

201521003A

厚生労働科学研究費補助金

労働安全衛生総合研究事業

粉じん作業等における粉じんばく露リスクの調査研究

平成27年度 総括研究報告書

主任研究者 名古屋俊士

平成28年(2016年)5月

目 次

A. 研究目的	1
B. 研究方法	4
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	4
1.1 目的	4
1.2 測定調査の概要	4
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	5
1.4 まとめ	24
2. 屋外の鉱物等を動力により破碎する作業	26
2.1 目的	26
2.2 調査対象現場の現状	26
2.3 調査方法	26
2.4 調査結果	27
2.5 結論	32
3. 船倉内の荷役作業終了後の清掃作業	33
3.1 目的	33
3.2 調査方法	33
3.3 粉じんばく露濃度調査結果	34
3.4 結論	44
4. 局所排気装置等以外の粉じん発散防止抑制装置に関する研究	46
4.1 目的	46
4.2 フランジ効果およびフィルターの圧力損失	47
4.3 ダクト付きフードを用いた制御風速等に関する実験	55
4.4 屋内排気型フードを用いた外乱気流の影響に関する実験	72
4.5 粉じん則一部改正のための現場検証調査	97
4.6 結言	130
4.7 粉じん則の一部改正への提言	132

E. 結論	134
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時の粉じんばく露濃度	134
2. 屋外の鉱物等を動力により破碎する作業	135
3. 船倉内の荷役作業終了後の清掃作業時の粉じんばく露濃度	135
4. 粉じんに関する局所排気装置等以外の発散抑制装置の導入への基礎的研究	136
4.1 フランジ効果及びフィルターの圧量損失について	137
4.2 ダクト付きフードを用いた制御風速等に関する実験	137
4.3 屋内排気型フードを用いた外乱気流の影響に関する実験	138
4.4 粉じん則一部改正のための現場検証調査	138
4.5 粉じん則の一部改正への提言	139
F. 健康危機情報	140
G. 研究発表	140
1. 研究論文等	140
2. 研究発表	142
H. 知的財産の出願・登録状況	144

厚生労働科学研究費補助金（労働安全総合 研究事業）
（総括） 研究報告書

粉じん作業等における粉じんばく露リスクの調査研究

研究者代表者 名古屋俊士 早稲田大学理工学術院 教授

研究要旨

A. 研究目的

厚生労働省は、労働災害防止のための危害防止基準を確立するため、昭和 47 年に「労働安全衛生法」を施行した。さらに、粉じんの障害防止に特化した法律として、昭和 54 年に「粉じん障害防止規則」を制定した。粉じん障害防止規則は第 1 条から第 27 条と附則と別表第 1、別表第 2、別表第 3 からなり、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（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者には、呼吸用保護具の着用が義務付けられている。

粉じん障害防止規則（以下、粉じん則）の制定以降、厚生労働省は、粉じん則の周知徹底及びじん肺法との一体的運用を図るため、昭和 56 年度の「第 1 次粉じん障害防止総合対策」から 5 年ごとに粉じん障害防止対策を推進してきた。そして、それぞれの時代の科学的知見や技術の状況に応じ、作業環境管理、作業管理及び健康管理等の必要な対策が、逐次講じられてきた。その結果、昭和 55 年当時 6842 人であったじん肺新規有所見労働者が、平成 21 年には 233 人と大幅に減少し、着実に対策の成果がでてきている。しかし、近年では約 200 人で横ばいとなっており、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、じん肺が遅発性疾病であることを鑑みて、有所見者の発生を待たずに各作業の粉じんばく露リスクを改めて見直し、そのような高リスクの作業から優先的に新たな対策を実施する必要性に迫られている。

そこで、本研究では、現行の粉じん障害防止規則において、「粉じん作業」として定められた作業の範囲及び事業主の責務として実施が義務づけられた粉じんばく露防止対策の有効性を調査するとともに、今後の省令改正等の必要性を検討する上での基礎となる資料を提供することを目的とする。また、今後新たに、粉じん障害防止規則第 27 条別表 3（呼吸保護具の使用）（以下、別表 3 という。）に追加すべき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。

そこで、本調査研究最後の年である本年度は、現在、「粉じん作業」に指定されているが、今後新たに、(別表2)及び(別表3)のどちらかに追加すべき作業としては、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、焼成し、湯出しし、又は鑄込みする場所における作業(別表1の17)及び屋外での鉱物等破砕作業(別表1の8)の2作業である。

最後に、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。本調査の現場測定に関しては、外国船籍の場合の治外法権、船主の了解、測定時の測定者の安全等の問題から作業の見学だけなら大丈夫との現場担当者からの連絡を受けたが、最終的には、荷主の許可が得られず見学することも従来は出来なかったが、幸い27年度は、事業場の協力により、測定を実施することが可能となった。

上記の3作業の粉じんばく露リスクの調査研究が完了することで、昭和54年に粉じん則が制定されてから、未完成であった粉じん作業の規制の対象範囲がやっと、本年度の粉じんばく露リスクの調査研究で完成することになる。

次に、有害物質が発生する工場内の作業環境では、作業者の健康と安全を守るために、厚生労働省令において、主に局所排気装置の設置が義務付けられている。局所排気装置には、法令により構造要件や性能要件が定められており、特定化学物質(以下、特化物)、有機溶剤、鉛、粉じん及び石綿については制御風速方式が、鉛と一部の特化物には抑制濃度方式が定められている。しかし、実際に作業環境測定を行うと、制御風速を満たしているにも関わらず、作業環境が良くない場合がある。また、逆に、局所排気装置が制御風速を満たしていないにも関わらず、作業環境が良好な場合もある。これは、局所排気装置からの漏洩は制御風速だけでなく、局所排気装置が作業状況と適合しているか否かに大きく左右されるためである。そのため、制御風速は局所排気装置の設計の際には重要なパラメータとなるが、出来上がった局所排気装置が作業場で有効に稼働しているかどうかは、作業環境測定で評価されるべきであると考え。そうした現状を受けて厚生労働省では、23年に「職場におけるリスクに基づく合理的な化学物質管理の促進のための検討会」を設置して、1)作業環境測定の評価結果の労働者への周知及び2)局所排気装置等以外の発散抑制方法の導入について検討を行った。その検討結果の報告を受けて、平成24年4月「有機溶剤中毒予防規則等の一部を改正する省令」により、局所排気装置の設置が義務付けられた作業場において、作業者の安全が確保され、作業場が良好とされる第1管理区分に区分され、かつ所轄労働基準監督署長からの許可を得た場合には、特例として局所排気装置以外の代替措置を取っても良いことになった。つまり、局所排気装置に規定された要件を満たさない装置であっても使用することができ、作業環境測定のみによって作業環境管理を行うことができる。作業環境が良好であれば、定められていた制御風速以下で装置を運

用することが可能となり、エネルギーコストの削減に繋がる。さらに従来の屋外排気を屋内排気にすることで、装置の小型化が図られ大幅な設備費の削減が期待できる。しかし、このような特例は、粉じん障害防止規則においてはまだ認められていない。

そこで、本研究では、粉じん障害防止規則においても同様に、局所排気装置以外の粉じん発散防止抑制装置の使用を可能にするため、制御風速と漏洩濃度の関係を求めるために26年度と同様に集じんフィルターを内蔵した屋内排気型側方吸引型外付け式フードを作製し、実験室を実際の作業場に想定し、粉じんの環境への漏洩の有無を調べることで、制御風速を下げても作業環境を良好に保つことができることを検証すべく実験を行った。また、併せて、外乱気流が作業現場に設置された局所排気装置の漏洩濃度にどのような影響を与えるかについても検証を行った。さらに、粉じんを取り扱う作業現場で、第1管理区分に成っている事業場において、作業現場に設置されている局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くした状態で、局所排気装置からの粉じんの漏洩濃度、作業者のばく露濃度及び作業環境測定を行い、局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くしても第1管理区分が維持できるかどうかの検証を行った。

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者には、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のか、あるいは別表第3の作業に該当するの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。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過していれば、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過し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過する時間帯があった場合は、管理濃度を超過し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/m³]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 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	×

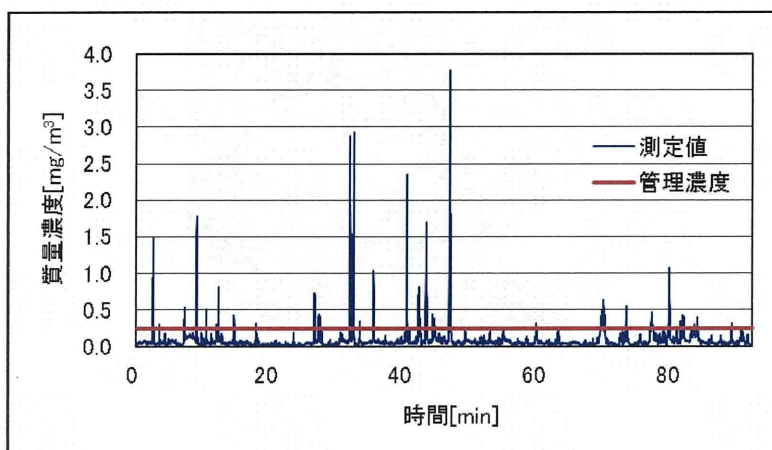


図 1.2 粉じんばく露濃度の変動状況

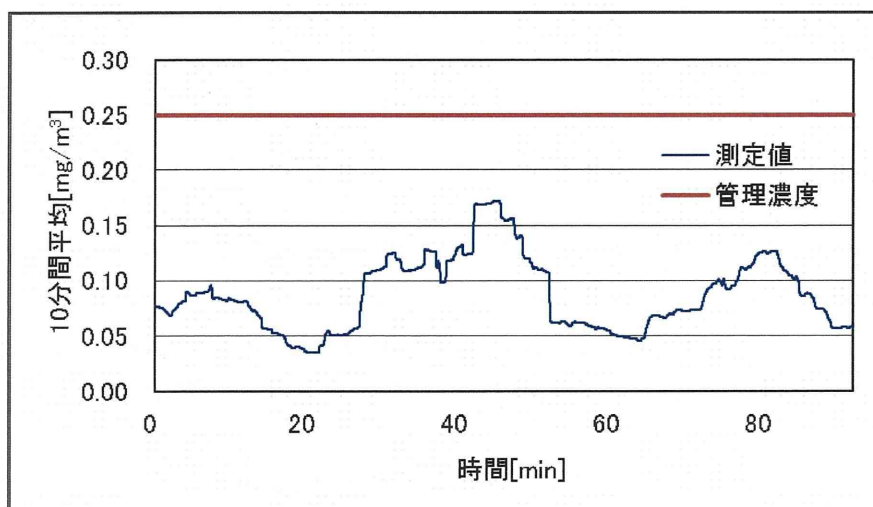


図 1.3 粉じんばく露濃度の変動状況（10 分間移動平均値）

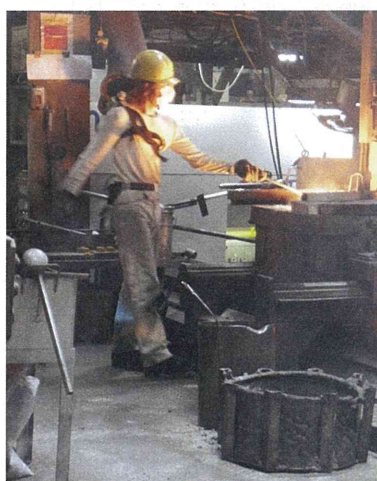


図 1.4 作業状況

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 $0.14[\text{mg}/\text{m}^3]$ 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^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	○

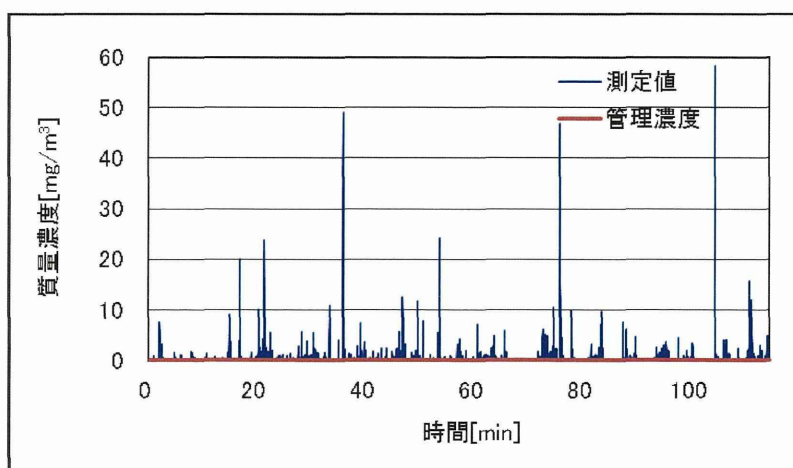


図 1.5 粉じんばく露濃度の変動状況

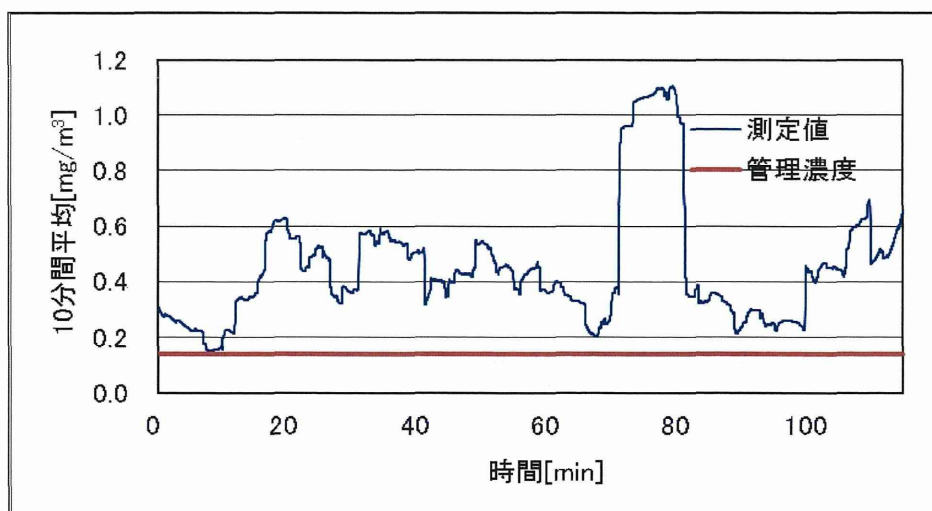


図 1.6 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)



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[mg/m³]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 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	○

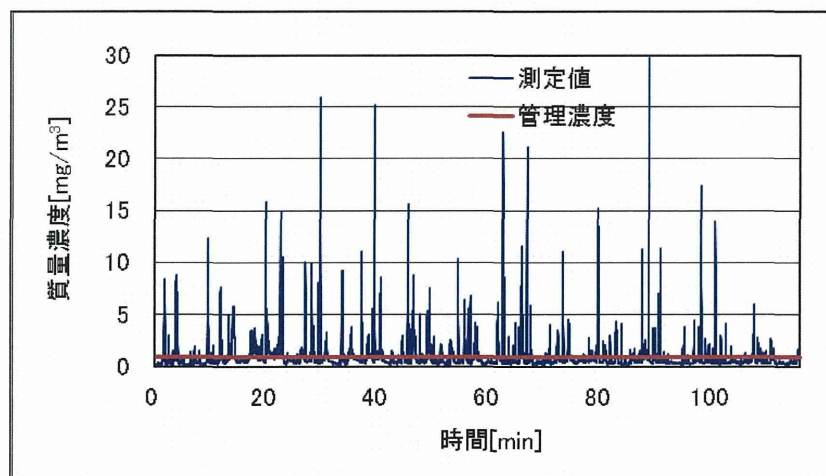


図 1.8 粉じんばく露濃度の変動状況

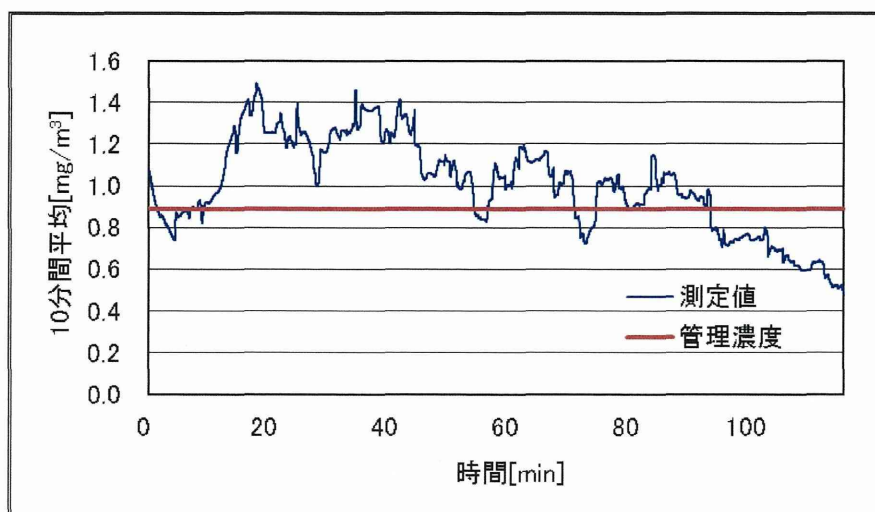


図 1.9 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)

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 $0.89[\text{mg}/\text{m}^3]$ 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^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ため、管理濃度を超えていると判断した

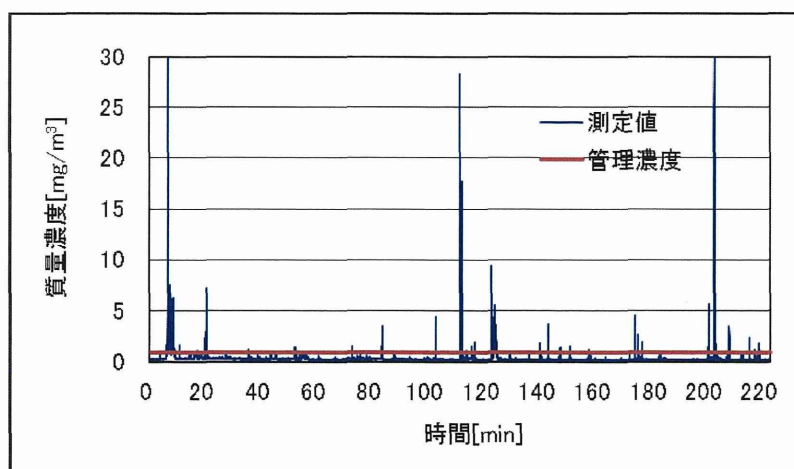


図 1.10 粉じんばく露濃度の変動状況

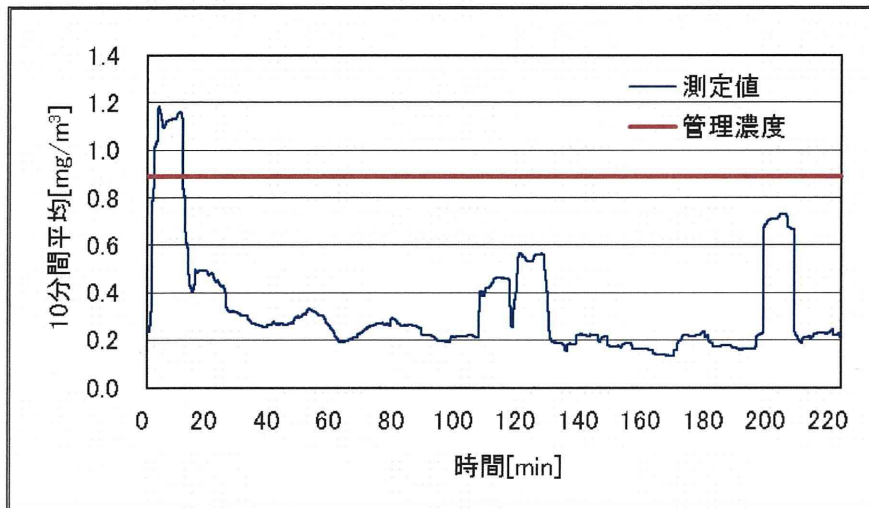


図 1.11 粉じんばく露濃度の変動状況（10 分間移動平均値）



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 $0.53[\text{mg}/\text{m}^3]$ 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^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	×

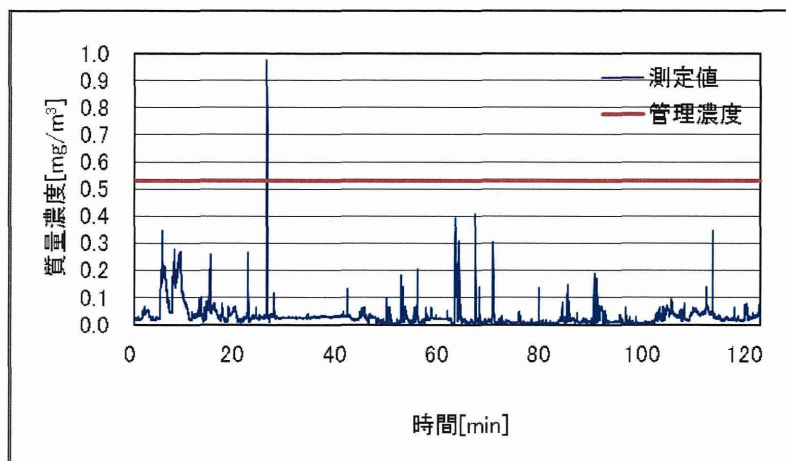


図 1.13 粉じんばく露濃度の変動状況

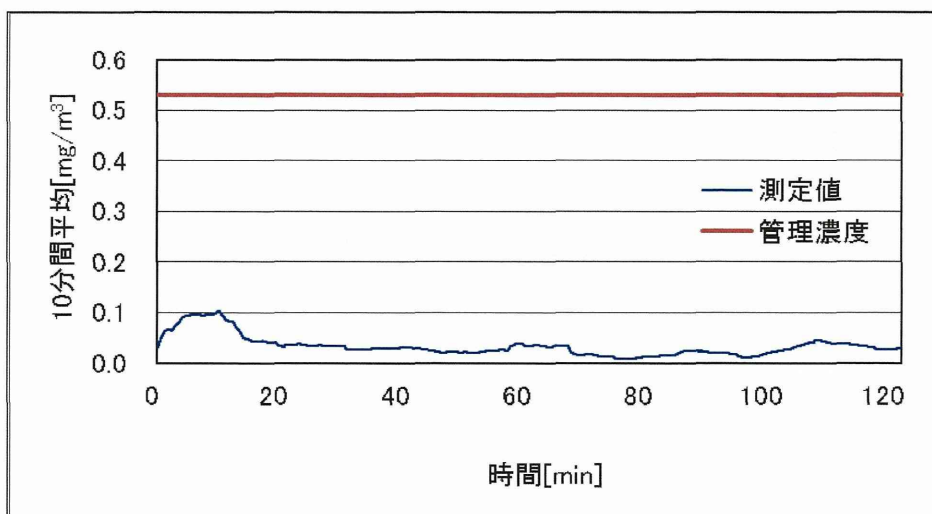


図 1.14 粉じんばく露濃度の変動状況（10 分間移動平均値）



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、その 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/m³]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 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	○

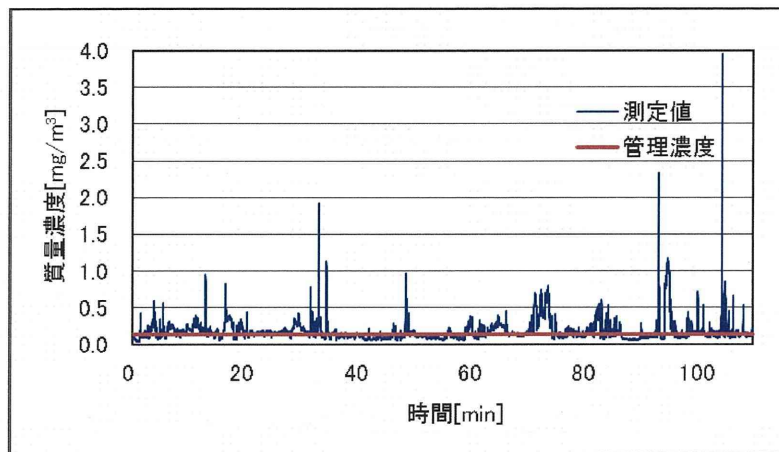


図 1.16 粉じんばく露濃度の変動状況

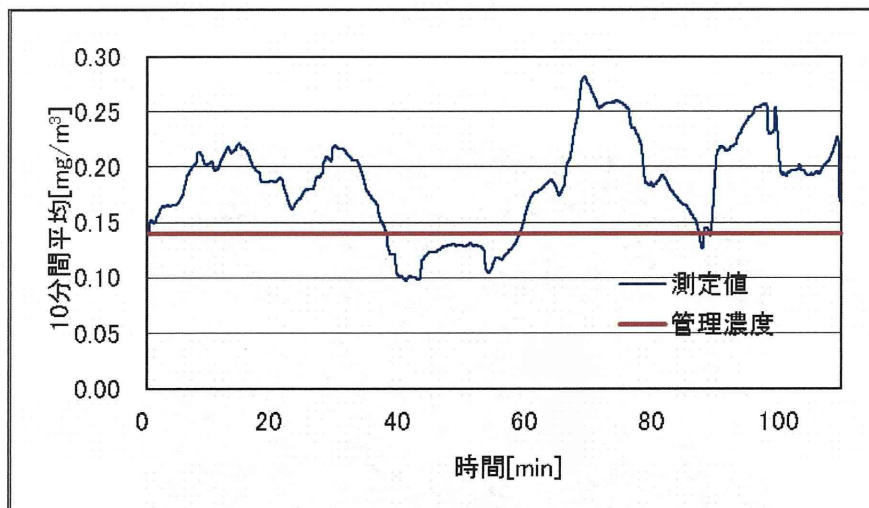


図 1.17 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)

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/m³]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 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	○

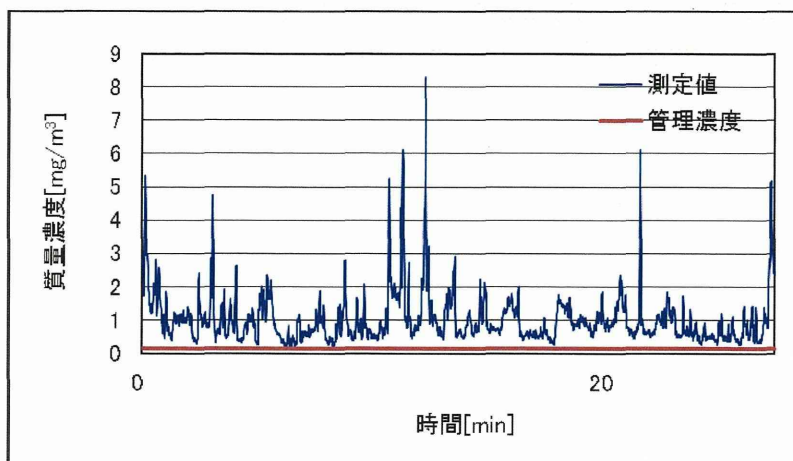


図 1.18 粉じんばく露濃度の変動状況

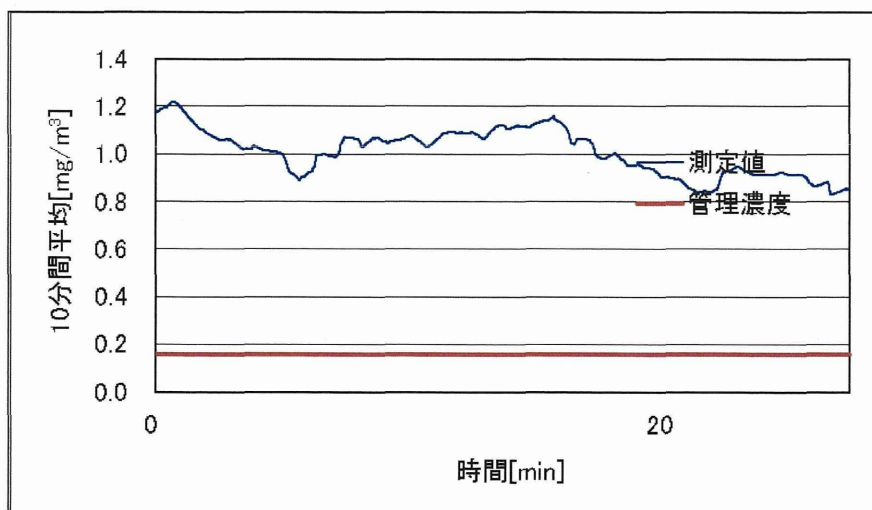


図 1.19 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)



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/m³]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 ³]	管理濃度 [mg/m ³]	管理濃度超え (超えれば○)
1 回目	0.04	3.0	×

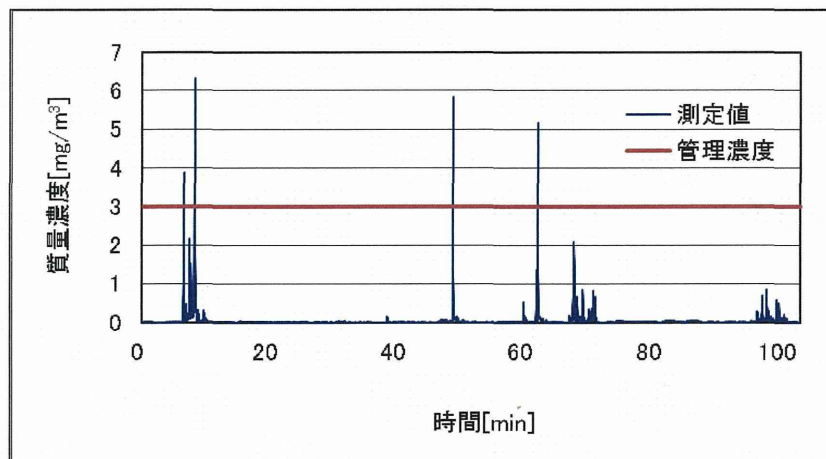


図 1.21 粉じんばく露濃度の変動状況

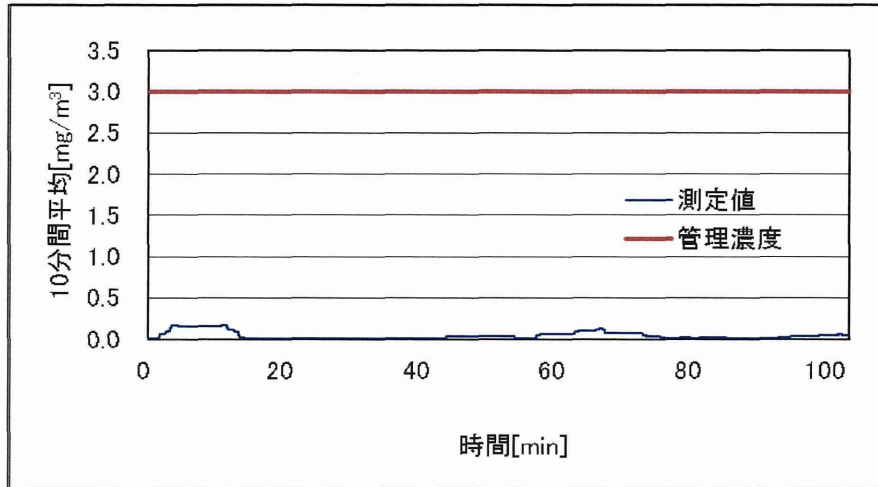


図 1.22 粉じんばく露濃度の変動状況（10 分間移動平均値）



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/m³]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 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	○

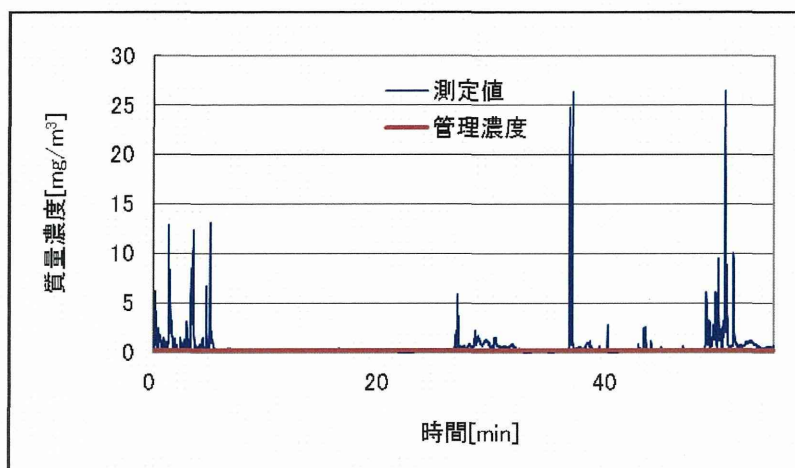


図 1.24 粉じんばく露濃度の変動状況

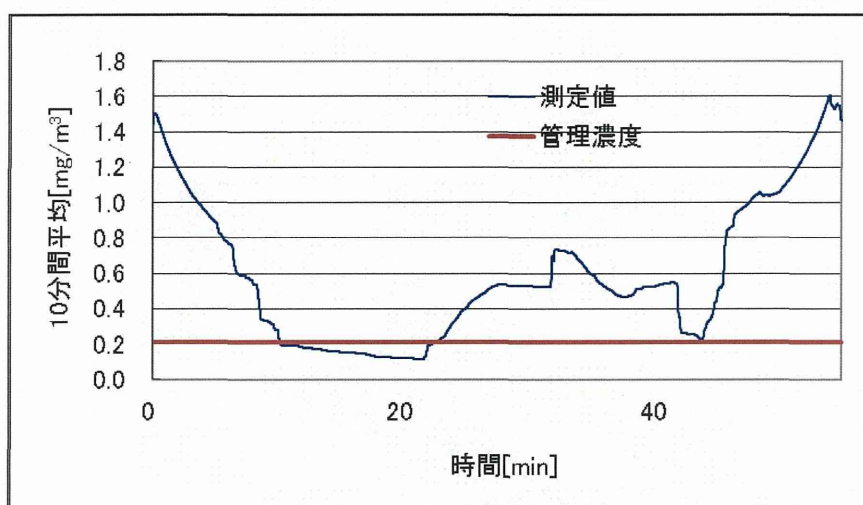


図 1.25 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)

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/m³]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 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	○

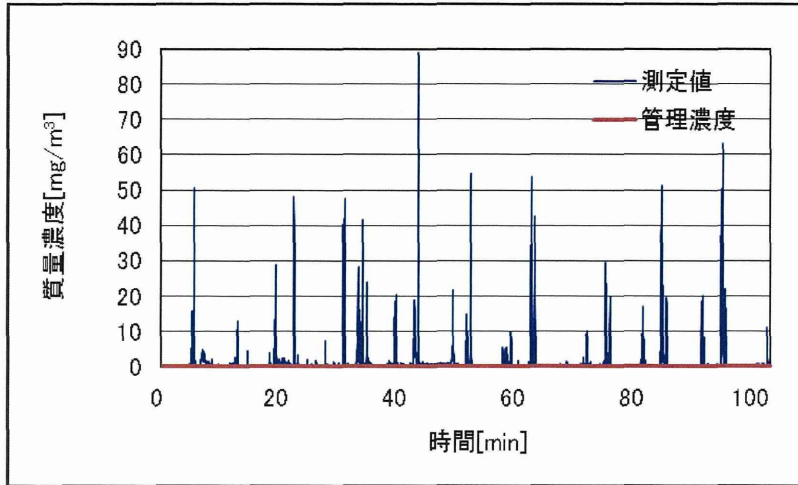


図 1.26 粉じんばく露濃度の変動状況

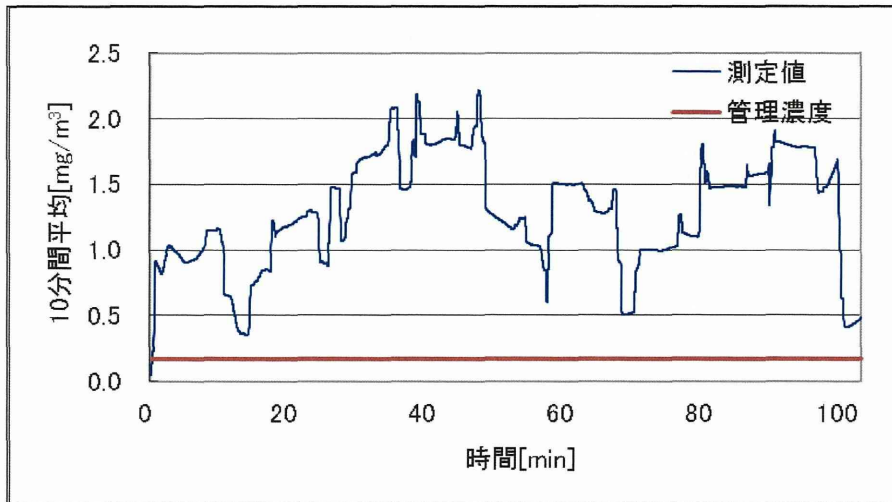


図 1.27 粉じんばく露濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)



図 1.28 作業状況