

屋外における岩石等の研磨・ばり取り  
作業等に係る調査研究報告書

早稲田大学理工学術院  
創造理工学部環境資源工学科  
名古屋 俊士

2013. 3. 3

## 1. 目的

平成 24 年 4 月に粉じん障害防止規則（以下、粉じん則）の改正（基発 1212 第 1 号）が行われ、屋外におけるアーク溶接作業と屋外における岩石等の裁断等作業においても、屋内で行う場合と同等の粉じんばく露の恐れがあることが認められたことから、屋外におけるアーク溶接作業を粉じん則が適用される粉じん作業とし、また両者を呼吸用保護具の使用する作業とした。粉じん則では第六章に保護具について記述されており、第二十七条の冒頭に以下のように記載されている。「事業者は、別表第三に掲げる作業（次項に規定する作業を除く。）に労働者を従事させる場合（第七条第一項各号又は第二項各号に該当する場合は除く。）にあつては、当該作業に従事する労働者に有効な呼吸用保護具（別表第三第五号に掲げる作業に労働者を従事させる場合にあつては、送気マスク又は空気呼吸器に限る。）を使用させなければならない。」今回の改正では、別表第三の四「別表第一第六号に掲げる作業のうち、手持式又は可搬式動力工具を用いて岩石又は鉱物を裁断し、彫り、又は仕上げする作業」とすることとした。つまり、改正前では屋内での岩石、鉱物の裁断等の作業時には呼吸用保護具を使用すべきとしていたところ、改正により、屋外で作業を行う際でも呼吸用保護具を使用すべきとすることにした。

本調査の目的は、岩石、鉱物及び金属を研磨・ばり取りする作業等について、粉じん障害防止規則に定める呼吸用保護具の使用対象業務とすべきかどうかの検討のため、作業者の粉じんばく露濃度の測定等を行い、今後の検討のための基礎的な情報を収集する調査である。

## 2. 調査の概要

### 2. 1 調査対象作業

手持式又は可搬式動力工具を用いた岩石、鉱物、金属の研磨・ばり取り作業及び金属の裁断作業時の粉じんばく露濃度測定を行う。

### 2. 2 研磨作業等に用いた各種試料について

本調査では、岩石試料として 3 種類、鉱物試料として 3 種類、金属試料として 1 種類及び金属裁断試料として厚さの異なる 2 種類の鉄板試料を用いて調査を行った。

#### 1) 岩石試料

岩石試料中の遊離けい酸含有率の異なる岩石試料 No.1（黒色花崗岩、アメリカ産）、岩石試料 No.2（白色花崗岩、アメリカ産）及び岩石試料 No.3（赤色花崗岩、岡山産）の 3 種類を岩石試料とした。また、各試料の外観を図 2.1、図 2.2 及び図 2.3 にそれぞれ示す。また、それぞれの試料の寸法を、表 2.1 に示す。ただし、いずれの花崗岩も墓石として市販される鉱物である。



図 2.1 岩石試料 No.1  
(黒色花崗岩、アメリカ産)  
の外観



図 2.2 岩石試料 No.2  
(白色花崗岩、アメリカ産)  
の外観



図 2.3 岩石試料 No.3  
(赤色花崗岩、岡山産)  
の外観

表 2.1 各種岩石試料の寸法

試料名	寸法(mm)		
	縦	横	厚さ
岩石試料 No.1 (黒色花崗岩、アメリカ産)	445	265	265
岩石試料 No.2 (白色花崗岩、アメリカ産)	445	265	265
岩石試料 No.3 (赤色花崗岩、岡山産)	245	180	125

## 2) 鋳物試料

鋳物試料中の遊離けい酸含有率の異なる鋳物試料 No.1 (セメントブロック・大型)、鋳物試料 No.2 (セメントブロック・四角) 及び鋳物試料 No.3 (セメントプレート) の 3 種類を鋳物試料とした。各試料の外観を図 2.4、図 2.5 及び図 2.6 にそれぞれ示す。また、それぞれの試料の寸法を、表 2.2 に示す。ただし、鋳物試料 No.1 及び鋳物試料 No.2 は、建築構造物の土台の基礎として作製されたセメントブロックであり、鋳物試料 No.3 は、庭等の敷石として市販されているセメントプレートである。



図 2.4 鋳物試料 No.1  
(セメントブロック・大型)  
の外観



図 2.5 鋳物試料 No.2  
(セメントブロック・四角)  
の外観



図 2.6 鋳物試料 No.3  
(セメントプレート)  
の外観

表 2.2 各種鉍物試料の寸法

試料名	寸法(mm)		
	縦	横	厚さ
鉍物試料 No.1 (セメントブロック・大型)	290	180	180
鉍物試料 No.2 (セメントブロック・四角)	430	260	300
鉍物試料 No.3 (セメントプレート)	300	300	90

### 3) 金属試料

金属研磨作業に用いる金属板を図 2.7 に示す。また、金属裁断に用いる鉄板は厚さの異なる 2 種類用意した。鉄板の外観を図 2.8 に示す。また、それぞれの試料の寸法を、表 2.3 に示す。



図 2.7 金属版の外観図



図 2.8 鉄板の外観図

表 2.3 各種金属試料の寸法

試料名	寸法(mm)		
	縦	横	厚さ
金属板	300	80	20
鉄板	400	300	2.0
	400	300	3.2

### 2. 3 各岩石試料及び鉍物試料の化学組成

岩石試料は、蛍光X線により化学組成を求め、その結果を表 2.4 に示す。また、X線回折装置を用いて、定性分析を行った。その結果を図 2.9、図 2.10 及び図 2.11 にそれぞれ示す。

また鉍物試料は、セメントと鉍物を混合して作成した試料であるため、鉍物試料中にセメントと鉍物が均一に分布していない。試料採取部分によって化学組成が異なるため、

化学組成は算出しなかった。また、同様な理由から X線回折装置を用いた定性分析も行わなかった。

表 2.4 各岩石試料の化学組成

化学組成	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ig.Loss
岩石試料 No.1	62.9	15.7	5.7	0.4	2.8	5.4	3.6	1.1	2.4
岩石試料 No.2	62.8	13.3	4.7	0.1	0.3	7.6	4.9	4.7	1.6
岩石試料 No.3	66.1	13.8	4.7	0.2	0.5	3.3	3.1	5.4	2.9

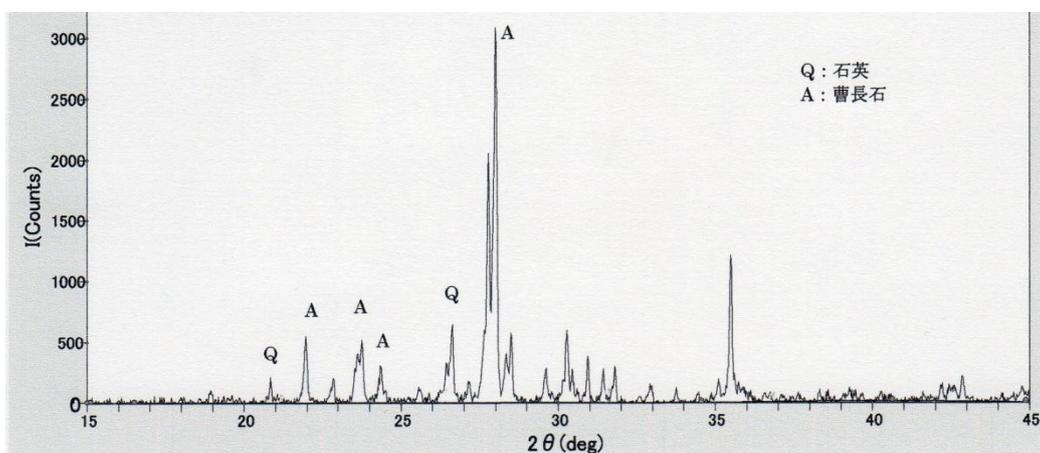


図 2.9 岩石試料 No.1 の定性分析結果

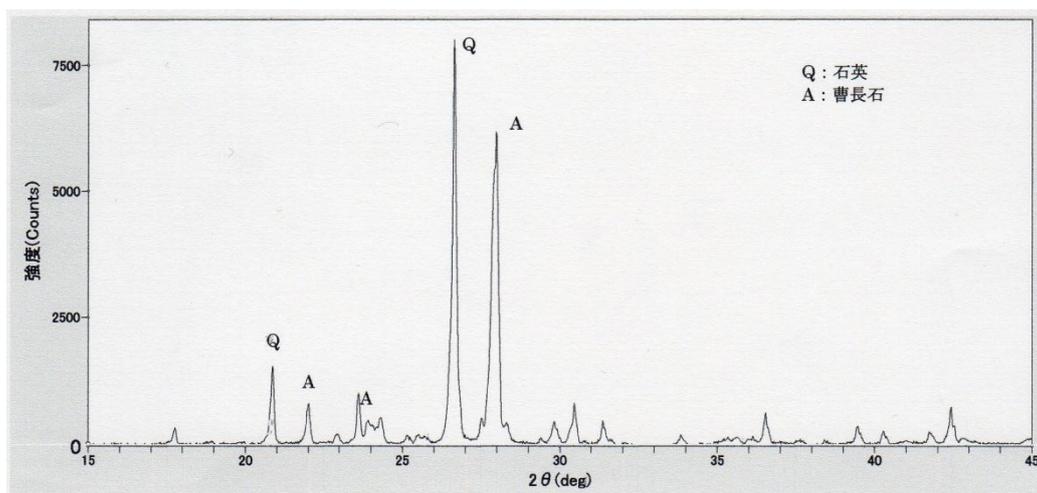


図 2.10 岩石試料 No.2 の定性分析結果

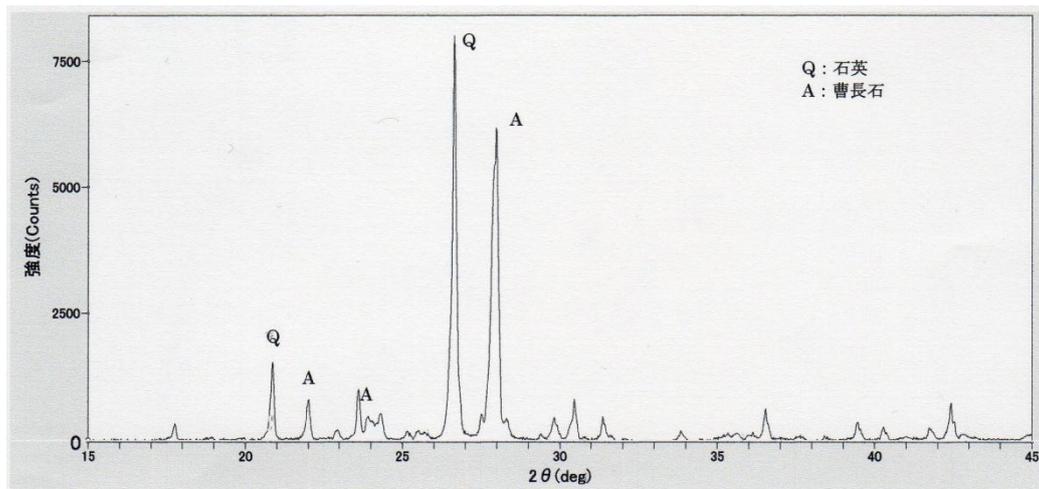


図 2.11 岩石試料 No.3 の定性分析結果

2. 4 各岩石試料及び鉱物試料の遊離けい酸含有率

粉じん作業では、粉じん作業時に発生した吸入性粉じんをろ紙上に捕集した後、捕集された粉じんを X 線回折分析装置を用いた X 線基底標準吸収補正法で定量分析を行うことにより、粉じん中の遊離けい酸含有率 (Q) を求めた。その求めた遊離けい酸含有率を管理濃度の式に代入することで管理濃度を求める。管理濃度の式を式 2.1 に示す。各試料の吸入性粉じん中の遊離けい酸含有率と管理濃度を表 2.5 に示す。

$$E = \frac{3}{1.19Q + 1} \quad (2.1)$$

※Q：遊離けい酸含有率

表 2.5 各試料の管理濃度

試料名		遊離けい酸含有率 (%)	管理濃度 E (mg/m <sup>3</sup> )
岩石	岩石試料 No.1 (黒色花崗岩、アメリカ産)	9.1	0.25
	岩石試料 No.2 (白色花崗岩、アメリカ産)	46.4	0.05
	岩石試料 No.3 (赤色花崗岩、岡山産)	31.4	0.08
鉱物	鉱物試料 No.1 (セメントブロック・大型)	10.4	0.22
	鉱物試料 No.2 (セメントブロック・四角)	43.3	0.06
	鉱物試料 No.3 (セメントプレート)	42.9	0.06

## 2. 5 粉じんばく露濃度測定方法

### 2.5.1 ばく露濃度測定機器

デジタル粉じん計 LD-6N 型（相対濃度計）（以下、LD-6N（相対濃度計））は柴田科学製で、光源に半導体レーザーを用いた粉じん計である。LD-6N は作業者の防じん対策や作業環境の改善に不可欠な粉じんのばく露濃度または粉じん作業現場で働く作業者の個人ばく露濃度測定を目的としたデジタル粉じん計である。

LD-6N は、粉じん作業者の呼吸域での測定の際に作業者への装着を容易にするため粉じん濃度の検出部と検出されたデータを保存しておくログ部を分離している。LD-6N（相対濃度計）の外観を図 2.12 に、仕様を表 2.6 に示す。尚、本調査では LD-6N の検出部に吸入性粉じん測定用の分粒装置（NWPS-254 型）を装着した粉じん計を使用しているため、それと区別するために LD-6N（相対濃度計）とした。

一方、LD-6N 粉じん計（以下、LD-6N）は、先にも述べた通り、LD-6N（相対濃度計）の検出部のヘッド部分に PM4（ $4\mu\text{m}50\%cut$ ）の分粒が可能な NWPS-245 型個人ばく露粉じん計の分粒装置部分を装着し、吸引口部分については、フィルターホルダー側にあるファンを取り外し、ろ紙ホルダーを取り付け、吸引ポンプを別にすることで一定した吸引流速（ $2.5\text{L}/\text{min}$ ）が得られる様に改良してある。また、こうした改良を加えることで、LD-6N は、1つの粉じん計で相対濃度と質量濃度を同時併行測定を行うことが可能となり、粉じん濃度測定を行いながら質量濃度換算係数（K 値）を求めることが可能な粉じん計である。

LD-6N 粉じん計の外観を図 2.13 に示す。尚、仕様に関しては相対濃度計の部分は LD-6N（相対濃度計）、分粒装置の部分はサンプラーの分粒装置の原理と同じである。



図 2.12 LD-6N（相対濃度計）の外観



図 2.13 LD-6N 粉じん計の外観図

表 2.6 LD-6N (相対濃度計) の仕様

測定原理	光散乱方式
光源	半導体レーザー
測定精度	± (指示値の 10%) ±1 カウント (較正粒子に対して)
測定感度	1CPM=0.001 mg/m <sup>3</sup> (較正粒子に対して)
測定範囲	0.001~10.000 mg/m <sup>3</sup>
機能	感度補正 (1 分間の散乱板測定)
	ゼロキャンセル (6 秒間測定)
	マニュアル測定 (手動操作)
	ダウンタイマー測定
	質量濃度変換
	データロギング (測定値のメモリ記録)
	通信機能
使用環境	0~40℃ 5~90%RH (但し、結露無きこと)
電源	内蔵ニッケル水素電池または AC アダプター
	電池充電時間約 4 時間
	電池駆動時間約 10 時間
寸法	検出部 : 98 (W) ×40 (D) ×96 (H) mm (採気口取付時)
	操作部 : 76 (W) ×41 (D) ×106 (H) mm (突起部除く)
	中継ケーブル 1m
質量	約 0.7kg (検出部、中継ケーブル、操作部)

## 2. 6 研磨作業等に用いた手持ち工具

### 1) 手持ち式グラインダー

岩石・鉱物及び金属の研磨・バリ取りを行う際、市販の手持ち式グラインダーを使用した。グラインダーには主に回転数、周速度、砥石径、質量の違いがある。本調査で使用したグラインダーの外観を図 2.14 に、仕様を表 2.7 に示す。



図 2.14 グラインダーの外観

表 2.7 Makita モデル 9533 仕様

研削砥石 寸法	外径 100×厚さ 6 ×内径 15(mm)
全長	260(mm)
回転数	12,000min <sup>-1</sup> (回転/分)
電源	単相 100V
電流	7.4A
消費電力	720W
質量	1.6kg

### 2) マルノコ

金属の裁断には、マルノコを用いた。用いたマルノコの外観及び仕様を図 2.15 及び表 2.8 に示す。



図 2.15 マルノコの外観

表 2.8 Makita マルノコ M565 の仕様

刃物寸法	外径 165×内径 20(mm)
本体寸法	長さ 282 ×幅 221 × 高さ 227(mm)
回転数	5,500min <sup>-1</sup> (回転/分)
電源	単相 100V
電流	11A
消費電力	1,050W
質量	3.0kg

### 3 粉じん濃度測定法

#### 3.1 測定場所

本調査は、屋外で行うため、早稲田大学西早稲田キャンパス 60 号館地下 1 階の環境資源工学科実験室にあるドライエリアにて行った。ドライエリアにおける測定機器の配置を図 3.1 に、実際の設置風景を図 3.2 に示す。

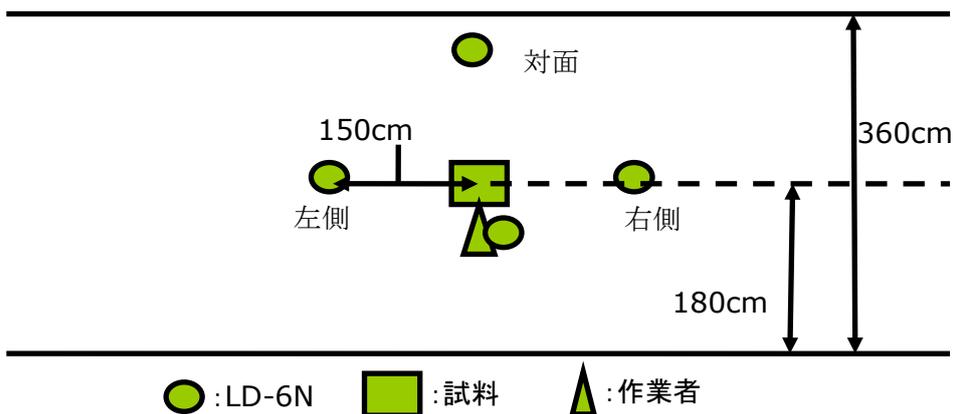


図 3.1 LD-6N 粉じん計の設置場所

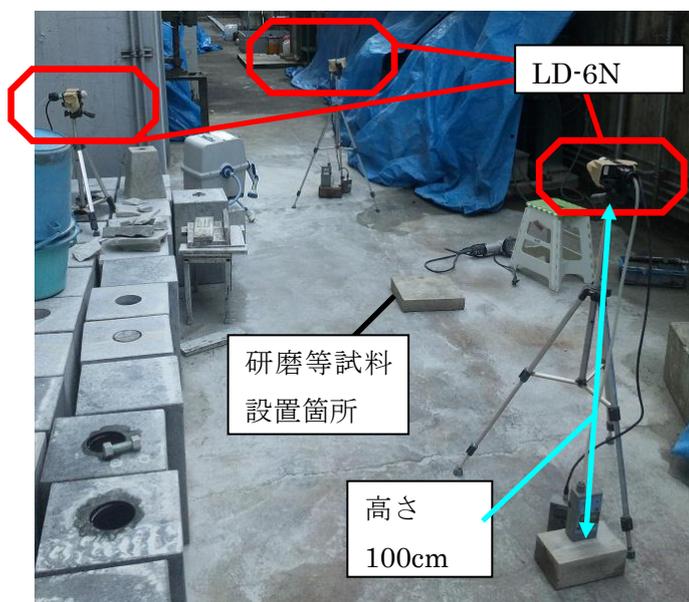


図 3.2 実験場所風景



図 3.3 研磨作業風景

### 3. 2 研磨等の作業方法

岩石及び鉱物の研磨作業及びばり取り作業の実験条件の設定については、当研究室独自の現場調査や中央労働災害防止協会及び建設労働災害防止協会の岩石、鉱物及び金属研磨作業等に係る粉じんばく露防止対策調査(文献2及び3参照)等で現場調査の際に見た経験を参考とした。その結果、試料を約 20cm の一定間隔に 5 個配置し、1 試料の研磨に要する時間を約 2 分とし、5 個の試料の研磨作業に要する時間を約 10 分と設定した。また、実際の現場における研磨作業は、鉱物等の研磨表面の状態を確認しながら作業を行うことから、1 試料の研磨作業に要する約 2 分間の中で、実際に試料を研磨する時間は 30 秒から 40 秒に設定した。1 試料の研磨作業終了後は、次の試料に移動し、同様の研磨作業を行った。実験作業場は無風に近い環境であるため、実際の屋外現場での研磨作業を想定し、送風機を作業者の左側に設置し、常に左側より約 1(m/s)の風を受けることができるように、風速計の値を確認しながら風量の調整を行った。研磨作業の作業状況を図 3.3 に示す。また、実際の現場における鉱物の表面加工作業状況の一例を図 3.4 に示す。



図 3.4 岩石の表面加工作業時の作業状況

ばり取り作業は、研磨作業と同様の測定を行ったが、ばり取り作業時間は 20 秒から 30 秒に設定し、研磨作業より短い時間とした。これは、研磨作業と同様で、当研究室独自の現場調査や岩石及び金属研磨作業等に係る粉じんばく露防止対策調査(文献2及び3参照)等で現場調査の際に見た経験を参考に、ばり取り作業が研磨作業と比較して、対象面積が小さいことを考慮したためである。

金属の研磨作業及びばり取り作業は、岩石及び鉱物の研磨作業及びばり取り作業と同様な作業で行った。また、金属の裁断作業は、約 30cm の金属板を約 2 分掛けて裁断する速度で裁断した。

### 3. 3 ばく露濃度測定及び環境濃度測定

本調査では、LD-6N 粉じん計を用いて、ばく露濃度測定を実施した。ばく露濃度測定は、「屋外作業場等における作業環境管理に関するガイドライン」に従った測定である。これは、10 分間

の継続した測定を行い、その結果を管理濃度と比較することで評価を行う測定方法である。ばく露濃度測定に際し、LD-6N 粉じん計を作業者の肩に直接固定して、作業者の呼吸域近傍の吸入性粉じん濃度を測定するという測定法で測定を行った。また、一部研磨等の作業時作業環境への粉じんの飛散状況を把握するために環境濃度測定も LD-6N 粉じん計を用いて併せて行った。

環境濃度測定は、図 3.1 及び図 3.2 に示す様に作業者から見て左右前方の 3 点に試料から 150cm 離れた位置で高さ 100cm に設置して行った。

### 3. 4 ばく露濃度の表記及び評価について

#### 3. 4. 1 ばく露濃度の表記法

LD-6N 粉じん計を用いて測定した場合、作業者のばく露濃度の時間的変動状況が測定可能となるので、一定作業時間内において、最高粉じん濃度にばく露した時間帯が明らかになる。個人サンプラー NWPS-245 型で測定した平均濃度が管理濃度より低値であった場合でも、測定時間を通して管理濃度より低値であったかについては不明であるが、LD-6N 粉じん計を用いてばく露濃度測定を行った場合、ばく露濃度の時間的変動状況から、管理濃度を超えた時間帯等について正確に把握することができる。

そのため、本調査においても、作業者のばく露濃度の時間的変動状況を把握する目的で、ばく露濃度測定の一部の作業について粉じんばく露濃度の時間的変動状況の図も示すこととした。

#### 3. 4. 2 10 分間移動平均値について

ばく露濃度測定結果の評価法として、作業時間中の平均粉じんばく露濃度の他に、10 分間移動平均値も用い 2 つの結果から評価を行った。10 分間移動平均値は、測定開始時間から 10 分間測定して得られた累積濃度を測定時間の 10 分間で除して求めた平均値である。つまり、濃度変動を示す時間の 1 点の値が、管理濃度を超えた場合は、その時間帯は対策が必要な時間帯であることを表している。10 分間移動平均値の算出方法を図 3.5 に示す。この測定法は、1 秒毎や 1 分毎等の短時間の濃度が管理濃度を超えていた場合でも、即断することなく、10 分間移動平均値で評価すると管理濃度を超過していないという現実的な評価を行うことが可能となるという点である。

そのため、本調査においても作業時の作業者のばく露濃度を評価する目的のために、一部の作業について 10 分間移動平均値の図も示すこととした。

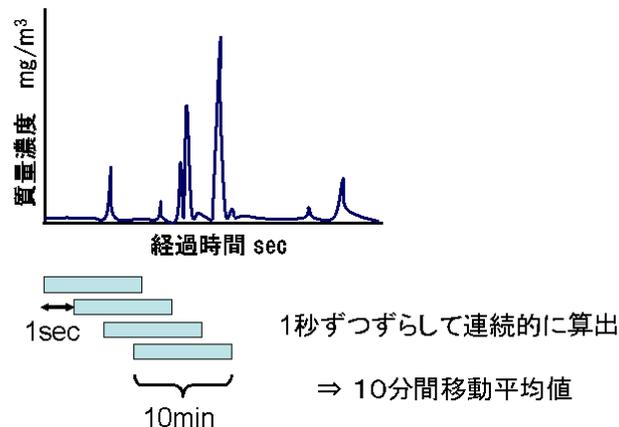


図 3.5 10 分間移動平均値の算出方法

### 3. 4. 3 造船作業現場で金属部品の研磨作業を行う作業者の粉じんばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値を用いた作業管理の評価事例

造船工程においては、部品を連結するために溶接が行われ、その後溶接部分を円滑にするために、さらに研磨作業を行う(図 3.6)。溶接作業や研磨作業は移動を伴う作業であり、近傍に粉じん測定器を設置できないため、研磨作業者の肩に LD-6N 粉じん計を装着し、呼吸域の粉じんばく露濃度を測定した。

研磨作業時の作業者のばく露濃度の時間的変動状況を図 3.7 に、ばく露濃度の 10 分間移動平均値を図 3.8 に示す。

造船工程における作業割合は、金属研磨作業が約 90%、溶接作業が約 10%であった。図 3.7 の研磨作業時の粉じん濃度の時間的変動状況から、質量濃度は瞬間的には  $25\text{mg}/\text{m}^3$  を超過している。しかしながら、粉じん濃度は時間的変動が非常に大きいため、粉じんばく露状況について正確に把握するためには、10 分間移動平均値と管理濃度を比較する必要がある。研磨作業における飛散粉じん中の遊離けい酸含有率は 0%であるため、管理濃度は  $3.0\text{mg}/\text{m}^3$  となる。そのため、10 分間移動平均値と管理濃度を比較した場合、作業者の呼吸域の粉じんばく露濃度は測定開始から終了まで、管理濃度を下回ることが明らかとなった(図 3.8)。この結果、当該金属研磨作業は、管理濃度を超える時間帯が存在しないことから、管理濃度を超える作業ではないと評価することができる。



図 3.6 接合部における金属研磨作業の様子

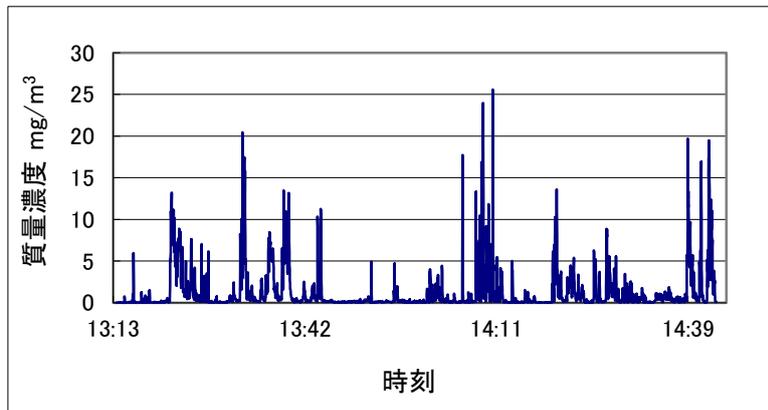


図 3.7 研磨作業時の粉じん濃度の時間的変動状況

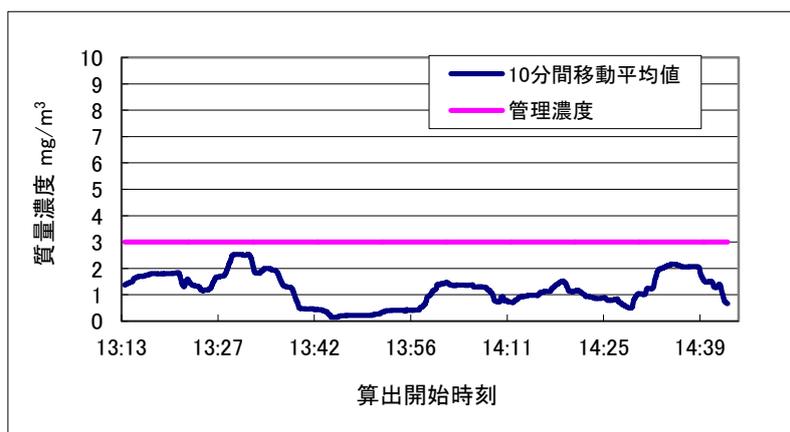


図 3.8 10分間移動平均濃度の変動

#### 4 各種作業におけるばく露濃度測定結果

##### 4.1 岩石の研磨及びばり取り作業

##### 4.1.1 岩石試料 No.1 (黒色花崗岩、アメリカ産)

##### 1) 研磨作業

岩石試料 No.1 の研磨作業時のばく露測定結果を表 4.1 に、参考として環境測定結果を表 4.2 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、 $0.0015(\text{mg}/\text{m}^3/\text{cpm})$  である。

表 4.1 より、幾何平均濃度は  $0.97(\text{mg}/\text{m}^3)$  で、幾何標準偏差は 1.41 である。また、研磨作業時の内、2 回目、3 回目及び 4 回目のばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 4.1、図 4.2、図 4.3、図 4.4、図 4.5 及び図 4.6 にそれぞれ示す。

各研磨作業時のばく露濃度の時間的変動状況の図からは、研磨作業している時に高濃度になり、研磨作業を行っていない時には低濃度になることが分かる。また、ばく露濃度の 10 分間移動平均値の図からは、常に管理濃度を超える作業であった事が分かる。

表 4.1 岩石試料 No.1 の研磨作業時のばく露濃度測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	管理濃度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	739	1.11	0.25	○
2 回目	724	1.09	0.25	○
3 回目	783	1.17	0.25	○
4 回目	344	0.52	0.25	○
5 回目	769	1.15	0.25	○

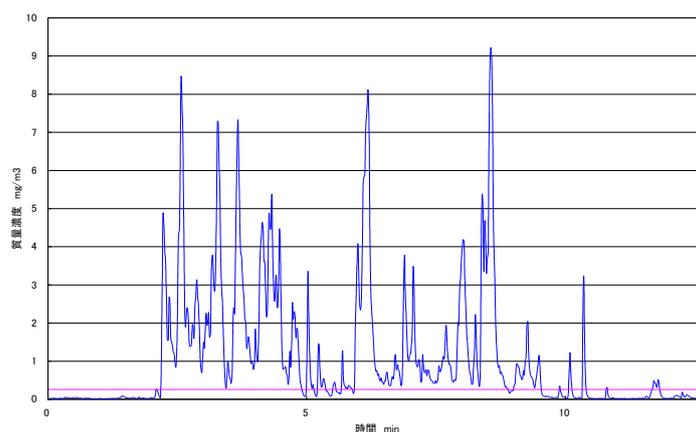


図 4.1 研磨作業(2 回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

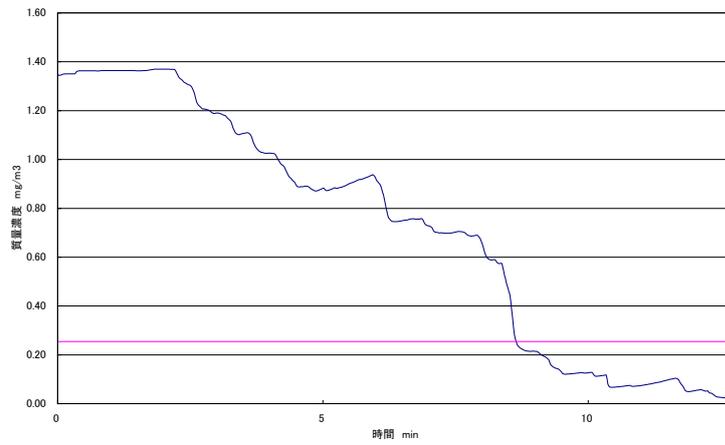


図 4.2 研磨作業(2回目)の研磨作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

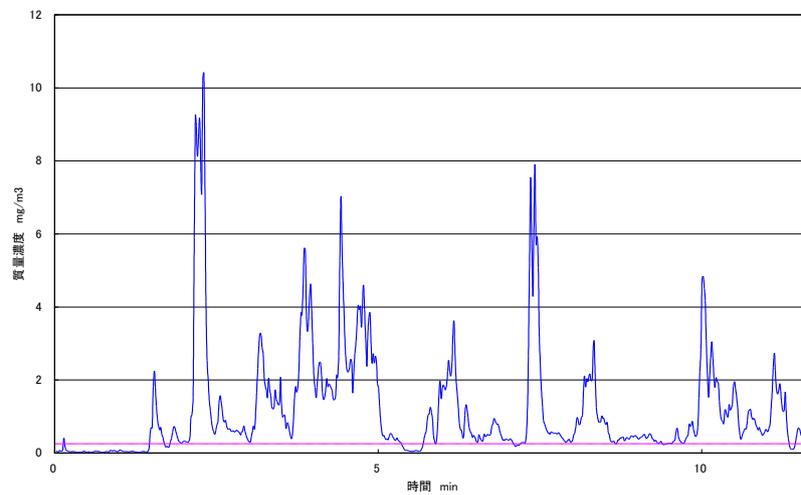


図 4.3 研磨作業(3回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

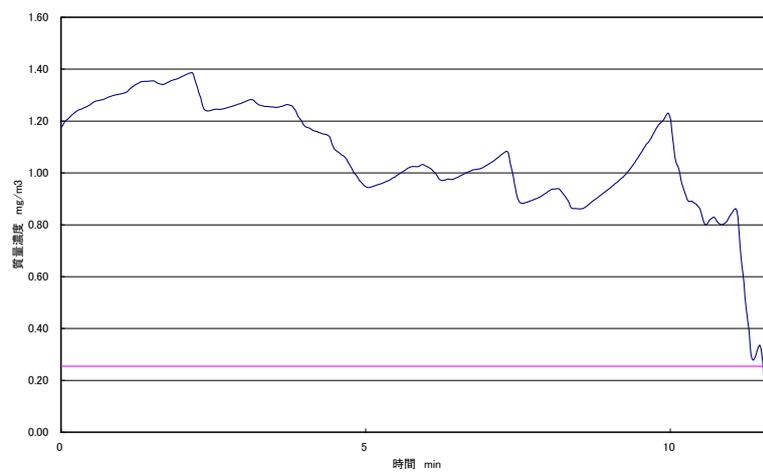


図 4.4 研磨作業(3回目)の研磨作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

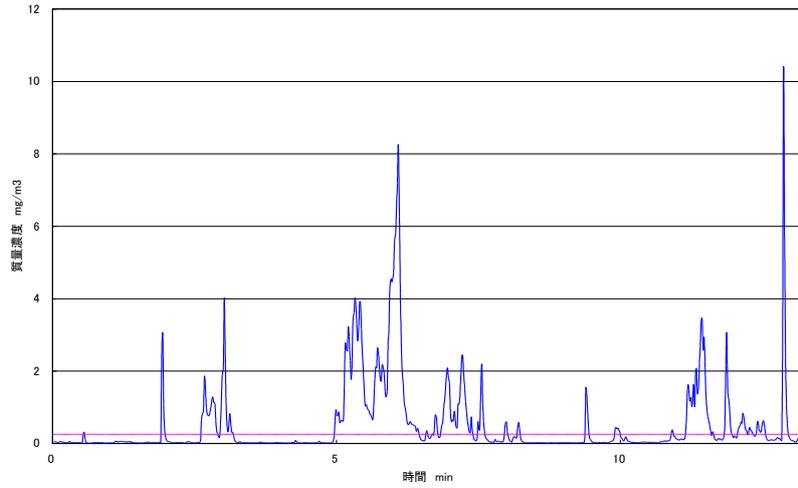


図 4.5 研磨作業(4回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動状況

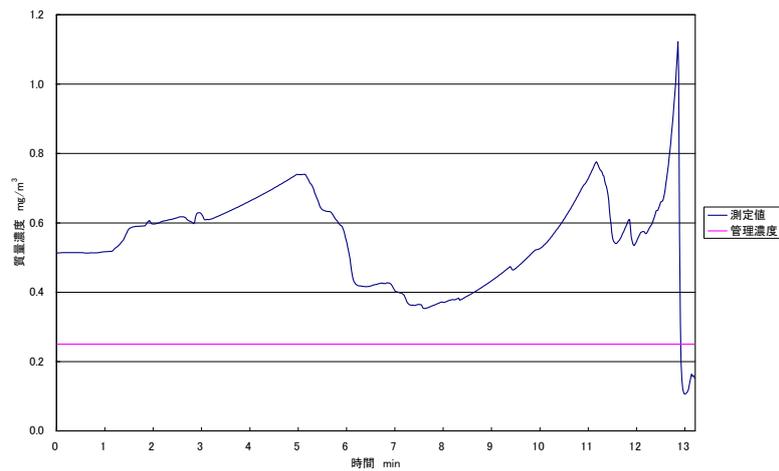


図 4.6 研磨作業(4回目)の研磨作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

表 4.2 岩石試料 No.1 の研磨作業時の環境濃度測定結果

測定箇所	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )
左側	56	0.08
対面	153	0.23
右側	35	0.05

表 4.2 より、ばく露濃度に比べて 1/10 程度の低い粉じん濃度であるが、作業環境に研磨作業による粉じんが飛散していることが分かる。

2) ばり取り作業

岩石試料 No.1 のばり取り作業時のばく露測定結果を表 4.3 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0015 (mg/ m<sup>3</sup>/cpm) である。

表 4.3 より、幾何平均濃度は 0.107 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 1.70 である。

ばり取り作業時の内、7 回目、8 回目及び 9 回目のばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 4.7、図 4.8、図 4.9、図 4.10、図 4.11 及び図 4.12 にそれぞれ示す。

表 4.3 より、各ばり取り作業時の平均粉じんばく露濃度は、管理濃度より低値である。しかし、ばり取り作業の 7 回目及び 9 回目の時間的変動状況を示した図 4.7 及び図 4.11 からは、ばり取り作業している時に著しい高値が認められた。また、7 回目の作業における、ばく露濃度の 10 分間移動平均値を示した図 4.8 からは、管理濃度を超える時間帯の作業が存在していることが分かった。そのため、7 回目のばり取り作業は平均粉じん濃度は管理濃度よりも低値であったが、10 分間移動平均値で管理濃度を超える時間帯が存在していることから、当該作業は管理濃度超えの作業と判断した。

一方、9 回目の作業については、ばく露濃度の 10 分間移動平均値を示した図 4.12 からは、管理濃度を超える時間帯の作業は存在せず、当該作業は管理濃度超えの作業とは判断しなかった。

表 4.3 岩石試料 No.1 のばり取り作業のばく露濃度測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	68	0.10	0.25	×
2 回目	79	0.12	0.25	×
3 回目	91	0.14	0.25	×
4 回目	99	0.15	0.25	×
5 回目	100	0.15	0.25	×
6 回目	30	0.045	0.25	×
7 回目	102	0.153	0.25	○
8 回目	31	0.047	0.25	×
9 回目	49	0.074	0.25	×
10 回目	146	0.22	0.25	×

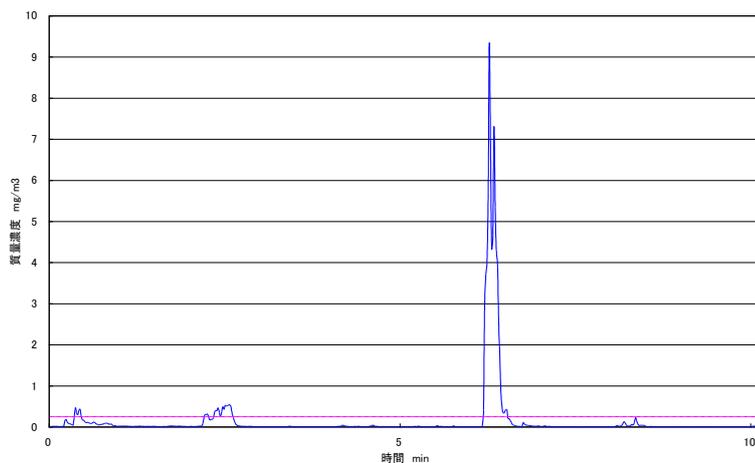


図 4.7 ばり取り作業(7回目)のばり取り作業時のばく露濃度の時間的変動

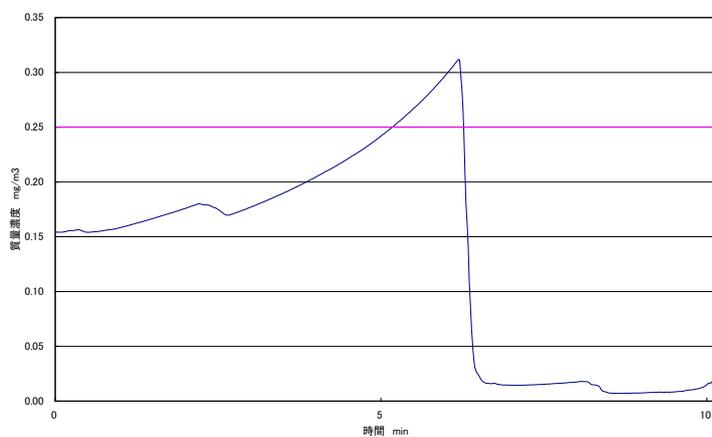


図 4.8 ばり取り作業(7回目)のばり取り作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

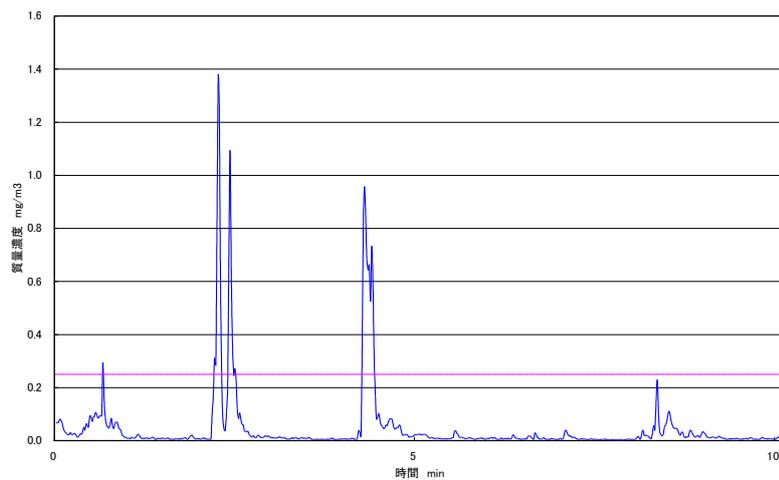


図 4.9 ばり取り作業(8回目)のばり取り作業時のばく露濃度の時間的変動

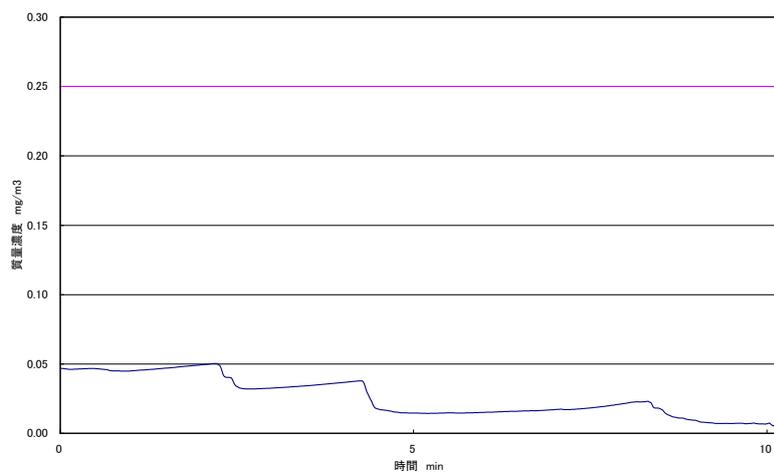


図 4.10 ばり取り作業(8回目)のばり取り作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

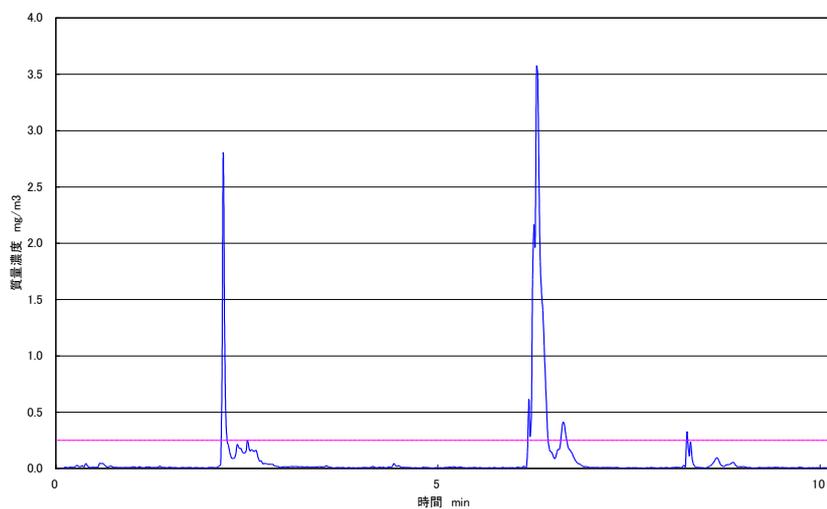


図 4.11 ばり取り作業(9回目)のばり取り作業時のばく露濃度の時間的変動

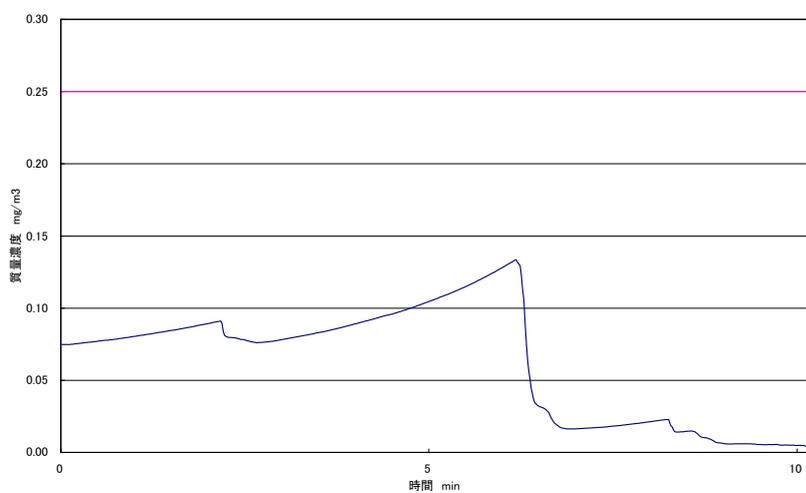


図 4.12 ばり取り作業(9回目)のばり取り作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

#### 4. 1. 2 岩石試料 No.2 (白色花崗岩、アメリカ産)

##### 1) 研磨作業

岩石試料 No.2 の研磨作業時のばく露測定結果を表 4.4 に、参考として環境測定結果を表 4.5 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、 $0.0015(\text{mg}/\text{m}^3/\text{cpm})$  である。

表 4.4 より、幾何平均濃度は  $1.43(\text{mg}/\text{m}^3)$  で、幾何標準偏差は 2.09 である。また、研磨作業時の内、1 回目、5 回目及び 8 回目のばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 4.13、図 4.14、図 4.15、図 4.16、図 4.17 及び図 4.18 にそれぞれ示す。

各研磨作業時のばく露濃度の時間的変動状況の図からは、研磨作業している時に高濃度になり、研磨作業を行っていない時には低濃度になることが分かる。また、ばく露濃度の 10 分間移動平均値の図からは、常に管理濃度を超える作業であった事が分かる。

表 4.4 岩石試料 No.2 の研磨作業時のばく露測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	管理濃度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	3032	4.54	0.05	○
2 回目	1273	1.91	0.05	○
3 回目	1531	2.29	0.05	○
4 回目	1047	1.57	0.05	○
5 回目	414	0.62	0.05	○
6 回目	832	1.25	0.05	○
7 回目	624	0.94	0.05	○
8 回目	1137	1.71	0.05	○

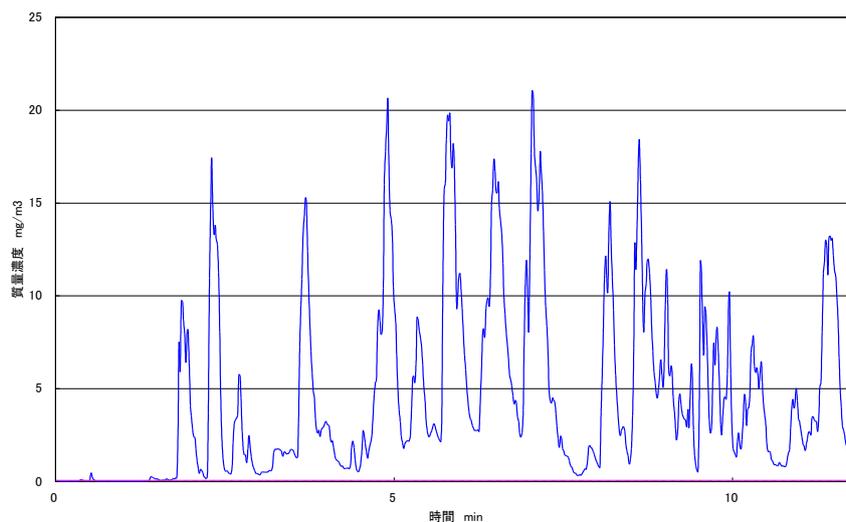


図 4.13 研磨作業(1 回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

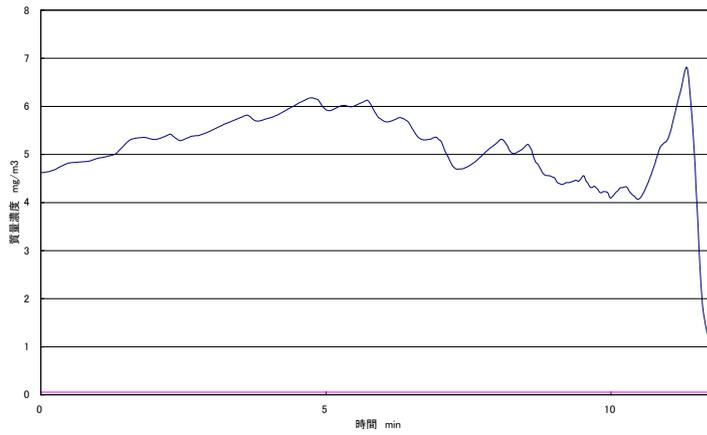


図 4.14 研磨作業(1回目)の研磨作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

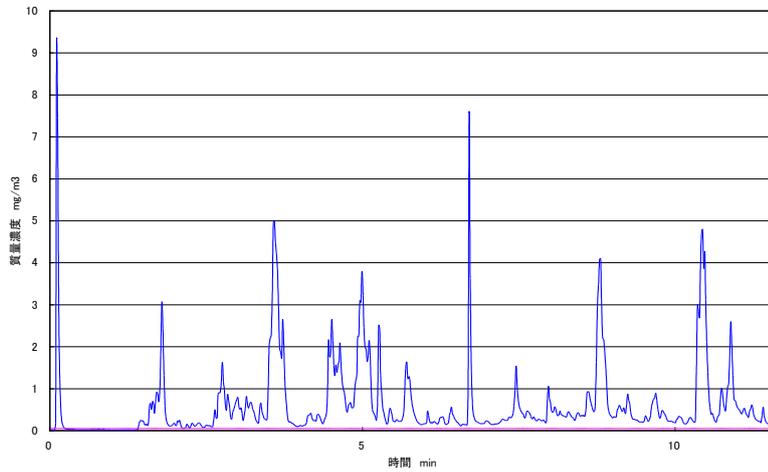


図 4.15 研磨作業(5回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

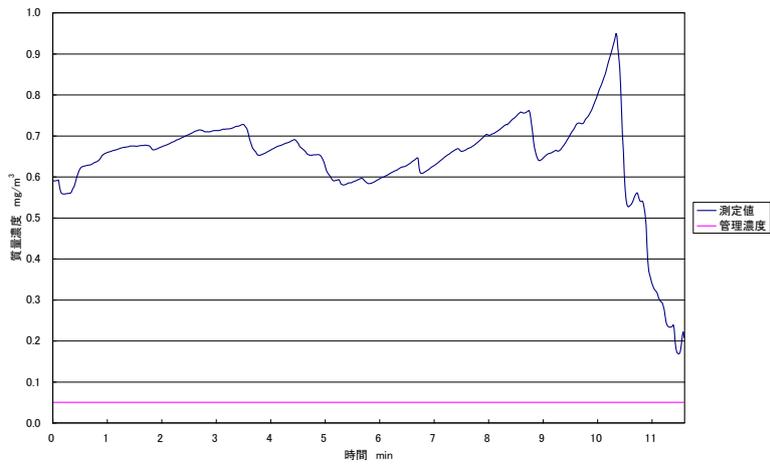


図 4.16 研磨作業(5回目)の研磨作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

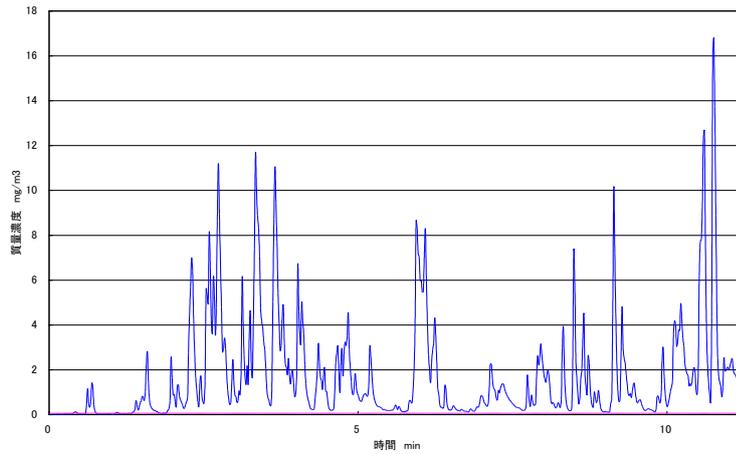


図 4.17 研磨作業(8回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

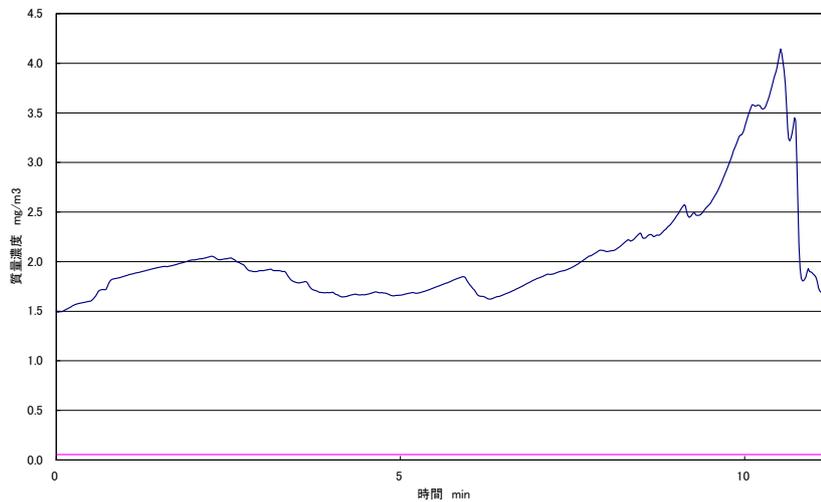


図 4.18 研磨作業(8回目)の研磨作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

表 4.5 岩石試料 No.2 の研磨作業時の環境濃度測定結果

測定箇所	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )
左側	67	0.10
対面	267	0.40
右側	64	0.09

表 4.5 より、ばく露濃度に比べて 1/100~1/10 程度の低い粉じん濃度であるが、作業環境に研磨作業による粉じんが飛散していることが分かる。

2) ばり取り作業

岩石試料 No.2 のばり取り作業時のばく露測定結果を表 4.6 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0015 (mg/ m<sup>3</sup>/cpm) である。

表 4.6 より、幾何平均濃度は 0.121 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 2.11 である。

ばり取り作業時の内、1 回目、7 回目及び 10 回目のばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 4.19、図 4.20、図 4.21、図 4.22、図 4.23 及び図 4.24 にそれぞれ示す。

ばり取り作業時の 10 回目及び 11 回目の作業を除いて、ばく露濃度の時間的変動状況の図からは、研磨作業している時に高濃度になり、研磨作業を行っていない時には低濃度になることが分かる。また、10 回目及び 11 回目の作業を除いて、ばく露濃度の 10 分間移動平均値の図からは、常に管理濃度を超える作業であった事が分かる。

図 4.23 より、10 回目のばり取り作業のばく露濃度の時間的変動状況は、管理濃度を超えている時間帯の作業があるが、図 4.24 の 10 分間移動平均値の図からは、管理濃度を超える時間帯は認められなかった。また、11 回目のばり取り作業も 10 回目と同様であったので、2 作業は、管理濃度を超えない作業と判断した。

表 4.6 岩石試料 No.2 のばり取り作業のばく露濃度測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	286	0.43	0.05	○
2 回目	222	0.33	0.05	○
3 回目	142	0.21	0.05	○
4 回目	127	0.19	0.05	○
5 回目	72	0.11	0.05	○
6 回目	95	0.14	0.05	○
7 回目	100	0.15	0.05	○
8 回目	48	0.072	0.05	○
9 回目	46	0.069	0.05	○
10 回目	26	0.039	0.05	×
11 回目	31	0.047	0.05	×
12 回目	54	0.081	0.05	○

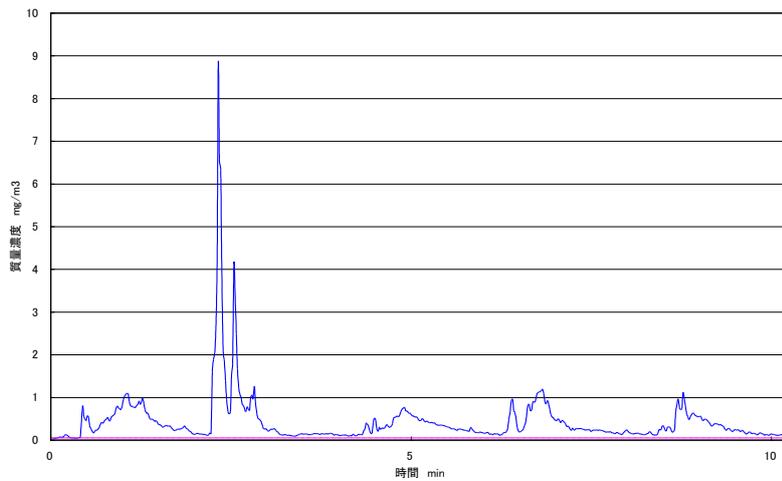


図 4.19 ばり取り作業(1回目)のばり取り作業時のばく露濃度の時間的変動

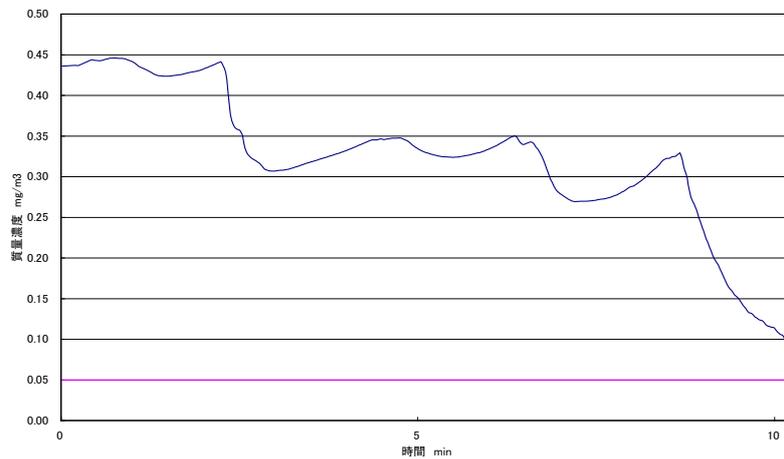


図 4.20 ばり取り作業(1回目)のばり取り作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

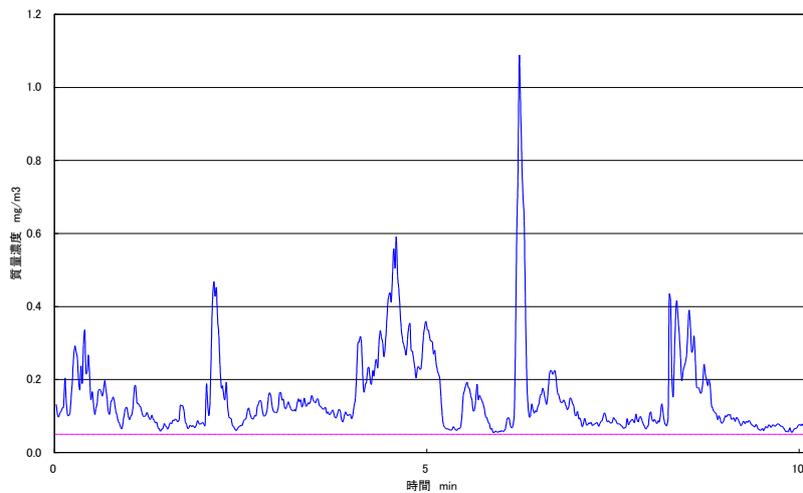


図 4.21 ばり取り作業(7回目)のばり取り作業時のばく露濃度の時間的変動

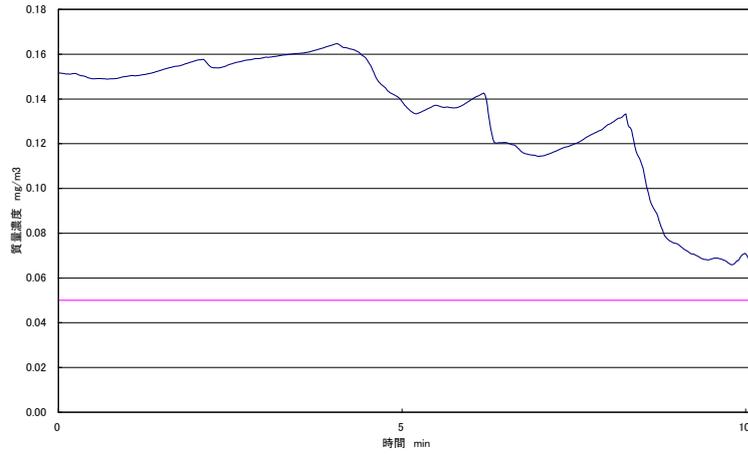


図 4.22 ばり取り作業(7回目)のばり取り作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

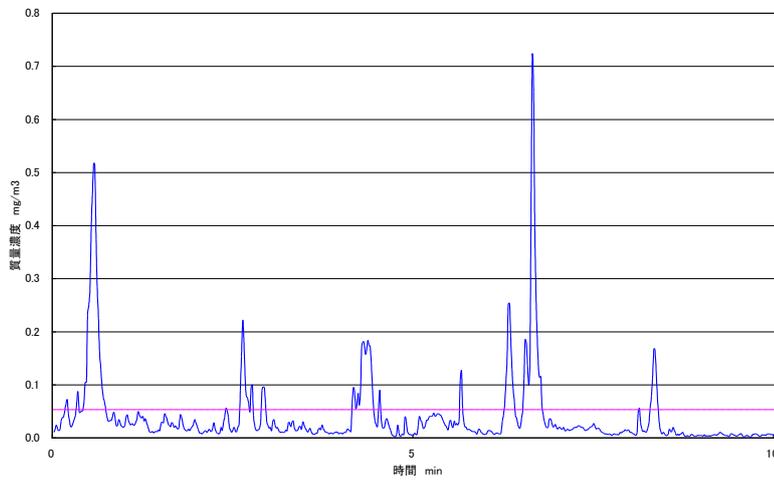


図 4.23 ばり取り作業(10回目)のばり取り作業時のばく露濃度の時間的変動

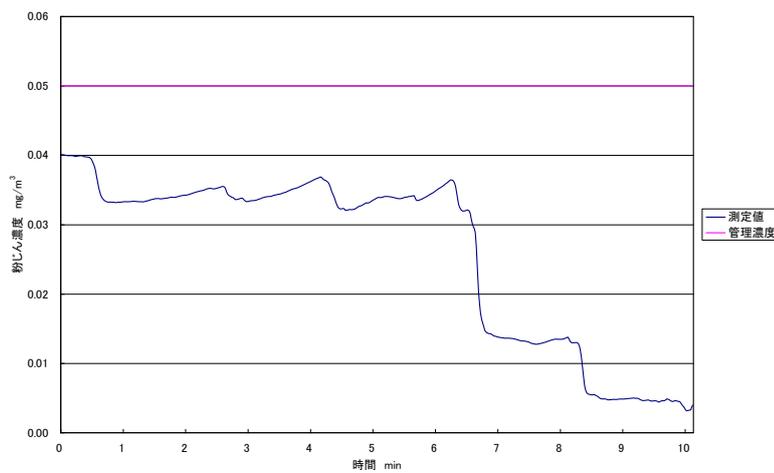


図 4.24 ばり取り作業(10回目)のばり取り作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

#### 4. 1. 3 岩石試料 No.3 (赤色花崗岩、岡山産)

##### 1) 研磨作業

岩石試料 No.3 の研磨作業時のばく露測定結果を表 4.7 に、参考として環境測定結果を表 4.8 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0018(mg/ m<sup>3</sup>/cpm)である。

表 4.7 より、幾何平均濃度は 1.44 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 1.39 である。また、研磨作業時の内、2 回目及び 5 回目のばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 4.25、図 4.26、図 4.27 及び図 4.28 にそれぞれ示す。

各研磨作業時のばく露濃度の時間的変動状況の図からは、研磨作業している時に高濃度になり、研磨作業を行っていない時には低濃度になることが分かる。また、ばく露濃度の 10 分間移動平均値の図からは、常に管理濃度を超える作業であった事が分かる。

表 4.7 岩石試料 No.3 の研磨作業時のばく露測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	679	1.22	0.08	○
2 回目	1322	2.38	0.08	○
3 回目	779	1.40	0.08	○
4 回目	875	1.58	0.08	○
5 回目	545	0.98	0.08	○

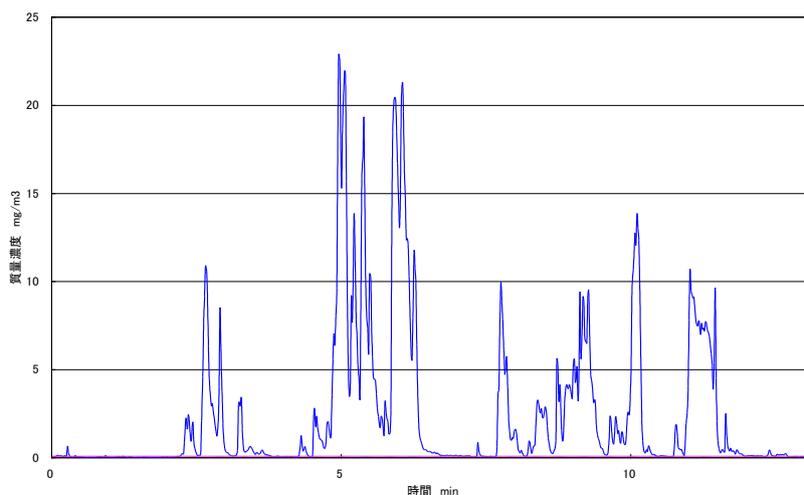


図 4.25 研磨作業(2 回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

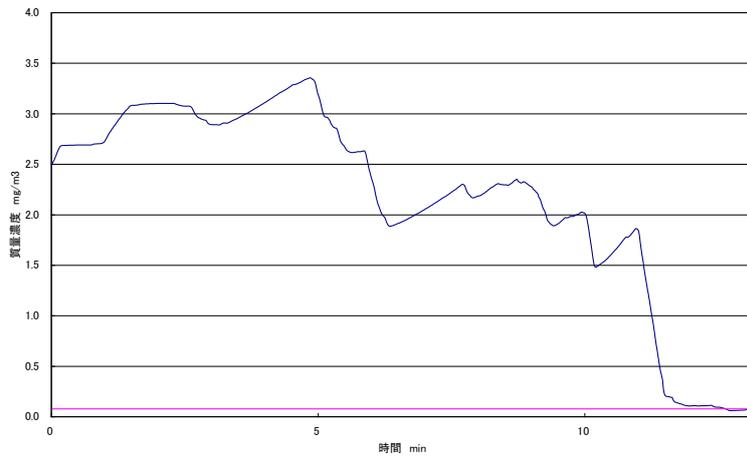


図 4.26 研磨作業(2回目)の研磨作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

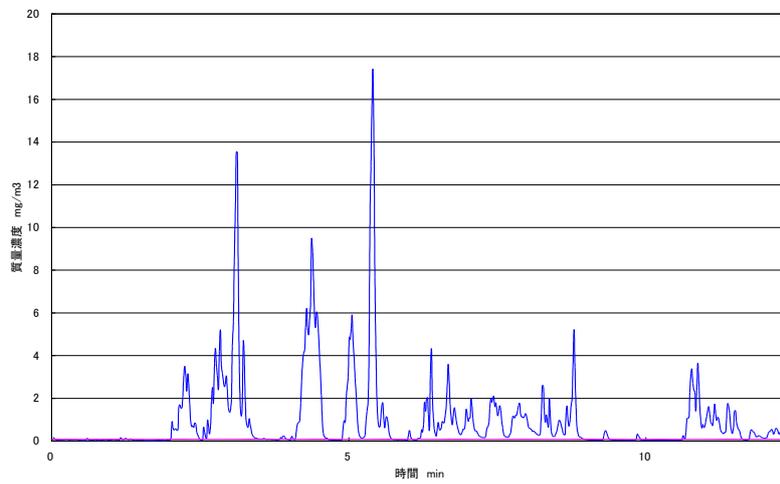


図 4.27 研磨作業(5回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

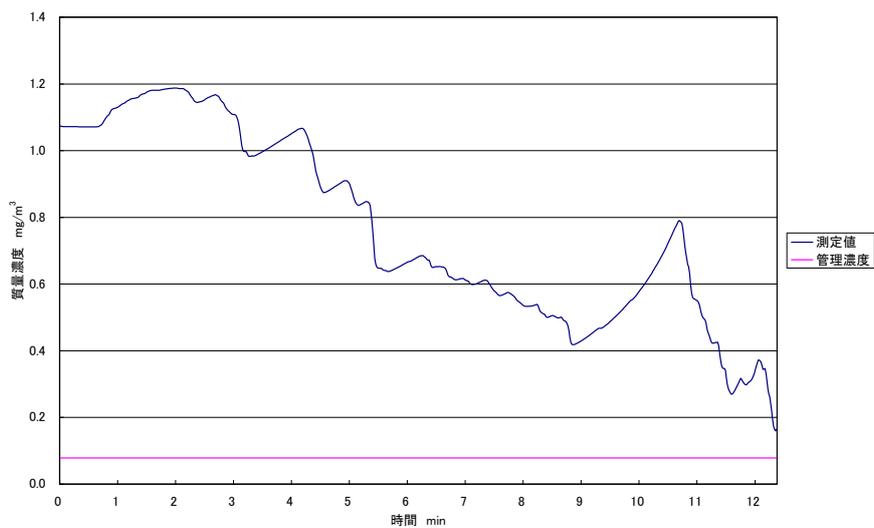


図 4.28 研磨作業(5回目)の研磨作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

表 4.8 岩石試料 No.3 の研磨作業時の環境濃度測定結果

測定箇所	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )
左側	75	0.14
対面	72	0.13
右側	56	0.10

表 4.8 より、ばく露濃度に比べて 1/10 程度の低い粉じん濃度であるが、作業環境に研磨作業による粉じんが飛散していることが分かる。

#### 4. 1. 4 まとめ

岩石の研磨・ばり取り作業の評価は、作業時に発生する粉じん濃度と、岩石の遊離けい酸含有率から算出した管理濃度を比較するため、作業時に発生する粉じん濃度だけでは作業環境を評価することはできない。

3 種類の岩石試料で研磨作業及びばり取り作業を 40 作業行った結果、粉じん濃度の幾何平均値は 0.35(mg/m<sup>3</sup>)で、幾何標準偏差は 3.86 であった。ばく露濃度の最高値は 4.54(mg/m<sup>3</sup>)で、最低値は 0.039(mg/m<sup>3</sup>)であった。また 73%(29/40 作業)の作業が管理濃度を超えており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、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。

以上のことから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

#### 4. 2 鉱物の研磨及びばり取り作業

##### 4. 2. 1 鉱物試料 No.1 (セメントブロック・大型)

###### 1) 研磨作業

鉱物試料 No.1 の研磨作業時のばく露測定結果を表 4.9 に、参考として環境測定結果を表 4.10 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0016 (mg/ m<sup>3</sup>/cpm) である。

表 4.9 より、幾何平均濃度は 4.29 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 1.36 である。また、研磨作業 1 回目及び 2 回目のばく露濃度の時間的変動状況及びその 10 分間移動平均をそれぞれ作業毎に図 4.29、図 4.30、図 4.31 及び図 4.32 にそれぞれ示す。

各研磨作業時におけるばく露濃度の時間的変動状況を示した図からは、研磨作業時に高濃度になり、研磨作業を行っていない時には低濃度になることが分かる。また、ばく露濃度の 10 分間移動平均値の図からは、常に管理濃度を超える作業であった事が分かる。

表 4.9 鉱物試料 No.1 (セメントブロック・大型) のばく露濃度測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	2081	3.33	0.22	○
2 回目	4387	7.02	0.22	○
3 回目	2931	4.69	0.22	○
4 回目	2281	3.65	0.22	○
5 回目	2256	3.61	0.22	○

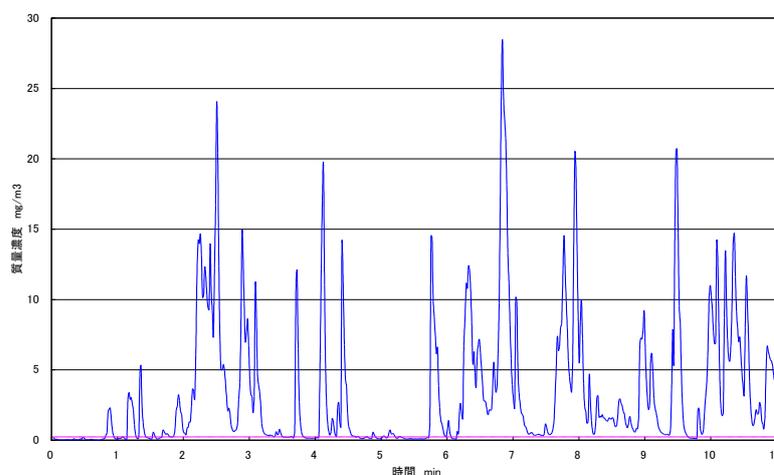


図 4.29 研磨作業(1 回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動状況

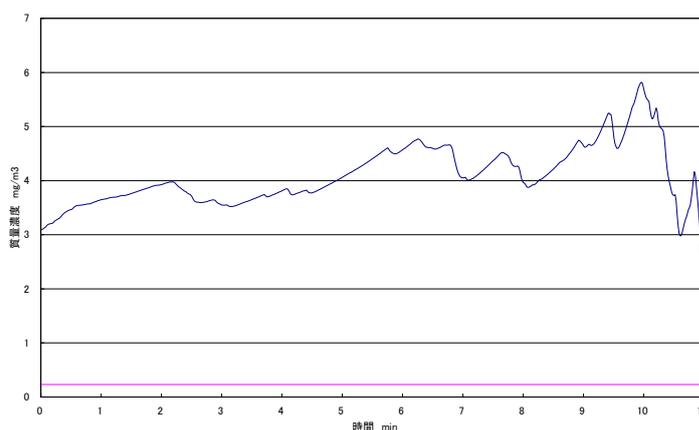


図 4.30 研磨作業(1 回目)の研磨作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

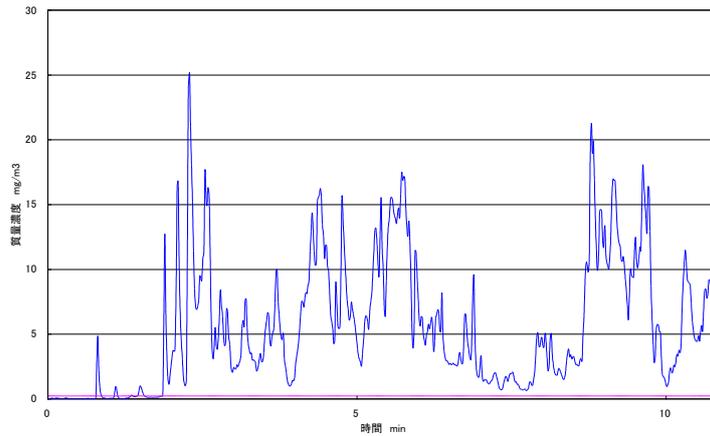


図 4.31 研磨作業(2回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動状況

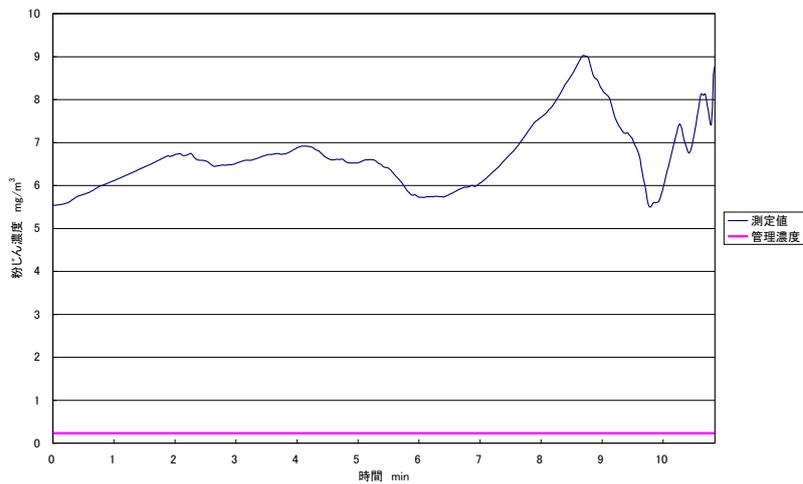


図 4.32 研磨作業(2回目)の研磨作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

表 4.10 鉍物試料 No.1 (セメントブロック・大型) の環境濃度測定結果

測定範囲		平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )
左側	1回目	96	0.15
	2～3回目	45	0.73
	4～5回目	147	0.24
対面	1回目	159	0.25
	2～3回目	411	0.66
	4～5回目	157	0.25
右側	1回目	43	0.07
	2～3回目	214	0.34
	4～5回目	301	0.48

表 4.10 より、ばく露濃度に比べて 1/10 程度低い粉じん濃度であるが、作業環境に研磨作業による粉じんが飛散していることが分かる。

## 2) ばり取り作業

鉍物 No.1 のばり取り作業時のばく露測定結果を表 4.11 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0016 (mg/ m<sup>3</sup>/cpm) である。

表 4.11 より、幾何平均濃度は 0.11 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 1.23 である。

表 4.11 鉍物試料 No.1 (セメントブロック・大型) のばく露濃度測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	94	0.15	0.22	×
2 回目	66	0.11	0.22	×
3 回目	78	0.12	0.22	×
4 回目	88	0.14	0.22	×
5 回目	67	0.11	0.22	×
6 回目	78	0.12	0.22	×
7 回目	84	0.13	0.22	×
8 回目	71	0.11	0.22	×
9 回目	48	0.08	0.22	×
10 回目	48	0.08	0.22	×

ばり取り作業 1 回目、8 回目及び 10 回目のばく露濃度の時間的変動状況及びその 10 分間移動平均を作業毎に図 4.33、図 4.34、図 4.35、図 4.36、図 4.37 及び図 4.38 にそれぞれ示す。

各ばり取り作業時のばく露濃度の時間的変動状況の図からは、ばり取り作業している時に高濃度になり、ばり取り作業を行っていない時には低い濃度になることが分かる。また、ばく露濃度の 10 分間移動平均値の図からは、常に管理濃度を超えない作業である事が分かる。

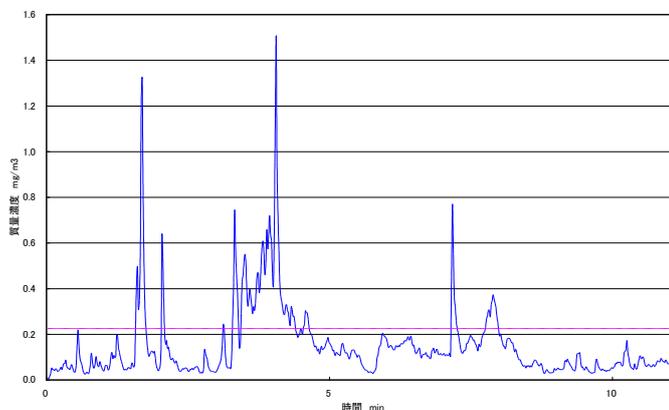


図 4.33 ばり取り作業(1回目)の作業時のばく露濃度の時間的変動

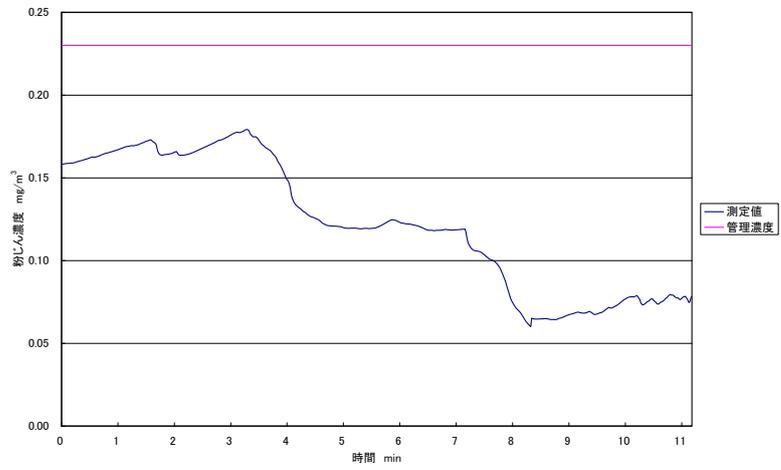


図 4.34 ばり取り作業(1回目)のばり取り作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

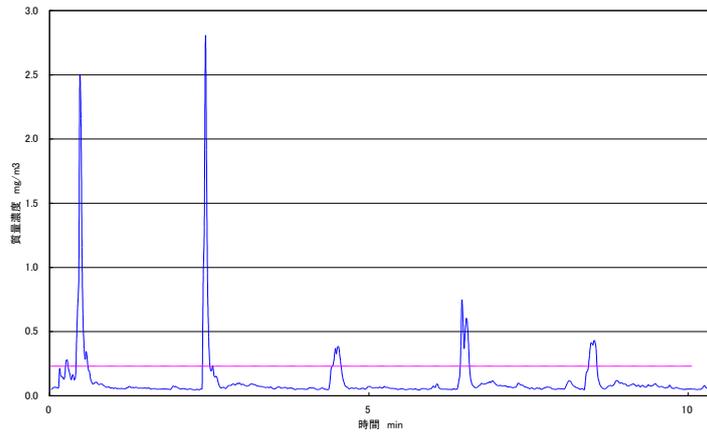


図 4.35 ばり取り作業(8回目)の作業時のばく露濃度の時間的変動状況

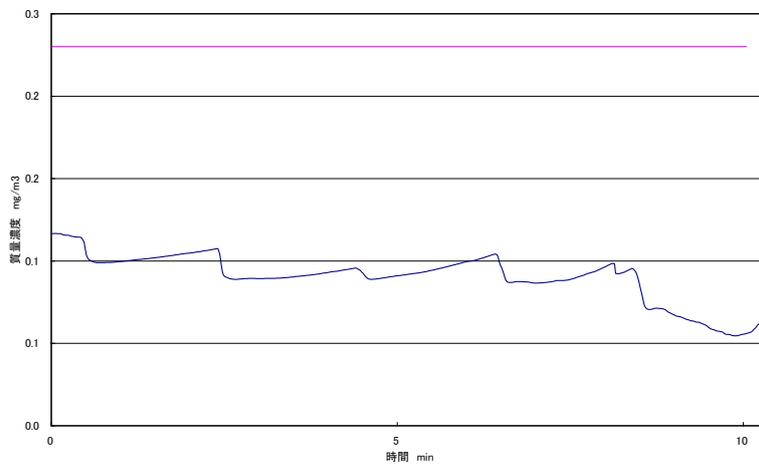


図 4.36 ばり取り作業(8回目)のばり取り作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

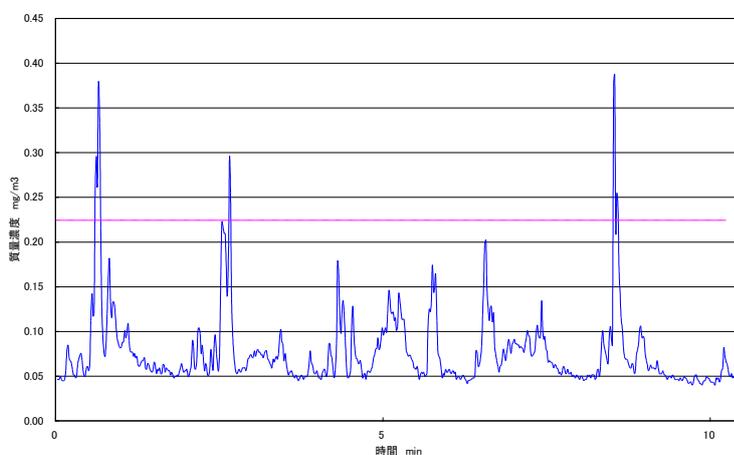


図 4.37 ばり取り作業(10回目)の作業時のばく露濃度の時間的変動

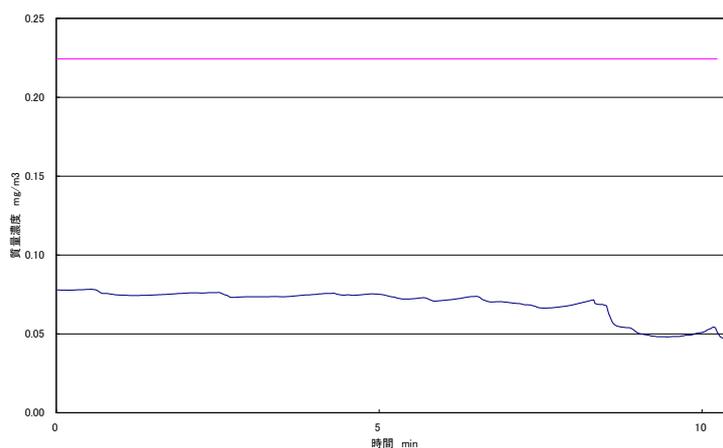


図 4.38 ばり取り作業(10回目)のばり取り作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

#### 4. 2. 2 鉍物試料 No.2 (セメントブロック・四角)

##### 1) 研磨作業

鉍物試料 No.2 の研磨作業時のばく露測定結果を表 4.12 に、環境測定結果を表 4.13 にそれぞれ示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0016 (mg/m<sup>3</sup>/cpm) である。表 4.12 より、幾何平均濃度は 3.77 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 1.87 である。また、研磨作業時の内、2 回目、4 回目及び 5 回目のばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 4.39、図 4.40、図 4.41、図 4.42、図 4.43 及び図 4.44 にそれぞれ示す。

各研磨作業時のばく露濃度の時間的変動状況の図からは、研磨作業している時に高濃度になり、研磨作業を行っていない時には低濃度になることが分かる。また、ばく露濃度の 10 分間移動平均値の図からは、常に管理濃度を超える作業であった事が分かる。

表 4.12 鋳物試料 No.2 (セメントブロック・四角) のばく露濃度測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	2681	4.29	0.06	○
2 回目	1181	1.89	0.06	○
3 回目	1356	2.17	0.06	○
4 回目	5450	8.72	0.06	○
5 回目	3118	4.99	0.06	○

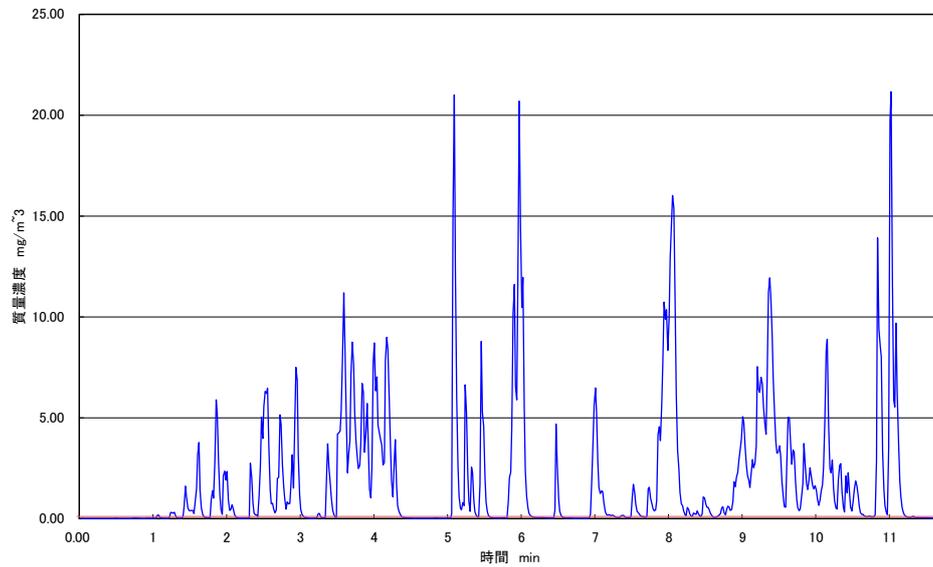


図 4.39 研磨作業(2 回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

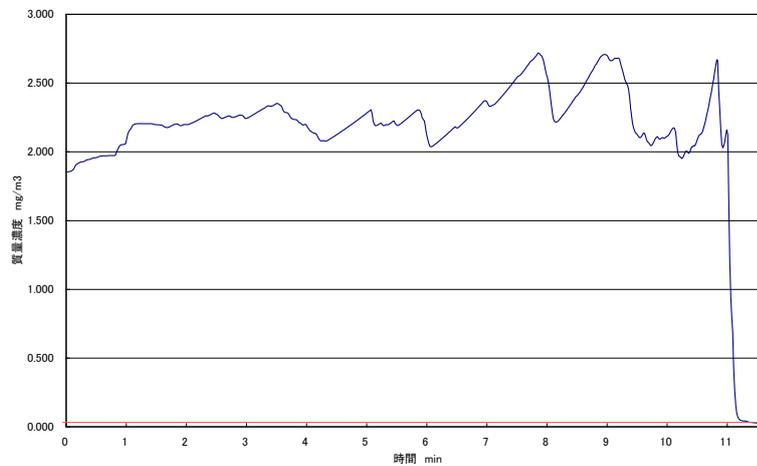


図 4.40 研磨作業(2回目)の研磨作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

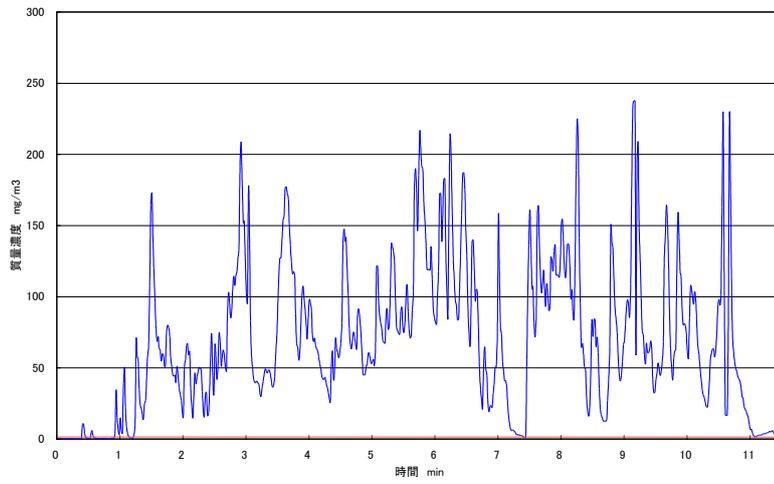


図 4.41 研磨作業(4回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

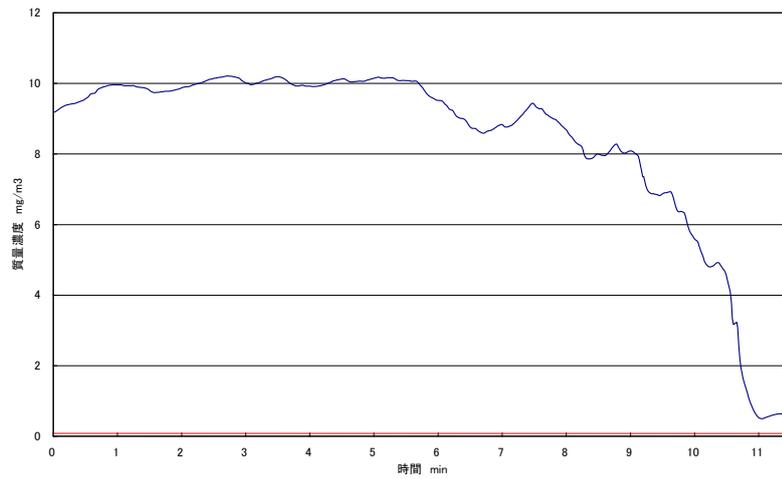


図 4.42 研磨作業(4回目)の研磨作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

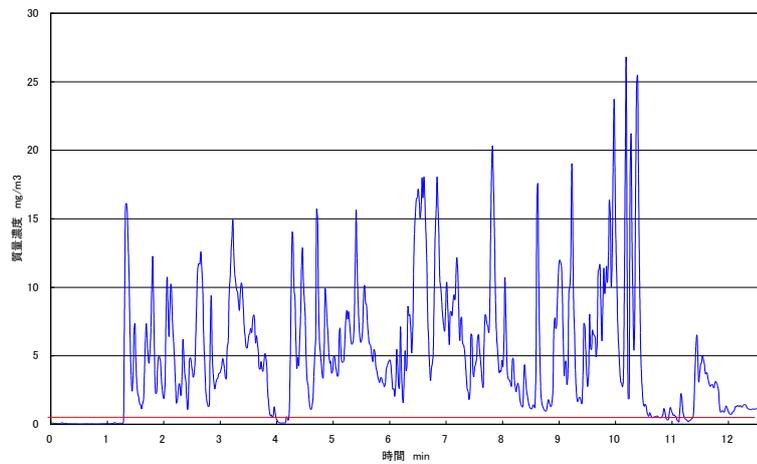


図 4.43 研磨作業(5回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

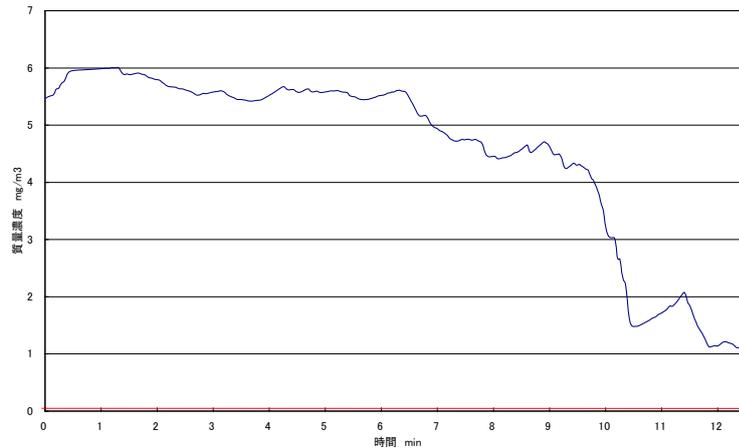


図 4.44 研磨作業(5回目)の研磨作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

表 4.13 鉍物試料 No.2 (セメントブロック・四角) の環境測定結果

測定範囲		平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )
右側	1回目	63	0.10
	2回目	40	0.06
	3~5回目	168	0.27
対面	1回目	52	0.08
	2回目	69	0.11
	3~5回目	302	0.48
左側	1回目	196	0.31
	2回目	157	0.25
	3~5回目	177	0.28

表 4.13 より、ばく露濃度に比べて 1/10 程度低い粉じん濃度であるが、作業環境に研磨作業による粉じんが飛散していることが分かる。

## 2) ばり取り作業

鉍物試料 No.2 (セメントブロック・四角) のばり取り作業時のばく露測定結果を表 4.14 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0016(mg/ m<sup>3</sup>/cpm)である。

表 4.14 より、幾何平均濃度は 0.047 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 1.81 である。

ばり取り作業の内、1回目と2回目のばり取り作業を除いて、3回目以降のばく露濃度測定結果は、管理濃度を超えない作業であった。

表 4.14 鉍物試料 No.2 (セメントブロック・四角) のばり取り作業の測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	105	0.168	0.06	○
2 回目	47	0.075	0.06	○
3 回目	30	0.048	0.06	×
4 回目	21	0.034	0.06	×
5 回目	23	0.037	0.06	×
6 回目	19	0.030	0.06	×
7 回目	20	0.032	0.06	×
8 回目	20	0.032	0.06	×

#### 4. 2. 3 鉍物試料 No.3 (セメントプレート)

##### 1) 研磨作業

鉍物試料 No.3 (セメントプレート) の研磨作業時のばく露測定結果を表 4.15 に、環境測定結果を表 4.16 にそれぞれ示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0014(mg/ m<sup>3</sup>/cpm) である。

表 4.15 より、幾何平均濃度は 2.70 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 1.21 である。また、研磨作業時の内、1 回目、2 回目及び 5 回目のばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 4.45、図 4.46、図 4.47、図 4.48、図 4.49 及び図 4.50 にそれぞれ示す。

各研磨作業時のばく露濃度の時間的変動状況の図からは、研磨作業している時に高濃度になり、研磨作業を行っていない時には低濃度になることが分かる。また、ばく露濃度の 10 分間移動平均値の図からは、常に管理濃度を超える作業であった事が分かる。

表 4.15 鉍物試料 No.3 (セメントプレート) のばく露濃度測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	2243	3.14	0.06	○
2 回目	1399	1.96	0.06	○
3 回目	1937	2.71	0.06	○
4 回目	2145	3.00	0.06	○
5 回目	2047	2.87	0.06	○

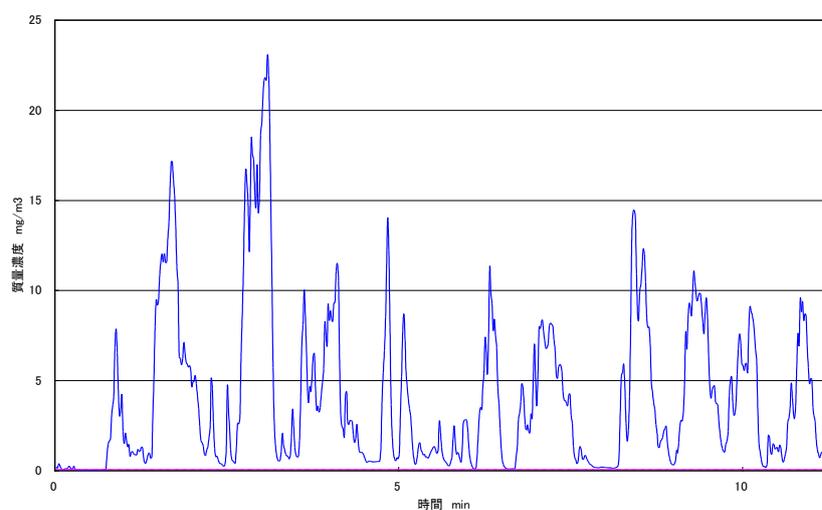


図 4.45 研磨作業(1 回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

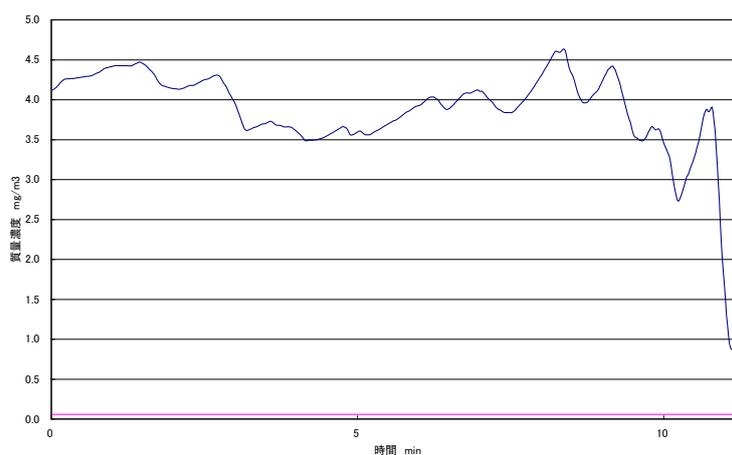


図 4.46 研磨作業(1 回目)の研磨作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

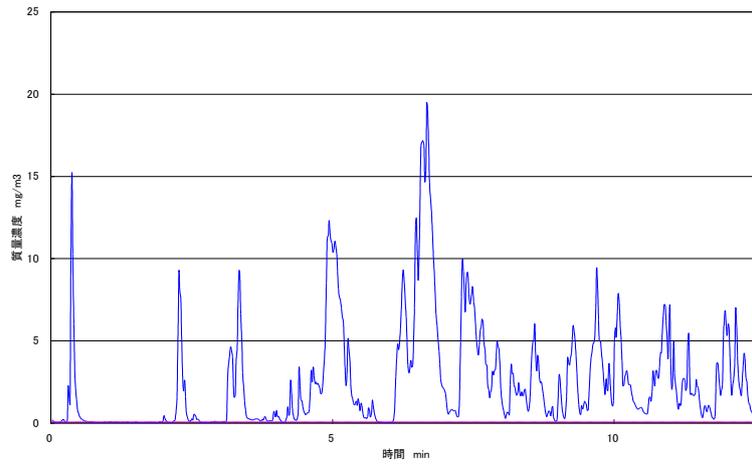


図 4.47 研磨作業(2回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

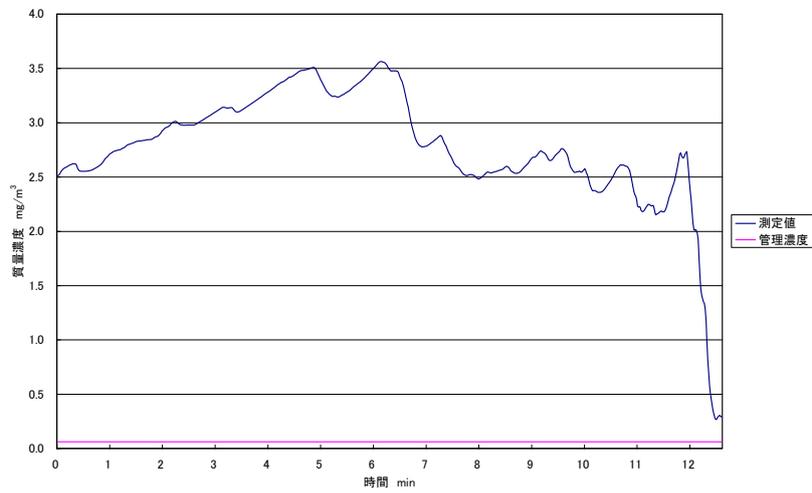


図 4.48 研磨作業(2回目)の研磨作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

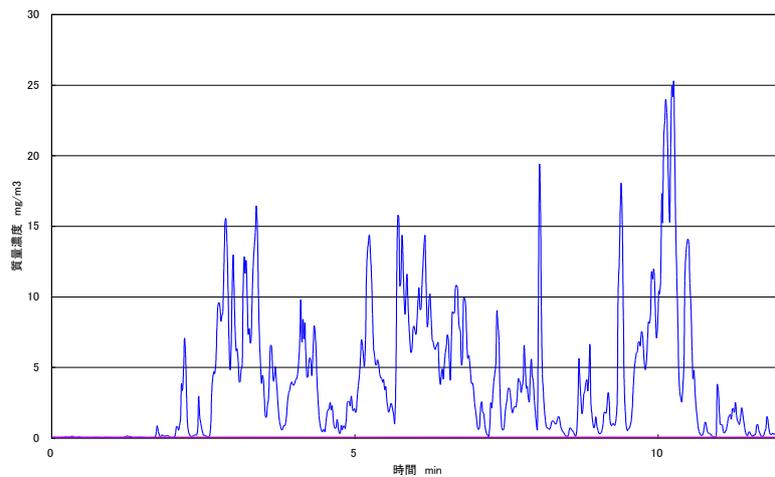


図 4.49 研磨作業(5回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

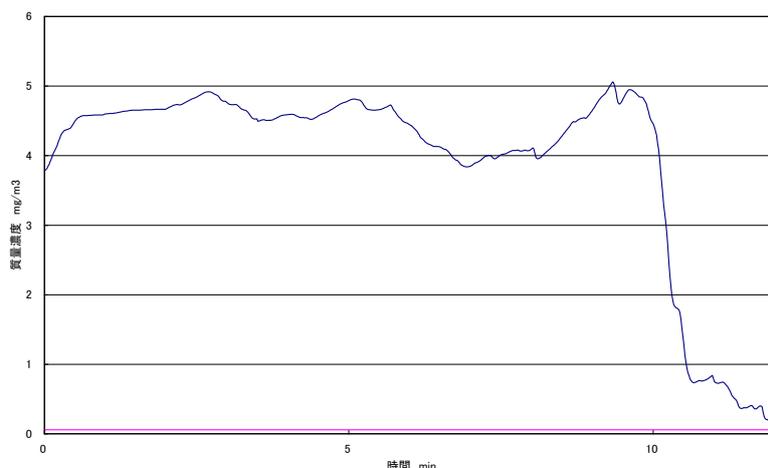


図 4.50 研磨作業(5回目)の研磨作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

表 4.16 鉍物試料 No.3 (セメントプレート) の環境濃度測定結果

測定箇所	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )
左側	123	0.19
対面	169	0.27
右側	143	0.23

表 4.16 より、ばく露濃度に比べて 1/10 程度の粉じん濃度であるが、作業環境に研磨作業による粉じんが飛散していることが分かる。

## 2) ばり取り作業

鉍物試料 No.3 (セメントプレート) のばり取り作業時のばく露測定結果を表 4.17 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0014 (mg/ m<sup>3</sup>/cpm) である。

表 4.17 より、幾何平均濃度は 0.122 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 1.66 である。

ばり取り作業時の内、1 回目、4 回目及び 7 回目のばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 4.51、図 4.52、図 4.53、図 4.54、図 4.55 及び図 4.56 にそれぞれ示す。

各ばり取り作業時のばく露濃度の時間的変動状況の図からは、ばり取り作業している時に高濃度になり、ばり取り作業を行っていない時には低濃度になることが分かる。また、ばく露濃度の 10 分間移動平均値の図からは、常に管理濃度を超える作業であった事が分かる。

表 4.17 鉱物試料 No.3 (セメントプレート) のばく露濃度測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	197	0.28	0.06	○
2 回目	88	0.12	0.06	○
3 回目	85	0.12	0.06	○
4 回目	172	0.24	0.06	○
5 回目	128	0.18	0.06	○
6 回目	50	0.07	0.06	○
7 回目	56	0.08	0.06	○
8 回目	79	0.11	0.06	○
9 回目	45	0.06	0.06	○
10 回目	77	0.11	0.06	○

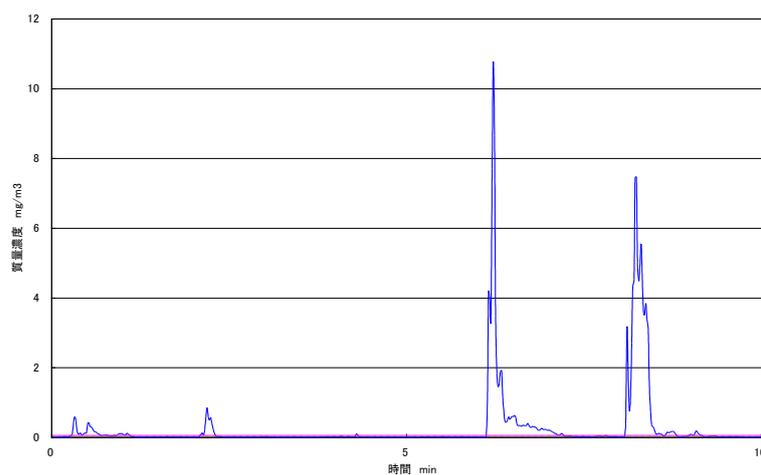


図 4.51 ばり取り作業(1 回目)のばり取り作業時のばく露濃度の時間的変動

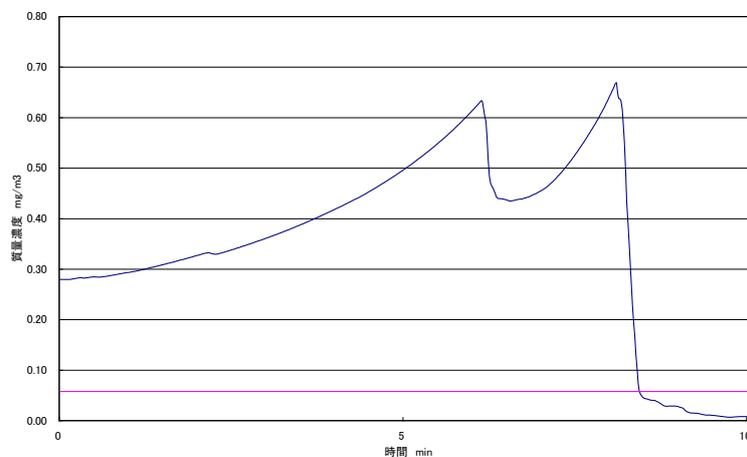


図 4.52 ばり取り作業(1 回目)のばり取り作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

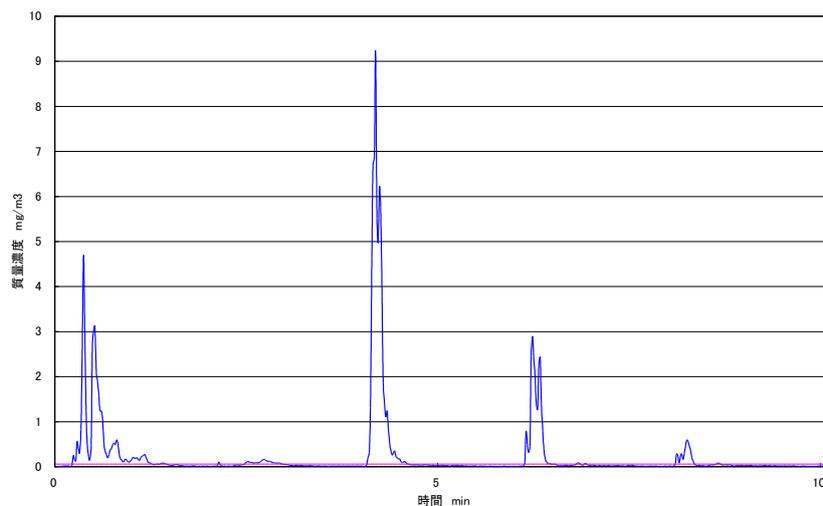


図 4.53 ばり取り作業(4回目)のばり取り作業時のばく露濃度の時間的変動

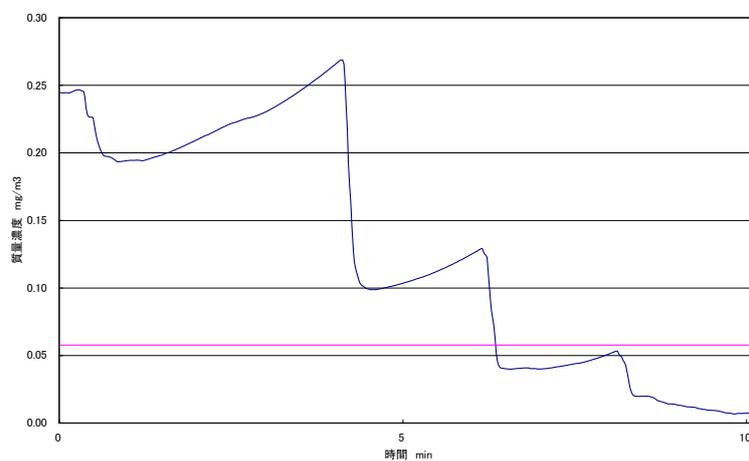


図 4.54 ばり取り作業(4回目)のばり取り作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

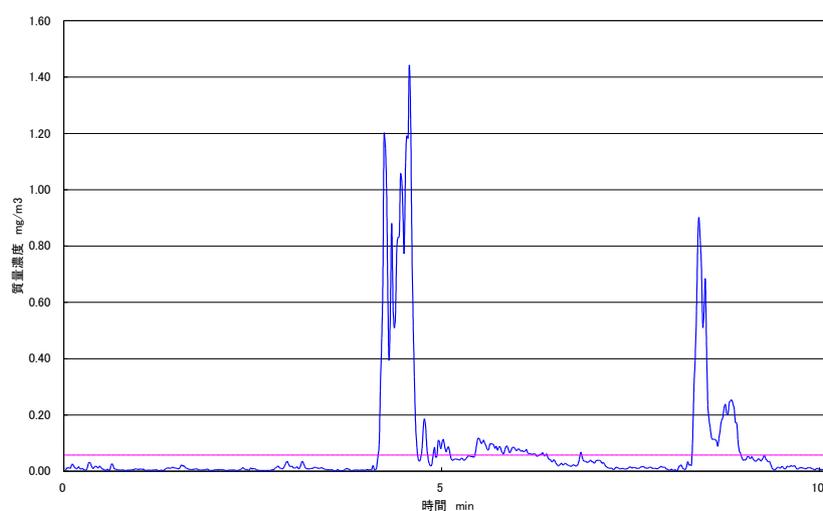


図 4.55 ばり取り作業(7回目)のばり取り作業時のばく露濃度の時間的変動

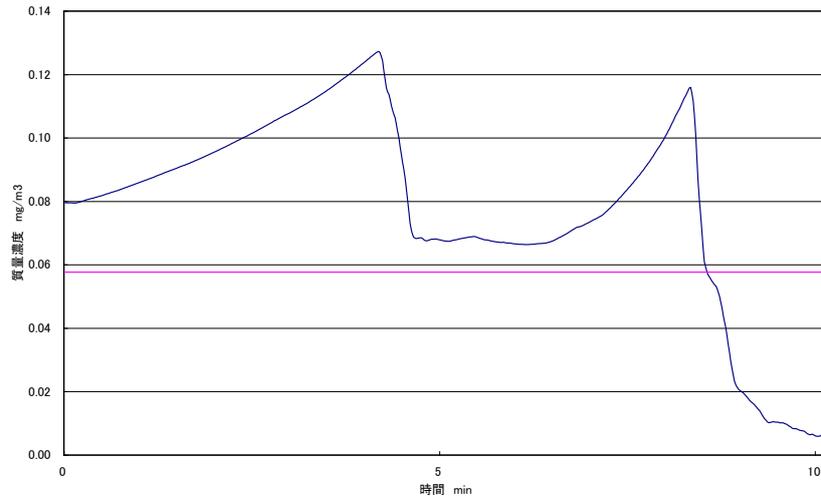


図 4.56 ばり取り作業(7回目)のばり取り作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

#### 4. 2. 4 まとめ

鉍物の研磨・ばり取り作業の評価は、作業時に発生する粉じん濃度と、鉍物の遊離けい酸含有率から算出した管理濃度を比較するため、作業時に発生する粉じん濃度だけでは作業環境を評価することはできない。

3種類の鉍物試料で研磨作業及びばり取り作業を43作業行った結果、粉じん濃度の幾何平均値は0.33(mg/m<sup>3</sup>)で、幾何標準偏差は6.09であった。ばく露濃度の最高値は8.72(mg/m<sup>3</sup>)で、最低値は0.030(mg/m<sup>3</sup>)であった。また63%(27/43作業)の作業が管理濃度を超えており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、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。

以上のことから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

### 5 金属の研磨作業及びばり取り作業

#### 5. 1 研磨作業

金属の研磨作業時のばく露測定結果を表5.1に、参考として環境測定結果を表5.2に示す。ただし、ばく露濃度測定値のK値は、0.0098(mg/ m<sup>3</sup>/cpm)である。

表5.1より、幾何平均濃度は2.53(mg/m<sup>3</sup>)で、幾何標準偏差は1.37である。また、研磨作業時の内、2回目、3回目及び5回目のばく露濃度の時間的変動状況及び10分間移動平均値の図を図5.1、図5.2、図5.3、図5.4、図5.5及び図5.6にそれぞれ示す。

表5.1より、3回目及び5回目の研磨作業を除き、平均粉じん濃度と10分間移動平均値の両方において管理濃度を超える時間帯は認められなかったため、管理濃度を超えない作業であると判断した。しかしながら、3回目の研磨作業は、平均粉じん濃度と10分間移動平均値の両方において管理濃度を超える時間帯を認めることから、管理濃度を超える作業であると判断した。また、5回目の研磨作業は、平均粉じん濃度は管理濃度より低値であつ

たが、10 分間移動平均値において、管理濃度を超える時間帯を認めることから、管理濃度を超える作業であると判断した。

表 5.1 金属板の研磨作業時のばく露測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	248	2.43	3.0	×
2 回目	161	1.58	3.0	×
3 回目	384	3.76	3.0	○
4 回目	295	2.89	3.0	×
5 回目	252	2.47	3.0	○

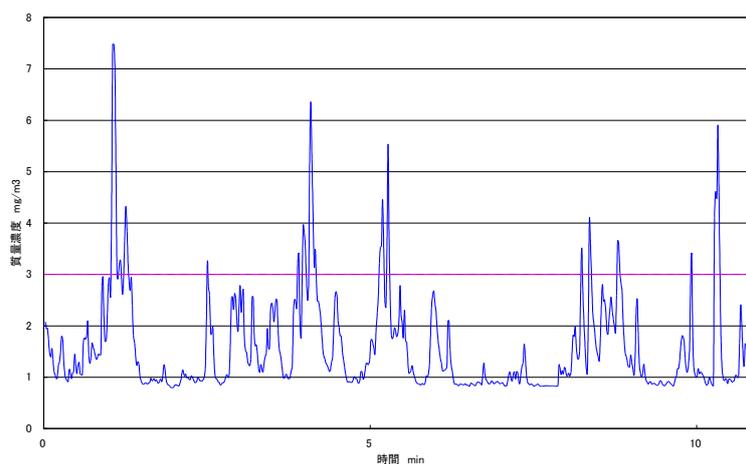


図 5.1 研磨作業(2 回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

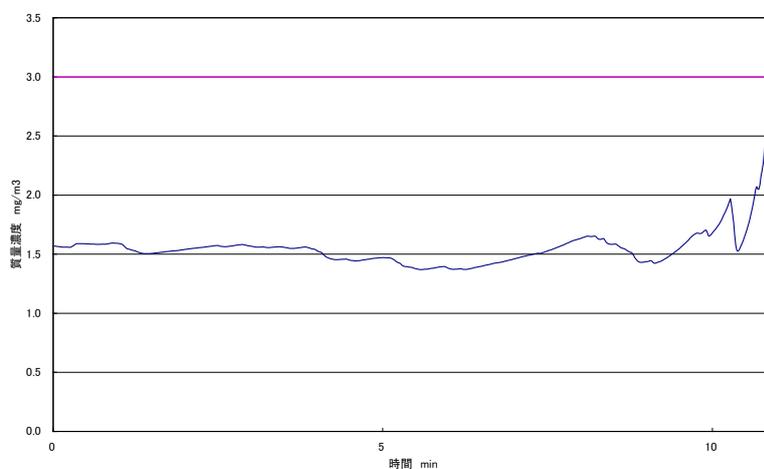


図 5.2 研磨作業(2 回目)の研磨作業時のばく露濃度の 10 分間移動平均値

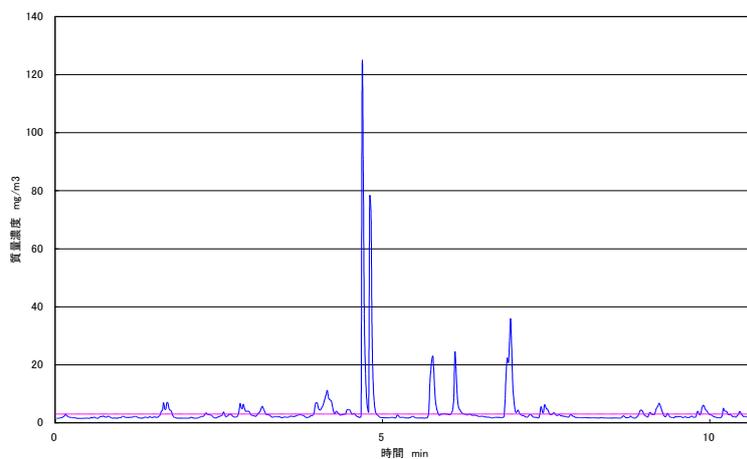


図 5.3 研磨作業(3回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

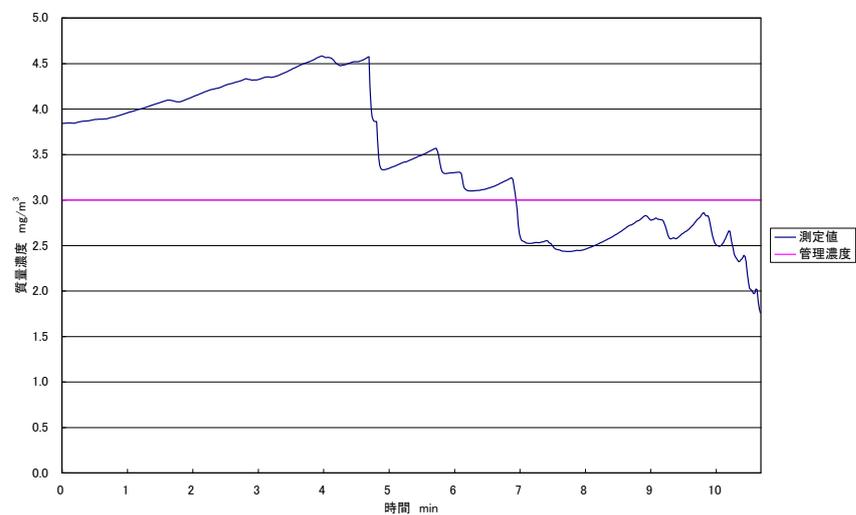


図 5.4 研磨作業(3回目)の研磨作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

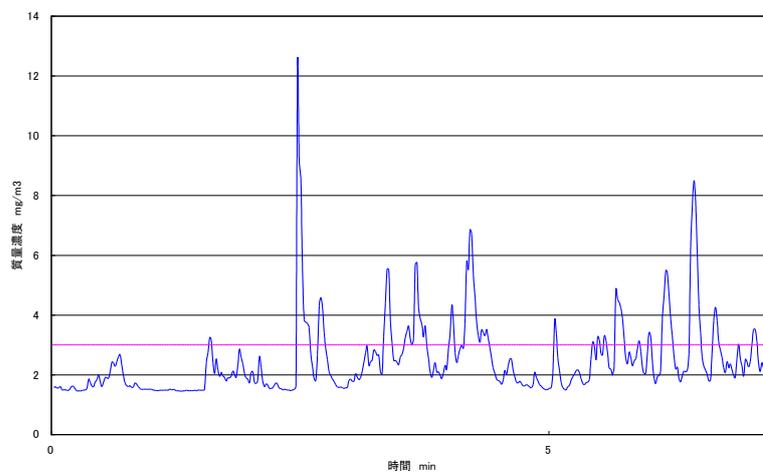


図 5.5 研磨作業(5回目)の研磨作業時のばく露濃度の時間的変動

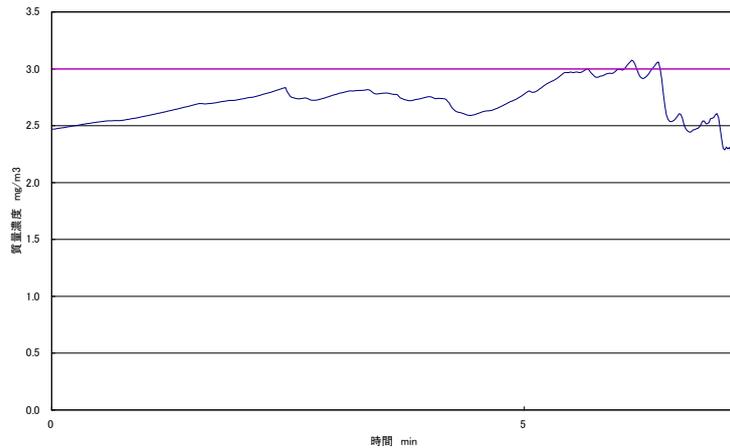


図 5.6 研磨作業(5回目)の研磨作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

表 5.2 金属板の研磨作業時の環境濃度測定結果

測定箇所	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/m <sup>3</sup> )
左側	9	0.09
対面	13	0.13
右側	11	0.11

表 5.2 より、金属研磨においても、岩石及び鉱物の研磨作業と同様、ばく露濃度に比べて 1/10 程度の低い粉じん濃度であるが、作業環境には研磨作業による粉じんが飛散していることが分かる。

## 5. 2 ばり取り作業

金属のばり取り作業時のばく露測定結果を表 5.3 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0098 (mg/ m<sup>3</sup>/cpm) である。

表 5.3 より、幾何平均濃度は 0.135 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 1.27 である。金属のばり取り作業時のばく露濃度は、管理濃度に比較して著しく低い濃度であるため、ばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を省略した。

表 5.3 金属のばり取り作業時のばく露測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1回目	15	0.15	3.0	×
2回目	13	0.13	3.0	×
3回目	13	0.13	3.0	×
4回目	9	0.09	3.0	×
5回目	11	0.11	3.0	×
6回目	8	0.08	3.0	×
7回目	11	0.11	3.0	×
8回目	12	0.12	3.0	×
9回目	12	0.12	3.0	×
10回目	14	0.14	3.0	×
11回目	18	0.18	3.0	×
12回目	21	0.21	3.0	×
13回目	13	0.13	3.0	×
14回目	11	0.11	3.0	×
15回目	14	0.14	3.0	×
16回目	14	0.14	3.0	×
17回目	11	0.11	3.0	×
18回目	17	0.17	3.0	×
19回目	15	0.15	3.0	×
20回目	21	0.21	3.0	×
21回目	14	0.14	3.0	×
22回目	14	0.14	3.0	×
23回目	19	0.19	3.0	×

### 5. 3 金属研磨作業時に発生する粉じんの形態観察

金属研磨作業時にオープンフェイス型サンプラーのフィルター (T60A20 φ80mm) に捕集された粉じんを、プレパラートに付着させ、走査型電子顕微鏡 (以下、SEM と略す) 観察用試料を作成した。また、捕集試料中の組成成分分析をした時に成分組成を正確に把握するために、手持ち式グラインダーに使用されている研削砥石の成分分析に関しては、砥石を直接削りプレパラートに付着させ定性分析用サンプルを作成した。尚、プレパラートへ付着させるために炭素テープを用いた。

### 5. 3. 1 SEMによる金属研磨作業時に発生する粉じんの形態観察結果

フィルターに捕集された粉じんのSEMによる観察結果を図5.7に示す。観察された粒子の形状は大きく分けて、図5.7に示す様に、球状になっている粒子と、不均一な形の粒子の2つが確認された。研磨作業の原理から、発生する粉じんの大半は不均一な形であると予想していたが、ヒューム状という特徴的な形の粒子が多く観察された。そのため、形状に違った粒子の発生源を知るために、SEM-EDXを用いて定性分析を行った。

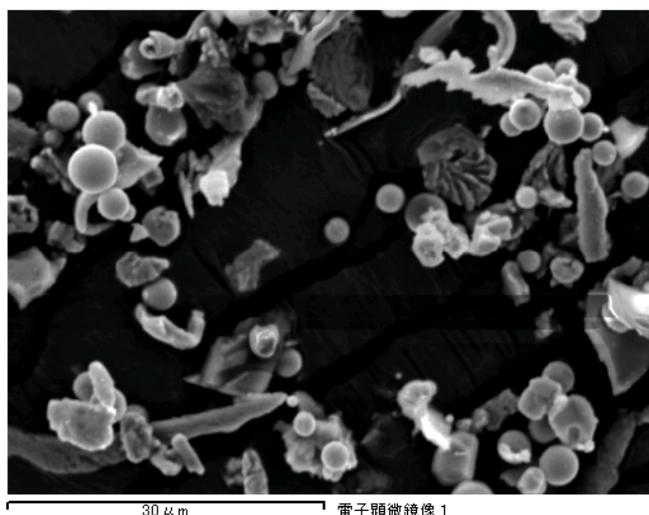


図 5.7 金属研磨作業時に発生する粉じんの形態観察 (×2000)

### 5. 3. 2 成分分析の方法

金属研磨作業時に発生した粉じんをアンダセンサンプラーを用いて粒度別に粉じんを捕集し、粒度別に捕集された粉じん中にどのような成分の粉じんが存在しているかを知るため測定を行った。

図5.7に示すように特徴的な形を示すヒューム状の粒子が多く観察されたことから、ヒューム状の粒子を対象に部分分析を行った。方法としては、図5.7のように丸い粒子にピントを合わせ、顕微鏡の倍率を上げてEDXで定性分析を行った。

まず、削られた砥石より、6試料定性分析用試料を作製しEDXで定性分析を行った結果は、6試料全部で検出された成分としてはMg、Al、Si、S、Ca、Ti及びFeであった。

次に、捕集された粉じんの各粒径範囲ごとのフィルターそれぞれに対してEDXで分析を行った結果を表5.4に示す。

表 5.4 各フィルターの EDX による成分分析

粒径範囲 ( $\mu\text{m}$ )	検出元素
>11.0	Fe, Al
7.0~11.0	Mg, Al, Si, Fe
4.7~7.0	Mg, Al, Si, Fe, Ca
3.3~4.7	Fe
2.1~3.3	Fe
1.1~2.1	Al, Si, Fe
0.7~1.1	Al, Fe
0.4~0.7	Fe, Al, Si
<0.4	Si, S, Fe

### 5. 3. 3 考察

#### (1) SEM による観察

アンダーセン・サンプラーによる粒度分布測定の結果と同様に、 $11\mu\text{m}$  以上の粒子が多数観察された。また、 $11\mu\text{m}$  以上の粒子が多い中でも、 $4\mu\text{m}$  以下の粒子も比較的多数観察された。形状に関しては、丸いヒューム状粒子と、不均一な形態の粒子が観察された。

#### (2) EDX による分析

削られた砥石に対する EDX の分析の結果は Mg、Al、Si、S、Ca、Ti 及び Fe となった。割合の少ない元素など、検出元素によっては不安定なものがあり、6 サンプルすべてで検出されていない元素に関しては、含まれている量が少ないことが考えられる。そのため、検出された成分を全部は結果として表示せず、6 サンプル全部で検出された元素を結果として表示した。

表 5.4 からわかるように、各段それぞれで Fe が検出されている。これは、砥石にも Fe は含まれていたが、研磨対象の工作物が主に鉄できていたことが理由であると考えられる。また、Al、Si、Mg、Ca 及び S に関しては、砥石に含まれていたことが判明したため、研磨の際に、同時に砥石も削られていることにより、砥石の削られた部分が飛散していたということが実証された。

### 5. 4 まとめ

金属の研磨作業及びばり取り作業を 28 作業行った結果、粉じん濃度の幾何平均値は  $0.23\text{ (mg/m}^3\text{)}$  で、幾何標準偏差は 3.15 であった。ばく露濃度の最高濃度は  $3.76\text{ (mg/m}^3\text{)}$  で、最低濃度は  $0.08\text{ (mg/m}^3\text{)}$  であった。また、28 作業の内、2 作業で管理濃度を超えたため管理濃度から評価した管理濃度を超える割合は 7.1% (2/28 作業) であった。

以上から、追加すべき特別な対策は不要と考えられる。

## 6 金属裁断作業時のばく露濃度

### 6.1 鉄板（厚さ 3.2mm）の裁断作業

鉄板（厚さ 3.2mm）を裁断作業時のばく露測定結果を表 6.1 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0043（mg/ m<sup>3</sup>/cpm）である。

表 6.1 より、幾何平均濃度は 0.126（mg/m<sup>3</sup>）で、幾何標準偏差は 1.62 である。また、裁断作業時の内、1 回目、2 回目及び 9 回目のばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 6.1、図 6.2、図 6.3、図 6.4、図 6.5 及び図 6.6 にそれぞれ示す。

各金属裁断作業時のばく露濃度の時間的変動状況の図からは、裁断作業時に粉じん濃度が高値となり、裁断作業を行っていない時には低濃度になることから、裁断作業時には粉じん濃度は著しく低値であるが粉じんは作業に応じた変動であることが分かる。また、ばく露濃度の 10 分間移動平均値の図からは、常に管理濃度を超えない作業であった事が分かる。

表 6.1 鉄板（厚さ 3.2mm）の裁断作業時のばく露濃度測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	91	0.39	3.0	×
2 回目	44	0.19	3.0	×
3 回目	32	0.14	3.0	×
4 回目	30	0.13	3.0	×
5 回目	31	0.13	3.0	×
6 回目	31	0.13	3.0	×
7 回目	19	0.08	3.0	×
8 回目	19	0.08	3.0	×
9 回目	16	0.07	3.0	×
10 回目	22	0.09	3.0	×
11 回目	33	0.14	3.0	×

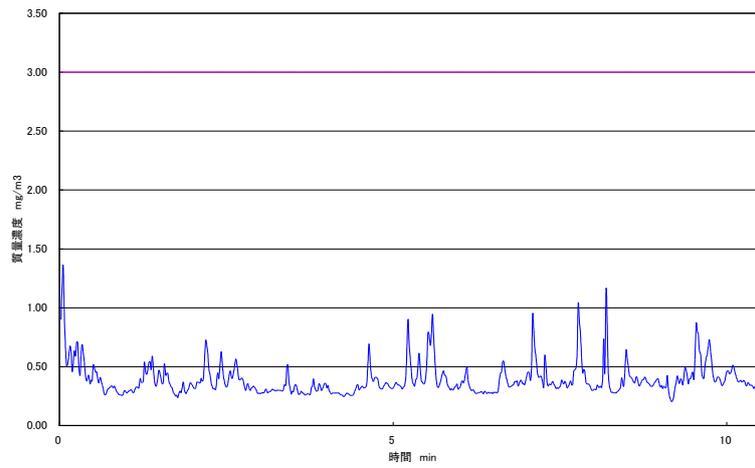


図 6.1 裁断作業(1回目)の裁断作業時のばく露濃度の時間的変動

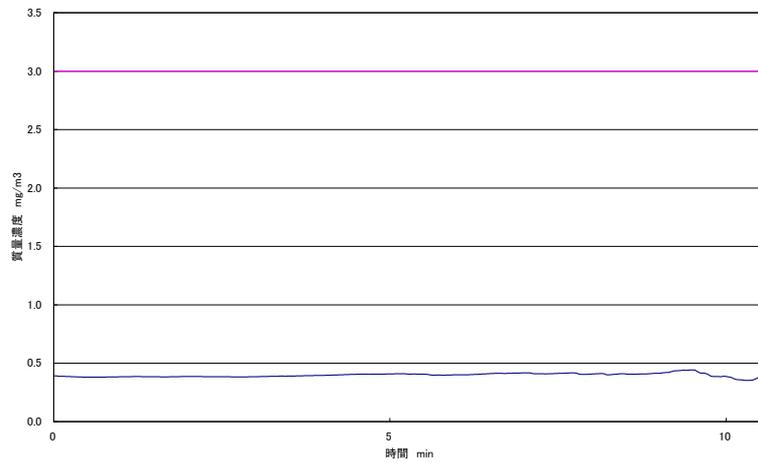


図 6.2 裁断作業(1回目)の裁断作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

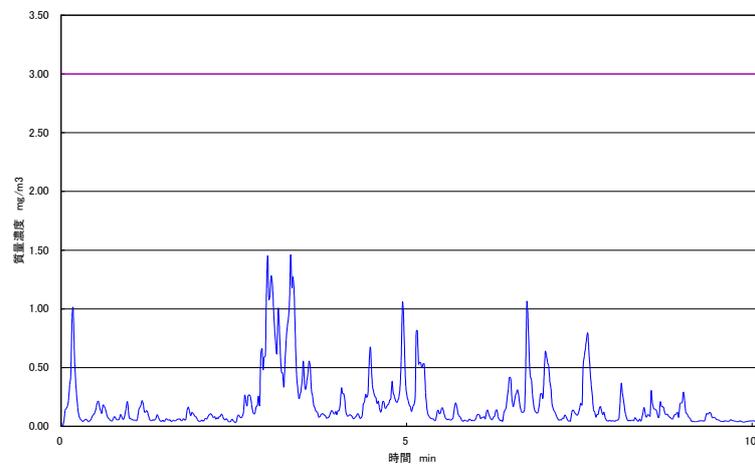


図 6.3 裁断作業(2回目)の裁断作業時のばく露濃度の時間的変動

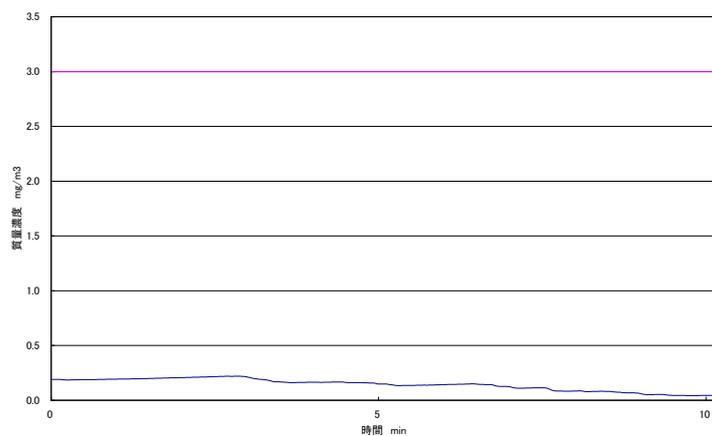


図 6.4 裁断作業(2回目)の裁断作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

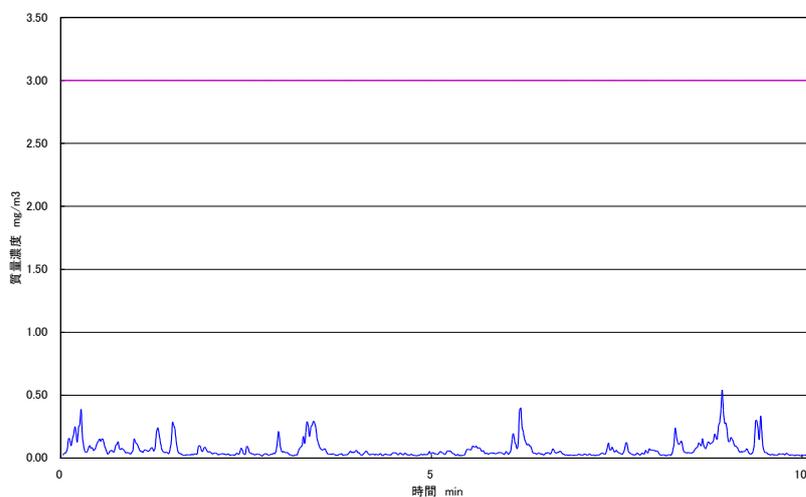


図 6.5 裁断作業(9回目)の裁断作業時のばく露濃度の時間的変動

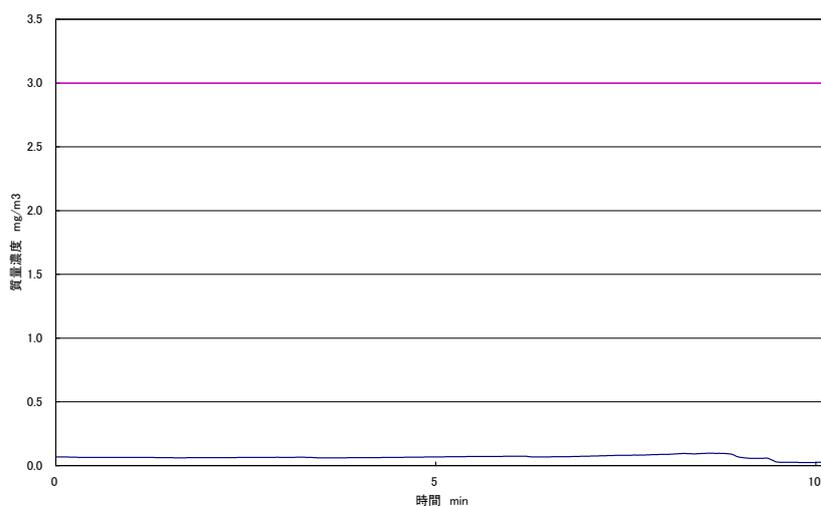


図 6.6 裁断作業(9回目)の裁断作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

## 6. 2 鉄板（厚さ 2.0mm）の裁断作業

鉄板（厚さ 2.0mm）を裁断作業時のばく露測定結果を表 6.2 に示す。ただし、ばく露濃度測定値の K 値は、0.0032 (mg/ m<sup>3</sup>/cpm) である。

表 6.1 より、幾何平均濃度は 0.118 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 1.23 である。また、裁断作業時の内、1 回目、5 回目及び 6 回目のばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 6.7、図 6.8、図 6.9、図 6.10、図 6.11 及び図 6.12 にそれぞれ示す。

鉄板（厚さ 3.2mm）の裁断作業と同様、各金属裁断作業時のばく露濃度の時間的変動状況の図からは、裁断作業している時に粉じん濃度が高値となり、裁断作業を行っていない時には低い濃度になることから、裁断作業時には粉じん濃度は著しく低値であるが粉じんは作業に応じた変動をしていることが分かる。また、ばく露濃度の 10 分間移動平均値の図からは、常に管理濃度を超えない作業であった事が分かる。

表 6.2 鉄板（厚さ 2.0mm）の裁断作業時のばく露濃度測定結果

	平均相対濃度 (cpm)	平均粉じん濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )	管理濃度 (mg/ m <sup>3</sup> )	管理濃度超え (超えは○)
1 回目	49	0.16	3.0	×
2 回目	43	0.14	3.0	×
3 回目	42	0.13	3.0	×
4 回目	27	0.09	3.0	×
5 回目	35	0.11	3.0	×
6 回目	24	0.08	3.0	×
7 回目	34	0.11	3.0	×
8 回目	38	0.12	3.0	×
9 回目	39	0.12	3.0	×
10 回目	43	0.14	3.0	×

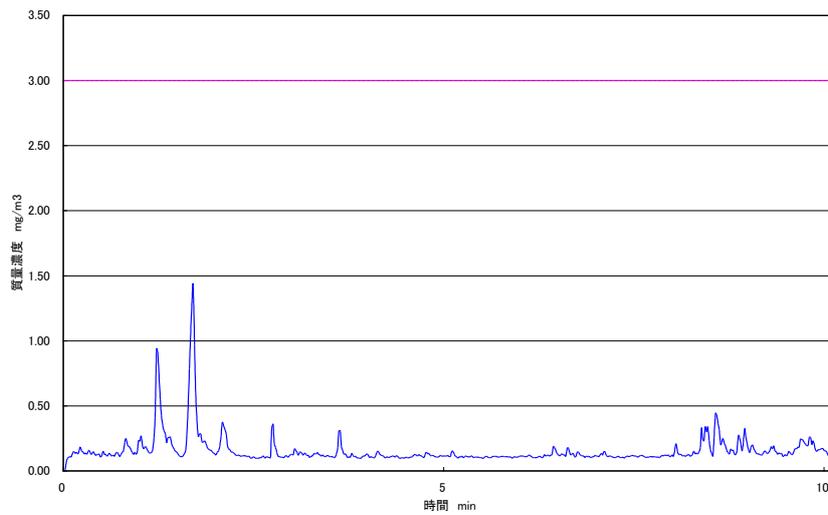


図 6.7 裁断作業(1回目)の裁断作業時のばく露濃度の時間的変動

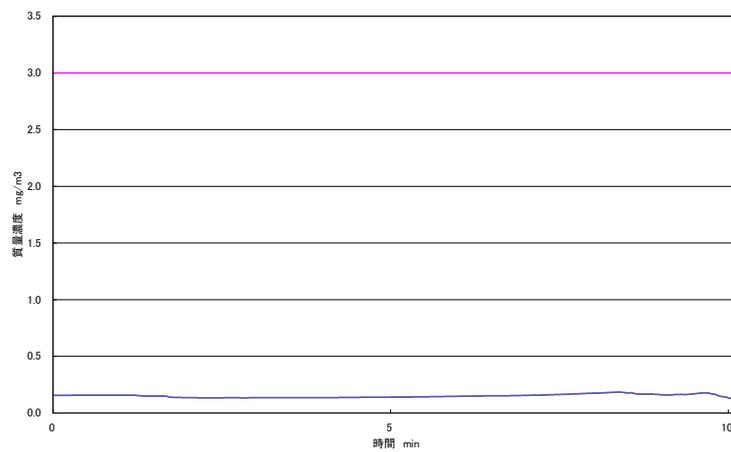


図 6.8 裁断作業(1回目)の裁断作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

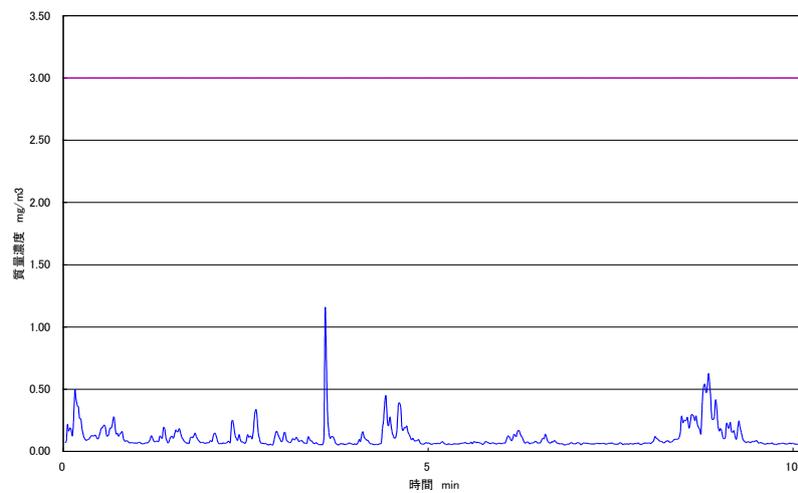


図 6.9 裁断作業(5回目)の裁断作業時のばく露濃度の時間的変動

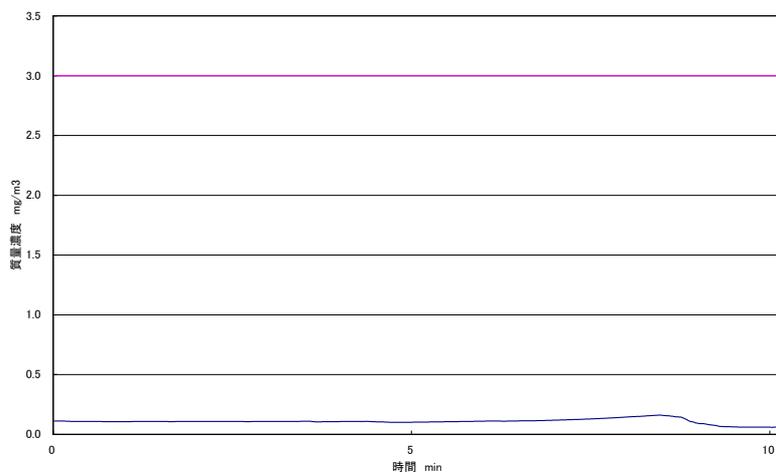


図 6.10 裁断作業(5回目)の裁断作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

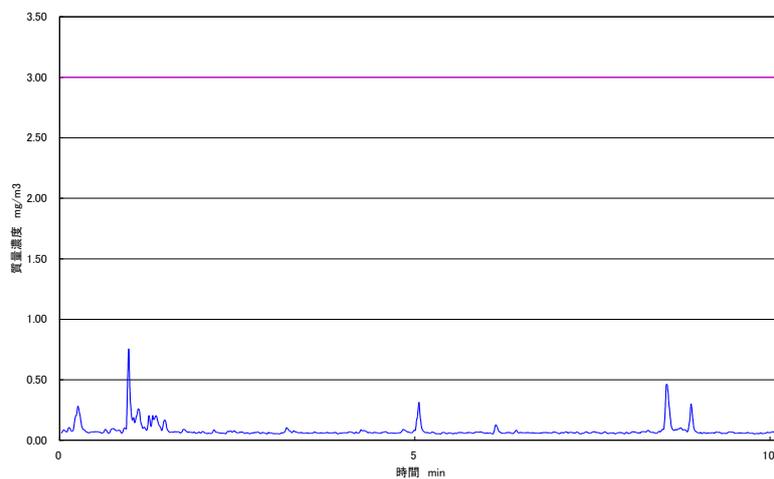


図 6.11 裁断作業(6回目)の裁断作業時のばく露濃度の時間的変動

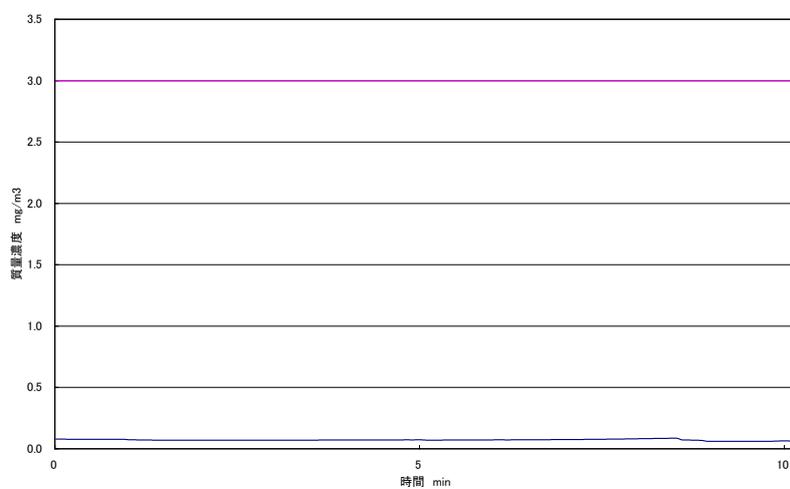


図 6.12 裁断作業(6回目)の裁断作業時のばく露濃度の10分間移動平均値

### 6. 3 まとめ

金属の裁断作業を 21 作業行った結果、粉じん濃度の幾何平均値は 0.12 (mg/m<sup>3</sup>) で、幾何標準偏差は 1.45 であった。ばく露濃度の最高濃度は 0.39 (mg/m<sup>3</sup>) で、最低濃度は 0.07 (mg/m<sup>3</sup>) であった。また、21 作業の内、管理濃度を超えた作業は、一件もなかったため管理濃度から評価した管理濃度を超える割合は 0.0 % (0/21 作業) であった。

以上から、追加すべき特別な対策は不要と考えられる。

### 7 まとめ

本調査で行った各作業時のばく露濃度測定結果をまとめて表 7.1 に示す。

表 7.1 各種作業時のばく露濃度測定結果のまとめ

作業内容	粉じん幾何平均値 (mg/m <sup>3</sup> ) (幾何標準偏差) 濃度の範囲	管理濃度(mg/m <sup>3</sup> )	管理濃度超え割合	
			割合	件数
岩石研磨・ ばり取り	0.35 (3.86) 4.54~0.039	0.25~0.05	73%	29/40
鉱物研磨・ ばり取り	0.33 (6.09) 8.72~0.030	0.22~0.06	63%	27/43
金属研磨・ ばり取り	0.23 (3.15) 3.76~0.08	3.0	7.1%	2/28
金属の裁断	0.12 (1.45) 0.39~0.07	3.0	0.0%	0/21

表 7.1 より、各研磨・ばり取り作業等について

#### 1) 岩石の研磨・ばり取り作業

岩石の研磨・ばり取り作業の評価は、作業時に発生する粉じん濃度と、岩石の遊離けい酸含有率から算出した管理濃度を比較するため、作業時に発生する粉じん濃度だけでは作業環境を評価することはできない。そのため、本調査では、管理濃度と平均粉じん濃度の比較だけでなく、10 分間移動平均値の結果も併せて評価した。

本調査の岩石の研磨・ばり取り作業は、73%(29/40 作業)の作業で管理濃度を超えており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、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。

以上のことから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

#### 2) 鉱物の研磨・ばり取り作業

本調査の鉱物の研磨・ばり取り作業は、63%(27/43作業)の作業で管理濃度を超過しており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、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。

以上のことから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

#### 3) 金属の研磨・ばり取り作業

本調査の鉱物の研磨・ばり取り作業においては、管理濃度を超過する作業の割合は 7.1%(2/28 作業)であることから、追加すべき特別な対策は不要と考えられる。

#### 4) 金属の裁断作業

本調査の金属の裁断作業においては、21 作業のうち、管理濃度を超過する作業を認めなかったため、追加すべき特別な対策は不要と考えられる。

### 8 文献的考察

コンクリート製品の研磨作業に関して、屋外のアーク溶接作業及び金属等研磨作業に係る調査研究報告書(文献1参照)では、屋外で、コンクリート製中空パイルの内面を研磨する作業を対象に、延べ2名の作業者について、個人サンプラーによる粉じんのばく露濃度測定を行った時の結果が報告されている。各作業者のばく露粉じん濃度は、0.10(mg/m<sup>3</sup>)と0.01(mg/m<sup>3</sup>)で、管理濃度(0.34mg/m<sup>3</sup>)より低い値を示していた。一方で、風下側パイロ開口面では、非常に高い粉じん濃度(約47mg/m<sup>3</sup>)が観察された。このことから、コンクリート製品の内面研磨は、粉じんの発生量は著しいが、粉じんが内面に閉じ込められ風下側に流出することにより、作業者位置での粉じん濃度が抑制されていたものと予想される。また、研磨作業時作業者が粉じんの発散源に対して風上に位置していたこともばく露濃度を低くした要因と考えられる。このコンクリート製中空パイロの内面を研磨する作業は、ばく露濃度が低く評価される作業と考える。

一方、コンクリート研磨作業における粉じん健康障害防止の調査研究(文献6及び7参照)によると、建設業におけるコンクリート壁面等の研磨作業は、従来からトンネル工事、橋脚等で行われていたが、近年ビル建築工事でもコンクリート打設後の型枠を外したコンクリート壁面やリニューアル工事等で壁面を改修するためにコンクリート壁面等を研磨する作業が行われるようになってきている。これは、従来モルタルで行っていた壁面等の仕上げ作業をコンクリート下地面の素地調整を行い、その上に薄塗りモルタル材等で仕上げの工法が多く採用されるようになり、そのために下地をグラインダーで研磨する作業が多

く行われるようになってきたことによるものである。グラインダーによる研磨作業では、コンクリートが乾換した状態で研磨作業を行うため、作業環境中に多量の粉じんが発生することが確認されている。さらに、周辺環境への粉じんの飛散を防止する目的で、建築中の建物の周辺をシート等で囲い込むため、作業現場への外気の流入が著しく少なくなるため、高い粉じんばく露濃度作業であると考えられる。調査研究のコンクリート壁面等の研磨作業時の粉じんばく露濃度測定結果の一例を図 8.1 に示す。

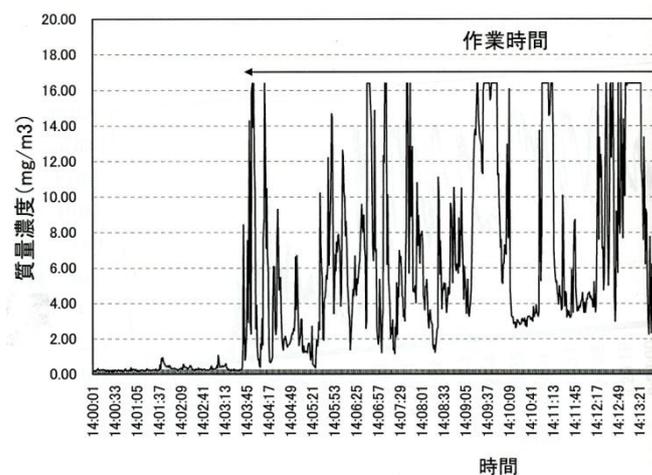


図 8.1 コンクリート壁面等の研磨作業時の粉じんばく露濃度の一例

本調査で実験的に行った鉱物及び岩石の研磨・ばり取り作業は、例えばコンクリート製品としての水道管、水路、コンクリート電柱、テトラポット等の一般的なコンクリート製品の研磨・ばり取り作業を想定して行ったため、作業時の粉じんばく露濃度としては、先に述べたコンクリート製中空パイルの内面を研磨する作業とコンクリート壁面等の研磨作業の中間に位置する作業と考えられる。本実験の作業時の粉じんばく露濃度は、実際に同じ作業を行っている作業現場で粉じんばく露濃度測定を行い、その測定で得られた結果を本実験の結果と比較することで、本実験の正当性を評価する必要がある考える。

## 9 結論

岩石及び鉱物の研磨・ばり取り作業における本実験の結果から、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられるという結論を導き出した。しかし、本実験は、あくまでも過去の現場測定で得られた知見を基にした模擬実験として行ったので、実際に同じ作業を行っている作業現場で粉じんばく露濃度測定を行い、その測定結果を本実験の結果と比較することで、本実験の正当性を評価した後、有効な呼吸用保護具を着用することの必要性について、最終的な結論を導く必要があると考える。

## 10 参考文献

- 1) 平成 20 年度屋外のアーク溶接作業及び金属等研ま作業に係る調査研究報告書  
中央労働災害防止協会
- 2) 平成 21 年度屋外のアーク溶接作業及び金属等研ま作業に係る調査研究報告書  
中央労働災害防止協会
- 3) 平成 22 年度作業環境における個人ばく露測定に関する実証的検証事業報告書  
中央労働災害防止協会
- 4) 平成 23 年度作業環境における個人ばく露測定に関する実証的検証事業報告書  
中央労働災害防止協会
- 5) 平成 19 年度コンクリート研磨作業における粉じん健康障害防止の調査研究  
建設労働災害防止協会
- 6) 平成 20 年度コンクリート研磨作業における粉じん健康障害防止の調査研究  
建設労働災害防止協会
- 7) 平成 21 年度コンクリート研磨作業における粉じん健康障害防止の調査研究  
建設労働災害防止協会