

国産大豆中のかび毒含有実態調査の結果について (令和 7 年度)

1. 調査の目的

農林水産省は、「食品の安全性に関する有害化学物質のサーベイランス・モニタリング中期計画」¹や年次計画²に基づき、麦類をはじめとする国産農産物中のかび毒の含有実態について調査を行っている。

国内で生産・流通している大豆中のかび毒については、これまでほとんど報告がなされていないが、近年大豆加工品（原料原産地が国内産地のものを含む）からかび毒が検出されたとの報告があった³。このことから、国産大豆にかび毒が含まれている可能性を考慮し、今後の継続的な調査や低減対策の必要性を検討することを目的として、含有実態調査を実施した。

2. 調査の概要

2.1. 調査対象

日本国内で生産された食用の普通大豆子実（乾燥したもの）を調査対象とした。

2.2. 調査試料の採取及び試料点数

調査試料は、令和 7 年 10 月に、市場流通している国産大豆を、通信販売により購入した。なお、原産地の偏りを避けるため、原産地表示が令和 6 年度における都道府県別の収穫量第 1 位の産地のものを 20 点、第 2～10 位の産地のものを各 2 点以上含むよう購入し、全体で 60 点とした（60 点には第 11 位以下の産地も含む）。試料 1 点につき、2 kg 以上となるよう同一製品を購入した。

2.3. 調査対象とした分析種

国内で流通する大豆加工品から検出されたとの報告のあるタイプ A トリコテセン類（T-2 トキシン、HT-2 トキシン、ジアセトキシシルペノール）に加えて、国内で麦類等の農産物やそれらの貯蔵施設で汚染が確認されているかび毒を含めて以下の計 11 種の分析種を対象とした。

アフラトキシン類

- アフラトキシン B₁ (AFB₁)、アフラトキシン B₂ (AFB₂)、アフラトキシン G₁ (AFG₁)、アフラトキシン G₂ (AFG₂)

タイプ B トリコテセン類

- デオキシニバレノール (DON)、ニバレノール (NIV)

¹ 食品の安全性に関する有害化学物質のサーベイランス・モニタリング中期計画（令和 3 年度から 7 年度）https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/survei/middle_chem_r3.html

² 令和 7 年度食品の安全性に関する有害化学物質及び有害微生物のサーベイランス・モニタリング年次計画 https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/survei/r7.html

³ 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） 日本国内流通食品に検出される新興カビ毒の安全性確保に関する研究

タイプ A トリコテセン類

- T-2 トキシン (T2)、HT-2 トキシン (HT2)、ジアセトキシシルペノール (DAS)
ステリグマトシスチン (STC)
ゼアラレノン (ZEN)

2.4. 分析法

農林水産省が委託した分析機関が、使用する分析法の妥当性を確認した上で分析を行った。分析法の詳細及び妥当性確認結果（添加回収率、室内再現精度）については、別紙に示す。

2.5. 検出下限及び定量下限

大豆試料に、アフラトキシン類については各 0.1 µg/kg、DON、NIV、DAS 及び ZEN については各 10 µg/kg、T2 及び HT2 については各 1 µg/kg、STC については 0.5 µg/kg の濃度で各分析種を添加して繰り返し試験を 7 回行い、以下の式により検出下限 (LOD)⁴及び定量下限 (LOQ)⁵を算出した。算出値から実際的大豆試料中のマトリックス等の影響を考慮して設定した LOD、LOQ は表 1 に示すとおり。

・ LOD : 標準偏差 × 2 × 1.943^{*}

・ LOQ : 標準偏差 × 10

※ 自由度 6 の時の片側 t 検定における 95%信頼水準の値。

表 1 各分析種の LOD 及び LOQ

分析種	LOD (µg/kg)	LOQ (µg/kg)
AFB ₁	0.05	0.1
AFB ₂	0.05	0.1
AFG ₁	0.05	0.1
AFG ₂	0.05	0.1
DON	5	10
NIV	5	10
T-2	0.5	1
HT-2	0.5	1
DAS	5	10
STC	0.2	0.5
ZEN	5	10

⁴ 分析対象とする化学物質について、合理的な確かさをもって検出することが可能な最低の濃度。

⁵ 分析対象とする化学物質について、適切な精確さをもって定量することが可能な（具体的な濃度が決められる）最低の濃度。

3. 含有実態調査の結果

大豆中の各かび毒濃度の概要を表 2 に示す。全て試料において、DON、HT2、ZEN を除く全ての分析種は検出されなかった。また、ほとんど全ての試料（60 点中 59 点）において、分析を行った全ての分析種の濃度は LOQ 未満だった。1 試料において HT2 と ZEN が定量可能な濃度で検出されたが、いずれも LOQ 付近の低濃度であった。

表 2 大豆中のかび毒濃度

(単位 : $\mu\text{g/kg}$)

	LOD 未満 の点数	LOQ 未満 の点数	平均値 (LB) ※	平均値 (UB) ※	最大値
AFB ₁	60	60	0	0.1	-
AFB ₂	60	60	0	0.1	-
AFG ₁	60	60	0	0.1	-
AFG ₂	60	60	0	0.1	-
DON	58	60	0	5.2	-
NIV	60	60	0	5.0	-
T2	60	60	0	0.5	-
HT2	55	59	0.03	0.6	2
DAS	60	60	0	5.0	-
STC	60	60	0	0.2	-
ZEN	58	59	0.22	5.2	13

※かび毒の濃度の平均値は、以下の方法により、下限値 (Lower bound : LB) と上限値 (Upper bound : UB) の 2 種類の濃度を求めました。

下限値 (LB) : LOQ 未満となった分析種の濃度を 0 として計算

上限値 (UB) : LOD 未満となった分析種の濃度を LOD と同値、LOD 以上 LOQ 未満となった分析種の濃度を LOQ と同値として計算

4. 結論

ほとんど全ての大豆試料において、分析を実施したかび毒の濃度はいずれも LOQ を下回っており、定量可能な濃度で検出された 1 試料においても LOQ 付近の極めて低い濃度であった。このことから、国内で生産される大豆が今回調査対象としたかび毒に高濃度で汚染されている可能性は低く、ヒトの健康に悪影響を及ぼす懸念はないと考えられた。

5. 今後の予定

今回の調査結果を踏まえると、大豆について現時点で継続的な調査や低減対策の策定を検討する必要性は低いと考えられる。引き続き、農産物中のかび毒に関する情報収集を行い、気候変動に伴う汚染実態の変化など新たな情報が得られた場合には、必要に応じて大豆中のかび毒について含有実態を調査するとともに、対策が必要と判断される場合には、かび毒汚染の防止・低減に向けて、措置の策定と普及に努める。

国産大豆中のかび毒含有実態調査の分析法及び妥当性確認の結果について

1. 分析法の概要

1.1. アフラトキシン類

大豆試料の全量を 0.5 mm のスクリーンを装着した超遠心粉砕機を用いて粉砕し、均質化した後、50.0 g を遠心管に採取し、アセトニトリル及び水の混液（9:1）200 mL を加えて 30 分間振とうした。抽出液 10 mL を分取して生理的リン酸緩衝液を加えて 50 mL に定容した後、ガラス繊維ろ紙を用いてろ過し、イムノアフィニティーカラムにろ液を 20 mL 注入して、超純水 10 mL で洗浄した。アセトニトリル 3 mL で溶出させた後、窒素ガス気流下で乾固し、アセトニトリル及び水の混液（9:1）0.5 mL を加えたものを試験溶液とした。蛍光検出器付き高速液体クロマトグラフ（HPLC-FL）を用いて試験溶液中のアフラトキシン類を分離・定量した。HPLC-FL の条件は表 1 に示すとおり。

表 1 HPLC-FL の条件

機種	LC-40D [島津製作所]
検出器	RF-20AXS（フォトケミカルリアクター装着）[島津製作所]
カラム	Mightysil RP-18GP (4.6 mm × 250 mm, 5 µm) [関東化学]
カラム温度	40 °C
移動相	水及びメタノールの混液（3:2）
流量	0.7 mL/min
注入量	10 µL
測定波長	Ex 365 nm、Em 450 nm

1.2. アフラトキシン類以外

大豆試料の全量を 0.5 mm のスクリーンを装着した超遠心粉砕機を用いて粉砕し、均質化した後、10.0 g を遠心管に採取し、アセトニトリル及び水の混液（21:4）100 mL を加えて 60 分間振とうした。抽出液 40 mL を遠心管に移し、遠心分離した後、その上澄み液約 15 mL を多機能カラムに入れた。はじめの流出液 8 mL を捨てた後、流出液 2 mL を試験管で受けた。そのうち 1 mL を別の試験管に入れ、窒素気流下で乾固し、水及びアセトニトリルの混液（85:15）1 mL を加え、前処理用フィルターでろ過したものを試験溶液とした。

液体クロマトグラフ・タンデム型質量分析計（LC-MS/MS）を用いて、試験溶液中の各分析種を分離・定量した。LC-MS/MS の条件は表 2 に示すとおり。

表 2 LC-MS/MS の条件

機種	Triple Quad 7500 [SCIEX]		
カラム	ZORBAX Eclipse XDB-C18 (4.6 mm × 150 mm × 5 μm) [Agilent Technologies]		
カラム温度	40 °C		
移動相	移動相 A : 10 mmol/L 酢酸アンモニウム溶液 移動相 B : アセトニトリル		
	グラジエント条件		
	測定時間 (分)	移動相 A (%)	移動相 B (%)
	0.00	90	10
	1.00	90	10
	20.00	20	80
	35.00	20	80
	35.01	90	10
	45.00	90	10
移動相流量	0.2 mL/min		
注入量	2 μL		
MS/MS	イオン化法 : ESI (ポジティブ、ネガティブ)		
設定質量数 (m/z)	DON (ネガティブ) : 295 > 265 (定量イオン) DON (ネガティブ) : 355 > 295 (定性イオン) NIV (ネガティブ) : 371 > 281 (定量イオン) NIV (ネガティブ) : 311 > 281 (定性イオン) T2 (ポジティブ) : 484 > 305 (定量イオン) T2 (ポジティブ) : 484 > 185 (定性イオン) HT2 (ネガティブ) : 483 > 59 (定量イオン) HT2 (ポジティブ) : 442 > 215 (定性イオン) DAS (ポジティブ) : 384 > 307 (定量イオン) DAS (ポジティブ) : 384 > 247 (定性イオン) STC (ポジティブ) : 325 > 281 (定量イオン) STC (ポジティブ) : 325 > 310 (定性イオン) ZEN (ネガティブ) : 317 > 175 (定量イオン) ZEN (ネガティブ) : 317 > 131 (定性イオン)		

2. 妥当性確認結果

2.1. 添加回収率⁶

各分析種の濃度が LOD 未満であることをあらかじめ確認した大豆試料に、LOQ 及び検量線の間付近の濃度となるよう各分析種を添加し、添加回収試験をそれぞれ 3 回ずつ行い、回収率及び併行精度 (RSD_r)⁷を求めた。各検体の分析種ごとの平均添加回収率、 RSD_r は表 3 に示すとおり。いずれの添加濃度においても、各分析種の平均添加回収率は 80～110%の範囲であり、許容できる値だった。

表 3 各分析種の添加回収率

分析種	添加濃度($\mu\text{g/kg}$)	平均添加回収率(%)	RSD_r (%)
AFB ₁	0.1	95	1.1
	1	94	0.7
AFB ₂	0.1	93	1.7
	1	95	1.5
AFG ₁	0.1	94	2.0
	1	97	1.2
AFG ₂	0.1	96	2.3
	1	98	1.1
DON	10	102	5.7
	100	86	9.3
NIV	10	85	4.2
	100	86	1.6
T2	1	99	4.8
	10	108	4.1
HT2	1	94	8.4
	10	101	4.3
DAS	10	94	0.4
	100	99	2.1
STC	0.5	93	0.2
	5	91	6.3
ZEN	10	92	1.6
	100	95	4.1

⁶ 分析法の性能特性の一つである「真度（測定値が真の値にどれだけ近い）」を確認するために、添加回収試験によって計算される値。

⁷ 同じ分析担当者が同じ試薬を用いて短時間に繰り返し測定を行った場合の分析値のばらつき。

2.2. 室内再現精度

2 種類の濃度（LOQ 及び検量線の間値付近の濃度）の各分析種を添加した大豆試料を用いて、それぞれ 7 回の併行試験を 3 日間繰り返し実施し、 RSD_r 及び室内再現精度（ RSD_i ）⁸を算出した。各分析種の RSD_i は表 4 に示すとおり。いずれの添加濃度においても、 RSD_r が 15% 以下、 RSD_i が 22% 以下であり、許容できる値だった。

表 4 各分析種の室内再現精度

分析種	添加濃度(μg/kg)	RSD_r (%)	RSD_i (%)
AFB ₁	0.1	3.8	5.2
	1	2.0	2.0
AFB ₂	0.1	2.9	2.9
	1	1.9	2.2
AFG ₁	0.1	3.6	3.7
	1	1.8	1.8
AFG ₂	0.1	3.2	3.9
	1	1.8	2.3
DON	10	5.7	12
	100	4.7	7.4
NIV	10	4.3	4.3
	100	2.5	4.3
T2	1	3.3	5.2
	10	3.8	14
HT2	1	7.9	8.1
	10	3.0	4.0
DAS	10	2.0	5.0
	100	1.8	4.1
STC	0.5	3.0	3.2
	5	3.6	4.1
ZEN	10	1.9	3.9
	100	2.1	6.0

⁸ 同じ試験室内で分析を行う日や分析担当者などを変えて測定したときの分析値のばらつき。