

201234007A

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)

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

平成 24 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 25 (2013) 年 3 月

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)

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

目 次

I. 総括研究報告書	
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	1
局 博一 (研究代表者)	
II. 分担研究報告書	
食品汚染カビ毒の実態調査	12
小西良子 (研究分担者)	
T-2 トキシンの心臓血管系機能、酸化ストレス、 心筋細胞ミトコンドリア機能に及ぼす影響	22
局 博一 (研究分担者)	
シトリニンのマウス臓器および全身影響に関する研究	29
渋谷 淳 (研究分担者)	
カビ毒の暴露量評価	38
小西良子 (研究分担者)・斉藤史朗 (研究協力者)	
カビ毒を含む食品の安全性に関する調査研究試験法の バリデーション等に関する研究	43
小西良子 (研究分担者)・田中敏嗣 (研究協力者)	
III. 個表	59
IV. 付録	67
V. 参考	73

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)

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

総括研究報告書

研究代表者 局 博一

東京大学大学院農学生命科学研究科附属食の安全研究センター特任教授

研究要旨

麦類やトウモロコシなどを汚染するフザリウム属菌が産生するカビ毒である T-2 トキシン、HT-2 トキシン、ゼアラレノンおよび米などを汚染するペニシリウム属菌が産生するシトリニンの食品汚染実態と分析法の検討、これらのカビ毒の生体毒性評価、ならびに日本人のカビ毒曝露量評価のためのモデル開発を行った。

I. 汚染実態調査 今年度は輸入・国産小麦を含む 12 種類の食品目、335 検体について、LC-MS/MS を用いたフザリウムトキシンの測定を行った。

II. 毒性評価試験 ①心血管系影響：22～23 年度の研究で T-2 トキシン (0.1 mg/kg 以上の皮下投与) はラットにおいて不整脈を誘発しやすくすること、その原因の一部に自律神経系活動が関与していることが明らかになった。本年度では、T-2 トキシン投与後 48 時間目で、心臓血管系における循環動態をカラードプラー心エコー法で観察したところ、低用量の 0.02 mg/kg の投与で、総頸動脈の収縮期血流速度および心拍数の有意 ($P<0.05$) な増大が、0.5 mg/kg で総頸動脈の平均血流速度の有意 ($P<0.05$) な増大が認められたが、心拍出量、拍動係数、抵抗係数等に有意な変化は観察されなかった。②酸化ストレス影響：組織障害を起こしうる酸化ストレスに注目した実験を行ったところ、0.02、0.1、0.5mg/kg の T-2 トキシンの皮下投与によって投与後 48 時間目の検査で用量依存性に血液中の活性酸素が有意に増加すること、抗酸化能 (還元能) の変化は乏しいことが明らかになった。③心筋細胞のミトコンドリア・ストレステスト：昨年度の実験の再試験を行った。T-2 トキシンの 24 時間作用によって、低濃度のレベルから心筋細胞のベースライン酸素消費量の減少およびオリゴマイシン、FCCP に対する反応性の低下が認められ、定性的および定量的に前年度で得られた結果が再現された。

②全身臓器影響 (病理組織学的検査)：雌 BALB/c マウスにシトリニンを 0, 1.6, 5, 15 ppm の用量で 90 日間飲水投与して、一般状態観察、体重、摂餌量、摂水量測定、

尿検査とともに血液生化学検査および病理組織学的検査を行った。体重、飲水量、肝臓重量、肝組織像、尿・血液検査値にはシトリンによる判断される変化は認められなかった。卵巣においても重量（絶対値及び相対値）変化および形態学的な変化を認めず、23年度に認められた変化（大型卵胞の増加を伴う重量増加）は再現できなかった。また膣及び子宮粘膜の変化として、発情周期における明らかな偏りも認められなかった。

III. カビ毒の曝露量評価

平成 22～24 年度の汚染実態調査のうち、小豆およびはと麦について日本国内でのカビ毒曝露量評価を行った。95%タイル値で、20 歳以上のゼアラレノンの上限値の曝露量はあずき単独の場合に 2.66ng/体重 Kg/day であるのに対して、はとむぎによる曝露量を加えた合計の曝露量でも 2.69ng/体重 Kg/day であった。同じく T-2 トキシンではあずき単独の場合に 2.20ng/体重 Kg/day であるのに対して、はと麦との合計曝露量でも同じく 2.20ng/体重 Kg/day であった。HT-2 トキシンでは、あずき単独の場合に 2.68ng/体重 Kg/day であるのに対して、合計曝露量では 2.69ng/体重 Kg/day であった。これらの生成期から、あずき類食品およびはと麦食品を介したゼアラレノン、T-2 トキシン、HT-2 トキシンに対する日本国内での曝露量は低く、これらの食品による健康被害リスクは低いと考えられる。

研究協力者

青山 幸二	(独) 農林水産消費安全技術センター	伊佐川 聡	(財) 日本食品分析センター
		石黒 瑛一	(財) 日本食品分析センター
吉成 知也	国立医薬品食品衛生研究所	伊藤 志保美	(財) 日本食品分析センター
甲斐 茂美	神奈川県衛生研究所	小木曾 基樹	(財) 日本食品分析センター
田端 節子	東京都健康安全研究センター	木村 彩子	(財) 日本食品分析センター
		佐藤 孝史	(財) 食品分析開発センター SUNATEC
谷口 賢	名古屋市衛生研究所		
竹内 浩	三重県保健環境研究所	法月 廣子	(財) 日本穀物検定協会
田中 敏嗣	神戸市環境保健研究所	本田 寛幸	(財) 食品分析開発センター SUNATEC
橋口 成喜	川崎市衛生研究所		
中島 正博	名古屋市衛生研究所	松井 好之	(財) 日本冷凍食品協会
秋山 裕	(財) 日本冷凍食品協会		

A. 研究目的

カビ毒を対象に国際的成分規格の設定に向けた動きが活発になってきている (CODEX、JECFA)。我が国は輸入大国

であることを鑑みると、食品の成分規格に対する国際的動向に即対応できる体制を整えておかなければ食の安全性は担保できない。また、国際的には問題となら

ないカビ毒でも、我が国では重要な危害要因となりうるカビ毒も存在する。たとえば米を汚染するカビ毒はその一つである。本研究では、わが国の食習慣に密接に関係する食品を汚染する可能性があり、国際的に毒性評価がなされているが、わが国では未検討のゼアラレノン、T-2 トキシンとその代謝物である HT-2 トキシン、オクラトキシン A との複合汚染および国内汚染が危惧されるシトリニンを対象に、汚染実態調査（分析法の評価を含む）および毒性評価を行う。また、上記のカビ毒の日本人の曝露量を統計学的に評価するための基本モデルの検討およびそれに基づく曝露量推定を汚染調査結果や日本人の摂食量の統計に基づいて行う。

B. 研究方法

I. 汚染実態調査

昨年度から 3 年間通年で、トリコテセン系マイコトキシンである T-2 トキシン、HT-2 トキシン、デオキシニバレノール及びゼアラレノンの実態調査を行った。本年度は国産小麦、輸入小麦、国産大麦、輸入大麦、はと麦、ライ麦、ビール、コーングリッツ、コーンスナック、小豆、大豆、雑穀米、精米、ゴマを対象とした。

実態調査に用いた麦類は、国産小麦（40 試料）及び国産大麦（10 試料）（農林水産省から提供）、輸入小麦（98 試料）及び輸入大麦（26 試料）（現地検査機関から提供）および日本各地の小売店などからランダムに購入したその他の食品目を合わせて 335 試料の分析を行った。分析装置は昨年度と同様に LC-MS/MS を用いて、T-2 トキシン、HT-2 トキシン及びゼアラレノンの

分析を行った。

II. 毒性評価

(1) T-2 トキシンの心臓血管系循環動態に及ぼす影響

Wistar 系雄ラット（8 週齢、20 匹）を対照群（N=5）、T-2 トキシン 0.02 mg/kg（N=5）、0.1 mg/kg（N=5）、0.5 mg/kg（N=5）の 4 群に分けた。T-2 トキシンまたは対照液の皮下投与後、48 時間目にカラードプラー心エコー法（測定器 Vevo2100）による血行動態の観察を行った。観察項目は、左室駆出率、左室内径短縮率、心拍数、一回拍出量、心拍出量、左側大腿動脈・左側総頸動脈の血流速度、拍動係数、抵抗係数とした。計測はウレタン全身麻酔下で行った。

(2) T-2 トキシンの血液酸化ストレス・抗酸化能に及ぼす影響

上記（1）の観察後、ラットの総頸動脈より全血を採取して血清分離を行った後、酸化ストレス（総活性酸素活性）の指標である d-ROMs 値および抗酸化能指標である BAP 値を測定した。測定器はフリーラジカル測定装置（Free、ウイスマー社）を用いた。

(3) 心筋細胞のミトコンドリア・ストレステスト

実験方法は前年度（23 年度）報告において述べた方法と同じある。新生子ラットの心臓から分離した心筋細胞をもとに一次培養系を作製し、培養液中で 72 時間培養した後に、T-2 トキシン添加培養液で 24 時間培養した。用いた T-2 トキシンの濃度は昨年度と同様に $6 \times 10^{-8} \sim 6 \times 10^{-1} \mu\text{M}$ の 8 段階とした。これらの濃度の細

胞への作用は同一のプレート (96 ウェル) 上で同時に行った。心筋細胞の酸素消費量 (OCR ; pMoles/min) の変化を光学センサーを内蔵した細胞外フラックスアナライザー (XF96 Analyzer、Seahorse Bioscience 社) で検出した。

観察項目としては、T-2 トキシンの 24 時間作用後の OCR のほかに、オリゴマイシン (3 μ M) を用いて ATP 産生に関連した OCR の変化を、また FCCP (2.5 μ M) を用いて電子伝達系の予備力 (RC) の変化を観察した。前者はオリゴマイシン作用直前直後の OCR の差分、後者は FCCP 作用直後とオリゴマイシン作用直前の OCR の差分によって求めた。

(4) シトリニンのマウス臓器および全身影響

4 週齢の雌 BALB/c マウス (日本エスエールシー) を用い、一群を 15 匹ずつとして計 4 群に分け、CTN を 0、1.6、5、15 ppm の用量で 90 日間飲水投与した。体重、全身臓器重量、全身臓器の組織学的検査、血液生化学的測定を行った。腎臓、肝臓および卵巣に関しては、proliferation cell nuclear antigen (PCNA) 染色を行った。

卵巣では小型卵胞、中型卵胞、大型卵胞、新黄体、旧黄体、及び閉鎖卵胞の数をカウントし、卵巣全体の面積あたりの数を算出した。腎臓では尿細管における陽性細胞数を、各個体 200 倍視野で左右腎臓につき、それぞれランダムに皮質～髄質外帯で片側 5 か所、計 10 か所観察し、陽性細胞数/尿細管上皮細胞数をカウントした。肝臓では、陽性細胞数を、各個体 100 倍視野で計 5 か所観察し、陽性細

胞数/肝細胞数をカウントした。

III. 曝露評価

1) 食品中のカビ毒含有量のサンプルデータの作成

(1) あずき含有食品におけるカビ毒含有量

3 カ年にわたって集められたあずきの 40 サンプルを使って 3 つのフザリウムカビ毒 (ゼアラレノン、T-2 トキシン、HT-2 トキシン) の含有量 (汚染量) について測定し、これを用いてサンプルデータを作成した。

(2) はと麦におけるカビ毒含有量

3 カ年にわたって集められたはと麦の 60 サンプルを使って 3 つのフザリウムカビ毒 (ゼアラレノン、T-2 トキシン、HT-2 トキシン) の含有量 (汚染量) について測定し、これを用いてサンプルデータを作成した。

2) 食品摂取量のサンプルデータ作成

(1) あずき含有食品におけるカビ毒暴露評価

「平成 17 年度～19 年度食品摂取頻度・摂取量調査」より、あずきを含んだ食品の摂取量データを元にして、年令階層別に摂取量データを作成した。

年齢階層は「1 歳から 6 歳」「7 歳から 14 歳」「15 歳から 19 歳」「20 歳以上」の 4 つの階層に分けた。摂取量は以下の食品群ごとに計算した。

C. 研究結果

I. 汚染実態調査

以下に述べる「平均濃度」は、定量限

界値以上の検出が認められた検体中の平均濃度を示す。検出された検体数等は、分担研究報告を参照。

(1) T-2 トキシン

麦類：国産小麦、国産大麦で平均濃度はそれぞれ 1.6、2.3 ng/g であり、最大濃度は国産大麦の 5.5 ng/g であった。一方輸入小麦で、輸入大麦で、平均濃度はそれぞれ 2.8、1.8 ng/g であり、最大濃度は輸入小麦の 8.4 ng/g であった。

はと麦、ライ麦、ビール：平均濃度はそれぞれ 11.3、3.5、0.1 ng/g であり、最大濃度ははと麦の 44.3ng/g であった。

とうもろこし加工品：コーングリッツで平均濃度は 1.0 ng/g、最大濃度が 1.3 ng/g であり、コーンスナックでは 10 検体中に汚染は認められなかった。

小豆：平均濃度 15.4 ng/g であり、最大濃度は 48.4 ng/g であった。

大豆：平均濃度は 4.3 ng/g であった。

雑穀米：最大濃度は 1.7 ng/g であった。

ゴマ：0.1 ng/g (1 検体のみ) であった。

精米：検出されなかった。

(2) HT-2 トキシン

麦類：国産小麦、国産大麦で、平均濃度はそれぞれ 6.3、5.8 ng/g であり、最大濃度は国産大麦の 13.0 ng/g であった。輸入小麦、輸入大麦、平均濃度はそれぞれ 15.5、6.2 ng/g であり、最大濃度は輸入小麦の 85.0 ng/g であった。

はと麦、ライ麦、ビール：平均濃度はそれぞれ 10.7、21.0、0.6 ng/g であり、最大濃度はライ麦の 135 ng/g であった。

とうもろこし加工品：コーングリッツ、コーンスナックとも汚染は認められな

かった。

小豆：平均濃度 13.4 ng/g であり、最大濃度は 45.7 ng/g であった。

大豆：定量限界以上は検出されなかった。

雑穀米：平均濃度は 1.3 ng/g で、最大濃度は 2.3 ng/g であった。

ゴマ：0.05 ng/g (1 検体) であった。

精米：検出されなかった。

(3) T-2 トキシン及び HT-2 トキシン

合計汚染量を計算した。最も平均濃度が高かったのは小豆の 28.7 ng/g であり、その次がライ麦の 23.7 ng/g であった。はと麦及び輸入小麦の平均濃度はいずれも 10 ng/g 以上であった。

(4) ゼアラレノン

麦類：国産小麦、国産大麦で平均濃度はそれぞれ 3.8、6.9 ng/g であり、最大濃度は国産大麦の 19.1 ng/g であった。輸入小麦では、平均 39.1 ng/g、輸入大麦で 0.7 ng/g であった。最大濃度は輸入小麦の 151ng/g であった。

はと麦、ライ麦、ビール：平均濃度はそれぞれ 14.3、4.7 ng/g であり、最大濃度ははと麦の 84.4 ng/g であった。ビールには定量限界値以上の汚染は認められなかった。

とうもろこし加工品：コーングリッツで平均濃度は 1.1 ng/g であり、最大濃度は 1.7 ng/g であった。コーンスナックでは汚染は認められなかった。

小豆：平均濃度 45.9 ng/g であり、最大濃度は 125 ng/g であった。

大豆：定量限界以上は検出されなかった。

雑穀米：平均濃度は 6.2 ng/g で、最大

濃度は 39.3 ng/g であった。

ゴマ：平均濃度は 1.6 ng/g で最大濃度は 21.3 ng/g あった。

精米：検出されなかった。

II. 毒性評価

(1) T-2 トキシンの心臓血管系循環動態に及ぼす影響

心エコー/ドプラー法によって、心機能、大腿動脈および総頸動脈の血行動態を観察した。低用量の 0.02 mg/kg の投与で、総頸動脈の収縮期血流速度の有意 ($P<0.05$) な増大が、0.5 mg/kg で総頸動脈平均血流速度の有意 ($P<0.05$) な増大が認められたが、拍動係数、抵抗係数、心拍出量等に有意な変化は観察されなかった。なお、心拍数および心拍出量は 0.5 mg/kg で有意ではないものの、対照群、0.1 mg/kg に比べて高い値を示した。

(2) T-2 トキシンの血液酸化ストレス・抗酸化能に及ぼす影響

T-2 トキシンの皮下投与後 48 時間目に測定した血清中の活性酸素活性 (d-ROMs; 平均 \pm SD; 単位 U.CARR) は、対照群 315.2 \pm 44.1 に対して、0.02 mg/kg 群 359.0 \pm 30.8、0.1 mg/kg 群 373.6 \pm 30.0、0.5 mg/kg 群 420.0 \pm 44.8 であり、有意な相違 (ANOVA, $P<0.005$) が示された。d-ROMs 値は T-2 トキシンの投与量に対して用量依存性の増大 (相関係数 $r=0.891$) を示した。対照群との比較では、T-2 トキシンの 0.1 mg/kg 以上で対照群に対して有意な増大が認められた (0.1 mg/kg, $P<0.05$; 0.5 mg/kg, $P<0.01$)。

一方、抗酸化能 (BAP; 平均 \pm SD; 単位 μ mol/L) は、対照群 2810.2 \pm 261.4 に

対して 2714.6 \pm 274.2 (0.02 mg/kg)、2804.7 \pm 349.4 (0.1 mg/kg)、2831.9 \pm 256.9 (0.5 mg/kg) であり、T-2 トキシンの投与群はいずれも対照群との間で BAP 値に有意差を示さなかった ($P>0.05$)。

活性酸素に対する抗酸化能の比率 (BAP/d-ROMs) は、T-2 トキシンの投与群では 0.5 mg/kg の投与量でのみ対照群に対して有意な増大 ($P<0.05$) を示した。

(3) 心筋細胞のミトコンドリア・ストレステスト

6×10^{-8} ~ $6\times 10^{-1}\mu$ M の T-2 トキシンを 24 時間、培養心筋細胞に作用させた結果、濃度依存性の酸素消費量 (OCR) の減少が観察された。有意な減少は $6\times 10^{-5}\mu$ M 以上の濃度で認められた。オリゴマイシンに対する反応性 (ATP 合成関連酸素消費量) および FCCP に対する反応性 (電子伝達系予備能) も同様に $6\times 10^{-5}\mu$ M 以上の濃度で有意な低下が認められた。

これらの結果は、平成 23 年度に実施した実験結果と同じであった。

(4) シトリニンのマウス臓器および全身影響

体重、飲水量、摂餌量：体重は、CTN 投与群において、投与期間を通じて明らかな変化を示さなかった。飲水量は、5、15 ppm 群で、投与 8、10 週目および 12 週目に無処置対照 (0 ppm) 群と比較して有意な低値を示した。摂餌量は 5 ppm 群で投与 8、12 週目に有意な低値を示した。

尿検査値：尿蛋白、尿 pH、尿潜血検査では、CTN 投与群で無処置対照群に比べて差がなかった。

臓器重量：肝臓重量が CTN 群で有意に減少した。卵巣を含むその他の臓器につ

いては、CTN 群で無処置対照群に比べて明らかな変化を示さなかった。

血液生化学検査：検査項目のうち、BUN が 1.6 ppm 群で有意に増加し、ALT が 5 ppm 群で有意に減少した。Creatinine、AST、ALP、TP 及び albumin は CTN 投与群と無処置対照群との間に差がなかった。

病理組織学的変化および免疫組織学的変化：肝臓、腎臓、心臓、胸腺、胃、小腸、膀胱における軽微な変化が認められたが、CTN 投与に関連した変化ではなかった。子宮、膣の組織像で正常性周期を逸脱するものは認められなかった。卵巣において小型卵胞、中型卵胞、大型卵胞、新世代黄体、旧世代黄体、閉鎖卵胞数をカウントしたところ、無処置対照群との違いは認められなかった。腎臓では、PCNA 染色の結果、尿細管上皮の陽性細胞率に明らかな違いは認められなかった。肝臓において、肝細胞の PCNA 染色陽性率が 5 ppm 群で軽度に増加していた。

III. 曝露評価

小豆を含む代表的な食品について平成 17 年度～平成 19 年度「食品摂取量・摂取頻度調査」のサンプルデータを使って、年齢層（1 歳から 6 歳、7 歳から 14 歳、15 歳から 19 歳、20 歳以上）ごとに摂取量のシミュレーションを行った。さらに、平成 22～24 年度の汚染実態調査のうち、小豆およびはと麦について日本国内でのカビ毒曝露量評価を行った。95%タイル値で、20 歳以上のゼアラレノンの上限値の曝露量はあずき単独の場合に 2.66ng/体重 Kg/day であるのに対して、はとむぎによる曝露量を加えた合計の曝露量でも 2.69ng/体

重 Kg/day であった。同じく T-2 トキシンではあずき単独の場合に 2.20ng/体重 Kg/day であるのに対して、はと麦との合計曝露量でも同じく 2.20ng/体重 Kg/day であった。HT-2 トキシンでは、あずき単独の場合に 2.68ng/体重 Kg/day であるのに対して、合計曝露量では 2.69ng/体重 Kg/day であった。

D. 考察

I. 汚染実態調査

本年度の実態調査では T-2 トキシン及び HT-2 トキシンの平均濃度は輸入小麦・大麦において、国産より高い濃度で汚染されていることがわかった。特に輸入小麦の最大濃度が 93.4ng/g であったことから、摂取量の多い食品であることを考慮に入れると慎重にリスク評価を進めていく必要があると考えられた。ライ麦も T-2 トキシン及び HT-2 トキシンの汚染量が高かったが、欧米に比べ、ライ麦の摂取量が比較的低いいため、今後さらに実態調査を続けていき、正確な曝露量を推定することが必要である。また、小豆においては、今年度は 100%の汚染率で有り、汚染濃度も例年に比べて顕著に高かった。いまのところ、小豆の摂取量は少ないと考えられることから、すぐに規制値を考慮する時期ではないが、今後とも来年度重点的に調査を行う必要がある。

II. 毒性評価

(1) T-2 トキシンの心臓血管系循環動態に及ぼす影響

T-2 トキシンの投与では、投与後一定時間を経た後に持続的な心拍数増加が生じることが平成 22～23 年度の研究で明らか

かになっていたが、今回、心エコー検査においても同じ傾向が観察された。前者はテレメトリーによる無麻酔、無拘束下の観察であり、後者は全身麻酔下の観察であったため、麻酔の有無による影響も考慮しなければならない。0.5 mg/kg では、総頸動脈平均血流速の増大が観察されたが、大腿動脈でも有意ではないものの平均血流速の増大傾向があり、また血管抵抗の指標である拍動係数はいずれの血管においても減少傾向が示されたことから、T-2 トキシン 0.5 mg/kg 皮下投与では、末梢血管の軽度の拡張をもたらす可能性が示唆された。T-2 トキシンの投与による心拍数の増加傾向は、血管の圧受容器を介した自律神経反応である可能性が高いと考えられた。平成 23 年度の研究では、この心拍数の増加が自律神経遮断薬の処置によって消失したことからもそのことが示唆された。

(2) T-2 トキシンの血液酸化ストレス・抗酸化能に及ぼす影響

T-2 トキシンは投与後 48 時間目の検査で血液中の活性酸素を有意に増大させることが明らかになった。一方、抗酸化指標には変化が認められなかったため、生体内における相対的な酸化ストレス度が T-2 トキシンによって増大するものと考えられる。これら酸化ストレスはミトコンドリアを始めとする細胞内器官の機能や細胞膜などに障害性の影響を及ぼす可能性が考えられる。

(3) 心筋細胞のミトコンドリア・ストレステスト

昨年度に引き続いて、ラット一次培養心筋細胞を用いた基本酸素消費量の測定

およびミトコンドリア・ストレステストを行った結果、 $6 \times 10^{-5} \mu\text{M}$ で有意なミトコンドリア機能低下が認められた。この結果は、昨年度に得られた結果と同じであり、高い再現性が実証された。

(4) シトリニンのマウス臓器および全身影響

BALB/c マウスに CTN について 15 ppm を最高用量として 90 日間飲水投与し、腎臓、肝臓、卵巣、子宮、膣及びその他の臓器への影響について解析した。

5 及び 15 ppm 群において投与 8、10 週目、及び 5 ppm 群において投与 12 週目で、飲水量の低値が認められた。これに関しては忌避による飲水量低下と考えられたが、体重に差が認められなかったことから毒性学的な意義は低いと考えられた。肝臓重量（絶対値及び相対値）が 1.6 ppm 以上で低値を示した。肝細胞の増殖活性が 5 ppm 群で軽度増加していた。肝臓では微小肉芽腫、門脈への炎症細胞浸潤、限局性単核細胞浸潤、限局性凝固壊死などが発生したが、それらの発生頻度に対照群との間に差は認められなかった。よって、形態学的な変化を伴っていなかったことから肝臓変化は CTN の影響とは判断できなかった。23 年度の投与実験において、15 及び 30 ppm 群で卵巣重量（絶対値及び相対値）の増加と大型卵胞の増加が認められたが、今回の投与実験では 15 ppm を含む全投与群において明らかな変動は認められなかった。病理組織学的検査においても、各種卵胞数や黄体数は対照群との差は認められず、膣および子宮粘膜の変化として、発情周期における偏りも認められず、CTN による雌生殖器へ

の影響は明らかではなかった。

Ⅲ. 曝露評価

(1) あずき類によるカビ毒の健康被害リスク

ゼアラレノンに対する曝露量は、99%タイルで一番多い曝露量の年齢層・シナリオでも 20ng/体重 Kg/day であり、PMTDI は 500ng/体重 Kg/day よりもはるかに低かった。また、T-2 トキシンおよび HT-2 トキシンでは、95%タイルでそれぞれ 3ng/体重 kg/day 未満であり、99%タイルの一番多い年齢層・シナリオでも両トキシンの合計が 45ng/体重 Kg/day であるため、T-2 トキシンと HT-2 トキシンの合計 PMTDI の 60ng/体重 Kg/day よりも低かった。これらの結果から、あずき類の食品を介したゼアラレノン、T-2 トキシン、HT-2 トキシンの曝露量は低いと考えられる。

(2) はと麦摂取による曝露量を加えた合計曝露量による健康被害リスク

ゼアラレノン、T-2 トキシン、HT-2 トキシンのいずれにおいても、あずき単独での曝露量に比べて、はと麦の分を合算しても、曝露量はほとんど増えなかったことから、日本人のほとんどがこれら食品の摂取によって健康被害を受けることはないと考えられる。

モンテカルロ・シミュレーションでは、母集団のデータを作り出すことから作成した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。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く。またこうした値は分布のかなり右側に存在するので、

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。以上のことからあずき類およびはと麦を介したゼアラレノン、T-2 トキシン、HT-2 トキシンによる日本人の健康被害リスクについての上述の考察は妥当なものだと思われる。

E. 結論

I. 汚染実態調査

今年度は、3年間通年で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）を測定する3年目となる。

毒性の高いT-2 トキシン及びHT-2 トキシンが今年度も小麦・大麦や麦類加工品で検出された。国産と輸入の小麦・大麦を比較すると、輸入小麦の方がT-2 トキシン及びHT-2 トキシンの濃度が高いことが明らかになった。さらに実態調査を続けていく必要がある。また、小豆からはすべての検体からT-2 トキシン及びHT-2 トキシン並びにゼアラレノンが検出されており、その濃度も他の食品と比較して高いことがわかった。今後、産生真菌を特定し、その生産地などを特定していき、輸入品なのか、又は国産品なのかを確定し、対策を取る根拠としていく必要があるだろう。

II. 毒性評価

平成 22～23 年度の研究によって、T-2 トキシンは 0.1 mg/kg 以上の皮下投与によって、心電図上不整脈が観察されている。今回の心エコー・ドプラー法による循環動態の観察では、0.5 mg/kg の投与の 48 時間後で心臓機能および末梢循環機能

に軽度の変化が認められたものの、循環不全のような重大な変化は観察されなかったことから、この濃度レベルでは基本的な循環機能は維持されていることが明らかになった。

一方、T-2 トキシンは 0.5 mg/kg 以上の濃度では酸化ストレスをもたらす可能性が明らかになった。

さらに心筋細胞に対する直接作用では、かなり低濃度でミトコンドリア機能を低下させることが明らかになった。

これらの成績から、T-2 トキシンは低濃度で細胞機能障害を引き起こすが、生体内では様々な防御機構が働くことによって、T-2 トキシンの毒性作用を低減化されていることが考えられた。

シトリニンの 90 日間摂取実験では、平成 23 年度に 15、30 ppm 群で認められた卵巣変化（大型卵胞の増加を伴う重量増加）は再現されず、生殖器系に対する影響はあったとしても軽微である可能性が示唆された。

III. 曝露評価

あずき類食品およびはと麦食品を介したゼアラレノン、T-2 トキシン、HT-2 トキシンに対する日本国内での曝露量は低く、これらの食品による健康被害リスクは低いものと結論された。

F. 研究業績

【発表論文】

- 1) Yoshinari T, Ohnishi T, Kadota T, Sugita-Konishi Y. : Development of a purification method for simultaneous determination of deoxynivalenol and

its acetylated and glycosylated derivatives in corn grits and corn flour by liquid

chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Food Protection*, Vol.75, No.7, 1355-1358, 2012.

- 2) Yoshinari T, Tanaka T, Ishikuro E, Horie M, Nagayama T, Nakajima M, Naito S, Ohnishi T, Sugita-Konishi Y. : Inter-laboratory study of an LC-MS/MS method for simultaneous determination of deoxynivalenol and its acetylated derivatives, 3-acetyl-deoxynivalenol and 15-acetyldeoxy-nivalenol in wheat. *Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)*, Vol.54, No.1, 75-82, 2013.

- 3) Ngampongsa S, Ito K, Kuwahara M, Ando K, Tsubone H. : Reevaluation of arrhythmias and alterations of the autonomic nervous activity induced by T-2 toxin through telemetric measurements in unrestrained rats. *Toxicol Mech Methods*. 22(9):662-673, 2012.

【学会発表】

- 1) 竹内浩、吉成知也、青山幸二、中島正博、谷口賢、橋口成喜、甲斐茂美、田端節子、田中敏嗣、佐藤孝史、松井好之、小木曾基樹、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 23 年度）．第 104 回日本食品衛生学会学術講演会(2012.9)

- 2) 吉成知也、田中敏嗣、中島正博、内藤成弘、永山敏廣、堀江正一、石黒瑛一、大西貴弘、小西良子：アセチル化デオキシニバレノールとフモニシン類の分析法の妥当性の評価及び国内流通品における実態調査（平成 23 年度）. 第 104 回日本食品衛生学会学術講演会(2012.9)
- 3) T. Yoshinari, K. Aoyama, M. Nakajima, M. Taniguchi, H. Takeuchi, S. Hashiguchi, S. Kai, S. Tabata, T. Tanaka, Y. Sugita-Konishi: Occurrence of T-2 toxin, HT-2 toxin and zearalenone in retail foods in Japan. Society of Toxicology 52nd Annual Meeting (2013.3).
- 4) スチトラ・ガンポンサ (Suchitra Ngampongsa)、伊藤公一、桑原正貴、局博一: T-2 トキシンの心機能作用における自律神経遮断薬の効果. 日本マイコトキシシン学会第 70 回学術講演会 (2012 年 1 月 6 日、於船堀) .
- 4) 局 博一、スチトラ・ガンポンサ (Suchitra Ngampongsa)、伊藤公一、桑原正貴: T-2 トキシンによるラット心筋細胞の呼吸機能に及ぼす影響. 日本マイコトキシシン学会第 70 回学術講演会 (2012 年 1 月 6 日、於船堀) .
- 6) 局 博一、Suchitra Ngampongsa、伊藤公一、桑原正貴、安東賢太郎、山本有希子、水流功春: カビ毒 T-2 トキシンによる心電図、自律神経機能および心筋細胞呼吸機能の変化に関する研究 (第 29 回日本心電学会学術集会、千葉市、2012. 10. 12-13)

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

研究分担者 小西 良子 国立医薬品食品衛生研究所・衛生微生物部長

研究要旨

カビ毒は、農業を営んでいる世界中のすべての地域にも存在し、防御や予防が非常に難しいことから、国際的にも農業規範や食品規格の策定が急がれている。また、地球温暖化などのカビ毒汚染への影響が深刻さをましてきている。

我が国は、輸入食品への依存性が高く、輸入食品の安全性を確保するために、JECFA などにおいて評価されうるカビ毒及び我が国において問題となるカビ毒を対象に、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。

本研究においては3年間通年で、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い、我が国の汚染実態を把握することを目的とした。

今年度の実態調査は、12種、335品数を対象に行った。T-2 トキシンとHT-2 トキシンはコーンスナック、精米以外の食品から検出された。ゼアラレノンはビール、コーンスナック、大豆、精米以外の食品から検出された。汚染濃度について、小豆及びはと麦ではT-2 トキシンの平均濃度が10 ng/g を超えていた。HT-2 トキシンでは、はと麦、ライ麦、小豆において平均濃度が10 ng/g を超えていた。ゼアラレノンでは輸入小麦、小豆における平均濃度が比較的高い傾向があった。

研究協力者

青山 幸二	(独) 農林水産消費安全技術センター	橋口 成喜	川崎市衛生研究所
吉成 知也	国立医薬品食品衛生研究所	中島 正博	名古屋市衛生研究所
甲斐 茂美	神奈川県衛生研究所	秋山 裕	(財) 日本冷凍食品協会
栗田 史子	川崎市衛生研究所	伊佐川 聡	(財) 日本食品分析センター
竹内 浩	三重県保健環境研究所	石黒 瑛一	(財) 日本食品分析センター
田中 敏嗣	神戸市環境保健研究所	木村 彩子	(財) 日本食品分析センター
谷口 賢	名古屋市衛生研究所	佐藤 孝史	(財) 食品分析開発センターSUNATEC
田端 節子	東京都健康安全研究センター	松井 好之	(財) 日本冷凍食品協会
		八津川洋一	(財) 食品分析開発センターSUNATEC

A. 研究目的

食品を汚染するカビ毒は、国際的にも JECFA やコーデックス委員会などで毒性評価や規格策定の準備が行われており、我が国においてもその対応が急がれている。JECFA では、2007 年以降総アフラトキシン、オクラトキシン A、デオキシニバレノール、フモニシンの摂取量などの見直しが行われた。コーデックス委員会では、穀物中の総アフラトキシンやデオキシニバレノールの規格策定への動きも出てきており、我が国に関係する事項も多い。

国際的にもカビ毒に対する対策が整えられていることから、我が国でまだ規制値が決まっていないカビ毒に関して、輸入食品の安全性を確保するために、我が国の汚染実態を把握し、しるべき対策をとる必要がある。

いままでに我が国では、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)に規制値が決められている。デオキシニバレノールには今のところ暫定基準値が設定されているが、今後国際動向を見ながら、見直しを検討する必要がある。

本研究事業で対象とした T-2 トキシン、HT-2 トキシン及びゼアラレノンは、すでに JECFA において毒性評価がされているカビ毒であるが、コーデックス委員会での規格はまだ作られていない。これらのカビ毒はフザリウム属真菌が産生することから、フザリウム毒素とも言われている。フザリウム属真菌は、温帯地方に生息しており、我が国も生息地の一つである。そのため、この実態調査では、輸入品及び国産品を対象にして行っている。

本年度は国産小麦、輸入小麦、国産大麦、輸入大麦、はと麦、ライ麦、ビール、コーングリッツ、コーンスナック、小豆、大豆、雑穀米、精米、ゴマを対象とした。

B. 研究方法

実態調査に用いた麦類は、国産小麦(40点)及び国産大麦(10点)(農林水産省から提供)、輸入小麦(98点)及び輸入大麦(26点)は、現地検査機関から提供された。その他の食品は、日本各地の小売店などからランダムに購入したものをを用いた。

T-2 トキシン、HT-2 トキシン及びゼアラレノンの分析は、今年度妥当性を検証した方法(付録1参照)を用いた。すなわち以下の通りである。

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 移動相 0.5 mL に溶解し、試験溶液とした。

<LC-MS/MS の測定例>

HPLC

カラム：Inertsil ODS-4 3×50 mm, 2 μm

カラム温度：40℃

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 μlMS

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

C. 研究結果

(1) T-2 トキシン (表1、図1)

麦類については、国産小麦で40検体中8検体、国産大麦で10検体中4検体に定量限界値以上の汚染が認められ、平均濃度はそれぞれ1.6、2.3 ng/g であり、最大濃度は国産大麦の 5.5 ng/g であった。一方輸入小麦で98検体中9検体、輸入大麦で26検体中3検体に定量限界値以上の汚染が認められ、平均濃度はそれぞれ 2.8、1.8 ng/g であり、最大濃度は輸入小麦の 8.4 ng/g であった。

はと麦で20検体中6検体、ライ麦で11検体中6検体、ビールで20検体中13検体に定量限界値以上の汚染が認められ、平均濃度はそれぞれ 11.3、3.5、0.1 ng/g であり、最大濃度ははと麦の 44.3 ng/g であった。

とうもろこし加工品については、コーングリッツで20検体中4検体に定量限界値以上の汚染が認められ、平均濃度は1.0 ng/g、最大濃度が1.3 ng/g であり、コーンスナックでは10検体中に汚染は認められなかった。

小豆においては、20検体中すべてにおいて定量限界値以上検出され、平均濃度 15.4 ng/g であり、最大濃度は 48.4 ng/g であった。大豆では10検体中1検体が定量限界値以上検出され、4.3 ng/g であった。

雑穀米で20検体中5検体に定量限界値以上の汚染が認められ、最大濃度は1.7 ng/g であった。

ゴマは20検体中1検体から定量限界値以上の汚染が検出され、0.1 ng/g であった。

精米からは、検出されなかった。

(2) HT-2 トキシン (表2、図2)

麦類については、国産小麦で40検体中7検体、国産大麦で10検体中3検体に定量限界値以上の

汚染が認められ、平均濃度はそれぞれ 6.3、5.8 ng/g であり、最大濃度は国産大麦の 13.0 ng/g であった。一方輸入小麦で98検体中17検体、輸入大麦で26検体中6検体に定量限界値以上の汚染が認められ、平均濃度はそれぞれ 15.5、6.2 ng/g であり、最大濃度は輸入小麦の 85.0 ng/g であった。

はと麦で20検体中3検体、ライ麦で11検体中8検体、ビールで20検体中1検体に定量限界値以上の汚染が認められ、平均濃度はそれぞれ 10.7、21.0、0.6 ng/g であり、最大濃度はライ麦の 135 ng/g であった。

とうもろこし加工品については、コーングリッツ、コーンスナックとも汚染は認められなかった。

小豆においては、20検体中すべてにおいて定量限界値以上検出され、平均濃度 13.4 ng/g であり、最大濃度は 45.7 ng/g であった。大豆からは定量限界以上は検出されなかった。

雑穀米で20検体中6検体に定量限界値以上の汚染が認められ、平均濃度は1.3 ng/g で、最大濃度は 2.3 ng/g であった。

ゴマは20検体中1検体から定量限界値以上の汚染が検出され、0.05 ng/g であった。

精米からは、検出されなかった。

(3) T-2 トキシン及び HT-2 トキシン (表3、図3)

2001年に行われた JECFA における毒性評価は、T-2 トキシン及び HT-2 トキシンの合計として一日耐容摂取量を規定している。そのため、本実態調査においても同様に合計汚染量を計算した。その結果、最も平均濃度が高かったのは小豆の 28.7 ng/g であり、その次がライ麦の 23.7 ng/g であった。はと麦及び輸入小麦の平均濃度はいずれも 10 ng/g 以上であった。

(4) ゼアラレノン (表4、図4)

麦類については、国産小麦で40検体中9検体、国産大麦で10検体中7検体に定量限界値以上の

汚染が認められ、平均濃度はそれぞれ 3.8、6.9 ng/g であり、最大濃度は国産大麦の 19.1 ng/g であった。一方輸入小麦で 98 検体中 4 検体、輸入大麦で 26 検体中 1 検体に定量限界値以上の汚染が認められ、平均濃度は輸入小麦で 39.1 ng/g であった。輸入大麦は 0.7 ng/g であった。最大濃度は輸入小麦の 151ng/g であった。

はと麦で 20 検体中 12 検体、ライ麦で 11 検体中 4 検体に定量限界値以上の汚染が認められ、平均濃度はそれぞれ 14.3、4.7 ng/g であり、最大濃度ははと麦の 84.4 ng/g であった。ビールには定量限界値以上の汚染は認められなかった。

とうもろこし加工品については、コーングリッツでは 20 検体中 4 検体に定量限界値以上の汚染が認められた。平均濃度は 1.1 ng/g であり、最大濃度は 1.7 ng/g であった。コーンスナックでは汚染は認められなかった。

小豆においては、20 検体中すべてにおいて定量限界値以上検出され、平均濃度 45.9 ng/g であり、最大濃度は 125 ng/g であった。大豆からは定量限界以上は検出されなかった。

雑穀米で 20 検体中 19 検体に定量限界値以上の汚染が認められ、平均濃度は 6.2 ng/g で、最大濃度は 39.3 ng/g であった。

ゴマは 20 検体中すべてから定量限界値以上の汚染が検出され、平均濃度は 1.6 ng/g で最大濃度は 21.3 ng/g あった。

精米からは、検出されなかった。

D. 考察

T-2 トキシンについては、1931-47 年、旧ソビエト連邦で、ほ場で越冬させた穀類により死者の中毒事故が発生しており、原因穀物から同定されたカビが T-2 トキシンを産生したことから、危害物質として注目されている。*F. sporotrichioides* が主な産生菌といわれている。HT-2 トキシンは、T-2 トキシンの代謝物であり、植物体及び生体内で作られる。

毒性としては、白血球減少など劇的な免疫毒性を有するとされている。LD₅₀ は 10 mg/kg bw (マウス、経口) であり他のトリコテセン系カビ毒のデオキシニバレノールの LD₅₀ (46 mg/kg bw) に比べて急性毒性が強く、トリコテセン系カビ毒の中では最も毒性が強いと考えられている。HT-2 トキシンは、代謝物であるため、毒性も T-2 トキシンに比べて減衰すると考えられていたが、細胞毒性などを評価した結果では、同等である可能性が高い。そのため、JECFA の毒性評価では、T-2 トキシンと HT-2 トキシンを単独で評価せず、合算して毒性評価を行っている。2001 年における毒性評価では一日耐容摂取量が 0.06 µg/kg bw/day としている。デオキシニバレノールの一日耐容摂取量が 1 µg/kg bw/day であるので、それに比べると 20 倍近く毒性が強いことになる。

本年度の実態調査では T-2 トキシン及び HT-2 トキシンの平均濃度は輸入小麦・大麦において、国産より高い濃度で汚染されていることがわかった。特に輸入小麦の最大濃度が 93.4ng/g であったことから、摂取量の多い食品であることを考慮に入れると慎重にリスク評価を進めていく必要があると考えられた。ライ麦も T-2 トキシン及び HT-2 トキシンの汚染量が高かったが、欧米に比べ、ライ麦の摂取量が比較的低いため、今後さらに実態調査を続けていき、正確な暴露量を推定することが必要である。また、小豆においては、今年度は 100 %の汚染率で有り、汚染濃度も例年に比べて顕著に高かった。いまのところ、小豆の摂取量は少ないと考えられることから、すぐに規制値を考慮する時期ではないが、今後とも来年度重点的に調査を行う必要がある。

次にゼアラレノンであるが、このカビ毒は *F. graminearum*、*F. crookwellense*、*F. acuminatum*、*F. culmorum*、*F. semitectum* によって産生される。これらの真菌は、デオキシニバレノール及

びニバレノールも産生しており、同時汚染する可能性が極めて高い。現在食品における規制値は未設定であるが、特に感受性の高いブタにおいては、内分泌かく乱物質（環境ホルモン）としての毒性が出やすいことから、家畜飼料では1.0 ppmと規定されている。

また、一方では関連化合物である家畜の生育増進ホルモン剤としてゼラノールなどが使用されている。

ゼアラレノンとその代謝物はエストロゲン受容体たん白質と結合して活性化することが知られている。1999年に開催されたJECFAにおいて一日耐容摂取量が0.5 µg/kg bw/dayと定められたが、ヨーロッパは独自に0.2 µg/kg bw/dayと定めている。

今年度のゼアラレノンの汚染実態をみると、輸入小麦及び小豆において高い汚染濃度が認められた。汚染頻度としては国産大麦の70%、はと麦の60%、小豆の100%、雑穀米の95%、ゴマの100%が、昨年と比べて同等か高くなっている。

E. 結論

今年度は、3年間通年で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）を測定する3年目となる。

毒性の高いT-2 トキシン及びHT-2 トキシンの今年度も小麦・大麦や麦類加工品で検出された。国産と輸入の小麦・大麦を比較すると、輸入小麦の方がT-2 トキシン及びHT-2 トキシンの濃度が高いことが明らかになった。さらに実態調査を続けていく必要がある。また、小豆からはすべての検体からT-2 トキシン及びHT-2 トキシン並びにゼアラレノンが検出されており、その濃度も他の食品と比較して高いことがわかった。今後、産生真菌を特定し、その生産地などを特定していき、輸入品なのか、又は国産品なのかを確定し、対策を取る根拠としていく必要がある

るだろう。

F. 研究業績

【論文発表】

- 1) Yoshinari T, Ohnishi T, Kadota T, Sugita-Konishi Y. : Development of a purification method for simultaneous determination of deoxynivalenol and its acetylated and glycosylated derivatives in corn grits and corn flour by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Food Protection*, Vol.75, No.7, 1355-1358, 2012.
- 2) Yoshinari T, Tanaka T, Ishikuro E, Horie M, Nagayama T, Nakajima M, Naito S, Ohnishi T, Sugita-Konishi Y. : Inter-laboratory study of an LC-MS/MS method for simultaneous determination of deoxy-nivalenol and its acetylated derivatives, 3-acetyl-deoxynivalenol and 15-acetyl-deoxy-nivalenol in wheat. *Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)*, Vol.54, No.1, 75-82, 2013.

【学会発表】

- 1) 竹内浩、吉成知也、青山幸二、中島正博、谷口賢、橋口成喜、甲斐茂美、田端節子、田中敏嗣、佐藤孝史、松井好之、小木曾基樹、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23年度）
第104回日本食品衛生学会学術講演会(2012.9)
- 2) 吉成知也、田中敏嗣、中島正博、内藤成弘、永山敏廣、堀江正一、石黒瑛一、大西貴弘、小西良子：アセチル化デオキシニバレノールとフモニン類の分析法の妥当性の評価及び国内流通品における実態調査（平成23年度）

第104回日本食品衛生学会学術講演会(2012.9)
3) T. Yoshinari, K. Aoyama, M. Nakajima, M.
Taniguchi, H. Takeuchi, S. Hashiguchi, S.
Kai, S. Tabata, T. Tanaka, Y. Sugita-
Konishi : Occurrence of T-2 toxin, HT-2 toxin

and zearalenone in retail foods in Japan
Society of Toxicology 52nd Annual Meeting
(2013.3)

表 1 T-2 トキシンの汚染実態

サンプル	試料数	LOQ以上の割合(%)	LOQ (ng/g)	陽性平均濃度 (ng/g)	最大濃度 (ng/g)
国産小麦	40	20.0	0.6	1.6	3.3
輸入小麦	98	9.2	0.6	2.8	8.4
国産大麦	10	40.0	0.4	2.3	5.5
輸入大麦	26	11.5	0.4	1.8	4.0
はと麦	20	30.0	0.7	11.3	44.3
ライ麦	11	54.5	0.1	3.5	15.4
ビール	20	65.0	0.03	0.1	0.2
コーングリッツ	20	20.0	0.6	1.0	1.3
コーンスナック	10	0	0.7	0	0
小豆	20	100	0.1	15.4	48.4
大豆	10	10.0	0.2	4.3	4.3
雑穀米	20	25.0	0.2	0.7	1.7
精米	10	0	0.1	0	0
ゴマ	20	5.0	0.007	0.1	0.1
計	335				

表 2 HT-2 トキシンの汚染実態

サンプル	試料数	LOQ以上の割合(%)	LOQ (ng/g)	陽性平均濃度 (ng/g)	最大濃度 (ng/g)
国産小麦	40	17.5	2	6.3	13.0
輸入小麦	98	17.3	2	15.5	85.0
国産大麦	10	30.0	1	5.8	8.8
輸入大麦	26	23.1	1	6.2	21.4
はと麦	20	15.0	3	10.7	21.5
ライ麦	11	72.7	0.3	21.0	135
ビール	20	5.0	0.4	0.6	0.6
コーングリッツ	20	0	4	0	0
コーンスナック	10	0	2	0	0
小豆	20	100	0.3	13.4	45.7
大豆	10	0	0.8	0	0
雑穀米	20	30.0	0.5	1.0	2.3
精米	10	0	1	0	0
ゴマ	20	5.0	0.03	0.05	0.05
計	335				