

表 7.12 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 7.51 に示す。



図 7.51 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 7.52 に示す。

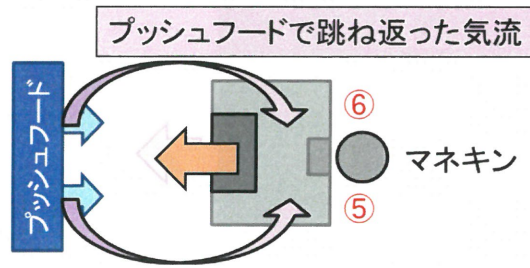


図 7.52 排気した気流の流れのイメージ図

表 7.12 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、 $6\text{m}^3/\text{min}$ 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 7.13 に示す。

表 7.13 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 7.53 に示す。



図 7.53 測定状況（斜め前方）

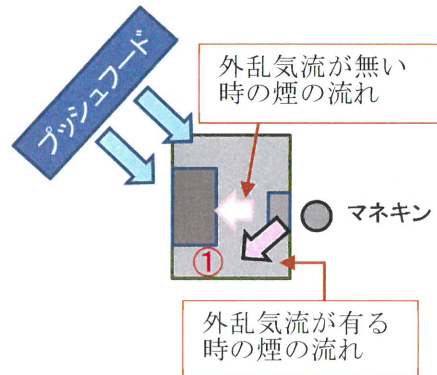


図 7.54 煙の流れのイメージ図

表 7.13 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 7.54 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 7.14 に示す。

表 7.14 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 7.55 に示す。



図 7.55 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 7.15 に示す。

表 7.15 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 7.56 に示す。



図 7.56 測定状況（後方）

表 7.15 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 7.16 にまとめる。

表 7.16 結果のまとめ

外乱気流の種類	漏洩が見られた測定点	排风量 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。

7.4.3(e) 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 7.57 及び図 7.58 に示す。図 7.57 及び図 7.58 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。

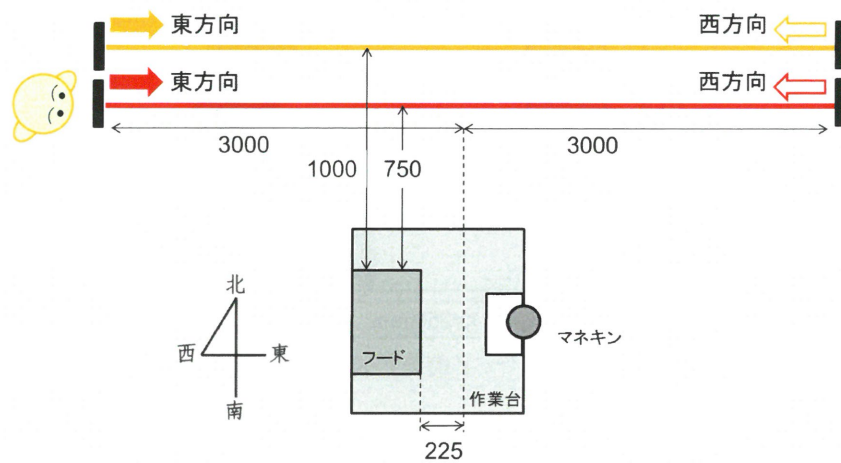


図 7.57 移動した位置

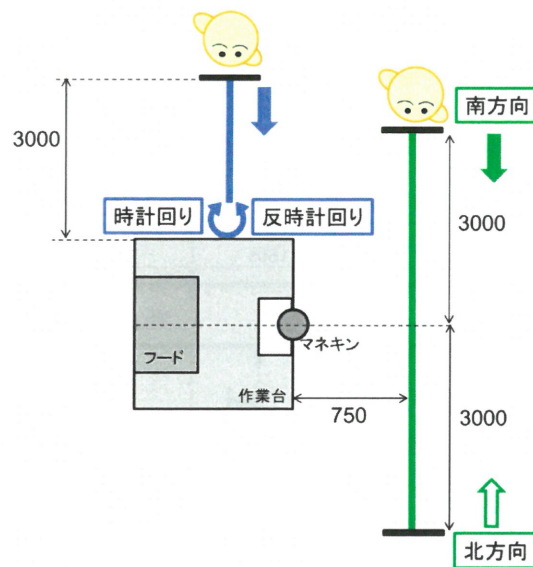


図 7.58 移動した位置

(2) 気流の測定

ファンを稼働していない時（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 7.59 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。

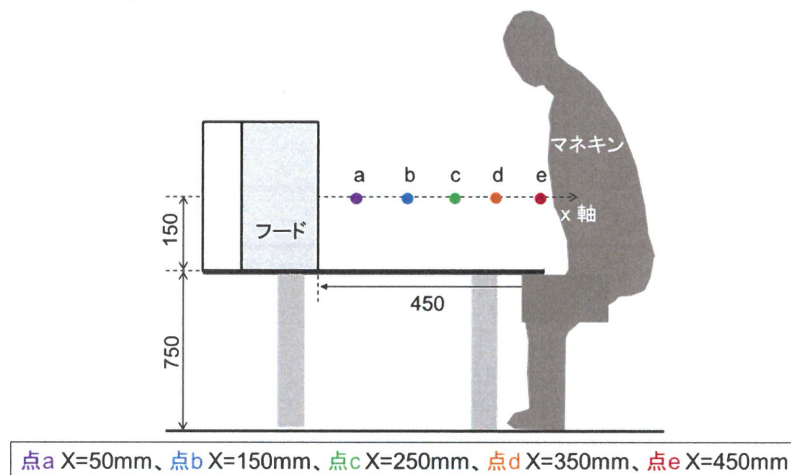


図 7.59 フード前方の風速測定点

(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 7.60 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。

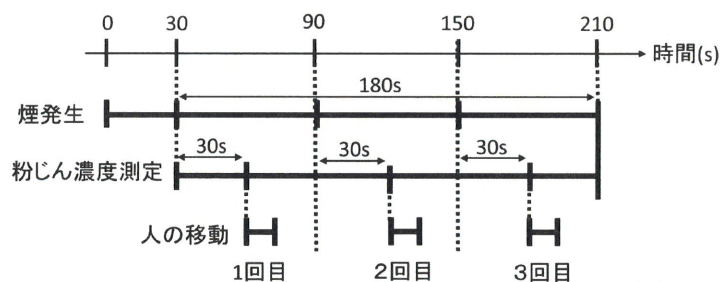


図 7.60 測定手順

(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 7.61 及び図 7.62 に示す。

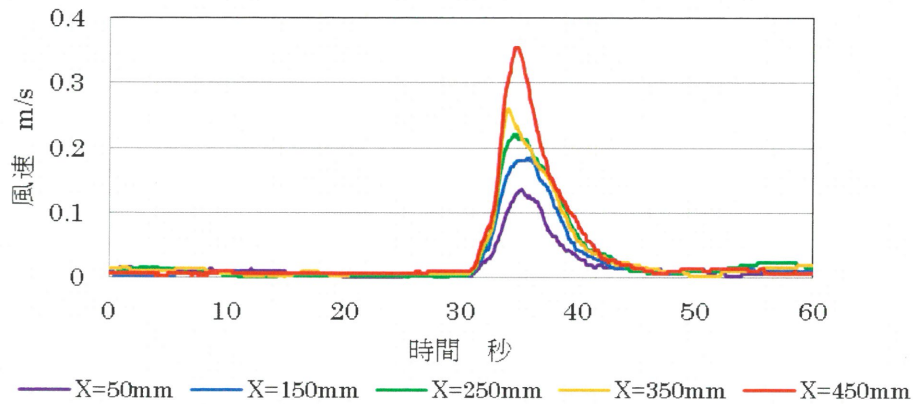


図 7.61 風速変動（東方向：フード側面から 750mm 離れた時）

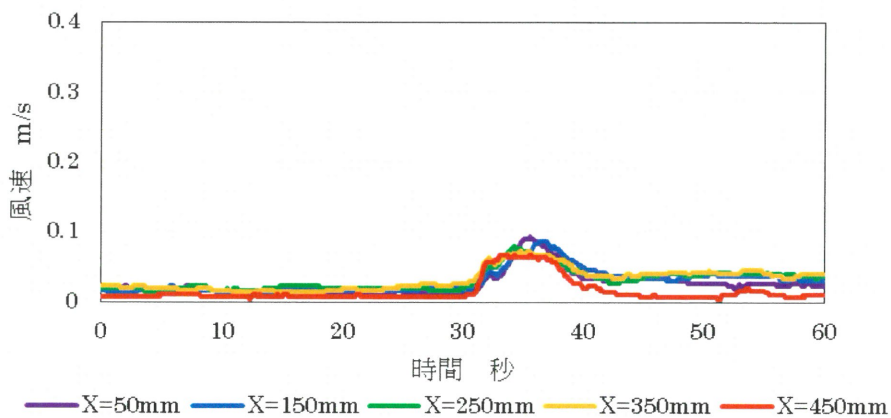


図 7.62 風速変動（西方向：フード側面から 750mm 離れた時）

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 7.63 及び図 7.64 に示す。

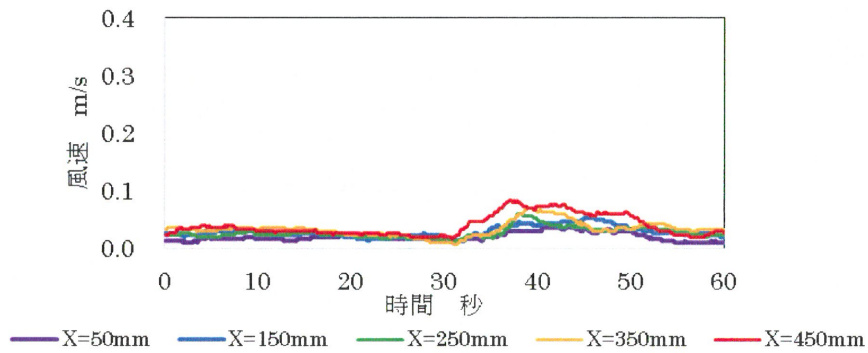


図 7.63 風速変動（東方向：フード側面から 1000 mm 離れた時）

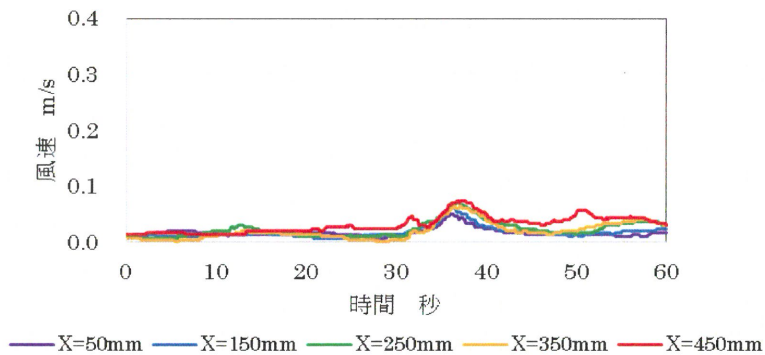


図 7.64 風速変動（西方向：フード側面から 1000 mm 離れた時）

外付け式フード端から 1000 mm 離れた時には図 7.63 及び図 7.64 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 7.17 及び表 7.18 に示す。

表 7.17 質量濃度測定結果（フード側面から 750mm 離れた時）

移動	排风量 m ³ /min	測定点						
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
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 7.18 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							単位 (mg/m ³)	
		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	<0.001	<0.001
	6	<0.001	<0.001	<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	<0.001	<0.001
	6	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.040	<0.001	<0.001

表 7.17 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 7.61 及び図 7.62 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 7.18 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 7.65 及び図 7.66 に示す。