

1.3.10 J社

J社における、作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 1.11 に、また粉じんばく露濃度変動のグラフを図 3.28 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 1.30 に、測定中の作業風景を図 1.31 にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 13.2%であり、管理濃度は 0.18[mg/m³]であった。

表 1.11 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○)
1 回目	1.05	0.18	○

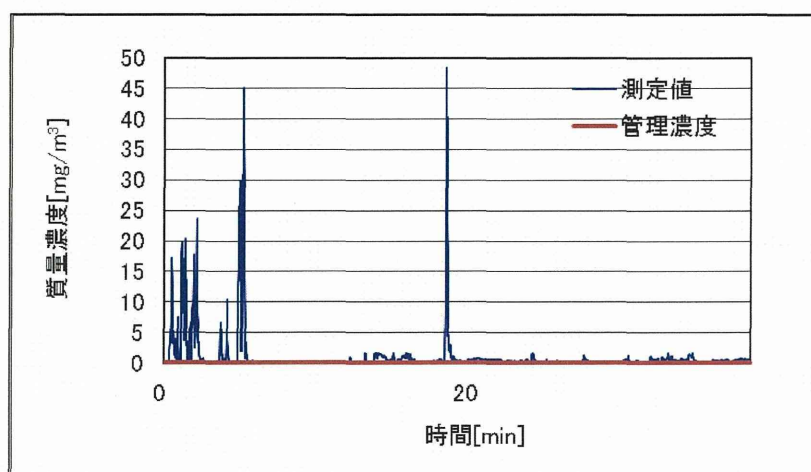


図 1.29 粉じんばく露濃度の変動状況

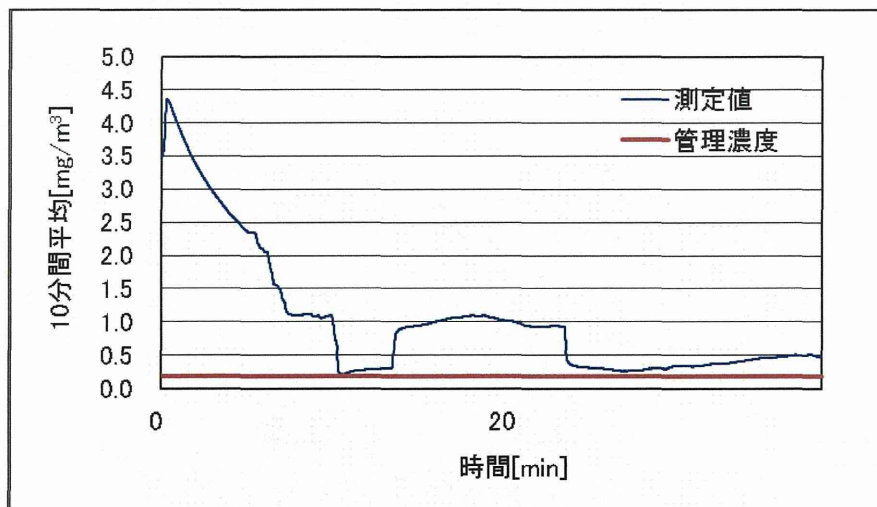


図 1.30 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)



図 1.31 作業状況

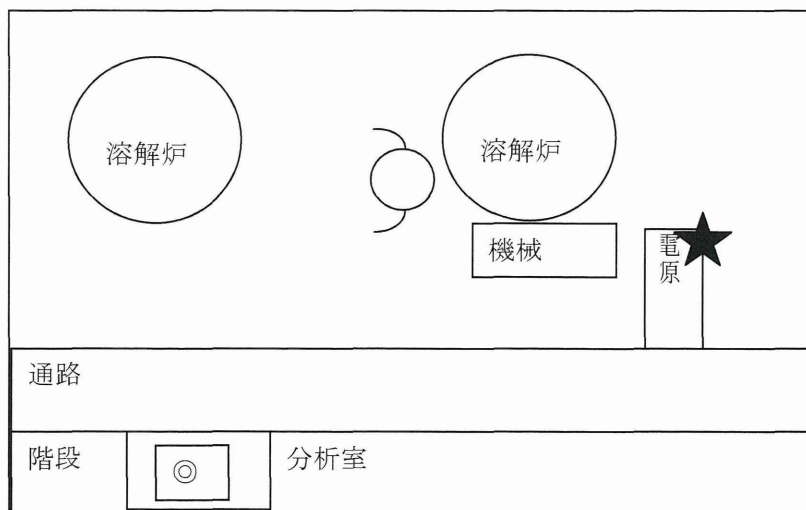
1.3.11 K 社

K 社における測定では、作業場周辺に、LD-6N（床からの高さ約 1.8m に設置）、ならびに NW-354、LD-5（床からの高さ約 1.2m に設置）を設置し、環境測定も行った。それらの機器の設置場所も記した作業場の概略図を図 1.32 に示す。

作業者の粉じんばく露濃度の測定結果（AM 及び PM）を表 1.12 に、環境測定の結果を表 1.13 に、濃度変動のグラフ及び 10 分間移動平均値の変動を図 1.33～図 1.36 にそれぞれ示す。

また、測定中の作業状況を図 1.37 に示す。

なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 3.1%であり、管理濃度は $0.64[\text{mg}/\text{m}^3]$ であった。



◎ : LD-5、NW-354 併行測定点、★ : LD-6N 測定点、☉ : 作業者位置

図 1.32 測定作業場の概略図

表 1.12 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○)
AM	0.12	0.64	×
PM	0.03	0.64	×

表 1.13 作業環境の粉じん濃度の測定結果

	測定時間 [min]	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
AM (LD-6N)	92	0.04	0.17	54	0.0032
AM (NW-354、LD-5)	88	NW-354		LD-5	
		0.21	0.12	87	0.0014
PM (LD-6N)	121	0.04	0.13	57	0.0023
PM (NW-354、LD-5)	119	NW-354		LD-5	
		0.44	0.19	84	0.0022

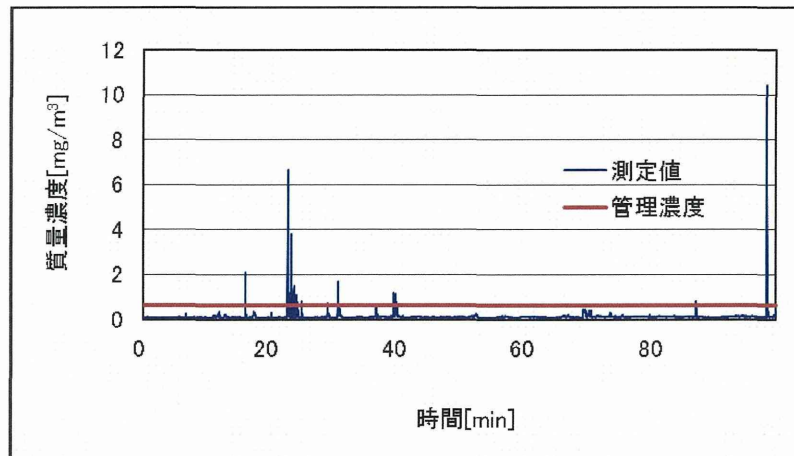


図 1.33 粉じんばく露濃度の変動状況 (AM)

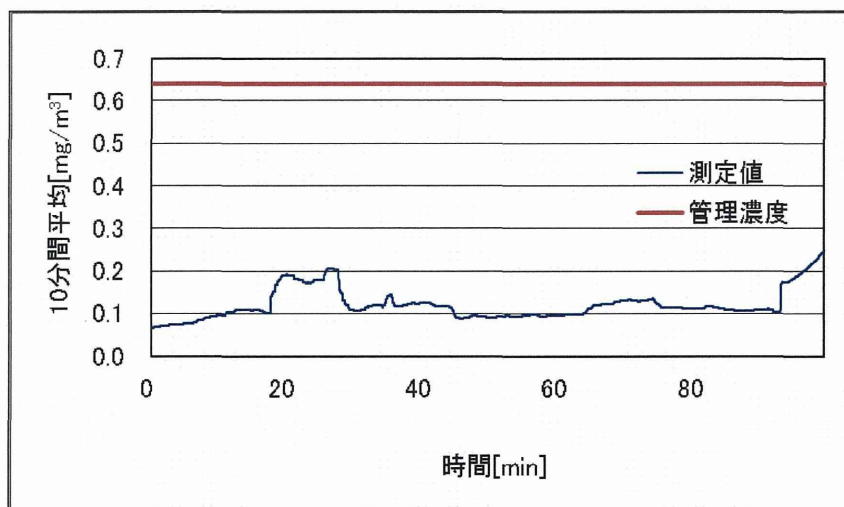


図 1.34 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値-AM-)

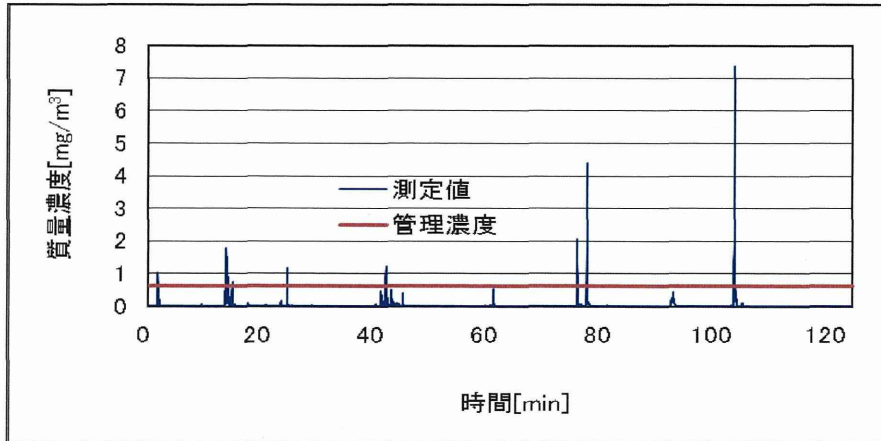


図 1.35 粉じんばく曝露濃度の変動状況 (PM)

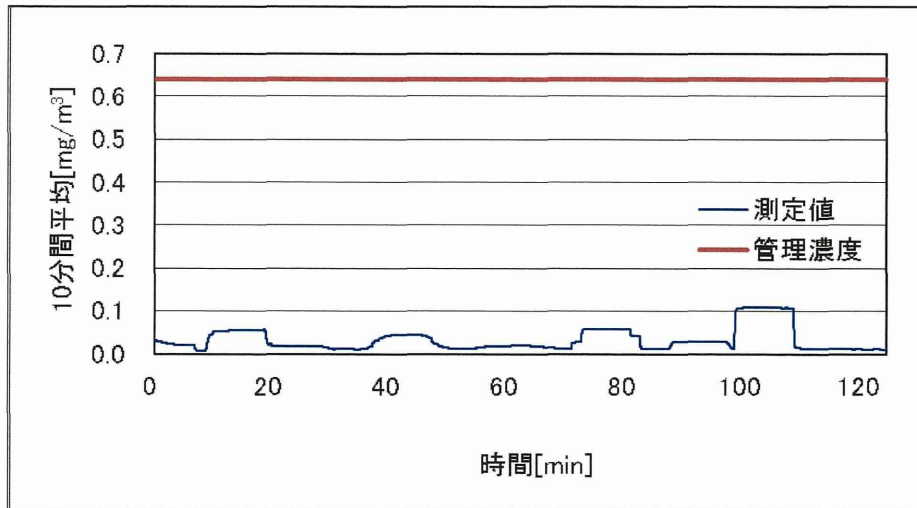


図 1.36 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値-PM-)



図 1.37 作業風景

1.3.12 L社

L社における、作業者の粉じんばく露濃度の測定結果（作業者1及び作業者2）を表1.14に、濃度変動のグラフ及び10分間移動平均値の変動を図1.38～図1.41にそれぞれ示す。また測定中の作業状況を図1.42に示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は2.0%であり、管理濃度は0.89[mg/m³]であった。

表 1.14 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	0.51	0.89	○*
作業者2	1.05	0.89	○

*: 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

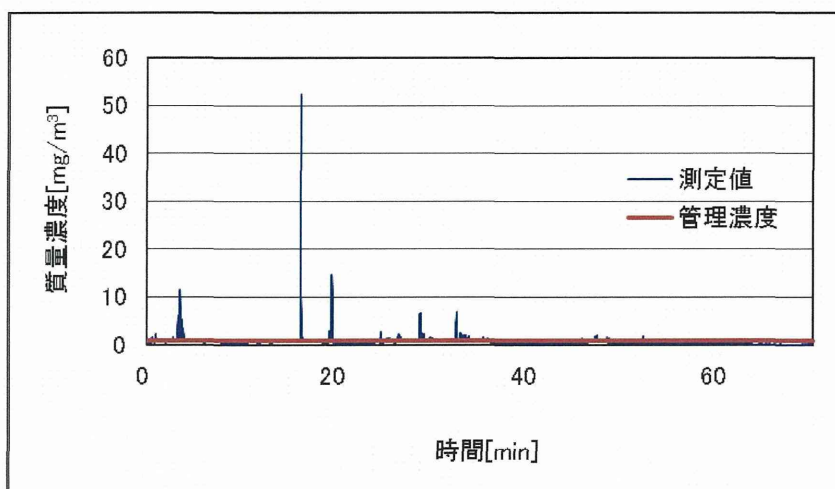


図 1.38 粉じんばく露濃度の変動状況（作業者1）

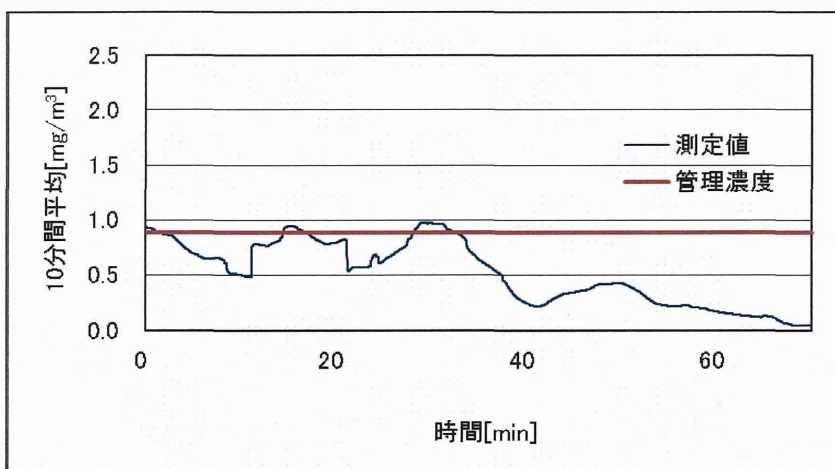


図 1.39 粉じんばく露濃度の変動状況（10分間移動平均値-作業者1-）

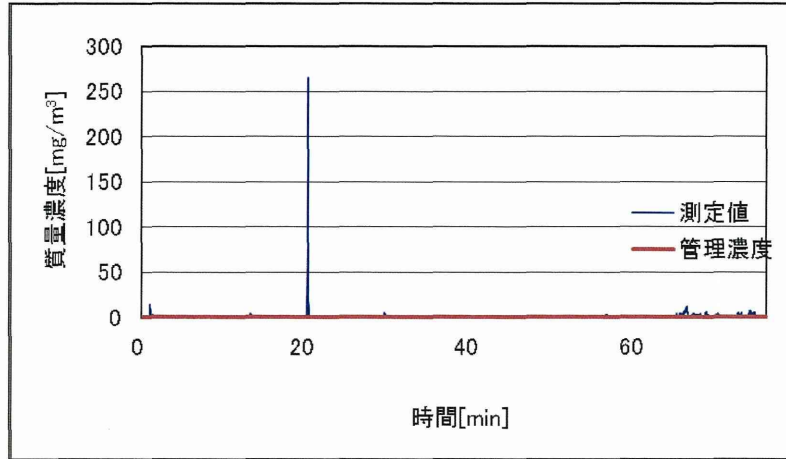


図 1.40 粉じんばく露濃度の変動状況（作業者 2）

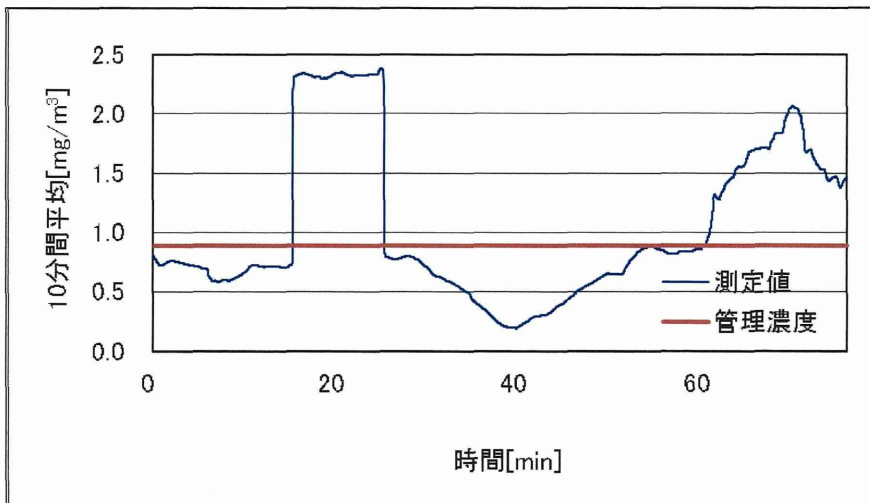


図 1.41 粉じんばく露濃度の変動状況（10 分間移動平均値-作業者 2-）

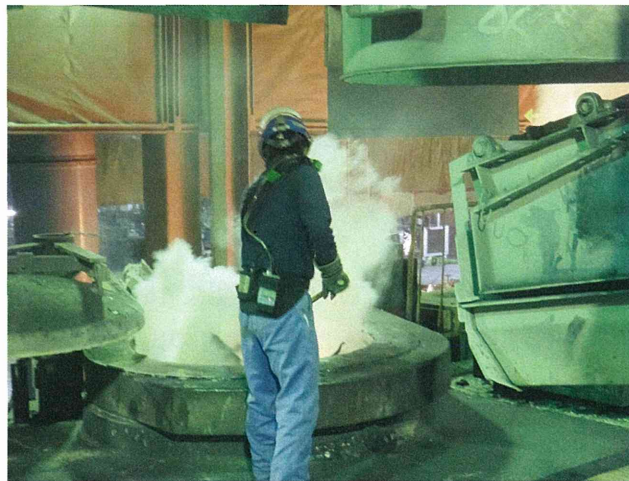


図 1.42 作業状況

1.4. まとめ

粉じん濃度測定を行った 12 社の作業場において、粉じんばく露濃度測定を行った 15 名の作業者について、土石又は鉍物等を開放炉に投入する作業等の作業時の粉じんばく露濃度測定結果をまとめて表 1.15 に示す。

表 1.15 粉じんばく露濃度測定結果のまとめ

事業所	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○)	
1	A 社	1	0.09	0.25	×
2	B 社	1	0.46	0.14	○
3	C 社	1	1.00	0.90	○
4	D 社	1	0.32	0.89	○*
5	E 社	1	0.03	0.53	×
6	F 社	1	0.18	0.14	○
7	G 社	1 (造形作業場)	1.02	0.16	○
		1 (溶解作業場)	0.04	3.0	×
8	H 社	1	0.59	0.21	○
9	I 社	1	1.29	0.17	○
10	J 社	1	1.05	0.18	○
11	K 社	1	0.12	0.64	×
		2	0.03	0.64	×
12	L 社	1	0.51	0.89	○*
		2	1.05	0.89	○

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

土石及び鉍物の開放炉への投入作業として、12 事業場で 15 名の作業者の粉じんばく露濃度測定を行った。作業者の作業により粉じんばく露濃度の幾何平均値には差がみられるものの、作業方法によらずほとんどの作業で、粉じんばく濃度が管理濃度を上回った。また、粉じんばく露濃度が管理濃度を下回っていた作業者についても、粉じんばく露濃度の 10 分間平均値が管理濃度を上回っている作業者が 2 名いたことが明らかとなった。また、表 1.15 の測定結果をまとめたものを表 1.16 に示す。

表 1.16 土石又は鉱物等を開放炉に投入する作業時の粉じんばく露濃度測定結果のまとめ

作業内容	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			
投入等作業	0.27 (3.76)	0.03～1.29	0.14～3.0	67%	10/15

表 1.16 に示すように 67% (10/15) の作業で管理濃度を超えていた。管理濃度以下に粉じん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、鑄物工場における別表第 1 第 17 号「金属その他無機物を製錬し、又は熔融する工程において、土石又は鉱物を開放炉に投げ入れ、焼結し、湯出しし、又は鑄込みする場所における作業。ただし、転炉から湯出しし、又は金型に鑄込みする場所における作業を除く。」作業は、粉じん則で粉じん作業（別表第 1）に指定されているが、特定粉じん作業（別表第 2）及び呼吸用保護具を使用する作業（別表第 3）には指定されていない。そこで、本研究で現場調査を行い、新たに別表第 2 又は別表第 3 のどちらの作業に指定すべきか検証した結果、ほとんど全ての土石又は鉱石投入作業で管理濃度を超えていることが明らかになったので、粉じん則を改正し、いずれかの別表に指定し、種々の衛生工学的な対策を講じることが適切な措置と考える。

土石又は鉱物等を開放炉に投入する作業等は、金属溶解時に開放炉から金属ヒュームが発生するが、最も粉じんが発生するのは、土石又は鉱物を開放炉等に投げ入れる作業である。土石又は鉱物等を開放炉に投げ入れるのは、溶解金属面に浮いているノロが出湯時に鑄型に入ると鑄物製品の不良になるので、そのノロを出湯前に取り除くために行う作業で、熔融作業工程では約 1 回の短時間作業である。一般的に開放炉には、キャノピー式フード、上方型外付け式フード及びリングフード等が設置されていることが多いが、中小の鑄物工場で局所排気装置が設置されていない場合が多いと考える。土石又は鉱石投入等作業は、キャノピー式フード、上方型外付け式フード及びリングフード等の局所排気装置を用いた防じん対策が可能な作業と考えられるので、「作業工程、作業の態様、粉じん発生の態様などからみて一定の発生源対策を講ずる必要があり、かつ、有効な発生源対策を講じることができるもの」に該当する「特定粉じん発生源」である別表第 2 に該当することが適切な作業と考える。しかし、土石又は鉱物を開放炉に投入する作業等は作業工程における短時間作業であること、及び作業者の粉じん曝露濃度が高いこと等を総合的に判断すると、別表第 3 の呼吸用保護具を使用する作業とすることが適切と考える。

2. 屋外の鉱物等を動力により破砕する作業

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砕し、粉砕し、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砕し、粉砕し、又はふるい分ける場所における作業を除く。」（以下、鉱物等破砕作業と略す）の作業のうち、鉱物等を動力により破砕し、粉砕し、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

従来は碎石場等で大きな岩石を手持ちの破砕機で小さく砕いて、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ているのが現状である。

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、鉱物等破砕作業のうち、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

- ① A 社（石材業）
- ② 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①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②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 ³]	管理濃度 [mg/m ³]	管理濃度超え (超えれば○)
作業①	1.06	0.20	○
作業②	0.62	0.20	○

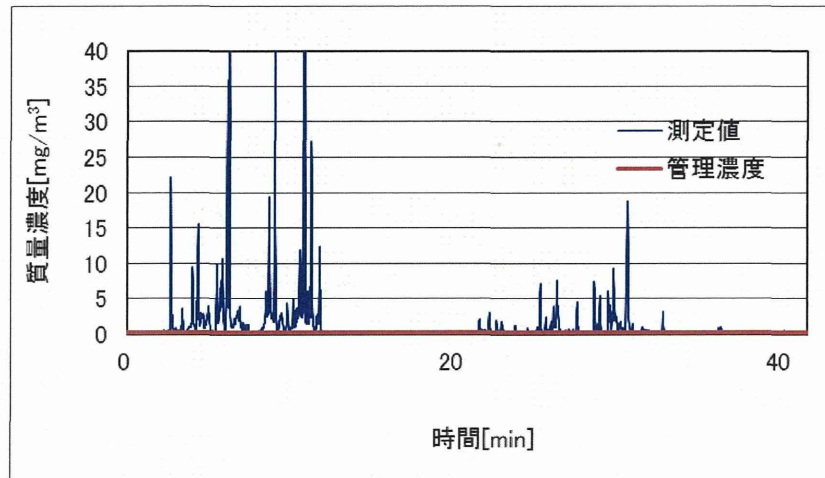


図 2.2 作業①の粉じんばく露濃度変動状況

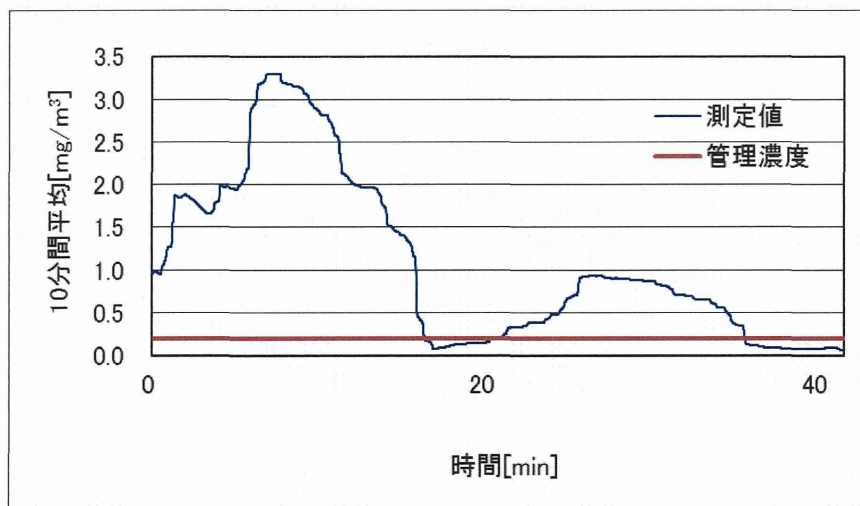


図 2.3 作業①の粉じんばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)

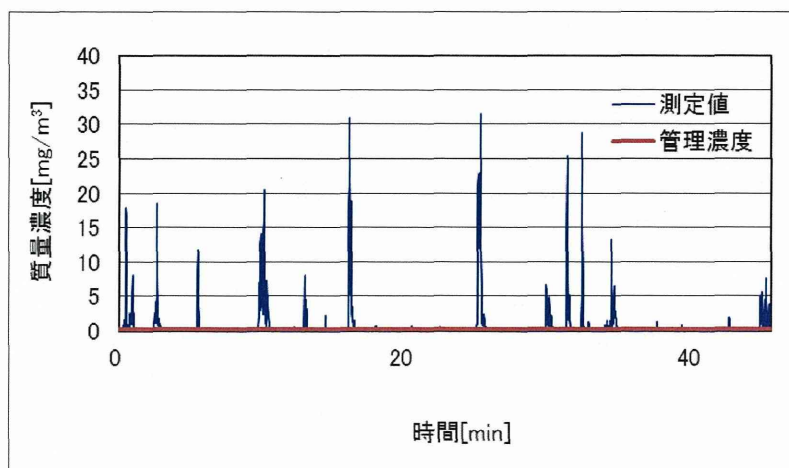


図 2.4 作業者②の粉じんばく露濃度変動状況

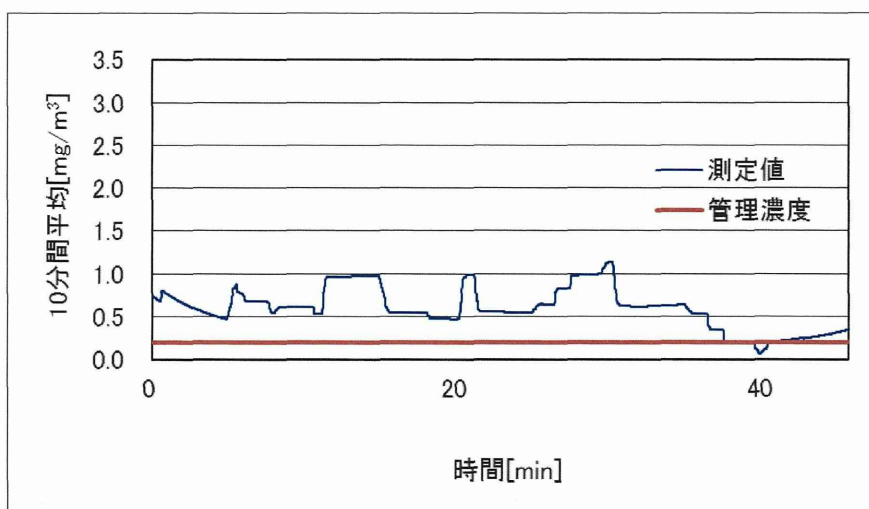


図 2.5 作業者②の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）



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①、作業者②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 [mg/m^3]	管理濃度 [mg/m^3]	管理濃度超え (超えれば○)
作業者	5.59	0.07	○

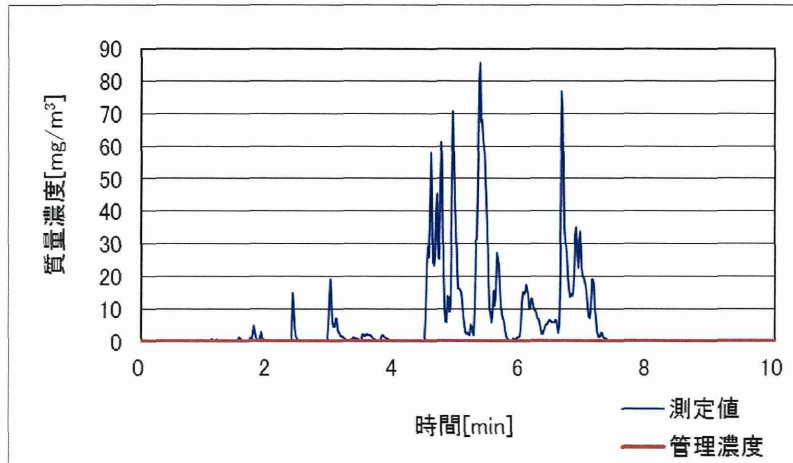


図 2.9 作業者の粉じんばく露濃度の変動状況

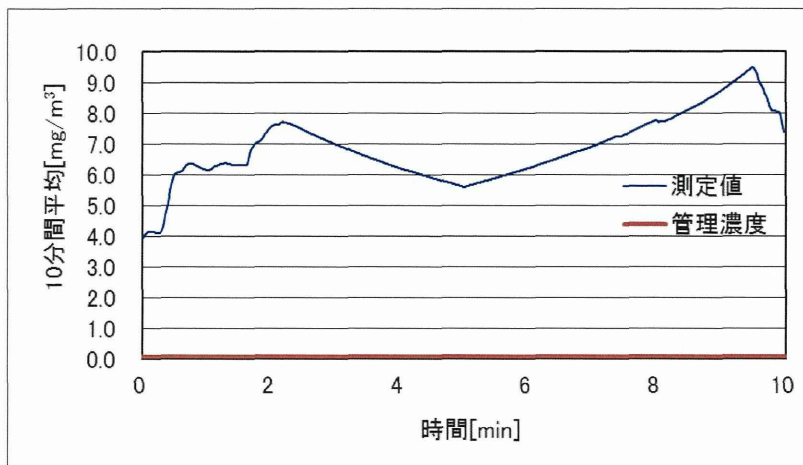


図 2.10 作業者の粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)



図 2.11 小割り作業状況 (その1)

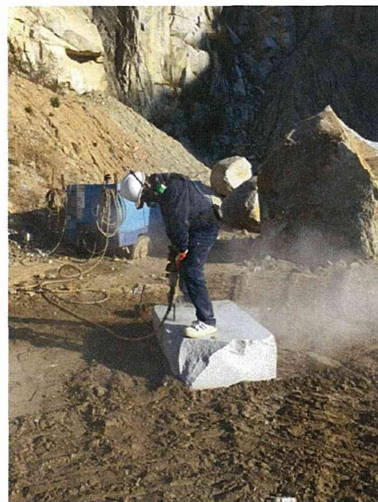


図 2.12 小割り作業状況 (その2)

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 ³]	管理濃度 [mg/m ³]	管理濃度超え (超えれば○)
A社	①	1.06	0.20	○
	②	0.62	0.20	○
B社	①	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 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		100%	3/3
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、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。

- ① A社（積荷：岩石）
- ② B社（積荷：岩石）
- ③ C社（積荷：鉄鉬石）
- ④ 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/m³]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 ³]	管理濃度 [mg/m ³]	管理濃度超え (超えれば○)
作業員①	0.80	0.07	○

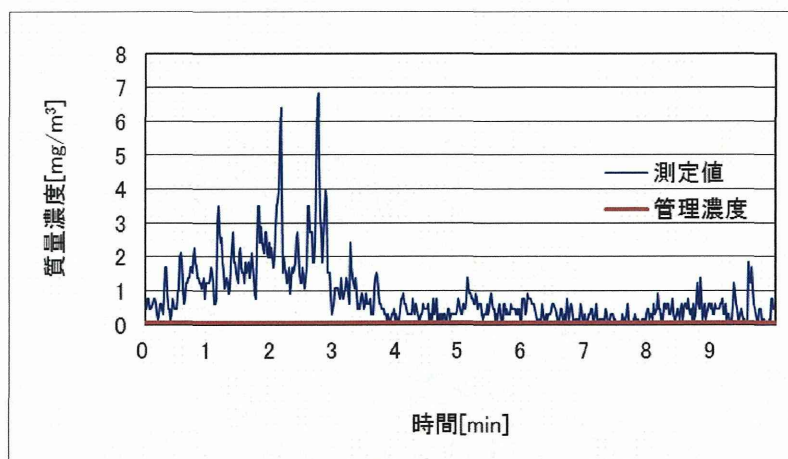


図 3.2 作業員の粉じんばく露濃度変動状況

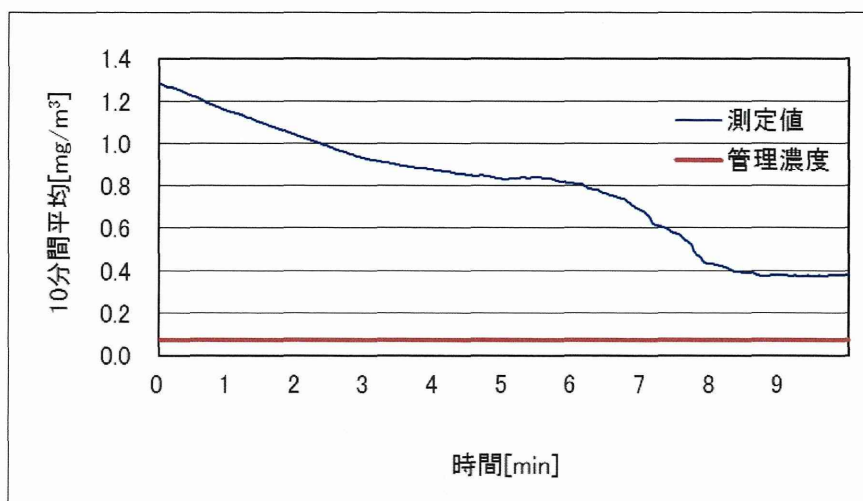


図 3.3 作業者の粉じんばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）



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×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①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②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③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/m³]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 ³]	管理濃度 [mg/m ³]	管理濃度超え (超えれば○)
作業①	1.10	0.07	○
作業②	0.32	0.07	○
作業③	0.20	0.07	○

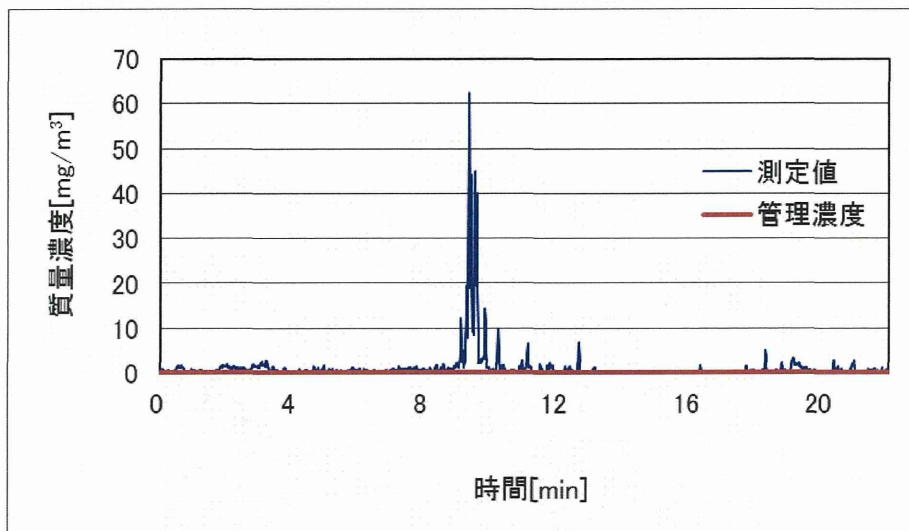


図 3.5 作業①の粉じんばく露濃度変動状況

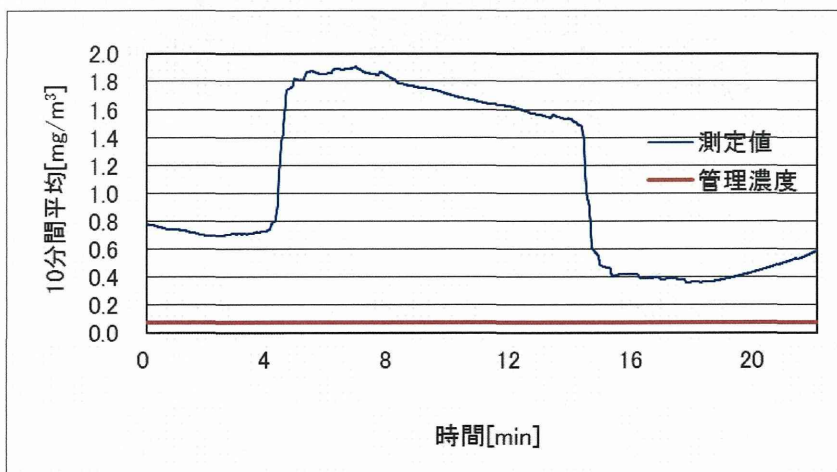


図 3.6 作業①の粉じんばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)

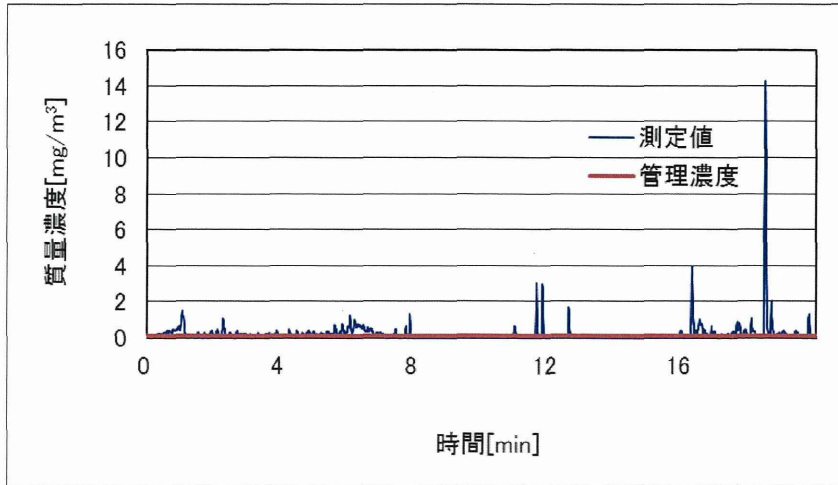


図 3.7 作業者②の粉じんばく露濃度変動状況

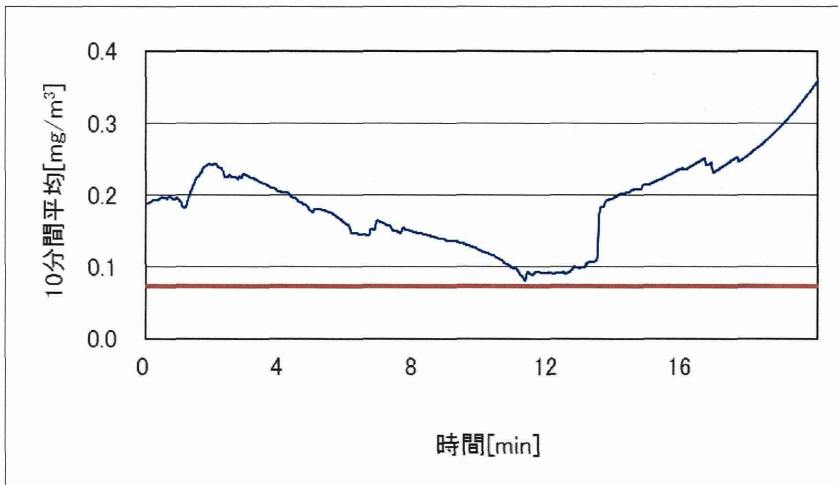


図 3.8 作業者②の粉じんばく露濃度変動状況（10分間移動平均値）

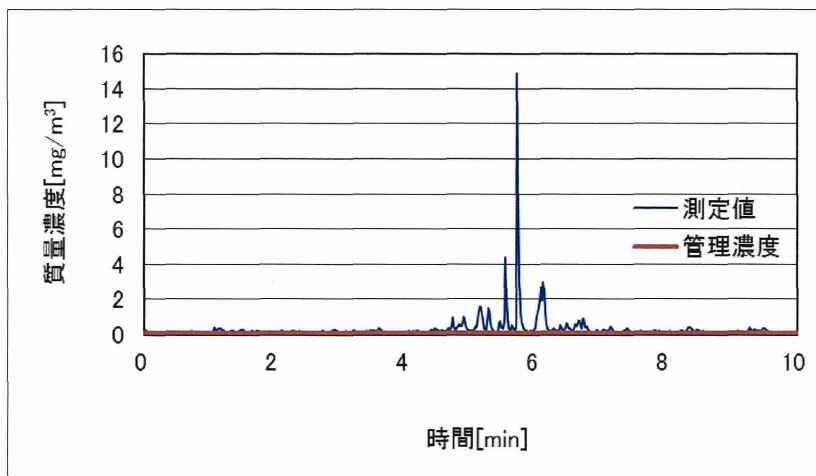


図 3.9 作業者③の粉じんばく露濃度変動状況