

令和6年3月25日

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
委託事業のうち短期課題解決型研究
研究成果報告書

課題番号：22682198

臭化メチルの飼料用植物への使用に関する安全性の確保

研究期間：令和4年度～令和5年度（2年間）

研究総括者名：飯島 和昭

試験研究機関名：臭化メチル安全性確保共同研究コンソーシアム

- ・ 一般財団法人残留農薬研究所
- ・ 一般社団法人日本くん蒸技術協会

<別紙様式3>最終年度報告書

1 研究目的

海外から輸入された植物から検疫有害動植物が確認された場合は、その植物について消毒または廃棄が実施されている。消毒に使用する薬剤等は輸入植物検疫規程別表第3「消毒方法の基準」で定められており、様々な害虫や植物に対して使用が認められている臭化メチル等のくん蒸剤が多く用いられている。臭化メチル等のくん蒸剤は、農薬取締法に基づき登録された農薬であるため、人体や環境への影響に関する最新の科学的データを整備し、農薬としての安全性を確保していくことが求められている。臭化メチルは飼料用植物に対して使用されることから、くん蒸した飼料用植物を介した畜産物の安全性を確保するため、飼料用植物に臭化メチルが残留しにくい消毒方法の確立や、飼料の製造工程における臭化メチル残留量の減衰に係る科学的データを集積する必要がある。

このため、本研究では、

1. 安全性の高い消毒方法の確立に係る研究
2. 飼料製造工程における残留量の減衰に係る研究

により、臭化メチルの残留濃度の経時的な減衰傾向を踏まえ、輸入検疫でくん蒸される飼料用植物について、より残留が生じにくい残存ガスの排気条件等を明らかにする。また、輸入時に臭化メチルでくん蒸した飼料用植物について、国内飼料工場での多様な製造工程を経ることによる残留量の減衰傾向を特定するための科学的データを集積する。これにより、現在輸入されている飼料植物の概ね全てに対応した新たな消毒基準を構築することを目標とする。

その結果、

1. 飼料用植物について、臭化メチルの残留が生じにくい消毒方法を確立し、畜産物の安全性を確保した飼料用植物での新たな臭化メチル剤の消毒方法が策定され、輸入植物検疫規程別表3「消毒方法の基準」に反映されることが期待される。
2. 臭化メチルの残留が生じにくい消毒方法や飼料製造工程を経ることでの残留低減効果は、現行の飼料輸入から加工・給餌に至るまでの流れに即した改善方法であるため、営農家を含む関係者に追加経費負担を生じることなく、より安全安心な飼料供給体制を確立することが期待される。

2 研究内容

(1) 研究課題

1) 安全性の高い消毒方法の確立に係る研究（相馬幸博・日本くん蒸技術協会）

モデルくん蒸実験により、くん蒸終了後の残存ガスの排気時間及び排気流量を変動させ、試料中の臭化メチルの残留データを取得し、残留性の低い排気条件を検討する。また、臭化メチルクん蒸後の排気方法に係る情報を関係者から収集する。

2) 飼料製造工程における残留量の減衰に係る研究（若曽根佳樹・残留農薬研究所）

くん蒸施設搬出から飼料工場での加工製造までの間に想定される代表的な加工処理工程（圧ペン、粉碎・混和等）での臭化メチルの残留量の減衰傾向を調査する。

(2) 達成目標及び進捗目標

飼料用植物を通じた畜産物の安全性を確保するための臭化メチルの消毒方法を新たに確立し、畜産物への安全性が確保された飼料用植物に対する臭化メチル剤での消毒方法を策定し、輸入植物検疫規程別表3「消毒方法の基準」に反映されることを目標とする。新たな消毒基準に従った検疫くん蒸では、飼料用植物中の臭化メチルそのものの残留値が一律基準未満（ <0.01 mg/kg）となることが具体的な数値目標である。

(3) 研究成果の行政施策・措置への貢献

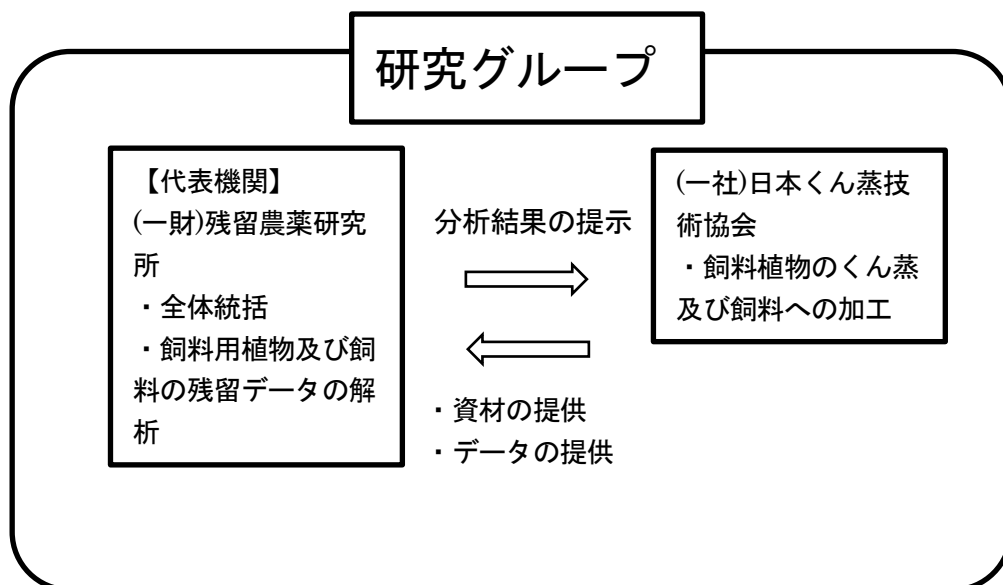
現行の飼料輸入から消費に至るまでの実態に即した条件で、残留を生じにくい残存ガスの排気条件の設定や、飼料加工工程での残留低減効果を確認することにより、新たに構築される消毒条件が、営農家を含む関係者に追加経費負担を生じることなく安全安心な飼料供給体制が継続可能となることが期待される。なお、本研究成果としての知的財産は、権利化せずに公知化（国内の学会等で発表もしくは論文とし、広く利用許諾し普及）し、検疫くん蒸の安全性向上に貢献する。

(4) 年次計画

研究課題	研究年度	
	4	5
1. 安全性の高い消毒方法の確立に係る研究※	排気条件調査 ←	-----→
2. 飼料製造工程における残留量の減衰に係る研究	←	飼料加工調査 →

※ 小課題-1については、くん蒸施設の設備上、排気流量を大きくすることに限界があることが判明したため、2年目においては、小課題-2を重点的に研究した。

(5) 研究体制



(6) 実施体制

研究項目	担当研究機関・研究室		研究担当者	エフォート (%)
	機関	研究室		
研究総括者	残留農薬研究所	試験事業部	◎ 飯島 和昭	20
研究実施責任者	日本くん蒸技術協会		大村 克己	20
1. 安全性の高い消毒方法の確立に係る研究	残留農薬研究所	残留第1研究室	○ 若曾根佳樹	10
			長田 拓也*	10
			矢島 智成	25
	日本くん蒸技術協会	横浜研究室	小林 修一	25
			相馬 幸博	30
			町田 真生	30
2. 飼料製造工程における残留量の減衰に係る研究	日本くん蒸技術協会	横浜研究室	高橋 正和	30
			○ 相馬 幸博	前出
			町田 真生	前出
	残留農薬研究所	残留第1研究室	高橋 正和	前出
			若曾根佳樹	前出
			長田 拓也*	前出
			矢島 智成	前出
			小林 修一	前出

(注) 研究総括者には◎、小課題責任者には○、実行課題責任者には△を付すこと。

* 長田拓也は、2023年3月末で退職

(7) 各年度の研究費

令和4年度 8, 279, 995円

令和5年度 10, 000, 000円

3 研究推進会議の開催状況

別添のとおり。（エクセルファイル「研究成果一覧」に記載）

4 研究成果の概要（別紙1参照）

（1）主な成果

1）成果の内容

安全性の高い消毒方法の確立に係る研究成果として、くん蒸終了後の排気流量の増大及び排気時間の延長により、臭化メチルクん蒸飼料中の残留量を低減できることを明らかにした。また、収容比が低い方が排気流量を高めて効果的に残留量を低減でき、温度を高くすることで、飼料に収着した臭化メチルの脱着効率を高め、くん蒸後の残留量を低減できることを明らかにした。

飼料製造工程における残留量の減衰に係る研究成果として、9 種飼料作物（麦類、モロコシ類、油糧種子類）について、飼料工場での代表的な加工工程である粉碎、圧ペン及び圧搾工程を経ることにより、くん蒸後の臭化メチルの残留濃度が大きく低減されることを明らかにした。また、残留量の低減効果が比較的弱い粉碎後の試料中や、くん蒸後の残留レベルが高いゴマやナタネなどでの圧搾後の搾り粕試料中に、臭化メチルの残留が認められた場合でも、最長 5 日間の継続保管後には <0.01 mg/kg まで減衰することを明らかにした。

2）成果の活用

臭化メチル残留量を低減可能な排気条件の普及は、安全安心な飼料供給体制の確立に貢献し、新たな消毒基準の策定に反映されることが期待される。なお、サイロや倉庫などのくん蒸施設での収容比を下げることや、排気時間を長くすることは、くん蒸に伴う関係者の経済的な負担となる。また、排気時の温度条件は、季節的な要因であり、そして、排気流量の増大は、くん蒸施設の設備上の制約（限界）がある。

飼料作物の多くは、粉碎、圧ペン及び圧搾工程を経た後に、家畜飼料として消費されることから、本研究成果で明らかにした加工工程における大きな低減効果は、臭化メチルクん蒸された飼料作物の安全性評価に資する知見となる。また、加工飼料中の臭化メチル残留濃度について、一般的に安全と考えられるレベル（ <0.01 mg/kg）まで減衰する期間の情報は、くん蒸飼料が実際に消費までの期間を確保する必要性が生じた場合に有用であり、安全安心な飼料供給体制の確立に貢献することが期待される。

（2）各研究課題の成果（別紙2、別紙3参照）

1）小課題名：安全性の高い消毒方法の確立に係る研究

（ア）研究目標

臭化メチルの残留が生じにくい消毒方法（排気方法）を検索すること。

（イ）研究内容

初年度はコムギ、ダイズ及びトウモロコシを、倉庫モデル装置（収容比 $0.1\text{t}/\text{m}^3$ 、 20°C ）でくん蒸した試料中の臭化メチル残留濃度を測定し、残存ガスの排気時間（1～24h）及び排気流量（1～5 L/min）の影響を調査した。最終年度では、トウモロコシをサイロモデル装置（収容比 $0.5\text{t}/\text{m}^3$ 、 $5\sim 25^\circ\text{C}$ ）でくん蒸した際の臭化メチルの残存ガス濃度を経時的に測定し、排気温度及び排気時間（2～42h）の影響を調査した。

（ウ）研究結果

初年度の倉庫くん蒸条件では、排気流量の増大及び排気時間の延長により、臭化メチ

ルくん蒸飼料中の残留量を低減できることを明らかにした。最終年度のサイロくん蒸条件では、排気抵抗が大きな高収容比状態では、排気流量の増大は設備上の制約が生じることや、脱着され難い低温くん蒸の方が長時間の排気が必要となることを明らかにした。

(エ) 研究成果の活用における留意点

初年度までの排気条件は、くん蒸事業者のアンケート情報に基づき、最も短い排気時間(2h)及び単位時間当たりの排気流量(2 L/min)を増大させることが、最も残留レベルが高いと想定して調査条件を設定した。しかしながら、最終年度の結果から、収容比が少ない倉庫くん蒸条件であれば相応に排気流量を増大させることが可能であるが、収容比が大きく、空気抵抗の大きいサイロくん蒸条件では排気流量を増大させることが設備的に困難であることが明らかとなった。従って、くん蒸施設(倉庫・サイロ)、収容比(高・低)及び温度(高・低)など、各種のくん蒸条件に応じた臭化メチル残留濃度の低減策を講じなければならないことに留意する必要がある。

(オ) 研究目標の達成に当たっての問題点

本研究成果から、倉庫くん蒸とサイロくん蒸の排気条件の残留濃度への影響比較には収容比と温度が強く影響することが確認されたが、くん蒸事業者のアンケート結果に基づき設定した本研究の試験条件では収容比と温度条件は考慮していなかったため、試験条件の設定にはこれらの試験条件も考慮する必要がある。

2) 小課題名：飼料製造工程における残留量の減衰に係る研究

(ア) 研究目標

多様な飼料の加工製造工程における臭化メチル残留量を特定するための科学的な知見を得ること。

(イ) 研究内容

初年度はダイズ及びトウモロコシを、倉庫モデル装置(収容比0.1 t/m³、20℃)でくん蒸した試料中の臭化メチル残留濃度について、粉碎(手動式)、圧搾及び圧ペン加工による低減効果を調査した。最終年度は、サイロくん蒸モデル装置で消毒基準に準じてくん蒸した9品目の飼料作物について、機械式での粉碎、圧搾及び圧ペン加工での臭化メチル残留濃度の低減効果を調査した。また、加工後の飼料中での残留が認められた場合には、継続保管に伴う残留量の減衰傾向も調査した。モロコシ類(トウモロコシ、マイロ)及び麦類(大麦、小麦、ライ麦、エン麦)のくん蒸試料は、電動スイング式グラインダーで粉碎飼料を調製した。油糧種子類のくん蒸試料は、電動圧搾機に投入して搾油し、飼料となる圧搾試料(搾り粕)を分取して調製した。マイロの圧ペン試料は、オートクレーブで軟化処理した後、プレスサンドメーカーで圧ペンして調製した。

(ウ) 研究結果

飼料加工前後での各種くん蒸試料を分析した結果、臭化メチル残留濃度は飼料加工前の各種試料の内、小麦1産地のみ<0.01 mg/kgであったが、その他の15試料では0.03~6.16 mg/kg(大麦~ゴマ)であった。なお、小麦、マイロ及びダイズでは、産地間での残留レベルに明らかな差異が認められた。

粉碎加工後のトウモロコシ、マイロ、大麦、小麦、ライ麦及びエン麦の内、粉末・大麦と粉末・エン麦の2試料を除く、その他の粉末・モロコシ類及び粉末・麦類中の臭化メチル残留濃度は<0.01 mg/kgとなった。なお、機械式の粉碎加工による残留量の低減効果の方が、手動式の穀物粉碎機を用いた場合よりも高かった。また、粉碎機による粉碎

時間を長くした方が、粉碎試料中の温度が高く（34～39℃／30秒、46～49℃／60秒）、残留量の低減効果が高かった。そして、当該粉碎試料中の臭化メチル残留濃度は、5日間の継続保管後には全て＜0.01 mg/kgとなった。

圧ペン加工前のトウモロコシ及びマイロ中には臭化メチルの残留が認められたが、圧ペン後の加工品中の残留濃度は、いずれも＜0.01 mg/kgとなった。

圧搾加工前のダイズ中には臭化メチルの残留が認められたが、圧搾後の搾り粕中の残留濃度は＜0.01 mg/kgとなった。ナタネ及びゴマについては、圧搾加工後の搾り粕中でも臭化メチルの残留が認められたが、5日間の継続保管後には、いずれも＜0.01 mg/kgとなった。ナタネ及びゴマの圧搾工程における加工係数（加工後の残留濃度／加工前の残留濃度）は0.003～0.07の範囲であった。

（エ）研究成果の活用における留意点

初年度のダイズにおける調査結果（搾り粕中で臭化メチルが不検出）に基づき、最終年度は機械的な搾油工程で得られた搾り粕のみを調査対象としたが、溶媒抽出法による搾油工程の方が一般的であり、且つ、加工工程による残留量の低減効果も高いことが期待される。なお、冬季（外気温の平均－1℃）に実施したサイロ内の穀層中の平均温度は19℃（最低～最高：9～29℃、22日間）であり、本研究での保管温度は25℃としたことから、実態に即した条件での飼料中での臭化メチルの残留量の減衰傾向を推定する際には温度条件の違いに留意する必要がある。

（オ）研究目標の達成に当たっての問題点

特に無し。

＜引用文献＞

無し

5 研究成果の発表

別添のとおり。（エクセルファイル「研究成果一覧」に記載）

6 目的の達成に当たっての現時点での問題点等

麦類の内、エン麦における臭化メチルの初期残留濃度が特異的に高くなる要因が不明であることから、麦類等の作物群単位での基準値設定に際しては、エン麦での再現性確認*ならびに要因調査が課題である。また、ナタネ及びゴマにおける溶媒抽出法による搾油工程での残留量の低減効果の確認も課題である。

* マイナー作物（収穫量の少ない作物）のため1産地のみで調査実施

＜研究総括者の自己評価＞

項目		評価結果
試験研究全体		☒ A：順調 B：概ね順調 C：やや遅れている D：遅れている
研究 小 課 題	安全性の高い消毒方法の確立に係る研究	☒ A：順調 B：概ね順調 C：やや遅れている D：遅れている
	飼料製造工程における残留量の減衰に係る研究	☒ A：順調 B：概ね順調 C：やや遅れている D：遅れている
		A：順調 B：概ね順調 C：やや遅れている D：遅れている
		A：順調 B：概ね順調 C：やや遅れている D：遅れている
		A：順調 B：概ね順調 C：やや遅れている D：遅れている
自己評価コメント 代表的なくん蒸施設である倉庫くん蒸モデルとサイロくん蒸モデルでの排気条件調査により、くん蒸後の飼料中の臭化メチル残留濃度を低減可能なくん蒸条件を明らかにした。また、各種飼料作物における代表的な飼料製造工程における残留量の低減効果を明らかにし、加工品中の臭化メチル残留濃度についても一定期間の継続保管で、＜0.01 mg/kg まで減衰することを明らかにした。これらの研究成果は、臭化メチルの新たな検疫消毒基準の策定に有用な知見である。		