

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①	4.98	0.72	○*
作業②	6.42	0.72	○



図 5.24 船底での清掃作業状況 (その 1)

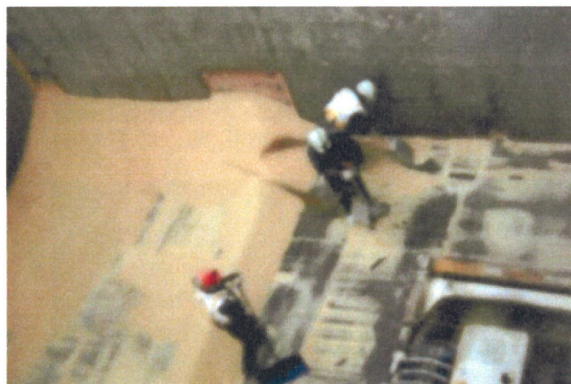


図 5.25 船底での清掃作業状況 (その 2)

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	①	0.80	0.07	○
B 社	①	1.10	0.07	○
	②	0.32	0.07	○
	③	0.20	0.07	○
C 社	①	0.31	0.51	○*
	②	0.66	0.51	○
	③	0.06	0.51	×
	④	0.98	0.51	○
	⑤	0.39	0.51	○*
D 社	①	4.98	0.72	○*
	②	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、管理濃度を超えていると判断した。

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		91%	10/11
0.64 (3.86)	0.06~6.42	0.07~0.72		

表 5.2 に示すように 91% (10/11) の作業で管理濃度を超えていた。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。

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。

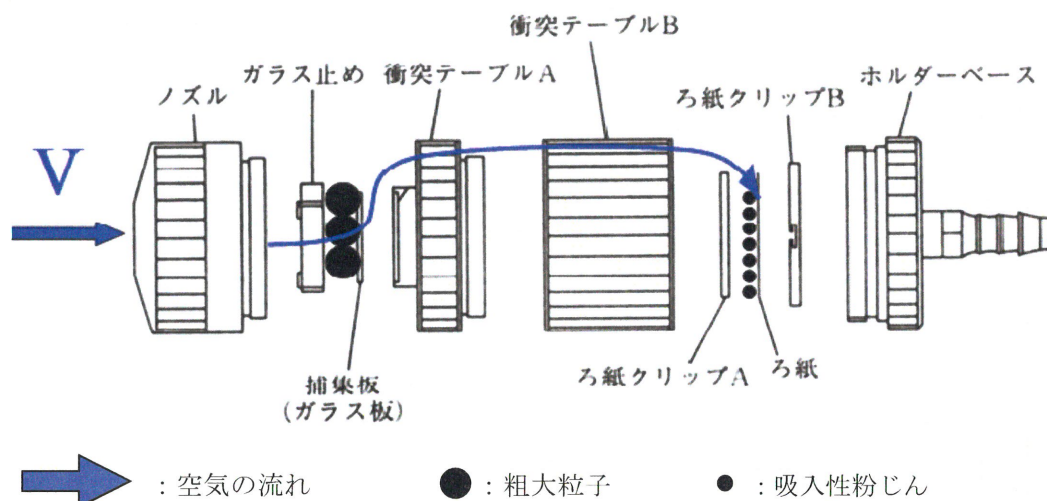


図 2.1 NWPS-254 の内部構造の概略図

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±10%以内であれば、発じんした粉じんが測定台上に均一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。

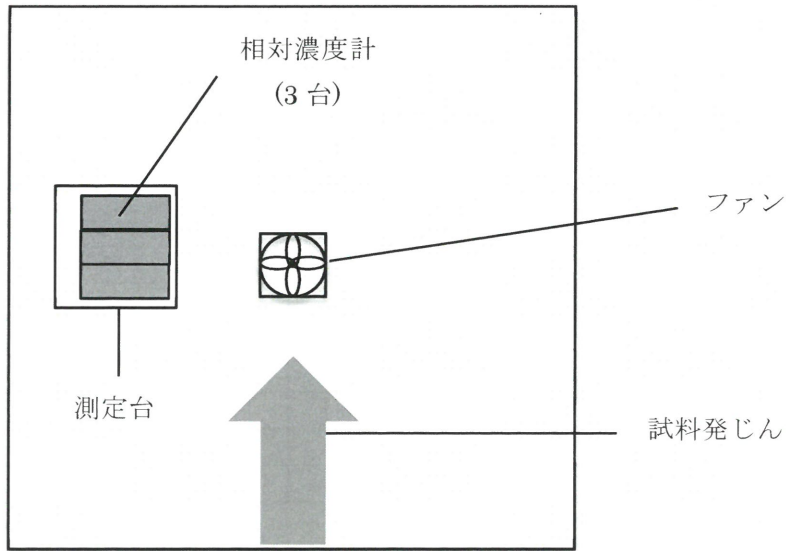


図 3.1 ダストチャンバー内の概略図(1.4[m]×1.4[m]×高さ 3.0[m])



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-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。

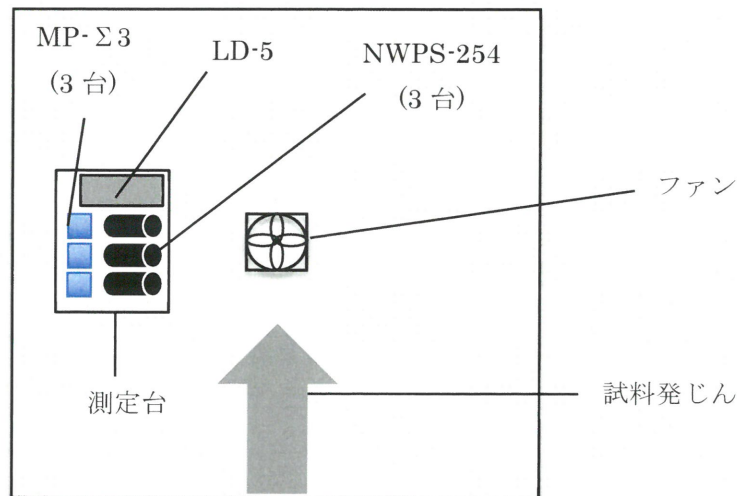


図 3.3 ダストチャンバー概略図

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。

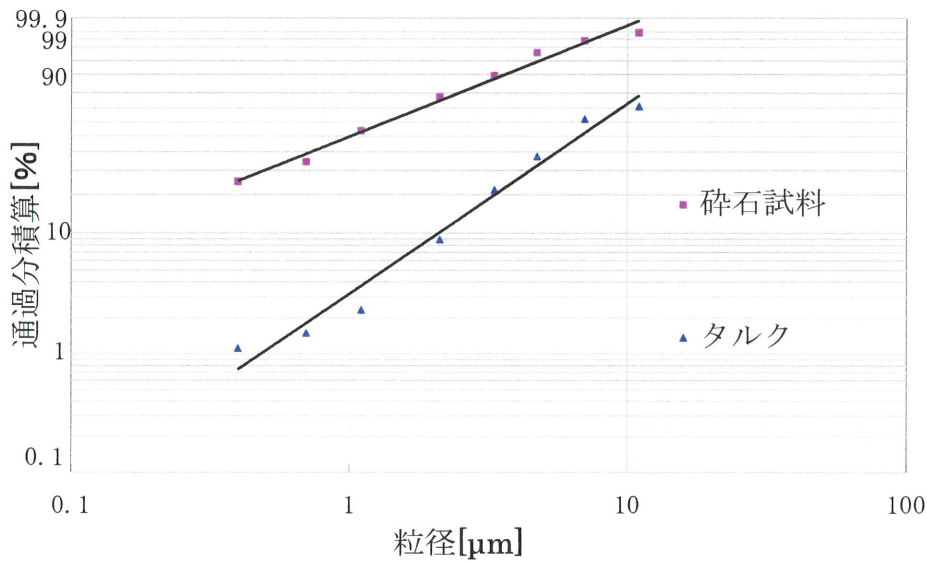


図 3.4 Rosin-Rammler 線図

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

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
--	--------	------	--------

タルク及び碎石試料の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。

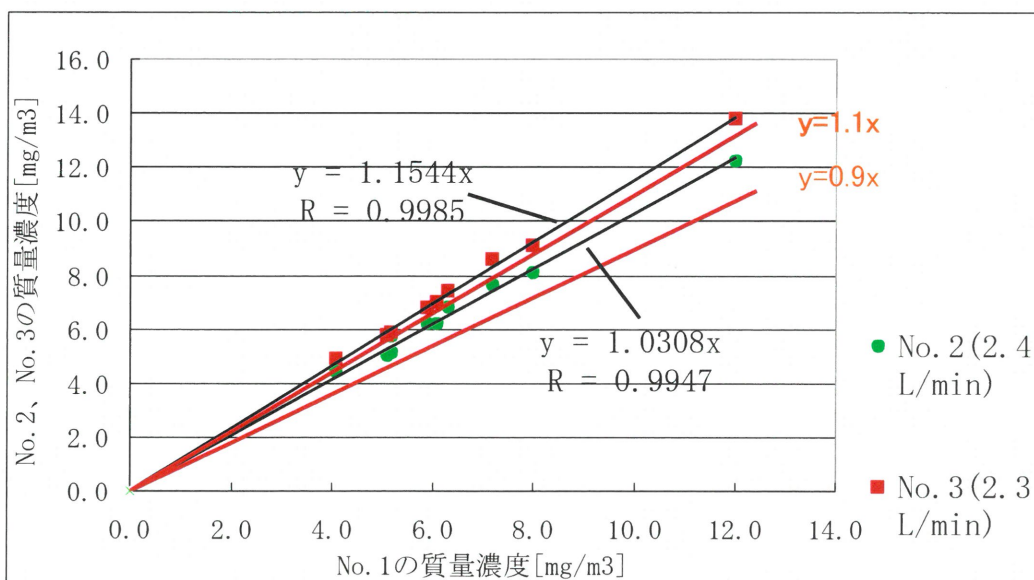


図 3.5 タルクの実験結果(10回分)

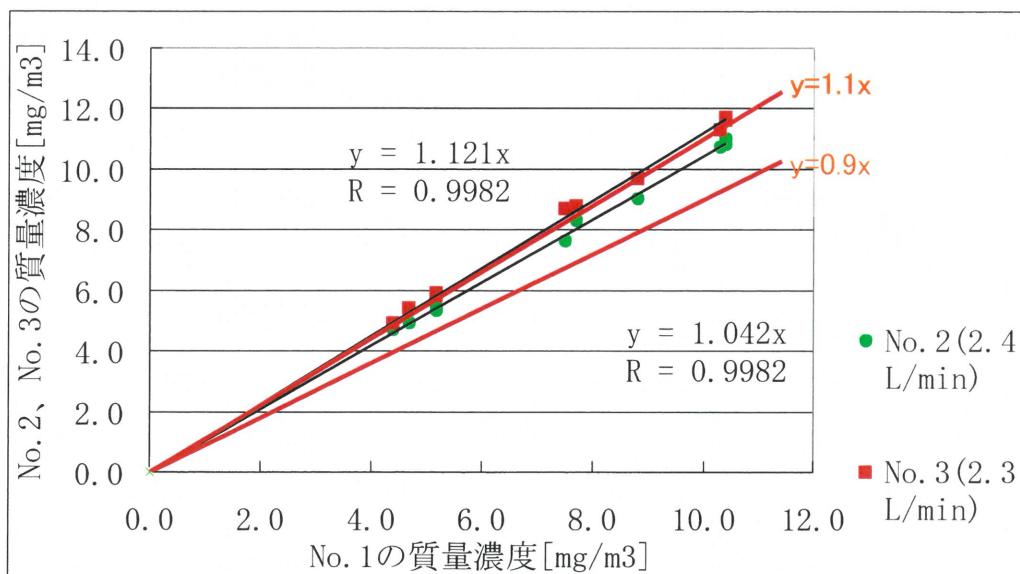


図 3.6 碎石試料の実験結果(10回分)

タルク、碎石試料の結果共に、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