

室内環境学会標準法20110001号

家庭用空気清浄機によるカビ孢子除去性能の評価試験法

2011年7月11日 制定

## 1. 適用範囲

この規格は、家庭用空気清浄機による、室内の空气中に浮遊するカビ孢子除去性能の評価試験法について規定する。(以下の文中では、「室内空气中に浮遊するカビ孢子」を「浮遊孢子」と略す。)

なお、ここで述べる浮遊孢子は生存能力を有するカビ孢子、すなわち孢子数がCFUで表示できるものに限定し、室内の空气中に浮遊する、細菌、芽胞、ウイルス、花粉、カビアレルギー等の除去性能試験法は、この規格に含まない。

## 2. 引用規格

次に掲げる指針は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。  
実験室バイオセーフティ指針(WHO第3版)；バイオセーフティレベル2の実験室。本試験での孢子散布室を内部に設置する室として使用する。

## 3. 用語解説

**家庭用空気清浄機**：主に一般家庭、事務所などに設置され、室内居住域で使用されるポータブルな空気清浄機を示す。社団法人電気工業会に家庭用空気清浄機の規格(JEM1467)がある。

**カビ**：カビは糸状菌とも呼ばれ、真正菌類界(真菌, Fungi)に属する微生物群である。従属栄養の生物で1箇所に定着し、菌糸と呼ばれる糸状の細胞が発育する。菌糸は先端生長し、分岐しながら発育し、発育した菌糸上に孢子を着生する。着生した孢子の多くは空气中に飛散して浮遊孢子となり、気流に乗って移動する。

**孢子**：孢子とは、有性または無性で形成され、発芽して栄養体に発育しうる粒子状の生殖細胞である。菌糸から離脱した無性孢子を分生子と呼ぶ。本規格の文中で孢子と表記する場合は、生存能力を有するカビの孢子、すなわち培地上で発育し集落形成が可能であるものを意味し、孢子の形態を保っていても発育する能力を失った場合は含まない。

**CFU**：Colony Forming Unitの略。培地上で発育させ、集落(colony)として計数できるカビや細菌の数。

**DG18培地**：ジクロラン・18%グリセロール培地。本規格でコロニー数を計数するために使用する培地。室内で増殖することが多い好乾性真菌が発育できる培地として一般的に使用されている。

**供試**：試験で使用するという意味。

## 4. 試験室

### 4.1 試験室の概略

空気清浄機による浮遊孢子の除去性能を評価するための試験を実施するためには、実験室バイオセーフティ指針(WHO第3版)のバイオセーフティレベル2の基準を満たしている実験室があり、その実験室内に安全な孢子散布室を設けることが必要である。安全な孢子散布室とは、供試菌の孢子を生きている状態で空气中に浮遊させることができ、その浮遊孢子の室外への漏出を防御できること。さらに試験後速やかに空气中から除去でき、内面や機器に付着した孢子を殺菌できる構造であることを意味する。この条件を満たす試験室として、試験室は供試菌の孢子を浮遊させるための内室とその前室、およびこれらの2室を囲む外室から成る二重構造とする。試験室構成の1例を図1に示す。

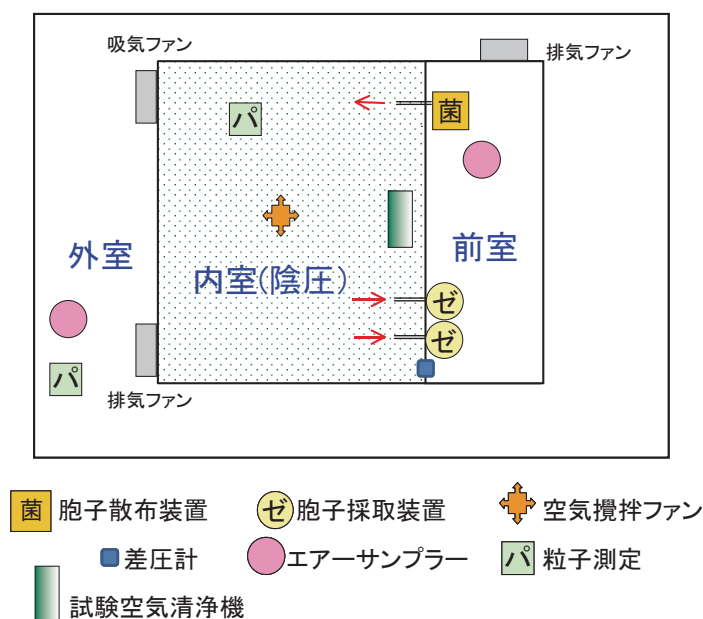


図1 試験室の構造

## 4.2 外室

外室として、バイオセーフティレベル2の性能を有する微生物取り扱い実験室を使用する。安全キャビネットやオートクレーブなど微生物の試験・研究に不可欠な機器類が完備され、気流が内側に流れる陰圧管理機能が整備されていること。さらに、微生物取り扱いのできるスタッフがいないこと等が必要である。通常の微生物取り扱い機器類の他に、外室には内室からの孢子漏出を経時的に追跡するためにエアースンプラおよびパーティクルカウンタを設置する。これらの配置は、内室のHEPAフィルタ装備排気口に接近する位置とする。尚、エアースンプラは試験中に孢子の漏出を把握することはできないが、後で実験管理の追跡が必要になる場合を想定して配置する。

## 4.3 内室

内室は供試菌の孢子を浮遊させる室であり、試験時は人が入室しないで測定作業ができる室とする。試験時は換気を停止し、室温 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $55 \pm 10\%$ の範囲に保つ。内室は面積 $9 \text{ m}^2$ 、容積 $25 \text{ m}^3$ を標準とする。

内室には、評価対象の空気清浄機、空気攪拌ファン、温湿度記録計、およびパーティクルカウンタを設置する。試験を実施する際に内室へ試験者が立ち入る必要が無いように、内部には電源接続コンセント、パーティクルカウンタとパソコンを繋ぐ通信ケーブル接続コンセントを設け、内室と前室との境界壁には壁面を貫通する孢子散布用のステンレス管(超音波照射容器に接続。例示; 内径3 cm, 長さ30 cm)、空気採取用ステンレス管(サンプリングホルダに接続。例示; 内径3 cm, 長さ30 cm)および採取空気を内室に戻すためのステンレス管(空気採取ポンプ下流に接続。例示; 内径3 cm, 長さ30 cm)を取り付けておく。内室の換気管理のための電源としては3相200 Vが必要である。室内の電源コンセントは、通常は单相100 Vが良いが、試験空気清浄機によっては3相200 Vを設ける。また空気清浄機に付与されたデバイス機能測定のための機器(例えばイオンやオゾンの濃度測定など)の搬入等もあり得るので、予め多めの配線接続ができるようにする。各機器の設置個所には、必要に応じて固定具を設ける。

浮遊孢子の漏出・飛散浮遊を防止するために、内室は無菌室用の漏れのない資材で構成し、内表面は試験後に付着孢子を容易に消毒できるものとする。素材は、バイオセーフティ用ハード素材で、耐アルカリ性・耐酸性・耐有機溶剤(特に消毒用アルコール製剤)であるものとする。壁材と壁材、あるいは天井材と壁材および床材の接合部は、凹凸がなく洗浄や消毒に耐え得る素材を使用し、床材の基礎は耐重力構造で、100 kgの試験機

材の搬入に耐え得るものとする。

内室と外室の境界壁面にHEPAフィルタ付きのそれぞれ独立した給気装置および排気装置を設け、これらの装置を一つの換気システムとし、試験開始前および試験終了後には、換気回数が25～30回/hの非循環型換気システムで陰圧管理ができる構造にする。それぞれのHEPAフィルタ上流側にはプレフィルタとして圧力損失の小さい荷電フィルタを装着し、この換気システムは1回の清浄化(パーティクルカウンタの0.5 μm粒子が孢子散布前の状態に戻る)時間を20分～30分に設定できる能力をもつ換気装置とする。内室の陰圧管理下の換気時は、内室が外室に対して19.6 Pa(2 mm H<sub>2</sub>O)の陰圧とし、差圧計を取り付け19.6 Pa(2 mm H<sub>2</sub>O)の陰圧を保っていることを確認できるものとする。内室のこのような換気装置は、供試孢子を内室に浮遊させる前および浮遊させた後の空気浄化用として必須である。

#### 4.4 前室

前室は、内室の出入り口、内室と接続した機器類の管や配線の接続箇所、および内室の電気配線を通した壁面を覆う位置に設け、試験時に使用するすべての機器の操作が前室で行うことができるものとする。配管や配線を通すための穴の周囲は空気漏れのないようにパッキングをする。機器類が設置でき、人が作業できるスペースを有するものであれば、容積に規定はない。

前室と内室の境界壁には、測定機器等搬入用の密閉性の高い入口、内室観察用の窓を設ける。前室と外室の境界壁にHEPAフィルタ付きの独立した排気装置を設け、前室での作業時は、外室の空気が前室の入口を通過してその排気装置へと流れる気流を作る。さらに前室にはHEPAフィルタ付きの空気清浄機を設置する。前室と外室の間は扉を設けるが、試験作業時は解放状態とし、エアーカーテンを設けることにより前室と外室の空気を遮断する。なお、試験時の前室では活性炭入りのマスクを着用する。

### 5. 使用機器類

#### 5.1 空中超音波発生および照射装置

カビ孢子の空気中への散布は、一般的にはネブライザー法が用いられてきたが、孢子を懸濁させる水分が含まれること、分散させるために界面活性剤を加えることなどから実空間中の浮遊カビ孢子の状態を再現できない等の問題があった。それらの影響を除くために超音波法が開発された。今回の規格では、この超音波法のみを孢子散布法としてとりあげるが、乾燥状態で供試菌の孢子を散布できる同等な精度以上の性能を有する方法が確立されれば、随時それらを取り入れるものである。

用途：乾燥状態の供試孢子を内室空気中に散布するため用いる。

機器：超音波照射容器；孢子着生試験片(後述、7ページ6.2 孢子着生試験片の調製)を入れ、そこに超音波を照射するための容器。ガラス製の大型標本瓶(内径90 mm×高さ180 mm、ふた付き)。容器内部には孢子着生試験片と超音波発振板との距離を調節するための台、および超音波照射時に孢子着生試験片を置くための小型シャーレを入れる(図2参照)。

空中超音波発生装置；空中超音波の音源は、外径62 mm、共振周波数27 kHzの段つき円形振動板で、電源を入れると円形振動板から超音波が発生する。円形振動板はシリコン製の栓(直径90 mm×厚さ45 mm、超音波照射容器を閉じるための栓)に装着する。この栓には、円形振動板の他に、内室と接続するシリコンチューブ(内径30 mm)、およびボンベと接続するシリコンチューブ(内径7 mm)をあらかじめ装着しておく。この栓で超音波照射容器を閉じることにより、孢子着生試験片をセットした容器内部の空間は内室および圧縮空気ボンベに接続される(図2参照)。

設置位置：

超音波照射容器；孢子着生試験片を入れる前は安全キャビネット、孢子着生試験片を入れた後は、上記シリコン製の栓をした状態(圧縮空気ボンベ、超音波照射容器、および内室が接続)で前室に設置する。このシリコン製の栓は、超音波照射容器に栓をする前は、同じサイズの容器に栓をした状態で、前室に設置する。

空中超音波発生装置；前室に設置する。

必要数：

超音波照射容器2個。

超音波照射容器と同じサイズの容器1個。

シリコン製の栓1個。

空中超音波発生装置1個。

空中超音波発生および照射装置一式の貸出提供：室内環境学会

## 5.2 フィルタ法測定装置

用途：内室空気中の浮遊胞子の採取。

機器：ゼラチンフィルタ；フィルタ直径80 mm

たとえば，SARTORIUS製がある。

空気吸引ポンプ；1分以内に10 L容積の空気を採取できるポンプ

たとえば，MD8エアスキャン(SARTORIUS製)がある。

専用ホルダ；直径80 mmのフィルタがセットできるサイズ

たとえば，アメニティーテクノロジー製がある。貸出提供：室内環境学会。

位置：空気吸引ポンプ；前室に設置し，ゼラチンフィルタで濾過した内室の空気を吸引する。ゼラチンフィルタを通過させた吸引空気は前室と内室を区切る壁を通して内室に戻す。ゼラチンフィルタの胞子捕集効率は100%ではないので，フィルタを通過した空気は内室に戻す必要がある。

専用ホルダ；前室と内室を区切る壁面に設置。ステンレス製のホルダで，ゼラチンフィルタ(ホルダに入っている)を，そのホルダごとセットし，吸引ポンプと接続できるように製作されている。

内室側には直径3 cm長さ30 cmのステンレス管を取り付ける。サンプリング時以外は，ホルダの前室側(ゼラチンフィルタをセットする部分)に蓋をする。

必要数：空気吸引ポンプ2台。

専用ホルダ2個。

ゼラチンフィルタは試験工程から必要数を計算。

## 5.3 エアースンプラ

用途：外室および前室の汚染モニタリング(内室からの浮遊胞子の漏れ監視)のため空気中の浮遊胞子濃度を測定する。試験時間内の工程を監視するために，経時的に一定量の空気をサンプリングする。

機器：2分以内に200 L空気中の浮遊胞子を採取できるエアースンプラ。

たとえば，SASスーパー100CR(International Pbi製)，BIOSAMP MBS-1000(ミドリ安全(株)製)がある。

位置：外室および前室に設置。

必要数：2台。

## 5.4 パーティクルカウンタ

用途：内室および外室の空気清浄度の把握，および内室の試験工程管理。

機器：0.3, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0  $\mu\text{m}$ の粒径別に浮遊粒子濃度が測定でき，パソコン上で浮遊粒子の状態を把握できる機器とする。

たとえば，ハンドヘルドレーザパーティクルカウンタ3886(日本カノマックス(株)製)がある。

位置：内室および外室に設置。

必要数：2台。

### 5.5 差圧計

用途：試験室の陰圧管理モニタリング。内室と外室の気圧差を測定する。

機器：19.6 Pa(2mm H<sub>2</sub>O)の気圧差が測定できる差圧計。

たとえば、マノスターゲージ WO81(株山本電機製作所製)がある。

位置：空気配管接続は外室と内室とするが、試験者が常に管理できるように差圧計の本体は前室内で目の高さに配置する。

必要数：1台。

### 5.6 温湿度記録計

用途：試験室の温湿度モニタリング。

機器：温度0.1℃、相対湿度1%の違いが測定できる温湿度記録計。

たとえば、THERMO RECORDER RS-12N(株エスペック製)がある。

位置：内室と前室の中央付近。

必要数：2台。

### 5.7 空気攪拌用ファン

用途：内室の浮遊胞子の自然沈降を少なくするために用いる。

機器：25 m<sup>3</sup>の室内空気を攪拌できる機能をもつファン。

たとえば、エアーサーキュレータ JED(株山善製)がある。

位置：内室に設置。

必要数：1台。

### 5.8 圧縮空気ポンプ

用途：超音波照射容器内の飛散胞子を内室に圧送する。

機器：毎分5 Lの送気が可能な圧縮空気ポンプ。

たとえば、純空気G3、14.7 MPa(ジャパンファインプロダクツ(株)製)がある。

位置：前室に設置。

必要数：1個。

### 5.9 流量計

用途：圧縮空気ポンプからの空気の流量を測定。

機器：毎分5 Lの送気が計測できる流量計。

たとえば、精密流量計 RK1200(株コフロック製)がある。

位置：前室に設置。

必要数：1台。

### 5.10 紫外線殺菌灯

用途：試験終了後の付着胞子の殺菌

機器：殺菌効果の高い253.7 nm付近の紫外線を発生するランプ。

たとえば、紫外線殺菌ランプGL-20三共電気(株)、殺菌ランプGL-15(東芝(株))がある。

位置：内室の四隅、前室の左右、外室の四隅に設置。

必要数：10本。

## 5.11 マスク

用途：作業時の孢子吸入防止

機器：N95微粒子用マスク。米国CDCの「医療施設における結核菌感染対策のためのガイドライン」に適合するマスク。たとえば、N95微粒子用マスク(折りたたみ式)1870(住友スリーエム㈱)がある。

位置：試験時に着用。

必要数：作業者の人数分とその予備。

## 6. 供試菌および試験片の調製

### 6.1 供試菌

*Wallemia sebi* NITE BP-365株を供試菌とする。本菌はリスクレベルが低い非病原性(WHOの実験室バイオセーフティ指針第3版のリスク群1, あるいは『感染症の予防および感染症の患者に対する医療に関する法律』に定める第5種病原体以下)の菌であり, 本菌株については, 発育条件などが明らかにされている。本菌株の主な特徴は以下の通りである。①DG18寒天平板培地上での発育が早いいため培養後のコロニー数の計数が短期間で可能となる。②寒天培地上の集落サイズが大きくならないため, 培養後のコロニーが重なり合って計数できなくなるのが少なく, 1枚の平板培地上で数百個のコロニー数まで計数できる。③通常の室内環境下における孢子の寿命が他種の菌と比較すると短いため, 漏出した場合に室内に残留する期間が他種の菌よりも短い。

### 6.2 孢子着生試験片の調製

*Wallemia sebi* NITE BP-365株接種済みの試験片(15 mm×15 mm)を, 飽和KNO<sub>3</sub>溶液で調湿した容器(相対湿度94%)に入れて25℃で7日間培養し, 孢子を着生させる。培養後に試験片をK<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液で調湿した容器(相対湿度43%)に移して3日間乾燥させ, 乾燥後の試験片を超音波照射用試験片とする。この条件で作製した超音波照射用試験片上には, 試験片1枚あたり約10<sup>7</sup> CFUの孢子が着生する。

*Wallemia sebi* NITE BP-365株接種済み試験片, 培養湿室, および乾燥容器の提供: 室内環境学会

## 7. 試験法

試験は, ①試験空気清浄機を運転させた条件と②空気清浄機を停止させた条件(対照)の2工程が一評価試験となる。試験の再現性を考慮し同一条件の試験を2回, 試験空気清浄機のフィルタの目詰まりの影響を考慮して, 試験は①→②→②→①の順序で行う。空気清浄機にフィルタのほかに, 除菌装置(除菌デバイス)が具備している場合は①除菌デバイスを稼働させた状態で空気清浄機を運転させた条件, ②空気清浄機を停止させた条件(空気清浄機の対照試験), ③除菌デバイスを停止させた状態で空気清浄機を運転させた条件(デバイスの対照試験)の3工程が一評価試験となる。試験の再現性を考慮し同一条件の試験を2回, 試験空気清浄機のフィルタの目詰まりの影響を考慮して, 試験は①→②→③→③→②→①の順序で行う。

### 7.1 試験法概要

表1に評価試験の一工程例を記載する。一工程1時間とする。評価対象の空気清浄機の設置が終了し, 試験の準備が完了したら, 各機器の作動を確認する。試験開始前に内室の排気ファンと給気ファンのスイッチを入れ, 内室の浮遊菌除去(陰圧管理下での換気)を開始する。(浮遊菌除去には, 通常の空気中に含まれる雑菌の除去とサンプリング工程終了後の浮遊孢子除去の両方を含む。)パーティクルカウンタで内室の空気清浄度を確認した後, 試験を開始する。孢子の散布および内室の浮遊孢子サンプリングの工程が終了後, 内室の排気ファンと給気ファンのスイッチを入れ, 内室の浮遊菌除去を開始する。全試験工程終了後に, 内室および使用機器を消毒する。表1には, 一工程での予定時刻が記載されているが, 試験時はあらかじめ全試験工程とその予定時刻を記載しておき, 試験を進めながら実際の時刻を記録する。各試験工程の間に時間を空ける場合は内室の浮遊菌除去の時間を延長する。

以下に供試菌の孢子散布の工程と, 内室空気中の浮遊孢子サンプリング工程の詳細を述べる。

表1 評価試験の一工程表

年 月 日(曜日)		供試菌: <i>Wallemia sebi</i> , 空気吸引量: 内室 10Lずつ, 前室 200L, 外室 200L				
時刻 (予定)	時刻 (実際)	作業工程	内室空気採取 ゼラチンフィルタ		前室・外室 空気採取 エア サンブラ	
			ホルダA	ホルダB		
試験条件〇〇: 空気清浄機						
0:00		内室の浮遊菌除去(陰圧管理下の換気)開始(継続)			前1	外1
0:05		安全キャビネット内で, 孢子着生試験片を超音波照射容器内にセット				
0:10		前室で, 超音波照射容器を超音波発生装置にセットし, 容器を空気ポンベと内室に接続				
		内室浮遊菌除去の確認				
0:13		ゼラチンフィルタをセット				
0:16		サンプリング① 散布前	内-①A			
		採取済みゼラチンフィルタを回収・培養 次回サンプリングのゼラチンフィルタをセット				
0:19		内室の浮遊菌除去(陰圧管理下の換気)終了				
0:19		孢子散布準備: ピンチコック(超音波照射容器-内室)を外す				
0:20		ポンベより空気導入開始(ポンベ→超音波照射容器→内室) 空気導入開始の確認				
0:20		超音波発生装置 ON (空気導入開始から数秒後)				
0:24		超音波発生装置 OFF				
0:24		ポンベより空気導入終了				
		孢子散布終了: ピンチコック(超音波照射容器-内室)を止める				
		内室空気攪拌ファン OFF				
0:28		空気清浄機(〇〇) ON			前2	外2
0:29		サンプリング② 0分 (超音波発生装置OFFから5分後)	内-②A	内-②B		
		採取済みゼラチンフィルタを回収・培養 次回サンプリングのゼラチンフィルタをセット				
0:34		サンプリング③ 5分	内-③A	内-③B		
		採取済みゼラチンフィルタを回収・培養 次回サンプリングのゼラチンフィルタをセット				
0:39		サンプリング④ 10分	内-④A	内-④B		
		採取済みゼラチンフィルタを回収・培養 次回サンプリングのゼラチンフィルタをセット				
0:44		サンプリング⑤ 15分	内-⑤A	内-⑤B		
		採取済みゼラチンフィルタを回収・培養 次回サンプリングのゼラチンフィルタをセット				
0:49		サンプリング⑥ 20分	内-⑥A	内-⑥B		
		採取済みゼラチンフィルタを回収・培養 次回サンプリングのゼラチンフィルタをセット				
0:54		サンプリング⑦ 25分	内-⑦A	内-⑦B		
		採取済みゼラチンフィルタを回収・培養 次回サンプリングのゼラチンフィルタをセット				
0:59		サンプリング⑧ 30分	内-⑧A	内-⑧B		
		採取済みゼラチンフィルタを回収・培養 次回サンプリングのゼラチンフィルタをセット				
1:00		空気清浄機(〇〇) OFF			前3	外3
		内室空気攪拌ファン ON				
1:00		内室の浮遊菌除去(陰圧管理下の換気)開始, 陰圧の確認				
		超音波照射容器を発生装置から 取り外す				



## 7.2 内室空気への供試胞子の超音波による散布

内室への胞子散布は以下の手順で行う。散布時のイメージを図2に示す。

- ① 安全キャビネット内で、超音波照射容器の中央の台上に2枚の胞子着生試験片をセットし、ガラス製の蓋をして前室に運ぶ。
- ② 前室で、ガラス製の蓋を取り外し、シリコン製の栓に変える。この栓には、円形振動板(超音波の音源)、内室と接続するシリコンチューブ、およびボンベと接続するシリコンチューブがあらかじめ装着してあるため、栓をすることにより、容器内部の空気が内室およびボンベに接続される。なお、シリコン栓をする時は、内室と接続するチューブはピンチコックで閉じられた状態とする。
- ③ 円形振動板の位置は胞子着生試験片の上方35 mmとする。試験片と円形振動板の距離はあらかじめ容器内に設置する台の高さにより調節しておく。
- ④ 容器を接続後、まず容器-内室をつなぐ管のピンチコックを開き、その後に圧縮空気ボンベの栓を開け、ボンベ→容器→内室への送気を開始する。(流量計で毎分5 Lを確認)
- ⑤ 次に超音波発生装置の電源を入れ、容器内の円形振動板から胞子着生試験片に向けて超音波を照射し、胞子着生試験片表面の乾燥胞子を容器内に飛散させ、飛散した胞子をボンベから送られる気流に乗せて内室に送る。超音波発生装置の電源を入れると胞子着生試験片表面の胞子は一瞬のうちに飛散するが、送気は続ける。(送気の開始から5分後に、送気を停止する)

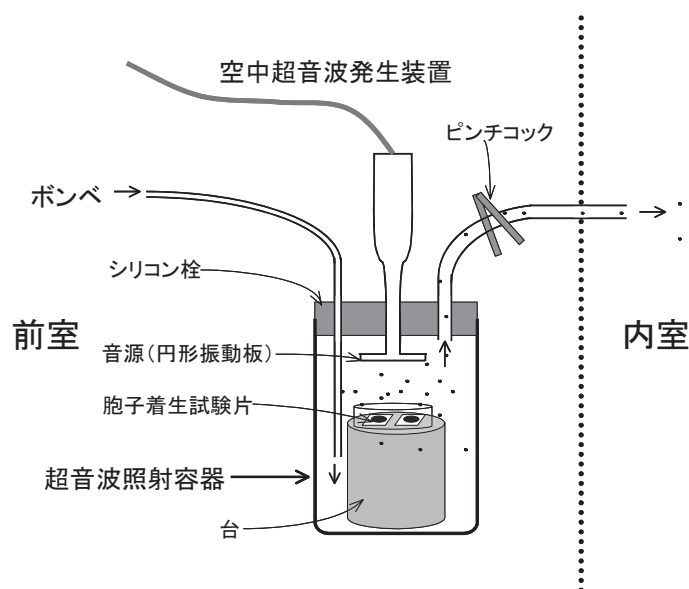


図2 超音波照射による供試胞子の散布

## 7.3 内室空気中の浮遊胞子サンプリングと浮遊胞子濃度の測定

内室空気中の浮遊胞子サンプリングは、供試菌の胞子散布前に1回(超音波照射容器をボンベと内室と接続後、照射容器-内室の間のピンチコックを開く前)、胞子散布後に5分間隔で7回(30分間)とする。胞子散布後の初回サンプリングは圧縮空気ボンベからの送気停止の5分後とする。サンプリング方法および浮遊胞子濃度の測定法は以下のとおりである。

- ① 内室空気サンプリングの専用ホルダにゼラチンフィルタをセットする。
- ② ゼラチンフィルタをセットした専用ホルダに空気吸引ポンプを接続する。ゼラチンフィルタをセットしていない時は、専用ホルダに蓋をする。
- ③ 空気吸引ポンプの電源を入れ、ゼラチンフィルタを通して内室空気を吸引する。フィルタへの採取空気量は10 Lとする。サンプリングは2枚のゼラチンフィルタを使って同時間に1枚ずつ続けてサンプリングする。(表1の試験工程表に、ホルダAおよびホルダBとして記載。)したがって、内室からの採取空気

の総量は20 Lとなる。

- ④ 2枚の採取済みフィルタのうち1枚は直接DG18寒天平板に貼り付けて培養する(直接培養法)。25℃で5日間培養後の発生集落を数え、内室空気1 m<sup>3</sup>あたりの浮遊孢子濃度(CFU/m<sup>3</sup>)を計算する。
- ⑤ もう一枚の採取済みフィルタは、それぞれ40℃に温めた滅菌生理食塩液に溶解し、10倍段階希釈列を調整し、その各段階希釈液の各段0.1 mlずつを2枚のDG18寒天平板に接種塗布し培養する(希釈培養法)。以下同様で、25℃で5日間培養後の発生集落を数え、内室空気1 m<sup>3</sup>あたりの浮遊孢子濃度(CFU/m<sup>3</sup>)を計算する。

#### 7.4 試験空気清浄機の設置位置と風量設定

試験空気清浄機は、内室の出入口近くに設置する。空気清浄機運転試験時は孢子散布終了から4分後に空気清浄機の運転をオンにし、サンプリング工程終了後にオフにする。また、そのオン・オフは、前室でできるようにする。

家庭用空気清浄機では、風量が何段階かになっている場合がある。その場合は、試験時の試験空気清浄機の風量を、6畳相当の容積の室内で運転させる時の風量とする。カタログ等に、風量と対象とする室容積の説明が無く、風量の設定が強弱切り替えになっている場合は、依頼者が対象室容積と風量の相関を明らかにして試験依頼することとし、性能試験結果書の試験条件にこれを記載する。

### 8. 試験室の消毒

試験終了後は、パーティクルカウンタの値から内室の浮遊粒子除去を確認し、陰圧管理のまま給排気を止めて、内室、前室および外室の紫外線殺菌灯を点灯する。紫外線殺菌灯は、安全を期して12時間前後照射する。照射終了後、内室に設置した機器の表面および内室の内面を70%エチルアルコールで清拭する。前室は、内室との出入口周辺および内室に繋がる配管・配線のパッキング周辺を70%エチルアルコールで清拭する。

誤操作などで内室から外室へ浮遊孢子的の漏れが推定されたときには、直ちに試験を中止し、外室も人の出入りを停止し、紫外線殺菌消毒後に薬剤による清拭消毒作業を行う。

### 9. 性能評価

#### 9.1 空気清浄機の浮遊孢子除去性能評価

空気清浄機による浮遊孢子除去性能評価には、内室における①空気清浄機運転試験時と②対照試験時(空気清浄機を停止)の、浮遊孢子濃度の減衰速度を以下の方法で比較する。

まず、得られた試験結果から、各試験の各サンプリング時における浮遊孢子濃度を求め、孢子散布後の初回サンプリング時の濃度を1とした場合の各経過時間(単位は分ではなく時間単位を用いる)における濃度の相対値を計算する。各試験の浮遊孢子濃度の相対値を片対数紙にプロットし、最小自乗法により直線のグラフを作成し濃度減衰の傾きを求める。同一条件の試験(2回)の減衰の傾きを平均し、試験条件ごとの減衰の傾きを求める。同一条件での減衰傾きの差が、平均値の30%未満であれば許容範囲とし試験結果を採用する。

次に、①空気清浄機運転試験時の減衰傾きの平均値から②対照試験時の減衰(孢子的の重力沈降による自然減衰)傾きの平均値を引く。

この減衰の傾きの差( $k$ と表示する)から、空気清浄機を運転することにより室内の浮遊孢子濃度が1/10に減少する(濃度が一桁下がる)のに必要な時間( $t$ と表示する)を計算し、空気清浄機の運転により室内の浮遊孢子濃度が、対照試験での浮遊孢子濃度(対照値)の1/10に減少するのに要する時間から空気清浄機を評価する。計算式は、 $t(\text{時間単位}) = -2.3026/k$ である。

表2に、①空気清浄機運転試験時と②対照試験時の、浮遊孢子濃度減衰の傾きの差と、試験室内の浮遊孢子濃度が対照値の1/10になるのに要する時間の関係を記載する。例えば、空気清浄機運転時の減衰の傾きから対照試験の減衰の傾きを引いた値が、 $-2.3026$ の場合は、内室で評価対象空気清浄機を運転すると、1時間運転時の浮遊孢子濃度が、対照試験で1時間経過した時の浮遊孢子濃度(対照値)の10分の1になる。

表2 空気清浄機運転試験と対照試験での浮遊孢子濃度減衰の傾きの差と試験室内の浮遊孢子濃度が対照値の1/10になるまでの時間

「空気清浄機運転試験時の浮遊孢子濃度減衰の傾き」から「対照試験時の浮遊孢子濃度減衰の傾き」を引いた値	浮遊孢子濃度が対照値の1/10になる時間
-0.5757	4時間
-1.1513	2時間
-2.3026	1時間
-4.6052	30分
-9.2103	15分

## 9.2 空気清浄機の浮遊孢子除去性能判定

内室で空気清浄機運転試験をした場合の浮遊孢子濃度が、対照値の1/10に減少するのに要する時間が2時間未満であれば、その空気清浄機の浮遊孢子除去性能は『A』と判定する。2時間以上であれば『B』と判定する。さらに、対照値の1/10に減少するまでの時間が1時間未満であれば『AA』、30分未満であれば『AAA』と判定する。なお、この判定はここに記載した試験条件内での判定であり内室の床面積が9 m<sup>2</sup>容積が25 m<sup>3</sup>と異なる場合は適用できない。

## 9.3 空気清浄機の除菌デバイスの浮遊孢子除去性能評価および性能判定

除菌デバイスが追加された空気清浄機で、本試験法によりこのデバイスの浮遊孢子除去性能を評価する場合は、内室における①除菌デバイスを運転させた状態での空気清浄機運転試験時と③除菌デバイスを停止させた状態での空気清浄機運転試験時(除菌デバイス評価時の対照試験)の浮遊孢子濃度の減衰速度を比較する。除菌デバイスの性能の評価基準および判定基準も9.1および9.2と同様とする。

### 解 説

#### 1. 試験室および供試微生物に対する基本的な考え方

空中浮遊微生物の除去性能評価試験は、真菌孢子等、微生物細胞の感染・増殖能をどの程度失活させることができるか、あるいはどの程度の量を除去できるかを評価することにある。したがって、その性能評価試験には、生きた微生物を使わなければならない。そこで、使用する微生物と、試験室の両方から安全性を確保することにした。

微生物に関する病原体等の管理は、従来は研究者や施設管理者の自主性にゆだねられたものであったが、感染症の予防に関する施設の国際的動向と生物テロ対策を踏まえて、『感染症の予防および感染症の患者に対する医療に関する法律』(平成10年法律114号)が改正され、平成18年12月8日に公布された。試験で使用する微生物は、この法律に定める第5種病原体以下の非病原性の微生物とすることにした。第5種病原体以下の微生物は、実験室バイオセーフティ指針(WHO第3版)でのリスク群1(人または動物疾病を引き起こす見込みのない微生物)に該当する。

しかし、非病原性の微生物を選んだとしてもアレルゲンとなる可能性は残り、大量の微生物を空気中に浮遊させれば、それを試験者が吸入した場合にアレルギー反応を起こす危険性があり、漏出した場合には周辺環境を汚染する危険性が想定される。したがって、我々(2004年発足した室内環境学会微生物ワーキンググループ)は、それらの危険性を制御するために、当初微生物が漏れ出ないバイオセーフティレベル3の試験室を検討したが、設置費用が高価であり、維持管理のコストが高く、性能評価試験設備としては現実的ではないと判断した。そこで、安全を期して、供試微生物を散布した空気が外部に漏れず、試験者が直接空気中の浮遊微生物に曝露されない条件を設定することとし、密閉性の良い二重の試験室内で評価試験をすることとした。

## 2. バイオセーフティレベル2

WHOの実験室バイオセーフティ指針第3版では、微生物は危険度に応じて4段階のリスク群に分けられ、そのリスクに応じて適切な実験施設が必要とされている。リスク群2は、食中毒起因菌など危険度が中程度の微生物群で、取り扱いには基本的にはバイオセーフティレベル2の実験室となる。バイオセーフティレベル2の実験室は、オートクレーブと安全キャビネットの設置、専用の着衣、入場制限その他が定められており、エアロゾル発生危険性がある実験は、生物学的安全キャビネットの中で実施することが求められている。実験室バイオセーフティ指針(WHO)の詳細は下記のホームページを参照のこと。

[http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/Biosafety3\\_j.pdf](http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/Biosafety3_j.pdf)

バイオセーフティレベル2の実験室での取り扱いが必要とされるリスク群2の真菌には、*Aspergillus fumigatus*、や*Candida albicans*等の他、*Aspergillus spp.* *Fusarium spp.* *Penicillium spp.*などのカビ毒産生株が含まれる。本評価法で供試菌とした*Wallemia sebi*はリスク群1で、これらの真菌よりも安全な微生物である。前記実験室バイオセーフティ指針では、リスク群1の微生物を扱う場合でも、エアロゾル発生危険性がある実験は、バイオセーフティレベル2の実験室での実施が求められている。そこで、本規格ではカビ胞子を空中に散布するため、バイオセーフティレベル2の実験室内に前室を備えた部屋(内室)をカビ胞子の散布室として設置することとした。

## 3. カビの胞子の空气中散布に関する空中超音波法

空中浮遊微生物の除去装置および防止機器を評価する場合、均一に微生物を散布しその減少を調べる方法が一般的で、微生物を空气中に分散させる方法としてネブライザー法が用いられる。しかし、室内空气中にカビが飛散する場合、ネブライザー法のような水滴状態で飛散されるのではなく乾燥状態の胞子が飛散する。したがって、カビ胞子を散布しその空气中での濃度減少を調べる試験の場合は、乾燥状態の胞子のほうが良い。室内環境学会微生物ワーキンググループにおいて、乾燥状態の胞子を飛散させる手段として空中超音波法を検討し、一定量の乾燥胞子を均一に飛散させる有効な手段となることを確認した。

空中超音波法の物理量とその効果は以下の通りである。強力な空中超音波が照射されると物理量としての粒子変位の大きさ、速度、加速度、あるいは強さなどに関係する直流的な力が発生する。一方で、空中に照射された強力超音波により、空気の圧縮、膨張が非線形のため波形歪が生じ、直流的な流れや空中に微小な物体を浮揚(保持あるいは固定)させるような効果も発生する。そのため粉体に対し垂直に空中から強力超音波を照射すると、超音波の振幅、速度などにより粉体微粒子は激しく振動し瞬時に空中に飛散する。その後微粒子は音圧分布により音場内に拡散する。従って、強力な空中超音波を用いると非接触で微粒子を空中に拡散させることが可能となる。胞子飛散に用いる音源は、設置場所や周波数、あるいは音圧の大きさや指向特性から考慮し、段つき円形振動板とした。

## 4. 供試菌*Wallemia sebi*

*Wallemia sebi*は、和名がアズキイロカビで、好乾性真菌である。住宅内では壁、畳、絨毯などを汚染する場合があり、アレルギーにもなる。本菌は寒天培地上では菌糸が長く伸びないうちに胞子を着生するため、発育は速いが一般的な真菌のように寒天培地上で集落が大きく広がることが無い。

さらに、本菌は特徴的な色調とサイズの集落を形成し一種一属であるため、本菌を供試菌とする場合、人為的なエラーで供試菌が他の菌と入れ替わる可能性が少ない。*Aspergillus*属や*Penicillium*属の何れかを供試菌とした場合、集落の色が暗緑色を示す種が多く、供試菌が他の菌と入れ替わった場合でも気付かれない可能性がある。微生物保存専門の機関でさえ保存菌株の植え継ぎの際に、菌株を取り違えた例があり、色調や集落性状に特徴が無い真菌では、常に人為的なエラーが起きる可能性がある。

また、*Aspergillus*属や*Penicillium*属を供試菌とした場合、供試菌の継代培養を続けるうちに外部から混入した菌が生き残り、供試菌の種が入れ替わる可能性もある。*Wallemia sebi*を供試菌とした場合、仮に入れ替わっ

たとしても同じ種である。

本試験法で供試菌とした *Wallemia sebi* NITE BP-365株は、室内環境学会微生物ワーキンググループにおける予備実験で、一般的な室内環境下での孢子生存期間が *Aspergillus spp.* や *Penicillium spp.* よりも短いことを確認している。本菌株は万一漏出した場合でも、他種の菌株よりも安全と判断した。

## 5. ゼラチンフィルタ法による採取菌数と内室空气中的浮遊孢子数

この評価試験法では、ゼラチンフィルタでの1回の採取空気量が10 Lで、サンプリング開始時のゼラチンフィルタ1枚あたりに採取された孢子数が500 CFU程度であれば、直接培養法(試験法の7.3の部分に記載、ゼラチンフィルタを直接DG18寒天平板に貼り付けて培養する)を用いることができる。この場合は、浮遊孢子濃度が50 CFU/L( $5 \times 10^4$  CFU/m<sup>3</sup>)で、通常の一般的な室内よりも約2桁多い。多めの孢子を浮遊させるのは、検知できる浮遊孢子濃度を確保し、さらに性能精度を高めて評価するためである。

*Wallemia sebi* NITE BP-365株の場合、培養済みの試験片1枚あたり $1 \times 10^7$  CFUの孢子を着生させるように条件設定をしており、空中超音波法によりその試験片上に着生する孢子の約5%が内室の空气中に浮遊することを室内環境学会微生物ワーキンググループの予備実験で確認している。

一般的な真菌集落の場合、1枚の寒天平板培地上でカウントできる集落数は最多で数十個程度であるが、*Wallemia sebi* NITE BP-365株はDG18平板培地上での発育は速いが集落のサイズが大きくなりやすい性質を持つため、1枚の平板培地上で数百個の発育集落数をカウントすることができる。本菌は、この特徴を持つことにより、直接培養法(ゼラチンフィルタを寒天平板培地に直接載せて培養し発育集落数をカウントする)を用いることができる。平板培地上でカウントできる集落数の上限が数十個程度の場合は直接培養法を用いることができない。

なお、試験法の7.3の部分で、もう一枚の採取済みフィルタは希釈培養法(40℃に温めた滅菌生理食塩液に溶解し、10倍段階希釈列を調整し、その各段階希釈液の各段0.1 mlずつを2枚のDG18寒天平板に接種塗布し培養する)としたが、*Wallemia sebi* を供試菌とし内室に散布する孢子数を制御した場合は、希釈培養は不要となる。従ってもう一枚の採取済みフィルタは予備として冷蔵庫で保存し、直接培養法で発育した集落数が多すぎてカウントできなかった場合に、希釈培養法での菌数計測に使用することで良い。

## 6. 性能評価基準について

### 6.1 自然減衰との関係

試験に用いる *Wallemia sebi* NITE BP-365株の孢子は直径3  $\mu$ m程度の小型であるが、空気中では重力によって自然沈降する。室内環境学会微生物ワーキンググループの実験では、空気清浄機を運転させない状態でも内室の浮遊孢子濃度は2時間弱で約1/10に低下し、また、この自然減衰速度は、内室空気攪拌ファンの稼働の有無にかかわらずほぼ一定の値であった。

本評価試験法により、空気清浄機を6畳の室内で運転させた時の浮遊孢子除去性能が、重力の持つ浮遊孢子除去性能(すなわち自然減衰)と同程度の場合(本評価法ではレベルAの範囲にはいる)、この空気清浄機を室内に導入すれば、その室内では自然減衰の2倍の速さで浮遊孢子濃度が減少し、1/10の濃度になる時間は空気清浄機を入れていない時の半分(1時間弱)になる。

### 6.2 1/10減少基準について

本評価試験法は、生存能力を有する孢子の空気中からの除去性能が評価対象であり、微生物の殺菌・滅菌・消毒分野において通常使用される評価法に準じた評価法が良いと考えた。その分野では、殺菌・滅菌・消毒の効果を微生物の致死速度で表現する。そして、微生物致死速度の表現法としてD値(decimal reduction value)が用いられる。D値は、熱殺菌の場合は生存する菌(あるいは孢子)濃度が1/10に減少するのに要する時間で表現され、紫外線や放射線による殺菌の場合は1/10に減少するのに要する線量で表現される。D値は生残曲線(横軸に殺菌処理単位、縦軸に微生物数の対数值)の傾きから求めることができる。空気清浄機による孢子除去は熱殺菌や

放射線殺菌に比較すれば非常に低速度であるが、「生存能力を有する微生物濃度の減衰を調べる」という方法に関しては同じであるため、これらの手段に準じて生存能力を有する空中浮遊胞子の濃度が1/10になる時間を評価法として用いた。

## 7. 試験室容積と試験空気清浄機の適応について

本規格における評価法は、内室(6畳相当の容積の試験室)で評価試験対象の空気清浄機を運転した場合、空气中の浮遊胞子数が、一定時間以内に非運転の対照値に比べ、1/10の濃度以下に減少できるか否かを検証するものである。したがって、試験される空気清浄機の能力は、予め本規格の試験室の容積に適応できることが設定条件となる。小さな試験室に、風量の大きな空気清浄機を入れて試験を行うと、当然浮遊胞子除去能力は高くなるし、反対に大きな試験室で風量の小さな空気清浄機を入れた場合、浮遊胞子除去能力は低くなる。

内室の容積が異なる場合は、胞子濃度の減少速度が必ずしも計算通りにはならないと思われるので、本規格の内室は容積25 m<sup>3</sup>とした。この容積以外で空気清浄機の評価試験をする場合は、あらかじめ標準容積25 m<sup>3</sup>の内室との比較試験を行い、得られた評価試験結果を標準容積の場合に換算できるようにしておく必要がある。

## 8. 試験空気清浄機と実際に使用される部屋容積の関係

一定性能を有する空気清浄機を、大きさの異なる室内で運転させた場合の性能については、空気清浄機の循環空氣の到達距離が風力や循環風量の能力によって異なることから、一概に相関性を求めることは困難である。しかし空气中の浮遊胞子が一様に分散された状態で気流の影響や壁面への吸着が無視できると仮定し、空気清浄機により浮遊胞子が除去される速度が部屋の容積に反比例すると仮定すれば、以下の計算から8畳間、10畳間や12畳間に空気清浄機を設置した場合の浮遊胞子除去性能が推定できる。

試験空気清浄機を25 m<sup>3</sup>の内室(6畳間に相当)で運転し、運転開始時の浮遊胞子濃度を1とし、その空気清浄機の効果により1時間経過時に、内室の相対的な浮遊胞子濃度が、対照(運転なし)の1時間経過時の相対的な浮遊胞子濃度の1/10になったとすれば、この空気清浄機を内室より容積が大きい8畳間、10畳間と12畳間で運転した場合、対照(8畳間、10畳間と12畳間で運転なし)の1/10レベルの浮遊胞子濃度に達するまでの所要時間は、下記計算からおおよその時間が推測できる。

内室(25 m<sup>3</sup>)：60分(6畳相当)

8畳間の容積は6畳間の1.333倍 (8÷6=1.333)

10畳間の容積は6畳間の1.667倍 (10÷6=1.667)

12畳間の容積は6畳間の2倍 (12÷6=2)

8畳間に空気清浄機を置いた場合：60分×1.333=80分

10畳間に空気清浄機を置いた場合：60分×1.667=100分

12畳間に空気清浄機を置いた場合：60分×2=120分

本試験法で評価された空気清浄機の浮遊胞子除去性能は、6畳相当の容積での評価であり、前記計算で示したように、同じ空気清浄機をより広い室内に設置した場合の性能は異なる。例えば、内室(6畳相当)の浮遊胞子濃度が対照値の1/10になるまでの時間が30分以上1時間未満となり『AA』と判定された空気清浄機の浮遊胞子除去性能は、12畳に設置した場合は『A』レベル相当となり、24畳に設置した場合は『B』レベル相当になる。

なお、本試験法で除去性能が認められなかった場合は、住宅内に持ち込んだ時にも除去性能が発揮されないことは明らかである。従って、除菌デバイスと称して取り付けられた装置も本評価法で効果が認められなければ無効と判断できる。

## 9. 人に対する安全性

この試験は、あくまでも空气中に浮遊するカビ胞子の除去性能を評価したものであり、人に対する安全性を保証したものではない。特にイオンやオゾン等を放出して殺菌効果を出すようなデバイスを装備した空気清浄

機では、人の組織細胞に対しても影響がでる可能性を考慮すべきである。過剰な誤った広告に使用されない配慮が必要である。

## 10. 試験室の消毒

紫外線殺菌後の薬剤等による消毒は、紫外線照射の届かない部分で、殺菌が不完全な場合があることと、および消毒された供試菌の残骸が壁面に付着して、汚れが蓄積する可能性があるためである。汚れの蓄積は、不完全な消毒を引き起こす可能性がある。清拭消毒には、残留しづらいアルコール製剤や次亜塩素酸ナトリウム等の消毒薬を用いる。

エタノール製剤の噴霧による消毒は引火性が懸念されるが、エタノール製剤と炭酸ガスを同時に噴射することにより、その危険性を防ぐ噴射装置が開発されている\*。例えば、製品名；シャットノクス(新耕産業株式会社)。

現在バイオクリーンルーム等の消毒には、ホルムアルデヒドガスや、エチレンオキシドガス、オゾン、あるいは過酢酸等が用いられているが、それらは汚染微生物の中に感染性微生物が混入している可能性を想定しての消毒方法であり、周辺環境へのガス拡散などの対策が取られていることと、残留薬剤の除毒作業が伴うことを、認識しなければならない。現在ホルムアルデヒドガス滅菌装置として触媒による無毒化装置を搭載した室内消毒装置も開発されてきたので、より安全な試験室消毒法の開発が期待される。

## 11. パーティクルカウンタの計測値と空気清浄度

パーティクルカウンタの数値は、米国USP1116 に対応して、一立方ft当たりの粒子数を表示する。第十五改正日本薬局方(2006)の無菌医薬品製造のための空気の清浄度では、一立方メートル当たりの最大許容粒子数(0.5 μm以上)として下記の清浄度を示している(表3)。作業時の最大許容粒子数は、米国薬局方(USP1116)と対応しており、グレードAはクラス100(ft<sup>3</sup>)、グレードBはクラス10,000(ft<sup>3</sup>)、に対応する。

しかし、本評価試験においては直径3 μmの供試菌の孢子と同じサイズの粒子濃度を目安とするため、直径3 μm以上の粒子が一立方メートル当たり1未満を示した時を浮遊孢子が除去された状態と判断した。

表3 無菌医薬品製造のための空気の清浄度

清浄度	非作業時	作業時
グレードA(層流作業区域)	3,530	3,530
グレードB(非層流作業区域)	3,530	353,000
グレードC	353,000	3,530,000

## 12. 機器の例示

本試験法を記載するにあたり、使用機器のメーカーおよび型番を表示したが、あくまでも例示するものであり、特に推奨する意図はない。

## 13. 貸出提供

空中超音波照射装置、供試菌*Wallemia sebi* NITE BP-365株接種済みの試験片など市販されていない試験材料については、室内環境学会の会員から有料で貸出提供する。

## 14. 空気清浄機の浮遊孢子除去性能の評価・判定例

以下に、本評価試験法により空気清浄機を評価・判定した一例を示す。なお、この評価・判定例に用いる測定値(表4)は、2007年に室内環境学会微生物ワーキンググループでなされた評価試験例を参考に作成された値

\* エチルアルコール製剤の引火限界と燃焼限界は、気体の体積に占める割合が、3.3%~19%であり、酸素がないと引火・燃焼はしない性質を応用している。

である。

表4は、直接培養法(内室空気採取後のゼラチンフィルタを直接培地に載せて培養)で、DG18培地上に発育した集落数である。孢子散布直後の内室空气中的浮遊孢子濃度は、空気清浄機運転試験時も対照試験時もほぼ同程度で、採取空気10 Lあたり約450 CFUであった。30分後には、空気清浄機運転時は10 Lあたり約70 CFU、運転させていない時は約210 CFUで、空気清浄機を運転させた時は30分で対照値の約1/3となった。

図3に、表4記載のサンプリング0分の浮遊孢子濃度を1とした場合の、25m<sup>3</sup>の内室空气中に残存する浮遊孢子濃度の経時変化を示す。図3のA, B, C, Dがそれぞれ表4の運転試験1回目, 2回目, 対照試験, 1回目, 2回目である。浮遊孢子濃度の減衰の傾きは、空気清浄機運転試験では-3.673および-4.103, 対照試験では-1.306および-1.221であった。(減衰の傾きはエクセル計算ソフトで図3のようなグラフを作成すると自動的に計算される。)減衰の傾きの平均値は、空気清浄機運転時は-3.888, 対照時は-1.263となった。

空気清浄機運転時の減衰の傾きから対照時の減衰の傾きを引いた値は-2.625で、この計算値は、本文の表2から、対照値の1/10に減少するのに要する時間が30分時間以上1時間未満の範囲に入り、その空気清浄機の6畳間における浮遊孢子除去性能は『AA』と判定された。

表4 直接培養法によるフィルター上の発育コロニー数  
内室空気10 Lあたりの浮遊孢子数(CFU)

サンプリング	空気清浄機運転試験		対照試験	
	1回目	2回目	1回目	2回目
孢子散布前	0	0	0	0
0分	458	481	493	358
5分	362	366	384	301
10分	250	247	422	304
15分	240	129	250	256
20分	235	126	294	217
25分	81	75	304	220
30分	73	71	235	191

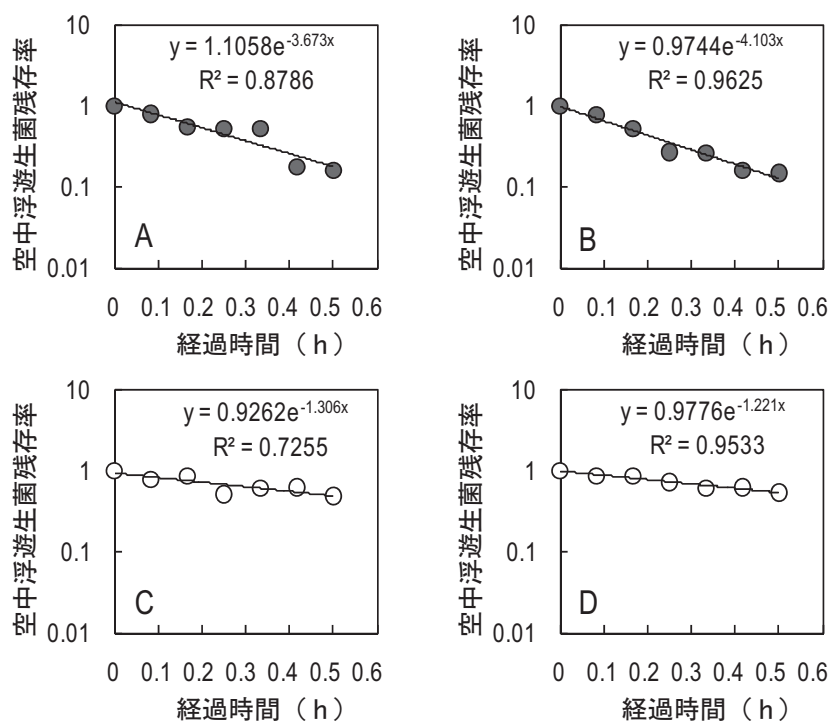


図3 内室空气中的浮遊孢子残存率の経時変化