

図 7.65 風速変動（時計回り）

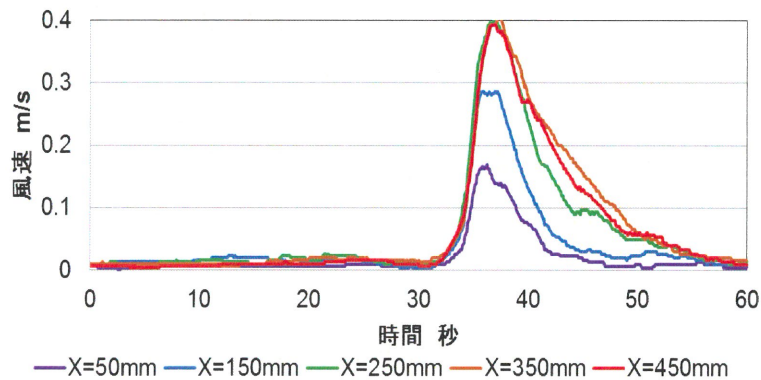


図 7.66 風速変動（反時計回り）

反時計回りの時は時計回りの時よりも、捕捉点風速が上昇した。時計回りでは、実験者にとってマネキン方向からフード方向への回転であり、反時計回りでは、時計回りとは逆で、実験者にとってフード方向からマネキン方向への回転であった。このことから、反時計回りの方が捕捉点風速の風速変化に影響を与えやすいと考えられる。

この時の漏洩濃度およびばく露濃度の測定結果を表 7.19 に示す。

表 7.19 質量濃度測定結果（時計回り、反時計回り）

移動	排风量 m ³ /min	測定点							単位 (mg/m ³)
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
時計回り	3	0.126	0.015	0.001	<0.001	0.169	1.238	0.003	
	4	0.020	0.024	0.001	<0.001	0.006	0.001	0.000	
	5	0.052	0.002	0.000	<0.001	0.018	0.000	0.001	
	6	0.000	0.001	0.000	<0.001	0.000	0.000	0.000	
反時計回り	3	0.292	0.001	0.001	<0.001	0.055	0.001	0.203	
	4	0.125	0.001	0.001	<0.001	0.002	0.001	0.046	
	5	0.065	0.003	0.000	<0.001	0.006	0.000	0.005	
	6	0.017	0.001	0.000	<0.001	0.000	0.000	0.081	

時計回りと反時計回りの時には、 $4\text{m}^3/\text{min}$ で漏洩およびばく露を防げた。

c) 南方向および北方向

フードのファンを稼働していない時に、南方向および北方向に人が移動した時の作業台上の風速変化について、図 7.67 及び図 7.68 に示す。

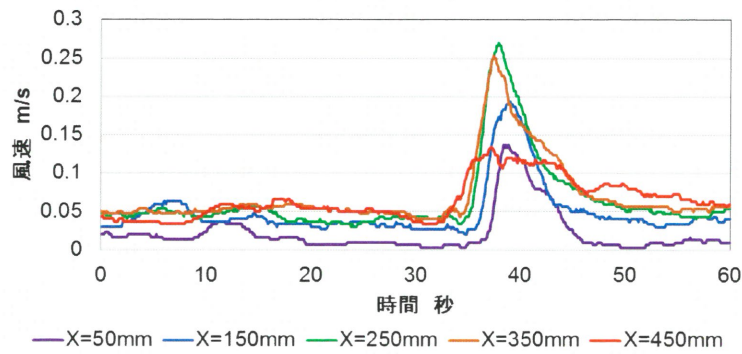


図 7.67 風速変動（南方向）

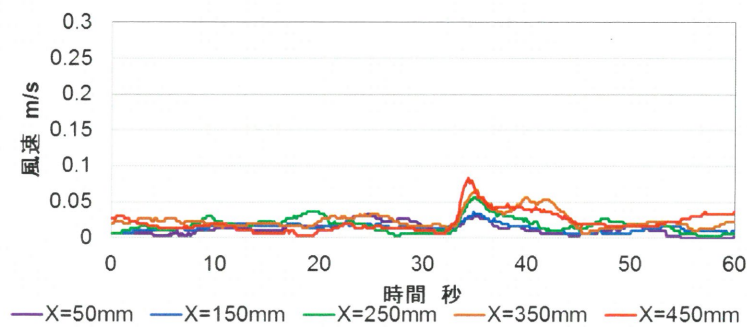


図 7.68 風速変動（北方向）

図 7.67 及び図 7.68 より、南方向と北方向で作業台上の風速変化に違いが見られた。南方に人が移動した場合の方が北方向よりも風速変化が大きくなった。この時の漏洩濃度及びばく露濃度の測定結果を表 7.20 に示す。

表 7.20 質量濃度測定結果（北方向、南方向）

移動	排風量 m^3/min	測定点							単位(mg/m^3)
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
南方向	3	0.062	0.007	0.004	<0.001	2.389	0.168	0.000	
	4	0.001	0.001	0.001	<0.001	0.420	0.001	0.000	
	5	0.000	0.000	0.000	<0.001	0.630	0.000	0.000	
	6	0.000	0.000	0.000	<0.001	0.229	0.000	0.000	
北方向	3	0.001	0.001	0.030	<0.001	0.855	2.571	0.000	
	4	0.001	0.001	0.001	<0.001	0.181	0.563	0.000	
	5	0.000	0.000	0.000	<0.001	0.445	0.252	0.000	
	6	0.000	0.000	0.000	<0.001	0.014	0.000	0.000	

表 7.20 より、マネキンの腰の位置（測定点⑤、測定点⑥）において漏洩が見られた。風速変化の測定結果の通り、南方向の方が外乱気流による影響が大きかった。

7.4.4 CO₂排出量の低減

本実験で屋内排気型フードを稼働した時の電流値 A、消費電力 W を表 7.21 に示し、そこから算出した 1 日 (8 時間) の消費電力量 kWh、1 か月の消費電力量 kWh、1 か月の温室効果ガス排出量も併せて示す。電圧は 100V である。温室効果ガス排出量は東京電力株式会社の平成 26 年度温室効果ガス排出量係数 0.5kg-CO₂/kWh³⁾を用いた。

表 7.21 消費電力量および CO₂ 排出量の削減

排風量 m ³ /min	3	4	5	6
捕捉点風速 m/s	0.03	0.05	0.06	0.08
電流値 A	0.86	1.26	1.87	2.45
消費電力 W	86	126	187	245
1 日 (8 時間) の消費電力量 kWh	0.7	1.0	1.5	2.0
1 か月 (20 日間) の消費電力量 kWh	13.8	20.2	29.9	39.2
1 か月の CO ₂ 排出量 kg	6.9	10.1	15.0	19.6

表 7.21 のように、6m³/min から 5m³/min に 1m³/min 排風量を少なくするだけでも約 10kWh の消費電力量の削減ならびに約 5kg の CO₂ の削減ができることが分かる。今回用いた屋内排気型フードを制御風速を満たすように稼働すると約 70m³/min 必要となることから、捕捉点風速を制御風速よりも遅くして排風量を少なくできれば、消費電力ならびに CO₂ 排出量を大きく削減できる。

7.4.5 粉じんに対する屋内排気の検証実験

7.4.5(a) 実験目的

煙粒子を、屋内排気型フードで吸引しても集じんフィルター通過後の濃度は非常に低濃度であった。そこで、煙粒子以外の粉じんに対しても同様に、屋内排気型フードで吸引し、フィルター通過後の濃度を測定することで、屋内排気型フードの屋内排気の有効性を検証した。

7.4.5(b) 実験方法

屋内排気型フードの前方で粉じんを発生し、フードで吸引した時の集じんフィルター通過後の濃度をデジタル粉じん計 LD-5 で測定した。測定時間は 3 分間とした。フィルター通過後の濃度の測定状況を図 7.69 に示す。なお、屋内排気型フードには、プレフィルターとして金属メッシュフィルターが 10 枚と HEPA フィルターが内蔵されている。



図 7.69 フィルター通過後の濃度測定状況

7.4.5(c) 発生粉じん

(1) マグネシウム

マグネシウムリボンを燃焼して粉じんを発生させた。図 7.70 のように、7cm に切り取ったマグネシウムリボンの先端をバーナーで点火し、酸化マグネシウム粉じんを発生させた。



図 7.70 マグネシウムリボン

(2) 砂岩

砂岩の表面を手持ち式グラインダーで研磨することにより、粉じんを発生させた。研磨した砂岩を図 7.71 に示し、研磨した時の外観を図 7.72 に示す。



図 7.71 研磨した砂岩

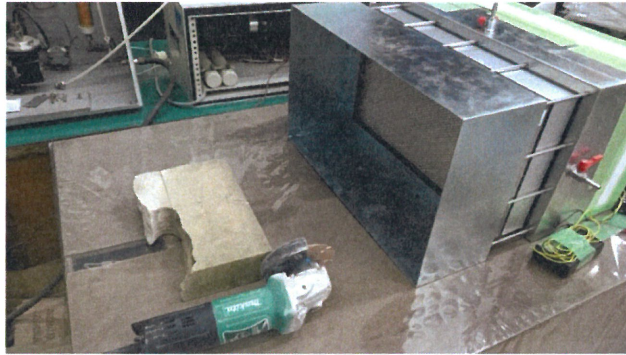


図 7.72 外観

7.4.5(d) 実験結果

(1) マグネシウム

事前に、マグネシウムリボンを燃焼し、発生した粉じんの個数濃度による粒度分布をWPSで10分間測定した。測定結果を図7.73に示す。なお、WPSによる測定結果は、12chのそれぞれの測定結果の平均値をプロットしている。

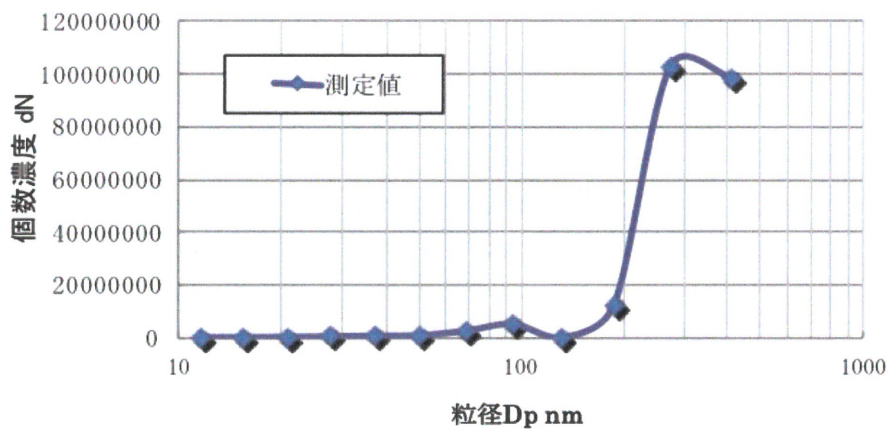


図 7.73 マグネシウムリボンを燃焼させたときに発生させた粉じんの個数濃度による粒度分布

図7.73より、マグネシウムリボンを燃焼したときに発生した粉じんは220.46 nm～326.12 nmの範囲にピークが見られた。また、この粉じんを屋内排気型フードで吸引した時のフィルター通過後の粉じん濃度測定結果を表7.22に示す。なお、K値は0.004 mg/m³/cpmであった。

表 7.22 フィルター通過後の濃度

	1回目	2回目	3回目	平均値
フィルター通過後の濃度 (mg/m ³)	0.003	0.001	0.001	0.002

(2) 砂岩

砂岩を手持ち式グラインダーで研磨し、発生させた粉じんを屋内排気型フードで吸引した時のフィルター通過後の粉じん濃度測定結果を表 7.23 に示す。なお、K 値は $0.003\text{mg}/\text{m}^3/\text{cpm}$ であった。

表 7.23 フィルター通過後の濃度

	1 回目	2 回目	3 回目	平均値
フィルター通過後の濃度 (mg/m^3)	0.006	0.005	0.009	0.007

7.4.5(e) 考察

(1) マグネシウムリボンを燃焼した時

表 7.22 より、屋内排気型フード前方でマグネシウムリボンの燃焼によって、発生した粉じんのフィルター通過後の濃度は非常に低い濃度であった。WPS により、今回発生させた粉じんの粒度分布は 220.46 nm ~ 326.12 nm の範囲でピークが見られた。また、金属メッシュフィルターは乾式 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の粉じん粒子に対して、90~99%以上の除じん効果を実証されており、金属メッシュフィルターの後ろに重ねた HEPA フィルターは $0.3\text{ }\mu\text{m}$ の粒子に対し 99.97%以上の捕集効率が実証されている。これらのことから、金属メッシュフィルターと HEPA フィルターにより粉じんを十分に捕集できたと考えられる。

(2) 砂岩を研磨した時

表 7.23 より、屋内排気型フード前方で砂岩を研磨することによって発生させた粉じんのフィルター通過後の濃度は、非常に低い濃度であった。砂岩を研磨した時には、破片も飛び散っており、そういった比較的大きい粒子は金属メッシュフィルターで捕集されていた。フィルター通過後の濃度が非常に低い濃度であったことから、金属メッシュフィルターと HEPA フィルターで粉じんを十分に捕集できた。

7.4.6 総括

(1) 捕捉点風速

作製した屋内排気型フードを用いて、マネキン、発煙 BOX の有無によって捕捉点風速が変化するかを検証した。その結果、マネキンが有る時は無い時よりも捕捉点風速が遅くなった。ただし、測定状況③ (マネキン有り、発煙 BOX 無し)を除き、測定状況① (マネキン無し、発煙 BOX 無し)、測定状況② (マネキン無し、発煙 BOX 有り)、測定状況④ (マネキン有り、発煙 BOX 有り)の時の捕捉点風速の大きさの差は微小であった。

(2) 外乱気流

プッシュフードを用いて一様な気流を発生させ、その時の煙の漏洩濃度およびばく露濃度を測定した。本実験において、制御風速よりも遅い吸引風速であっても漏洩およびばく露を防げた。ただし、斜め前方と前方からの $0.4\text{m}/\text{s}$ 以上の気流に対しては、ついたてを立てる等の対策をし、外乱気流の影響をなくすことが望ましいと考えられた。

(3) 人の移動による外乱気流

作業台周囲を人が歩行した時の煙の漏洩濃度およびばく露濃度を測定した。フード側面に沿って移動した場合には移動する向きによって、作業台上に及ぼす影響は異なった。また、フード側面から 1000mm 離れて移動する時は、人の移動により発生する外乱気流が漏洩およびばく露に及ぼす影響はほとんどなかった。作業台に向かい、反時計回りをして U ターンをする移動では、ばく露濃度が高くなった。ただし、 $4\text{m}^3/\text{min}$ 以上で漏洩およびばく露を防ぐことができた。マネキン背後を移動する時は、主にマネキンの腰の位置において漏洩が見られた。ただし、制御風速よりも遅い吸引風速で漏洩は防げると考えられた。

(4) 各種粉じんに対する屋内排気の検証

マグネシウムリボンを燃焼して発生した粉じんと、砂岩を研磨して発生した粉じんをそれぞれ屋内排気型フードで吸引し、集じんフィルター通過後の粉じん濃度を測定した。その結果、集じんフィルター通過後の粉じん濃度は非常に低濃度であり、屋内排気型フードに内蔵した集じんフィルターで粉じんは十分に捕集されていた。使用したフィルターはプレフィルターとして金属メッシュフィルターをメインフィルターとして HEPA フィルターを使用した。集塵効率の高いフィルターを用いれば、作業環境に影響を与えないくらいの粉じん濃度に抑えて屋内排気ができ、局所排気装置以外の屋内排気型フードの導入が可能になると考えられた。

参考文献

- 1) 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、p90～p92
- 2) 国際交通安全学会 112 プロジェクトチーム、地域文化特性と運転行動、1980
- 3) 東京電力株式会社、<http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc>

7.5 粉じん則一部改正のための現場検証調査

7.5.1 目的

これまでの結果から、作業環境が良好な場合には、局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くして稼働しても、作業環境を良好に維持できることが示唆された。このため、実際に粉じんを取り扱い、第1管理区分を維持している作業場で、作業現場に設置されている局所排気装置の吸引風速を制御風速より遅くした状態で局所排気装置からの粉じんの漏洩濃度、作業環境測定および作業者の粉じんばく露濃度測定を行い、局所排気装置の吸引風速を制御風速よりも遅くしても第1管理区分が維持できるかどうかの検証を行った。測定対象現場は、粉じん取扱い作業場で第1管理区分になっている事業場として、4つの作業現場（金属研磨作業現場、衛生陶器研磨作業現場、プレート溶接作業現場、ベルト研磨・バフ研磨作業現場）を選定した。

7.5.2 測定方法

作業に発生する粉じんについて、作業環境測定および作業者の粉じんばく露濃度測定を作業中に行った。作業環境測定では、慣性衝突式ローボリュームエアサンプラーNW-351とデジタル粉じん計LD-5を用いて、併行測定および各測定点における相対濃度測定を行った。粉じんばく露濃度測定では、デジタル粉じん計LD-6Nの検出部を作業者の肩に固定し、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。

7.5.3 評価方法

作業環境測定基準に従った評価と個人粉じんばく露濃度と管理濃度との比較での評価を行った。さらに、管理濃度と粉じんばく露濃度の比較だけでなく、10分間移動平均値の結果も併せて評価した。つまり、作業時の粉じんばく露濃度が管理濃度を下回った場合でも、発生する粉じん濃度の時間的変動状況によっては、一時的に粉じんばく露濃度が管理濃度を超えている場合も想定できるので、このことを考慮し管理濃度と粉じんばく露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。

7.5.4 金属研磨作業現場

7.5.4(a) 測定対象作業現場の概要

油圧機器と精密機械加工、建機用部品と自動車用等を製作および加工する工場で、測定は工場内で金属加工に使用するドリル等の修理のために、両頭グラインダー、万能工具研磨機、研削盤、湿式研磨機により、ドリル等の切削工具を研磨する作業工程において、今回両頭グラインダーおよび研削盤において切削工具を研磨する作業が継続的に行われた。

作業場では、研磨作業に2名の作業者が従事していた。設置されている研磨機等には、局所排気装置が設置されており、連続稼働している。測定対象作業場の概略を図7.1に示す。また、研磨作業の状況を図7.2に示す。

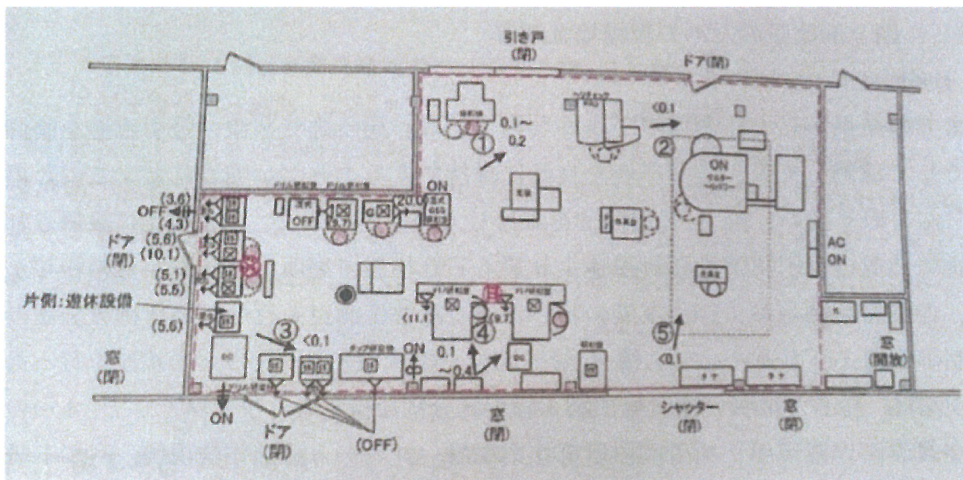


図 7.1 測定対象作業場の概略



図 7.2 研磨作業の作業状況

7.5.4(b) 作業環境測定

測定対象作業場に、図 7.1 に示す 5 測定点 (①~⑤) を設定して、作業環境濃度を測定した。併行測定により求めた質量濃度変換係数 K 値は、 $0.0040 \text{ mg/m}^3/\text{cpm}$ である。また、粉じん中の遊離けい酸は 0 % であり、管理濃度は 3.0 mg/m^3 である。

各測定点の測定結果および結果から算出した管理区分を表 5.1 に示す。

表 5.1 各測定点における粉じん濃度と管理区分

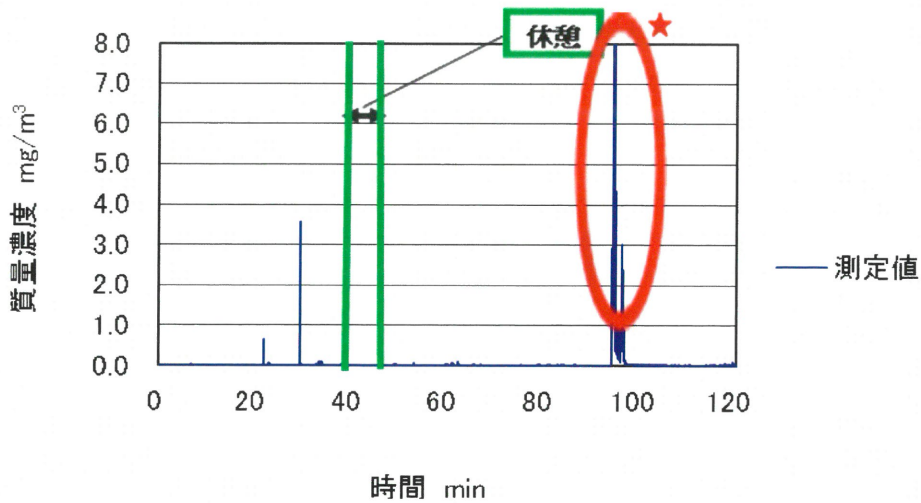
粉じん濃度 (mg/m^3)	測定点 1	0.07
	測定点 2	0.06
	測定点 3	0.06
	測定点 4	0.13
	測定点 5	0.04
幾何平均値 M_1 (mg/m^3)		0.07
幾何標準偏差 σ_1		1.53
幾何標準偏差 σ		2.21
E_{A1}		0.25
E_{A2}		0.09
管理濃度 (mg/m^3)		3.0
管理区分		第 1 管理区分

表 5.1 よりこの作業環境は第 1 管理区分である。

7.5.4(c) 研磨作業時の作業者の粉じんばく露濃度測定および漏洩濃度測定

1) ドリル研削機による研磨作業

ドリル研削機による研磨作業を行っている作業者の粉じんばく露濃度測定結果は $0.058 \text{ mg}/\text{m}^3$ であった。また、作業者の粉じんばく露濃度の時間的変動状況を図 7.3 に示す。さらに、10 分間移動平均値の結果を図 7.4 に示す。



(★は、意図的に排気装置の排風量を変更したことによる濃度の上昇を示す)

図 7.3 ドリル研削機による研磨作業時の粉じんばく露濃度の変動状況