

消防科学研究所報

REPORT OF FIRE SCIENCE LABORATORY



2015 No. 22

SAPPORO FIRE SCIENCE LABORATORY

札幌市消防局消防科学研究所

目 次

【業務実績】

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

【研究・開発】

○圧縮空気発泡装置（CAFS）に関する基礎実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10

○小屋裏への延焼防止効果に関する実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 24

○PPVに関する基礎実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 42

○壁体内部の延焼に関する実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 54

○静脈路確保用上肢固定器具の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 72

○防火手袋の熱伝導性等に関する検証・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 77

○検証現場における灯油成分等の効果的な検出方法について（その2）・・・・・・・・・・・・ 95

【情報提供】

○平成27年度における札幌市消防職員提案審査会の実施状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 104

業務実績

札幌市消防局消防科学研究所の業務について

1 はじめに

札幌市消防局消防科学研究所では、「札幌市消防局消防科学研究所事務処理要綱」に基づき、各種研究業務をはじめ、燃焼実験、成分鑑定、危険物確認試験、災害現場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

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

9 消防科学に関する情報発信

研究結果について、札幌市ホームページへの掲載や消防科学研究所報の発行

等を通じ、科学的な知識や知見に関する情報を適宜発信している。

表 1 業務実績表（平成 27 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
29	20	1	23	9 (270)	16 (465)	33	11 (603)

※ 1 単位：件

※ 2 () 内は対象者の人数

表 2 主な研究装置・機器一覧表（平成 28 年 3 月 31 日現在）

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

表3 研究実績表

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

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

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件数
平成 13 年度	No. 9	燃 焼	爆風から受ける消防被服内部の衝撃及び温度に関する実験的研究	橋本 好弘	10
		開 発	降雪時の消火栓除雪対策用機器(遠赤外線面状発熱体)に関する研究	菅原 法之	
			高規格救急車の振動実験	橋本 好弘	
			危険物施設内における返油システムに関する研究	菅原 法之	
			寒冷地型建物燃焼時における燃焼生成ガス等の測定及び危険性の把握に関する研究	溜 真紀子	
		鑑 定	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	
			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	
		安 全	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	
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	花藪 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	花藪 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	花藪 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	1 1
			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)	
		情 報		ガソリンに対する鉍物油洗浄剤及び油処理剤使用時の危険性	
			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	
		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	
		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 涉	8
			安 全	有酸素運動・無酸素運動に関する実験	
		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	
		硫化水素の発生除害について		高橋 涉	
		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 博信 吉永 直樹	
		安 全	ブロアー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	1 1
			グラスウールの熱伝導性に関する実験	橋田 宏一 源 徹	
		開 発	検証現場における灯油成分等の効果的な検出方法について	橋本 慎也	
		安 全	長期保管された除染液の次亜塩素酸ナトリウム濃度について	橋本 慎也	
			車両金属部の腐食に関する研究について	宮下 典之	
		鑑 定	火災原因調査時に使用する検知管の性能比較について	橋本 慎也	
		情 報	実火災型訓練施設の改良について	宮下 典之	
			消火器用自動点灯ライトの開発について	宮下 典之	
			GC及びGC-MSへの高速高分離キャピラリカラムの導入について	橋本 慎也	
			研修におけるバックドラフト・フラッシュオーバー現象の展示について	橋田 宏一	
			平成26年度における札幌市消防職員提案審査会の実施状況	橋田 宏一	
平成 27 年度	No. 22	燃 焼	圧縮空気発泡装置（CAFS）に関する基礎実験について	橋田 宏一	8
			小屋裏への延焼防止効果に関する実験について	橋田 宏一	
			PPVに関する基礎実験について	橋本 慎也	
			壁体内部の延焼に関する実験について	伊藤 潤 橋田 宏一	
		開 発	静脈路確保用上肢固定器具の開発について	高塚 浩平	
		安 全	防火手袋の熱伝導性等に関する検証について	橋田 宏一 高塚 浩平	
		鑑 定	検証現場における灯油成分等の効果的な検出方法について（その2）	橋本 慎也	
		情 報	平成27年度における札幌市消防職員提案審査会の実施状況	高塚 浩平	

研究・開発

圧縮空気発泡装置（CAFS）に関する基礎実験

（消泡性、凍結性、付着性、浸潤性について）

札幌市消防局消防科学研究所 橋田 宏一

1 はじめに

「CAFS」とは、圧縮空気発泡装置（Compressed Air Foam Systems）のことで、装置内で水と泡薬剤を混合した泡溶液に圧縮空気を注入し、生成した泡を送水するものであり、消火水量の節約、消火効率向上、水損防止などが期待できるといわれている。

当市消防局では、平成21年度から導入しているクラスA消火剤の混合放射に加えて、平成26年度にCAFS装置搭載水槽車1台を導入し、より消火効率の高いCAFSによる泡消火戦術について検証をすすめている。

本実験は、CAFSを用いて放出した泡（以下「CAFS泡」という。）の性質について理解し、今後の運用への活用を目的として、CAFS泡の性状について検証した。

2 実験日時等

日時：平成27年7月8日（水）～平成27年9月9日（水）

場所：札幌市消防学校消防科学研究所 開発実験室及び分析測定室

設備：低温実験ユニット（分析測定室内設置：写真1参照）、恒温恒湿ユニット（開発実験室内設置：写真2参照）

3 検証項目

当市消防局で導入しているCAFS搭載車両から放出したクラスA消火薬剤混合（消火剤濃度0.3%）のウェット泡（発泡倍率10倍）及びドライ泡（発泡倍率20倍）について、消泡性、凍結性、付着性及び浸潤性の検証を行った。

また、水道水（以下「水」という。）及び消火剤濃度0.1%のクラスA消火薬剤混合水（以下「クラスA混合水」という）との比較を併せて行った。

今回の各実験におけるCAFS泡、水及びクラスA混合水の使用量は体積を基準とした。

4 実験1 CAFS泡の消泡性及び凍結性

(1) 実験方法

ウェット泡及びドライ泡、それぞれ500mlをポリエチレン製ビーカーに入れて高さ60cmの台の上に静置し、一定時間毎に泡面の高さや流動性などの観測を行い、消泡性及び凍結性を確認した。

ウェット泡及びドライ泡の消泡性及び凍結性については、環境温度は -20°C 、 -10°C 、 $+10^{\circ}\text{C}$ 、 $+20^{\circ}\text{C}$ 、 $+40^{\circ}\text{C}$ 、 $+60^{\circ}\text{C}$ で実施した。

水及びクラスA混合水については凍結性のみを確認することとし、それぞれ500mlをポリエチレン製ビーカーに入れて高さ60cmの台の上に静置し、流動性などを観測し凍結性を確認した。

水及びクラスA混合水の凍結性については 0°C を越える環境では凍結などが無いことから、環境温度 -20°C 及び -10°C で検証した。

本実験では、消泡性及び凍結性に対する温度の影響に着目したことから湿度の影響は無視した。

観測・測定については実験開始時、30分経過後、1時間経過後、2時間経過後、3時間経過後、6時間経過後、9時間経過後、24時間経過後に行い、状態変化が見られなくなった場合は途中で

観測を中断した。

なお、CAFS 泡の凍結性については、開始から 5 分経過まで随時観察した。

環境温度 -20°C 及び -10°C の検証は低温実験ユニット内で実施した。

環境温度 $+10^{\circ}\text{C}$ 、 $+20^{\circ}\text{C}$ 、 $+40^{\circ}\text{C}$ 及び $+60^{\circ}\text{C}$ の検証は恒温恒湿ユニット内で実施した。

実験設定について、表 1 に示す。



写真 1 低温実験ユニット



写真 2 恒温恒湿ユニット

表 1 実験 1 設定項目一覧

実験番号	環境温度	試料	測定時間
実験 1-1	$+60^{\circ}\text{C}$	<ul style="list-style-type: none"> ウェット泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 10 倍) ドライ泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 20 倍) 	1 時間
実験 1-2	$+40^{\circ}\text{C}$	<ul style="list-style-type: none"> ウェット泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 10 倍) ドライ泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 20 倍) 	3 時間
実験 1-3	$+20^{\circ}\text{C}$	<ul style="list-style-type: none"> ウェット泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 10 倍) ドライ泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 20 倍) 	3 時間
実験 1-4	$+10^{\circ}\text{C}$	<ul style="list-style-type: none"> ウェット泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 10 倍) ドライ泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 20 倍) 	24 時間
実験 1-5	-10°C	<ul style="list-style-type: none"> ウェット泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 10 倍) ドライ泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 20 倍) 水 クラスA混合水 (消火剤濃度 0.1%) 	24 時間
実験 1-6	-20°C	<ul style="list-style-type: none"> ウェット泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 10 倍) ドライ泡 (クラスA消火剤濃度 0.3%、発泡倍率 20 倍) 水 クラスA混合水 (消火剤濃度 0.1%) 	6 時間

(2) 実験結果

ア 実験 1-1 (環境温度+60℃)

ウェット泡、ドライ泡について1時間後までの状態変化等を目視で観察した。

ウェット泡、ドライ泡共に実験開始からの時間経過に伴い泡面が低下した。

ウェット泡は30分経過以降、ビーカー底面に液体が貯留した状態となり、1時間経過後に泡が完全に消失した。

ドライ泡は1時間経過時、泡が完全に消失しビーカー内は乾燥した状態となった。

実験 1-1 の結果を表 2 に示す。

表 2 実験 1-1 結果

経過時間	ウェット泡		ドライ泡	
	泡面高 (mm)	状態	泡面高 (mm)	状態
開始時	90	—	90	—
30分	35	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	15	—
1時間	0	泡が完全に消失し、ビーカー 底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	0	泡が完全に消失し、ビーカー内は 乾燥。

イ 実験 1-2 (環境温度+40℃)

ウェット泡、ドライ泡について3時間後までの状態変化等を目視で観察した。

ウェット泡、ドライ泡共に実験開始からの時間経過に伴い泡面が低下した。

ウェット泡は30分経過以降、ビーカー底面に液体が貯留した状態となり、2時間経過後に泡が完全に消失した。

ドライ泡は2時間経過後、泡が完全に消失しビーカー内は乾燥した状態となった。

実験 1-2 の結果を表 3 に示す。

表 3 実験 1-2 結果

経過時間	ウェット泡		ドライ泡	
	泡面高 (mm)	状態	泡面高 (mm)	状態
開始時	90	—	90	—
30分	60	液面低下。	40	—
1時間	30	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	20	—
2時間	0	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	0	泡が完全に消失し、ビーカー内は 乾燥。
3時間	0	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	0	泡が完全に消失し、ビーカー内は 乾燥。

ウ 実験 1-3 (環境温度+20℃ : 写真 3、写真 4 参照)

ウェット泡及びドライ泡について 3 時間後まで状態変化等を目視で観察した。

ウェット泡、ドライ泡共に実験開始からの時間経過に伴い泡面が低下した。

ウェット泡は 30 分経過以降、ビーカー底面に液体が貯留した状態となり、2 時間経過後に泡が完全に消失した。

ドライ泡は 3 時間経過時、泡が完全に消失しビーカー内は乾燥した状態となった。

実験 1-3 の結果を表 4 に示す。

表 4 実験 1-3 結果

経過時間	ウェット泡		ドライ泡	
	泡面高 (mm)	状態	泡面高 (mm)	状態
開始時	90	—	90	—
30 分	40	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 8 mm)	30	—
1 時間	30	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	15	—
2 時間	0	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	10	—
3 時間	0	泡が完全に消失し、ビーカー 底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	0	泡が完全に消失し、ビーカー内は 乾燥。

エ 実験 1-4 (環境温度+10℃)

ウェット泡及びドライ泡について 24 時間後まで状態変化等を目視で観察した。

ウェット泡、ドライ泡共に実験開始からの時間経過に伴い泡面が低下した。

ウェット泡は 2 時間経過以降、ビーカー底面に液体が貯留した状態となった。

ドライ泡は 6 時間経過時、ドライ泡は完全に消失しビーカー内は乾燥した状態となった。

実験 1-4 の結果を表 5 に示す。

表 5 実験 1-4 結果

経過時間	ウェット泡		ドライ泡	
	泡面高 (mm)	状態	泡面高 (mm)	状態
開始時	90	—	90	—
30 分	80	—	80	—
1 時間	70	—	50	—
2 時間	65	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	40	—
3 時間	55	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	25	—
6 時間	35	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	0	泡が完全に消失し、ビーカー内は乾燥。
9 時間	30	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	0	泡が完全に消失し、ビーカー内は乾燥。
24 時間	30	ビーカー底面に液体が貯留。 (液面高 10 mm)	0	泡が完全に消失し、ビーカー内は乾燥。

オ 実験 1-5（環境温度-10℃：写真 5、写真 6 参照）

ウェット泡、ドライ泡、水及びクラスA混合水について 24 時間後まで状態変化等を観察した。

ウェット泡、ドライ泡共に実験開始からの時間経過に伴い泡面が低下した。

ウェット泡、ドライ泡共に 5 分経過以降、凍結し流動性がない状態となった。

水道水及びクラスA混合水は 2 時間経過後から凍結が始まり、3 時間経過後に外側凍結し流動性が失われた、24 時間経過後、全体が完全に凍結した。

水及びクラスA混合水は実験終了まで、液面高の変化は見られなかった。

実験 1-5 の結果を表 6 に示す。

表 6 実験 1-5 結果

経過時間	ウェット泡		ドライ泡		水	クラスA 混合水
	泡面高 (mm)	状態	泡面高 (mm)	状態	状態	状態
開始時	90	—	90	—	—	—
5 分	90	凍結、流動性なし	90	凍結、流動性なし	変化なし	変化なし
30 分	85	凍結、流動性なし	80	凍結、流動性なし	変化なし	変化なし
1 時間	85	凍結、流動性なし	75	凍結、流動性なし	変化なし	変化なし
2 時間	85	凍結、流動性なし	75	凍結、流動性なし	上部表面に薄い氷	上部表面に薄い氷
3 時間	85	凍結、流動性なし	70	凍結、流動性なし	外側凍結、内部液状、流動性なし	外側凍結、内部液状、流動性なし
6 時間	75	凍結、流動性なし	55	凍結、流動性なし	外側凍結、内部液状、流動性なし	外側凍結、内部液状、流動性なし
9 時間	75	凍結、流動性なし	55	凍結、流動性なし	外側凍結、内部液状、流動性なし	外側凍結、内部液状、流動性なし
24 時間	45	凍結、流動性なし	20	凍結、流動性なし	全体が完全に凍結	全体が完全に凍結

※ 水道水及びクラスA消火剤混合水は液面高の変化なし。

カ 実験 1-6 (環境温度 -20℃)

ウェット泡、ドライ泡、水及びクラスA混合水について6時間後まで状態変化等を観察した。
全ての試料で泡面高及び液面高の変化は認められなかった。

ウェット泡、ドライ泡共に3分経過以降、凍結し流動性がない状態となった。

水及びクラスA混合水は1時間経過後から凍結が始まり、2時間経過後に外側凍結し流動性が失われた、6時間経過後に全体が完全に凍結した。

実験 1-6 の結果を表 7 に示す。

表 7 実験 1-6 結果

経過時間	ウェット泡	ドライ泡	水道水	クラスA消火剤混合水
3分	凍結、流動性なし	凍結、流動性なし	変化なし	変化なし
30分	凍結、流動性なし	凍結、流動性なし	変化なし	変化なし
1時間	凍結、流動性なし	凍結、流動性なし	上部表面に薄い氷	上部表面に薄い氷
2時間	凍結、流動性なし	凍結、流動性なし	外側凍結、内部液状、流動性なし	外側凍結、内部液状、流動性なし
3時間	凍結、流動性なし	凍結、流動性なし	外側凍結、内部液状、流動性なし	外側凍結、内部液状、流動性なし
6時間	凍結、流動性なし	凍結、流動性なし	全体が完全に凍結	全体が完全に凍結

※全ての試料について泡面高及び液面高の変化なし。



写真 3 実験 1 実施状況 (実験 1-3)



写真 4 実験 1 実施状況 (実験 1-3)



写真 5 実験 1 実施状況 (実験 1-5)

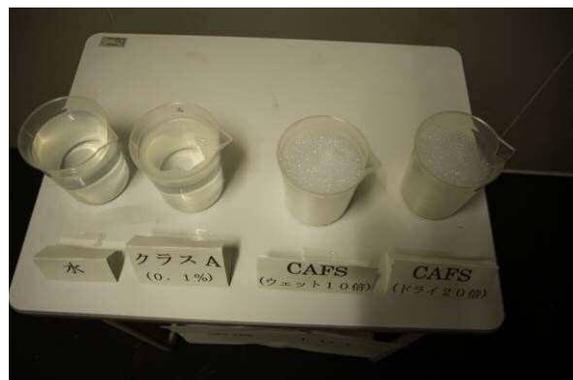


写真 6 実験 1 実施状況 (実験 1-5)

(3) 実験 1 結果まとめ

環境温度 -20°C では、実験開始から 6 時間後まで、ウェット泡及びドライ泡の消泡は認められなかった。

環境温度 -10°C から $+60^{\circ}\text{C}$ において、ウェット泡及びドライ泡は時間経過とともに消泡し、温度が高くなるにつれて消泡時間が早くなる傾向が認められた。

環境温度 -20°C で、ウェット泡及びドライ泡は実験開始から 3 分後、水及びクラス A 混合水は 2 時間で凍結し流動性を失った。

環境温度 -10°C で、ウェット泡及びドライ泡は実験開始から 5 分、水及びクラス A 混合水は 3 時間で凍結し流動性を失った。

実験結果を図 1、図 2 及び表 8 に示す。

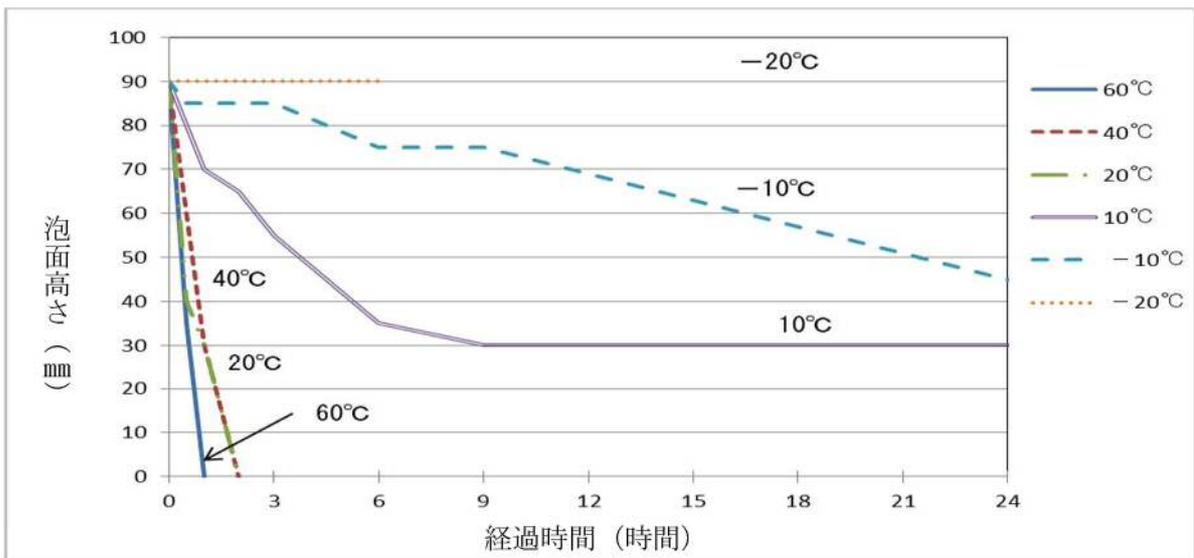


図 1 ウェット泡の泡面高さと同時間経過

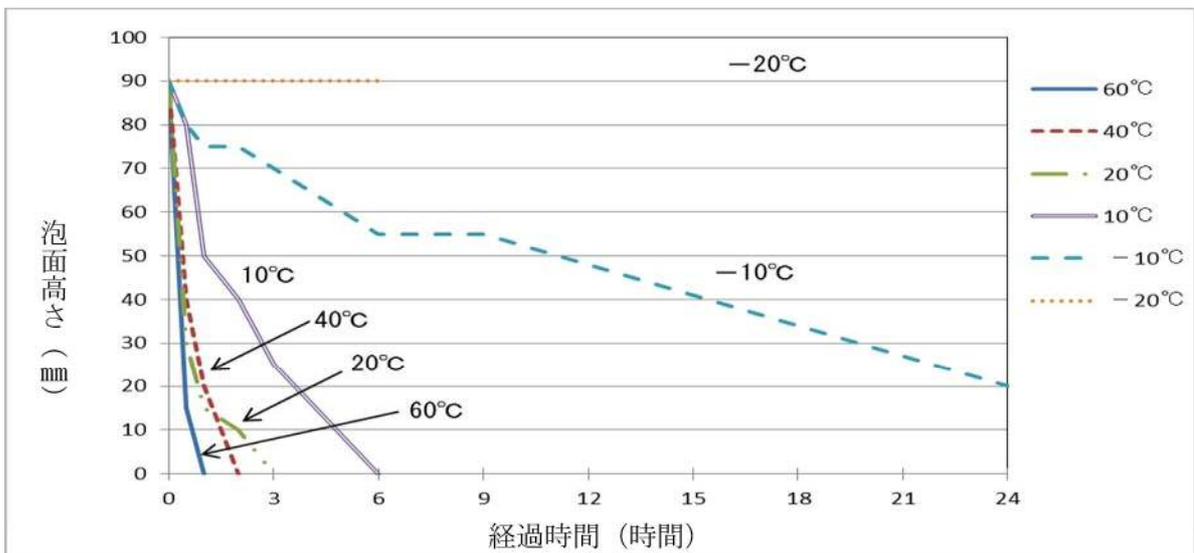


図 2 ドライ泡の泡面高さと同時間経過

表 8 CAFS 泡等が凍結した時間 (流動性が失われた時間)

	水	クラス A 混合水	ウェット泡	ドライ泡
-10°C	3 時間	3 時間	5 分	5 分
-20°C	2 時間	2 時間	3 分	3 分

5 実験2 CAFS 泡の付着性 (写真7～写真14 参照)

(1) 実験方法

常温下で、水平に設置した10cm×10cmの木製合板（コンクリート型枠用合板）及び10cm×10cmのステンレス板へウェット泡、ドライ泡、水及びクラスA混合水それぞれ10mℓを付着させた後、板を計量機上に垂直に静置し、一定時間毎に板重量を測定した結果から泡の付着率を算出した。測定は、実験開始時、1分後、2分後、3分後、4分後、5分後、10分後、20分後に行った。

$$(\text{付着率}) = \frac{(\text{測定時に付着している泡等の重量})}{(\text{実験開始時に付着させた泡等の重量})} \times 100$$

(2) 実験結果

木製合板に対する付着率については、ドライ泡が最も高く、実験開始20分後の付着率はドライ泡73%、クラスA混合水18%、ウェット泡3%、水3%であった。

ステンレス版に対する付着率は、1分後に全ての試料が30%以下となった。

木製合板及びステンレス板に対しする付着率は、ウェット泡、ドライ泡及びクラスA混合水の方が水よりも高くなる傾向が認められた。

実験結果を表9～表16及び図3、4に示す。

表9 木製合板に対するウェット泡の付着率測定結果

静置時間(分)	0	1	2	3	4	5	10	20
ウェット泡の付着重量(g)	1.67	0.33	0.26	0.25	0.25	0.23	0.11	0.05
付着率(%)	100	19.76	15.56	14.97	14.97	13.77	6.59	2.99

表10 木製合板に対するドライ泡の付着率測定結果

静置時間(分)	0	1	2	3	4	5	10	20
ドライ泡の付着重量(g)	0.45	0.39	0.39	0.39	0.38	0.37	0.36	0.33
付着率(%)	100	86.67	86.67	86.67	84.44	82.22	80.00	73.33

表11 木製合板に対する水の付着率測定結果

静置時間(分)	0	1	2	3	4	5	10	20
水の付着重量(g)	9.98	0.31	0.29	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26
付着率(%)	100	3.11	2.91	2.81	2.71	2.71	2.71	2.61

表12 木製合板に対するクラスA混合水の付着率測定結果

静置時間(分)	0	1	2	3	4	5	10	20
クラスA混合水の付着重量(g)	10.23	2.39	2.32	2.25	2.21	2.17	2.05	1.81
付着率(%)	100	23.36	22.68	21.99	21.60	21.21	20.04	17.69

表13 ステンレス板に対するウェット泡の付着率測定結果

静置時間(分)	0	1	2	3	4	5	10	20
ウェット泡の付着重量(g)	1.29	0.29	0.17	0.15	0.14	0.10	0.10	0.10
付着率(%)	100	22.48	13.18	11.63	10.85	7.75	7.75	7.75

表 14 ステンレス板に対するドライ泡の付着率測定結果

静置時間(分)	0	1	2	3	4	5	10	20
泡の付着重量(g)	0.5	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02
付着率(%)	100	10.00	8.00	8.00	8.00	8.00	6.00	4.00

表 15 ステンレス板に対する水の付着率測定結果

静置時間(分)	0	1	2	3	4	5	10	20
水の付着重量(g)	9.86	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
付着率(%)	100	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

表 16 ステンレス板に対するクラスA混合水の付着率測定結果

静置時間(分)	0	1	2	3	4	5	10	20
クラスA混合水付着重量(g)	9.94	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.10
付着率(%)	100	1.71	1.61	1.51	1.51	1.41	1.31	1.01

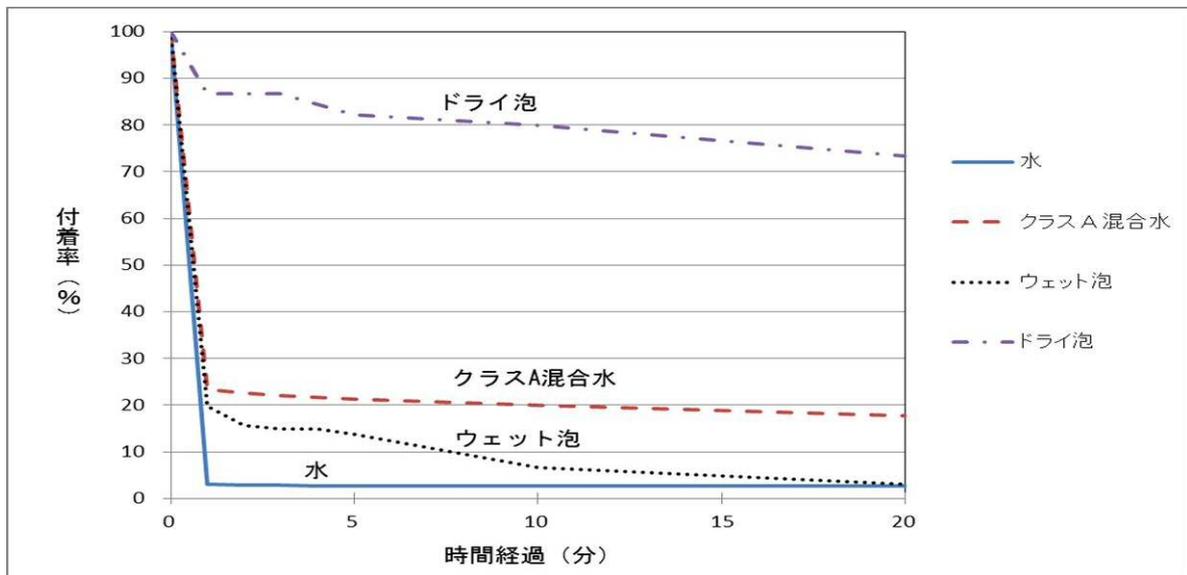


図 3 木製合板に対する付着率と時間経過

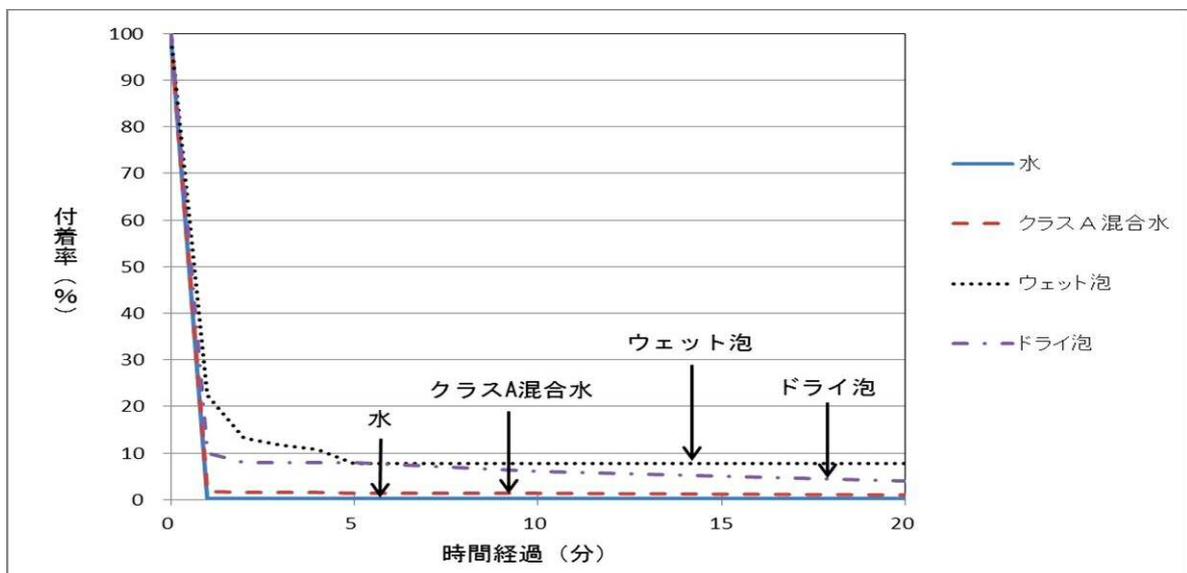


図 4 ステンレス板に対する付着率と時間経過



写真7 木製合板及びステンレス板 (実験2)



写真8 実験2に使用した計量機



写真9 木製合板ウェット泡付着状況(実験2)



写真10 実験2状況(木製合板-ウェット泡)



写真11 実験2状況(木製合板-ドライ泡)



写真12 実験2状況(木製合板-水)

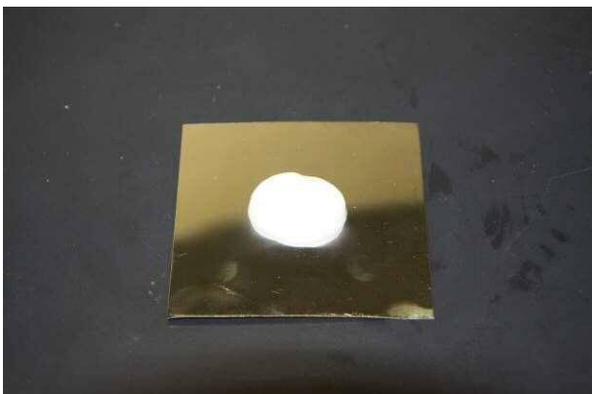


写真13 ステンレス板ウェット泡付着状況(実験2)



写真14 実験2状況(ステンレス板-ウェット泡)

6 実験3 CAFS 泡の浸潤性 (写真 15～写真 18 参照)

(1) 実験方法

常温下で、水平に設置した 10cm×10 cm の木製合板に対してウェット泡、ドライ泡 10ml をそれぞれ付着させ、一定時間静置後、板表面の泡をゴム製のヘラなどで除去してから板重量を測定し、泡等付着前の板重量との差から浸潤した重量を求め、浸潤率を算出した。

ウェット泡及びドライ泡それぞれについて 7 個の木製合板を用意し、静置時間は 1 分、2 分、3 分、4 分、5 分、10 分、20 分の浸潤率を測定した。

また、比較のため水 10ml 及びクラス A 混合水 3ml、それぞれで同様の実験を行った。

クラス A 混合水は、表面張力が低く、10ml では板上からこぼれ落ちるため 3ml とした。

$$\text{(浸潤率)} = \frac{\text{(浸潤した泡等の量)}}{\text{(実験開始時に付着させた泡等の重量)}} \times 100$$

(2) 実験結果

木製合板に対する浸潤率は、ウェット泡、ドライ泡ともに 4 分以降はほぼ一定になり、ウェット泡は 85% 程度、ドライ泡は 95% 程度であった。

水は 20 分で 13%、クラス A 混合水は 3 分以降で 100% となった。

木製合板に対する浸潤率は、ウェット泡、ドライ泡及びクラス A 混合水の方が水よりも高くなる傾向が認められた。

実験結果を表 17～表 20 及び図 5 に示す。

表 17 木製合板に対するウェット泡の浸潤率測定結果

静置時間(分)	1	2	3	5	10	20
実験開始時に付着させたウェット泡の重量(g)	0.93	0.98	1.01	0.98	1.01	1.01
浸潤した泡の量(g)	0.6	0.67	0.87	0.75	0.85	0.86
付着率(%)	64.52	68.37	86.14	76.53	84.16	85.15

表 18 木製合板に対するドライ泡の浸潤率測定結果

静置時間(分)	1	2	3	5	10	20
実験開始時に付着させたドライ泡の重量(g)	0.51	0.51	0.55	0.45	0.43	0.42
浸潤した泡の量(g)	0.32	0.20	0.54	0.44	0.41	0.40
付着率(%)	62.76	39.22	98.18	97.78	95.35	95.24

表 19 木製合板に対する水の浸潤率測定結果

静置時間(分)	1	2	3	5	10	20
実験開始時に付着させた水の重量(g)	9.81	9.98	10.25	10.21	10.07	10.28
浸潤した水の量(g)	0.34	0.37	0.36	0.64	0.67	1.35
付着率(%)	3.47	3.71	3.51	6.27	6.65	13.13

表 20 木製合板に対するクラスA混合水の付着率測定結果

静置時間(分)	1	2	3	5	10	20
実験開始時に付着させた クラスA混合水の重量(g)	3.40	3.32				
浸潤したクラスA混合水の量(g)	1.71	3.32				
付着率(%)	50.29	100				

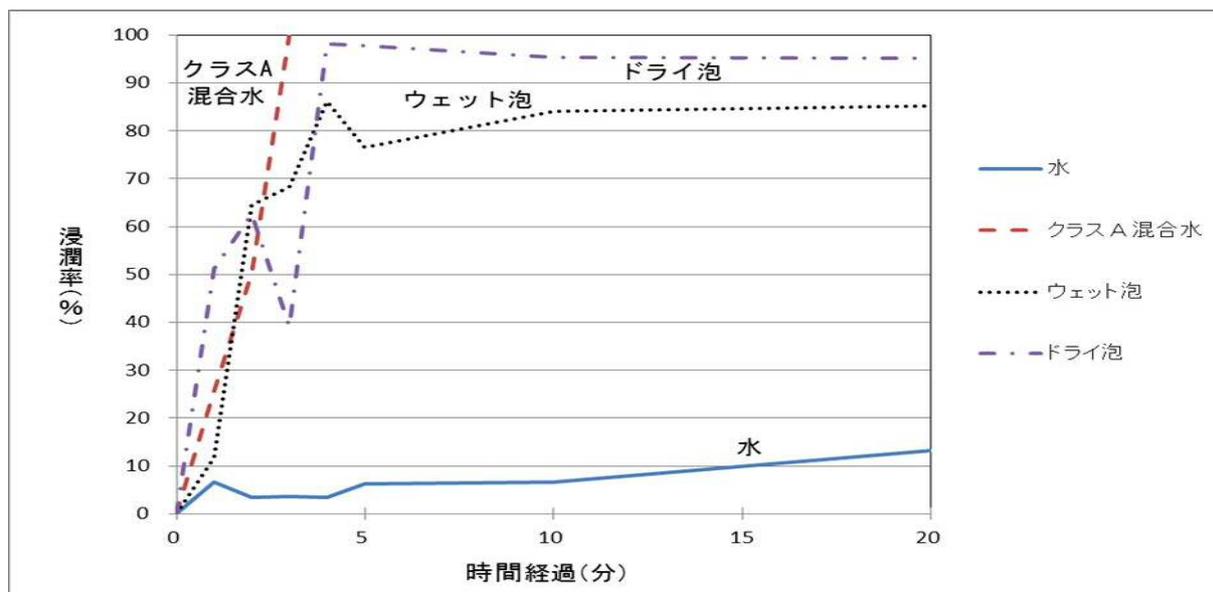


図 5 木製合板に対する浸潤率と時間経過

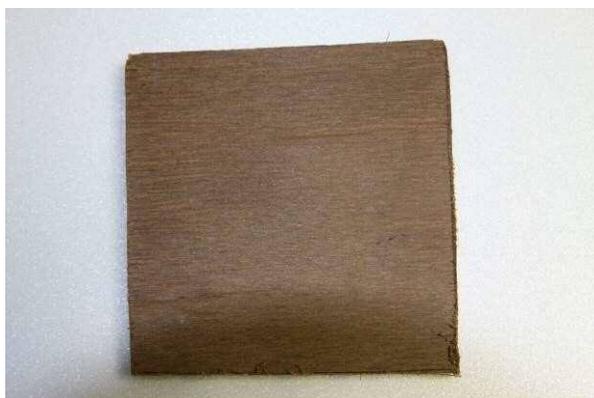


写真 15 実験 3 に使用した木製合板



写真 16 板重量測定状況 (実験 3)



写真 17 CAFS 泡付着状況（実験 3）



写真 18 CAFS 泡除去後の状況（実験 3）

7 まとめ

今回の実験で得られた、CAFS 泡は水に比べて付着性及び浸潤性が高いという結果から、火災現場では延焼防止効果が期待される場所である。

しかし、CAFS 泡は時間経過とともに消泡し、環境温度が高くなるにつれて消泡が早まる傾向があることから、延焼防止を目的とした使用では断続的な泡放射を考慮する必要がある。

また、氷点下では CAFS 泡は水やクラス A 混合水に比べて短時間で凍結するというデータが得られたことから、氷点下の災害現場ではホース内部での凍結等に注意する必要がある。

今回は検証結果から、CAFS 泡について一定のメリット及びデメリットが予想される場所であるが、実験室レベルでの基礎的データであり、実災害における運用では建物構造や水利状況など様々な要因を考慮した上での使用が求められることから、CAFS の有効活用については更なるデータの蓄積が必要であると考えられる。

小屋裏への延焼防止効果に関する実験

(C A F S、クラス A 消火剤混合水、水の比較)

札幌市消防局消防科学研究所 橋田 宏一

1 目的

火災現場において、室内や外壁などが延焼する場合は目視で確認し危険性を把握し延焼防止を図ることができるが、壁体内部や小屋裏などへの延焼については外見上から確認が困難な場合があり、特に、建物の壁体内に空気層がある場合、空気層を通じて小屋裏等へ延焼が拡大する可能性が示唆されている^{1) 2)}。

また、現在、消防隊の消火効率向上などを図る方法の1つとして、クラス A 消火薬剤や圧縮空気発泡装置（以下「CAFS」という。）などが知られている。

本検証は、壁体内空気層から小屋裏への延焼時に CAFS を用いて放出した泡、水及びクラス A 消火薬剤混合水、それぞれを放水した場合の延焼防止効果確認を目的として実施した。

2 実験日等

日時：平成 27 年 11 月 11 日（水）、平成 27 年 11 月 13 日（金）

場所：札幌市消防学校 消防科学研究所（燃焼実験室）

3 検証に用いた試験体について

(1) 一般的な住宅の仕様について

国土交通省による「建築着工統計調査報告（平成 26 年度分）」³⁾によると平成 26 年度中の新設住宅について、構造別では木造が 55.2%、非木造が 44.8%であり、工法別では在来工法（プレハブ工法、枠組壁工法以外の工法）が 71.4%、プレハブ工法が 15.9%、枠組壁工法（ツーバイフォー工法）が 12.7%となっている。

また、住宅金融支援機構による「フラット 35 住宅仕様実態調査結果（在来木造工法の戸建住宅）」⁴⁾によると、在来木造工法の戸建住宅に関して、外壁の仕様はサイディング張りが 85.9%であり、壁の断熱材の施工方法は充てん断熱工法が 91.6%、壁の断熱材の種類はグラスウールが 48.7%で最も多く、壁の断熱材をグラスウールとした場合の厚さは 100 mmが最も多く、管柱の寸法は 105 mm×105 mmが 76.8%、壁の構造は 94.1%が通気構法を採用しており、天井または屋根の断熱材施工位置は天井が 69.7%である。

(2) 検証に用いた試験体について

本検証では、前記「(1) 一般的な住宅の仕様について」に示した情報を参考として外壁及び屋根を模した試験体を作成し実験を行った。

試験体の仕様について図 1～図 6 及び表 1 に示す。

図1 試験体概要図

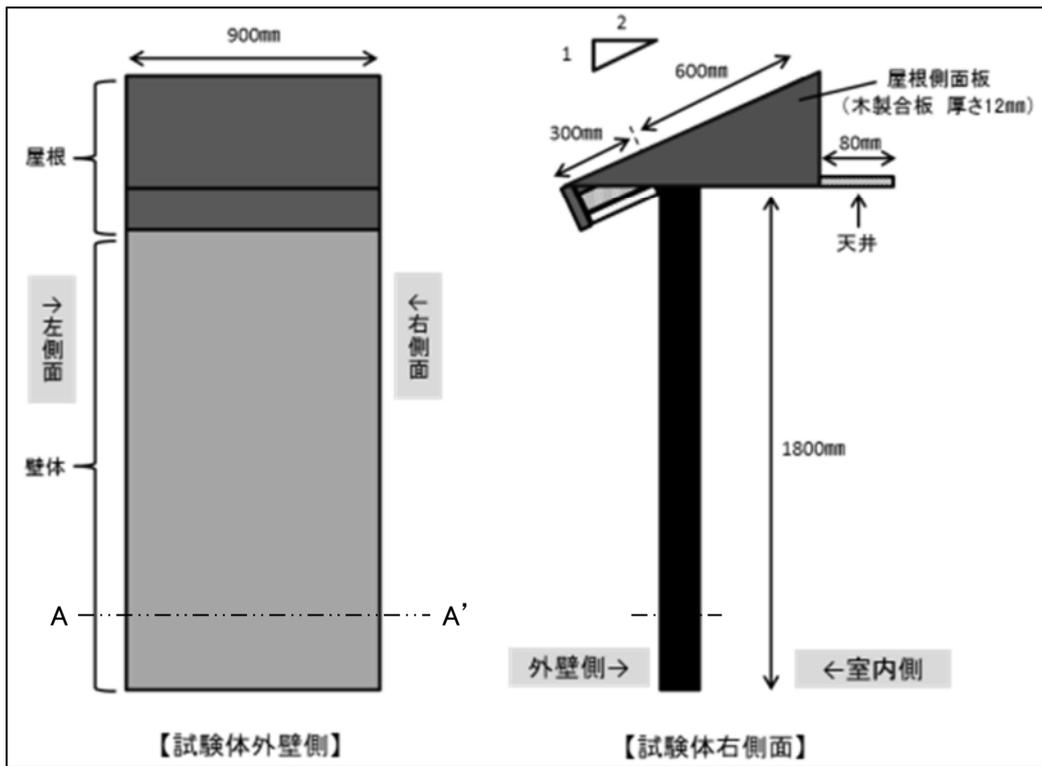


図2 壁体断面図 (図1 A-A' 面)

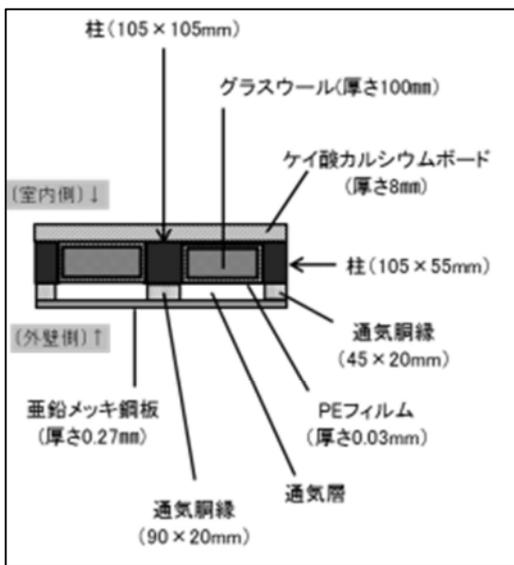


図3 壁体の仕様

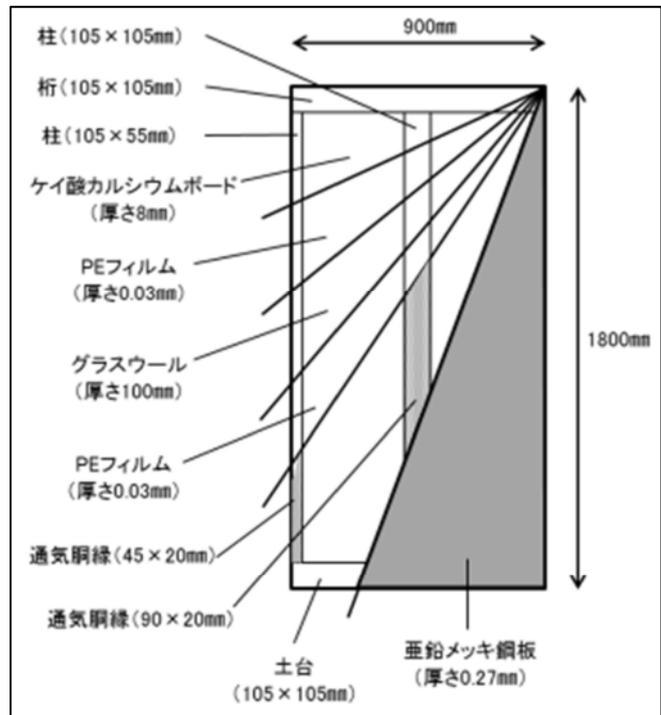


図4 試験体概要図（屋根側面板を取り外した状態）

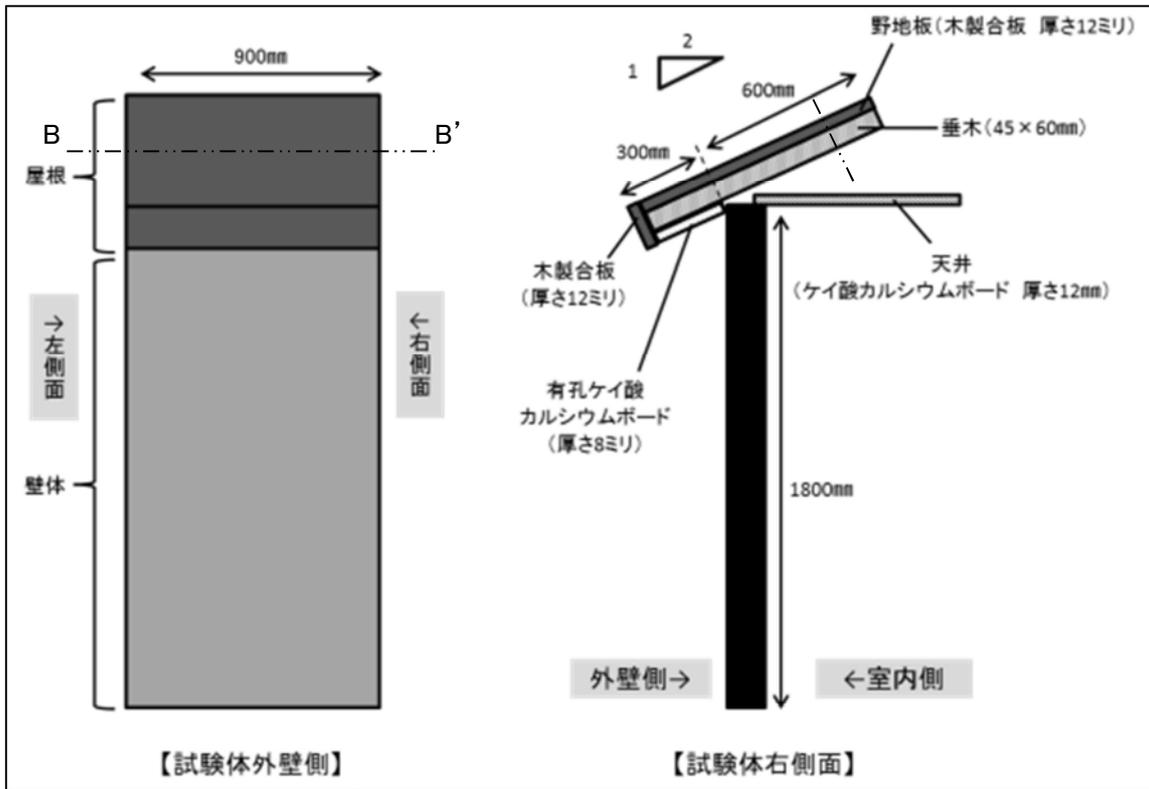


図5 屋根断面図（図4 B-B' 面）

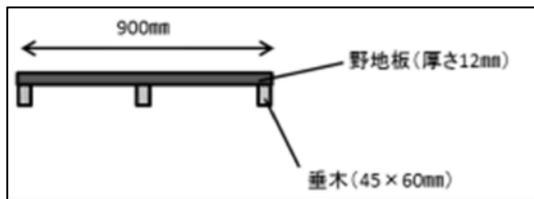


図6 屋根部分概要図（野地板下面）

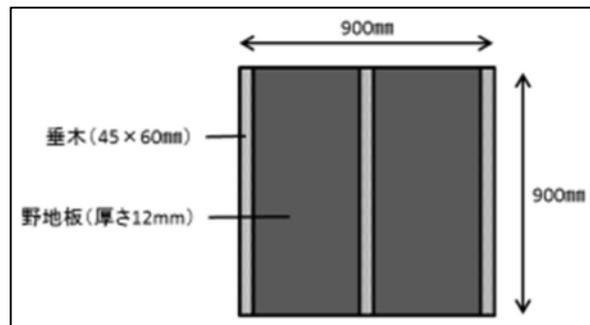


表1 試験体の仕様

部位等	仕様等
工法	木造軸組み 大壁工法 外壁通気工法
断熱材の施工	充てん断熱工法 グラスウール (16 kg/m ³) 使用
柱、桁、土台	ムク トド松材 (105 mm×105 mm) (105 mm×55 mm)
通気胴縁	ムク トド松材 (90 mm×20 mm) (45 mm×20 mm)
外壁	亜鉛メッキ鋼板 (厚さ 0.27 mm)
内装	ケイ酸カルシウムボード (厚さ 8 mm)
天井	ケイ酸カルシウムボード (厚さ 12 mm)
屋根側面板及び野地板	木製合板 (コンクリート型枠用合板) (厚さ 12 mm)
屋根垂木	ムク トド松材 (45 mm×60 mm)

4 実験内容

(1) 実験内容

消火剤を室内側から試験体の野地板下面へ向けて2秒間放水後、壁体外壁側を灯油バーナー（以下「バーナー」とする。）で加熱し、野地板への延焼時間（以下「延焼時間」とする。）を測定した。

延焼時間は、バーナー着火から野地板上端に炎が達するまでの時間とした。

実験概要図を図7、図8、実験設定状況を写真1～写真4に示す。

図7 実験概要図（右側面）

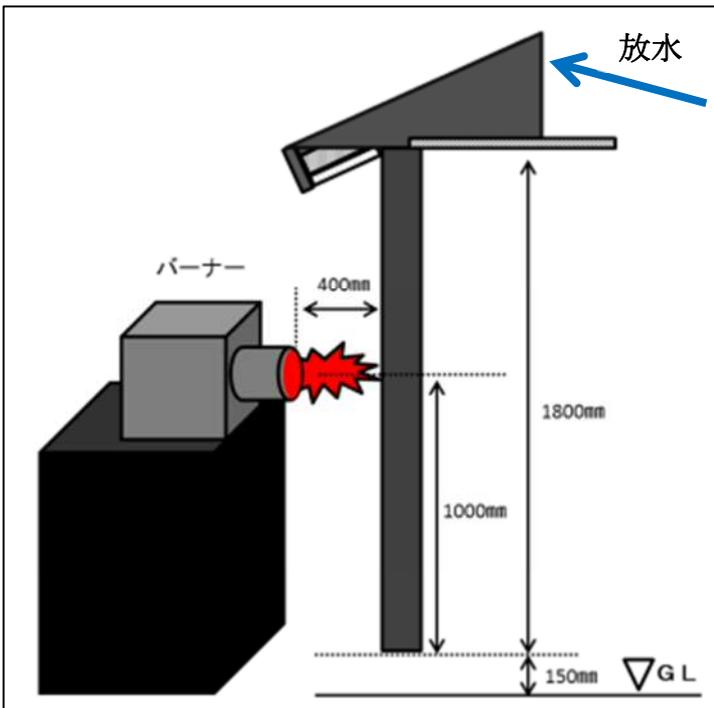


図8 外壁側加熱位置概要図

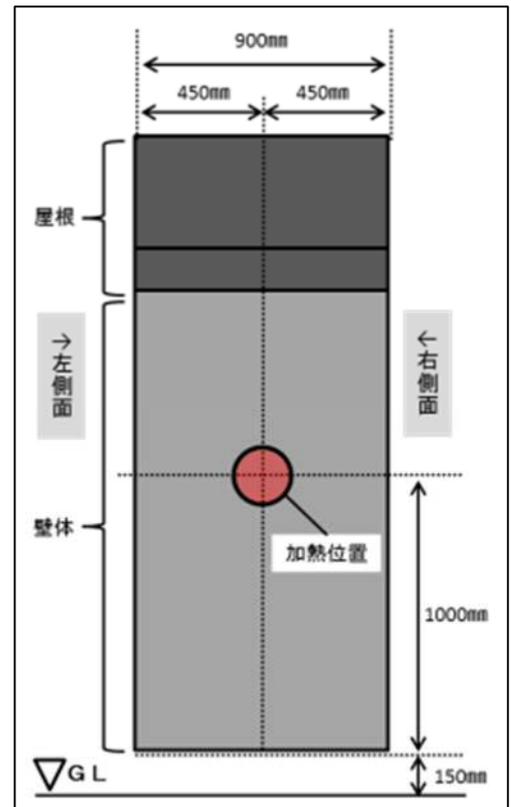


写真1 実験設定状況



写真2 実験設定状況（外壁側）



写真3 実験設定状況（右側面）



写真4 実験設定状況（軒先）

(2) 実験詳細

放水は、CAFS 搭載車両から 50 mmホース 1 本を延長し、ポンプ圧は 0.7MPa で行った。

筒先は株式会社モリタ社製のノズル「エコファイター」を使用し、放水形状は棒状と噴霧状の中間とし、ノズルの流量設定及び切替ノブ設定は表2のとおりとした。

放水に使用した消火剤は CAFS ウェット泡、CAFS ドライ泡、水、クラス A 消火剤混合水の 4 種類とし、それぞれについて実験を行うとともに、比較として放水を行わない場合の延焼時間についても測定した（表2参照）。

加熱については、出力約 102KW のバーナーを使用し（オリンピア工業株式会社製「OLYMPIA OIL BURNER OM-2LWP」を低燃焼設定で使用）、試験体外壁に対して距離 400 mm、高さ 1000 mm の火炎噴出口の位置から外壁中心へ行った（図7、図8参照）。

温度測定については、K 熱電対型温度計を壁体上部及び野地板下面へ図9～図12のとおり合計 18 点（CH1～CH18）設置し、データロガー（グラフテック社製 GL800）で記録を測定した。

壁体通気層内の通気を確保するため、試験体と地面（GL）の間に 150 mm の隙間を設けた状態で実験を行った（図7、図8参照）。

表2 使用した消火剤等

実験番号	放水時間	放水方法	混合物	ノズルの流量設定	ノズルの切替ノブ
実験1	放水なし	-	-	-	-
実験2	2 秒間	CAFS ウェット泡 (発泡倍率 10 倍)	クラス A 消火剤 (薬剤濃度 0.3%)	設定なし	CAFS
実験3		CAFS ドライ泡 (発泡倍率 20 倍)	クラス A 消火剤 (薬剤濃度 0.3%)	設定なし	CAFS
実験4		通常放水	水のみ	毎分 240ℓ	WATER
実験5			クラス A 消火剤 (薬剤濃度 0.3%)	毎分 240ℓ	WATER

図9 温度測定位置図（右側面）

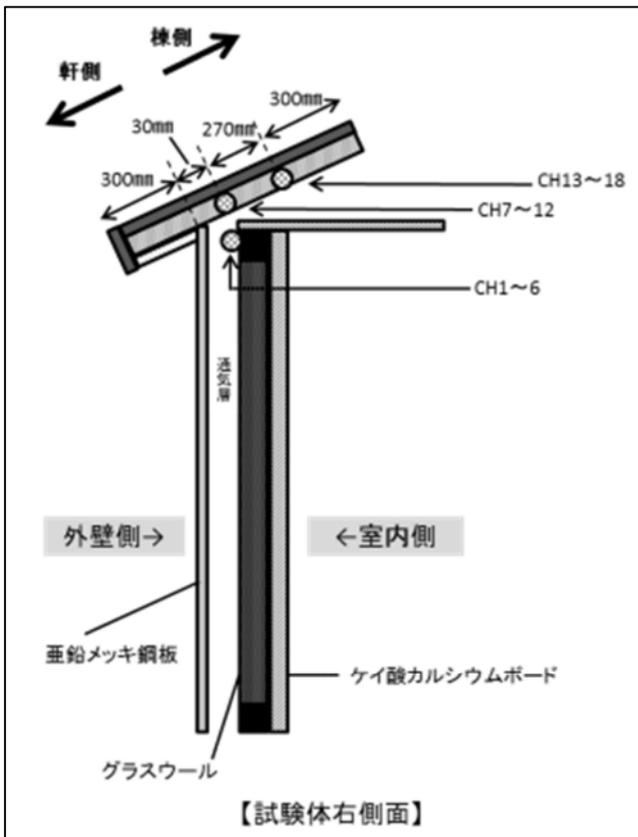


図10 実験概要図（壁体縦断面）

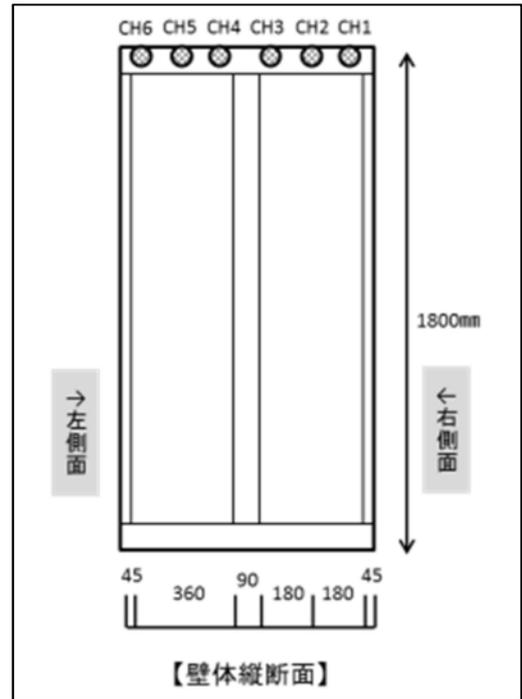


図11 温度測定位置図（屋根断面）

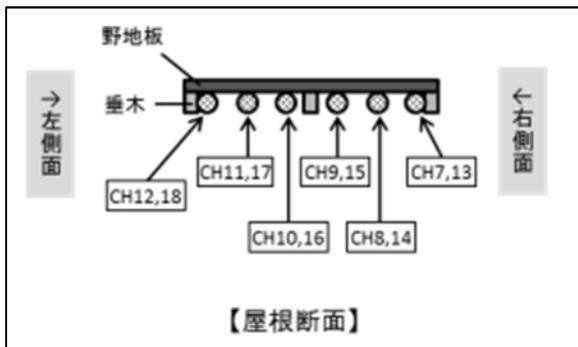


図12 温度測定位置図（野地板下面）

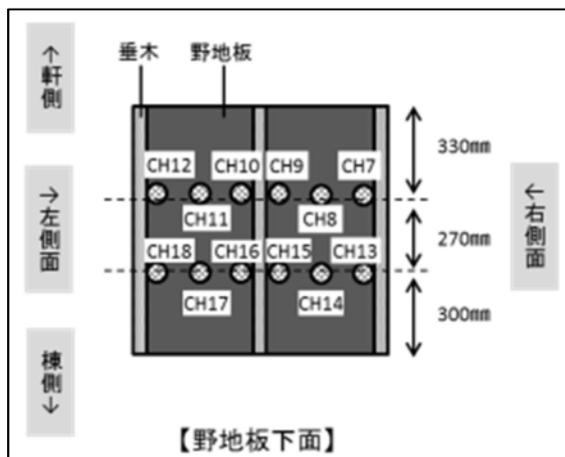


写真5 実験設定状況（室内側）



写真6 K型熱電対温度計設置状況（小屋裏）

5 実験結果

(1) 実験 1 (放水なし)

野地板への延焼時間は1分45秒であった。

実験終了後は、亜鉛メッキ鋼板に変形、及び野地板、垂木、通気胴縁、柱、桁、グラスウールに焼けが認められた（写真7～写真12参照）。



写真7 実験状況（実験1）



写真8 実験状況（実験1）



写真9 野地板延焼状況（実験1）



写真10 実験1終了後の壁体内部（外壁側）

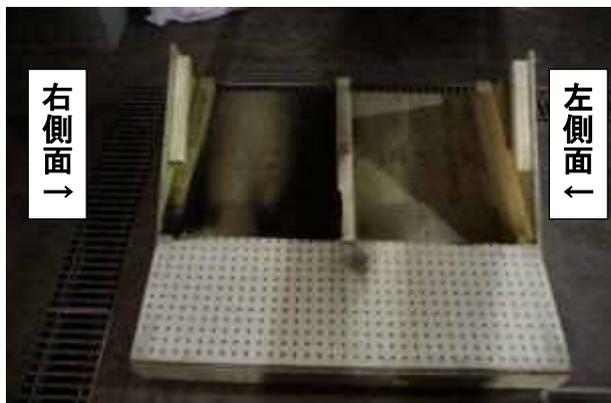


写真11 実験1終了後の野地板下面

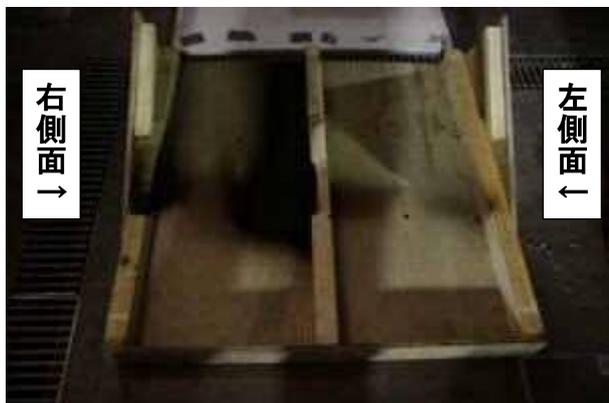


写真12 実験1終了後の野地板下面

(2) 実験 2 (CAFS ウェット泡)

野地板への延焼時間は 5 分 12 秒であった。

小屋裏へ向けて放水した CAFS ウェット泡は、野地板下面に付着するとともに軒先の有孔ケイ酸カルシウムボードを通り抜けて外壁側へ流出したことが目視で認められた。

実験開始時、流出した CAFS ウェット泡で壁体外壁側は濡れている状態であったが、時間経過とともに乾燥した。

実験終了後は、亜鉛メッキ鋼板に変形、及び野地板、垂木、通気胴縁、柱、桁、グラスウールに焼けが認められた (写真 13～写真 24 参照)。



写真 13 放水状況 (実験 2)



写真 14 放水直後の小屋裏 (実験 2)



写真 15 放水直後の軒先 (実験 2)



写真 16 バーナー着火直後の状況 (実験 2)



写真 17 実験状況 (実験 2)



写真 18 野地板延焼状況 (実験 2)



写真 19 実験 2 終了後の壁体内部 (外壁側)



写真 20 実験 2 終了後の壁体内部 (外壁側)

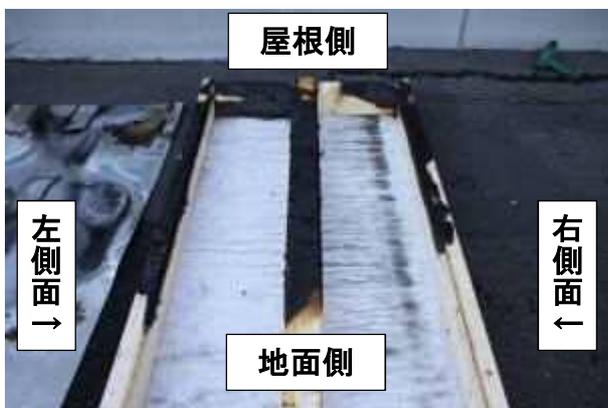


写真 21 実験 2 終了後の壁体内部 (外壁側)



写真 22 実験 2 終了後の壁体内部 (外壁側)



写真 23 実験 2 終了後の壁体内部 (外壁側)



写真 24 実験 2 終了後の野地板下面

(3) 実験 3 (CAFS ドライ泡)

野地板への延焼時間は2分5秒であった。

小屋裏へ向けて放水したCAFSドライ泡は、野地板下面に付着するとともに軒先の有孔ケイ酸カルシウムボードを通り抜けて外壁側へ流出したことが目視で認められた。

実験開始時、流出したCAFSウェット泡で壁体外壁側は濡れている状態であったが、時間経過とともに乾燥した。

実験終了後は、亜鉛メッキ鋼板に変形、及び野地板、垂木、通気胴縁、柱、桁、グラスウールに焼けが認められた(写真25～写真34参照)。



写真 25 放水直後の小屋裏 (実験 3)



写真 26 バーナー着火直後の状況 (実験 3)



写真 27 実験状況 (実験 3)



写真 28 野地板延焼状況 (実験 3)



写真 29 実験 3 終了後（室内側）

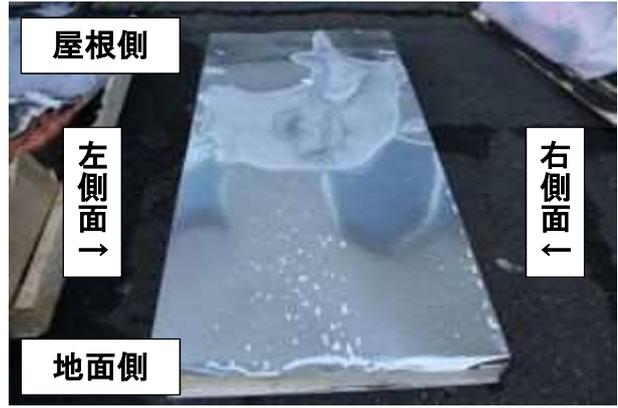


写真 30 実験 3 終了後の壁体（外壁側）



写真 31 実験 3 終了後の壁体内部（外壁側）

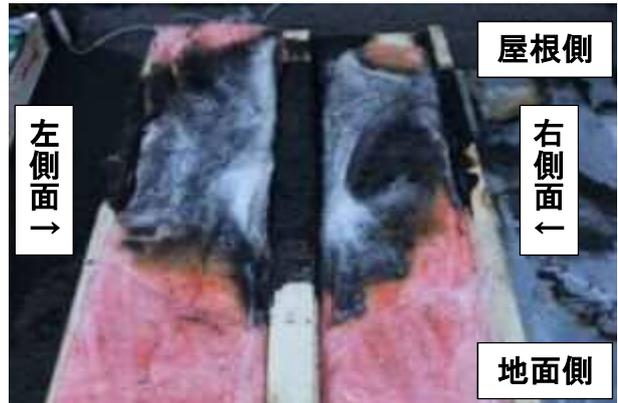


写真 32 実験 3 終了後の壁体内部（外壁側）



写真 33 実験 3 終了後の壁体内部（外壁側）



写真 34 実験 3 終了後の野地板下面

(4) 実験 4 (水)

野地板への延焼時間は 1 分 53 秒であった。

小屋裏への放水は、野地板下面にぶつかり、軒先の有孔ケイ酸カルシウムボードを通り抜けて外壁側へ流出したことが目視で認められた。

実験開始時、壁体外壁側には流出した水が水滴状になり付着している状態であった。

実験終了後は、亜鉛メッキ鋼板に変形、及び野地板、垂木、通気胴縁、柱、桁、グラスウールに焼けが認められた（写真 35～写真 42 参照）。



写真 35 放水直後の小屋裏 (実験 4)



写真 36 バーナー着火直後の状況 (実験 4)



写真 37 実験状況 (実験 4)



写真 38 野地板延焼状況 (実験 4)



写真 39 実験 4 終了後 (外壁側)

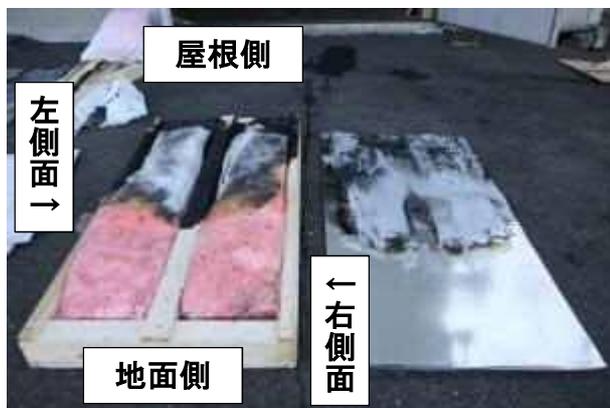


写真 40 実験 4 終了後の壁体内部 (外壁側)

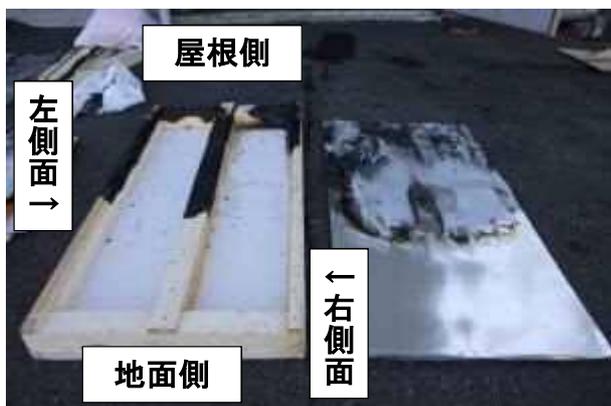


写真 41 実験 4 終了後の壁体内部 (外壁側)

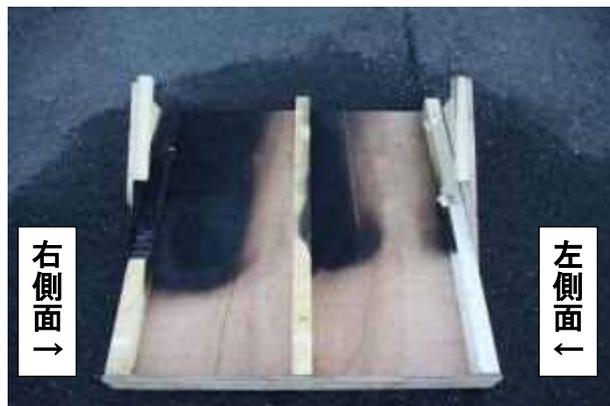


写真 42 実験 4 終了後の野地板下面

(5) 実験 5 (クラス A 消火剤混合水)

野地板への延焼時間は 16 分 17 秒であった。

小屋裏へ向けて放水したクラス A 消火剤混合水は、野地板下面に付着するとともに軒先の有孔ケイ酸カルシウムボードを通り抜けて外壁側へ流出したことが目視で認められた。

実験開始時、壁体外壁側は流出したクラス A 消火剤混合水が付着している状態であった。

実験終了後は、室内側ケイ酸カルシウムボードの亀裂、グラスウールの熔融、亜鉛メッキ鋼板に変形、及び野地板、垂木、通気胴縁、柱、桁に焼けが認められた (写真 43～写真 56 参照)。



写真 43 放水直後の小屋裏 (実験 5)



写真 44 バーナー着火直後の状況 (実験 5)



写真 45 実験状況 (実験 5)



写真 46 実験状況 (実験 5)



写真 47 野地板延焼状況 (実験 5)



写真 48 実験 5 終了時



写真 49 実験 5 終了時の消火状況



写真 50 実験 5 終了後（外壁側）



写真 51 実験 5 終了後（室内側）



写真 52 実験 5 終了後の壁体内部（外壁側）



写真 53 実験 5 終了後の壁体内部（外壁側）

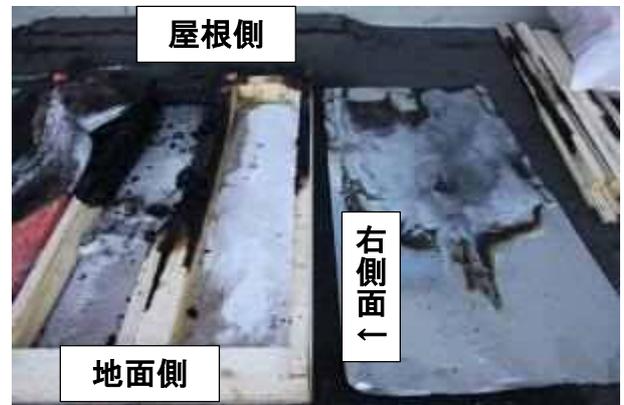


写真 54 実験 5 終了後の壁体内部（外壁側）



写真 55 実験 5 終了後の壁体内部（外壁側）



写真 56 実験 5 終了後の野地板下面

(6) 延焼時間について

実験 1 から 5 の延焼時間について、表 3 に示す。

野地板への延焼時間は、「クラス A 消火剤混合水」が最も長くなり、続いて「CAFS ウェット泡」、
「CAFS ドライ泡」、「水」、「放水なし」の順となっており、この順で延焼防止効果が高いと推測される。

表 3 実験 1～実験 5 の延焼時間

実験番号	消火剤	延焼時間	消火剤に含まれる水量 (推定値)
実験 1	放水なし	1 分 45 秒	—
実験 2	CAFS ウェット泡 (発泡倍率 10 倍、クラス A 消火剤濃度 0.3%)	5 分 12 秒	5 ℓ
実験 3	CAFS ドライ泡 (発泡倍率 20 倍、クラス A 消火剤濃度 0.3%)	2 分 5 秒	3 ℓ
実験 4	水	1 分 53 秒	8 ℓ
実験 5	クラス A 消火剤混合水 (薬剤濃度 0.3%)	16 分 17 秒	8 ℓ

※「消火剤に含まれる水量 (推定値)」は、本実験に用いた CAFS 搭載車両で事前に検証した結果から推定した。

(7) 温度測定結果について

実験 1、2、4、5 に関する温度測定結果の内、バーナー着火から 2 分後までの通気層直上野地板下面 (CH7～CH12) 温度測定結果を図 13～図 16 に示す。

実験 3 については、実験中に K 型熱電対温度計が離脱したため、測定不能であった。

実験開始 2 分後まで、実験 2、4、5 は実験 1 よりも全体的に温度上昇が抑制された。

実験開始 2 分後まで、実験 2 は実験 4、5 よりも全体的に温度上昇が抑制された。

図 13 実験 1 温度測定データ (CH7 から CH12)

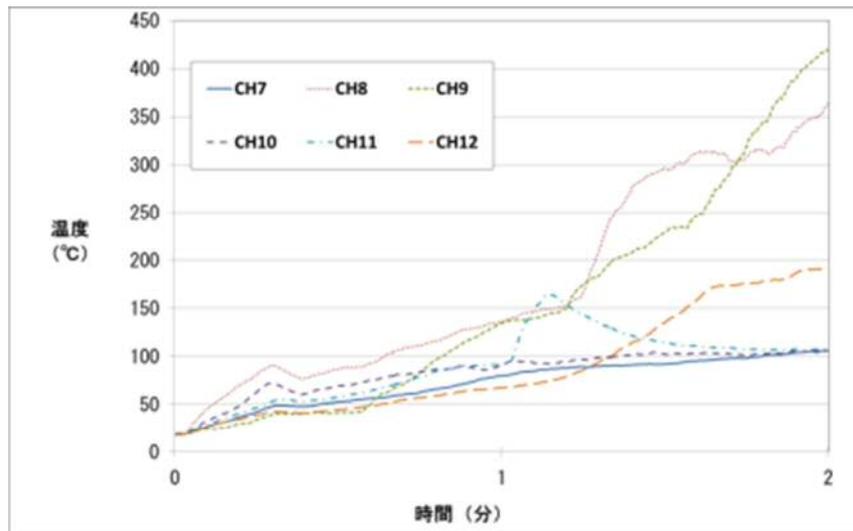


図 14 実験 2 温度測定データ (CH7 から CH12)

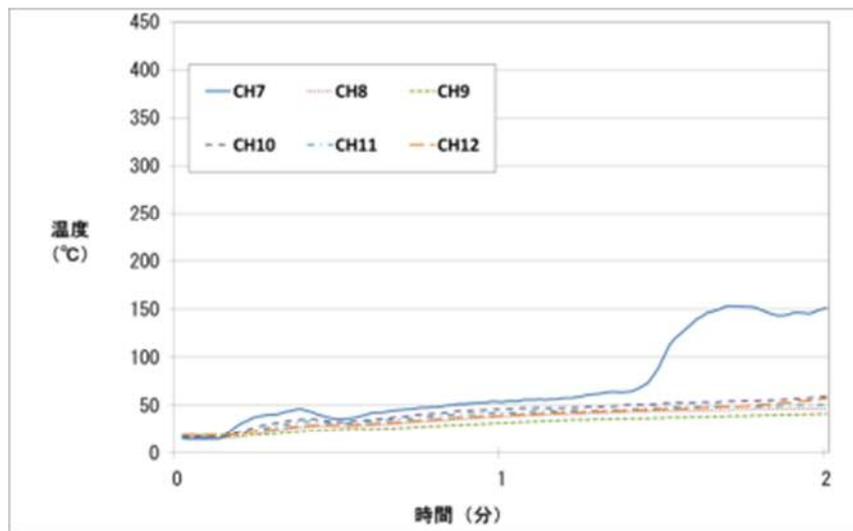


図 15 実験 4 温度測定データ (CH7 から CH12)

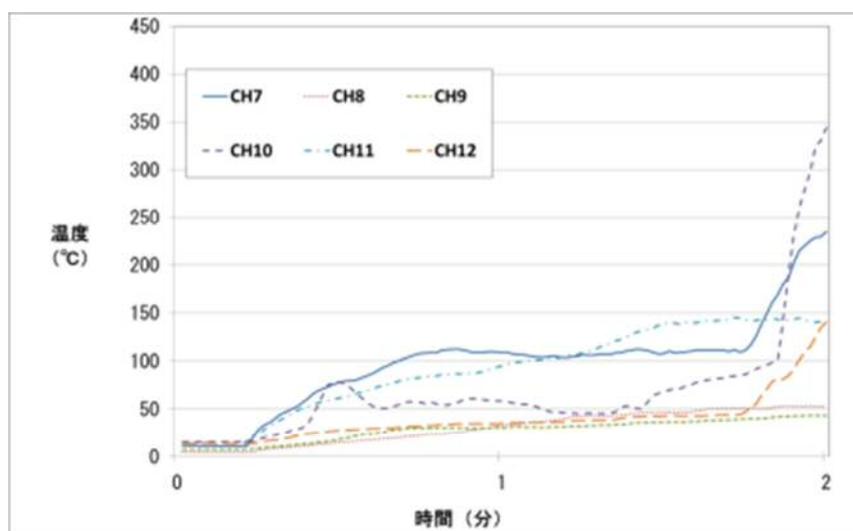
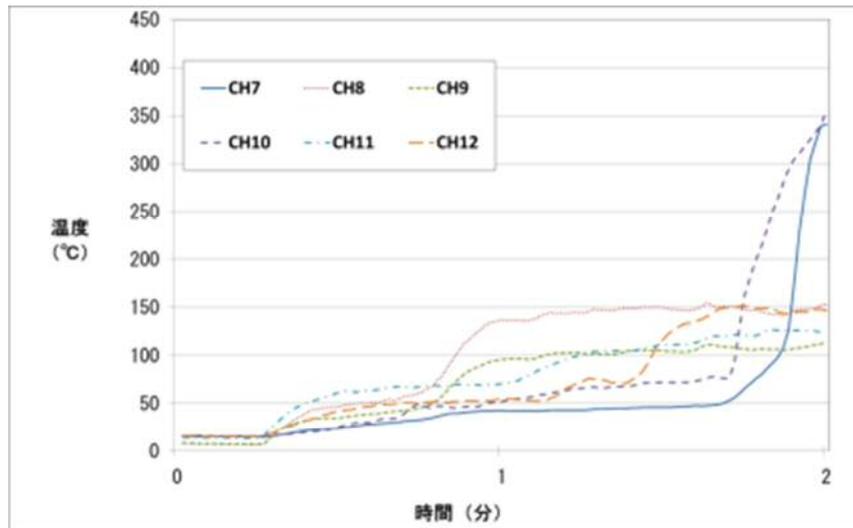


図 16 実験 5 温度測定データ (CH7 から CH12)



6 考察

(1) 延焼時間について

野地板への延焼時間は、「クラス A 消火剤混合水」が最も長くなり、続いて「CAFS ウェット泡」、「CAFS ドライ泡」、「水」、「放水なし」の順となったが、これは放水後の野地板及び壁体内部（以下「野地板等」という）の含水量、放水した消火剤に含まれる水量、野地板等への付着性や浸潤性などの違いによるものと考えられる。

クラス A 消火剤を混合した場合（実験 2、3、5）と混合しない場合（実験 4）を比較した場合、クラス A 消火剤を混合した方が延焼時間は遅くなった。

クラス A 消火剤を混合した 3 種類（実験 2、3、5）を比較すると、放水した消火剤に含まれる水量が多いほど延焼時間は長くなった。

放水を行った中で、実験 4（水）の延焼時間が最も早くなったが、これは水が他の消火剤よりも浸潤性が低く、放水後の野地板等への含水量が少なくなり、延焼時間が早まったと考えられる。

放水を行った中で、実験 5（クラス A 消火剤混合水）の延焼時間が最も遅くなったが、これはクラス A 消火剤混合水の浸潤性の高さ及び放水量の多さから、放水後の野地板等への含水量が多くなり、延焼時間が最も遅くなったと考えられる。

(2) 温度測定結果について

バーナー着火から 2 分後までの通気層直上野地板下面（CH7～CH12）温度変化に着目すると、実験 2（CAFS ウェット泡）は他の実験よりも温度上昇が抑制されているが、これは、放水後、野地板下面は CAFS ウェット泡が付着していたことから、泡の遮熱効果によるものと考えられる。

7 まとめ

今回の実験条件では、水のみ放水よりもクラス A 消火剤を混合した方が延焼防止に有効であり、クラス A 消火剤を混合した場合は消火剤に含まれる水量が多いほど延焼防止に有効であるという結果が得られたが、実際の火災現場では、今回得られた結果を含め、延焼状況、水利状況、消防隊の放水口数、水損の可能性など様々な要因を考慮した上で活動方針を決定する必要がある。

【参考文献】

- 1) 伊藤潤・橘田宏一 著、札幌市消防科学研究所報 No22 2015、「壁体内部の延焼に関する実験」、2016 年度、札幌市消防局消防科学研究所発行
- 2) 湯浅弘章・佐藤歩・渡邊茂男 著、消防技術安全所報 50 号「住宅の外壁構造と小屋裏延焼の関係に関する検証(その 1)」「住宅の外壁構造と小屋裏延焼の関係に関する検証(その 2)」、2013 年 9 月発行、東京消防庁消防技術安全所発行
- 3) 国土交通省総合政策局建設経済統計調査室公表、「建築着工統計調査報告（平成 26 年度分）」、2015 年 4 月 30 日公表、国土交通省ホームページ：
http://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_000528.html 2015 年 5 月 29 日アクセス確認
- 4) 住宅金融支援機構調べ、「フラット 3 5 住宅仕様実態調査結果（在来木造工法の戸建住宅）」、2012 年度、住宅金融支援機構ホームページ フラット 3 5 住宅仕様実態調査報告：
http://www.jhf.go.jp/about/research/tech_flat35_siyou.html 2015 年 5 月 29 日アクセス確認

PPVに関する基礎実験

(一区画実験装置内の燃焼に対するフォグ注水とブロアー送風の影響)

札幌市消防局消防科学研究所 橋本 慎也
札幌市消防局中央消防署警防課 大沢 征二

1 はじめに

PPV (Positive Pressure Ventilation: 陽圧換気) は、可搬式ブロアー等を活用して、早期に濃煙・熱気を排除しながら制圧前の火災室に内部進入し、人命検索や火勢一挙制圧を測ることを目的とした消火戦術の一つである。今回、フラッシュオーバーやバックドラフトなどの発生危険が存在する状況下でフォグ注水とブロアー送風を実施した場合の影響を知るため、実験を行った。

2 実験日時等

日時：平成 27 年 7 月 22 日 (水) ～平成 27 年 7 月 24 日 (金)、平成 27 年 8 月 22 日 (土)
場所：札幌市消防学校 消防科学研究所 (燃焼実験ユニット及び燃焼実験室)

3 実験内容

- (1) 実験 1 燃焼実験装置内の燃焼現象に対するフォグ注水とブロアー送風の影響について
 - ア 実験 1-1 フラッシュオーバーに対するフォグ注水の影響
 - イ 実験 1-2 フラッシュオーバーに対するブロアー送風の影響
 - ウ 実験 1-3 バックドラフトに対するフォグ注水の影響
 - エ 実験 1-4 バックドラフトに対するブロアー送風の影響
 - オ 実験 1-5 バックドラフトに対するフォグ注水及びブロアー送風同時使用の影響
- (2) 実験 2 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水とブロアー送風の影響について
 - ア 実験 2-1 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水及びブロアー送風の影響
 - イ 実験 2-2 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水及びブロアー送風同時使用の影響

4 実験方法

- (1) 実験 1 燃焼実験装置内の燃焼現象に対するフォグ注水とブロアー送風の影響について
 - ア 実験内容

開口部を一箇所有する燃焼実験装置 (外寸 1650mm×620mm×950mm、内寸 1400mm×550mm×780mm、耐火造、写真 1) 内に燃焼材を配置し、着火材を燃やして意図的にフラッシュオーバー及びバックドラフトを発生させ、装置内へ注水や送風を行った場合と行わなかった場合 (対照実験) とでこれらの燃焼現象が発生するまでの時間を比較し、その効果を検証した。

燃焼材はインシュレーションボード、着火材はイソプロピルアルコールを使用した。設定状況は図 1 に示す。また、実験手順を図 2～図 7、写真 2～写真 6 に示す。

イ フラッシュオーバー

通常、装置内全体に炎が拡大した瞬間をフラッシュオーバーの発生時刻とするが、評価を単純化するため、燃焼材に着火した瞬間をフラッシュオーバーの発生時刻とし、火をつけてから発生するまでの時間を計測した。

ウ バックドラフト

フラッシュオーバー発生から2分30秒後に燃焼実験装置の扉を閉めて装置内部を窒息消火し、その2分後に扉を開放してバックドラフトを発生させた。また、扉を開放してからバックドラフトが発生するまでの時間を計測した。



写真1 燃焼実験装置

図1 燃焼材及び着火材の配置

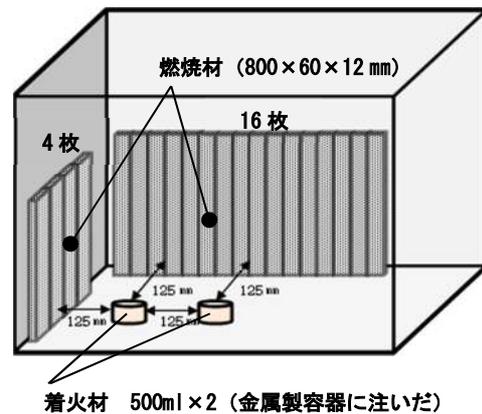


図2 対照実験の流れ

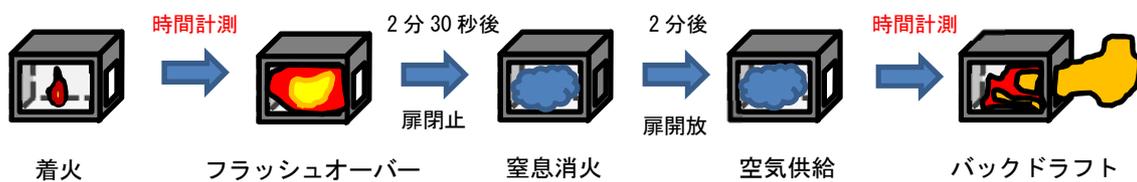


図3 実験 1-1 の流れ



図4 実験 1-2 の流れ



図5 実験1-3の流れ

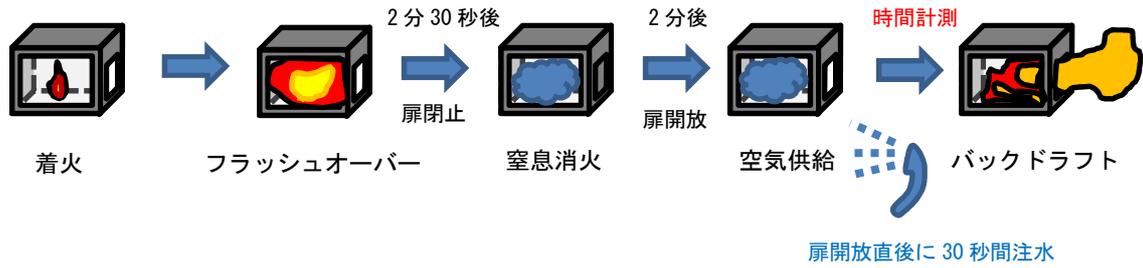


図6 実験1-4の流れ

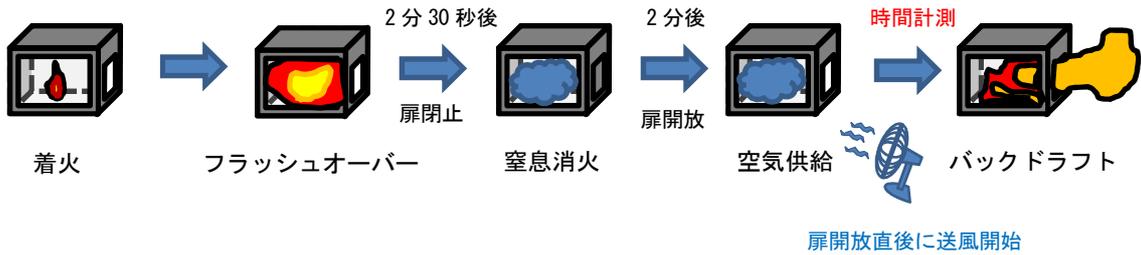


図7 実験1-5の流れ

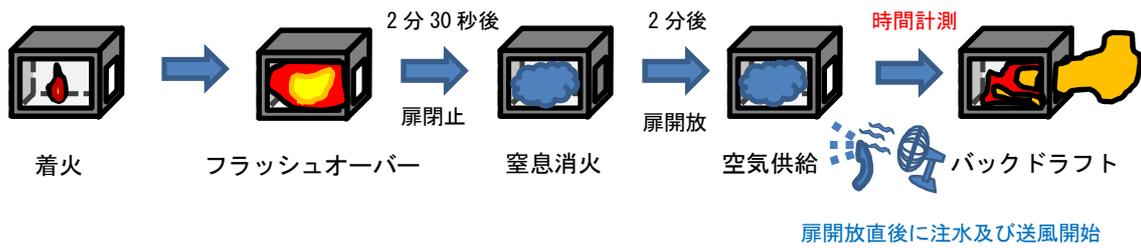


写真2 着火直後



写真3 フラッシュオーバー発生



写真4 扉を閉めて窒息消火



写真5 扉を開放して空気供給



写真6 バックドラフト発生

エ 対照実験

燃焼材や着火材の配置、扉の開閉のタイミング等の設定が同一であっても、フラッシュオーバーやバックドラフトの発生時刻に差が生じる。精度を高めるため、対照実験を4回行い、その平均時間を各燃焼現象の発生時間とした。なお、実験が数日間に及んだため、温度及び湿度の影響は無視した。

オ 注水

水道へ接続した散水ホースの設定を「霧」とし、0.81L/minで注水した。注水開始のタイミング及び注水時間を表1、注水実施状況を写真7、写真8に示す。

表1 注水時間等

	実験 1-1	実験 1-3	実験 1-5
注水開始のタイミング	実験開始から5分後	扉開放直後	扉開放直後
注水時間	30秒間	30秒間	炎発生までの間



写真7 注水状況（実験1-1）



写真8 注水状況（実験1-3）

カ 送風

写真9、写真10に示すとおり、装置開口部上端が約1.2m/s、下端が約0.5m/sの風速となるよう、開口部から1,900mmの位置に小型扇風機を設置した。送風時間及び送風のタイミングは表2に示す。



写真9 小型扇風機の設置状況



写真10 風速測定状況

表2 送風時間等

	実験 1-2	実験 1-4	実験 1-5
送風開始のタイミング	実験開始から5分後	扉開放直後	扉開放直後
送風時間	フラッシュオーバー発生までの間	バックドラフト発生までの間	炎発生までの間



写真11 送風状況 (実験 1-4)



写真12 注水及び送風状況 (実験 1-5)

(2) 実験2 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水とブローア送風の影響について

ア 実験内容

開口部を二箇所有する燃焼実験ユニット（内寸 5300mm×3440mm×3400mm、写真 13、写真 14）内の中心付近で着火材を燃やし、注水や送風を行った場合と行わなかった場合（対照実験）の室内温度（4点、CH1～CH4）及び排気温度（1点、CH5）をK熱電対及びデータロガーを用いて測定し、これらの温度変化を比較した。着火材にはイソプロピルアルコールを使用し、オイルパンに入れて燃焼させた。設定の詳細は図8及び写真15～写真18に示す。

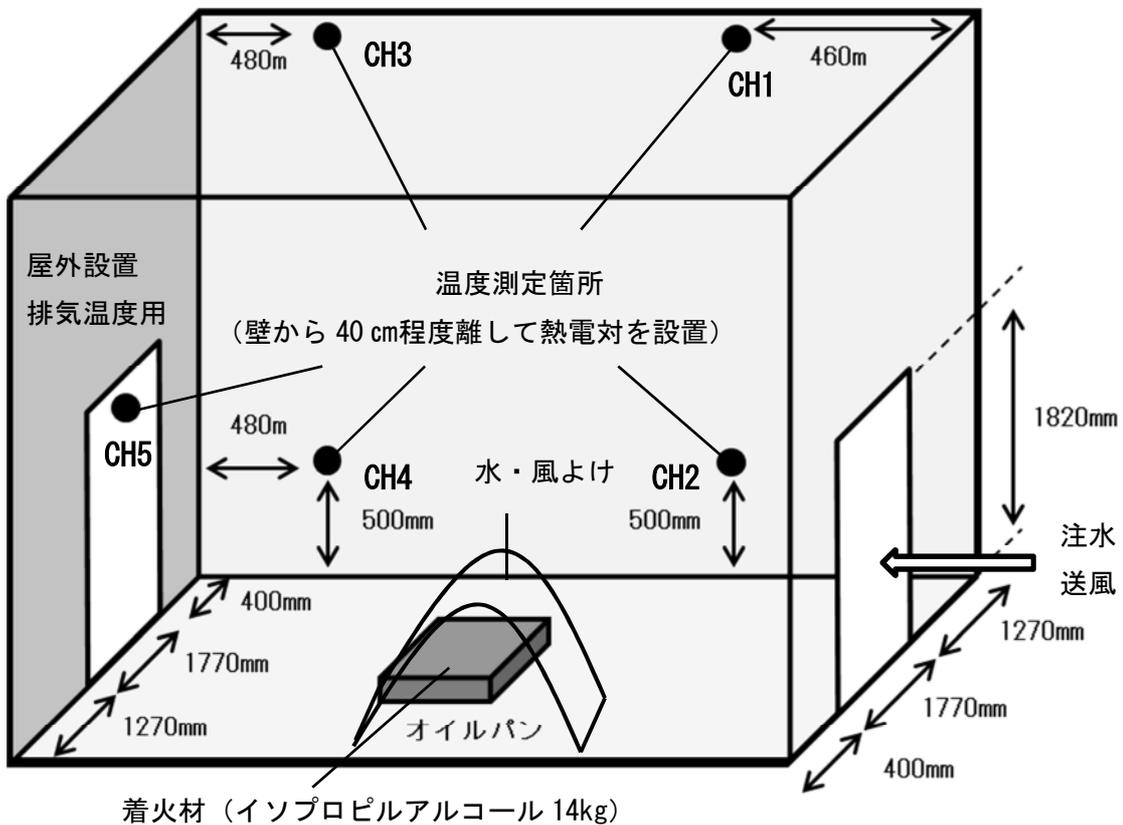


写真13 燃焼実験ユニット



写真14 燃焼実験ユニット内

図8 実験設定



着火材（イソプロピルアルコール 14kg）



写真 15 室内下部の熱電対 (CH4)



写真 16 屋外の熱電対 (CH5)



写真 17 室内下部の熱電対 (CH2)



写真 18 オイルパンの設置

イ 対照実験

開口部を 1 箇所開放した状態で自然鎮火するまで燃焼させた (写真 19、写真 20 参照)。



写真 19 燃焼状況



写真 20 対照実験

ウ 実験 2-1 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水及びブローア送風の影響

開口部を 2 箇所とも開放し、着火後、以下の条件で注水及び送風を行った (写真 21、写真 22 参照)。

(ア) 1 分 30 秒後、筒先圧 0.5Mpa、ガンタイプノズルをフォグ注水・125L/min に設定し、

10 秒間注水した。

- (イ) 1 分 50 秒後、開口部から 4m 離れた位置から風量約 500 m³/min で 60 秒間ブローア送風した。



写真 21 注水状況



写真 22 送風状況

- エ 実験 2-2 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水及びブローア送風同時使用の影響

開口部を 2 箇所とも開放し、着火から 1 分 30 秒後、ガンタイプノズル及び送風機の設定を実験 2-1 と同様にし、4 分間、注水と送風を同時に行った（写真 23、写真 24 参照）。



写真 23 注水+送風の状況



写真 24 排煙状況

5 実験結果

- (1) 実験 1 燃焼実験装置内の燃焼現象に対するフォグ注水とブローア送風の影響について
ア 対照実験

フラッシュオーバー及びバックドラフトの発生時間とその平均時間を表 3 に示す。

表 3 フラッシュオーバー及びバックドラフトの発生時間

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	平均時間
フラッシュオーバー	8 分 35 秒	8 分 00 秒	8 分 10 秒	8 分 30 秒	8 分 19 秒
バックドラフト	51 秒	1 分 27 秒	52 秒	52 秒	1 分 1 秒

イ 実験 1-1 フラッシュオーバーに対するフォグ注水の影響

フラッシュオーバーは、6分50秒で発生し、注水することによって発生時間が早まった。

ウ 実験 1-2 フラッシュオーバーに対するブローア送風の影響

フラッシュオーバーは、7分10秒で発生し、送風することによって発生時間が早まった。

エ 実験 1-3 バックドラフトに対するフォグ注水の影響

バックドラフトは、1分50秒で発生し、注水することによって発生時間が遅れた。

オ 実験 1-4 バックドラフトに対するブローア送風の影響

バックドラフトは、47秒で発生し、送風することによって発生時間が早まった。

カ 実験 1-5 バックドラフトに対するフォグ注水及びブローア送風同時使用の影響

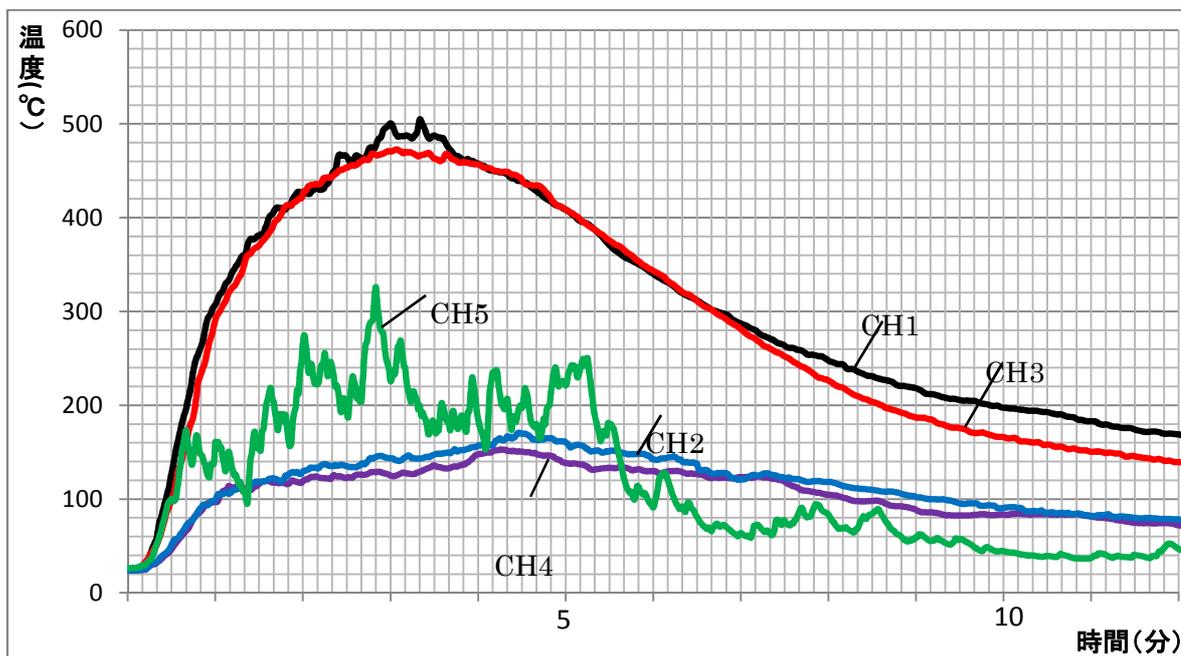
1分05秒で炎が立ち上がったが、バックドラフトは発生しなかった。

(2) 実験 2 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水とブローア送風の影響について

ア 対照実験

実験結果を図9に示す。室内、排気ともに着火から4分程度で最高温度に達し、そのときの温度は、天井際が約500℃、排気が約320℃であった。その後、各点とも緩やかに温度が低下した。

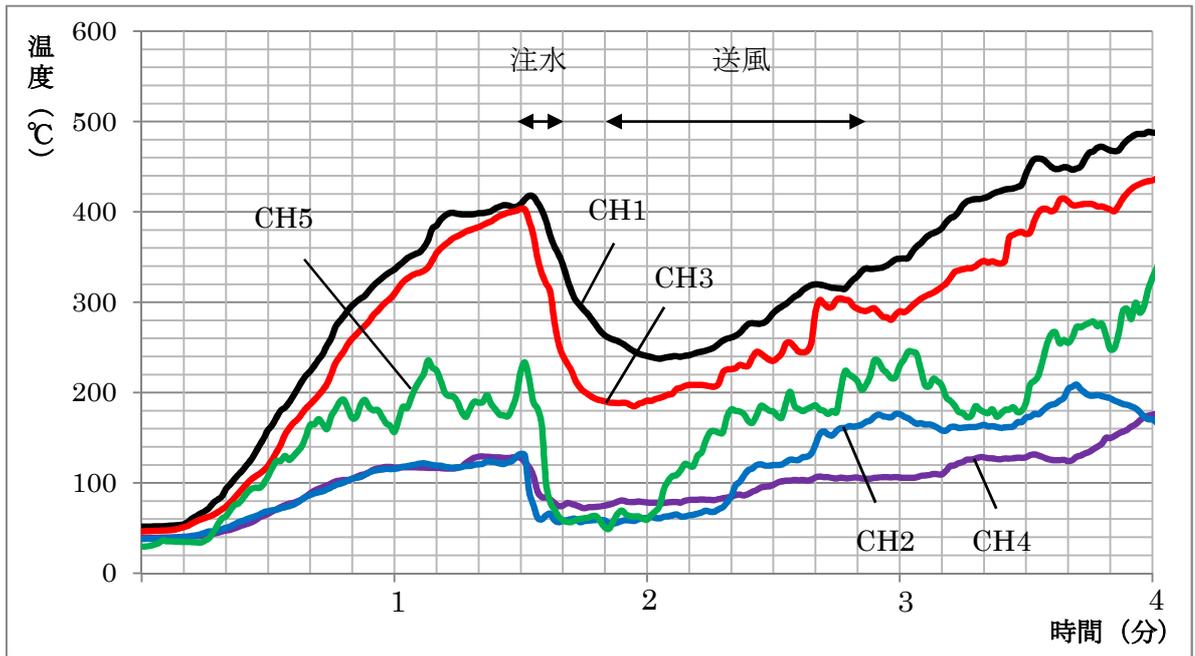
図9 対照実験における各点の温度変化



イ 実験 2-1 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水及びブローア送風の影響

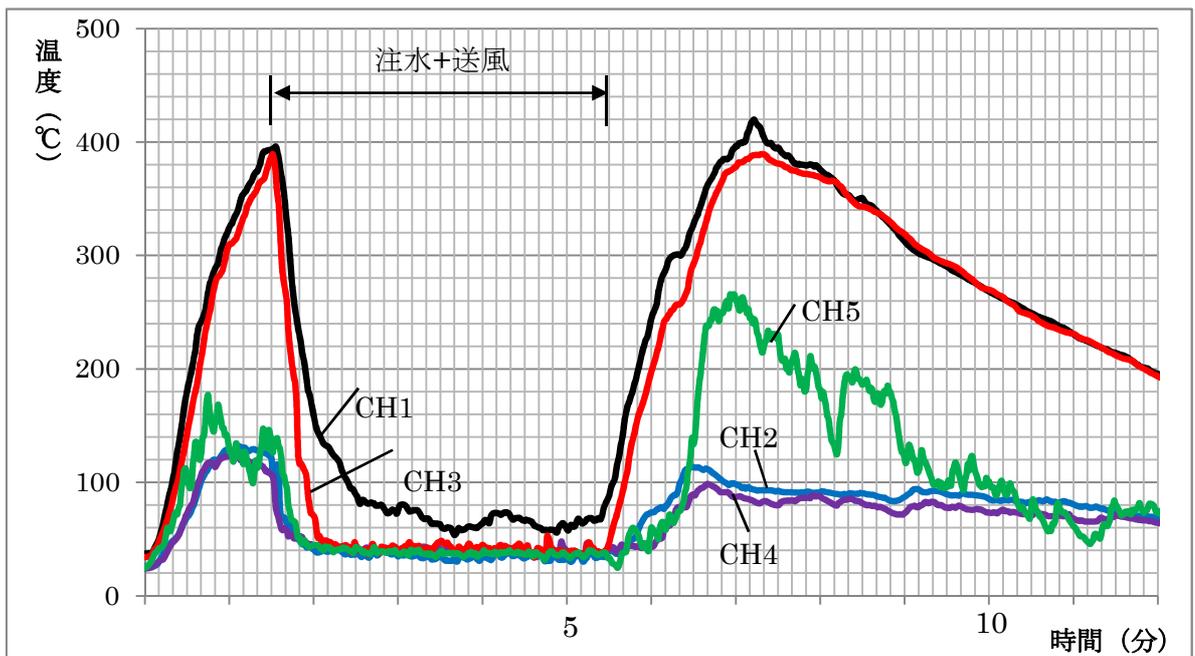
実験結果を図10に示す。室内、排気ともに注水後、急激に温度が低下した。また、送風による温度の低下は認められず、送風の間、室内、排気ともに温度が上昇していった。

図 10 実験 2-1 における各点の温度変化



ウ 実験 2-2 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水及びブロー送風同時使用の影響
 実験結果を図 11 に示す。注水と送風を同時に行った結果、室内、排気ともに急激に温度が低下したのち、低温状態を保ち、注水と送風を停止したところ、急激に温度が上昇した。

図 11 実験 2-2 における各点の温度変化



6 考察

(1) 実験 1 燃焼実験装置内の燃焼現象に対するフォグ注水とブロアー送風の影響について

ア 実験 1-1 フラッシュオーバーに対するフォグ注水の影響

注水することによってフラッシュオーバーの発生時間が早まったが、これは、注水圧の影響で炎が燃焼材に接炎したことが影響したものと考えられる。

イ 実験 1-2 フラッシュオーバーに対するブロアー送風の影響

送風することによってフラッシュオーバーの発生時間が早まったが、実験 1-1 と同様、送風圧の影響で燃焼材に接炎したことが影響したものと考えられる。

ウ 実験 1-3 バックドラフトに対するフォグ注水の影響

注水することによってバックドラフトの発生時間が遅れた。注水による冷却効果で装置内の温度上昇が抑制されたためと考えられる。

エ 実験 1-4 バックドラフトに対するブロアー送風の影響

送風することによってバックドラフトの発生時間が早まった。送風によって可燃性ガスや熱が排出される効果より、空気が供給されたことによる燃焼促進効果の方が優位となったためと考えられる。

オ 実験 1-5 バックドラフトに対するフォグ注水及びブロアー送風同時使用の影響

不完全燃焼後、炎は立ち上がったが、バックドラフトは発生しなかった。継続的な注水による冷却効果で可燃性ガスの発生量が減少し、さらに送風することで、発生した可燃性ガスを効率よく排出することができたためと考えられる。

(2) 実験 2 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水とブロアー送風の影響について

ア 実験 2-1 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水及びブロアー送風の影響

注水による冷却効果により、10 秒間のフォグ注水でもユニット内の温度は、100℃以下まで低下した。その後の送風ではユニット内の温度は再び上昇に転じた。火災室にフォグ注水で進入後、注水を停止し送風のみを行った場合は、再び火災室内の温度が上昇することが考えられるので注意が必要である。

イ 実験 2-2 排煙口を設定した火災室に対するフォグ注水及びブロアー送風同時使用の影響

注水と送風を同時に行っている間、ユニット内の温度は 100℃以下を維持することができた。したがって、室内を十分に冷却できるフォグ注水とブロアー送風を併用することにより、室内の温度上昇を抑えながら濃煙を排除することが可能と言える。

7 まとめ

本実験の結果、フォグ注水とブロアー送風を併用した PPV により、一開口部の耐火区画の火災においては、バックドラフトが抑制される可能性が示唆され、また、吸排気が明確な耐火区画の火災においては、火災室温度が低下し、濃煙・熱気を排除しながらの人命検索や火勢一挙制圧を図ることが可能な状態であった。したがって、トンネルや耐火倉庫など、吸排気の設定が容易で気密性の高い耐火建造物の火災においては、消火戦術の一つとして、PPV が選択肢となり得る。

しかし、注水死角となる区画があった場合に延焼が早まる可能性や煙が予期せぬ方向へ拡散する可能性もあることから、実災害現場で PPV を実施するにあたっては、建物の構造や間取り、吸

排気の設定、推定される要救助者の位置、火勢の状況など、総合的な判断と十分な注意が必要である。

壁体内部の延焼に関する実験

札幌市消防局消防科学研究所

伊藤 潤

橘田 宏一

1 はじめに

壁体内部を延焼経路とした火災は、屋内空間を伝う延焼経路よりも早く上方へ延焼することがあり、途中階で燃焼現象が確認できない場合でも、屋根の軒先から発煙するなど、火煙の噴出状況から建物内部の延焼状況を推慮することが困難な場合がある。そこで、壁体内部の延焼について特性を理解し警防活動上の参考とするため、本実験を行った。

2 実験概要

壁の一面を耐熱ガラス張りとした木造2階建軸組み工法の縮小模型（以下「模型」という。）を作成し、当該模型の1階部分を火点室として、壁体及び小屋裏等への延焼状況について検証した。

本実験は、実験1で壁体内部の空気層がない模型（以下「模型1」という。）について検証し、実験2で壁体内部の空気層がある模型（以下「模型2」という。）について検証した。^{1) 2)}

3 実験日時等

日時：（実験1）平成27年7月16日（木）、（実験2）平成27年7月28日（火）

場所：札幌市消防学校 消防科学研究所（燃焼実験室）

4 実験1（壁体内部の通気層なし）

(1) 実験装置等概要

本実験に用いた模型1について図1～図4及び写真1～写真8に示す。

作成に当たり、柱等骨組みは木製角材（松材、30mm角）、屋根は木製合板（コンクリート型枠用合板 厚さ12mm）、左側面外壁は亜鉛メッキ鋼板（厚さ0.27mm）1階及び2階の内壁はケイ酸カルシウムボード（厚さ9.5mm）を用い、前面には耐熱ガラスを設置した。

1階右側面に、開口部（100mm×200mm）を設定した（図2及び写真2参照）。

1階左側面に、1階室内から外部へ貫通する換気口を設定した（図1及び写真3～写真7参照）。

左側面外壁と内壁の間に間柱及びグラスウールを設置した（図3、図4及び写真5参照）。

小屋裏底部には、グラスウールを設置した（図1及び写真8参照）。

各部分の隙間はシリコン製充填剤及びアルミテープで塞いだ。

図1 模型1 概要図 (前面)

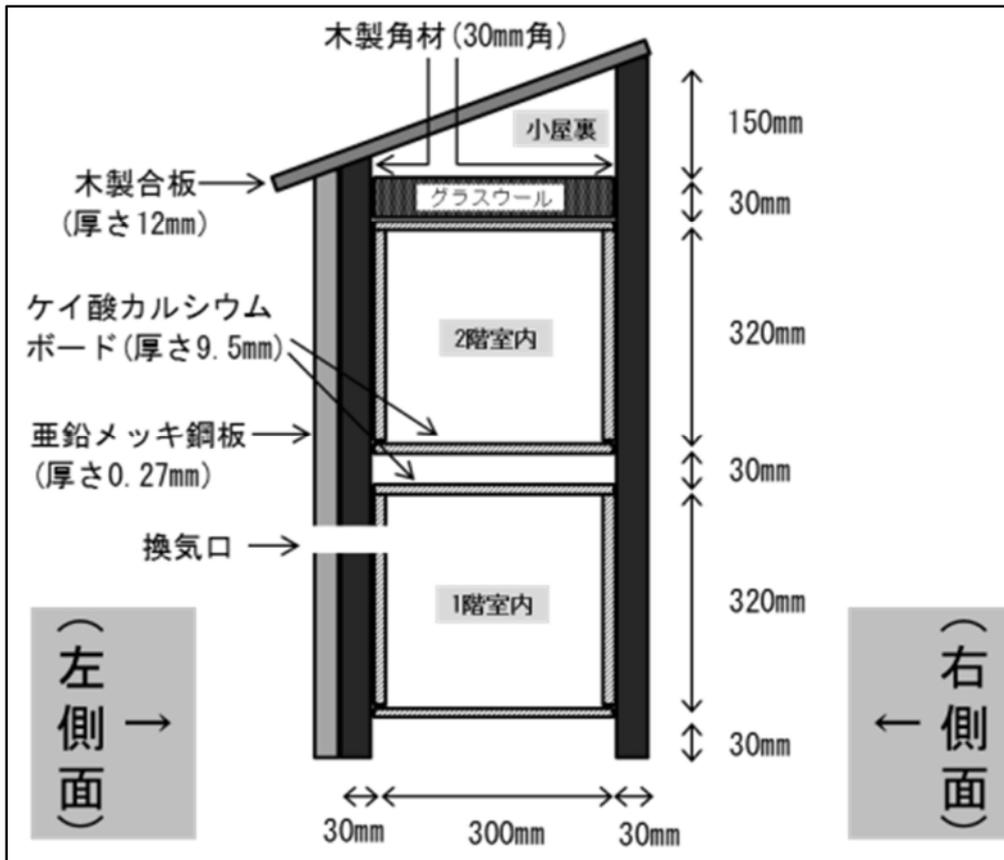


図2 模型1 概要図 (右側面)

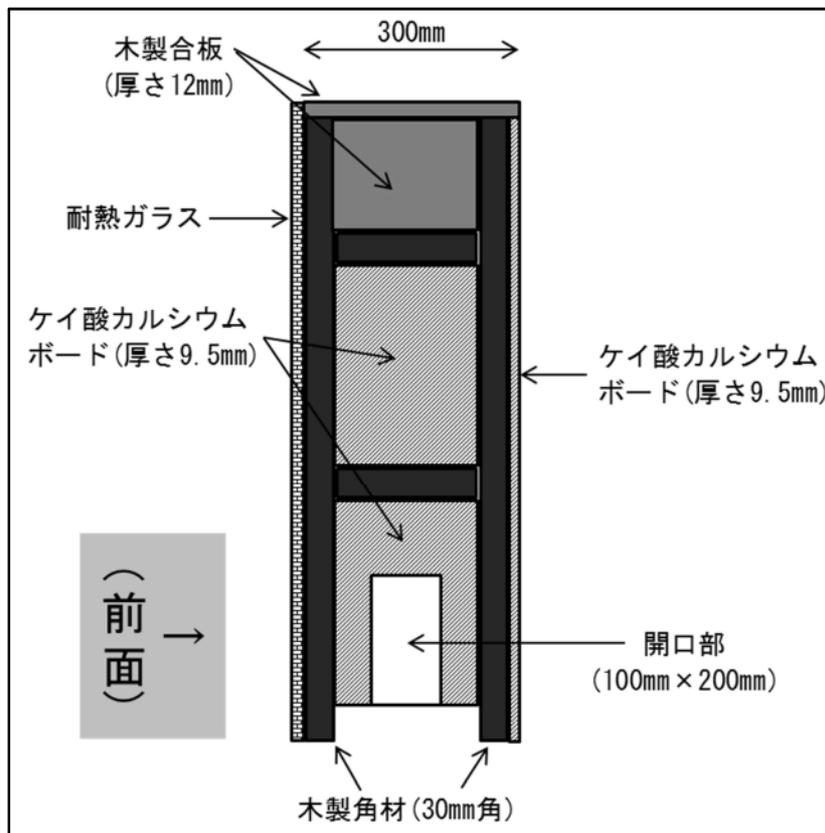


図3 模型1 概要図 (左側面壁体内部)

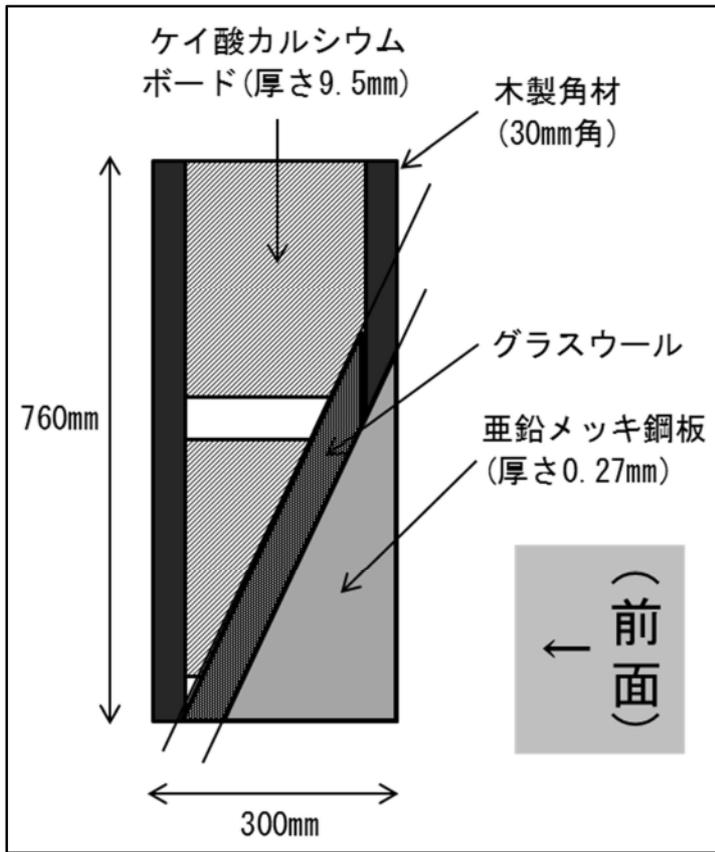


図4 模型1 概要図 (左側面壁体断面)

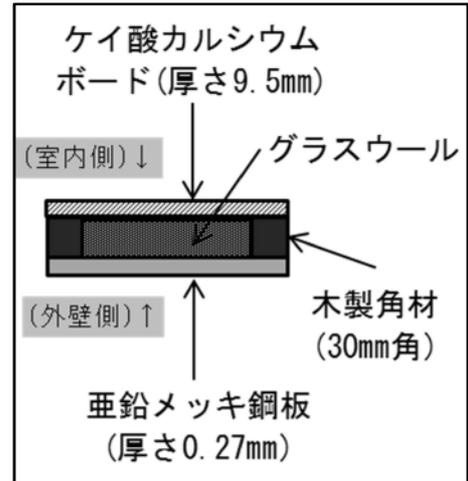


写真1 模型1 外観 (前面)



写真2 模型1 外観 (右側面)



写真3 模型1 外觀 (左側面)



写真4 模型1 左側面換氣口 (外壁側)



写真5 模型1 左側面壁体内部 (外壁側)



写真6 模型1 左側面換氣口 (壁体内部)



写真7 模型1左側面換気口（1階室内側）



写真8 模型1内部（小屋裏）

(2) 実験設定

模型1の1階及び2階室内に木片、布等を設置した。

また、着火源として、1階内部換気口の直下部分に2-プロパノール（以下「アルコール」という。）30mlを入れたガラス容器（直径60mm深さ15mm）を設置した。

温度測定のためにK型熱電対温度計を、左側面換気口付近、1階室内中央部分、2階室内中央部分及び小屋裏中央部分の計4ヶ所に設置し、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。

表1 K型熱電対温度計設置場所（実験1）

熱電対のチャンネル	設置場所
CH1	左側面換気口付近
CH2	1階室内中央部分
CH3	2階室内中央部分
CH4	小屋裏中央部分

(3) 実験方法

1階室内に設置したアルコールライターにより着火し、延焼状況等を確認した。

実験中、1階室内へ布を追加設置した（後述の「表2 実験1開始から終了までの経過」参照）。

着火した時間を実験開始時間とし、実験中は1階右側面の開口部は開放状態とした。



写真 9 実験 1 開始前の状況

(4) 実験結果 (写真 9～写真 19 参照)

実験終了 (着火 48 分後) までの間、1 階室内のアルコール及び布などが炎上し、2 階室内及び小屋裏内部への煙充満は認められたが、1 階室内以外への延焼は認められなかった。

実験開始から終了までの経過を表 2、各部分の温度変化を図 5 に示す。

表 2 実験 1 開始から終了までの経過

時間経過	状況
実験開始直後	左側面換気口付近の温度 (CH1) が急激に上昇したが、延焼は認められなかった。
1 分 30 秒後	2 階室内及び小屋裏への煙流入が認められた。
6 分後	アルコールが減少し炎の勢いが弱まり、CH1 温度が低下した。
11 分後	アルコールが完全に燃え尽きたことから、1 階室内へ布を追加設置し、ライターで着火した。
実験終了時 (48 分後)	柱等が焼け細り、模型 1 の倒壊危険があることから実験終了とし、消火した。 2 階室内及び小屋裏内部への煙充満は認められたが、1 階室内以外への延焼は認められなかった。 各部分の温度は、左側面換気口付近 (CH1) は約 800℃、1 階室内中央部分 (CH2) は約 600℃、2 階室内中央部分 (CH3) は約 200℃、小屋裏中央部分 (CH4) は約 100℃であった。
実験終了後	左側面壁体内部を確認したところ、換気口付近の間柱及びグラスウールに焼けが認められたが、その他の部分への延焼は認められなかった。

図5 実験1開始から終了までの各部分の温度変化

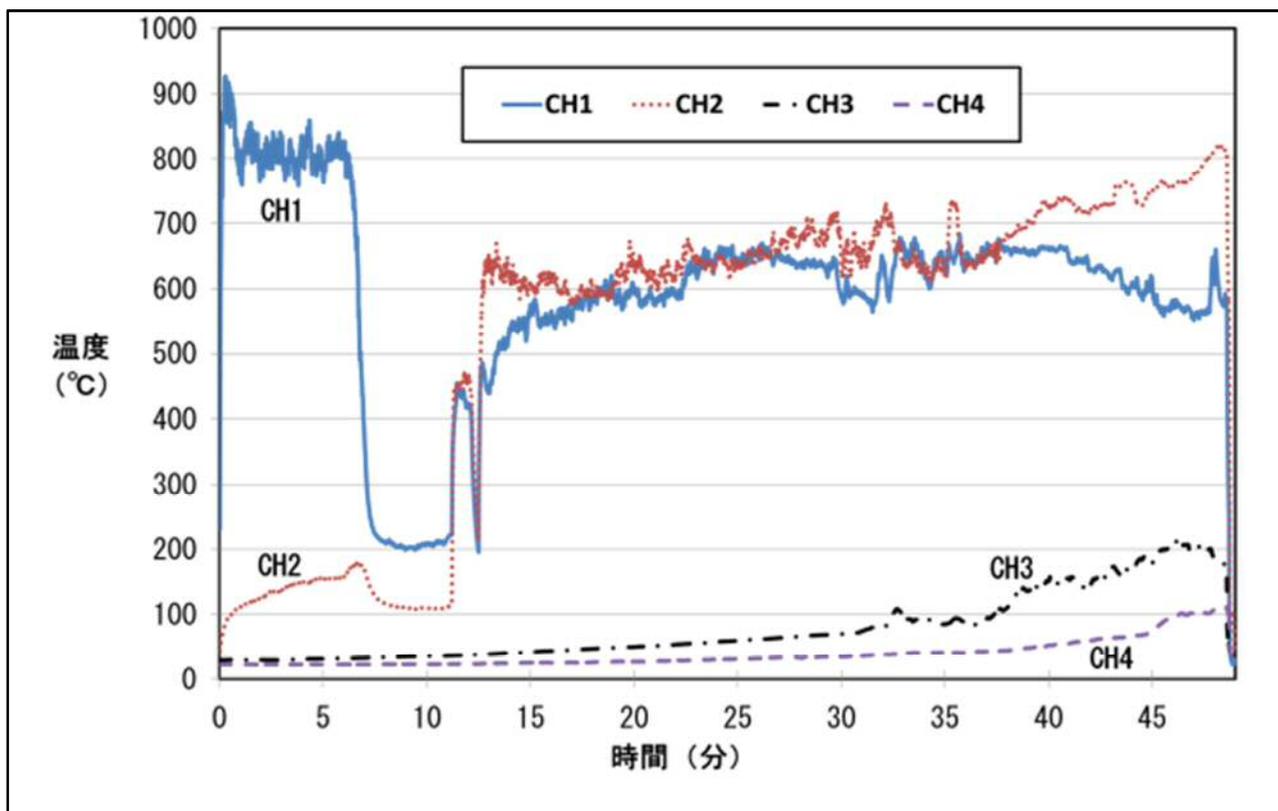


写真10 実験1開始直後



写真11 実験1開始直後 (1階室内)

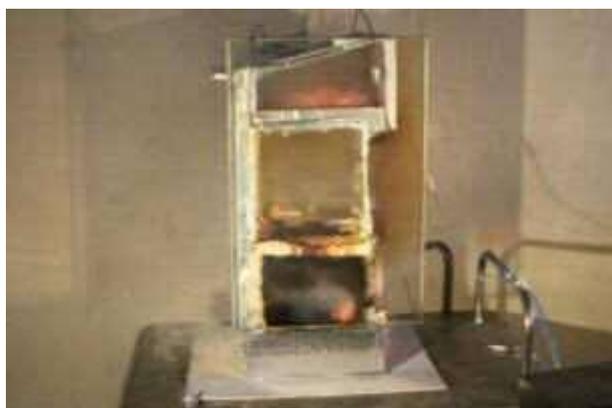


写真12 実験1開始36分後



写真13 実験1開始36分後 (2階室内)



写真 14 実験 1 開始 48 分後（終了時）



写真 15 実験 1 終了後（消火後）



写真 16 実験 1 終了後（左側面壁体内部）



写真 17 実験 1 終了後（左側面壁体内部）



写真 18 実験 1 終了後（前面）



写真 19 実験 1 終了後（前面、右側面）

5 実験2（壁体内部の通気層あり）

(1) 実験装置等概要

本実験に用いた模型2について図6～図9及び写真20～写真27に示す。

作成に当たり、柱等骨組みは木製角材（松材、30mm角）、屋根は木製合板（コンクリート型枠用合板 厚さ12mm）、左側面外壁は亜鉛メッキ鋼板（厚さ0.27mm）1階及び2階の内壁はケイ酸カルシウムボード（厚さ9.5mm）を用い、前面には耐熱ガラスを設置した。

1階右側面に、開口部（100mm×200mm）を設定した。

1階左側面に、1階室内から外部へ貫通する換気口を設定した。

左側面外壁と内壁の間について、内壁側に筋交い及びグラスウールを設置し、外壁と筋交いの間に空気層（30mm）を設定した。

小屋裏底部には、グラスウールを設置した。

2階室内の内壁全体にPPC用紙（パルプ100%）を貼り付けた。

各部分の隙間はシリコン製充填剤及びアルミテープで塞いだ。

図6 模型2 概要図（前面）

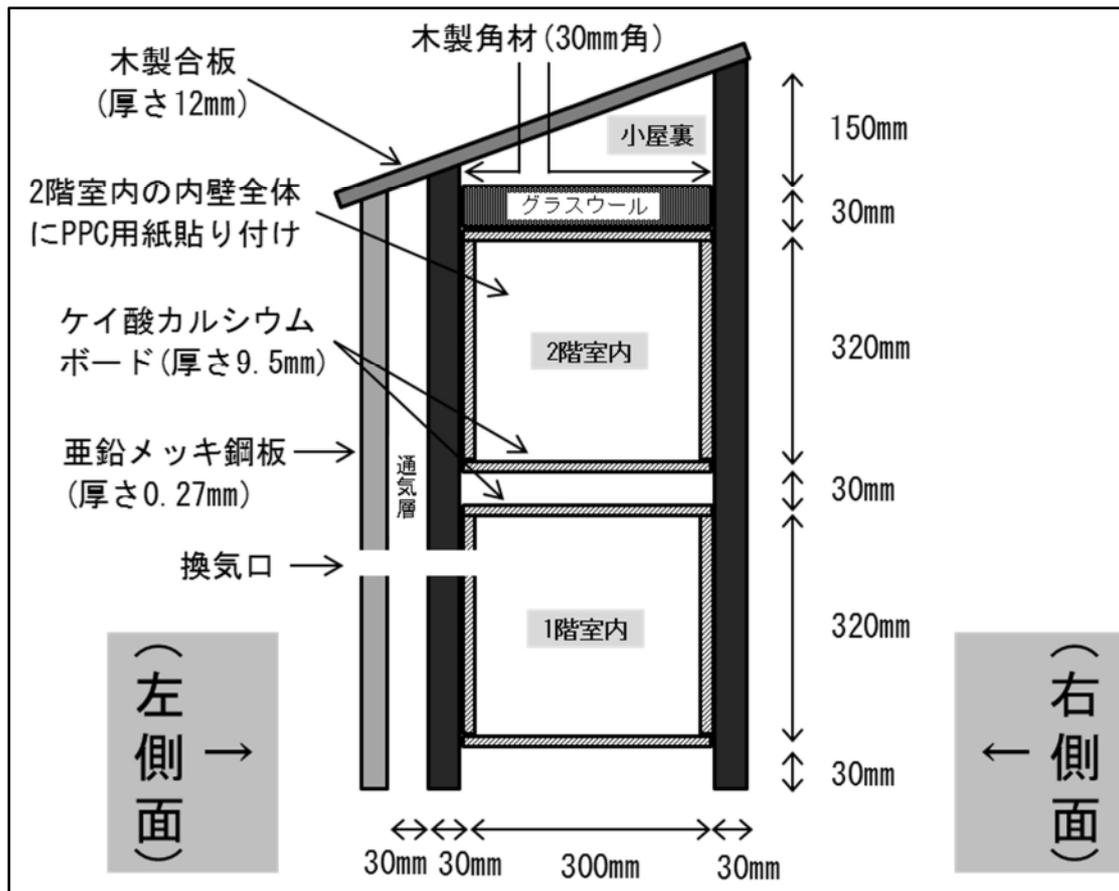


図7 模型2 概要図 (右側面)

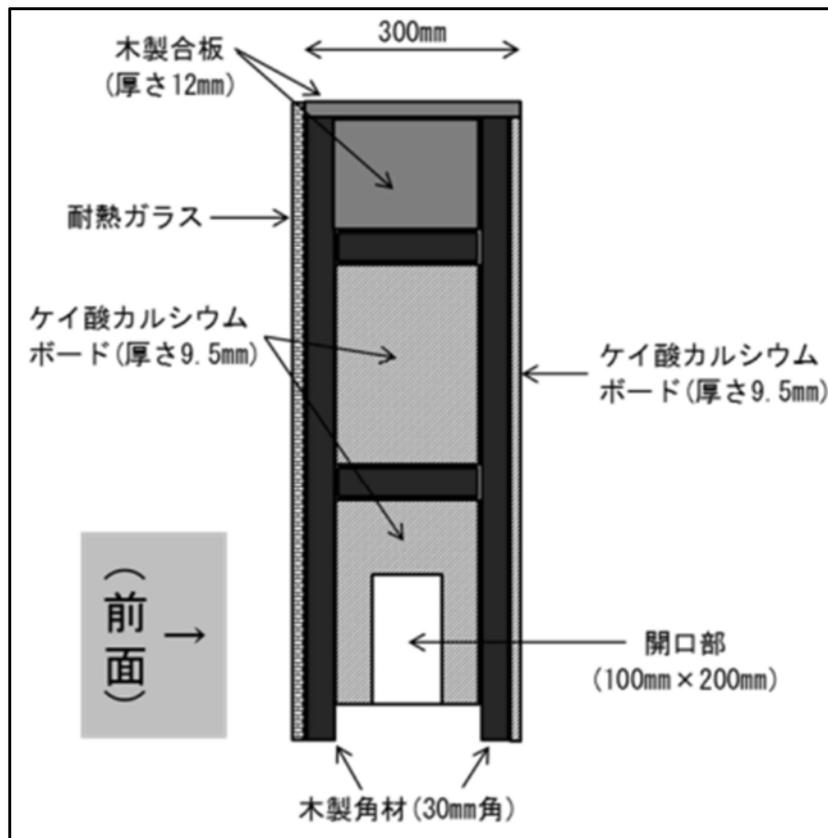


図8 模型2 概要図 (左側面壁体内部)

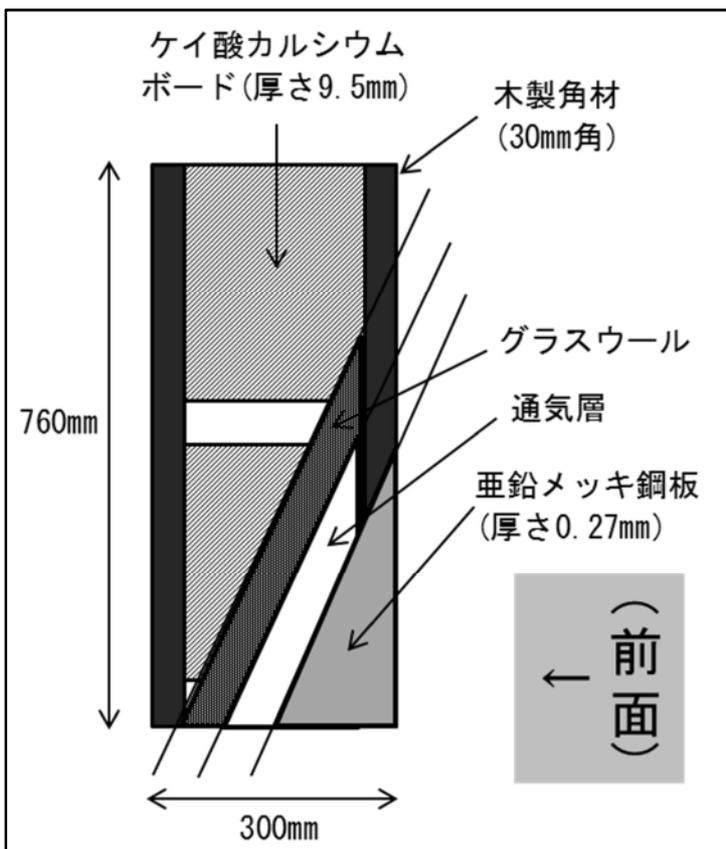


図9 模型2 概要図 (左側面壁体断面)

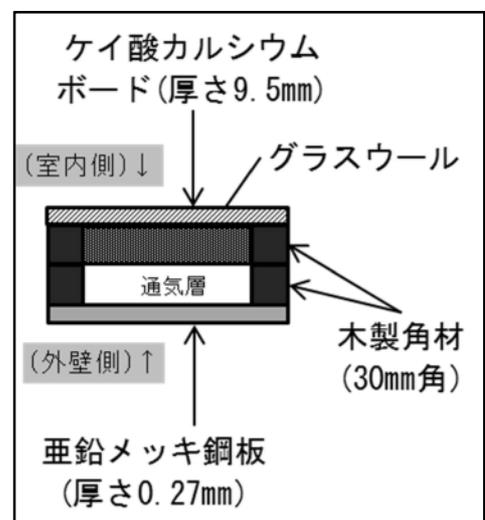




写真 20 模型 2 外観 (前面)



写真 21 模型 2 外観 (右側面)



写真 22 模型 2 外観 (左側面)



写真 23 模型 2 左側面換気口 (外壁側)



写真 24 模型 2 左側面壁体内部 (外壁側)



写真 25 模型 2 左側面壁体内部 (小屋裏付近)



写真 26 模型 2 外観(後面)



写真 27 模型 2 左側面換気口(1 階室内側)

(2) 実験設定

模型 2 の 1 階及び 2 階室内に木片、布等を設置した。

また、着火源として、1 階内部換気口の直下部分にアルコール 30ml を入れたガラス容器（直径 60 mm 深さ 15 mm）を設置した。

温度測定のために K 型熱電対温度計を、左側面壁体内通気層（換気口付近）、1 階室内中央部分、2 階室内中央部分及び小屋裏中央部分の計 4 ヶ所に設置し、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。

表 3 K 型熱電対温度計設置場所（実験 2）

熱電対のチャンネル	設置場所
CH1	左側面壁体内通気層（換気口付近）
CH2	1 階室内中央部分
CH3	2 階室内中央部分
CH4	小屋裏中央部分

(3) 実験方法

1 階室内に設置したアルコールライターにより着火し、延焼状況等を確認した。

実験中、1 階室内へ布の追加設置及び屋外から 1 階開口部への送風を行った（後述の「表 5 実験 2 開始から終了までの経過」参照）。

着火した時間を実験開始時間とし、実験中は 1 階右側面の開口部は開放状態とした。



写真 28 アルコール入りガラス容器(着火源)

(4) 実験結果 (写真 29～写真 46 参照)

実験開始後、時間経過に伴い 1 階室内から換気口経由で左側面壁体内通気層を通じて 1 階天井裏及び小屋裏へ延焼が拡大した。

実験開始 30 分後、1 階室内、左側面壁体内、1 階天井裏、小屋裏及び屋根全体が炎上しながら、2 階室内へは延焼していない状況となり、その後、前面の耐熱ガラスを取り外したことから、模型 2 の前面を通じて 1 階天井裏から 2 階室内へ延焼した。

実験開始から終了までの経過を表 4、各部分の温度変化を図 10 示す。

なお、図 10 において CH2 (1 階室内中央部分) の温度が変動しているが、これはアルコールを染み込ませた布を 1 階室内へ追加設置したこと及び開口部への送風による影響と考えられる。

表 4 実験 2 開始から終了までの経過

時間経過	状況
実験開始直後	左側面壁体内通気層の温度 (CH1) は上昇したが延焼は認められなかった。
7 分、11 分、 13 分後	アルコールを染み込ませた布を 1 階室内へ追加設置。
18 分後	開口部へ向けて送風開始 (送風は 27 分後まで継続)。
17 分、19 分、 21 分、23 分、 24 分後	アルコールを染み込ませた布を 1 階室内へ追加設置。
26 分後	アルコールを染み込ませた布を 1 階室内へ追加設置。 1 階室内から換気口経由で左側面壁体内及び 1 階天井裏への延焼が認められた。
27 分後	小屋裏への延焼及び軒先から火炎の噴出が認められた。 送風を停止した。
29 分後	屋根への着火が認められたが、2 階室内への延焼は認められなかった。
30 分後	1 階室内、左側面壁体内、1 階天井裏、小屋裏及び屋根全体が炎上している状況であったが、2 階室内への延焼は認められなかった。 内部の状況確認のため前面の耐熱ガラスを取り外し、以降は外したままとした。
33 分後	左側面壁体内へ散水栓により放水を行った。 模型 2 の前面を通じて 1 階天井裏から 2 階室内へ延焼が拡大し、2 階室内全体がフラッシュオーバーの様に急激に炎上した。
実験終了時 (34 分後)	実験終了とし消火した。 実験終了時は、1 階室内、2 階室内、左側面壁体内、1 階天井裏及び小屋裏などが炎上している状態であり、各部分の温度は、左側面換気口付近 (CH1) は約 750℃、1 階室内中央部分 (CH2) は約 600℃、2 階室内中央部分 (CH3) は約 300℃、小屋裏中央部分 (CH4) は約 300℃であった。
実験終了後	左側面壁体内部を確認したところ、換気口から上部の間柱及びグラスウールなどの焼けが強かった。

図 10 実験 2 開始から終了までの各部分の温度変化

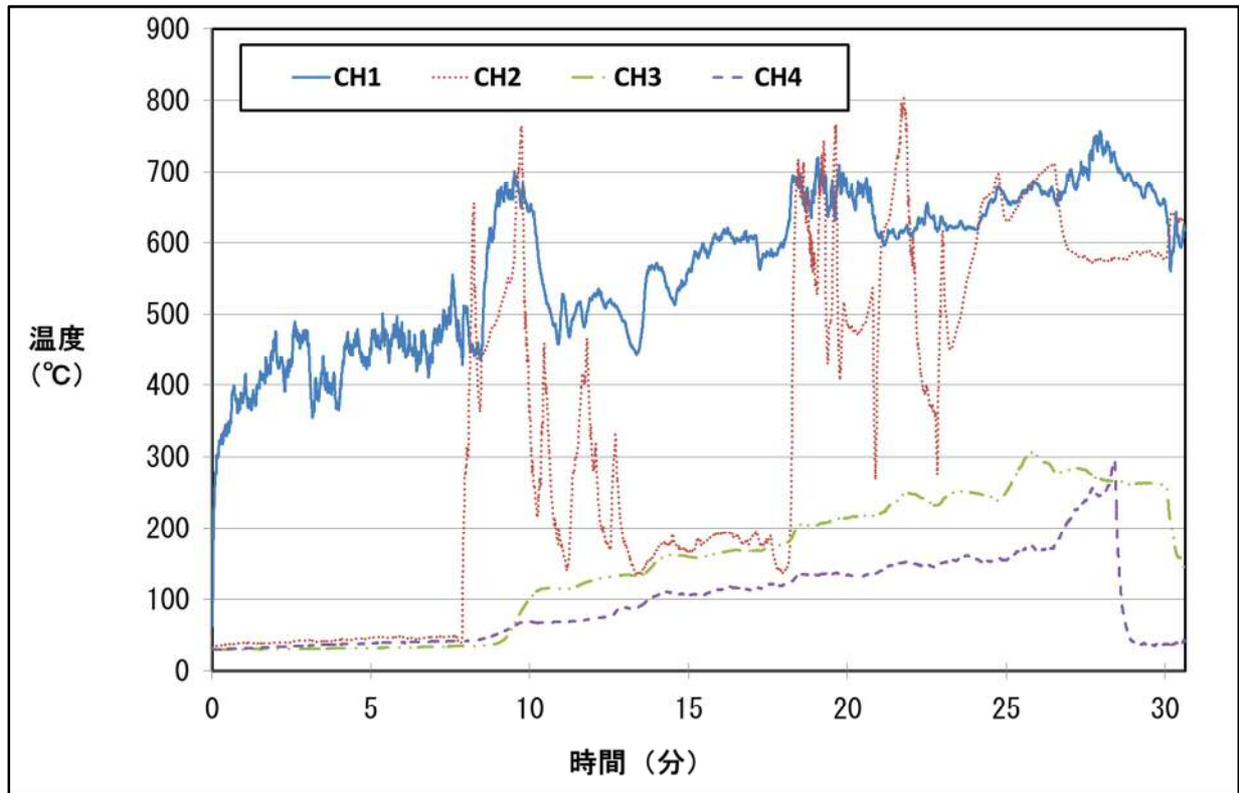


写真 29 実験 2 開始直後



写真 30 実験 2 開始 26 分後 (壁体内延焼)



写真 31 実験 2 開始 26 分後 (壁体内延焼)



写真 32 実験 2 開始 27 分後 (軒先から火炎)



写真 33 実験 2 開始 29 分後 (屋根へ着火)



写真 34 実験 2 開始 30 分後 (耐熱ガラス取外後)



写真 35 実験 2 開始 30 分後 (2 階室内)



写真 36 実験 2 開始 30 分後



写真 37 実験 2 開始 30 分後 (後面)



写真 38 実験 2 開始 30 分後 (右側面)



写真 39 実験 2 開始 33 分後



写真 40 実験 2 開始 33 分後



写真 41 実験 2 開始 34 分後 (終了時)



写真 42 実験 2 終了後 (消火後)



写真 43 実験 2 終了後 (左側面壁体内部)



写真 44 実験 2 終了後 (右側面)



写真 45 実験 2 終了後 (後面)



写真 46 実験 2 終了後 (屋根)

6 まとめ

実験 1（壁体内部の通気層なし）では、2 階室内及び小屋裏への煙が充満したが、実験終了まで 1 階室内以外への延焼は認められなかった。

実験 2（壁体内部の通気層あり）では、1 階室内から換気口経由で左側面壁体内通気層、1 階天井裏及び小屋裏へ延焼が拡大し、屋根全体が炎上しながら、2 階室内へは延焼していない状況が認められ、その後、耐熱ガラスを取り外したことにより 1 階天井裏から 2 階室内へ延焼が拡大し、2 階室内全体がフラッシュオーバーの様に急激に炎上した。

これらのことから、以下のことが考察される。

- ・ 壁体内の空気層が延焼経路となり、建物全体の延焼が早まる場合がある。
- ・ 壁体内の空気層が延焼経路となり、途中階の室内が延焼していなくても、小屋裏等の上階へ延焼する場合がある。
- ・ 延焼していない室内であっても、他の部屋及び空気層などからの熱や火種、空気流入などにより室内全体がフラッシュオーバーの様に急激に炎上する場合がある。

本実験の結果から、建物外観の確認のみでは、延焼状況及び延焼経路の予測が困難な場合があることが確認できた。

実際の建物火災においては様々な建物形態や延焼状況が考えられ、特に壁体内部が延焼経路となり得る建物については、今回の様な実験や各種建築工法の特長についての知識を蓄積することが延焼経路を把握する上で必要である。

【参考文献】

- 1) 建設省住宅局木造住宅振興室 監修、財団法人 日本住宅・木材技術センター 編、「これからの木造住宅 防火計画の手引き」P47、1998 年 11 月、丸善株式会社
- 2) 湯浅弘章・佐藤歩・渡邊茂男、消防技術安全所報 50 号 P10～20「住宅の外壁構造と小屋裏延焼の関係に関する検証（その 1）」、2013 年 9 月、東京消防庁消防技術安全所

静脈路確保用上肢固定器具の開発

札幌市消防局総務部消防学校教務課 高 田 涼
森 出 智 晴
宮 出 芳 昭
札幌市消防局消防科学研究所 高 塚 浩 平

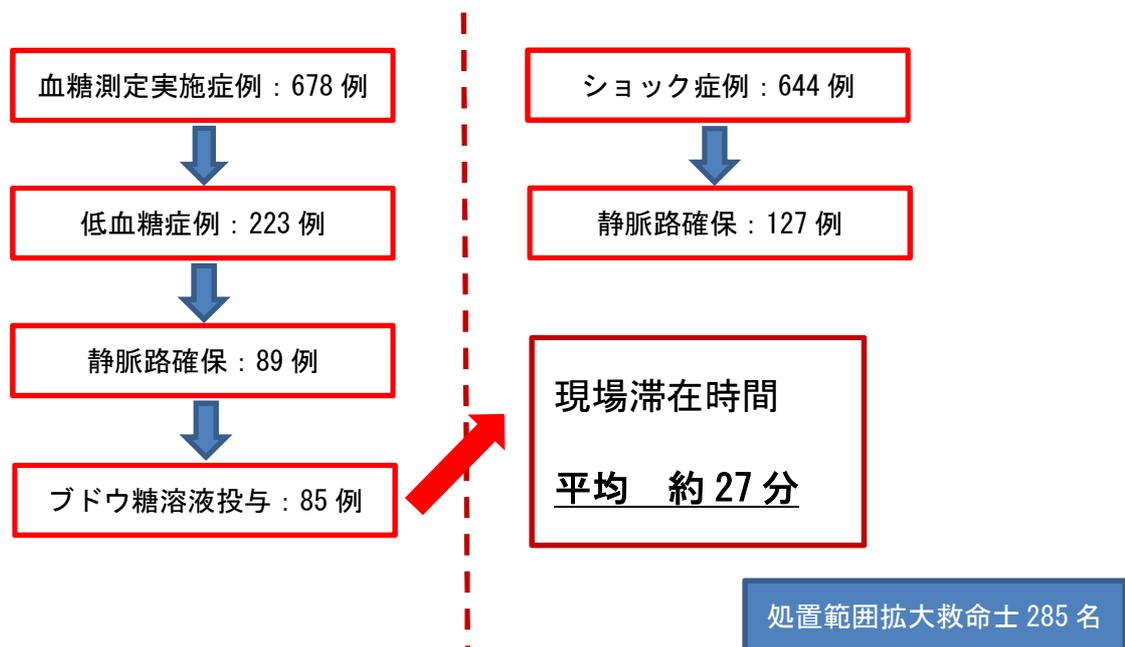
1 はじめに

救急救命士の処置範囲拡大に伴い、当局では平成 26 年 4 月から運用を開始し、平成 26 年度末で 300 名を超える処置範囲拡大救急救命士を養成したところである。

処置範囲拡大に伴い、当局では静脈路確保の機会が増え、従前とは違う心肺機能停止前の傷病者に対する処置は傷病者の急な体動に備えた対応をしなければならなくなった（図 1 参照）。

現在、当局の救急隊による静脈路確保は、原則、上肢を押さえる隊員と処置を実施する救急救命士の 2 名で実施しているが、1 人でも安全かつ迅速に静脈路確保を行い、より効率的な活動ができるよう、静脈路確保用上肢固定器具（以下「固定器具」という。）を開発した。

図 1 当局における処置範囲拡大処置状況
(平成 26 年 4 月 1 日～平成 26 年 10 月 31 日)



2 現状と問題点

当局では、静脈路確保は特定行為実施者及び補助者の 2 名以上で処置を実施するよう教育し、現場活動を行っている。

しかし、静脈路確保時は傷病者の急な体動や救急車両の振動等が予想されることから、以下の

ような問題が生じる。

- (1) 傷病者の急な体動の際に誤穿刺、留置針の抜去の可能性
- (2) 静脈路確保後の滴下不良や事故抜去の可能性
- (3) 傷病者の急な体動等に備え、2名で静脈路確保を行っているため、他の活動（観察、処置等）と並行して行うことができない。

3 固定器具の特徴

(1) 概要

傷病者の肘関節及び手首関節を固定するため、固定バンドを2箇所を設定した。

また、傷病者を固定したときに器具本体の動きを制限するため、特定行為実施者用の肘置き台を併設した（写真1参照）。

(2) 収納機能

固定器具は、救急バックに収納し持ち運びができるよう、クッション部分はマジックテープ式で取り外し可能とし、特定行為実施者用の肘置き台は、内側に折りたためるようにした（写真2参照）。

(3) 長さ調節機能

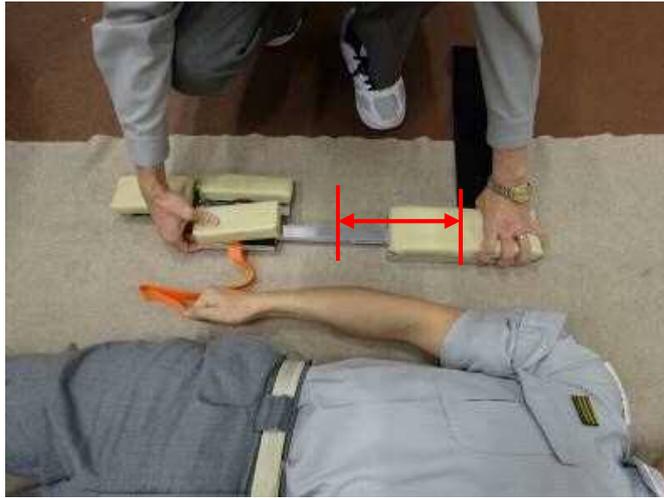
さまざまな腕の長さに対応するため、固定器具はスライド式により長さ調整ができるようにした（最大100mm伸長可能、写真3参照）。



写真1 静脈路確保用上肢固定器具



写真2 救急バックへ収納時



傷病者の腕の長さに合わせて調整可能
(縮小 520mm)
(最大 620mm)

写真3 設定時 (組立時間は約10秒)

4 仕様

スライド縮小時の長さは520mm、スライド最大伸長時の長さは620mmとした。骨組みは強度を確保するため、アルミ製各パイプ(縦30mm×横20mm)、アルミ板(厚さ3mm)を使用した。

また、特定行為実施者と傷病者が固定器具に密着するよう、クッション部分は低反発スポンジを使用した。

5 固定器具の設定手順

- (1) 固定器具に傷病者の腕を置く。傷病者の腕の長さに合わせて、固定器具をスライドさせ長さを調整する(写真3参照)。
- (2) 2箇所を設定された固定バンドを傷病者の腕に巻き付ける(写真4、写真5参照)。
- (3) 特定行為実施者は肘置き台に肘を置き、固定器具が動かないように体重を乗せる(傷病者の腕と特定行為者の腕を固定器具で一体化、写真6、写真7参照)。



傷病者の上肢部分をバンドで固定

写真4 装着時その①



傷病者の手首部分をバンドで固定

写真5 装着時その②



特定行為実施者の肘を肘置き台に置くことで傷病者の体動を抑制

写真6 固定器具使用时その①



肘置き台に膝を乗せ、体動を抑制することも可能

写真7 固定器具使用时その②

6 固定器具使用による効果

固定器具により、傷病者の肘関節及び手首関節の可動を制限し、さらには傷病者の腕と特定行為実施者の腕が固定器具で一体化されることにより、傷病者の急な体動や救急車両の振動に伴うリスクを軽減することが可能となった。その結果、特定行為実施中における誤穿刺、留置針の抜去、静脈路確保後の滴下不良、事故抜去の危険性について固定器具使用前と比較するとその効果は大きい（写真8参照）。

また、救急バックに収納できるコンパクトな設計としたため、救急車内に限局することなく、救急現場においても使用することが可能である。

さらには、特定行為実施者1名での対応が可能となり、今まで補助を行っていた隊員が他の観察及び処置を行うことができ、活動時間短縮等の効果も期待できる。



補助者により上肢を固定しているため、不安定な状況。
また、補助者が他の観察や処置を行うことができない。

写真8 現行の静脈路確保実施状況

7 今後の課題

今回開発した固定器具は、材料が日用品での機能性維持等を求めた制作となったため、強度を確保するためのアルミ角パイプ等について若干の重量や厚さが感じられたことから、今後においては取扱い及び収納をよりスムーズに行うことができるよう軽量、コンパクト化する余地があると感じた。

安全性及び効率性を兼ね備えた本機器は有効性が高いと思われるが、今後さらに検討を重ね、より一層操作性の高い機器の開発を検討していきたい。

防火手袋の熱伝導性等に関する検証

札幌市消防局消防科学研究所 橋田 宏一

高塚 浩平

札幌市消防局総務部施設管理課装備係 中島 隼

1 はじめに

現在、当局の消防隊員が火災現場等で使用している防火手袋は、切創、刺創による事故の低減、装着時の作業性及び熱的な防御性を考慮したものを使用しており、災害現場での使用状況などを考慮し、必要に応じて改良がされてきたところである。

平成 21 年 4 月以降は、東区で発生した負傷事故を受け、アルミ蒸着生地を親指の付根部に追加するなどの改良が加えられた防火手袋¹⁾（以下「旧型手袋」という。）を使用してきた。

その後、平成 23 年に北区で発生した受傷事故の教訓を受け、耐水性能を有する手袋（以下「新型手袋」という。）を導入することとし、平成 28 年 1 月に各署に耐水性能を有する手袋が納品され、現場での使用が開始されたところである。

新型手袋については、内側にポリウレタン系の透湿防水フィルムを入れ耐水性能を有する構造となっており、燃焼性や熱伝導性等については ISO 規格に基づく試験により性能が示されているが、現場活動に近い環境下でのデータについては確認が取れていないところである。

これらのことから実際の使用状況に近い環境で新型手袋と旧型手袋の比較を行い、得られた結果を現場活動での注意点や負傷事故等防止に役立てることを目的として、本検証を行うものである。

2 実験日時等

日時：平成 28 年 3 月 4 日（金）～平成 28 年 3 月 8 日（火）

場所：札幌市消防学校消防科学研究所（分析測定室及び危険物実験室）

札幌市消防学校訓練本棟

設備：低温実験ユニット（分析測定室内設置：写真 1 参照）、高温高湿訓練室（訓練本棟 1 階に設置：写真 2 参照）



写真 1 低温実験ユニット



写真 2 訓練本棟

3 検証に用いた防火手袋について（写真3～写真6参照）

検証に用いた防火手袋の主な仕様は以下のとおりである。

(1) 旧型手袋（平成21年度改正）

ア 生地

(ア) 甲側

交編編物（Wニット）

表：パラ配向芳香族ポリアミド繊維

裏：メタ配向芳香族ポリアミド繊維

糸番手：表 20/1 裏 20/1

色：紺色

(イ) 掌側

交編編物（Wニット）

表：パラ配向芳香族ポリアミド繊維

裏：綿 100%

糸番手：表 20/1 裏 20/1

色：黄色

イ 補強材

(ア) 牛本皮（革厚 0.8～0.9 mm）にセラミック粒子を配合

色：ベージュ

主な補強部位：掌部の各指先から掌下部

(イ) ケブラーニット 100%のアルミフィルム蒸着加工生地

補強部位：甲側の最内層に縫付け挿入

ウ 縫糸

主要部は芳香族ポリアミド 30 番、絞りゴム部、パイピング部はスパン糸 30 番とする。

(2) 新型手袋（平成27年度改正）

ア 生地

(ア) 甲側及び掌側

交編編物Wニット

表面：ケブラー繊維（紺色）

裏面：ノーメックス繊維

糸番手：表 20/1 裏 20/1

(イ) 中層

ポリウレタン系の透湿防水フィルム

(ウ) 内層

綿 100%ニット（白）

(エ) 掌側外層

耐炎防水加工牛革（茶色、厚さ 0.7 mm～0.8 mm）

イ 縫製糸

縫製糸は芳香族ポリアミド 30 番もしくは 50 番を使用すること。

4 検証項目

(1) 熱水中での熱伝導性（実験 1）

木製の手型模型に防火手袋を装着し、温度 80℃に保った恒温液槽内の熱水に浸して手袋内部の温度測定を行った。

(2) 高温環境での熱伝導性（実験 2）

木製の手型模型に防火手袋を装着し、内部温度 200℃に保った定温乾燥器の内部に静置し、手袋内部の温度測定を行った。

(3) 高温環境での熱の感じ方（実験 3）

室内温度 200℃±10℃の訓練本棟 1 階の高温高湿訓練室内へ、防火手袋を装着した被験者が入室し、手袋内部の熱気に耐えられる時間（耐熱時間）を測定した。

(4) 低温環境での熱伝導性（実験 4）

木製の手型模型に防火手袋を装着し、室内温度-30℃の低温実験ユニット内に静置し、手袋内部の温度測定を行った。

(5) 低温環境での温度の感じ方（実験 5）

室内温度-30℃の低温実験ユニット内へ防火手袋を装着した被験者が入室し、冷氣による痛みが手部分に生じるまでの時間（耐寒時間）を測定した。

表 1 実験内容一覧

実験番号	使用手袋	手袋の状態	実験環境	実験内容
実験 1-1	新型手袋	濡れた状態	恒温液槽 (熱水温度 80℃)	木製の手型模型を用いた 手袋内部の温度測定
実験 1-2	旧型手袋			
実験 2-1	新型手袋	乾燥状態	定温乾燥器 (温度 200℃)	木製の手型模型を用いた 手袋内部の温度測定
実験 2-2	旧型手袋			
実験 2-3	新型手袋	濡れた状態		
実験 2-4	旧型手袋			
実験 3	新型手袋 旧型手袋	乾燥状態	恒温恒湿訓練室 (温度 200℃±10℃)	被験者による熱の感じ方 の検証
実験 4-1	新型手袋	乾燥状態	低温実験ユニット (温度-30℃)	木製の手型模型を用いた 手袋内部の温度測定
実験 4-2	旧型手袋			
実験 4-3	新型手袋	濡れた状態		
実験 4-4	旧型手袋			
実験 5	新型手袋 旧型手袋	濡れた状態	低温実験ユニット (温度-30℃)	被験者による温度の感じ 方の検証



写真3 新型手袋（手背側）



写真4 新型手袋（手掌側）



写真5 旧型手袋（手背側）



写真6 旧型手袋（手掌側）

5 実験1 熱水中での熱伝導性

(1) 実験設定（写真7～写真12参照）

手型模型の表面にK型熱電対温度計を設置した後、同模型に防火手袋を装着した。
K型熱電対温度計設置箇所は、中指第二関節部分及び手背中央部分の2箇所とした。
手型模型は右手を使用し、手は握った状態で、新型手袋及び旧型手袋それぞれ実験を実施した。

(2) 実験方法（写真13～写真18参照）

防火手袋を装着した手形模型を10℃の水道水に指先から手首まで3分間水に浸し、引揚げた直後に恒温液槽内（ヤマト科学株式会社製 BK-33）の80℃の熱水に、指先から手首までを浸し、10分間温度測定を行った。

また、手形模型を恒温液槽内に浸した時点で実験開始とし、温度測定を開始した。
測定した温度データは、データロガー（グラフテック株式会社製 GL800）で記録した。

表2 実験1手袋内部のK型熱電対温度計設置箇所

熱電対温度計チャンネル	温度測定箇所
CH1	右手中指第二関節（右手中指近位指節間関節部分）
CH2	右手手背中央部分

表3 実験1実施項目一覧

実験番号	使用手袋	熱水温度	実験開始時の手袋の状態
実験1-1	新型手袋	80℃	濡れた状態
実験1-2	旧型手袋	80℃	



写真7 手型模型



写真8 手型模型のK型熱電対温度計設置箇所



写真9 手型模型への新型手袋装着状況



写真10 手型模型への新型手袋装着状況



写真11 手型模型への旧型手袋装着状況



写真12 手型模型への旧型手袋装着状況



写真13 実験1で使用した恒温液槽



写真14 温度データ記録に使用したデータロガー

(3) 実験結果

新型手袋は、中指第二関節部分に比べ手背部分の温度上昇が早かった。

旧型手袋は、中指第二関節部分と手背部分の温度上昇に大きな違いは認められなかった。

新型手袋と旧型手袋の温度変化を比較すると、実験開始初期（実験開始1分程度まで）では新型手袋の方が温度上昇は遅かったが、その後温度差が徐々に縮まり、5分後以降は大きな違いが認められなくなった。

実験1の結果を図1、図2及び表4に示す。

図1 実験1-1結果（新型手袋内部の温度変化）

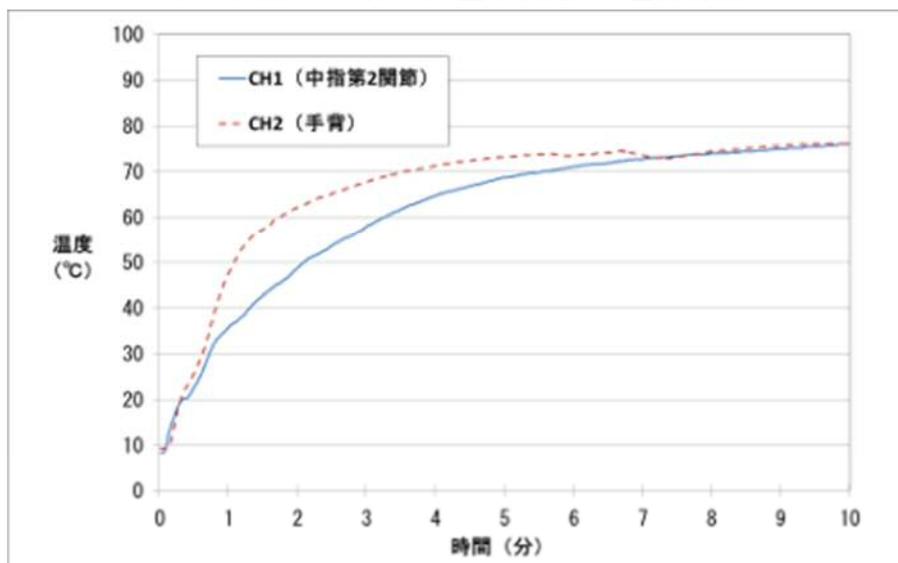


図2 実験1-2結果（旧型手袋内部の温度変化）

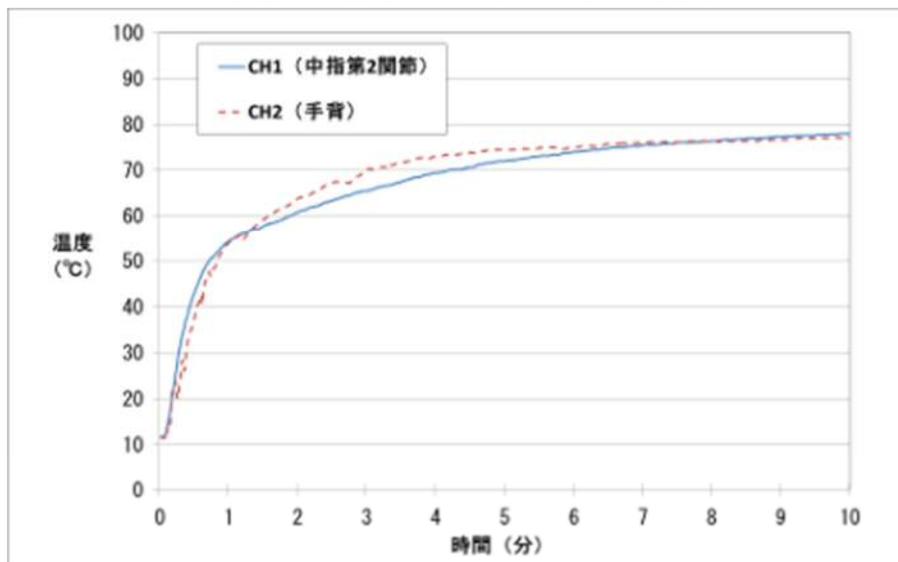


表4 実験1-1及び1-2開始1分後の温度測定結果

熱電対温度計チャンネル	温度測定箇所	実験1-1 (新型手袋)	実験1-2 (旧型手袋)
CH1	右手中指第二関節 (中指近位指節間関節部分)	35.8°C	54.3°C
CH2	右手手背中央部分	47.7°C	53.8°C



写真 15 実験 1-1 実施状況



写真 16 実験 1-1 実施状況



写真 17 実験 1-2 実施状況

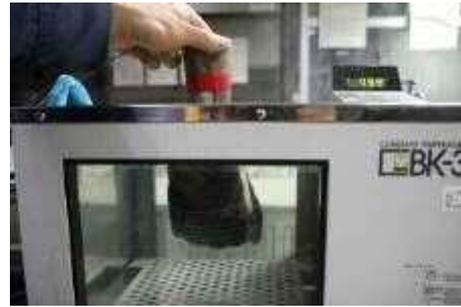


写真 18 実験 1-2 実施状況

6 実験 2 高温環境での熱伝導性

(1) 実験設定

手型模型の表面にK型熱電対温度計を設置した後、同模型に防火手袋を装着した。
K型熱電対温度計設置箇所については中指第二関節及び手背中央部分の2箇所とした。

手型模型は右手を使用し、手は握った状態で、新型手袋及び旧型手袋それぞれについて乾燥状態及び濡れた状態について実験を実施した。

(2) 実験方法 (写真 19～写真 24 参照)

乾燥状態の実験については、雰囲気温度 200℃に設定した定温乾燥器内（ヤマト科学株式会社製 DV-41）へ、防火手袋を装着した手形模型を静置し、20 分間温度測定を行った。

濡れた状態の実験については、防火手袋を装着した手形模型を、10℃の水道水に指先から手首まで 30 秒間水に浸し、引揚げた直後に定温乾燥器内へ静置し、20 分間温度測定を行った。

手形模型を定温乾燥器内へ静置した時点で実験開始とし、温度測定を開始した。

測定した温度データは、データロガー（グラフテック株式会社製 GL800）で記録した。

表 5 実験 2 手袋内のK型熱電対温度計設置箇所

熱電対温度計チャンネル	温度測定箇所
CH1	右手中指第二関節（右手中指近位指節間関節部分）
CH2	右手手背中央部

表 6 実験 2 実施項目一覧

実験番号	使用手袋	実験開始時の手袋の状態	定温乾燥器温度
実験 2-1	新型手袋	乾燥状態	200℃
実験 2-2	旧型手袋		
実験 2-3	新型手袋	濡れた状態	
実験 2-4	旧型手袋		

(3) 実験結果

全ての実験で、中指第二関節部分と手背部分の温度上昇速度に大きな違いは認められなかった。

また、手袋が乾燥した状態及び濡れた状態それぞれについて、新型手袋と旧型手袋を比較した場合、温度上昇速度に大きな違いは認められなかった。

手袋が乾燥状態の場合、新型手袋及び旧型手袋ともに、内部の温度は実験開始から終了まで温度上昇が続き、終了時は約 120℃であった。

手袋が濡れた状態の場合、新型手袋及び旧型手袋ともに、内部の温度は実験開始から終了まで温度上昇が続いたが、実験開始から約 2 分後以降は上昇速度が遅くなり、終了時は約 65℃であった。

実験 2 の結果を図 3～図 6 に示す。

図 3 実験 2-1 結果 (乾燥した新型手袋内部の温度変化)

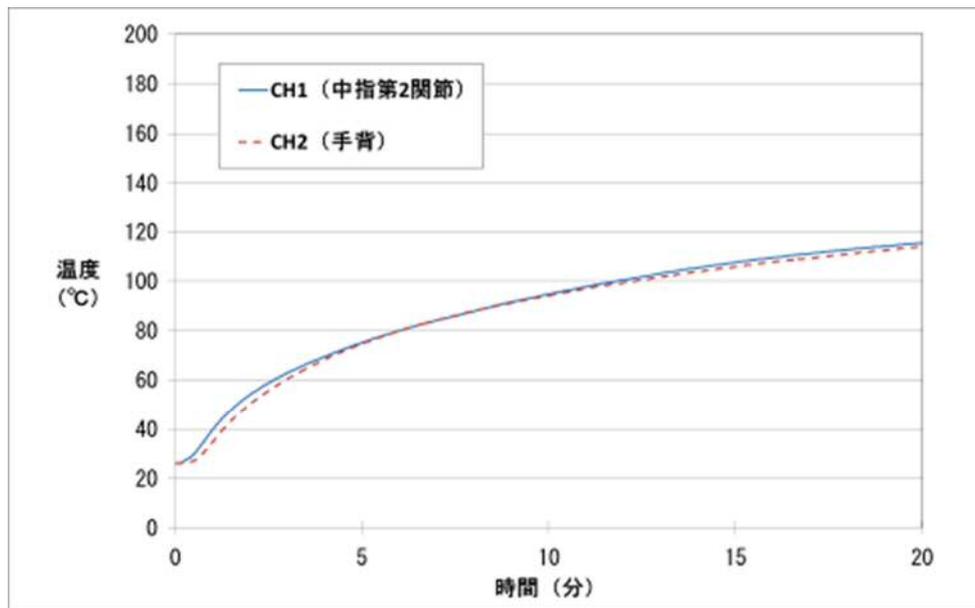


図 4 実験 2-2 結果 (乾燥した旧型手袋内部の温度変化)

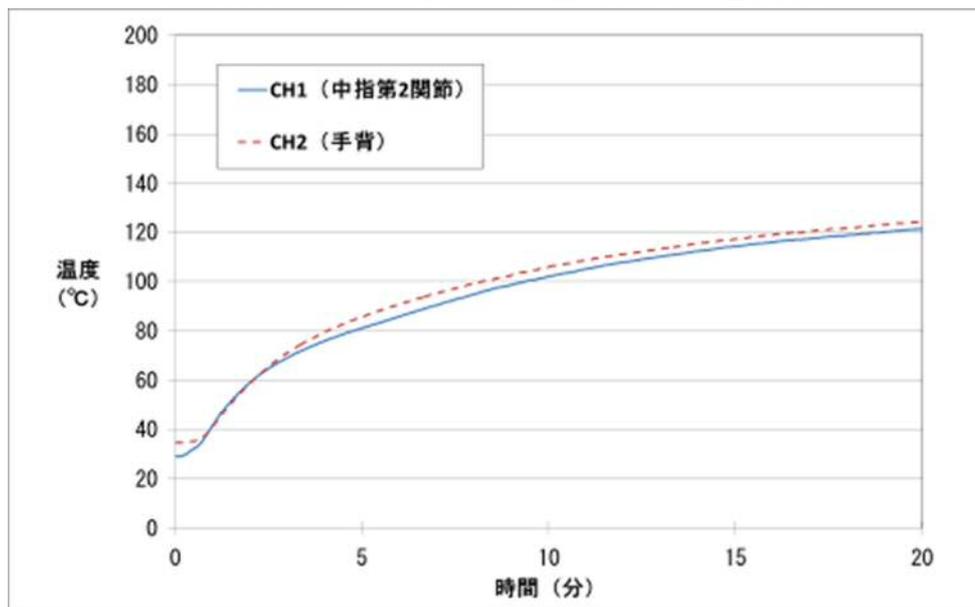


図5 実験 2-3 結果 (濡れた新型手袋内部の温度変化)

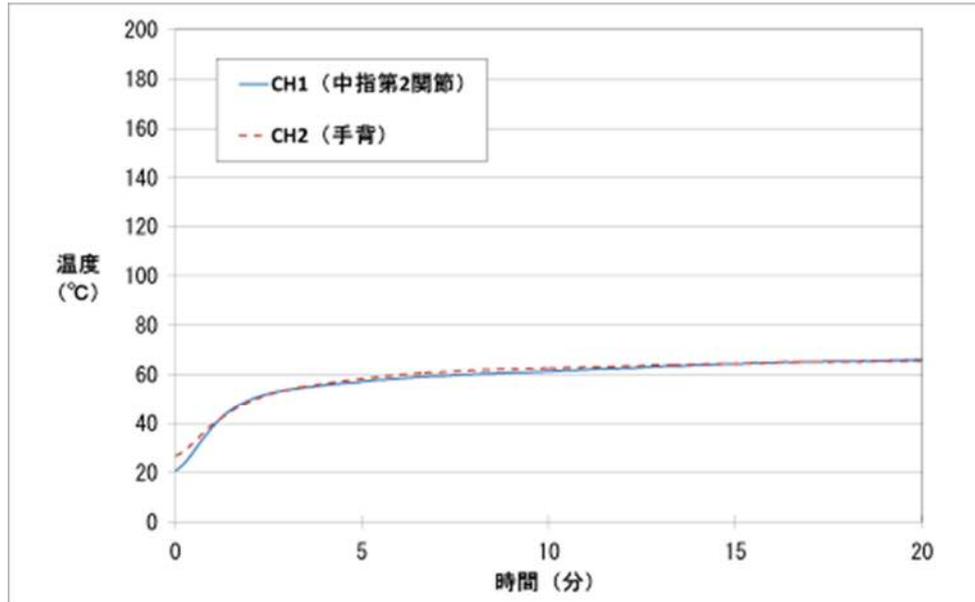


図6 実験 2-4 結果 (濡れた旧型手袋内部の温度変化)

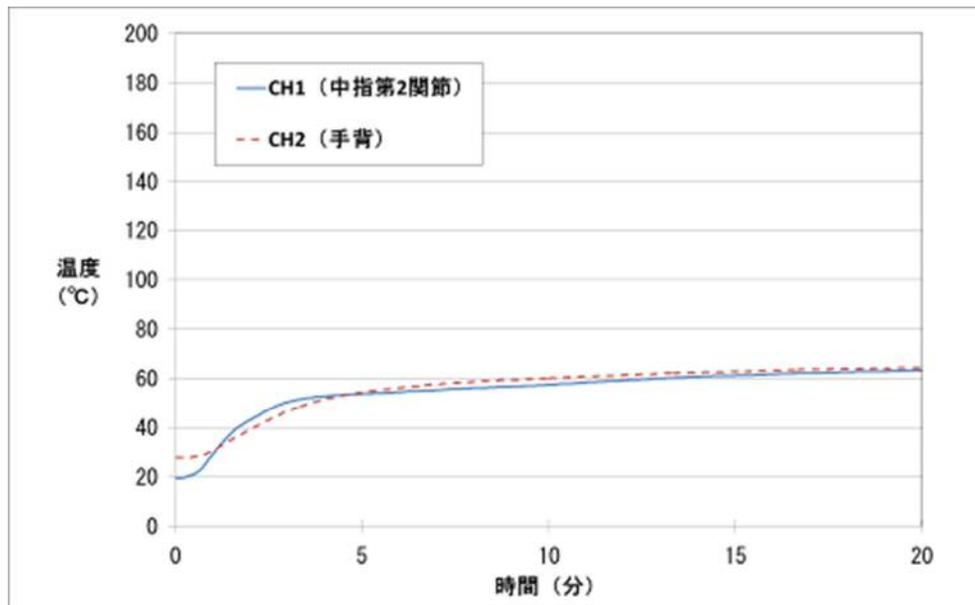


写真 19 実験 2 で使用した定温乾燥器



写真 20 定温乾燥器内への手型模型設置状況



写真 21 定温乾燥器内への手型模型設置状況



写真 22 定温乾燥器内への手型模型設置状況



写真 23 実験 2 実施状況



写真 24 実験 2 実施状況

7 実験 3 高温環境での熱の感じ方

(1) 実験設定

被験者は5名（A～Eとする）とし、実験は1名ごとに行うこととした。

被験者は、防火衣、防火帽及び右手に新型手袋、左手に旧型手袋を着装することとした。

訓練本棟1階の高温高湿訓練室内をバーナー（オリンピア工業株式会社製「OLYMPIA OIL BURNER OM-2LWP」、低燃焼時出力:約 102KW、高燃焼時出力:約 205KW）で加熱し、室内温度の床から高さ 1.5mの温度が $200 \pm 10^{\circ}\text{C}$ が維持されるように調整した。

(2) 実験方法（写真 25～写真 30 参照）

被験者は高温高湿訓練室内へ入室後、所定の位置に屈み、手を握った状態で腕を上へ伸ばした姿勢を保持することとし、手袋内部の熱気に耐えられる時間（耐熱時間）を測定した。（当該姿勢を取った時点で実験開始とし、時間の測定を開始した。）

各被験者について、手の位置は高さ 1.3m～1.5mの範囲であった。

実験開始時の手袋は乾燥状態とした。

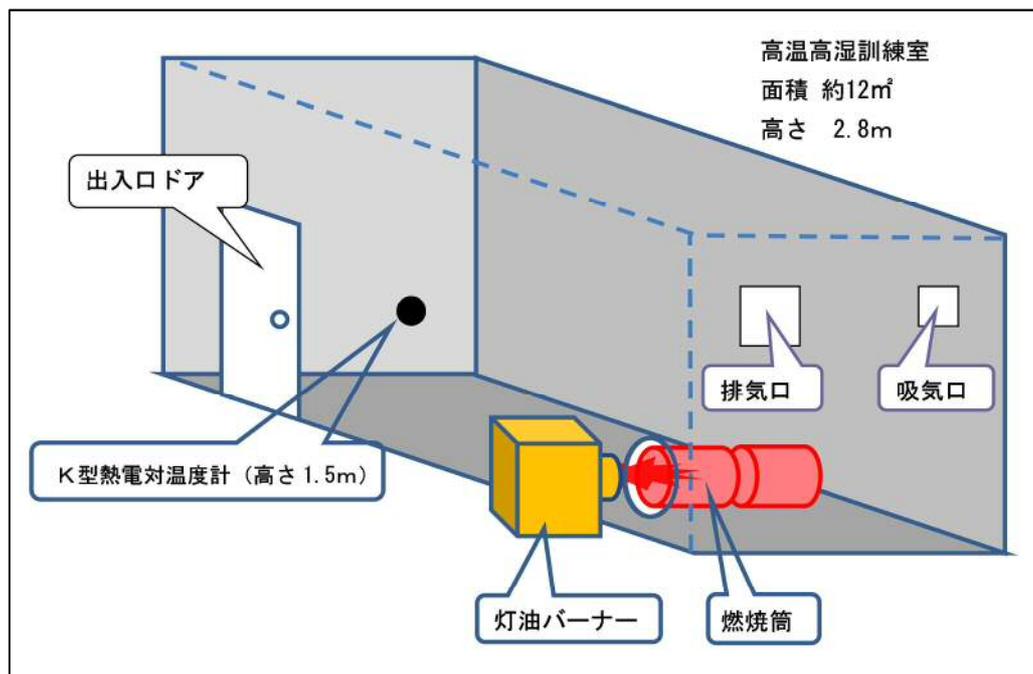


写真 25 高温高湿訓練室の前室



写真 26 高温高湿訓練室内部

図 7 高温高湿訓練室概要図



(3) 実験結果

耐熱時間については、全ての被験者で新型手袋の方が旧型手袋よりも長くなった。
また、中指第二関節付近が最も熱く感じたという意見が多く見られた。
実験 3 の結果を表 7 に示す。

表 7 実験 3 結果

被験者	手袋種別	実験開始時の 手袋の状態	耐熱時間	最も熱く感じた部分
A	新型手袋 (右手)	乾燥状態	2 分 42 秒	小指第二関節付近
	旧型手袋 (左手)		2 分 10 秒	中指第二関節付近
B	新型手袋 (右手)		1 分 30 秒	拇指側面
	旧型手袋 (左手)		1 分 4 秒	拇指側面
C	新型手袋 (右手)		1 分 55 秒	中指第二関節付近
	旧型手袋 (左手)		1 分 26 秒	拇指側面
D	新型手袋 (右手)		1 分 27 秒	中指第二関節付近
	旧型手袋 (左手)		1 分 7 秒	中指第二関節付近
E	新型手袋 (右手)		2 分 0 秒	中指第二関節付近
	旧型手袋 (左手)		1 分 55 秒	中指第二関節付近



写真 27 実験 3 実施状況



写真 28 実験 3 実施状況



写真 29 実験 3 実施状況



写真 30 実験 3 実施状況

8 実験 4 低温環境での熱伝導性

(1) 実験設定

手型模型の表面にK型熱電対温度計を設置した後、同模型に防火手袋を装着した。

K型熱電対温度計設置箇所については中指第二関節部分及び手背中央部分の2箇所とした。

手型模型は右手を使用し、手は握った状態で、新型手袋及び旧型手袋それぞれについて乾燥状態及び濡れた状態で実験を実施した。

(2) 実験方法（写真 31～写真 38 参照）

乾燥状態の実験については、雰囲気温度 -30°C に設定した低温実験ユニット内の床から高さ1.5 mの位置に、防火手袋を装着した手形模型を静置し、20分間温度測定を行った。

濡れた状態の実験については、防火手袋を装着した手形模型を、 10°C の水道水に指先から手首まで30秒間水に浸し、引揚げた直後、雰囲気温度 -30°C に設定した低温実験ユニット内に静置し、20分間温度測定を行った。

手形模型を低温実験ユニット内へ静置した時点で実験開始とし、温度測定を開始した。

測定した温度データは、データロガー（グラフテック株式会社製 GL800）で記録した。

表 8 実験 4 手袋内のK型熱電対温度計設置箇所

熱電対温度計チャンネル	温度測定箇所
1CH	右手中指第二関節（右手中指近位指節間関節部分）
2CH	右手手背中央部

表 9 実験 4 実施項目一覧

実験番号	手袋種別	手袋の状態	低温実験ユニット内温度
実験 4-1	新型手袋	乾燥状態	-30℃
実験 4-2	旧型手袋		
実験 4-3	新型手袋	濡れた状態	
実験 4-4	旧型手袋		

(3) 実験結果

各実験で、中指第二関節部分と手背部分の温度降下速度に大きな違いは認められなかった。

手袋が乾燥した状態及び濡れた状態それぞれについて、新型手袋と旧型手袋を比較した場合、温度降下速度に大きな違いは認められなかった。

各実験で、手袋内部は実験終了まで温度降下が続き、手袋が乾燥状態の終了時は内部温度が約-3℃、手袋が濡れた状態の終了時は内部温度が約 2℃であった。

実験 4 の結果を図 8～図 11 に示す。

図 8 実験 4-1 結果（乾燥した新型手袋内部の温度変化）

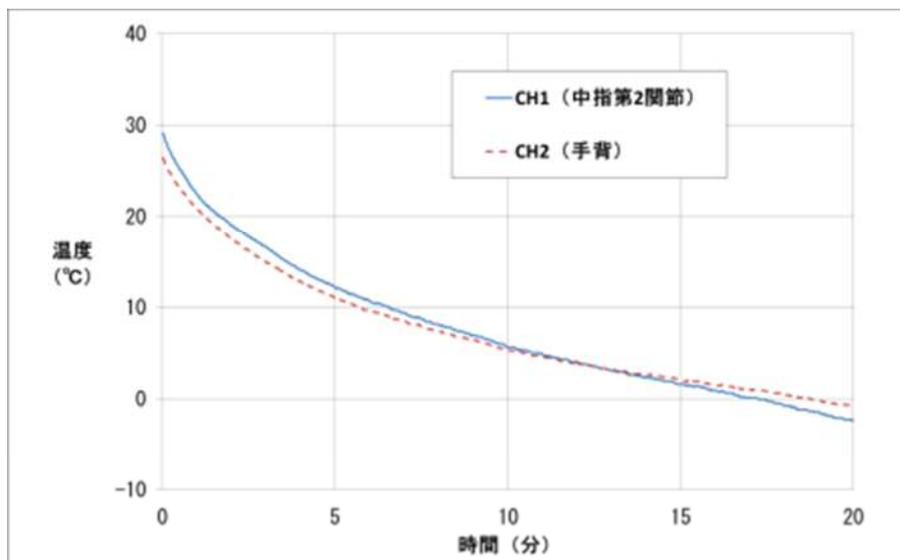


図 9 実験 4-2 結果（乾燥した旧型手袋内部の温度変化）

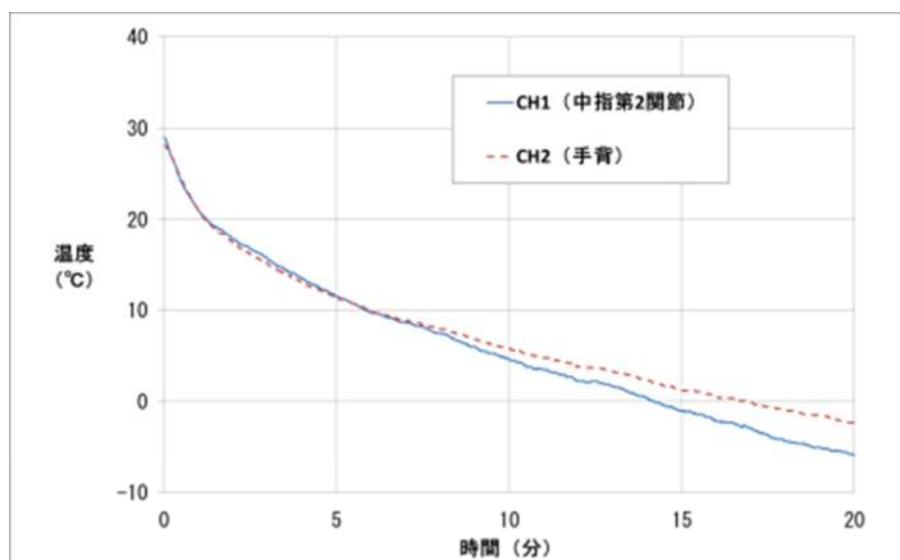


図 10 実験 4-3 結果（濡れた新型手袋内部の温度変化）

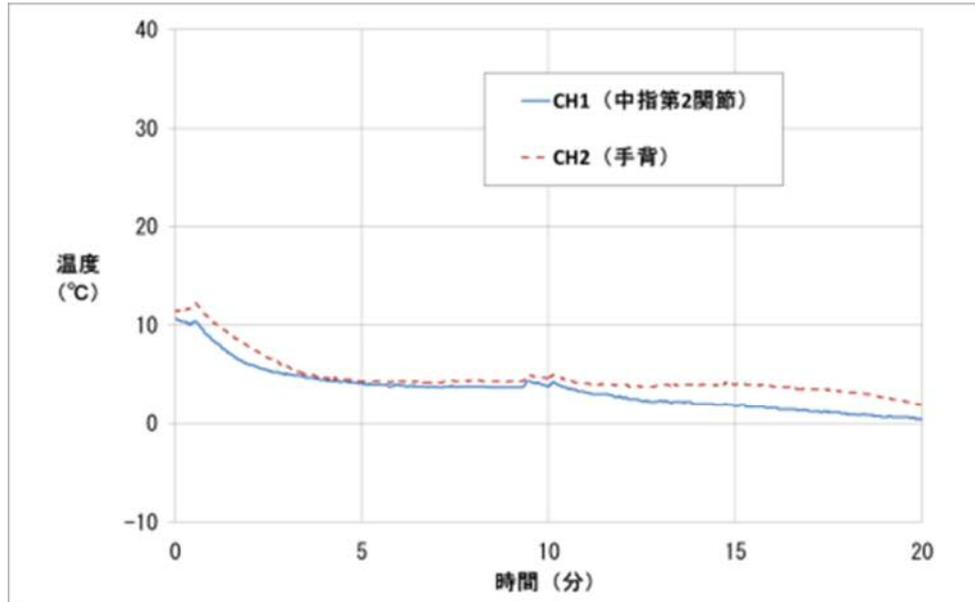


図 11 実験 4-4 結果（濡れた旧型手袋内部の温度変化）

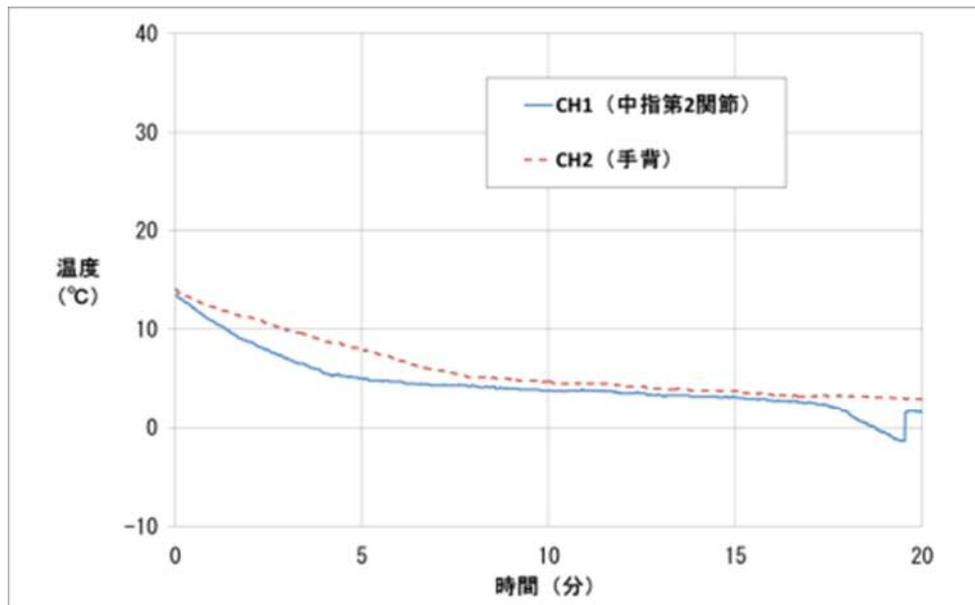


写真 31 実験 4 設定状況



写真 32 実験 4 設定状況



写真 33 実験 4 実施状況



写真 34 実験 4 実施状況



写真 35 実験 4 実施状況



写真 36 実験 4 実施状況



写真 37 実験 4 実施状況



写真 38 実験 4 実施状況

9 実験 5 低温環境での温度の感じ方

(1) 実験設定

被験者は4名（A～Dとする）とし、実験は1名ごとに行うこととした。

被験者は、防寒具及び右手に旧型手袋、左手に新型手袋を装着することとした。

低温実験ユニットの内部温度を -30°C に設定した。

(2) 実験方法（写真 39～写真 42 参照）

被験者は、両手を 10°C の水道水に指先から手首まで30秒間浸し、引揚げた直後に低温実験ユニットへ入室して中央部に位置し、立位で腕を伸ばして手を握った状態で、手を高さ約1.5mの位置に保持することとした。

当該姿勢を取った時点で実験開始とし、手に冷気による痛みが一部でも感じられるまでの時間（耐寒時間）を測定した。

(3) 実験結果

耐寒時間に関して、旧型手袋よりも新型手袋の方が長くなる傾向が見られた。

また、痛みを感じた部分に関しては、旧型手袋は手全体が、新型手袋は拇指付近という意見が多く見られた。

被験者Bに関しては、旧型手袋と新型手袋の比較について違いは認められなかった。

また、両手を水道水に浸した際に被験者全員から出た意見として、旧型手袋はすぐに内部が濡れ、新型手袋は内部の指先部分が少し濡れたということであった。

実験5の結果を表10に示す。

表10 実験5結果

被験者	手袋種別	実験開始時の手袋の状態	耐寒時間	痛みを感じた部分
A	旧型手袋(右手)	濡れた状態	6分40秒	手全体
	新型手袋(左手)		7分53秒	拇指先端
B	旧型手袋(右手)		5分15秒	手全体
	新型手袋(左手)		5分15秒	手全体
C	旧型手袋(右手)		1分3秒	手全体
	新型手袋(左手)		3分30秒	拇指側面
D	旧型手袋(右手)		3分7秒	拇指側面、小指側面
	新型手袋(左手)		6分0秒	拇指第二関節(拇指指節間関節)付近



写真39 実験5実施状況



写真40 実験5実施状況



写真41 実験5実施状況



写真42 実験5実施状況

10 考察

(1) 熱水中での熱伝導性について（実験 1）

実験 1 に関して、新型手袋と旧型手袋の内部温度を比較した場合、新型手袋の方が温度上昇は遅くなったが、これは新型手袋の耐水性能により熱水が内部へ浸透し難く温度上昇が遅くなり、旧型手袋は耐水性能を持たないことから熱水が内部へ浸透し温度上昇が早くなったと考えられる。

このことから、新型手袋の方が旧型手袋よりも熱水に対する防御性が高いと考えられる。

(2) 高温環境での実験について（実験 2 及び実験 3 について）

実験 2 に関して、新型手袋と旧型手袋の内部温度を比較した場合、温度上昇速度に大きな違いは認められなかった。

実験 3 に関して、新型手袋と旧型手袋の内部温度を比較した場合、耐熱時間は全ての被験者で新型手袋の方が旧型手袋よりも長くなったことから、本実験の条件下では手袋の熱伝導性に違いがあったものと考えられる。

実験 2 及び実験 3 はいずれも防火手袋を高温環境に晒す実験であるが、実験 2 では違いは認められず、実験 3 では違いは認められたが、これは以下のような実験条件の違いによるものと考えられる。

- ・ 手袋へ加わる熱が実験 2 では定温乾燥器内の対流伝熱による熱伝導が主であるのに対し、実験 3 では高温高湿訓練室内の対流伝熱とバーナーからの輻射伝熱による熱伝導が主である。
- ・ 実験 2 では手型模型で実験を行ったことに対して実験 3 では生体で実験を行っていることから手袋の密着性など装着状態に違いがある。
- ・ 実験 2 では温度測定箇所が 2 箇所なのに対して実験 3 では生体なので手全体で熱を感じ取ることができる。

実験 2 と実験 3 の実験内容について比べると、実験 3 の方が実際の使用に即していると言えることから、実際の災害現場等では新型手袋の方が旧型手袋よりも耐熱性が高いと考えられる。

(3) 低温環境での実験について（実験 4 及び実験 5 について）

実験 4 に関して、新型手袋と旧型手袋の内部温度を比較した場合、温度降下速度に大きな違いは認められなかった。

実験 5 に関して、新型手袋と旧型手袋の内部温度を比較した場合、耐寒時間は新型手袋の方が旧型手袋よりも長くなる傾向が認められたことから、本実験の条件下では手袋の耐寒性に違いがあったものと考えられ、これは耐水性能の違いなどが影響したと考えられる。

実験 4 及び実験 5 はいずれも防火手袋を低温環境に晒す実験であるが、実験 4 では違いは認められず、実験 5 では違いは認められたが、これは以下のような実験条件の違いによるものと考えられる。

- ・ 実験 4 では手型模型で実験を行ったことに対して、実験 5 では生体で実験を行っていることから手袋の密着性などの装着状態に違いがある。
- ・ 実験 5 では温度測定箇所が 2 箇所なのに対して、実験 5 では生体なので手全体で温度を感じ取ることができる。

実験 4 と実験 5 の実験内容について比べると、実験 5 の方が実際の使用に即していると言えることから、災害現場等での低温環境においては、新型手袋の方が旧型手袋よりも耐寒性が高いと考えられる。

また、新型手袋は耐水性能を有しているが、実験 5 では被験者全員の意見として、両手を水道水に浸した際、新型手袋は内部の指先部分が少し濡れたということであり、災害現場での使用においても大量の水を長時間受け続ける状況では、手袋内部が濡れて耐寒性が低下する可能性が考えられる。

11 まとめ

本検証結果として、災害現場等で使用する場合、新型手袋の方が旧型手袋より耐熱性や耐寒性が高いと考えられる。

また、本検証の中で機器を用いた測定結果と被験者による体感には違いが出る可能性も示唆されたところである。

防火手袋に求められる性能は今回検証した耐熱性や耐寒性だけではなく、耐切創性や作業性など多岐に渡ることから、これらの性能についても ISO 等の規格上の数値を参照するだけではなく、実際の使用状況等を通して検証を行って行くべきであると考ええる。

【参考文献】

- 1) 高橋渉 著、札幌市消防科学研究所報 No16 2009 掲載、「防火手袋の検証実験について」、2010 年 9 月発行、札幌市消防局消防科学研究所発行

検証現場における灯油成分等の効果的な検出方法について（その2）

ガス検知管用感度増幅器の開発

札幌市消防局消防科学研究所 橋本 慎也

1 はじめに

放火火災の原因調査においては、灯油やガソリンなどの助燃材の立証が極めて重要となり、その検出手段としてガス検知管が広く採用されている。

しかしながら、火災現場では、火災熱や消火水等の影響により助燃材の濃度が低下しており、ガス検知管が変色しない場合や口先だけの変色する程度で、油種の判別ができないことが多い。

加えて、冬期間ともなると、低温の影響で助燃材の揮発量が抑制されるため、ガス検知管による助燃材の検出が一層困難となる。

そこで、氷点下の環境においても、通常の測定方法では検知できない微量な助燃材を、油種の判別ができるまでに検出量が高める器具の開発に着手し、その基本的な仕組みは、消防科学研究所報 No. 21（2015）「検証現場における灯油成分等の効果的な検出方法について」の中で記述した。

今回、構成材料を見直し、サーモスタット等の安全装置を取り付けるなど、試作器を火災現場での使用に耐えられるよう、改良を加えたので報告する。

2 器具の概要

本器具は加熱式で、内部にガス検知管を差し込み空気とともに温めて使用する。開発にあたり、構造が単純で取り扱いが容易であることを重視した。

アルミ製漏斗にシリコンコードヒーターを巻きつけ、耐熱ガラスクロステープで固定した上、シリコン栓で蓋をするという構造で、電源は100V交流電源を使用する。ヒーター線の損傷による漏電や熱傷危険を考慮し、サーモスタットを取り付けたほか、発熱部分を断熱材で覆い、更に漏斗を重ねた。また、料理用の温度計やサーモワッペンを取り付け、器具の稼働状況や内部の雰囲気温度が分かるようにした（写真1、写真2参照）。

火災現場では、車載の発電機や交流出力を備えるモバイルバッテリーから電源を供給して使用する。測定箇所と器具との密着性を高めるために、穴を開けたシリコンシートを用意した（写真3参照）。

3 原理

ガス検知管の測定原理は、採取器を用いて周囲の空気とともに目的のガスを検知管内に通気すると、化学反応により検知剤が変色するものである。また、助燃材から発生する揮発性ガスは、温度が上昇するほど発生量が大きくなるという性質を持つ。本器具は、この原理と特性に着目した。ガス検知管に吸引させる空気量を漏斗内の容量に限定するとともに、装置内の雰囲気温度を高めることにより、助燃材の検出量が増幅される仕組みである。

4 器具の温度

ガス検知管の使用温度範囲は0℃～40℃である。そのため、動作温度40℃のサーモスタットを使い、器具内部の雰囲気温度を制御した。器具内部の雰囲気温度は、外気温25℃の環境下では30℃～40℃の範囲、外気温-10℃の環境下では12℃～28℃の範囲である（写真4及び図1、図2参照）。

5 使用方法

助燃材の有無を確認したい箇所に本器具を置き、シリコン栓にあけた穴からガス検知管を挿入する。その後、電源スイッチを入れて本器具を加熱し、採取器のレバーを引くだけの簡単操作である。

加熱時間は気温や助燃材の濃度にもよるが、目安は、電源投入後、常温下で約2分、氷点下で約6分であり、加熱時間が長いほど増幅効果は高まる。

6 作成材料

(1) 必需部品

- ア 広口アルミ漏斗（内径 150 mm） 2 個
- イ シリコンコードヒーター（100V 30W 2m） 1 本
- ウ ガラスクロステープ（19 mm×10m） 1 巻
- エ サーモスタット（ICP-40） 1 個
- オ シリコン栓（NO. 18 52×46×41 mm） 1 個
- カ 中間スイッチ（300V 7A） 1 個
- キ 差し込みプラグ
- ク ビニールコード（10m）
- ケ トタン板（漏斗固定用のツメ） 廃材利用
- コ 断熱材（グラスウール） 廃材利用
- サ スパイラルチューブ（内径 5 mm、2m） 1 本

(2) 付属部品

- ア 料理用温度計（バイメタル式） 1 個
- イ 数字サーモワッペン（WR-40） 1 箱
- ウ AC 出力端子搭載モバイルバッテリー（TACMB-18K） 1 台
- エ シリコンシート（300×300×5 mm） 1 枚

7 検証実験

(1) 増幅効果

微量の助燃材を測定し、増幅効果を検証した結果、本器具を使用することで定性可能なまでに検知量が増大した。

実際の火災現場では、検知量を増幅するため、採取袋に残焼物を入れて気密を保つ手法が取られる。同手法と本器具の増幅効果を比較したところ、本器具を加熱しない状態で使用した場合と採取袋を使用した場合とが同程度であった（写真5～写真8及び図3参照）。

(2) 火災想定実験

灯油を燃やしたのち、大量の水で消火し、氷点下の環境で増幅効果を検証した結果、通常の測定では灯油は検知されなかったが、本器具を使用することで定性可能なまでに検知量が増大した（写真9～写真14及び図4参照）。

(3) 妨害ガス等の影響

ア 煙の影響についての注意点

本器具を使用することにより、鎮火直後の煙が燻っている状況ではガス検知管が反応してしまいが、煙が目視できない状態では反応しなかった（写真15～写真18及び図5、図6参照）。

イ 発電機から発生する未燃ガスの影響についての注意点

発電機の排気が直接本器具にあたる場合は、ガス検知管が若干反応したが、発電機の直近でも排気があたらなければ反応しなかった（写真19、写真20及び図7、図8参照）。

(4) 他の油類の影響

他の油類による影響を検証したところ、軽油及びA重油は灯油と同様の変色を示し、潤滑油（第3石油類）は口先が若干薄茶色に変色する程度、エンジンオイル及び天ぷら油に反応はなかった（図9参照）。

8 試作器により期待される効果

- (1) ガス検知管の通常測定では検出できない微量な助燃材を、分析機器を使うことなく、現場検証時にリアルタイムで定性できる。
- (2) 氷点下であってもガス検知管の検出濃度を高めることができる。
- (3) コンクリート床等、残焼物を採取できない箇所でも検出濃度を高めることができる。
- (4) ガス検知管の検出濃度を高める際に採取袋を要しないため、現場保存に留意できる。
- (5) 火災原因調査以外の用途として、河川に流出した低濃度の油膜についても、その場でガス検知管を用いた判定が可能となる。

9 使用上の注意事項

- (1) 通常測定で十分に検知できる場合、本器具を使用すると過剰反応により逆に定性が難しくなる可能性がある。
- (2) 本器具の内側に、結露した助燃材が付着するため、使用後は内側を洗浄する必要がある。連続使用した場合、空測定であっても変色反応が現れることがある。

10 その他

外気温が氷点下で現場が凍りついている場合、本器具の仕様では内部の雰囲気温度が十分に上昇しない可能性がある。その場合、直径の小さい漏斗や作動温度の高いサーモスタットを使用することで温度上昇が高まり、加熱時間も短縮される（図10、図11参照）。

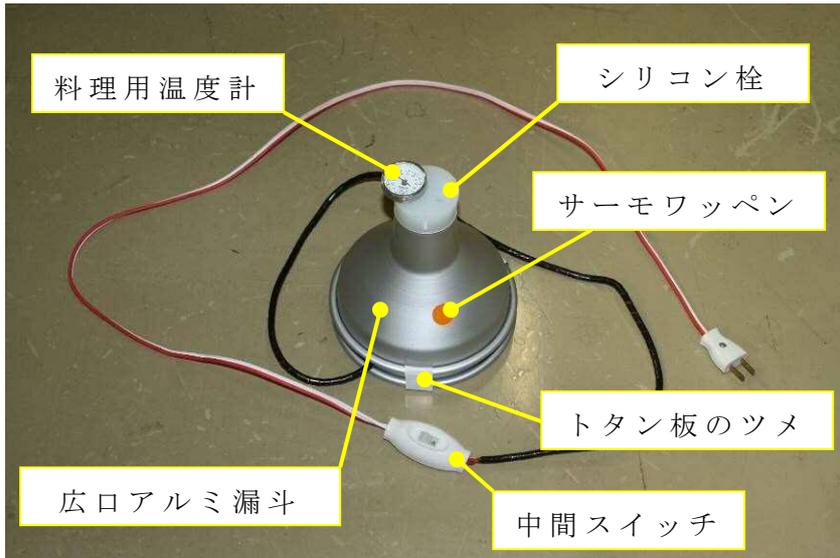


写真 1

器具外観

温度計及びガス検知管を差し込めるよう、コルクボーラーでシリコン栓に穴をあけている

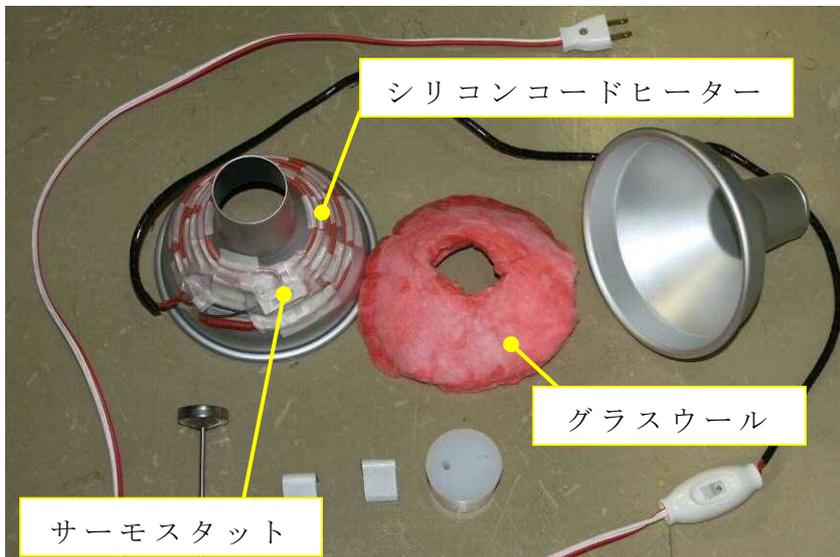


写真 2

器具を展開したところ
漏斗の固定にはトタン板をツメとして使用

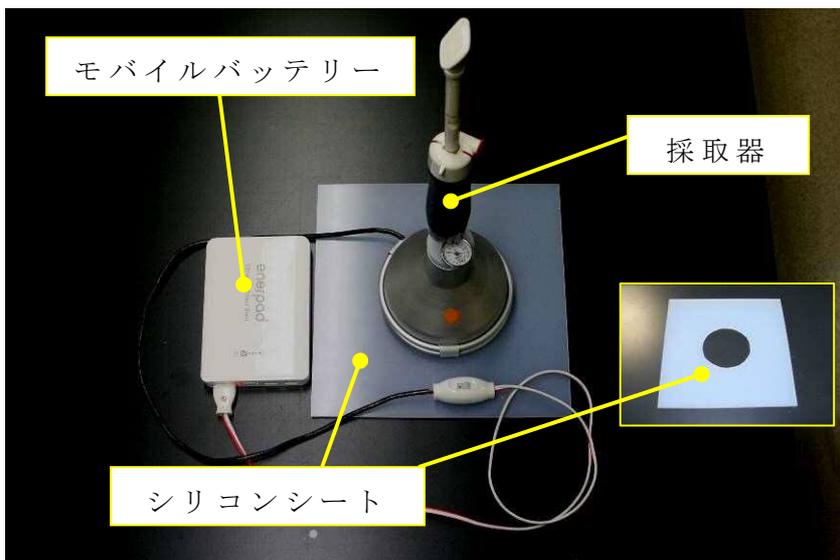


写真 3

器具の使用状況

ガス検知管をシリコン栓にあけた穴に完全に差し込む
状況に応じてシリコンシートを活用



写真 4

K 熱電対及びデータロ
ガーにより器具各部の
温度変化を測定

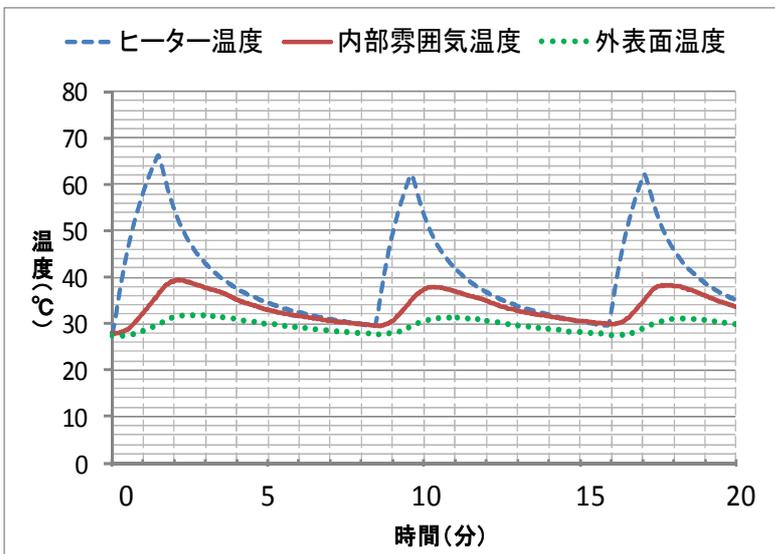


図 1

器具各部の温度変化
(外気温 25°C の環境
下で器具を作動させた
場合)

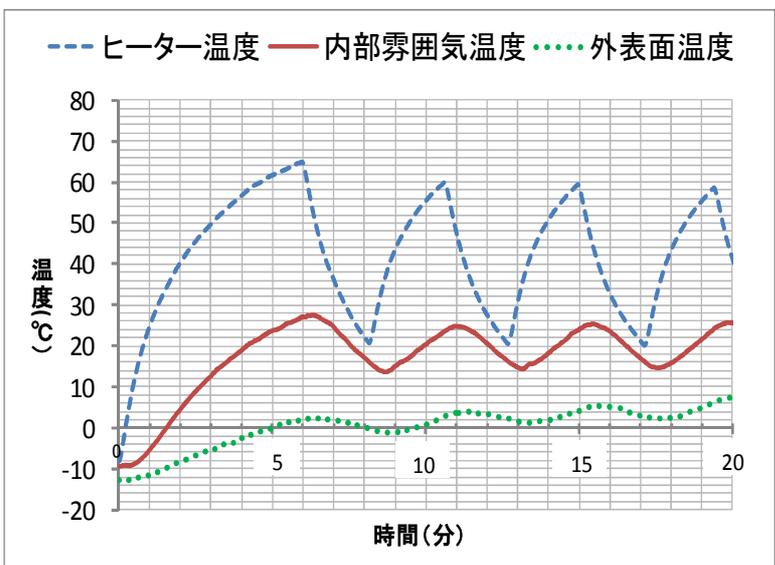


図 2

器具各部の温度変化
(外気温 -10°C の環境
下で器具を作動させた
場合)

増幅効果の検証

外気温 23℃及び-10℃の環境下において、40 mm角のインシュレーションボードに 0.1ml の灯油又は 0.25 ml のガソリンを滴下し、1 時間後に本器具を用いて増幅効果を検証した。



写真 5 助燃材を滴下



写真 6 2 cm 上方で通常測定



写真 7 採取袋に入れて測定



写真 8 器具を用いて測定

	常温 (23℃)	低温 (-10℃)
灯油	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱2分) 北川式ガス検知管 鑑識石油 290P II	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱5分) 北川式ガス検知管 鑑識石油 290P II
	採取 採取 採取 採取 GASTEC No. 108 火災原因調査用検知管	採取 採取 採取 採取 GASTEC No. 108 火災原因調査用検知管
ガソリン	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱2分) 北川式ガス検知管 鑑識石油 290P II	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱5分) 北川式ガス検知管 鑑識石油 290P II
	採取 採取 採取 採取 GASTEC No. 108 火災原因調査用検知管	採取 採取 採取 採取 GASTEC No. 108 火災原因調査用検知管

図 3 検証結果

火災想定実験による検証

350×450×1 mmの合板上に灯油 500ml を撒き、10 分間燃焼させてから大量の水で消火し、-10℃の環境に 5 時間静置したのち、本器具を用いて増幅効果を検証した。



写真 9 灯油を撒いたところ



写真 10 燃焼



写真 11 散水栓により消火



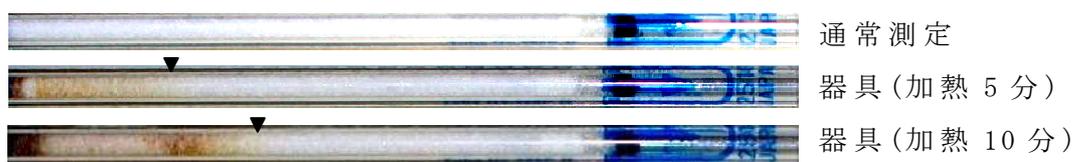
写真 12 更に水をかける



写真 13 2 cm 上方で通常測定



写真 14 器具を用いて測定



北川式ガス検知管 鑑識石油 290P II

図 4 検証結果

煙の影響についての注意点

木材、ポリエチレン及び紙にイソプロピルアルコールをかけて燃焼させたのち、水をかけて消火し、鎮火直後及び20分後に本器具を用いて煙の影響について検証した。



写真 15
着火物



写真 16
燃焼



写真 17
鎮火直後
若干煙が
燻る



図 5 検証結果 影響あり



写真 18
20分後
煙は目視
できない

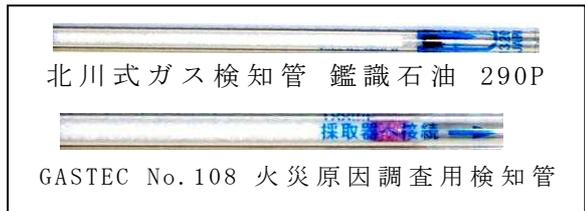


図 6 検証結果 影響なし

発電機から発生する未燃ガスの影響についての注意点

発電機の直近で排気が直接あたる場合とあたらない場合について、本器具を用いて空測定を行った。



写真 19
排気口
排気前
で測定



写真 20
排気か
ら遠ざ
け測定

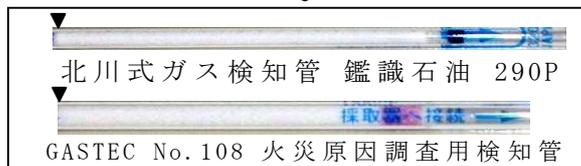


図 7 検証結果 若干影響あり



図 8 検証結果 影響なし

他の油類の影響

外気温 23℃の環境下において、40 mm角のインシュレーションボードに0.1mlの軽油、A重油、エンジンオイル、潤滑油（第3石油類）及び天ぷら油を滴下し、1時間後に本器具を用いてその影響について検証した。（加熱時間は2分）

	北川式ガス検知管 鑑識石油 290P	GASTEC No.108 火災原因調査用検知管
軽油		
A重油		
エンジンオイル		
潤滑油		
天ぷら油		

図9 検証結果 潤滑油はGASTECのみ若干反応

器具の仕様を150℃作動のサーモスタットに変え、寒冷地特化型にした際の実験データ

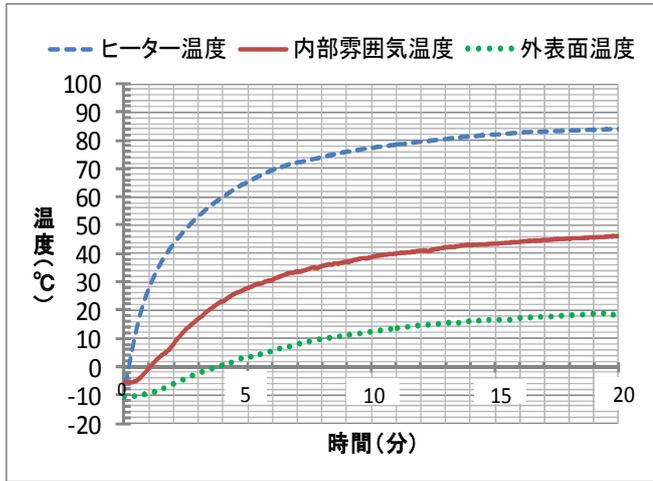
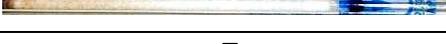
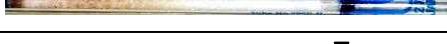
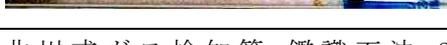


図10

器具各部の温度変化（外気温 -10℃の環境下で器具を作動させた場合）

加熱時間	雰囲気温度 40℃制御型	寒冷地特化型
1分		
3分		
5分		
10分		

北川式ガス検知管 鑑識石油 290P

図11 仕様の違いによる増幅効果の比較の灯油を滴下し検証した。

※外気温 -10℃の環境下で0.1ml

情報提供

平成27年度における札幌市消防職員提案審査会の実施状況

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27年度は23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27年度の審査結果は、優秀賞2件、秀賞5件、努力賞16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。

表1 職員提案（優秀賞・秀賞）一覧表（平成27年度）

提案番号	提案名	提案内容	等級
第557号	静脈路確保用上肢固定器具の開発	現在、救急隊による静脈路確保は、上肢を押さえる隊員と実施救命士の2名で行っているが、1人でも安全かつ迅速に行うことができる上肢固定器具を開発した。	優秀賞
第567号	「署活系携帯無線機」及び「260MHz帯デジタル携帯無線機」の誤送信及び混信の防止について	「署活系携帯無線機」及び「260MHz帯デジタル携帯無線機」のハンドマイクプレストークボタンに保護カバーを取付け、誤送信及び混信を防止する。	優秀賞
第555号	消防情報管理システムで出力したエクセルデータを両面印刷する方法	消防情報管理システムで出力したエクセルデータをDocuWorks化することによって、両面印刷を可能とし、用紙の節約を図る。	秀賞
第558号	Eメールを活用した相談受け体制の構築について	消防用設備に関する相談をEメールにより受け付け、回答することにより、業務の効率化を図るとともに、相談者の利便性を向上する。	秀賞
第559号	指定対象物情報のデータをより活用することで、現場活動時の情報収集の効率化を図る提案	指揮隊専用端末（ノートパソコン）に「指定対象物情報支援システム（指定対象物情報のデータを活用し、Microsoft Office Accessで構築したもの）」を導入することを提案します。	秀賞
第560号	消防用設備等点検結果報告書の受付時を活用した消防法令違反の継続指導について	点検報告書の受付時の時間を活用して、文書指導による指導を行い、消防法令違反対象物の早期是正に向けた取組の一環としての継続指導を行う。	秀賞

第564号	ホースラインロールシー トの作製について	出火室以外の居室内にホースを延長する際に、 ホースによる水損・汚損を防止し、迅速な現場活 動を行うため、予めホースに組み込むことのでき るロール状のシートを作製した。	秀賞
-------	-------------------------	--	----

表2 職員提案（努力賞）一覧表（平成27年度）

提案番号	提 案 名
第554号	シティブロモート戦略を活かした消防費の歳入手法について
第556号	三部制勤務の日勤日を活用した局内運營業務の従事について
第561号	次年度札幌市教職員採用予定者への応急手当普及員養成講習の実施及び札幌市教職 員を志望する学生等への応急手当普及員養成講習の実施
第562号	狭隘ホースの止めバンド使用について
第563号	「消火活動上必要な施設」の効果的な活用について
第565号	署活系携帯型無線機保護カバー
第566号	暴風時応急対応用リードラインの考案
第568号	廃棄用ホースを活用したレスキューフード収納ケースの作成
第569号	バックボード及びバスケット担架を使用した、傷病者の側臥位縛着について
第570号	傷病者引継書等収納ケースの作成について
第571号	携帯無線機の保護カバーの作成について
第572号	持ち運び用狭隘ホースについて(R. S. R～川沿の輪～)
第573号	新狭隘ホースについて
第574号	四重巻ホースについて
第575号	雪道用傷病者搬送器具の考案
第576号	職団員の機械器具（消防用ホース）の一元化について



写真1 審査会（発表審査）の様子



写真2 表彰式の様子

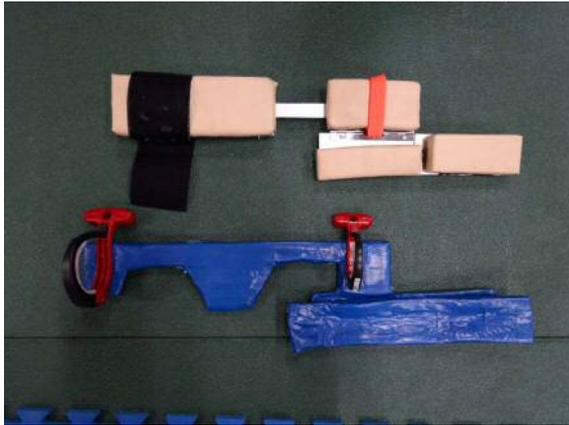


写真3 静脈路確保用上肢固定器具の開発



写真4 「署活系携帯無線機」及び「260 MHz帯デジタル携帯無線機」の誤送信及び混信の防止について

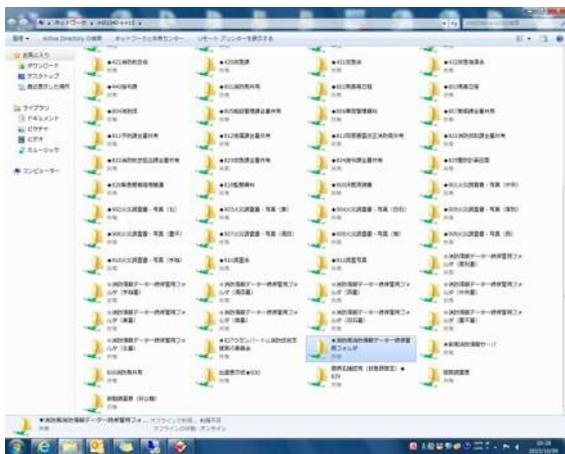


写真5 消防情報管理システムで出力したエクセルデータを両面印刷する方法

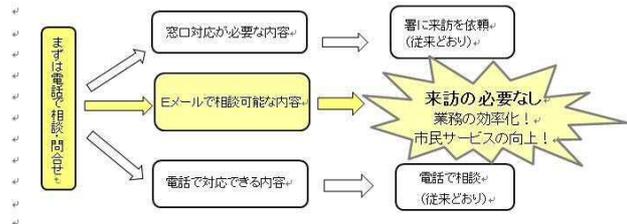


写真6 Eメールを活用した相談受け体制の構築について

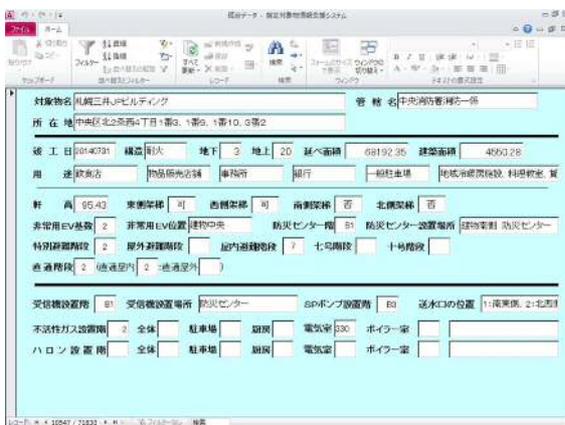


写真7 指定対象物情報のデータをより活用することで、現場活動時の情報収集の効率化を図る提案

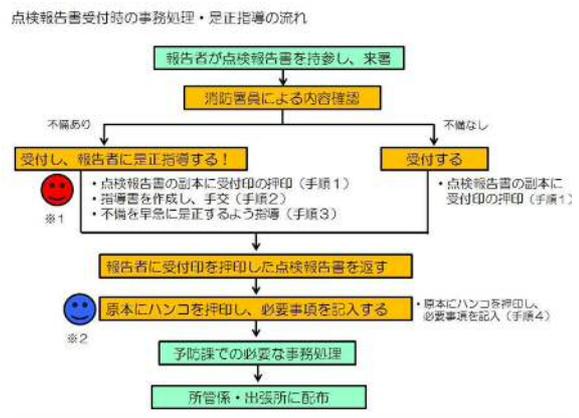


写真8 消防用設備等点検結果報告書の受付時を活用した消防法令違反の継続指導について



写真9 ホースラインロールシートの作製
について

消防科学研究所報

(2015 No. 22)

平成 29 年 1 月発行

編集・発行 札幌市消防局消防科学研究所

〒063-0850

札幌市西区八軒 10 条西 13 丁目 3 番 1 号

電話 (011) 616-2262

F A X (011) 271-0957

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