



Title	食品工場における微生物汚染抑制技術
Author(s)	大仲, 孝昌; 福島, 幸生; 末松, 孝章
Description	第9回衛生工学シンポジウム (平成13年11月1日 (木) -2日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 計画・事例 . P3-8
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 9, 185-188
Issue Date	2001-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7167">https://hdl.handle.net/2115/7167</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	9-3-8_p185-188.pdf



3-8

食品工場における微生物汚染抑制技術

○ 大仲孝昌, 福島幸生, 末松孝章 (日立プラント建設 (株))

1. はじめに

食品への異物混入や食中毒は消費者の健康を損なわせるだけでなく、食品メーカーは、回収、廃棄、生産停止、売り上げ減少等、膨大なコスト負担を要求される。一方、食品業界では、健康志向、なまものブームに対応するため、保存性が低い減塩食品、非加熱食品等が増産されるようになった。また、生産規模の拡大に伴う配布地域の広大化が進んでおり、食品事故が発生しやすくなっている。このため、食品メーカーは、高度な衛生管理手法である HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point, 危害分析及び重要管理点) 方式の導入や施設、設備の改修など衛生管理水準の向上に取り組んでいる。

このように食品工場では、安全な食品を製造するために、食中毒や腐敗の原因になる微生物汚染対策が、より一層重要となってきた。そこで、今回、食品工場における微生物汚染の現状を調べ、その対策を検討したので報告する。

2. 微生物汚染の現状

食品工場内の、下調理などを行う汚染作業区域の微生物分布を測定した例を図1に示す。床の微生物密度は内壁より高く、特に、ウェット状態の床では、 $10^7\text{CFU}/\text{m}^2$  (CFU: Colony Forming Unit) に達し、室内微生物の99.99%が生息する温床になっていた。床からの跳ね水は高さ1.5mにまで達することが報告されており<sup>1)</sup>、作業台上の食品を汚染させる原因になる。このように、内壁や床には多くの微生物が生息しており、かつ、栄養源が豊富なことから、微生物の温床となり食品汚染の大きな原因になると考えられる。

また、人間の皮膚には  $10^2\sim 10^5\text{CFU}/\text{cm}^2$  の微生物が生息するといわれている<sup>2)</sup>。

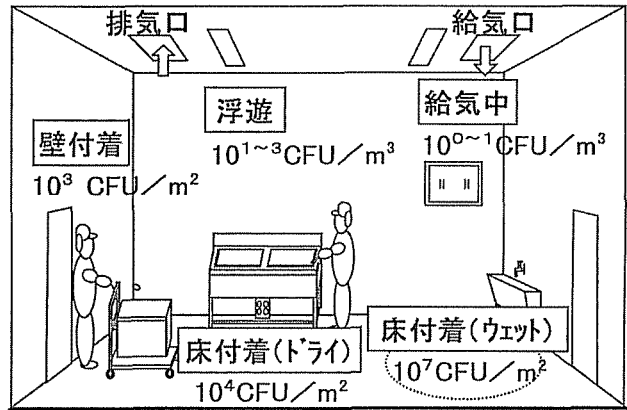


図1 食品工場内の微生物分布

このことから、従事者から発生する微生物も多いと考え、従事者の着衣の状態を変えて、微生物の発生量を測定した。その結果、図2に示すように、帽子、マスク、手袋を着用していない場合には、腕の自由運動をさせると一人から23CFU/sの微生物が発生した。また、帽子等を完全に着用しても8CFU/s、クリーンルーム用の防塵着を着用しても4CFU/sの微生物が発生した。図1において、給気量を $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 、従事者を1名とすると、人からの微生物発生速度は、給気中からの微生物侵入速度と比べ、数倍~数十倍にも達し、作業従事者は重要な食品汚染源として配慮すべきことが分かった。

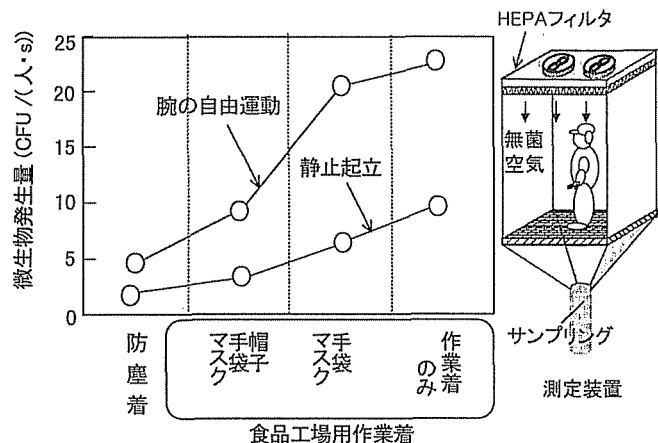


図2 従事者から発生する微生物数

以上より、食品工場内の微生物汚染対策として、以下の二つが特に重要であると考えた。

- (a) ウェットエリアの付着微生物対策
- (b) 人からの発生微生物対策

以下の章では、これらの対策技術について述べる。

### 3. ウェットエリアの付着微生物対策

床に水分を滞留させないように、床に水勾配を設けるだけでなく、室内を積極的に乾燥する設備を設けることが重要となる。乾燥によって微生物の増殖を抑制できることはよく知られており、エアコンで除湿乾燥している工場もあるが、ランニングコストがかさむことが問題である。また、乾燥条件が明らかでないため、必要以上に乾燥させている可能性がある。我々は、床材試験片の水浸漬と気中放置を繰り返して、試験片表面の微生物密度を測定した。結果を図3に示す。浸漬時間 24 h/d、すなわち常時水に浸漬した場合には9日後に微生物密度が  $10^7$  CFU/m<sup>2</sup> になった。しかし、浸漬時間 23 h/d、すなわち毎日1時間だけ水から引き上げ気中に放置した試験片表面の微生物密度は、水に浸漬しなかった試験片（浸漬時間 0 h/d）と同等の  $10^3$  CFU/m<sup>2</sup> 以下になるという興味深い結果が得られた。このことから、常時床を完全な乾燥状態にしなくても微生物密度を低減できると考えられる。

次に、給気した空気を床に行き渡らせ水分を蒸発させる方法を検討した。汎用的に使用されているグリルでは図4(a)に示すように、吹き出し口の下では空気の流動が認められる(黒色の部分)が、その後気流が吸い込み口に向かって上昇するため、風速が遅く乾燥させにくい場所が多くなる。そこで、床乾燥の給気条件として、①広範囲に給気するために縦横の比が大きい給気口を部屋の中央に配置すること、②床近傍の換気を促進するために給気口の開口面積を狭くして吹き出し風速を速くすることが必要であると考え、ラインディフューザ型の給気口を開発した。床乾燥用の給気口を用いた場合の、床面の風速分布をシミュレーションした結果を図4(b)に示す。床の大部分に給気でき、効率よく乾燥させられる見通しを得た。なお、排気口は気流に影響を与える範囲が狭く、床に設置しても天井に設置しても、床面の風速分布にはほとんど影響しないとの結果が得られた。天井に設置した方が、汚れにくく、低コストであることから、給排気口とも天井に設置するのが良いと考える。このように、床の乾燥に適した給気方法で効率よく床に残存した水分を蒸発させることによって微生物密度を大幅に低減できるものと考えている。現在実証実験中である。

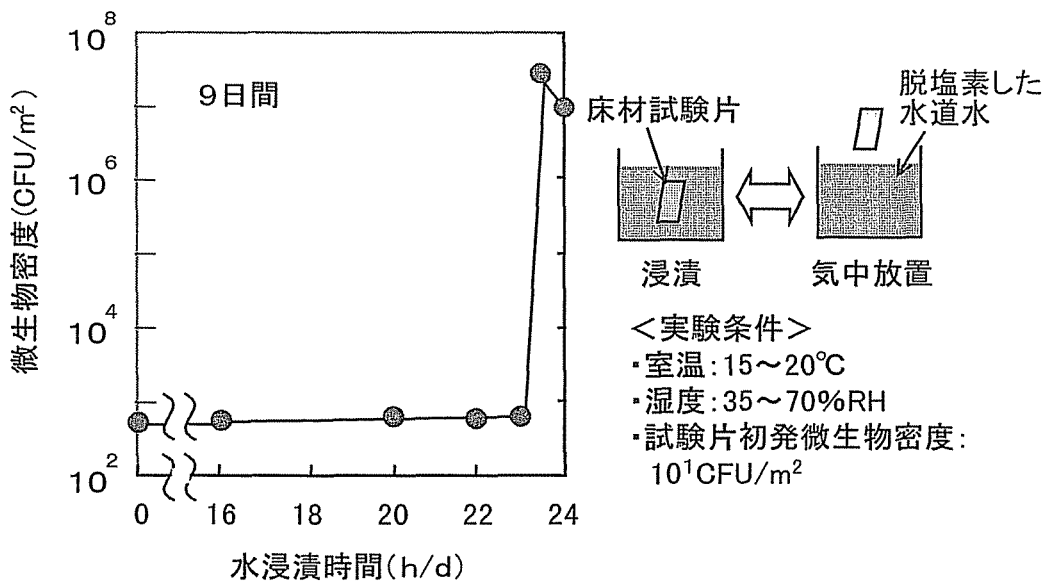


図3 水への浸漬時間と微生物密度

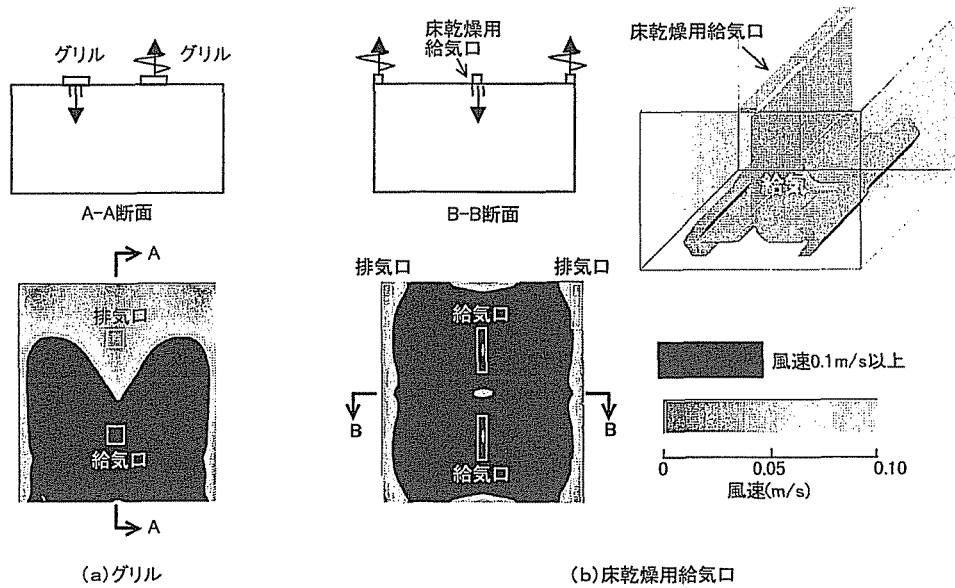


図4 床面近傍の風速分布シミュレーション

4. 人からの発生微生物対策

2章で述べたように、人から発生する微生物は、クリーンルーム用の防塵着を着ていても多量であるため、バイオクリーンルームのような清浄空間においても、浮遊微生物を完全になくすことが困難な場合が多いと考える。そこで、室内に微生物が浮遊していても、製品に付着して危害を及ぼさなければ問題はなく、浮遊微生物が製品に付着するのをいかに抑制するかが重要であると考えた。そこで、表1のように、浮遊微生物の製品への付着因子を製品・浮遊微生物・室内環境に分けて列挙し、これらの因子が、付着に与える影響を検討した。実験装置(図5)は、ファンによりテストダクト内へ実験室内の空気を供給し、寒天培地へ吹き付ける構造になっている。その結果、気流の風速、静電気の影響が大きいことが分かった。風速を0.1~8m/sまで変化させて、シャーレに室内の空気を上方から吹き付けて、浮遊微生物の付着比を測定した結果を図6に示す。風速1~4m/s付近で付着比が最も低くなり、0.1m/sのときより大幅に低減された。風速が遅いと微生物が自然落下して付着するが、風速1~4m/sでは微生物は気流とともに寒天培地の表面を通過したものであると思われる。また、風速が速いと寒天培地と衝突して付着しやすくなったものと考えて

いる。この特性を活用して、製造室や包装ラインの風速を1~4m/sに制御することによって、製品の微生物汚染を低減できるものと考えている。

表1 浮遊微生物の製品への付着因子

区分	製品	浮遊微生物	室内環境
付着因子	<ul style="list-style-type: none"> <li>表面電位</li> <li>表面張力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>帯電状況</li> <li>粒径</li> <li>浮遊形態</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>風速</li> <li>風向</li> <li>相対湿度</li> </ul>

■ : 検討項目 (制御可能)

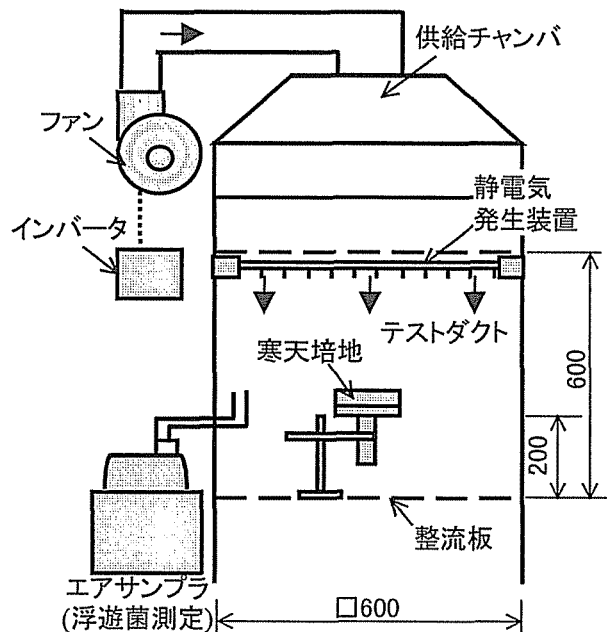
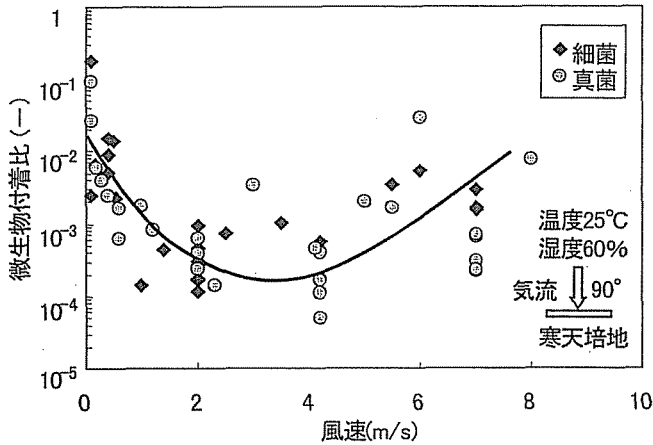


図5 菌付着実験装置



$$\text{微生物付着比(-)} = \frac{\text{付着微生物数(CFU)}}{\text{気流風速} \times \text{培地表面積} \times \text{浮遊微生物濃度} \times \text{曝露時間}}$$

(m/s)                      (m<sup>2</sup>)                      (CFU/m<sup>3</sup>)                      (s)

図6 風速による微生物の付着抑制

## 5. まとめ

食品工場における微生物汚染の現状を調べ、その対策を検討した。

(1)床面において、ウェットエリアではドライエリアと比較して3オーダー程度多く微生物が棲息していた。また、常時床を完全な乾燥状態にしなくても微生物密度を低減できることが分かった。開発したラインデフューザ型の給気口を用いて、効率よく床に残存した水分を蒸発させることによって微生物密度を大幅に低減できる見通しが得られた。

(2)人からは、クリーンルーム用の防塵着を着けていても多量に微生物が発生した。気流の風速を制御し、静電気を利用することで、人から発生した微生物の製品への付着を抑制できる見通しが得られた。

## 6. 参考文献

- 1) 砂押操ほか7名：現場でのエオシンY試験紙による飛沫の調査結果について：食品衛生研究, 30, 4, pp.391-394 (1980)
- 2) 矢野俊博：製薬・食品メーカーの品質管理に要求される浮遊微生物管理とその評価：防菌防黴, 25, 3, pp.155-161 (1997)