

4 . 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

4.1 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現場担当者からの連絡を受けたが、最終的には、荷主の許可が得られず見学することも出来なかった。

そこで、船倉内の荷役作業時に石炭や鉱石などの積み荷が少なくなると、アンローダのグラブバケットによる積荷の陸揚げ作業の効率が悪くなるので、スコップや箒で船底の積荷をグラブバケット付近にかき寄せて、より多くの積荷を搬出するための作業を行う。その作業は、今回測定対象としている荷役作業終了後の清掃作業と同様な作業なので、その作業時の粉じん濃度測定の結果について、昭和 57 年に実施した古い測定結果ではあるが、清掃作業に伴う粉じん濃度の実態を知るための参考になると考えて、ここに当時の測定結果を報告する。ただし、当時の測定対象である吸入性粉じんは、分粒特性が現在の「4 μm 、50%cut」ではなく、「5 μm 、50%cut」であるため、現在とは測定された粉じん濃度が、若干異なっている。

4.2 作業状況

船倉内の荷役作業時の作業状況の内、鉱石専用運搬船の船底でアンローダのグラブバケット付近にスコップを用いて銅精鉱をかき寄せる作業状況を図 4.1 に示す。また、石炭専用運搬船の船底で石炭搬送作業終了後に石炭を箒により掃き寄せる清掃作業状況を図 4.2 に示す。



図 4.1 船倉内で船底の銅精鉱をスコップにてかき寄せる作業の状況

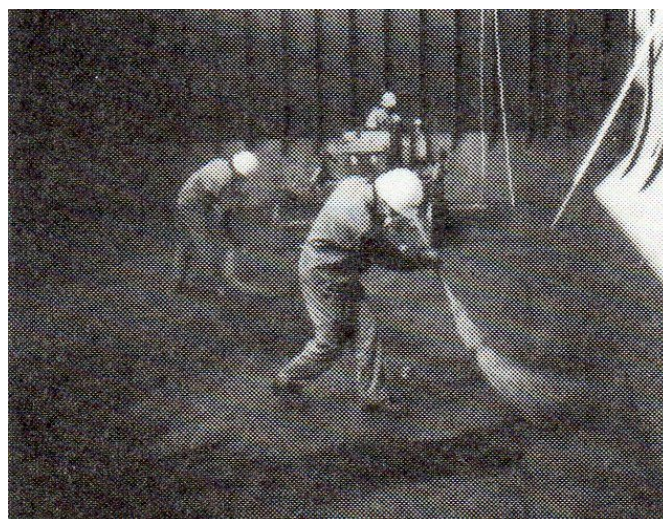


図 4.2 船倉内で船底の石炭を箒により掃き寄せる清掃作業の状況

4.3 測定方法

1) 作業現場の粉じん濃度測定

分粒特性 $5\ \mu\text{m}$ 、50%cut の労研TRダストサンプラーを用いて、作業場所の作業者周辺の粉じん濃度測定を行った。

2) 粉じんばく露濃度測定

分粒特性 $5\ \mu\text{m}$ 、50%cut の労研個人TRダストサンプラーを作業者の胸元に固定し、作業者の粉じんばく露濃度測定を行った。

3) 作業に伴い発生する粉じん濃度の時間的変動状況の測定

デジタル粉じん計 (P-5H型) を測定者が持って、出来るだけ作業の障害にならない程度に作業者の近くで、作業時の発生する粉じん濃度の時間的変動状況測定を行った。この測定は、当時最先端の測定であった。その方法は、デジタル粉じん計の出力端子をテープレコーダーに接続し、粉じん濃度に対応した電気的パルスを手紙に記録する。これを研究室に持ち帰り、コンピューターで処理して、10秒間の積算カウント数を計測して10秒単位で粉じん濃度の時間的変動を求めた。

4.4 作業時の粉じん濃度測定結果

4.4.1 船倉内で掻き落とし、かき寄せ及び清掃作業時の作業環境粉じん濃度

アンローダのグラブバケットによる陸揚げ作業を行っている船倉内の積荷毎の作業環境の粉じん濃度測定結果を表 4.1 に示す。また、労研TRダストサンプラーのろ紙に捕集された粉じん中の遊離けい酸含有率をX線回折直接法で求めた。また、管理濃度Eは、当時の管理濃度を求める式 $E=2.9 / (0.22Q + 1)$ より求めた。

表 4.1 積荷毎の作業環境の粉じん濃度測定結果

荷揚げ物質	粉じん濃度	遊離けい酸	管理濃度	管理濃度越え有無
大豆	4.89 (mg/m ³)	13.3 (%)	0.74 (mg/m ³)	管理濃度越え
石炭 (湿潤状態)	1.46 (mg/m ³)	1.2 (%)	2.29 (mg/m ³)	管理濃度以下
ポーキサイト	6.56 (mg/m ³)	1.9 (%)	2.05 (mg/m ³)	管理濃度越え

表 4.1 より、大豆の場合は、大豆を船倉に搬入する時点で大豆を収穫するときに付着した粉じんが大豆には付着している。そのため、大豆に付着して持ち込まれた粉じんが搬出作業時に大豆から落ちて、船底には多くの粉じんが堆積している。そのため、船底での作業時には粉じんが環境中に飛散するため、作業環境中の遊離けい酸含良率が高くなった。また、作業環境の粉じん濃度は、荷役作業が終盤近くなってから、船底に降りて測定を開始しているので、積荷の掻き落とし作業、スコップや箒で船底の積荷をグラブバケット付近にかき寄せてる作業及び箒により清掃作業が含まれており、本調査の目的である荷役作業終了後の清掃作業だけの作業環境濃度では無い。

4.4.2 船倉内で掻き落とし、かき寄せ及び清掃作業時の作業者の粉じんばく露濃度

アンローダのグラブバケットによる陸揚げ作業を行っている船倉内の積荷毎の作業者の粉じんばく露濃度測定結果を表 4.2 に示す。また、労研個人TRダストサンプラーのろ紙に捕集された粉じん中の遊離けい酸含有率を X 線回折直接法で求めた。また、管理濃度 E は、当時の管理濃度を求める式 $E=2.9 / (0.22Q + 1)$ より求めた。

表 4.2 船倉内の積荷毎の作業者の粉じんばく露濃度測定結果

荷揚げ物質	粉じん濃度	遊離けい酸	管理濃度	管理濃度越え有無
大豆	5.69 (mg/m ³)	8.2 (%)	1.04(mg/m ³)	管理濃度越え
コーン	18.70(mg/m ³)	2.3 (%)	1.93(mg/m ³)	管理濃度越え
ポーキサイト	3.09 (mg/m ³)	1.9 (%)	2.05(mg/m ³)	管理濃度越え
石炭 (湿潤状態)	1.45 (mg/m ³)	1.7 (%)	2.11(mg/m ³)	管理濃度以下
銅鉱石 (湿潤状態)	1.21 (mg/m ³)	2.3 (%)	1.93(mg/m ³)	管理濃度以下

表 4.2 より、コーンの搬出作業の場合は、大豆の作業と同様で、コーンに付着して持ち込まれた粉じんが搬出作業時にコーンから落ちて、船底にたまることで、作業環境中の遊離けい酸含良率が高くなった。また、作業者の粉じんばく露濃度は、荷役作業が終盤近くなってから、船底に降りて、作業者に労研個人TRダストサンプラーを装着した後に測定を開始しているので、積荷の掻き落とし作業、スコップや箒で船底の積み荷をグラブバケット付近にかき寄せてる作業及び箒により清掃作業が含まれており、本調査の目的である荷役作業終了後の清掃作業だけの作業者の粉じんばく露濃度では無い。

表 4.2 より、湿潤状態の石炭及び銅鉱石の搬出作業以外は、管理濃度を超える粉じん濃度に作業者がばく露していた。測定時に船底に堆積した石炭及び銅精鉱を採取し、採取試料中の含水率を求めた結果、石炭は 10.7 (%) で、銅精鉱は 4.1 (%) であった。

4.4.3 船倉内で掻き落とし、かき寄せ及び清掃作業時の作業員周辺の粉じん濃度の時間的変動状況

デジタル粉じん計 (P-5H 型) を測定者が持って、出来るだけ作業の障害にならない程度に作業員近くで粉じん濃度の時間的変動状況測定を行った。

1) ボーキサイトをかき寄せる等の清掃作業時作業員周辺の粉じん濃度の時間的変動状況

船倉内におけるボーキサイトをかき寄せる等の清掃作業時作業員周辺の粉じん濃度の時間的変動状況を図 4.3 に示す。但し、図 4.3 の縦軸の 100 (dust count) は、粉じん濃度に換算すると約 1.5 (mg/m³) の粉じん濃度に相当する。

図 4.3 より、箒により掻き寄せ作業の濃度が著しく高濃度であることから、船倉内の荷役作業終了後の清掃作業も同様に、清掃作業時の作業員の粉じんばく露濃度が高いことが予想される。

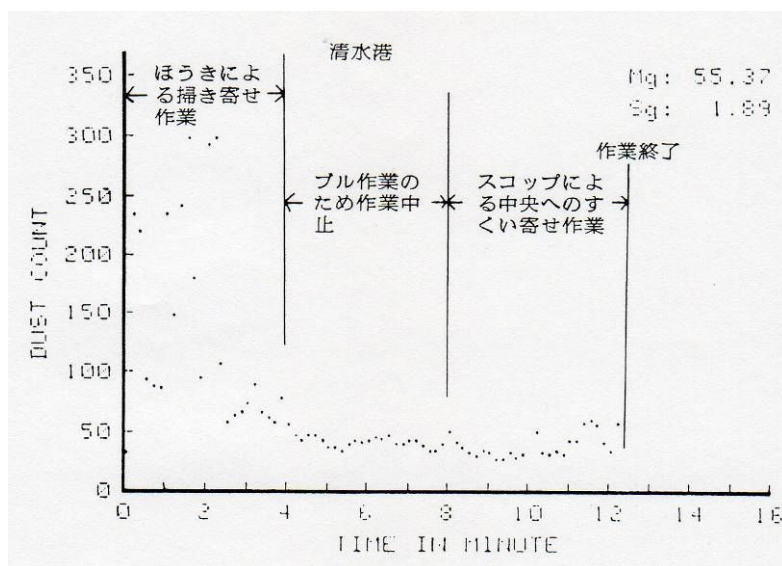


図 4.3 船倉内におけるボーキサイトをかき寄せる等の清掃作業時作業員周辺の粉じん濃度の時間的変動状況

2) 船底の銅精鉱を箒及びスコップでかき寄せる等の作業時、作業環境測定を行っている地点での粉じん濃度の時間的変動状況

船倉内における銅精鉱搬出作業時、船底の銅精鉱を箒及びスコップでかき寄せる等の作業を行っている地点での粉じん濃度の時間的変動状況を図 4.4 に示す。但し、図 4.4 の縦軸の 100 (dust count) は、図 4.3 と同様、粉じん濃度に換算すると約 1.5 (mg/m³) の粉

じん濃度に相当する。

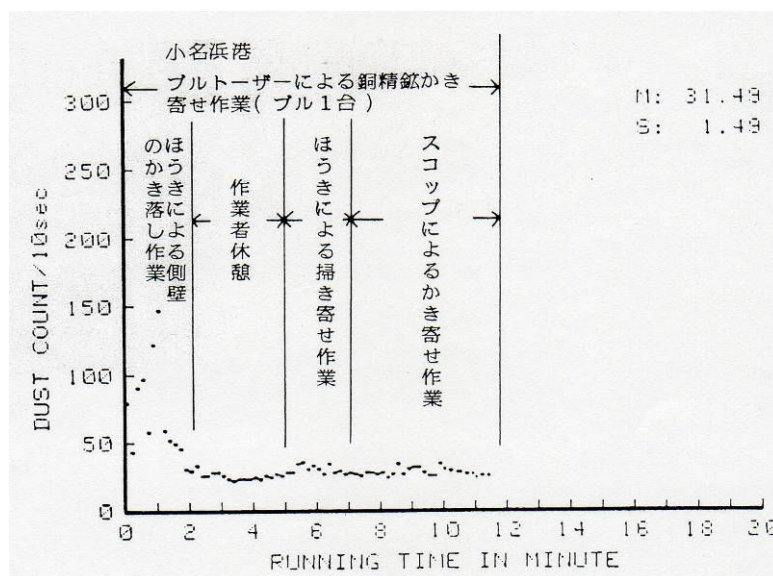


図 4.4 船倉内における銅精鉱搬出作業時、船底の銅精鉱を箒及びスコップでかき寄せ等の作業を行っている地点での粉じん濃度の時間的変動状況

図 4.4 より、ボーキサイトと比べて箒による掃き寄せ作業の濃度は、 $0.75 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ 以下の濃度であった。これは、銅精鉱が塊状であること、さらに、船底に堆積した銅精鉱粉じん中の含水率が $4.1 \text{ (}\%)$ であり、作業環境中に飛散しにくい状況にあること、また、作業者周辺ではなく作業環境測定を行っている地点での測定のため、作業者周辺に比べて作業に伴い飛散する粉じんが作業環境測定を行っている地点では少なかったことが予想される。

3) 銅精鉱搬出作業時、船底の精鉱を箒及びスコップでかき寄せ等の作業を行う作業者周辺の粉じん濃度の時間的変動状況

船倉内における銅精鉱搬出作業時、船底の精鉱を箒及びスコップでかき寄せ等の作業を行う作業者周辺の粉じん濃度の時間的変動状況を図 4.5 に示す。但し、図 4.5 の縦軸の 100 (dust count) は、図 4.3 と同様、粉じん濃度に換算すると約 $1.5 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ の粉じん濃度に相当する。

図 4.5 より、作業者周辺の粉じん濃度測定であるが、箒により掃き寄せ作業は、 $0.75 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ 以下の濃度であった。これは、銅精鉱が $4.1 \text{ (}\%)$ の水分を含んだたい積粉じんであったこと及び銅精鉱そのものが塊状の鉱石であるため、船底に堆積した粉じん中に占める吸入性粉じんが少なかったことが予想され、総合的に判断して粉じんが作業環境中に飛散することが考えにくい状況にも関わらず、 $0.75 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ 以下の濃度ではあるが、粉じんが作業環境中に飛散していることは作業者に対して何らかの防じん対策を行う必要の有ることを示唆していると考えられる。

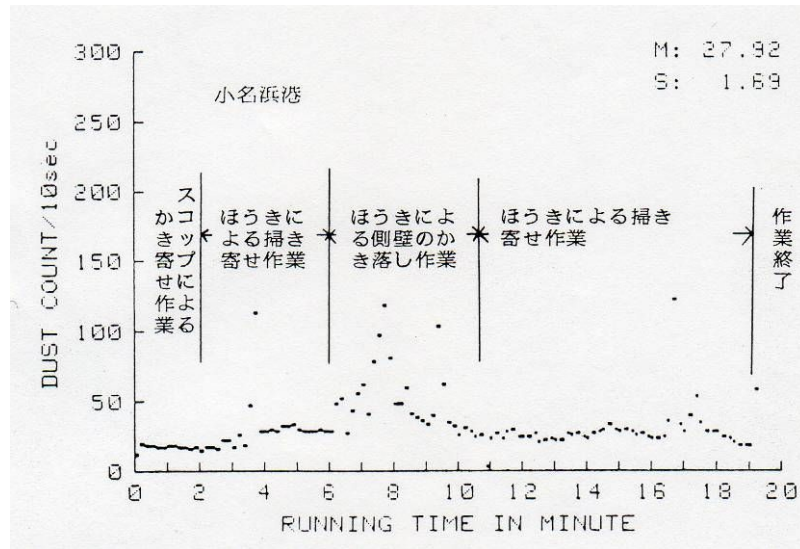


図 4.5 船倉内における銅精鉱搬出作業時、船底の銅精鉱を箒及びスコップでかき寄せる等の作業を行う作業員周辺の粉じん濃度の時間的変動状況

4.5 まとめ

粉じん濃度測定結果は、船倉内での荷役作業工程の後半部分に行う、スコップや箒で船底の積み荷をグラブバケット付近にかき寄せてる作業時の粉じん濃度測定で、調査対象である荷役作業後の清掃作業ではないが、作業工程に荷役作業終了後の清掃作業と同様な作業が行われており、この結果から、清掃作業により作業員は、高濃度の粉じんにはく露する可能性が示唆され、防じんマスクの着用が必要な作業と考えられる。

5 .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

5.1 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粉じん計 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 5.1 に示す。

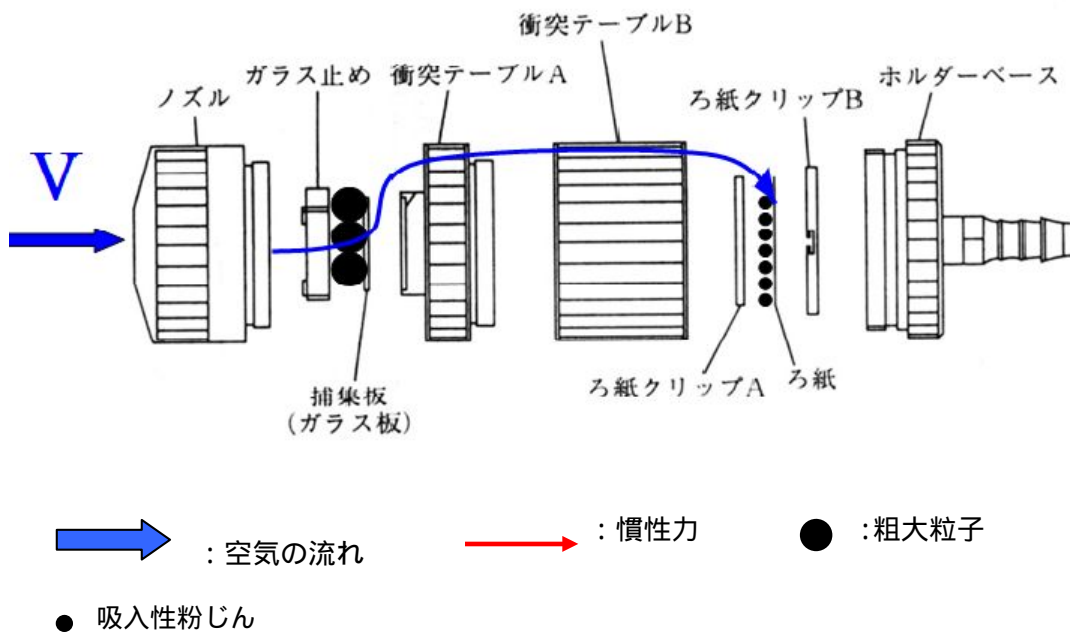


図 5.1 NWPS-254 の内部構造の概略図

5.2 相対濃度計 LD-5 及び LD-3K2 の器差確認実験

5.2.1 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。

5.2.2 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 5.2 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 5.2 器差確認実験の実験風景

5.2.3 実験結果

10 回分の実験結果を表 5.1 に示す。

表 5.1 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 5.2 に示す。カウント比は式 4.1 により求めた。

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

表 5.2 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 5.2 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 5.3 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

5.3 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

5.3.1 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。

5.3.2 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 5.3 に、実験風景を図 5.4 に示す。

30 分間の測定結果のカウント数に、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。

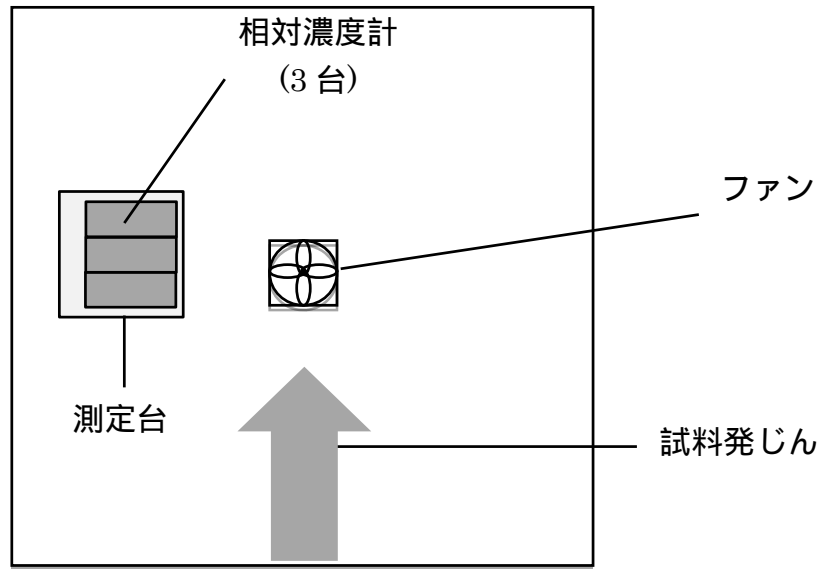


図 5.3 ダストチャンバー内の概略図(1.4[m] × 1.4[m] × 高さ 3.0[m])



図 5.4 濃度均一性確認実験の実験風景

5.3.3 実験結果

10 回分のカウント数の測定結果を表 5.4 に示す。また、表 5.4 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 4.5 に示す。

表 5.4 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 5.5 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 5.5 の値から誤差を算出した結果を表 5.6 に示す。

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

表 5.6 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 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- 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きているため、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。

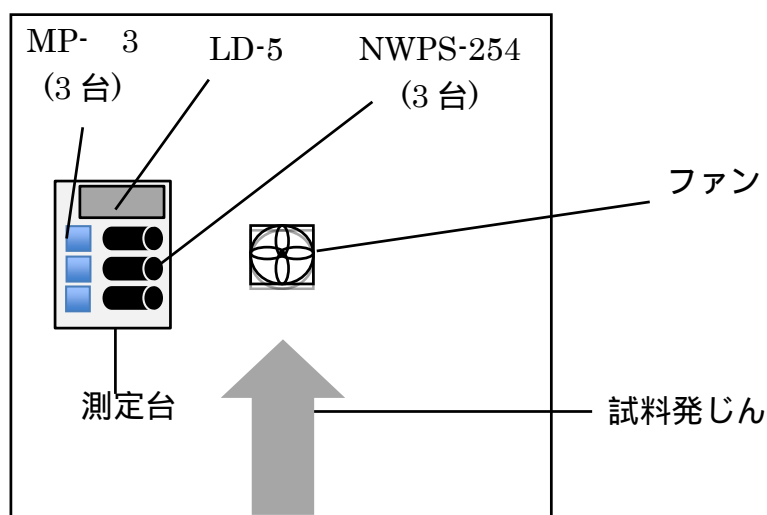


図 5.5 ダストチャンバー概略図

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、タルクと砕石試料を用いた。砕石試料とは実際の砕石現場で発生した粉じんを集めた試料のことで、以降砕石試料と記載する。タルクと砕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。

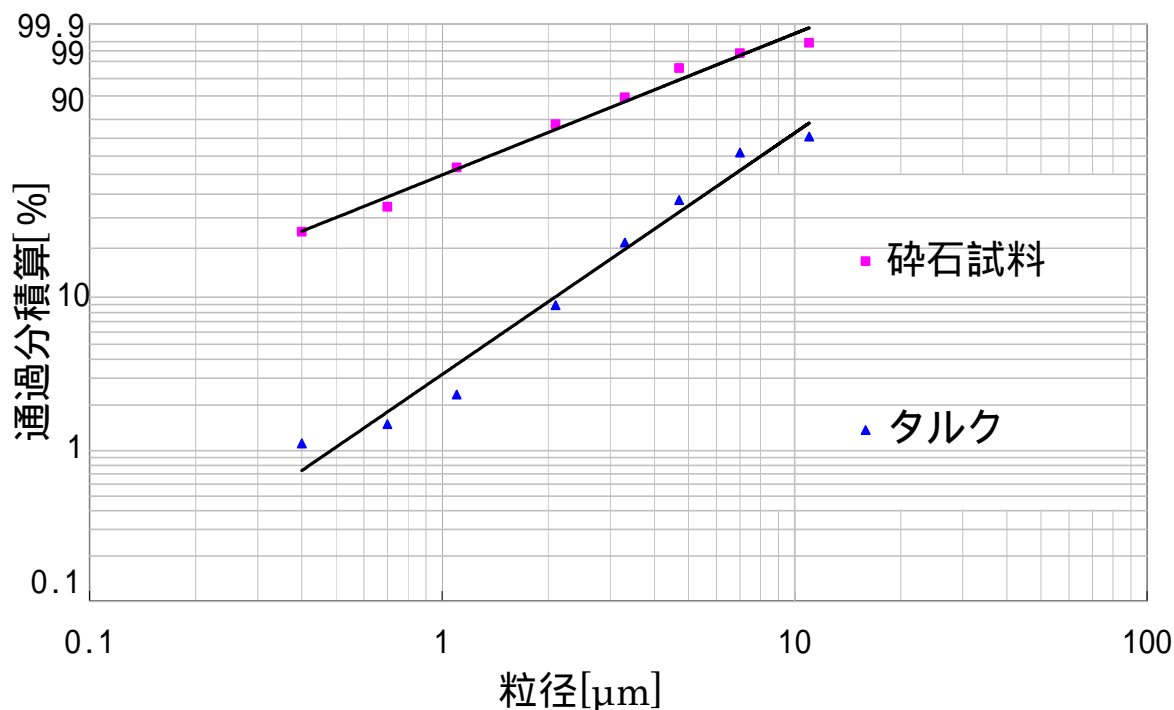


図 5.6 Rosin-Rammler 線図

比 = No.2、No.3 の質量濃度 (mg / m 3) / No.1 の質量濃度 (mg / m 3) (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。

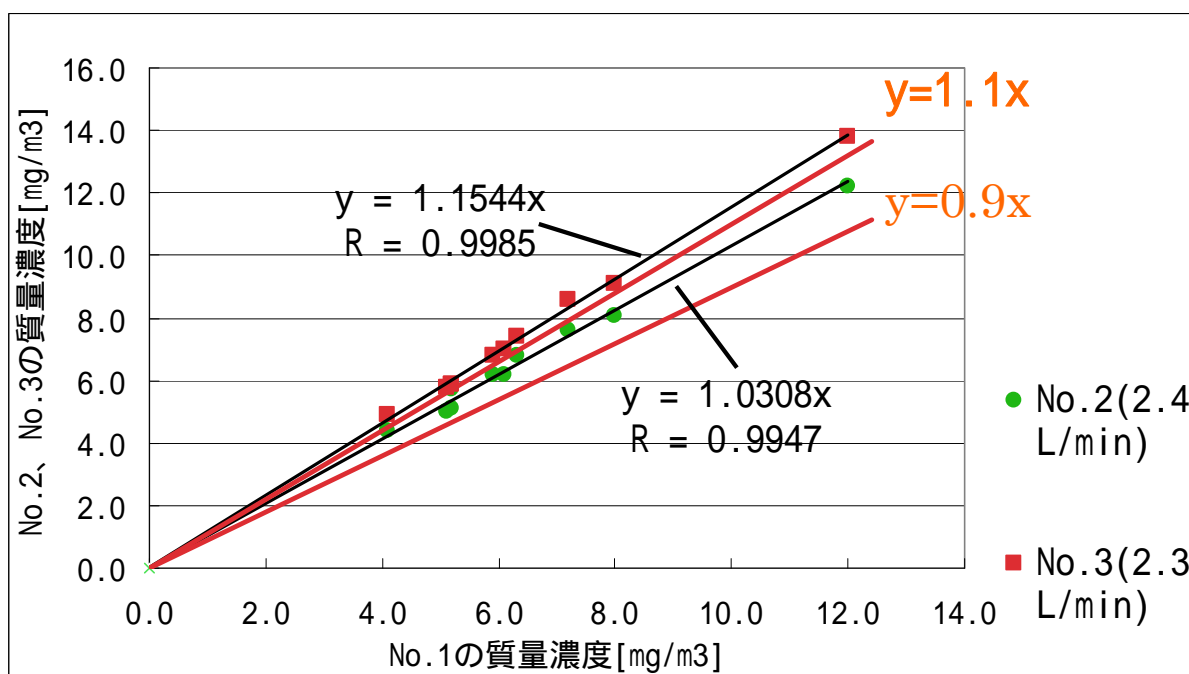


図 5.7 タルクの実験結果(10 回分)

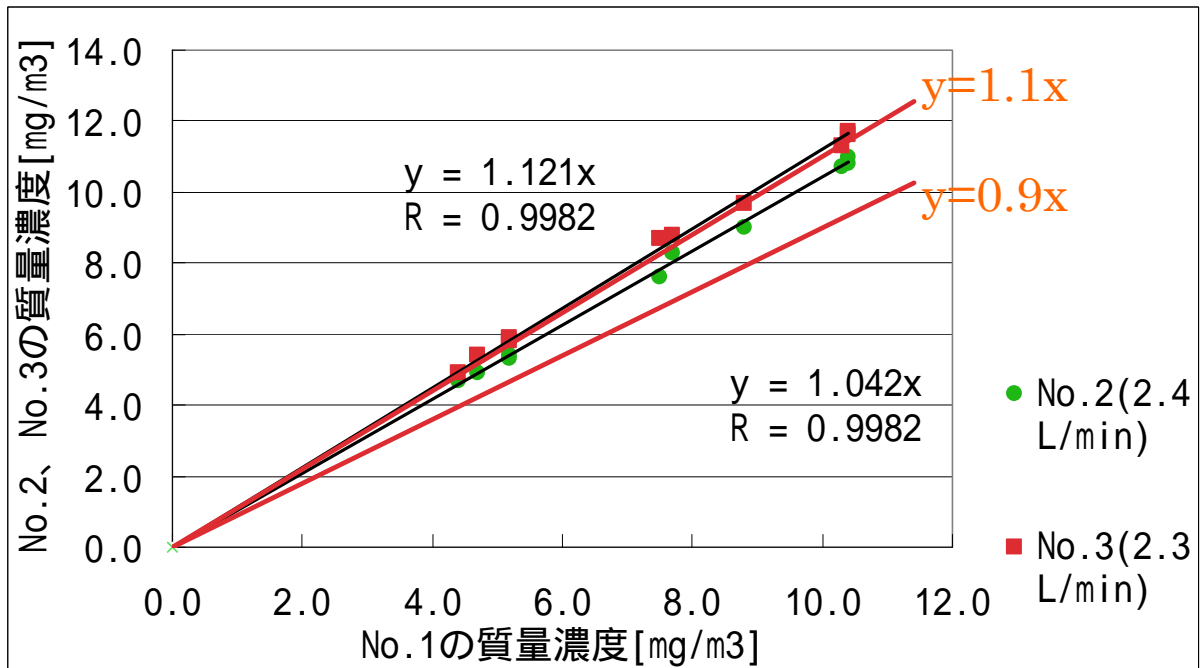


図 5.8 砕石試料の実験結果(10 回分)

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

吸入性粉じん量割合

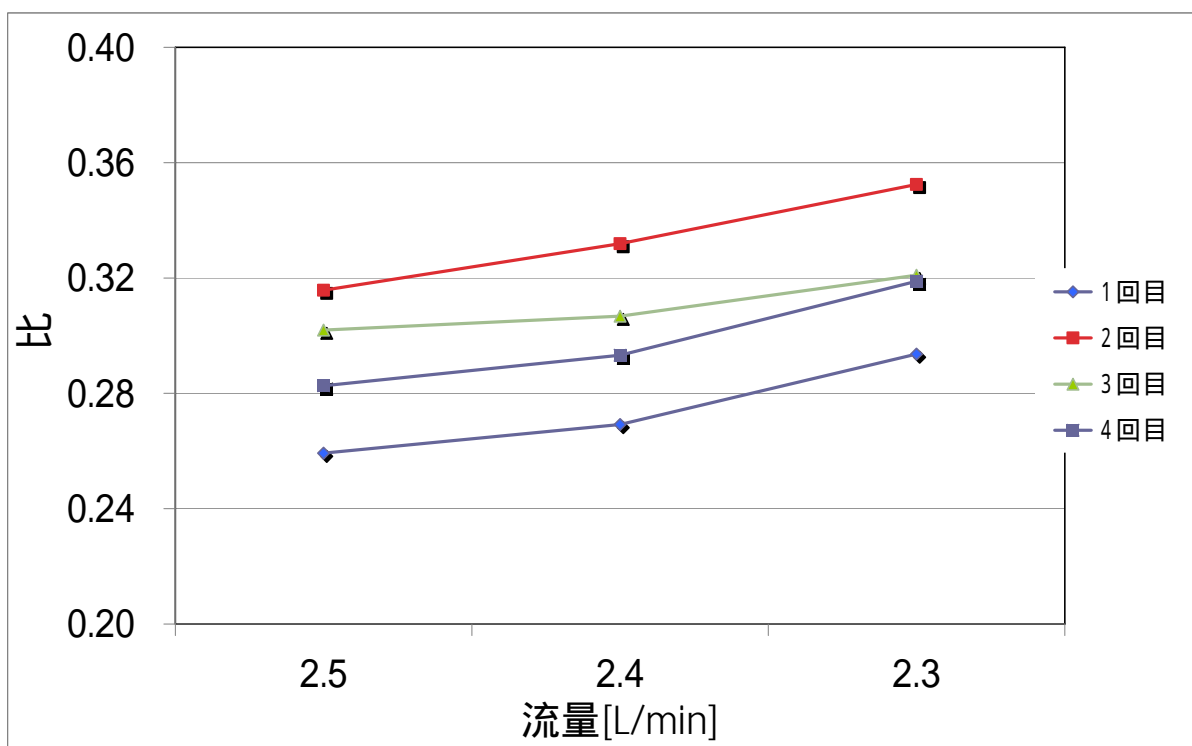


図 5.9 吸入性粉じん量割合の結果(4 回分)

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、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-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]を下回っていなくても、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こと、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-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MP-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MP-3吸引ポンプの外観図を図5.11に示す。

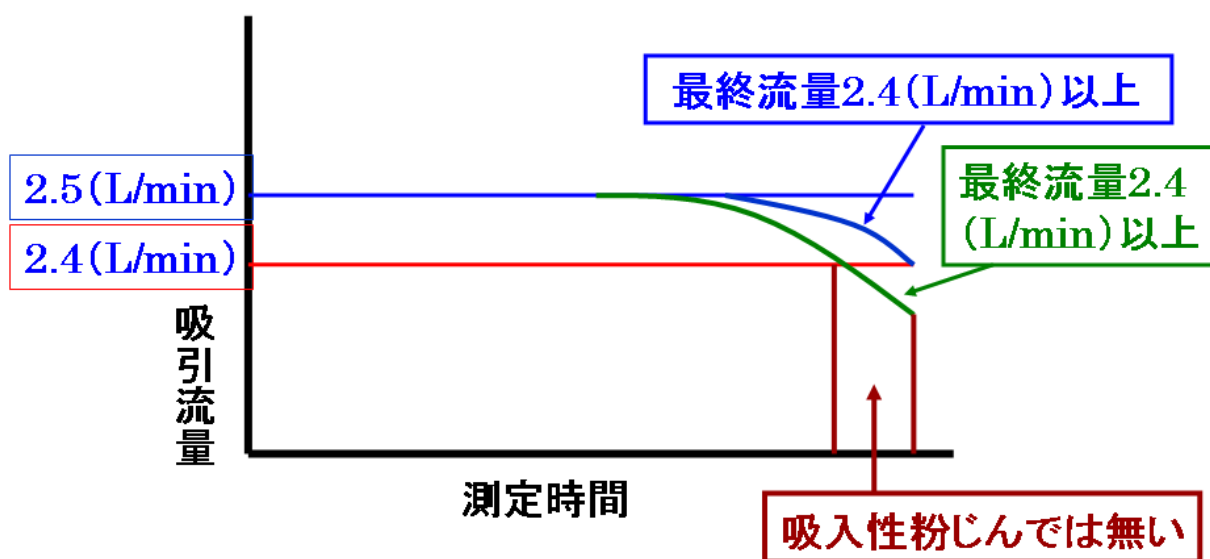


図 5.10 吸引流量と吸入性粉じんの関係



図 5.11 改良型MP-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- 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- 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- 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- 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- 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- 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- 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。

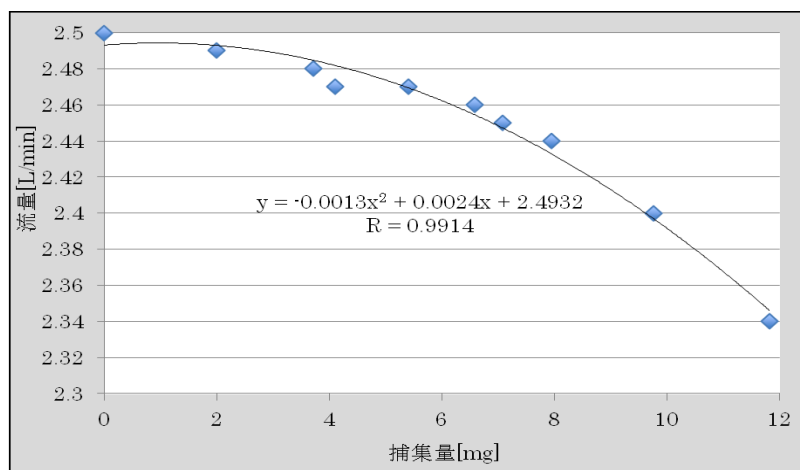


図 5.12 粉じん捕集量と通過前流量の関係

そこで、表 5.13 から表 5.18 より、改良型 PM-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。

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- 3 型吸引ポンプ（柴田科学社製）自体が停止する改良型 MP- 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- 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- 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して、測定結果を破棄する。