

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様に 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。

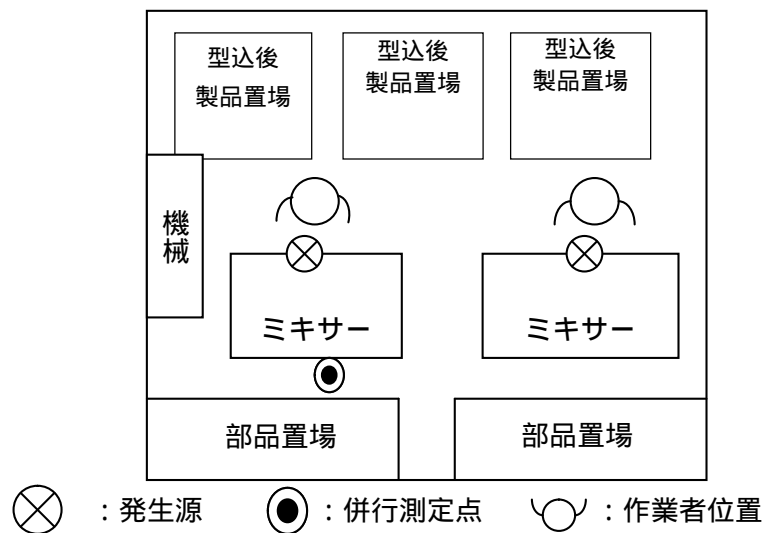


図 1.8 作業場 A の概略図

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 |

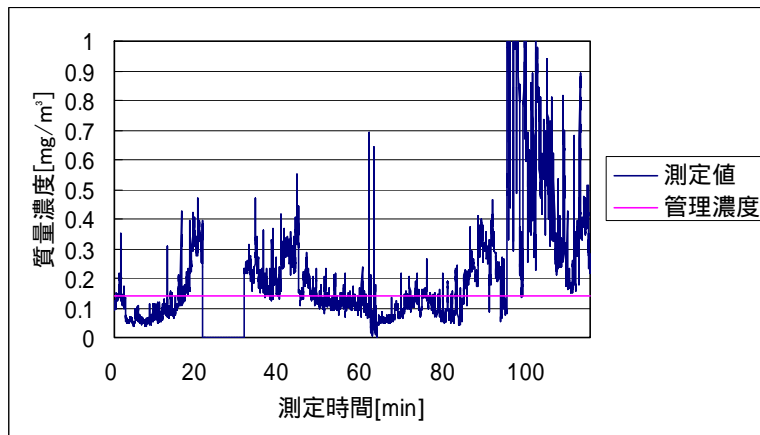


図 1.9 作業場 A における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

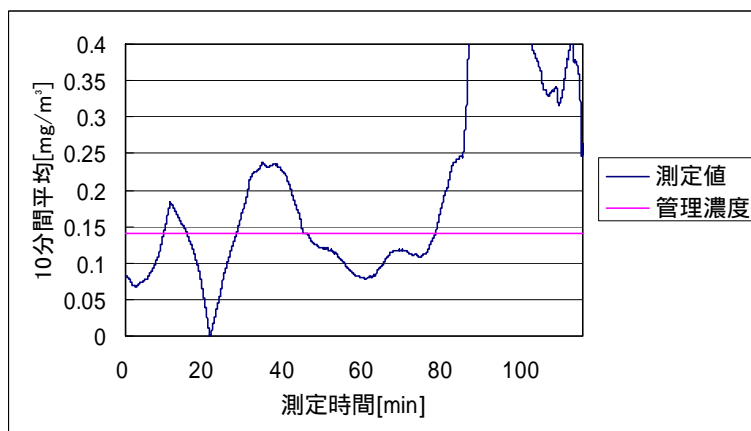


図 1.10 作業場 A における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

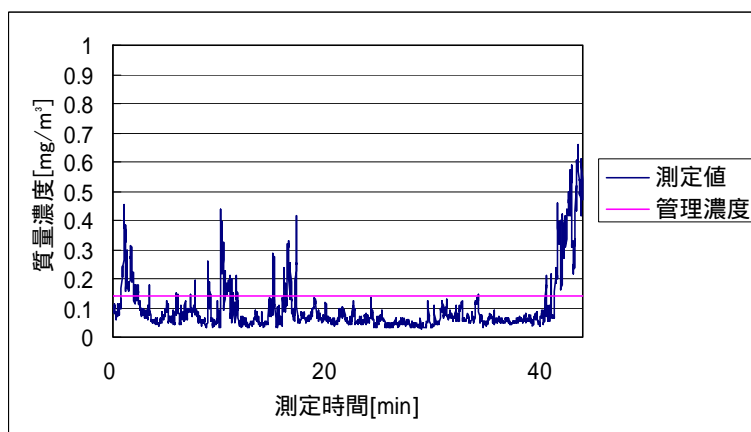


図 1.11 作業場 A における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

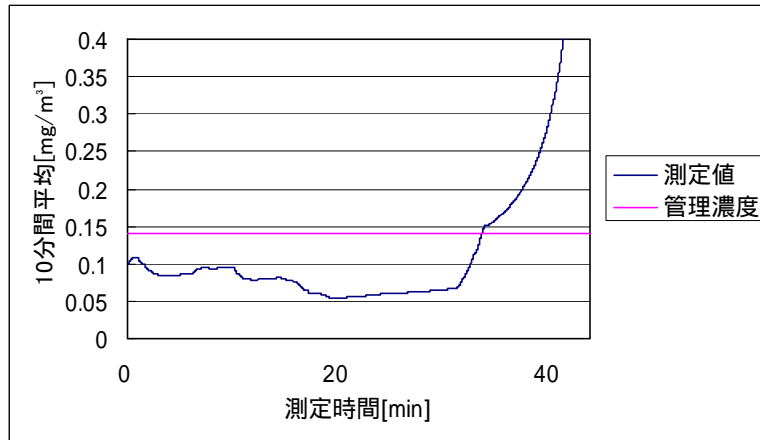


図 1.12 作業場 A における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

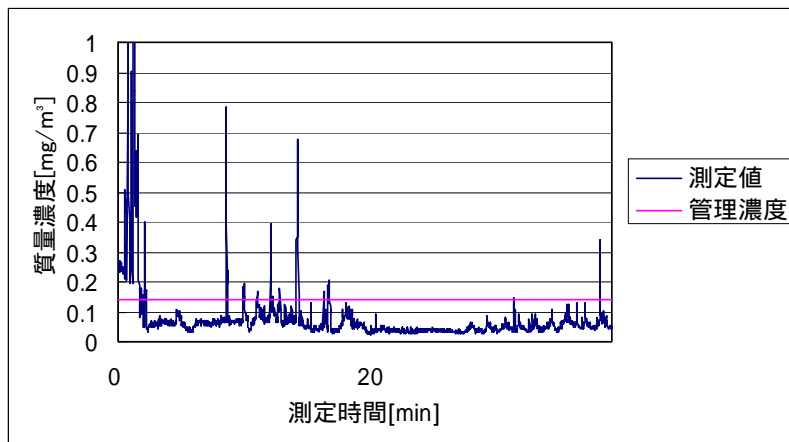


図 1.13 作業場 A における手込み作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

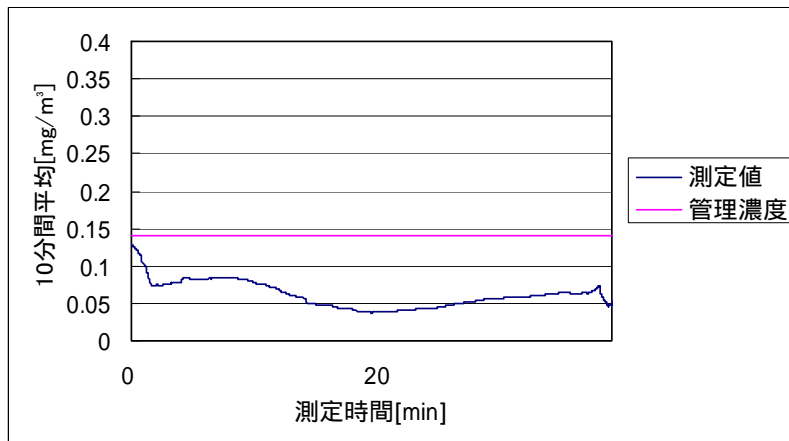


図 1.14 作業場 A における手込み作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

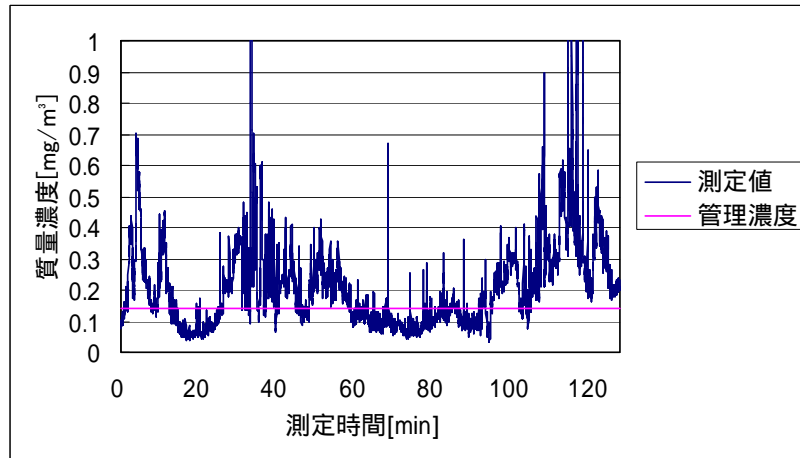


図 1.15 作業場 A における手込み作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動

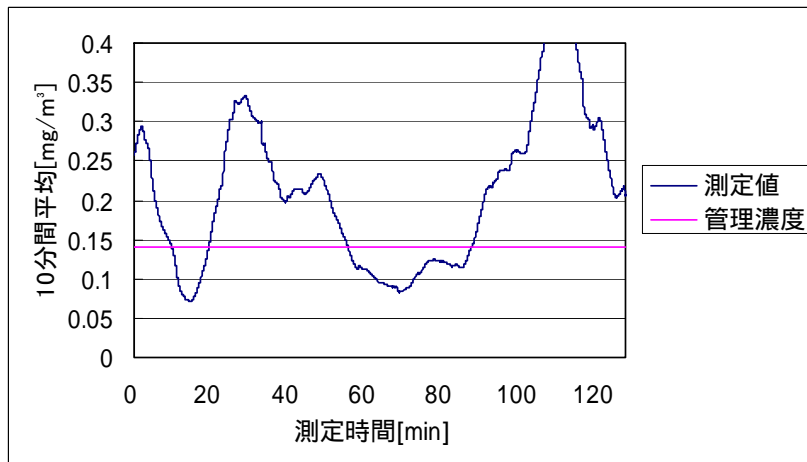


図 1.16 作業場 A における手込み作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

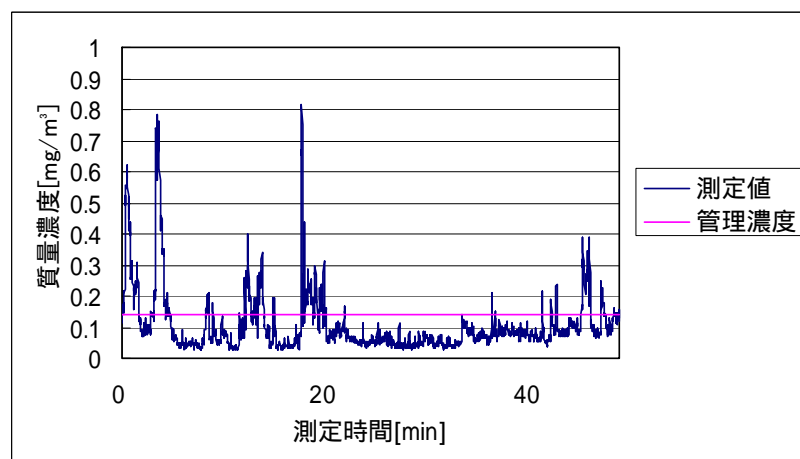


図 1.17 作業場 A における手込み作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動

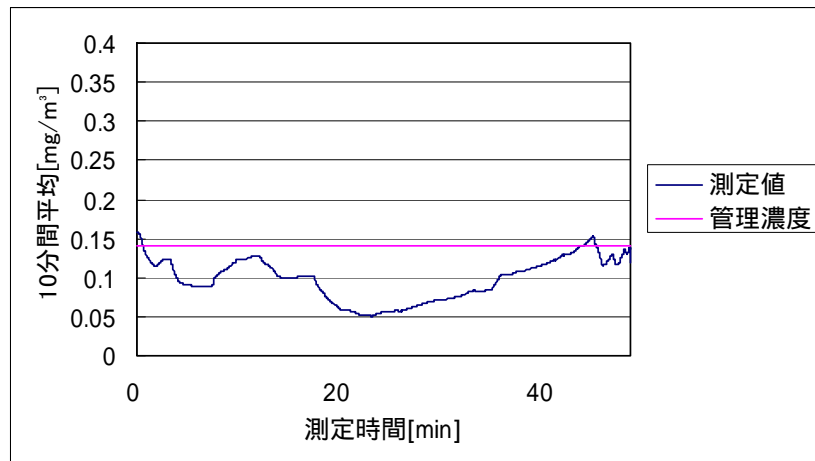


図 1.18 作業場 A における手込み作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

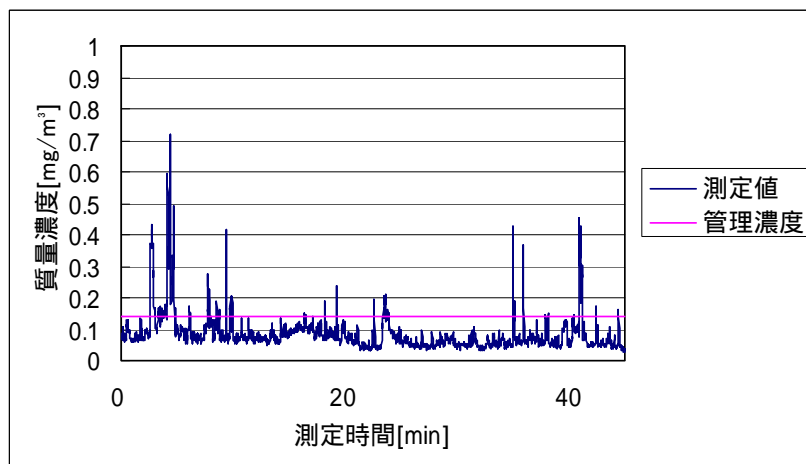


図 1.19 作業場 A における手込み作業 6 回目の粉じんばく露濃度変動

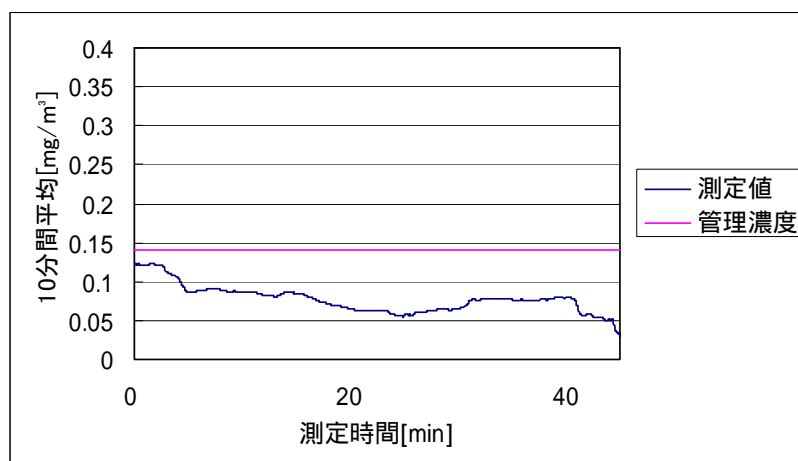


図 1.20 作業場 A における手込み作業 6 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

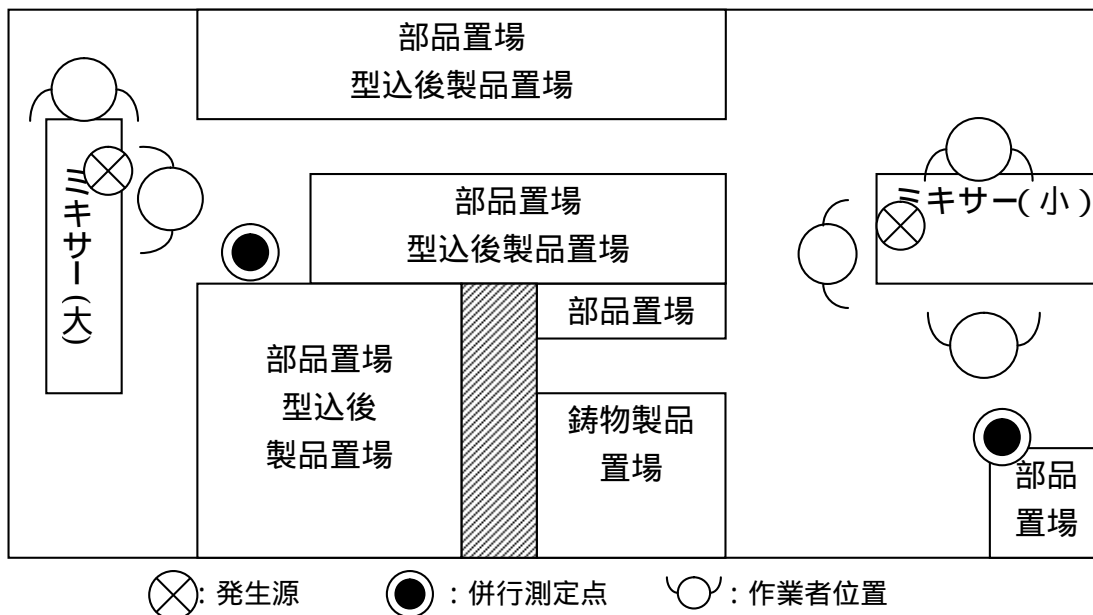


図 1.21 作業場 B での概略図

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 |

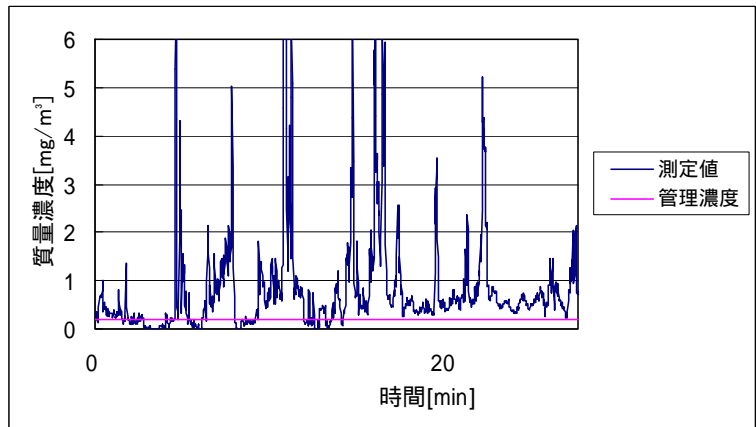


図 1.22 作業場 B における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

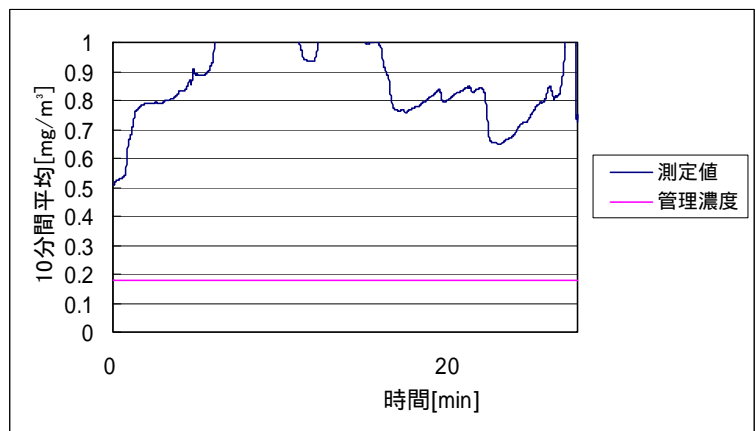


図 1.23 作業場 B における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

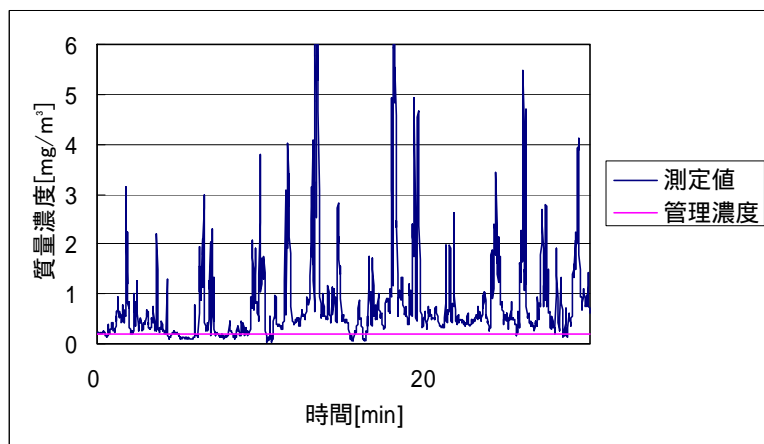


図 1.24 作業場 B における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

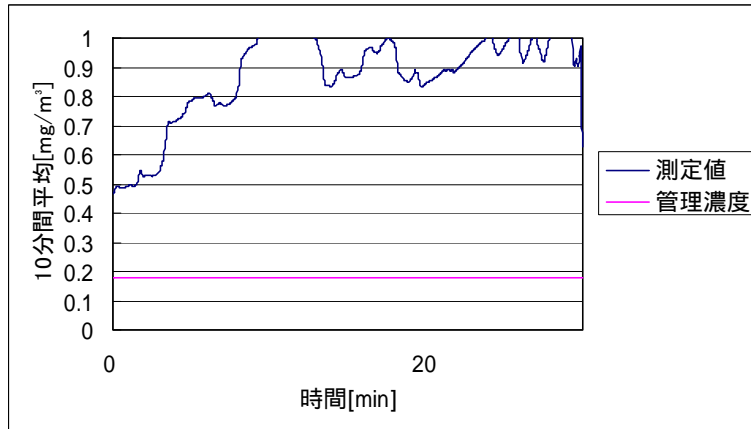


図 1.25 作業場 B における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

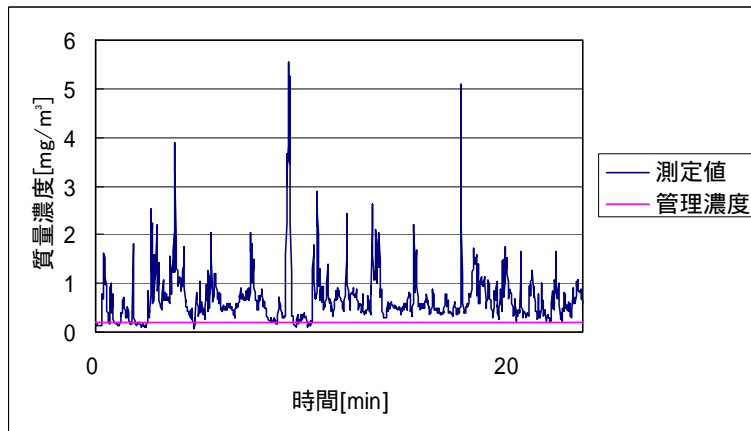


図 1.26 作業場 B における手込み作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

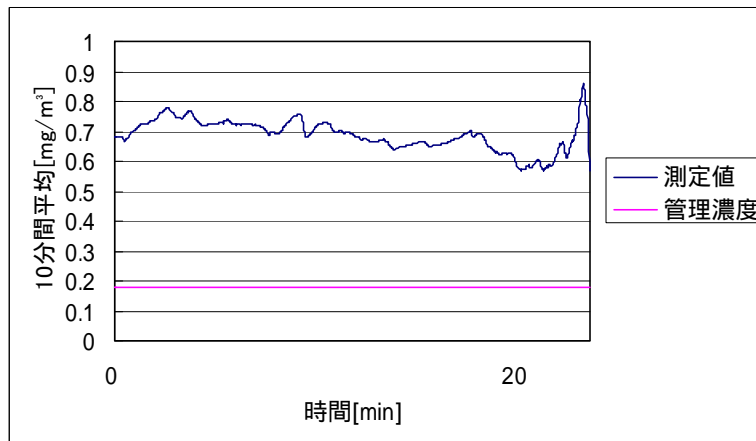


図 1.27 作業場 B における手込み作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

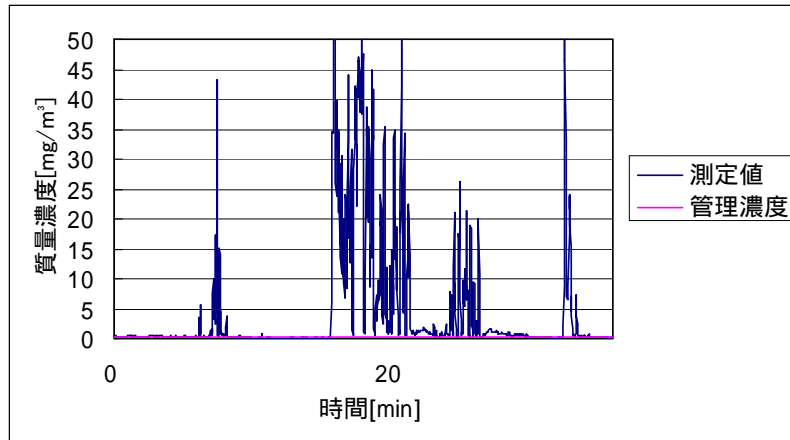


図 1.28 作業場 B における手込み作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動

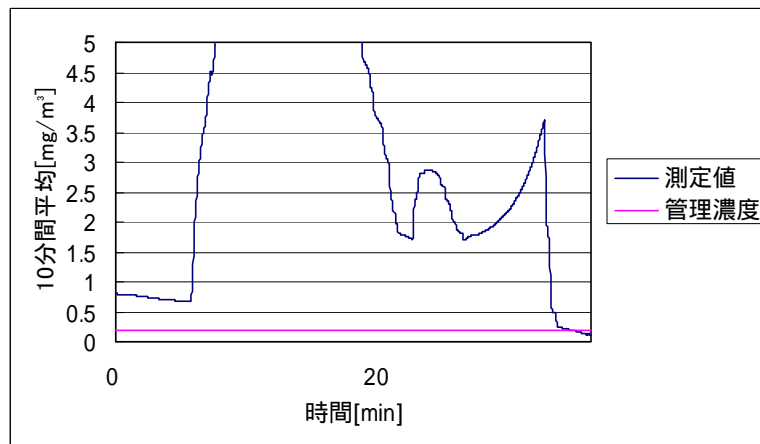


図 1.29 作業場 B における手込み作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

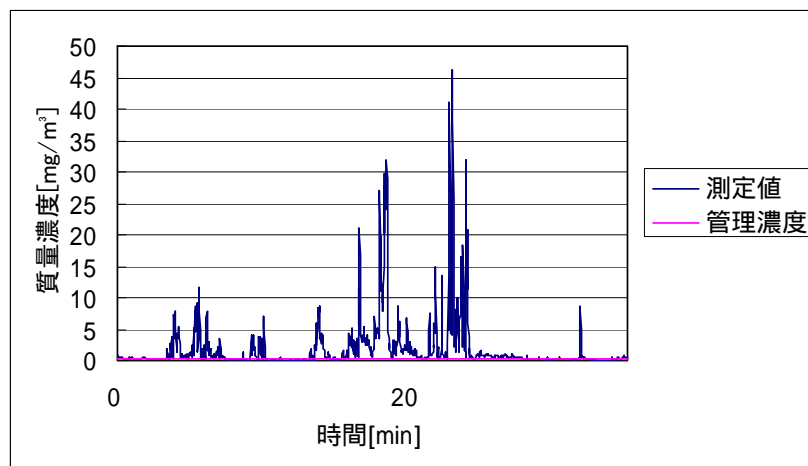


図 1.30 作業場 B における手込み作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動

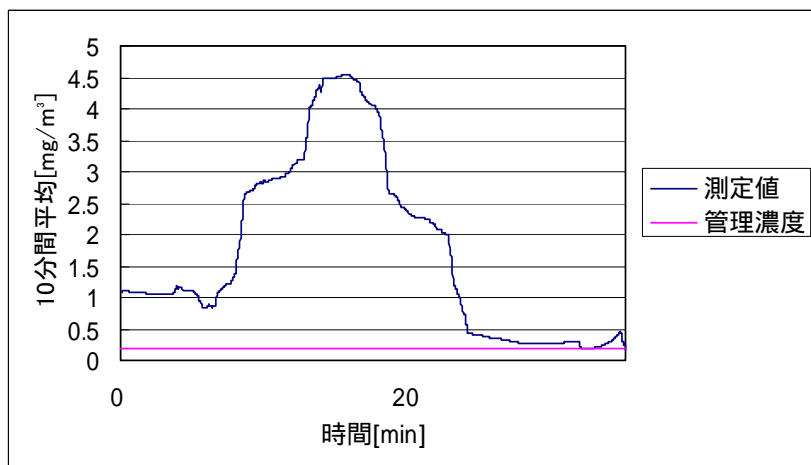


図 1.31 作業場 B における手詰め作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

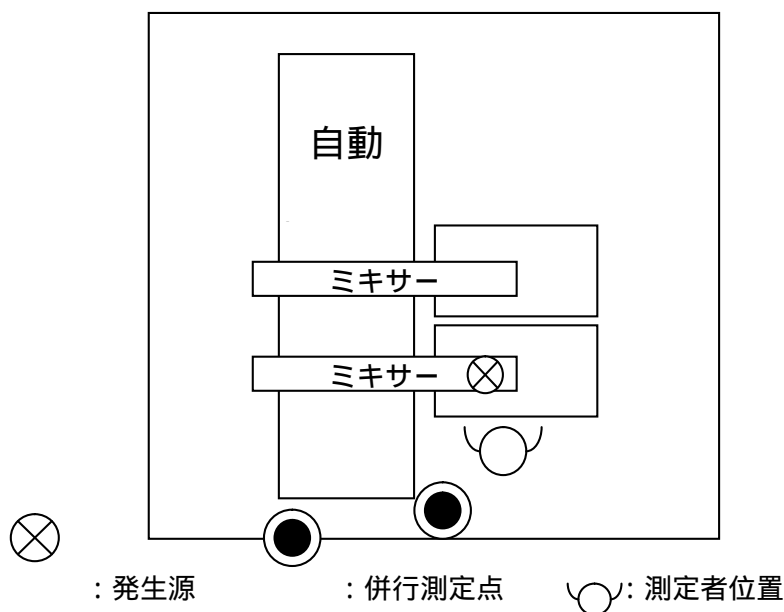


図 1.32 作業場 C の概略図



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 |

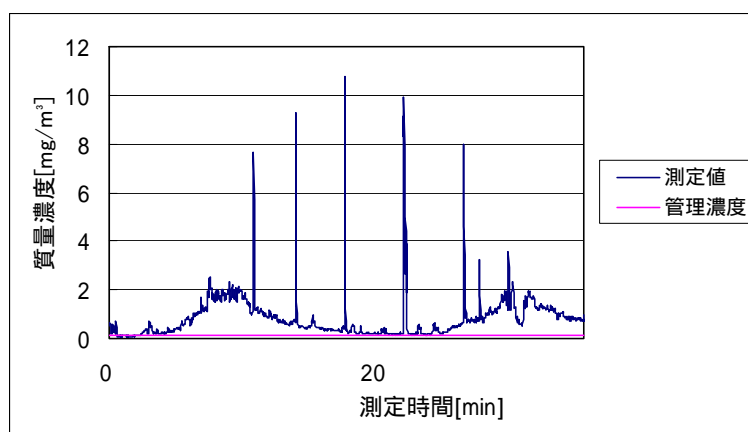


図 1.34 作業場 C における手だめ作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

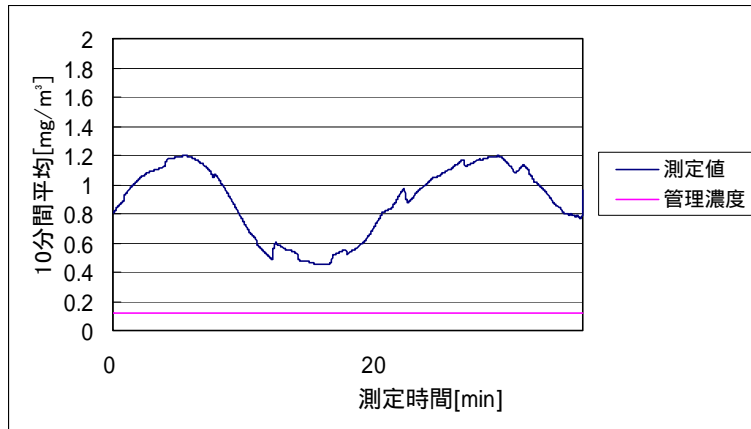


図 1.35 作業場 C における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

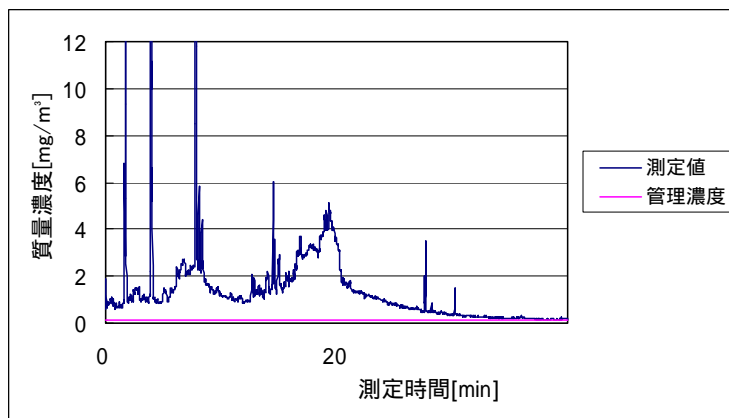


図 1.36 作業場 C における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

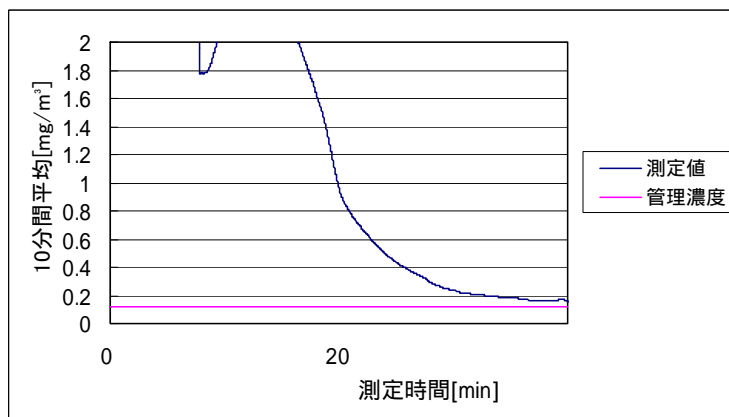


図 1.37 作業場 C における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

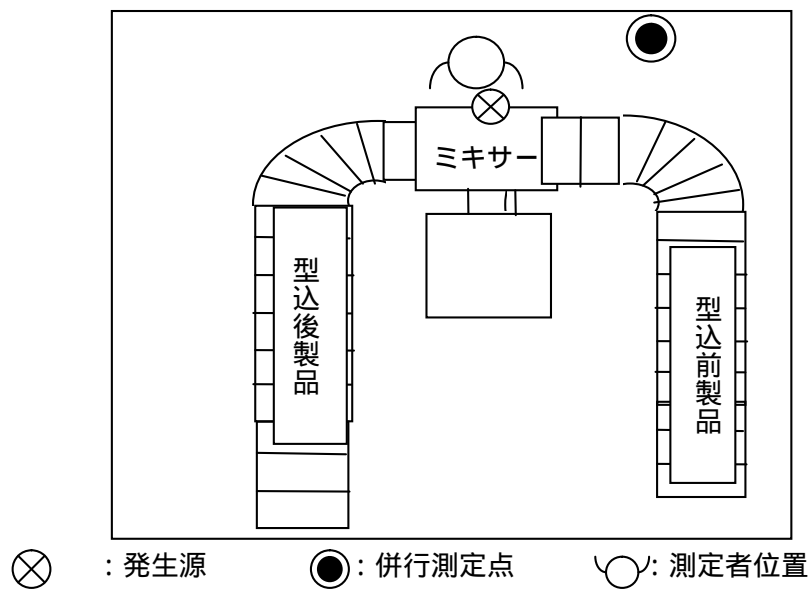


図 1.38 作業場 D の概略図

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 |

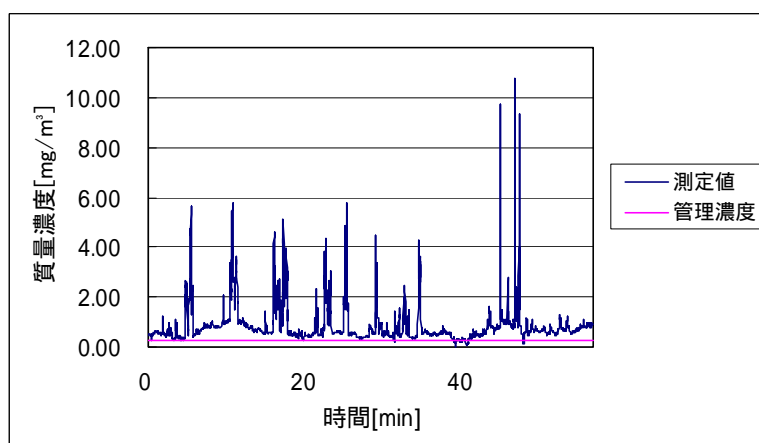


図 1.39 作業場 D における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

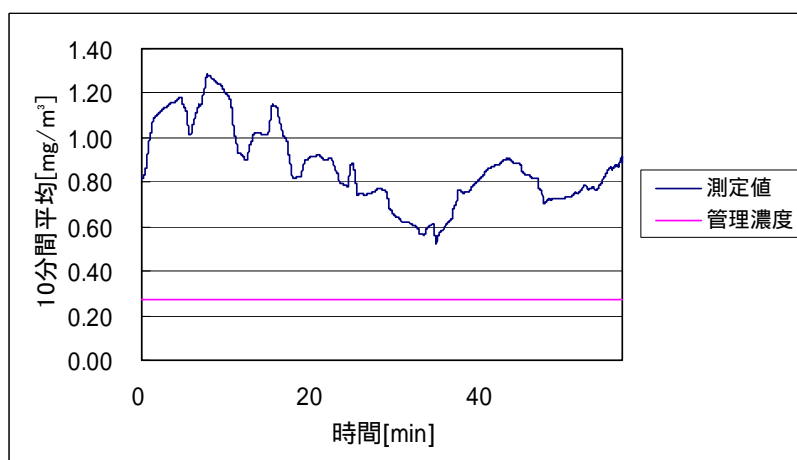


図 1.40 作業場 D における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

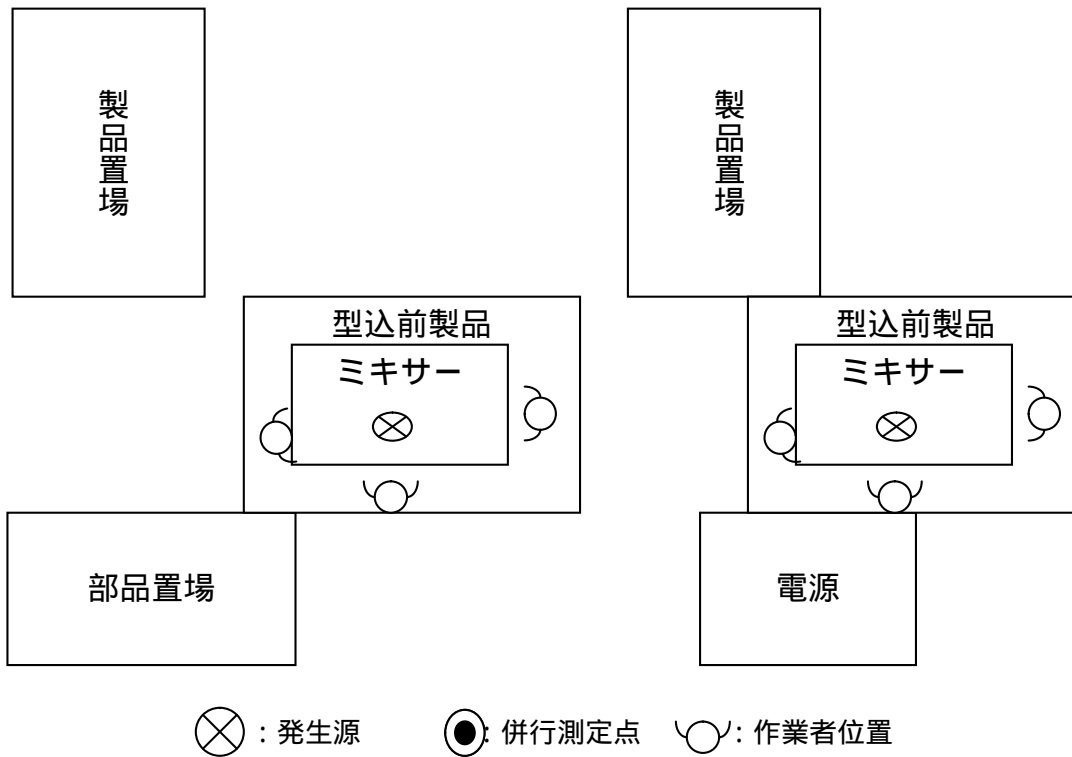


図 1.41 作業場 E の概略図

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 |

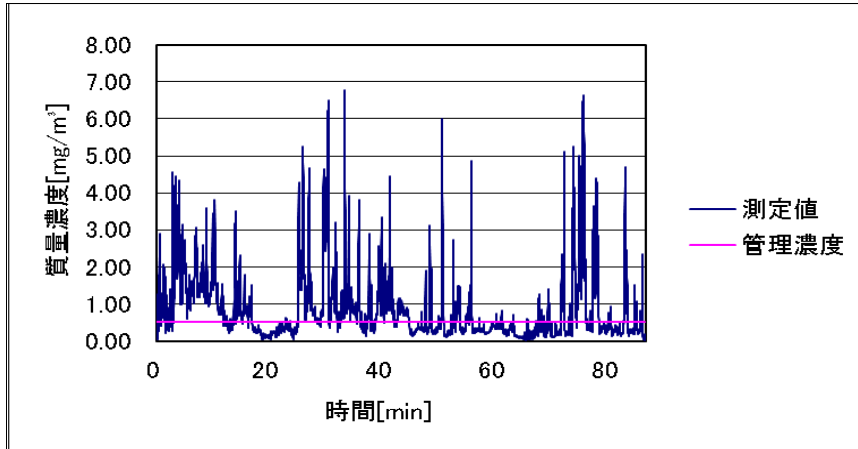


図 1.42 作業場 E における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

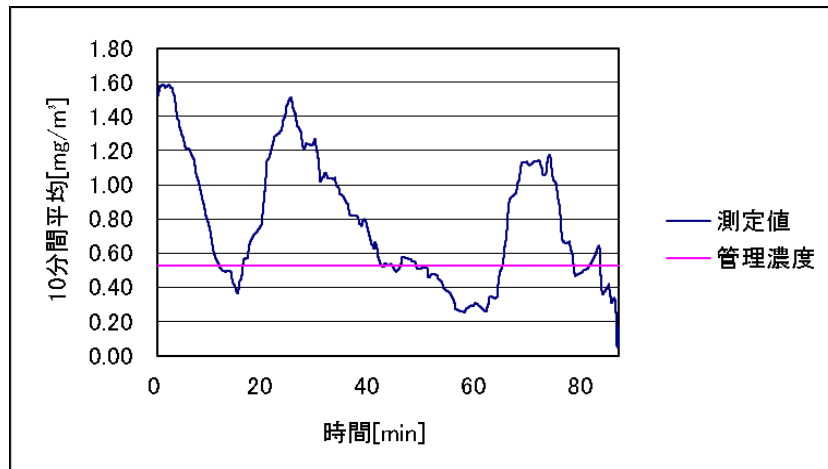


図 1.43 作業場 E における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

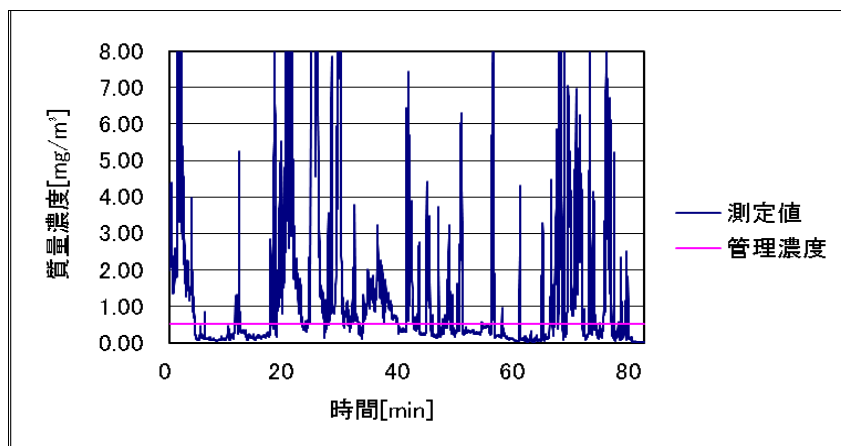


図 1.44 作業場 E における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

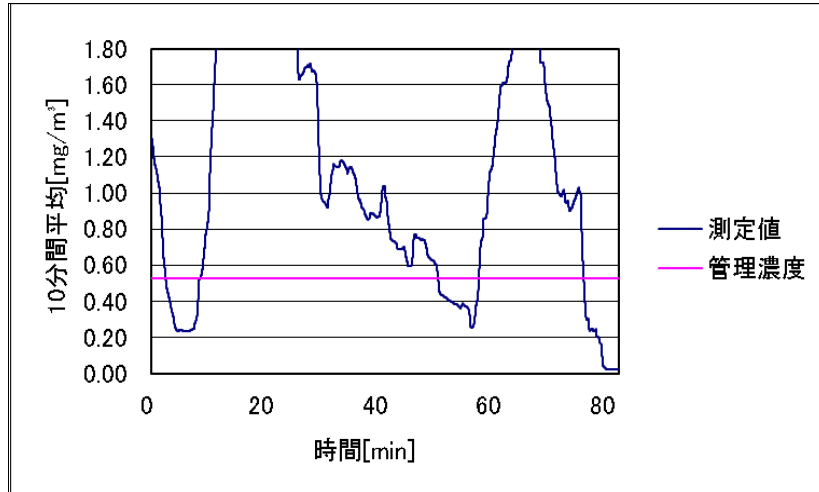


図 1.45 作業場 E における手込め作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

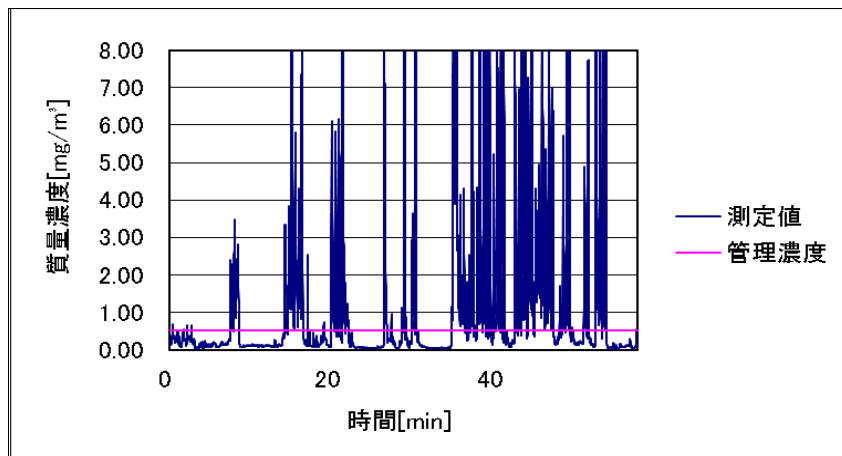


図 1.46 作業場 E における手込め作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

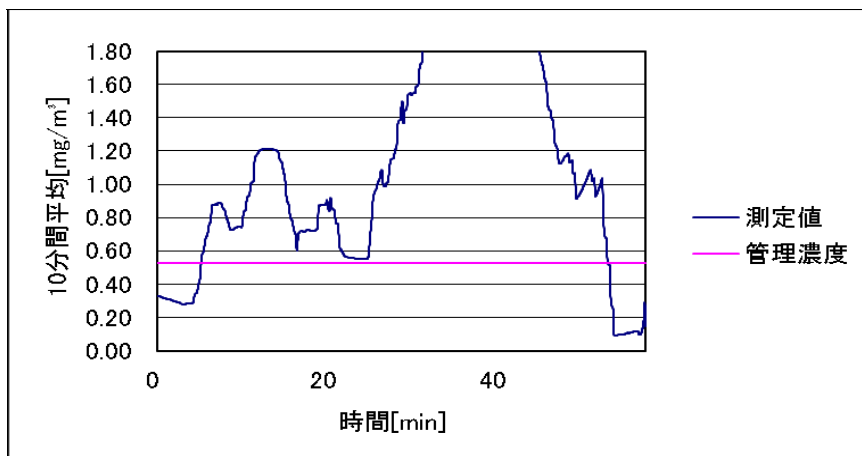


図 1.47 作業場 E における手込め作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

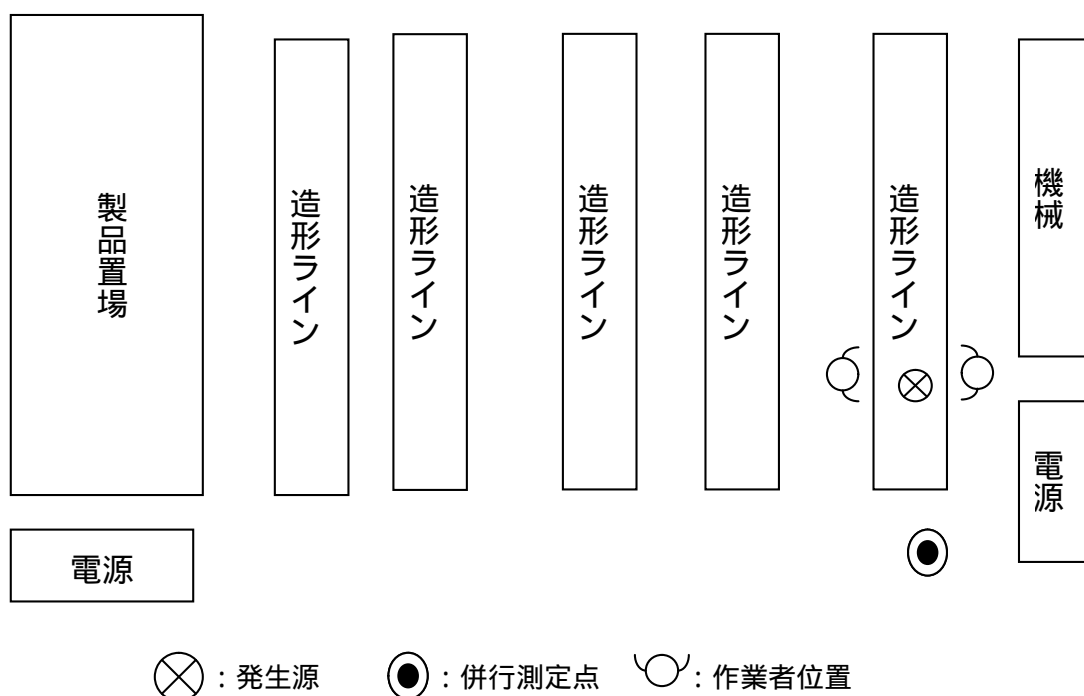


図 1.48 作業場 F の概略図

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 |

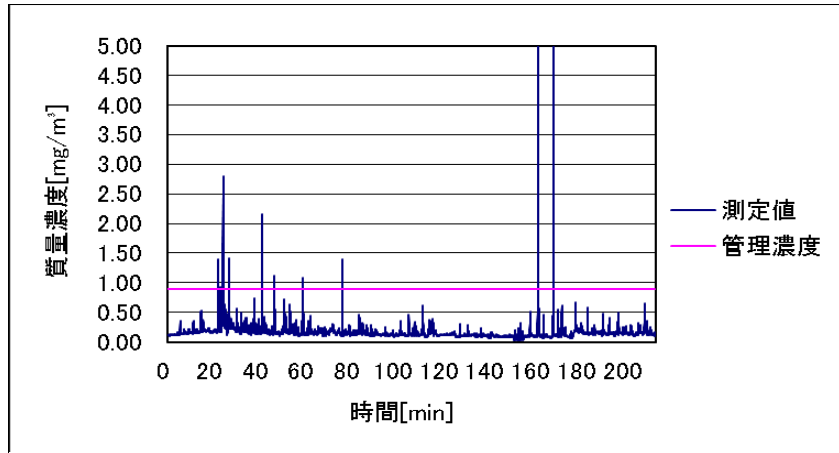


図 1.49 作業場 F における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

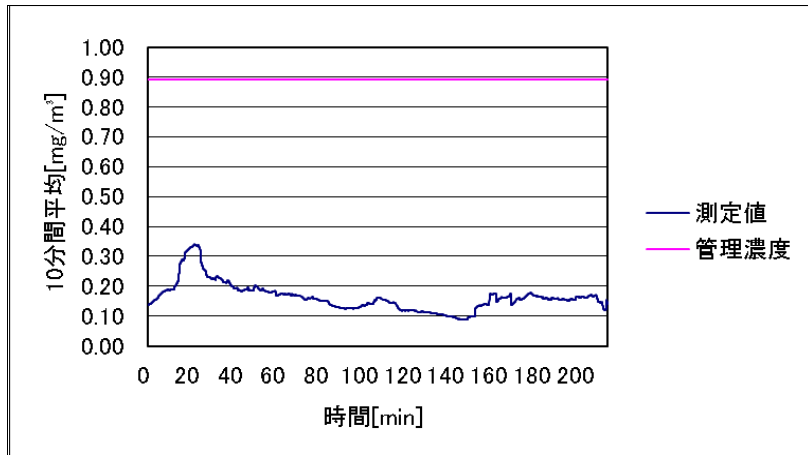


図 1.50 作業場 F における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

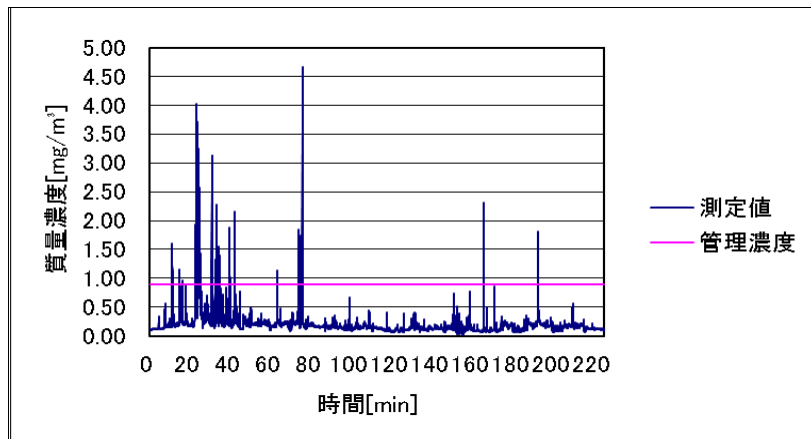


図 1.51 作業場 F における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

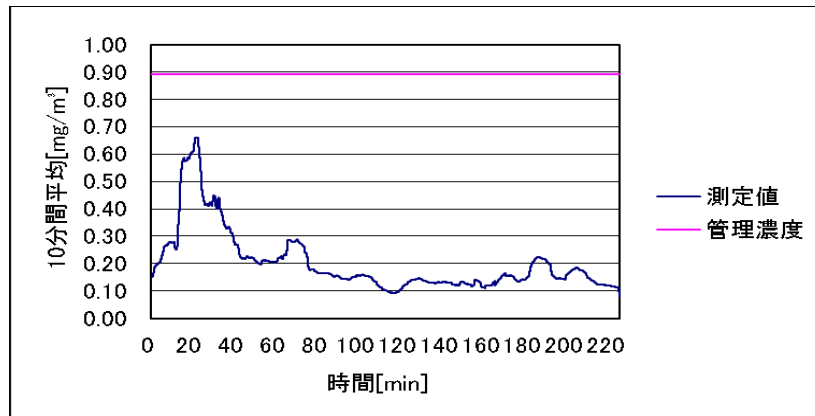


図 1.52 作業場 F における手込め作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

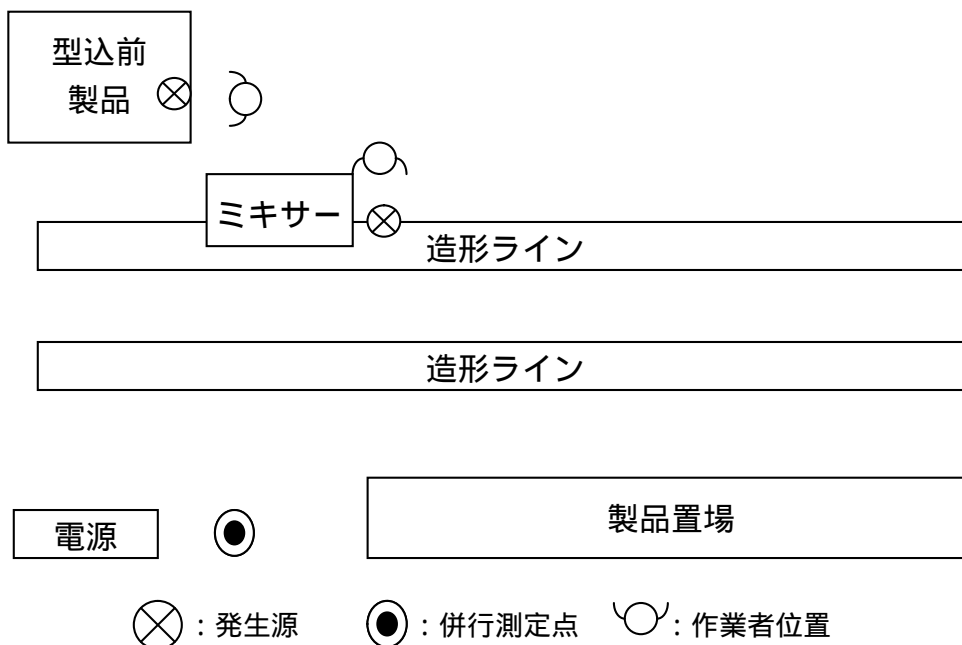


図 1.53 作業場 G の概略図

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 |

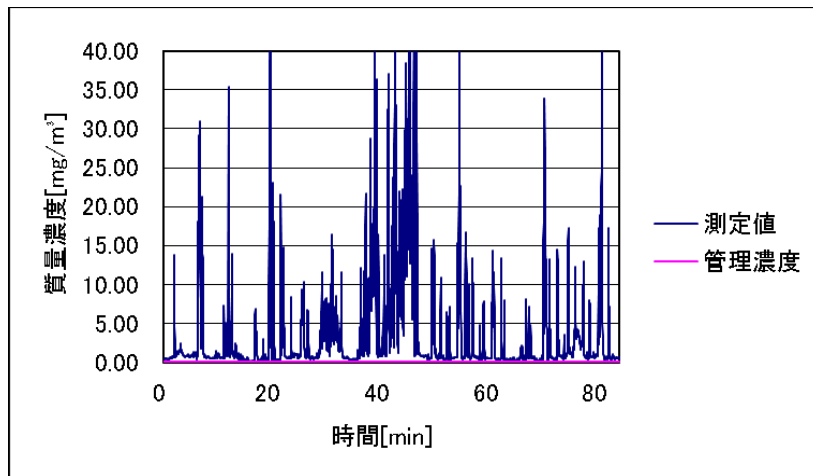


図 1.54 作業場 G における手込み作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

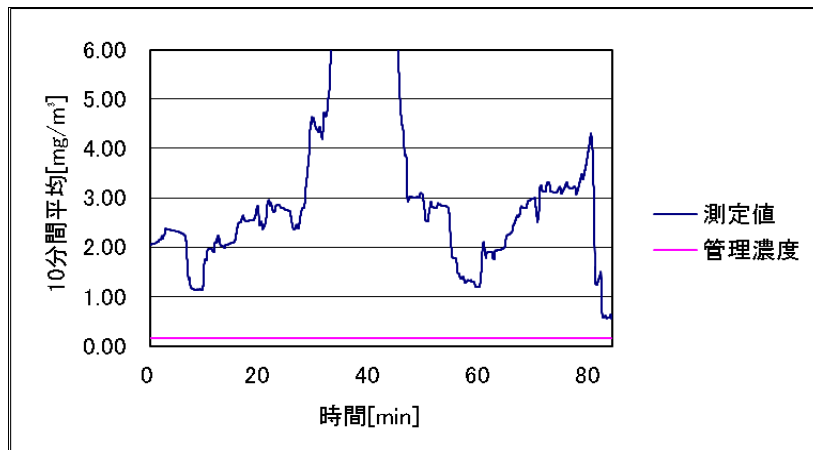


図 1.55 作業場 G における手込み作業 1 回目粉じんのばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

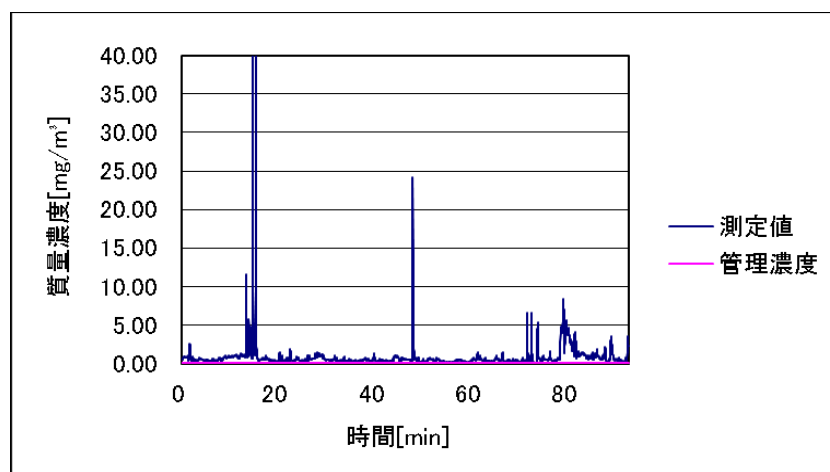


図 1.56 作業場 G における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

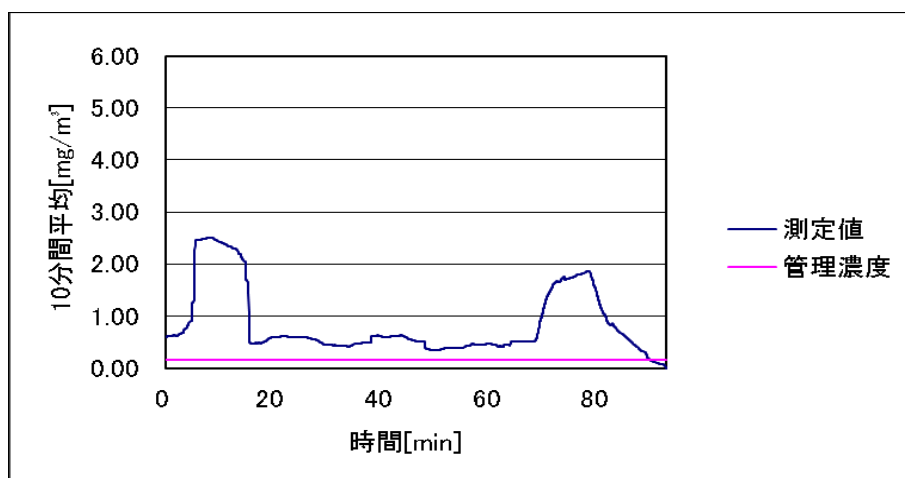


図 1.57 作業場 G における手込み作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

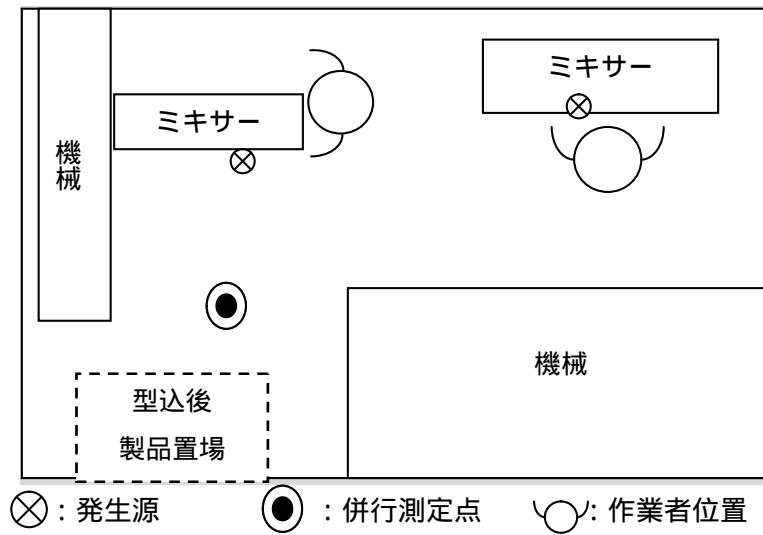


図 1.58 作業場 H の概略図

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 |

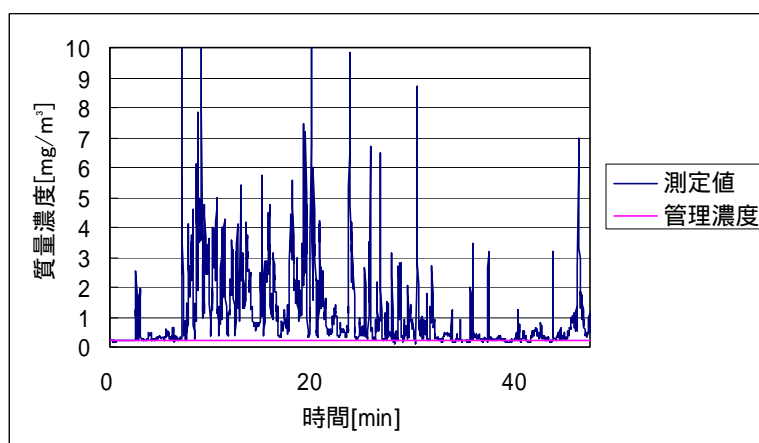


図 1.59 作業場 H における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

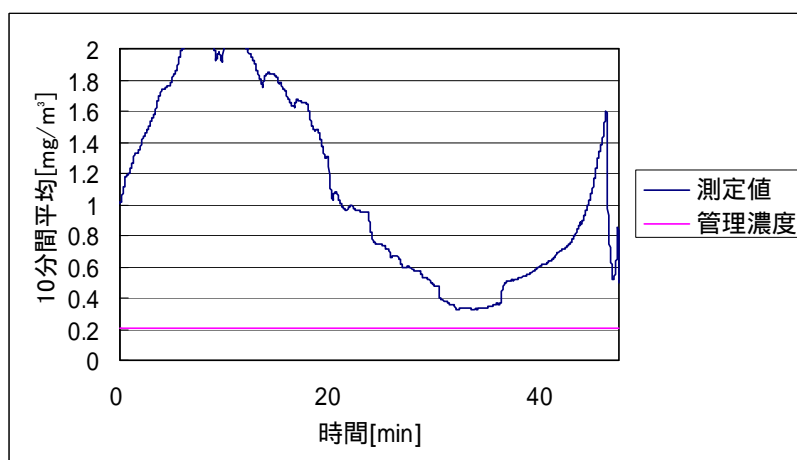


図 1.60 作業場 H における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

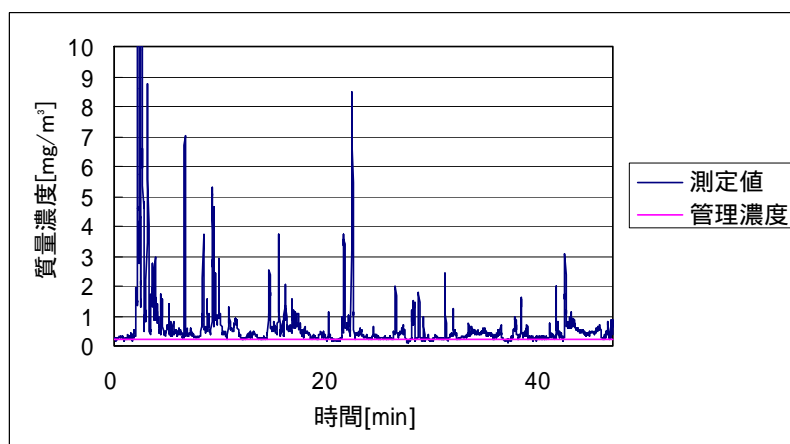


図 1.61 作業場 H における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

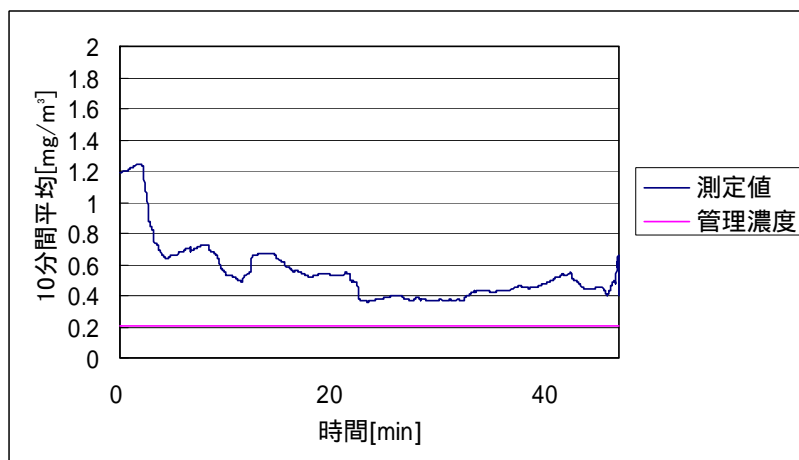


図 1.62 作業場 H における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

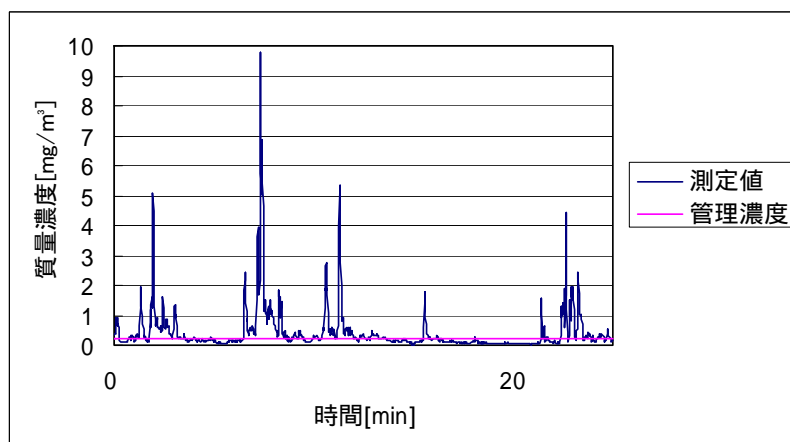


図 1.63 作業場 H における半自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

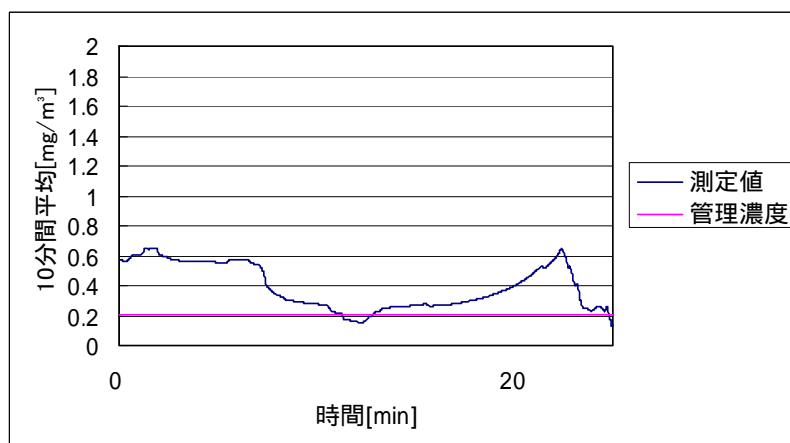


図 1.64 作業場 H における半自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

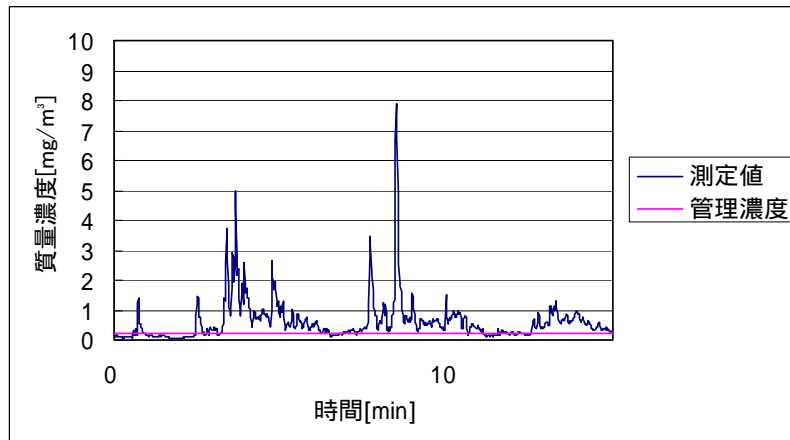


図 1.65 作業場 H における半自動造形作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動

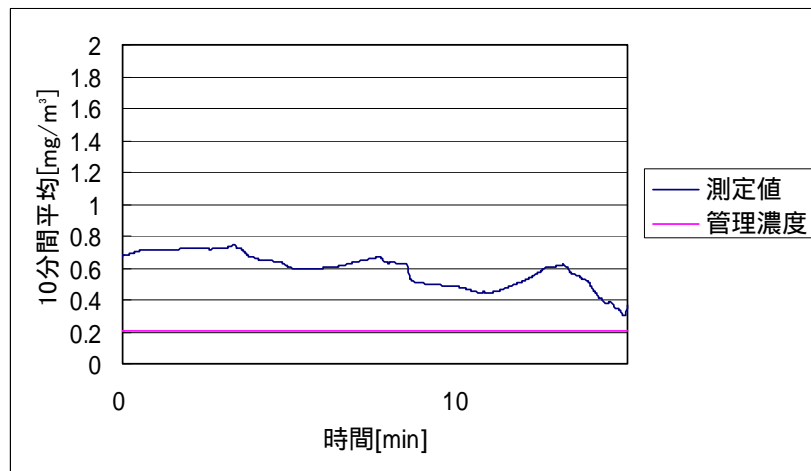


図 1.66 作業場 H における半自動造形作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

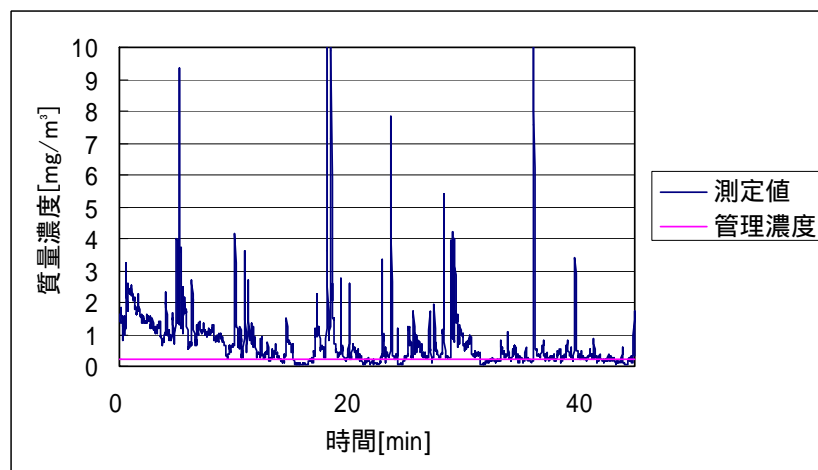


図 1.67 作業場 H における半自動造形作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動

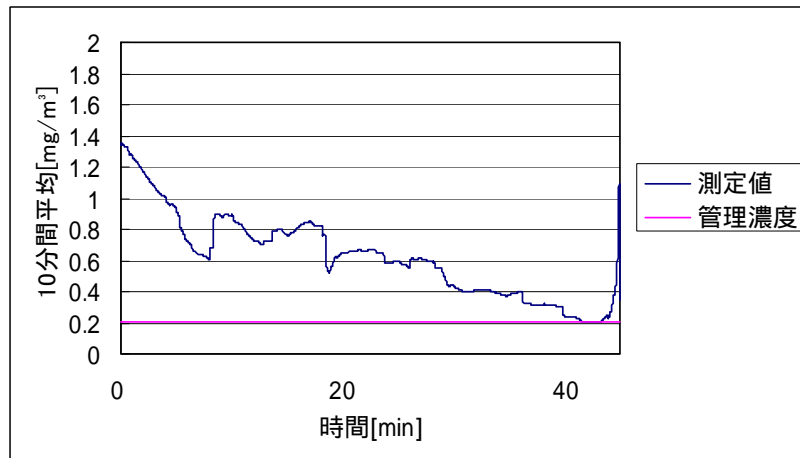


図 1.68 作業場 H における半自動造形作業 5 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

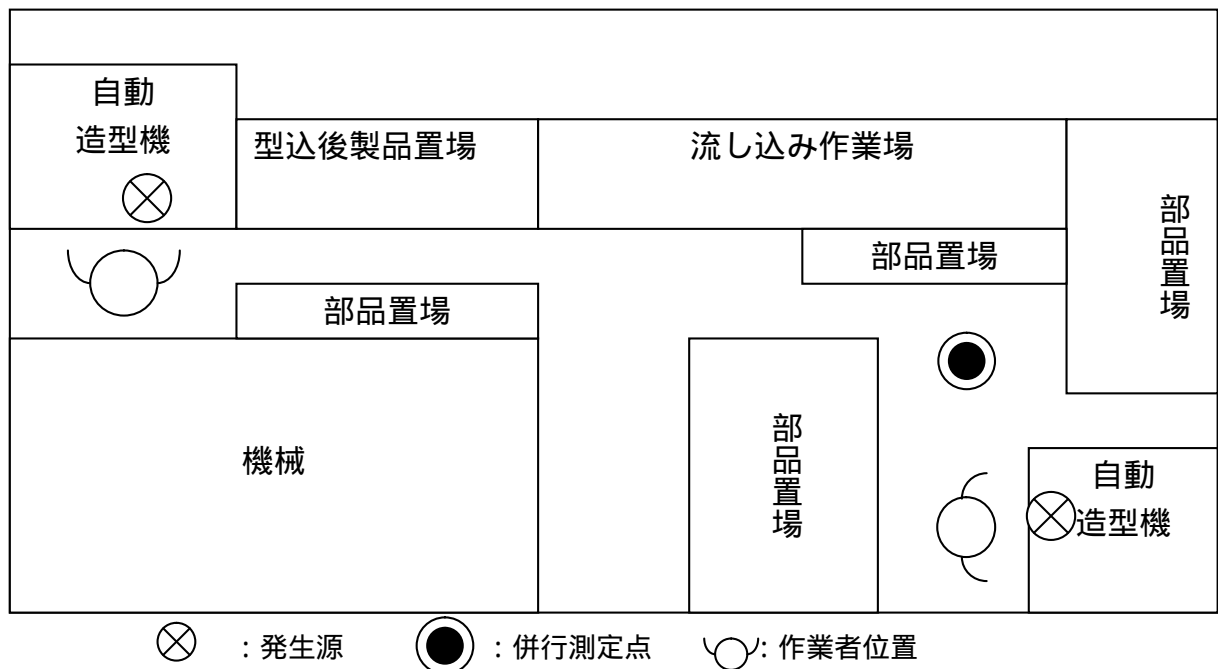


図 1.69 作業場 I の概略図

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 |

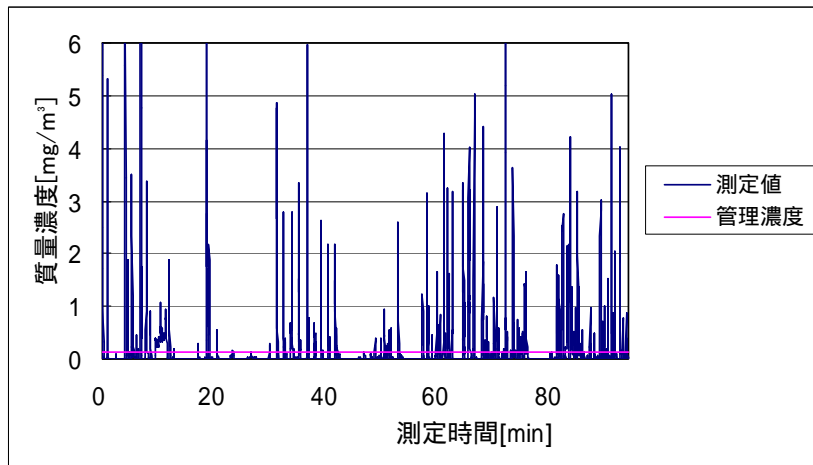


図 1.70 作業場 I における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

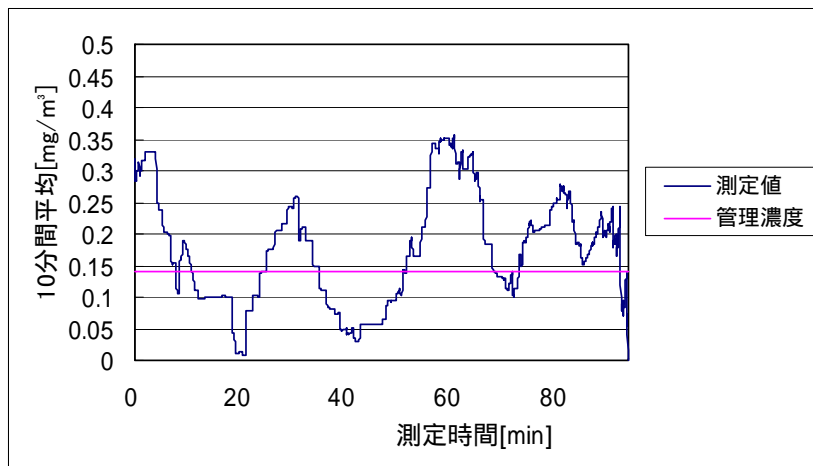


図 1.71 作業場 I における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動 (10 分間移動平均値)

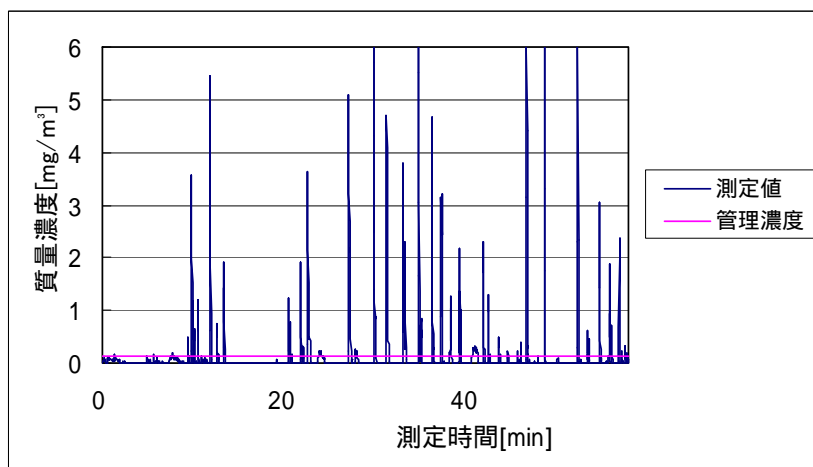


図 1.72 作業場 I における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

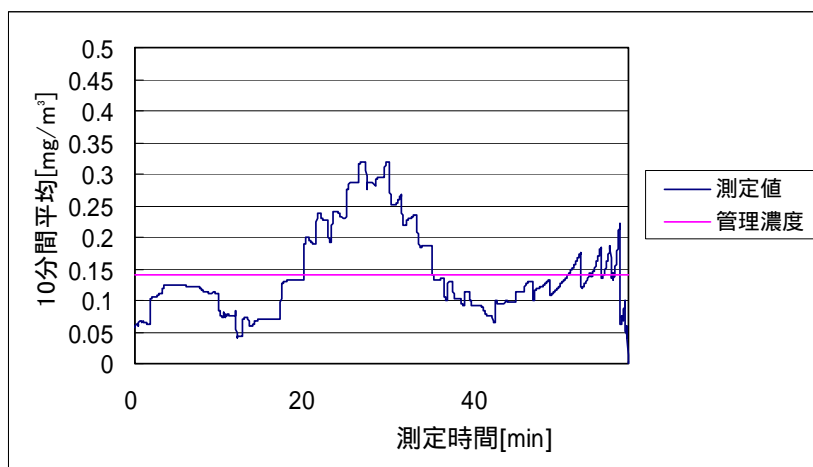


図 1.73 作業場 I における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

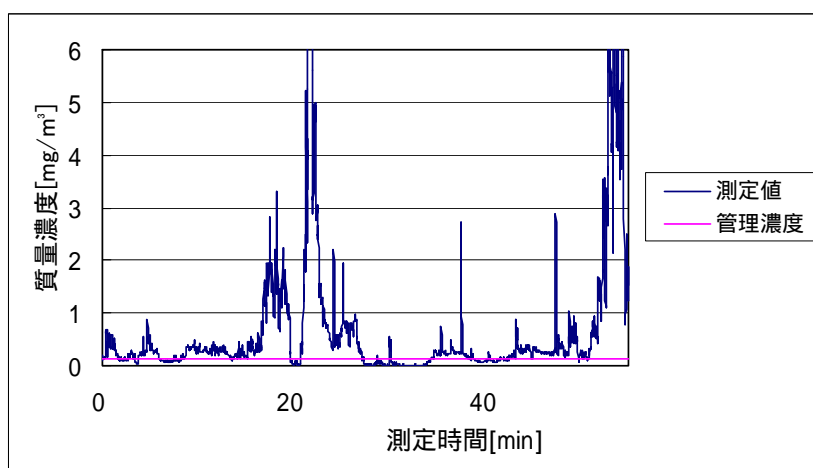


図 1.74 作業場 I における半自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

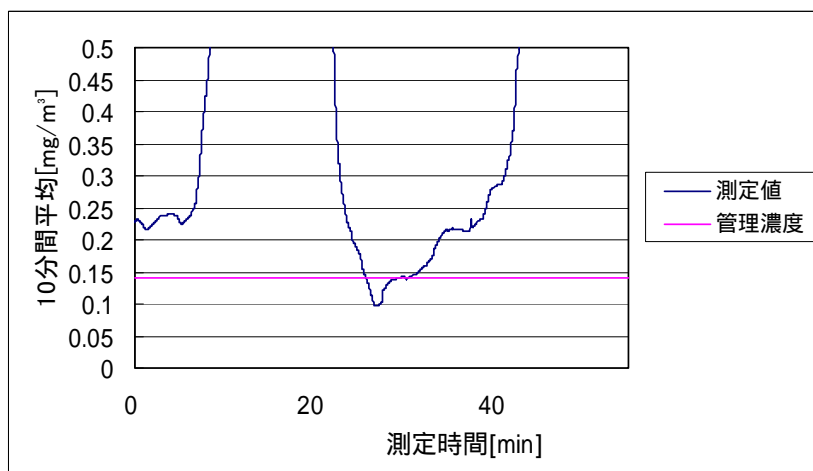


図 1.75 作業場 I における半自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

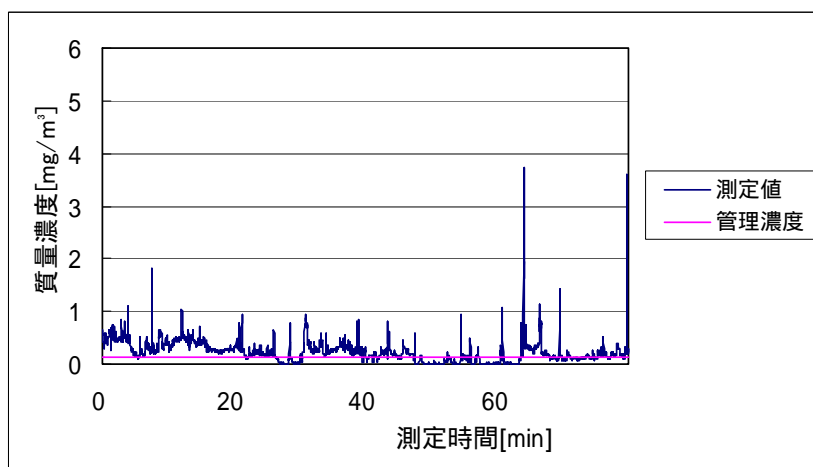


図 1.76 作業場 I における半自動造形作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動

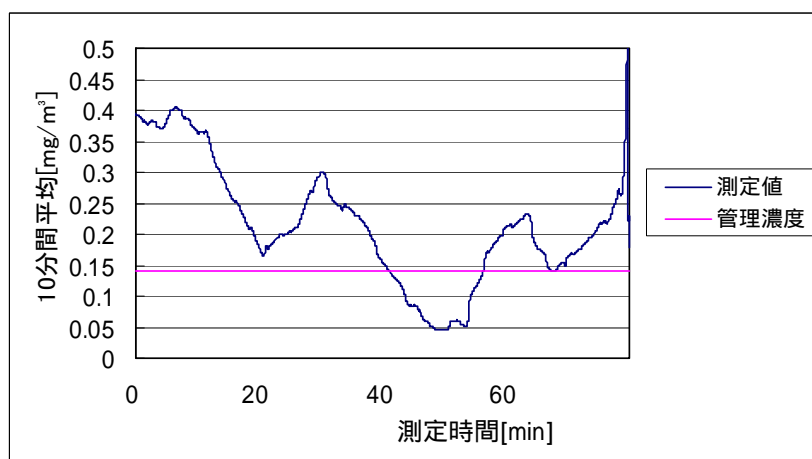


図 1.77 作業場 I における半自動造形作業 4 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

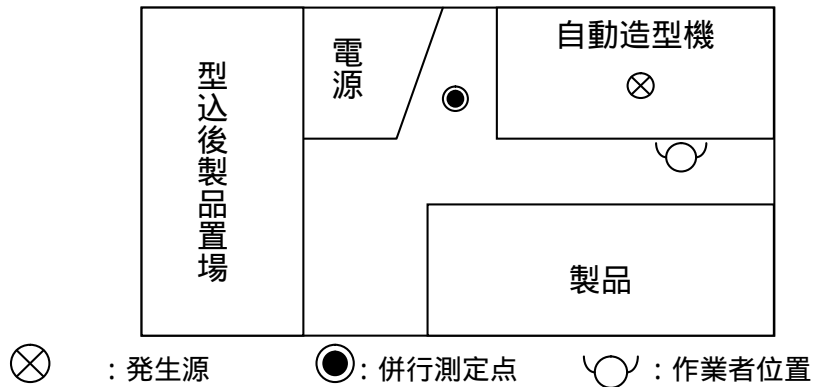


図 1.78 作業場 J の概略図

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 |

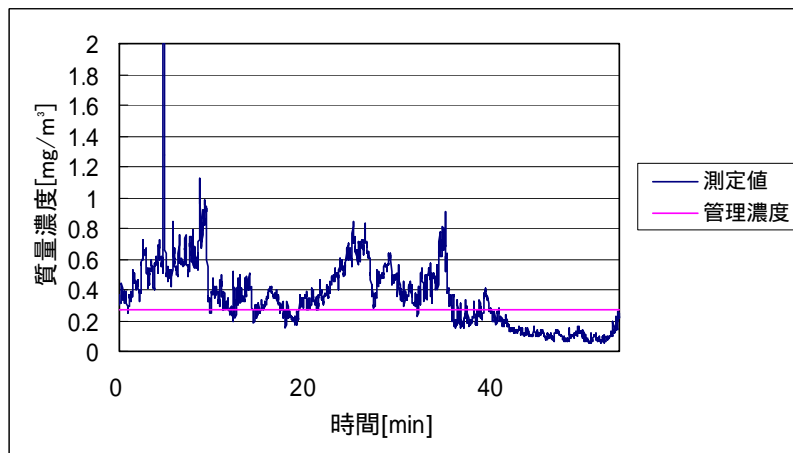


図 1.79 作業場 J における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

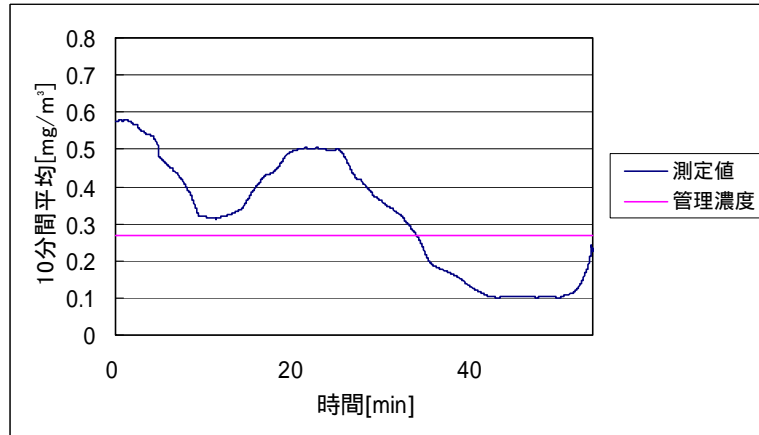


図 1.80 作業場 J における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

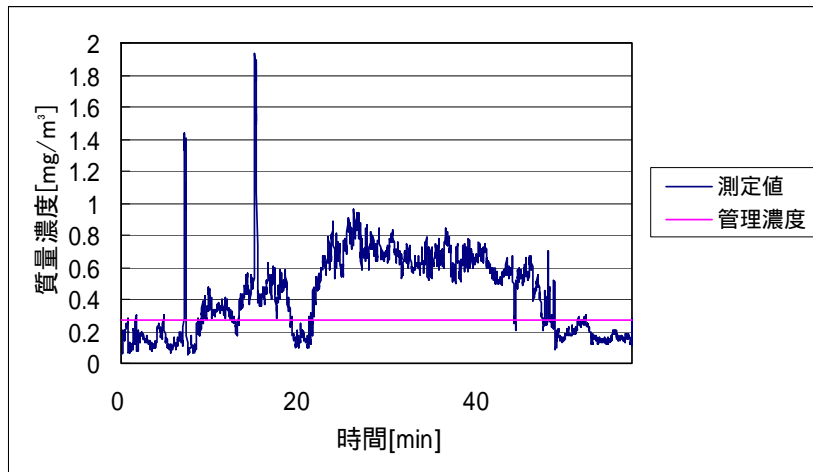


図 1.81 作業場 J における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

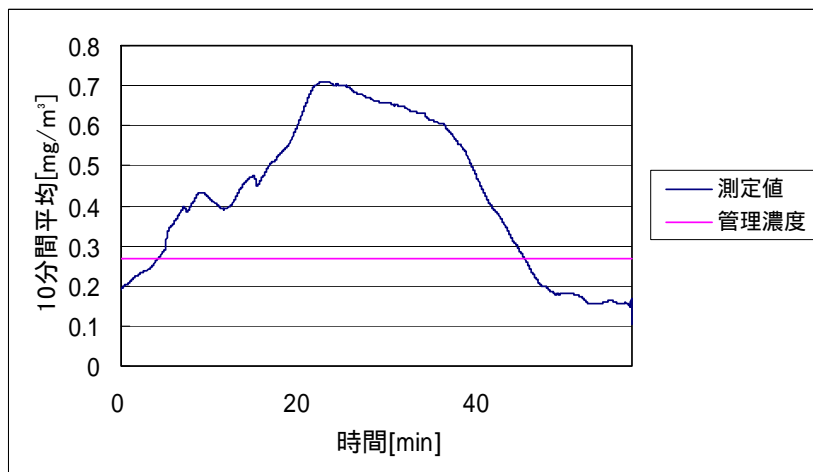


図 1.82 作業場 J における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

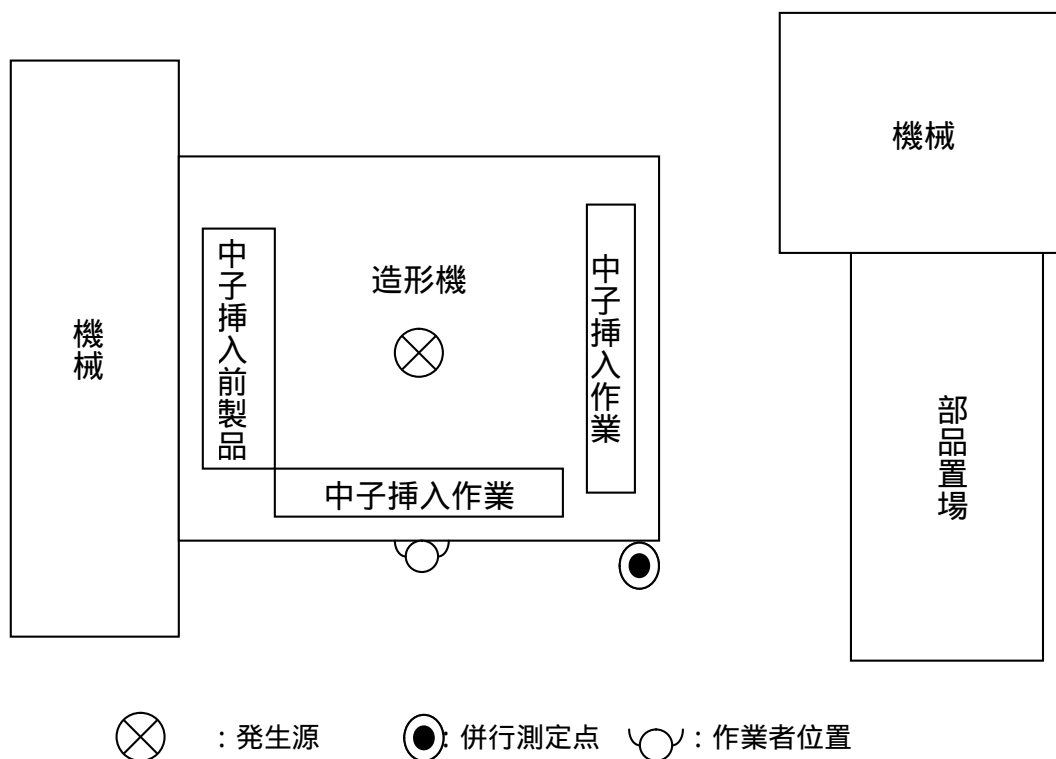


図 1.83 作業場 K の概略図

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 |

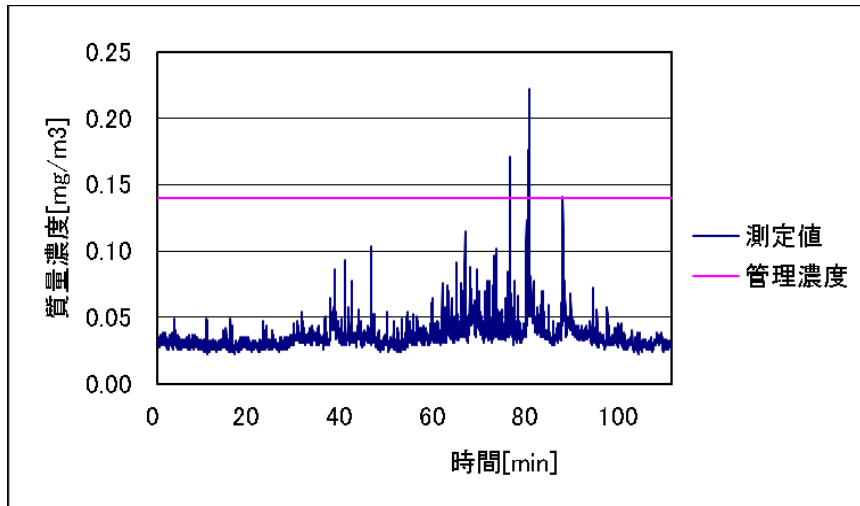


図 1.84 作業場 K における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

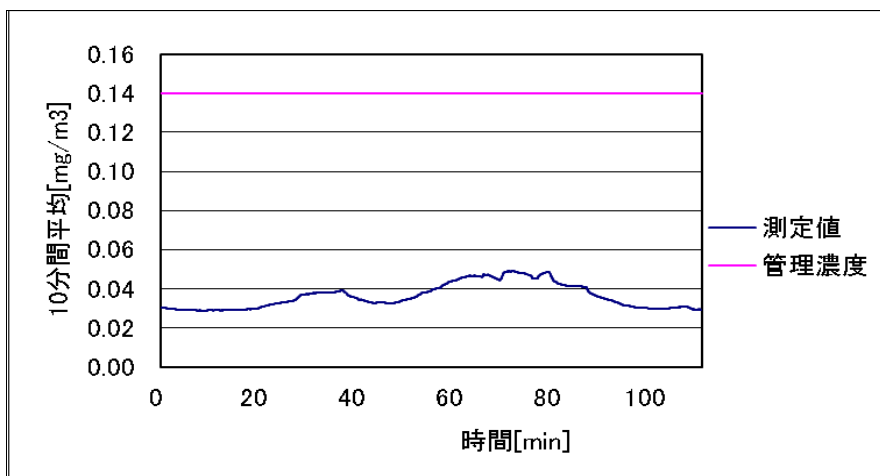


図 1.85 作業場 K における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

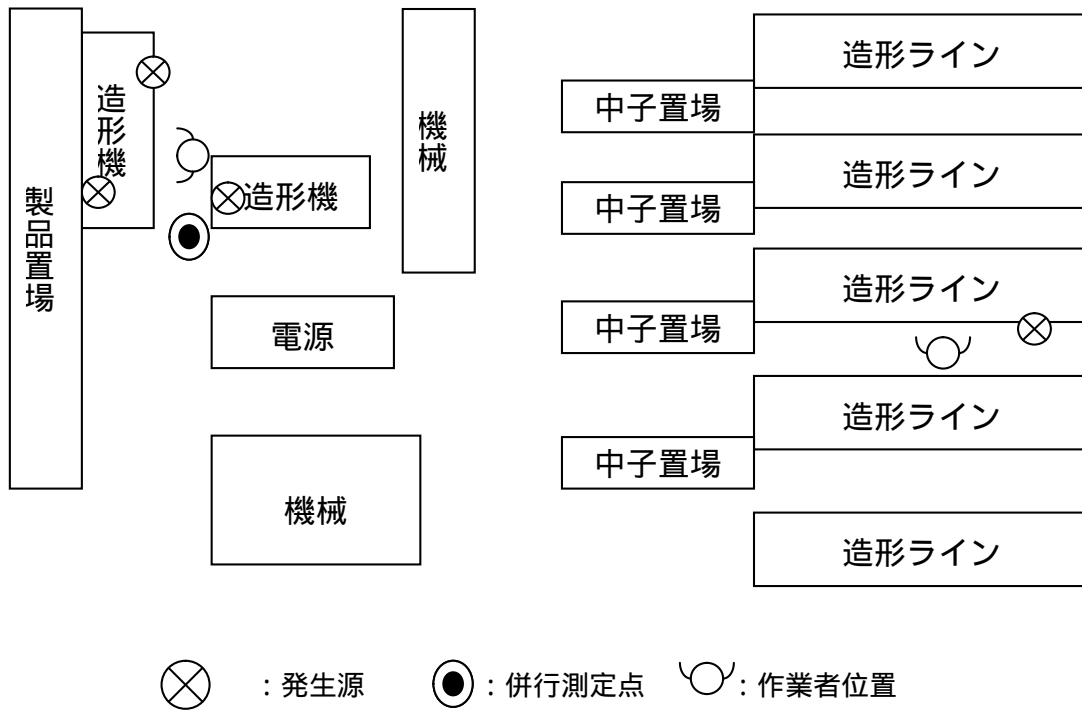


図 1.86 作業場 L の概略図

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. |

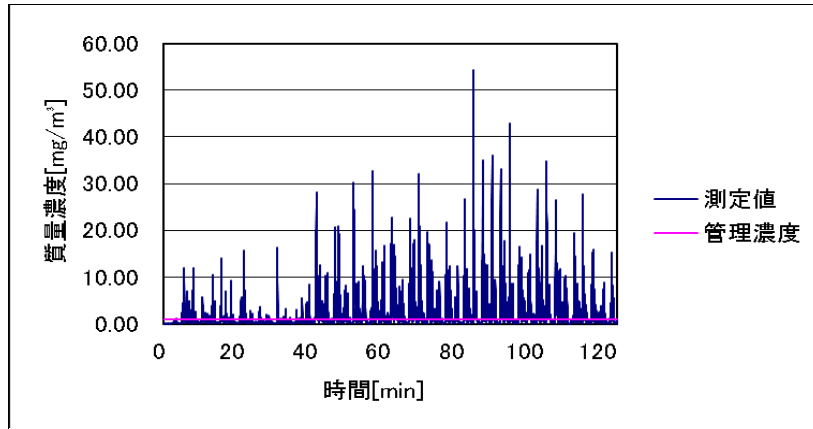


図 1.87 作業場 L における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

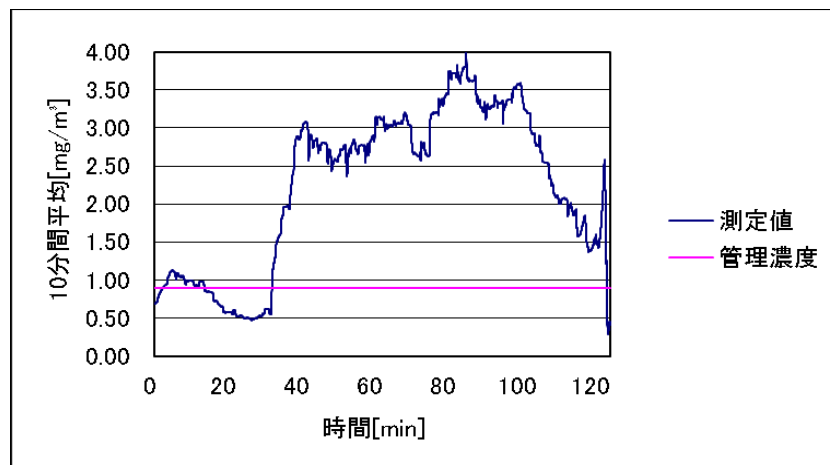


図 1.88 作業場 L における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

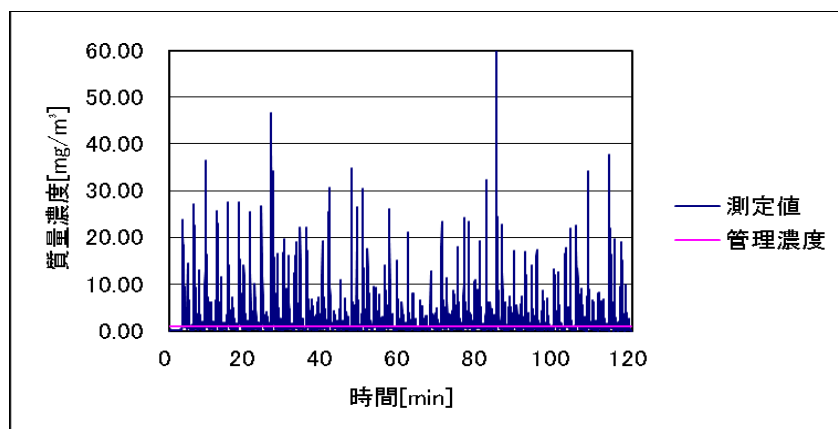


図 1.89 作業場 L における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

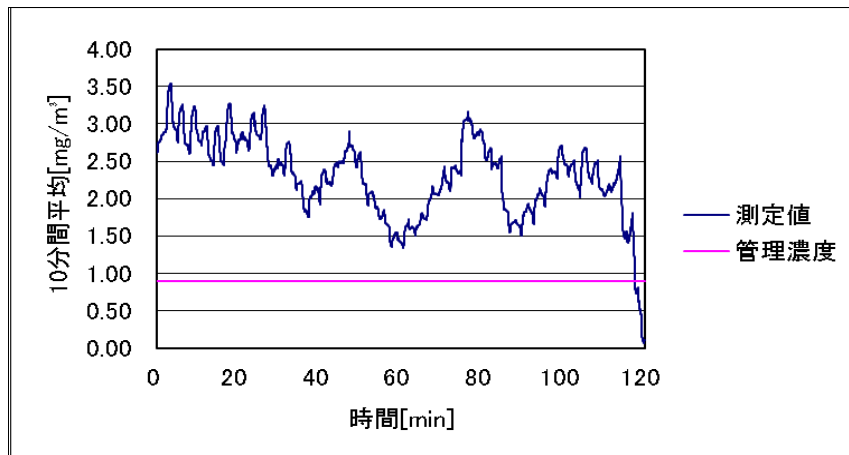


図 1.90 作業場 L における半自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

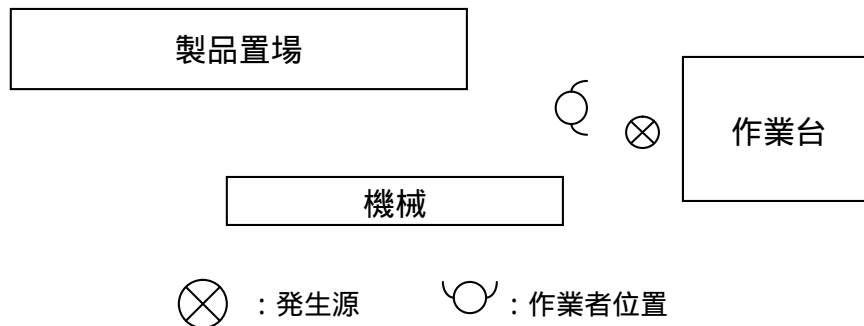


図 1.91 作業場 M の概略図

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 | |

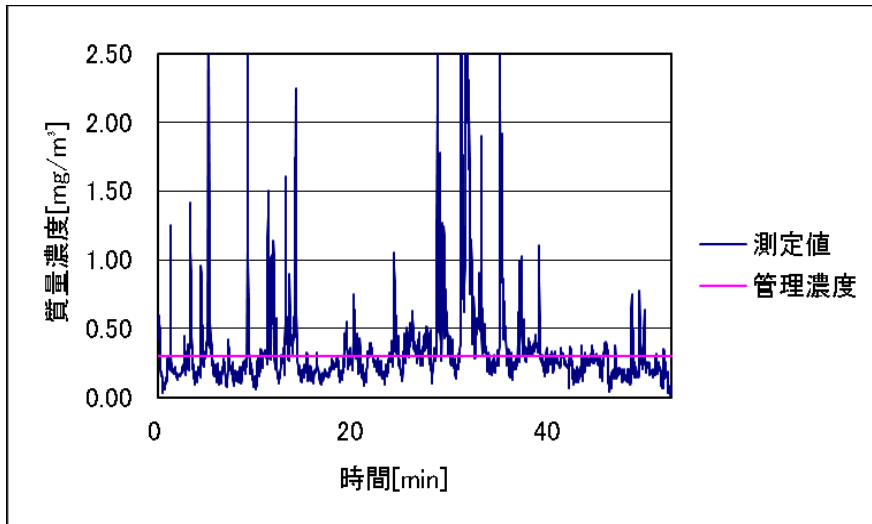


図 1.92 作業場 M における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

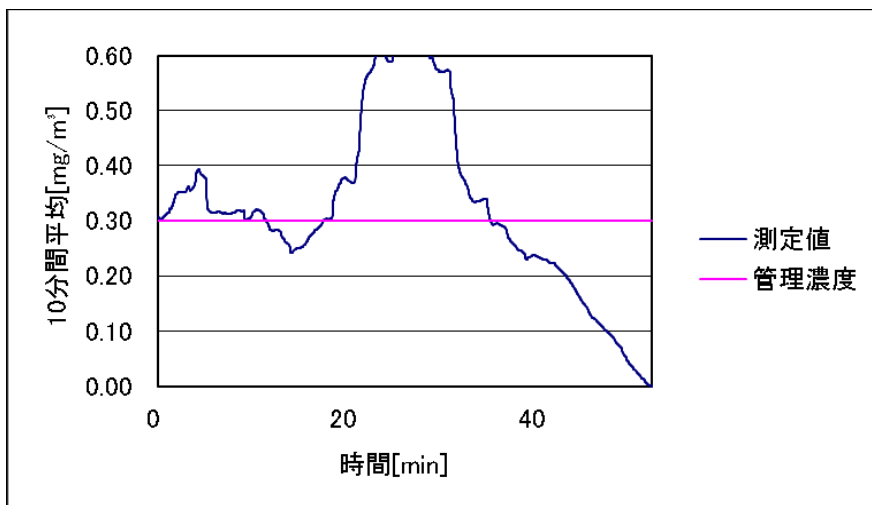


図 1.93 作業場 M における半自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

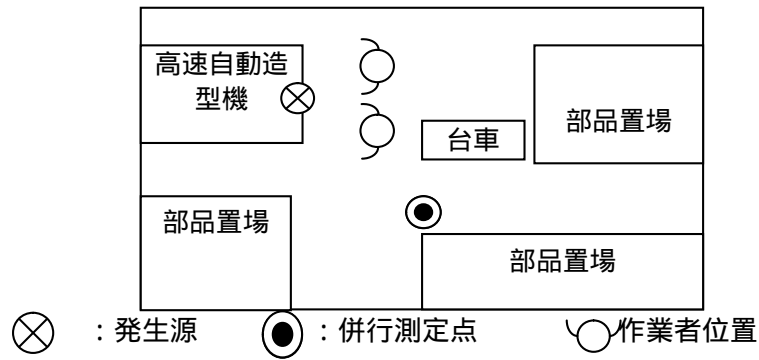


図 1.94 作業場 N の概略図

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 |

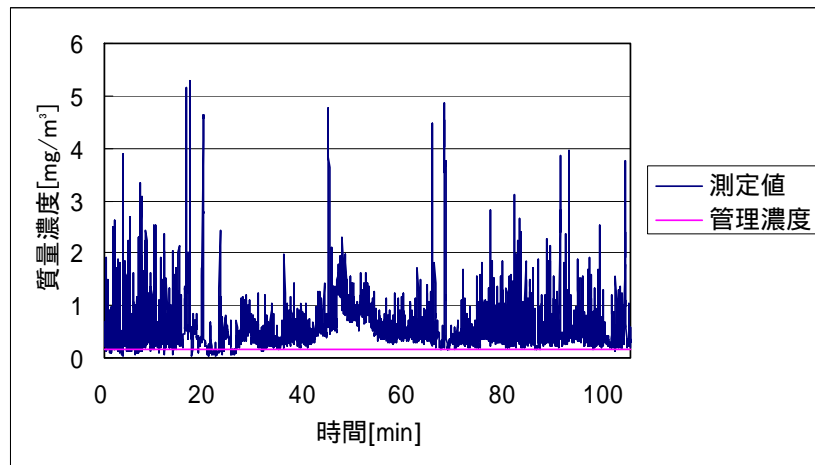


図 1.95 作業場 N における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

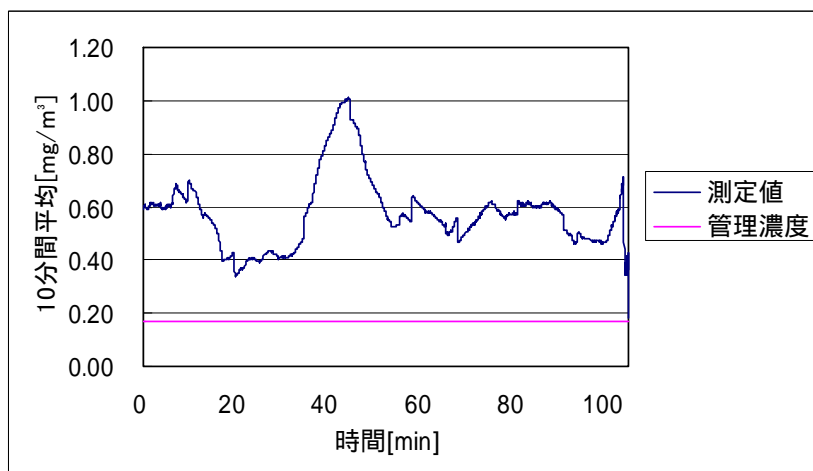


図 1.96 作業場 N における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

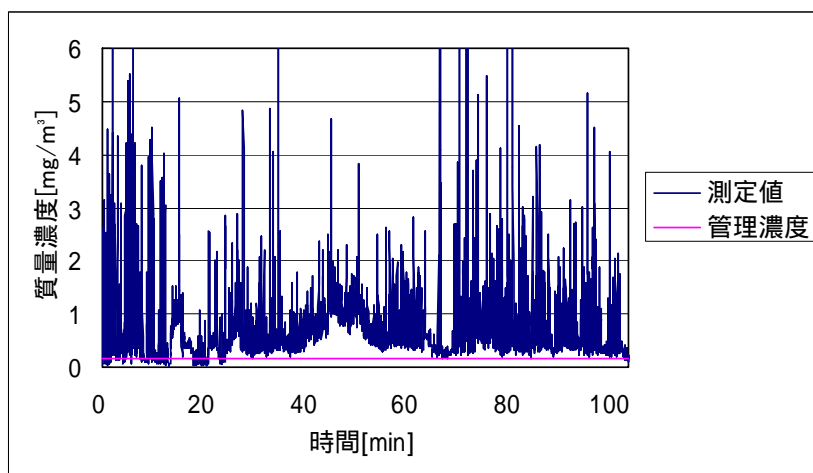


図 1.97 作業場 N における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

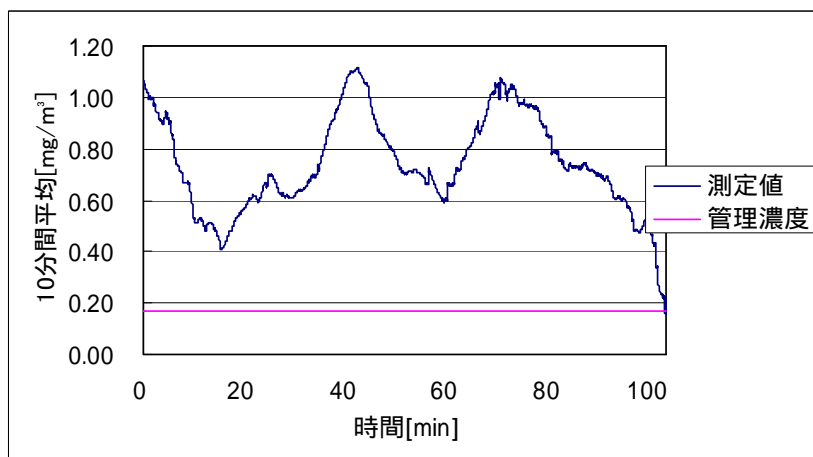


図 1.98 作業場 N における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

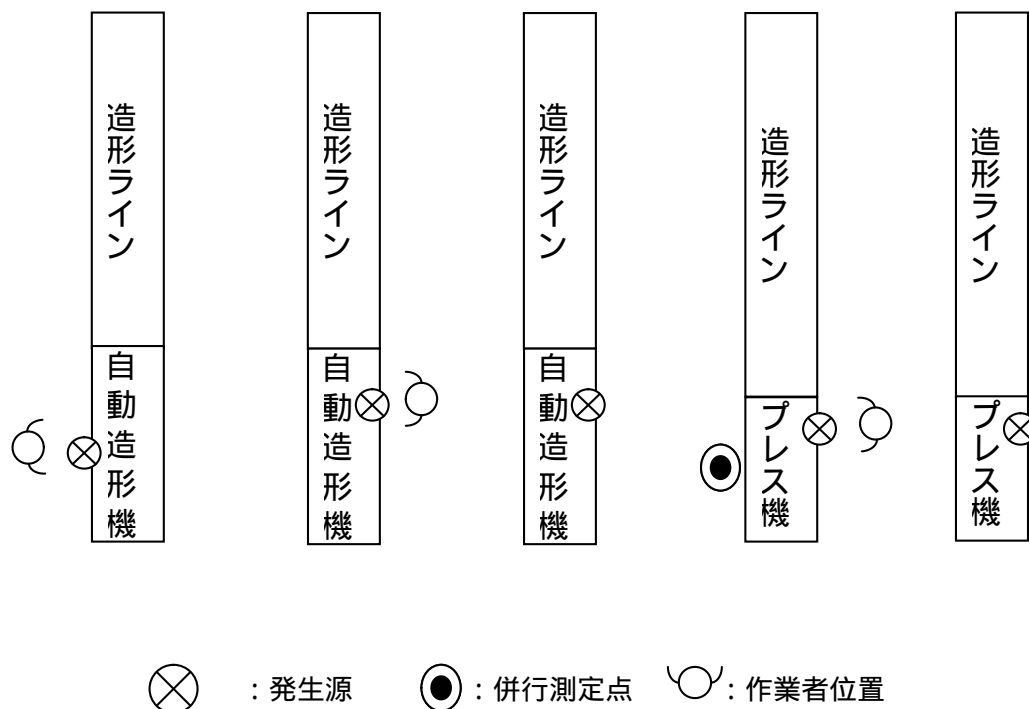


図 1.99 作業場 O の概略図

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 |

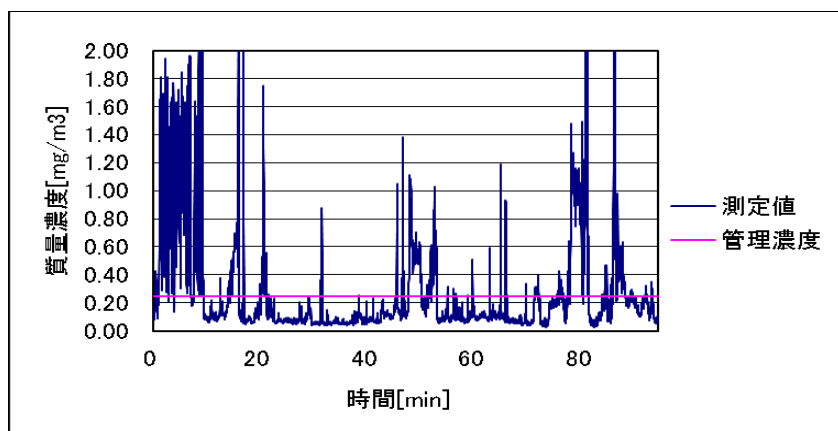


図 1.100 作業場 O における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

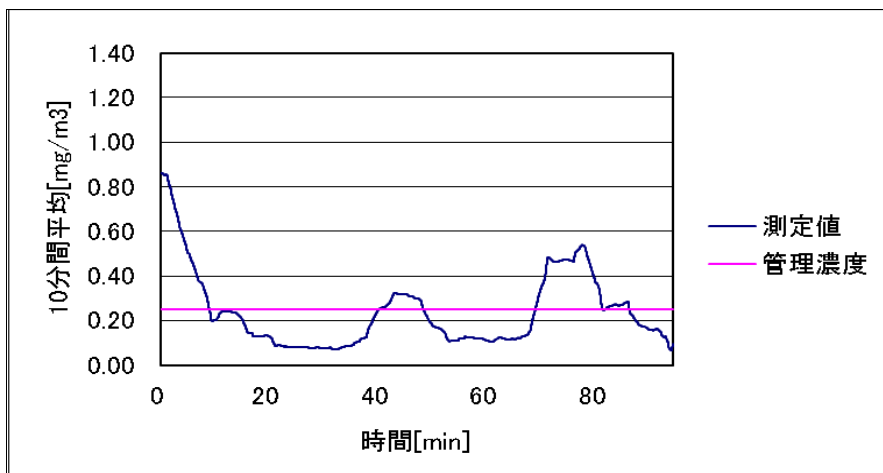


図 1.101 作業場 O における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

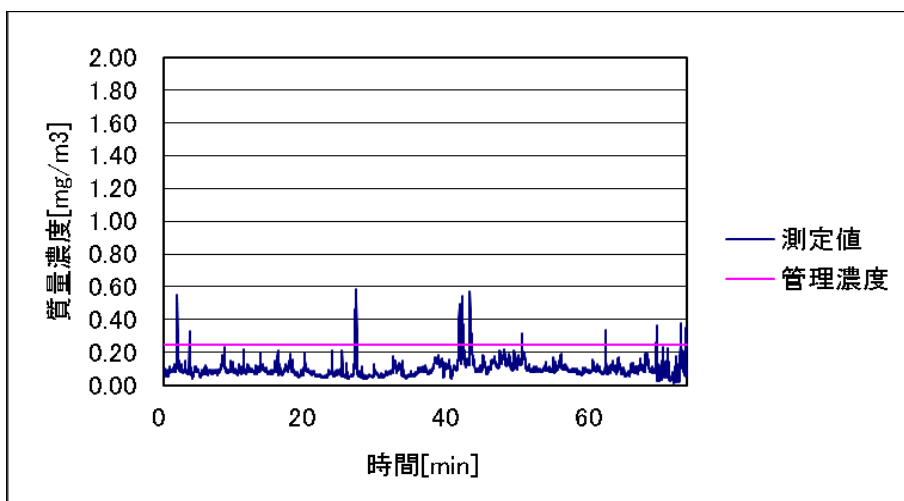


図 1.102 作業場 O における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

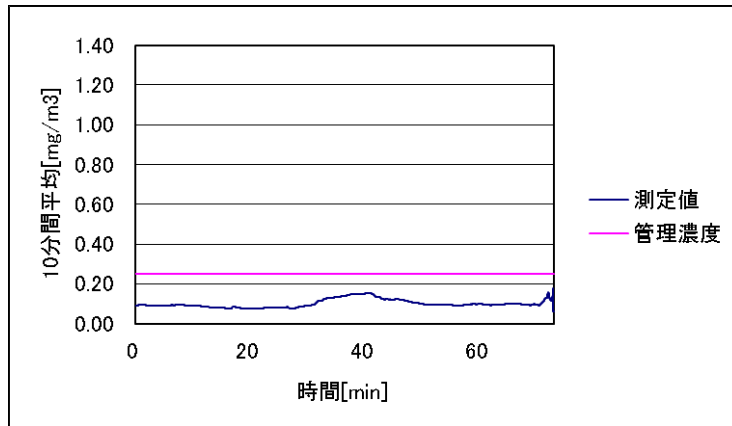


図 1.103 作業場 O における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

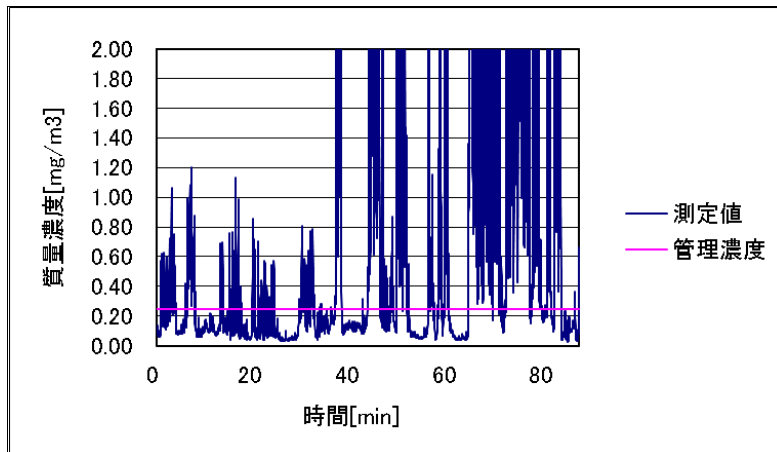


図 1.104 作業場 O における自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動

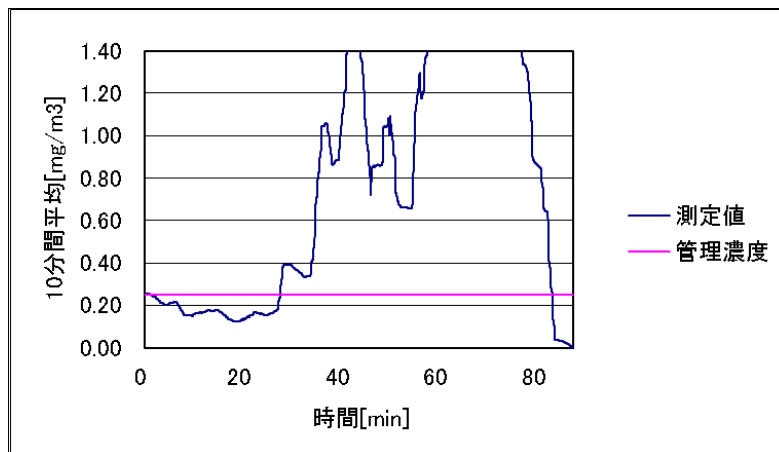


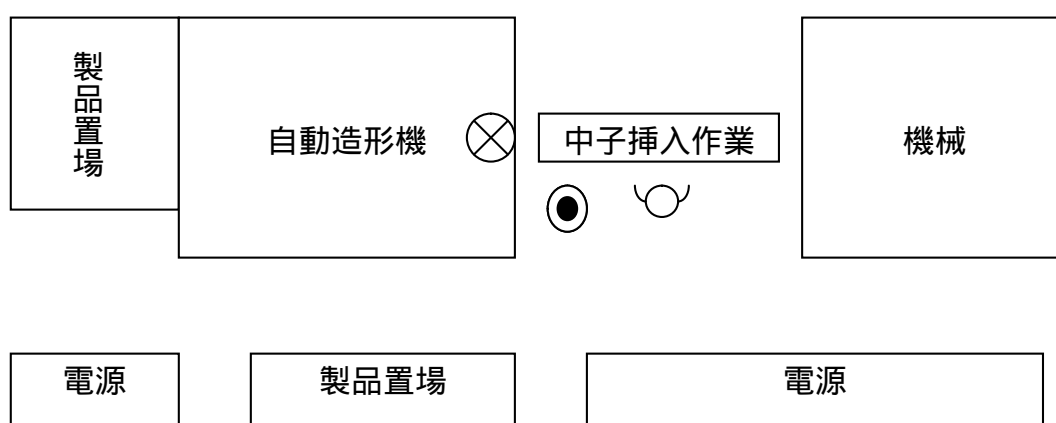
図 1.105 作業場 O における自動造形作業 3 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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. |

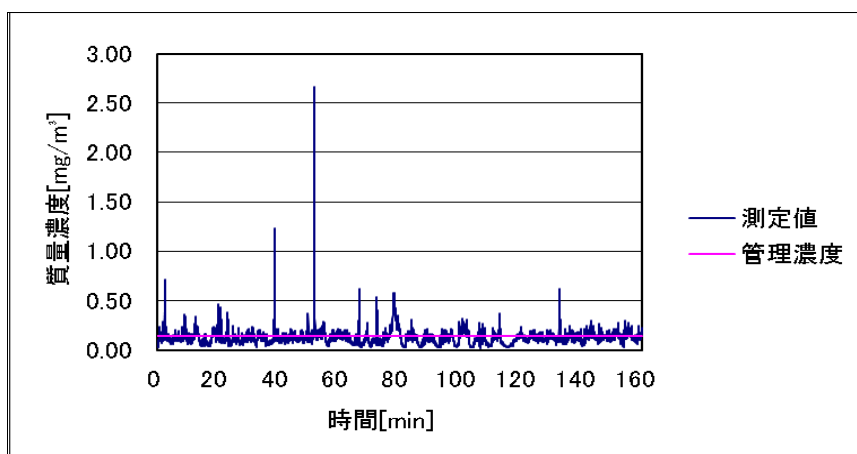


図 1.107 作業場 P における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

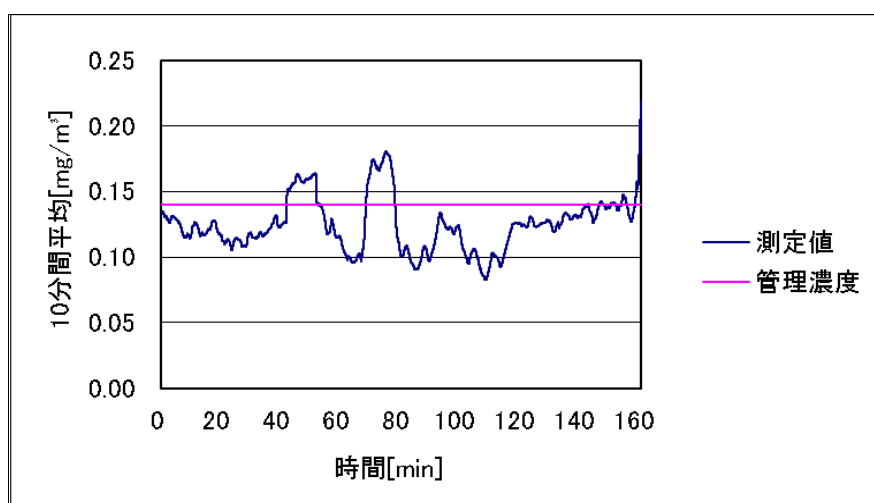
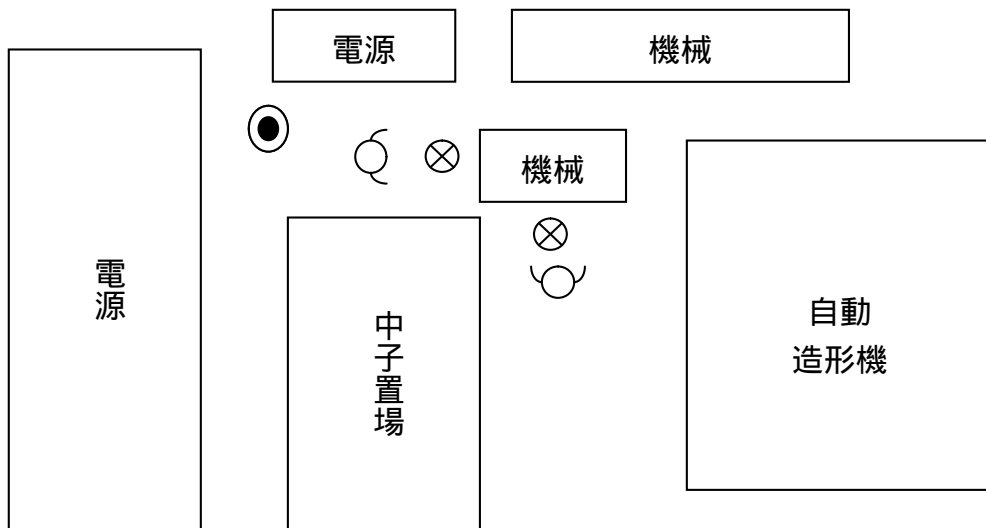


図 1.108 作業場 P における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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 |

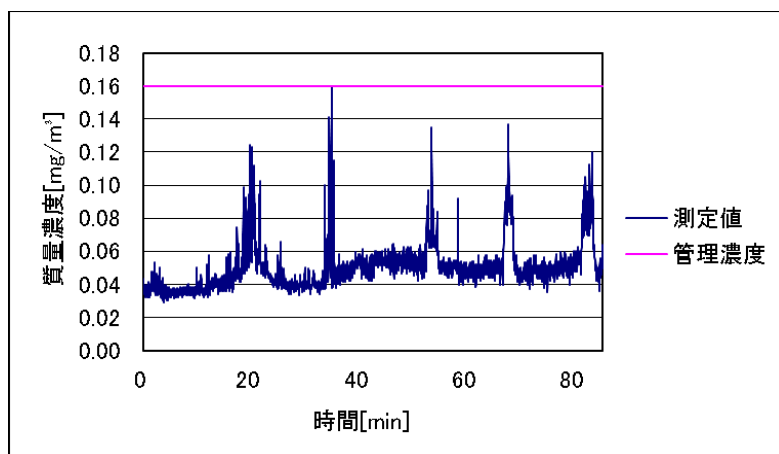


図 1.110 作業場 Q における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

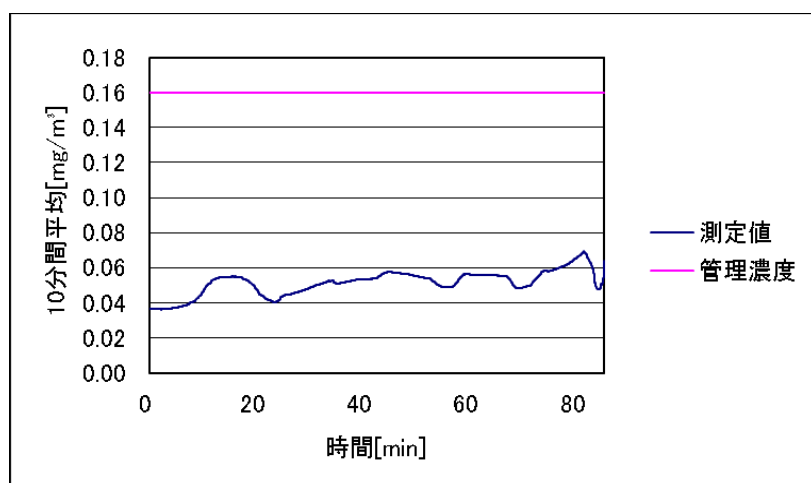


図 1.111 作業場 Q における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10分間移動平均値)

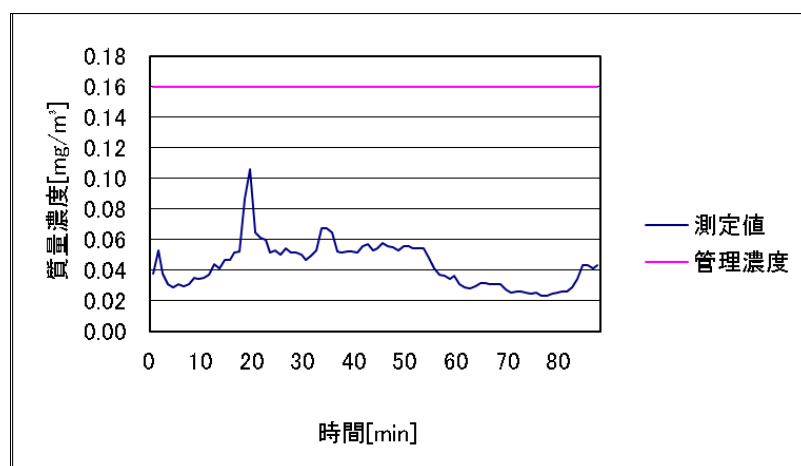


図 1.112 作業場 Q における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動

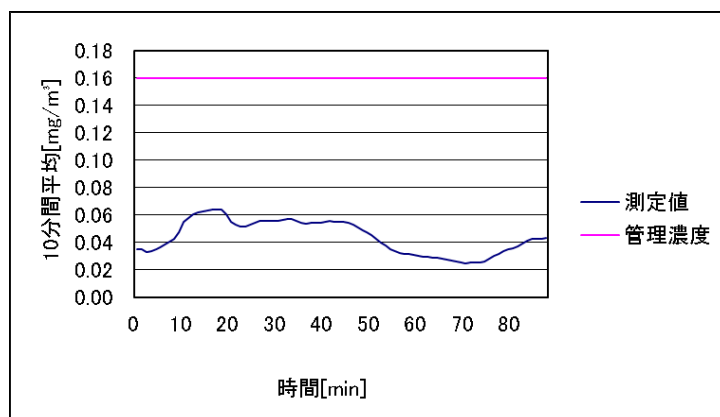


図 1.113 作業場 Q における自動造形作業 2 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。

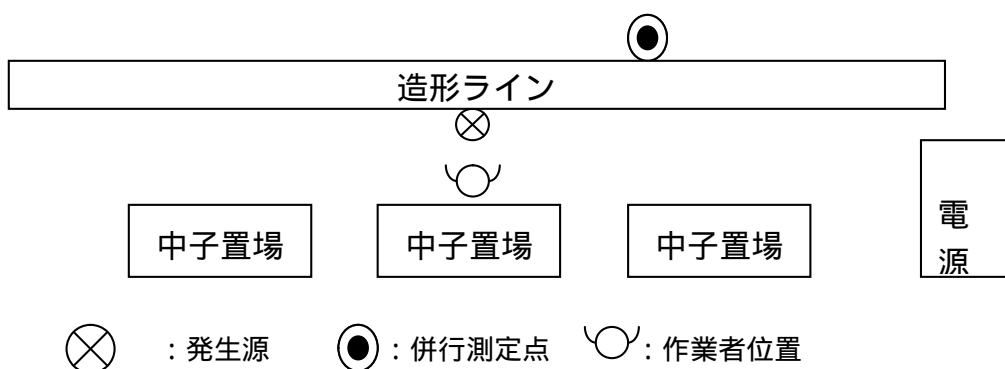


図 1.114 作業場 R の概略図

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 |

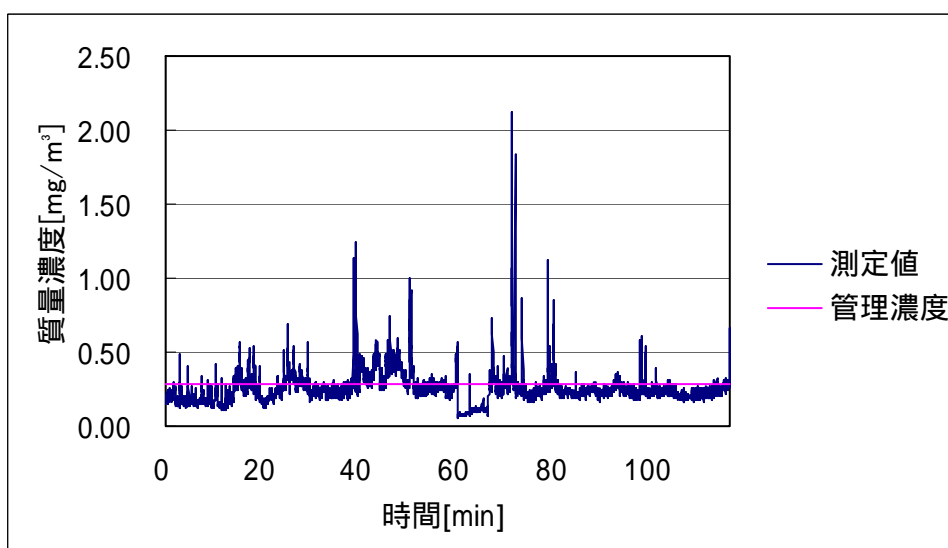


図 1.115 作業場 R における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動

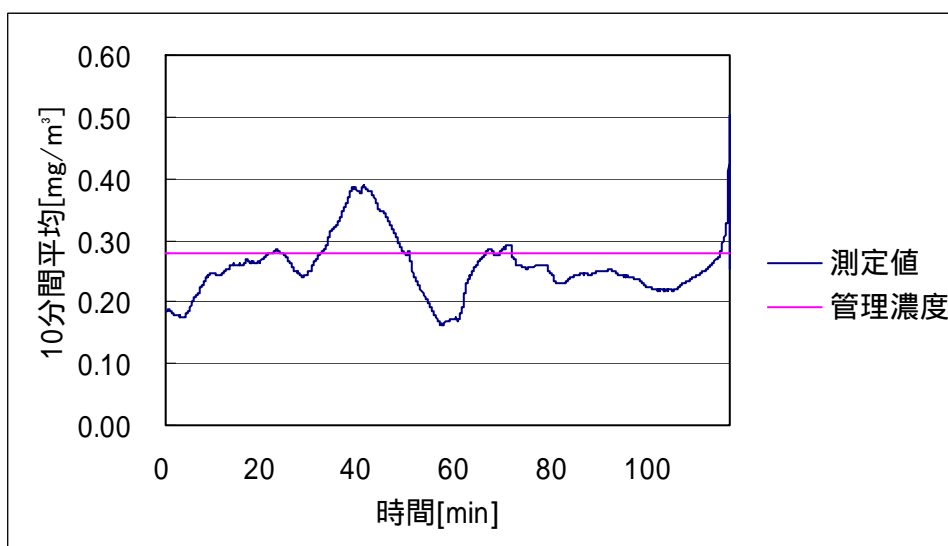


図 1.116 作業場 R における自動造形作業 1 回目の粉じんばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

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。