

IV 報 文

県内農家保有米の糸状菌汚染状況 (第1報)

山脇徳美* 和田恵理子* 茂木武雄* 森田盛大*

I はじめに

糸状菌の有害代謝産物であるマイコトキシンの中で、*Aspergillus flavus*の産生するアフラトキシンに強い発ガン性のあることが明らかにされたこと¹⁻³⁾から、食品の有害糸状菌による汚染が注目されるようになり、農産物特に貯蔵穀類や輸入穀類などの糸状菌汚染調査やマイコトキシン汚染調査⁴⁻¹⁰⁾が数多く行なわれてきた。今回、我々は、日本人の主食であり、秋田県の主要農産物である米への糸状菌着生実態を調査する目的で農家保有米の糸状菌汚染状況を調査したので、その成績を概略報告する。

II 材料と方法

A. 検査材料

検査材料は、県内の農家から自家保有米として貯蔵している貯蔵期間2年(昭和60年産米)の精白米12, 玄米12, 貯蔵期間1年(昭和61年産米)の精白米52, 玄米18と貯蔵期間5ヶ月(昭和62年産米)の精白米7, 玄米9の合計110検体を採取し、検査に供した。また、玄米については、正常な米粒のほかに、青米と黒米を10~20粒選り同様に検査した。

B. 検査方法

検査方法は図1に示すとおりである。すなわち、正常な米粒を約120粒選び、表面殺菌した後、洗浄、水切りした米粒について検査した。分離培地は20%ブドウ糖および100 μg/mlクロラムフェニコール加ポテトデキストロース寒天培地を用い、この平板培地各2枚づつに合計100粒を接種した。25°Cで7~10日間培養後、集落数を測定するとともに、確認培養して菌種を決定した。また、米の水分含量は、ライスタL(ケット科学研究所)を用いて測定した。

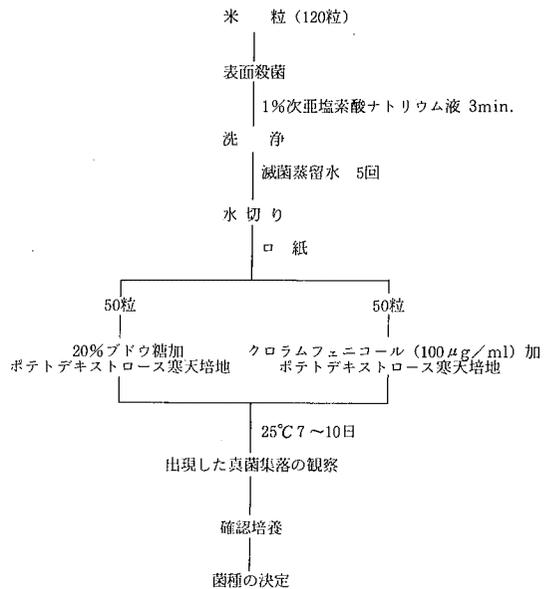


図1. 保有米の糸状菌検査方法

III 成績

A. 水分含量

精白米と玄米の水分含量の平均値を貯蔵期間毎に示したのが表1である。まず、精白米についてみると、

表1 精白米と玄米の水分含量(%)

米別	貯蔵期間			平均
	2年	1年	5ヶ月	
精白米	13.8	13.7	14.9	13.8
玄米	14.0	14.7	15.4	14.6

貯蔵期間2年米は13.8%, 1年米は13.7%, 5ヶ月米は14.9%であり、平均13.8%の水分含量であった。一方、玄米についてみると、貯蔵期間2年米は14.0%, 1年米は14.7%, 5ヶ月米は15.4%であり、貯蔵期間が長

* 秋田県衛生科学研究所

くになると水分含量が少なくなる傾向にあった。平均14.6%であり、精白米より高い水分含量であった。

B. 保有米の糸状菌汚染状況

精白米と玄米の糸状菌汚染状況を表2に示した。まず、糸状菌の汚染状況を陽性検体率として定性的にみていると、精白米は貯蔵期間に関係なく57～58%の陽性検体率であった。一方玄米は平均95%の陽性検体率であったが、貯蔵期間が長くなると陽性検体率が高くなる傾向がみられた。次に、汚染状況を陽性粒数（陽性粒率）として定量的にみていると、精白米では貯蔵期間2年で4%、1

年で2%、5ヶ月で19%の陽性粒率であり、平均4%の陽性粒率であった。玄米では貯蔵期間2年で18%、1年で15%、5ヶ月で26%であり、平均19%の陽性粒率であった。また、保有米1件当りの陽性粒数を表3のように11段階に分けてみると、陽性粒数が1～10個の検体が50%と最も多かったが、1件当りの検査粒数（100粒）の半数（50粒）以上に糸状菌汚染の認められたものが4%あった。さらに、玄米中に混在する黒米と青米の糸状菌汚染状況を表4に示した。黒米の陽性検体率は97%、陽性粒率は66%であり、青米の陽性検体率は62%、陽性粒率は25%であった。

表2 精白米と玄米からの糸状菌検出成績

米 別		貯 蔵 期 間			計
		2 年	1 年	5 月	
精 白 米	検 体 数 (粒数)	12 (1200)	52 (5200)	7 (700)	71 (7100)
	陽性検体数 (%)	7 (58)	30 (58)	4 (57)	41 (58)
	陽 性 粒 数 (%)	45 (4)	80 (2)	131 (19)	39 (4)
玄 米	検 体 数 (粒数)	12 (1200)	18 (1800)	9 (900)	39 (3900)
	陽性検体数 (%)	12 (100)	17 (94)	8 (89)	37 (95)
	陽 性 粒 数 (%)	216 (18)	268 (15)	237 (26)	721 (19)

表3 精白米と玄米の陽性粒数（1件当り）分布

陽 性 粒 数	貯 蔵 期 間						計
	2 年		1 年		5 月		
	精 白 米	玄 米	精 白 米	玄 米	精 白 米	玄 米	
0	5 [※]		22	1	3	1	32 (29) ^{※※}
1 ~ 10	4	8	30	10	2	1	55 (50)
11 ~ 20	3	1		4		1	9 (8)
21 ~ 30		1				2	3 (3)
31 ~ 40		1		2		2	5 (5)
41 ~ 50						2	2 (2)
51 ~ 60							
61 ~ 70				1	2		3 (3)
71 ~ 80							
81 ~ 90		1					1 (1)
91 ~							
計	12	12	52	18	7	9	110 (100)

※－：検体数

※※－：分布率%

表4 玄米中の黒米と青米からの糸状菌検出成績

米 別		貯 蔵 期 間			計
		2 年	1 年	5 ヶ月	
玄米中の黒米	検体数(粒数)	10 (130)	17 (170)	4 (22)	31 (322)
	陽性検体数(%)	9 (90)	17 (100)	4 (100)	30 (97)
	陽性粒数(%)	59 (45)	137 (81)	17 (77)	213 (66)
玄米中の青米	検体数(粒数)	11 (120)	17 (180)	9 (90)	37 (390)
	陽性検体数(%)	6 (55)	9 (53)	8 (89)	23 (62)
	陽性粒数(%)	26 (22)	31 (17)	39 (43)	96 (25)

C. 検出糸状菌の菌種分布

まず、精白米と玄米から検出された糸状菌の菌種分布を表5に示した。精白米からは、貯蔵期間に関係なく、Aspergillus属とEurotium属の検出率が高く、合計するとEurotium属59%、Aspergillus属27%の検出率であった。検出糸状菌種数は貯蔵期間2年米から6種類、

1年米から最も多い14種類、5ヶ月米から3種類、合計16種類であった。一方、玄米についてみると、貯蔵期間2年米からはEurotium属が80%と最も高率に、次いでAspergillus属(8%)、Penicillium属(6%)が検出され、検出糸状菌種数は8種類であった。貯蔵期間1年米からはPenicillium属の検出率が22%と最も高

表5 精白米と玄米から検出された糸状菌

菌 名	貯 蔵 期 間						計	
	2 年		1 年		5 ヶ月		計	
	精白米	玄 米	精白米	玄 米	精白米	玄 米	精白米	玄 米
Aspergillus	※ ※※ 7(16)	17(8)	28(35)		34(26)		69(27)	17(2)
A. versicolor		2(1)	6(8)				6(2)	2(0)
A. candidus	4(9)	5(2)	1(1)				5(2)	5(1)
A. spp	3(7)	10(5)	21(26)		34(26)		58(23)	10(1)
Eurotium spp.	31(69)	173(80)	25(80)	1(0)	96(73)	82(35)	152(59)	256(36)
Penicillium spp.	2(4)	13(6)	12(15)	60(22)	1(1)		15(6)	73(10)
Cladosporium spp.			3(4)	33(12)		29(12)	3(1)	62(9)
Nigrospora spp.			3(4)	40(15)		43(18)	3(1)	83(12)
Fusarium spp.				12(4)		65(27)		77(11)
Epicoccum spp.				35(13)		7(3)		42(6)
Alternaria spp.				20(7)		6(3)		26(4)
Curvularia spp.		1(0)		6(2)		2(98)		9(1)
Other fungi	5(11)	12(6)	9(11)	61(23)		3(11)	14(5)	76(11)
計	45(100)	216(100)	80(100)	268(100)	131(100)	237(100)	256(100)	721(100)
検出菌種数	6	8	14	23	3	9	16	27

※一粒数 ※※一分布率%

く、次いでNigrospora属15%、Epicoccum属13%、Cladosporium属12%の順に検出され、検出糸状菌種数は23種類と最も多かった。貯蔵期間5ヶ月米からはEurotium属(35%)が最も多く、次いでFusarium属(27%)、Nigrospora属(18%)、Cladosporium属(12%)の順に検出され、検出糸状菌種数は9種類であった。合計すると、Eurotium属(36%)、Nigrospora属(12%)、Fusarium属(11%)、Penicillium属(10%)の順に検出され、検出糸状菌種数は27種類であっ

た。次に玄米中に混在する黒米と青米から検出された糸状菌の菌種分布を表6に示した。すなわち、玄米とほぼ同様の菌種分布を示し、貯蔵期間2年米からはEurotium属、Aspergillus属、貯蔵期間1年米からはEpicoccum属、Nigrospora属、Curvularia属、貯蔵期間5ヶ月米からはEurotium属、Fusarium属、Nigrospora属の検出率が高かった。検出糸状菌種数は合計で18種類と玄米の菌種数より少なかった。

表6 玄米中の青米と黒米から検出された糸状菌

菌名	貯 蔵 期 間						計
	2 年		1 年		5 月 月		
	青 米	黒 米	青 米	黒 米	青 米	黒 米	
Aspergillus	※ ※※ 3(12)	10(17)					13(4)
A. versicolor		1(2)					1(0.3)
A. candidus	3(12)	5(8)					8(3)
A. spp		4(7)					4(1)
Eurotium spp.	18(69)	30(51)	1(3)		15(38)	4(24)	68(22)
Penicillium spp.		1(2)	10(32)	6(4)			17(6)
Cladosporium spp.			4(13)	9(7)	1(3)	1(6)	15(5)
Nigrospora spp.			10(32)	19(14)	9(23)		38(12)
Fusarium spp.	1(4)		2(7)	12(9)	7(18)	10(59)	32(10)
Epicoccum spp.			3(10)	37(27)	1(3)	2(12)	43(14)
Alternaria spp.		3(5)		4(3)			7(2)
Curvularia spp.	4(15)	8(14)		28(20)			40(13)
Other fungi		7(12)	1(3)	22(16)	6(15)		36(12)
計	26(100)	59(100)	31(100)	137(100)	39(100)	17(100)	309(100)
検出菌種数	4	10	7	14	7	4	18

※一粒数 ※※一分布率%

IV 考 察

戦後、輸入米が黄色になる事件(黄変米事件)が発生したことから、その原因究明のため数多くの調査が行なわれ、糸状菌(主にPenicillium属)の着生によって引き起されたことが明らかにされた¹¹⁾。それ以来、米に着生する糸状菌の調査研究がすすめられ、多種類の糸状菌が米に着生し、発ガン性を有するマイコトキシンを産生する有害糸状菌も着生していることが明らかにされた¹²⁻¹⁵⁾ことから、我々は本県の主要農産物である米の糸状菌着生実態を解明する目的で県内農家が貯蔵している自家保有米の糸状菌汚染状況を調査した。

まず、保有米からの糸状菌検出状況をみると、玄米中の正常な米粒の平均陽性検体率が95%および平均陽性粒率が19%であり、さらに、玄米中に混在する黒米と青米からの糸状菌検出率は高く、青米の平均陽性検体率が62%、平均陽性粒率が25%であり、黒米の平均陽性検体率が97%、平均陽性粒率が66%と最も高率であった。また、貯蔵期間毎の陽性検体率および陽性粒率に有位差が認められなかったことなどから、貯蔵期間に関係なくほとんどの玄米が糸状菌に汚染されていることが判明した。一方、精白米の平均陽性検体率が58%および平均陽性粒率が4%であり、玄米のそれぞれの値よりかなり低率であったことから、糸状菌の汚染が玄米表層部に極在している

ことが示唆された。

次に、保有米からの検出糸状菌の菌種をみると、玄米の正常な米粒で、14.0%と水分含量が低かった貯蔵期間2年米からは好乾性糸状菌である *Aspergillus* 属と *Eurotium* 属などの貯蔵性糸状菌といわれる菌種の検出率が高かったが、水分含量が14.7%~15.4%と高い貯蔵期間1年と5ヶ月米からは *Nigrospora* 属、*Cladosporium* 属、*Fusarium* 属などの圃場性糸状菌といわれる菌種の検出率が高かった。また、玄米中に混在する黒米と青米からの検出糸状菌の菌種は、玄米の正常な米粒と同じ傾向を示し、貯蔵期間2年の黒米と青米からは *Eurotium* 属と *Aspergillus* 属などの貯蔵性糸状菌の検出率が高く、貯蔵期間1年と5ヶ月の黒米と青米からは *Epicoccum* 属、*Curvularia* 属、*Nigrospora* 属、*Fusarium* 属などの黒色や赤色胞子を有する圃場性糸状菌の検出率が高かった。これらのことから、玄米の汚染糸状菌が貯蔵期間中に圃場性糸状菌から貯蔵性糸状菌に変わっていくことが示唆された。精白米からの検出糸状菌の菌種は、平均水分含量が13.8%と低かったことから、貯蔵期間に関係なく、好乾性糸状菌である *Eurotium* 属、*Aspergillus* 属などの貯蔵性糸状菌といわれる菌種の検出率が高かった。

最後に、精白米と玄米1件当りの陽性粒数の分布をみると、陽性粒数1~10個のものが最も多かったが、分布が8段階に亘っており、しかも1件当りの検査粒数の半数以上の米粒から糸状菌が検出されているものが4%もあったことから、農家保有米の貯蔵環境が農家によりかなり異なっていることが示唆された。

今回の調査ではアフラトキシンを産生する可能性のある *Aspergillus flavus* は検出されなかったが、発ガン性を有するステリグマトシスチンを産生する可能性のある *Aspergillus versicolor* が9株、トリコテセンなどのマイコトキシンを産生する可能性のある *Fusarium* 属が109株も検出されていたことから、今後は、マイコトキシン産生能調査やアフラトキシンなどのマイコトキシン汚染調査も実施したいと考えている。

V 結 論

県内農家が自家保有米として貯蔵している貯蔵期間2年、1年、5ヶ月の玄米と精白米110件の糸状菌汚染状況を調査した結果、次のような結論を得た。

1. 玄米の水分含量は貯蔵期間が長くなると少なくなる傾向にあったが、精白米の水分含量は貯蔵期間との相関は得られなかった。

2. 玄米の平均陽性検体率が95%および平均陽性粒率が19%であった。また、精白米の平均陽性検体率が58%

および平均陽性粒率が4%であった。

3. 玄米中に混在する黒米の平均陽性検体率が97%、平均陽性粒率が66%であり、最も糸状菌検出率が高かった。

4. 精白米からの検出糸状菌の菌種は、平均水分含量が13.8%と低かったことから、貯蔵期間に関係なく *Eurotium* 属、*Aspergillus* 属などの貯蔵性糸状菌の検出率が高かった。一方、玄米からの検出糸状菌の菌種は、水分含量が14.0%と低かった貯蔵期間2年米からは貯蔵性糸状菌の、水分含量が14.7%~15.4%と高かった貯蔵期間1年と5ヶ月米からは *Nigrospora* 属、*Cladosporium* 属、*Fusarium* 属などの圃場性糸状菌の検出率が高かった。

5. 玄米中に混在する黒米と青米から検出された糸状菌種は玄米と同様の傾向を示した。

6. 精白米と玄米の1件当りの陽性粒数の分布が8段階に亘っており、検査粒数の半数以上の米粒から糸状菌が検出された保有米が4%あったことから、保有米の貯蔵環境が農家によりかなり異なっていることが示唆された。

文 献

- 1) K. Sargeant, et al.: Toxicity Associated with Certain Samples of Groundnuts., *Nature*, 192, 1096—1097 (1961)
- 2) M. C. Lancaster: Comparative Aspects of Aflatoxin—induced Hepatic Tumors., *Cancer Research*, 28, 2288—2292 (1968)
- 3) G. N. Wogan, et al.: Dose—Response Characteristics of Aflatoxin B₁ Carcinogenesis in the Rat., *Cancer Research*, 27, 2370—2376 (1967)
- 4) 倉田浩たち: 食品中における有害糸状菌に関する研究, *食衛誌*, 8, 237—246 (1967)
- 5) 森實たち: 穀類ならびにその加工食品の糸状菌汚染と分離糸状菌のアフラトキシン産生能について, *食衛誌*, 15, 94—99 (1974)
- 6) 諸岡信一: 穀類に寄生するカビ類のマイコトキシン, *食衛誌*, 12, 459—472 (1971)
- 7) 真鍋勝たち: 輸入peanut mealの aflatoxin について, *食衛誌*, 12, 364—369 (1971)
- 8) 久保和夫たち: 輸入及び国産ナチュラルチーズの Aflatoxin M₁ 汚染調査, *食衛誌*, 25, 543—548 (1984)
- 9) 粟飯原景昭たち: 輸入生落花生の保管とアフラトキシンの二次汚染について, *食衛誌*, 26, 234—242 (1985)

- 10) 齊藤和夫たち：市販ピスタチオナッツ，コーン及びコーンフラワーのAflatoxin及びAflatoxicol汚染調査，食衛誌，25，241—245（1984）
- 11) 角田広たち：黄変米特集，食品衛生研究，10，7—40（1954）
- 12) H. Kurata, et al. : Studies on the Population of Toxigenic Fungi in Foodstuffs III. Mycoflora of Milled Rice Harvested in 1965., 食衛誌，9，23—28（1968）
- 13) H. Kurata, et al. : Studies on the Population of Toxigenic Fungi in Foodstuffs V. Acute Toxicity Test for Representative Species of Fungal Isolates from Milled Rice Harvested in 1965., 食衛誌，9，379—384（1968）
- 14) 宮本高明たち：米に着生する有害糸状菌の検索と分布について，食衛誌，11，373—380（1970）
- 15) 高橋治男たち：千葉県産農家保有玄米における糸状菌分布，千葉衛研報告，10，6—11（1986）