

オゾン吸着式ガス浄化機のウイルス除去性能

Virus Removal Performance of the Ozone Adsorption-Style Gas Purification Equipment

○安田 昌弘*, 西山 信六**, 藤木 豊**

* : 大阪府立大学大学院工学研究科, ** : 日本メタル工業株式会社

論文要旨: 空気中に浮遊する微小水滴や飛沫などに含まれる微少なウイルスなどを除去する装置の開発が望まれている。本研究では、バグフィルター、活性炭吸着相およびオゾン発生装置を備えた空気清浄機を考案し、ウイルスを含んだ飛沫などを活性炭に吸着させ、固定化するとともに、活性炭にオゾンを吸着・濃縮させ、固体表面上の高濃度オゾンで高効率にウイルスを不活化することを目的に、発生させたオゾンとウイルスとを連続的に活性炭に吸着させて濃縮・除菌する手法の確立をめざし、商品化に向けた除菌性能を調べた。

The development of the device removing the viruses which are a whit included in micro drop of water or droplet floating in the air has been expected. In this study, we devised the air cleaner with a bug filter, a ministry of active carbon adsorption and the ozone generator. This equipment can adsorb the droplets including the virus to an active carbon and immobilized it and let an active carbon adsorbed ozone, and it concentrate it. The objective of this work is aimed at the establishment of this technique. For this purpose, the effect of the gas concentration of ozone on sanitization performance of virus was studied.

キーワード: オゾン処理, 吸着的殺菌, 活性炭

1. 緒言

2019年に中国を発端としたコロナウイルスの全世界的な感染拡大を受けて、飛沫感染や空気感染を防ぐべく除菌剤やアルコールスプレー、空気清浄機などウイルス除去を目的とした商品開発が盛んに行われている。また、冬期にはインフルエンザが流行し、多くの人が苦しんでいる。ウイルスは感染者の咳などに同伴する飛沫、すなわち体内からの分泌物からなる水滴に大量に含まれており、この飛沫が乾燥すると、ウイルスが空気中に飛散し空気中に分散し、肺で吸引したり、飛沫の付着した部分に接触したりすることにより、経口や粘膜接触を通してウイルスに感染する。オゾンは気相中で酸素に高電圧下で放電する事により生成し、強力な除菌・殺菌作用を示す。通常、オゾンは酸素と同様に水に対する溶解性が低く、ウイルスを含んだ飛沫中のウイルスを不活化するためには、非常に高濃度のオゾンを必要とするが、空気清浄機として機能させるためには、日本産業衛生学会ではオゾンに関する作業環境での許容濃度を0.1ppm以下としており、未利用のオゾンを迅速に除去する必要がある。せっかく発生させたオゾンの大部分を未利用のまま除去する人は非常に非効率であり、低いオゾン濃度でも飛沫中のウイルスを不活化する技術の開発が必要不可欠である。その解決手法として本研究では、ウイルスを含んだ飛沫などを活性炭に吸着させ、固定化するとともに、活性炭にオゾンを吸着・濃縮させ、固体表面上の高濃度オゾンで高効率にウイルスを不活化できないかと考えた。具体的には、発生させたオゾンとウイルスとを連続的に活性炭に吸着させて濃縮・除菌する手法の確立をめざし、商品化に向けた除菌性能を調べた。



実験装置外観

2. 実験方法

プリーツ型のバグフィルター（100 nm まで除去）膜（高さ 60 cm，幅 50 cm）を二枚用意し，上下をスペーサーで固定し，5 cm の幅の袋を作った。この袋に，4-6 mm の粒状活性炭（シリカ配合）を充填した。右図の装置内に設置し，装置吸引口にオゾン灯（6 W ; 10 mg/hr 発生）を4基設置した。ブロアーを用いて，6 m³/min の流量で空気を吸引した。ガスはまずオゾン室に入り，二枚のバグフィルター間の活性炭の充填した袋を通過して外気に排出される。

オゾン室および排気中のオゾン濃度は，サーモ製のオゾン分析計（Model 49i）で測定した。また，ウイルス除去性能については北里研究所に委託して実験を行った。一般社団法人日本電気工業会規格 JEM1467「家庭用空気清浄機」の付属書 D「浮遊ウイルスに対する除去性能試験」を参考として，6 畳の空間に相当する 25 m² 試験チャンバーを用いて評価した。試験ウイルスは大腸菌ファージを用いた。

3. 結果と考察

3.1 オゾンの発生量と排気中のオゾン濃度

1-6 m³/min と空気の流量を変化させて装置内のオゾン濃度を測定した。オゾン室では，オゾン灯の点灯直後に 2ppm に達した後，ライトから離れるほど濃度は低くなった。ライト近傍では 10ppm 程度であり，平均濃度は 2ppm であった。出口のオゾン濃度は，最大でも 0.005ppm 以下，風量が早いと 0.001ppm 以下となり，活性炭で除去されていると考えられる。

表 1. 経過時間ごとの浮遊ウイルス数

試験条件	時間(分)			
	0	30	60	90
①自然減衰 (コントロール)	50,000	54,000	38,000	30,000
②試験品	61,000	42	4	2

試験品：新ウイルス殺菌機（型番：NUS 120）

試験ウイルス：*Escherichia coli* phage MS2 NBRC 102619（大腸菌ファージ）

試験空間：25 m³

測定単位：PFU/20 L-air

3.2 ウイルス除菌テスト

まず，時間経過ごとの浮遊ウイルス数の経時変化を調べた。結果を表 1 に示す。表から，ほぼ 30 分で 25 m² 試験チャンバー内のウイルスがほぼ 99%以上除去されたことがわかる。次に，試験器を一回だけ通して除去されるウイルスの数を調べた。結果を表 2 に示す。表から，95%程度の除去性能があることがわかった。

表2. 試験品通過前後のウイルス数

試験回数	浮遊ウイルス数 (PFU/25 L-air)		除去率
	試験品通過前 (A)	試験品通過後 (B)	
1	5,700,000	290,000	94%
2	18,000,000	780,000	95%
3	17,000,000	390,000	97%

除去率 = $[1 - (B/A)] \times 100\%$

4. まとめ

本研究では，非常に薄いオゾン濃度でのウイルスの不活化を目指し，活性炭にオゾンとウイルスとともに吸着させて除菌するシステムを考案した。装置からのオゾンの漏洩も最低限に抑えられ，非常にウイルスの除菌性能に優れた空気清浄機を作ることができた。これらの実験成果をとりまとめて，共同研究者の日本メタル工業から「オゾンライン」という商品名で空気清浄機が市販される運びとなった。