

## 南極昭和基地内の生物起源エアロゾル

中嶋裕之<sup>1\*</sup>

## Bioaerosols at Syowa Station, Antarctica

Hiroyuki Nakashima<sup>1\*</sup>

(2010年3月16日受付; 2010年4月22日受理)

**Abstract:** Airborne bacterial and fungal numbers in the buildings of Syowa Station in Antarctica were examined for 9 months in 2001. The number concentrations of bacteria and fungi were less than 20 and 70 CFU/m<sup>3</sup>, respectively, in the dining room and washroom. The average number concentrations of bacteria and fungi were less than 1/50 or 1/5 of those in Japan and Europe, respectively, and remained constant regardless of season. The number concentrations of airborne microorganisms appeared to depend on drying of the indoor environment by the use of heaters.

**要旨:** 南極昭和基地建物内における空気中の細菌及び糸状菌数濃度を2001年の9カ月にわたり調査した。食堂及び洗面所において、細菌数濃度は20 CFU/m<sup>3</sup>、糸状菌数濃度は70 CFU/m<sup>3</sup>よりも少なかった。また、細菌及び糸状菌の日本やヨーロッパにおける平均値と比較するとそれぞれ1/50及び1/5であり、かつ季節的な変動は見られなかった。従って、昭和基地における空気中の微生物数は、室内の空調による内部環境に依存すると結論付けた。

## 1. 緒 言

細菌や糸状菌等の空気中の微生物は、一般的に感染、アレルギー疾患、食品や住居における微生物混入の要因である (Pastuszka *et al.*, 2000)。従って、微生物の混入は衛生学の視点からも重要である。加えて、空気中の微生物数は、室内環境の指標でもある。例えば、使用中のカーペットが糸状菌で汚染された場合、空気中にも大量の糸状菌数が測定値として表れる。微生物の混入の要因は、室内の床や壁の状況に起因する (濱田・山田, 1995)。

一般的には、温度が高いほど微生物数は増加する。日本やヨーロッパでは、空気中の糸

<sup>1</sup> 独立行政法人国立高等専門学校機構久留米工業高等専門学校生物応用化学科。Department of Biochemistry and Applied Chemistry, Kurume National College of Technology, Institute of National Colleges of Technology, 1-1-1, Komorino, Kurume-Shi, Fukuoka 830-8555.

\* E-mail: nakahiro@kurume-nct.ac.jp

状菌数は夏に増加し、冬に減少する傾向がある（松田, 1969; di Giorgio *et al.*, 1996）。しかし、年間の空気中の微生物数は、室外に比べて室内に少ない傾向がある。なぜなら、室内環境が外部環境に比べて温度等が一定に保たれているからである（Ebner *et al.*, 1992）。湿度も微生物数の変化には重要な要因である。一般に、建物の上の階に位置する部屋が下の階に比べてより乾燥しているため、前者で発生する好乾性の糸状菌は後者よりも明らかに数が多い（濱田・山田, 1995）。

南極の環境は、極度に低温かつ低湿度な特徴を持つ（Longton, 1988）。南極で、基地建物内環境における空中微生物数はまだ調査されたことがない。そこで本研究では、南極昭和基地（以下、昭和基地）において、スリットサンプラーを用いた空気中の細菌及び糸状菌数濃度の調査を行った。居住者が多数利用するために、一般的には空気中の微生物が多く認められる（Sessa *et al.*, 2002）食堂と洗面所とを対象として調査した。昭和基地内の空中微生物数を、気候条件の異なる日本やヨーロッパのそれと比較し、微生物数に影響を与える要因について議論する。

## 2. 材料と方法

### 2.1. 捕集場所の環境

昭和基地（南緯 69°00′, 東経 39°35′）内で、食堂は居住区中心の建物の3階に位置し、5つのテーブルを配置した 75.6 m<sup>2</sup> の広さである。一方、洗面所は上記建物に隣接した区域の2階に位置し、3つの洗面台がある 9.25 m<sup>2</sup> の広さである。いずれも空調設備により室内環境は一定に保たれている。また、建物はステンレス扉により外部環境と遮断されている。さらに、建物の断熱構造のため内壁への結露は認められなかった。室内の床は、木材とリノリウムとでできていた。

観測期間である 2001 年 4 月～12 月の期間、外気温が -32.4～0.7°C の範囲であったのに対し、室内の温度は、食堂では 21.5～25.0°C、洗面所では 23.0～31.0°C に保たれていた。一方、湿度は、食堂で 11～22%、洗面所で 9～26% の範囲であった。主な調査時間である 0800～1600 LT の間で、食堂は、昼食時の 1200～1600 LT の間には 1 時間あたり 20 人以上が利用したが、それ以外の時間には 10 人以下の隊員しか出入りしなかった。また、洗面所は 0800～0900 LT の間に 1 時間あたり 20 人以上が利用したが、それ以外の時間には 10 人以下の隊員しか出入りがなかった。

### 2.2. 生物起源エアロゾルの捕集

生物起源エアロゾルの捕集は、2001 年 4～12 月の各月の初旬に 1 回行った。また、調査時間は上述のように 0800～1600 LT の間に設定したが、いずれの部屋でも調査時間内には数名の隊員のみ出入りしなかった。

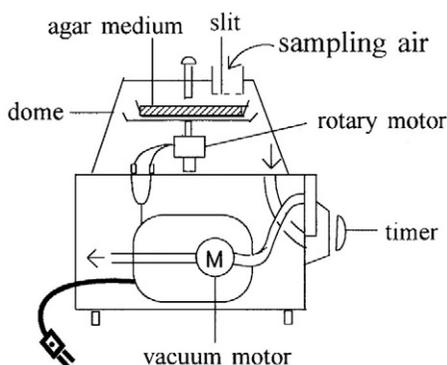


図1 スリットサンプラー (M/G エアーサンプラー) の模式図  
 Fig. 1. Schema of slit sampler (M/G air sampler).

空気中の微生物は、スリットサンプラー (モデル 220J M/G エアーサンプラー, スミロン社) を用いて 30 分間捕集し, その間に培地入りのペトリ皿が時計回りに一回りするよう設定した (図 1)。このサンプラーは, 寒天培地の表面上 2 mm から幅 0.152 mm, 長さ 40 mm のスリットを通して 1 時間に 1.698 m<sup>3</sup> の割合で空気を当てることになる。すなわち, 内部ポンプで吸引することにより 60 ml の寒天培地を入れた直径 150 mm のペトリ皿上に微生物を慣性衝突させて捕集したのである。本サンプラーはカットオフ径が 0.5 μm であるため, 一般的な細菌粒子 (1-5 μm) や糸状菌胞子 (3-10 μm) を十分捕集可能である。サンプラーは, 各部屋のほぼ中央でかつその空気取り込み口が床から 30 cm の高さになるように設置した。

捕集は, 細菌, 一般糸状菌及び好乾性糸状菌をそれぞれ対象として月 1 回ずつ行った。細菌と一般糸状菌は, 4-12 月の 9 カ月間捕集したが, 好乾性糸状菌は培地の準備が遅れたために 6 月から 12 月の 7 カ月間しか捕集しなかった。

### 2.3. 細菌及び糸状菌用選択培地並びに培養方法

各微生物の培養には, 3 種類の培地を用いた。一般細菌用培地としては, 1 L の蒸留水に 10 g のトリプトン (Difco), 10 g の肉エキス (日水), 1.5 g の塩化ナトリウム並びに 15 g の寒天を加えて 1 規定の水酸化ナトリウム水溶液で pH 7.0 に調整したものをを用いた。一般糸状菌用培地としては, PDA 寒天培地 (ジャガイモ-デキストロース寒天培地, 日本製薬) に 1 L あたり 50 μg のクロラムフェニコールを添加したものをを用いた。好乾性糸状菌用培地としては, 上記 PDA 培地にさらに 20% になるようにスクロースを添加したものをを用いた。いずれの培地も 121°C で 15 分間のオートクレーブ処理を行った。

空気捕集後は, 一般細菌の場合には 37°C で 1-2 日間, 両糸状菌の場合には 25°C で 3-4 日間培養を行った。糸状菌の属を同定する際に, PDA 培地で胞子を形成しない場合には分

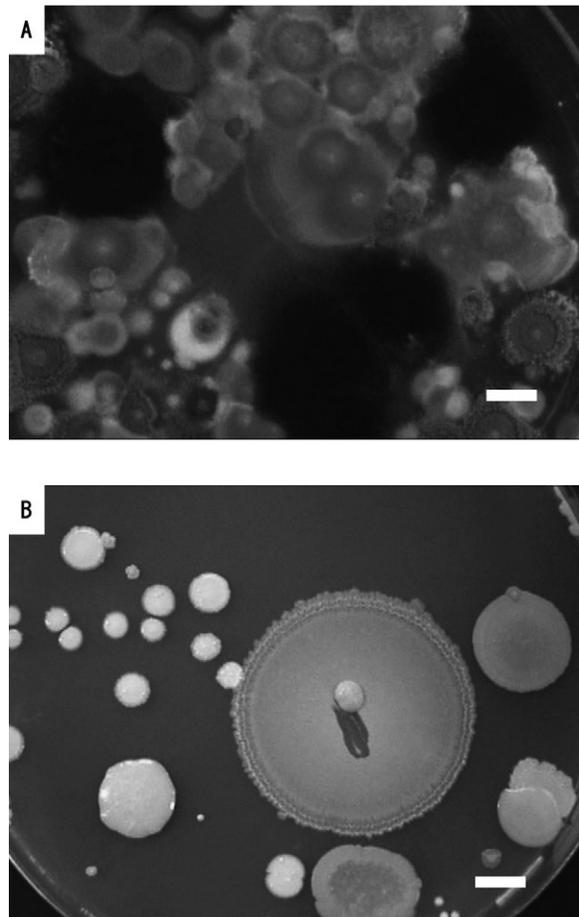


図2 昭和基地で採集された糸状菌 (A) および細菌 (B) バーの長さは1 cm  
Fig. 2. Colonies of fungi (A) and bacteria (B) collected in the indoor environment of Syowa Station. Bars, 1 cm.

離後さらに PDA 培地で 10 日間以上培養した。発生したコロニー (図 2) の数をそれぞれ数え、細菌及び糸状菌数濃度は室内における空気  $1 \text{ m}^3$  当たりのコロニー形成ユニット (CFU/ $\text{m}^3$ ) で表した。

#### 2.4. 糸状菌の同定

2.3. で得られた糸状菌は、目視によるコロニーの色や形態並びに光学顕微鏡による分生子や分生子柄の形状観察により属レベルで同定した。また、本研究で細菌については同定を行わなかった。

## 3. 結 果

食堂における細菌数濃度の年間最大値は9月の14.1 CFU/m<sup>3</sup>であり、最小値は10月及び11月の3.5 CFU/m<sup>3</sup>であった(図3)。一方、洗面所での最大値は4月及び5月の14.1 CFU/m<sup>3</sup>であり、最小値は12月の4.7 CFU/m<sup>3</sup>であった。細菌数濃度の平均値は、それぞれ食堂で7.3 CFU/m<sup>3</sup>、洗面所で10.6 CFU/m<sup>3</sup>であった(表1)。明らかに、洗面所における細菌数濃度の平均値が食堂のそれより多かった。

食堂における糸状菌数濃度の最大値は4月の62.4 CFU/m<sup>3</sup>であり、最小値は7月及び9月の0.6 CFU/m<sup>3</sup>であった(図4)。一方、洗面所での最大値は7月の21.2 CFU/m<sup>3</sup>であり、

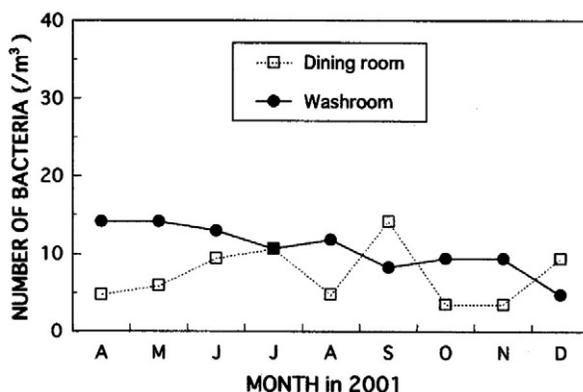


図3 食堂及び洗面所における空気中の年間細菌数

Fig. 3. Monthly variation of airborne bacterial number concentrations in the dining room and the washroom.

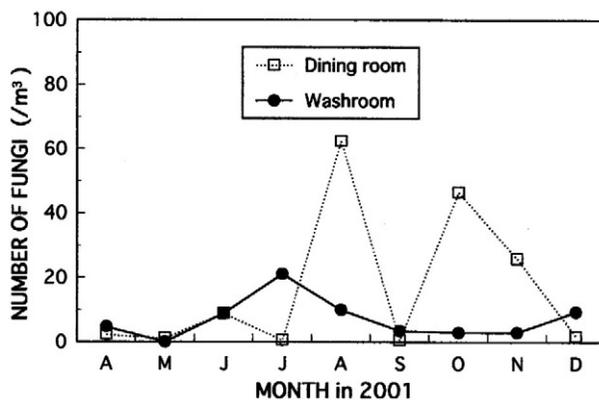


図4 食堂及び洗面所における空気中の年間糸状菌数

Fig. 4. Monthly variation of airborne fungal number concentrations in the dining room and the washroom.

表1 空気中の微生物数の平均値 (CFU/m<sup>3</sup>)Table 1. Average number concentrations of airborne microorganisms (CFU/m<sup>3</sup>)

Microorganisms	Dining room	Washroom
	Avg ± SE	Avg ± SE
Bacteria	7.3 ± 1.2	10.6 ± 1.0*
General fungi	16.7 ± 7.7	7.1 ± 2.1
Xerophilic fungi	7.2 ± 2.7	20.3 ± 6.2*

An asterisk indicates significantly larger, when difference between averages is larger than SE (standard error).

表2 異なる培地を用いた場合の糸状菌数 (CFU/m<sup>3</sup>) の比較Table 2. Comparison of fungal number concentrations (CFU/m<sup>3</sup>) detected using different media

Month	Dining room		Washroom	
	General fungi	Xerophilic fungi	General fungi	Xerophilic fungi
June	8.8	4.7	8.8	7.1
July	0.6	7.7	21.2	6.5
August	62.4	21.2	10.0	34.7
September	0.6	10.0	3.5	7.1
October	46.5	0.0	2.9	8.8
November	25.9	1.8	2.9	34.7
December	1.8	4.7	9.4	43.0

All samplings were performed in 2001.

最小値は5月の0 CFU/m<sup>3</sup>であった。糸状菌数濃度の平均値は、それぞれ食堂で16.7 CFU/m<sup>3</sup>であり、洗面所で7.1 CFU/m<sup>3</sup>であった(表1)。8月や10月の食堂において比較的多い数が認められたものの、洗面所との菌数の大きな差は認められなかった。

20%スクロースを添加したPDA培地での好乾性糸状菌数濃度の平均値は、食堂で7.2 CFU/m<sup>3</sup>、洗面所で20.3 CFU/m<sup>3</sup>であった。空気中の同糸状菌数濃度は、洗面所が食堂よりも明らかに多かった(表1)。7カ月間(6-12月)で、同じ部屋において一般糸状菌と好乾性糸状菌とはそれぞれ独立に存在し、2種類の糸状菌数濃度の相関は認められなかった(表2)。例えば、洗面所での一般糸状菌数濃度は7月に最高であるのに対し、好乾性糸状菌数濃度は12月に最高であった。

また、2部屋における糸状菌数濃度の相関関係も認められなかった。例えば、食堂の糸状菌数濃度には8月と10月に2つのピークがあったが、洗面所のそれには7月に1つのピークしか無かった(図4)。細菌及び糸状菌数濃度の月ごとの変化を比較したところ、細菌数濃度の変化が糸状菌数濃度のそれよりも少なかった(図3, 図4)。ちなみに、部屋の使用頻度と空気中の糸状菌数濃度との関連を検討したが、隊員の部屋の使用頻度に対して、空気中の細菌や糸状菌数濃度は相関関係を示さなかった。

昭和基地における建物外の菌数濃度状況も調査する目的で、屋外大気中の微生物数濃度

表3 空気中の *Penicillium* 属菌数 (CFU/m<sup>3</sup>) の季節変化Table 3. Seasonal variations of the number concentrations of airborne *Penicillium* (CFU/m<sup>3</sup>)

Month	Dining room	Washroom
April	0.6	0.6
May	0.6	0.0
June	8.8	1.8
July	0.6	13.5
August	9.4	0.0
September	0.0	1.8
October	2.9	0.6
November	25.3	2.9
December	1.8	7.1

All samplings were performed in 2001.

調査を試みたが、培地凍結のため調査できなかった。2 調査地で得られた糸状菌の属を同定したところ、*Penicillium* 属が食堂及び洗面所のいずれにおいても優先種であり、*Paecilomyces* 属と *Cladosporium* 属とが続いた。全コロニーの約 50% は孢子を形成しなかったため、同定できなかった。

調査した 2 つの部屋において、*Penicillium* 属の数は独立して推移していた (表 3)。例えば、食堂で同属の数の最大値が 11 月の 25.3 CFU/m<sup>3</sup> であるのに対し、洗面所でのそれは 7 月の 13.5 CFU/m<sup>3</sup> であった。また、好乾性糸状菌が多数存在する中で、同じ好乾性である *Aspergillus* 属が 20% スクロース添加・無添加いずれの PDA 培地にも認められなかったのは特徴的であった。

#### 4. 考 察

日本やヨーロッパの室内における空気中の微生物数についてはエアサンプラーを用いて行った調査報告がある。日本では、病院の透析施設における夏の細菌及び糸状菌数濃度の平均値は 682 CFU/m<sup>3</sup> 及び 480 CFU/m<sup>3</sup> であった (三木ほか, 2003)。別の報告では、空気中の糸状菌の年平均数濃度は、公衆浴場の脱衣所で約 100 CFU/m<sup>3</sup>、デパートの食料品売り場で約 150 CFU/m<sup>3</sup> という結果が得られた (松田, 1969)。フランスにおいては、オフィス内の年平均細菌並びに糸状菌数濃度は、それぞれ 447 CFU/m<sup>3</sup> 及び 113 CFU/m<sup>3</sup> であった (Parat *et al.*, 1997)。

本研究において、昭和基地建物内の空中細菌並びに糸状菌数濃度は、日本やヨーロッパのそれらよりも非常に少ないことが明らかになった。例えば、調査期間の食堂及び洗面所の平均細菌数濃度は 7.3 CFU/m<sup>3</sup> 及び 10.6 CFU/m<sup>3</sup> であり、日本の病院の 1/50 に相当した。同様に、平均糸状菌数濃度もそれぞれ 16.7 CFU/m<sup>3</sup> 及び 7.1 CFU/m<sup>3</sup> であり、日本の食品売り場や脱衣所の 1/5 であった (表 1)。

一般的に、微生物数を制御する気温及び湿度という 2 つの環境要因について論じてみよ

表4 採集した部屋の温湿度  
Table 4. Temperature and humidity of sampling rooms.

Month	Dining room		Washroom	
	Temperature (°C)	Humidity (%)	Temperature (°C)	Humidity (%)
April	—	—	—	—
May	22.5	—	26.0	—
June	23.2	—	25.0	—
July	22.0	19	31.0	—
August	23.0	13	23.0	9
September	21.5	11	—	—
October	25.0	15	27.5	11
November	25.0	20	27.5	15
December	23.0	22	23.0	26

う。日本では、屋外大気中の糸状菌数は室内のそれよりも多い傾向があり、また室内の糸状菌数は、冬よりも夏に多い傾向がある(松田, 1969)。しかしながら、オーストリアの高山地帯で、標高 1905 m の屋外における糸状菌数の平均値が、標高 582 m のその 1/5 以下であったが、住居内の糸状菌数の年平均値は、標高には関係なかった(Ebner *et al.*, 1992)。すなわち、高山地帯では屋外の温度は室内の空気中の糸状菌数に影響を及ぼさないと示唆された。

本研究で、昭和基地建物内の空中微生物数濃度の季節的变化は、室内環境に影響されなかった。昭和基地の屋外は夏の 12 月でさえ 0.7°C と温度が低すぎて、糸状菌はコロニーを作ることができない環境である。したがって、屋外大気の流入は昭和基地建物内の少数の微生物数を増加させる要因とはなり得ない。

一方、空調設備のある建物の空気中の微生物数は、自然換気した建物の 1/5 以下であったとの報告がある(Parat *et al.*, 1997)。今回実験を行った 2 部屋の温度は、食堂が 21.5-25.0°C であるのに対し、洗面所は 23.0-31.0°C であり期間を通じて高かった。一方、湿度は食堂で 11.0-22.0%、洗面所で 9.0-26.0% であり、いずれも日本の家屋と比較して非常に低かった(表 4)。このように低い湿度で維持された環境が、昭和基地の建物内の壁や床における糸状菌の増殖を抑えたのである。日本における空気中の糸状菌は、カーペットの無いオフィスよりもたたみやカーペットのある住居で多く発生する(濱田・山田, 1995)。本研究で採集を行った場所の床にはカーペットが無く木材やリノリウムではあったが、微生物数濃度が少なかった原因はその材質ではなく、上記のような低湿度条件であると考えねばならない。

さらに、細菌が糸状菌よりも水分の多い状況に適しているにもかかわらず(宇田川・鶴田, 1975)、昭和基地内では日本と比較した場合の細菌数濃度の割合が糸状菌数濃度の割合よりも大変少ないことは、建物内がかなり乾燥した状況にあることと関係している。好乾性糸状菌数濃度からも過剰な低湿度であることがうかがえる。例えば、食堂で湿度 15% の

10月よりも(0 CFU/m<sup>3</sup>)湿度19%の8月で同糸状菌数が多かったり(21.2 CFU/m<sup>3</sup>),洗面所で湿度9%の8月に34.7 CFU/m<sup>3</sup>で,湿度26%の12月(43.0 CFU/m<sup>3</sup>)よりも少なかったりした(表4,図2)。

本研究において糸状菌の種の同定は行わなかったが,属は日本のものと違いはなかった(コロニー形態,光学顕微鏡による目視等に基づく)。しかし,糸状菌の属の生息状況は非常に独特なものであった。例えば,調査した部屋で他の好乾性糸状菌がかなり見つかったにもかかわらず,代表的な好乾性糸状菌である *Aspergillus* 属は全く見つからなかった(表1)。また,糸状菌コロニーの多く(約50%)が孢子を形成しなかった。これらの原因を追究するためには,南極の屋外における空気中の微生物を調査する必要がある。低温環境に適応できる *Penicillium* 属(宇田川,1983)は,屋外においては室内環境におけるよりも優勢であると推測できる。これらの極地という特殊な環境における微生物群の状況を追究するためには,建物内の微生物数濃度並びに微生物種の調査データの蓄積,及び屋外の微生物調査を進める必要がある。

#### 文 献

- Ebner, M.R., Haselwandter, K. and Frank, A. (1992): Indoor and outdoor incidence of airborne fungal allergens at low- and high-altitude alpine environments. *Mycol. Res.*, **96**, 117-124.
- di Giorgio, C., Krempff, A., Guiraud, H., Binder, P., Tiret, C. and Dumenil, G. (1996): Atmospheric pollution by airborne microorganisms in the city of Marseilles. *Atmos. Environ.*, **30**, 155-160.
- 濱田信夫・山田明男(1995):住宅内の浮遊カビ汚染。防菌防黴, **23**, 281-286.
- Longton, R.E. (1988): *Biology of polar bryophytes and lichens*. Cambridge, Cambridge University Press, 391 p. (Studies in polar research)
- 松田良夫(1969):空中真菌相に関する研究 第2篇 神戸市内12か所の空中真菌相に関する研究。関西医科大学誌, **21**, 526-557.
- 三木亜希子・黒須志のぶ・谷合悦子・林 郁江・榊原靖久・並木祥代・並木 勉・新谷英晴(2003):透析医療現場における空中浮遊菌ならびに落下菌測定。防菌防黴, **31**, 77-84.
- Parat, S., Perdrix, A., Fricker-H., H., Saude, I., Grillot, R. and Baconnier, P. (1997): Multivariate analysis comparing microbiological air content of an air-conditioned building and a naturally ventilated building over one year. *Atmos. Environ.*, **31**, 441-449.
- Pastuszka, J.S., Paw, U.K.T., Lis, D.O., Wlazlo, A. and Ulfig, K. (2000): Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmos. Environ.*, **34**, 3833-3842.
- Sessa, R., Shiovani, G., Santino, I., Altieri, A. and Pinelli, S. (2002): Microbiological indoor air quality in healthy buildings. *New Microbiol.*, **25**, 51-56.
- 宇田川俊一・鶴田 理(1975):かびと食物。東京,医歯薬出版,350 p. (食物科学選書)
- 宇田川俊一(1983):第4章 真菌の挙動と対策。最新食品微生物制御システムデータ集,春田三佐夫・宇田川俊一・横山理雄編。東京,サイエンスフォーラム,114-122.