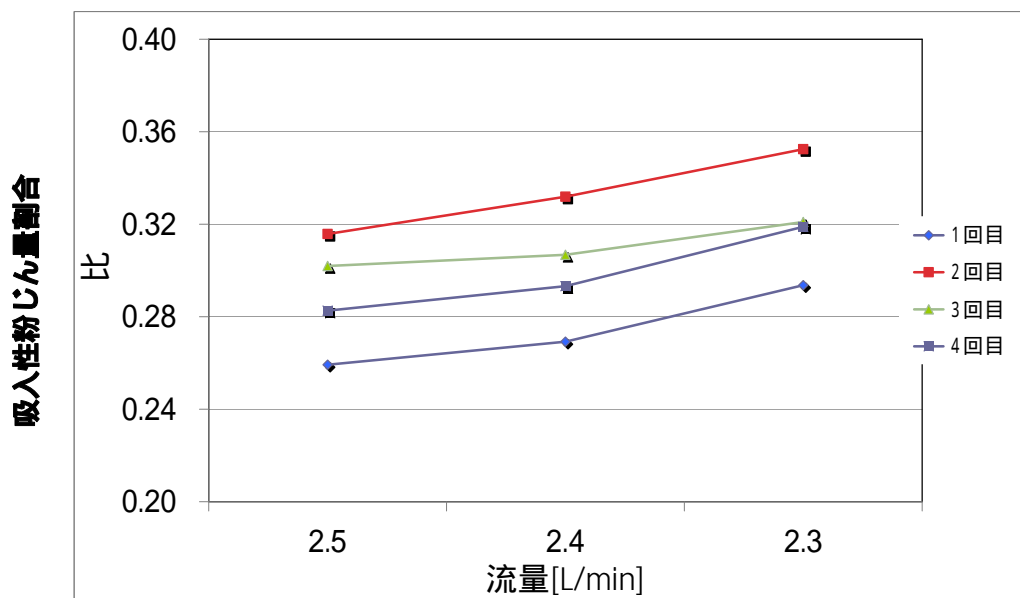


図 3.7 吸入性粉じん量割合の結果(4 回分)

表 3.9～表 3.12 及び図 3.7 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、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。

6.5 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

6.5.1 改良型 MP-3 型吸引ポンプ使用における実験

6.5.1(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 3.8 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- 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- 3 吸引ポンプをメーカーと共同で改良を行った。MP- 3 型吸引ポンプ改良のポイントは、MP- 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 $\pm 20\%$ 以上から $\pm 4\%$ 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- 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- 3 吸引ポンプを用いて個人ばく露濃度測定を行えば、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 3 吸引ポンプの外観図を図 3.9 に示す。

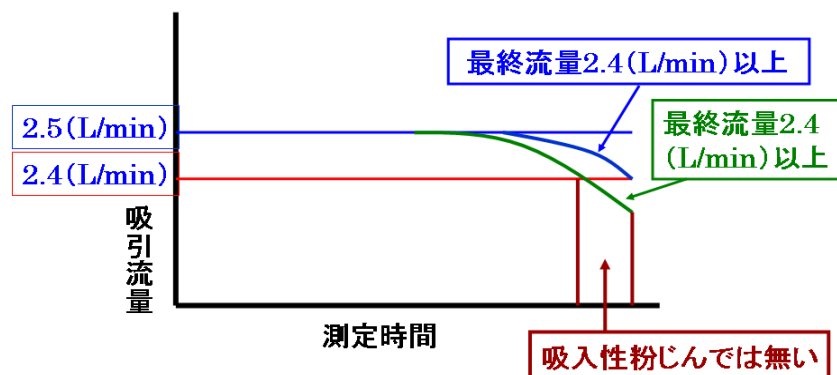


図 3.8 吸引流量と吸入性粉じんの関係



図 3.9 改良型 MP- 3 吸引ポンプの外観図

6.5.1(b) 実験方法

実験方法に関しては 6.4.1(b)と変わらないが、今回は改良型 PM- 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。

6.5.1(c) 実験結果

3 回分の実験結果を表 3.13 ~ 3.18 に示す。

表 3.13 改良型 MP- 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 3.14 改良型 MP- 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 3.15 改良型 MP- 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 3.16 改良型 MP- 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 3.17 改良型 MP- 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 3.18 改良型 MP- 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 3.10 に示す。図 3.10 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。

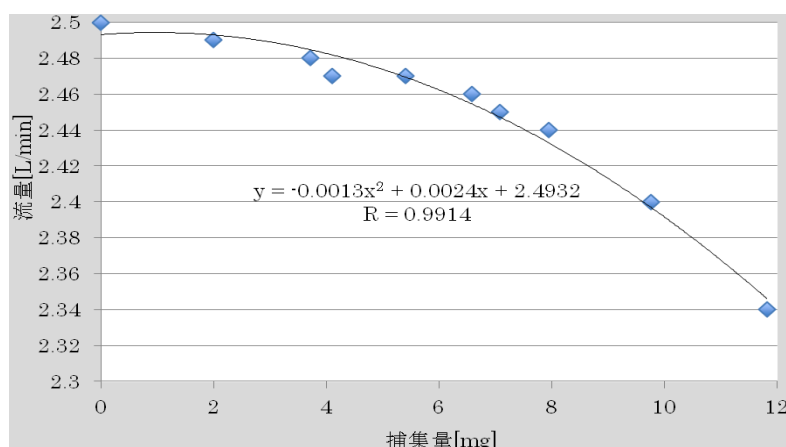


図 3.10 粉じん捕集量と通過前流量の関係

そこで、表 3.13 から表 3.18 より、改良型 PM- 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- 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。

6.6 まとめ

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、アロゾナロードダスト、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、アロ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 型個人サンプラー（以下、NWPS-254 と略す）の測定に用いる MP- 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- 3 吸引ポンプをメーカーと共同で改良を行った。

そこで、NWPS-254 型個人サンプラー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- 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 秒以内に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- 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。

測定終了後、PM- 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。

測定終了後、PM- 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- 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- 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する。