

201522009B

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 25 年度～27 年度 総合研究報告書

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

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)

総合研究報告書

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

目 次

I. 総合研究報告	
1. カビ毒の食品汚染実態調査と生態調査、曝露量評価	
1) 我が国のフザリウム毒素の汚染実態	1
2) フザリウム系カビ毒の曝露量評価	20
3) 国内流通食品における <i>Fusarium</i> 属菌の分布状況	28
2. 毒性評価	
1) かび毒の発達神経毒性評価	37
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	93
II. 研究成果の刊行に関する一覧表	105
III. 研究成果の刊行物・別刷	108

厚生労働科学研究費補助金研究事業
(食品の安全確保推進研究事業)

分担研究報告書

我が国のフザリウム毒素の汚染実態
(平成 25 年度 - 平成 27 年度)

分担研究者 小西良子 麻布大学

研究要旨

我が国は、温帯地方に位置していることから、フザリウム属真菌が生息しており、穀類、特に麦類にフザリウム毒素が多く汚染している。食品に汚染する代表的なフザリウム毒素としてトリコテセン系カビ毒、ゼアラレノン、フモニシンがある。トリコテセン系カビ毒のなかで世界的に汚染が多いとされているカビ毒にデオキシニバレノールがあるが、すでに我が国で暫定基準値が策定されている。トリコテセン系カビ毒のなかで毒性の強い T-2 トキシン及び 7HT-2 トキシンは、2001 年に JECFA において毒性評価がなされている。トリコテセン系カビ毒ではないフザリウム毒素のゼアラレノンも 2000 年に JECFA において毒性評価がなされている。これらのカビ毒はヨーロッパにおいて盛んに実態調査が行われている。フザリウム毒素は、我が国においても汚染があり、輸入食品においても汚染の可能性が高いカビ毒であるため、正確な汚染実態を把握する必要がある。

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を対象に平成 22 年度から 3 年間通年で実態調査を行ってきた。その結果、T-2 トキシン及び HT-2 トキシンは、ライ麦、グラノーラ、ビール、小豆において陽性率が高いことを明らかにした。これを基にさらに食品目を広げ 3 年間実態調査を行い、より正確な曝露評価を行うためのデータを得心とした。

平成 25 年度から始まった研究事業では、平成 25 年度は 400 検体、平成 26 年度は 396 検体、平成 27 年度は 215 検体の計 1011 検体を対象とした。食品目は小麦（輸入 225 検体）、大麦（輸入 62 検体）、ハト麦加工品 60 検体、ライ麦粉 59 検体、小麦粉（国産 102 検体、輸入 51 検体）、グラノーラ 40 検体、ビール 60 検体、コーングリッツ 55 検体、コーンフレーク 25 検体、小豆 65 検体、ソバ 52 検体、雑穀米 60 検体、精米 30 検体、ゴマ 50 検体である。ゼアラレノンは、主に大麦、ソバ、ゴマ、コーンフレーク、コーングリッツ、小豆及び雑穀米で陽性率が高かった。T-2 トキシンと HT-2 トキシンはライ麦、ソバ、雑穀米、ビール、ハト麦加工品及び小豆から検出された。汚染濃度について特筆すべきは、小豆における T-2 トキシンと HT-2 トキシンの合算値で、その濃度は 147 $\mu\text{g}/\text{kg}$ であった。これらの結果より、フザリウム毒素の曝露に寄与が大きい食品は、小豆、ハト麦加工品、輸入小麦、ライ麦粉、グラノーラ、雑穀米であることが示唆された。

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

甲斐 茂美 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

佐藤 孝史 (一財) 食品分析開発センター

SUNATEC

永山 敏廣 (明治薬科大学)

堀江 正一 (大妻女子学家政部)

内藤 成弘 ((独) 農業・食品産技術総合研究機構)

A. 研究目的

カビの産生する毒素であるカビ毒は、ヒトや産業動物に健康被害を引き起こし、経済的にも大きな影響を与える。また、世界的にカビ毒産生菌は存在し、気象変動などの影響を受け、作物への汚染頻度が高まることが報告されている。

食品汚染カビ毒のヒトや産業動物へのリスクを軽減するために、国際的には JECFA がリスク評価をしており、コーデックスが国際規格基準を策定している。

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 (ZEN) はフザリウム属菌が産生するためフザリウム毒素と呼ばれているが、JECFA においてすでにリスク評価が行われており、ヨーロッパを中心に実態調査及び曝露評価が行われているカビ毒である。

我が国にはフザリウム属菌が生息しており、ZEN はデオキシニバレノールと同じ種によって産生されることから、国内での汚染が危惧されている。T-2 トキシンと HT-2 トキシンは、北海道の一部においてその産生菌の存在が報告されていたが、平成 22 年から 3 年間行った同研究事業により、国産小豆での深刻な汚染が明らかになった。

カビ毒の汚染は、気象変化に大きく影響を受けることから、1 年だけの実態調査結果では、正しい曝露評価はできない。そこで、通年 6 年間の実態調査を行い、その年次変動を考慮した汚染量の算定及び寄与食品の特定を行った。これらの成果は、我が国におけるヒトへの曝露評価に用いられ、国民が摂取しているカビ毒が健康被害を起こすレベルであるか否かを判断する科学的根拠となる。

B. 研究方法

1. 試料

平成 25 年と 26 年度に調査に用いた輸入小麦及び輸入大麦は農林水産省から提供いただいた。しかし平成 27 年度は供給されなかったため、調査はできなかった。

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 ZEN の分析は、3 年間同じ方法で実施した。これらの方法はすでに複数機関で妥当性を評価している方法である。

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

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 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 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・m
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・LMS

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

ZEN(negative) 317/131

平均値は EU の実態調査で用いられる方法と同じ方法で算出した。すなわち Lower bound (LB) と 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、LOD 以上 LOQ 未満の値を LOQ とし、平

均値を算出する。

C. 研究結果

(1) T-2 トキシンの汚染実態

Fig. 1 に、3 年間にわたる陽性率を示した。最も高い陽性率を示したのは初年度では小豆の 87%、次年度では国産小麦粉の 46%、最終年度では雑穀米の 60%であった。また、3 年間で、ハト麦加工品、コーングリッツは、陽性率の増加が認められた。平均汚染濃度の年次変化を Fig. 4 に示した。ハト麦加工品及び小豆では 2 年目に共に 1.4 µg/kg、グラノーラは最終年度で 1.8 µg/kg を示した。3 年間を通して平均汚染濃度の増加が認められたのはライ麦加工品であった。

Table 1 には、6 年間通年の汚染実態の年次変化を示したが、ハト麦加工品においては陽性率の増加が認められたものの、最大値は年ごとに大きく異なっていた。他の食品目では多くの場合、陽性率は平成 22 年度からの 3 年間の調査結果より下がっていた。しかし、小麦粉 (国産) や雑穀米においては最終年度において最大値 9.3 µg/kg 及び 13.0µg/kg をそれぞれ示した。

Table 4 は、平成 22 年度から平成 27 年度までの実態調査結果をまとめたものであるが、この結果から、T-2 トキシンの寄与食品は小豆、ハト麦加工品、グラノーラであることが推定された。また、精米からは通年で T-2 トキシンは検出されなかった。

(2) HT-2 トキシンの汚染実態

Fig. 2 に、3 年間における陽性率を示した。最も高い陽性率を示したのは初年度では小豆の 87%、次年度では国産小麦粉の 62%であった。最終年度では比較的陽性率は低く、最高でもグラノーラの 40%であった。

平均汚染濃度の年次変化を Fig. 5 に示した。初年度では小豆における平均濃度が最も高く

9.2 µg/kg、次年度も小豆の7.0 µg/kgが最も高かった。最終年度ではライ麦粉の4.1 µg/kgが最も高かった。3年間に於いて平均汚染濃度の増加が認められた食品目はライ麦粉であった。

Table 2には、6年間の通年汚染実態の年次変化を示したが、小豆をはじめ多くの食品目で、陽性率は平成22年度からの3年間の調査結果より平成25年度からの3年間の結果では下がっていた。しかし、小豆や雑穀米では年次変化が大きいため、注意深いモニタリングが必要である。特に、小豆においては平成26年度と27年度の最大値は100 µg/kgを超えており、汚染レベルが特に高い年が存在することを明らかにした。

Table 5は、平成22年から平成27年までの実態調査結果をまとめて、陽性率、平均濃度(LB、UB)及び最大値を示したものである。この結果から、HT-2トキシンの寄与食品は小豆、ライ麦粉、輸入小麦であることが推定された。また、精米からは、通年でHT-2トキシンは検出されなかった。

(3) ZENの実態汚染

Fig. 3は、3年間に於ける陽性率を示したものであるが、値が高い食品目は多く、ソバ、小豆、コーングリッツ、コーンフレーク、雑穀米、ゴマではいずれかの年で80%以上を示していた。雑穀米では常に85%以上の陽性率であり、ゴマにおいては最終年で100%の陽性率を示した。また、陽性率が3年間のうち増加傾向にあったのは、小麦粉(国産)、コーングリッツ、ゴマであった。

平均汚染濃度の年次変化をみると(Fig. 6)、小豆において初年度に最も高い平均濃度が認められたが(44 µg/kg)、その後は10 µg/kg程度に減少した。ハト麦加工品は15~27 µg/kgの平均汚染濃度を示しており、調査した食品目の中では比較的高い水準の汚染であ

った。雑穀米では陽性率は高いものの、平均汚染濃度は比較的lowであったが、増加傾向を示していた。

Table 3には、6年間の通年汚染実態の年次変化を示したが、ハト麦加工品、雑穀米、ゴマにおいては6年間常に高い陽性率であった。コーングリッツの陽性率の年次変動は大きかった。

Table 6は、平成22年から平成27年までの実態調査結果から、陽性率、平均濃度(LB、UB)及び最大値を算出したものであるが、ZENの寄与食品は小豆、ハト麦加工品、雑穀米であることが推定された。また、精米からは通年で検出されなかった。

D. 考察

T-2トキシ及びその脱アセチル化代謝物であるHT-2トキシンは、トリコテセン系カビ毒の一種、その中でもType Aに分類される。Type Aの方がType Bより、細胞毒性、タンパク合成阻害毒性が強いと言われている。これらのカビ毒が発見された発端は、1931-1947年にかけて旧ソ連で起きた食中毒性無白血球症(ATA症)と呼ばれる食中毒事例である。この食中毒は、消化器障害と同時に、顕著な白血球数減少が現れ、死亡に至るケースも多く認められた。すなわち強い免疫毒性を有していることが明らかとなった。

一方、ZENは*Fusarium graminearum*が産生するフザリウム毒素であるが、トリコテセン系骨格は有さない。本菌は我が国に多く生息しており、デオキシニバレノール及びニバレノールを産生する菌として知られている。そのため、ZENは、これらのトリコテセン系カビ毒と共汚染していることがしばしばある。ZENの毒性評価は2001年にJECFAでなされている。主な毒性は、実験動物や家畜への内分泌かく乱作用である。エストロゲン受容体

と ZEN あるいはその代謝物の相互作用によりエストロゲン分泌が高まることが明らかとなっている。ブタと羊はげっ歯類より感受性が高いことから、畜産分野で経済的影響が大きく、我が国でも農水省により飼料に規制が定められている。

EU は、2011 年から 2013 年にかけてリスク評価にベンチマークドーズ (BMD) の手法をとりいれて、 $BMDL_{05}$ を $10 \mu\text{g}/\text{kg b. w. /day}$ (T-2 トキシン) から、T-2 トキシシンと HT-2 トキシシンの合算の一日耐容摂取量 (TDI) を $100 \text{ ng}/\text{kg b. w. /day}$ とした (安全係数を 100)。この値を基準に実態調査結果を評価すると、EU 諸国での摂取量は TDI 以下に収まっていた。ZEN の TDI は NOEL $10 \mu\text{g}/\text{kg b. w. /day}$ を基準に安全係数 40 とし算出されたもので $0.25 \mu\text{g}/\text{kg b. w. /day}$ としている。

発がん毒性は、IARC によると T-2 トキシンは発癌性グループ 3 に分類されている。

2003年にEUにおけるSCOOP task 3.2.10でT-2トキシン、HT-2トキシン、ZENなどのフザリウム毒素を対象に食品中の汚染実態調査が行われた。近年、トリコテセン系カビ毒をはじめフザリウム毒素に糖などが結合したマスクドマイコトキシンの存在及び毒性が明らかにされてきている。これらの複合体は植物体や菌体内で作られ、農作物にカビ毒本体とともに残存する。しかし、消化過程で糖などが酵素により分解され、カビ毒本体として体内で挙動する可能性が指摘されている。EUでは、2014年にT-2トキシン、HT-2トキシン、ニバレノール、デオキシニバレノール、フモニシン及びZENを対象にマスクドマイコトキシンを考慮に入れた実態調査が行われている。それによると、ZENとフモニシンを除くフザリウム毒素においては、95パーセントイル点ではTDIよりも低い曝露量であったが、ZENではTDIの2.2倍であることが報告されている。

我が国では、T-2 トキシン、HT-2 トキシン、ZEN を対象に平成 22 年から、本研究事業で食品を対象とした実態調査を行っているが、カビ毒本体のみにとどまっている。

平成 22 年度から行われた 3 年間の調査結果では、我が国に流通している食品において、麦類、豆類、トウモロコシ原料から T-2 トキシン及び HT-2 トキシシンの定量限界値以上の汚染が確認された。特に、小豆においては汚染頻度も汚染濃度も高く、さらなる実態調査の必要性が示唆された。ライ麦は小麦・大麦と同様汚染レベルが高く、ライ麦では汚染頻度も高かった。小麦、大麦では汚染濃度は低かった。

ZEN は、大麦よりも小麦での汚染頻度が高い傾向が見られ、また、ハト麦加工品、コーングリッツ及び胚芽入り加工品に高い頻度で検出された。豆類では、小豆において T-2 トキシン及び HT-2 トキシンと同様に高い濃度の ZEN が検出され、その検出頻度は 70% を超えていた。これも新しい知見であったため、さらなる実態調査が必要とされた。

米類では、精米からはいずれのフザリウム毒素は検出されず、雑穀米からは濃度は低いが高い頻度で検出された。

この結果を受けて、さらに寄与する食品を検討するため、平成 25 年度からさらなる 3 年間の実態調査研究が始められた。

この研究事業での対象は、過去 3 年間で得られた知見を含め、さらに小麦粉 (国産、輸入)、ソバ、コーンフレークを調査食品目として加えた。小麦粉 (国産、輸入) 及びソバからは年次変化はあるものの 3 種のフザリウム毒素が検出された。小麦粉は、我が国での消費量が多いため、寄与食品として候補に入れるべきであることが示された。本来なら原料となる小麦を対象に調べた結果を論ずる必要があるが、研究とは異なる理由により、2015

年に小麦の供給が立たれてしまったため、小麦粉を用いて実態調査を行った。その結果、小麦よりもT-2トキシン及びHT-2トキシンの陽性率が上回っていることが明らかになった。ZENでは、小麦と小麦粉の汚染程度に大きな違いは見られなかった。コーンフレークでは、T-2トキシン及びHT-2トキシンは検出されなかったが、比較的低い陽性率ながら、ZENは検出された。

E. 結論

フザリウム毒素のうち、ZENとトリコテセン系カビ毒であるT-2トキシンとHT-2トキシンを対象として、平成22年度から厚生科学研究事業として実態調査が行われた。その結果をもとに、平成25年からは検査対象品目を選定し、試料数を増やし、より正確な曝露評価を行うことを目的に3年間通年での実態調査を行った。その結果、年次変化はあるものの、国産小麦、大麦をはじめとする国産農産物にもT-2トキシン、HT-2トキシン及びZENが検出され、特に小豆のフザリウム毒素による汚染は高レベルであり、国産小豆にその汚染が顕著であった。しかし、その汚染もこの2年間は減少する傾向にある。輸入小麦では、HT-2トキシンの汚染が比較的高く検出された。ライ麦粉やハト麦加工品からも頻度高く、また、汚染濃度も比較的高くフザリウム毒素が検出された。

本研究事業で行われた汚染実態調査は、年次変化の影響を極力低くするために、6年間を通して行われた。また前半の3年間では汚染が把握しきれなかった3つの食品目をさらに加え、より寄与食品が推察しやすい手法をとっている。これらの結果から推定される曝露評価は、我が国の曝露状態をより正確に評価できるものと思われる。ただ、曝露評価をする際に用いている食品摂取量調査の結果が

最新版でも平成16年度のものであり、近年の新食品を網羅していないため、新しい食品による曝露量が不足している懸念は残る。

T-2トキシン及びその代謝物であるHT-2トキシンは、毒性が強いため我が国での曝露評価の結果、必要であれば規制を設定すべきであろう。ZENは、ブタにおいて内分泌かく乱などの被害が生じるが、人による健康被害による事例は報告されていない。今後疫学も含め、ZENの研究を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) Ronald C. Schothorst, Hans P. van Egmond Report from SCOOP task 3.2.10 “collection of occurrence data of *Fusarium* toxins in food and assessment of dietary intake by the population of EU member states” Subtask: trichothecenes Toxicology Letters 153 (2004) 133-143
- 2) SCF, Scientific Committee on Food, 2001. Opinion of the Scientific Committee on Food on *Fusarium* Toxins. Part 5: T-2 Toxin and HT-2 Toxin, adopted on 30 May 2001. SCF/CS/CNTM/MYC/25 Rev 6 Final. http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/ot88_en.pdf.
- 3) EFSA Panel contaminants in the food chain (CONTAM), Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of T-2 and HT-2 toxin in food and feed. EFSA Journal 9 (12), 2481, 2011.
- 4) JECFA Monograph, Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Zearalenone, pp393-481. WHO 2000,

- 5) SCOOP, Collection of occurrence data of Fusarium toxin in food and assessment of dietary intake by the population of EU Member States. Sub-task Zearalenone. SCOOP European Project. Task 3.2.10. In: Vidnes, A., Berbsten C., Paulsen B. (Eds.) pp. 241-481. 2003,
- 6) EFSA Panel on contaminants in the food chain (CONTAM) Scientific opinion on the risks for human and animal health related to the presence of modified forms of certain mycotoxins in food and feed. EFSA J. 2014; 12(12):3916. pp. 1-107.

F. 健康危害情報

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. 2014 5:62(5):1174-80.
- 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. 2014;77(11):1940-6

- 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. 2015 12;888:126-30.

2. 学会発表

- 1) 竹内浩、吉成知也、谷口賢、中島正博、橋口成喜、甲斐茂美、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 トキシシン、HT-2 トキシシンおよびゼアラレノン汚染実態調査（平成 25 年度）第 108 回日本食品衛生学会学術講演会金沢、（2014. 12）
- 2) 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 トキシシン、HT-2 トキシ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. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし

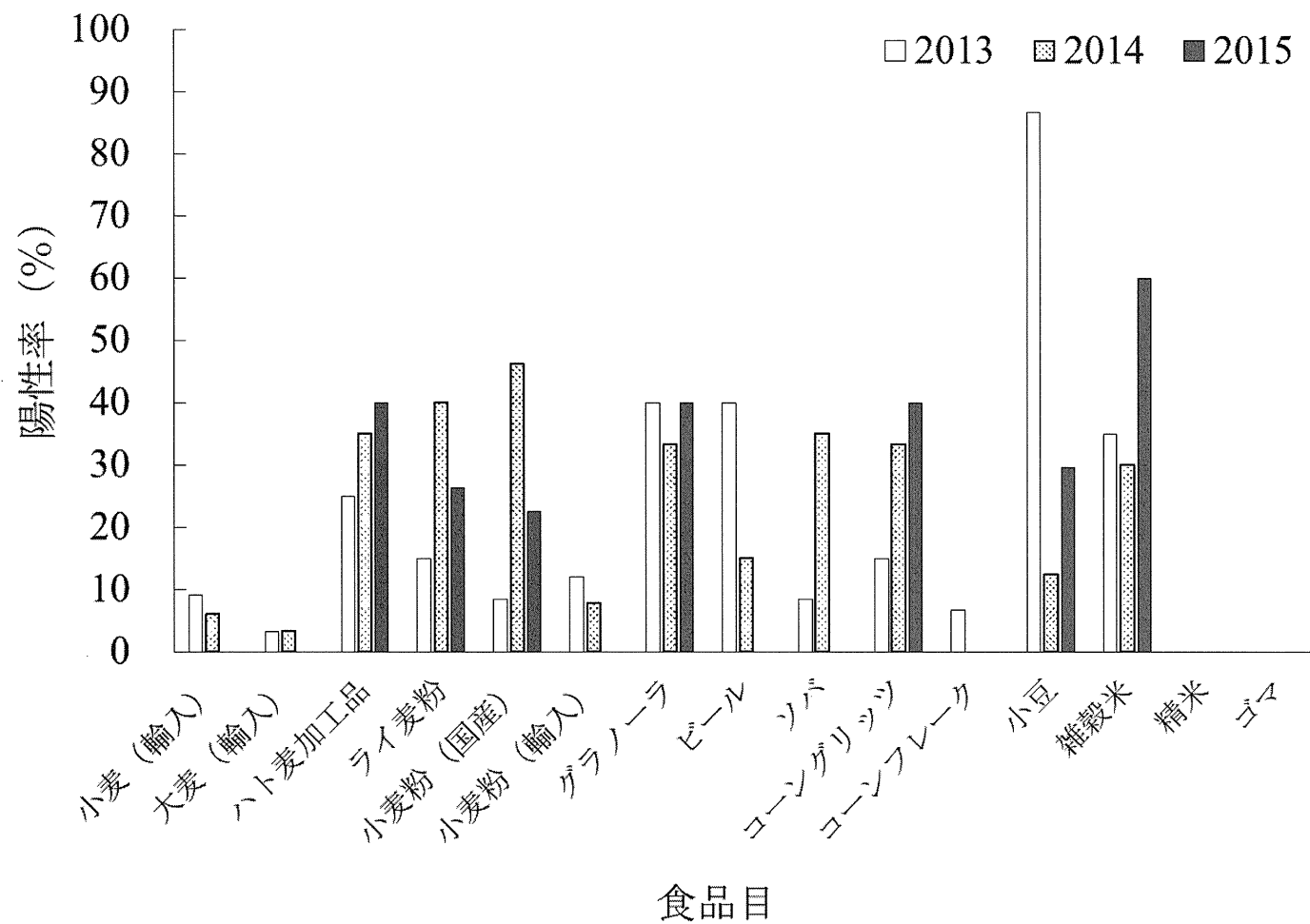


Fig.1 T-2 トキシンの陽性率の年次変化

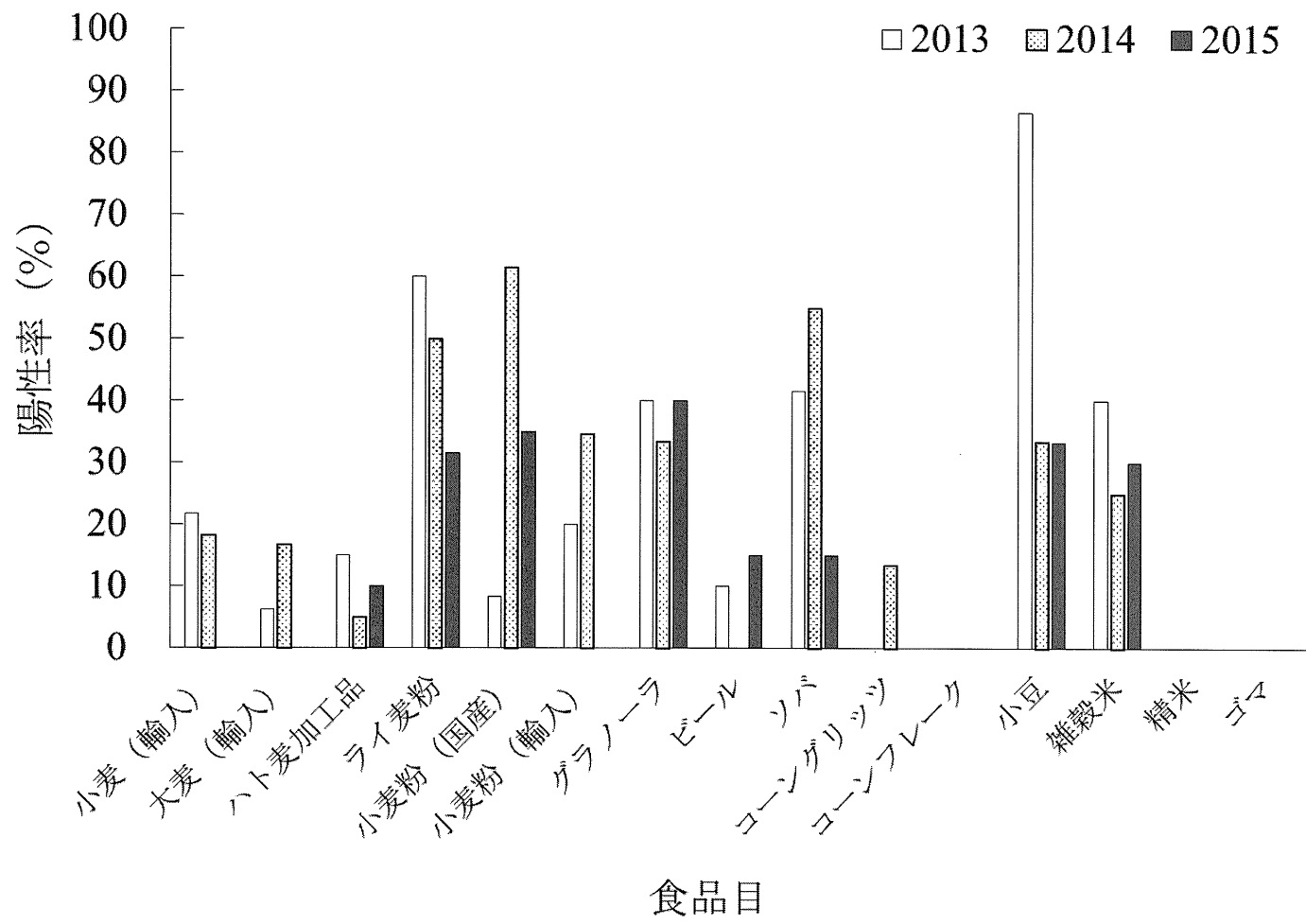


Fig. 2 HT-2 トキシンの陽性率の年次変化

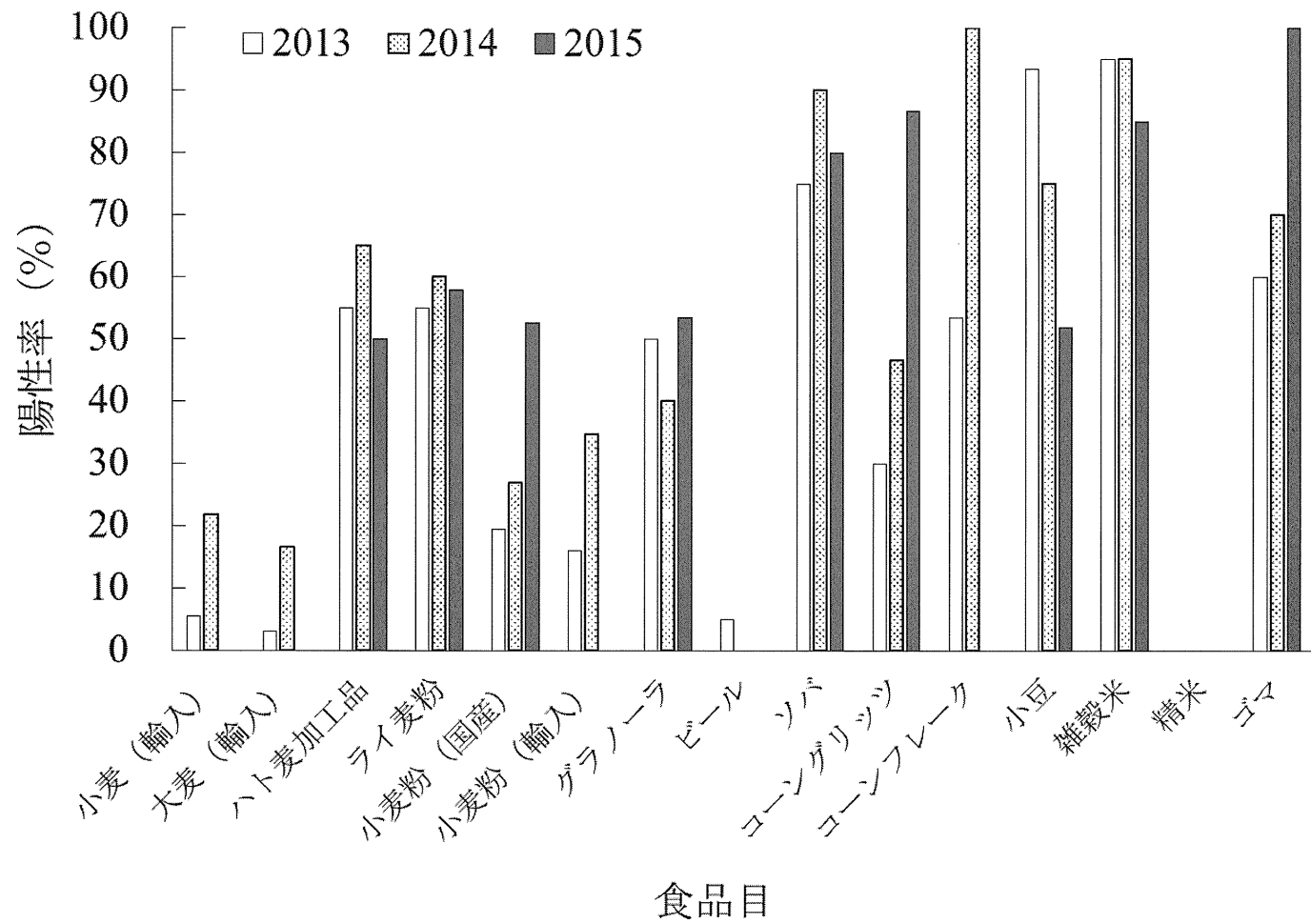


Fig.3 ゼアラレノンの陽性率の年次変化

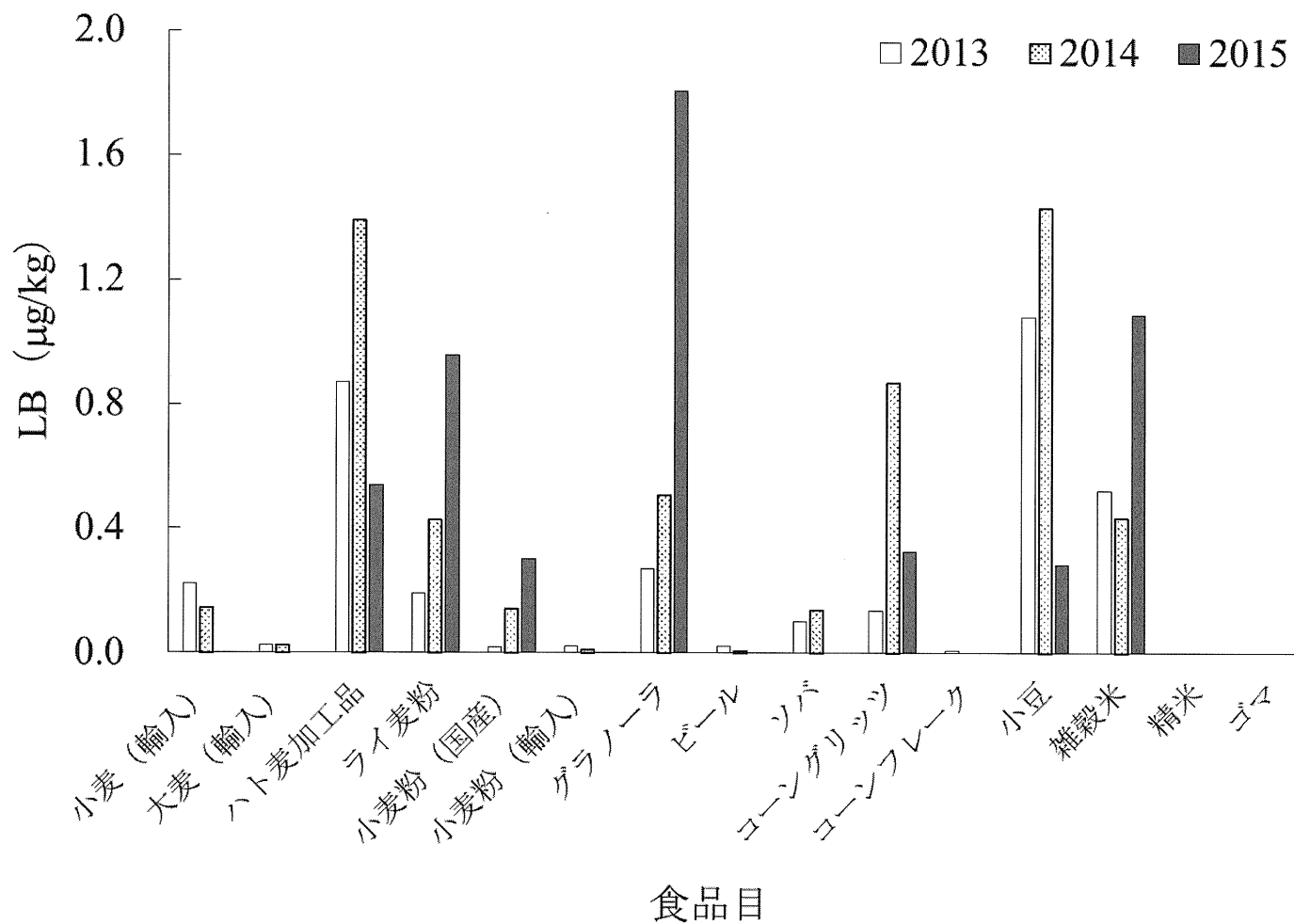


Fig. 4 T-2 トキシンの平均汚染濃度 (LB) の年次変化

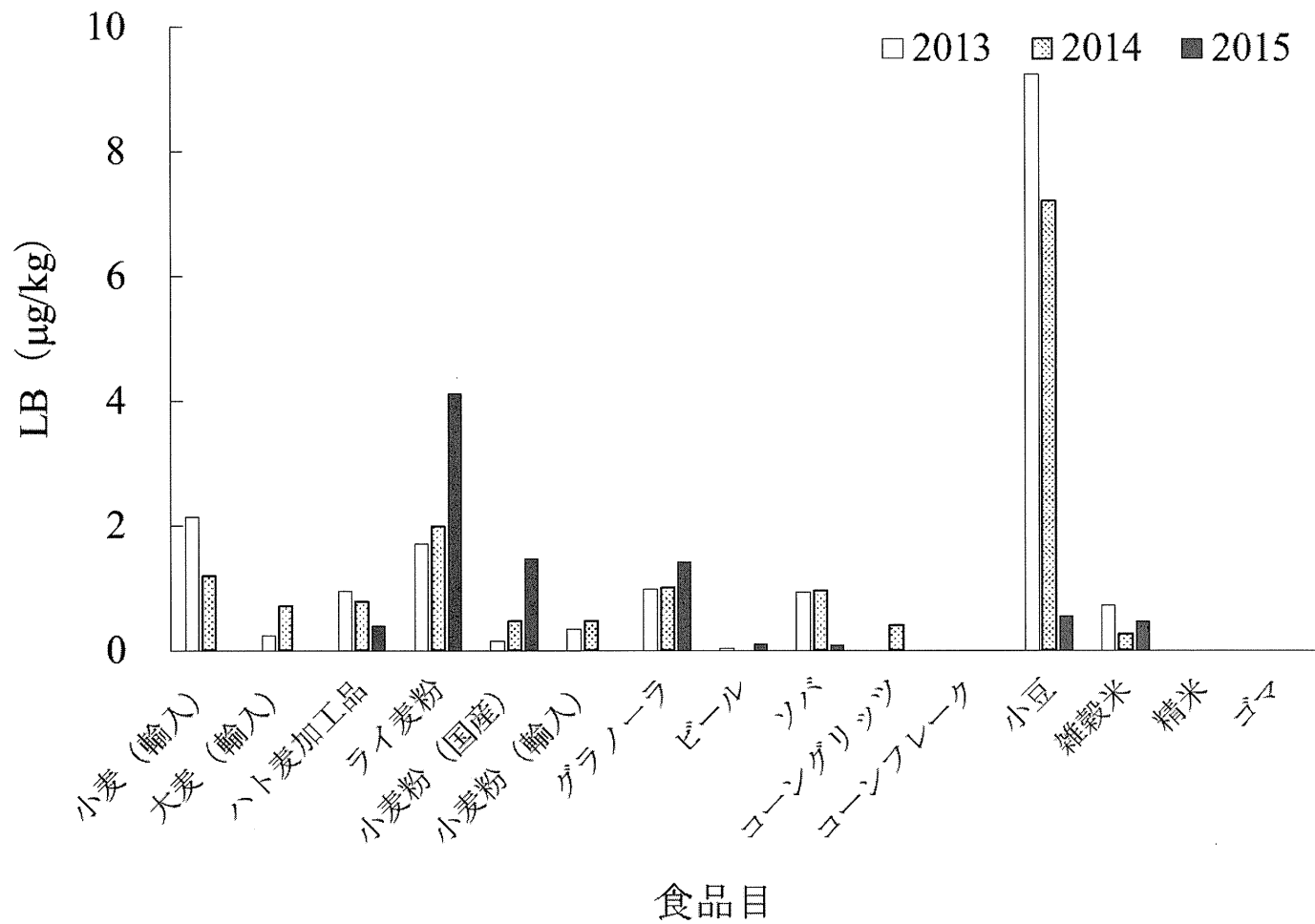


Fig. 5 HT-2 トキシンの平均汚染濃度 (LB) の年次変化

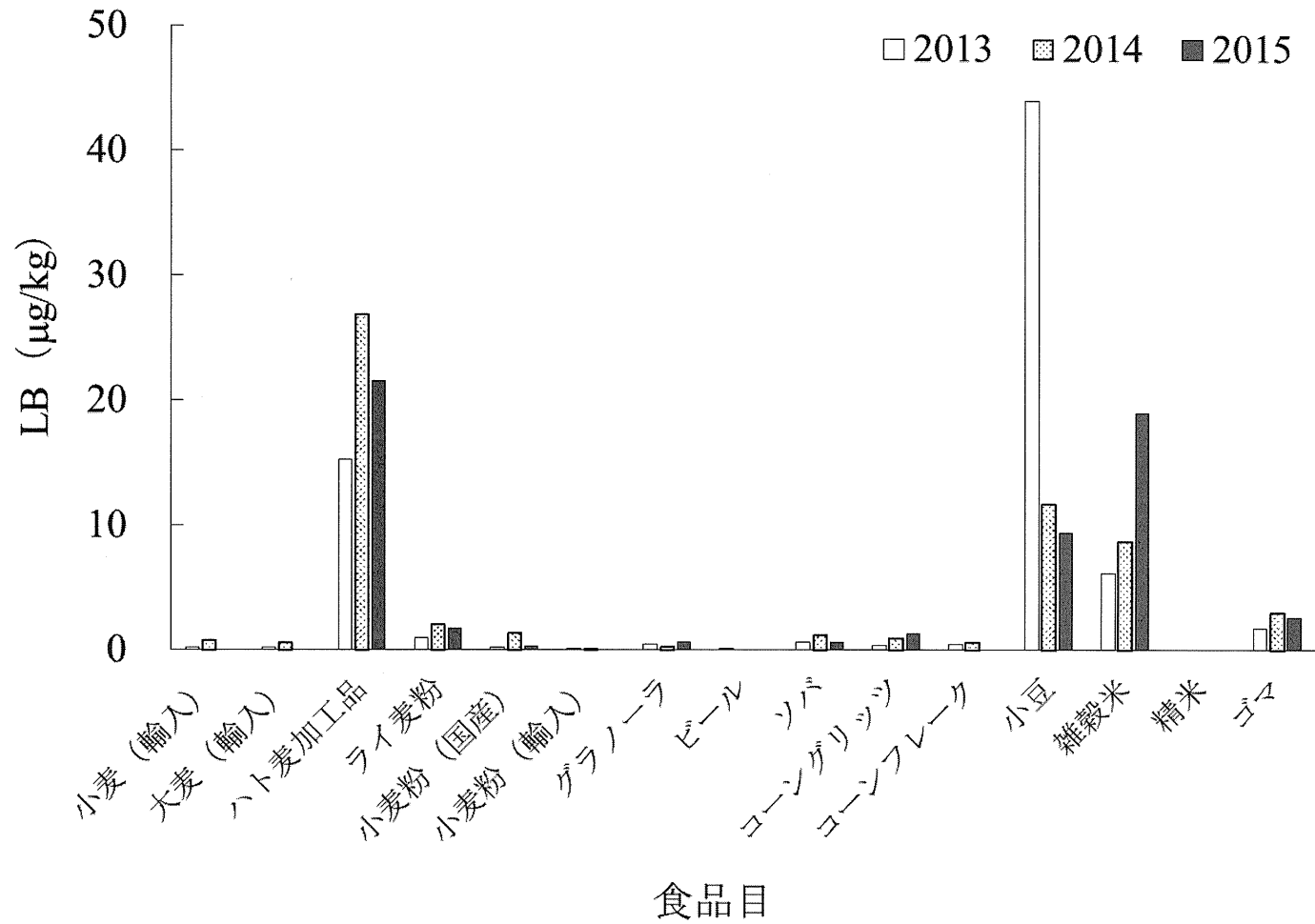


Fig.6 ゼアラレノンの平均汚染濃度 (LB) の年次変化

Table 1. 6年間におけるT-2トキシンの年次変化

試料名	項目	2010	2011	2012	2013	2014	2015
小麦（輸入）	調査数	40	-	110	110	115	
	陽性率（%）	0		8.2	9.1	6.1	
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0		0.2	0.2	0.1	
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.2		0.4	0.4	0.4	
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	-		8.4	8.0	10.6	
大麦（輸入）	調査数	10	-	31	32	30	
	陽性率（%）	10.0		9.7	3.1	3.3	
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.2		0.2	0.03	0.02	
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.3		0.4	0.2	0.3	
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	1.6		4.0	0.8	0.7	
ハト麦加工品	調査数	20	20	20	20	20	20
	陽性率（%）	10.0	25.0	30.0	25.0	35.0	40.0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.7	1.8	3.4	0.9	1.4	0.5
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	1.0	1.9	3.6	1.1	1.6	0.7
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	14.1	25.2	44.3	9.5	20.1	2.1
ライ麦粉	調査数	-	-	11	20	20	19
	陽性率（%）			54.5	15.0	40.0	26.3
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			1.9	0.2	0.4	1.0
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			1.9	0.3	0.5	1.1
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			15.4	1.7	3.1	8.8
小麦粉（国産）	調査数	-	-	-	36	26	40
	陽性率（%）				8.3	46.2	22.5
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.02	0.1	0.3
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.05	0.2	0.3
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.4	0.6	9.3
小麦粉（輸入）	調査数	-	-	-	25	26	-
	陽性率（%）				12.0	7.7	
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.02	0.01	
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.05	0.04	
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.3	0.2	
グラノーラ	調査数	-	10	-	10	15	15
	陽性率（%）		60.0		40.0	33.3	40.0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.4		0.3	0.5	1.8
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.5		0.3	0.6	1.9
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		1.6		1.5	2.7	9.6
ビール	調査数	-	10	20	20	20	20
	陽性率（%）		60.0	55.0	40.0	15.0	0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.04	0.04	0.02	0.01	0
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.05	0.04	0.04	0.02	0.01
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.1	0.2	0.1	0.1	-
ソバ	調査数	-	-	-	12	20	20
	陽性率（%）				8.3	35.0	0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.1	0.1	0
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.2	0.2	0.1
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				1.2	1.2	0.2

試料名	項目	2010	2011	2012	2013	2014	2015
コーングリッツ	調査数	20	20	20	20	20	15
	陽性率（%）	30.0	10.0	20.0	15.0	33.3	40.0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.3	1.3	0.2	0.1	0.9	0.3
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.6	1.5	0.5	0.4	1.1	0.6
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	1.8	25.8	1.3	1.0	4.1	1.1
コーンスナック	調査数	-	10	10	-	-	-
	陽性率（%）		0	0			
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0	0			
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.2	0.2			
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		-	-			
コーンフレーク	調査数	-	-	-	15	10	-
	陽性率（%）				6.7	0	
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.01	0	
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.03	0.02	
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.1	-	
小豆	調査数	10	10	20	15	24	26
	陽性率（%）	10.0	70.0	100	86.7	12.5	29.6
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.09	0.3	15.4	1.1	1.4	0.3
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.1	0.3	15.4	1.1	1.5	0.3
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.9	1.0	48.4	4.2	24.1	2.3
大豆	調査数	-	26	10	15	-	-
	陽性率（%）		3.8	0	0		
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.05	0	0		
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.1	0.07	0.08		
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		1.4	-	-		
雑穀米	調査数	20	20	20	20	20	20
	陽性率（%）	0	35.0	25.0	35.0	30.0	60.0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0	0.2	0.2	0.5	0.4	1.1
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.08	0.2	0.2	0.6	0.5	1.1
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.2	1.4	1.7	4.4	6.7	13.0
精米	調査数	-	-	10	10	10	10
	陽性率（%）			0	0	0	0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			0	0	0	0
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			0.1	0.1	0.1	0.1
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			-	-	-	-
ゴマ	調査数	-	10	20	20	20	10
	陽性率（%）		0	5.0	0	0	0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0	0.006	0	0	0
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		-	0.1	-	-	-

Table 2. 6年間に於けるHT-2トキシンの年次変化

試料名	項目	2010	2011	2012	2013	2014	2015
小麦 (輸入)	調査数	40	-	110	110	115	
	陽性率 (%)	7.5		15.5	21.8	18.3	
	LB (μg/kg)	0.3		2.4	2.1	1.2	
	UB (μg/kg)	0.9		3.1	2.9	1.9	
	最大値 (μg/kg)	5.7		85.0	62.4	36.4	
大麦 (輸入)	調査数	10	-	31	32	30	
	陽性率 (%)	20.0		12.9	6.3	16.7	
	LB (μg/kg)	1.3		1.1	0.2	0.7	
	UB (μg/kg)	1.7		1.6	0.7	1.2	
	最大値 (μg/kg)	9.3		21.4	5.6	9.0	
ハト麦加工品	調査数	20	20	20	20	20	20
	陽性率 (%)	5.0	20.0	15.0	15.0	5.0	10.0
	LB (μg/kg)	0.4	1.4	1.6	0.9	0.8	0.4
	UB (μg/kg)	1.7	2.2	2.7	2.1	2.3	1.8
	最大値 (μg/kg)	8.2	13.9	21.5	10.3	15.8	4.9
ライ麦粉	調査数	-	-	11	20	20	19
	陽性率 (%)			72.7	60.0	50.0	31.6
	LB (μg/kg)			15.3	1.7	2.0	4.1
	UB (μg/kg)			15.4	2.1	2.3	4.8
	最大値 (μg/kg)			134.9	8.4	12.0	36.9
小麦粉 (国産)	調査数	-	-	-	36	26	40
	陽性率 (%)				8.3	61.5	35.0
	LB (μg/kg)				0.1	0.5	1.5
	UB (μg/kg)				0.3	0.5	1.6
	最大値 (μg/kg)				2.3	2.2	38.3
小麦粉 (輸入)	調査数	-	-	-	25	26	-
	陽性率 (%)				20.0	34.6	
	LB (μg/kg)				0.3	0.5	
	UB (μg/kg)				0.4	0.5	
	最大値 (μg/kg)				3.5	2.4	
グラノーラ	調査数	-	10	-	10	15	15
	陽性率 (%)		60.0		40.0	33.3	40.0
	LB (μg/kg)		1.8		1.0	1.0	1.4
	UB (μg/kg)		2.0		1.2	1.4	1.7
	最大値 (μg/kg)		9.3		5.2	4.4	6.3
ビール	調査数	-	10	20	20	20	20
	陽性率 (%)		10.0	5.0	10.0	0	15.0
	LB (μg/kg)		0.06	0.03	0.03	0	0
	UB (μg/kg)		0.3	0.3	0.3	0.1	0.3
	最大値 (μg/kg)		0.6	0.6	0.6	-	0.8
ソバ	調査数	-	-	-	12	20	20
	陽性率 (%)				41.7	55.0	15.0
	LB (μg/kg)				0.9	1.0	0.1
	UB (μg/kg)				1.0	1.0	0.3
	最大値 (μg/kg)				8.3	7.7	0.9

試料名	項目	2010	2011	2012	2013	2014	2015
コーングリッツ	調査数	20	20	20	20	20	15
	陽性率 (%)	5.0	5.0	0	0	13.3	0
	LB (μg/kg)	0.1	1.2	0	0	0.4	0
	UB (μg/kg)	0.7	1.7	0.6	0.9	1.2	1.0
	最大値 (μg/kg)	2.1	23.1	-	-	3.4	-
コーンスナック	調査数	-	10	10	-	-	-
	陽性率 (%)		0	0			
	LB (μg/kg)		0	0			
	UB (μg/kg)		0.5	0.5			
	最大値 (μg/kg)		-	-			
コーンフレーク	調査数	-	-	-	15	10	-
	陽性率 (%)				0	0	
	LB (μg/kg)				0	0	
	UB (μg/kg)				0.1	0.2	
	最大値 (μg/kg)				-	-	
小豆	調査数	10	10	20	15	24	26
	陽性率 (%)	10.0	70.0	100	86.7	33.3	33.3
	LB (μg/kg)	0.2	0.9	13.4	9.2	7.2	0.5
	UB (μg/kg)	0.3	1.0	13.4	9.3	7.3	0.6
	最大値 (μg/kg)	1.8	2.6	45.7	102.6	122.7	5.1
大豆	調査数	-	26	10	15	-	-
	陽性率 (%)		3.8	0	13.3		
	LB (μg/kg)		0.1	0	0.3		
	UB (μg/kg)		0.3	0.2	0.5		
	最大値 (μg/kg)		3.1	-	2.0		
雑穀米	調査数	20	20	20	20	20	20
	陽性率 (%)	5.0	15.0	30.0	40.0	25.0	30.0
	LB (μg/kg)	0.04	0.2	0.3	0.7	0.3	0.5
	UB (μg/kg)	0.3	0.4	0.5	0.8	0.4	0.6
	最大値 (μg/kg)	0.8	1.7	2.3	3.0	2.9	4.3
精米	調査数	-	-	10	10	10	10
	陽性率 (%)			0	0	0	0
	LB (μg/kg)			0	0	0	0
	UB (μg/kg)			1.0	1.0	1.0	1.0
	最大値 (μg/kg)			-	-	-	-
ゴマ	調査数	-	10	20	20	20	10
	陽性率 (%)		0	0	0	0	0
	LB (μg/kg)		0	0	0	0	0
	UB (μg/kg)		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	最大値 (μg/kg)		-	-	-	-	-

Table3. 6年間におけるゼアラレノンの年次変化

試料名	項目	2010	2011	2012	2013	2014	2015
小麦（輸入）	調査数	40	-	110	110	115	
	陽性率（%）	7.5		4.5	5.5	21.7	
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.1		1.4	0.2	0.8	
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.4		1.7	0.4	1.0	
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	3.5		15.1	9.4	11.1	
大麦（輸入）	調査数	10	-	31	32	30	
	陽性率（%）	30.0		3.2	3.1	16.7	
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	3.5		0.02	0.2	0.6	
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	3.7		0.2	0.4	0.8	
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	27.1		0.7	5.5	6.2	
ハト麦加工品	調査数	20	20	20	20	20	20
	陽性率（%）	65.0	70.0	60.0	55.0	65.0	50.0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	8.2	17.4	8.6	15.3	26.9	21.6
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	8.3	17.4	8.7	15.4	27.0	21.8
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	83.0	152.9	84.4	169.6	218.1	161.5
ライ麦粉	調査数	-	-	11	20	20	19
	陽性率（%）			36.4	55.0	60.0	57.9
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			2.1	1.0	2.0	1.7
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			2.2	1.1	2.1	1.8
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			8.5	10.3	30.7	9.5
小麦粉（国産）	調査数	-	-	-	36	26	40
	陽性率（%）				19.4	26.9	52.5
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.2	1.4	0.3
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.2	1.4	0.3
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				2.5	28.7	7.0
小麦粉（輸入）	調査数	-	-	-	25	26	-
	陽性率（%）				16.0	34.6	
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.05	0.04	
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.06	0.05	
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.9	0.3	
グラノーラ	調査数	-	10	-	10	15	15
	陽性率（%）		50.0		50.0	40.0	53.3
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		1.3		0.5	0.2	0.6
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		1.5		0.6	0.4	0.7
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		10.9		1.6	0.8	3.4
ビール	調査数	-	10	20	20	20	20
	陽性率（%）		0	0	5.0	0	0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0	0	0.005	0	0
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		-	-	0.1	-	-
ソバ	調査数	-	-	-	12	20	20
	陽性率（%）				75.0	90.0	80.0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.6	1.2	0.6
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.7	1.2	0.7
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				2.4	3.2	2.0

試料名	項目	2010	2011	2012	2013	2014	2015
コーングリッツ	調査数	20	20	20	20	20	15
	陽性率（%）	90.0	100	20.0	30.0	46.7	86.7
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	8.9	7.4	0.2	0.4	1.0	1.4
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	8.9	7.4	0.3	0.6	1.1	1.4
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	32.2	30.7	1.7	2.4	5.1	3.9
コーンスナック	調査数	-	10	10	-	-	-
	陽性率（%）		0	0			
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0	0			
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.1	0.1			
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		-	-			
コーンフレーク	調査数	-	-	-	15	10	-
	陽性率（%）				53.3	100	
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.5	0.6	
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				0.5	0.6	
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）				2.3	2.3	
小豆	調査数	10	10	20	15	24	26
	陽性率（%）	20.0	70.0	100	93.3	75.0	51.9
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.4	37.2	45.9	44.1	11.7	9.4
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	0.5	37.3	45.9	44.1	11.8	9.5
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	3.0	86.9	124.5	103.3	53.7	67.7
大豆	調査数	-	26	10	15	-	-
	陽性率（%）		0	0	0		
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0	0	0		
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		0.06	0.06	0.06		
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		-	-	-		
雑穀米	調査数	20	20	20	20	20	20
	陽性率（%）	65.0	90.0	95.0	95.0	95.0	85.0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	1.2	3.7	5.9	6.2	8.7	19.0
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	1.4	3.8	5.9	6.2	8.7	19.0
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）	6.3	32.0	39.3	59.5	76.9	109.0
精米	調査数	-	-	10	10	10	10
	陽性率（%）			0	0	0	0
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			0	0	0	0
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			0.6	0.6	0.6	0.6
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）			-	-	-	-
ゴマ	調査数	-	10	20	20	20	10
	陽性率（%）		60.0	70.0	60.0	70.0	100
	LB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		4.7	2.2	1.7	3.0	2.7
	UB（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		4.7	2.2	1.8	3.0	2.7
	最大値（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）		19.9	21.3	11.8	28.7	11.8

Table 4 平成 22 年度から平成 27 年度までの T-2 トキシンの汚染実態

食品目	調査数	陽性率 (%)	LB ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	UB ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	最大値 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
小麦 (輸入)	375	6.9	0.2	0.4	10.6
大麦 (輸入)	103	5.8	0.1	0.3	4.0
ハト麦加工品	120	27.5	1.4	1.7	44.3
ライ麦粉	70	31.4	0.7	0.8	15.4
小麦粉 (国産)	102	23.5	0.2	0.2	9.3
小麦粉 (輸入)	51	9.8	0.02	0.04	0.3
グラノーラ	50	42.0	0.8	0.9	9.6
ビール	90	31.1	0.02	0.03	0.2
ソバ	52	15.4	0.1	0.2	1.2
コーングリッツ	115	23.6	0.5	0.8	25.8
コーンスナック	20	0	0	0.2	-
コーンフレーク	25	4.0	0.006	0.03	0.1
小豆	105	49.5	3.5	3.5	48.4
大豆	51	2.0	0.03	0.1	1.4
雑穀米	120	30.8	0.4	0.5	13.0
精米	40	0	0	0.1	-
ゴマ	80	1.3	0.001	0.03	0.1

Table 5 平成 22 年度から平成 27 年度までの HT-2 トキシンの汚染実態

食品目	調査数	陽性率 (%)	LB ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	UB ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	最大値 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
小麦 (輸入)	375	17.3	1.7	2.4	85.0
大麦 (輸入)	103	12.6	0.7	1.2	21.4
ハト麦加工品	120	11.7	0.9	2.1	21.5
ライ麦粉	70	52.9	4.6	5.0	135
小麦粉 (国産)	102	32.4	0.7	0.8	38.3
小麦粉 (輸入)	51	27.5	0.4	0.5	3.5
グラノーラ	50	42.0	1.3	1.6	9.3
ビール	90	7.8	0.04	0.3	0.8
ソバ	52	36.5	0.6	0.8	8.3
コーングリッツ	115	3.6	0.3	1.0	23.1
コーンスナック	20	0	0	0.5	-
コーンフレーク	25	0	0	0.1	-
小豆	105	55.2	5.8	5.8	123
大豆	51	5.9	0.1	0.3	3.1
雑穀米	120	24.2	0.3	0.5	4.3
精米	40	0	0	1.0	-
ゴマ	80	0	0	0.1	-