

消防科学研究所報

REPORT OF FIRE SCIENCE LABORATORY



2014 No. 21

SAPPORO FIRE SCIENCE LABORATORY

札幌市消防科学研究所

目 次

【業務実績】

○札幌市消防科学研究所の業務について 1

【研究・開発】

○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 10

○グラスウールの熱伝導性に関する実験 85

○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 99

○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 107

○車両金属部の腐食に関する研究について 112

○火災原因調査時に使用する検知管の性能比較について 131

【情報提供】

○実火災型訓練施設の改良について 139

○消火器用自動点灯ライトの開発について 141

○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 142

○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 147

○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 149

業務実績

札幌市消防科学研究所の業務について

1 はじめに

札幌市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へ出動し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

消防局ホームページへ火災再現映像等の掲載、報道機関への情報提供、などを通して、日常生活に潜む火災などの危険性と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、ホームページ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26年度）

燃焼 実験等	成分 鑑定等	現場 活動支援	職員提案 審査	外部講義・ 出前講座等	施設見学等	広報等	消防学校 初任・専科 教育等講義実 験
35	41	0	25	7 (234)	8 (769)	37	49 (863)

※1 単位：件

※2 （ ）内は対象者の人数

表3 主な研究装置・機器一覧表（平成27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	蛍光X線分析装置	1式
質量分析装置	1式	発火点測定器	1台
熱分析装置	1式	カールフィッシャー水分測定器	1台
ガスクロマトグラフ	1式	圧力容器試験装置	1式
低温実験ユニット	1式	多点式温度測定装置	1式
燃焼試験装置	1式	高温多点風速測定装置	1式
落球式打撃感度試験装置	1式	圧力測定器	1式
クリーブランド開放式自動引火点測定器	1台	X線透過装置	1式
タグ密閉式自動引火点測定器	1台	デジタルマイクロスコープ	1式
セタ密閉式自動引火点測定器	1台	恒温恒湿ユニット	1式
B型(ブルックフィールド)粘度計	1台	風向風速計	2台
燃焼実験ユニット	1式	騒音計	2台
液体成分分析装置	1式	分光蛍光光度計	1式

表4 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）	
		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ついで調査・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關 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關 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	
		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	
			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	花蘭 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	花蘭 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	花蘭 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鉍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 涉	
		情報	硫化水素の発生除害について（その2）	高橋 涉	
			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 涉	
			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 涉	
			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 涉	
			現場手袋素材耐油性確認実験	高橋 涉	
		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 涉	
			ワインセラーからのアンモニアガス漏れについて	高橋 涉	
			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 ^{せのお} 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	橋田 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	橋田 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	橋田 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	橋田 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
			ガ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	

研究・開発

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

札幌市消防科学研究所 伊藤 潤
宮下 典之
橋本 慎也
橋田 宏一

1 実験概要

平成27年1月12日(月)、一般住宅の半焼火災から5日後の1月17日(土)に同住宅内において、寝具類内部が無炎燃焼しているのが確認された。

この事案に関連し、①寝具類内部で無炎燃焼が5日間継続するか、②消防隊の通常の放水活動後においても寝具類内部で無炎燃焼が継続するか、③意図的に火をつけ無炎燃焼が継続するか、以上3点について検証するため、以下の実験を行った。

2 実験項目

- | | |
|---|-----|
| (1) 本実験1 「微小火源による無炎燃焼が5日間継続するかの確認」 | P12 |
| ア 事前実験 「出火時の状況調査と復元」 | P22 |
| イ 事前実験 「綿布団の水分率と無炎燃焼の継続時間の相関関係について」 | P45 |
| ウ 事前実験 「微小火源による燃焼継続性について」 | P52 |
| エ 事前実験 「布団の材質と油分鑑定」 | P61 |
| (2) 本実験2 「放水後の寝具類内部において無炎燃焼が継続するかについての確認」 | P66 |
| ア 事前実験 「寝具類内部の微小火源の発生要因についての確認」 | P72 |
| (3) 本実験3 「濡れた綿布団に意図的に火をつけた場合の着火性について」 | P76 |

3 実験結果概要

- (1) 本実験1 「微小火源による無炎燃焼が5日間継続するかの確認」
- ア 期間 平成27年1月30日(金)～2月7日(土)
- イ 条件 ・焼損した押入れ及び寝具類の寸法及び材質等を調査し、模擬的な押入れを作成し内部に同種類の寝具を再現した。
・水を含ませた寝具内部に微小火源(炭火)を置き、無炎燃焼が継続するかについて温度測定及び目視監視を行った。
- ウ 結果 ・積み重ねた寝具類内部に残留した微小火源は、周囲の環境温度や布団の水分量等の条件によっては、5日間経過後においても内部で無炎燃焼が継続している場合がある。
- (2) 本実験2 「放水後の寝具類内部において無炎燃焼が継続するかについての確認」
- ア 期間 平成27年2月16日(月)～2月17日(火)
- イ 条件 ・本実験1と同じく押入れ及び寝具類を再現し、実際の焼損状況から寝具背面側の押入れ壁体の一部が焼失し火流を受けたと想定し、背面側から接炎させた。

- ・消防隊放水活動開始時刻となる 23 分後に布団表面の有炎燃焼を放水消火し、さらに残火処理時刻となる 2 時間 25 分後に、250ℓを注水した。
- ウ 結果 ・燃焼している寝具類に放水し外見上は鎮圧したと思われる場合でも、寝具類内部に微小火源が残留し燃焼が継続している場合がある。

(3) 本実験 3 「寝具類に意図的に火をつけた場合の無炎燃焼継続の有無についての確認」

- ア 期間 平成 27 年 2 月 20 日(金)～2 月 26 日(木)
- イ 条件 ・本実験 1 と同じく押入れ及び寝具類を再現し、寝具内部に 3 種類の微小火源（たばこ・ライター火・炭火）を置き、燃焼が継続するか確認した。
 - ・寝具類の水分率については、47%、20%、10%の 3 条件で実施した。
- ウ 結果 ・通常の放水活動を想定し水分を含有させた寝具類（水分率 47%）に、外部からの火源により火をつけるのは困難である。
 - ・時間経過とともに水分率が 20%まで低下した場合、火源によっては着火する可能性がある。
 - ・水分率が 10%になると、たばこによる着火及び無炎燃焼の継続も可能であった。

本実験1 「微小火源による無炎燃焼が5日間継続するかの確認」

1 目的

- (1) 一定の水分を含んだ寝具類内部において無炎燃焼が5日間継続するかを確認する。
- (2) 寝具類内部の燃焼状況を確認する。

2 期間 平成27年1月30日(金)～2月7日(日)

3 場所 札幌市消防学校 消防科学研究所
燃焼実験室

4 実験設定

(1) 模擬押入れの設定

本実験のため、火災現場の押入れを再現した模擬的な押入れを作成した。

構成材については、【P22】「出火時の状況調査と復元」7 出火建物確認及び復元した寝具類の出火箇所での復元状況 (4) 結果 ア 押入れ内の状況で測定した寸法を基に木製枠を作成し、中板に合板、壁体に耐火ボードを用いた。

なお、背面側及び中板については、焼失範囲を切り取り、焼け残った部分を再現したが、間柱上部及び中棚根太については焼失部分を再現すると構造を保持出来なくなるため、焼失部分の再現は行わなかった。

(2) 寝具類の設定

焼損した寝具類とは別に、【P61】「布団の材質と油分鑑定」により特定した材質の寝具類を入手し、復元の通りに模擬押入れの中段上に重ね、出火時の状況を再現した。

なお、寝具類の水分率については、【P45】「綿布団の水分率と無炎燃焼の継続時間の相関関係について」の結果より、布団重量と同重量の水分である100%とした。

また、温度計(K型熱電対)を各寝具類の中央部に設定して温度を測定し、特にその時点で最も温度の高い箇所1点を選択し、大型表示器により表示する。

さらに、経過時間についても、大型表示器により表示する。



写真1 押入れの再現状況



写真2 寝具類の再現状況

寝具類の積み重ね方は、上から（1層目）化学繊維毛布、（2層目）化学繊維布団①、（3層目）綿100%布団①、（4層目）綿100%布団②、（5層目）綿100%布団③、（6層目）ウレタンマット、（7層目）化学繊維布団②の順とした。（写真2及び図1参照）

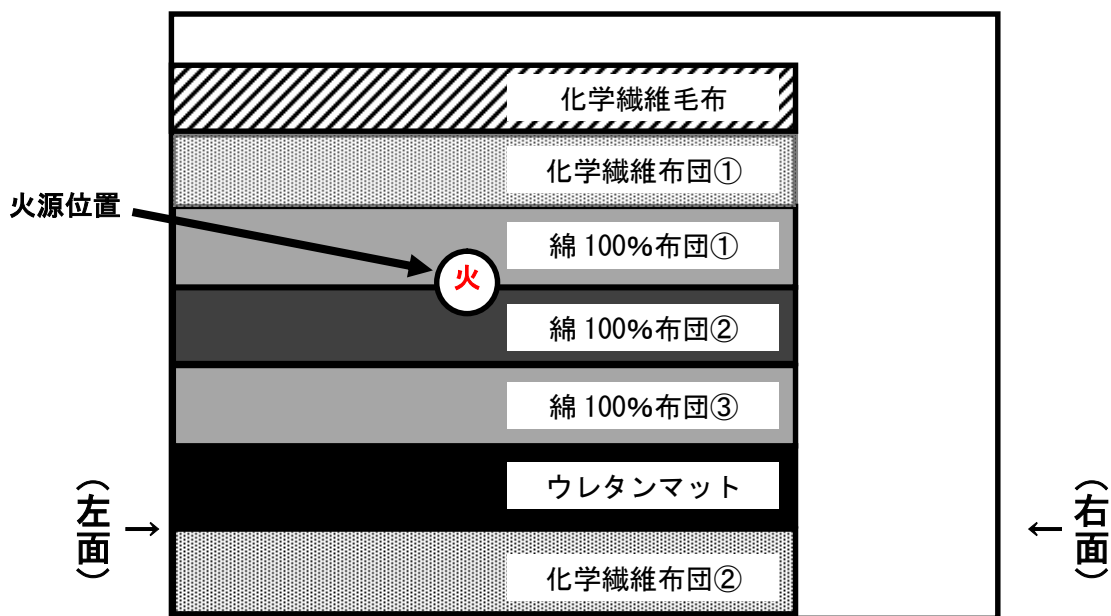


図1 寝具類の設定図（手前）

(3) 火源の設定

積み重ねた実験用寝具の中間位置にあたる綿製布団の間に火源を設定した。

中央部の背面端から内側に20センチメートルの位置に赤熱させた成型炭を置いた。

なお、本実験はあくまで水分を含んだ寝具内の微小火源が継続するかを確認するための実験であり、成型炭を内部に置いたことと、実際の火災での発火源の発生要因の検証とは無関係である。



写真3 火源設定位置の状況（背面側から撮影）



写真4 火源設定位置の状況（背面側から撮影）



写真5 火源設定位置の状況（背面側から撮影）

5 気温について

実験期間中、燃焼実験室内は暖房を切り、屋外側の出入口や窓等の開口部を開放した状態で行ったため、ほぼ外気温に等しい温度であった。

なお、気象庁札幌管区気象台発表の実験時の気象条件は下表のとおりである。

表1 実験時の外気温・湿度

月日	気温 (°C)			湿度 (%)	
	平均	最高	最低	平均	最小
2月2日	-2.1	-1.2	-3.3	73	51
3日	-4.4	-2.3	-6.5	59	48
4日	-5.9	-2.1	-9.7	57	49
5日	-5.2	-2.1	-7.4	63	53
6日	-4.1	0.6	-10.1	63	51
7日	0.2	3.6	-4.2	67	51

また、参考として火災発生時前後の気象条件については表2のとおりである。

表2 火災発生時前後の外気温・湿度 (参考)

月日	気温 (°C)			湿度 (%)	
	平均	最高	最低	平均	最小
1月12日	1.0	2.2	-0.1	76	60
13日	-0.1	2.3	-4.5	65	54
14日	-1.1	4.9	-5.9	65	39
15日	-0.4	2.9	-4.1	70	43
16日	-1.3	0.7	-2.9	70	49
17日	-3.9	0.0	-6.3	67	51

6 経過

(1) 測定温度について

燃焼部分直近の温度以外については、全実験期間中を通しておおむね20°C~50°C程度であった。また、燃焼部分直近についても、その部分が燃焼していると予想される短時間では温度が上昇するものの、その後は周囲と同じ温度まで低下した。これは、寝具類内部において、ごく狭い範囲が燃焼しており、それが徐々に周囲に燃え移り、すでに燃焼した箇所は、無炎燃焼しその後燃え尽きている状況であったと考えられる。

よって、寝具類全体での温度測定による燃焼状況の把握は困難であると判断し、実験中は燃焼箇所が寝具類内を燃え進むのに合わせて熱電対1点を移動させ、大型表示計に表示することとした。

(2) 実験開始から約 10 分後

外見上、大きな変化は認められない。

なお、背面側の火源を設定するために布団の間を開いていた箇所については、布団に燃え移ったことを確認し、布団を元通りに閉じた。

温度測定値は 60℃前後で、測定位置は火源を設定した位置の近接である。



写真6 実験状況1



写真7 実験状況1 (背面側)

(3) 実験開始から約 24 時間 (1日) 後

手前側から見て、外見上、大きな変化は認められない。

温度測定値は 350~380℃程度で、測定位置は火源を設定した位置から手前側に向かって5~10センチメートル程度移動させ、最も温度の高いごく狭い範囲を探した。

背面側についても、外見上、大きな変化は認められないが、内部を確認すると、火源設定位置付近の布団表面が焼失し、内部の綿が炭化している。焼損範囲全体は半径約10センチメートル程度のほぼ円形である。



写真8 実験状況2



写真9 実験状況2 (内部)

(4) 実験開始から約 45 時間 (約 2日) 後

手前側から見て、外見上、大きな変化は認められないが、各寝具間の隙間にわずかに煤けが認められる。

また、各寝具表面の水分が凍結し、氷状になっている。

温度測定値は 350~380℃程度で、測定位置は、前述の (3) での位置からさらに手前側に向かって5~10センチメートル程度移動させ、最も温度の高いごく狭い範囲を探した。

背面側は、火源設定付近の布団の隙間がわずかに煤けている。



写真 10 実験状況 3



写真 11 実験状況 3 (背面側)

また、実験状況を赤外線カメラで撮影すると、手前側から見ると表面温度は0°C前後であるが、背面側から見ると、火源設定位置である中央付近で表面温度は30°C前後である。



写真 12 実験状況 3 (手前側)

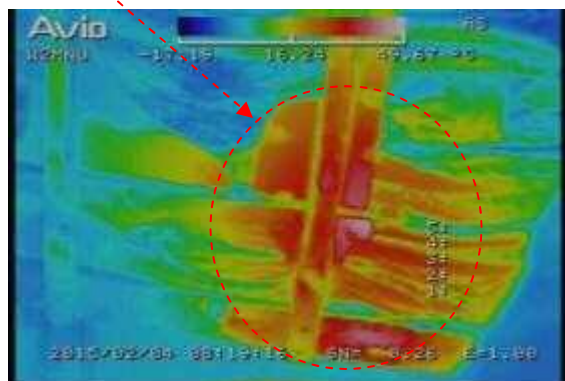


写真 13 実験状況 3 (背面側)

(5) 実験開始から約 72 時間 (3 日) 後

手前側から見ると、外見上、大きな変化は認められないが、全体の高さがわずかに低くなっている。

また、各寝具表面の水分が凍結し、氷状になっている。

温度測定値は 350~380°C程度で、測定位置は、前述の (4) での位置から手前側に向かって 3~5 センチメートル程度、向かって左側に 10~15 センチメートル程度移動させ、最も温度の高いごく狭い範囲を探した。



写真 14 実験状況 4

また、上側から見ると、背面側中央付近がくぼんでいる。1層目の毛布表面は大部分が凍結している。

赤外線カメラで撮影すると、表面温度は0℃前後で、くぼみ付近で10℃程度とわずかに高い。



写真 15 実験状況 4

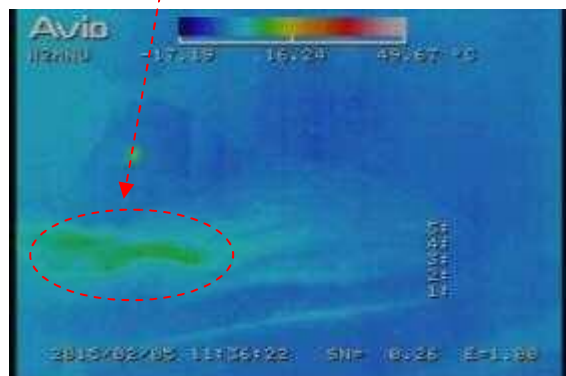


写真 16 実験状況 4 (赤外線カメラ)

1層目の毛布をめくって内部を確認すると、焼損は認められないものの、表面側と同じく、くぼみ付近で30~40℃程度と周囲より高温になっている。



写真 17 実験状況 4

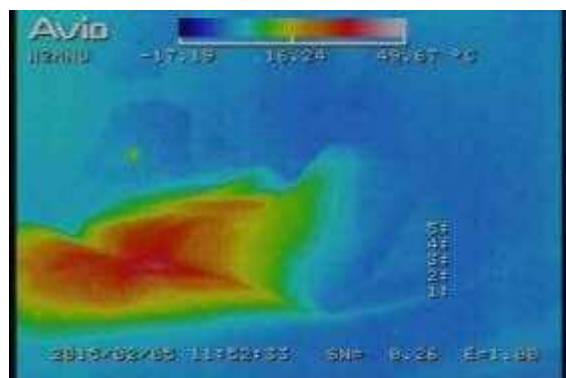


写真 18 実験状況 4 (赤外線カメラ)

(6) 実験開始から 96 時間後 (4 日後)

手前側から見ると、外見上、大きな変化は認められないが、全体の高さがさらに低くなっている。

また、各寝具表面の水分が凍結し、氷状になっている。

温度測定値は300~360℃程度で、測定位置は、前述の(5)での位置から背面側に向かって5~10センチメートル程度移動させ、最も温度の高いごく狭い範囲を探した。

背面側は、前日までと同じ位置にわずかな煤けを認めるのみで、外見上、大きな焼損はないものの、さらに背面側中央付近がくぼんでいる。



写真 19 実験状況 5



写真 20 実験状況 5

(7) 実験開始から 120 時間後（5 日後）、実験終了直前

手前側から見ると、さらに全体の高さが低くなっており、実験開始から見ると 5 日間で約 15 センチメートル下がっている。

実験終了まで外見上に大きな焼損は認められなかった。

上側のくぼみの範囲はさらに広がっており、全体的に背面端中央から手前側、さらに向かって左側にかけてと、前述した高温部を探して温度測定位置を移動させた範囲とほぼ一致している。



写真 21 実験状況 6



写真 22 実験状況 6（背面側）



写真 23 実験状況 6（上側）

7 結果

120 時間経過後の寝具類を展開し、内部を確認する。

1 層目の毛布に焼損は認められない。

2 層目の化学繊維製（以下、化繊と言う。）の掛け布団は、表側に焼損はほとんど認められないが、裏側の背面側から中心にかけて表面カバーが焼失し、内部の化繊が炭化している。



写真 24 1層目化学繊維毛布（裏側）



写真 25 2層目化学繊維布団①（表側）



写真 26 2層目化学繊維布団①（裏側）

3層目の綿製の敷布団は、背面側から中心にかけて表面カバーが焼失し、内部の綿が炭化している。焼損範囲は表側から裏側まで達している。焼損範囲は、2層目裏側とほぼ同範囲である。



写真 27 3層目綿布団①（表側）



写真 28 3層目綿布団①（裏側）

4層目の綿製の敷布団は、表側が背面側から中心にかけて表面カバーが焼失し、内部の綿が炭化している。裏側には焼損はほとんど認められない。



写真 29 4層目綿布団② (表側)



写真 30 4層目綿布団② (裏側)

3、4層目の寝具類について、左右に展開した状態で確認する。

焼損範囲は、3層目と4層目の形状はほぼ同じであるが、比較すると4層目表側の焼損範囲の方がやや広がっている。

焼損範囲は、背面端中央から手前側、さらに向かって左側にかけてと、前述した高温部を探して温度測定位置を移動させた範囲とほぼ一致している。



写真 31、32 (2枚を並列し表示) 3、4層目綿布団 (左右に展開した状態)

3、4層目の展開状況を赤外線カメラで撮影すると、炭化範囲の中心付近が50℃以上と高温になっている。

なお、寝具類に向かって送風機で風をおくると、炭化部分が赤熱することから、燃焼状態が継続していることが確認できる。

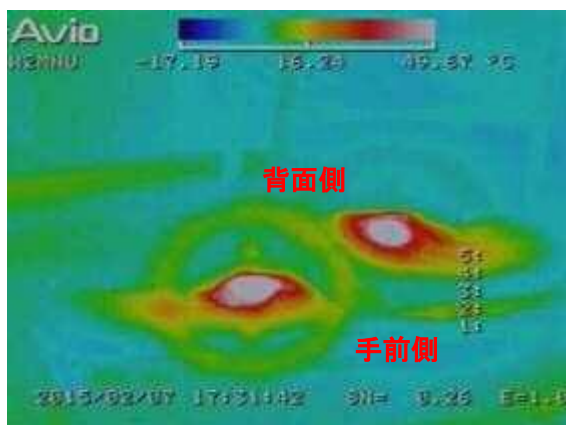


写真 33 3、4層目綿布団 (赤外線)



写真 34 3層目綿布団① (送風状態)

5層目以降の寝具類については、焼損は認められない。

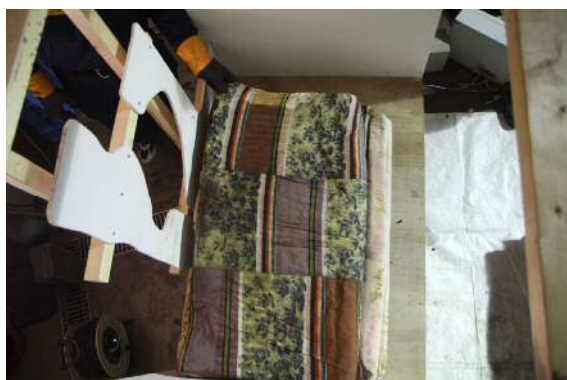


写真 35 5層目綿布団③（表側）



写真 36 6層目マットレス（表側）



写真 37 7層目化学繊維布団②（表側）

8 まとめ

以上の実験結果から、積み重ねた寝具類内部の無炎燃焼が5日間以上の長時間にわたって継続する可能性があることを確認できた。

その際、寝具類の表面が凍結し、押入れ裏側に近づかなければ煙を目視できなかったことから、外見上からは、内部で起こっている燃焼現象の確認は困難であった。

また、実際の火災時の寝具類の焼損状況と実験後の寝具類の焼損状況を比較すると、実験時の方がやや焼損範囲が狭いものの、背面側から中心方向にかけて炭化している形状は類似している。

燃焼範囲は、一般的な燃焼速度に比べて5日間という期間を考慮すればごく狭い範囲であり、非常に緩慢な速度の燃焼現象であった。

事前実験 「出火時の状況調査と復元」

- 1 目的 実験条件を設定するため、焼損した寝具類の復元及び出火箇所の調査
- 2 期間 平成 27 年 1 月 19 日(月)～20 日(火)
- 3 場所 札幌市消防学校 消防科学研究所 燃焼実験室
- 4 実験方法 火災現場敷地内の西側屋外に搬出されていた寝具類及び西消防署西野水槽隊により西野出張所に搬送、保管されていた寝具類を収去し、消防科学研究所燃焼実験室内において乾燥、復元を行った。
なお、復元時には火災調査係及び 17 日出動時に寝具類の消火及び屋外への搬出を行った平和水槽隊が立ち会い、出火時の状況を聴取した。
- 5 結果
便宜上、復元を行った順に、寝具 A、B、C・・・と呼称し、最初に寝具類を広げて撮影した状態で表裏、左右、手前奥と方向を固定する。
なお、主要な寝具類の材質や、油種の含有の有無については、【P61】「布団の材質と油分鑑定」において後述する。

(1) 寝具A

該寝具は敷布団である。

左端、表面の左端から三分の一程度の位置及び裏面の右から三分の一程度の位置の計3か所に表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化が認められる。



写真1 寝具A表面（同位置で方向固定）

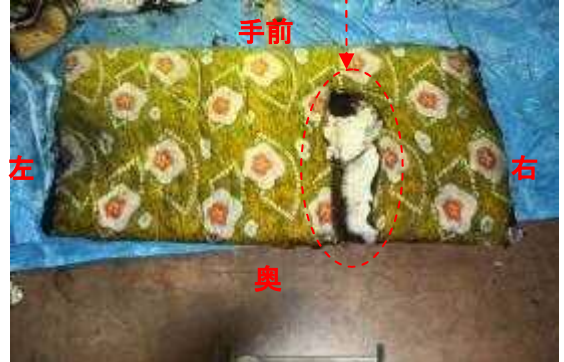


写真2 寝具A裏面

焼損状況から、三つ折りの状態で収納されていたものと推定し、焼損箇所の形状が重なり部分で連続性がある状態に復元した。

更に、三つ折りに復元した状態についても、最初に撮影した状態で方向を固定する。

手前側端の中央から右側にかけて及び奥側端の中央から左側にかけての位置の2か所に表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化が認められる。



写真3 寝具A表面



写真4 寝具A裏面

(2) 寝具B

該寝具は敷布団である。

表面の右端から三分の一程度の位置に2か所、表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化が認められる。

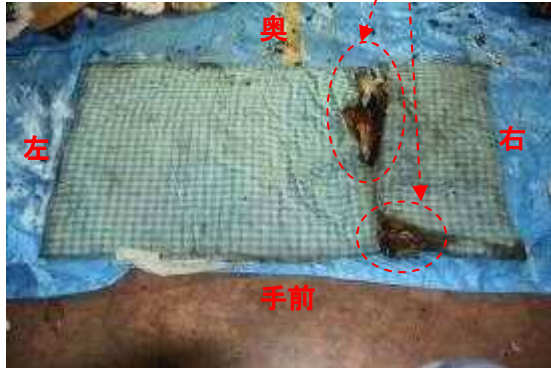


写真5 寝具B表面 (同位置で方向固定)



写真6 寝具B裏面

焼損状況から、三つ折りの状態で収納されていたものと推定し、焼損箇所の形状が重なり部分で連続性がある状態に復元した。

更に、三つ折りに復元した状態についても、最初に撮影した状態で方向を固定する。

手前側端の中央から左側にかけて及び手前側右角の位置の2か所に表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化が認められる。

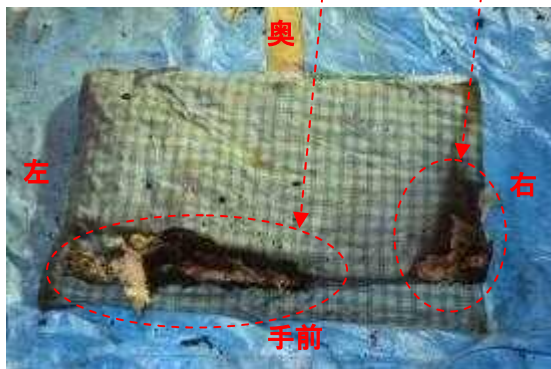


写真7 寝具B表面



写真8 寝具B裏面

(3) 寝具C

該寝具は掛布団である。

中央付近長辺方向に焼損が認められ、表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化及び2カ所の焼失が認められる。

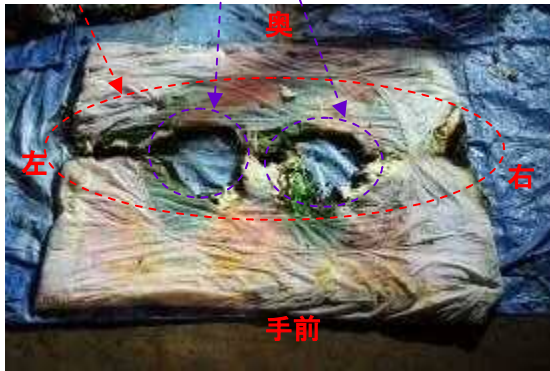


写真 9 寝具C表面



写真 10 寝具C裏面

焼損状況から、四つ折りの状態で収納されていたものと推定し、焼損箇所の形状が重なり部分で連続性がある状態に復元した。

更に、四つ折りに復元した状態についても、最初に撮影した状態で方向を固定する。

手前側端に表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化及び焼失が認められ、特に手前側中央付近から右側にかけての位置に焼失範囲が重なる。

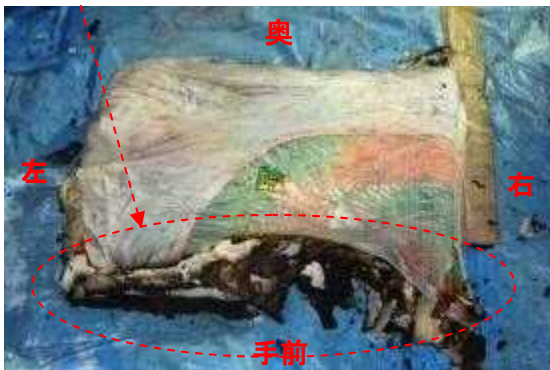


写真 11 寝具C表面

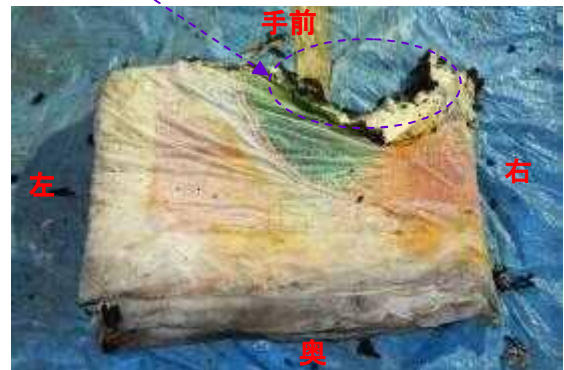


写真 12 寝具C裏面

(4) 寝具D

該寝具は掛布団である。

中央付近長辺方向及び四つ角に焼損が認められ、表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化及び焼失が認められる。

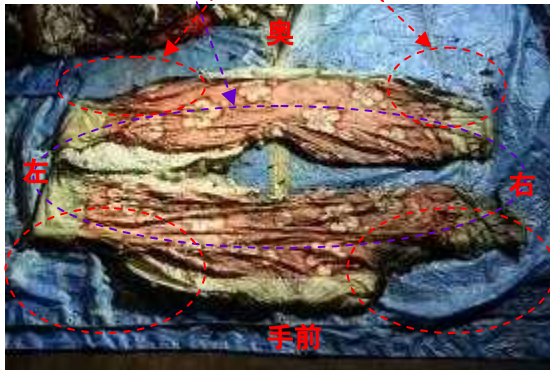


写真 13 寝具D表面



写真 14 寝具D裏面

焼損状況から、四つ折りの状態で収納されていたものと推定し、焼損箇所の形状が重なり部分で連続性がある状態に復元した。

更に、四つ折りに復元した状態についても、最初に撮影した状態で方向を固定する。

手前側端に表面カバーの炭化及び、奥側端に表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化及び焼失が認められ、特に奥側中央付近から右側にかけて、下側から上側に向かうにつれ、焼失範囲が大きくなっている。

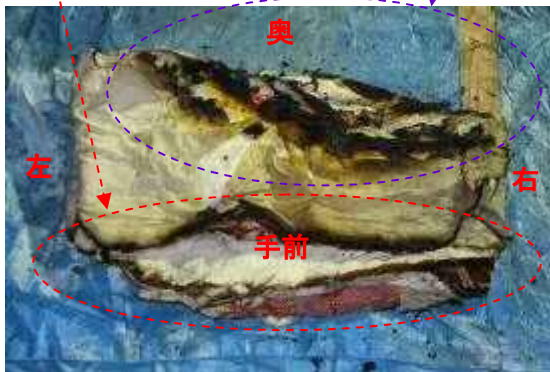


写真 15 寝具D表面



写真 16 寝具D裏面

(5) 寝具E

該寝具は掛布団である。

中心点から点対称の位置に計四か所の焼損が認められる。

表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化及び焼失が認められ、特に手前左側の焼失範囲が大きく、焼失範囲内に二本の帯状の残存箇所が認められる。

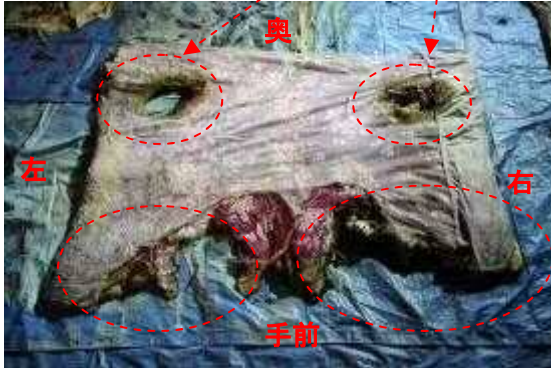


写真 17 寝具E表面



写真 18 寝具E裏面

焼損状況から、四つ折りの状態で収納されていたものと推定し、焼損箇所の形状が重なり部分で連続性がある状態に復元した。

更に、四つ折りに復元した状態についても、最初に撮影した状態で方向を固定する。

表面手前側から左側にかけての大部分及び裏面中央から右側にかけての計2か所に表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化及び焼失が認められる。

この2か所の焼損は、焼損範囲が繋がっておらず、それぞれ独立した焼損である。



写真 19 寝具E表面

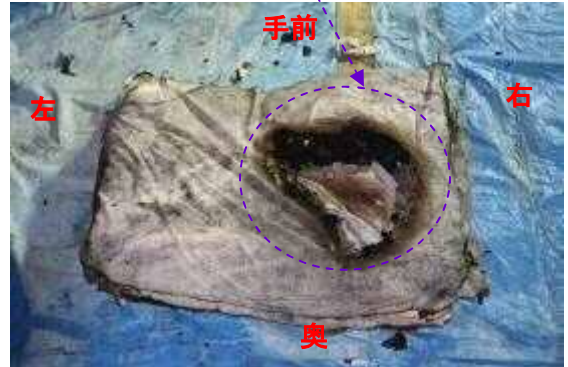


写真 20 寝具E裏面

(6) 寝具F

大小2つのウレタン状の材質が認められ、残存部分が少ないため寝具の種類の特定はできないものの、2つが同材質であることから、一枚の3つ折りマットレスであったと推定し、それぞれ寝具F-1、F-2と呼称する。

寝具F-1は、中心部分から右側にかけて大部分が焼失しており、手前端と奥端を重ねる形で二つ折りにすると残存部分の形状が重なる。



写真 21 寝具F-1



写真 22 寝具F-1

寝具F-2についても、寝具F-1を二つ折りにした形状と類似しており、F-1に残存部位分の形状が重なる形で折りたたまれていたと推定する。



写真 23 寝具F-2

(7) 寝具G

該寝具は掛布団である。

中央付近の広範囲に表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化及び焼失が認められ、焼失範囲を左右及び手前奥に四分割すると、各焼失範囲の形状は隣接した分割位置の焼失範囲と類似している。

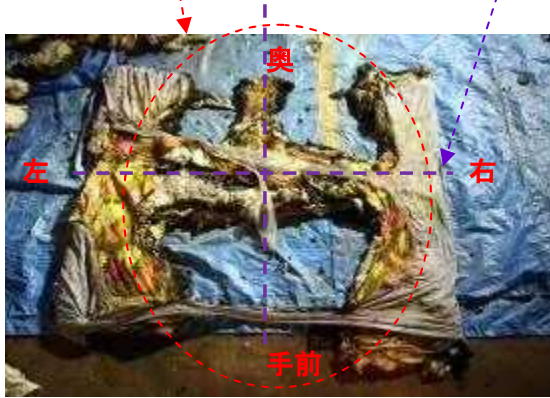


写真 24 寝具G 表面



写真 25 寝具G 裏面

焼損状況から、四つ折りの状態で収納されていたものと推定し、焼損箇所が重なり部分で連続性がある状態に復元した。

更に、四つ折りに復元した状態についても、最初に撮影した状態で方向を固定する。

中央部の中心から手前右側方向にかけて及び手前奥の中央から右側にかけての計2か所に表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の綿類の炭化及び焼失が認められる。

この2か所の焼失範囲は、表面から裏面まで貫通した形状であり、中心付近で一部焼損範囲が繋がっている。



写真 26 寝具G 表面

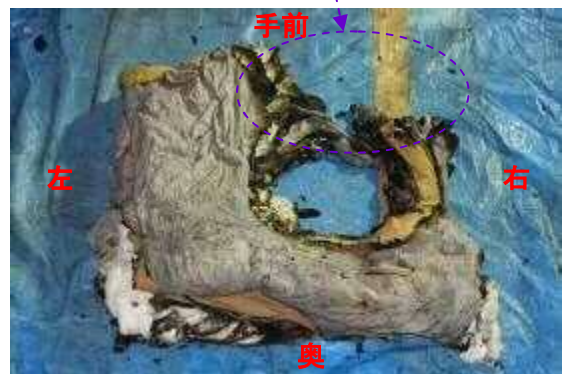


写真 27 寝具G 裏面

(8) 寝具H

該寝具は、掛布団カバーがかけられた毛布である。

中央付近及び四辺の端に、表面カバーの炭化及び焼失、並びに露出した内部の毛布の炭化及び焼失が認められる。

なお、敷布団カバー裏面の奥側中央付近には、枕カバーが表面の一部が溶着した状態で認められる。



写真 28 寝具H表面



写真 29 寝具H裏面

焼損状況から、四つ折りの状態で収納されていたものと推定し、焼損箇所の形状が重なり部分で連続性がある状態に復元した。

更に、四つ折りに復元した状態についても、最初に撮影した状態で方向を固定する。

四つ折りの状態についても、全体的に四辺の周囲に焼損が認められ、特に手前左側及び奥右側の2カ所の焼損範囲が比較的広い。



写真 30 寝具H表面



写真 31 寝具H裏面

(9) 寝具 I

該寝具は、毛布である。

中央部のやや左寄りの広範囲に炭化及び焼失が認められ、焼失範囲を左右及び手前奥に四分割すると、各焼失範囲の形状は隣接した分割位置の焼失範囲と類似している。



写真 32 寝具 I 表面

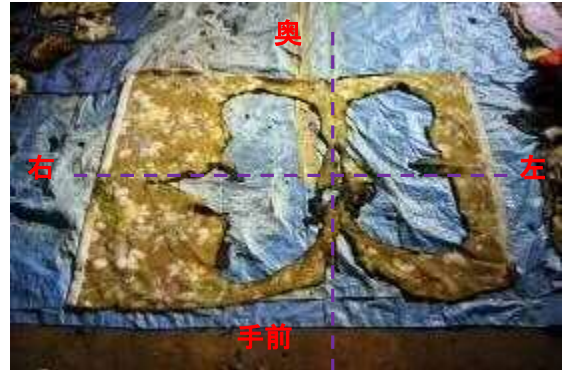


写真 33 寝具 I 裏面

焼損状況から、四つ折りの状態で収納されていたものと推定し、焼損箇所の形状が重なり部分で連続性がある状態に復元した。

更に、四つ折りに復元した状態についても、最初に撮影した状態で方向を固定する。

中央部の右側に炭化及び表面から裏面まで貫通した焼失が認められる。



写真 34 寝具 I 表面



写真 35 寝具 I 裏面

(10) 寝具 J

該寝具は、綿類のみが残存し寝具の種類の特定はできないものの、残存部分の大きさから掛布団と推測する。

中央部の広範囲に綿類の炭化及び焼失が認められる。

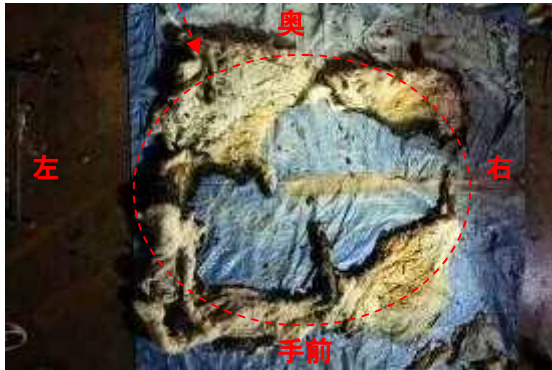


写真 36 寝具 J 表面



写真 37 寝具 J 裏面

焼損状況から、四つ折りの状態で収納されていたものと推定し、焼損箇所の形状が重なり部分で連続性がある状態に復元した。

更に、四つ折りに復元した状態についても、最初に撮影した状態で方向を固定する。

手前から右側にかけて炭化及び焼失が認められる。

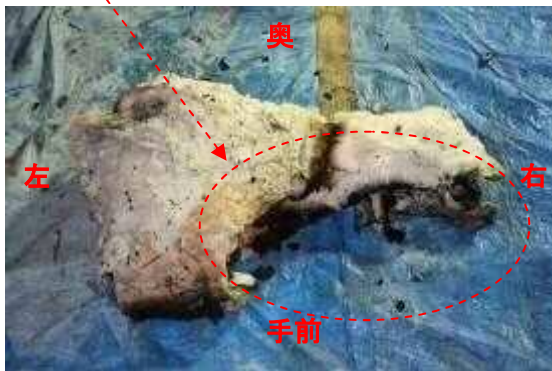


写真 38 寝具 J 表面



写真 39 寝具 J 裏面

(11) 寝具K～N

該寝具は、丹前・掻巻類である。各寝具とも炭化及び焼失が認められる。

焼損箇所の形状が重なり部分で連続性がある状態に折りたたまれていたと推測し復元したところ、各寝具ともいずれかの端側に焼失が認められる。



写真 40 寝具K



写真 41 寝具K



写真 42 寝具L



写真 43 寝具L



写真 44 寝具M



写真 45 寝具M



写真 46 寝具N



写真 47 寝具N

(12) 各寝具の積み重ねの復元

A～Nの各寝具の火災現場での積み重ね状況について再現を行った。

寝具類の積み重ねの順番については、各寝具の焼損範囲や形状を比較し、重ねた際に上下の寝具で焼損に類似性や連続性がある順を推測し、推測可能な寝具についてのみ再現を行った。

また、1月12日に発生した火災の現場検証時に撮影された状況、並びに火災調査係及び平和水槽隊から聴取した現場の状況についても参考にして再現を行った。

積み重ねの順番は、上から順に、寝具H、寝具D、寝具J、寝具I、寝具G、寝具F、寝具Eの7層である。

なお、火災現場での見分時の状況から、積み重ね復元時の手前、奥の向きを決定したため、積み重ねの状況によって、単体の復元時とは表・裏または手前・奥の向きが逆になる寝具がある。

寝具D、寝具E、寝具Gについては、単体の復元時とは、表・裏が逆になる。

寝具E、寝具F、寝具G、寝具Jについては、単体の復元時とは、手前・奥が逆になる。

また、積み重ねた寝具類の手前側から見て右側に、丹前・搔巻類が積み重ねられている。

その他の寝具については、焼損状況の繋がりが判然とせず復元できなかったが、寝具Bについては、火災当時に押入れ下段に置かれていたことを確認しており、残りの寝具についても寝具Bと類似し比較的焼損が少ないことから、押入れ下段に積まれていたものと推測する。



写真 48 積み重ね再現状況（手前側）



写真 49 積み重ね再現状況（奥側）



写真 50 積み重ね再現状況
（裏面・手前側）



写真 51 積み重ね再現状況
（裏面・奥側）

各層の焼損状況の繋がりについて、上から順に子細に確認する。

1層、2層目の寝具を左右に開いた状態で確認すると、寝具内側に焼損はほとんどなく、外縁の一部に焼損及び焼失を認めるのみである。

焼損範囲は、手前側に比べて奥側の範囲が大きい。



写真 52 積み重ね再現状況
(1、2層間展開・手前側)



写真 53 積み重ね再現状況
(1、2層間展開・奥側)

2層、3層目の寝具を左右に開いた状態で確認すると、2層目裏面側から3層目にかけて寝具内側のやや右側に焼損及び焼失が認められる。

3層目については、内部の綿類しか残存していないため、詳細な形状の再現は出来なかったが、焼失範囲は次の4層目側まで達しており、全体的に手前側に比べ、奥側に焼損範囲が大きいものと推測する。



写真 54 積み重ね再現状況
(2、3層間展開・手前側)



写真 55 積み重ね再現状況
(2、3層間展開・奥側)

3層、4層目の寝具を左右に開いた状態で確認すると、3層目から4層目にかけて寝具内側のやや右側に焼損及び焼失が認められる。

焼失範囲は、3層目から4層目、更には次の5層目側まで達しており、全体的に手前側に比べ、奥側に焼損範囲が大きい。

3層目、4層目の焼失範囲を比較すると、4層目の焼失範囲が大きい。



写真 56 積み重ね再現状況
(3、4層間展開・手前側)



写真 57 積み重ね再現状況
(3、4層間展開・奥側)

4層、5層目の寝具を左右に開いた状態で確認すると、4層目から5層目にかけて寝具内側のやや右側に焼損及び焼失が認められる。

焼失範囲は、4層目から5層目、更には次の6層目側まで達しており、全体的に手前側に比べ、奥側に焼損範囲が大きい。

4層目、5層目の焼失範囲を比較すると、5層目の焼失範囲が大きく、一部裏側が外縁まで達している。



写真 58 積み重ね再現状況
(4、5層間展開・手前側)



写真 59 積み重ね再現状況
(4、5層間展開・奥側)

5層、6層目の寝具を左右に開いた状態で確認すると、5層目から6層目にかけて寝具内側のやや右側に焼損及び焼失が認められる。

焼失範囲は、5層目から6層目、更には次の7層目側まで達しており、全体的に手前側に比べ、奥側に焼損範囲が大きい。

5層目、6層目の焼失範囲を比較すると、6層目の焼失範囲が大きく、裏側の大部分が焼失している。

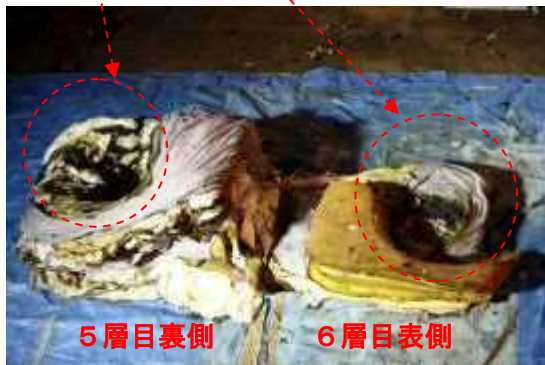


写真 60 積み重ね再現状況
(5、6層間展開・手前側)



写真 61 積み重ね再現状況
(5、6層間展開・奥側)

6層、7層目の寝具を左右に開いた状態で確認すると、6層目から7層目にかけて寝具内側のやや右側に焼損及び焼失が認められる。

焼失範囲は、6層目から7層目表側まで達しており、全体的に手前側に比べ、奥側に焼損範囲が大きい。

6層目、7層目の焼失範囲を比較すると、6層目の焼失範囲が大きい。

7層目の表側の焼失範囲は裏側にまで達しておらず、裏側にも焼損及び焼失が認められるものの(写真 50、51 参照)、表・裏の焼損に繋がりはなく、それぞれ独立した焼損である。



写真 62 積み重ね再現状況
(6、7層間展開・手前側)



写真 63 積み重ね再現状況
(6、7層間展開・奥側)

6 まとめ

以上の焼損状況から、積み重ねられていた寝具類の焼損状況は、一つ目に表面側に全体的に焼損及び一部焼失が認められ、手前側に比べて奥側の焼損が著しい。

また、それとは別に二つ目として寝具類内部にも焼損及び焼失範囲が認められ、奥側の一部で表面側との繋がりが認められるものの、大部分が外縁側に接しておらず、全体的に寝具内部で球状に燃え広がった様相を呈しており、通常の一つの燃焼状況での表側から内部への一連した焼損とは考えにくい。

よって、表面と内部の焼損は、別の燃焼による焼損であるか、あるいは一部は焼損範囲が繋がっていることから、一旦は表面側から焼損し、ある程度鎮圧されたものの内側で火源が残留し、再度内部が燃え広がった一つの焼損状況であると推測する。

7 出火建物確認及び復元した寝具類の出火箇所での復元状況

- (1) 期間 平成 27 年 1 月 21 日 (水)
- (2) 場所 札幌市西区 一般住宅
- (3) 方法 復元した寝具類を、積み重なった状態で火災現場に搬送し、実際の出火箇所である 2 階西側押入れ内の状況の復元を行った。
- (4) 結果

ア 押入れ内の状況

出火時、押入れ内に寝具類が置かれていた位置を焼損状況から特定するため、押入れ内の焼損状況について確認する。

該押入れは、出火建物西端の廊下の北端に位置し、南側が開閉部分である。

以降、押入れ内の記述については、南側を手前側、北側を奥側、西側を左側、東側を右側と表記する。

押入れは腰高の高さに中棚がある 2 段の構造になっている。

押入れの廊下側には、木製の両開き戸の蝶番側の枠部分が認められるが、大部分が消防隊の活動により破壊されている。

残存部分は、上側の三分の一程度の高さまで炭化が認められるが、下側には焼損はほとんど認められない。



写真 64 押入れの状況
(南側から撮影)

押入れ内の各寸法については、下の「写真 65」内に表記した数値のとおりとなっている。

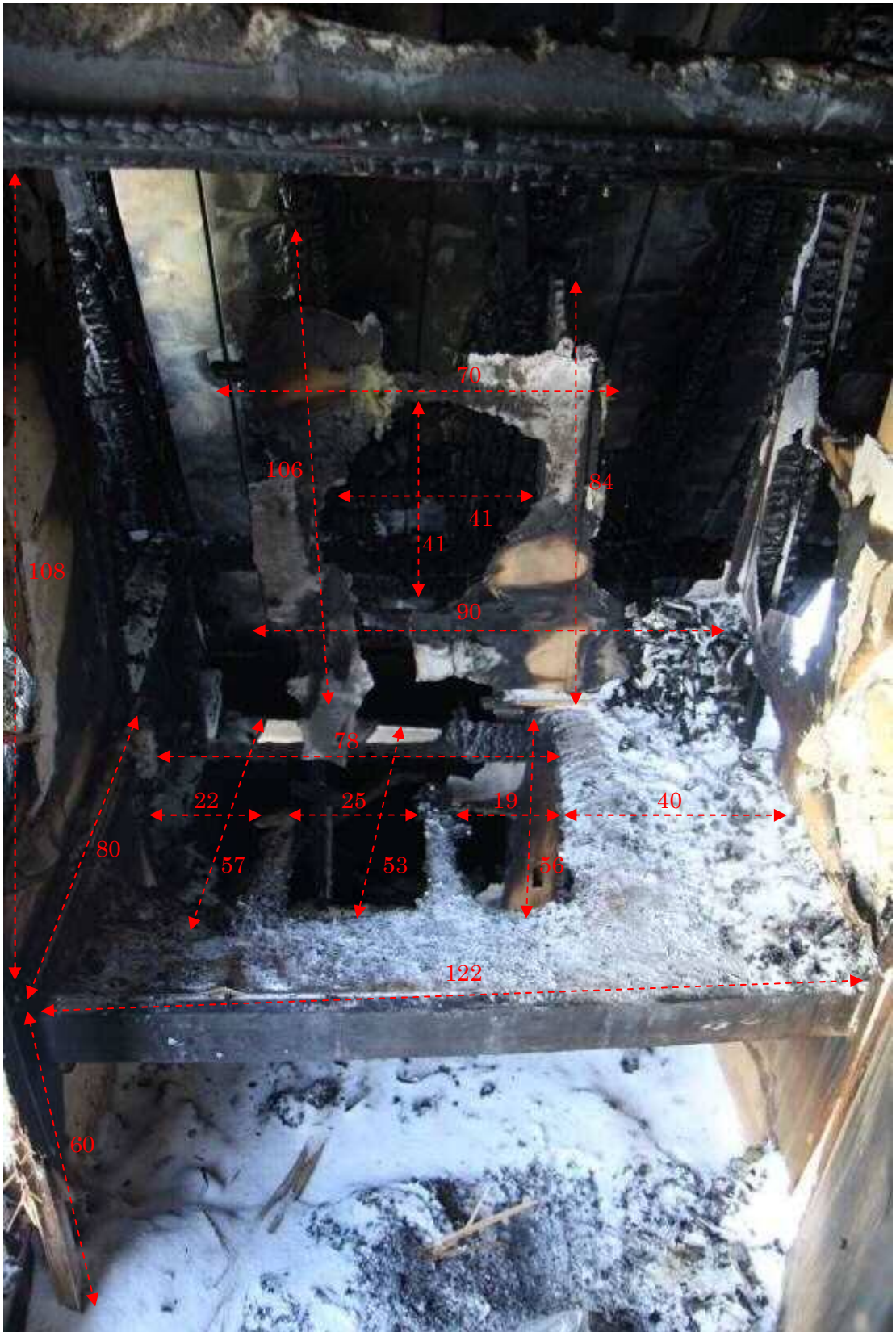


写真 65 押入れの状況（南側から撮影）

押入れ内の天井材は焼失または脱落しており、小屋裏が視認できる。

押入れ内左側の壁体は、石膏ボードの背面端及び壁上側の三分の一程度が黒色に変色している。

また、石膏ボードの手前側が消防隊の活動により破壊されており、露出した壁内のグラスウールについても上側が炭化している。

右側の壁体は、石膏ボードの大部分が焼失または脱落並びに消防隊の活動により破壊されている。

四隅の柱について見分すると、手前側の柱2本は、上側の三分の一程度が炭化しており、上側に向かうにつれ炭化亀裂が深くなっている。背面側の柱は、全体的に深い炭化亀裂が認められる。

背面側の壁体は、石膏ボードの大部分が焼失または脱落しており、間柱及び垂木周囲に一部残存するのみである。

間柱は全体的に炭化しており、上側に向かうにつれ焼け細り、上側の三分の一程度が**焼失**している。

垂木は全体的に炭化しており、左側に向かうにつれ焼け細り、**左端**が焼失している。

これら押入れ内各材の焼損を全体的に見ると、手前側に比べて背面側の焼損が著しい。

なお、焼失部分から北側には、建物北側の屋根の構造材が視認できる。

屋根は、建物中心の東西方向を棟として南北に向かい傾斜する三角屋根になっていることから、押入れ背面側と屋根とが近接する位置関係になっている。

視認できる範囲の屋根構造材は、梁、小屋束及び母屋等の屋根支持材に深い炭化亀裂が認められ、垂木及び野地板の大部分が焼失しており、露出した長尺トタン板が灰色に変色している。



写真 66 押入れの状況
(南東側から撮影)



写真 67 押入れの状況
(南西側から撮影)

次に中棚について確認する。

中板は背面左側が焼失している。残存部分を確認すると、表側は凍結した残焼物や雪に覆われているものの、焼損はほとんど認められない。裏側は全体的に表面が炭化している。表裏で比較すると、裏側の焼損が著しい。

後框は左側半分が焼失している。前框は手前側の一部に表面炭化が認められるものの、焼損はほとんど認められない。前後の框の焼損範囲を比較すると、押入れ背面側である後框の焼損が著しい。

中棚根太は全体的に炭化しており、特に左側の2本が背面側に行くにつれて焼け細っており、後框の焼失部分付近で外れ傾いている状態である。



写真 68 押入れ中棚の状況
(南側上方から撮影)



写真 69 押入れ中棚の状況
(南西側下方から撮影)

以上の焼損状況から、後述する再現実験での火源の位置等の設定を決定するため、押入れ内の燃え広がり状況を推測する。

全体的に手前側である南側よりも背面側である北側の焼損が著しく、北側に隣接する押入れ北側の壁体と屋根に囲まれた空間の焼損が更に著しいことから、押入れは北側の壁体の裏側から火流を受けて北側の壁体が焼失し、押入れ内に燃え広がったものと推測する。

さらに、押入れ内は中棚により上下段に分かれていることから、上下段それぞれの背面側から火流を受けることにより、中板は表側だけでなく裏側からも火流を受けたものと推測する。

イ 寝具類の復元状況

復元した寝具類を押入れ上段に置き確認する。

寝具を置いた状態で、中棚裏面を確認すると、中板の焼失部分の形状と、寝具類の最下段である7層目の裏面の焼失部分の形状が一致する。

また、中板焼失部分から確認できる中棚根太の位置と、最下段の7層目である「寝具E」の裏面の焼失部分に残存する二本の帯状の箇所が一致する。



写真 70 寝具類の復元状況
(南側から撮影)



写真 71 中棚裏面の復元状況
(南西側下方から撮影)



写真 72 裏面の復元状況
(寝具を右側に持ち上げ、南側から撮影)

次に、押入れ壁体と寝具類との焼損状況の関連性について確認する。

最下段の7層目である「寝具E」内側の焼損は、押入れ壁体の焼損との連続性は認められない。

6層目である「寝具F」の焼失範囲は、背面側が広く、押入れ壁体各面の焼失範囲とほぼ一致する。

5層目である「寝具G」の焼損は、前述のとおり内側と外側の2カ所に分かれており、背面側で一部繋がっている。

外側の焼損は、押入れ壁体背面側の焼損とほぼ一致しており、特に、寝具G内外の焼損範囲が繋がる箇所と、壁体背面側の中央の焼失部分と一致する。

5層目から上の層の寝具類の焼損については、外側の焼損は押入れ壁体との連続性が認められるものの、内側の焼損がある寝具については、押入れの焼損との連続性は認められない。

以上のことをまとめると、寝具類外側の焼損範囲は、押入れの焼損とほぼ一致し、寝具類内部の独立した焼損は、5、6層目付近の背面側で、一部外側との繋がりが認められる。



写真 73 6、7層目まで復元時の状況
(南側から俯瞰撮影)



写真 74 5層目まで復元時の状況
(南側から俯瞰撮影)



写真 75 5層目まで復元時の背面側の状況
(南東側から撮影)



写真 76 1層目まで復元時の状況
(南東側から撮影)



写真 77 1層目まで復元時の背面側の状況
(押入れ背面側の壁体内より北東側から撮影)

8 まとめ

以上の焼損状況から、押入れ内の焼損は、まず壁体背面裏側の壁体と屋根とに囲まれた空間が燃え広がり、背面壁体の一部が焼失することによって、背面側から押入れ内に燃え広がったものと推定される。

また、押入れ内の焼損と復元した寝具類の焼損状況には連続性が認められる。

ただし、寝具類外側と内側の焼損の関係については、押入れとの焼損状況の関係だけでは、寝具類外側の焼損が背面側から内側に向かって燃え込み、内部で二次的に焼損したのか、あるいは寝具類外側の焼損とは別の火源が寝具類内側で外側に向かって燃え広がり、外側の焼損と繋がったのかについて断定することはできなかった。

事前実験 「綿布団の水分率と無炎燃焼の継続時間の相関関係について」

1 期間 平成 27 年 1 月 23 日(金)～1 月 29 日(木)

2 場所 札幌市消防学校 消防科学研究所 危険物実験室

3 実験概要

積み重なった寝具類が 5 日間無炎燃焼を継続するための条件を推定するため、綿布団（以下、「布団」という。）に染み込んだ水分量に着目し、布団の水分率と無炎燃焼の継続時間の相関関係にかかわる実験を行った。

4 実験設定

(1) 試験体

綿 100%の敷き布団をおおよそ 200mm 角に切り取ったものを試料とし、その水分率を調整したものを試験体とした。なお、綿密度にばらつきがあるため、試料の重量は一定ではない。

(2) 水分率

JIS K 0068「化学製品の水分測定方法」のうち、乾燥減量法を参考とし、以下の要領で水分を調整し、計算したものを試験体の水分率とした。

$$\text{ア 計算式} \quad \text{水分率 (\%)} = \frac{\text{吸湿調整後の質量} - \text{絶乾状態の質量}}{\text{絶乾状態の質量}} \times 100$$

イ 絶乾

設定温度 105°C の恒温槽で 6 時間以上、試料を加熱し、取出し直後に電子はかりでその質量を計測した。

ウ 吸湿調整

絶乾後の試料を水槽内で 5 分間水没させたのち、吸水紙による吸水及び自然乾燥により、計算式から導かれる目的の水分率となるよう、質量を調整した。

エ 室温保管時の水分率

吸湿調整をせず、室内に保管していた試験体の水分率は約 5%であった。

オ その他

水の蒸発に伴い試験体の水分率は時間経過に伴い減少を続けるため、本文では、着火時の水分率を試験体の水分率とした。なお、本文中の試験体の水分率は、小数点以下を切り上げ若しくは切り下げて表記した。

(3) 火種

試験体へ着火するための火種として成型炭 1 片とトーチガスバーナーを用いた。

(4) 風速

無風、風速 1m/s 及び風速 2m/s の条件で実験を行った。なお、風は、ドライヤーの冷風機能を使用し、試験体の中央部分の風速値を採用した。

(5) 実験環境

室温 24～26℃ 湿度 21～25%

5 実験方法

表 1 の条件下で、試験体の中央部分に火種を置き、着火から無炎燃焼が終息するまでの時間及び試験体の重量変化を計測した。また、条件 8 により水が自然に蒸発する際の重量変化についても計測した。

なお、試験体の水分率が 150% を超える場合、トーチガスバーナー及び成型炭を併用しても着火に至ることはなかった。

表 1 実験条件及び着火方法

	水分率	状態等	火種	着火方法・備考	風速
条件 1	5%	室温保管時	成型炭	成型炭により容易に着火	無風
条件 2	20%	湿り気を感じる	成型炭	成型炭により容易に着火	無風
条件 3	50%	絞っても水が滴らない	成型炭	水分により成型炭が立ち消えたため、同部分に再度、成型炭を置いて着火	無風
条件 4	100%	絞ると水が滴る	成型炭+バーナー	試験体の中央部を 1 分間バーナーで加熱したのち、成型炭を置いて着火	無風
条件 5	150%	押すと水が滴る	成型炭+バーナー	試験体の中央部を 1 分間バーナーで加熱したのち、成型炭を置いて着火	無風
条件 6	100%	絞ると水が滴る	成型炭+バーナー	試験体の中央部を 1 分間バーナーで加熱したのち、成型炭を置いて着火	1m/s
条件 7	100%	絞ると水が滴る	成型炭+バーナー	試験体の中央部を 1 分間バーナーで加熱したのち、成型炭を置いて着火	2m/s
条件 8	100%	絞ると水が滴る			無風

6 実験結果

着火後の試験体の時間経過に伴う燃焼状況を写真 1～7 に、無炎燃焼が試験体のいずれかの縁へ到達するまでの時間（目視による）及びそこから導かれる水平方向の平均の無炎燃焼速度を表 2 に、無炎燃焼に伴う試験体の重量変化を図 1 に示す。

表 2 から無風時においては、試験体の水分率が高くなるほど、水平方向の無炎燃焼の進行速度が遅くなることが分かり、その速度は、濡れていない状態（水分率 5%）を基準とすると、最大（水分率 150%）で約 1/25 倍となった。また、水分率が一定の場合は、風を与えることで無炎燃焼の進行速度が速くなり、水分率が 100%、風速が 2m/s のとき、無風時の約 5 倍の速度となった。

図1から無風時においては、試験体の水分率が高くなる（試験体の重量が大きい）ほど、無炎燃焼の継続時間が長くなることが確認され、濡れていない状態（水分率5%）を基準とすると、最大（水分率150%）で約3倍の継続時間となった。また、無炎燃焼が試験体の縁に到達した時間を境として、その進行速度（重量変化率）が変化していることが分かり、水分率の大小を問わず、試験体の縁に到達後、無炎燃焼の進行速度が増大した。

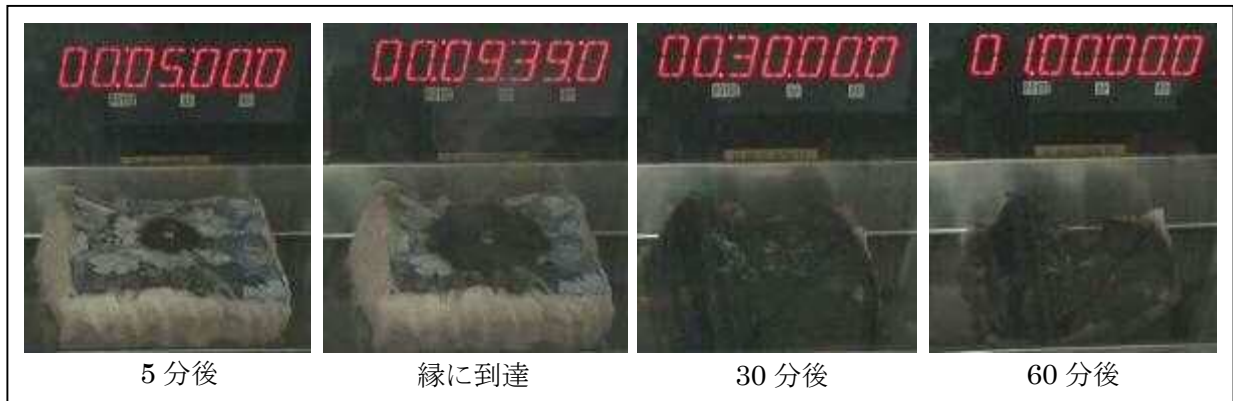


写真1 条件1（水分率5%・無風）での試験体の無炎燃焼状況

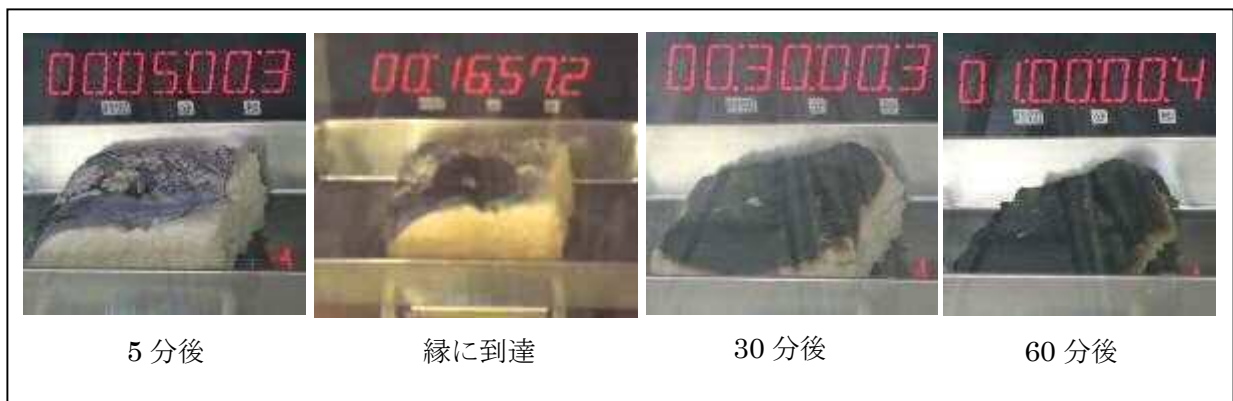


写真2 条件2（水分率20%・無風）での試験体の無炎燃焼状況

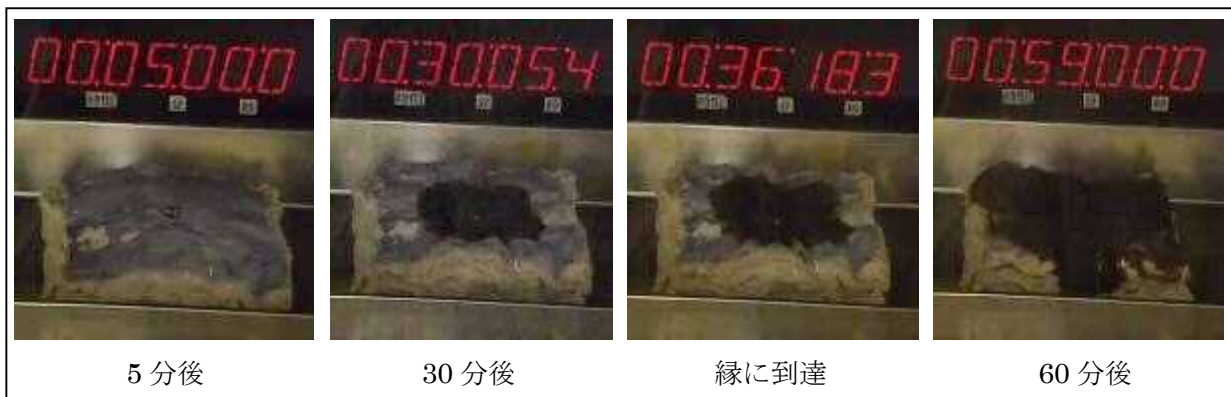


写真3 条件3（水分率50%・無風）での試験体の無炎燃焼状況

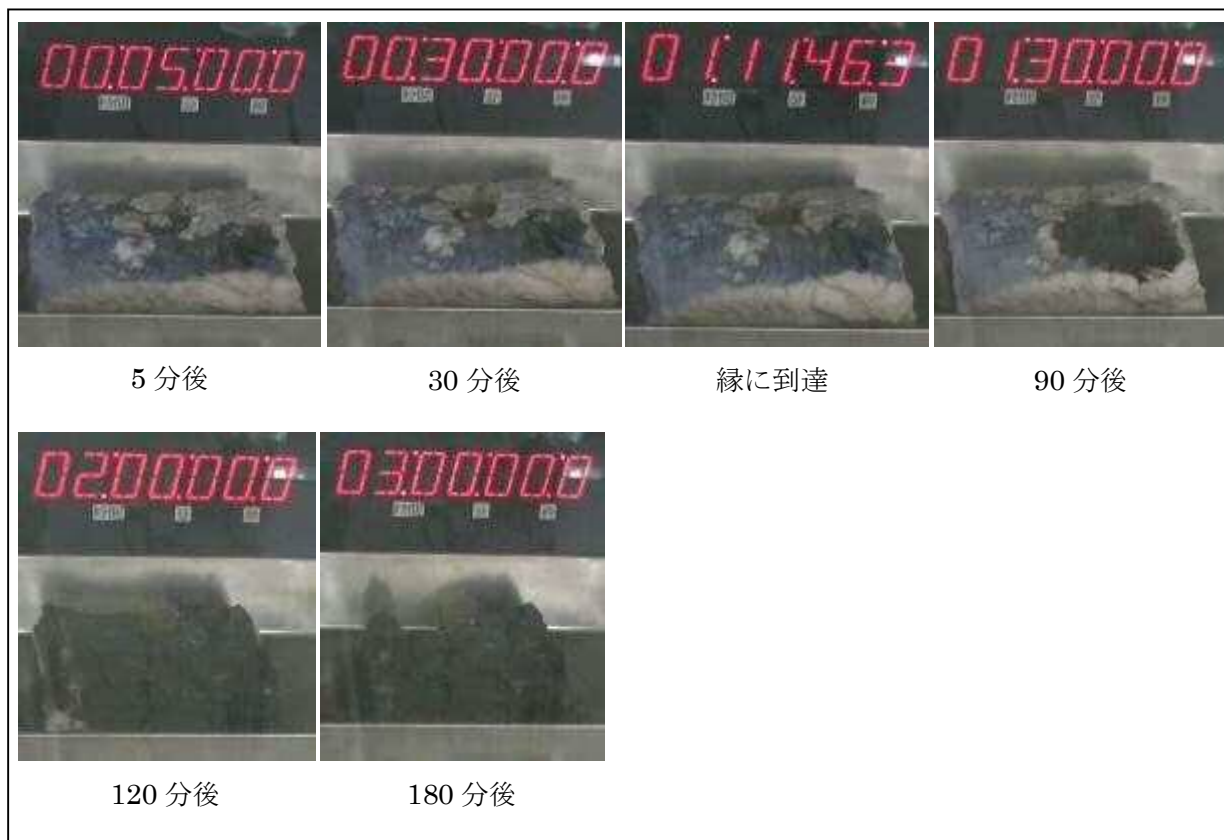


写真 4 条件 4 (水分率 100%・無風) での試験体の無炎燃焼状況

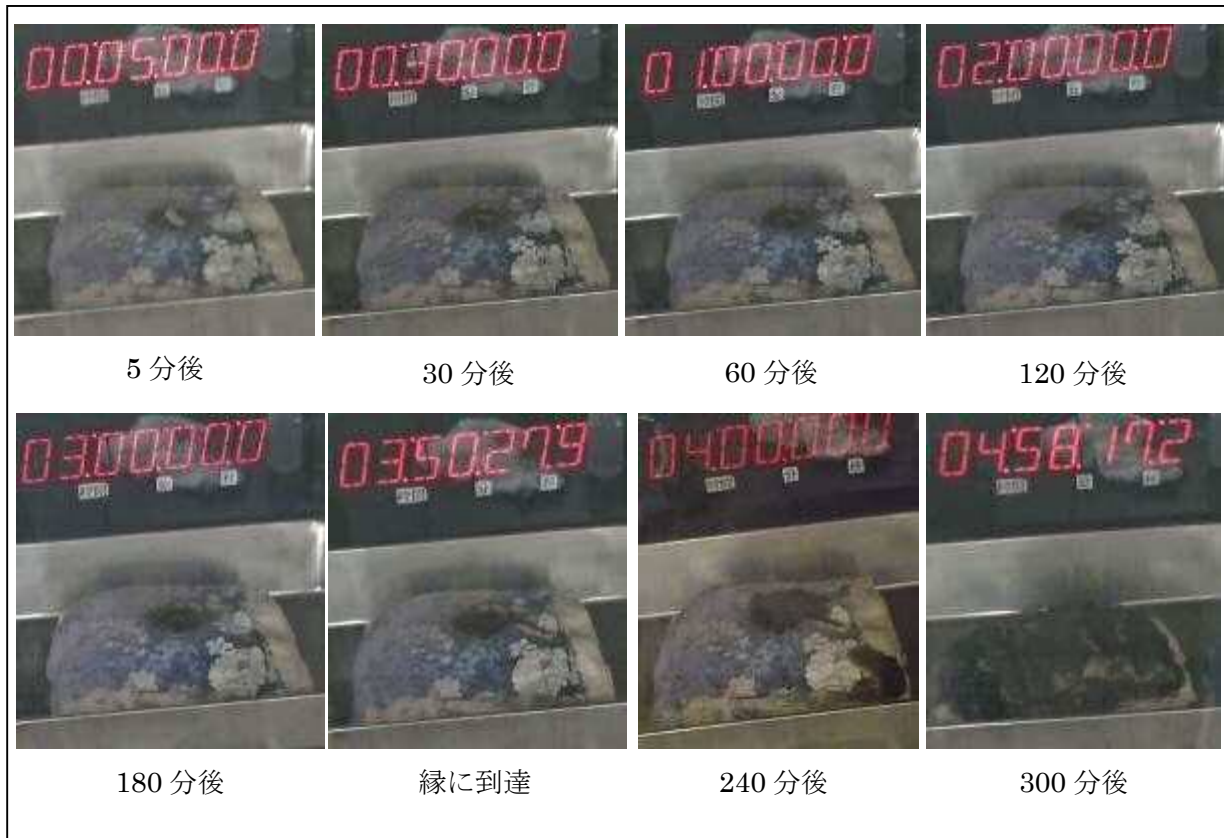


写真 5 条件 5 (水分率 150%・無風) での試験体の無炎燃焼状況

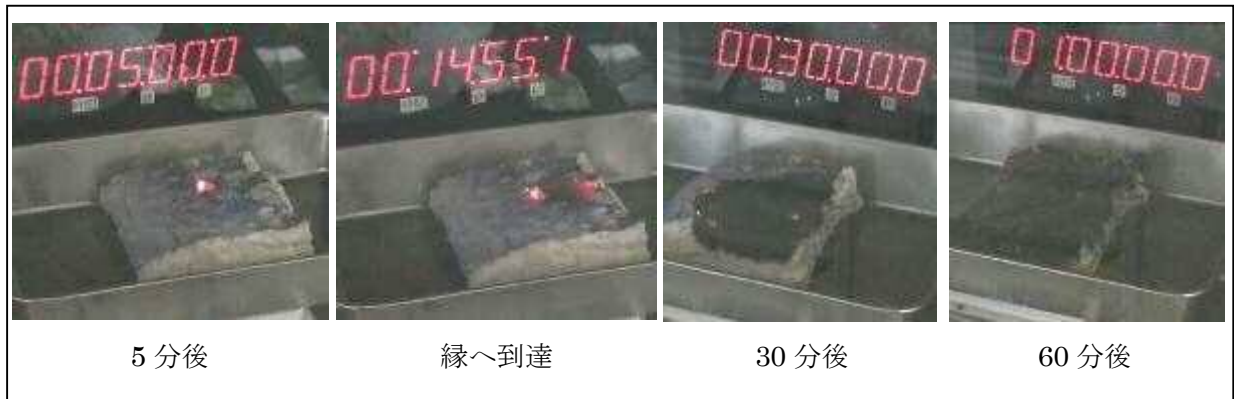


写真 6 条件 6 (水分率 100%・風速 1m/s) での試験体の無炎燃焼状況

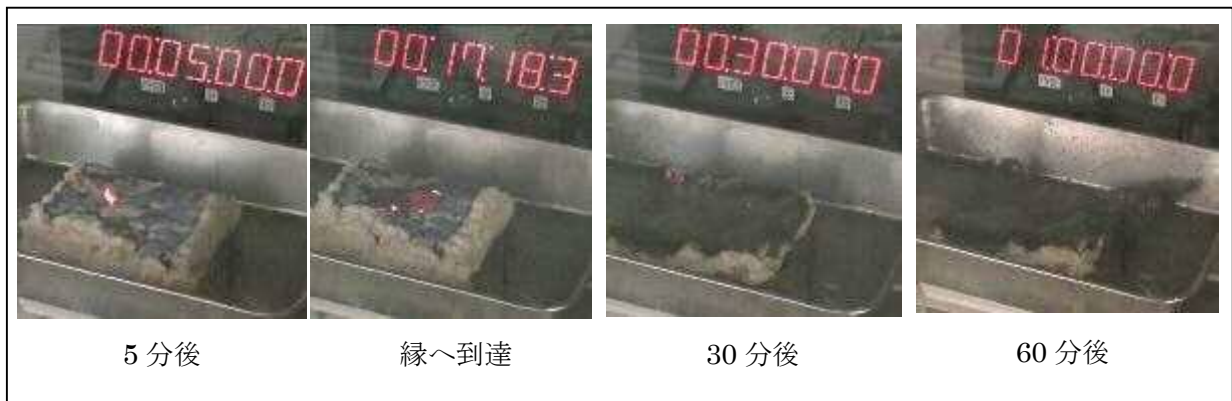


写真 7 条件 7 (水分率 100%・風速 2m/s) での試験体の無炎燃焼状況

表 2 各条件下で試験体の縁へ到達するまでの無炎燃焼速度

	水分率	無炎燃焼が縁へ到達する時間	水平方向の無炎燃焼速度	水分率 5%が基準時の速度の倍率	無風・水分率 100%が基準時の速度の倍率
条件 1	5%	9 分 39 秒	10.4mm/min	1.00 倍	
条件 2	20%	16 分 57 秒	5.9 mm/min	0.57 倍	
条件 3	50%	36 分 18 秒	2.8mm/min	0.27 倍	
条件 4	100%	71 分 46 秒	1.4 mm/min	0.13 倍	1.00 倍
条件 5	150%	230 分 27 秒	0.4 mm/min	0.04 倍	
条件 6	100%	14 分 55 秒	6.7 mm/min		4.79 倍
条件 7	100%	17 分 18 秒	5.7 mm/min		4.07 倍

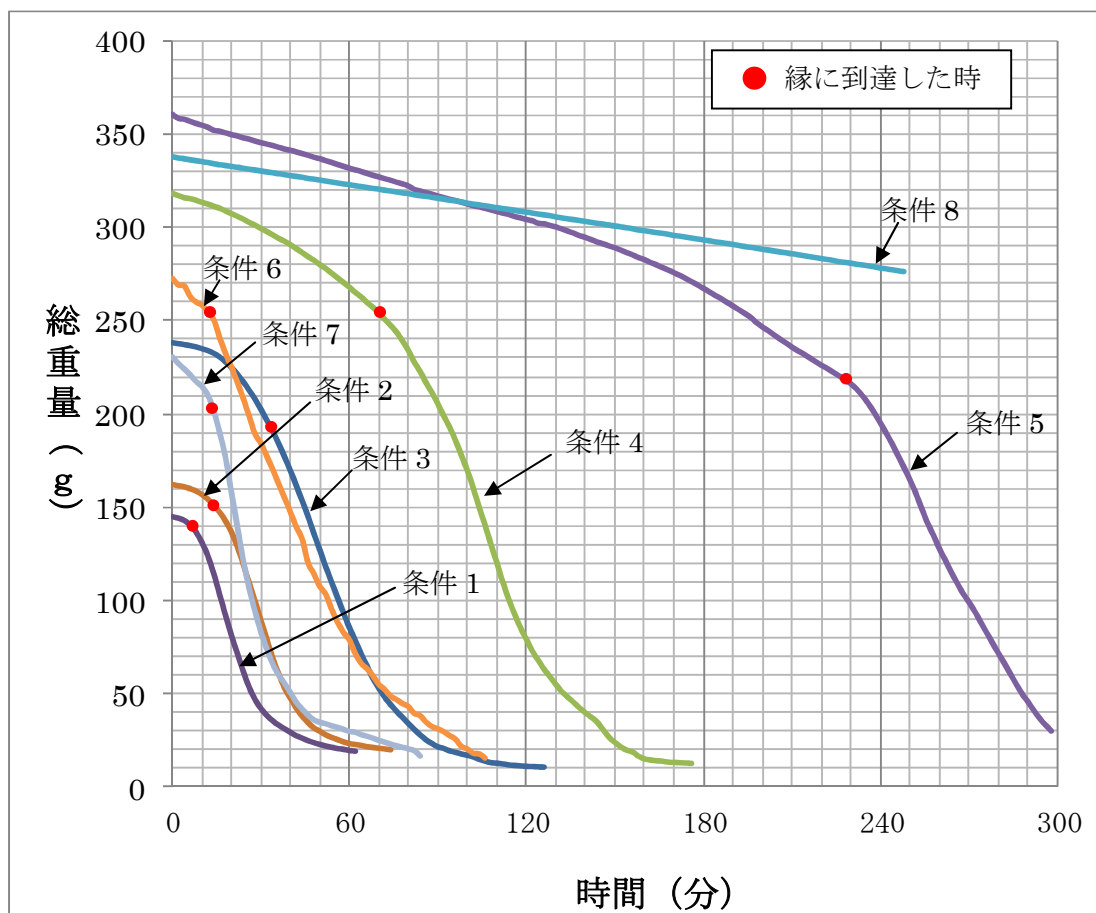


図 1 各条件下における試験体の重量変化

7 5日間以上無炎燃焼が継続するための布団の水分率の考察

上記実験結果から、布団の水分率が高くなるほど無炎燃焼の継続時間が長くなることが分かり、また、風を与えることで無炎燃焼の進行速度が速くなったことから、無炎燃焼の燃焼面に接する空気の量が少ないほど無炎燃焼の継続時間が長くなることが推測できた。そこで、積み重なった布団が5日間以上無炎燃焼を継続するための布団の水分率について考察した。

図1において、条件4及び条件5の曲線に対する近似直線を図2に示す。条件4の近似直線の傾きは約-2.17、条件5の近似直線の傾きは約-0.94であった。5日間無炎燃焼継続後、燃え尽きて重量が0となると仮定したときに、必要な布団の初期総重量（濡れた状態）は、これらの傾きから計算でき、条件4の場合が約15.6kg、条件5の場合が約6.8kgである。これを乾いた布団の重量に換算すると、条件4の場合が約7.8kg、条件5の場合が約2.7kgである。

また、無炎燃焼継続検証実験に使用する敷き布団一枚の重さを計測したところ、約7.2kgであった。検証実験では、積み重なった濡れた布団の内部で無炎燃焼が継続させるため、今回の実験条件に比べて燃焼面に接する空気の量は少なくなり、無炎燃焼の継続時間も必然的に長くなることが推測できる。以上のことから、着火のし易さを考慮した上、5日日間無炎燃焼が継続して最大でも布団一枚、7.5kg前後が燃え込む程度の焼損を想定し、布団の重量と同じ量の水を染み込ませ、布団の水分率が100%の条件で【P12】「微小火源による無炎燃焼が5日間継続するかの確認」を行うこととした。

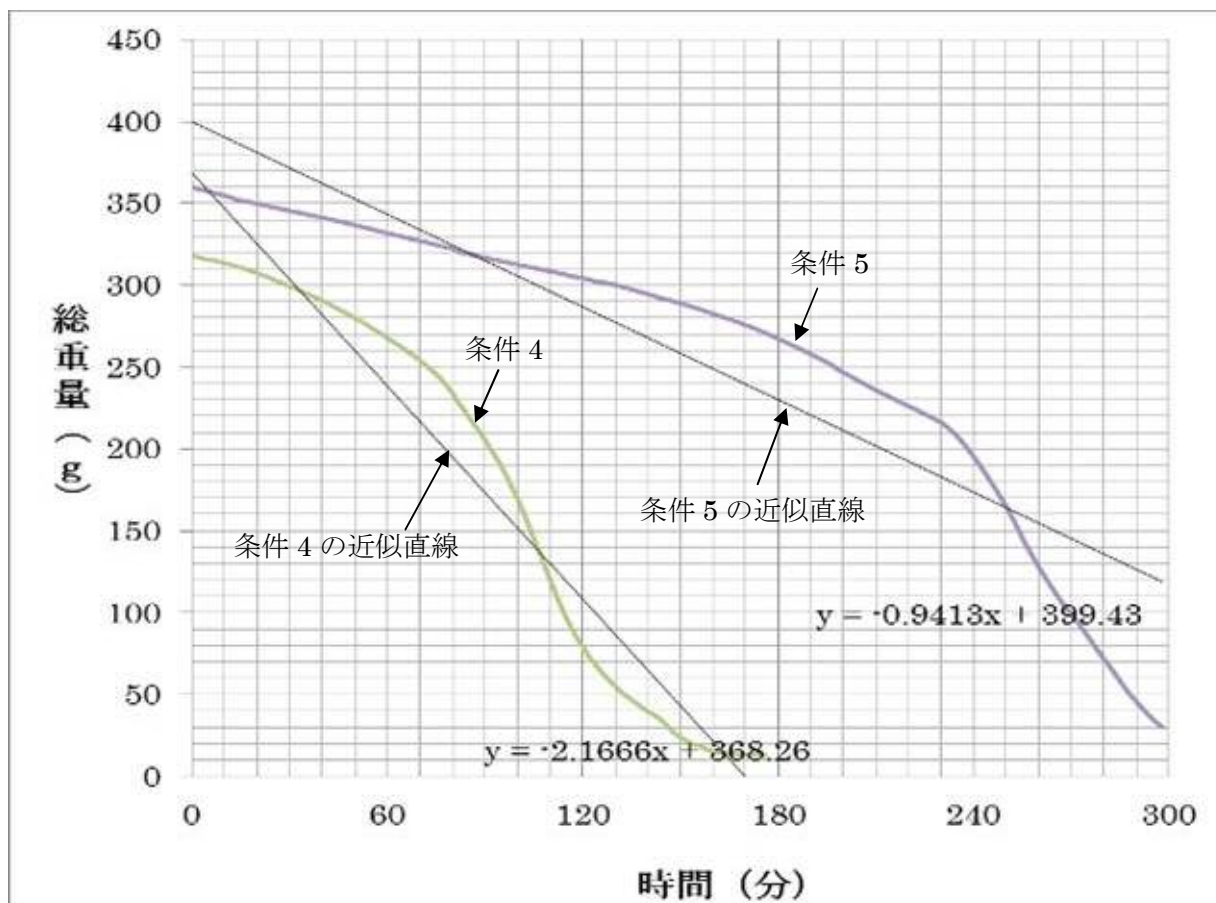


図2 条件4及び条件5の近似直線

事前実験 「微小火源による燃焼継続性について」

1 期間 平成27年1月23日（金）～平成27年1月29日（木）

2 場所 札幌市西区八軒10条西13丁目3-1

札幌市消防学校 消防科学研究所 燃焼実験室

3 事前実験1

(1) 実験内容

成型炭をトーチガスバーナーで加熱し、赤熱させて火源とした。

耐熱ガラスに接するように、乾燥した綿（一辺が約25cmの立方体）を設置した後、耐熱ガラスと綿の間に火源を設置した。（火源位置については写真1参照）

実験開始から30分後まで、耐熱ガラスを通して焼け込み、炭化の状況を確認した。

(2) 実験結果

綿の内部は、火源を中心として概ね同心円状に焼け込みが広がり、炭化した。

また、灰化は見られなかった。



写真1 事前実験1開始時の状況



写真2 事前実験1終了時の状況

4 事前実験 2

(1) 実験内容

成型炭をトーチガスバーナーで加熱し、赤熱させ火源とした。

火源を乾燥した綿の中へ設置し、外周へ霧吹きで水を散布した。

さらに、乾燥した綿を積み、外周へ霧吹きで水を散布する作業を、綿の大きさが直径約 25 cm の球状になるまで繰り返した。

火源は綿の中心部に位置するように設定した。

実験開始から、約 3 時間 30 分経過後に綿を解体し、内部の状態を確認した。

(2) 実験結果

実験開始から約 3 時間 30 分後に、綿を解体し内部の状態を確認したところ、以下のような状態であった。

- ・綿の表面の一部に炭化している部分があった。
- ・綿の内部は無炎燃焼が継続しており、全体が炭化していた。
- ・綿の表面及び内部に灰化は見られなかった。



写真3 事前実験2の状況（3時間経過）



写真4 事前実験2終了時（綿内部）



写真5 事前実験2終了時（綿内部）

5 事前実験 3

(1) 実験内容

成型炭をトーチガスバーナーで加熱し、赤熱させ火源とした。

火源を乾燥した綿の中へ設置し、外周へ霧吹きで水を散布した。

さらに、乾燥した綿を積み、外周へ霧吹きで水を散布する作業を、綿の大きさが直径約40 cmの球状になるまで繰り返した。

火源は綿の中心部に位置するように設定した。

実験開始から、約6時間経過後に綿を解体し、内部の状態を確認した。

(2) 実験結果

実験開始から約6時間に綿を解体し内部の状況を確認したところ、以下のような状態であった。

- ・綿の表面はわずかに焦げが観られた。
- ・綿の内部は無炎燃焼が継続しており、全体が炭化していた。
- ・綿の内部に灰化は見られなかった。



写真6 事前実験3開始時の状況（外観）



写真7 事前実験3終了時の状況（外観）



写真8 事前実験3終了時の状況（綿内部）

6 事前実験 4

(1) 実験内容

成型炭をトーチガスバーナーで加熱し、赤熱させ火源とした。

不燃材で作成した、内寸 1400mm (幅) × 550mm (奥行) × 780mm (高さ) の燃焼装置内へ布団を設定し、上から 2 段目と 3 段目の布団の間へ火源を設置した (図 1、図 2 参照)、その後散水栓により、布団上へシャワー状の水を 1 分間散布した。

実験中は、3 時間毎に布団上へシャワー状の水を 15 秒間散布した。

実験開始から、約 30 時間経過後に布団の焼け込み状態を確認した。

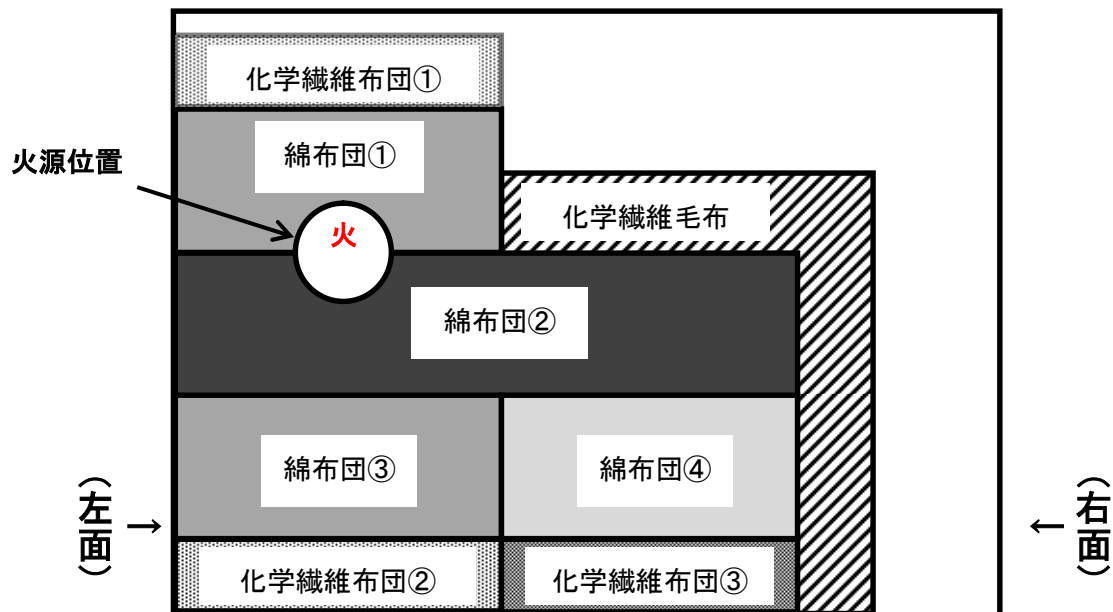


図 1 事前実験 4 設定図 (前面)

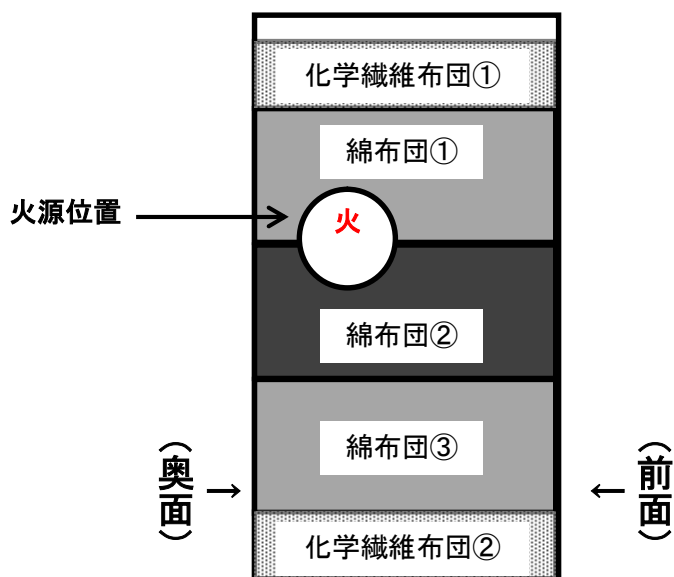


図 2 事前実験 4 設定図 (左面)



写真 9 事前実験 4 の設定状況（前面）



写真 10 事前実験 4 の設定状況（右面）

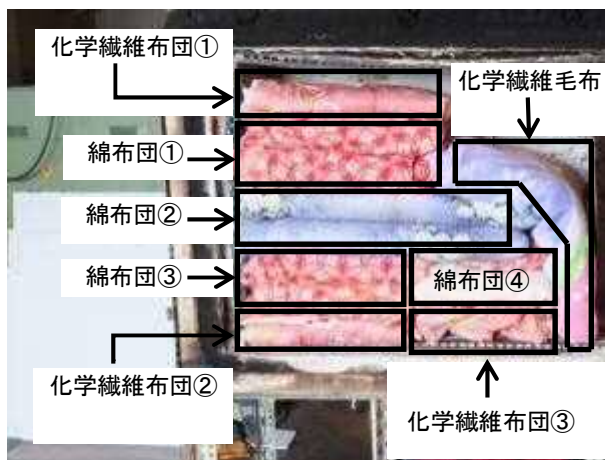


写真 11 事前実験 4 の設定状況詳細（前面）



写真 12 事前実験 4 の火源設定状況

(2) 実験結果

実験開始から約 30 時間経過後に布団を燃焼実験装置内から取出し、布団内部の状況を確認したところ、以下のような状態であった。

- 綿布団（以下、「綿」とする）は、前面の大部分が焼けずに残っていたが、他の部分は火源を中心として全体的に炭化及び灰化していた。
また、内部は球状に焼け込み、焼失していた。
- 化学繊維布団（以下、「化繊」とする）及び化学繊維毛布（以下、「化繊毛布」とする）は、綿布団と接している部分が炭化及び灰化していた。
- 綿布団の内部は無炎燃焼が継続しており、送風機で風を当てることで炎が上がった。



写真13 事前実験4終了時(前面)



写真14 事前実験4終了時(左面)



写真15 事前実験4終了時(奥面)



写真16 事前実験4終了時(右面)



写真17 事前実験4終了時(前面)
化繊①と綿①の間



写真18 事前実験4終了時(奥面)
化繊①と綿①の間



写真19 事前実験4終了時（奥面） 綿①上面



写真20 事前実験4終了時（前面）
綿①と綿②の間



写真21 事前実験4終了時（奥面）
綿①と綿②の間



写真22 事前実験4終了時（奥面） 綿②上面



写真 2 3 事前実験 4 終了時 (前面)
綿②と綿③④の間



写真 2 4 事前実験 4 終了時 (奥面)
綿②と綿③④の間



写真 2 5 事前実験 4 終了時 (奥面) 綿③及び綿④上面



写真 2 6 事前実験 4 終了時 (前面)
綿③④と化繊②③の間



写真 2 7 事前実験 4 終了時 (奥面)
綿③④と化繊②③の間



写真28 事前実験4終了時(奥面) 化繊②及び化繊③上面



写真29 事前実験4終了時 化繊②及び化繊③下面



写真30 事前実験4終了時(綿②内部)



写真31 事前実験4終了後、綿②へ送風し炎が出た状況

事前実験 「布団の材質と油分鑑定」

1 焼損した寝具類の材質の鑑定

- (1) 期間 平成 27 年 1 月 21 日(水)
- (2) 場所 札幌市消防学校 消防科学研究所 成分分析室
- (3) 目的 再現実験のため、火災現場から収去した寝具類の種類を特定する。
- (4) 鑑定物件

鑑定物件は、西区西野 2 条 7 丁目所在の一般住宅から収去し、焼けの状況から布団の重なり状況の復元を行った 4 点の布団で、以下、上から順に「布団 1」、「布団 2」、「布団 3」及び「布団 4」という。(写真 1、2)



写真 1 布団の重なり状況の復元



写真 2 分析した各布団の繊維片

(5) 鑑定項目

各布団の繊維構成

(ア) 分析

各布団の繊維及び比較対象として用意した綿 100%衣料の繊維をせん断して K B r の粉末と混ぜ合わせる K B r 錠剤法により、フーリエ変換赤外線分光分析装置(以下、「F T - I R」という。)で赤外線吸収スペクトル(以下、「IR スペクトル」という。)を測定した。

(イ) 分析条件

- a 機種 日本分光株式会社製 4 2 0 0 t y p e A 型
- b 光源 標準光源
- c 検出器 T G S
- d 積算回数 A u t o (22~31 回)
- e 分解 4 c m - 1
- f ゼロフィリング O n
- g アポダイゼーション C o s i n e
- h ゲイン A u t o
- i アパーチャー A u t o (7. 1 m m)
- j スキャンスピード A u t o (2 m / s e c)
- k フィルタ A u t o (3 0 0 0 0 H z)

(6) 鑑定結果

ア 各布団の繊維構成

各布団及び綿 100%衣料の繊維の赤外線吸収スペクトル（以下「IR スペクトル」という。）を図 1～5 に示す。

布団 1 は、 2240 cm^{-1} 付近に $\text{C} \equiv \text{N}$ 由来の強い吸収が認められたことから、アクリル系繊維の布団と推定された。

布団 2 及び 3 は、綿 100%衣料の繊維と IR スペクトルがほぼ一致していたことから、綿 100%の布団と推定された。

布団 4 は、エステル結合由来の強い吸収が 1720 、 1240 及び 1100 cm^{-1} に認められたことから、ポリエステル系繊維の布団と推定された。

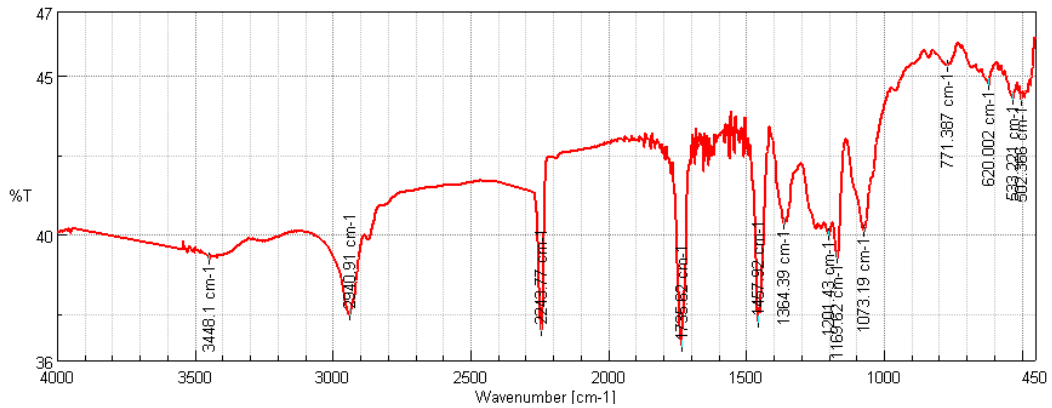


図 1 布団 1 の IR スペクトル

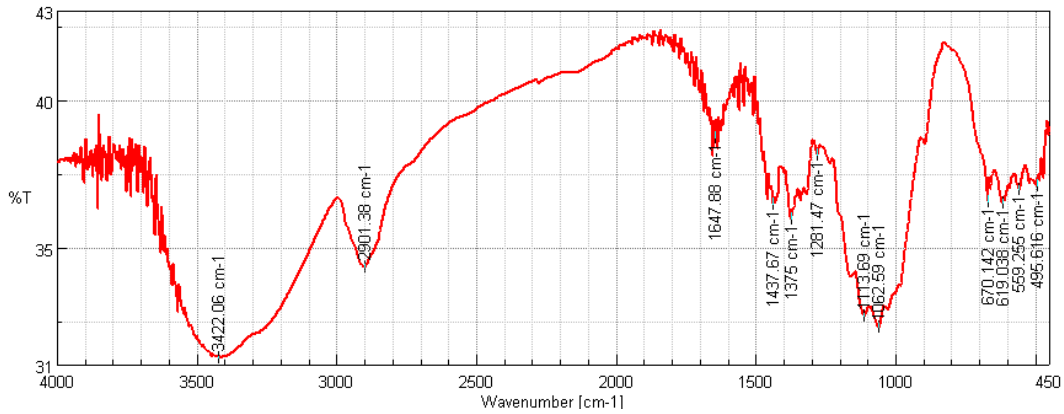


図 2 布団 2 の IR スペクトル

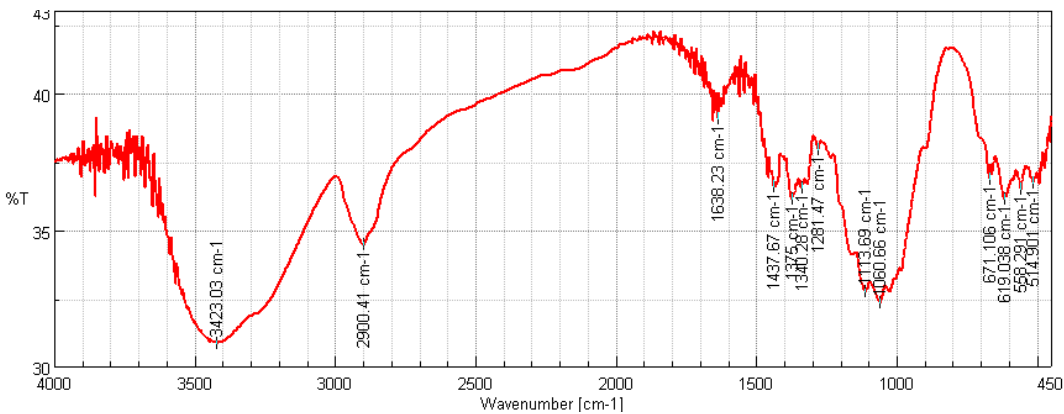


図 3 布団 3 の IR スペクトル

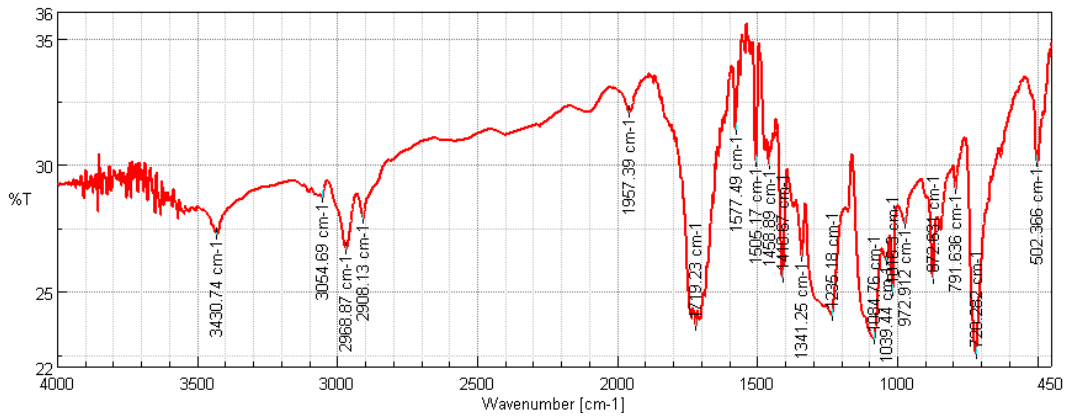


図 4 布団 4 の IR スペクトル

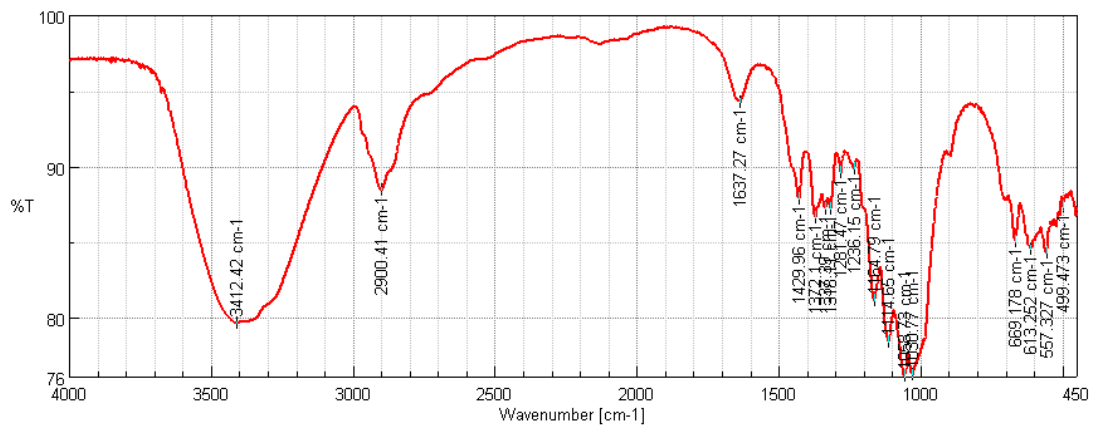


図 5 綿 100%衣料の IR スペクトル

(7) 結論

各布団の繊維構成は、布団 1 はアクリル系繊維、布団 2 及び 3 は綿 100%、布団 4 はポリエステル系繊維の布団と考えられる。

2 焼損した寝具類の油種含有の有無の鑑定

- (1) 期間 平成 27 年 1 月 20 日
- (2) 場所 札幌市消防学校 消防科学研究所 成分分析室
- (3) 目的 再現実験のため、火災現場から収去した寝具類に油種が含有しているか確認する。
- (4) 鑑定項目 各布団への石油類等助燃材の含有状況
- (5) 鑑定方法

(ア) 北川式ガス検知管による測定

各布団の焼損箇所付近の空気を北川式ガス検知管（光明理化学工業株式会社 鑑鑑識用石油 No. 290PII）で測定した。

(イ) GC-MSによる分析

a 前処理及び濃縮

各布団の焼損箇所付近の繊維片をそれぞれ約 50g 採取し、200ml のジエチルエーテル（試薬特級：和光純薬工業株式会社）に 5 分間浸したのち、各繊維片を取り除き、ジエチルエーテルが約 50ml となるまで揮発させた。その後、エコノフィルタ（アジレント・テクノロジー株式会社：PTFE 13m 0.45um 1000/pk）を用いて同液をろ過した。

b 成分分析

前 a の操作で得られたろ液（以下「抽出液」という。）をガスクロマトグラフ質量分析装置（以下「GC-MS」という。）で分析した。

c 分析条件

- ・ 機器 アジレントテクノロジー社 型式 5975N
- ・ 試料量 0.001ml
- ・ カラム VF-5ms キャピラリーカラム 15m× 0.15 mm
- ・ キャリアーガス He
- ・ 昇温速度 50℃ 0.4 分間保持 50℃～180℃、50℃/min
180℃～300℃、75℃/min 300℃ 6 分間保持
- ・ 注入口温度 250℃
- ・ 検出器温度 250℃
- ・ 検出器 MSD
- ・ スプリット比 40 : 1

(6) 各布団への石油類等助燃材の含有状況

ア 北川式ガス検知管による測定

検知管は変色せず、助燃材は検知されなかった。（写真 3、4）



写真 3 検知管による測定状況



写真 4 検知管の状況

イ GC-MSによる分析

抽出液のトータルイオンクロマトグラム（以下「TIC」という。）を図6に示す。また、TICの各ピークのマスマスペクトルとデータベースに登録された既知の物質のマスマスペクトルを照合したライブラリ検索の結果、高い一致率で検出された代表的なイオンを別表1に示す。

抽出液からは、抽出溶媒として使用したジエチルエーテルのピーク以外認められないことから、各布団に助燃材は含有していない。

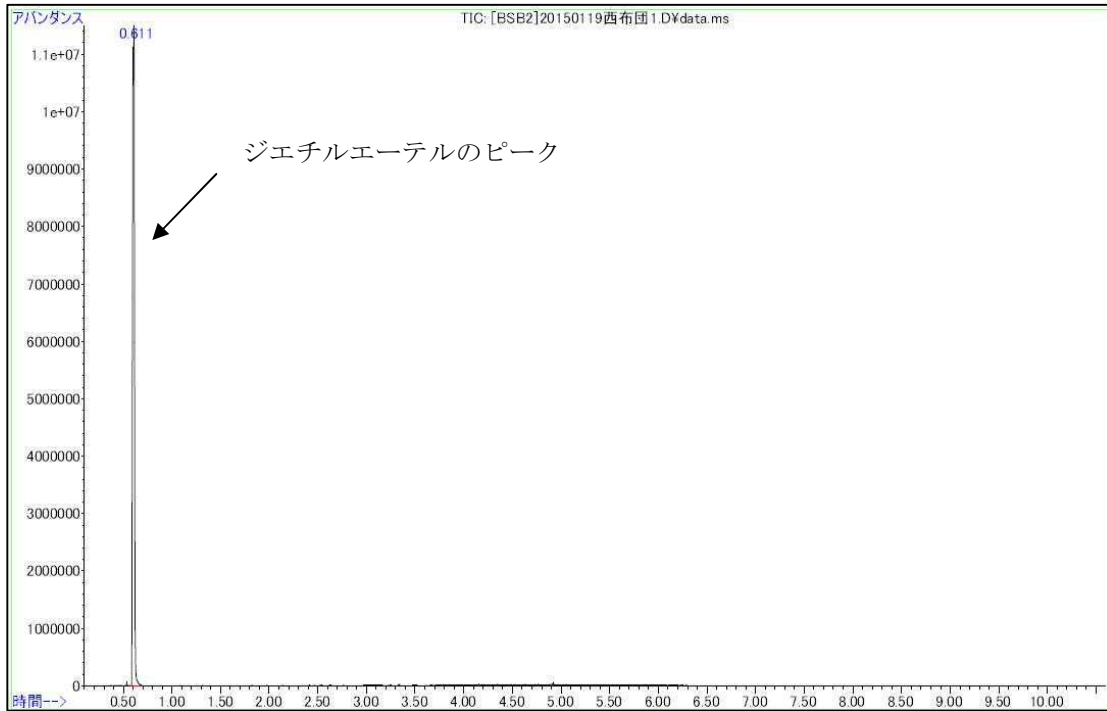


図6 抽出液のTIC

ライブラリ検索 レポート						
データファイル: 20150119西布団1.D						
測定日 : 19 Jan 2015 16:34						
オペレータ: 橋本						
使用スペクトル: 頂点						
Pk#	RT	面積%	ライブラリ/ID	REF#	CAS#	一致率
1	0.611	100.00	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl ether	826	000060-29-7	91
			Ethyl ether	824	000060-29-7	90
			Ethyl ether	825	000060-29-7	90

表1 ライブラリ検索結果

(7) 結論

GC-MSによる分析の結果、各布団に助燃材は含有していなかった。

本実験2 「放水後の寝具類内部において無炎燃焼が継続するかについての確認」

- 1 目的
 - ・外部から火流を受け燃焼した寝具類に放水し一旦鎮圧後も、内部で無炎燃焼が継続する可能性があるかについての確認
 - ・無炎燃焼が継続した場合の、内部の状況の確認
- 2 期間 平成27年2月13日(火)
- 3 場所 札幌市消防学校 消防科学研究所 燃焼実験室
- 4 実験設定

(1) 模擬押入れの設定

実験で使用する模擬押入れについては、実験1の本実験で使用した模擬押入れを使用した。

(「P12 本実験1『微小火源による無炎燃焼が5日間継続するか確認』 4 実験設定 (1) 模擬押入れの設定」参照。)



写真1 模擬押入れ設定状況

(2) 寝具類の設定

実験で使用する寝具類については、実験1の本実験と同じく、分析により特定した材質の寝具を、復元の通りに模擬押入れの中段上に重ね、出火時の状況を再現した。(「P12 本実験1『微小火源による無炎燃焼が5日間継続するか確認』 4 実験設定 (2) 寝具類の設定」参照。)



写真2 寝具類の設定状況

(3) 火源の設定

「P22 事前実験『出火時の状況の調査と復元』の7出火建物確認及び復元した寝具類の出火箇所での復元状況及び、8まとめ」で行った火災現場の押入れ周囲の焼損状況の確認により、押入れ内の焼損は、背面側から押入れ内に燃え広がったものと推定されることから、背面側の中棚直下に、2-プロパノールを500ミリリットルずつ入れた金属製容器を4つ（計2,000ミリリットル）置き、火源とした。



写真3 実験設定状況（背面側）

(4) 放水状況の設定

燃焼時間や、放水時間及び放水量の設定は、実際の火災時の消防隊の活動から設定した。

まず、着火から約23分後にガンタイプノズル（筒先圧約0.5MPa、流量設定125L/m）により約3分間、約400リットルの放水により消火した。放水角度は実際の消火活動を意図し、やや狭い角度の噴霧注水で手前側から寝具全体に放水した。



写真4 放水状況

その後、約2時間20分後に、同様の設定で約2分間、約250リットルの放水により消火した。放水角度は残火処理活動を意図し、上方から広めの噴霧注水で行った。

5 実験経過

(1) 燃焼状況

4つの容器内の2-プロパノールにはほぼ同時に火をつけた。容器内から出た炎は、積み重ねた寝具類とほぼ同じ高さにまで立ち上っている。

着火約3分後には、炎が寝具類背面側に燃え移っている。



写真5 着火直後



写真6 着火3分後

着火約 10 分後には、寝具類に燃え移った炎は、側面側にまで燃え広がっている。

着火約 23 分後の消火直前には、炎は前面側の左右の端側まで燃え広がっている。前面側中央付近の大部分にはまだ燃え広がっていない。



写真7 着火 10 分後直後



写真8 着火 23 分後（消火直前）

(2) 放水直後の状況

着火から約 23 分後、前述の放水設定により、消火活動を想定した 1 回目の放水を行った。

消火後の寝具類は、手前側の一部を除き全体的に炭化し、表面から蒸気が立ち上っているが、外見上は炎や赤熱部分等の燃焼現象は確認できない。

しかし、背面側をわずかに開き内側を確認すると、綿製布団内部の背面側一部に、赤熱し熾き状態になった部分が認められ、燃焼は一部継続していることが確認できる。



写真9 放水（1回目）直後



写真10 放水（1回目）直後（背面側）

着火から約2時間20分後、同じく前述の放水設定により、残火処理活動を想定した2回目の放水を行った。

各寝具類の表面は、大量の水分を含み水が滴っている状態である。

消火想定時と同じく寝具類の周囲をわずかに開き内側を確認するも、前述したような熾き状の燃焼状況等は確認できなかった。



写真 11 放水（2回目）直後



写真 12 放水（2回目）直後（背面側）

その後、実際の火災時に監視警戒を実施した時間である着火から8時間35分後まで確認すると、外見上は大きな変化は認められなかったが、背面側中央付近から20～30センチメートル内部の温度を測定すると、最も高温部で220～380度程度だった。



写真 13 着火4時間後



写真 14 着火6時間後



写真 15 着火8時間35分後（終了直前）



写真 16 着火8時間35分後（背面側）

6 結果

3、4層目の綿製の寝具類について、左右に展開した状態で確認する。

焼損範囲は、3層目と4層目の形状はほぼ同じであるが、比較すると4層目表側の焼損範囲の方がやや広がっている。

焼損範囲は、背面側の端が全体的に炭化しており、背面側から見て中央からやや左側に内部方向に焼け進んでいる様子が確認できる。



写真 17 3、4層目綿布団（左右に展開した状態）

なお、寝具類に向かって送風機で風をおくると、炭化部分の内側が赤熱することから、内部で燃焼状態が継続していることが確認できる。



写真 18 3層目綿布団（送風状態）



写真 19 4層目綿布団（送風状態）

3、4層目以外の寝具類については、積み上げられた状態で外側に面していた部分に炭化が認められるものの、内部で焼損が継続している状況は認められなかった。



写真 20 6層目マットレス（表側）



写真 21 7層目化学繊維布団（表側）

なお、7層目の裏側は、模擬押入れの中板に接しており、中板焼失部分を想定して切り抜いた箇所が強く炭化し、それ以外の箇所が残存している。

特に中板根太部分に接していた部分が帯状に残存しており、実際の火災時の最下層の寝具類である「寝具E」の裏面の焼損と形状が類似している。（「P27 事前実験『出火時の状況調査と復元』5 結果（5）寝具E」参照。）



写真 22 7層目化学繊維布団（裏側）

7 まとめ

以上の実験結果から、燃焼した寝具類に放水し消火した場合においても、放水量等の条件によっては、内部に微小火源が残り、燃焼が継続する可能性があることが確認できた。

その際、外見上から確認しただけでは、内部の燃焼現象の確認は困難であった。

また、実際の火災時の寝具類の焼損状況と実験後の寝具類の焼損状況を比較すると、本実験時の方が時間は短く内部の焼損範囲が狭いものの、背面側から中心方向に向かって炭化している傾向は類似している。

事前実験 「寝具類内部の微小火源の発生要因についての確認」

1 実験期間等

期間：平成27年2月13日（金）

場所：札幌市西区八軒10条西13丁目3-1

札幌市消防学校 消防科学研究所 燃焼実験室

2 事前実験1

(1) 実験内容

耐熱部材で作成した燃焼実験装置内へ火災現場での傾斜した屋根を想定したトタン板（縦600mm×横500mm）を斜めに設置するとともに、ステンレス製台（高さ80mm）を設置した。

台上へ綿（縦200mm×横600mm×厚さ30mm）を三つ折りにして設置した。

ステンレス製台座に隣接してステンレス製容器を設置し、2-プロパノール（1.5ℓ）を注ぎ入れ、トーチガスバーナーにより着火した。

点火後、綿が2-プロパノールの炎と接触した状態となり、20分間経過後、散水栓により消火し、三つ折りの綿を開き、状態を確認した。

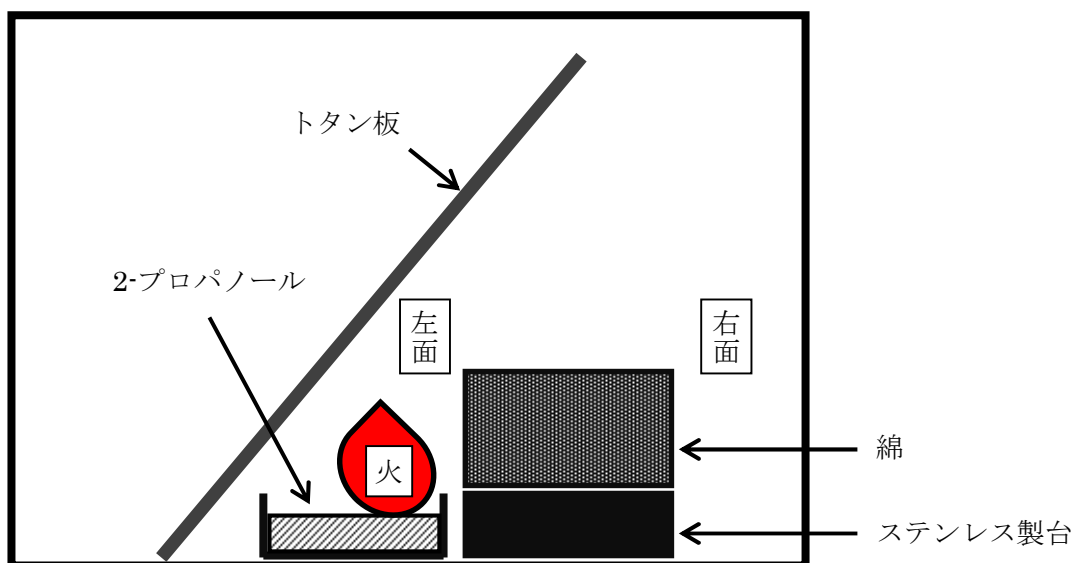


図1 事前実験1設定図（前面）



写真1 事前実験1設定状況（前面）



写真2 事前実験1設定状況（拡大）



写真3 実験状況（着火直後）



写真4 実験状況（着火後30秒）



写真5 実験状況（着火後60秒）



写真6 実験状況（着火後131秒）

(2) 実験結果

綿の表面全体が2~3 cm程度の深さまで炭化していたが、綿の内部には焼けの形跡が見られなかった。

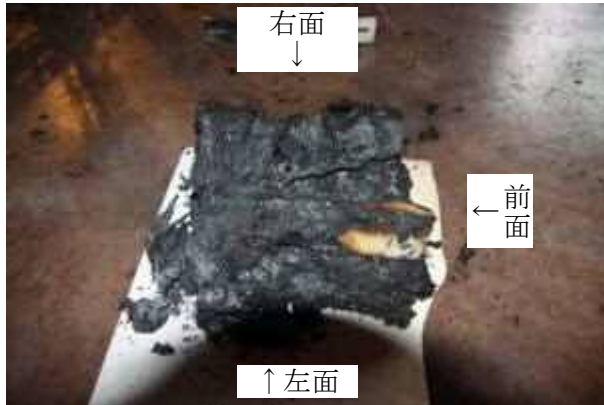


写真7 事前実験1終了後外観

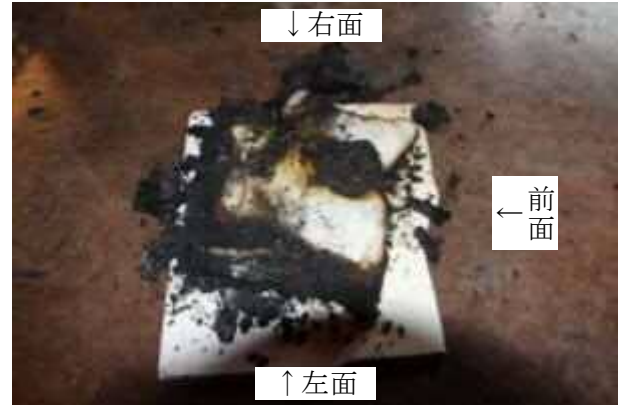


写真8 事前実験1実験終了後内部

3 事前実験2

(1) 実験内容

耐熱部材で作成した燃焼実験装置内部へトタン板（縦600mm×横500mm）を斜めに設置するとともに、ステンレス製台（高さ80mm）を設置した。（事前実験1と同じ設定）

台上へ綿（縦200mm×横200mm×厚さ30mm）とウレタンマット（縦200mm×横200mm×厚さ50mm）を設置した。（図2参照）

ステンレス製台座に隣接してステンレス製容器を設置し、2-プロパノール（0.5ℓ）を注ぎ入れ、トーチガスバーナーにより着火した。

点火後、綿及びウレタンが2-プロパノールの炎と接触した状態になり、1分間経過後、水をかけて消火し、綿及びウレタンの状態を確認した。

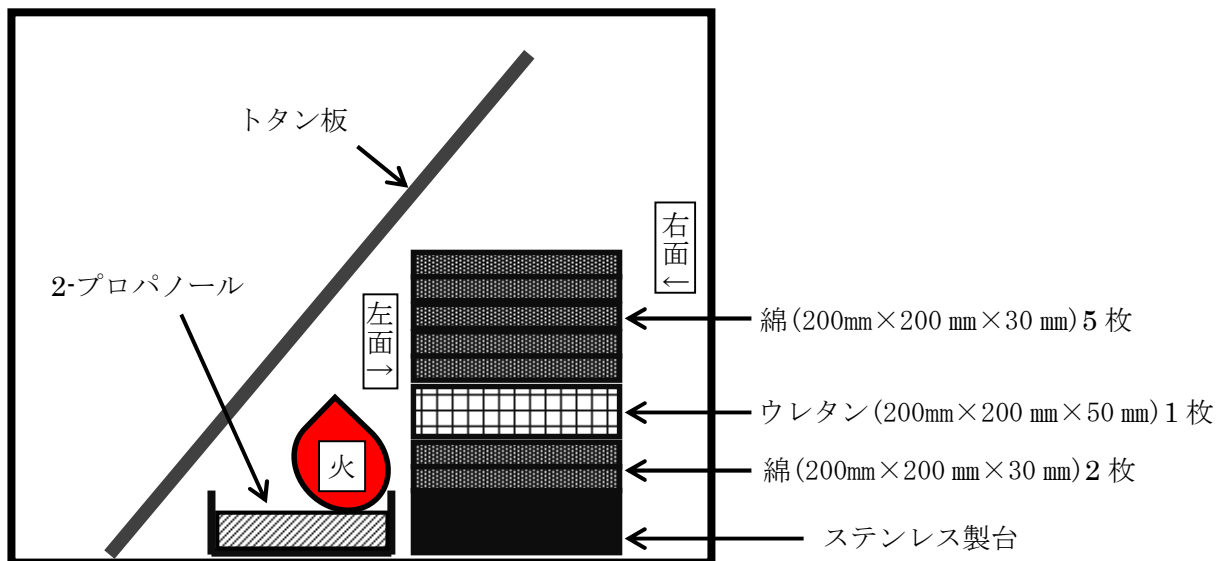


図2 事前実験2設定図（前面）

(2) 実験結果

実験終了後、綿及びウレタンの状態を確認したところ、以下のような状態であった。

- ・綿は、右面以外の表面は全体的に炭化していたが、内部には焼けの痕跡は見られなかった。
- ・ウレタン部分は、炎を受けたことにより溶融・焼失がみられた。



写真 9 実験終了後（前面）



写真 10 実験終了後（左面）



写真 11 実験終了後（前面）



写真 12 実験終了後の内部（前面）

本実験3 「濡れた綿布団に意図的に火をつけた場合の着火性について」

1 目的 水分を含んだ寝具類に様々な火源で着火させ、燃焼が継続する可能性があるかについての確認

2 期間 平成27年2月20日(金)～2月26日(木)

3 場所 札幌市消防学校 消防科学研究所 燃焼実験室

4 実験概要

消防隊の注水防ぎょ及び残火処理活動を再現し、積み重なった寝具類に注水したときの綿布団の水分率の変化を確認するとともに、外部から火種を用いて濡れた布団に火をつけ、無炎燃焼を継続させることが可能か否かを検証するため、布団の水分率と外部火種による布団の着火性の関係について検証実験を行った。

5 検証1 注水により濡れた布団の水分率の変化について

寝具類積み重なり状況や消防隊の注水状況を再現し、布団の水分率の変化を確認した。

(1) 実験環境

室温 0.0～9.2℃、湿度 65～77℃

(2) 寝具類の設定

模擬押入れ内に、上から化学繊維毛布、化学繊維布団、綿100%布団(以下「布団1」という。)、綿100%布団(以下「布団2」という。)、ウレタンマット、化学繊維布団の順に積み重ねて置き、出火当時の状況を再現した。(写真1、2)



写真1 寝具類の設定状況 (正面)



写真2 寝具類の設定状況 (正面)

(3) 注水

設定した寝具類に対し、筒先圧を約0.5MPa、ガンタイプノズルの流量を125L/mに設定し、正面側から3分間、消防隊の注水防ぎょ活動を想定とした噴霧及び棒状注水を行った。その後、消防隊からの証言に基づく残火処理活動の再現として、同流量設定で上方から2分間、噴霧注水を行った。(写真3、4)



写真3 注水防ぎょ活動を想定した注水



写真4 残火処理活動を模した注水

(4) 水分率の測定

実験開始前の濡れていない布団1及び布団2、注水終了から1時間後、4時間後、8時間後、24時間後の布団1及び布団2の重量を計測して水分率を求めた。あわせて、積み重ねにより生じると推測される水ムラを検証するため、布団1及び布団2の中綿を採取し、布団の局所的な水分率についても測定した。中綿の採取位置は、三つ折りに畳んだ布団を面として捉えたとき、その中央、手前、奥及び端の4箇所で、布団1については折込の内側上面から、布団2については外側上面から採取した。(写真5～7)

なお、水分率は、【P45】「綿布団の水分率と無炎燃焼の継続時間の相関関係について」に記載した算出方法により求めたが、布団全体の水分率は濡れていない状態を絶乾状態とみなして計算した。



写真5 布団2の重量計測状況及び中綿採取位置



写真6 中綿の採取状況



写真7 中綿の重量計測状況

(5) 実験結果

時間経過に伴う布団1及び布団2の水分率の変化を表1及び図1に、布団1及び布団2から局所的に採取した中綿の水分率の変化を表2に示す。

表1及び図1から、布団2の水分率は1時間経過後においても100%を超えており、【P12】(本実験1「微小火源による無炎燃焼が5日間継続するかの確認」)で調整した布団の水分率100%という値が、実際の火災現場でも十分に考えられうる値であることが実証できた。また、布団1より布団2の方が計測したどの時間帯においても水分率が高い結果となり、注水から1時間以上24時間以内であれば、下段の布団の方が濡れているという結果になった。さらに、布団1も布団2も注水から4時間までの間に急激に水分率が低下し、その後、24時間後の測定終了の間は、水分率が微減することが確認できた。これは、最初の4時間程度で中綿に吸収しきれない水が滴下し、滴下が収まったのちは、水が蒸発するためと考えられる。なお、図1から24時間経過以降の布団の水分率を推測すると、布団1と布団2の水分率の変化率に大きな差があることから正確には求められないが、消防隊の監視警戒が終了した72時間後の水分率は、各曲線の延長線から20%から38%の範囲内であったと考えられる。

表2から、各布団から局所的に採取した中綿の水分率は採取位置ごとにばらつきがあり、寝具類が積み重なった状態で注水を行うと水ムラが発生することが確認できた。

表1 各布団の水分率の変化

	布団1	布団2
1時間後	56.9	127.9
4時間後	51.7	73.8
8時間後	50.0	60.7
24時間後	46.6	47.5

(単位：%)

表2 部分ごとの中綿の水分率

	布団1				布団2			
	手前	中央	奥	端	手前	中央	奥	端
1時間後	194.4	50.7	371.2	104.2	262.3	207.7	33.2	31.8
4時間後	146.1	32.1	251.3	69.7	85.9	161.2	160.4	57.2
8時間後	91.7	30.6	163.8	29.4	147.3	126.0	113.7	39.8
24時間後	53.4	63.3	51.5	30.2	80.4	49.0	19.8	17.1

(単位：%)

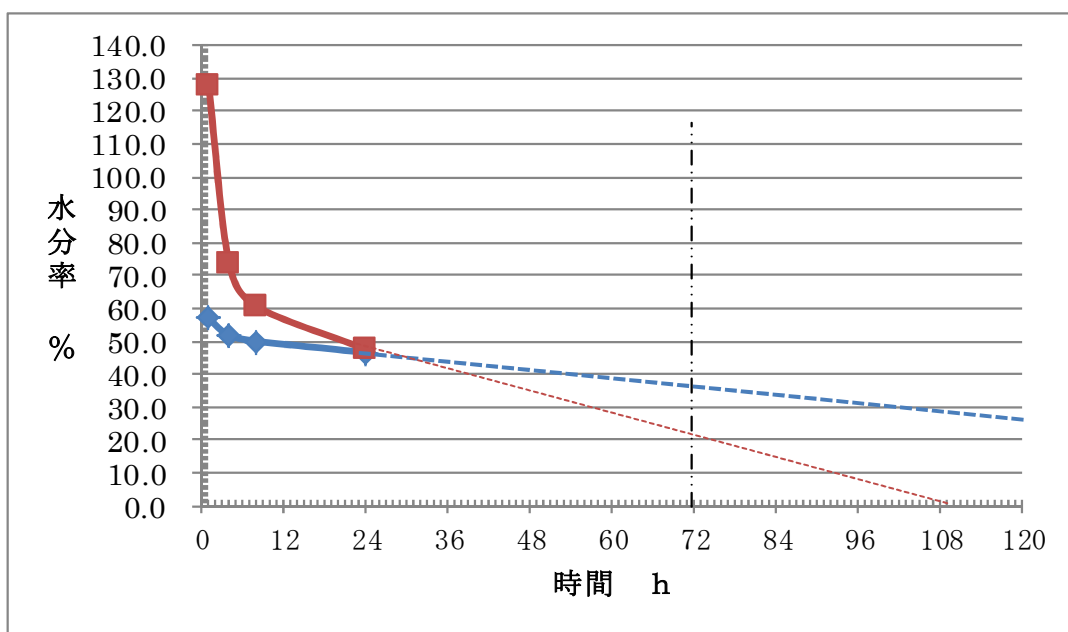


図1 各布団の水分率の変化及び24時間経過以降の水分率の予測

6 検証2 外部火種による濡れた布団への着火性について

外部からの火種により、注水から24時間後の濡れた布団が着火し無炎燃焼に至るか検証した。

(1) 実験環境

室温 2.6~3.7℃、湿度 60~70%

(2) 実験設定

上記検証1の実験設定を引き継ぎ、24時間経過後、積み重なり濡れた布団への着火性について実験を行った。使用した火種は、日常的な使用が予想されるたばこ、ライター及び成型炭の3種である。着火させる布団は、別紙「実験1 5日後に出火した事案に係る再現実験」から得られた焼損状況や検証1において水分率が低い値を示したことなどを総合的に判断し、布団2を選択、布団2の折込の内側上面を着火場所とした。また、上記検証1で布団に水ムラがあることを確認したため、各火種を中綿の採取位置付近である手前、中央、奥及び端の4箇所に置き、又は接炎させ、その着火性を評価した。なお、ライター火については、奥部分に接炎させるのが困難だったため奥部分は省略した。

(3) 着火性の評価

着火場所に火種を置く又は接炎させてから布団を閉じ、5分後に布団を開いたときの燃焼状況により、着火性の有無について評価した。

(4) 着火方法

- ア たばこ 着火場所に火のついたたばこを置いた。
- イ ライター 着火場所に1分間ライター火を接炎させた。
- ウ 成型炭 着火場所に熾した成型炭を置いた。

(5) 実験結果

注水から 24 時間経過後、布団全体の水分率が 47%前後のときは、布団に水ムラがあったとしても、たばこ、ライター火及び成型炭により無炎燃焼に至ることはなく、日常生活で使用される火種を用いて、火をつけることは困難であると考えられた。なお、各火種の着火性に関する詳細は次のとおりであった。

ア たばこ

4 箇所ともたばこに水分が染み込み、火種自体が消えて着火しなかった。(写真 8、9)



写真 8 火のついたたばこを設置



写真 9 消えたたばこ

イ ライター火

3 カ所とも布地に着火はするが、無炎燃焼には至らなかった。(写真 10～12)



写真 10 1 分間接炎



写真 11 布地へ着火



写真 12 5 分後鎮火

ウ 成型炭

4 箇所とも成型炭に水分が染み込み、火種自体が消えて着火しなかった。(写真 13、14)



写真 13 火のついた成型炭を設置



写真 14 消えた成型炭

7 検証3 外部火種により無炎燃焼が継続可能な布団の水分率について

検証2において日常生活で使用される火種を用いて、濡れた布団に火をつけ、無炎燃焼を起こすことが困難であることが確認されたため、無炎燃焼が継続可能となる布団の水分率について検証した。

(1) 実験環境

室温 7.6～13.1℃、湿度 50～58%

(2) 実験設定

布団の水分率を20%及び10%にして実験を行った。水分率20%は、消防隊の警戒が終了した経過時間を考慮し、検証1から推測された72時間後の水分率の下限である。火種は、検証2と同じくたばこ、ライター及び成型炭を使用した。実験には横半分に切り取った綿100%の布団を使用した。2つ折りにした同布団の内部を着火場所として、火種を置く又は接炎させて実験を行った。また、実験にあたっては、同布団の上に別の布団を重ね再現性を高めた。なお、同布団の水分率は、散水栓により布団全体を軽く濡らしたのち、自然乾燥及び霧吹きを使用することで調整し、なるべく水分にムラのないようにした。

(3) 着火性の評価

検証2と同様にした。

(4) 着火方法

検証2と同様としたが、水分率20%の布団に対してはライター火の接炎時間を1分間及び2分間の二通りの方法で2箇所において実験した。

(5) 実験結果

ア 水分率20%のとき

(ア) たばこ

たばこを2本置いたが、2本とも水分が染み込み、火種自体が消えて着火しなかった。

(写真15、16)



写真15 火のついたたばこを設置



写真16 消えたたばこ

(イ) ライター火

1分間接炎させたところ、布地に着火はしたが、無炎燃焼には至らなかった。(写真17、18) 2分間接炎させたところ、着火し無炎燃焼が継続した。(写真19、20)



写真17 1分間接炎



写真18 5分後鎮火



写真19 2分間接炎



写真20 5分後無炎燃焼継続

(ウ) 成型炭

着火し、無炎燃焼が継続した。(写真20、21)



写真20 火のついた成型炭を設置



写真21 5分後無炎燃焼継続

(エ) その他

ライター火を2分間接炎させた箇所及び成型炭を置いた箇所は、着火から約30分経過後も無炎燃焼を継続し、風を与えることで炎が上がった。(写真22)



写真22 約30分後に風を与えた状態

イ 水分率 10%のとき

たばこ、ライター火（1分間接炎）及び成型炭のすべての火種で着火し、着火から約30分後においても無炎燃焼が継続し、風を与えることで炎が上がった。（写真23～25）



写真 23 各火種を設置



写真 24 5分後すべての箇所が無炎燃焼継続



写真 25 約30分後に風を与えた状態

8 まとめ

消防隊の注水防ぎょ及び残火処理活動を再現して積み重なった寝具類に注水し、布団の水分率の変化について確認し、布団の水分率と外部火種による布団の着火性について検証実験を行った結果、以下のとおりとなった。

- (1) 【P12】「微小火源による無炎燃焼が5日間継続するかの確認」において調整した布団の水分率100%という値が、十分に考えられる値であったことが実証された。
- (2) 上段の布団よりも下段の布団の方が濡れの度合いが大きかった。
- (3) 積み重なった寝具類に注水すると布団に水ムラが発生した。
- (4) 布団の水分は、注水から4時間までの間に急激に低下、その後微減し、24時間後には、その水分率は47%前後となった。
- (5) 注水から24時間後、布団の水分率が47%前後であるときは、たばこ、ライター火及び成型炭で濡れた布団に火をつけ無炎燃焼を継続させることは困難であった。
- (6) 消防隊の警戒が終了した72時間後の布団の水分率は最低で20%程度と推測でき、同水分率の布団に対しては、成型炭により着火させ、無炎燃焼を継続させることが可能であった。なお、ライター火によっても長時間接炎すると着火する場合もあった。
- (7) また、布団の水分率が10%になると、たばこによる着火及び無炎燃焼の継続も可能であった。

グラスウールの熱伝導性に関する実験

札幌市消防科学研究所 橋田 宏一
北消防署警防課新琴似出張所 源 徹

1 実験目的

平成26年5月27日、北区内の店舗併用住宅火災において、1階天井裏を通じて建物全体に延焼拡大する事案が発生した。

延焼経路について、消防隊は点検口から天井裏を目視で確認したが死角となり、また室内から天井面を熱画像装置で確認したが熱を感知できず、延焼状態を把握できなかった。

天井に施工されているグラスウール及びケイ酸カルシウムボードに遮熱され、熱画像装置での確認ができなかった可能性があり、今後も同様な事案の発生が考えられることから、警防活動上の参考とするために、グラスウール及びケイ酸カルシウムボードの熱伝導性についての実験を行った。

2 実験日時等

日時：平成26年9月3日（水）15時30分頃

場所：札幌市消防学校 消防科学研究所（燃焼実験室）

3 実験方法等

(1) 実験装置

今回、実験に用いた実験装置外観を写真1及び図1に示す。

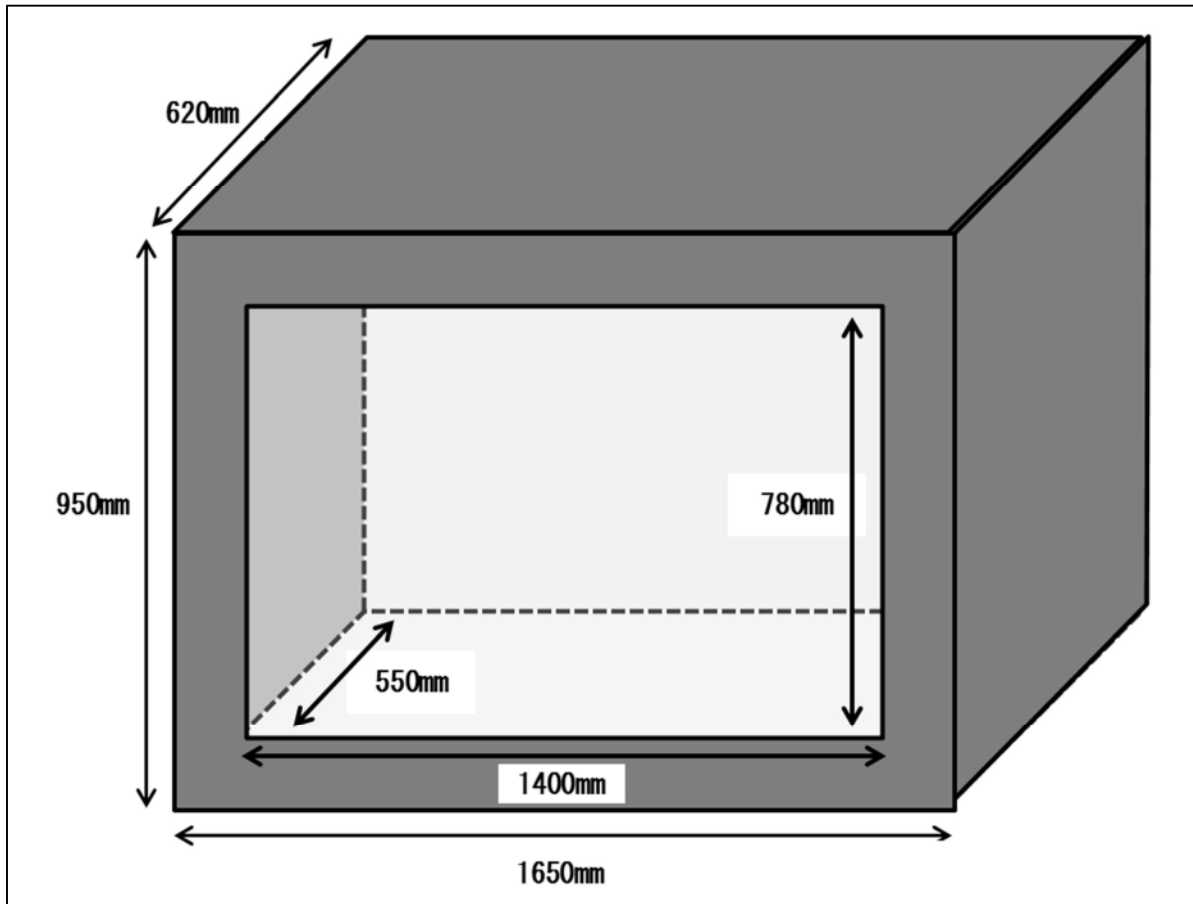
この装置の外寸は1650mm（幅）×620mm（奥行）×950mm（高さ）、内寸は1400mm（幅）×550mm（奥行）×780mm（高さ）である。

部材については、耐火断熱材（ニチアス株式会社製 TOMBO No. 5112 ファインフレックスハードボード）とケイ酸カルシウムボードを用いて作成した。



写真1 実験装置外観

図1 実験装置外観図



(2) 実験設定

実験設定の状況を図2から図4、表1及び写真2から写真12に示す。

装置内部の天井内面から300mm下の位置にケイ酸カルシウムボード（厚さ9.5mm）を設置し、そのケイ酸カルシウムボード上にグラスウール（旭ファイバーグラス株式会社製 Hi-R HR16 16Kg/m³）を設置した。

実験装置側面内側とケイ酸カルシウムボードの間へグラスウールを詰めて、隙間を塞いだ。

グラスウールのサイズは、400mm（幅）×600mm（奥行）×50mm（厚さ）として、1枚（厚さ50mm）、2枚重ね（厚さ100mm）、4枚重ね（厚さ200mm）の3種類をケイ酸カルシウムボード上に並べて設置した。

燃焼材は、2-プロパノール（500ml）を染み込ませたインシュレーションボード（80mm×300mm、厚さ12mm）12本を用い、装置内部の天井内面直下へ金網を用いて設置した。

温度測定のためにK型熱電対温度計を、ケイ酸カルシウムボード上面（グラスウールとケイ酸カルシウムボードの間）及びケイ酸カルシウムボードの下面、並びに天井直下（装置内部中央部分の天井直下）に設置し、温度データの記録にはデータロガー（グラフテック株式会社製 GL800）を用いた。

また、ケイ酸カルシウムボード下面の温度状況を確認するために熱画像装置（ドレーゲル社製 UCF7000）を使用した。

図2 実験設定概要図

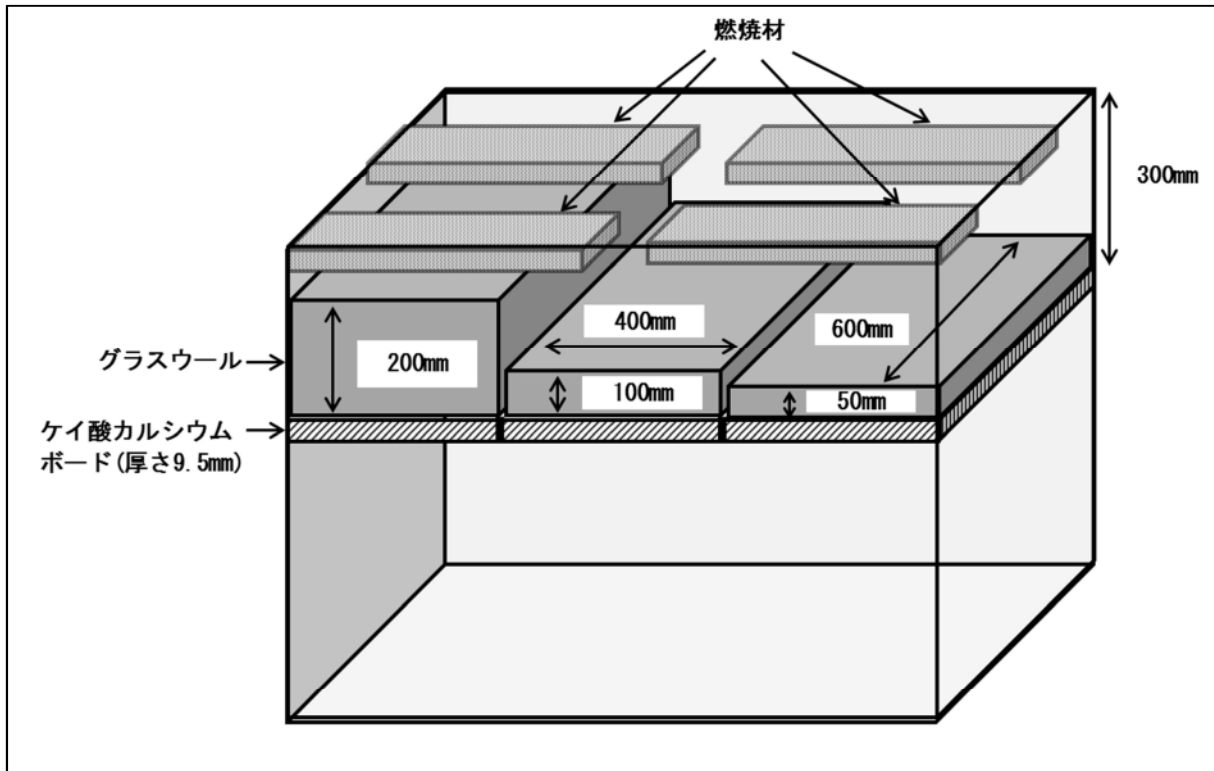


表1 K型熱電対温度計設置場所

熱電対のチャンネル	設置場所
CH1	装置内部中央部分の天井直下
CH3	ケイ酸カルシウムボード上面 (厚さ 200mm グラスウールとケイ酸カルシウムボードの間)
CH4	厚さ 200mm ケイ酸カルシウムボード下面
CH5	ケイ酸カルシウムボード上面 (厚さ 100mm グラスウールとケイ酸カルシウムボードの間)
CH6	厚さ 100mm ケイ酸カルシウムボード下面
CH7	ケイ酸カルシウムボード上面 (厚さ 50mm グラスウールとケイ酸カルシウムボードの間)
CH8	厚さ 50mm ケイ酸カルシウムボード下面

※CH2 は不使用

図3 K型熱電対温度計設定場所（正面）

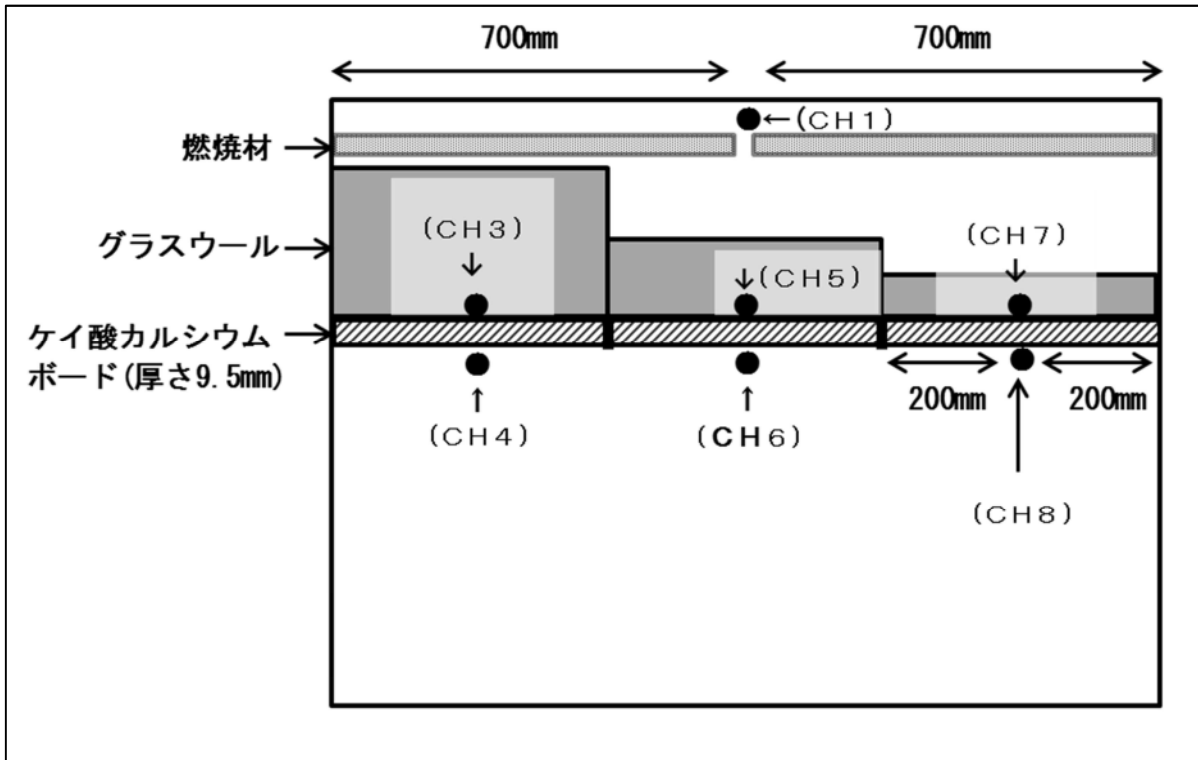
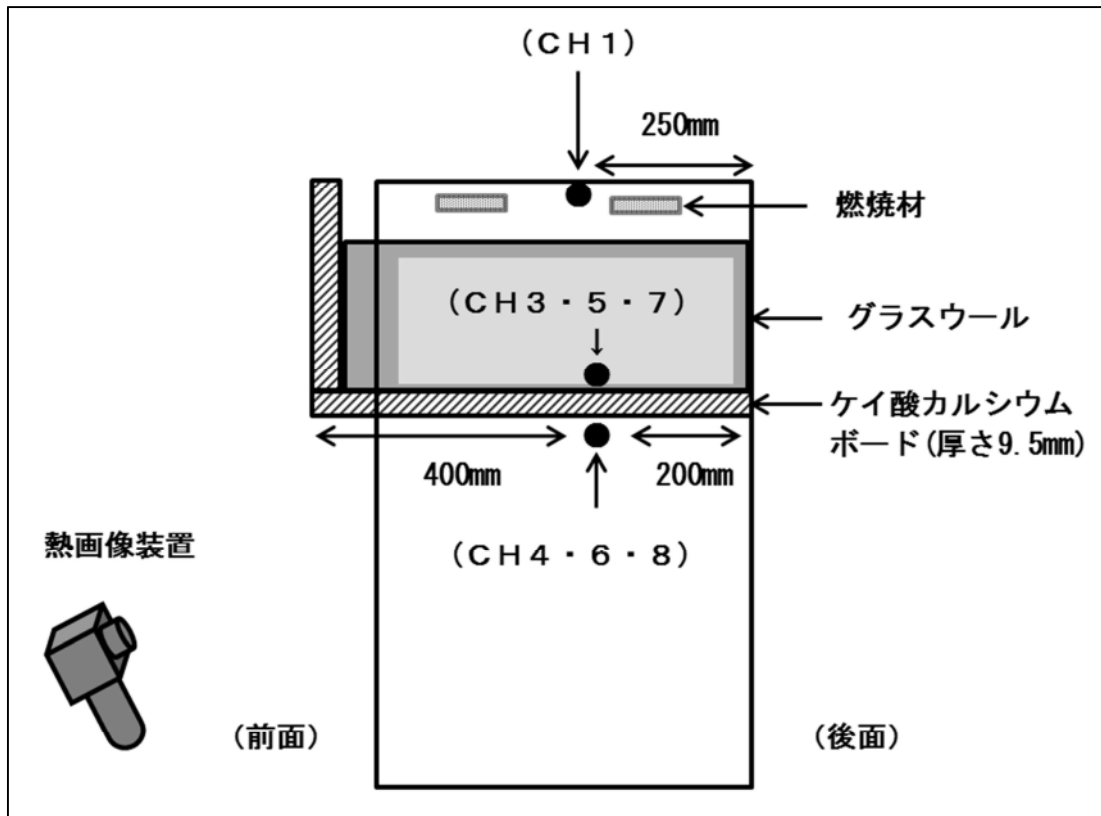


図4 K型熱電対温度計及び熱画像装置設定場所（左側面）



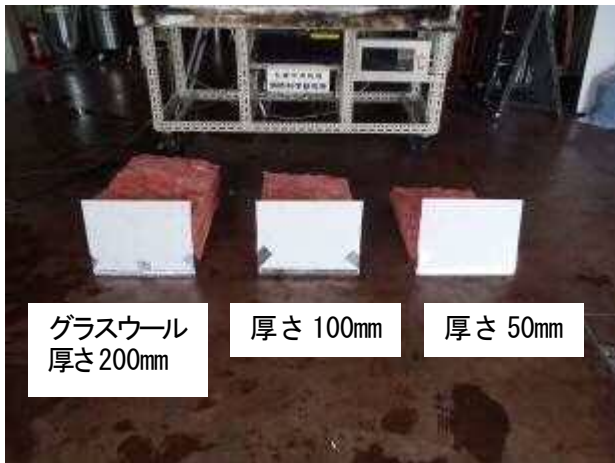


写真2 実験用グラスウール（前面）

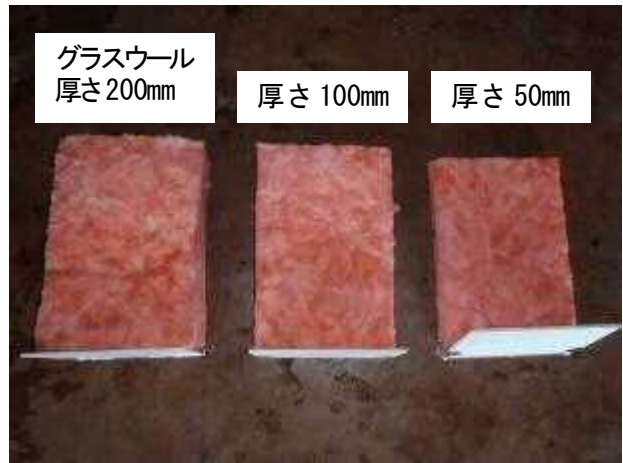


写真3 実験用グラスウール（上面）

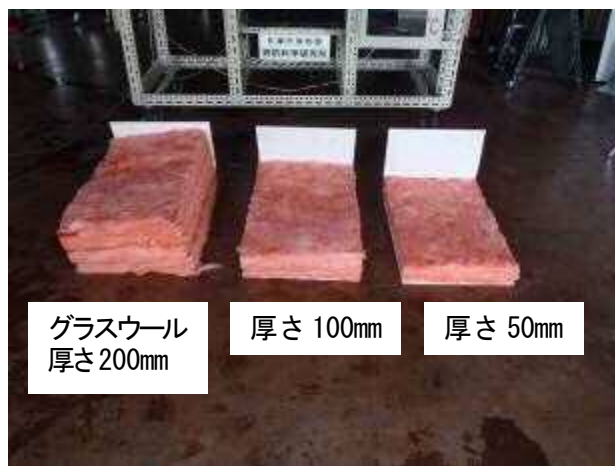


写真4 実験用グラスウール（後面1）



写真5 実験用グラスウール（後面2）



写真6 熱電対設定状況1
（ケイ酸カルシウムボード上面）



写真7 ケイ酸カルシウムボード上面へのグ
ラスウール設定状況



写真 8 熱電対設定状況 2
(ケイ酸カルシウムボード下面)



写真 9 熱電対設定状況 3
(ケイ酸カルシウムボード下面)



写真 10 熱電対設定状況 4
(実験装置内部中央部分の天井直下)



写真 11 熱画像装置設定状況



写真 12 燃焼材設定状況 1



写真 13 燃焼材設定状況 2



写真 1 4 燃焼材設定状況 3



写真 1 5 グラスウール設置状況 1



写真 1 6 グラスウール設置状況 2



写真 1 7 データロガー (GL800)

(3) 実験方法

装置内部の天井内面直下に設置した燃焼材へガスバーナーで着火し、K型熱電対温度計により各点の温度を測定するとともに熱画像装置によりケイ酸カルシウムボード下面の熱分布を確認した。



写真 1 8 実験開始前



写真 1 9 実験実施状況

4 実験結果

K型熱電対温度計による温度測定結果を表2から表4に示す。

なお、CH5は実験開始から720秒後に故障したため、記録は720秒までとなっている。

熱画像装置による画像を写真20から写真28に示す。

なお、熱画像装置の画像の色は、実験開始時の温度（約25℃）では黒色に表示され温度上昇とともに白くなって行き、110℃以上では黄色（110℃）から赤色（130℃）へ連続的に色が変わって行き、130℃以上では赤色に表示される。

(1) 天井直下部分の温度変化

装置内部中央部分の天井直下部分の温度（CH1）は、実験開始直後から上昇し約540秒で最大の900℃に達し、その後、燃焼材が燃え尽きたことにより下降した。

(2) グラスウール厚さ200mm部分の温度変化

ケイ酸カルシウムボード上面（CH3）は、実験開始後約420秒で温度上昇が始まり、約600秒で急激に上昇し、最大で約300℃に達した。

ケイ酸カルシウムボード下面（CH4）は、実験開始後約540秒で温度上昇が始まり、最大で約120℃に達した。

ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像では、実験開始後480秒で一部の温度上昇が確認され、720秒で全体の温度上昇が確認された。

(3) グラスウール厚さ100mm部分の温度変化

ケイ酸カルシウムボード上面（CH5）は、実験開始後約180秒で温度上昇が始まり、約300秒で急激に上昇し、最大で約190℃に達した。

ケイ酸カルシウムボード下面（CH6）は、実験開始後約300秒で温度上昇が始まり、最大で約140℃に達した。

ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像では、実験開始後240秒で一部の温度上昇が確認され、360秒で全体の温度上昇が確認された。

(4) グラスウール厚さ50mm部分の温度変化

ケイ酸カルシウムボード上面（CH7）は、実験開始後約60秒で温度上昇が始まり、約180秒で急激に上昇し、最大で約220℃に達した。

ケイ酸カルシウムボード下面（CH8）は、実験開始後約180秒で温度上昇が始まり、最大で約170℃に達した。

ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像では、実験開始後120秒で一部の温度上昇が確認され、240秒で全体の温度上昇が確認された。

(5) 実験後のグラスウールの状況

実験終了後にグラスウールの状況を確認したところ、全てのグラスウールについて熱の影響によると考えられる収縮が起こって、厚みが減少していた。

また、厚さ200mmのグラスウール上面は溶融している部分があった。

表2 CH1・3・4の温度変化（グラスウール厚さ 200mm）

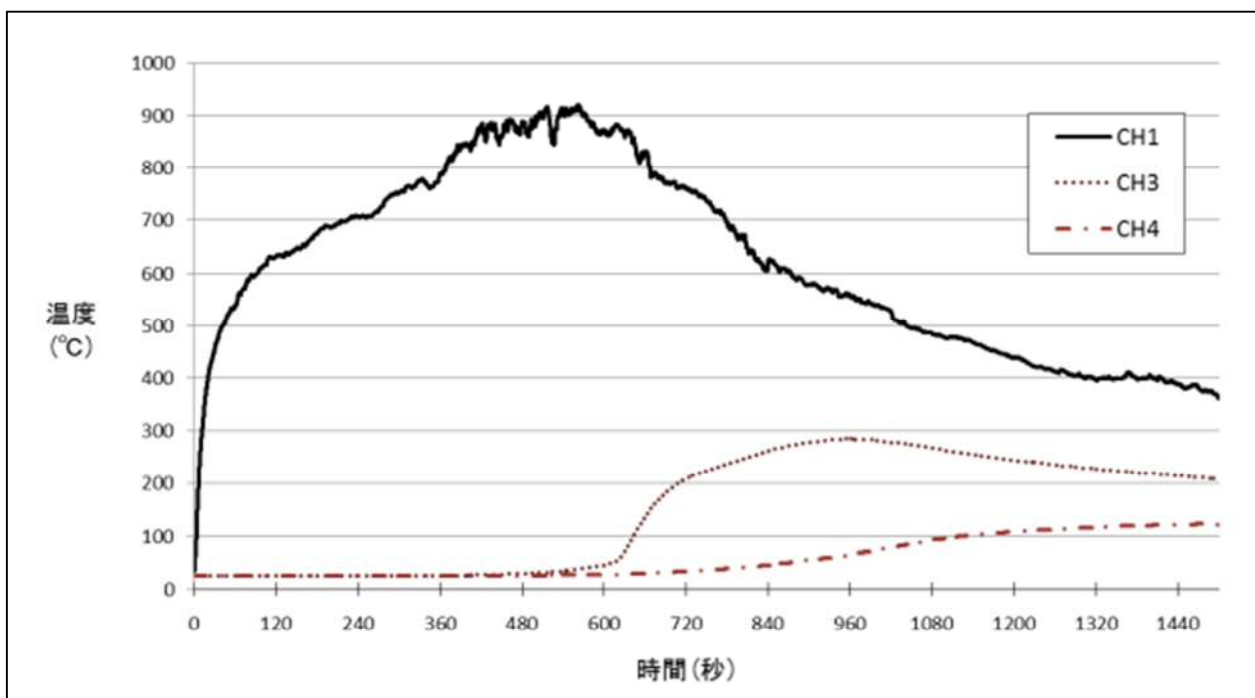


表3 CH1・5・6の温度変化（グラスウール厚さ 100mm）

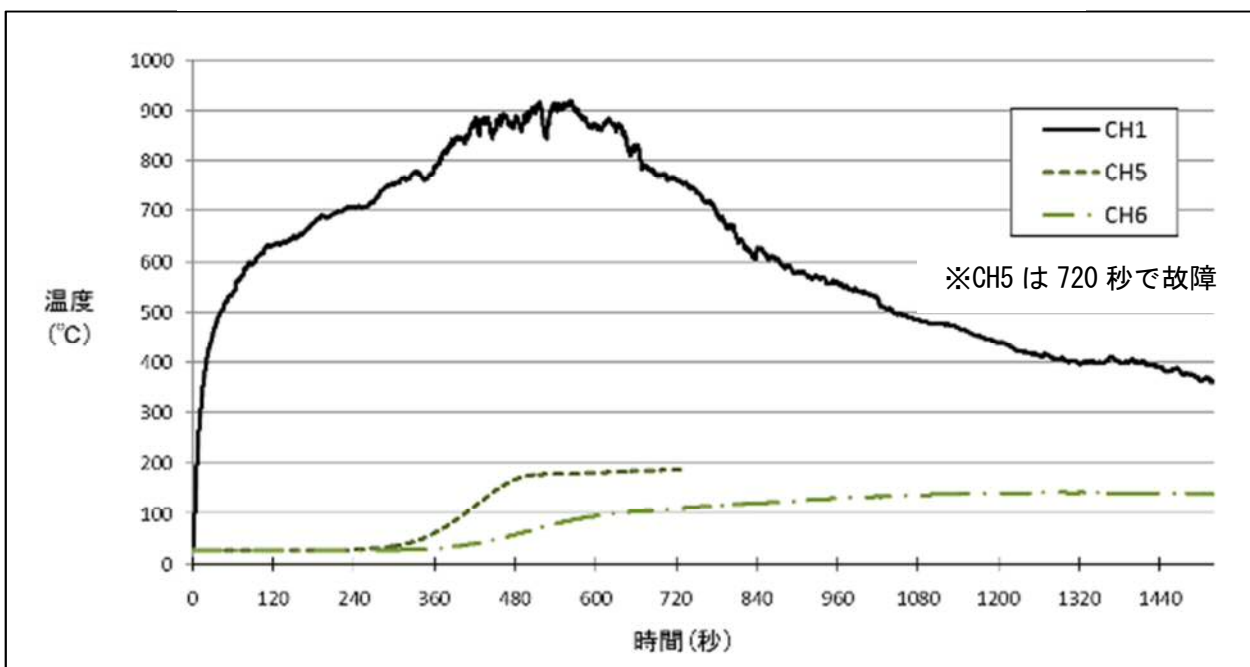


表 4 CH1・7・8 の温度変化 (グラスウール厚さ 50mm)

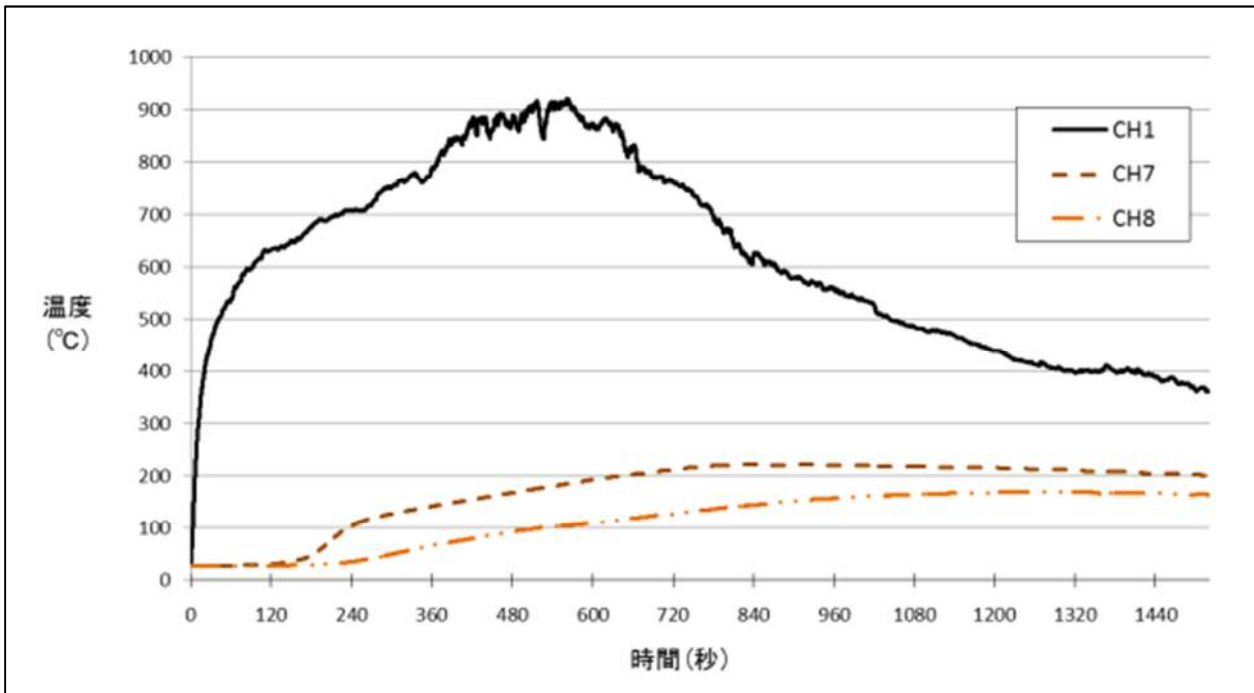


写真 20 ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像 (実験開始 40 秒後)



写真 21 ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像 (実験開始 120 秒後)



写真 22 ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像 (実験開始 180 秒後)



写真 23 ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像 (実験開始 240 秒後)



写真 2 4 ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像（実験開始 300 秒後）



写真 2 5 ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像（実験開始 360 秒後）



写真 2 6 ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像（実験開始 480 秒後）



写真 2 7 ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像（実験開始 600 秒後）



写真 2 8 ケイ酸カルシウムボード下面の熱画像（実験開始 720 秒後）

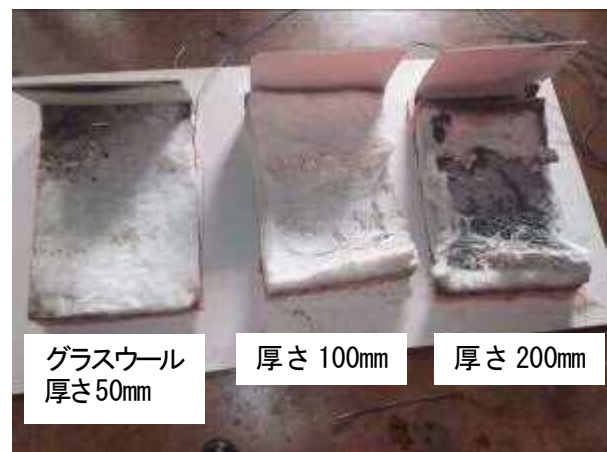


写真 2 9 実験終了後のグラスウール（上面）



写真30 実験終了後のグラスウール(左側面)

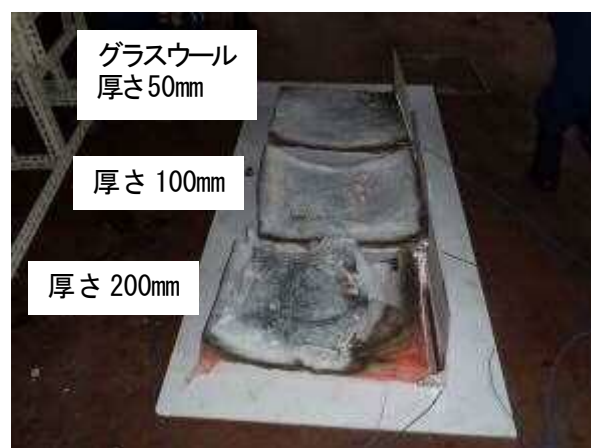


写真31 実験終了後のグラスウール(右側面)

5 考察

K型熱電対温度計及び熱画像装置で温度上昇を確認するまでに要した時間について表5に示す。

(1) グラスウールの熱伝導性について

天井直下に設置したK型熱電対温度計(CH1)の温度は、燃焼材への着火直後から急激に上昇したのに対して、ケイ酸カルシウムボード上面のK型熱電対温度計(CH3、CH5、CH7)の温度上昇確認にはそれぞれ一定の時間を要し、グラスウールが厚くなるほど長時間を必要とした。

これは、燃焼材と各測定点(CH3、CH5、CH7)の間に存在するグラスウールの熱伝導に要した時間であり、グラスウールが厚くなるほど熱伝導に時間を要したと言える。

また、ケイ酸カルシウムボード上面のK型熱電対温度計(CH3、CH5、CH7)に関して、温度が急激に上昇している時間があるが、これはグラスウールが熱を受けて収縮、熔融したことでグラスウールの密度が高くなり、熱伝導性が急激に高まったためであると考えられる。

この中で、CH3(グラスウール厚さ200mm)は着火から温度上昇開始まで最も長時間を要したが、温度の上昇速度は最も急激であり、最も高温になった。

これは、厚さ50mm及び100mmのグラスウールは熱を受けて収縮したのみであるのに対して、厚さ200mmのグラスウールは収縮及び熔融したことから一層密度が高くなり、熱伝導性が一層急激に高まったためであると考えられる。

厚さ200mmのグラスウールだけが熔融した理由としては、グラスウール上面が燃焼材に近いことから上面が高温になり熔融したものと考えられる。

(2) ケイ酸カルシウムボードの熱伝導性について

ケイ酸カルシウムボード上面のK型熱電対温度計(CH3、CH5、CH7)の上昇確認からケイ酸カルシウムボード下面(CH4、CH6、CH8)の温度上昇確認までは、いずれの測定点でも120秒の時間を要した。

これは、ケイ酸カルシウムボードの熱伝導に要した時間であると言える。

今回は厚さ9.5mmのケイ酸カルシウムボードのみを使用した。ケイ酸カルシウムボードの厚さが変われば熱伝導に要する時間も変わると考えられる。

(3) ケイ酸カルシウムボード下面のK型熱電対温度計の測定結果と熱画像装置について

着火からケイ酸カルシウムボード下面設置のK型熱電対温度計（CH4、CH6、CH8）の温度上昇確認までに要した時間は、グラスウールが厚くなるほど長時間を要した。

これは、燃焼材と各測定点（CH4、CH6、CH8）の間に存在するグラスウール及びケイ酸カルシウムボードの熱伝導に要した時間であると言え、グラスウールが厚くなるほど熱伝導に時間を要したと考えることができる。

最も短時間で温度上昇が確認されたのは 8CH であり、着火から温度上昇確認までK型熱電対温度計では 180 秒を要し、熱画像装置では 120 秒を要したが、これは 50mm 厚グラスウール及び 9.5mm 厚ケイ酸カルシウムボードの熱伝導に要した時間であると考えられる。

また、ケイ酸カルシウムボード下面について、熱画像装置による温度上昇確認からK型熱電対温度計の温度上昇開始までには、いずれの設定でも 60 秒の時間差があるが、これはケイ酸カルシウムボード下面の一部に熱が伝わり熱画像装置による温度上昇は確認できても、K型熱電対温度計設置部分の温度は上昇していなかったと考えられる。

表 5 K型熱電対温度計及び熱画像装置により温度上昇を確認するまで要した時間

	グラスウール 厚さ 200mm			グラスウール 厚さ 100mm			グラスウール 厚さ 50mm		
	K型熱電対		熱画像	K型熱電対		熱画像	K型熱電対		熱画像
	ム ボ ー ド 上 面 CH3	ケ イ 酸 カ ル シ ウ ボ ー ド 下 面 CH4		ム ボ ー ド 上 面 CH5	ケ イ 酸 カ ル シ ウ ボ ー ド 下 面 CH6		ム ボ ー ド 上 面 CH7	ケ イ 酸 カ ル シ ウ ボ ー ド 下 面 CH8	
温度上昇開始時間	420	540	180	300	60	180			
温度急上昇開始時間	600		300		180				
ケイ酸カルシウムボ ード下面一部の温度 上昇確認時間			480		240			120	
ケイ酸カルシウムボ ード下面全体の温度 上昇時間			720		360			240	

(単位:秒)

6 まとめ

今回の実験では、いずれの条件でも着火直後にケイ酸カルシウムボード下面の温度上昇は確認されず、グラスウール及びケイ酸カルシウムボードの熱伝導には一定の時間を要することが確認された。

また、今回はグラスウールが厚くなるほど熱伝導に時間を要しましたが、最も厚いグラスウール（厚さ 200mm）は火点に接近していたことから、熔融することで熱伝導性が急速に高まった。

このことから、熱伝導に要する時間はグラスウールの厚さに比例しない場合もあると考えられる。
今回、熱伝導へ影響する要素としてグラスウールの厚さに着目したが、グラスウールの厚さ以外にもケイ酸カルシウムボードの厚さや燃焼材の位置、燃焼材から発生する熱量など様々な要素が考えられる。

これらのことから、建物火災において天井裏で延焼が進んでいる場合、室内から天井面の温度上昇を確認するためには長時間を要する場合や確認が困難な場合があると考えられる。

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

札幌市消防科学研究所 橋本 慎也

1 はじめに

火災原因調査において、残焼物から灯油等の助燃材を検出することは、火災原因を特定するために非常に重要な作業であり、特に放火火災においては、その立証が必要不可欠である。

火災調査現場では助燃材の検出方法として、検知管が採用されており、検知管内試料の変色状況によりその有無を判断する。

しかしながら、実際の火災調査現場では、助燃材が燃え尽きたり、消防活動時の放水等で流出し、検出濃度が著しく低下しているため、検知管が変色しない場合や反応したとしても、口先だけが茶色に変色する程度であることが多い。また、焼けた合成樹脂等から発生した可燃性蒸気に反応することもある。

更には、助燃材からの揮発性蒸気量は、水と同様に周囲の温度が低いほど小さくなり、当市のような積雪寒冷地においては、例えば 2014 年 1 月の月平均気温が -4.1°C 、最低気温が -11.4°C にもなるため、ガス検知管による助燃材の検出が著しく困難となる。

以上のことから、残焼物中から効果的に助燃材を検出することを目的とし、ガス検知管を用いた際の助燃材検出量増幅装置の開発に着手し、試作機による各種検証を行った。

2 ガス検知管について

当局で採用しているガス検知管は、ガソリンと灯油を判別することができる。反応原理は、五酸化ヨウ素の還元作用で、検知材として使用されている五酸化ヨウ素が、ガソリン・灯油等に含まれる低沸点の芳香族化合物と反応し、変色する。蒸気量が充分にある場合は、ガソリンと灯油ではその変色状況が異なり、油種の判定が可能である。使用温度範囲は、説明書によると $0\sim 40^{\circ}\text{C}$ でこの範囲内では温度による影響はない。

3 装置の開発にあたって

当局においては、火災調査現場でのガス検知管を用いた助燃材の検出は、ガスクロマトグラフ等による詳細な分析を行うための試料採取を目的とする場合が多く、出火箇所付近から助燃材が検出されるか否かが重要であり、通常その検出濃度が問題となることはない。そこで、検知管が周辺の空気を一定量吸引するという原理と、助燃材の蒸気圧は温度が上昇するほど大きくなるという特性に着目し、簡便な助燃材検出量増幅装置の開発を目指し、ステンレス製のロート（以下「ロート」という。）とシリコンコードヒーター（以下「ヒーター線」という。）を用いた試作機を作成した。

4 試作機概要

ガス検知管をロートの足側から内部に差し込んで吸引し、検知管に吸引される空気の量を限定するとともに、ヒーター線によりロート内の雰囲気温度を上昇させ、助燃材からの発生蒸気量を増やすことで、ガス検知管内試料の反応を増幅させる仕組みである。

5 作成材料

- (1) ステンレス製ロート（株式会社サンダイヤ製、SUS304、内径120mm）×2
- (2) シリコンコードヒーター（アイデアルヒーター工業株式会社製、100V-30W、2m）
- (3) 差し込みプラグ
- (4) ガラスクロステープ
- (5) 耐熱アルミテープ
- (6) 散水ホース（内径15mm、外径20mm）
- (7) ゴムホース（内径5mm、外径15mm）

6 作成手順

- (1) ロートの表面に、差し込みプラグを取り付けたシリコンコードヒーターを、重ねないように巻きつけ、ガラスクロステープで固定する。
- (2) ヒーター線の保護及びロート内の保温性向上のため、足を切断したロートをヒーター線に被せ、耐熱アルミテープで固定する。
- (3) 検知管の固定及び外部空気のロート内流入を防止するため、ロートの足に長さ50mmに切断した散水用ホースを差し込んだ上、更に内側にゴムホースを押し込み、長さを調整して切断する。なお、これらホース類により、検知管をロート内に完全に差しこんだときに、検知管の先端が測定面から約10mm～15mmになるよう調整している。

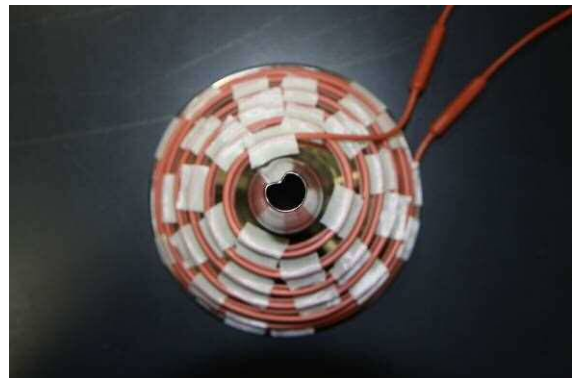


写真1 ヒーター線の固定状況



写真2 完成した試作機

7 試作機内部の温度変化

電源投入後の試作機のヒーター部と内部雰囲気温度の変化について熱電対及びデータロガーを用いて以下の条件の下測定した。

(1) 常温時

23°C前後の室内で測定した。電源投入後の試作機各部の温度変化を図1に示す。

試作機内部の雰囲気温度は、電源投入から1分で30°C、3分で56°C、5分で76.1°C、10分で107.4°Cまで上昇した。

(2) 低温時

-10°C~-15°Cの低温実験ユニット内で測定した。電源投入後の試作機各部の温度変化を図2に示す。

試作機内部の雰囲気温度は、電源投入から1分で-2.1°C、3分で22°C、5分で41.1°C、10分で71.2°Cまで上昇した。

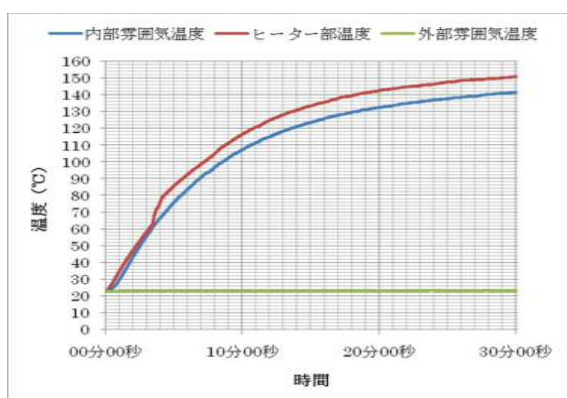


図1 常温時の温度変化

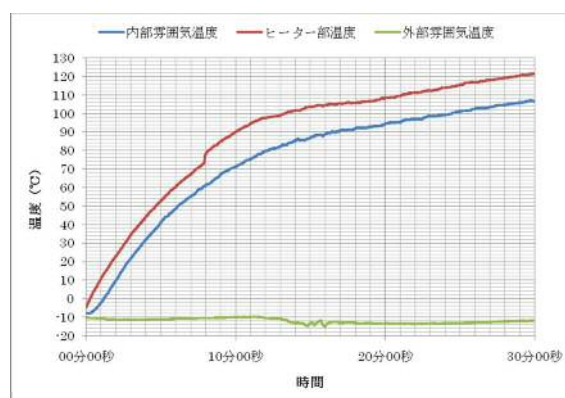


図2 低温時の温度変化

8 再現実験による増幅効果の検証

(1) 実験日時等

平成26年11月12日(水)~平成26年11月20日(木)

(2) 実験方法

100 mm角の綿製タオルを助燃材に十分浸した後、滴らない程度まで絞った後、四つ折りにして厚さ10 mmの150 mm角の合板上に配置し、以下の各条件で燃焼等を行った。その後、各試料を北川式真空法ガス採取器（光明理化学株式会社、AP-20）及びガス検知管（光明理化学株式会社、鑑識用石油290P II）により測定し、その変色状況を比較した。なお、各試料から検知管先端までの距離を10 mm程度に設定し、ガス検知管の試料採取量は規定値である100 mLとした。また、火災現場では、助燃剤以外の可燃性蒸気の影響が考えられるため、ポリ塩化ビニルの燃焼ガスについても測定した。

ア 灯油-燃焼なし-常温

タオルを1時間後に通常測定した。

イ ガソリン-燃焼なし-常温

タオルを1時間後に通常測定した。

ウ 灯油-自然鎮火-水消火-常温

タオルを自然鎮火するまで燃焼させた後、500 mLの水で消火し、1時間後に21°C~23°Cの室温下で通常測定、ロートによる測定、試作機による測定を行った。

エ ガソリン-自然鎮火-水消火-常温

タオルを自然鎮火するまで燃焼させた後、500mLの水で消火し、1時間後に21℃～23℃の室温下で通常測定、ロートによる測定、試作機による測定を行った。

オ 灯油-燃焼なし-低温

タオルを燃焼せずに、21℃～23℃の室内に1時間、-10℃～-15℃の低温室内に2時間置き、-10℃～-15℃の低温下で通常測定、ロートによる測定、試作機による測定を行った。

カ 灯油-自然鎮火-水消火-低温

タオルを自然鎮火するまで燃焼させた後、500mLの水で消火し、21℃～23℃の室内に1時間、-10℃～-15℃の低温室内に2時間置き、-10℃～-15℃の低温下で通常測定、ロートによる測定、試作機による測定を行った。

キ ポリ塩化ビニル-1分燃焼-常温

ポリ塩化ビニルをバーナーで1分間燃焼させ、自然鎮火から1分後、煙が燻る状況下で通常測定、ロートによる測定、試作機による測定を行った。



写真3
灯油を染み込ませたタオル



写真4
燃焼中のタオル



写真5
自然鎮火したタオル



写真6
自然鎮火後水をかけたタオル

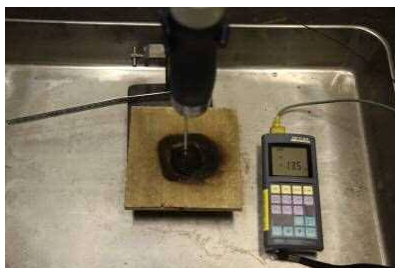


写真7
通常測定



写真8
ロートを使用した測定



写真9
試作機を使用した測定



写真10
ポリ塩化ビニルの燃焼



写真11
くん焼するポリ塩化ビニル

9 再現実験結果

実験結果を写真 12～18 に示す。なお、撮影時間に若干の時間経過があるため、測定直後の変色状況と写真の変色状況には差異がある。



写真 12 ア 灯油-燃烧なし-常温

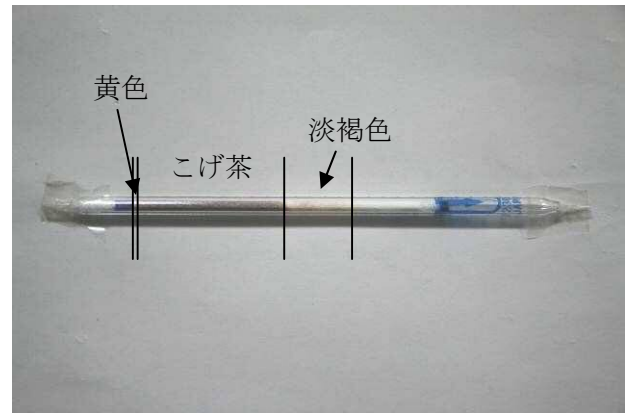


写真 13 イ ガソリン-燃烧なし-常温

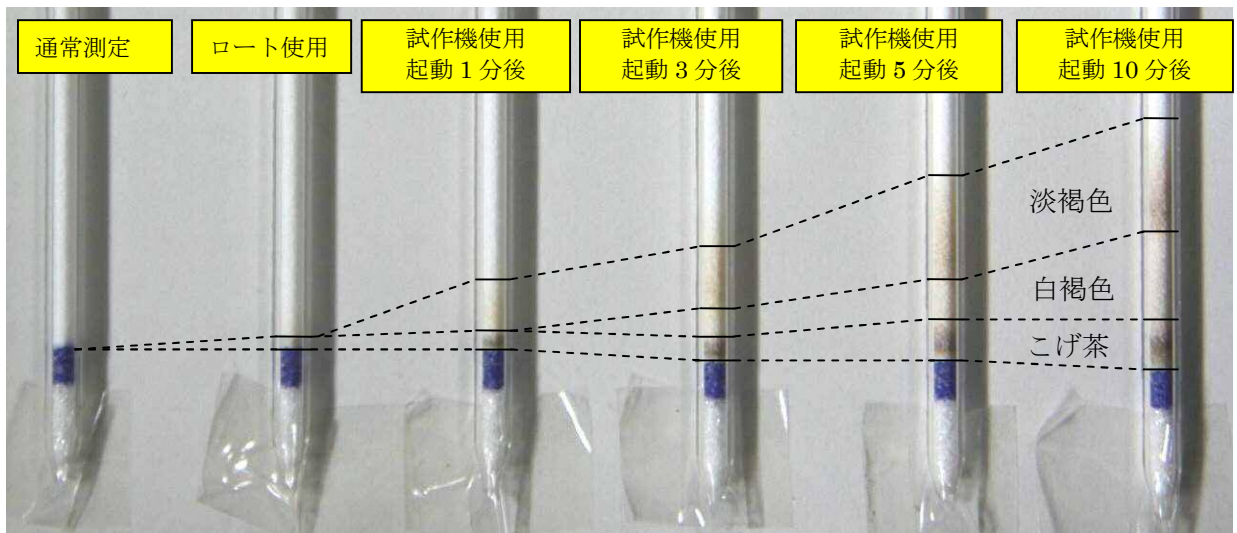


写真 14 ウ 灯油-自然鎮火-水消火-常温

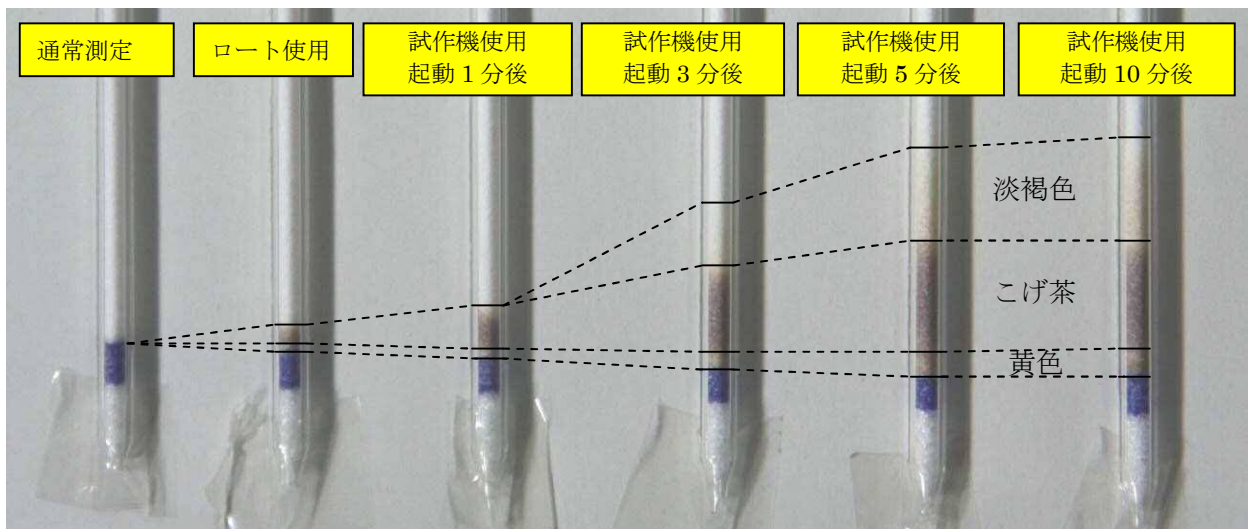


写真 15 エ ガソリン-自然鎮火-水消火-常

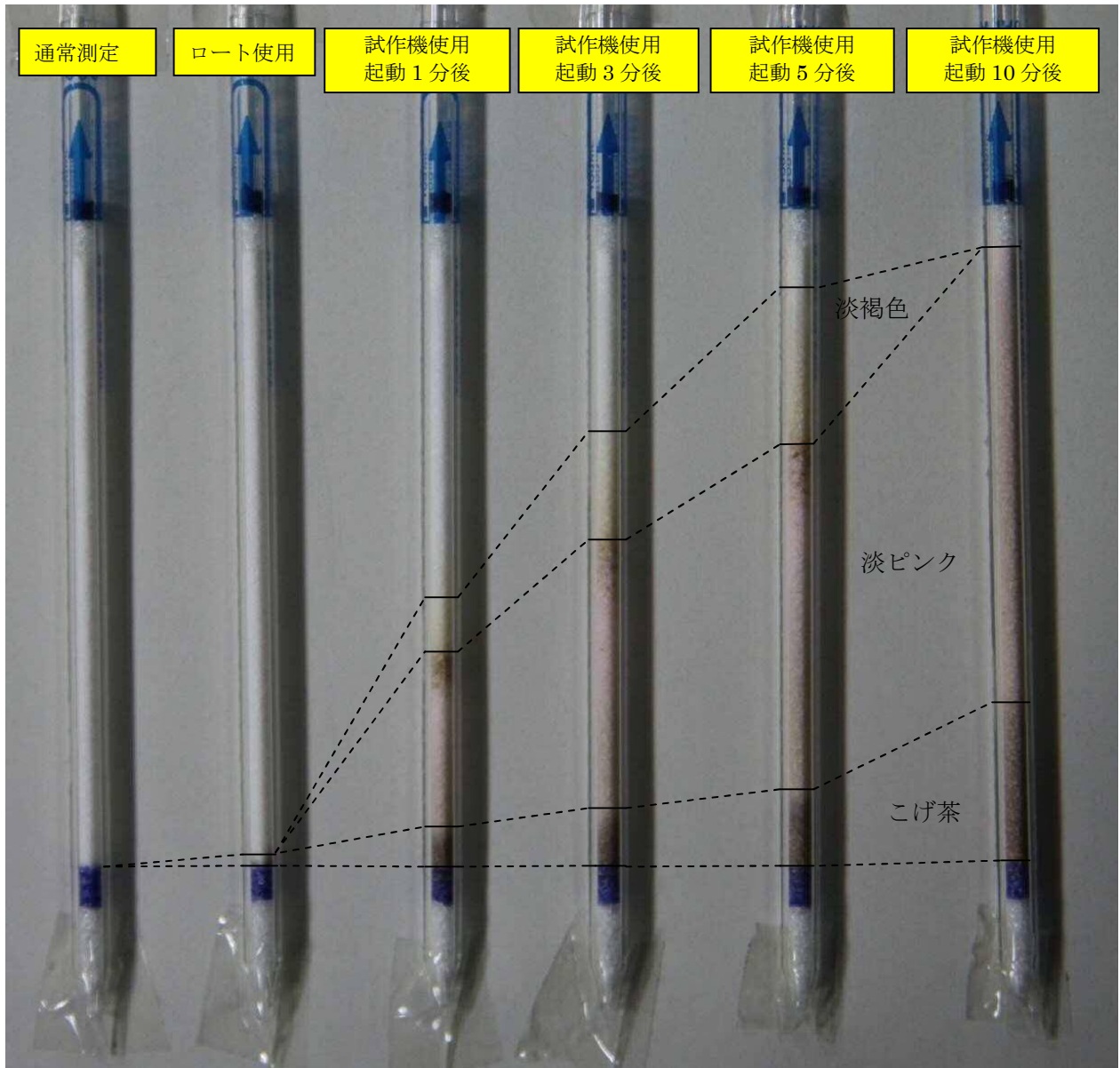


写真 16 オ 灯油-燃焼なし-低温

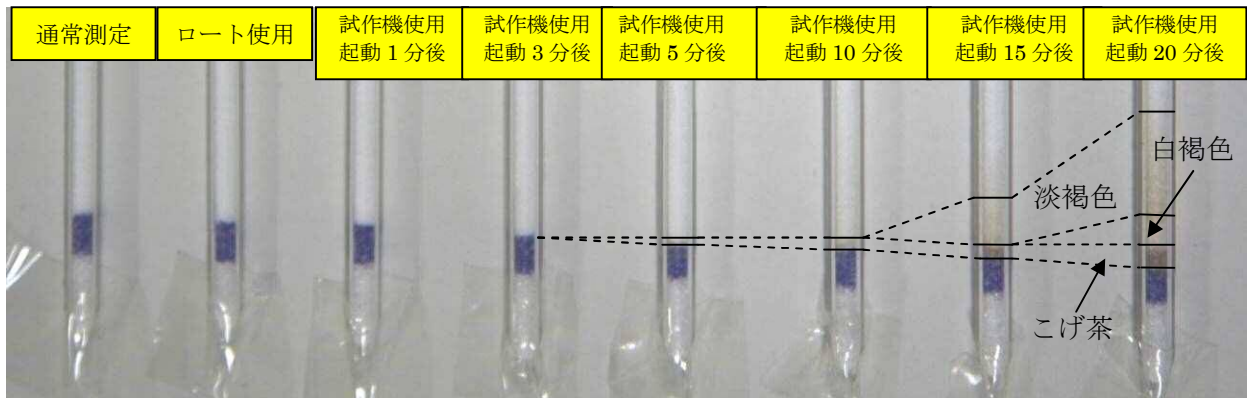


写真 17 カ 灯油-自然鎮火-水消火-低温



写真 18 キ ポリ塩化ビニル-1 分燃焼-常温

ア 灯油-燃焼なし-常温

検知管の 3 分の 1 程度まで、こげ茶、淡褐色の順に変色した。

イ ガソリン-燃焼なし-常温

検知管の 4 分の 3 程度まで、黄色、こげ茶、淡褐色の順に変色した。

ウ 灯油-自然鎮火-水消火-常温

通常測定時には変色しなかった。ロート使用時に先端がこげ茶に変色した。試作機使用時には起動後に時間が経ってから吸引を開始するに従い、こげ茶、白褐色、淡褐色の順で変色幅が広がった。起動 10 分後に吸引を開始したときには、検知管の 3 分の 1 程度まで変色した。

エ ガソリン-自然鎮火-水消火-常温

通常測定時には変色しなかった。ロート使用時に先端が黄色、こげ茶の順に変色した。試作機使用時には起動後に時間が経ってから吸引を開始するに従い、黄色、こげ茶、淡褐色の順で変色幅が広がった。起動 10 分後に吸引を開始したときには、検知管の 4 分の 1 程度まで変色した。

オ 灯油-燃焼なし-低温

通常測定時には変色しなかった。ロート使用時に先端がこげ茶に変色した。試作機使用時には起動後に時間が経ってから吸引を開始するに従い、こげ茶、淡ピンク、淡褐色の順で変色幅が広がった。起動後 10 分後に吸引を開始したときには、検知管全体が変色した。

カ 灯油-自然鎮火-水消火-低温

通常測定時及びロート使用時には変色しなかった。試作機使用時には、起動 3 分後までに吸引した時には変色はなかったが、起動 5 分後に吸引したときに先端がこげ茶色に変色し、起動 10 分後、15 分後と時間が経過した後に吸引するほど、こげ茶、白褐色、淡褐色の順で変色幅が広がった。起動 15 分後に吸引したときには、検知管の 4 分の 1 程度まで変色した。

キ ポリ塩化ビニル-1 分燃焼-常温

通常測定時には、先端がこげ茶に変色した。ロート使用時には、検知管の 2 分の 1 程度までこげ茶、淡ピンク、淡褐色の順で変色した。試作機使用時には、起動 3 分後に吸引したときに、検知管の 4 分の 3 程度まで白褐色、淡ピンク、淡褐色の順で変色した。

10 まとめ

- (1) ロート又は試作機を使用することで、検知管による助燃材の検知量を有意に増幅することができた。
- (2) 検知管による通常測定では助燃材の検出が困難な状況においても、試作機を使用することで助燃材が検知可能となった。また、変色状況から、灯油とガソリンを判別できた。
- (3) 約-10℃の低温下においては、検知管による通常測定では、燃焼等の影響を受けていなくとも助燃材の検出ができなかったが、試作機を使用し内部雰囲気温度を上げることにより検知可能となった。
- (4) ロート又は試作機を使用することで、合成樹脂等から発生する可燃性蒸気も増幅されて検知され、灯油と同じような変色状況となった。

11 今後の方針

- (1) 試作機を使用することで、助燃材以外の可燃性ガスにも過敏に反応する結果となったため、助燃材以外の可燃性ガスの影響について検証する。
- (2) 試作機内の雰囲気温度が検知管の使用温度範囲を超えるため、検知管の温度による影響について調査、検証する。
- (3) 冬季の実火災調査現場に向かい、実際に試作機を使用し、その効果を検証する。
- (4) 利便性向上のため、熱傷防止被覆の取り付け、電池式試作機実現の有無、電源スイッチの導入、サーモスタット等安全装置の導入など、試作機の改良について検討し、必要であれば実装する。

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

札幌市消防科学研究所 橋本 慎也

1 はじめに

当局では、BCテロ災害時に使用する除染液について、「BCテロ災害に伴う消防機関が行う除染活動マニュアル」に基づき管理を徹底しており、警防活動要領において、隊員除染、靴底除染及び資機材除染に際しては、次亜塩素酸ナトリウム濃度が5%の除染液を使用するよう定められている。

現在、当局において採用されている除染液は、塩素系漂白剤であり、各製品とも製造時の次亜塩素酸ナトリウム濃度は6%となっている。しかしながら、次亜塩素酸ナトリウムは、常温でも不安定な化合物で徐々に自然分解する特性を持っており、除染液の製造会社は、未開封であってもその使用期限を概ね1年から1年半と設定し、開封後は、できるだけ早めに使い切ることを推奨している。

そこで、長期間保管されていた除染液の次亜塩素酸ナトリウム濃度が、実際にどの程度まで低下しているか高濃度残留塩素計を用いて検証した。

2 次亜塩素酸ナトリウムの特性等

次亜塩素酸ナトリウムは、次亜塩素酸のナトリウム塩で、無水和物はきわめて不安定で爆発、分解しやすい。市販品は次亜塩素酸ナトリウム水溶液を希釈し、次亜塩素酸ナトリウム濃度を、5%、6%、10%、12%にしたものがほとんどである。水溶液は淡黄色で特有の刺激性不快臭をもち、保存中に徐々に分解して酸素を発生させ、強い酸化作用のほか、漂白作用、殺菌作用を持つ。酸性では極めて急激に分解反応を起こし、塩素ガスを発生するが、アルカリ性では比較的安定する。

水溶液中では、常温でも徐々に自然分解し、紫外線の照射や温度上昇により分解が促進するほか、溶液中に重金属や塩類を加えたり、溶液のpH値が低下することでも著しく分解が促進する。また、pH5~7の領域では、強い殺菌作用を示す。

次亜塩素酸ナトリウム水溶液は、一般的に水酸化ナトリウム液に塩素ガスを吹き込んで作っているため、厳密には次亜塩素酸ナトリウムの濃度という数値は存在しない。そのため、溶液中の有効塩素濃度を測定し、この濃度が品質保証項目として表示されている。

次亜塩素酸ナトリウムの分解速度は、図1及び図2のとおり、保管温度が高いほど、また、濃度が高いものほど分解速度が速くなり、有効塩素が概ね3%を下回ると保管温度が高くてもほとんど分解しないと報告されている。¹⁾ なお、同図から計算すると、当局で採用している有効塩素濃度6%の除染液は、30℃で保管した場合、約70日で有効塩素濃度5%を下回ることとなる。

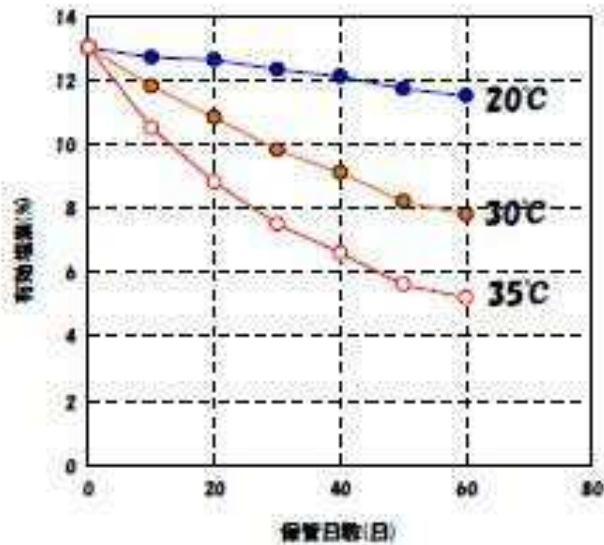


図1 有効塩素濃度の経日変化（温度別）

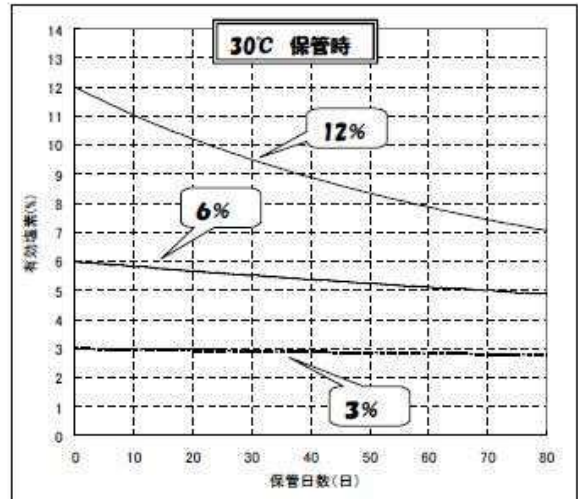


図2 有効塩素濃度の経日変化（濃度別）

3 測定日時等

- (1) 測定日時 平成26年5月16日（金）、平成26年6月6日（金）
- (2) 測定場所 札幌市消防学校消防科学研究所分析実験室
- (3) 測定環境 平成26年5月16日 - 温度26°C、湿度33%、気圧1015hpa
平成26年6月6日 - 温度25.3°C、湿度50%、気圧1013hpa

4 測定方法

下記のとおり、各サンプルの有効塩素濃度を測定した。

(1) 測定試料

- ア サンプル1 製造後約6年経過した除染液(A社製除菌漂白剤、製造時次亜塩素酸濃度6%、平成20年6月30日に納品されたもの)
- イ サンプル2 製造後約4年半経過した除染液(A社製除菌漂白剤、製造時次亜塩素酸濃度6%、平成23年12月28日に納品されたもの)
- ウ サンプル3 製造後約3か月経過した除染液(B社製除菌漂白剤、製造時次亜塩素酸濃度6%、平成26年3月6日に納品されたもの)



写真1 サンプル1容器



写真2 サンプル2容器



写真3 サンプル3容器

(2) 測定機器

- ア 機種 デジタル残留塩素テスター (HANNA製、HI 771)
- イ 測定範囲 0~500ppm
- ウ 分解能 1ppm
- エ 精度 $\pm 3\text{ppm}$ \pm 測定値の5% (25°C)
- オ ノイズ誤差 $\pm 1\text{ppm}$
- カ 測定原理 ヨウ素試薬による吸光光度法

(3) 測定方法

ア 希釈

各サンプルとも原液では、測定機器の測定範囲を大きく超えるため、200ml メスシリンダー (柴田化学製、許容誤差 $\pm 1\%$) を用いて 1ml のサンプルを 199ml の精製水 (健栄製薬株式会社製、高温処理済) で希釈し、全体を 200ml として、サンプル1つにつき、2回測定を行った。

なお、希釈したサンプルの濃度の正確性を高めるため、希釈時に併せて質量も計測した。

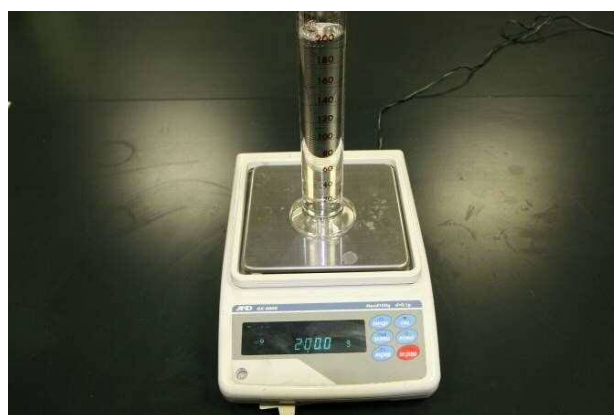


写真4 サンプル1の希釈操作

イ 測定

- (ア) 希釈した各サンプルを専用ガラスセルに 10ml 入れ、測定機器にセットしてゼロ調整
- (イ) 専用ガラスセル内のサンプルに 2 種の専用粉末試薬加え、20 秒間軽く振る
- (ウ) 専用ガラスセル内のサンプルを測定機器に再度セットして測定

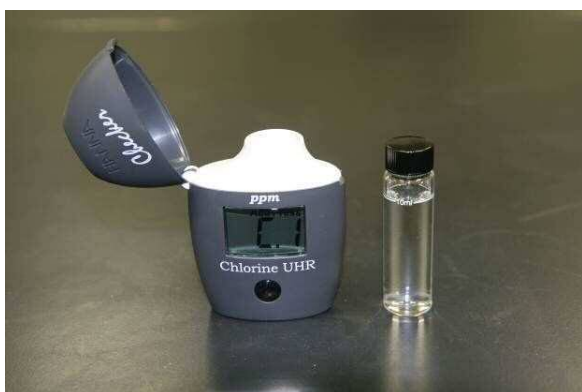


写真5 測定機器と希釈したサンプル1を入れた専用ガラスセル

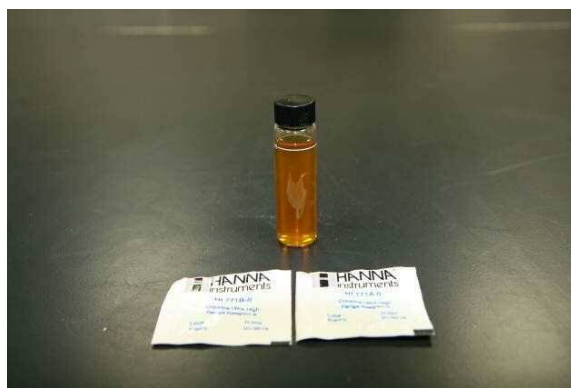


写真6 専用粉末試料投入後の希釈したサンプル1



写真7 希釈したサンプル1の測定状況



写真8 希釈したサンプル2の測定状況



写真9 希釈したサンプル3の測定状況

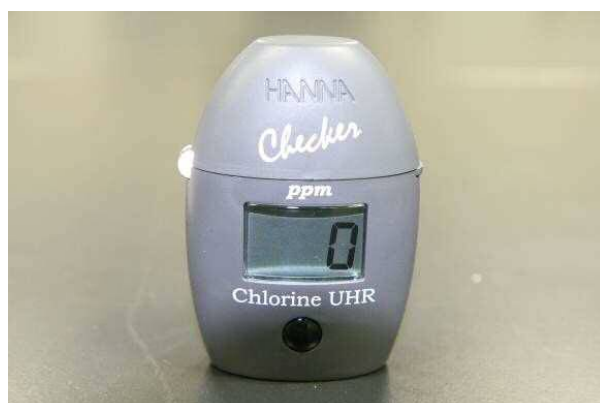


写真10 希釈用精製水の測定状況

5 測定結果

表1のとおり、有効塩素濃度の平均値は、サンプル1が3.29%、サンプル2が4.08%、サンプル3が5.46%であった。また、希釈用精製水の有効塩素濃度は0%であった。

表1 各サンプルの測定結果及び実濃度換算

		測定濃度 (ppm)	実濃度 (%)	実濃度平均 (%)
サンプル1	1回目	161	3.22	3.29
	2回目	168	3.36	
サンプル2	1回目	205	4.10	4.08
	2回目	203	4.06	
サンプル3	1回目	275	5.50	5.46
	2回目	271	5.42	

6 まとめ

除染液の次亜塩素酸ナトリウム濃度（有効塩素濃度）は、製造後約3か月経過した除染液（サンプル3）は平均5.46%であったが、製造後約6年経過した除染液（サンプル1）が平均3.29%、製造後約4年半経過した除染液（サンプル2）が平均4.08%であり、警防活動要領に規定されている5%の濃度を下回る結果となった。

BC災害現場では、購入後、なるべく日数が経過していない除染液を使用し、除染液は、遮光された低温環境下に保管することが望ましい。

【参考文献】

- 1) 「水道用次亜塩素酸ナトリウムの取扱い等の手引き（Q&A）」 社団法人日本水道協会

車両金属部の腐食に関する研究について

札幌市消防科学研究所 宮下 典之

1 はじめに

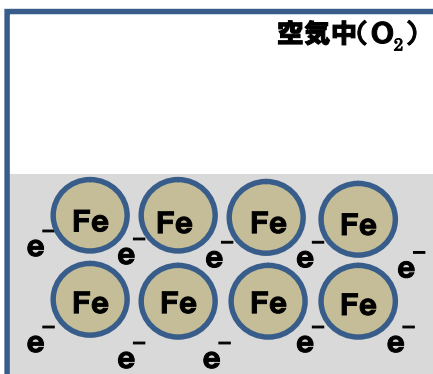
積雪寒冷地である当市において、冬期間に積雪路面に散布される融雪剤等の影響により、消防車両のシャシや架装部等の金属部が腐食する状況が見受けられる。

そのため、融雪剤による金属の腐食速度やメカニズムに関する実験を行い、その結果をもとに、今後の腐食防止に向けた対策案について検討した。

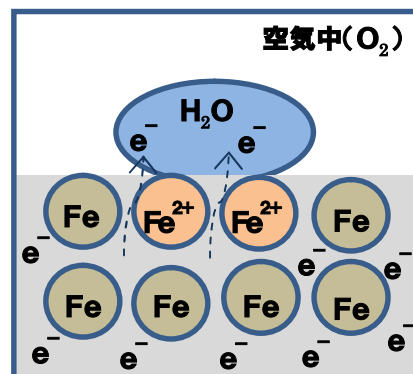
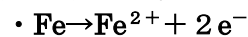
2 金属腐食のメカニズム

初めに金属腐食のメカニズムについて、鉄を例にして再確認する。

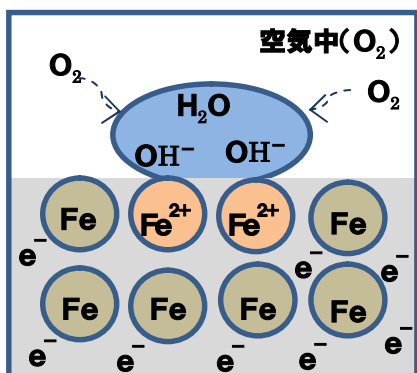
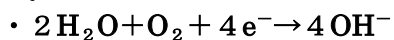
- ① 鉄は原子 (Fe) と自由電子 (e⁻) でできている。



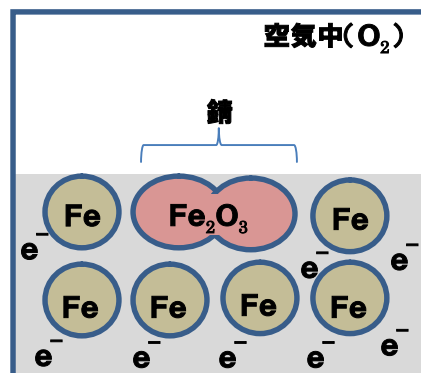
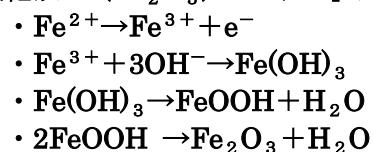
- ② 水分が付着すると、鉄はイオン化 (Fe²⁺) する。



- ③ 水分 (H₂O) と水中に溶け込んだ酸素 (O₂) と鉄の自由電子 (e⁻) が反応し水酸化イオン (OH⁻) になる。



- ④ 鉄はさらに電子を離し、(Fe³⁺) になり、水酸化イオンと反応し Fe(OH)₃ になる。その後、水分がなくなると、酸化鉄 (Fe₂O₃) = 「サビ」になる。



以上の腐食のメカニズムから、積雪寒冷地における車両金属部の腐食を検討する上で着目する項目として、以下の3点が挙げられる。

- ① 腐食は、電子の動きによって起こる、電気的な反応である。
 - 融雪剤の主成分である塩分は電気を通しやすくするため、腐食を促進する。
- ② 腐食は、水分と酸素を介して発生する。
 - 車両塗装等の被膜は、水や空気を遮断する役割がある。
- ③ 腐食は大きく分けて2段階の反応で、錆になる前段階で、電子が足りない状態になっている。
 - 外部から電子（電気）を補充すると腐食を抑制できる。

3 実験期間等

- (1) 測定期間 平成26年10月6日（月）～平成27年2月27日（金）
- (2) 測定場所 札幌市消防学校 消防科学研究所 開発実験室 恒温恒湿ユニット
- (3) 測定環境 温度25～30℃、湿度35～50%（消防車両を常置する消防庁舎車庫内を想定）

4 実験1

(1) 金属類試料

各サンプルの大きさは20mm×100mm。

ア サンプル1

- (ア) 材質 鉄
- (イ) 厚さ 4.5mm
- (ウ) 車両使用箇所 架装部の骨組
- (エ) その他 先端部から50mm防錆剤塗色

イ サンプル2

- (ア) 材質 鉄
- (イ) 厚さ 3.2mm
- (ウ) 車両使用箇所 架装部の骨組
- (エ) その他 先端部から50mm防錆剤塗色

ウ サンプル3

- (ア) 材質 鉄
- (イ) 厚さ 2.3mm
- (ウ) 車両使用箇所 架装部のボディ全体（外装等）
- (エ) その他 先端部から50mm防錆剤塗色

エ サンプル4

- (ア) 材質 ステンレス（SUS430）
- (イ) 厚さ 2.0mm
- (ウ) 車両使用箇所 架装部各ボックスの底床部
- (エ) その他 先端部から50mm防錆剤塗色

オ サンプル5

- (ア) 材質 ステンレス (SUS304)
- (イ) 厚さ 2.0mm
- (ウ) 車両使用箇所 バッテリーボックス周辺
- (エ) その他 先端部から 50mm 防錆剤塗色

カ サンプル6

- (ア) 材質 鉄
- (イ) 厚さ 2.3mm
- (ウ) 車両使用箇所 ホースカーパワーゲート
- (エ) その他 縞板加工、先端部から 50mm 防錆剤塗色

キ サンプル7

- (ア) 材質 アルミニウム
- (イ) 厚さ 3.0mm
- (ウ) 車両使用箇所 架装部天板、ステップ等
- (エ) その他 縞板加工、先端部から 50mm 防錆剤塗色

ク サンプル8

- (ア) 材質 鉄
- (イ) 厚さ 3.0mm
- (ウ) 車両使用箇所 シャシフレーム
- (エ) その他 先端部から 50mm 防錆剤塗色

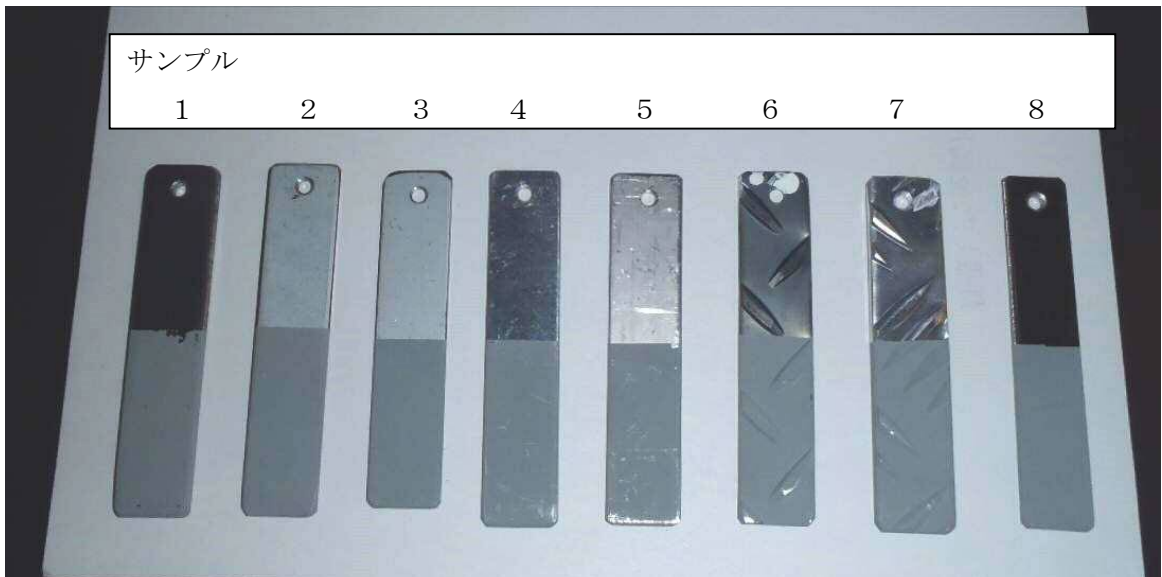


写真1 サンプル1～8

(2) 融雪剤試料

ア 融雪剤A (国道で使用)

主成分 塩化ナトリウム

イ 融雪剤B (当市内の市道で使用)

主成分 塩化ナトリウム

防錆剤

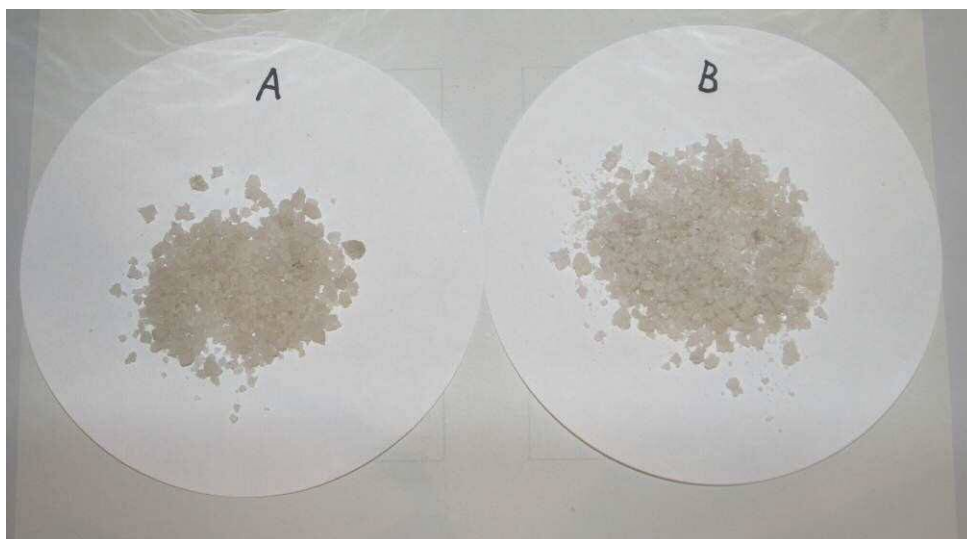


写真2 融雪剤A、B

(3) 実験方法

ア 融雪剤試料A、Bそれぞれを水道水に溶かし、濃度3%の水溶液に調整する。

イ 500ミリリットルビーカーに水溶液を入れ、金属類試料を三分の二以上浸かる高さに吊る。

ウ 一定期間ごとに資料の重量を測定する。

※ ・異種金属の電位差による影響を避けるため、金属の種類ごとに分け実験を行った。

・希釈水は徐々に蒸発するため、随時同濃度の希釈水を補充した。



写真3 実験状況



写真4 開始直後（鉄）

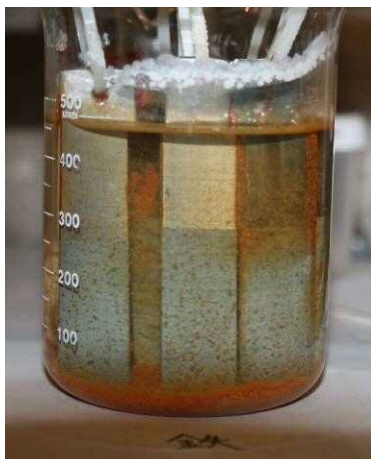


写真5 10日後（鉄）



写真6 1か月後（鉄）

5 実験1結果

融雪剤A、Bそれぞれに浸してから1か月後、3か月後、5か月後のサンプル1～8の重量と重量減少率を表1、減少率をグラフ化したものを図1、2に示す。

さらに各サンプルごとの同じく1か月後、3か月後、5か月後の写真と減少率グラフを図3～18に示す。

表1、図1、2に示すとおり、全体的に素材が鉄のサンプルについては、時間経過と共に重量が減少しているが、ステンレス、アルミについては、逆に重量が増加している。

これは、本来酸化した金属は酸素と結合しているため重量が増加するが、鉄は酸化鉄が剥離や脱落して重量が減少したものである。

また、融雪剤A、Bを比較すると、融雪剤Aに浸けたサンプルに比べ、防錆剤が添加されている融雪剤Bに浸したサンプルの方が減少率が少ない。

また、全体的に1か月後や3か月後に比べて5か月後の減少率の低下が大きく、時間経過と共に腐食の進行速度が速くなっていることがわかる。

表 1 各サンプルの重量及び重量減少率

		実験前(g) (重量減少率)	1 か月後	3 か月後	5 か月後
サンプル 1	融雪剤 A	69.367 (100.00%)	69.258 (99.84%)	69.113 (99.63%)	68.771 (99.14%)
	融雪剤 B	66.431 (100.00%)	66.521 (99.99%)	66.423 (99.84%)	66.288 (99.64%)
サンプル 2	融雪剤 A	47.634 (100.00%)	47.550 (99.82%)	47.372 (99.45%)	46.916 (98.49%)
	融雪剤 B	49.350 (100.00%)	49.342 (99.98%)	49.218 (99.73%)	48.980 (99.25%)
サンプル 3	融雪剤 A	31.264 (100.00%)	31.168 (99.69%)	31.039 (99.28%)	30.734 (98.31%)
	融雪剤 B	29.544 (100.00%)	29.482 (99.79%)	29.374 (99.43%)	29.137 (98.62%)
サンプル 4	融雪剤 A	30.731 (100.00%)	30.764 (100.11%)	30.769 (100.12%)	30.767 (100.11%)
	融雪剤 B	30.066 (100.00%)	30.094 (100.09%)	30.102 (100.12%)	30.102 (100.12%)
サンプル 5	融雪剤 A	28.493 (100.00%)	28.528 (100.12%)	28.535 (100.15%)	28.535 (100.15%)
	融雪剤 B	30.117 (100.00%)	30.142 (100.08%)	30.152 (100.12%)	30.156 (100.13%)
サンプル 6	融雪剤 A	37.956 (100.00%)	37.853 (99.73%)	37.785 (99.55%)	37.641 (99.17%)
	融雪剤 B	37.333 (100.00%)	37.339 (100.02%)	37.303 (99.92%)	37.008 (99.13%)
サンプル 7	融雪剤 A	16.480 (100.00%)	16.523 (100.26%)	16.522 (100.26%)	16.516 (100.22%)
	融雪剤 B	16.961 (100.00%)	16.994 (100.20%)	17.004 (100.25%)	16.995 (100.20%)
サンプル 8	融雪剤 A	43.402 (100.00%)	43.250 (99.65%)	43.179 (99.49%)	42.941 (98.94%)
	融雪剤 B	48.779 (100.00%)	48.771 (99.98%)	48.724 (99.89%)	48.601 (99.64%)

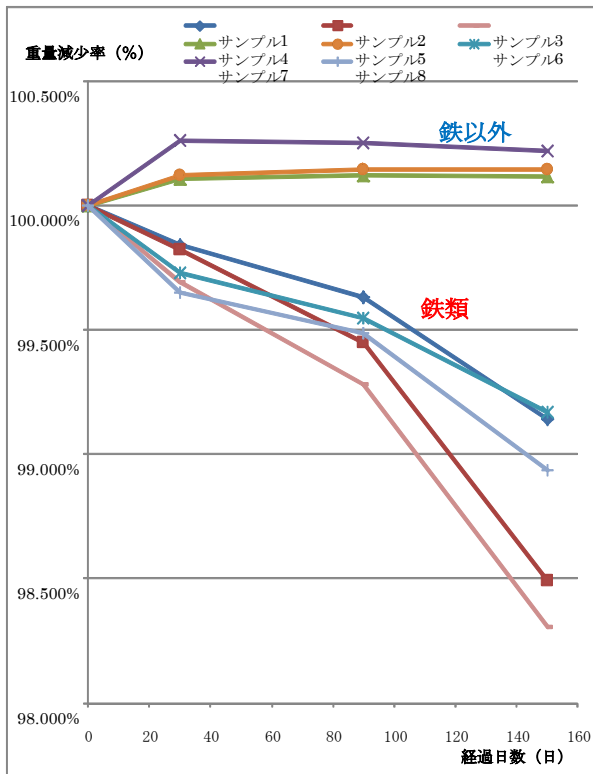


図1 融雪剤A

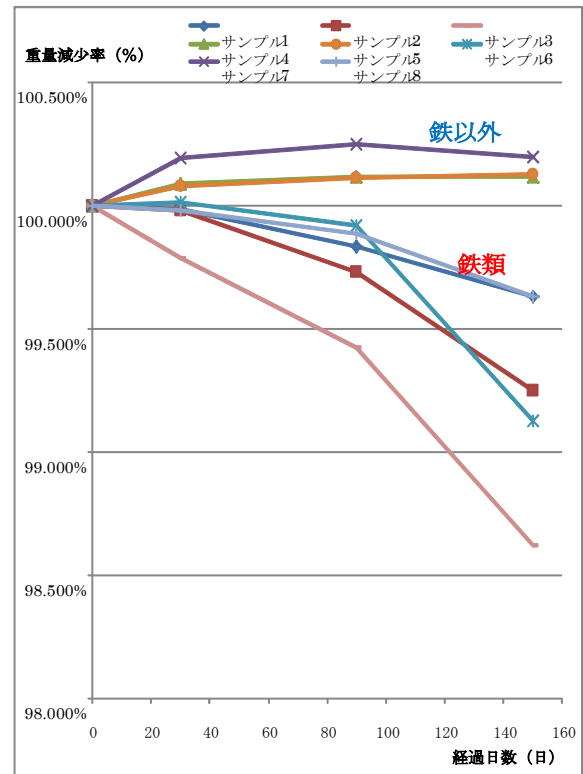


図2 融雪剤B

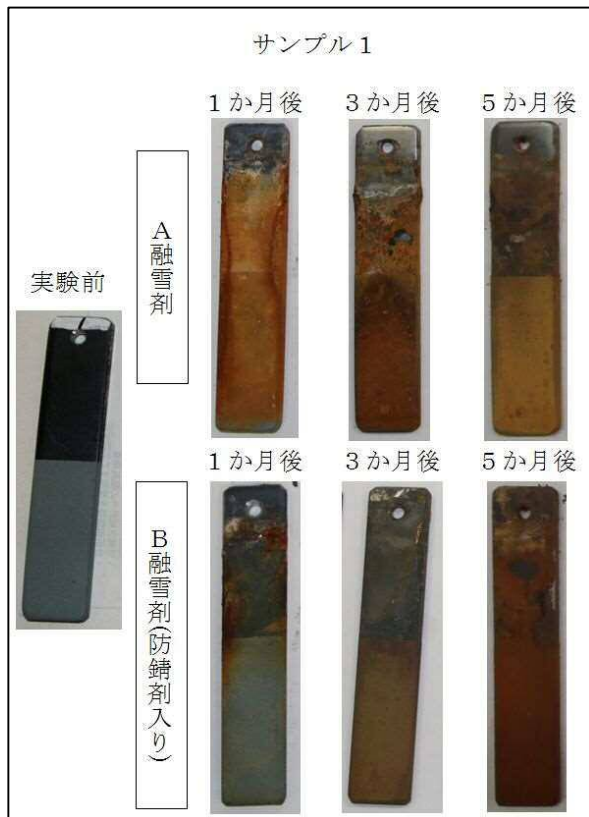


図3 サンプル1写真

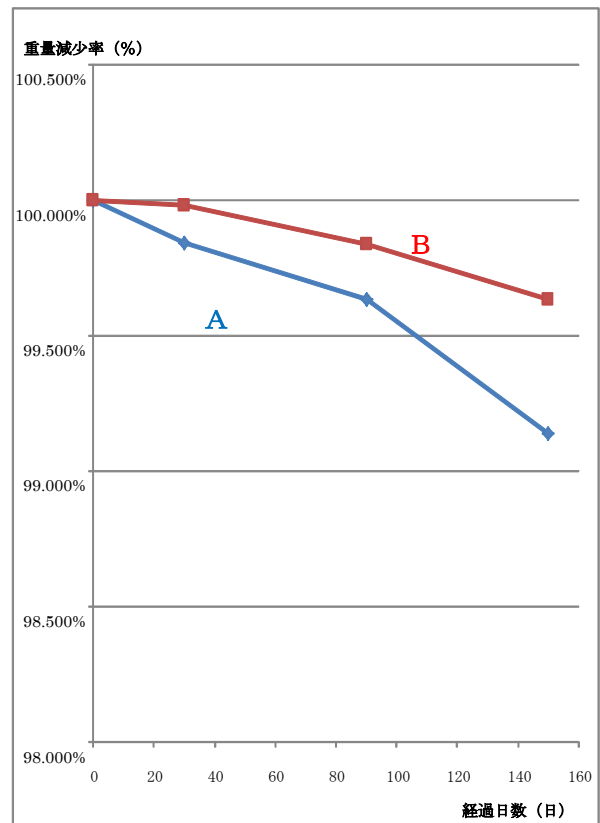


図4 サンプル1グラフ



図5 サンプル2写真

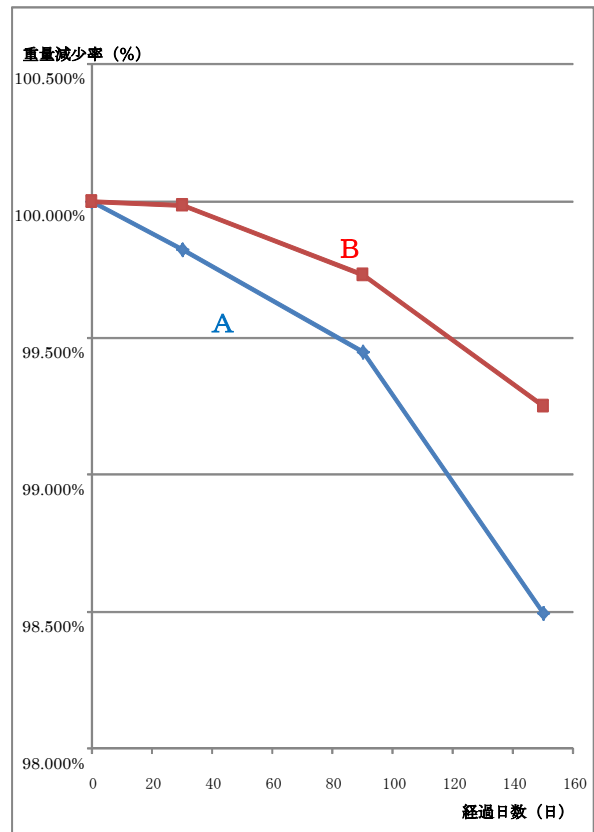


図6 サンプル2グラフ

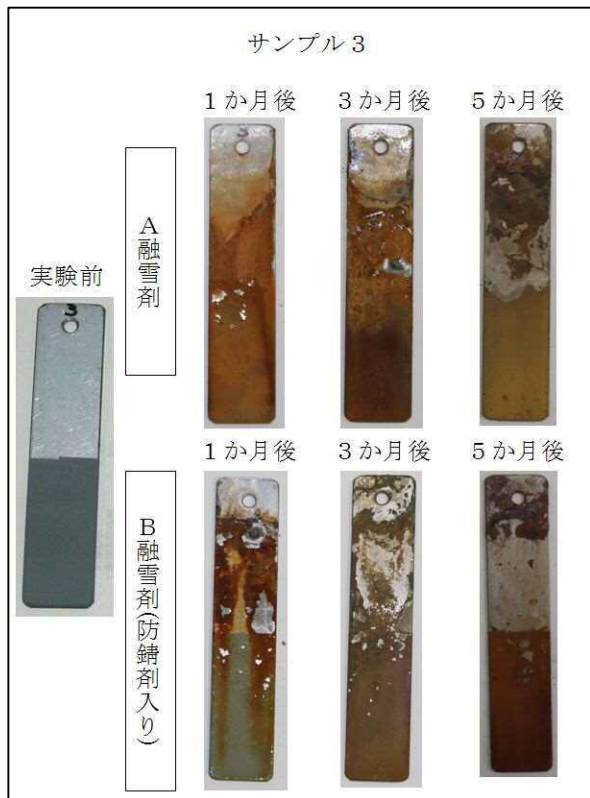


図7 サンプル3写真

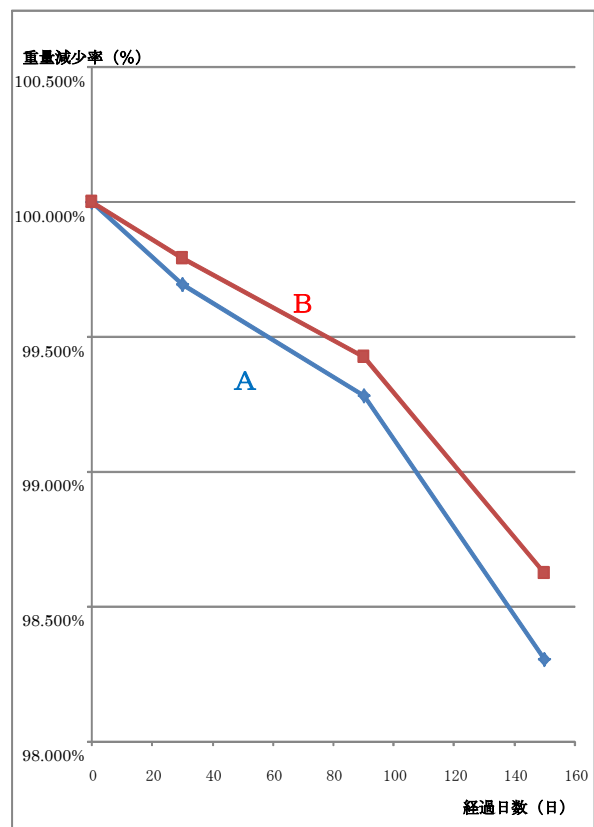


図8 サンプル3グラフ



図 9 サンプル 4 写真

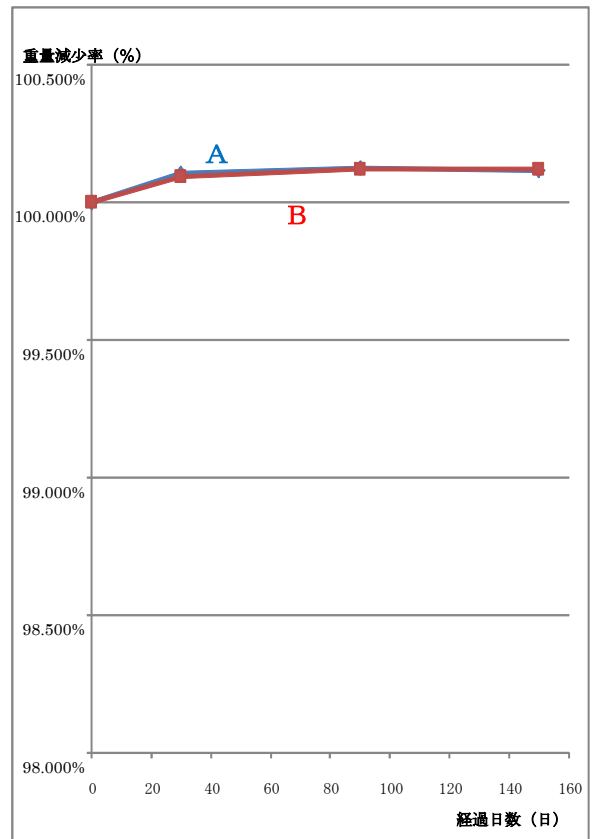


図 10 サンプル 4 グラフ



図 11 サンプル 5 写真

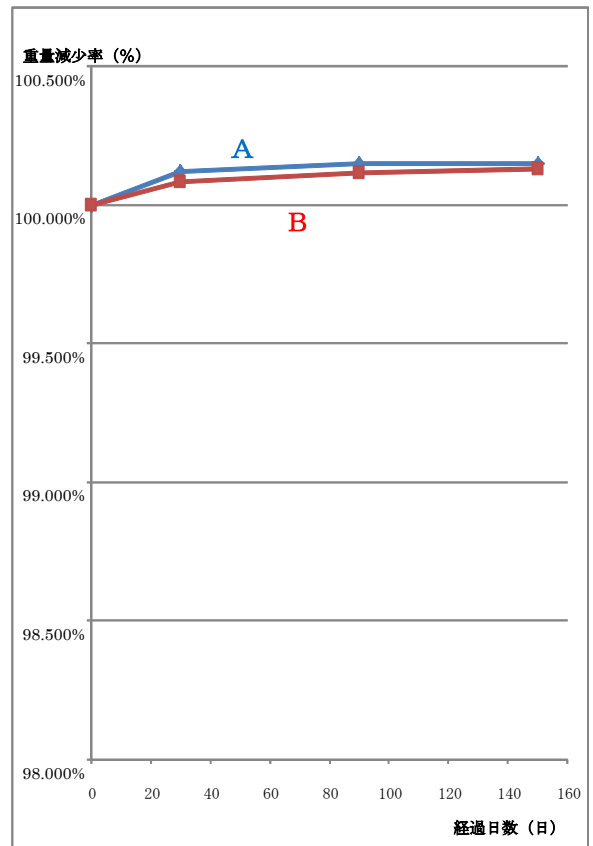


図 12 サンプル 5 グラフ

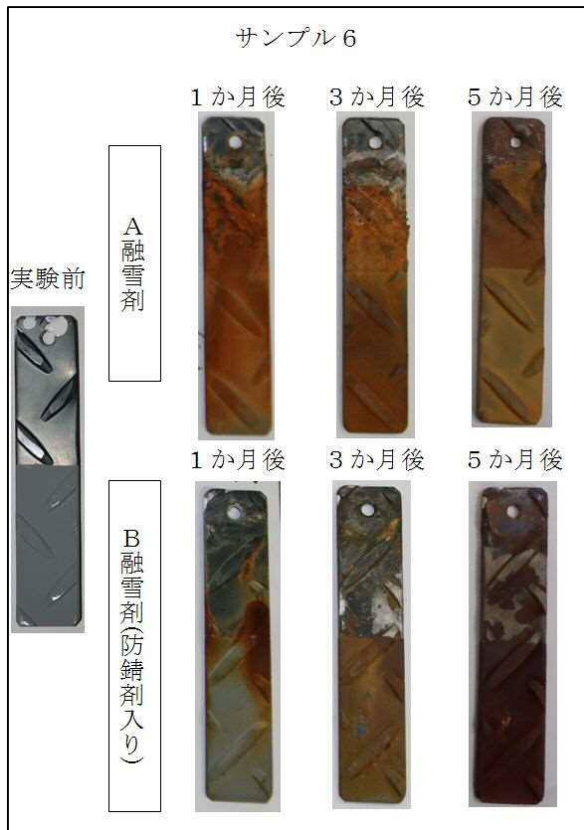


図 13 サンプル6写真

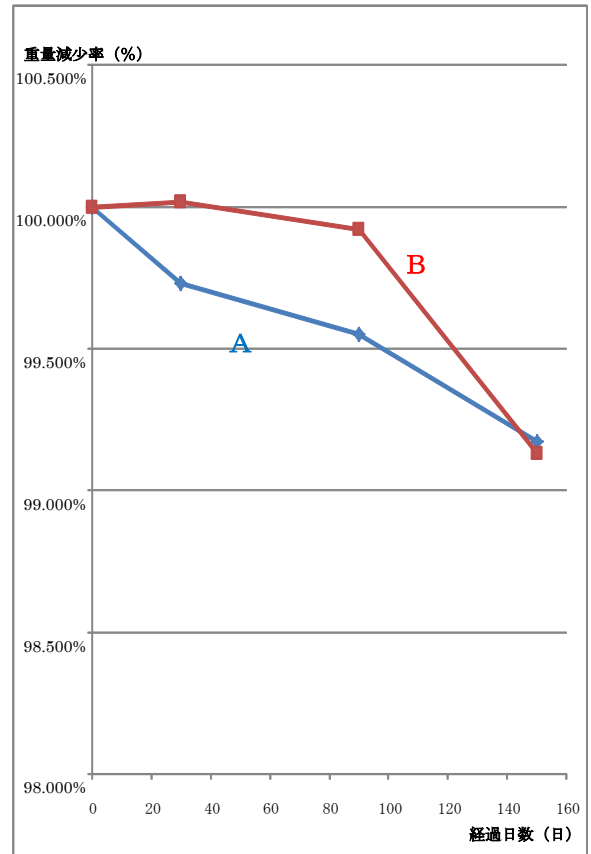


図 14 サンプル6グラフ

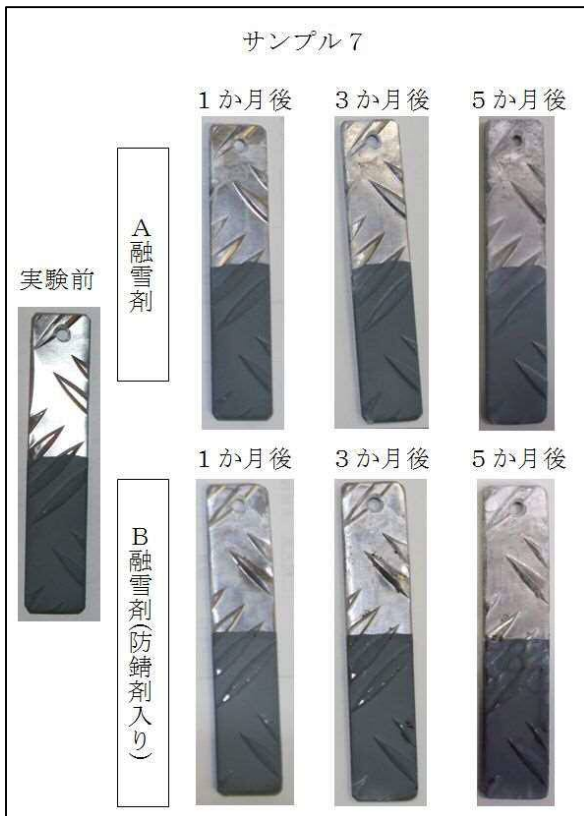


図 15 サンプル7写真

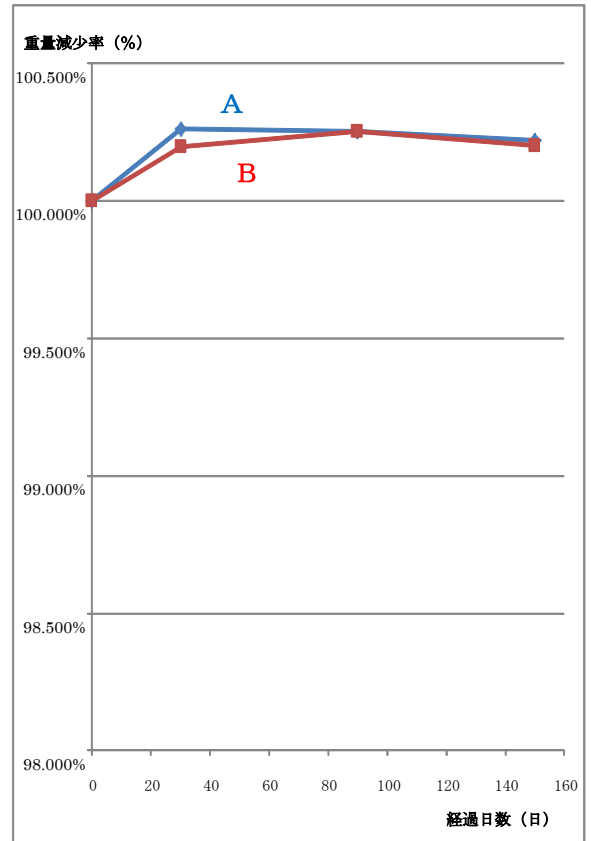


図 16 サンプル7グラフ



図 17 サンプル 8 写真

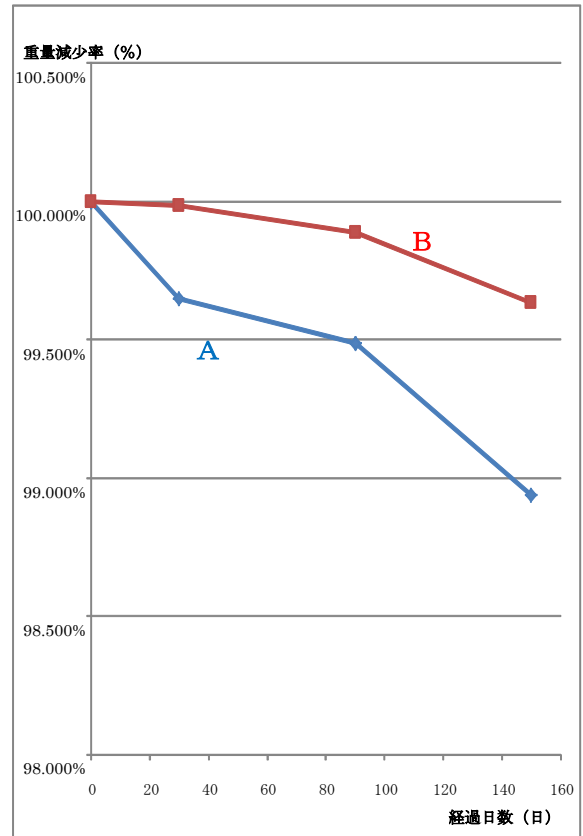


図 18 サンプル 8 グラフ

6 実験 2

(1) 金属類試料

各サンプルの大きさは 20mm×100mm。

ア サンプル 9

(ア) 材質 アルミニウム

(イ) 厚さ 2.0mm

(ウ) その他 全面、現使用の下地防錆塗装を塗色後、朱色塗装塗色

イ サンプル 10

(ア) 材質 鉄

(イ) 厚さ 2.0mm

(ウ) その他 全面、現使用の下地防錆塗装を塗色後、朱色塗装塗色

ウ サンプル 11

(ア) 材質 ステンレス (SUS304)

(イ) 厚さ 2.0mm

(ウ) その他 全面、現使用の下地防錆塗装を塗色後、朱色塗装塗色

エ サンプル 12

(ア) 材質 ステンレス (SUS430)

(イ) 厚さ 2.0mm

(ウ) その他 全面、現使用の下地防錆塗装を塗色後、朱色塗装塗色
オ サンプル 13

(ア) 材質 アルミニウム

(イ) 厚さ 2.0mm

(ウ) その他 全面、粉体塗装後、朱色塗装塗色

カ サンプル 14

(ア) 材質 鉄

(イ) 厚さ 2.0mm

(ウ) その他 全面、粉体塗装後、朱色塗装塗色

キ サンプル 15

(ア) 材質 ステンレス (SUS304)

(イ) 厚さ 2.0mm

(ウ) その他 全面、粉体塗装後、朱色塗装塗色

ク サンプル 16

(ア) 材質 ステンレス (SUS430)

(イ) 厚さ 2.0mm

(ウ) その他 全面、粉体塗装後、朱色塗装塗色

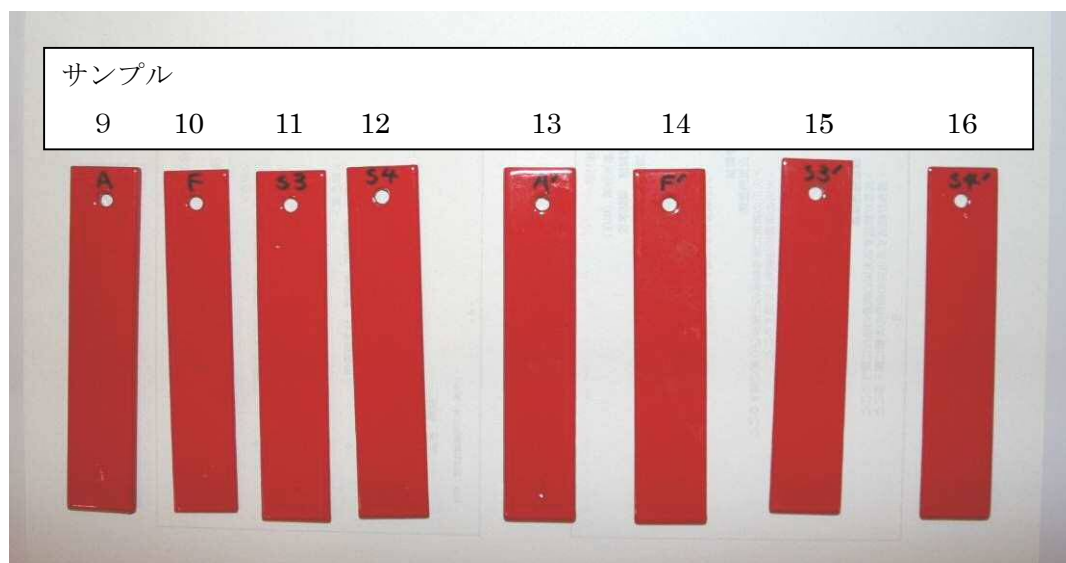


写真7 サンプル9～16

ケ サンプル 17

(ア) 材質 アルミニウム

(イ) 厚さ 2.0mm

(ウ) その他 全面、下回り腐食防止塗装塗色

コ サンプル 18

(ア) 材質 鉄

(イ) 厚さ 2.0mm

- (ウ) その他 全面、下回り腐食防止塗装塗色
- サ サンプル 19
- (ア) 材質 ステンレス (SUS304)
- (イ) 厚さ 2.0mm
- (ウ) その他 全面、下回り腐食防止塗装塗色
- シ サンプル 20
- (ア) 材質 ステンレス (SUS430)
- (イ) 厚さ 2.0mm
- (ウ) その他 全面、下回り腐食防止塗装塗色
- ス サンプル 21
- (ア) 材質 アルミニウム
- (イ) 厚さ 2.0mm
- (ウ) その他 全面粉体塗装後、下回り腐食防止塗装塗色
- セ サンプル 22
- (ア) 材質 鉄
- (イ) 厚さ 2.0mm
- (ウ) その他 全面粉体塗装後、下回り腐食防止塗装塗色
- ソ サンプル 23
- (ア) 材質 ステンレス (SUS304)
- (イ) 厚さ 2.0mm
- (ウ) その他 全面粉体塗装後、下回り腐食防止塗装塗色
- タ サンプル 24
- (ア) 材質 ステンレス (SUS430)
- (イ) 厚さ 2.0mm
- (ウ) その他 全面粉体塗装後、下回り腐食防止塗装塗色

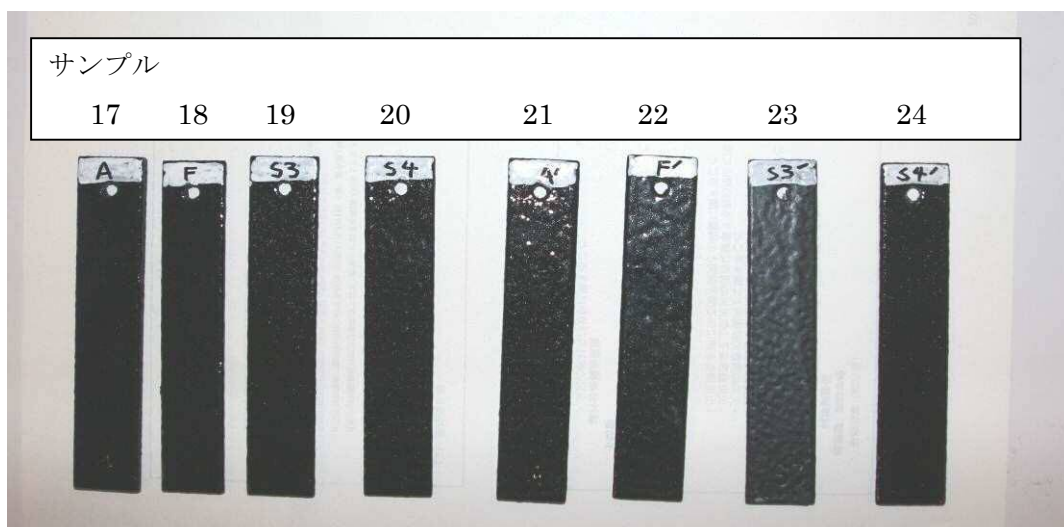


写真8 サンプル 17~24

(2) 融雪剤試料及び実験方法

実験 1 と同様。

7 実験 2 結果

サンプル 9～24 を融雪剤 A、B それぞれに浸し、1 か月間経過を確認したが、重量変化及び目視共に変化は見られなかった。

当然ながら、金属類が塗膜により外部の水分・酸素と完全に遮断されていれば、酸化反応はほぼ起こらないことを再確認した結果となった。

この結果をもとに、次の実験 3 を行う。

8 実験 3

実験 2 で用いたサンプルの内、鉄を塗膜したサンプル 10、14、18、22 の 4 つについて、図 19 のとおり、塗装や下地塗装を一定の形に剥離し、またはプッシュプルゲージ（アイコーエンジニアリング株式会社製 型式：9550A）で一定の力（10N）を加え傷を付け、実験 1 と同様に融雪剤 A の水溶液に浸し実験を行った。

なお、サンプルに鉄及び融雪剤 A のみを使用した理由は、実験 1 より、最も腐食の程度が大きい条件を選定したものである。

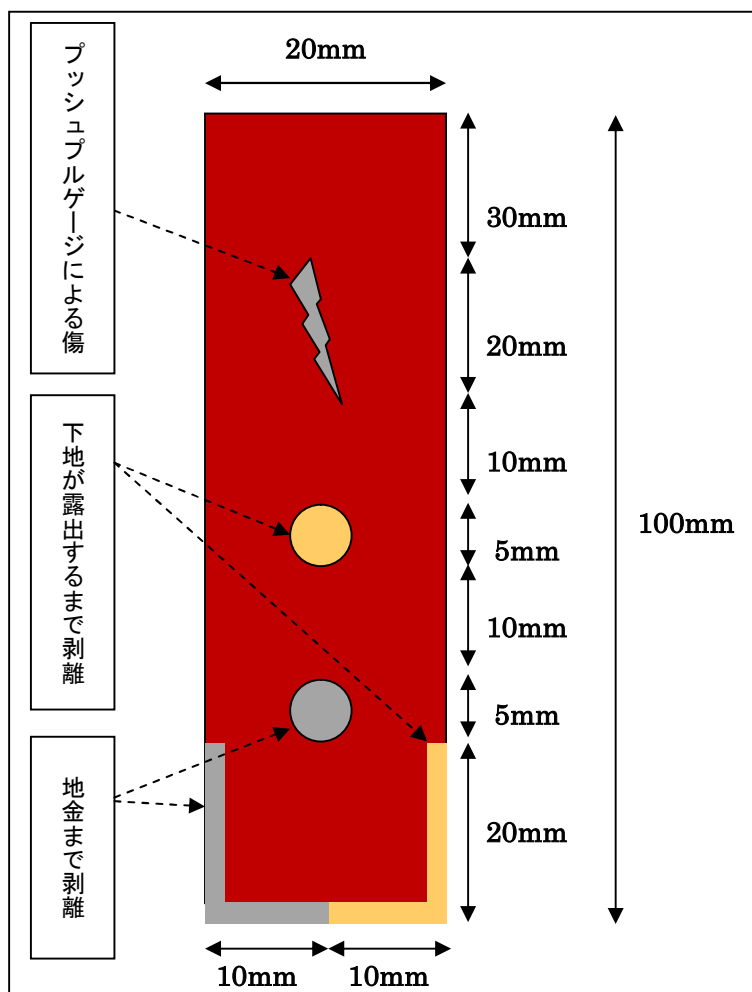


図 19 塗膜剥離図

9 実験3結果

プッシュプルゲージによる傷は、朱色塗装及び下回り腐食防止塗装共に、現使用塗装については、地金に達する深さの傷であったが、粉体塗装については、下地の粉体塗装までの傷で、地金までは達していなかった。(写真9、10 矢印部分)

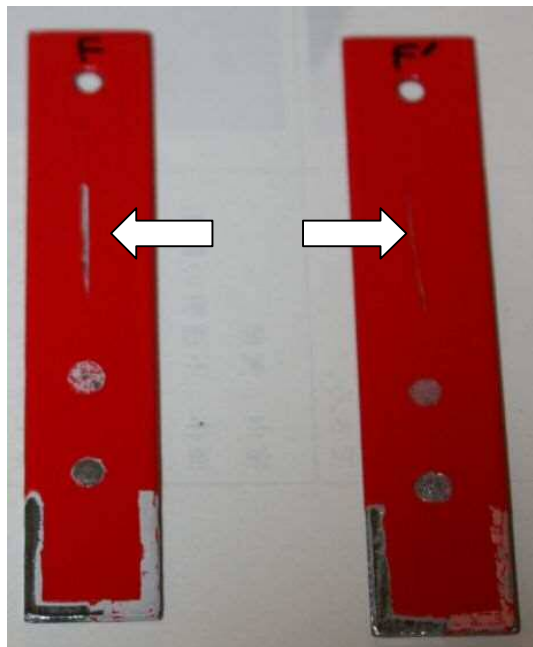


写真9 サンプル10、14

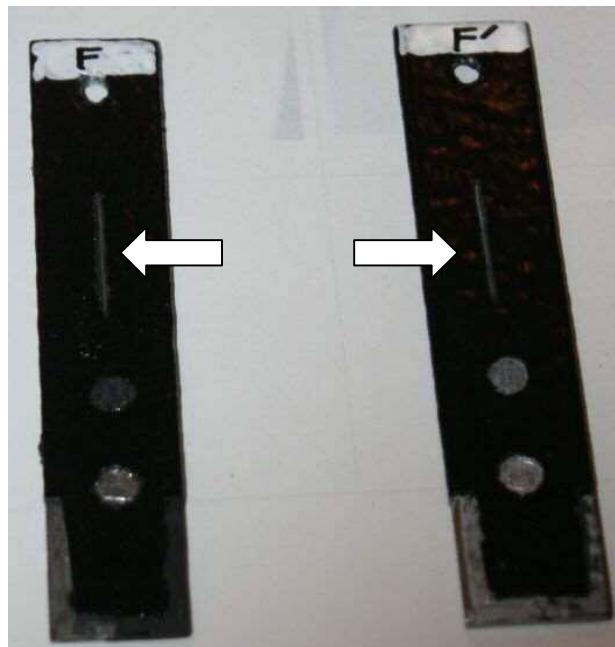


写真10 サンプル18、22

地金まで達した傷及び剥離部分については全て錆が認められたものの、重量変化については腐食した面積が小さく、数値で大きな変化が読み取れるほどの変動はなかった。

また、外観上の変化として、朱色塗装については、現使用塗装であるサンプル10は、傷や剥離部分の周囲の塗装に、塗装と地金の接着面の剥離、一般的に言われる「塗装の浮き」が認められた。一方、下地に粉体塗装が塗色されたサンプル14については、塗装の浮きはほとんど見られなかった。

下回り腐食防止塗装については、弾力性や厚さがある塗装の性質上、塗装の浮きは認められなかったが、粉体塗装があるサンプル22に比べて、粉体塗装なしのサンプル18は周囲に変色が認められ、地金露出部分から周囲に腐食が広がっていることが確認された。



図 20 サンプル 10、14



図 21 サンプル 18、22

10 実験 4

(1) 金属類試料

各サンプルの大きさは 60mm×100mm。

ア サンプル 25

(ア) 材質 鉄

(イ) 厚さ 2.0mm

(ウ) その他 全面樹脂製塗装を塗色、下部に円形 (直径 10mm) の地金露出部分。

イ サンプル 26

(ア) 材質 鉄

(イ) 厚さ 2.0mm

(ウ) その他 全面樹脂製塗装を塗色、下部に円形 (直径 10mm) の地金露出部分。

(2) 実験方法

サンプル 25 と 26 に市販の電気防食装置の電極を取り付け、サンプル 26 のみ通電状態にし、実験 1 と同様に融雪剤 A の水溶液に浸し実験を行った。

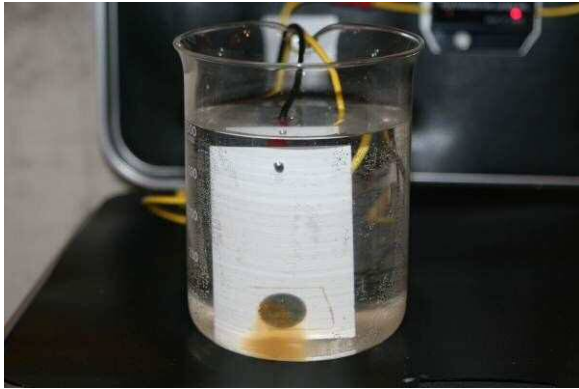


写真 11 サンプル 25 (通電なし)

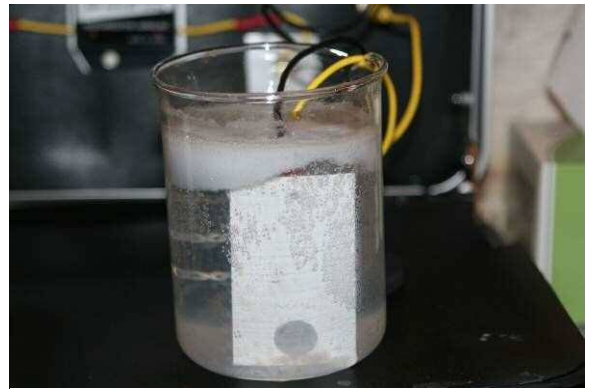
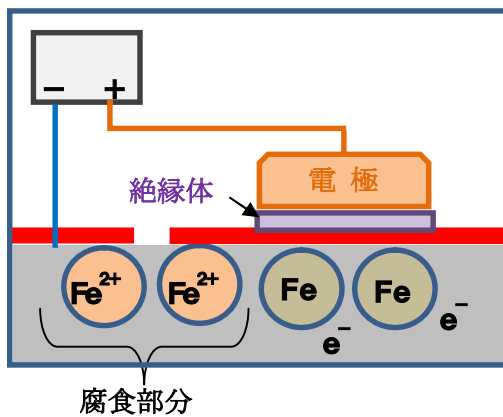


写真 12 サンプル 26 (通電あり)

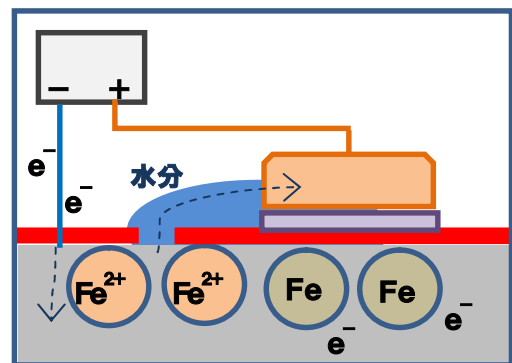
(3) 電気防食のメカニズム

使用した電気防食装置のメカニズムについて再確認する。

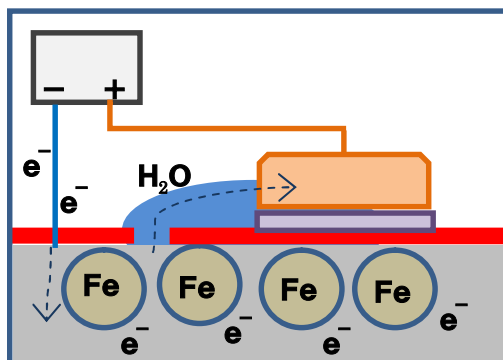
- ① 電極と車体の間には絶縁体が挟み込まれており、乾燥時には電気が流れない。



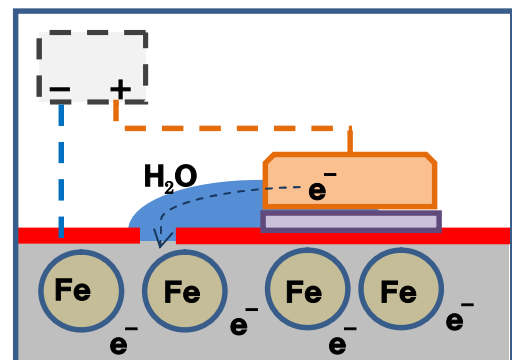
- ② 水分が付着すると、電極と傷等の地金が露出した部分との間に電気回路が形成され、電流が流れる。



- ③ 電流が流れると、不足していた自由電子 (e⁻) が補充され、鉄がイオン化せず、腐食の進行を防止できる。



- ④ なお、電極は異種金属 (アルミニウム等) で出来ており、電位差により電極自体からも電子が鉄に遷移する。(電極自体は電子が不足し、徐々に腐食する。)



11 実験4結果

実験中、電気防食装置に通電していないサンプル 25 については、地金露出部分の表面に錆が認められたが、通電したサンプル 26 については表面に変化はなく、電気分解による水素の気泡が認められた。

重量変化については、実験 3 と同じく腐食した面積が小さく、数値で大きな変化が読み取れるほどの変動はなかった。

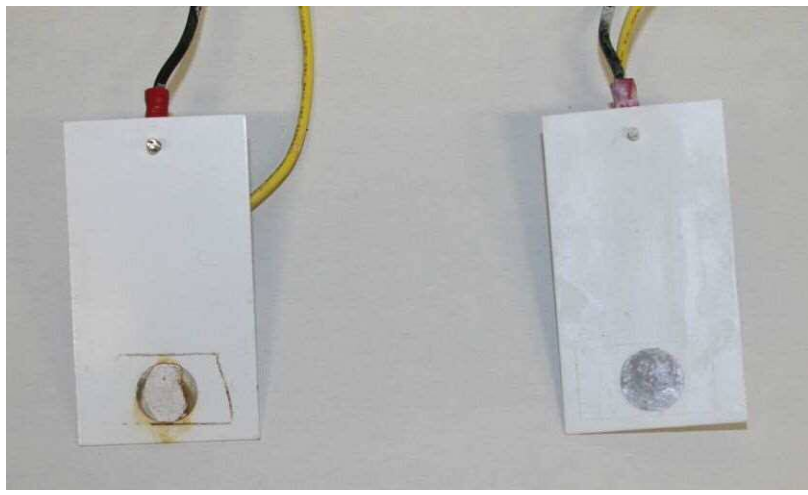


写真 13 サンプル 25、26 表面

また、電極の変化として、通電していないサンプル 25 に大きな変化は認められなかったが、通電したサンプル 26 の電極は表面が摩耗し、多孔質（軽石状）に変化していた。

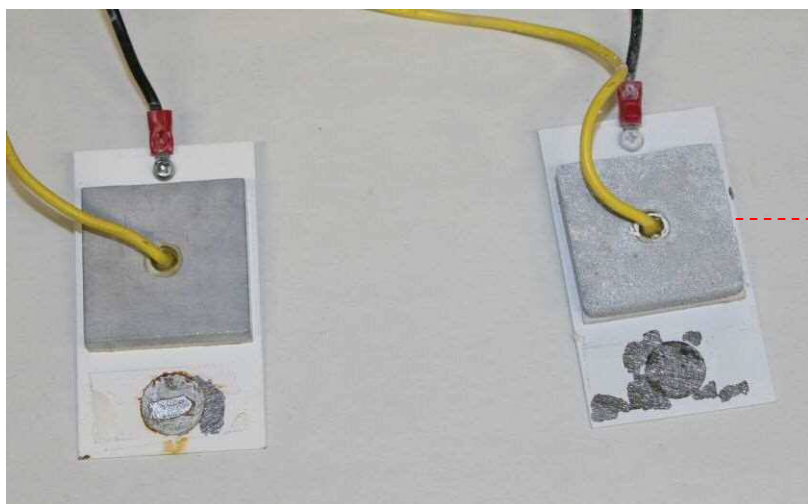


写真 14 サンプル 25、26 裏面（電極側）



写真 15 サンプル 26 裏面

12 まとめ

以上の実験結果を以下の6点にまとめ、合わせて科学的見地からの対策についても併記する。

- ① 市道より国道の融雪剤の方が腐食しやすい。
 - 融雪剤が散布されている道路を走行した時は、下回りの洗浄を徹底する。
防錆剤が含まれていない融雪剤が使用されている国道走行後は特に注意する。
- ② 腐食は時間経過と共に進行が速くなる。
 - 早期の腐食から対策を取る。
- ③ 粉体塗装等の強度の高い塗装の方が腐食が少ない。
 - 強固な塗装により、傷や剥離、塗装の浮きを防止する。
- ④ 小さな傷でも、そこから内部に腐食が広がる。
 - 小さな傷の内に補修等の対策を取る。
- ⑤ 電気防食装置の防錆効果を有効に活用するには適度な水分が必要。
 - 下回り洗浄の際に電気防食装置の電極部分に水をかける。
- ⑥ 電気防食装置の電極は、通電頻度によっては摩耗が激しい。
 - 定期的に電極の摩耗を点検する。

粉体塗装等の新たな塗装の追加や、早期の車両の補修、電気防食装置の設置等については、導入にかかるイニシャルコストや、通常のランニングコストについても考慮し、費用対効果を勘案した上で導入を決める必要があるが、洗浄や点検等の徹底については、今すぐにでも実施できる項目であり、効果的である。

今回は、基礎実験的な意味合いが強く、腐食に関する既知の事実を再確認した部分が多いが、今後は、実際の車両に使われる部材を想定し、接合部や屈曲部等のさらに複雑な形状の金属類の腐食の検証や、他の腐食防止技術の検証実験についても検討したい。

火災原因調査時に使用する検知管の性能比較について

札幌市消防科学研究所 橋本 慎也

1 はじめに

当局では、操作が簡便で安価な割に効果が高いことから、火災調査現場における助燃材の検出方法として、検知管を使用しており、検知管の変色状況により助燃材の有無を判断し、付近の残焼物を採取して、最も確実な検出方法であるガスクロマトグラフ等による分析を行うことで最終判定を下している。

しかしながら、実際の火災調査現場では、燃焼や放水等の消防活動の影響を受け、助燃材の濃度が著しく低下していることに加え、検知管に使われる薬剤が焼損したプラスチック製品等から発生したガスにも反応しうするため、助燃材の有無について判断に迷う場合が多い。

日本国内ではこれまで、火災原因調査用の検知管は、特定の一社からしか販売されていなかったため、他の検知管について比較することはできなかったが、他社から新たな製品が発売され、検知管の選択肢が広がることとなった。

以上のことから、検知管を使用した火災調査活動を円滑にすることを目的とし、現在国内で流通している二つの火災原因調査用の検知管について、主に検知限界付近での変色状況を検証し、その特徴や性能を比較した。

2 検知管について

現在当局で採用している検知管は、A社製（以下「検知管A」という。）で、変色状況によりガソリンと灯油の定性判定が可能である。反応原理は、五酸化ヨウ素の還元作用で、検知材として使用されている五酸化ヨウ素が、ガソリン・灯油等に含まれる低沸点の芳香族化合物と反応して変色する。取扱説明書によると、試料採取量は100ml、湿度の影響はなく、使用温度範囲は、0～40℃である。また、他の油の影響として、軽油は灯油と同等の変色をし、潤滑油及び天ぷら油による影響はなく、トルエンはこげ茶色、キシレンは茶色、エチルベンゼンは緑褐色に変色する。

比較対象とした検知管は、B社製（以下「検知管B」という。）で、検知管Aと同様にガソリンと灯油の定性判定が可能である。また、取扱説明書によると、反応原理、試料採取量、環境の影響等も検知管Aとほぼ同等である。他の油の影響として、軽油は灯油と同等の変色をし、潤滑油及び天ぷら油による影響はなく、トルエン、キシレン及びエチルベンゼンでは茶色に変色する。検知管Aとの違いとして、プラスチック製品から発生するガスに関しての記載があり、プラスチック製品からの発生ガスには、燃焼前、燃焼後ともに変色しないとされている。

二つの検知管は、測定方法も同一であり、気体採取器に取り付けた検知管に周辺の空気を100ml吸引させて、検知管内試料を変色させる。ただし、各々の取扱説明書には、信頼性の確保のため、検知管と同一会社が製造した専用気体採取器を使用するよう注記されている。本検証では、A社製及びB社製の専用採取器を使用した。

3 検知管の判定方法

検知管 A 及び検知管 B の判定方法を取扱説明書から抜粋し、図 1 及び図 2 に示す。

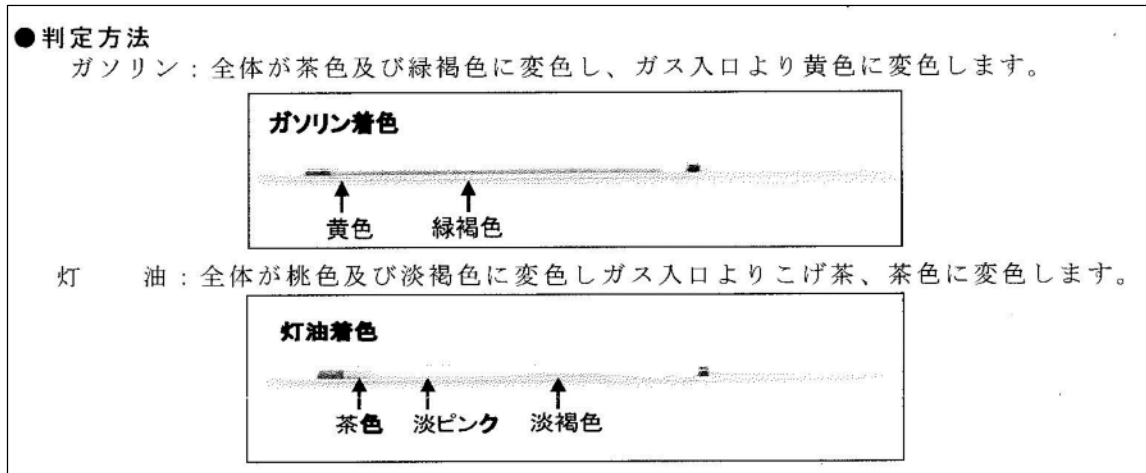


図 1 検知管 A の判定方法

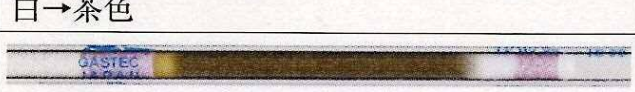
変色	灯油	低濃度の場合	 白→茶色(入口側)及び淡赤黄色
		高濃度の場合	 白→茶色(入口側)及び淡褐色
		時間が経過した場合	 低濃度の淡赤黄色及び、高濃度の淡褐色の部分が淡桃色に変化する
	ガソリン	低濃度の場合	 白→茶色
		高濃度の場合	 白→黄色(入口側)及び茶色

図 2 検知管 B の判定方法

4 検査日時等

- (1) 測定日時 平成 26 年 12 月 2 日 (火) ～平成 26 年 12 月 10 日 (水)
- (2) 測定場所 札幌市消防学校消防科学研究所分析実験室
- (3) 測定環境 温度 22℃～24℃

5 検査方法

- (1) 変色状況の比較

超高純度空気を充填し、内圧を大気圧とした 5l のテドラーバック内に、10 μ l シリンジを用いて灯油またはガソリンを注入し、その 10 分後に専用採取器を使用して、各検知管の変色状

況を比較した。注入した灯油またはガソリンの量は以下の条件とした。

ア ガソリン $1\mu\text{l}$ 、イ ガソリン $5\mu\text{l}$ 、ウ 灯油 $1\mu\text{l}$ 、エ 灯油 $5\mu\text{l}$



写真1 検知管Aの検査状況



写真2 検知管Bの検査状況

(2) 干渉ガスの影響

オイルパン上でポリ塩化ビニル及び発砲スチロールを燃焼させ、発生したガスをサンプリングポンプ(近江オドエアサービス製、DC1-NA)により5lのテドラーバック内に採取し、内圧を大気圧まで減圧して直ぐに、(1)と同様の手順・環境下で各検知管を検査し、その変色状況を比較した。



写真3 干渉ガス発生に使用した物品



写真4 干渉ガスの採取状況

(3) 採取器の違いによる影響

(1)エの条件で、異なる製造会社の採取器を使用し、専用採取器で検査した場合との比較を行った。

6 検査結果

(1) 変色状況の比較

吸引直後及び吸引から1日経過後の変色状況を写真5~12に示す。

ア ガソリン $1\mu\text{l}$

(ア) 吸引直後

検知管 A は、入口際が黄み帯びた茶色に変色し、その後約 2 mm が茶色に変色した。
検知管 B は、入口から約 4 mm が茶色に変色した。

(イ) 1 日経過後

各検知管とも変色範囲は変わらず、色が黒みを帯びた。

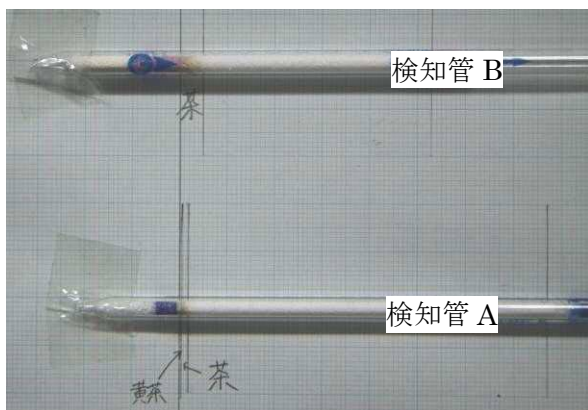


写真 5 ガソリン $1\mu\text{l}$ ・吸引直後

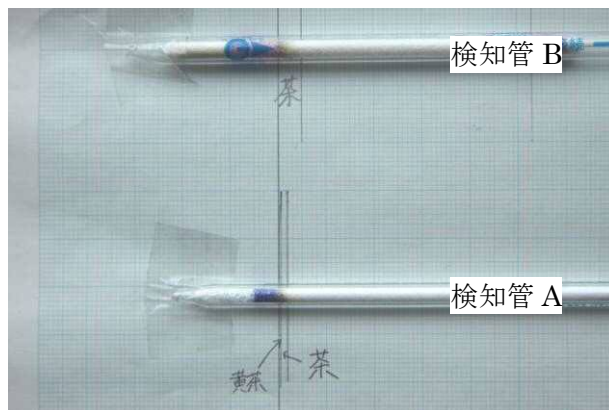


写真 6 ガソリン $1\mu\text{l}$ ・1 日経過後

イ ガソリン $5\mu\text{l}$

(ア) 吸引直後

検知管 A は、入口から約 1 mm が黄み帯びた茶色に変色し、続いて約 9 mm が茶色に変色した。
検知管 B は、入口から約 11 mm が茶色に変色した。

(イ) 1 日経過後

各検知管とも変色範囲はほぼ変わらず、色が黒みを帯びた。



写真 7 ガソリン $5\mu\text{l}$ ・吸引直後

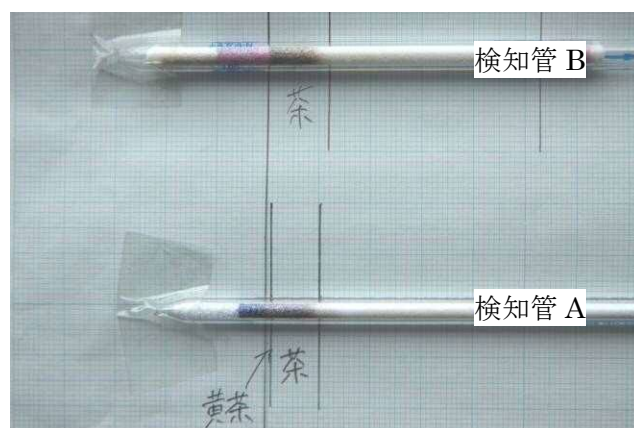


写真 8 ガソリン $5\mu\text{l}$ ・1 日経過後

ウ 灯油 1 μ l

(ア) 吸引直後

検知管 A は、入口から約 1mm が茶色に変色し、続いて約 4 mm が極めて淡い褐色に変色した。

検知管 B は、入口から約 2 mm が茶色に変色し、続いて約 9 mm が淡褐色に変色した。

(イ) 1 日経過後

検知管 A は、(ア)の変色範囲の色が黒みを帯び、更にその先約 25 mm が極めて淡い褐色となった。

検知管 B は、(イ)の変色範囲の色が黒みを帯び、更にその先約 31 mm が極めて淡い褐色となった。



写真 9 灯油 1 μ l・吸引直後

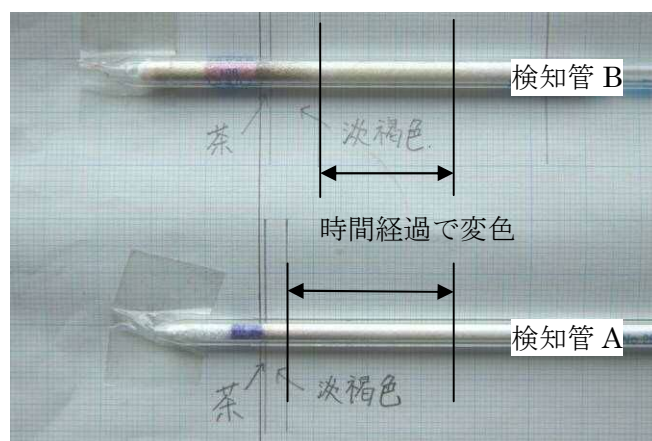


写真 10 灯油 1 μ l・1 日経過後

エ 灯油 5 μ l

(ア) 吸引直後

検知管 A は、入口から順に約 3mm が茶色、約 6 mm が淡ピンク、約 9 mm が淡褐色に変色した。

検知管 B は、入口から順に約 3mm が茶色、約 12 mm が淡ピンク、約 22 mm が淡褐色に変色した。

(イ) 1 日経過後

検知管 A は、(ア)の変色範囲の色が黒みを帯び、更にその先約 17 mm が淡褐色となった。

検知管 B は、(イ)の変色範囲の色が黒みを帯び、更にその先約 19 mm が淡褐色となった。

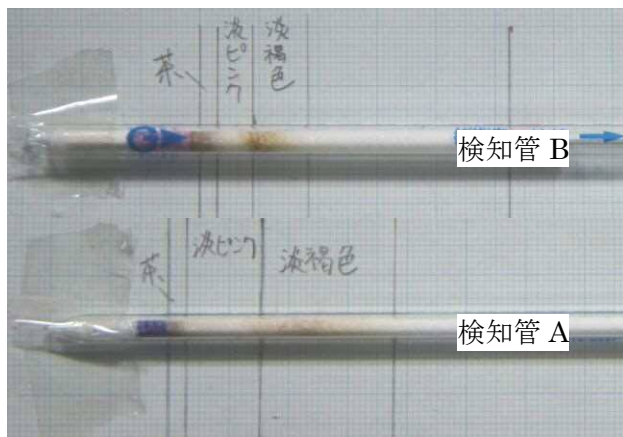


写真 11 灯油 5 μ l・吸引直後

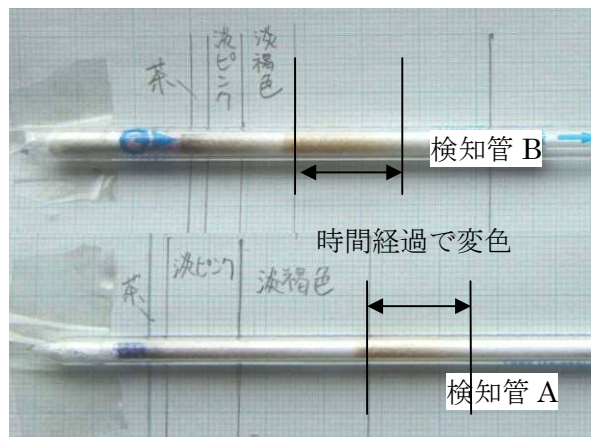


写真 12 灯油 5 μ l・1日経過後

(2) 干渉ガスの影響

吸引直後及び吸引から1日経過後の変色状況を写真13、14に示す。

ア 吸引直後

検知管 A は、入口際がわずかに茶色に変色した。

検知管 B は、入口から約 2mm が茶色に変色した。

イ 1日経過後

各検知管とも変色範囲は変わらず、色が黒みを帯びた。

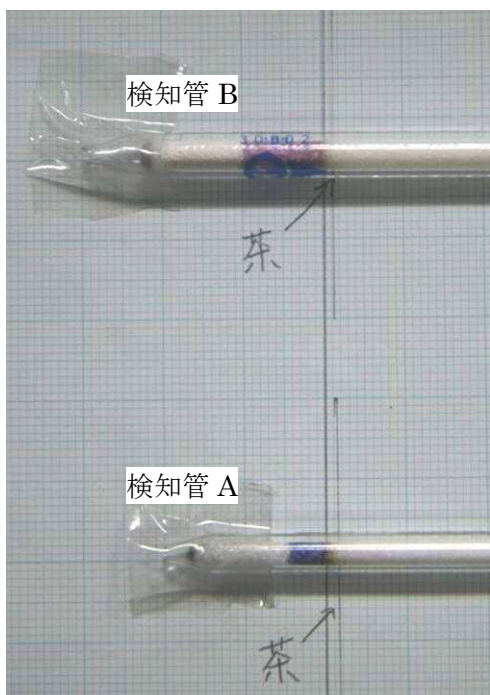


写真 13 干渉ガス・吸引直後

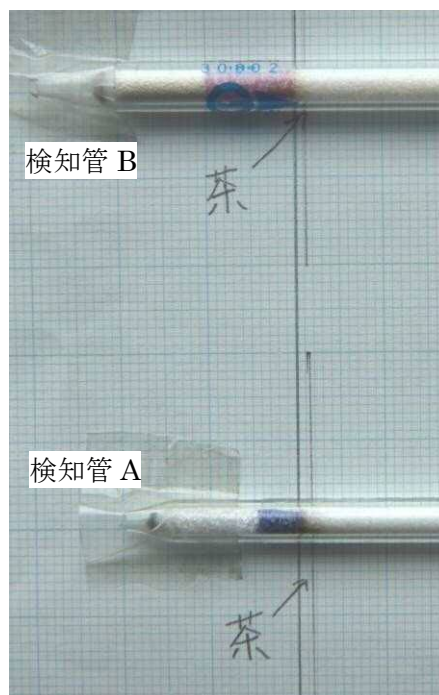


写真 14 干渉ガス・1日経過後

(3) 採取器の違いによる影響

吸引直後及び吸引から1日経過後の変色状況を(1)エ灯油 $5\mu\text{l}$ の結果とあわせ、写真 15、16 に示す。

検知管 B に専用の採取器を使用した時に比べ、A 社製採取器を使用したときの方が若干変色の幅が広がったものの、採取器の相違による検知管の変色差に大差はなかった。

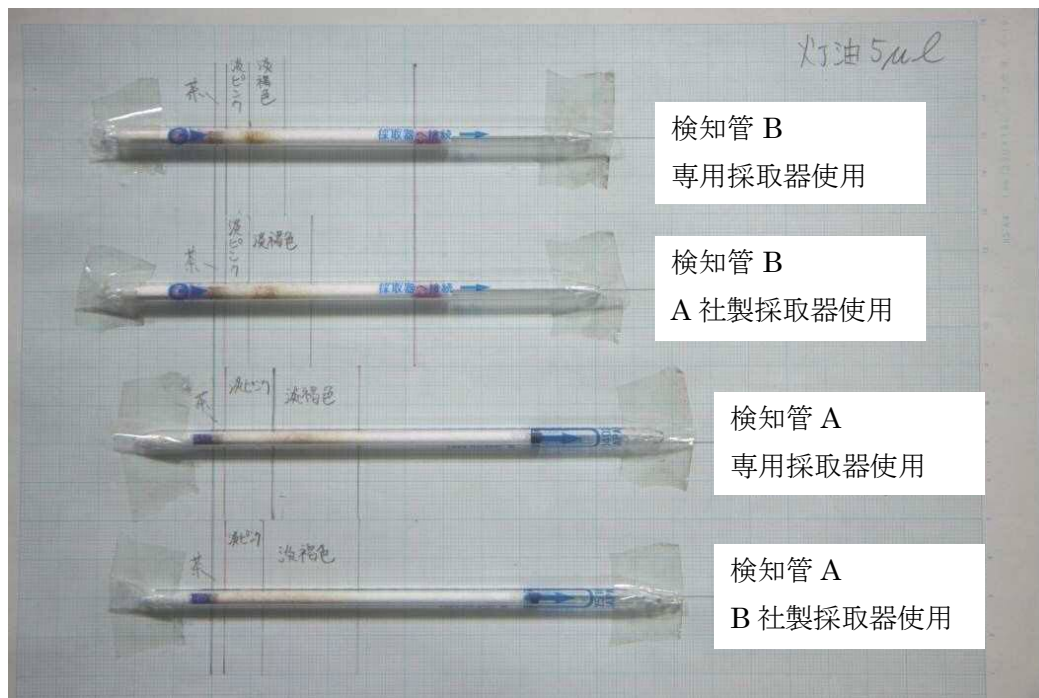


写真 15 灯油 $5\mu\text{l}$ ・吸引直後 (採取器による比較)

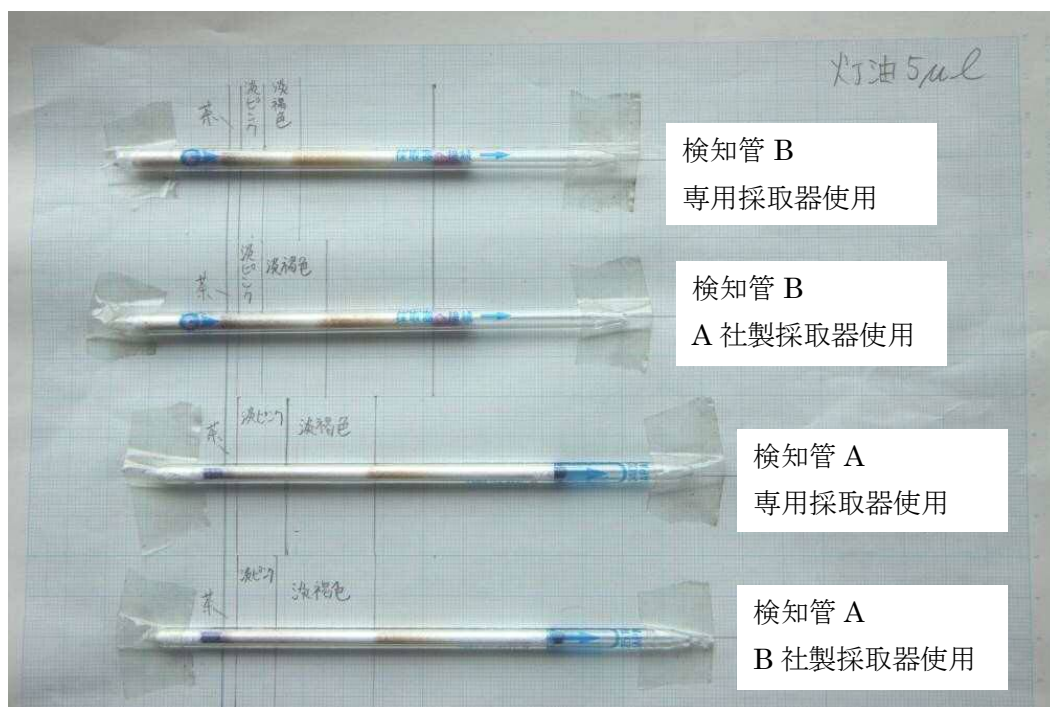


写真 16 灯油 $5\mu\text{l}$ ・1日経過後 (採取器による比較)

7 まとめ

検知管 A 及び検知管 B について、主に検知限界付近での変色状況を検証し、その特徴や性能を比較した結果は以下のとおりであった。

- (1) 検知限界付近では、検知管 A に比べ検知管 B の方が変色の感度が高く、ガソリンまたは灯油を検出し易い傾向であった。
- (2) ガソリンの定性については、検知管 B に比べ、検知管 A の方が、色の違いが鮮明となり判定がし易い傾向であった。
- (3) 灯油の定性については、判定のし易さに差は感じられなかった。
- (4) 検知管 A に比べ検知管 B の方が、干渉ガスに対する変色の感度が低く、干渉ガスの影響を受けにくい傾向であった。
- (5) 採取器の違いは、検知管の検査結果に大きな影響は与えなかった。

情報提供

実火災型訓練施設の改良について

札幌市消防科学研究所 宮下 典之

1 はじめに

当研究所においては、2011年から現有施設を改良した高温熱気訓練施設、いわゆる「実火災型訓練施設」を開発している。（「既存訓練施設を活用した訓練・研究設備の開発について」（札幌市消防科学研究所報 2011年 No. 18、2012年 No. 19）参照。）

また、この施設を活用し火災現場で消火活動に従事する職員を対象とし「実火災型訓練」を実施しているところである。（「実火災型訓練施設を用いた実火災型訓練について」、（同 2013年 No. 20）参照。）

このような中、体験した職員から「濃煙」や「複数の室」での訓練を行いたいとの要望が寄せられたことから、今回、現在の施設に前室を設置し、前室内にスモークマシンの疑似煙を充満させることにより、「濃煙視界不良の前室」＋「熱気室」の2室を複合的に体験できる施設に改良を行ったので、その概要について紹介する。

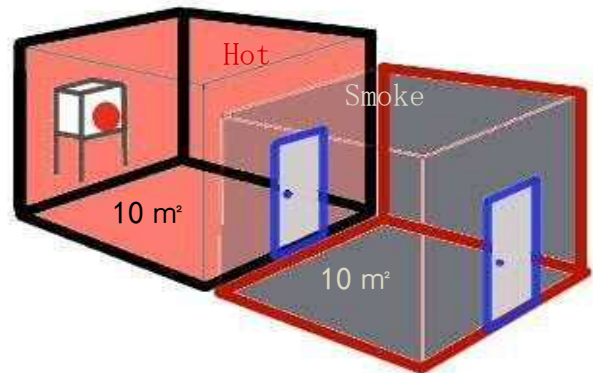


図 実火災訓練施設のイメージ図

2 施設概要

既存施設の入口前に置かれたステージ状の木製台を活用し、木材で2.7×3.6mの前室を設置した。鋼板製の熱気体験室側に比べ、前室はあくまでも濃煙体験という目的で高熱も加わらないため、安価で後から変更も容易な木材を用いた。



写真1 改修前の訓練風景



写真2 改修中の状況



写真3 改修後の施設全景



写真4 改修後の施設全景

前室にスモークマシンによる疑似煙を送り込んだところ、上部が濃煙による視界不良の中性帯が形成された。

なお、高温室側の開口部を開き、前室側に熱気を送り込むと、外気温<疑似煙<高温熱気の温度差により、熱気室の空気が前室上部に流れ込み、熱気の流れに合わせてスモークマシンの疑似煙が移動し、逆に中性帯から下側に疑似煙が充満する、「逆中性帯」とも言える状態になった。

この現象を活用し、火点室開放時や、放水時等の際に熱気がどう動くか、気流の流れを可視化することも可能だと考えられる。



写真5 濃煙状況（低温状態）



写真6 濃煙状況（高温状態）

3 まとめ

この改良施設を活用し、内部進入から、検索、消火、熱気の体感といった現場活動の一連の流れに時間経過を加えた訓練や、火災の熱気による吸排気や中性帯、消火時の吹き返しといった気流の流れを視覚で確認する体験等が可能になった。

今後は、この改良施設を用いた効果的な訓練手法等について検討していきたい。

消火器用自動点灯ライトの開発について

札幌市消防科学研究所 宮下 典之

近年、一般住宅における火災件数が増加傾向にある状況をふまえ、平成 18 年に消防法が改正され、一般住宅に住宅用火災警報器の設置が義務付けられている。

住宅用火災警報器は、わかりやすく言えば自動火災報知設備を一般住宅用に簡易化したものとも言え、その他の消防用設備や建築基準法における各設備についても、一般住宅用に簡易化した機器が有効と考え、現在当研究所において検討を行っているところである。

今回、一例として非常用照明装置の役割の一部を替わるものとして、消火器用ライトを試作したので紹介する。

これは消火器に非常用のライトを組み込み、火災や地震による停電時に、衝撃等で自動に点灯し、消火器の位置を示したり、初期消火を行う際の火点までの経路や避難経路の照明装置になるものである。

今回の試作品は、自動感知スイッチにマグネットスイッチを用いた。マグネットスイッチは衝撃等で磁石を用いた接点が離れるとスイッチが入るもので、その他の傾斜スイッチや赤外線を用いたセンサー等についても同様の効果が期待できる。



図 消火器ライトイメージ図

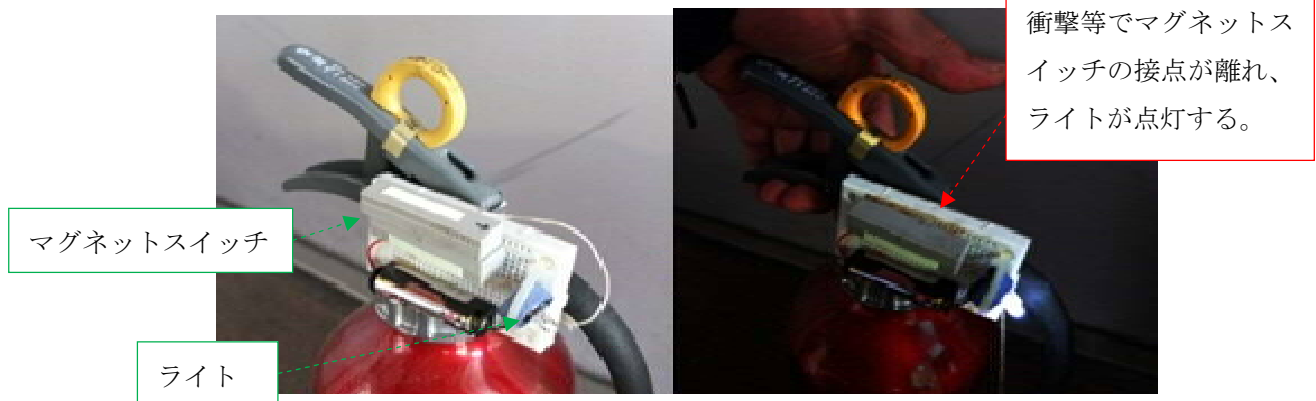


写真 試作品ライト点灯状況

今後は、この消火器ライトの実用化や、その他の消防用設備、例を挙げればスプリンクラー設備に替わる簡易的な自動消火装置や、誘導灯に替わる蓄光式標識等についても、既製品の導入推進も含めて検討していきたい。

GC及びGC-MSへの高速高分離キャピラリーカラムの導入について

札幌市消防科学研究所 橋本 慎也

1 はじめに

当研究所では、ガスクロマトグラフ（以下「GC」という。）あるいは、ガスクロマトグラフ質量分析装置（以下「GC-MS」という。）を活用し、火災原因調査においては、残焼物中の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かかわる油種の特特定を行っているところであり、同機器類を用いた分析は、これら業務の遂行に科学的裏付けを行う上で、極めて重要な作業となっている。

当研究所では、過去の分析データを活かすため、同機器類の設定条件を変えずに標準的なキャピラリーカラムを装着して分析を行ってきた。しかしながら、従来の設定等では、一つの試料の測定に30分程度の時間を要し、試料の前処理等分析を行うまでに必要とする時間や、分析結果の信頼を確保するための繰り返し操作にかかる時間を含めると、一分析に相当の時間がかかっていた。また、同機器類は、専用消耗部品が高額であることに加え、分析用のキャリアガスに超高純度のヘリウムガス等を必要とし、キャリアガスの価格は、年々上昇を続けている。昨今の厳しい財政状況が続く中では、ランニングコストの削減についても考慮する必要がある、同機器類についてもより効果的かつ効率的な運用が求められる。

以上のことから、分析精度を落とすことなく、運用コストを削減し、分析時間の短縮を図るため、同機器類に高速高分離キャピラリーカラムを導入したのでその結果についてご紹介する。

2 GC及びGC-MSの概要

GCは気化しやすい化合物の同定・定量に用いられる分析機器である。液相や吸着剤を塗布した中空細管（カラム）内に、気体試料をキャリアガスに乗せて通過させることで、各成分を分離し、得られたクロマトグラムのピーク出現時間を標準試料と比較することで成分を特定できる。

GC-MSは、GCに質量分析装置（MS）を結合した複合装置であり、GCで分離した成分のMSスペクトルを測定することで成分の特特定を行い、検出されたイオンの強度により定量を行うことができる。

当研究所で現在使用している機器は、アジレントテクノロジー株式会社製の7890A GC及び6975B GC/MSDである。

3 カラムの影響

GCやGC-MSの分析では、どのカラムを使用するかが重要となり、試料中の目的とする成分や試料の極性を考慮しながらカラムを選定する必要がある。また、選択したカラムの長さ、内径、薄膜の違いも分析結果に影響を与えることになる。

カラムの長さは、分離性能と分析時間に影響し、一般的には30m～60mのカラムが多く使われる。内径は、分離性能や試料負荷量に影響し、一般的には0.25～0.53mmを使用する。内径の小さいカ

ラムの方が単位長さあたりの理論段数が高く、分離性能が高まるが、一方で試料負荷量が少なくなるため、微量分析では不十分な場合がある。膜厚は、分析時間と試料負荷量に影響し、膜厚を厚くすることで試料負荷量が大きくなり、高濃度の試料を測定できる。

当研究所では、これまで、依頼頻度の高い燃料油の分析には、汎用性の高い長さ 30 m、内径 0.32 mm、膜厚 0.25 μ m の HP-5、DB-1、HP-5 ms 等（アジレントテクノロジー株式会社製）のキャピラリーカラムを用いて分析を行ってきた。

4 高速高分離キャピラリーカラムの導入

長さ、内径、膜厚の小さい高速高分離キャピラリーカラムを導入することで、分析時間を短縮し、分離に必要なキャリアガスの流量を減らすことで、結果として分析 1 回あたりのコストが削減される。そこで、GC に長さ 20m、内径 0.18 mm、膜厚 0.18 μ m、無極性の HP-5、GC-MS に長さ 15m、内径 0.15mm、膜厚 0.15 μ m、低極性の VF-5 ms（いずれもアジレントテクノロジー社製）を導入し、メソッドを更新した。

5 分析結果の比較

GC 及び GC-MS について、高速高分離キャピラリーカラムを用いて市販のガソリン、灯油、軽油及び A 重油を分析し、分析時間や分離性能について従前使用していたカラムの分析結果と比較した。

同機器類の各カラム使用時の分析条件は表 1 のとおりである。

表 1 各カラム使用時の分析条件

機器	GC		GC-MS	
	旧カラム HP-5 (30 m x 0.32 mm x 0.25 μ m)	高速高分離カラム HP-5 (18 m x 0.18mm x 0.18 μ m)	旧カラム VF-5ms (30 m x 0.32mm x 0.25 μ m)	高速高分離カラム VF-5ms (15 m x 0.15mm x 0.15 μ m)
キャリアガス	He	He	He	He
検出器	FID	FID	MSD	MSD
注入量	1 μ l	1 μ l	1 μ l	1 μ l
スプリット比	80 : 1	80 : 1	40 : 1	80 : 1
注入口温度	250°C	250°C	250°C	250°C
カラム流量	1.39ml/min	0.83ml/min	1.0 ml/min	1.0 ml/min
ガスセーバー	20ml/min(2min)	20ml/min(2min)	20ml/min(2min)	15ml/min(2min)
検出器温度	300°C	300°C	四重極 150°C イオン源 230°C	四重極 150°C イオン源 230°C
昇温プログラム	80°C(0分)→ (15°C/min.)→ 260°C(10分)	50°C(0.5分)→ (120°C/min.)→ 280°C(4.5分)	50°C(1分)→ (20°C/min.)→ 180°C(0分)→ (30°C/min.)→ 300°C(8分)	50°C(0.4分)→ (50°C/min.)→ 180°C(0分)→ (75°C/min.)→ 300°C(6分)

各カラム使用時のクロマトグラム及びトータルイオンクロマトグラムを図1～図16に、GC-MSのライブラリ結果を表2及び3に示す。高速高分離カラムを使用することで、両機器ともすべての油種において分離性能を失うことなく分析時間が短縮されており、燃料油の分析時間は、1分析あたり約7分以内と、従来のカラムを使用した場合に比べ半分以下に短縮された。

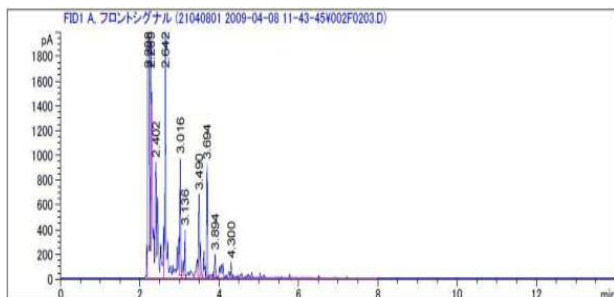


図1 GC ガソリン 旧カラム

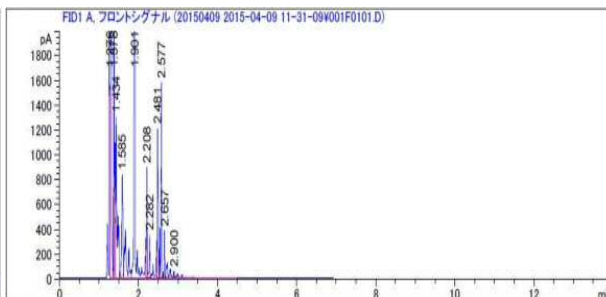


図2 GC ガソリン 高速高分離カラム

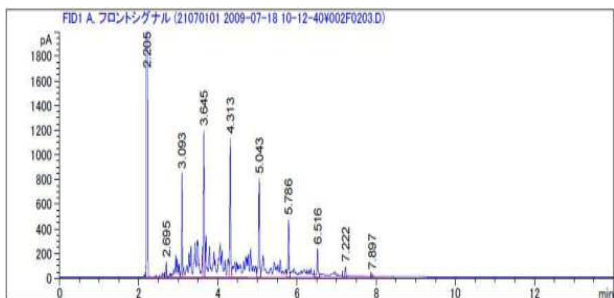


図3 GC 灯油 旧カラム

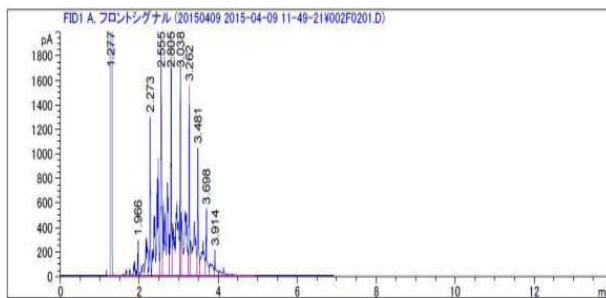


図4 GC 灯油 高速高分離カラム

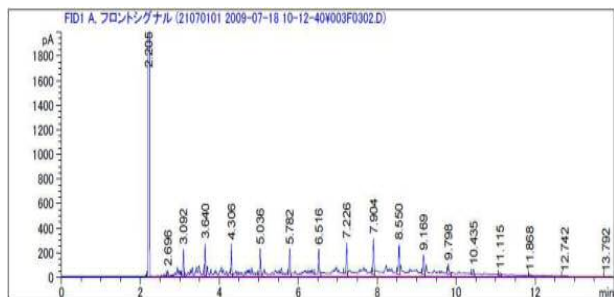
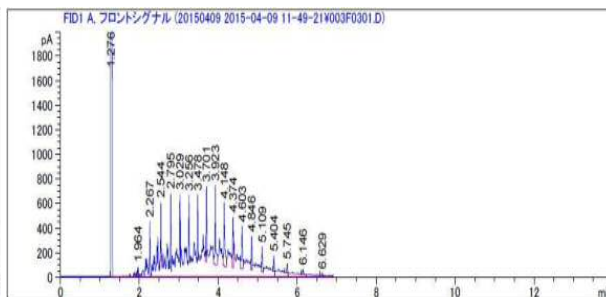


図5 GC 軽油 旧カラム



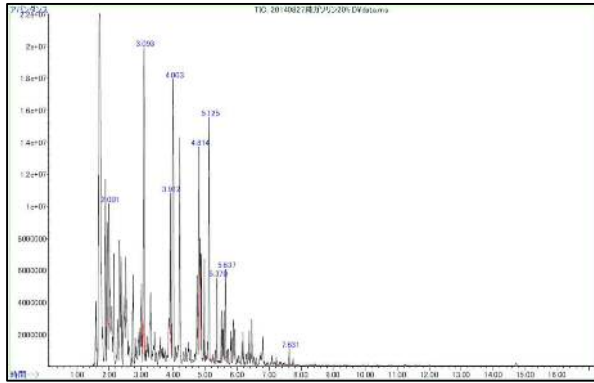


図9 GC-MS ガソリン 旧カラム

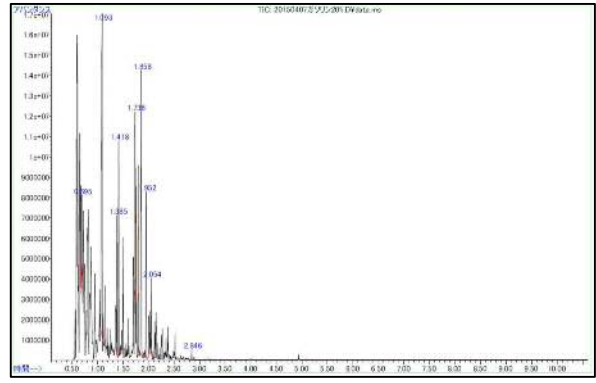


図10 GC-MS ガソリン 高速高分離カラム

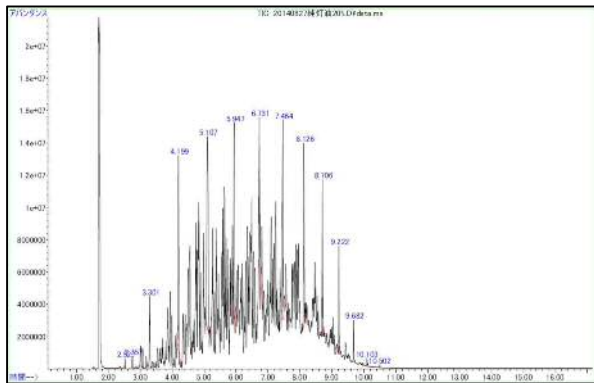


図11 GC-MS 灯油 旧カラム

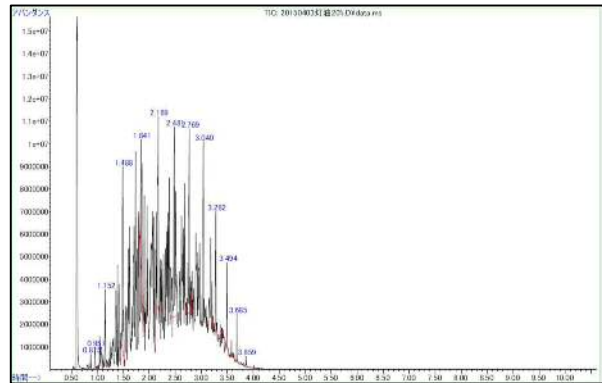


図12 GC-MS 灯油 高速高分離カラム

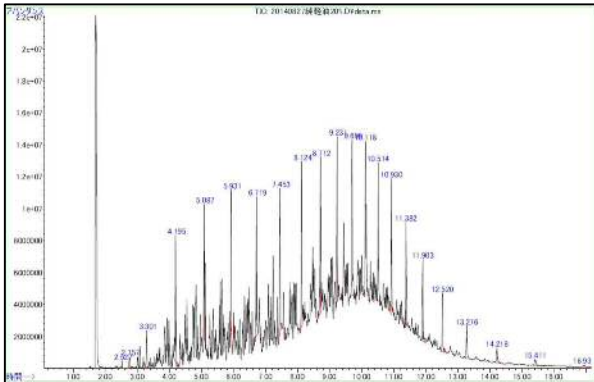


図13 GC-MS 軽油 旧カラム

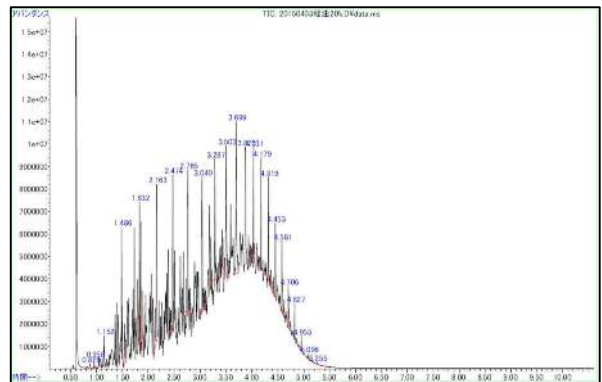


図14 GC-MS 軽油 高速高分離カラム

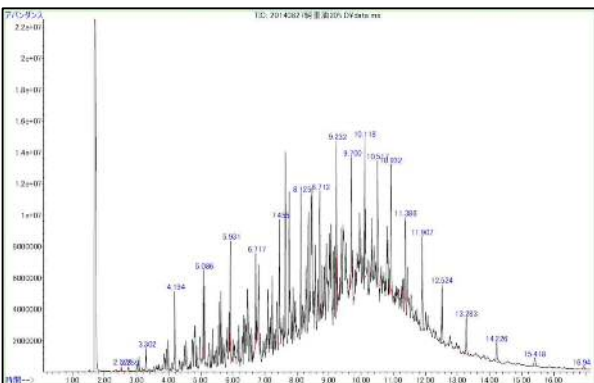


図15 GC-MS 重油 旧カラム

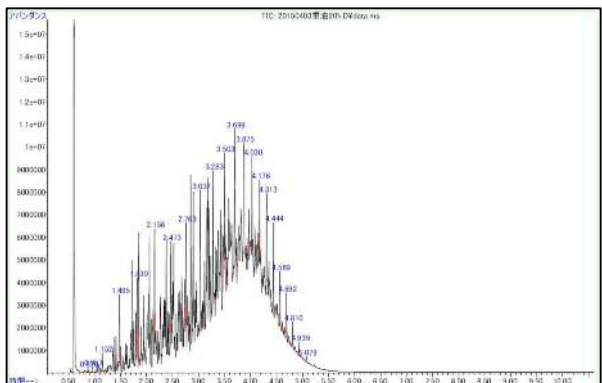


図16 GC-MS 重油 高速高分離カラム

表 2 GC-MS 旧カラム使用時のライブラリ検索結果

ガソリン			灯油			軽油			重油		
RT	化合物名	一致率	RT	化合物名	一致率	RT	化合物名		RT	化合物名	
2.00	ヘキサン	81	2.53	ヘプタン	95	2.53	ヘプタン	94	2.53	ヘプタン	95
3.09	トルエン	95	2.76	メチルシクロヘキサン	95	2.76	メチルシクロヘキサン	93	2.76	メチルシクロヘキサン	93
3.91	エチルベンゼン	91	3.30	オクタン	91	3.30	オクタン	94	3.30	オクタン	91
4.00	p-キシレン	97	4.20	ノナン	94	4.20	ノナン	89	4.20	ノナン	87
4.81	3-エチルトルエン	95	5.11	デカン	95	5.09	デカン	95	5.09	デカン	97
5.13	1,2,3-トリメチルベンゼン	97	5.95	ウンデカン	97	5.93	ウンデカン	94	5.93	ウンデカン	94
5.37	1,2,3-トリメチルベンゼン	97	6.73	ドデカン	95	6.72	ドデカン	97	6.72	ドデカン	94
5.63	1,3-ジエチルベンゼン	91	7.46	トリデカン	97	7.45	トリデカン	97	7.45	トリデカン	97
7.63	1-メチルナフタレン	94	8.13	テトラデカン	97	8.12	テトラデカン	97	8.12	テトラデカン	97
			8.70	ペンタデカン	97	8.71	ペンタデカン	97	8.71	ペンタデカン	97
			9.22	ヘキサデカン	98	9.23	ヘキサデカン	98	9.23	ヘキサデカン	98
			9.68	ヘプタデカン	98	9.70	ヘプタデカン	98	9.70	ヘプタデカン	98
			10.10	オクタデカン	98	10.12	オクタデカン	98	10.12	オクタデカン	98
			10.50	ノナデカン	96	10.51	ノナデカン	98	10.52	ノナデカン	96
						10.93	エイコサン	99	10.93	エイコサン	97
						11.39	ヘンイコサン	98	11.39	ヘンイコサン	98
						11.90	ドコサン	99	11.90	ドコサン	99
						12.52	トリコサン	97	12.53	トリコサン	97
						13.27	テトラコサン	98	13.28	テトラコサン	98
						14.21	ペンタコサン	94	14.23	ペンタコサン	94
						15.41	ヘキサコサン	97	15.42	ヘキサコサン	98
						16.93	ヘプタコサン	96	16.94	ヘプタコサン	97

表 3 GC-MS 高速高分離カラム使用時のライブラリ検索結果

ガソリン			灯油			軽油			重油		
RT	化合物名	一致率	RT	化合物名	一致率	RT	化合物名		RT	化合物名	
0.70	ヘキサン	94	0.88	ヘプタン	95	0.88	ヘプタン	95	0.88	ヘプタン	95
1.09	トルエン	94	0.96	メチルシクロヘキサン	95	0.96	メチルシクロヘキサン	93	0.96	メチルシクロヘキサン	93
1.39	エチルベンゼン	81	1.15	オクタン	91	1.15	オクタン	91	1.15	オクタン	90
1.42	p-キシレン	97	1.49	ノナン	95	1.49	ノナン	91	1.48	ノナン	95
1.74	3-エチルトルエン	97	1.84	デカン	95	1.83	デカン	97	1.83	デカン	97
1.86	1,2,3-トリメチルベンゼン	97	2.17	ウンデカン	95	2.16	ウンデカン	95	2.16	ウンデカン	94
1.95	1,2,3-トリメチルベンゼン	97	2.48	ドデカン	95	2.47	ドデカン	96	2.47	ドデカン	94
2.06	1,3-ジエチルベンゼン	87	2.77	トリデカン	97	2.77	トリデカン	97	2.77	トリデカン	96
2.84	1-メチルナフタレン	94	3.04	テトラデカン	98	3.04	テトラデカン	97	3.04	テトラデカン	98
			3.28	ペンタデカン	97	3.29	ペンタデカン	97	3.28	ペンタデカン	98
			3.49	ヘキサデカン	99	3.50	ヘキサデカン	98	3.50	ヘキサデカン	98
			3.68	ヘプタデカン	98	3.70	ヘプタデカン	96	3.70	ヘプタデカン	96
			3.86	オクタデカン	99	3.87	オクタデカン	98	3.87	オクタデカン	98
						4.03	ノナデカン	97	4.03	ノナデカン	98
						4.18	エイコサン	99	4.18	エイコサン	99
						4.32	ヘンイコサン	98	4.31	ヘンイコサン	98
						4.45	ドコサン	98	4.44	ドコサン	98
						4.58	トリコサン	99	4.57	トリコサン	96
						4.71	テトラコサン	98	4.69	テトラコサン	98
						4.82	ペンタコサン	97	4.81	ペンタコサン	96
						4.95	ヘキサコサン	99	4.94	ヘキサコサン	99
						5.26	ヘプタコサン	99	5.08	ヘプタコサン	98

6 まとめ

GC及びGC-MSは、不明物質の同定を行う上で当研究所の要となる分析機器であり、使用頻度も高いことから、より効果的かつ効率的な運用が求められてきた。今回、同機器類に高速高分離カラムを導入したことで、1回あたりの分析時間が従来の半分以下に短縮され、さらにはヘリウムガスの消費を抑えることでランニングコストの削減にも繋がった。今後は、高速高分離カラム使用に伴う費用対効果について詳細な検証を行うとともに、同機器類の更なる効果的・効率的な運用を図りたい。

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

札幌市消防科学研究所 橋田 宏一

1 はじめに

近年、建材の不燃化や建物の高断熱・高气密化が進み、消防活動中におけるフラッシュオーバーやバックドラフト等の発生危険が高まっている。

これらは急激な状況変化を引き起こす現象であり、消防隊にとって大きな脅威である。

昨年度から引続き、フラッシュオーバーやバックドラフトの発生メカニズム等の理解を深め消防活動に役立てることを目的として、職員を対象に燃焼実験展示を行ったことから、その概要を紹介する。

なお、当該実験展示は、当局研修計画に基づく「実火災型訓練」に併せて実施した。（「実火災型訓練施設を用いた実火災型訓練について」及び「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」（札幌市消防科学研究所報 2013年 No. 20）参照。）

2 燃焼実験展示実施場所等

実施場所：札幌市消防学校 消防科学研究所 燃焼実験室

実施回数：実火災訓練に伴う展示 25回

その他研修等に伴う展示 1回

3 燃焼実験展示装置

燃焼実験展示には、耐火断熱材及び珪酸カルシウム板等を使用し作成した燃焼実験展示装置を使用した。（写真1から4参照）

装置側面の1面に、耐熱ガラスを鋳鉄製の窓枠に組み込んだものを使用して（着脱可能）内部全体を可視化し、装置側面に開口部及び扉を設置し開閉可能とした。



写真1 燃焼実験装置外観



写真2 燃焼実験装置外観



写真3 燃焼実験装置耐熱ガラス装着状態



写真4 燃焼実験装置耐熱ガラス装着状態

4 燃焼実験展示内容

今回の燃焼実験では、着火からフラッシュオーバー発生に至る経過やバックドラフト発生状況を展示した。

また、状況の進展に併せて装置内部や煙の状態などを説明するとともにフラッシュオーバー及びバックドラフト発生メカニズムを説明した。



写真5 燃焼実験展示実施状況



写真6 バックドラフト発生時の状況1



写真7 バックドラフト発生時の状況2

5 今後について

昨年と今年度を合わせて60回以上の燃焼実験展示を行い、全てにおいてフラッシュオーバー・バックドラフト現象を発生させ、展示することができた。

受講職員からは昨年度同様「フラッシュオーバーやバックドラフトの基本的なメカニズムを理解することができた。」などの意見が聞かれた。

次年度以降についても、研修等の機会に併せて本実験展示を継続して行く予定である。

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

札幌市消防職員提案審査会は、職員から創意工夫による有益な提案を奨励し、職員の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目的として例年実施している。

昭和40年当初は7件であった提案件数が平成26年度は25件となっている。

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おいて書類審査を行った後、発表審査が行われる。

平成26年度の審査結果は、優秀賞4件、秀賞6件、努力賞15件となっており、優秀賞及び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。

なお、本年度の札幌市消防職員提案審査会において優秀賞となった第532号「空気呼吸器面体用濃煙疑似シートの開発」は、一般財団法人全国消防協会が実施した「平成26年度消防機器の改良及び開発並びに消防に関する論文」の機器の部へ応募し、最優秀賞となっている。

表1 職員提案（優秀賞・秀賞）一覧表（平成26年度）

提案番号	提案名	提案内容	等級
第530号	レバレッジ(テコの原理)を効かせた違反是正の手法について	不動産の賃貸借契約を結ぶときは、貸主は借主に対して重要事項説明を行わなければならない。この重要項目に「消防法令の適合状況」のひと項目を加えることで飛躍的な違反是正が期待できると考え、この仕組みを具現化するため国や業界団体へ働きかけを行うことを提案する。	優秀賞
第532号	空気呼吸器面体用濃煙疑似シートの開発	濃煙状況を想定した訓練を行うときに、実際に煙を使わないでリアルに安全かつ簡易に実施できるよう、空気呼吸器の面体に重ねる「濃煙疑似シート」を開発した。	優秀賞
第533号	危険物施設等事故報告書と火災原因調査書の重複事務の統一	危険物施設等事故報告書と火災原因調査書の重複事務の統一を図り、事務処理の効率化を図る。	優秀賞
第551号	プライバシー保護シートの作成について	群衆から傷病者へ注がれる視線を有効・簡易に遮ることのできる、プライバシー保護シートを作成した。	優秀賞
第531号	幼年・少年消防クラブにおける民間企業協賛の積極的な活用について	子供たちに対し、幼年・少年消防クラブへの参加を促し参加者の満足度を高めることと同時に、消防局予算（公費）での食糧費等の執行を節減することを目的とし、民間企業協賛をより一層、積極的に活用することを提案する。	秀賞

第535号	消火栓排水器具のホース保護	消火栓排水器具ホースの折れを防止するため、根元に不必要になった傘のバネを使用し保護した。	秀賞
第539号	災害現場室内の養成シートについて	災害現場での室内汚損防止及び玄関スペースの確保、更には活動効率の向上を目的とする養成シートの作成。	秀賞
第540号	誰かの訓練を自分の訓練に	これまで消防職員は地域での防災訓練や幼稚園等での避難訓練など、補助や訓練指導を行ってきたが、これまで実施していたことに加え、生きている会場や建物を借用し実災害に近い状態の現場即応訓練を実施することを提案する。	秀賞
第545号	マグネットシートによるホース管理	車庫空きスペースを利用し、マグネットシートによるホース管理を行うことを提案する。	秀賞
第546号	携帯無線用ベストと防火衣結合カラビナ	携帯型無線装置付属品ベストと防火衣の上着を同時に装着できるよう、小型カラビナを活用することを提案する。	秀賞

表2 職員提案（努力賞）一覧表（平成26年度）

提案番号	提案名
第529号	社会福祉施設を対象とした災害想定ゲームの取組みと手法について
第534号	「子ども安全活動」への取組み
第536号	現場指揮本部の降雨（降雪）対策
第537号	教えて！ファイヤーマン second stage
第538号	災害現場でのヒートストレス対策
第541号	カップリング保護漏水防止器具
第542号	「出勤を要しない勤務日」の活用
第543号	知的財産を活用した収入アップ作戦
第544号	消防署の財産から札幌市消防局の財産へ昇華
第547号	時間外勤務手当等の追給・戻入防止のためのマチガイ事例集～「誰かの失敗」を「自分の（疑似）体験」に～
第548号	水槽車後部席乗降用ステップの改良
第549号	厚別支援工作車車載コンテナの後部面への赤色灯設置について
第550号	厚別支援工作車車載コンテナの冬季路面用ジャッキ敷板の作製について
第552号	スプレーガンを用いた熱中症対策
第553号	火災調査用測定器具「TFSロープ（ <small>けんお</small> 間追いロープ）」について



写真1 審査会（発表審査）の様子



写真2 表彰式の様子

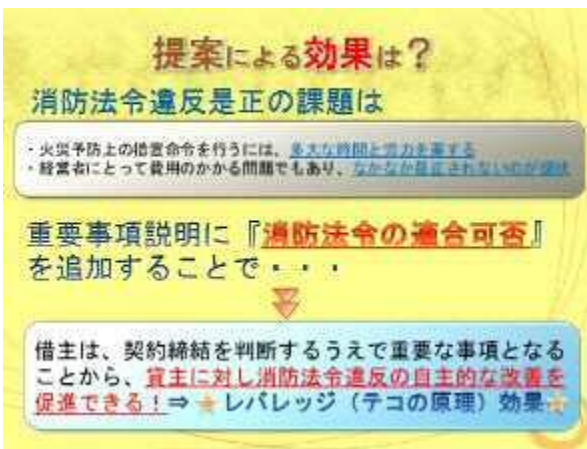


写真3 レバレッジ (テコの原理) を効かせた違反是正の手法について



写真4 空気呼吸器面体用濃煙疑似シートの開発



写真5 プライバシー保護シートの作成について

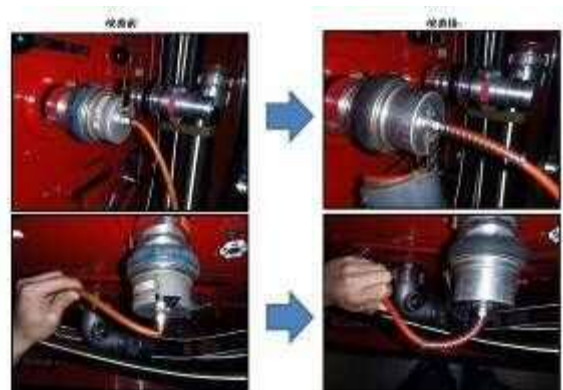


写真6 消火栓排水器具のホース保護



写真7 災害現場室内の養成シートについて1



写真8 災害現場室内の養成シートについて2



写真9 マグネットシートによるホース管理



写真10 携帯無線用ベストと防火衣結合カラビナ

消防科学研究所報

(2014 No. 21)

市政等資料番号	01-N06-15-1999
---------	----------------

平成 27 年 2 月発行

編集・発行 札幌市消防科学研究所

〒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
