

かびと食品衛生について

高橋 治男* 矢崎 廣久* 福田 芳生* 七山 悠三*

I. はじめに

1960年英国における七面鳥の大量死を契機としたアフラトキシン(Aflatoxin, 以下AF)の発見以来、かびとその代謝産物に対する多くの研究がなされ、今日まで100種を数えるかび毒(Mycotoxin)が見い出されている。通常われわれがみかけのかびの中にも、毒素を産生するものが少なからずあり、湿度、温度などの条件さえ整えば、繁殖して人間や家畜等に被害を与え、時には死に至らしめる場合もある。

本論では、かび毒による自然汚染例を中心に、汚染穀類における毒素分布、飼料から家畜への毒素の移行等、かびと食品衛生との関連について眺めてみたい。

1. かびの生育とかび毒

かびは細菌と異なり、一般に低水分の条件下でも増殖できる特徴を有している。近年、食品中の水分含量の現わし方として、水分活性(Aw)の概念が用いられてきている。

一般に細菌はAw0.90以上必要であるのに対し、かびの多くは0.80以上あれば生育可能で、中には0.65と比較的乾燥した食品、貯蔵穀物などにも着生が可能である。生育への最適温度としては20~40°Cを要求するいわゆる中温菌が多く、春から秋にかけての気温は菌の活動に適したものとなっている。しかし、近年家屋の建築様式が変わり、室内が比較的密閉された状態にあるため、冬期でも暖房により、生育可能な温度が与えられるだけでなく、暖房が停止し室温が低下すると共に、湿度が上昇するため、思いの外かびによる被害は多い。また必要な水分、栄養分があれば冷蔵庫程度の低温では、充分生育できる菌も多い。

この様に、かびによる食品・食糧の汚染の可能性は広い範囲にわたっている。

これらのかびの中には、AFを生産するAspergill-

us flavus群や、終戦後間もない時期に大きな騒動となった黄変米事件をひきおこした、Penicillium citrinumの産生するシトリニン等、数多くの有毒かびとその毒素がある。これらのかび毒による中毒症の特徴は、かび自身の生育速度が比較的のろいことや、基質である食品、食糧中に産生・蓄積された微量の毒素を摂食することによりひきおこされるため、慢性的であることが多く、特に発癌性が主体となる。これは、細菌由来の食中毒が、急性症状を示すのと対照的である。

2. 空気における有毒かびの分布状態

食品や食糧を汚染するかびの汚染源として、空気、土壌、海洋ならびに河川が考えられる。この中で最も重視する必要があるのは空気、次いで土壌の順であろう。

これまで、空気や土壌中のかびフローラについての報告は少なくないが、それらのかびを食品衛生的な視点から、毒素産生態まで調べたものは極めて少ない。一言らは、¹⁾東京都内各所の空気中の有毒かびの分布を春・夏の2回にわたり調査している。その結果によれば、3時間240m³の吸引により、146試料を得、計22属2,422株を分離している。このうち、かび毒を産生したのはAFを産生するA. flavus 3株、オクラトキシン(Ochratoxin)を産生するA. ochraceus 3株、ステリグマトシスチン(Sterigmatocystin)を産生するA. versicolor 20株の計26株であった。この調査では、Penicillium系や、Fusarium系の毒素産生かびは検出されなかった。空気中のフローラは、季節・時刻だけでなく気象条件によっても大きく変動するが、少数とは言え毒素産生かびが分離されたことは注目される。

3. 有毒かびによる自然汚染例について

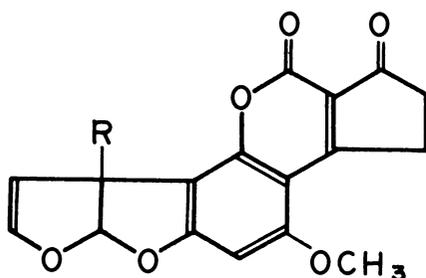
実際に発生しているいくつかの自然汚染例を、千葉県下における実態を中心に紹介する。

(1) アフラトキシンによる落花生の汚染

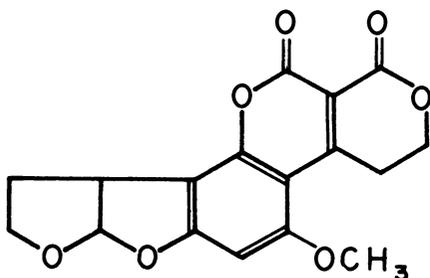
AFについては、これまで10種に及ぶ関連化合物が発見されているが、通常みとめられるものは、B₁、B₂、G₁、G₂の4種である。B₁はこの中で最も強い毒性を示し、以下G₁、B₂、G₂の順である。種々の

*千葉県衛生研究所
(1978年2月18日受理)

動物に対するB₁の急性毒性を表1に示す。



R
 アフラトキシニン B₁ ……H
 アフラトキシニン M₁ ……OH



アフラトキシニン G₁

図1 代表的なアフラトキシニンの化学構造

表1 アフラトキシニンB₁の急性毒性(LD50)

動物	LD50mg/kg 体重
アヒルヒナ ²⁹⁾	3.50-0.56
ウサギ ²⁹⁾	0.3
ネコ ²⁹⁾	0.55
ブタ ²⁹⁾	6.62
イヌ ²⁹⁾	0.5-1.0
モルモット ³⁰⁾	1.40
ラット雄 ³⁰⁾	7.2
" 雌	17.9
マウス ²⁹⁾	9.0
ハムスター ²⁹⁾	10.2

AFB₁は強い毒性を示すだけでなく、発癌性も強く天然毒素の中で最も高いとされている。ラットを用いた動物試験では、²⁾15ppbのB₁を含む飼料の長期投与により、雄では68週以内、雌でも82週以内に100%の肝癌の発生をみるという。1日の摂取量が0.2

μg前後、総量でも100μg以下で全供試動物に肝癌をひきおこすことになる。

このAF産生菌である*A. flavus*の生育への至適温度は30℃、毒素産生へのそれは、それよりやや低く28℃であり、15℃以下では毒素産生能は著しく低下する。生育に必要な最低Awは、0.86と比較的乾燥した条件でも生育可能である。毒素産生に必要な最低相対湿度は、約82%で、湿度の上昇と共に産生量を増す。³⁾つまり、この菌は毒素産生に比較的高い気温と湿度を要求する。従って、落花生への着生は、水分含量の高い収穫直後の推積時に起こる可能性が最も高い。

落花生のAFによる自然汚染は、東南アジアの国や米国では通常の事であり、それら汚染粒の選別除去が大きな問題となっている。

本邦の落花生生産において、千葉県は全国生産量の半分以上を占め、第一位を誇っている。従って落花生は千葉を代表する農産物と言え、AFによる汚染実態を把握することは、食品衛生だけにとどまらず、農業生産の面からも重要な課題である。

ここ数年、本県におけるその生産量は作付面積の減少と共に低下し、昭和50年の収穫量は昭和44年のほぼ $\frac{1}{2}$ の26,400屯であった。⁴⁾一方、これに伴ない輸入量は増加し昭和51年には70,000屯を越えた。輸入品は国産品よりも価格が安く、それが輸入への依存が強まる理由となっている。主な輸入先は、米国を始めとしインド、インドネシアであるが、最近是中国産も出廻っている。

著者等は、^{5), 6)}これまで県内名所で収穫された落花生及びその輸入品、更には製菓原料並びに市販製品を対象に、AFの化学的分析試験とそれに着生しているかび、特に*A. flavus*のAF産生能について調査した。

県産品104検体、輸入品15検体計119検体の試験結果を要約すると、まずAFの分析試験では、県産の検体からは検出されなかったが、輸入品5検体からB₁、B₂、G₁、が検出された。それを国別にみるとインド及びインドネシアに多いことが注目される。それら汚染検体の中には、50ppbのB₁を含む製菓原料があった。しかし、市販されているどの加工製品からも、毒素は検出されなかった。これは、その加工段階でAFの分解点(250℃~270℃)を越える温度が加わることや、小麦粉などの他の製菓材料が加わり、濃度が希釈されることに原因していると考えられる。

菌学的試験では、8検体から計9株のA flavusが得られ、そのうちAF産生能を有するものとして、県産の2検体から比較的産生能が低い状態にあったが、B₁、B₂を産生する2株を分離した。本県産の落花生から、毒素産生能を有するA. flavusが検出されたことは注目されるが、全体的にみて産生菌の着生は少ないと言える。

このAF産生能をもつA. flavusの生息には、地域的分布のあることが明らかにされている。AF産生菌の生息が知られているインド及びインドネシア等の、熱帯、亜熱帯からの輸入穀物からは、比較的分離頻度が高いのに対して、⁷⁾⁸⁾国内産の穀物からの分離例は少ない。わが国のみそ、しょう油などの醸造工業で用いられている麴菌(大部分がA. oryzaeである)は、A. flavus菌群に属しており、AF産生菌と近縁である。そこで本邦麴菌のAF産生能について詳細に調べられているが、すべて陰性であった。⁹⁾真鍋らは、¹⁰⁾全国から823点(うち千葉県内38点)の土壌を採取し、本邦土壌中のAF産生菌群の分布について調べている。その結果、AF産生菌の存在は日本でも亜熱帯に近い沖縄などの温暖地域にほとんど限られると言う。また、堀江は¹¹⁾習志野周辺における落花生畑の土壌中のかびフローラについて調べAF産生菌は見出し得なかったとしている。

これらの調査結果は、沖縄を除いた日本列島には、AF産生能を有するA. flavusが定着しにくいことを示している。今のところ、日本に持ち込まれたAF産生菌が、定着できず死滅するのか、あるいは非産生株へ転化するのかわらかではないが、それは食品衛生学のみならず微生物学的にも興味ある問題である。

以上の化学的分析試験結果及び菌学的試験結果から推察すると、本県産落花生のAFによる汚染の危険性は少ないと考えられる。しかしながら輸入品については、市販品からB₁が検出されたという報告もあり、¹²⁾今後でも厳重な監視が必要である。

(2) 麦類の赤かびによる汚染

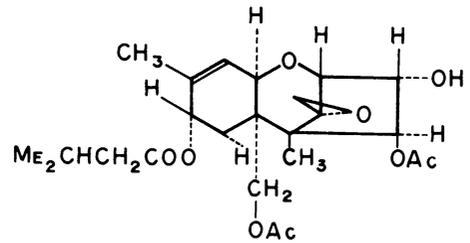
赤かび(Fusarium属)によって産生される毒素は、30種を越えるトリコテセン系化合物と、ツェラレノンにはほぼ大別できる。

トリコテセン系の毒素は、細胞毒性が強く、動物組織の中でも細胞分裂の著しい骨髄、胸腺、腸管の上皮細胞に障害を与え、食中毒性の無白血球症(ATA症)を始めとし、臓器出血、下痢及び嘔吐等の症状をひきおこす。代表的なトリコテセン系毒素である

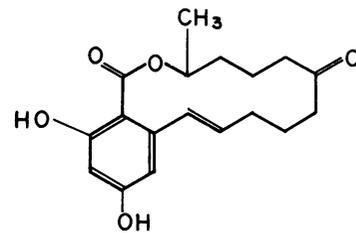
T-2トキシシ及びジアセトキシシルペノールの、マウス、豚に対する腹腔内投与による急性毒性(LD 50, mg/kg)はそれぞれ5, 2, 23.0である。¹³⁾ また、皮膚に対する毒性も強く、ラットの剃毛部に高濃度の溶液を塗布した際、死に至らしめる場合もある。¹⁴⁾

一方、ツェラレノンは女性発情様物質で、いわゆるEstrogen作用を有する。¹⁵⁾未成熟のメスブタでは乳腺肥大や外陰部肥大等の、二次性徴の発育を促進し、過度の場合は不妊の原因となる。

赤かびは麦や稲等に寄生する植物病原菌で、Fusarium graminearum, F. tricinctumなどが良く知られている。それらの菌に侵された穀粒は、赤〜桃色を呈するため、この名がある。



T-2トキシシ



ツェラレノン

図2 T-2トキシシとツェラレノンの化学構造

この菌は比較的低温を好み、生育への最適温度は24℃付近、毒素産生への適温はそれより低く15℃付近である。菌によっては、毒素産生に6~8℃低温が適しているものもある。生育には比較的高い水分条件を必要とし、最低AWは0.94である。毒素産生にも高い水分が必要で、たとえばトウモロコシでは23%以上の水分を要求する。¹⁶⁾

これらのことから、赤かび病の発生は、降雨量、日照時間などの気象条件との関連が深いと言われる。殊に麦類における発生予察には、出穂期のそれら気象条件が重要な指標となる。春さきから梅雨にかけての季節は、多湿な上に温暖な期間と低温な期間とがくり返しが多く、菌の増殖と毒素産生とが促進さ

れるため最も被害が多い。

麦類の赤かびによる中毒については、これまで東北、北海道で知られている。最近の県下の麦類における発生状況を表2に掲げた。昭和50年に大きな発生をみた。収穫された麦の中で、赤かびによる被害粒を多く含むロットは、検査の際に不合格品として除

かれるが、その不合格品や汚染がひどく全く検査に適さないようなものは、家畜の飼料にまわされている可能性が強い。従って、家畜への健康障害や人間が食用としている部分への移行が、新たに問題となってくる。著者らは、県下の麦類における汚染実態を把握すべく最近調査を開始した。

表2 千葉県下における麦類の作付面積と赤かび病の発生状況

年度	(3) 作付面積(ha)		(1) 小麦における被害		出穂時期	(2) 発生状況
	大麦(ビール麦を含む)	小麦	検査総t数	赤かびによる不合格t数		
1974	2555	1680	1287	2	平年より3~4日遅い 4月28日 (ビール麦) 5月5日 (小麦)	未発生
1975	2120	1570	2158	3	平年並	5月初めから著しい発生。発生面積は全体の約20%と指定された。
1976	1802	1590	1836	0	平年並	ごく一部に発生
1977	1390	1510	1901	0		未発生

- (1) は千葉食糧事務所の資料による。赤かびによる汚染粒が1%以上混入している場合は、検査不合格となり国の買い上げは行なわれない。
- (2) は本県農業試験場の圃場での、生育および発生状況である。
- (3) 昭和50年度千葉統計年鑑による。

赤かびは、その毒素産生株が日本に生息するだけでなく、産生菌種や産生毒素も多種にわたり、日本では特に注意を払うべきかびの一つと言える。

(3) ステリグマトシスチンを産生するによる貯蔵米の汚染

ステリグマトシスチン(以下SM)は、化学構造の上ではAF同様ビスフラン環を有する。最近の同位体を用いた生合成の研究から、SMはAF合成への中間体である可能性が示唆されている。¹⁷⁾このSMもAF同様高い発癌性をもつことが知られ、ラットに連日0.3~0.4mgを経口投与した実験例では、40週以上生存した全例に肝癌の発生がみとめられた。¹⁸⁾また、皮膚からの浸透性が高く、ラットでは経皮的に体内へ移行し発癌性を示すことが知られている。¹⁹⁾最近、SMは、AFB₁同様最も危険性の高い毒素として位置づけられている。

SMを産生するかびは、*A. versicolor*の外に*A. nidulans*等が知られているが、前者が食品からの分離頻度も高く主要なものである。さきの空気中における有毒かびの調査でも、SMを産生する*A. versicolor*の検出頻度は極めて高かった。

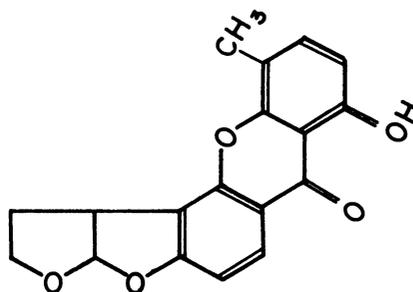


図3 ステリグマトシスチンの化学構造

この菌の生育に必要なAwの最低値は、0.76と、比較的低水分でも生育が可能であり、代表的な「貯蔵かび」である。政府買上の際の米の水分規格は15%であり、この水分の20℃におけるAwは0.65とさきの最低値に近接している。従って、貯蔵期間中に床からの吸湿等により加湿されれば、その生育条件はほぼ満たされることになる。この様に、貯蔵期間中はかびによる汚染の危険性が高いため、その防除手段として、くん蒸や一部では低温貯蔵も行なわれている。しかし、完全な防除は困難で、これまで

茨城県などに政府保管貯蔵米の汚染例が報告されている。²⁰これよりも劣悪な条件で貯蔵される農家の保有米は、更に危険とみられる。

宮木らは²⁰県下の農家の保有米の汚染について調べている。検査した424試料21,200粒のうち、52試料302粒に*A. versicolor*による汚染がみられた。そこで分離された58株の*A. versicolor*のうち18株がSMを産生した。しかしながら、それら試料から毒素は直接検出されなかった。

食品や穀類由来の*A. versicolor*の分類株は、毒素産生量の多少はあるにしても、比較的高い頻度で毒素産生能を有することから、SMによる貯蔵米の汚染は現実的問題として考えなければならない。米は日本人の主食であり、摂取量が低下しているとは言え、その安全性への警戒は決して怠るべきではない。

かびによる貯蔵穀物の汚染で興味あることは、害虫の介在である。コクゾウムシは穀類を食害する害虫で、貯蔵米によく発生がみられることがある。この害虫は、体表にかびの胞子を付着して運搬するだけでなく、虫体が多い場合には、代謝・排泄水による米のAwの増加などへの影響が予想される。それらの観点から、著者らはコクゾウムシが汚染拡大の役割を果している可能性を指摘した。²²落花生の汚染における害虫の介在については、米国でも報告されている。²³

4. 汚染穀粒の個体中における毒素の分布状態について

毒素産生かびに汚染された食品、あるいは食糧の個体中における毒素の分布についての報告は、これまでほとんどなされていない。食品原料である穀類は、そのまま利用されることは少なく、むしろ部分的に除かれたり、加熱等の処理をうけることが多い。従って、その加工原料における毒素の分布状態を知ることは、化学分析と並んで食品衛生学的に重要なことと言える。特に玄米は、搗精によって糠層と精白米に分別されることから、その典型的なものと言える。

著者らは、これまで汚染米における毒素の分布状態と、その分布に大きな影響を与える要因を知るため、いくつかの検討を行なったので少し詳しく紹介したい²⁴⁻²⁶⁾

まず、ガス滅菌した玄米を充分吸湿させた後、AF産生菌の*A. flavus*、あるいはシトリニン（以下Ci）を産生する*P. citrinum*を接種し、それぞれのかび米を調製した。ついで、それら米粒の横断切片（厚さ約1mm）を作成し、その断面を落射型蛍光顕微鏡で観察し、毒

素の分布状態を調べた。AFやCiは、紫外線を照射すると強い特徴ある蛍光を発するので、その存在が確認できる。その結果、毒素の分布パターンは、かび米によって異なることがわかった。すなわち、AF産生菌のかび米においては、AFは米粒全体に分布しているのに対し、*P. citrinum*のかび米において、Ciは米粒の表面から0.1~0.2mmの表層付近にはほぼ局在していた。

次に、この様に毒素の分布がそれらかび米の種類によって異なる原因が、主として菌側すなわち菌糸の侵入状態にあるのか、あるいは毒素自身の物理化学的性質、特に水に対する溶解度等に依存しているのかが問題となる。そこで、かび米の切片を走査型電子顕微鏡と光学顕微鏡により観察し、菌糸の侵入状態を調べた。その結果、侵入菌糸の分布と毒素の分布状態とはほぼ一致することが明らかとなった。*A. flavus*様なAF産生菌のかび米の場合には、米粒の中心部分まで縦横に菌糸が侵入しているのに対し、*P. citrinum*のかび米の場合には、中心部分の侵入菌糸は比較的少なく、明らかに前者との間に顕著な差違がみとめられた。このことは、毒素の存在量が、まずその場における侵入菌糸の量に規定されることを示唆している。また、第一義的ではないにしても、それら産生毒素の物理化学的性質の与える影響についても、今後検討を要すると考える。

AF産生菌が、米粒の深部まで侵入できるということは、米の組織を構成しているペクチンやヘミセルロースを消化する酵素系に依存しているとみられる。この組織構造の破壊は、産生された毒素が更に内部へ拡散されやすい条件となっていると考えられる。AFの様な高い発癌性を示す毒素が、基質の深部にまで産生蓄積されやすいことは注目される。

以上が、著者らが得た米の毒素分布に関する知見であるが、実際に貯蔵されている米の汚染をみた場合、単一菌種のみが着生・繁殖している場合は少なく、他菌種との混合着生であることが多い。それらの中には毒素産生かびと拮抗的な関係にあるものや産生された毒素を分解するものも知られている。^{27,31)}従って、かびによる食品の汚染実態の全面的な把握には、微生物の生態学的な考え方の導入が更に必要とされている。

5. 飼料中のかび毒の家畜の可食部への移行

かびの汚染により品質の低下した穀類は、家畜や家禽の飼料として利用されることが多い。たとえば、落花生は蛋白含量が高いことから、最下等品は搾油後ピーナツミールとして飼料に利用されている。玄米や麦類でも、上等品は人間の食糧となるが、汚染の可能性

が高い最下等品は、家畜などの飼料として供されることが多い。

この場合、家畜などが顕著な急性症状を示す時には流通経路に入ることはないが、慢性中毒に近い症状の場合には、その可能性もあると言える。従って、毒素が飼料から動物のどの部分へ、どの程度移行し残存するかは重要な問題となる。しかしながら、これまで移行・残存についての系統的な研究は、発癌性のあるAFB₁に主眼が置かれ、他の毒素については今後の課題となっている。

Rodrichs²⁸⁾らがAFB₁の移行についてまとめた結果を表3に示す。それによれば、乳中への移行率が最も高く、肝臓がこれに次いでいる。主な可食部である筋肉組織への移行は全くないとは言えないが、実際問題としては無視しうる程度のものである。

表3 飼料中アフラトキシンB₁の可食部中への平均的移行率

動物	可食部	アフラトキシン	比率 (飼料中の濃度) 可食部の濃度
肉 牛	肝臓	B ₁	14000
乳 牛	牛乳	M ₁ *	300
肉 豚	肝臓	B ₁	800
産 卵 鶏	卵	B ₁	2200
プロイラー	肝臓	B ₁	1200

*アフラトキシンB₁が生体内で代謝作用をうけ、水酸化されたもの。

結論として、AFの動物体内での残留性は低く、毒素を含む食事や飼料を通じねの供給が停止すれば、ほぼ一週間以内で体外へ排泄される。残留性の高いカドミウムや水銀などの重金属や有機塩素系化合物とは異なっている。

6. 法的規則

現在、かび毒の中で食品もしくは飼料中の含有量について、何らかの規制をうけているのはAFのみであり、18ヶ国がその国の実情に応じて実施している。わが国でも1971年に厚生省から「一定の分析法によりアフラトキシンの検出される食品は、食品衛生法第4条第2号に違反するものとして取扱う」という通達が出され、該当品は廃棄処分されている。しかしながら、現在のところ輸入ピーナツについてのみ、マイコトキシン検査協会が検査を実施しているだけであり、より広範な食品についての検査体制は完備していない。

飼料については、農林省より1971年に「飼料用輸入落花生油かすの取扱いについて」の通達が出され、更

に1976年7月から「飼料の安全確保および品質改善に関する法律」が施行されている。この法律の中で、ピーナツミールのAFB₁の含量は1ppmを越えてはならないとされ、この規格内のピーナツミールについても、使用は配合飼料のみに限定され、その上混合比まで決められている。この規制から逆算すると、わが国の配合飼料で最もAFの汚染が強い場合でも、40~50ppmの含量となり、ヨーロッパ各国の規制値に近いものとなる。

I. おわりに

本稿では、かびと食品衛生にまつわる問題を、筆者らの菌学及び産生毒の調査研究を中心に紹介した。

県下のかびによる汚染実態とその被害状況は、範囲が広く仲々つかめないのが現状で、情報交換を含め関係機関との連絡を密にしてゆかなければならないと、痛感している。

終りに臨み、御協力を頂きました農林省千葉食糧事務所田中主任検査官、千葉県農業試験場発生子寮研究室本間技師、御校閲を頂きました当衛研芦原次長に篤く御礼申し上げます。

参考文献

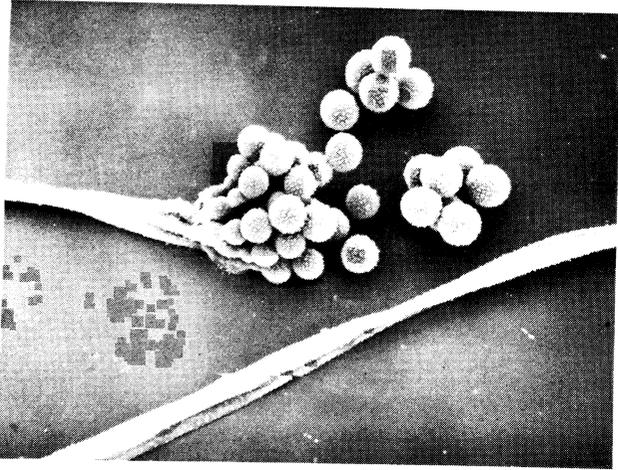
- 一言広，他：空気中の有毒糸状菌分布に関する研究，昭和49年度厚生省「カビおよびカビ毒に関する研究」年次報告，24~35，1974
- Wogan, G.N., and NeWberne, P.M.: Dose-Response Characteristics of Aflatoxin B₁ Carcinogenesis in the Rat, *Cancer Res.*, 27, 2370~2376, 1967
- Dierner, U. L., and Davis, N. D.: Limiting Temperature and Relative Humidity for Growth and Production of Aflatoxin and Free Fatty Acids by *Aspergillus flavus* in Sterile Peanuts, *J. Am. Chem. Soc.*, 44, 259~263, 1967
- 昭和50年度千葉県統計年鑑，123，1976
- 高橋治男，他：県産および輸入落花生におけるアフラトキシンとその生産菌による汚染について，*千葉衛研報*，23, 54~57, 1974
- 矢崎広久，他：県産および輸入落花生におけるカビ毒について，同上，24, 50~53, 1975
- 鶴田理，他：輸入飼料トウモロコシのマイコフローラとアフラトキシンについて，*日菌報*，15, 258~265, 1974
- 真鍋勝，他：輸入peanut mealのaflatoxinについて，

- 食衛誌, 12, 364~369, 1971
- 9) 真鍋勝, 他: 発酵食品中の蛍光成分に関する研究, 食品工誌, 15, 341~346, 1968
 - 10) 真鍋勝, 他: 本邦土壌中のアフラトキシン生産菌群の分布, 日菌報, 17, 436~444, 1977
 - 11) 堀江義一: 土壌菌相, 第六回マイコトキシン研究会講演要旨集, 5~6, 1977
 - 12) 直井家寿太, 他: 市販ピーナツ類及びピーナツ製品よりアフラトキシンB₁の検出, 都衛研報, 26, 179~182, 1975
 - 13) Kosuri, N. R., et al. : Toxicologic Studies of *Fusarium tricinctum* (Corda) Snyder et Hansen from Moldy Corn, Am. J. Vet. Res., 32, 1843~1850, 1971
 - 14) Smalle, E. B., et al. : Mycotoxicoses Associated with Moldy Corn, Proceedings of the first U.S.-Japan Conference on Toxic Microorganisms, 163~173, 1970
 - 15) Christensen, C. M., et al. : Effect on the White Rat Uterus of a Toxic Substance Isolated from *Fusarium*, Appl. Microbiol., 13, 653~659, 1965
 - 16) Christensen, C. M., : Molds, Mycotoxin and Mycotoxicoses, Cereal Foods World, 22, 513~520, 1977
 - 17) Elsworthy, G. C., et al. : The Biosynthesis of the Aflatoxins, J. Chem. Soc. D, 1069~1070, 1970
 - 18) Purchase, I. F. H., and van der Watt J. J., : Carcinogenicity of Sterigmatocystin, Food Cosmet. Toxicol., 8, 289~295, 1968
 - 19) Purchase, I. F. H., and van der Watt J. J., : Carcinogenicity of Sterigmatocystin to Rat Skin, Toxicol. Appl. Pharmacol., 26, 274~281, 1973
 - 20) 真鍋勝, 他: 国内産玄米の常温倉庫貯蔵中に発生する菌類の加害について, 日菌報, 16, 399~405, 1975
 - 21) 宮木高明, 他: 米に着生する有害糸状菌の検策と分布について, 食衛誌, 11, 373~380, 1970
 - 22) 福田芳生, 高橋治男: コクゾウ虫の生活, 遺伝, 29(8), 49~52, 1975
 - 23) Lillehoj, E. B., et al., : Aflatoxin Contamination, Fluorescence, and Insect Damage in Corn Infected with *Aspergillus flavus* before Harvest, Cereal Chemistry, 53, 505~512, 1976
 - 24) 高橋治男, 他: 毒カビ汚染米における毒の分布について(第一報), 千葉衛研報, 23, 23~25, 1974
 - 25) 高橋治男, 他: 毒カビ汚染米における毒の分布について(第二報), 同上, 24, 54~56, 1975
 - 26) 高橋治男, 他: 毒カビ汚染米における毒素の分布状態について(第三報), 日本食品衛生学会第34回学術講演会講演要旨集, 61, 1977
 - 27) 鶴田理, 他: 異菌種混合着生トウモロコシでのmycotoxinの生産について, 食品総研報告, 32, 21~24, 1977
 - 28) Rodrichs, J. V., and Stoloff, L. : Aflatoxin Residues in Edible Tissues of Food-Producing Animals Resulting from Feed Contamination, Mycotoxins in Human and Animal Health, Edited by Rodrichs, J. V., Hesseltine, C. W. and Mehiman, M. A. 1977
 - 29) Newberne, P. M., and Butler, W. H. : Acute and Chronic Effects of Aflatoxin on the Liver of Domestic and Laboratory Animals A Review. Cancer Res., 29, 236~250, 1969
 - 30) Butler, W. H., Aflatoxin in "Mycotoxins" edited by Purchase, I. F. H., Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam Oxford-New York, 1974
 - 31) Ashworth, L. J. Jr., et al. : Aflatoxins : Environmental Factors Governing Occurrence in Spanish Peanuts, Science, 148, 1228~1229, 1965

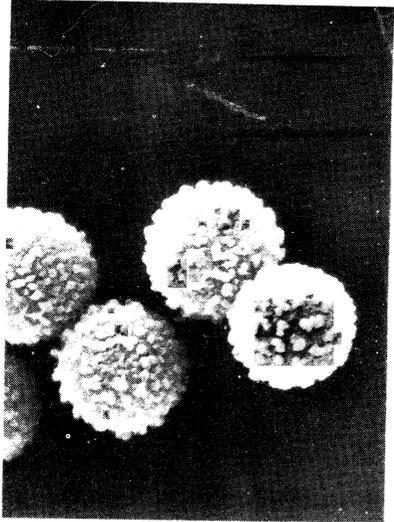
参 考 書

"かびと食物" 宇田川俊一, 鶴田理著, 医歯薬出版, 1975

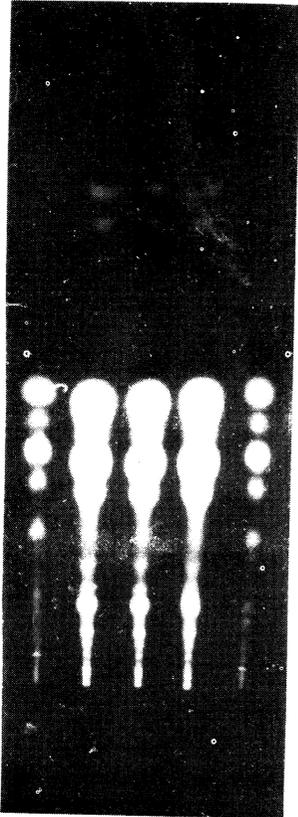
1



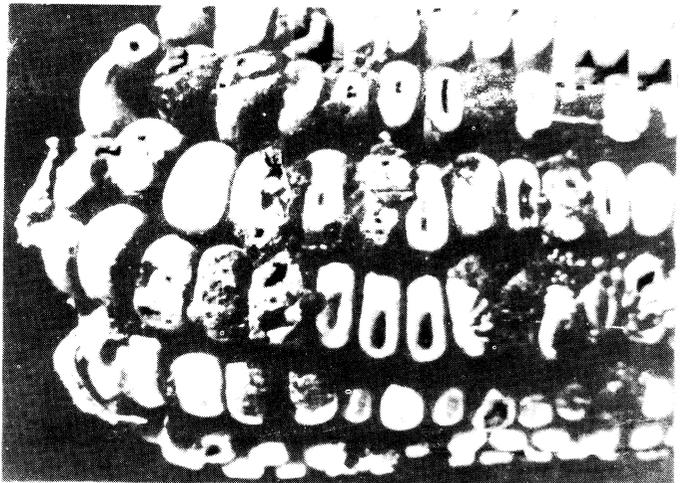
2



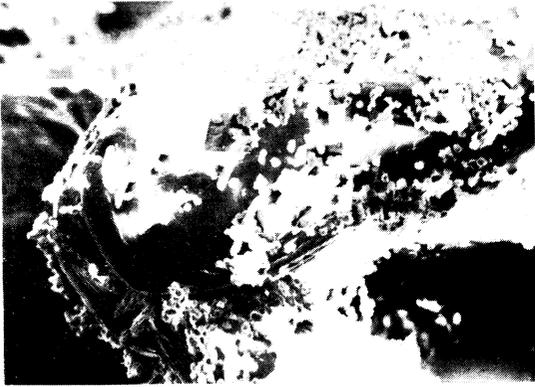
3



4



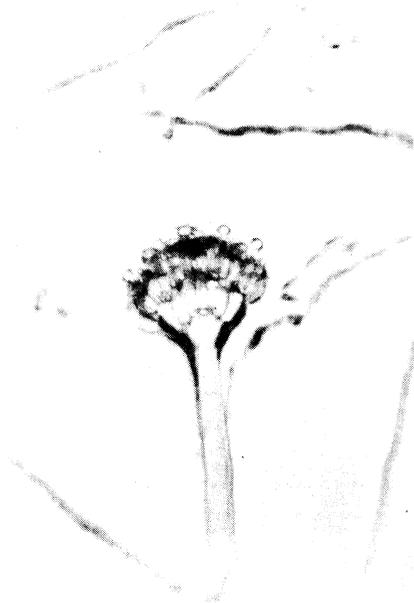
5



6



7



写 真 の 説 明

1. *Aspergillus flavus* の走査型電子顕微鏡写真
倍率×2,000
2. *Aspergillus flavus* の分生胞子の拡大写真
倍率×5,000
3. アフラトキシンの、薄層クロマトプレートにおける
蛍光写真。プレート中ほどの大きいスポット、上から
B₁、B₂、G₁、G₂の順。
4. *Aspergillus flavus* によって汚染されたコーン
Lillehoj, E., B., et al. による。
5. 6. 体表にかびの胞子を付着したコクゾウ虫と(5)、
コクゾウ虫によって食害された米粒(6)、いずれも走査
型電顕写真。
7. *Aspergillus versicolor* の光学顕微鏡写真、倍率
×600、茨城県のステリグマトシスチンによる汚染米
より分離。