

## 厚生労働科学研究費補助金

(食品の安全確保推進研究事業)

### 基準値の策定に資する食品汚染カビ毒の実態調査と 生体影響評価に関する研究

#### 分担研究報告書

#### 国内流通食品における *Fusarium* 属菌の分布状況

研究分担者	渡辺 麻衣子	国立医薬品食品衛生研究所	衛生微生物部
研究協力者	高橋 治男	国立医薬品食品衛生研究所	衛生微生物部
	吉成 知也	国立医薬品食品衛生研究所	衛生微生物部
	小西 良子	麻布大学	生命・環境科学部
	中村 和真	麻布大学	生命・環境科学部

#### 研究要旨

*Fusarium* 属菌は、毒性の強いマイコトキシンを産生する菌として様々な農作物に分布することが知られ、食品衛生学上重要な真菌である。近年の調査では、国産の小豆において、毒性の強いトリコテセン系マイコトキシンをはじめとした複数のマイコトキシンの高濃度・高頻度の汚染が確認されている。しかし、汚染原因となる *Fusarium* 属菌の分布状況など生態については調査が進んでおらず、農作物全体をみても、ある特定の地域や作物を対象とした限定された菌種の分布状況が調査されているのみである。そこで本研究では、国内に流通する小豆を中心とした食品について、産地別に *Fusarium* 属菌の分布状況を検討した。国産小豆および対照として国産大豆・外国産小豆の計 20 検体を供試した。小豆および大豆の全粒を寒天平板培地上で培養後、*Fusarium* 属菌の特徴を示すコロニーの発育がみられた粒数を計測した。発育したコロニーを単離し、形態観察および分子生物学的指標によって同定した。その結果、*Fusarium* 属菌の陽性検体数は、国産小豆では 8 検体(88.9%)、国産大豆では 4 検体(57.1%)、外国産小豆では 0 検体(0.0%)となり、外国産小豆からは *Fusarium* 属菌の検出は無く、国産小豆の陽性検体率は、国産大豆および外国産小豆と比較して有意に高かった( $p < 0.05$ )。小豆・大豆 100 粒あたりの *Fusarium* 属菌の陽性粒率が最も高かった検体は、国産小豆では北海道産で 9.0%であった。各地域の大豆・小豆から検出された *Fusarium* 属菌種には、産地によって偏りがみられ、*Fusarium* 属菌の地理的分布が異なる可能性が示唆された。また、検出菌種にはトリコテセン系マイコトキシン等の産生菌が含まれた。今後、供試検体のマイコトキシン汚染状況および分離株のマイコトキシン産生性について解析を進め、さらに 1 産地あたりの検体数や産地のバリエーションを増やして調査を継続し、日本各地の小豆におけるマイコトキシン汚染とその原因、産生地域別のリスクについて明らかにする必要があると考えられた。

## A. 研究目的

真菌は食品に付着した後に適当な温度・湿度等の条件が揃えば発育する。この時、第2次代謝産物であるマイコトキシンを産生し、豆類・穀類をはじめとする食品を汚染する。マイコトキシンをヒトが経口摂取した場合、発がん性、変異原性、腎・肝障害性<sup>1)</sup>などの健康危害性を発揮する。マイコトキシンは低分子で熱に強いことが知られ<sup>2)</sup>、調理で用いられる100~200℃程度の熱では分解できず、マイコトキシンの食品汚染は、食品衛生上重要な問題となっている。

マイコトキシンのうち、トリコテセン系マイコトキシンは、特に毒性が強いものの一つとして知られ、いわゆるトリコテセン骨格(図1)を共通構造として有するものの総称である<sup>3)</sup>。その構造によりタイプAからDの4つのタイプに分類され、タイプAには、T-2 トキシンやHT-2 トキシン、タイプBにはニバレノールやデオキシニバレノールが含まれる<sup>3)</sup>。我が国においては、小麦中において2003年5月にデオキシニバレノールで暫定基準値1.1 ppmが設定された<sup>4)</sup>。タイプAの毒性はタイプBと同等もしくはそれ以上であると考えられているが、国内流通食品での汚染実態の解明は不十分であり、基準値等は制定されていない。

トリコテセン系マイコトキシンの食品における自然汚染は中緯度から高緯度の広範囲の地域で栽培された麦類およびトウモロコシなどの穀類を中心に世界中で頻繁に起きており、北米、ヨーロッパ、アジア、オセアニアなど、世界中で生産された穀類からの検出例が多数報告されている<sup>3)</sup>。過去に世界で発生した、トリコテセン系マイコトキシンの摂取によるヒトでの食中毒事例としては、以下のものが挙げられる。1940年代に旧ソビエト連邦のシベリアでATA症(alimentary toxic aleukia: 食中毒性無白血球症)により患者の30~80%が死亡し、原因物質としてT-2 トキシンが推定されている<sup>3)</sup>。イ

ンドのカシミール地方では1987年、カビに汚染された小麦粉から作ったパンを摂取したために中毒症が発生し、原因食品の小麦粉からデオキシニバレノール、ニバレノール、T-2 トキシンが検出されている<sup>3)</sup>。我が国でも、1949年および1965年に北海道で、1946年および1955年に東京で、トリコテセン系マイコトキシンが原因と考えられる食中毒が発生している<sup>3)</sup>。また、平成24年度に行われた国内流通食品のマイコトキシン汚染実態調査では、T-2 トキシンおよびHT-2 トキシンが、国産の小豆を高濃度・高頻度に汚染している事実が確認された<sup>5)</sup>。

トリコテセン系マイコトキシンの主な産生菌は*Fusarium* 属菌である。*Fusarium* 属菌が産生するマイコトキシンは総称してフザリウムトキシンと呼ばれ、この中で最も頻出されるマイコトキシンはゼアラレノンである。本トキシンの毒性は、現状では急性毒性よりも女性ホルモン様作用についてよく知られており、深刻な家畜に対する経済的影響をもたらす。ゼアラレノンの自然汚染はヨーロッパ、アメリカ、アジア、アフリカと世界中に広がっており、トウモロコシ、麦類などから検出されている<sup>3)</sup>ことが示すように、過去に世界中で多くのゼアラレノンの摂取による家畜での食中毒事例が報告されている。その例としては、オーストラリアの養豚場でゼアラレノンに汚染されたトウモロコシを摂取したブタ25頭が死亡した<sup>3)</sup>。ヒトへの食中毒事例の報告は無いが、汚染事例および濃度が高いだけに、内分泌攪乱物質としての影響が危惧されている。

*Fusarium* 属菌は土壌菌類として世界中に広く分布し、植物病原菌となるため、食品を広く汚染する。菌種によって病原性を発揮する植物等自然界の分布には特異性が有り、また産生するマイコトキシンにも菌種特異性があるため、食品のフザリウムトキシン汚染を制御するためには、菌種レベルの生態把握が必要となる。わ

が国においては、*Fusarium graminearum* や *Fusarium oxysporum* 等一部の *Fusarium* 属菌種のみに関して、ある特定の地域における地理的分布状況が調査されるのみに留まり<sup>6-10)</sup>、*Fusarium* 属菌分布の全体像は把握されていない。フザリウムトキシンの汚染実態を鑑み、T-2 トキシン、HT-2 トキシンおよびゼアラレノンをはじめとしたフザリウムトキシン産生菌の国産小豆における汚染実態の把握を行う必要がある。

以上のことから、本研究では、*Fusarium* 属菌の食品別・産地別による質的・量的な差異を明らかにすることを目的として、国産および輸入の小豆を中心とした食品について、*Fusarium* 属菌の汚染状況を検討した。

## B. 研究方法

### (1) 供試検体

北海道産小豆 5 検体、山形県産小豆 1 検体、千葉県産小豆 1 検体、熊本県産小豆 2 検体、小豆の対照試験に用いる検体として、北海道産大豆 1 検体、宮城県産大豆 1 検体、福島県産大豆 1 検体、茨城県産大豆 2 検体、千葉県産大豆 1 検体、熊本県産大豆 1 検体、外国産小豆として中国産小豆 2 検体、カナダ産小豆 2 検体を供試した。詳細は表 1、図 3 に示した。なお、一部の検体は、本研究班の研究分担者・小西らの本年度の研究で供試された検体と同一のものを用いたため、共通の ID を付した。

### (2) 食品からの菌株分離

小豆および大豆検体は、70%エタノールで 30 秒間洗浄し、その後純水で洗浄した後に実験に供した。用いた全ての寒天培地には Chloramphenicol (Cloramphenicol: 和光純薬工業会社、大阪府大阪市) を 50mg/ml の割合で添加した。Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Ager (DRBC: OXOID、イギリス) および Dichloran Glycerol Ager (DG-18:

関東化学株式会社、東京都) 平板上に、洗浄した小豆または大豆を置き、25℃ で 7 日間培養した。培養後、発育したコロニーを目視によって観察し、*Fusarium* 様のコロニーを Potato Dextrose Agar (PDA: 栄研化学株式会社、東京都) に釣菌し、25℃ で 1~2 週間培養した(図 2)。得られた分離菌株を PDA 斜面培地に接種し、25℃ で 1~2 週間培養した後、8℃ で保存した。

### (3) 分離菌株の同定

形態学的同定手法および分子生物学的同定手法の両手法から得られた結果を総合的に判断し、同定を行った。

#### 形態学的同定法

分離菌株を PDA 平板に接種し、形成されたコロニー形状・色を目視で観察した(図 4)。さらに *Fusarium* 属は、PDA 上では菌種の特徴となるべき巨大分生子の形成が少ないことがあることから、分生子形成を促進させるカーネーションリーフ寒天培地 (CLA) を用いての培養を行い、プレパラートを作製して、形成された孢子形状および孢子形成様式を顕微鏡で観察した(図 4)。培養は、25℃ で 14 日間行った。これらの形態学的指標について、Nelson らの方法<sup>11)</sup> を参照し、同定を行った。

#### 分子生物学的同定法

染色体 DNA の抽出法として、PDA 斜面培地上のコロニーを 2.0 ml マイクロチューブに入れた Potato Dextrose Broth (PDB: Becton and Dickinson Company, USA) 1 ml に接種後、25℃ で 1 晩培養した。培養後、4℃・15,000 rpm で 10 分間遠心分離にかけ、上清を取り除き、菌体のみを得た。菌体からの DNA 抽出は SDS 抽出法<sup>18)</sup>を用いて行った。

遺伝子塩基配列の決定は、PCR 産物のダイレクトシーケンシング法により行った。リボゾーム RNA 遺伝子 (rDNA) 関連遺伝子群のうち、18S

rDNA、Internal spacer region 1、5.8S rDNA、Internal spacer region 2 および 28S rDNA を、さらに $\beta$ -tubulin 遺伝子( $\beta$ -*tub*)の塩基配列を決定した。

プライマーは、rDNA 関連遺伝子群については ITS5(5'-GGAAGTAAAAGTAACAAGG-3') および NL4(5'-GGTCCGTGTTTCAAGACG G-3')<sup>12)</sup>、 $\beta$ -*tub* については Btu\_F-F01(5'-CAGA CCGGTCAGTGCCTAA-3') および Btu-F\_R01 (5'-TTGGGGTTCGAACATCTGCT-3')<sup>13)</sup>を用いた。PCR 反応は、TaKaRa Ex Taq (タカラバイオ株式会社、滋賀県)を用い、反応液の組成は添付の実験マニュアルに従った。反応条件は、94・3分で熱変成させた後、94・30秒、60・40秒、72・50秒を1サイクルとして35サイクル行い、最後に72・5分の伸長反応を行った。この後、アガロースゲル電気泳動によって遺伝子増幅の有無を確認した。PCR産物の精製は、ExoSPO-IT (GEヘルスケア・ジャパン株式会社、東京都)を用い、反応液および反応条件は添付の実験マニュアルに従った。シーケンス反応は、BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems社、米国)を用い、反応液および反応条件は添付の実験マニュアルに従った。プライマーは、前述のPCR反応と同様のものを用いた。シーケンス反応物の精製は、Applied Biosystems社が公開している簡易実験マニュアルに従い、エタノール/EDTA/酢酸ナトリウムを用いる方法によって行った。精製後、Applied Biosystems 3730 XL genetic analyzer (Applied Biosystems社)によって塩基配列を決定した。

遺伝子塩基配列の解析は、以下の手順によって行った。得られたシーケンスデータは、ソフトウェア ATGC (ゼネティックス社、東京)を用いてマルチプルアライメントを行い、rDNA 関連遺伝子群および $\beta$ -*tub* の部分塩基配

列を得た。得られた塩基配列を用いて、National Center for Biotechnology Information (NCBI) で提供している Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) を用い、GenBank 登録配列との相同性検索を行った。この検索結果を参照し、菌種の決定を行った。

## C. 研究結果

### (1) *Fusarium* 属菌の検出状況

各供試検体における *Fusarium* 属菌陽性粒率を図5に示した。北海道産小豆(5検体)では最も高い陽性粒率は9.0%であった。山形県産小豆(1検体)では1.0%、千葉県産小豆(1検体)では1.0%、熊本県産小豆(2検体)では5.0%であった。カナダ産小豆(2検体)では0.0%、中国産小豆(2検体)では0.0%であった。以上のことから、小豆では、*Fusarium* 属菌陽性粒率が北海道産で高く、外国産についてはすべての検体で *Fusarium* 属菌は検出されなかった。大豆では、北海道産大豆、宮城県産大豆、千葉県産大豆(それぞれ1検体)では0.0%、福島県産大豆(1検体)では3.0%、茨城県産大豆(2検体)では13.0%および20.0%、無選別の熊本県産大豆(1検体)では1.0%であった。

また、*Fusarium* 属菌の陽性検体数を表2に示した。国産小豆では9検体中8検体(88.9%)、国産大豆では7検体中4検体(57.1%)、外国産小豆では4検体中0検体(0.0%)となり、国産小豆の陽性検体率は、国産大豆および外国産小豆と比較して有意に高かった( $p < 0.05$ )。国産の大豆・小豆別および産地別にみた場合、陽性検体率が最も高かったのは北海道産小豆で、5検体中4検体(80.0%)であった。

### (2) 小豆および大豆ごとの *Fusarium* 属菌検出状況

小豆および大豆から検出された *Fusarium* 属菌の菌種一覧および割合を、表3、4および図6

に示した。国産小豆からは *F. oxysporum*、*Fusarium incarnatum/equiseti/scirpi* species complex(FIESC)<sup>14)</sup>、*F. proliferatum*、*F. avenaceum* および *F. camptoceras* が検出された。割合としては、*F. oxysporum* が最も高率に検出された。*F. oxysporum* はモニリフォルミンやフモニシンといった近年注目されているマイコトキシンの産生菌として知られる<sup>15)</sup>。その他には、*F. proliferatum*、*F. camptoceras*、および *F. avenaceum* が検出された。*F. avenaceum* はモニリフォルミン、*F. proliferatum* はモニリフォルミンやフモニシンの産生性が報告されている<sup>15、16)</sup>。*F. camptoceras* についてはマイコトキシン産生性はこれまでのところ報告されていない。

国産大豆からは FIESC、*F. proliferatum* および *F. oxysporum* が同定された。大豆では species complex である FIESC に属する菌種が最も高率に検出された。species complex とは、形態学および分子生物学的な性質が非常に類似しており識別が困難な、互いに近縁な種の複合体を示す。FIESC の代表菌種は *F. semitectum*、および *F. equiseti* である。これらの菌種は、T-2 トキシン、HT-2 トキシンなどのトリコテセン系マイコトキシンおよびゼアラレノンを生産するとの報告がある<sup>20)</sup>。

小豆と大豆から検出された菌種を比較すると、*F. avenaceum* および *F. camptoceras* は小豆のみ検出され、小豆では比較的菌種の多様性がみられた。

### (3)小豆における地域ごとの *Fusarium* 属菌種別検出状況

各地域の小豆から検出された *Fusarium* 属菌の内訳を図 7 に示した。北海道産の小豆からは 18 株の *Fusarium* 属菌が検出され、そのうち *F. oxysporum* が 6 株 (検出された *Fusarium* 属菌のうち 30.0%)、FIESC が 5 株(27.7%)、

*F. camptoceras* が 1 株(5.6%)、*F. avenaceum* が 1 株(5.6%)、*Fusarium* sp.は 5 株(27.7%)と同定された。熊本県産の小豆からは 6 株の *Fusarium* 属菌が検出され、そのうち *F. proliferatum* が 1 株(16.7%)、FIESC が 1 株(16.7%)、*Fusarium* spp.が 4 株(66.7%)と同定された。山形県産の小豆および千葉県産の小豆から分離された *Fusarium* 属菌 2 株はいずれも *Fusarium* spp.であったと同定された。北海道産では、熊本県産では検出されなかった *F. camptoceras* および *F. avenaceum* が、熊本県産では、北海道産では検出されなかった *F. proliferatum* が、それぞれ検出された。

### (4)大豆における地域ごとの *Fusarium* 属菌種別検出状況

各地域の大豆から検出された *Fusarium* 属菌の内訳を図 8 に示した。茨城県産の大豆からは 33 株の *Fusarium* 属菌が検出され、そのうち FIESC が 16 株(48.5%)、*F. proliferatum* が 1 株(3.0%)、*Fusarium* sp.は 16 株(48.5%)と同定された。熊本県産の大豆からは 1 株の *Fusarium* 属菌が検出され、*F. oxysporum* と同定された。福島県産の大豆から検出された *Fusarium* 属菌 3 株はすべて *Fusarium* spp.と同定された。

## D. 考察

我が国ではこれまで、*Fusarium* 属菌の地理的分布について、網羅的な地域および菌種を対象とした検討が行われておらず、全体像が明らかになっていなかった。そこで、北海道、東北、関東、九州と地理的に異なる地域産の小豆および大豆を対象に、*Fusarium* 属菌の汚染状況の調査を行った。

*Fusarium* 属菌の陽性粒率を各地域間で比較したところ、茨城県産大豆 2 検体では、他地域と比較すると 20.0%および 13.0%と非常に高率であった(図 4)。今回供試した 2 検体は製品加

工工程での選別過程を経ていない無選別の検体であり(表 1)、そのような農作物は真菌やマイコトキシン汚染を高濃度に受けている傾向にあるという報告<sup>17)</sup>があることから、無選別であったことが影響した可能性がある。このことから、小豆・大豆でも、流通前の選別によって *Fusarium* 属菌やフザリウムトキシンに汚染された個体を除去することができ、製品全体の汚染のリスクを低下させることができる可能性が考えられた。ただし、無選別の熊本産小豆および大豆では陽性粒率は高くなく、今後は、同じ条件で栽培された検体を用いて、選別されたものと無選別のものとの間で、*Fusarium* 属菌やフザリウムトキシンの汚染量・汚染率を比較検討する必要があると考えられた。

*Fusarium* 属菌の陽性検体率および検出菌種について、国産大豆、国産小豆および外国産大豆の間で比較検討を行ったところ、国産小豆では 88.9%の検体から *Fusarium* 属菌が検出されており、国産大豆よりも有意に高い結果となった。近年の食品のフザリウムトキシン汚染実態調査<sup>5)</sup>において、国産小豆では最大でゼアラレノンが 125.0 ppb、T-2 トキシンが 48.4 ppb、HT-2 トキシンが 45.7 ppb 検出されており、一方で国産大豆では最大でゼアラレノンが 0.0 ppb、T-2 トキシンが 4.3 ppb、HT-2 トキシンが 3.1 ppb と低く、国産小豆での高い汚染傾向が示されており、本研究において得られた国産小豆における高い *Fusarium* 属菌汚染状況は、国産小豆の高濃度・高頻度なフザリウムトキシン汚染状況と一致した傾向を示した。また、研究分担者・小西らの本年度の研究成果(分担研究報告書参照)から、本研究で供試した一部の小豆検体の T-2 トキシン、HT-2 トキシン、ゼアラレノンおよび DON の汚染状況が示された。これと本研究の表 4 を比較すると、検体 ID:25-AD14 および 19 の高濃度のゼアラレノン汚染はゼアラレノン産生菌である FIESC によるものであ

る可能性が考えられた。今後、分離株のフザリウムトキシン産生能の調査を行う必要がある。

さらに、本研究班研究分担者・作田らの本年度の研究成果から、今回の供試検体から分離された一部の *Fusarium* 属菌株のトリコテセン系マイコトキシンの産生性が調査された(分担研究報告書「カビ毒産生菌の生態学的研究」参照)。これによると、小豆および大豆由来株からは T-2 および HT-2 トキシン産生性は確認されていないものの、ジアセトキシシルペノール(DAS)産生性が 10 株中 3 株から確認された。今後、本研究で供試した検体に関して、DAS 等、T-2 トキシンおよび HT-2 トキシン以外のトリコテセン系マイコトキシンの産生性を調査する必要がある。さらに、小西らの本年度の研究成果から高濃度・高頻度のゼアラレノン汚染が検出されたこと、本研究の結果からゼアラレノン産生能を持つ菌種が多数分離されたことから(表 4)、今後これらの分離株についてゼアラレノン産生性についても検証する必要があると考えられた。

また、国産小豆では *Fusarium* 属菌が高い陽性検体率であったが、外国産小豆では *Fusarium* 属菌は 1 検体からも検出されなかった(表 2、図 5)。研究分担者・小西らの研究成果から、本研究で供試した 4 検体の外国産小豆からはいずれのフザリウムトキシンも検出されず(分担研究報告書参照)、*Fusarium* 属菌検出状況はマイコトキシン汚染状況と一致した傾向を示した。このことから、外国産小豆は、国産小豆と比較して *Fusarium* 属菌およびフザリウムトキシンの汚染頻度が低い可能性が示唆された。しかし、今回の検討で用いた供試検体数には限りがあるため上述のように結論付けるには不十分なデータであると言え、今後検証を続ける必要がある。

各地域の小豆および大豆から検出された *Fusarium* 属菌の割合について(図 7、8)、北海道産および熊本県産から検出された *Fusarium* 属菌種の傾向の違いが示され、国内

において *Fusarium* 属菌の地理的分布が異なる可能性が示唆された。しかし、外国産小豆同様、今回の検討で用いた供試検体数および産地のバリエーションには限りがあり、今後 1 産地あたりの供試検体数を増やすとともに、様々な地域の検体について調査を継続する必要がある。

#### E. 結論

本研究の結果から、国産小豆はある程度の頻度および濃度で *Fusarium* 属菌に汚染されていることが明らかとなり、フザリウムトキシン汚染状況を裏付ける結果が得られた。今後、今回供試した検体のマイコトキシン汚染状況および分離株のマイコトキシン産生性について解析を進め、さらに 1 産地あたりの検体数や産地のバリエーションを増やして調査を継続し、日本各地の小豆におけるマイコトキシン汚染とその原因、産生地域別のリスクについて明らかにする必要があると考えられた。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

1) Maiko Watanabe, Takahiro Yonezawa, Yoshiko Sugita-Konishi, Yoichi Kamata. Application of phylotoxigenic relationships among trichothecene-producing *Fusarium* species to the prediction about the potential mycotoxin-productivity. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. 2013, 30:1370-81.

##### 2. 学会発表

1) 渡辺麻衣子、後藤慶一、小西良子、鎌田洋一、工藤由起子. マイクロプレートを用いた DNA-DNA ハイブリダイゼーションによる *Fusarium* 属菌近縁種間における全ゲノム塩基配列比較手法の検討. 第 34 回日本食品微生物学会学術総会, 東京, 2013.10.

2) Maiko Watanabe. Utility of the Phylotoxigenic Relationships among Trichothecene-Producing *Fusarium* species for Predicting Their Mycotoxin Producing Potential. 48th Session of the Joint UJNR Panel on Toxic Microorganisms (2014.1) (Tokyo)

#### G. 参考文献

- 1) 宇田川俊一. (2004) 食品のカビ汚染と危害. 幸書房. 東京.
- 2) 村上尚. (2004) 食品におけるマイコトキシン汚染の実態とその除去. マイコトキシン 43:27-31.
- 3) 宇田川俊一, 田端節子, 中里光男. (2002) マイコトキシン. 中央法規. 東京.
- 4) 厚生労働省行政情報 - 報告 小麦のデオキシニバレノールに係る暫定的な基準値の設定について. 2002/05/21 - 通知. (2014 年 1 月 28 日アクセス)  
<http://www.ffcr.or.jp/Zaidan/mhwinform/ab440e922b7f68e2492565a700176026/0da129a07813d14349256df6000bc432?OpenDocument>
- 5) 局博一ら. (2013) 食品汚染カビ毒の実態調査ならびに生体毒性影響に関する研究. 厚生労働科学研究費補助金 (食品の安全確保推進研究事業), 平成 22 年度 ~ 24 年度 総合研究報告.
- 6) 一戸正勝, 高鳥浩介, 倉田浩. (1973) オオムギ、コムギ穀粒における糸状菌分布. 菌蕈研究所研究報告第 10 号. 627-636.
- 7) 上田晃久, 西本博之, 加藤順久ら. (2007) 東海地方に分布するムギ類赤かび病菌の菌種及びマイコトキシン産生型. 愛知県農業総合試験場研究報告. 39:17-23.
- 8) Suga, H., Karugia, G. W., Ward, T. et al. (2008) Molecular characterization of the *Fusarium graminearum* species complex in

- Japan. Phytopathology. 98:159-166.
- 9 ) Aoki, T., Tanaka, F., Suga, H., et al. ( 2012 )  
*Fusarium azukicola* sp. Nov., an exotic azuki  
bean root-rot pathogen in Hokkaido, Japan .  
The Mycological Society of America. 104(5)  
1068-1084.
- 10 ) 勝部和則 . ( 1999 ) 日本産 *Fusarium*  
*oxysporum* f. sp. *spinaciae* 菌糸和合性群の地  
理的分布および圃場内個体群構造. 日本植物  
病理学会報. 65:563-568.
- 11 ) Nelson, E.P., Toussoun, T.A., Marasas,  
W.F.O. ( 1984 ) *Fusarium* species.  
The Pennsylvania State University Press.  
U.S.A.
- 12 ) O'Donnell, K. (1993) *Fusarium* and its  
near relatives. In, The fungal holomorph :  
mitotic, meiotic and pleomorphic speciation  
in fungal systematic. Pp. 225-233. CAB  
International, Wallingford.
- 13 ) Watanabe, M., Yonezawa, T., Lee, K., et al.  
( 2011 ) Evaluation of genetic markers for  
identifying isolates of the species of the  
genus *Fusarium*. J Sci Food Agric.  
91:2500-2504.
- 14 ) O'Donnell, K., Deanna A. Sutton, Mihael  
G. Rinadi, et al. ( 2009 ) Novel Multilocus  
Sequence Typing Scheme Reveals High  
Genetic Diversity of Human Pathogenic  
Members of the *Fusarium incarnatum*-  
*F. equiseti* and *F. chlamydosporum* Species  
Complexes within the United States.  
J Clin Microbiol 12:3851-3861.
- 15 ) Marasas, W.F.O., Nelson, E.P., T.A  
Toussoun. ( 1984 ) Toxigenic *Fusarium*  
Species . The Pennsylvania State University  
Press. United States of America.
- 16 ) Jimenez, M., Huerta, T., Mateo, R. ( 1997 )  
Mycotoxin Production by *Fusarium* species  
Isolated from Bananas. Environmental  
Microbiology. 1997-2:364-369.
- 17 ) 高橋治男. ( 2012 ) 落花生やナッツ類のア  
フラトキシン汚染と近赤外選別機などを利用  
したその減衰について. 一般財団法人 マイ  
コトキシン検査協会 資料. ( 2014 年 1 月 28  
日アクセス )  
<http://www.mycotoxin.or.jp/PDF/kinsek.pdf>