

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 2 5 年度 統括研究報告書

主任研究者 名古屋俊士

平成 26 年(2014 年)4 月

目 次

| | |
|---|----|
| A . 研究目的 | 1 |
| B . 研究方法 | 5 |
| 1 . 屋外での岩石・鉱物の研磨・ばり取り作業における粉じん 作業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 各作業における粉じんばく露濃度測定結果 | 7 |
| 1.4 まとめ | 21 |
| 1.5 結論 | 23 |
| 2 . 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 | 24 |
| 2.1 目的 | 24 |
| 2.2 測定調査の概要 | 24 |
| 2.3 砂型造形作業における粉じんばく露濃度測定結果 | 26 |
| 2.4 まとめ | 51 |
| 2.5 結論 | 52 |
| 3 . 吸引流量低下が個人ばく露粉じん濃度測定計 NWPS-254 の吸入性粉じん 濃度測定に与える影響 | 53 |
| 3.1 目的 | 53 |
| 3.2 相対濃度計 LD-5 及び LD-3K2 の器差確認実験 | 54 |
| 3.3 ダスタチャンバー内における測定台上の濃度均一性確認実験 | 55 |
| 3.4 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 | 57 |
| 3.5 捕集量の増加が流量低下に与える影響 | 62 |
| 3.6 結論 | 64 |
| 4 . 粉じんに関する局所排気装置等以外の発散抑制装置の導入への基礎的 研究 | 65 |
| 4.1 目的 | 65 |
| 4.2 小型局所排気装置を用いる漏洩濃度実験 | 66 |
| 4.3 外付け式フードの開口面から距離と風速減衰の関係 | 67 |
| 4.4 外付け式フードの開口面風速とフード周辺漏洩濃度の関係 | 74 |
| 4.5 各種バグフィルター用フィルターの粉じん捕集特性 | 89 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 4.6 | フィルターの捕集効率実験 | 95 |
| 4.7 | フィルターの選定条件 | 98 |
| 4.8 | 結論 | 99 |
| E. | 結論 | 101 |
| 1. | 屋外での岩石・鋳物の研磨・ばり取り作業における粉じんばく露リスクの調査研究 | 101 |
| 2. | 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研究 | 103 |
| 3. | 吸引流量低下が個人ばく露粉じん濃度測定計 NWPS-254 の吸入性粉じん濃度測定に与える影響 | 104 |
| 4. | 粉じんに関する局所排気装置等以外の発散抑制装置の導入への基礎的研究 | 106 |
| F. | 健康危機情報 | 109 |
| G. | 研究発表 | 109 |
| 1. | 研究論文等 | 109 |
| 2. | 研究発表 | 110 |
| H. | 知的財産の出願・登録状況 | 111 |

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員には、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³⁾。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曝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。また、昨年度当研究室が、それまで屋外については粉じん別表第 3 の作業に入らず呼吸用保護具の着用が義務づけられていなかった屋外での岩石及び鉱物の研磨・ばり取り作業について、厚生労働省の入札により受託した「じん肺症例に関する調査研究（屋外での研磨等作業における粉じんばく露の評価）」について、岩石及び鉱物の研磨・ばり取り作業の現場調査を実施しようとしたが、事業場の協力が得られず、やむなく、実験室での模擬作業での粉じんばく露濃度測定を行い、その成果を厚生労働省のじん肺班に報告した。しかし、現場に即した模擬研磨・ばり取り作業であったが、やはり現場の実態を正確に反映していない可能性が考えられることから、今年度の研究では、事業場に再度協力をお願いして、岩石及び鉱物の研磨・ばり取り作業を行っている屋外作業場において、粉じんばく露濃度測定調査を実施し、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性について検討した。

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、作業者が高濃度の曝露を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」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、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、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」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について検討を行った。そのために、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、有害物質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、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。

B . 研究方法

1 . 屋外での岩石・鉱物の研磨・ばり取り作業における粉じんばく露リスクの調査研究

1.1 目的

本研究の目的は、岩石及び鉱物を研磨・ばり取りする作業を屋外で行っている工場において、岩石及び鉱物を研磨・ばり取り作業時の作業者のばく露濃度測定を行い、有効な呼吸用保護具を着用することの必要な作業かどうかを判断するための情報を収集することである。なお、実験場では金属の研磨・ばり取り作業及び金属の裁断作業についても測定を実施したが、管理濃度を超える作業の割合が低かったため、本調査では現場作業の測定を実施しなかった。

1.2 測定調査の概要

1.2.1 岩石の研磨・ばり取り作業時の粉じんばく露濃度測定

測定対象とした作業は、主に墓石を製作する工程において花崗岩の表面を、手持式のグラインダーを用いて研ま・ばり取りする作業である。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。なお今回用いた LD-6N は粉じんの相対濃度を連続測定するとともに、LD-6N デジタル粉じん計のヘッド部分に個人ばく露質量濃度粉じん計 NWPS-254 の分粒装置を取り付け、且つ、検出部に装着したフィルターに粉じんを捕集することにより吸入性粉じん質量濃度を測定することができるようにしてある。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 および LD-5 デジタル粉じん計を設置して測定した。石材に対する研ま・ばり取り作業の様子を図 1.1 に示す。

墓石等を製作する事業場では、使用目的に応じてある程度加工された花崗岩を使用するため、研磨・ばり取り作業というようにそれぞれの作業を個別に行うのではなく、同時に行う事例が多く見受けられ、本調査においても研磨・ばり取り作業を同時に行っていたので、個別の作業に分けずに測定を行った。



図 1.1 石材に対する研ま・ばり取り作業の様子

1.2.2 鋳物の研磨・ばり取り作業時の粉じんばく露濃度測定

測定対象とした作業は、打設した型枠を外した後のコンクリート製品表面を、手持式のグラインダーを用いて研磨・ばり取りする作業である。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。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 および LD-5 デジタル粉じん計を設置して測定した。コンクリートに対する研磨・ばり取り作業とその測定の様子を図 1.2、図 1.3 および図 1.4 に示す。

コンクリート製品を製作する事業場では、出来るだけばりの出来ない製品を製造する努力を行っている。そのため、コンクリート製品でのばり取り作業は、製品にばりが見つかった時に行う作業になる傾向にある。本調査においても、研磨・ばり取り作業というようにそれぞれの作業を個別に行うのではなく、同時に行う事例がほとんどであったので、研磨・ばり取り作業と個別の作業に分けずに測定を行った。



図 1.2 コンクリートに対する研磨・ばり取り作業の様子



図 1.3 コンクリートに対する研磨・ばり取り作業の測定



図.4 コンクリートに対する研磨・ばり取り作業の測定

1.3 各作業における粉じんばく露濃度測定結果

1.3.1 岩石の研磨・ばり取り作業

1.3.1(a) 作業場 A における花崗岩の研磨・ばり取り作業

作業場 A における花崗岩の研磨・ばり取り作業 1 回目および作業 2 回目のばく露測定結果を表 1.1 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 1.5～図 1.8 にそれぞれ示す。

表 1.1 作業場 A における花崗岩の研磨・ばり取り作業時の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 | 6.15 | 0.06 | ○ |
| 2 回目 | 8.92 | 0.06 | ○ |

また、作業場で採取した粉じんを X 線回折基底標準吸収補正法を用いて粉じん中の遊離けい酸の定量を行った。その結果、粉じん中の遊離けい酸含有率は、41.2% であり、管理濃度は $0.06 (\text{mg}/\text{m}^3)$ である。

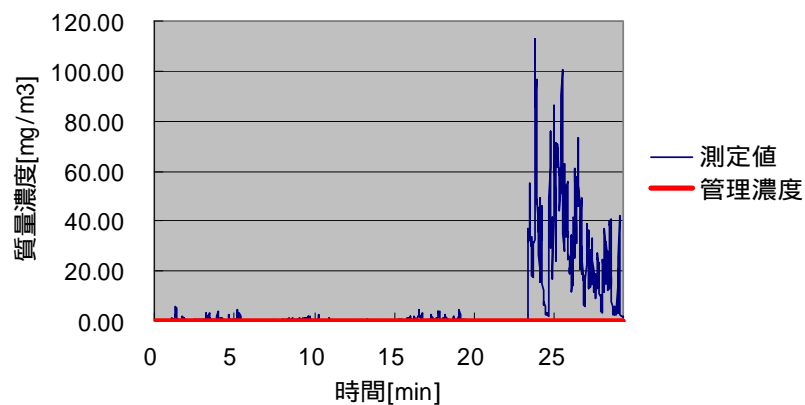


図 1.5 作業場 A における花崗岩の研磨・ばり取り作業 1 回目のばく露濃度の変動

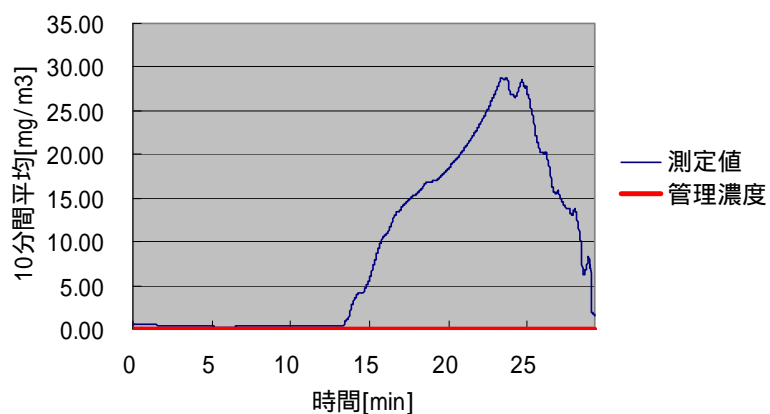


図 1.6 作業場 A における花崗岩の研磨・ばり取り作業 1 回目のばく露濃度の変動（10 分間移動平均値）

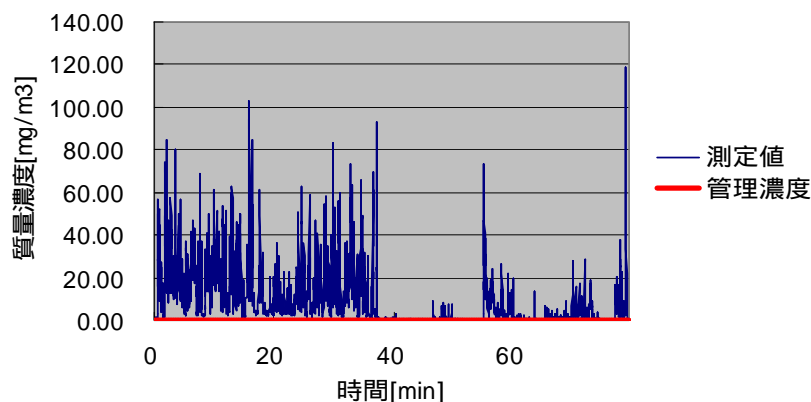


図 1.7 作業場 A における花崗岩の研磨・ばり取り作業 2 回目のばく露濃度の変動

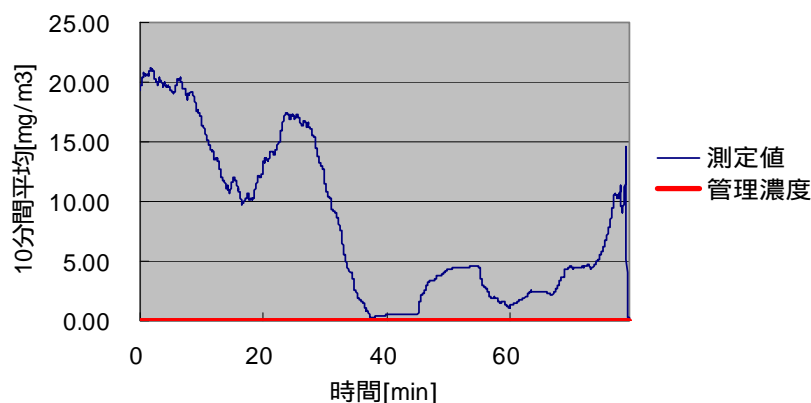


図 1.8 作業場 A における花崗岩の研磨・ばり取り作業 2 回目のばく露濃度の変動（10 分間移動平均値）

1.3.1(b) 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業

作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 1 回目～作業 8 回目における、研磨・ばり取り作業時のばく露測定結果を表 1.2 に示す。また、ばく露濃度の変

動状況及びその10分間移動平均を各作業ごとにそれぞれ図1.9～図1.24に示す。また、粉じん中の遊離けい酸含有率は、30.6%であり、管理濃度は0.08(mg/m³)である。ただし、遊離けい酸の定量は、X線回折基底標準吸収補正法で求めた。

表 1.2 作業場Bにおける花崗岩の研磨・ばり取り作業時のばく露濃度測定結果

| 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) |
|-----|---------------------------------|------------------------------|------------------|
| 1回目 | 0.98 | 0.08 | |
| 2回目 | 2.97 | 0.08 | |
| 3回目 | 2.35 | 0.08 | |
| 4回目 | 2.95 | 0.08 | |
| 5回目 | 1.60 | 0.08 | |
| 6回目 | 1.11 | 0.08 | |
| 7回目 | 3.34 | 0.08 | |
| 8回目 | 1.64 | 0.08 | |

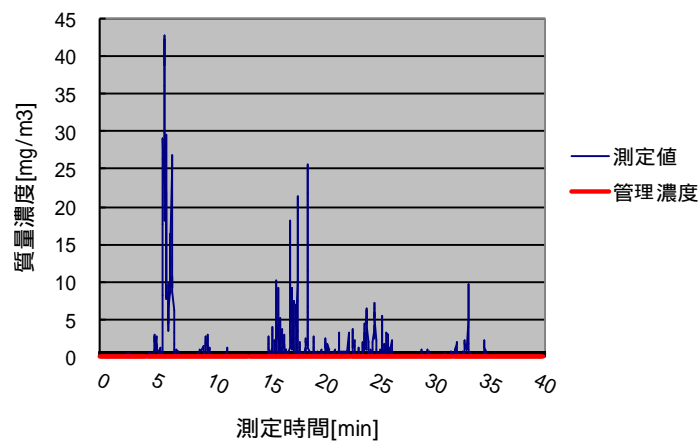


図 1.9 作業場Bにおける花崗岩の研磨・ばり取り作業1回目のばく露濃度の変動

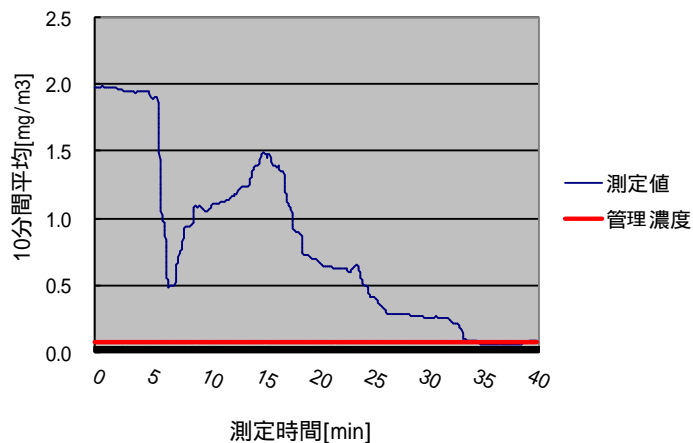


図 1.10 作業場Bにおける花崗岩の研磨・ばり取り作業1回目のばく露濃度の変動(10分間移動平均)

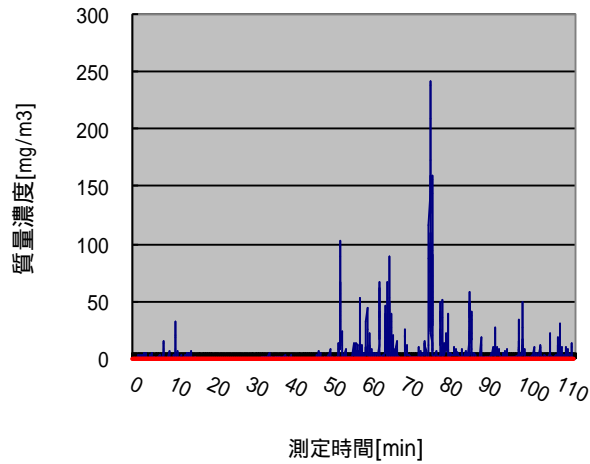


図 1.11 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 2 回目のばく露濃度の変動

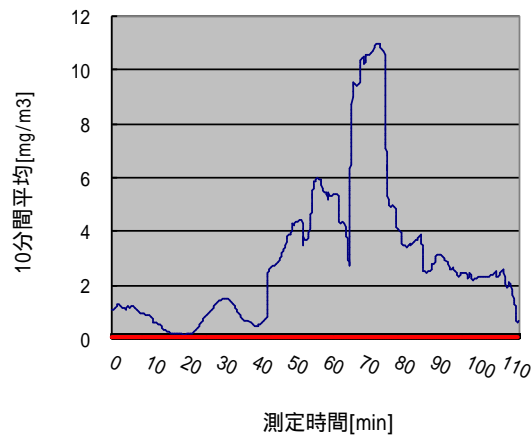


図 1.12 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 2 回目のばく露濃度の変動（10 分間移動平均）

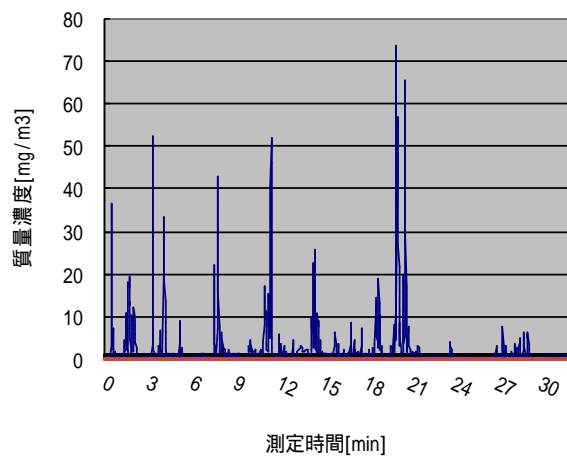


図 1.13 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 3 回目のばく露濃度の変動

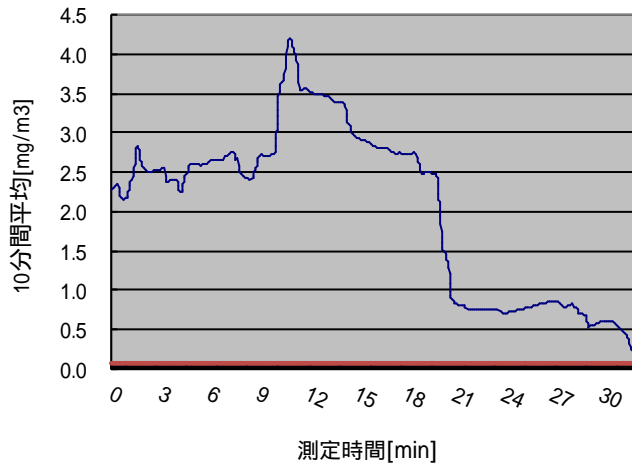


図 1.14 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 3 回目のばく露濃度の変動（10 分間移動平均）

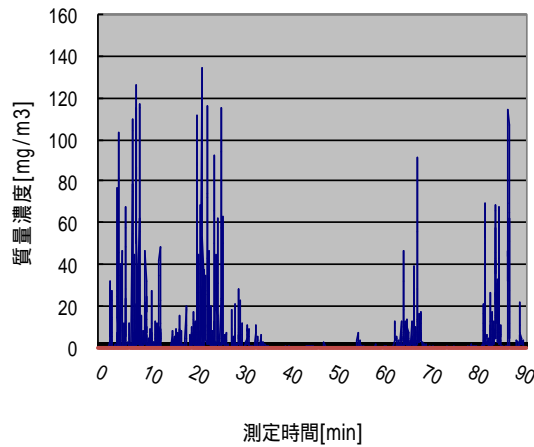


図 1.15 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 4 回目のばく露濃度の変動

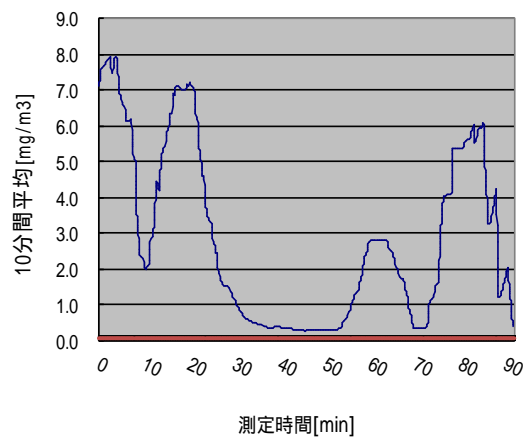


図 1.16 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 4 回目のばく露濃度の変動（10 分間移動平均）

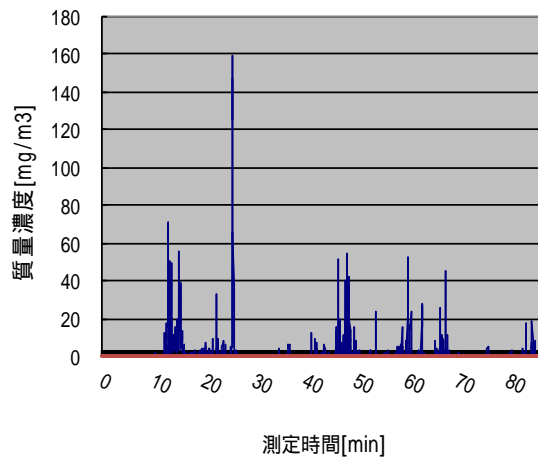


図 1.17 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 5 回目のばく露濃度の変動

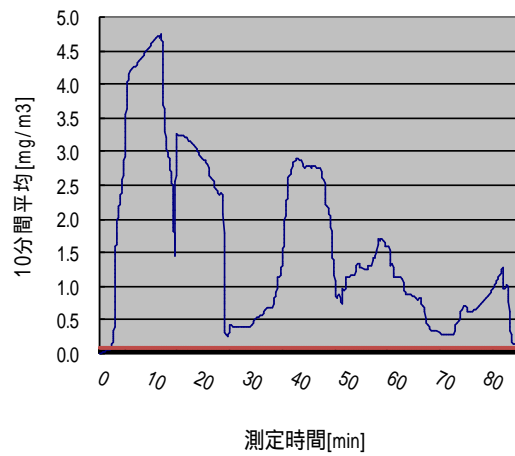


図 1.18 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 5 回目のばく露濃度の変動 (10 分間移動平均)

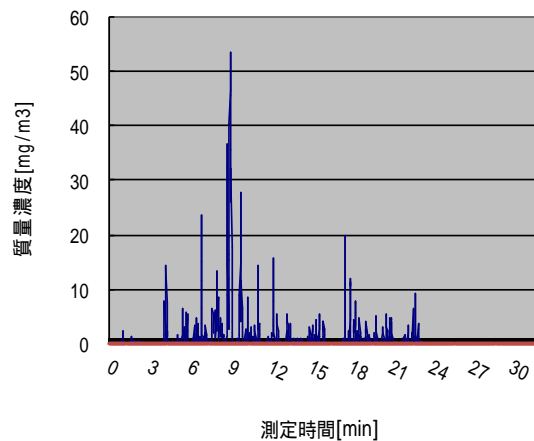


図 1.19 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 6 回目のばく露濃度の変動

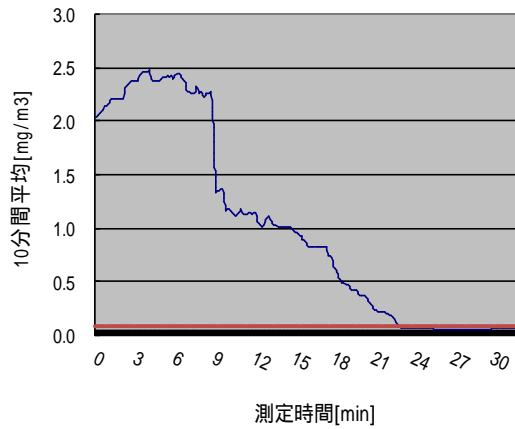


図 1.20 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 6 回目のばく露濃度の変動 (10 分間移動平均)

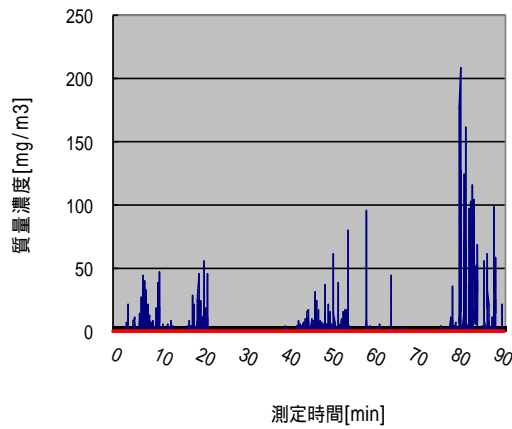


図 1.21 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 7 回目のばく露濃度の変動

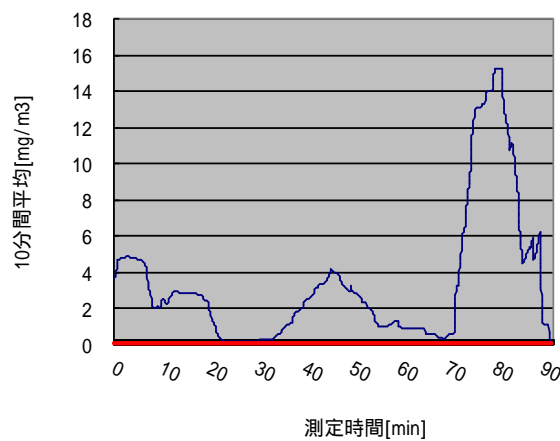


図 1.22 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 7 回目のばく露濃度の変動 (10 分間移動平均)

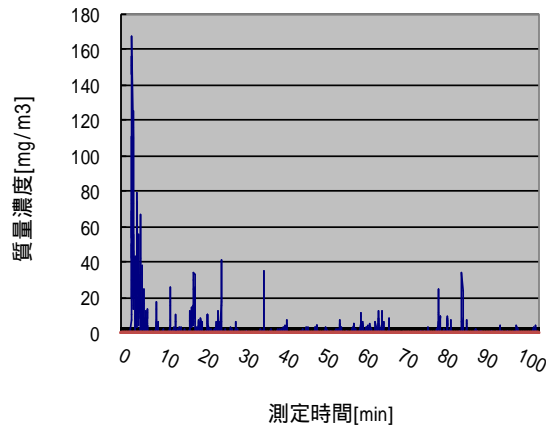


図 1.23 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 8 回目のばく露濃度の変動

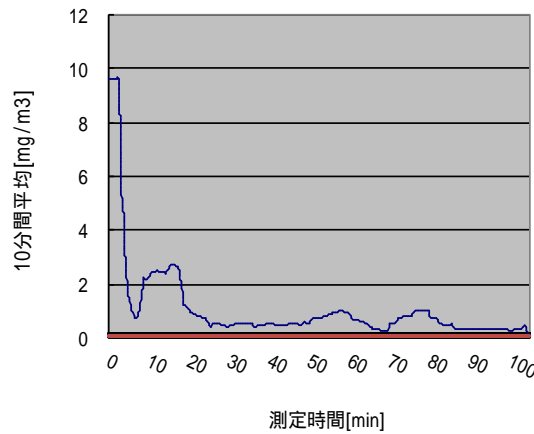


図 1.24 作業場 B における花崗岩の研磨・ばり取り作業 8 回目のばく露濃度の変動 (10 分間移動平均値)

1.3.1(c) 作業場 C における花崗岩の研磨・ばり取り作業

作業場 C における花崗岩の研磨・ばり取り作業 1 回目における、研磨・ばり取り作業時のばく露測定結果を表 1.3 に示す。また、ばく露濃度の変動及びその 10 分間移動平均をそれぞれ図 1.25 及び図 1.26 に示す。

また、粉じん中の遊離けい酸含有率は、42.6%であり、管理濃度は $0.058(\text{mg}/\text{m}^3)$ である。ただし、遊離けい酸の定量は、X線回折基底標準吸収補正法で求めた。

表 1.3 作業場 C における花崗岩の研磨・ばり取り作業時のばく露濃度測定結果

| 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) |
|------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| 1 回目 | 3.75 | 0.058 | |

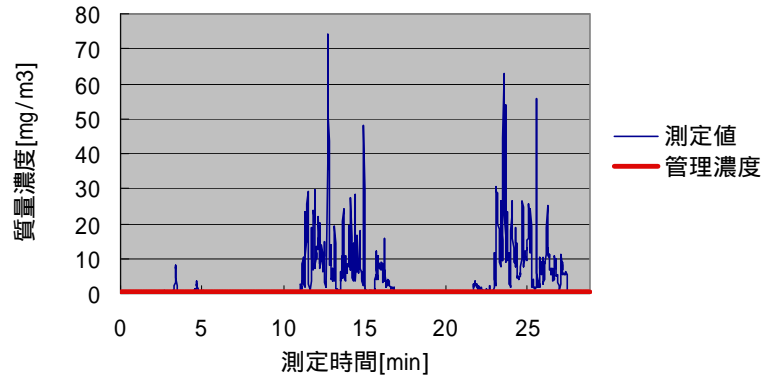


図 1.25 作業場 C における花崗岩の研磨・ばり取り作業 1 回目のばく露濃度の変動



図 1.26 作業場 C における花崗岩の研磨・ばり取り作業 1 回目のばく露濃度の変動 (10 分間移動平均)

1.3.2 鉱物の研磨・ばり取り作業

1.3.2(a) 作業場 D におけるコンクリート研磨・ばり取り作業

作業場 D におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 1 回目～作業 3 回目における、研磨・ばり取り作業時のばく露測定結果を表 1.4 に示す。また、ばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 1.27、図 1.28、図 1.29、図 1.30、図 1.31 及び図 1.32 にそれぞれ示す。

また、粉じん中の遊離けい酸含有率は、7.0%であり、管理濃度は $0.32 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ である。ただし、遊離けい酸の定量は、X線回折基底標準吸収補正法で求めた。

表 1.4 作業場 D におけるコンクリート研磨・ばり取り作業時のばく露濃度測定結果

| 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○) |
|------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 1 回目 | 2.89 | 0.32 | ○ |
| 2 回目 | 3.50 | 0.32 | ○ |
| 3 回目 | 7.06 | 0.32 | ○ |

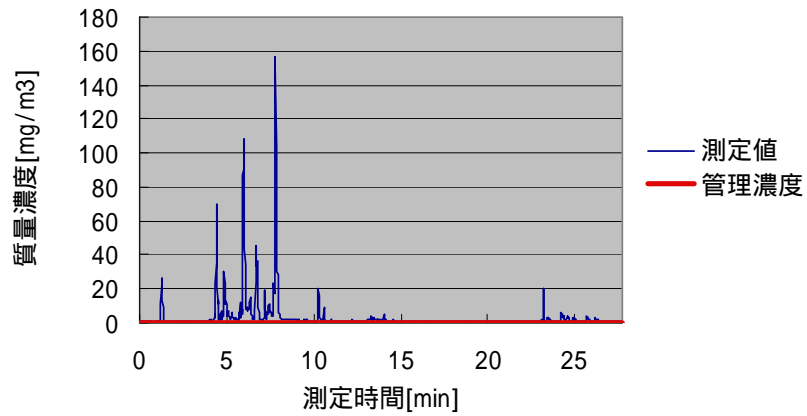


図 1.27 作業場 D におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 1 回目の曝露濃度の変動

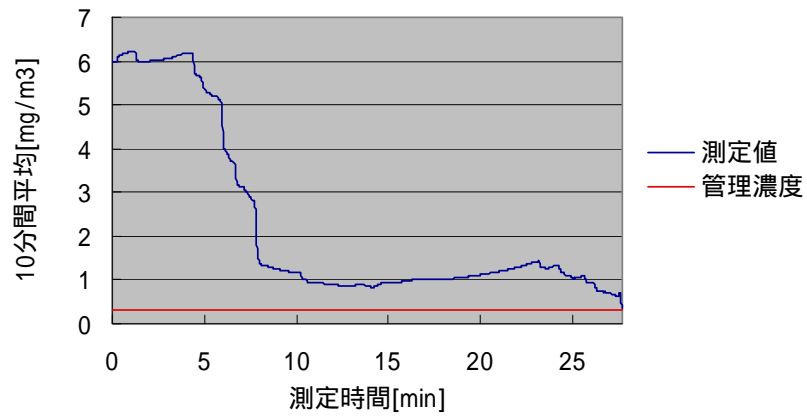


図 1.28 作業場 D におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 1 回目のばく露濃度の変動 (10 分間移動平均)

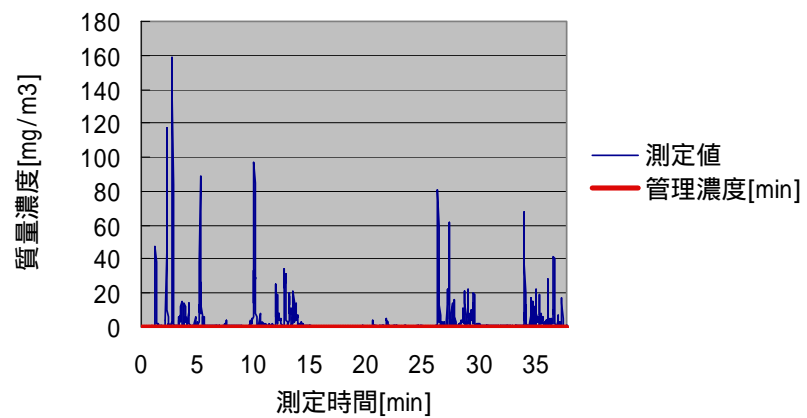


図 1.29 作業場 D におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 2 回目の曝露濃度の変動

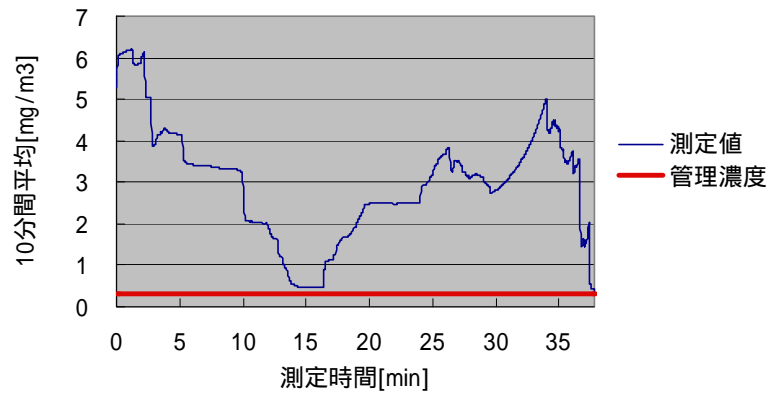


図 1.30 作業場 D におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 2 回目のばく露濃度の変動（10 分間移動平均）

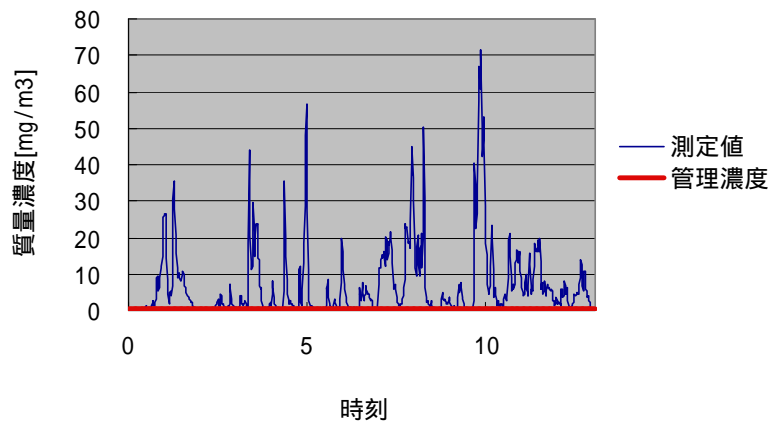


図 1.31 作業場 D におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 3 回目のばく露濃度の変動

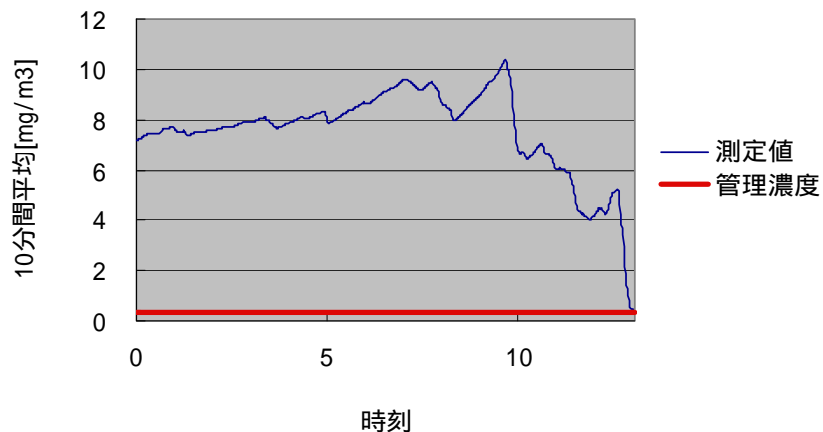


図 6.32 作業場 D におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 3 回目のばく露濃度の変動（10 分間移動平均）

1.3.2(b) 作業場 E におけるコンクリート研磨・ばり取り作業

コンクリート研磨・ばり取り作業 1 回目～作業 3 回目における、研磨・ばり取

り作業時のばく露測定結果を表 1.5 に示す。また、ばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 1.33、図 1.34、図 1.35、図 1.36、図 1.37、及び図 1.38 にそれぞれ示す。

粉じん中の遊離けい酸含有率は、7.8%であり、管理濃度は $0.29 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ である。ただし、遊離けい酸の定量は、X線回折基底標準吸収補正法で求めた。

表 1.5 作業場 E におけるコンクリート研磨・ばり取り作業時のばく露濃度測定結果

| 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○) |
|------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 1 回目 | 3.25 | 0.29 | ○ |
| 2 回目 | 5.89 | 0.29 | ○ |
| 3 回目 | 2.71 | 0.29 | ○ |

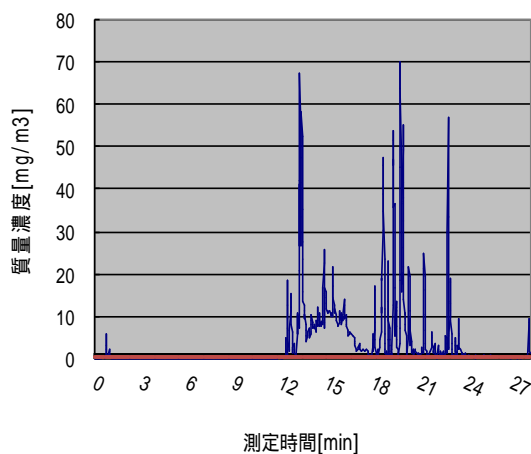


図 1.33 作業場 E におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 1 回目のばく露濃度の変動

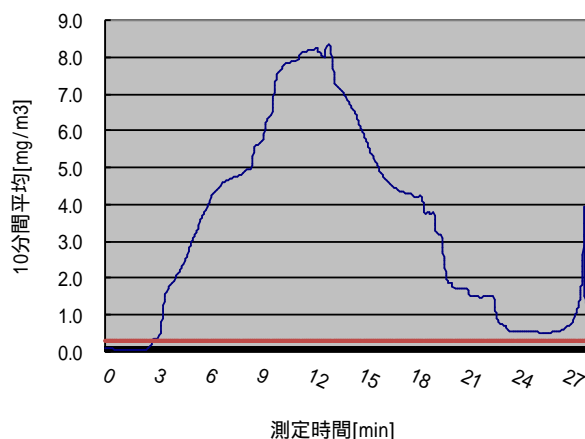


図 1.34 作業場 E におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 1 回目のばく露濃度の変動 (10 分間移動平均)

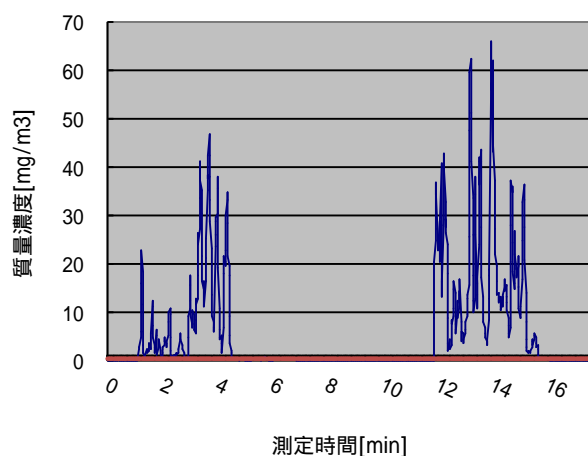


図 1.35 作業場 E におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 2 回目のばく露濃度の変動

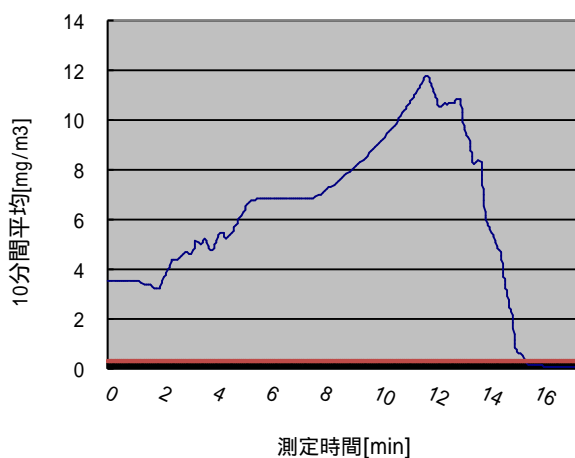


図 1.36 作業場 E におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 2 回目のばく露濃度の変動（10 分間移動平均）

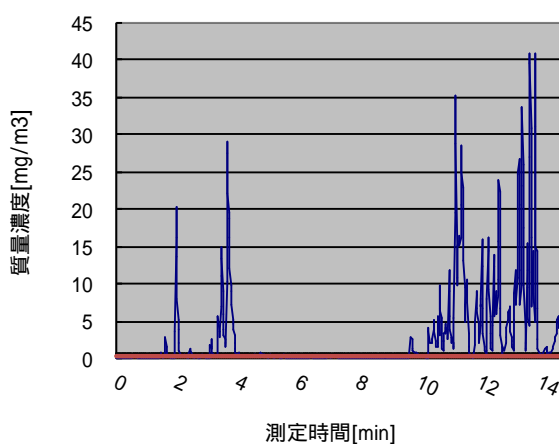


図 1.37 作業場 E におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 3 回目のばく露濃度の変動

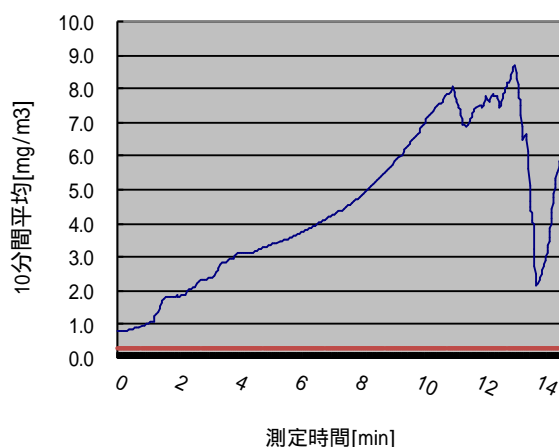


図 1.38 作業場 E におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 3 回目のばく露濃度の変動 (10 分間移動平均)

1.3.2(c) 作業場 F におけるコンクリート研磨・ばり取り作業

作業場 F におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 1 回目における、研磨・ばり取り作業時のばく露測定結果を表 1.6 に示す。ばく露濃度の時間的変動状況及び 10 分間移動平均値の図を図 1.39 及び図 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、8.2%であり、管理濃度は $0.28 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ である。ただし、遊離けい酸の定量は、X線回折基底標準吸収補正法で求めた。

表 1.6 作業場 F におけるコンクリート研磨・ばり取り作業時のばく露濃度測定結果

| 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○) |
|------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 1 回目 | 4.19 | 0.28 | ○ |

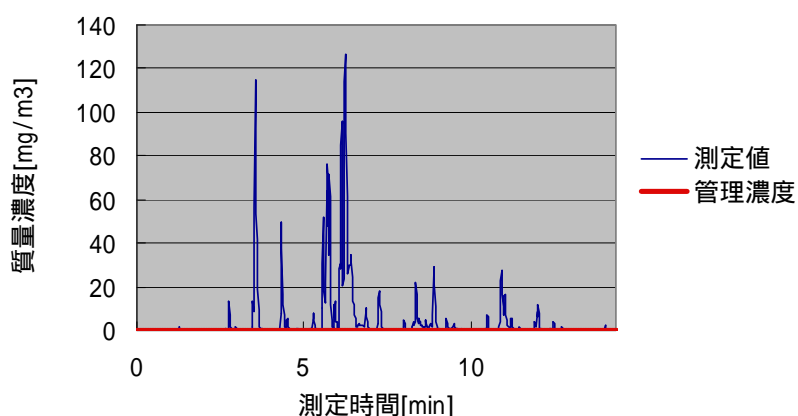


図 1.39 作業場 F におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 1 回目のばく露濃度の変動

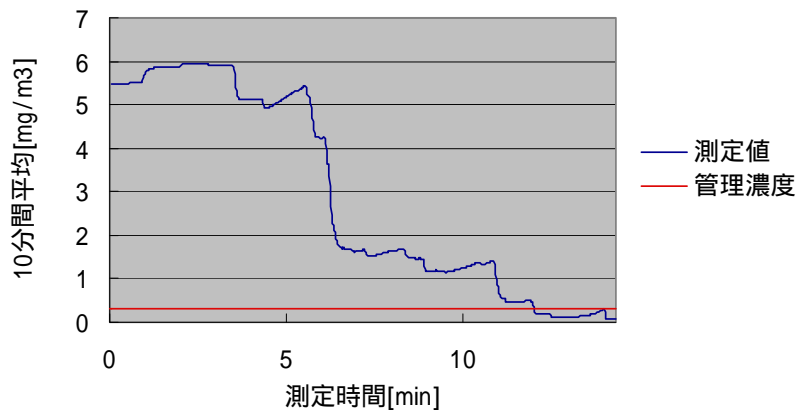


図 1.40 作業場 F におけるコンクリート研磨・ばり取り作業 1 回目のばく露濃度の変動 (10 分間移動平均)

1.4 まとめ

本調査で行った各研磨・ばり取り作業時のばく露濃度測定結果をまとめて表 1.7 に示す。

表 1.7 各研磨・バリ取り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 (mg/m ³) | 管理濃度 (mg/m ³) | 管理濃度 超えの割合 | |
|---------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------|---------|
| 岩石研磨・ ばり取り | 2.62 (1.97) | 8.92~0.98 | 0.08~0.058 | 100% | 11 / 11 |
| 鉱物研磨・ ばり取り | 3.97 (1.44) | 7.06~2.71 | 0.32~0.28 | 100% | 7 / 7 |

1.4.1 岩石の研磨・ばり取り作業

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

本調査の岩石の研磨・ばり取り作業は、表 1.7 に示す様に 100%(11/11 作業)の作業で管理濃度を超えており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、管理濃度以下に粉じん濃度を低減することは困難であることが予想される。

以上のことから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

1.4.2 鉱物の研磨・ばり取り作業

本調査の鉱物の研磨・ばり取り作業は、表 1.7 に示すように 100%(7/7 作業)

の作業で管理濃度を超過しており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、管理濃度以下に粉じん濃度を低減することは困難であることが予想される。

以上のことから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

1.4.3 24年度厚生労働省の受託調査報告の概要

24年度厚生労働省の受託調査「じん肺症例に関する調査研究（屋外での研磨等作業における粉じんばく露の評価）」で、実験室での模擬作業での粉じん曝露濃度測定を行い、表 1.8 に示すような成果を厚生労働省のじん肺班に報告した。

表 1.8 各種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 (mg/m ³) | 管理濃度 (mg/m ³) | 管理濃度 超過割合 | |
|---------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------|
| | | | | | |
| 岩石研磨・ ばり取り | 0.35 (3.86) | 4.54 ~ 0.039 | 0.23 ~ 0.05 | 73% | 29 / 40 |
| 鉱物研磨・ ばり取り | 0.33 (6.09) | 8.27 ~ 0.030 | 0.23 ~ 0.06 | 63% | 27 / 43 |
| 金属研磨・ ばり取り | 0.23 (3.15) | 3.76 ~ 0.08 | 3.0 | 7.1% | 2 / 28 |
| 金属の裁断 | 0.12 (1.45) | 0.39 ~ 0.07 | 3.0 | 0.0% | 0 / 21 |

表 1.8 より、各研磨・ばり取り作業等について

1) 岩石の研磨・ばり取り作業

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

本調査の岩石の研磨・ばり取り作業は、73%(29 / 40 作業)の作業で管理濃度を超過しており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、管理濃度以下に粉じん濃度を低減することは困難であることが予想される。

以上のことから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

2) 鉱物の研磨・ばり取り作業

本調査の鉱物の研磨・ばり取り作業は、63%(27 / 43 作業)の作業で管理濃度を超過しており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、管理濃度以下に粉じん濃度を低減することは困難であることが予想される。

以上のことから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

3) 金属の研磨・ばり取り作業

本調査の鉱物の研磨・ばり取り作業においては、管理濃度を超える作業の割合は7.1%(2/28作業)であることから、労働衛生工学的な対策は不要と考えられる。

4) 金属の裁断作業

本調査の金属の裁断作業においては、21作業のうち、管理濃度を超える作業を認めなかったため、労働衛生工学的な対策は不要と考えられる。

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

1.5 結論

岩石の研磨・ばり取り作業は、その作業そのものが人件費の関係等から中国等アジアで行われる傾向が多くみられ、日本では減少傾向にある。また、セメント製品については、粉じん対策及び人件費等の関係を考慮して、出来るだけ研磨・ばり取り作業を行わないですむ様な工法、例えば湿式工法などに替える努力を多くの事業所で行っている。そのため、鉱物の研磨・ばり取り作業自体が減少傾向にある。しかし、作業自体は減少傾向にある作業ではあるが、現実には研磨・ばり取り作業は行われており、25年度の本調査及び24年度の委託事業の結果と併せた調査では、全ての作業において管理濃度を超える様な作業であったことを考えると、屋外作業における岩石及び鉱物の研磨・ばり取り作業は、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられるという結論が導き出された。

2. 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

2.1 目的

粉じん障害防止対策として、厚生労働省は粉じん則を制定している。粉じん則で対象としている作業は別表第 1、別表第 2、別表第 3 に示されており、別表第 1 に掲げられている作業（以下、「粉じん作業」）、別表第 2 に掲げられている場所が粉じんの発生源であるような作業（特定粉じん作業）を行うには、全体換気装置や局所排気装置などの設備を設置するなどの措置をとる必要がある。また、別表第 3 に掲げられている作業を行う作業者には、呼吸用保護具の着用が義務付けられている。しかしながら、現在、じん肺の新規有所見者数は約 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、各作業の粉じん曝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じん肺部会に提供とすることを目的とする。

2.2 測定調査の概要

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。なお今回用いた LD-6N は粉じんの相対濃度を連続測定するとともに、LD-6N デジタル粉じん計のヘッド部分に個人ばく露質量濃度粉じん計 NWPS-254 の分粒装置を取り付け、かつ、検出部に装着したフィルターに粉じんを捕集することにより吸入性粉じん質量濃度を測定することができるようにしてある。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 および LD-5 デジタル粉じん計を設置して測定した。

なお、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形作業を「手込め作業」、人と機械により砂型造形作業を行う作業を「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。手込め作業風景を図 2.1~図 2.3 に、半自動造型作業風景を図 2.4、自動造型作業風

景を図 2.5 にそれぞれ示す。なお、図 2.5 に示している作業場では、作業者が中子を鋳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 2.1 手込め作業風景



図 2.2 手込め作業風景



図 2.3 手込め作業風景



図 2.4 半自動造形作業風景



図 2.5 自動造形作業風景

2.3 砂型造形作業における粉じんばく露濃度測定結果

2.3.1 手込め作業

2.3.1(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 2.6 に示す。また、作業場 A における砂型造形作業 1 回目～6 回目のばく露測定結果を表 5.1 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 2.7～図 2.19 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、管理濃度を超過しているとした。

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。ただし、遊離けい酸の定量は、X 線回折基底標準吸収補正法で求めた。

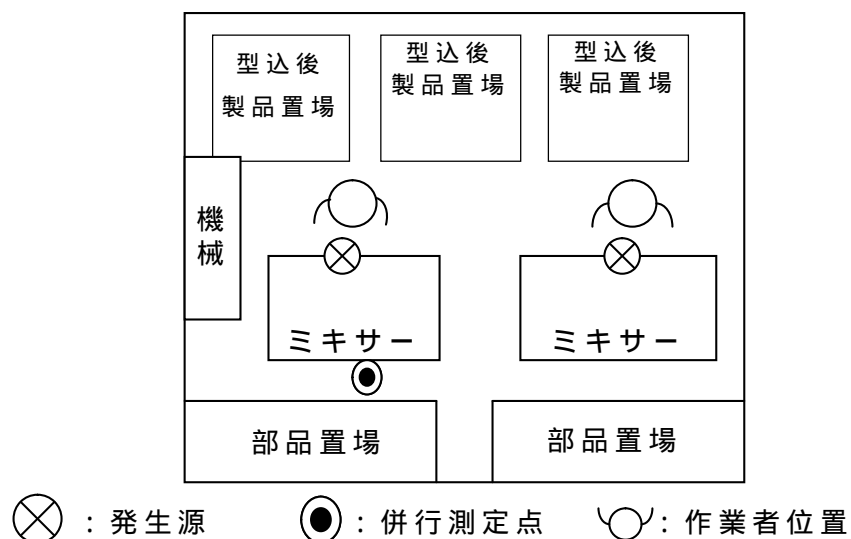


図 2.7 作業場 A の概略図

表 2.1 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 | 0.21 | 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 | × |

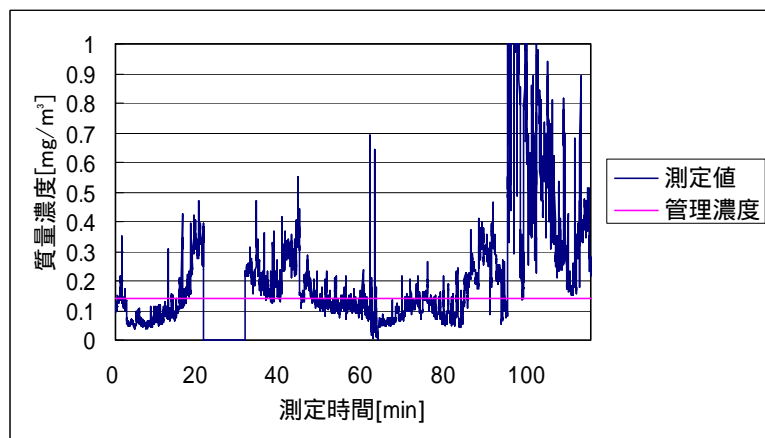


図 2.7 作業場 A における手込め作業 1 回目のばく露濃度変動

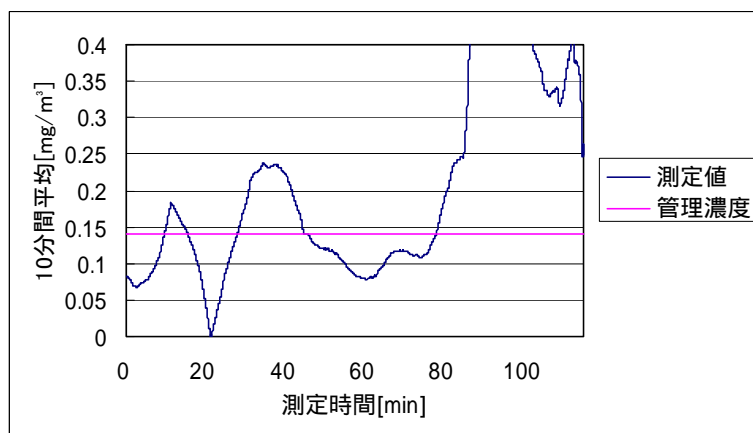


図 2.8 作業場 A における手込め作業 1 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

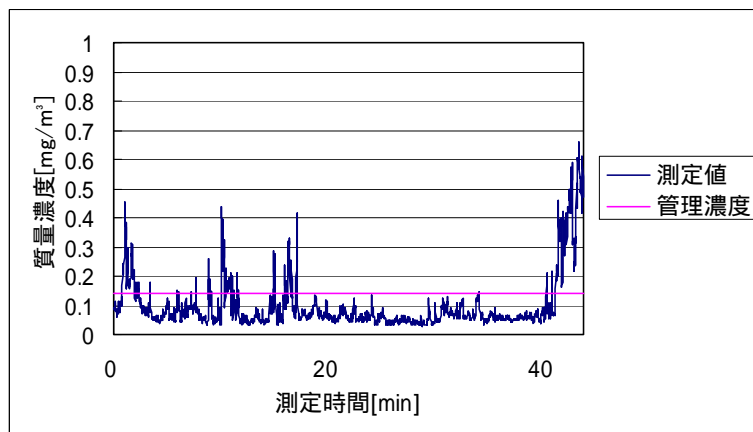


図 2.9 作業場 A における手込め作業 2 回目のばく露濃度変動

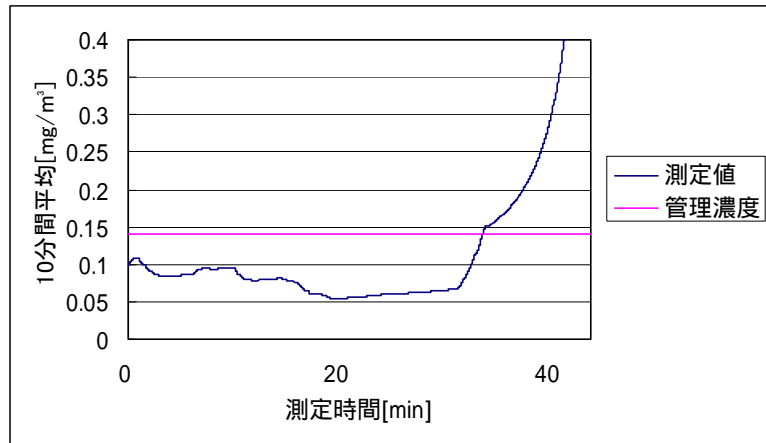


図 2.10 作業場 A における手始め作業 2 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

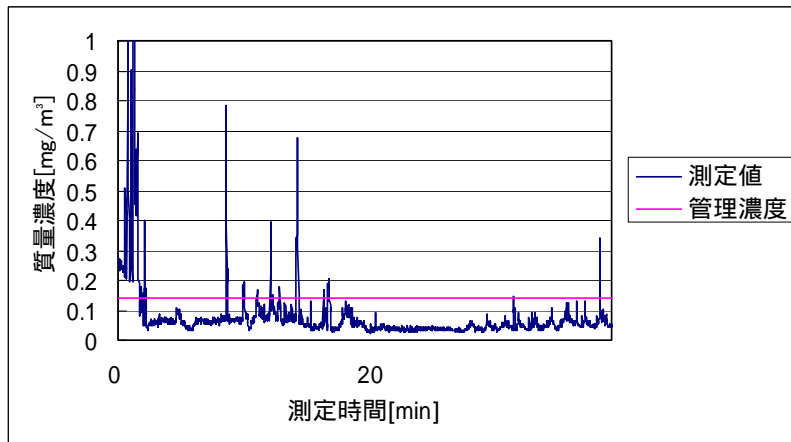


図 2.11 作業場 A における手始め作業 3 回目のばく露濃度変動

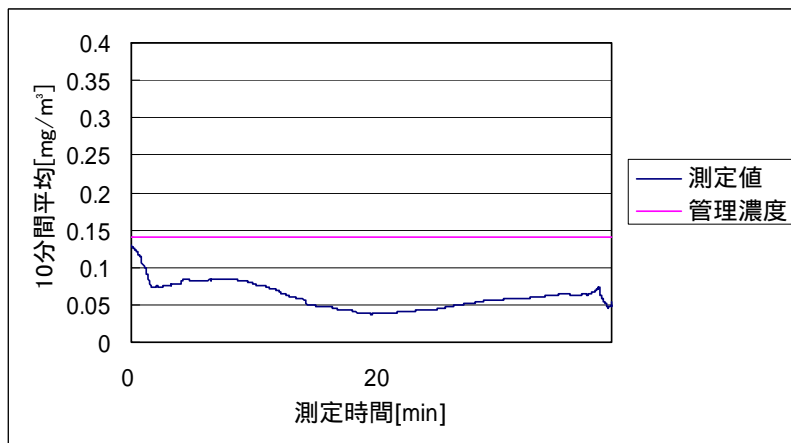


図 2.12 作業場 A における手始め作業 3 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

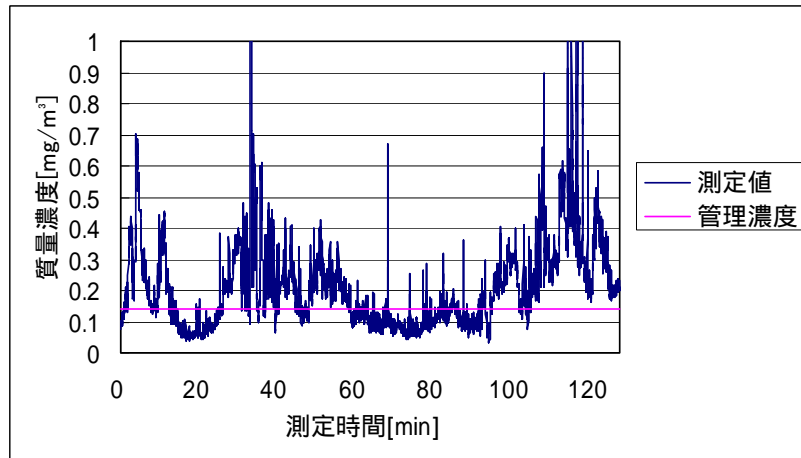


図 2.13 作業場 A における手込め作業 4 回目のばく露濃度変動

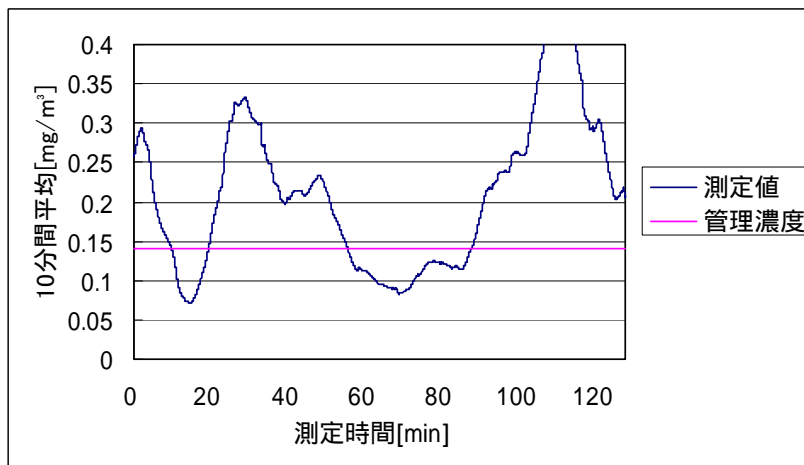


図 2.14 作業場 A における手込め作業 4 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

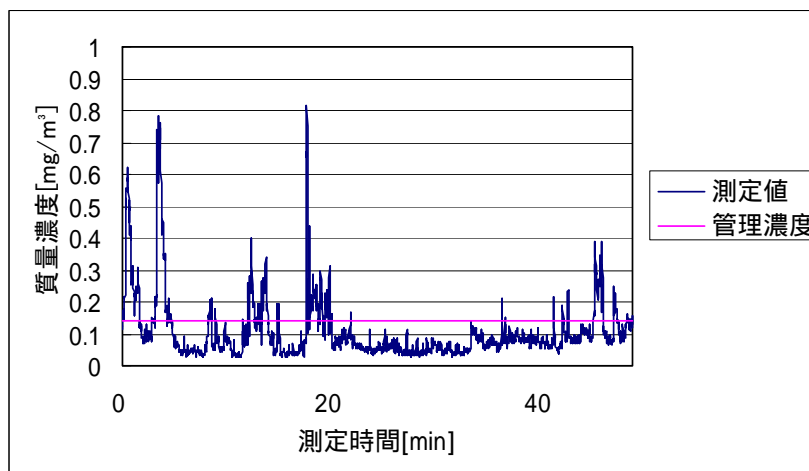


図 2.15 作業場 A における手込め作業 5 回目のばく露濃度変動

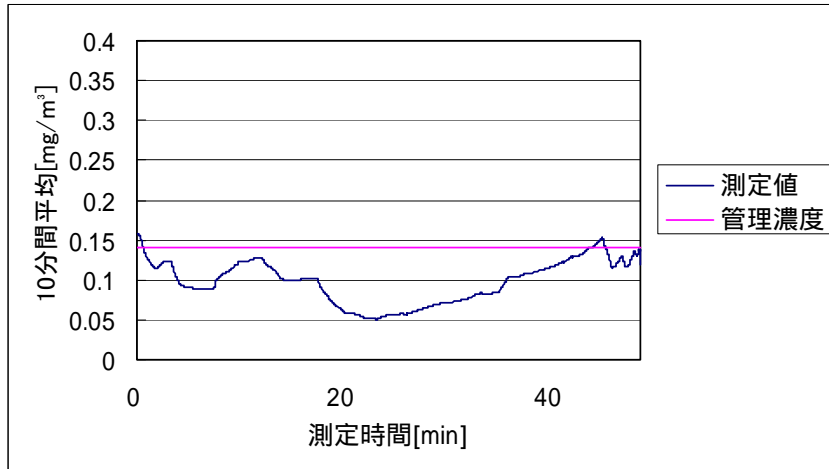


図 2.16 作業場 A における手始め作業 5 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

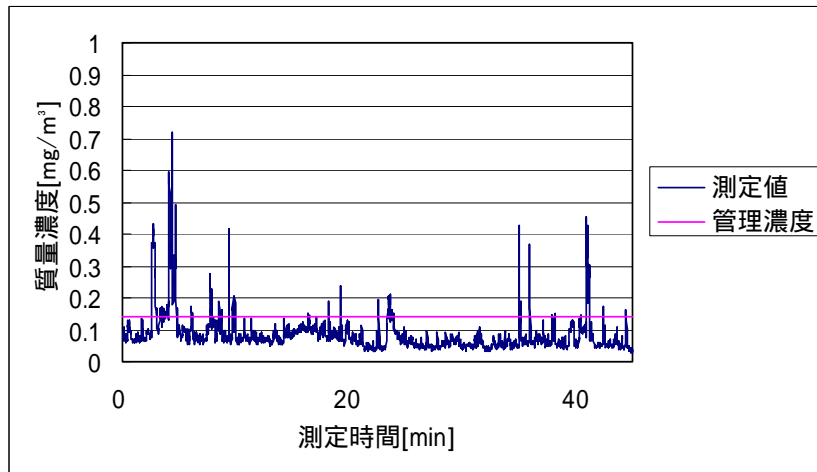


図 2.17 作業場 A における手始め作業 6 回目のばく露濃度変動

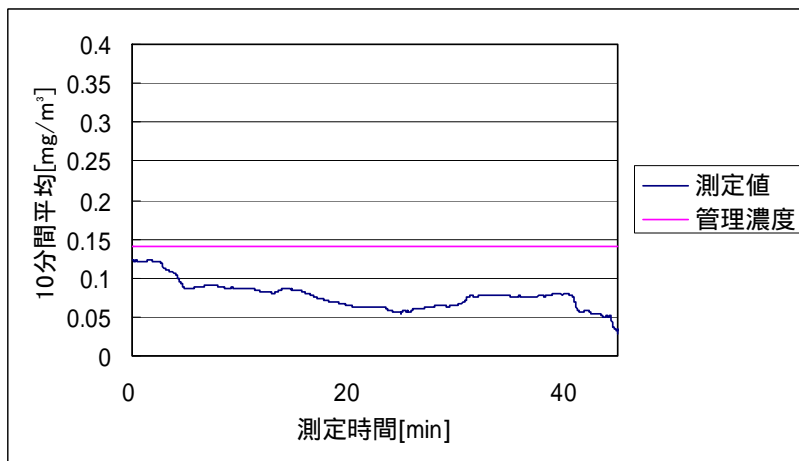
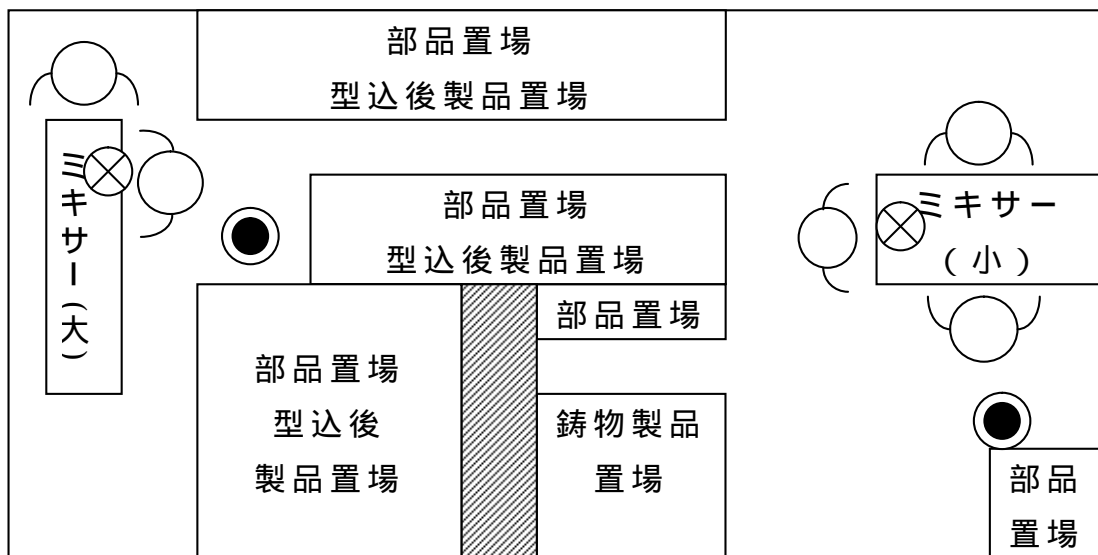


図 2.18 作業場 A における手始め作業 6 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

2.3.1(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 2.19 に示す。また、作業場 B における砂型造形作業 1 回目～5 回目のばく露測定結果を表 2.2 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 2.20～図 2.29 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。ただし、遊離けい酸の定量は、X 線回折基底標準吸収補正法で求めた。



⊗ : 発生源 ● : 併行測定点 ⊙ : 作業者位置

図 2.19 作業場 B での概略図

表 2.2 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 | 0.82 | 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 | |

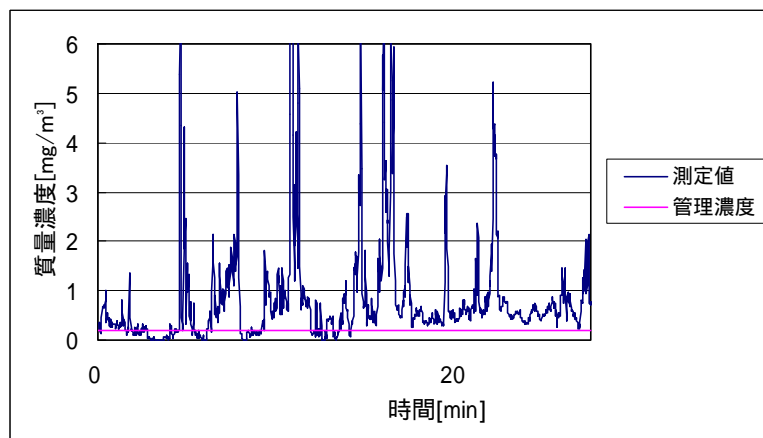


図 2.20 作業場 B における手始め作業 1 回目のばく露濃度変動

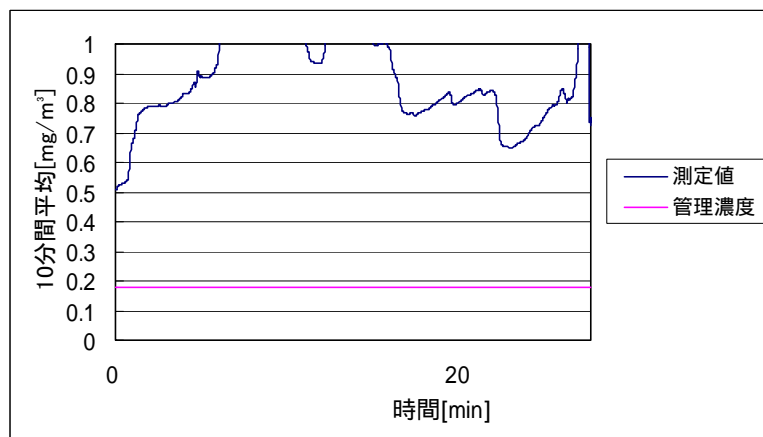


図 2.21 作業場 B における手始め作業 1 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

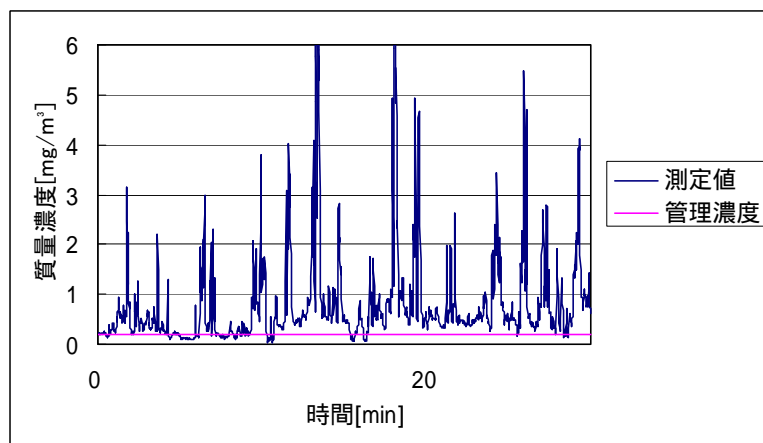


図 2.22 作業場 B における手始め作業 2 回目のばく露濃度変動

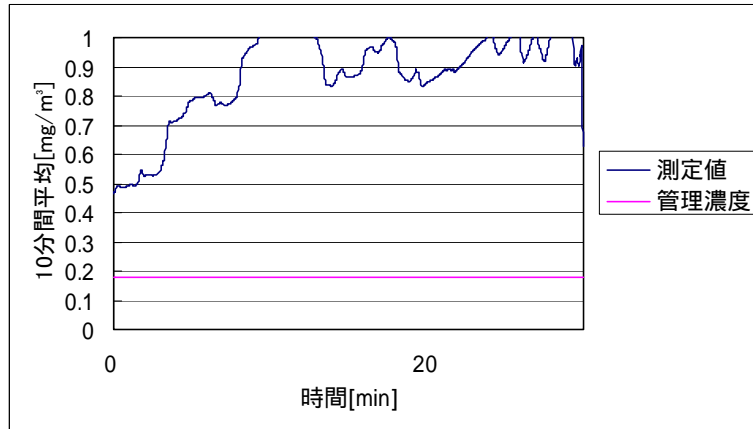


図 2.23 作業場 B における手始め作業 2 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

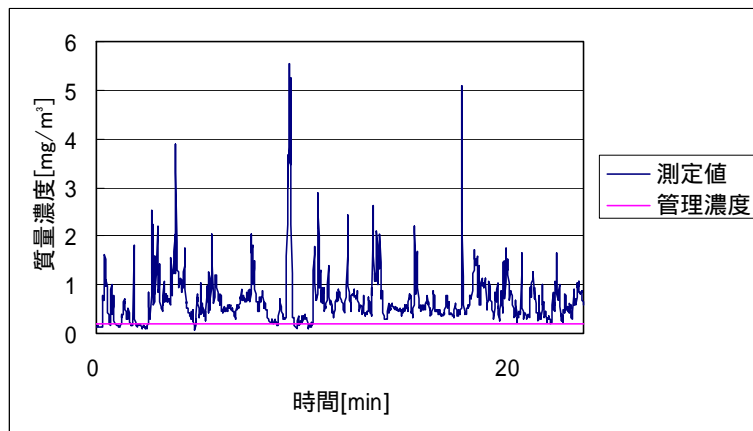


図 2.24 作業場 B における手始め作業 3 回目のばく露濃度変動

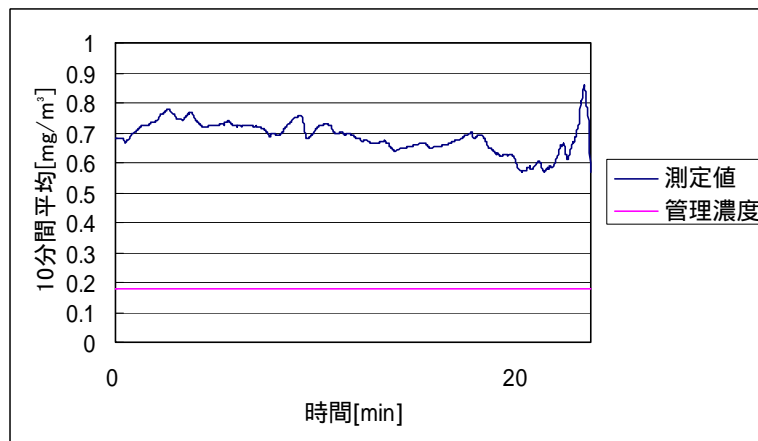


図 2.25 作業場 B における手始め作業 3 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

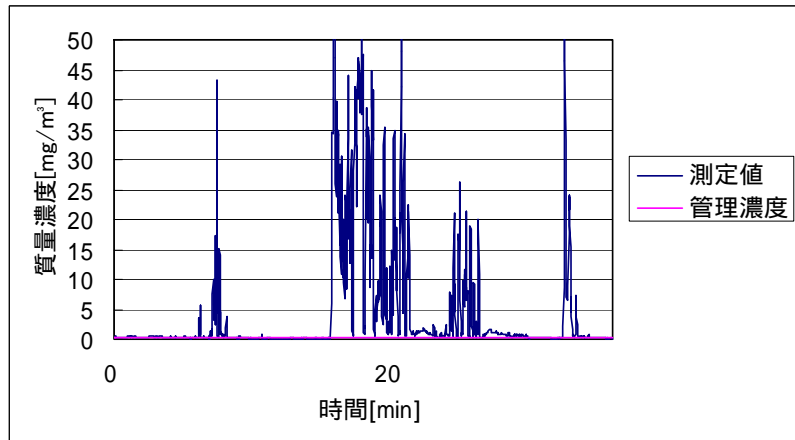


図 2.26 作業場 B における手込め作業 4 回目のばく露濃度変動

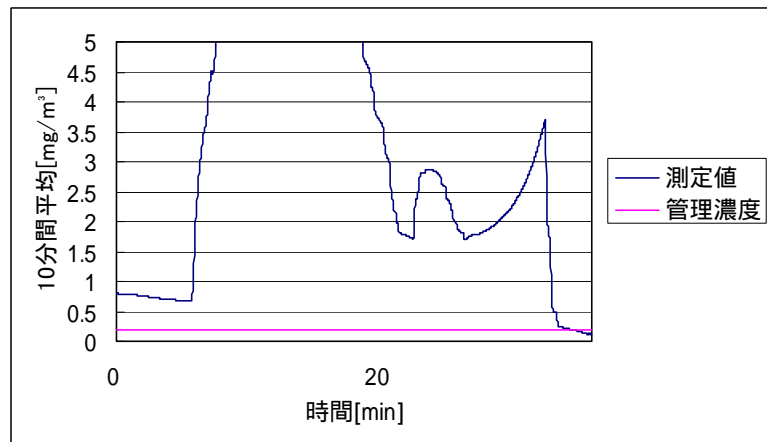


図 2.27 作業場 B における手込め作業 4 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

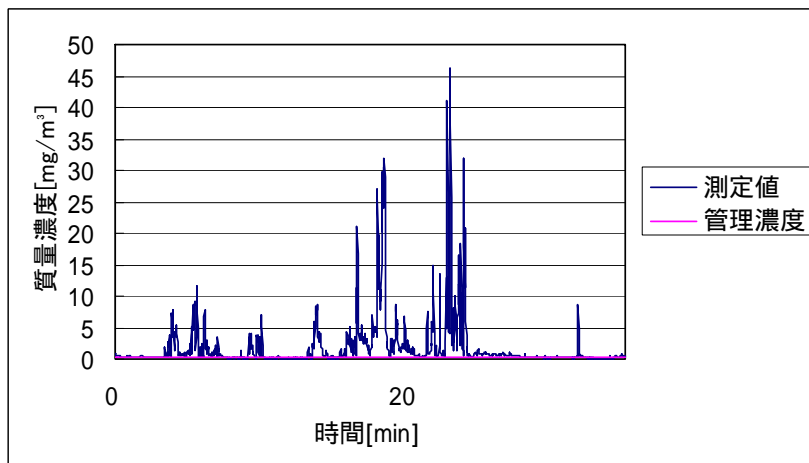


図 2.28 作業場 B における手込め作業 5 回目のばく露濃度変動

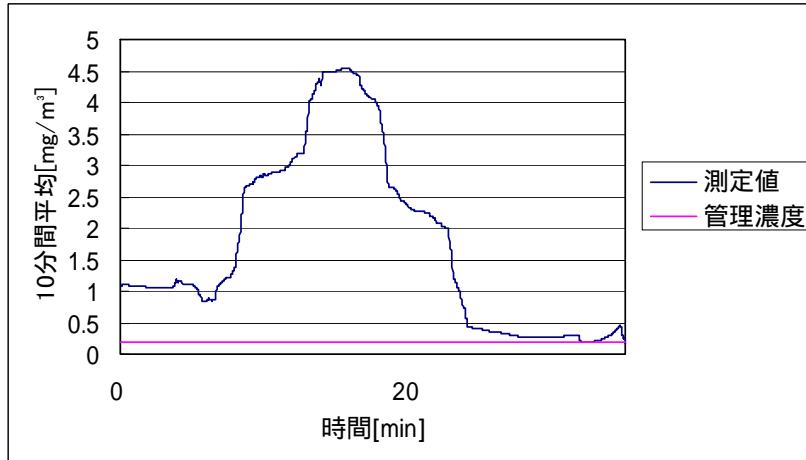


図 2.29 作業場 B における手詰め作業 5 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

2.3.1(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 2.30 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つたので、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 2.31 に示す。また、作業場 C における砂型造形作業 1 回目、2 回目のばく露測定結果を表 2.3 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 2.32 ~ 図 2.35 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 $0.12[\text{mg}/\text{m}^3]$ である。ただし、遊離けい酸の定量は、X 線回折基底標準吸収補正法で求めた。

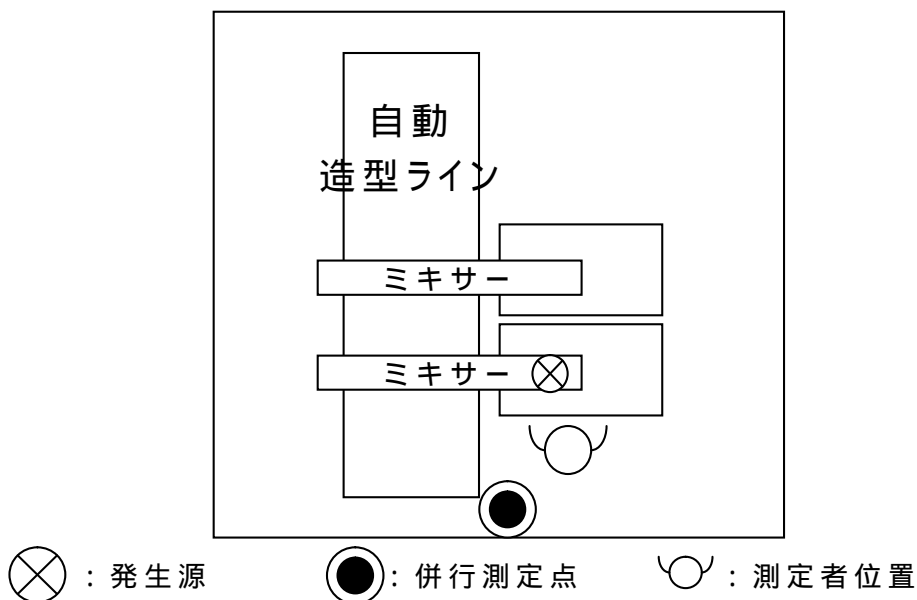


図 2.30 作業場 C の概略図

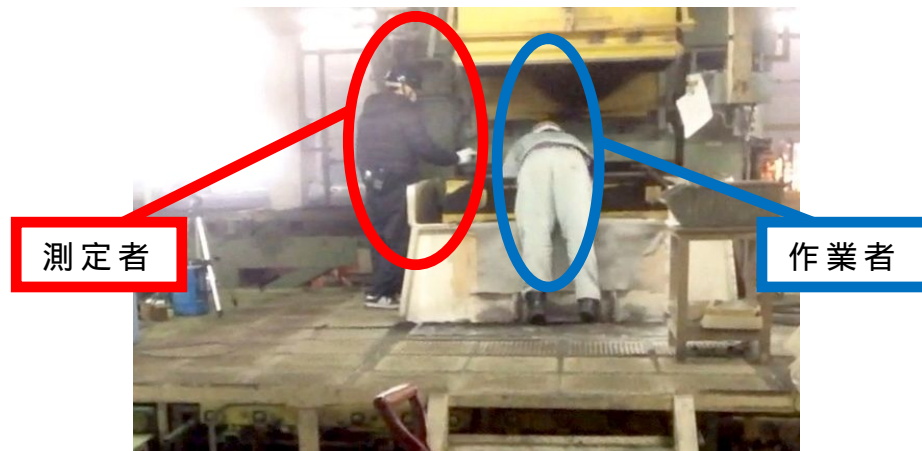


図 2.31 測定風景

表 2.3 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 | 0.81 | 0.12 | |
| 2 回目 | 1.39 | 0.12 | |

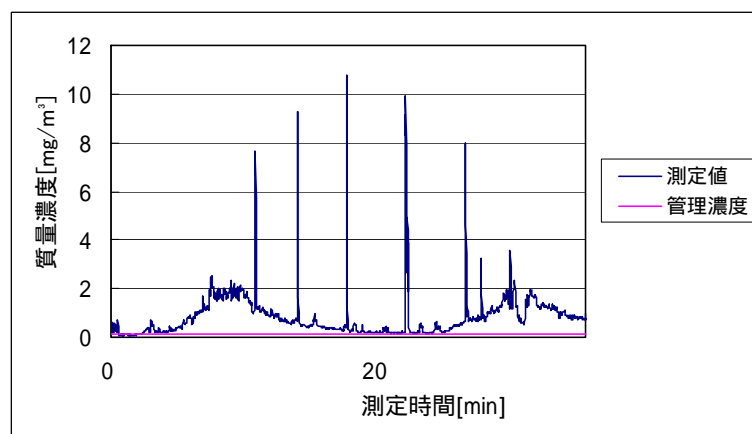


図 2.32 作業場 C における手込め作業 1 回目のばく露濃度変動

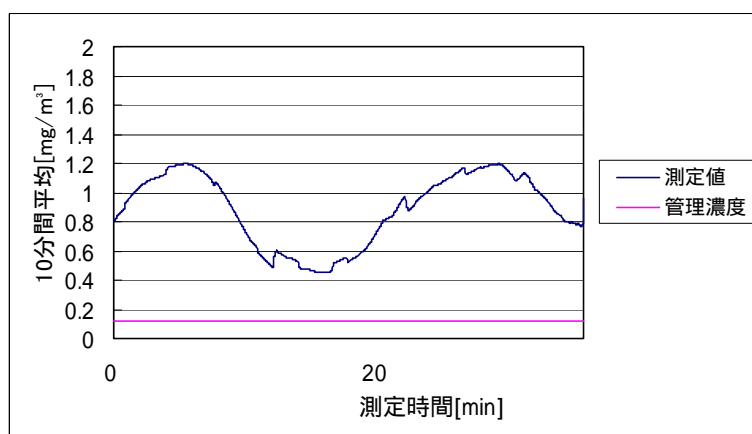


図 2.33 作業場 C における手始め作業 1 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

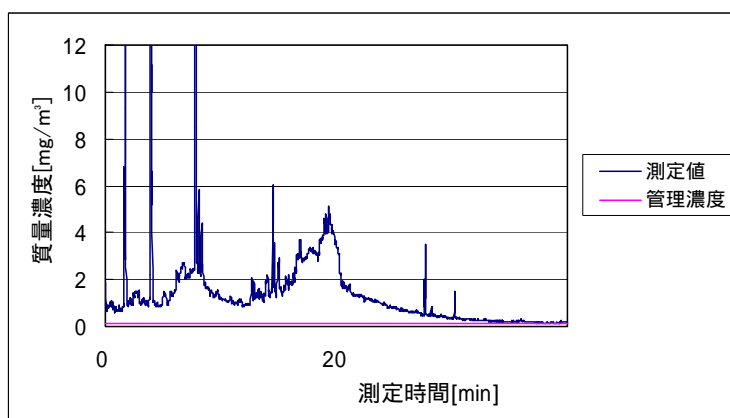


図 2.34 作業場 C における手始め作業 2 回目のばく露濃度変動

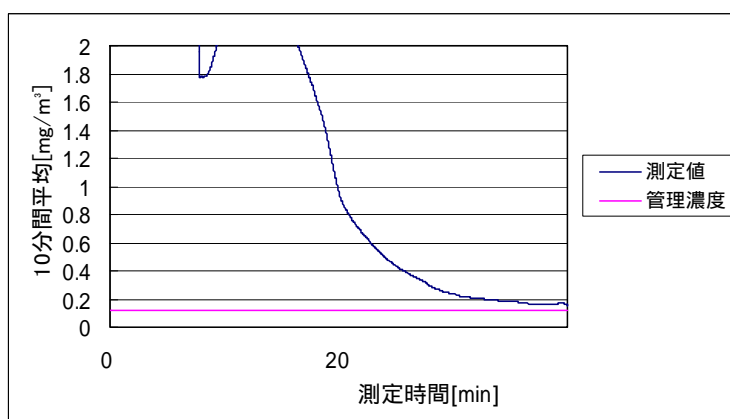


図 2.35 作業場 C における手始め作業 2 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

2.3.1(d) 作業場 D における砂型造形作業

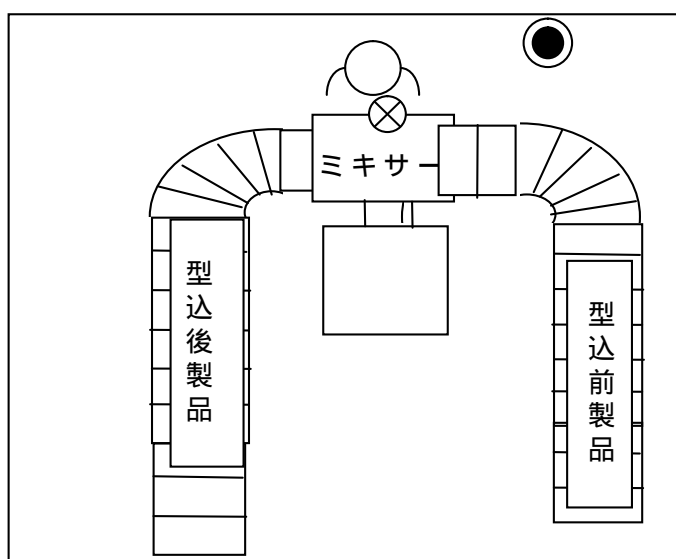
作業場 D の概略図を図 2.36 に示す。また、作業場 D における砂型造形作業 1

回目のばく露測定結果を表 2.4 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 2.37、図 2.38 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。ただし、遊離けい酸の定量は、X 線回折基底標準吸収補正法で求めた。

表 2.4 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 | 0.86 | 0.27 | |



⊗ : 発生源 ● : 併行測定点 ○● : 測定者位置

図 2.36 作業場 D の概略図

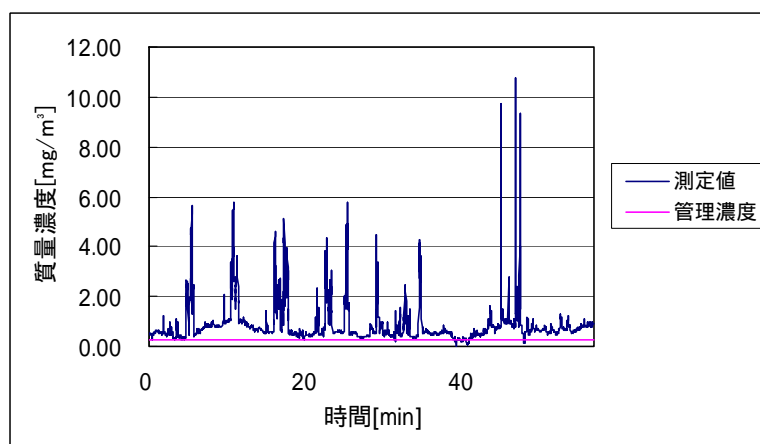


図 2.37 作業場 D における手込め作業 1 回目のばく露濃度変動

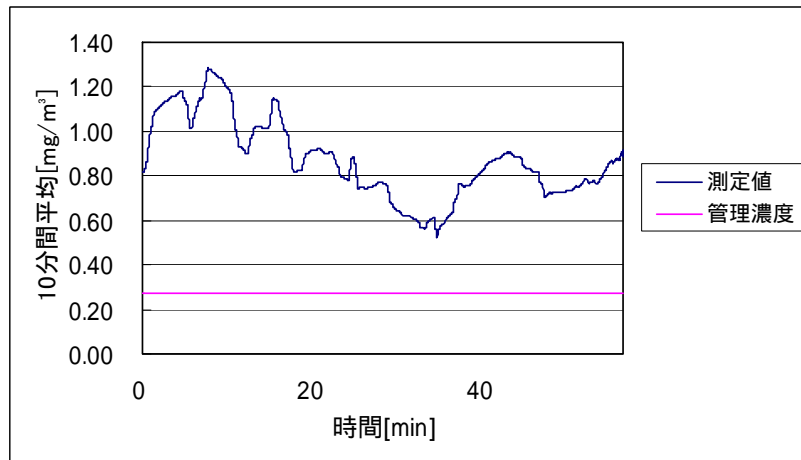


図 2.38 作業場 D における手始め作業 1 回目のばく露濃度変動 (10 分間移動平均値)

2.3.2 半自動造形作業

5.3.2(a) 作業場 E における砂型造形作業

作業場 E の概略図を図 2.39 に示す。また、作業場 E における砂型造形作業 1 回目～5 回目のばく露測定結果を表 2.5 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 2.40～図 2.49 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 $0.21[\text{mg}/\text{m}^3]$ である。ただし、遊離けい酸の定量は、X 線回折基底標準吸収補正法で求めた

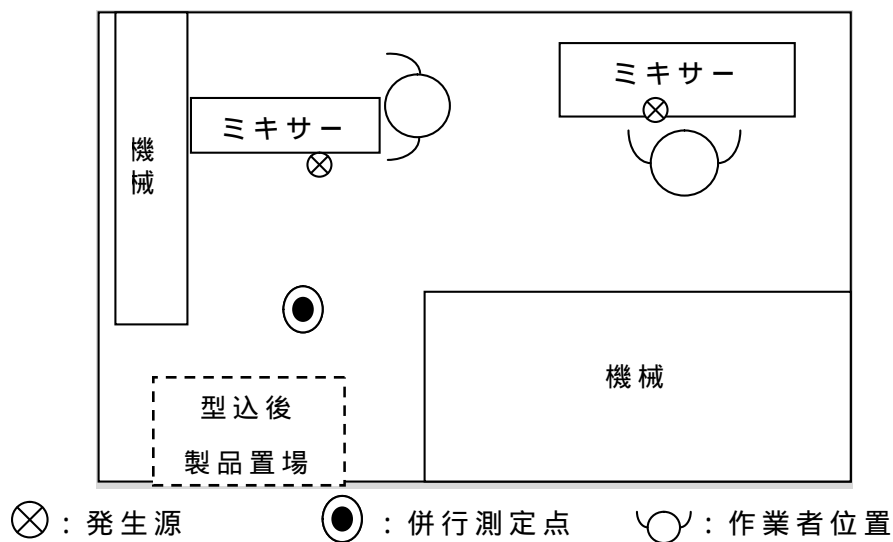


図 2.39 作業場概略図

表 2.5 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 | 1.08 | 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 | |

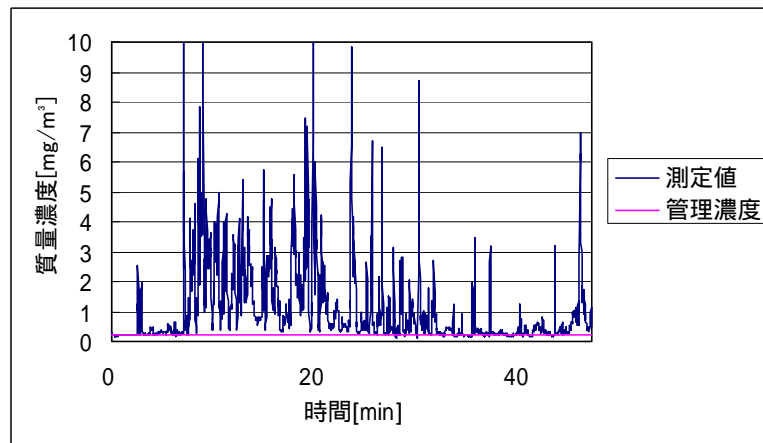


図 2.40 作業場 E における半自動造形作業 1 回目のばく露濃度変動

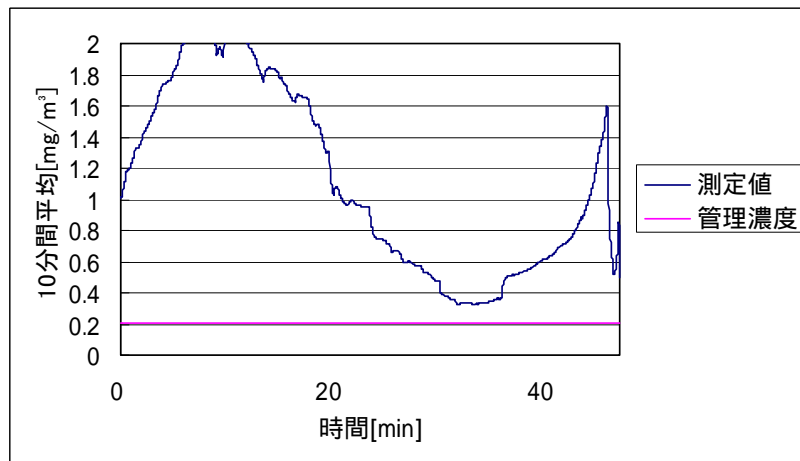


図 2.41 作業場 E における半自動造形作業 1 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

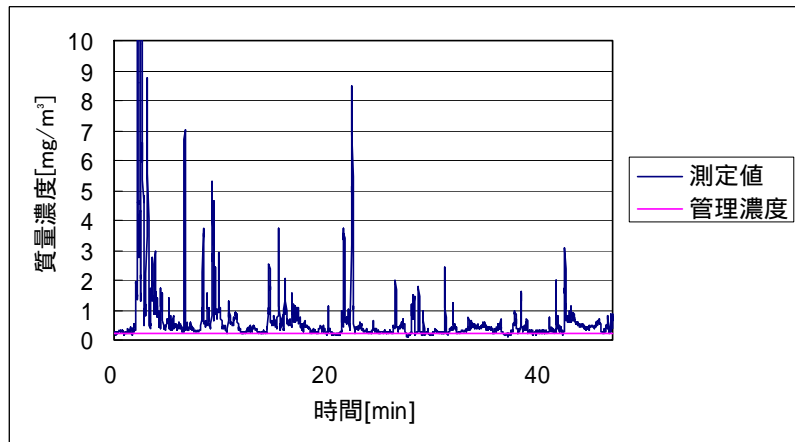


図 2.42 作業場 E における半自動造形作業 2 回目のばく露濃度変動

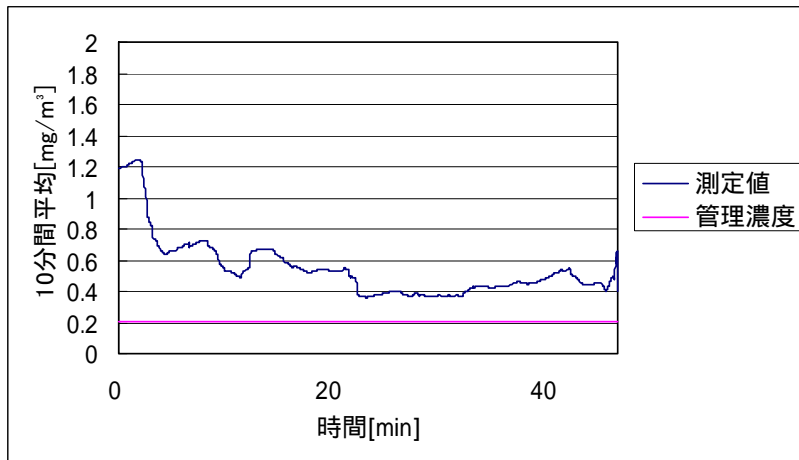


図 2.43 作業場 E における半自動造形作業 2 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

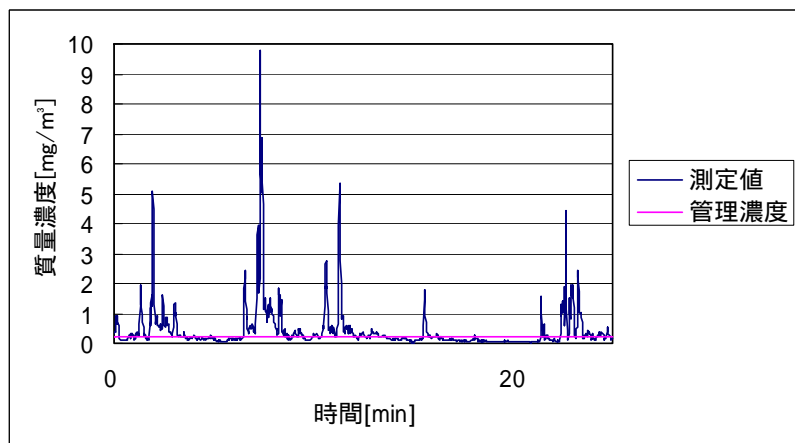


図 2.44 作業場 E における半自動造形作業 3 回目のばく露濃度変動

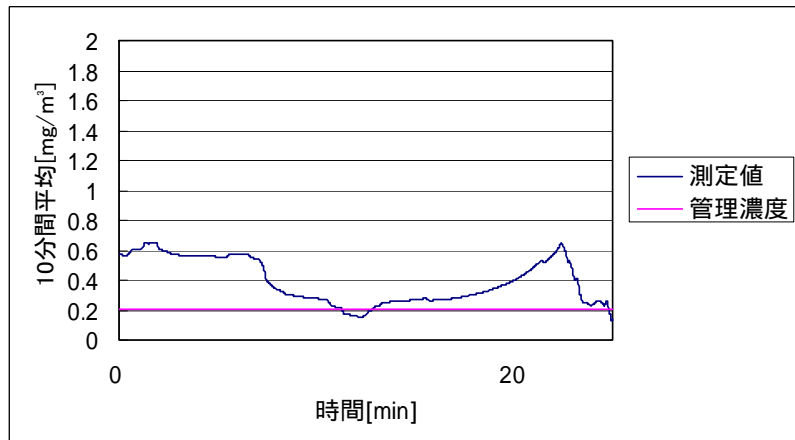


図 2.45 作業場 E における半自動造形作業 3 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

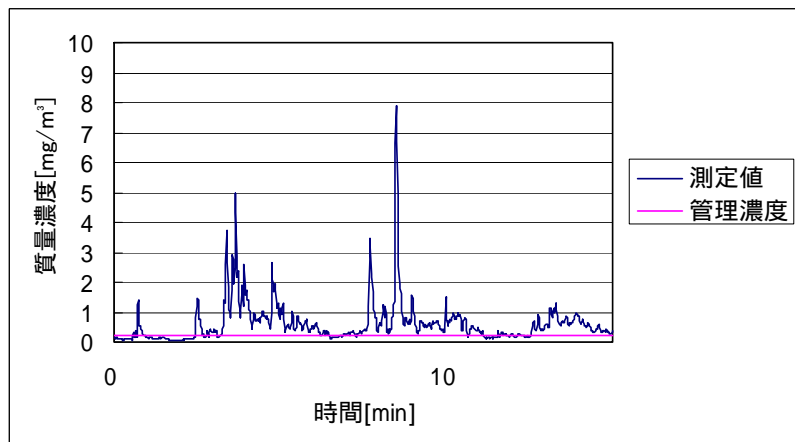


図 2.46 作業場 E における半自動造形作業 4 回目のばく露濃度変動

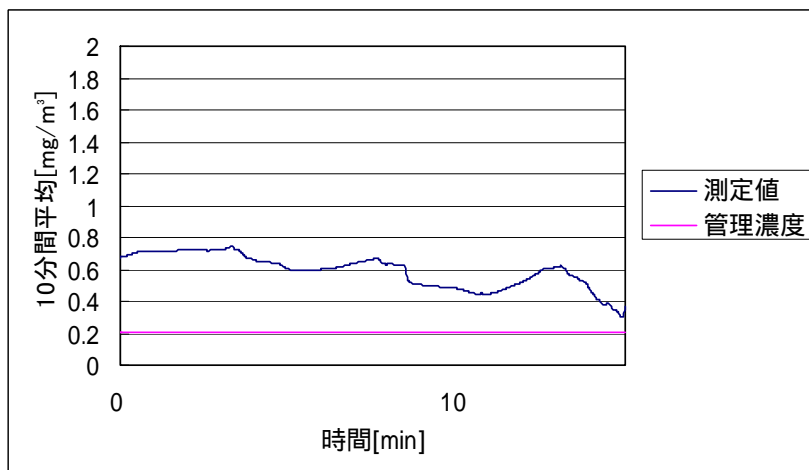


図 2.47 作業場 E における半自動造形作業 4 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

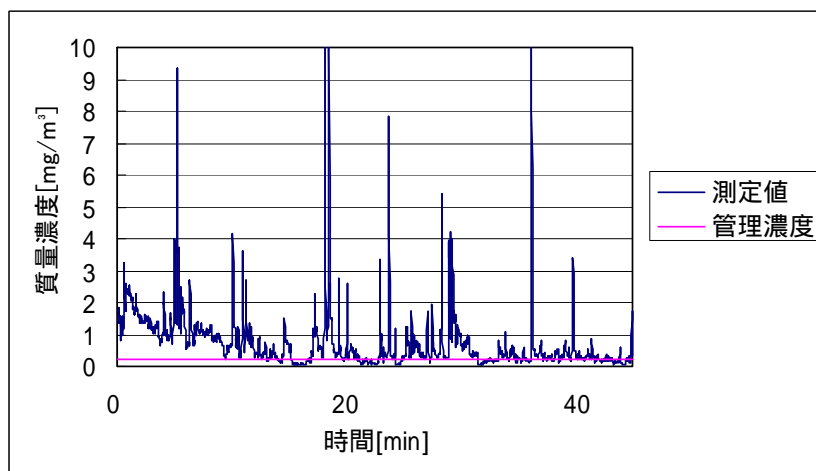


図 2.48 作業場 E における半自動造形作業 5 回目のばく露濃度変動

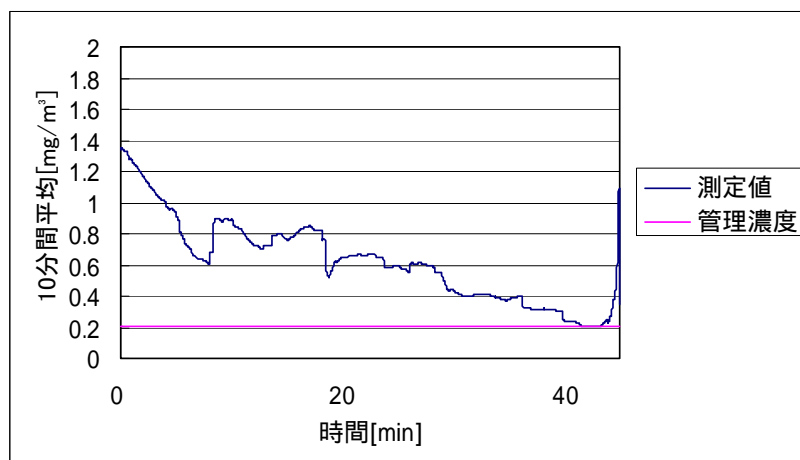


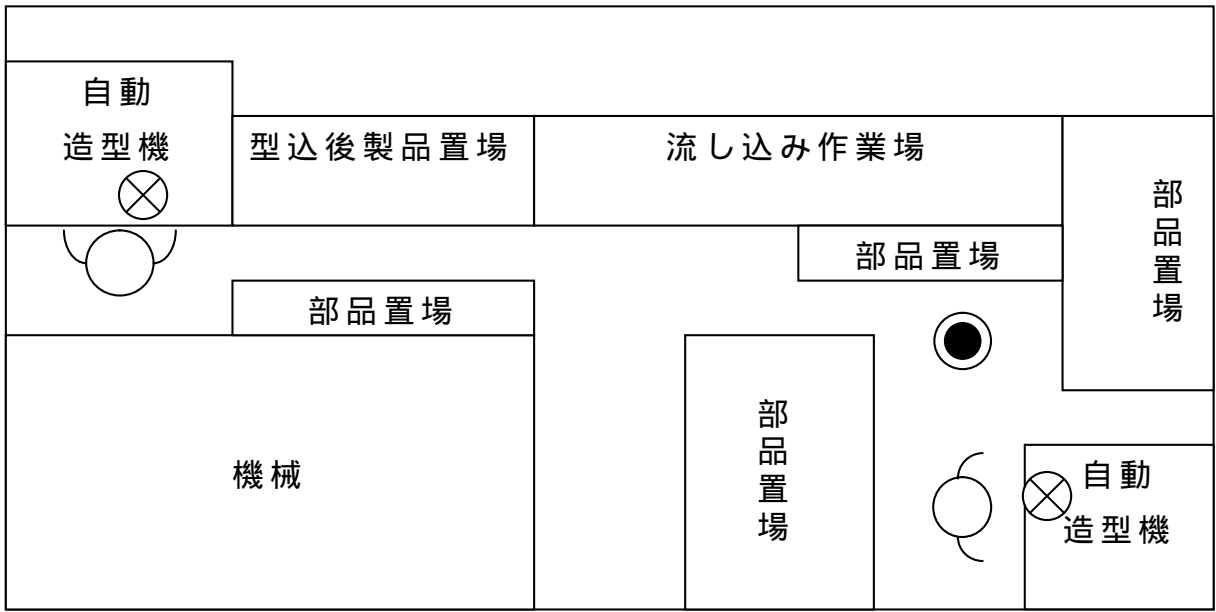
図 2.49 作業場 E における半自動造形作業 5 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

2.3.2(b) 作業場 F における砂型造形作業

作業場 F の概略図を図 2.50 に示す。また、作業場 F における砂型造形作業 1 回目～4 回目のばく露測定結果を表 2.6 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 2.51～図 2.58 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。ただし、遊離けい酸の定量は、X 線回折基底標準吸収補正法で求めた。



⊗ : 発生源 ● : 併行測定点 ○ : 作業者位置

図 2.50 作業場 F の概略図

表 2.6 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 | |
| 2 回目 | 0.13 | 0.14 | |
| 3 回目 | 0.66 | 0.14 | |
| 4 回目 | 0.23 | 0.14 | |

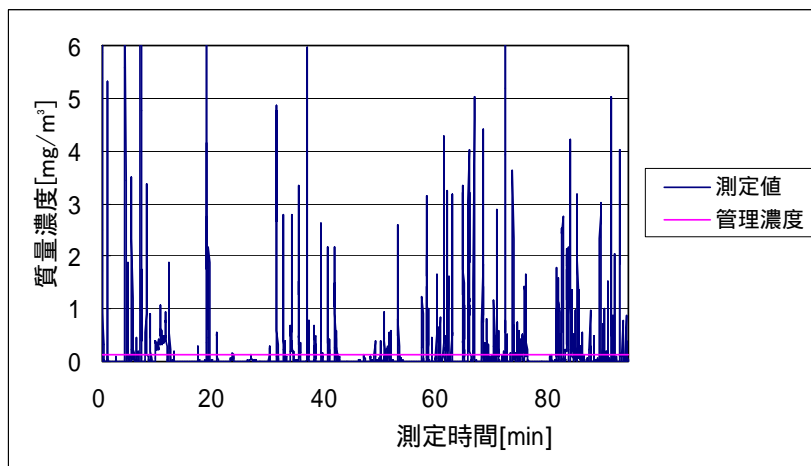


図 2.51 作業場 F における半自動造形作業 1 回目のばく露濃度変動

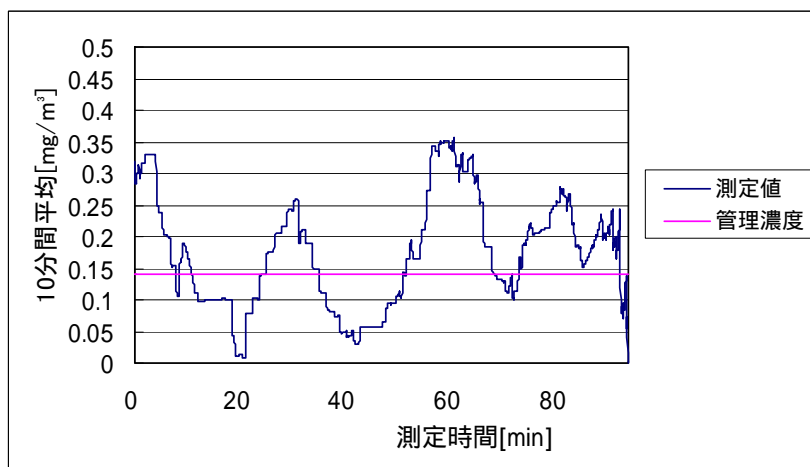


図 2.52 作業場 F における半自動造形作業 1 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

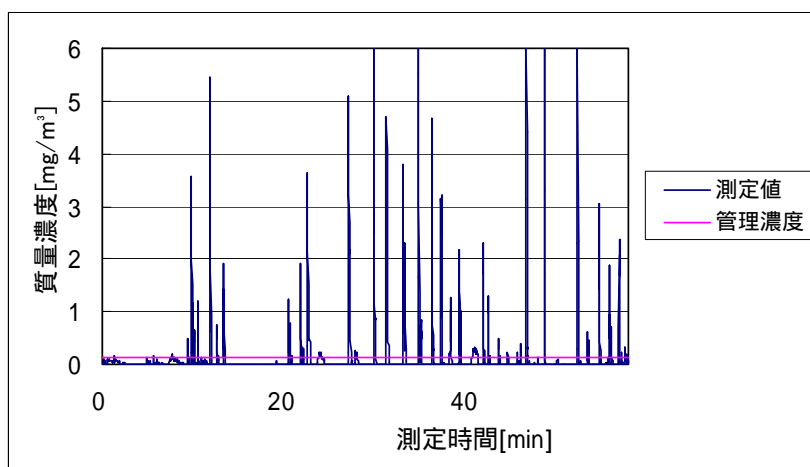


図 2.53 作業場 F における半自動造形作業 2 回目のばく露濃度変動

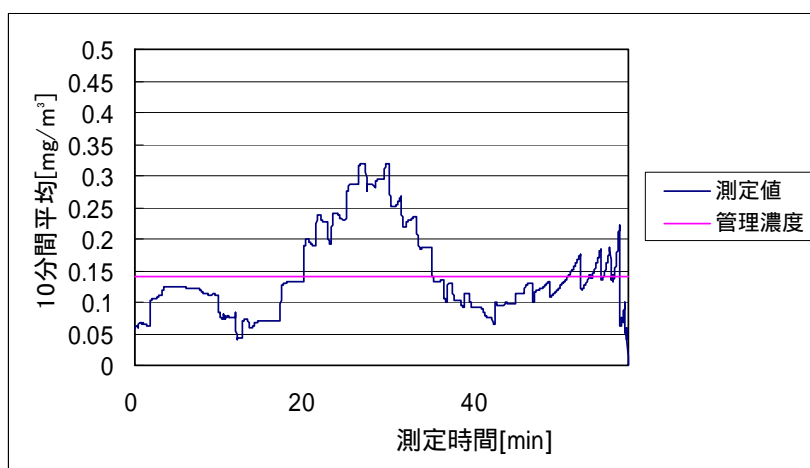


図 2.54 作業場 F における半自動造形作業 2 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

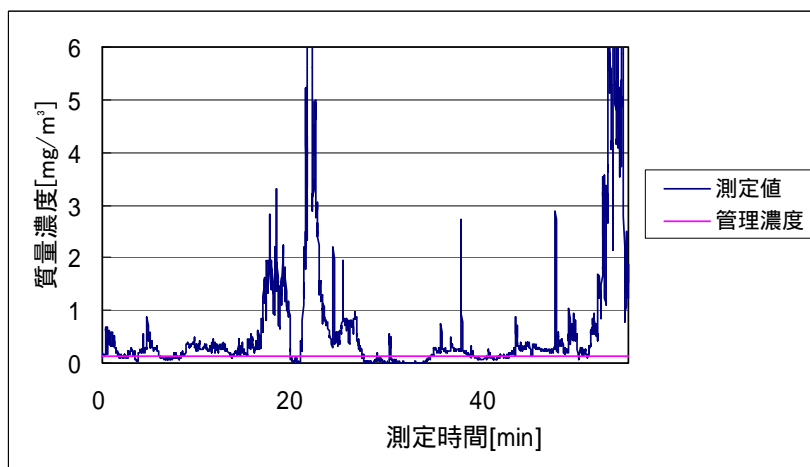


図 2.55 作業場 F における半自動造形作業 3 回目のばく露濃度変動

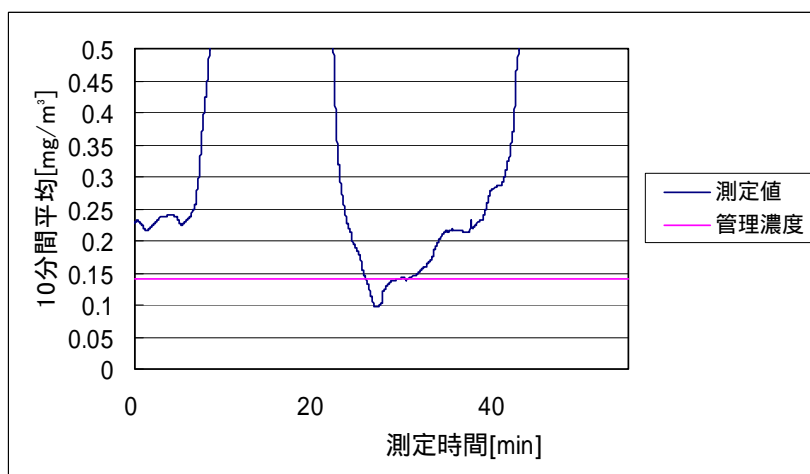


図 2.56 作業場 F における半自動造形作業 3 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

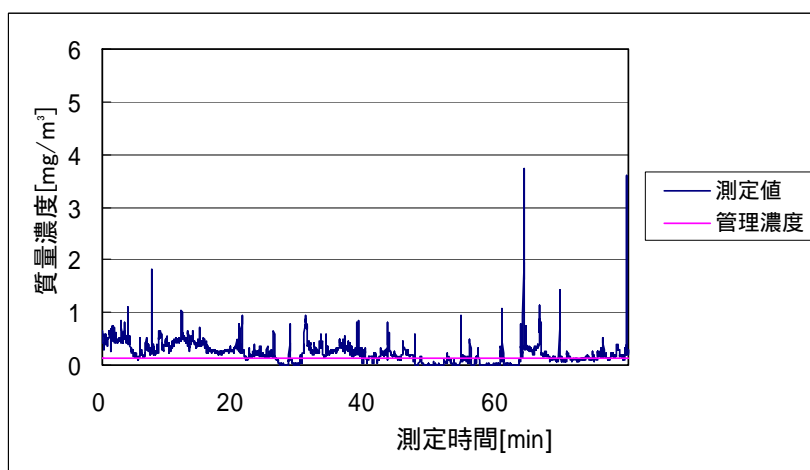


図 2.57 作業場 F における半自動造形作業 4 回目のばく露濃度変動

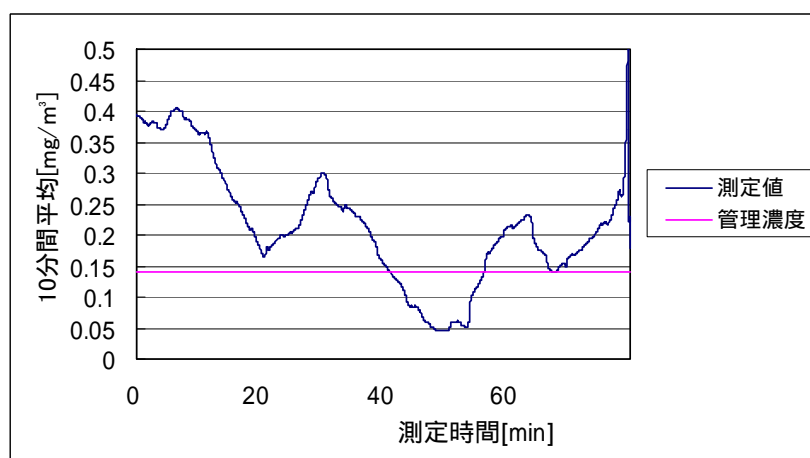


図 2.58 作業場 F における半自動造形作業 4 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

2.3.2(c) 作業場 G における砂型造形作業

作業場 G の概略図を図 2.59 に示す。また、作業場 G における砂型造形作業 1 回目、2 回目のばく露測定結果を表 2.7 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 2.60～図 2.63 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 $0.27[\text{mg}/\text{m}^3]$ である。ただし、遊離けい酸の定量は、X 線回折基底標準吸収補正法で求めた。

表 2.7 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 | 0.36 | 0.27 | |
| 2 回目 | 0.43 | 0.27 | |

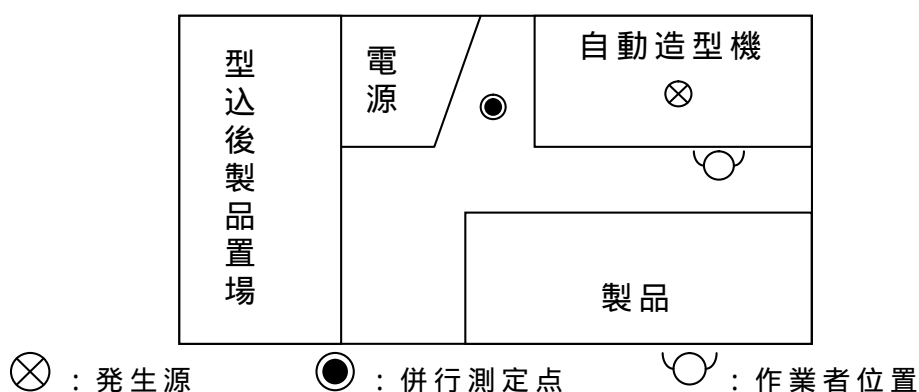


図 2.59 作業場 G の概略図

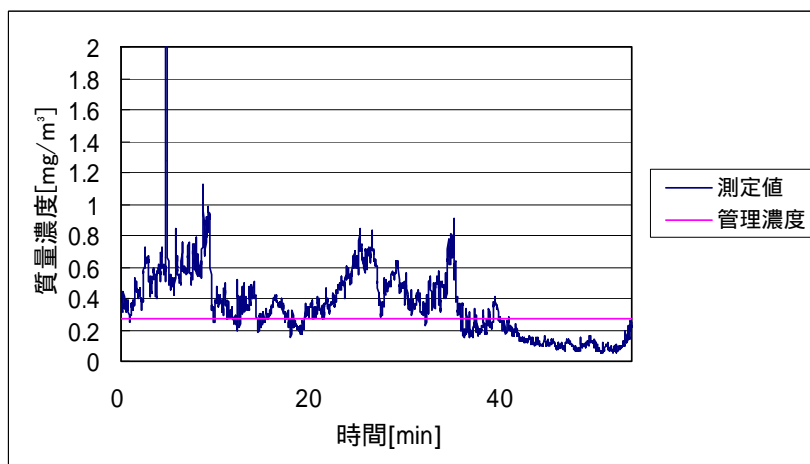


図 2.60 作業場 G における半自動造形作業 1 回目のばく露濃度変動

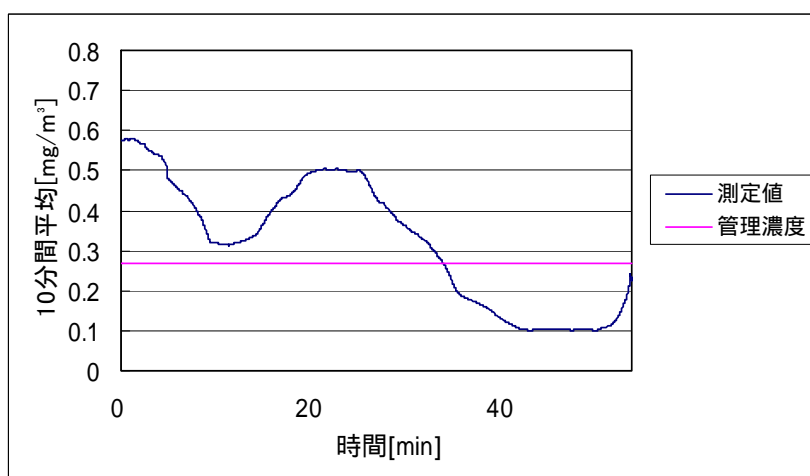


図 2.61 作業場 G における半自動造形作業 1 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

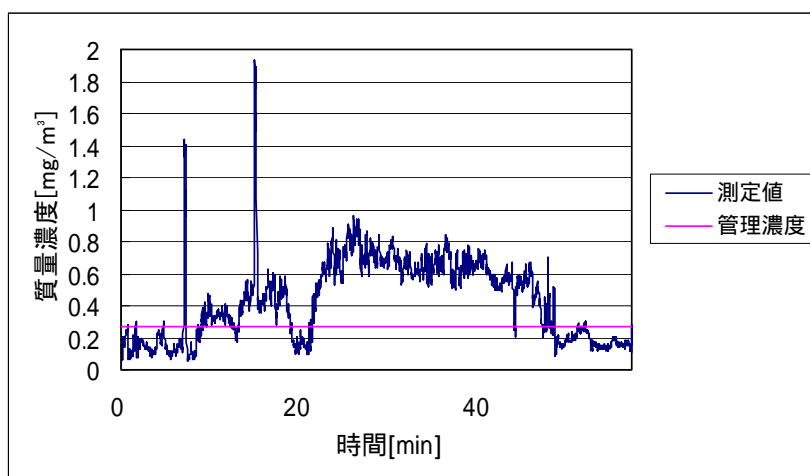


図 2.62 作業場 G における半自動造形作業 2 回目のばく露濃度変動

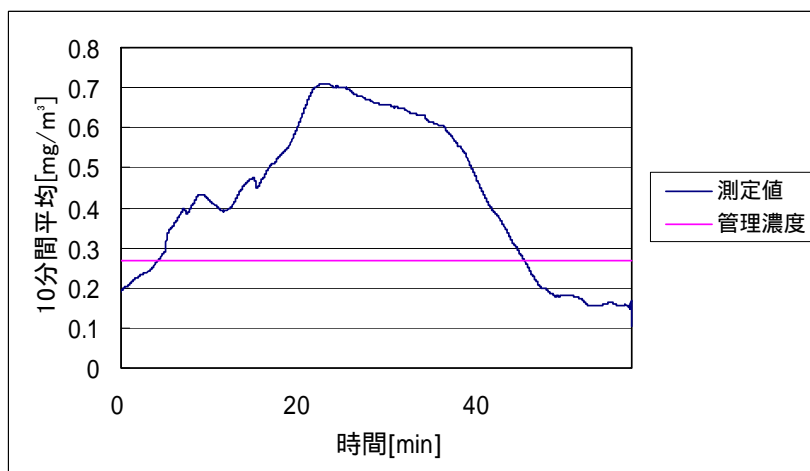


図 2.63 作業場 G における半自動造形作業 2 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

2.3.3 自動造型作業

2.3.3(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 2.64 に示す。また、作業場 H における砂型造形作業 1 回目、2 回目のばく露測定結果を表 2.8 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 2.65 ~ 図 2.68 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。ただし、遊離けい酸の定量は、X 線回折基底標準吸収補正法で求めた。

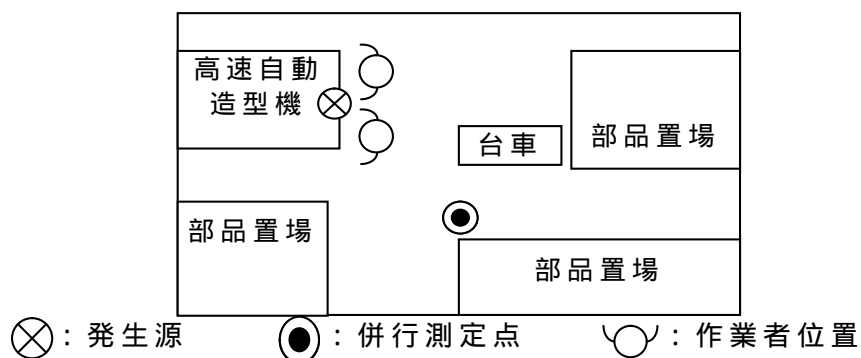


図 2.64 作業場 H の概略図

表 2.8 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 | 0.58 | 0.17 | |
| 2 回目 | 0.77 | 0.17 | |

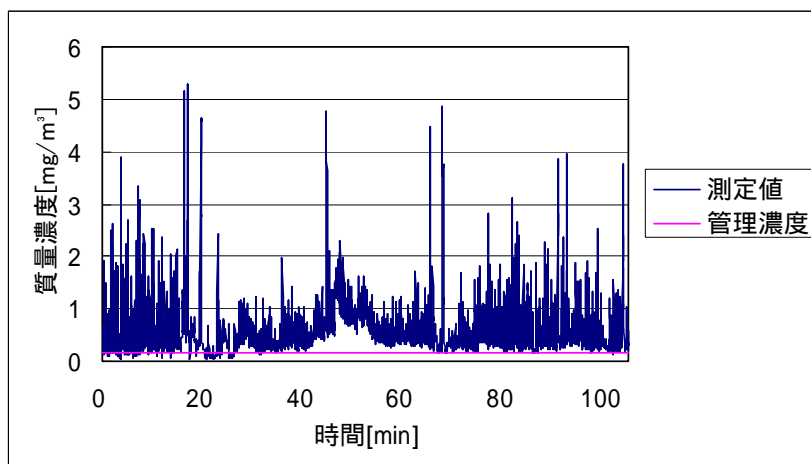


図 2.65 作業場 H における自動造形作業 1 回目のばく露濃度変動

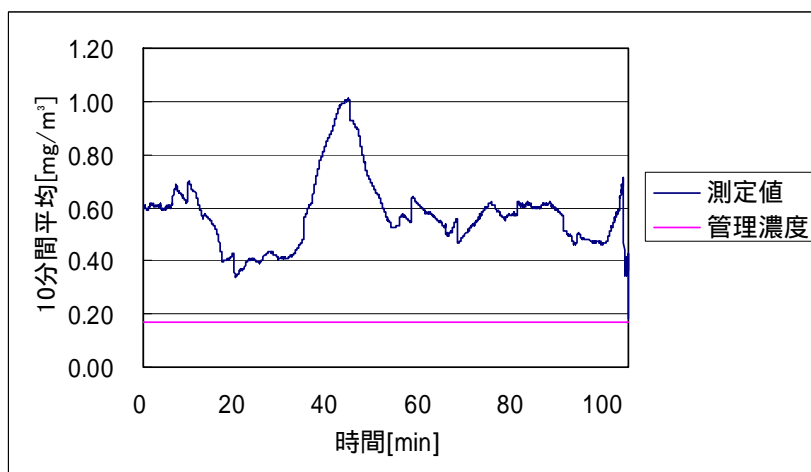


図 2.66 作業場 H における自動造形作業 1 回目のばく露濃度変動
(10 分間移動平均値)

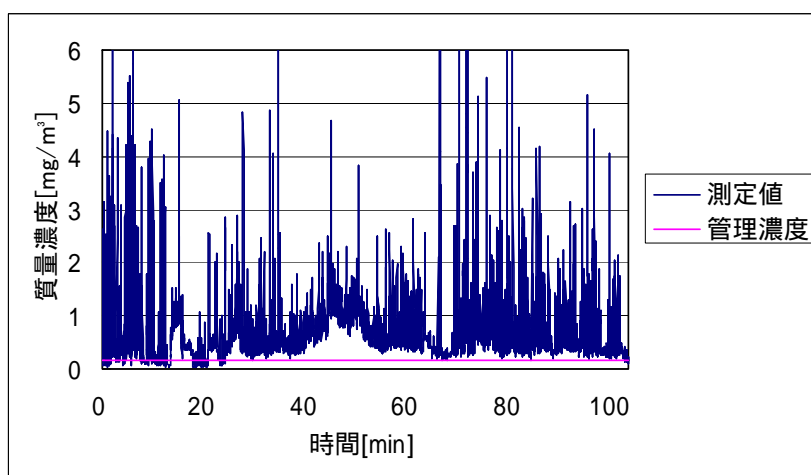


図 2.67 作業場 H における自動造形作業 2 回目のばく露濃度変動

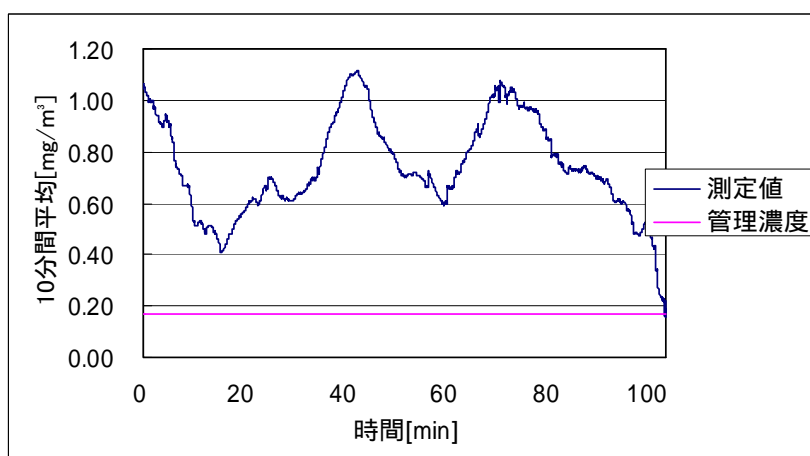


図 2.68 作業場 H における自動造形作業 2 回目のばく露濃度変動 (10 分間移動平均値)

2.4 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 2.9 に示す。

表 2.9 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 | |
|---------|---------------------------------------|-----------|------------------------------|---------------|-------|
| 手込み作業 | 0.87 (1.21) | 4.23~0.08 | 0.12~0.27 | 86% | 12/14 |
| 半自動造形作業 | 0.50 (0.54) | 1.08~0.13 | 0.14~0.27 | 100% | 11/11 |
| 自動造型作業 | 0.68 (0.14) | 0.77~0.58 | 0.17 | 100% | 2/2 |

2.4.1 手込み作業

本研究での、手込み作業は、表 2.9 に示すように 86%(12/14 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用いられている砂は空気中にあまり舞わないように工夫されており、作業者のばく露量の低減に大きな効果を示しており、このような対策も有効であると考えられる。

2.4.2 半自動造形作業

本研究での、半自動造形作業は、表 2.9 に示すように 100%(11/11 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。

2.4.3 自動造型作業

本研究での、自動造型作業は、表 2.9 に示すように 100%(2/2 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。

2.5 結論

25 年度は、砂型造型作業場として、手込め作業、半自動造型作業及び自動造型作業を行っている 8 事業場で 27 の造型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 3 の作業にすることが適切な措置と考える。ただ、鋳物を扱う事業場は、日本に多数存在し、現在も盛んに砂型造型作業が行われている現状を考慮して、26 年度はさらに砂型造型作業の個人ばく露濃度測定を増やして、より実態の作業状況を反映した測定結果に基づいた判断を行うことにする。

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

3.1 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 NW-354 などのポンプには、面積流量計が付属しており、吸引流量が変化しても視覚的に確認し、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、現行の個人ばく露濃度測定計 NWPS-254 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 3.1 に示す。

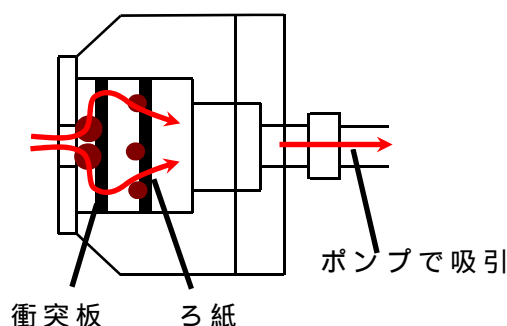


図 3.1 NWPS-254 の内部構造の概略図

3.2 相対濃度計 LD-5 及び LD-3K2 の器差確認実験

3.2.1 概要

本実験には3台の相対濃度計を使用するので、測定を行なう前に、相対濃度計の器差を確認するための実験を行なった。

3.2.2 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3.2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、器差の確認を行なった。



3.2 器差確認実験の実験風景

3.2.3 実験結果

10回分の実験結果を表3.1に示す。

表 3.1 器差確認実験の結果[カウント]

| 機器名 | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 | 6回目 | 7回目 | 8回目 | 9回目 | 10回目 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| LD-5 No.1 | 311 | 392 | 647 | 589 | 651 | 498 | 478 | 555 | 485 | 540 |
| LD-5 No.2 | 301 | 395 | 654 | 561 | 654 | 504 | 484 | 565 | 481 | 529 |
| LD-3K2 | 386 | 482 | 725 | 670 | 767 | 603 | 595 | 649 | 574 | 573 |

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3.2に示す。カウント比は式(3.1)により求めた。

$$\text{カウント比} = (\text{LD-5 又は LD-3K2 のカウント}) / (\text{基準器のカウント}) \quad (3.1)$$

表 3.2 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 | 6回目 | 7回目 | 8回目 | 9回目 | 10回目 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| LD-5 No.1 | 1.03 | 0.99 | 0.99 | 1.05 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 1.01 | 1.02 |
| LD-3K2 | 1.28 | 1.22 | 1.11 | 1.19 | 1.17 | 1.20 | 1.23 | 1.15 | 1.19 | 1.08 |

表 3.2 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(3.2)に、カウント比の平均値と補正係数の結果を表 3.3 に示す。

$$\text{補正係数} = \frac{1}{\text{カウント比の平均値}} \quad (3.2)$$

表 3.3 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 | 1.00 | 1.00 |
| LD-3K2 | 1.18 | 0.85 |

3.3 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

3.3.1 概要

実験では、ダストチャンバー内の測定台上で実験を行なうため、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。

3.3.2 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 3.3 に、実験風景を図 3.4 に示す。

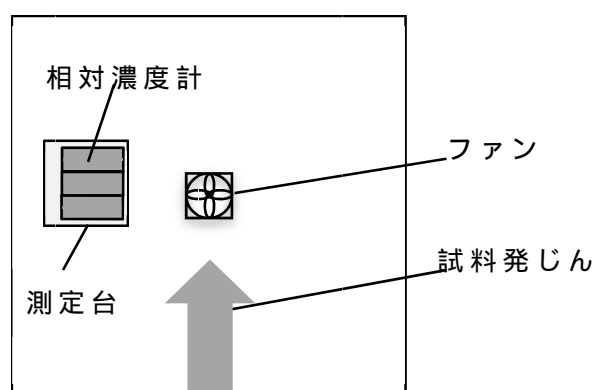


図 3.3 ダストチャンバー内の概略図(1.4[m] × 1.4[m] × 高さ 3.0[m])

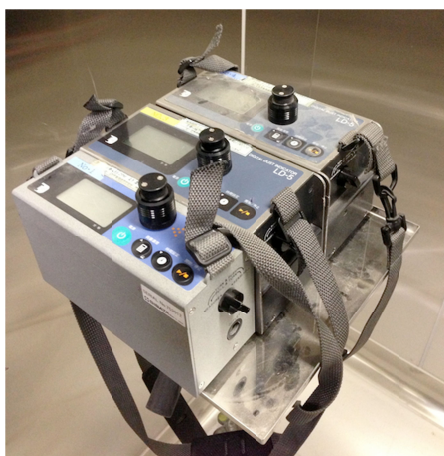


図 3.4 濃度均一性確認実験の実験風景

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一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。

3.3.3 実験結果

10 回分のカウント数の測定結果を表 4.4 に示す。また、表 3.4 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 3.5 に示す。

表 3.4 10 回分の測定結果[カウント]

| 機器名 | 1 回目 | 2 回目 | 3 回目 | 4 回目 | 5 回目 | 6 回目 | 7 回目 | 8 回目 | 9 回目 | 10 回目 |
|-----------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|
| LD-5 No.1 | 10139 | 2699 | 9098 | 2580 | 3457 | 20870 | 3120 | 13196 | 3348 | 5549 |
| LD-5 No.2 | 10050 | 2676 | 9060 | 2558 | 3422 | 20709 | 3070 | 13206 | 3309 | 5507 |
| LD-3K2 | 10948 | 2895 | 9912 | 2799 | 3822 | 22595 | 3354 | 14561 | 3606 | 6070 |

表 3.5 補正後カウント数の結果[カウント]

| 機器名 | 1 回目 | 2 回目 | 3 回目 | 4 回目 | 5 回目 | 6 回目 | 7 回目 | 8 回目 | 9 回目 | 10 回目 |
|-----------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|
| LD-5 No.1 | 10091 | 2686 | 9055 | 2568 | 3441 | 20772 | 3105 | 13134 | 3332 | 5523 |
| LD-5 No.2 | 10050 | 2676 | 9060 | 2558 | 3422 | 20709 | 3070 | 13206 | 3309 | 5507 |
| LD-3K2 | 9256 | 2448 | 8380 | 2366 | 3231 | 19103 | 2836 | 12310 | 3049 | 5132 |
| R.S.D.[%] | 3.9 | 4.2 | 3.6 | 3.7 | 2.8 | 3.8 | 4.0 | 3.2 | 4.0 | 3.4 |

式(3.3)を用いて、表 3.5 の値から誤差を算出した結果を表 3.6 に示す。

$$\text{誤差}[\%] = \frac{\text{補正後のカウント数} - \text{基準器の補正後カウント数}}{\text{基準器の補正後カウント数}} \quad (3.3)$$

表 3.6 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 | 6回目 | 7回目 | 8回目 | 9回目 | 10回目 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| LD-5 No.1 | 0.4 | 0.4 | -0.1 | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 1.2 | -0.5 | 0.7 | 0.3 |
| LD-3K2 | -7.9 | -8.5 | -7.5 | -7.5 | -5.6 | -7.8 | -7.6 | -6.8 | -7.9 | -6.8 |

表 3.5 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 3.6 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。

3.4 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

3.4.1 流量低下時の粉じん濃度測定

3.4.1(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。

3.4.1(b) 実験方法²⁾

図 3.5 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たため、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。

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飛ばし、3 台の NWPS-254 を 30 分間並行測定し、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、アリゾナロードダストと JIS 試験用粉体 1,2 種を用いた。アリゾナロードダストと JIS 試験用粉体 1,2 種の粒度分布測定結果を図 3.6 に示す。

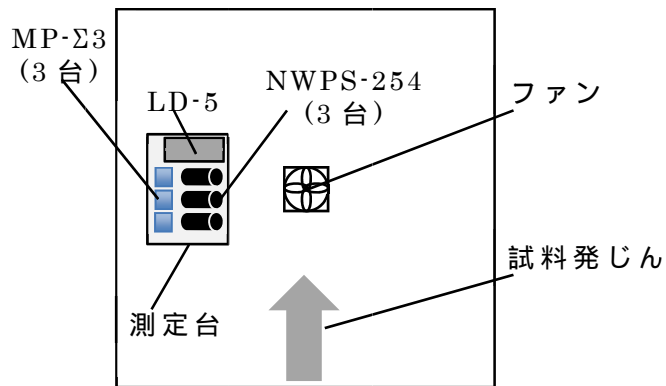


図 3.5 ダストチャンバー概略図

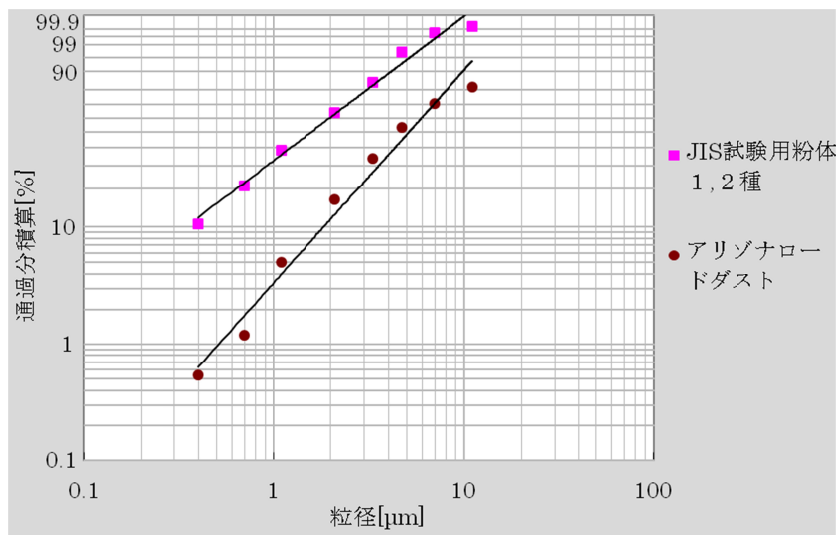


図 3.6 アリゾナロードダストと JIS 試験用粉体 1,2 種の粒度分布

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 の範囲内であれば、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 3.4 を用いた。

$$\text{比} = (\text{No.2 又は No.3 の質量濃度}) / (\text{No.1 の質量濃度}) \quad (3.4)$$

3.4.1(c) 実験結果

10 回分のアリゾナロードダストの測定結果の内、1 回目の結果の例を表 3.7 に、JIS 試験用粉体 1,2 種の測定結果の内、1 回目の結果の例を表 3.8 に示す。

表 3.7 アリゾナロードダストの実験結果(1回目)

| NWPS-254 | 捕集量 [mg] | 質量濃度 [mg/m ³] | 比 |
|------------------|----------|---------------------------|------------------------------|
| No.1(基準器) | 0.2 | 2.7 | 1.00 |
| No.2(2.4[L/min]) | 0.2 | 2.8 | 1.04 |
| No.3(2.3[L/min]) | 0.23 | 3.3 | 1.25 |
| LD-5 | カウント数 | 相対濃度 [cpm] | K 値 [mg/m ³ /cpm] |
| | 57068 | 1902 | 0.0014 |

表 3.8 JIS 試験用粉体 1,2 種の実験結果(1回目)

| NWPS-254 | 捕集量 [mg] | 質量濃度 [mg/m ³] | 比 |
|------------------|----------|---------------------------|------------------------------|
| No.1(基準器) | 0.16 | 2.1 | 1.00 |
| No.2(2.4[L/min]) | 0.16 | 2.2 | 1.04 |
| No.3(2.3[L/min]) | 0.16 | 2.3 | 1.09 |
| LD-5 | カウント数 | 相対濃度 [cpm] | K 値 [mg/m ³ /cpm] |
| | 53581 | 1786 | 0.0012 |

アリゾナロードダスト及び JIS 試験用粉体 1,2 種の 10 回分の測定結果をそれぞれまとめたグラフを図 3.7 及び図 3.8 に示す。ただし、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。

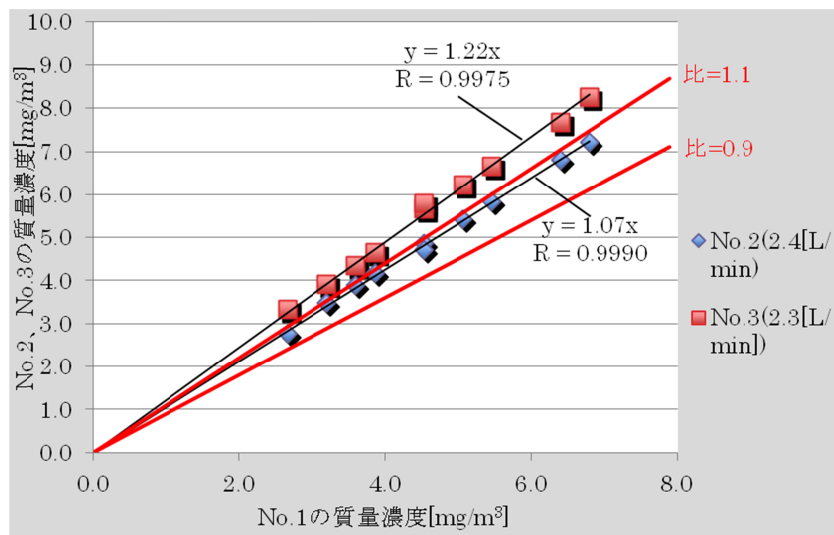


図 3.7 アリゾナロードダストの実験結果(10回分)

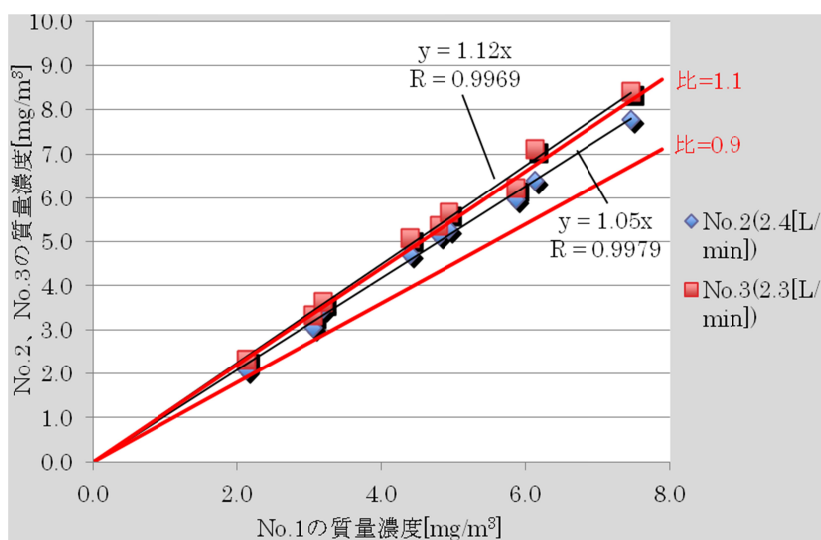


図 3.8 JIS 試験用粉体 1,2 種の実験結果(10 回分)

アリゾナロードダスト、JIS 試験用粉体 1,2 種の結果共に、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、アリゾナロードダストの結果より、JIS 試験用粉体 1,2 種の比の値が 1 に近い値となっている。これは、図 3.6 の粒度分布測定結果より分かるように、JIS 試験用粉体 1,2 種の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。

3.4.2 衝突板上に捕集された粉じん量の測定

3.4.2(a) 概要

3.4.1 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も測定し、流量低下との関係性を検証した。なお、試料はアリゾナロードダストを使用した。

3.4.2(b) 実験方法

3.4.1(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(3.5)に示すような吸入性粉じん量比で表す。なお、実験は5回行なった。

$$\text{吸入性粉じん量比}[\text{mg}] = \frac{\text{ろ紙上の粉じん量}}{\text{ろ紙上の粉じん量} + \text{衝突板上の粉じん量}} \quad (3.5)$$

3.4.2(c) 実験結果

5回分の実験結果の一例を表3.9に示す。また、5回分の吸入性粉じん量比をまとめた結果を図3.9に示す。

表 3.9 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] | 吸入性粉じん量比 |
|-----------|-------------|--------------|----------|
| 2.5 | 0.41 | 0.62 | 0.40 |
| 2.4 | 0.42 | 0.53 | 0.44 |
| 2.3 | 0.46 | 0.45 | 0.51 |

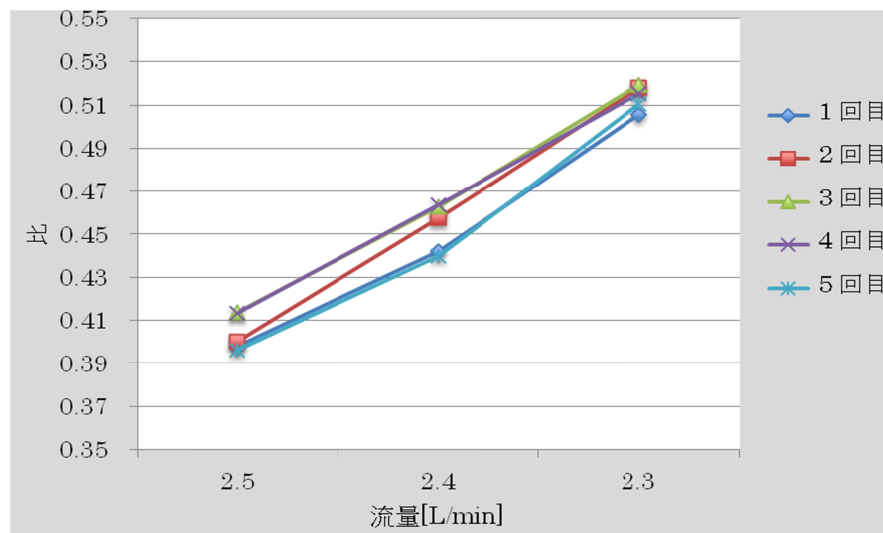


図 3.9 吸入性粉じん量比の結果(5回分)

図3.9より、流が低下につれて、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。つまり、流量低下により慣性力が低下し、本来衝突板に捕集されるべき粒子がろ紙にまで到達していることを裏付ける結果となった。

3.5 捕集量の増加が流量低下に与える影響

3.5.1 概要

3.4 より、流量低下が 2.4[L/min]までであれば、吸入性粉じん濃度測定として許容できることが分かった。次に、吸引流量が 2.4[L/min]にまで低下する際は、ろ紙上の粉じん捕集量はどのくらいまで到達しているのかを検証した。

3.5.2 実験方法

図 3.10 に示すように面積流量計を 2 台用意し、NWPS-254 通過前後の流量を測定した。面積流量計(左)が通過後、面積流量計(右)が通過前を測定するものである。NWPS-254 にセットするろ紙には予め粉じんを捕集しておき、その捕集量によって通過前の流量がどのように変化していくかを見る実験を行なった。実験の手順を図 3.11 のフローチャートに示す。

今回の実験では、粉じん捕集量が 0[mg]～約 12[mg]までの 10 サンプルを用意し、粉じん捕集量と通過前流量の関係を検証した。またそれと同時に、NWPS-254 通過前後に微差圧計を設置し、圧力損失の測定も行なった。なお、試料はアリゾナロードダストを用いた。

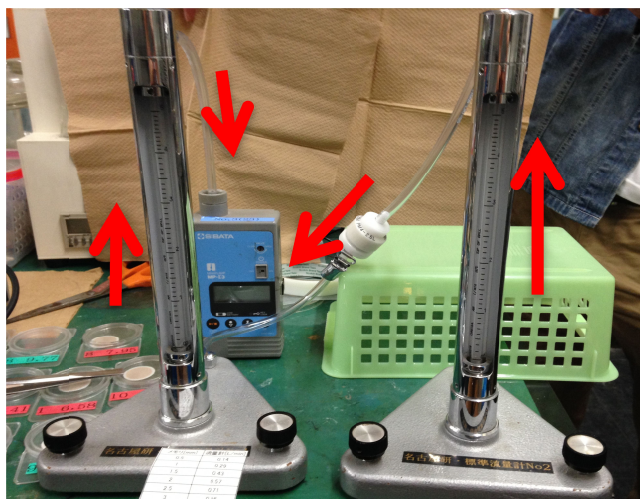


図 3.10 実験風景(赤矢印は空気の流れる方向を示す)

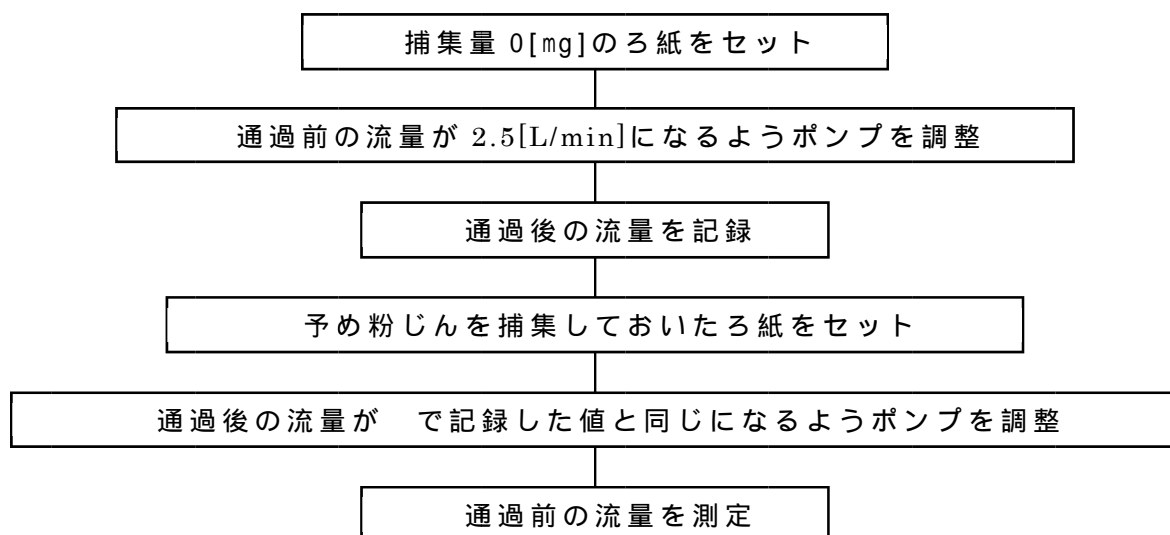


図 3.11 実験手順

3.5.3 実験結果

粉じん捕集量と通過前流量の関係を表したグラフを図 3.12 に、粉じん捕集量と圧力損失の関係を表したグラフを図 3.13 に示す。

図 3.12 及び図 3.13 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き、圧力損失は比例して増加していくような結果となった。今回の結果では、流量が 2.4 [L/min] にまで低下するのは、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る。

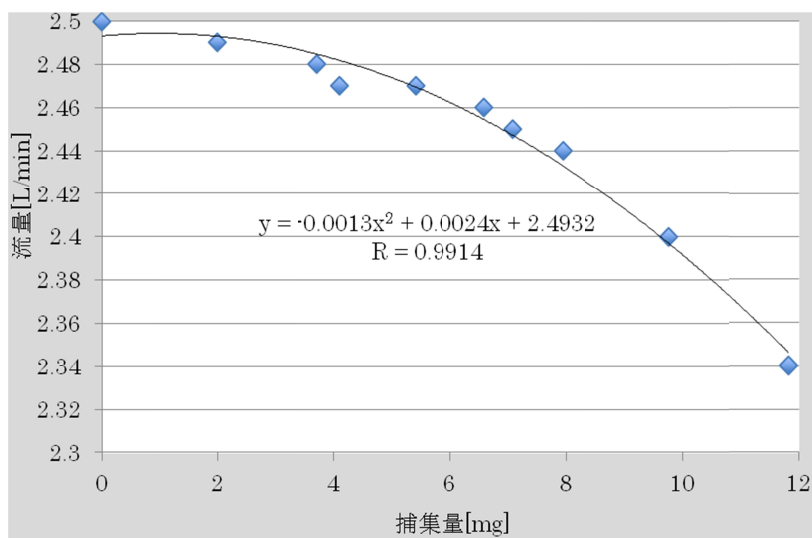


図 3.12 粉じん捕集量と通過前流量の関係

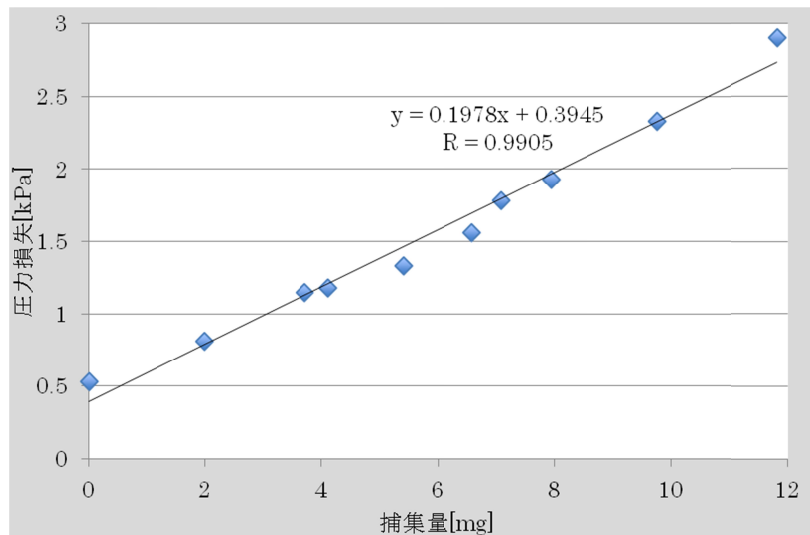


図 3.13 粉じん捕集量と圧力損失の関係

3.6 結論

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、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できる結果となった。ただし、粒度分布の違いによって結果の値に差異が生じることから、現状では、2.4[L/min]という明確な基準を作ることは難しい。今後更にいくつかの粒度分布の異なる試料を用いて実験をする必要がある。

捕集量と流量低下の関係に関して、アリゾナロードダストを試料として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。

以上のことから、高濃度の粉じんを取り扱う作業場や長時間の個人ばく露濃度測定においては、測定終了後に総吸引量を測定時間で割った吸引流量[L/min]を確認し、その結果が 2.4[L/min]を下回っている場合は、正確な吸入性粉じんばく露濃度測定が行われていないと判断して、測定結果を破棄するという判断基準を提案する。

4．粉じんに関する局所排気装置等以外の発散抑制装置の導入への基礎的研究

4.1 目的

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。局所排気装置とは、作業工程で発生した有害物質を周囲に拡散する前に吸引除去し、屋外へ排出するシステムのことをいい、作業環境を良好に保つための有効な手段とされている。

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、要件を満たさないと法的に局所排気装置と認められない。その性能要件は特化物、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。制御風速とは、有害物質を吸引するために必要となる風速のことをいい、外付け式フードにおいては、フードの開口面から最も離れた作業位置の風速を表す。外付け式フードや囲い式フード等のフードの形状に応じて制御風速が定められていて、制御風速を守れば有害物質が作業環境中に漏洩しないとされている。

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、制御風速は装置の設計の際には重要なパラメーターとなるが、装置の設計要件にとどめ、出来上がった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、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。このような特例は、行政の所轄部署の違いにより、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装置の使用を可能にするため、必要となる性能要件の検討として漏洩濃度の測定を行った。小型局所排気装置を用いて実際の作業場を想定し、有害物質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。あわせて、装置に使用するフィルターの性能要件の検討として、フィルターの粉じんに対する捕集効率実験を行った。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。屋内排気の際にどのような性能を持つフィルターが適切かを検証すべく実験を行った。

以上の検討内容について知見が得られたので報告する。

4.2 小型局所排気装置を用いた漏洩濃度実験

4.2.1 実験に用いた発生用試料

4.2.1(a) 線香の煙の形態

本実験では、発生用試料として発生が容易で比較的濃度差による粒径の差の小さい線香の煙を用いた。テフロンバインダーフィルター(T60A20)に採取した線香の煙の形態を走査型電子顕微鏡を用いて観察した。その形態を図 4.1 に示す。

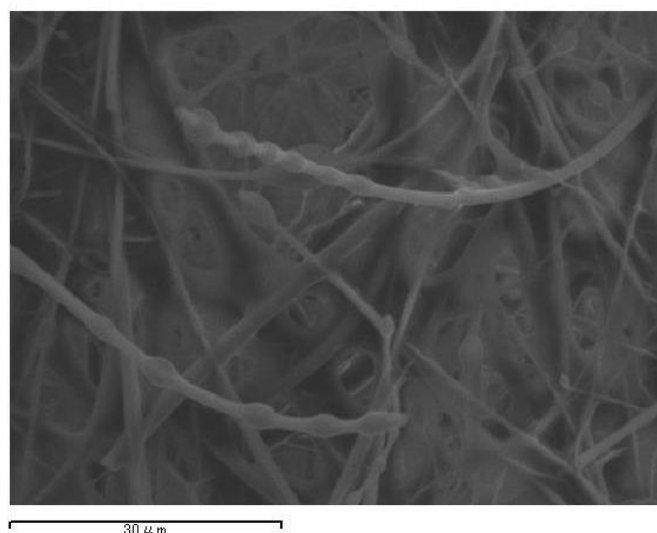


図 4.1 線香の煙の形態 (×1950)

4.2.2(b) 質量濃度変換係数

曝露の評価は通常、質量濃度 mg/m^3 を用いて行うため、デジタル粉じん計で得られた相対濃度に質量濃度変換係数(K 値)を用いて質量濃度に変換する必要がある。デジタル粉じん計と NW-354 を用いて同時併行測定を行い、質量濃度変換係数を求めた。Gilian AirCon2 に接続した NW-354 をデジタル粉じん計 LD-3K2 の吸引口の近くに設置し 20 分間測定を行った。NW-354 のホルダー内にはテフロンバインダーフィルター(T60A20)を装着した。

NW-354 に捕集された粉じんの質量 mg と吸引流量 L/min から質量濃度 mg/m^3 を求めた。その値とデジタル粉じん計 LD-3K2 の相対濃度 cpm から質量濃度変換係数(K 値)を求めた。

測定結果より求めた質量濃度、質量濃度変換係数(K 値)を表 4.1 に示す。ただし、相対濃度 cpm は積算カウント数を測定時間 min で除した値である。

表 4.1 測定結果

| | |
|--|--------|
| 測定時間 min | 20 |
| 積算カウント count | 19846 |
| 相対濃度 cpm | 992.3 |
| フィルターの質量(粉じん採取前) mg | 17.99 |
| フィルターの質量(粉じん採取後) mg | 18.19 |
| フィルターの質量変化 mg | 0.20 |
| 流量 L/min | 20 |
| 質量濃度 mg/m^3 | 0.5 |
| 質量濃度変換係数 K 値 $\text{mg}/\text{m}^3/\text{cpm}$ | 0.0005 |

以上のようにして求めた本実験の K 値は 0.0005 であった。以下、デジタル粉じん計 LD-3K2 で得られた値を質量濃度に変換する際にはこの値を用いた。

4.3 外付け式フードの開口面からの距離と風速減衰の関係

4.3.1 実験目的

外付け式フードの吸引風速は距離の二乗に反比例して急激に減衰すると言われている。そこで、開口面風速を $1.2\text{m}/\text{s} \sim 0.5\text{m}/\text{s}$ の範囲で変化させ、距離ごとに風速を測定し、開口面風速ごとにどのような変化を示すか実験を行った。また、風速の値を開口面風速で除して比をとり無次元化することで、開口面風速の値によらない傾向をみた。フランジの有無による変化も併せて確認した。

4.3.2 実験方法

各フードの開口面風速を 1.2m/s ~ 0.5 m/s まで変化させ、図 4.2 のように、小型フードにおいては 3cm ごとに、大型フードにおいては 5cm ごとに、フードの中心線上において開口面に垂直方向の風速を測定した。風速計で毎秒 1 回測定し、30 秒間の平均値をその地点の風速とした。フード及び風速計については 3 章で示したものをを用いた。

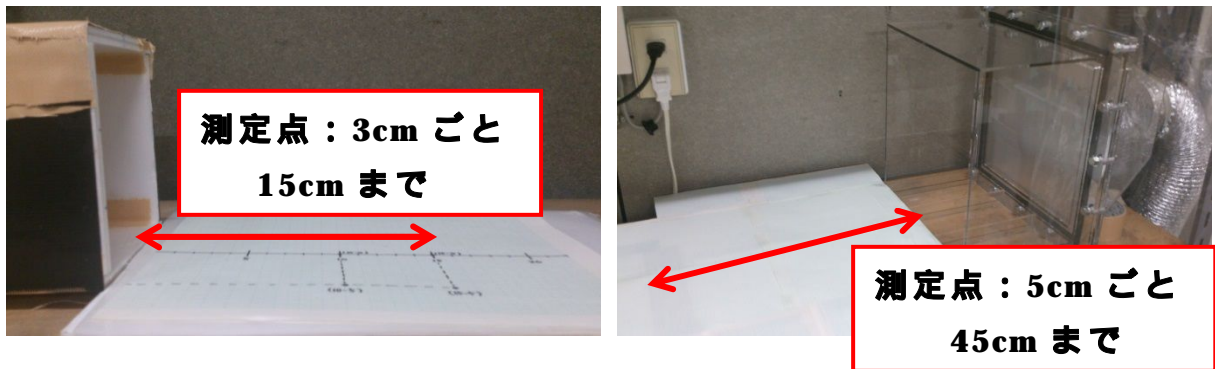


図 4.2 風速減衰の実験の外観

4.3.3 小型フードの実験結果

小型フードを用いた際の実験結果を表に示す。それぞれの開口面風速について表の中央の列が測定値、右側が測定値を開口面風速で除して無次元化したものである。フランジ無しの場合の結果の内、開口面風速 1.2(m / s) の結果を表 4.2 に示す。

表 4.2 風速減衰 (フランジ無し・開口面風速 : 1.2 m/s)

| 開口面からの距離 cm | 風速 m/s | 無次元風速 |
|-------------|--------|-------|
| 0 | 1.21 | 1.0 |
| 3 | 0.58 | 0.5 |
| 6 | 0.36 | 0.3 |
| 9 | 0.24 | 0.2 |
| 12 | 0.17 | 0.1 |
| 15 | 0.15 | 0.1 |

各フードの開口面風速を 1.2m/s ~ 0.5 m/s まで変化させた結果を開口面風速ごとにまとめ、図 4.3 に示す。また、傾向をみるために測定値 $v(m/s)$ を開口面風速 $v_0(m/s)$ で除して無次元化したものを図 4.4 に示す。

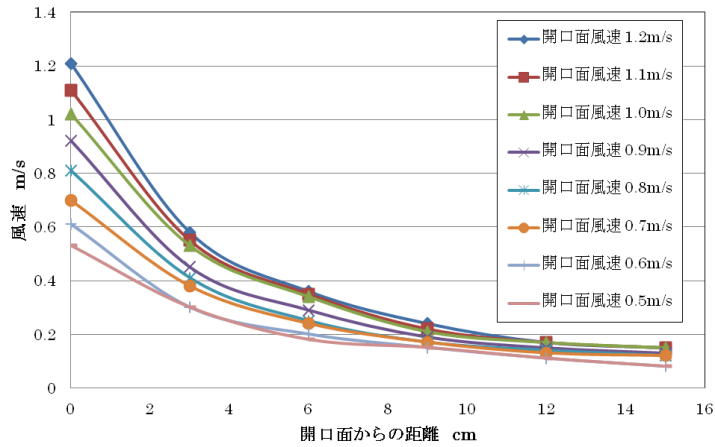


図 4.3 小型フードの風速の減衰曲線（フランジ無し）

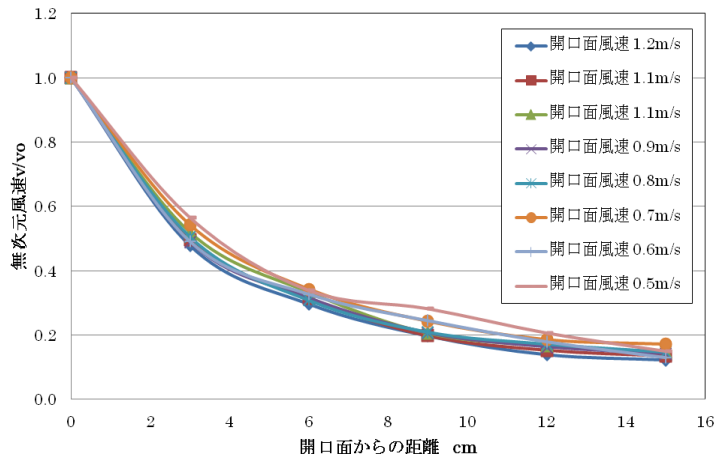


図 4.4 小型フードの無次元風速の減衰曲線（フランジ無し）

続いて、フランジが有る場合の測定結果の内、開口面積 1.2 (m / s) の結果を表 4.3 に示す。

表 4.3 風速減衰（フランジ有り・開口面風速：1.2 m/s）

| 開口面からの距離 cm | 風速 m/s | 無次元風速 |
|-------------|--------|-------|
| 0 | 1.21 | 1.0 |
| 3 | 0.58 | 0.5 |
| 6 | 0.37 | 0.3 |
| 9 | 0.26 | 0.2 |
| 12 | 0.19 | 0.2 |
| 15 | 0.16 | 0.1 |

各フードの開口面風速を 1.2m/s ~ 0.5 m/s まで変化させた結果を開口面風速ごとにまとめ、図 4.5 に示す。また、傾向をみるために測定値 v(m/s)を開口面風速 vo(m/s)で除して無次元化したものを図 4.6 に示す。

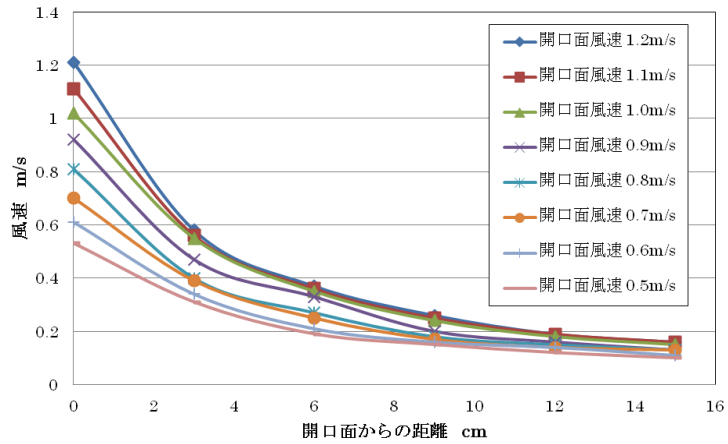


図 4.5 小型フードの風速の減衰曲線（フランジ有り）

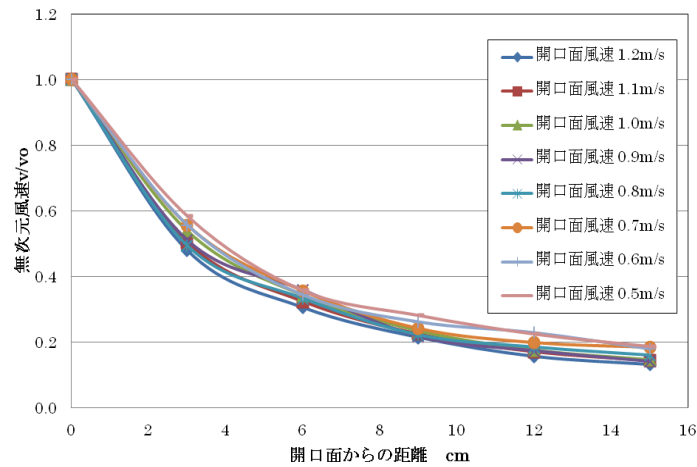


図 4.6 小型フードの無次元風速の減衰曲線（フランジ有り）

4.3.4 大型フードの実験結果

大型フードを用いた際の実験結果を表にまとめる。

まず、フランジが無い場合の結果の内、開口面風速 1.2(m / s)の結果を表 4.4 に示す。

表 4.4 風速減衰（フランジ無し・開口面風速：1.2 m/s）

| 開口面からの距離 cm | 風速 m/s | 無次元風速 |
|-------------|--------|-------|
| 0 | 1.19 | 1.0 |
| 5 | 0.81 | 0.7 |
| 10 | 0.58 | 0.5 |
| 15 | 0.42 | 0.4 |
| 20 | 0.27 | 0.2 |
| 25 | 0.19 | 0.2 |
| 30 | 0.17 | 0.1 |
| 35 | 0.14 | 0.1 |
| 40 | 0.12 | 0.1 |
| 45 | 0.11 | 0.1 |

各フードの開口面風速を 1.2m/s ~ 0.5 m/s まで変化させた結果を開口面風速ごとにまとめ、図 4.7 に示す。また、傾向をみるために測定値 v (m/s)を開口面風速 v_0 (m/s)で除して無次元化したものを図 4.8 に示す。

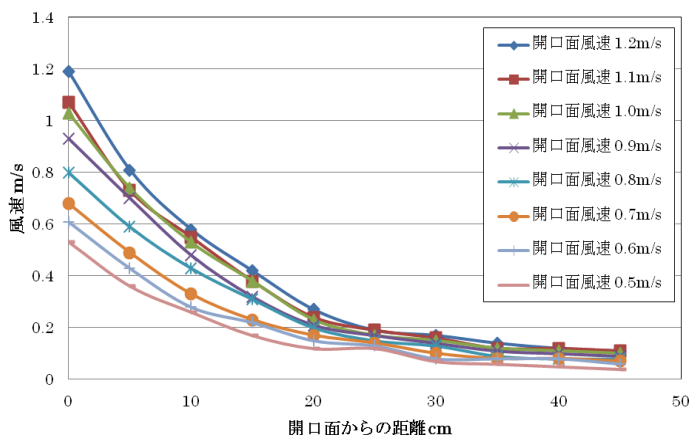


図 4.7 大型フードの風速の減衰曲線（フランジ無し）

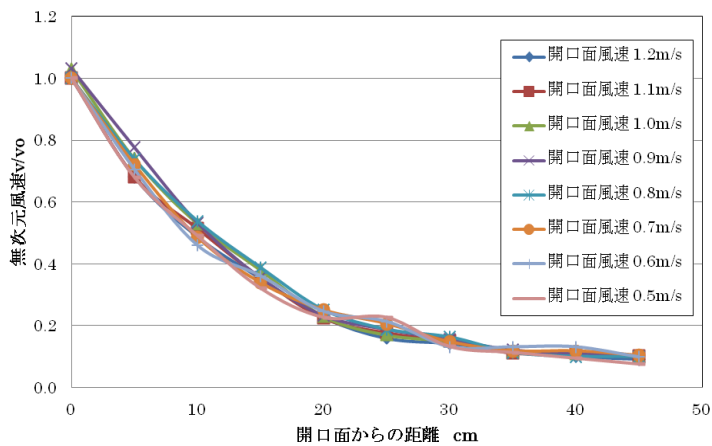


図 4.8 大型フードの無次元風速の減衰曲線（フランジ無し）

続いて、フランジが有る場合の測定結果の内、開口面風速 1.2 (m / s) の結果を表 4.5 に示す。

表 4.5 風速減衰（フランジ有り・開口面風速：1.2 m/s）

| 開口面からの距離 cm | 風速 m/s | 無次元風速 |
|-------------|--------|-------|
| 0 | 1.19 | 1.0 |
| 5 | 0.77 | 0.6 |
| 10 | 0.59 | 0.5 |
| 15 | 0.44 | 0.4 |
| 20 | 0.33 | 0.3 |
| 25 | 0.29 | 0.2 |
| 30 | 0.2 | 0.2 |
| 35 | 0.15 | 0.1 |
| 40 | 0.14 | 0.1 |
| 45 | 0.12 | 0.1 |

各フードの開口面風速を 1.2m/s～0.5 m/s まで変化させた結果を開口面風速ごとにとまとめ、図 4.9 に示す。また、傾向をみるために測定値 v (m/s)を開口面風速 v_0 (m/s)で除して無次元化したものを図 4.10 に示す。

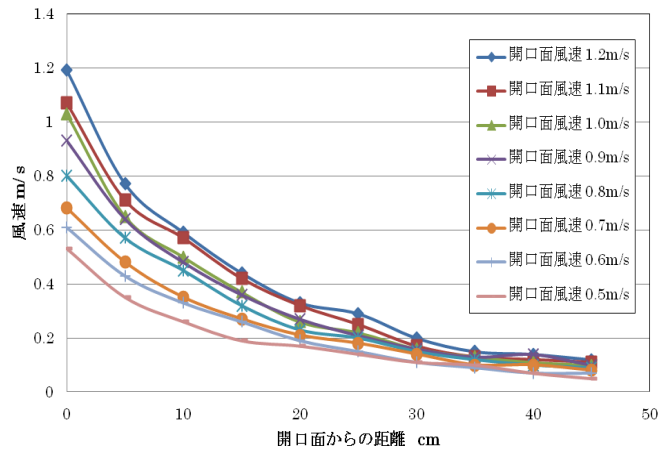


図 4.9 大型フードの風速の減衰曲線（フランジ有り）

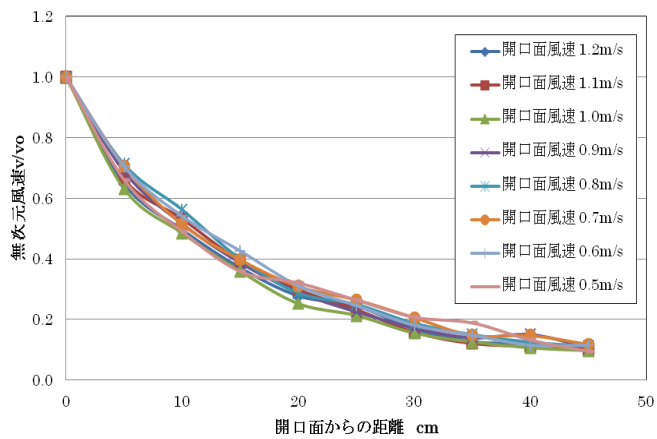


図 4.10 大型フードの無次元風速の減衰曲線（フランジ有り）

4.3.5 考察

図 4.3、図 4.5、図 4.7、図 4.9 の風速減衰のグラフより、風速は開口面からの距離に反比例して低くなっていくことがわかる。また、開口面風速が 1.2m/s から 0.5m/s と低くなるにつれて距離による減衰が小さくなるように見えるが、図 4.4、図 4.6、図 4.8、図 4.10 に見られるように、風速を無次元化したグラフはほぼ一致していた。このことから、風速は開口面風速によらず、距離によって同じ傾向で減衰するということがわかった。

また、小型フードと大型フードの風速減衰の様子を比較した。開口面の形が相似であればフードに吸い込まれる気流の等速度面の形や流線がすべて相似になる。本実験で用いたフードの開口面の形は相似である。そこで、縦軸を測定した風速 v (m/s) を開口面風速 v_0 (m/s) で除した無次元風速に、横軸を開口面からの距離 x (cm) をフードの高さ w (cm) で除した無次元距離にすることで小型フードと大型フードの風速減衰の様子を比較した。グラフを図 4.11 に示す。

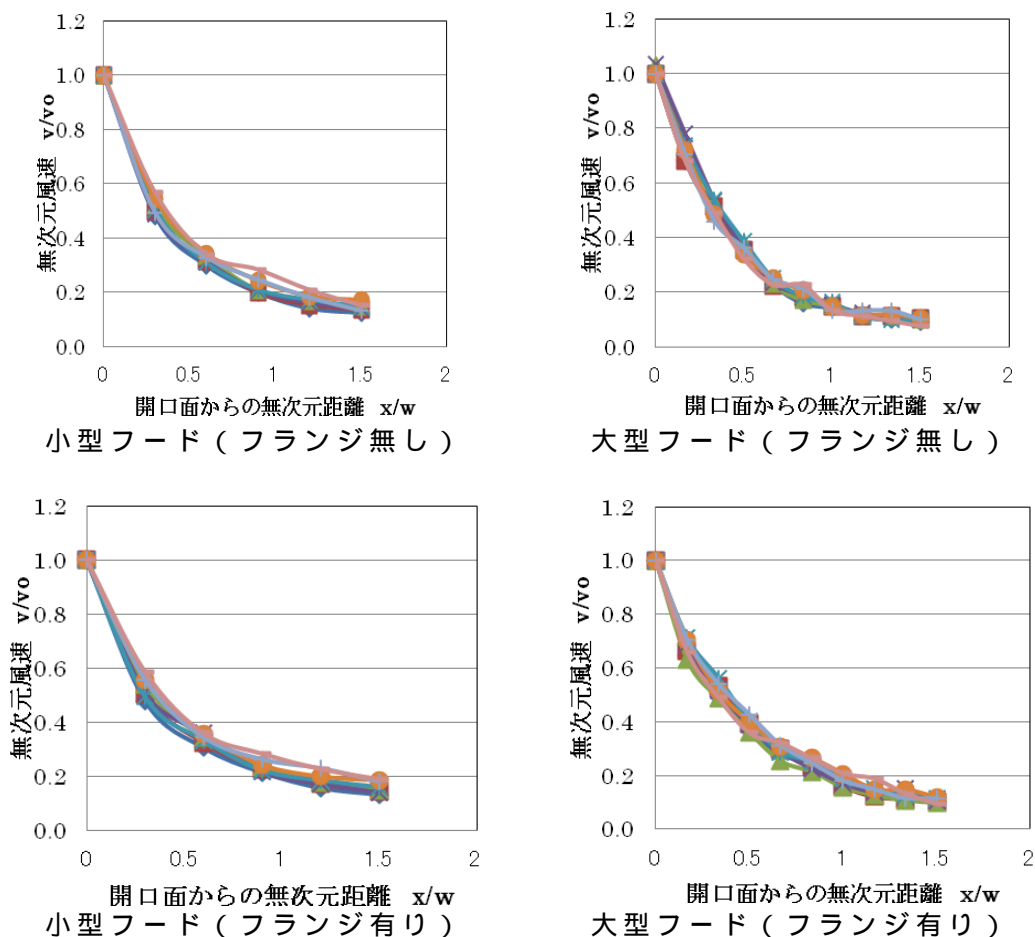


図 4.11 小型フードと大型フードの無次元風速と無次元距離の関係

図 4.11 より、フランジが無い場合も有る場合も小型フードの方が傾きがゆるやかであったが、フランジが無い場合も有る場合も、ほとんど同じように風速減衰していることがわかった。

4.4 外付け式フードの開口面風速とフード周辺漏洩濃度の関係

4.4.1 実験目的

作業環境中には様々な有害ガス、蒸気、粉じん等が存在し、それらが作業者の健康に害を与え、不快感をもたらす要因になっている。こうした要因を作業環境から除去し、作業環境を快適なものとすることは作業者の健康を考える上で重要なことであり、局所排気装置の設置は作業環境を管理する手法の中でも非常に有効な手段の1つであるといえる。

局所排気装置の性能評価として制御風速の基準が法律で定められている。しかし、制御風速を満足していない局所排気装置であっても、その作業にフードの形状が合っていれば有害物が漏洩しない事例も多々存在する。また、有害物質の漏洩を防止するために必要以上の吸引風速で吸引することは、無駄な電力の消費につながると考えられる。そうした事例を考え合わせると、快適な作業環境の実現、またエネルギー消費や経済的な面から考えて、局所排気装置が有害物質を十分に吸引し、かつ、環境中に有害物質を漏らさない最低吸引風速を調べることは必要不可欠である。

そこで、本実験では小型フードと大型フードの2種類のフードを用いて、開口面風速を1.2m/s~0.5m/sまで変化させた時の、漏洩濃度の測定を行った。また、発散源の位置における風速を測定し、その結果と漏洩濃度の測定結果を踏まえて、制御風速の低減の可能性について考察した。

4.4.2 実験方法

2つのフードの開口面風速をそれぞれ1.2m/s~0.5m/sまで変化させ、漏洩濃度測定を行った。濃度測定にはデジタル粉じん計LD-3K2を3台用いた。実験の概略図を図4.12と図4.13に示す。図4.12は小型フードでの実験の様子、図4.12は大型フードでの実験の様子である。測定点の位置を図4.14と図4.15に示す。

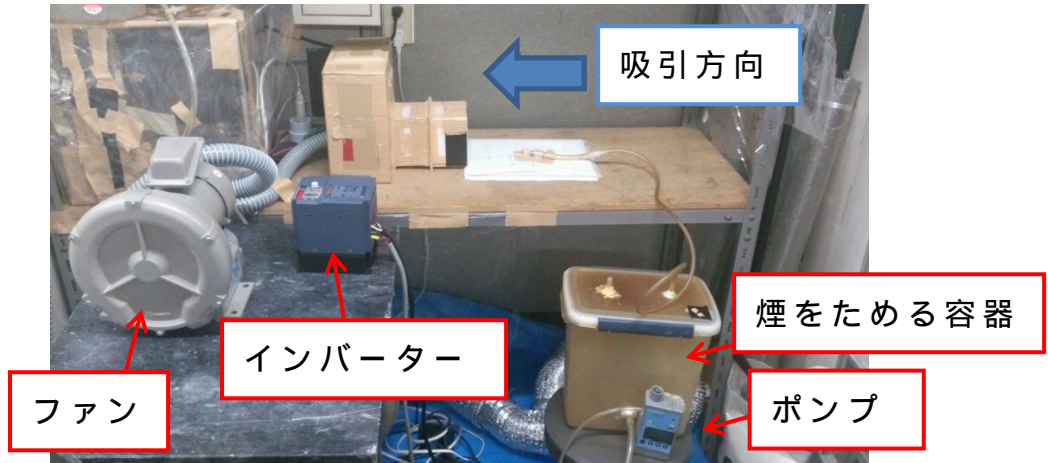


図 4.12 小型フードでの実験の様子

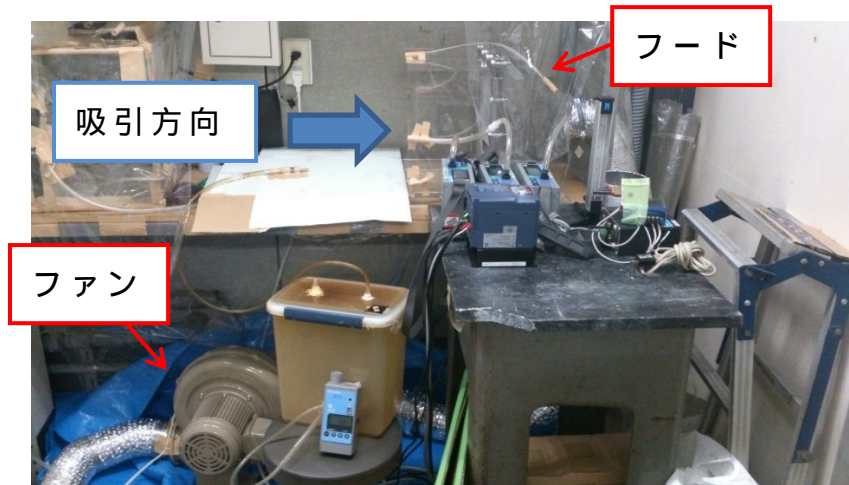


図 4.13 大型フードでの実験の様子

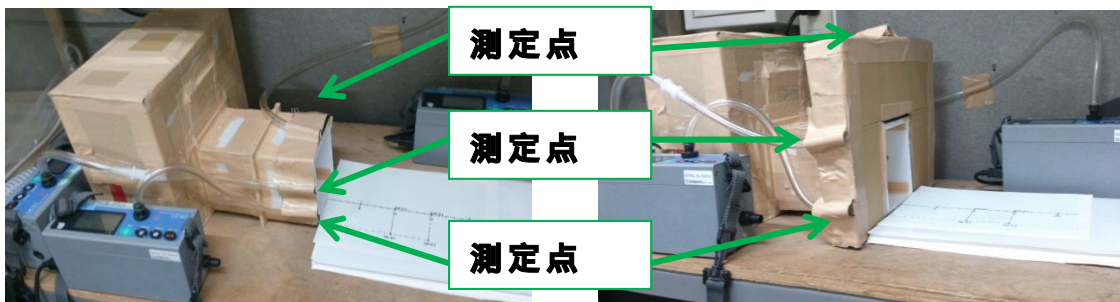


図 4.14 小型フードの測定点（フランジ無し、有り）

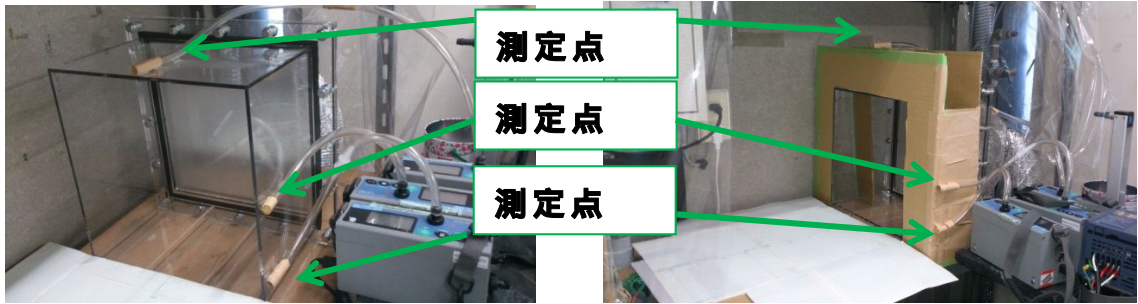


図 4.15 大型フードの測定点（フランジ無し、有り）

図 4.14、図 4.15 のように測定点は、それぞれのフードの上部の真ん中の点と側面に 2 点とった。フランジは小型フード、大型フードともに幅 10cm とした。各フードにおいて、以下、測定点を上から測定点、測定点、測定点とする。

4.4.3 発散源の位置

まず、発散源の位置を表す際には、図 4.15、図 4.16 のようにフードの中心を原点にとり、中心線上を X 軸 (cm)、フードの面を Y 軸 (cm) とし、(X - Y) と表すことにする。

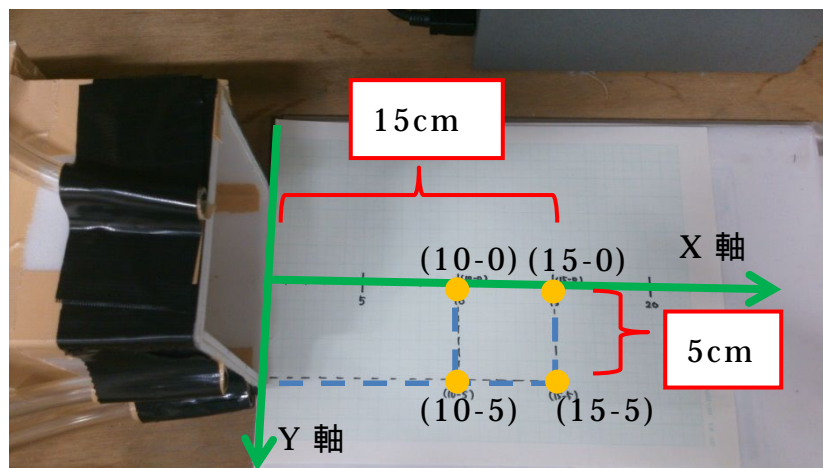


図 4.16 小型フードの発散源の位置

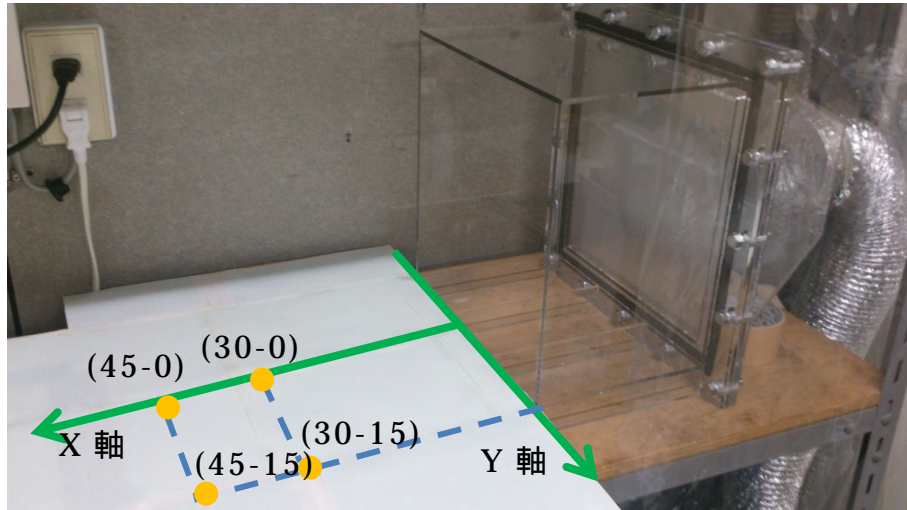


図 4.17 大型フードの発散源の位置

一般的にフード開口面の高さの 1.5 倍以内に有害物質の発散源がおさまれば、有害物質は環境中に漏洩することはないと言われている。そこで、本実験では、フードの開口面の高さを基準に 1.0 倍と 1.5 倍離れた中心線上の点と、それらの点からフードの端の位置まで Y 軸方向に移動した点を発散源の位置とした。つまり、図 4.16、図 4.17 のように小型フードでは(10-0)、(10-5)、(15-0)、(15-5)、大型フードでは(30-0)、(30-15)、(45-0)、(45-15)を発散源の位置とした。各フードにおいて発散源の位置を変えることで、漏洩濃度にどのような変化が見られるか検証した。

発散源の位置には図 4.17 のようにチューブに接続でき、直径 1cm の穴の開いたコネクターを設置することで上方に煙を発じんさせた。コネクターの穴の位置を指定した位置に固定した。

本実験では、12L の容器に線香の煙をため、ポンプ (3) で 1L/min 押し出すことで式(4.3)より煙を上方に 0.2m/s で発じんさせた。

$$\begin{aligned}
 & \text{煙の発散速度 (m/s)} \\
 & = \text{流量 (L/min)} / \{60 \times 1000 \times (\text{半径 (m)})^2 \times \} \quad (4.3) \\
 & = 1 / \{60 \times 1000 \times (0.01/2)^2 \times \} = 0.2
 \end{aligned}$$

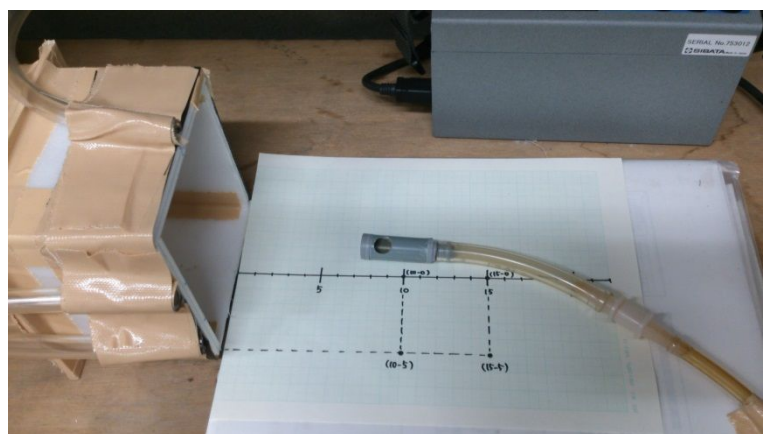


図 4.18 発じんの際のコネクター

4.4.4 発散源の位置における風速

4.4.3 で定めた発散源の位置の風速を測定した。発散源の位置の風速を測定することで、漏洩濃度の結果から制御風速との比較ができる。実験方法は 4.2 と同様である。

まず、小型フードにおける発散源の位置(10-0)、(10-5)、(15-0)、(15-5)での風速結果の内、小型フードの(10-0)における風速結果を表 4.6 に示す。

表 4.6 小型フードの(10-0)における風速結果

| 開口面風速 m/s | 発散源位置における風速 m/s | |
|-----------|-----------------|--------|
| | フランジ無し | フランジ有り |
| 0.5 | 0.11 | 0.13 |
| 0.6 | 0.11 | 0.14 |
| 0.7 | 0.13 | 0.14 |
| 0.8 | 0.15 | 0.17 |
| 0.9 | 0.15 | 0.18 |
| 1 | 0.18 | 0.20 |
| 1.1 | 0.18 | 0.21 |
| 1.2 | 0.19 | 0.23 |

各測定点における風速を図 4.19 ~ 図 4.22 に示す。

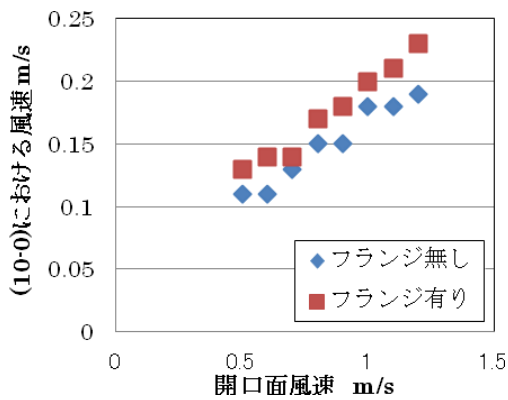


図 4.19 小型フードの(10-0)での風速

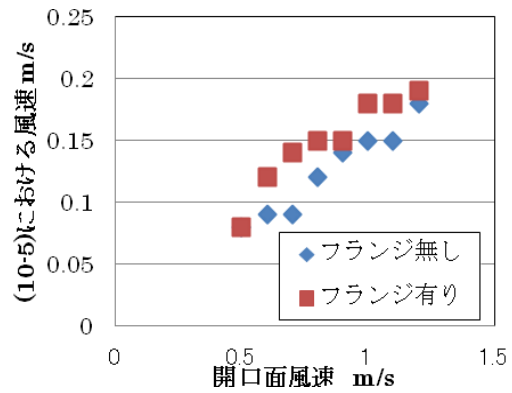


図 4.20 小型フードの(10-5)での風速

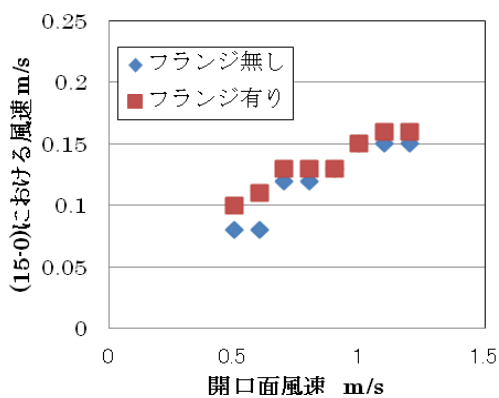


図 4.21 小型フードの(15-0)での風速

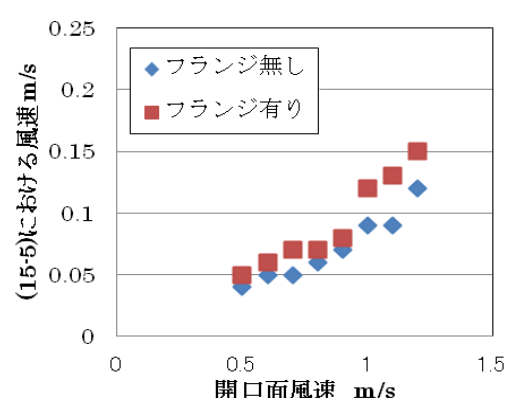


図 4.22 小型フードの(15-5)での風速

それぞれの位置においてフランジが無い場合よりも、フランジが有る場合の方が風速は大きくなっていることがわかる。

次に、大型フードにおける発散源の位置(30-0)、(30-15)、(45-0)、(45-15)での風速結果の内、大型フードの(30-0)における風速結果を表 4.7 に示す。

表 4.7 大型フードの(30-0)における風速結果

| 開口面風速 m/s | 発散源位置における風速 m/s | |
|-----------|-----------------|--------|
| | フランジ無し | フランジ有り |
| 0.5 | 0.07 | 0.11 |
| 0.6 | 0.08 | 0.11 |
| 0.7 | 0.10 | 0.14 |
| 0.8 | 0.13 | 0.15 |
| 0.9 | 0.14 | 0.16 |
| 1 | 0.14 | 0.16 |
| 1.1 | 0.15 | 0.17 |
| 1.2 | 0.16 | 0.20 |

各測定点における風速を図 4.23 ~ 図 4.26 に示す。

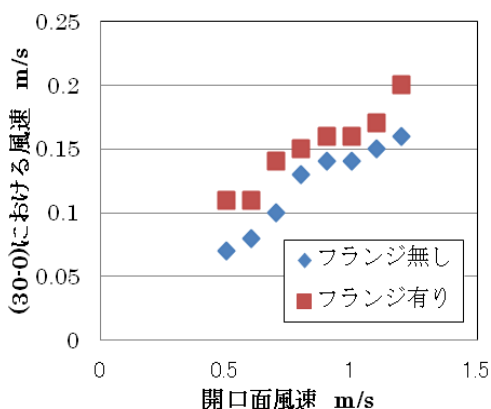


図 4.23 大型フードの(30-0)での風速

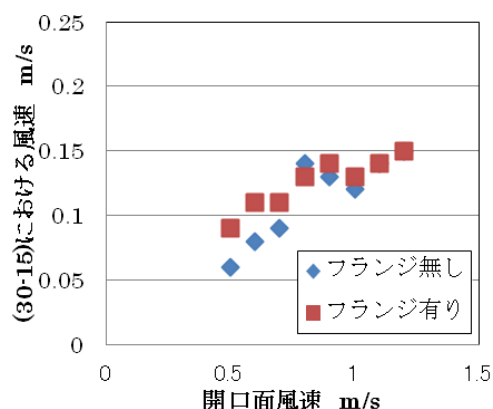


図 4.24 大型フードの(30-15)での風速

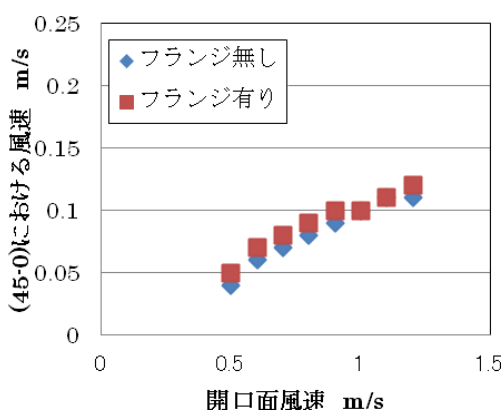


図 4.25 大型フードの(45-0)での風速

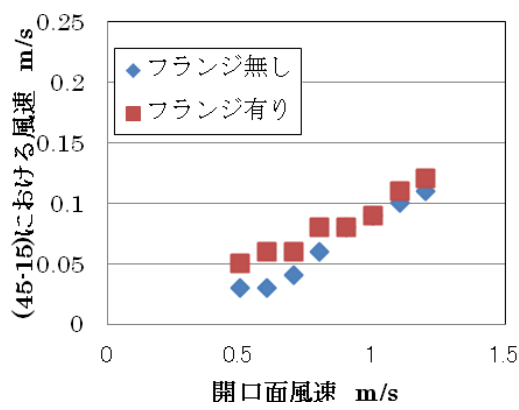


図 4.26 大型フードの(45-15)での風速

大型フードにおいても、それぞれの位置においてフランジが無い場合よりも、フランジが有る場合の方が風速は大きくなっていることがわかる。

4.4.5 漏洩濃度の判定基準

作業環境管理では環境測定を行う際に管理濃度を基準として評価を行なっている。粉じんの管理濃度 $E(\text{mg}/\text{m}^3)$ は式(4.4)の算出式を用いて求める。ただし、 Q は遊離ケイ酸含有率(%)である。

$$E(\text{mg}/\text{m}^3) = 3.0 / (1.19Q + 1) \quad (4.4)$$

本実験では線香を発散源として用いたため、遊離ケイ酸の含有率は 0% である。そのため、管理濃度は $3.0 \text{ mg}/\text{m}^3$ である。

ここで、管理濃度の 1/10 にまで濃度が薄まれば有害物質の作業員への健康影響は非常に少なくなると一般に言われており、発散源が線香の場合は管理濃度の 1/10 の濃度である $0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$ 以下に濃度を抑えればよいと考えられる。しかし、本実験においてはこの基準値よりも厳しい、 $0.15 \text{ mg}/\text{m}^3$ を漏れ判定の基準値と

した。この値は、たばこの煙に対して定められた基準値である。「職場における喫煙対策のためのガイドライン」において、喫煙場所における分煙効果の判定基準として、デジタル粉じん計を用いて測定した時間平均浮遊粉じんの濃度が 0.15 mg/m³ 以下に保たれていることが定められている。本実験の測定点においてこの基準値の濃度を超えていなければ、十分に発散源を捕捉できていると考えられる。

4.4.6 小型フードの漏洩濃度の実験結果

小型フードを用いた際、開口面風速を 1.2m/s ~ 0.5m/s まで変化させたときの測定点における漏洩濃度を発散源の位置ごとに表にまとめた。ただし、質量濃度は相対濃度に K 値 0.0005 を乗じた値である。フランジが無い場合の結果の内、発散源の位置が(10-0)の時の漏洩濃度の結果を表 4.8 に示す。

表 4.8 発散源の位置が(10-0)の時の漏洩濃度

| 開口面風速 m/s | 相対濃度 cpm | | | 質量濃度 mg/ m ³ | | |
|--------------|----------|-----|-----|-------------------------|-------|-------|
| | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 |
| 0.5 | 11 | 11 | 15 | 0.006 | 0.006 | 0.008 |
| 0.6 | 53 | 50 | 56 | 0.027 | 0.025 | 0.028 |
| 0.7 | 30 | 28 | 30 | 0.015 | 0.014 | 0.015 |
| 0.8 | 26 | 25 | 27 | 0.013 | 0.012 | 0.013 |
| 0.9 | 31 | 30 | 32 | 0.016 | 0.015 | 0.016 |
| 1 | 29 | 27 | 29 | 0.015 | 0.014 | 0.015 |
| 1.1 | 26 | 24 | 26 | 0.013 | 0.012 | 0.013 |
| 1.2 | 13 | 11 | 12 | 0.006 | 0.006 | 0.006 |

漏洩濃度の様子を見るために、各測定点における結果をまとめて図 4.27 及び図 4.28 にまとめて示す。ただし、漏洩濃度測定結果をまとめた図の中において、左上に測定点と発散源の位置の概略図を示した。発散源が中心線上にある場合はその位置を青丸で表し、横にずれた位置に発散源がある場合はその位置を赤丸で表した。グラフにおいても同様に色分けをし、中心線上の点で煙を発生させた場合の測定結果を青線で示し、横にずれた点で煙を発生させた場合の測定結果を赤線で示した。また、漏洩判定基準値のラインを緑色の太線で示した。

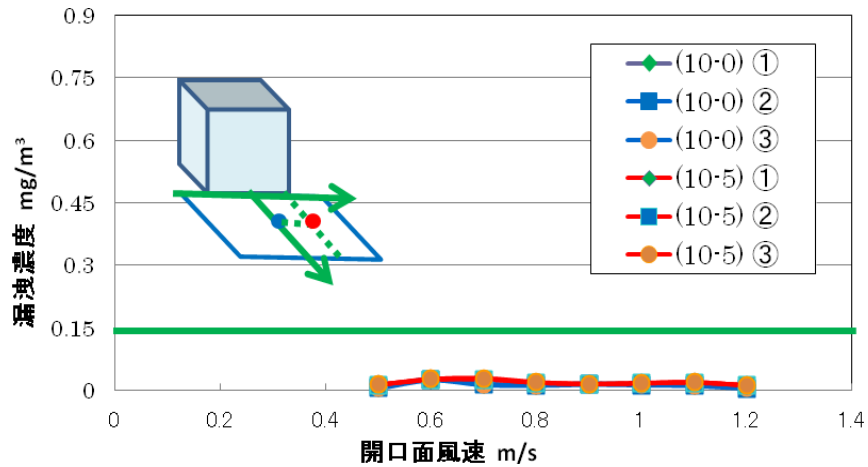


図 4.27 開口面風速に対する漏洩濃度 ((10-0)、(10-5) : フランジ無し)

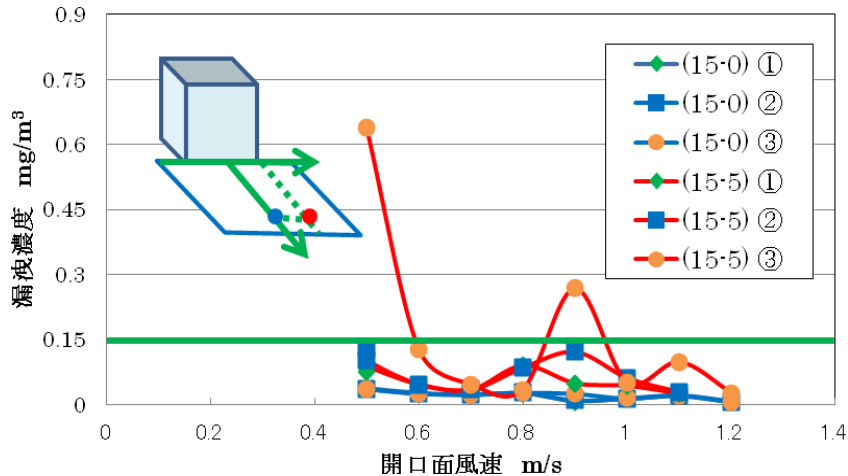


図 4.28 開口面風速に対する漏洩濃度 ((15-0)、(15-5) : フランジ無し)

図 4.27、図 4.28 より発散源を設置した位置によって測定値に違いが見られた。漏洩濃度の判定基準値を用いて以下に結果をまとめた。

- ・ 位置(10-0) : 開口面風速を下げてても基準値を超えることはなかった。
- ・ 位置(10-5) : 開口面風速を下げてても基準値を超えることはなかった。
- ・ 位置(15-0) : 開口面風速を下げてても基準値を超えることはなかった。
- ・ 位置(15-5) : 開口面風速を 0.9m/s にした際に基準値を超えた。 0.8m/s ~ 0.6m/s では漏洩は見られなかったが、0.5m/s で大きく基準値を超えた。

次に小型フードにフランジを付けた時の結果の内、発散源の位置が(10-0)の時の漏洩濃度 (フランジ有り) の結果を表 4.9 に示す。

表 4.9 発散源の位置が(10-0)の時の漏洩濃度（フランジ有り）

| 開口面風速 m/s | 相対濃度 cpm | | | 質量濃度 mg/ m ³ | | |
|--------------|----------|-----|-----|-------------------------|-------|-------|
| | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 |
| 0.5 | 10 | 9 | 9 | 0.005 | 0.004 | 0.005 |
| 0.6 | 24 | 30 | 37 | 0.012 | 0.015 | 0.018 |
| 0.7 | 39 | 43 | 44 | 0.019 | 0.021 | 0.022 |
| 0.8 | 38 | 49 | 46 | 0.019 | 0.025 | 0.023 |
| 0.9 | 14 | 17 | 18 | 0.007 | 0.008 | 0.009 |
| 1 | 14 | 17 | 19 | 0.007 | 0.009 | 0.010 |
| 1.1 | 15 | 14 | 13 | 0.008 | 0.007 | 0.007 |
| 1.2 | 28 | 18 | 19 | 0.014 | 0.009 | 0.009 |

漏洩濃度の様子を見るために、各測定点における結果をまとめて図 4.29 及び図 4.30 にまとめて示す。

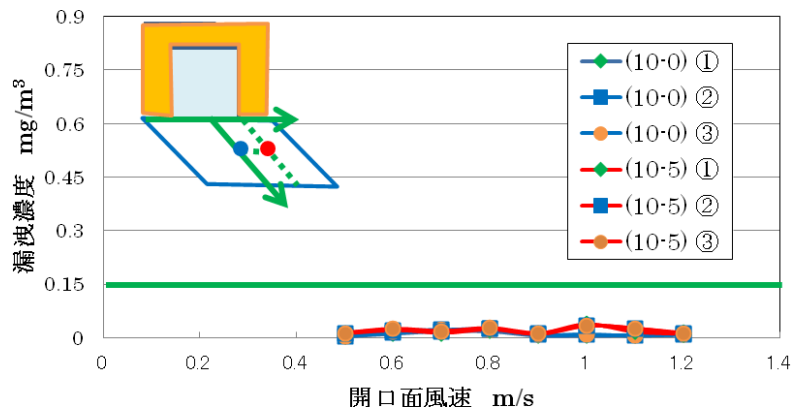


図 4.29 開口面風速に対する漏洩濃度（(10-0)、(10-5)：フランジ有り）

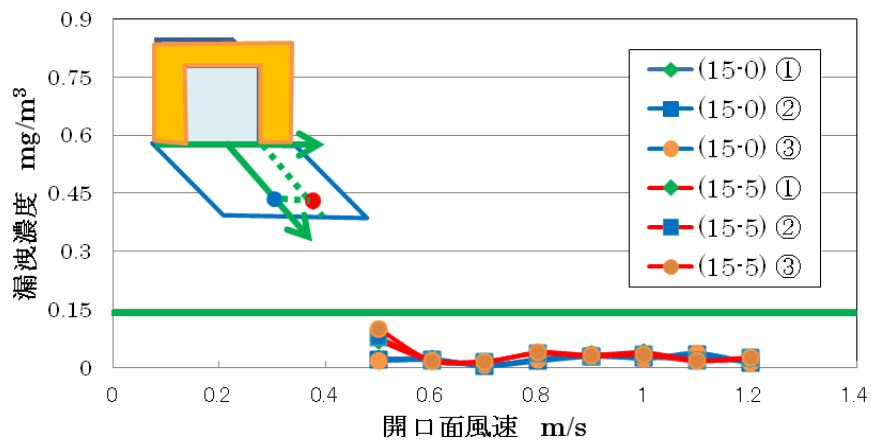


図 4.30 開口面風速に対する漏洩濃度（(15-0)、(15-5)：フランジ有り）

図 4.29、図 4.30 より、フランジが有る場合には、発生源の位置を変えても漏

洩が見られなかった。フランジが有ることで漏洩が防げていることが確認された。

4.4.7 大型フードの漏洩濃度の実験結果

大型フードを用いた際、開口面風速を 1.2m/s ~ 0.5m/s まで変化させたときの測定点における漏洩濃度を発散源の位置ごとに表にまとめた。ただし、質量濃度は相対濃度に K 値 0.0005 を乗じた値である。

フランジが無い場合の結果の内、発散源の位置が(30-0)の時の漏洩濃度の結果を表 4.10 に示す。

表 4.10 発散源の位置が(30-0)の時の漏洩濃度

| 開口面風速 m/s | 相対濃度 cpm | | | 質量濃度 mg/ m ³ | | |
|--------------|----------|-----|-----|-------------------------|-------|-------|
| | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 |
| 0.5 | 77 | 71 | 73 | 0.038 | 0.036 | 0.036 |
| 0.6 | 53 | 51 | 50 | 0.027 | 0.026 | 0.025 |
| 0.7 | 43 | 45 | 46 | 0.022 | 0.023 | 0.023 |
| 0.8 | 53 | 53 | 55 | 0.026 | 0.027 | 0.028 |
| 0.9 | 13 | 20 | 50 | 0.007 | 0.010 | 0.025 |
| 1 | 27 | 27 | 28 | 0.014 | 0.013 | 0.014 |
| 1.1 | 41 | 39 | 42 | 0.021 | 0.019 | 0.021 |
| 1.2 | 12 | 12 | 13 | 0.006 | 0.006 | 0.006 |

漏洩濃度の様子を見るために、各測定点における結果をまとめて図 4.31 及び図 4.32 にまとめて示す。

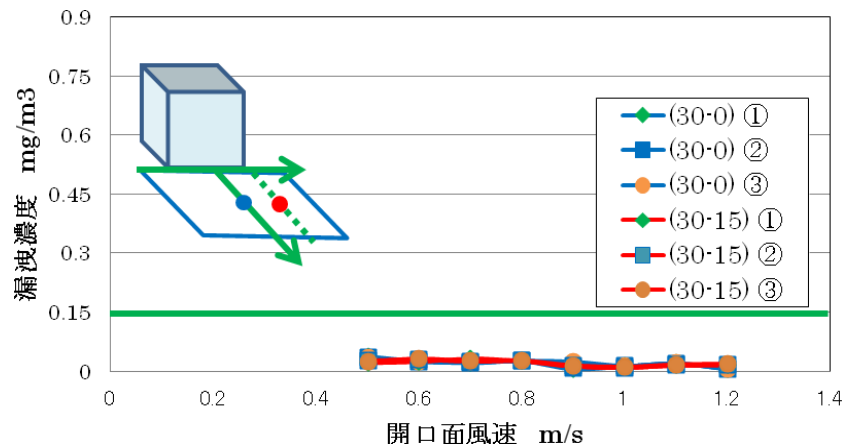


図 4.31 開口面風速に対する漏洩濃度 ((30-0)、(30-15) : フランジ無し)

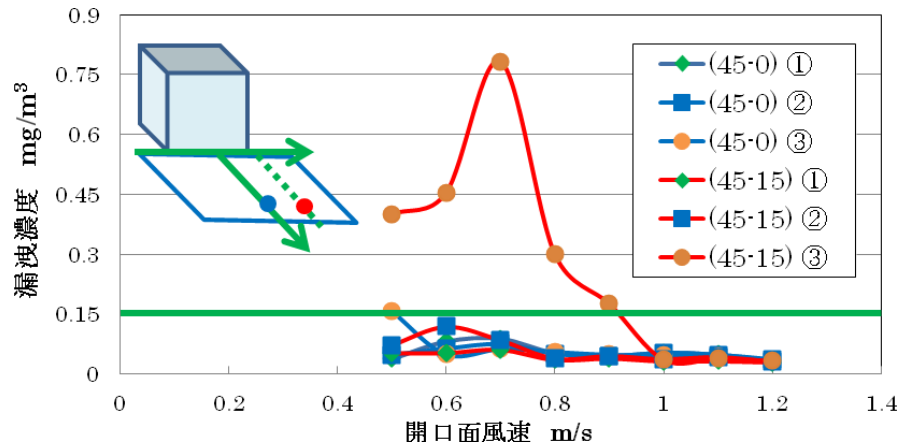


図 4.32 開口面風速に対する漏洩濃度 ((45-0)、(45-15) : フランジ無し)

図 4.31、図 4.32 より発散源を設置した位置によって測定値に違いが見られた。漏洩濃度の判定基準値を用いて以下に結果をまとめた。

- ・ 位置(30-0) : 基準値を超えることはなかった。
- ・ 位置(30-15) : 基準値を超えることはなかった。
- ・ 位置(45-0) : 開口面風速が 0.5m/s の時、漏洩基準値を超えた。
- ・ 位置(45-15) : 開口面風速が 0.9m/s 以下の時に漏洩基準値を超えた。

中心線上に発散源がある場合よりも漏洩濃度のはるかに高かった。

次に大型フードにフランジを付けた時の結果の内、発散源の位置が(30-0)の時の漏洩濃度 (フランジ有り) の結果を表 4.11 に示す。

表 4.11 発散源の位置が(30-0)の時の漏洩濃度 (フランジ有り)

| 開口面風速 m/s | 相対濃度 cpm | | | 質量濃度 mg/ m ³ | | |
|--------------|----------|-----|-----|-------------------------|-------|-------|
| | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 | 測定点 |
| 0.5 | 40 | 54 | 58 | 0.020 | 0.027 | 0.029 |
| 0.6 | 61 | 109 | 126 | 0.030 | 0.054 | 0.063 |
| 0.7 | 24 | 29 | 37 | 0.012 | 0.014 | 0.019 |
| 0.8 | 77 | 86 | 75 | 0.038 | 0.043 | 0.038 |
| 0.9 | 73 | 81 | 72 | 0.037 | 0.040 | 0.036 |
| 1 | 75 | 75 | 63 | 0.037 | 0.038 | 0.031 |
| 1.1 | 113 | 99 | 105 | 0.056 | 0.049 | 0.053 |
| 1.2 | 77 | 75 | 81 | 0.039 | 0.038 | 0.040 |

漏洩濃度の様子を見るために、各測定点における結果をまとめて図 4.33 及び図 4.34 にまとめて示す。

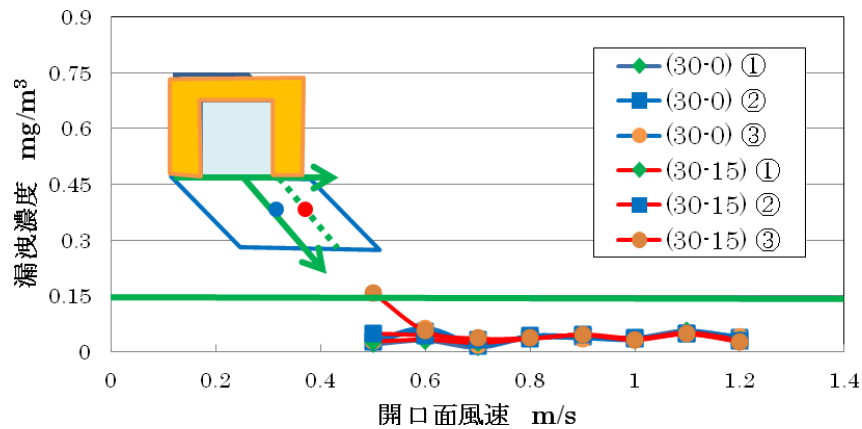


図 4.33 開口面風速に対する漏洩濃度 ((30-0)、(30-15) : フランジ有り)

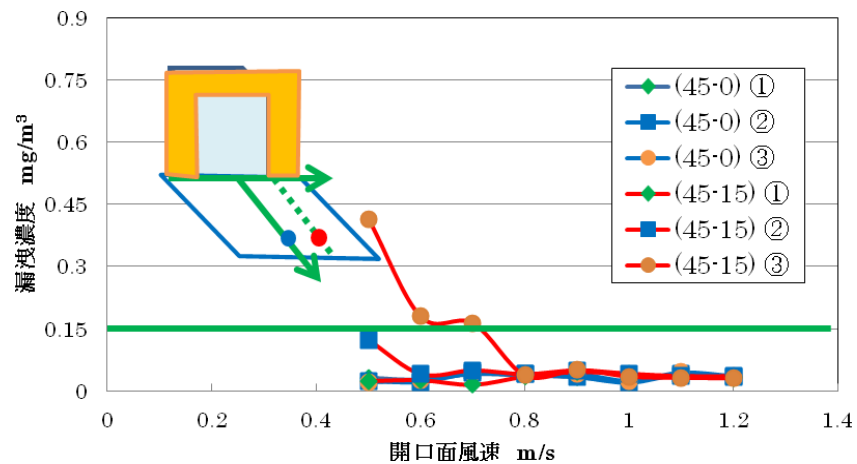


図 4.34 開口面風速に対する漏洩濃度 ((45-0)、(45-15) : フランジ有り)

図 4.33、図 4.34 より発散源を設置した位置によって測定値に違いが見られた。漏洩濃度の判定基準値を用いて以下に結果をまとめた。

- ・ 位置(30-0) : 漏洩がほとんどなかった。
- ・ 位置(30-15) : 開口面風速を 0.5m/s にした際に漏洩基準値を超えた。
- ・ 位置(45-0) : 位置(30-0)と同様に漏洩がほとんどなかった
- ・ 位置(45-15) : 開口面風速を 0.7m/s 以下で基準値を超えた。

4.4.8 考察

1) 小型フードの漏洩濃度測定について

4.2 から、開口面風速を変化させた時の発散源の位置における風速を

表 4.12~表 4.15 にまとめた。漏洩の判定基準値を上回った時の風速には赤文字で示した。

表 4.12 小型フードの(10-0)における風速結果

| 開口面風速 m/s | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| フランジ無し | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.15 | 0.18 | 0.18 | 0.19 |
| フランジ有り | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.17 | 0.18 | 0.20 | 0.21 | 0.23 |

表 4.13 小型フードの(10-5)における風速結果

| 開口面風速 m/s | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| フランジ無し | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.15 | 0.18 |
| フランジ有り | 0.08 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.15 | 0.18 | 0.18 | 0.19 |

表 4.14 小型フードの(15-0)における風速結果

| 開口面風速 m/s | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| フランジ無し | 0.08 | 0.08 | 0.12 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| フランジ有り | 0.10 | 0.11 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.15 | 0.16 | 0.16 |

表 4.15 小型フードの(15-5)における風速結果

| 開口面風速 m/s | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| フランジ無し | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.09 | 0.09 | 0.12 |
| フランジ有り | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.17 | 0.18 | 0.20 | 0.21 | 0.23 |

表 4.12~表 4.15 より位置(10-0)、(10-5)、(15-0)に発散源がある場合は、開口面風速を 0.5m/s まで下げても漏洩がなかった。しかし、位置(15-5)で煙を発生させた場合は、開口面風速が 0.9m/s の時に漏洩基準値である 0.15mg/m³ を超えた。開口面風速を 0.8m/s から 0.6m/s まで低下させた時には基準値を超えることはなかったが、0.5m/s にした際、大きく漏洩が見られた。これは、4ヶ所の中で位置(15-5)が開口面の中心点から最も離れた場所にあるため、捕捉が不安定であったと考えられる。

発散源のある位置において風速が 0.07m/s より大きければ、漏洩判定の基準値を上回ることにはなかった。

2)大型フードの漏洩濃度測定について

1)と同様に 30cm フードにおいても表 4.16~表 4.19 に結果をまとめた。

表 4.16 大型フードの(30-0)における風速結果

| 開口面風速 m/s | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| フランジ無し | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.18 | 0.20 |
| フランジ有り | 0.11 | 0.13 | 0.16 | 0.18 | 0.20 | 0.22 | 0.24 | 0.27 |

表 4.17 大型フードの(30-15)における風速結果

| 開口面風速 m/s | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| フランジ無し | 0.07 | 0.08 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.17 |
| フランジ有り | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.18 | 0.20 | 0.22 |

表 4.18 大型フードの(45-0)における風速結果

| 開口面風速 m/s | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| フランジ無し | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.10 |
| フランジ有り | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.13 |

表 4.19 大型フードの(45-15)における風速結果

| 開口面風速 m/s | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| フランジ無し | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
| フランジ有り | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.12 |

表 4.16～表 4.19 より、発散源の位置における風速が 0.10m/s 以上であれば、漏れ判定基準値を超えることはなかった。特に中心線上では 0.05m/s 以上の風速があれば漏洩しないと考えられる。一方で、中心線上から横にずれた位置においては、0.09m/以下の風速で漏洩が見られた。これは、中心線上においては煙が多少拡散してもフードの捕捉有効範囲内に拡散がおさまるが、横にずれた位置では拡散したものが一部フードでとらえきれず、フードの捕捉有効範囲外に漏洩してしまったと考えられる。

小型フード、大型フードの 2 種類の実験結果より、発散源のある位置における風速が 0.10m/s より大きければ漏洩を防げると考えられる。

4.4.9 総括

4.2 においては距離による風速減衰を測定した。開口面からの距離が離れると、風速は急激に低下することがわかった。またその減衰の傾向は開口面の風速によらず同じ傾向を示した。また、開口面の形状が相似であれば、風速の減衰が開口面の大きさによらず同じ傾向を示すことが確認できた。4.3 においてはフード周辺の漏洩濃度を測定した。捕捉点の風速が 0.10m/s 以上であれば漏洩が防げると確認できた。

従来、定められている制御風速は外付け式フードに対しては 1.0m/s であり、今回得られた値と比較すると制御風速よりも非常に低い風速であっても漏洩を防ぐことができた。ただし、本研究は線香の煙を用いた実験であり、粉じん則で対象にしている粉じんとは比重が異なる。そのため、作業現場の粉じんに対して

も同様なことが言えるとは言い難いが、吸引風速に対して制御風速が過剰に制定されているということは明らかであると考え。つまり、作業場の状態によっては、法令で定められている制御風速を満たさなくても作業環境が良好に保たれることが示唆された。作業環境管理において、少ないエネルギーで有害物質を作業環境中から速やかに除去することが重要であり、制御風速を下げることでエネルギーコストや CO₂ 排出量の大幅な削減が期待できる。

4.5 各種バグフィルター用フィルターの粉じん捕集特性

4.5.1 実験目的

バグフィルターをろ過除じん装置に用いた場合、フィルター上に捕集された粉じんの層が次第に厚くなると、堆積粉じんがフィルターの通気抵抗を大きくするので、圧力損失が時間とともに上昇する。圧力損失の上昇により、排風機やフィルターへの負荷がかかってしまうため、振動や清浄空気の吹き付け等によって随時、粉じん層の払い落としを行っている。一般に粉じん層の払い落としは、圧力損失の値を目安に行なわれていることから、フィルターの粉じん堆積量と圧力損失の関係を調べることは、装置に使用するフィルターを選別する上で重要なことである。

そこで本実験では、4種類のフィルターの性能の確認と、比較を目的として、4種類のフィルターに粉じんを捕集し、フィルターに堆積した粉じんの質量の増加とともに圧力損失がどのように上昇するかの実験を行った。

4.5.2 実験試料及び使用フィルター

試料として、ポルトランドセメントを用いた。概観を図 4.35 に示す。



図 4.35 ポルトランドセメント

また、本実験では、バグフィルターのろ過材として TS303B、TS401B という 2種類の織布と T-400g、T-400TF という 2種類の不織布の合計 4種類を使用し

た。ただし、記号は製品番号であり、本実験ではこの製品番号を試料名称として使用する。本実験で検討を行った各バグフィルターろ過材の仕様を表 4.20 に、外観を図 5.2 にそれぞれ示す。ここで、図 4.36 の外観は、バグフィルターろ過材を実験用に直径 35mm の円形にカットしたものである。また、各バグフィルターろ過材を走査型電子顕微鏡で観察した。観察画像を図 4.37、図 4.38、図 3.39 及び図 4.40 に示す。

表 4.20 試験バグフィルターろ過材の仕様

| バグフィルターろ過材 | 種類 | 材質 | 目付け** g/m ² |
|------------|-----|--------|------------------------|
| TS303B | 織布 | ポリエステル | 305 |
| TS401B | 織布 | ポリエステル | 670 |
| T400g | 不織布 | ポリエステル | 400 |
| T400TF* | 不織布 | ポリエステル | 400 |

*T400TF は T400g にテフロン多孔質膜を張り付けたもの。

**目付け：単位面積あたりの重量

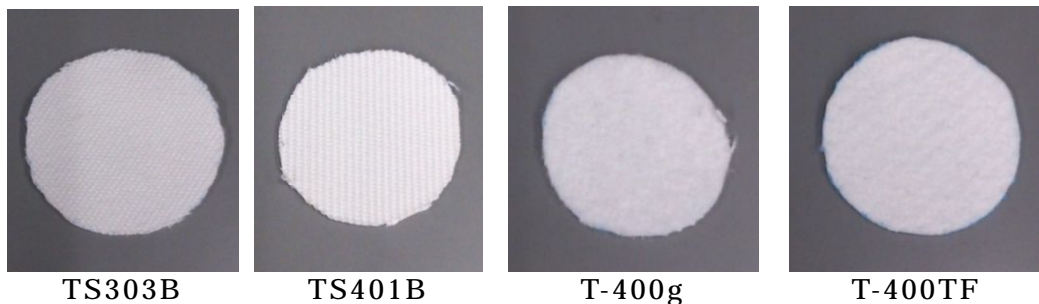


図 4.36 試験バグフィルターろ過材の外観

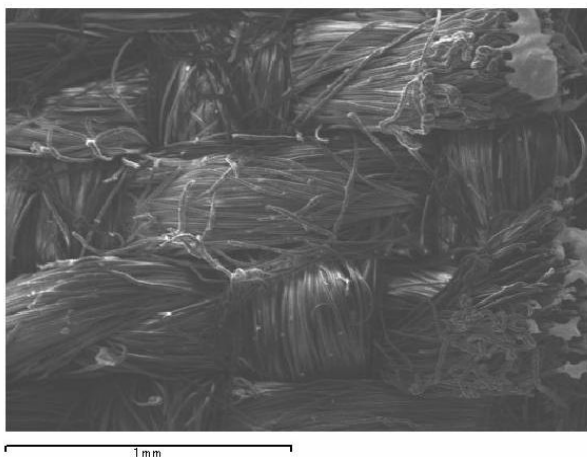


図 4.37 TS303B の形態 (×70)

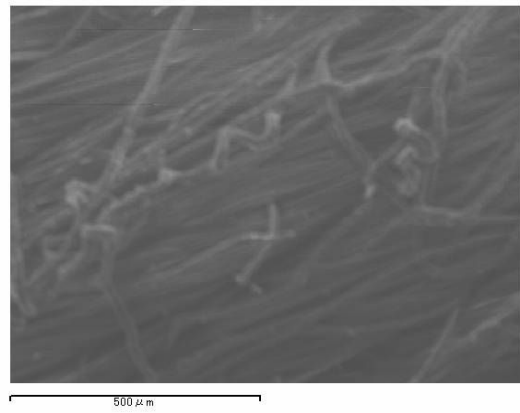


図 4.38 TS401B の形態 (×300)

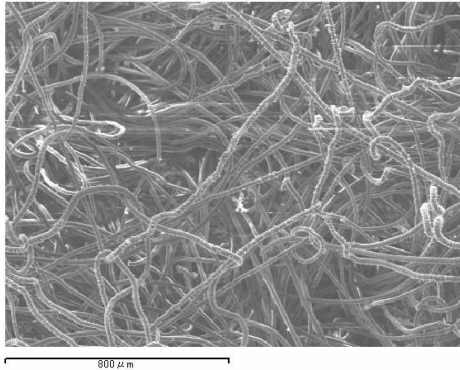


図 4.39 T-400g の形態 (×75)

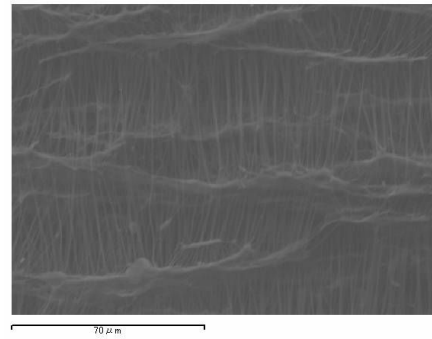


図 4.40 T-400TF の形態 (×800)

4.5.3 圧力損失について

バグフィルターは、主にろ布表面に形成される一次付着層による「ふるい効果」で粒子をろ過捕集する。そのため、実験の際に圧力損失を計ることによって粒子の積層量を知る必要がある。圧力損失とはフィルターの入口の圧力と出口の圧力の差のことである。

本実験では、図 4.41 のように、上流側を大気圧とし、下流側に微差圧計の Low の方を接続し圧力損失を測定した。用いた微差圧計は 3 章で示したものをを用いた。通常、長野計器社製の微差圧計 (レンジ: 0~200Pa) を用いたが、レンジを超えた場合にはコスモ計器社製の微差圧計 (レンジ: 0~2kPa) に変え、測定を行った。

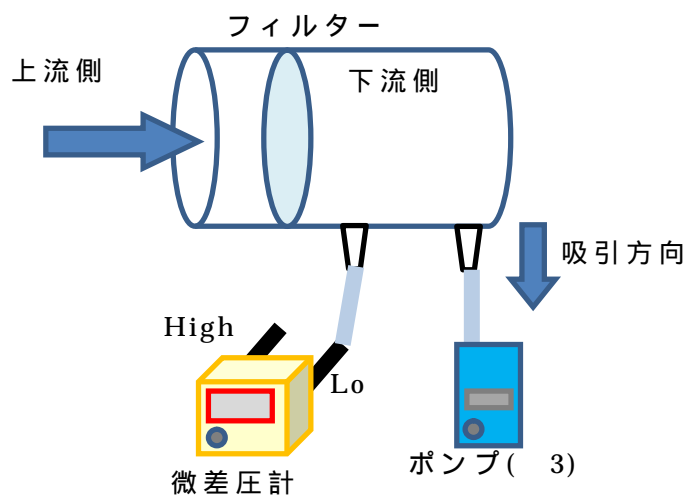


図 4.41 圧力損失測定の概略図

ここで、バグフィルターのろ過速度は通常、織布では 1cm/s ~ 3cm/s、不織布

では 1.5cm/s ~ 7cm/s 程度となるように設計される。本実験では、ポンプの最小吸引流量は 1.0L/min であるため、ろ過速度は式(4.5)を用いると 3cm/s であった。この値は、上記より織布、不織布の両方において使用範囲内の速度であるため、以下ポンプの流量は 1.0L/min で使用した。オープンフェイスサンプラーの内径は 2.7cm である。

$$\begin{aligned} \text{ろ過速度 (cm/s)} &= \frac{\text{流量} \left(\frac{\text{L}}{\text{min}} \right) \times 1000}{60 \times \left(\frac{\text{内径}}{2} \right)^2 \times \pi} & (4.5) \\ &= \frac{1.0 \times 1000}{60 \times \left(\frac{2.7}{2} \right)^2 \times \pi} = 3 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

4.5.4 実験方法

実験方法を以下に示す。

オープンフェイスサンプラーの中段に直径 35mm の円形に切り取ったバグフィルターろ過材をセットする。この様子を図 4.42 及び図 4.43 に示す。

まず、粉じんが堆積していない状態の初期の圧力損失を測定する。図 5.7 のように、オープンフェイスサンプラー中段のコネクターに微差圧計を、下段のコネクターに吸引ポンプを接続し、流量 1.0L/min で吸引する。フィルターの初期の圧力損失を記録する。

その後、図 4.44 のように、オープンフェイスサンプラーをスタンドに固定し、再び図 4.41 のように微差圧計とポンプを接続する。

ポンプで 1.0L/min で吸引を開始し、インピンジャーでチャンバー内に試料を噴霧する。

微差圧計の値がそれぞれのフィルターの初期圧損の 1.3、1.5、1.8、2.0 倍になった際にポンプを止める。

オープンフェイスサンプラーをチャンバーから取り出し、フィルターの重さを電子天秤で量り記録する。

から の手順をそれぞれのバグフィルターろ過材ごとに、圧力損失が初期圧損の約 2 倍になるまで行う。



下段 中段 上段
 図 4.42 フィルターセット時の
 オープンフェイスサンプラーの外観

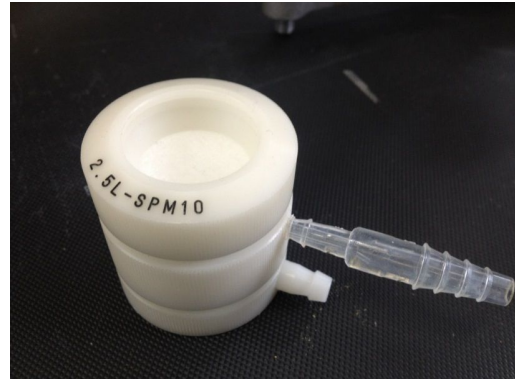


図 4.43 オープンフェイス
 サンプラーの外観



図 4.44 サンプラーをチャンバー内に設置した時の外観

4.5.5 実験結果

4 種類のバグフィルターの堆積量と圧力損失値について実験した結果の内、TS303B の試料の堆積量と圧力損失の実験結果を表 4.21 に示す。

表 4.21 TS303B の試料の堆積量と圧力損失

| 初期の圧力損失 に対する比 | 圧力損失 Pa | 質量 mg | 質量変化 mg |
|------------------|------------|----------|------------|
| 1.0 | 77.6 | 291.7 | 0.0 |
| 1.3 | 97.0 | 293.0 | 1.3 |
| 1.5 | 116.4 | 293.8 | 2.1 |
| 1.8 | 135.8 | 294.2 | 2.5 |
| 2.0 | 155.2 | 294.7 | 3.0 |

4 種類のバグフィルターの堆積量と圧力損失の関係を図 4.45 に示す。

また、4 種類のフィルターの性能を比較するため、横軸に堆積量、縦軸に初期の圧力損失からの比をとったグラフを図 4.46 に示す。

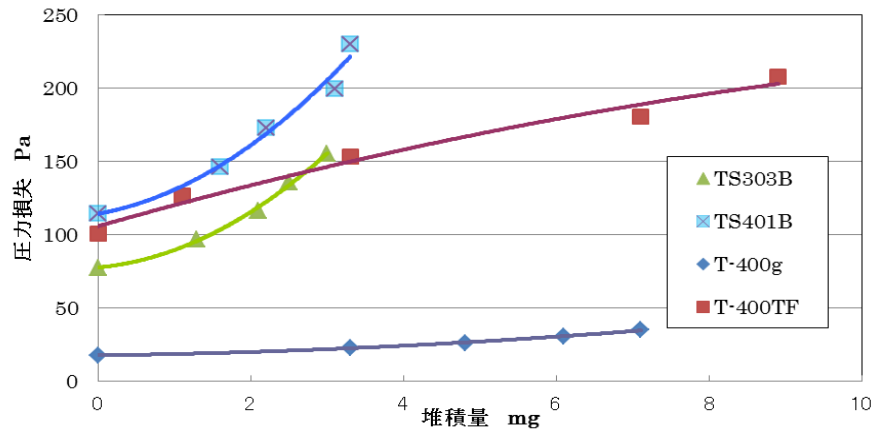


図 4.45 堆積量と圧力損失

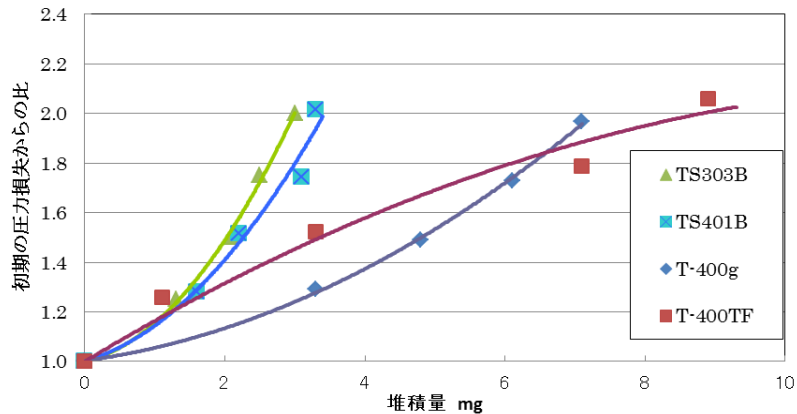


図 4.46 堆積量と初期の圧力損失からの比

4.5.6 考察

フィルターに粉じんが堆積されると圧力損失が上昇し、排風機への負荷がかかるため、吸引風量が低下する。ファンの回転数を上げることで吸引風量を維持するがその分エネルギーコストがかかってしまう。このことから、同じ粉じん堆積量であっても圧力損失の上昇率が低いフィルターがろ過材として求められる。

図 4.45 より、初期の圧力損失は TS303B、T-400TF、TS401B、T-400g の順で高く、T-400g においては他の 3 種類のフィルターよりも非常に低い値であった。

不織布の T-400g と T-400TF を比較する。T-400TF は T-400g の表面にテフロン加工が施されたる布である。図 4.45 よりテフロン加工が施されることで、初期の圧力損失が非常に高くなることがわかった。図 4.46 より T-400TF の上昇率は他の 3 種類と異なり上に凸な関数で表された。

織布の TS303B と TS401B を比較する。図 4.45 より圧力損失は TS303B の方が低い値を示しているが、図 4.46 より圧力損失の上昇率は TS401B の方がわずかに低いことがわかった。

織布 (TS303B、TS401B) と不織布 (T-400g、T-400TF) の場合で堆積量による圧力損失の上昇の仕方に違いが見られた。同じ堆積量であっても、織布の方が不織布よりも圧力損失の上昇率が高く、不織布はゆるやかに上昇していた。2章で前述したように、織布と不織布の空隙率には違いがあり、織布で 30~40%、不織布では 70~80% である。このため、織布と不織布では、気流が通ることができる空間の大きさに違いがある。このことと、実験結果から、織布と不織布の構造の違いにより、圧力損失の上昇率に変化が見られたと考えられる。

以上のことから、フィルターに堆積した粉じんの質量と圧力損失の関係を見る限りでは、4 種類のフィルターの中では不織布の T-400g が最も性能が良いと考えられる。

4.6 フィルターの捕集効率実験

4.6.1 実験目的

従来の局所排気装置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。そこで本実験では、装置に使用するフィルターの性能要件の検討として、フィルターの粉じんに対する捕集効率実験を行った。4 種類のフィルターの捕集効率を比較し、考察した。

4.6.2 実験方法

オープンフェイスサンプラーの中段に直径 35mm の円形に切り取ったバグフィルターろ過材をセットする。

オープンフェイスサンプラーをスタンドに固定し、チャンバー内に置く。その後、オープンフェイスサンプラー下段のコネクターに吸引ポンプ、中段のコネクターにデジタル粉じん計 P-5H を接続する。また、オープンフェイスサンプラーの開口面のそばにチューブを固定し、フィルターに捕集される前の粉じんの濃度をデジタル粉じん計 P-5L を用いて測定した。

ポンプで吸引を開始し、インピンジャーでチャンバー内に試料 (ポルトランドセメント) を噴霧する。

ポンプの吸引開始から 1 分後に P-5H、P-5L のカウント数を記録し、ポンプ

を止める(T-400TFのフィルターの時には、変化があまり見られなかったため3分後とした)。

オープンフェイスサンプラーをチャンバーから取り出し、中段のコネクターにつながっているP-5Lを外し、代わりに微差圧計を接続する。

ポンプで吸引し粉じんが堆積したフィルターの圧力損失を記録する。

から の手順をそれぞれのバグフィルターろ過材ごとに、圧力損失が初期圧損の約2倍になるまで行う。

4.6.3 実験結果

4種類のバグフィルターの捕集効率実験結果の内、TS303Bの捕集効率の結果を表4.22に示す。ここで、T-400TFのみフィルター通過後の濃度が非常に低かったため、T-400TFでの実験の際にはデジタル粉じん計P-5Hの感度を1/10倍にせず、得られた相対濃度を1/10倍することでデジタル粉じん計P-5Lとの感度を合わせた。また、捕集効率は式(4.6)を用いて算出した。

$$\text{捕集効率(\%)} = \left(1 - \frac{\text{P-5H(フィルター後)の相対濃度 (cpm)}}{\text{P-5L(フィルター前)の相対濃度 (cpm)}} \right) \times 100 \quad (4.6)$$

表 4.22 TS303B の捕集効率

| 圧力損失 Pa | 初期圧損 との比 | P-5Lの相対濃度 cpm | P-5Hの相対濃度 cpm | 捕集効率 % |
|------------|-------------|------------------|------------------|-----------|
| 77 | 1.0 | | | |
| 90 | 1.2 | 222 | 38 | 82.9 |
| 103 | 1.3 | 267 | 36 | 86.5 |
| 110 | 1.4 | 388 | 39 | 89.9 |
| 130 | 1.7 | 512 | 34 | 93.4 |
| 133 | 1.7 | 240 | 20 | 91.7 |
| 140 | 1.8 | 279 | 22 | 92.1 |
| 144 | 1.9 | 361 | 23 | 93.6 |
| 148 | 1.9 | 429 | 21 | 95.1 |

4種類のバグフィルターの圧力損失と捕集効率の関係を図4.47に示す。また捕集効率の上昇傾向を比較するために、図4.48に初期圧力損失からの比と捕集効率の関係図を示す。

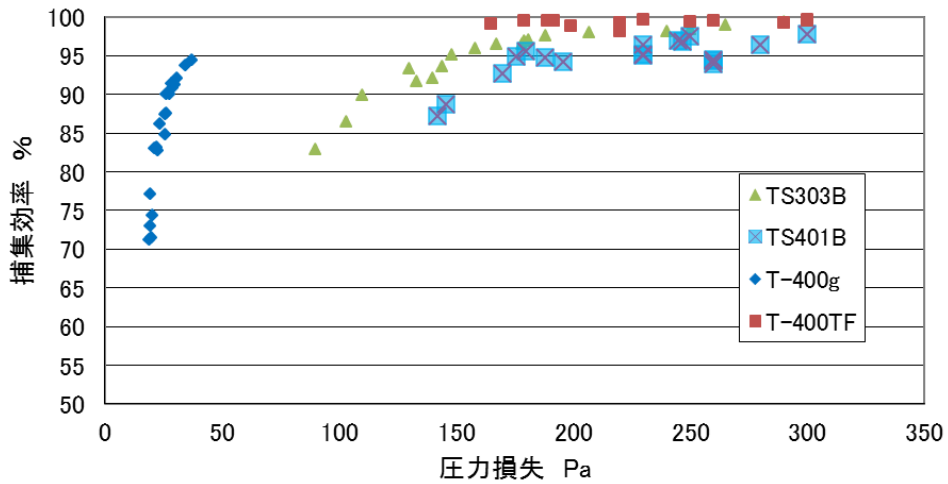


図 4.47 圧力損失と捕集効率

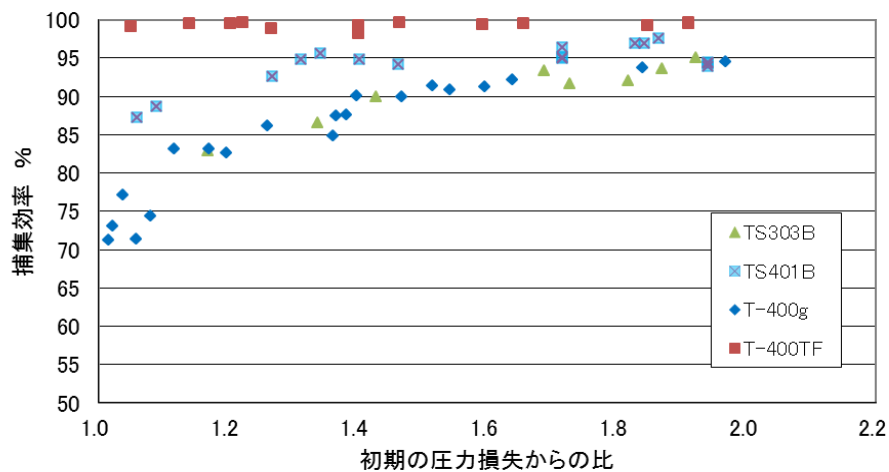


図 4.48 各フィルターにおける初期の圧力損失からの比と捕集効率

4.6.4 考察

本実験において、全てのバグフィルターろ過材では、フィルターに粉じんが堆積することで圧力損失が上昇し、捕集効率も上昇していることが確認できた。

不織布の TS303B と TS401B を比較すると、初期の捕集効率は TS401B の方が高かったが、図 4.47 より捕集効率の上昇率は TS303B の方が大きいことがわかった。

T-400g の初期の捕集効率は他の 3 種類に比べて低い値であったが、フィルターに粉じんが堆積され、圧力損失が初期の圧力損失の 2 倍に達すると捕集効率は 94.5% に上昇していた。このまま捕集を続けていくと捕集効率がさらに上昇する

と考えられる。

T-400TF は粒子堆積層を作らない状態でも 99%以上と高い捕集効率を得られた。T-400TF は、T-400g の表面にテフロン多孔質膜が貼り付けられたものであり（以下、テフロン加工）、本来は熱や薬品による劣化を防ぐためのものであるが、今回の実験結果より捕集効率にも影響を及ぼしている可能性があると考えられる。

このように、初期の段階から高い捕集性能を持ち、粒子が堆積することでさらに捕集効率が上昇することを考えると、実験を行った 4 種類の中では T-400TF が高い捕集性能を有していると考えられる。

4.7 フィルターの選定条件

作業環境管理では環境測定を行う際に管理濃度を基準として評価を行なっている。粉じんの管理濃度 E (mg/m^3) の算出式を再度、式(4.7)に示す。ただし、 Q は遊離ケイ酸含有率(%)である。

$$E(\text{mg}/\text{m}^3) = 3.0 / (1.19Q+1) \quad (4.7)$$

管理濃度の 1/10 以下に濃度が薄まれば有害物質の作業者への健康影響が非常に少なくなると一般に言われている。つまり、屋内排気を行う際には、フィルター通過後の濃度を粉じんの管理濃度の 1/10 以下に抑えればよいと考えられる。この場合、フィルターに必要とする捕集効率 Y (%) は、管理濃度 E (mg/m^3) とフィルター通過前の濃度 C (mg/m^3) で式(4.8)のように表せられる。

捕集効率 Y (%) =

$$\frac{(\text{フィルター通過前の濃度 } C(\text{mg}/\text{m}^3) - \frac{1}{10} \times \text{管理濃度 } E(\text{mg}/\text{m}^3))}{\text{フィルター通過前の濃度 } C(\text{mg}/\text{m}^3)} \times 100 \quad (4.8)$$

本実験ではポルトランドセメントを試料として用いたため、遊離ケイ酸の含有率は 0.024% であり、式(4.9)に代入すると試料の管理濃度は $2.9\text{mg}/\text{m}^3$ である。よって、この場合に必要となる捕集効率 Y (%) は

$$\text{捕集効率 } Y(\%) = (1 - \frac{0.29}{C}) \times 100 \quad (4.9)$$

と表せられる。

この式をグラフにすると図 4.48 のようになる。フィルター通過前の濃度に応じて青色の曲線以上の捕集効率が必要となる。

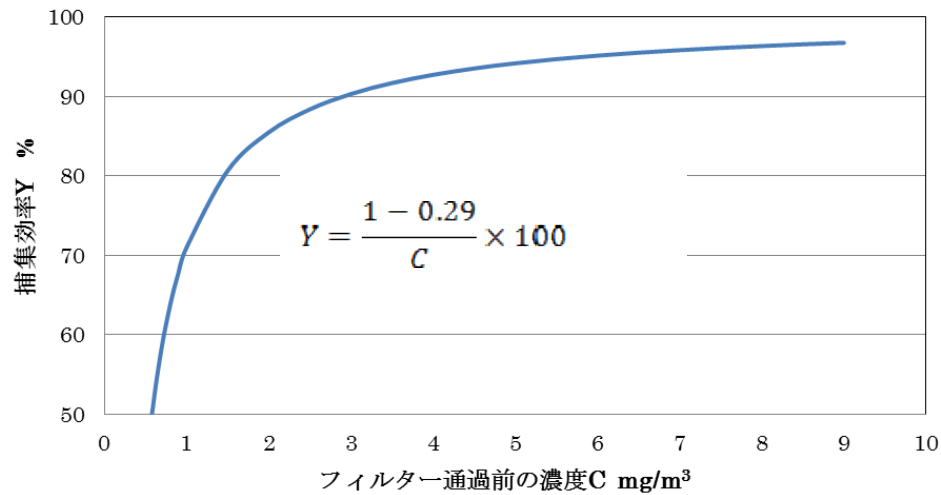


図 4.48 フィルター通過前の濃度に対して必要となる捕集効率

図 4.48 のように、必要となるフィルターの捕集効率(%)は、フィルター前の濃度 C(mg/m³)に依存する。管理濃度の 1/10 に濃度を抑えることを考えれば、フィルター通過前の濃度が高ければ、高い捕集効率が必要となるが、フィルター通過前の濃度が低ければ高い捕集効率は必要としないことがわかる。

4.8 結論

各フィルターの実験結果から各フィルターの特徴を以下にまとめる。

1)織布製 TS303B

捕集効率の上昇率は T-400g と同じ挙動を示していた。捕集効率は初期の段階では 82.9%で、初期の圧力損失から約 2 倍になった時点では 95.1%に上昇し、その時の粉じんの堆積量は 3.0mg であった。

2)織布製 TS401B

初期の圧力損失は TS303B に比べると約 2 倍高かったが、捕集効率は初期の段階では 87.2%と TS303B よりも高い値であった。初期の圧力損失から約 2 倍になった時点では 94.4%に上昇し、その時の粉じんの堆積量は 3.3mg であった。

3)不織布製 T-400g

初期の圧力損失は 17.8Pa と他の 3 種類に比べて非常に低かった。捕集効率は初期の段階では 71.2%、初期の圧力損失から 2 倍の時点では 94.5%に上昇し、その時の粉じんの堆積量は 7.1mg であった。そのため、他の 3 種類のフィルターよりも多く粉じんを堆積させないと高い捕集効率が得られないということがわ

かった。

4)不織布製 T-400TF

初期の圧力損失は、表面にテフロン加工が施されているため不織布製 T-400g に比べて高い値であった。しかし、そのことにより捕集効率は初期の段階から 99.1%と非常に高い値が得られた。初期の圧力損失から約 2 倍になった時点では 99.7%に上昇し、その時の粉じん堆積量は 8.9mg であった。初期の段階から非常に高い捕集効率が得られることが確認できた。

以上のことより、フィルターの性能や選定条件、さらに圧力損失による排風機への負荷も考慮すると、発散源の濃度が比較的低い場合には、不織布製 T-400g のような低圧損のフィルターが適していると考えられる。さらに初期の段階から高い捕集効率が必要な場合には織布製 TS303B や織布製 TS401B が、99%以上の捕集効率を必要とする場合には不織布製 T-400TF が適していると考えた。

参考文献

- 1) 厚生労働省、「労働安全衛生法」、法律第 50 号
- 2) 厚生労働省、「粉じん障害防止規則」
厚生労働省労働基準局長 厚生労働省令第 55 号
- 3) 厚生労働省・都道府県労働局・労働基準監督署、厚生労働省
「第 7 次粉じん障害防止総合対策について」
- 4) 厚生労働省安全衛生部環境改善室編「作業環境測定ガイドブック「0」総論
編」(社)日本作業環境測定協会 平成 21 年
- 5) 名古屋俊士 他「作業環境測定ガイドブック 1 - 鉱物性粉じん・石綿」
(社)日本作業環境測定協会、平成 22 年
- 6) 沼野雄志：新やさしい局排設計教室、中央労働災害防止協会、2005、p22
~ p29、p90 ~ p114
- 7) 社団法人 空気調和・衛生工学会：工場換気の理論と実践、1995
- 8) 金岡千嘉男：はじめての集じん技術、日刊工業新聞社出版、2013、P37 ~
p40
- 9) 日本無機株式会社、圧力損失、<http://www.nipponmuki.co.jp/>

E . 結論

1 . 屋外での岩石・鉱物の研磨・ばり取り作業における粉じんばく露リスクの調査研究

本年度は、岩石及び鉱物の研磨・ばり取り作業を行っている屋外作業場において粉じんばく露濃度測定調査を実施し、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性について検討した。ただし、呼吸用保護具着用の必要性の評価は、岩石の研磨・ばり取り作業の評価は、作業時に発生する粉じん濃度と、岩石の遊離けい酸含有率から算出した管理濃度を比較するため、作業時に発生する粉じん濃度だけでは作業環境を評価することはできない。そのため、本調査では、管理濃度と平均粉じん濃度の比較だけでなく、10分間移動平均値の結果も併せて評価を行った。

1.1 岩石の研磨・ばり取り作業

本調査の岩石の研磨・ばり取り作業は、11作業について個人ばく露濃度測定を実施した結果、11作業全てにおいて管理濃度を超えており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、管理濃度以下に粉じん濃度を低減することは困難であることが予想される。

以上のことから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

1.2 鉱物の研磨・ばり取り作業

本調査の鉱物の研磨・ばり取り作業は、7作業について個人ばく露濃度測定を実施した結果、7作業全てにおいて管理濃度を超えており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、管理濃度以下に粉じん濃度を低減することは困難であることが予想される。

以上のことから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

1.3 24年度の実験室における模擬作業での粉じんばく露濃度測定

24年度厚生労働省の受託調査「じん肺症例に関する調査研究（屋外での研磨等作業における粉じんばく露の評価）」で、実験室での模擬作業での粉じん曝露濃度測定を行い、下記のような成果を厚生労働省のじん肺班に報告した。

1) 岩石の研磨・ばり取り作業

本調査の岩石の研磨・ばり取り作業は、73%(29 / 40作業)の作業で管理濃度を超えており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、管理濃度以下に粉じん濃度を低減することは困難であることが予想される。ことから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

2) 鉱物の研磨・ばり取り作業

本調査の鉱物の研磨・ばり取り作業は、63%(27/43作業)の作業で管理濃度を超えており、労働衛生工学的対策を導入した場合でも、管理濃度以下に粉じん濃度を低減することは困難であることが予想されることから、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられる。

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

1.4 結論

岩石の研磨・ばり取り作業は、その作業そのものが人件費の関係等から中国等アジアで行われる傾向が多くみられ、日本では減少傾向にある。また、セメント製品については、粉じん対策及び人件費等の関係を考慮して、出来るだけ研磨・ばり取り作業を行わないですむ様な工法、例えば湿式工法などに替える努力を多くの事業所で行っている。そのため、鉱物の研磨・ばり取り作業自体が減少傾向にある。しかし、作業自体は減少傾向にある作業ではあるが、現実には研磨・ばり取り作業は行われており、25年度の岩石及び鉱物の研磨・ばり取り作業の現場調査及び24年度の実験室における岩石及び鉱物の研磨・ばり取り作業の模擬作業での粉じんばく露濃度測定結果を総合的に判断して、全ての作業において管理濃度を超える様な作業であったことを考えると、屋外における岩石及び鉱物の研磨・ばり取り作業は、有効な呼吸用保護具を着用する必要があるものと考えられるという結論を導き出した。

24年の委託事業と25年の調査研究の2年間の成果を第13回労働政策審議会安全衛生分科会じん肺部会(平成25年11月22日)に「岩石の研磨・ばり取り作業は、管理濃度を超える作業の割合は屋外実験場で73%、屋外現場で100%であり、労働衛生工学的な対策を導入しても、粉じん濃度を管理濃度以下に低減することは容易でないと考えられる。また、鉱物の研磨・ばり取り作業は、管理濃度を超える作業の割合は屋外実験場で63%、屋外現場で100%であり、労働衛生工学的な対策を導入しても、粉じん濃度を管理濃度以下に低減することは容易で

ないと考えられる。

以上のことから、屋外作業場での岩石の研磨・ばり取り作業及び鉋物の研磨・ばり取り作業は、有効な呼吸用保護具を着用することが必要になる作業」と報告した。

2．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、手込め作業、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。

2.1 手込め作業

本調査の手込め作業は、14作業について個人ばく露濃度測定を実施した結果、12作業で管理濃度を超える作業があった。手込め作業は、86%(12/14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1作業場で用いられている砂は空気中にあまり舞わないように工夫されており、作業者の曝露量の低減に大きな効果を示しており、このような対策も有効であると考えられる。

2.2 半自動造形作業

本調査の半自動造形作業は、11作業について個人ばく露濃度測定を実施した結果、11作業で管理濃度を超える作業があった。半自動造形作業は、100%(11/11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。

2.3 自動造型作業

本調査の自動造型作業は、2作業について個人ばく露濃度測定を実施した結果、2作業で管理濃度を超える作業があった。自動造型作業は、100%(2/2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。

2.4 結論

25年度は、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形作業を行っている7事業場で27砂型造形作業の個人曝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がばく露濃度の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。

そこで、現在、鋳物工場における砂型造形作業は、粉じん則で粉じん作業に指定されていないが、ほとんど全ての砂型造形作業場で管理濃度を超えていることが明らかになったことから、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、砂型造形作業は、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ので、鋳物砂が作業者の呼吸域を通過するため、粉じんに曝露する機会が多い作業である。しかし、砂型造形作業は、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3の作業」にすることが適切な措置と考える。ただ、鋳物を扱う事業場は、日本に多数存在し、現在も盛んに砂型造形作業は行われるいる現状を考慮して、26年度はさらに砂型造形作業の個人ばく露濃度測定数を増やして、より実態の作業状況を反映した測定結果に基づいた判断を行うことにする。また、26年秋に予定されている労働政策審議会安全衛生分科会じん肺部会に本調査研究の砂型造形作業の成果をまとめ、粉じん則改正の検討資料として報告する。

3. 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（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) 以上かを検証した。

本研究の結果、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、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できる結果となった。ただし、粒度分布の違いによって結果の値に差異が生じる可能性のあることから、現状では、2.4 (L/min) 以上というのが判断基準となるが、26 年度更にいくつかの粒度分布の異なる試料を行い最終判断基準を求めることとした。

捕集量と流量低下の関係に関して、アリゾナロードダストを試料として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。

以上のことから、NWPS-254 を粉じん測定に用いる場合、高濃度の粉じんを取り扱う作業場や長時間の個人ばく露濃度測定においては、測定終了後に総吸引量を測定時間で割った吸引流量 [L/min] を確認し、その結果が 2.4 (L/min) を下回っている場合は、正確な吸入性粉じん曝露濃度測定が行われていないと判断して、測定結果を破棄するという判断基準を本年度は提案する。

4．粉じんに関する局所排気装置等以外の発散抑制装置の導入への基礎的研究

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 of 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について検討を行った。そのために、小型局所排気装置を作製し、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、従来 of 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ので、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。

4.1 外付け式フードの開口面からの距離と風速減衰の関係

外付け式フードの開口面からの距離による風速減衰を測定した。開口面からの距離が離れると、風速は急激に低下することがわかった。またその減衰の傾向は開口面の風速によらず同じ傾向を示した。また、開口面の形状が相似であれば、風速の減衰が開口面の大きさによらず同じ傾向を示すことが確認できた。

4.2 外付け式フードの開口面風速とフード周辺漏洩濃度の関係

外付け式フードの吸引風速を変化させ、フード周辺の漏洩濃度を測定した。捕捉点の風速が 0.10m/s 以上であれば漏洩が防げると確認できた。

従来、定められている粉じんの制御風速は外付け式フードに対しては 1.0m/s であり、今回得られた値と比較すると制御風速よりも非常に低い風速であっても漏洩を防ぐことができた。ただし、本研究は線香の煙を用いた実験であり、粉じ

ん則で対象にしている粉じんとは比重が異なる。そのため、作業現場の粉じんに対しても同様なことが言えるとは言い難いが、吸引風速に対して制御風速が過剰に制定されているということは明らかであると考え。つまり、作業場の状態によっては、法令で定められている制御風速を満たさなくても作業環境が良好に保たれることが示唆された。

4.3 各種バグフィルター用フィルターの粉じん捕集特性

各種バグフィルターの実験結果から各フィルターの特徴を以下にまとめる。

- 1) 織布製 TS303B は、捕集効率の上昇率は不織布製 T-400g と同じ挙動を示していた。捕集効率は初期の段階では 82.9% で、初期の圧力損失から約 2 倍になった時点では 95.1% に上昇した。
- 2) 織布製 TS401B は、初期の圧力損失は織布製 TS303B に比べると約 2 倍高かったが、捕集効率は初期の段階では 87.2% と織布製 TS303B よりも高い値であった。初期の圧力損失から約 2 倍になった時点では 94.4% に上昇した。
- 3) 不織布製 T-400g は、初期の圧力損失は 17.8Pa と他の 3 種類に比べて非常に低かった。捕集効率は初期の段階では 71.2%、初期の圧力損失から 2 倍の時点では 94.5% に上昇したが、他の 3 種類のフィルターよりも多く粉じんを堆積させないと高い捕集効率を得られないということがわかった。
- 4) 不織布製 T-400TF は、初期の圧力損失は、表面にテフロン加工が施されているため) 不織布製 T-400g に比べて高い値であった。しかし、そのことにより捕集効率は初期の段階から 99.1% と非常に高い値が得られた。初期の圧力損失から約 2 倍になった時点では 99.7% に上昇した。初期の段階から非常に高い捕集効率が得られることが確認できた。

以上のことより、フィルターの性能や選定条件、さらに圧力損失による排風機への負荷も考慮すると、発散源の濃度が比較的低い場合には、不織布製 T-400g のような低圧損のフィルターが適していると考えられる。さらに初期の段階から高い捕集効率が必要な場合には織布製 TS303B や織布製 TS401B が、99% 以上の捕集効率を必要とする場合には不織布製 T-400TF が適していると考えた。

4.4 まとめ

小型局所排気装置を作製し、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小型局所排気装置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様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、経費の関係で小型の発散抑制装置を作製し、溶接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。

4.5 粉じん則の一部改正に必要な要件

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に関して、粉じん則改正に必要な要件は、下記の通りと考える。

- 1) 制御風速を満足していなくても粉じん作業との作業性が良く、発散抑制装置の開口面からの漏洩が無いこと。
- 2) 発散抑制装置にバグフィルター用のフィルターを取り付け、排出口からの粉じんの排出がないように、排出口にデジタル粉じん計等常時監視できる粉じん計を設置し、排出口からの粉じんの漏洩を常時監視すること。
- 3) 発散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、その時作業者の粉じんばく露濃度及び粉じんの10分間移動平均値が管理濃度以下であること。

4.6 粉じん則の一部改正の必要性

現在、「有機溶剤中毒予防規則等の一部を改正する省令」により、局所排気装置等以外の発散抑制装置の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破瓜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である。

そうした現実を考えた時、粉じんの局所排気装置等以外の発散抑制装置は、有機溶剤比べて、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いる。また、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などリアルタイムモニターがそろっている。こうしたことから、局所排気装置等以外の発散抑制装置の現場適用は、粉じんが一番現実性があると考えるので、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) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 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
- 7) 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
- 8) 名古屋俊士：東日本大震災と環境汚染～アースドクターの診断～、早稲田大学出版部 2012
- 9) 名古屋俊士：粉じんのリアルタイムモニタリング、作業環境、Vol.33, No.6、p.98-106、日本作業環境測定協会、2012

- 10) 名古屋俊士：粉じんと粉じん測定の世界、作業環境、Vol.33, No.4、p.72-83、日本作業環境測定協会、2012
- 11) 長谷川彰、村田克、名古屋俊士：金属加工時に発生する切削油剤ミスト濃度の測定法の開発に関する研究、作業環境、Vol.33, No.3、p.56-57、日本作業環境測定協会、2012
- 12) 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の測定法の開発に関する研究、作業環境、Vol.33, No.3、p.71-75、日本作業環境測定協会、2012
- 13) 谷口禎章、渡邊雄亮、吉田さやか、名古屋俊士：各種金属酸化物触媒を用いた代替フロンHFC-23の分解に関する研究、作業環境、Vol.33, No.2、p.69-76、日本作業環境測定協会、2012
- 14) 上野広行、名古屋俊士他：誘導体化-加熱脱着GC/MS法によるPN2.5中の極性及び非極性有機成分の簡易迅速分析、大気環境学会誌、Vol.47, No.6、p.241-251、大気環境学会、2012
- 15) 森雄亮、中村憲司、村田克、小山博巳、名古屋俊士：ナノマテリアル粒子捕集用サーマルプレシピテーターの開発に関する研究、作業環境、Vol.33, No.2、p.77-80、日本作業環境測定協会、2012
- 16) Ono-Ogasawara, M., Myojo, T.: A proposal of method for evaluating airborne MWCNT concentration, Industrial Health, Vol.49, No.6 726-734 2011

2. 研究発表

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 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

- 6) 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
- 7) 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
- 8) 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 型の特性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
- 9) 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
- 10) 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
- 11) 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
- 12) 藤井由貴、名古屋俊士他：ナノ材料に対する防じんマスクのサー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
- 13) 高橋利和、名古屋俊士：繊維状光触媒を用いた有機溶剤ガスの分解装置に関する研究、第 51 回日本労働衛生工学会、p 48 ~ 49 2012
- 14) 田中雄太、名古屋俊士：オゾンを用いた VOC 分解装置の開発に関する研究、第 51 回日本労働衛生工学会、p 50 ~ 51 2012
- 15) 原田侑宣、名古屋俊士他：ナノ粒子を測定対象とした LD-5N2 の開発、第 51 回日本労働衛生工学会、p 52 ~ 53 2012
- 16) 藤井由貴、名古屋俊士：ナノ材料に対する防じんマスクのサージカルフィルターの捕集特性、24 年度 ISRP アジア支部研究発表予稿集、2012
- 17) 奥琢哉、名古屋俊士他：炭酸ガスアーク溶接作業時の PAPR 面体内外の CO 濃度の調査、24 年度 ISRP アジア支部研究発表予稿集 2012

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 |
|----------------------------|---|----------|---------------|---------------|------|
| 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 | 2014 |
| 中村憲司、 名古屋俊士 | 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 | 2014 |
| 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 | 2013 |
| 長谷川彰、 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.3 | p.46 ~ 54 | 2013 |
| 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 | 2013 |
| 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 | p. 1 ~ 9 | 2013 |
| 名古屋俊士 大河内博、 香村 | 東日本大震災と環境汚染～アースドクタの診断 | 早稲田大学出版部 | | | 2012 |
| 名古屋俊士 | 粉じんのリアルタイムモニタリング | 作業環境 | Vol.33、No. 6 | p.98 ~ 106 | 2012 |
| 名古屋俊士 | 粉じんと粉じん測定の世界史 | 作業環境 | Vol.33、No. 4 | p.72 ~ 83 | 2012 |

| 著者 | 論文等タイトル | 発表誌名 | 巻号 | ページ | 出版年 |
|--------------------|--|----------|-------------------|---------------|------|
| 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 | 2014 |
| 中村憲司、名古屋俊士 | 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 | 2014 |
| 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 | 2013 |
| 長谷川彰、村田克、 名古屋俊士 | 溶剤抽出ー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.3 | p.46 ~ 54 | 2013 |
| 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 | 2013 |
| 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 | p. 1 ~ 9 | 2013 |
| 名古屋俊士 大河内博、香村 | 東日本大震災と環境汚染～アースドクタの診断 | 早稲田大学出版部 | | | 2012 |
| 名古屋俊士 | 粉じんのリアルタイムモニタリング | 作業環境 | Vol.33、 No. 6 | p.98 ~ 106 | 2012 |
| 名古屋俊士 | 粉じんと粉じん測定の世界 | 作業環境 | Vol.33、 No. 4 | p.72 ~ 83 | 2012 |