

## 論

## 文

再荷電による PP エレクトレットフィルタの  
エレクトレット性能復活と殺菌効果に関する研究

TUN LWIN\*, 高島和則\*, 桂進司\*, 水野彰\*

(2004 年 9 月 30 日受付; 2005 年 2 月 10 日受理)

Recovery of Filtration Efficiency and Sterilization Effect of Polypropylene (PP)  
Electret Filter by Recharging with DC Corona Discharge

TUN LWIN\*, Kazunori TAKASHIMA\*, Shinji KATSURA\* and Akira MIZUNO\*

(Received September 30, 2004; Accepted February 10, 2005)

The usage of electret materials in general ventilation filters is growing rapidly. Polarized fibers create internal electric field that significantly increases the deposition of aerosol particles on filter fibers. Therefore, high collection efficiency can be achieved at a moderate flow resistance level. These fibrous electret filters have been utilized in medical masks, vacuum cleaner, exhaust filters, vehicle cabin filters, room air conditioner and air cleaner, etc. Although electret filters are made of fibers with extremely low electrical conductivity, they can lose their charges when exposed to some chemicals or atmospheric particles, especially in case of high humidity, high temperature. This paper presents the experimental results obtained on the recovery of electret filter's efficiency by recharging with dc corona discharge. Immersion in 2-Propanol severely eliminated the filtration efficiency of electret filters. The experimental results indicated that the corona recharging was effective to recover the filtration efficiency. The efficiency recovered to almost its initial level. Furthermore, it was also examined the sterilization effect during recharging the electret PP filter. In this experiment, *Saccharomyces Cerevisiae* (Yeast) and *Bacillus Subtilis* spores have been used as bio-indicators. Initial concentration of these indicators was about  $10^6$  CFU/ml. It was observed that the *Saccharomyces Cerevisiae* (Yeast) was sterilized within one hour and the spores of *Bacillus Subtilis* were sterilized within three hours by DC corona recharging.

## 1. はじめに

現在、静電的微粒子捕集機構を備えた空気浄化システムは広く用いられている。エレクトレット繊維で作製したフィルタは高効率かつ低圧力損失の微粒子捕集を高電圧電源、電極システムなどを用いずに実現可能であり、一般空気清浄フィルタとしての利用が急速に拡大している。帯電して分極したフィルタ繊維は内部電界を発生するため、空气中を浮遊する微粒子を物理的な慣性力ならびに拡散捕集に加え、静電気力により捕集できるため、低い圧力損失で高捕集効率が得られる<sup>1, 2)</sup>。このため、エレクトレットフィルタはエアコン、マスク、空気清浄機、掃除機の排気フィルタなどとして広く利用されている。

エレクトレットフィルタはポリプロピレン(PP)などのポリオレフィン系高分子繊維に電荷を静電的に注入することによる作製される。その方法としては不織布繊維フィルタをコロナ放電で荷電する方法が広く利用されている。フィルタ性能への影響因子としてフィルタの密度(目付)、繊維直径及びガスの処理速度(面速度)などがあり、また、フィルタを帯電する荷電方法すなわち放電形態の違いがフィルタ性能に影響することも解明されている<sup>3)</sup>。

エレクトレットフィルタの捕集効率はフィルタ繊維の電荷に依存しており、フィルタ繊維に帯電された電荷の安定性が重要であるため、エレクトレットフィルタは極めて電気伝導性の低い繊維で製造されている。エレクトレットフィルタは通常空气中で浮遊している微粒子などに対しては静電気捕集機構により長寿命に利用できるが、タバコ煙に含まれる有機性ガスの暴露や、可溶性成分を吸着した粒子の高温高湿度条件での捕集時には、フィルタの電荷が速やかに除電されフィルタの性能が劣化する<sup>1, 4-6)</sup>。そのエレクトレットフィルタをコロナ放電にて再荷電することでエレクトレットフィルタの性能が復活できればフィル

**キーワード**: エレクトレットフィルタ, 再荷電, 逆電離, 殺菌, コロナ放電, 除電

\* 豊橋技術科学大学エコロジー工学(〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

Department of Ecological Engineering, Toyohashi University of Technology, 1-1 Tempaku-cho, Toyohashi City, 〒441-8580 Japan

<sup>1</sup> mizuno@eco.tut.ac.jp

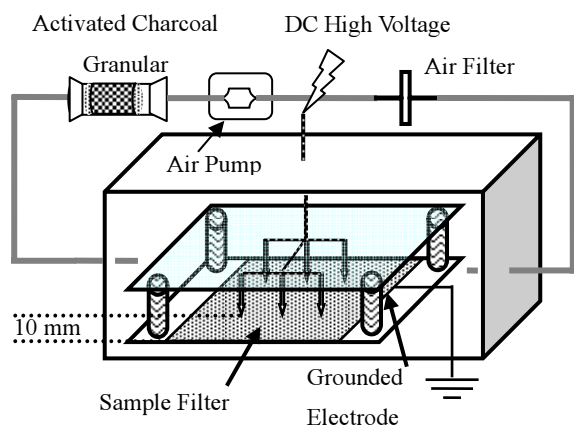


図1 本実験で利用する再荷電装置

Fig. 1 Schematic Diagram of Recharging Reactor.

タを再利用でき、フィルタの寿命を延長できると考え本実験を行った。

また、エレクトレットフィルタは空気中で浮遊している孢子、バクテリア、ウィルス、菌類などをフィルタ表面に捕集できるが、殺菌まではできない。一方、放電プラズマにより生成されるOHラジカルやオゾンなどの活性種による菌細胞膜の破壊やプラズマによるイオン衝突などで殺菌効果が得られることが報告されている<sup>7,8)</sup>。したがって、フィルタを再荷電する際、コロナ放電により生成されるオゾンなどの酸素ラジカルにより孢子、ウィルス、菌類などが付着したフィルタの殺菌も期待できると予想される。そのため、フィルタ再荷電条件でのコロナ放電が殺菌効果を有するかどうかを検討した。

## 2. 実験方法及び装置

### 2.1 再荷電実験方法及び実験装置

フィルタが物理的な損傷を受けるまで再利用し、フィルタの寿命をより長くすることを目的として、化学物質やタバコ煙のような粒子などの吸着で性能が低下したエレクトレットフィルタ(劣化したフィルタ)を、実用レベルの大気圧コロナ荷電装置でフィルタ性能復活ができるかどうかを検討した。

フィルタの再荷電装置を図1に示す。再荷電装置は放電電極を接地電極の表面から10mmの位置に針電極を配置したコロナ放電装置であり、プラスチック容器に入れたものである。放電電極は外径0.6mmのステンレス注射針6本を用いた。図1に示すように注射針3本を30mmの間隔で2列に並べて設置したものである。二つの列の間隔も30mmである。フィルタを再荷電するときは接地電極の上に試料PPフィルタを挿入し、負極性の直流高電圧を印加した。

再荷電装置には粒状活性炭層、エアポンプ、ミリポアエアフィルタを直列に接続した空気循環装置を設け、再荷電時に生成するオゾンを分解した。なお、殺菌効果を持たせ

るため、フィルタを荷電・再荷電する間はエアポンプを止め、空気循環をさせず、容器内のオゾン濃度を上昇させた。コロナ放電による荷電を終了後にチャンバー内の空気を循環させオゾンを分解した後、フィルタを容器から取り出した。

再荷電実験手順としては… ① できるだけ高い捕集効率を得るため、以前の研究<sup>9,10)</sup>で利用した加圧荷電装置を用いて未荷電PPフィルタを加圧(0.2MPa)条件下で直流高電圧(-50kV)を1分間印加し高性能エレクトレットを作製した。

② その後、作製したエレクトレットPPフィルタの除電を行うため、フィルタを2-プロパノールに浸し、自然乾燥させた。フィルタを十分に乾燥させた後、図1に示す再荷電装置で大気圧条件下の直流コロナ放電で1分間再荷電した。

③ 未荷電フィルタ、加圧荷電で作成したエレクトレットフィルタ、除電して性能を劣化させたフィルタ、再荷電したフィルタの性能(捕集効率)を測定し、それぞれの結果を比較して再荷電したときにフィルタの性能が復活できるかどうか確認した。

フィルタ性能(捕集効率)は、室内微粒子を対象にしてフィルタを通過する前と通過した後の微粒子数をダストカウンタ(ダン科学82-1800)にて計測し、フィルタ通過前と通過後の微粒子数の比から評価した。試料フィルタを通過する風速は熱線式風速計(Testo 405-V1)にて計測し、圧力損失はマノメータで求めた。フィルタの面速度はフィルタを通る空気の流量とフィルタの断面積の比から算出した。本実験で示したそれぞれのフィルタの捕集効率は、室内空気を70L/minで吸引し面速度5.36cm/sec、圧損15Paで評価した捕集効率である。

### 2.2 殺菌実験方法

フィルタを再荷電したときの殺菌効果を評価するため、処理対象菌としてイースト菌(*Saccharomyces Cerevisiae*)とオゾンに対する耐性の高い枯草菌孢子(*Bacillus Subtilis Spores*)<sup>8)</sup>を用いて実験を行った。再荷電するPPフィルタは疎水性であるため菌液を滴下して風乾させることが困難であり、フィルタを再荷電した後、フィルタ表面から菌をはがし落とすことやフィルタの再利用などの問題点があるため、殺菌検体を作成しバイオインジケータとして利用した。殺菌検体は約2.5cm×7cmのOHPフィルム上に10<sup>6</sup>の菌液を滴下し、乾燥させたものを用いた。

作成された殺菌検体を図1に示す再荷電装置の接地電極の中央部に置き、上に再荷電するPPフィルタを挿入してコロナ放電にて再荷電を行った。再荷電後、生成されたオゾン濃度をオゾン検知管で測定した。その後チャンバー内のオゾンを、図1に示すようにエアポンプを用いて粒状

活性炭で分解処理した。処理後の殺菌検体を 10ml の滅菌水を入れたチューブに入れ超音波洗浄器に 10 分間暴露することにより菌液を作成した。その後、生菌数の測定を行って殺菌効果を調べた。

生菌数測定法としては、標準平板菌数測定法 (Standard Plate Count) によりコロニー数 (CFU) をカウントし、生菌数評価を行った。本実験で利用した対象菌液の初期濃度はイースト菌の場合約  $1.24 \times 10^6$  CFU/ml、枯草菌胞子の場合約  $5.7 \times 10^6$  CFU/ml で実験を行った。また、殺菌研究において生菌数減少は桁数により評価するため、式 (1) を用いて減少率を求めた。また、菌数が一桁減少する時間 (D 値) を式 (2) を用いて算出した。

$$\text{減少桁 [桁]} = \log \frac{\text{処理前の生菌数}}{\text{処理後の生菌数}} \quad \text{式 (1)}$$

$$\text{D 値} = \frac{\text{接触時間(sec)}}{\text{減少桁(桁)}} \quad \text{式 (2)}$$

### 3. 実験結果

#### 3.1 試料 PP フィルタの性能

本研究で利用したフィルタはメルトブロー紡糸法により作製された PP フィルタである。PP フィルタは厚み 0.5mm、繊維直径 3.5  $\mu\text{m}$ 、目付 45g/m<sup>2</sup> のものである。フィルタの面積は約 215cm<sup>2</sup> である。本実験で使用した未荷電フィルタと加圧荷電フィルタの捕集効率を図 2 に示す。未荷電フィルタの捕集効率は 0.3  $\mu\text{m}$  の粒子に対し 33% 程度、0.5  $\mu\text{m}$  で 44% 程度、1  $\mu\text{m}$  で 51% 程度、2  $\mu\text{m}$  で 75% 程度、5  $\mu\text{m}$  以上で 100% 程度であった。加圧荷電フィルタでは 0.3  $\mu\text{m}$  に対し 99% 程度、0.5  $\mu\text{m}$  で 99.5% 程度となり、1  $\mu\text{m}$  以上の粒子に対し 100% 程度の捕集効率を示した。

#### 3.2 再荷電装置の電流電圧特性

図 3 に本実験で用いた再荷電装置の大気圧条件下で負極性直流コロナ放電を用いて荷電したときの電流電圧特性を示す。接地電極表面への PP フィルタの挿入有無、殺菌実験の際にバイオインジケータとして利用した殺菌検体 (OHP フィルム) を PP フィルタと一緒に挿入したときの電流電圧特性を示す。

PP フィルタを接地電極上に挿入して荷電した場合、印加電圧 -3.5kV から放電が開始し、-7kV 程度からコロナ電流が急激に上昇して -10kV 以上では火花放電が発生しフィルタが破損してしまった。フィルタ挿入無しの場合に比べると印加電圧 -9.5kV からフィルタ挿入無しの場合よりも電流が異常増加していることが観察された。そのときに撮影した放電の様子を図 4 に示す。放電電極下のフィルタの一部に逆電離が発生していることが確認できた。電流の異

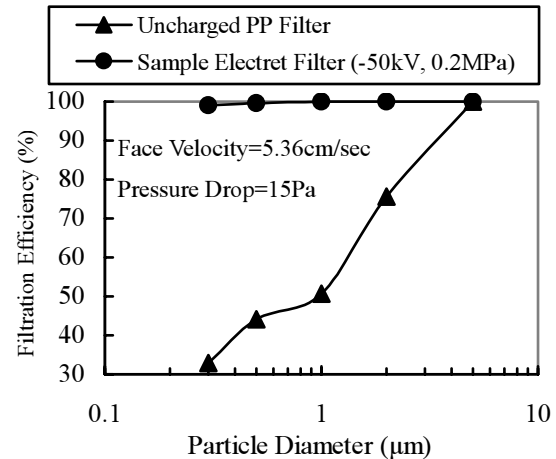


図 2 未荷電及び自作のエレクトレット PP フィルタの捕集効率

Fig.2 Filtration Efficiency of Sample PP Filter.

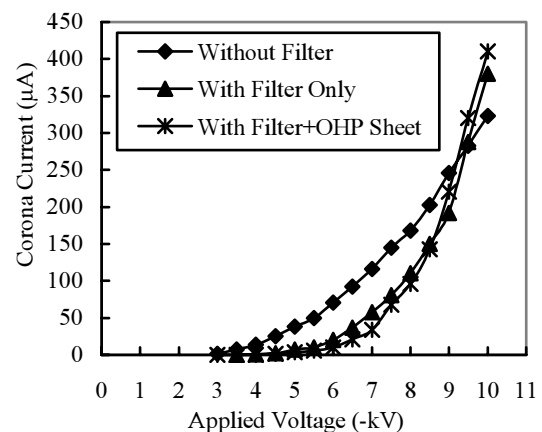


図 3 再荷電装置の電流電圧特性

Fig.3 Current-Voltage Characteristic.

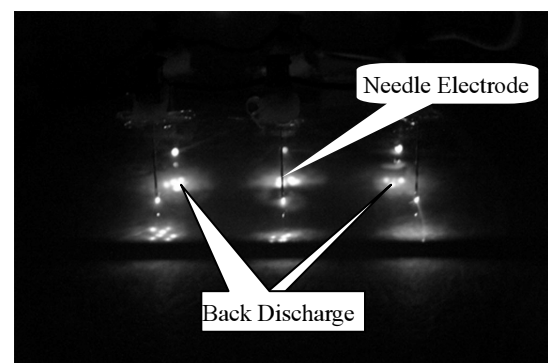


図 4 PP フィルタを荷電したときの逆電離の様子 (印加電圧 DC -9.5kV, ギャップ=10cm)

Fig.4 Photo of PP Filter Occurring Back Discharge. (Applied Voltage DC -9.5kV, Gap=10cm).

常増加はこの逆電離によるものである。

殺菌の実験で利用した殺菌検体 (OHP フィルム) を PP フィルタと一緒に挿入したとき、放電開始電圧はフィルタのみの場合と同様 -3.5kV 程度であり、-8kV までは放電しに

くく電流値はフィルタのみを挿入した場合より低かった。しかし、 $-8.5\text{kV}$  からフィルタのみの場合の電流値とほぼ同じになり $-9\text{kV}$ の印加電圧からはフィルタのみより電流値の増加が見られ、 $-9.5\text{kV}$  からは逆電離が強く発生していることが観察できた。

図5に未荷電PPフィルタのみを接地電極上に挿入して大気圧負コロナ放電で1分間荷電した時、印加電圧に対するフィルタの捕集効率を示す。この結果から、印加電圧の上昇に従ってフィルタ性能が向上するが、逆電離が発生している $-9.5\text{kV}$ での荷電ではフィルタ性能が低下していることが確認できた。本装置で一番高い捕集効率は印加電圧 $-9\text{kV}$ の荷電で得られた。そのときの性能は、 $0.3\mu\text{m}$ の粒子に対し91%以上、 $0.5\mu\text{m}$ で95%程度、 $1\mu\text{m}$ で98%以上、 $2\mu\text{m}$ 以上の粒子に対し100%であった。

### 3.3 直流コロナ放電を用いた再荷電によるPPフィルタのエレクトレット性能復活

本研究では、表面電位計(KSD-0303)を用いて、各状態でのフィルタ表面電位を測定し、除電・再荷電によるPPフィルタの電荷量の変化も調べた。フィルタを接地した平板電極に乗せ、フィルタ表面から10mmの位置で表面電位計をスキャンしてフィルタ表面電位を測定した。フィルタ上の測定位置によって表面電位の変動が見られたため、フィルタ中央部の12ヶ所をランダムに測定し、測定値の算術平均値と絶対平均値(絶対値の平均)を求めた。それらの結果を表1に示す。エレクトレットフィルタ表面に正負両方の電荷が検出される。その絶対平均値はエレクトレットフィルタの捕集効率との相関が高い<sup>11, 12)</sup>。本実験で試料として用いた加圧荷電装置で1分間荷電した高性能エレクトレットフィルタ(加圧荷電フィルタ)の表面電位は荷電面(表)では絶対平均値413V、裏面では976Vであった。除電を行うことにより絶対平均値が大きく低下し、再荷電により上昇した。

加圧荷電フィルタを2-プロパノールに浸すことにより、フィルタの除電を行い、フィルタ性能の劣化を調べた。このように調製した試料を除電フィルタという。除電後、図1に示す再荷電装置で一番高い捕集効率を得られた $-9\text{kV}$ にて1分間大気圧条件下で除電フィルタを再荷電した。それぞれのフィルタの捕集効率を図6に示す。除電フィルタの捕集効率は室内微粒子 $0.3\mu\text{m}$ に対し61%程度、 $0.5\mu\text{m}$ で67%程度、 $1\mu\text{m}$ で75%程度、 $2\mu\text{m}$ で83%程度、 $5\mu\text{m}$ 以上で100%であった。加圧荷電フィルタより明らかに低下したが、図2に示す未荷電フィルタの捕集効率に比べるとまだ高かった。エレクトレットフィルタを2-プロパノールに浸した処理時間を一晩まで延長して実験を行ったが、劣化したフィルタの捕集効率はほぼ同じで、浸した時間に依存しなかった。2-プロパノールに浸す方法での除電は完

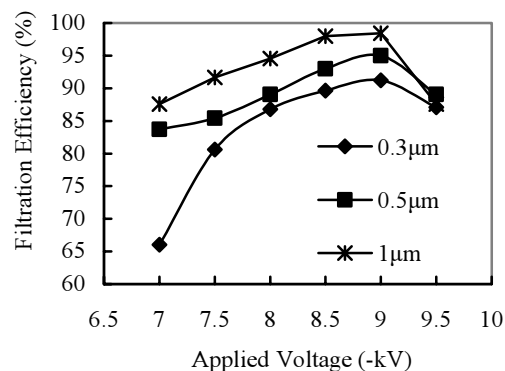


図5 印加電圧におけるPPフィルタの捕集効率

Fig.5 Filtration Efficiency of PP Filter for Various Applied Voltage.

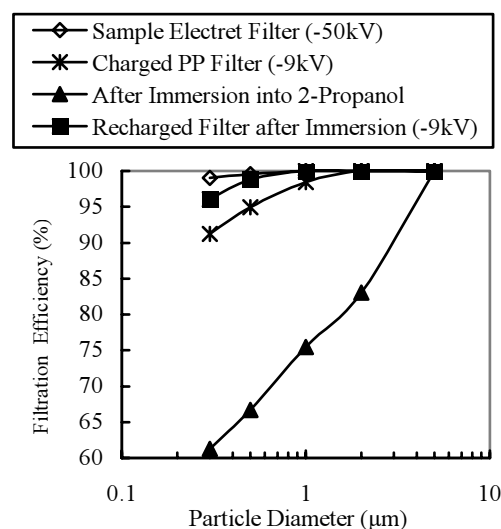


図6 2-プロパノール溶液に浸した

PPエレクトレットフィルタの性能復活

Fig. 6 Efficiency Recovery of PP Electret Filter for Immersion in 2-Propanol.

全ではないため、未荷電フィルタより高い値であったと考えられる。

除電フィルタを再荷電装置で $-9\text{kV}$ にて1分間再荷電したとき捕集効率は図6に示すように室内微粒子 $0.3\mu\text{m}$ に対し96%程度、 $0.5\mu\text{m}$ で99%程度、 $1\mu\text{m}$ 以上の室内微粒子に対しては100%が得られた。除電する前の加圧荷電フィルタの性能レベルとほとんど同じになり、高性能エレクトレットフィルタのレベルに回復されたことが確認できた。また、未荷電フィルタを高電圧 $-9\text{kV}$ にて1分間荷電した場合の捕集効率に比べると室内微粒子 $0.3\mu\text{m}$ に対し5%程度、 $0.5\mu\text{m}$ に対し4%以上捕集性能が向上した。

また、2-プロパノールの代わりに純水や純水で薄めた洗剤溶液なども用いて同様の評価を行ったが、2-プロパノールでの結果とほとんど同様の結果であった。

表 1 PP フィルタの表面電位

Table 1 Surface Potential of PP Filters.

No.	試料	表面電位 (V)			
		荷電面(表)		裏面	
		算術平均値	絶対平均値	算術平均値	絶対平均値
1	加圧下(0.2MPa)で荷電したフィルタ (-50kV)	413	413	-976	976
2	2-プロパノール溶液で除電したフィルタ	-24	37	23	51
3	大気圧下で再荷電したフィルタ (-9kV)	-730	730	428	428

### 3.4 フィルタを長時間再荷電した場合の性能

コロナ放電を用いた殺菌を行う場合には、必要なオゾン濃度を得るため、長時間コロナ放電を持続する必要がある。オゾン殺菌では初菌数  $10^4$ /担体で残菌数 0 にするためには、枯草菌胞子の場合 CT 値（濃度と暴露時間の積）30000ppm・min、一般栄養細菌の場合 CT 値 3000ppm・min が必要であることが報告されている<sup>8)</sup>。初期生菌数  $10^6$ CFU/担体以上の対象菌を用いて殺菌実験を行うため、殺菌効果を得るにはフィルタをコロナ放電で長時間再荷電する必要があると予想される。

コロナ放電で長時間フィルタを再荷電した際、印加電圧によっては処理時間の増加と共に逆電離や火花放電の発生が観察された。印加電圧 9kV の場合、1 分間の再荷電では確認できなかった逆電離の発生が処理時間 5～10 分程度で確認され 15 分程度で火花放電が発生しフィルタに損傷が生じた。印加電圧を低下させて再荷電を行った結果、印加電圧 8.5kV にて荷電した場合約 20 分程度で逆電離が確認された。印加電圧 7.5kV で再荷電した場合、逆電離及び火花放電は発生しなかった。この印加電圧 7.5kV で逆電離及び火花放電が発生しないことを 8 時間まで確認できたので殺菌の実験ではこの電圧を用いた。しかし、図 5 に示すように再荷電装置で未荷電フィルタを 1 分間荷電したときは室内微粒子  $0.3\mu\text{m}$  に対し 81% 程度しか捕集できなかったため印加電圧 7.5kV にて長時間荷電で PP フィルタの性能が復活できるかどうか確認実験を行った。

図 7 に未荷電及び 2-プロパノールで除電したフィルタを印加電圧 7.5kV で荷電したときの荷電時間に対するフィルタの捕集効率を示す。未荷電フィルタを荷電した場合、10 分間の再荷電でフィルタ効率は室内微粒子  $0.3\mu\text{m}$  に対し 85% 以上となり 60 分の荷電で 93% 程度になった。しかし、除電フィルタの再荷電では 1 分間の荷電で室内微粒子  $0.3\mu\text{m}$  に対し 91% 程度、10 分間で 96% 以上、60 分間で 98% 程度となった。この結果から印加電圧 7.5kV の再荷電で除電フィルタが処理時間 10 分以上で加圧荷電フィルタの性能レベル程度まで復活できることが確認できた。

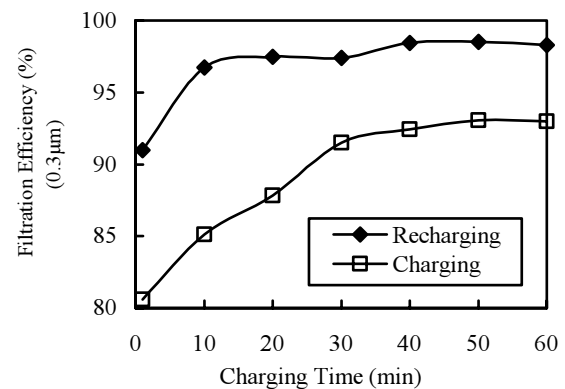


図 7 印加電圧 7.5kV にて荷電した荷電時間における PP フィルタの性能(捕集効率)

Fig. 7 Filtration Efficiency of PP Filter charged by DC Corona (-7.5kV) for Various Charging Time.

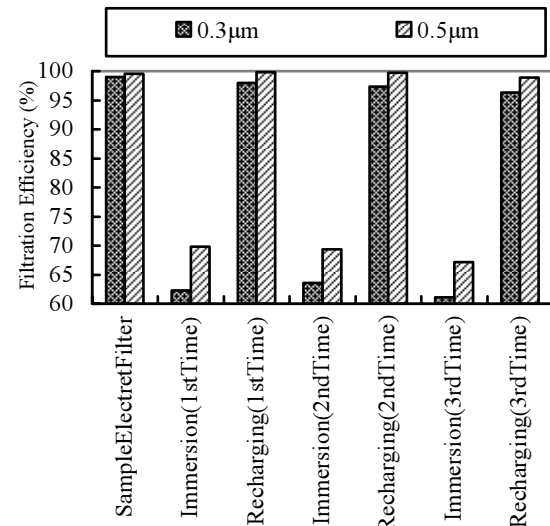


図 8 再荷電回数における PP フィルタの捕集効率

Fig. 8 Filtration Efficiency of PP Filter Frequently Recharged By DC Corona Discharge.

### 3.5 長時間再荷電回数のフィルタ性能への影響

PP フィルタを長時間再荷電する回数によるフィルタへの影響も検討した。除電フィルタを印加電圧 7.5kV にて 1 時間再荷電した後、再度そのフィルタを 2-プロパノール

で劣化させ2回目の再荷電を1時間行った. この手順を繰り返して3回目の再荷電まで実験を行った. その結果を図8に示す. 除電フィルタは1回目の再荷電で室内微粒子 $0.3\mu\text{m}$ に対し98%程度となり, 3回目の再荷電で96%以上となったことから繰り返し再荷電の影響でやや捕集効率が低下している. しかし3回目の再荷電まで, 図5に示す未荷電フィルタを大気圧条件で荷電してエレクトレット化したフィルタより高い捕集効率が得られており, 除電フィルタより明らかに捕集効率が向上している. 繰り返し再荷電でもフィルタの性能が復活できることが示されたものと考えられる.

### 3.6 処理対象菌の殺菌効果

除電フィルタの下に検体フィルムを置き印加電圧 $-7.5\text{kV}$ にて再荷電したときの処理対象菌の殺菌効果を図9, 10に示す. 初期生菌数 $1.24\times 10^6\text{CFU/担体}$ のイースト菌の場合, 検体フィルムの処理時間に対する殺菌効果(減少桁)及びオゾン濃度を図9に示す. 処理時間1分間でオゾン5ppm程度, 10分間でオゾン25ppm程度, 60分間で145ppm程度であった. 殺菌効果としては10分間で0.4桁の減少が見られ図9に示すように処理時間40分を超えると菌の減少が早くなり50分で3.9桁の減少が得られた. 60分の処理時間で6.1桁の滅菌が確認された.

枯草菌胞子の場合における荷電時間と殺菌効果(減少桁)及びオゾン濃度の関係を図10に示す. オゾン濃度は30分間で90ppm, 120分間で220ppm, 180分間で300ppm程度生成された.  $5.7\times 10^6\text{CFU/担体}$ の枯草菌胞子に対する再荷電による殺菌効果は, 60分間の処理で0.3桁程度, 120分間の処理で1.8桁程度, 150分間の処理で3.1桁, 180分間の処理時間で6.76桁の減少(生残菌数は0)となった.

これらの殺菌結果から, 除電フィルタの性能復活が確認された印加電圧 $-7.5\text{kV}$ の再荷電により, 初期生菌数 $1.24\times 10^6\text{CFU/担体}$ のイースト菌は1時間で滅菌され, D値は594secとなり, 初期生菌数 $5.7\times 10^6\text{CFU/担体}$ の枯草菌胞子は180分間の処理時間で1598secのD値が得られた.

### 4. まとめ

フィルタが物理的に損傷を受けるまで再利用し, フィルタ寿命をより長くすることを目的として2-プロパノールを用いてフィルタ性能劣化の様子を実験的に検討し, 除電され劣化したフィルタの性能回復が, 実用的な大気圧コロナ放電による再荷電装置で可能かどうか実験を行った結果, 以下の結論が得られた.

- 1) PPエレクトレットフィルタは2-プロパノールで除電・劣化させると, 室内微粒子 $0.3\mu\text{m}$ に対しエレクトレットフィルタの初期捕集効率から35%程度明確

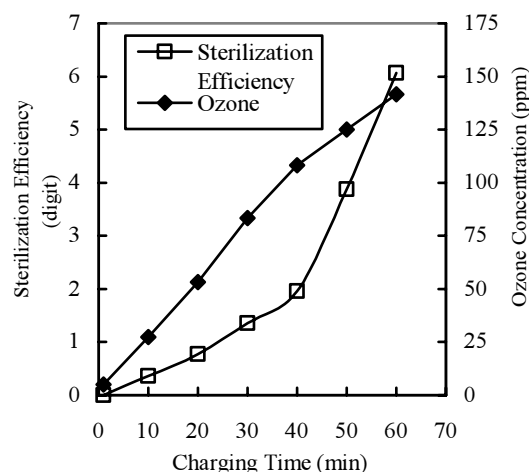


図9 再荷電によるイースト菌の殺菌結果

Fig. 9 Sterilization Effect of *S. Cerevisiae* by Recharging DC Corona.

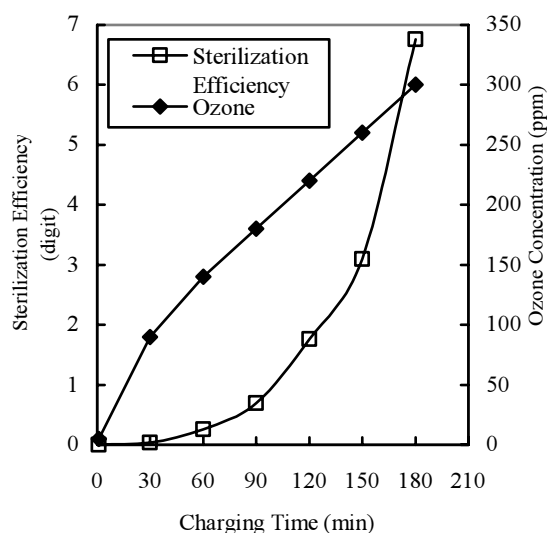


図10 再荷電による枯草菌胞子の殺菌結果

Fig. 10 Sterilization Effect of *B. Subtilis* spores by Recharging DC Corona.

に低下したが, 未荷電フィルタの性能レベルまでは低下しなかった.

- 2) 除電により劣化したフィルタを, 実用的に利用できる本再荷電装置で1分間再荷電することで, エレクトレットフィルタの初期性能とほぼ同レベルまで復活できた.
- 3) フィルタを数回繰り返し再荷電した結果, 初回に比べやや低下しているが, 除電により劣化したフィルタより捕集効率が明らかに向上した. また, 未荷電フィルタをエレクトレット化したフィルタ性能以上が得られ, 数回繰り返し再荷電してもフィルタの性能が復活できることが判明した.

- 4) フィルタを本再荷電装置でコロナ放電に長時間暴露することで、初期生菌数  $1.24 \times 10^6$  CFU/担体のイースト菌に対して1時間で、また  $5.7 \times 10^6$  CFU/担体の枯草菌胞子に対して3時間で滅菌効果が得られた。

これらの結果から、本再荷電装置でPPフィルタを再荷電することによりフィルタの性能が復活でき、さらに殺菌効果も得られるため、より安全にエレクトレットフィルタを長寿命で利用することができるものと期待される。

本研究に対し、貴重なご助言とご助力を賜りました光進電気工業株式会社、故木村功氏、ならびに(株)エコテック 佐藤武氏に深く感謝申し上げます。また、本研究は文部科学省 21 世紀 COE「未来社会の生態恒常性工学」の助成によって行われました。ここに謝意を表します。また、実験を行う際に適切な助言をいただいた水野研究室の成、谷野、藤野各氏に心より感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) R.C. Brown, W.R. Gray, D.B. Blackford and G.J. Bostock: Ann. Occup. Hygi., **32** (1988) 271
- 2) J. Van Turnhout, J.W.C. Adamse and W.J. Hoeneveld: J. Electrostat., **8** (1980) 369
- 3) P.P. Tsai and L.C. Wadsworth: Adv. Filt. & Sepa. Technol., **9** (1995) 473
- 4) P.P. Tsai, H. Schreuder-Gibson, P. Gibson: J. Electrostat., **54** (2002) 333
- 5) C.C. Chen, M. Lehtimäki, K. Willeke: Am. Ind. Hyg. Assoc. J., **54** (1993) 51
- 6) M. Lee, Y. Otani, N. Namiki and H. Emi: J. Chem. Eng. Jpn., **35** (2002) 57
- 7) 杉光英俊: オゾンの基礎と応用(再版), p.201, 光琳(株) (2004)
- 8) 釜瀬幸広: 大気圧放電プラズマプロセスの基礎と応用(2), 編集 水野彰, p.98, 岡崎国立共同研究機構, 分子科学研究所, (2004)
- 9) TUN LWIN, 成奉祚, 高島和則, 桂進司, 水野彰: 静電気学会誌, **28** (2004) 41
- 10) TUN LWIN, B. J. Sung, K. Takashima, S. Katsura and A. Mizuno: *Proceeding of 3<sup>rd</sup> Asia-Pacific Int. Sym. on the Basic & Application of Plasma Techol.(APSPT-3)*, p.199 (2003)
- 11) P.P. Tsai, H. Schreuder-Gibson, P. Gibson: J. Electrostat., **54** (2002) 333
- 12) Tun Lwin, K. Takashima, S. Katsura and A. Mizuno: *Proceeding of 4<sup>th</sup> French Electrostatics Society Congress*, p.240 (2004)