

201522009A

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

平成 27 年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 局 博一

東京大学大学院農学生命科学研究科

平成 28 (2016) 年 3 月

目 次

I. 総括研究報告書

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・・・ 1

II. 分担研究報告書

1. カビ毒の食品汚染実態調査と生態調査、曝露量評価

- 1) 食品汚染カビ毒の実態調査 10
- 2) 国内流通食品における *Fusarium* 属菌の分布状況 21
- 3) 輸入麦類の汚染量を輸入元国別に推定することによる曝露量推定の精緻化 54
- 4) 麦類の輸入割合を変更した場合の効果について 62
- 5) コーデックス規格基準を基にした DON の曝露再評価 70

2. 毒性評価

- 1) かび毒の発達神経毒性評価 73
- 2) T-2 トキシンの経口摂取による心拍・体温・活動量への影響 92

III. 個表

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)

総括研究報告書

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

研究代表者 局 博一

東京大学大学院農学生命科学研究科附属食の安全研究センター特任教授

研究要旨

1. カビ毒の食品汚染実態調査と生態調査、曝露量評価

1) 食品汚染カビ毒の実態調査

11種の食品目における215試料を対象に汚染実態調査を行った。T-2 トキシンとHT-2 トキシンは雑穀米、ハト麦加工品及び小豆から検出された。ゼアラレノンは、主にソバ、ゴマ、コーングリッツ及び雑穀米で検出率が高かった。汚染濃度については、T-2 トキシンでは、グラノーラおよび雑穀米で平均濃度 (LB) が $1 \mu\text{g}/\text{kg}$ 以上で、HT-2 トキシンでは、ライ麦粉で平均濃度が $4 \mu\text{g}/\text{kg}$ を超えていた。ゼアラレノンは小麦粉と雑穀米の平均濃度 (LB) が $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ を超えていた。

2) 国内流通食品における *Fusarium* 属菌の分布状況

国産小豆における *Fusarium* 属菌陽性検体率を産地別に比較した。国内産小豆の *Fusarium* 属菌陽性検体率は全ての産地で72.7-100%と高かった。一部の地域で *F. sporotrichioides* が検出され、その分離株からT-2 トキシンの産生が確認された。

3) 曝露量評価

これまで麦類については国内産および外国産のそれぞれについて汚染実態調査を行ってきたが、今年度は外国産麦類については輸入国別の国内消費量を加味して、全体的な曝露量の再評価を行った。低年齢層で曝露量が成人に比べて高い傾向がみられた。また99.9%タイルでは、とくにHT-2 トキシンについてはすべての年齢層で推定曝露量がPMTDIを大きく上回るレベルで増加した。一方、汚染の少ない国からの輸入量割合を増やした場合のシミュレーションでは曝露量が低減されることがわかった。デオキシニバレノールについて、最近の汚染実態調査結果を含めて曝露量の再評価を行った。90%タイルあるいは95%タイルで、低年齢層ではPMTDIを超える推定曝露量が示された。

2. カビ毒の毒性評価

1) 発達期毒性

オクラトキシン (OTA) の経口摂取による生体影響を病理学的に観察した実験では、母動物の腎臓 (髄質外帯外層近位尿管) では巨大核、空胞変性といった病理学的変化が3.0 ppmで、離乳時の児動物では同様の所見が0.6 ppmから認められた。児動物の海馬歯状回ではアセチルコリン作動性入力

少及び酸化ストレスの増加を伴う type-2a 及び type-2b 前駆細胞の減少が 3.0 ppm で認められた。児動物のニューロン新生障害における無毒性量は 0.6 ppm と判断された。

T-2 トキシンの経口摂取による生体影響を生理学的に観察した実験では、4.5 ppm で、心拍数の一過性増加に続く減少、心拍数の日周リズムにおける自己相関係数の減少が認められた。また、摂取期間中は明期における体温の低下傾向が観察された。これらの実験成績から、3 ppm では影響がみられないが、4.5 ppm の T-2 トキシシ混餌はラットの全身機能に影響を及ぼすことが明らかになった。

A. 研究目的

1. カビ毒の食品汚染実態調査、*Fusarium* 属菌の分布状況および曝露量評価

1) 食品汚染カビ毒の実態調査

T-2 トキシシ、HT-2 トキシシ及びゼアラレノンの 3 種のフザリウムトキシシは食品汚染率が高く、一定の毒性評価がなされているものの、CODEX 委員会での規格基準はまだ制定されていず、各国での継続的な汚染実態調査が望まれている。このような状況を鑑み、わが国で流通している主要な国産および輸入食品目について上記のカビ毒の汚染実態を調査した。

2) 国内流通食品における *Fusarium* 属菌の分布状況

国内流通食品中には栽培時に産生されるカビ毒のほかに、一部の食品には *Fusarium* 属菌自体が含まれることがこれまでの調査で示唆されている。そこで本研究では、国産品を中心とする小豆について、*Fusarium* 属菌の検出を試み、国内流通小豆における生産地ごとの *Fusarium* 属菌の分布状況および検出された菌株のカビ毒産生性を調査し検討した。

3) 曝露量評価

I. 輸入国別の曝露量を考慮した全体曝露量の再評価

フザリウム属菌産生毒素による汚染が認められ、食品摂取量が多い小麦は大部分が輸入小麦であるが、輸入元の国によって汚染度が異なるため、正確な曝露量評価のためには各輸入国による曝露量推定と、国毎の輸入量比率を考慮する必要がある。

そこで平成 27 年度では、T-2、HT-2、ゼアラレノンの 3 種について、小麦（オーストラリア、アメリカ、カナダ、フランス）と大麦（オーストラリア、アメリカ、カナダ）の輸入元の国別の汚染量シミュ

レーションを行うことともに、汚染量推定値に輸入量に占める各国の割合をかけた汚染量を推定し、小麦を含む主要食品全体の汚染量を評価した。

II. 麦類の輸入国別割合を変更した場合の効果

上記の輸入国別割合を考慮した曝露量評価の意義を検証するために、汚染量の低い国からの輸入量を増やした場合の推定効果と、反対に汚染量の高い国からの輸入量を増やした場合の推定効果を明らかにするためにシミュレーションを行った。

III. コーデックス規格基準を基にした DON の曝露再評価

平成 27 年のコーデックス委員会においてデオキシニバレノール (DON) の規格基準が設定された。現在我が国では、平成 13 年度に行った厚生労働研究事業において、実態調査を行い、現在施行されている暫定基準 1.1mg/Kg を玄麦について定めている。食品安全委員会におけるリスク評価では、1,000 μ g/体重Kg を一日耐容摂取量としている。本研究の目的は、DON の汚染が報告されている国内流通食品につき、近年の実態調査結果から総合的にその曝露量を再評価することを目的とした。

2. カビ毒の毒性評価

1) 発達期毒性

記憶・学習の中枢であり、生後もニューロンを産生し続ける海馬歯状回のニューロン新生が様々な神経毒性物質によって障害を受けることがこれまでの我々の研究で明らかにされている。平成 27 年度は穀物を含む幅広い食品汚染が検出されるオクラトキシシ A (OTA) について、ラットを用いて発達期神経毒性影響を検討することを目的として行った。

2) T-2 トキシンの経口摂取による心拍・体温・活動量への影響

昨年度までの研究で、T-2 トキシンを含む餌（以下、T-2 混餌）を自由経口摂取したラットの心電図、体温、運動量をテレメトリー法で測定した結果、12 ppm および 6 ppm の混餌で、心拍数および体温に明瞭な変化が生じるが、3 ppm の混餌ではそれらに明らかな変化が生じないことがわかった。より正確な最小毒性量 (LOAEL) および無毒性量 (NOAEL) を明らかにするために、平成 27 年度は、4.5 ppm の T-2 混餌摂取による影響の有無を明らかにすることを目的として実験を行った。

B. 研究方法

1. カビ毒の食品汚染実態調査、*Fusarium* 属菌の分布状況、曝露量評価

1) 食品汚染カビ毒の実態調査

流通食品中のハト麦加工品 (20 試料)、ライ麦粉 (19 試料)、国産小麦粉 (40 試料)、グラノーラ (15 試料)、ビール (20 試料)、ソバ (20 試料)、コーングリッツ (15 試料)、小豆 (26 試料)、雑穀米 (20 試料)、精米 (10 試料)、ゴマ (10 試料) の計 11 食品目、215 試料について、T-2 トキシシ、HT-2 トキシシおよびゼアラレノン (ZEN) の含有量を LC-MS/MS 法によって測定した。検出率は LOQ 以上の汚染濃度が検出されたものの数を対象に算出した。平均濃度の算出は GEMS FOOD の算出法に従って、Lower bound (LB) 及び Upper bound (UB) を求めた。LB は定量限界値 (LOQ) 未満の値を全て 0 とし、平均値を算出した。UB は検出限界値 (LOD) 未満の値を検出限界値に、検出限界値以上定量限界値未満の値を定量限界値とし、平均値を算出した。

2) 国内流通食品における *Fusarium* 属菌の分布状況

小豆試料から分離した菌について、菌の同定を以下の方法によって行った。①形態学的同定法：寒天平板上で発育したコロニーの目視および PDA 培地上では孢子形成様式の観察、②分子生物学的同定法：Potato Dextrose Broth で培養した菌の菌体から DNA

抽出を行った。 β -tubulin の塩基配列を決定した。遺伝子塩基配列の解析は、シークエンスデータより ATGC (ゼネティックス社、東京都) を用いてマルチプルアライメントを行い、rDNA の部分塩基配列を得た。得られた塩基配列は、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、菌種の同定を行った。また、菌の毒素産生性を液体培地培養法を用い LC-TOF/MS によって分析した。T-2 トキシシはイムノクロマト法を利用した測定キットを用いて定量した。

3) 曝露量評価

I. 輸入国別の曝露量を考慮した全体曝露量の再評価

わが国における摂取量の多さとこれまでの汚染実態調査結果にもとづいて、小麦、大麦、小豆、雑穀米、ビールの 5 食品目を選び、T-2 トキシシ、HT-2 トキシシ、ゼアラレノンの曝露量評価を行った。小麦については輸入元の米国、カナダ、オーストラリア、フランスの国別に LOQ 以上のサンプルの平均汚染濃度と標準偏差をもとに、曝露シミュレーションを行った (試行回数：10,000,000 回)。小麦および大麦について総輸入量に対する各国の寄与率を按分して汚染量を算出した。ちなみに輸入小麦の国別割合は、米国 58.31 %、カナダ 23.2 %、オーストラリア 18.39 %、その他 0.1 % であり、輸入大麦の国別割合は、オーストラリア 75.56 %、カナダ 22.22 %、その他 2.22 % であった。

II. 麦類の輸入国別割合を変更した場合の効果

シミュレーションの方法論は A と同様であるが、小麦および大麦の国別輸入割合を現状から変更した場合の曝露量推定を行った。輸入割合を変更した場合のケースとして 2 種類を想定した。一つは汚染量の少ない国からの輸入を増やすというケースであり、他は汚染量の多い国からの輸入を増やすというケースである。汚染量の少ない国からの輸入を増やす場合としては、汚染の度合いが一番少ない国からの輸入を 50% として残りを現状の比率に合わせるように

少なくするように、次のような変更輸入割合を仮定した。小麦がアメリカ 35%、カナダが 15%、オーストラリアが 50%、その他が 0%で、大麦はオーストラリアが 37.5%、カナダが 12.5%、アメリカが 50%である。この比率を使って小麦と大麦の変更汚染量を推定した。汚染量の多い国からの輸入量を増やす場合としては、小麦は汚染量が多いアメリカからの輸入を 80%とし、カナダとオーストラリアからの輸入をそれぞれ 10%ずつとして、その他からの輸入は 0%とした。大麦は汚染量の多いカナダからの輸入を 50%として、オーストラリアからの輸入を 50%、その他からの輸入は 0%として、小麦と大麦の汚染量を推定した。

Ⅲ. コーデックス規格基準を基にした DON の曝露再評価

汚染実態調査の対象となった食品のうち、汚染量がきわめて少ない食品および摂取者の割合が少ない食品は本評価対象から除外した。小麦、大麦、ビール、小豆、雑穀米についての曝露量を年齢層ごとに求め、それらを合算した総量によって日本人の DON への曝露量評価を年齢層ごとに行った。小麦については、規制なし、規制値 2ppm、規制値 1.1ppm(現行規制)の 3 種類のシナリオを想定して評価を行った。

2. カビ毒の毒性評価

1) 発達期毒性

妊娠 SD ラットを 4 群に分け、OTA を 0、0.12、0.6、3.0 ppm の用量で妊娠 6 日から分娩後 21 日目まで混餌投与した。母動物および児動物の臓器検査、児動物の海馬歯状回顆粒細胞層における新生ニューロンの分化、介在ニューロン、成熟ニューロンの状態やアポトーシスの発現状態を免疫組織化学的に観察した。

2) T-2 トキシンの経口摂取による心拍・体温・活動量への影響

4.5 ppm の濃度 T-2 混餌を 5 日間にわたってラットに自由経口摂取させた。T-2 混餌の摂取前、摂取中、摂取後における心電図(心拍数)、体温および運動量をテレメトリー法によって連続記録した。心拍数、

体温、運動量のレベルの変化やそれらの指標の周期性の変化を自己相関係数(コレログラム)から求めた。

C. 結果

1. カビ毒の食品汚染実態調査、*Fusarium* 属菌の分布状況、曝露量評価

1) 食品汚染カビ毒の実態調査

11 種の食品目における 215 試料を対象に汚染実態調査を行った。T-2 トキシンと HT-2 トキシンは雑穀米、ハト麦加工品及び小豆から検出された。ゼアラレノンには、主にソバ、ゴマ、コーングリッツ及び雑穀米で検出率が高かった。汚染濃度については、T-2 トキシンでは、グラノーラおよび雑穀米で平均濃度(LB)が 1 µg/kg 以上で、HT-2 トキシンでは、ライ麦粉で平均濃度が 4 µg/kg を超えていた。ゼアラレノンは小麦粉と雑穀米の平均濃度(LB)が 10 µg/kg を超えていた。

2) 国内流通食品における *Fusarium* 属菌の分布状況

外国産小豆では *Fusarium* 属菌は検出されなかったが、国内産小豆の *Fusarium* 属菌陽性検体率は全ての産地で 72.7-100% と高かった。各小豆検体における *Fusarium* 属菌検出状況を検討したところ、T-2 トキシンが検出された北海道産小豆 2 検体において *F. sporotrichioides* が検出され、その分離株から T-2 トキシンの産生が確認された。その他の地域の国産小豆では、T-2 トキシン産生菌は検出されなかった。

3) 曝露量評価

I. 輸入国別の曝露量を考慮した全体曝露量の再評価

(1) T-2 トキシン

JECFA の PMTDI (60ng/体重 Kg/日) を超えるのは 1~6 歳で 99.8% タイル、7~14 歳では 99.9% タイルであった。15~19 歳および 20 歳以上では 99.9% タイルにおいて上記の PMTDI を超えることはなく、それぞれ 38.45ng/体重 Kg/日、53.8ng/体重 Kg/日であった。

(2) HT-2 トキシン

JECFA の PMTDI (60ng/体重 Kg/日) を超えるのは 1

～6歳で99.0%タイル、7～14歳では99.5%タイルであった。15～19歳、20歳以上では99.8%タイルでPMTDIを超えた。

(3) ゼアラレノン

いずれの年齢階層においてもJECFAのPMTDI(500ng/体重Kg/日)を超えなかった。

(4) T-2 トキシンと HT-2 トキシンの合算値での PMTDI

JECFAではT-2 トキシンとHT-2 トキシンの合算値のPMTDIも60ng/体重Kg/日に設定している。本年度の小麦の輸入国の割合を考慮した推定では、この基準を超えるのは1～6歳では99.0%タイル、7～14歳では99.5%タイル、15～19歳および20歳以上では99.8%タイルであった。昨年度の推定では1～6歳は97.5%タイル、7～14歳は99.0%タイルで、15～19歳および20歳以上では99.8%タイルであった。

II. 麦類の輸入国別割合を変更した場合の効果

3種類のすべてのカビ毒において、どの年齢層においても、曝露量は汚染の多い国からの輸入を増やした場合がもっとも多く、現状がそれに続き、曝露量が増やした場合は、汚染量の少ない国からの輸入を増やした場合であった。1～6歳ではHT-2 トキシン曝露量が現状(99.0%タイル)でPMTDIを超えているものが汚染量の少ない国からの輸入を増やすとPMTDI未満となり、現状ではPMTDI未満であるものが、汚染量の多い国からの輸入を増やすとPMTDIを超える(例:7～14歳のT-2 トキシンとHT-2 トキシンの合計曝露量の99%タイル; 45.78ng/体重Kg/日→66.29ng/体重Kg/日)も見られた。

III. コーデックス規格基準を基にしたDONの曝露再評価

シミュレーションの結果、1歳から6歳の曝露量は、各規制値条件、lower bound条件、upper bound条件のいずれにおいても、90%タイルのレベルで1日耐容摂取量である1μg/体重Kgを超えた。また、7歳から14歳においても95%タイルで1μg/体重Kg/日を超えた

2. カビ毒の毒性評価

1) 発達期毒性

OTAの生体影響を病理学的に観察した。雌雄児動物は離乳後一時的に3.0ppmで体重低値を示した。母動物の腎臓では3.0ppmで髄質外帯外層近位尿細管における巨大核及び空胞変性がみられた。離乳時の児動物の腎臓では同様の変化が0.6ppmからみられ、巨大核については生後77日目でも認められた。離乳時の雄児動物を対象とした脳海馬歯状回における免疫染色の結果、顆粒細胞層下帯(SGZ)ではtype-2a及びtype-2b前駆細胞が3.0ppmで減少し、歯状回門部ではソマトスタチンあるいはアセチルコリン受容体CHRN2を発現するGABA性介在ニューロンが減少した。これらの海馬における変化は出生後77日目に回復した。

2) T-2 トキシンの経口摂取による心拍・体温・活動量への影響

4.5ppmのT-2 トキシン混餌の摂取によって、心拍数は摂取開始後2日目で有意な増加を示し、その後4日目、5日目で漸次減少した。摂取終了後(3日間)も減少が認められ0ppm群に比べて有意差が示された。T-2 トキシン摂取期間中(5日間)に6匹中1匹(17%)で心拍数の日周リズムにおける自己相関係数の30%以上の減少が認められた。また、摂取期間中は明期における体温の低下傾向が観察された。これらの実験成績から、4.5ppmのT-2 トキシン混餌はラットの全身機能に影響を及ぼすことが明らかになった。

D. 考察

1. カビ毒の食品汚染実態調査、*Fuzarium*属菌の分布状況および曝露量評価

1) 食品汚染カビ毒の実態調査

本年度の実態調査結果では、全体的にみて昨年度に比べて汚染濃度が低下した食品目が多かった。フザリウム属真菌は、比較的低温、高湿度において毒素を産生しやすくなるため、年次変化については気象的要因を考慮する必要がある。輸入食品の場合、

原料の収穫年、その地域の気候など不明な点が多いため、常時モニタリングを行う必要がある。

ゼアラレノンの汚染はハト麦加工品では検出率は低い、平均汚染濃度が高くなっていた。小豆、雑穀米における汚染濃度が他の試料よりも高い傾向にあった。小豆に関しては昨年までは国産のみを実態調査に供していたが、市販の汚染状態を正しく把握するため、今年度は日本に輸入されている小豆のうち大半をしめるカナダ産および中国産を測定した。検体数は限られてはいるが国産小豆よりも3種のフザリウムトキシンの汚染は少なかった。

T-2 トキシンの汚染はゼアラレノンと同様にハト麦加工品、小豆及び雑穀米で他の試料よりも汚染が高かったが、グラノーラで比較的高い汚染濃度が認められた。HT-2 トキシンでは、ライ麦粉で比較的高い値が認められたが、T-2 トキシン汚染が高かったグラノーラでは検出率は高かったが汚染濃度は低かった。小豆における検出率は比較的高かったがその汚染濃度は昨年より低い値であった。雑穀米においては、3種のフザリウムトキシンともに高い検出率及び汚染濃度が認められた。雑穀米は健康志向から主食に混ぜ合わせ、喫食する人が増加している。内容物にはあわ、アマランサス、ひえ、きびが中心となり、8-12種の穀類の混合物である。これら穀類のいずれかにおいてゼアラレノン、T-2 トキシン、HT-2 トキシンの高濃度汚染が発生している可能性が考えられた。

2) 国内流通食品における *Fusarium* 属菌の分布状況

小豆における T-2 および HT-2 トキシン産生に最も適している温湿度は、20-25°C で相対湿度 95% 程度の高湿度条件であった。国産小豆における *Fusarium* 属菌陽性検体率を産地別に比較したところ、北海道、東北/関東/中部、近畿/中国、九州地方の間で差はなかったが、国産小豆で *Fusarium* 属菌汚染が発生する頻度は経常的に高い水準にある傾向にあることが明らかとなった。T-2 および HT-2 トキシンを産生する *F. sporotrichioides* は北海道地方に多く分布し、近畿・中国地方では FIESC が高率に検出されるなど、

地域間で菌種間分布の偏りが存在する可能性が示唆された。

3) 曝露量評価

I. 輸入国別の曝露量を考慮した全体曝露量の再評価

健康被害対策として特に考慮すべき 95% タイルから 99% タイルまでについては昨年度と同様に、低年齢層における曝露量が多く、とりわけ HT-2 トキシンの曝露がかなり多くなっている。その要因については、昨年度と同様に、下記の汚染濃度と摂取量が関与している。すなわち、汚染量の高さや摂取量の多さの2条件が重なることにより、低年齢層の曝露量、とりわけ HT-2 の曝露量が大きくなったと考えられる。

1) 汚染濃度の高い食品

(1) 小豆: T-2 トキシン、HT-2 トキシン、ゼアラレノンのいずれも汚染の程度が高く、他の食品に比べて10倍以上を示す傾向がある。

(2) 輸入小麦: 国産小麦に比べて、輸入小麦(米国産、カナダ産)では汚染濃度が高い。中でも HT-2 トキシンは国産小麦における HT-2 トキシンの10倍近くである。

2) 摂取量の多い食品

年齢層ごとの食品摂取量については2014年度の報告の添付資料を参照。

(1) 小豆: 1歳から19歳までは、主食である米の約10分の1の量が摂取されている。20歳以上では小麦の摂取量の約17%もの高い水準で消費されている。

(2) 小麦: 体重(Kg)で比べてみた場合、年齢が低くなるほど、小麦を含む食品を摂取する量が大きくなる傾向がある。

II. 麦類の輸入国別割合を変更した場合の効果

汚染度の低い国からの小麦・大麦の輸入割合を増やすことにより、全体として曝露量が減少すること、逆に汚染度の高い国からの小麦・大麦の輸入割合を増やすことにより、全体としての曝露量が増大することが明らかになったが、とりわけ T-2 と HT-2 の合計曝露量が大きく変化したことは注目すべきである。

現在、T-2 と HT-2 による健康被害については、両

者の合計量が重視されることが多い。それゆえ、T-2 と HT-2 の合計量において、%タイル分布の右端で曝露量がかなり大きくなることから、少数ではあるが、注意すべき摂取グループが存在することが示唆される。また、低年齢層（1歳～6歳）においては、汚染量が多い国からの輸入が増えた場合、97.5%タイルにおいても PMTDI に近い値（58.23ng/体重 Kg/日）を示すため、注意を払う必要があると思われる。

III. コーデックス規格基準を基にした DON の曝露再評価

WHO GEMS FOOD による勧告条件を吟味した上で、本研究では各年齢層の曝露量推計にあたって汚染濃度は upper bound を使用した（LOQ 未満の場合は LOQ の値とした）。今回の DON 曝露の健康被害リスクに関する推定結果では、低年齢層における曝露量が PMTDI（1 μg/体重 Kg/日）を超えており、低年齢層が多く摂取するような食品については、注意を要することが示唆された。本研究で用いたモンテカルロ・シミュレーションでは、得られたサンプルから対数正規分布を仮定することにより母集団のデータが作成されている。サンプルデータの一部には通常では存在しえない高値のデータが存在していたことは否定できない。それゆえ、シミュレーション結果の解釈には慎重であるべきだが、こうした値は曝露量を過大に評価することはあっても、過小評価するわけではない。また、こうした値は分布のかなり右側に存在するため、健康被害リスクの評価基準となる 95%タイル付近には影響はない。以上の考察から、DON の曝露による日本人の全体的な健康被害リスクは小さいものと思われる。

2. カビ毒の毒性評価

1) 発達期毒性

母動物の腎臓では OTA 摂取による OSOM 近位尿細管の巨大核、空胞変性の増加が 3.0 ppm で認められたが、離乳時の児動物では同様の所見が 0.6 ppm からみられことから、OTA 発達期暴露による腎臓への影響は児動物でより感受性が高いと考えられた。OSOM 近

位尿細管の巨大核は出生後 77 日目の児動物でも認められており、OTA 発達期暴露による児動物腎臓への影響は回復性に乏しいと考えられた。

雄児動物を対象とした脳海馬歯状回における免疫染色の結果、OTA によるニューロン新生障害は type-2a 及び type-2b 前駆細胞を標的とすることが明らかとなった。また、GABA 性介在ニューロンの発現性やアセチルコリン受容体、グルタミン酸受容体、セロトニン受容体の遺伝子発現に関する観察結果から、同用量の OTA によってアセチルコリンを介した神経伝達が減少し、代償性にグルタミン酸やセロトニンによる神経伝達が増加するものと考えられた。ニューロン新生を亢進する脳由来神経栄養因子である BDNF を含めて複数の機構が代償性にニューロン新生を亢進させているが、蛋白合成阻害作用により、細胞数が減少したと考えられた。また、過酸化脂質の蓄積を示す MDA 陽性細胞数が 3.0 ppm で増加し、DNA 障害に対する修復系遺伝子が発現増加したことから、酸化ストレスによる DNA 障害によりニューロン新生が障害された可能性が考えられた。

2) T-2 トキシンの経口摂取による心拍・体温・活動量への影響

4.5 ppm の T-2 トキシンを含む混餌を自由経口摂取したラットにおける全身影響（心電図、活動量および体温）は、T-2 トキシン摂取前、摂取中および摂取後の全期間において心拍数、活動量および体温（皮下温）はいずれも暗期に高く、明期に低くなる日周リズムを示した。

心拍数は T-2 トキシンの摂取期間終了後には摂取前および摂取中に比べて減少する傾向が示された。この減少は昨年度までの実験で 12 ppm および 6 ppm の混餌摂取においても観察されているが、4.5 ppm ではこれらの濃度に比べて心拍数の減少度が低かった。心拍数の周期（時間）に関しては影響がみられなかったものの、自己相関係数は T-2 トキシン混餌摂取期間中に有意に減少したこと、また 6 匹中 1 匹では摂取期間中の日周リズムが消失したことから 4.5 ppm の曝露では自律神経系を含む心拍リズムに

影響がもたらされるものと考えられる。運動量の周期性には影響がみられなかったことから、心拍数に認められた変化は運動量に起因する二次的な効果ではないものと思われる。

体温は T-2 トキシン混餌の摂取前に比べて、摂取期間中および摂取後は低下する傾向が認められたが、とくに明期における体温低下が強い傾向が観察された。夜行性動物であるラットのエネルギー代謝は暗期に高く明期に低下するため、明期では T-2 トキシンの影響が暗期に比べてより強く表れやすいものと思われる。4.5 ppm 混餌といった比較的高濃度の T-2 トキシン摂取下では、細胞エネルギー代謝を担うミトコンドリア機能への影響が体温低下の一要因として関与する可能性が考えられる。

E. 結論

本年度では、昨年度に引き続き、国内で流通している主要食品目のカビ毒汚染実態調査、輸入国別汚染寄与度を考慮したカビ毒曝露量評価、および毒性評価を行った。

カビ毒汚染実態調査では、主食であるコメの汚染は3年間を通じてみられなかったが、毒性の高い T-2 トキシン及び HT-2 トキシンが今年度も麦類加工品、ソバ、小豆、雑穀米から検出された。若者の小麦加工品の摂取量増加の背景から、3種フザリウムトキシンに対する規制措置も考慮に入れる必要がある。また近年、消費量が増加傾向にあると思われるシリアル食品は栄養調査データが新しいものでも平成16年であり、第三のビールも最新の消費量がわからないため、これらのデータ提供が求められる。国内に流通する小豆の *Fusarium* 属菌の分布と HT-2 トキシンまたは T-2 トキシンを中心としたフザリウムトキシンの汚染リスクは、輸入品と国内産で相違があるほか、産地・産年次・小豆品種に起因したと思われる偏りが存在することが明らかとなった。

曝露量評価では、95%タイルでは JECFA が設定した暫定最大1日耐容摂取量 (PMTDI) を超えることはなかったが、低年齢層では成人に比べて曝露量が増え

る傾向があるので、今後とも監視の注意が必要である。また、輸入国別に麦類による汚染量を加味した推定では、99.5%を超えてパーセンタイルが大きくなるほど、従来の推定方法よりも曝露量が増加するため、少数ではあるが健康被害のリスクの大きい層が存在することを留意する必要がある。一方、輸入国元の麦類の割合を変更することによってカビ毒曝露量リスクを低減することも十分に意義があるものと思われる。

毒性評価では、オクラトキシンおよび T-2 トキシンの経口摂取による生体影響を調べた。オクラトキシンのラットにおける発達期曝露により、児動物の海馬歯状回ではアセチルコリン作動性入力減少及び酸化ストレスの増加を伴う type-2a 及び type-2b 前駆細胞の減少が 3.0 ppm で認められた。児動物のニューロン新生障害における無毒性量は 0.6 ppm と判断された。児動物の腎臓では皮質/髄質外帯尿細管のアポトーシス、巨大核が 0.6 ppm から認められ、腎臓への影響における無毒性量は 0.12 ppm と判断された。T-2 トキシンの全身的生理的指標(心拍、体温、運動量)への影響をラットを用いて観察した結果、4.5 ppm で影響が認められた。昨年度までの研究では 3 ppm では影響がみられなかったことから、この実験系における無毒性量は 4.5 ppm であった。

F. 健康危険情報 なし

G. 研究業績

1. 論文発表

- 1) Yoshinari T, Sakuda S, Furihata K, Furusawa H, Ohnishi T, Sugita-Konishi Y, Ishizaki N, Terajima J.: Structural determination of a nivalenol glucoside and development of an analytical method for the simultaneous determination of nivalenol and deoxynivalenol, and their glucosides, in wheat. *J. Agric. Food Chem.* 62(5):1174-1180. 2014.
- 2) Yoshinari T, Takeuchi H, Aoyama K, Taniguchi M, Hashiguchi S, Kai S, Ogiso M, Sato T, Akiyama Y,

- Nakajima M, Tabata S, Tanaka T, Ishikuro E, Sugita-Konishi Y.: Occurrence of four Fusarium mycotoxins, deoxynivalenol, zearalenone, T-2 toxin, and HT-2 toxin, in wheat, barley, and Japanese retail food. *J. Food Prot.* 77(11):1940-1946. 2014.
- 3) Yoshinari T, Ohashi H, Abe R, Kaigome R, Ohkawa H, Sugita-Konishi Y.: Development of a rapid method for the quantitative determination of deoxynivalenol using Quenchbody. *Anal Chim Acta.* 12;888:126-130. 2015.
- 4) Tanaka T, Abe H, Kimura M, Onda N, Mizukami S, Yoshida T, Shibutani M.: Developmental exposure to T-2 toxin reversibly affects postnatal hippocampal neurogenesis and reduces neural stem cells and progenitor cells in mice. *Arch Toxicol.* 2015 Aug 28. [Epub ahead of print]
- 5) Tanaka T, Mizukami S, Hasegawa-Baba Y, Onda N, Sugita-Konishi Y, Yoshida T, Shibutani M.: Developmental exposure of aflatoxin B1 reversibly affects hippocampal neurogenesis targeting late-stage neural progenitor cells through suppression of cholinergic signaling in rats. *Toxicology.* 336:59-69.2015.
- ## 2. 学会発表
- 1) 谷口賢、中島正博、吉成知也、竹内浩、橋口成喜、脇 ますみ、田端節子、田中敏嗣、佐藤孝史、秋山裕、伊佐川聡、石黒瑛一、小西良子：日本に流通する食品中の T-2 トキシン、HT-2 トキシンおよびゼアラレノン汚染実態調査（平成 26 年度）第 110 回日本食品衛生学会学術講演会京都、（2015.9）
- 2) 櫻井啓太、半井李果、志垣敬祐、杉浦義紹、本田三緒子、宮原彩花、吉成知也、小林直樹、小西良子。貯蔵した九州産玄米の真菌フローラ変化とカビ毒産生について。日本マイコトキシン学会第 79 回学術講演会。2015.07.
- 3) 吉本優里、渡辺麻衣子、吉成知也、高橋治男、小西良子、寺嶋 淳。輸入小麦におけるフザリウムトキシン産生菌の分布に関する研究。日本マイコトキシン学会第 79 回学術講演会。2015.07.
- 4) 橋本ルイコ、中川博之、橋本一浩、小田尚幸、川上裕司、渡辺麻衣子、北岡洋平、陰地義樹、横山耕治、高橋治男。本邦ワイナリーから分離されたフモニシン産生 *Fusarium* 属菌の性状と接種試験。日本マイコトキシン学会第 79 回学術講演会。2015.07.
- 5) Maiko Watanabe. Study on distribution of trichothecens-producing *Fusarium* isolated from adzuki beans. 50th Session of the Joint UJNR Panel on Toxic Microorganisms. Tokyo, 2016.01.
- 6) 田中 猛、阿部 一、白木彩子、板橋 恵、木村真之、水上さやか、渡邊洋祐、寒川祐見、吉田敏則、渋谷 淳：オクラトキシン A の発達期暴露によるラット海馬歯状回における生後のニューロン新生に対する影響、第 42 回日本毒性学会学術年会、神戸、第 42 回日本毒性学会学術年会要旨集：0-21, p. S185, 6 月 29-7 月 1 日, 2015
- 7) Takeshi Tanaka, Hajime Abe, Masayuki Kimura, Sayaka Mizukami, Ayako Shiraki, Yousuke watanabe, Yasuko Hasegawa-Baba, Toshinori Yoshida and Makoto Shibutani: Maternal Exposure Effect of Ochratoxin A on Hippocampal Neurogenesis in Rat Offspring, Surrey-United Kingdom 22-25 September 2015, 13th European Congress of Toxicologic Pathology.
- 8) 局 博一・花房真和：T-2 トキシン混餌摂取ラットにおける心拍、体温、運動量の変化。第 77 回日本マイコトキシン学会。2015 年 9 月 15 日（山形県鶴岡市）。
- 9) 局 博一：マイコトキシンの毒性評価。第 77 回日本マイコトキシン学会。2016 年 1 月 8 日（神奈川県川崎市）。
- ## H. 知的所有権の取得状況
1. 特許所得 なし
 2. 実用新案登録 なし
 3. その他 なし

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)

分担研究報告書

食品汚染カビ毒の実態調査

分担研究者 小西 良子 麻布大学

研究要旨

カビの産生する危害物質であるカビ毒は、近年の気候変動、温暖化などの影響で汚染が増加する傾向が懸念されており、国際的にも農業規範や食品規格の策定が急がれている。輸入食品への依存性が高い我が国においては、輸入食品の安全性確保のために、コーデックスで規格基準が策定されるカビ毒に対しては最優先で国内の規格基準を策定する方針をとっている。コーデックスでの規格基準は、JECFAにおいてリスク評価されたものが対象になるため、JECFA でリスク評価され、近い将来コーデックスにおいて規格基準が策定されると予想されるカビ毒に対しては我が国の汚染実態を把握し、然るべき対策をとる必要がある。そこで、本研究は2001年にJECFAにおいてリスク評価されたT-2 トキシン、HT-2 トキシンに加えゼアラレノンを対象に実態調査を行った。

いままでに我々は2010年から3種のフザリウムトキシン(T-2 トキシン、HT-2 トキシン及びゼアラレノン)を対象に実態調査を行っており、様々な市販食品中にそれらカビ毒の汚染が認められることを明らかにしているが、これらのカビ毒は気候変動などによる年次汚染変化が激しいことから曝露評価に必要なデータを収集するために、さらに3年間対象を広げた調査を実施することとしている。

今年度の実態調査は11種215品数を対象に実態調査を行った。ゼアラレノンは、主にソバ、ゴマ、コーングリッツ及び雑穀米で検出率が高かった。T-2 トキシンとHT-2 トキシンは雑穀米、ハト麦加工品及び小豆から検出された。汚染濃度については、小麦粉と雑穀米のゼアラレノンの平均濃度(LB)が10・g/kgを超えていた。T-2 トキシンについては、グラノーラおよび雑穀米で平均濃度(LB)が1・g/kg以上で、HT-2 トキシンについては、ライ麦粉で平均濃度が4・g/kgを超えていた。

研究協力者

吉成 知也 国立医薬品食品衛生研究所

脇 ますみ 神奈川県衛生研究所

竹内 浩 三重県保健環境研究所

田中 敏嗣 元神戸市環境保健研究所

谷口 賢 名古屋市衛生研究所

田端 節子 東京都健康安全研究センター

橋口 成喜 川崎市健康安全研究所

中島 正博 名古屋市衛生研究所

秋山 裕 (一財)日本冷凍食品協会

伊佐川 聡 (一財)日本食品分析センター

石黒 瑛一 (一財)日本食品分析センター

藤吉 智治 (一財)食品分析開発センター

SUNATEC

A. 研究目的

世界的に汚染頻度が高く、健康被害が予測されるカビ毒は、JECFA で毒性評価が行われ、コーデックス委員会で規格策定が行われている。我が国はコーデックス委員会の加盟国であることから、コーデックス規格を食品の規格基準に採用することが厚労省の方針として決められている。

厚労省は、パツリン（リンゴジュースの成分規格）及び総アフラトキシン（食品衛生法第6条2項）、アフラトキシン M₁（食品衛生法第6条2項）に規制値を決めている。また、コーデックス規格が定められているオクラトキシン A、デオキシニバレノール及びフモニシンに関しては、本研究事業ですでに実態調査が終わり、オクラトキシン A とデオキシニバレノールについては食品安全委員会において我が国のリスク評価が既に実施され、フモニシンについては行われているところである。

本研究事業では、T-2 トキシン、HT-2 トキシン及びゼアラレノンの3種のフザリウムトキシンを対象としているが、すでに JECFA において毒性評価がされているカビ毒である。しかしコーデックス委員会での規格はまだ作られていない。フザリウムトキシンはおもに麦類など穀類に汚染が報告されており、我が国の麦にも汚染報告がある。特にゼアラレノンは、我が国で暫定基準値を策定しているデオキシニバレノールと同じ種類の菌が産生する。

我々はすでに 2010 年度から 2012 年の 3 年間に亘って、麦類、トウモロコシ及びその加工品、豆類、米類などを中心に実態調査を行っており、小麦、大麦、ハト麦加工品、小豆などの国産の農作物や輸入された小麦に T-2 トキシン、HT-2 トキシン及びゼアラレノン汚染を認めている。そのためフザリウム毒素汚染に対して寄与率の高い食品を対象に実態調査を続け、より正確な曝露評価が可能となるデータをさらに 3 年間収集することとした。

本年度は、これまでに調査を実施したハト麦加工品、ライ麦粉、小麦粉（国産小麦由来）、グラノーラ、ビール、ソバ、コーングリッツ、コーンフレーク、小

豆、雑穀米、精米及びゴマを対象とした。

輸入小麦に関しては、検体提供に問題が生じたため、今年度は調査ができなかった。

B. 研究方法

日本各地の小売店などからランダムに購入したものを実態調査に用いた。

T-2 トキシン、HT-2 トキシン及びゼアラレノンの分析は、以下の方法で実施した。

抽出は、試料 25 g に抽出溶媒メタノール：水（75：25）100 mL を加え、30 分間振盪することで行った。添加回収試験の場合はそれぞれのカビ毒で定めた用量を添加し、暗所に 1 時間放置した後に抽出を行った。遠心分離（1410g、10 分間）により抽出液を分離した。

精製はイムノアフィニティーカラム（R-Biopharm Rhone 社、DZT MS-PREP）を用いた。抽出液 10 mL を正確にピペッターなどで 50 mL のメスフラスコにとり、PBS で 50 mL にメスアップした後、ガラス繊維ろ紙でろ過した。

ろ液 10 mL を IAC に添加し、蒸留水で洗浄後、メタノール 2 mL で溶出した。溶出液を窒素気流により乾固後、残渣を HPLC の初期移動相 0.5 mL に溶解し、試験溶液とした。

<LC-MS/MS の測定条件>

HPLC

カラム：Inertsil ODS-4 3×50 mm, 2 μm

カラム温度：40°C

移動相：A 10 mM 酢酸アンモニウム

B メタノール

分離条件：0分 A：B = 95：5

8分 A：B = 10：90

14分まで保持

流速：0.2 mL/分

注入量：10 μL

MS

イオン化：ESI

モニタリングイオン：

T-2 トキシン(positive) 484/305
HT-2 トキシン(positive) 442/263
ゼアラレノン(negative) 317/131

回収率はそれぞれの食品目の中で汚染がないものを選び、5 µg/kg 及び 50 µg/kg の対象カビ毒を添加し、抽出、定量を行って算出した。検出限界 (LOD) 及び定量限界 (LOQ) も、それぞれの食品別に求めた。検出率は LOQ 以上の汚染濃度が検出されたものの数を対象に算出した。平均濃度の算出は GEMS FOOD の算出法に従って、Lower bound (LB) 及び Upper bound (UB) を求めた。

LB: 定量限界値 (LOQ) 未満の値を全て 0 とし、平均値を算出する。

UB: 検出限界値 (LOD) 未満の値を検出限界値に、検出限界値以上定量限界値未満の値を定量限界値とし、平均値を算出する。

C. 研究結果

(1) ゼアラレノン (表 1、図 1)

もっとも検出率が高かったのはゴマの 100%であり、続いてコーングリッツの 86.7%、雑穀米の 85%、ソバの 80%であった。麦類加工品については、ハト麦加工品における検出率が 50%、ライ麦粉で 57.9%、国産小麦粉で 52.5%、グラノーラで 53%であった。平均濃度 (LB) で高かったのは、ハト麦加工品と雑穀米で、それぞれ 21.6 と 19.0 µg/kg であった。最大濃度はハト麦加工品の 162 µg/kg であった。ビールからは昨年同様検出されなかった。精米からは検出されなかった。

(2) T-2 トキシン (表 2、図 2)

麦類加工品については、ハト麦加工品における検出率が 40%であり、ライ麦粉で 26.3%、国産小麦粉で 22.5%、グラノーラで 40%、平均値 (LB) はそれぞれ 0.5、1.0、0.3、1.8 µg/kg であり、最大濃度はグラノーラの 9.6 µg/kg であった。

トウモロコシ加工品については、コーングリッツで検出率が 40%、平均値 (LB) が 0.3 µg/kg、最大

濃度は 1.1 µg/kg であった。その他、小豆の検出率が 30%、雑穀米で 60%であり、平均値 (LB) 濃度はそれぞれ 0.3、1.1 µg/kg であった。小豆での最大濃度は 2.3 µg/kg であり、昨年よりは格段と低くなっている。ビール、ソバ、精米からは検出されなかった。

(3) HT-2 トキシン (表 3、図 3)

麦類加工品については、ハト麦加工品における検出率が 10%であり、ライ麦粉で 31.6%、国産小麦粉で 35%、グラノーラで 40%、ビールで 15%であり、平均値 (LB) はそれぞれ 0.4、4.1、1.5、1.4、0.1 µg/kg であり、最大濃度は国産小麦粉の 38.3 µg/kg であった。

トウモロコシ加工品については、コーングリッツでは検出されなかった。

その他、ソバで検出率が 15%、小豆で 33.3%、雑穀米で 30%であり、平均値 (LB) はそれぞれ 0.1、0.5、0.5 µg/kg で、最大濃度は 0.9、5.1、4.3 µg/kg であった。ゴマと精米からは検出されなかった。

D. 考察

本年度の実態調査結果では、全体的にみて昨年度に比べて汚染濃度が低くなっている食品目が多かった。フザリウムトキシンを産生するフザリウム属真菌は、比較的低温、高湿度においてその毒素を産生するため、梅雨の時期に雨量が多く、低温が続くと汚染が多くなる傾向にある。そのことを考えると、今年度の実態調査に供した食品目の原料等が収穫された年が、比較的穏やかであったことが考えられた。国産品である小豆や国産小麦粉はその収穫年が明らかとなるが、輸入食品の場合、原料の収穫年、その地域の気候など不明な点が多いため、規格基準が決まるまでは、つねにモニタリングを行うことが必要であろう。

食品目から見ると、ゼアラレノンについてはハト麦加工品では検出率は低いが、平均汚染濃度が高くなっていた。小豆、雑穀米における汚染量が他の試料よりも高い傾向にあった。小豆に関しては昨年までは国産のみを実態調査に供していたが、市販の汚

染状態を正しく把握するため、今年度は日本に輸入されている小豆のうち大半をしめるカナダ産、中国産をインターネット販売で購入し測定した。検体数は限られてはいるが国産小豆よりも3種のフザリウムトキシンの汚染は少なかった。

T-2 トキシンについてはゼアラレノンと同様にハト麦加工品、小豆及び雑穀米で他の試料よりも汚染が高かったが、グラノーラで比較的高い汚染濃度が認められた。

HT-2 トキシンでは、ライ麦粉で比較的高い値が認められたが、T-2 トキシン汚染が高かったグラノーラでは検出率は高かったが汚染量は低かった。小豆における検出率は比較的高かったがその汚染は昨年より低い値であった。

雑穀米においては、3種のフザリウムトキシンの高い検出率及び汚染濃度が認められた。雑穀米は健康志向から主食に混ぜ合わせ、喫食する人が増加している。内容物にはあわ、アマランサス、ひえ、きびが中心となり、8-12種の穀類の混合物である。これら穀類のいずれかにおいてZEN、T-2 トキシン、HT-2 トキシンの高濃度汚染が発生している可能性が考えられた。

E. 結論

我が国の主食であるコメからは3年間通じて3種のフザリウムトキシンの汚染はなかったが、毒性の高いT-2 トキシン及びHT-2 トキシンが今年度も麦類加工品、ソバ、小豆、雑穀米から検出された。若者の小麦加工品の摂取量増加の背景から、3種フザリウムトキシンの規制措置も考慮に入れる必要がある。また、近年の自然志向による食事形態の変化を鑑みると、グラノーラ、ソバや雑穀米の汚染に対して、今後もモニタリングを続ける必要があると思われる。特にグラノーラ、第三のビールなどは、新しい食品目であり、国民の消費量は増えつつあるにも関わらず、曝露評価の基となる栄養調査は、平成16年度のものが最も新しいため、この項目に入っていない。正確な曝露評価を行うためには、最新の

栄養調査を行っていただき、提供すべきであると考ええる。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

1. 論文発表

- 1) Yoshinari T, Sakuda S, Furihata K, Furusawa H, Ohnishi T, Sugita-Konishi Y, Ishizaki N, Terajima J. Structural determination of a nivalenol glucoside and development of an analytical method for the simultaneous determination of nivalenol and deoxynivalenol, and their glucosides, in wheat. *J. Agric. Food Chem.* 5:62(5):1174-80. 2014.
- 2) Yoshinari T, Takeuchi H, Aoyama K, Taniguchi M, Hashiguchi S, Kai S, Ogiso M, Sato T, Akiyama Y, Nakajima M, Tabata S, Tanaka T, Ishikuro E, Sugita-Konishi Y. Occurrence of four Fusarium mycotoxins, deoxynivalenol, zearalenone, T-2 toxin, and HT-2 toxin, in wheat, barley, and Japanese retail food. *J. Food Prot.* 77(11):1940-1946. 2014.
- 3) Yoshinari T, Ohashi H, Abe R, Kaigome R, Ohkawa H, Sugita-Konishi Y. Development of a rapid method for the quantitative determination of deoxynivalenol using Quenchbody. *Anal Chim Acta.* 12: 888:126-130. 2015.

2. 学会発表

- 1) 谷口賢、中島正博、吉成知也、竹内浩、橋口成喜、脇 ますみ、田端節子、田中敏嗣、佐藤孝史、秋山裕、伊佐川聡、石黒瑛一、小西良子：日本に流通する食品中のT-2 トキシン、HT-2 トキシンおよびゼアラレノン汚染実態調査（平成26年度）第110回日本食品衛生学会学術講演会京都（2015.9）。

H. 知的所有権の取得状況

1. 特許所得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

表1 ゼアラレノンの汚染実態

サンプル	試料数	LOQ以上の割合(%)	LOD (µg/kg)	LOQ (µg/kg)	平均濃度 (LB) (µg/kg)	平均濃度 (UB) (µg/kg)	最大濃度 (µg/kg)
ハト麦加工品	20	50.0	0.04	0.1	21.6	21.8	162
ライ麦粉	19	57.9	0.01	0.03	1.7	1.8	9.5
小麦粉 (国産)	40	52.5	0.03	0.1	0.3	0.3	7.0
グラノーラ	15	53.3	0.1	0.4	0.6	0.7	3.4
ビール	20	0	0.06	0.2	0	0.06	-
ソバ	20	80.0	0.04	0.1	0.6	0.7	2.0
コーングリッツ	15	86.7	0.1	0.4	1.4	1.4	3.9
小豆	26	51.9	0.03	0.09	9.4	9.5	67.7
雑穀米	20	85.0	0.1	0.4	19.0	19.0	109
精米	10	0	0.03	0.09	0	0.03	-
ゴマ	10	100	0.01	0.03	2.7	2.7	11.8
計	215						

表2 T-2 トキシンの汚染実態

サンプル	試料数	LOQ以上の割合(%)	LOD (µg/kg)	LOQ (µg/kg)	平均濃度 (LB) (µg/kg)	平均濃度 (UB) (µg/kg)	最大濃度 (µg/kg)
ハト麦加工品	20	40.0	0.04	0.1	0.5	0.7	2.1
ライ麦粉	19	26.3	0.003	0.01	1.0	1.1	8.8
小麦粉 (国産)	40	22.5	0.04	0.1	0.3	0.3	9.3
グラノーラ	15	40.0	0.03	0.08	1.8	1.9	9.6
ビール	20	0	0.3	0.9	0	0.3	-
ソバ	20	0	0.04	0.1	0	0.1	-
コーングリッツ	15	40.0	0.03	0.08	0.3	0.6	1.1
小豆	26	29.6	0.1	0.4	0.3	0.3	2.3
雑穀米	20	60.0	0.1	0.4	1.1	1.1	13.0
精米	10	0	0.04	0.1	0	0.04	-
ゴマ	10	0	0.03	0.1	0	0.03	-
計	215						

表3 HT-2 トキシンの汚染実態

サンプル	試料数	LOQ以上の割合(%)	LOD (μg/kg)	LOQ (μg/kg)	平均濃度 (LB) (μg/kg)	平均濃度 (UB) (μg/kg)	最大濃度 (μg/kg)
ハト麦加工品	20	10.0	0.06	0.2	0.4	1.8	4.9
ライ麦粉	19	31.6	0.002	0.06	4.1	4.8	36.9
小麦粉 (国産)	40	35.0	0.06	0.2	1.5	1.6	38.3
グラノーラ	15	40.0	0.06	0.2	1.4	1.7	6.3
ビール	20	15.0	0.1	0.4	0.1	0.3	0.8
ソバ	20	15.0	0.06	0.2	0.1	0.3	0.9
コーングリッツ	15	0	0.6	2	0	1.0	-
小豆	26	33.3	0.1	0.4	0.5	0.6	5.1
雑穀米	20	30.0	0.1	0.4	0.5	0.6	4.3
精米	10	0	0.2	0.5	0	0.2	-
ゴマ	10	0	0.01	0.03	0	0.01	-
計	215						

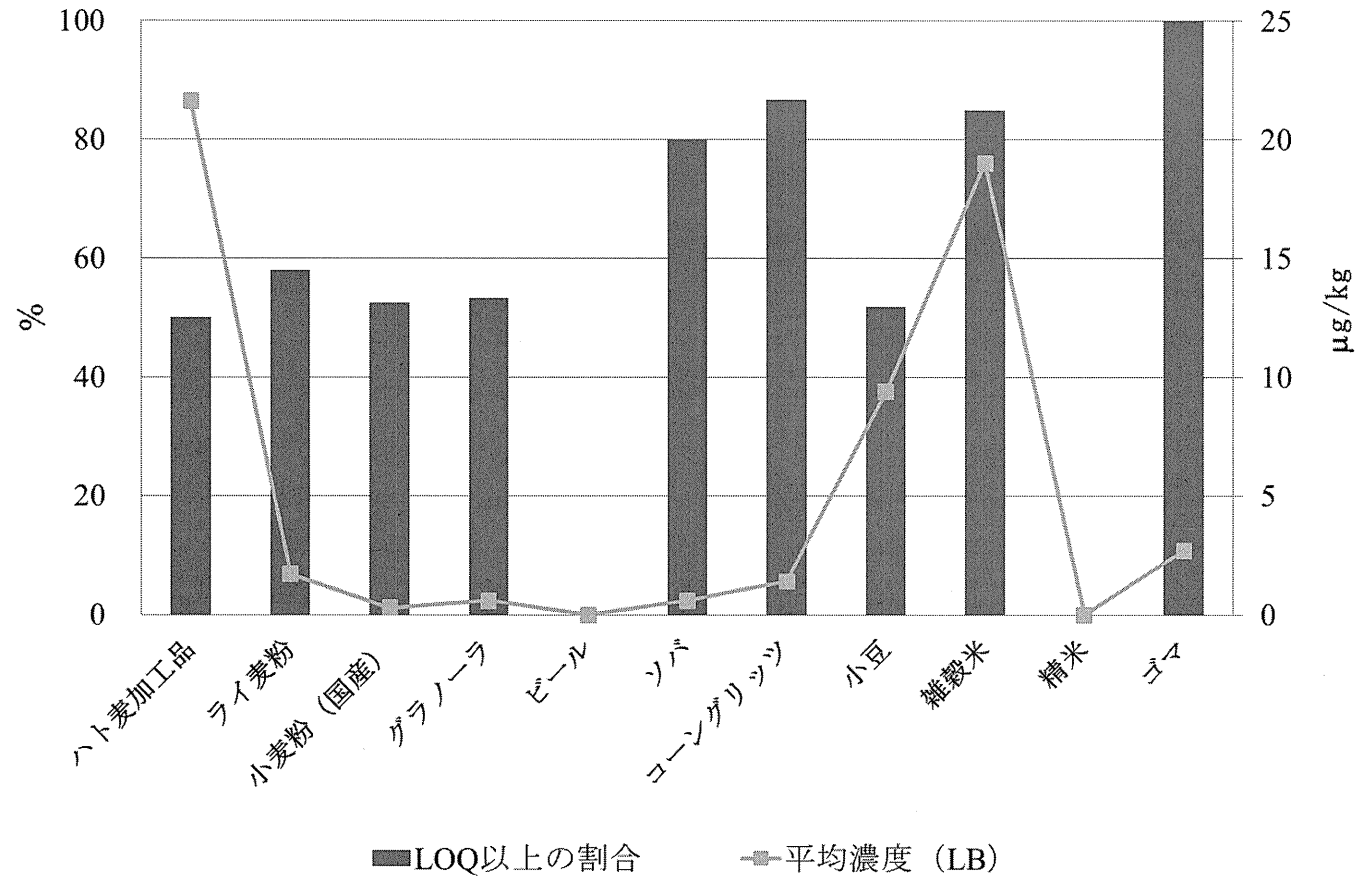


図1. 平成27年度ゼアラレノンの汚染実態調査の結果