微生物ワーキンググループ活動速報(2) — 空気清浄機による空中浮遊カビ孢子(生菌)の除去性能の評価例 —

阿部恵子¹⁾, 須山祐之²⁾, 川上裕司³⁾, 柳宇⁴⁾, 奥田舜治⁵⁾, 大塚哲郎⁶⁾

¹⁾環境生物学研究所 〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津4036-1

²⁾東京歯科大学 〒261-8502 千葉県美浜区真砂1-2-2

³⁾(株)エフシージー総合研究所 〒140-0002 東京都品川区東品川3-32-42-6F

⁴⁾国立保健医療科学院 〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6

⁵⁾勸北里環境科学センター 〒228-8555 神奈川県相模原市北里1-15-1

⁶⁾日本大学生産工学部 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1

An activity news flash of microbe working group — Evaluation of an Air Cleaner on Removal Performance of Airborne Microbe —

Keiko ABE¹⁾, Yuji SUYAMA²⁾, Yuji KAWAKAMI³⁾, U YANAGI⁴⁾, Syunji OKUDA⁵⁾, Tetsuro OTSUKA⁶⁾

¹⁾Institute of Environmental Biology

²⁾Tokyo Dental Collage

³⁾FCG Research Institute Inc.

⁴⁾National Institute of Public Health

⁵⁾KITASATO Research Center of Environmental Science

⁶⁾Nihon University

要 旨

市販の空気清浄機による空中浮遊カビ孢子(生菌)の除去性能について評価試験を行った。陰圧管理ができる試験室を一般の実験室内に組み立て、その中に空気清浄機を設置した。この試験室内に *Wallemia sebi* または *Penicillium glabrum* の孢子を空中超音波法により散布し、散布後の試験室空气中に浮遊するカビ孢子をゼラチンフィルタ法により採取し、空中浮遊カビ孢子(生菌)濃度を測定した。空気清浄機の稼働条件を、空気清浄機off(対照試験)、空気清浄機onでイオン発生なし、および空気清浄機onでイオン発生ありの3条件とし、空気清浄機の稼働条件と空中浮遊カビ孢子(生菌)残存率の経時変化の関係について調査した。空気清浄機に装着されているフィルタによる空中浮遊カビ孢子(生菌)の減衰は認められたが、イオン発生による空中浮遊カビ孢子(生菌)の減衰は認められなかった。

Abstract

The evaluation tests on removing performance of airborne microbes were tried with a commercially available air cleaner. A simplified examination room with negative air-pressure was assembled in a room in a laboratory. The spores of fungi, *Wallemia sebi* or *Penicillium glabrum*, were spread in the examination room. An aerial ultrasound method was adopted for the spray. The spores floating in the air were trapped using gelatin filters, and the concentrations of viable spores in the air were measured. The time-lapse remaining rates of viable spores in the air were obtained at different operating conditions of a tested air cleaner, no operation, operation without ion emission, and operation with ion emission. Although the decreasing effect of airborne microbes by the filter of the cleaner was detected, the decreasing effect by the emission of ions at the air cleaner was not detected.

Key words: 空気清浄機(air-cleaner), 空中浮遊菌(airborne microbes), 除去性能(removing performance), 空中超音波(aerial ultrasound), ゼラチンフィルタ(gelatin filter)

1. はじめに

空気清浄機による除菌性能の評価試験法の確立を目的とする『空中浮遊微生物除去および防止性能評価法プロジェクト』が2004年に室内環境学会で発足

し、微生物ワーキンググループがこのプロジェクトを担当した。本ワーキンググループ活動の概要については今年の本学会誌¹⁾に報告した。

プロジェクト発足当初2年間は3テーマに分かれて活動し、最終年度はワーキンググループ参加者全員が協力して実際に菌を散布するための試験室を試作

受付: 2007年10月11日 (Received 11 October 2007)

し、その試験室内にカビ孢子を散布し、空気清浄機による空中浮遊カビ孢子（生菌）の除去性能の評価試験を試みた。

予備試験を含め、6回の実験を行った。それらの中から、カビ孢子の懸濁液を噴霧する湿式のネブライザー法での空気清浄機の除菌性能評価試験について、微生物ワーキンググループ活動速報の中で報告した²⁾。本報では、空中超音波法により孢子を散布した試験結果について報告する。

2. 方法

空気清浄機評価のための試験室の構成は、内室、前室、および外室から成る。外室はエフシーゼ総合研究所の実験室で、内室および前室はアルミパネル組立の試験室（協和工業㈱製）とした。内室が供試菌（カビ）の孢子を散布し、評価対象の空気清浄機を設置する試験室で、陰圧管理ができ、容積は約20立方メートルである。評価試験中は立入禁止とし、全ての機器類の操作を前室から行った。外室は関係者以外の出入りを禁止した。

空中浮遊カビ孢子を用いる除菌性能評価試験では、カビ孢子（生菌）を室内空气中に散布しその減衰を測定する必要がある、このような試験では作業者および周囲の安全確保が必要になる。そこで陰圧管理の

できる二重構造の試験室の使用と入室制限を採用し、その室内に散布する菌は、37℃（人の体温）で発育しない非病原性菌とした。

供試菌は *Wallemia sebi* と *Penicillium glabrum* の2種で、何れも37℃では発育しないカビである。予備試験²⁾ではネブライザー法により湿潤状態の孢子を内室に散布したが、本試験では空中超音波法^{3,4,5)}により乾燥状態の孢子を散布した。

試験の工程を表1に示す。孢子散布前に陰圧管理により内室に浮遊する雑菌を除去した。供試カビの孢子を着生させた試験片（目視調査用カビセンサー、環境生物学研究所製⁶⁾）を超音波発生装置（日本大学大塚研究室製）に入れ、その装置を前室に設置した。内室の陰圧管理停止後、この装置内で試験片に超音波を照射して試験片の着生孢子を飛散させ、同時にボンベから圧縮空気を超音波発生装置に送り、装置内の孢子飛散空気を内室に導入した。孢子飛散空気導入後に、あらかじめ内室に入れてあった評価対象の空気清浄機を稼働させた。用いた空気清浄機は1台で、2日間の試験をした。1日目は *W. sebi* を供試菌とし、2日目は *P. glabrum* を供試菌とした。空気清浄機の稼働条件は、①空気清浄機off、②空気清浄機onでイオン発生なし、③空気清浄機onでイオン発生ありとし、空気清浄機に装着されているフィル

表1 空気清浄機の除菌性能評価試験の行程表

経過時間(分)	作業工程
	内室の陰圧管理継続
0	安全キャビネット内で超音波発生装置に孢子着生試験片をセット
5	孢子着生片を入れた超音波発生装置を前室に配置
15	サンプリング① 散布前
19	内室の陰圧管理停止
20	超音波発生装置 on（内室への菌散布、5分間）
25	超音波発生装置 off
28	サンプリング② 0分
29	空気清浄機 on（対照試験はoffの状態）
43	サンプリング③ 15分
58	サンプリング④ 30分
73	サンプリング⑤ 45分
88	サンプリング⑥ 60分
89	空気清浄機 off
90	内室の陰圧管理開始（内室の浮遊菌除去、30分間）
	超音波発生装置を取り外す

試験片1枚あたり *W. sebi* は約 1×10^7 個、*P. glabrum* は、約 5×10^7 個の孢子が着生する。1回の孢子散布に試験片を2枚ずつ使用。

タの目詰りの影響を排除するため1日目の試験は①②③の順で、2日目は順序を逆転させ③②①の順で、1日に3工程ずつ試験した。

空中浮遊胞子のサンプリングは直径80mmのゼラチンフィルタ⁷⁾を用いて前室から行った。胞子散布前からサンプリングを開始し、採取空気量10Lで15分毎にサンプリングした。2枚のゼラチンフィルタで同時にサンプリングし1枚はそのまま寒天培地に載せて培養し(直接培養法)、もう1枚はゼラチンフィルタを溶かし、その溶解液および段階希釈液を平板培地に接種して培養した(希釈培養法)。培養5日後に発育したコロニー数から、内室の空気中の浮遊胞子濃度を計算した。

3. 結果と考察

図1に、胞子散布直後から1時間後までの、内室空気10Lあたりの浮遊カビ胞子(生菌)数の経時変化を示す。図1Aは*W.sebi*の直接培養法、図1Bは*P.glabrum*の希釈培養法により計測された生菌数である。

胞子散布直後の空気10L(ゼラチンフィルタ1枚)あたりに採取された浮遊生菌数は*W.sebi*が60~300 cfu、*P. glabrum*が5000~6000cfuで、*P. glabrum*のほうが散布されたカビ胞子(生菌)濃度が高かった。空気清浄機を稼働させない対照試験での内室空気中の浮遊カビ胞子(生菌)は、初期濃度が異なったが経時的な減衰の傾きは2種のカビでほぼ同じであった。フィルタのみで空気清浄機を稼働させた場合も、2種のカビで浮遊胞子(生菌)の減衰速度に差が認めら

れなかった。フィルタ+イオンで稼働させた場合も同様と思われるが、サンプリング45分と60分で採取された*W. sebi*の胞子(生菌)数が少なくデータの信頼性が低い。*W. sebi*は、散布胞子濃度を高める必要がある。

なお、*W. sebi*は内室に散布された胞子濃度が低かったため希釈培養法ではゼラチンフィルタ溶解液を接種した寒天培地上にコロニーが全く発育しない場合があり、逆に、*P. glabrum*は内室に散布された胞子濃度が高かったため直接培養法では寒天培地に載せたゼラチンフィルタ上で発育したコロニーどうしが重なりあって数がカウントできない場合が多く、*W. sebi*の希釈培養法と*P. glabrum*の直接培養法では浮遊胞子(生菌)数の経時変化を示すことができなかった。

図2に、内室空気中の浮遊生菌残存率の経時変化を示す。*W. sebi*の直接培養法と*P. glabrum*の希釈培養法で測定した浮遊胞子(生菌)残存率の平均である。胞子散布直後の浮遊生菌濃度を1とした場合、対照試験(●)では、1時間後の空中浮遊生菌残存率は*W.sebi*が0.26、*P. glabrum*が0.25でほとんど同じであった。空気清浄機稼働時の1時間後の生菌残存率は、フィルタのみの稼働条件(■)で*W. sebi*が0.01、*P. glabrum*が0.02(平均0.015)、フィルタ+イオンの稼働条件(△)で*W. sebi*が0.04、*P. glabrum*が0.01(平均0.025)であった。胞子散布直後の空中浮遊生菌濃度は試験ごとに異なったが、残存率で表示することにより、平均値を用いて浮遊生菌の減衰を比較することができた。

図1 空気中に残存する生菌数の経時変化

図2 空气中的浮遊生菌残存率の経時変化

本実験で用いた空気清浄機の評価試験方法では、空気清浄機による空中浮遊カビ孢子(生菌)の除去効果は認められたが(1時間で対照の約1/10)、イオンによる除去効果は認められなかった。

4. まとめ

室内環境学会微生物ワーキンググループでは、空気清浄機の除菌性能を評価する方法として、試験室の空气中に供試菌(カビ)の孢子を散布し、評価対象の空気清浄機をその室内で稼働させ、散布した孢子(生菌)の気中濃度の減衰を対照試験と比較する方法を用いた。

室内に生菌を散布する評価試験ではバイオハザード対策が必須である。物理的封じ込め策として二重構造で陰圧管理のできる試験室、およびその試験室内への入室制限を採用し、生物的封じ込め策として37℃(体温)で発育しないカビを使用する方法を採用した。

空中浮遊カビ孢子(生菌)の減衰は、孢子散布直後の濃度を1として、相対的な残存率の経時変化から表示することができる。これにより散布孢子の濃度が試験ごとに異なった場合でも、各経過時間の浮遊生菌残存率を求め、これらの平均値を用いて機器稼働条件の違いによる浮遊生菌減衰速度の違いを比較

することができた。

空中浮遊カビ孢子(生菌)の計測は希釈や培養などの操作が入るため誤差が大きい。従って、1回の試験での浮遊菌サンプリング回数を多くし、さらに評価対象機器の同一稼働条件での試験を繰り返して平均値を求める方法は、空気清浄機の除菌性能の評価法として有効と思われる。

引用文献

- 1) 阿部恵子：室内環境学会微生物ワーキンググループの活動について，室内環境，10，75-79(2007)
- 2) 阿部恵子，須山祐之，川上裕司，柳宇，奥田舜治，大塚哲郎：微生物ワーキンググループ活動速報－微生物散布と空気清浄機除菌性能評価の予備試験－，室内環境，10，75-79(2007)
- 3) Tetsuro Otsuka, Yoshiyuki Kamishima and Koichiro Seya: Aerial Ultrasound Source by Stepped Circular Vibrating Plate, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.22 (1983) Suppl.22-3, pp.108-110
- 4) 大塚哲郎，仲瀬正樹，中根偕夫：微小物体の超音波浮揚に関する研究，電子情報通信学会，超音波研究会資料，US2005-99(2005-12)pp.37-42
- 5) 須山祐之，阿部恵子，中根偕夫，大塚哲郎，高久悟，山田裕司，村松淳，室内環境学会ワーキンググループ：空中浮遊微生物除去および防止器機の性能評価法に関する研究 第1報－超音波による孢子分散法の検討－，第23回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集，88-91，2005.
- 6) 阿部恵子：カビセンサーを用いた実験，遺伝，56，97-101(2002)
- 7) J.Bruce Harstad, Herbert M. Decker, Lee M. uchanan and Melvin E. Fuller, Penetration of Submicron Ti Bacteriophage Aerosols and Bacterial Aerosols through Commercial Air Filter, 9th Air AEC Air Cleaning Conference, Harvard University School of Public Health, September 13-16,1966