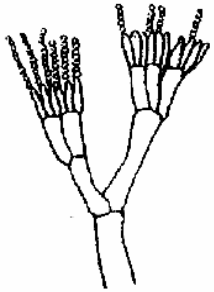
― 小さな巨人、カビ、その偉大さと安心・安全を探る ―

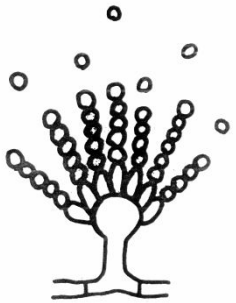
NPO法人食の安全安心を科学する会 （SFSS）

食の安全と安心フォーラムⅧ

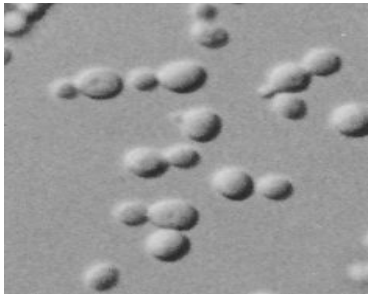
国立医薬品食品衛生研究所
髙橋 治男



Welcome to our fungi world!
We are waiting for you ! Thank you!!



日本食（世界遺産）は麹菌の文化



カワキコウジカビ
（ユーロチウム）

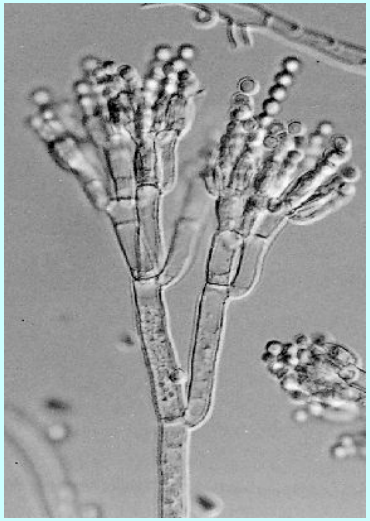
今日のお話しの内容

1. カビとは・・・。
2. カビの主な特徴
   1）乾燥した環境でも生育、生存できる
   2）飛散しやすい
   3）日光（紫外線）や薬剤などにも抵抗性がある
   4）菌糸体となって、植物などの組織へ侵入できる
   5）アミラーゼなど酵素剤やクエン酸などの有機酸をつくる

3. カビ毒（マイコトキシン）
   1）カビ毒とは
   2）毒をつくる種類とつくらない種類
   3）毒をつくる株とつくらない株
   4）地理的分布
4. 食品のなかでカビ毒はどう分布するか

5. 終わりに

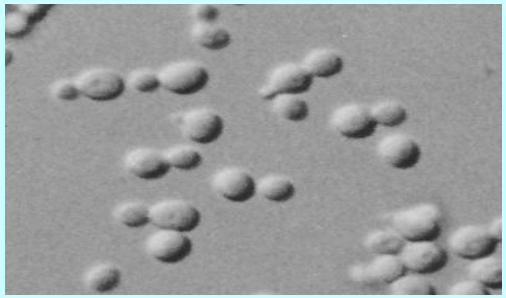
カビ：真菌（菌類）の仲間



1．青かび、コウジカビなど（糸状菌）

2．酵母類

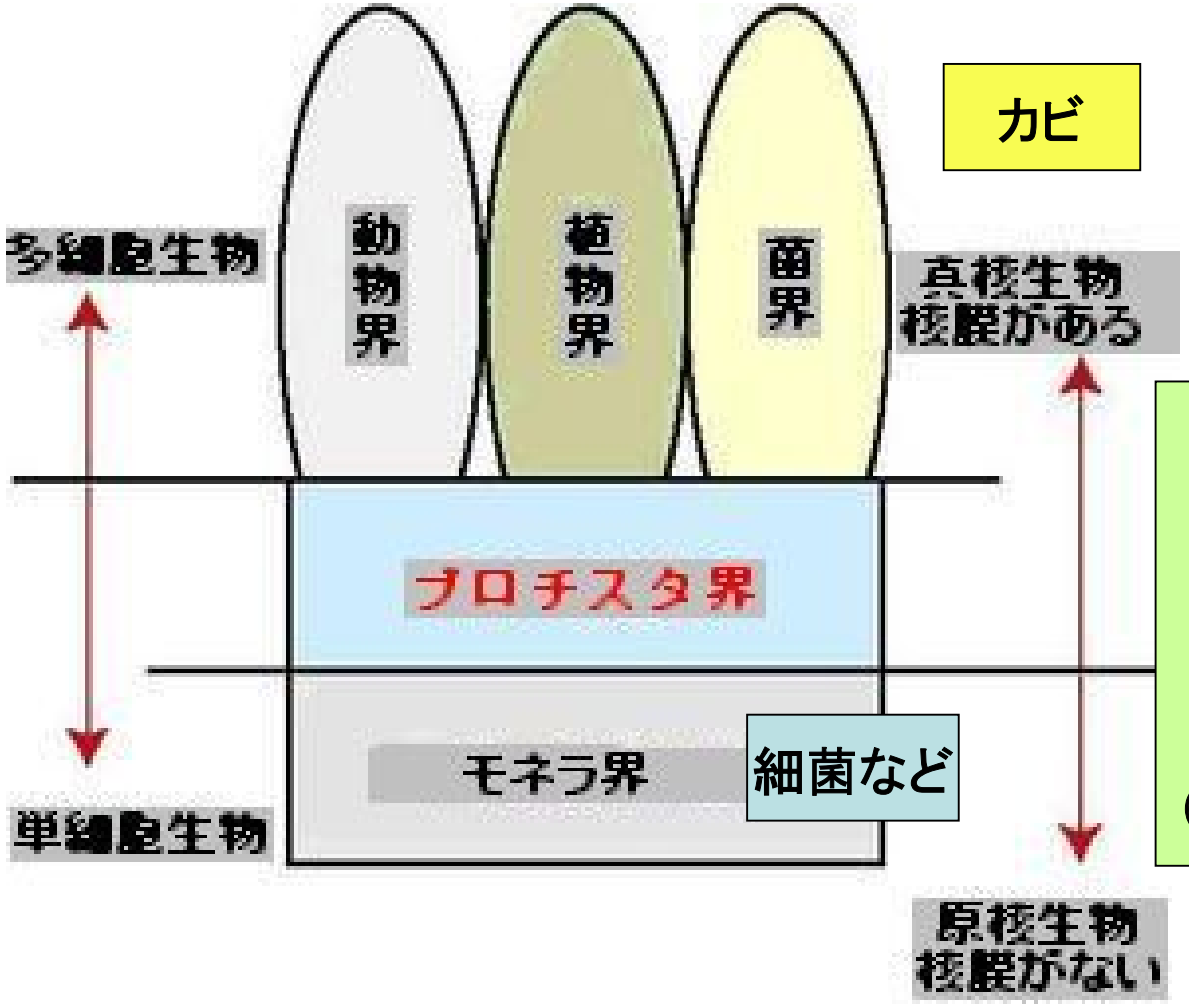
（イースト菌）



3．キノコ

☆細菌とはまったく違う進化した微生物です！

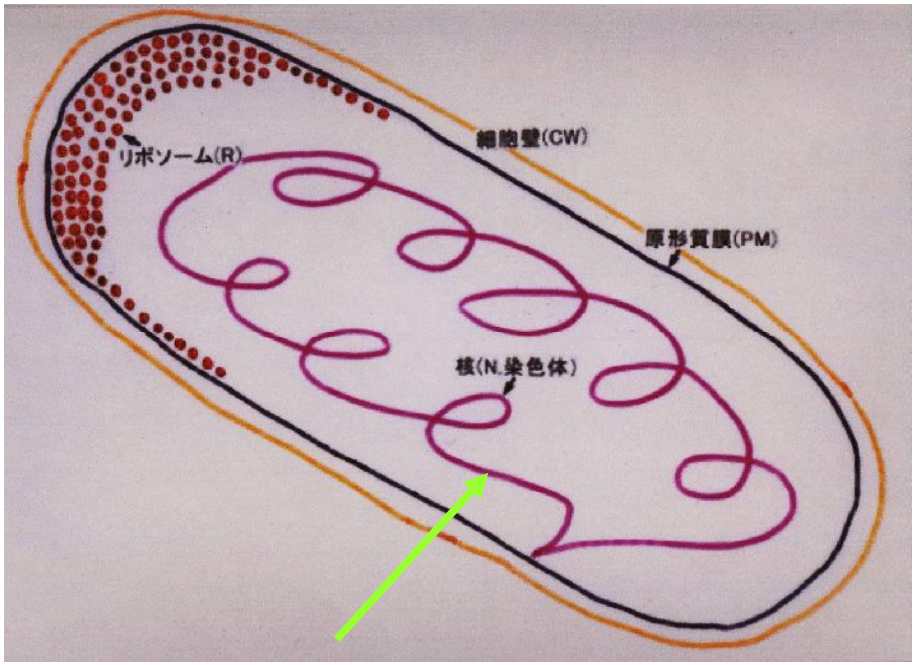
生物の５界説（Whittaker, 1969 ）



現在では、
真核生物（動物、植物、菌類）、 真性細菌、古細菌の三つのドメイン（domain）に分ける説が有力である。
（C. R. Woese ,1990）

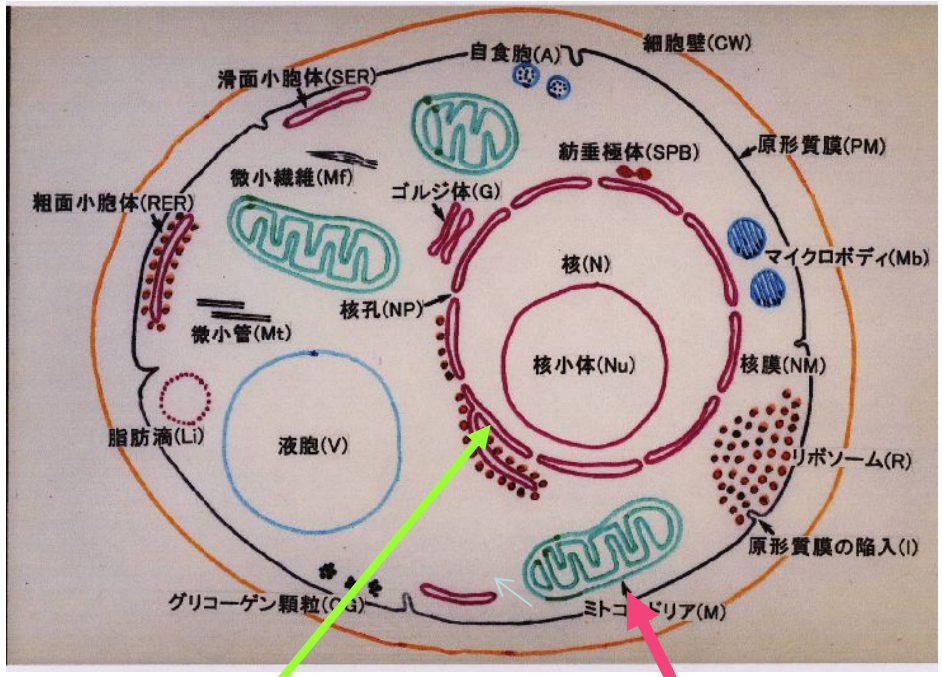
細菌（原核生物）とカビ（真核生物）の細胞の基本構造の違い（横断模式図）

細菌



核様体

カビ



核膜

ミトコンドリア

（千葉大学真菌医学研究センター研修テキストより：　山口正視 先生作図）

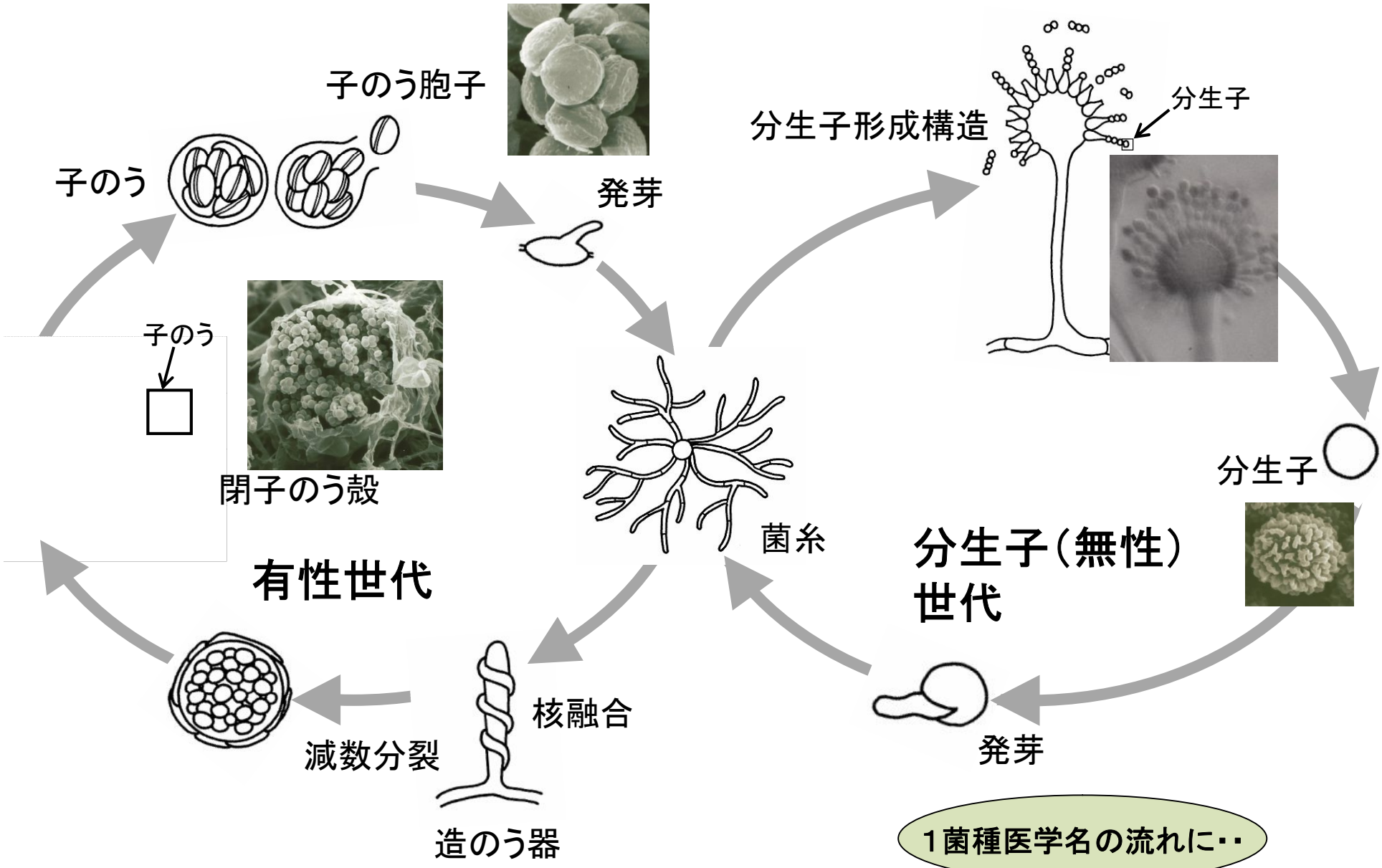


図. 子のう菌(ユーロチウム、無性世代はアスペルギルス)のライフサイクル

今日のお話しの内容

1. カビとは・・・。
2. カビの主な特徴
   1）乾燥した環境でも生育、生存できる
   2）飛散しやすい
   3）日光（紫外線）や薬剤などにも抵抗性がある
   4）菌糸体となって、植物などの組織へ侵入できる
   5）アミラーゼなど酵素剤やクエン酸などの有機酸をつくる

3. カビ毒（マイコトキシン）
   1）　カビ毒とは
   2）毒をつくる種類とつくらない種類
   3）毒をつくる株とつくらない株
   4）地理的分布

4. 食品のなかでカビ毒はどう分布するか
5. 終わりに

乾燥した環境でも生育できる。

サラミ)ソーセージ

表．微生物の生育に必要な最小水分活性と
食品の水分活性（Aw）

微生物あるいは食品	水分活性値
水	1.0
細菌（一般的な）	0.9
ハム	0.9
市販食パン	0．91～0．92
酵母（一般的な）	0.88
サラミソーセージ	0.85
カビ（一般的な）	0.85
カビ（耐浸透圧性）	0.8
食塩飽和溶液	0.75
カビ（好浸透圧性）	0．62～0．80
ブドウ糖の飽和溶液	0.55

Aw = P/PO
P:食品の蒸気圧
PO：純粋の蒸気圧

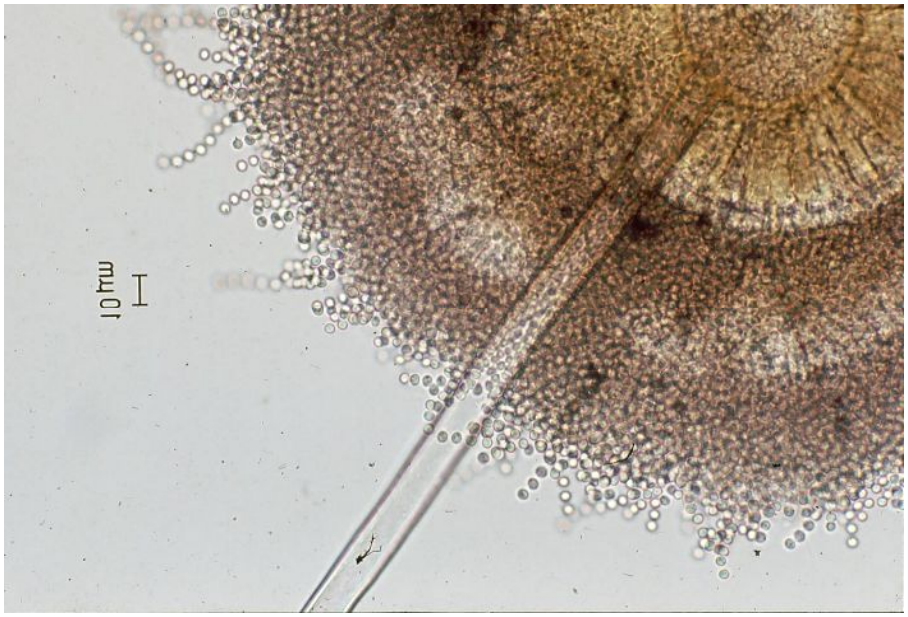
今日のお話しの内容

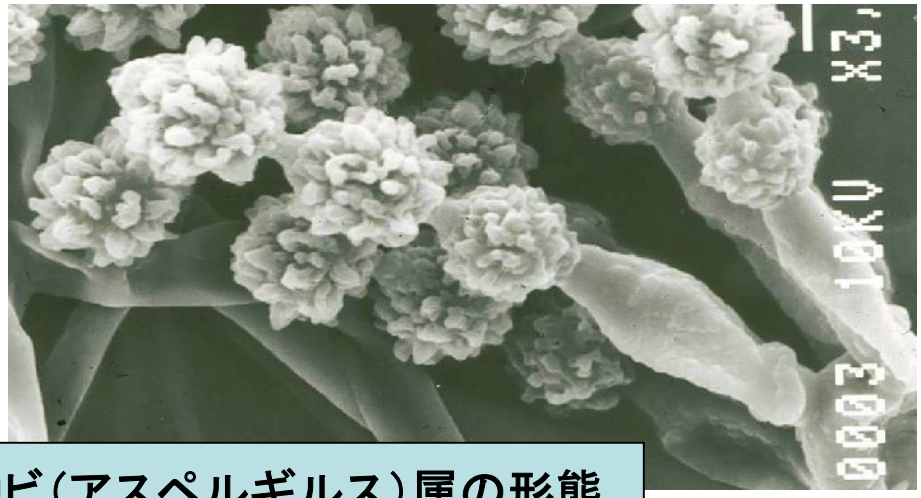
1．カビとは・・・
2．カビの主な特徴
　1）乾燥した環境でも生育、生存できる
　2）飛散しやすい
　3）日光（紫外線）や薬剤などにも抵抗性がある
　4）菌糸体となって、植物などの組織へ侵入できる
　5）アミラーゼなど酵素剤やクエン酸などの有機酸をつくる

3．カビ毒（マイコトキシン）
　1）　カビ毒とは
　2）毒をつくる種類とつくらない種類
　3）毒をつくる株とつくらない株
　4）地理的分布

4．食品のなかでカビ毒はどう分布するか
5．終わりに

飛散しやすいカビの胞子：食品汚染の原因、アレルゲン、真菌症などの原因





コウジカビ（アスペルギルス）属の形態

胞子（分生子）が飛散しやすい→

大量の子孫を風にのせてはこばせることができる。

アオカビ（ペニシリウム）属

クモノスカビ（リゾップス）属

今日のお話しの内容

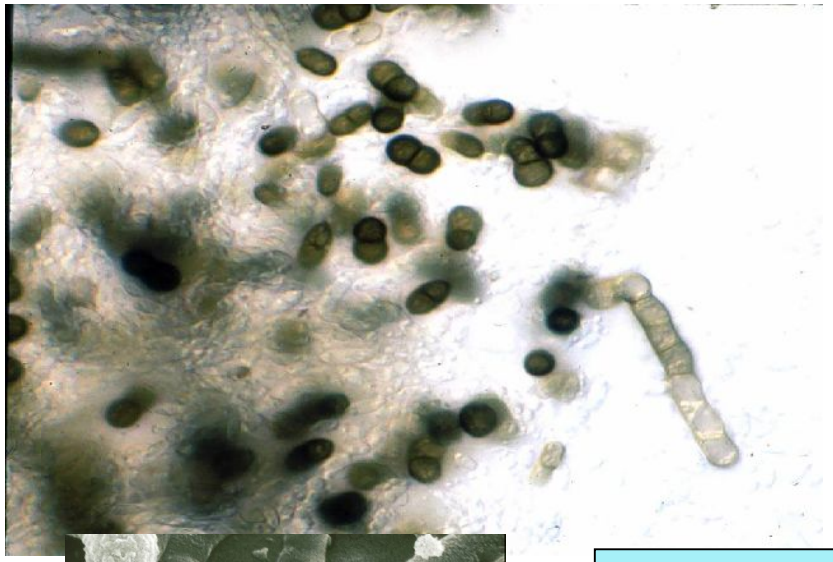
1．カビとは・・・
2．カビの主な特徴
　1）乾燥した環境でも生育、生存できる
　2）飛散しやすい
　3）日光（紫外線）や薬剤などにも抵抗性がある
　4）菌糸体となって、植物などの組織へ侵入できる
　5）アミラーゼなど酵素剤やクエン酸などの有機酸をつくる

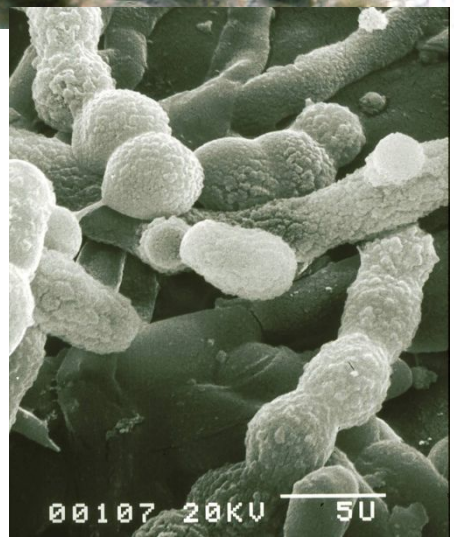
3．カビ毒（マイコトキシン）
　1）　カビ毒とは
　2）毒をつくる種類とつくらない種類
　3）毒をつくる株とつくらない株
　4）地理的分布

4．食品のなかでカビ毒はどう分布するか
5．終わりに

カビは日光やアルコールなどの薬剤にも比較的耐性

特に、黒いカビは日光に耐性





黒すす病菌の
の1種:
オーレオバ
シディウム属
2型性をとる
ことができる

今日のお話しの内容

1. カビとは・・・。
2. カビの主な特徴
   1）乾燥した環境でも生育、生存できる
   2）飛散しやすい
   3）日光（紫外線）や薬剤などにも抵抗性がある
   4）菌糸体となって、植物などの組織へ侵入できる
   5）アミラーゼなど酵素剤やクエン酸などの有機酸をつくる

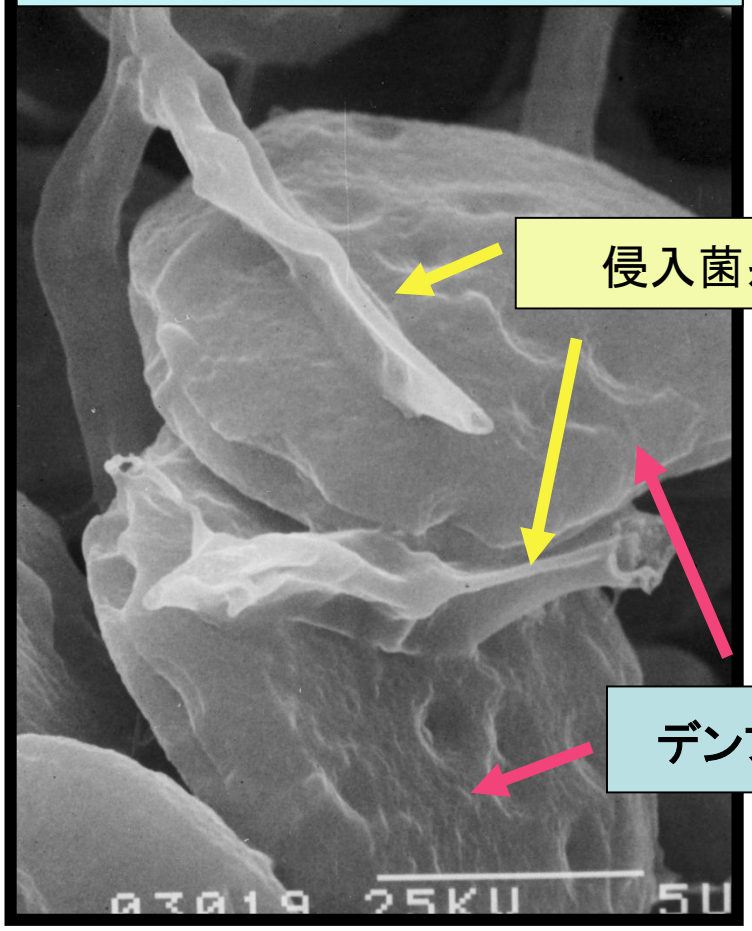
3. カビ毒（マイコトキシン）
   1）カビ毒とは
   2）毒をつくる種類とつくらない種類
   3）毒をつくる株とつくらない株
   4）地理的分布

4. 食品のなかでカビ毒はどう分布するか

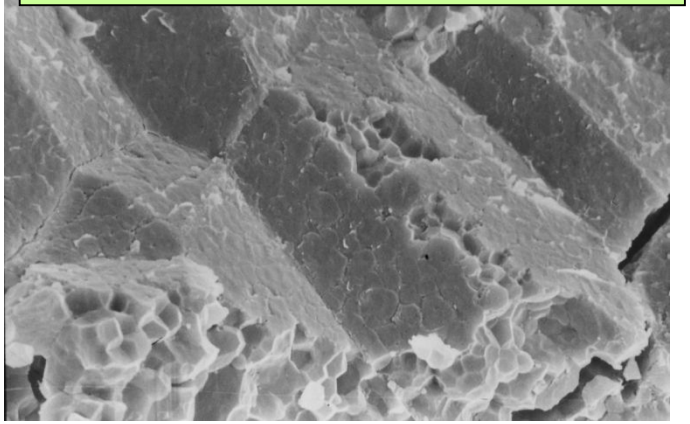
5. 終わりに

菌糸は生物（植物）組織内へ侵入しやすい：病原菌

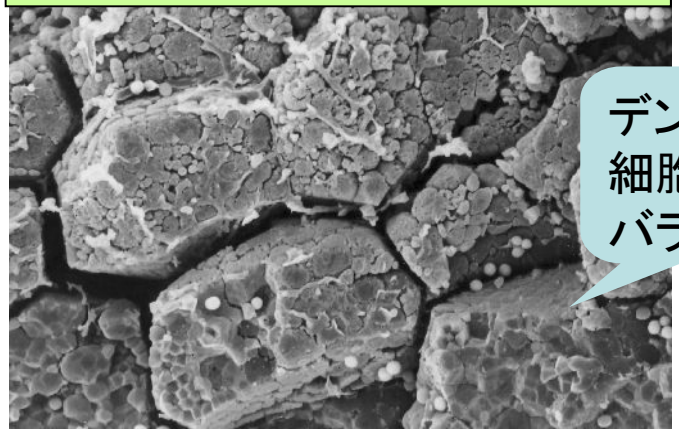
小麦粒に侵入するかびの菌糸



コメの粒内部組織（カビ非汚染）



カビ汚染米



輸入落花生からの培養によるカビ検出: 表面殺菌後培養

今日のお話しの内容

1．カビとは・・・。
2．カビの主な特徴
　1）乾燥した環境でも生育、生存できる
　2）飛散しやすい
　3）日光（紫外線）や薬剤などにも抵抗性がある
　4）菌糸体となって、植物などの組織へ侵入できる
　5）アミラーゼなど酵素剤やクエン酸などの有機酸をつくる

3．カビ毒（マイコトキシン）
　1）カビ毒とは
　2）毒をつくる種類とつくらない種類
　3）毒をつくる株とつくらない株
　4）地理的分布

4．食品のなかでカビ毒はどう分布するか

5．終わりに

クロコウジカビ（*Aspergillus niger* ）と 近縁菌によるクエン酸や各種酵素剤の生産：食品添加物として認可

A. niger : クエン酸、アミラーゼ、アスパラギナーゼ、グルコアミラーゼ、キシラナーゼ、セルラーゼ、β -グルコシダーゼ、ペクチナーゼ、ペプチダーゼ、ヘミセルラーゼ、・・・

A. awamori : インベルターゼ、カタラーゼ、セルラーゼ、ペクチナーゼ、リパーゼ、・・・

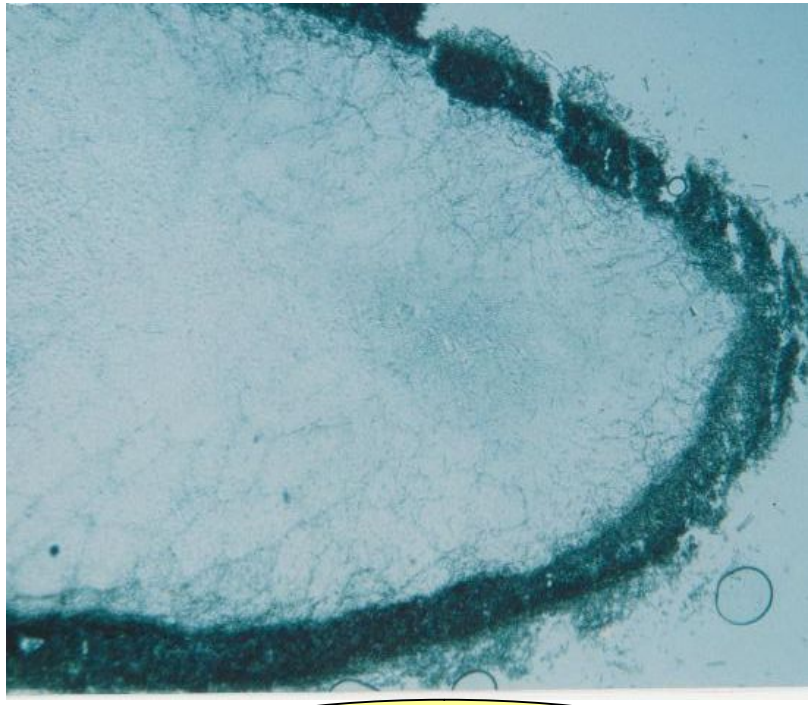
A. usamii : トランスグルコシダーゼ、ナリンギナーゼ、ペクチナーゼ、リパーゼ・・・

平成25年10月22日 消食表第293号 消費者庁次長通知
「食品衛生法に基づく添加物の表示等について」別添1

.

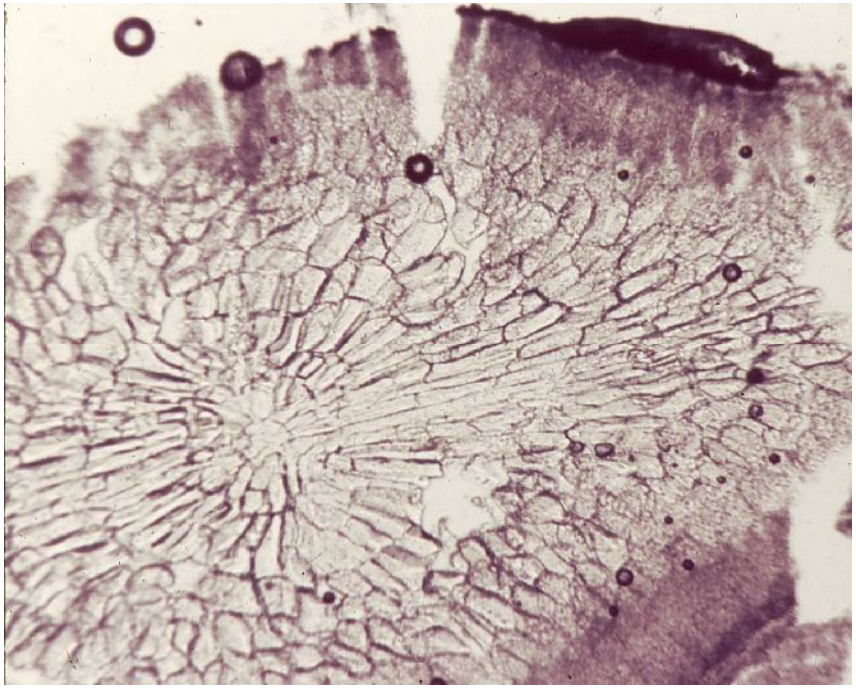
Aspergillus flavus と *Penicillium citrinum*接種
蒸し米における米粒組織の消化状態

A. flavus



組織はほとんど崩壊

P. citrinum



組織細胞がほとんど残存

生産される酵素などは、カビの種類によって異なる

今日のお話しの内容

1. カビとは・・・。
2. カビの主な特徴
   1）乾燥した環境でも生育、生存できる
   2）飛散しやすい
   3）日光（紫外線）や薬剤などにも抵抗性がある
   4）菌糸体となって、植物などの組織へ侵入できる
   5）アミラーゼなど酵素剤やクエン酸などの有機酸をつくる

3. カビ毒（マイコトキシン）とは
   1）カビ毒とは
   2）毒をつくる種類とつくらない種類
   3）毒をつくる株とつくらない株
   4）地理的分布
4. 食品のなかでカビ毒はどう分布するか

5. 終わりに

カビ毒（マイコトキシントキシン）（その1）

- カビ（真菌）がつくる2次代謝産物で、経口的な微量の摂取で、ヒトや家畜に急性的、慢性的な健康被害をもたらす。
- 1960年、英国でのアフラトキシンの発見により大きな問題に
- 2次代謝産物：　生命活動に必ずしも必須でない

  カビ毒、抗生物質、色素など

  1次代謝：　エネルギー代謝、アミノ酸代謝など

  欠損すると生命維持が困難
- カビ毒：産生菌種、産生株が存在

  酵母での産生は、認められていない

  キノコ毒は含まない
- 主として、コウジカビの仲間（アスペルギルス 属）、青カビ（ペニシリウム属）、赤カビ（フザリウム属）などに多い

カビ毒（マイコトキシントキシン）（その2）

- 200種をこえるマイコトキシンが存在するとされるが、現実的に食品などの汚染が問題となるのは、30種ほど
- 菌種によって、つくるカビ毒が決まっている→　カビの菌種同定の一つの手法にも用いられている
- 一つの種で、複数のカビ毒をつくる時が多いため複合的な汚染もある

  例：*Fusarium graminearum*（麦赤カビ病菌）による麦類の汚染→DON, NIV など
- 産生には、好適な温度、湿度と十分な酸素など環境条件が必要
- カビ毒は、比較的低分子　例：アフラトキシンB1　MW：312

  加熱処理に耐性
- 毒性が強く、食品による摂取が懸念されるものについては、規制値が設けられている

アフラトキシンとは

“七面鳥X病”

1960年　イギリスのイングランド地方
10万羽以上の七面鳥雛が斃死
飼料ピーナッツの汚染カビが原因

産生カビ：コウジカビの1種

アスペルギルス　フラバス（*Aspergillus flavus*）：　アフラトキシンB1, B2
（最も広範に分布する）

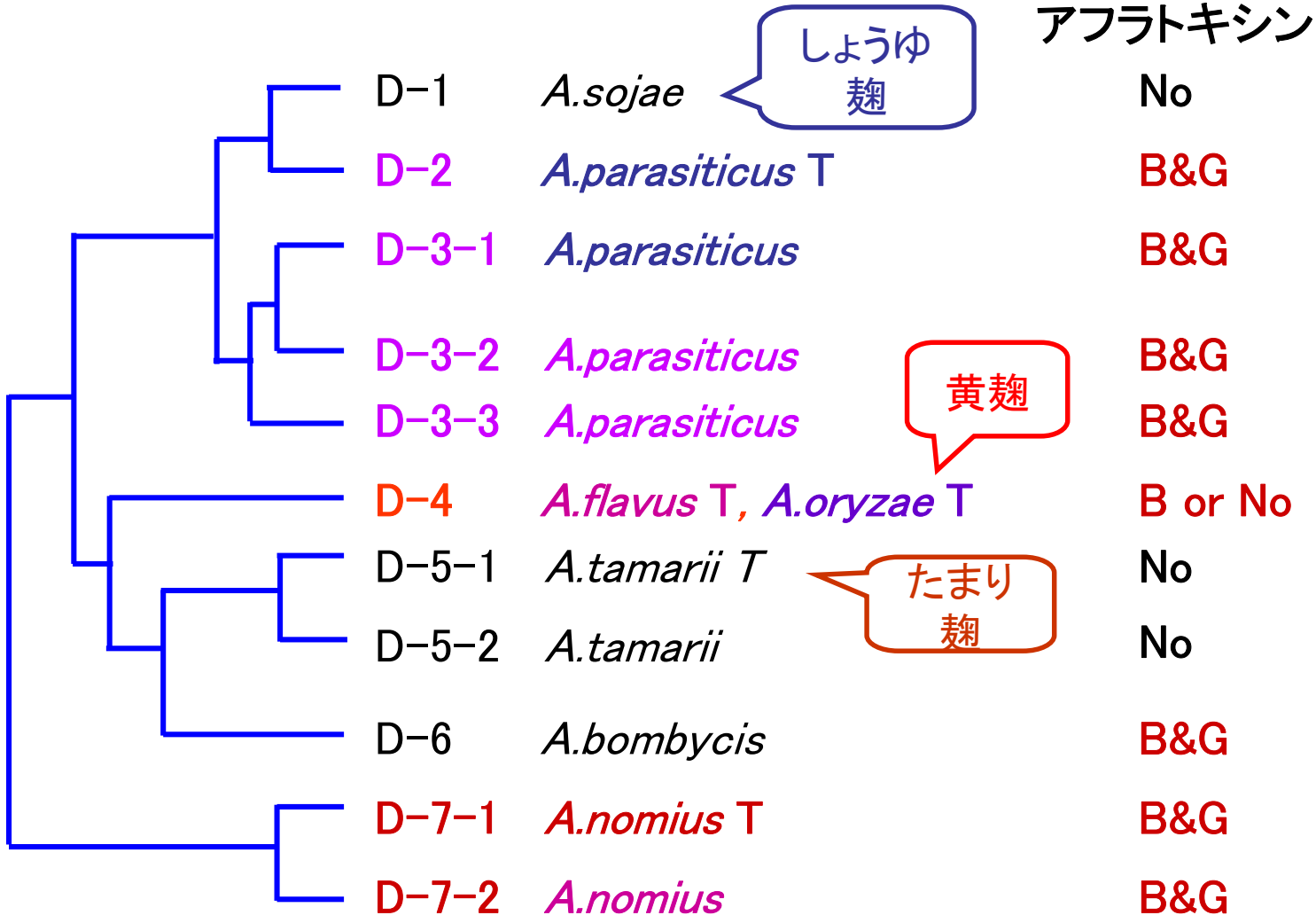
アスペルギルス　パラジティカス（*A. parasiticus* ）　：　B1, B2, G1, G2

アフラトキシンの毒性

急性の肝障害：黄疸、急性腹水症、高血圧、昏睡

慢性毒性：原発性肝がん

遺伝子解析から作成されたアスペルギルス　フラバス菌群の類縁関係とアフラトキシン産生性



(Yokoyama, Takahashi et al, 2003)

今日のお話しの内容

1. カビとは・・・。
2. カビの主な特徴
   1）乾燥した環境でも生育、生存できる
   2）飛散しやすい
   3）日光（紫外線）や薬剤などにも抵抗性がある
   4）菌糸体となって、植物などの組織へ侵入できる
   5）アミラーゼなど酵素剤やクエン酸などの有機酸をつくる

3. カビ毒（マイコトキシン）とは
   1）カビ毒とは
   2）毒をつくる種類とつくらない種類
   3）毒をつくる株とつくらない株
   4）地理的分布
4. 食品のなかでカビ毒はどう分布するか

5. 終わりに

毒をつくらないカビ

柑橘類青カビ病

イチゴ灰色カビ病

ロックフォルチィ

カワキコウジカビ
（ユーロチウム）

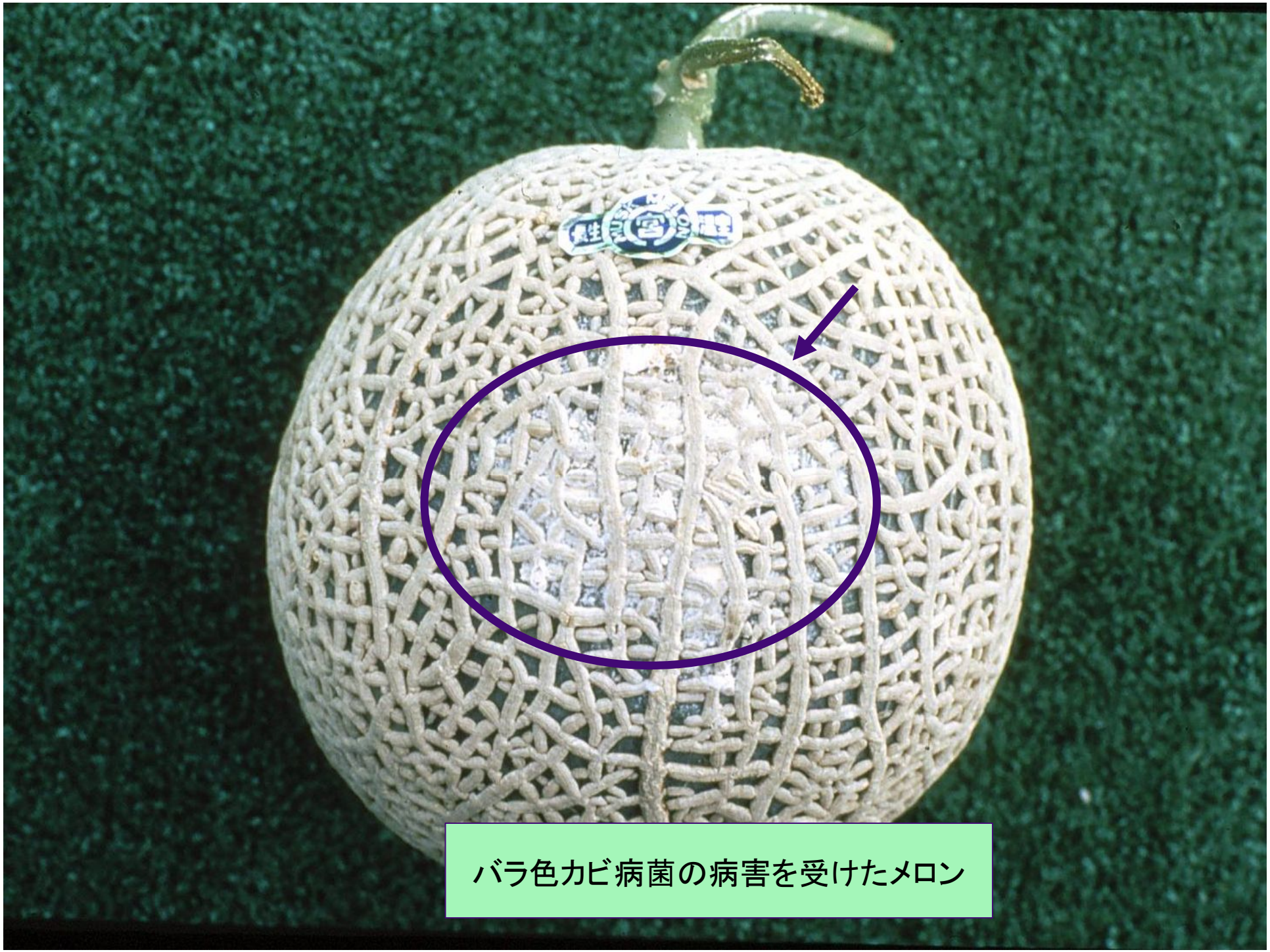
毒をつくるカビは、主として、
コウジカビ、青カビ、赤カビなどに多い。
つくらないカビは、食品製造にも
利用される。

本邦に分布する主なカビ毒産生菌と汚染されやすい食品類

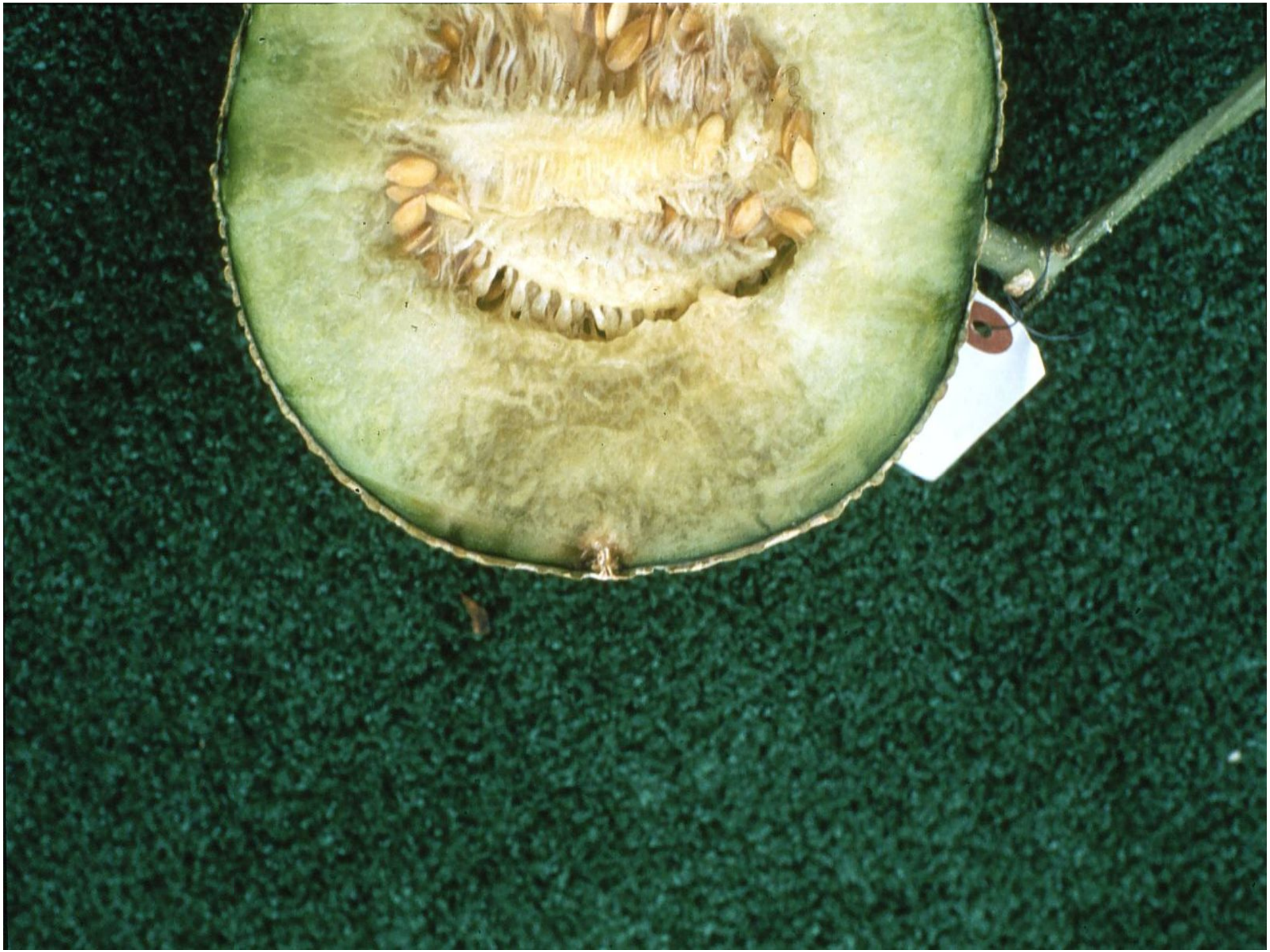
菌種名	汚染されやすい食品・原料	産生毒素	分布など
アスペルギルス（*Aspergillus*）属			
A. flavus	落花生、コメなどの貯蔵穀物、	アフラトキシン	九州南部以南
A. westerdijkiaes	コメなどの貯蔵穀物	オクラトキシン	関東以南？
A. niger	食パン、ブドウなどの果実類など	フモニシン、オクラトキシン	関東以南？
A. versicolor	貯蔵米・乳製品	ステリグマトシスチン	日本全土
ペニシリウム（*Penicillium*）属			
P. verrucosum	貯蔵穀物・乳製品	オクラトキシン・シトリニン	北日本・低温環境
P. expansum	リンゴなど果実・貯蔵穀物	パツリン	日本全土
P. commune *P. roqueforti*	チーズなどの乳製品	シクロピアゾン酸・ロックフォルチン	低温環境
赤カビ（*Fusarium*）属			
F. graminearum	麦類	デオキシニバレノール・ニバレノール	日本全土
F. sporotrichioides	麦類	T-2トキシン・ディアセトキシスシルペノールなど	北日本
バラ色カビ病菌（*Trichothecium*属）			
T. roseum	マスクメロン・トマトなど	トリコテシン	日本全土

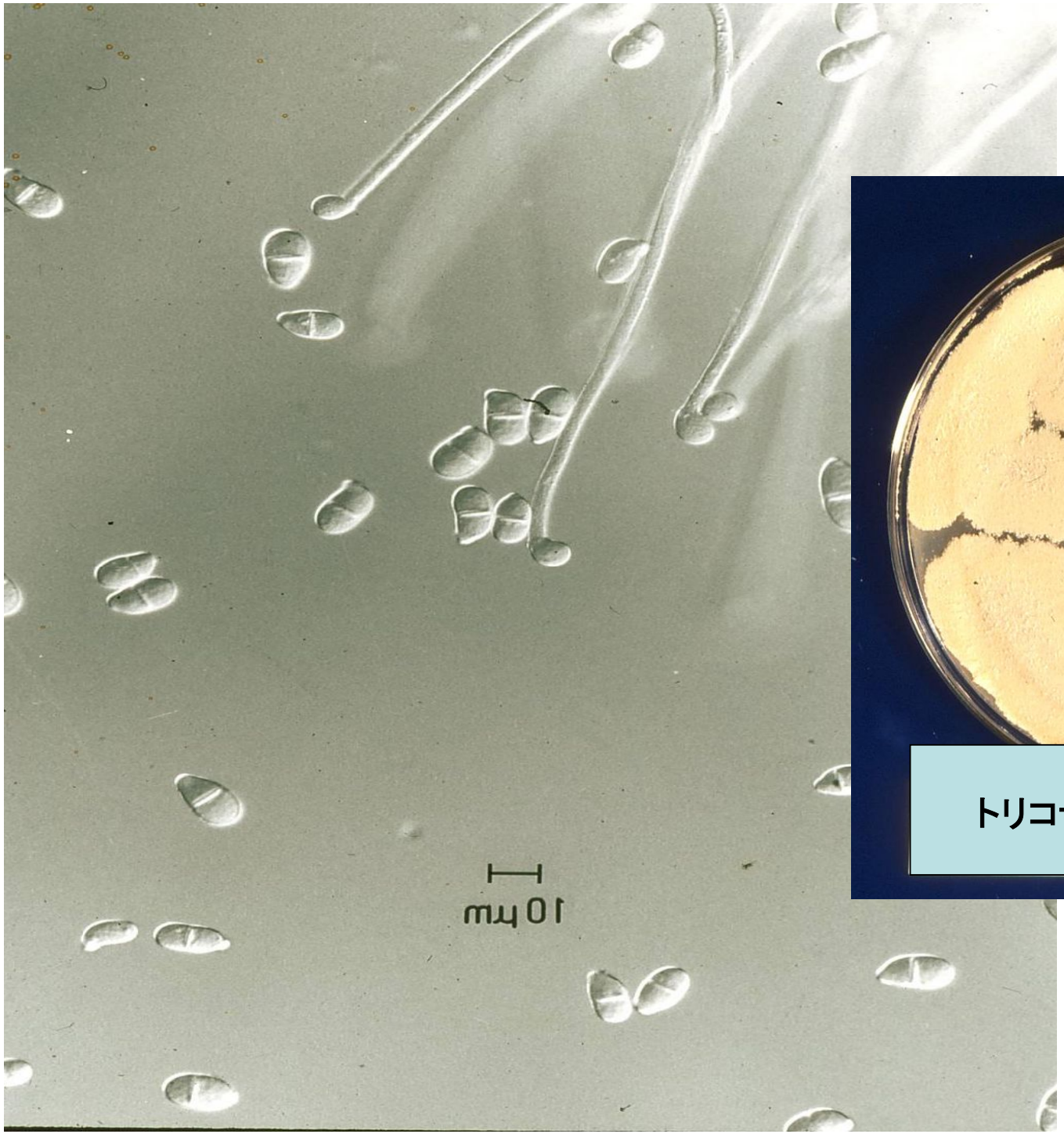
マスクメロンが苦い－中毒

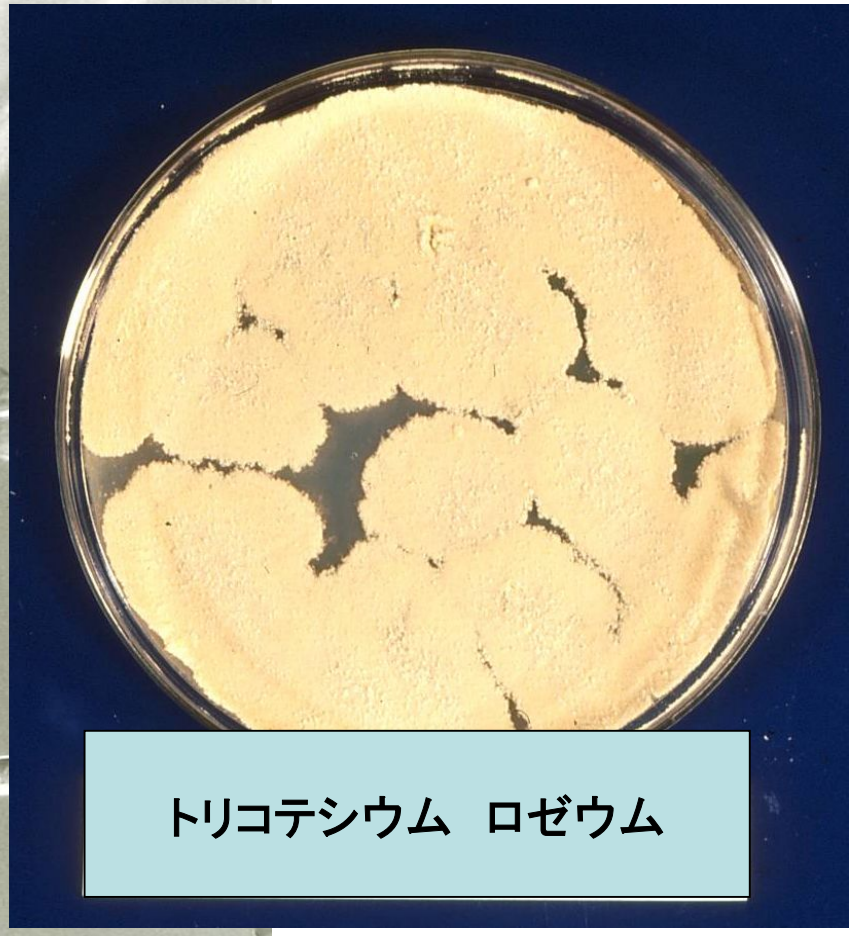
- *Trichothecium roseum*（*トリコテシウム ロゼウム*＝バラ色カビ病菌）による病害
- マスクメロン、トマト、モモなどを好んで侵害する
- 病原性が弱く、損傷部から侵入し、消費者が食する頃に病害が進行
- カビ毒、トリコテシンを汚染果実中に産生
- この細胞毒性が強く、消化器系粘膜に損傷を与える
  特に、潰瘍などの前歴があると激痛をともなう



バラ色カビ病菌の病害を受けたメロン







トリコテシウム　ロゼウム

今日のお話しの内容

1. カビとは・・・。
2. カビの主な特徴
   1）乾燥した環境でも生育、生存できる
   2）飛散しやすい
   3）日光（紫外線）や薬剤などにも抵抗性がある
   4）菌糸体となって、植物などの組織へ侵入できる
   5）アミラーゼなど酵素剤やクエン酸などの有機酸をつくる

3. カビ毒（マイコトキシン）とは
   1）カビ毒とは
   2）毒をつくる種類とつくらない種類
   3）毒をつくる株とつくらない株
   4）地理的分布

4. 汚染食品のなかでカビ毒はどう分布するか

5. 終わりに

表．アフラトキシン産生菌の分離源による産生株の比率変化

菌　種	分離源	陽性率 % （産生株/分離株）
アスペルギルス　フラバス （*Aspergillus flavus*）	コメ	約25～30%
	トウモロコシ	約25～30%
	落花生（輸入）	約80～90%
	その他のナッツ類	約80～90%
	香辛料	約80～90%
アスペルギルス　パラディチカス （*Aspergillus parasiticus*）	落花生、香辛料など	ほぼ100%

今日のお話しの内容

1．カビとは･･･。

2．カビの主な特徴

　1）乾燥した環境でも生育、生存できる

　2）飛散しやすい

　3）日光（紫外線）や薬剤などにも抵抗性がある

　4）菌糸体となって、植物などの組織へ侵入できる

　5）アミラーゼなど酵素剤やクエン酸などの有機酸をつくる

3．カビ毒（マイコトキシン）とは

　1）カビ毒とは

　2）毒をつくる種類とつくらない種類

　3）毒をつくる株とつくらない株

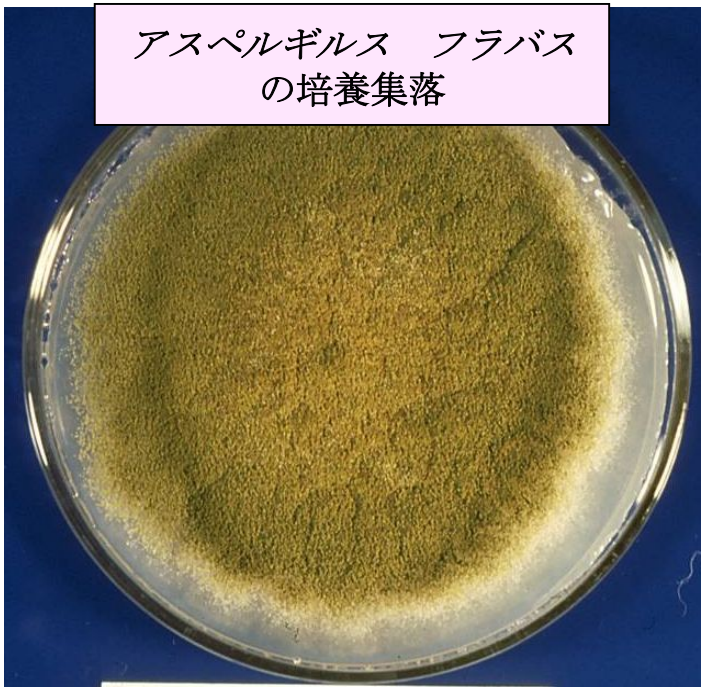
　4）地理的分布

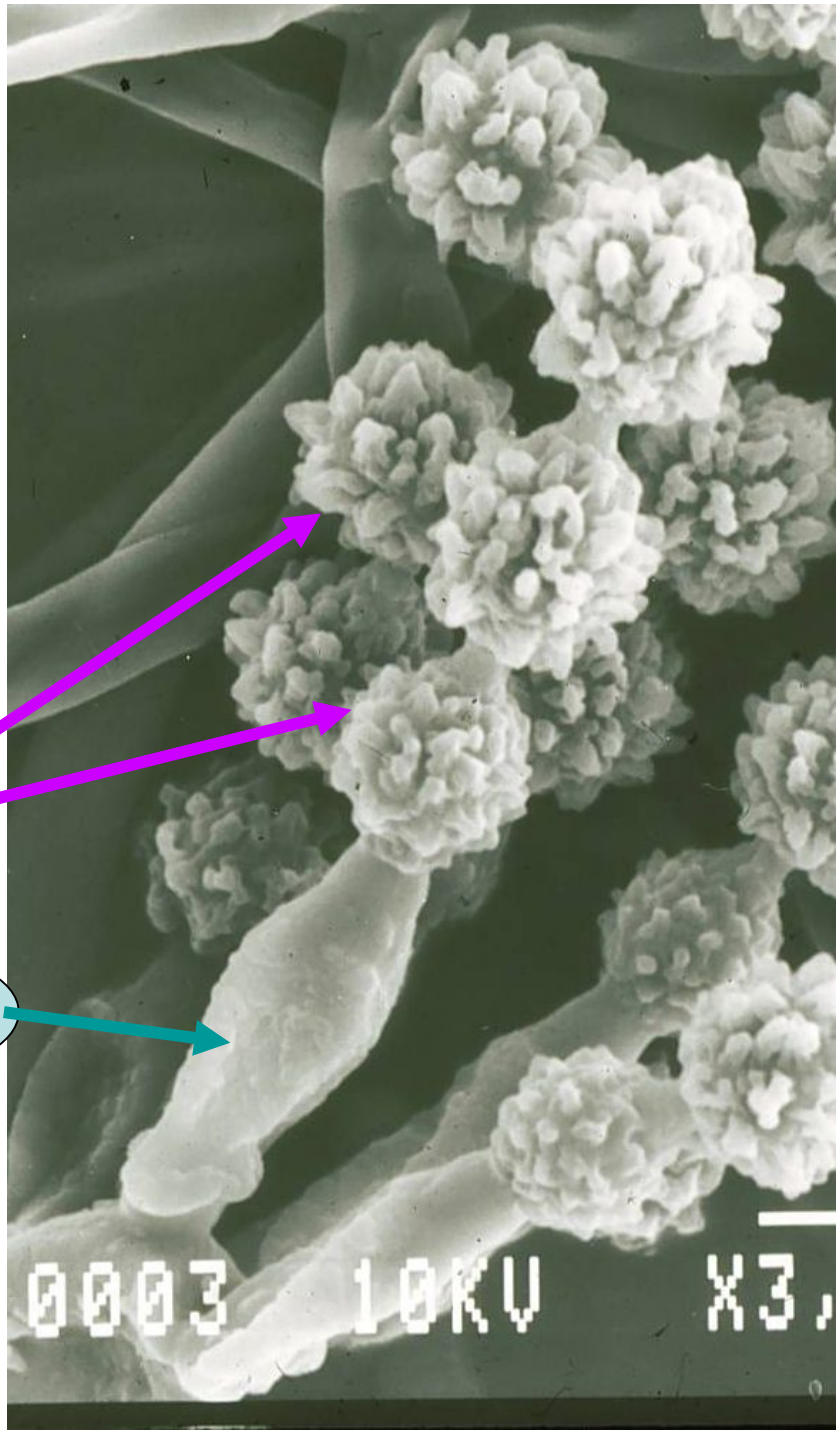
4．汚染食品のなかでカビ毒はどう分布するか

5．終わりに

本邦に分布する主なカビ毒産生菌と汚染されやすい食品類

菌種名	汚染されやすい食品・原料	産生毒素	主な分布
アスペルギルス（*Aspergillus*）属			
A. flavus	落花生、コメなどの貯蔵穀物、	アフラトキシン	九州南部以南
A. westerdijkiaes	コメなどの貯蔵穀物	オクラトキシン	関東以南？
A. niger	食パン、ブドウなどの果実類など	フモニシン、オクラトキシン	関東以南？
A. versicolor	貯蔵米・乳製品	ステリグマトシスチン	日本全土
ペニシリウム（*Penicillium*）属			
P. verrucosum	貯蔵穀物・乳製品	オクラトキシン・シトリニン	北日本・低温環境
P. expansum	リンゴなど果実・貯蔵穀物	パツリン	日本全土
P. commune *P. roqueforti*	チーズなどの乳製品	シクロピアゾン酸・ロックフォルチン	低温環境
赤カビ（*Fusarium*）属			
F. graminearum	麦類	デオキシニバレノール・ニバレノール	日本全土
F. sporotrichioides	麦類	T-2トキシン・ディアセトキシスシルペノールなど	北日本
バラ色カビ病菌（*Trichothecium*属）			
T. roseum	マスクメロン・トマトなど	トリコテシン	日本全土





分生子

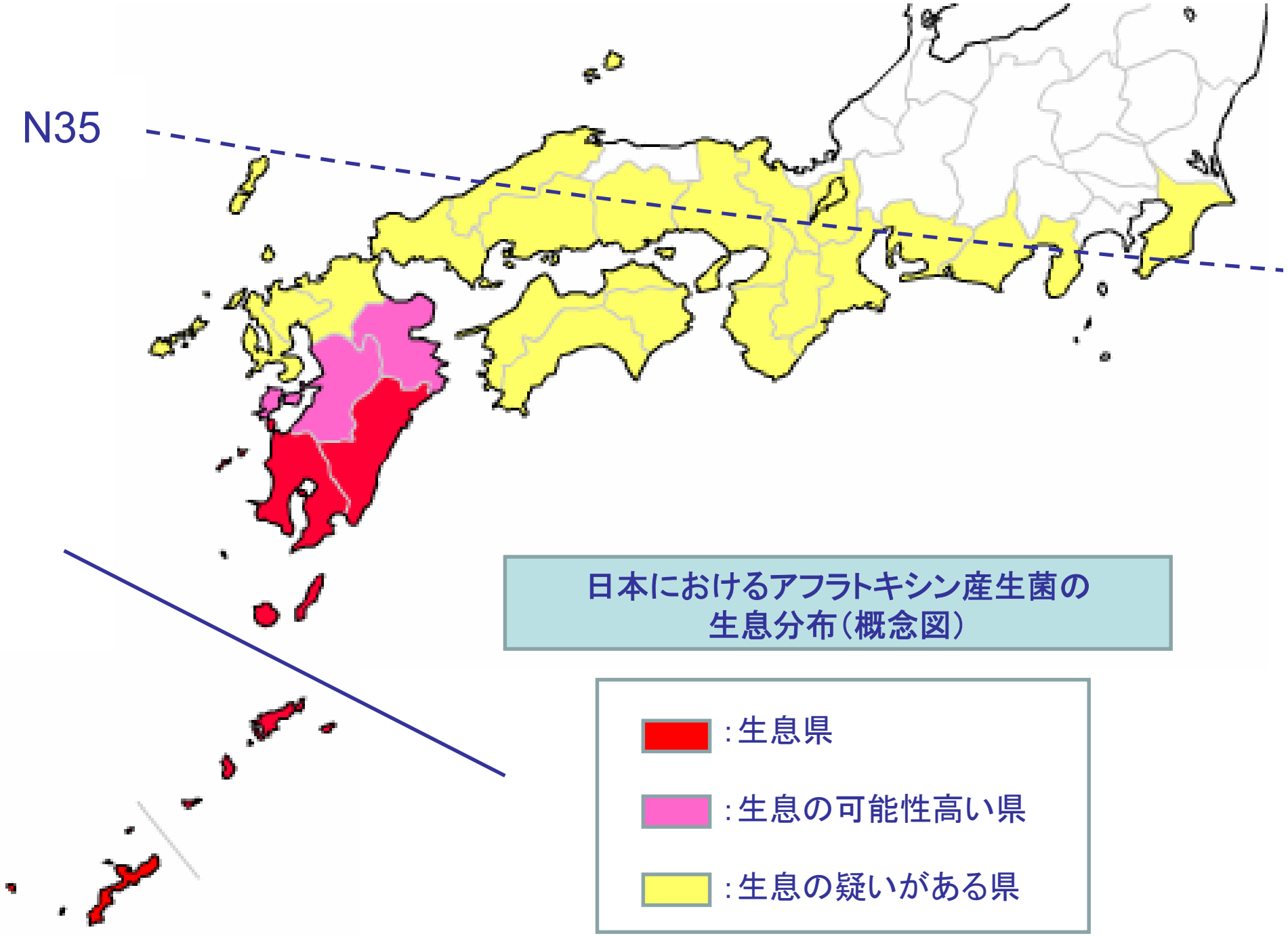
フィアライド

頂のう

メトレ

アジアにおけるアフラトキシン産生菌の検出頻度
（鶴田、真鍋,1978）

アフラトキシン産生菌の分布：主に熱帯・亜熱帯


N35
日本におけるアフラトキシン産生菌の
生息分布（概念図）
：生息県
：生息の可能性高い県
：生息の疑いがある県

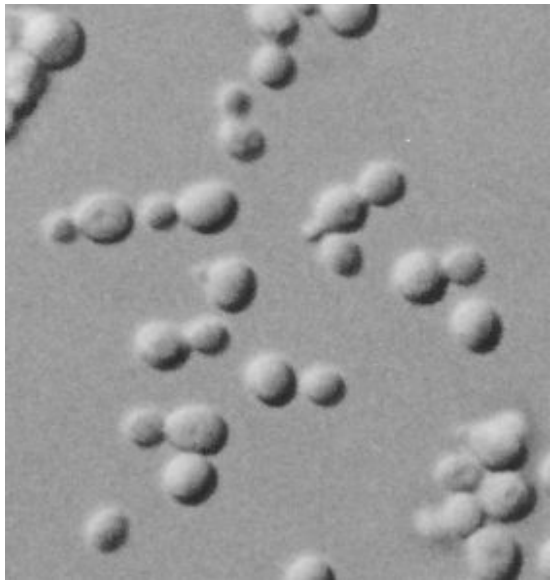
千葉県産落花生におけるアフラトキシンとその産生菌の検査結果（2000～2009年）

年度	検体数	菌検査			化学検査
		アフラトキシン産生菌種			アフラトキシン検出検体数＊２
		分離検体数	分離株数	産生株数	
2000（H12）	18	0	0	—＊１	0
2001（H13）	18	1	1	1	0
2002（H14）	18	0	0	—	0
2003（H15）	18	0	0	—	0
2004（H16）	18	0	0	—	0
2005（H17）	18	0	0	—	0
2006（H18）	18	2	2	0	0
2007（H19）	12	0	0	—	0
2008（H20）	12	2	3	2（B群のみ）	0
2009（H21）	12	0	0	—	0

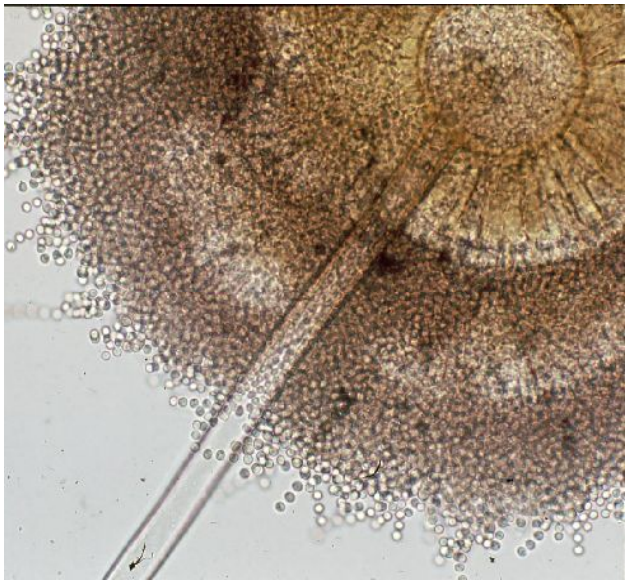
＊１：検査せず。　＊２：食品化学研究室の検査による。

千葉県衛生研究所年報より

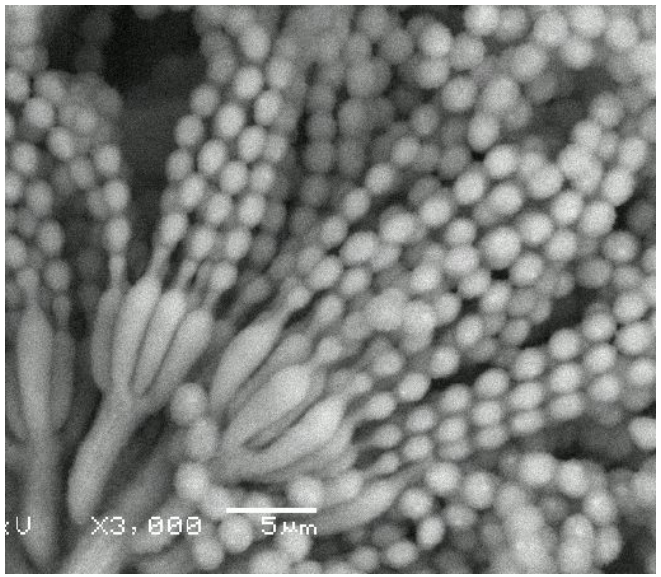
毒カビまとめ



×酵母



〇コウジカビ



〇青カビ

産生菌種、産生株、
産生条件（栄養、温度、酸素、etc）がある
カビ＝毒カビ、カビ毒汚染食品でない

今日のお話しの内容

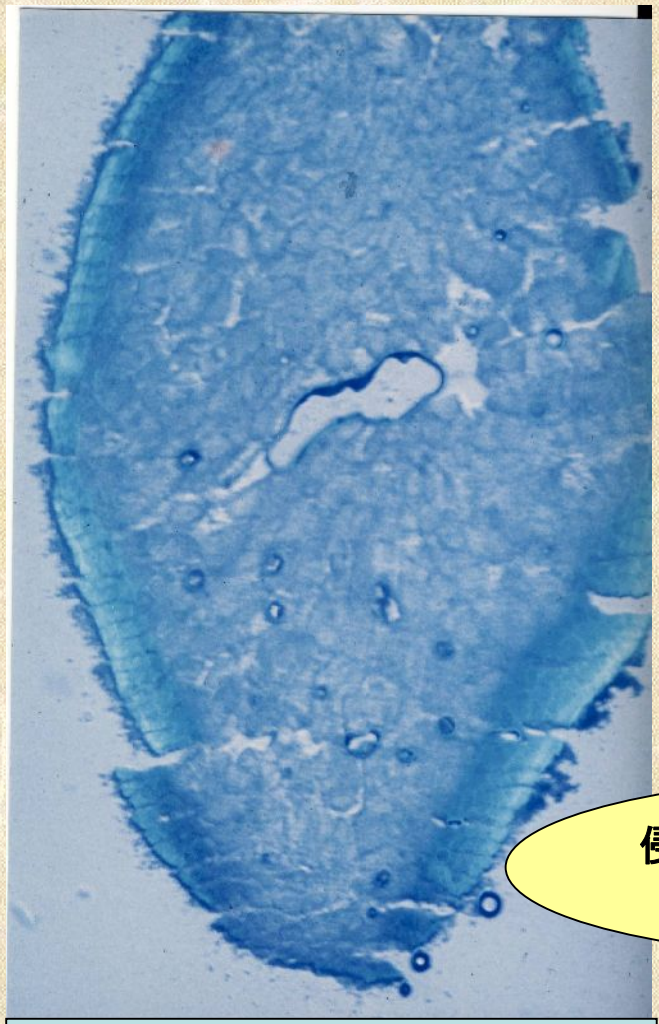
1．カビとは･･･。
2．カビの主な特徴
　1）乾燥した環境でも生育、生存できる
　2）飛散しやすい
　3）日光（紫外線）や薬剤などにも抵抗性がある
　4）菌糸体となって、植物などの組織へ侵入できる
　5）アミラーゼなど酵素剤やクエン酸などの有機酸をつくる

3．カビ毒（マイコトキシン）とは
　1）カビ毒とは
　2）毒をつくる種類とつくらない種類
　3）毒をつくる株とつくらない株
　4）地理的分布

4．汚染食品のなかでカビ毒はどう分布するか

5．終わりに

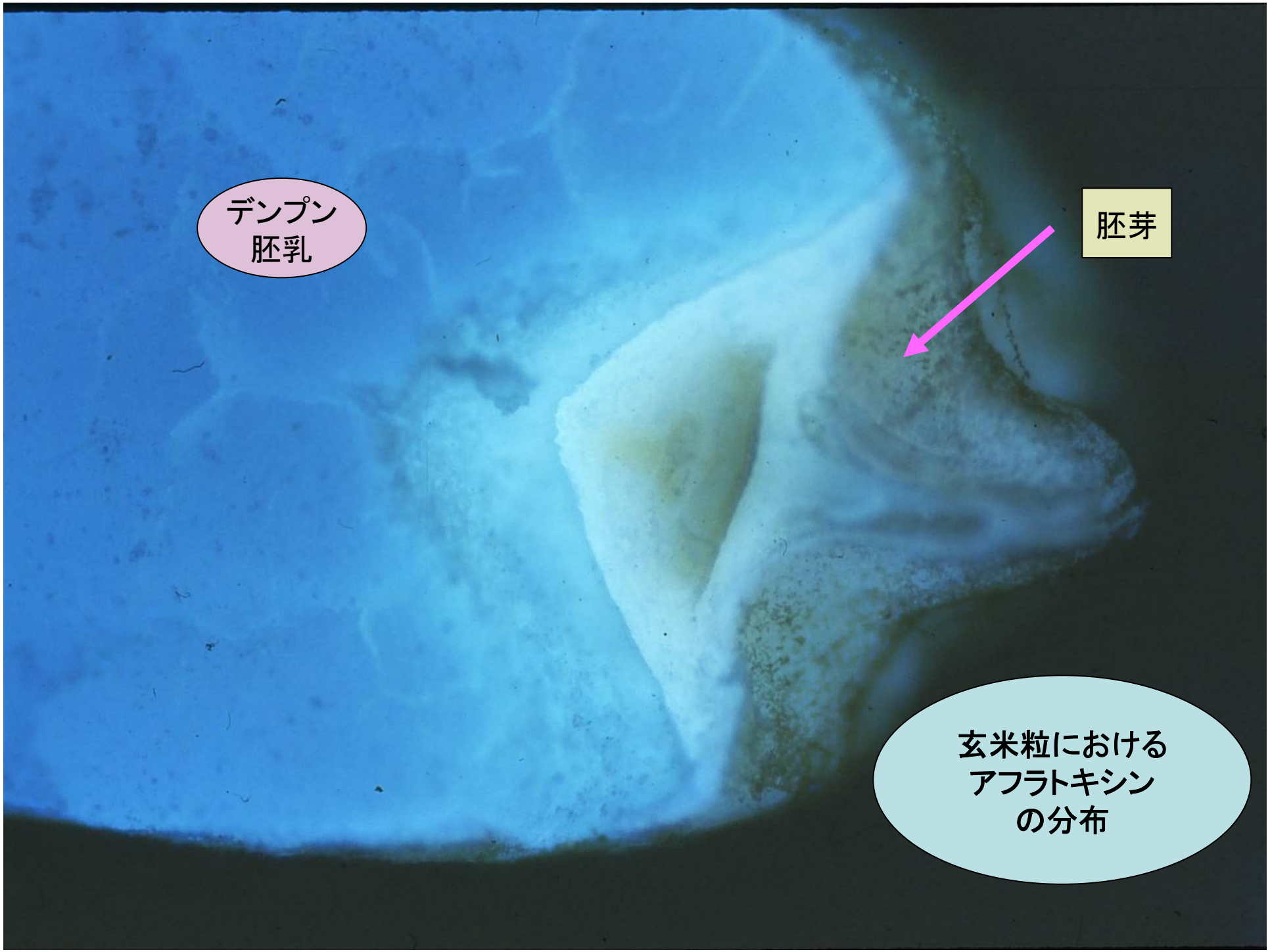
カビ毒はどこまで分布するか？

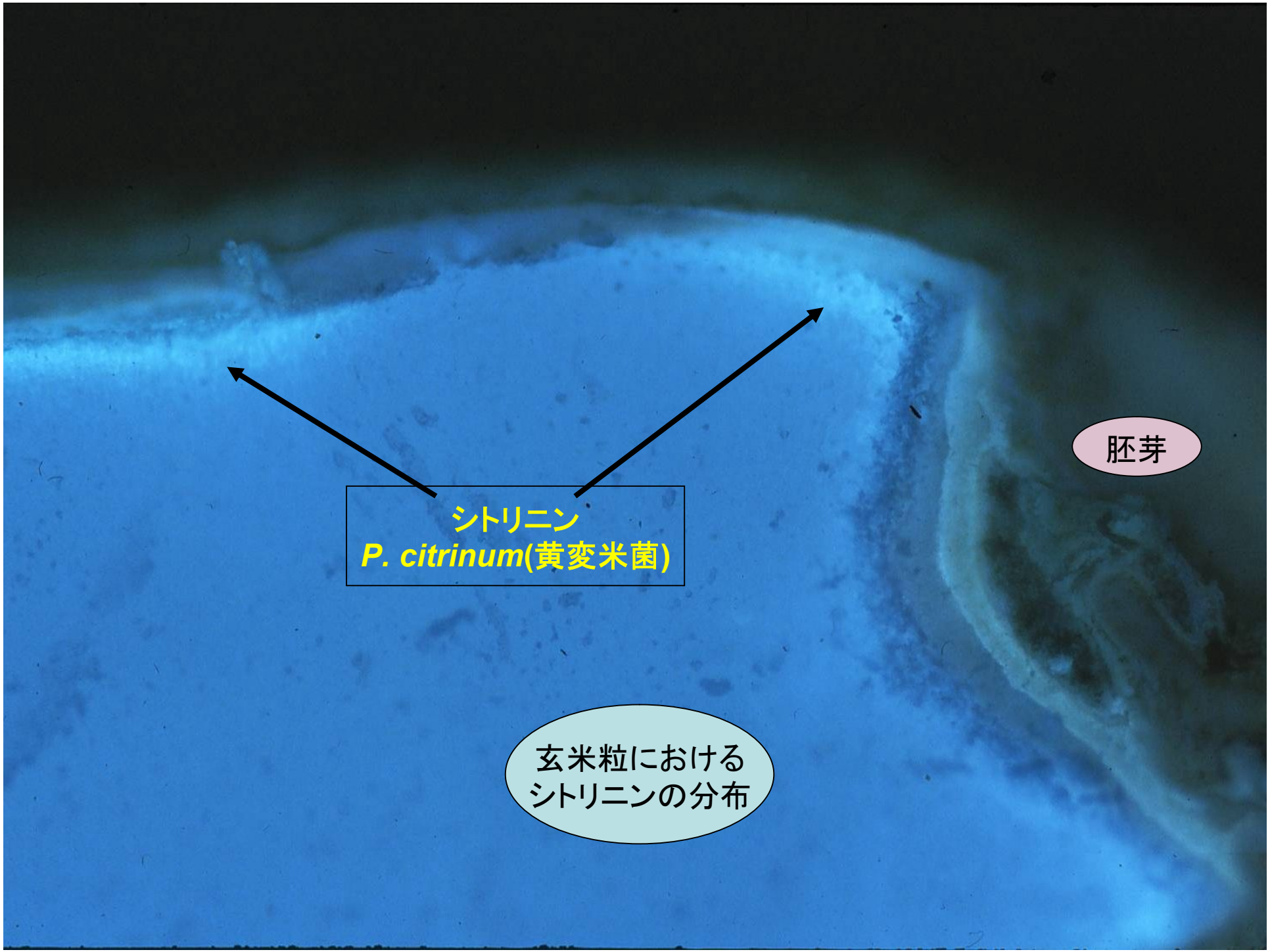


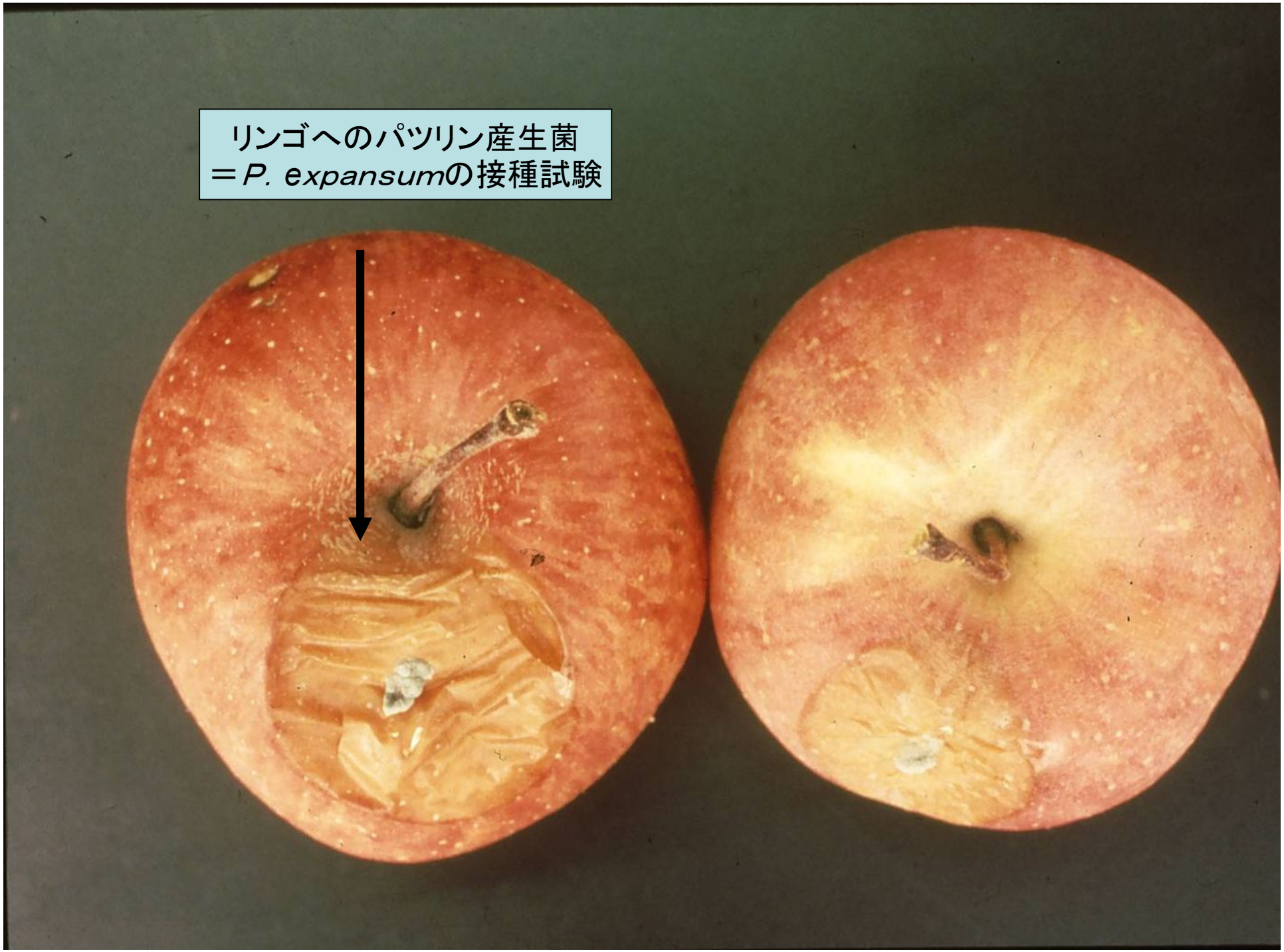
米粒における毒（シトリニン）の分布

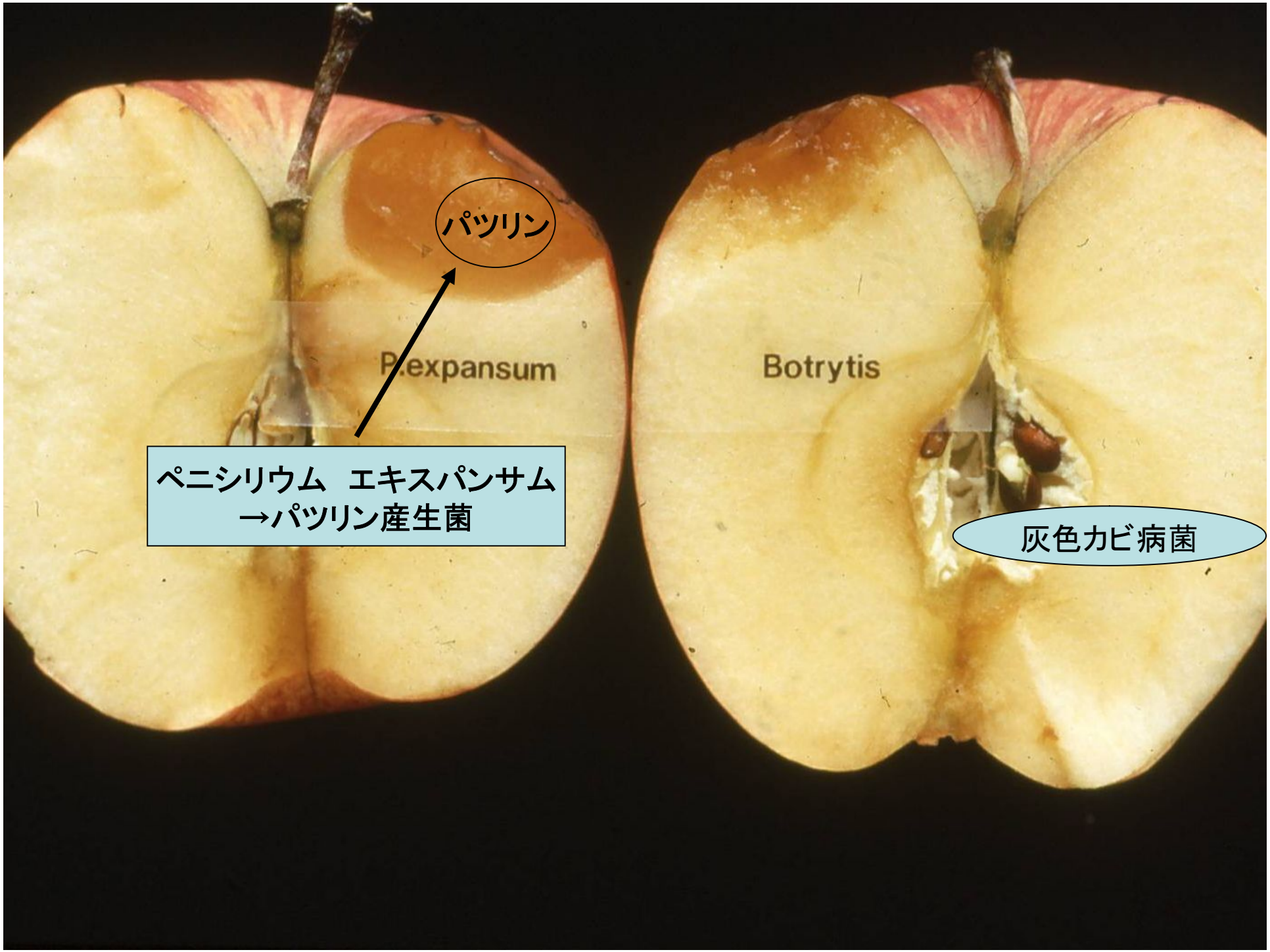
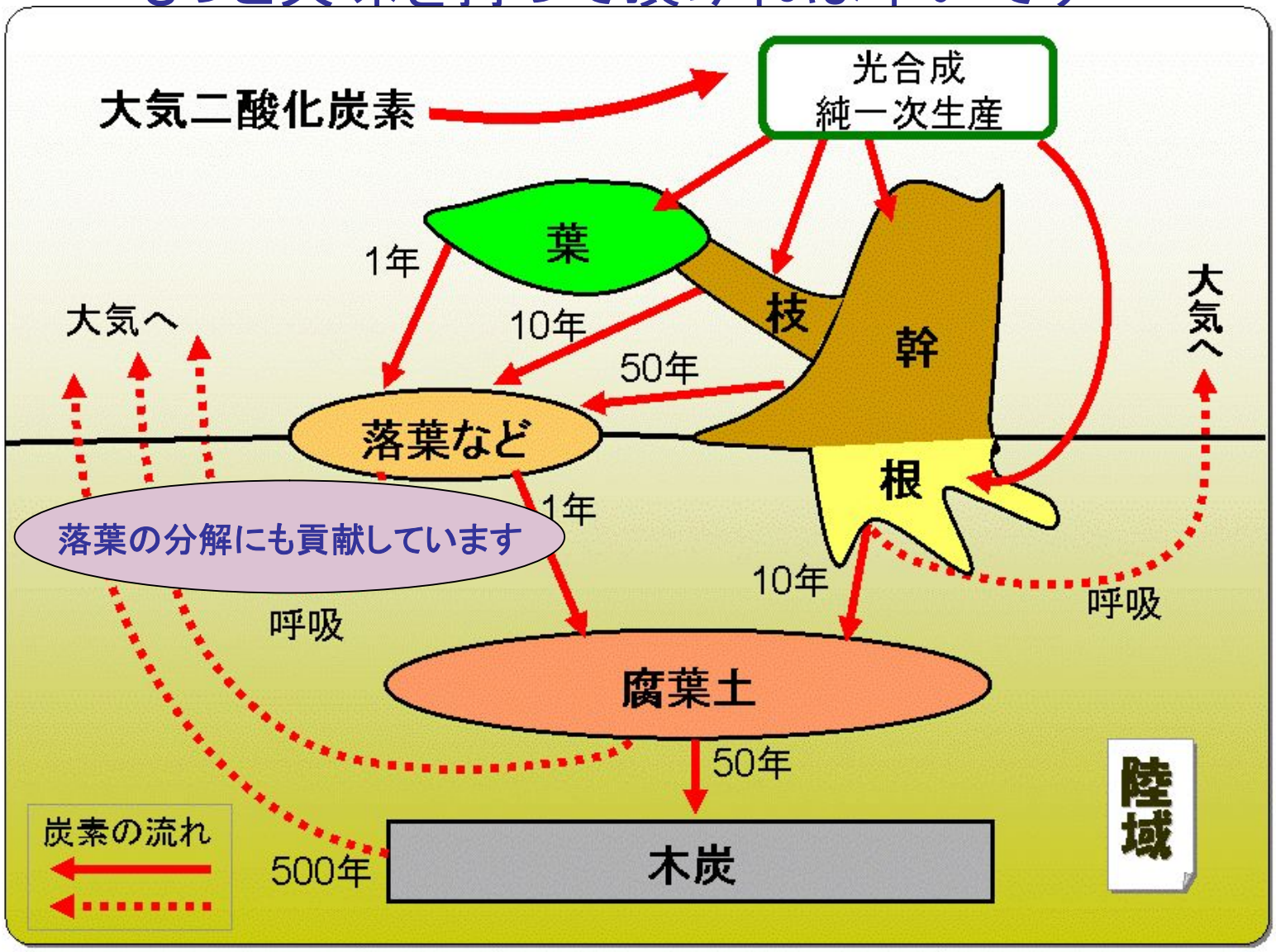
米粒における進入菌糸の分布

侵入菌糸とカビ毒の分布は
ほぼ一致


デンプン
胚乳
胚芽
玄米粒における
アフラトキシン
の分布


シトリニン
P. citrinum(黄変米菌)
胚芽
玄米粒における
シトリニンの分布


リンゴへのパツリン産生菌
＝P. expansumの接種試験


パツリン
P.expansum
ペニシリウム　エキスパンサム
→パツリン産生菌
Botrytis
灰色カビ病菌

おわりに：カビは偉大な微生物です。
もっと興味を持って頂ければ幸いです