

## 2. 屋外の鉱物等を動力により破碎する作業

### 2.1 目的

本測定調査の目的は、別表第 1 に掲げられた作業（以下、粉じん作業）の中から、今後新たに別表第 2 及び別表第 3 に追加すべき可能性のある作業について粉じんばく露リスク調査を行った。

具体的に測定対象とした作業は、別表第 1 第 8 号「鉱物等、炭素原料又はアルミニウムはくを動力により破碎し、粉碎し、又はふるい分ける場所における作業（第 3 号、第 15 号又は第 19 号に掲げる作業を除く。）。ただし、水又は油の中で動力により破碎し、粉碎し、又はふるい分ける場所における作業を除く。」（以下、鉱物等破碎作業と略す）の作業のうち、鉱物等を動力により破碎し、粉碎し、又はふるい分ける場所における作業に該当する作業を屋外において手持ち削岩機等を用いて鉱物等の小割りする作業を調査対象とした。

本現場調査ではこれらについて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。

### 2.2 調査対象現場の現状

従来は砕石場等で大きな岩石を手持ちの破碎機で小さく砕いて、クラッシャー等に投入していたが、現在は大型重機の発展や大型クラッシャーの導入で、こうした作業が行われなくなってきたのが現状である。

こうした作業は、現在石材加工場などで、大きな鉱石（花崗岩）等を墓石や外壁等の目的に応じた小さな鉱石にするために小割り作業として残っているのが現状である。

ただ、小割り作業も海外からの鉱石等の輸入に伴い目的に合ったサイズに加工されて輸入されるため、一般に、鉱石の山を持ち、自前で小割するごく限られた石材場、例えば、高松の庵治地区、茨木の真壁地区等で行われている。

そのため測定可能環境が少なく、小割り作業を行う事業所も従業員 3、4 名の小規模事業場のためなかなか事業場からの測定の許可が得られにくい現状のため、やっと 2 事業所で測定行うことが出来た。

### 2.3 調査方法

#### 2.3.1 調査対象の作業および事業場

測定対象とした作業は、鉱物等破碎作業のうち、石材事業場の屋外における手持ち削岩機で岩石小割りして土木工事用の組石を作る作業と大きな石材を墓石のサイズに小割りする作業である。

調査は以下の 2 つの事業場において行った

A 社（石材業）

B 社（石材業）

### 2.3.2 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～ 1 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

### 2.3.3 評価方法

評価方法は、粉じんばく露濃度と管理濃度との比較で判断した。つまり、粉じんばく露濃度の幾何平均値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の幾何平均値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。

## 2.4 調査結果

### 2.4.1 A 社

作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 2.1 に、また作業者の粉じんばく露濃度変動状況を図 2.2 に、その 10 分間移動平均値の変動状況を図 2.3 に、作業者の粉じんばく露濃度変動状況を図 2.4 に、その 10 分間移動平均値の変動状況を図 2.5 にそれぞれ示す。測定中の小割り作業風景を図 2.6、図 2.7 及び図 2.8 にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 11.8%であり、管理濃度は  $0.20\text{mg}/\text{m}^3$  であった。

表 2.1 A 社の粉じんばく露濃度測定結果

	粉じんばく露濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	管理濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	管理濃度超え (超えれば)
作業者	1.06	0.20	
作業者	0.62	0.20	

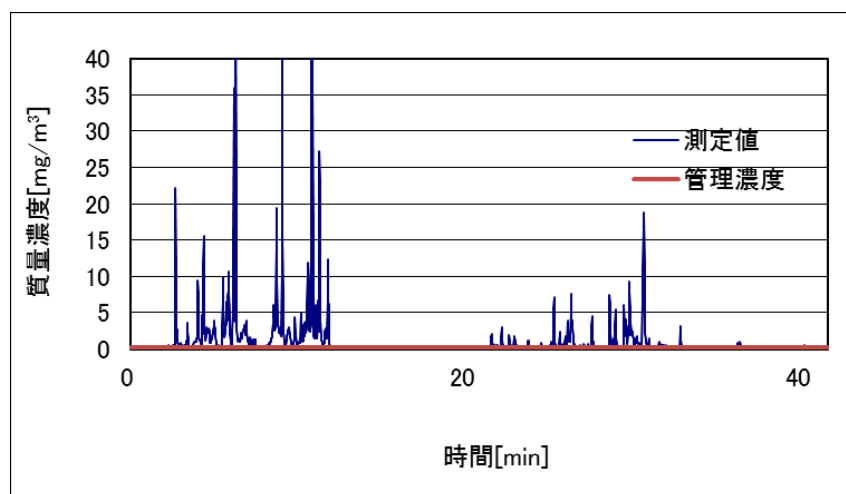


図 2.2 作業者 の粉じんばく露濃度変動状況

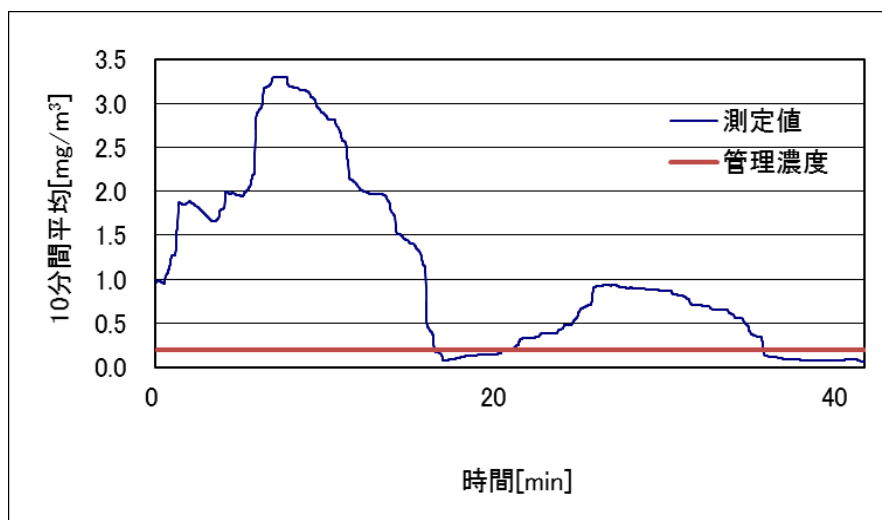


図 2.3 作業者 の粉じんばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)

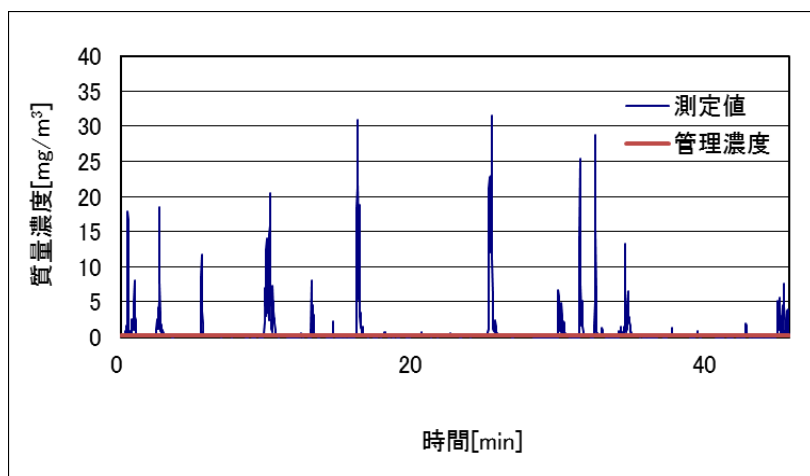


図 2.4 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

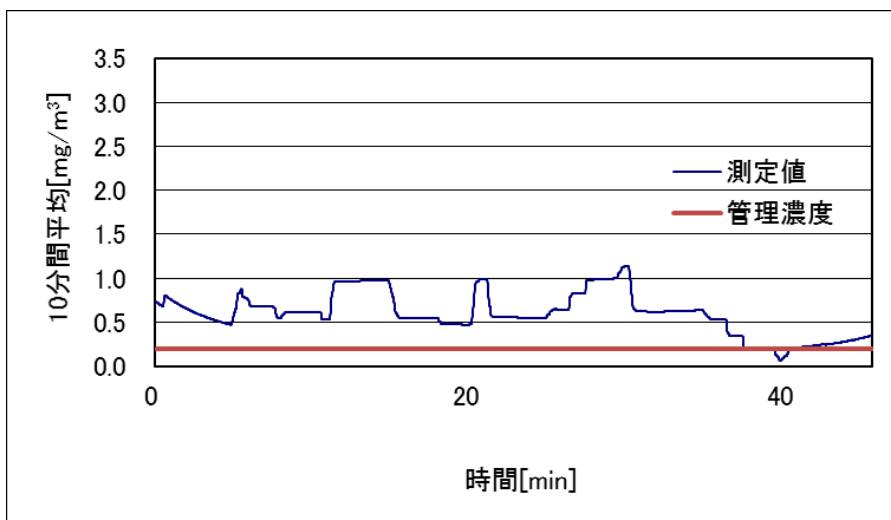


図 2.5 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10分間移動平均値）



図 2.6 小割り作業状況（その1）



図 2.7 小割り作業状況（その2）



図 2.8 作業場全体の作業風景（その3）

表 2.1 から、作業者、作業者の測定とも、粉じんばく露濃度は管理濃度を超えていた。また、図 2.3 及び図 2.5 から、10 分間移動平均値についても測定時間の大半において管理濃度の水準を超えていた。作業中の姿勢は立位が多いようであり作業者の呼吸域は発じん源から比較的離れており、風向きや風速によっては粉じん濃度を低減させる影響も考えられるが、それ以上に発じん量が多いため、粉じんばく露濃度が上昇していたと考えられる。

#### 2.4.2 B社

作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 2.2 に、また作業者の粉じんばく露濃度の濃度変動状況を図 2.9 に、その 10 分間移動平均値の変動状況を図 2.10 にそれぞれ示す。測定中の作業風景を図 2.11 及び図 2.12 にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 33.2%であり、管理濃度は  $0.07\text{mg}/\text{m}^3$ であった。

表 2.2 B社の粉じんばく露測定結果

	粉じんばく露濃度 [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	管理濃度 [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	管理濃度超え (超えれば)
作業者	5.59	0.07	



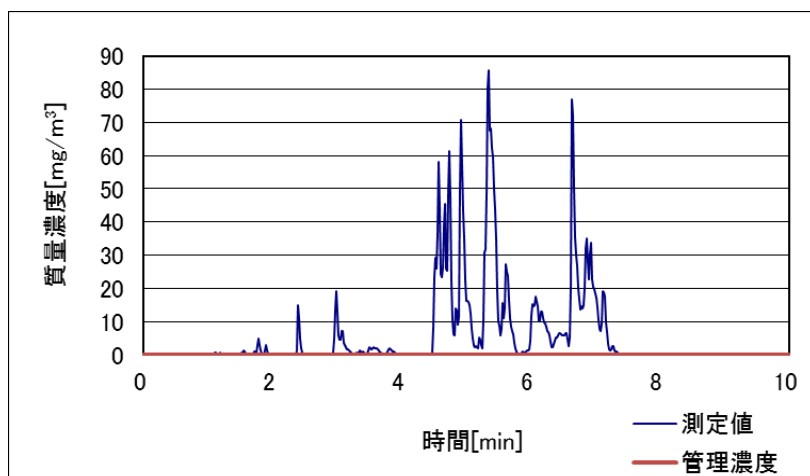


図 2.9 作業者の粉じんばく露濃度の変動状況

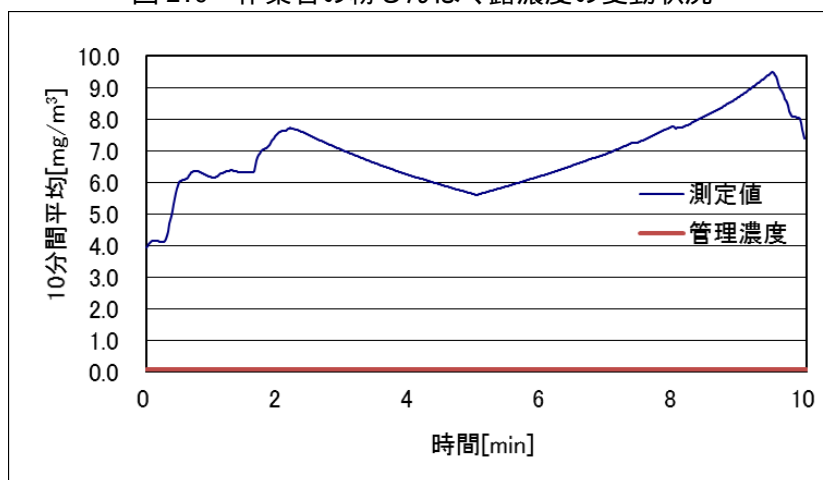


図 2.10 作業者の粉じんばく露濃度の変動状況（10 分間移動平均値）



図 2.11 小割り作業状況（その 1）



図 2.12 小割り作業状況（その 2）

表 4.2 から粉じんばく露濃度は管理濃度を超えていた。また図 2.9 および図 2.10 から、10 分間移動平均値についても測定時間の全てにおいて管理濃度の水準を超えていた。

破碎作業において開始当初は図 2.11 に見られるように写真に向かって右向きを向いて作

業を行っていたが開始 4 分頃以降から向きを反転し図 2.12 に見られるように写真に向かって左向きで作業を行っていた。現場の風は作業時間中ずっと写真に向かって右から左に向かう形で吹いており、ドリルの向きから粉じんは常に作業者の後ろ向きに発生していた。

図 2.9 を見ると瞬間粉じんばく露濃度にも開始 4 分以降に顕著な傾向が見られた。これは 4 分後以降作業者の立ち位置と風向の関係から発生した粉じんに多くばく露した為と考えられる。

## 2.5 結論

作業場所の測定結果をまとめて表 2.1 に示す。また、鉱物等破碎作業のばく露濃度測定の集計結果を表 2.2 に示す。

表 2.1 鉱物等破碎作業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 <sup>3</sup> ]	管理濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	管理濃度超え (超えれば)
A 社		1.06	0.20	
		0.62	0.20	
B 社		5.59	0.07	

表 2.2 鉱物等破碎作業の粉じんばく露濃度測定の集計結果

ばく露濃度		管理濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	管理濃度 超えの割合	
幾何平均 [mg/m <sup>3</sup> ] (幾何標準偏差)	濃度範囲			
1.54 (15.7)	0.62~5.59	0.07~0.20	100%	3/3

今後新たに粉じん則の別表第 2 及び別表第 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「鉱物等破碎作業のうち石材事業場において屋外で行われている手持ち削岩機を用いた鉱石の小割り作業」について、粉じんばく露濃度測定を行った。その結果、表 5.2 に示すように屋外の鉱物等破碎作業は、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、この屋外において鉱石を動力により破碎する作業は別表 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

#### 3.1 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。

#### 3.2 調査方法

##### 3.2.1 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、鉍石専用運搬船の船底で岩石、鉍物をスコップ、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：鉄鉍石）
- D社（積荷：大豆粕）

##### 3.2.2 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3.1に示す。



図 3.1 LD-6N デジタル粉じん計の装着状況



### 3.2.3 評価方法

評価方法は、粉じんばく露濃度と管理濃度との比較で判断した。つまり、粉じんばく露濃度の幾何平均値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の幾何平均値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。

## 3.3 粉じんばく露濃度調査結果

### 3.3.1 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 3.1 に、また粉じん濃度変動状況を図 3.2 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.3 に、測定中の作業状況を図 3.4 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/m<sup>3</sup>]であった。

表 3.1 粉じんばく露濃度測定結果

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

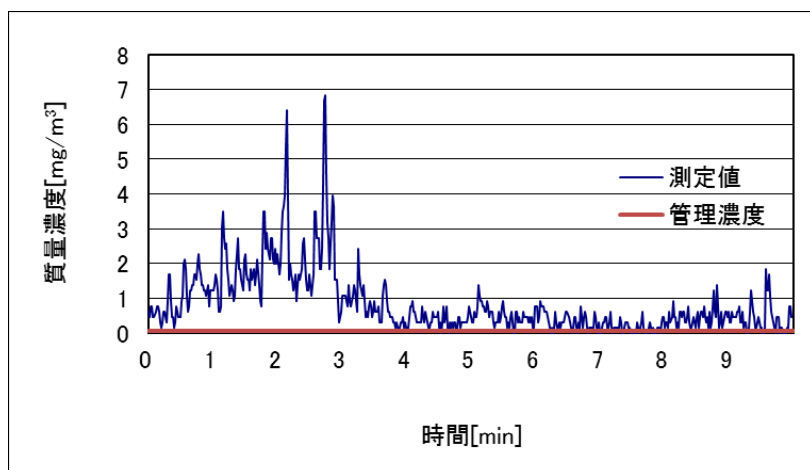


図 3.2 作業員の粉じんばく露濃度変動状況

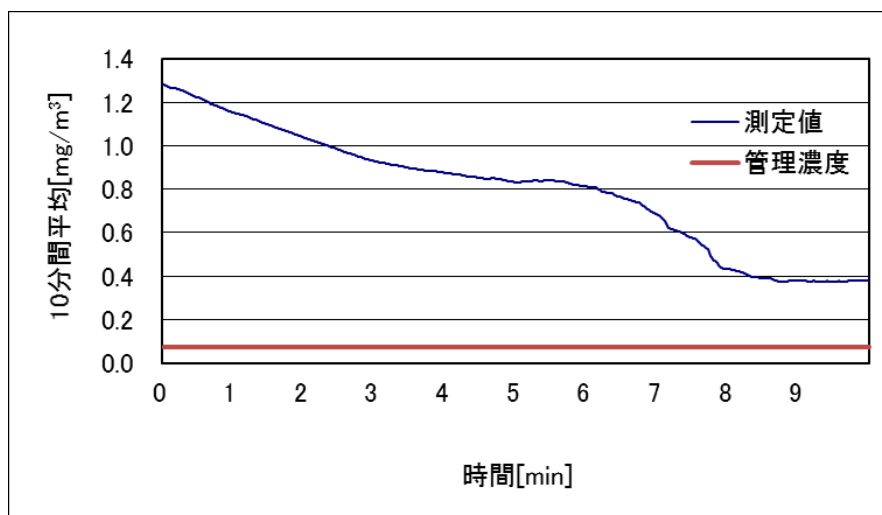


図 3.3 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）



図 3.4 船底での清掃作業状況

### 3.3.2 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 x 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 3.2 に示す。また、作業者の粉じんばく露濃度の変動状況を図 3.5 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.6 に、作業者の粉じんばく露濃度の変動状況を図 3.7 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.8 に、作業者の粉じんばく露濃度の変動状況を図 3.9 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.10 にそれぞれ示す。測定中の作業状況を図 3.11 及び図 3.12 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/m<sup>3</sup>]であった。

表 3.2 粉じんばく露濃度測定結果

	粉じんばく露濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	管理濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	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	

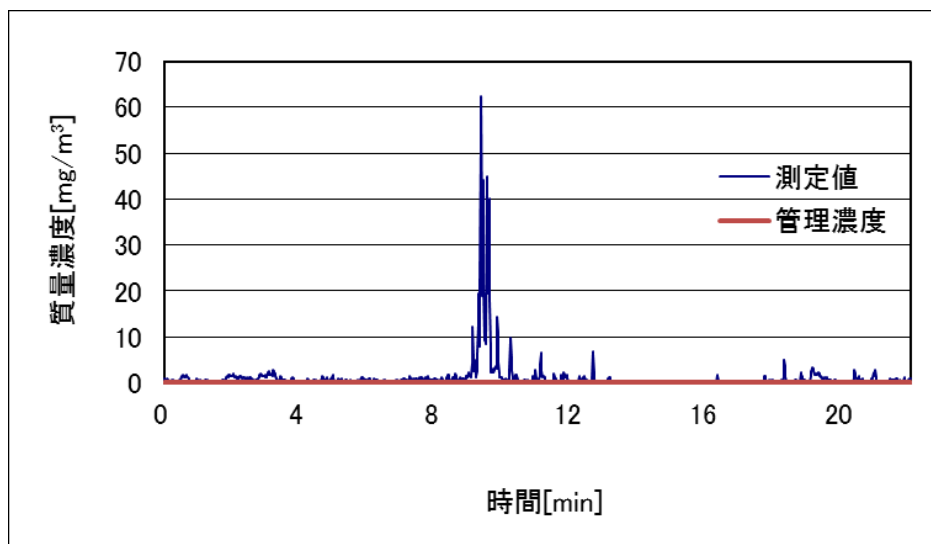


図 3.5 作業者 の粉じんばく露濃度変動状況

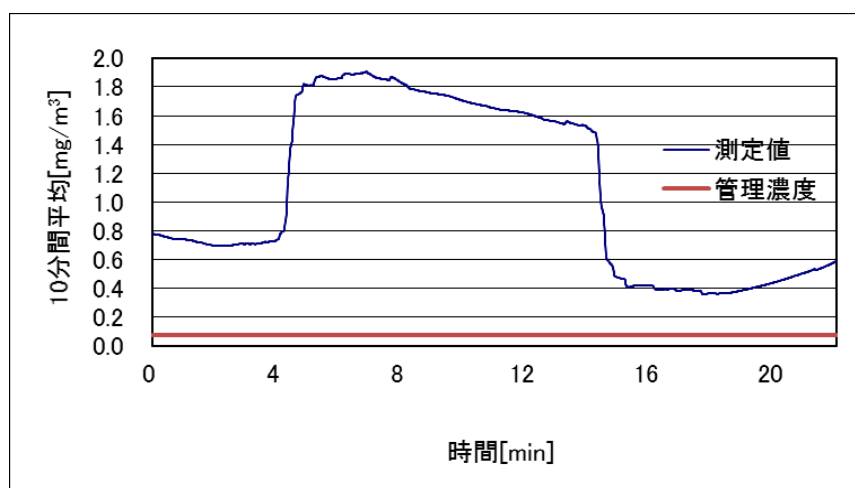


図 3.6 作業者 の粉じんばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)

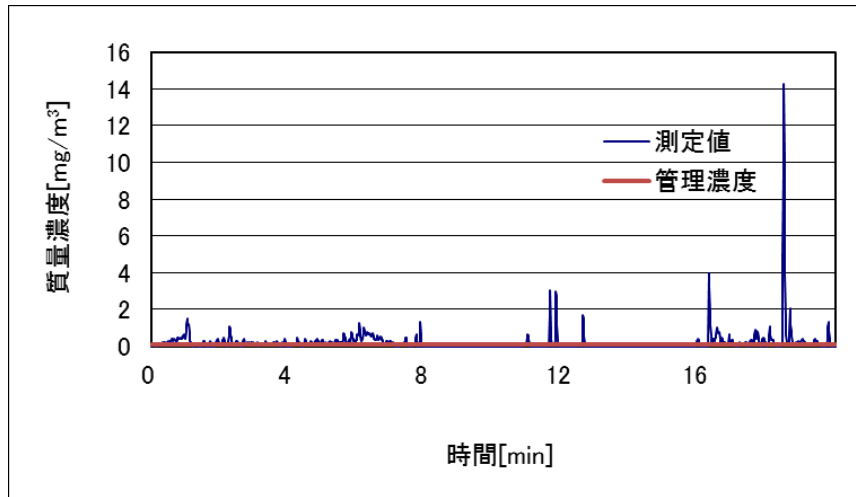


図 3.7 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

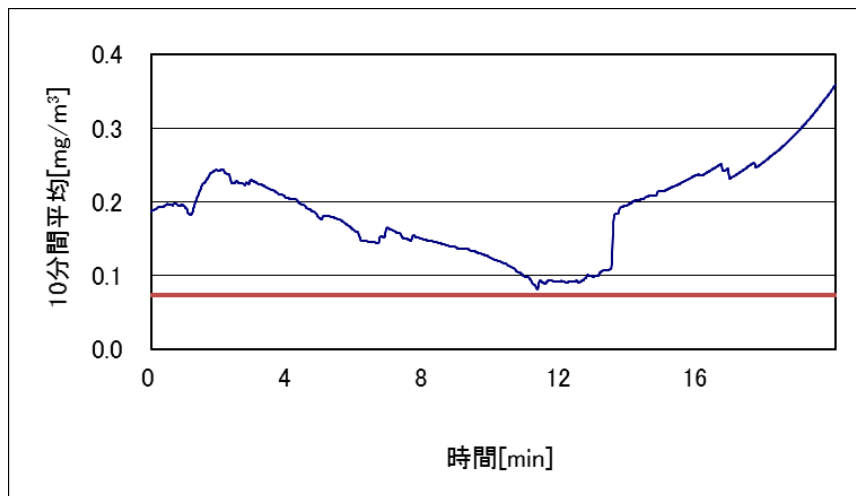


図 3.8 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

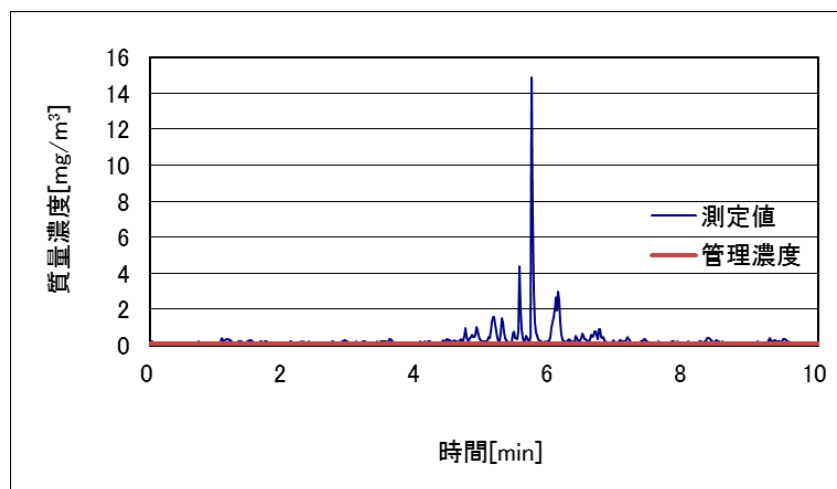


図 3.9 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

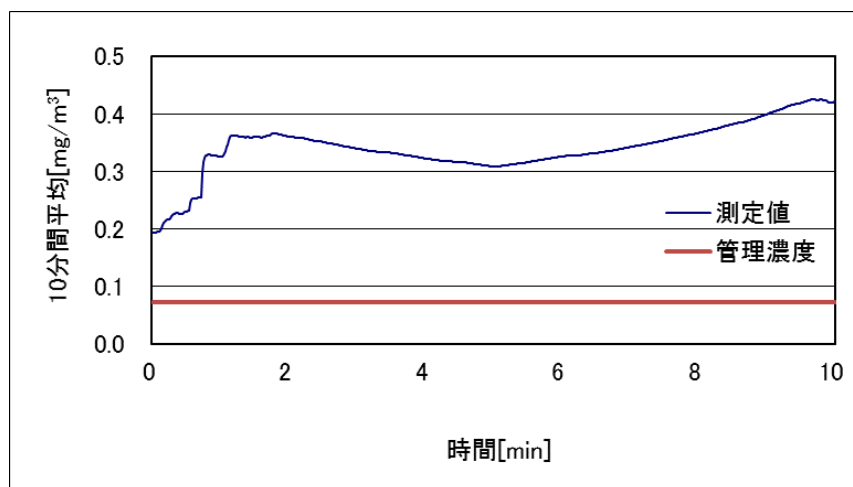


図 3.10 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）



図 3.11 船底での清掃作業状況（その 1）

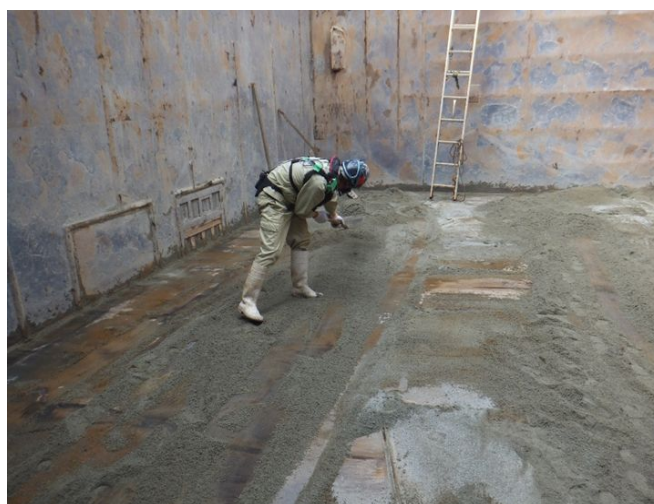


図 3.12 船底での清掃作業状況（その 2）

### 3.3.3 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3.3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3.13～図3.22にそれぞれ示す。測定中の作業者の清掃作業状況を図3.23及び図3.24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/m<sup>3</sup>]であった。

表3.3 粉じんばく露測定結果

	粉じんばく露濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	管理濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	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ているので、管理濃度を超過していると判断した。

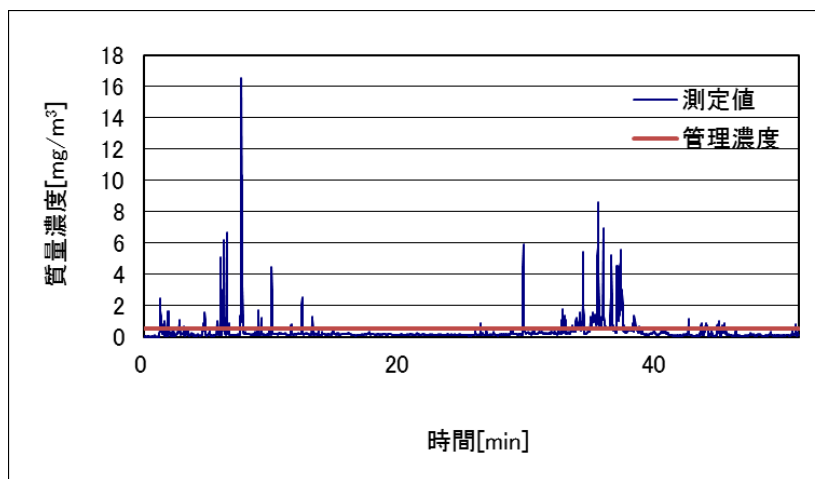


図3.13 作業者の粉じんばく露濃度変動状況



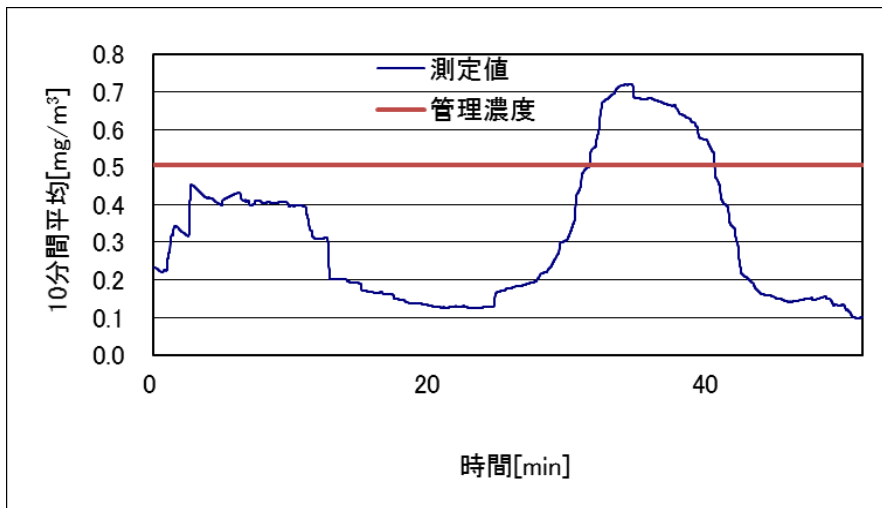


図 3.14 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

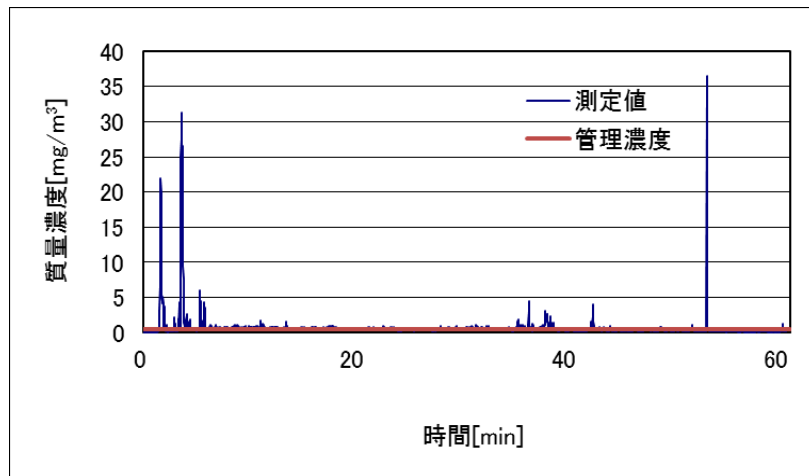


図 3.15 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

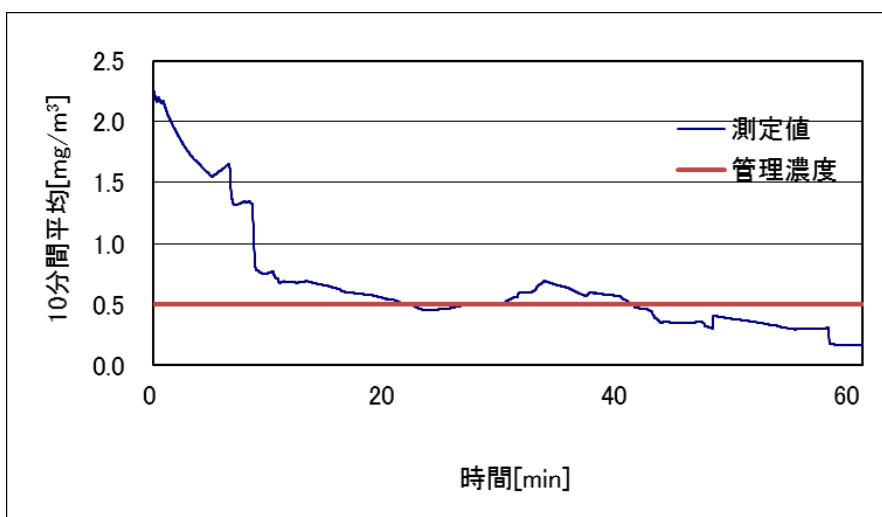


図 3.16 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

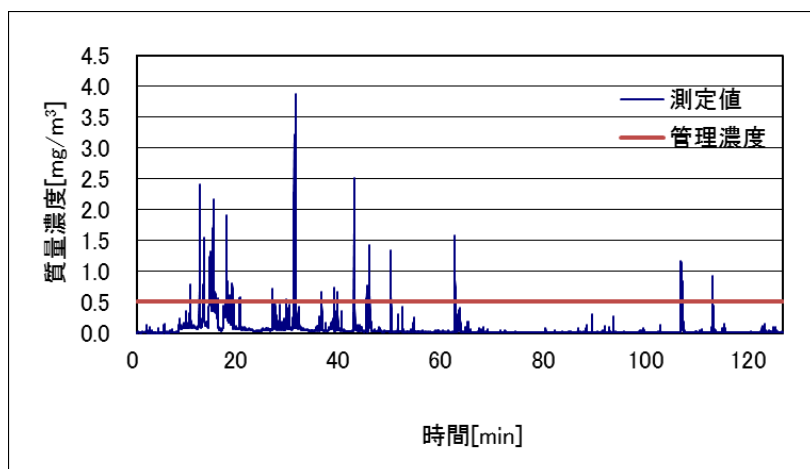


図 3.17 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

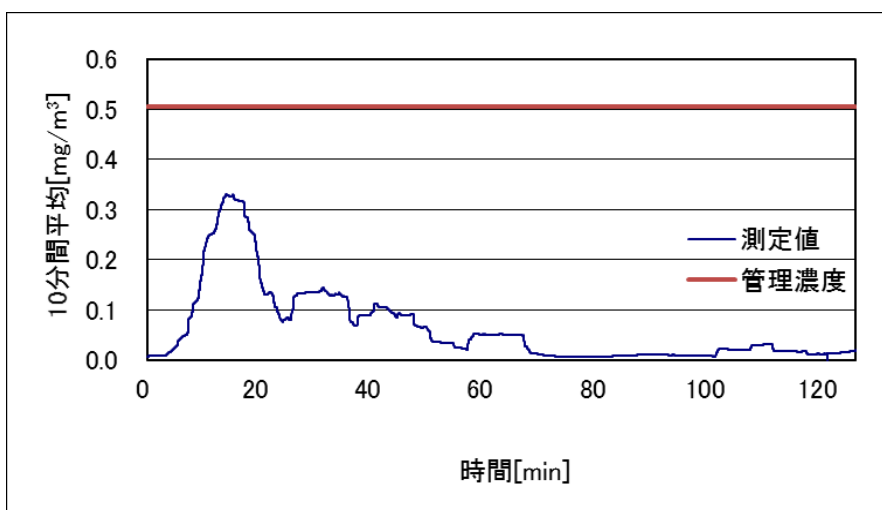


図 3.18 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10分間移動平均値）

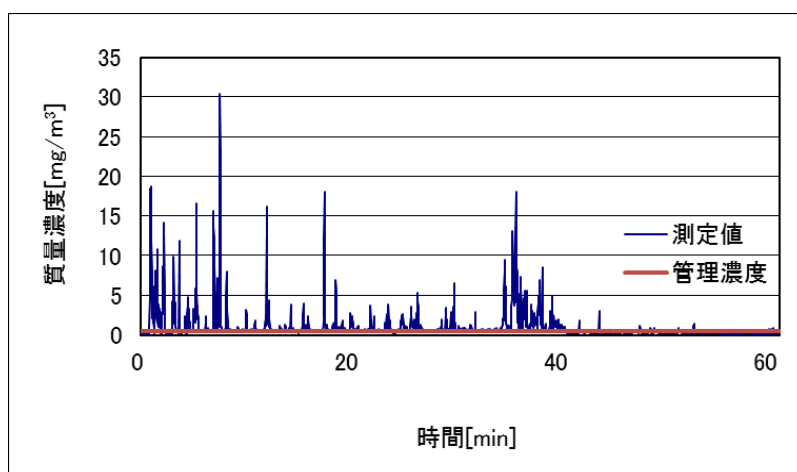


図 3.19 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

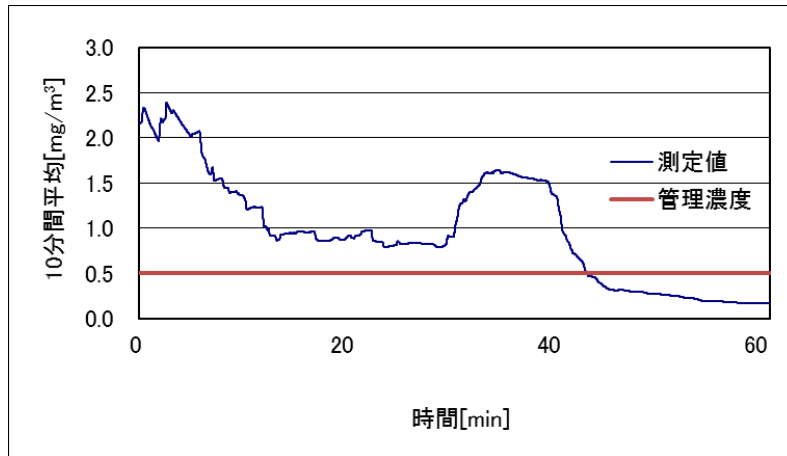


図 3.20 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10分間移動平均値）

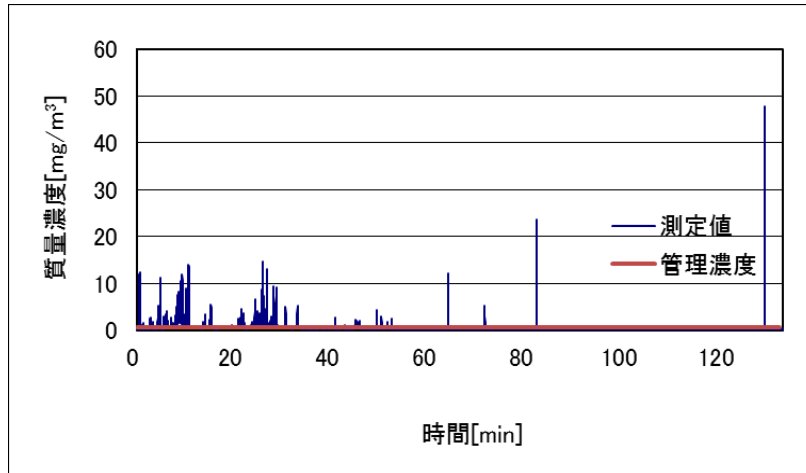


図 3.21 作業者の粉じんばく露濃度変動状況

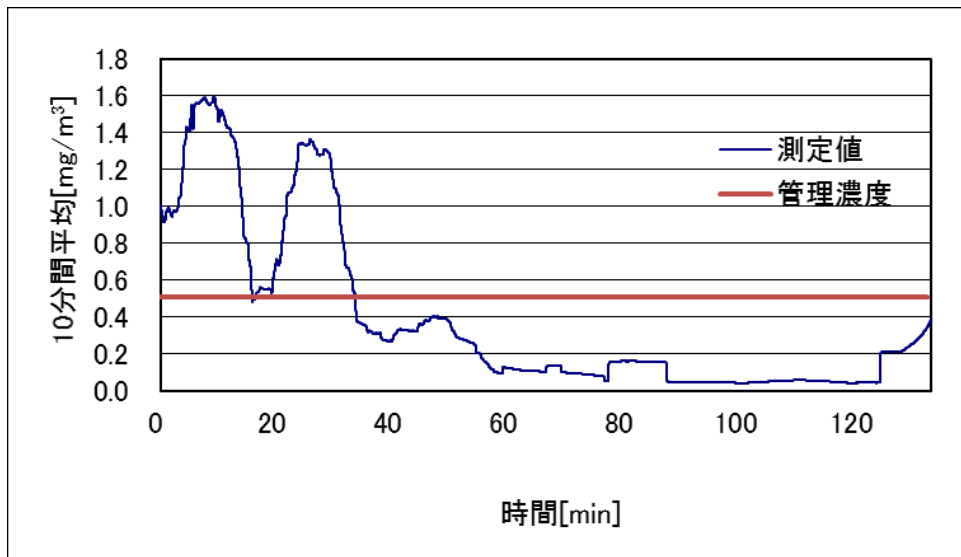


図 3.22 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10分間移動平均値）



図 3.23 船底での清掃作業状況（その1）



図 3.24 船底での清掃作業状況（その2）

### 3.3.4 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、船倉の作業員2人に対して実施した。作業員の粉じんばく露濃度の測定結果を表 3.4 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 3.25 と図 3.26 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/m<sup>3</sup>]であった。

表 3.4 粉じんばく露濃度測定結果

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

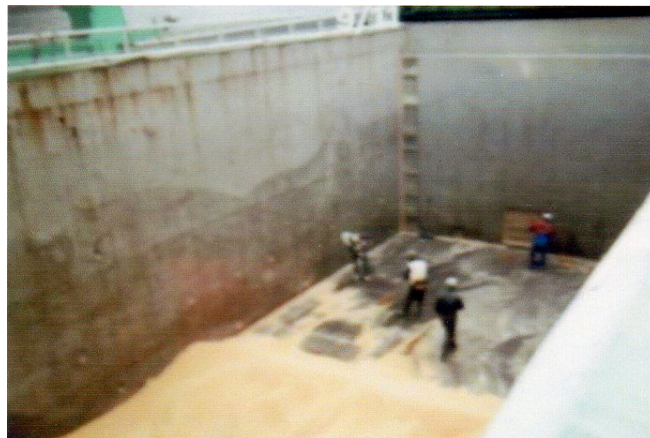


図 3.25 船底での清掃作業状況（その1）



図 3.26 船底での清掃作業状況（その2）

表 3.4 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

### 3.4 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 3.5 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 3.6 に示す。

表 3.5 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 <sup>3</sup> ]	管理濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	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	
C 社		0.20	0.07	
		0.31	0.51	*
		0.66	0.51	
		0.06	0.51	×
		0.98	0.51	
D 社		0.39	0.51	*
		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ているので管理濃度を超えていると判断した。

表 3.6 船倉清掃作業時の粉じんばく露濃度測定の実績結果

粉じんばく露濃度		管理濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	管理濃度 超えの割合	
幾何平均[mg/m <sup>3</sup> ] (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 3.6 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」とする必要性があると考えます。

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ます。

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、粉じんばく露濃度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。