

(公3—07)
コンテナ貨物の損害に関する調査研究
報告書

平成31年3月27日

一般社団法人 日本海事検定協会

大島商船高等専門学校

目次

1. 目的	.....	3
2. 実験概要	.....	3
(1) 実験方法	.....	3
(2) 実験場所	.....	3
3. 試料と方法	.....	5
(1) 実験条件	.....	5
(2) 分析対象成分	.....	5
4. 分析結果	.....	5
4-1 官能検査結果	.....	5
4-2 臭気分析結果	.....	5
5. まとめ	.....	5
6. 総括	.....	6
【巻末資料】	.....	7

1. 背景及び目的

近年、貨物輸送は海上から陸上に至るまでコンテナを利用した物流網が形成されている。コンテナに積載される貨物は、一般雑貨・原材料・食品・電気製品・機械製品・産業製品など多種多様である。一方、コンテナ貨物が曝される環境は、輸送経路や季節によって大きく異なることから、物流過程において何らかのダメージが発生することは決して珍しくはない。そのうち、高頻度で起きているトラブルとして着臭の問題があり、洗剤臭やカビ臭が原因となった事故が起きている。コンテナは使用された後、洗剤や殺菌剤で洗浄・消毒が行われるが、すすぎや乾燥が不十分だとこれら洗剤等がコンテナ床面や壁面などに残留することになる。これらの残留成分によって、次に積載した貨物を着臭させることがある。

一方、木質パレットの防腐剤に使われている成分が微生物の作用によってカビ臭物質に変化したり、繁殖したカビ自身が発する臭気によって貨物にカビ臭が移ってしまうことがある。

昨年度の実験は冬季の寒冷期（12月～3月）に実施したためカビ自体が繁殖しなかったことから、本調査では実験の開始時期を秋雨の終わり（10月）に早めて、貨物へのカビ臭の着臭の有無を確認することとした。

2. 実験概要

(1) 実験方法

本調査では予めコンテナ内に水を散布し¹、そのコンテナ内に貨物を想定した物品を設置した（写真2）。一定期間保管した後、物品を回収し、官能検査による着臭の有無並びにSPME-GCMS法（固相抽出ガスクロマトグラフ質量分析計）によるカビ由来の着臭成分の有無を確認した。



写真1 コンテナ外観

(2) 実験場所

保管実験用コンテナは大島商船高等専門学校²の敷地内に設置されたものを使用した（写真1）。実験場は雨が少なく温暖な瀬戸内海気候であり、過去5年間の夏季最高気温は36.5℃超、冬季最低気温は（－）6.6℃と、大きな気温変化がある地域である。位置情報及び天候情報は図1及び図2の通りである。

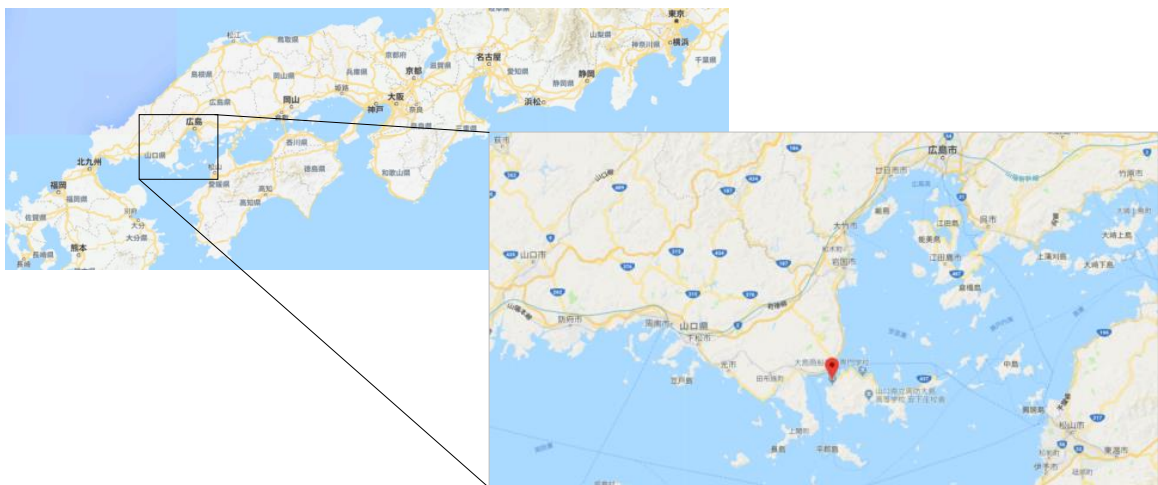


図1 コンテナ設置場所

¹ 昨年度の実験で塩素系漂白剤を散布したので、今回の実験では水の散布のみを行った。

² 山口県大島郡周防大島町大字小松南 1091-1

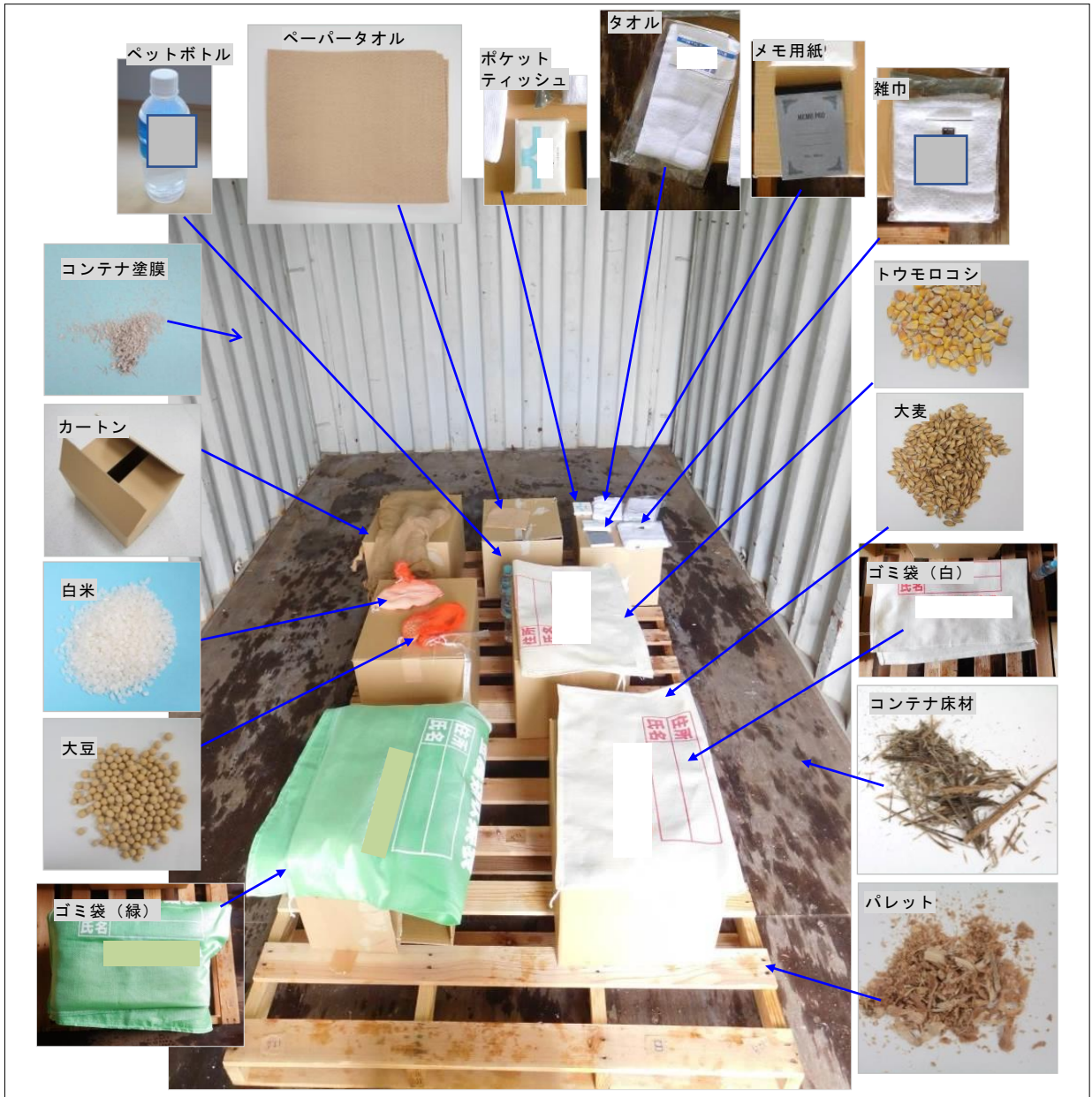


写真2 コンテナ内の実験イメージ

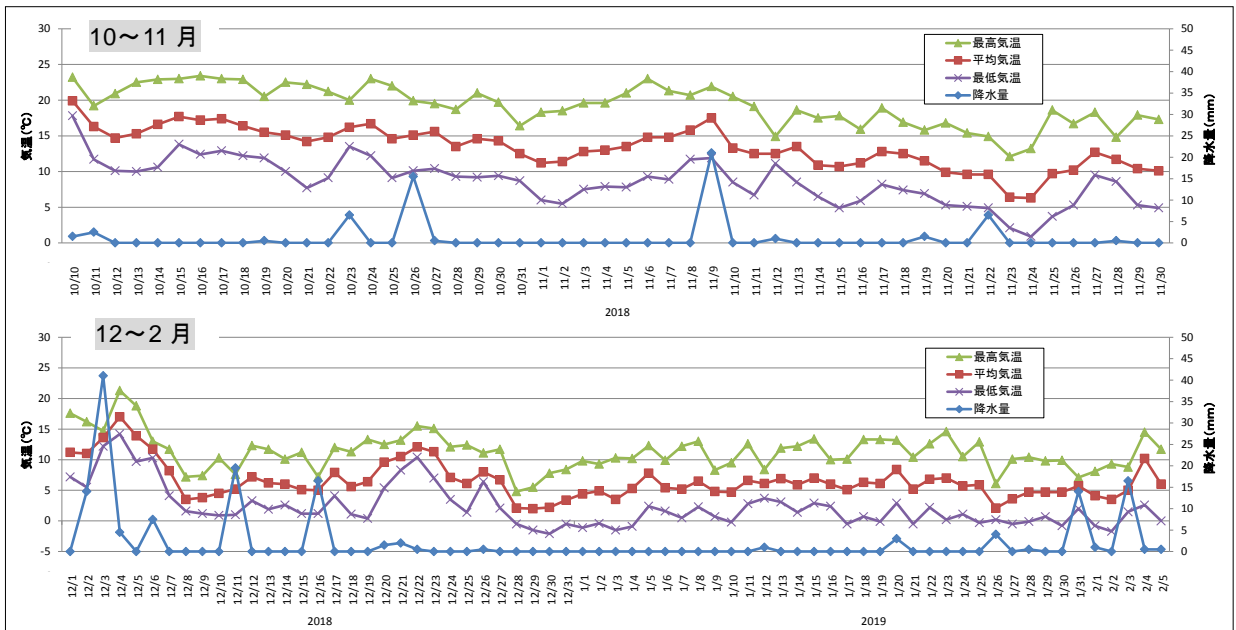


図2 保管期間中の気温及び降水量の変化

3. 試料と方法

(1) 供試試料及び実験条件

コンテナ内に設置した試料は表 1 の通りである。コンテナ内の床材を湿らす程度に水を散布した後、試料を設置した。また、水 (20 L) を入れたバケツを設置して、できるかぎり湿気が供給されるようにした。

供試試料を 4 カ月間保管した後 (2018 年 10 月～2019 年 2 月)、試料を回収してカビ臭物質の有無について分析した。

(2) 分析対象成分

カビ臭物質としてトリクロロフェノール (TCP), トリクロロアニソール (TCA), ジェオスミン及び 2-メチルイソボルネオール³⁾の合計 4 物質を分析対象とした。(巻末資料 1)

分析手法として SPME-GCMS 法を適用した (巻末資料 2)。

4. 分析結果

コンテナから回収した試料について以下の分析を行った。

異臭の無い比較試料として、予め保管開始前の段階で別途用意した物品を乾燥状態で保管したものをを用いた。

4-1 官能検査結果

保管試料と比較試料の臭気に差異はなく、すべての試料からカビ臭は感じられなかった。

4-2 臭気分析結果 (SPME-GCMS)

すべての試料からカビ臭物は検出されなかった³⁾。(巻末資料 3)

表 1 分析結果

供試試料 検出成分	高 ← 分子極性 → 低																				
	タオル	雑巾	白米	大麦	トウモロコシ	パレット	コンテナ床材	カートン	ペーパータオル	ポケットティッシュ	メモ用紙	ゴミ袋 (白)	ゴミ袋 (緑)	大豆	ペットボトルラベル	ペットボトルキャップ	タオル外装袋	ポケットティッシュ外装袋	雑巾外装袋	コンテナ塗膜	
トリクロロフェノール	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
トリクロロアニソール	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ジェオスミン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2-メチルイソボルネオール	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

●: 検出, —: 不検出

5. まとめ (考察)

- (1) 保管試料と比較試料の臭気に差異はなく、すべての試料からカビ臭は感じられなかった。
- (2) 保管が終了した時点で、SPME-GCMS 法によってカビ臭物質であるトリクロロアニソール、トリクロロフェノール、ジェオスミン及び 2-メチルイソボルネオールの 4 物質の検出を行ったが、すべての試料から検出されなかった。
- (3) 保管開始時期を前回よりも 2 か月ほど早めて実験を行ったが、保管期間中の平均気温は 15°C (10～11 月) から 7°C (12～2 月) の範囲にあり、カビの生育に適した温度 (20°C 以上) に

³⁾ 付着量として、今回の条件による定量下限値は以下の通りである。

- ・トリクロロアニソール, トリクロロフェノール: 0.1 ng
- ・ジェオスミン, 2-メチルイソボルネオール: 10 ng

はならなかったことから、カビ及びバクテリアの繁殖が進まなかったものと考えられる。

- (4) 木材中のフェノール化合物の塩素化反応についても、高温ほど生成量が増加することが知られており、今回の環境温度ではトリクロロフェノールは生成されなかったものと考えられる。

6. 総括

今回の実験では、官能検査ではカビ臭を感知せず、化学分析でもカビ臭物質は検出されなかった。それは、環境温度 20℃未満ではカビ臭を生成する必須要件のカビの繁殖及びフェノール化合物の塩素化反応が起こり難いことを意味している。すなわち、カビ臭による貨物トラブルは、季節・地域及び海上航路などの要因を考慮することで、リスクの低減化、あるいは回避できる可能性を示唆している。

【巻末資料】

- 1 カビ臭の発生
- 2 SPME-GCMS の測定条件
- 3 カビ臭のクロマトグラム

1. カビ臭の発生

1-1 2,4,6-トリクロロアニソール

(1) 木材防腐剤として使用されるハロフェノール類 (TCP 等) は *Fusarium* 属などの一部のカビが *o*-メチル化することにより無毒化され、その過程で生成されるハロアニソール類 (TCA 等) がカビ臭として知られている⁴。(図3)

(2) 塩素漂白や塩素処理済み洗浄水などによって木材中のフェノール化合物が塩素化され、カビ臭の前駆体としてのハロフェノール類が生成することも知られている。

1-2 2-メチルイソボルネオール及びジェオスミン

水道水で認められるカビ臭の原因物質として、2-メチルイソボルネオール及びジェオスミンが知られている(図3)。これらは水域に生息しているカビのほか、*Phormidimu* 属などの藍藻類や放線菌の代謝により生産される。

コンテナ貨物は通常、木材パレット上に積み付けられるため、パレット由来のカビ臭や洗浄水道水由来のカビ臭が着臭する可能性がある。

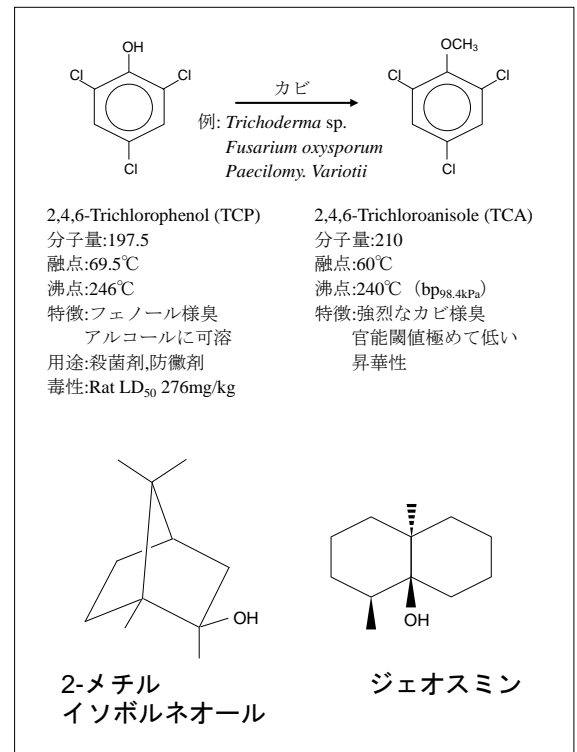


図3 分析対象成分

2. SPME-GCMS の測定条件 (カビ臭)

カビ臭物質用 GCMS 分析メソッド

SPME 条件

ファイバー:	Carboxen/PDMS (Carboxen 分散ポリジメチルシロキサン)
抽出時間:	20 分
抽出温度:	60°C

GC 条件

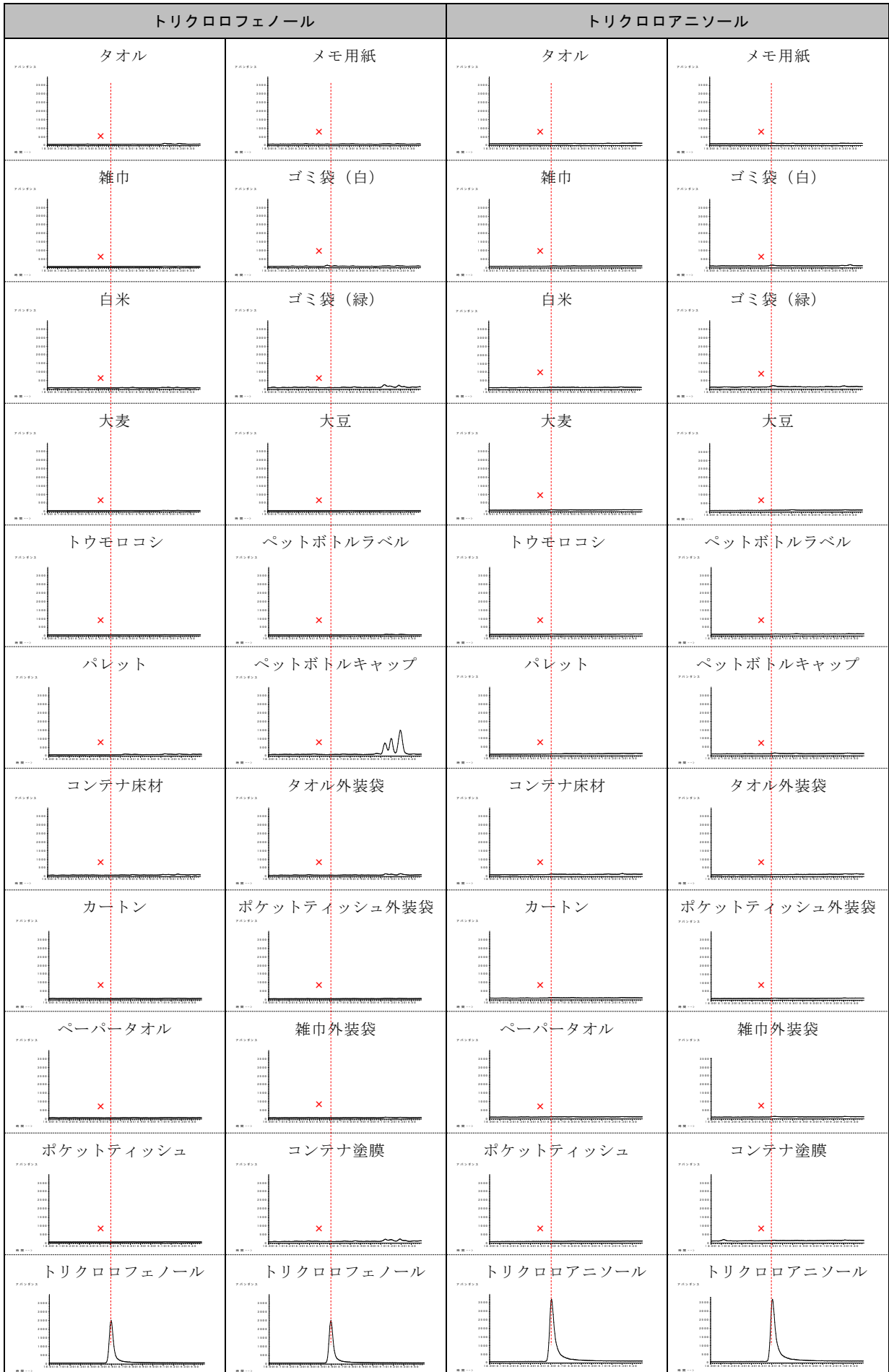
カラム:	DB-5MS 30 m x 0.25 mm x 1.00 μm
オープン:	35°C → 10°C/min → 300°C
注入口:	280°C, Splitless
注入量:	1.0 μL
キャリアガス:	ヘリウムガス (1.5mL/min)

MS 条件:

イオン化法:	EI 法
測定モード:	SIM モード
モニターイオン:	トリクロロフェノール m/z 97, 132, 196
	トリクロロアニソール m/z 97, 167, 210
	2-メチルイソボルネオール m/z 95, 107
	ジェオスミン m/z 112, 182

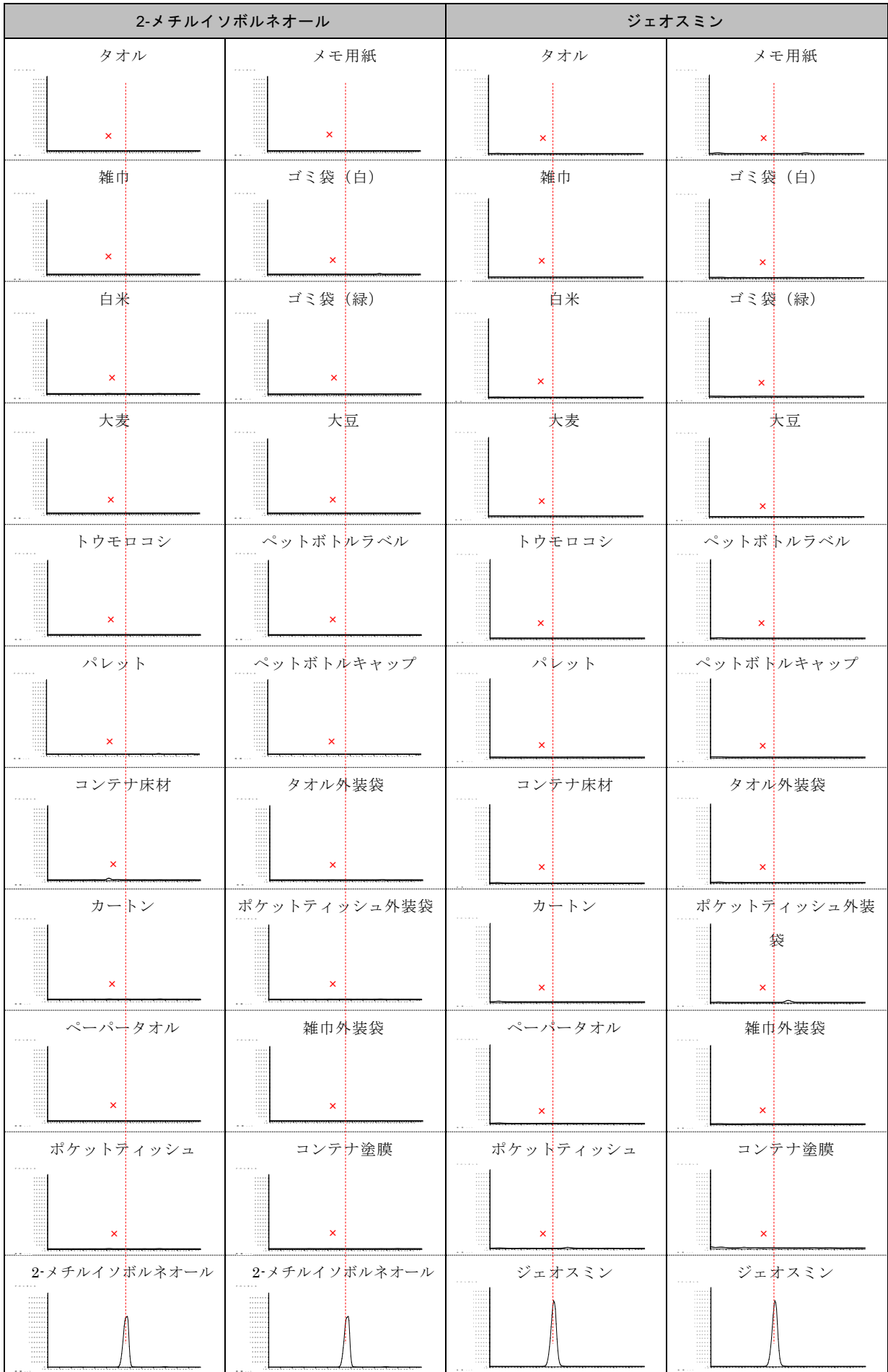
⁴ 「コルクからのカビ臭原因物質 (ハロアニソール) 除去技術」, 但馬良一, 日本醸造協会誌 (2012), 107-3, p. 177-184

カビ臭のクロマトグラム-1



× : 不検出 (定量下限値未満)
トリクロロフェノール, トリクロロアニソール : 0.1 ng

3. カビ臭のクロマトグラム-2



× : 不検出 (定量下限値未満)
2-メチルイソボルネオール, ジェオスミン : 10 ng

