総説

マイコトキシン産生糸状菌の汚染の現状とその問題点

一戸正勝* 倉田浩*

Present Status of the Mycotoxin-producing Fungi Contaminated with Domestic and Imported Foodstuffs

Masakatsu ICHINOE and Hiroshi KURATA

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

諸外国におけるマイコトキシンに関する調査研究を展望すると、特に1970年以降から、アフラトキシンをはじめ、いくつかの発ガン性マイコトキシンの各種農作物に対する自然汚染の実態調査に主眼がおかれ、その結果として、米、麦、とうもろこしなどの主要農作物の汚染状況がしだいに明確化され始めた¹⁾。今のところアフラトキシンが中心となっているが、しだいにステリグマトシスチン、オクラトキシン、ゼアラレノン、トリコテセン系マイコトキシンなど、その検索の対象が拡大されるに従い、それらの複合汚染の実態が解明される時期が近づいていると思われる。これらは、いうまでもなく、最近における微量化学分析技術の飛躍的な進歩に基づく成果であることに、異論を唱えるものはいないであろう。自然汚染データの集積により、予防に関しての的確な対策がそれぞれの国においてたてられつつある。

マイコトキシンの自然汚染、いわゆる Natural occurrence of mycotoxins は、まず農作物がカビの侵害を受けることに端を発し、次にそのカビがマイコトキシン産生性を有する種類であること、さらにそのマイコキシンの産生に適する諸種の外的条件が与えられることなどが必須とされている。ある農作物に自然汚染が証明された時に、その原因をつきとめ、有効な予防措置を講ずるためには、その農産物がまだ耕作されつつあった時点にまでさかのぼり、以後、収穫、調整、輸送、貯蔵の各時期のチェックが順を追って刻明に実施されねばならない。この場合に必要なのは、真菌学的ならびに化学的検索が同時に行われるべきである。ところが実際には、両専門家の協力体制が必ずしも十分でなく、このあ

たりの知見が極めて乏しくて、両者の関係を明確にするべき資料が整わないのが現状である。著者の一人である倉田は、さきに本誌その他で、主要農作物のカビフローラに関する真菌学的調査の結果を総説^{2),3)}としてまとめたが、その時点では、まだ自然汚染のデータはもとより、自然汚染の予知に役立つ情報の一つであるマイコトキシン産生菌の汚染状況に関してもわずかな報告があるだけにすぎなかった。

ここ数年来、著者らは、この問題の究明を重要課題として研究を進めてきたが、われわれが得た結果と、諸家の知見を今ここで整理し、自然汚染の現状との関連を念頭において、食品衛生学的意義を改めて考察することは、さきに述べたマイコトキシン汚染防止につながる問題の解明に役立つ資料になろうと考え、ここに筆を執った。多くの研究者の御批判をいただければ幸いである。

1. アフラトキシン

従来、アフラトキシン (AF) を産生するカビ類は *Aspergillus*, *Penicillium* の数種の他に、*Rhizopus* などにも産生能が報告されているが、その後の再検討⁴⁾により *A. flavus* 菌群以外の菌種の AF 産生は疑問視されている。*A. flavus* 菌群のうち、*A. flavus*, および *A. parasiticus* の2種では、前者が主として AF-B₁, B₂ を産生し、後者は B₁, B₂ とともに G₁, G₂ を産生し、また *A. flavus* は菌株により AF 産生に関し、系統差があるのに対し、*A. parasiticus* ではほとんどの菌株に AF 産生能が認められることが現在の通説となっている。

(a) 穀類およびその加工品類由来菌株

我国に流通している、米、麦、そばなどの穀粒；小麦粉、そば粉など一次加工品類および輸入とうもろこしな

* 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

Table 1. Bioproduction of Aflatoxins by *A. flavus* Isolated from Cereals and its Products in Japan

Source	No. of examined sample	Media*	No. of strains examined	Aflatoxin producer	Highest amount B ₁ (ppm)	Reference
Polished rice	219	L	6	0	—	5)
Polished rice	61	S	4	0	—	6)
Polished and rough rice	210	S	14	0	—	7)
Wheat grain	64	S	32	6	5.0	8)
Wheat flour	50	L	12	1	10.7	5)
Wheat flour	43	S	24	9	42.7	6)
Wheat flour	20	S	3	3	23.2	9)
Wheat flour	29	S	23	2	0.04	10)
Crumb	30	L	10	1	ND**	11)
Barley grain	61	S	26	3	18.0	8)
Pressed barley	31	S	3	1	40.0	6)
Backwheat grain	16	L	14	1	10.0	12)
Backwheat flour	57	L & S	30	5	29.2	12)
Backwheat flour	20	S	7	2	trace	9)
Backwheat flour	31	S	2	0	—	10)
Foreign corn	9	S	9	4	77.1	13)
Imported corn	22	S	57	32	764	14)
Imported corn	11	L & S	45	8	5.2	*1

* test media for aflatoxin producibilities, liquid culture (L), and solid culture (S)

** ND: not determined

どから分離された *A. flavus* の AF 産生能をまとめたのが Table 1 である。

我国の主食である米については、従来、多くの真菌学的調査が実施されているが、輸入米の成績は別として、貯蔵流通中の国内産米では *A. flavus* の分離頻度は低く、優先菌としては *A. glaucus* 菌群が多く検出されている。まれに分離される *A. flavus* からは、まだ AF 産生菌が得られていない。

それに対し、小麦、大麦などの麦類およびそれらの加工品の小麦粉、精麦などでは *A. flavus* 菌群が優先菌の一つであり、低率ながら AF 産生菌株が検出されている。そば粒、そば粉においても同様の傾向がみられている。麦類などから得られた AF 産生菌は、主に B₁, B₂ 産生菌株であり、G グループの産生株は少ない。

一方、国外より持込まれたとうもろこしにおいては、AF 産生菌の検出頻度が高く、特に飼料用原料のとうもろこしからは、極めて多量の AF を産生するものが得られたことを鶴田ら¹⁴⁾は報告している。しかしながら、食用に輸入されたものでは *A. flavus* の分離頻度は高いが、AF 産生菌の検出頻度は比較的少ないとみられた*1 が、さらに検討を必要とする。

*1 一戸正勝, 熊田広子, 宇田川俊一, 倉田 浩: 日本菌学会第19回大会要旨 (1975)

(b) 油糧種実, 醗酵食品および家畜飼料由来菌株

AF 発見の端緒をなした落花生やごま粒; みそ, もろみなどの醗酵食品や、主として配合飼料を対象とした飼料などからの *A. flavus* の AF 産生能を示したのが Table 2 である。

輸入落花生, 落花生粕では *A. flavus* 菌群が *A. niger*, *A. glaucus*, *Rhizopus* などとともに優先菌として広く分布しているが、AF 産生菌の検出頻度は高率で、約半数以上の菌株に認められている。*A. flavus* とともに *A. parasiticus* も同時に検出される例があり、この菌種の AF 産生能は試験菌株のすべてにみられている。

一方、国産落花生では *A. flavus* を含む *Aspergillus* 類の分離頻度が極めて低く、むしろ *Penicillium*, *Fusarium* 類が優先している。しかし、少数ではあるが分離された *A. flavus* に AF 産生菌が得られたことは注目する必要がある。市販ごま粒からも AF 産生菌を含む *A. flavus* が高頻度に検出され、さらに接種試験において AF が蓄積されることが一言ら¹⁸⁾によって確認されている。

A. flavus 近縁の *A. oryzae* 又は *A. sojae* を種コウジとして用いるみそ, もろみ, しょう油などの我国特有の醗酵食品からは、AF 産生菌は全く検出されなかつ

Table 2. Bioproduction of Aflatoxins by *A. flavus* Isolated from Oil Seeds, Fermented Foods and Feeds in Japan

Source	No. of examined sample	Media	No. of strains examined	Aflatoxin producer	Highest amount B ₁ (ppm)	Reference
Imported peanut	19	S	20	15	7.1	16)
Imported peanut-meal	18	S	51 (4) *	23 (4) *	ND**	17)
Imported peanut	56	L & S	261 (36)	163 (36)	120.0	*1
Domestic peanut	69	S	6	2	8.3	18)
Sesame seed	39	L	93	10	30.8	19)
Miso	52	L	9	1	2.4	*2
Moromi	20	L	10	0	—	*2
Miso & soy sauce	57	S	4	0	—	19)
Miso	173	S	25	0	—	20)
Salted pickles	39	S	20 (1)	(1)	2.9	21)
Salted pickles	49	S	11	0	—	*3
Minced meat	165	L	66	2	ND	22)
Green tea leaves	59	L	3	0	—	23)
Cattle feeds		S	12	2	0.2	24)
Swine feeds		S	19	6	168.3	25)
Chicken feeds		L	9	6	ND	26)

* *A. parasiticus*,

** ND: not determined

た。一方、自家製試料から、種コウジ由来菌とともに、野生の *A. flavus* 菌群が分離される。これらの中で AF 産生能を有する菌株の検出頻度は極めて低い。

また、農村でみそなどとともに自家製造されることの多い、つけもの類からも *A. flavus* 菌群が分離されることがあるが、これまでの成績では、野生株としての *A. parasiticus* が 1 株 AF 産生菌として検出されているにすぎない。

牛、豚、鶏などの家畜飼料、とくに配合飼料からは *A. flavus* が分離されることが多いが、AF 産生能を示すものが少なからず認められる。これらは飼料原料のとうもろこし、もろこし、落花生粕などに由来する可能性が強いと推察された。

近年、わが国で消費される食用、飼料用の穀類のうち、米を除いた大部分を輸入に依存している現状を考えると、この経路を通じて AF 産生菌が持ち込まれていることは否定できないところである。

現行の行政的措置として、落花生、落花生粕の AF 汚染規制がとられてはいるが、その他のとうもろこしをはじめとする、麦類、そば、ごまなどの輸入農産物についても、AF 産生菌の存在だけでなく、自然汚染例の追求

*2 倉田 浩，宇田川俊一，一戸正勝，名取信策，田辺弘也，齊藤 守：日本食品衛生学会第17回学術講演会講演要旨（1969）

*3 今井百里江子：日本菌学会第19回大会講演要旨（1975）

と合わせて、さらにいっそうの実態調査の強化が必要である。

2. ステリグマトシステン

ステリグマトシステン (ST) は *A. versicolor* の他、*A. nidulans* 菌群および圃場性菌類として知られる *Bipolaris* sp. などに産生能が知られている。我国では、*A. versicolor* が米を含む貯蔵穀類、加工品などにおいて、*A. glaucus* 菌群とともに優先菌として分布することの多い菌であることから、ST は AF とならんで注目すべきマイコトキシンの一つである。

Table 3 に示したように、食品、食品原料、あるいは家畜飼料から分離される *A. versicolor* 菌株の半数以上に ST 産生能が認められることは、*A. flavus* の AF 産生菌の場合と異なり、ST 産生菌が *A. versicolor* のなかで系統差が少ないことを示唆している。ST 産生菌が普遍的に存在することは、食品などにおける菌分布と合わせて考えると、ST はもっと重要視しなければならぬマイコトキシンである。

諸外国での食品由来 *A. versicolor* の ST 産生についての報告は、Halls ら²⁸⁾、Alperden ら²⁹⁾の食肉加工品、Schindler ら³⁰⁾のナッツ類から分離した菌株での成績があるが、それほど多くはない。

最近、菌類の ST 産生に関して注目すべき報告が出された。すなわち、Schroeder ら³¹⁾は、*Aspergillus* 属の ST 産生能を検索して、AF 産生能をもつ *A. flavus*, *A.*

Table 3. Bioproduction of Sterigmatocystin by *A. versicolor* Isolated from Cereals and its Products, Various Kind of Foods and Feeds in Japan

Source	No. of examined sample	Media*	No. of strains examined	Sterigmatocystin producer	Reference
Polished and rough rice	210	S	58	18	7)
Polished rice	—	S	11	11	27)
Wheat grain	64	S	17	12	8)
Barley grain	61	S	31	20	8)
Flour-type foods	60	S	18(7)**	15(7)**	9)
Crumb	30	L	9	6	11)
Domestic peanut	69	S	14	13	17)
Sesame seed	39	L	3	3	18)
Miso	173	S	6	3	20)
Minced meat	165	L	59	11	22)
Green tea leaves	59	L	431	259	23)
Cattle feeds		S	11	5	24)
Swine feeds		S	9	6	25)

* test media for sterigmatocystin producibilities, liquid culture (L), and solid culture (S)

** *A. nidulans*

parasiticus などが ST をも産生しうること、および *A. glaucus* 菌群に属する *A. chevalieri*, *A. ruber*, *A. amstelodami* などに ST 産生性を有することを報告している。貯蔵穀類などに *A. glaucus* 菌群が常在していることからみて、極めて重視すべき知見と思われ、国内での産生菌の分布を早急に調査する必要がある。

ともかく、国の内外を問わず、ST による食品、飼料などの自然汚染の報告例が少ないことから、今後さらに精力的な調査研究を必要とするマイコトキシンであるといえよう。

3. オクラトキシン

Raper, Fennell³²⁾ のモノグラフによれば、*A. ochraceus* 菌群に属する菌種は 9 種が知られているが、*A. auricomus*, *A. elegans* を除く菌種にオクラトキシン

ン (OCH) 産生性が知られている^{33)~35)}ことは、*A. flavus* 菌群 11 種類での AF 産生の様相とは異なるようである。

我国の研究機関における各種食品由来の *A. ochraceus* 菌群での OCH 産生スクリーニングの結果をまとめてみると Table 4 に示すとおりである。

国内に流通している食品類での *A. ochraceus* 菌群の分布は、*A. flavus*, *A. versicolor* などとは違って、特定の試料から多数分離される例が比較的少ないが、穀類をはじめ、醸酵食品、水産加工品に至るまで、幅広い試料にみられるものである。分離菌株における OCH 産生性は、菌株により系統差があり、供試菌の約 10% に産生能が認められるものであった。

アメリカ FDA の Nesheim³³⁾ の報告に同様の傾向が認められていたが、NRRL の Hesseltine³⁴⁾ の 44 株中

Table 4. Bioproduction of Ochratoxin by *A. ochraceus* Group Isolated from Various Kinds of Foods in Japan

Source	No. of examined sample	Media*	No. of strains examined	Ochratoxin producer	Reference
Various foods	—	L	33	2	36)
Rice grain	210	S	29	2	7)
Wheat grain	64	S	7	1	8)
Barley grain	61	S	15	4	8)
Soy sauce	11	S	1	1	19)
Miso	173	S	5	0	20)
Green tea leaves	59	L	22	0	23)
(Air borne)	—	L	5	3	**

* test media for ochratoxin producibilities, liquid culture (L), and solid culture (S).

*4 一言 広, 諸角 聖, 和宇慶朝昭, 坂井千三, 善養寺浩, 倉田 浩: 日本食品衛生学会第 29 回学術講演会講演要旨 (1975)

20株, また Ciegler³⁵⁾ の30株中18株に OCH 産生があるとする報告とは若干異なるようであった。我国では, Natori ら³⁶⁾が初めて OCH 産生株を見いだして以来, 各種の食品類から産生菌が検出されているが, 最近, 一言ら^{*4)}が空中由来の真菌類の調査結果から OCH 産生性のある *A. ochraceus* を見いだしたことは, このような産生菌が容易に食品汚染の機会をねらっているという意味で注目すべき知見である。

一方, 諸外国における OCH 自然汚染の穀類などの菌学的検索結果^{37)~39)}では, *A. ochraceus* 菌群よりも, むしろ *Penicillium* 類が多数分離され, とくに *P. viridicatum* に OCH 産生が見いだされ問題視されている。同様な知見は穀類以外にも Minzlaff ら⁴⁰⁾によってカビ付醸酵型のソーセージ由来の *Penicillium* 類にも認められ, *P. viridicatum* を含む5種の *Penicillium* 類に OCH 産生性を認めている。我国でも, 最近, OCH 自然汚染が発見され, その長期貯蔵米から分離された *P. viridicatum* に OCH 産生を確認した成績が杉本ら^{*5)}によって発表された。

P. viridicatum は腎毒性をもたらし菌として以前より注目されて, 近年では OCH の他, チトリニン, ペニシリン酸をも産生するものがあることが知られてきた。

しかしながら, この *P. viridicatum* は菌株系統により, マイコトキシン産生能に差異があり, Ciegler ら⁴¹⁾は形態学的にみても三つのグループに分けられ, 基本種あるいは典型的な *P. viridicatum* には OCH 産生能がなく (group I), むしろ変異種とみなされる group II の穀類由来株では OCH とともにチトリニンを産生し, group III に属する菌株は主に食肉加工品から分離され, OCH を産生するという興味ある報告をしている。我国でも各種食品由来の *P. viridicatum* の毒性ならびにマイコトキシン産生を検討した報告⁴²⁾があるが, いずれも陰性の結果を得ている。

4. ペニシリン酸

ペニシリン酸 (PA) は比較的多くの種属にまたがって産生が認められるマイコトキシンであるが, 主として *A. ochraceus* 菌群に普遍的に産生能が認められている。著者らの成績^{8), 36)}でも, *A. ochraceus* 菌群に属するほとんどの菌種に PA 産生があり, また菌株系統間にも差異がなく, 分離株の大部分に産生能が認められた。 *A. ochraceus* 菌群の液体培養での PA 産生量は, 著者らの対象とした菌株では, ツアベック変法培地では20~720 µg/ml であり³⁶⁾, また麦類由来株では YES 培地で0.2~220 µg/ml であった⁸⁾が, Ciegler³⁵⁾の報告では

Table 5. Bioproduction of Penicillic Acid by *A. ochraceus* Group Fungi and *Penicillium* spp. Isolated from Foods

Fungi	No. of strains examined	Penicillic acid producer	Yield (µg/ml)	Reference
<i>A. ochraceus</i> group	33	28	20—720	36)
<i>A. ochraceus</i>	6	5	0.8—41.0	8)
<i>A. sclerotiorum</i>	7	6	0.2—21.1	
<i>A. ostianus</i>	4	4	0.2—106.4	
<i>A. petrakii</i>	2	1	0.3	
<i>A. melleus</i>	1	1	13.4	
<i>A. elegans</i>	1	1	220.0	
<i>A. sulphureus</i>	1	1	0.4	
<i>P. spp.*</i>	23	0		45)
<i>P. cyclopium</i>	40	29	39.2—146.0	*1
<i>P. viridicatum</i>	20	1	159.2	
<i>P. simplicissimum</i>	7	7	298.0—400.0	
<i>P. puberulum</i>	3	2	42.4	
<i>P. martensii</i>	1	1	55.6	
<i>P. spp.</i>	17	2	ND**	

* *P. cyclopium*, *P. miczynskii*, *P. viridicatum*, *P. frequentans*, *P. citrinum*, *P. expansum* and *P. janthinellum*

** not determined

*5) 杉本貞三, 南沢正敏, 高野和子, 古川靖子, 鶴田 理: 第3回マイコトキシン研究会要旨 (1976)

YES 培地上で、0.25~5.04 mg/ml と高い数値を示している。いずれにせよ、*A. ochraceus* 近縁の菌は PA 産生能を普遍的に有することは異論のないところであろう。

Penicillium 類では Table 5 に示した輸入農作物由来株での成績を含めて、広範囲の菌種に産生能が認められている。すなわち、分類同定のうえで、Asymmetrica—Fasciculata に属する *P. puberulum*, *P. cyclopium*, *P. expansum*, *P. martensii*, *P. palitans*, *P. viridicatum* などの他、Asymmetrica—Divaricata に属する *P. baarnense*, *P. janthinellum*, *P. simplicissimum*; Asymmetrica—Veltina に属する *P. madriti*, *P. stoloniferum*, *P. suavolens*; Monoverticillata の *P. thomii*; Biverticillata—Symmetrica の *P. paraherqui* に至るまで、極めて広範囲の種類に PA 産生が知られている。

とくに、初めに挙げた Asymmetrica—Fasciculata に属する菌種は、各種の食品、家畜飼料などに常在菌として認められるものが多いところから、問題となるところである。

しかしながら、PA による穀物などの自然汚染例はとうもろこしを除いて、極めて少なく、また PA 産生菌が検出される穀類から直接的に PA が検出されないことがあり⁸⁸⁾、他のマイコトキシンとは趣を異にする。一方で PA 産生能を有する *Penicillium* を農作物に接種しても、とうもろこし、米、麦類、もろこしなどの上では PA が蓄積されるが、落花生、綿実、大豆などの油糧種実上では PA が検出されないとする報告もある⁴⁸⁾。また Ciegler ら⁴⁴⁾は醗酵型ソーセージより分離した菌株には液体培養で 0.1~500 µg/ml の PA 産生性が認められながら、産生菌をソーセージに接種しても PA が検出されず、基質中の Cysteine, Glutathione と結合して無毒化されることを報告している。我国でも輸入サラミソーセージ由来の *Penicillium* を対象に PA 産生が検討されたが、すべて陰性の結果を得ている⁴⁵⁾。

PA は産生菌が多岐にわたることと、PA の局所皮下注射で腫瘍の形成が認められたことなどから、発ガン性マイコトキシンとして注目されているが、化学的不安定性も含めて実際の汚染に関して不明の点が多い。

5. パツリン

パツリン (PAT) はさきの OCH, PA と同様に *Aspergillus*, *Penicillium* 両属にまたがって産生菌が存在するマイコトキシンである。

A. clavatus, *A. giganteus* の *A. clavatus* 菌群の他、*A. terreus* にも産生が知られている。

これらの *Aspergillus* 類は、いずれも食品、家畜飼料などから、多量に検出されるものではないが、広範囲の試料から分離される菌類である。著者らの麦類由来の *A. clavatus* では13株中10株に PAT 陽性であり、その液体培養での産生量は 0.5~45 µg/ml であった⁸⁾。また

A. clavatus は食品由来菌株の毒性試験で、常に強毒性株として見出されるものであり^{46)~48)}、*A. clavatus* の PAT 産生は普遍的であった。

Penicillium 属の PAT 産生は *P. expansum* が最も著名であるが、同じく Asymmetrica—Fasciculata に属する *P. urticae* (異名又は近縁菌として *P. patulum*, *P. gryseofulvum*), *P. claviforme*, *P. expansum* 近縁の *P. leucopus* などの他、Monoverticillata の *P. lapidosum*, Biverticillata—Symmetrica の *P. novozealandiae* などに産生が知られる。

P. expansum はりんごの腐敗病の病原菌であり、りんごなど果実類から検出された菌株では、すべてに PAT 産生能があり、Wilson ら⁴⁹⁾によるとりんご由来株 60株で 9~146 µg/ml (りんごジュース) の産生量であり、Sommer ら⁵⁰⁾は世界各地より収集した果実由来株について検討し、りんご 9 株、ぶどう 4 株、なし 5 株、あんず 3 株、その他 6 株の合わせて 27 株全株に産生量として 10~950 µg/ml の PAT 産生を認めている。

一方、醗酵型ソーセージ由来の *P. expansum* では 41 株中 3 株のみに 20~480 µg/ml の PAT 産生をみたという Mintzlaiff ら⁴⁰⁾の成績もあり、分離菌株の産生性検定法の相違もさることながら、分離源としての食品の違いによって、PAT 産生の能力に差異がある可能性が示唆され、興味あるところである。

Aspergillus, *Penicillium* 以外の PAT 産生菌として *Byssoscleromyces nivea* があるが、この菌は耐熱性があるため、かん詰、ビン詰などの汚染菌として知られる子のう菌である。

Percebois ら⁵²⁾はいちごあるいはいちご生育土壌から分離した *B. nivea* 7 株と、保存菌株 9 株の合計 16 株での調査結果から、9 株に 20~25 µg/L と微量ながら PAT 産生を認めた。しかしながら、*B. nivea* と近縁菌の *B. flava* および関連不完全菌の *Paecilomyces* 類には陰性の結果を得ている。

PAT の自然汚染例はりんごジュースなどの果実汁に関しては、数多くの報告例がみられるが、穀類などでは、二次加工品のパンの汚染例⁵²⁾が知られる他は少ない。このことは、PAT 産生菌が穀類などでは分布が少ないことも考えられるが、さきの PA と同様に PAT の自然基質上での化学的安定性⁵³⁾、SH 基との結合などの問題と無関係ではなからう。

ま と め

これまでの各種食品を汚染する、主な糸状菌のマイコトキシン産生性に関する知見をまとめてみた結果、食品または家畜飼料のカビ汚染を評価するときには、単にマイコフローラを構成する優先菌種やその菌量を指摘するだけでは不十分であり、それらのマイコフローラの中にマイコトキシン産生菌がどの程度存在するかを知ることがより重要な意味を持つものであることが認識されたと

思う。

さらに産生菌株の検出状況については次のようないくつかの問題点を指摘しうる。すなわち、(1) 菌株系統間の産生能の相違——*A. flavus* のアフラトキシン、および *A. ochraceus* のオクラトキシン産生性にはかなりの系統差がみられる。換言すると、必ずしもすべての検出株に産生能があるとは限らない。これに対し、*A. parasiticus* のアフラトキシン、*A. versicolor* のステリグマトシスチン、*A. ochraceus*、*P. cyclopium* などのペニシリン酸、*A. clavatus* あるいは果実に腐敗病を起こす *P. expansum* のパツリンなどでは菌株間に産生能の相違がほとんどなく、どの検出株を調べても、それ相当の産生性を持つことが明らかにされた。

(2) 近縁種間における産生性の相違——アフラトキシン産生菌種が *A. flavus* 菌群中の *A. flavus*、*A. parasiticus* の2種類に限定されていること、又、ステリグマトシスチン産生が *A. versicolor* の近縁種である *A. sydowii* に認められていない。一方で、*A. ochraceus* 菌群の大部分の菌種にオクラトキシン、ペニシリン酸産生能がみられることは、分類的にも興味ある知見である。また *Penicillium* 類の中では *Asymmetrica-Fasciculata* に入る菌種にマイコトキシン産生菌種が集中している観があることも注目すべき事実である。

(3) 基質の相違による生産性の差異——この問題は実際の食品衛生学的検索の面からみて重要な問題点であるが、今後の検討にゆずる。

マイコトキシンの食品衛生学的な位置づけは、第一の要素にその毒性、とくにガン原性の有無がとくに強調されがちで、これに至るまでの要因のうち、マイコトキシン産生菌の分布や、それらの食品における検出頻度などを合わせて考慮することの重要性に関してはとくに忘れがちであった。

冒頭にも述べたように、ある食品に発ガン性マイコトキシンの汚染が化学的に証明された時に、その食品の過去における歴史をふりかえり、いかなるカビによりそれが原因され、それがマイコトキシンを産生する能力をもつ菌株であるかどうか、またその菌がまさしくその基質の上でマイコトキシンを産生したかどうかの解析は、汚染防止措置を講ずるにあたり、極めて有効な情報を提供する。

本総説に挙げた多くの菌学的知見が、真菌汚染の食品衛生的意義を正しく評価するために重要であることがよく理解されたと思う。

例えば、ステリグマトシスチンの汚染について考えてみると、たとえその発ガン性がアフラトキシンほど強くないものでも、ステリグマトシスチン産生性の *A. versicolor* や *A. nidulans* が普遍的であるという事実や、さらに我国の食品に広範囲にこれらの菌が分布する知見を併わせ考えると、現在その自然汚染の報告が少な

いとはいえ、国内産農作物などに関しては、アフラトキシン汚染の問題よりも食品衛生的には高いレベルで配慮すべき問題点と考えられる。一方、アフラトキシンについては、これまでの知見から、輸入の経路を重視する必要がある、落花生、とうもろこしの他にも麦類、雑穀類に関しても留意すべきであろう。オクラトキシンでは、*A. ochraceus* が元来、分布の広い割には、ある特定の食品に集中する例が少ないので、むしろ *P. viridicatum* を重視したいが、産生菌検出法、基質との関係が残された課題といえる。パツリンの汚染を受けやすい、りんごなどの果汁が市場に出回っているが、製品の形態からみて自然汚染を化学的に抑えたいうえで、原料の菌学的調査が必要となろう。

今回ふれることのできなかった *Fusarium* 類の産生するマイコトキシンについては、すでに優れた総説^{(54), (55)}があり、また著者らは、*Fusarium* 菌種と産生性との関係につき、目下検討を急いでいるので、いずれ別の機会に報告することにした。

終りにマイコトキシン化学分析の御指導をいただいた相模女子大学田辺弘也教授、国立衛生試験所食品部、内山 充部長および部員の諸氏に感謝いたします。また本総説をまとめるにあたり、種々有意義な御助言をいただいた国立衛生試験所真菌室長宇田川俊一博士、東京都立衛生研究所真菌研究室主任一言 広博士に深謝いたします。

なお、著者らの研究成果は厚生省食品衛生調査研究費および厚生省ガン特別研究助成金により援助を受けたものであり、関係各位に対し心から感謝するものであります。

文 献

- 1) Hesseltine, C.W.: Mycopath. Mycol. Appl., **53**, 141 (1974).
- 2) 倉田 浩: 食衛誌, **9**, 431 (1968).
- 3) 倉田 浩: 真菌と真菌症, **13**, 431 (1972).
- 4) Wilson, B.J., Campbell, T.C., Hayes, A.W., Hanlin, R.T.: Appl. Microbiol., **16**, 819 (1968).
- 5) Kurata, H., Tanabe, H., Kanota, K., Udagawa, S., Ichino, M.: J. Food Hyg. Soc. Japan, **9**, 29 (1968).
- 6) 倉田 浩, 坂部フミ, 宇田川俊一, 一戸正勝, 田中しず子, 田辺弘也: 食衛誌, **13**, 247 (1972) (Abstract).
- 7) 宮木高明, 山崎幹夫, 堀江義一, 宇田川俊一: 同上, **11**, 373 (1970).
- 8) 一戸正勝, 高鳥浩介, 田中しず子, 熊田広子, 鈴木敏正, 倉田 浩: 同上, **16**, 381 (1975).
- 9) 森 実, 高橋孝則, 尾上洋一, 高橋武夫, 栗飯原景昭: 同上, **15**, 94 (1974).
- 10) 小笠原和夫, 赤城幾代, 砂川紘之, 梅村康子, 森

- 量夫: 北海道衛研報. **25**, 67 (1975).
- 11) 一戸正勝, 熊田広子, 林とも子, 倉田 浩: (未発表)
 - 12) 一言 広, 諸角 聖, 和宇慶朝昭, 善養寺浩, 倉田 浩, 一戸正勝: 食衛誌. **14**, 364 (1973).
 - 13) 宇田川俊一: マイコトキシン, **No. 2**, 10 (1976).
 - 14) 鶴田 理, 杉本貞三, 南沢正敏, 真鍋 勝: 日菌報. **15**, 258 (1974).
 - 15) 倉田 浩, 田辺弘也, 栗飯原景昭, 諸角 聖, 一言 広, 善養寺浩: 食衛誌. **12**, 553 (1971) (Abstract)
 - 16) 真鍋 勝, 鶴田 理, 杉本貞三, 南沢正敏, 松浦慎治: 同上. **12**, 364 (1971).
 - 17) 一戸正勝, 熊田広子, 宇田川俊一, 倉田 浩, 天野立爾, 田辺弘也, 矢崎広久, 宮入正人: 同上, **14**, 666 (1973) (Abstract)
 - 18) 一言 広, 諸角 聖, 和宇慶朝昭, 坂井千三, 善養寺浩: 東京衛研年報. **26**, 30 (1975).
 - 19) 山崎幹夫, 堀江義一, 藤本治宏, 鈴木重紀, 榊原洋子, 宮木高明: 食衛誌. **11**, 381 (1970).
 - 20) 山崎幹夫, 堀江義一, 鈴木重紀, 藤本治宏, 前林行雄, 宮木高明, 畠山貞夫: 同上. **12**, 370 (1971).
 - 21) 今井百里江子, 松村節子, 志和照子, 山崎宏子: 同上. **13**, 247 (1972) (Abstract)
 - 22) 一言 広, 諸角 聖, 和宇慶朝昭, 善養寺浩: 東京衛研年報. **24**, 41 (1973).
 - 23) 一言 広, 諸角 聖, 和宇慶朝昭, 坂井千三, 善養寺浩: 同上. **25**, 17 (1974).
 - 24) 高鳥浩介, 近藤末男, 倉田 浩: 日獣誌. **33**, Suppl. 179 (1971) (Abstract)
 - 25) 高鳥浩介, 近藤末男, 倉田 浩: 同上. **34**, Suppl. 195 (1972) (Abstract)
 - 26) 一戸正勝, 熊田広子, 倉田 浩: (未発表)
 - 27) 真鍋 勝, 南沢正敏, 松浦慎治: 農化. **47**, 209 (1973).
 - 28) Halls, N. A., Ayres, J. C.: Appl. Microbiol., **26**, 636 (1973).
 - 29) Alperden, I., Mintzlafl, H.-J., Tauchmann, F., Leistner, L.: Fleischwirtschaft., **5**, 707 (1973).
 - 30) Schindler, A. F., Abadie, A. N., Gecan, J. S., Mislivec, P. B., Brickey, P. M.: J. Food Sci., **39**, 213 (1974).
 - 31) Schroeder, H. W., Kelton, W. H.: Appl. Microbiol., **30**, 589 (1975).
 - 32) Raper, K. B., Fennell, D. I.: "The genus *Aspergillus*" (1965), Williams & Wilkins Co., Baltimore.
 - 33) Nesheim, S.: J. Ass. Offic. Anal. Chem., **52**, 975 (1970).
 - 34) Hesseltine, C. W., Vandegraft, E. E., Fennell, D. I., Smith, M. L., Shotwell, O. L.: Mycologia, **64**, 539 (1972).
 - 35) Ciegler, A.: Can. J. Microbiol., **18**, 631 (1972).
 - 36) Natori, S., Sakaki, S., Kurata, H., Udagawa, S., Ichinoe, M., Saito, M., Umeda, M.: Chem. Pharm. Bull., **18**, 2259 (1970).
 - 37) Van Walbeek, W., Scott, P. M., Harwig, J., Lawrence, J. W.: Can. J. Microbiol. **15**, 1281 (1969).
 - 38) Scott, P. M., Van Walbeek, W., Kennedy, B., Anyeti, D.: J. Agr. Food Chem. **20**, 1103 (1972).
 - 39) Krogh, P., Hald, B., Pedersen, E. J.: Acta Path. microbiol. Scand. Sect. B. **81**, 689 (1973).
 - 40) Mintzlafl, H.-J., Ciegler, A., Leistner, L.: Z. Lebensm.-Unters.-Forsch. **150**, 133 (1972).
 - 41) Ciegler, A., Fennell, D. I., Sansing, G. A., Detroy, R. W., Bennett, G. A.: Appl. Microbiol., **26**, 271 (1973).
 - 42) Ohtsubo, K., Enomoto, M., Ishiko, T., Saito, M., Sakabe, F., Udagawa, S., Kurata, H.: Jap. J. Exp. Med., **44**, 477 (1974).
 - 43) Ciegler, A., Kurtzman, C. P.: Appl. Microbiol., **20**, 761 (1970).
 - 44) Ciegler, A., Mintzlafl, H.-J., Weisleder, D., Leistner, L.: *ibid.*, **24**, 114 (1972).
 - 45) 高鳥浩介, 高橋恵子, 鈴木敏正, 宇田川俊一, 倉田 浩: 食衛誌. **16**, 307 (1975).
 - 46) 倉田 浩, 一戸正勝: 同上. **8**, 247 (1967).
 - 47) Saito, M., Ohtsubo, K., Umeda, M., Enomoto, M., Kurata, H., Udagawa, S., Sakabe, F., Ichinoe, M.: Jap. J. Exp. Med., **41**, 1 (1971).
 - 48) Umeda, M., Yamashita, T., Saito, M., Sekita, S., Takahashi, C., Yoshihira, K., Natori, S., Kurata, H., Udagawa, S.: *ibid.*, **44**, 83 (1974).
 - 49) Wilson, D. M., Nuovo, G. J.: Appl. Microbiol., **26**, 124 (1973).
 - 50) Sommer, N. F., Buchanan, J. R., Fortlage, R. J.: *ibid.*, **28**, 589 (1974).
 - 51) Perceibois, G., Basile, A.-M., Schwertz, A.: Mycopathol., **57**, 109 (1975).
 - 52) Reiss, J.: Naturwiss., **59**, 37 (1972).
 - 53) Pohland, A. E., Allen, R.: J. Ass. Offic. Anal. Chem., **53**, 688 (1970).
 - 54) 上野芳夫: 食衛誌. **14**, 403 (1973).
 - 55) 上野芳夫: 同上. **14**, 501 (1973).