

消防科学研究所報

REPORT OF FIRE SCIENCE LABORATORY



2016 No. 23

SAPPORO FIRE SCIENCE LABORATORY

札幌市消防局消防科学研究所

目 次

【業務実績】

- 札幌市消防局消防科学研究所の業務について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

【研究・開発】

- 発泡樹脂系断熱材の燃焼特性に関する実験について・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
- ガス検知管用感度増幅器の新型試作器について・・・・・・・・・・・・・・・・ 40
- 建物火災時における一酸化炭素発生状況の検証について・・・・・・・・・・・・ 44
- 鑑定依頼物品の採取容器に関する検証について・・・・・・・・・・・・・・・・ 54

【情報提供】

- 消防科学研究所を活用した各署の燃焼実験について（概要）・・・・・・・・ 79
- 白熱灯投光器及び家庭用白熱電球からの出火実験について・・・・・・・・ 80
- ガスクロマトグラフ質量分析装置（GC-MS）簡易マニュアルの作成について 84
- 平成 28 年度における札幌市消防職員提案の実施状況について・・・・・・・・ 88

業務実績

札幌市消防局消防科学研究所の業務について

1 はじめに

札幌市消防局消防科学研究所では、「札幌市消防局消防科学研究所事務処理要綱」に基づき、各種研究業務をはじめ、燃焼実験、成分鑑定、危険物確認試験、災害現場での科学的知識に基づく助言等の業務を実施している。

2 研究業務

数年に渡るテーマや年度ごとに策定したテーマについて、研究を行っている。

3 燃焼実験

火災原因究明のための再現実験や特異な燃焼現象についての実験を行っている。

4 成分鑑定

災害現場や事業所などから収去した不明物質などの成分鑑定を行い、火災原因や事故原因の究明などに役立てている。

5 危険物確認試験

「危険物の規制に関する政令」及び「危険物の試験及び性状に関する省令」で定められている試験方法に従って、物品が消防法に定められている危険物の性状を有しているか否かの確認試験を行っている。

6 現場活動支援

平成18年5月から、緊急車両を配置し、災害現場における危険物質の分析や科学的知識・知見に基づく助言などの支援を行っている。

7 職員提案

「札幌市消防職員の提案に関する要綱」に基づく職員提案について、技術的な支援などを行うとともに、事務局として審査会を開催している。

8 日常生活に潜む危険性の広報

札幌市公式ホームページへの火災再現実験映像等の掲載、報道機関への情報提供等を通じて、日常生活に潜む火災などの危険性や発生メカニズムについて広報している。

9 消防科学に関する情報発信

研究結果について、札幌市公式ホームページへの掲載や消防科学研究所報の発行等を通じ、科学的な知識や知見に関する情報を適宜発信している。

表1 業務実績表（平成28年度）

燃焼 実験等	成分鑑定 ・ 危険物 確認試験	現場 活動支援	職員提案 審査	外部講義 ・ 出前講座	施設 見学等	取材対応 ・ 広報等	消防学校 初任 ・ 専科教育等 講義実験
26	27	1	19	10 (313)	19 (945)	33	15 (607)

※ 単位：件

※ （ ）内は、対象者の人数

表2 主な研究装置・機器一覧表（平成29年3月31日現在）

装置・機器名	数量	装置・機器名	数量
フーリエ変換赤外分光分析装置	1式	発火点測定器	1台
質量分析装置	1式	カールフィッシャー水分測定器	1台
熱画像装置	1台	圧力容器試験装置	1式
熱分析装置	1式	多点式温度測定装置	1式
ガスクロマトグラフ	1式	高温多点風速測定装置	1式
低温実験ユニット	1式	圧力測定器	1式
燃焼試験装置	1式	X線透過装置	1式
落球式打撃感度試験装置	1式	デジタルマイクロスコープ	1式
クリーブランド開放式自動引火点測定器	1台	恒温恒湿ユニット	1式
タグ密閉式自動引火点測定器	1台	風向風速計	2台
セタ密閉式自動引火点測定器	1台	騒音計	2台
B型（ブルックフィールド）粘度計	1台	分光蛍光光度計	1式
燃焼実験ユニット	1式		

表3 研究実績表

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 5 年度	No. 1	燃 焼	耐火煉瓦の遮熱効果と低温加熱着火について	小島 秀吉 工藤 潤二	3
		開 発	高規格救急車（トライハート）における防振ストレッチャー 架台の防振性能評価について	桜井 清明	
		鑑 定	燃焼による灯油成分の変化について	橋上 勉	
平成 6 年度	No. 2	燃 焼	バックドラフトに関する研究（その1）	小島 秀吉	6
			木炭の燃焼に伴う一酸化炭素の発生について	小島 秀吉	
		開 発	高規格救急車（トライハート）における防振ストレッチャー 架台のバネ選定について	桜井 清明 伊藤 潤	
		鑑 定	燃焼面積の違いによる灯油成分の変化について（その1）	橋上 勉	
		情 報	サリン [(CH ₃) ₂ CHO ₂ PFCH ₃] の特性について	橋上 勉	
			火災現場における有毒ガスの発生とその毒性について	桜井 清明	
平成 7 年度	No. 3	燃 焼	バックドラフトに関する研究（その2）	小島 秀吉	5
		開 発	防火衣の保温性能に関する実験結果について	伊藤 潤	
			赤外線カメラの使用時に発生した特異現象について	伊藤 潤	
			低温下における空気呼吸器の特性について	伊藤 潤	
		鑑 定	燃焼面積の違いによる灯油成分の変化について（その2）	橋上 勉	
平成 8 年度	No. 4	燃 焼	バックドラフトに関する研究（その3）	小島 秀吉	9
			タオル・ハンカチの除煙効果に関する実験研究	小島 秀吉	
			粉じん爆発について	小島 秀吉	
		開 発	高規格救急車（トライハート）内における電子サイレン音等 の騒音調査	伊藤 潤	
			アクリル樹脂について	伊藤 潤	
		鑑 定	車両火災における原因考察について	橋上 勉	
		情 報	酸素欠乏について	橋上 勉	
			都市ガス等の性質について	伊藤 潤	
			航空燃料と化学熱傷について	橋上 勉	
平成 9 年度	No. 5	燃 焼	硬質発砲ウレタンとABS樹脂について	上田 孝志	7
			放水音・空気呼吸器警報音・レスクトーン警報音調査	菅原 法之	
			バックドラフトに関する研究（その4）	小島 秀吉	
			噴霧ノズルの角度について	菅原 法之	
			噴霧注水による排煙効果について	小島 秀吉	
		開 発	自動放水停止器具の開発について	橋上 勉	
		鑑 定	過マンガン酸カリウムと酸及びアルコールについて	橋上 勉	

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 10 年度	No. 6	燃 焼	空中消火の延焼阻止効果に関する研究	上田 孝志	8
			バックドラフトに関する研究（その5）	橋本 好弘	
			市民等の消火体験訓練に使用する燃料の見直しについて	橋上 勉	
		開 発	無落雪型木造共同住宅における小屋裏感知器のあり方に関する研究について（その1）	橋本 好弘	
			無落雪型木造共同住宅における小屋裏感知器のあり方に関する研究について（その2）	橋本 好弘	
		鑑 定	灯油とガソリンの混合比の分析について	菅原 法之	
		安 全	静電気に関する調査・研究について	橋上 勉	
情 報	放射性物質等に関する基礎知識	上田 孝志			
平成 11 年度	No. 7	燃 焼	バックドラフトに関する研究（その6）＜総括＞	橋本 好弘	8
			噴霧注水による排煙効果に関する研究	橋本 好弘	
		安 全	静電気に関する調査・研究（その2）－静電気帯電量－	溜 真紀子	
			静電気に関する調査・研究（その3）－静電気除去実験－	溜 真紀子	
			濃煙熱気下における消防隊員の安全管理に関する研究 －温度管理用示温材（サーモラベル）に着目して－	菅原 法之	
		鑑 定	電気配線の過負荷電流について	菅原 法之	
		情 報	有珠山噴火に伴う火山性ガスについて	花崗 一正	
熊撃退スプレーについて－カプサイシンに着目して－	菅原 法之				
平成 12 年度	No. 8	燃 焼	バルコニー付近形状が噴出火炎性状に及ぼす影響	花崗 一正	10
			寒冷地型建物燃焼時の温度分布・ガス濃度の研究 －その1 和室の測定結果－	橋本 好弘	
			寒冷地型建物燃焼時の温度分布・ガス濃度の研究 －その2 洋室の温度、CO ₂ 、CO、O ₂ 結果	橋本 好弘	
			エアゾール缶・カセットボンベなどのについての調査・実験	橋本 好弘	
		開 発	高規格救急車のタイヤチェーン装着時などにおける振動・騒音の調査研究	橋本 好弘	
		鑑 定	災害現場における燃焼生成ガス等の危険性の把握とその対策に関する研究	溜 真紀子	
			空間容積の違いによる一酸化炭素とシアン化水素の致死燃焼量	橋本 好弘	
		安 全	居室内におけるLPG漏洩時の滞留状況及び有効な排出方法に関する研究	菅原 法之	
		情 報	火災原因の各種再現実験及びビデオ化	橋本 好弘	
			トリクロロシランについて	菅原 法之	

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 13 年度	No. 9	燃 焼	爆風から受ける消防被服内部の衝撃及び温度に関する実験的研究	橋本 好弘	10
		開 発	降雪時の消火栓除雪対策用機器(遠赤外線面状発熱体)に関する研究	菅原 法之	
			高規格救急車の振動実験	橋本 好弘	
			危険物施設内における返油システムに関する研究	菅原 法之	
		鑑 定	寒冷地型建物燃焼時における燃焼生成ガス等の測定及び危険性の把握に関する研究	溜 真紀子	
			灯油及び軽油に含有しているガソリンの混合比による比較実験	溜 真紀子	
		安 全	冬道自己転倒の救急出動分析 (その1 全体の傾向)	橋本 好弘	
			冬道自己転倒の救急出動分析 (その2 すすきの地区・気象との関係)	橋本 好弘	
		情 報	米国アラスカ州フェアバンクス周辺での森林火災現地報告	橋本 好弘	
硫化水素について	菅原 法之				
平成 14 年度	No. 10	燃 焼	有風下における建物内部の燃焼状況変化について	橋本 好弘	8
			節水型消火薬剤(界面活性剤)の実験的研究結果	花菌 一正	
			雷による森林の着火機構に関する実験	橋本 好弘	
		開 発	降雪時の消火栓除雪対策用機器(遠赤外線面状発熱体)に関する研究	花菌 一正	
			高規格救急車の振動実験	橋本 好弘	
			危険物施設内における返油システムに関する研究	花菌 一正	
		鑑 定	鎮火後に残存している燃焼生成ガス	川瀬 信	
RDF(ごみ固形燃料)の性状について	川瀬 信				
平成 15 年度	No. 11	燃 焼	危険物貯蔵タンク内を洗浄する鉱物油洗浄剤及び危険物流出時に使用する油処理剤について	澤田 勝美	7
			誤給油による灯油ストーブの異常燃焼実験	澤田 勝美	
		鑑 定	一般住宅等の収容物資材が燃焼する時に発生する粉塵やガスについて	川瀬 信	
			建物火災鎮火後に残存する燃焼生成ガスと粉塵等の測定(中間報告)	川瀬 信	
		情 報	クレゾールの性質について	川瀬 信	
			塩素系洗剤の誤使用等による塩素ガス漏洩事故への対策について	川瀬 信	
			硫酸ピッチと不正軽油について	川瀬 信	

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 16 ・ 17 年 度	No. 12	安 全	消防隊員のC I V D反応と体力指標の関連	橋本 好弘	11
			メンタルヘルス対策に関する実態調査結果	橋本 好弘	
		開 発	スタティックロープ (R. R. R. 資機材) の強度等に関する実験的研究	五十嵐征爾	
		鑑 定	建物火災鎮圧後に残存する燃焼生成ガスと粉塵等の測定 (最終報告)	川瀬 信	
		情 報	ガソリンに対する鉱物油洗浄剤及び油処理剤使用時の危険性	五十嵐征爾	
			消防活動による石綿 (アスベスト) の危険性について	川瀬 信	
			消防職員のストレス傾向	橋本 好弘	
			クロルピクリンとは	橋本 好弘	
			酢酸タリウムの性質及び災害対策等について	五十嵐征爾	
			水酸化ナトリウムの危険性について	川瀬 信	
		喫煙と飲酒が高ストレス反応に及ぼす影響について	橋本 好弘		
平成 18 年 度	No. 13	燃 焼	携帯用カセットガスボンベの破裂実験	中住 斉	9
			予防実務研修会における住宅用スプリンクラー設備の実火災実験	中住 斉 大友 達哉	
		鑑 定	防塵・防毒マスクの一酸化炭素除去性能の確認実験 (中間報告)	伊藤 武	
		情 報	放射性物質ラジウム226について	橋上 勉	
			六価クロムの危険性	伊藤 武	
			アセチレンガスの性質及び災害対策等について	五十嵐征爾	
			ガス漏れ警戒現場における研究所の活動事例	伊藤 武	
			質量分析装置 (自動濃縮装置付ガスクロマトグラフ質量分析装置) の概要	伊藤 武	
		平成 18 年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	五十嵐征爾		
平成 19 年 度	No. 14	燃 焼	クラスA泡消火剤の消火効果の確認実験について	高橋 渉	8
		安 全	有酸素運動・無酸素運動に関する実験	中住 斉	
			筋活動に関する実験	中住 斉	
		鑑 定	防塵・防毒マスクの一酸化炭素除去性能の確認実験 (最終報告)	菅原 法之	
		情 報	炎天下における駐車車両の温度測定について	高橋 渉	
			硫化水素の発生除害について	高橋 渉	
			高層建築物の排水溝等から硫化水素発生について	菅原 法之	
平成 19 年度職員提案制度における優秀及び秀賞受賞作品について	吉永 直樹				

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 20 年度	No. 15	燃 焼	小規模区画内における木材クリブの燃焼実験について	中住 斉	9
		安 全	消防活動における無酸素能力について	中住 斉	
			消防活動時の送風による冷却効果について	中住 斉	
		開 発	硫化水素除害装置の開発について	高橋 渉	
		情 報	硫化水素の発生除害について（その2）	高橋 渉	
			水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）による水素発生について	高橋 渉	
			火災による天井裏設置の灯油用配管からの灯油漏えいについて	菅原 法之	
粉じん爆発について	菅原 法之				
平成 20 年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	吉永 直樹				
平成 21 年度	No. 16	燃 焼	新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性について	中住 斉	11
			新型消火剤（クラスA泡消火剤）の耐凍結性能について	中住 斉	
		開 発	汎用ガス除害装置における粉塵除害性能の確認実験について	高橋 渉	
			火災再現実験セットの開発について	吉永 直樹	
		安 全	マット型油吸着剤の吸着性能等に関する実験	中住 斉 浅野 悟朗	
			現場用手袋の検証実験について	高橋 渉	
			現場手袋素材耐油性確認実験	高橋 渉	
		情 報	一酸化炭素（CO）について	菅原 法之	
			塩素ガスの発生と除害について	高橋 渉	
			ワインセラーからのアンモニアガス漏れについて	高橋 渉	
平成 21 年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	吉永 直樹				
平成 22 年度	No. 17	燃 焼	新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性について（その2）	小島 秀吉	9
			水槽用ヒーターから出火した火災の原因調査と再現実験について	妹尾 博信 吉永 直樹	
		安 全	ブローア送風がドアの開放に及ぼす影響について	永尾 俊英	
			流出油処理剤の性能に関する検証について	菅原 法之	
			火災再現実験セットによる短絡及びトラッキング時の電流測定実験について	吉永 直樹	
		情 報	現場活動支援におけるクレゾール成分の検出について	小島 秀吉	
			メタンガスが発生した現場における活動支援について	小島 秀吉	
家庭に潜む火災危険、意外と多い電気火災	小島 秀吉 合田 仁				
平成 22 年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	吉永 直樹				

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 23 年度	No. 18	燃 焼	新型消火剤（クラスA泡消火剤）の耐凍結性能について （その2）	菅原 法之	9
			新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性について （その3）	宮下 典之 小島 秀吉	
		開 発	既存訓練施設を活用した研究・訓練設備の開発について	宮下 典之 小島 秀吉	
			天ぷら油の過熱発火再現装置の試作検討について	河津 勝	
		安 全	小口径配管を用いた漏れの点検等に関する検証実験	野村 耕一 菅原 法之	
			火災現場における熱傷受傷に関する検証実験について	河津 勝	
		情 報	共同住宅等の灯油供給施設における小口径配管の漏れの点検 に関する評価	野村 耕一 菅原 法之	
			異臭が発生した現場における活動支援について	小島 秀吉	
			平成23年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	河津 勝	
平成 24 年度	No. 19	開 発	既存訓練施設を活用した研究・訓練設備の開発について （その2）	宮下 典之 小島 秀吉	7
			熱傷危険早期感知装置の開発について	河津 勝	
		安 全	塩素系洗剤と食酢による塩素ガスの発生について	河津 勝	
			危険物漏えい防止用粘土の有効性の確認	橘田 宏一	
		鑑 定	火災焼残物中の灯油成分の鑑定手法について	河津 勝	
			クラスA消火剤が灯油の成分鑑定に及ぼす影響について	河津 勝	
		情 報	平成24年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	橘田 宏一	
平成 25 年度	No. 20	開 発	既存訓練施設を活用した泡放射訓練施設の開発及び消泡手 法の検討	伊藤 潤 橋本 慎也	7
			空気呼吸器面体用濃煙疑似シートの開発について	伊藤 潤 後藤 泰宏	
		安 全	はしご車梯体横さんの強度確認について	橋本 慎也	
			クラスA泡消火剤使用時に発生する蒸気等の危険性に係る 検証	橋本 慎也	
		情 報	実火災型訓練施設を用いた実火災型訓練について	宮下 典之	
			研修におけるバックドラフト・フラッシュオーバー現象の 展示手法について	橘田 宏一	
		平成25年度における札幌市消防職員提案審査会の実施状況	橘田 宏一		

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 26 年度	No.21	燃 焼	半焼火災から5日後に出火した事案に係る再現実験について	伊藤 潤 宮下 典之 橋本 慎也 橋田 宏一	11
			グラスウールの熱伝導性に関する実験	橋田 宏一 源 徹	
		開 発	検証現場における灯油成分等の効果的な検出方法について	橋本 慎也	
		安 全	長期保管された除染液の次亜塩素酸ナトリウム濃度について	橋本 慎也	
			車両金属部の腐食に関する研究について	宮下 典之	
		鑑 定	火災原因調査時に使用する検知管の性能比較について	橋本 慎也	
		情 報	実火災型訓練施設の改良について	宮下 典之	
			消火器用自動点灯ライトの開発について	宮下 典之	
			GC及びGC-MSへの高速高分離キャピラリカラムの導入について	橋本 慎也	
			研修におけるバックドラフト・フラッシュオーバー現象の展示について	橋田 宏一	
平成26年度における札幌市消防職員提案審査会の実施状況	橋田 宏一				
平成 27 年度	No.22	燃 焼	圧縮空気発泡装置（CAFS）に関する基礎実験について	橋田 宏一	8
			小屋裏への延焼防止効果に関する実験について	橋田 宏一	
			PPVに関する基礎実験について	橋本 慎也	
			壁体内部の延焼に関する実験について	伊藤 潤 橋田 宏一	
		開 発	静脈路確保用上肢固定器具の開発について	高塚 浩平	
		安 全	防火手袋の熱伝導性等に関する検証について	橋田 宏一 高塚 浩平	
		鑑 定	検証現場における灯油成分等の効果的な検出方法について（その2）	橋本 慎也	
		情 報	平成27年度における札幌市消防職員提案審査会の実施状況	高塚 浩平	
平成 28 年度	No.23	燃 焼	発泡樹脂系断熱材の燃焼特性に関する実験について	高塚 浩平 橋本 慎也	8
		開 発	ガス検知管用感度増幅器の新型試作器について	橋本 慎也	
		安 全	建物火災時における一酸化炭素発生状況の検証について	高塚 浩平 郡司 裕子	
		鑑 定	鑑定依頼物品の採取容器に関する検証について	橋本 慎也	
		情 報	消防科学研究所を活用した各署の燃焼実験について（概要）	高塚 浩平	
			白熱灯投光器及び家庭用白熱電球からの出火実験について	高塚 浩平	
			ガスクロマトグラフ質量分析装置（GC-MS）簡易マニュアルの作成について	的場 敦史	
	平成28年度札幌市消防職員提案の実施状況について	的場 敦史			

研究・開発

発泡樹脂系断熱材の燃焼特性に関する実験について

札幌市消防局消防科学研究所 高塚 浩平
橋本 慎也

1 はじめに

平成 27 年 3 月、北区所在の 3 階建て耐火造建物にて発生した火災で、消防隊の検索活動中に室内で急激な燃焼拡大現象（以下「爆燃現象」と言う。）が起こり、隊員が負傷及び資器材の一部が焼損する事案が発生した。建物の壁内には、断熱材としてポリスチレンフォームが使用されていた。爆燃現象の原因は不明であるが、様々な要因の一つとして壁内の断熱材による延焼や煙の影響を想定し、縮小模型を用いた断熱材の燃焼実験を実施した。

また、現在の建築物に使用されている断熱材について基本的な性質や燃焼性等について理解を深め、警防活動上の参考とするため基本的な燃焼実験を実施したので、以下にその内容を示す。

2 一般住宅に使用される断熱材について

現在、一般的に使用されている断熱材の種類は大きく分けて鉱物繊維系（グラスウール、ロックウール）、木質繊維系（セルロースファイバーなど）、発泡樹脂系（硬質ウレタン、ポリスチレン、フェノールフォームなど）がある。

特に、発泡樹脂系断熱材であるポリスチレンや硬質ウレタンは、断熱性をはじめ施工性や経済性など優れた特性を持っているため、現在の建築には欠かせない材料として広く普及しているが、一方で燃焼しやすい特性をもっているため、火災時には燃焼を促進させる可能性が考えられる。

各断熱材の用途及び物性を、表 1～表 2 に示す。

表 1 実験で使用した断熱材の用途

グラスウール	ガラスを熔融し、製造した繊維をバインダ（接着剤）を用いて成形したものである。住宅用の断熱材をはじめとして、ビル建築などにおける空調ダクト、給排水管の保温・保冷材、音楽ホール、体育館、スタジオ等の吸音材など幅広い用途で使われている。
ポリスチレン	スチレンの重合体で、すぐれた成形性とその製品の透明性が良好な熱可塑性樹脂である。ポリスチレンは、プラスチックの中でも燃えやすい方であるが、その欠点である機械的性質を補うためにゴム成分を添加した場合はさらに、燃えやすくなる傾向がある。別名スチロール樹脂ともいい、用途例としては、断熱用発泡板、看板、照明部材、家具部品、事務用品などがある ¹⁾ 。
ポリウレタン	分子の主鎖中にウレタン結合（-NHCOO-）をもつ易燃性の高分子をいう。その性質は広範囲にわたり、しかも原料の比率や性質によって熱可塑性にも熱硬化性にもできるのでその応用範囲はきわめて広く、硬質ウレタンの用途例としては、断熱材（船舶、建築物、ダクトなど）、防音材などがある ¹⁾ 。

表 2 主な断熱材の物性一覧¹⁾

種類	熱伝導率	引火点	発火点	軟化点	融点	燃焼性	価格比率	物性
グラスウール	0.038	—	—	—	500	難	1.0	
ロックウール	0.038	—	—	—	700	難	1.0	
セルローズ ファイバー	0.040	—	—	—	—	難	4.0	
ポリスチレン	0.028	370	495	—	230	易	2.0	熱可塑性
硬質ウレタン	0.024	310	415	121	183	易	3.0	熱硬化性
フェノール 樹脂	0.020	520~540	571~580	—	—	難	3.0	熱硬化性

3 実験概要

(1) 開放状態の空間における発泡樹脂系断熱材の燃焼性について

開放状態の空間に各種断熱材を設置し、定量熱源を使用した各種断熱材の延焼状況、有炎燃焼時間、炭化範囲などについて検証した。

(2) 壁体内を想定した環境における発泡樹脂系断熱材の燃焼性について

縮小した壁体模型を作製し、通気層有りと無しでそれぞれ燃焼させた場合の延焼状況、有炎燃焼時間、炭化範囲などについて検証した。

(3) 縮小住宅模型を利用した壁体内の延焼状況について

2階建て一般住宅を想定した簡易的な縮小模型を作製し、当該模型の1階部分を火点室とし、壁体及び天井裏への各種断熱材の延焼状況、時間経過による壁体内の温度変化、温度分布状況等について検証した。

4 実験日時等

平成 29 年 2 月 21 日（火）～平成 29 年 3 月 10 日（金）

札幌市消防局消防科学研究所 燃焼実験室内

5 実験

(1) 開放状態における発泡樹脂系断熱材の燃焼性について

ア 実験方法

各種断熱材（縦 400mm×横 300mm×厚さ 50mm）をケイ酸カルシウムボード（厚さ 12mm）の上に垂直に設置し、断熱材下部を着火ライター（写真 1）及びガストーチバーナー（写真 2）で加熱した時の燃焼状況を観察した。

使用した断熱材及び実験環境を表 3 に、実験設定を図 1 及び写真 3 に示す。



写真1 着火ライター



写真2 ガストーチバーナー



写真3 実験設定状況

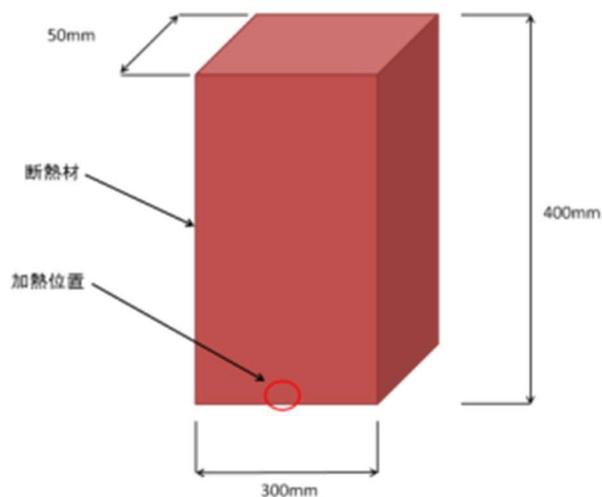


図1 断熱材概要図

表3 使用断熱材及び実験環境一覧

使用断熱材	実験温度(°C)	実験湿度(RH%)
ポリスチレンフォームボード (10mm)	16.7	43
硬質ウレタンフォームボード (10mm)	15.2	38

イ 実験結果

各断熱材の燃焼状況を表4に示す。(写真左側からポリスチレンフォームボード、硬質ウレタンフォームボード(以下、それぞれ「ポリスチレン、硬質ウレタン」という。))。着火ライターにより3秒接炎した場合、各断熱材とも炎を離すと同時に消火したことから、着火はしなかった。

着火ライターにより10秒間接炎した場合、ポリスチレンは約2秒間、硬質ウレタンは約20秒継続燃焼した。

ガストーチバーナーにより3秒接炎した場合、ポリスチレンは接炎した下部が液体化し床に落下し燃焼した。なお、床に落下したポリスチレンは約56秒間継続燃焼した。

硬質ウレタンは約23秒後に自己消火し、燃焼範囲は下部のみであった。

ガストーチバーナーにより 10 秒間接炎した場合、ポリスチレンは接炎した下部が液体化し床に落下し燃焼した。床からの炎によりポリスチレンは徐々に溶融していき、黒い煤を発生しながら約 24 分 15 秒後まで継続燃焼した。硬質ウレタンは、接炎した後も約 3 秒間激しく燃焼したが、その後炎は縮小し、約 34 秒間継続燃焼後、自己消火した。なお、燃焼範囲は全体の 4 分の 1 程度であった。

表 4 実験開始から終了までの燃焼状況（着火ライター、接炎 3 秒間）

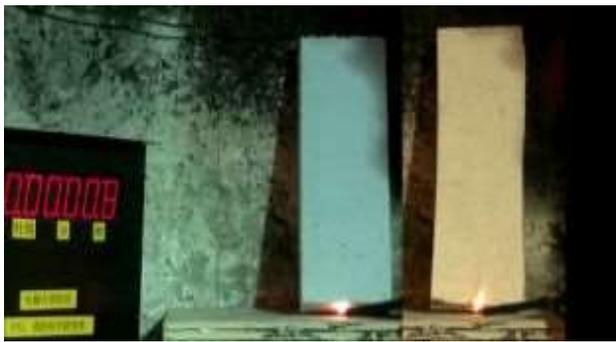
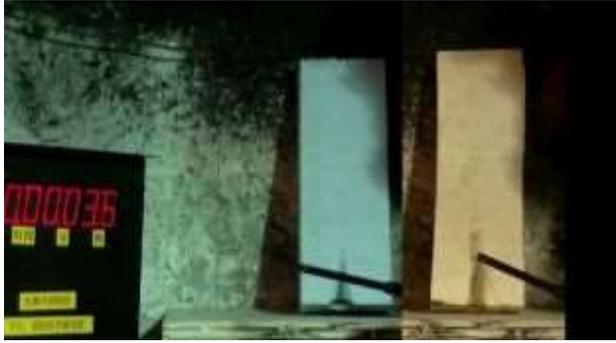
<p>実験開始直後（写真 4）</p> 	<p>各断熱材を着火ライターにより 3 秒間加熱し、自己燃焼性を観測した。</p>
<p>3.6 秒後（写真 5）</p> 	<p>加熱を停止すると同時に炎が消えるのを確認した。</p>

表5 実験開始から終了までの燃焼状況（着火ライター、接炎10秒間）

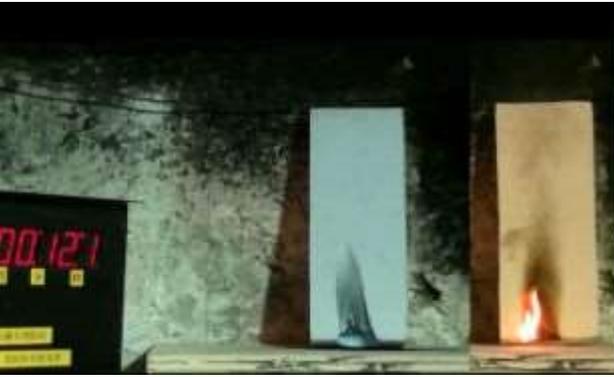
<p>実験開始直後（写真6）</p> 	<p>各断熱材を着火ライターにより 10 秒間加熱し、自己燃焼性を観測した。</p>
<p>10 秒後（写真7）</p> 	<p>加熱停止直後も断熱材が燃焼しているのを確認した。</p>
<p>12 秒後（写真8）</p> 	<p>ポリスチレンは 12 秒後に自己消火したが、硬質ウレタンは継続して燃焼しているのを確認した。</p>
<p>30 秒後（写真9）</p> 	<p>硬質ウレタンが自己消火したのを確認した。</p>

表 6 実験開始から終了までの燃焼状況（ガストーチバーナー、接炎 3 秒間）

<p>実験開始直後（写真 10）</p> 	<p>各断熱材をガストーチバーナーにより 3 秒間加熱し、自己燃焼性を観測した。</p>
<p>4.4 秒後（写真 11）</p> 	<p>各断熱材が継続して燃焼しているのを確認した。</p>
<p>23 秒後（写真 12）</p> 	<p>硬質ウレタンは 23 秒後に自己消火したが、液体となったポリスチレンは床に落下し、継続して燃焼しているのを確認した。</p>
<p>58.6 秒後（写真 13）</p> 	<p>ポリスチレンが自己消火したのを確認した。</p>

表7 実験開始から終了までの燃焼状況（ガストーチバーナー、接炎10秒間）

<p>実験開始直後（写真14）</p> 	<p>各断熱材をガストーチバーナーにより10秒間加熱し、自己燃焼性を確認した。</p>
<p>10.7秒後（写真15）</p> 	<p>各断熱材が継続して燃焼しているのを確認した。</p>
<p>43.5秒後（写真16）</p> 	<p>硬質ウレタンに着火した炎は徐々に小さくなり、43.5秒、自己消火した。</p>
<p>1分32秒後（写真17）</p> 	<p>溶融したポリスチレンが床に溜まり、継続燃焼しているのを確認した。</p>

24分24秒後（写真18）	ポリスチレンに着火していた炎が完全に消火したのを確認した。
	

表8 各断熱材の燃焼時間

	着火ライター		ガストーチバーナー	
	3秒	10秒	3秒	10秒
ポリスチレン	着火なし	12.1秒	58.6秒	24分25秒
硬質ウレタン	着火なし	30.0秒	23.0秒	43.5秒

(2) 壁体内を想定した環境における発泡樹脂系断熱材の燃焼性について

ア 実験方法

(ア) 通気層無し（前面開放）

各種断熱材（厚さ 10mm）を木枠（10mm×10mm）の間に挟み、各試験体を作製した。試験体の裏面をケイ酸カルシウムボード（厚さ 10mm）で固定した。また、試験体下方にイソプロピルアルコール（5ml）を入れた亜鉛メッキ製枠を設置し、試験体を加熱したときの燃焼状況を観測した。

使用した断熱材及び実験環境を表9に示す。

また、試験体の概要を図2～図4、実験概要を写真19～写真20に示す。

表9 使用断熱材及び実験環境一覧

使用断熱材	試験体	実験温度(°C)	実験湿度(RH%)
グラスウール (16kg/m ³)	①	14.3	35
ポリスチレンフォームボード (10mm)	②	18.5	47
硬質ウレタンフォームボード (10mm)	③	15.7	32

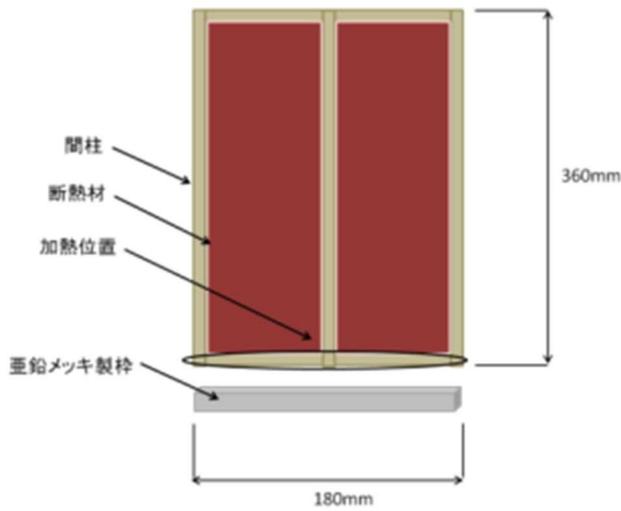


図2 試験体概要図

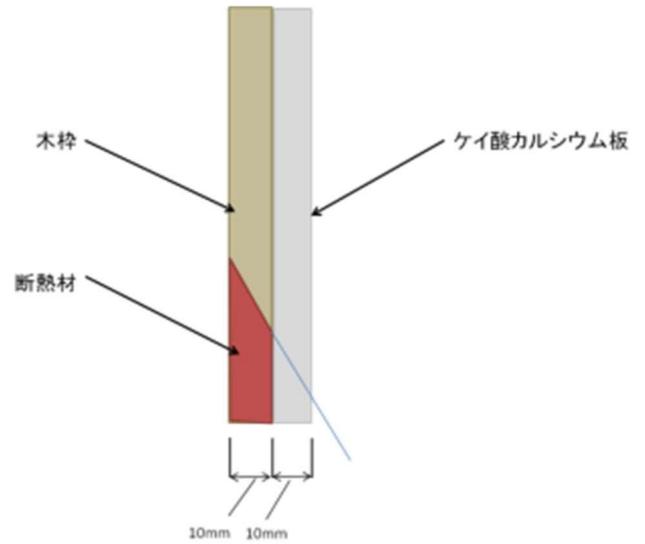


図3 試験体側面図

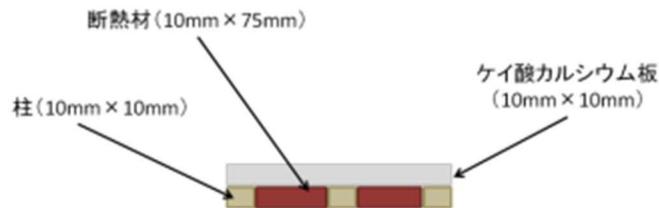


図4 試験体上面図



写真19 実験設定状況



写真20 実験設定状況 (ポリスチレン)

(イ) 通気層有り (前面耐熱ガラス)

各種断熱材 (厚さ 10mm) を木枠 (10mm×10mm) の間に挟み込んだ試験体を作製し、試験体と鉄製板 (厚さ 1.5mm) の間にケイ酸カルシウム板 (厚さ 10mm) を挟み、通気層 (10mm) を設けた。さらに、試験体前面を耐熱ガラス (ファイアライトネオ 5mm) で塞いだ。

また、試験体下方にイソプロピルアルコール (5ml) を入れた亜鉛メッキ製枠を設置し、

加熱したときの燃焼状況を観測した。

使用した断熱材及び実験環境を表 10 に示す。

また、試験体概要を図 5～図 7、実験概要を写真 21～写真 22 に示す。

表 10 使用断熱材及び実験環境一覧

使用断熱材	試験体	実験温度(°C)	実験湿度(RH%)
ポリスチレンフォームボード (10mm)	①	18.8	40
硬質ウレタンフォームボード (10mm)	②	20.4	45
グラスウール (16kg/m ³)	③	18.0	42

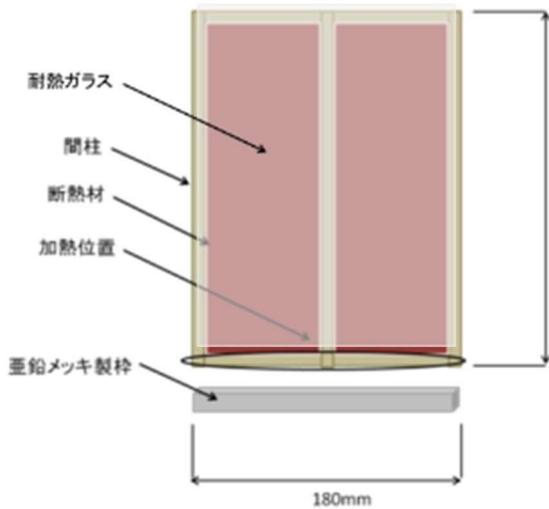


図 5 試験体概要図

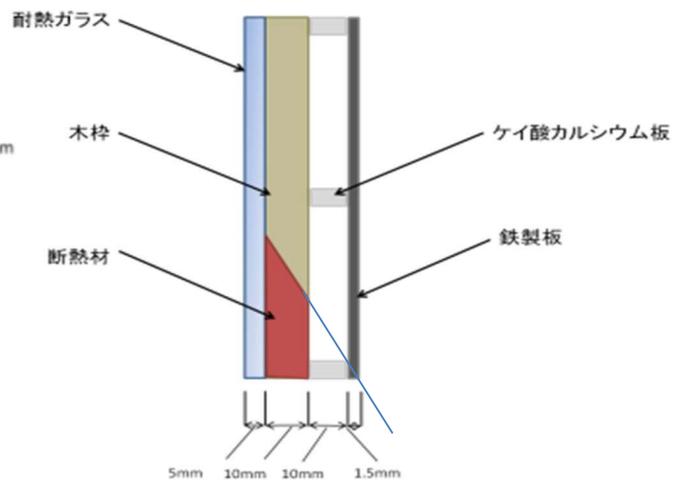


図 6 試験体側面図

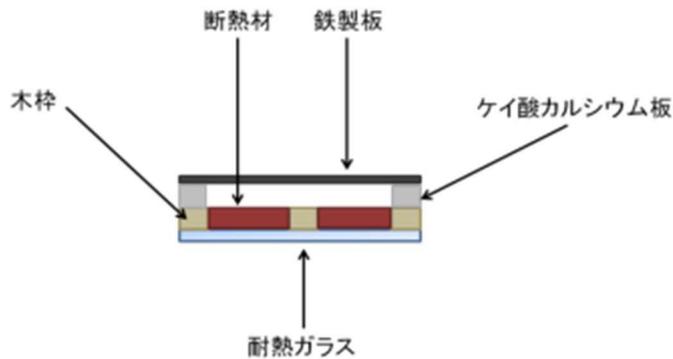


図 7 試験体上面図

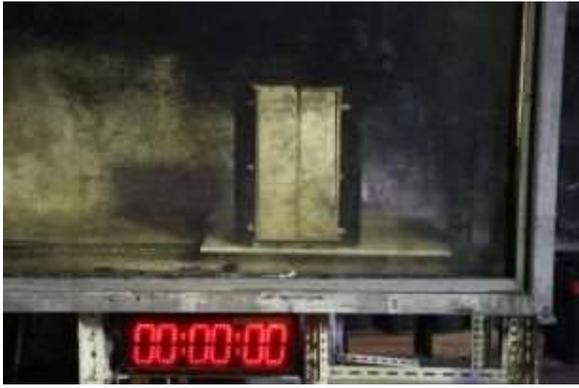


写真 21 実験設定状況



写真 22 実験設定状況 (硬質ウレタンフォーム)

イ 実験結果

(ア) 通気層無し (前面開放)

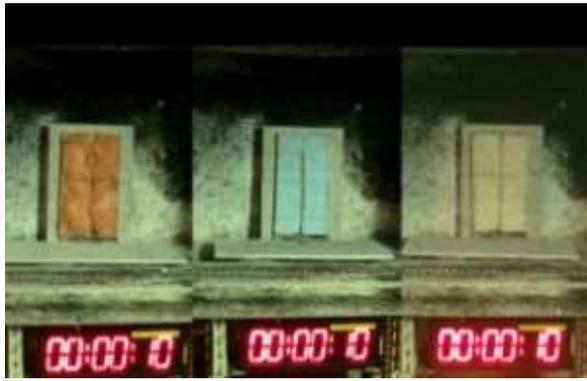
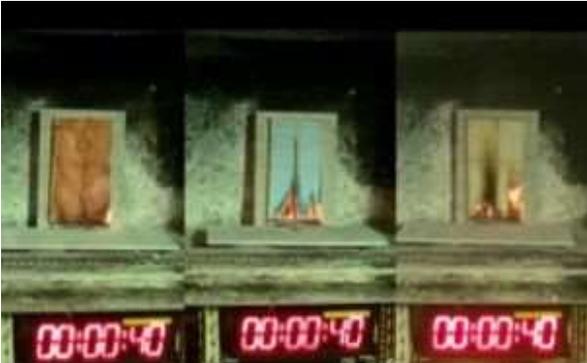
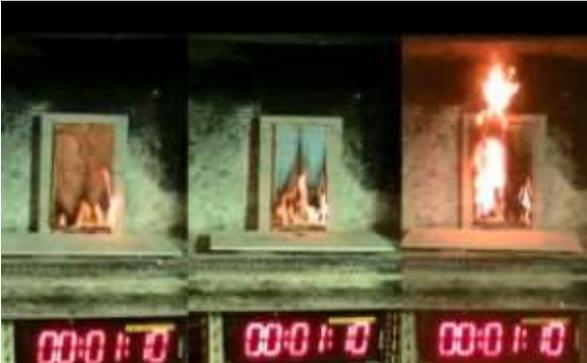
各断熱材の延焼状況を表 11 に示す (写真の左側からグラスウール、ポリスチレン、硬質ウレタン)。

試験体① (グラスウール) は、接炎後約 40 秒で柱に着火したのを確認した。アルコールの炎が拡大するとともに試験体下部のグラスウール黒く炭化したが、アルコールの炎が消えた後は柱の下部数カ所が小さく燃焼するのみであり、試験体①は約 5 分後に完全に鎮火した。

試験体② (ポリスチレン) は、アルコールの炎によりポリスチレンが溶融し、アルコールの炎が消えた後も、溶融したポリスチレンからの燃焼により試験体上部を超える高さまで炎が拡大した。約 2 分後には全てのポリスチレンが溶融し、柱全体が激しく燃焼している状態となった。約 5 分後、柱はほぼ全て炭化したが、壁に付着したポリスチレンが継続燃焼しているのを確認した。最終的に試験体②は 7 分 55 秒後に鎮火した。

試験体③ (硬質ウレタン) は、接炎後約 20 秒で硬質ウレタンに着火したのを確認した。その後、黒煙を発生しながら燃焼は拡大していき、炎は約 1 分 10 秒後に試験体上部まで到達し、激しく燃焼した。1 分 35 秒後には、右上部の硬質ウレタン以外は全て炭化し、炎は沈静化した。アルコールの炎が消えた後は柱が一部燃焼するのみとなり、最終的に約 7 分後に鎮火した。

表 11 実験開始から終了までの燃焼状況

<p>実験開始直後 (写真 23)</p> 	<p>亜鉛メッキ製枠に入れたアルコール (5ml) により、各試験体下部を加熱し、その燃焼性を観察した。</p>
<p>20 秒後 (写真 24)</p> 	<p>試験体②、③に着火した。</p>
<p>40 秒後 (写真 25)</p> 	<p>試験体①に着火した。</p>
<p>1 分 10 秒後 (写真 26)</p> 	<p>試験体③は激しく燃焼し、炎が試験体を超える高さまで上昇した。</p>

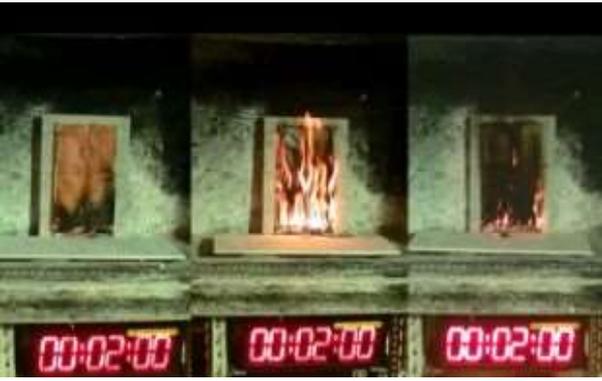
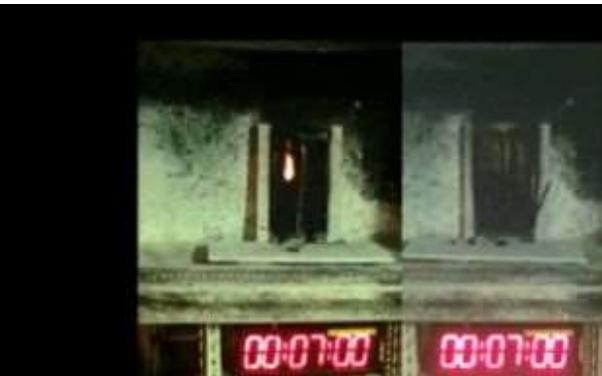
<p>2分後 (写真 27)</p> 	<p>試験体①のグラスウールは、アルコールの燃焼が終わると共に自己消火し、木枠に若干の炎が延焼しているのみとなった。</p> <p>試験体②は、ポリスチレンが溶融しながら試験体上部まで炎が達した。</p> <p>試験体③の硬質ウレタンは、激しく燃焼したのち全体が炭化した。</p>
<p>5分後 (写真 28)</p> 	<p>試験体①が完全に鎮火した。</p>
<p>7分後 (写真 29)</p> 	<p>試験体③が完全に鎮火した。また、試験体②の溶融したポリスチレンが壁に付着し、継続燃焼しているのを確認した。</p>
<p>7分55秒後 (写真 30)</p> 	<p>試験体②が完全に鎮火した。</p>

表 12 消炎後の各種断熱材の焼損状況等

試験体	炎が試験体上部に到達するまでの時間	燃焼継続時間	燃焼状況 (写真 31～写真 33)
①グラスウール	未到達	5分00秒	
②ポリスチレン	2分00秒	7分55秒	
③硬質ウレタン	1分10秒	7分00秒	

(イ) 通気層有り (前面耐熱ガラス)

各断熱材の延焼状況を表 12 に示す (写真左側からグラスウール、ポリスチレン、硬質ウレタン)。

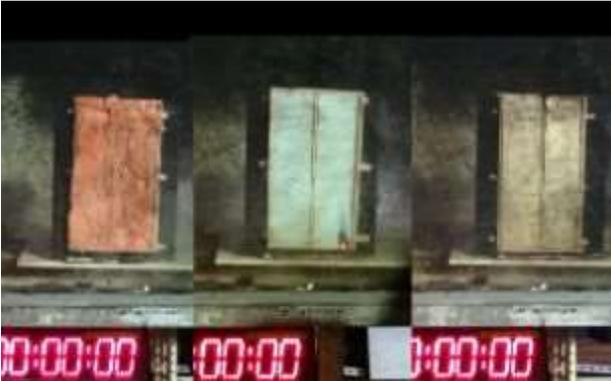
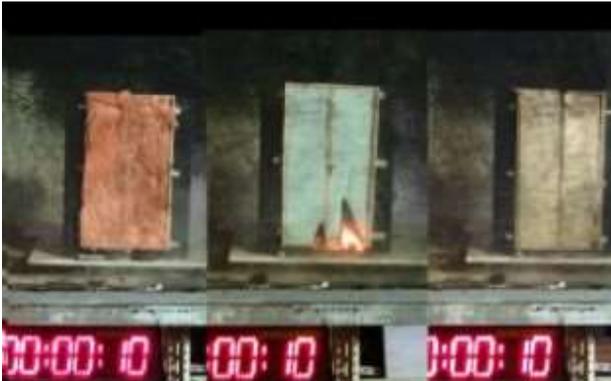
試験体① (グラスウール) は、接炎後も燃焼等の変化はほぼ確認できず、アルコールの炎が消えると同時に鎮火した (3分11秒後)。燃焼状況は、試験体下部の柱が炭化したのみであった。

試験体② (ポリスチレン) は、接炎後すぐにポリスチレンが溶融し、30秒後には炎が一時的に試験体上部まで達した。1分45秒後にはほぼ全てのポリスチレンが溶融し、2分17秒後には炎が真ん中の柱を伝播し試験体の上部まで達した。アルコールの炎が消えた後は、試験体左下部分において溶融したポリスチレンが継続燃焼し、6分40秒後に鎮火した。

試験体③ (硬質ウレタン) は、約30秒経過後、硬質ウレタンが白煙を出しながら燃焼し

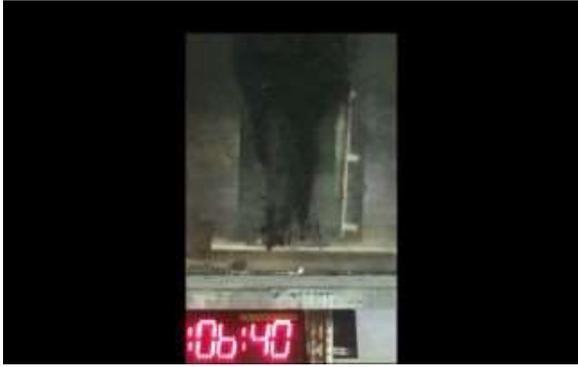
始めたが、開放状態の時と比較すると急激な延焼は認められなかった。アルコールの炎が消えた後は、試験体右側の柱及び通気層側の硬質ウレタンの継続燃焼が認められたが、燃焼初期と同様に急激な延焼は認められなかった。

表 13 実験開始から終了までの燃焼状況

<p>実験開始直後 (写真 34)</p> 	<p>亜鉛メッキ製枠に入れたアルコール (5ml) により、各試験体下部を加熱し、その燃焼性を観察した。</p>
<p>10 秒後 (写真 35)</p> 	<p>試験体②のポリスチレンが炎により熔融した。</p>
<p>30 秒後 (写真 36)</p> 	<p>試験体②は炎が拡大し、試験体上部まで炎が達した。また、試験体③の硬質ウレタンから白煙から上昇し始めた。</p>

<p>1分10秒後 (写真 37)</p> 	<p>試験体①に燃焼等の変化は確認できない。</p>
<p>2分17秒後 (写真 38)</p> 	<p>試験体②は、炎が真ん中の間柱を伝播し上部まで延焼した。 試験体③は、白煙を上げながら炭化が進行しているが、開放状態の場合と比較すると急激な延焼は確認できない。</p>
<p>3分11秒後 (写真 39)</p> 	<p>亜鉛メッキ製枠に入れたアルコールの炎が消えた。 試験体①は、下部の柱が炭化したのみであり、クラスウールへの延焼は認められなかった。 試験体②、③共に柱へ延焼した。</p>
<p>6分30秒後 (写真 40)</p> 	<p>試験体③は、柱及び通気層側の硬質ウレタンの燃焼が認められたが、急激な燃焼現象は確認できなかった。</p>

6分40秒後（写真41）



試験体②は、早期の炎の拡大と共にポリスチレンが溶融し、柱への延焼が認められた。

表 14 消炎後の各種断熱材の焼損状況等

試験体	炎が試験体上部に到達するまでの時間	燃焼継続時間	燃焼状況（写真42～写真44）
①グラスウール	未到達	3分11秒 (アルコール消火時間)	
②ポリスチレンフォーム	2分17秒	6分40秒	
③硬質ウレタンフォーム	未到達	6分30秒	

(3) 縮小模型を利用した壁体内の延焼状況について

ア 実験装置等概要

本実験に用いた模型について、図 8～図 9 及び写真 45～写真 55 に示す。

作製にあたり、柱等骨組みは鉄製アングル（厚さ 2mm）、外壁及び屋根は亜鉛メッキ鋼板（厚さ 0.27mm）、内壁にスレート板（厚さ 4mm）を用いた。

外壁と断熱材の間及び天井裏に通気層を設定した。

1 階及び 2 階左側面に通気口、右側面に開口部を設定した。

外壁と内壁の間に、インシュレーションボード（厚さ 10mm）とポリスチレン（厚さ 10mm）を交互に設置し、外壁側に通気層（10mm）を設けた。

1 階及び 2 階室内の内壁全体に PPC 用紙（パルプ 100%）を貼り付けた。

模型前面からの延焼防止のため、模型前面に、ケイ酸カルシウムボードを取り付けた亜鉛メッキ鋼板（厚さ 0.27mm）を設置した。

各部分の隙間はシリコン製充填剤により塞いだ。

イ 実験設定及び実験方法

住宅の可燃物を想定し、模型の 1 階及び 2 階室内に木片及び布等を設置した。

着火源として、1 階左側面通気口の直下部分にアルコール 20ml を入れた陶器（直径 50mm、深さ 30mm）を設置した。

温度測定のため、K 型熱電対温度計を表 16 のとおり設置し、温度データの記録にはデータロガー（グラフテック社製 GL800）を用いた。

模型の左壁内及び後壁内の温度分布状況の測定を行うため、模型左後方の位置に熱画像装置を設置した（表示される画像は模型左側及び後側）。

1 階室内に設置したアルコールへ着火ライターにより着火し、延焼状況を確認した。

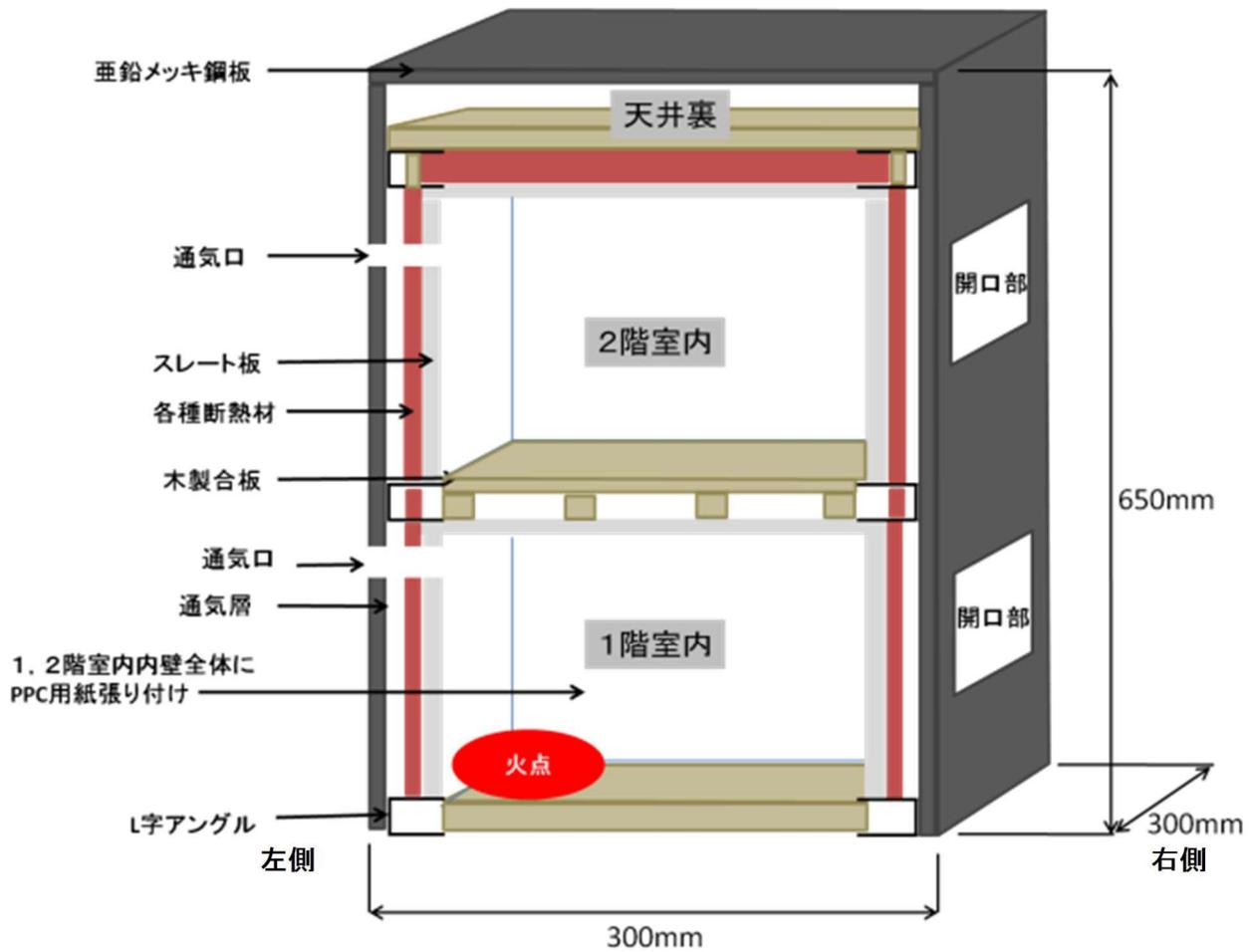


図 8 縮小模型概要

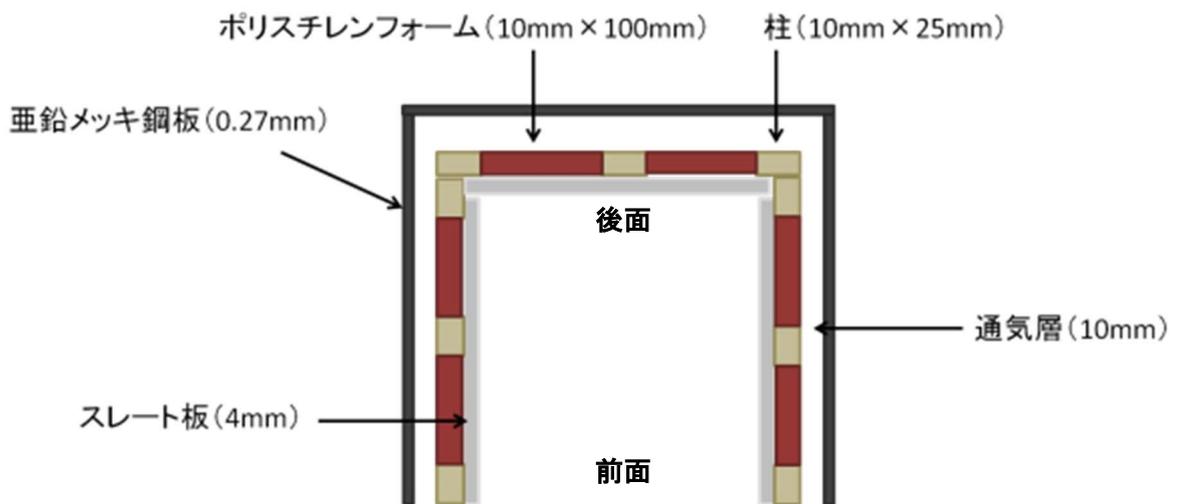


図 9 縮小模型 1 階上面図 (断面)

表 15 使用断熱材及び実験環境一覧

使用断熱材	実験温度(°C)	実験湿度(RH%)
ポリスチレン (10mm)	15.8	41

表 16 K型熱電対温度計設置場所

熱電対のチャンネル	熱電対設定位置
1CH	1階居室
2CH	1階天井裏
3CH	2階居室上部
4CH	2階居室中部
5CH	2階居室下部
6CH	2階天井裏
7CH	1階左壁内
8CH	2階左壁内
9CH	1階後壁内
10CH	2階後壁内
11CH	1階右壁内
12CH	2階右壁内



写真 45 データロガー (GL800)



写真 46 熱画像装置



写真 47 縮小模型 (前面無し)



写真 48 縮小模型 (家具設置状況)



写真 49 縮小模型（前面有り）



写真 50 1階換気口



写真 51 1階開口部



写真 52 2階通気口



写真 53 1階及び2階開口部（模型右側）



写真 54 天井裏



写真 55 アルコール設定状況

ウ 実験結果

実験開始から終了までの燃焼状況を表 17 に、各部分の温度変化を図 10～図 13 に示す。

アルコールへの着火後、1 階室内の壁紙へ延焼しはじめ、1 分 45 秒後には 2 階室内から薄い白煙が認められた。

4 分 25 頃から 1 階左側換気口周辺の温度上昇が認められた。以降、1 階左壁内の温度上昇範囲が拡大していることから、左壁内部は延焼していると推測され、約 12 分後には熱画像カメラにより 1 階左壁内及び後壁内全体への延焼が認められた。

14 分 30 秒以降、2 階床下から断続的に火炎の噴出が認められた。また、2 階前面上部から大量の白煙の上昇が認められた。

15 分 20 秒後、2 階室内右上部分からブラッシュオーバーが発生し、2 階室内全体への延焼拡大が認められたが、現時点で 2 階左壁及び後壁内部への延焼は確認できなかった。

ブラッシュオーバー後、1 階壁内から 2 階壁内へ徐々に延焼が進行しているのが確認できるが、2 階左側通気口からの延焼は確認できなかった。

20 分 50 秒以降、2 階右壁内及び 2 階開口部から天井まで炎が噴出しているのが認められ、24 分後に、天井裏からブラッシュオーバーのように炎が拡大した。

27 分後、2 階左壁及び後壁内部全体への延焼が認められた。

32 分後、2 階室内及び天井裏からの火炎の噴出は認められなくなった。また、火勢は収まり、壁内全体の温度が時間経過とともに低下していくのが認められた。

表 17 実験開始から終了までの燃焼状況

<p>実験開始直後～1 分 45 秒 (写真 56)</p> 	<p>1 階左壁、天井の壁紙に延焼しはじめるが、その他急激な温度上昇等は認められない。また、1 階左壁内への延焼も認められない。</p>
<p>1 分 45 秒～ (写真 57)</p> 	<p>階室内から薄い白煙が認められた。</p>

4分～（写真58）



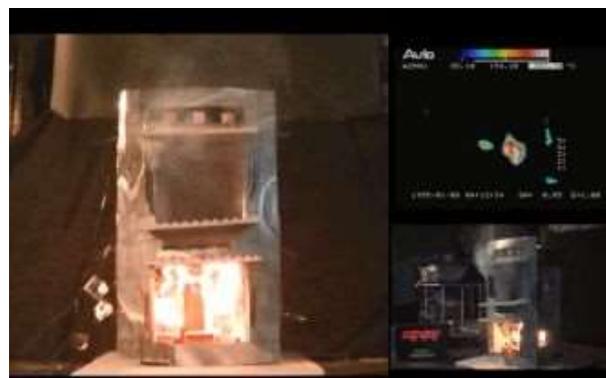
1階右壁紙へ延焼しはじめる。

4分25秒～（写真59）



1階左側面の通気口から壁内へ延焼しはじめる。

5分～（写真60）



1階後壁内上部から温度の上昇が認められる。

5分30秒～（写真61）



1階左壁内の延焼が拡大し、1階軒先から火炎の噴出が認められる。

<p>9分～（写真 62）</p> 	<p>1階開口部から右壁内への延焼が認められる。</p>
<p>12分～（写真 63）</p> 	<p>1階左壁及び後壁全体へ延焼拡大が認められる。</p>
<p>14分30秒～（写真 64）</p> 	<p>2階床下から断続的に火炎の噴出が認められる。また、2階前面上部から大量の白煙の上昇が認められる。</p>
<p>15分20秒～（写真 65）</p> 	<p>2階室内右上部分からブラッシュオーバーが発生し、2階室内全体への延焼拡大が認められる。 なお、現時点で2階左壁及び後壁内部への延焼は認められない。</p>

<p>16分40秒～（写真66）</p> 	<p>2階右開口部から断続的に火炎の噴出が認められる。</p>
<p>20分40秒～（写真67）</p> 	<p>2階左壁内部が高温となっているのが認められる（断熱材部分が特に高温となっていることが熱画像カメラより確認できる）。</p>
<p>20分50秒～（写真68）</p> 	<p>2階右開口部から天井まで火炎が噴出しているのが認められる。また、2階右壁内から炎が噴出し、天井裏へ炎が達しているのが認められる。</p>
<p>24分～（写真69）</p> 	<p>1階室内の火炎の噴出は無くなったが、天井裏からフラッシュオーバーの様子に火炎が拡大しているのが認められる。</p>

<p>27分～（写真 70）</p> 	<p>2 階左壁及び後壁内部全体への延焼が認められる。</p>
<p>32分～（写真 71）</p> 	<p>2 階室内及び天井裏からの火炎の噴出は認められなくなった。また、火勢は収まり、壁内全体の温度が時間経過とともに低下していくのが認められる。</p>

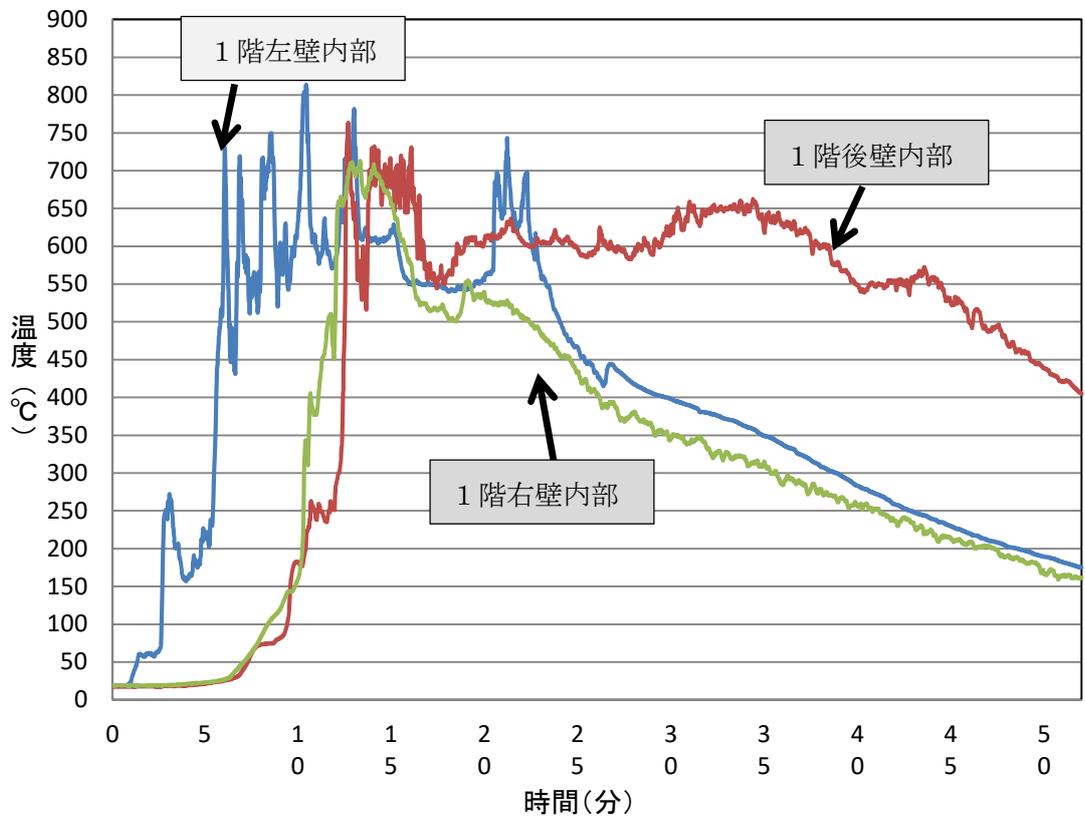


図 10 実験開始から終了までの各部分の温度変化（1階壁内）

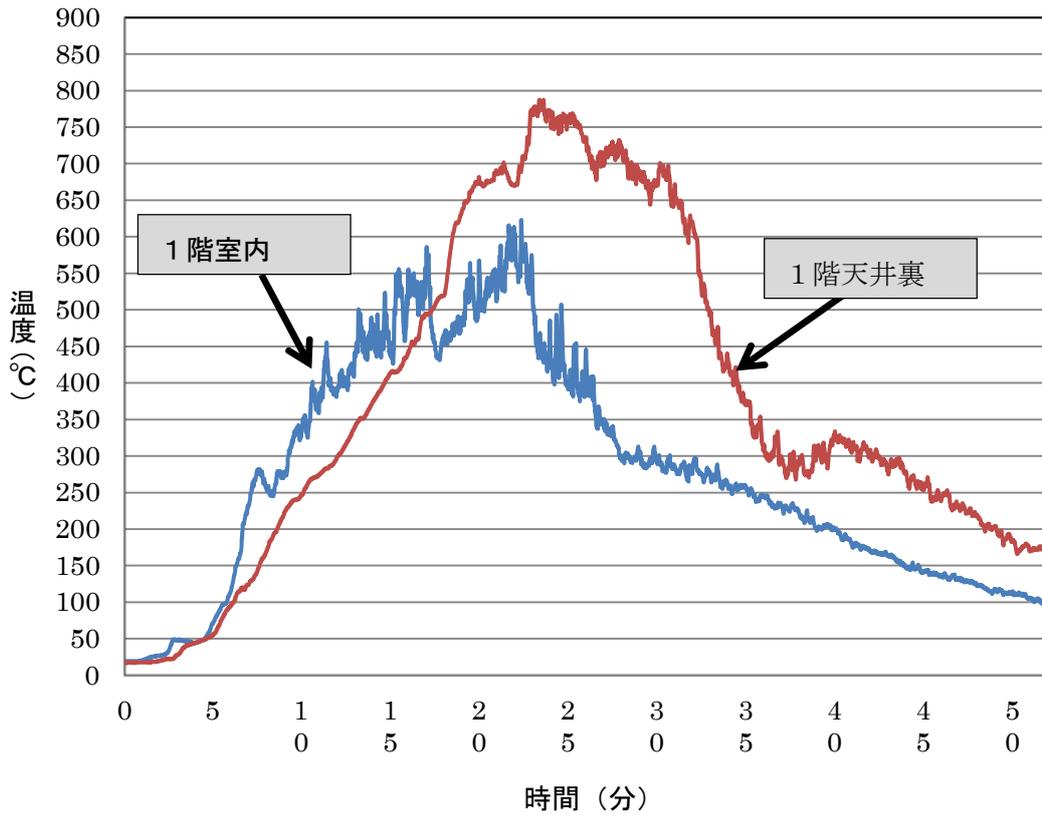


図 11 実験開始から終了までの各部分の温度変化 (1階室内、天井裏)

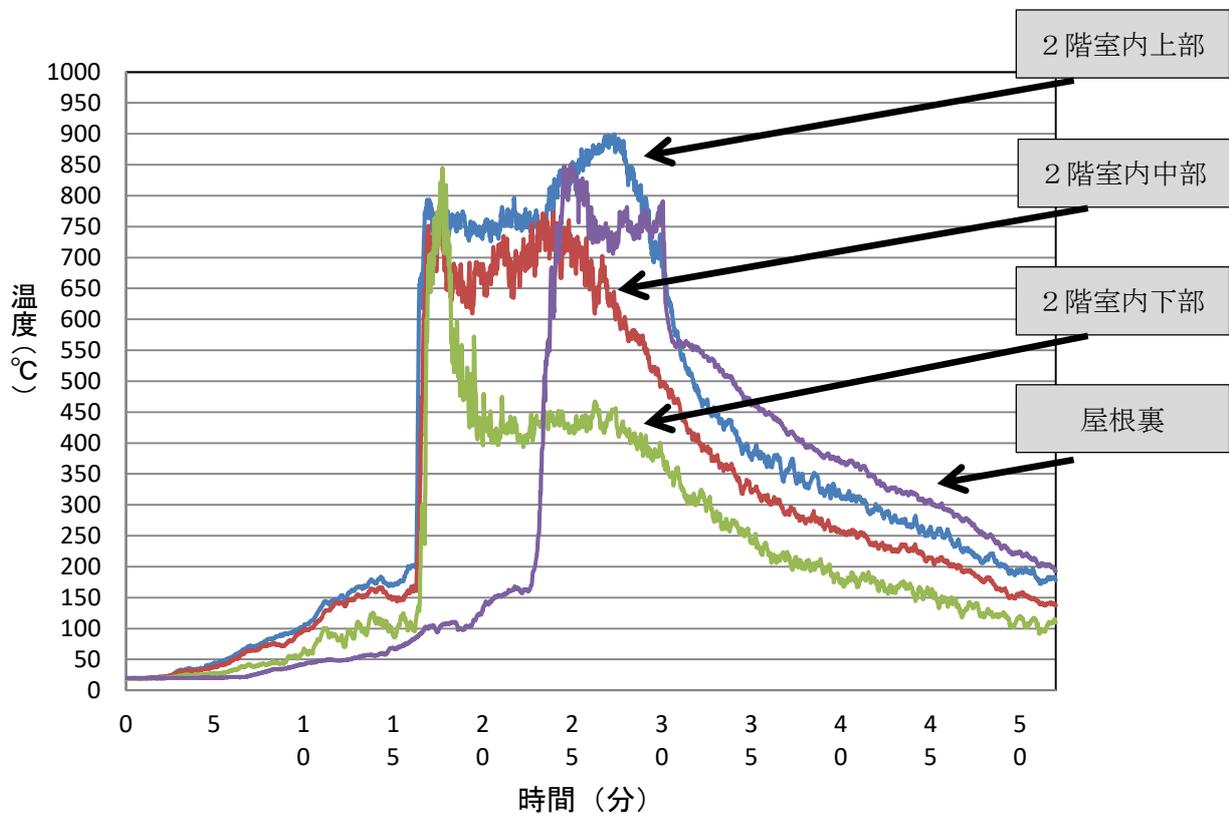


図 12 実験開始から終了までの各部分の温度変化 (2階室内、屋根裏)

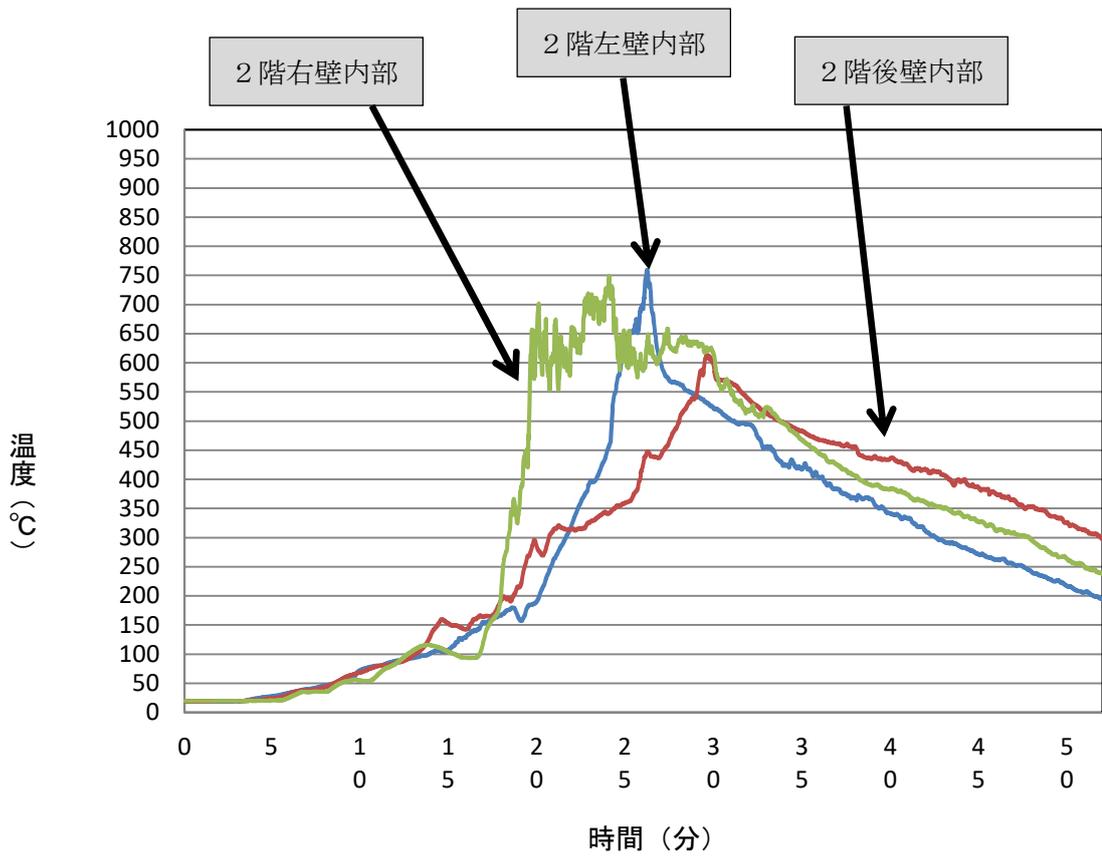


図 13 実験開始から終了までの各部分の温度変化 (2 階壁内)

6 考察

(1) 開放状態の空間における発泡樹脂系断熱材の燃焼性について

ア 着火ライター

燃焼試験の結果、3 秒接炎では各断熱材とも着火せず、10 秒の接炎ではポリスチレンは 2 秒後、ウレタンは 20 秒後にそれぞれ自己消火した。各断熱材とも本来であれば炎をあてると燃えるが、本製品は難燃化剤を添加する等の処理を行い、自己消火性を有しているものと考えられる。

本実験結果より、開放状態の空間において局所的な微小火源が各断熱材に接炎した場合、自己消火性により延焼が拡大する可能性は低いと推測される。

イ ガストーチバーナー

燃焼試験の結果、ポリスチレンフォームは接炎した下部が熔融し、液体化した部分が継続燃焼した。3 秒接炎では 56 秒、10 秒接炎では最終的に全て熔融し、黒い煤を発生しながら 24 分 15 秒間継続燃焼した。

本実験結果より、接炎した時間が短時間であっても、液体化したポリスチレンが燃焼することで燃焼はさらに拡大する可能性があるかと推測される。

硬質ウレタンフォームは 3 秒接炎では 23 秒、10 秒接炎では 34 秒間継続燃焼したのち自己消火した。

本実験結果より、硬質ウレタンフォームは局所的な加熱を継続的に受けない限り、断熱材

の温度が上昇し可燃性ガスが発生する前に自己消火するものと推測される。しかしながら、硬質ウレタンフォームは燃えやすいという本来の性質から、自己消火性を上回る熱量を外部から受けた場合、連鎖的に延焼拡大する場合は考えられる。

(2) 壁体内を想定した環境における発泡樹脂系断熱材の燃焼性について

ア 試験体①（グラスウール）

通気層有り・無しを比較すると焼損状況等に大きな差は無く、延焼の拡大も共に認められなかった。

本実験結果より、空気の流入状況等に関わらず、グラスウール単体を經由した延焼や急激な燃焼拡大の可能性は低いと推測される。

イ 試験体②（ポリスチレンフォーム）

通気層有り・無しの場合を比較すると、燃焼の最盛期は通気層無しの方が激しく、試験片全体が燃焼していた。しかしながら、炎の試験体上部までの到達時間や燃焼継続時間に大きな差は無かった。

本実験結果より、壁体内の燃焼においては、空気量は制限されるものの、ポリスチレンの熱可塑性という特性から、ポリスチレンが熱により熔融・液体化し、空気層がより多くできるため、熔融したポリスチレンフォームが燃焼を継続し、壁体内周囲の可燃物（柱、防湿シート等）の燃焼を促進させる可能性がある。また、天井の破壊や焼け崩れ等によって熔融・燃焼したポリスチレンフォームが上から落下し、隊員が受傷する可能性も考えられる。

ウ 試験体③（硬質ウレタンフォーム）

通気層無しの場合、試験体上部を超える高さまで激しく燃焼しほぼ全て炭化したのに対し、通気層有りの場合、試験片上部に炎が達することなく大部分の硬質ウレタンフォームが焼け残った。

本実験結果より、硬質ウレタンフォームは、空気の流入が十分な空間において継続的な熱を受けると、連鎖的に延焼拡大するとともに多量の黒煙を発生しながら炭化する。一方、空気の流入量が不十分な場合、燃焼は燻り急激な延焼拡大は起こりにくいと推測される。しかしながら、壁の破壊や焼け崩れ等によって新たな空気の流入がある場合、より一層燃焼を拡大させる可能性がある。

(3) 縮小模型を利用した壁体内の延焼状況について

壁内の延焼拡大速度は緩慢であり、2階室内右上部分からフラッシュオーバーが発生した時点では、2階左壁及び後壁内部への延焼または温度上昇は認められなかった。

フラッシュオーバーの発生要因は、1階からの熱の伝導や対流等により、2階室内の可燃物が加熱され発生した可燃性ガスまたは可燃物自体が発火したことが原因と推測される。

また、2階右開口部及び2階右壁内から火炎が噴出し、その後天井裏からフラッシュオーバーの様子が拡大していくのが認められた。

天井裏の火炎拡大原因は、壁体内からの延焼及び2階開口部からの火炎により、可燃物や可燃性ガスに引火または発火したものと推測される。

この結果から、以下のことが推測される。

- ・時間経過により壁体内が延焼していき、天井裏等へ一気に延焼拡大する場合はある。

- ・延焼していない部屋であっても、他の部屋等からの熱や火種、空気流入などにより室内全体がフラッシュオーバーの様に急激に炎上する場合がある。

7 まとめ

本実験の結果、各断熱材の燃焼性の違いが確認できた。

硬質ウレタンフォームに関しては、空気の流入量によって燃焼の仕方に違いが確認され、壁の崩壊や破壊等によっては延焼が拡大する危険性があり、ポリスチレンフォームに関しては、液体化することにより空気層が作られ延焼が拡大する危険性、さらに天井の崩壊や破壊等で液体化したポリスチレンフォームが落下し受傷する危険性などが考えられる。

また、建物火災では壁体内が延焼経路となり、建物全体の延焼が早まる可能性も示唆されたところである。

実際の建物構造や使用する断熱材は多岐に渡り、建物ごとに燃焼形態は異なることから、各種想定実験を実施し、知識を蓄積していくことが延焼経路を把握する上で重要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 東京消防庁消防科学研究所 監修：「火と煙と有毒ガス」．(財)東京連合防火協会, 1986

ガス検知管用感度増幅器の新型試作器について

札幌市消防局消防科学研究所 橋本 慎也

1 はじめに

当局では、気温が 0℃以下となり、ガス検知管による灯油等の助燃材の検知が困難となる冬期間においても、火災調査現場でリアルタイムに助燃材を検知することができ、さらに油種の同定を可能なまでに濃度を増幅する器具の開発を続けており、その概要等については、消防科学研究所報 No. 22 (2015)「検証現場における灯油成分等の効果的な検出方法について (その 2) ガス検知管用感度増幅器の開発)」において記述した。

今回、更なる改良を加えた新型試作器が完成したので、その性能についてご紹介する。

2 試作器の概要

本試作器は、広口アルミロートをヒーター線で加熱するという基本構造は旧型と変わらないが、実際の火災調査現場での使い勝手や器具の耐久性を重視した改良を加えたものである。開発にあたっては、株式会社三商に技術協力を仰ぎ、設計及び製作について全面的に協力していただいた。なお、試作器を仮に製品として販売した場合、定価は 11 万 5 千円以上になるとのことであった。



写真 1 旧型試作器

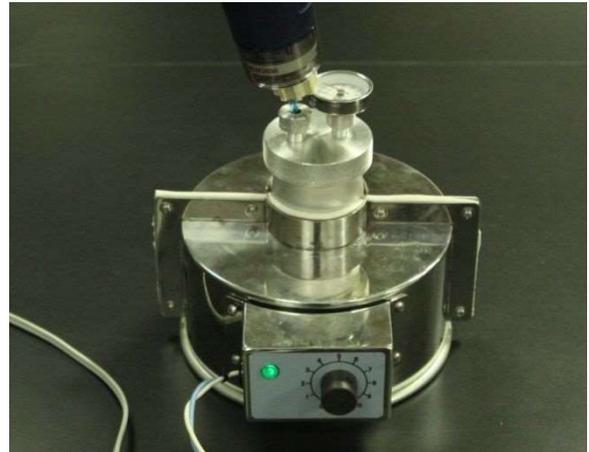


写真 2 新型試作器

3 改良点

旧型からの改良点は、主に以下の 4 点である。

- (1) 蓋をシリコン栓からアルミ製のものに変更し、ガス検知管及び温度計を締め付け固定できる機構を設けた。これにより、検知管の固定が確実となり、採取器を手で支えることなく検知可能となった。
- (2) アルミロートをステンレス製の外装で覆い、その内部にセラミック系の断熱材を充填した。その結果、耐衝撃性、耐水性が向上し、併せて熱傷防止措置が図られた。
- (3) 電源ランプを取り付けた。通電状況が確認できるようになり、安全面の強化が図られた。

- (4) 電圧調整器 (ダイヤルメモリ 1~10) により内部の雰囲気温度を調整可能とした。これにより、季節や周囲の温度状況に合わせて加熱することが可能となったため、使い勝手が飛躍的に向上した。

5 増幅効果の検証

(1) 検証方法

灯油を用いた放火火災調査現場を想定した実験を行い、試作器の増幅効果を検証した。

ア 試料の作成

オイルパンに板材を敷き、その上で約 200ml の灯油を染み込ませたウエスを 3 分間燃焼させたのち、ウエスが浸る程度の放水を行い消火した。消火後、煙が収まった状態のウエスを試料 1 とし、試料 1 を -10°C ~ -15°C に設定した低温実験室内に 24 時間以上置いた状態のウエスを試料 2 とした (写真 3~写真 6 参照)。



写真3 ウエスに灯油を染み込ませた状態



写真4 燃焼状況



写真5 試料1 (消火直後の煙がない状態)



写真6 試料2 (完全に凍結した状態)

イ ガス検知管による残留油分の測定

試料 1 または試料 2 の残留油分を以下の温度条件下においてガス検知管で測定し、変色状況を比較した (写真 7~写真 8 参照)。ガス検知管は、光明理化学工業株式会社の 290P II 鑑識用石油検知管及び株式会社ガステックの No. 108 火災原因調査用検知管を使用した。

(ア) 常温一通常測定

常温下 (21.6°C) において、試料 1 の残留油分を通常測定した。

(イ) 常温－試作器使用

常温下（21.6℃）において、試作器により2分間の加熱を行い、試料1の残留油分を測定した。試作器の電圧調整器ダイヤルは2に設定した。測定時の試作器内部の雰囲気温度は約40℃であった。

(ウ) 低温－通常測定

低温下（約-10℃）において、試料2の残留油分を通常測定した。

(エ) 低温－試作器使用

低温下（約-10℃）において、試作器により10分間の加熱を行い、試料2の残留油分を測定した。試作器の電圧調整ダイヤルは10に設定した。測定時の試作器内部の雰囲気温度は約32℃であった。



写真7 測定状況（低温－通常測定）

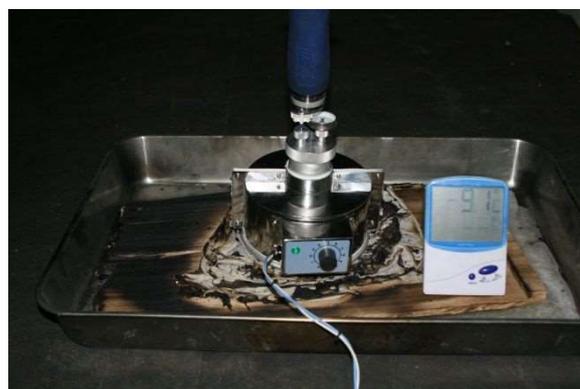


写真8 測定状況（低温－試作器使用）

(2) 検証結果

検証結果を写真9～写真16に示す。外気温が低いほど加熱時間が長くなるが、試作器を使用することによりガス検知管の感度を増幅することが可能であった。

ア 常温－通常測定

ガス検知管は口先が焦げ茶色に変色する程度であった。



写真9 常温－通常測定時の変色状況（290P II 鑑識用石油検知管）



写真10 常温－通常測定時の変色状況（No. 108 火災原因調査用検知管）

イ 常温－試作器使用

ガス検知管は全体が焦げ茶色から薄ピンク色に変色した。



写真 11 常温－試作器使用時の変色状況 (290P II 鑑識用石油検知管)



写真 12 常温－試作器使用時の変色状況 ((No. 108 火災原因調査用検知管))

ウ 低温－通常測定

ガス検知管に変色反応は見られなかった。



写真 13 低温－通常測定時の変色状況 (290P II 鑑識用石油検知管)



写真 14 低温－通常測定時の変色状況 ((No. 108 火災原因調査用検知管))

エ 低温－試作器使用

ガス検知管は3分の1程度が焦げ茶色から薄ピンク色に変色した。



写真 15 低温－試作器使用時の変色状況 (290P II 鑑識用石油検知管)



写真 16 低温－試作器使用時の変色状況 ((No. 108 火災原因調査用検知管))

6 今後の予定

本試作器は、旧型のものとは比べ、火災調査現場での使い勝手が向上し、頑丈で安全に使える仕様となった。また、検証の結果、氷点下の環境においても、十分な増幅効果を発揮することが確認され、ガス検知管用感度増幅器として完成形とも言える仕上がりとなった。

しかしながら、各消防隊に配備するには、価格面で難しいものがあり、また、外装をステンレスとしたため、想像以上に重量が増し、手軽さが失われてしまった。

今後は、発熱体とロートを分離するなど、既製の製品を組み合わせるなどのキット化を図るなど、より安価な仕組みや構造を検討したい。

建物火災時における一酸化炭素発生状況の検証について

札幌市消防局消防科学研究所 高塚 浩平
予防部予防課防火安全係 郡 司 裕子

1 はじめに

建物火災においては、火傷による死傷者が発生している一方、煙の中に含まれる一酸化炭素等の有毒ガスを吸い込み、死亡してしまうケースも数多く発生しており、平成 26 年の全国の建物火災時における一酸化炭素中毒・窒息による死因は 36.5%となっている¹⁾。

今回、火災時の早期避難の必要性や、建物内における一酸化炭素の発生状況及びその危険性について確認するため、燃焼実験ユニット内で、建物火災時における一酸化炭素発生状況の検証を行った。

2 燃焼実験実施日時・場所

実施場所：札幌市消防学校 燃焼実験ユニット

実施日時：平成 28 年 7 月 20 日（水）10 時 00 分～14 時 00 分

3 実験概要

消防学校敷地内に設置されている燃焼実験ユニット内（寸法：幅 4100mm×奥行 5505mm×高さ 3100mm）に、一般住宅一室を再現するため家具等を配置し、燃焼させたときの一酸化炭素濃度、酸素濃度及び室内温度の測定を行い、時間経過、ドアの開閉に伴うガス濃度変化及び高さによる濃度の違いについて検証を行った（写真 1～写真 2 参照）。

また、出火元は、床際のテーブルタップに差し込んだコンセントプラグとし（写真 3～写真 4 参照）、22 分間燃焼を継続させた後、65mm ホースを使用し消火した。



写真 1 燃焼実験ユニット全体図



写真 2 家具等設定状況



写真3 屋内配線設定状況



写真4 屋内配線設定状況 (拡大)

4 実験設定

燃焼実験ユニット内に家具を設定した後、西側壁面の木製コンパネに各2箇所（高さ 160cm、130cm）、排ガス測定器（testo327-2、testo340）の測定プローブ及びデータロガー（GL820）と温度測定器へそれぞれ接続したK熱電対を差し込み、一酸化炭素濃度、酸素濃度及び室内温度を測定できるように設定した（図1及び写真5参照）。

また、排ガス測定器本体、データロガー及び温度測定器は、燃焼実験ユニット外側に設定した（写真6～写真8参照）。

なお、ビデオカメラについては、燃焼実験ユニット東面入口側、窓側、各測定器撮影用の計4台を設定した。

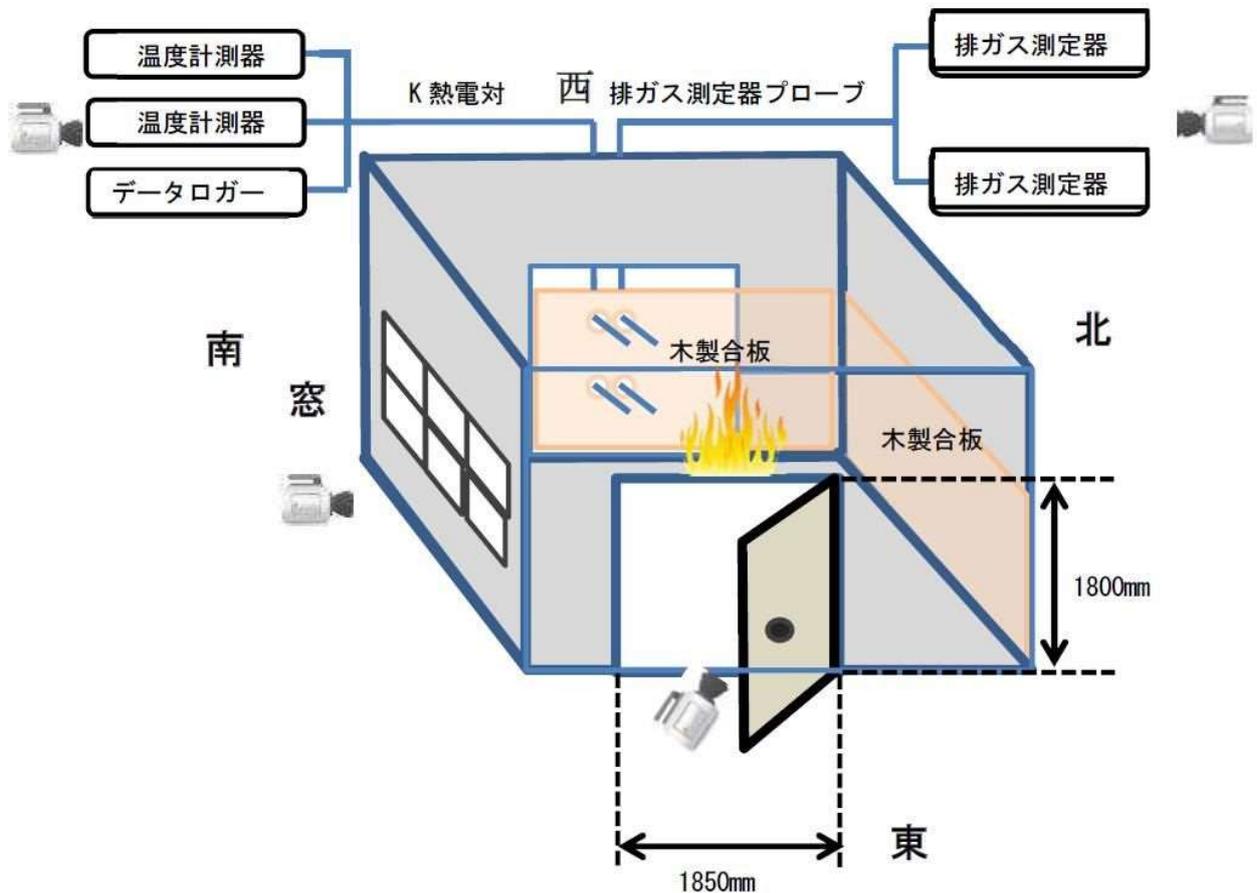


図1 実験設定状況



写真5 排ガス測定器プローブ及び温度測定用K熱電対の設定状況
(それぞれ高さ160cm及び30cmに設定)



写真6 データロガー及び温度測定器の設定状況



写真7 排ガス測定器の設定状況



写真8 排ガス測定器の設定状況（拡大）

5 実験結果

はじめに、一酸化炭素濃度及び酸素濃度の変化による人体に対する作用と毒性について、表1～表2に示す。

表1 一酸化炭素の人体に対する作用と毒性

濃度 (ppm)	人体に対する作用又は毒性
100	数時間の呼吸後でも目立った作用はない
200	1.5時間前後で軽度の頭痛を引き起こす
400～500	1時間前後で頭痛、吐き気、耳鳴り等を起こす
600～1000	1～1.5時間前後で意識を失う
1500～2000	30分～1時間前後で頭痛、めまい、吐き気が激しくなり、意識を失う
3000～6000	数分で頭痛、めまい、吐き気等が起こり、10分～30分の暴露で死亡
10000	直ちに意識喪失、死亡

出典：理研計器株式会社 (http://www.rikenkeiki.co.jp/tech_info/outbreak_hypoxia/3)

表 2 酸素欠乏による身体の変化

濃度(%)	人体に対する作用
16～12	脈拍・呼吸数増加、精神集中力低下、筋力低下、吐気
14～9	判断力低下、酩酊状態、意識朦朧
10～6	行動の自由を失う、危険を感じても動けず叫べず、意識喪失
6 以下	数回のあえぎ呼吸で失神、けいれん、死亡

引用：理研計器株式会社(http://www.rikenkeiki.co.jp/tech_info/outbreak_hypoxia/1)

また、燃焼実験開始から終了までの状況を、写真 9～写真 20 に示す。

なお、室内温度の上昇及び煙の滞留を確認するため、一定時間（11 分 48 秒～17 分 48 秒、20 分 40 秒～22 分 04 秒の間）燃焼実験ユニットのドアを閉止し、測定を行った。

コンセントプラグからの出火から 1 分後、3 分後は、コンセントプラグ周辺の可燃物の燃焼が確認できるが、一酸化炭素濃度は 40ppm 以下に留まっており、高さ 30cm では酸素濃度も 20.9%とほぼ変化はなかった（写真 10～写真 11 参照）。

5 分後、ソファ上の新聞紙へ延焼しはじめ、人体に影響が出る濃度ではないが、一酸化炭素は高さ 160cm で 90ppm、高さ 30cm で 60ppm まで上昇した。酸素濃度は 20.5%となり、若干減少した（写真 12 参照）。

10 分後、ソファ全体へ延焼し、室内全体に煙が充満しはじめた。一酸化炭素濃度は高さ 160cm で 188ppm、30cm で 157ppm まで上昇し、1 時間半程度で軽度の頭痛を引き起こす濃度となった。酸素濃度は 20.3%まで減少した（写真 13 参照）。

11 分 48 秒後、東面ドアを閉止した。

15 分後（ドア閉止から約 3 分後）、一酸化炭素濃度は 500ppm を超え、1 時間程度で頭痛、耳鳴り、吐き気等を引き起こす濃度となった。酸素濃度は 18.2%まで低下した（写真 14 参照）。

17 分 48 秒後、東面ドアを開放した。

18 分後（ドア開放後）、一酸化炭素濃度は高さ 160cm で 725ppm、高さ 30cm で 327ppm まで上昇し、1 時間から 1 時間半程度で意識を失う濃度となった。酸素濃度は 18.2%であった（写真 15 参照）。

20 分後（ドア開放から約 2 分経過）、火炎は拡大しているが、一酸化炭素濃度はドアを解放したため徐々に低下し、高さ 160cm で 308ppm、高さ 30cm で 108ppm となり、酸素濃度も 20%前後まで上昇した（写真 16 参照）。

20 分 40 秒後、東面ドアを閉止した。

21 分後（ドア閉止直後）、室内は可燃物が激しく燃焼しており、ドアを閉止した直後、一酸化炭素濃度は高さ 160cm では 881ppm、高さ 30cm では 1604ppm を超え、酸素濃度は 18%前後となった。この環境下では、30 分～1 時間前後で頭痛、めまい、吐き気が激しくなり、意識を失う（写真 17～写真 18 参照）。

22 分後（ドア閉止から 1 分 20 秒後）、一酸化炭素濃度は高さ 160cm では 26260ppm、高さ 30cm では 3393ppm まで一気に上昇した。この環境下では、直ちに意識を喪失し、死亡する。また、酸素濃

度は高さ 160cm で 10.2%まで低下し、この環境下では、判断力が低下し、意識朦朧もしくは意識喪失となる。



写真 9 発火直後



写真 10 発火から 1 分後



写真 11 発火から 3 分後



写真 12 発火から 5 分後



写真 13 発火から 10 分後

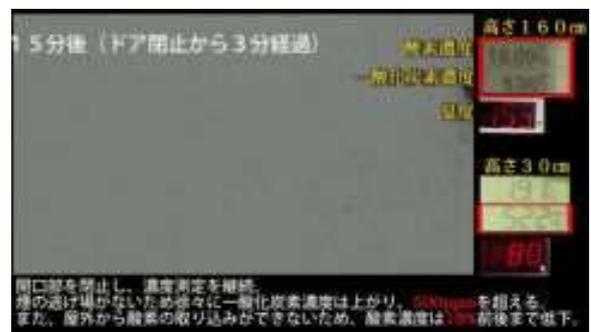


写真 14 発火から 15 分後（ドア閉止中）



写真 15 発火から 18 分後（ドア開放直後）



写真 16 発火から 20 分後
（ドア開放から 2 分経過）



写真 17 発火から 21 分後
(2 回目ドア閉止前)



写真 18 発火から 21 分後
(2 回目ドア閉止直後)



写真 19 発火から 22 分後
(2 回目ドア閉止から 1 分後)



写真 20 消火後

さらに、燃焼実験時の温度変化及びガス濃度変化を、表 3 及び図 2～4 に示す。

高さごとの一酸化炭素濃度を比較すると、低位置の方が濃度が高い場合も確認できた。これは、一酸化炭素の比重 (0.967) が空気とほぼ同比重であるため、一度煙の上昇とともに上方向へ溜まるが、煙の対流によって一酸化炭素が室内全体に充満したことが原因の一つと考えられる (表 3 参照)。

特に、今回の実験においては燃焼実験ユニットでの測定であることから、室内への煙の充満が早く進行したものと考えられる。

燃焼実験ユニットのドアを閉止することで、室内の空気が換気されず煙が滞留し、温度の上昇とともに一酸化炭素濃度が上昇、酸素濃度が低下していることが確認できた (図 2～図 4 参照)。

また、1 回目のドア閉止時と比較し、2 回目のドア閉止後は急激な温度上昇とガス濃度変化を示した。

表3 時間経過による各測定結果

時間経過 (分)	室内温度 (°C)		酸素濃度 (%)		一酸化炭素濃度 (ppm)	
	高さ 160cm	高さ 30cm	高さ 160cm	高さ 30cm	高さ 160cm	高さ 30cm
0	27.0	26.3	20.8	20.9	2	1
1	32.7	26.2	20.8	20.9	11	1
2	37.8	27.4	20.8	20.9	18	0
3	42.1	28.8	20.8	20.9	40	6
4	46.8	30.9	20.7	20.8	59	36
5	64.5	34.9	20.5	20.8	90	60
6	76.7	35.2	20.4	20.6	107	132
7	61.8	35.0	20.5	20.7	124	134
8	60.3	37.1	20.4	20.6	151	294
9	61.4	37.0	20.5	20.8	176	252
10	68.6	43.4	20.3	20.8	188	157
11	72.7	41.9	20.3	20.7	210	234
12	85.8	56.1	20.0	20.5	280	456
13	109.3	68.0	19.6	19.9	339	396
14	144.4	83.2	18.8	19.4	424	527
15	152.6	87.1	18.2	19.0	527	543
16	155.9	76.7	17.7	18.9	616	543
17	153.6	86.0	17.9	19.2	632	534
18	119.7	54.2	18.2	19.6	725	327
19	99.3	57.0	20.1	20.7	254	67
20	135.7	75.8	19.8	20.3	308	108
21	546.2	805.3	17.1	18.7	881	1604
21.5	511.4	631.6	10.0	15.7	3839	3494
22	432.2	414.1	10.2	15.2	26260	3393

※ 一酸化炭素については、濃度が高い方を赤太字で表示した。

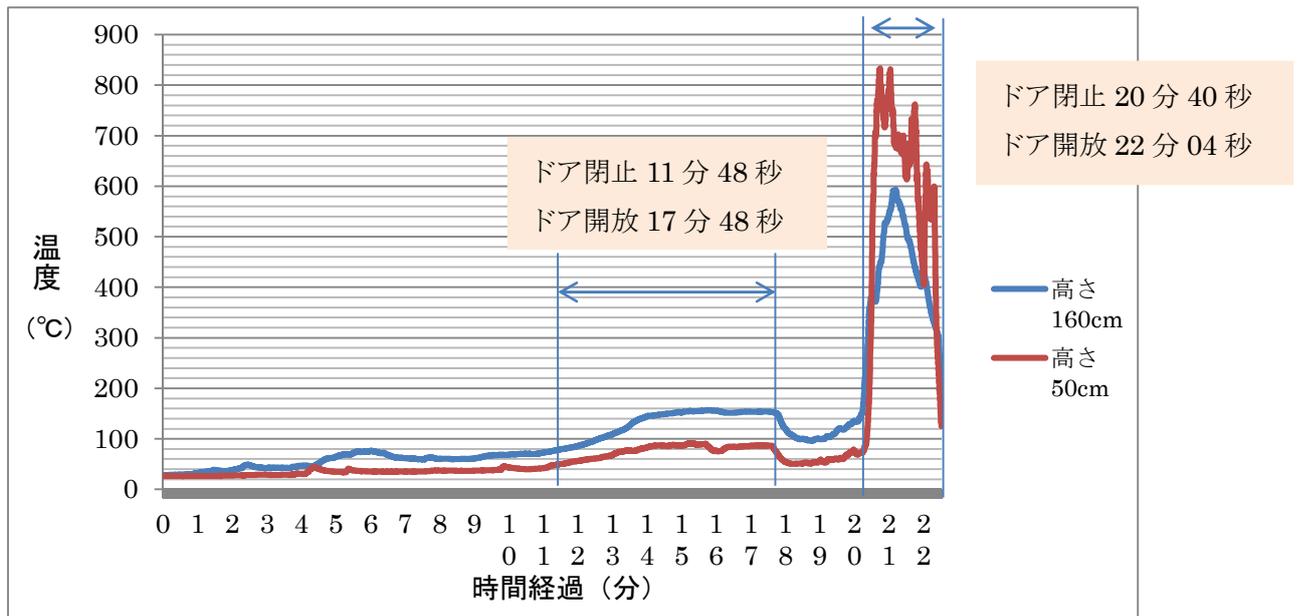


図2 燃焼ユニット室内の温度変化

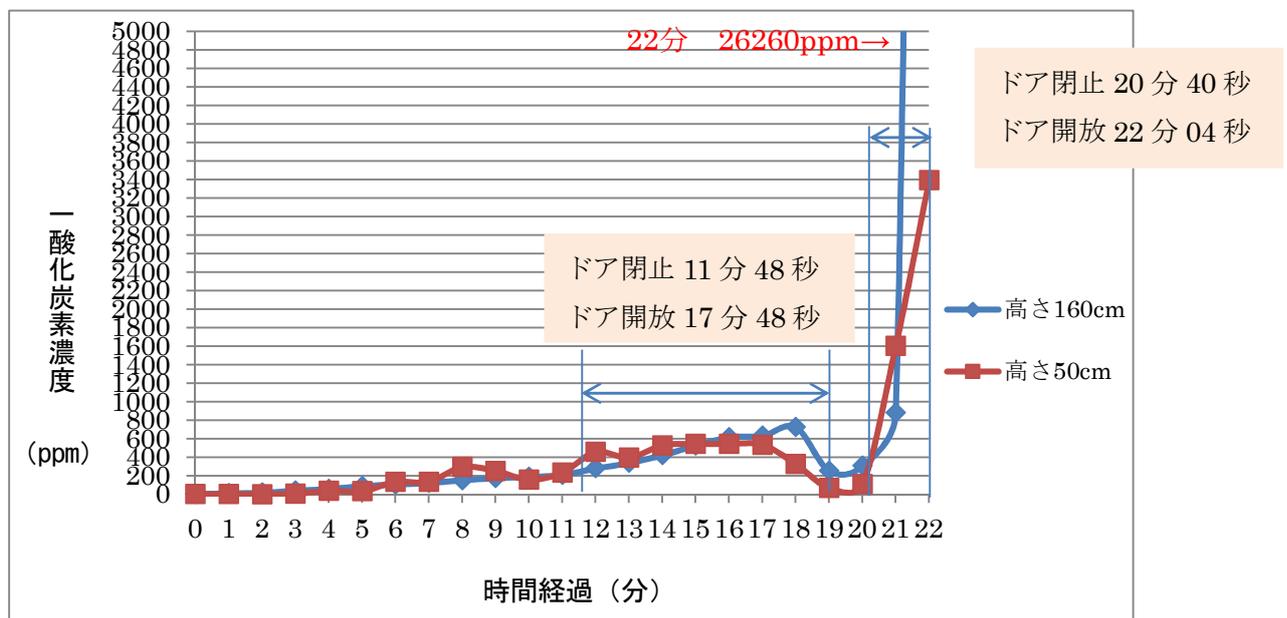


図3 燃焼ユニット室内の一酸化炭素濃度変化

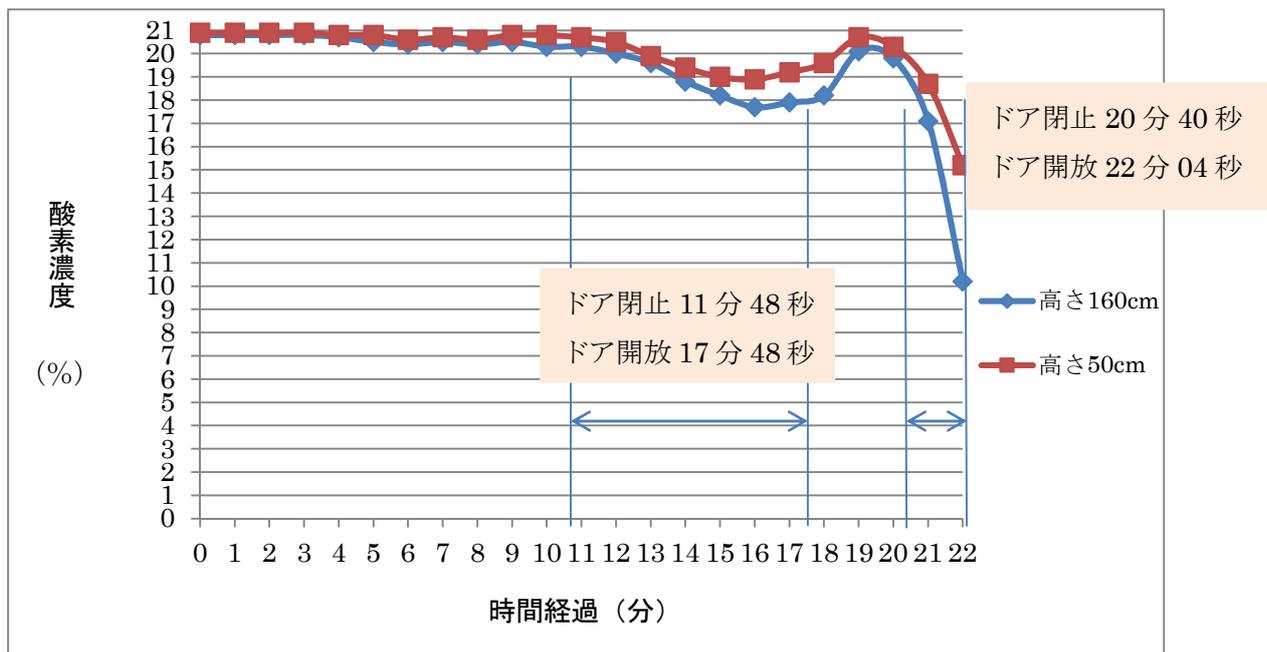


図4 燃焼ユニット室内の酸素濃度変化

6 まとめ

今回の実験結果から、耐火造の一室において火災が発生した場合、致死量を上回る高濃度の一酸化炭素が発生することが確認できた。

また、延焼が進行し発煙量が増加するとともに一酸化炭素濃度は高くなり、開口部が閉鎖状態、もしくは一酸化炭素の発生量に対し十分な換気口が無い場合、急激に高濃度の一酸化炭素が発生することが実証された。さらに、火点室内においては時間経過と煙の対流により、一酸化炭素が室内全体に充満することが考察された。

本検証においては、耐火造住宅一室での火災を想定し実験を行ったが、一酸化炭素が 500ppm を超えるまでに 15 分程度の長い時間を要した。出火元は床際のテーブルタップに差し込んだコンセントプラグであり、周囲には綿、衣類等の可燃物があつたものの、急激な火災の拡大は見られなかった。これは、カーテン、木製家具及び布団等の、大きく燃焼拡大に繋がる可燃物が無かつたためと考えられる。

しかしながら、実際の火災時においては、建物構造、開口部の状況、さらには建物内の可燃物によって燃焼生成ガスの発生量や延焼速度も異なってくる。

例えば、ソファーや椅子のクッション材、マットレスや枕の中材等に使用される軟質ポリウレタンは、木材やその他材質と比較し燃焼性（燃え広がりやすさ）が高く、何らかの原因で軟質ポリウレタンを使用した素材へ着火した場合には、本実験に対し、比較的早期の延焼拡大が予想される。

さらに、近年増加している高气密高断熱住宅については、気密性が高く、火災時には煙が室内に充満しやすい。また、出火室からの異臭、物音にも気づきにくくなり、火災の発見時には延焼が拡大し、出火室全体に高濃度の一酸化炭素が充満している可能性も考えられる。

平成 26 年の住宅火災の死に至つた経過別死者発生状況によると²⁾、逃げ遅れによる死者が約半数

を占めており、「病気・身体不自由」、「熟睡」、「延焼拡大が早い」などの割合が多いものの、「消火しようとして」、「出火後再進入」など、自ら出火室に向かうケースも見られる。火災時発生する一酸化炭素の濃度については見た目では判断がつかず、環境により大きく変化する場合もあることから、火災を発見した場合は可能な限り早期の避難が必要である。

【参考文献】

- 1) 総務省消防庁公表、消防白書（平成 27 年版）
「第 1 章第 1 節 2-（2） 建物火災による死者の状況」
- 2) 総務省消防庁公表、消防白書（平成 27 年版）
「第 1 章第 1 節 2-（3） 住宅火災による死者の状況」

鑑定依頼物品の採取容器に関する検証について

札幌市消防局消防科学研究所 橋本 慎也

1 はじめに

当局では、火災調査現場においてガス検知管を用いて助燃材の有無を確認するとともに、必要に応じて最小限の残焼物を収去してガスクロマトグラフ質量分析装置（以下「GC-MS」という。）等による分析を行い、助燃材の有無や種別の特定を行っているところである。

しかしながら、火災発生から収去された鑑定依頼物品を分析するまでに、数日が経過する場合が多く、現場ではガス検知管が有意に変色反応を示しているにもかかわらず、収去された鑑定依頼物品から油分が一切検出されない事例が散見される。

そこで、GC-MS等による分析を行うまでに日数を要する場合においても、鑑定依頼物品からの油分の揮発を抑制し、かつ、効果的に助燃材を検出することができる保存方法・抽出方法を知るべく、ガソリン及び灯油を用いた実験を行い、採取袋の材質と保存温度等の関係を検証した。

2 実験日時等

(1) 実験期間

平成 28 年 8 月 22 日（月）～平成 29 年 2 月 2 日（木）

(2) 実験場所

札幌市消防局消防科学研究所 分析測定室

3 現行の採取容器及び鑑定依頼物品の保存方法について

当局では、利便性が良いこと、また、安価であることから火災原因調査用の採取容器としてチャック付のポリエチレン袋を使用している。しかしながら、ポリエチレンはガソリン等の成分である無極性気体の透過係数が比較的大きい素材であり、厚みがある製品を使用することで気体の透過性を小さくすることは可能であるが、完全なガスバリア性能は期待できない。したがって、鑑定依頼物品は、ガソリン等の揮発性の高い物質が含有していることも想定し、油分の揮発を抑制するため、収去後速やかに冷凍保存するよう現場職員に伝達しているところである。

しかしながら、残焼物を採取容器に収去した後も、実況見分や関係者との調整等のため、鑑定依頼物品を冷凍保存するまでに、ある程度の時間経過が発生する。

4 検証に使用した採取容器

採取容器の材質の違いによる油成分の保存効果を検証するため、ガスバリア性能の有無に着目し、以下の 3 製品を実験に使用した。なお、採取容器には、袋状、瓶状、金属製、樹脂製、ガラス製など様々な形態のものが存在するが、利便性や価格を重視し、袋状の製品（以下「採取袋」という。）について検証した。

(1) ジッパー付き袋 ポリエチレン チャック下 150mm×165 mm 厚さ 0.03 mm

旭化成ホームプロダクツ株式会社（以下「ジップロック」という。）

- (2) ラミジップ AL-12 ポリエステル/アルミ/ポリエステル チャック下 180mm×120 mm
株式会社生産日本社 (以下「アルミ袋」という。)
- (3) ラミジップ BY-12 バリアナイロン/ポリエチレン チャック下 180mm×120 mm
株式会社生産日本社 (以下「ガスバリア袋」という。)

5 実験内容

一定量のガソリン又は灯油を染み込ませた試験体を各採取袋に入れて常温及び冷凍で保存し、一定時間経過後に同一条件で抽出した成分を GC-MS で分析した。

6 実験方法

(1) 試験体の作製

1cm 角、厚さ 5 mm 程度の脱脂綿にガソリン又は灯油を 200 μ L 滴下して浸透させたものを試験体とし、必要数作製した (写真 1 参照)。



写真 1 試験体の作成

(2) 保存

各採取袋に試験体を入れてチャックにより密閉し、常温 (23°C~25°C の範囲) 及び冷凍 (-19°C ~ -22°C) で保存した (写真 2 参照)。



写真 2 試験体の保存 (常温)

右からジップロック、アルミ袋、ガスバリア袋

(3) 溶剤抽出

ア 試験体に浸透した油成分の抽出

3mL のジエチルエーテルを注いだディスポーザブルガラス試験管に採取袋から取り出した試験体を入れ、約 1 分間静置して試験体に浸透した成分を抽出した (写真 3 参照)。



写真 3 試験体からの抽出

イ 採取袋内に付着又は蒸着した成分の抽出

試験体を取り出した後の採取袋内に 3mL のジエチルエーテルを注ぎ、採取袋内に付着又は蒸着した成分を抽出した。ジエチルエーテルは袋内の隅々まで行き渡らせてから回収した (写真 4 参照)。

(4) 分析

試験体の作製直後及び採取袋に試験体を封入してから、一定時間経過後に、上記 (3) の抽出作業を行い、抽出液を GC-MS により分析した。



写真 4 採取袋内からの抽出

(5) 分析条件

- ア MSD アジレントテクノロジーズ社 5977B
- イ GC アジレントテクノロジーズ社 7890B
- ウ 試料注入量 0.001ml
- エ カラム VF-5ms キャピラリーカラム 15m× 0.15 mm
- オ キャリアーガス He
- カ 昇温速度 40℃ : 1 分間保持、40℃~80℃ ; 40℃/min、80℃~280℃ : 60℃/min、
280℃ : 2 分間保持
- キ カラム流量 1 mL/min
- ク 注入口温度 250℃
- ケ 検出器温度 230℃
- コ スプリット比 100 : 1
- サ スキャンパラメータ 質量範囲 9~200

7 実験結果

(1) ガソリン

ア 試験体作成直後に抽出した油成分の分析結果

試験体作成後、速やかに抽出作業を行い、分析により得られたトータルイオンクロマトグラム（以下「TIC」という。）を図 1 に、クロマトデコンボリューションアルゴリズムにより化合物の検出を行い、高スコアで同定された化合物を表 1 に示す。

保持時間（以下「RT」という。）1.48min 付近にトルエンが最大強度で検出されたほか、RT3.2min 以内に多数の芳香族炭化水素が検出された。

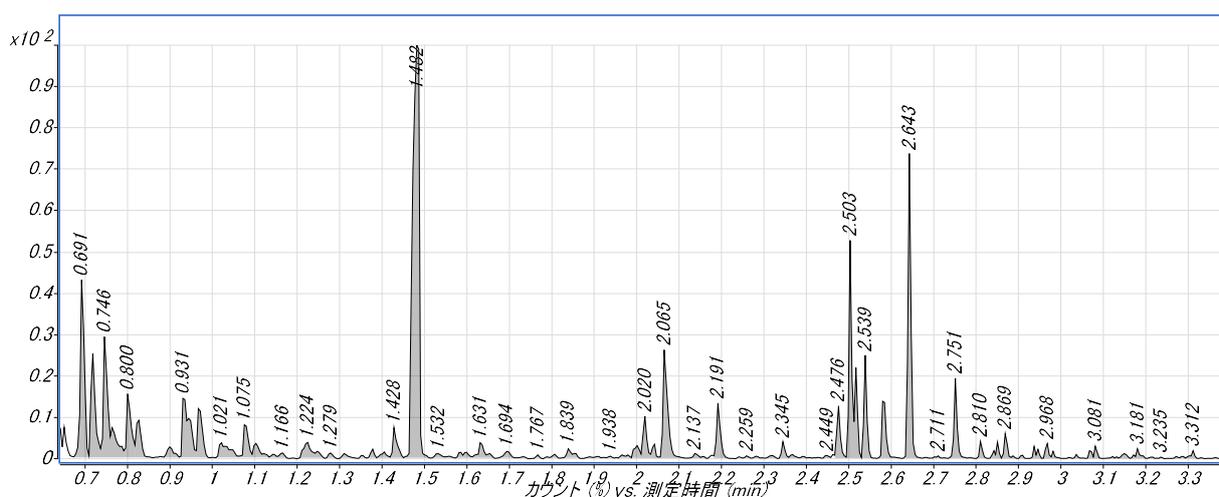


図 1 試験体作成直後に抽出したガソリン成分の TIC

表 1 試験体作成直後に抽出したガソリン成分の同定結果

RT	名前	式	高さ	面積	スコア	CAS
0.692	Pentane, 2-methyl-	C6H14	2467088	6286080	94.93	107-83-5
0.718	Pentane, 3-methyl-	C6H14	1557519	3874719	95.86	96-14-0
0.747	n-Hexane	C6H14	1545042	4704851	94.8	110-54-3
0.802	2-Butanol, 2,3-dimethyl-	C6H14O	933079	2687318	84.37	594-60-5
0.825	Cyclopentane, methyl-	C6H12	540570	1534716	93.47	96-37-7
0.933	Hexane, 2-methyl-	C7H16	770011	3005440	93.26	591-76-4
0.946	Benzene	C6H6	501532	868536	85.49	71-43-2
0.969	Hexane, 3-methyl-	C7H16	519718	2246513	96.59	589-34-4
1.02	Heptane, 3-ethyl-5-methylene-	C10H20	179883	981835	87.86	1000160-41-7
1.077	Heptane	C7H16	345351	1488748	95.51	142-82-5
1.224	Cyclohexane, methyl-	C7H14	195116	801345	82.9	108-87-2
1.248	Pentane, 2,2-dimethyl-	C7H16	78117	324485	87.31	590-35-2
1.429	Heptane, 2-bromo-	C7H15Br	389871	943664	82.64	1974-04-5
1.484	Toluene	C7H8	8203441	23111807	95.1	108-88-3
1.533	Cyclohexane, 1,2-dimethyl-, trans-	C8H16	55025	281569	90.31	6876-23-9
1.633	Octane	C8H18	169710	745340	91.42	111-65-9
1.84	1-Pentanol, 2-ethyl-4-methyl-	C8H18O	122858	414004	86.98	106-67-2
2.001	Octane, 4-methyl-	C9H20	143267	697054	94.13	2216-34-4
2.02	Ethylbenzene	C8H10	1068028	1231614	93.85	100-41-4
2.041	Octane, 3-methyl-	C9H20	272091	468156	90.61	2216-33-3
2.066	p-Xylene	C8H10	2196385	4185706	95.64	106-42-3
2.138	Cyclohexane, 1,2,3-trimethyl-	C9H18	53448	249233	88.2	1678-97-3
2.192	p-Xylene	C8H10	1143033	1676302	93.38	106-42-3
2.345	Benzene, (1-methylethyl)-	C9H12	325693	413890	87.22	98-82-8
2.476	Benzene, propyl-	C9H12	1488966	1401537	87.5	103-65-1
2.503	Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	C9H12	4559865	7078246	92.78	611-14-3
2.539	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	C9H12	2130629	2477045	92.4	95-63-6
2.582	Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	C9H12	1330159	1959793	91.36	611-14-3
2.643	Mesitylene	C9H12	5538067	7601948	93.04	108-67-8
2.752	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	C9H12	1697565	1923021	91.72	95-63-6
2.811	Indane	C9H10	320733	380919	91.86	496-11-7
2.851	Benzene, 1-methyl-4-propyl-	C10H14	382791	498507	89.57	1074-55-1
2.871	o-Cymene	C10H14	281071	570583	90.23	527-84-4
2.937	Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-	C10H14	253126	388089	86.15	874-41-9
2.968	1,3,8-p-Menthatriene	C10H14	314637	368505	85.53	18368-95-1
3.082	Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl-	C10H14	255512	475171	90.3	527-53-7
3.181	Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-	C10H12	138073	275079	81.91	1195-32-0

イ 常温保存した場合

(ア) 試験体に浸透した油成分の分析結果

a ジップロック

抽出液の TIC を図 2 に示す。

3 時間後には、RT2.4min 以前の油成分は検出できなかった。なお、RT1.50min 付近に微弱なピークが検出されたが、化合物の同定はできなかった。

6 時間後には、RT1.50min 付近に微弱なピークが検出されたのみで、同化合物は同定できなかった。

24 時間後以降には、油成分が一切検出されなかった。

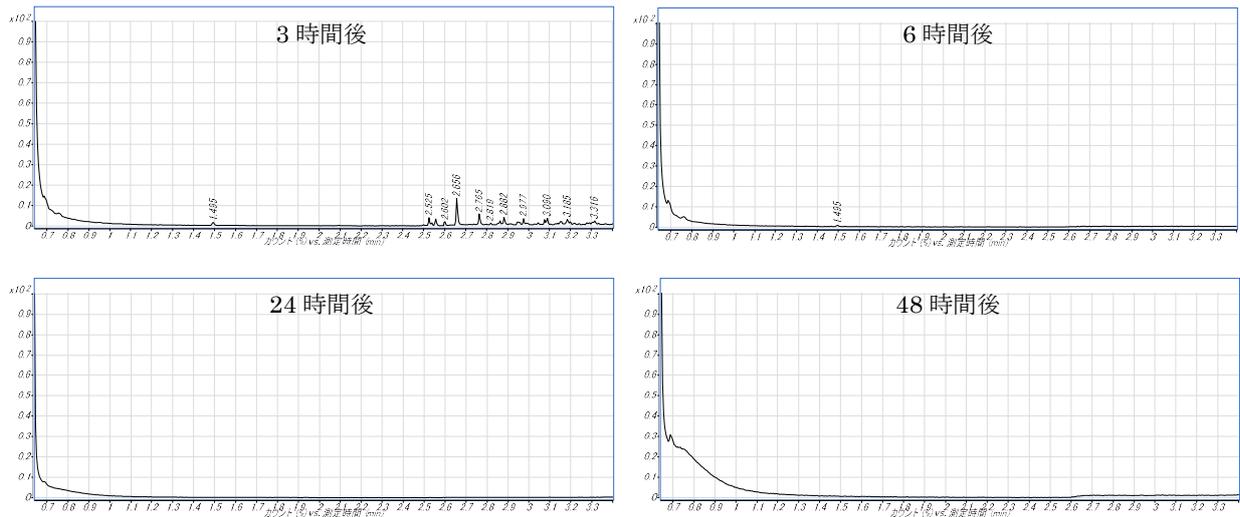


図2 ジップロックに常温保存したときの試験体に浸透した成分の TIC の時間変化

b アルミ袋

抽出液の TIC を図3に示す。

3、6、24時間後には、時間経過とともに検出強度が若干低下していくものの、試験体作成直後に抽出した油成分とほぼ同一の RT にピークを検出することができた。ただし、24時間後には、微弱なピークの一部化合物については化合物の同定ができなかった。

48時間後以降は、一部のピークが微弱に検出されたものの、化合物は同定できなかった。

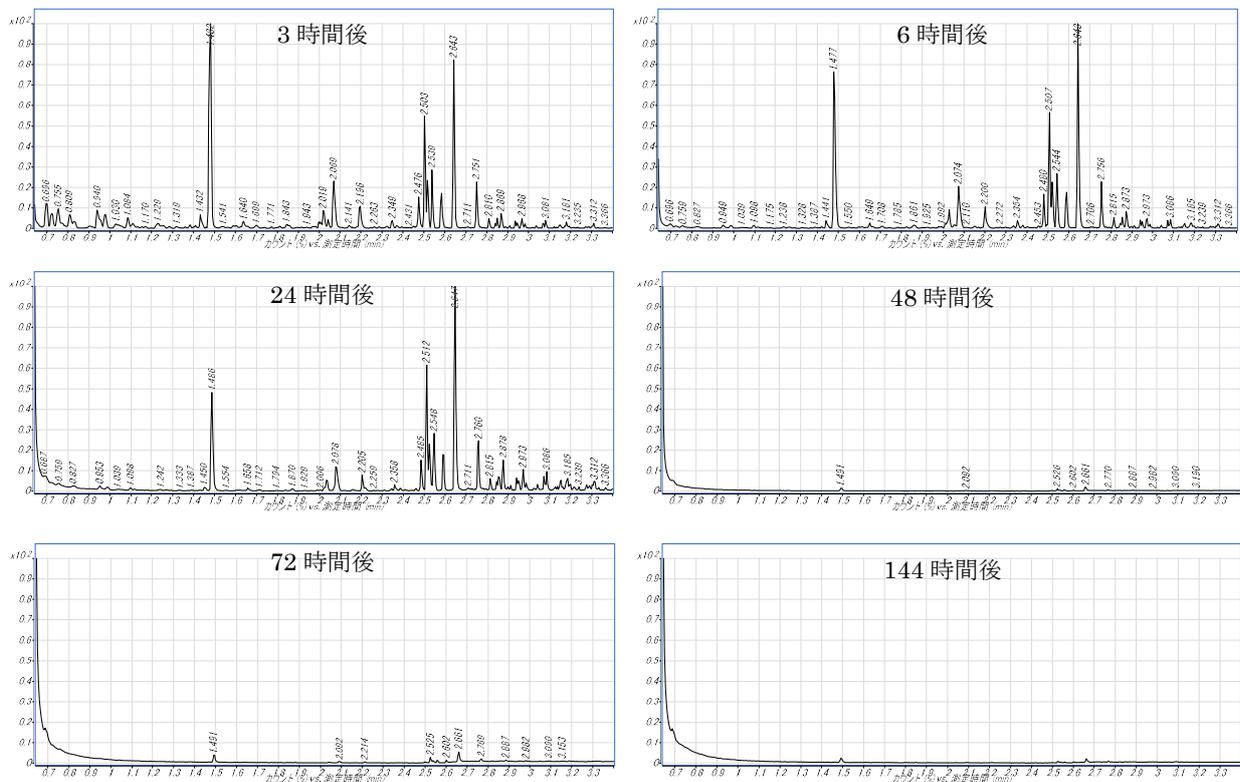


図3 アルミ袋に常温保存したときの試験体に浸透した成分の TIC の時間変化

c ガスバリア袋

抽出液の TIC を図 4 に示す。

TIC 形状及び化合物の同定結果は、b アルミ袋の結果とほぼ同じ傾向を示した。

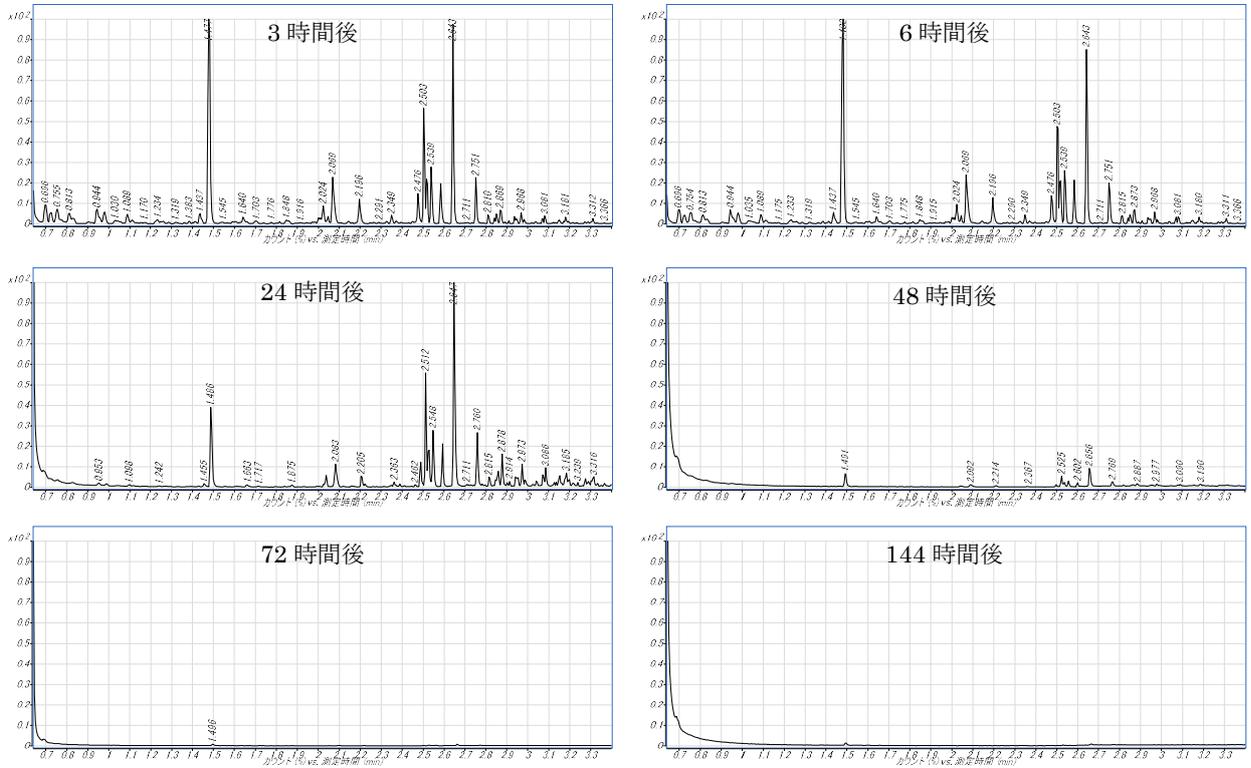


図 4 ガスバリア袋に常温保存したときの試験体に浸透した成分の TIC の時間変化

(イ) 採取袋内に蒸着した油成分の分析結果

a ジップロック

抽出液の TIC を図 5 に示す。

3 時間後には、RT1. 50min 付近に微弱なピークが検出されたものの、RT2. 4min 以前の他の油成分は検出はできなくなり、6 時間後以降、油成分の同定が一切できなかった。

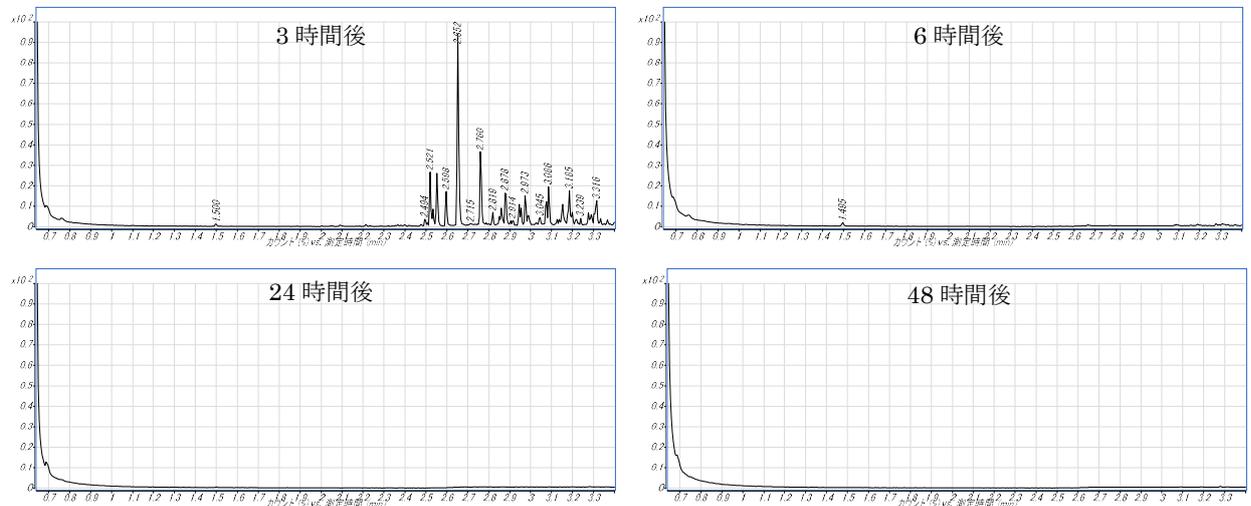


図 5 ジップロックに常温保存したときの袋内に蒸着した成分の TIC の時間変化

b アルミ袋

抽出液の TIC を図 6 に示す。

袋内の抽出液からは、240 時間経過後であっても試験体作成直後に抽出した油成分とほぼ同一の RT にピークを検出することができ、さらに一部のピークを除き、化合物の同定が可能であった。なお、RT0.9min 以前のピークは、48 時間後以降は検出強度が低下する傾向を示し、RT2.0min 以降のピークは、24 時間後までは検出強度が増加し、その後ほぼ一定となった。

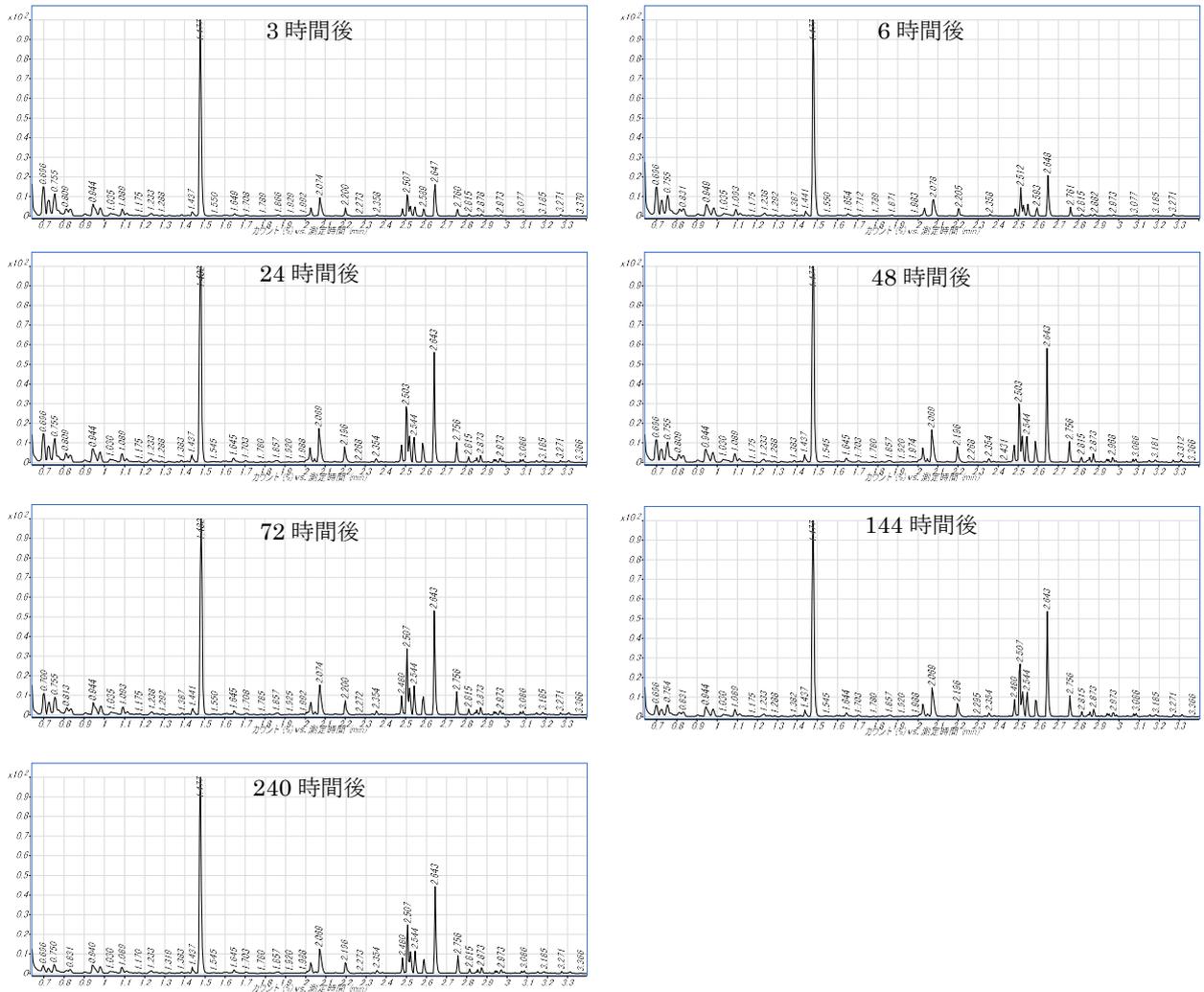


図 6 アルミ袋に常温保存したときの袋内に蒸着した成分の TIC の時間変化

c ガスバリア袋

抽出液の TIC を図 7 に示す。

TIC 形状及び化合物の同定結果は、b アルミ袋の結果とほぼ同じで、240 時間経過後であっても、袋内の抽出液からは試験体作成直後に抽出した油成分とほぼ同一の RT にピークを検出することができ、検出強度も同様の傾向を示した。

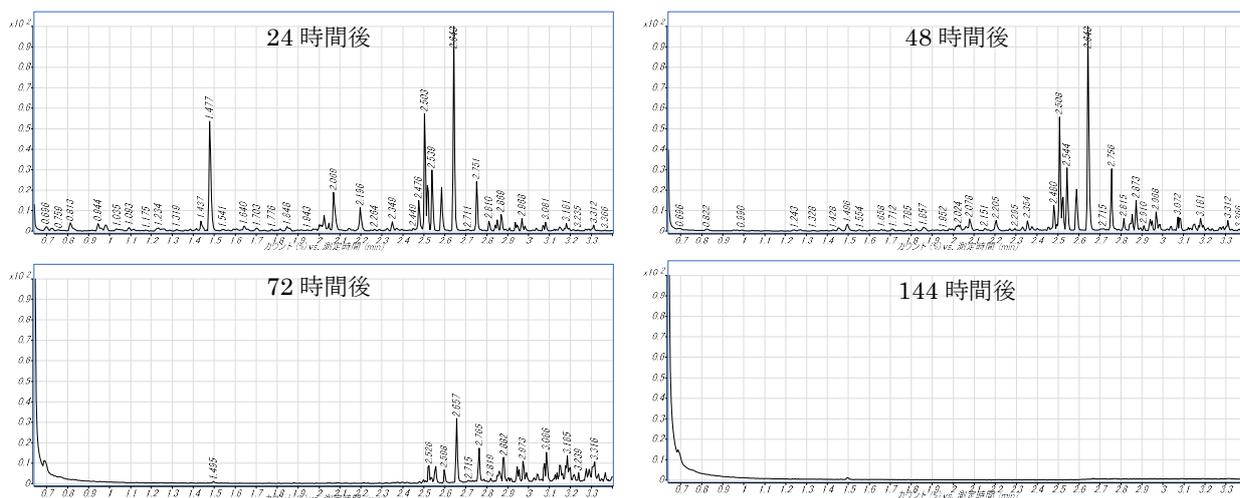


図8 ジップロックに冷凍保存したときの試験体に浸透した成分のTICの時間変化

b アルミ袋

抽出液のTICを図9に示す。

時間経過とともにRT1.44min以前のピークの検出強度が徐々に低下していくものの、336時間後においても、試験体作成直後に抽出した油成分とほぼ同一のRTにピークを検出することができ、化合物の同定も可能であった。

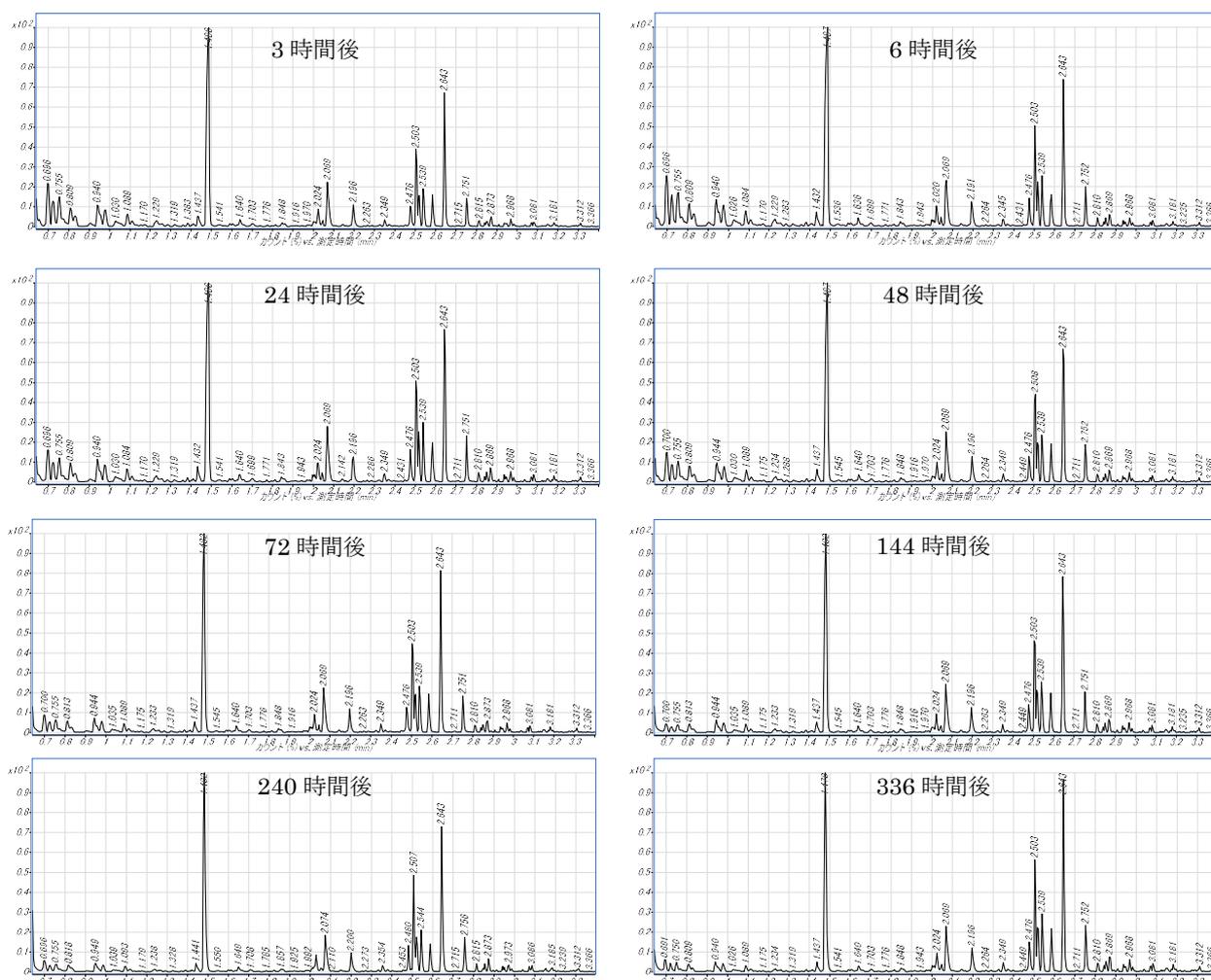


図9 アルミ袋に冷凍保存したときの試験体に浸透した成分のTICの時間変化

c ガスバリア袋

抽出液の TIC を図 10 に示す。

b アルミ袋の結果と同じく、336 時間後においても、試験体作成直後に抽出した油成分とほぼ同一の RT にピークを検出することができ、化合物の同定も可能であった。

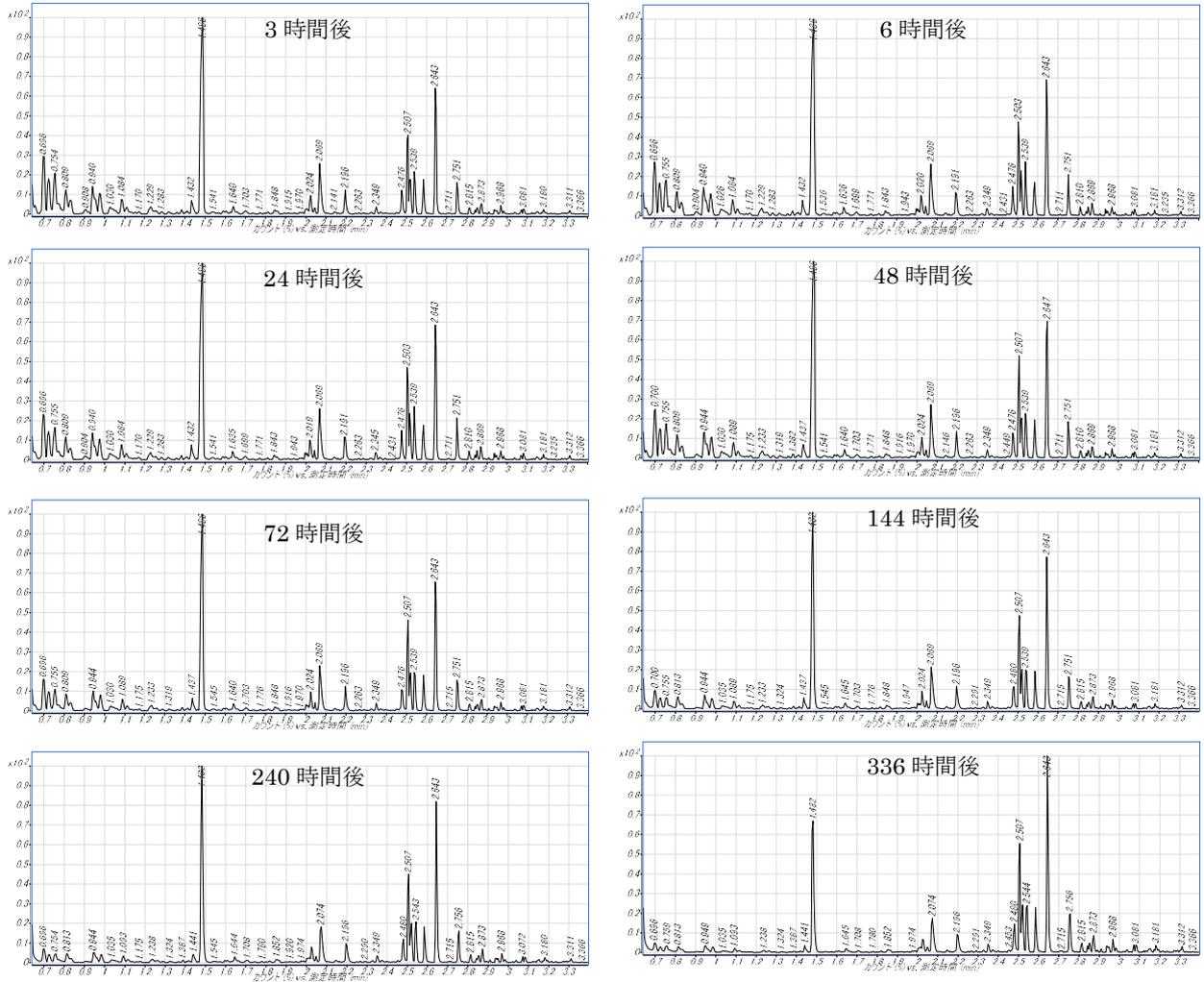


図 10 ガスバリア袋に冷凍保存したときの試験体に浸透した成分の TIC の時間変化

(i) 採取袋内に蒸着した油成分の分析結果

a ジップロック

抽出液の TIC を図 11 に示す。

24 時間後までは時間経過とともに検出強度が低下していくものの、試験体作成直後に抽出した油成分とほぼ同一の RT にピークを検出することができ、化合物の同定も可能であった。48、72 時間後は、RT2.5min 以前のピークの一部化合物が同定できなかった。144 時間後以降には、RT2.5min 以前のピークがほぼ消失した。

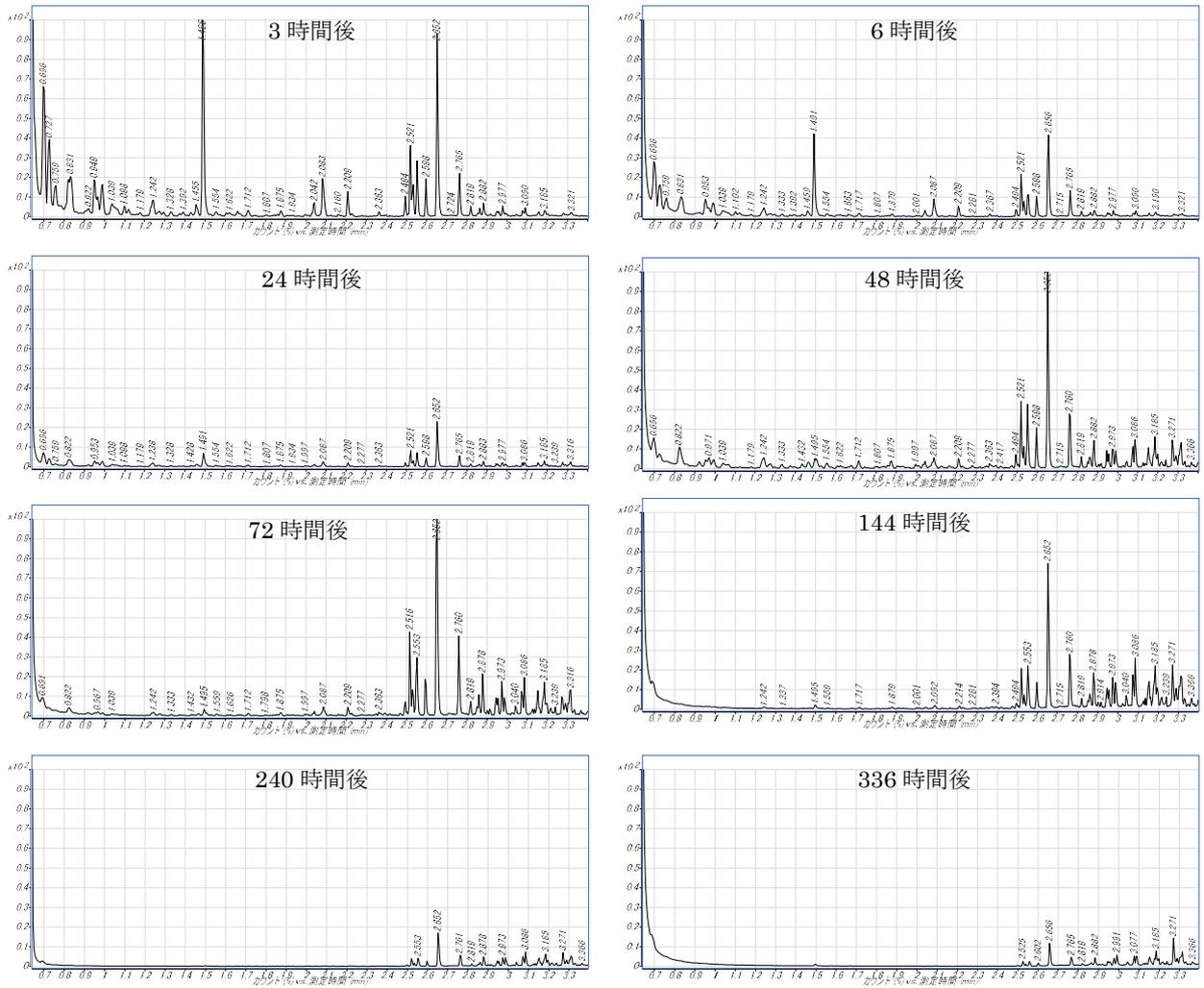
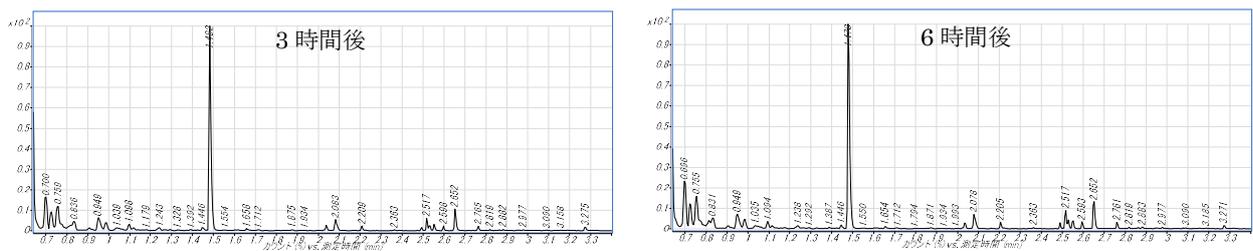


図 11 ジップロックに冷凍保存したときの袋内に蒸着した成分の TIC の時間変化

b アルミ袋

抽出液の TIC を図 12 に示す。

336 時間後においても時間経過による各ピークの検出強度の低下はほとんどなく、試験体作成直後に抽出した油成分とほぼ同一の RT にピークを検出することができ、化合物の同定も可能であった。なお、アルミ袋に冷凍保存した試験体から抽出した油成分の分析結果に比べ、RT2.5min 以降の成分の検出強度が一貫して小さかった。



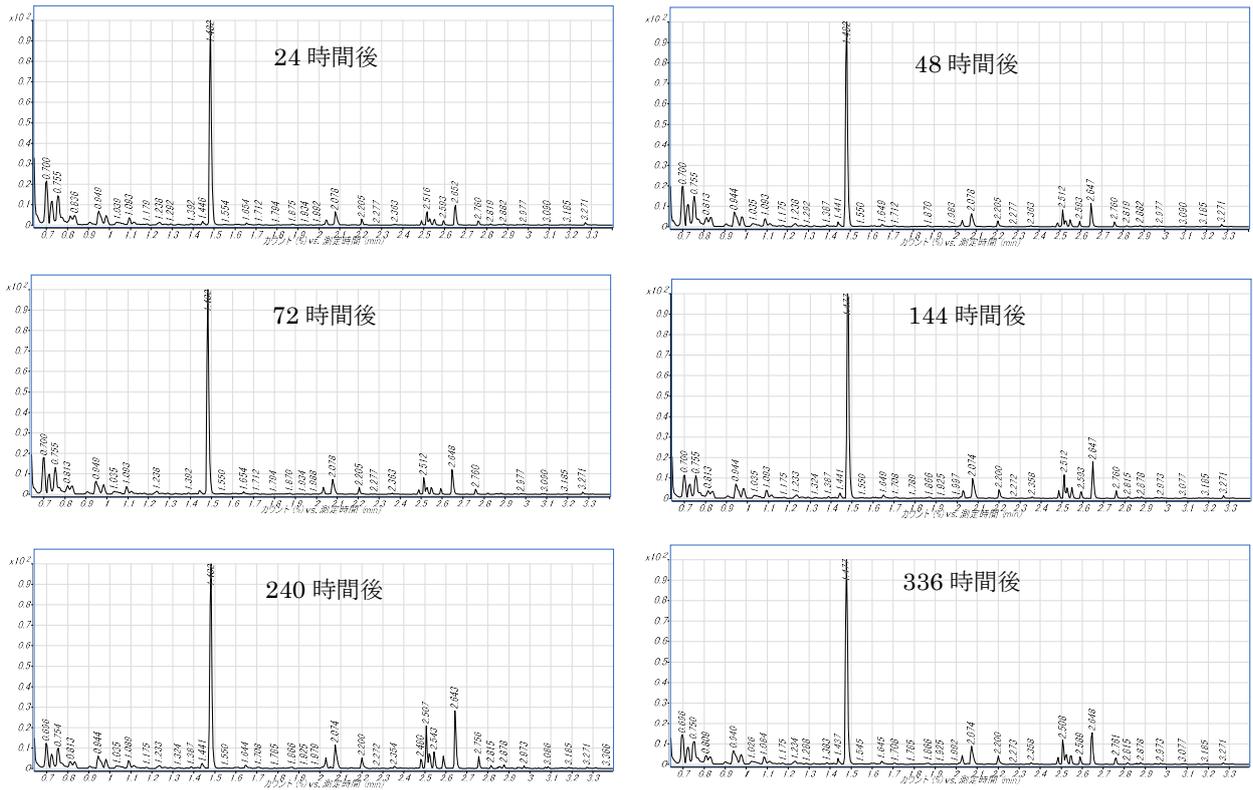
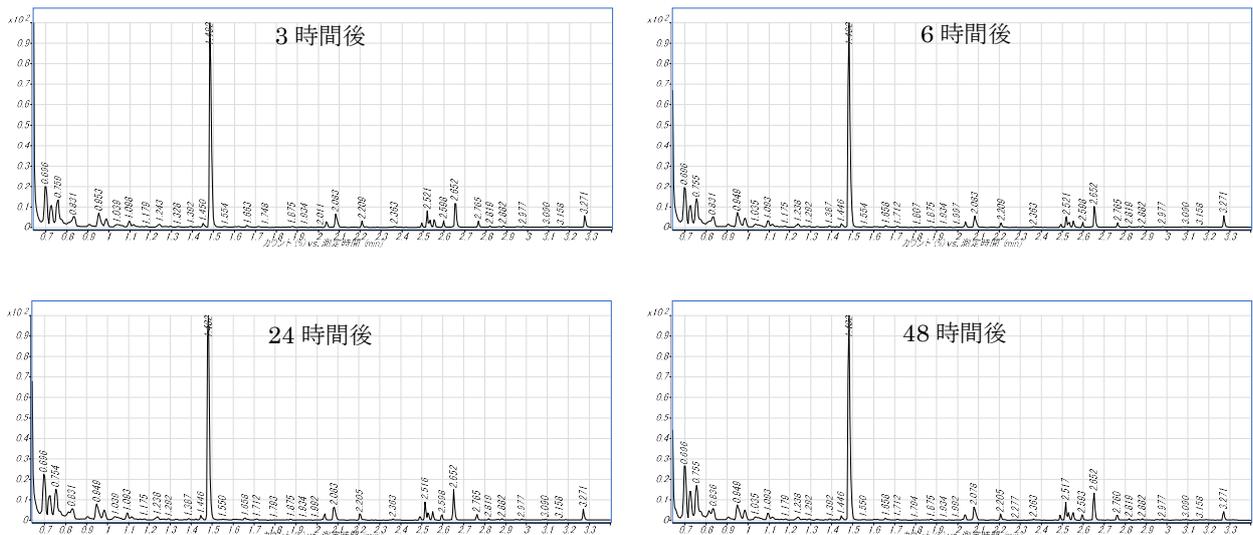


図 12 アルミ袋に冷凍保存したときの袋内に蒸着した成分の TIC の時間変化

c ガスバリア袋

抽出液の TIC を図 13 に示す。

b アルミ袋の分析結果とほぼ同じ傾向を示し、336 時間後においても、試験体作成直後に抽出した油成分とほぼ同一の RT にピークを検出することができ、化合物の同定も可能であった。



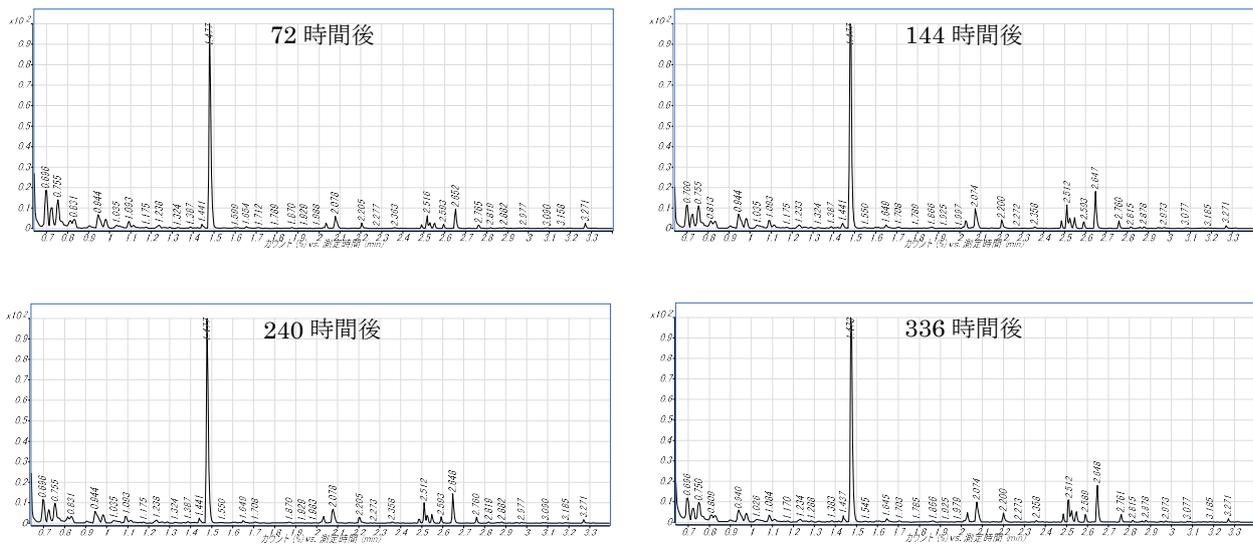


図 13 ガスバリア袋に冷凍保存したときの袋内に蒸着した成分の TIC の時間変化

(2) 灯油

ア 試験体作成直後に抽出した油成分の分析結果

試験体作成後、速やかに抽出作業を行い、分析により得られたトータルイオンクロマトグラムを図 14 に、クロマトデコンボリューションアルゴリズムにより化合物の検出を行い、高スコアで同定された化合物を表 2 に示す。

試験体からは、主成分として炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群が高スコアで検出された。

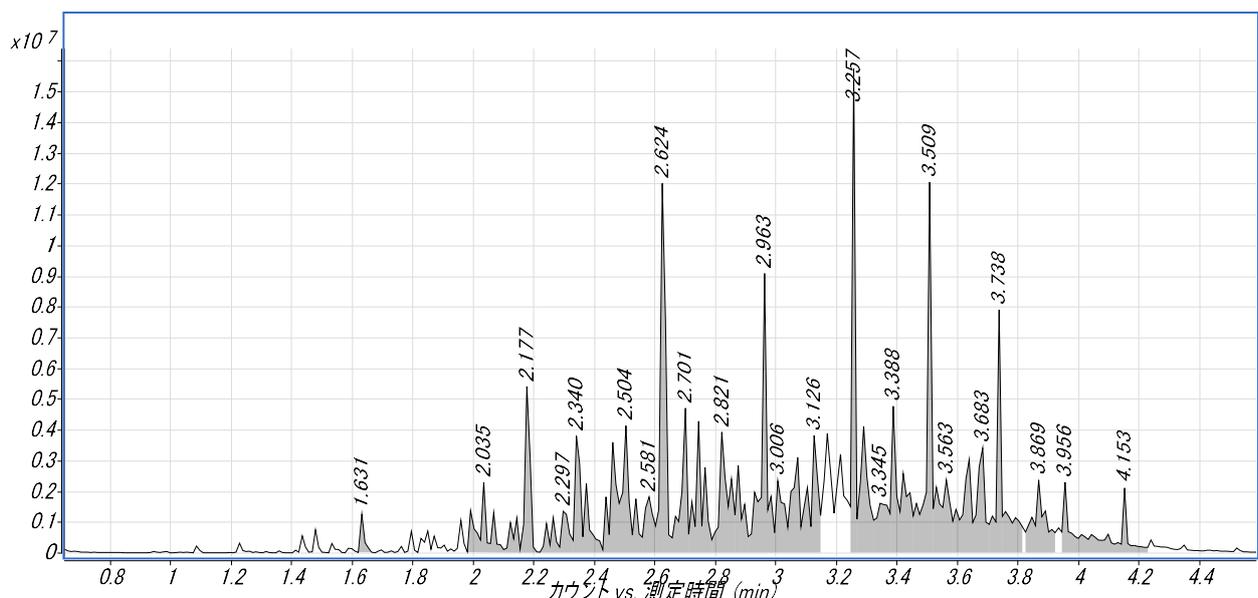


図 14 試験体作成直後に抽出した灯油成分の TIC

表 2 試験体作成直後に抽出した灯油成分の同定結果

RT	名前	式	高さ	面積	スコア	CAS
1.227	Cyclohexane, methyl-	C7H14	275261	224860	97.84	108-87-2
1.434	Heptane, 2-methyl-	C8H18	513797	443496	98.21	592-27-8
1.478	Toluene	C7H8	702196	585261	76.01	108-88-3
1.631	Octane	C8H18	1204064	1104370	97.53	111-65-9
1.795	Heptane, 2,6-dimethyl-	C9H20	661037	510816	97.16	1072-05-5
2.035	Octane, 3-methyl-	C9H20	1841794	1177730	97.34	2216-33-3
2.067	p-Xylene	C8H10	1028920	729140	97.13	106-42-3
2.177	Nonane	C9H20	5410346	6016974	97.67	111-84-2
2.34	Octane, 2,6-dimethyl-	C10H22	3326794	3719785	94.18	2051-30-1
2.624	Decane	C10H22	10277622	11627928	95.24	124-18-5
2.963	Undecane	C11H24	7608724	5092364	94.89	1120-21-4
3.258	Dodecane	C12H26	13891698	8961670	93.21	112-40-3
3.509	Tridecane	C13H28	10979301	7323448	96.57	629-50-5
3.738	Tetradecane	C14H30	7338053	4876542	94.33	629-59-4
3.956	Pentadecane	C15H32	1269790	831639	82.64	629-62-9
4.153	Hexadecane	C16H34	1819666	1211519	93.45	544-76-3

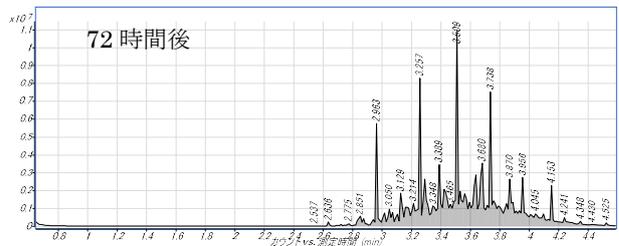
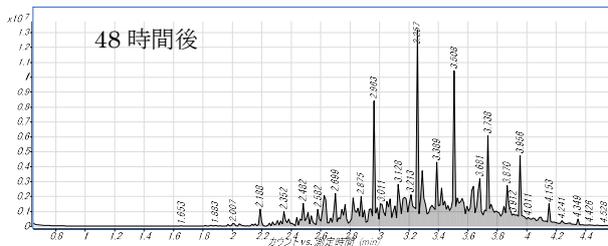
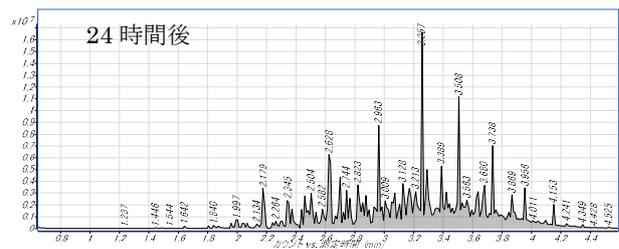
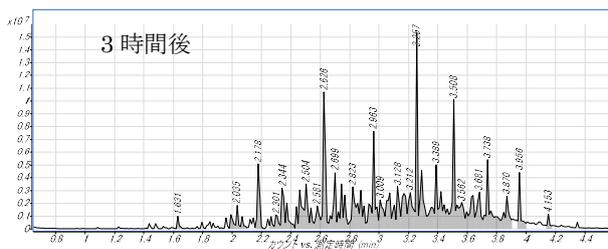
イ 常温保存した場合

(ア) 試験体に浸透した油成分の分析結果

a ジップロック

抽出液の TIC を図 15 に示す。

試験体からは、72 時間後以降にオクタンが、144 時間後以降にデカンが順次検出不能となったほか、144 時間後には油成分の検出強度が著しく低下し、240 時間後には一切の油成分が検出不能となった。



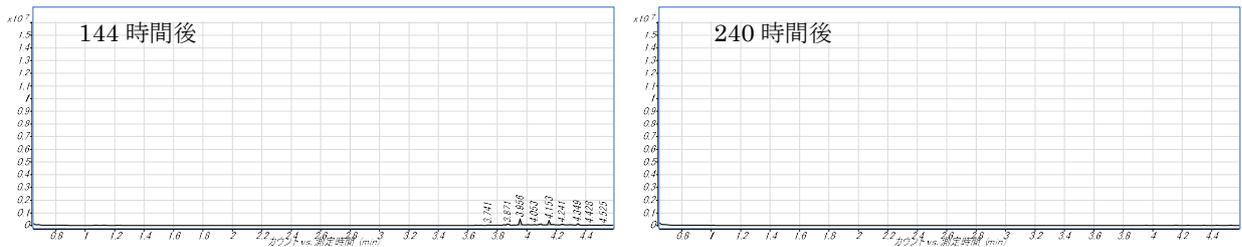


図 15 ジップロックに常温保存したときの試験体に浸透した成分の TIC の時間変化

b アルミ袋

抽出液の TIC を図 16 に示す。

時間経過とともに検出強度が若干低下していく傾向が見受けられるが、TIC 形状を保ちながら 336 時間後まで、炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群が検出された。

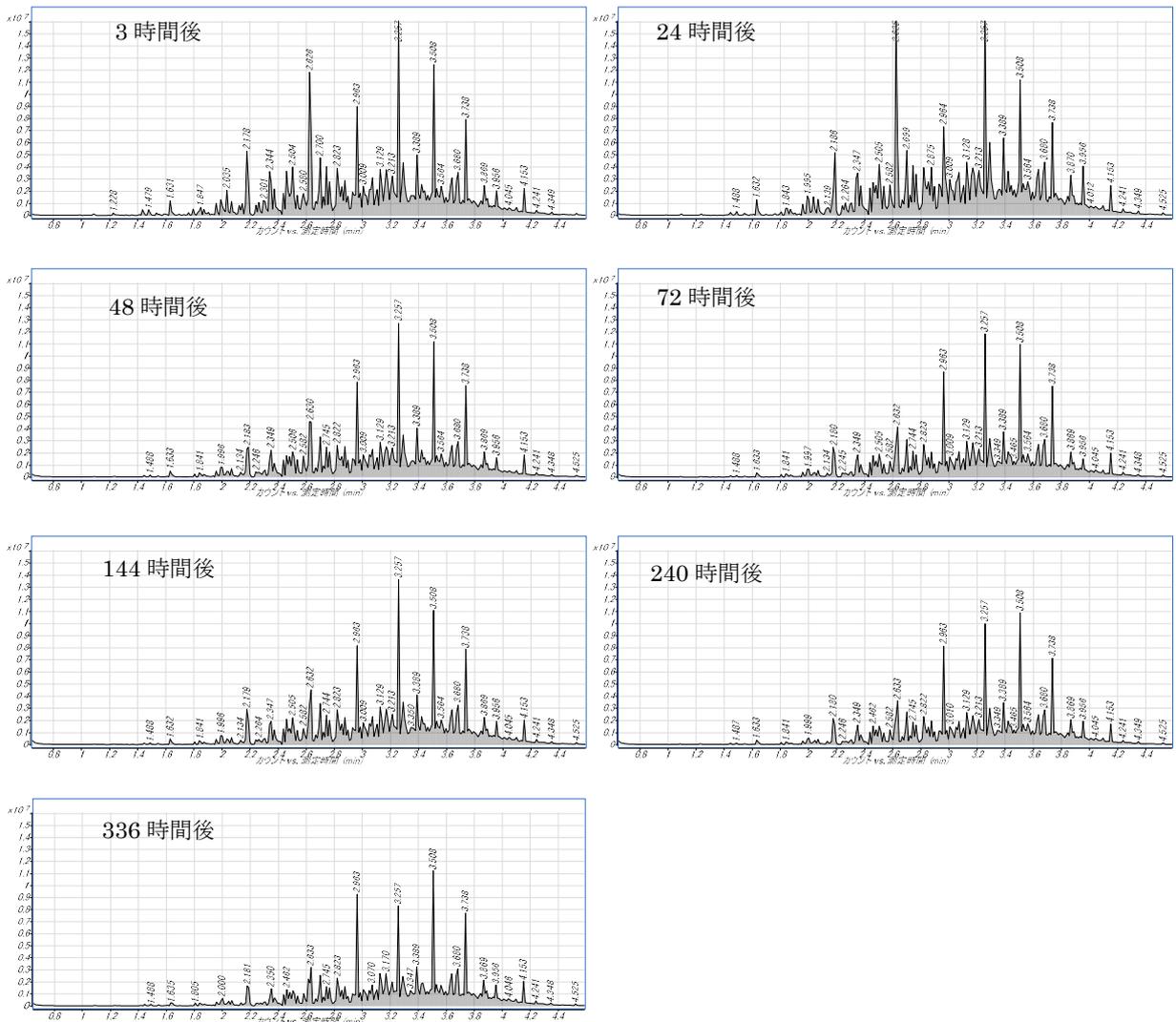


図 16 アルミ袋に常温保存したときの試験体に浸透した成分の TIC の時間変化

c ガスバリア袋

抽出液の TIC を図 17 に示す。

TIC 形状及び化合物の同定結果は、b アルミ袋の結果とほぼ同じ傾向を示し、336 時間後まで、炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群が検出された。

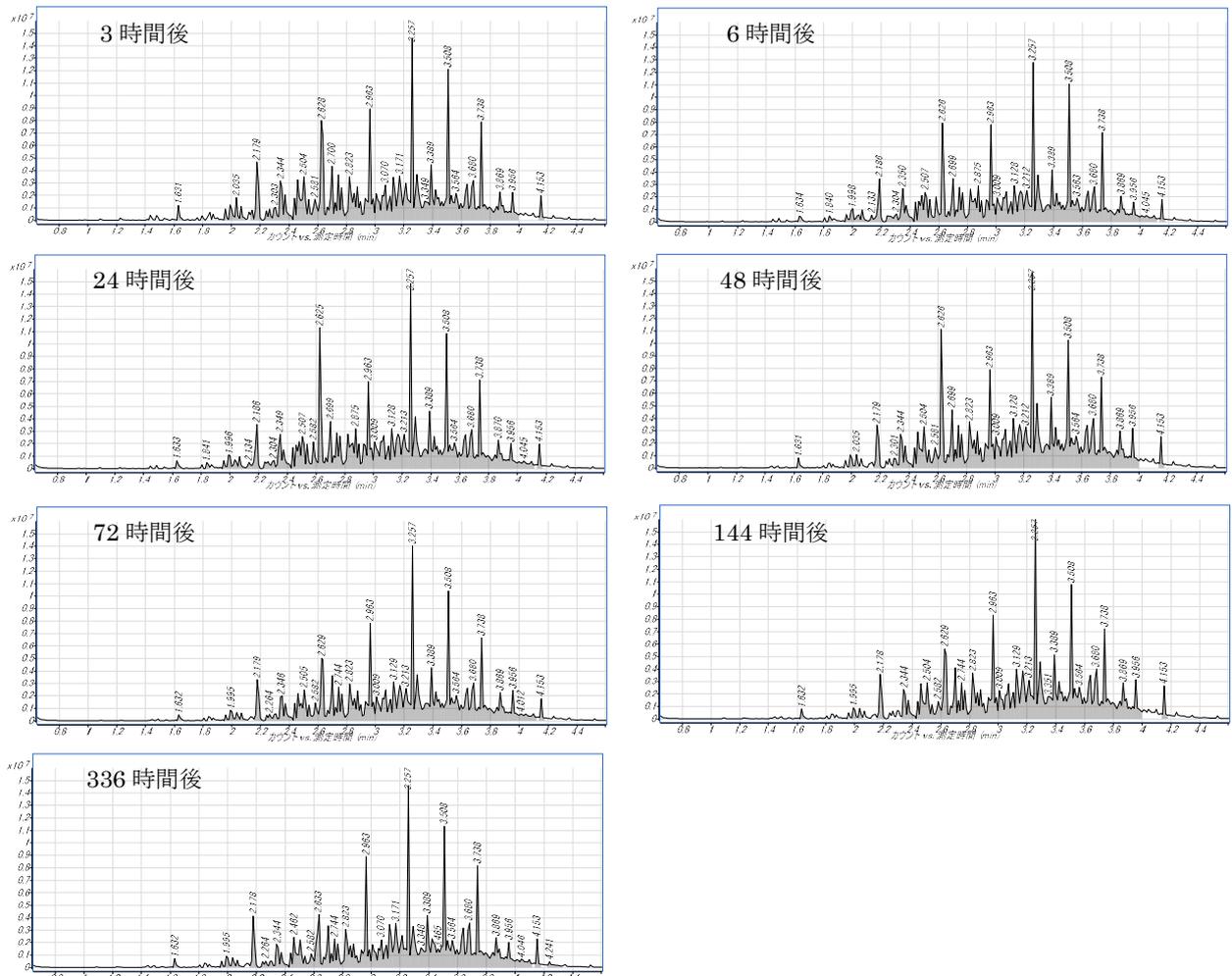


図 17 ガスバリア袋に常温保存したときの試験体に浸透した成分の TIC の時間変化

(イ) 採取袋内に付着した油成分の分析結果

a ジップロック

抽出液の TIC を図 18 に示す。

常温保存した場合における試験体に浸透した油成分の実験結果に比べると、相対的に検出強度は小さかった。また、24 時間後までは炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群が検出されたが、48 時間後以降にオクタンが、72 時間後以降にデカンが、144 時間後以降にウンデカンが、240 時間後以降にドデカン及びトリデカンが順次検出不能となり、336 時間後には一切の油成分が検出不能となった。

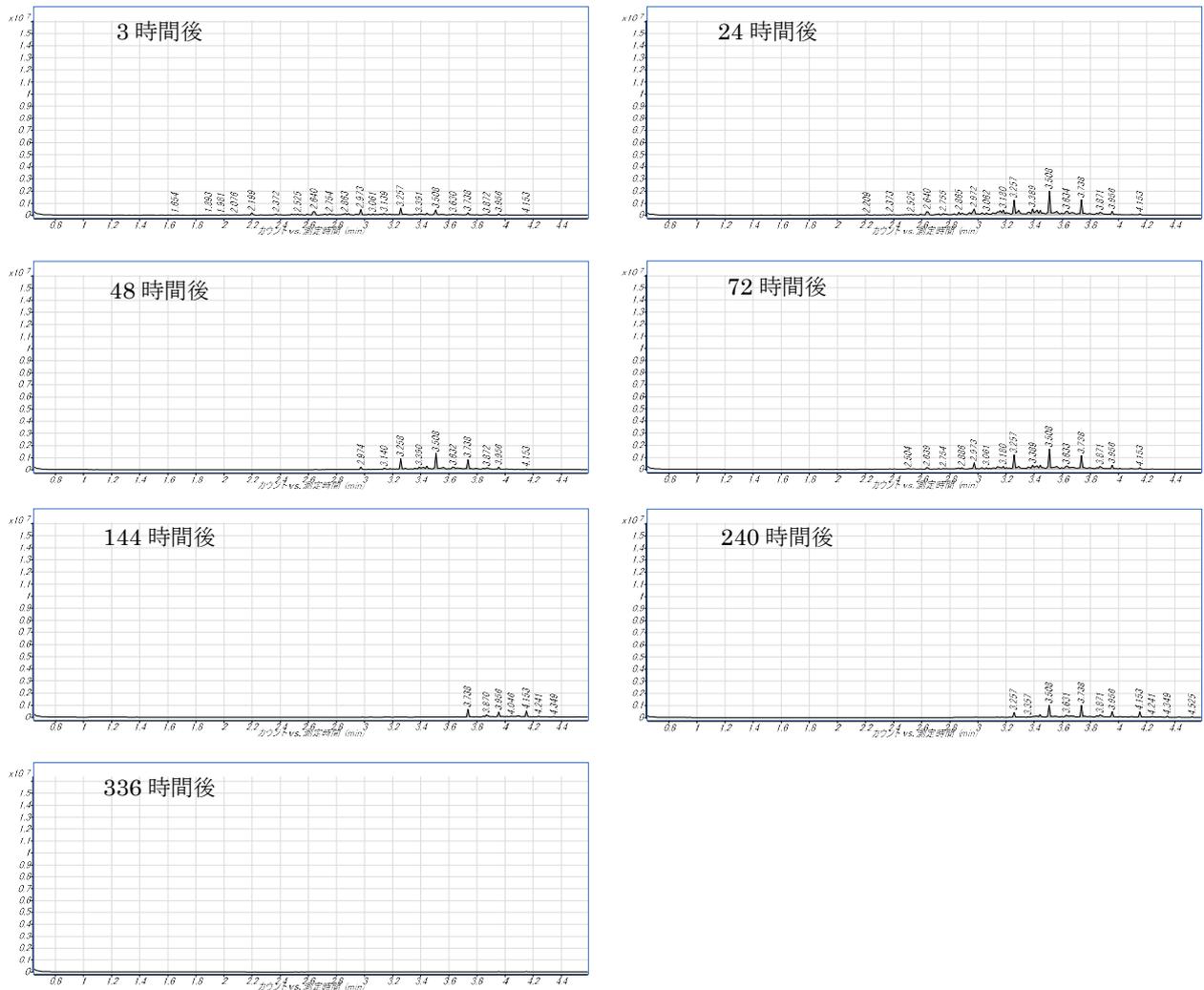
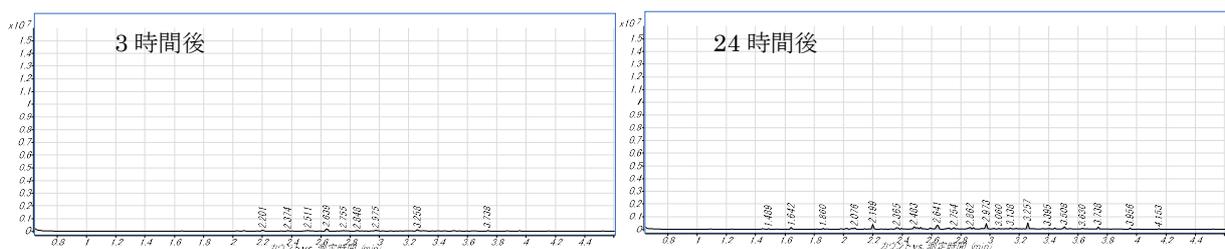


図 18 ジップロックに常温保存したときの袋内に付着した成分の TIC の時間変化

b アルミ袋

抽出液の TIC を図 19 に示す。

常温保存した場合における試験体に浸透した油成分の実験結果に比べると、相対的に検出強度は小さかったが、TIC 形状を保ちながら 336 時間後まで炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群が検出された。



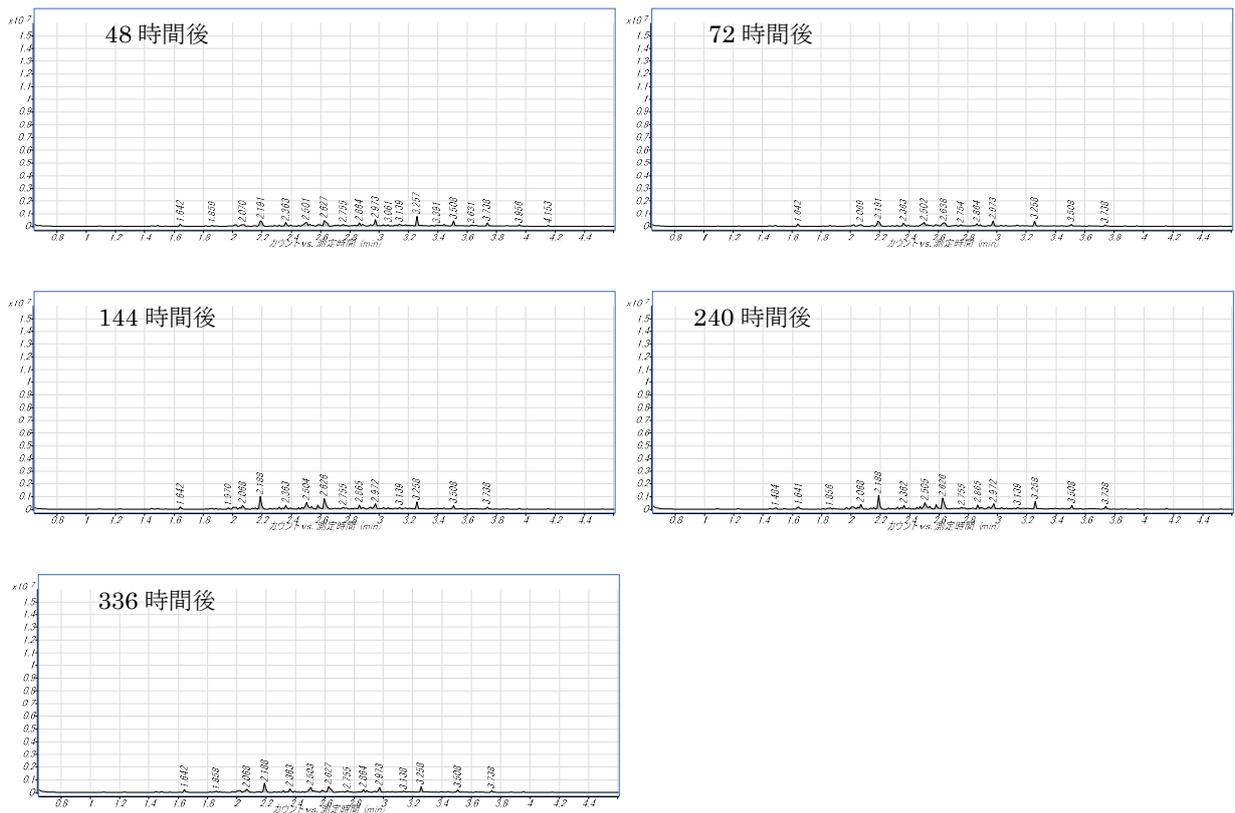
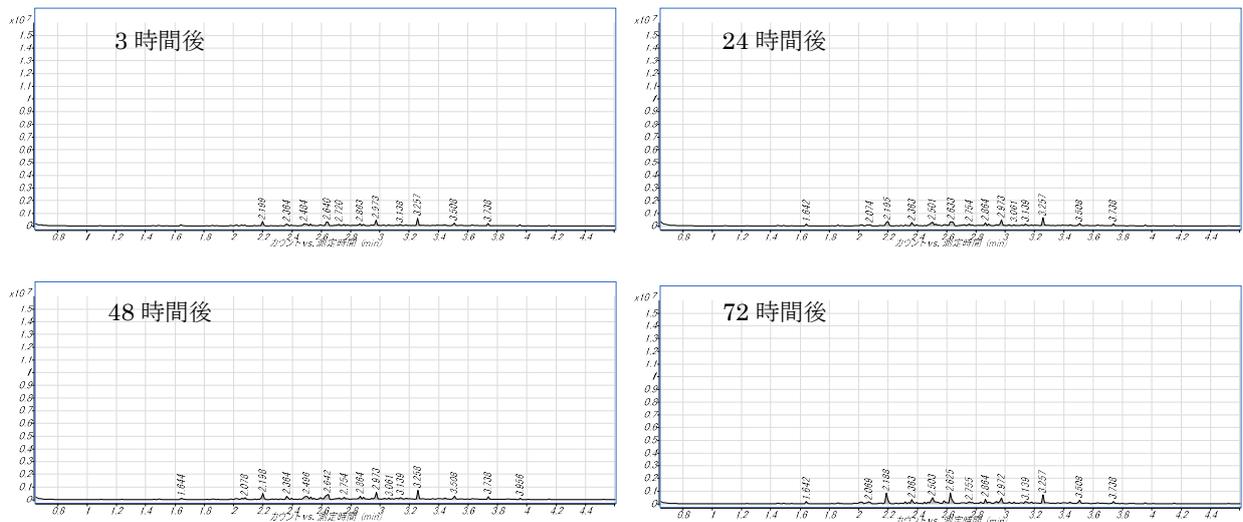


図 19 アルミ袋に常温保存したときの袋内に付着した成分の TIC の時間変化

c ガスバリア袋

抽出液の TIC を図 20 に示す。

TIC 及び化合物の同定結果は、b アルミ袋の結果とほぼ同じで、TIC 形状を保ちながら 336 時間後まで炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群が検出された。



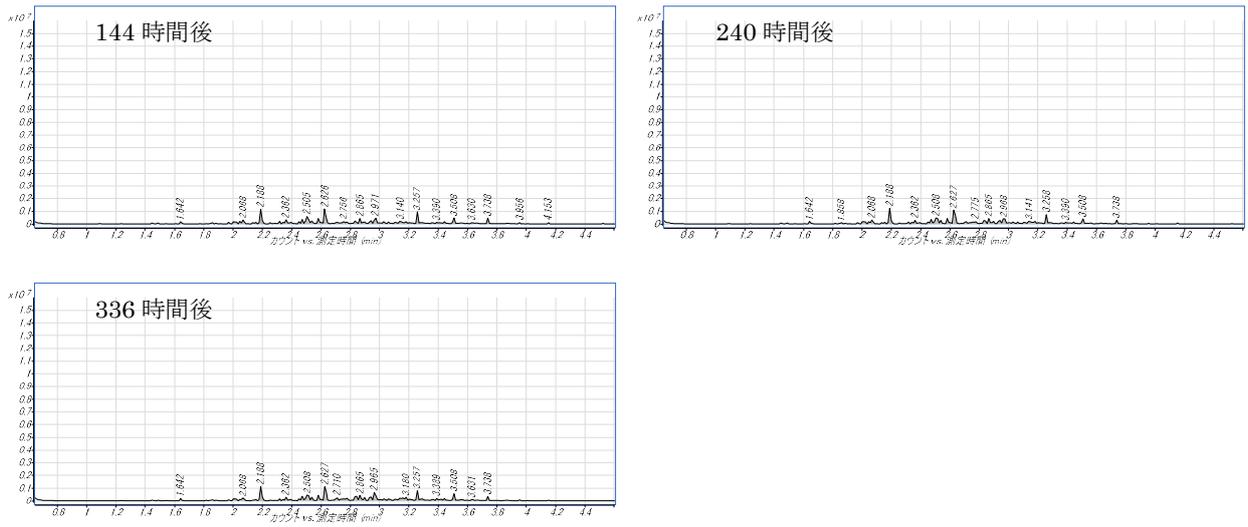


図 20 ガスバリア袋に常温保存したときの袋内に付着した成分の TIC の時間変化

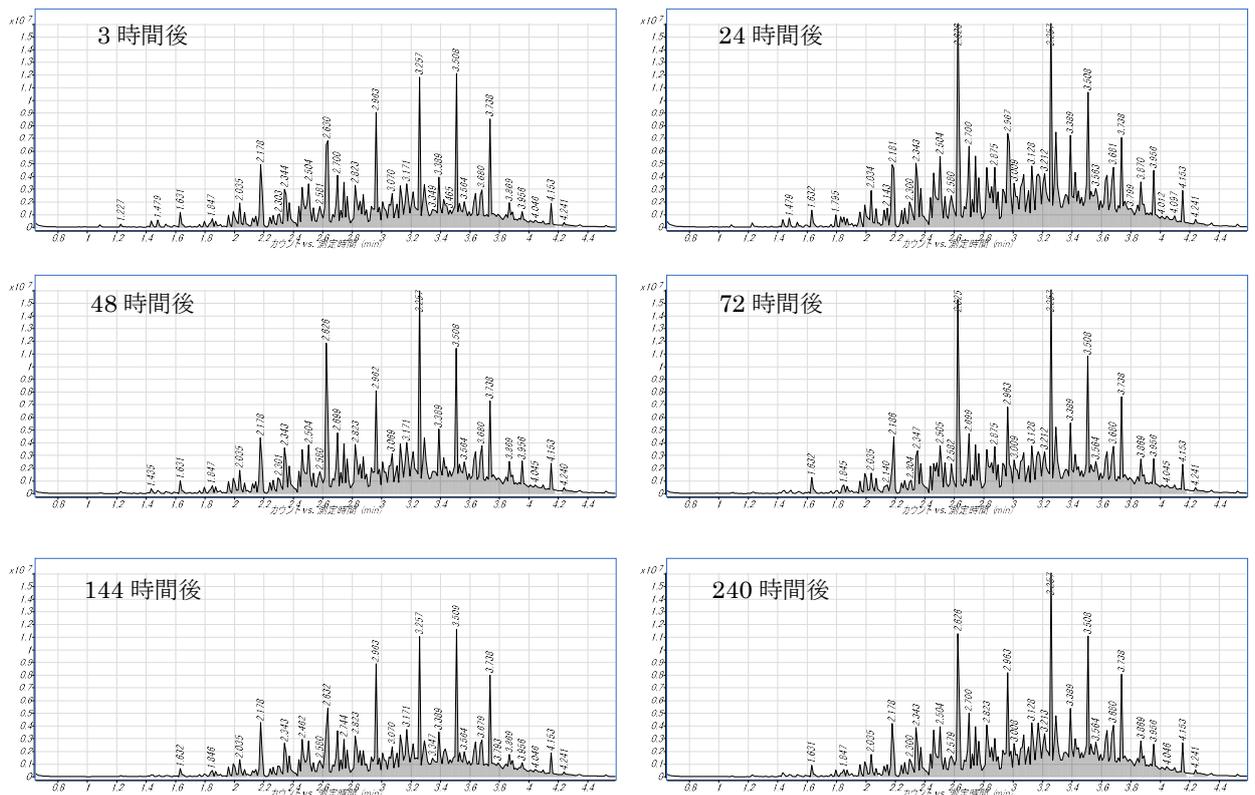
ウ 冷凍保存した場合

(ア) 試験体に浸透した油成分の分析結果

a ジップロック

抽出液の TIC を図 21 に示す。

TIC 形状を保ちながら 336 時間後まで、炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群を検出することができた。



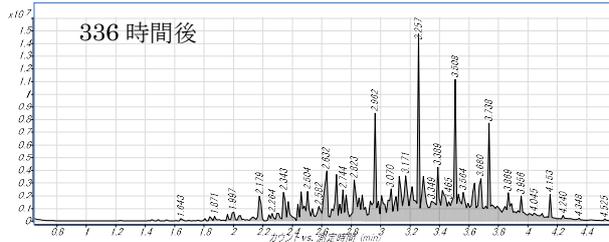


図 21 ジップロックに冷凍保存したときの試験体に浸透した成分の TIC の時間変化

b アルミ袋

抽出液の TIC を図 22 に示す。

TIC 形状を保ちながら 336 時間後まで、炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群を検出することができた。

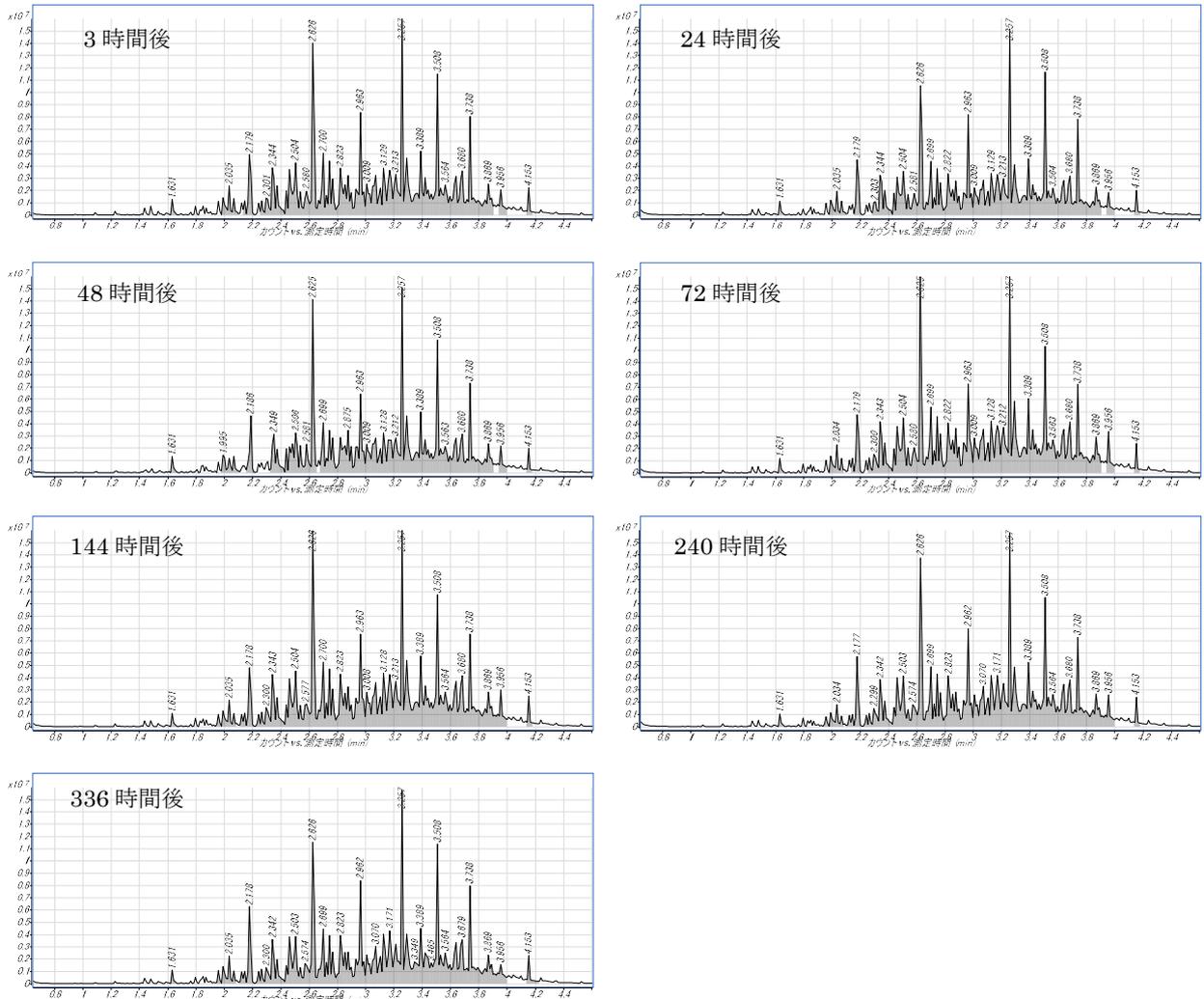


図 22 アルミ袋に冷凍保存したときの試験体に浸透した成分の TIC の時間変化

c ガスバリア袋

抽出液の TIC を図 23 に示す。

TIC 形状を保ちながら 336 時間後まで、炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群を検出することができた。

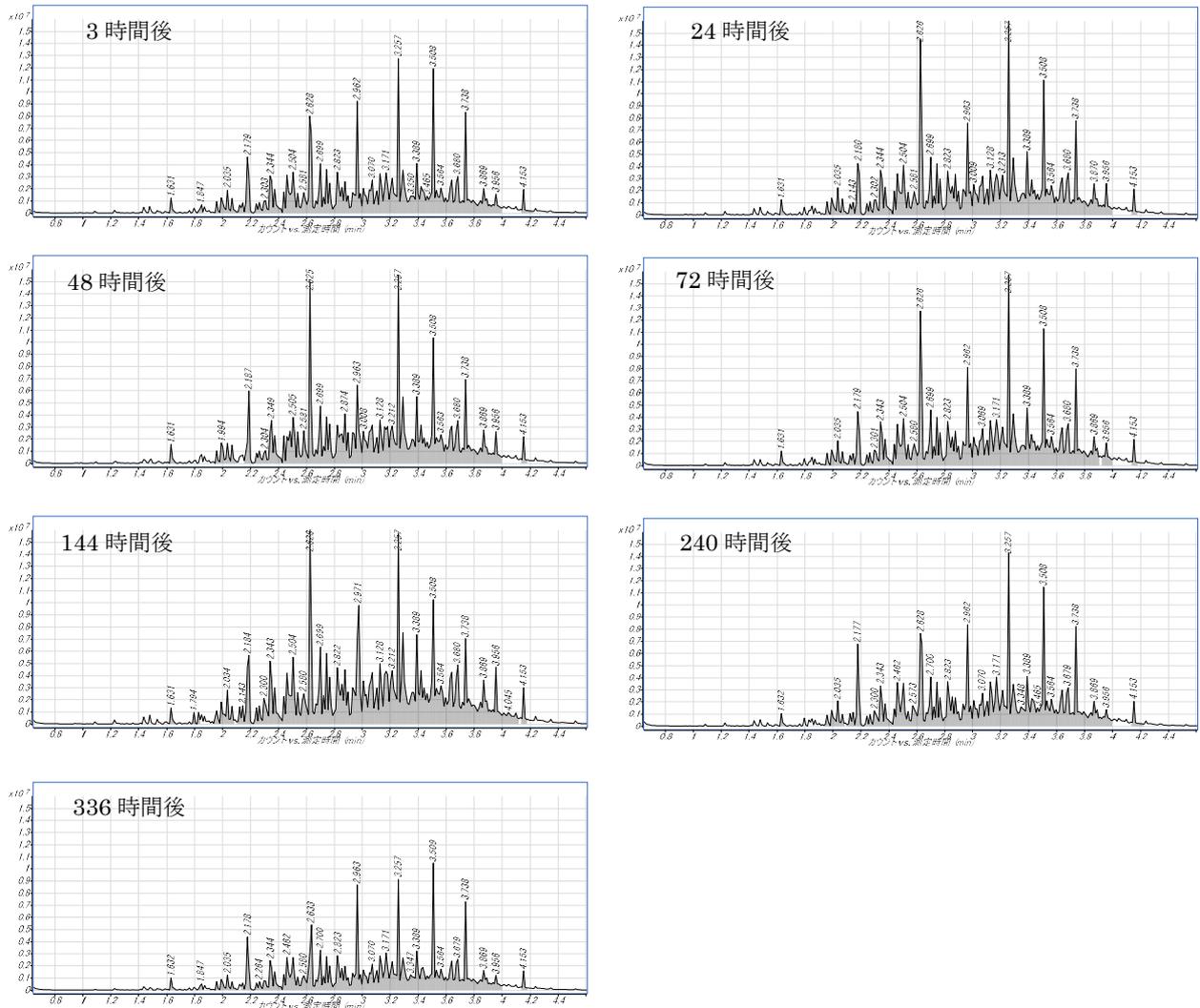


図 23 ガスバリア袋に冷凍保存したときの試験体に浸透した成分の TIC の時間変化

(i) 採取袋内に蒸着した油成分の分析結果

a ジップロック

抽出液の TIC を図 24 に示す。

常温保存した場合における試験体に浸透した油成分の実験結果に比べると、相対的に検出強度は小さかったが、TIC 形状を保ちながら 336 時間後まで炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群が検出された。

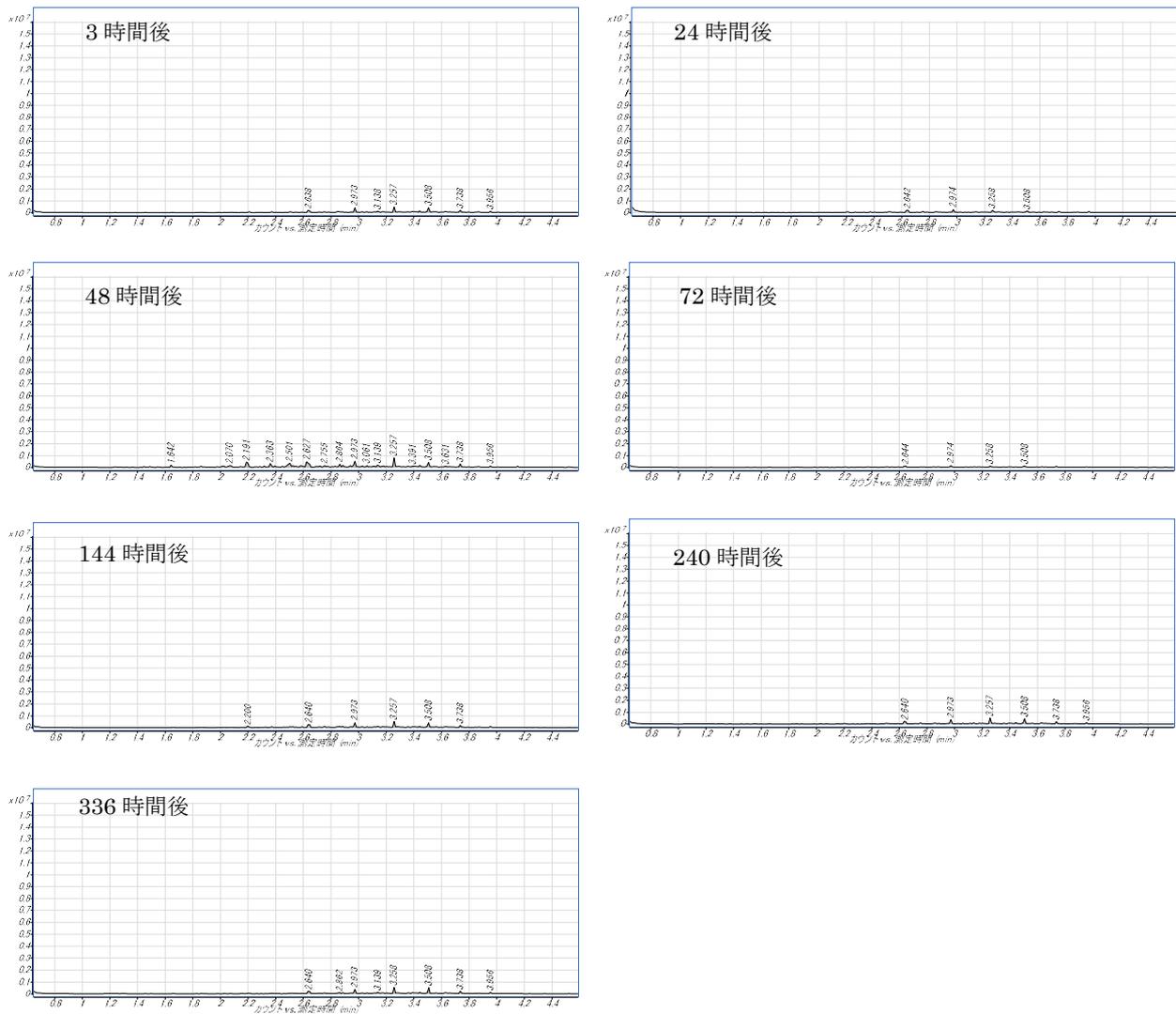
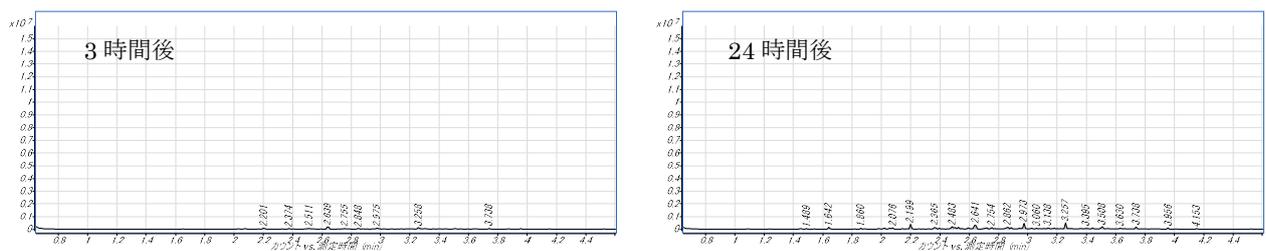


図 24 ジップロックに冷凍保存したときの袋内に付着した成分の TIC の時間変化

b アルミ袋

抽出液の TIC を図 25 に示す。

常温保存した場合における試験体に浸透した油成分の実験結果に比べると、相対的に検出強度は小さかったが、TIC 形状を保ちながら 336 時間後まで炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群が検出された。



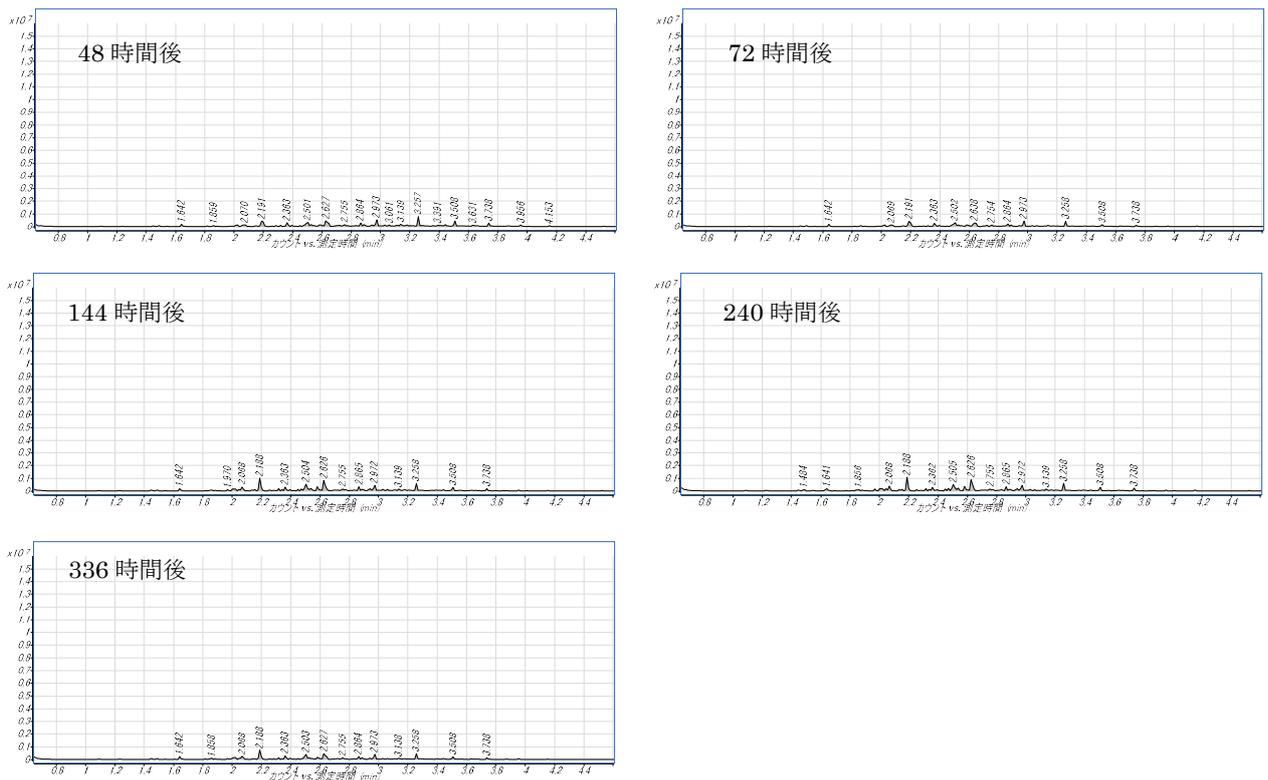
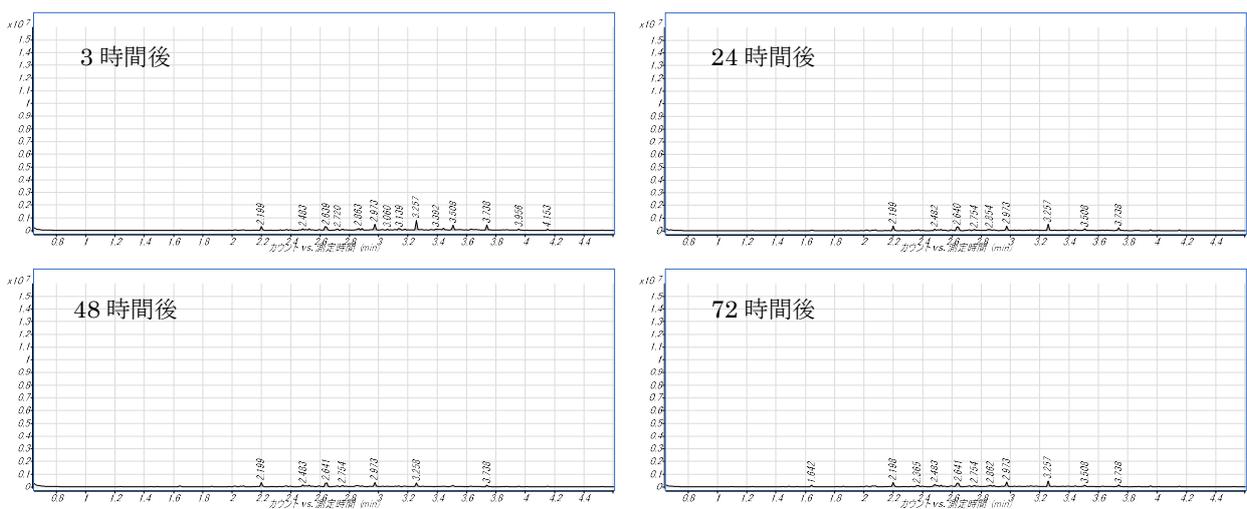


図 25 アルミ袋に冷凍保存したときの袋内に付着した成分の TIC の時間変化

c ガスバリア袋

抽出液の TIC を図 26 に示す。

常温保存した場合における試験体に浸透した油成分の実験結果に比べると、相対的に検出強度は小さかったが、TIC 形状を保ちながら 336 時間後まで炭素数 8 のオクタンから炭素数 16 のヘキサデカンまでの炭化水素群が検出された。



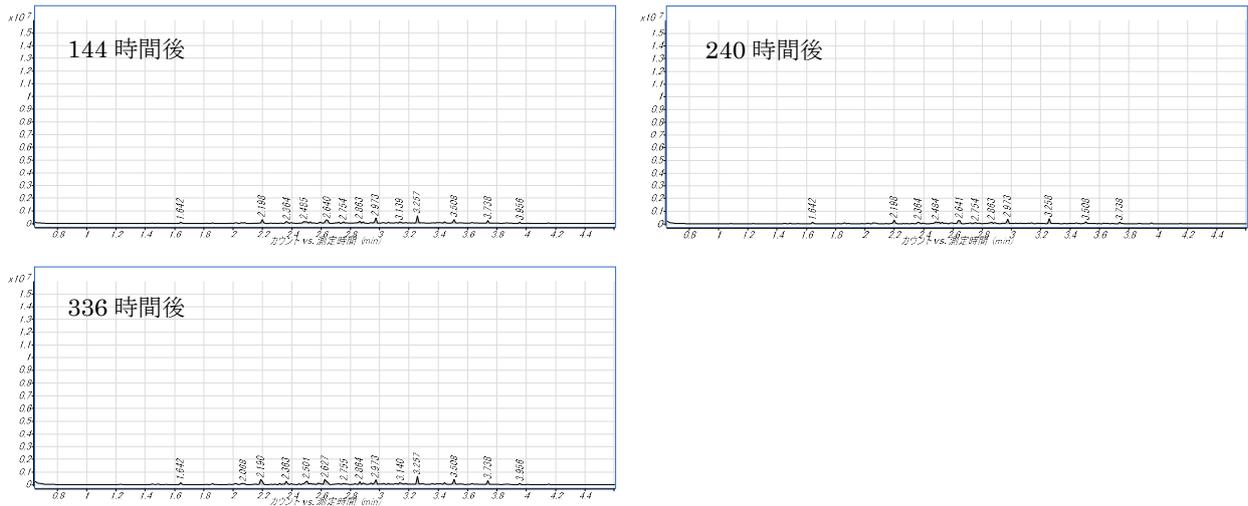


図 26 ガスバリア袋に冷凍保存したときの袋内に付着した成分の TIC の時間変化

8 実験結果のまとめ

(1) ガソリン

ア ジップロックで常温保存した場合、3 時間後には試験体及び袋内からガソリン成分の一部が消失し、6 時間後にはガソリン成分が一切検出されなかった。

イ ジップロックで冷凍保存したとしても、48 時間後には、試験体及び袋内から全ガソリン油成分を検出することができなくなった。

ウ アルミ袋及びガスバリア袋の油成分の保存効果は同等であり、常温保存した場合、試験体からは24時間後以降、一部のガソリン成分を検出することができなくなったが、袋内からは、336 時間後であっても全ガソリン成分を検出することができた。

エ アルミ袋及びガスバリア袋で冷凍保存した場合、336 時間後であっても、試験体及び袋内から全ガソリン成分を検出することができた。

(2) 灯油

ア ジップロックに常温保存した場合、試験体から抽出した炭化水素群は、48 時間後以降、順次消失していき、240 時間後には一切検出されなかった。

また、袋内から抽出した炭化水素群は、試験体から抽出した場合と比べ検出強度が小さく、24 時間後以降、順次消失していき、336 時間後には、一切検出されなかった。

イ ジップロックに冷凍保存した場合、試験体及び袋内から抽出した炭化水素群は、336 時間後においても TIC 形状を保って検出された。

なお、袋内から抽出した炭化水素群は試験体から抽出した炭化水素群に比べて検出強度が小さかった。

ウ アルミ袋及びガスバリア袋に保存した場合、保存温度の違いにかかわらず、試験体及び袋内から抽出した炭化水素群は、336 時間後においても TIC 形状を保って検出された。

なお、袋内から抽出した炭化水素群は試験体から抽出した炭化水素群に比べて検出強度が小さかった。

9 考察及び結論

(1) 鑑定依頼物品に含有する油成分が微量であった場合、ジップロック等のポリエチレン容器に保存すると、揮発した油成分が容器外へ透過していき、ガソリンの場合は、常温保存で3時間、冷凍保存で48時間、灯油の場合は、常温保存で48時間経過すると、鑑定依頼物品から有効に油成分を検出できなくなる可能性が確認された。

鑑定依頼物品を収去してから冷凍保存する間にある程度の時間経過が伴うことや鑑定依頼物品から油分を抽出する際にはろ過等の前処理が本来必要であることを考慮すると、常温下での油成分のロスを決して無視できないものであり、鑑定依頼物品の採取容器にポリエチレン容器を使用することは不適切と言える。

(2) 鑑定依頼物品に含有する油成分が微量であっても、アルミ袋等のガスバリア性能を有する採取容器を使用することで、鑑定依頼物品からの油成分の揮発を抑制し、揮発したとしてもその蒸気を容器内に留め置くことができ、常温保存では時間経過に伴い鑑定依頼物品から油成分が揮発してしまうものの、袋内に抽出溶媒を入れることで少なくとも10日間は、全油成分を検出することが可能と考えられる。

(3) 上記(1)及び(2)より、鑑定依頼物品の採取容器にはガスバリア性能を有するものを使用し、鑑定依頼物品から油成分を抽出する際には、鑑定依頼物品を採取容器から取り出して個別に溶媒に浸すのではなく、鑑定依頼物品の保存された採取容器内に直接溶媒を注ぐことで、効果的に油成分を検出することができると考えられる。この場合、採取袋のサイズを可能な限り小さくすることで、抽出溶媒の消費量や抽出された油分の希釈倍率が抑制され、コストの減少や油分検出効果の増大が見込まれる。

情報提供

消防科学研究所を活用した各署の燃焼実験について（概要）

1 耐火造及び木造燃焼実験ユニットを使用した燃焼実験（北消防署）

(1) 実験日時等

実施日時：平成 28 年 5 月 12 日（木）9 時 00 分～17 時 00 分

実施場所：札幌市消防学校 燃焼実験室内

(2) 実験概要

北消防署にて作製した木造燃焼実験ユニットを使用し、煙の自然換気とブロアーの使用を想定した際の排煙効果の比較検証を行った。

また、研究所既存の耐火造燃焼実験ユニットを使用し、路上注水の有効性の検証実験を行った。



写真1 ブロアー使用を想定した排煙効果の検証実験



写真2 路上注水の有効性の検証実験

2 木製模型を使用した燃焼実験（南消防署）

(1) 実験日時等

実施日時：平成 28 年 7 月 11 日（月）9 時 00 分～12 時 15 分

実施場所：札幌市消防学校 燃焼実験室内

(2) 実験概要

南消防署にて作製した建物一室を想定した木製模型の中で、火災発生時における煙の吸排気変化や火炎・煙量の比較検証を行った。



写真3 木製模型を使用した燃焼実験状況①



写真4 木製模型を使用した燃焼実験状況②

白熱灯投光器及び家庭用白熱電球からの出火再現実験について

1 はじめに

照明器具は暮らしに欠かせない身近な製品であるが、その一方で、照明器具による火災が毎年発生している。

NITE（独立行政法人 製品評価技術基盤機構）が収集した照明器具に関する製品事故件数は、平成 23 年度～平成 27 年度までの 5 年間に合計 420 件（蛍光灯照明 244 件、白熱灯照明 100 件、LED 照明 75 件など）あった。

照明器具の事故では人的被害は少ないものの、火災を伴う事故は 5 年間で 160 件発生しており、平成 27 年度では 64 件中約 6 割（39 件）が火災を伴っている。白熱灯照明による火災原因は、可燃物が接触したことによる火災であることが多く、使用の際には注意が必要である。

2 実験目的

白熱灯照明からの出火再現映像を札幌市公式ホームページへ掲載し、白熱灯照明の出火危険性及び火災予防対策について情報提供を行うことを目的とした。

3 実験日時等

実験日時：平成 28 年 11 月 10 日（木）～11 月 14 日（月）

実験場所：札幌市消防学校 消防科学研究所 燃焼実験室内

4 実験内容

(1) 白熱灯投光器（100V500W）からの出火実験

ア 白熱灯本体の温度測定

横向きに設置し点灯した状態の白熱灯の表面温度を測定した（5 分経過時点）。

イ 白熱灯からの離隔距離ごとの黒色布の温度測定

黒色の布をパネルに貼り付け、横向きに設置し点灯した状態の白熱灯から距離を変化させときの布表面の各温度を測定した（5 分経過時点）。

※ ア、イ共に温度上昇は 5 分間でほぼ一定となった。



写真 1 白熱灯投光器の離隔距離 (30cm)



写真 2 黒色布の温度測定状況

ウ 段ボールが発火するまでの経過時間測定及び映像撮影

燃焼実験室内に資器材（木材、段ボール等）を設置し、白熱灯投光器が段ボールに近接（5cm）した状態で出火する様子を撮影した。



写真3 白熱灯投光器からの出火再現実験状況

エ 木材が発火するまでの経過時間測定及び映像撮影

燃焼実験室内に資器材（木材、段ボール等）を設置し、白熱灯投光器が木材に近接（5cm）した状態で出火する様子を撮影した。

(2) 家庭用白熱電球（100V100W）からの出火実験

ア 白熱電球本体の温度測定

下向きに設置し点灯した状態の白熱電球の表面温度を測定した（5分経過時点）。

イ ダウンライト（白熱電球）に近接した衣類が発火するまでの経過時間測定及び映像撮影

天井のダウンライトから下方約2cmの位置に衣類を積上げて点灯し、衣類から発火する様子を撮影した。

5 実験結果

(1) 白熱灯投光器（100V500W）からの出火実験

ア 白熱灯本体の温度測定

白熱灯本体の温度測定結果を、表1に示す。

表1 白熱灯本体の温度測定結果

測定箇所	測定温度（℃）
前面	132
側面	55
下面	40
上面	159

- イ 白熱灯からの離隔距離ごとの黒色布の温度測定
離隔距離ごとの黒色布の温度測定結果を表 2 に示す。

表 2 黒色布の温度測定結果

離隔距離 (cm)	測定温度 (°C)
10	287
30	137
50	87
100	45

- ウ 段ボールが発火するまでの経過時間測定及び映像撮影
段ボールに近接 (5cm) した状態で白熱灯投光器を点灯したところ、3 分 20 秒で段ボールが発火した。なお、発火直前の段ボールの表面温度は 361°C であった。

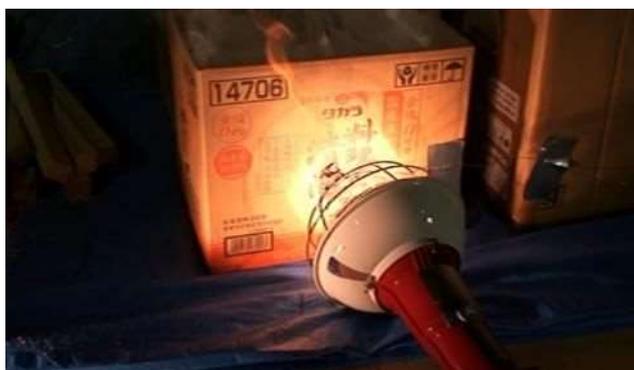


写真 4 段ボール発火時の状況

- エ 木材が発火するまでの経過時間測定及び映像撮影
木材に近接 (5cm) した状態で白熱灯投光器を点灯したところ、約 30 分後に無炎燃焼に至り、1 時間 8 分で木材から発火した。なお、発火直前の木材の表面温度は 348°C であった。



写真 5 木材発火時の状況

(2) 家庭用白熱電球（100V100W）からの出火実験

ア 白熱電球本体の温度測定

白熱電球を下向きに設置し、点灯させたときの下面温度は90℃であった。

イ ダウンライト（白熱電球）に近接した衣類が発火するまでの経過時間測定及び映像撮影

ダウンライトを点灯したところ、24分19秒で衣類から発火した。なお、発火直前の衣類の温度は395℃であった。



写真6 家庭用白熱電球からの出火状況

6 結論

白熱電球本体の温度は、下面中央で90℃、白熱灯においても最も高い温度が159℃（上面）であり衣類等を燃焼させる温度には至っていないが、近接する物体（被照射物）は、明るさの感じ方とは関係なく、光の放射エネルギーを受けているため、発火温度にまで上昇することが確認された。このことから、照明器具（白熱電球）を使用する際には、紙、木材、布等の可燃物を近づけないように注意が必要である。

7 参考資料

照明器具火災実験動画（札幌市公式ホームページ 消防科学研究所 火災再現実験動画）

<http://www.city.sapporo.jp/shobo/shokai/gakko/labo/movie/syomei.html>

ガスクロマトグラフ質量分析装置（GC-MS）簡易マニュアルの作成について

札幌市消防局消防科学研究所 的 場 敦 史

当研究所で使用しているガスクロマトグラフ質量分析装置（以下「GC-MS」という。）は、火災原因調査においては、残焼物中に含まれる助燃材や自然発火性物質の検出を、危険物関連業務においては、流出事故、コンタミ事故、無許可貯蔵事案等に係る油種の特定を実施することができる分析機器である¹⁾。

この度、従前より使用していたGC-MSの更新を行い、平成28年6月から新たなGC-MS（アジレントテクノロジー株式会社製 7890B GC/5977B MSD）を導入したことに伴い、本機器を用いた成分鑑定の実施手順を示した簡易マニュアルを作成したので、その概要について紹介する。

なお、簡易マニュアル（全編）については、当研究所のGC-MSに常置するほか、札幌市消防局職員専用ホームページ「WEB 北の鐘」に掲載しているので、そちらを参照されたい。

1 GC-MSの概要及び成分鑑定事例

GC-MSは、試料を加熱し、気化させ、試料を成分ごとに分離するガスクロマトグラフと、分離した各成分をそれぞれ同定及び定量することのできる質量分析装置を組み合わせた分析機器である（写真参照）。

また、当研究所におけるGC-MSを用いた代表的な成分鑑定事例を下表に示す。なお、GC-MSで成分鑑定することのできる物質は、加熱（約300℃程度）により気化する液体及び気体に限られる。



写真 ガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC-MS)

表 GC-MSを用いた代表的な成分鑑定事例

依頼内容	目的
火災現場から採取した残焼物に含有する石油類等の成分鑑定	火災原因究明のため
河川に流出した危険物と思慮される液体の成分鑑定	油種の特定のため
石油類のコンタミの事実確認に伴う成分鑑定	事実の確認のため
火災現場から採取した衣類に含有する自然発火性物質（不飽和脂肪酸）の成分鑑定	火災原因究明のため

2 作成経緯

当局における成分鑑定の実施については、各部（署）からの依頼に基づき、当研究所員が実施しているところであり、他の職員が実施することは想定していない。しかしながら、GC-MSの使用方

法や実施手順について職員に周知することは、職員の成分鑑定に対する理解を深め、現場活動、特に試料の採取方法に関して知見を広める好機となる。

以上のことから、GC-MS を用いた成分鑑定について、実施手順を示した職員向け簡易マニュアルを作成するに至ったものである。

3 鑑定対象

今回作成したマニュアルでは、過去3年間（平成26年度～平成28年度）において最も各部（署）からの依頼が多かった「火災現場から採取した残焼物に含有する石油類等の成分鑑定」の実施手順について、示すこととした。

なお、GC-MS を用いた成分鑑定は、依頼内容や依頼物品の違いにより、分析条件や使用する薬剤を変えて実施しているが、実施手順についてはほぼ同様の流れとなっているので、参考としていただきたい。

4 簡易マニュアルの概要

GC-MS を用いた成分鑑定の実施手順を、以下の(1)～(3)のとおり分類し、それぞれについて鑑定を進めることができるよう写真及び図により示した。

(1) 前処理

火災現場から採取した残焼物から油類成分を抽出し、試料を作成するまでの手順を記載した。簡易マニュアルを一部抜粋したものを、図1～図2に示す。

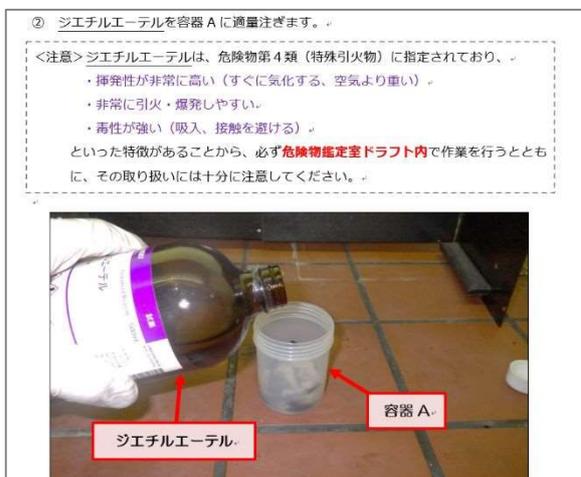


図1 簡易マニュアル「1 前処理」について
(抜粋)



図2 簡易マニュアル「1 前処理」について
(抜粋)

(2) 分析

GC-MS を起動し、作成した試料を分析するまでの手順を記載した。

簡易マニュアルを一部抜粋したものを、図3～図6に示す。



図3 簡易マニュアル「2 分析」について
(抜粋)



図4 簡易マニュアル「2 分析」について
(抜粋)

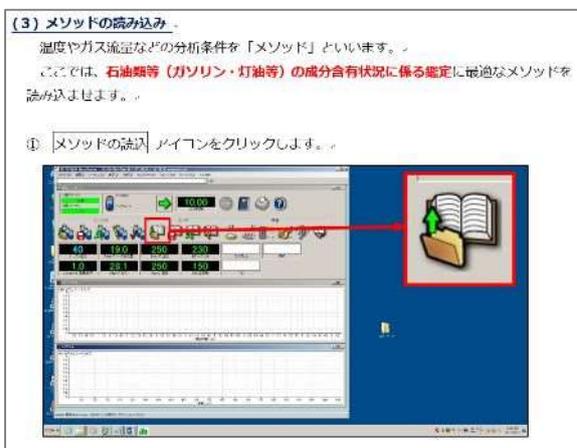


図5 簡易マニュアル「2 分析」について
(抜粋)



図6 簡易マニュアル「2 分析」について
(抜粋)

(3) 解析

解析ソフトを用いて、試料の分析結果から、石油類（ガソリン・灯油など）の成分の含有状況を判定するまでの手順を記載した。

簡易マニュアルを一部抜粋したものを、図7～図8に示す。



図7 簡易マニュアル「3 解析」について
(抜粋)

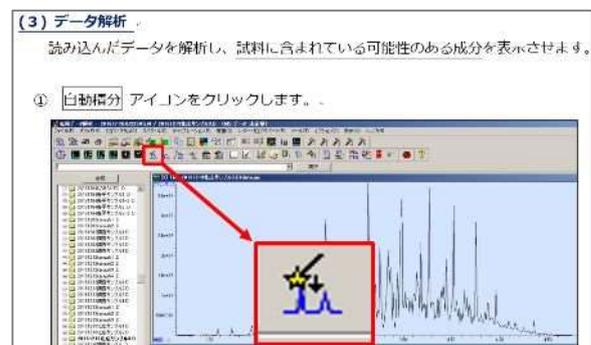


図8 簡易マニュアル「3 解析」について
(抜粋)

5 今後について

今回は、GC-MS を用いた成分鑑定のうち、「火災現場から採取した残焼物に含有する石油類等の成分鑑定」について、実施手順を示した簡易マニュアルを作成した。今後は、その他の依頼内容に関する成分鑑定事例や、他の分析機器を用いた成分鑑定についても、適宜情報発信することとしたい。

また、成分鑑定業務について職員がさらに理解を深めるため、研究所員の立会いのもと、職員が本マニュアルを活用して GC-MS を用いた成分鑑定を実施することについても、検討していきたい。

【参考文献】

- 1) 橋本慎也 著、「GC 及び GC-MS への高速高分離キャピラリカラムの導入について」
消防科学研究所報 No. 21 (2014)、札幌市消防局消防科学研究所 発行

平成 28 年度札幌市消防職員提案の実施状況について

札幌市消防局では、職員からの創意工夫による有益な提案を奨励し、勤労意欲を高めるとともに、公務能率と市民サービスの向上を図ることを目的として、昭和 40 年度から札幌市消防職員提案制度を開始し、昨年度までに計 577 件の提案を受け付けている。

この提案は、現場活動に限らず予防業務や事務処理の改善など様々な分野から受け付けており、平成 28 年度については、各部（署）から計 19 件の提案が提出されたところである。

申請された提案については、札幌市消防職員提案審査会により書類審査を実施した後、発表審査が実施される。

平成 28 年度の審査結果については、優秀賞 7 件、秀賞 2 件、努力賞 10 件となっており、優秀賞又は秀賞を受賞した提案に対し、消防局長から表彰状が授与された。

表 1 平成 28 年度札幌市消防職員提案 優秀賞・秀賞受賞作品一覧（計 9 件）

提案番号	提案件名	提案内容	表彰区分
第 578 号	時間外勤務時間及び特殊勤務回数を消防情報管理システムから出力します！	時間外勤務手当等に係る追給・戻入を防止するため、新消防情報管理システムに、出勤データ等から自動計算された時間外勤務時間等を出力させる機能を設け、公務能率の向上を図るもの。	優秀賞
第 581 号	ブロアーを使用した排煙・排熱活動（以下、「PPV 活動」という。）の検証及び研修等で使用可能な住宅型模型の作成について	火災発生時における煙の流れとブロアーによる加圧防煙及び陽圧換気の有効性を確認するため、「住宅型模型」を作成し、スモークマシンによる煙とドライヤーを可搬式ブロアーに見立て、実災害に近い状況を再現したもの。	優秀賞
第 583 号	パワーカッター（ダブルブレード）用フレキシブルエキゾーストパイプ及び延長パイプの考案について	考案したパイプを活用することで、排気ガスの排出方向をコントロールし、要救助者及び救助者への排気ガスの負担を軽減することで、円滑な救助活動が期待できるもの。	秀賞
第 584 号	動画を活用した救命講習受講者向け自主的反復教材の提供について	応急手当講習の反復学習教材を作成するとともに、YouTube に掲載し、教材動画の QR コードを普及講習受講者に配布し、自主的反復学習を促すもの。	優秀賞

第 585 号	三連梯子基底部の冬期間用すべり止めゴムキャップの考案について	冬期間、三連梯子の基底部ゴム部分に硬質ビスを埋め込んだ椅子用足キャップを取り付け、冬期間の路面凍結時における安全管理の向上や災害活動の効率化を図るもの。	優秀賞
第 591 号	査察実施直後に交付する（指導）文書について	査察実施直後、その場で結果を知らせるための（指導）文書を通知することで、文書作成事務の効率化と消防法令違反の早期是正を図るもの。	優秀賞
第 593 号	違反状況の一元管理に向けた新消防情報管理システムの構築について	従前、防火対象物及び危険物施設の違反管理は、消防情報管理システムとは別のエクセル表で作成してきたが、システムの更新時期をとらえ、一元化するもの。	優秀賞
第 594 号	イノベーションによる消防用地確保に向けた新たな手法について	空き家等の売却や賃貸などを希望する所有者及び管理者等からの相談等に対し、都市局や不動産団体から消防施設の移転改築周辺地の情報を提供してもらうことで、消防用地の確保に係る事務の効率化を図るもの。	優秀賞
第 595 号	三部制勤務に特化したサイクル単位による業務予定等管理表	エクセルの作成している業務予定表に、三部制勤務に特化した機能を加えることで、スケジュール管理、人事管理、隊の目標管理、各課、各係同士の申し送り管理等についての業務の改善を図るもの。	秀賞

表 2 平成 28 年度札幌市消防職員提案 努力賞受賞作品一覧（計 10 件）

提案番号	提案件名
第 577 号	アウトロック宛先選択時の時間短縮について
第 579 号	SOS ネットワーク発生通報の周知方法の変更について
第 580 号	伸縮・離脱可能な面体固定バンド（札幌ヒノマ式面体固定バンド）の作成について
第 582 号	AED 救急活動支援における補助用紙の考案について
第 586 号	標語おみくじによる、交通安全、コンプライアンス及び現場活動における安全管理の意識向上や定着について
第 587 号	Web 北の鐘の「海外消防戦術のアーカイブコーナー」新設について
第 588 号	新型署活系無線機用保護カバーの作製について
第 589 号	新採用職員等の所属研修『CASE 幌西』
第 590 号	防火対象物の解体を覚知したときの事務処理要領の作成について
第 592 号	立入検査時の効率化を図るためのチェックシートの活用について



写真 1 発表審査の状況



写真 2 表彰式の状況



写真 3 受賞者（優秀賞・秀賞）

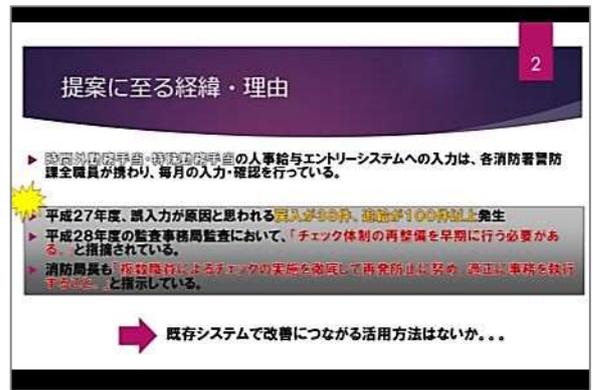


写真 4 提案番号第 578 号

「時間外勤務時間及び特殊勤務回数を消防情報管理システムから出力します！」



写真 5 提案番号第 581 号

「ブロアーを使用した排煙・排熱活動（以下、「PPV 活動」という。）の検証及び研修等で使用可能な住宅型模型の作成について」



写真 6 提案番号第 583 号

「パワーカッター（ダブルブレード）用フレキシブルエキゾーストパイプ及び延長パイプの考案について」



写真 7 提案番号第 584 号

「動画を活用した救命講習受講者向け自主的
反復教材の提供について」



写真 8 提案番号第 585 号

「三連梯子基底部の冬期間用すべり止めゴム
キャップの考案について」

立入検査の結果について (是正指導通知)

住所：中央区
防火対象物 (テナント) 責任者 様 札幌市中央消防署

消防法第 4 条に基づく立入検査の結果、下記のとおり大災害防止上の不備事項が認められましたので、速やかに是正してください。不備事項が是正されない場合は、再度立入検査を実施し、行政措置を講ずることがあります。平成 年 月 日までに、各不備事項について、札幌市中央消防署に是正計画を提出してください。

不備区分	不備事項
防火・防災管理 (法第 8 条・3 6 条等)	<input type="checkbox"/> 未運営 (防火・被爆防火・防災・被爆防災) <input type="checkbox"/> 再講習未受講 (防火・防災) 【是正期限】平成 年 月 日
消防計画 (法第 8 条・3 6 条等)	<input type="checkbox"/> 未作成 <input type="checkbox"/> 一部修正 <input type="checkbox"/> 全体消防計画未作成 <input type="checkbox"/> 全体消防計画一部修正 【是正期限】平成 年 月 日
消防訓練 (法第 8 条・3 6 条等)	<input type="checkbox"/> 未実施 <input type="checkbox"/> 全体消防訓練未実施 【是正期限】平成 年 月 日
火気設備 (法第 8 条等)	<input type="checkbox"/> 119 対応未設置 <input type="checkbox"/> 天蓋内入れ 【是正期限】平成 年 月 日
防火・防災点検結果報告 (法第 8 条の 2 の 2)	<input type="checkbox"/> 防火対象物点検結果未報告 <input type="checkbox"/> 防災管理点検結果未報告 【是正期限】平成 年 月 日
防炎 (法第 8 条の 3)	<input type="checkbox"/> カーテン <input type="checkbox"/> のれん <input type="checkbox"/> じゅうたん 【是正期限】平成 年 月 日

写真 9 提案番号第 591 号

「査察実施直後に交付する (指導) 文書に
ついて」

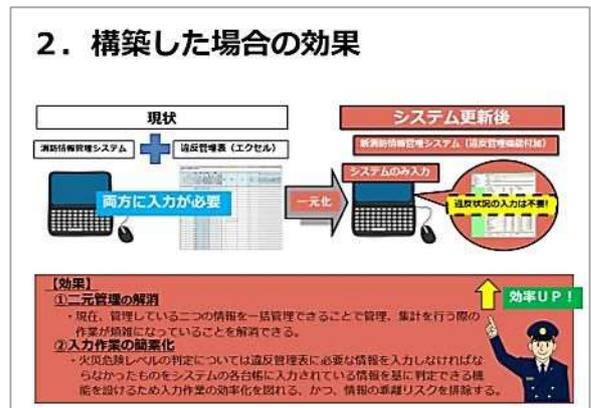


写真 10 提案番号第 593 号

「違反状況の一元管理に向けた新消防情報
管理システムの構築について」



写真 11 提案番号第 594 号

「イノベーションによる消防用地確保に
向けた新たな手法について」

別紙

業務	業務ID	業務名	業務内容	業務種別	業務属性	業務区分	業務種別	業務属性	業務区分
10	100001	消防用地確保	消防用地確保のための業務	事務	消防	消防	事務	消防	消防
11	110001	消防用地確保	消防用地確保のための業務	事務	消防	消防	事務	消防	消防
12	120001	消防用地確保	消防用地確保のための業務	事務	消防	消防	事務	消防	消防
13	130001	消防用地確保	消防用地確保のための業務	事務	消防	消防	事務	消防	消防
14	140001	消防用地確保	消防用地確保のための業務	事務	消防	消防	事務	消防	消防
15	150001	消防用地確保	消防用地確保のための業務	事務	消防	消防	事務	消防	消防

ボタン操作により、消防事受付画面に移動する。これにより受付内容の申し送り徹底を図る。

写真 12 提案番号第 595 号

「三部制勤務に特化したサイクル単位による
業務予定等管理表」

消防科学研究所報

(2016 No. 23)

平成 30 年 3 月発行

編集・発行 札幌市消防局消防科学研究所

〒063-0850

札幌市西区八軒 10 条西 13 丁目 3 番 1 号

電話 (011) 616-2262

F A X (011) 271-0957

E-mail fire.labo@city.sapporo.jp
