

## カビ毒(マイコトキシン)

**Q：食品に付着したカビには毒性の強いものがあると聞きましたが？**

**A：**ヒトや動物に毒性を有するものはカビ毒(マイコトキシン)と呼ばれています。  
カビ毒は300種類以上ありますがその中で食品衛生上問題となるのは数種類です。

カビは食品に付着し、その生育条件が整うと増殖し、その生育過程で様々な化学物質(代謝産物)を産生します。この中で微生物に対して毒性を有し、その増殖を抑えヒトや動物の治療に役立っているものが抗生物質です。一方でヒトや動物に毒性を有するものは「カビ毒(マイコトキシン)」と呼ばれています(図1)。カビ毒によって引き起こされる疾病をかび中毒症または真菌中毒症と呼んでいます。

カビ毒は300種類以上あり、その中で食品衛生上問題となるのは表1に示した数種類です。それぞれ産生菌、毒性を発現する標的臓器、汚染食品に特徴があります。

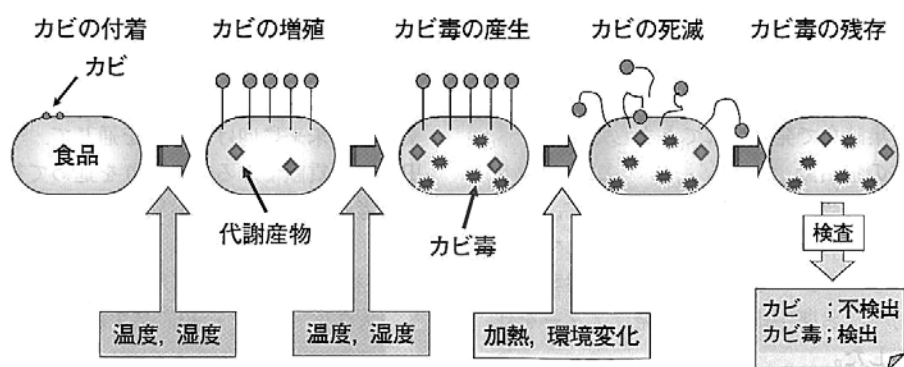


図1 カビ毒の生成過程

文献2)より引用

表1 主要なカビ毒

カビ毒	産生菌	主な毒性	主な汚染食品	産生に適した条件	
				温度(°C)	水分活性
アフラトキシン B1, B2, G1, G2, M1	<i>Aspergillus fravus</i> <i>A. parasiticus</i> <i>A. nomius</i>	肝臓障害 (強い発がん性)	ナッツ類、穀類、 香辛料、豆類等	12~40	>0.85
パツリン	<i>Penicillium expansum</i>		リンゴ等	0~28	>0.95
トリコテセン系カビ毒 (DON, NIV, T-2等)	<i>Fusarium graminearum</i> <i>F. sporotrichioides</i> 等	消化器、免疫系障害	穀類等	9~35	>0.95
ゼアラレノン	<i>F. graminearum</i> 等	女性ホルモン様作用	穀類、豆類等	~37	0.97
フモニシン B1, B2, B3	<i>F. verticillioides</i> 等	肝臓、腎臓障害	トウモロコシ等	20~25	>0.91
オクラトキシン A, B	<i>A. westerdijkiae</i> , <i>A. steynii</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>A. niger</i> <i>P. verrucosum</i>	腎臓障害	穀類、コーヒー豆、 ブドウ加工品等	8~40	>0.87
				15~20	>0.82

文献2)より引用

## カビとカビ毒

全てのカビが毒を産生するわけではなく、カビが生えているからといって必ずカビ毒がある訳ではありません。ある種のカビでは複数の毒素を産生しますが、カビ毒によって産生する菌は決まっています(表1)。

また、カビが検出されない食品から高濃度のカビ毒が検出されることがあります。これは、カビ毒を産生した後に加熱されたり、環境が変わったりすることにより、カビ毒を作った菌は死滅しますが、カビ毒は熱等に安定なものが多く、食品中に残存しているためです。加工食品等ではカビの検査結果とカビ毒の検査結果が一致しないことが多くあります。

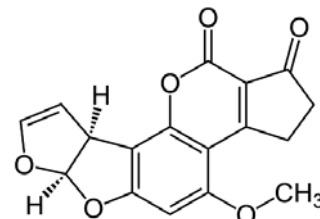
## 主なカビ毒

### アフラトキシン

食品中に汚染頻度が高いアフラトキシンの同属体はB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、M<sub>1</sub>等10種類以上あります。その中でB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>のうち2種類または4種類が共汚染している頻度が高いためトータルアフラトキシン(TAF)と呼ばれ多くの国で規制されています。(規制値：10 μg/kg)

アフラトキシン産生菌としては主にB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>を産生する *Aspergillus flavus*、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>を産生する *A. parasiticus*、*A. nomius* が主流です。これらのカビ類は高温多湿の状態を増殖し、亜熱帯～熱帯の地域において多くの農作物、特にピーナッツ・トウモロコシ・ピスタチオ・香辛料・干しイチジクなどにアフラトキシンによる汚染がみられます。また、収穫後輸送の過程でこのような地域を通過する場合にも農作物が汚染される可能性があります。

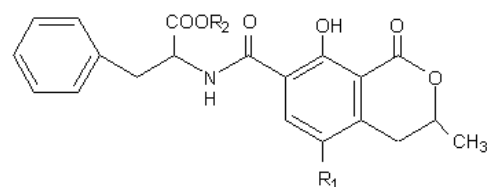
アフラトキシンは最も強い天然発がん物質で、その毒性はダイオキシンの10倍以上と言われ、肝臓がんの原因物質として知られています。中でも毒性はB<sub>1</sub>が最も強いとされています。



アフラトキシンB<sub>1</sub>

### オクラトキシン

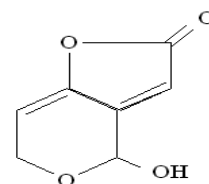
オクラトキシンは、温帯の寒冷地ではペニシリウム属、熱帯においてはアスペルギルス属のカビによって産生されます。つまり世界中の広範囲で汚染が起こります。10種類ほどの関連化合物の中で最も毒性の強いのはオクラトキシンA(OTA)で、麦等の穀類・コーヒー豆・カカオ・ワイン・ビール・乾燥果実・香辛料等の他、これら汚染された農作物を飼料として飼育された豚および加工品の汚染も報告されています。オクラトキシン産生菌はシトリニンも産生することが知られており、このシトリニンはオクラトキシンの腎毒性を相乗させる働きがあり、両者の共汚染に注意が必要です。



	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
オクラトキシン A	Cl	H
B	H	H
C	Cl	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>

## パツリン

パツリンは主に *Penicillium expansum* によって産生されるカビ毒で、主な汚染食品はリンゴです。動物に対する致死毒性がありますが、作用機序については明らかになっていません。

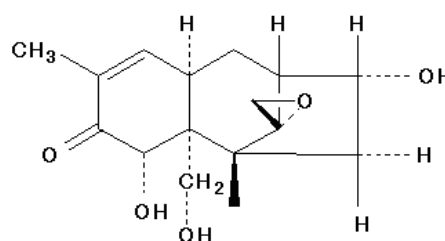


パツリン

これらのカビはりんごの収穫・包装・輸送時等にうけた損傷部から侵入するとされ、湿度が高ければ低温でもパツリンを産生することが知られています。不適切な貯蔵等により、国内での汚染も認められています。特に台風等により落下して傷がついて、土壤に直接触れた果実はパツリン汚染のリスクが高いと考えられています。国内に流通するリンゴジュースにパツリン汚染があることが明らかとなり、2013年、リンゴ果汁中のパツリンに対して50 $\mu$ g/kgの基準が設定されました。

## デオキシニバレノール

デオキシニバレノールは、構造にトリコテセン骨格を有するトリコテセン系カビ毒に属するカビ毒です。*Fusarium* 属(アカカビ類)の数種類のカビによって産生されますが、代表的なものは *F. graminearum* です。これらの菌は植物病原菌で、中～高緯度の広範囲の地域で栽培された小麦・大麦・トウモロコシ等の主要穀類に感染し赤カビ病を発生させます。感染した麦

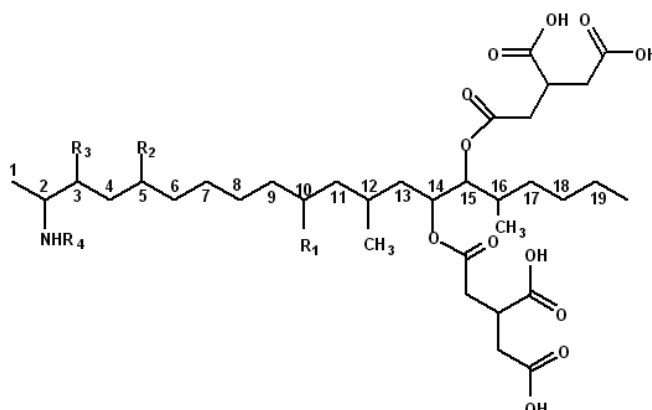


デオキシニバレノール

は収穫量が減少し、麦粒中にデオキシニバレノール等のカビ毒が産生されます。赤カビ病は麦の開花時期に雨が多いと発生しやすくなると言われています。デオキシニバレノール汚染が国内でもあることがわかり問題となりました。わが国では、2002年に原麦に対して1.1ppmの暫定的な基準値が設定されました。一方、農林水産省では対策を検討し、適切な時期に適切な農薬を散布することにより麦中のデオキシニバレノール汚染を低減させることができることを見出し、農家に指導を行っています。

## フモニシン

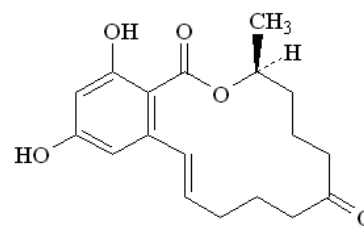
フモニシン(FBs)は1980年台後半に発見された比較的新しいカビ毒です。*Fusarium* 属が産生するカビ毒で、主なものはフモニシンB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、及びB<sub>3</sub>で、フモニシンB<sub>1</sub>が多く産生されます。多くの食品や飼料が汚染されていることが知られていますが、特にトウモロコシでの汚染が確認されています。食品用・家畜飼料用ともに輸入に依存しているわが国ではその汚染濃度には注意が必要です。



	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
フモニシンB <sub>1</sub>	OH	OH	OH	H
フモニシンB <sub>2</sub>	H	OH	OH	H
フモニシンB <sub>3</sub>	OH	H	OH	H
フモニシンB <sub>4</sub>	H	H	OH	H
フモニシンA <sub>1</sub>	OH	OH	OH	CH <sub>3</sub> CO
フモニシンA <sub>2</sub>	H	OH	OH	CH <sub>3</sub> CO

## ゼアラレノン

フモニシン、デオキシニバレノール同様に *Fusarium* 属が産生するカビ毒です。女性ホルモン様の作用を有するカビ毒で、家畜に対して不妊・流産等の中毒症状が報告されています。人への中毒としてはかつて日本の戦後食糧難時代に起きたアカカビ中毒・旧ソ連の食中毒性無白血球症などがあります。



ゼアラレノン

### 健康被害を防ぐには

カビ毒は気候・天候に左右され制御が難しい有害化合物で、また安定性が高く、耐熱性であることから食品加工中の減衰は期待できません。調理ではほとんど減少しないことが分かっています。従って、健康被害を防ぐには、家庭に入る前の段階でカビ毒を除去しなければなりません。そのためには、輸入時、収穫時、出荷時等に適切な検査を行い、高いレベルのカビ毒に汚染された食品を除去する必要があります。また、カビ毒を作らせないことが最も重要で、デオキシニバレノールやパツリンに対して農林水産省が行っている生産者に対する指導が有効と考えられます。また、輸入品についても原産国にカビ毒を作らないための情報を提供し、生産者等が注意することによりカビ毒汚染を防ぐことができます。さらに、食品輸入業者等がカビ毒に関する知識を持ち、輸入する食品を選択することもカビ毒に汚染された食品が国内に入ってくることを防ぐことに役立つと考えられます。

近年、カビ毒に対して国際的にその防御に対する取り組みが進められています。食品の国際規格を定める委員会(コーデックス委員会)では2008年に木の実(アーモンド、ヘーゼルナッツ、ピスタチオ)を対象としたトータルアフラトキシン、穀類を対象としたオクラトキシン A の基準を設定しました。わが国においては2003年にパツリンの基準値が設定され、またコーデックス基準値が未設定のデオキシレバノールに対して健康被害を未然に防ぐために暫定基準値が設定されました。

現在、わが国で基準値を設定しているカビ毒は、トータルアフラトキシン、パツリン、デオキシニバレノールの3種類だけで、欧米に比較すると少ない状況です。今後、国内検査で高濃度検出された報告があるオクラトキシン A、ニバレノール、フモニシン等のカビ毒に対する規制値が設定されていくことが望まれます。

### 【 参考資料 】

- 1) 杉浦庸子, 兵薬界, No.638, p.33, 2009
- 2) 田端節子, 都薬誌, Vol.35, No.5, 2013
- 3) 食品産業センター HP :  
[http://www.shokusan.or.jp/haccp/hazardous/2\\_1\\_kabidoku.html#03](http://www.shokusan.or.jp/haccp/hazardous/2_1_kabidoku.html#03)