食品における真菌（カビ）汚染と危害

宇田川俊一*

Food-Borne Fungi and Biodeterioration

Shun-ichi UDAGAWA

(Division of Microbiology, National Institute of Hygienic Sciences:
1-18-1, Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokyo, Japan)

欧米では、カビの研究は主として植物病理学の分野で発展してきたため、カビに対するイメージは昔から狡猾な敵として定着し人々から毛嫌いされてきた。一方、東洋ではカビを巧に利用して醗酵食品を製造してきたため、カビのもたらす危害についても割合寛容であった。「ちょっとしたカビには害はない」といってカビの生えた食品を捨てるのをためらう人もいた。しかし、アフラトキシンに代表されるマイコトキシン（カビ毒）の食品汚染の恐怖が高まるに及んで、カビの生えた食品が発見されたとき消費者から「毒カビでしょうか」という問合せがくるようになってきた。本誌でもカビ毒に関する総説は度々掲載されてきたし、最近でも成書¹⁾が刊行されている。しかし、ここで注意を喚起したい点は、カビ毒がカビの生産する二次代謝産物であってカビ毒生産菌そのものではないということである。仮りにカビ毒生産菌が食品から検出されたとしても、その食品がカビ毒に汚染されているとは限らない。カビ毒生産条件とカビ毒生産菌の生育条件とは必ずしも一致しないからである^{2),3)}。また、カビが検出されなくてもカビ毒に汚染された原料から加工食品を製造すれば製品のカビ毒汚染が起こることがある。その典型的な例は乳製品でのアフラトキシンM汚染である。このようにしてカビ毒汚染に関しては今日では衛生化学としての対応が中心となっている。

一方、カビ毒非生産菌はまったく無害かというところ簡単に見過ごすことはできない。カビ毒とは関係なく、食品のカビ汚染はその食品の鮮度が著しく低下していることを物語っており、収穫・処理・加工・貯蔵に当たって不適切な取扱いがなされた証しと考えられ、ときには損傷・腐敗を意味するものでもある。従って、どのような

理由にせよカビの発生した食品を販売することは食品衛生法第4条違反となる。

最近市販食品に対する消費者の苦情実態を東京都がまとめた結果によると、カビの発生を原因とする苦情は全体の12%に及び、食品別では菓子類が圧倒的に多く、次いで穀類・豆類及びその加工品、魚介類及びその加工品、弁当・総菜類、野菜・果実及びその加工品の順であると報告されている。いずれも届出のあった事例で、潜在的にはさらに相当の数に達しているものと思われる。カビの苦情は目についてからのことであり、予防衛生的には時期を逸してしまっていることが多い。

カビの発生は主として水分活性 (a_w)、温度、酸素、pH、食品の成分、食品中に含まれている溶質（食塩、糖分など）、保存料（食品添加物、アルコールなど）によってコントロールされる⁴⁾。最近の食品製造加工から流通までの指向は食味や成人病予防が優先し、水分を保持した食品への転換（乾燥条件の緩和や過剰とも思えるまでの包装の多用）、低塩・減糖、加熱処理条件の低減、冷蔵・冷凍など低温での流通と保蔵、無添加物食品の普及が進んでいる。これらのいずれをとってもカビ発生要因を助長する素地となっている。また、包装技法の進歩による流通・販売の長期化（無菌化包装、脱酸素剤・鮮度保持剤の使用など）⁵⁾は本来ならばカビの制御に機能しなけばならないはずであるのが、包材に対する微生物学的知識の欠除、制御効果に対する過信などが原因で、かえって苦情事故につながることも多々あるように思う。

細菌を中心とした食品の品質管理については長年にわたる研究があり、各食品についての微生物相や汚染細菌の同定あるいは汚染源などの生態学的側面についても多くの資料⁶⁾がある。遺憾なことにカビについての研究は

* 国立衛生試験所衛生微生物部：東京都世田谷区上用賀 1-18-1

外国においても近年急に関心が高まったということで、まだ資料も細菌のように十分ではない。食品微生物の一部として片付けられていたり、菌名が引用されていても一般名がないため馴染めず、また学名の誤りも少なくないのが実情である。すでに本誌では中瀬⁷⁾によって食品の汚染酵母に関する総説があるので、ここでは食品汚染カビについてまとめることにした。

1. 食品汚染カビの生育条件と制御

上述のようにカビの発生は種々の物理・化学的因子及び生物学的因子（たとえば虫害）によって支配されるが、以下主要なものについて述べる。

1) 水分活性 (a_w)

カビは一般細菌と違って幅広い水分活性域で生育する。そして関係湿度に対応したカビの挙動から次のように分けられている⁸⁾。(1) 好湿菌 胞子が関係湿度 90% (a_w 0.90) 以上でのみ発芽し、関係湿度 100% (a_w 1.00) 付近で最適の生育がみられるもの (2) 中湿菌 胞子が少なくとも関係湿度 80~90% (a_w 0.80~0.90) の範囲で発芽でき、関係湿度 95~100% (a_w 0.95~1.00) の範囲で最適の生育がみられるもの (3) 好乾菌 胞子が少なくとも関係湿度 80% (a_w 0.80) 以下で発芽することができ、関係湿度約 95% (a_w 0.95) で最適の生育がみられるもの。因みに *Aspergillus*, *Penicillium* のような代表的な食品汚染カビは中湿菌、好乾菌になり、一方収穫時での高水分量の農産物に発生する *Fusarium* は好湿菌である (表 1)。好乾菌はとくに特徴的な存在で、貯蔵カビと呼ばれ長期保蔵した禾穀類、乾燥食品、食塩や甘味の強い食品に発生する。このような貯蔵穀物や保存食品の a_w 値はおよそ 0.85 以下であり、こうした食品を変敗させるカビもその胞子発芽や生育に要する最低 a_w 値は 0.85 以下ということになる。すなわち、保存食品の変敗に関与するかどうかの境界線は a_w 0.85 となり、実際的には発芽・生育に対する最低 a_w 0.85 以下のカビを好乾菌と考えればよいであろう。

微生物の生育限界 a_w は 0.60~0.65 であるから、関係湿度 65% 以下での貯蔵、すなわち加熱による乾燥、除湿、通風などの処理がカビの危害防止策になっている。濃縮や凍結乾燥も同じ原理である。農産物で貯蔵上安全な水分量はピーナッツで約 8%、大豆で 12.5%、白米で 15%、その他の穀類で 13.5~14.5% といわれている⁹⁾。

a_w の調整は温度など他の因子と関連する。低温になれば生育に要する最低 a_w 値は高くなるので、除湿と低温管理を組合せることによって安全性を高めることができる。

2) 温度

カビの生育は低温域での増殖に特徴がある (表 2)。増殖可能温度の上限を越えると急に死滅しはじめるが、下限以下の低温では生育が停止しても完全に死滅するまで

表 1. 主な食品汚染カビの生育に要する最低水分活性

菌 種	a_w
<i>Alternaria alternata</i>	0.94
<i>Botrytis cinerea</i>	0.94
<i>Fusarium graminearum</i>	0.94
<i>Rhizopus nigricans</i>	0.94
<i>Stachybotrys chartarum</i>	0.94
<i>Trichoderma viride</i>	0.91
<i>Geotrichum candidum</i>	0.90
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	0.90
<i>Cladosporium herbarum</i>	0.88
<i>Mucor racemosus</i>	0.88
<i>Aspergillus clavatus</i>	0.86
<i>Emmericella nidulans</i>	0.85
<i>Penicillium expansum</i>	0.85
<i>P. chrysogenum</i>	0.84
<i>P. aurantiogriseum</i>	0.84
<i>Paecilomyces variotii</i>	0.84
<i>Penicillium griseofulvum</i>	0.83
<i>P. islandicum</i>	0.83
<i>P. viridicatum</i>	0.83
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0.82
<i>A. flavus</i>	0.81
<i>Penicillium brevicompactum</i>	0.81
<i>P. glabrum</i>	0.81
<i>P. citrinum</i>	0.80
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0.78
<i>A. versicolor</i>	0.78
<i>A. niger</i>	0.77
<i>A. candidus</i>	0.75
<i>A. restrictus</i>	0.75
<i>Wallemia sebi</i>	0.75
<i>Eurotium herbariorum</i>	0.74
<i>E. chevalieri</i>	0.71
<i>E. amstelodami</i>	0.70
<i>Chrysosporium fastidium</i>	0.69
<i>Xeromyces bisporus</i>	0.61

に至らない。低温倉庫、保冷庫、冷凍・冷蔵庫などの内壁や開閉部のパッキングなどにドリップなどの汚れが付着すると、*Penicillium*, *Cladosporium* といった低温菌が発生し、収納食品への汚染源となりやすい。カビの生育は $-6^{\circ}\sim-10^{\circ}$ の範囲が限界であり冷凍すれば静菌状態になりカビの危害を防止することができる。

カビの生育温度は 30° がひとつの境界線である。*Penicillium* をはじめ食品汚染カビの多くは 30° 以上になると極端に増殖が遅くなる。 30° を越えても旺盛な生育をするカビは *Aspergillus* のほか一部の *Mucor*, *Rhizopus*, *Paecilomyces* などで、全体的には真夏の気温はむしろカビの生育上からみて高すぎる。アフラトキシン生産菌の分布が熱帯地方を中心としているのも温度

表 2. 増殖温度範囲によるカビの分類

種 類	温 度 (°C)		
	最 低	最 適	最 高
高 温 菌	18~ 20	40~45	50~55
中 温 菌	5~ 10	20~25	30~45
低 温 菌	-5~+ 5	15~25	25~30
好 冷 菌	-10~ 0	10~15	20

の関係と考えられている。

このようにカビは一般に熱感受性が高く、湿熱では70°、10分間の加熱でほとんど死滅する。しかし乾熱条件下での完全殺菌は120°、30分間でも不十分といわれているので乾燥食品については加熱殺菌は望めない。また、*Byssoschlamys*, *Eupenicillium*, *Eurotium*, *Neosartorya*, *Neurospora*, *Talaromyces*, *Thermoascus* など土壤中に生息するカビの中には、子嚢胞子、菌核、厚膜胞子のような耐久性の細胞器官をつくるものがあり、通常の加熱殺菌で生残り、食品に被害を与える種類がある。これらのカビ汚染が発生する可能性のある食品(たとえば果汁、ピクルスなど)では、80°、20分間の加熱では殺菌不十分な場合があると報告されている¹⁰⁾。

3) その他

カビは好気性微生物で、食品の表面に生えるのが普通である。しかし、必要とする酸素量はきわめて少なく、*Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Geotrichum candidum*, *Penicillium expansum* などの食品汚染カビは酸素量が4.2%まで低下しても大した影響を受けずに生育する。さらに *Penicillium roquefortii* は2.1%, *Byssoschlamys fulva* は0.27%の酸素濃度でも生育する。また、*P. roquefortii* は炭酸ガス80%、酸素4.2%の気流中でも通常の30%まで生育することができるという。同様に高濃度の炭酸ガスに耐性の食品汚染カビとして *Byssoschlamys nivea*, *Paecilomyces variotii*, *Xeromyces bisporus* が知られている。*Mucor*, *Rhizopus* が瓶詰の液状食品に発生し醗酵・変敗させた例もあり、*Absidia*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Mucor* の数種が嫌気条件下でわずかながら生育したという報告がある。酵母状カビの *Moniliella acetoabutens* は嫌気条件下でフルーツソースを醗酵・変敗させるという。このような例はきわめて特殊であるが、ガス充てん包装、とくに炭酸ガスの充てんによる静菌効果をねらう場合には考慮しておく必要がある。

真空包装やガス置換包装では容器包装内の酸素を完全に排除できないが、最近普及している脱酸素剤の場合は酸素濃度を0.01%以下とし、カビの制御に用いられている。脱酸素剤使用の場合には炭酸ガスがない方が効果があるといわれている。実際の使用に当っては水分が70%以上のものには効果が減じるので適用できない⁵⁾。

ガスバリアー性の高い包装材料を使用することも基本である。

カビはpH 2.0~8.5の範囲で生育するといわれているが、食品汚染カビのほとんどがpH 5.0~6.0で最もよく増殖する。酢酸菌、乳酸菌などを別として細菌はpH 5.0以下になると増殖が抑制され、pH 4.5以下が食中毒細菌制御の目安となっている。しかしながら、多くのカビはpH 4.0以下でもよく生育するので野菜・果実及びその加工品、ヨーグルトなど低酸性食品はカビの加害による変敗事故が起こりやすい。とくに *Monascus*, *Moniliella*, *Penicillium* などの菌が原因となるが、なかでも *Moniliella acetoabutens* は酢酸を資化し、10%酢酸存在下でも生残する。

好乾菌について述べたように食塩や糖類を加えて食品の保存性を高める手段は伝統的に行われてきた技術である。カビの生育に対してこれまで溶質の種類をほとんど考慮しないできたが、*Chrysosporium fastidium*, *Xeromyces bisporus* は高糖濃度下で生育するが食塩濃度が高いと抑制される。これらの菌は好濃性(osmophilic)ではあっても好塩性ではない。*Eurotium amstelodami*, *E. chevalieri* でもこのような傾向がみられるが、*Eurotium halophilicum* や好乾性 *Aspergillus*, *Penicillium* の多くは溶質が糖類、グリセリン、食塩のいずれでも大差なく生育する。最も好塩性の強いカビは *Basipetospora halophila* で食塩濃度25%(w/v)まで生育する。

無添加物食品が消費者に好まれるなかで、エタノールを微生物制御の目的に利用する事例はむしろ増えている。エタノール添加量を味覚にほとんど影響を与えない低濃度(4~8%)に抑えても容器包装がエタノールの揮発防止条件を満たしているならば生育阻止効果は十分認められ、さらに食塩との組合せによって保存性を向上させることも行われている。別な見方をすればエタノール添加によって食塩濃度を6%に減塩することができるということになる。エタノールの殺菌効果については、子嚢胞子・菌核などを形成するカビでは70%、7分間でも生残することが知られているから、低濃度では完全殺菌よりも初発菌数の減少、シェルフライフの延長程度に考えておく方が無難である。

2. 食品中のカビの検出と計測

カビの発生した食品についてその原因菌を調べる場合、直接顕微鏡にとって観察するか、市販真菌培地(クロラムフェニコール添加ポテト・デキストロース寒天培地、C-PDA)に菌を移植し、分離培養した後、確認するのが普通である。これは直接法といって異物試験法に含められている。また、直接法にはHowardカビ計測法(HMC)がある。HMCが発表されたのは1911年のことでアメリカでは現在も公定法として野菜・果実類加工品、香辛料、離乳食、バターなどに使用されている。

HMC には多くの批判が寄せられており、いまだにそのまま採用されているのは不思議であるといわれている。我が国では HMC を導入した異物試験法¹¹⁾があるが、実際にはほとんど使用されていないのが現状である。HMC に代わる方法が Pettipher ら¹²⁾により提案されている。

市販食品の微生物学的安全度を確認するために、一般生菌数を指標とすることが日常検査として行われている。問題点はあるが検査は中温細菌を対象とする標準平板菌数が採用されている。しかし、この方法では培地中に細菌の生育を抑える抗生物質が添加されていないこと、培養温度が 32~35° とカビには高すぎる、培養時間が 48 時間と短すぎるなどから食品中の汚染カビを捉えることができない。そのために真菌については別に生菌数を計測する必要がある、食品衛生検査指針¹³⁾に生菌数測定法として記載されている希釈平板法（その精度と迅速性については問題点がある）を常用している。最近 Jarvis ら¹⁴⁾はカビの計測に関する希釈平板法についてサンプリング、試料の量、試料の混和、希釈液、損傷菌の回復、混和後の静置時間、培地、平板作成手技、希釈誤差と競合いによる抑制、実験室誤差に分けて詳細な批判を加えている。指摘された諸点については食品衛生検査指針の内容も再検討の必要があるが、さらに最近の輸入食品をめぐる貿易摩擦に伴って今後ますます食品の試験検査法全体について国際的な standard が要求されてくることであろう。国際酪農連盟 (IDF) が乳製品中の酵母及びカビの生菌数計測に関して提案した IDF Standard 94A: 1985¹⁵⁾ は乳製品以外の一般食品にも広く適用しうる方法として ISO/AOAC の専門家により国際的な評価が与えられている。本法では酵母エキス-デキストロース-クロラムフェニコール寒天培地 (表 3) が採用され、その乾燥培地も市販されている。

試料の希釈液調製までは細菌用または IDF Standard 94A: 1985 に採用されている手順で十分であるが、培地に関しては一部の拡大性コロニーを形成するカビをどう抑えるか、通常真菌用培地で生育の遅い好乾菌をどう

表 3. 酵母エキス-デキストロース-クロラムフェニコール寒天培地の組成

試 薬*	量
酵母エキス	5 g
ブドウ糖 (デキストロース)	20 g
クロラムフェニコール	100 mg
寒 天	12~15 g
蒸留水 (脱イオン水)	1,000 ml

* クロラムフェニコールは溶液にして添加、培地 1 ml 当りの最終濃度を 100 µg とする。

121±1°, 15 分間滅菌後、pH 6.6±0.1 に調整する。

表 4. ジクロラン-グリセリン寒天培地 (DG-18 寒天培地) の組成

試 薬*	量
ブドウ糖	10 g
ペプトン (細菌用)	5 g
KH ₂ PO ₄	1 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.5 g
寒 天	15 g
蒸 留 水	1,000 ml
グリセリン	220 g
ジクロラン液	1 ml

* エタノールに 0.2% のジクロラン (2,6-dichloro-4-nitroaniline) を溶かしたものをジクロラン液として使用する。

121°, 15 分間滅菌後、pH 5.6 に調整する。

計測するかなどの点でカビ特有の検討課題が残されている。拡大性コロニーの抑制には従来用いられてきた Rose Bengal に代えて最近 dichloran (2,6-dichloro-4-nitroaniline) を配合した培地処方 (DRBC¹⁶⁾, APDA-D-5¹⁷⁾, DG-18¹⁸⁾, AFPA¹⁹⁾ など) が注目されている。この中で、DG-18 培地は中間水分や低水分食品中の好乾菌検出にとくに適した処方である (表 4)。

そのほか損傷菌の回復²⁰⁾、迅速性について培地の比較検討が最近報告されている。迅速性もしくは精度の点からは、キチン分析法、バイオルミネッセンス法、蛍光分析法、特定のカビを対象とした ELISA 法など種々の代替法が提案されているが、いずれも食品中の微生物フローラを構成しているカビの種類を知ることができない難点がある。

3. 市販加工食品の真菌数

食品工場で GMP (Good Manufacturing Practices) の一環として真菌数を計測し、その動きをモニタリングすることは生産管理のうえで食品の安全性と品質の向上のために重要な意義をもっている。一方、市販加工食品について真菌検査を行うことは、製品の微生物学的品質がどのような状態にあるかを確認するとともに、対象食品のカビフローラを明らかにすることを目標にしている。汚染カビの同定はカビ汚染が発見されたとき原材料から由来した一次汚染なのか製造加工以後の二次汚染によるのか、さらには汚染源まで追及して予防対策をたてるための手掛かりを与えてくれる。

表 5 は著者の研究室での最近の調査結果^{21)~26)}に基づいた資料である。食品の菌学的品質はその食品 1 g または 1 ml 当りの真菌数が指標となるから、異常に高い真菌数を示す食品の品質は悪いと考えるべきである。しかし、これは同一品目での試料を比較した場合でのことであり、常温で長期間流通させる食品と低温で短期間に消費する食品とを同じレベルで評価することはできない。

表 5. 市販流通加工食品の真菌生菌数

食 品	流 通 の 温 度	カビ及び 酵母生菌 数*
粉 末 ミ ル ク	常 温	0~10
イ ン ス タ ン ト コ ー ヒ ー	常 温	0~10
固 型 ス ー プ	常 温	0~10 ²
粉 末 味 噌 汁	常 温	<10~10 ³
味噌汁・即席めん用加薬	常 温	10~10 ²
し ょ う 油	常 温	0
ソ ー ス	常 温	0
味 噌	常 温	0~10 ³
焼 肉 の た れ	常温及び 10° 以下	0~10
ド レ ッ シ ン グ	常温及び 10° 以下	0~10 ²
マ ヨ ネ ー ズ	常 温	0
マ ー ガ リ ン	常 温	0
つ く だ 煮	常温及び 10° 以下	0~10 ²
あん(生あん, 原料あん)	常温及び 10° 以下	<10~10 ⁴
食 パ ン, 菓 子 パ ン	常 温	0~10 ³
香 辛 料	常 温	0~10 ²
ゆ で め ん	常温及び 10° 以下	0~10 ⁴
ぎ ょ う ざ	10° 以下	<10~10 ³
野 菜 サ ラ ダ	10° 以下	<10~10 ⁴
豆 腐 (充てん包装)	10° 以下	0
豆 腐 (簡易包装)	10° 以下	0~10 ⁴
冷 凍 め ん	-20°	0~10 ³
冷 凍 調 理 食 品	-20°	0~10 ³
冷 凍 野 菜・果 実	-20°	0~10 ⁴

* g または ml 当り cfu.

カビの増殖が遅いということを考慮に入れば、食品の賞味期間が常温で2日以内、冷蔵で4~5日程度のものであれば真菌数の上限が 10³/g (ml) まで許容される範囲に入るであろう。一方、常温で長期間流通させる食品では真菌数の上限をできれば 10/g (ml) 以下に抑えることが望ましい。変敗がどの辺の菌数で起こるかは一概に言い切れないが、真菌数 10³/g (ml) 以上になれば鮮度は悪くなっていると思ってよいであろう。同一品目の試料で真菌数に幅がある場合は、製造上の生産管理をより厳しくするか、流通・販売上での衛生管理を検討し改善することによって高い菌数を下げられる可能性がある。カビ汚染に関係の深い中間水分食品 (a_w 0.85~0.94) や低水分食品 (a_w 0.84 以下) についても衛生管理を改善するための指針が報告されている²⁷⁾。

4. 食品別カビフローラと汚染原因菌

有機物を分解することによって栄養を摂取しているカビにとっては食品そのものが栄養分である。ごく一般的に言えばカビは食品中の炭水化物成分をよく分解し、細菌はタンパク質成分をよく腐敗させる⁴⁾。微生物のこうした作用は生物劣化 (biodeterioration) と総称されているが、農産物の変敗はカビによる劣化の代表的な例で

ある²⁸⁾。

生物劣化にかかわるカビの種類はきわめて多く、食品に常在的にみられるものを挙げると表 6 のように接合菌類、子囊菌類、不完全菌類に属する約30属がある。これらのカビを汚染源別にみると土壌菌、水生菌、植物寄生・腐生菌、空中浮遊菌などに分けられる²⁹⁾。また、最近の我が国の食生活は輸入食品に大きく依存していることから、日本には分布がまれなカビも一次汚染菌として上陸する機会が増えている。

食中毒菌と違ってカビの汚染事例は学会報告の機会もなく事故が起こっても原因も追求されずに葬り去られてしまうことが多い。しかし、このような事例は貴重なデータの1つとして集め、食品別のカビフローラとともに整理して役立てることができれば危害防止にもつながるであろう。

1) 穀類とその加工品

穀類などの輸入農産物についてはカビ毒との関係で多くの報告や総説^{30), 30), 31)} があるため、以下に事例的なものを中心に記述する。

コメは我が国で自給している唯一の穀類で、収穫後 1 年未満のものから *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Nigrospora* などが常在菌として分離される。貯蔵に従ってフローラの推移が起こり、古米では *Aspergillus* (*A. candidus*, *A. ochraceus*, *A. restrictus*, *A. versicolor*), *Eurotium* spp., *Penicillium* (*P. pusillum* または *Eupenicillium cinnamomipurpureum*) など好乾性菌にかわる。精白米での苦情は *Eurotium* によることもあるが、個人の保管米を炊飯したところ赤変したという事例がときどきある。原因菌は *Oospora* sp. といわれているが、これは分類学的に再検討を要する。赤変米は有毒ではない。スシ用炊飯に *Chrysomilia* (アカペンカビ) が発生し、1 夜で変敗したという事例もあった。かまどから原因菌が汚染したものと思われる。ご飯類のレトルトパウチ食品にも殺菌不完全が原因で販売中に *Penicillium aurantiogriseum* の発生事故が起こった。バック入りもちからは *Penicillium*, *Phoma*, のり巻には *Penicillium verrucosum* の発生事例がそれぞれあった。

国産麦では畑での *Fusarium graminearum* によるカビ毒汚染が問題にされている。植物タンパクは新形態食品であるが、調査結果によると小麦を原料とした粉末及びペースト製品で *Eurotium* spp., *Penicillium purpurogenum* が分離された。ゆでめん、冷凍めん (うどん、そば、中華そば) には真菌数の多いものがあり、*Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Phoma* による事故が起こっている。*Phoma* spp. の場合では出荷後の製品に赤斑が生じた。ゆでスパゲッティには *Penicillium sabulosum* が発生したが、本菌は変敗した殺菌果汁からも分離されている。乾め

表 6. 食品由来カビと主要加工食品との関係

カ	ビ	発 生 す る 加 工 食 品
<i>Absidia</i>		味噌, 粉末スープ, 穀類加工品
<i>Mucor</i>		穀類加工品, パン, 香辛料, 肉類加工品
<i>Rhizopus</i>		味噌, 穀類加工品, パン, 香辛料, 菓子, ナッツ類
<i>Syncephalastrum</i>		味噌, 粉末スープ
<i>Byssochlamys</i>		果汁, 缶詰, 瓶詰
<i>Eurotium</i>		粉末スープ, 味噌, 穀類加工品, パン, 香辛料, 菓子, 乾燥食品, つくだ煮, ナッツ類, ジャム
<i>Monascus</i>		穀類加工品
<i>Chaetomium</i>		香辛料
<i>Neurospora</i>		パン
<i>Aspergillus</i>		穀類加工品, 乳製品, 肉類加工品, 水産ねり製品, 乾燥野菜, ナッツ類, 香辛料, 菓子, サラダ, パン, チョコレート, 珍味, 味噌, 粉末スープ, ジャム
<i>Penicillium</i>		冷凍食品, 穀類加工品, 乳製品, 肉類加工品, 水産ねり製品, パン, サラダ, ドレッシング, 乾燥野菜, 香辛料, チョコレート, ジャム, 菓子, 缶詰, 瓶詰, 味噌, 粉末スープ
<i>Alternaria</i>		冷凍食品, 穀類加工品, パン, 菓子, 香辛料
<i>Aureobasidium</i>		冷凍食品, 果汁
<i>Botrytis</i>		冷凍食品, サラダ, 野菜入りソース, 干柿
<i>Chrysosporium</i>		肉類加工品
<i>Cladosporium</i>		冷凍食品, 穀類加工品, パン, 肉類加工品, 卵, サラダ, 干柿
<i>Epicoccum</i>		穀類加工品
<i>Fusarium</i>		穀類加工品, 乾燥野菜
<i>Geotrichum</i>		乳製品, 冷凍食品, パン, サラダ, ドレッシング, 缶詰, 瓶詰
<i>Moniliella</i>		乳製品, 果汁, サラダ, ドレッシング, マヨネーズ, 食酢, ピクルス
<i>Paecilomyces</i>		穀類加工品
<i>Phialophora</i>		乳製品, サラダ
<i>Phoma</i>		冷凍食品, 穀類加工品, 粉末スープ, バター, めん
<i>Scopulariopsis</i>		チーズ, バター, 穀類加工品, 卵
<i>Trichoderma</i>		穀類加工品
<i>Trichothecium</i>		穀類加工品
<i>Ulocladium</i>		穀類加工品
<i>Wallemia</i>		菓子類, ジャム, パン, ベーコン, 味噌, 塩魚, 乾燥食品

ん, パスタでは保管中のカビ発生が多く, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Penicillium*, *Wallemia* がよく分離されている。

パンでは食パン, 調理パンにおける事故が多く, 一方フランスパンでは真菌数もわずかである。食パンの場合は, ラップ包装内の湿度が高くなるのが要因でカビが発生し, *Alternaria*, *Aspergillus* (*A. niger*), *Chrysosporium*, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Penicillium* (*P. aurantiogriseum*, *P. funiculosum*, *P. viridicatum*), *Rhizopus*, *Wallemia* など汚染菌の種類も多い。製パン工場では原料の小麦粉などからの空中浮遊菌が多く, 二次汚染の原因にもなっている⁸¹⁾。

2) 菓子類, 甘味

和菓子は最も苦情の多い食品である。カステラ, 餅菓子, まんじゅう, どら焼, もなか, ようかんなどに *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Paecilomyces*,

Penicillium, *Wallemia* などが発生する。最近では脱酸素剤の使用でかなり日持ちがよくなっているが, まだ土産物などでの事故が多い。製菓原料のあんでは, 生あん, 原料あんの真菌数が多く, *Absidia*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus* の汚染がみられ, 加糖あんでは *Eurotium*, 粉末さらしあんでは *Cladosporium*, *Penicillium* などの二次汚染菌が目につくカビである。

洋菓子ではケーキ類のスポンジ, バウムクーヘン, ビスケットなどに発生し, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Penicillium*, *Wallemia* などが同定されている。フルーツケーキでは *Xeromyces bisporus* の分離が, またチョコレート類は *Eurotium*, *Wallemia*, チョコレートソースから *X. bisporus* の発生が報告されている。原料のカカオ豆では醗酵中に *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Eurotium* spp., *Mucor*, *Penicillium* などが多量に発生し, カビの分泌するリパーゼによる分解

が起こる。ココアからは *A. flavus* が分離されている。

はちみつでは *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Penicillium* が主要フローラとして分離されるが, *A. versicolor*, *E. herbariorum*, *Monascus* sp., *Xeromyces bisporus* による変敗も記録されている。

3) 油脂類, 種実類

マーガリンのカビ発生として *Cladosporium butyri*, *C. herbarum*, *Geotrichum candidum*, *Moniliella suaveolens*, *Penicillium aurantiogriseum*, *P. glabrum* の事例がある。

輸入ピーナッツ, ナッツ類についてはアフラトキシン汚染との関係で *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* を中心に *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* に属する多くのカビが分離されている。とくに虫害粒や不稔粒にカビの侵入がみられ, 加工時の選別除去が対策として実施されている。

4) 豆類及び加工品

加工原料としての豆類のフローラは *Aspergillus*, *Penicillium* など穀類の場合に類するが, とくに加工原料では *Ascochyta*, *Colletotrichum*, *Diaporthe*, *Glomerella*, *Phoma* などが特徴的に多く分離される。

味噌の場合, 製品によっては麴菌が分離されることがある。古味噌では *Absidia*, *Eurotium*, *Penicillium* (*P. aurantiogriseum*, *P. waksmanii*), *Syncephalastrum* の汚染が認められる。粉末味噌からは *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. terreus*), *Cladosporium*, *Eurotium*, *Mucor*, *Penicillium* が分離される³²⁾。

豆腐では充てん包装でまったくカビが検出されなかったのに対して, 水入り包装では木綿豆腐・絹ごし豆腐ともに多量のカビ汚染が発見された市販品があり, *Aureobasidium*, *Exophiala*, *Hyphozyma*, *Lecythophora*, *Phoma* などが分離された。明らかに製造後の二次汚染であり, 流通段階での管理にも問題がありそうである。

テンペはインドネシアの伝統的醗酵食品で大豆を原料とし *Rhizopus oligosporus*, *R. oryzae* を用いて製造される³²⁾。 *Geotrichum*, *Mucor* が雑菌として報告されている³²⁾。

5) 魚介類と水産加工品

鮮魚介類は最近養殖漁業が発達し, そのために予想外に魚の真菌症による被害が続出している。 *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Exophiala*, *Fusarium*, *Mucor*, *Ochroconis*, *Penicillium*, *Phialophora*, *Phoma*, *Verticillium* などが魚類の病原菌として知られているので, 淡水産, 海水産を問わず罹病した魚がそのまま食用に供される可能性も出てきた。また, クルマエビから *Aureobasidium* が, ロブスターから *Fusarium solani* が検出され, 日本海産のズワイガニでは *Trichomaris invadens* による被害が報告されてい

る³³⁾。衛生上の問題としてはまだ取り上げられていないが, すし種の場合では生食される機会もあり今後十分に検討する必要があるのではなかろうか。

魚卵, 生ウニ, 水産練製品などには *Cladosporium*, *Penicillium* が発生する。かつおぶしの製造にはカビつけとして *Eurotium repens* が使用されているが, 雑菌として *Aspergillus ochraceus*, *A. versicolor*, *Geosmithia putterilli*, *Penicillium echinulatum* などの汚染している製品がある。

干魚, すめ, さきいかなど水産珍味類もカビの発生が多い品目で, *Aspergillus candidus*, *A. clavatus*, *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. penicilloides*, *A. sydowii*, *A. wentii*, *Basipetospora halophila*, *Cladosporium cladosporioides*, *Eurotium* spp., *Monascus* sp., *Penicillium aurantiogriseum*, *P. citrinum*, *P. thomii*, *P. verrucosum*, *Polypaecilum pisce*, *Walleria sebi* などが記録されている。わかめからは好乾菌 *Basipetospora halophila* が分離されている。

6) 獣鳥肉と加工品

食肉は低温管理されているため保管中に好冷菌の *Aureobasidium*, *Cladosporium* (*C. cladosporioides*, *C. herbarum*), *Geotrichum*, *Mucor* (*M. plumbeus*, *M. racemosus*), *Penicillium* (*P. aurantiogriseum*, *P. hirsutum*, *P. viridicatum*), *Thamnidium* が出現し, 個々のカビ特有の斑点をつくる。食肉から分離されてくる *P. viridicatum* はオクラトキシン, チトリニンを生産するため注目されているが分類学的には検討を要する菌である。ハム, ソーセージ, 乾燥肉など加工肉では *Aspergillus flavus*, *A. versicolor*, *Eurotium* spp., *Mucor* spp., *Penicillium aurantiogriseum*, *P. brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *P. crustosum*, *P. expansum*, *P. glabrum*, *P. janthinellum*, *P. purpurogenum*, *P. roquefortii*, *P. rugulosum*, *P. spinulosum*, *P. thomii*, *P. variabile*, *P. viridicatum*, *Rhizomucor pusillus*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Syncephalastrum racemosum*, *Trichothecium roseum* など多数のカビが発生する。

古くなった鶏卵では卵殻の上に *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum* などが斑点状のコロニーをつくる。

7) 乳・乳製品

生乳・ドライミルクから検出されるカビは *Cladosporium*, *Eurotium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Moniliella*, *Penicillium*, *Phoma* などが主要である。 *G. candidum* はかつて *Oospora lactis* として知られていた。コンデンスミルクには *Walleria sebi* の褐色コロニーが発生する。またアイスクリームのスタビライザー及びフレーバリングからは *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium* が分離されている³⁴⁾。

ヨーグルトでは *Penicillium* の多数の種, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Rhizopus* などが記録されているが⁸⁵⁾, 実際に乳酸菌飲料で *Penicillium* による変敗事故が発生している。

バターの汚染カビは *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Eurotium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Moniliella*, *Mucor*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Phoma*, *Rhizopus*, *Scopulariopsis*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Wallemia* などで, とくに *G. candidum* はオレンジ黄色, *Alternaria*・*Cladosporium* は暗緑色, *Penicillium* (まれに *Aspergillus*) は緑色のスポットとなって現れる。

チーズは最もカビ汚染の発生しやすい乳製品で, 上記バターの汚染カビのほか, *Monascus*, *Verticillium* も発生している。とくに汚染頻度が高い種は *P. aurantiogriseum*, *P. brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *P. roquefortii* (野生株), *P. viridicatum* で, 低温流通中のナチュラルチーズのカット面に発生する。チーズの貯蔵及び熟成中に発生する *Scopulariopsis brevicaulis* は数種では変質とともにアンモニア臭がでる。ハードチーズには *Aspergillus candidus*, *A. versicolor*, *Eurotium herbariorum* などの好乾菌が汚染する。冷凍ピザパイのトッピングに含まれているチーズに *P. aurantiogriseum* が発生したという事故もあった。

8) 野菜・果実類と加工品

葉菜類では *Alternaria*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Peronospora*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Rhizopus*, *Sclerotinia* などによって腐敗をうける。キャベツでは *Aureobasidium pullulans*, *Penicillium crustosum* による腐敗も起こった。

果菜類ではいんげん, えんどう, 大豆など豆類が *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Diaporthe*, *Glomerella*, *Mycosphaerella*, *Pythium*, *Rhizopus* の被害をうける。うり類は *Alternaria*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Diplodia*, *Fusarium*, *Mycosphaerella*, *Trichothecium*, トマト・なすでは *Alternaria*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Diaporthe*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Phoma*, *Phomopsis*, *Phytophthora*, *Sclerotinia* が腐敗菌として発生する。

根菜類ではさつまいもが *Botrytis*, *Ceratocystis*, *Diaporthe*, *Diplodia*, *Fusarium*, *Macrophomina*, *Penicillium*, *Rhizopus*, じゃがいもが *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*, にんじんが *Alternaria*, *Rhizopus*, 大根が *Alternaria*, *Botrytis*, *Peronospora* によってそれぞれ侵される。根菜類全体にわたって *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* の被害も多い。たまねぎ・にんにくには *Aspergillus niger*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium viridicatum* などの発生がみられる。乾燥いも, 切干大根, かんびよ

うなどもよくカビが発生するが, *Eurotium*, *Penicillium*, *Wallemia* などが同定されている。

しいたけなどの食用きのこ類には *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma* などのカビが出現する。

果実類ではかんきつ類に *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Colletotrichum*, *Diaporthe*, *Diplodia*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Glomerella*, *Guignardia*, *Penicillium* (*P. digitatum*, *P. italicum*), *Phomopsis*, *Sclerotinia*, *Trichoderma* が腐敗菌として発生する。オリーブには *Aureobasidium* が, ぶどうには *Alternaria*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Glomerella* が侵入する。貯蔵ぶどうには *Aspergillus niger*, *Penicillium aurantiogriseum*, *P. brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *P. citrinum*, *P. expansum*, *Rhizopus* spp. が腐敗菌となる。りんご・なしは *Alternaria*, *Aspergillus niger*, *Botrytis*, *Gloeosporium*, *Glomerella*, *Monilinia*, *Penicillium expansum*, *Trichothecium*, *Venturia* によって腐る。なしのピューレから *Penicillium hirsutum* が分離されている。もも・すもも・おうとうには *Alternaria*, *Botrytis*, *Diplodia*, *Geotrichum*, *Gloeosporium*, *Monilinia*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Venturia* が発生する。

熱帯果実では, バナナに *Acremonium*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Gloeosporium*, *Lasiodiplodia*, *Pestalotia*, *Phoma*, *Phomopsis*, *Venturia*, *Verticillium* が, パパイア・マンゴー・アボカドなどに *Colletotrichum*, *Diplodia*, *Phomopsis*, *Rhizopus* が発生する。パイナップルは *Fusarium*, *Penicillium* が多く, 冷凍スライスパイナップルから *P. funiculosum* が汚染菌として大量に分離されている。メロンは *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* など, スイカは *Colletotrichum* が腐敗菌である。

ベリー類, とくにいちごには *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Botrytis*, *Byssoschlamys*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Neosartorya*, *Penicillium*, *Phytophthora*, *Rhizopus*, *Sclerotinia* が発生する。

果汁では, りんご果汁に *Arthrrium phaeospermum*, *Eupenicillium brefeldianum*, *Neosartorya fischeri*, パイナップル・グレープフルーツ果汁に *Talaromyces flavus*, パッション・グレープ果汁に *Byssoschlamys* spp., みかん果汁に *Cephaloscyus fragrans* が発生し事故を起こしている。りんご果汁の嫌気的変敗原因としては *Mucor plumbeus* が知られている。加熱処理果汁には *Byssoschlamys* spp., *Neosartorya fischeri*, *Talaromyces bacillisporus* が生残し, 果実の缶詰・瓶詰には *Byssoschlamys* spp., *Geotrichum candidum*, *Talaromyces flavus* が変敗菌として検出されている。

ジャム・ママレードには *Aspergillus candidus*, *A. niger*, *A. restrictus*, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Penicillium*, *Wallemia* などが発生する。同様にプラムなどの乾燥果実にも *Eremascus*, *Eurotium*, *Monascus*, *Xeromyces*, 好乾性の *Chrysosporium* などが検出されている。レーズンからは *Aspergillus niger* も分離される。干柿は天候不良の年では産地でもへたの部分に *Botrytis*, 表面に *Alternaria*, *Cladosporium* が生えてしまう。乾燥が進むと *Eurotium*, *Wallemia* の汚染がみられる。

以上の生鮮野菜・果実のカビによる腐敗はいわゆる市場病といって宿主と寄主の関係がはっきりしている場合が多い(87, 311, 362)。

9) 嗜好飲料類

果汁には上述のように直接カビ汚染が起こるが、清涼飲料としてのジュース・炭酸飲料にも *Aureobasidium*, *Paecilomyces*, *Penicillium* が発生する。清酒からも同様のカビが検出されたことがあり、アロエ飲料からは *Neosartorya* が分離された。茶葉からも *Eurotium*, *Aspergillus restrictus* が大量に分離されることがあるが、缶入りウーロン茶から *A. niger* が発生した事例もある。生コーヒー豆からは *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *Eurotium*, *Penicillium*, *Rhizopus* が分離される。焙焼されるとはいえカビ毒汚染の面で好ましいことではない。インスタント粉末コーヒーからは、*Aspergillus*, *Paecilomyces* がときに検出される。

10) 調味料, 香辛料

食酢, フルーツソース, ミントソース, サラダドレッシングなどの調味料は好酸性カビといわれている *Moniliella acetoabutens* によって変敗を受けることがある。マヨネーズからは *M. acetoabutens* のほか *Monascus* も検出されている。また、開栓後冷蔵庫内で保管中のみりん風調味料には *Penicillium roquefortii* が発生し苦情の原因となった。生ドレッシングから *Aspergillus*, *Trichoderma*, 焼肉のたれでは *Botrytis*, *Eurotium* が分離されているが、これらは原材料に由来したものと思われる。

香辛料は品目によって差があるが、約 1/3 のものから *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Emmericella*, *Eurotium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Wallemia* など多種類のカビが分離されてくる。とくに *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. versicolor*, *Emmericella* spp. はカビ毒汚染との関係から問題となる汚染菌である。

11) 調理加工食品・冷凍食品

常温で流通させている調理加工食品ではよほどのことがない限りカビが生える以前に消費されてしまう。しかし前もって準備する材料のなかには相当の時間を経過している場合もあるので注意は必要である。にぎりめしの

素(鮭, わかめなどが原料)からは *Coniochaetidium*, *Phialophora* が分離され、また直接摂食するものでなくとも、たとえばすしを包むための笹などの葉に *Fusarium*, *Penicillium* のコロニーが発生していた事例もある。つくだ煮類は保存食品であるが、最近の減塩傾向から量り売りの場合にとくに二次汚染菌の検出が見受けられる。*Aspergillus*, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Trichoderma*, *Wallemia* などのカビが魚介類, 煮豆などから分離されている。スープ類では洋風製品に *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Mucor*, *Paecilomyces*, *Penicillium* が、和風・中華製品に *Eurotium* が汚染した例もある。カップ入りプリンでの *Arthriniun phaeospermum* による汚染事故も発表されている。中華めん類・インスタント生味噌汁用の加薬では *Aspergillus*, *Chrysosporium*, *Cladosporium*, *Exophiala*, *Fusarium*, *Hormonema*, *Ophiostoma*, *Penicillium*, *Phoma*, *Trichoderma* などのカビが分離された。加薬は乾燥野菜, コーン, もやし, めんま, 豆腐, 麩, なめこ, わかめ, なんと, 卵, 豚肉などから製造されているが、とくにカビのみられた乾燥野菜となめこがフリーズドライ加工であり、原料の一次汚染菌がそのまま生残したものと考えられる。

冷凍食品ではカビは増殖しないから安心といえはそれまでであるが、野菜・果実類や菓子類の冷凍製品にはいまだにカビの検出率が高いものがある。ホウレンソウ, いんげん, コーン, ミックスベジタブルなどの品目からは *Aureobasidium*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Exophiala*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Hyphozyma*, *Penicillium*, *Phoma*, *Rhinocladiella*, *Sporothrix* が検出され、多くの製品が凍結前未加熱のための一次汚染と洗浄水などによる二次汚染が原因で非衛生的な扱いが推測される。スライスストロベリーからは *Mucor* も分離されている。冷凍果物パイからは *Aureobasidium*, 冷凍菓子からは *Cladosporium* が汚染菌として報告されている。

5. 食品中の日和見感染菌とその危害

カビはカビ毒を生産するだけでなく、人体の表面や内部組織に侵入して疾患(真菌症)の原因となることがある。現在まで体内のカビの感染が食物とともにカビを摂取したために起きたという直接的な証拠はないが、カビの生えた食品原料を扱っていたために発病したという例はある。北海道内で発生したこんぶ病という疾病はこんぶに発生した好熱性放線菌 *Thermoactinomyces* が原因とされている。また、まだ疫学的には不十分であるが黒癬(皮膚疾患)の病原カビ *Hortaea werneckii* が海藻や塩魚から分離されている。最近われわれの生活環境にいる雑菌の一部が原因となって発症する日和見感染(opportunistic fungus infection)が増加してきた裏にはそれなりの理由がある。すなわち、人口の高齢化が進み

悪性腫瘍, 造血系疾患, 糖尿病などによって抵抗力が減退した患者の急増や, さらに医療近代化の面でも広域抗生物質, 副腎皮質ホルモン, 抗腫瘍剤または免疫抑制剤の多用, 臓器移植や医療用具の常用におけるカビ汚染などが誘因となっている。

食品中に含まれていてヒトが食べたカビが体内で生育し真菌症の原因となりうるかどうかは FDA が数年前から関心を示して研究^{37), 38)}を行っている。FDA でとりあげたカビは, *Sporothrix schenckii* と *Exophiala dermatitidis* 類似菌で, とともに台湾からアメリカに輸入した食用きのこ (アラゲキクラゲ) から分離した菌株である。

S. schenckii はスポロトリコーシスの病原で, 皮膚がもっとも主要な病変部位であるが, 口腔, 咽頭の粘膜, 内臓にも病変のみられた場合がある。消化管から体内への侵入に関してはしばしば問題視されてきたが, FDA ではマウスを用いて *S. schenckii* 分離株の孢子懸濁液を腹腔内及び胃内に投与するとともに摂食させて起病性を実験した。注射した場合はすべてに全身性の病変が認められ, マウス新生児では経口投与の場合でも孢子数 2×10^7 個で 20% 強のマウスに感染が起こり肉芽腫が観察されている。成熟マウスでは組織内への注射の場合のみ発病し, 経口投与では感染は起こらなかった。*S. schenckii* はキクラゲ以外にもレタス, 冷蔵フランクフルト, しいたけなどから分離されている。

E. dermatitidis はクロモミコーシスといって皮膚病のほか, 脳膿瘍を起こし, リンパ節, 肝, 肺, 腸などに感染し死亡例も数例が知られている。肝に病変のみられた例では菌の消化管経由の肝への持込みが推測されている³⁹⁾。*Exophiala jeanselmei*, *E. moniliae* や *Phialophora verrucosa* などの黒色真菌も皮下組織, 粘膜に病変を起こす。FDA の株は *E. dermatitidis* に近い性質をもった菌で, *S. schenckii* の場合と同様にマウスを用いて実験したところ, 孢子数 2×10^7 個の経口投与によって幼若マウスに感染が起こったという。われわれの調査では, 冷凍食品をはじめ各種の食品から *E. dermatitidis*, *E. jeanselmei*, *E. moniliae*, *P. verrucosa* などの黒色真菌が分離され, とくに豆腐では $10^2/\text{g}$ 以上に及ぶ大量汚染が発見されている。

以上の二例の実験動物に対する試験結果からただちにカビ汚染の著しい食物を喫食して発症するということは断言できないが, 食品からはアスペルギルス症原因菌 (*Aspergillus fumigatus* ほか) 及びムーコル症原因菌 (*Absidia corymbifera* ほか) がしばしば分離されるので食品汚染カビを対象とした真菌症の疫学的研究にも取り組む必要があると思われる。

5. おわりに

カビによる食品の苦情は日常的なこととして研究の対象にもされないことが多いが, 目に触れるカビは全く氷

山の一角にすぎないと考えなければいけない。そして消費者の感覚と知恵に頼っているだけではカビ汚染による危害は防止できない。食品の製造工程のときから微生物学的な安全性を確保するためには, カビの危害を受けやすい食品の原材料や加工食品に対して細菌のみでなく真菌をも含めた微生物規格が設定されることによって, はじめてその目標が達成されるものである。包装技法をはじめ食品製造における無菌化技術の進歩に伴い年々流通・保存・販売のシステムまで変容してきている。カビ汚染に関しても適切な対処のためには最新のデータが要求される。本稿では具体的な事例を中心にまとめたが, 試験検査に際しての迅速化, カビ同定の精度など技術上での今後の課題も多く残されている。

文 献

- 1) Betina, V.: "Mycotoxins. Production, Isolation, Separation and Purification" p. 1~528 (1984) Elsevier, Amsterdam.
- 2) Bullerman, I. B., Schroeder, L. L., Park, K. Y.: J. Food Prot. **47**, 637~646 (1984).
- 3) 宇田川俊一, 松田良夫監訳: "食品菌類ハンドブック" p. 223~232 (1984) 医歯薬出版.
- 4) Pitt, J. I., Hocking, A. D.: "Fungi and Food Spoilage" p. 5~18 (1985) Academic Press, Sydney.
- 5) 横山理雄: 食品衛生研究 **35**, 6, 483~501 (1985).
- 6) International Commission on Microbiological Specifications for Food: "Microbial Ecology of Foods" p. 333~997 (1980) Academic Press, N. Y.
- 7) 中瀬 崇: 食衛誌. **18**, 309~320 (1977).
- 8) 春田三佐夫, 宇田川俊一, 横山理雄編: "最新食品微生物制御システムデータ集" p. 1~731 (1983) サイエンスフォーラム.
- 9) Beuchat, L. R.: "Food and Beverage Mycology" p. 211~232 (1987) Van Nostrand Reinhold, N. Y.
- 10) Scott, V. N., Bernard, D. T.: J. Food Prot. **50**, 18~20 (1987).
- 11) 日本薬学会編: "衛生試験法・注解" p. 497~498 (1980) 金原出版.
- 12) Pettipher, G. L., Williams, R. A., Gutteridge, C. S.: Lett. Appl. Microbiol. **1**, 49~51 (1985).
- 13) 厚生省環境衛生局監修: "食品衛生検査指針 I 検査法別" p. 150~164 (1973) 日本食品衛生協会.
- 14) Jarvis, B., Seiler, D. A. L., Ould, A. J. L., Williams, A. P.: J. Appl. Bacteriol. **55**, 325~326 (1983).
- 15) International Dairy Federation: International IDF Standard **94A**: 1985 (1986).

- 16) King, Jr., A. D., Hocking, A. D., Pitt, J. I.: Appl. Environ. Microbiol. **37**, 959~964 (1979).
- 17) Henson, O. E.: *ibid.* **42**, 656~660 (1981).
- 18) Hocking, A. D., Pitt, J. I.: *ibid.* **39**, 488~492 (1980).
- 19) Pitt, J. I., Hocking, A. D., Glenn, D. R.: J. Appl. Bacteriol. **54**, 109~114 (1983).
- 20) Beuchat, L. K., Nail, B. V.: J. Food Prot. **48**, 312~315 (1985).
- 21) 宇田川俊一, 坂部フミ, 鈴木明子, 成田紀子, 倉田 浩: 衛生試験. **99**, 151~152 (1981).
- 22) 宇田川俊一, 鈴木明子, 成田紀子, 倉田 浩: 同上. **99**, 153~155 (1981).
- 23) 宇田川俊一, 坂部フミ, 鈴木明子, 成田紀子, 倉田 浩: 同上. **101**, 147~149 (1983).
- 24) 宇田川俊一, 坂部フミ, 鈴木明子, 成田紀子, 倉田 浩: 同上. **101**, 150~151 (1983).
- 25) 宇田川俊一, 坂部フミ, 鈴木明子, 成田紀子, 倉田 浩: 同上. **102**, 144~146 (1984).
- 26) 宇田川俊一, 坂部フミ, 鈴木明子, 成田紀子, 倉田 浩: 同上. **102**, 147~150 (1984).
- 27) 井上富士男, 粟生武良, 玉川吉雄: 食品と微生物 **1**, 83~92 (1984).
- 28) Flannigan, B.: "Spoilage and Mycotoxins of Cereals and Other Stored Product" p. 1~145 (1986) CAB International, Farnham Royal.
- 29) 宇田川俊一: 微生物 **2**, 3, 2~8 (1986).
- 30) 鶴田 理: 同上. **2**, 3, 24~31 (1986).
- 31) 山里一英, 宇田川俊一, 児玉 徹, 森地敏樹編: "微生物の分離法" p. 322~344 (1986) R & D プランニング.
- 32) Samson, R. A., van Kooij, J. A., de Boer, E.: J. Food Prot. **50**, 92~94 (1987).
- 33) 畑井喜司雄: マイコトキシン **24**, 5~8 (1986).
- 34) 宇田川俊一: 乳技協資料. **32**, 3, 2~14 (1982).
- 35) Garcia, A. M., Fernandez, G. S.: J. Food Prot. **47**, 629~636 (1984).
- 36) Dennis, C.: "Post-Harvest Pathology of Fruits and Vegetables" p. 1~264 (1983) Academic Press, London.
- 37) Kazanas, N.: Mycopathologia **95**, 3~16 (1986).
- 38) Kazanas, N.: Appl. Environ. Microbiol. **51**, 261~267 (1986).
- 39) 福代良一: "現代皮膚科学大系 7A 感染性皮膚症 II" p. 110~168 (1982) 中山書店.