

た。

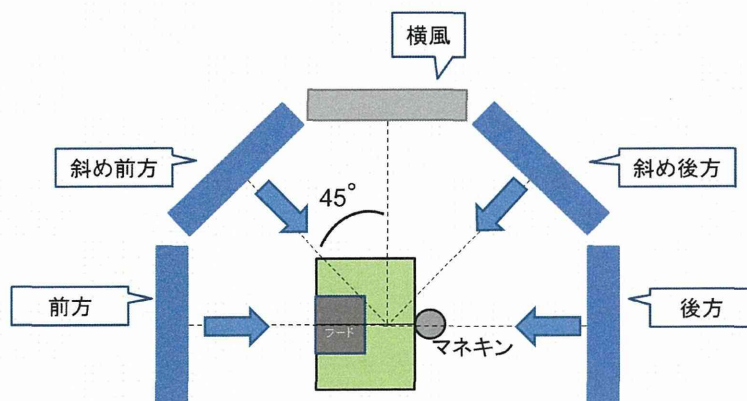


図 4.50 プッシュフードの位置

(2) 実験結果および考察

a) 外乱気流が無い場合

まず、各排風量でフードを稼働した時の捕捉点風速の測定結果を表 4.9 に示す。これは、多点風速計によって得られた値を用いている。

表 4.9 排風量ごとの捕捉点風速

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

表 4.9 より、排風量 6m³/min 以下で漏洩およびばく露を防げれば、制御風速以下の吸引風速で発生した煙を捕捉できると考えられる。

外乱気流が無い場合の漏洩濃度およびばく露濃度の測定結果を表 4.10 に示す。ただし、漏洩およびばく露濃度測定は煙発生 30 秒後から開始し、10 分間行った。漏洩判定基準値を超えた場合は色付けしている。

表 4.10 質量濃度測定結果 (外乱気流なし)

排風量 m ³ /min	測定点							単位 (mg/m ³)
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
3	0.010	<0.001	0.402	<0.001	1.202	0.961	0.001	
4	0.011	<0.001	0.006	<0.001	0.001	0.004	<0.001	
5	0.011	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	
6	0.010	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.006	<0.001	

表 4.10 より 3m³/min の時、フード周囲(測定点③)、マネキンの腰の位置(測定点⑤、⑥)において漏洩があった。4m³/min 以上で漏洩およびばく露を防げた。

b) 横風

横風を発生させた実験中は測定点⑥の測定器を横風の下流側(測定点⑥')に移動した。これは、目視により、発煙 BOX から発生した煙はプッシュフードからの横風によって横風の下流側に漏洩していることを確認したためである。

横風を発生した時の漏洩濃度およびばく露濃度の測定結果を表 4.11 に示す。

表 4.11 質量濃度測定結果（横風）

風量 m ³ /min	外乱気流 m/s	測定点							単位 (mg/m ³)
		①	②	③	④	⑤	⑥'	⑦	
3	0.2	1.784	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.207	<0.001	
	0.3	1.115	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.353	<0.001	
	0.4	6.624	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.007	<0.001	
4	0.2	0.089	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.003	<0.001	
	0.3	0.563	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.003	<0.001	
	0.4	0.599	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.003	<0.001	
	0.5	1.904	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.003	<0.001	
5	0.2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	
	0.3	0.016	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	
	0.4	0.263	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.035	<0.001	
	0.5	0.585	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	
6	0.2	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	
	0.3	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	
	0.4	0.222	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.014	<0.001	
	0.5	0.320	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	

表 4.11 より横風が有る時には主にフード側面の横風の下流側（測定点①）において漏洩が見られた。また、3m³/min の時には測定点⑥' においても漏洩が見られた。これは、フードで吸引する力が弱かったことから、煙が横風に乗りやすくなり、作業台側方の測定点⑥' において漏洩が見られたと考えられた。

横風が 0.3m/s 以下の時は、5m³/min で漏洩を防ぐことができ、その時の捕捉点風速は表 4.9 より 0.06m/s であった。横風が 0.4m/s 以上の時には、6 m³/min よりも大きい排風量が必要となるが、質量濃度測定結果から、0.4m/s、0.5m/s の横風に対しても制御風速 1.0m/s より遅い吸引風速で漏洩およびばく露は防げると考えられた。

測定点①で最も漏洩が見られたため、横風が発生する作業場では、横風の下流側のフード側面で漏洩濃度を監視することで、作業場に適した排風量を設定することができると考えられた。

c) 前方からの気流

前方からの気流が有る場合の漏洩濃度およびばく露濃度の測定結果を表 4.12 に示す。

表 4.12 質量濃度測定結果（前方）

風量 m ³ /min	外乱気流 m/s	測定点							単位 (mg/m ³)
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
3	0.2	<0.001	0.002	—	<0.001	0.130	0.500	<0.001	
	0.3	<0.001	0.003	—	<0.001	0.013	0.079	<0.001	
	0.4	<0.001	0.007	—	<0.001	0.190	0.009	0.003	
	0.5	<0.001	0.092	—	<0.001	4.191	0.183	0.008	
	0.6	<0.001	0.047	—	<0.001	1.137	0.075	0.003	
4	0.2	<0.001	0.002	—	<0.001	0.001	0.139	<0.001	
	0.3	<0.001	0.003	—	<0.001	0.032	0.042	<0.001	
	0.4	<0.001	0.005	—	<0.001	0.004	0.012	0.002	
	0.5	<0.001	0.002	—	<0.001	3.598	1.494	0.001	
	0.6	0.095	0.002	—	<0.001	2.734	0.986	0.001	
5	0.2	<0.001	0.002	—	<0.001	0.001	0.034	<0.001	
	0.3	<0.001	0.003	—	<0.001	0.001	0.160	<0.001	
	0.4	<0.001	0.005	—	<0.001	0.004	0.046	0.001	
	0.5	0.106	0.002	—	<0.001	4.140	6.228	0.003	
	0.6	0.148	0.002	—	<0.001	2.387	2.223	0.001	
6	0.2	<0.001	0.002	—	<0.001	0.001	0.034	<0.001	
	0.3	<0.001	<0.001	—	<0.001	0.002	0.087	<0.001	
	0.4	<0.001	0.004	—	<0.001	0.002	0.062	<0.001	
	0.5	<0.001	0.002	—	<0.001	4.862	8.575	0.001	
	0.6	0.084	0.002	—	<0.001	4.634	7.613	0.001	

測定状況を図 4.51 に示す。



図 4.51 測定状況

スモークテスターにより気流の流れを確認したところ、屋内排気型フードから排気された気流はプッシュフードで跳ね返されているようであった。このイメージ図を図 4.52 に示す。

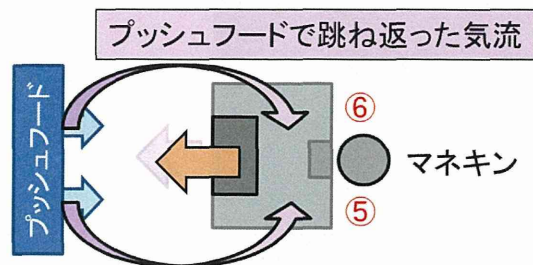


図 4.52 排気した気流の流れのイメージ図

表 4.12 より発生した煙はフード周囲やマネキンの呼吸域（測定点⑦）ではなくマネキンの腰の方（測定点⑤、⑥）へ漏洩した。これは、プッシュフードからの気流に加え、プッシュフードで跳ね返されて作業台の方へ戻ってきたフードからの排気が影響を及ぼしていると考えられる。

プッシュフードからの 0.4m/s 以下の気流に対しては、6m³/min で漏洩およびばく露を防げる結果となった。0.5m/s 以上の気流に対しては漏洩濃度が高くなったことから対策が必要と考えられる。また、屋内排気ならではの考慮すべき点として排気側に壁が有ることで壁に跳ね返った気流が発散源の漏洩に影響を与えることが考えられた。つまり、スモークテスターによる気流の確認や排気側を壁の近くに向けて設置しないよう注意する必要がある。

d) 斜め前方からの気流

斜め前方からの気流に対する漏洩およびばく露濃度の測定結果を表 4.13 に示す。

表 4.13 質量濃度測定結果（斜め前方）

風量 m ³ /min	外乱気流 m/s	測定点							単位 (mg/m ³)
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
3	0.2	1.217	0.002	<0.001	<0.001	5.528	0.056	0.001	
	0.3	4.730	0.002	<0.001	<0.001	0.767	0.003	0.001	
4	0.2	0.045	0.002	<0.001	<0.001	0.046	<0.001	0.001	
	0.3	0.571	0.002	<0.001	<0.001	0.325	0.004	<0.001	
5	0.2	0.092	0.002	<0.001	<0.001	0.644	0.001	0.001	
	0.3	1.739	0.002	<0.001	<0.001	0.274	<0.001	<0.001	
6	0.2	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	0.027	0.002	0.002	
	0.3	2.163	0.002	<0.001	<0.001	0.114	<0.001	<0.001	
	0.4	3.788	0.002	<0.001	<0.001	0.173	3.976	0.001	

測定状況を図 4.53 に示す。



図 4.53 測定状況 (斜め前方)

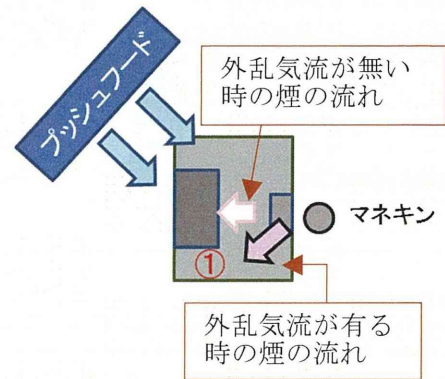


図 4.54 煙の流れのイメージ図

表 4.13 より、測定点①の漏洩濃度が高かった。これは、斜め前方からの気流により、フードへ向かう吸引気流が乱され図 4.54 に示すイメージ図のように発生した煙がフード側面 (測定点①) へ漏洩したためと考えられる。プッシュフードからの気流 0.2m/s に対しては 6m³/min で漏洩およびばく露が防げると考えられた。しかし、0.3m/s 以上の場合にはさらに大きい排風量が必要であると考えられた。

e) 斜め後方からの気流

斜め後方からの気流がある場合の漏洩およびばく露濃度の測定結果を表 4.14 に示す。

表 4.14 質量濃度測定結果 (斜め後方)

風量 m ³ /min	外乱気流 m/s	測定点							単位 (mg/m ³)
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
3	0.2	0.001	—	—	<0.001	0.277	0.005	0.005	
	0.3	<0.001	—	—	<0.001	2.076	0.003	0.008	
	0.4	<0.001	—	—	<0.001	0.226	0.002	0.002	
	0.5	3.662	0.003	—	<0.001	0.264	—	0.002	
	0.6	12.743	0.002	—	<0.001	0.003	—	0.002	
4	0.2	<0.001	—	—	<0.001	0.126	0.004	0.004	
	0.3	<0.001	—	—	<0.001	1.276	0.003	0.010	
	0.4	<0.001	—	—	<0.001	0.262	0.002	0.002	
	0.5	<0.001	0.003	—	<0.001	0.077	—	0.002	
	0.6	0.092	0.002	—	<0.001	0.009	—	0.002	
5	0.2	<0.001	—	—	<0.001	0.085	0.004	0.003	
	0.3	<0.001	—	—	<0.001	0.221	0.003	0.006	
	0.4	<0.001	—	—	<0.001	0.247	0.002	0.003	
	0.5	0.106	0.002	—	<0.001	0.009	—	0.002	
	0.6	0.914	0.001	—	<0.001	0.011	—	0.002	
6	0.2	<0.001	—	—	<0.001	0.002	0.003	0.003	
	0.3	<0.001	—	—	<0.001	0.008	0.003	0.004	
	0.4	<0.001	—	—	<0.001	0.107	0.002	0.002	
	0.5	<0.001	0.002	—	<0.001	0.033	—	0.002	
	0.6	<0.001	0.001	—	<0.001	0.007	—	0.002	

測定状況を図 4.55 に示す。



図 4.55 測定状況（斜め後方）

プッシュフードからの気流の下流側にある測定点①、測定点⑤において漏洩が主に見られた。しかし、ばく露は見られなかった。斜め前方や前方からの気流と比べ、斜め後方からの気流は発生した煙の漏洩への影響は小さかった。これは、斜め後方からの気流は発生した煙を後ろからフード方向へ押し出しており、フード近傍の吸引風速は速いことから、煙がプッシュフードからの気流で押し出されてもフードで捕捉できたためと考えられる。

6m³/min であればプッシュフードからの気流 0.2m/s～0.6m/s に対して漏洩およびばく露を防げる結果となった。

f) 後方からの気流

後方からの気流に対する、漏洩およびばく露濃度の測定結果を表 4.15 に示す。

表 4.15 質量濃度測定結果（後方）

風量 m ³ /min	外乱気流 m/s	測定点 単位 (mg/m ³)						
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
3	0.2	<0.001	<0.001	0.439	<0.001	6.793	—	0.002
	0.3	<0.001	<0.001	1.197	<0.001	5.685	—	0.003
	0.4	2.468	0.256	0.850	<0.001	1.682	—	0.032
	0.5	3.561	0.834	0.590	<0.001	0.377	—	0.081
	0.6	2.054	1.147	0.490	<0.001	1.077	—	0.125
4	0.2	<0.001	<0.001	0.281	<0.001	3.717	—	0.002
	0.3	0.121	0.004	0.762	<0.001	0.516	—	0.003
	0.4	0.445	0.256	0.445	<0.001	0.039	—	0.022
	0.5	0.831	0.223	0.191	<0.001	0.038	—	0.035
	0.6	0.184	0.520	0.213	<0.001	0.157	—	0.439
5	0.2	<0.001	<0.001	0.151	<0.001	0.239	—	0.002
	0.3	0.029	0.008	0.391	<0.001	0.147	—	0.003
	0.4	0.078	0.014	0.221	<0.001	0.011	—	0.041
	0.5	0.220	0.159	0.182	<0.001	0.006	—	0.054
	0.6	0.060	0.171	0.146	<0.001	0.021	—	0.319
6	0.2	<0.001	<0.001	0.108	<0.001	0.209	—	0.002
	0.3	0.020	0.003	0.164	<0.001	0.008	—	0.003
	0.4	0.009	0.008	0.021	<0.001	0.003	—	0.041
	0.5	0.037	0.017	0.108	<0.001	0.004	—	0.015
	0.6	0.006	0.018	0.073	<0.001	0.005	—	0.080

測定状況を図 4.56 に示す。



図 4.56 測定状況（後方）

表 4.15 の結果から、マネキンの後方からの気流は、ばく露濃度に影響があった。マネキン背後からの気流は、マネキンの前方で呼吸域の方へと上昇し、発生した煙の一部が測定点⑦へ達したと考えられた。6m³/min の時にプッシュフードからの気流 0.2m/s で漏洩が見られたが、質量濃度測定結果から、制御風速以下で 0.2m/s～0.6m/s の後方からの気流に対しては漏洩・ばく露を防げる結果となった。

ここで、プッシュフードにより外乱気流を発生させた時の結果を表 4.16 にまとめる。

表 4.16 結果のまとめ

外乱気流の種類	漏洩が見られた測定点	排風量 6m ³ /min で防げた外乱気流	測定点の位置
横風	測定点①	0.2m/s～0.3m/s	
前方	測定点⑤ 測定点⑥	0.2m/s～0.4m/s	
斜め前方	測定点① 測定点⑤	0.2m/s	
斜め後方	測定点① 測定点⑤	0.2～0.6m/s	
後方	測定点①～③ 測定点⑤ 測定点⑦	0.2～0.6m/s	

斜め前方および前方からの気流が有る場合においては、特に漏洩濃度が高くなった。このような気流が有る場合には、フランジを付けることで外乱気流の影響を抑えることができる。

4.4.3.5 作業台周囲の人の移動による影響について

(1) 移動する位置

作業台周囲を人が移動することで突発的に発生する外乱気流に着目した。作業場周囲を実験者が移動する箇所を図 4.57 及び図 4.58 に示す。図 4.57 及び図 4.58 のように方角を設定し、マネキンの側方を移動する場合（東方向、西方向）、作業台に向かいUターンをす

る場合、マネキンの背後を移動する場合（南方向、北方向）の合計 6 通りとした。なお、東方向、西方向ではフード側方から 750mm、1000mm の 2 通り離れて移動した。移動距離はいずれの場合も 6000mm としている。

この実験者は事前に実験室内で 10m の距離を歩行し、その速さを測定した結果、10 回の測定で平均 1.63m/s、最大値 1.73m/s、最小値 1.54m/s、標準偏差 0.054 であった。1980 年の国際交通安全学会 112 プロジェクトチームの調査によると東京における平均歩行速度は 1.56m/s であるため²⁾、本実験の歩行速度は妥当であると考えられる。

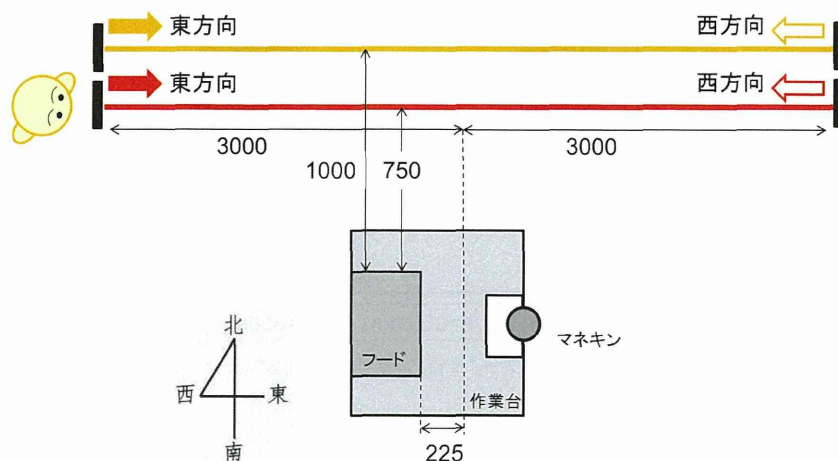


図 4.57 移動した位置

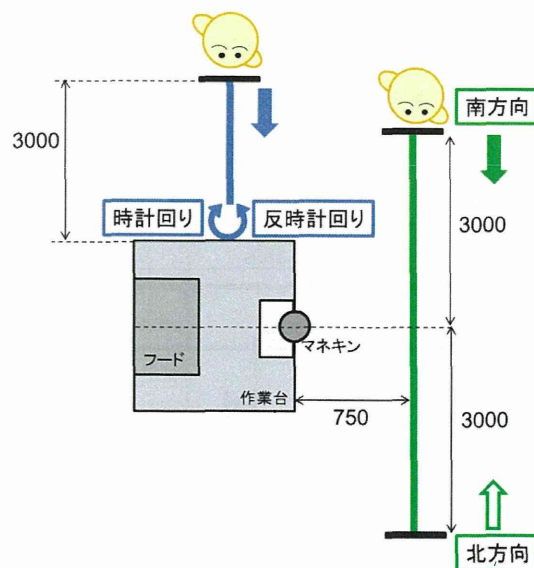


図 4.58 移動した位置

(2) 気流の測定

ファンを稼働してない時（排风量 $0\text{m}^3/\text{min}$ ）に 6 通りの移動をした場合、作業台上の風速がどのように変化するかを多点風速計を用いて測定した。風速測定点は外付け式フード開

口面からの距離に応じて定め、具体的には図 4.59 の側面図に示した点 a (開口面からの距離 $x=50\text{mm}$)、点 b ($x=150\text{mm}$)、点 c ($x=250\text{mm}$)、点 d ($x=350\text{mm}$)、点 e ($x=450\text{mm}$) の 5 点とした。測定は 0.1 秒間隔で 1 分間の風速連続測定を 3 回ずつ繰り返した。なお、実験者の移動は風速測定開始 30 秒後に開始した。風速測定時は発煙せず、マネキン、発煙 BOX を設置している状態で行った。

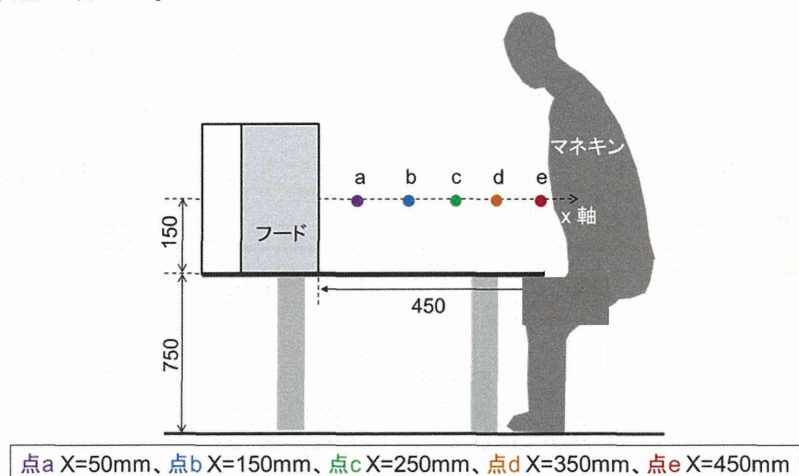


図 4.59 フード前方の風速測定点

(3) 漏洩濃度およびばく露濃度の測定時間

発煙 BOX から発煙した時の煙の周囲への漏洩濃度およびばく露濃度の測定を行った。実験手順は図 4.60 に示した通り、外付け式フードを設定排風量で稼働し、煙発生 30 秒後にデジタル粉じん計で 3 分間測定した。デジタル粉じん計での測定開始 30 秒後に実験者は移動を開始し、移動開始 60 秒後 (測定開始 90 秒後) に 2 回目の移動を開始し、さらに 60 秒後 (測定開始 150 秒後) に 3 回目の移動を開始した。

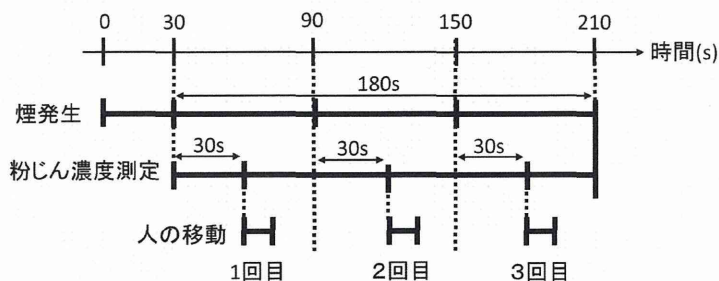


図 4.60 測定手順

(4) 実験結果および考察

a) 東方向および西方向

フードのファンを稼働していない時に、フード側面から 750mm 離れて、東方向および西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 4.61 及び図 4.62 に示す。

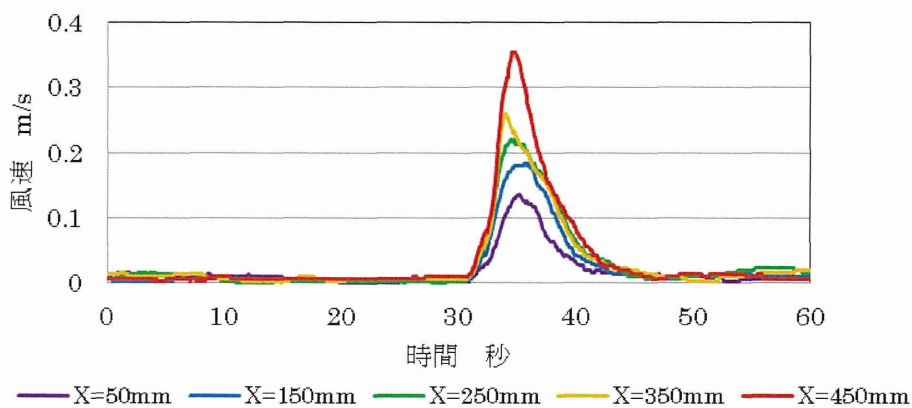


図 4.61 風速変動（東方向：フード側面から 750mm 離れた時）

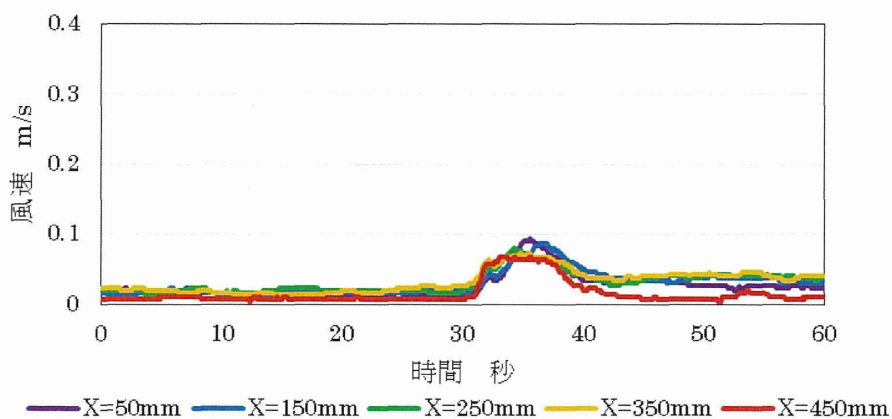


図 4.62 風速変動（西方向：フード側面から 750mm 離れた時）

東方向と西方向で作業台上の風速変化に違いが見られた。東方向に人が移動した場合の方が西方向よりも風速変化が大きくなり、特に捕捉点 ($x=450\text{mm}$) の風速上昇が大きくなった。東方向と西方向で風速の上昇値が異なる理由としては、東方向では実験者の移動で生じた気流は、作業台上の測定点で測定された一方、西方向ではマネキンの背後からフードの方へ移動するため実験者の移動により発生した気流はマネキンの背面が盾となりマネキン前方の作業台上での風速変化は東方向よりも小さくなったと考えられた。

次に、フードのファンを稼働していない時に、フード側面から 1000mm 離れて東方向、西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 4.63 及び図 4.64 に示す。

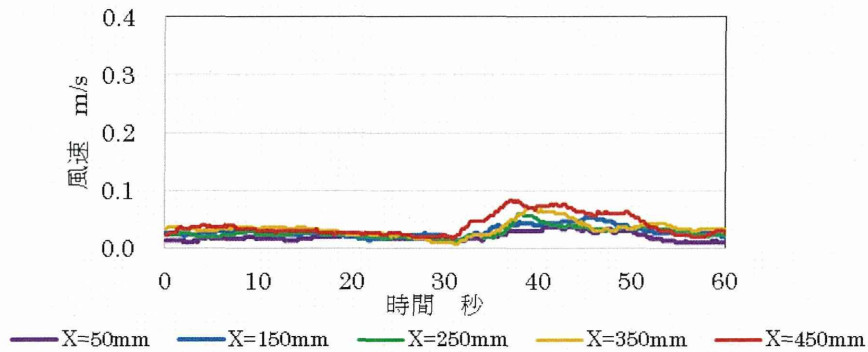


図 4.63 風速変動（東方向：フード側面から 1000 mm 離れた時）

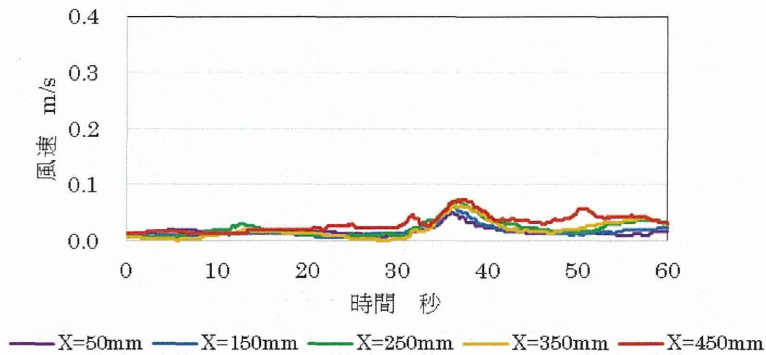


図 4.64 風速変動（西方向：フード側面から 1000 mm 離れた時）

外付け式フード端から 1000 mm 離れた時には図 4.63 及び図 4.64 より、風速の変動が見られなかった。つまり、外付け式フード端から 1000 mm 離れることで、外乱気流の影響を受けにくくなったと考えられる。

この時の漏洩濃度およびばく露濃度の測定結果を表 4.17 及び表 4.18 に示す。

表 4.17 質量濃度測定結果（フード側面から 750mm 離れた時）

移動	排風量 m ³ /min	測定点						
		①	②	③	④	⑤	単位(mg/m ³)	
東方向	3	0.001	0.001	0.036	<0.001	0.003	0.955	<0.001
	4	0.001	0.001	0.001	<0.001	0.003	1.934	<0.001
	5	0.003	0.003	0.003	<0.001	0.004	0.614	0.001
	6	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.008	<0.001
西方向	3	0.001	0.001	0.045	<0.001	0.003	1.426	<0.001
	4	0.001	0.001	0.034	<0.001	0.003	0.025	<0.001
	5	<0.001	<0.001	0.029	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	6	<0.001	<0.001	0.019	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 4.18 質量濃度測定結果（フード側面から 1000mm 離れた時）

移動	排風量 m ³ /min	測定点						
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
東方向	5	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	6	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002
西方向	5	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	6	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.040	<0.001

表 4.17 より、漏洩は主に測定点⑥で見られた。これは、外付け式フードへの吸引気流の方向に逆らって人が移動したことから、人の移動により生じた気流が、発煙 BOX からの煙の一部を測定点⑥（マネキンの腰の位置）の方へ拡散させたためと考えられる。また、測定点⑤（移動していない側）の濃度は測定点⑥（移動した側）の濃度よりも低かったことから、東方向に移動することによる外乱気流がマネキンを挟んで反対側（測定点⑤）まで及ぶ影響は小さかったと考えられる。次に西方向において、排風量 4 m³/min～6 m³/min の時は測定点③（移動した側のフード側面）で最も漏洩濃度が高くなった。これは、外付け式フードへの吸引気流と同じ方向に人が移動したことから、人の移動により生じた気流が外付け式フードに向かう煙の一部を測定点③の方へ拡散させたためと考えられる。プッシュフードによりマネキンの斜め後方から発生した一様な外乱気流に比べ、東方向の移動で発生した気流は突発的かつ乱流であるため、より発生した煙を拡散させたと考えられた。逆に、西方向の移動では、プッシュフードによる斜め前方からの一様な外乱気流に比べ煙を漏洩させる影響は小さかった。

また、図 4.61 及び図 4.62 の風速変化からも東方向の方が西方向よりも作業台上の吸引風速に与える影響が大きかったと考えられた。以上から、東方向の方が西方向よりも漏洩に影響を与えやすいと考えられた。

これに対し、外付け式フード端から 1000mm 離れた東方向、西方向では表 4.18 より、測定点①～⑦において濃度判定基準値を超えることはなかった。排風量 5m³/min においてフードから 750mm 離れた東方向では測定点⑥で漏洩が見られたが、フードから 1000mm 離れた東方向では漏洩を防ぐことができた。このことから、人の移動する位置を外付け式フードから離すことで、人の移動による外乱気流の影響を小さくできることが確認された。

b) 時計回りおよび反時計回り

フードのファンを稼働していない時に、時計回りおよび反時計回りに人が移動した時の作業台上の風速変化について、図 4.65 及び図 4.66 に示す。

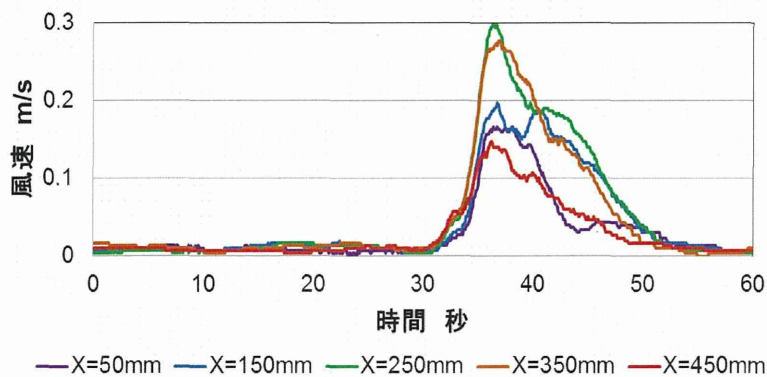


図 4.65 風速変動（時計回り）

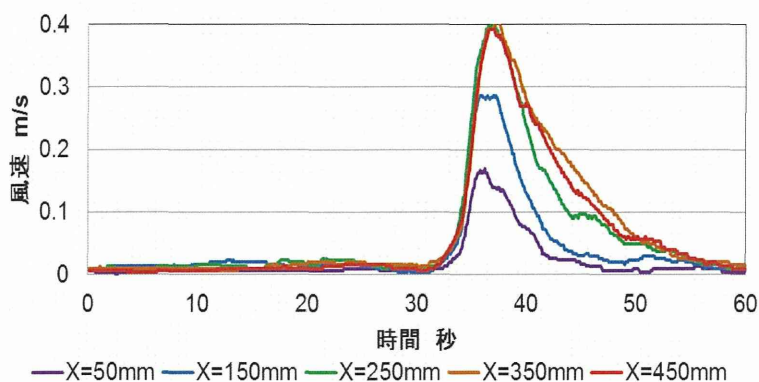


図 4.66 風速変動（反時計回り）

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 4.19 に示す。

表 4.19 質量濃度測定結果（時計回り、反時計回り）

移動	排風量 m ³ /min	測定点						
		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 4.67 及び図 4.68 に示す。

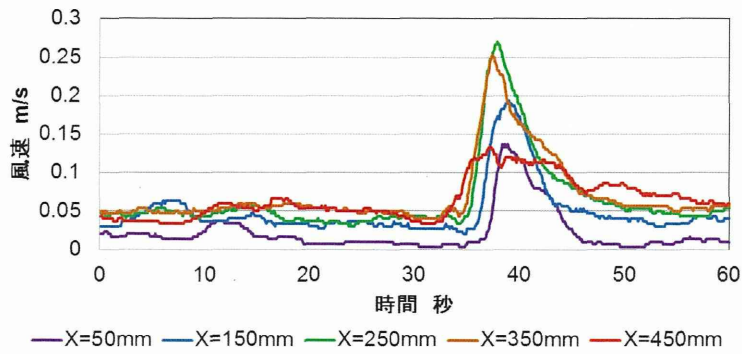


図 4.67 風速変動（南方向）

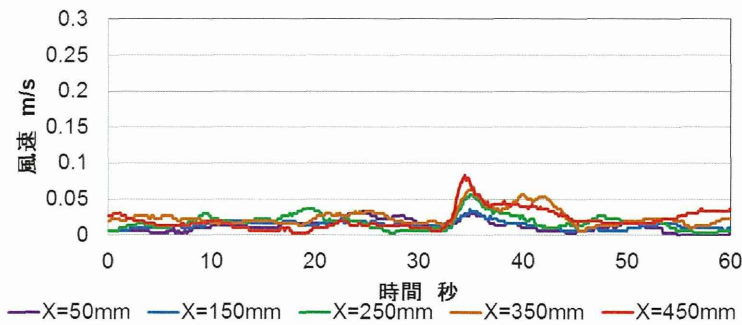


図 4.68 風速変動（北方向）

図 4.67 及び図 4.68 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 4.20 に示す。

表 4.20 質量濃度測定結果（北方向、南方向）

移動	排风量 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 4.20 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。

4.4.4 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 4.21 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 4.21 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 4.21 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。

4.4.5 粉じんに対する屋内排気の検証実験

4.4.5.1 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。

4.4.5.2 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 4.69 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 4.69 フィルター通過後の濃度測定状況

4.4.5.3 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 4.70 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 4.70 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 4.71 に示し、研磨した時の外観を図 4.72 に示す。



図 4.71 研磨した砂岩



図 4.72 外観

4.4.5.4 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4.73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。

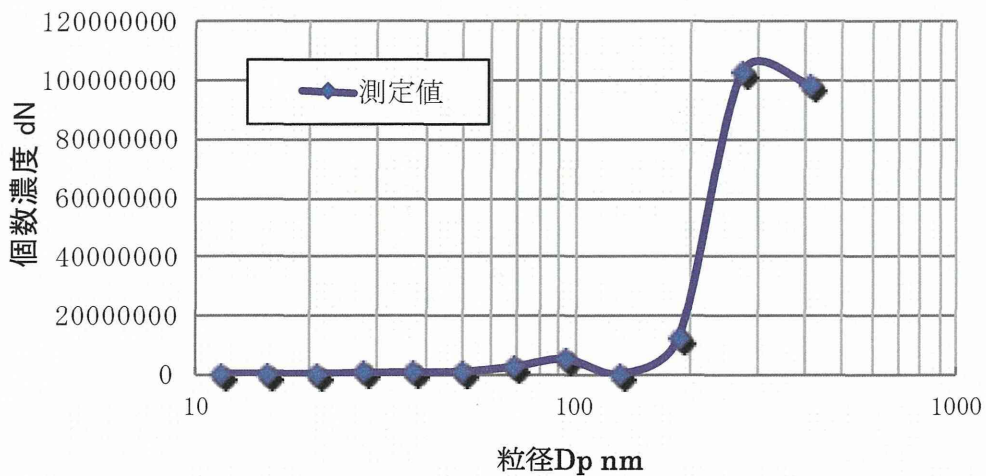


図 4.73 マグネシウムリボンを燃焼させたときに発生させた粉じんの個数濃度による粒度分布

図 4.73 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 4.22 に示す。なお、K 値は 0.004 mg/m³/cpm であった。

表 4.22 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 4.23 に示す。なお、K 値は $0.003\text{mg}/\text{m}^3/\text{cpm}$ であった。

表 4.23 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

4.4.5.5 考察

(1) マグネシウムリボンを燃焼した時

表 4.22 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、 $90\sim 99\%$ 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% 以上の捕集効率を実証されている。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 4.23 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。

4.4.6 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>

4.5 粉じん則一部改正のための現場検証調査

4.5.1 目的

4.3及び4.4では、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。

4.5.2 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-354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。

4.5.3 評価方法

作業環境測定基準に従った評価と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との比較だけでなく、10分間移動平均値の結果も併せて評価した。

4.5.4 金属研磨作業現場

4.5.4.1 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4.74に示す。また、研磨作業の状況を図4.75に示す。