

## B . 研究方法

### 1. 金属その他無機物を製錬し、又は溶融する工程において、土石又は鉱物を開放炉に投げ入れ、焼成し、湯出しし、又は鑄込みする場所における作業

#### 1.1 目的

粉じん障害防止対策として、厚生労働省は粉じん障害防止規則（以下、粉じん則）を制定している。粉じん則で対象としている作業は別表第 1、別表第 2 及び別表第 3 に示されており、別表第 1 に掲げられている作業（以下、「粉じん作業」）別表第 2 に掲げられている場所が粉じんの発生源であるような作業（以下、「特定粉じん作業」）を行うには、全体換気装置や局所排気装置などの設備を設置するなどの措置をとる必要がある。また、別表第 3 に掲げられている作業を行う作業員には、呼吸用保護具の着用が義務付けられている。しかしながら、現在、じん肺の新規有所見者数は横ばい傾向となっており、この状態を更なる減少傾向に転じさせる必要性が指摘されている。そのため、各作業の粉じん曝露リスクを改めて見直す必要がある。

そこで、粉じん則の規制対象である、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として、別表第 1 第 17 号「金属その他無機物を製錬し、又は溶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。」（以下、土石又は鉱物等を開放炉に投入する作業等、と略す）について粉じんばく露リスクの調査を行い、別表第 2 の作業に該当するのか、あるいは別表第 3 の作業に該当するのかを判断するための必要な情報を得るため、粉じんばく露リスク調査を実施した。

#### 1.2 測定調査の概要

##### 1.2.1 調査対象の作業および事業場

測定対象とした作業は、土石又は鉱物等を開放炉に投入する作業等で、調査を行った事業場は、12 事業場である。

##### 1.2.2 測定方法

対象作業によって発生する粉じんについて、作業員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員の右肩に固定し、操作部および吸引ポンプを作業員の腰に装着し、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 1~2 時間程度を目安とした。その装着状況を図 1.1 に示す。



図 1.1 LD-6N デジタル粉じん計の装着状況

### 1.2.3 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。

## 1.3 土石又は鉱物を開放炉に投入する作業の曝露濃度測定結果

### 1.3.1 A 社

A 社における、作業者のばく露濃度の測定結果を表 1.1 に、また粉じんばく露濃度変動のグラフを図 1.2 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 1.3 に、測定中の作業風景を図 1.4 に示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 9.4%であり、管理濃度は 0.25[mg/m<sup>3</sup>]であった。

表 1.1 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)
1 回目	0.09	0.25	×

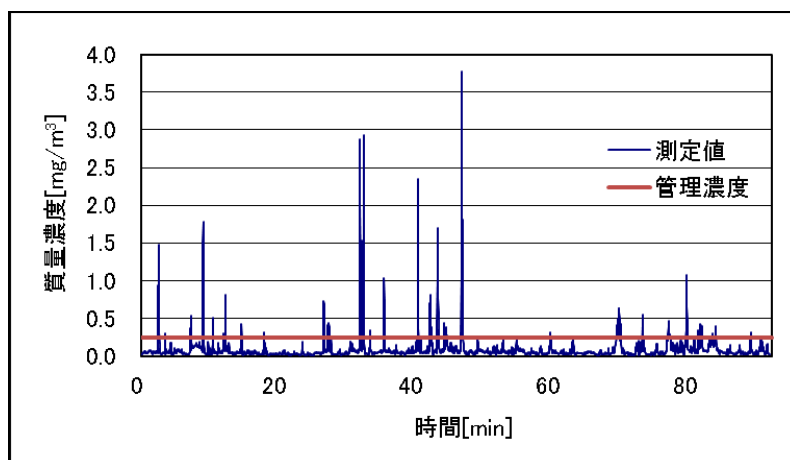


図 1.2 粉じんばく露濃度の変動状況

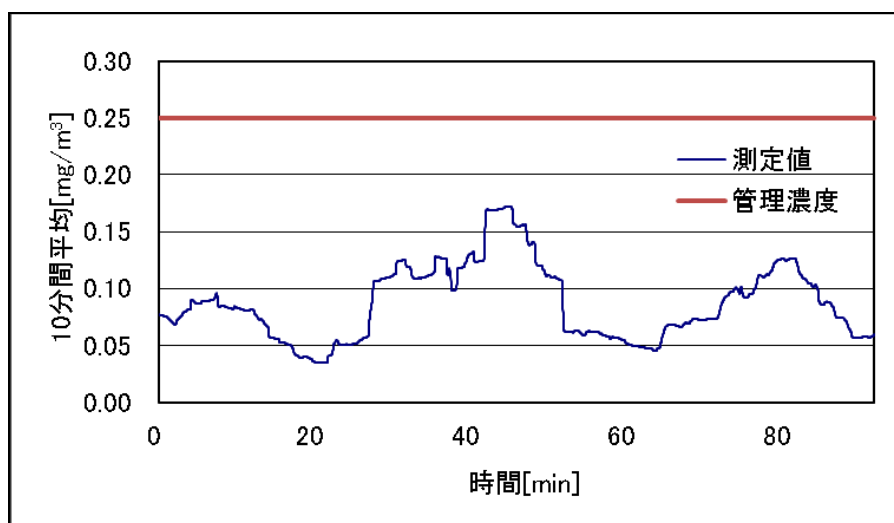


図 1.3 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)



図 1.4 作業状況

### 1.3.2 B社

B社における、作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 1.2 に、また粉じんばく露濃度変動のグラフを図 1.5 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 1.6 に、測定中の作業状況を図 1.7 にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 17.3%であり、管理濃度は 0.14[mg/m<sup>3</sup>]であった。

表 1.2 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)
1回目	0.46	0.14	

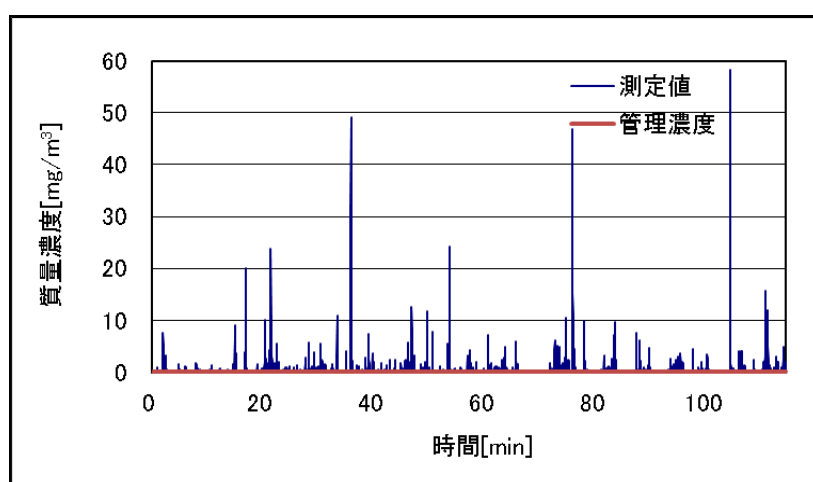


図 1.5 粉じんばく露濃度の変動状況

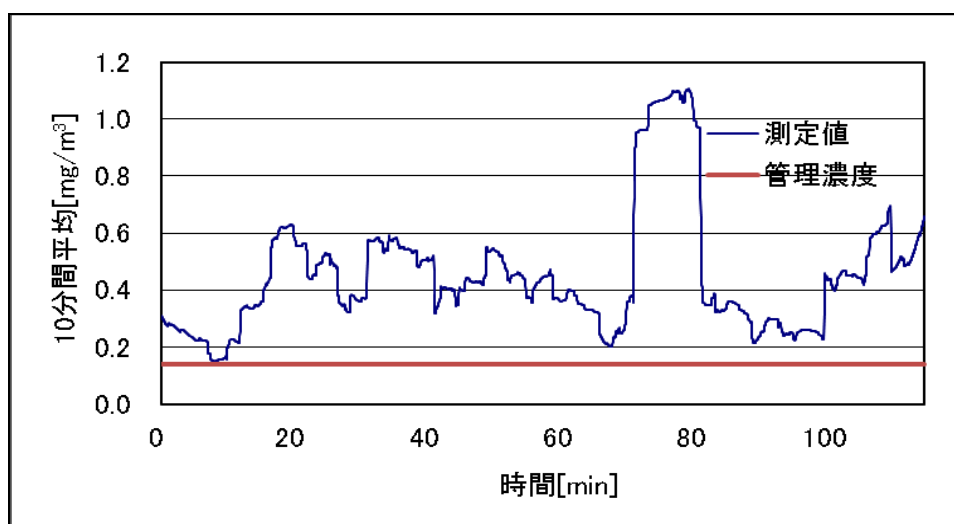


図 1.6 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)



図 1.7 作業状況

### 1.3.3 C社

C社における、作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 1.3 に、また、粉じんばく露濃度変動のグラフを図 1.8 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 1.9 にそれぞれ示す。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  $0.90[\text{mg}/\text{m}^3]$  であった。

表 1.3 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)
1 回目	1.00	0.90	

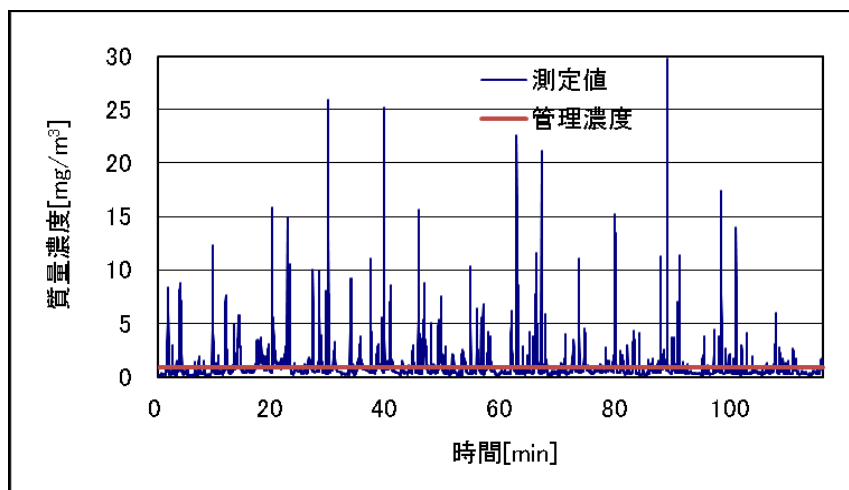


図 1.8 粉じんばく露濃度の変動状況

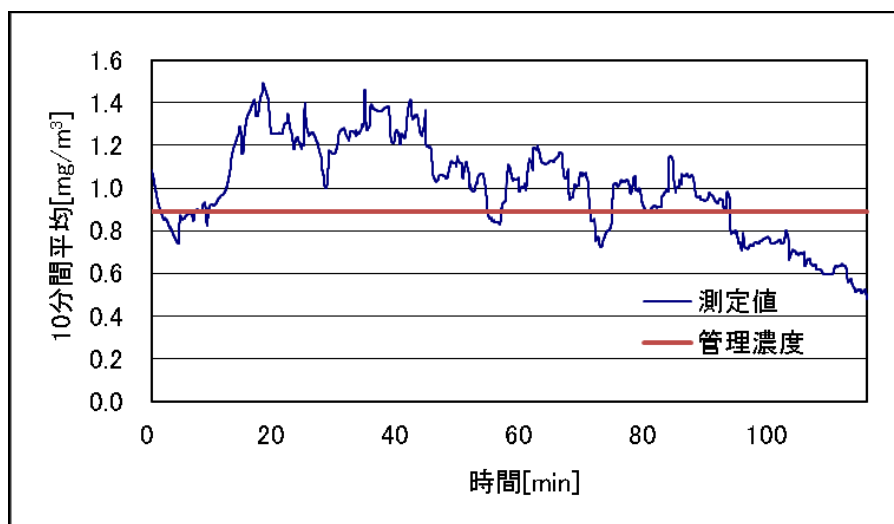


図 1.9 粉じんばく露濃度の変動状況（10分間移動平均値）

#### 1.3.4 D社

D社における、作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 1.4 に、また、粉じんばく露濃度変動のグラフを図 1.10 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 1.11 に、測定中の作業風景を図 1.12 にそれぞれ示す。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/m<sup>3</sup>]であった。

表 1.4 粉じんばく露濃度結果

	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 )
1 回目	0.32	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

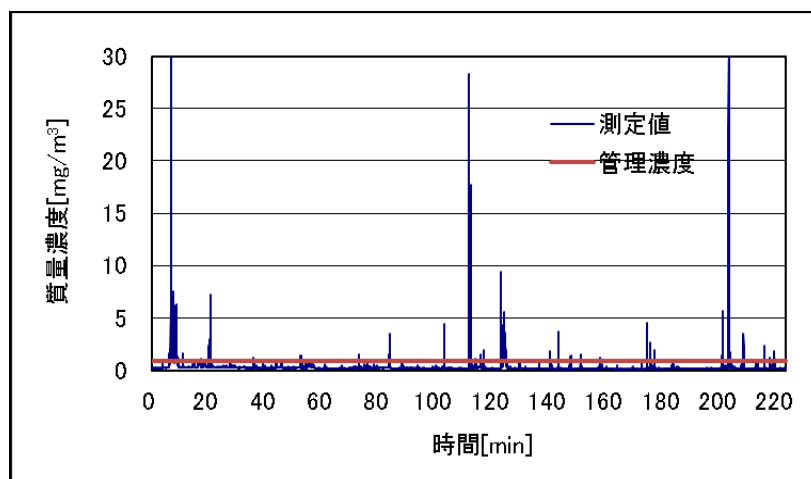


図 1.10 粉じんばく露濃度の変動状況

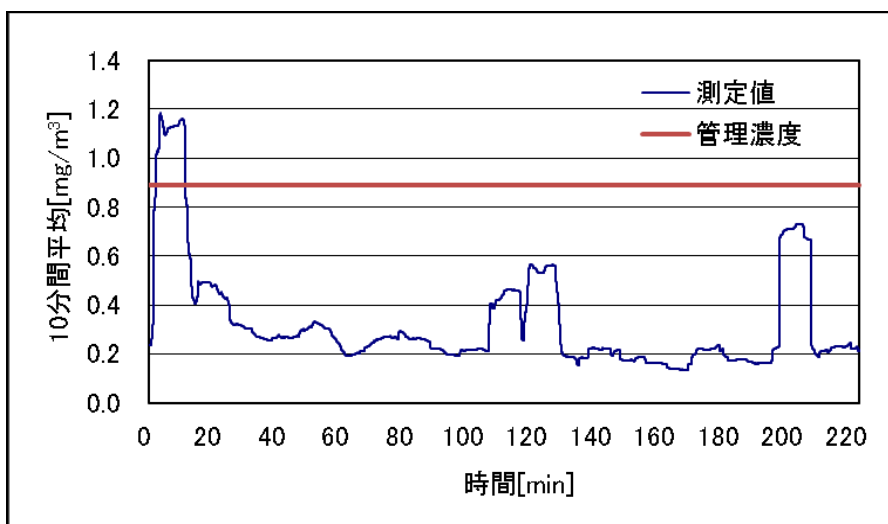


図 1.11 粉じんばく露濃度の変動状況（10 分間移動平均値）



図 1.12 作業状況

### 1.3.5 E 社

E 社における、作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 1.5 に、また、粉じんばく露濃度変動のグラフを図 1.13 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 1.14 に、測定中の作業状況を図 1.15 にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 3.9%であり、管理濃度は 0.53[mg/m<sup>3</sup>]であった。

表 1.5 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 )
1 回目	0.03	0.53	×

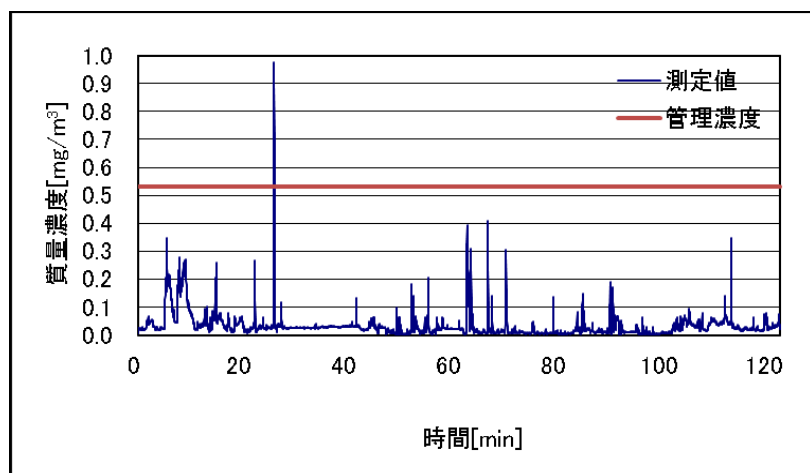


図 1.13 粉じんばく露濃度の変動状況

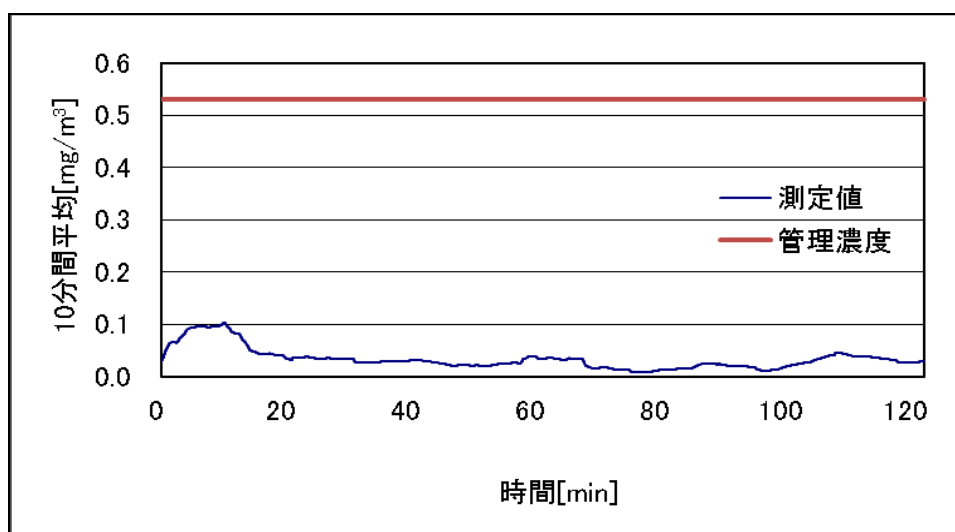


図 1.14 粉じんばく露濃度の変動状況（10 分間移動平均値）



図 1.15 作業状況



### 1.3.6 F社

F社における、作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 1.6 に、また粉じんばく露濃度変動のグラフを図 1.16 に、そ 10 分間移動平均値の変動を図 1.17 に示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 17.6%であり、管理濃度は 0.14[mg/m<sup>3</sup>]であった

表 1.6 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)
1 回目	0.18	0.14	

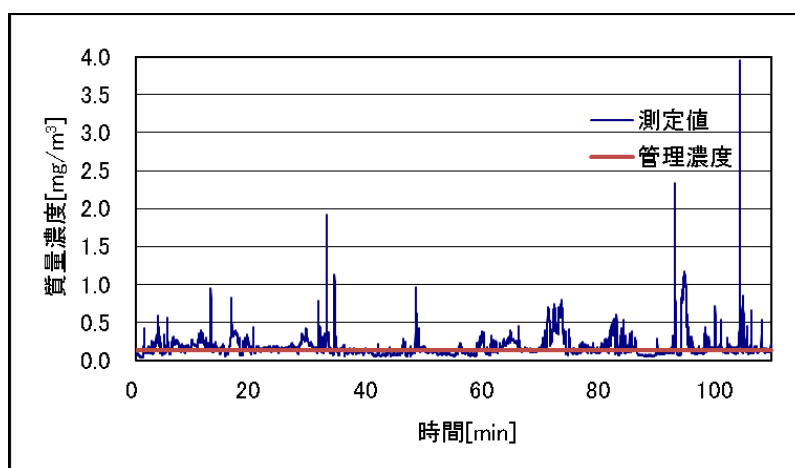


図 1.16 粉じんばく露濃度の変動状況

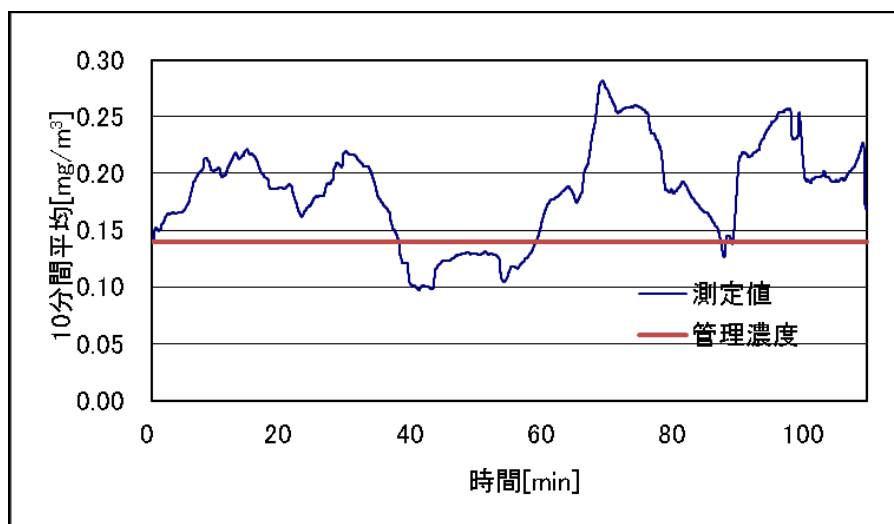


図 1.17 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)

### 1.3.7 G社

#### (a) 造形作業場

G社(造形作業場)における、作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 1.7 に、また濃

度変動のグラフを図 1.18 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 1.19 に、測定中の作業状況を図 1.20 にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 15.0%であり、管理濃度は 0.16[mg/m<sup>3</sup>]であった。

表 1.7 粉じんばく露濃度の測定結果

	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)
1 回目	1.02	0.16	

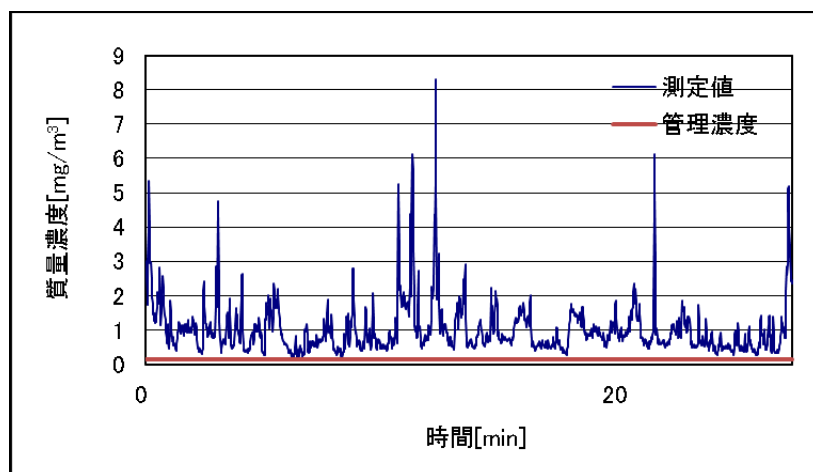


図 1.18 粉じんばく露濃度の変動状況

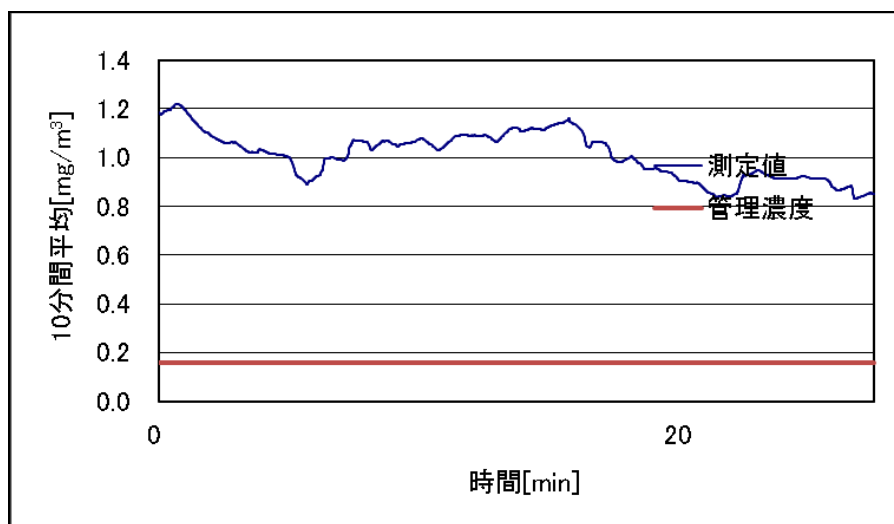


図 1.19 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)



図 1.20 作業状況

(b) 溶解作業場

G社（溶解作業場）における、作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 1.8 に、また粉じんばく露濃度変動のグラフを図 1.21 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 1.22 に、測定中の作業風景を図 1.23 にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 0 %であり、管理濃度は 3.0[mg/m<sup>3</sup>]であった。

表 1.8 粉じんばく曝露濃度結果

	粉じんばく露濃度 [g/m <sup>3</sup> ]	管理濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	管理濃度超え (超えれば)
1 回目	0.04	3.0	×

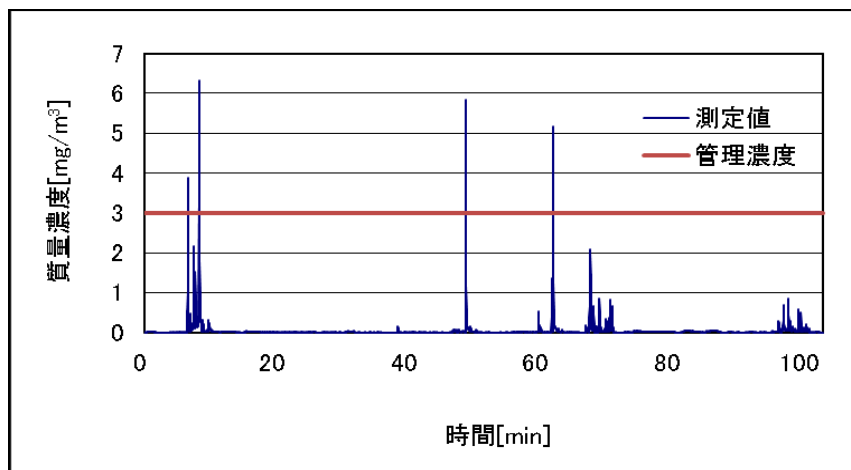


図 1.21 粉じんばく露濃度の変動状況

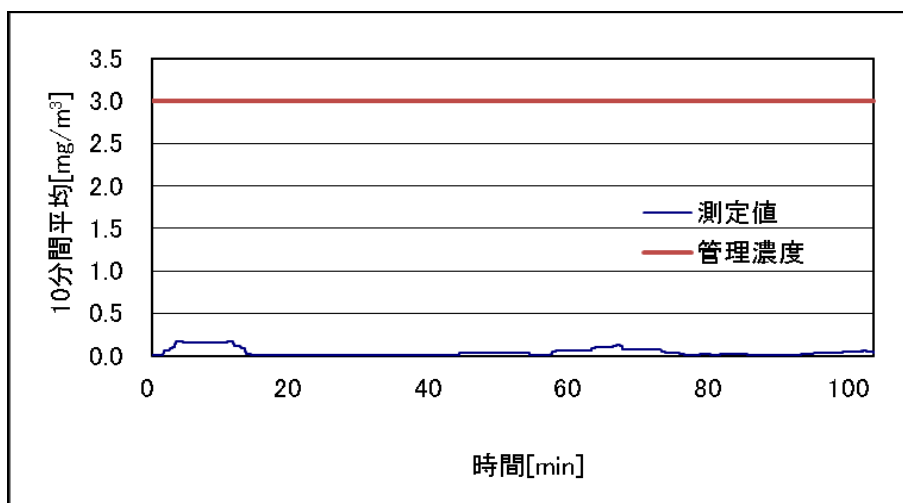


図 1.22 粉じんばく露濃度の変動状況（10 分間移動平均値）



図 1.23 作業状況

### 1.3.8 H社

H社における、作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 1.9 に、また粉じんばく露濃度変動のグラフを図 1.24 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 1.25 にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 11.0%であり、管理濃度は 0.21[mg/m<sup>3</sup>]であった。

表 1.9 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)
1 回目	0.59	0.21	

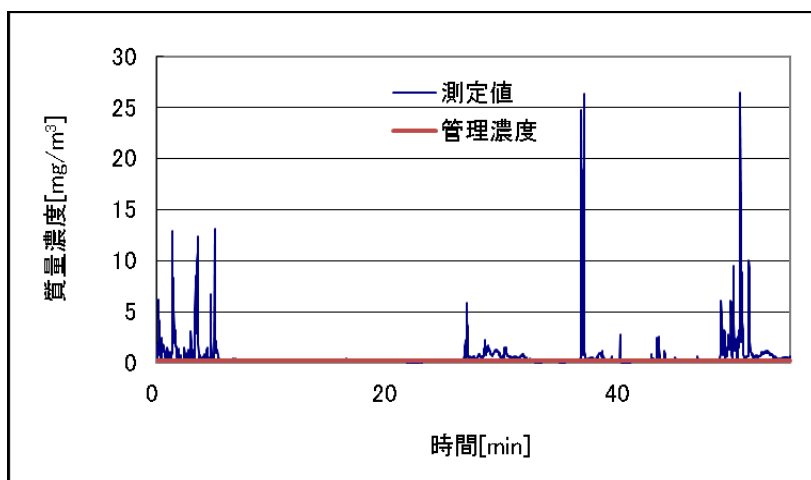


図 1.24 粉じんばく露濃度の変動状況

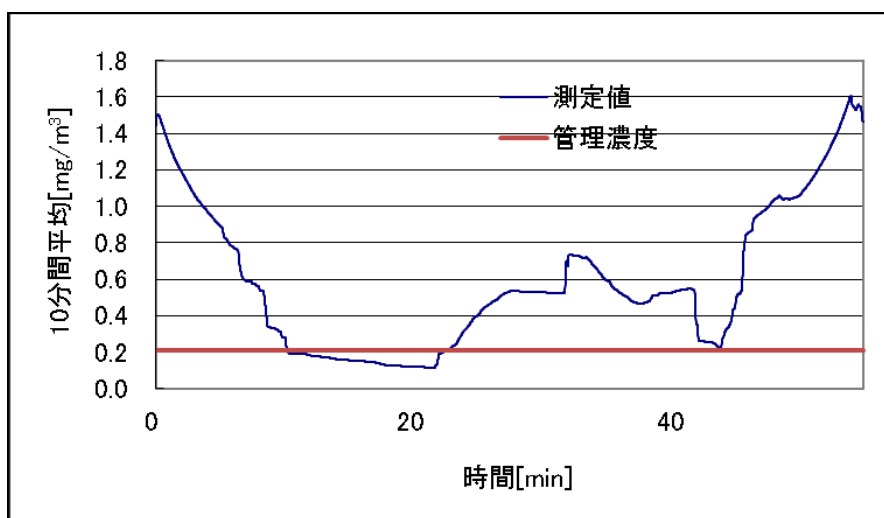


図 1.25 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)

### 1.3.9 I 社

I 社における、作業者の粉じんばく露濃度の測定結果を表 1.10 に、また粉じんばく露濃度変動のグラフを図 1.26 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 1.27 に、測定中の作業風景を図 1.28 にそれぞれ示す。なお、粉じん中の遊離けい酸含有率は 14.4%であり、管理濃度は 0.17[mg/m<sup>3</sup>]であった。

表 1.10 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)
1 回目	1.29	0.17	

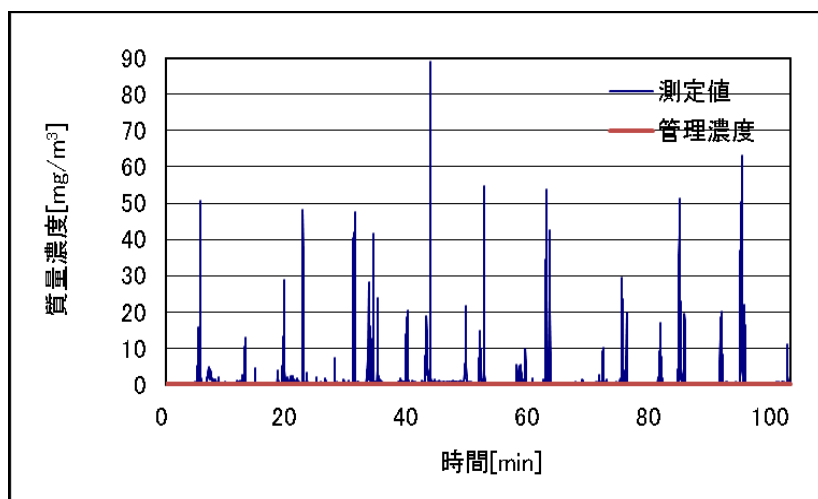


図 1.26 粉じんばく露濃度の変動状況

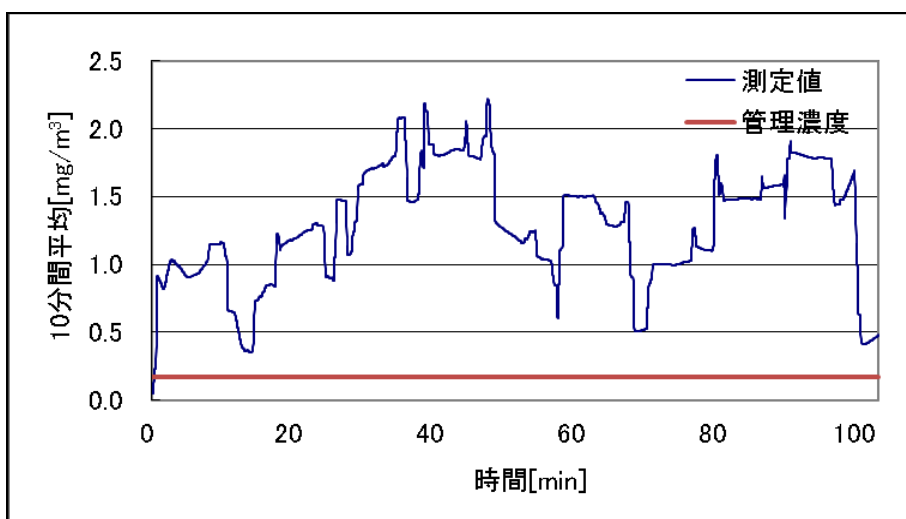


図 1.27 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)



図 1.28 作業状況

### 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  $0.18[\text{mg}/\text{m}^3]$  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 [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	管理濃度 [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	管理濃度超え (超えれば)
1 回目	1.05	0.18	

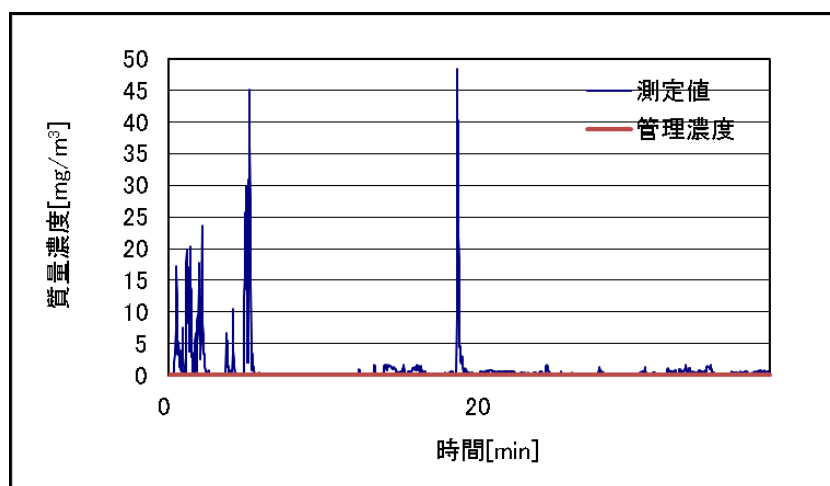


図 1.29 粉じんばく露濃度の変動状況

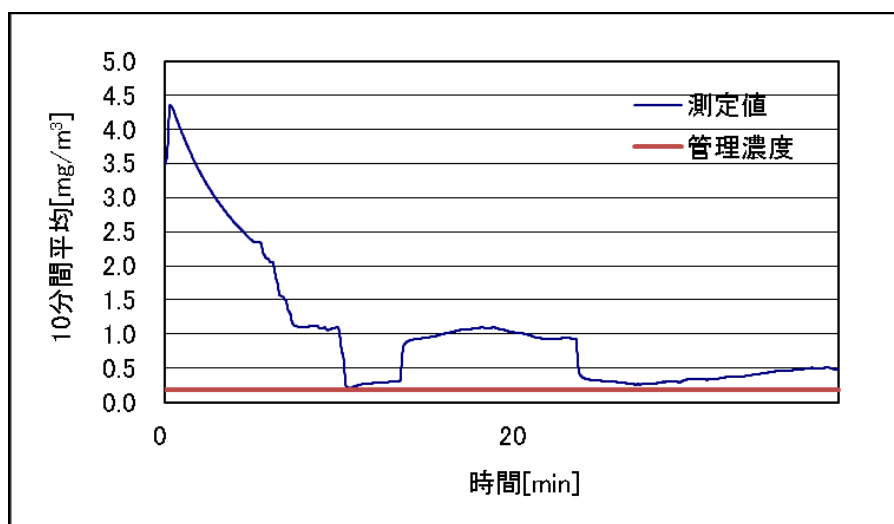


図 1.30 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)



図 1.31 作業状況

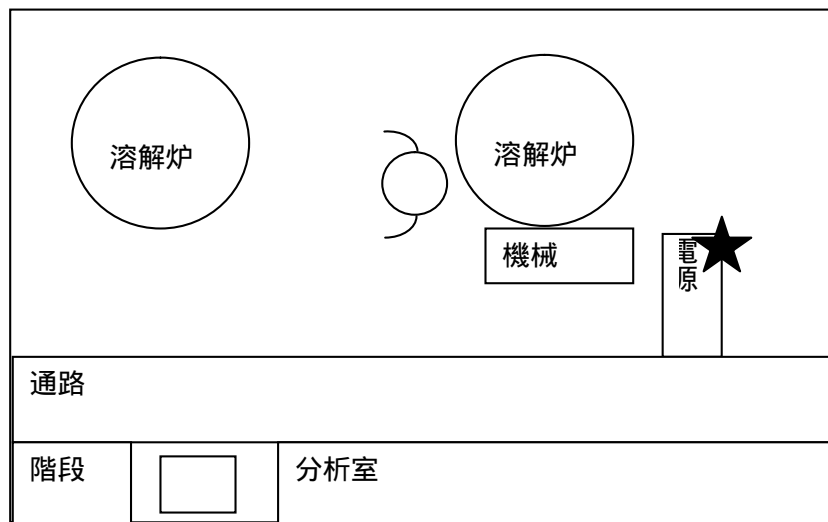
### 1.3.11 K 社

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 <sup>3</sup> ]	管理濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m <sup>3</sup> /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

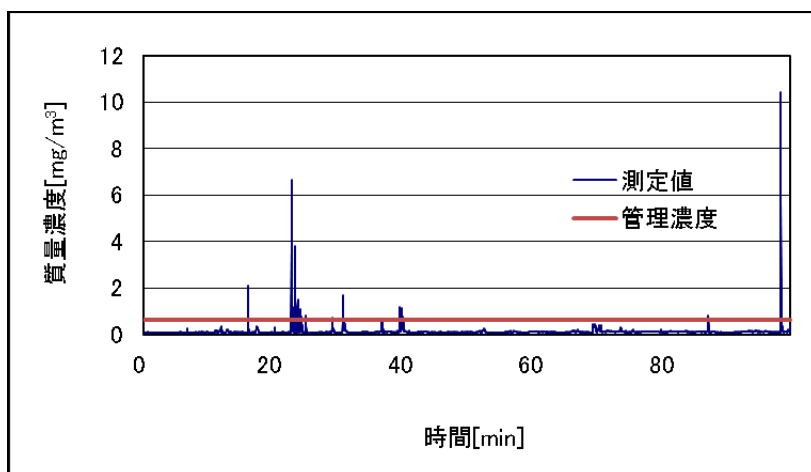


図 1.33 粉じんばく露濃度の変動状況 (AM)

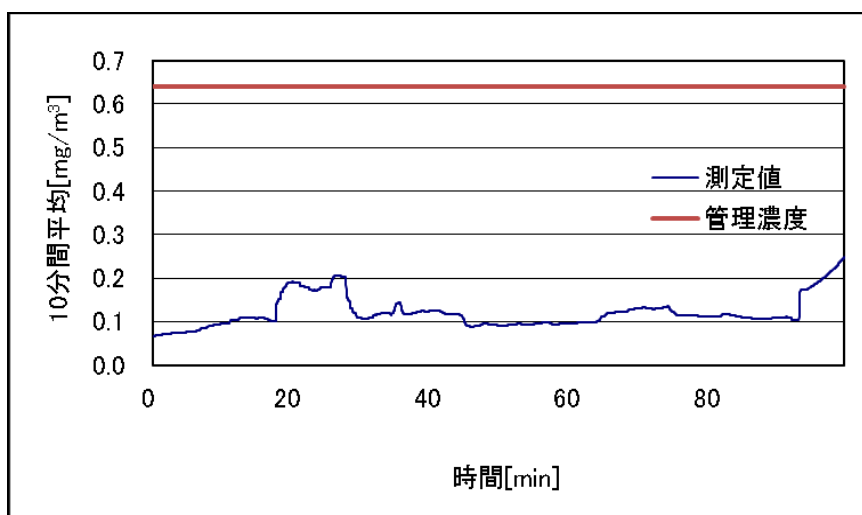


図 1.34 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値-AM-)

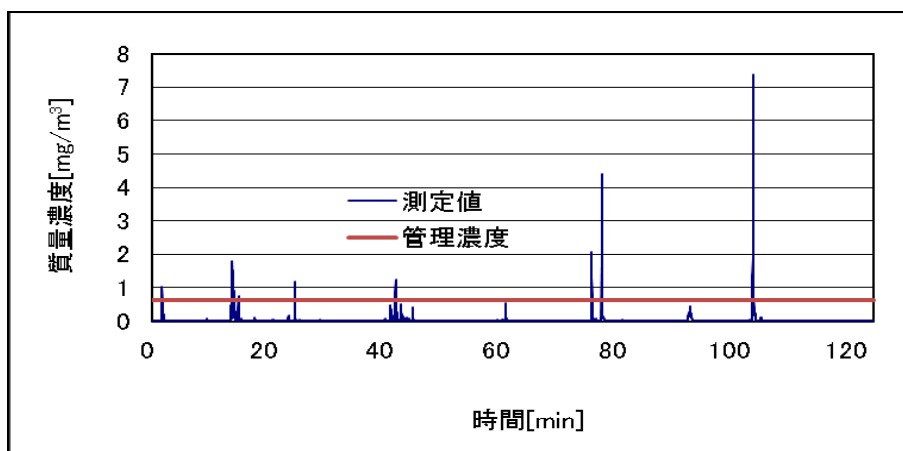


図 1.35 粉じんばく曝露濃度の変動状況 (PM)

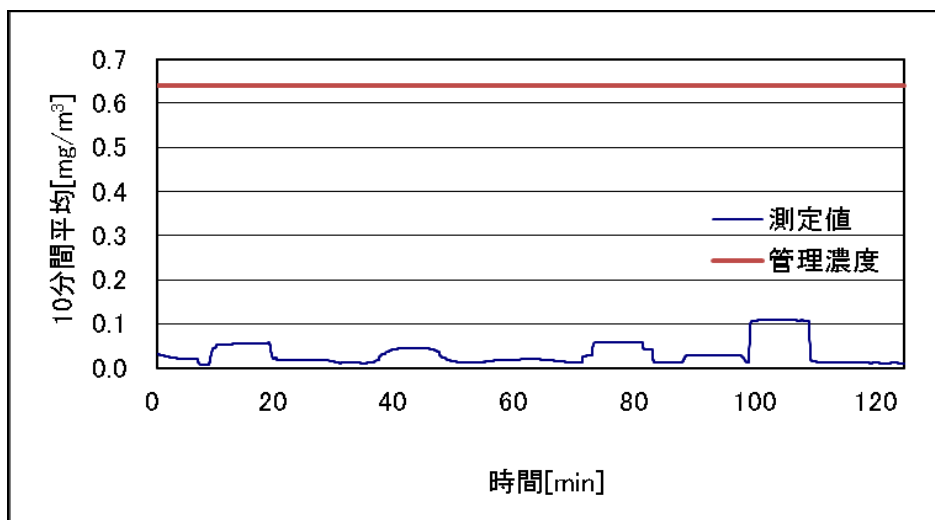


図 1.36 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値-PM-)

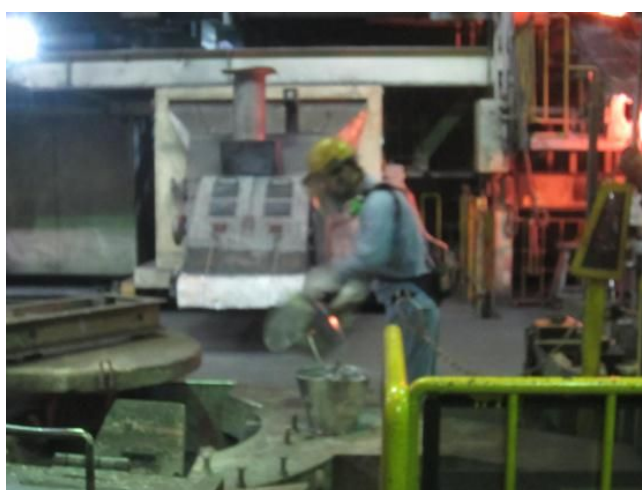


図 1.37 作業風景

### 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/m<sup>3</sup>]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 <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	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

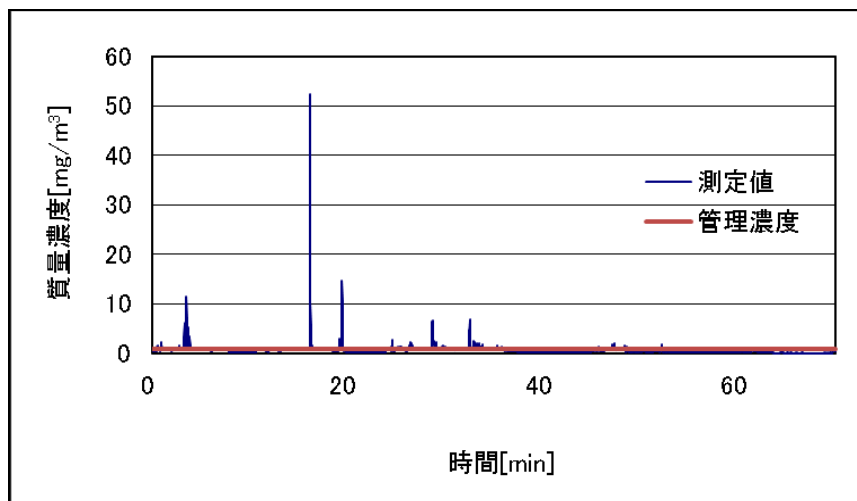


図 1.38 粉じんばく露濃度の変動状況（作業者1）

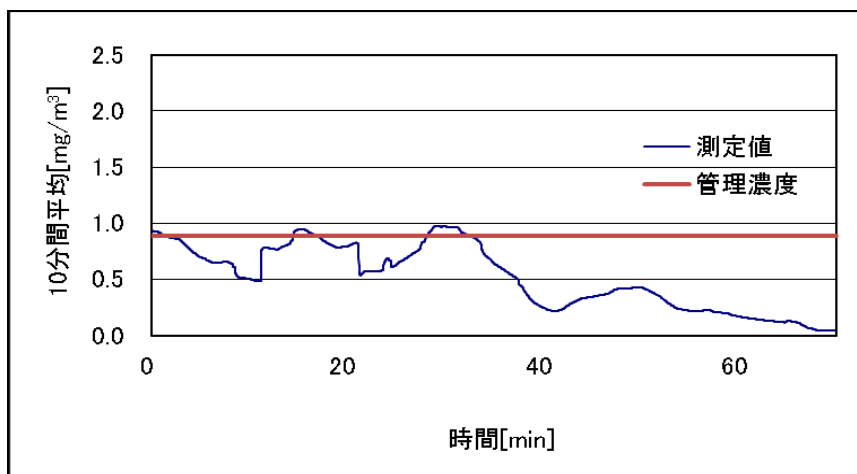


図 1.39 粉じんばく露濃度の変動状況（10分間移動平均値-作業者1-）

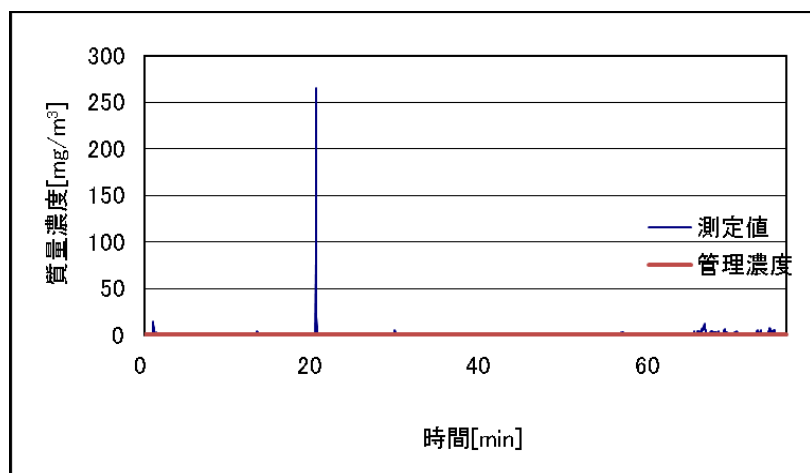


図 1.40 粉じんばく露濃度の変動状況（作業者 2）

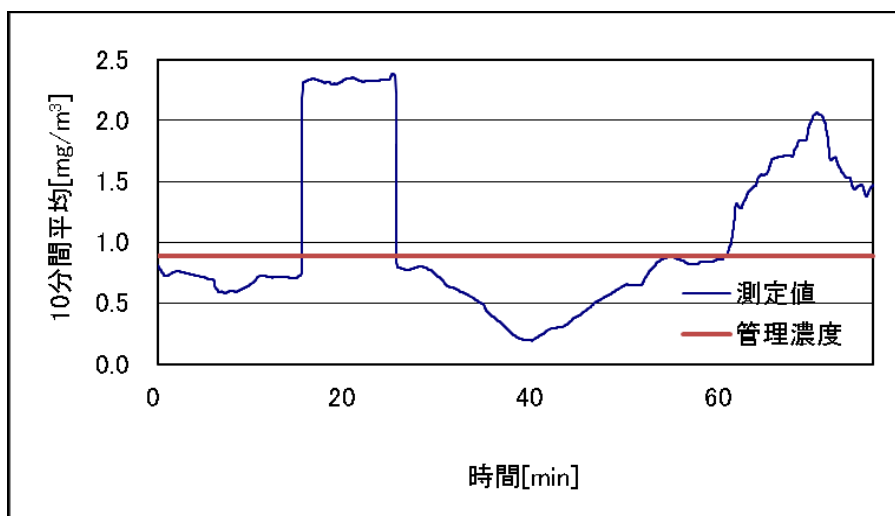


図 1.41 粉じんばく露濃度の変動状況（10 分間移動平均値-作業者 2-）



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、土石又は鉱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 <sup>3</sup> ]	管理濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]	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

土石及び鉱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 <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			
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、鋳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、又は溶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、又は鋳込みする場所における作業。ただし、転炉から湯出しし、又は金型に鋳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鋳型に入ると鋳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、溶融作業工程では約 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、中小の鋳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、粉じん発生の様態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。