菌学面からみたマイコトキシンの動向——食品由来 糸状菌のマイコトキシン産生性

— 戸 正 勝*¹

M. ICHINOE*¹: Bioproduction of mycotoxins by fungi isolated from foodstuffs

マイコトキシンが、食品あるいは飼料を汚染するにいたるまでには菌学的にみたくつかの条件がととのわなければならない。すなわち、(1)食品、飼料などの基質に多量のカビが存在すること、(2)検出菌類の中に占めるマイコトキシン産生菌種の比率が高いこと、(3)カビ発生基質がマイコトキシン蓄積に適したものであること、(4)温度、水分など基質とカビ類のおかれた環境条件……などが重なった結果として、マイコトキシン自然汚染がもたらされる。

一方、マイコトキシンが化学的に検出可能な量に至らない微量に汚染された食品、飼料を摂取しつづけるうちに、特異的な急性症状のみられないまま、慢性的な障害を受ける可能性も考えられよう。マイコトキシン自然汚染の条件として、食品、飼料におけるマイコトキシン産生菌の分布状況を把握しておくことは、食品衛生上からみて意義のあることである。

1. アフラトキシン (AF) とステリグマトシスチン (ST)

強力な発がん性を有し、かつ自然汚染例の多い AF は最重要視されるものである。ついで ST は急性毒性は弱い、発がん性があり、ST を主に産生する *A. versicolor* が貯蔵穀類を中心に広く分布するところから重要なマイコトキシンといえる。

国内で流通している主な食品、食品原料、飼料などでの AF, ST 産生菌の検出頻度につき、著者らの成績を中心にまとめたのが Table 1 である。

まず、*A. flavus* の AF 産生をみると、国内産精白米では *A. flavus* の分離頻度が低く、AF 産生菌が得られなかったが、宮木ら¹⁾による玄米、精白米の結果でも同様であった。これに対し、麦類、その加工品からは *A. flavus* が優先菌として分離されることが多く、AF 産生菌は供試菌の 10~20%であった。この傾向は、一言ら²⁾によるソバ粉、ソバ粒、森ら³⁾、小笠原ら⁴⁾の穀粉類由来菌においても認められている。

ところが、輸入トウモロコシ、落花生では AF 産生菌の比率はより高くなり、鶴田ら⁵⁾は飼料用トウモロコシに高い AF 産生能 (764 ppm) を持つ菌株を見出している。トウモロコシ、マイロ、落花生粕などを原料とする配合飼料においても AF 産生菌の検出頻度は高い。国産落花生では *A. flavus* の分離頻度が低いにもかかわらず、AF 産生菌が得られている。

A. versicolor の ST 産生は Table 1 のように産生菌の占める割合が高く、菌分布と合せて考慮すると、もっと重要視すべきものといえる。

表以外にも穀粉類由来の *A. versicolor*, *A. nidulans* に ST 産生菌が高頻度に得られており⁴⁾、各種の食品に ST 産生性の *A. versicolor* がきわめて普遍的に存在することを示している。ST 自然

*¹ 国立衛生試験所真菌室 (東京都世田谷区上用賀1-18-1)

Laboratory of mycology, National Institute of Hygienic Sciences (Kamiyoga 1-chome, Setagaya-ku, Tokyo)

Table 1. Aflatoxin and sterigmatocystin production by *A. flavus* and *A. versicolor* isolated from foods and feeds

Sample	Fungi	No. of strains examined	Mycotoxins producer
Polished rice	<i>A. flavus</i>	6	0
Wheat flour	<i>A. flavus</i>	12	1 (8.3%)* ³
Rice grain* ¹	<i>A. flavus</i>	14	0
	<i>A. versicolor</i>	58	18 (31.0)
Wheat grain	<i>A. flavus</i>	32	6 (18.8)
	<i>A. versicolor</i>	17	12 (70.6)
Barley grain	<i>A. flavus</i>	26	3 (11.5)
	<i>A. versicolor</i>	31	20 (64.5)
Crumb	<i>A. flavus</i>	10	1 (10.0)
	<i>A. versicolor</i>	9	6 (66.7)
Imported corn* ²	<i>A. flavus</i>	57	32 (56.1)
Imported corn	<i>A. flavus</i>	45	8 (17.8)
Domestic peanut	<i>A. flavus</i>	6	2 (33.3)
	<i>A. versicolor</i>	14	13 (92.9)
Imported peanut	<i>A. flavus</i>	261	163 (62.4)
	<i>A. parasiticus</i>	36	36 (100)
Cattle feeds	<i>A. flavus</i>	12	2 (16.7)
	<i>A. versicolor</i>	11	5 (45.5)
Swine feeds	<i>A. flavus</i>	19	6 (31.6)
	<i>A. versicolor</i>	9	6 (66.7)
Chicken feeds	<i>A. flavus</i>	9	6 (66.7)

*¹ Data from Miyaki et al. (1),*² Data from Tsuruta et al. (5),*³ ()=%

汚染例の報告はまだ少ないが、Schroeder ら⁶⁾による *A. glaucus*, *A. flavus* 菌群の ST 産生報告をみても、今後、AF と同様に精力的な自然汚染の追求がのぞまれるマイコトキシンである。

2. オクラトキシン (OCH) とペニシリン酸 (PA)

わが国での OCH 産生菌は Natori ら⁷⁾の *A. ochraceus* 以来、米穀⁸⁾、麦類⁹⁾などから分離した *A. ochraceus* 菌群を対象に検討が行われてきたが、米由来株では29株中2株、小麦由来株で7株中1株、大麦由来株15株中4株が OCH 産生性を示し、供試菌に対する割合は低い。

A. ochraceus 菌群は OCH の他、PA を産生することが知られているが、この菌群の OCH, PA 両マイコトキシンの産生状況を Ciegler¹⁰⁾の成績と著者らの成績を対比したのが Table 2 である。

表のように *A. ochraceus* 菌群の中で、かなり広範囲の菌種に OCH 産生が認められ、*A. flavus* 菌群の中で、AF 産生菌が *A. flavus*, *A. parasiticus* に限定される傾向とは異っていた。

PA は供試菌株の大部分に産生能があり、これは、*A. versicolor* の ST 産生と同様であった。

近年、*P. viridicatum* など数種の *Penicillium* 類に OCH 産生性が認められ、とくに OCH 自然汚染例からは、主として *P. viridicatum* が検出されるとする報告が多くなった。代表的な報告例を Table 3 に示す。

Scott ら¹¹⁾は OCH 自然汚染の穀類より OCH 産生菌として *P. viridicatum*, *P. palitans*, Mintzlaff ら¹²⁾はカビ付醸酵型ソーセージ由来の *Penicillium* 類に OCH 産生菌を見出している。

Table 2. Ochratoxin and penicillic acid production by *Aspergillus ochraceus* group fungi

Species	No. of strains examined	Mycotoxins producer	
		OCH-A	PA
<i>A. ochraceus</i> * ¹	17	8	6
<i>A. melleus</i>	5	4	5
<i>A. sclerotiorum</i>	4	2	4
<i>A. alliaceus</i>	2	2	0
<i>A. sulphureus</i>	1	1	1
<i>A. ostianus</i>	1	1	1
<i>A. ochraceus</i> * ²	6	2	5
<i>A. sclerotiorum</i>	7	2	6
<i>A. ostianus</i>	4	1	4
<i>A. petrakii</i>	2	0	1
<i>A. melleus</i>	1	0	1
<i>A. elegans</i>	1	0	1
<i>A. sulphureus</i>	1	0	1

*¹ Data from Ciegler (10),*² Data from Ichinoe et al. (9)Table 3. Ochratoxin production by *Penicillium* spp. from foods

Species	No. of strains examined	Ochratoxin producer
<i>P. viridicatum</i> * ¹	32	27
<i>P. palitans</i>	2	1
<i>P. cyclopium</i>	16	0
<i>P. viridicatum</i> * ²	32	12
<i>P. variable</i>	2	2
<i>P. commune</i>	5	1
<i>P. cyclopium</i>	3	1
<i>P. purpurescens</i>	1	1
(<i>Penicillium</i> spp.)	(422)	(17)
<i>P. viridicatum</i>	28	17

*¹ Data from Scott et al. (11),*² Data from Mintzlauff et al. (12),*³ Data from Sugimoto et al. (13)

わが国でも、最近、杉本ら¹³⁾は OCH 自然汚染長期保存米より *P. viridicatum* を分離し、それらに OCH の他、チトリニンの産生を確認している。

PA は *A. ochraceus* 菌群の他、多くの *Penicillium* 類に産生性が知られているが、著者ら¹⁴⁾は輸入農作物由来 *Penicillium* 中、*P. cyclopium*, *P. viridicatum*, *P. simplicissimum*, *P. puberulum*, *P. martensii* などに液体培養で 39.2~400 µg/ml の PA 産生菌を得ている。Mintzlauff ら¹²⁾も多数の *Penicillium* に PA 産生菌を報告している。しかしながら、PA の自然汚染例はきわめて少なく、安定性を含め、検討を要するものである。

3. トリコテセン類 (TR) とゼアラレノン (Z)

Fusarium のマイコトキシンには主として TR 類と Z があるが、これらに関して、すぐれた総説¹⁵⁾が出されているので、ここでは *Fusarium* 菌種と TR および Z の産生性についてふれることとしたい。Booth の分類体系により、TR 系トキシシンと Z について、代表的な報告例での検討結果をとりまとめたのが Table 4 である。

この表では Burmeister ら¹⁶⁾は T-2 トキシシン (T-2) 産生菌を対象とし、Ueno は¹⁷⁾フザレノン-X (F-X)、ニバレノール、ネオソラニオール (NS)、T-2、ジアセトオキシシルペノール、ジアセチルニバレノールなどを対象としている。

著者ら¹⁸⁾は国産落花生より多数分離された *Fusarium* につき、T-2, NS, F-X 産生菌を検索した。TR 系トキシシンについてみると、Liseola section の *F. moniliforme* を除いた、ほとんどすべての section にわたって産生菌が認められている。これに対し、Z は *Sporotrichiella*, *Arthrosporiella*, *Gibbosum*, *Discolor* の各 Section に限定されているのは興味深い点である*。

* *F. avenaceum*, *F. semitectum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. culmorum* などは Snyder-Hansen の分類体系では、いずれも *F. roseum* の品種 (cultivar) とみなされているものである。

Table 4. Trichothecenes and zearalenone production by *Fusarium* species

Section	Species	Trichothecenes			Zearalenone		
		A	B	C	D	E	F
Sporotrichiella	<i>F. tricinctum</i>	10/14	4/6		0/12	3/19	1/4
	<i>F. poae</i>		1/1				
Arthrosporiella	<i>F. sporotrichioides</i>		3/3				0/7
	<i>F. avenaceum</i>		1/3			0/1	1/2
	<i>F. semitectum</i>	2/8		11/29			
Gibbosum	<i>F. equiseti</i>	6/8	1/1	6/18		3/6	0/1
	<i>F. acuminatum</i>					0/4	
	<i>F. concolor</i>			2/2			
	(<i>F. gibbosum</i>)		0/3			1/1	2/5
Discolor	<i>F. graminearum</i>		1/4			21/23	
	<i>F. culmorum</i>		2/6			3/3	3/4
	<i>F. sambucinum</i>					0/1	
	<i>F. sulphureum</i>			1/2			
	(<i>F. roseum</i>)		4/8		43/43	3/12	9/28
Lateritium	<i>F. lateritium</i>	1/7	0/1	1/2	0/1		1/1
Liseola	<i>F. moniliforme</i>		0/8	0/7	0/5	0/11	0/3
Arachnites	<i>F. nivale</i>		3/6		0/2	0/7	0/2
Elegans	<i>F. oxysporum</i>		2/13	11/30	0/2	0/15	0/12
Martiella	<i>F. solani</i>		2/6	2/12	0/1	0/9	0/4
Episphaeria	(<i>F. episphaeria</i>)		2/3		0/1	0/1	0/2
Spicarioides	(<i>F. rigidiusculum</i>)		1/4		0/1		0/4

*1 A: Data from Burmeister et al. (16), B: Data from Ueno et al. (17), C: Data from Ichinoe et al. (18), D: Data from Eugenio et al. (19), E: Data from Caldwell et al. (20), F: Data from Ishii et al. (21)

F. moniliforme に Z の産生能ありとする報告もみられるが検討を要する。

TR の自然汚染例は、わが国の赤カビ罹病麦よりニバレノール、デオキシニバレノールを検出した報告²²⁾の他、二・三が知られるが少ない。

一方、Z の自然汚染例については最近報告例が増加しており²³⁾、わが国でも輸入トウモロコシより Z を見出している²⁴⁾、さらに検討がのぞまれる。

引用文献

- 1) 宮木高明ら：食衛誌，**11**，373 (1970)。
- 2) 一言広ら：食衛誌，**14**，364 (1973)。
- 3) 森実ら：食衛誌，**15**，94 (1974)。
- 4) 小笠原和夫ら：北海道衛研報，**25**，67 (1975)。
- 5) 鶴田理ら：日菌報，**15**，258 (1974)。
- 6) Schroeder, H. W., Kelton, W. H.: Appl. Microbiol., **30**, 589 (1975)。
- 7) Natori, S., et al.: Chem. Pharm. Bull., **18**, 2259 (1970)。
- 8) Yamazaki, M., et al.: Appl. Microbiol., **20**, 452 (1970)。
- 9) 一戸正勝ら：食衛誌，**16**，381 (1975)。
- 10) Ciegler, A.: Can. J. Microbiol., **18**, 631 (1972)。
- 11) Scott, P. M., et al.: J. Agr. Food Chem., **20**, 1103 (1972)。

- 12) Mintzlaff, H.-J., et al.: Z. Lebensm.-Unters.-Forsch., **150**, 133 (1972).
- 13) 杉本貞三ら：第3回マイコトキシン研究会要旨 (1976).
- 14) 一戸正勝ら：日本菌学会第19回大会要旨 (1975).
- 15) 上野芳夫：食衛誌, **14**, 403, 501 (1973).
- 16) Burmeister, H. R., et al.: Appl. Microbiol., **21**, 673 (1971).
- 17) Ueno, Y., et al.: Appl. Microbiol., **25**, 699 (1973).
- 18) 一戸正勝ら：食衛誌, **14**, 666 (1973) (Abstract).
- 19) Eugenio, C. P., et al.: Phytopathology, **60**, 1055 (1970).
- 20) Caldwell, R. W., et al.: Appl. Microbiol., **20**, 31 (1970).
- 21) Ishii, K., et al.: Appl. Microbiol., **27**, 625 (1974).
- 22) 諸岡信一ら：食衛誌, **13**, 368 (1972).
- 23) Hesseltine, C. W.: Mycopath. Mycol. appl., **53**, 141 (1974).
- 24) 杉本貞三ら：食衛誌, **17**, 12 (1975).