

建築空間における微生物制御に関する研究（その3）

——食品工場の微生物調査事例集——

竹本 靖 岩波 洋
武井 克 丞

Microbiological Control in Building Space (Part 3)

——A Few Microbial Investigations of Food Factories——

Yasushi Takemoto Hiroshi Iwanami
Yoshitsugu Takei

Abstract

The authors made microbial investigations at various food factories with the object of making completion inspections and improving hygienic conditions. The paper reports on the results of microbial investigations at a food package factory, a bakery, and a frozen food factory.

概 要

我々は、種々の食品関連工場で、竣工検査および微生物環境の改善などの目的のため、微生物調査を実施してきた。今回は、そのうち、食品容器製造工場のクリーンルーム、製パン工場、冷凍食品製造工場について行なった調査事例について報告する。

1. はじめに

近年、食生活様式の多様化により加工食品は急速な需要の増加を示しているが、これに伴いその安全性と品質低下防止のため、製造・包装段階において高度な品質管理が要求されるようになった。

特に昨今、GMP (Good Manufacturing Practice) 化が指向され始めたこともあり、食品加工業関連の各分野で、工場内環境の微生物コントロールの必要性が認識されるようになった。

このような状況下、我々は、種々の食品工場において微生物調査を行なう機会を得たので、ここにその一部を報告する。

各章の構成は、以下のとおりである。

まず、第2章では、食品容器製造工場のバイオリジカルクリーンルームにおける調査結果について紹介する。

また、第3章では、2箇所の製パン工場における調査結果について紹介する。

さらに、第4章では、冷凍食品製造工場のうち、竣工後20年程度経過した既設建屋と防かび対策を施した新設建屋における調査結果について紹介する。

なお、第5章には、参考として、第2章～第4章の調査時の微生物の測定方法について補足したほか、我が国の食品に関する各種の微生物規準の現状について簡単に説明した。

2. 調査事例 I ……某食品容器製造工場の場合

2.1. 調査目的

ここでは、某食品容器製造工場のバイオロジカルクリーンルームにおける微生物学的清浄度の測定結果について紹介する。

測定の目的は、以下のとおりである。

- ・第1回測定 ; 竣工時点での清浄度を調べる。
- ・第2回測定 ; 生産機械運転時における清浄度を調べる。

2.2. 調査建物の概要

調査建物は、プラスチックボトルの成型を行なう工場であり、目標値クラス100,000のクリーンルーム約400m²を有している。

その概要を表-1に示す。

2.3. 調査方法

測定は、以下の期日に実施した。

- ・第1回測定 ; 1985年7月2日
- ・第2回測定 ; 1985年9月2日

また、測定はクリーンルームを中心に、コッホ法（落下法）、ピンホールサンプラー法、アガースタンプ法の各方法により行なった。

表-2に測定項目および測定方法を示す。

2.4. 調査結果

表-3に調査結果を示す。

竣工時の第1回測定においては、コッホ法において、クリーンルーム内では細菌、真菌とも検出されず、十分な清浄度が確保されていることを確認した。

また、生産機械運転時の第2回測定では、クリーンルーム1の落下菌（細菌および真菌）数の平均は0.06（個/シャーレ・5分）、浮遊菌数の平均は0.0134（個/l）であり、クリーンルーム2のそれは0.13（個/シャーレ・5分）および不検出であった。よって、クリーンルーム1および2とも、室の平均でNASA規格（5章、表-13に記載）のクラス10,000、局部的にみても目標値のクラス100,000の微生物学的清浄度を満足していた。

しかし、清浄度の時間的変動や今後の生産状態の変化等も考えられるので、定期的な調査を継続しデータの蓄積を行なう必要があると思われる。

そのほか、エントランスホール、更衣室、事務室などの微生物数は、一般的な室内のレベルとしては良好な状態にあった。

なお、付着菌の測定において、操作台やコンベア上で比較的多くの細菌が検出された。これらの箇所の定期的な洗浄や清掃など今後の維持管理面での清潔保持の工夫が必要であろう。

●用途	プラスチックボトルの成型・ラベリング・梱包		
●竣工年月	1985年6月		
●構造	S造、地上2階		
●延床面積	590m ² 〔クリーンルーム1 298m ² 〕 〔クリーンルーム2 195m ² 〕		
●クリーンルームの室内条件	目標値で	乾球温度	24℃
		相対湿度	45%
		清浄度	クラス100,000
●クリーンルームの空調システム	クリーンルーム1	3台のCR用パッケージ空調機	除去率DOP99%のフィルター付属 換気回数は約17回/h
	クリーンルーム2	2台のCR用パッケージ空調機	除去率DOP99%のフィルター付属 換気回数は約9回/h
		4台のフィルターユニット	除去率DOP99.97%のフィルター付属 換気回数は約17回/h

表-1 建物の概要

測定項目	測定方法	
	サンプリング方法	培地および培養条件
落下菌	コッホ法 ●シャーレの内径 90mm ●曝露時間 5分間	細菌 ●普通寒天培地 ●37℃、48時間
浮遊菌	ピンホールサンプラー法 ●エア吸引量 25ℓ/分 ●吸引時間 2分間	真菌(かび、酵母) ●ポテトデキストロース寒天培地(クロラムフェニコール100mg/ℓ添加)
付着菌	アガースタンプ法 ●サンプリング面積 10cm ² /回	●25℃、96時間

(注) このほかにパーティクルカウンターにより微粒子数を測定

表-2 測定項目および測定方法

測定ポイント	第一回測定		第二回測定				
	落下菌数*1		浮遊菌数*2		付着菌数*3		
	細菌	真菌	細菌	真菌	細菌	真菌	細菌
クリーンルーム 1	0	0	0.06	0	0.0067	0.0067	壁面 0.02 柱面 0.03 操作台上 0.38 コンベア上 0.43
クリーンルーム 2	0	0	0.13	0	0	0	壁面 0 柱面 0.05 操作台上 0
エントランスホール	1.00	3.00	0.50	2.00	0.0200	0.1600	—
更衣室	5.00	4.00	0	1.50	0.0600	0.2200	—
事務室	6.00	2.00	0	1.00	0.0800	0.2400	—
ストックルーム	0	0	0	0.25	0	0	—
前室	0	1.00	1.00	0.50	0.1200	0.1400	—

(注) *1: 個/シャーレ・5分 *2: 個/ℓ *3: 個/cm²

表-3 調査結果（平均値）

3. 調査事例II……某製パン工場の場合

3.1. 調査目的

ここでは、某製パン会社の新・旧両工場について実施した測定結果について報告する。

測定の目的は、以下のとおりである。

- ・製造環境中に存在する各種微生物の実態を、量（数量）と質（種類）の両面から把握する。
- ・微生物の製品（パン）に与える影響を解明するための資料とし、併せて今後のより良い製品づくりの一助とする。

3.2. 調査建物の概要

調査建物の概要を表一4に示す。

3.3. 調査方法

測定は、以下の期日に実施した。

- ・旧工場の測定：1986年9月1日
- ・新工場の測定：1986年9月2日

また、表一5に測定項目および測定方法を示す。

3.4. 調査結果

表一6、表一7に調査結果を示す。

工場内の落下菌数のうち、かびは新工場一期で特に多く、細菌は新工場二期のバルク発酵室で多く検出された。

また、付着菌数は、旧工場の方が新工場に比べ多く検出された。部位別に見ると、細菌、酵母は壁、天井に比べ、床から多く検出されている。

一方、工場内の優占菌種は新旧の工場で相違があり、旧工場では *Corynebacterium sp.*, *Aspergillus sp.* がまた、新工場では、*Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Penicillium sp.* が優占であった。

以上の調査結果の比較から、製造環境中に存在する細菌、かび、酵母などの微生物の存在量および優占種の違いが、製品の品質（パンの風味など）に何らかの形で影響を及ぼしている可能性があることを指摘した。

なお、これと並行して、建築内装材の製品（パン）に与える影響に関しても別途検討している。¹⁾

項目	旧工場	新工場(一期)	新工場(二期)
●用途	パン(主として食パン)の製造	同左	同左
●竣工年月	1967年	1983年7月	1986年8月
●構造	RC造, 地上5階	S造, 地上2階	S造, 地上2階
●延床面積	1,000㎡	925㎡	1,126㎡

表一4 建物の概要

測定項目	測定方法	
	サンプリング方法	培地および培養条件
落下菌	コッホ法 ・シャーレの内径 90mm ・曝露時間 5分間	細菌 ・標準寒天培地(カビサイジン100mg/ℓ添加) ・37℃, 48時間 真菌(かび, 酵母) ・ポテトデキストロース寒天培地または酵母M・Y培地(いずれもクロラムフェニコール100mg/ℓ添加) ・25℃, 96時間
付着菌	拭き取り法 ・サンプリング面積 100cm ² /回	
混在菌	混積法 ・シャーレの内径 90mm ・希釈水 滅菌リン酸緩衝希釈水	

表一5 測定項目および測定方法

測定ポイント	落下菌数*1			付着菌数**2*3			
	細菌	かび	酵母	細菌	かび	酵母	
旧工場	バルク発酵室	0	4.5	1.1	490 0.2 0	53 17 0.8	4,000 0.3 0
	最終焙炉	0.5	0.4	0.2	660,000 32 0.4	0.3 2.1 2.9	8,200 5.4 0
新工場一期	バルク発酵室	0.5	9.5	0	—	—	—
	最終焙炉	0	8.5	0	—	—	—
新工場二期	バルク発酵室	1.8	0.5	0.5	1,100 0 0	2.4 0 0.1	800 0.1 0.3
	最終焙炉	0	0	0	840 0 0	0.9 0.2 0.1	80 0 0

(注) *1: 個/シャーレ・5分 *2: 個/cm²
*3: 上から床, 壁, 天井

表一6 落下菌数と浮遊菌数(平均値)

菌の種類	旧工場		新工場			
	バルク発酵室	最終焙炉	一期	二期	一期	二期
細菌						
<i>Bacillus sp.</i>				◎		
<i>Corynebacterium sp.</i>	◎	◎				
<i>Enterobacter sp.</i>		○				
<i>Pseudomonas sp.</i>			◎		◎	
<i>Staphylococcus sp.</i>		○				
<i>Streptococcus sp.</i>	○					
かび						
<i>Aspergillus sp.</i>	◎		○	○		
<i>Cladosporium sp.</i>	○					
<i>Paecilomyces sp.</i>	○	○	○	○		
<i>Penicillium sp.</i>	○		◎	◎		
酵母						
<i>Candida sp.</i>	○	◎				
<i>Rhodotorula glutinis</i>	○					
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	◎	○	◎	◎		

(注) ◎: 出現ひん度が極めて高い ○: 出現ひん度が高い

表一7 工場内の優占菌種

4. 調査事例III……某冷凍食品製造工場の場合

4.1. 調査目的

ここでは、某冷凍食品製造会社の既設・新設両建屋について実施した測定結果について報告する。

測定の目的は以下のとおりである。

- ・既設建屋について、製造環境中に存在する各種微生物（主としてかび）の実態を、量（数量）と質（種類）の両面から把握し、新設建屋の内装材の選定の一助とする。
- ・新設建屋について、微生物調査を行ない、防かび施工を実施した効果を確認する。

4.2. 調査建物の概要

調査建物の概要を表-8に示す。

4.3. 調査方法

測定は、以下の期日に実施した。

- ・既設建屋の測定 ; 1987年8月28日
- ・新設建屋の測定 ; 1988年7月7日

また、表-9に測定項目および測定方法を示す。

4.4. 調査結果

表-10、表-11に調査結果を示す。

既設建屋の調査結果から、製造環境は温湿度ともかびの発育に好適な状態にあり、事実この建屋中に存在する各種のかびは、量的にも多く、質的にも各種のかびが検出された。

項目	既設建屋	新設建屋
●用途	冷凍食品の製造	同左
●竣工年月	1975年	1988年2月
●構造	S造, 地上1階	S造, 地上2階
●延床面積	3,000㎡	7,096㎡

表-8 建物の概要

測定項目	測定方法	
	サンプリング方法	培地および培養条件
落下菌	コッホ法 ・シャーレの内径 90mm ・曝露時間 5分間	細菌 ・標準寒天培地 ・37℃, 48時間
浮遊菌	ピンホールサンブラー法 ・エア吸引量 25ℓ/分 ・吸引時間 2分間	真菌(かび, 酵母) ・ポテトデキストロース寒天培地(クロラムフェニコール 100mg/ℓ添加)
付着菌	拭き取り法 ・サンプリング面積 10cm ² /回	・25℃, 96時間

(注) このほかに温湿度計により室内温湿度を測定

表-9 測定項目および測定方法

そこで、この結果を踏まえ、新設建屋について、建築内装材に焦点を絞って(工事の進捗状況および施主側の要望などから)表-12のような各種防かび対策を実施した。

その結果、新設建屋においては、表-10に示したように、弁当、そうざいの製造場内の落下菌数基準(5章, 表-14に記載)と比較しても清潔作業区域の基準を細菌, 真菌ともクリアーできるまでに改善された。

測定ポイント	落下菌数*1		浮遊菌数*2		
	細菌	真菌	細菌	真菌	
既設建屋	製造室	6.8	0.8	1.97	0.56
	包装室	18.0	23.5	0.96	1.30
	原料処理室	44.5	5.0	3.50	1.50
	香辛料室	7.0	2.5	0.18	0.62
新設建屋	加工場	1.8	0.5	0.25	0.18
	包装室	0.5	2.6	0.13	0.94
	資材室	0.5	1.5	0.19	0.42
	加熱室	0	0.5	0.13	0.02
	野菜処理室	1.5	1.0	0.17	0.67

(注) *1: 個/シャーレ・5分 *2: 個/ℓ

表-10 建屋内の落下菌数および浮遊菌数(平均値)

検出菌名	既設建屋				新設建屋				
	製造室	包装室	原料処理室	香辛料室	加工場	包装室	資材室	加熱室	野菜処理室
Acremonium sp.	○								
Aspergillus sp.	○	○		○	○	○	○	○	○
Aureobasidium sp.	○				○				
Cephalophora sp.				○					
Cladosporium sp.	○	○	○	○	○			○	○
Monilia sp.			○						
Mucorales.	○		○	○					
Penicillium sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Rhizopus sp.			○						
Yeast		○	○		○			○	○

表-11 検出された微生物の種類

天井部	<ul style="list-style-type: none"> ●防かび剤を含浸させた防水石膏ボード下地 ●フッソ樹脂シート貼り ●接着剤には防かび剤を配合
壁部	<ul style="list-style-type: none"> ●防水石膏ボード下地 ●防かび剤を含浸させた化粧ケイカル板(特殊樹脂処理)貼り ●接着剤には防かび剤を配合 ●シーリング剤には防かび剤を配合
腰壁部	<ul style="list-style-type: none"> ●エポキシ系の塗料 ●表面塗布用のみ防かび剤を配合
床部	<ul style="list-style-type: none"> ●エポキシ系の塗り床材
防かび剤	●薬剤の選定, 配合は, 検出されたかびの種類を基に, 人体への安全性, 配合建築材料との相性などを考慮して決定

表-12 新設建屋の防かび対策

5. 参考……測定方法および各種微生物規準

ここでは、微生物調査の方法について補足するとともに、微生物の各種規準について紹介する。

5.1. 測定者の服装

特に、2章で紹介したクリーンルーム内での調査の際は写真-1に示す無菌衣を着用した。

5.2. ピンホールサンプラー

浮遊微生物の測定には、写真-2に示したサンプラーを使用した。

5.3. 微生物の同定方法

細菌は、分離試料について、グラム染色、OF試験、運動性、オキシダーゼ試験、カタラーゼ試験を行ない、グラム陽性球菌、グラム陽性連鎖球菌、グラム陽性有芽胞桿菌、グラム陰性発酵性桿菌、グラム陰性非発酵性桿菌の別に各種簡易同定キットによる試験を行ない同定した。

また、真菌の同定は、分離試料について、発育集落をスライド培養して、形態学的な観察から行なった。

5.4. 微生物の各種規準

我が国の食品に関する微生物学的な規準は、『食品衛生法』、『乳及び乳製品の成分規格等に関する省令』、『食品、添加物等の規格基準』などで規定されている。しかし、これらはいずれも食品中の規格規準であり、食品の製造環境中（例えば、落下菌、浮遊菌など）の規格規準については、ほとんどうたわれていないのが現状である。また、この点に関しては、各地方自治体の条例、指導などもほぼ同様である。

そこで、ここでは参考として、以下の2資料を提示することにする。

- ・ 弁当、そうざいの製造場内の落下菌数基準
厚生省環境衛生局が昭和54年に弁当およびそうざいの衛生規範の通達中で示したものである。
- ・ NASAのバイオリジカルクリーンルーム規格
アメリカ航空宇宙局が精密機械の製造、組み立て工程における環境清浄度の基準として、公表したものである。

6. おわりに

以上、各種食品工場における微生物調査の結果について報告した。

一般に、食品工場の製造環境は製薬工場などに比べ、微生物によって汚染されており、改善を必要としている場合が多い。



写真-1 無菌衣を着用した測定者

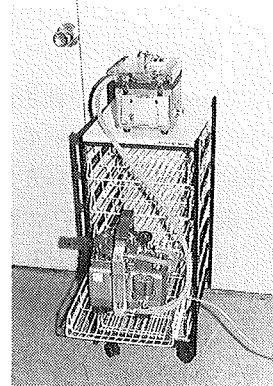


写真-2 ピンホールサンプラー

クリーンルーム級別	粒 子		生物粒子(細菌+真菌)	
	粒径 μm	浮遊粒子数 個/ℓ	浮遊菌数 個/ℓ	落下菌数 個/シャーレ/5分間
100	≥0.5	≤3.5	0.0035	0.0407
10,000	≥0.5 ≥5.0	≤350 ≤2.3	0.0176	0.204
100,000	≥0.5 ≥5.0	≤3,500 ≤23	0.0884	1.02

表-13 NASAのバイオリジカルクリーンルーム規格(一部)

製造場内の各作業区域においては、清掃、消毒その他の措置により、次のような落下細菌数(生菌数)、落下真菌数(かびおよび酵母の生菌数)となるようにすることが望ましい。

- ア 汚染作業区域は、落下細菌数 100(個/シャーレ・5分間)以下
- イ 準清潔作業区域は、落下細菌数50(個/シャーレ・5分間)以下
- ウ 清潔作業区域は、落下細菌数 30(個/シャーレ・5分間)以下
- エ 清潔作業区域は、落下真菌数 10(個/シャーレ・20分間)以下

表-14 弁当、そうざいの製造場内の落下菌数基準

食品工場の製造環境の改善のため、今後も同様の調査および対策を実施していく予定である。

参考文献

- 1) 岩波、他：各種建築内装材のイースト発酵に与える影響、日本建築学会大会学術講演会梗概集、(1988.10) pp. 137~138
- 2) 特許公報：細菌分別分離用培養基基剤、(1958—公告9245)