

食品中の残留農薬の分析精度向上と調理による変化に関する研究（令和3～5年度）

米糠中残留農薬の燻煙乾燥ダイコンへの移行について

松渕亜希子 古井真理子*¹ 珍田尚俊 藤井愛実*²

秋田県の特産品、燻煙乾燥したダイコンのたくあん漬「いぶりがっこ」について、残留農薬実態調査を行ったところ、一律基準違反の疑い事例が見られた。原因として、漬け床の米糠に含まれる残留農薬のダイコンへの移染が考えられた。そこで、原材料の米糠－ダイコン間での農薬の移行試験を実施し、米糠に含まれる残留農薬の挙動について調査した。実際に残留農薬（ジノテフラン、フェリムゾン、トリシクラゾール）を含む玄米を精米して得た米糠を用いて、たくあん漬を作製し、完成したたくあん漬中の農薬をLC-MS/MSで分析した。

移行試験の結果、たくあん漬のダイコンから、ジノテフラン、トリシクラゾールが0.01 ppm以上で検出され、有意な移行が見られた。一方、フェリムゾンは検出されなかった。本研究によって、米糠中に含まれる残留農薬がダイコンに移行することが確認され、場合によっては、非意図的に基準違反となる可能性が示唆された。

1. はじめに

秋田県の特産品「いぶりがっこ」とは、燻煙乾燥したダイコンを米糠、塩及び砂糖などで40日以上漬けた漬物、たくあん漬である¹⁻³⁾。令和3～5年度にかけ、本県特産品の残留農薬実態調査で、いぶりがっこ20製品を調査したところ、2製品からいずれも殺菌剤トリシクラゾールが0.02 ppmで検出された⁴⁾。漬物などの加工食品の残留農薬の基準値は、原則、一律基準0.01 ppmが適用される。超過した場合でも、原材料がその基準値に適合していれば、その加工食品も適合と判断される。

先の2製品は、一律基準違反の疑い事例として、管轄の保健所によって両製造施設の調査が行われたが、ともに同一ロットの原材料が残っており、最終的に基準値への適否は判定されなかった。

本事例の原因として、検出されたトリシクラゾールは稲のいもち病の防除に使用されるため⁵⁾、漬け床の米糠に含まれる当該農薬がダイコンへ移行した可能性が推察された。そこで、農薬の挙動を把握し、加工食品における基準値への適否判断の一助とすることを目的に、漬物を作製し、原材料間での農薬の移行試験を行ったので報告する。

2. 方法

2.1 原材料

本研究の漬物の原材料は、ダイコン、米糠、塩、砂糖とした。

米糠は、本研究の発端となった「疑い事例」を踏まえ、実際に残留農薬を含む玄米から作製した。ダイコンは、乾燥後の水分量になるべく均一にするために当センターで乾燥処理を行った。

流通するたくあん漬のダイコンは、専用の小屋で天井から吊るされ、その下で丸太を燃やした煙で燻されるため²⁾、厳密には、実験で模擬的に燻したものとは乾燥状態が異なると思われる。そこで、市販の燻煙乾燥されたダイコンを用いた移行試験を行い、燻煙乾燥の違いによる影響についても調査した。

2.1.1 生ダイコン

令和5年に秋田県内の小売店から、約20 kgを購入した。ダイコンからは、残留農薬が検出されないことを確認した。

2.1.2 市販の燻煙乾燥ダイコン

令和6年に秋田県内の小売店から、燻煙乾燥された漬物用ダイコン（以下、市販燻煙ダイコン）約10 kgを購入した。燻煙乾燥に使用され

*¹ 平鹿地域振興局福祉環境部 *² 健康福祉部医務薬事課

るチップの種類は不明であった。市販燻煙ダイコンからは、残留農薬が検出されないことを確認した。

2.1.3 米糠

2.1.3.1 米糠の作製

令和5年産玄米の残留農薬実態調査で⁴⁾、残留農薬 0.02 mg/kg (以下、ppm) 以上検出されたもの及び不検出 (<0.005 ppm) のものを1品ずつ選び、これら2品を家庭用精米機を用いて精米し、米糠を得た。

玄米において検出された農薬は、ジノテフラン、フェリムゾン、トリシクラゾールの3農薬で、この玄米から得られた米糠 (以下、農薬検出糠) での濃度は 0.29~0.54 ppm であった。

なお、調査を行った玄米において、基準値を超過したものはなかった。また、不検出の玄米に由来する米糠 (以下、不検出糠) からは、残留農薬が検出されないことを確認した。

表1に、上記3農薬を検出した玄米及びその米糠の農薬濃度を示す。

2.1.3.2 農薬添加糠及び基準値糠の作製

不検出糠にジノテフラン、フェリムゾン、トリシクラゾールの3農薬を添加して、農薬検出糠と同濃度の糠 (以下、農薬添加糠)、玄米の基準値濃度の糠 (以下、基準値糠) の2種類の糠を下記のとおり作製した。

3農薬の個別標準液 (200 mg/mL) を調製し、さらに、メタノールを約 100 mL 入れたビーカー2個を用意した。各標準液を農薬添加糠又は基準値糠の濃度分、かつ米糠 100.0 g 分となるよう採取し、各メタノールに溶解した。

不検出糠 100.0 g をポリバックに採り分けたものを2つ用意し、先のビーカーの各メタノール溶液を各不検出糠に加え、よく馴染ませた。次にポリバックを開けてメタノールを完全に揮発させ、農薬添加糠、基準値糠とした。

作製した農薬添加糠及び基準値糠中の3農薬を測定したところ、回収率 80%以上となり、おおむね良好な結果であった。これらの米糠は使用するまで冷凍 (-30℃) で保存した。

なお、ポリバック (ポリエチレン製) において、農薬の吸着や分析妨害物質の溶出の無いことを確認した。

表1 農薬検出玄米及びその米糠の農薬濃度

検出農薬	(ppm)	
	玄米 ^{a)}	米糠 ^{b)}
ジノテフラン	0.22	0.41 (5.1) ^{c)}
フェリムゾン	0.04	0.29 (5.9)
トリシクラゾール	0.12	0.54 (6.1)

a) n=1 b) 平均 (n=3) c) 相対標準偏差 (%)

2.1.4 その他

漬物の調味には砂糖と食塩、燻煙のチップにはサクラを用いた。これらは、秋田県内の小売店から購入した。砂糖、食塩からは、残留農薬が検出されないことを確認した。

2.2 ダイコンの乾燥

2.2.1 下処理

ダイコンの表面を流水で軽く洗い、ペーパーで水分を拭きとった。ダイコン1サンプルがおよそ 600~700 g となるように切断し、その重量を量った。燻製乾燥に供するまで、新聞紙で包み、室温で放置した。

2.2.2 燻煙乾燥及び送風乾燥

燻煙乾燥は、家庭用燻煙器 (以下、燻煙器) で行った。燻煙器にチップを適量入れ、加熱した。煙が出てきたら、2.2.1 で下処理したダイコンを燻煙器に並べ、蓋をして加熱を続けた。適宜、燻煙器から取り出して、重量を量り、乾燥前の約 50%の重量になるまで乾燥した⁶⁾。

また、燻煙乾燥と比較するため、一部のダイコンについては、乾燥器で送風乾燥 (約 10℃) を行った。燻煙乾燥と同じく乾燥前の約 50%の重量になるまで乾燥させた。

なお、乾燥後の各ダイコンからは、残留農薬及びチップ由来の分析妨害物質は検出されなかった。

2.3 漬物の作製

本研究では、2.1.3、2.2 で処理した米糠とダイコンを組み合わせ、8種類の漬物 (漬物 A~H) を作製した (各漬物 n=6)。これらの漬物から目的別に対照群と実験群を選び、農薬の移行や移行に影響する因子について比較・検証した。表2に作製した漬物の一覧を示す。

漬物は、乾燥済みのダイコン (約 300~350 g) を1サンプルとし、サンプルごとにポリバック

(ポリエチレン製)で漬けた。ダイコン重量に対し、米糠 4%、食塩 4%、砂糖 12%をポリバックに入れて混合し、漬け床とした³⁾。これにダイコンを入れ、漬け床とよく馴染ませた後、空気を抜き、ポリバックを閉めた。各ポリバックを種類ごとにまとめて、それらに重石を載せ、40 日以上⁷⁾、野外に静置した。上がった水の水抜きは行わなかった。

表 2 作製した漬物一覧

漬物	原材料	
	ダイコン	米糠
A	燻煙乾燥	不検出 ^{a)}
B	燻煙乾燥	農薬検出 ^{b)}
C	燻煙乾燥	農薬添加 ^{c)}
D	送風乾燥	農薬検出
E	燻煙乾燥	基準値 ^{d)}
F	市販燻煙	不検出
G	市販燻煙	農薬検出
H	市販燻煙	基準値

a) 農薬不検出の玄米に由来する米糠

b) 3農薬が検出された玄米に由来する米糠

c) b)の農薬検出糠と同濃度で農薬を添加した米糠

d) 玄米の基準値濃度で農薬を添加した米糠

基準値：ジノテフラン 2 ppm、フェリムゾン 2 ppm、
トリシクラゾールの 3 ppm

漬物 A～E は 2024 年 1 月下旬～3 月中旬にかけて、漬物 F～H は 2024 年 12 月上旬～2025 年 1 月下旬にかけて漬けた。

漬け終わった後の漬物は、試料作製に供するまで冷蔵 (4℃) で保管した。

2.4 試料の作製

漬け上がり後の各ダイコンをポリバックから取り出し、流水で表面に付いた米糠を流した。水分をペーパーで拭き取った後、磨砕均一化し、50 mL ポリプロピレン製遠心管に 10.0 g を量り採り、試料とした。残った漬け床は廃棄した。また、試料は、前処理に供するまで冷凍 (−30℃) で保管した。

なお、殺菌のための pH 調整や加熱等の処理は行わなかった⁸⁾。

2.5 対象農薬

玄米の残留農薬実態調査、漬物の原材料の確認測定では、159 成分を対象とした。

米糠及び漬物は、ジノテフラン、フェリムゾ

ン、トリシクラゾールの 3 成分を対象とした。

2.6 混合標準液及び個別標準液

混合標準液は、LC-MS 用農薬混合標準溶液 PL-7-2、PL-8-1、PL-14-2、PL-15-1、PL-16-2、PL-17-2 (いずれも富士フイルム和光純薬(株)製)及び個別標準品 29 種 (各成分の詳細は省略)を混合し、1 mg/mL 液を調製した。

個別標準液は、ジノテフラン標準品、フェリムゾン標準品、トリシクラゾール標準品 (いずれも富士フイルム和光純薬(株)製、残留農薬試験用)を用いて、各 200 mg/mL 液を調製した。

2.7 溶媒及び試薬

溶媒は、富士フイルム和光純薬(株)製のアセトニトリル (残留農薬試験用)、メタノール、超純水 (いずれも LC/MS 用)を使用した。

試薬は、富士フイルム和光純薬(株)製の無水硫酸マグネシウム (特級、以下、 MgSO_4)、塩化ナトリウム (残留農薬試験用、以下、 NaCl)、クエン酸 3 ナトリウム 2 水和物 (一級、以下、クエン酸 3Na)、クエン酸水素 2 ナトリウム 1.5 水和物 (一級、以下、クエン酸水素 2Na)、酢酸アンモニウム (特級)、ぎ酸 (LC/MS 用)、塩化カルシウム (特級、以下、 CaCl_2)を使用した。

2.8 固相カラム及びメンブレンフィルター

固相カラムは、ジーエルサイエンス(株)製の InertSep C18/PSA(500 mg/500 mg) (特注品、以下、C18/PSA カラム)を使用した。

メンブレンフィルターは、アドバンテック東洋(株)製 DISMIC (孔径 0.2 μm 、親水性 PTFE)を使用した。

2.9 機器等

本研究では、以下の機器等を使用した。

- ・家庭用精米機 BR-CA25 (象印マホービン(株)製)
- ・家庭用燻煙器 TWIN Specials スチーマー&スモーカーセット (ツヴィリング J.A.ヘンケルスジャパン(株)製)
- ・乾燥器 DN-62 (ヤマト科学(株)製)
- ・粉碎機 グラインドミックス GM200 (ヴァーダー・サイエンティフィック(株)製)
- ・ミルサー IFM-650D (岩谷産業(株)製)

- ・冷却遠心機 S700ER ((株)久保田製作所製)
- ・天秤 CPA2202S ((株)ザルトリウス製)
- ・pH計 LAQUA((株)堀場アドバンスドテクノ)
- ・液体クロマトグラフ質量分析計 (LC-MS/MS)
Exion LC/QTRAP4500 ((株)エービー・サイエックス製)

2.10 試験溶液の調製

図1に試験溶液の調製フローを示す。
試料 10.0 g に、超純水 5 mL、アセトニトリル 10 mL を加え、1 分間手振とうした。これに NaCl 1 g、クエン酸 3Na 1 g、クエン酸水素 2Na 0.5 g、MgSO₄ 4 g を加え、再び1分間手振とうした。続いて遠心分離を行い (3000 rpm、5 分間、10 °C)、上清を 20 mL メスフラスコに移した。また、残渣にアセトニトリル約 10 mL を加え、上記と同条件で振とう・遠心分離を繰り返し、上清を先の上清に合わせた。上清をアセトニトリルで 20 mL に定容し抽出液とした。
抽出液 1 mL をコンディショニングした C18/PSA カラムに負荷し、1 M MgSO₄ 水溶液／メタノール (1 : 9、v/v) 混液 2 mL、1 M CaCl₂・2 vol% ぎ酸水溶液／メタノール (1 : 9、v/v) 混液 4 mL を順に注入して溶出した。得られた溶出液を超純水で 10 mL に定容した後、メンブレンフィルターでろ過したものを試験溶液とし、LC-MS/MS で測定した。

2.11 測定条件

表3に測定条件を示す。

2.12 検量線

検量線は、絶対検量線で、濃度範囲は 0、0.05、0.1、0.2、0.5、1、2、5、8、10 ng/mL とした。
検量線の各標準溶液を測定し、標準溶液の濃度分布が良好で R² (決定係数) > 0.995 を満たし、妨害ピークの影響がないことを確認した。

2.13 検出限界及び定量下限

検出限界及び定量下限を 0.01 ppm とし、定量下限未満の場合は不検出とした。

2.14 分析法の妥当性

米糠と漬物の代替として、玄米と生ダイコンについて妥当性評価試験を行い、対象農薬の真

度、併行及び室内精度が厚生労働省通知⁹⁾にある目標値に適合することを確認した。

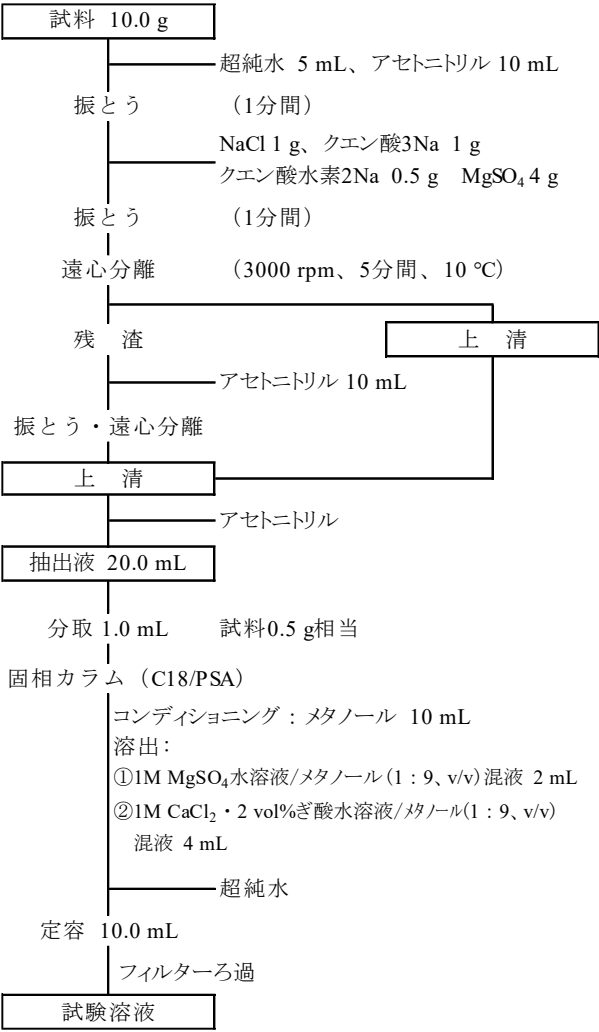


図1 試験溶液調製フロー

表3 LC-MS/MS 測定条件

LC-MS/MS装置	Exion LC / QTRAP4500 (エービー・サイエックス)		
カラム	Atlantis T3 (2.1 mm i.d.×150 mm, 粒子径3 μm, Waters)		
移動相	A液	0.01%酸及び2.5 mM酢酸アンモニウム水溶液	
	B液	0.01%酸及び2.5 mM酢酸アンモニウム・メタノール	
グラジエント条件	B液	2%(0 min) → 45%(1-3 min) → 70%(6-10 min) → 95%(15-24 min) → 2%(24.5-35 min)	
流 速	200 μL/min		
カラム温度	40 °C		
注入量	5 μL		
イオン化法	ESI positiveモード		
測定モード	Scheduled MRM		
イオン源温度	500 °C		
イオン源電圧	5000 V		
モニターイオン (m/z)	ジノテフラン	203.1 > 129.1	203.1 > 113.1
	フェリムゾン	255.0 > 131.9	255.0 > 91.0
	トリシクラゾール	190.0 > 163.1	190.0 > 136.0

2.15 移行率の算出及び統計処理等

2.15.1 移行率

米糠中の農薬が漬物へ移行した割合（以下、移行率）を次式により算出した。また、移行率は漬物 100.0 g あたりとした。

$$\text{移行率 (\%)}^{※1} = \frac{\text{漬物の農薬量}(\mu\text{g})^{※2} \times 100}{\text{米糠の農薬量}(\mu\text{g})^{※3}} \times \frac{100.0 \text{ g}}{\text{漬物重量(g)}}$$

※1 漬物100.0 gあたりの移行率とする

※2 漬物の農薬量(μg)＝漬物の重量(g)×漬物の検出濃度(μg/g)

※3 米糠の農薬量(μg)＝米糠の重量(g)×米糠の検出濃度(μg/g)

2.15.2 統計処理

得られた検出濃度データの統計学的有意差検定は、対象群と各実験群の2群間について、Welch の t-検定を用いて評価を行った。有意水準は危険率 5% 未満 ($p < 0.05$) とした。

2.15.3 代謝物の定量

フェリムゾンについては、フェリムゾンとその変化生成物である(E)-2-メチルアセトフェノン-4, 6-ジメチルピリミジン-2-イルヒドラゾンの和として定量した¹⁰⁾。

2.16 pH の測定

試料 5.0 g を 50 mL ポリプロピレン製遠心管に量り採り、超純水 45 mL を加え、転倒混和した。次に遠心分離 (3000 rpm、5 分間、10 °C) を行い、上清をろ紙 (5A) でろ過して得られたろ液を pH 計で測定した。

3. 結果及び考察

3.1 農薬検出糠中の農薬のダイコンへの移行

漬物 A を対照群とし、漬物 B において農薬検出糠から燻煙乾燥ダイコンへの移行試験を実施した。結果を表 4 に示す。

漬物 B からジノテフラン 0.01 ppm、トリシクラゾール 0.02 ppm が検出され、有意な移行が見られた。フェリムゾンは不検出であった。トリシクラゾールは一律基準を超過し、「疑い事例」が再現された。

移行率については、米糠での濃度がジノテフランよりもトリシクラゾールの方が高かったが（表 1）、ジノテフラン 25.1%、トリシクラゾー

ル 25.4%と、ほぼ同値であった。2 農薬はともに浸透移行性農薬であるが、ジノテフランの Log Pow (オクタノール／水分配係数) が $-0.55^{11)}$ と、トリシクラゾールの $1.41^{12)}$ よりも顕著に低く、脂質を多く含む¹²⁾米糠の漬け床よりもダイコンへの浸透性が高くなり、移行率がほぼ同率になったと考えられた。

フェリムゾンについては、Log Pow $2.9^{13)}$ と 3 農薬で最も高く、米糠の方に親和性があるため、ダイコンへ有意に移行しなかったと推察された。

3.2 米糠及びダイコンの乾燥方法の違いによる移行への影響

漬物 B を対照群とし、漬物 C で米糠の違い（検出、添加）、漬物 D で乾燥方法の違い（燻煙、送風）が及ぼす影響を見るため、移行試験を実施した。結果を表 5 に示す。

漬物 C 及び漬物 D からジノテフランとともに 0.01 ppm、トリシクラゾールがそれぞれ 0.01 ppm、0.02 ppm で検出されたが、漬物 C のトリシクラゾール以外、有意差は見られなかった。漬物 C のトリシクラゾール濃度は漬物 B よりも低く、添加で農薬が糠表面に付着している方が移行を促進するわけではないことが示された。

また、送風乾燥のダイコンを用いた漬物 D についても有意差が見られず、燻煙乾燥でダイコンが吸収した木材燻煙成分は、農薬の移行に対し、ほとんど影響しないと考えられた。

上記の米糠及び乾燥方法の違いに関し、移行への影響がないこと確認した上で、漬物 E の基準値レベルの高濃度の米糠における移行を漬物 B と比較した。漬物 E では、ジノテフラン、トリシクラゾールともに 0.05 ppm と漬物 B のそれぞれ 5 倍、2.5 倍の濃度で検出された。また、フェリムゾンも 0.02 ppm で検出され、3 農薬で一律基準を超過した。

移行率については、ジノテフラン 17.4%、トリシクラゾール 13.0%と、漬物 B よりも約 10% 低かった。高濃度の米糠であっても、米糠からダイコンへの農薬の移行すなわち分配が平衡に達すると、それ以上は進まないため、見かけ上、検出濃度は増加しても、移行率は低率に止まったと考えられた。

表 4 燻煙乾燥ダイコンー農薬検出糠間の移行試験結果

農薬	A (対照群) (ダイコン/米糠)		B (燻煙/農薬検出)	
	濃度 ^{a)}	移行率	濃度	移行率
ジノテフラン	0.00 ^{b)}	－	0.01 (6.2) ^{c) *^{d)}}	25.1
フェリムゾン	0.00	－	0.00	－
トリシクラゾール	0.00	－	0.02 (3.4) *	25.4

濃度:ppm 移行率:%

表 5 各乾燥方法及び米糠による漬物の移行試験結果

農薬	B (対照群) (燻煙/農薬検出)		C (燻煙/農薬添加)		D (送風/農薬検出)		E ^{**} (燻煙/基準値)	
	濃度 ^{a)}	移行率	濃度	移行率	濃度	移行率	濃度	移行率
ジノテフラン	0.01 (6.2) ^{c)}	25.1	0.01 (8.6)	23.0	0.01 (4.5)	29.0	0.05 (10.0)	17.4
フェリムゾン	0.00 ^{b)}	－	0.00	－	0.00	－	0.02 (8.1)	6.0
トリシクラゾール	0.02 (3.4)	25.4	0.01 (3.3) * ^{d)}	15.7	0.02 (4.3)	28.1	0.05 (4.4)	13.0

濃度:ppm 移行率:%

表 6 市販燻煙ダイコンー各米糠間の移行試験結果

農薬	F (対照群) (市販燻煙/不検出)		G (市販燻煙/農薬検出)		H ^{**} (市販燻煙/基準値)	
	濃度 ^{a)}	移行率	濃度	移行率	濃度	移行率
ジノテフラン	0.00 ^{b)}	－	0.01 (4.5) * ^{d)}	18.2	0.05 (2.6)	14.6
フェリムゾン	0.00	－	0.00	－	0.02 (7.7)	7.6
トリシクラゾール	0.00	－	0.02 (3.0) *	22.4	0.04 (1.7)	8.8

濃度:ppm 移行率:%

a) 平均 (n=6)

b) 農薬濃度が<0.01 mg/kgの場合は0.00 mg/kgとした

c) 相対標準偏差(%)

d) *: $p < 0.05$

※ 検定処理は行わなかった

3.3 燻煙方法の違いによる移行への影響

漬物 F を対照群とし、漬物 G 及び漬物 H において、農薬検出糠及び基準値糠から市販燻煙ダイコンへの移行試験を実施した。結果を表 6 に示す。

漬物 B と同様に、漬物 G からジノテフラン 0.01 ppm、トリシクラゾール 0.02 ppm が検出され、有意な移行が見られた。フェリムゾンは不検出であった。トリシクラゾールは一律基準超過となり「疑い事例」が再現された。移行率は、ジノテフラン 18.2%、トリシクラゾール 22.4%と漬物 B よりも低めの傾向であった。

また、漬物 H の基準値糠での移行については、ジノテフラン 0.05 ppm、フェリムゾン 0.02 ppm、トリシクラゾール 0.04 ppm で検出され、さらに移行率についても、ジノテフラン>トリシクラゾール>フェリムゾンで、漬物 E とほぼ同様の

傾向であった。以上から、燻煙方法の違いは、移行へ大きく影響しないことが示唆された。

3.4 pH の影響

漬物の pH の測定結果を表 7 に示す。

各漬物で pH 4.9~6.1 を示し、本県の調査結果である pH 4.4~6.0 (11 検体、令和 2~3 年に実施)と同じ傾向を示した¹⁴⁾。この pH 範囲では対象農薬の分解などの変化は起こらず^{5,11,13)}、本移行試験には、ほぼ影響しないと考えられる。

なお、流通品によっては、包装後加熱殺菌の処理が施される場合があるが、3 農薬は比較的、熱安定性が高く、pH と同様に加熱処理についてもほぼ影響しないと推測される^{5,11,13)}。

今回の移行試験では、たくあん漬の基本原材料「ダイコン、米糠、塩、砂糖」の 4 品からな

表 7 pH の測定結果

漬物	pH ^{a)}
A (燻煙／不検出) ^{b)}	5.0 (5.1) ^{c)}
B (燻煙／農薬検出)	4.9 (1.6)
C (燻煙／農薬添加)	5.2 (3.6)
D (送風／農薬検出)	6.1 (3.8)
E (燻煙／基準値)	5.4 (4.3)
F (市販燻煙／不検出)	5.7 (3.0)
G (市販燻煙／農薬検出)	5.6 (4.0)
H (市販燻煙／基準値)	5.7 (1.6)

a) 平均 (n=6) b) ダイコン／米糠 c) 相対標準偏差 (%)

る比較的簡単なモデル食品から、各農薬の挙動の一端を検証した。試験の結果、米糠中の残留農薬の一律基準を超える移行を確認できた。流通品のたくあん漬は、業者ごとに様々な製法があり、原材料間の農薬の挙動は単純ではないと思われるが、非意図的に基準違反となりうる可能性のあることが示唆された。

平成 30 年に食品衛生法が改正され、HACCP に沿った衛生管理が義務化され、漬物製造業が許可業種になった。製造業者が直接管理できることから、加熱殺菌と異物混入対策が CCP (重要管理点) となることが多いようである^{8,15)}。本研究によって、原材料間の農薬移行に伴う“違反品”となり得るリスクが示唆されたことから、原材料管理についても、生産履歴や流通情報の入手、ロット管理など、更に強化する必要があると考えられた。

4. まとめ

秋田県の特産品、たくあん漬「いぶりがっこ」について残留農薬実態調査を行ったところ、一律基準違反の疑い事例がみられ、原因として漬け床の米糠に含まれる残留農薬の移染が考えられた。

本事例を検証するため、たくあん漬を作製し、ダイコンと米糠間における残留農薬の移行試験を実施した。その結果、米糠からの有意な移行が見られ、残留農薬の原材料間の移行を起因とする非意図的な基準違反が発生する可能性があることが示唆された。

実際の流通加工食品は多種多様であり、農薬の挙動を左右する因子は多い。したがって、違反蓋然性が高いと見込まれる検体が出た場合、当該検体から原材料の残留状況の見当を付け

ることは困難である。原因をより明確にするためには、原材料に遡らなければならない、生産及び流通過程の把握、ロット管理など包括的に原材料の管理を行うことがより一層重要と考えられた。

参考文献

- 菅原久春：いぶりがっこあん漬（いぶりがっこ、いぶりがっこ）の技術，日本海水学会誌，**71**, 4, 2017, 222-224.
- 永須昭夫：いぶりがっこと HACCP，食品衛生学雑誌，**65**, 4, 2024, J-63-J-66.
- 前田安彦，宮尾茂雄：食物と健康の科学シリーズ 漬物の機能と科学，朝倉書店，2014.
- 古井真理子他：秋田県特産品の残留農薬実態調査（令和 3 年度～5 年度），秋田県健康環境センター年報，**19**, 2023, 74-78.
- 独立行政法人農林水産消費安全技術センター：トリシクラゾール農薬抄録，https://www.acis.famic.go.jp/syouroku/tricyclazole/tricyclazole_01.pdf [accessed August 12, 2025] .
- 秋田いぶりがっこ協同組合，<https://akita-iburigakko.jp/> [accessed August 12, 2025] .
- 秋田県いぶりがっこ振興協議会，<https://www2.chuokai-akita.or.jp/iburigakko/> [accessed August 12, 2025] .
- 藤井愛実他：いぶりがっこ（漬物）における HACCP に沿った衛生管理，令和 5 年度秋田県保健環境業務研究発表会抄録，6-10.
- 厚生労働省：食品中に残留する農薬等に関する試験法の妥当性評価ガイドラインの一部改正について，平成 22 年 12 月 24 日，食安発第 1124 第 1 号．
- 厚生労働省：食品，添加物等の規格基準の一部を改正する件について，平成 25 年 7 月 2 日，食安発 0702 第 1 号．
- 独立行政法人農林水産消費安全技術センター：ジノテフラン農薬抄録，http://www.acis.famic.go.jp/syouroku/dinotefuran/dinotefuran_01.pdf [accessed August 12, 2025] .
- 文部科学省：日本食品標準成分表 2020 年版（八訂）．
- 独立行政法人農林水産消費安全技術セン

- ター：フェリムゾン農薬抄録，
http://www.acis.famic.go.jp/syouroku/ferimzone/ferimzone_01.pdf [accessed August 12, 2025] .
- 14) 若狭有望，中村淳子，小川千春：県内流通食品の水分活性及び pH の調査結果について，秋田県健康環境センター年報，**17**，2021, 63-67.
- 15) 全日本漬物協同組合連合会：漬物製造における HACCP の考え方を取り入れた安全・安心なものづくり（小規模事業者向け衛生管理の手引書），平成 30 年 3 月，<https://www.tsukemono-japan.org/haccp/20181012-1.pdf> [accessed August 12, 2025].