

安全な農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業

「持続可能な農林水産業推進とフードテック等の振興に対応した未来の食品安全プロジェクトのうち、気候変動を考慮したかび毒汚染実態解明並びに汚染低減に関する研究」

令和５年度 研究実績報告書

課題番号	23812852
課題名	気候変動を考慮したかび毒汚染実態解明並びに汚染低減に関する研究

研究実施期間	令和５年度～令和９年度（５年間）
代表機関	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（食品研究部門）
研究総括者	久城 真代
共同研究機関	東海国立大学機構 岐阜大学
	国立大学法人 お茶の水女子大学
	学校法人 帝京大学
	学校法人 金井学園
	学校法人 麻布獣医学園
	学校法人 京都女子学園
	宮城県古川農業試験場
	地方独立行政法人 大阪健康安全基盤研究所
	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 （農業環境研究部門、九州沖縄農業研究センター、基盤技術研究本部）
協力研究機関	株式会社森永生科学研究所

＜別紙様式2＞研究実績報告書

令和5年度 安全な農畜水産物安定供給のための
包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業
「持続可能な農林水産業推進とフードテック等の振興に対応した未来の食品安全プロジェクトのうち、気候変動を考慮したかび毒汚染実態解明並びに汚染低減に関する研究」
研究実績報告書

I. 研究の進捗状況等

「かび毒産生菌分布の実態把握と気象要因の関連の解析」（小課題1）では、菌種の再整理と系統的レビューを実施し、各地から土壤及び落花生等のサンプリングを行った。「かび毒分析技術の高度化と栽培管理による麦子実のかび毒蓄積の変動解析」（小課題2）では、DONの配糖体化条件の探索を行い、直接競合ELISAのキット化やSPRイムノセンサの構築条件の検討を行った。またイオン化の種類が異なる質量分析イメージング装置で解析条件を検討するとともに、本年度宮城県にて収穫された麦試料において、栽培管理が病徴発現並びにかび毒蓄積に与える影響を解析した。

1. 小課題1 かび毒産生菌分布の実態把握と気象要因の関連の解析

（1）30年前と現在のかび毒産生フザリウム属の菌種分布比較

30年前と現在のコムギ穂上のフザリウム菌種を比較のために、30年前に分離、報告された菌種を現在の分類に照らして再整理すると共に当時の調査手法の再現を試みた。

（2）AF産生菌の分布実態調査と農作物のAF汚染機序の解析

土壤及び落花生等の農産物を入手し、一部試料でAF産生菌が検出されることを確認した。試料の選定とスクリーニング手法に問題が無いことが確認された。

（3）気候変動によるかび毒産生菌の分布予測モデルの構築

達成目標「系統的レビューによりAF産生菌の分布および環境応答のメタ解析実施のためのデータセット作成」に対し、15論文から、計90のAF産生菌検出データセットを作成した。

2. 小課題2 かび毒分析技術の高度化と栽培管理による麦子実のかび毒蓄積の変動解析

（1）DON及びその類縁体の免疫測定法の開発

DON-3-グルコシドに対するモノクローナル抗体（MoAb）作製に必要なDONの配糖体化条件を、微量ながら見出した。また、農林水産省「安全な農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業（国産農産物中のかび毒及びかび毒類縁体の動態解明並びに汚染の防止及び低減に関する研究、平成30年度～令和4年度）」（JPJ008617、18072043）の成果である抗DON MoAb（MDN31）を用いて直接競合ELISAのキット化やSPRイムノセンサの構築条件の検討を行った。新たな抗DON MoAbの作製にも着手した。

（2）質量分析イメージング法を用いたかび毒分布評価技術の開発

DESI-質量分析イメージング（MSI）に用いるDON高蓄積大麦粒の選別を行い、MALDI-MSIのためのDONの測定条件及びフザリウム菌の蛍光顕微鏡観察手法の検討を進めている。DESI-MSIにより、DON配糖体の可視化条件の検討に着手した。

(3) 栽培管理による麦子実のかび毒蓄積の変動

宮城県古川農業試験場における小麦・大麦圃場にて、栽培管理の異なる子実試料の1年目のサンプリングを行い、農研機構食品研究部門にて前処理後、基盤研にてLC-MS/MSによりDON・DON配糖体の定量を行った。

安全な農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業

「持続可能な農林水産業推進とフードテック等の振興に対応した未来の食品安全プロジェクトのうち、
気候変動を考慮したかび毒汚染実態解明並びに汚染低減に関する研究」

令和6年度 研究実績報告書

課題番号	23812852
課題名	気候変動を考慮したかび毒汚染実態解明並びに汚染低減に関する研究

研究実施期間	令和5年度～令和9年度（5年間）
代表機関	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（食品研究部門）
研究総括者	久城 真代
共同研究機関	東海国立大学機構 岐阜大学
	国立大学法人 お茶の水女子大学
	学校法人 帝京大学
	学校法人 金井学園
	学校法人 麻布獣医学園
	学校法人 京都女子学園
	宮城県古川農業試験場
	地方独立行政法人 大阪健康安全基盤研究所
	国立大学法人 徳島大学
	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 （農業環境研究部門、九州沖縄農業研究センター、基盤技術研究本部）
	株式会社 森永生科学研究所
	株式会社 安西総業

<別紙様式2> 研究実績報告書

令和6年度 安全な農畜水産物安定供給のための
包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業
「持続可能な農林水産業推進とフードテック等の振興に対応した未来の食品安全プロジェクトのうち、
気候変動を考慮したかび毒汚染実態解明並びに汚染低減に関する研究」
研究実績報告書

I. 研究の進捗状況等

「かび毒産生菌分布の実態把握と気象要因の関連の解析」（小課題1）では、フザリウム属菌について30年前当時の分離方法を再現してコムギ穂上の菌種調査を開始し、またアフラトキシン（AF）産生菌について各地から土壌および落花生等のサンプリングを行った。「かび毒分析技術の高度化と栽培管理による麦子実のかび毒蓄積の変動解析」（小課題2）では、デオキシニバレノール（DON）の配糖体の生成条件の探索を行い、直接競合ELISAのキット化やSPRイムノセンサの構築条件の検討を行った。またイオン化の種類が異なる質量分析イメージング装置で解析条件を検討するとともに、本年度宮城県にて収穫された麦試料において、栽培管理が病徴発現ならびにかび毒蓄積に与える影響を解析した。

1. 小課題① かび毒産生菌分布の実態把握と気象要因の関連の解析

（1）30年前と現在のかび毒産生フザリウム属の菌種分布比較

30年前当時のフザリウム属菌の分離方法が再現できたことを確認し、その方法を使って東日本の5県（5ヶ所）でコムギ穂を採集してフザリウム属菌種の出現頻度を調査した。

（2）AF産生菌の分布実態調査と農作物のAF汚染機序の解析

土壌および落花生等の農産物を入手し、一部試料でAF産生菌が検出されることを確認した。試料の選定とスクリーニング手法に問題が無いことが確認された。

（3）気候変動によるかび毒産生菌の分布予測モデルの構築

*Aspergillus*属真菌（AF産生菌）の生息または産生条件に関する情報が記載されている49論文から計2342のAF産生菌環境応答データセットを作成するとともに、令和5年度に構築したAF産生菌検出データセットから、その地理的分布を規定する気候要因を特定して、将来の分布可能域の推定を試行した。

2. 小課題② かび毒分析技術の高度化と栽培管理による麦子実のかび毒蓄積の変動解析

（1）DON及びその類縁体の免疫測定法の開発

価格が高価なので大量入手が困難なDON-3-グルコシドの合成方法を見出した。まだ、収量は10 mg未満だが、合成に成功しつつあるといえる。また新たなモノクローナル抗体（MoAb MDN10など）を作製し、免疫測定法に適用した。免疫測定法の開発においては、ニバレノール（NIV）測定用の直接競合ELISAのキット化とDON測定用のSPRイムノセンサを構築し、社会実装に適した性能を示すことを確認した。

（2）質量分析イメージング法を用いたかび毒分布評価技術の開発

DESI-QQQによるDON誘導体（配糖体およびアセチル体）の分析条件の検討を行った。選別したDONおよびDON誘導体高蓄積大麦粒のDESI-MSIによる分布可視化を行っている。ハイパ

ースペクトル画像が不透過大麦・小麦粒のかび毒のLC-MS/MS定量を行っている。また、MALDI-MSIのためのかび毒の測定条件、およびフザリウム菌の蛍光顕微鏡観察手法の検討を進めている。

（３）栽培管理による麦子実のかび毒蓄積の変動

宮城県古川農業試験場と農研機構九沖研における小麦・大麦圃場にて、栽培管理の異なる子実試料の２年目と１年目のサンプリングを行い、農研機構食品研にて前処理後、基盤研にてLC-MS/MSによりDON・DON配糖体等のかび毒の定量を行っている。また、透過光画像を利用した大麦のかび毒高濃度汚染粒選別技術の開発に向けた検討を進めた。

:農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業のうち課題解決型プロジェクト

「持続可能な農林水産業推進とフードテック等の振興に対応した未来の食品安全プロジェクトのうち、気候変動を考慮したかび毒汚染実態解明並びに汚染低減に関する研究」

令和7年度 研究実績報告書

課題番号	23812852
課題名	気候変動を考慮したかび毒汚染実態解明並びに汚染低減に関する研究

研究実施期間	令和5年度～令和9年度（5年間）
代表機関	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（食品研究部門）
研究総括者	久城 真代
共同研究機関	東海国立大学機構 岐阜大学
	国立大学法人 お茶の水女子大学
	学校法人 帝京大学
	学校法人 金井学園
	学校法人 麻布獣医学園
	学校法人 京都女子学園
	宮城県古川農業試験場
	地方独立行政法人 大阪健康安全基盤研究所
	国立大学法人 徳島大学
	国立大学法人 神戸大学
	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農業環境研究部門、九州沖縄農業研究センター、基盤技術研究本部、植物防疫研究部門）
	株式会社森永生科学研究所
	株式会社安西総業
	日本軽金属株式会社

＜別紙様式2＞研究実績報告書

令和7年度 安全な農畜水産物安定供給のための
包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業
「持続可能な農林水産業推進とフードテック等の振興に対応した未来の食品安全プロジェクトのうち、気候変動を考慮したかび毒汚染実態解明並びに汚染低減に関する研究」
研究実績報告書

I. 研究の進捗状況等

「かび毒産生菌分布の実態把握と気象要因の関連の解析」（小課題1）では、フザリウム属菌について30年前当時の分離方法でコムギ穂上の菌種出現頻度の全国調査を進めており、またアフラトキシン（AF）産生菌について各地から土壌および落花生等のサンプリングを行った。「かび毒分析技術の高度化と栽培管理による麦子実のかび毒蓄積の変動解析」（小課題2）では、デオキシニバレノール（DON）の配糖体の生成条件の探索を行い、直接競合ELISAのキット化やSPRイムノセンサの構築条件の検討を行った。またイオン化の種類が異なる質量分析イメージング装置で解析条件を検討するとともに、本年度宮城県および熊本県にて収穫された麦試料において、栽培管理が病徴発現ならびに各かび毒種の蓄積に与える影響を解析した。

1. 小課題① かび毒産生菌分布の実態把握と気象要因の関連の解析

（1）30年前と現在のかび毒産生フザリウム属の菌種分布比較

30年前当時のフザリウム属菌の分離方法を使い、香川県1地点、愛知県1地点、北海道2地点（計、4地点）でコムギ穂を採集してフザリウム属菌種及びムギ類赤かび病菌の菌種とトリコセンタイプの出現頻度を調査した。

（2）AF産生菌の分布実態調査と農作物のAF汚染機序の解析

土壌および落花生等の農産物を入手し、一部試料でAF産生菌が検出されることを確認した。試料の収集地域によりAF産生菌の検出率が異なる傾向が示された。

（3）気候変動によるかび毒産生菌の分布予測モデルの構築

AF産生菌に関しては、最新の1 kmメッシュ気候シナリオにより、予測される気候条件からみた分布可能域の推移を提示した。またDON、NIV産生菌に関しては、国内における発生と関連する環境データに関するデータセットを作成し、気候要因からみた分布実態の解明と、ケモタイプ別にみた温度反応の定式化を行った。

2. 小課題② かび毒分析技術の高度化と栽培管理による麦子実のかび毒蓄積の変動解析

（1）DON及びその類縁体の免疫測定法の開発

イネ細胞を用いたDON-3-グルコシド合成の収量増加条件を昨年度に引き続き検討した。また、遺伝子組換えUDP-グルコシルトランスフェラーゼ（UGT）を大腸菌で合成し、この酵素を用いてDON-3-グルコシドが合成できることを見出した。抗体については、オクラトキシンA（OTA）に対するモノクローナル抗体を供試するとともに、DONのクリーンアップに用いるイムノアフィニティーカラムの作製を開始した。免疫測定法については、ニバレノール（NIV）測定用のSPRイムノセンサとOTA測定用のELISAキットを構築し、いずれも社会実装に適した性能を示すことを確認した。OTA測定用の蛍光イムノクロマトの構築を開始した。

(2) 質量分析イメージング法を用いたかび毒分布評価技術の開発

DESI-MSIによるNIVの分析条件を検討した。ハイパースペクトル画像が不透過大麦・小麦粒のかび毒のLC-MS/MS定量を行い、これら不透過麦粒中のDON、DON誘導体、およびNIVのDESI-MSIによる分布可視化を行った。また、MALDI-MSIのためのかび毒の可視化条件、並びにフザリウム属菌の蛍光顕微鏡観察手法の検討を進めている。

(3) 栽培管理による麦子実のかび毒蓄積の変動

宮城県古川農業試験場と農研機構九沖研における大麦・小麦圃場にて、品種・栽培管理・収穫後乾燥条件が異なる3年目と2年目の圃場試験を行い、サンプル調製した後、高度分析研究センターにてLC-MS/MSによりDON・DON配糖体等のかび毒の定量を行っている。また、透過光画像を利用した大麦のかび毒高濃度汚染粒選別技術の開発に向けた検討を進めた。