

玄関用エアシャワーの開発

谷口 明*1 小谷 朋央貴*1

概 要

近年、花粉症罹患者の増加に伴い花粉症対策の重要性が増している。花粉症の対策には、まず原因となる有害物質を部屋に持ち込まないことが重要となる。マンションのエントランス部分で花粉を除去するような製品は既に存在はしているが、日本のマンション事情では、形状が外廊下タイプの物が多く、エントランスで花粉を除去したとしても、外廊下で外気に接することで再度花粉が衣服などに付着してしまう懸念がある。そこで、マンション住戸の玄関に設置できるエアシャワーを開発し、その性能検証を実験及びシミュレーションにて検証を行った。

結果としてJISの試験粉体を用いた粉塵除去試験では、最低85%以上、平均で91%の除去率を確認できた。また飛散防止対策としてエアカーテン機構をエアシャワーに組み込みCFD解析及び実機で検証を行った所、飛散防止の効果があることが確認できた。

Development of Air Shower for Housing Entrance

Abstract

In recent years, with an increase in the number of hay fever sufferers, the importance of hay fever countermeasures has increased. The first step in combating hay fever is to avoid bringing the toxic substances that cause it into the room. There are existing products that remove pollen at the entrance of condominiums, but many Japanese condominiums have exterior corridors, so even if pollen is removed at the entrance, there is a concern that pollen will adhere to the corridor again when it is exposed to the outside air. Therefore, we developed an air shower that can be installed at the entrance of an apartment building, and verified its performance through experiments and simulations.

As a result, in the dust removal test using JIS test powders, we were able to confirm a removal rate of at least 85%, and an average of 91%. In addition, as a measure to prevent scattering, an air curtain mechanism was incorporated into the air shower and verified by CFD analysis and actual equipment, and it was confirmed that the air curtain was effective in preventing scattering.

キーワード: 花粉対策 エアシャワー
シミュレーション

*1建築本部 設備統括部 環境技術部

§1. はじめに

1.1 背景

近年花粉症罹患者の増加に伴い花粉症対策の重要性が増している、花粉症の対策には、まず原因となる有害物質を部屋に持ち込まないことが重要となる。食品工場やクリーンルーム等では入室する際に室内の清浄度を保つために図1に示すエアシャワーに入り、体表面についた粉塵を落とすことが一般的に行われている。このエアシャワーをマンションのエントランス部分に設置し、花粉除去に使用しているものも図2に示す既存製品として存在している。しかしながら日本のマンション事情では、形状が外廊下タイプが多く、エントランスで花粉を除去したとしても、外廊下で外気に接することで再度花粉が衣服などに付着してしまふ懸念がある。そこでマンションの住戸内部のエントランス部分にエアシャワー機能を付加した玄関用エアシャワーを開発し、その性能を検証した結果について報告する。

1.2 玄関用エアシャワーの概要

玄関用エアシャワーの構成を図3に示す。エアシャワー本体ユニットは天井に設置され、内部送風機によって加圧された空気が送風される、送風された空気はHEPAフィルタで花粉・粉塵を除去され天井の吹出口より玄関室内に向けて吹き出す。吹き出された空気は人体に当たり除塵を行った後、シューズボックス下部の壁側面に設置された吸込み口より吸い出される。吸込み口にはプレフィルタを設置しており、比較的大きな粉塵はこのプレフィルタにて捕集される。吸い出された空気は壁面内の薄型ダクトを通り送風機に戻るシステムとなっている。製品の特長としてマンションの狭小な天井空間に納めるため、本体ユニットを250mmとしている。また薄型ダクトも一般的な軽量鉄骨の厚み内に納まるサイズとしている。



図1 工業用AS



図2 エントランス用AS

§2. 性能検証

2.1 実験室概要

玄関用エアシャワーの性能検証を行うため、図4に示すようなマンションの玄関部分を模擬した実験室を作成した。エアシャワー設置完了した状況を図5に示す。設置したエアシャワーの風速値を図6に示す。吹き出し口直下ではどの吹出口でも30m/s以上の風速を示しているが、測定位置が下がるにつれて風速は減少傾向を示し、人体の顔付近であるFL+1,500mmの位置では9.1m/s、胴体付近

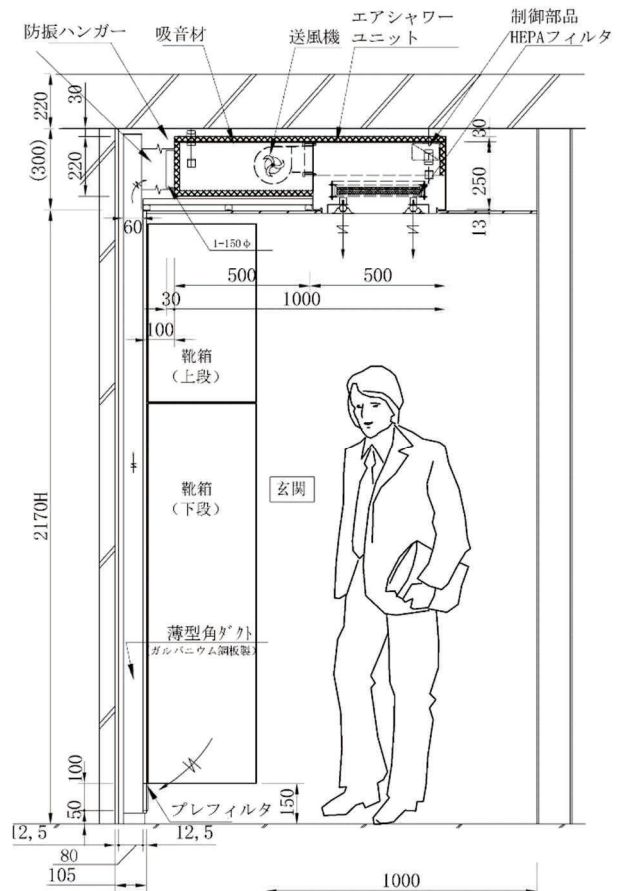


図3 エアシャワー構成図

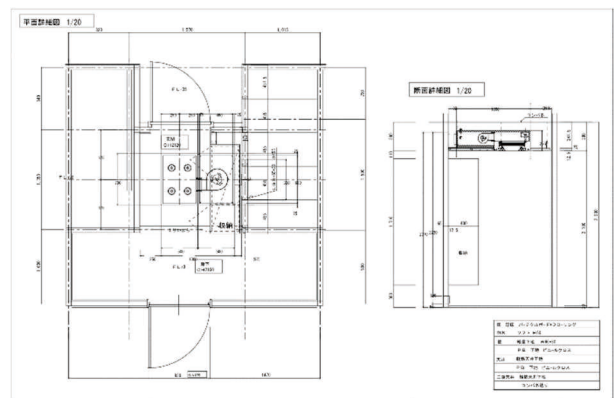


図4 実験室平面図・断面図



図5 実験室完成写真

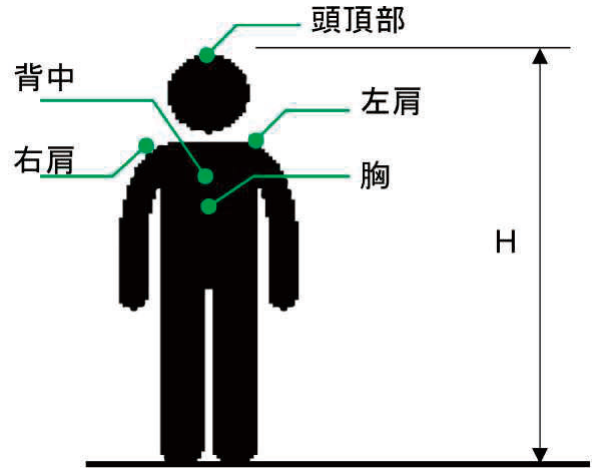


図7 除去率測定箇所



図6 風速測定結果

であるFL+1,000mmでは4.6m/sの風速が確認できた。

2.2 粉塵除去試験概要

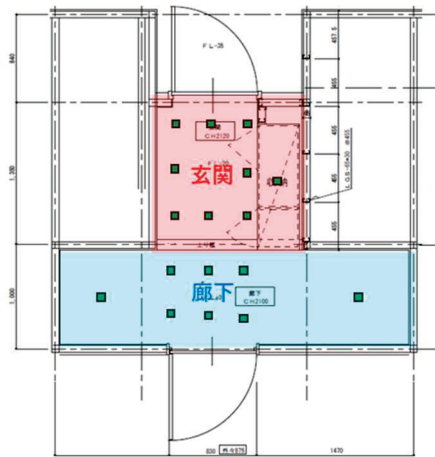
人体に付着した花粉や粉塵の除去性能を検証するため、マネキンを用いた等身大実験を行った。試験粉体（JIS試験用粉体1の11種）をマネキンに振りかけ、エアシャワー20秒稼働させた前後の粉塵数個数をマイクロスコープにて計測した。体の各箇所、衣類、身長による除去率の差異を明らかにするため図7及び表1に示す箇所及び組み合わせで実証を行った。併せて実験室内部の粉塵個数計測を行うため、内部にパーティクルカウンターを設置した。また除去した粉塵の飛散割合を確認するため、床面でも粉塵個数のサンプリングを行った。サンプリング箇所を図8に示す。

2.3 粉塵除去試験結果

エアシャワー稼働前後の試験粉体の付着状況をマイクロスコープで分析した結果の一例を図9に示す。図中の赤で着色されている箇所が試験粉体の付着している箇所である。稼働前後を比較すると稼働後では赤で着色され

表1 衣類と身長の組み合わせ

		衣類		
		Yシャツ	トレーナー	ウインドブレーカー
H (身長)	170cm	Y-170	T-170	WB-170
	150cm	Y-150	T-150	WB-150
	135cm	Y-135	T-135	WB-135



■ 粉塵飛散測定点

図8 飛散粉塵測定点

稼働前

稼働後

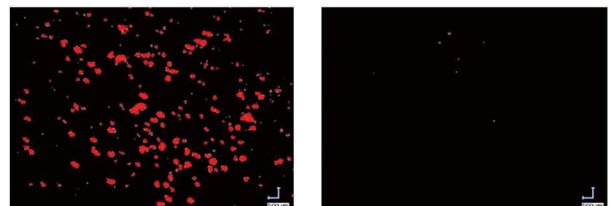


図9 マイクロスコープ画像

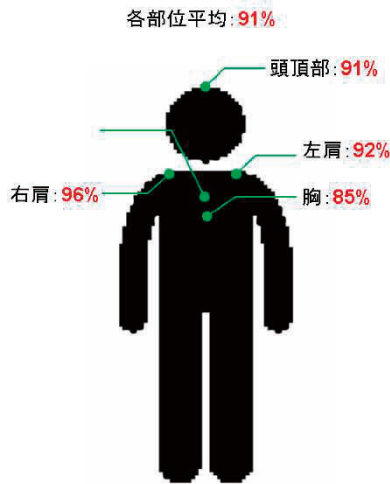


図10 部位ごとの除去率(全試験平均)

て部分は殆どなくなっており、概ね試験粉体が除去されていることが確認できる。体各箇所の全試験平均の除去率を図10に、衣類、及び身長による除去率の一覧を表2に示す。体の各所の除去率の比較をすると、風が当たりやすい頭部や肩部に比べて、風が当たりにくい胸部の除去率が少し低い結果となった。全試験各部位平均の除去率は91%となり、付着した試験粉体は概ね除去できていると言える。また身長が低くなると除去率が低下する傾向が多少見受けられる、これはマネキンに到達する風速が減衰したことによる影響と考えられる。衣類による違いは多少見受けられるが、どの組み合わせでも85%以上の除去率が確認された。実験室内の0.5 μ mの粉塵個数の変化を図11に示す、エアシャワー稼働後、室内の粉塵濃度は一度大きく上昇するが、その後減少し続けエアシャワー稼働終了時には稼働前より粉塵個数が減少しており、室内飛散している粉塵は概ね除去できていると言える。マネキンから除去され空气中に飛散した粉塵はエアシャワーによって集塵できることは確認されたが、表3に示すようにマネキンから除去され落下した粉塵は20~30%程度廊下側に飛散することが確認できた。

§3. シミュレーションによる検証

3.1 廊下側への飛散対策

前章より、マネキンから除去された粉塵は、空气中に飛散したものは集塵されるが、粉塵の一部が廊下側に飛散することが確認された。廊下は下足エリアではないため、エアシャワーで除去した花粉が使用者の足に再付着するという可能性がある。そこでエアシャワーの廊下側にエアカーテン機能を付加した場合の廊下側への飛散抑制効果についてCFD解析にて検証を行った。

表2 衣類・身長の違いによる除去率(5部位平均)

	Yシャツ	トレーナー	ウインドブレーカー
170cm	94%	87%	98%
150cm	89%	90%	93%
135cm	88%	85%	96%

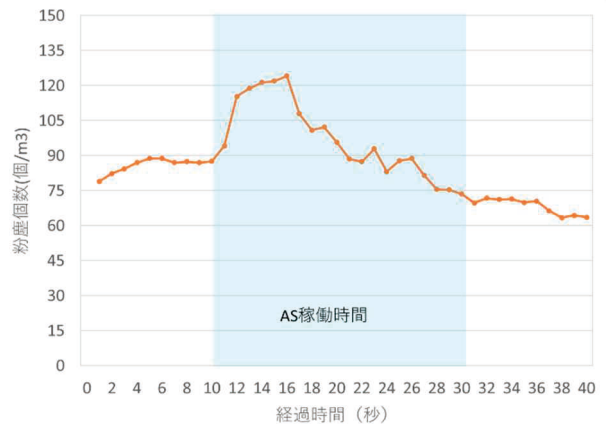


図11 AS稼働時における実験室内の粉塵個数

表3 飛散粉塵落下割合

	玄関	廊下
1回目	65%	35%
2回目	77%	23%
3回目	88%	12%
平均	77%	23%

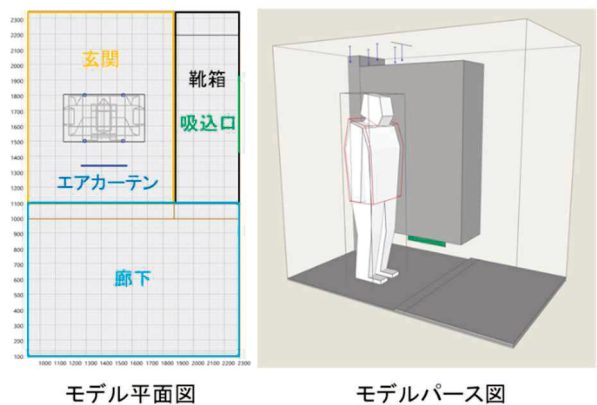


図12 シミュレーションモデル概要

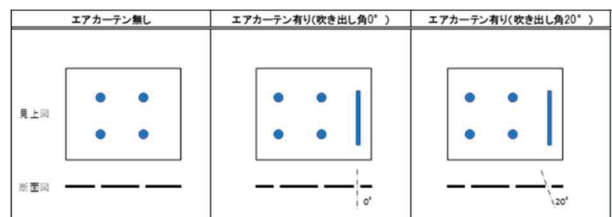


図13 エアカーテン角度比較

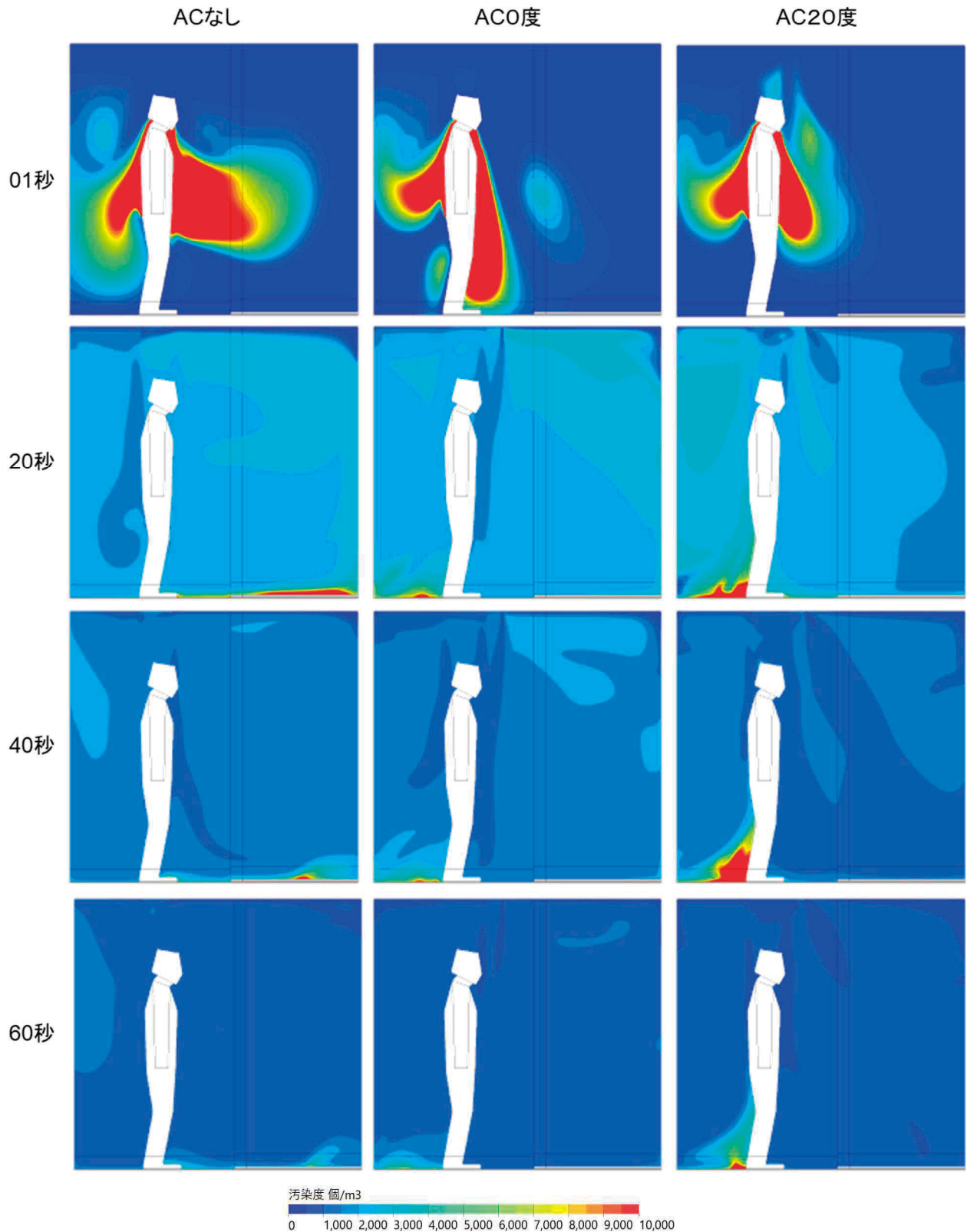


図14 シミュレーション結果比較

3.2シミュレーションモデル概要

図4に示した実験室をCFDソフトにてモデル化を行った。モデル平面図及びパース図を図12に示す。使用した解析ソフト及び解析条件を以下に示す。

解析ソフト:Flow Designer 2019

乱流モデル:k-εモデル

解析手法:非定常解析

解析時間:60秒

循環風量:300m³/h

吹出口風速:25~30m/sec

粉塵粒径:20 μm(花粉と同粒径を想定)

粉塵量:17,000個程度(初期値として人体モデル周囲に発生、経時発生はなし)

粉塵は重力沈降のみ考慮し、壁などへの付着はしないものとする。

エアカーテンの効果を把握するため以下に示す3ケースにてシミュレーションを実施した。各ケースの詳細を図13に示す。

- ・エアカーテンなし
- ・エアカーテン有 吹出角度0度(鉛直吹出)
- ・エアカーテン有 吹出角度20度(廊下側へ20度)

3.3シミュレーション結果

シミュレーション結果を図14に示す。エアカーテンなしの場合、1秒後からすでに廊下側へ粉塵が流れ始めているのが確認できる、それに対してエアカーテンを設置した2つのケースでは廊下側へ粉塵は流れておらず、人体付近に停滞している。20秒後ではエアカーテンなしの場合、玄関側床面の粉塵濃度が高いことが確認できる、これは上部からのエアシャワーの風が止まることなく吹き続けているため、一度廊下側に押し出された粉塵が玄関側に戻り辛くなっているためと考えられる、そのため40秒後でも玄関側床面には粉塵濃度が高いままである。最終的に60秒経過後も玄関側の床面付近には粉塵が残っていることが確認できる。エアカーテンを設置した場合の2ケースではエアカーテンの影響で廊下側に粉塵が流れにくいため、60秒通して床面の粉塵濃度は高くなっていないことが確認できる。玄関側床面で濃度が高くなっているが、土足エリアであるため廊下とは縁が切れており室内への持ち込みに関しては影響がないと考えられる。エアカーテンの角度の差異については40秒後の廊下側空間を比較すると、吹出角度20度の濃度が低く生じているが、60秒経過後では、双方に大きな差異は生じてない。よって実際の設置状況に合わせてシミュレーションで検証し、エアカーテンの角度を調整していく必要がある。

3.4実験室でのエアカーテン検証

前節より廊下側への飛散防止にはエアカーテンの設置が有効であると考えられたため、実験室に設置したエアシャワーにもエアカーテン機構を加え廊下側、玄関側の落下粉塵割合を試験粉体にて再度検証を行った。表4に示すようにエアカーテンを設置することによって、設置前に比べて玄関側への落下割合が減少しており、エアカーテンの効果が少ないながらも確認できた。

表4 エアカーテン有無の落下粉塵割合の比較

	エアカーテンなし	エアカーテンあり
落下粉塵割合(玄関)	78%	83%
落下粉塵割合(廊下)	22%	17%

§4.まとめ

本報告では住宅の玄関に設置するエアシャワーを開発及び性能検証し以下の知見を得た。

- (1)試験粉体での試験では衣類、身長問わず85%以上、測定箇所全平均では91%の除去率が確認できた。
- (2)廊下側に飛散防止策としてエアシャワー吹出口にエアカーテン機能を付加した結果、廊下側への飛散防止効果があることがシミュレーション及び実機によって確認できた。

今後は廊下側への飛散防止の更なる改良案の検討を行っていく。また住宅の玄関だけでなく多用途な建物に適用できるよう改良を進めていく予定である。

謝辞 本製品の開発及び検証にあたり、藤田商事株式会社 森田部長には多大な協力を頂きました。ここに記して感謝いたします。

ひとこと

近年は花粉だけでなくPM2.5や黄砂なども問題となっていますのでこれから需要が上がってくる事を期待しています。



谷口 明