

(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30年3月31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
3. 分析結果	..... 5
3-1 実験 1 の結果	..... 5
3-1-1 実験方法	..... 5
3-1-2 官能検査結果	..... 6
3-1-3 臭気分析結果	..... 6
3-1-4 小括	..... 6
3-2 実験 2 の結果	..... 7
3-2-1 実験方法	..... 7
3-2-2 官能検査結果	..... 8
3-2-3 臭気分析結果	..... 8
3-2-4 小括	..... 8
4. まとめ	
4-1 洗剤臭について	..... 9
4-2 カビ臭について	..... 9
5. 総括	.....9
6. 課題	.....10
【巻末資料】	.....11

1. 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。さらに、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、洗いや乾燥が不十分だと洗剤成分がコンテナ床面や壁面などに残留することがあり、カビ臭が発生することで、次に積載した貨物を着臭させるに至らしめている。

本調査ではコンテナ内部を洗浄・消毒した後を想定し、洗剤や塩素系消毒剤に起因する貨物への着臭の有無並びに着臭物質の特定を目的として以下の実験を行った。着臭成分として、①洗剤の香料及び②塩素の反応生成物に対するカビ代謝物(カビ臭)に着目して実験を計画した。

(1) 実験 1 : 洗剤香料による着臭実験 (2017 年 11 月～12 月)

(2) 実験 2 : 洗剤香料及びカビ臭による着臭実験 (2017 年 12 月～2018 年 3 月)

2. 実験概要

本調査では予めコンテナ内に洗剤や消毒剤の調製液を塗布し、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 (固相抽出ガスクロマトグラフ質量分析計) による着臭成分の有無を確認した。

保管実験用コンテナは大島商船高等専門学校¹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以下の通りである。(図 1 及び図 2)



写真 1 コンテナ外観

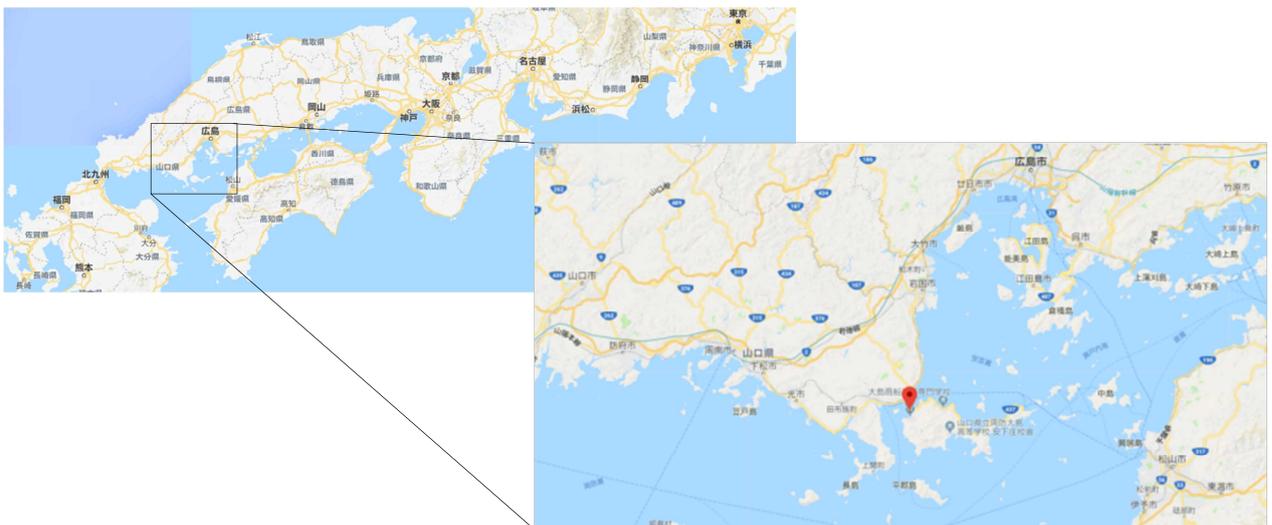


図 1 コンテナ実験場所

¹ 山口県大島郡周防大島町大字小松南 1091-1

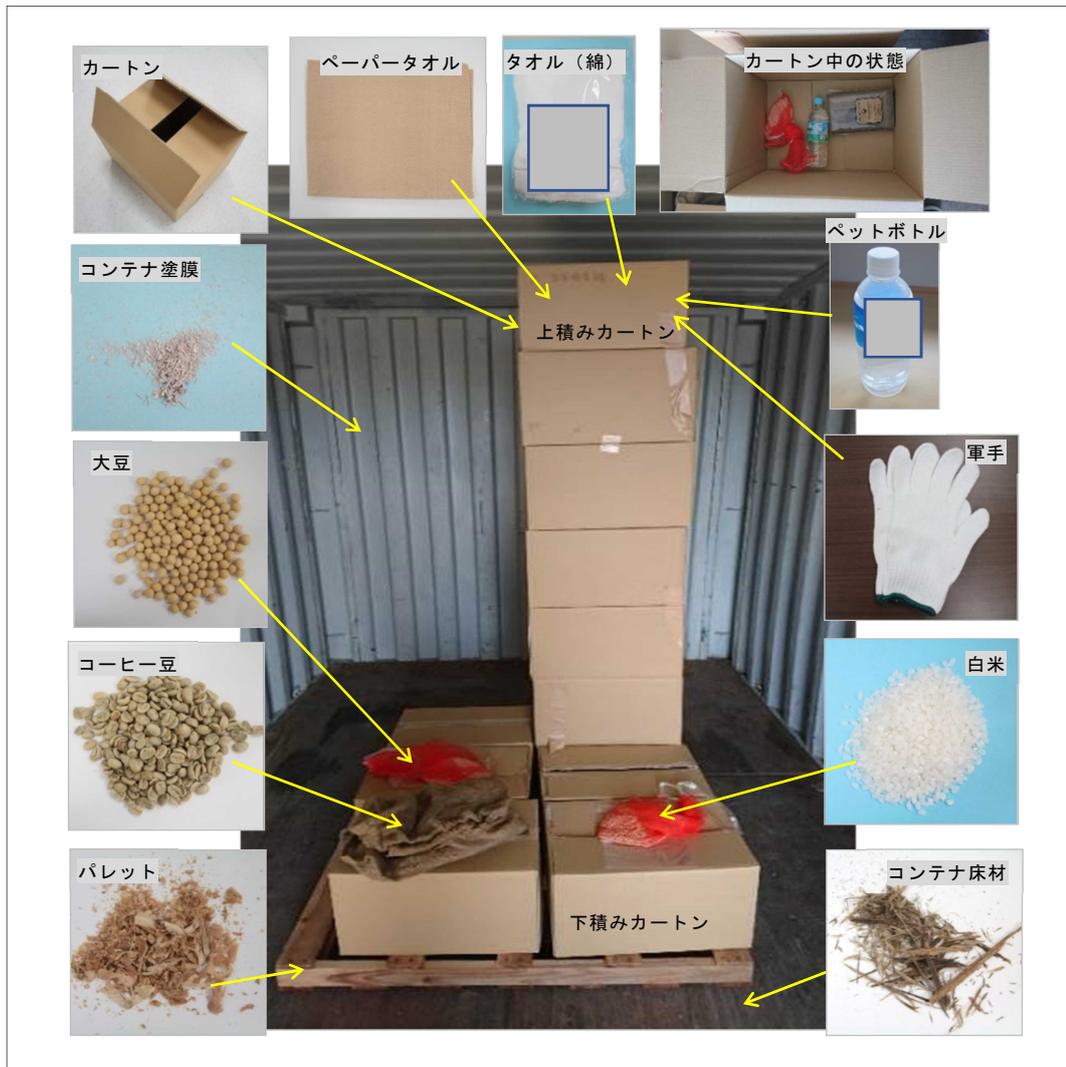


写真2 コンテナ内の実験イメージ

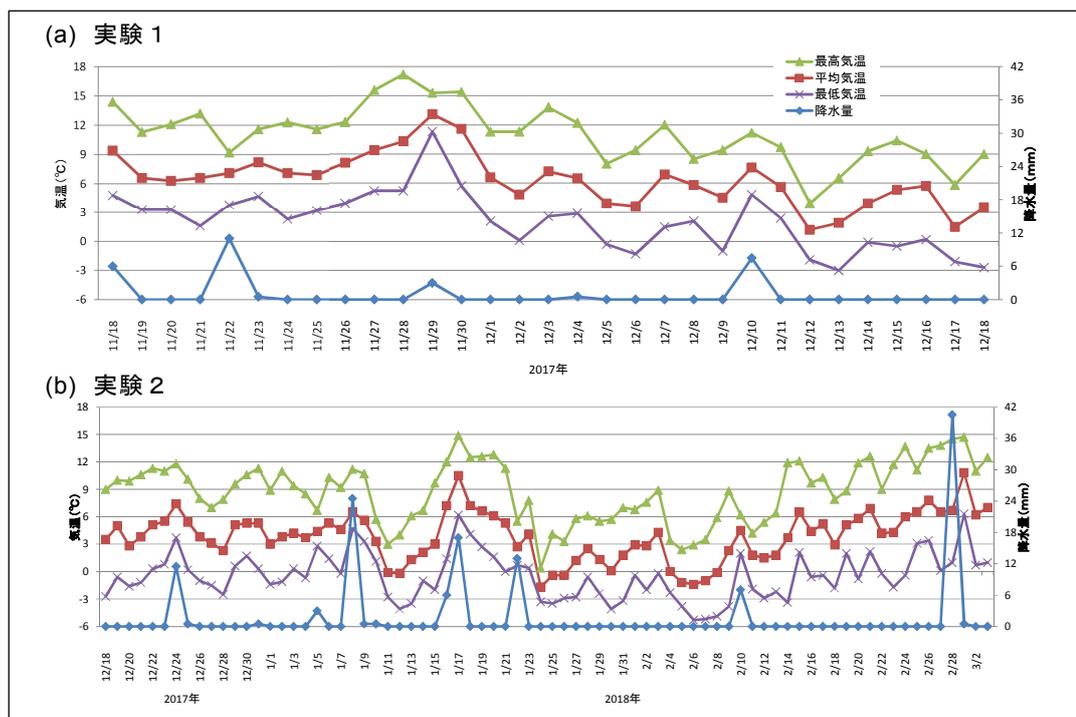


図2 静置期間中の気温及び降水量の変化

(a)実験1 (b)実験2

3. 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。

実験前の比較試料は実験開始前に予め回収した。

3-1 実験 1 の結果

3-1-1 実験方法

(1) 実験条件

実験 1 は希釈した合成洗剤²を試料に直接かからないように霧吹きでコンテナ内に 50 mL 散布し、1 カ月間供試試料を保管した後、試料を回収して着臭の有無について分析した。

表 1 実験 1 の詳細条件

コンテナ番号	塗布剤	溶液濃度	静置期間	供試試料
コンテナ①	合成洗剤 1 (臭い弱め)	100 ppm 僅かに臭う	1 カ月 (2017年11月～12月)	カートン パレット コンテナ床材 大豆 コーヒー豆 白米 軍手 ペーパータオル 計 8 種類

(2) 分析対象成分

実験 1 に使用した洗剤の揮散成分を GCMS で測定した。検出成分の中から発香団³を有し、かつ含有量の多い 8 種類の香気成分に着目し、着臭の有無を確認した。(図 3)

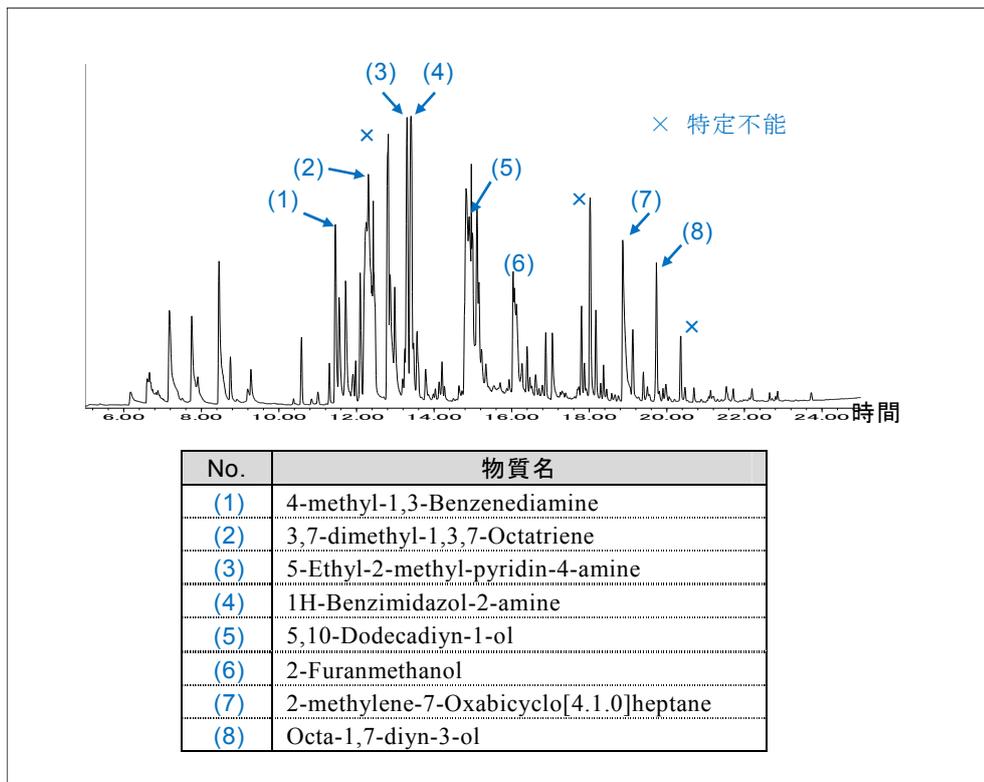


図 3 洗剤のガスクロマトグラム

² 比較的臭いが弱い市販されている台所用洗剤

³ 二重結合 (-C=C-) ・アルコール・フェノール (-OH) ・ケトン (C=O) ・カルボン酸 (-COOH) ・エーテル (-O-) ・ラクトン・エステル (-CO-O-) ・アルデヒド (-CHO) ・ニトロ (-NO₂) ・ニトリル (-CN) ・アミド (-NH₂) など

3-1-2 官能検査結果

回収試料の臭気は実験前の試料と殆ど差異はなく、洗剤臭は感じられなかった。

3-1-3 臭気分析結果 (SPME-GCMS)

回収試料の洗剤臭の着臭を確認するため SPME-GCMS 分析を行った。

実験前の試料からは8成分のいずれも検出されなかった。一方、コンテナ実験後の試料からはパレット、コンテナ床材及びペーパータオルに一部の香気成分が検出された。(表2, 巻末資料表3)

表2 洗剤成分の着臭有無 (実験1)

検出物質		高 ← 分子極性 ⁴ → 低							
		白米	軍手	カートン	コンテナ床材	パレット	ペーパータオル	大豆	コーヒー豆
高 ↑ 分子極性 ↓ 低	1H-Benzimidazol-2-amine	-	-	-	-	●	●	-	-
	2-Furanmethanol	-	-	-	-	-	-	-	-
	4-methyl-1,3-Benzenediamine	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Ethyl-2-methyl-pyridin-4-amine	-	-	-	-	-	-	-	-
	Octa-1,7-diyn-3-ol	-	-	-	●	-	-	-	-
	5,10-Dodecadiyn-1-ol	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-methylene-7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,7-dimethyl-1,3,7-Octatriene	-	-	-	-	-	-	-	-
官能検査		-	-	-	-	-	-	-	-

● 検出

3-1-4 小括

- (1) 実験1の実験条件では一部の香気成分の着臭は認められたものの、官能検査では殆ど感じられなかった。
- (2) 香気成分が検出されたパレット、コンテナ床材及びペーパータオルはいずれも樹木由来の製品であった。
- (3) 大豆、コーヒー豆及び白米などの穀物には殆ど着臭していなかった。
- (4) 検出された香気成分は、概して極性の高い物質であった。
- (5) 着臭成分が微量であったため、次項の実験2では臭気より強い洗剤を使用し、さらに散布濃度を高くして実施することとした。

⁴ 分子極性は有機概念図の原理に基づき、分子構造から無機性/有機性比を算出し、その値で序列した。

3-2 実験2の結果

3-2-1 実験方法

(1) 実験条件

実験2では実験1より高濃度の洗剤溶液を使用して実験1と同様の実験を行った。さらに別のコンテナでカビ臭の発生源⁵となり得る次亜塩素酸ナトリウム溶液の散布実験も行った。2カ月間供試試料を保管した後、試料を回収して着臭の有無について分析した。

表3 実験2の詳細条件

コンテナ番号	塗布剤	溶液濃度	静置期間	供試試料
コンテナ①	合成洗剤2 (臭い強め)	10,000 ppm 臭いを感じる	2カ月間 (2017年12月～2018年3月)	カートン パレット コンテナ床材 大豆 コーヒー豆 白米 軍手 ペーパータオル コンテナ塗膜 タオル外装袋 (PP) タオル (綿) ペットボトルラベル (PP) ペットボトルキャップ (PE) 計13種類
コンテナ②	次亜塩素酸 ナトリウム (消毒剤)	60 ppm 塩素臭がする		

(2) 分析対象成分

実験2に使用した洗剤の揮散成分をGCMSで測定した。検出成分の中から発香団を有し、かつ含有量の多い6成分に着目し着臭の有無を確認した。(図4)

カビ臭はトリクロロフェノール (TCP) 及びトリクロロアニソール (TCA) を分析対象とした。

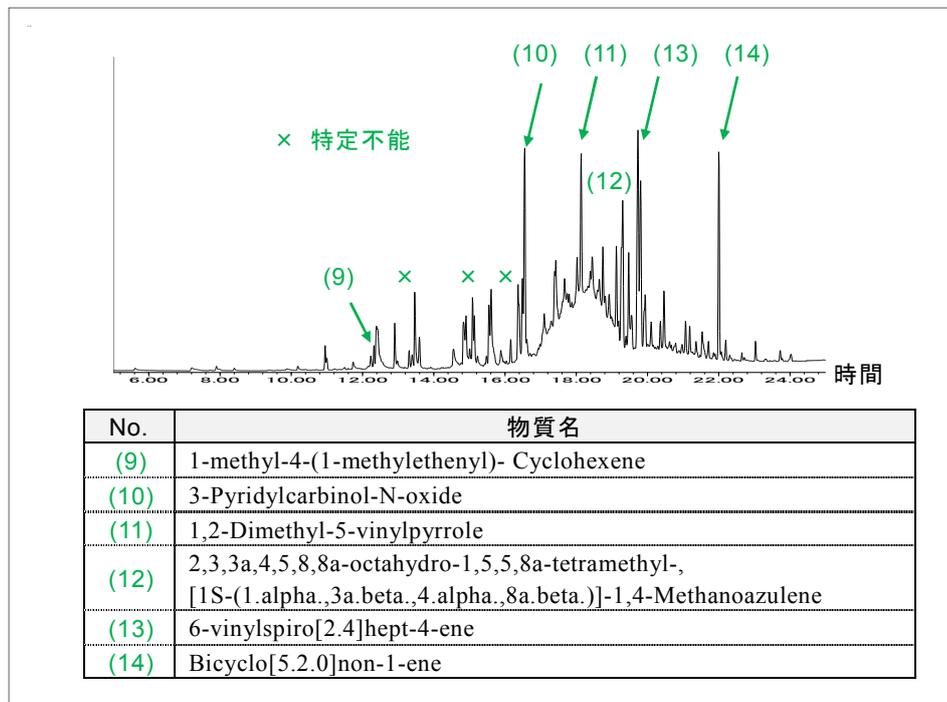


図4 洗剤のガスクロマトグラム

⁵ カビ臭の発生メカニズムは巻末資料1に記載した

3-2-2 官能検査結果

- (1) 洗剤臭 …… 2ヶ月間保管した後、殆どの回収試料から洗剤臭が感じられた。ただし、大豆及びコーヒー豆からは洗剤臭は感じられなかった。
- (2) カビ臭 …… 実験前の試料と差異はなく、すべての試料からカビ臭は感じられなかった。

3-2-3 臭気分析結果 (SPME-GCMS)

(1) 洗剤臭

2か月間保管した試料から香気成分が検出された。ただし、大豆及びコーヒー豆等からは検出されなかった。(表4, 巻末資料表4)

(2) カビ臭

すべての試料からカビ臭は検出されなかった⁶。(巻末資料表5)

表4 洗剤成分の着臭 (実験2)

検出成分		高 ← 分子極性 → 低												
		タオル	白米	軍手	パレット	コンテナ床材	カートン	ペーパータオル	大豆	コーヒー豆	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	コンテナ塗膜
高↑ 分子極性 ↓低	3-Pyridylcarbinol-N-oxide	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6-vinylspiro[2.4]hept-4-ene	-	-	-	-	-	●	●	-	-	-	-	-	-
	1,2-Dimethyl-5-vinylpyrrole	-	-	-	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-
	Bicyclo[5.2.0]non-1-ene	-	-	-	-	-	-	●	-	-	●	-	-	-
	2,3,3a,4,5,8,8a-octahydro-1,5,5,8a-tetramethyl-,[1S-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.)]-1,4-Methanoazulene	-	●	●	●	●	●	●	-	-	-	●	-	-
	1-methyl-4-(1-methylethenyl)-Cyclohexene	-	●	-	●	●	-	●	-	-	●	●	●	-
官能検査	洗剤臭	●	●	●	●	●	●	●	-	-	●	●	●	●
	カビ臭	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

● 検出

3-2-4 小括

(1) 洗剤臭

- ① 実験1と同様に樹木由来の製品(カートン, パレット, ペーパータオルなど)から香気成分が検出された。検出成分は極性に係らず多種類であり, 特定の官能基を有した物質に偏ったものではない。
- ② 大豆・コーヒー豆からは香気成分は検出されなかった。
- ③ 白米・軍手あるいはプラスチック製品には低極性物質が選択的に着臭している。
- ④ 着臭物質と保管試料を構成する物質(被着臭物質)の分子極性に着目すると, 着臭物質はリグニンのような無極性~高極性まで広い範囲の官能基を有した物質に強く分配・吸着されており, プラスチックのような低極性物質には無極性物質が選択的に分配・吸着する傾向が見られた。

(2) カビ臭

- ① すべての試料について着臭は認められなかった。(官能検査)

⁶ 今回の条件による定量下限値は付着量として0.1 ngである。

② GCMS 分析によってもカビ臭成分は検出されなかった。

4. まとめ（考察）

実験 1 及び実験 2 から得られた事項を以下に示す。

4-1 洗剤臭について

(1) 保管試料による違い

- ① カートン、パレット、コンテナ床材、ペーパータオルの 4 試料は多種類の香気成分が着臭していた。これら 4 試料は原料に樹木⁷が使用されることが共通している。
- ② 同じセルロース系のタオル（綿）には着臭が認められなかった。カートン等との違いはリグニン含有の有無にあることから、着臭部位としてリグニンが係わっている可能性が示された。
- ③ 大豆・コーヒー豆については、他の試料に比べて着臭し難いことが示された。
- ④ タオル外装袋やペットボトルのようなプラスチック製品には、無極性物質が選択的に吸着・分配される傾向が示された。

以上より、着臭物質はリグニンのような分子構造の中に無極性～極性官能基までを含んだ物質に吸着・分配し易い傾向が示された。加えて、保管試料（被着臭物）の表面構造としてプラスチックのように分子が密に詰まっておらず、その分、表面積が広く、着臭物質が深くまで浸透し易い構造となっていることも着臭物質の吸着・分配のキャパシティーを高めているものと考えられる。

(2) 着臭成分

- ① 検出された着臭物質は、その分子構造から、極性分子から無極性分子まで様々な物質が含まれており、特に共通した官能基を有しているものではない。
- ② ただし、プラスチックに対しては極性物質が殆ど検出されなかったが、リグニンを含む木材や紙製品には極性・無極性に関わりなく多種類の物質が吸着・分配される傾向が見られた。

4-2 カビ臭について

- (1) 実験 2 ではすべての試料から、カビ臭であるトリクロロアニソール及びトリクロロフェノールは検出されなかった。
- (2) 実験期間中の気温は殆ど 12℃未満であり、平均気温は 6℃であった。また湿度も低かったことからカビが繁殖せず、カビ臭の生成が進まなかったことによるものと考えられる。
- (3) また、木材中のフェノールの塩素化は高温ほど生成量が増加することが知られており、今回の実験中は低温であったためトリクロロフェノールが生成されなかったと考えられる。

5. 総括

- (1) コンテナ内の洗浄・消毒による貨物への着臭の有無を検証した結果、洗剤の香気成分が着臭することが確認された。洗剤臭は大豆・コーヒー豆やプラスチック製品より、木材やカートンなどリグニンを含んだ製品に着臭（吸着・分配）し易いことが示された。
- (2) カビ臭については、官能検査で感じることはなく、GCMS 分析においても検出されなかった。本実験が冬季の寒冷期であったためカビ自体が繁殖できなかった可能性があることから温暖期のカビ臭成分について別途調査する必要がある。

⁷ 樹木はセルロース（40～50%）・ヘミセルロース（15～35%）・リグニン（18～35%）が主成分であり、特にリグニンはベンゼン環を持つ 3 種類のリグニンモノマー（コニフェリルアルコール・シナピルアルコール・p-クマリルアルコール）を基本骨格として酵素により酸化重合した高分子化合物である。

6. 課題

コンテナ貨物の着臭についての今後の課題は以下の通りである。

(1) 洗剤臭

コンテナ貨物の着臭は着臭物質および貨物を構成する分子の極性によって、着臭し易さの傾向が大よそ類推できることが示されたが、今回の実験では体系的に調査できていないため、まだ一般則としてその傾向を見出したとは言えない。すなわち、実験に用いる着臭物質並びに貨物の種類は系統的に整理した上で着臭実験を計画することで、より現実的な着臭に関するリスク管理に係る知見を見出すことができると考える。

(2) カビ臭

地球上では必ずどこかに温暖高湿な地域があり、カビによる貨物の着臭被害が起きている。しかし、国内でのカビ臭実験についてはカビ発生時期に行う必要があった。改めて時期を設定して実験を行わなくてはならない。

以上

【巻末資料】

- 1 カビ臭の発生について
- 2 SPME-GCMS の測定条件（洗剤臭・カビ臭）
- 3 実験 1 の洗剤臭のクロマトグラム
- 4 実験 2 の洗剤臭のクロマトグラム
- 5 実験 2 のカビ臭のクロマトグラム
- 6 着臭物質と貨物素材の分子極性（着臭し易い貨物）

1. カビ臭の発生について

カビ臭及び塩素臭については、ハロフェノール類 (Trichlorophenol) 及びハロアニソール類 (Trichloroanisole) を分析対象とした (図5)。カビ臭の生成については下記の原因が考えられる。

(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⁸。(図6)

(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。

コンテナ貨物は通常、木材パレット上に積み付けされるため、パレット由来のカビ臭が着臭する可能性がある。

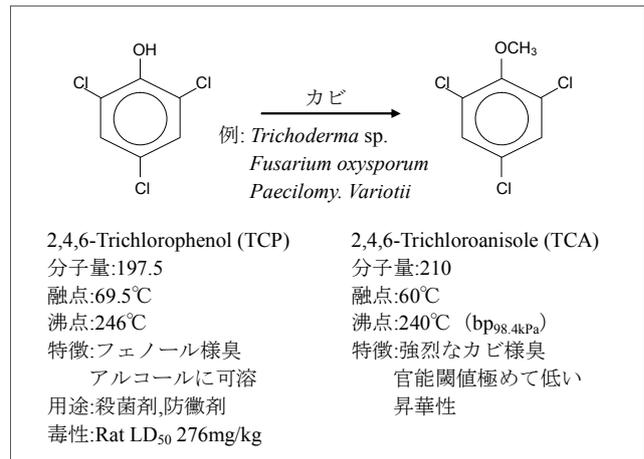


図6 カビ臭原因物質と前駆物質の関係

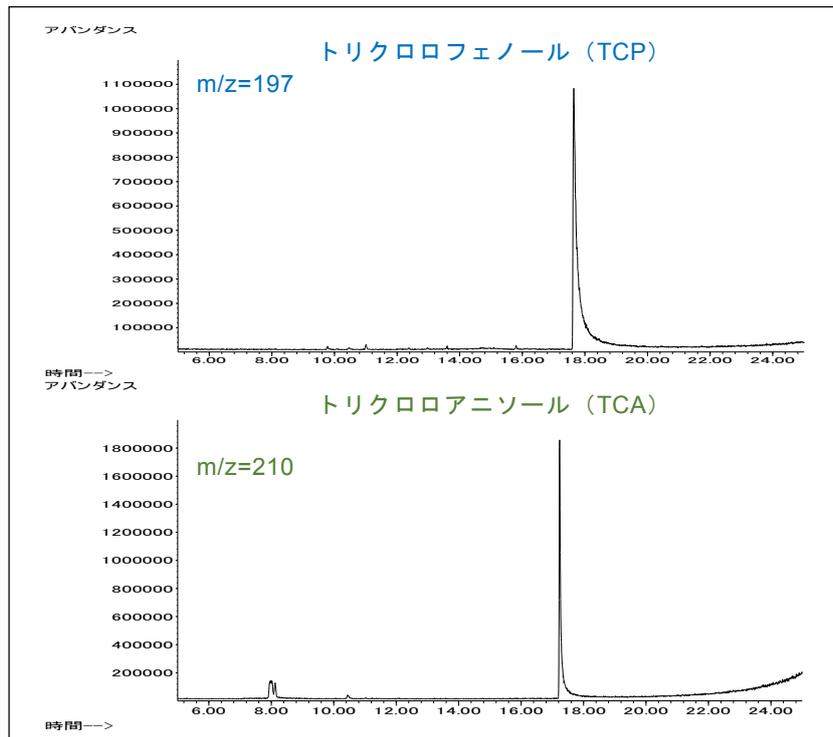


図5 TCP及びTCAのクロマトグラム (SIMモード)

⁸ 「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

2. SPME-GCMS の測定条件 (洗剤臭, カビ臭)

洗剤臭用 GCMS 分析メソッド

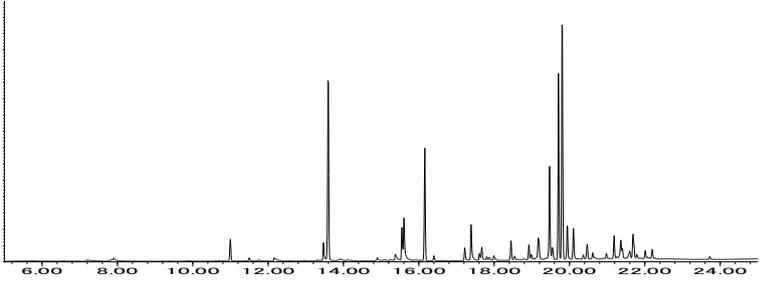
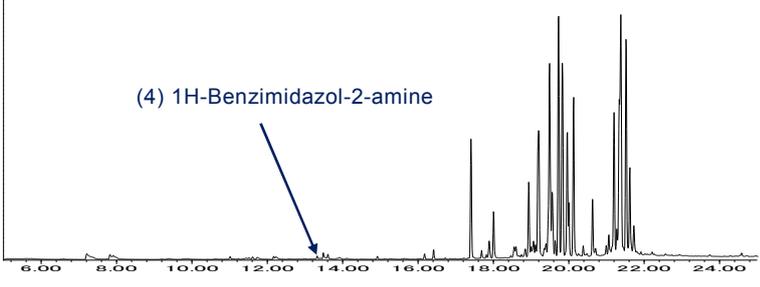
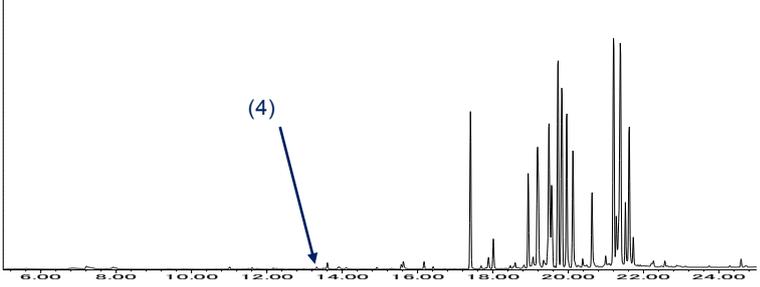
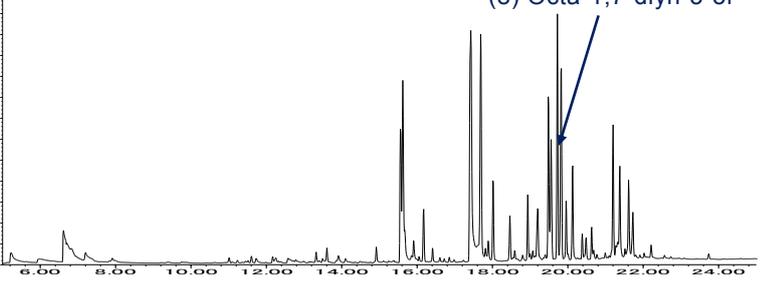
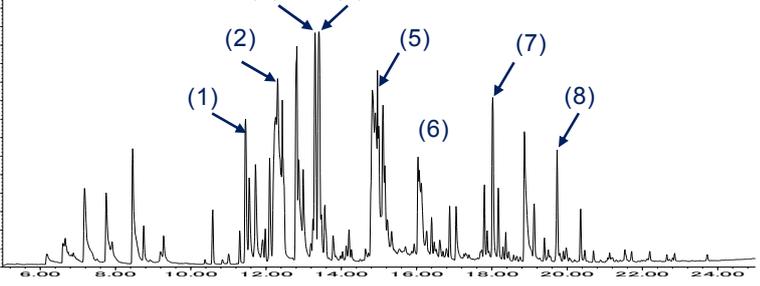
SPME 条件	
ファイバー :	Carboxen/PDMS (Carboxen 分散ポリジメチルシロキサン)
抽出時間 :	20 分
抽出温度 :	60°C
GC 条件	
カラム :	DB-5MS 30 m x 0.25 mm x 1.00 μ m
オープン :	35°C \rightarrow 10°C/min \rightarrow 300°C
注入口 :	280°C, Spritless
注入量 :	1.0 μ L
キャリアガス :	ヘリウムガス (1.5mL/min)
MS 条件 :	
イオン化法 :	EI 法
測定モード :	スキャンモード
測定質量範囲 :	m/z 10-500

カビ臭用 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 μ m
オープン :	35°C \rightarrow 10°C/min \rightarrow 300°C
注入口 :	280°C, Spritless
注入量 :	1.0 μ L
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

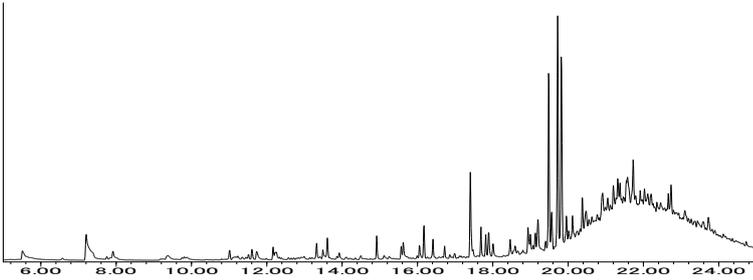
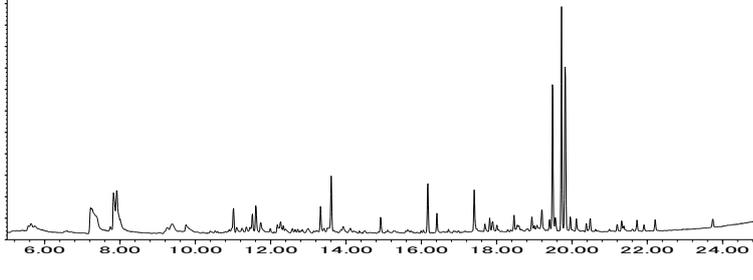
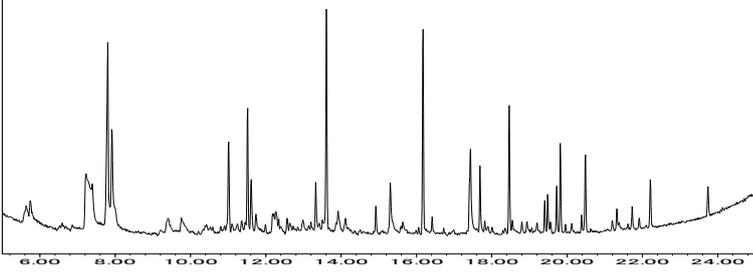
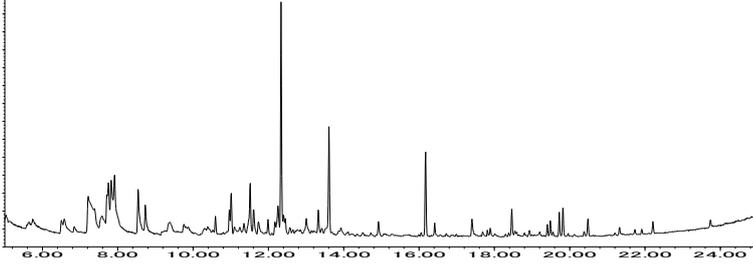
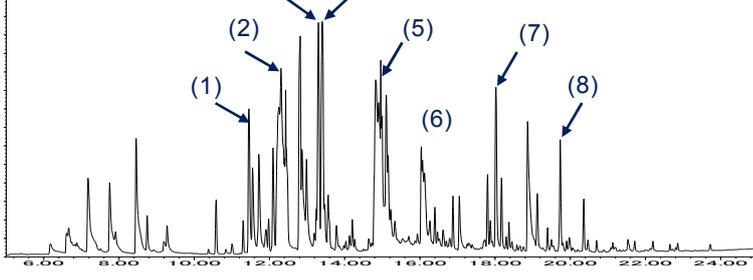
3. 実験 1 (洗剤臭)

表 5 実験 1 (洗剤臭)

試料	クロマトグラム
カートン	
ペーパータオル	 <p>(4) 1H-Benzimidazol-2-amine</p>
パレット	 <p>(4)</p>
コンテナ床材	 <p>(8) Octa-1,7-diyn-3-ol</p>
【比較】 洗剤 1	 <p>(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8)</p>

分析対象成分のうち着臭成分を記載

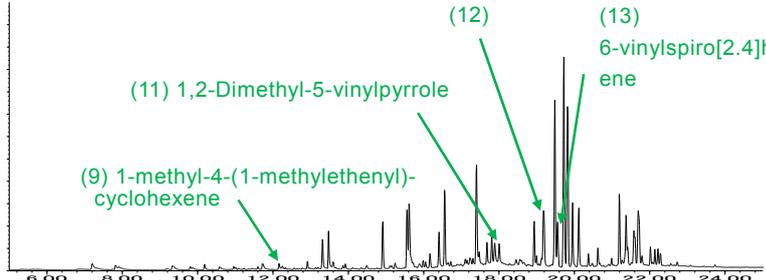
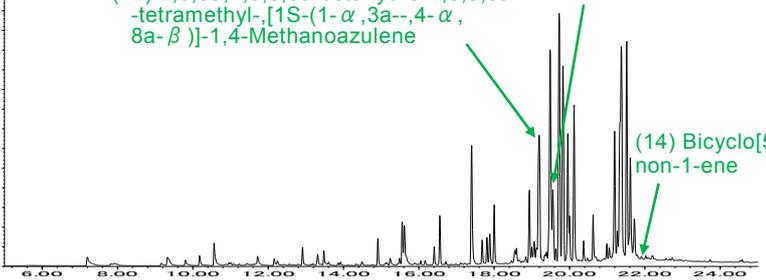
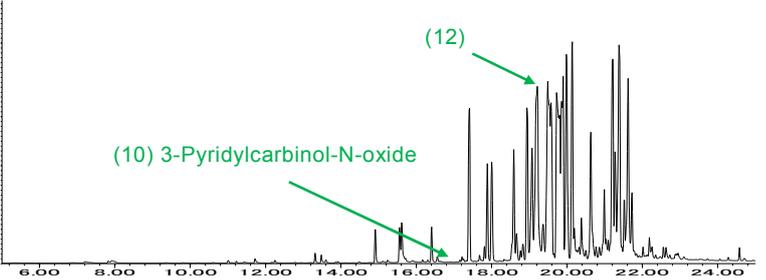
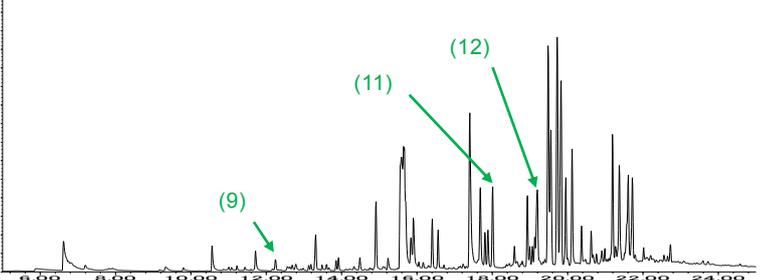
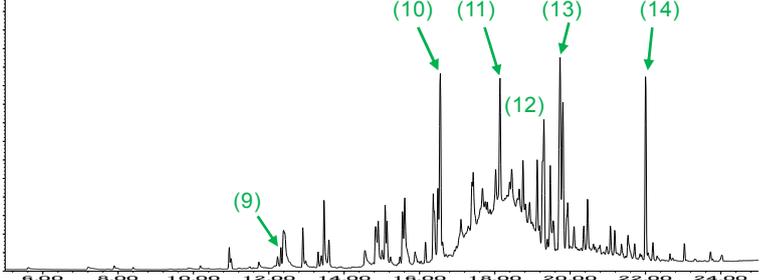
表 5 つづき

試料	クロマトグラム
軍手	
白米	
大豆	
コーヒー豆	
【比較】 洗剤 1	

分析対象成分の香り成分は検出されなかった

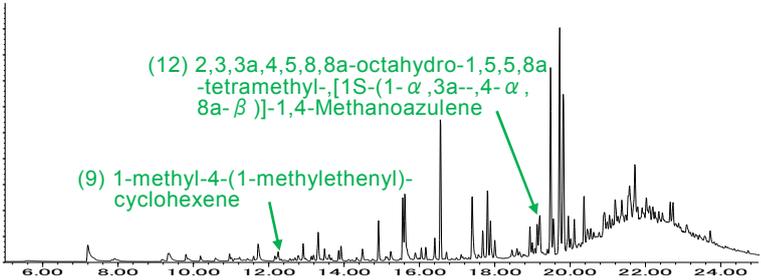
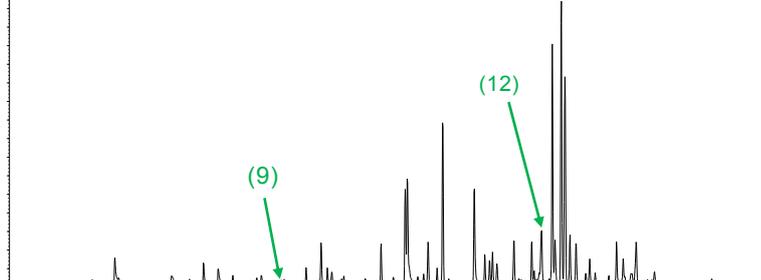
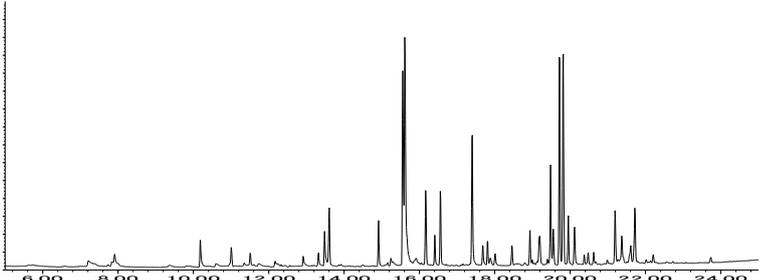
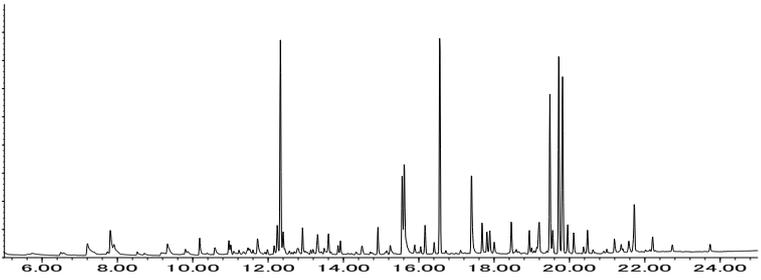
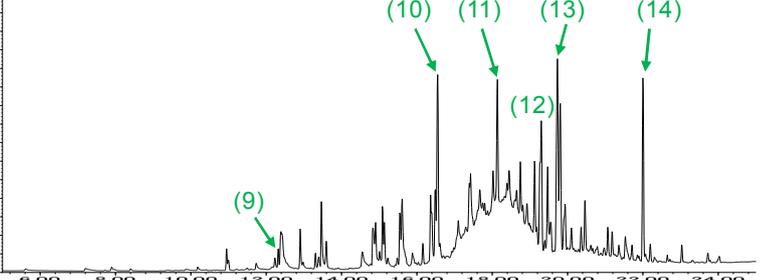
4. 実験 2 の洗剤臭のクロマトグラム

表 6 実験 2 の洗剤臭のクロマトグラム

試料	洗剤臭
カートン	 <p>(9) 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-cyclohexene</p> <p>(11) 1,2-Dimethyl-5-vinylpyrrole</p> <p>(12)</p> <p>(13) 6-vinylspiro[2.4]hept-4-ene</p>
ペーパー タオル	 <p>(12) 2,3,3a,4,5,8,8a-octahydro-1,5,5,8a-tetramethyl-[1S-(1-α,3α--,4-α,8α-β)]-1,4-Methanoazulene</p> <p>(13)</p> <p>(14) Bicyclo[5.2.0]non-1-ene</p>
パレット	 <p>(10) 3-Pyridylcarbinol-N-oxide</p> <p>(12)</p>
コンテナ床材	 <p>(9)</p> <p>(11)</p> <p>(12)</p> <p>(13)</p>
【比較】 洗剤 2	 <p>(9)</p> <p>(10)</p> <p>(11)</p> <p>(12)</p> <p>(13)</p> <p>(14)</p>

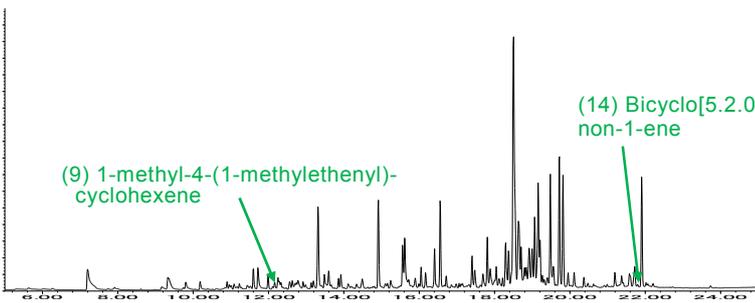
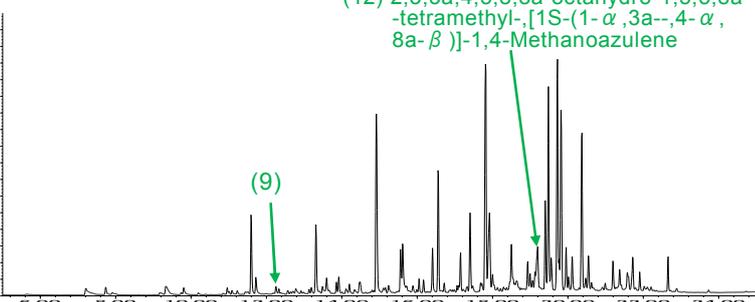
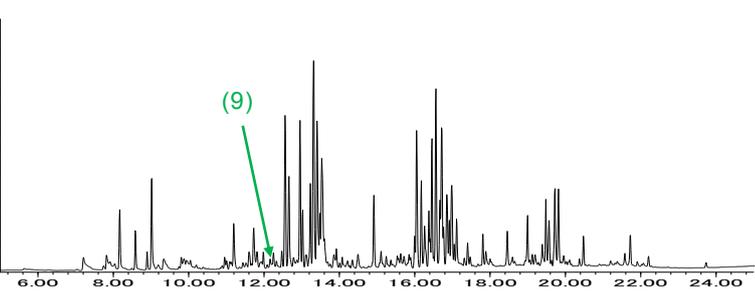
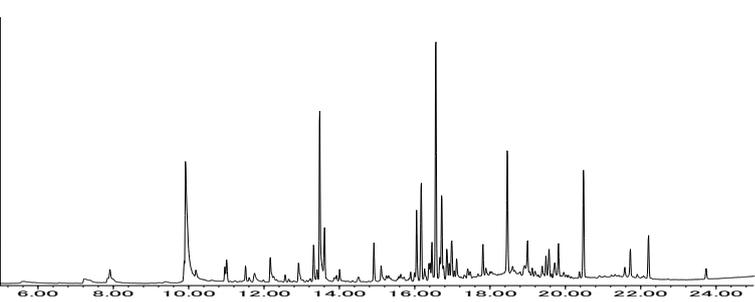
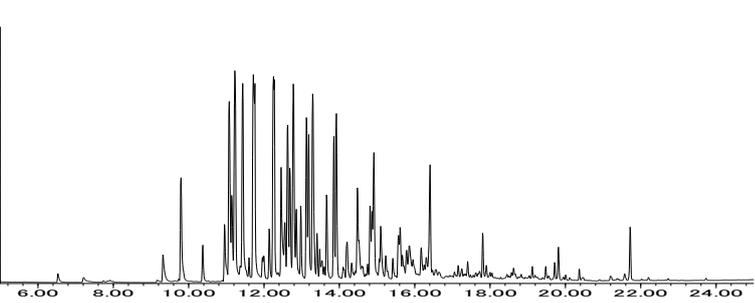
分析対象成分のうちの着臭成分を記載

表 6 つづき

試料	洗剤臭
軍手	 <p>(12) 2,3,3a,4,5,8,8a-octahydro-1,5,5,8a-tetramethyl-[1S-(1-α,3α--4-α,8α-β)]-1,4-Methanoazulene</p> <p>(9) 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-cyclohexene</p>
白米	
大豆	
コーヒー豆	
【比較】 洗剤 2	

分析対象成分のうちの着臭成分を記載

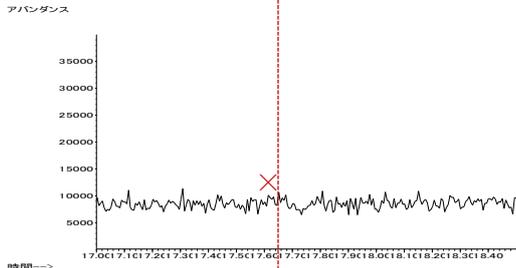
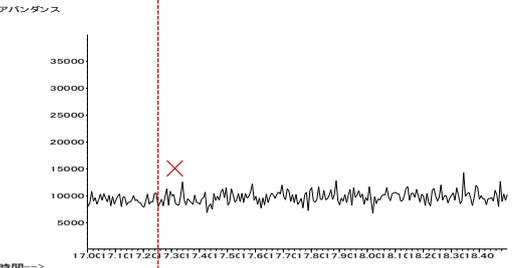
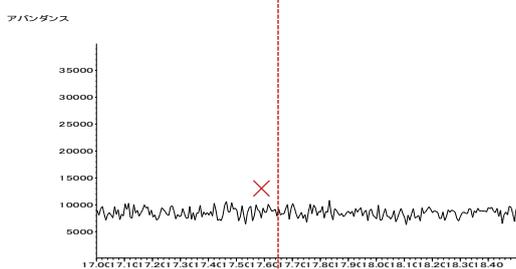
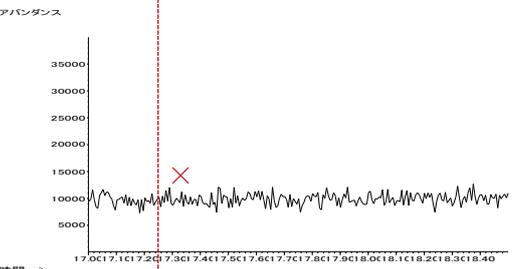
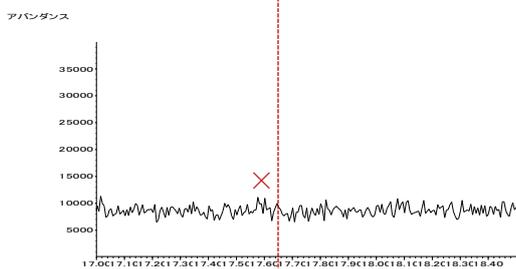
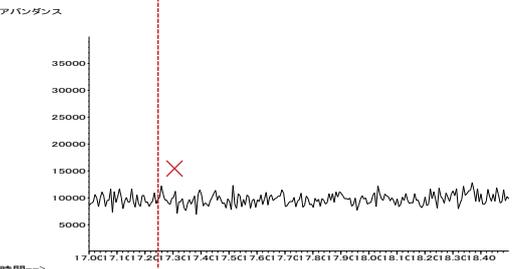
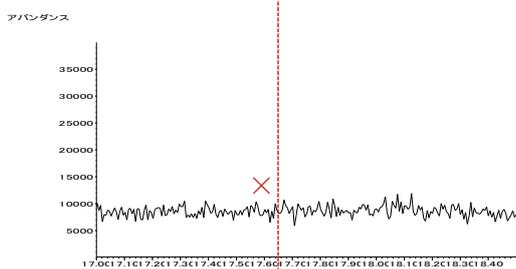
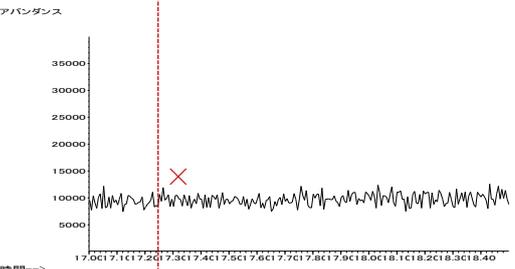
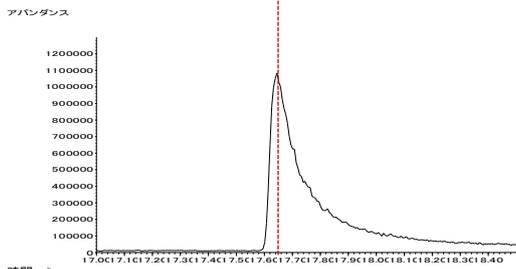
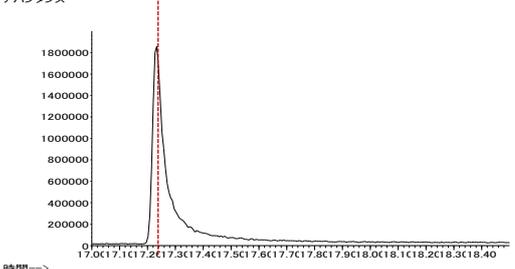
表 6 つづき

試料	洗剤臭
ペットボトル ラベル	 <p>(9) 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-cyclohexene</p> <p>(14) Bicyclo[5.2.0]non-1-ene</p>
ペットボトル キャップ	 <p>(9)</p> <p>(12) 2,3,3a,4,5,8,8a-octahydro-1,5,5,8a-tetramethyl-, [1S-(1-α, 3a-- , 4-α, 8a-β)]-1,4-Methanoazulene</p>
タオル外装	 <p>(9)</p>
タオル	
コンテナ塗料	

分析対象成分のうちの着臭成分を記載

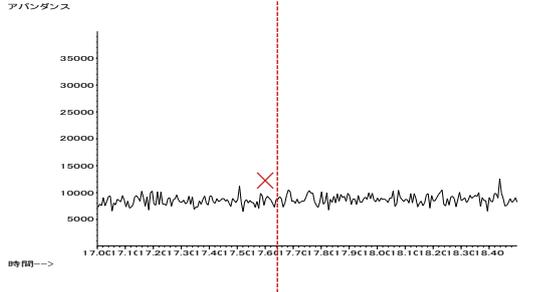
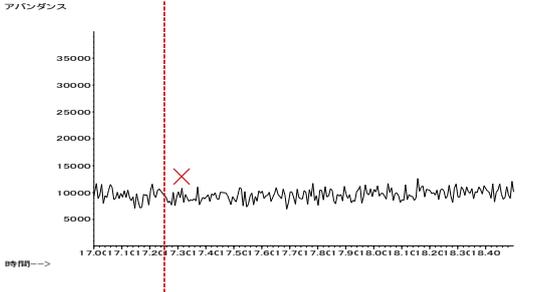
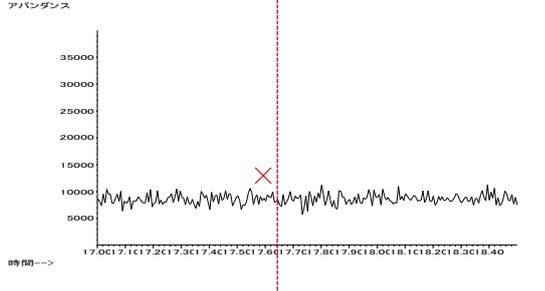
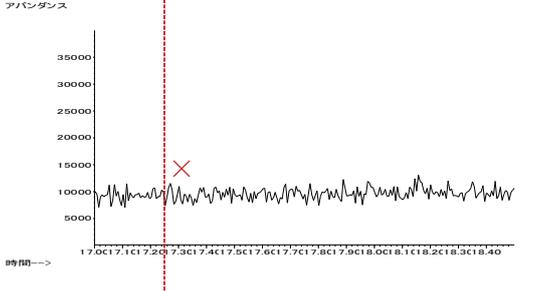
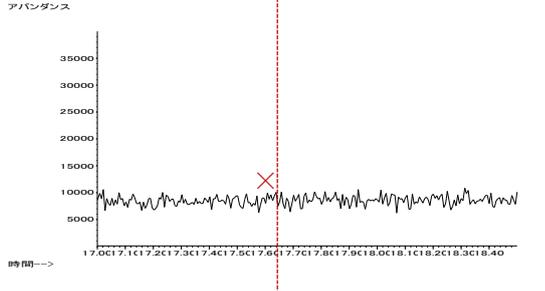
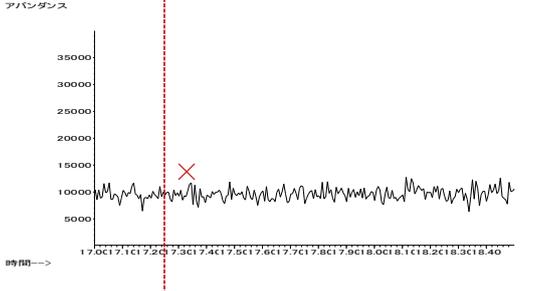
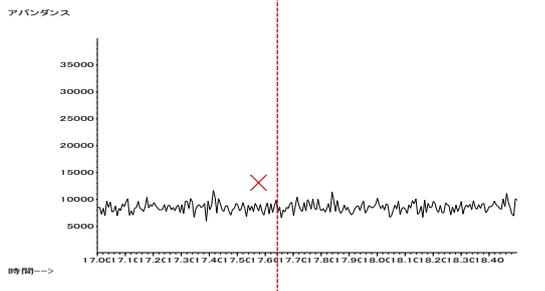
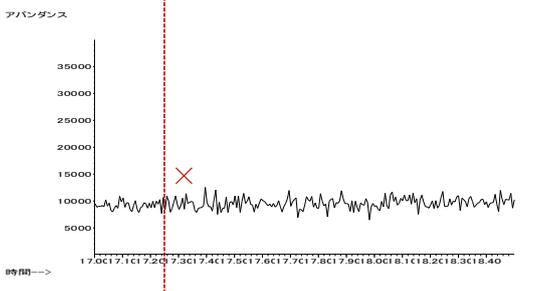
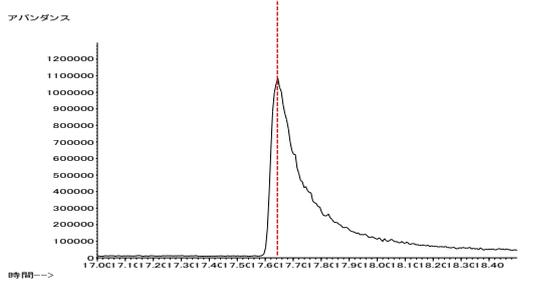
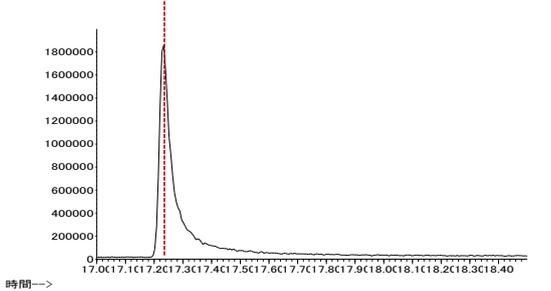
5. 実験 2 のカビ臭のクロマトグラム

表 7 実験 2 のカビ臭のクロマトグラム

試料	トリクロロフェノール	トリクロロアニソール
カートン		
ペーパー タオル		
パレット		
コンテナ 床材		
【比較】 カビ臭		

× : 不検出 (定量下限値未滿)

表7つづき

試料	トリクロロフェノール	トリクロロアニソール
コンテナ 塗料		
大豆		
コーヒー豆		
白米		
【比較】 カビ臭		

× : 不検出 (定量下限値未満)

表7つづき

試料	トリクロロフェノール	トリクロロアニソール
タオル 外装		
タオル		
ペット ボトル ラベル		
ペット ボトル キャップ		
軍手		

× : 不検出 (定量下限値未滿)

6. 着臭物質と貨物素材の分子極性

6-1 貨物素材の分子極性

有機概念図の原理に基づき、貨物素材を構成する分子の極性を算出し、傾き（極性の向き）として図示した。（図 6）

- (1) セルロース・デンプンは糖のポリマーであることから、OH 基を多量に含み、次いで C=O 基およびエーテル基 (R-O-R) などの極性官能基を含んでいる。全体として高極性である。
- (2) リグニンは図 7 に示す通り、巨大な分子であり、極性基も無極性基も多く含まれている。算出結果は全体として中極性である。
- (3) 油脂・プラスチックは概して極性官能基が少なく、全体としては無極性とも言える物質群である。
- (4) 一般論として、上記素材のうち、セルロース等の極性物質は高極性な臭気物質を吸着・分配し易く、極性の低い油脂・プラスチックは無極性物質が着臭し易い傾向にあると考えられる。
- (5) リグニンは極性官能基も無極性官能基も含んでおり、広範囲に着臭物質を多く吸着・分配し得るものと考えられる。実際にリグニンを含む樹木を原料として製造された貨物・梱包材に多種類の物質が吸着・分配していることが実験を通じて確認された。

6-2 着臭物質の分子極性

有機概念図の原理に基づき、着臭物質の有機性と無機性を算出した値を表 8 に、プロットした点を図 6 に示した。

検出した着臭物質には高極性物質から低極性物質に至る広い範囲の物質が含まれている。

6-3 小括

着臭物質と被着臭物質は、相互に分子極性が近いもの同士が吸着・分配し易いことから、そうした組合せになることで着臭現象を引き起こし易くなることが、実施したサンプルの範囲において示された。

表 8 検出した着臭物質の極性

No.	検出物質	無機/有機比
1.	1H-Benzimidazol-2-amine	2.38
2.	2-Furanmethanol	1.69
3.	4-methyl-1,3-Benzenediamine	1.24
4.	5-Ethyl-2-methyl-pyridin-4-amine	1.11
5.	Octa-1,7-diyne-3-ol	0.94
6.	5,10-Dodecadiyn-1-ol	0.69
7.	2-methylene-7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane	0.53
8.	3,7-dimethyl-1,3,7-Octatriene	0.51
9.	3-Pyridylcarbinol-N-oxide	0.44
10.	6-vinylspiro[2.4]hept-4-ene	0.30
11.	1,2-Dimethyl-5-vinylpyrrole	0.12
12.	2,3,3a,4,5,8,8a-octahydro-1,5,5,8a-tetramethyl-,[1S-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.)]-1,4-Methanoazulene	0.11
13.	Bicyclo[5.2.0]non-1-ene	0.06
14.	1-methyl-4-(1-methylethenyl)-cyclohexene	0.03

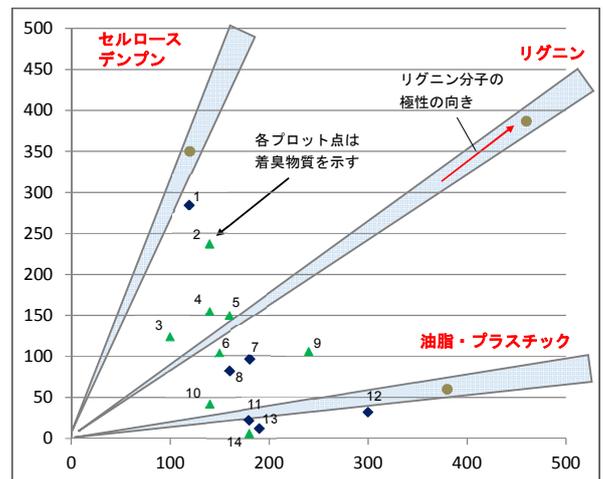


図 6 貨物素材の分子極性
(▲ 実験 1, ◆ 実験 2)

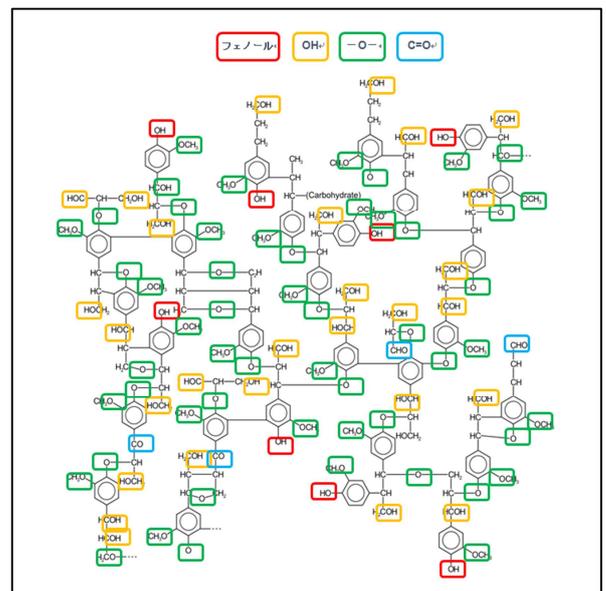


図 7 リグニン分子 Wikipedia と極性官能基