

室内環境における空中微生物汚染度の評価法

はじめに

我々の身のまわりには数多くの微生物が存在しますが、共生することにより快適な生活を維持できる場合もあります。また、酒、味噌、納豆、漬物などの発酵食品に代表されるように、ヒトは古来より微生物を有益なものとして利用してきました。

一方、微生物が危害の要因となる場合もあります。危害要因となり得る微生物を制御するために、我々は古くからさまざまな手段を講じてきました。例えば、食品等の製造施設では、微生物制御の一手段「微生物を“つけない”又は“持ち込まない”」ことを目的として、製造環境（室内環境）の清浄度を高める手法が広く用いられています。また、その清浄度の確認（適切な環境下での製造確認）のため、一般的に環境中の微生物汚染度が測定、評価されています。

今回は、食品製造分野を中心に、そこで実施されている室内環境における空中微生物検査、汚染度の評価法について紹介します。

空中微生物検査

空中に存在する微生物の検査法は、①落下菌測定法、②空中浮遊菌測定法の2つに大別されます。①落下菌測定法は、シャーレ内で寒天培地を固化させ作製した寒天平板培地を、測定場所に設置し、シャーレのふたを開け、一定時間開放することで、落下した微生物を捕集し、培養後の集落数を計測する方法です。②空中浮遊菌測定法は、エアサンプラーを用いて一定量の空気を吸引し、寒天培地に吹き付けること等により、空気中に存在する微生物を捕集し、生菌数を測定する方法です。したがって、落下菌測定法は微生物の受動的な捕集法であり、空中浮遊菌測定法は能動的な捕集法と言えます。なお、各測定法には表-1に示したような特徴があり、評価の目的に応じて使い分ける必要もあります。

表-1 空中微生物検査法の特徴

測定法	長 所	短 所
落下菌測定法	操作が簡便	落下した微生物を捕集するため、浮遊している微生物の定量的な測定法ではない
	捕集操作による微生物への損傷が少ない	捕集に要する時間が長い
空中浮遊菌測定法	空中に浮遊している微生物を定量的に測定可能	測定装置が必要で、操作がやや煩雑である
	捕集に要する時間が短い	捕集操作による微生物損傷の可能性はある

落下菌測定法

落下菌測定を行う際、使用する寒天培地の種類、シャーレ設置場所、シャーレ開放時間、培養条件を決める必要があります。その一例として、厚生省（現厚生労働省）通知「弁当及びそぎの衛生規範について」¹⁾に規定されている方法を、表-2 に示します。これは食品製造施設における、衛生確保を目的とした微生物汚染度評価のための測定法です。

表-2 「弁当及びそぎの衛生規範」における落下菌測定法

測定対象	内 容	方 法
細菌	使用培地	標準寒天培地
	シャーレ設置場所	床面から 80 cm の高さの調理台面等に 2～3 枚
	シャーレ開放時間	5 分間
	培養条件	35±1℃，48±3 時間
真菌	使用培地	クロラムフェニコール又はテトラサイクリンを 50～100 mg/L 添加したポテトデキストロース寒天培地
	シャーレ設置場所	床面から 80 cm の高さの調理台面等に 2～3 枚
	シャーレ開放時間	20 分間
	培養条件	23±2℃，7 日間

空中浮遊菌測定法

空中浮遊菌測定法は、まず空気を吸引し空中に浮遊する微生物を捕集します。捕集法の違いにより①衝突法、②インピンジャー法、③ろ過法の3種類に大別されます。衝突法は寒天培地に吸引した空気を衝突させることにより微生物を捕集する方法で、ピンホールサンプラー法、アンダーセンサンプラー法、遠心衝突法、スリットサンプラー法等があります。インピンジャー法は液体を入れた容器内に吸引した空気を噴出させることで、液体内に微生物を捕集する方法です。ろ過法はメンブランフィルター又はゼラチンフィルターを介して空気を吸引することにより、フィルターに微生物を捕集する方法です。ゼラチンフィルターは水分を含んでおり、乾燥したメンブランフィルターに比べ捕集した微生物に対する損傷の影響が少ないと考えられます。

これ等の方法で空中浮遊菌を捕集後に、生菌数を測定します。

空中微生物汚染度の評価法

食品製造施設やその他空気清浄度が要求される施設においては、衛生確保の手段の一つとして製造環境の空気清浄度を管理しています。適切な清浄度が維持管理されていることを確認する方法の一つとして、空中微生物汚染度の評価があります。ここでは、食品製造施設における評価基準の一例として、各種食品の「衛生規範」^{1)～5)}及び日本建築学会環境基準⁶⁾について表-3 及び表-4 に示します。「衛生規範」においては、微生物汚染度の高い区域から低い区域への微生物汚染を防止するために、製造区域を汚染作業区域と非汚染作業区域に分け、また明確に区画することが規定されています。さらに、非汚染作業区域については準清潔作業区域と清潔作業区域に区画することとされています。そして、それぞれの作業区域ごとに空中浮遊微生物汚染度の基準値が規定されています。

表-3 各種食品の「衛生規範」における評価基準

食品種	汚染作業区域	非汚染作業区域		
		準清潔区域		清潔区域
		落下細菌	落下細菌	落下細菌
弁当及びそうざい	100 以下	50 以下	30 以下	10 以下
漬物	—	100 以下*1	50 以下	10 以下
洋生菓子	100 以下	50 以下	30 以下	10 以下
セントラルキッチン/カミラー・システム	100 以下	50 以下	30 以下	10 以下
生めん類	100 以下	50 以下	30 以下	10 以下

注：落下細菌・真菌測定法は「弁当及びそうざいの衛生規範」の落下菌測定法（表-2）による。

*1：非汚染作業区域

表-4 日本建築学会における「食品工場」の空中微生物評価基準

グレード	浮遊菌数*1	落下菌数*2
	(cfu*3/L)	(cfu*3/20分)
清潔作業区域 (BCR*4)	0.01 以下	3 以下
清潔作業区域	0.1 以下	30 以下
準清潔作業区域	0.4 以下	50 以下
汚染作業区域	1.0 以下	100 以下

注：日本建築学会における測定法では、細菌、真菌の区別なく、ソイビーン・カゼイン・ダイジェスト寒天培地で増殖した微生物の全集落を計数する。

*1：空気採取量は 0.2 m³ 以上を推奨する。

*2：直径 9 cm のペトリ皿で作業中に空気暴露 20 分間以上を推奨する。

*3：colony-forming unit (集落数)

*4：Biological Clean Room (バイオロジカルクリーンルーム)

空中浮遊菌測定法を利用した空気清浄機の微生物除去性能評価法

室内環境をシミュレートしたチャンバー（密閉容器[空間]）を用い、空中浮遊菌を測定することで空気清浄機の性能を評価する試験方法の開発が、進められています。その中で、空気清浄機の微生物除去性能は各メーカー独自の方法で評価されていたため、一般社団法人日本電機工業会は、業界で統一した方法により性能評価・訴求すべきとの考えの下、「空気清浄機の浮遊ウイルスに対する除去性能評価試験方法」を定め、ホームページ上で公開しています⁷⁾。この試験はインフルエンザウイルス又はファージを用いる方法ですが、ここではファージを用いた試験法の概要について説明します。

20 m³~32 m³ の試験チャンバー内に空気清浄機を設置し、チャンバー内にファージ懸濁液を噴霧し、空中に浮遊させます。次に空気清浄機を作動させ、チャンバー内に浮遊しているファージを経時的にインピンジャー法又はゼラチンフィルターを用いたろ過法により捕集し、ファージ数を測定します。同様に、空気清浄機を作動させずに測定します（自然減衰）。そして、これらファージ数の経時変化を比較する（図-1 参照）ことにより、空気

清浄機のファージ除去性能を評価します。

この試験方法を参考に、ウイルス（ファージ）の代わりに細菌やカビの胞子を空中に浮遊させることにより、他の微生物に対する空気清浄機の除去性能評価も可能になると考えられます。

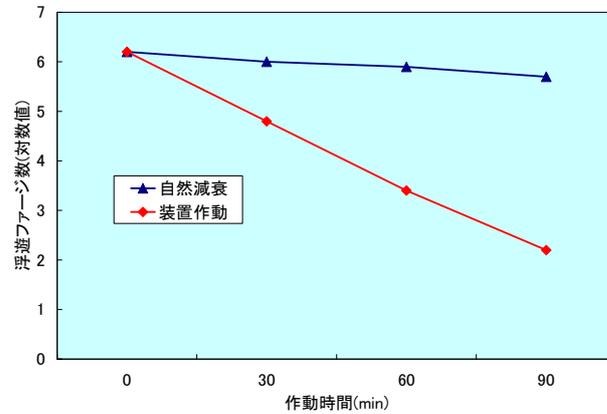


図-1 試験結果の一例

おわりに

室内環境における空中微生物汚染度は、製造施設のみならず住環境（家屋）も含めて色々な場面で評価されています。しかし、そこに存在する空中浮遊微生物は、種類がさまざま、一般的に菌数が少なく、しかも均一に浮遊していないため、定量的に評価することが困難です。また、測定法にもそれぞれ長所、短所があります。今回は食品製造施設における評価例を中心に紹介しましたが、医薬品、化粧品の製造施設など他業種の場合には、評価する目的や要求される空気清浄度に応じて、適切な空中微生物測定法を用いることが重要です。なお、空気清浄を目的とした機器も数多く販売されていますが、これらの評価についても目的に応じた適切な評価法の開発或いは選択が望まれます。

参考資料

- 1) 厚生省通知：「弁当及びそうざいの衛生規範について」（環食第 161 号，昭和 54 年 6 月 29 日）
- 2) 厚生省通知：「漬物の衛生規範について」（環食第 214 号，昭和 56 年 9 月 24 日）
- 3) 厚生省通知：「洋生菓子の衛生規範について」（環食第 54 号，昭和 58 年 3 月 31 日）
- 4) 厚生省通知：「セントラルキッチン／カミサリー・システムの衛生規範について」（衛食第 6 号の 2，昭和 62 年 1 月 20 日）
- 5) 厚生省通知：「生めん類の衛生規範等について」（衛食第 61 号，平成 3 年 4 月 25 日）
- 6) 社団法人 日本建築学会：微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理基準・同解説（2005）
- 7) 一般社団法人日本電機工業会：「空気清浄機のウイルスに対する除去・性能評価試験方法について」

<http://jema-net.or.jp/Japanese/ha/kuusei/hyokashiken/index.html>