資料3

防水スプレーの使用に関する検証実験結果

防水スプレーについて、赤外線カメラによる気流可視化測定により、噴霧粒子の動きについて の検証を実施した。

検証に用いた防水スプレーは、気流可視化測定と実際の噴霧状態の比較検証 2 製品、気流可視 化測定 4 製品である。

[気流可視化測定と実際の噴霧状態の比較検証]

- ●実際の噴霧粒子の分布を調べるため、赤外線カメラによる気流可視化測定と、感水試験紙及び 光学ミラーによる噴霧粒子の捕集を行った。
- ●感水試験紙は変色面積の算出を、光学ミラーは捕集成分のフーリエ変換赤外分光光度試験を行い、噴霧範囲の評価を行った。
- •液体成分である主剤のみを捕集した感水試験紙及び光学ミラーの評価結果と比較して、液体成分(主剤から生じた噴霧粒子)と、気体成分(噴射剤及び主剤中の揮発性有機溶媒)の双方を 捉えていると考えられる赤外線カメラによる気流可視化測定は、より広い範囲で噴霧の流れが 解析された。これにより、赤外線カメラによる気流可視化測定は、より安全側の評価を行って いると考えられる。

[気流可視化測定]

- ●防水スプレーの種類、噴霧対象物、噴霧者の顔と噴霧対象物の距離、風向き、屋内外の条件を 変えて赤外線カメラによる気流可視化測定を行った。
- ●4製品全ての対象製品について赤外線カメラによる気流可視化測定により噴霧粒子の流れが確認された。噴霧粒子の広がりは4製品でほぼ同一の傾向が得られたが、主剤にシリコーン系、噴射剤にLPGを用いた対象製品で噴霧粒子の流れがやや広がった。ただし、防水スプレーのノズルやボタンの孔径などによっても噴霧粒子の広がりが変化するため、対象製品以外の防水スプレーでも同様の噴霧粒子の流れを再現できるかは不明である。
- ・噴霧者の顔と噴霧対象物の距離が近いほど、噴霧粒子の流れが噴霧者の顔に近くなる傾向が確認された。ただし、追い風で噴霧対象物を床または地面に置いた状態で噴霧する場合は、跳ね返りの影響により噴霧者の顔に噴霧粒子が近づく場合があった。また、屋外・向かい風で噴霧対象物が衣類の場合は、噴霧対象物との距離を確保しても噴霧粒子が噴霧者の顔へ近づく傾向が確認された。
- ●噴霧対象物が靴の場合は向かい風で、噴霧対象物が衣類の場合は風無しで、噴霧粒子の流れが 噴霧者の顔に最も近くなる傾向が確認された。ただし、靴を床に置いた場合に噴霧粒子の跳ね 返りが生じたことや、衣類では噴霧粒子の滞留が生じることなど、噴霧対象物の形状、設置状

態との関係によっては風が噴霧粒子の流れに影響を与えた。また、噴霧対象物が傘の場合、追 い風及び向かい風で、風無しより噴霧粒子の流れが噴霧者の顔に近づいた。

●気流が変化しやすい屋外では、屋内と比較して噴霧粒子の流れの乱れが生じた。向かい風で噴霧する場合は屋内外で噴霧粒子の流れの向きの差は確認されなかったが、追い風では屋外の方が噴霧者の顔に噴霧粒子の流れが近づくことが確認された。

1 目的

防水スプレーについて、赤外線カメラによる気流可視化測定により、噴霧粒子の動きについて の検証を行う。

2 実験項目

検証実験は以下の2つを実施した。

- (1)気流可視化測定と実際の噴霧状態の比較検証
- (2) 気流可視化測定

3 実験方法と条件

赤外線カメラによる気流可視化解析

防水スプレーを噴霧する様子について赤外線カメラを用いて撮影した場合、背景温度+ス プレー成分(主剤及び噴射剤)の温度情報が得られる。数秒程度の時間経過を考えると、背 景温度はほぼ変化しないが、スプレー成分の温度はその流れにより変化する。この温度変化 を時間的に連続して抽出(短時間ロックイン解析)することで、気流の流れを可視化するこ とができる。

(1)気流可視化測定と実際の噴霧状態の比較検証の方法

ア 対象製品

対象製品として用いた防水スプレーを表1に示す。

表1 対象製品

主剤	噴射剤	検体数
2117-1X	炭酸ガス	1
シリューン未	LPG	1

<u>イ 噴霧粒子の捕集</u>

実際の噴霧粒子の分布を調べるため、各対象製品について、赤外線カメラによる撮影と 噴霧粒子の捕集を同時に行った。

捕集は表 2 に示す感水試験紙と光学ミラーによって行った。これらを、図 1 のように床 に防水スプレーの固定台座と、噴霧範囲確認のための 50cm 間隔の基準バーを有するジグ に、カバーをかぶせ、その上に設置した。

噴霧粒子の撮影及び捕集は、実験室内の窓及びドアを締め切り、空調を停止した状態に て行った。赤外線カメラの撮影条件を表3に、撮影及び捕集の手順を表4にそれぞれ示す。 感水試験紙については噴霧粒子の付着によって生じた変色面積の算出を、光学ミラーに

ついては付着した噴霧粒子成分のフーリエ変換赤外分光光度試験をそれぞれ行った。

項目	条件	内容			
	型式	20301-2N (Syngenta 社製)			
感水試験紙	配置数	40 枚			
	形状	52mm×76mm			
	型式	TFA-50S08-1 (シグマ光機社製)			
火学ミラー	配置数	8枚			
九子、)	形状	50mm×50mm			
	材質	アルミ			

表2 感水試験紙と光学ミラー



図1 感水試験紙と光学ミラーの配置

条件	内容
装置型式	A6751sc(FLIR 社製)
検出素子	InSb
解像度	640×512
温度分解能	0.02℃以下
波長感度特性	3~5µm
レンズ	17mm
撮影視野	約 4.1m×3.3m
撮影温度範囲	$-20{\sim}55^{\circ}C$
撮影速度	125Hz
撮影枚数	6250 枚(50 秒)

表3 赤外線カメラの撮影条件

表 4 噴霧粒子の撮影及び捕集の手順

	手順
手順1	ジグの設営及び赤外線カメラの撮影条件等の設定
手順 2	台座付近の風速と温度を記録
手順 3	実験状況の写真撮影
手順 4	ビデオカメラ撮影を開始
手順 5	赤外線カメラ測定を開始
手順 6	防水スプレーを振盪後、手動で噴霧
手順 7	赤外線カメラの測定終了後、風速と温度を再度記録
手順 8	試験紙及びミラーを回収
手順9	実験室内を換気

ウ 感水試験紙の変色面積の算出

各感水試験紙について、変色した箇所は防水スプレーの噴霧粒子が付着したものとみな し、その面積を算出した。

各感水試験紙はデジタルカメラで撮影してデジタル画像データに変換し、二値化処理から変色面積を算出した。画像データへの変換及び二値化処理の条件を表5に示す。

項目	条件	内容
	背景	黒色板
画像データ	画素	2448×2048pix.
	形式	BMP
		手動で解析範囲を選択、二値化処理を行い、解析範囲に
二値化処理	処理力伝	対する変色面積の比率を算出
	閾値	RGB のうち R 値 166 以下または G 値 155 以下

表5 画像取り込みと二値化処理

エ フーリエ変換赤外分光光度試験

各光学ミラーについて、付着した噴霧粒子の成分を分析するため、フーリエ変換赤外分 光光度計を用いて高感度反射測定を行った。高感度反射測定の条件を表6に示す。

条件	内容
装置型式	FT/IR-6100 (日本分光社製)
光源	高輝度セラミック光源
検出器	DLATGS 検出器
測定位置	防水スプレーの付着位置
測定範囲	$1400 \sim 700 \text{cm}^{-1}$
波数正確さ	±0.01cm ^{·1} 以内(理論値)
積算回数	64 回
測定分解能	2cm ⁻¹
N 数	1
入射角	70°
偏光板	有 (p 偏光)
リファレンス	試験に用いたものと同素材の光学ミラー

表 6 高感度反射測定

(2)気流可視化測定の条件

<u>ア 対象製品</u>

対象製品として用いた防水スプレーを表7に示す。また、噴霧対象物を表8に示す。

主剤	噴射剤	検体数	
フル書文	炭酸ガス	1	
ノツ糸ボ	LPG	1	
	炭酸ガス	1	
シリューン糸	LPG	1	

表 7 対象製品 (気流可視化測定)

表 8 噴霧対象物

噴霧対象物	内容	材質	大きさ
靴	男性用革靴	合成皮革	26cmEEE
傘	布製折り畳み傘	合成繊維	直径 960mm
大海	左桁 カ州田コート 今成雄雄	入式辨辨	全長 950mm
衣類	女性用ユート	口,几人利以术臣	横幅 600mm

<u>イ 実験方法</u>

表 9 及び図 2~5 に示す条件について、気流可視化測定を行った(計 48 条件)。また、 赤外線カメラによる撮影及び防水スプレーの噴霧は、(1)イの表 4 (ジグ設営や試験紙・ ミラー回収を除く。)と同様の手順で実施した。

また、屋内条件にて用いた実験室の模式図を図 6 に、向かい風及び追い風の条件を発生 させるために使用した扇風機の仕様を表 10 に示す。

亚日	対象製		已由从	 唐 雷 士 白		本中国
省万	主剤	噴射剤) 座内2F	頃務刀미	刘家物	楔 式凶
1-1-1	フッ素系	炭酸ガス	屋内	-	靴①	図 3
1-1-2	フッ素系	LPG	屋内	-	靴①	図 3
1-1-3	シリコーン系	炭酸ガス	屋内	-	靴①	図 3
1-1-4	シリコーン系	LPG	屋内	-	靴①	図 3
1-2-1	フッ素系	炭酸ガス	屋内	-	靴②	図 3
1-2-2	フッ素系	LPG	屋内	-	靴②	図 3
1-2-3	シリコーン系	炭酸ガス	屋内	-	靴②	図 3
1-2-4	シリコーン系	LPG	屋内	-	靴②	図 3
1-3-1	フッ素系	炭酸ガス	屋内	-	靴③	図 3
1-3-2	フッ素系	LPG	屋内	-	靴③	図 3
1-3-3	シリコーン系	炭酸ガス	屋内	-	靴③	図 3
1-3-4	シリコーン系	LPG	屋内	-	靴③	図 3
2-1	シリコーン系	LPG	屋内	-	傘(1)	図 4
2-2	シリコーン系	LPG	屋内	-	傘2)	図 4
2-3	シリコーン系	LPG	屋内	-	龜③	図 4
3-1	シリコーン系	LPG	屋内	-	衣類①	図 5
3-2	シリコーン系	LPG	屋内	-	衣類②	図 5
3-3	シリコーン系	LPG	屋内	-	衣類③	図 5

表9 気流可視化測定の測定条件 その1

平日	対象製		昆山风	時電士山	为在协会	博士回
留万	主剤	噴射剤	座1171	貝務刀凹	刘承彻	快八四
4-1	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風(図 2)	靴①	図 3
4-2	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風(図 2)	靴②	図 3
4-3	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風(図 2)	靴③	図 3
5-1	シリコーン系	LPG	屋内	追い風(図 2)	靴①	図 3
5-2	シリコーン系	LPG	屋内	追い風(図 2)	靴②	図 3
5-3	シリコーン系	LPG	屋内	追い風 (図 2)	靴③	図 3
6-1	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風(図 2)	傘(1)	図 4
6-2	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風(図 2)	傘2)	図 4
6-3	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風(図 2)	傘③	図 4
7-1	シリコーン系	LPG	屋内	追い風 (図 2)	傘(1)	図 4
7-2	シリコーン系	LPG	屋内	追い風(図 2)	傘2)	図 4
7-3	シリコーン系	LPG	屋内	追い風(図 2)	傘③	図 4
8-1	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風(図 2)	衣類①	$\boxtimes 5$
8-2	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風(図 2)	衣類②	$\boxtimes 5$
8-3	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風(図 2)	衣類③	$\boxtimes 5$
9-1	シリコーン系	LPG	屋内	追い風 (図 2)	衣類①	$\boxtimes 5$
9-2	シリコーン系	LPG	屋内	追い風 (図 2)	衣類②	$\boxtimes 5$
9-3	シリコーン系	LPG	屋内	追い風 (図 2)	衣類③	$\boxtimes 5$
10-1	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	靴①	図 3
10-2	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	靴②	図 3
10-3	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	靴③	図 3
11-1	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	靴①	図 3
11-2	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	靴2)	図 3
11-3	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	靴③	図 3
12-1	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	衣類①	$\boxtimes 5$
12 - 2	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	衣類②	$\boxtimes 5$
12-3	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	衣類③	図 5
13-1	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	衣類①	図 5
13-2	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	衣類②	$\boxtimes 5$
13-3	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	衣類③	図 5

表9 気流可視化測定の測定条件 その2





図3 気流可視化測定模式図 (噴霧対象物:靴)



図 4 気流可視化測定模式図 (噴霧対象物:傘)





表10 扇風機の仕様

条件	内容
装置型式	R30E-D(BK) (三菱電機社製)
羽根径	30 cm
設定	強

<u>ウ 動画作成</u>

赤外線カメラで撮影した温度データに対し、気流可視化解析(短時間ロックイン解析) により防水スプレーを噴霧したときの動画を作成した。動画は AVI 形式とし、カラー及び モノクロで作成した。

4 実験結果

(1)気流可視化測定と実際の噴霧状態の比較検証

ア 気流可視化測定結果

赤外線カメラの測定結果について気流可視化解析結果の例を図7(その1:噴霧からの経過 時間が-1~3秒、その2:噴霧からの経過時間が4~8秒)に示す。

図 7 から、噴射剤に炭酸ガスを用いた対象製品の場合は噴霧方向に約 1.0m、噴射剤に LPG を用いた対象製品の場合は約 2.3m、それぞれ気流が確認された。

なお、表 11 は噴霧前後での風速と温度であり、ほぼ無風状態で測定を行った。

対象製品		温度 [℃]		風速(絶対値)[m/s]	
主剤	噴射剤	噴霧前	噴霧後	噴霧前	噴霧後
211 J	炭酸ガス	23.5	23.6	0.00~0.03	0.00~0.03
シリューンポ	LPG	24.1	24.5	$0.00 \sim 0.02$	$0.00{\sim}0.02$

表 11 風速・温度の測定結果(気流可視化測定と実際の噴霧状態の比較検証)

時間級過「。]	噴射	射剤		
时间胜旭[5]	炭酸ガス	LPG		
-1				
0				
1				
2				
3				

図7 気流可視化測定の結果(赤破線:噴霧方向に0.5m ピッチ)その1

時間経過「。」	噴射	射剤		
的 间胚 但 [9]	炭酸ガス	LPG		
4				
5				
6				
7				
8				

図7 気流可視化測定の結果(赤破線:噴霧方向に0.5m ピッチ)その2

イ 感水試験紙の変色面積の算出結果

噴霧粒子の広がりと噴霧方向の座標を図8に示す。また、変色面積の算出を行った感水試 験紙の外観を図9~10に、二値化処理を行った結果を図11~12に示す。ただし、図9~12 において、その1は噴霧方向に0.5~2.0mのものについて、その2は2.5~4.0mのものにつ いてそれぞれ示した。図11~12の各感水試験紙について、変色箇所(緑)面積を評価面積(変 色箇所(緑)と非変色箇所(赤)面積の和)で除した値の百分率を図13~14に示す。

図 13 から、噴射剤に炭酸ガスを用いた対象製品の場合は、噴霧方向に 0.5m の位置の感水 試験紙で変色面積の割合が高いことが確認された。

図 14 から、噴射剤に LPG を用いた対象製品の場合は、噴霧方向に 0.5m、1m の位置の感 水試験紙で変色の割合が高いことが確認された。



図8 広がりと噴霧方向

広がり	噴霧方向 [m]									
[m]	0.5	1.0	1.5	2.0						
1.0										
0.5										
0										
-0.5										
-1.0										
2	19 変色面積の算出	を行った試験紙の外	観(噴射剤:炭酸ガ	ス)その1						

広がり	噴霧方向 [m]									
[m]	2.5	3.0	3.5	4.0						
1.0										
0.5										
0										
-0.5										
-1.0										
図 9	変色面積の算出を行	テった試験紙の外観	(噴射剤:炭酸ガス)	その2						

広がり	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·									
[m]	0.5	1.0	1.5	2.0						
1.0										
0.5										
0										
-0.5										
-1.0										
	図10 変色面積の算	[出を行った試験紙の	外観(噴射剤:LPC	G) その1						



広がり	噴霧方向 [m]									
[m]	0.5	1.0	1.5	2.0						
1.0										
0.5										
0										
-0.5										
-1.0										
図11 変	色面積の算出結果(責射剤:炭酸ガス、総	录:変色箇所、赤:非	⊧変色箇所) その1						









図13 評価面積に対する変色面積の割合(噴射剤:炭酸ガス)



図 14 評価面積に対する変色面積の割合(噴射剤:LPG)

ウ フーリエ変換赤外分光光度試験結果

フーリエ変換赤外分光光度試験の結果を図 15~16 に示す。

図 15 から、噴射剤に炭酸ガスを用いた対象製品の場合では、噴霧方向に 0.5m のミラーの スペクトルの 1260 cm⁻¹付近、1100~1000 cm⁻¹付近、800cm⁻¹付近で、シリコーン中のシロ キサン構造(≡Si-O-Si≡)由来と考えられる吸収(赤矢印:波の落ち込み)が確認された。 また、噴霧方向に 1m 以上離れたミラーのスペクトルでは、これらの吸収は確認されなかっ た。

図 16 から、噴射剤に LPG を用いた対象製品の場合では、噴霧方向に 0.5m、1m の位置の ミラーのスペクトルでシロキサン構造由来と考えられる吸収(赤矢印)が確認された。さら に、1.5m の位置のミラーについても、1260 cm⁻¹付近、1100~1000 cm⁻¹付近、800cm⁻¹付近 に非常に弱い吸収が確認されたことから、シリコーンが存在している可能性が高い。また、 噴霧方向に 2m 以上離れたミラーのスペクトルでは、これらのシロキサン由来と考えられる 吸収は確認されなかった。



図 15 フーリエ変換赤外分光光度試験結果(噴射剤:炭酸ガス)



図 16 フーリエ変換赤外分光光度試験結果(噴射剤:LPG)

エ 気流可視化測定、試験紙の変色面積の算出、フーリエ変換赤外分光光度試験の比較

赤外線カメラによる気流可視化測定、感水試験紙の変色面積の算出、光学ミラーのフーリ エ変換赤外分光光度試験の比較を表 12~13 に示す。ここで、表 12~13 中の感水試験紙の変 色面積の算出について、変色面積の割合が 0.5%以上を○、0.5~0.1%を△、0.1%以下を×と した。また、光学ミラーのフーリエ変換赤外分光光度試験について、<u>1100cm⁻¹付近のピーク</u> における透過反射率の値が 99.5%以下のものを○、99.5~100%以上のものを△、100%のも のを×とした。

表 12~13 から、感水試験紙の変色面積の算出結果及びフーリエ変換赤外分光光度試験の 結果と比較して、気流可視化の測定結果の方がより広い範囲をとらえていることがわかった。 これは、感水試験紙及び光学ミラーは液体成分(主剤から生じた噴霧粒子)のみを捕集して いることに対し、赤外線カメラでは液体成分と、気体成分(噴射剤及び主剤から揮発した溶 媒)の双方をとらえており、気体成分の方がより遠くまで流れたためと考えられる。したが って、赤外線カメラによる気流可視化測定は、より安全側の評価を行っていることになる。

表 12 気流可視化測定、感水試験紙の変色面積の算出、フーリエ変換赤外分光光度試験の 比較(噴射剤:炭酸ガス)

	噴霧方向 [m]							
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
気流可視化測定	\bigcirc	0	×	×	×	×	×	\times
感水試験紙の変色面積の算出	\bigcirc	\triangle	×	×	×	×	×	\times
光学ミラーのフーリエ変換赤外分光光度試験	\bigcirc	×	×	×	×	×	×	\times

表 13 気流可視化測定、感水試験紙の変色面積の算出、フーリエ変換赤外分光光度試験の 比較(噴射剤:LPG)

	噴霧方向 [m]							
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
気流可視化測定	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	×	×	×	×
感水試験紙の変色面積の算出	0	0	\bigtriangleup	\triangle	×	×	×	×
光学ミラーのフーリエ変換赤外分光光度試験	\bigcirc	\bigcirc	\triangle	×	×	×	×	Х

(2) 気流可視化測定

<u>ア 気流可視化測定</u>

靴・傘・衣類を噴霧対象物として、屋内または屋外で、それぞれの風の条件(無し・向かい風・追い風)で気流可視化測定を行った。

気流可視化測定時の風速を表 14 に、また温度を表 15 にそれぞれ測定結果を示す。

	対象製		噴霧	環境	風速	[m/s]
番方	主剤	噴射剤	屋内外	噴霧方向	噴霧前	噴霧後
1-1-1	フッ素系	炭酸ガス	屋内	-	$0.01{\sim}0.06$	0.00~0.01
1-1-2	フッ素系	LPG	屋内	-	0.04~0.10	$0.00 \sim 0.03$
1-1-3	シリコーン系	炭酸ガス	屋内	-	$0.00 \sim 0.03$	$0.00{\sim}0.04$
1-1-4	シリコーン系	LPG	屋内	-	$0.01 \sim 0.02$	$0.01{\sim}0.05$
1-2-1	フッ素系	炭酸ガス	屋内	-	0.01~0.04	0.00~0.04
1-2-2	フッ素系	LPG	屋内	-	$0.02{\sim}0.05$	$0.00{\sim}0.02$
1-2-3	シリコーン系	炭酸ガス	屋内	-	0.00~0.03	0.00~0.03
1-2-4	シリコーン系	LPG	屋内	-	$0.01 \sim 0.03$	$0.00{\sim}0.02$
1-3-1	フッ素系	炭酸ガス	屋内	-	$0.01 \sim 0.04$	$0.00{\sim}0.06$
1-3-2	フッ素系	LPG	屋内	-	$0.01 \sim 0.04$	$0.00{\sim}0.02$
1-3-3	シリコーン系	炭酸ガス	屋内	-	$0.00{\sim}0.07$	0.00~0.04
1-3-4	シリコーン系	LPG	屋内	-	$0.00 \sim 0.03$	0.00~0.04
2-1	シリコーン系	LPG	屋内	-	$0.00 \sim 0.03$	$0.00{\sim}0.06$
2-2	シリコーン系	LPG	屋内	-	$0.00{\sim}0.08$	0.00~0.04
2-3	シリコーン系	LPG	屋内	-	$0.00 \sim 0.03$	$0.00 \sim 0.03$
3-1	シリコーン系	LPG	屋内	-	$0.00{\sim}0.12$	$0.00{\sim}0.06$
3-2	シリコーン系	LPG	屋内	-	0.00~0.03	$0.00{\sim}0.02$
3-3	シリコーン系	LPG	屋内	-	$0.00{\sim}0.06$	$0.00 \sim 0.03$
4-1	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	$0.75 \sim 1.11$	$0.86 \sim 1.31$
4-2	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	$1.07 {\sim} 1.52$	$0.76 {\sim} 1.78$
4-3	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	$0.95 {\sim} 1.88$	$0.79 {\sim} 1.01$
5-1	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	$0.08 \sim 0.47$	$0.11 \sim 0.53$
5-2	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	$0.15 \sim 0.38$	$0.04{\sim}0.57$
5-3	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	$0.11 \sim 0.35$	0.14~1.00
6-1	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	$0.26 \sim 1.34$	$0.60 \sim 1.47$
6-2	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	$0.77 \sim 1.21$	$0.54 \sim 1.63$
6-3	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	0.21~1.06	0.47~1.05

表14 風速の測定結果(気流可視化測定)その1

亚日	対象製品		噴霧	環境	風速 [m/s]		
留万	主剤	噴射剤	屋内外	噴霧方向	噴霧前	噴霧後	
7-1	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	$0.07 {\sim} 0.53$	$0.15{\sim}0.55$	
7-2	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	$0.13 \sim 0.52$	$0.11{\sim}0.56$	
7-3	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	$0.09{\sim}0.27$	0.11~0.49	
8-1	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	$0.05{\sim}0.28$	$0.10{\sim}0.56$	
8-2	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	$0.01 \sim 0.39$	$0.06 \sim 0.43$	
8-3	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	$0.05{\sim}0.25$	$0.04{\sim}0.24$	
9-1	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	$0.21 \sim 0.80$	0.14~1.13	
9-2	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	$0.13 \sim 0.62$	0.19~1.21	
9-3	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	$0.16{\sim}0.64$	$0.13{\sim}0.57$	
10-1	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	$1.00 \sim 1.90$	$0.47{\sim}0.62$	
10-2	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	$0.05{\sim}0.78$	$0.96 \sim 2.44$	
10-3	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	$0.03 \sim 0.44$	$0.62 \sim 1.20$	
11-1	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	$0.04{\sim}0.35$	$0.04{\sim}0.83$	
11-2	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	$0.12 \sim 0.39$	$0.04{\sim}0.60$	
11-3	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	$0.11 \sim 1.17$	$0.32 \sim 1.17$	
12-1	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	$0.00 \sim 0.31$	$0.17{\sim}0.20$	
12-2	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	$0.05{\sim}0.57$	$0.05{\sim}0.57$	
12-3	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	$0.12 \sim 0.84$	$0.14{\sim}0.89$	
13-1	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	0.20~0.84	0.20~0.90	
13-2	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	$0.15 \sim 0.89$	$0.15 \sim 0.56$	
13-3	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	1.00~1.90	$0.47 \sim 0.62$	

表14 風速の測定結果(気流可視化測定)その2

玉日	対象製品		噴霧	噴霧環境		[°C]
省万	主剤	噴射剤	屋内外	噴霧方向	噴霧前	噴霧後
1-1-1	フッ素系	炭酸ガス	屋内	-	22.3	22.5
1-1-2	フッ素系	LPG	屋内	-	22.4	22.4
1-1-3	シリコーン系	炭酸ガス	屋内	-	22.2	22.4
1-1-4	シリコーン系	LPG	屋内	-	22.3	22.5
1-2-1	フッ素系	炭酸ガス	屋内	-	21.1	22.1
1-2-2	フッ素系	LPG	屋内	-	21.1	22.3
1-2-3	シリコーン系	炭酸ガス	屋内	-	21.9	22.2
1-2-4	シリコーン系	LPG	屋内	-	22.2	22.4
1-3-1	フッ素系	炭酸ガス	屋内	-	22.2	22.4
1-3-2	フッ素系	LPG	屋内	-	22.3	22.3
1-3-3	シリコーン系	炭酸ガス	屋内	-	22.1	22.5
1-3-4	シリコーン系	LPG	屋内	-	22.3	22.5
2-1	シリコーン系	LPG	屋内	-	22.9	23.0
2-2	シリコーン系	LPG	屋内	-	23.1	23.3
2-3	シリコーン系	LPG	屋内	-	22.8	22.9
3-1	シリコーン系	LPG	屋内	-	23.5	23.7
3-2	シリコーン系	LPG	屋内	-	23.8	23.5
3-3	シリコーン系	LPG	屋内	-	23.2	23.2
4-1	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	19.8	20.1
4-2	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	20.3	20.5
4-3	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	20.5	20.6
5-1	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	22.6	22.6
5-2	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	22.7	22.6
5-3	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	22.6	22.6
6-1	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	21.9	21.2
6-2	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	21.0	21.1
6-3	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	21.3	21.6

表15 温度の測定結果(気流可視化測定)その1

亚日	対象製品		噴霧	噴霧環境		[°C]
省万	主剤	噴射剤	屋内外	噴霧方向	噴霧前	噴霧後
7-1	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	22.3	22.6
7-2	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	23.2	23.6
7-3	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	23.0	23.5
8-1	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	21.6	21.7
8-2	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	21.9	22.1
8-3	シリコーン系	LPG	屋内	向かい風	22.3	22.5
9-1	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	23.9	23.9
9-2	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	23.6	23.5
9-3	シリコーン系	LPG	屋内	追い風	23.3	23.3
10-1	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	23.6	24.4
10-2	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	24.9	23.7
10-3	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	25.2	24.1
11-1	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	22.4	22.4
11-2	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	22.8	22.0
11-3	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	21.5	21.8
12-1	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	22.4	21.3
12-2	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	21.8	21.9
12-3	シリコーン系	LPG	屋外	向かい風	21.5	21.9
13-1	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	22.1	22.0
13-2	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	22.5	22.4
13-3	シリコーン系	LPG	屋外	追い風	23.6	24.4

表 15 温度の測定結果(気流可視化測定)その2

<u>イ 防水スプレーの種類による差異</u>

屋内・風無しで靴に噴霧したときの気流可視化測定の、防水スプレーの比較を図 17 に示す。 図 17 より、噴射剤(炭酸ガス・LPG)、主剤(フッ素系、シリコーン系)に関わらず、全 ての対象製品について赤外線カメラによる気流可視化測定により噴霧粒子の流れが確認され た。噴霧粒子の広がりは4製品でほぼ同一の傾向が得られたが、主剤にシリコーン系、噴射 剤に LPG を用いた対象製品で噴霧粒子の流れがやや広がった。ただし、防水スプレーのノズ ルやボタンの孔径などによっても噴霧粒子の広がりが変化するため、対象製品以外の防水ス プレーでも同様の噴霧粒子の流れを再現できるかは不明である。



図17 対象製品の種類の比較(屋内、風無し、噴霧対象物:靴)

ウ 噴霧者の顔と噴霧対象物間の距離の関係

気流可視化測定の結果について、噴霧者の顔と噴霧対象物の距離の関係を表 16 及び図 18 ~22 に示す。

これらから、全体的には噴霧者の顔と噴霧対象物の距離が近いほど、噴霧粒子の流れが噴 霧者の顔に近くなる傾向が確認された。ただし、追い風で噴霧対象物を床または地面に置い た状態で噴霧する場合は、跳ね返りの影響により噴霧者の顔に噴霧粒子が近づく場合があっ た。また、屋外・向かい風で噴霧対象物が衣類の場合は、噴霧対象物との距離を確保しても 噴霧粒子が噴霧者の顔へ近づく傾向が確認された。

	総括	噴霧対象物		
		革化	傘	衣類
屋内・	噴霧者の顔と噴	手に持ったとき(距離:近、中)に	噴霧対象物と	の距離に関わらず、
	霧対象物の距離	は噴霧粒子が噴霧方向に順当に広が	噴霧対象物の	の表面で噴霧粒子の
風	が近いほど、噴霧	ったが、床に置いたとき(距離:遠)	一部が跳ね	反るとともに表面全
Ũ	粒子の流れが噴	には噴霧粒子の一部が床から跳ね返	体に広がる。	
	霧者の顔に近く	るとともに床面に広がる。		
	なる傾向を確認			-
屋	噴霧対象物との	手に持ったとき(距離:近、中)に	噴霧対象物	噴霧対象物との距
内・	距離が近いほど、	は噴霧粒子が噴霧者の顔にかかり、	との距離に	離が近いと噴霧粒
向か	噴霧粒子の流れ	床に置いたとき(距離:遠)は床か	対する噴霧	子が滞留し、遠い
	が噴霧者の顔に	ら跳ね返った噴霧粒子が噴霧者の方	粒子の流れ	と衣類によって流
風	近くなる傾向を	に流された。	の方向に差	れが変化した向か
	確認		は確認され	い風によって噴霧
			なかった。	粒子が衣類表面上
				に広がった。
屋	噴霧対象物との	噴霧対象物との距離が近いときに噴	噴霧対象物との距離が近いほど、	
内・	距離が近いほど、	霧粒子の流れが噴霧者の顔に最も近	噴霧粒子の流れが噴霧者の顔に	
追い	噴霧粒子の流れ	づき、中・遠のときに同程度となっ	近くなる傾向を確認。	
風	が噴霧者の顔に	た。中・遠で噴霧粒子の流れが同程	また、傘・衣類ともに、噴霧対象	
	近くなる傾向を	度となった理由として、靴を手に持	物との距離に対する噴霧粒子の	
	確認。なお、靴で	ったとき(距離:中)に比べ、床に	流れの方向に差は確認されなか	
	は中・遠距離で同	置いたとき(距離:遠)は噴霧対象	った。	
	程度であった。	物との距離が遠くなるものの、床か		
		らの噴霧粒子の跳ね返りが広がるた		
		めと考えられる。		

表16 噴霧者の顔と噴霧対象物の距離の関係

屋 外	噴霧対象物との	手に持ったとき(距離:近、中)に		屋外の気流の乱れ
	距離が近いほど、	は噴霧粒子が噴霧者の顔にかかり、		の影響を受け、噴
向か	噴霧粒子の流れ	地面に置いたとき(距離:遠)は地		霧対象物との距離
い	が噴霧者の顔に	面から跳ね返った噴霧粒子が噴霧者	—	を確保しても噴霧
風	近くなる傾向を	の方に流された。		粒子が噴霧者の顔
	確認			へ近づく傾向を確
				認
屋	噴霧対象物との	噴霧対象物との距離が近いときに噴		屋外の気流の乱れ
外 ・ 追	距離が近いほど、	霧粒子の流れが噴霧者の顔に最も近		の影響を受け、噴
	噴霧粒子の流れ	づき、遠、中の順に遠くなっていっ		霧粒子の流れに乱
(1) 風	が噴霧者の顔に	た。遠・中の順となったのは、遠(地		れがあるものの、
	近くなる傾向を	面に置いたとき)では地面から跳ね	—	噴霧対象物との距
	確認。なお、靴で	返った噴霧粒子が噴霧者の方に流さ		離が近いほど噴霧
	は中・遠距離で逆	れたためである。		者の顔から噴霧粒
	転した。			子の流れに近くな
				った。



図18 噴霧者の顔と噴霧対象物間の距離の比較(屋内、風無し)



図 19 噴霧者の顔と噴霧対象物間の距離の比較(屋内、向かい風)



図 20 噴霧者の顔と噴霧対象物間の距離の比較(屋内、追い風)



図 21 噴霧者の顔と噴霧対象物間の距離の比較(屋外、向かい風)



図 22 噴霧者の顔と噴霧対象物間の距離の比較(屋外、追い風)

エ 風向きの影響

屋内の気流可視化測定の結果について、風向きの影響を表 17 及び図 23~25 に示す。 これらのことから、噴霧対象物が靴の場合は向かい風で、噴霧対象物が衣類の場合は風無 しで、噴霧粒子の流れが噴霧者の顔に最も近くなる傾向が確認された。ただし、靴を床に置 いた場合に噴霧粒子の跳ね返りが生じたことや、衣類では噴霧粒子の滞留が生じることなど、 噴霧対象物の形状、背面、設置状態との関係によっては風が噴霧粒子の流れに影響を与えた。 また、噴霧対象物が傘の場合、追い風及び向かい風で、風無しより噴霧粒子の流れが噴霧者 の顔に近づいた。

	噴霧対象物			
	靴	傘	衣類	
風	図 23 より、手に持った	図24より、噴霧対象物との距離に	図 25 より、噴霧対象	
向き	ときでは、向かい風で噴	関わらず、風無しで噴霧粒子の流れ	物との距離に関わらず、	
の影	霧粒子の流れが噴霧者の	が噴霧者の顔から最も遠く、向かい	風無しで噴霧粒子の流	
影響	顔に最も近く、次いで風	風と追い風では同程度となった。こ	れが噴霧者の顔に最も	
	無し、追い風の順となる	れは、風がある場合には噴霧粒子の	近く、次いで向かい風、	
	ことを確認。	流れが乱れたためと考えられる。ま	追い風の順となること	
	一方、靴を床に置いた	た、向かい風と追い風ともに、噴霧	を確認。	
	ときでは、風無しで噴霧	対象物との距離に対する噴霧粒子の	また、風無しでは噴霧	
	粒子の流れが噴霧者の顔	流れの方向に差は確認されなかっ	対象物との距離にかか	
	から最も遠くなり、向か	た。	わらず噴霧粒子が滞留	
	い風と追い風では同程度		した一方、向かい風では	
	となった。これは、床か		噴霧対象物との距離が	
	らの噴霧粒子の跳ね返り		近いときに噴霧粒子が	
	が、風によって広がった		滞留し、遠いときには噴	
	ためと考えられる。		霧粒子が衣類表面上に	
			広がった。	

表17 風向きの影響



図23 風向きの比較(屋内、噴霧対象物:靴)



図 24 風向きの比較(屋内、噴霧対象物:傘)

见后卤任	風向き				
此所田	向かい風	無し	追い風		
近					
中	A CONTRACTOR				
遠					

図 25 風向きの比較(屋内、噴霧対象物:衣類)

オ 屋内と屋外の比較

向かい風・追い風での気流可視化測定の結果について、屋内外での比較を表 18 及び図 26 ~27 に示す。

これらのことから、気流が変化しやすい屋外では、屋内と比較して噴霧粒子の流れの乱れ が生じることが確認できた。向かい風で噴霧する場合は屋内外で噴霧粒子の流れの向きの差 は確認されなかったが、追い風では屋外の方が噴霧者の顔に噴霧粒子の流れが近づくことが 確認された。

	<u> </u>	噴射対象物		
	形 心 1白	郸	衣類	
屋	屋外は屋内と比較	図 26 より、向かい風で噴	図 27 より、向かい風・追い風と	
内と	し噴霧粒子の流れが	霧したときの噴霧粒子の流	もに、屋外の方が噴霧者の顔に噴霧	
屋	乱れることが確認さ	れの方向は、屋内外で同様で	粒子の流れが近づく傾向が確認さ	
の	れた。これは、屋内で	あった。一方、追い風で噴霧	れた。また、屋内・向かい風では噴	
比較	扇風機によって発生	したときは、屋外の方が噴霧	霧対象物との距離が遠いほど噴霧	
	させた風と比較して、	粒子の流れが乱れ、噴霧者の	粒子の流れが顔から遠くなったが、	
	屋外の実際の風は気	顔に近づくことが確認され	屋外・向かい風では気流の乱れの影	
	流(風向き・風量)が	た。また、屋外の方が気流の	響を受け、噴霧対象物との距離を確	
	安定しないためと考	乱れにより地面からの跳ね	保しても噴霧粒子が噴霧者の顔へ	
	えられる。	返りが広がった。	近づく傾向が確認された。また、屋	
			外・追い風では噴霧粒子の流れに乱	
			れがあるものの、噴霧対象物との距	
			離が近いほど噴霧者の顔から噴霧	
			粒子の流れが近くなった。	

表18 屋内と屋外の影響

風向き	距離	屋内	屋外
	近		
向 かい 風	中		
	逮		
	近		
追い風	中		
	遠		

図26 屋内外の比較(噴霧対象物:靴)

風向き	距離	屋内	屋外
	近		
向 かい 風	中		
	逮		
	近		
追い風	中		
	遠	Sec.	

図27 屋内外の比較(噴霧対象物:衣類)

5 まとめ

(1) 気流可視化測定と実際の噴霧状態の比較検証

液体成分である主剤のみを捕集した感水試験紙及び光学ミラーの評価結果と比較して、液 体成分(主剤から生じた噴霧粒子)と、気体成分(噴射剤及び主剤中の揮発性有機溶媒)の 双方を捉えていると考えられる赤外線カメラによる気流可視化測定は、より広い範囲で噴霧 の流れが解析された。これは、気体成分の方が液体成分に比べより遠くまで拡散されたため と考えられる。したがって、赤外線カメラによる気流可視化測定は、より安全側の評価を行 っていることになる。

(2) 気流可視化測定

ア 防水スプレーの種類による差異

4 製品全ての対象製品について赤外線カメラによる気流可視化測定により噴霧粒子の流れ が確認された。噴霧粒子の広がりは4製品でほぼ同一の傾向が得られたが、主剤にシリコー ン系、噴射剤に LPG を用いた対象製品で噴霧粒子の流れがやや広がった。ただし、防水スプ レーのノズルやボタンの孔径などによっても噴霧粒子の広がりが変化するため、対象製品以 外の防水スプレーに当てはまるかは不明である。

イ 噴霧者の顔と噴霧対象物間の距離の関係

噴霧者の顔と噴霧対象物の距離が近いほど、噴霧粒子の流れが噴霧者の顔に近くなる傾向 が確認された。ただし、追い風で噴霧対象物を床または地面に置いた状態で噴霧する場合は、 跳ね返りの影響により噴霧者の顔に噴霧粒子が近づく場合があった。また、屋外・向かい風 で噴霧対象物が衣類の場合は、噴霧対象物との距離を確保しても噴霧粒子が噴霧者の顔へ近 づくことが確認された。

したがって、噴霧対象物との距離を確保した状態で噴霧を行うことで噴霧者の顔に噴霧粒 子の流れが近づきにくくなるが、追い風のときは噴霧対象物及び背面からの跳ね返りに注意 が必要である。また、屋外では噴霧対象物との距離を確保しても効果が得られない場合があ るので、風向きに留意する必要がある。

ウ 風向きの影響

噴霧対象物が靴の場合は向かい風で、噴霧対象物が衣類の場合は風無しで、噴霧粒子の流 れが噴霧者の顔に最も近くなる傾向が確認された。ただし、靴を床に置いた場合に噴霧粒子 の跳ね返りが風で広がることや、衣類との距離が近いほど噴霧粒子が滞留することなど、噴 霧対象物の形状、背面、設置状態との関係によっては風が噴霧粒子の流れに影響を与えた。 また、噴霧対象物が傘の場合、追い風及び向かい風で、風無しより噴霧粒子の流れが噴霧者 の顔に近づいた。

したがって、向かい風で噴霧粒子が噴霧者の顔に近づく傾向にはあるが、噴霧対象物の形 状、背面、設置状態との関係によっては必ずしも当てはまらないため、注意が必要である。

エ 屋内と屋外の比較

気流が変化しやすい屋外では、屋内と比較して噴霧粒子の流れの乱れが生じた。向かい風 で噴霧する場合は屋内外で噴霧粒子の流れの向きの差は確認されなかったが、追い風では屋 外の方が噴霧者の顔に噴霧粒子の流れが近づく傾向が確認された。

したがって、屋外で噴霧する際は、気流の変化による噴霧粒子の広がりが生じるため、距 離を維持しつつ風向きに常に留意する必要がある。

オ 吸入事故防止のための考察

本実験から、噴霧粒子の流れが噴霧者の顔から最も近くなる条件を表 19 にまとめる。 また、本実験から次のことが考えられる。

- ①噴霧対象物との距離を離した状態で噴霧を行うことで安全性が高まるが、噴霧対象物及 び噴霧対象物の背面からの跳ね返りに注意する必要がある。
- ②向かい風で噴霧粒子が噴霧者の顔に近づく傾向にはあるが、噴霧対象物の形状、背面、 設置状態との関係によっては必ずしも当てはまらないため、注意が必要である。
- ③屋外で噴霧する際は、気流の変化による噴霧粒子の流れに乱れが生じ距離の効果が得ら れないことがあるため、マスクを着用し、距離を維持しつつ風向きに常に留意する必要 がある。

噴霧対象物	噴霧対象物との距離	風向き	屋内外
革化	近い	向かい風	屋外
傘	近い	向かい風及び追い風	—
衣類	近い	風無し	屋外

表 19 噴霧粒子の流れが噴霧者の顔から最も近くなる条件