

厚生労働科学研究費補助金

労働安全総合研究事業

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26年度 統括研究報告書

主任研究者 名古屋俊士

平成27年(2015年)4月

目 次

A . 研究目的	1
B . 研究方法	5
1 . 鋳物工場での砂型造形作業における粉じんばく露リスクの調査研究	5
1.1 目的	5
1.2 測定調査の概要	5
1.3 砂型造形作業について	7
1.4 砂型造形作業における粉じんばく露濃度測定結果	8
1.5 まとめ	59
2 . 屋外の鋳物等動力により破砕する作業	60
2.1 調査方法	60
2.2 作業時のばく露濃度測定結果	60
2.3 考察	64
2.4 まとめ	65
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、土石又は鋳物を開放炉に投げ入れ、焼成し、湯出しし、又は鋳込みする場所における作業	66
3.1 目的	66
3.2 測定調査の概要	66
3.3 土石又は鋳物を開放炉に投入する作業の測定結果	67
3.4 考察	84
3.5 まとめ	85
4 . 船倉内の荷役作業終了後の清掃作業	86
4.1 目的	86
4.2 作業状況	86
4.3 測定方法	87
4.4 作業時の粉じん濃度測定結果	87
4.5 まとめ	91
5 . 流量低下が慣性衝突型個人粉じん計 NWPS-254 の吸入性粉じん濃度測定に与える影響	92
5.1 目的	92
5.2 相対濃度計 LD-5 及び LD-3K2 の器差確認実験	93
5.3 ダストチャンバー内における測定台上の濃度均一性確認実験	94
5.4 流量低下が慣性衝突式分粒装置の分粒特性に与える影響	97
5.5 正確な吸入性粉じん測定を行うための NWPS-254 型個人サンプラーの判断基準	102

5.6 まとめ	105
6 . 粉じんに関する局所排気装置等以外の発散防止抑制装置の導入への基礎的研究	107
6.1 屋内排気型外付け式フードの換気効果に関する基礎的研究	107
6.2 局所排気装置等以外の発散抑制装置の導入への現場実証調査	112
E. 結論	122
1 . 鋳物工場での砂型造形作業における粉じんばく露リスクの調査研究	122
2 . 屋外の鋳物等破砕作業	123
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、土石又は鋳物を開放炉に投げ入れ、焼成し、湯出しし、又は鋳込みする場所における作業	123
4 . 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	124
5 . 流量低下が慣性衝突型個人粉じん計 NWPS-254 の吸入性粉じん濃度測定に与える影響	125
6 . 粉じんに関する局所排気装置等以外の発散防止抑制装置の導入への基礎的研究	126
F . 健康危機情報	129
G . 研究発表	130
1 . 研究論文等	130
2 . 研究発表	131
H . 知的財産の出願・登録状況	133

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、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、本年度は、現在「粉じん作業」に指定されていないが、今後新たに指定すべきと考えられる作業として、鋳物工場での砂型造形作業における粉じんばく露リスク調査を行い、粉じんばく露防止対策の必要性について検討した。さらに、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、金属その他無機物を製錬し、又は溶融する工程において、土石又は鉍物を開放炉に投げ入れ、焼成し、湯出しし、又は鋳込みする場所における作業(別表1の17)及び屋外での鉍物等破砕作業(別表1の8)等である。その結果、鋳物工場での砂型造形作業に関しては、工学的な対策が取れない作業なので、作業者の健康被害を防止するための呼吸用保護具着用の必要な作業として、厚生労働省の労働政策審議会安全衛生分科会じん肺部会(以下、じん肺部会)に結果を報告した。

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が、現場測定に関して、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も受けたが、最終的には、荷主の許可が得られず見学することも出来なかった。27年度は、出来る限り各方面に協力をお願いして測定を実施する予定である。

次に、作業環境測定を実施するにあたり、従来は作業環境測定基準に準じた測定法であるA測定及びB測定により測定を行い、その結果に基づいて評価を行ってきた。A測定は、単位作業場所の中に無作為に定めた5点以上の測定点における環境空気中の有害物質濃度を測定し、平均的な作業環境の状態を把握するための測定である。B測定とは、単位作業場所の中で、発生源に近接する場所における作業が行われる場合に、作業が行われる時間のうち、作業者の曝露濃度が最も高くなると思われる時間に、作業が行われる位置において行われる測定である。そのため、溶接作業のように、作業者の周囲で局所的に粉じん濃度が高くなり、作業者が高濃度に曝露してしまっているような作業場において、A測定及びB測定は必ずしもその作業場の実態を反映しているとは言えない。そうした状況を踏まえて、平成22年1月に「職場における化学物質等の今後のあり方に関する検討会(座長名古屋)」が厚生労働省に設置され、危険有害性情報の伝達及び活用の促進、簡便なリスクアセスメント手法の導入、普及及び定着、作業環境測定の評価結果の労働者への周知、管理の促進、局所排気装置の要件の柔軟化、局所排気装置以外の発散抑制方法の導入及びリスクに基づく合理的な化学物質管理の促進等の検討事項と共に、個人サンプラーによる測定の導入に向けた検討も行った。そこで「個人サンプラーによる測定について、当面は、A測定及びB測定による測定では的確な評価が困難と思われる一部の作業を対象にA測定及びB測定に代わる測定として導入することについて検討する必要がある」との結論を受けて、厚生労働省は、中央労働災害防止協会に、作業環境における個人ばく露測定に関する実証

的検証事業の「個人ばく露測定に関する検討委員会」を設置して、22年から25年度の4年間にわたり検討を行い、作業環境に個人ばく露濃度測定を導入が現実味を帯びる状況になってきた。そうした状況を受けて、個人サンプラーを用いた粉じん濃度測定について、その正確な運用を検討しておかなければならない状況が生じた。

そこで、個人サンプラーを用いて粉じん濃度測定を行なうにあたり、まず現行では、個人ばく露粉じん濃度測定計 NWPS-254（以下、NWPS-254 と略す）が、使用されている。NWPS-254 は、吸引流量 2.5 (L/min) で吸引することで吸入性粉じんを正確に測定できる粉じん計である。しかし、個人ばく露濃度測定のように 8 時間の連続測定を行う場合、通常の粉じん濃度測定よりフィルターに粉じんが多量に捕集される可能性があり、そのため、圧力損失が上がり吸引流量が 2.5 (L/min) 以下で測定している可能性が考えられる。その場合は、正確な吸入性粉じん濃度測定しているとは言えないので、どこまで吸引流量が低下したら正確な吸入性粉じん濃度測定が出来なくなるかと言った判断基準が提示されていないので、捕集量が増加することにより流量低下が起きた際に、吸入性粉じん濃度測定が正確に出来る基準となる吸引流量は、何 (L/min) 以上かを検証し、25 年度及び 26 年度の研究成果を踏まえて判断基準を作成し、提案する。

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ーとなるが、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られる。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(座長名古屋)」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25年度と同様に小型局所排気装置を作製し、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、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. 鋳物工場での砂型造形作業における粉じんばく露リスクの調査研究

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一、別表第二、別表第三に示されており、別表第一に掲げられている作業（以下、「粉じん作業」）別表第二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、別表第三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、各作業の粉じんばく露リスクを改めて見直す必要がある。そこで、現在は「粉じん作業」に指定されていないが、今後新たに指定すべきと考えられる作業として、鋳物工場での砂型造形作業における粉じんばく露リスク調査を行い、じん肺法施行規則（以下、じん肺則）及び粉じん則改正のために必要な資料を厚生労働省の労働政策審議会安全衛生分科会じん肺部会（以下、じん肺部会）に提供することを目的とする。

1.2 測定調査の概要

1.2.1 粉じん濃度測定法

測定対象とした作業は、鋳物製品の枠に砂をこめ、型をとる砂型造形作業である。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 1.1 に示す。



図 1.1 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濃度測定に用いた LD-6N 粉じん計（以下、LD-6N）は、図 1.2 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 1.2 LD-6N デジタル粉じん計の外観

また、環境濃度については作業者の周囲 2m 付近の 1~2 箇所において、地上およそ 1m の高さに、質量濃度粉じん計 NW-354（以下、NW-354）およびデジタル粉じん計 LD-5 型（以下、LD-5）を設置して測定した。NW-354 は慣性衝突方式の分粒装置を装着し、ガラス板にグリスを塗布した衝突板と、吸入性粉じんを捕集するろ紙を用いる。なお、本測定では NW-354 に、ろ紙の直径を標準の 35mm から 25mm に変更するための異型アダプターを取り付けて使用した。なお、吸引流量は $20\text{L}/\text{min}$ である。LD-5 は光源に半導体レーザーを用いた粉じん計である。吸入口は側方から採気する構造で、周囲の光を遮り、風向・風速の影響を抑えかつ落下粉じんの侵入を防止している。吸入用ファンで吸引される試料空気の流れは、エアースリットで仕切られた光散乱部でレーザー光と直角に交差するようになっている。

1.3 砂型造型作業について

砂型造形作業は、人のみが行う場合、機械のみで行う場合、そして大まかな部分を機械が行い、細かな造型を人が行う場合がある。以下、人のみが行う場合の砂型造型作業を「手詰め作業」、人と機械により砂型造型作業を行う作業を「半自動造型作業」、機械のみで行う造型作業を「自動造型作業」と記す。手詰め作業風景を図 1.3~図 1.5 に、半自動造型作業風景を図 1.6、自動造型作業風景を図 3.5 にそれぞれ示す。なお、図 1.7 に示している作業場では、作業者が中子を鑄型に固定する作業のみを行っており、作業者は造型を行って

いないと判断し、自動造型作業とした。



図 1.3 手込め作業風景



図 1.4 手込め作業風景



図 1.5 手込め作業風景



図 1.6 半自動造型作業風景



図 1.7 自動造型作業風景

1.3 ばく濃度測定結果の評価方法

1.3.1 鋳物砂中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 (E) を求める。管理濃度の式を式(1)に示す。

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

Q : 遊離けい酸含有率

1.3.2 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。

1.4 砂型造形作業における粉じんばく露濃度測定結果

1.4.1 手込め作業

1.4.1(a) 作業場 A における砂型造形作業

作業場 A の概略図を図 1.8 に示す。また、作業場 A における砂型造形作業 1 回目～6 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.1 に、環境濃度の測定結果を表 1.2 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.9～図 1.20 にそれぞれ示す。

なお、5 回目の作業について、平均粉じん濃度は管理濃度以下であるが、10 分間移動平均の値が管理濃度を上回っている値があるので、管理濃度を超えているとした。

また、粉じん中の遊離けい酸含有率は 16.8%であり、管理濃度は 0.14[mg/m³]である。

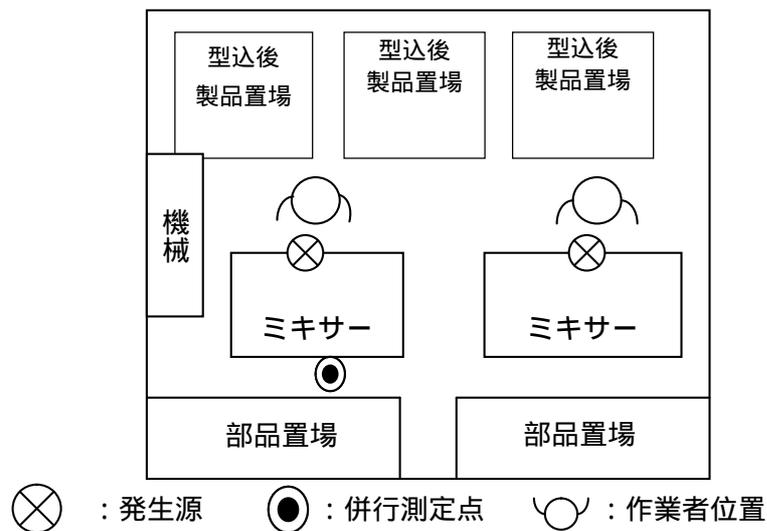


図 1.8 作業場 A の概略図

表 1.1 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.21	0.14	
2 回目	0.15	0.14	
3 回目	0.12	0.14	×
4 回目	0.21	0.14	
5 回目	0.11	0.14	*
6 回目	0.08	0.14	×

注 * : 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事例

表 1.2 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
295	0.92	0.16	29	0.0055

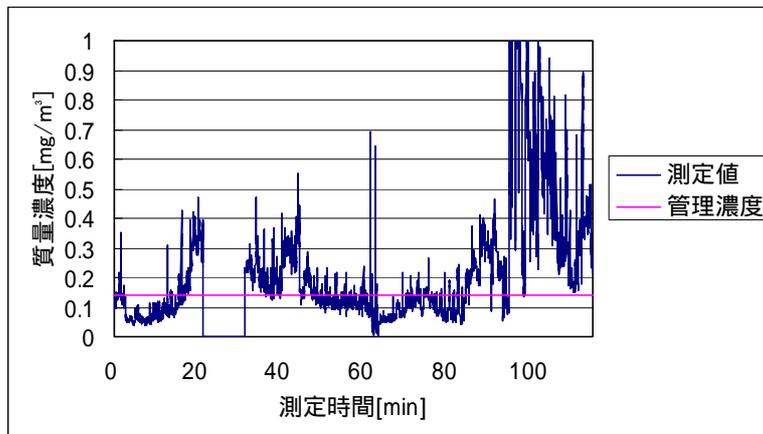


図 1.9 作業場 A における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

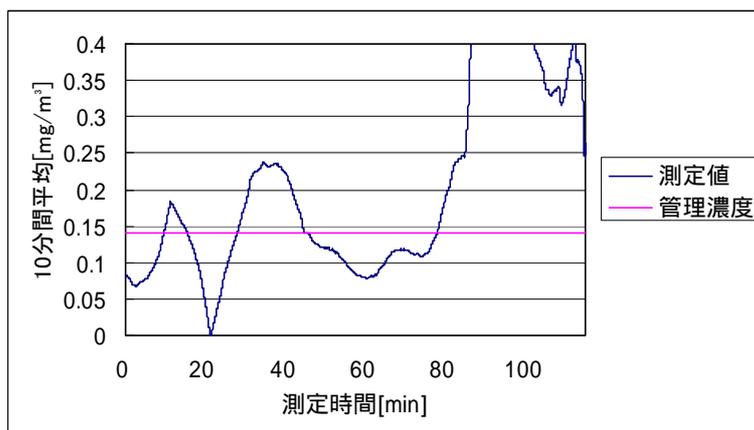


図 1.10 作業場 A における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

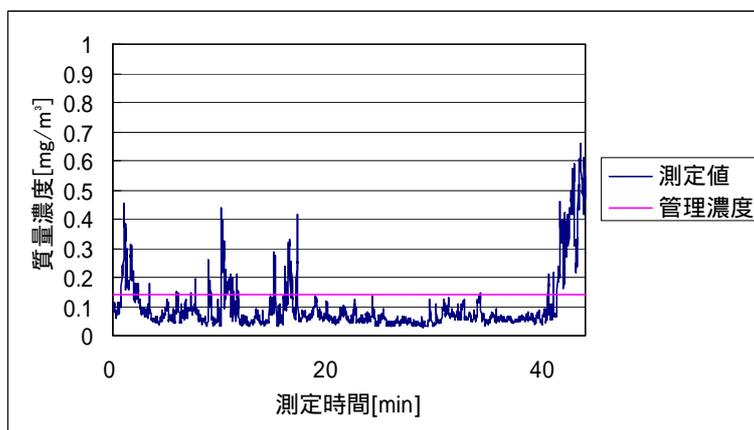


図 1.11 作業場 A における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

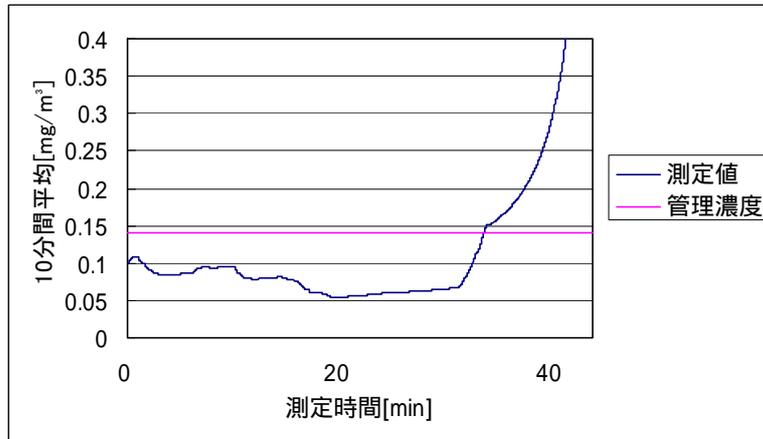


図 1.12 作業場 A における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

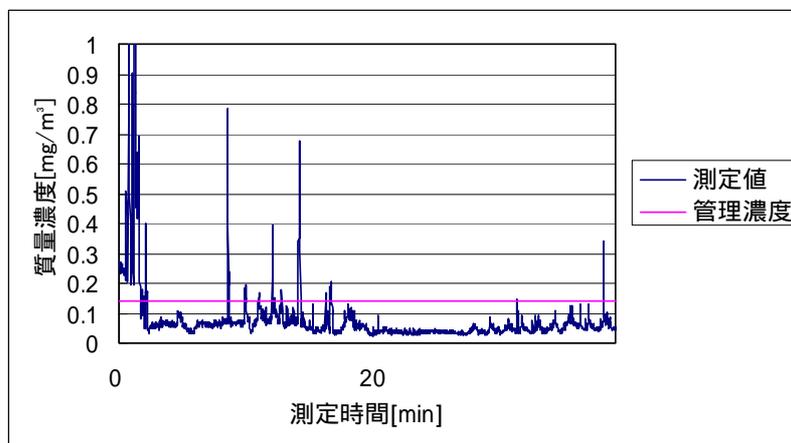


図 1.13 作業場 A における手込み作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

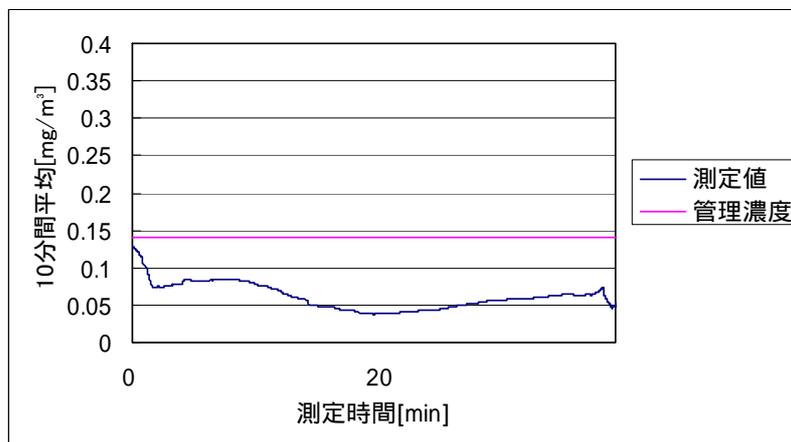


図 1.14 作業場 A における手込み作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

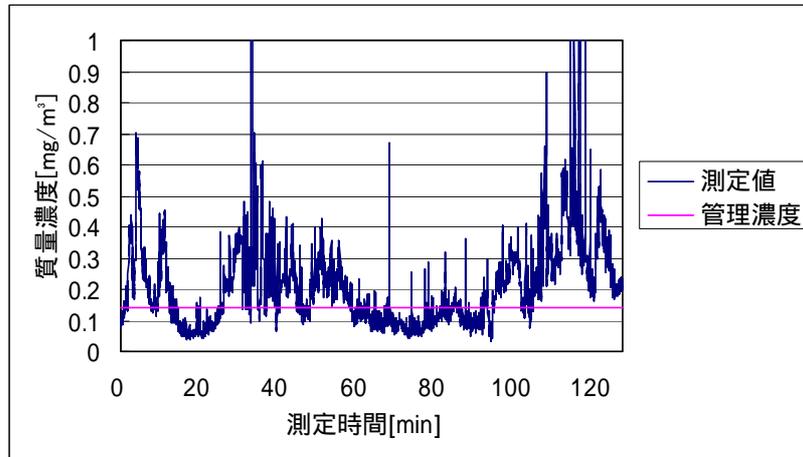


図 1.15 作業場 A における手込め作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動

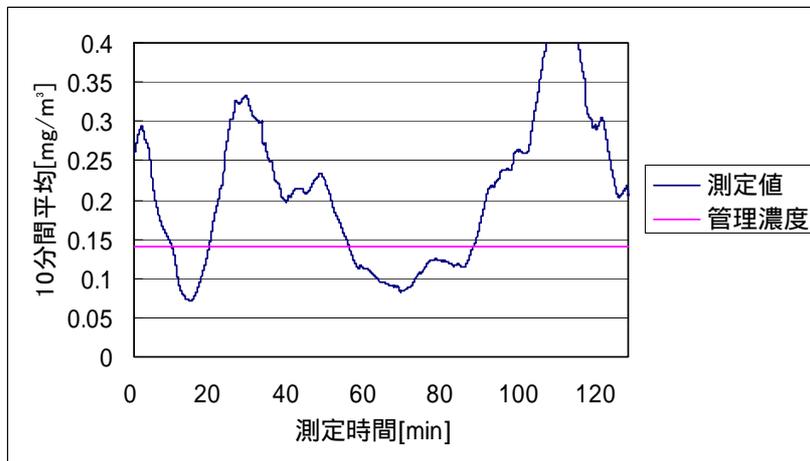


図 1.16 作業場 A における手込め作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

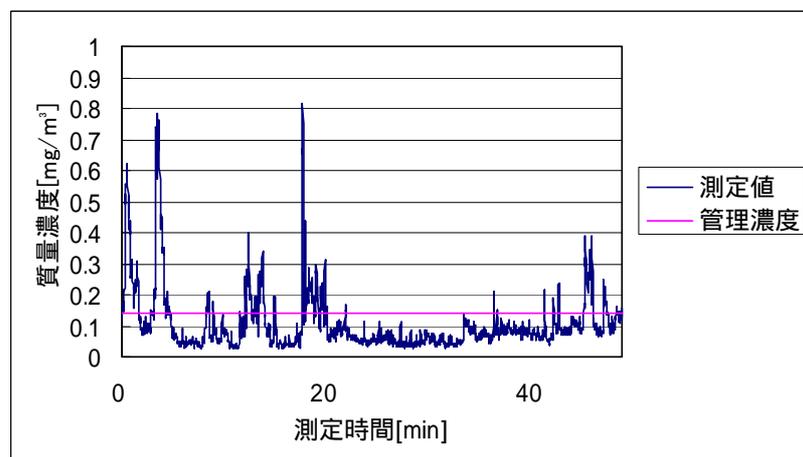


図 1.17 作業場 A における手込め作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動

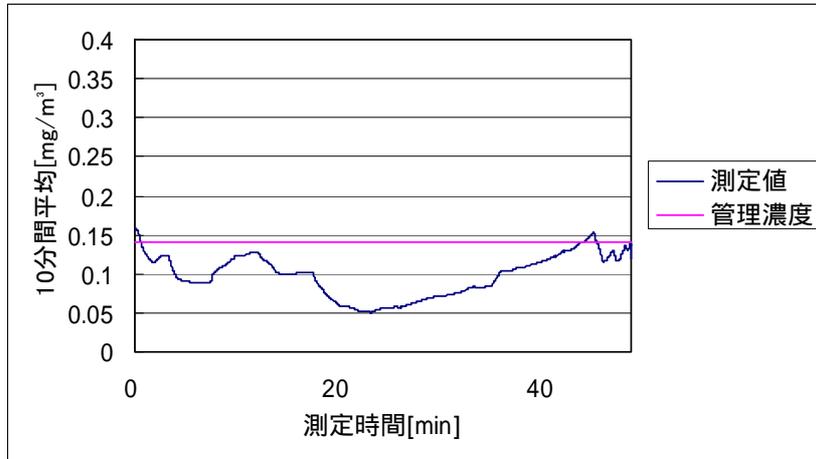


図 1.18 作業場 A における手込み作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

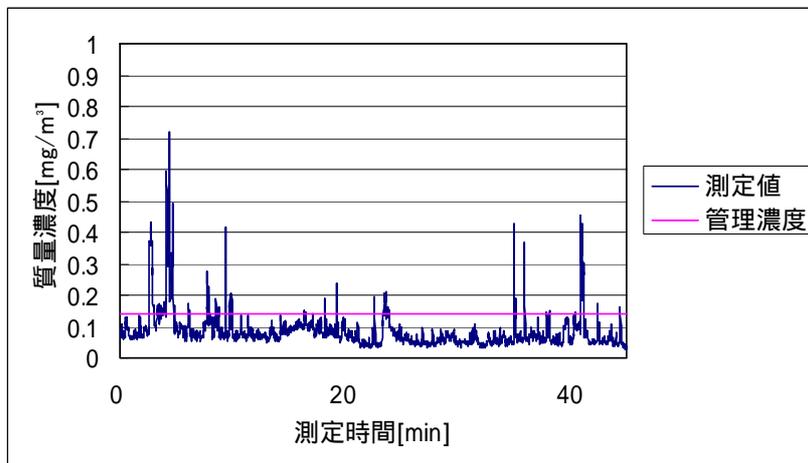


図 1.19 作業場 A における手込み作業 6 回目の粉じんばく露濃度変動

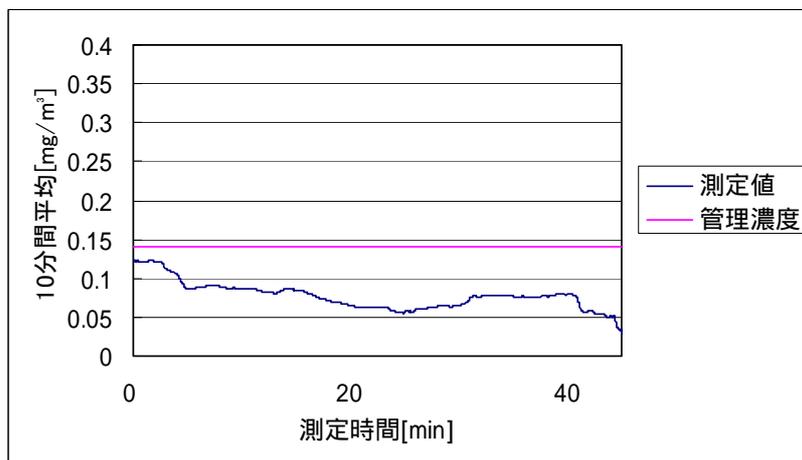


図 1.20 作業場 A における手込み作業 6 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.1(b) 作業場 B における砂型造形作業

作業場 B の概略図を図 1.21 に示す。また、作業場 B における砂型造形作業 1 回目～5 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.3 に、環境濃度測定結果を表 1.4 に示す。また、ばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.22～図 1.31 にそれぞれ示す。

また、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] である。

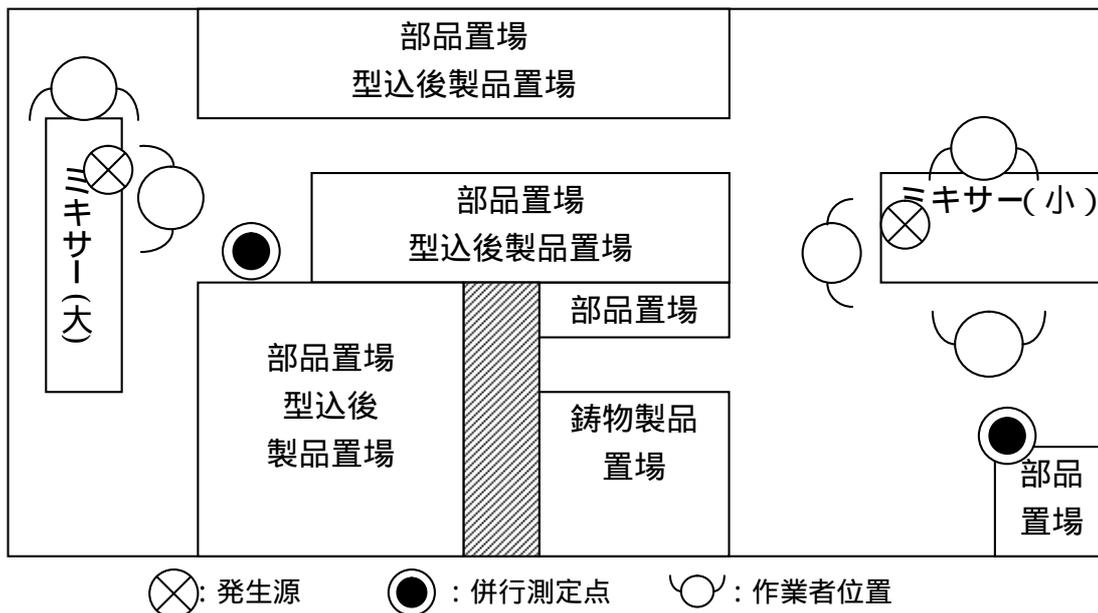


図 1.21 作業場 B での概略図

表 1.3 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.82	0.18	
2 回目	0.78	0.18	
3 回目	0.68	0.18	
4 回目	4.23	0.18	
5 回目	1.83	0.18	

表 1.4 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
105	0.85	0.40	258	0.0016

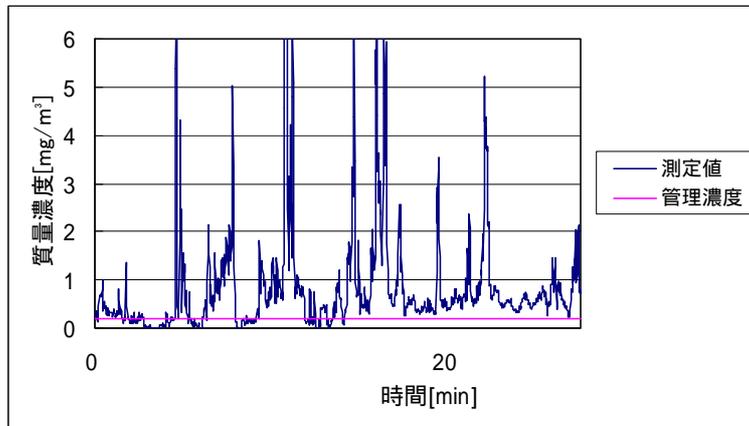


図 1.22 作業場 B における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

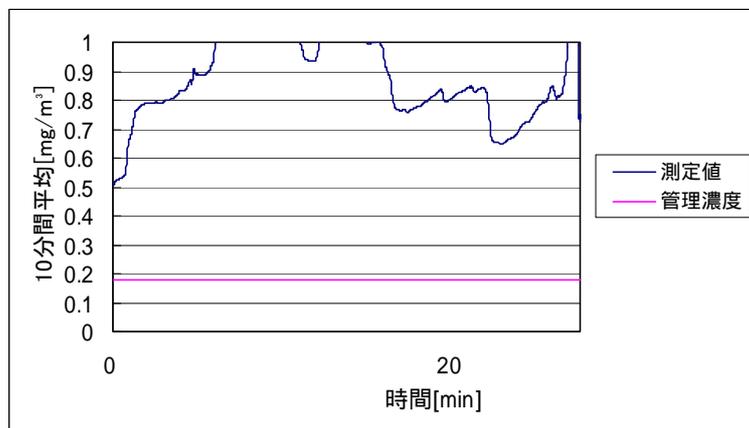


図 1.23 作業場 B における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

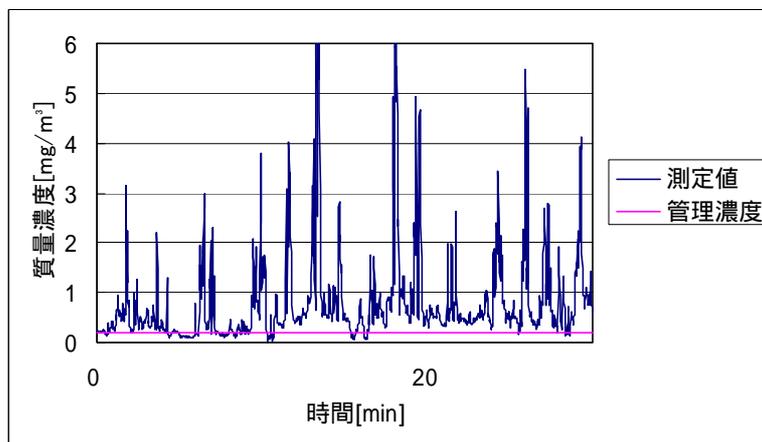


図 1.24 作業場 B における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

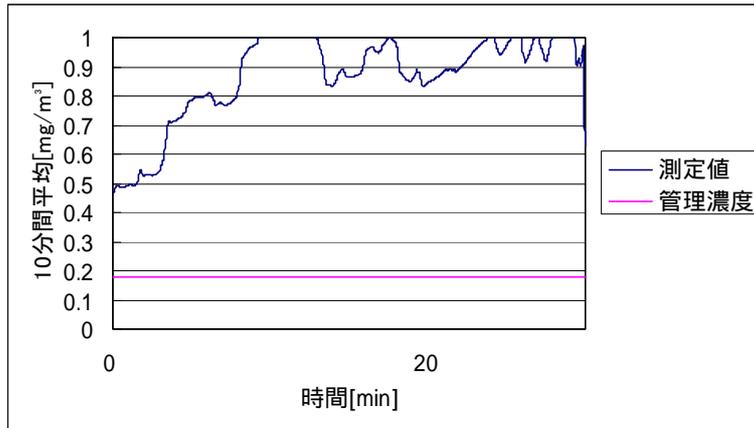


図 1.25 作業場 B における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

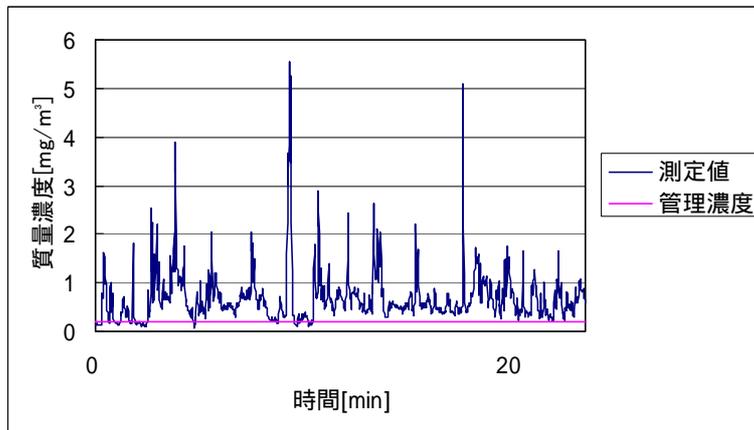


図 1.26 作業場 B における手込み作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

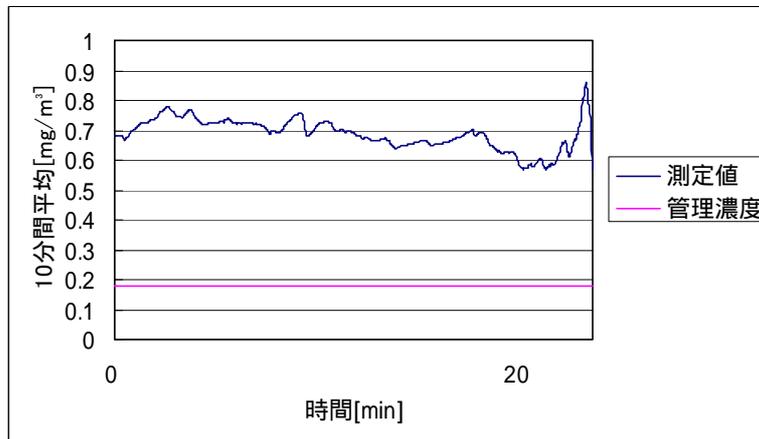


図 1.27 作業場 B における手込み作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

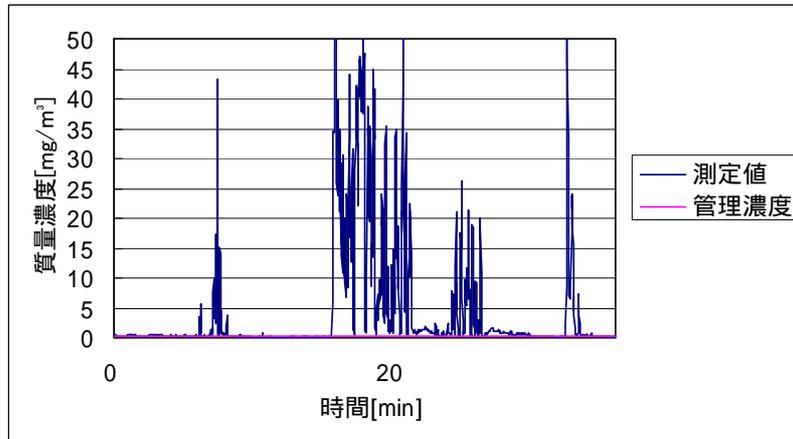


図 1.28 作業場 B における手込み作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動

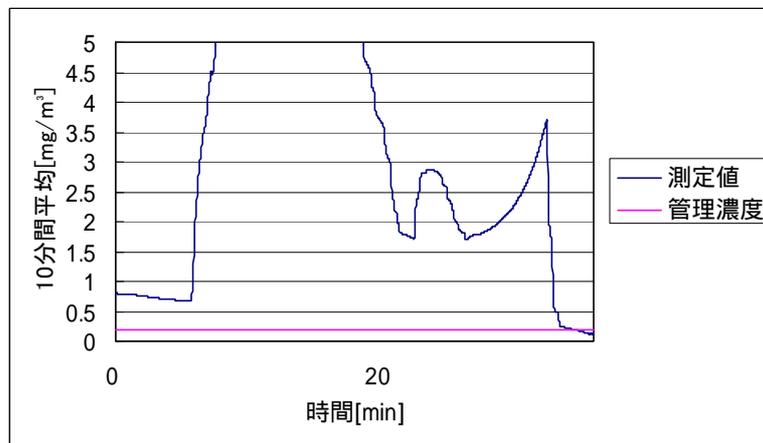


図 1.29 作業場 B における手込み作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

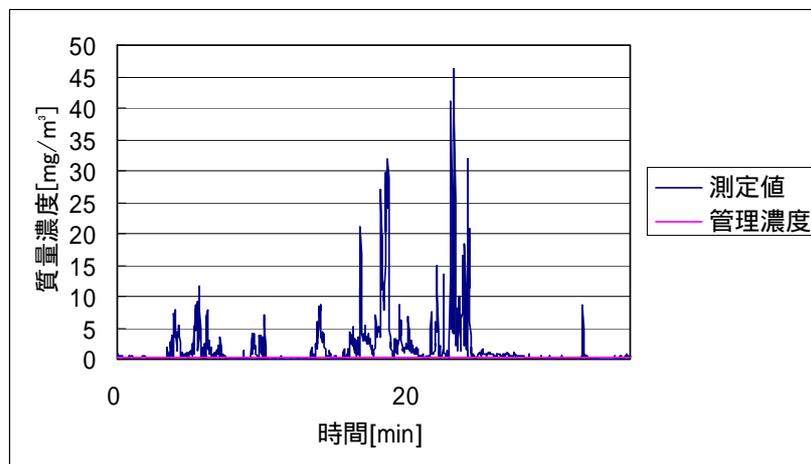


図 1.30 作業場 B における手込み作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動

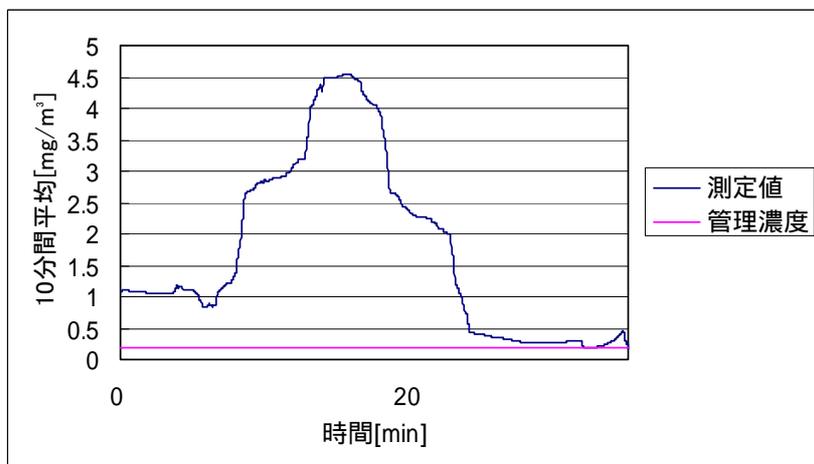


図 1.31 作業場 B における手詰め作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.1(c) 作業場 C における砂型造形作業

作業場 C の概略図を図 1.32 に示す。なお、今回は作業者に LD-6N を装着することができなかったので、測定者に作業者と似たような動きをしてもらうことで測定を行った。測定風景を図 1.33 に示す。また、作業場 C における砂型造形作業 1 回目、2 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.5 に、環境濃度の測定結果を表 1.6 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.34 ~ 図 1.37 にそれぞれ示す。

また、粉じん中の遊離けい酸含有率は 20.9% であり、管理濃度は 0.12[mg/m³] である。

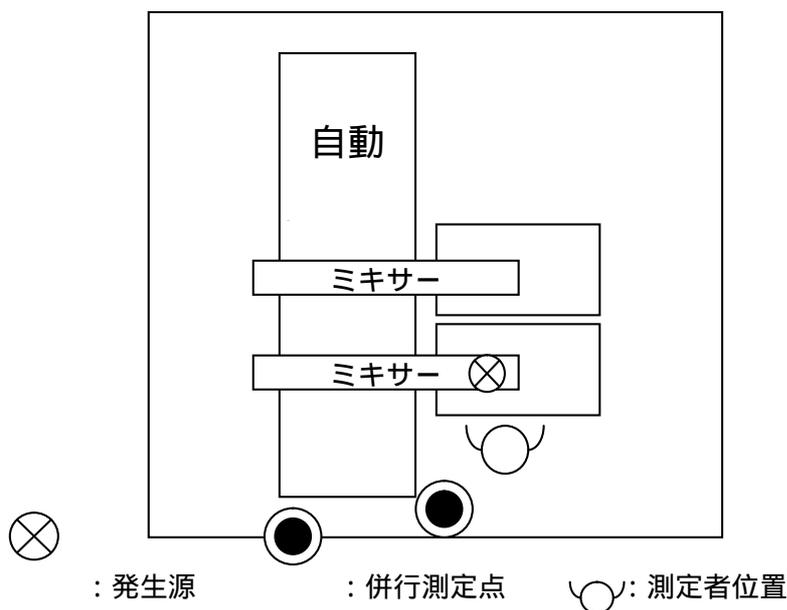


図 1.32 作業場 C の概略図

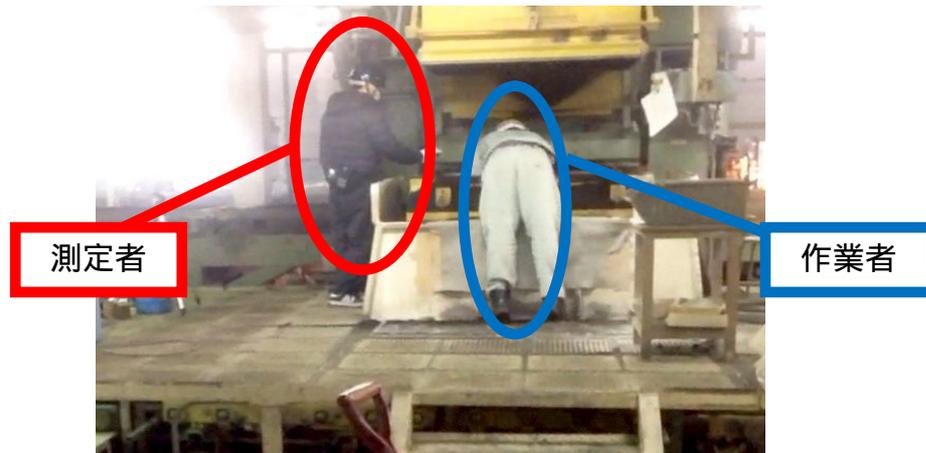


図 1.33 測定風景

表 1.5 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.81	0.12	
2 回目	1.39	0.12	

表 1.6 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
51	0.64	0.63	451	0.0014

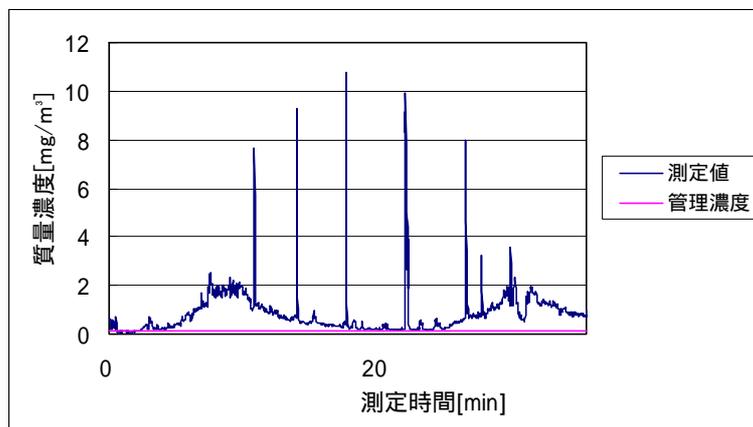


図 1.34 作業場 C における手だめ作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

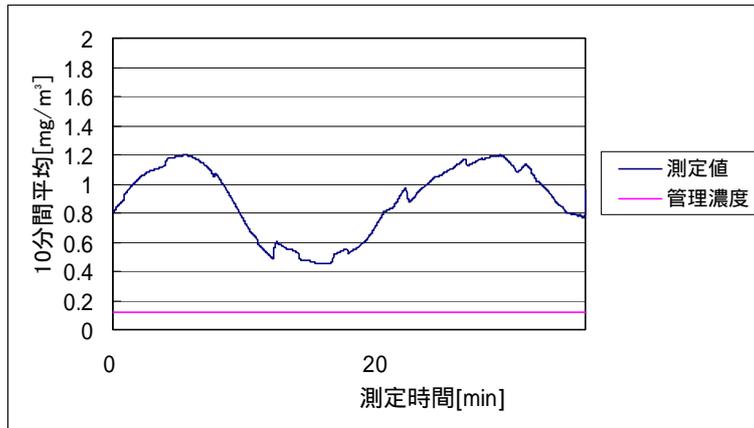


図 1.35 作業場 C における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

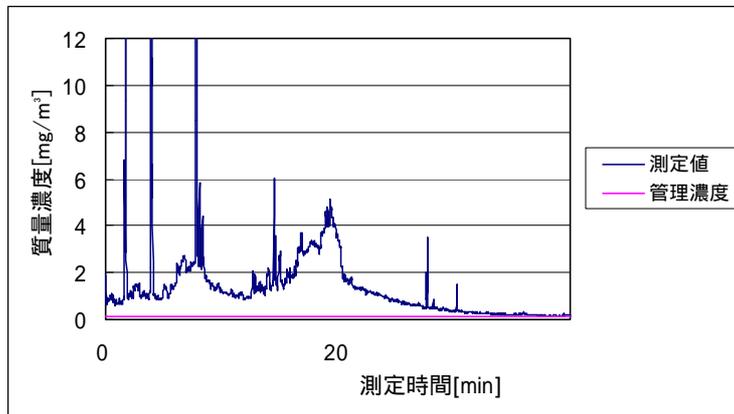


図 1.36 作業場 C における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

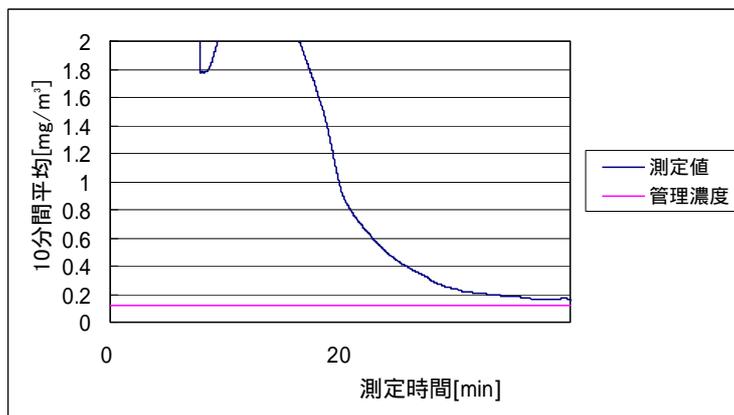


図 1.37 作業場 C における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.1(d) 作業場 D における砂型造形作業

作業場 D の概略図を図 1.38 に示す。また、作業場 D における砂型造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.7 に、環境濃度の測定結果を表 1.8 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.39、図 1.40 にそれぞれ示す。

また、粉じん中の遊離けい酸含有率は 8.5% であり、管理濃度は 0.27[mg/m³]である。

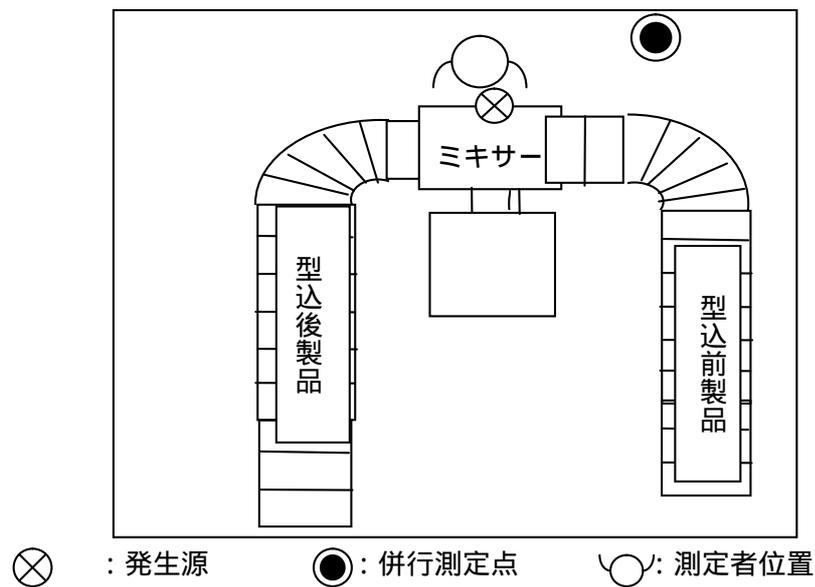


図 1.38 作業場 D の概略図

表 1.7 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.86	0.27	

表 1.8 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
135	2.36	0.87	496	0.0018

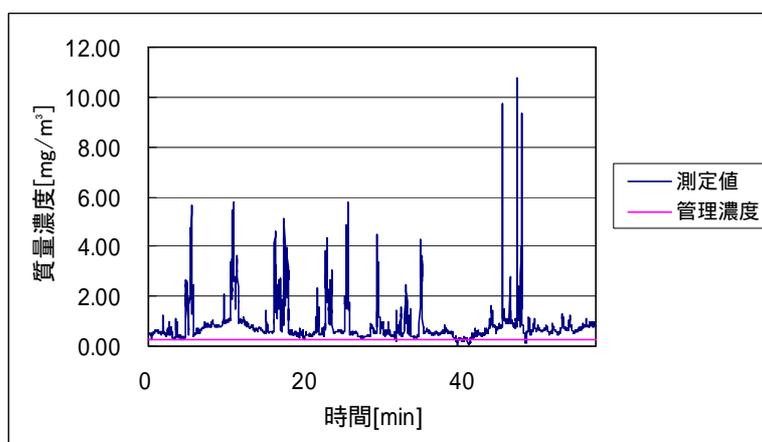


図 1.39 作業場 D における手詰め作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

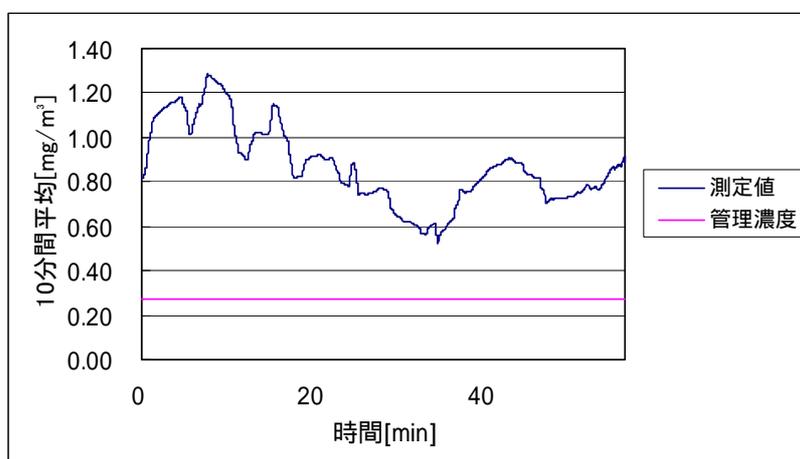


図 1.40 作業場 D における手詰め作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.1(e) 作業場 E における砂型造形作業

作業場 E の概略図を図 1.41 に示す。また、作業場 E における砂型造形作業 1 回目～3 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.9 に、環境濃度の測定結果を表 1.10 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.42～図 1.47 にそれぞれ示す。

また、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]である。

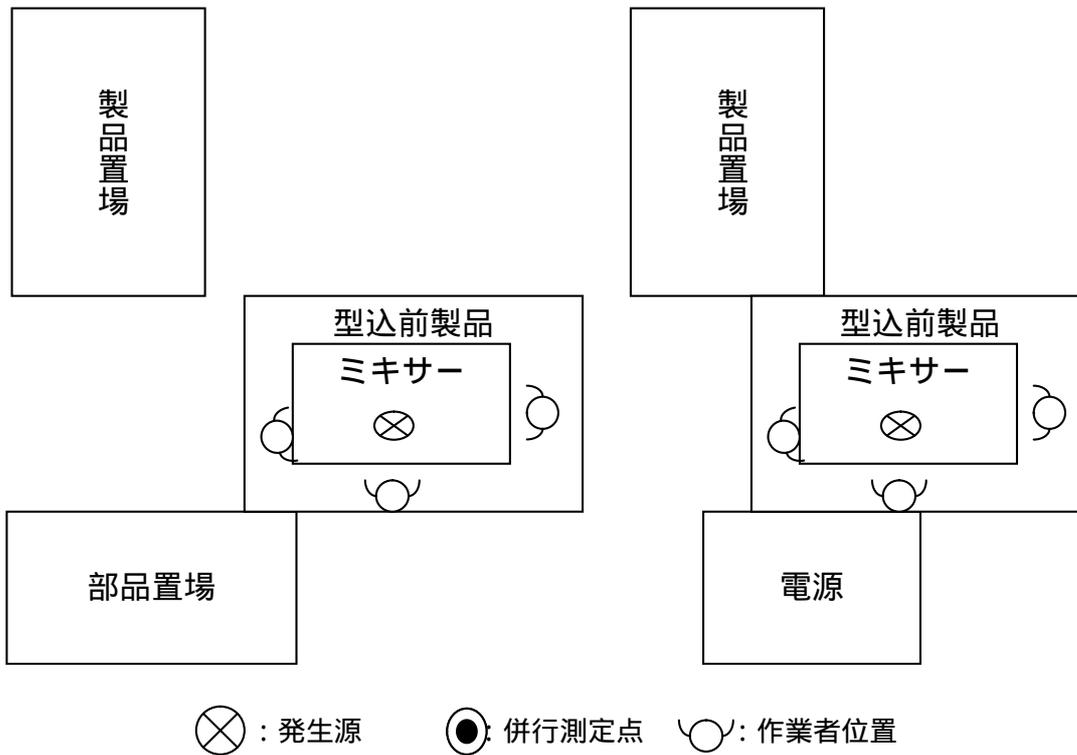


図 1.41 作業場 E の概略図

表 1.9 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.84	0.53	
2 回目	1.38	0.53	
3 回目	1.14	0.53	

表 1.10 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
105	0.83	0.40	191	0.0021

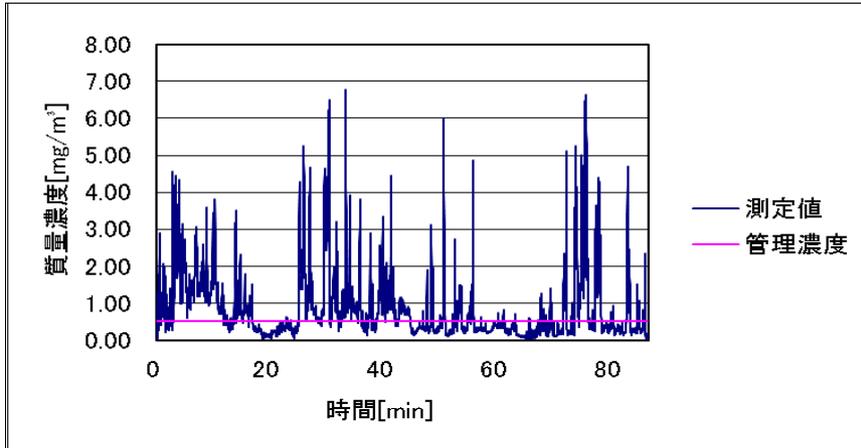


図 1.42 作業場 E における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

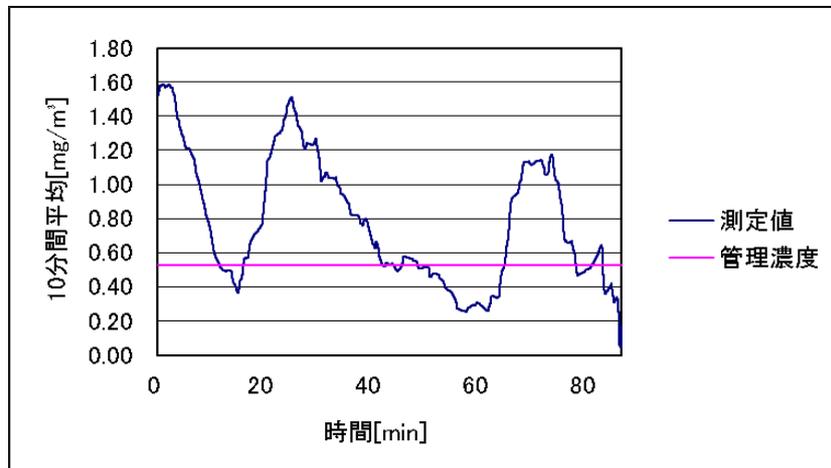


図 1.43 作業場 E における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

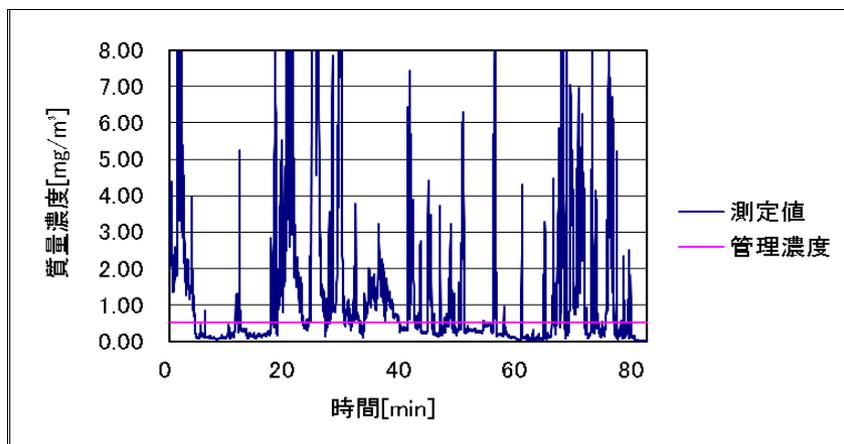


図 1.44 作業場 E における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

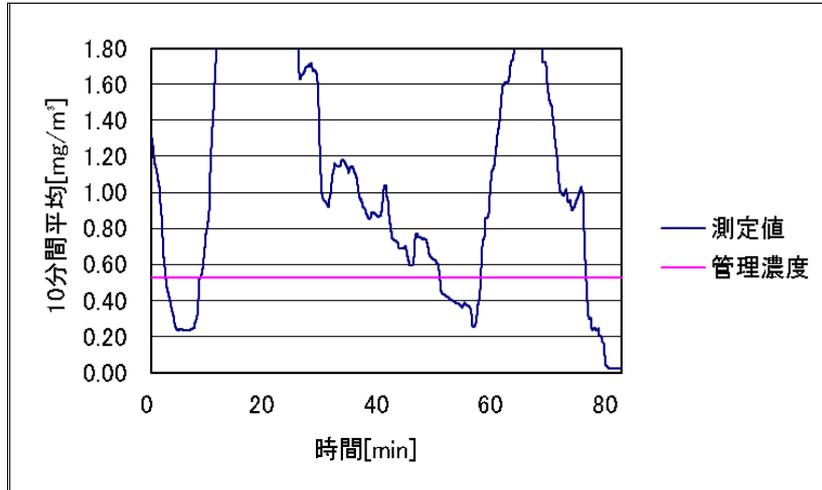


図 1.45 作業場 E における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

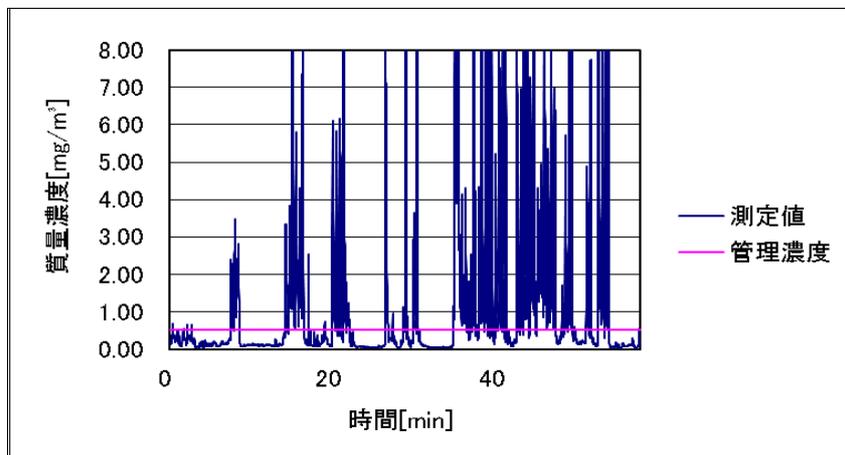


図 1.46 作業場 E における手込み作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

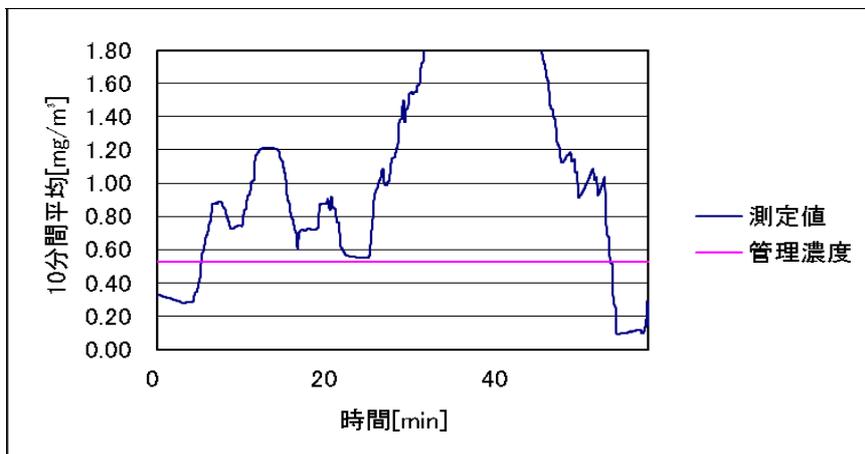


図 1.47 作業場 E における手込み作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.1(f) 作業場 F における砂型造形作業

作業場 F の概略図を図 1.48 に示す。また、作業場 F における砂型造形作業 1 回目、2 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.11 に、環境濃度の測定結果を表 1.12 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.49～図 1.52 にそれぞれ示す。

また、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]である。

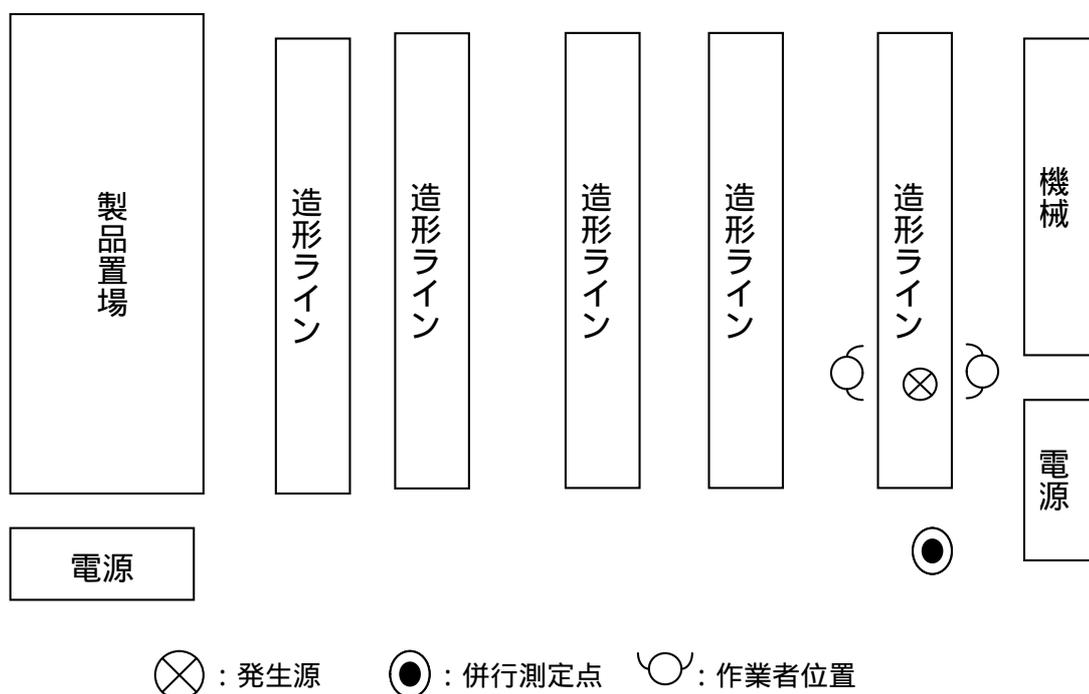


図 1.48 作業場 F の概略図

表 1.11 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.16	0.89	×
2 回目	0.20	0.89	×

表 1.12 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
209	0.43	0.10	107	0.0010

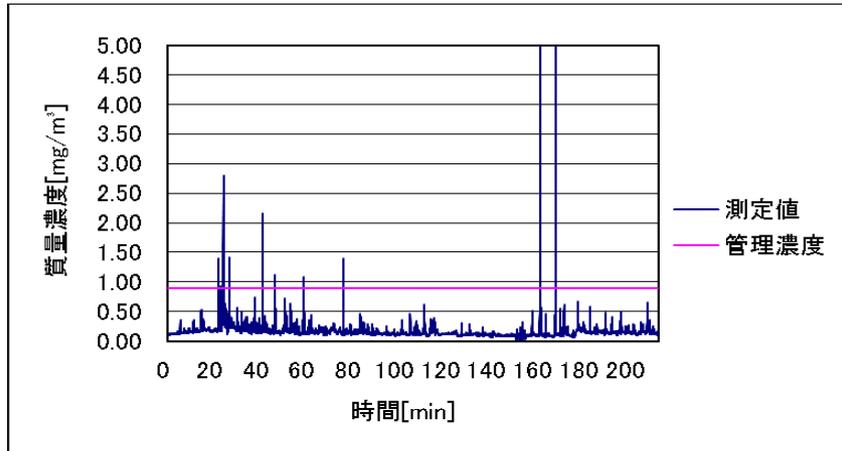


図 1.49 作業場 F における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

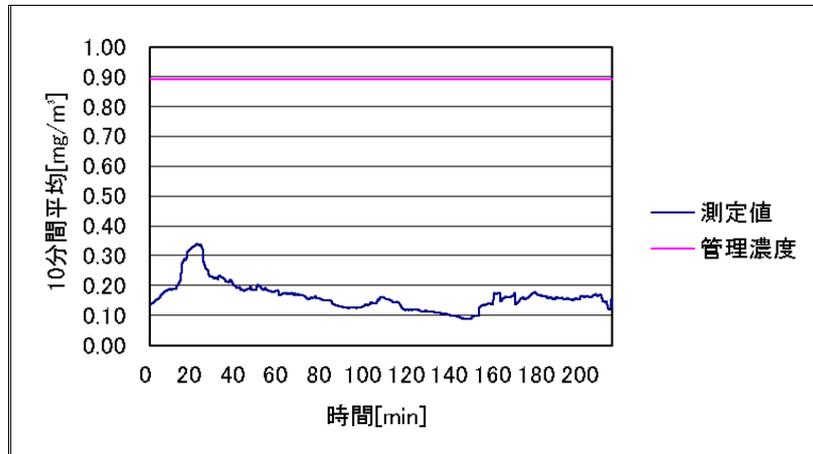


図 1.50 作業場 F における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

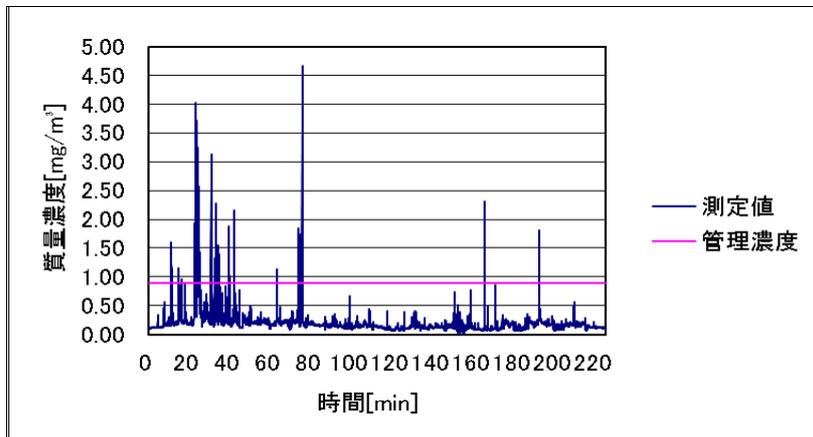


図 1.51 作業場 F における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

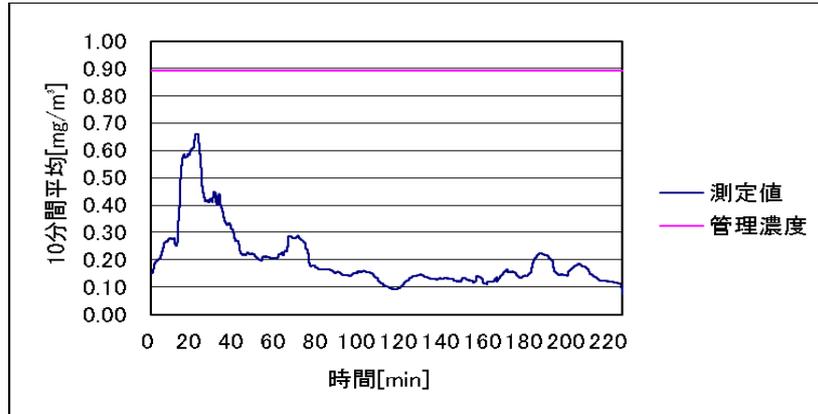


図 1.52 作業場 F における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.1(g) 作業場 G における砂型造形作業

作業場 G の概略図を図 1.53 に示す。また、作業場 G における砂型造形作業 1 回目、2 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.13 に、環境濃度の測定結果を表 1.14 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.54 ~ 図 1.57 にそれぞれ示す。

また、粉じん中の遊離けい酸含有率は 15.5% であり、管理濃度は $0.15[\text{mg}/\text{m}^3]$ である。

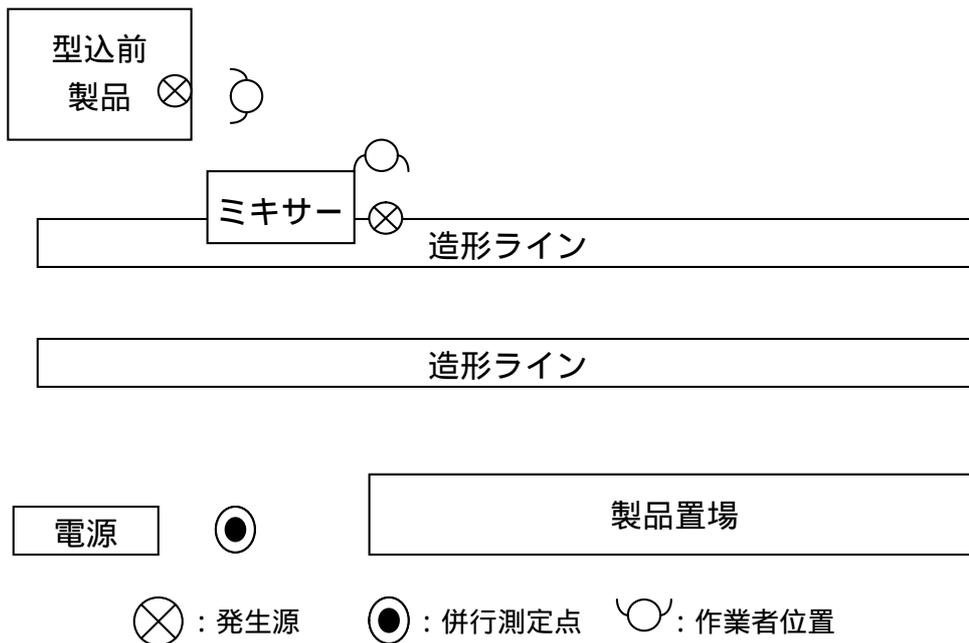


図 1.53 作業場 G の概略図

表 1.13 粉じんばく露濃度測定結果

	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	3.50	0.15	
2 回目	0.88	0.15	

表 1.14 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
60	1.54	1.29	639	0.0020

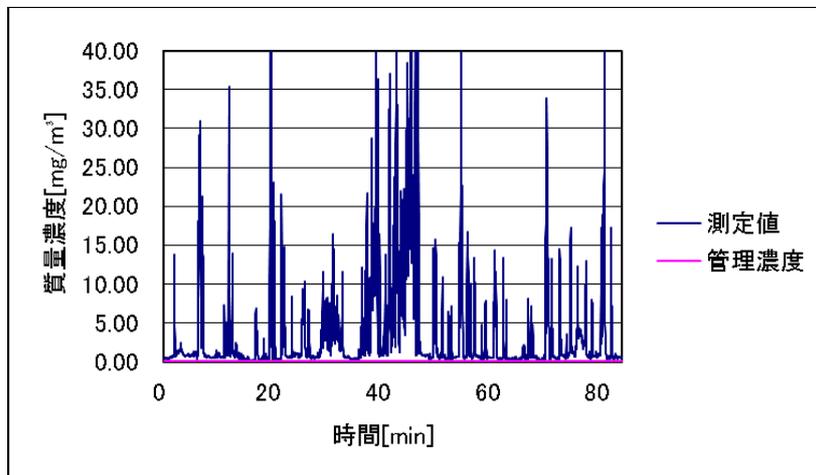


図 1.54 作業場 G における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

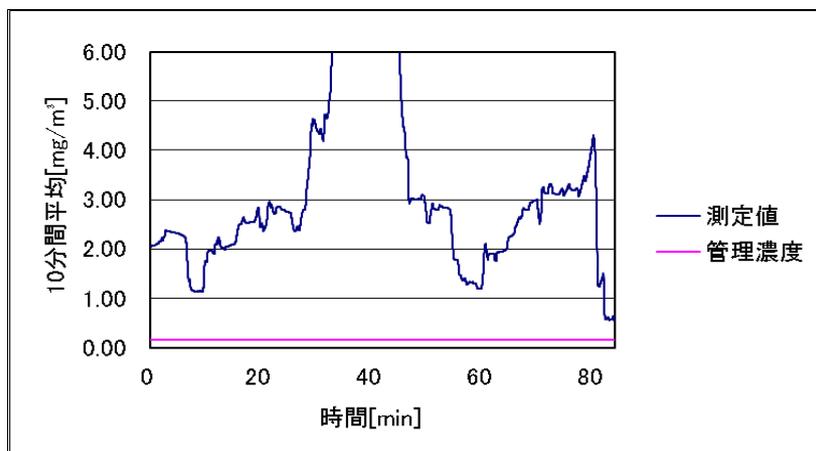


図 1.55 作業場 G における手込み作業 1 回目粉じんのばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

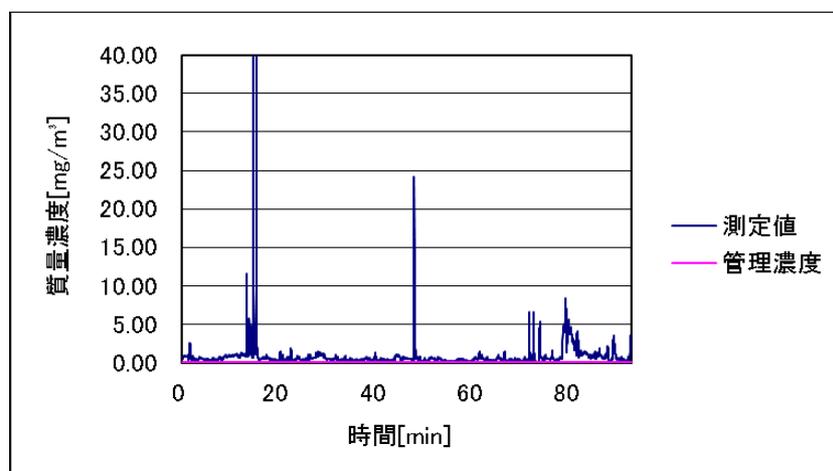


図 1.56 作業場 G における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

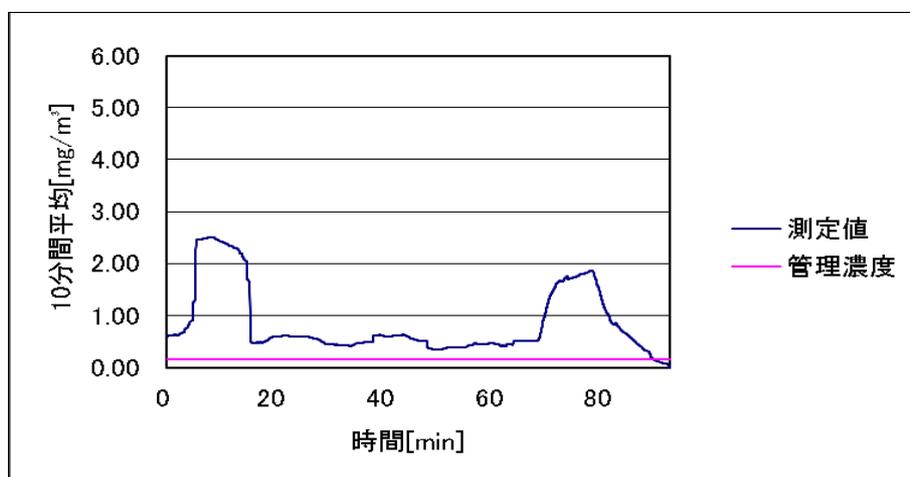


図 1.57 作業場 G における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.2 半自動造形作業

1.4.2(a) 作業場 H における砂型造形作業

作業場 H の概略図を図 1.58 に示す。また、作業場 H における砂型造形作業 1 回目～5 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.15 に、環境濃度の測定結果を表 1.16 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.59～図 1.68 にそれぞれ示す。

また、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]である。

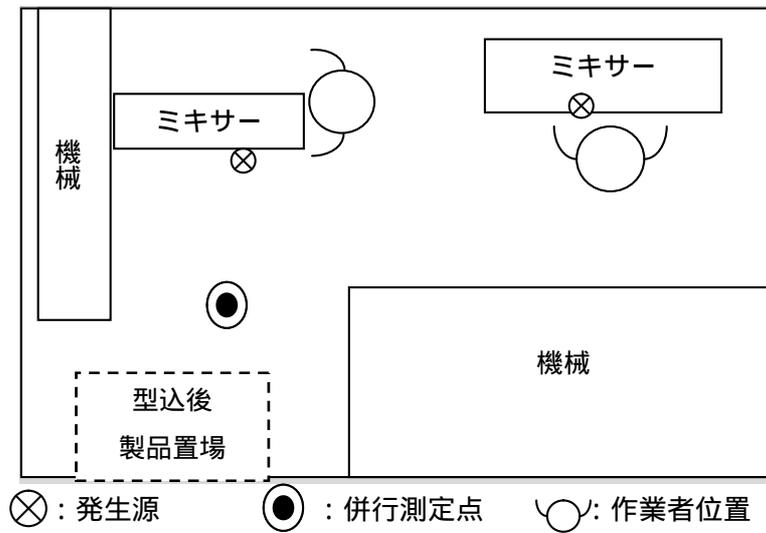


図 1.58 作業場 H の概略図

表 1.15 粉じんばく露濃度測定結果

	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	1.08	0.21	
2 回目	0.63	0.21	
3 回目	0.42	0.21	
4 回目	0.61	0.21	
5 回目	0.76	0.21	

表 1.16 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
159	1.28	0.40	121	0.0033

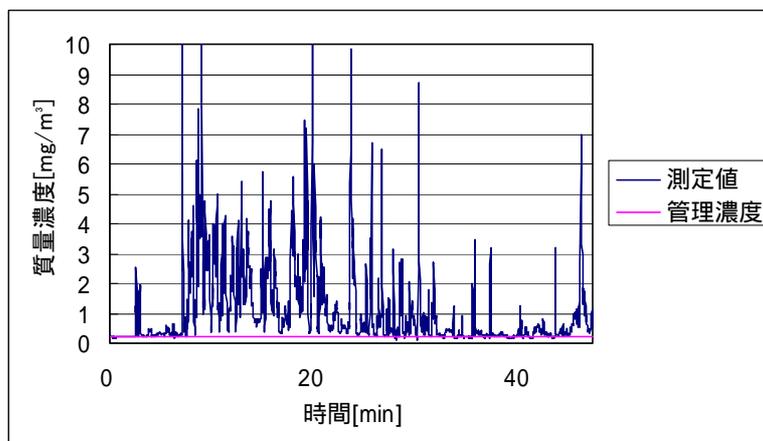


図 1.59 作業場 H における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

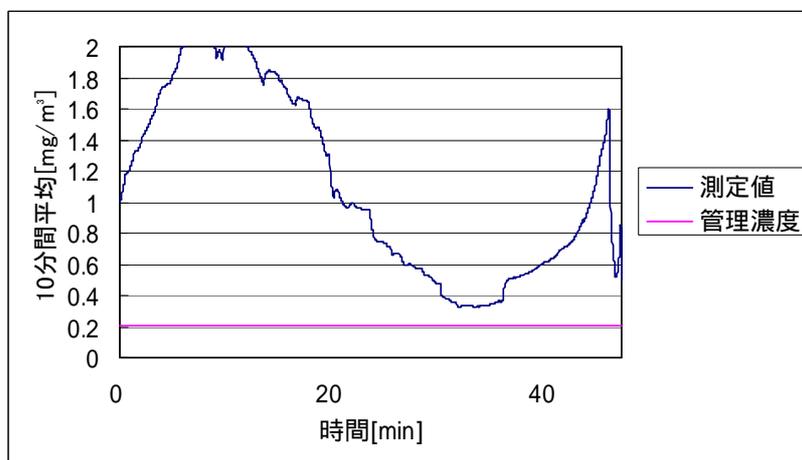


図 1.60 作業場 H における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

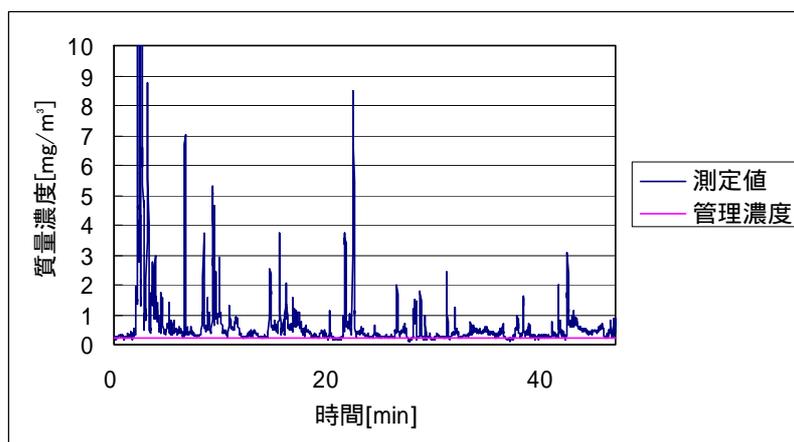


図 1.61 作業場 H における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

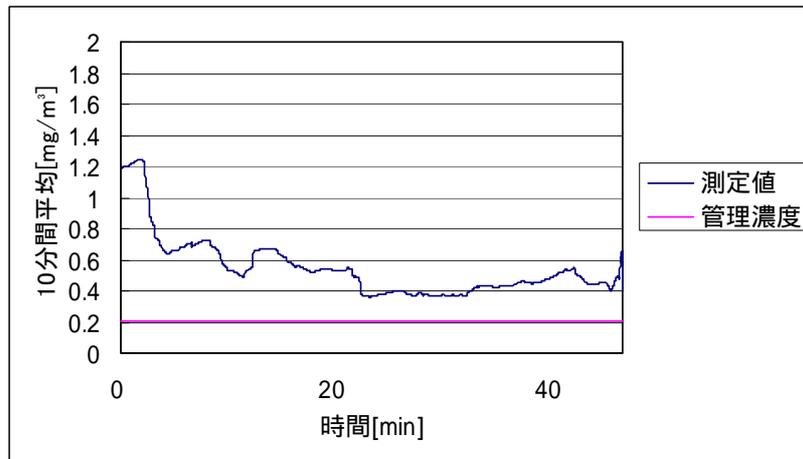


図 1.62 作業場 H における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

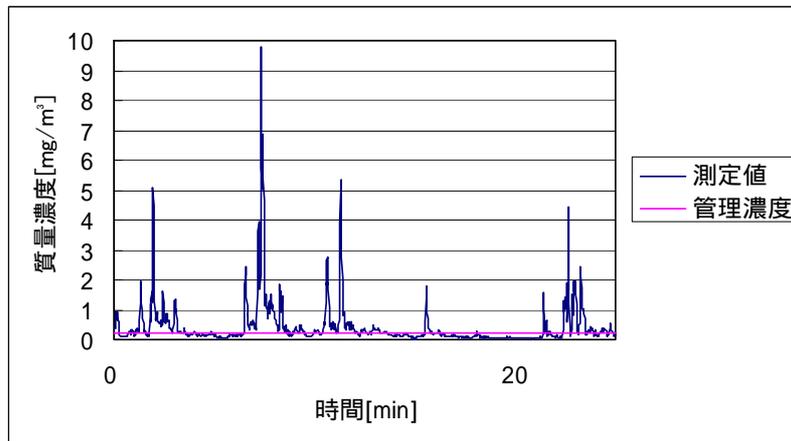


図 1.63 作業場 H における半自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

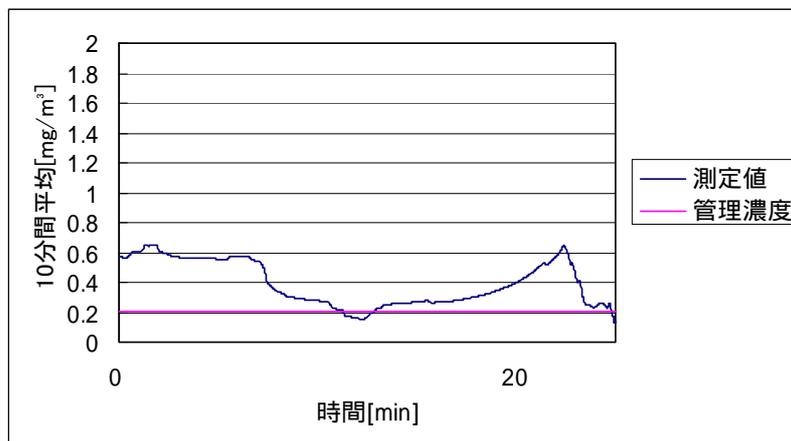


図 1.64 作業場 H における半自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

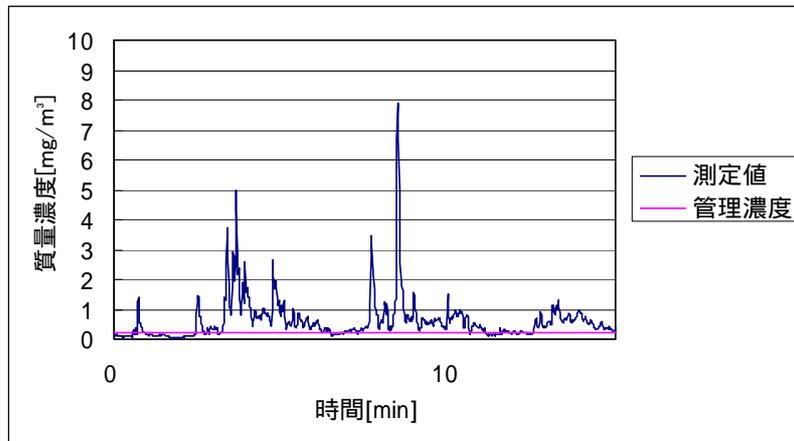


図 1.65 作業場 H における半自動造形作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動

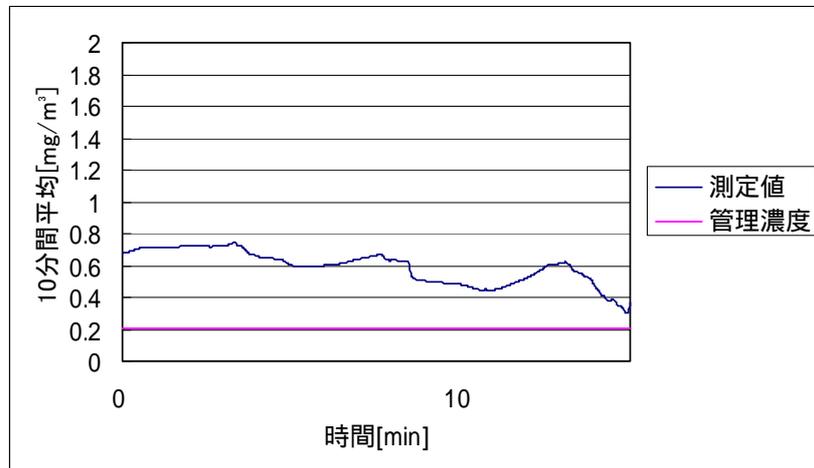


図 1.66 作業場 H における半自動造形作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

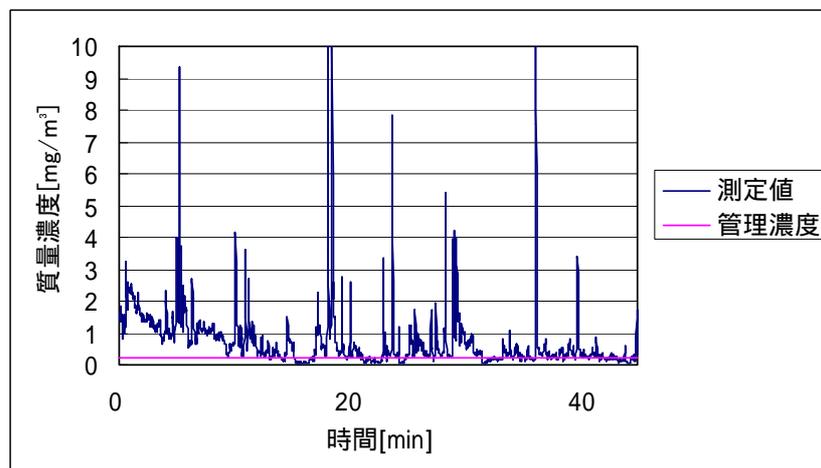


図 1.67 作業場 H における半自動造形作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動

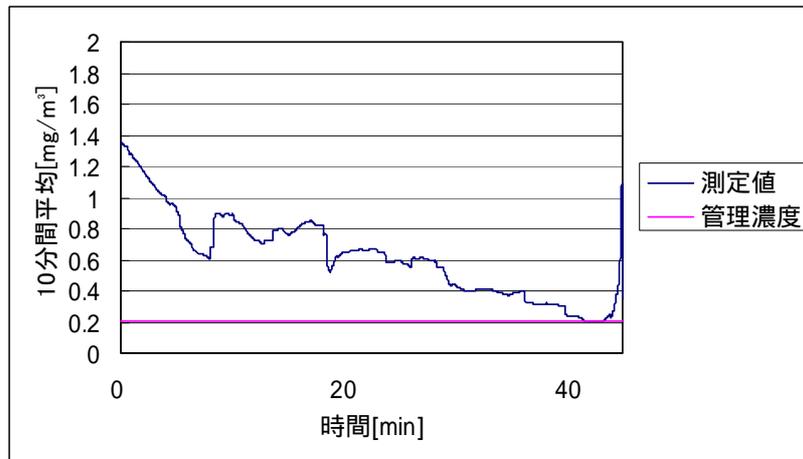


図 1.68 作業場 H における半自動造形作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動 (10 分間移動平均値)

1.4.2(b) 作業場 I における砂型造形作業

作業場 I の概略図を図 1.69 に示す。また、作業場 I における砂型造形作業 1 回目～4 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.17 に、環境濃度の測定結果を表 1.18 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.70～図 1.77 にそれぞれ示す。

なお、2 回目の作業について、平均粉じん濃度は管理濃度以下であるが、10 分間移動平均の値が管理濃度を上回っている値があるので、管理濃度を超過しているとした。

また、粉じん中の遊離けい酸含有率は 17.8% であり、管理濃度は 0.14 [mg/m³] である。

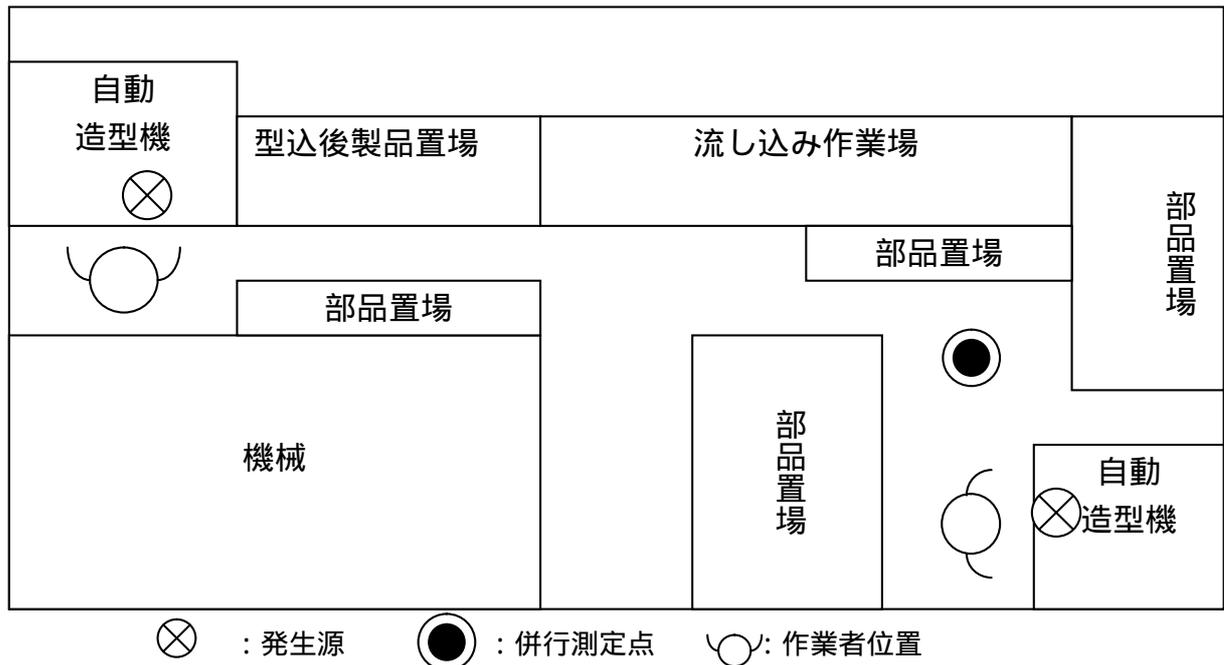


図 1.69 作業場 I の概略図

表 1.17 粉じんばく露濃度測定結果

	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	
2 回目	0.13	0.14	*
3 回目	0.66	0.14	
4 回目	0.23	0.14	

注 * : 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事例

表 1.18 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
131	0.55	0.21	156	0.0013

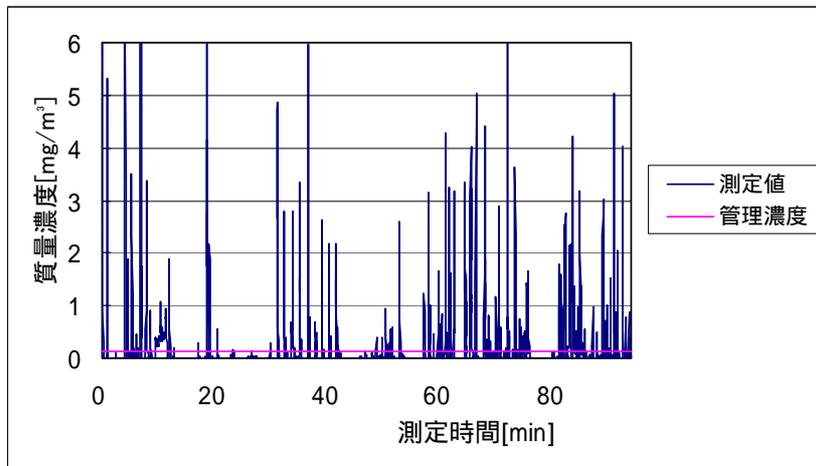


図 1.70 作業場 I における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

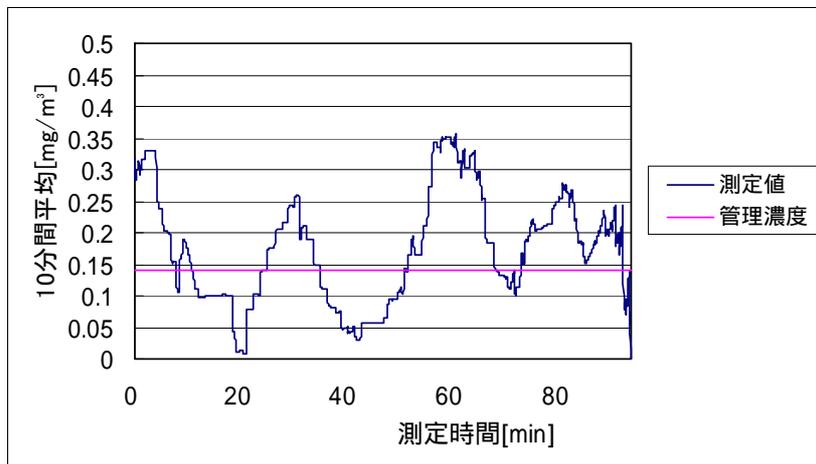


図 1.71 作業場 I における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動 (10 分間移動平均値)

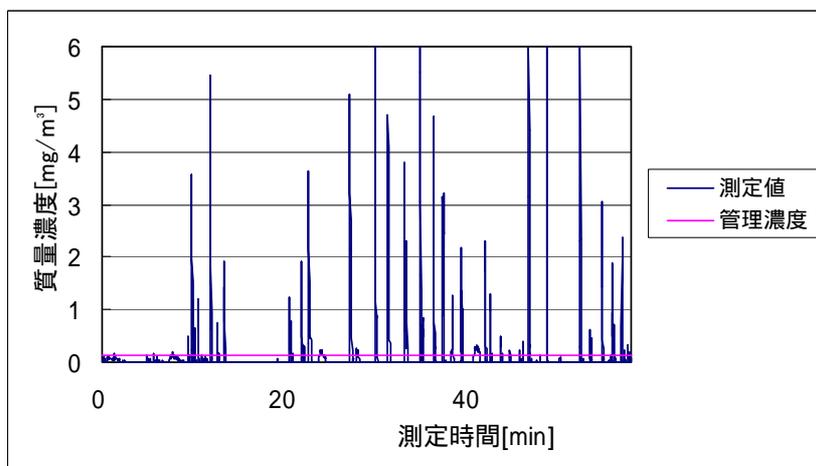


図 1.72 作業場 I における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

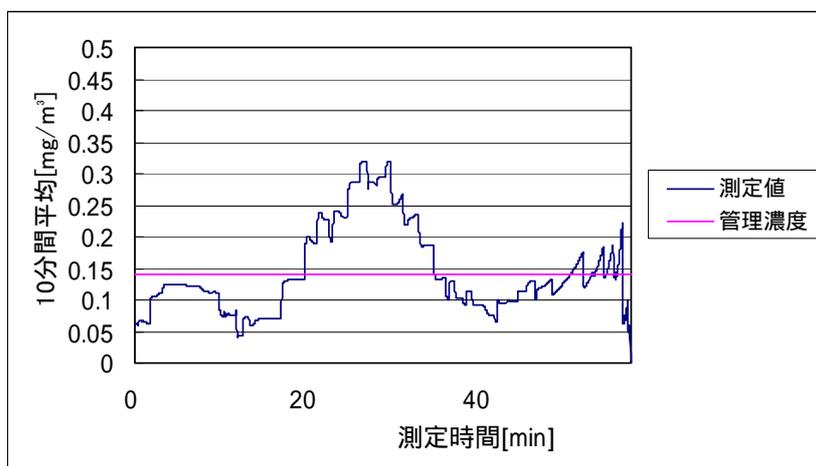


図 1.73 作業場 I における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

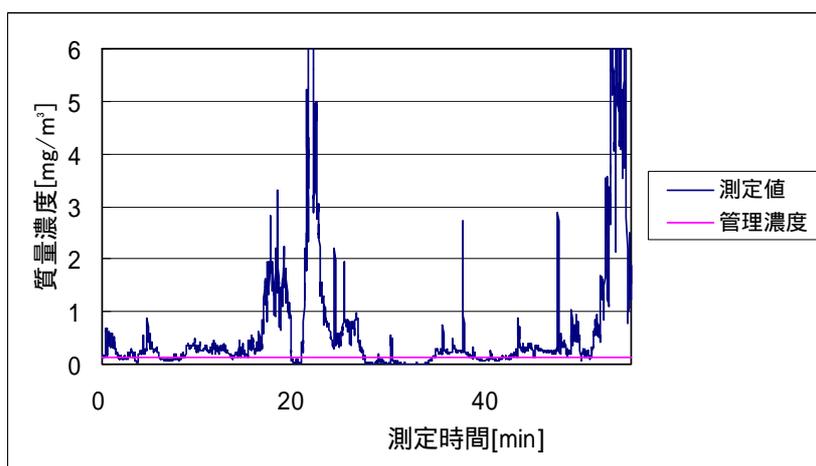


図 1.74 作業場 I における半自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

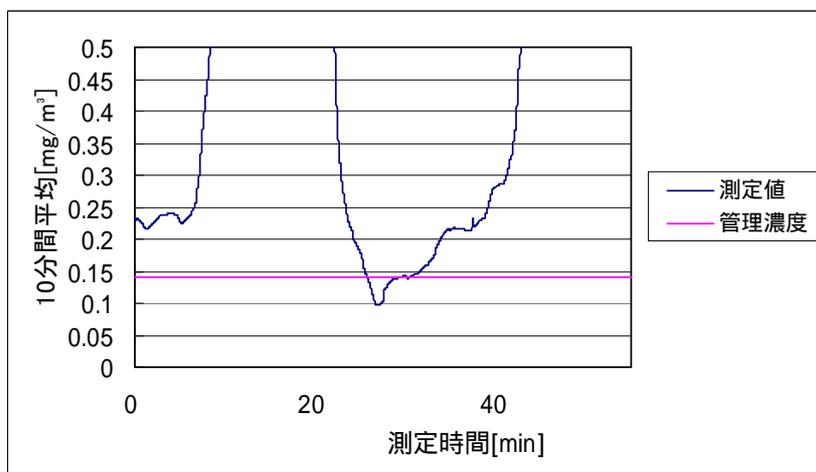


図 1.75 作業場 I における半自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

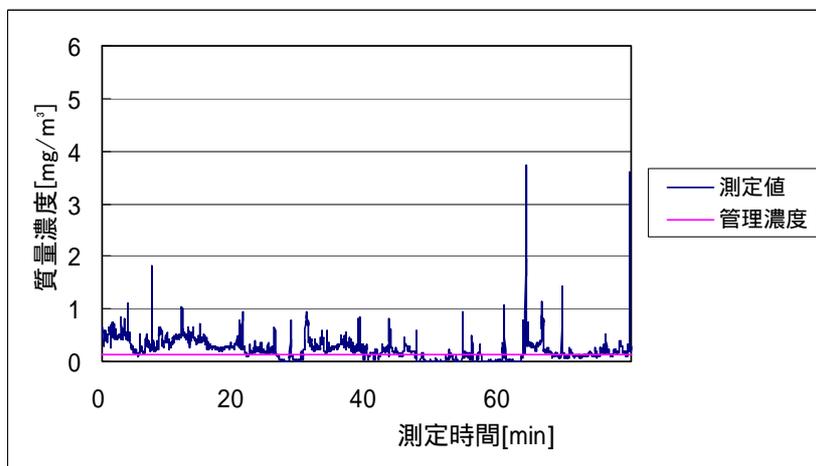


図 1.76 作業場 I における半自動造形作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動

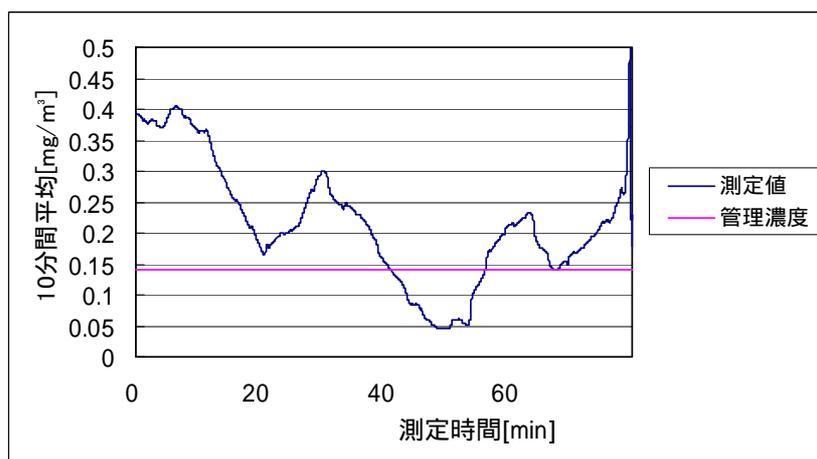


図 1.77 作業場 I における半自動造形作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.2(c) 作業場 J における砂型造形作業

作業場 J の概略図を図 1.78 に示す。また、作業場 J における砂型造形作業 1 回目、2 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.19 に、環境濃度の測定結果を表 1.20 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.79 ~ 図 1.82 にそれぞれ示す。

また、粉じん中の遊離けい酸含有率は 8.5% であり、管理濃度は 0.27[mg/m³] である。

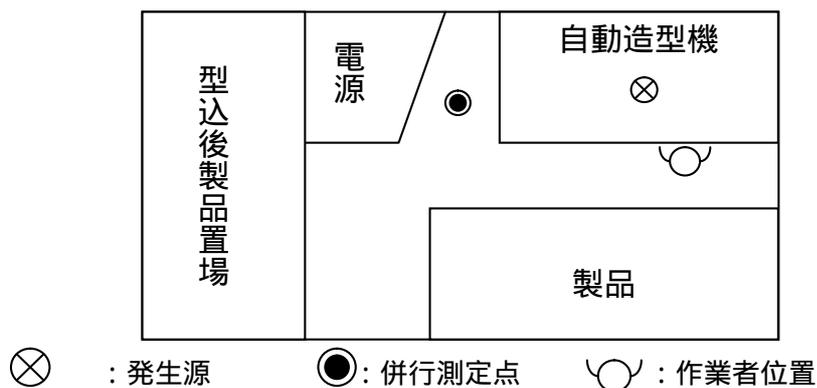


図 1.78 作業場 J の概略図

表 1.19 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.36	0.27	
2 回目	0.43	0.27	

表 1.20 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
76	0.40	0.26	208	0.0013

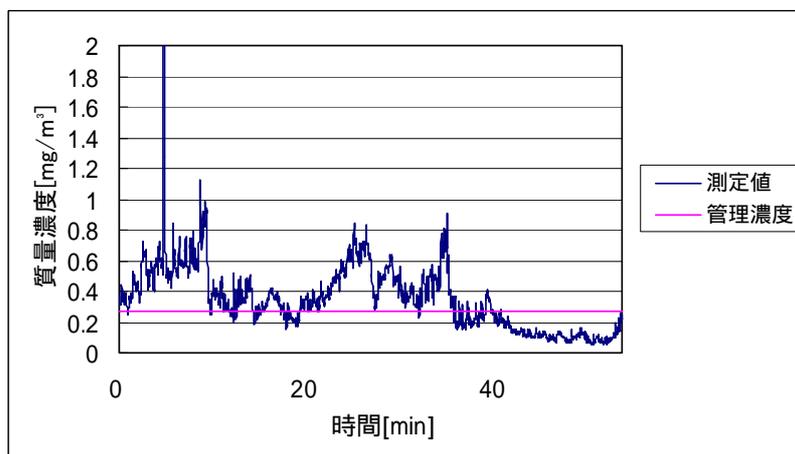


図 1.79 作業場 J における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

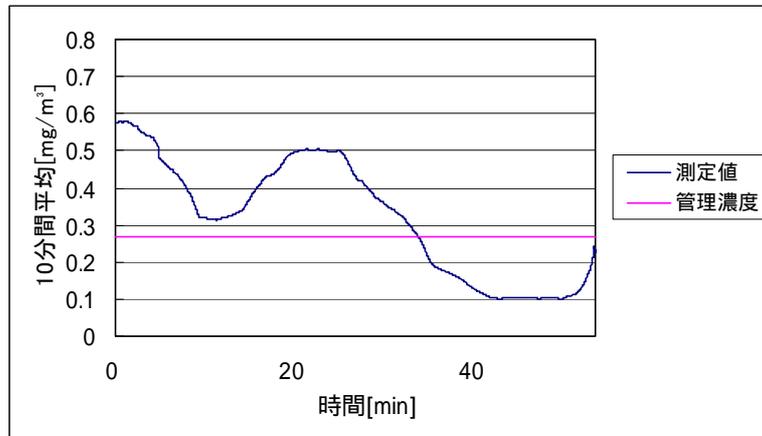


図 1.80 作業場 J における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

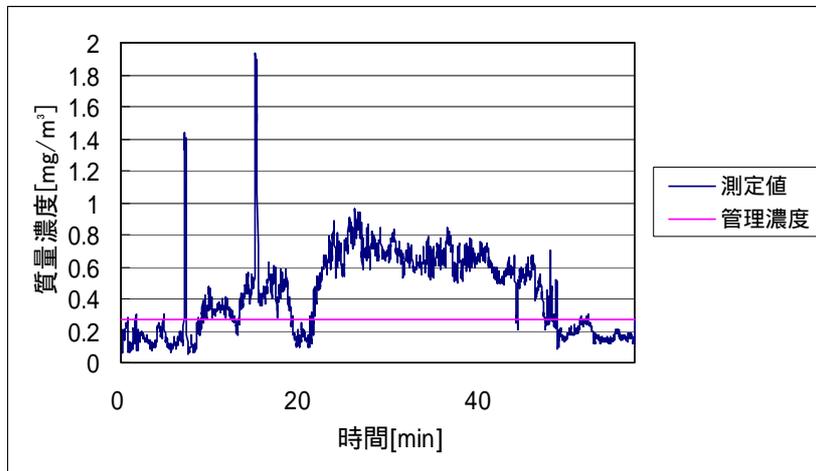


図 1.81 作業場 J における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

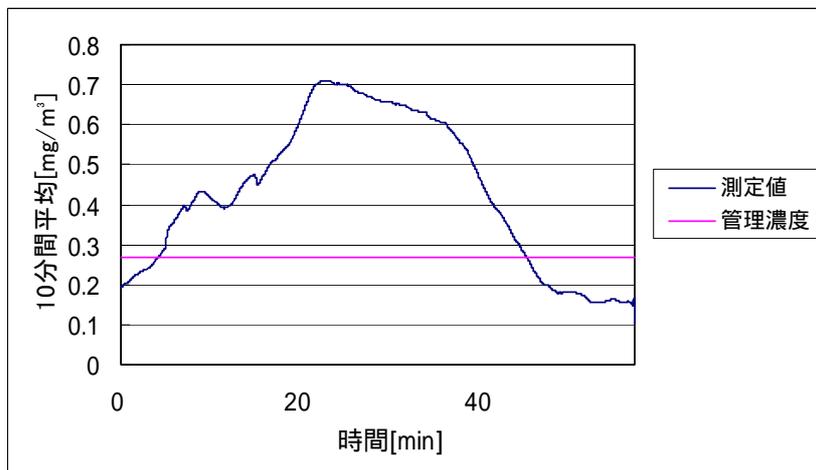


図 1.82 作業場 J における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.2(d) 作業場 K における砂型造形作業

作業場 K の概略図を図 1.83 に示す。また、作業場 K における砂型造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.21 に、環境濃度の測定結果を表 1.22 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.84、図 1.85 にそれぞれ示す。

また、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] である。

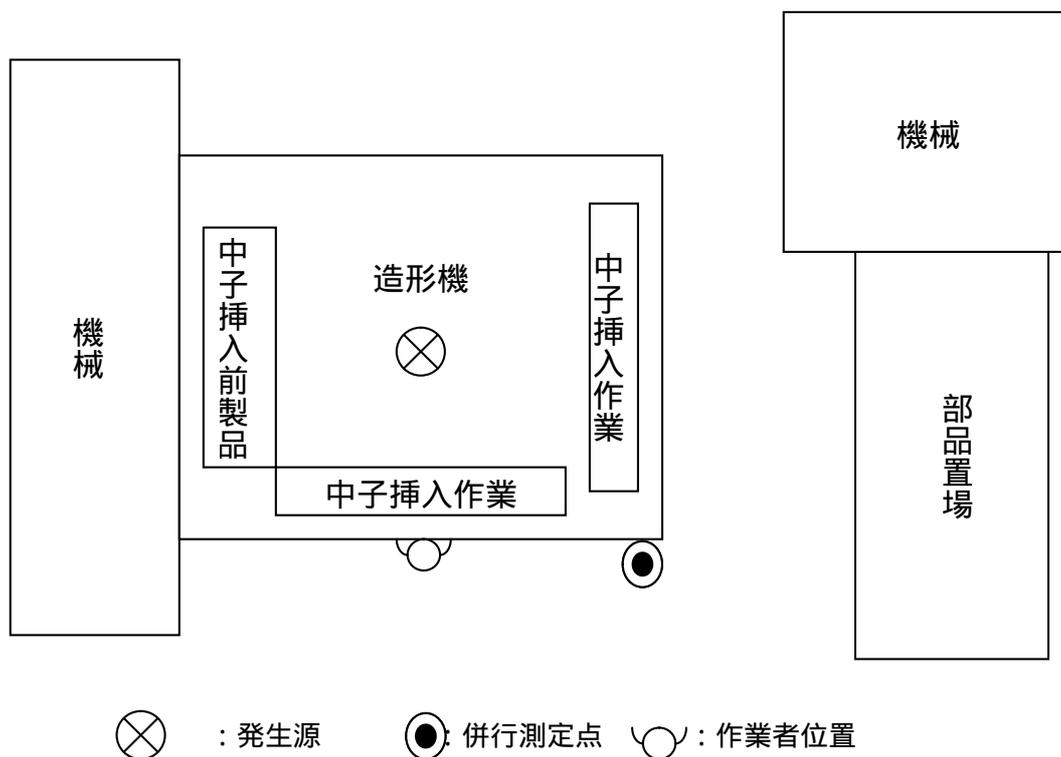


図 1.83 作業場 K の概略図

表 1.21 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.04	0.14	×

表 1.22 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
110	0.09	0.04	3.0	0.0131

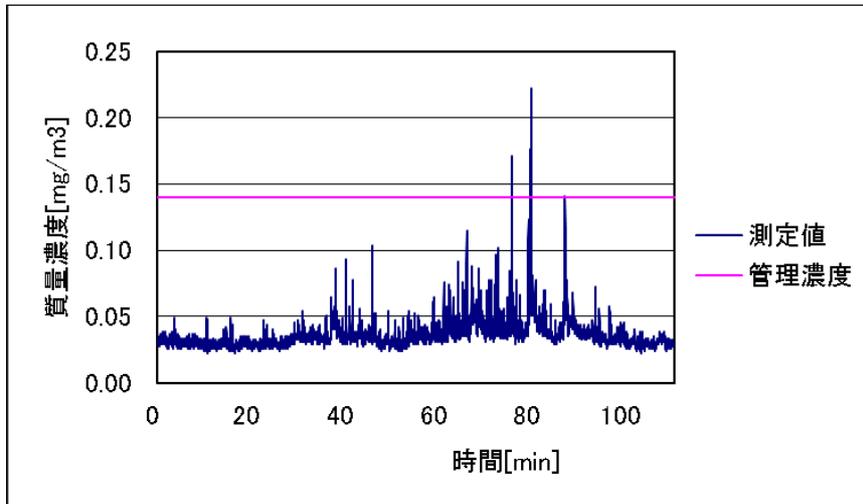


図 1.84 作業場 K における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

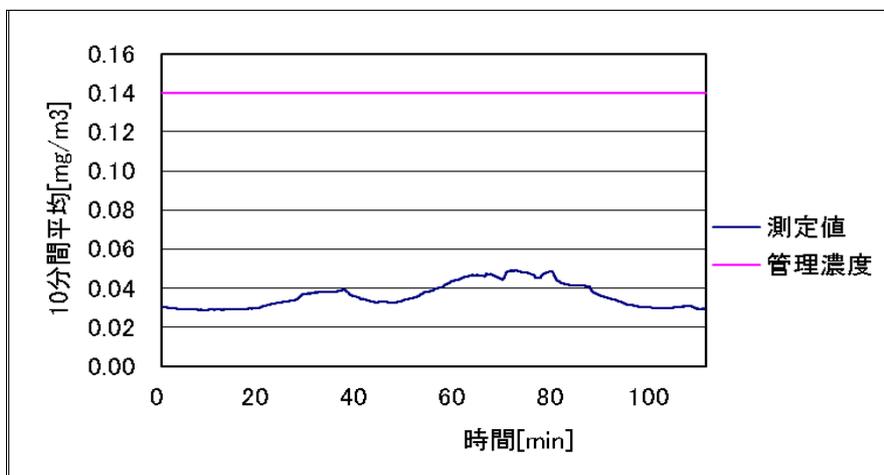


図 1.85 作業場 K における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.2(e) 作業場 L における砂型造形作業

作業場 L の概略図を図 1.86 に示す。また、作業場 L における砂型造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.23 に、環境濃度の測定結果を表 1.24 に示す。ただし、測定中に LD-5 に不具合が生じたため、相対濃度及び K 値に関しては求めることができなかった。ばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.87 ~ 図 1.90 にそれぞれ示す。また、粉じん中の遊離けい酸含有率は 2.0% であり、管理濃度は $0.90[\text{mg}/\text{m}^3]$ である。

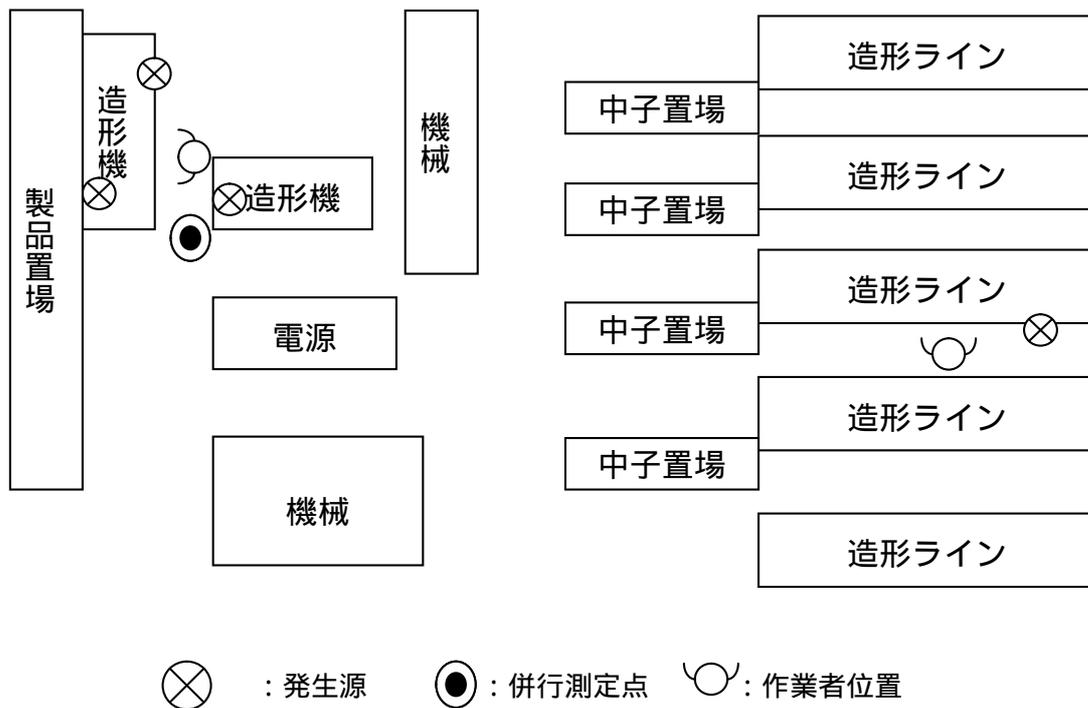


図 1.86 作業場 L の概略図

表 1.23 粉じんばく露濃度測定結果

	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	2.19	0.90	
2 回目	2.33	0.90	

表 1.24 環境測濃度定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
111	1.81	0.82	N.D.	N.D.

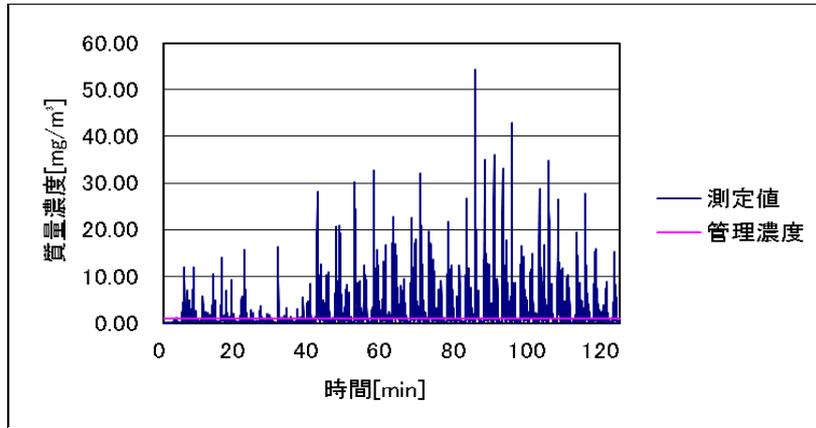


図 1.87 作業場 L における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

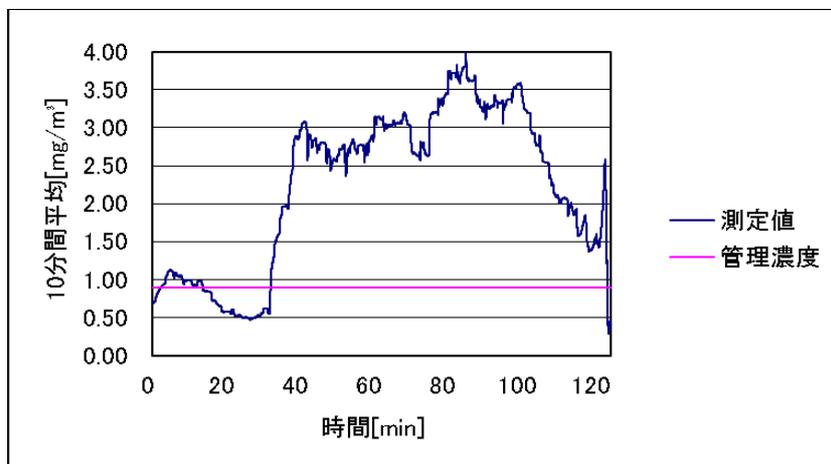


図 1.88 作業場 L における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

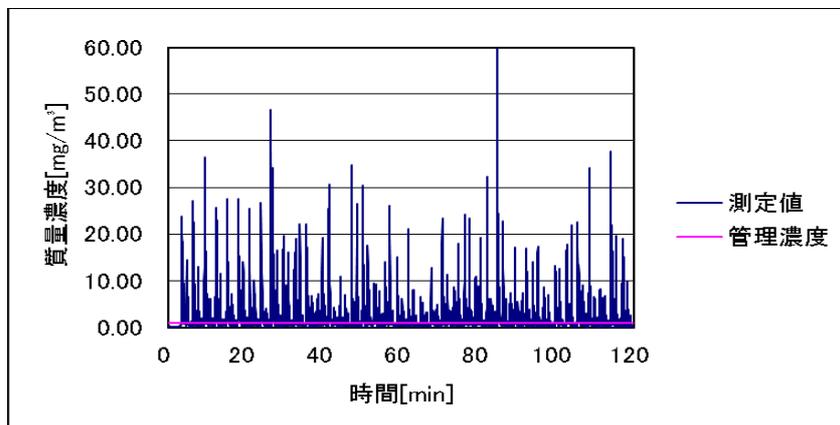


図 1.89 作業場 L における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

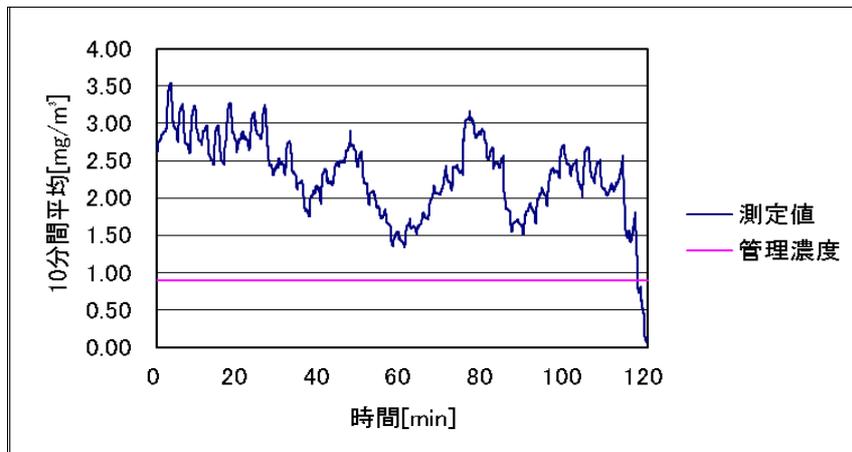


図 1.90 作業場 L における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.2(f) 作業場 M における砂型造形作業

作業場 M の概略図を図 1.91 に示す。また、作業場 M における砂型造形作業の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.25 に示す。なお、今回は環境濃度測定が行えなかったため、ばく露測定の結果のみ示す。また、ばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.92、図 1.93 にそれぞれ示す。

また、粉じん中の遊離けい酸含有率は 7.7% であり、管理濃度は $0.30[\text{mg}/\text{m}^3]$ である。

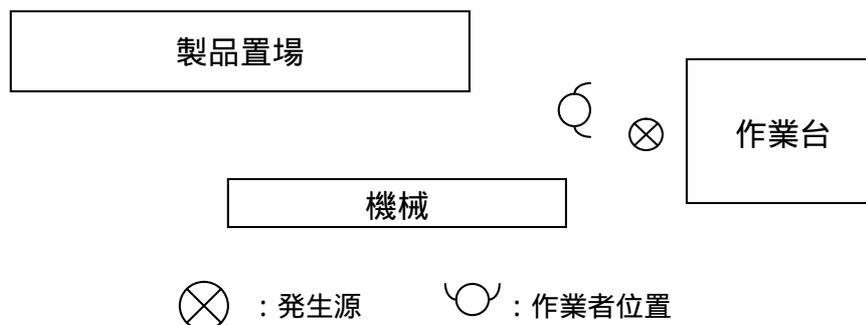


図 1.91 作業場 M の概略図

表 1.25 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.35	0.30	

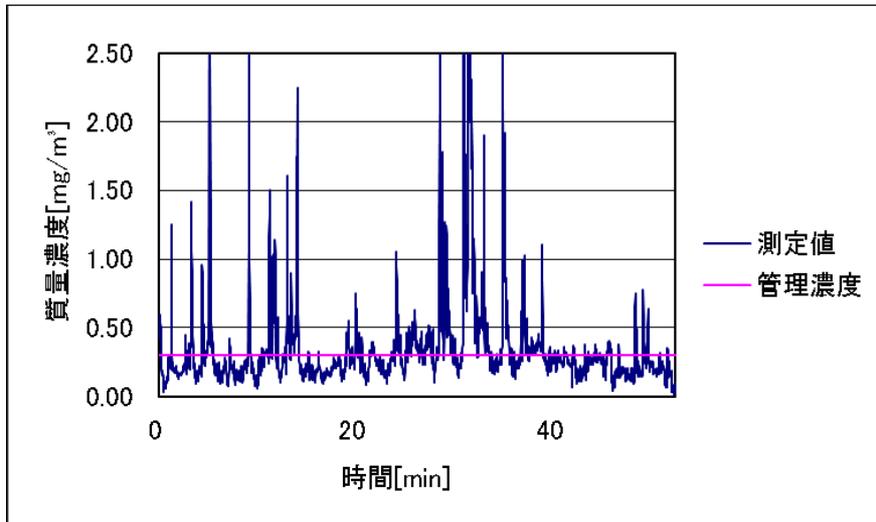


図 1.92 作業場 M における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

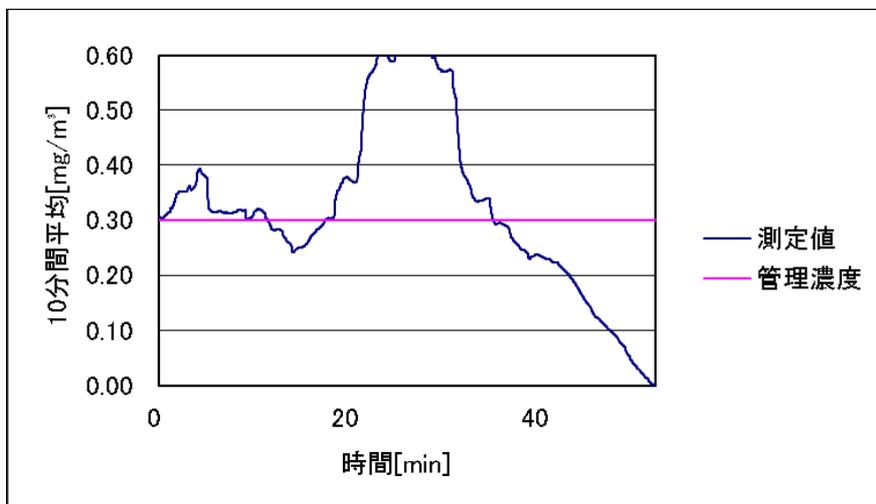


図 1.93 作業場 M における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.3 自動造型作業

1.4.3(a) 作業場 N における砂型造形作業

作業場 N の概略図を図 1.94 に示す。また、作業場 N における砂型造形作業 1 回目、2 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.26 に、環境濃度の測定結果を表 1.27 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.95 ~ 図 1.98 にそれぞれ示す。

また、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]である。

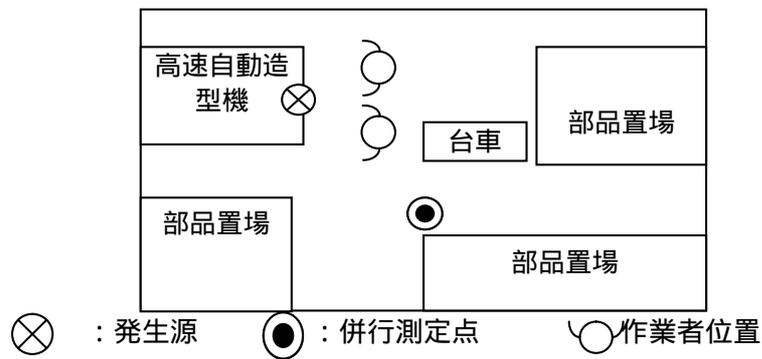


図 1.94 作業場 N の概略図

表 1.26 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.58	0.17	
2 回目	0.77	0.17	

表 1.27 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
191	1.08	0.28	59	0.0048

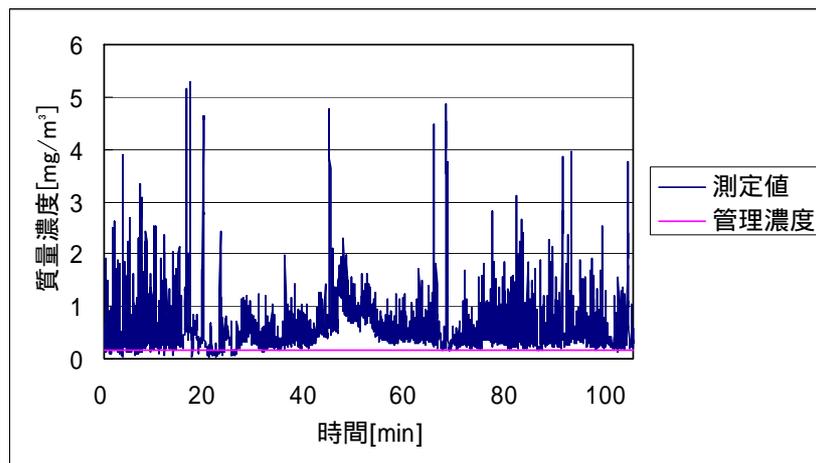


図 1.95 作業場 N における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

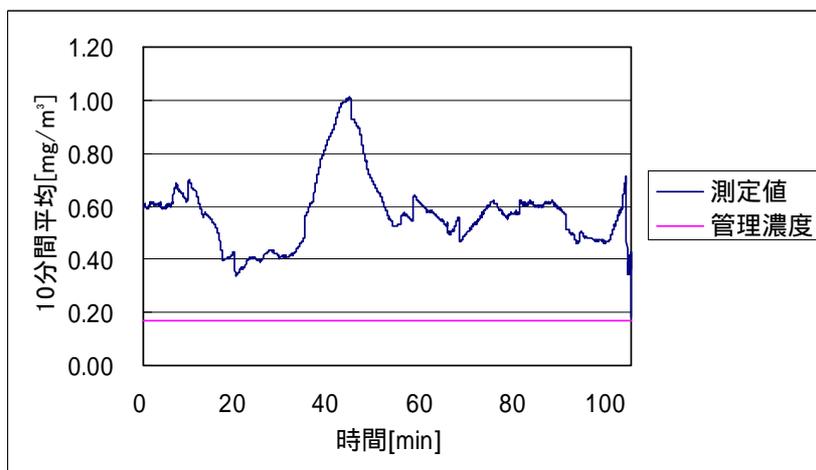


図 1.96 作業場 N における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

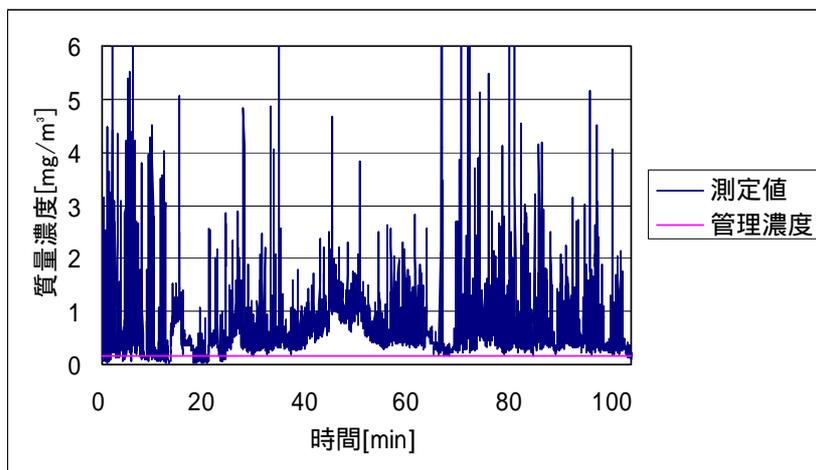


図 1.97 作業場 N における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

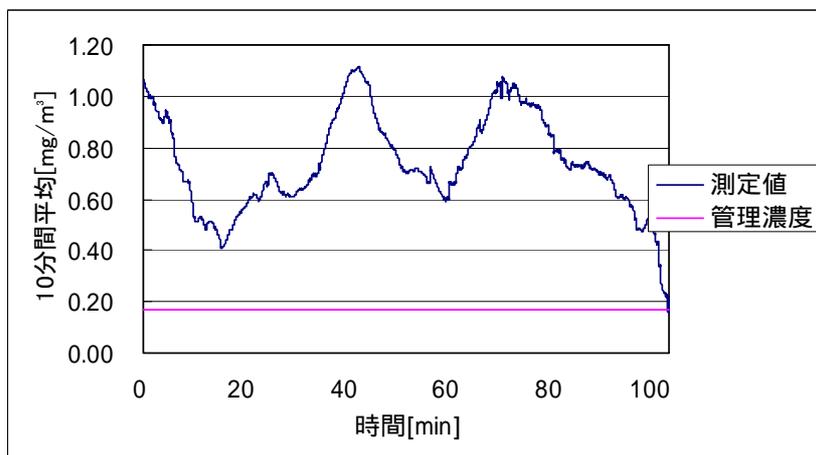


図 1.98 作業場 N における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.3(b) 作業場 O における砂型造形作業

作業場 O の概略図を図 1.99 に示す。また、作業場 O における砂型造形作業 1 回目、2 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.28 に、環境濃度の測定結果を表 1.29 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.100～図 1.105 にそれぞれ示す。

また、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]である。

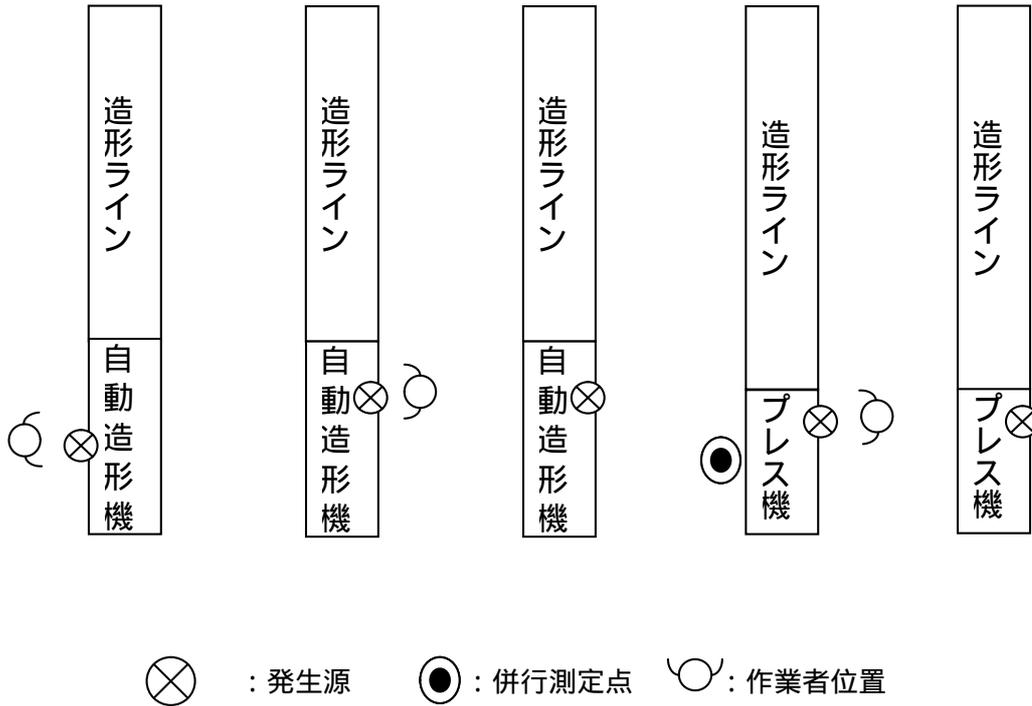


図 1.99 作業場 O の概略図

表 1.28 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.28	0.25	
2 回目	0.10	0.25	×
3 回目	0.96	0.25	

表 1.29 環境測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
173	0.37	0.11	42	0.0025

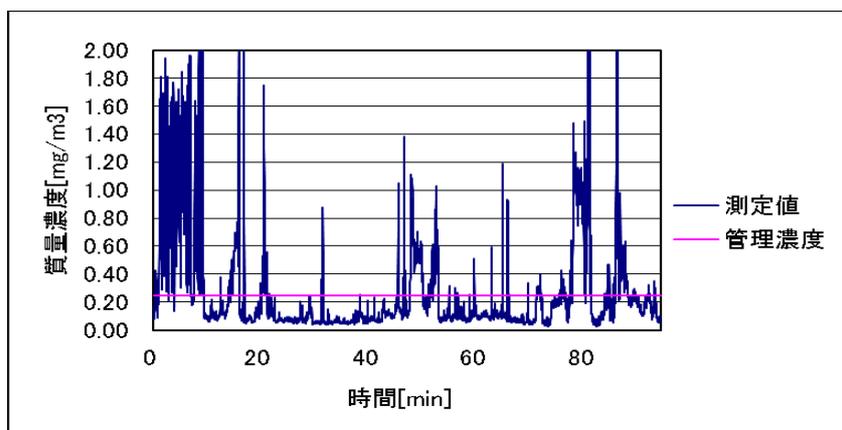


図 1.100 作業場 O における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

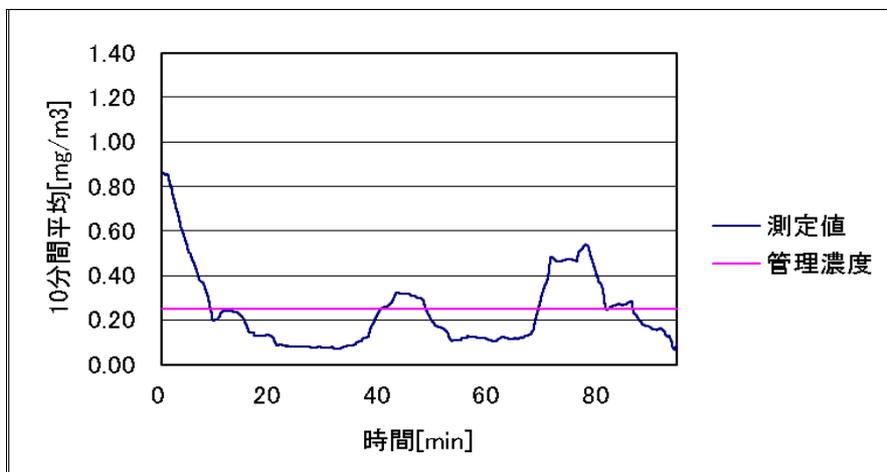


図 1.101 作業場 O における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

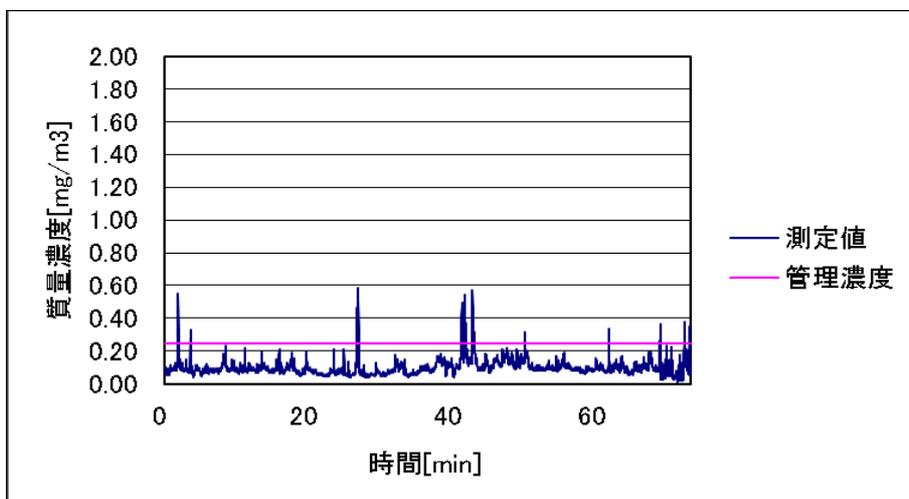


図 1.102 作業場 O における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

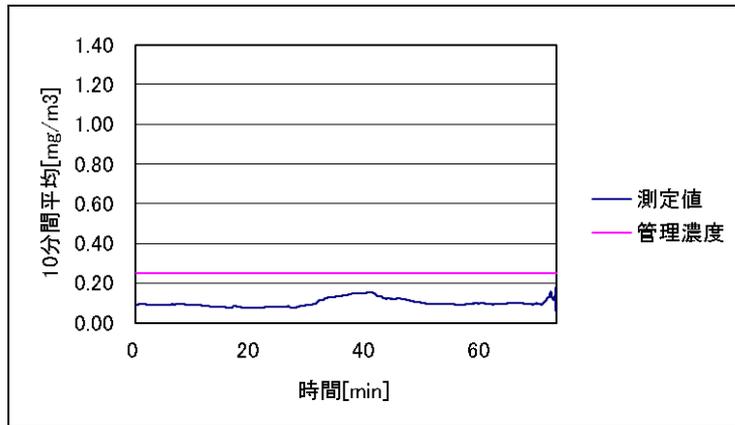


図 1.103 作業場 O における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

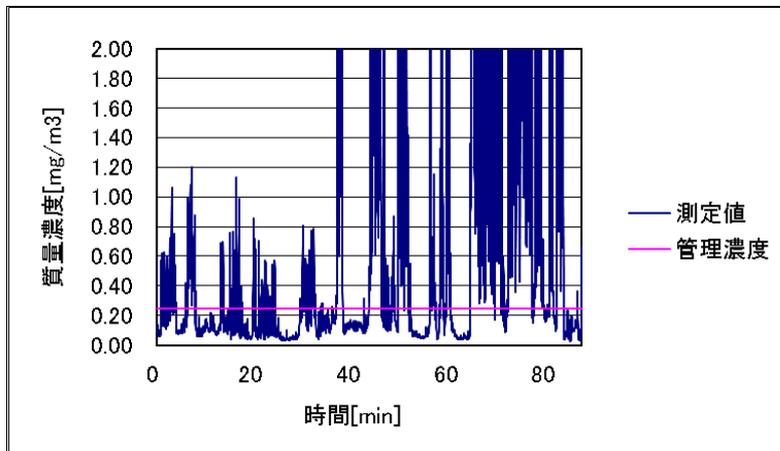


図 1.104 作業場 O における自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

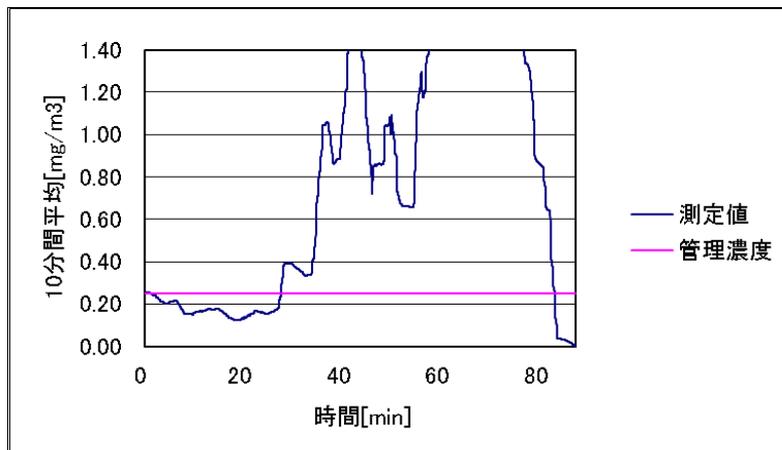


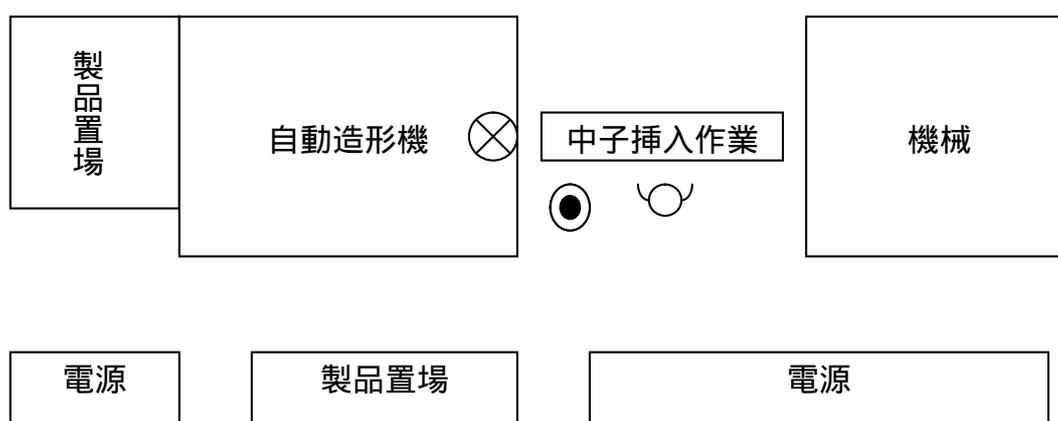
図 1.105 作業場 O における自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.3(c) 作業場 P における砂型造形作業

作業場 P の概略図を図 1.106 に示す。また、作業場 P における砂型造形作業の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.30 に、環境濃度の測定結果を表 1.31 に示す。ただし、測定中に LD-5 に不具合が生じたため、相対濃度及び K 値に関しては求めることができなかった。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.107、図 1.108 にそれぞれ示す。

なお、今回の作業について、平均粉じん濃度は管理濃度以下であるが、10 分間移動平均の値が管理濃度を上回っている値があるので、管理濃度を超えているとした。

また、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] である。



⊗ : 発生源 ● : 併行測定点 ⊕ : 作業者位置

図 1.106 作業場 P の概略図

表 1.30 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.12	0.14	*

注 * : 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事例

表 1.31 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
122	0.66	0.27	N.D.	N.D.

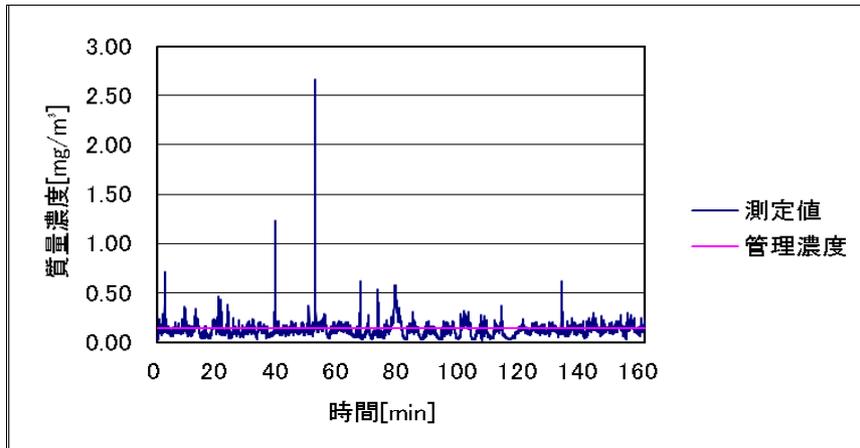


図 1.107 作業場 P における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

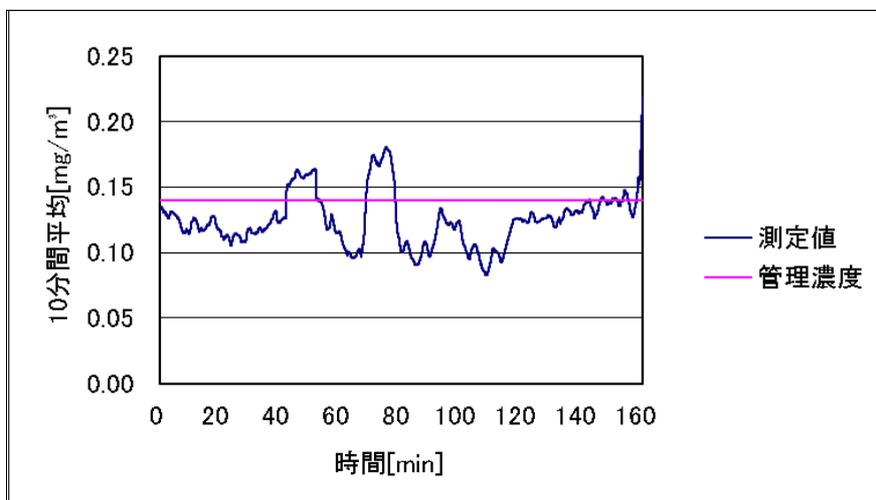
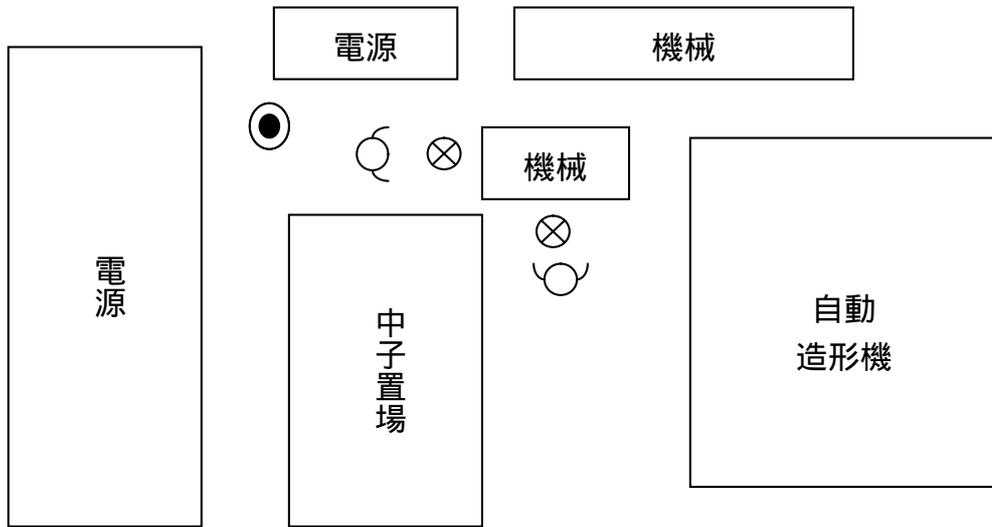


図 1.108 作業場 P における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.3(d) 作業場 Q における砂型造形作業

作業場 Q の概略図を図 1.109 に示す。また、作業場 Q における砂型造形作業 1 回目、2 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.32 に、環境濃度の測定結果を表 1.33 に示す。またばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.110～図 1.113 にそれぞれ示す。なお、図 4.105、図 4.106 においては、1 秒ごとの測定値でなく 1 分間ごとの測定値を用いている。また、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]である。



⊗ : 発生源 ● : 併行測定点 ⊕ : 作業者位置

図 1.109 作業場 Q の概略図

表 1.32 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.05	0.16	×
2 回目	0.04	0.16	×

表 1.33 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
166	0.12	0.04	39	0.0009

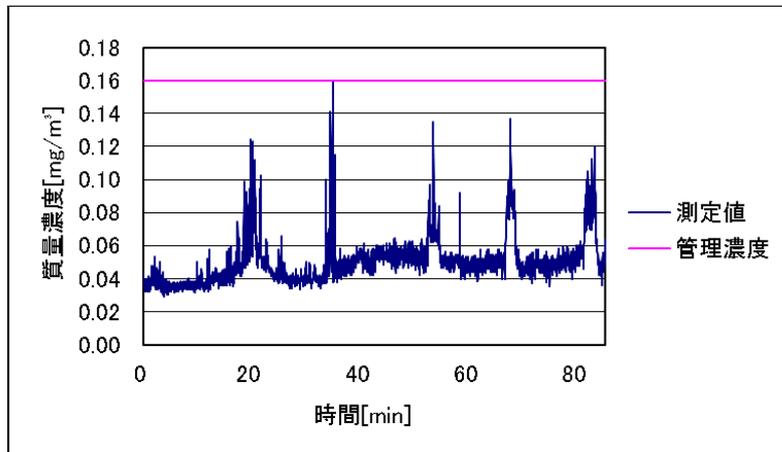


図 1.110 作業場 Q における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

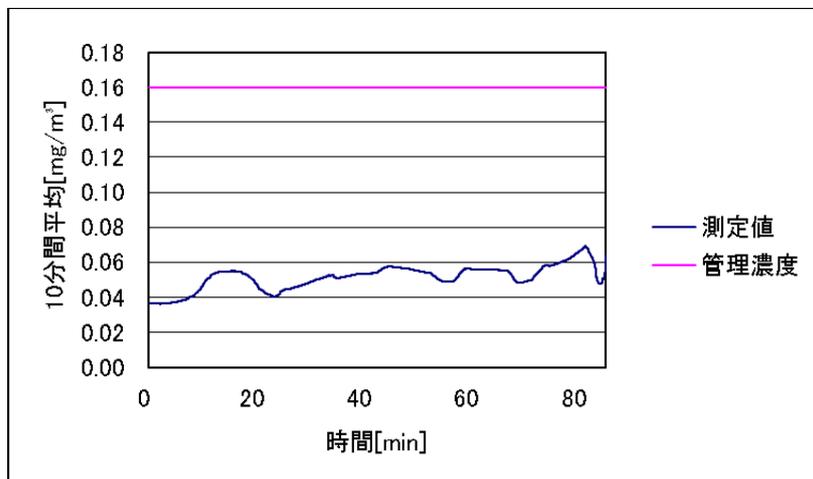


図 1.111 作業場 Q における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

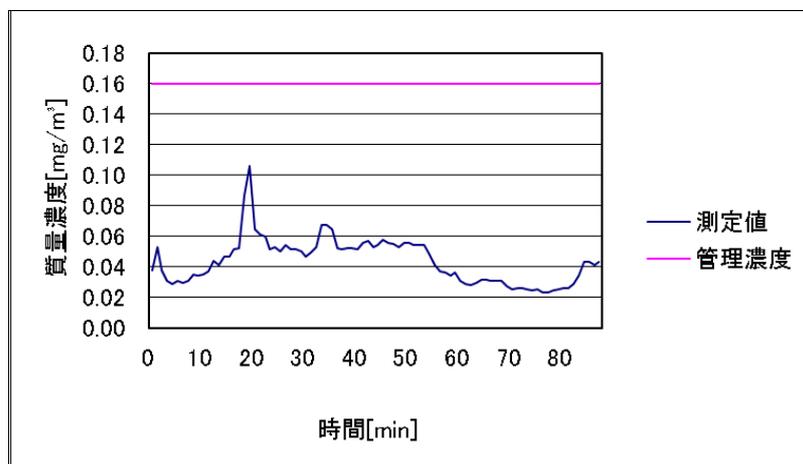


図 1.112 作業場 Q における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

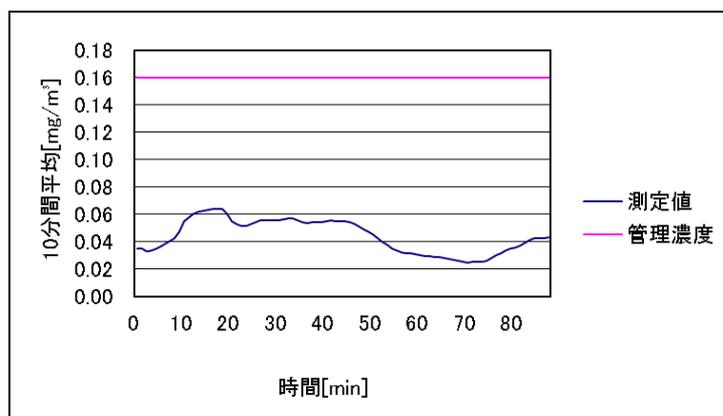


図 1.113 作業場 Q における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.3(e) 作業場 R における砂型造形作業

作業場 R の概略図を図 1.114 に示す。また、作業場 R における砂型造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度測定結果を表 1.34 に、環境濃度の測定結果を表 1.35 に示す。また、ばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均を図 1.115、図 1.116 にそれぞれ示す。

なお、今回の作業について、平均粉じん濃度は管理濃度以下であるが、10 分間移動平均の値が管理濃度を上回っている値があるので、管理濃度を超えているとした。

また、粉じん中の遊離けい酸含有率は 8.1% であり、管理濃度は 0.28[mg/m³]である。

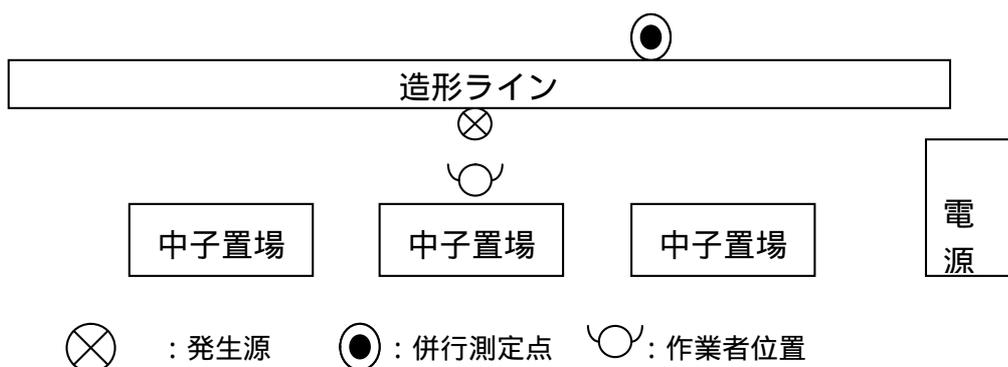


図 1.114 作業場 R の概略図

表 1.34 粉じんばく露濃度測定結果

	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	0.25	0.28	*

注 * : 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事例

表 1.35 環境濃度測定結果

測定時間 [min]	NW-354		LD-5	
	捕集量 [mg]	粉じん濃度 [mg/m ³]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
112	0.77	0.34	161	0.0021

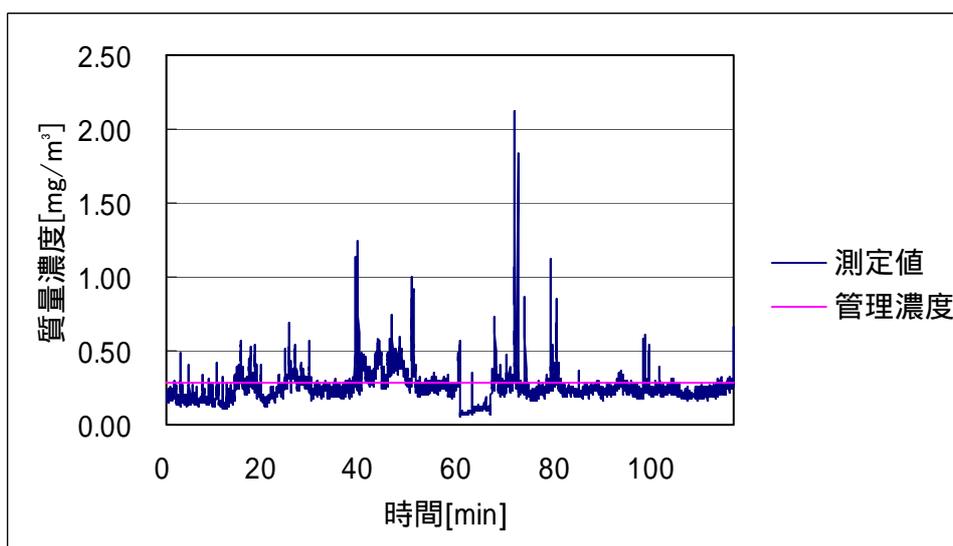


図 1.115 作業場 R における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

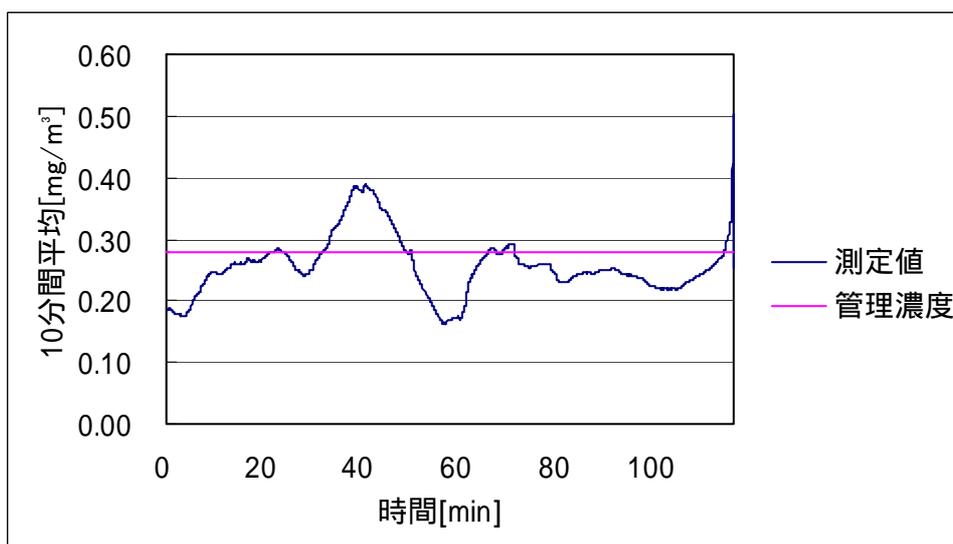


図 1.116 作業場 R における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

1.4.4 まとめ

本調査で行った砂型造形作業時のばく露濃度測定結果を表 1.36 に示す。

表 1.36 砂型造形作業時の粉じんばく露濃度測定結果のまとめ

作業内容	幾何平均 [mg/m ³] (幾何標準偏差)	濃度範囲	管理濃度 [mg/m ³]	管理濃度 超えの割合	
手詰め作業	0.97 (1.09)	4.23~0.08	0.12~0.89	81%	17/21
半自動造形作業	0.69 (0.98)	2.33~0.04	0.14~0.90	93%	14/15
自動造型作業	0.36 (0.88)	0.96~0.04	0.14~0.28	67%	6/9

1) 手詰め作業

本研究での、手詰め作業は、表 1.36 に示すように 81%(17/21 作業)の作業で管理濃度を超えており、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ため、有効な呼吸用保護具を着用する必要があると考えられる。このうち、管理濃度を超えなかった作業場では、使用している鋳物砂が適度の水分を保水できる特殊な構造の鋳物砂のために環境中への飛散があまり認められなかった。この鋳物砂に関しては、特許等の関係で詳細を知ることは出来なかった。それ以外の作業場では、使用している鋳物砂の遊離けい酸含有率が低い鋳物砂を用いていた。これらの工夫により、作業者のばく露濃度を低く押さえることや管理濃度を高くすることは、有効な対策の一つと考えられる。

2) 半自動造形作業

本研究での、半自動造形作業は、表 1.36 に示すように 93%(14/15 作業)の作業で管理濃度を超えており、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ため、有効な呼吸用保護具を着用する必要があると考えられる。このうち、管理濃度を超えなかった作業場では、堆積粉じんの除去を定期的に行ったり、砂を扱う場所以外には砂が舞わないよう砂を扱う場所周辺を防じん板等で囲んだりしていた。これらの工夫により、作業者のばく露量は低くなっていることから、このような対策も有効であると考えられる。

3) 自動造型作業

本研究での、自動造型作業は、表 1.36 に示すように 67%(6/9 作業)の作業で管理濃度を超えており、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ため、有効な呼吸用保護具を着用する必要があると考えられる。このうち、管理濃度を超えなかった作業場では、堆積粉じんの除去を定期的に行い、堆積粉じんがほとんど見られなかった。また、鋳物砂の遊離けい酸含有率を低くすることで管理濃度を高くする対策が取られていた。遊離けい酸含有率の低い鋳物砂を使用すると、鋳物製品の不良を起こす要因の一つになることもあり、高度な技術が要求されるので、一般の鋳物工場ではなかなか実行できない対策である。

1.5 まとめ

砂型造形作業場として、手込め作業、半自動造形作業及び自動造型作業を行っている 18 事業場で 45 の造形作業の個人ばく露濃度測定を行った。作業によりばく露量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、鋳物工場における砂型造型作業は、粉じん則で粉じん作業に指定されていないが、本研究で現場調査を行い、新たに粉じん作業に指定すべきか検証した結果、ほとんど全ての砂型造型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、「粉じん作業」とすることが適切な措置と考える。さらに、砂型造型作業は、手込め作業に代表される様に作業者の呼吸域上部の鋳物砂供給用落とし口から、鋳物砂を作業者の手元の鋳型枠に落とすため、作業者の呼吸域を鋳物砂が落下するので、粉じんに曝露する機会が多い作業である。しかし、砂型造型作業は、外付け式フード等の局所排気装置を用いた防じん対策が困難な作業と考えられるので、呼吸用保護具を着用することを義務付けた別表第三の作業にすることが適切な措置と考える。

2. 屋外の鉱物等を動力により破碎する作業

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碎し、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碎し、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碎し、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（屋外の鉱物等破碎作業）

	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	

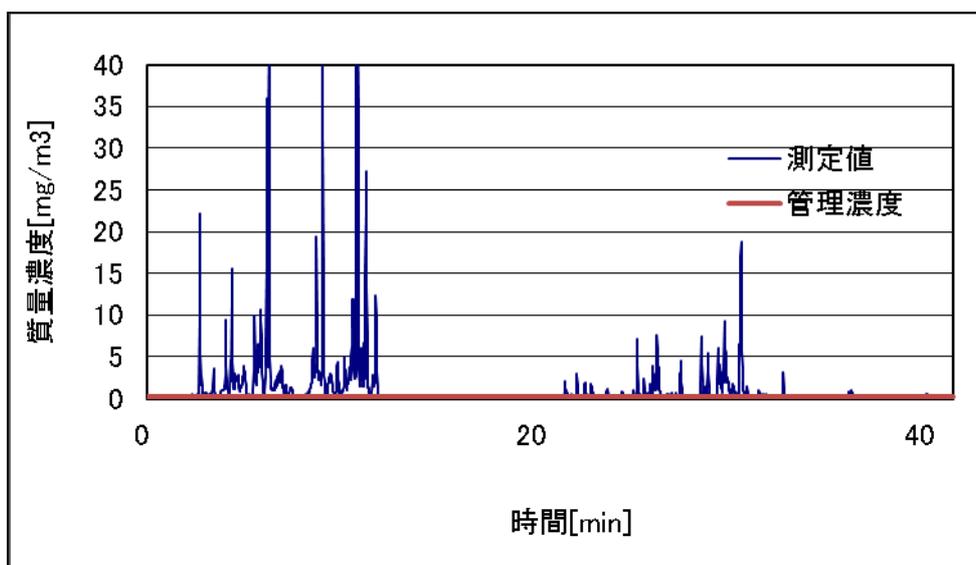


図 2.1 屋外の鉋物等破砕作業時の No.1 作業者のばく露濃度変動

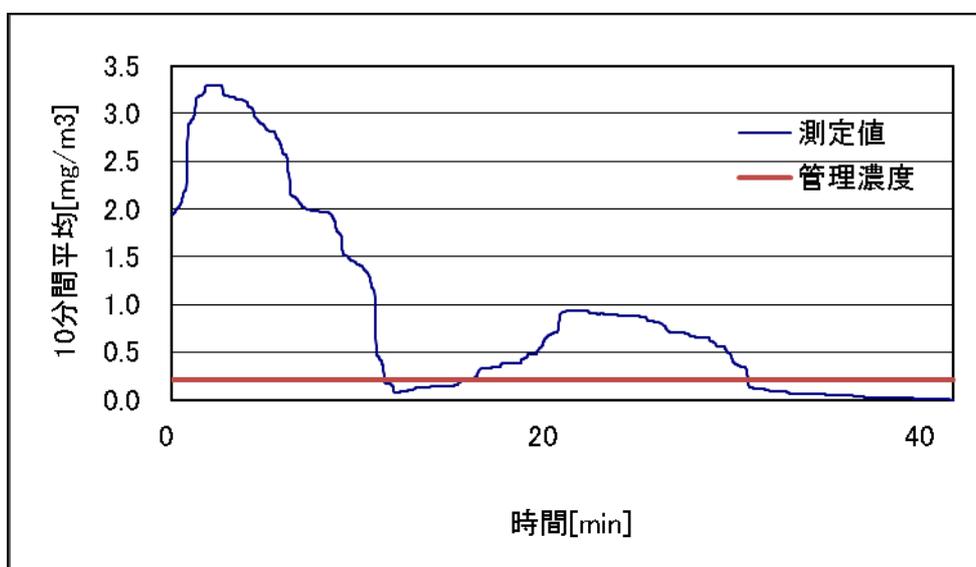


図 2.2 屋外の鉋物等破砕作業時の No.1 作業者のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

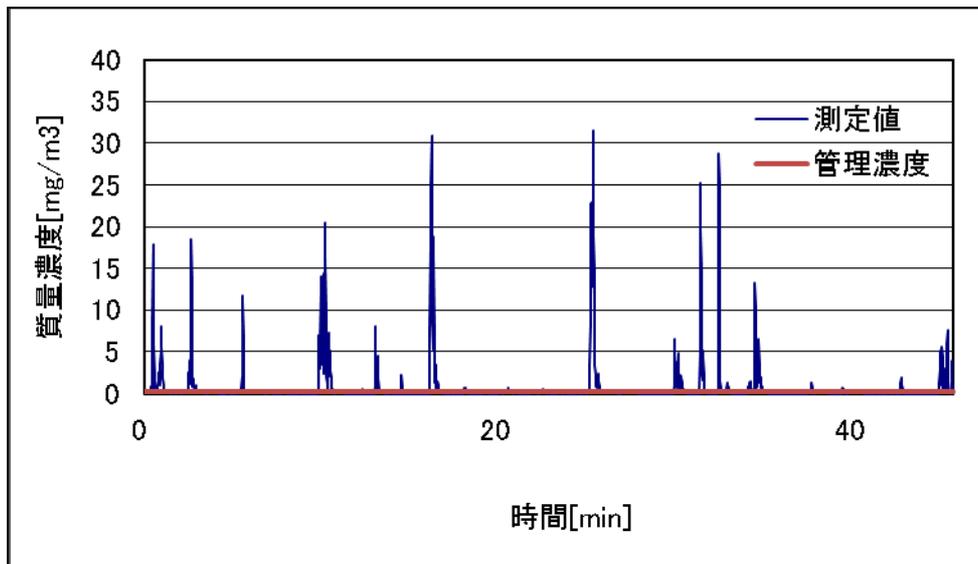


図 2.3 屋外の鉋物等破砕作業時の No.2 作業者のばく露濃度変動

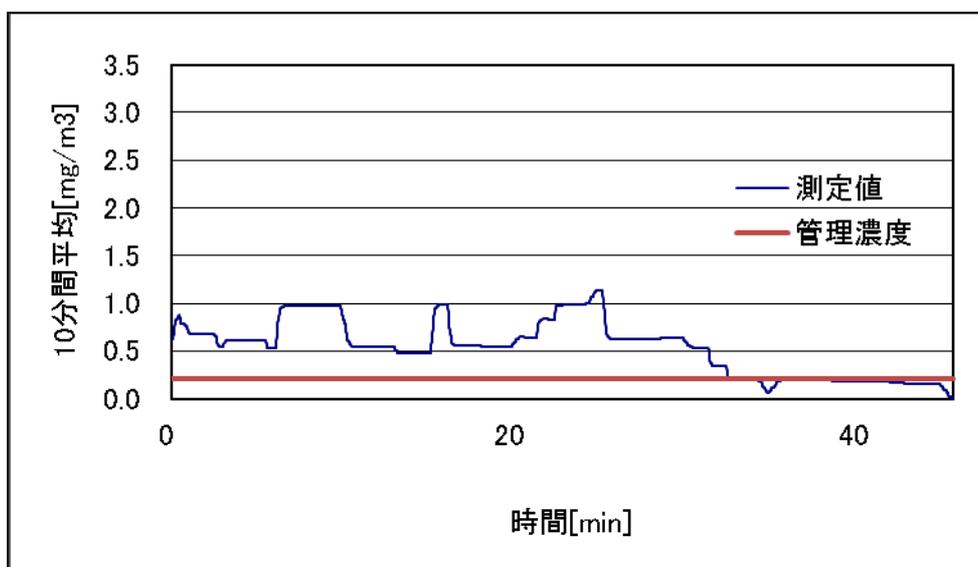


図 2.4 屋外の鉋物等破砕作業時の No.2 作業者のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)



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	×

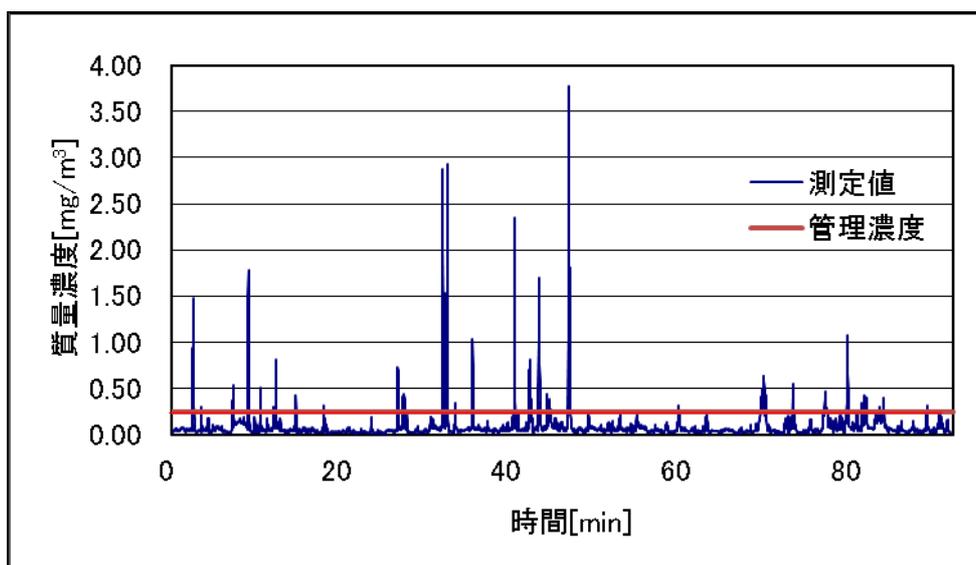


図 3.3 作業者のばく露濃度変動状況

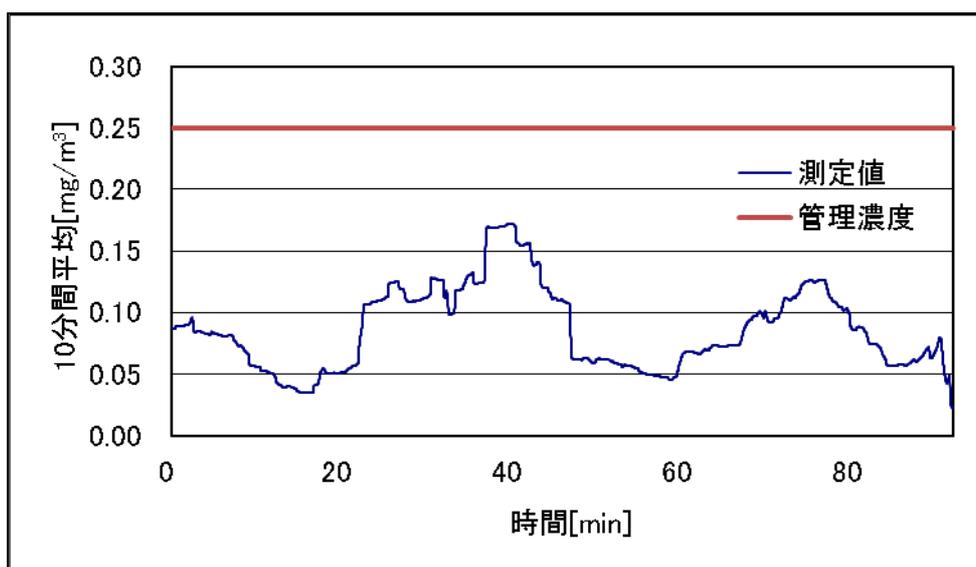


図 3.4 作業者のばく露濃度変動 (10 分間移動平均値)



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	

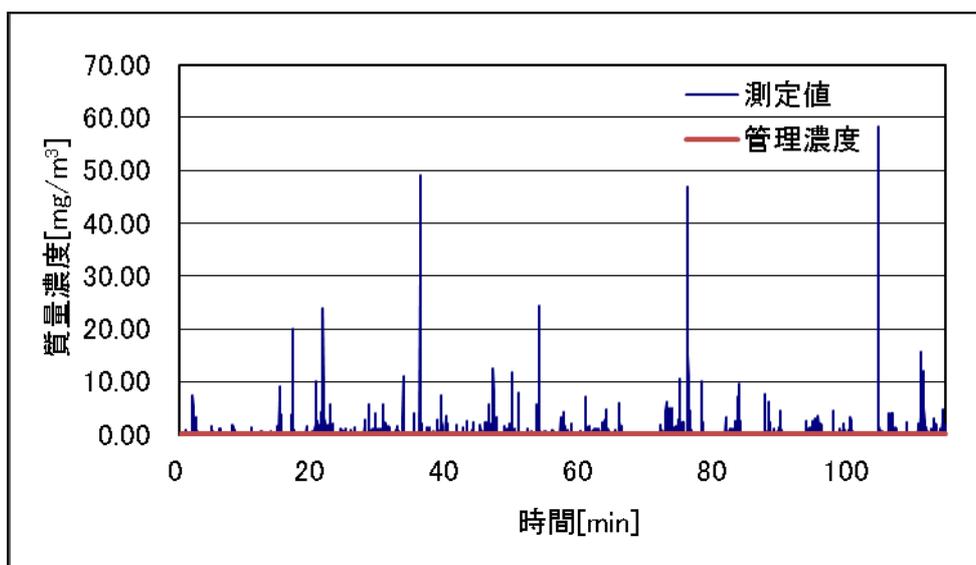


図 3.6 作業者のばく露濃度変動状況

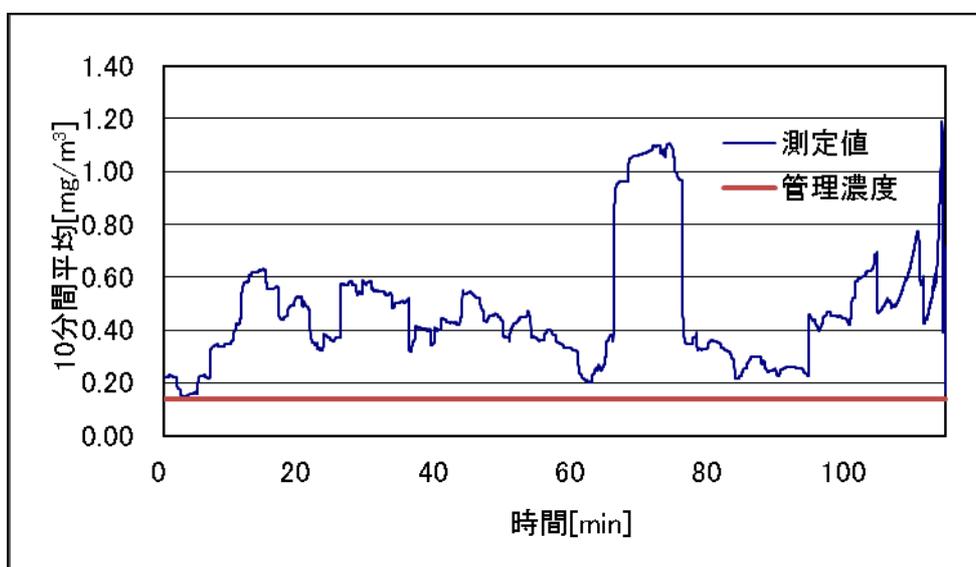


図 3.7 作業者のばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)



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	

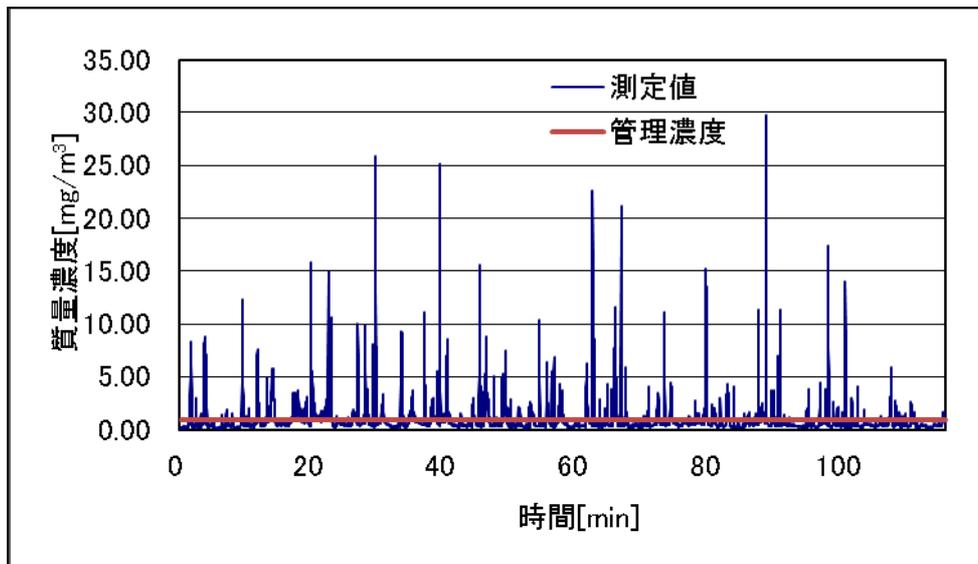


図 3.9 作業者のばく露濃度変動状況

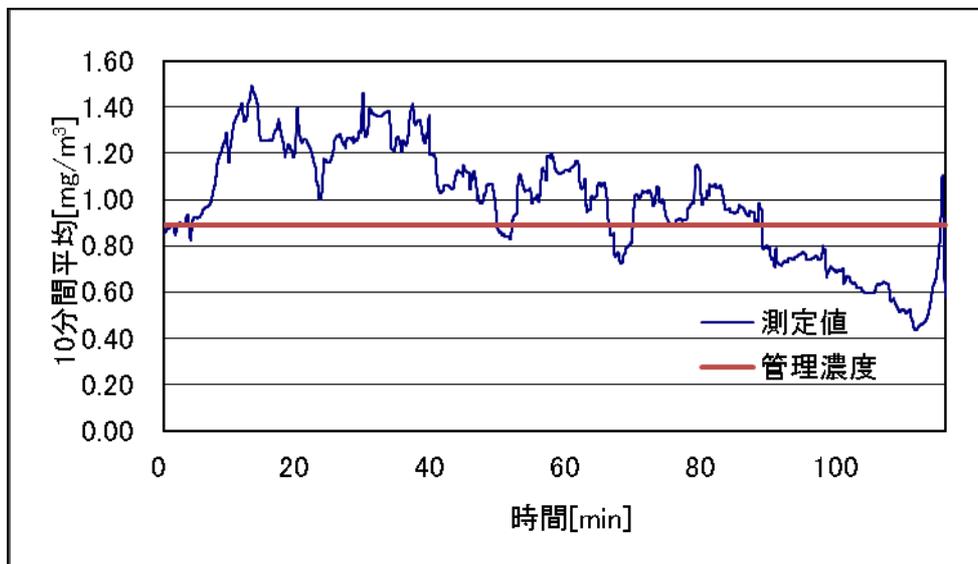


図 3.10 作業者のばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

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

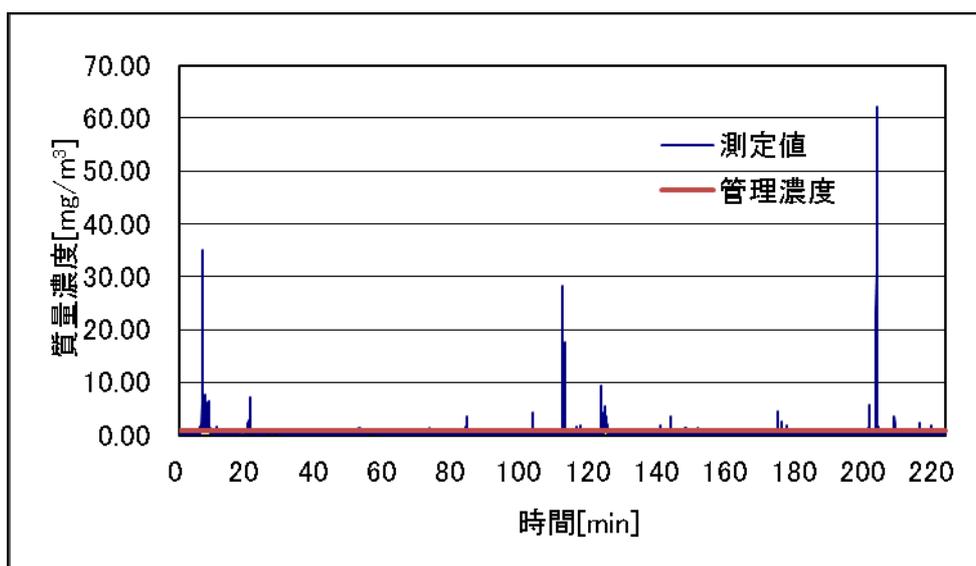


図 3.11 作業者のばく露濃度変動状況

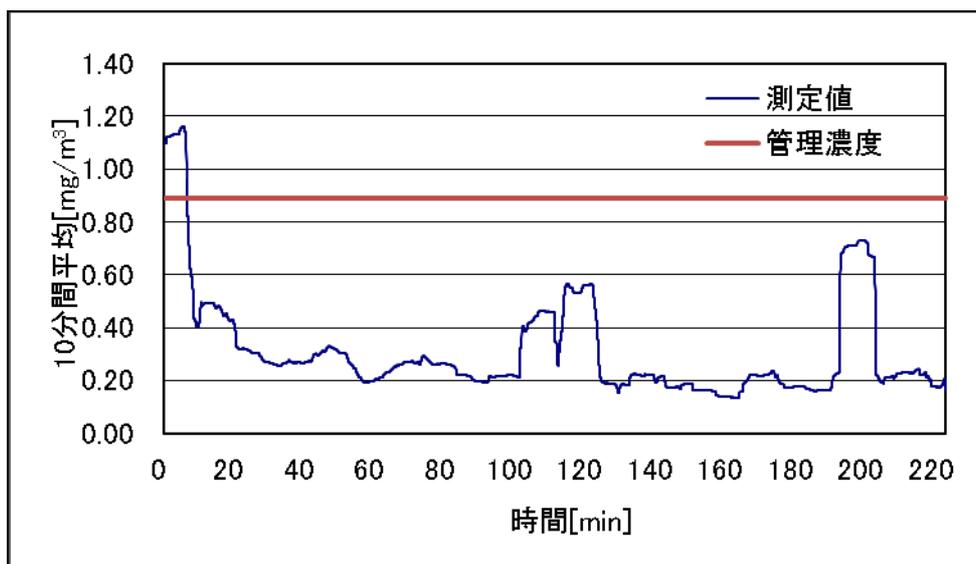


図 3.12 作業者のばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)



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	×

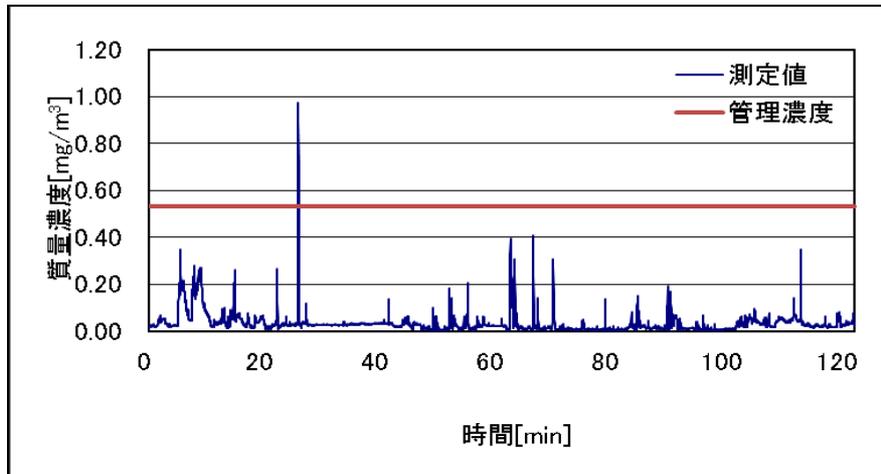


図 3.14 作業者のばく露濃度変動状況

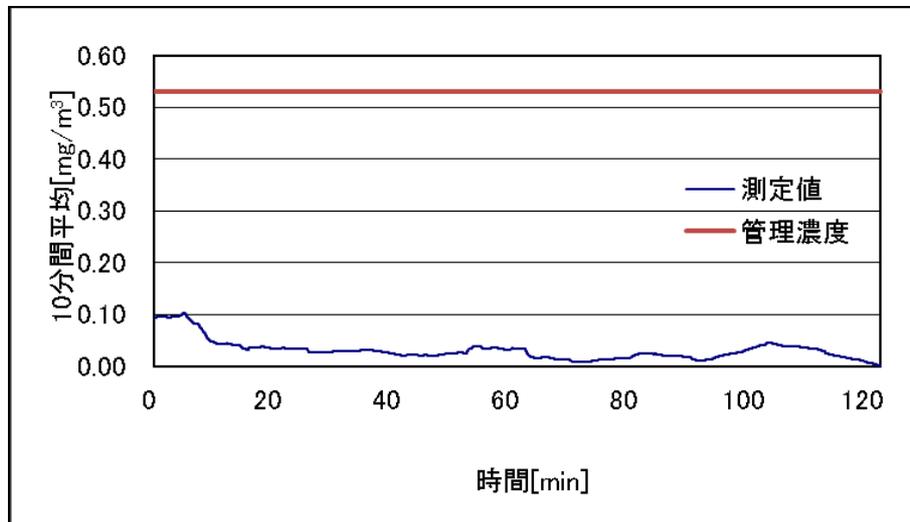


図 3.15 作業者のばく露濃度変動状況（10分間移動平均値）



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	

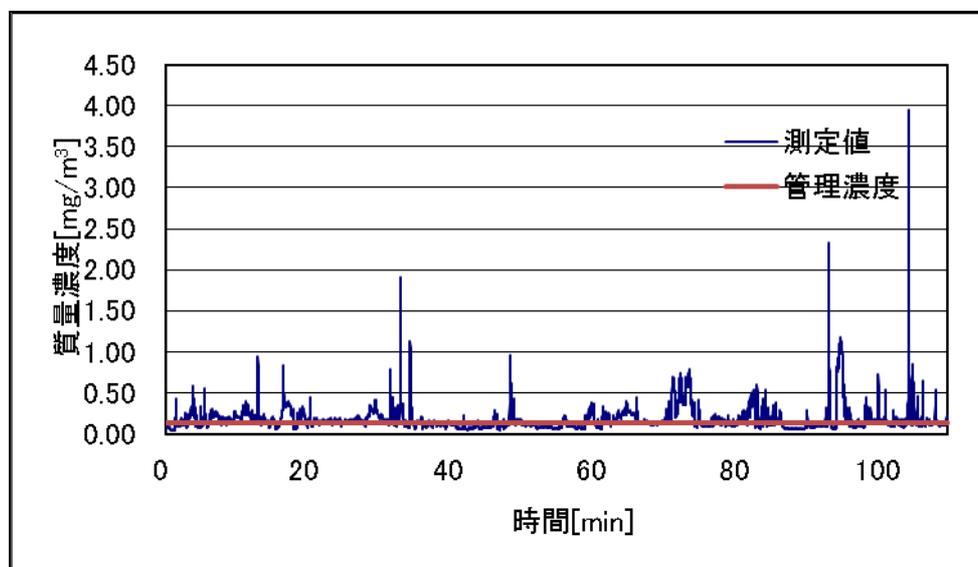


図 3.17 作業者のばく露濃度変動状況

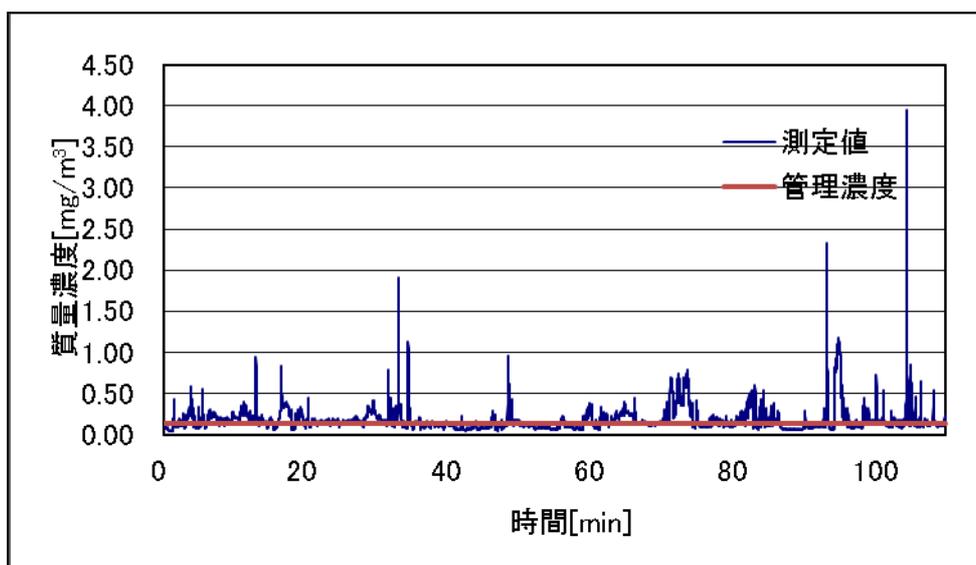


図 3.18 作業者のばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

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	

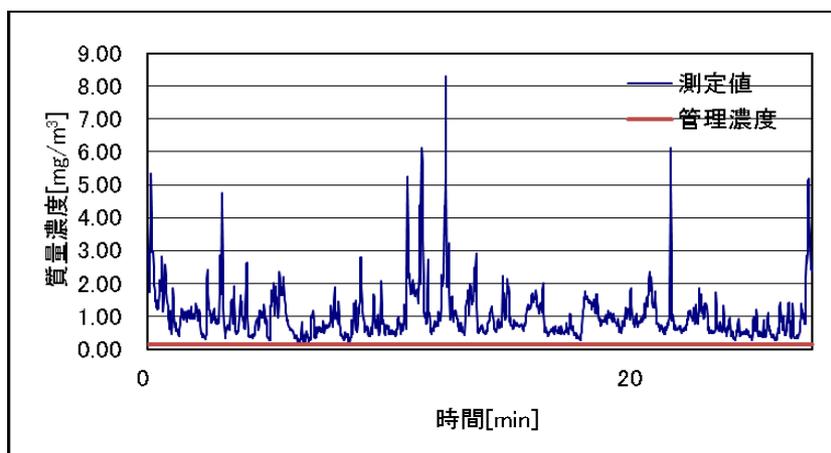


図 3.19 作業者のばく露濃度変動状況

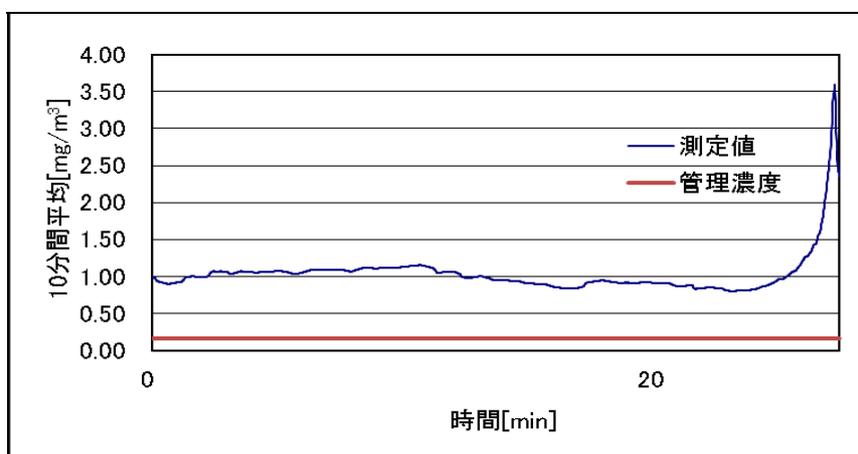


図 3.20 作業者のばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）



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	

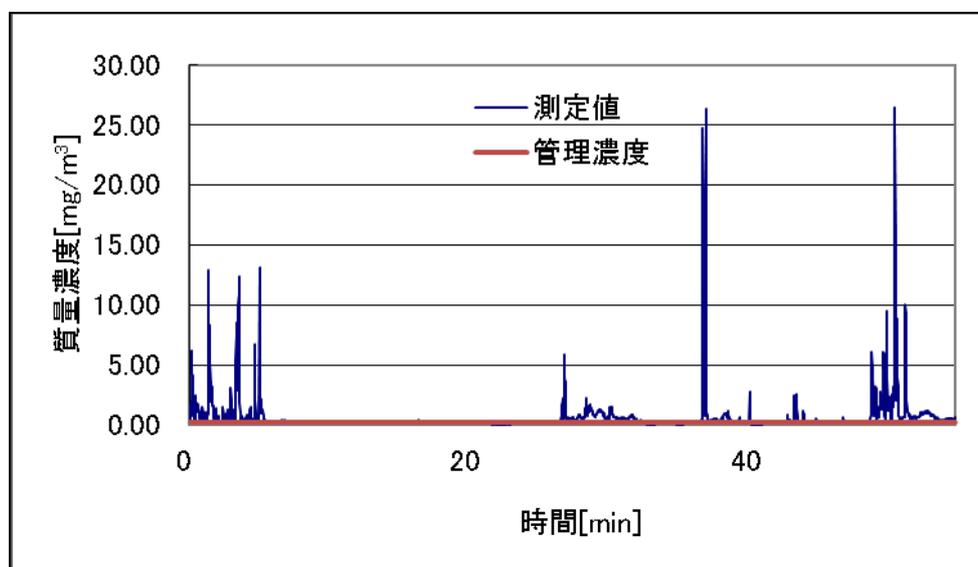


図 3.22 作業者のばく露濃度変動状況

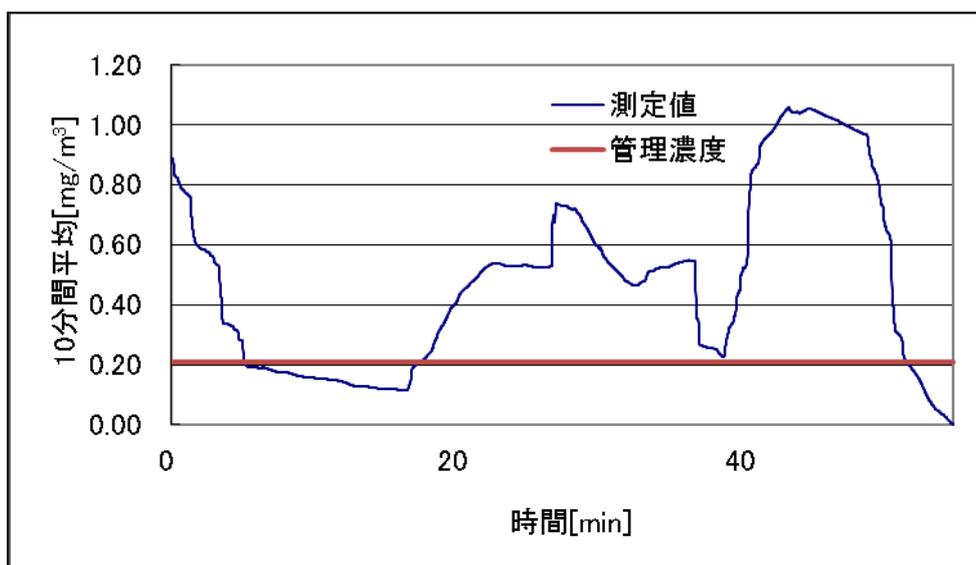


図 3.23 作業者のばく露濃度変動状況（10 分間移動平均値）

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	

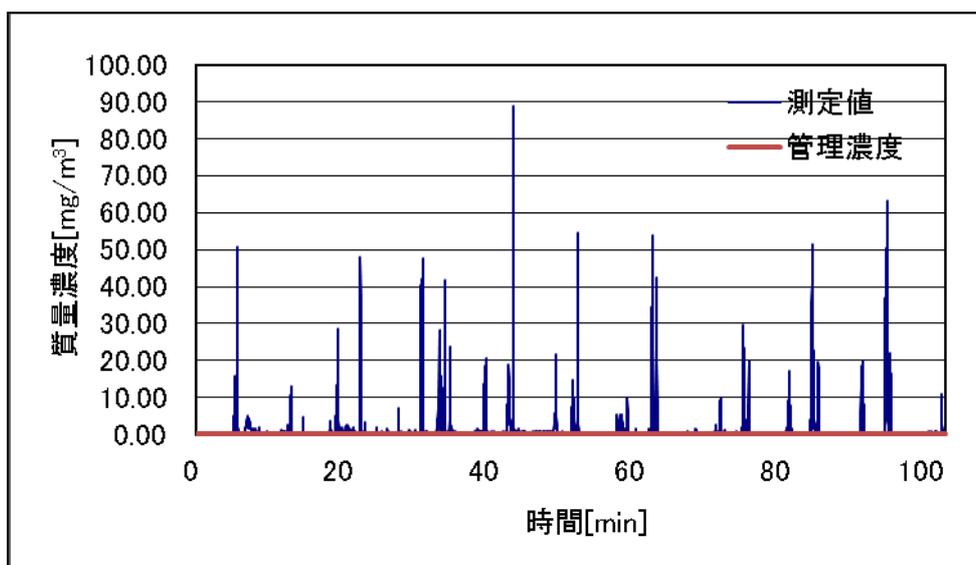


図 3.24 作業者のばく露濃度変動状況

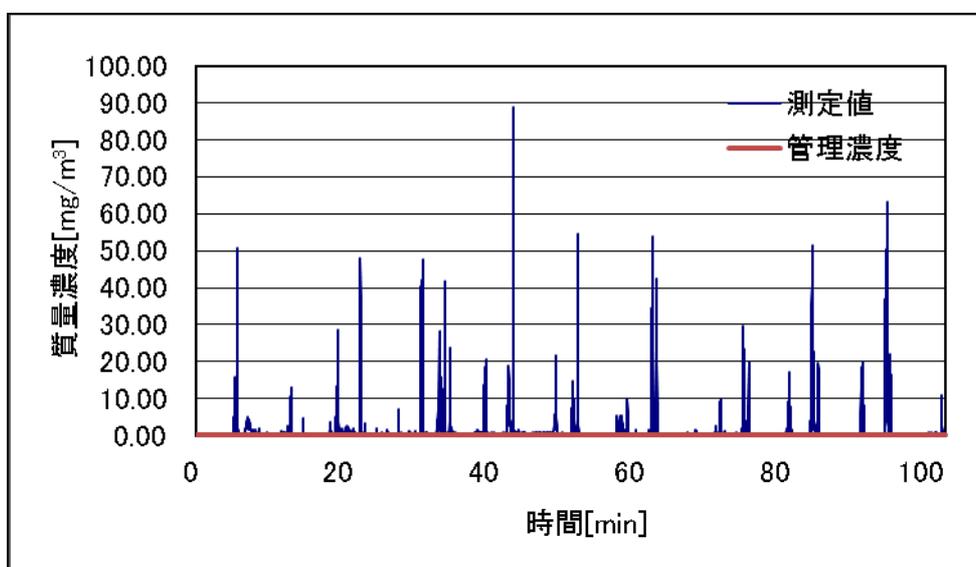


図 3.25 作業者のばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)



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	

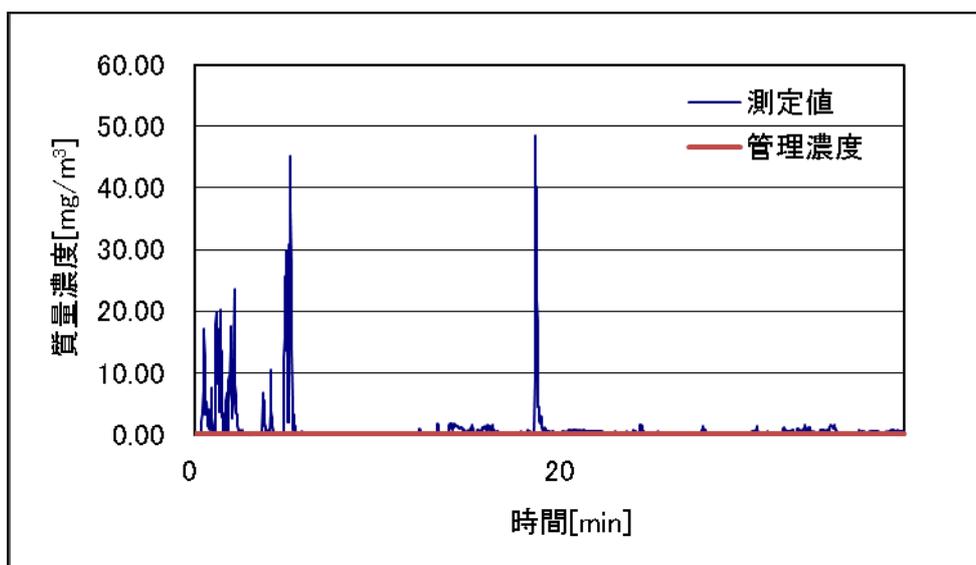


図 3.27 作業者のばく露濃度変動状況

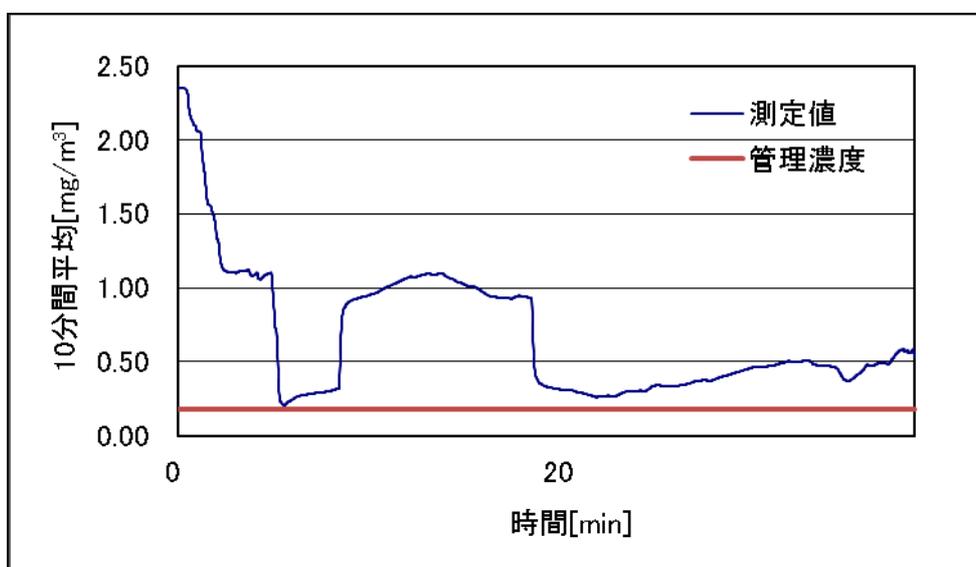


図 3.28 作業者のばく露濃度変動状況 (10 分間移動平均値)



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

土石又は鉍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 土石又は鉍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		80%	8/10
鋳込み等作業	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。

土石又は鉍石投入作業として、10 事業場で 8 の鋳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、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、土石又は鉍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。

4 . 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

4.1 目的

現在、「粉じん作業」に指定されていないが、今後新たに指定すべきと考えられる作業の有無について調査し、ある場合には、その作業における粉じんばく露リスクの調査を行い、粉じんばく露防止対策の必要性について検討する。具体的には、船倉内の荷役作業終了後の清掃作業であるが、現場測定に関して、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出来なかった。

そこで、船倉内の荷役作業時に石炭や鉱石などの積み荷が少なくなると、アンローダのグラブバケットによる積荷の陸揚げ作業の効率が悪くなるので、スコップや箒で船底の積荷をグラブバケット付近にかき寄せて、より多くの積荷を搬出するための作業を行う。その作業は、今回測定対象としている荷役作業終了後の清掃作業と同様な作業なので、その作業時の粉じん濃度測定の結果について、昭和 57 年に実施した古い測定結果ではあるが、清掃作業に伴う粉じん濃度の実態を知るための参考になると考えて、ここに当時の測定結果を報告する。ただし、当時の測定対象である吸入性粉じんは、分粒特性が現在の「4 μm、50%cut」ではなく、「5 μm、50%cut」であるため、現在とは測定された粉じん濃度が、若干異なっている。

4.2 作業状況

船倉内の荷役作業時の作業状況の内、鉱石専用運搬船の船底でアンローダのグラブバケット付近にスコップを用いて銅精鉱をかき寄せる作業状況を図 4.1 に示す。また、石炭専用運搬船の船底で石炭搬送作業終了後に石炭を箒により掃き寄せる清掃作業状況を図 4.2 に示す。



図 4.1 船倉内で船底の銅精鉱をスコップにてかき寄せる作業の状況



図 4.2 船倉内で船底の石炭を箒により掃き寄せる清掃作業の状況

4.3 測定方法

1) 作業現場の粉じん濃度測定

分粒特性 $5\ \mu\text{m}$ 、50%cut の労研TRダストサンプラーを用いて、作業場所の作業者周辺の粉じん濃度測定を行った。

2) 粉じんばく露濃度測定

分粒特性 $5\ \mu\text{m}$ 、50%cut の労研個人TRダストサンプラーを作業者の胸元に固定し、作業者の粉じんばく露濃度測定を行った。

3) 作業に伴い発生する粉じん濃度の時間的変動状況の測定

デジタル粉じん計 (P-5H型) を測定者が持って、出来るだけ作業の障害にならない程度に作業者の近くで、作業時の発生する粉じん濃度の時間的変動状況測定を行った。この測定は、当時最先端の測定であった。その方法は、デジタル粉じん計の出力端子をテープレコーダーに接続し、粉じん濃度に対応した電気的パルスを手紙に記録する。これを研究室に持ち帰り、コンピューターで処理して、10秒間の積算カウント数を計測して10秒単位で粉じん濃度の時間的変動を求めた。

4.4 作業時の粉じん濃度測定結果

4.4.1 船倉内で掻き落とし、かき寄せ及び清掃作業時の作業環境粉じん濃度

アンローダのグラブバケットによる陸揚げ作業を行っている船倉内の積荷毎の作業環境の粉じん濃度測定結果を表 4.1 に示す。また、労研TRダストサンプラーのろ紙に捕集された粉じん中の遊離けい酸含有率をX線回折直接法で求めた。また、管理濃度Eは、当時の管理濃度を求める式 $E=2.9 / (0.22Q + 1)$ より求めた。

表 4.1 積荷毎の作業環境の粉じん濃度測定結果

荷揚げ物質	粉じん濃度	遊離けい酸	管理濃度	管理濃度越え有無
大豆	4.89 (mg/m ³)	13.3 (%)	0.74 (mg/m ³)	管理濃度越え
石炭 (湿潤状態)	1.46 (mg/m ³)	1.2 (%)	2.29 (mg/m ³)	管理濃度以下
ポーキサイト	6.56 (mg/m ³)	1.9 (%)	2.05 (mg/m ³)	管理濃度越え

表 4.1 より、大豆の場合は、大豆を船倉に搬入する時点で大豆を収穫するときに付着した粉じんが大豆には付着している。そのため、大豆に付着して持ち込まれた粉じんが搬出作業時に大豆から落ちて、船底には多くの粉じんが堆積している。そのため、船底での作業時には粉じんが環境中に飛散するため、作業環境中の遊離けい酸含良率が高くなった。また、作業環境の粉じん濃度は、荷役作業が終盤近くなってから、船底に降りて測定を開始しているので、積荷の掻き落とし作業、スコップや箒で船底の積荷をグラブバケット付近にかき寄せてる作業及び箒により清掃作業が含まれており、本調査の目的である荷役作業終了後の清掃作業だけの作業環境濃度では無い。

4.4.2 船倉内で掻き落とし、かき寄せ及び清掃作業時の作業者の粉じんばく露濃度

アンローダのグラブバケットによる陸揚げ作業を行っている船倉内の積荷毎の作業者の粉じんばく露濃度測定結果を表 4.2 に示す。また、労研個人TRダストサンプラーのろ紙に捕集された粉じん中の遊離けい酸含有率を X 線回折直接法で求めた。また、管理濃度 E は、当時の管理濃度を求める式 $E=2.9 / (0.22Q + 1)$ より求めた。

表 4.2 船倉内の積荷毎の作業者の粉じんばく露濃度測定結果

荷揚げ物質	粉じん濃度	遊離けい酸	管理濃度	管理濃度越え有無
大豆	5.69 (mg/m ³)	8.2 (%)	1.04 (mg/m ³)	管理濃度越え
コーン	18.70 (mg/m ³)	2.3 (%)	1.93 (mg/m ³)	管理濃度越え
ポーキサイト	3.09 (mg/m ³)	1.9 (%)	2.05 (mg/m ³)	管理濃度越え
石炭 (湿潤状態)	1.45 (mg/m ³)	1.7 (%)	2.11 (mg/m ³)	管理濃度以下
銅鉱石 (湿潤状態)	1.21 (mg/m ³)	2.3 (%)	1.93 (mg/m ³)	管理濃度以下

表 4.2 より、コーンの搬出作業の場合は、大豆の作業と同様で、コーンに付着して持ち込まれた粉じんが搬出作業時にコーンから落ちて、船底にたまることで、作業環境中の遊離けい酸含良率が高くなった。また、作業者の粉じんばく露濃度は、荷役作業が終盤近くなってから、船底に降りて、作業者に労研個人TRダストサンプラーを装着した後に測定を開始しているので、積荷の掻き落とし作業、スコップや箒で船底の積み荷をグラブバケット付近にかき寄せてる作業及び箒により清掃作業が含まれており、本調査の目的である荷役作業終了後の清掃作業だけの作業者の粉じんばく露濃度では無い。

表 4.2 より、湿潤状態の石炭及び銅鉱石の搬出作業以外は、管理濃度を超える粉じん濃度に作業者がばく露していた。測定時に船底に堆積した石炭及び銅精鉱を採取し、採取試料中の含水率を求めた結果、石炭は 10.7 (%) で、銅精鉱は 4.1 (%) であった。

4.4.3 船倉内で掻き落とし、かき寄せ及び清掃作業時の作業員周辺の粉じん濃度の時間的変動状況

デジタル粉じん計 (P-5H 型) を測定者が持って、出来るだけ作業の障害にならない程度に作業員近くで粉じん濃度の時間的変動状況測定を行った。

1) ボーキサイトをかき寄せる等の清掃作業時作業員周辺の粉じん濃度の時間的変動状況

船倉内におけるボーキサイトをかき寄せる等の清掃作業時作業員周辺の粉じん濃度の時間的変動状況を図 4.3 に示す。但し、図 4.3 の縦軸の 100 (dust count) は、粉じん濃度に換算すると約 1.5 (mg/m³) の粉じん濃度に相当する。

図 4.3 より、箒により掻き寄せ作業の濃度が著しく高濃度であることから、船倉内の荷役作業終了後の清掃作業も同様に、清掃作業時の作業員の粉じんばく露濃度が高いことが予想される。

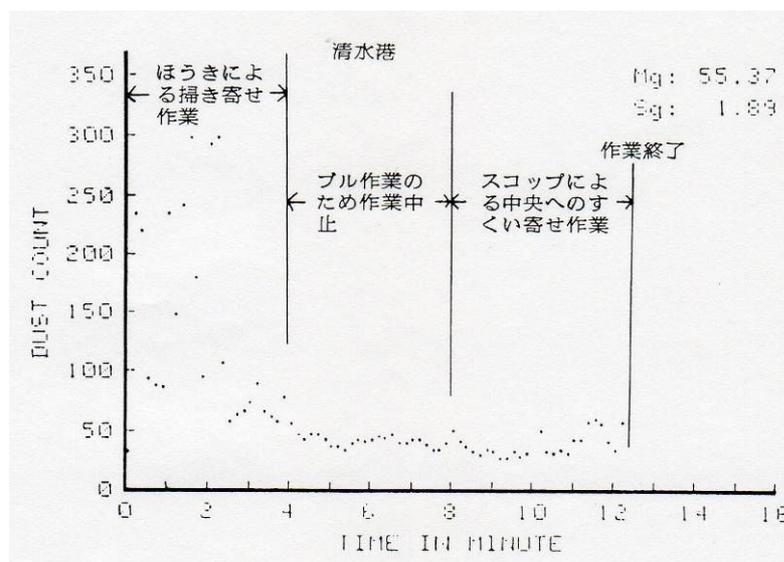


図 4.3 船倉内におけるボーキサイトをかき寄せる等の清掃作業時作業員周辺の粉じん濃度の時間的変動状況

2) 船底の銅精鉱を箒及びスコップでかき寄せる等の作業時、作業環境測定を行っている地点での粉じん濃度の時間的変動状況

船倉内における銅精鉱搬出作業時、船底の銅精鉱を箒及びスコップでかき寄せる等の作業を行っている地点での粉じん濃度の時間的変動状況を図 4.4 に示す。但し、図 4.4 の縦軸の 100 (dust count) は、図 4.3 と同様、粉じん濃度に換算すると約 1.5 (mg/m³) の粉

じん濃度に相当する。

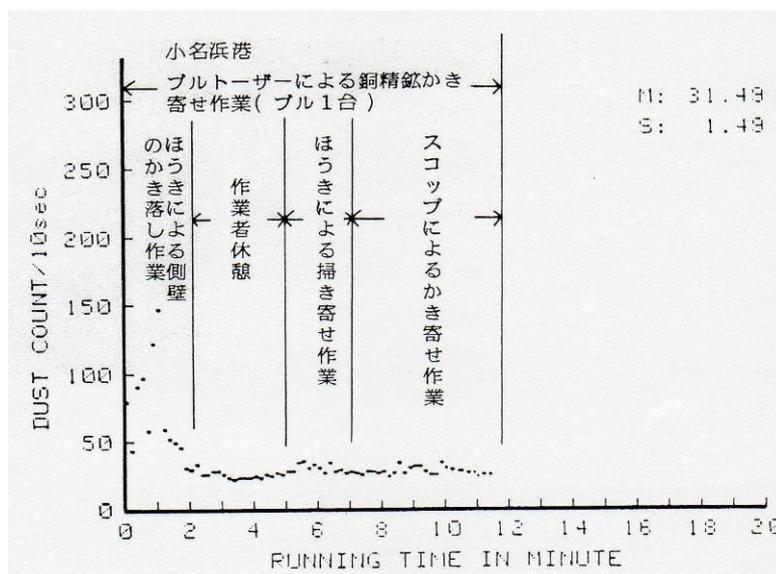


図 4.4 船倉内における銅精鉱搬出作業時、船底の銅精鉱を箒及びスコップでかき寄せ等の作業を行っている地点での粉じん濃度の時間的変動状況

図 4.4 より、ボーキサイトと比べて箒による掃き寄せ作業の濃度は、 $0.75 \text{ (mg/m}^3)$ 以下の濃度であった。これは、銅精鉱が塊状であること、さらに、船底に堆積した銅精鉱粉じん中の含水率が $4.1 \text{ (}\%)$ であり、作業環境中に飛散しにくい状況にあること、また、作業者周辺ではなく作業環境測定を行っている地点での測定のため、作業者周辺に比べて作業に伴い飛散する粉じんが作業環境測定を行っている地点では少なかったことが予想される。

3) 銅精鉱搬出作業時、船底の精鉱を箒及びスコップでかき寄せ等の作業を行う作業者周辺の粉じん濃度の時間的変動状況

船倉内における銅精鉱搬出作業時、船底の精鉱を箒及びスコップでかき寄せ等の作業を行う作業者周辺の粉じん濃度の時間的変動状況を図 4.5 に示す。但し、図 4.5 の縦軸の 100 (dust count) は、図 4.3 と同様、粉じん濃度に換算すると約 $1.5 \text{ (mg/m}^3)$ の粉じん濃度に相当する。

図 4.5 より、作業者周辺の粉じん濃度測定であるが、箒により掃き寄せ作業は、 $0.75 \text{ (mg/m}^3)$ 以下の濃度であった。これは、銅精鉱が $4.1 \text{ (}\%)$ の水分を含んだたい積粉じんであったこと及び銅精鉱そのものが塊状の鉱石であるため、船底に堆積した粉じんに占める吸入性粉じんが少なかったことが予想され、総合的に判断して粉じんが作業環境中に飛散することが考えにくい状況にも関わらず、 $0.75 \text{ (mg/m}^3)$ 以下の濃度ではあるが、粉じんが作業環境中に飛散していることは作業者に対して何らかの防じん対策を行う必要の有ることを示唆していると考えられる。

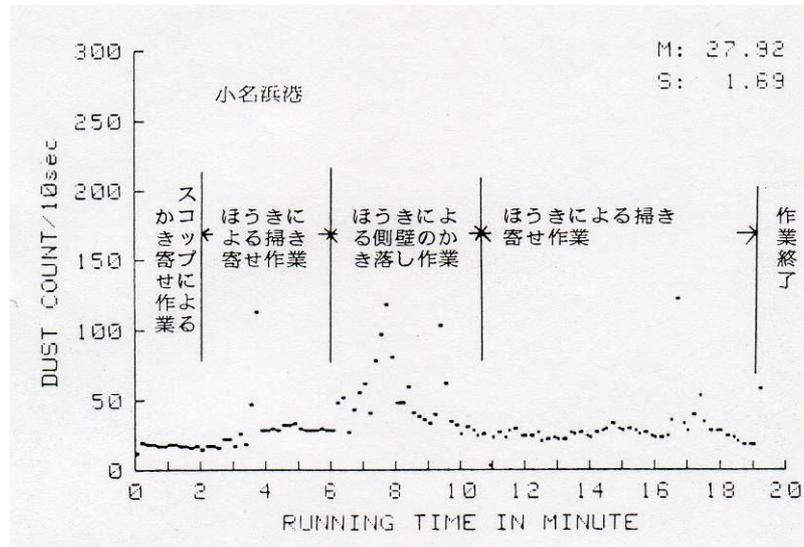


図 4.5 船倉内における銅精鉱搬出作業時、船底の銅精鉱を箒及びスコップでかき寄せる等の作業を行う作業員周辺の粉じん濃度の時間的変動状況

4.5 まとめ

粉じん濃度測定結果は、船倉内での荷役作業工程の後半部分に行う、スコップや箒で船底の積み荷をグラブバケット付近にかき寄せてる作業時の粉じん濃度測定で、調査対象である荷役作業後の清掃作業ではないが、作業工程に荷役作業終了後の清掃作業と同様な作業が行われており、この結果から、清掃作業により作業員は、高濃度の粉じんにはく露する可能性が示唆され、防じんマスクの着用が必要な作業と考えられる。

5 .流量低下が慣性衝突型個人粉じん計 NWPS-254 の吸入性粉じん濃度測定に与える影響

5.1 目的

作業環境測定や個人ばく露濃度測定を実施する際は、サンプラーを用いて吸入性粉じんの濃度を測定しなければならない。慣性衝突式分粒装置を用いたサンプラーにより測定を行なう場合は、ポンプの吸引流量を決められた一定の値に保つ必要がある。なぜなら、吸引流量が変化すると、粒子の持つ慣性力が変化し、慣性衝突式分粒装置の分粒特性が変わってしまうからである。そのため、作業環境測定でよく用いられる慣性衝突型粉じん計 NWPS-354 においては、面積流量計が付属したポンプを用い、吸引流量を視覚的に確認している。また吸引流量が変化しても、適宜修正することができる。

一方、個人ばく露濃度や作業者のばく露濃度に用いられる個人サンプラーのポンプには、面積流量計が付属しておらず、また作業者に取り付けってしまうため、作業中の吸引流量の修正が難しい。そのため、ろ紙上に大量の粉じんが捕集される測定を行なった場合、圧力損失の増加により吸引流量が低下し、吸入性粉じん濃度測定を正確に行うことができない危険性が考えられる。しかし、その正確性の判断基準に関しては何も提示されていないのが現状である。

そこで本研究では、現行の慣性衝突型個人ばく露濃度粉じん計 NWPS-254（以下、NWPS-254 と略す）において、吸引流量が低下した際の、流量低下と吸入性粉じん濃度測定結果の関係性の検証を行ない、どの程度の流量低下であれば吸入性粉じん濃度測定として許容できるかという判断基準を作成した。

NWPS-254 における慣性衝突式分粒装置等の内部構造の概略図を図 5.1 に示す。

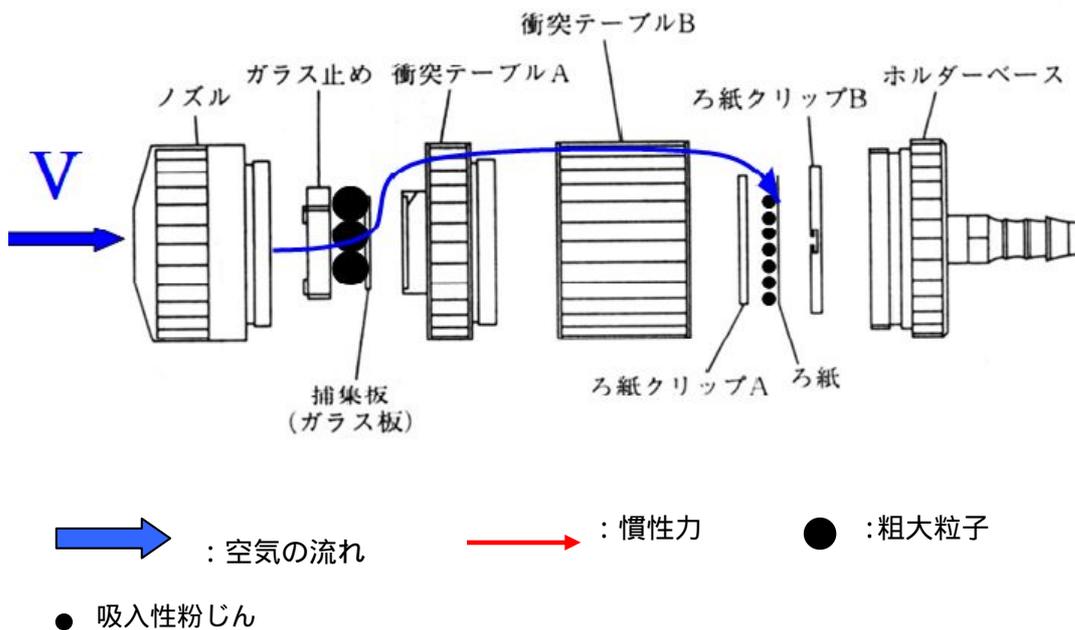


図 5.1 NWPS-254 の内部構造の概略図

5.2 相対濃度計 LD-5 及び LD-3K2 の器差確認実験

5.2.1 概要

主実験を行なう前に、実験装置であるダストチャンバー内の粉じん濃度が均一であることを確認するために使用する相対濃度計の器差を確認するための実験を行った。

5.2.2 実験方法

粉じんを発じんさせていない通常の部屋の中で、LD-5 を 2 台、LD-3K2 を 1 台用意し、図 5.2 に示すように横並びに配置した。これら 3 台を 30 分間並行測定し、カウント数を比較することで、器差の確認を行った。



図 5.2 器差確認実験の実験風景

5.2.3 実験結果

10 回分の実験結果を表 5.1 に示す。

表 5.1 器差確認実験の結果[COUNT]

機器名	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
LD-5 No.1	1137	1464	1416	2763	2763
LD-5 No.2	943	1281	1315	2778	2714
LD-3K2	1032	1512	1483	2921	2947

機器名	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
LD-5 No.1	640	471	395	342	321
LD-5 No.2	655	499	409	353	331
LD-3K2	596	490	403	374	395

次に、“LD-5 No.2”を基準器として、各機器とのカウント比をとった結果を表 5.2 に示す。カウント比は式 4.1 により求めた。

カウント比 = LD-5No.1 及び LD-3K2 のカウント数 / 基準器のカウント数 (式 4.1)

表 5.2 基準器と各機器とのカウント比

機器名	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
LD-5 No.1	1.21	1.14	1.08	0.99	1.02
LD-3K2	1.09	1.18	1.13	1.05	1.09

機器名	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
LD-5 No.1	0.98	0.94	0.97	0.97	0.97
LD-3K2	0.91	0.98	0.99	1.06	1.19

表 5.2 の結果より、実験 10 回分のカウント比の平均値を求め、その逆数を取り補正係数を求めた。計算式は式 4.2 に、カウント比の平均値と補正係数の結果を表 5.3 に示す。

$$\text{補正係数} = 1 / \text{カウント比の平均値} \quad (\text{式 4.2})$$

表 5.3 カウント比の平均値と補正係数

機器名	カウント比の平均値	補正係数
LD-5 No.1	1.03	0.97
LD-3K2	1.07	0.94

5.3 ダストチャンバー内における測定台上の濃度均一性確認実験

5.3.1 概要

本章の主実験では、ダストチャンバー内の測定台上で実験を行うため、発じんした粉じんが測定台上で均等に拡散しているかどうかを確認した。

5.3.2 実験方法 ダストチャンバー内に設置した測定台上に LD-5 を 2 台、LD-3K2 を 1 台横並びに配置する。入口付近からチャンバー内に向かってインピンジャーにより粉じんを発じんさせて、3 台の相対濃度計を並行測定する。ダストチャンバー内の概略図を図 5.3 に、実験風景を図 5.4 に示す。

30 分間の測定結果のカウント数に、4.2 で求めた補正係数を乗じた補正後カウント数の値を比較する。各機器の補正後カウント数の基準器との誤差が $\pm 10\%$ 以内であれば、発じんした粉じんが測定台上に均等に拡散していると判断する。この実験を 10 回行ない、1 回の実験につき、3 台の相対濃度計の位置を 1 つずつ横にずらし、ローテーションした。

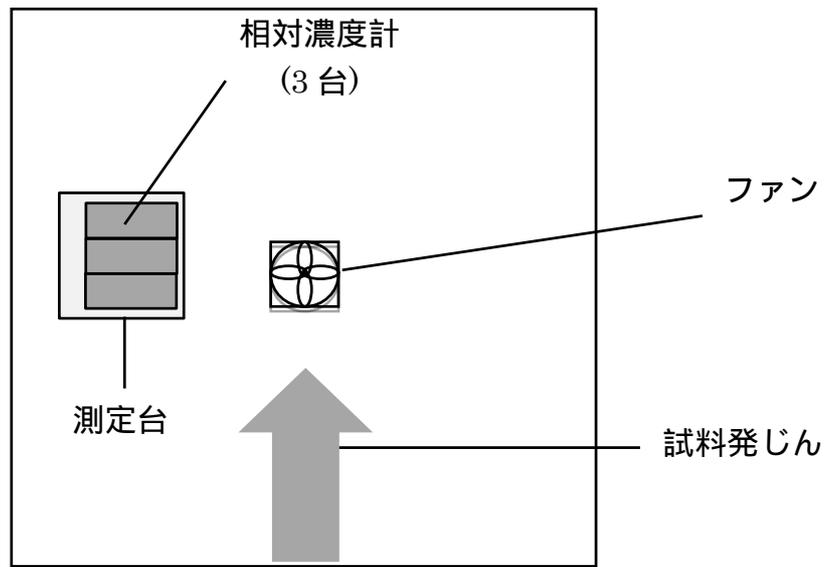


図 5.3 ダストチャンバー内の概略図(1.4[m] × 1.4[m] × 高さ 3.0[m])



図 5.4 濃度均一性確認実験の実験風景

5.3.3 実験結果

10 回分のカウント数の測定結果を表 5.4 に示す。また、表 5.4 の測定結果に補正係数を乗じた値及びその相対標準偏差(以下、R.S.D.)を表 4.5 に示す。

表 5.4 10 回分の測定結果[COUNT]

機器名	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
LD-5 No.1	31384	21269	25628	36558	55625
LD-5 No.2	31431	22304	25235	36594	55424
LD-3K2	32108	22875	25849	36824	55886

機器名	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
LD-5 No.1	28499	29673	37684	17545	54902
LD-5 No.2	28483	29627	37621	17238	55041
LD-3K2	29139	30316	38304	17373	55877

表 5.5 補正後カウント数の結果[COUNT]

機器名	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
LD-5 No.1	32222	21837	26312	37534	57110
LD-5 No.2	31431	22304	25235	36594	55424
LD-3K2	34267	24413	27587	39300	59644
R.S.D.[%]	1.9	3.2	1.8	2.5	2.4

機器名	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
LD-5 No.1	29260	30465	38690	18013	56367
LD-5 No.2	28483	29627	37621	17238	55041
LD-3K2	31098	32354	40879	18541	59634
R.S.D.[%]	1.9	1.8	2.0	2.6	2.2

式 4.3 を用いて、表 5.5 の値から誤差を算出した結果を表 5.6 に示す。

$$\text{誤差}(\%) = \frac{\text{補正後カウント数} - \text{基準器の補正後カウント数}}{\text{基準器の補正後カウント数}} \quad (\text{式 4.3})$$

表 5.6 誤差の算出結果[%]

機器名	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
LD-5 No.1	3.1	7.4	1.4	3.0	2.6
LD-3K2	4.5	4.1	4.3	6.0	5.8

機器名	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
LD-5 No.1	2.9	2.8	2.8	1.2	3.2
LD-3K2	4.4	4.4	4.8	5.8	5.1

表 5.5 の結果より、3 台の相対濃度計の R.S.D. は 10 回分全てが 5[%] 以下となった。また、表 5.6 の結果より、誤差の値は全て 10[%] 以下となった。以上のことから、測定台上に粉じんは均一に拡散していると考えられる。

5.4 流量低下が慣性衝突式分粒装置の分粒特性に与える影響

5.4.1 流量低下時の粉じん濃度測定

5.4.1(a) 概要

流量低下によって、吸入性粉じん濃度測定の結果にどのような影響を与えるかを検証した。

5.4.1(b) 実験方法

図 5.5 に示すようなダストチャンバー内に測定台を設置し、その上に NWPS-254 とポンプ(MP- 3)を 3 台セットした。そして、各 NWPS-254 の吸引流量を 2.5[L/min]、2.4[L/min]、2.3[L/min] に(各 NWPS-254 は順に、No.1、No.2、No.3 と称する)設定する。これは、NWPS-254 が吸引流量を 2.5[L/min] に調整することで、吸入性粉じん(4 μ m、50%cut)を捕集することができるようになっているため、他の 2 台を 2.4[L/min] 及び 2.3[L/min] に設定することで、流量低下を再現したものである。

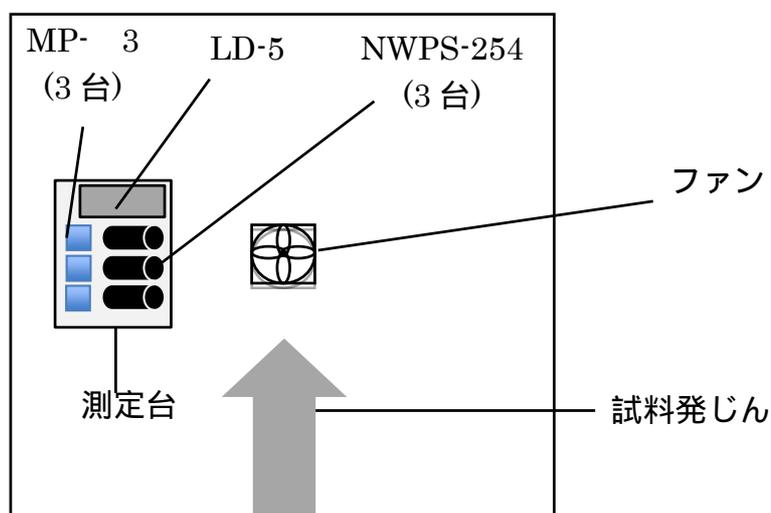


図 5.5 ダストチャンバー概略図

入口付近からチャンバー内に向かってインピンジャーにより粉じんを発じんさせ、3 台の NWPS-254 を 30 分間併行測定し、各機器の測定濃度の値を比較した。なお、本実験では粉じん試料として、タルクと砕石試料を用いた。砕石試料とは実際の砕石現場で発生した粉じんを集めた試料のことで、以降砕石試料と記載する。タルクと砕石試料の粒度分布測定結果を図 5.6 に示す。

また、吸入性粉じんの測定として許容できるか否かの判断基準として、国際規格の分粒装置に対する質量濃度等価試験に係る評価基準を用いた。そこには「回帰式の傾きが 0.9 か

ら 1.1 の範囲内にあること」と記載されている。そのため本実験では、基準器となる No.1 の NWPS-254 の質量濃度測定結果に対する、No.2 及び No.3 の質量濃度測定結果の比が、それぞれ 0.9 から 1.1 の範囲内にあれば、吸入性粉じんの測定として許容できることとした。なお、比を算出する際は式 4.4 を用いた。

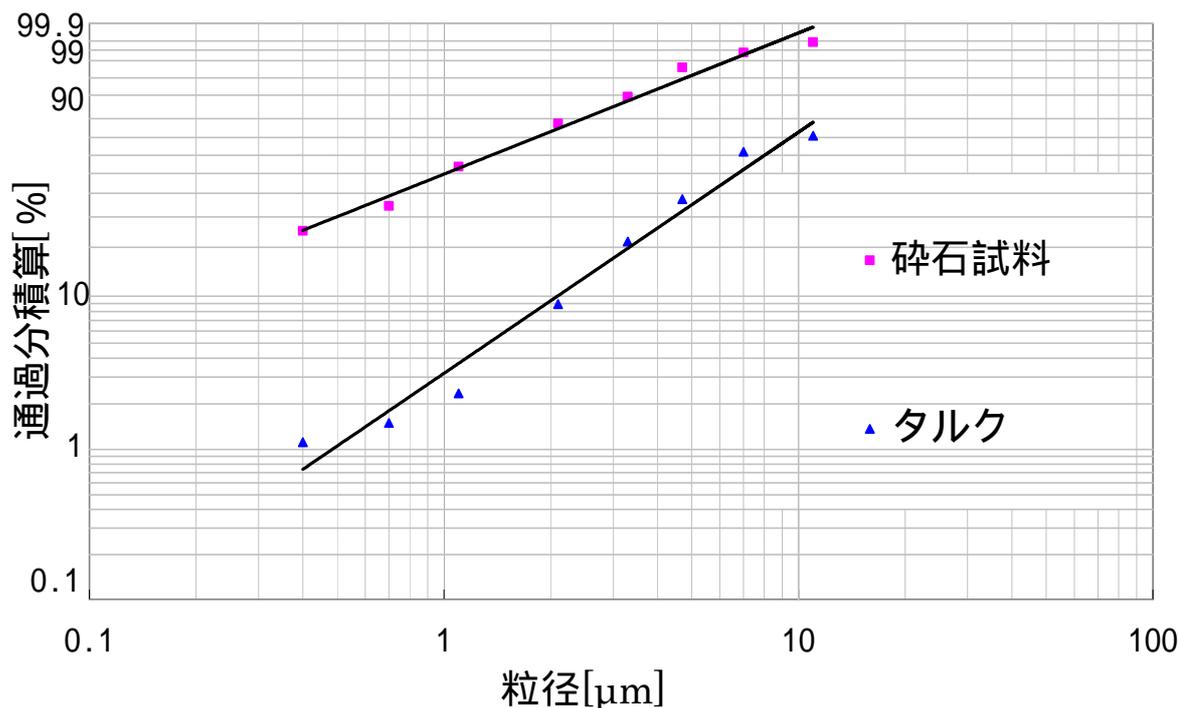


図 5.6 Rosin-Rammler 線図

比 = No.2、No.3 の質量濃度 (mg / m 3) / No.1 の質量濃度 (mg / m 3) (式 4.4)

5.4.1(c) 実験結果

10 回分のタルクの結果の 1 例として 1 回目の結果を表 5.7 に、砕石試料の 1 例として 1 回目の結果を表 5.8 にそれぞれ示す。

表 5.7 タルクの実験結果(1 回目)

NWPS-254	捕集量 [mg]	質量濃度 [mg/m ³]	比
No.1(基準器)	0.39	5.2	1.00
No.2(2.4[L/min])	0.41	5.7	1.10
No.3(2.3[L/min])	0.41	5.9	1.14
LD-5	カウント数 [COUNT]	相対濃度 [cpm]	K 値[mg/m ³ /cpm]
	43930	1464	0.0036

表 5.8 砕石試料の実験結果(1 回目)

NWPS-254	捕集量 [mg]	質量濃度 [mg/m ³]	比
No.1(基準器)	0.58	7.7	1.00
No.2(2.4[L/min])	0.60	8.3	1.08
No.3(2.3[L/min])	0.61	8.8	1.14
LD-5	カウント数 [COUNT]	相対濃度 [cpm]	K 値 [mg/m ³ /cpm]
	103244	3441	0.0022

タルク及び砕石試料の 10 回の測定結果をそれぞれまとめたグラフを図 5.7 と図 5.8 にそれぞれ示す。2 本の赤線(比が 0.9 と 1.1 となる直線)の範囲内であれば吸入性粉じん濃度の測定として許容することができる。

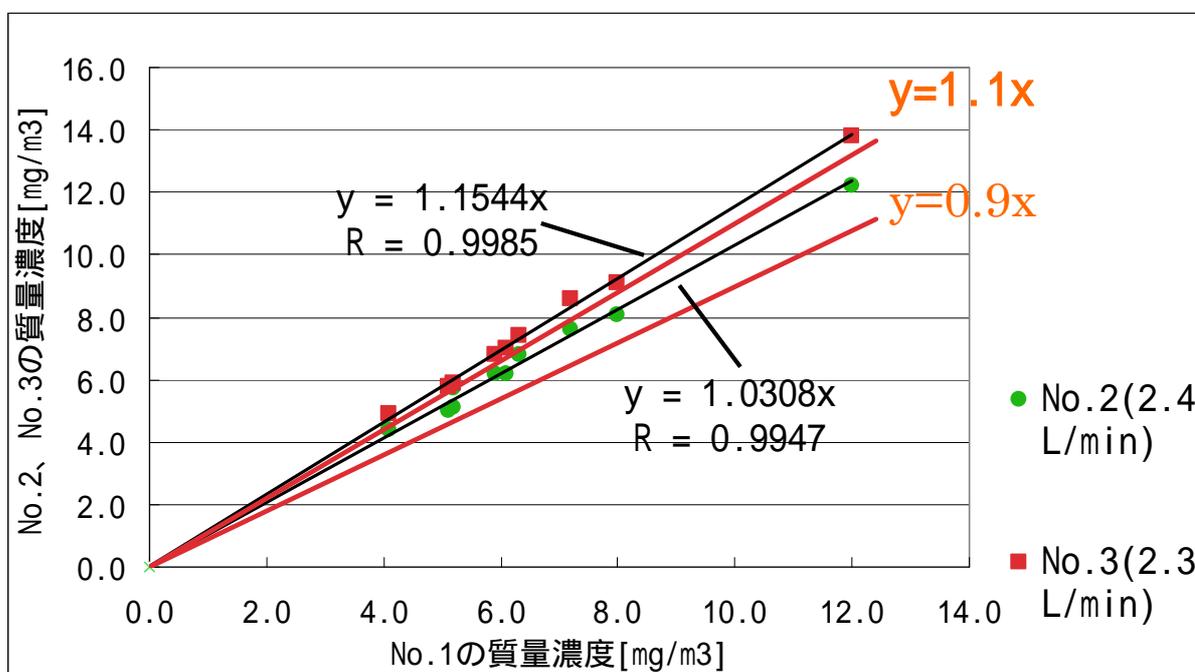


図 5.7 タルクの実験結果(10 回分)

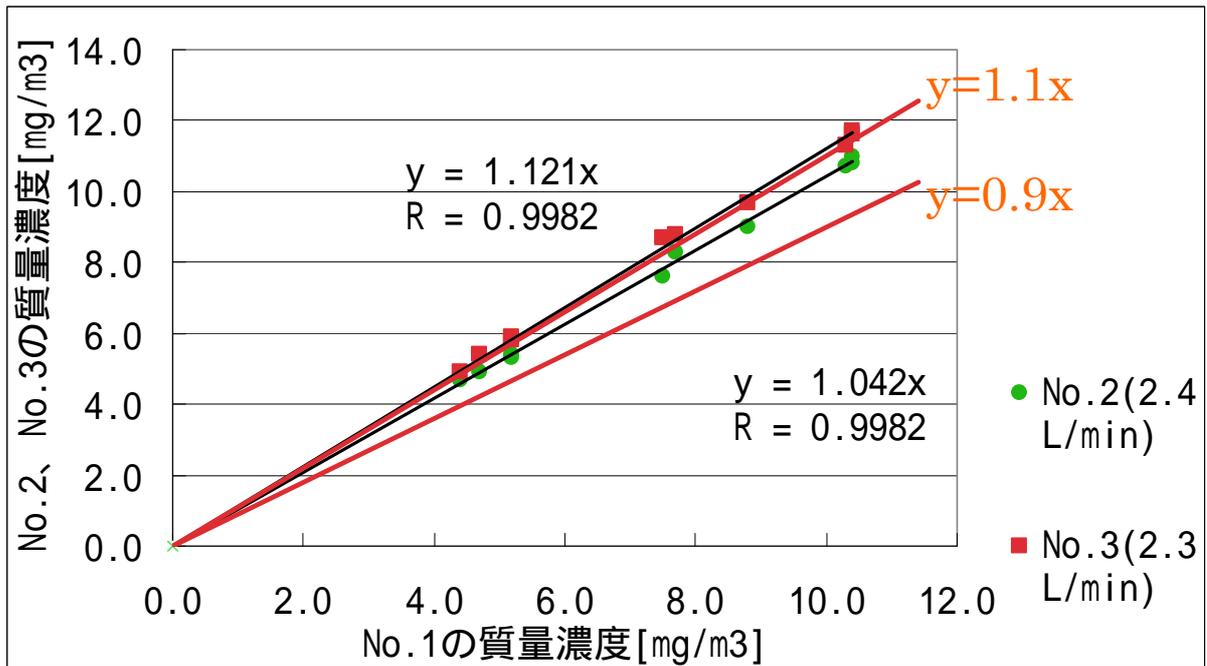


図 5.8 砕石試料の実験結果(10 回分)

タルク、砕石試料の結果共に、吸引流量が 2.4[L/min]であれば、比は 0.9 から 1.1 の範囲内であることが分かる。一方、吸引流量が 2.3[L/min]にまで低下すると、比は 0.9 から 1.1 の範囲外になった。以上のことから、2.4[L/min]までの流量低下であれば、吸入性粉じん濃度測定として許容できる結果となっていることが分かる。

また、流量が低下するにつれて、比の値が 1.0 から増えている結果となった。これは流量低下によって粒子の慣性力が弱まり、本来衝突板に捕集されるべき粒子が、衝突板を通過し、ろ紙に捕集されたためだと考えることができる。

2 つの試料の比較をすると、タルクの結果より、砕石試料の比の値が 1 に近い値となっている。これは、図 5.6 の粒度分布測定結果より分かるように、砕石試料の方が細かい粒子が大きく、流量低下によって慣性力が低下する粒子の量が少なかったためだと考えられる。

5.4.2 衝突板上に捕集された粉じん量の測定

5.4.2(a) 概要

5.4.1 より、2.5[L/min]から吸引流量が低下するにつれて、衝突板に捕集される粒子の量が減ったために、比の値が 1.0 から増えたと考察できる。この考察の正否を確認するために、衝突板に捕集された粒子の量を測定し、流量低下との関係性を検証した。

5.4.2(b) 実験方法

5.4.1(b)と同じように実験を行なった。ただし、粉じん量を測る際には、ろ紙だけでなく衝突板の質量も計量し、ろ紙上の粉じん及び衝突板上の粉じん量を測定した。結果は、式

5.5 に示すような吸入性粉じん量比で表す。なお、実験は碎石試料を使用し、4 回行った。

$$\text{吸入性粉じん量の割合} = \frac{\text{ろ紙上の粉じん量(mg)}}{\text{ろ紙} + \text{衝突板上の粉じん量(mg)}} \quad (\text{式 4.5})$$

5.4.2(c) 実験結果

4 回分の実験結果を表 5.9～表 5.12

に示す。また、吸入性粉じん量割合をまとめた結果を図 5.9 に示す。

表 5.9 衝突板上に捕集された粉じん量の測定結果(1 回目)

流量[L/min]	ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合
2.5	0.35	1.00	0.26
2.4	0.35	0.95	0.27
2.3	0.37	0.89	0.29

表 5.10 衝突板上に捕集された粉じん量の測定結果(2 回目)

流量[L/min]	ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合
2.5	0.78	1.69	0.32
2.4	0.78	1.59	0.33
2.3	0.80	1.47	0.35

表 5.11 衝突板上に捕集された粉じん量の測定結果(3 回目)

流量[L/min]	ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合
2.5	0.77	1.78	0.30
2.4	0.77	1.74	0.31
2.3	0.78	1.65	0.32

表 5.12 衝突板上に捕集された粉じん量の測定結果(4 回目)

流量[L/min]	ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合
2.5	0.78	1.98	0.28
2.4	0.78	1.88	0.29
2.3	0.81	1.73	0.32

吸入性粉じん量割合

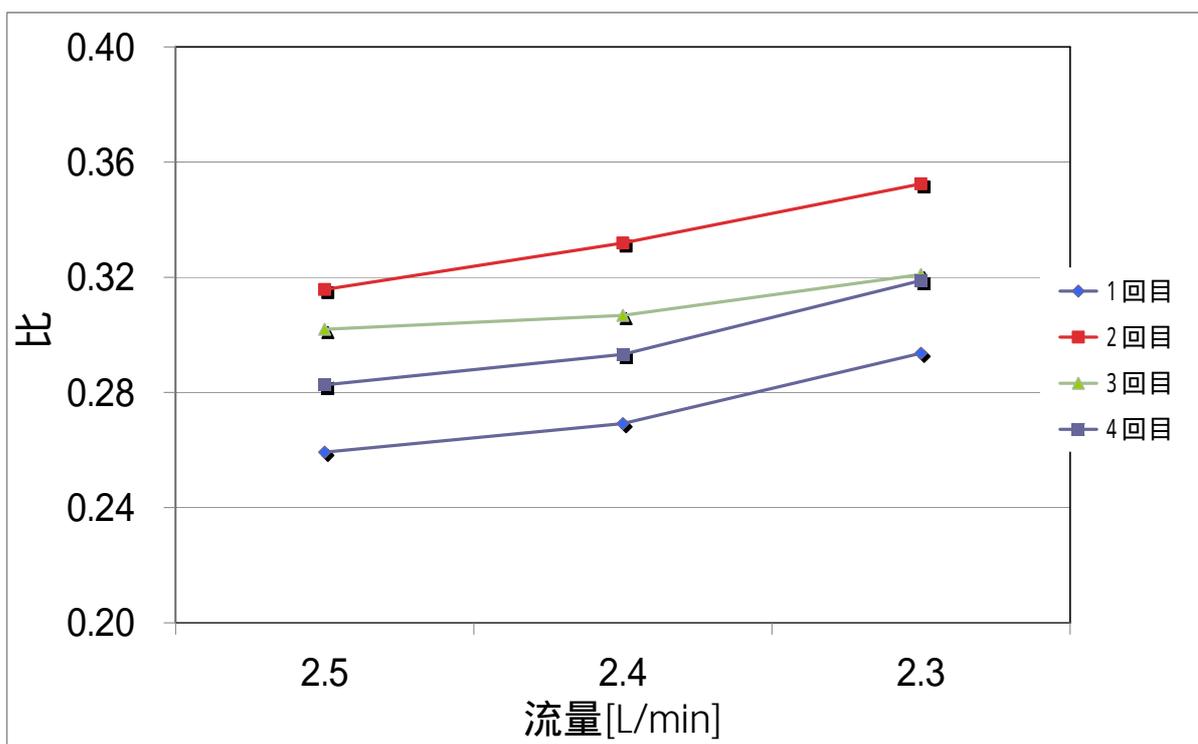


図 5.9 吸入性粉じん量割合の結果(4 回分)

表 5.9～表 5.12 及び図 5.9 より、流量の低下につれて、ろ紙上の粉じん量が増加し、衝突板上の粉じん量が減少していることが分かる。しかし、吸引流量が 2.4[L/min]の場合、ろ紙上に捕集された粉じん量は、2.5[L/min]の場合にろ紙上に捕集された粉じん量と同じであることから、総粉じん捕集量に占める吸入性粉じんの割合は増加しているが、流量低下により慣性力が低下し、吸引流量が 2.4[L/min]であれば、吸入性粉じんの濃度に影響したことが明らかとなった。

5.5 正確な吸入性粉じん測定を行うための NWPS-254 型個人サンプラーの判断基準

5.5.1 改良型 MP-3 型吸引ポンプ使用における実験

5.5.1(a) 概要

25 年度は、個人ばく露濃度測定時に正確に吸入性粉じんを測定していると判断基準を「高濃度の粉じんを取り扱う作業場や長時間の測定においては、測定終了後に総吸引量を測定時間で割った吸引流量を確認し、その結果が 2.4[L/min]を下回っている場合は、測定結果を破棄するという基準を設けるべきである」と提案した。しかし 25 年度の提案だと図 4.10 に示す 2 事例のように測定終了後 2.4[L/min]を下回っていなくても、測定の途中 2.4[L/min]を下回っていることが考えられる。つまり、25 年度の提案では、2.4[L/min]を下回っている場合は、測定結果を破棄する」は、正しい判断基準ではあるが、逆に、最終流量が 2.4[L/min]を上回っていた場合、正確に吸入性粉じんを測定しているかということ、それは、図 5.10 で

示したように正しい判断基準であるとは言えない。そこで、26年度は、個人ばく露濃度測定中に2.4[L/min]を下回った時に、NWPS-254型個人サンプラー（以下、NWPS-254と略す）の測定に用いるMP-3型吸引ポンプ（柴田科学社製）自体が停止する様な改良型MP-3吸引ポンプをメーカーと共同で改良を行った。MP-3型吸引ポンプ改良のポイントは、MP-3型吸引ポンプを異常停止する流量誤差（設定流量と瞬間流量表示の誤差）の閾値を $\pm 20\%$ 以上から $\pm 4\%$ 以上と成るように改良した。また、流量誤差が閾値以上になり、MP-3型吸引ポンプが停止するまでの時間を60秒から5秒に改良した点である。

開発した改良型MP-3吸引ポンプを用いて個人ばく露濃度測定を行なえば、正確な吸入性粉じん濃度測定を行うことが可能となると考え、開発したポンプの評価を行うことを目的に実験した。改良型MP-3吸引ポンプの外観図を図5.11に示す。

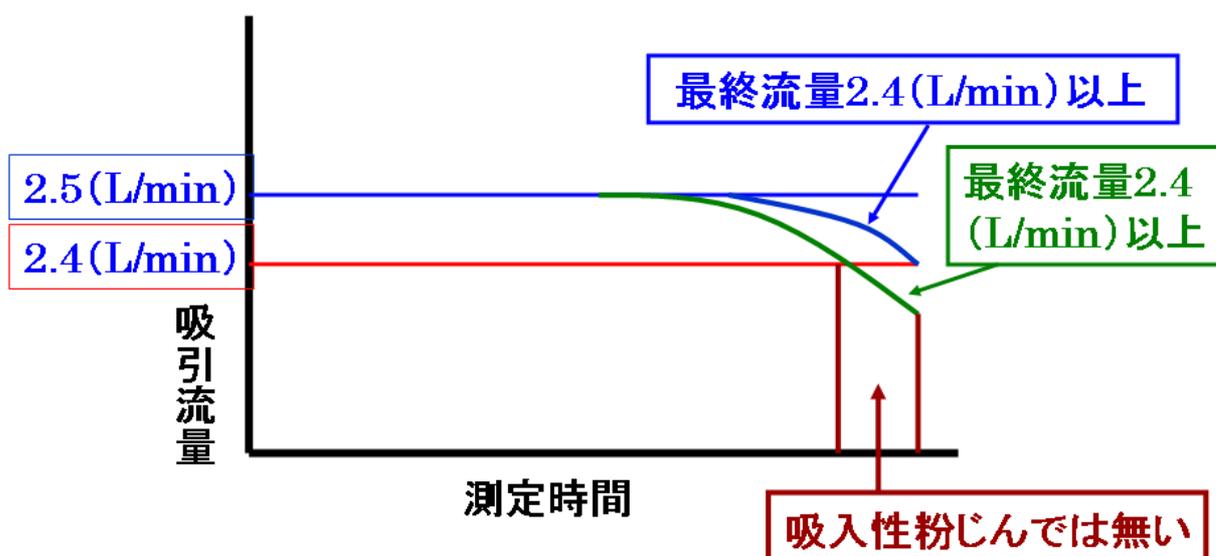


図 5.10 吸引流量と吸入性粉じんの関係



図 5.11 改良型MP-3吸引ポンプの外観図

5.5.1(b) 実験方法

実験方法に関しては 5.4.1(b)と変わらないが、今回は改良型 PM- 3 吸引ポンプ、NWPS-254 それぞれ 1 台を使用して実験を行った。実験に使用した試料はアリゾナロードダスト、碎石試料の 2 種類である。

5.5.1(c) 実験結果

3 回分の実験結果を表 5.13 ~ 5.18 に示す。

表 5.13 改良型 MP- 3 吸引ポンプによるアリゾナロードダストの測定結果(1 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
10.50	11.41	0.48	98

表 5.14 改良型 MP- 3 吸引ポンプによるアリゾナロードダストの測定結果(2 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
11.14	14.69	0.43	119

表 5.15 改良型 MP- 3 吸引ポンプによるアリゾナロードダストの測定結果(3 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
10.90	13.32	0.45	120

表 5.16 改良型 MP- 3 吸引ポンプによる碎石試料の測定結果(1 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
10.45	17.47	0.37	110

表 5.17 改良型 MP- 3 吸引ポンプによる碎石試料の測定結果(2 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
10.21	21.99	0.36	69

表 5.18 改良型 MP- 3 吸引ポンプによる碎石試料の測定結果(3 回目)

ろ紙上 粉じん量[mg]	衝突板上 粉じん量[mg]	吸入性 粉じん量割合	測定時間 [min]
10.47	15.46	0.40	147

25 年度アリゾナロードダストを用いてろ紙上の粉じん捕集量の増加が流量低下に与える影響について実験した結果のグラフを図 5.12 に示す。図 5.12 より、捕集量の増加に対して、流量は 2 次関数的に低下していくような結果となった。つまり、流量が 2.4[L/min]にまで低下するのは、ろ紙上の粉じん捕集量が 10[mg]程度にまで増加したときであることが分かっている。

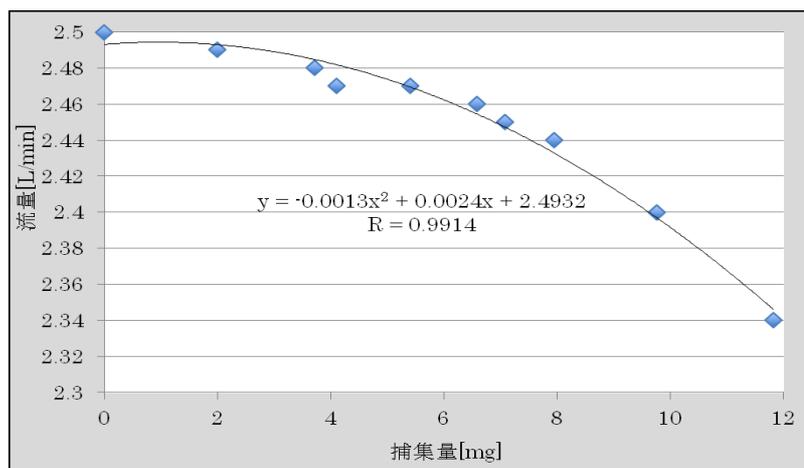


図 5.12 粉じん捕集量と通過前流量の関係

そこで、表 5.13 から表 5.18 より、改良型 PM-3 吸引ポンプが、吸引流量 2.4[L/min]に流量低下して停止したときの時間は 69~147 分とバラバラであるが、ろ紙上の粉じん捕集量は、10.21~11.14mg で、10mg を超える程度で吸引を停止している。このことから、改良型 PM-3 吸引ポンプは、吸引流量が 2.4[L/min]低下になると停止することが明らかとなった。

5.6 まとめ

吸引流量低下が吸入性粉じん濃度測定に与える影響に関して、25 年度及び 4.4.1 の結果より、アリゾナロードダスト、JIS 試験用粉体 1,2 種、タルク及び砕石粉じんの 4 試料において NWPS-254 における流量低下は、2.4[L/min]までであれば吸入性粉じんの測定として許容することが確認できた。

捕集量と流量低下の関係に関して、4.5 の結果より、アリゾナロードダストと砕石試料で実験を行なった際は、捕集量が 10[mg]程度にまで増加すると、吸引流量は 2.4[L/min]にまで低下する結果となった。ただし、粉じんの比重や粒度分布、飛散状況によって、この値は変動する可能性がある。そのため、捕集量と流量低下に関する関係は、参考程度に留めておく必要があると考えられる。また、直接的に吸入性粉じん濃度測定に影響を及ぼすのは吸引流量であるため、主眼を置くべきは吸引流量である。

そのため、ある程度の量の粉じんを捕集できる作業場では、吸引流量が 2.4[L/min]を下回る危険性があることに留意して測定を行なわなければならない。その事を考慮して、26

年度は、個人ばく露濃度測定中に 2.4[L/min]を下回った時に、NWPS-254 の測定に用いる MP- 3 型吸引ポンプ（柴田科学社製）自体が停止する改良型 MP- 3 吸引ポンプをメーカーと共同で開発を行った。

そこで、NWPS-254 を用いて正確にばく露濃度測定を行うための判断基準は、下記の通りである。

1) 改良型 PM- 3 吸引ポンプを用いてばく露濃度測定を行う場合

吸引流量が 2.4[L/min]以下になると 10 秒以内で自動的に吸引を停止するので、それまでの総吸引流量で採取粉じん量を割ることで、正確な吸入性粉じん濃度を測定することが可能である。

2) 通常の PM- 3 吸引ポンプを用いてばく露濃度測定を行う場合

次の 2 種類の判断基準がある。

測定終了後、PM- 3 吸引ポンプによる総吸引流量を測定時間で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以下であった時は、正確な吸入性粉じん濃度測定が行われていないので、測定結果を破棄する。

測定終了後、PM- 3 吸引ポンプによる総吸引流量を測定時間で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以上であった時は、直ちに、PM- 3 吸引ポンプを 3 分間作動させ、その 3 分間作動時の総吸引流量を 3 分で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以上であった時は正確な吸入性粉じん濃度測定が出来たと判断する。逆に、PM- 3 吸引ポンプを 3 分間作動させ、その 3 分間作動時の総吸引流量を 3 分で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以下であった時は正確な吸入性粉じん濃度測定が出来ていないと判断して、測定結果を破棄する。

6 . 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

6.1 屋内排気型外付け式フードの換気効果に関する基礎的研究

6.1.1 目的

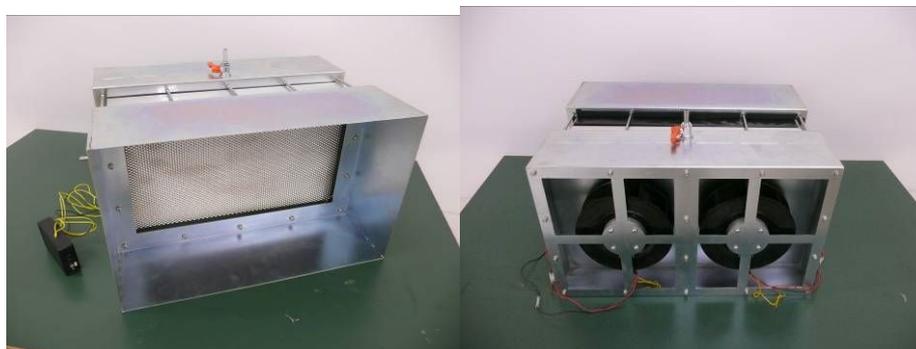
有害物質が発生する工場等の作業環境では、作業者の健康と安全を守るために厚生労働省令で定められた作業場に、局所排気装置等の設置が義務付けられている。近年、有機溶剤中毒予防規則、特定化学物質障害予防規則、鉛中毒予防規則においては省令が一部改正され、そのような作業場において、作業者の安全が確保され、作業場が第一管理区分に区分され、かつ所轄労働基準監督署長からの許可を得た場合には特例として、定められていた措置以外の措置を取っても良いこととなった。つまり、作業環境が良好であれば、定められていた制御風速以下で装置を運用することが可能となり、エネルギーコストの削減に繋がる。さらに従来の屋外排気を屋内排気にすれば、装置の小型化によって大幅な設備費の削減が期待できる。

そこで、本研究では現在上記の特例許可が適用されない粉じん作業の場合について、制御風速以下で作業環境を良好に保つことができるかどうかを検証するため、集じんフィルターを内蔵した屋内排気型の側方吸引型外付け式フード（以下、屋内排気型外付け式フード）を用いて、実験室内で発煙装置からの煙粒子に対する漏洩濃度、ばく露濃度および捕捉点風速を測定した。さらに、従来の屋外排気を屋内排気にすることが可能かどうかを検証するため、フィルター通過後の濃度も測定した。

6.1.2 装置および実験方法

6.1.2.a 屋内排気型外付け式フード

屋内排気型外付け式フード（開口面サイズ 縦 300mm × 横 500mm）を作製した。屋内排気型外付け式フードの外観図を図 6.1 に示す。これは、遠心ファン（山洋電気株式会社製 SanAce C175）を 2 台内蔵し、ファンとフードの間にパイロスクリーン（布引製作所社製）0.3 μm を 99.97% 捕集できる HEPA フィルター（Panasonic 社製 AIR FILTER）を挿入してある。ファンの排気風量はコントローラーで調節が可能である。



正面図

背面図

図 6.1 屋内排気型外付け式フードの外観図

6.1.2 b 実験装置

本研究では、横風がない場合と横風がある場合に分けて漏洩濃度とばく露濃度の測定を行った。図 6.2 に実験の外観を示す。作業台上に屋内排気型外付け式フードを設置し、作業者に見立てたマネキン（サイズ:肩幅 430mm、身長 1800mm）の口元付近が作業台上から 500mm の高さになるように設置した。発生源には 2.0mm×ピッチ 3.5mm のパンチングを上面に張った発生 BOX（サイズ 縦 200mm×横 300mm×高さ 100mm）を、フード開口面から 450mm 離れた作業台上に置き、煙発生装置（日本カノマックス株式会社製 Model8304）からの煙を発生 BOX 上面から 30L/min で発煙した。また、横風の発生にはプッシュフード（興研株式会社製 PS-21H）を用い、一様な風速の気流を発生させた。

図 6.3 に測定点の位置と実験装置の各寸法を示す。漏洩濃度とばく露濃度の測定点は、フード開口面の周囲の漏洩濃度測定点、フィルター通過後の屋内排気濃度確認のための測定点、作業者に見立てたマネキン周辺の漏洩濃度測定点、および呼吸域のばく露濃度測定点とし、測定にはデジタル粉じん計 LD-6N を用いた。なお、予備実験として煙粒子の質量濃度変換係数を求める実験を行った結果、平均（n=3）で質量濃度変換係数は $1.64 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3/\text{cpm}$ であった。



図 6.2 実験の外観図

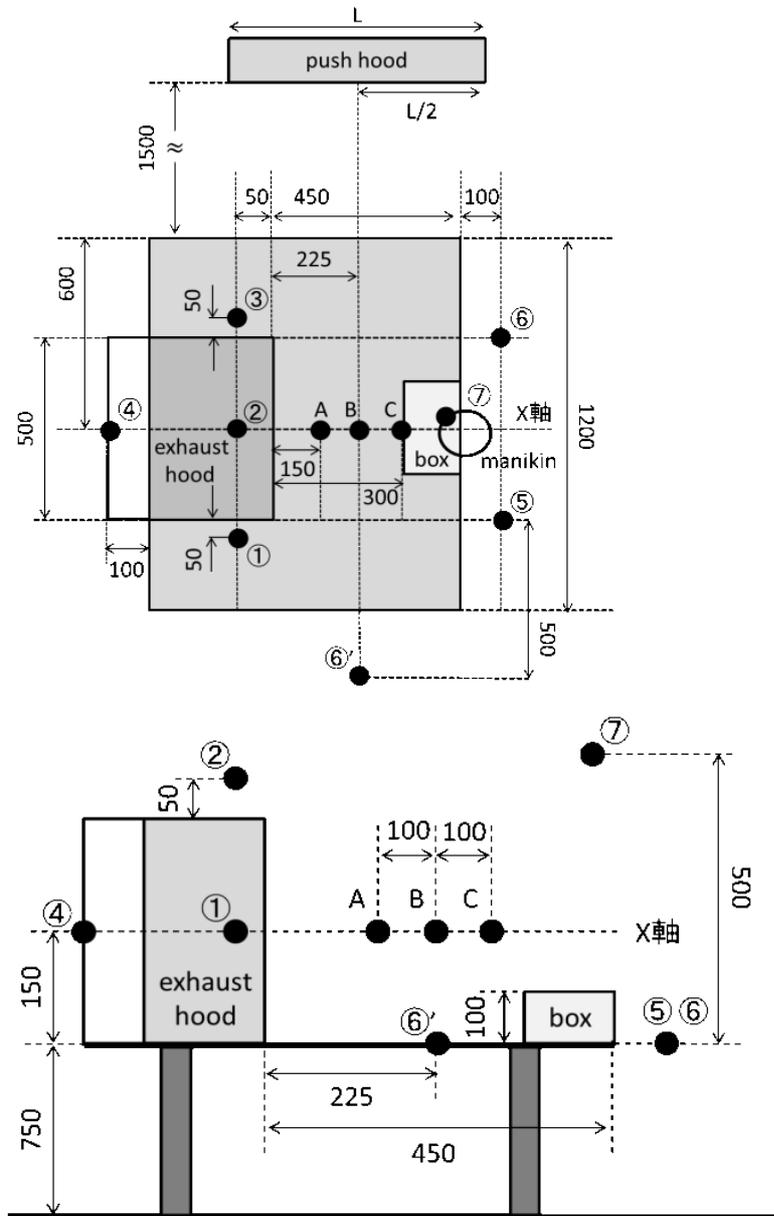


図 6.3 測定点の位置と実験装置の寸法（上：平面図、下：側面図）

6.1.2 c 実験方法

はじめに、横風がない場合の漏洩濃度とばく露濃度の測定を行った。外付け式フードからの排気風量は $3\text{m}^3/\text{min}$ 、 $4\text{m}^3/\text{min}$ 、 $5\text{m}^3/\text{min}$ 、 $6\text{m}^3/\text{min}$ の 4 条件とし、各排気風量に対して、煙発生 30 秒後に 10 分間の測定を 3 回繰り返した。また、マネキンと発生 BOX がいない状態で、各排気風量に対する捕捉点（図 6.3 に示した X 軸上の開口面から 450mm 離れた点）の風速を微風速計（日本カノマックス社製 Model6543）を用いて 3 分間測定した。

次に、作業場での外乱気流を想定し、横風がある場合の漏洩濃度とばく露濃度の測定を

行った。排気風量は横風がない場合の実験と同様に4条件とし、煙発生30秒後に3分間ずつ測定した。なお、測定点は横風の下流側(図6.3の測定点')に移動した。

ここで、外乱気流の目安として沼野氏は、窓を閉めた時の屋内気流を0.25m/s、ラジエーターやオープン炉などからの対流による気流を0.15~0.4m/sとしている。本研究ではこれらの値を参考にし、横風の風速を0.2m/s、0.3m/s、0.4m/s、0.5m/sの4条件とした。事前にプッシュフードだけを稼働し、図6.3に示した3点(点A、点B、点C)の横風方向の風速を微風速計で3分間測定することによって、3点の平均値が横風の設定風速になっていることを確認した。

6.1.2d 漏洩判定基準値

本研究では、たばこの煙に対して定められた基準値である0.15 mg/m³²⁾を漏洩判定基準値として用い、この基準値を超えていなければ発生した煙を十分に捕捉できているとした。

6.1.3 結果および考察

各排気風量における捕捉点風速(3分間の平均値)を表6.1に示す。外乱気流がない場合の、各排気風量における濃度測定結果を表6.2に示す。表中の値は各10分間3回の測定結果の平均値である。また、漏洩判定基準値を超えた場合は網掛けをした。

表 6.1 捕捉点風速

排気風量 m ³ /min	3	4	5	6
捕捉点風速 m/s	0.03	0.05	0.06	0.08

表 6.2 質量濃度測定結果(横風なし)

排気風量 m ³ /min	測定点						単位 (mg/m ³)
3	0.010	<0.001	0.402	<0.001	1.202	0.961	0.001
4	0.011	<0.001	0.006	<0.001	0.001	0.004	<0.001
5	0.011	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	<0.001
6	0.010	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.006	<0.001

横風がない場合、排気風量3m³/minのとき、マネキン周辺において特に漏洩が見られた。これは、発生した煙粒子の一部がフードの吸引気流に捕捉されず後方に漏洩したためと考えられ、後方への漏洩の様子は目視でも確認できた。排気風量4m³/min~6m³/minでは全ての測定点で漏洩は見られなかった。排気風量4m³/minのときの捕捉点風速は表3.1より0.05m/sであり、横風がない場合には制御風速1.0m/sよりも小さい捕捉点風速で漏洩を防げると考えられた。また、フィルター通過後の測定点の濃度測定結果からフィルターで

煙を十分捕集できていることが確認できた。

次に、横風がある場合の各排気風量における測定結果を表 6.3 に示す。表中の値は各 3 分間の平均値である。ただし、測定点 の濃度測定は、横風なしの濃度測定の結果が著しく低濃度であったため、横風ありでも同様と考えて、濃度測定を行わなかった。

表 6.3 質量濃度測定結果（横風あり）

風量 m ³ /min	外乱気流 m/s	測定点					単位 (mg/m ³)	
3	0.2	1.784	<0.001	<0.001	-	0.002	0.207	<0.001
	0.3	1.115	<0.001	<0.001	-	0.002	0.353	<0.001
	0.4	6.624	<0.001	<0.001	-	0.002	0.007	<0.001
4	0.2	0.089	<0.001	<0.001	-	0.001	0.003	<0.001
	0.3	0.563	<0.001	<0.001	-	0.001	0.003	<0.001
	0.4	0.599	<0.001	<0.001	-	0.001	0.003	<0.001
	0.5	1.904	<0.001	<0.001	-	0.001	0.003	<0.001
5	0.2	<0.001	<0.001	<0.001	-	<0.001	0.003	<0.001
	0.3	0.016	<0.001	0.001	-	<0.001	0.002	<0.001
	0.4	0.263	<0.001	<0.001	-	<0.001	0.035	<0.001
	0.5	0.585	<0.001	<0.001	-	<0.001	0.001	<0.001
6	0.2	0.001	<0.001	<0.001	-	<0.001	0.003	<0.001
	0.3	<0.001	<0.001	0.001	-	<0.001	0.002	<0.001
	0.4	0.222	<0.001	0.001	-	<0.001	0.014	<0.001
	0.5	0.320	<0.001	<0.001	-	<0.001	0.001	<0.001

表 6.3 より、横風が 0.3m/s 以下の時は、5m³/min 以上で漏洩を防ぐことができ、その時の捕捉点風速は 0.06m/s 以上であった。横風が 0.4m/s 以上の時には、6 m³/min を含まずそれより大きい排気風量が必要となるが、本研究で設定した 0.4m/s、0.5m/s の横風に対して、捕捉点風速が 0.08m/s で漏洩が認められたため、0.08m/s 以上の捕捉点風速が必要と考える。あくまでも推測ではあるが、捕捉点風速が 0.08m/s 以上必要と言っても、制御風速の 1.0m/s よりも小さい捕捉点風速で漏洩は防げると考えられる。さらに、測定点 で最も漏洩が見られたため、横風に対しては、横風の下流側のフード側面で漏洩濃度を測定することで、作業場に適した排気風量を設定できると考えられる。

本研究においては、一様な横風を発生させたが、実際の作業場では様々な方向からの外乱気流や突発的な外乱気流が起こりうる。そのため、今後外乱気流の条件を変え、漏洩濃度とばく露濃度への影響を検証する必要がある。また、各種粉じんに対しての検証も必要である。

6.1.4 まとめ

屋内排気型外付け式フードを用いて、煙を発生した時の漏洩濃度とばく露濃度を測定した。横風がない場合には、捕捉点風速が 0.05m/s 以上であれば、漏洩とばく露を防ぐことができた。横風がある場合には、横風の大きさに応じて捕捉点風速も大きくする必要はあるが、外付け式フードに定められている制御風速 1.0m/s よりも小さい捕捉点風速で漏洩を防げる場合があった。さらに、適切なフィルターを挿入しフィルターの排出側にデジタル粉じん計を設け、フィルター通過後の濃度管理をすることで、屋外排気を屋内排気にすることは十分に可能であることが分かった。

6.2 局所排気装置等以外の発散抑制装置の導入への現場実証調査

本研究では、粉じんを取り扱う作業現場で、第 1 管理区分を維持している事業場で、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。測定対象現場は、粉じん取り扱い作業場で第 1 管理区分に成っている事業場として、金属研磨作業現場を選定した。

6.2.1 測定方法及び評価法

作業によって発生する粉じんについて、作業環境測定及び作業者のばく露濃度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。

評価方法は、作業環境測定基準に従った評価と個人ばく露濃度の幾何平均値と管理濃度との比較での評価を行った。さらに、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。

6.2.2 測定対象作業現場の概要

対象作業場は、油圧機器と精密機械加工、建機用部品と自動車用部品等を製作及び加工する工場で、測定は工場内で金属加工に使用するドリル等の修理のために、両頭グラインダー、万能工具研磨機、研削盤、湿式研磨機により、ドリル等の切削工具を研磨する作業工程において、今回両頭グラインダー及び研削盤において切削工具を研磨する作業が断続的に行われた。作業場では、研磨作業に 2 名の作業者が従事していた。設置されている研磨機等には、局所排気装置が設置されており、連続稼働している。測定対象作業場の概略を図 6.4 に示す。また、研磨作業の状況を図 6.5 に示す。

6.2.4 作業環境測定

測定対象作業場に、図 6.4 に示す 5 測定点を設定して、作業環境濃度を測定した。併行測定により求めた質量濃度変換係数 K 値は、 $0.0040 \text{ (mg/m}^3 \text{ / cpm)}$ である。また、粉じん中の遊離けい酸は、0% であり、管理濃度は、 $3.0 \text{ (mg/m}^3 \text{)}$ である。

各測定点の測定結果を表 6.4 に示す。

表 6.4 各測定点における粉じん濃度

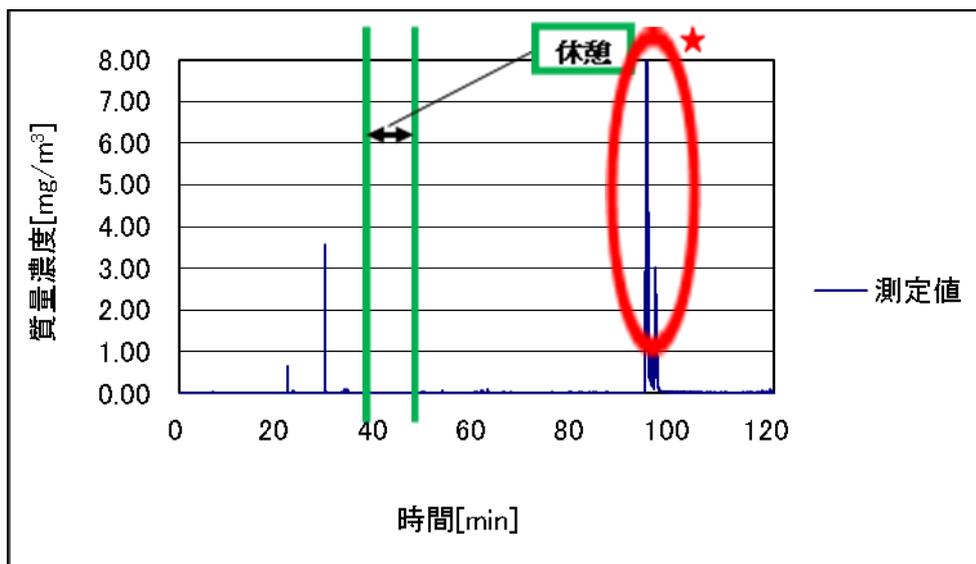
測定点	相対濃度(cpm)	粉じん濃度 (mg/m ³)
No.1	16.6	0.07
No.2	15.6	0.06
No.3	16.2	0.06
No.4	32.2	0.13
No.5	9.4	0.04

表 6.4 より、 $M_1=0.07 \text{ (mg/m}^3 \text{)}$ 、 $\lambda_1=1.53$ より、 $M=0.07 \text{ (mg/m}^3 \text{)}$ 、 $\lambda=2.21$ となる。 $M=0.07 \text{ (mg/m}^3 \text{)}$ 、 $\lambda=2.21$ より、 $E_{A1}=0.24$ 、 $E_{A2}=0.10$ となり、管理濃度が $3.0 \text{ (mg/m}^3 \text{)}$ であることから、この作業環境は、第 1 管理区分である。

6.2.5 研磨作業時の作業者のばく露濃度測定及び漏洩濃度測定

1) 研磨作業時の作業者のばく露濃度測定

作業場概略図(図 6.4 参照)の測定点 付近で研磨作業を行っている作業者(図 6.5 参照)のばく露濃度測定結果は、 $0.058 \text{ (mg/m}^3 \text{)}$ であった。また、作業者のばく露濃度の時間的変動状況を図 6.6 に示す。さらに、10 分間移動平均値の結果を図 6.7 に示す。



(は、意図的に排気装置の風量を変更したことによる濃度の上昇を示す)

図 6.6 ドリル研削機による研磨作業時の粉じんばく露濃度の変動状況

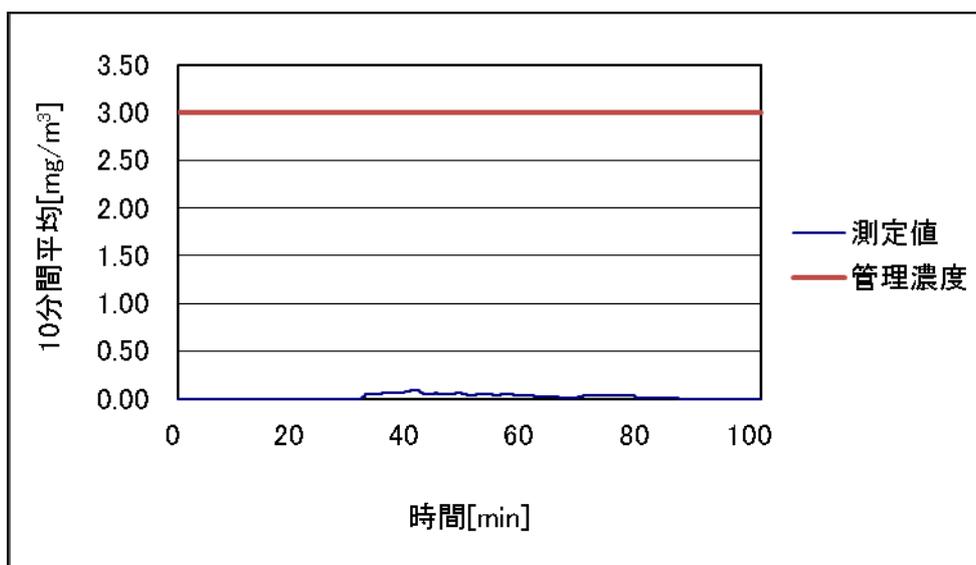
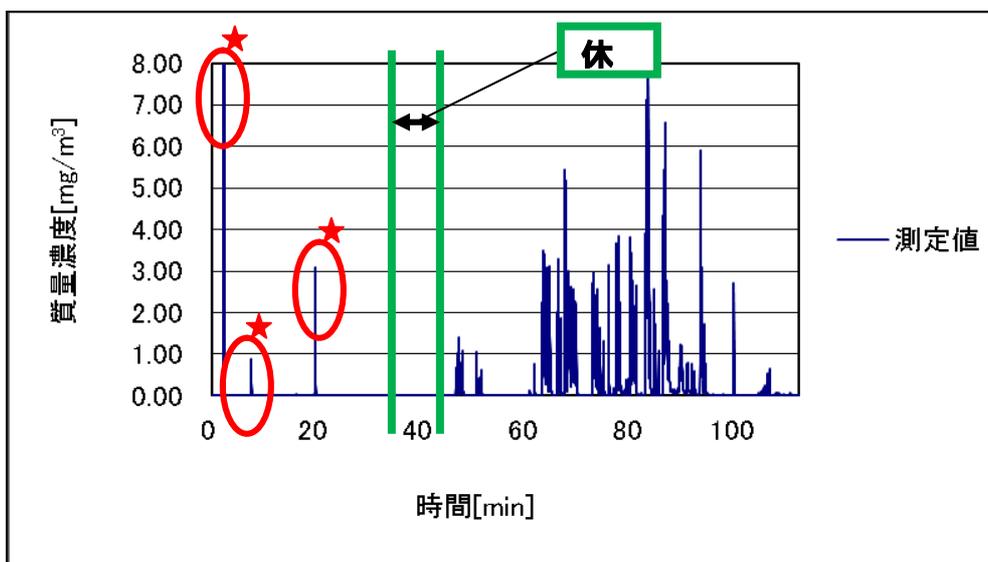


図 6.7 ドリル研削機による研磨作業時の粉じんばく露濃度の変動状況
(10分間移動平均値)

図 6.6 より、短時間ではあるが著しく高濃度の粉じんにはく露されているが、図 6.7 の粉じんばく露濃度の 10 分間移動平均値の変動状況やばく露濃度が、 $0.058 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ であったこと、さらに、作業者が意図的に排気装置の風量を変更したことによる濃度の上昇であり、通常作業に伴う高濃度の発じんでないこと総合的に判断すると、この作業は、ばく露濃度の低い作業と考えられる。

2) ドリル研削機による研磨作業時の漏洩粉じん濃度

研磨機に取り付けられているフレキシブルダクトにより、研磨作業時に発生した粉じんを吸引している。そこで、研磨作業時にフレキシブルダクトから漏洩して環境中に飛散する粉じんの濃度測定を行った。その時の漏洩粉じん濃度は、 $0.21 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ であった。また、その時の漏洩粉じん濃度の時間的変動状況測定結果を図 6.8 に、10 分間移動平均値の結果を図 6.9 に示す。



(は、作業によるものでなく、機器の付け替えにより、カウントが上昇したことを示す)

図 6.8 ドリル研削機による研磨作業時の漏洩粉じん濃度の変動状況

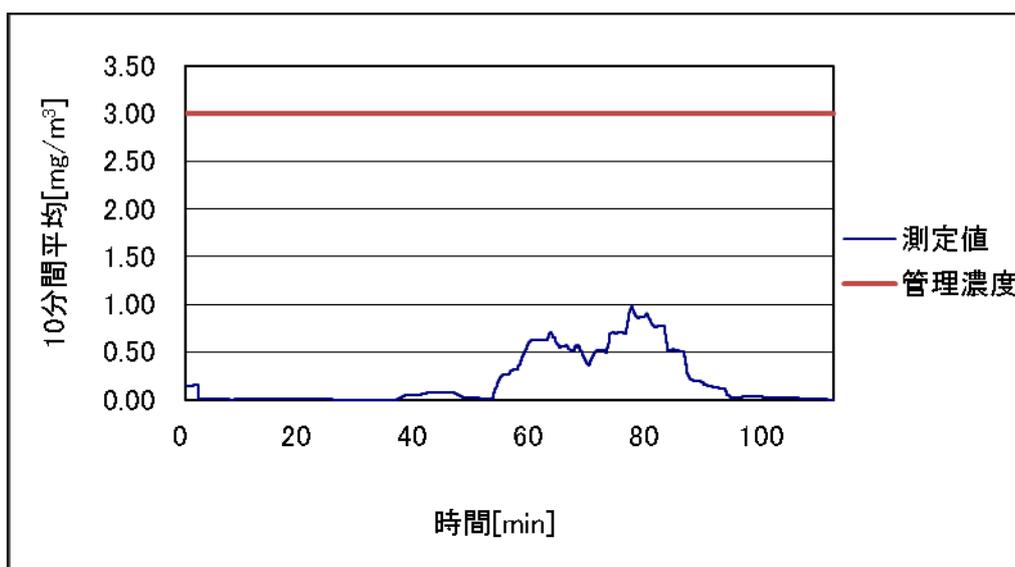


図 6.9 ドリル研削機による研磨作業時の漏洩粉じん濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)

図 6.8 より、研磨作業を行っている時は、研磨機に取り付けられているフレキシブルダクトからの粉じんの漏洩が認められた。これは、研磨作業の飛散する粉じんの方向及び飛散の広がり具合と飛散粉じんを吸引するフレキシブルダクトの開口面の位置関係が有っていないことに関係していると考えられる。しかし、図 6.9 の粉じんの漏洩濃度の 10 分間移動平均値の変動状況及び濃度や漏洩粉じん濃度が $0.21 \text{ (mg / m}^3\text{)}$ であることから、作業環

境を悪化させる様な漏洩濃度では無いと考えられる。

2) グライNDER研削機による研磨作業時の漏洩粉じん濃度

グライNDER研削機に取り付けられているキャノピー式フードにより、研磨作業時に発生した粉じんを吸引している。そこで、研磨作業時キャノピー式フードにから漏洩して環境中に飛散する粉じんの濃度測定を行った。その時の漏洩粉じん濃度は、 $0.017(\text{mg}/\text{m}^3)$ であった。また、その時の漏洩粉じん濃度の時間的変動状況測定結果を図 6.9 に、10 分間移動平均の結果を図 6.10 に示す。

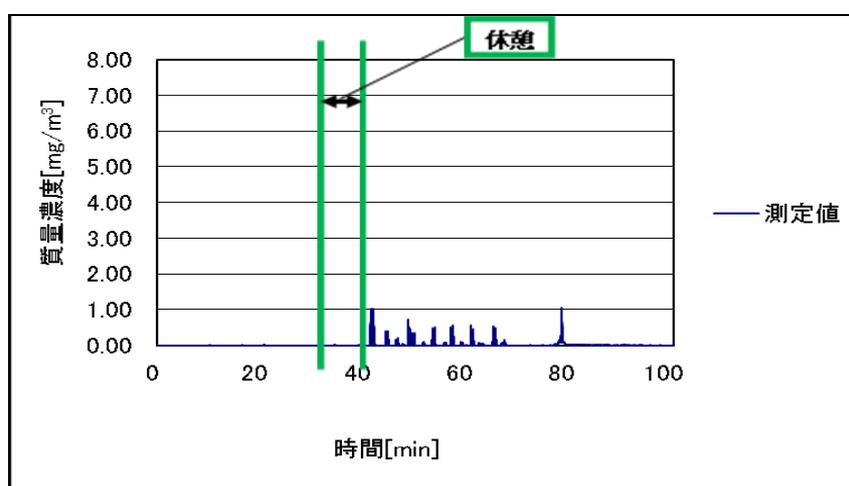


図 6.9 グライNDER研削機による研磨作業時のキャノピー式フードからの漏洩粉じん濃度の変動状況

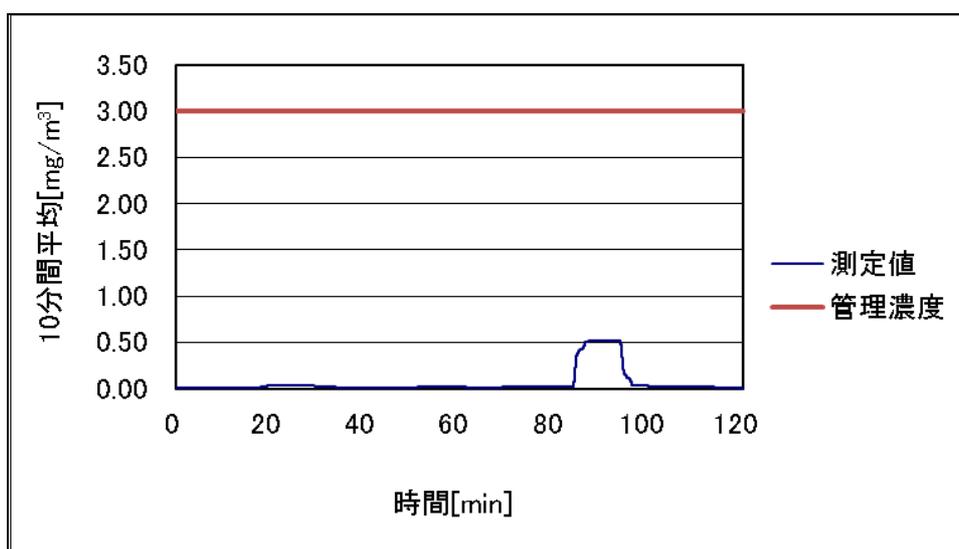


図 6.10 グライNDER研削機による研磨作業時のキャノピー式フードからの漏洩粉じん濃度の変動状況 (10 分間移動平均値)

漏洩粉じん濃度が、 $0.017 \text{ (mg / m}^3\text{)}$ であり、粉じん漏洩濃度の変動状況からも、切削用ドリルの歯を研ぎ及び保守するための作業であるため、1本の切削用ドリルの歯に係り時間も短いため、作業時の漏洩濃度は著しく低濃度であった。

4) グラインダーに設置されているキャノピー式フードの吸引速度と漏洩濃度の関係

グラインダーを用いて切削用ドリルの歯を研ぎ及び保守するための業時に、キャノピー式フードの吸引速度を通常、半分及び0にした際の、発生源付近の粉じん漏洩濃度の変動状況を測定した。その時の研磨作業状況を図 6.11 に示す。また、キャノピー式フード開口面における吸引速度測定状況を図 6.12 に示す。ただし、粉じん漏洩濃度は、LD-5 を用いて測定し、その時の質量濃度変換係数K値は、 $0.0040 \text{ (mg / m}^3\text{ / cpm)}$ である。



図 6.11 粉じん漏洩濃度測定時の研磨作業状況



図 6.12 キャノピー式フード開口面における吸引速度測定状況

(1) キャノピー式フードを通常の吸引風量で稼動した時の粉じん漏洩濃度

キャノピー式フードを通常の吸引風量で稼動した時の開口面左右の吸引風速は、表 6.5 に示す通りである。また、その時の粉じん漏洩濃度の時間的変動状況を図 6.13 に示す。

表 6.5 キャノピー式フードの吸引風速

測定位置	吸引風速
右側	2.05 (m / s)
左側	1.71 (m / s)
平均値	1.88 (m / s)

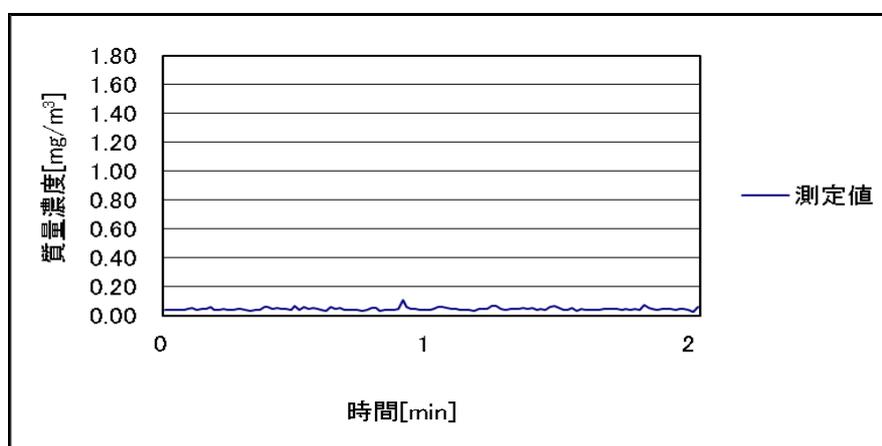


図 6.13 キャノピー式フードを通常の吸引風量で稼動した時の粉じん漏洩濃度の時間的変動状況

図 6.13 より、キャノピー式フードを通常の吸引風量で稼動した時の粉じん漏洩濃度は、著しく低濃度であった。

(2) キャノピー式フードを通常状態の半分の吸引風量で稼動した時の粉じん漏洩濃度

キャノピー式フードを通常状態の半分の吸引風量で稼動した時の開口面左右の吸引風速は、表 6.6 に示す通りである。また、その時の粉じん漏洩濃度の時間的変動状況を図 6.14 に示す。

表 6.6 キャノピー式フードの吸引風速

測定位置	吸引風速
右側	1.51 (m / s)
左側	1.17 (m / s)
平均値	1.34 (m / s)

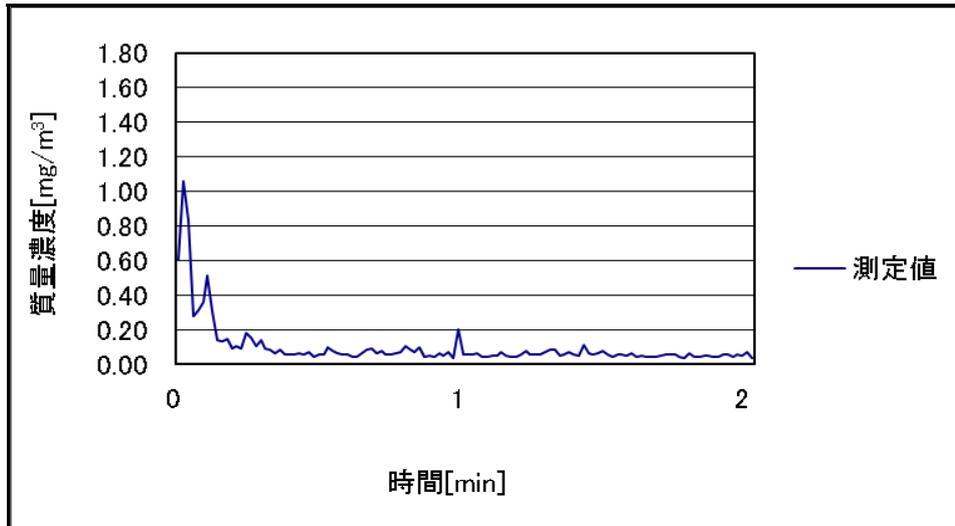


図 6.14 キャノピー式フードを通常の半分の吸引風量で稼働した時の粉じん漏洩濃度の時間的変動状況

図 6.14 より、キャノピー式フードを通常の吸引風量で稼働した時の粉じん漏洩濃度に比べて通常の半分の吸引風量で稼働した時の粉じん漏洩濃度の方が当然のように高い濃度を示した。しかし、作業環境を著しく悪化させる様な漏洩濃度では無いと考えられる。

(3) キャノピー式フードの吸引風量を停止したときの粉じん漏洩濃度

キャノピー式フードの吸引風量を停止した時の粉じん漏洩濃度の時間的変動状況を図 6.15 に示す。

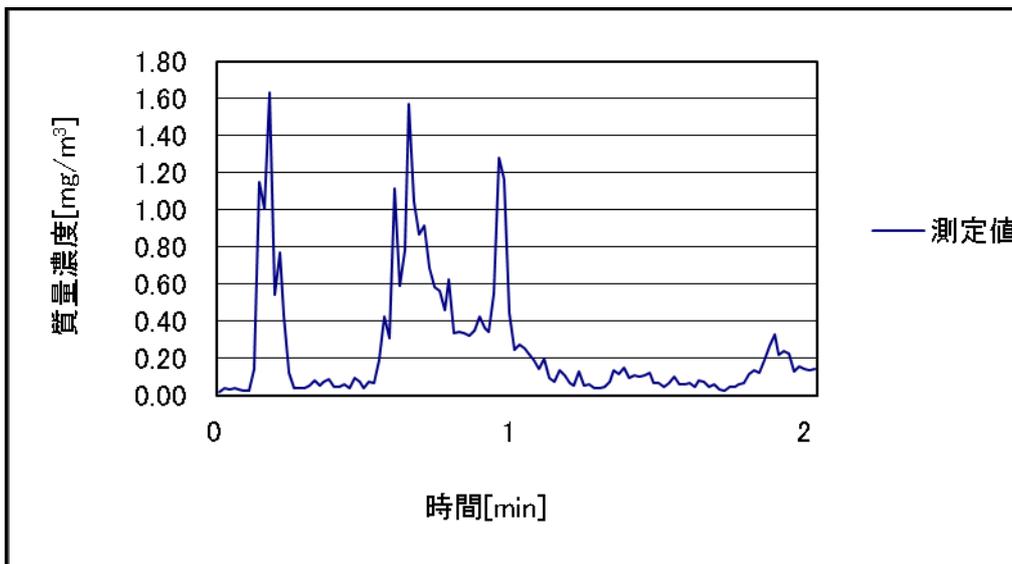


図 6.15 キャノピー式フードの吸引風量を停止した時の粉じん漏洩濃度の時間的変動状況

図 6.15 より、キャノピー式フードを通常の半分の吸引風量で稼動した時の粉じん漏洩濃度に比べて吸引を停止した時の粉じん漏洩濃度の方が当然のように高い濃度を示した。しかし、グラインダー作業周辺の粉じん濃度の上昇が認められなかったことから、作業環境を悪化させる様な漏洩濃度では無いと考えられる。

6.2.6 まとめ

粉じんを取り扱う作業現場で、第 1 管理区分を維持している事業場で、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を、金属研磨作業現場を選定し、検証を行った。

検証を行った現場が、研磨作業であったため、作業に伴う粉じんの発生が、低濃度であったことと管理濃度が $3.0 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ であったことから、局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くしても作業環境に影響を与えるような作業環境にはならなかった。

今後は、粉じんを取り扱う作業現場で同様な検証を行い、粉じん則の改正に必要な情報の確認を行う。

E . 結論

1 . 鋳物工場での砂型造形作業における粉じんばく露リスクの調査研究

本年度は、現在「粉じん作業」に指定されていないが、今後新たに指定すべきと考えられる作業として、鋳物工場での砂型造形作業における粉じんばく露リスク調査を行い、粉じんばく露防止対策の必要性について検討した。

砂型造形作業に関しては、手詰め作業、半自動造形作業及び自動造型作業の3つの作業に分けて評価を行った。また、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。

1) 手詰め作業

本研究での、手詰め作業は、81%(17/21 作業)の作業で管理濃度を超えており、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ため、有効な呼吸用保護具を着用する必要があると考えられる。このうち、管理濃度を超えなかった作業場では、使用している鋳物砂が適度の水分を保水できる特殊な構造の鋳物砂のために環境中への飛散があまり認められなかった。この鋳物砂に関しては、特許等の関係で詳細を知ることは出来なかった。それ以外の作業場では、使用している鋳物砂の遊離けい酸含有率が低い鋳物砂を用いていた。これらの工夫により、作業者のばく露濃度を低く押さえることや管理濃度を高くすることは、有効な対策の一つと考えられる。

2) 半自動造形作業

本研究での、半自動造形作業は、93%(14/15 作業)の作業で管理濃度を超えており、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ため、有効な呼吸用保護具を着用する必要があると考えられる。このうち、管理濃度を超えなかった作業場では、堆積粉じんの除去を定期的に行ったり、砂を扱う場所以外には砂が舞わないよう砂を扱う場所周辺を防じん板等で囲んだりしていた。これらの工夫により、作業者のばく露量は低くなっていることから、このような対策も有効であると考えられる。

3) 自動造型作業

本研究での、自動造型作業は、67%(6/9 作業)の作業で管理濃度を超えており、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ため、有効な呼吸用保護具を着用する必要があると考えられる。このうち、管理濃度を超えなかった作業場では、堆積粉じんの除去を定期的に行い、堆積粉じんがほとんど見られなかった。また、鋳物砂の遊離けい酸含有率を低くすることで管理濃度を高くする対策が取られていた。遊離けい酸含有率の低い鋳物砂を使用すると、鋳物製品の不良を起こす要因の一つになることもあり、高度な技術が要求されるので、一般の鋳物工場ではなかなか実行できない対策である。

4) 結論

砂型造形作業場として、手詰め作業、半自動造形作業及び自動造型作業を行っている 18

事業場で 45 の造形作業の個人ばく露濃度測定を行った。作業によりばく露量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、鋳物工場における砂型造型作業は、粉じん則で粉じん作業に指定されていないが、本研究で現場調査を行い、新たに粉じん作業に指定すべきか検証した結果、ほとんど全ての砂型造型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、「粉じん作業」とすることが適切な措置と考える。さらに、砂型造型作業は、手込め作業に代表される様に作業者の呼吸域上部の鋳物砂供給用落とし口から、鋳物砂を作業者の手元の鋳型枠に落とすため、作業者の呼吸域を鋳物砂が落下するので、粉じんに曝露する機会が多い作業である。しかし、砂型造型作業は、外付け式フード等の局所排気装置を用いた防じん対策が困難な作業と考えられるので、呼吸用保護具を着用することを義務付けた別表第三の作業にすることが適切な措置と考える。なを、この調査結果は、労働政策審議会安全衛生分科会じん肺部会に提出した。

2. 屋外の鉱物等を動力により破碎する作業

本年度は、現在「粉じん作業」に指定されていないが、今後新たに指定すべきと考えられる作業として、鋳物工場での砂型造形作業における粉じんばく露リスク調査の他に、新たに粉じん則の別表第二及び別表三のいずれかに追加すべき可能性のある作業として、別表第 1 第 8 号に定められた鉱物等破碎作業のうち採石事業場において屋外で行われている手持ち削岩機を用いた岩石小割り作業について、粉じんばく露濃度測定を行った。

屋外の鉱物等破碎作業は、1 作業場の 2 作業者のばく露濃度は管理濃度を超えていた。また、この作業は、外付け式フード等の局所排気装置を用いた防じん対策は容易ではないと考えられることから、呼吸用保護具を着用することを義務付けた粉じん則別表第三に列挙される作業にすることが適切な措置と考えられる。ただ、本調査での測定数が少ないことから、さらに現場調査を実施し粉じん則改正に必要な情報を労働政策審議会安全衛生分科会じん肺部会に提供する。

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、又は鋳込みする場所における作業

今後新たに粉じん則の別表第二及び別表三のいずれかに追加すべき可能性のある作業として、別表第 1 第 17 号に定められた「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、又は鋳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）」作業は、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鋳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、空気による溶融表面の酸化防止、溶融表面からの放熱防止等の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」(別表第一)に指定されているが、特定粉じん作業(別表第二)の作業に該当するのがあるいは、呼吸用保護具を使用する作業(別表三)の作業に該当するのかを判断するために、現場調査を実施した。

土石又は鉱石を開放炉に投入する作業時のばく露濃度測定結果は、10 作業の内、8 作業つまり、80%(8/10)の作業で管理濃度を超えていた。また、この作業によるばく露量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ので、粉じん則を改正し、いずれかに指定し、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。

土石又は鉱石を開放炉に投入する作業は、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、土石又は鉱物を開放炉に投げ入れる作業である。土石又は鉱物を開放炉に投げ入れるのは、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、中小の鋳物工場でそれら局所排気装置が設置されていない場合が多いと考えられる。鋳込み等作業は、キャノピーフード、上方型外付け式フード及びリングフード等の局所排気装置を用いた防じん対策が可能な作業と考えられるので、「作業工程、作業の態様、粉じん発生の態様などからみて一定の発生源対策を講ずる必要があり、かつ、有効な発生源対策を講じることができるもの」に該当する「特定粉じん発生源」である(別表第二)に該当することが適切な作業と考えるが、土石又は鉱石を開放炉に投入する作業は作業工程における短時間作業であること、作業環境測定の実施が困難と判断させ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。

4. 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

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が、現場測定に関して、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連絡も受けたのですが、最終的には、見学の許可も得られなかった。そこで、昭和57年に船倉内の荷役作業時に石炭や鉱石などの積荷が少なくなると、アンローダのグラブバケットによる陸揚げ作業の効率が悪くなるので、スコップや箒で船底の積荷をグラブバケット付近にかき寄せて、より多くの積荷を搬出しやすくするための作業を行う。その作業は、今回測定対象としている荷役作業終了後の清掃作業と同様な作業なので、その作業時の粉じん濃度測定の結果について、昭和57年に実施した古い測定結果ではあるが、清掃作業に伴う粉じん濃度の実態を知るための参考になると考えて、ここに当時の測定結果を報告する。

粉じん濃度測定結果は、船倉内での荷役作業工程の後半部分に行う、スコップや箒で船底の積み荷をグラブバケット付近にかき寄せてる作業時の粉じん濃度測定で、調査対象である荷役作業後の清掃作業ではないが、作業工程に荷役作業終了後の清掃作業と同様な作業が行われており、この結果から、清掃作業により作業者は、高濃度の粉じんにばく露する可能性が示唆され、防じんマスクの着用が必要な作業と考えられる。27年度は、出来る限り多方面に協力をお願いして測定を実施する予定である。

5. 吸引流量低下が個人ばく露濃度粉じん計 NWPS-254 の吸入性粉じん濃度測定に与える影響

厚生労働省は、中央労働災害防止協会に、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の「個人ばく露測定に関する検討委員会」を設置して、22年から25年度の4年間にわたり検討を行い、作業環境に個人ばく露濃度測定の導入が現実味を帯びる状況になってきた。そうした状況を受けて、個人サンプラーを用いた粉じん濃度測定について、その正確な運用を検討しておかなければならない状況が生じた。

そこで、個人サンプラーを用いて粉じん濃度測定を行なう粉じん計として、現在、個人ばく露濃度粉じん計 NWPS-254 が、使用されている。個人ばく露濃度粉じん計 NWPS-254 は、吸引流量 2.5 (L/min) で吸引することで吸入性粉じんを正確に測定できる粉じん計である。しかし、個人ばく露濃度測定のように8時間の連続測定を行う場合、通常の粉じん濃度測定よりフィルターに粉じんが多量に捕集される可能性があり、そのため、圧力損失が上がり吸引流量が 2.5 (L/min) 以下に低下した状況で測定している可能性が考えられる。その場合は、正確な吸入性粉じん濃度測定しているとは言えないので、どこまで吸引流量が低下したら正確な吸入性粉じん濃度測定が出来なくなるかと言った判断基準が提示されていないので、捕集量が増加することにより流量低下が起きた際に、吸入性粉じん濃度測定が正確に出来る基準となる吸引流量は、何 (L/min) 以上かを25年度に引き続き26年度も試験試料を増やして検証した。

流量低下が吸入性粉じん濃度測定に与える影響に関して、25年度及び本年度(4.4.1)の結果より、アゾナロードダスト、JIS試験用粉体1、2種、タルク及び砕石粉じんの4試料においてNWPS-254における流量低下は、2.4[L/min]までであれば吸入性粉じんの測定として許容することが確認できた。

捕集量と流量低下の関係に関しては、アゾナロードダストと砕石試料で実験を行なった際は、捕集量が10[mg]程度にまで増加すると、吸引流量は2.4[L/min]にまで低下する結果となった。ただし、粉じんの比重や粒度分布、飛散状況によって、この値は変動する可能性がある。そのため、捕集量と流量低下に関する関係は、参考程度に留めておく必要があると考えられる。また、直接的に吸入性粉じん濃度測定に影響を及ぼすのは吸引流量であるため、主眼を置くべきは吸引流量である。

そのため、ある程度の量の粉じんを捕集できる作業場では、吸引流量が2.4[L/min]を下

回る危険性があることに留意して測定を行なわなければならない。その事を考慮して、26年度は、個人ばく露濃度測定中に 2.4[L/min]を下回った時に、個人ばく露濃度粉じん計 NWPS-254 の測定に用いる MP- 3 型吸引ポンプ（柴田科学社製）自体が停止する様な改良型 MP- 3 吸引ポンプをメーカーと共同で開発した。

そこで、個人ばく露濃度粉じん計 NWPS-254 を用いて正確にばく露濃度測定を行うための判断基準は、下記の通りである。

1) 改良型 PM- 3 吸引ポンプを用いてばく露濃度測定を行う場合

吸引流量が 2.4[L/min]以下になると 10 秒以内で自動的に吸引を停止するので、それまでの総吸引流量で採取粉じん量を割ることで、正確な吸入性粉じん濃度を測定することが可能である。

2) 通常の PM- 3 吸引ポンプを用いてばく露濃度測定を行う場合

次の 2 種類の判断基準がある。

測定終了後、PM- 3 吸引ポンプによる総吸引流量を測定時間で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以下であった時は、正確な吸入性粉じん濃度測定が行われていないので、測定結果を破棄する。

測定終了後、PM- 3 吸引ポンプによる総吸引流量を測定時間で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以上であった時は、直ちに、PM- 3 吸引ポンプを 3 分間作動させ、その 3 分間作動時の総吸引流量を 3 分で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以上であった時は正確な吸入性粉じん濃度測定が出来たと判断する。逆に、PM- 3 吸引ポンプを 3 分間作動させ、その 3 分間作動時の総吸引流量を 3 分で割った 1 分間の吸引流量が、2.4[L/min]以下であった時は正確な吸入性粉じん濃度測定が出来ていないと判断して、測定結果を破棄する。

6 . 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

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

25年度の成果を参考に屋内排気型の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、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。

6.1 屋内排気型外付け式フードの換気効果に関する基礎的研究

本研究では現在上記の特例許可が適用されない粉じん作業の場合について、制御風速以下で作業環境を良好に保つことができるかどうかを検証するため、集じんフィルターを内蔵した屋内排気型の側方吸引型外付け式フード（以下、屋内排気型外付け式フード）を用いて、実験室内で発煙装置からの煙粒子に対する漏洩濃度、ばく露濃度および捕捉点風速を測定した。さらに、従来の屋外排気を屋内排気にすることが可能かどうかを検証するため、フィルター通過後の濃度も測定した。また、従来の屋外排気を屋内排気にする際に、作業場の環境を良好に保つため、適切なフィルターを選別する必要があるため、あわせて、室内排気を前提とした小型局所排気装置に使用するフィルターの粉じんに対する捕集効率実験を行った。

屋内排気型外付け式フードを用いて、煙を発生した時の漏洩濃度とばく露濃度を測定した。横風がない場合には、捕捉点風速が0.05m/s以上であれば、漏洩とばく露を防ぐことができた。横風がある場合には、横風の大きさに応じて捕捉点風速も大きくする必要はあるが、外付け式フードに定められている制御風速1.0m/sよりも小さい捕捉点風速で漏洩を防げる場合があった。さらに、適切なフィルターを挿入しフィルターの排出側にデジタル粉じん計を設け、フィルター通過後の濃度管理をすることで、屋外排気を屋内排気にすることは十分に可能であることが分かった。

6.2 局所排気装置等以外の発散抑制装置の導入への現場実証調査

本研究では、粉じんを取り扱う作業現場で、第1管理区分を維持している事業場で、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。測定対象現場は、粉じん取り扱い作業場で第1管理区分に成っている事業場として、金属研磨作業現場を選定した。

検証を行った現場が、研磨作業であったため、作業に伴う粉じんの発生が、低濃度であったことと管理濃度が $3.0(\text{mg}/\text{m}^3)$ であったことから、局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くしても作業環境に影響を当たれるような作業環境にはならなかった。

今後は、粉じんを取り扱う作業現場で同様な検証を行い、粉じん則の改正に必要な情報の確認を行う。

6.3 まとめ

屋内排気型外付け式フードを作製し、実験室を実際の作業場と想定し、有害物質の環境への漏洩の有無及び屋内排気型外付け式フードに取り付けフィルター等について調べた結果、局所排気装置等以外の発散抑制装置をどのような粉じん作業に導入するかが分かれば、そのために特別な技術を構築することもなく、現状の技術を応用することで導入が可能と考える。

具体的には、粉じん作業を想定し、それに適した発散抑制装置を作製し、現場適用を実施し、その有効性を検証することが、粉じん則を改正する有力な手段と考える。ただ、本研究では、本年度作製した屋内排気型外付け式フードを、溶接作業現場や粉じん取扱い作業現場等に設置し、開口面及び排気口からの漏洩の確認をどの様にするかなど、漏洩監視のためのシステムを構築する必要がある。

6.4 粉じん則の一部改正への提言

現在、「有機溶剤中毒予防規則等の一部を改正する省令(平成24年厚生労働省令第71号)」により、有機溶剤中毒予防規則第十三条の三の規定による発散防止抑制装置として設置する局所排気装置以外の発散防止抑制装置設置が認められている有機溶剤の場合、漏洩を監視するために必要な市販のモニター等の常時監視装置が有機溶剤の漏洩監視に対応出来ていないのが現状である。また、有機溶剤の捕集に有効な活性炭も現場の有機溶剤の濃度に対する捕集時間と活性炭の飽和吸着の関係に明確な答えを出すのが難しい状況であるため、その運用に苦慮しているのが現状と考える。

そうした現状を考えた時、粉じんの局所排気装置等以外の発散防止抑制装置は、有機溶剤と違い、粉じん捕集のためのフィルター(ろ過材)が存在し、その運用もバグフィルター等で明らかになっており、さらに、粉じん漏洩を常時監視するための粉じん計もデジタル粉じん計等リアルタイムモニターが市販されている。こうしたことから、粉じんに関する局所排気装置等以外の発散防止抑制装置が、一番実現性・実用性が高いと考える。

そこで、今回製作した粉じんに関する局所排気装置等以外の発散防止抑制装置が、以下の全ての要件を満たす場合は粉じん則を改正し、当該抑制装置も特定粉じん発生源に係る装置として取り扱うことが妥当と考える。

- (1) 制御風速を満たしていなくても粉じん作業の作業性が良く、発散防止抑制装置の開口面からの漏洩が無いこと。
- (2) 発散防止抑制装置にバグフィルター用のフィルター(ろ過材)等を取り付け、排出口からの排出粉じん濃度が管理濃度の10分の1以下になっている事を、排出口に設置したデジタル粉じん計等にて常時監視すること。
- (3) 発散防止抑制装置を設置した場所の作業環境が第1管理区分で有ること。
- (4) 発散防止抑制装置を設置した状態で粉じん作業を行い、その時作業者のばく露濃度及び10分間移動平均値が管理濃度以下であること。

上記の粉じん則改正に必要な要件で、本当に局所排気装置等以外の発散防止抑制装置と

して認められるかについて検証するために、今後、大型発散防止抑制装置を作製し、粉じんを用いた模擬実験を行う事と並行して、現場の事業所の協力をいただき、現在現場に設置されている局所排気装置を用いて、吸引風速を制御風速より遅くした場合の吸引風速と漏洩濃度の関係等模擬実験に近い測定を実施し、局所排気装置等以外の発散防止抑制装置の実用性の検証を行う。

その成果を踏まえて、改めて粉じんに関する局所排気装置等以外の発散防止抑制装置の設置を特定粉じん発生源に係る措置として取り扱うため必要な要件を提案するので、その折りには、是非、粉じん則の一部を改正し、粉じん作業現場で局所排気装置等以外の発散防止抑制装置を使用できるようになることを切に希望する次第である。

F . 健康危機情報

局所排気装置等以外の発散抑制装置の研究など、実験室系の実験では呼吸用保護具を装着して実験を行っている。また、岩石・鉱物の研磨・ばり取り作業及び鋳物工場の砂型造形作業などの作業現場の測定に際して、測定者は、電動ファン付き呼吸用保護具を装着して測定を行っている。

G . 研究発表

1 . 研究論文等

- 1) 久保田裕仁、金丸直子、村田克、名古屋俊士：漏えい濃度およびばく露濃度から求めた外付け式フードの必要排気風量、Vol.36、No.3、p48~55、作業環境、日本作業環境測定協会、2015
- 2) 大貫正史、村田克、名古屋俊士：金属酸化物触媒を用いたホルムアルデヒド等の分解処理に関する研究、Vol.36、No.3、p56~63、作業環境、日本作業環境測定協会、2015
- 3) 渡辺雄飛、村田克、名古屋俊士：強制送風式パッシブサンプラー（セミアクティブサンプラー）の個人ばく露測定に向けた基礎検討について、Vol.36、No.3、p64~67、作業環境、日本作業環境測定協会、2015
- 4) 橋本晴男、山田憲一、名古屋俊士、村田克他：化学物質の個人ばく露測定ガイドライン、Vol.57、No.2、p61~120、産業衛生学雑誌 日本産業衛生学会、2015
- 5) 名古屋俊士：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、特別号 No.62、p10~26、作業環境、日本作業環境測定協会、2015
- 6) 村田克、名古屋俊士他：ナノマテリアルを測定対象とした相対濃度計LD-5N2の開発に関する基礎的研究、Vol.36、No.1、p50~53、作業環境、日本作業環境測定協会、2015
- 7) Kenichi Yamada, Shinji Kumagai, Toshio Nagoya, Ginji Endo: Chemical Exposure Levels in Printing Workers with Cholangiocarcinoma, Vol.56, p332-338, Journal of Occupational Health 2014
- 8) 藤井由貴、村田克、明星敏彦、名古屋俊士他：ナノ粒子に対する呼吸用保護具の防護性能に関する研究、Vol.27、No.1、p2~16、呼吸保護、国際呼吸保護学会、2014
- 9) 相沢洋子、名古屋俊士他：屋外作業場における粉じん取扱作業者の呼吸用保護具の使用状況に関する実態調査、Vol.56、No.6、p268~274、産業衛生学雑誌、日本産業衛生学会、2014
- 10) 奥琢哉、村田克、名古屋俊士：吸引流量低下が個人サンプラーNWPS-254型の吸入性粉じん濃度測定に与える影響、Vol.35、No.6、p77~80、作業環境、日本作業環境測定協会、2014
- 11) 渡辺雄飛、名古屋俊士：有害化学物質の測定・分析法～N,N-ジメチルホルムアルデヒド、Vol.35、No.5、p51~54、作業環境、日本作業環境測定協会、2014
- 12) 久保田祐仁、村田克、名古屋俊士他：局所排気装置の外付け式フードに付けたフランジが開口面近傍の風速に与える影響と排気風量を求める計算式、Vol.35、No.4、p57~66、作業環境、日本作業環境測定協会、2014
- 13) 大貫正史、村田克、名古屋俊士：金属酸化物触媒を用いた有機溶剤の分離に関する基礎的研究、Vol.35、No.3、p66~70、作業環境、日本作業環境測定協会、2014

- 14) 篠崎勇太、村田克、名古屋俊士：切削油剤ミストのサンプリング法に関する研究
Vol.35、No.3、p71～75、作業環境、日本作業環境測定協会、2014
- 15) 村田克、名古屋俊士他：ダイヤモンド工具による切断、研磨作業時に発生する粉じん
中のコバルト量、Vol.56、No.2、p57～60、産業衛生学雑誌、日本産業衛生学会、
2014
- 16) 中村憲司、村田克、名古屋俊士他：位相差・分散顕微鏡法の石綿繊維視認性の評価と
改善 Vol.35、No.2、p77～82、作業環境、日本作業環境測定協会、2014
- 17) 名古屋俊士：溶接作業者に及ぼす粉じん、金属ヒューム等の影響とその留意点、
Vol.52、No.2、p50～54、軽金属溶接、軽金属溶接協会、2014
- 18) 名古屋俊士：溶接作業者に及ぼす粉じん、金属ヒューム等の影響とその留意点
軽金属溶接、Vol.52、No.2、p.10～14、軽金属溶接協会、2014
- 19) 山本修司、大河内博、名古屋俊士他：2012年夏季の富士山頂および富士山麓における
大気中揮発性有機化合物の挙動、大気環境学会誌、Vol.49、No.1、p.34～42、
大気環境学会、2014
- 20) 中村憲司、名古屋俊士他、位相差・分散顕微鏡法の石綿繊維視認性の評価と改善、
作業環境、Vol.35、No.2、p.77～82、日本作業環境測定協会、2014
- 21) 渡辺雄飛、松尾亜弓、名古屋俊士：粒状活性炭 加熱脱着 GC/FID法による作業環境
中の特定化学物質測定法の確立に関する研究、作業環境、Vol.34、No.3、p.34-37、
作業環境測定協会 2014
- 22) 長谷川彰、篠崎勇太、村田克、名古屋俊士：溶剤抽出-GC/FID法による切削油剤ミス
ト濃度測定法に関する研究、作業環境、Vol.34、No.4、p.46～54、日本作業環境測定
協会、2013
- 23) 渡辺雄飛、松尾亜弓、名古屋俊士：粒状活性炭 加熱脱着 GC/FID法による作業環境
中の特定化学物質測定法の確立に関する研究、作業環境、Vol.34、No.3、p.56～59、
作業環境測定協会 2013
- 24) 名古屋俊士：PM2.5を含む粒子状物質の環境基準と健康影響について、骨材資源、Vol.45、
No.177、p1～9、骨材資源工学会、2013

2. 研究発表

- 1) 村田克、村上弘亮、名古屋俊士：屋外における岩石等の研磨・ばい取り作業等におけ
る粉じんばく露リスクに関する研究、第54回日本労働衛生工学会、p92～93、2014
- 2) 村田克、村上弘亮、名古屋俊士：鋳物工場での砂型造型作業における粉じんばく露リ
スクに関する研究、第54回日本労働衛生工学会、p94～95、2014
- 3) 皆川雄典、村田克、名古屋俊士：ナノマテリアル等に対するバグフィルターの捕集効
率に関する研究、第54回日本労働衛生工学会、p32～33、2014

- 4) 大貫正史、村田克、名古屋俊士：金属酸化触媒を用いたホルムアルデヒド等の分解処理に関する研究、第 54 回日本労働衛生工学会、p 34 ~ 35、2014
- 5) 福留悠斗、村田克、名古屋俊士：有機溶剤蒸気に対するシリカゲル光触媒を用いた循環式分解装置の開発に関する研究、第 54 回日本労働衛生工学会、p 36 ~ 37、2014
- 6) 柏柳太郎、村田克、名古屋俊士：ファイバーモニターF-1K型を用いたリフラクトリーセラミックファイバーの濃度測定に関する研究、第 54 回日本労働衛生工学会、p 38 ~ 39、2014
- 7) 名古屋俊士：リフラクトリーセラミックファイバーの化学物質リスク評価検討会報告、第 54 回日本労働衛生工学会、p 152 ~ 153、2014
- 8) 久保田裕仁、村田克、名古屋俊士：局所排気装置の外付け式フードに付けたフランジが開口面近傍の風速に与える影響と排気風量を求める計算法、第 54 回日本労働衛生工学会、p 118 ~ 119、2014
- 9) 村田克、名古屋俊士他：様々なナノ粒子を対象にした新型粉じん計 LD- 5 N2 の特性に関する研究、第 52 回日本労働衛生工学会、p 26 ~ 27、2013
- 10) 渡辺雄飛、名古屋俊士他：強制送風式パッシブサンプラー（セミアクティブサンプラー）の個人曝露測定に向けた基礎検討について、第 52 回日本労働衛生工学会、p 28 ~ 29、2013
- 11) 流量低下が個人サンプラーNWPS-254 の吸入性粉じん濃度測定に与える影響に関する基礎的研究、第 52 回日本労働衛生工学会、p 30 ~ 31、2013
- 12) 篠崎勇太、名古屋俊士他：金属加工現場で発生する切削油剤ミストの測定法に関する研究、第 52 回日本労働衛生工学会、p 108 ~ 109、2013
- 13) 皆川雄典、名古屋俊士他、ナノ粒子に対するバグフィルターの捕集効率に関する基礎的研究、第 52 回日本労働衛生工学会、p 42 ~ 43、2013
- 14) 藤井由貴、名古屋俊士他、ナノ粒子に対する防じんマスクの捕集効率に関する基礎的研究、第 52 回日本労働衛生工学会、p 44 ~ 45、2013
- 15) 平田優美子、名古屋俊士他、吹付けパーミキュライト中のトレモライト含有判断の精度向上のための検討、第 52 回日本労働衛生工学会、p 54 ~ 55、2013
- 16) 柏柳太郎、名古屋俊士他：リフラクトセラミックファイバーに対するファイバーモニターF-1K型に関する基礎的研究、第 52 回日本労働衛生工学会、p 58 ~ 59、2013
- 17) 奥野恵佳、名古屋俊士：シリカゲル光触媒を用いた有機溶剤の分解に関する研究、第 52 回日本労働衛生工学会、p 72 ~ 73、2013
- 18) 大貫正史、名古屋俊士他：金属酸化物触媒を用いた有機溶剤の分解に関する基礎的研究、第 52 回日本労働衛生工学会、p 74 ~ 75、2013
- 19) 加山真一郎、名古屋俊士他：炭酸ガスシールド溶接における CO ガスばく露の低減対策、第 52 回日本労働衛生工学会、p 88 ~ 89、2013

- 20) 藤井由貴、名古屋俊士他：ナノマテリアルに対する防じんマスクのサジカル
フィルターの捕集特性、25年度 ISRP アジア支部研究発表予稿集、2013

H . 知的財産の出願・登録状況

25年度は、現場の調査研究が主体のため特許出願はありません。

著者	論文等タイトル	発表誌名	巻号	ページ	出版年
久保田裕仁、 金丸直子、村 田克、名古屋 俊士	漏えい濃度およびばく露濃 度から求めた外付け式フー ドの必要排気風量	作業環境	Vol.36、 No.3	p.48~55	2015
大貫正史、村 田克、名古屋 俊士	金属酸化物触媒を用いたホル ムアルデヒド等の分解処 理に関する研究	作業環境	Vol.36, No.3	p.56 ~63	2015
渡辺雄飛、村 田克、名古屋 俊士	強制送風式パッシブサンプ ラー（セミアクティブサンプ ラー）の個人ばく露測定 に向けた基礎検討について	作業環境	Vol.36, No.3	p.64 ~67	2015
橋本晴男、山 田憲一、名古屋 俊士、村田 克他	化学物質の個人ばく露測定 ガイドライン	産業衛生学 雑誌	Vol.57, No.2	p.61 ~ 120	2015
名古屋俊士	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	作業環境 特別号	No.62	p.10~26	2015
村田克、名古屋 俊士	ナノマテリアルを測定対象 とした相対濃度計LD-5N2の 開発に関する基礎的研究	作業環境	Vol.36、 No.1	p.50~53	2015
Kenichi Yamada, Shinji Kumagai, Toshio Nagoya	Chemical Exposure Levels in Printing Workers with Cholangiocarcinoma	Journal of Occupational Health	Vol.56	p.332-338	2014
藤井由貴、村 田克、明星敏 彦、名古屋俊 士	ナノ粒子に対する呼吸用保 護具の防護性能に関する研 究	呼吸保護	Vol.27、 No.1	p.2~16	2014
相沢洋子、名 古屋俊士	屋外作業場における粉じん 取扱作業者の呼吸用保護具 の使用状況に関する実態調 査	産業衛生学 雑誌	Vol.56、 No.6	p.268 ~ 274	2014