

2. 屋外の鉱物等を動力により破砕する作業

2.1 調査方法

2.1.1 調査対象の作業および事業場

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、粉碎し、又はふるい分ける場所における作業（第三号、第十五号又は第十九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、粉碎し、又はふるい分ける場所における作業を除く。」の作業のうち、鉱物等を動力により破砕し、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。

2.1.2 測定方法

対象作業によって発生する粉じんについて、砂型造形作業と同様（1.2.1 参照）に、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1～2時間程度を目安とした。

2.1.3 評価方法

評価方法も砂型造形作業における作業と同様（1.3.2 参照）、ばく露濃度の幾何平均値と10分間移動平均値を管理濃度と比較して判断した。

2.2 作業時のばく露濃度測定結果

作業者のばく露濃度の測定結果を表2.1に、またNo.1作業者のばく露濃度変動のグラフを図2.1に、その10分間移動平均値の変動を図2.2に、No.2作業者のばく露濃度測定の濃度変動のグラフを図2.3に、その10分間移動平均値の変動を図2.4にそれぞれ示す。測定中の作業風景を図2.5～図2.9に示す。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[mg/m³]であった。

表 2.1 曝露測定結果（屋外の鉱物等破砕作業）

| | 平均粉じん濃度 [mg/m ³] | 管理濃度[mg/m ³] | 管理濃度超え (超えれば) |
|----------|---------------------------------|--------------------------|------------------|
| No.1 作業者 | 1.06 | 0.20 | |
| No.2 作業者 | 0.62 | 0.20 | |

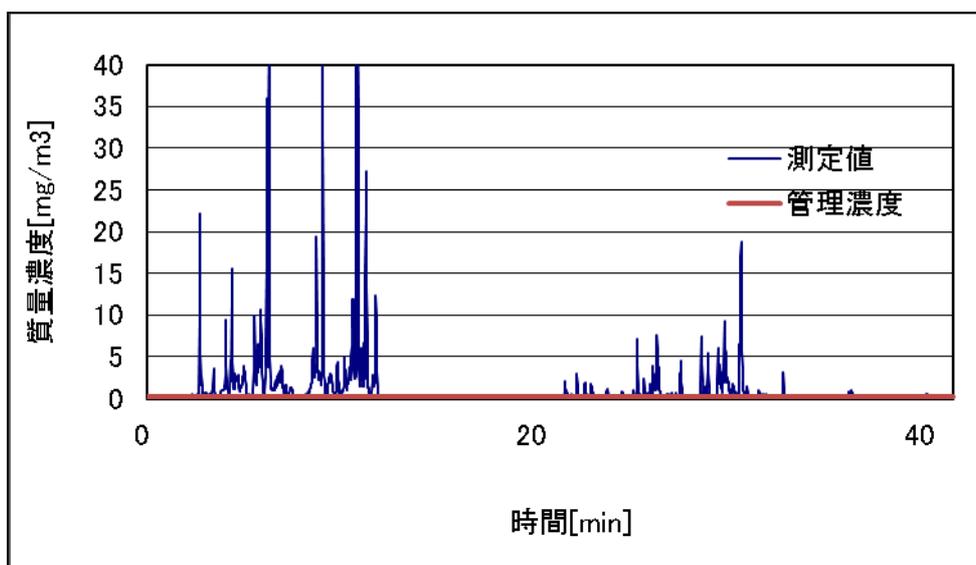


図 2.1 屋外の鉋物等破砕作業時の No.1 作業者のばく露濃度変動

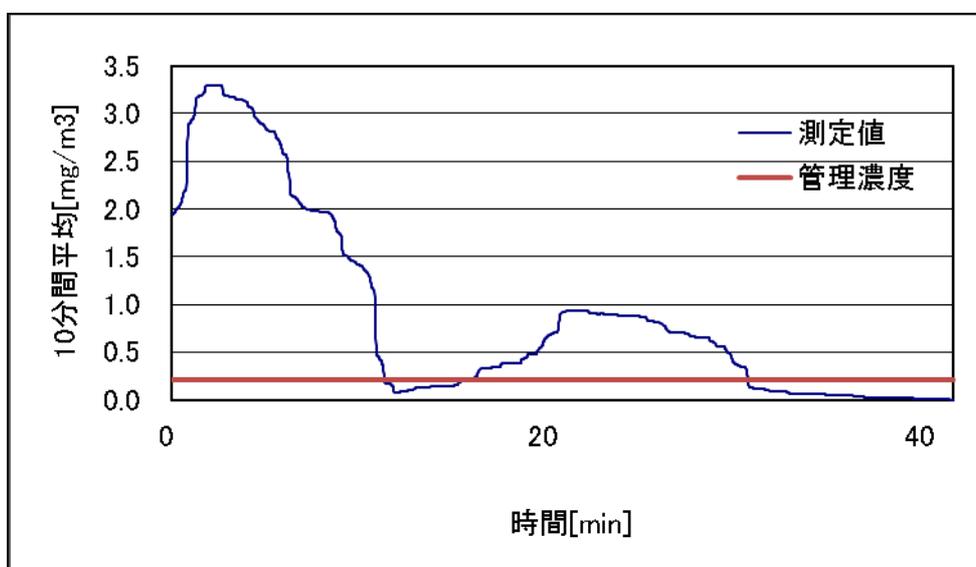


図 2.2 屋外の鉋物等破砕作業時の No.1 作業者のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

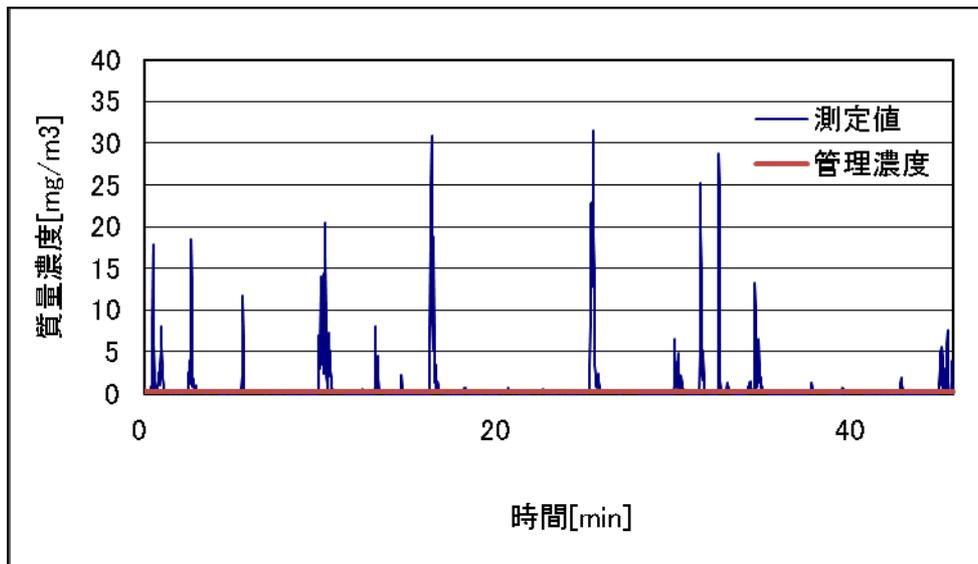


図 2.3 屋外の鉋物等破砕作業時の No.2 作業者のばく露濃度変動

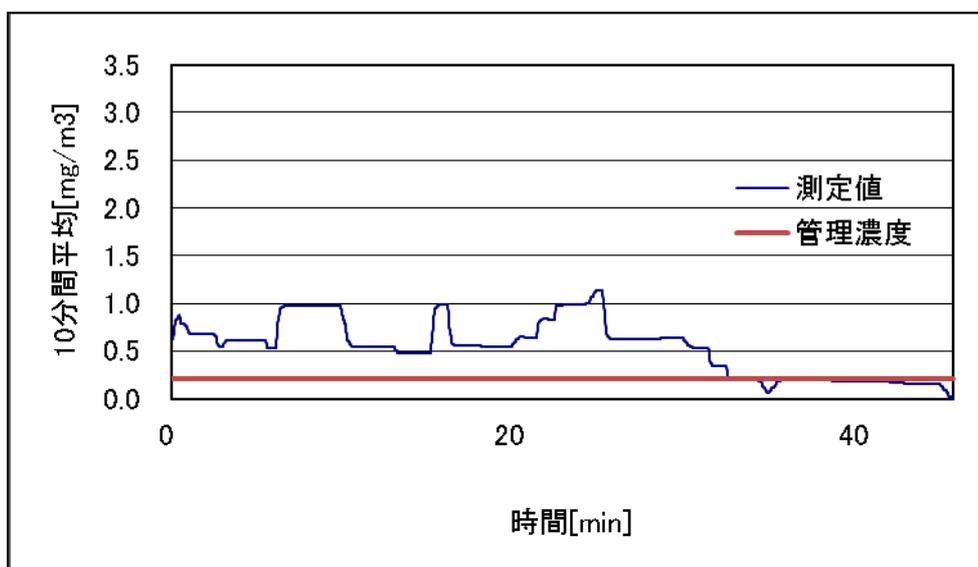


図 2.4 屋外の鉋物等破砕作業時の No.2 作業者のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)



図 2.5 屋外の鉋物等破砕作業風景（その 1）



図 2.6 屋外の鉋物等破砕作業風景（その 2）



図 2.7 屋外の鉋物等破砕作業風景（その 3）



図 2.8 屋外の鉋物等破砕作業風景（その 4）



図 2.9 屋外の鉋物等破砕作業風景（その 5）

2.3 考察

表 2.1 から、No.1 作業員及び No.2 作業員のばく露濃度測定結果は、いずれの場合もばく露濃度の平均値が管理濃度を超えていた。また図 2.2 および図 2.4 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員の呼吸域は発じん源から比較的離れているが、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。また、屋外の作業であることから、外付け式フード等の局所排気装置等を用いて防じん対策を実施しても管理濃度以下に粉じん濃度を低減させることが難しいと予想できることから、有効な呼吸用保護具を着用する必要がある別表三の粉じん作業と考えられる。

2.4 まとめ

屋外における手持ち削岩機の岩石小割り作業は、粉じん作業に指定されているが、屋外の作業の作業であることから、外付け式フード等の局所排気装置等を用いて防じん対策を実施しても管理濃度以下に粉じん濃度を低減させることが難しいと予想できることから、有効な呼吸用保護具を着用する必要がある別表三の粉じん作業と考えられる。ただし、測定例が1例しかないので、今後測定数を増やして最終的な判断を行う。

3. 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時の粉じんばく露濃度

3.1 目的

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（以下、土石又は鉱物を開放炉に投入する作業、と略す）は、金属を溶融し、出湯する一連の作業の途中の工程で、出湯前に溶融面のノロが鑄込み先の製品に入らないように、事前にノロを取り除くために鉱物等を炉に投入する作業である。投入時は、溶湯の熱上昇気流によって、投入された鉱物等が粉じんとして作業環境中に飛散する。飛散した粉じんの影響を作業者が受けるが、そうした作業は、現在「粉じん作業」に指定されているが、（別表2）の作業に該当するのがあるいは、（別表3）の作業に該当するのかを判断するために、現場測定を実施した。

3.2 測定調査の概要

3.2.1 粉じん濃度測定法

測定対象とした作業は、土石又は鉱物を開放炉に投入する作業である。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と同時に環境濃度の測定を作業中に行った。ばく露濃度については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。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

本測定で作業者のばく露濃度測定に用いたLD-6N粉じん計（以下、LD-6N）は、図3.2に示すように、LD-6N（相対濃度計）の検出部のヘッド部分にPM4（ $4\mu\text{m}50\% \text{cut}$ ）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の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。



図 3.2 LD-6N デジタル粉じん計の外観

3.2.3 評価方法

評価方法は、個人ばく露濃度の幾何平均値と管理濃度との比較で判断する。つまり、個人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。ただし、複数の作業を測定した場合、じん肺部会の判断基準である「ばく露濃度測定をおこなった作業の総数で管理濃度を超えている作業の数を除した割合が 20%を超えた場合、有効な呼吸用保護具を着用する必要がある作業と判断する。」に従って判断した。さらに、作業時にばく露する粉じん濃度と、鋳物砂中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、作業時にばく露する粉じん濃度だけでは造形作業を評価することはできない。そのため、本調査では、管理濃度と幾何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。つまり、作業時の幾何平均粉じんばく露濃度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場合も想定できるので、その事を考慮して、管理濃度と幾何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。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、測定開始時間から 10 分間測定して得られた累積粉じん濃度を測定時間の 10 分間で除して求めた平均値である。そのため、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 土石又は鉍物を開放炉に投入する作業の測定結果

3.3.1 A 作業場における土石又は鉍石投入作業

A 作業場における、作業者の曝露濃度の測定結果を表 3.1 に、また濃度変動のグラフを図 3.3 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.4 に、測定中の作業風景を図 3.5 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 $0.25[\text{mg}/\text{m}^3]$ であった。

表 3.1 作業者のばく露測定結果

| | 平均粉じん濃度 [mg/m ³] | 管理濃度 [mg/m ³] | 管理濃度超え (超えれば) |
|------|---------------------------------|------------------------------|------------------|
| 1 回目 | 0.09 | 0.25 | × |

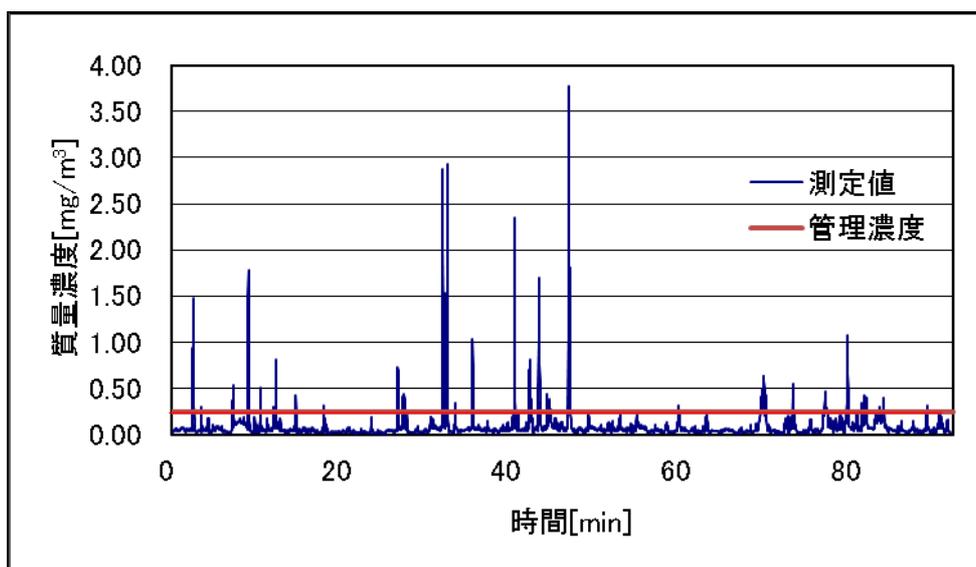


図 3.3 作業者のばく露濃度変動状況

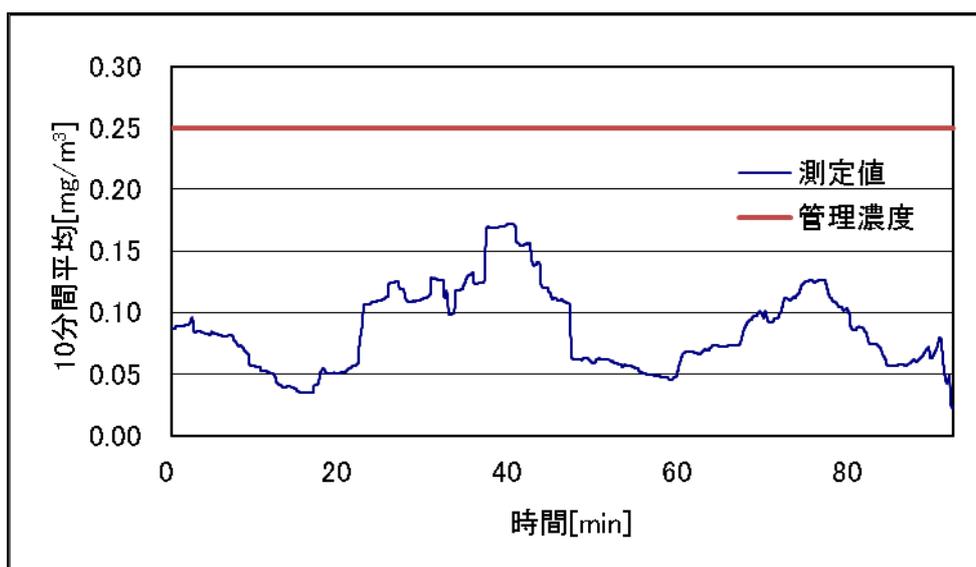


図 3.4 作業者のばく露濃度変動 (10 分間移動平均値)



図 3.5 A 作業場における作業状況

A 作業場は、作業者のばく露濃度が、管理濃度より低い。また、作業者のばく露濃度変動（10 分間移動平均値）がどの時間帯でも管理濃度を超えていないので、新たに、防じん対策を行う必要のない作業場であった。

3.3.2 B 作業場における土石又は鉱石投入作業

B 作業場における、作業者のばく露濃度の測定結果を表 3.2 に、また、濃度変動のグラフを図 3.6 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.7 に、測定中の作業風景を図 3.8 に示す。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/m³]であった。

表 3.2 作業者のばく露測定結果

| | 平均粉じん濃度 [mg/m ³] | 管理濃度 [mg/m ³] | 管理濃度超え (超えれば) |
|------|---------------------------------|------------------------------|------------------|
| 1 回目 | 0.46 | 0.14 | |

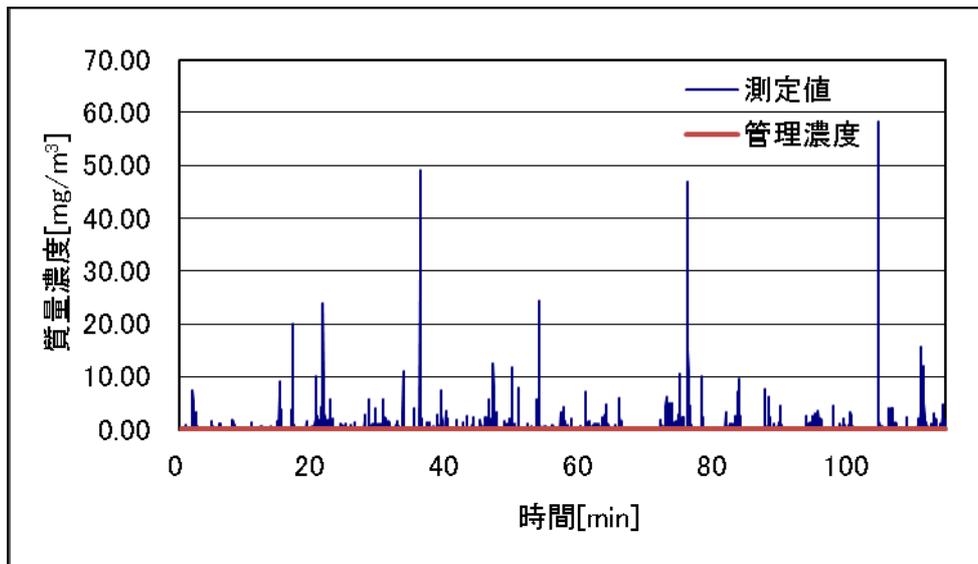


図 3.6 作業者のばく露濃度変動状況

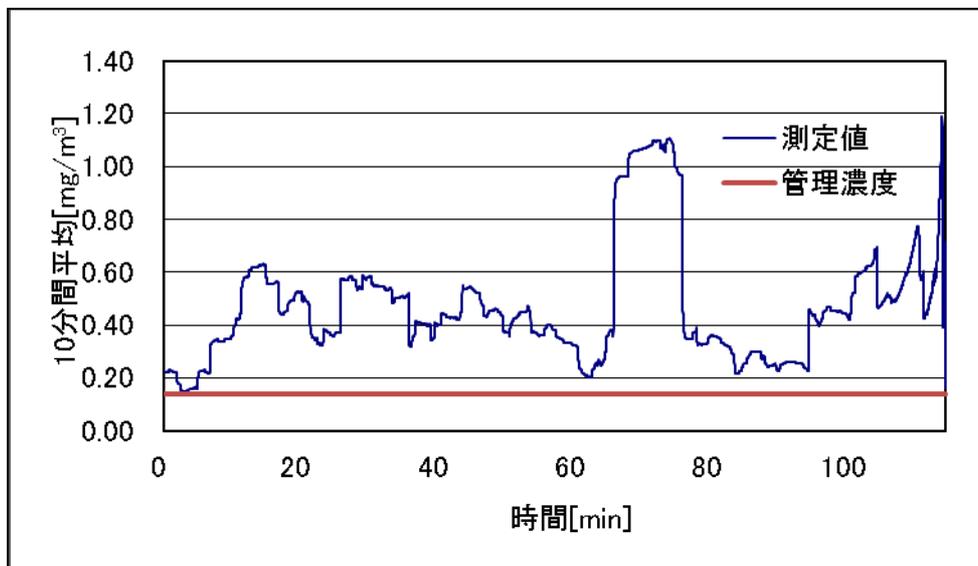


図 3.7 作業者のばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)



図 3.8 B 作業場における作業状況

B 作業場は、作業者のばく露濃度が、管理濃度より高く、また、作業者のばく露濃度変動（10 分間移動平均値）が管理濃度を超えているために、新たに、防じんマスクなどの防じん対策を行う必要のある作業場であった。

3.3.3 C 作業場における土石又は鉱石投入作業

C 作業場における、作業者のばく露濃度の測定結果を表 3.3 に、また濃度変動のグラフを図 3.9 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.10 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 0.90[mg/m³]であった。

表 3.3 作業者のばく露測定結果

| | 平均粉じん濃度 [mg/m ³] | 管理濃度 [mg/m ³] | 管理濃度超え (超えれば) |
|------|---------------------------------|------------------------------|-------------------|
| 1 回目 | 1.00 | 0.90 | |

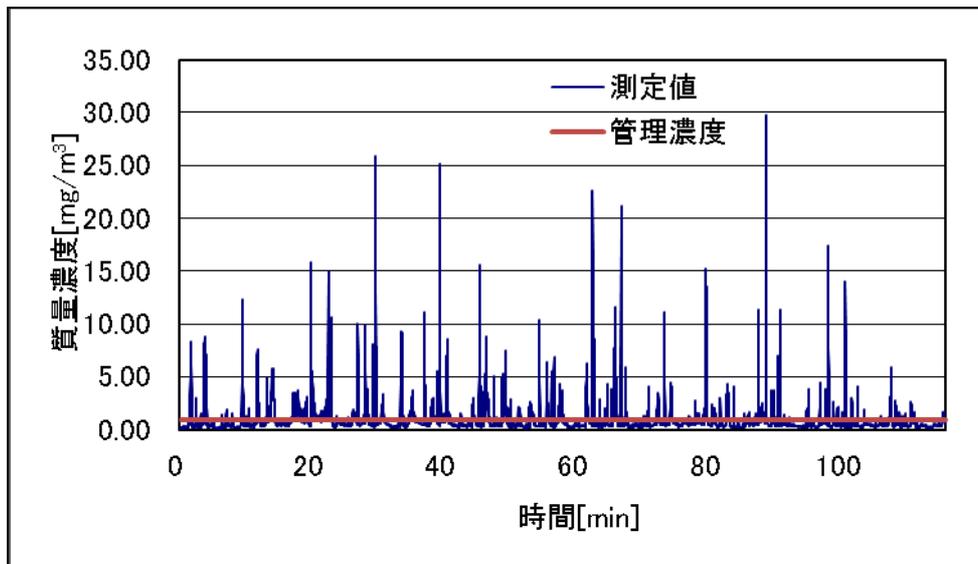


図 3.9 作業者のばく露濃度変動状況

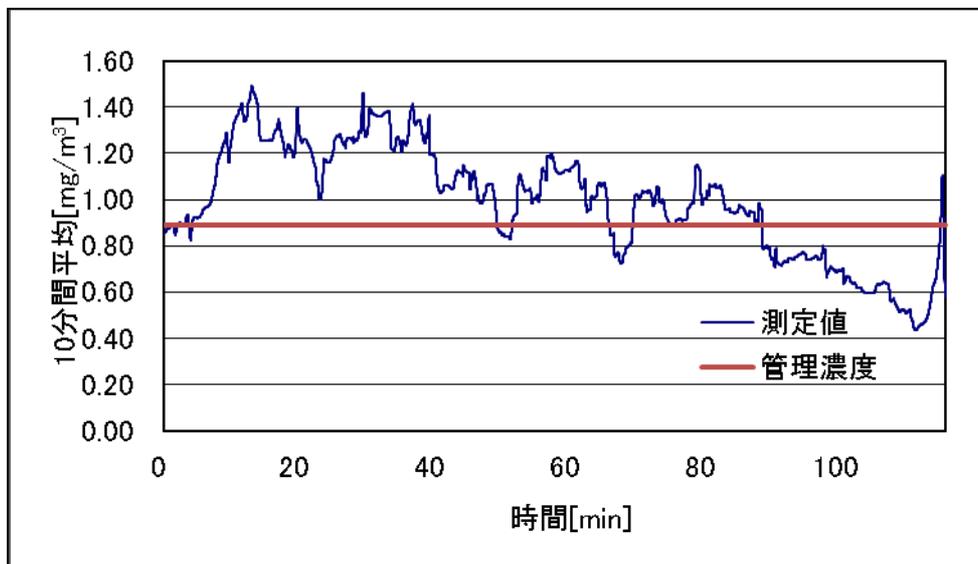


図 3.10 作業者のばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

C 作業場は、作業者のばく露濃度が、管理濃度より高く、また、作業者のばく露濃度変動（10 分間移動平均値）が管理濃度を超えているために、新たに、防じんマスクなどの防じん対策を行う必要のある作業場であった。

3.3.4 D 作業場における土石又は鉱石投入作業

D 作業場における、作業者の曝露濃度の測定結果を表 3.4 に、また濃度変動のグラフを図 3.11 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.12 に、測定中の作業風景を図 3.13 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 3.4 作業者のばく露測定結果

| | 平均粉じん濃度 [mg/m ³] | 管理濃度 [mg/m ³] | 管理濃度超え (超えれば) |
|------|---------------------------------|------------------------------|-------------------|
| 1 回目 | 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

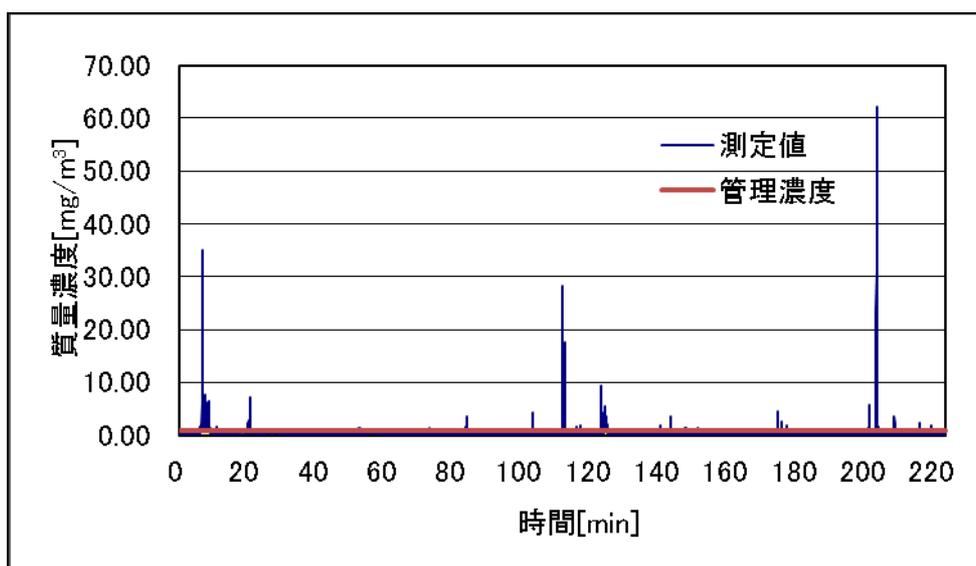


図 3.11 作業者のばく露濃度変動状況

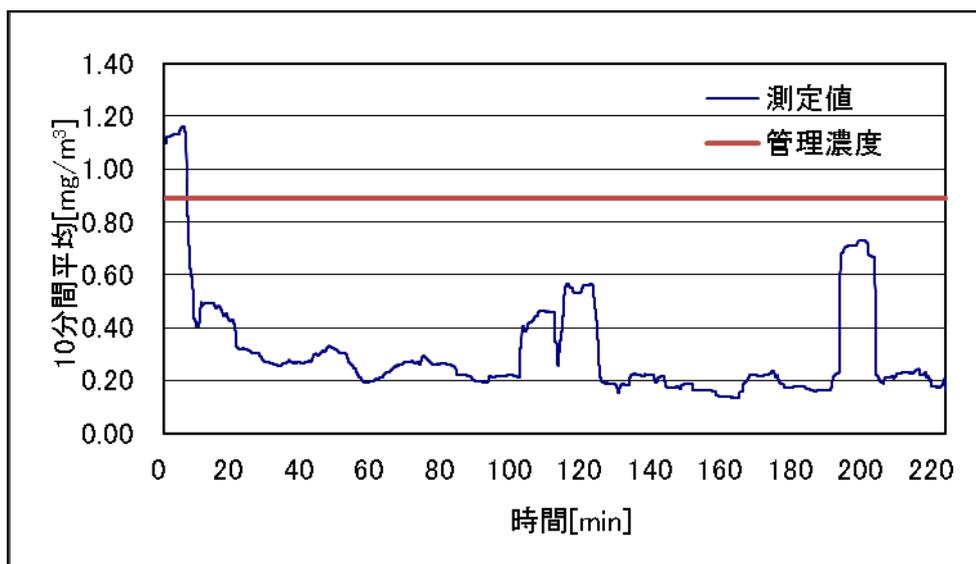


図 3.12 作業者のばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)



図 3.13 D作業場における作業状況

D作業場は、作業者のばく露濃度が、管理濃度より低い。また、作業者のばく露濃度変動（10 分間移動平均値）は、一部の時間帯で管理濃度を超えているので、総合的に判断すると、新たに、防じんマスクなどの防じん対策を行う必要のある作業場であった。

3.3.5 E作業場における土石又は鉱石投入作業

E作業場における、作業者のばく露濃度の測定結果を表 3.5 に、また濃度変動のグラフを図 3.14 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.15 に、測定中の作業風景を図 3.16 に示す。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/m³]であった。

表 3.5 作業者のばく露測定結果

| | 平均粉じん濃度 [mg/m ³] | 管理濃度 [mg/m ³] | 管理濃度超え (超えれば) |
|------|---------------------------------|------------------------------|-------------------|
| 1 回目 | 0.03 | 0.53 | × |

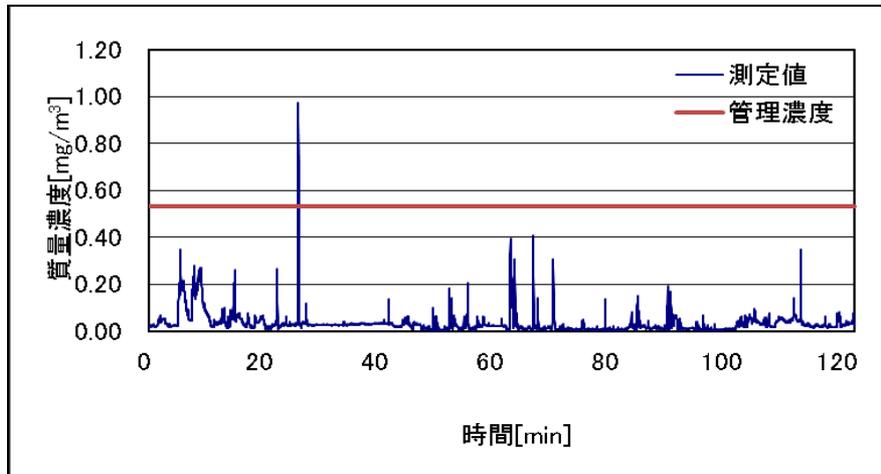


図 3.14 作業者のばく露濃度変動状況

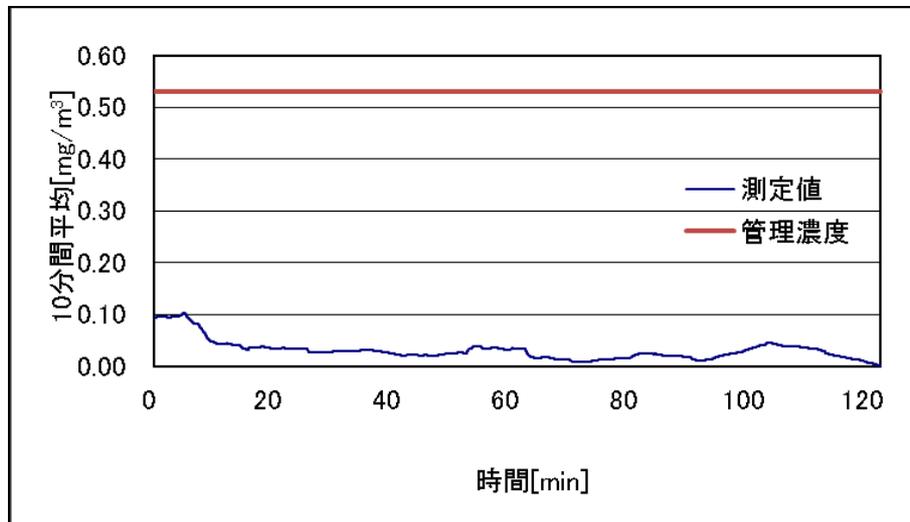


図 3.15 作業者のばく露濃度変動状況（10分間移動平均値）



図 3.16 E 作業場における作業状況

E 作業場は、作業者のばく露濃度が、管理濃度より高く、また、作業者のばく露濃度変動（10 分間移動平均値）が管理濃度を超えているために、新たに、防じんマスクなどの防じん対策を行う必要のある作業場であった。

3.3.6 F 作業場における土石又は鉱石投入作業

F 作業場における、作業者のばく露濃度の測定結果を表 3.6 に、また濃度変動のグラフを図 3.17 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.18 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/m³]であった

表 3.6 作業者のばく露測定結果

| | 平均粉じん濃度 [mg/m ³] | 管理濃度 [mg/m ³] | 管理濃度超え (超えれば) |
|------|---------------------------------|------------------------------|------------------|
| 1 回目 | 0.18 | 0.14 | |

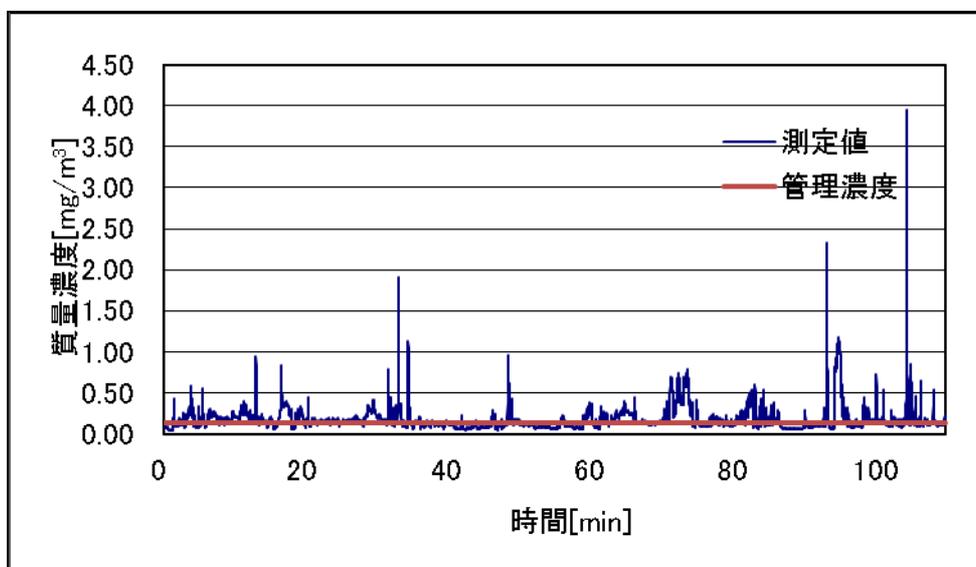


図 3.17 作業者のばく露濃度変動状況

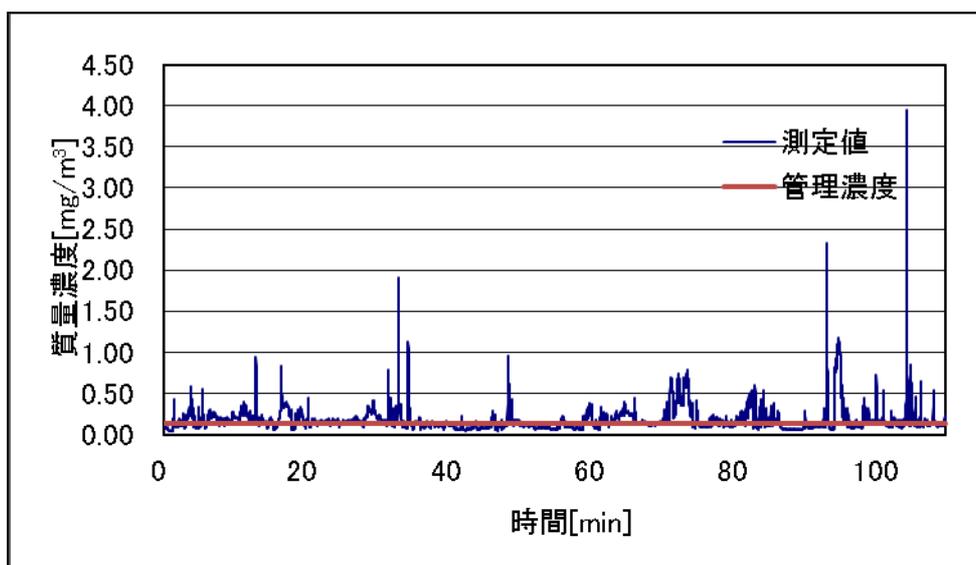


図 3.18 作業者のばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

E 作業場は、作業者のばく露濃度が、管理濃度より高く、また、作業者のばく露濃度変動（10 分間移動平均値）が管理濃度を超えているために、新たに、防じんマスクなどの防じん対策を行う必要のある作業場であった。

3.3.7 G 作業場における土石又は鉱石投入作業

G 作業場における、作業者の曝露濃度の測定結果を表 3.7 に、また濃度変動のグラフを図 3.19 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.20 に、測定中の作業風景を図 3.21 に示す。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/m³]であった。

表 6.7 作業者のばく露測定結果

| | 平均粉じん濃度 [mg/m ³] | 管理濃度 [mg/m ³] | 管理濃度超え (超えれば) |
|------|---------------------------------|------------------------------|------------------|
| 1 回目 | 1.02 | 0.16 | |

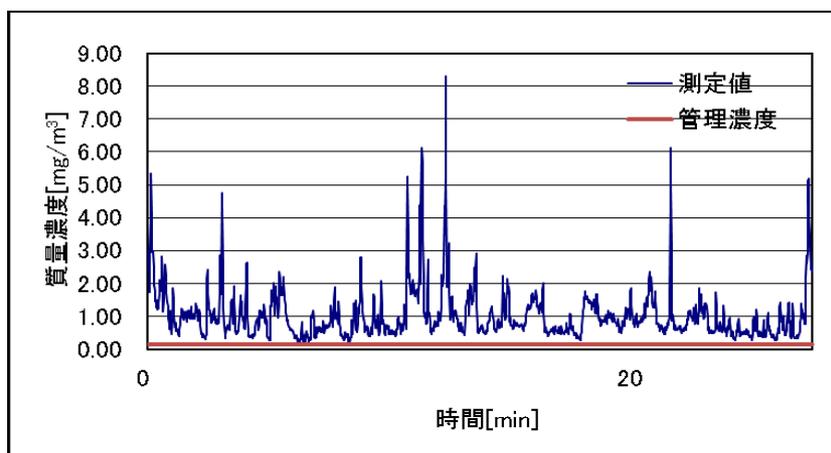


図 3.19 作業者のばく露濃度変動状況

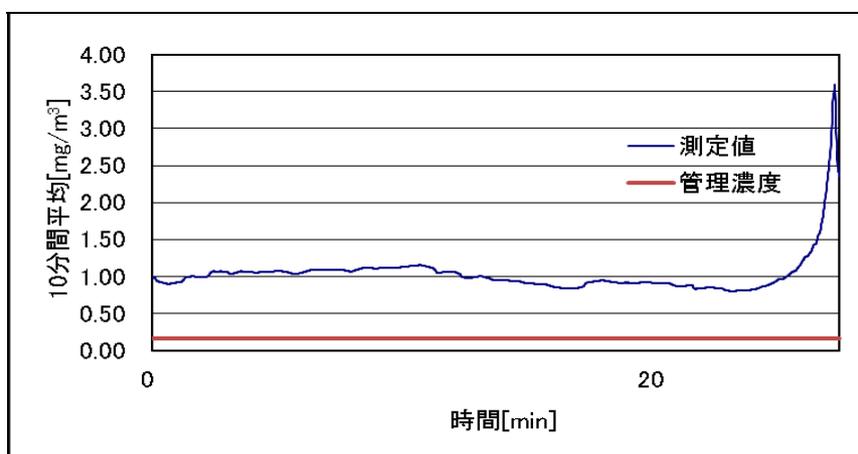


図 3.20 作業者のばく露濃度変動状況（10分間移動平均値）



図 3.21 E 作業場における作業状況

G作業場は、作業者のばく露濃度が、管理濃度より高く、また、作業者のばく露濃度変動（10 分間移動平均値）が管理濃度を超えているために、新たに、防じんマスクなどの防じん対策を行う必要のある作業場であった。

3.3.8 H作業場における土石又は鉱石投入作業

H作業場における、作業者の曝露濃度の測定結果を表 3.8 に、また濃度変動のグラフを図 3.22 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.23 に示す。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/m³]であった。

表 3.8 作業者のばく露測定結果

| | 平均粉じん濃度 [mg/m ³] | 管理濃度 [mg/m ³] | 管理濃度超え (超えれば) |
|------|---------------------------------|------------------------------|------------------|
| 1 回目 | 0.59 | 0.21 | |

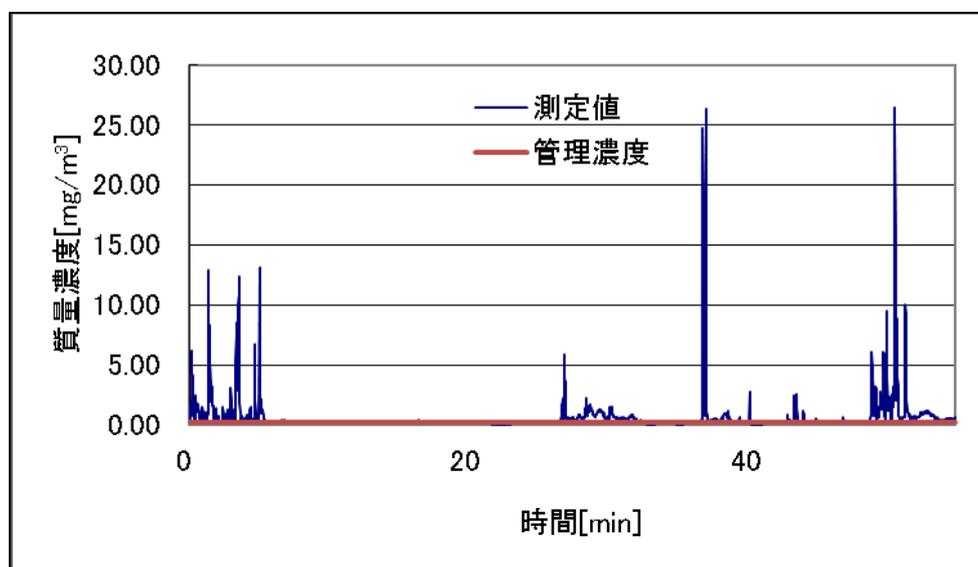


図 3.22 作業者のばく露濃度変動状況

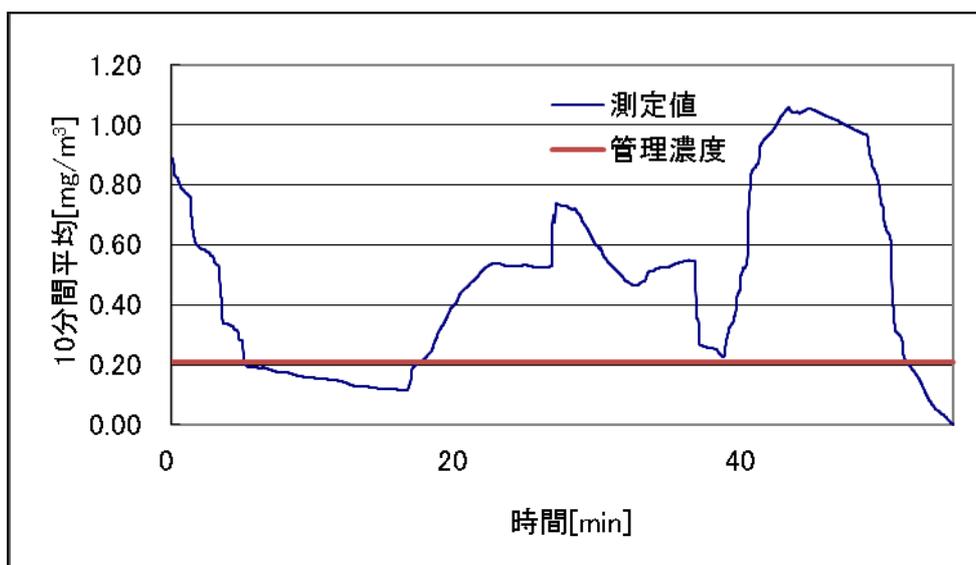


図 3.23 作業者のばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

H作業場は、作業者のばく露濃度が、管理濃度より高く、また、作業者のばく露濃度変動（10 分間移動平均値）が管理濃度を超えているために、新たに、防じんマスクなどの防じん対策を行う必要のある作業場であった。

3.3.9 I作業場 Iにおける土石又は鉱石投入作業

I作業場における、作業者の曝露濃度の測定結果を表 3.9 に、また濃度変動のグラフを図 3.24 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.25 に、測定中の作業風景を図 3.26 に示す。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/m³]であった。

表 6.9 作業者のばく露測定結果

| | 平均粉じん濃度 [mg/m ³] | 管理濃度 [mg/m ³] | 管理濃度超え (超えれば) |
|------|---------------------------------|------------------------------|------------------|
| 1 回目 | 1.29 | 0.17 | |

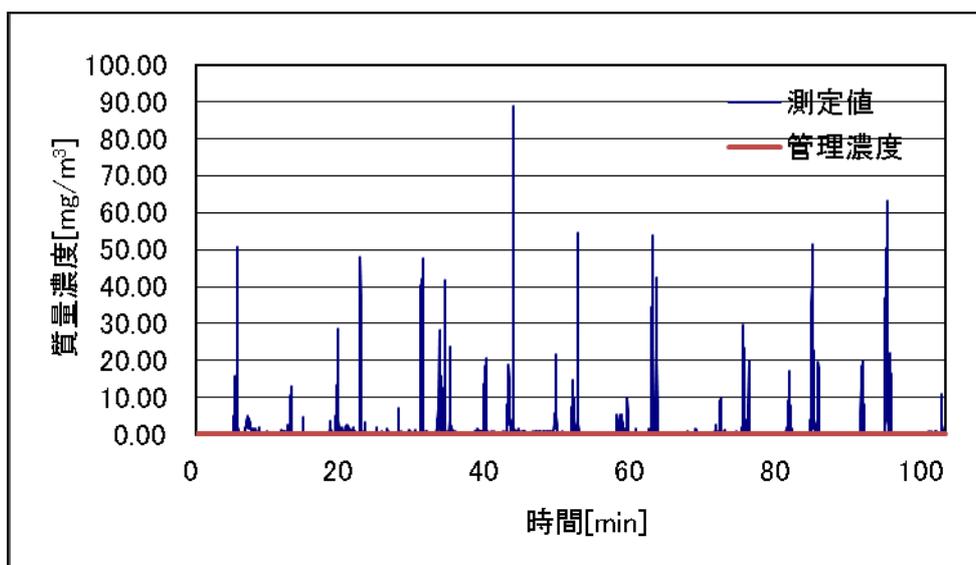


図 3.24 作業者のばく露濃度変動状況

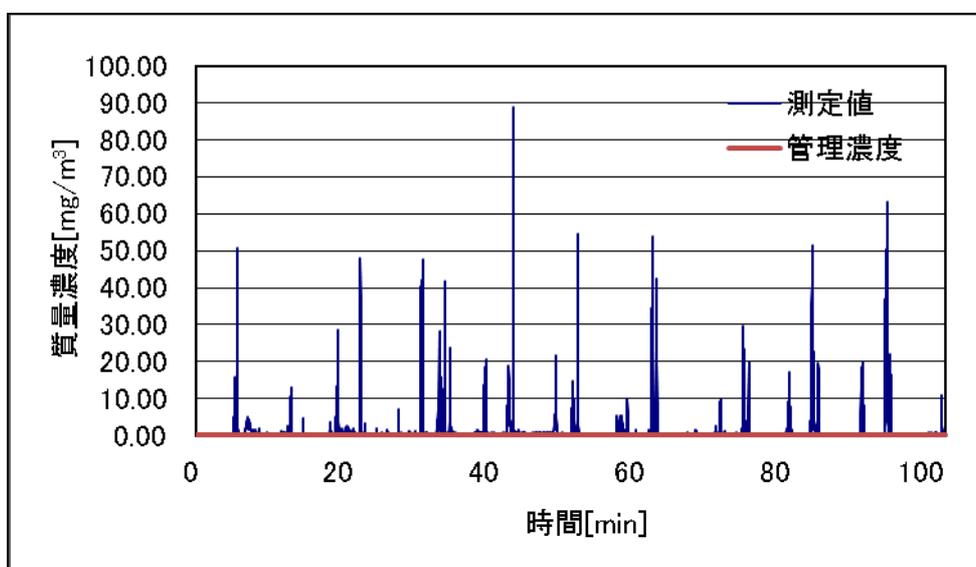


図 3.25 作業者のばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)



図 3.26 E 作業場における作業状況

I 作業場は、作業者のばく露濃度が、管理濃度より高く、また、作業者のばく露濃度変動（10 分間移動平均値）が管理濃度を超えているために、新たに、防じんマスクなどの防じん対策を行う必要のある作業場であった。

3.3.10 J 作業場における土石又は鉱石投入作業

J 作業場における、作業者の曝露濃度の測定結果を表 3.10 に、また濃度変動のグラフを図 3.27 に、その 10 分間移動平均値の変動を図 3.28 に、測定中の作業風景を図 3.29 に示す。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 3.10 作業者のばく露測定結果

| | 平均粉じん濃度 [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 | |

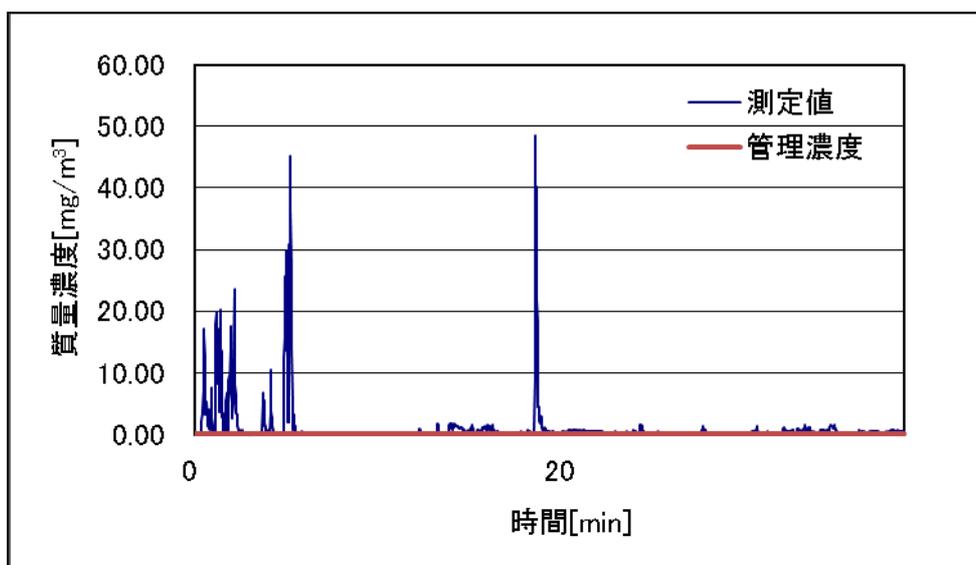


図 3.27 作業者のばく露濃度変動状況

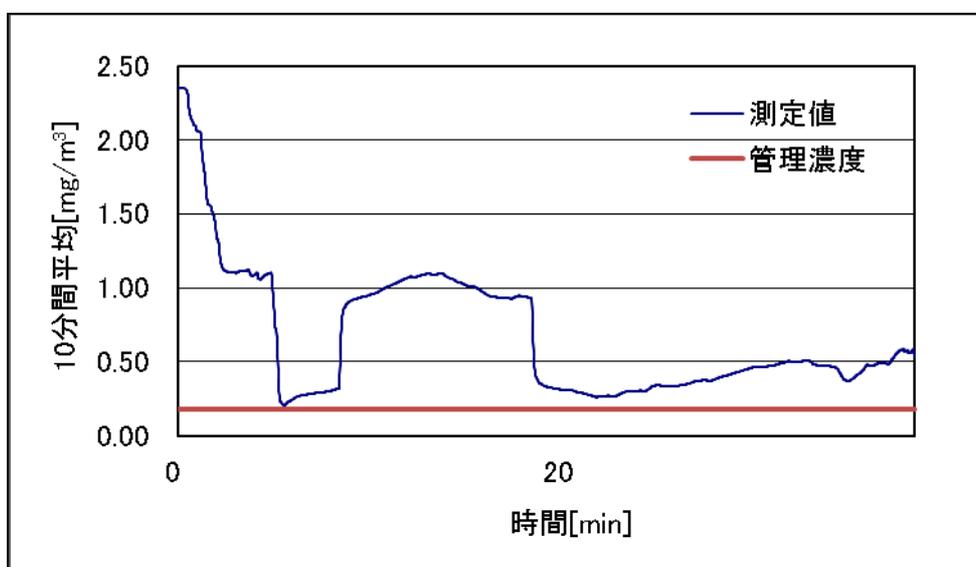


図 3.28 作業者のばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)



図 3.29 J 作業場における作業状況

J 作業場は、作業者のばく露濃度が、管理濃度より高く、また、作業者のばく露濃度変動（10 分間移動平均値）が管理濃度を超えているために、新たに、防じんマスクなどの防じん対策を行う必要のある作業場であった。

3.4 考察

土石又は鉱石投入作業時のばく露濃度測定結果をまとめて表 3.11 に示す。

表 3.11 土石又は鉱石投入作業時の粉じんばく露濃度測定結果

| 作業内容 | 曝露濃度 | | 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 | | | |
| 鑄込み等作業 | 0.38 (3.45) | 0.03~1.29 | 0.14~0.89 | 80% | 8/10 |

表 3.11 に示すように 80%（8/10）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。

土石又は鉱石投入作業として、10 事業場で 8 の鑄込み等作業のばく露濃度測定を行った。作業により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ばく露濃度の 10 分間平均値が管理濃度を上回っていることが明らかとなった。

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。」作業は、粉じん則で粉じん作業（別表第一）に指定されているが、特定粉じん作業（別

表第二)及び呼吸用保護具を使用する作業(別表第三)には指定されていない。そこで、本研究で現場調査を行い、新たに土石又は鉍石投入作業を(別表第二)又は(別表第三)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鉍石投入作業で管理濃度を超過し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。

3.5 まとめ

土石又は鉍石投入等作業は、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、土石又は鉍物を開放炉に投げ入れる作業である。土石又は鉍物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繋がるので、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の局所排気装置が設置されていることが多いが、中小の鑄物工場では、局所排気装置が設置されていない現場が多いと考えられる。鑄込み等の作業は、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こつ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(別表第二)に該当することが適切な作業と考えるが、土石又は鉍石投入等作業は作業工程における短時間作業であること、そのため土石又は鉍石投入等作業時に作業環境測定を実施することが困難と判断されること及び作業者の粉じんばく露濃度が高いこと等を総合的に判断すると(別表第三)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。