

消防科学研究所報

REPORT OF FIRE SCIENCE LABORATORY



2018 No. 25

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】

○延焼防止活動時の注水方法に関する検証について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11

○木製模型を使用した延焼状況等の比較実験について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 26

○赤外線カメラを用いた建物壁体内の延焼状況確認について・・・・・・・・・・・・ 38

○ダクト火災における圧縮空気泡消火装置泡（CAFS 泡）及びウォーターカッターミストの
消火効果の検証について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44

【情報提供】

○木製模型を使用した火災性状の再現実験について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 72

○職員からの要望に基づき実施した研究等について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 84

○研究業務から得られた知見の情報発信 (FSL 情報) の実施状況について・・・・ 88

○平成 30 年度における札幌市消防職員提案の実施状況について・・・・・・・・・ 89

業務実績

札幌市消防局消防科学研究所の業務について

1 はじめに

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

2 研究業務

数年に渡るテーマや年度ごとに策定したテーマについて、研究を行っている。

3 燃焼実験

火災原因究明のための再現実験や特異な燃焼現象についての実験を行っている。

4 成分鑑定

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

5 危険物確認試験

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

6 現場活動支援

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

7 職員提案

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

8 日常生活に潜む危険性の広報

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

9 消防科学に関する情報発信

研究結果について、消防科学研究所報の札幌市公式ホームページへの掲載等を通じ、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30年度）

燃焼 実験等	成分鑑定 ・ 危険物 確認試験	現場 活動支援	職員提案 審査	外部講義 ・ 出前講座	施設 見学等	取材対応 ・ 広報等	消防学校 初任 ・ 専科教育等 講義実験
27	39	9	10	1 (20)	14 (466)	59	14 (360)

※ 単位：件

※ （ ）内は、対象者の人数

表2 主な研究装置・機器一覧表（平成31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	恒温恒湿ユニット	1式
クリーブランド開放式自動引火点測定器	1台	風向風速計	2台
タグ密閉式自動引火点測定器	1台	騒音計	2台
セタ密閉式自動引火点測定器	1台	分光蛍光光度計	1式
B型（ブルックフィールド）粘度計	1台	熱画像計測装置	1式
燃焼実験ユニット	1式		

表3 研究実績表

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

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

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 13 年度	No. 9	燃 焼	爆風から受ける消防被服内部の衝撃及び温度に関する実験的研究	橋本 好弘	10
		開 発	降雪時の消火栓除雪対策用機器(遠赤外線面状発熱体)に関する研究	菅原 法之	
			高規格救急車の振動実験	橋本 好弘	
			危険物施設内における返油システムに関する研究	菅原 法之	
		鑑 定	寒冷地型建物燃焼時における燃焼生成ガス等の測定及び危険性の把握に関する研究	溜 真紀子	
			灯油及び軽油に含有しているガソリンの混合比による比較実験	溜 真紀子	
		安 全	冬道自己転倒の救急出動分析 (その1 全体の傾向)	橋本 好弘	
			冬道自己転倒の救急出動分析 (その2 すすきの地区・気象との関係)	橋本 好弘	
		情 報	米国アラスカ州フェアバンクス周辺での森林火災現地報告	橋本 好弘	
			硫化水素について	菅原 法之	
平成 14 年度	No. 10	燃 焼	有風下における建物内部の燃焼状況変化について	橋本 好弘	8
			節水型消火薬剤(界面活性剤)の実験的研究結果	花崗 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	花崗 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	花崗 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 渉	
		情 報	硫化水素の発生除害について（その2）	高橋 渉	
			水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）による水素発生について	高橋 渉	
			火災による天井裏設置の灯油用配管からの灯油漏えいについて	菅原 法之	
粉じん爆発について	菅原 法之				
平成 20 年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	吉永 直樹				
平成 21 年度	No. 16	燃 焼	新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性について	中住 斉	11
			新型消火剤（クラスA泡消火剤）の耐凍結性能について	中住 斉	
		開 発	汎用ガス除害装置における粉塵除害性能の確認実験について	高橋 渉	
			火災再現実験セットの開発について	吉永 直樹	
		安 全	マット型油吸着剤の吸着性能等に関する実験	中住 斉 浅野 悟朗	
			現場用手袋の検証実験について	高橋 渉	
			現場手袋素材耐油性確認実験	高橋 渉	
		情 報	一酸化炭素（CO）について	菅原 法之	
			塩素ガスの発生と除害について	高橋 渉	
			ワインセラーからのアンモニアガス漏れについて	高橋 渉	
平成 21 年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	吉永 直樹				
平成 22 年度	No. 17	燃 焼	新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性について（その2）	小島 秀吉	9
			水槽用ヒーターから出火した火災の原因調査と再現実験について	妹尾 博信 吉永 直樹	
		安 全	ブローア送風がドアの開放に及ぼす影響について	永尾 俊英	
			流出油処理剤の性能に関する検証について	菅原 法之	
			火災再現実験セットによる短絡及びトラッキング時の電流測定実験について	吉永 直樹	
		情 報	現場活動支援におけるクレゾール成分の検出について	小島 秀吉	
			メタンガスが発生した現場における活動支援について	小島 秀吉	
家庭に潜む火災危険、意外と多い電気火災	小島 秀吉 合田 仁				
平成 22 年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	吉永 直樹				

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

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

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 29 年度	No. 24	燃 焼	ウォーターカッター車を活用した効果的な消火戦術の検証について	高塚 浩平 大沢 征二	7
		開 発	車椅子用避難器具の研究開発について	高塚 浩平 宮坂 智哉 枝澤 健二	
		安 全	炭火の使用に関する燃焼実験の実施結果について	菅原 法之 高玉 通廣	
		鑑 定	分析用試料の採取方法等に関する検証について	橋本 慎也	
		情 報	クラスA消火剤使用時のポンプ運用に係る検証について	的場 敦史	
			一般住宅壁内を介した小屋裏の延焼に関する実験について	高塚 浩平	
			平成29年度における札幌市消防職員提案の実施状況について	的場 敦史	
平成 30 年度	No. 25	燃 焼	延焼防止活動時の注水方法に関する検証について	高塚 浩平 吉田 博史	8
			木製模型を使用した延焼状況等の比較実験について	高塚 浩平 吉田 博史	
			赤外線カメラを用いた建物壁体内の延焼状況確認について	高塚 浩平 菅原 法之 的場 敦史 川内健太郎	
			ダクト火災における圧縮空気泡消火装置泡（CAFS泡）及びウォーターカッターミストの消火効果の検証について	高塚 浩平 庄野 万平 大川 和彦	
		情 報	木製模型を使用した火災性状の再現実験について	高塚 浩平 菅原 法之 的場 敦史 川内健太郎	
			職員からの要望に基づき実施した研究等について	的場 敦史	
			研究業務から得られた知見の情報発信（FSL情報）の実施状況について	的場 敦史	
			平成30年度における札幌市消防職員提案の実施状況について	川内健太郎	

研究・開発

延焼防止活動時の注水方法に関する検証について

札幌市消防局消防科学研究所 高塚 浩平
北消防署警防課新琴似出張所 吉田 博史

1 はじめに

建物火災現場において、出火建物から隣接建物へ延焼危険がある場合は、警戒筒先を配備し迅速に延焼防止活動を行う必要がある。

効果的な延焼防止活動を行うためには、放水箇所や使用消火剤の違いによる冷却・断熱効果について把握し、刻一刻と変化する延焼状況に臨機応変に対応する必要がある。

そこで今回は、放水条件の違いによる壁体への冷却・断熱効果について比較し、得られた結果を今後の警防活動上の参考とするため、本実験を実施した。

2 実験日等

日時：平成 30 年 9 月 14 日（金）～平成 30 年 10 月 5 日（金）

場所：札幌市消防学校 燃焼実験ユニット、屋外訓練場

3 実験テーマ

- (1) 実験 1 放水箇所の違いによる壁体に対する冷却効果について
- (2) 実験 2 使用消火剤の違いによる壁体に対する冷却・断熱効果について

4 実験概要等

- (1) 実験 1 放水箇所の違いによる壁体に対する冷却効果について

ア 実験概要

延焼危険建物の壁体に見立てた鉄板を屋外に設置し、鉄板から 2.5m 離れた燃焼実験ユニット（以下「ユニット」という。）開口部でクリブ材を燃焼させた。クリブ材の燃焼中に 4 パターンの放水条件で放水を実施し、鉄板の表面温度を測定することで、各放水条件の冷却効果について比較検証した。

本検証は、ユニットを出火建物と想定し実施した。

放水条件を表 1 に示す。

表 1 放水条件

放水箇所	ノズル角(°)
ユニットと鉄板の間を注水（空間冷却）	15
ユニットの開口部上方に向かって注水	15
鉄板に向かって注水	15
ユニットと鉄板の間を注水（空間冷却）	30

※ポンプ圧力 0.5MPa、放水量 125L/min で実施した。

イ 実験設定

ユニット（奥行 5300mm×幅 3440mm×高さ 3400mm）の西面開口部室内側に、オイルパン（縦 900mm×横 900mm×深さ 50mm）を配置し、オイルパンの上に 20 段に積み重ねたクリブ材（2×6材 長さ 800mm）を 2 セット設定した。また、着火材としてイソプロピルアルコール 8kg を各オイルパン内に注いだ。

ユニット西面開口部から西側へ 2.5m の位置に、鉄板（縦 3000mm×横 910mm×厚さ 0.35mm）を固定した。なお、鉄板の高さは最下端が地面から 2m となるように設定した。

温度計測のため、鉄板の中央最下端から上方へ 0.2m の位置に熱電対（チノー社製：K 型シース熱電対 $\phi 1.6\text{mm}$ ×長さ 3000mm）を設定し、データロガー（グラフテック社製：GL820）に接続した。

クリブ材から発生した火炎をユニットの屋外へ誘導するため、ユニット東面開口部から 2m の位置に可搬式ブローア 2 基を垂直に配備した。

水槽車両からホース 2 本（65mm×1 本、50mm×1 本）を延長し、鉄板から南側へ 3m の位置に NM-V ガンタイプノズルを配備した。

赤外線カメラ（FLIR 社製：CPA-T540W）を鉄板から南側へ 5m の位置に設定した。なお、温度表示幅は 0°C ～ 650°C に設定した。

実験設定状況を図 1 及び写真 1～写真 4 に示す。

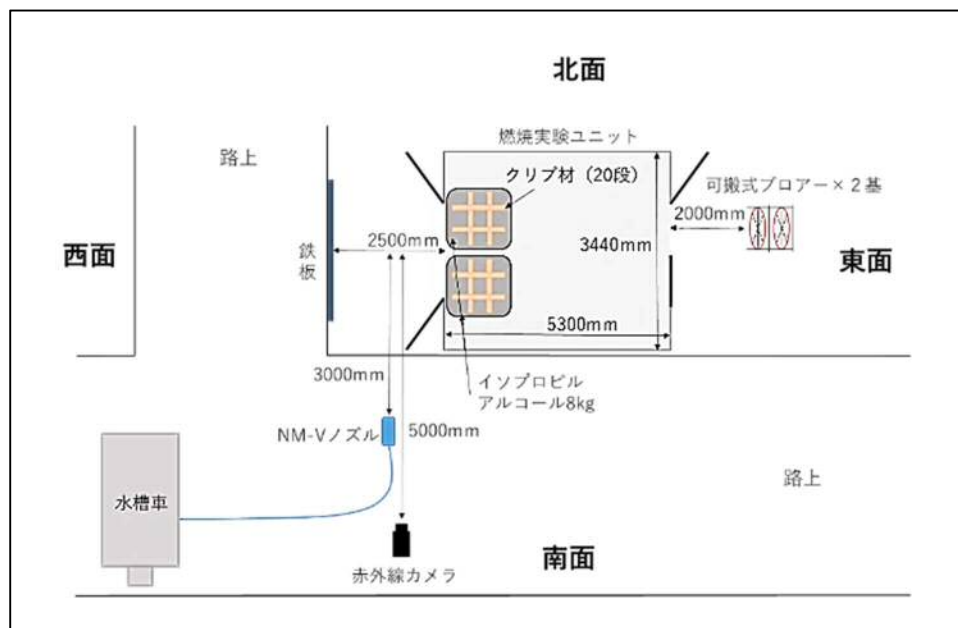


図 1 実験設定状況



写真1 実験設定状況



写真2 鉄板設定状況



写真3 クリブ材設定状況



写真4 可搬式ブロアー設定状況

ウ 実験方法

小型バーナーによりオイルパン内に注いだ着火材に点火した後、35秒後に可搬式ブロアーを稼働させクリブ材へ送風を実施した。

クリブ材へ十分に着火し鉄板の温度上昇が確認された後、表1に示した各放水条件により、それぞれ20秒間ずつ放水を実施した。

鉄板を赤外線カメラにより撮影した。また、熱電対により放水前後の鉄板温度を測定した。

実験実施経過を表2、実験実施状況を写真5～写真11に示す。

表2 実験実施経過

経過時間	実施内容
0秒	着火材へ点火
35秒	ブロアー稼働
1分20秒～1分40秒	ユニットと鉄板の間を注水（ノズル角15°）
2分00秒～2分20秒	ユニットの開口部上方に向かって注水
2分40秒～3分00秒	鉄板に向かって注水
3分20秒～3分40秒	ユニットと鉄板の間を注水（ノズル角30°）



写真5 点火直後



写真6 可搬式ブロアー稼働直後



写真7 放水開始直前



写真8 ユニットと鉄板の間を注水（ノズル角 15°）



写真9 ユニットの開口部上方に向かって注水



写真10 鉄板に向かって注水



写真11 ユニットと鉄板の間を注水（ノズル角 30°）

エ 実験結果

鉄板を赤外線カメラで撮影した画像を図2に示す。

また、熱電対により測定した放水前後の鉄板温度を表3に示す。

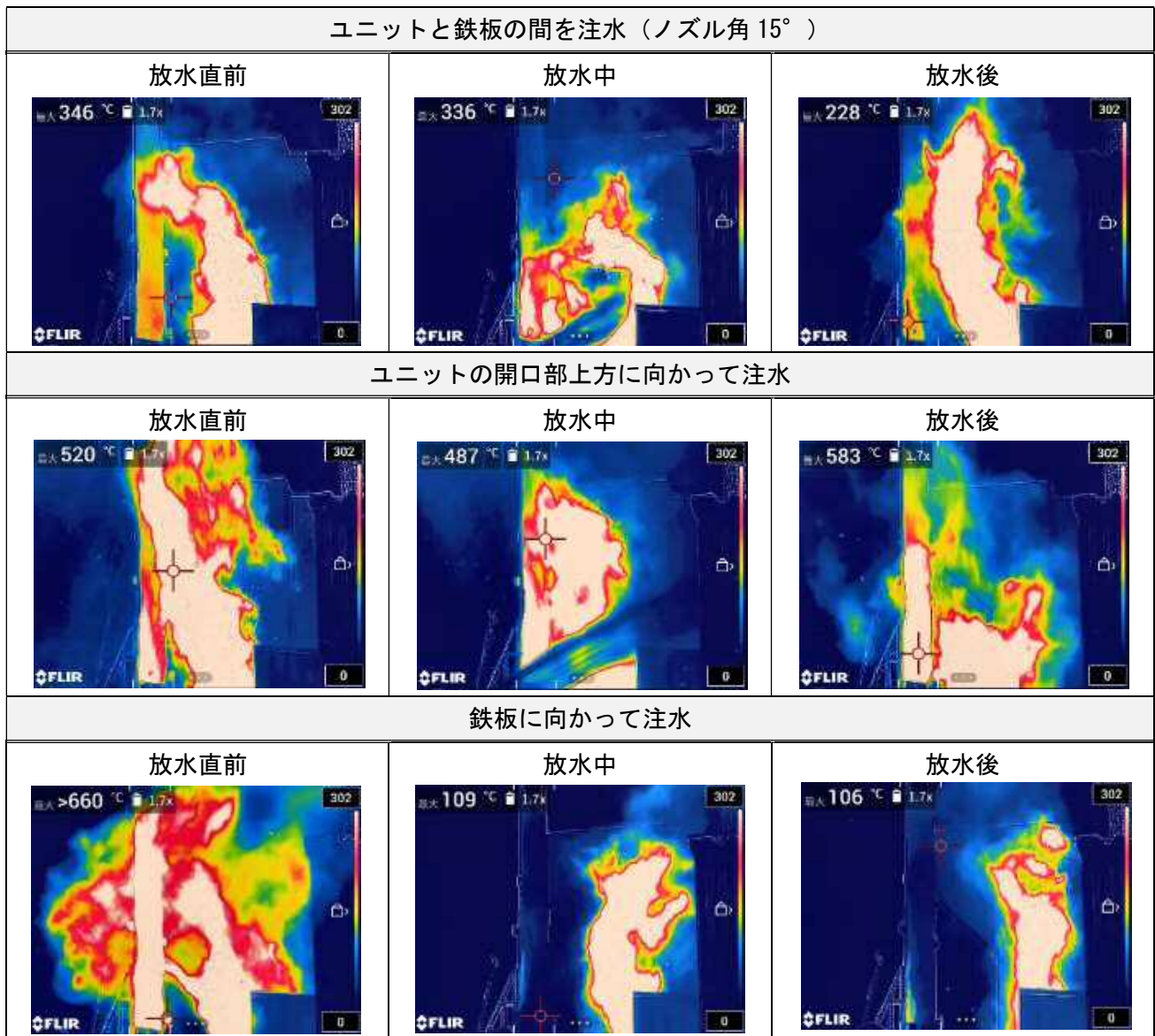
なお、赤外線カメラにより表示される色相は、紺～青の範囲を低温度帯（おおむね100℃未満）、黄～白の範囲を高温度帯（おおむね100℃以上）とした（温度色別表示範囲0℃～300℃）。

ユニットと鉄板の間を注水（ノズル角15°）した場合、鉄板の高温度帯（黄～白）の範囲は縮小したが、一部残存していた。熱電対の測定温度は160℃から68℃まで低下した。

ユニットの開口部上方に向かって注水した場合、鉄板の高温度帯（黄～白）の範囲は拡大した。熱電対の測定温度は173℃から301℃まで増加した。

鉄板に向かって注水した場合、鉄板の高温度帯（黄～白）の範囲は即ちに縮小し、鉄板大部分が低温度帯（紺～青）となった。熱電対の測定温度は329℃から68℃まで低下した。

ユニットと鉄板の間を注水（ノズル角30°）した場合、鉄板の高温度帯（黄～白）の範囲は縮小したが、一部残存していた。熱電対の測定温度は243℃から90℃まで低下した。



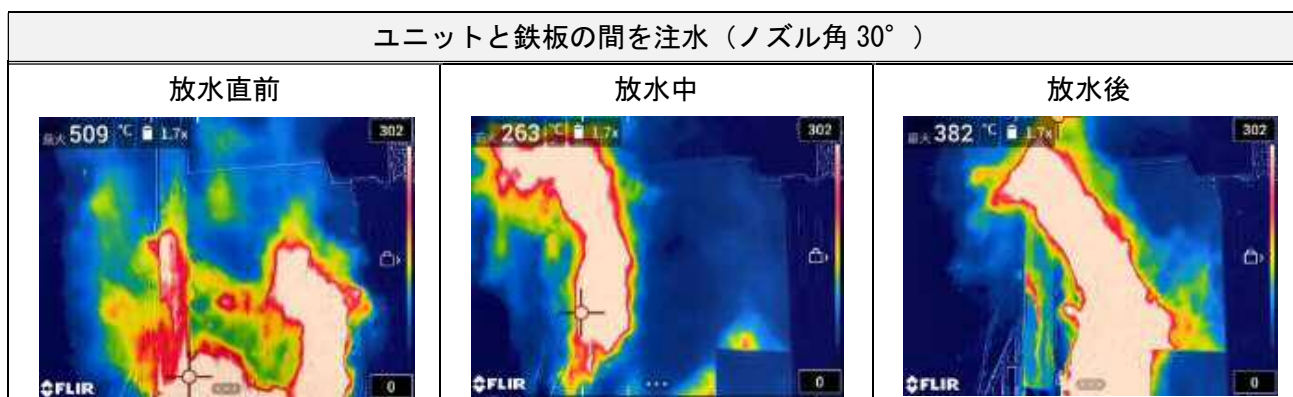


図 2 赤外線カメラの温度分布状況

表 3 放水前後の鉄板温度

放水箇所	放水直前 温度 (°C)	放水後 温度 (°C)	温度差 (°C) (放水後－放水直前)
ユニットと鉄板の間を注水（ノズル角 15°）	160	68	Δ 92
ユニットの開口部上方に向かって注水	173	301	128
鉄板に向かって注水	329	68	Δ 261
ユニットと鉄板の間を注水（ノズル角 30°）	243	90	Δ 153

オ 考察

(ア) ユニットと鉄板の間を注水（ノズル角 15°）

鉄板の高温域は縮小したが、一部高温域が残存していた。また、鉄板下部の温度は 160°C から 68°C まで低下した。この結果は、放水中に細かな霧状態となった水が鉄板に部分的に付着し、鉄板の一部に対する吸熱反応が起こったためと考えられる。

(イ) ユニットの開口部上方に向かって注水

鉄板の高温域は拡大し、鉄板下部の温度は 173°C から 301°C まで増加した。

この結果は、鉄板が放水による冷却の影響を受けず、継続して火炎からの輻射熱を受けたためと考えられる。

(ウ) 鉄板に向かって注水

鉄板の高温域は即座に縮小し、鉄板全体が低温域となった。鉄板下部の温度は 329°C から 68°C まで低下した。

この結果は、鉄板全体に直接放水したことにより鉄板全体に対する吸熱反応が起こったためと考えられる。

(エ) ユニットと鉄板の間を注水（ノズル角 30°）

鉄板の高温域は縮小したが、一部高温域が残存していた。また、鉄板下部の温度は 243°C から 90°C まで低下した。この結果は、放水中に細かな霧状態となった水が鉄板に部分的に付着し、鉄板の一部に対する吸熱反応が起こったためと考えられる。

(2) 「使用消火剤の違いによる壁体の冷却・断熱効果について」(実験2)

ア 実験概要

金属製サイディングを使用し一般住宅の外壁の一部を再現した模型(縦750mm×横750mm×厚さ440mm、以下「外壁模型」という。)を屋外に設置し、外壁模型中央に接炎するように1m離れた位置から灯油バーナーを点火させた。

灯油バーナーの点火中に消火剤の異なる3パターンの放水を実施し、各放水時における外壁模型の冷却・断熱効果について、赤外線カメラ及び熱電対を用いて比較検証した。

各放水条件を表4に示す。

表4 各放水条件

使用消火剤	放水量 (L/min)	使用ノズル
水	240	NM-Vガンタイプノズル
クラスA消火薬剤混合水(薬剤濃度0.3%、以下「クラスA」という。)	240	NM-Vガンタイプノズル
CAFS(発泡倍率5倍ウェット クラスA消火薬剤0.3%)	230	CAFSノズル

※ポンプ圧力0.5MPa、ノズル角30°で実施した。

イ 実験設定

屋外に灯油バーナーを設置した。なお、灯油バーナーの火炎噴出口を西面とした。

火炎噴出口から1m西側の位置に、外壁模型を設定した。なお、東面を外壁模型の正面とし、木製の固定台に固定した。

温度計測のため、外壁模型の通気層部に熱電対(チノー社製:K型シース熱電対 φ1.6mm×長さ3000mm)を9箇所設定し、データロガー(グラフテック社製:GL820)へ接続した。

水槽車両から50mmホース1本を延長し、外壁模型正面の中心部から2m南東の位置に筒先を配備した。

赤外線カメラ(FLIR社製:CPA-T540W)を外壁模型正面の中心部から4m南東の位置に設定した。なお、温度表示幅は0°C~650°Cに設定した。

実験設定状況等を図3~図5及び写真12~写真15に示す。

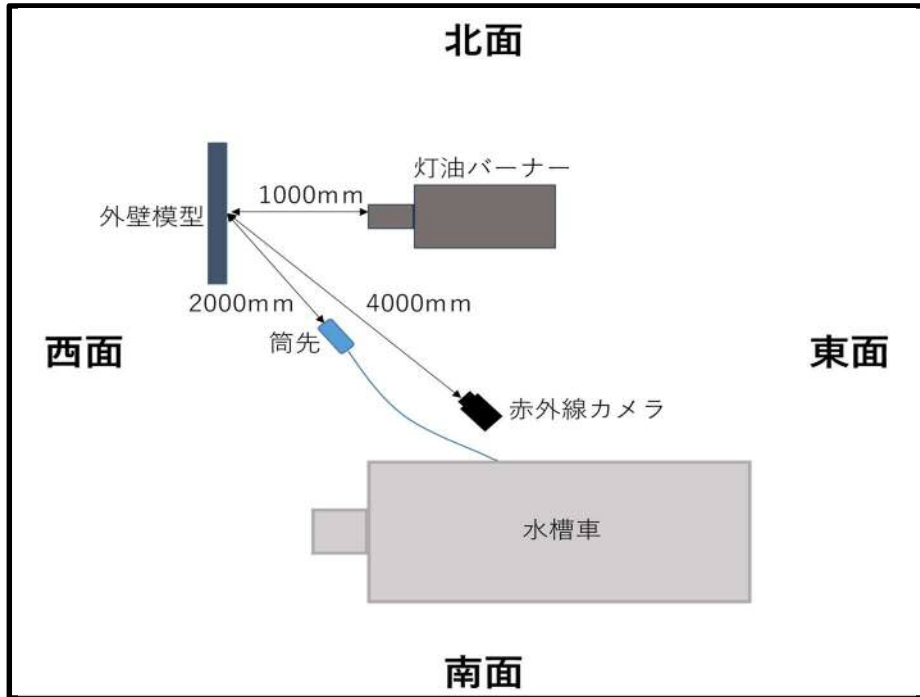


図3 実験設定状況

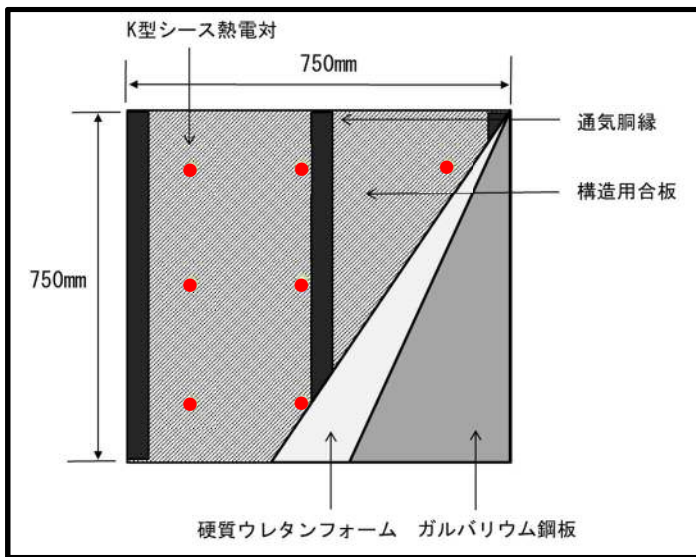


図4 外壁模型構造図

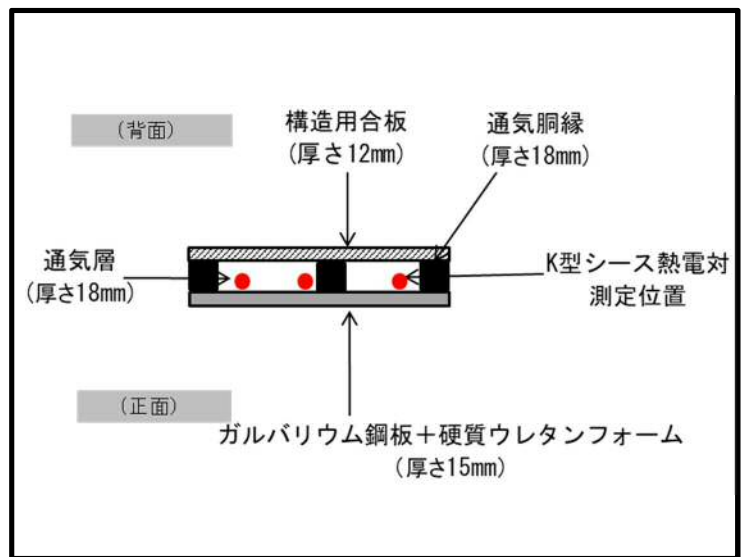


図5 外壁模型 (上面図)



写真 12 外壁模型設定状況



写真 13 熱電対設定状況



写真 14 外壁模型（正面）



写真 15 外壁模型（上面）

ウ 実験方法

灯油バーナーを点火し外壁模型正面へ接炎させた後、外壁模型の通気層部に設置した 9 箇所
の熱電対のうち、いずれか 1 箇所の測定温度が 100°C を超えた時点で外壁模型正面へ 5 秒間放水
した。

各外壁模型表面を赤外線カメラにより撮影した。

なお、表 4 に示した放水条件ごとに、外壁模型を交換し実施した（計 3 回）。

実験実施状況を写真 16～写真 25 に示す。



写真 16 バーナー点火直後



写真 17 放水直前（水）



写真 18 放水中 (水)



写真 19 放水停止直後 (水)



写真 20 放水直前 (クラス A)



写真 21 放水中 (クラス A)



写真 22 放水停止直後 (クラス A)



写真 23 放水直前 (CAFS)



写真 24 放水中 (CAFS)



写真 25 放水停止直後 (CAFS)

エ 実験結果

各外壁模型表面を赤外線カメラで撮影した画像を図 6 に、外壁模型通気層部分の放水開始後から温度上昇へ移行するまでの温度変化を図 7 に、外壁模型通気層部分の放水開始時温度と放水後最低温度との差を表 5 に示す。

なお、温度測定結果については、各外壁模型に 9 箇所設定した K 熱電対のうち、最高温度を記録した箇所の測定温度を用いて比較した。

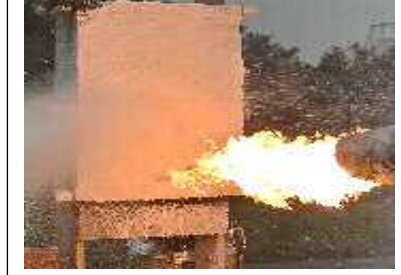
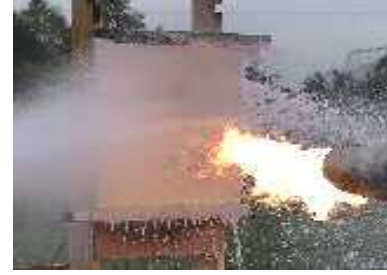
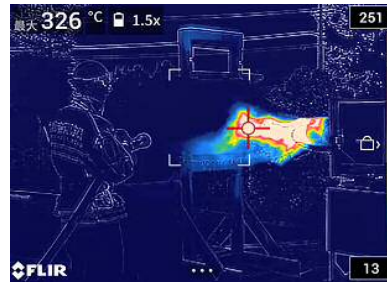
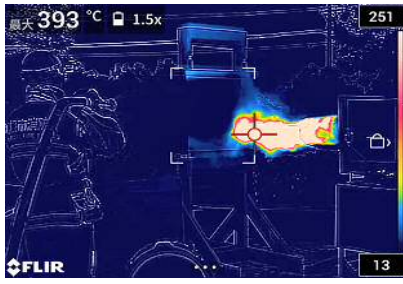
図 6 から、水及びクラス A の場合、放水終了から 5 秒後に外壁模型表面の温度上昇が認められた。CAFS の場合、放水終了から 20 秒後に外壁模型表面の温度上昇が認められた。放水終了から 10 秒後～30 秒後の各外壁模型表面を比較したところ、温度上昇に伴う色相の変化及び拡大が最も大きい順から、水>クラス A>CAFS となった。

図 7 から、放水開始後から温度上昇へ移行するまでの所要時間が最も長い順から、CAFS>クラス A≒水となった。

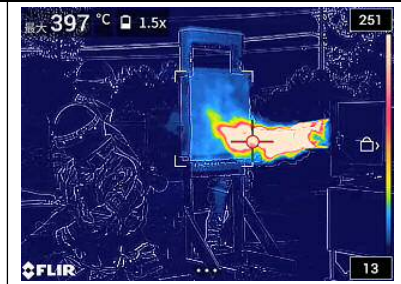
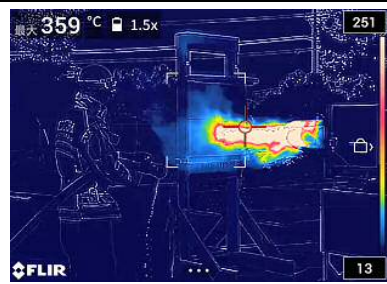
表 5 から、放水開始時温度と放水後最低温度との差が最も大きい順から、CAFS>クラス A>水となった。

	水	クラス A	CAFS
放水直前			

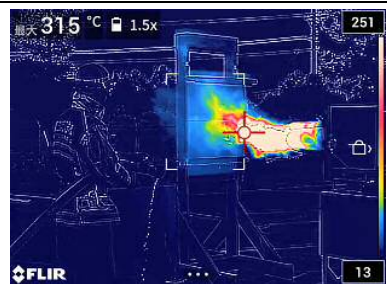
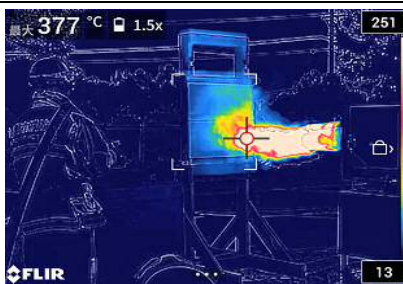
放水
中

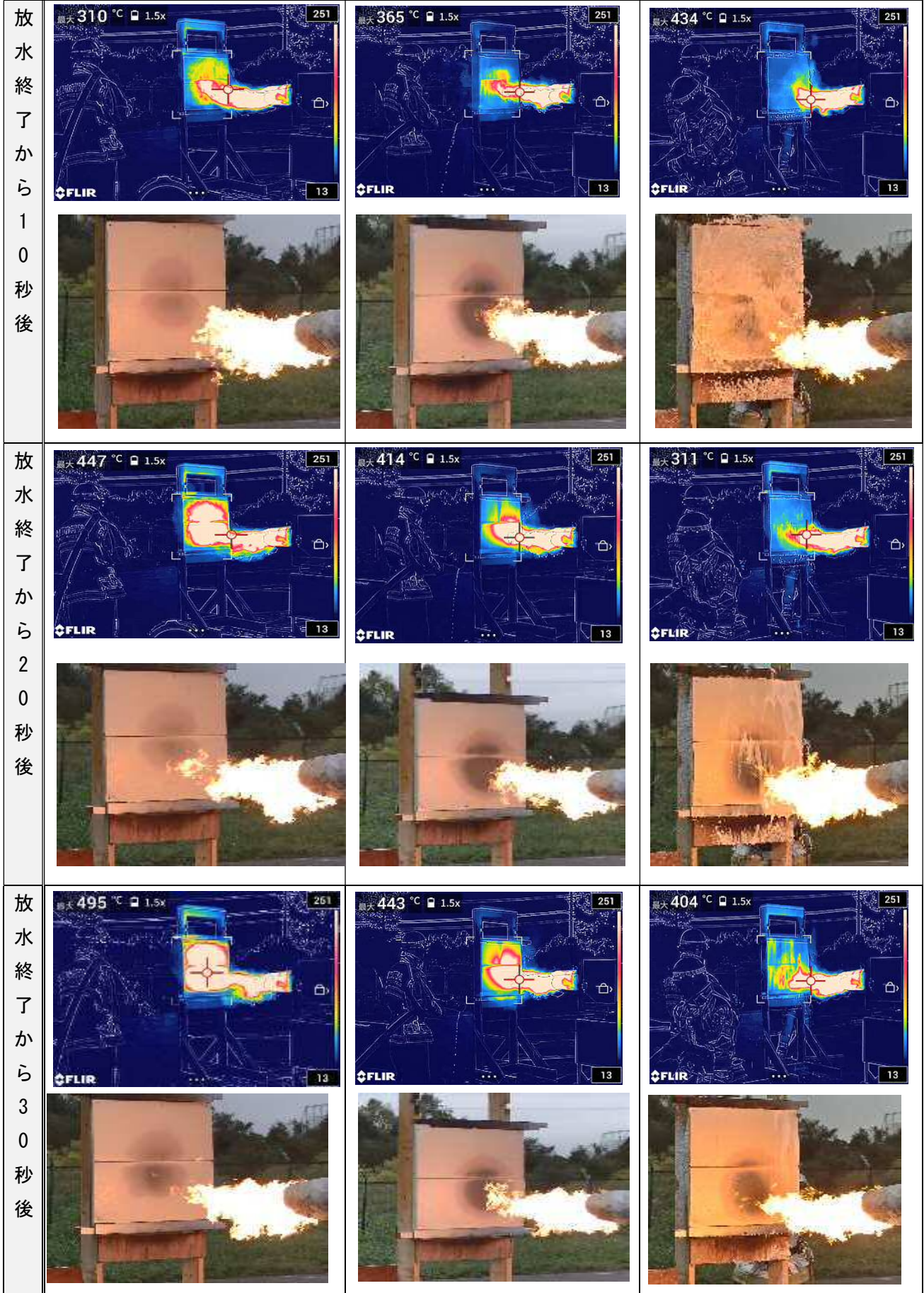


放水
終了後



放水
終了から
5秒後





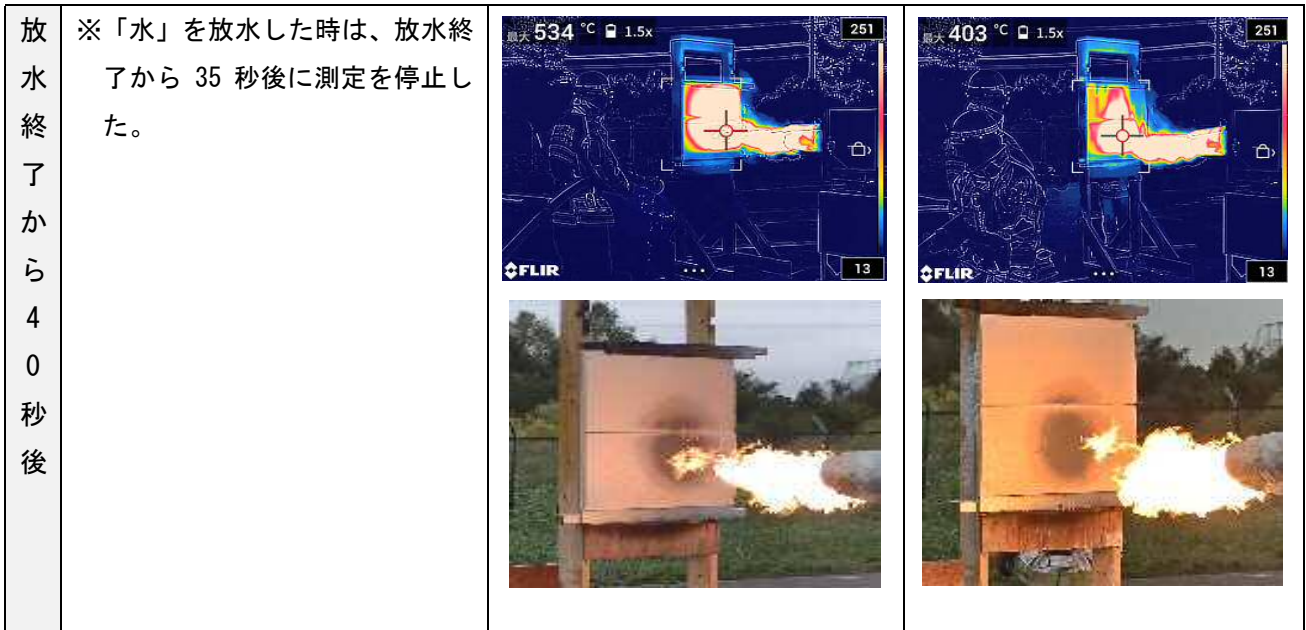


図6 赤外線カメラ撮影画像

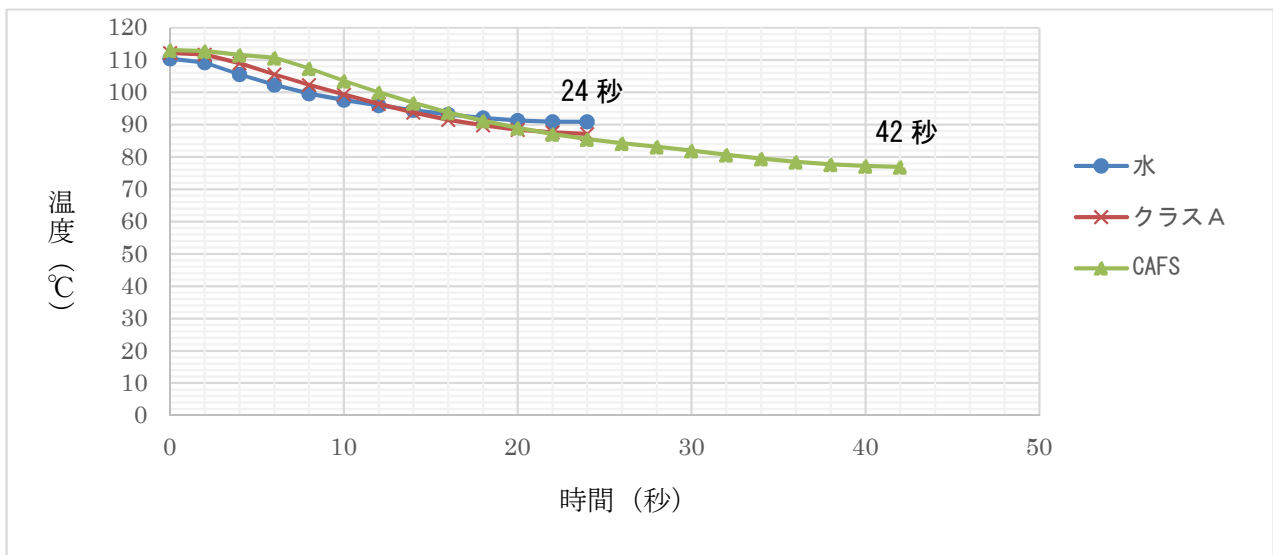


図7 放水開始後から温度上昇へ移行するまでの温度変化

表5 放水開始時温度と放水後最低温度との差

	放水開始時 (°C) (A)	放水後最低温度 (°C) (B)	差 (°C) (A - B)
水	110.4	90.9	19.5
クラスA	112.2	87.1	25.1
CAFS	113.1	76.9	36.2

オ 考察

(ア) CAFS

図 6 から、CAFS の放水終了から約 20 秒間、外壁模型表面の温度上昇は確認できず、その後も温度上昇に伴う色相の変化及び拡大は最も緩やかであった。この結果は、外壁模型表面に付着させた CAFS が断熱効果を発揮したためと考えられる¹⁾。

また、図 7 において、放水開始後から温度上昇へ移行するまでの所要時間が水、クラス A と比較しほぼ 2 倍となっていることから、最も断熱効果が高いと考えられる。

さらに、表 5 から、外壁模型の通気層部分の温度は 76°C 程度まで低下したことから、冷却効果があったと考えられる。

(イ) クラス A

図 6 から、クラス A の放水終了から約 5 秒間、外壁模型表面の温度上昇は確認できず、その後の温度上昇に伴う色相の変化及び拡大は CAFS に次いで緩やかであった。この結果は、外壁模型表面に付着させたクラス A が断熱効果を発揮したためと考えられるが、時間経過とともにクラス A は外壁模型から蒸発又は流れ落ちたため、CAFS ほどの断熱効果は発揮できなかったと考えられる。

また、表 5 から、外壁模型の通気層部分の温度は 87°C 程度まで低下したことから、冷却効果があったと考えられる。

(ウ) 水

図 6 から、水の放水終了から約 5 秒間、外壁模型表面の温度上昇は確認できなかったが、その後の高温域の拡大は CAFS、クラス A と比較し最も早かった。この結果は、水はクラス A や CAFS ほどの付着性はなく、早期に外壁から流れ落ちてしまったためと考えられる。

また、表 5 から、外壁模型の通気層部分の温度は 90°C 程度まで低下したことから、冷却効果があったと考えられる。

5 まとめ

(1) 「放水箇所の違いによる壁体に対する冷却効果について」(実験 1)

本実験結果から、最も冷却効果が認められたのは鉄板への直接放水であった。

したがって、実火災現場で隣接建物に延焼危険がある場合、延焼危険建物に直接注水することが最も冷却効果が高いと考えられる。

(2) 「使用消火剤の違いによる壁体に対する冷却・断熱効果について」(実験 2)

外壁の面積は 75cm 四方、放水量は 230~240L/min という条件の元実施した本実験においては、外壁模型に対する断熱効果は、CAFS>クラス A>水の順に高いことが確認された。

また、全ての放水条件で外壁模型に対する冷却効果が確認された。

【参考文献】

- 1) 木田哲夫・玉越孝一・渡邊茂男、消防技術安全所報 45 号 P40~47 「CAFS による延焼阻止効果の検証」平成 20 年、東京消防庁消防技術安全所報

木製模型を使用した延焼状況等の比較実験について

札幌市消防局消防科学研究所 高塚 浩平
北消防署警防課新琴似出張所 吉田 博史

1 はじめに

建物火災において消火活動を行う際、延焼の拡大による開口部からの火炎の噴出や黒煙の大量発生等により、建物への進入が困難となる場合がある。延焼が拡大する主な要因としては、建物開口部を開放することで屋内へ酸素が流入することや、屋外からの注水では可燃物（燃焼実体）に直接注水することができず、その間に燃焼が拡大してしまうこと等が考えられる。

そこで今回は、建物開口部の開放や注水内容による延焼への影響等を再認識し、警防活動上の参考とするため、小型の木製模型を使用した延焼状況の比較実験を実施した。

2 実験日等

日時：平成30年9月14日（金）～平成30年10月5日（金）

場所：札幌市消防学校 消防科学研究所（燃焼実験室及び燃焼実験ユニット）

3 検証に用いた模型

本検証では、構造用合板（以下「コンパネ」という。）（厚さ12mm）を加工し作製した木製模型（横600mm×奥行450mm×高さ450mm。以下「模型」という。）を使用した（写真1～写真8）。

模型正面及び側面に開閉可能な開口部を設定した（縦120mm×横200mm）。

模型の平面図を図1に示す。



写真1 模型正面（扉有り）



写真2 模型正面（扉無し）

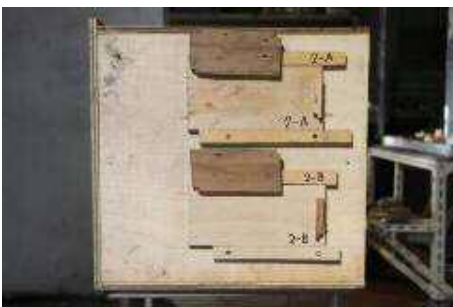


写真3 模型左側面（扉有り）



写真4 模型左側面（扉無し）



写真5 模型右側面（扉有り）



写真6 模型右側面（扉無し）



写真7 模型背面



写真8 模型内部（正面から撮影）

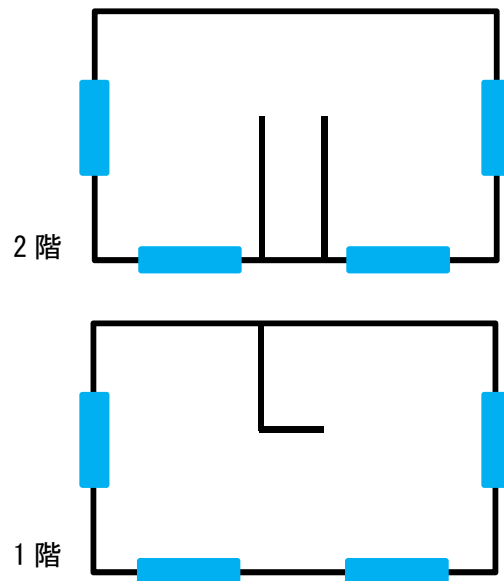


図1 模型平面図

4 実験概要及び実験設定

(1) 実験概要

2階建て一般住宅を想定した模型の内部で着火材及び可燃物を燃焼させ、表1に示した各実験条件における燃焼拡大状況及び可燃物への注水時の燃焼状況を比較した。なお、模型内の間取り、構造及び可燃物は同一とした。

表 1 実験条件

条件 1	<p>模型の 1 階右側面及び 2 階左側面の開口部を開放した状態で着火材及び可燃物を継続燃焼させた。</p> <p>その後、1 階右側面開口部内部から散水ノズルによる注水（噴霧）を実施した。</p> <p>※模型内部の視認性を高めるため、模型正面は耐熱ガラスを設置した（写真 9）。</p>
条件 2	<p>模型の 1 階右側面及び 2 階左側面の開口部を開放した状態で着火材及び可燃物を継続燃焼させ、途中から順次、他の開口部を開放した。</p> <p>その後、1 階右側面開口部外部から散水ノズルによる注水（棒状）を実施した。</p> <p>※模型正面の各開口部を開放するため、耐熱ガラスは 2 階正面中央部に限定した（写真 10）。</p>



写真 9 条件 1 設定状況（正面耐熱ガラス）

写真 10 条件 2 設定状況（2 階正面中央部のみ耐熱ガラス）

(2) 実験設定

ア 模型 1 階右室に着火材を、各室に可燃物を設定した（写真 11）。

着火材は、金属シャーレ（直径 60mm、高さ 20mm）に入れたイソプロピルアルコール（50ml）、可燃物は、インシュレーションボード（縦 150mm×横 80mm×厚さ 12mm）を使用した（写真 12～写真 16）。

イ 各室の温度測定を実施するため、熱電対（チノー社製：K 型シース熱電対 $\phi 1.6\text{mm}$ ×長さ 3000mm）を合計 6 箇所模型内に設定し、データロガー（グラフテック社製：GL800）へ接続した（写真 17～写真 20）。

ウ 模型への注水のため散水ノズルを設定し、水量は水量計により 1000ml/min に統一した（写真 21～写真 23）。なお、この単位時間当たりの水量は、今回作成した模型が一般的な住宅の約 1/8 の縮尺とした場合、実際の放水量に換算すると約 180L/min に相当するものとして想定した¹⁾。



写真 11 着火材及び可燃物配置状況



写真 12 金属シャーレ (直径)



写真 13 金属シャーレ (高さ)



写真 14 インシュレーションボード (縦)



写真 15 インシュレーションボード (横)



写真 16 インシュレーションボード (厚さ)

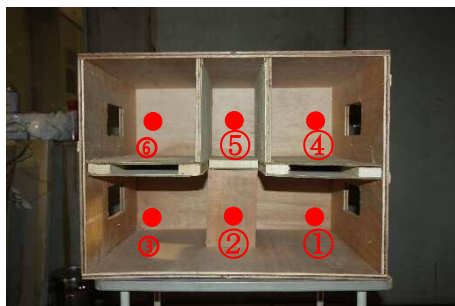


写真 17 熱電対設置位置



写真 18 熱電対設置状況

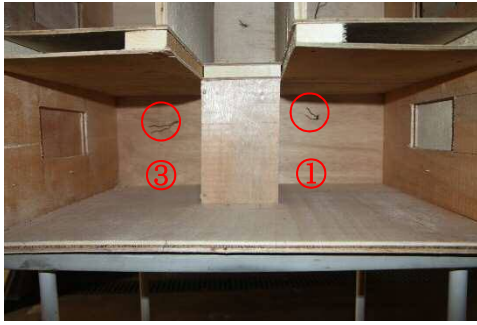


写真 19 熱電対設置位置



写真 20 熱電対設置位置



写真 21 水量計 (1000ml/min)



写真 22 散水ノズル棒状 (1000ml/min)



写真 23 散水ノズル噴霧 (1000ml/min)

5 実験手順

条件 1 及び条件 2 の操作手順を表 2、表 3 に示す。

表 2 条件 1 の操作手順

経過時間	操作
0 秒	着火材へ点火
3 分 30 秒	1 階右側面開口部内部から散水ノズルによる注水（噴霧） ※ここでは、吸排気口の設定により、内部進入が可能と想定し、室内からの噴霧注水を実施した。
4 分 20 秒	注水停止

表 3 条件 2 の操作手順

経過時間	操作
0 秒	着火材へ点火
2 分 04 秒	1 階正面中間開口部開放
2 分 10 秒	1 階正面右側開口部開放
2 分 35 秒	2 階正面右側開口部開放
3 分 00 秒	1 階・2 階正面左側開口部開放
3 分 30 秒	1 階右側面開口部外部から散水ノズルによる注水（棒状） ※ここでは、開口部からの火炎噴出により内部進入不能と想定し、屋外からの棒状注水（路上注水）を実施した。
4 分 30 秒	2 階左側面開口部外部から散水ノズルによる路上注水（棒状）。1 階右側面開口部外部からの散水ノズルによる注水を停止。
5 分 30 秒	1 階右側面開口部外部から散水ノズルによる注水を再開（棒状）。
6 分 20 秒	注水停止

6 実験結果

実験実施状況を図 2 に、熱電対による温度測定結果を図 3 及び図 4 に示す。

(1) 条件 1

ア 着火後から注水前（経過時間：0 秒～3 分 30 秒）

1 階右側面開口部からは、火炎及び煙の噴出はほとんど認められなかった。

2 階左側面開口部からは、多量の煙の噴出が認められた。

イ 注水開始後（経過時間：3 分 30 秒以降）

1 階右側面開口部内部から散水ノズルによる噴霧注水後、約 10 秒～30 秒（経過時間：3 分 30 秒～4 分 00 秒）にかけて 2 階左側面開口部から火炎の噴出が認められた。また、注水後、約 50 秒（経過時間：4 分 20 秒）で火炎が消失したことを目視により確認した。

図 3 から、1 階右側面開口部内部から散水ノズルによる噴霧注水（経過時間：3 分 30 秒）以降、一時的に 2 階左室の温度上昇（約 100℃）が認められた。

(2) 条件 2




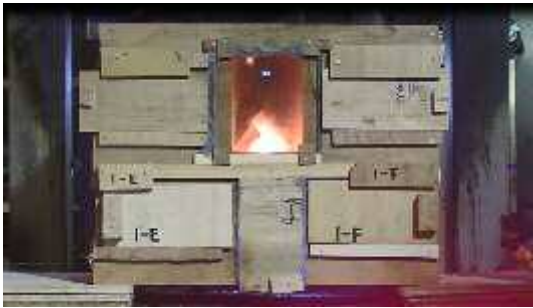




ア 着火後から注水前（経過時間：0 秒～3 分 30 秒）

模型正面の各開口部を順次開放すると同時に、正面各開口部から火炎の噴出が認められた。

イ 注水開始後（経過時間：3 分 30 秒以降）

1 階右側面開口部外部から散水ノズルによる棒状注水後、約 10 秒～25 秒（経過時間：3 分 30 秒～3 分 55 秒）にかけて 2 階左側面開口部から火炎の噴出が認められた。

図 4 から、1 階右側面開口部外部から散水ノズルによる棒状注水（経過時間：3 分 30 秒）以降、2 階右室及び 2 階左室の温度上昇（約 200℃）が認められた。

条件 1	条件 2
着火直後	
	
1 分後	
	
2 分後	
	
2 分 4 秒後	
	 <p data-bbox="810 1937 1029 1975">1 階正面中扉開放</p>

2分10秒後



1階正面右扉開放

2分35秒後



2階正面右扉開放

3分00秒後



1階・2階正面左扉開放

3分30秒後（注水開始）



1階右側面開口部内部から散水ノズルによる噴霧注水



1階右側面開口部外部から散水ノズルによる棒状注水

3分40秒後（注水開始から10秒後）



4分00秒後（注水開始から30秒後）



4分20秒後（注水開始から50秒後）



消火・注水停止



4分30秒後（注水開始から1分後）



2階左側面開口部外部から散水ノズルによる路上注水（棒状）。1階右側面開口部外部からの散水ノズルによる注水を停止。

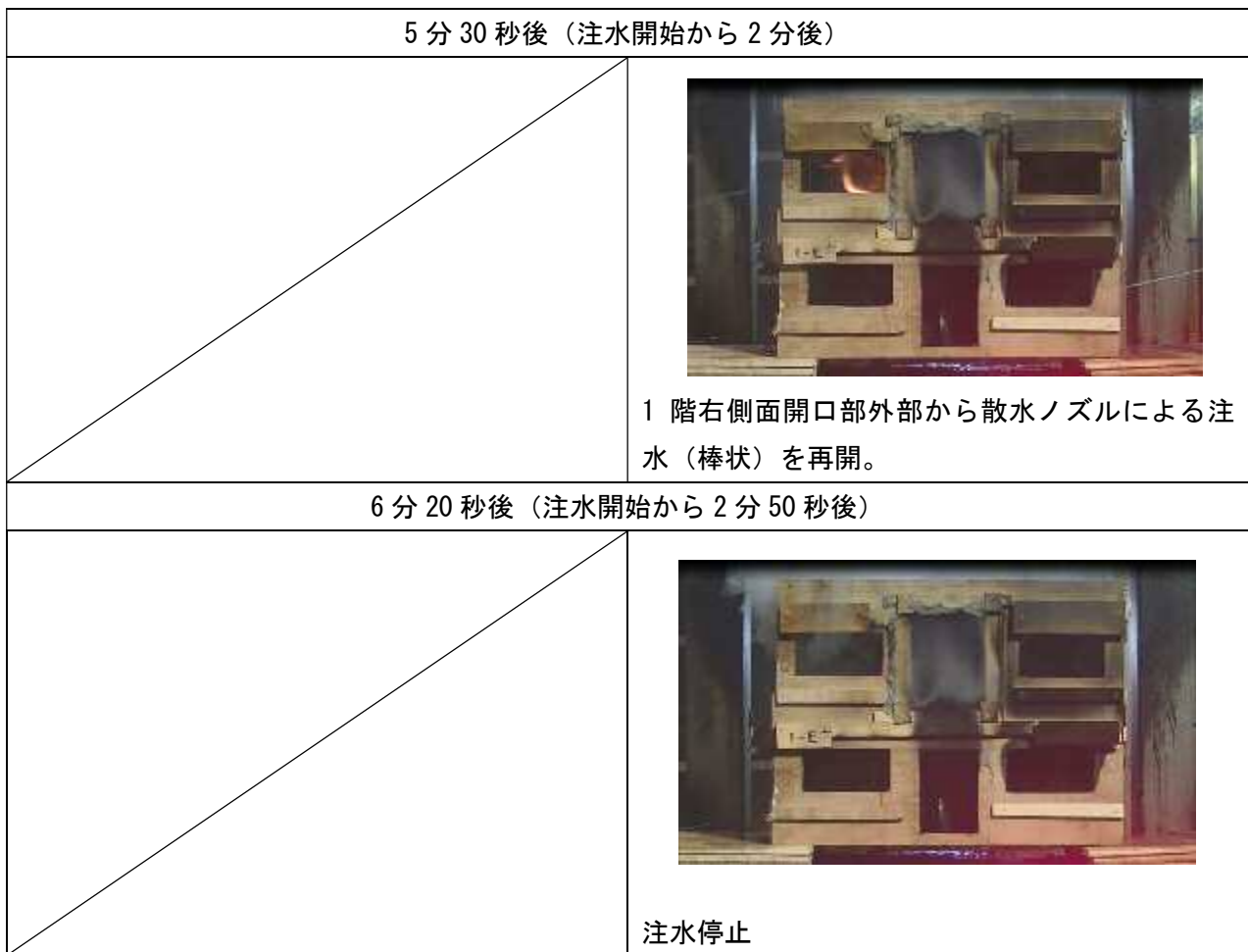


図2 実験実施状況

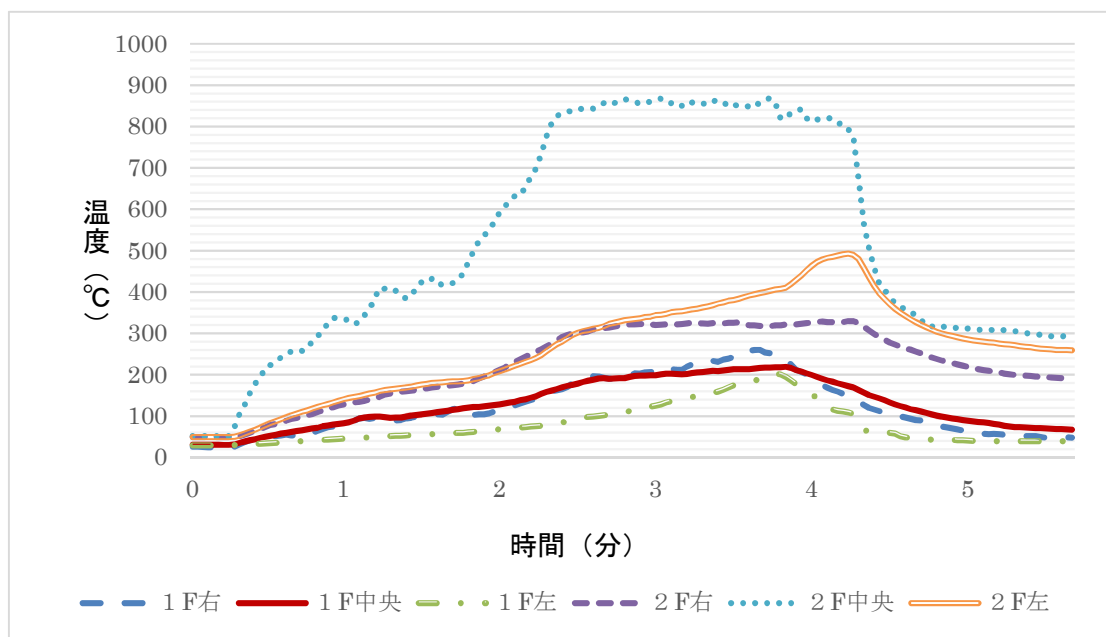


図3 温度測定結果（条件1）

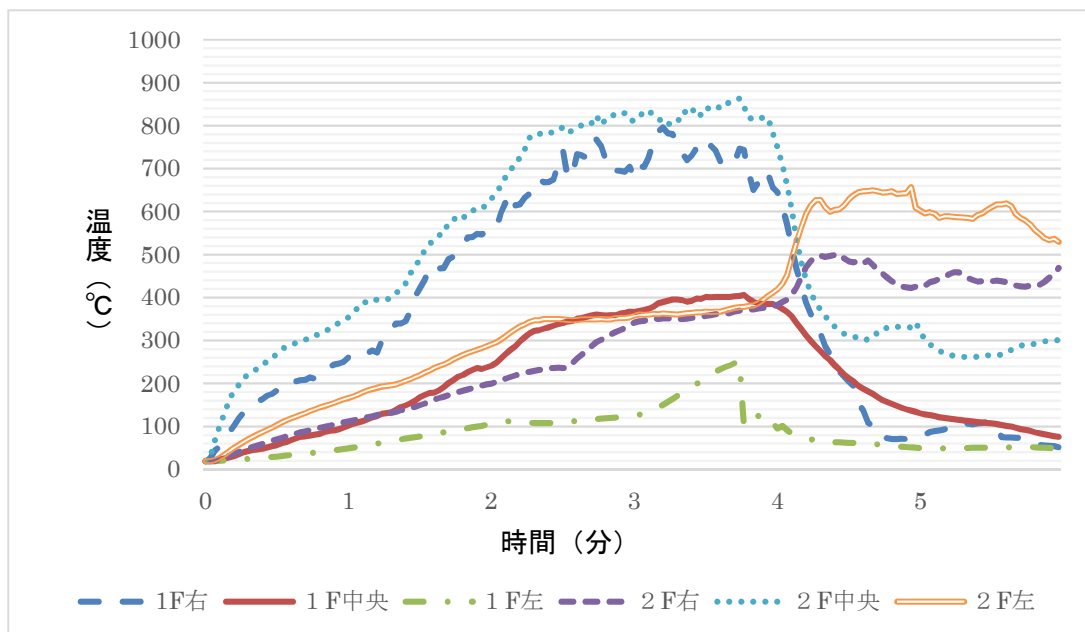


図4 温度測定結果（条件2）

7 考察

(1) 吸排気の設定状況について

条件1では、1階右側面開口部からは火炎や煙の噴出はほとんど認められず、2階左側面開口部から煙が多量に噴出していた。このことから、1階右側面開口部が吸気口、2階左側面開口部が排気口となり、模型内で明確な吸排気の流れが形成されていたと考えられる。

また、条件2では、1階右側面開口部と2階左側面開口部のみが開放されている段階では、条件1同様、1階右側面開口部が吸気口、2階左側面開口部が排気口となっていた。その後、各開口部を開放したことにより煙及び火炎の流れが乱れ、1階各開口部から火炎の噴出が認められたことから、明確な吸排気の流れは形成されなかったと考えられる。

これらの結果から、吸気口及び排気口を設定し、明確な吸排気の流れが形成された後、その他の開口部を開放又は破壊することは、吸排気の流れを乱し、室内の燃焼を助長させてしまう可能性があると考えられる。

(2) 注水による室内への影響について

熱電対による温度測定結果（図3及び図4）から、条件1では、火点室への注水直後（経過時間：3分30秒）、一時的に2階左室へ火炎が拡大し、さらに2階左室内の温度上昇（約100°C）が認められた。注水から約30秒経過（経過時間：4分00秒）後、2階左室内の温度低下が認められた。

条件2では、条件1と同様に火点室への注水直後（経過時間：3分30秒）、2階左室へ火炎が拡大し、さらに2階左室内の温度上昇（約200°C）が認められた。注水から1分経過（経過時間：4分30秒）後も、2階左室内の温度低下は認められなかった。

これらの結果は、条件1及び条件2共に、火点室への注水の影響により、火炎と煙が2階左室内の未燃焼区画へと押し出されたためだと考えられる。

また、条件 2 では、室外から棒状注水を実施したため、燃焼実態に直接注水ができず燃焼が継続していたと考えられる。

8 まとめ

本実験では、条件 1、条件 2 における燃焼状況及び可燃物への注水時の燃焼状況を比較した。その結果を、以下のとおりまとめる。

(1) 吸排気の設定について

ア 吸気口及び排気口の設定を 1 階及び 2 階の各 1 箇所とした結果、模型内で明確な吸排気の流れが形成された（条件 1）。

イ 複数の開口部を開放した結果、各開口部から火炎の噴出が認められ、明確な吸排気の流れは形成されなかった（条件 2）。

(2) 注水による室内への影響について

ア 室内への注水が要因となり、火炎と煙を 2 階左室内の未燃焼区画へと押し出したと考えられる（条件 1 及び条件 2）。

イ 路上注水を想定した注水では、燃焼実態への有効な注水が実施できなかったと考えられる（条件 2）。

【参考文献】

- 1) 根本昌平・藤枝浩史・楠本直樹・渡邊茂男 著、消防技術安全所報 50 号「模型実験による熱環境の変化に関する検証（模型実験による小規模ビルの消火について）」、2013 年 9 月、東京消防庁消防技術安全所発行

赤外線カメラを用いた建物壁体内の延焼状況確認について

札幌市消防局消防科学研究所 高塚浩平
菅原法之
的場敦史
川内健太郎

1 はじめに

火災現場においては、建物の外観からは火災現象が確認できなくても、火炎を目視できない隠ぺい部分において燃焼している場合がある。壁体内部や小屋裏等の隠ぺい部分で進行する延焼は、火炎が露出しないため確認することは困難である。特に、壁体内の通気層を延焼した場合は、当該通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、最近の多くの住宅には外壁通気工法が用いられており、当該工法は外壁に通気層を有することが特徴であり、当該通気層も延焼経路となることが考えられる。隠ぺい部分における延焼状況を早期に確認することは、火災による被害を軽減するうえで有効である。

これらのことから、壁体内の延焼状況を壁体外部から確認する方法を模索するため、赤外線カメラを用いて壁体内が燃焼した場合の外壁表面温度を測定する本実験を行った。

2 実験日等

日時：平成30年10月17日（水）

場所：札幌市消防学校 消防科学研究所（燃焼実験室）

3 実験概要

(1) 本実験では、外壁通気工法による外壁をモデルとし（図1）、外壁モデルA（写真1～写真3）に加え、外壁モデルAの屋内側から石膏ボードを除いた外壁モデルB（写真4及び写真5）並びに石膏ボード及びグラスウール（断熱材）を除いた外壁モデルC（写真6）の3種類の外壁モデルを作製した。

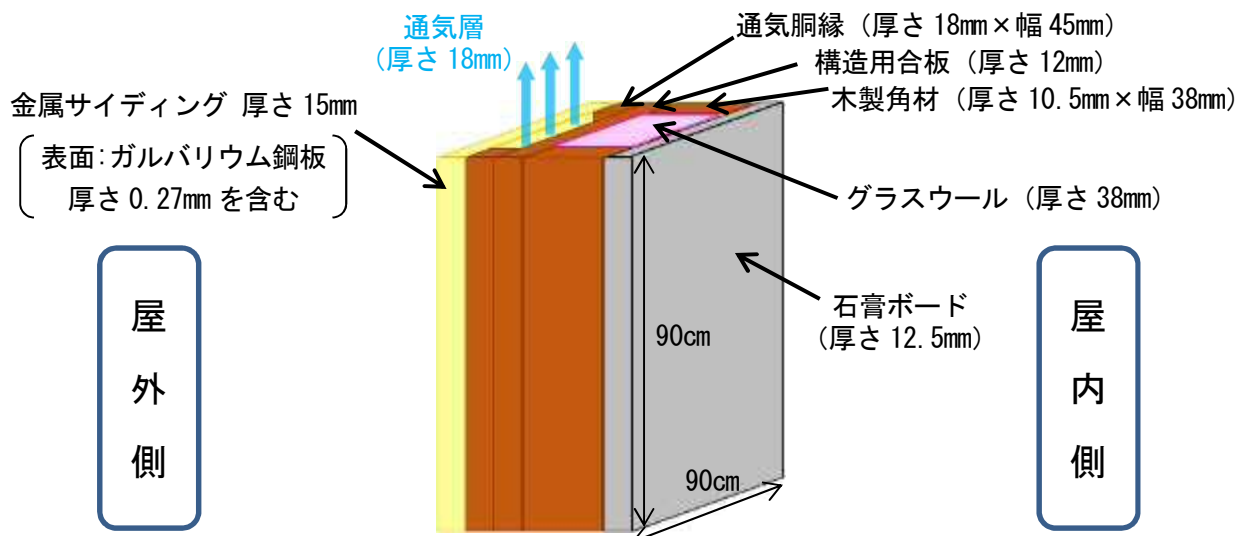


図1 外壁通気工法による外壁モデル



写真1 外壁模型 A (外壁側)



写真2 外壁模型 A (外壁側上部)



写真3 外壁模型 A (屋内側)



写真4 外壁模型 B (外壁側)



写真5 外壁模型 B (屋内側)



写真6 外壁模型 C (屋内側)

(2) 外壁模型 A は室内での燃焼を、外壁模型 B は断熱材層室内側における燃焼を、外壁模型 C は断熱材層外壁側における燃焼を想定し、各外壁模型を屋内側から灯油バーナーで加熱した。外壁側から赤外線カメラ (FLIR 社製 : CPA-T540W) により外壁模型の屋外側表面の温度分布状況を確認するとともに、外壁模型の通気層内に熱電対 (チノー社製 : K 型シース熱電対 $\phi 1.6\text{mm} \times$ 長さ 3000mm) を 9 箇所設置し、データロガー (グラフテック社製 : GL800) へ接続した (写真 7~写真 9)。

加熱時間は 7 分とし、その間の測定温度及び赤外線カメラ画像を比較した。

また、各外壁模型と比較するため、各外壁模型で用いた金属サイディングのみを屋内側から灯油バーナーで加熱し、各外壁模型と同様に屋外側から赤外線カメラにより屋外側表面の温度分布状況を確認した (写真 10)。



写真7 灯油バーナー設定状況

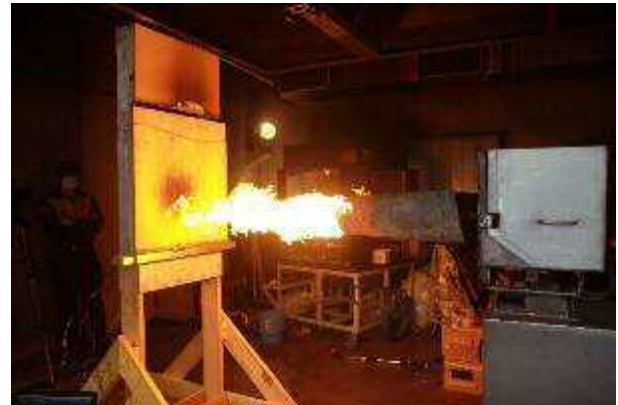


写真8 灯油バーナー点火状況



写真9 K熱電対設定位置



写真10 金属サイディング(屋内側)

3 実験結果

灯油バーナー点火後の、外壁模型A～外壁模型Cの温度測定結果を図2に、各外壁模型及び金属サイディングを赤外線カメラで撮影した画像を表に示す。温度測定結果については、各外壁模型に9箇所設定したK熱電対のうち、最高温度を記録した箇所の測定温度を用いて比較した。

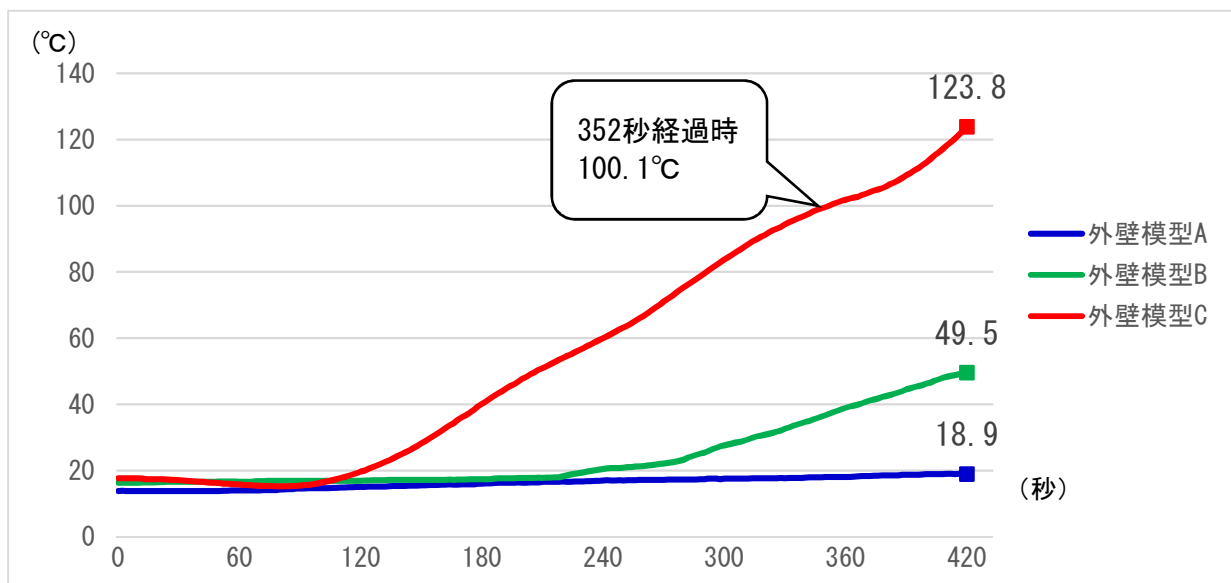

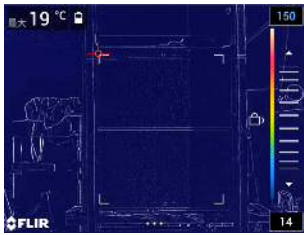




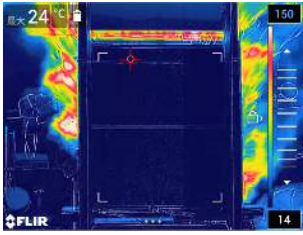
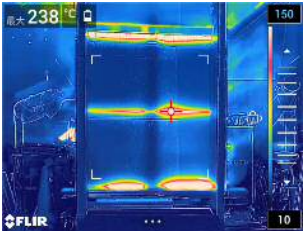
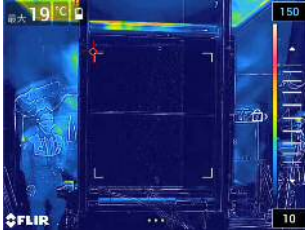

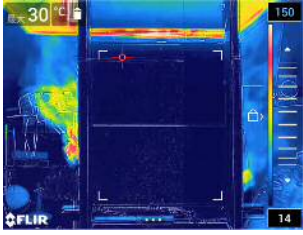
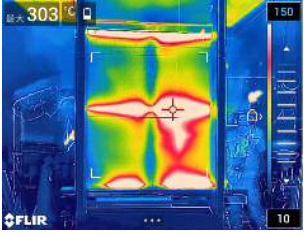


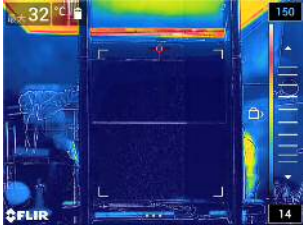
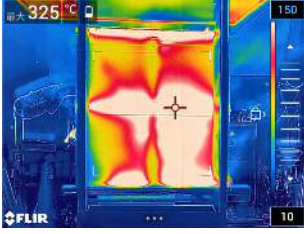


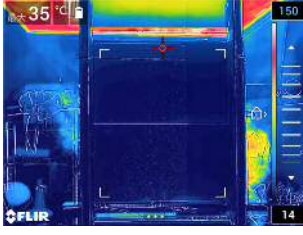
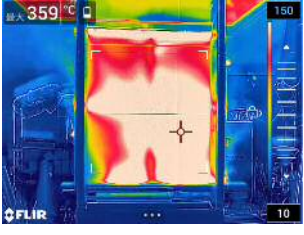

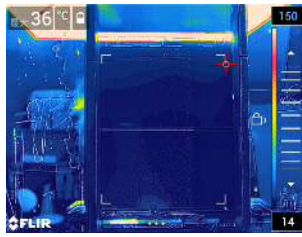
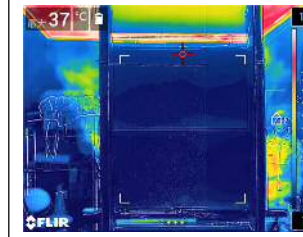
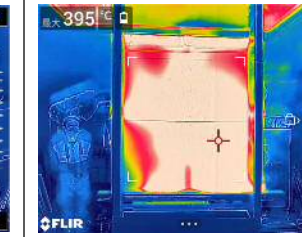

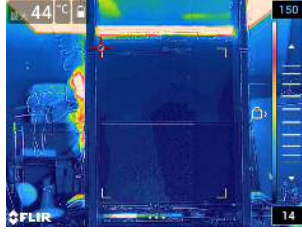
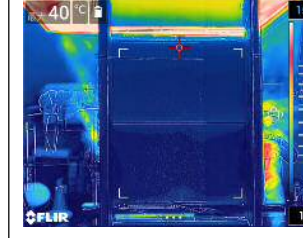
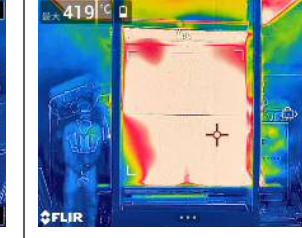

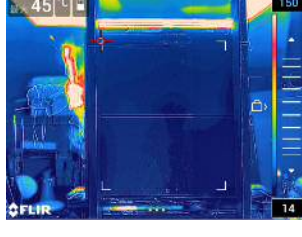
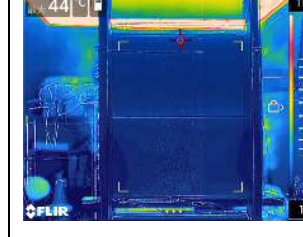
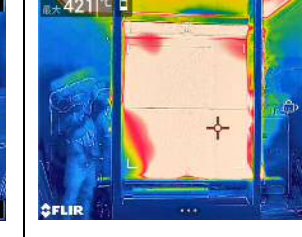


図2 温度測定結果

表 赤外線カメラ撮影画像

経過時間	外壁模型 A	外壁模型 B	外壁模型 C	比較用：金属サイディング
0 秒	 <p>外壁表面温度：14℃ 通気層温度：13.8℃</p>	 <p>外壁表面温度：19℃ 通気層温度：16.3℃</p>	 <p>外壁表面温度：17℃ 通気層温度：17.6℃</p>	 <p>外壁表面温度：24℃ 通気層温度：-</p>
60 秒	 <p>外壁表面温度：16℃ 通気層温度：14.0℃</p>	 <p>外壁表面温度：23℃ 通気層温度：16.6℃</p>	 <p>外壁表面温度：24℃ 通気層温度：15.8℃</p>	 <p>外壁表面温度：238℃ 通気層温度：-</p>
120 秒	 <p>外壁表面温度：19℃ 通気層温度：15.0℃</p>	 <p>外壁表面温度：26℃ 通気層温度：16.9℃</p>	 <p>外壁表面温度：30℃ 通気層温度：19.7℃</p>	 <p>外壁表面温度：303℃ 通気層温度：-</p>
180 秒	 <p>外壁表面温度：21℃ 通気層温度：16.0℃</p>	 <p>外壁表面温度：29℃ 通気層温度：17.4℃</p>	 <p>外壁表面温度：32℃ 通気層温度：40.1℃</p>	 <p>外壁表面温度：325℃ 通気層温度：-</p>
240 秒	 <p>外壁表面温度：22℃ 通気層温度：17.0℃</p>	 <p>外壁表面温度：32℃ 通気層温度：20.4℃</p>	 <p>外壁表面温度：35℃ 通気層温度：60.0℃</p>	 <p>外壁表面温度：359℃ 通気層温度：-</p>

300 秒	 <p>外壁表面温度：24℃ 通気層温度：17.5℃</p>	 <p>外壁表面温度：36℃ 通気層温度：27.6℃</p>	 <p>外壁表面温度：37℃ 通気層温度：83.8℃</p>	 <p>外壁表面温度：395℃ 通気層温度：-</p>
360 秒	 <p>外壁表面温度：25℃ 通気層温度：18.0℃</p>	 <p>外壁表面温度：44℃ 通気層温度：38.9℃</p>	 <p>外壁表面温度：40℃ 通気層温度：101.8℃</p>	 <p>外壁表面温度：419℃ 通気層温度：-</p>
420 秒	 <p>外壁表面温度：26℃ 通気層温度：18.9℃</p>	 <p>外壁表面温度：45℃ 通気層温度：49.5℃</p>	 <p>外壁表面温度：44℃ 通気層温度：123.8℃</p>	 <p>外壁表面温度：421℃ 通気層温度：-</p>

- (1) 図2から、点火7分(420秒)後の通気層の測定温度は、外壁模型Aは18.9℃、外壁模型Bは49.5℃、外壁模型Cは123.8℃であった。最も高温となった外壁模型Cは、点火後5分52秒(352秒)後に100℃に到達した。
- (2) 表から、点火7分(420秒)後の外壁表面温度を確認すると、外壁模型Aは26℃、外壁模型Bは45℃、外壁模型Cは44℃であった。温度色別表示範囲を10℃から150℃に設定した赤外線カメラの画像では、低温度帯(紺～青)の表示となり色別表示上、大きな差異は確認できなかった。金属サイディングのみを屋内側から加熱した場合は、加熱後1分(60秒)経過時に238℃を記録しており、2分(120秒)経過時には300℃を超え外壁面の大部分が150℃以上の高温度帯の白色表示をした。また、5分(300秒)経過時には約400℃を記録し、外壁表面全体が150℃以上の高温度帯の白色表示をした。

4 考察

通気層における温度上昇は、外壁模型A、外壁模型B、外壁模型Cの順に低かった。これは、燃焼している部分から通気層に至るまで、石膏ボード、グラスウールの有無により断熱効果に相違があったためと考えられる。

外壁模型Bと外壁模型Cにおいては、点火後7分(420秒)経過時の通気層の温度に約70℃の差が

認められた。これは、グラスウールの断熱効果によるものであると考えられる。一方、外壁表面の温度差は1℃と大きな差は認められなかった。これは、通気層の断熱効果によるものであると考えられる。

金属サイディングのみを屋内側から加熱した場合、外壁側表面の温度は速やかに上昇し、赤外線カメラの色別表示においても高温度帯（白色）の表示は容易に確認することができた。

そのため、今回作製した外壁通気工法を用いた外壁モデルにおいては、外壁側から赤外線カメラを用いて外壁表面温度を測定した場合、断熱材層内での燃焼は確認することが難しいが、通気層内で燃焼した場合は外壁表面が高温になり通気層での燃焼を確認できることがわかった。

5 まとめ

今回作成した外壁模型においては、外壁側から赤外線カメラを用いて壁体内の燃焼状況を確認した場合、通気層内の燃焼現象については明確な温度上昇を確認することができた。しかしながら、それよりも室内側の壁体内の燃焼については、加熱前後で明確な違いを確認することができなかった。このことは通気層の断熱効果によるものと考えられる。

【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、東京消防庁消防技術安全所発行

ダクト火災における圧縮空気泡消火装置泡（CAFS 泡）及び ウォーターカッターミストの消火効果の検証について

札幌市消防局消防科学研究所 高塚 浩平
中央消防署警防課救助二担当 庄野 万平
中央消防署警防課豊水出張所 大川 和彦

1 はじめに

ダクト火災時はダクトの破壊活動と並行して消火活動を行う必要があり、室内を水損してしまうことや、消火活動に時間を要してしまうことが懸念される。

そこで今回は、水損を抑え、早期にダクトの消火が可能な方法を模索するため、必要最低限の破壊部分から、ウォーターカッターミスト（以下「WC ミスト」という。）、圧縮空気泡消火装置泡（以下「CAFS 泡」という。）及びクラス A 消火薬剤混合水（以下「クラス A 混合水」という。）をダクト内へ放射した場合の消火効果について検証した。

2 実験日等

日時：平成 30 年 10 月 23 日（火）、平成 30 年 10 月 26 日（金）

場所：札幌市消防学校 消防補助訓練塔（モエテール）南面路上、燃焼実験ユニット前

3 実験概要

金属製ダクト（開口部内寸法：縦 250mm、横 150mm。以下「ダクト」という。）を直線、S 字及び T 字の形状にそれぞれ組み合わせ、ダクト内部で可燃物を燃焼させた。WC ミスト、CAFS 泡及びクラス A 混合水（以下「薬剤等」という。）をダクト内部に放水した際の消火効果について検証を実施した。

なお、本検証では、薬剤等の自重による消火効果への影響を確認するため、下側開口部からダクト内部に放水を実施することとした。

各ダクト形状を写真 1～写真 3 に、ダクト形状と注水方法の組合せを表 1 にそれぞれ示す。

なお、クラス A 混合水については検証実施時間の制限から T 字（縦置き）のみの実施とした。

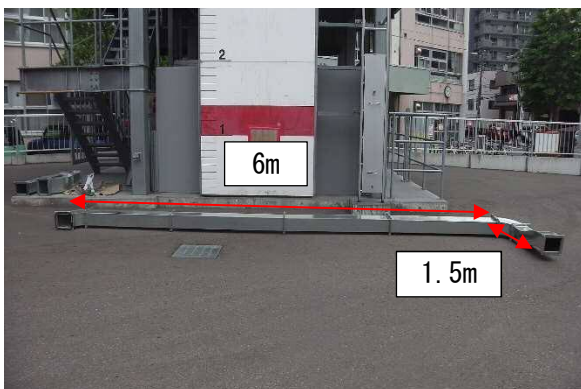


写真 1 ダクト形状（直線）

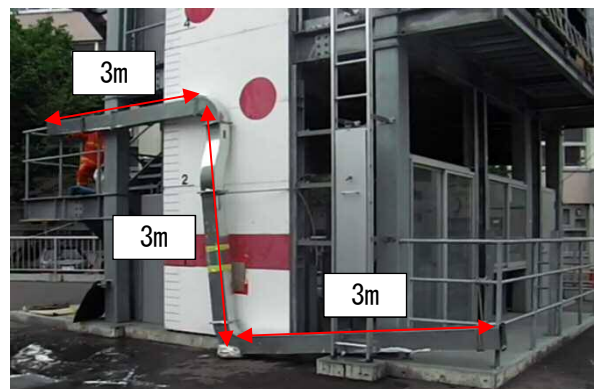


写真 2 ダクト形状（S 字）

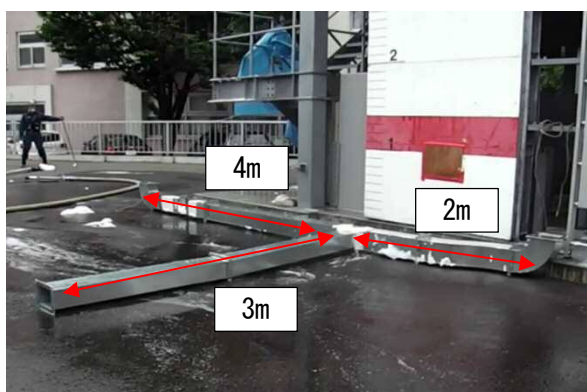


写真3 ダクト形状 (T字)

表1 ダクト形状と放水方法の組み合わせ

検証	ダクト形状	放水方法
1	直線 (縦置き)	WC ミスト
2		CAFS 泡 (ドライ)
3		CAFS 泡 (ウェット)
4	S 字 (縦置き)	WC ミスト
5		CAFS 泡 (ドライ)
6		CAFS 泡 (ウェット)
7	T 字 (縦置き)	WC ミスト
8		CAFS 泡 (ドライ)
9		CAFS 泡 (ウェット)
10		クラス A 混合水
11	T 字 (横置き)	WC ミスト
12		CAFS 泡 (ドライ)
13		CAFS 泡 (ウェット)

4 実験設定

ダクトの設定状況を写真4～写真7、各放水条件を表2にそれぞれ示す。

ダクトの形状を、直線、S字、T字となるようそれぞれ組み合わせ、付属のボルト及びナットで結合した。

放水状況（薬剤等の排気口までの到達状況）を確認するため、ダクト入口及びダクト排気口を開放状態とした。

ダクト内部に、可燃物としてイソプロピルアルコールを染み込ませたインシュレーションボード（軟質繊維板 長さ 600mm×幅 80mm×厚さ 12mm）を設定した。なお、ダクト入口部分からダクト排気口部分までインシュレーションボードを配置し、インシュレーションボード同士は針金で連結しダクト内部で固定した。

ダクトの温度変化を測定するため、赤外線カメラ（FLIR 社製：CPA-T540W）を配置した。

(1) 直線（縦置き）

ダクトの入口部分から排気口部分まで、合計長さ7.5mとなるよう結合した。

ダクトの排気口部分を消防補助訓練塔の屋外手摺に、ダクトの入口部分を木製の固定台に針金で固定した（写真4）。

(2) S字（縦置き）

ダクトの入口部分から排気口部分まで、合計長さ9mとなるよう結合した。

ダクトの排気口部分を燃焼実験ユニットの屋根に、ダクトの入口部分を木製の固定台に針金で固定した（写真5）。

(3) T字（縦置き）

ダクトの入口部分（路面に対して垂直部分）を3m、ダクトの排気口部分（路面に対して水平部分）を6mとなるよう結合した。ダクトの排気口部分を燃焼実験ユニットの屋根に、ダクトの入口部分を木製の固定台に針金で固定した（写真6）。

(4) T字（横置き）

4(3)で結合したダクトを、消防学校敷地内路上に水平になるように設置した（写真7）。

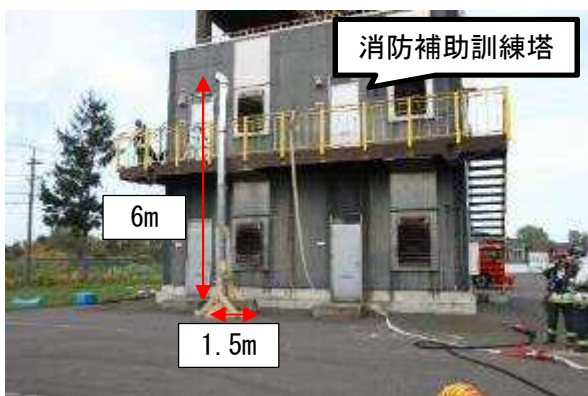


写真4 直線（縦置き）

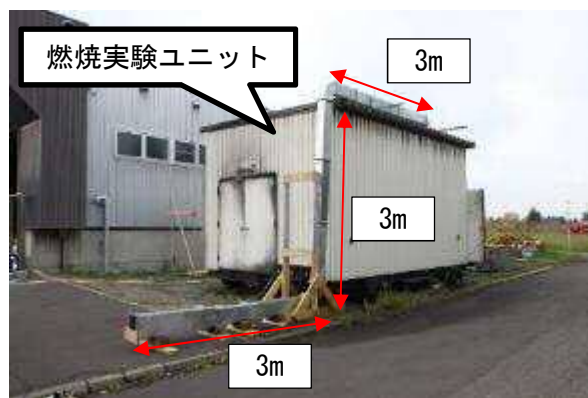


写真5 S字（縦置き）

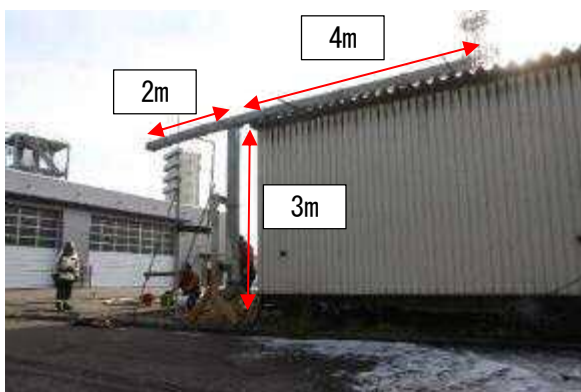


写真6 T字（縦置き）

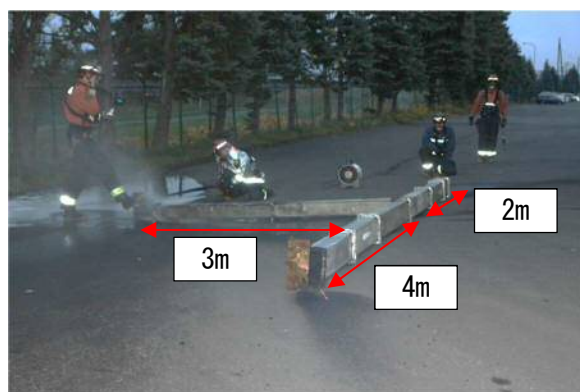


写真7 T字（横置き）

表 2 各放水条件

放水方法	ポンプ圧力(MPa)	放水量(L/min)	使用薬剤
WC ミスト	30	30	なし
CAFS 泡 (ドライ) (発泡倍率 20 倍)	0.7	120	クラス A 消火薬剤混合 (消火剤濃度 0.3%)
CAFS 泡 (ウェット) (発泡倍率 5 倍)	0.7	300	クラス A 消火薬剤混合 (消火剤濃度 0.3%)
クラス A 混合水	0.5	240	クラス A 消火薬剤混合 (消火剤濃度 0.3%)

5 実験方法

小型バーナーによりダクト内部の可燃物へ着火した。

可燃物に着火してから 5 分経過後に、下側開口部からダクト内部へ各放水方法により注水した。

赤外線カメラによりダクト表面の温度分布状況を確認し、ダクト表面の最高温度が 50℃を下回った時点で注水を停止した (ダクト全体の冷却状況)。

また、目視によりダクト排気口部分からの薬剤等の噴出状況を確認した。

実験実施状況を写真 8～写真 11 に示す。



写真 8 可燃物燃焼状況



写真 9 直線ダクト燃焼状況



写真 10 S字ダクト燃焼状況



写真 11 T字ダクト燃焼状況

6 実験結果及び考察

各検証におけるダクト内への注水時間、放水量及びダクト排気口からの薬剤等の噴出状況を表 3 に示す。

表 3 ダクトへの注水時間、放水量及びダクト排気口からの薬剤等の噴出状況

検証	ダクト形状	注水方法	注水時間	放水量(推定値)	薬剤等噴出状況
1	直線 (縦置き)	WC ミスト	2 分 57 秒	88.5L	噴出 (継続)
2		CAFS 泡(ドライ)	2 分 35 秒	310L	噴出(最初のみ)
3		CAFS 泡(ウェット)	5 分 30 秒	1650L	認められない
4	S 字 (縦置き)	WC ミスト	2 分 05 秒	62.5L	噴出 (継続)
5		CAFS 泡(ドライ)	0 分 30 秒	60L	噴出 (継続)
6		CAFS 泡(ウェット)	0 分 20 秒	100L	噴出 (継続)
7	T 字 (縦置き)	WC ミスト	8 分 00 秒 ※80℃を下回らず	240L	噴出 (継続)
8		CAFS 泡(ドライ)	2 分 30 秒	300L	噴出 (断続的)
9		CAFS 泡(ウェット)	1 分 13 秒	365L	噴出 (断続的)
10		クラス A 混合水	4 分 40 秒 ※80℃を下回らず	1120L	認められない
11	T 字 (横置き)	WC ミスト	2 分 00 秒	60L	噴出 (継続)
12		CAFS 泡(ドライ)	1 分 55 秒	230L	噴出 (継続)
13		CAFS 泡(ウェット)	1 分 20 秒	400L	噴出 (継続)

(1) 検証 1 (直線縦置き WC ミスト) (写真 12～写真 23)

ア 結果

注水直後、ダクト排気口から WC ミストが噴出し、その後も注水終了まで継続して WC ミストの噴出が認められた。

注水開始から 1 分後まで、ダクト排気口から火炎の噴出が認められた (写真 23)。

注水開始から 2 分 57 秒後にダクト表面の最高温度が 50℃を下回ったため、注水を停止した (写真 19)。

イ 考察

注水開始から 1 分後まで、ダクト排気口から火炎の噴出が認められたことから、WC ミストによる窒息効果は十分に得ることができなかったが、WC ミストの吸熱効果によりダクト内が冷却され、徐々に温度が低下したと考えられる。



写真 12 注水直前

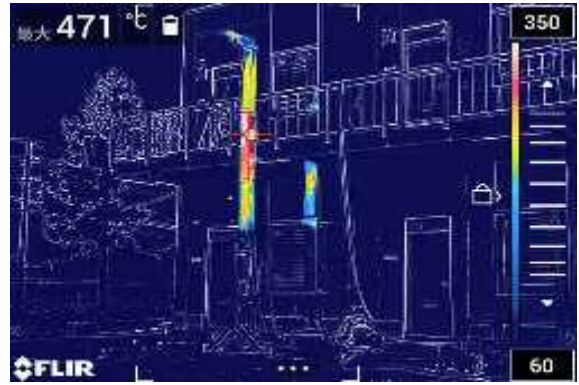


写真 13 注水から 10 秒後



写真 14 注水から 30 秒後



写真 15 注水から 1 分後



写真 16 注水から 1 分 30 秒後



写真 17 注水から 2 分後



写真 18 注水から 2 分 30 秒後



写真 19 注水から 2 分 57 秒後 (注水停止)



写真 20 注水直前



写真 21 注水直後



写真 22 注水から 30 秒後



写真 23 注水から 1 分後

(2) 検証 2 (縦置き直線 CAFS 泡ドライ) (写真 24～写真 33)

ア 結果

注水直後、ダクト排気口から CAFS 泡が噴出したが (写真 33)、その後は CAFS 泡の噴出は認められず、ダクト入口へ流した。また、ダクト排気口から CAFS 泡が噴出してから、火炎の噴出は認められなかった。

注水開始から 2 分 35 秒後にダクトの最高温度が 50℃を下回ったため、注水を停止した (写真 31)。

イ 考察

注水直後にダクト排気口から CAFS 泡が噴出したことから、CAFS 泡がダクト内に均一に充填されたことによる窒息効果及び冷却効果でダクト内の可燃物が消火し、温度が低下したと考えられる。しかしながら、その後はダクト排気口からの CAFS 泡の噴出は認められなかったことから、CAFS 泡自体に重みが生じ、ダクト排気口まで立ち上がることなく、ダクト入口付近で逆流したと考えられる。

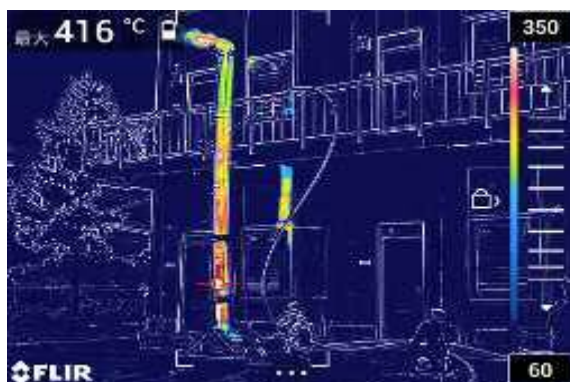


写真 24 注水直前



写真 25 注水から 10 秒後



写真 26 注水から 30 秒後



写真 27 注水から 1 分後



写真 28 注水から 1 分 30 秒後



写真 29 注水から 2 分後



写真 30 注水から 2 分 30 秒後



写真 31 注水から 2 分 35 秒後 (注水停止)



写真 32 注水直前



写真 33 注水直後

(3) 検証3 (縦置き直線 CAFS 泡ウェット) (写真34～写真50)

ア 結果

注水開始後もダクト排気口から CAFS 泡の噴出は認められず、ダクト入口へ逆流した。

注水開始から2分40秒間、ダクト排気口から火炎の噴出が認められた (写真48～写真50)。

注水開始から5分30秒後にダクトの最高温度が50℃を下回ったため、注水を停止した (写真46)。

イ 考察

ダクト排気口から CAFS 泡の噴出は認められず、注水開始から2分40秒間、ダクト排気口から火炎が噴出していたことから、CAFS 泡自体に重みが生じ、ダクトの排気口まで立ち上がることなく、入口付近で逆流したものと考えられる。

ダクトの最高温度が50℃を下回るまでに、注水開始から5分30秒を要したが、これはダクト排気口で CAFS 泡により消火しきれなかった残り火が燃え尽き、自然に温度が低下したものだと考えられる。

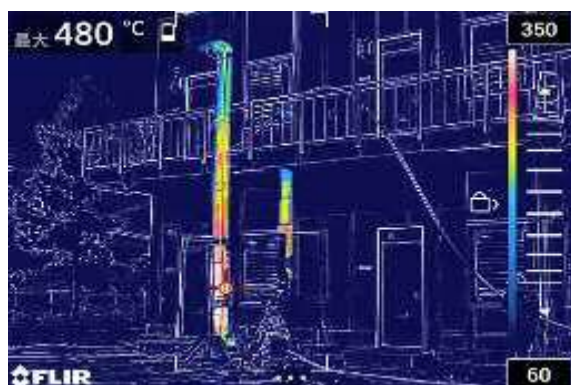


写真34 注水直前

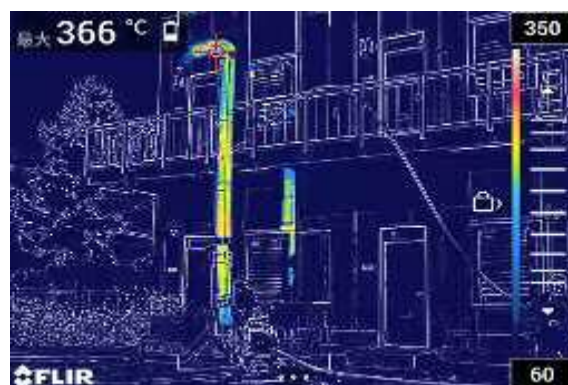


写真35 注水から10秒後

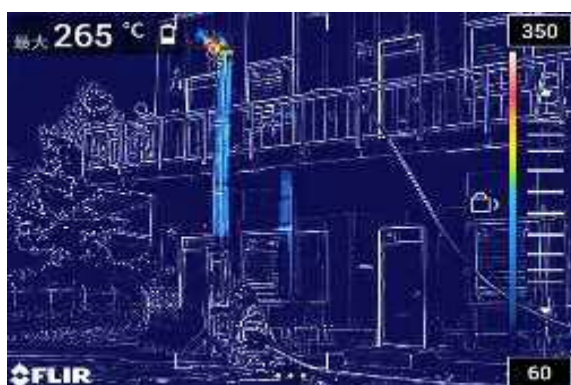


写真36 注水から30秒後



写真37 注水から1分後

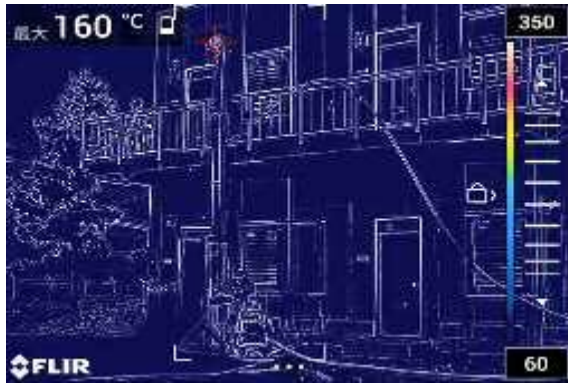


写真 38 注水から 1 分 30 秒後



写真 39 注水から 2 分後



写真 40 注水から 2 分 30 秒後



写真 41 注水から 3 分後



写真 42 注水から 3 分 30 秒後

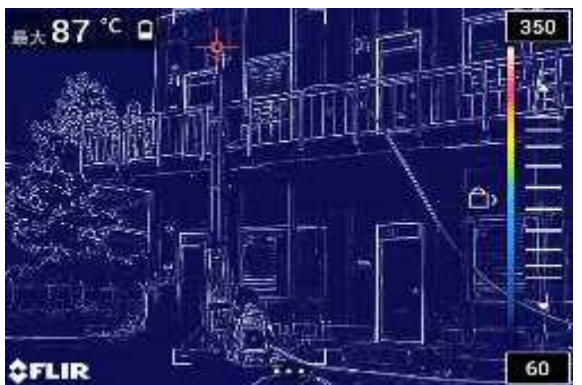


写真 43 注水から 4 分後

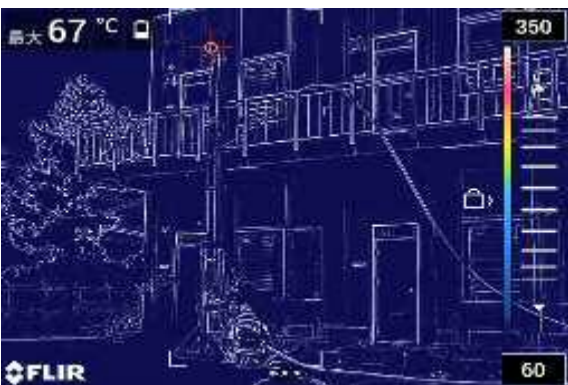


写真 44 注水から 4 分 30 秒後



写真 45 注水から 5 分後

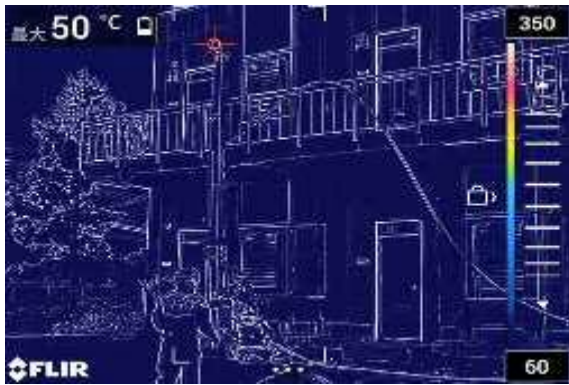


写真 46 注水から 5 分 30 秒後（注水停止）



写真 47 注水直前



写真 48 注水直後



写真 49 注水から 30 秒後



写真 50 注水から 2 分 40 秒後

(4) 検証4 (縦置きS字 WC ミスト) (写真51～写真59)

ア 結果

注水直後、ダクト排気口からWCミストが噴出し、その後も注水終了まで継続してWCミストの噴出が認められた。

注水を開始してから15秒後にダクト排気口から火炎が噴出し、その後も約30秒間継続して噴出しているのが認められた(写真59)。

注水開始から2分5秒後にダクトの最高温度が50℃を下回ったため、注水を停止した(写真56)。

イ 考察

注水を開始してから15秒後にダクト排気口から火炎が噴出し、その後も約30秒間噴出しているのが認められたことから、WCミストによる窒息効果は十分に得ることができなかったが、WCミストの吸熱効果によりダクト内が冷却され、徐々に温度が低下したと考えられる。



写真51 注水直前

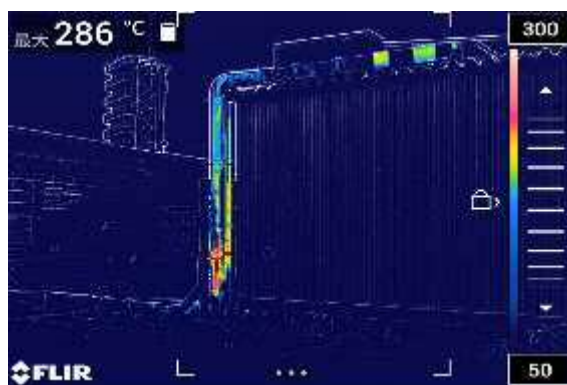


写真52 注水から10秒後

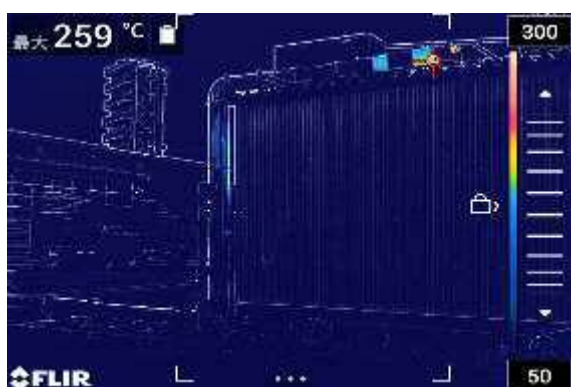


写真53 注水から30秒後

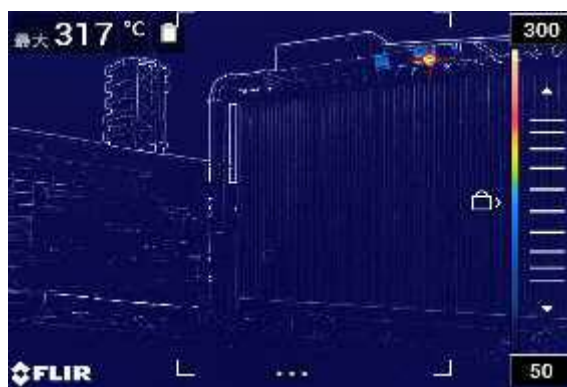


写真54 注水から1分後

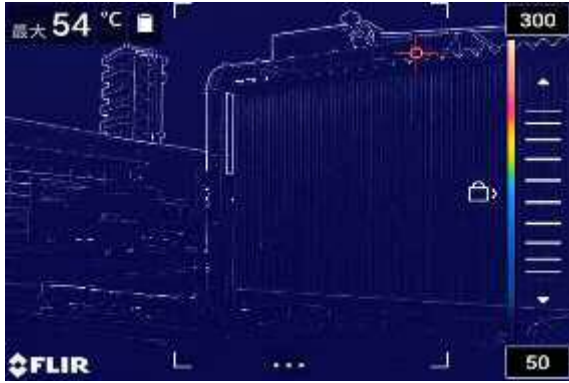


写真 55 注水から 2 分後

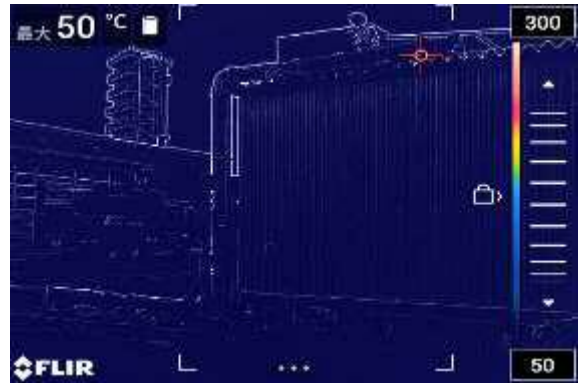


写真 56 注水から 2 分 5 秒後（注水停止）



写真 57 注水直前



写真 58 注水直後



写真 59 注水から 15 秒後

(5) 検証 5（縦置き S 字 CAFS 泡ドライ）（写真 60～写真 65）

ア 結果

注水直後、ダクト排気口から CAFS 泡が噴出し、その後も注水終了まで継続して CAFS 泡の噴出が認められた（写真 65）。

注水開始から 30 秒後にダクトの最高温度が 50°Cを下回ったため、注水を停止した（写真 62）。

イ 考察

注水開始以降、ダクト排気口から継続して CAFS 泡の噴出が認められ、注水開始から 30 秒後にダクトの最高温度が 50°Cを下回ったことから、CAFS 泡がダクト内に均一に充填され、窒息効果及び冷却効果によりダクト内の温度が低下したと考えられる。

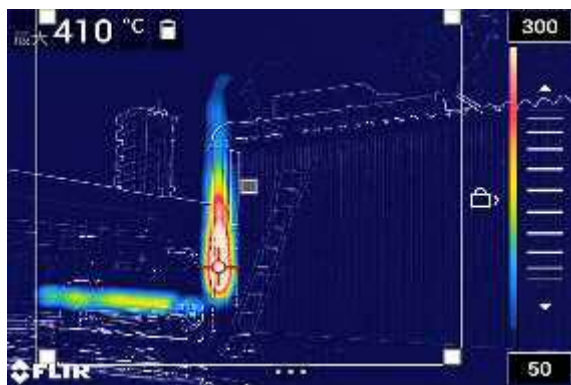


写真 60 注水直前

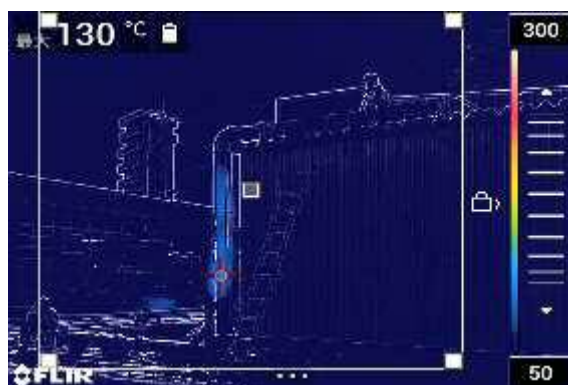


写真 61 注水から 10 秒後



写真 62 注水から 30 秒後（注水停止）



写真 63 注水直前



写真 64 注水直後



写真 65 注水から 10 秒後

(6) 検証 6（縦置き S 字 CAFS 泡ウェット）（写真 66～写真 71）

ア 結果

注水直後、ダクト排気口から CAFS 泡が噴出し、その後も注水終了まで継続して CAFS 泡の噴出が認められた（写真 70 及び写真 71）。

注水開始から 20 秒後にダクトの最高温度が 50°Cを下回ったため、注水を停止した（写真 68）。

イ 考察

注水開始後、ダクト排気口から継続して CAFS 泡の噴出が認められ、注水開始から 20 秒後にダクトの最高温度が 50°Cを下回ったことから、CAFS 泡がダクト内に均一に充填され、窒息効果及び冷却効果によりダクト内の温度が低下したと考えられる。

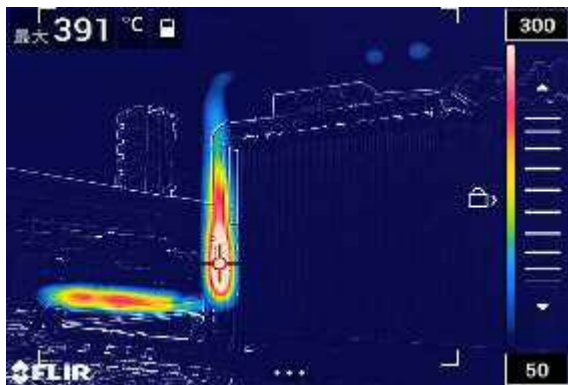


写真 66 注水直前

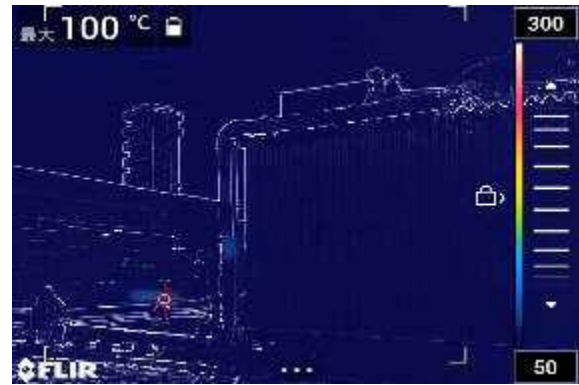


写真 67 注水から 10 秒後



写真 68 注水から 20 秒後（注水停止）



写真 69 注水直前



写真 70 注水直後



写真 71 注水から 10 秒後

(7) 検証 7（縦置き T 字 WC ミスト）（写真 72～写真 86）

ア 結果

注水直後、ダクトの両排気口から WC ミストが噴出し、その後も注水終了まで継続して WC ミストの噴出が認められた。

また、注水を開始してから 10 秒後にダクト両排気口から火炎が噴出し、その後も約 3 分 30 秒間継続して火炎が噴出しているのが認められた（写真 83～写真 86）。

注水開始から 8 分経過後もダクトの最高温度が 80°C を下回らなかったため、注水を停止した（写真 80）。

イ 考察

注水を開始してから 10 秒後にダクト両排気口から火炎が噴出し、その後も約 3 分 30 秒間継続して噴出しているのが認められたことから、WC ミストによる窒息効果は十分に得ることができなかったと考えられる。

また、注水開始から 8 分経過以降も T 字分岐部以降のダクトの最高温度が 80℃を下回らなかったことから、当該部分に対する WC ミストの量が足りず、吸熱効果によるダクト内の冷却効果も十分に得られなかったと考えられる。

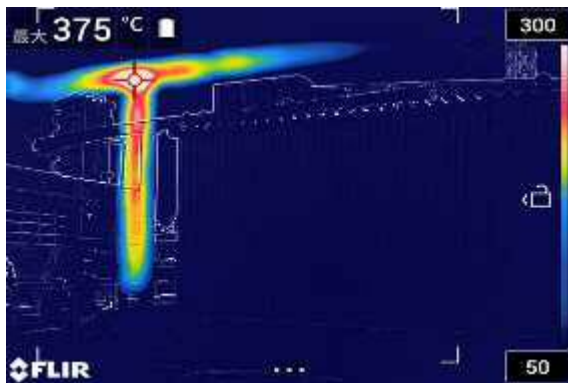


写真 72 注水直前

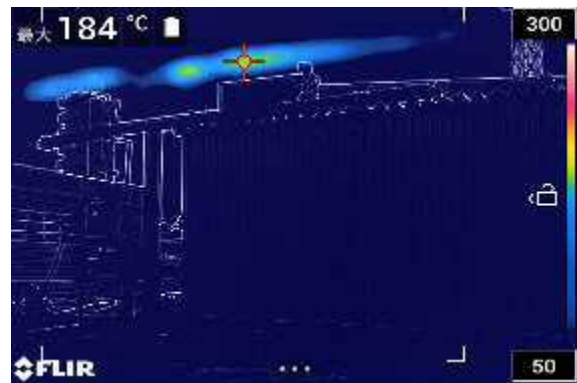


写真 73 注水から 10 秒後

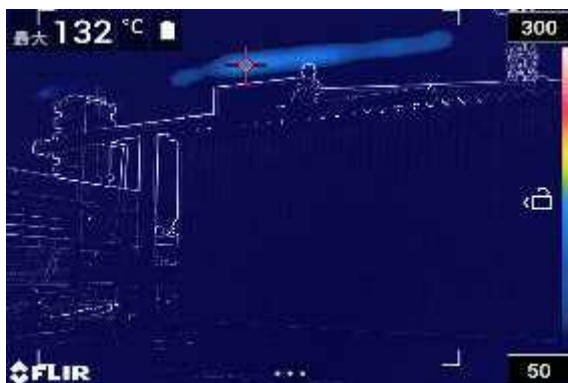


写真 74 注水から 30 秒後



写真 75 注水 1 分後



写真 76 注水から 1 分 30 秒後



写真 77 注水から 2 分後



写真 78 注水から 3 分後



写真 79 注水から 4 分後



写真 80 注水から 8 分後 (注水停止)



写真 81 注水直前



写真 82 注水直後



写真 83 注水から 10 秒後



写真 84 注水から 1 分後



写真 85 注水から 3 分後



写真 86 注水から 3 分 30 秒後

(8) 検証 8 (縦置き T 字 CAFS 泡ドライ) (写真 87～写真 97)

ア 結果

注水直後、ダクト両排気口から CAFS 泡が噴出し、その後は注水終了まで断続的に CAFS 泡の噴出が認められた (写真 95～写真 97)。

注水開始から 2 分 30 秒後にダクトの最高温度が 50℃を下回ったため、注水を停止した (写真 97)。

イ 考察

注水直後にダクト両排気口から CAFS 泡が噴出したことから、CAFS 泡がダクト内に均一に充填され、窒息効果及び冷却効果によりダクト内の温度が低下したと考えられる。

注水後は、ダクト両排気口からの CAFS 泡の噴出は断続的であったことから、CAFS 泡自体に重みが生じ、ダクト両排気口までの立ち上がり、ダクト入口付近での逆流が繰り返し起こったと考えられる。

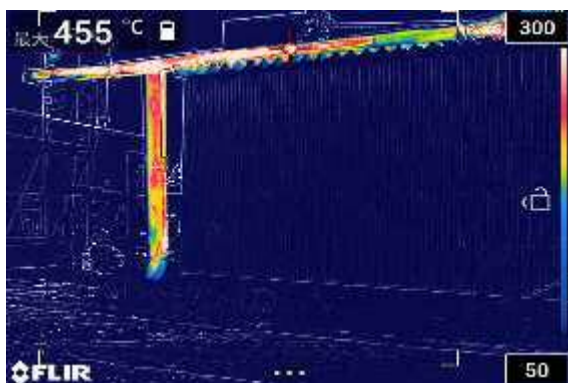


写真 87 注水直後

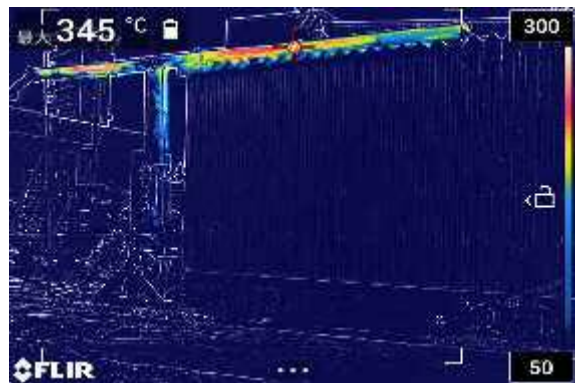


写真 88 注水から 10 秒後

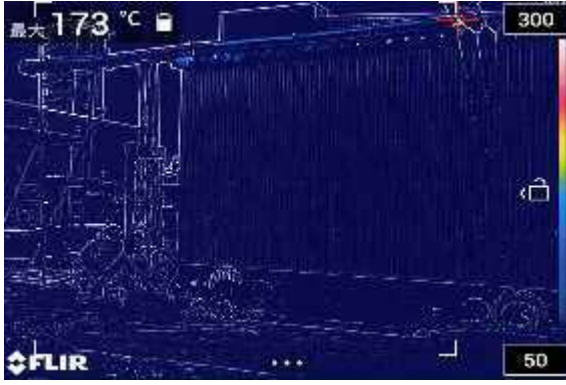


写真 89 注水から 30 秒後

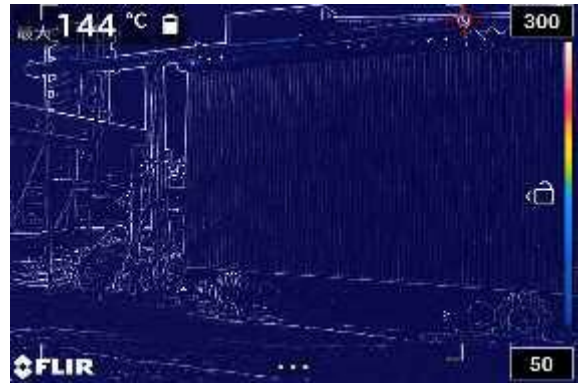


写真 90 注水から 1 分後

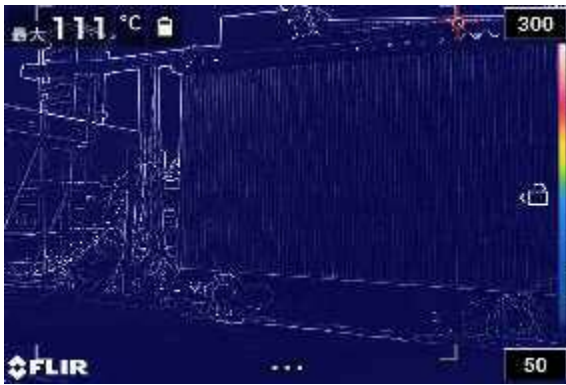


写真 91 注水から 1 分 30 秒後

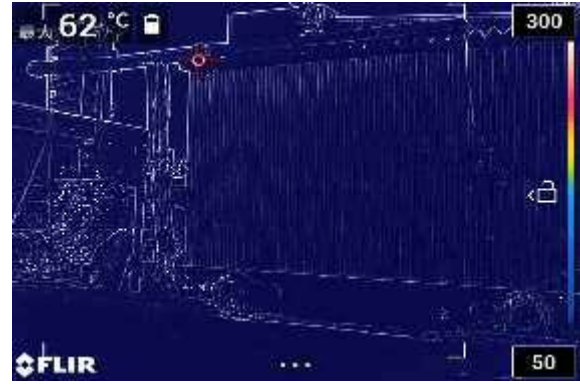


写真 92 注水から 2 分後

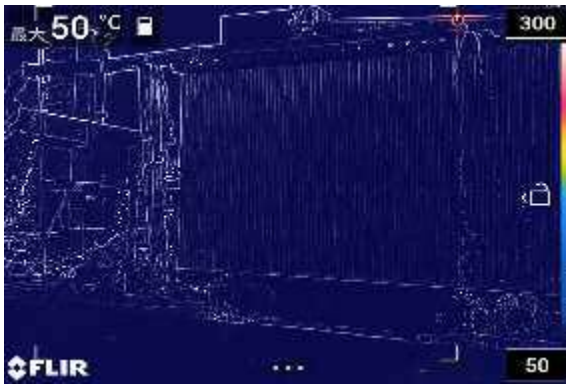


写真 93 注水から 2 分 30 秒後（注水停止）



写真 94 注水直前



写真 95 注水直後



写真 96 注水から 10 秒後



写真 97 注水から 20 秒後

(9) 検証 9 (縦置き T 字 CAFS 泡ウェット) (写真 98～写真 105)

ア 結果

注水直後、ダクト両排気口から CAFS 泡が噴出し、その後は注水終了まで断続的に CAFS 泡の噴出が認められた (写真 104 及び写真 105)。

注水開始から 1 分 13 秒後にダクトの最高温度が 50℃を下回ったため、注水を停止した (写真 102)。

イ 考察

注水直後にダクト両排気口から CAFS 泡が噴出したことから、CAFS 泡がダクト内に均一に充填され、窒息効果及び冷却効果によりダクト内の温度が低下したと考えられる。CAFS 泡ドライと比較し冷却時間が約 1 分早かったが、これは CAFS 泡ウェットの方が水分含有率が高いことによる、冷却効果の違いと考えられる。

注水後は、ダクト両排気口からの CAFS 泡の噴出は断続的であったことから、CAFS 泡自体に重みが生じ、ダクト両排気口までの立ち上がり、入口付近での逆流が繰り返し起こったと考えられる。

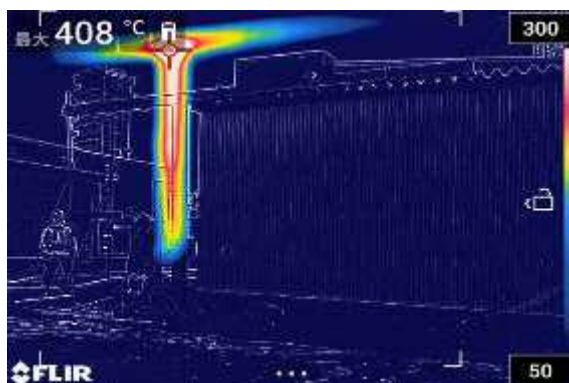


写真 98 注水直前

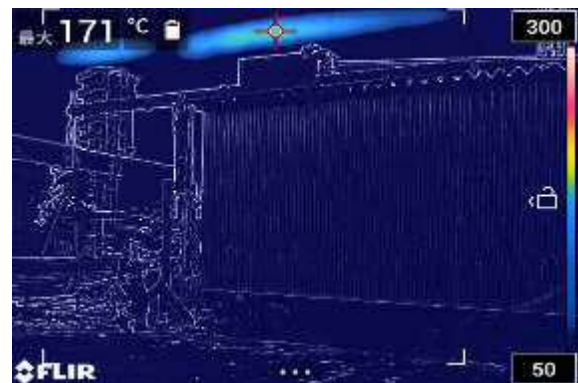


写真 99 注水から 10 秒後

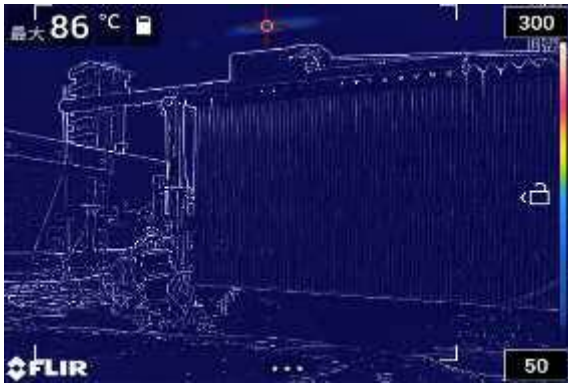


写真 100 注水から 30 秒後

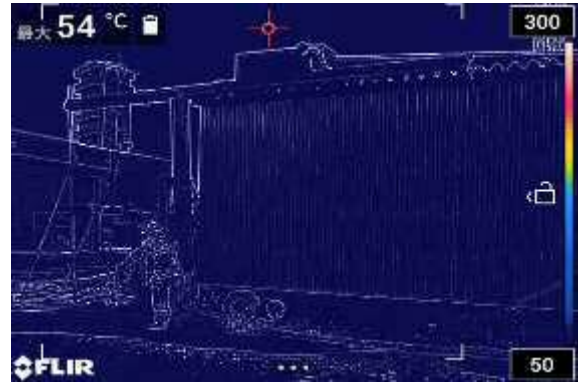


写真 101 注水から 1 分後

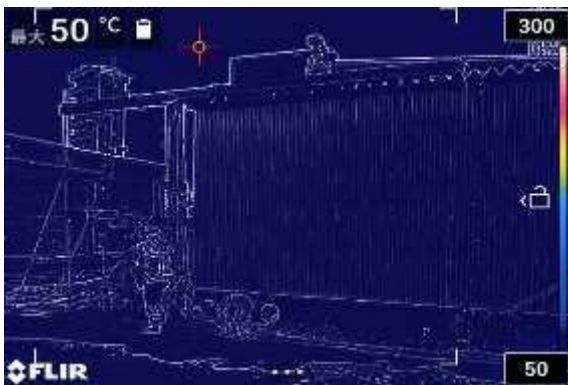


写真 102 注水から 1 分 13 秒後 (注水停止)



写真 103 注水直前



写真 104 注水直後



写真 105 注水から 10 秒後

(10) 検証 10 (縦置き T 字 クラス A 混合水) (写真 106～写真 115)

ア 結果

注水直後、ダクト両排気口から火炎が噴出し、その後も約 1 分間継続して火炎が噴出しているのが認められた (写真 113～写真 115)。なお、ダクト両排気口からクラス A 混合水の噴出は認められず、ダクト入口へ逆流した。

注水開始から 4 分 40 秒経過後もダクトの最高温度が 80°Cを下回らなかったため、注水を停止した (写真 111)。

イ 考察

注水開始直後から約 1 分間、ダクト両排気口から火炎の噴出が認められたが、ダクト両排気口からクラス A 混合水の噴出は認められなかった。また、注水開始から 4 分 40 秒経過後もダクトの最高温度が 80℃を下回らなかった。

これらの結果から、クラス A 混合水は、混合水自体の重みによりダクト両排気口まで立ち上がることなく入口付近で逆流し、ダクト内部に対し十分な窒息効果及び冷却効果を与えることができなかったと考えられる。

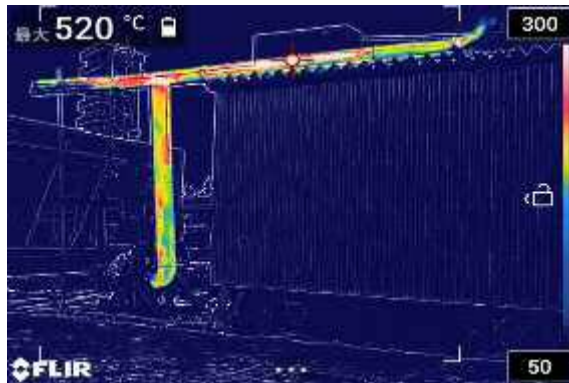


写真 106 注水直前

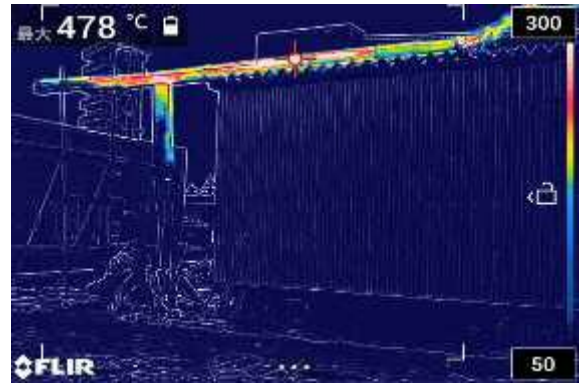


写真 107 注水から 10 秒後

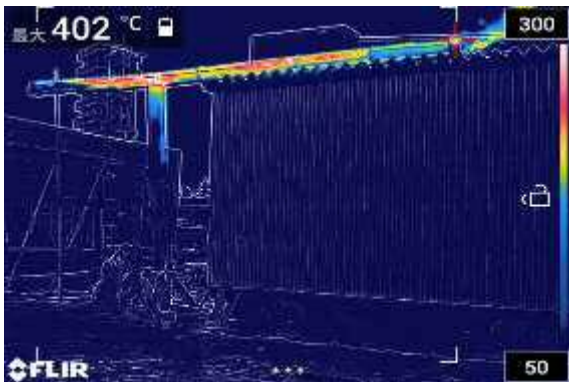


写真 108 注水から 30 秒後

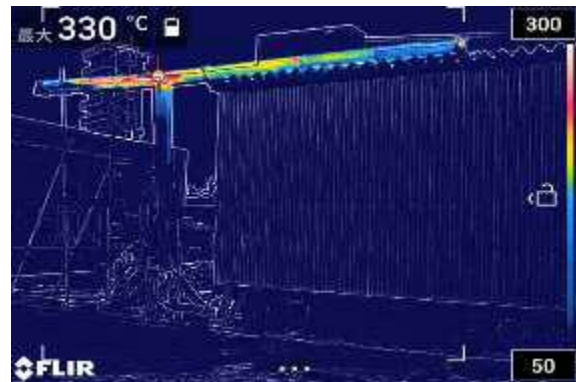


写真 109 注水から 1 分後

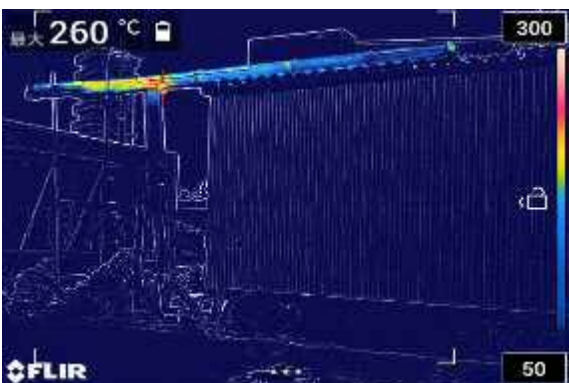


写真 110 注水から 2 分後

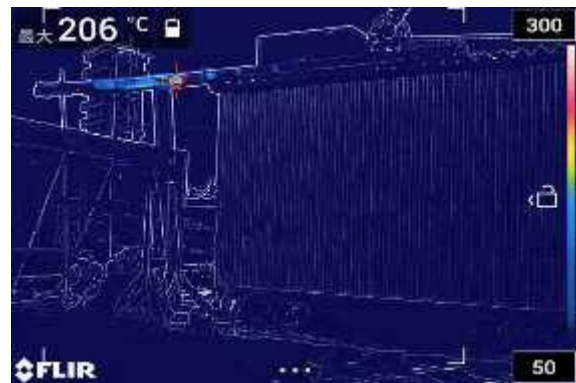


写真 111 注水から 4 分 40 秒後 (注水停止)



写真 112 注水直前

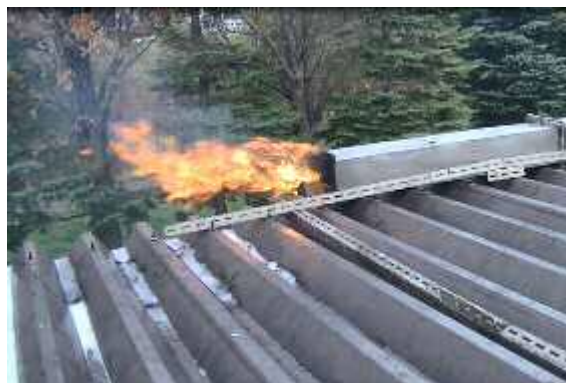


写真 113 注水直後



写真 114 注水から 10 秒後



写真 115 注水から 1 分後

(11) 検証 11 (横置き T 字 WC ミスト) (写真 116～写真 123)

ア 結果

注水直後、ダクト両排気口から WC ミストが噴出し、その後も注水終了まで継続して WC ミストの噴出が認められた。

注水開始から約 2 分後にダクトの最高温度が 50℃を下回ったとみなし、注水を停止した (写真 120)。

なお、注水開始から 1 分経過以降、赤外線カメラの最大温度はダクト外部の火種温度 (写真 119) を表示しており、ダクトの最大温度が表示されていなかったことから、注水停止のタイミングは、赤外線カメラの最大温度表示ではなく、赤外線カメラの色相変化により判断することとした。

赤外線カメラの設定は、温度測定対象物が 50℃以下の場合、色相は深い紺色を示すことから、ダクト全体の色相が深い紺色になった時点でダクトの最大温度が 50℃以下になったものとみなし、注水を停止した。

イ 考察

注水直後にダクト両排気口から WC ミストが噴出したが、ダクト両排気口から火炎の噴出は認められなかった。また、注水開始から約 2 分後にダクトの最高温度が 50℃を下回ったことから、WC ミストによる窒息効果及び冷却効果によってダクト内が冷却され、徐々に温度が低下したと考えられる。

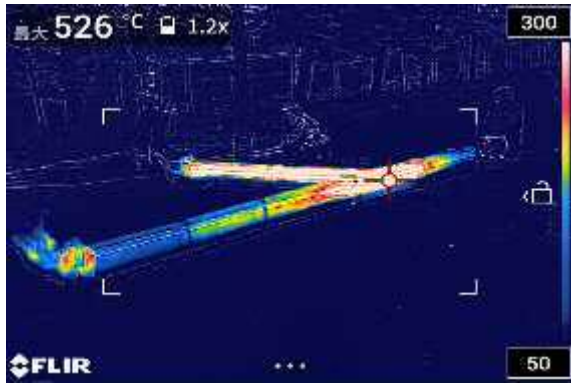


写真 116 注水直後

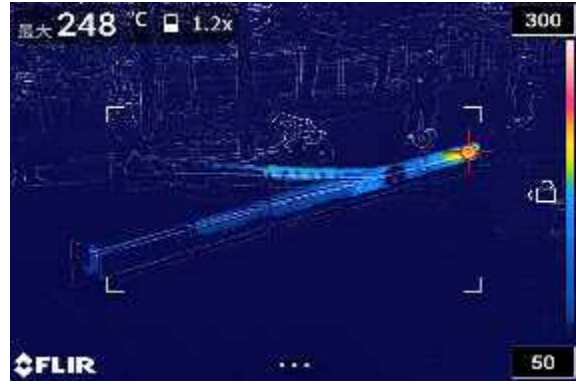


写真 117 注水から 10 秒後



写真 118 注水から 30 秒後



写真 119 注水から 1 分後



写真 120 注水から 2 分後



写真 121 注水直前



写真 122 注水直後



写真 123 注水から 10 秒後

(12) 検証 12 (横置き T 字 CAFS 泡ドライ) (写真 124~写真 131)

ア 結果

注水直後、ダクト両排気口から CAFS 泡が噴出し、その後も注水終了まで継続的にダクト両排気口から CAFS 泡の噴出が認められた (写真 131)。

注水開始から 1 分 55 秒後にダクトの最高温度が 50°Cを下回ったため、注水を停止した (写真 128)。

なお、ダクト外部に飛散した火種の温度が赤外線カメラの最大温度として表示されることを防止するため、赤外線カメラの最大温度表示範囲をダクト排気口部分に限定し測定した。

イ 考察

注水開始後、ダクト両排気口から継続して CAFS 泡の噴出が認められ、注水開始から 1 分 55 秒後にダクトの最高温度が 50°Cを下回ったことから、CAFS 泡がダクト内に均一に充填され、窒息効果及び冷却効果によりダクト内の温度が低下したと考えられる。

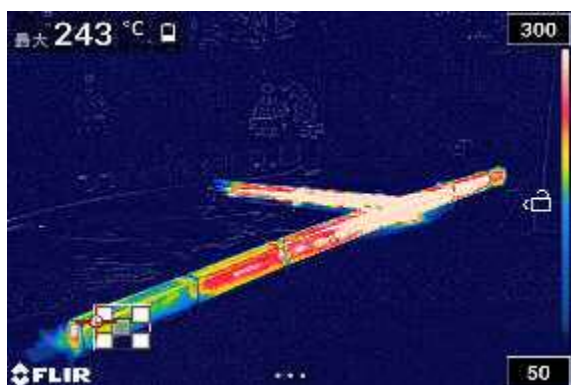


写真 124 注水直前

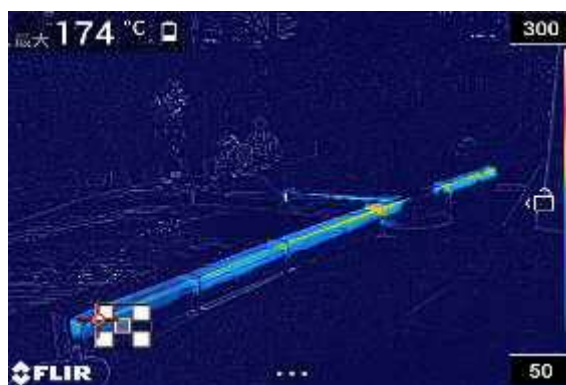


写真 125 注水から 10 秒後



写真 126 注水から 30 秒後



写真 127 注水から 1 分後



写真 128 注水から 1 分 55 秒後



写真 129 注水直前



写真 130 注水直後



写真 131 注水から 30 秒後

(13) 検証 13 (横置き T 字 CAFS 泡ウェット) (写真 132～写真 139)

ア 結果

注水直後、ダクト両排気口から CAFS 泡が噴出し、その後も注水終了まで継続的にダクト両排気口から CAFS 泡の噴出が認められた (写真 139)。

注水開始から 1 分 20 秒後にダクトの最高温度が 50℃を下回ったため、注水を停止した (写真 136)。

なお、ダクト外部に飛散した火種の温度が赤外線カメラの最大温度として表示される事を防止するため、赤外線カメラの最大温度表示範囲をダクト排気口部分に限定し測定した。

イ 考察

注水開始後、ダクト両排気口から継続して CAFS 泡の噴出が認められ、注水開始から 1 分 20 秒後にダクトの最高温度が 50℃を下回ったことから、CAFS 泡がダクト内に均一に充填され、窒息効果及び冷却効果によりダクト内の温度が低下したと考えられる。

また、CAFS 泡ドライと比較しダクトの冷却時間が約 1 分早かったが、この理由としては、CAFS 泡ウェットの方が CAFS 泡ドライよりも水分含有率が高く、より高い冷却効果が得られたためだと考えられる。

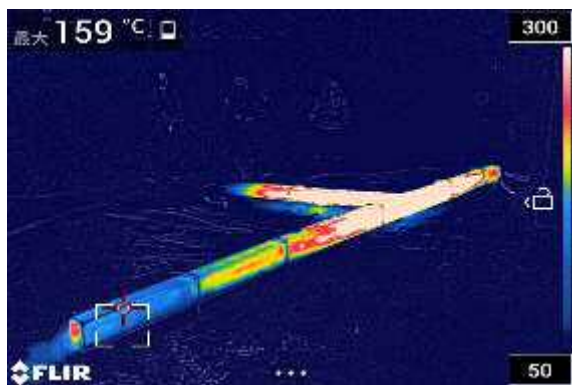


写真 132 注水直前

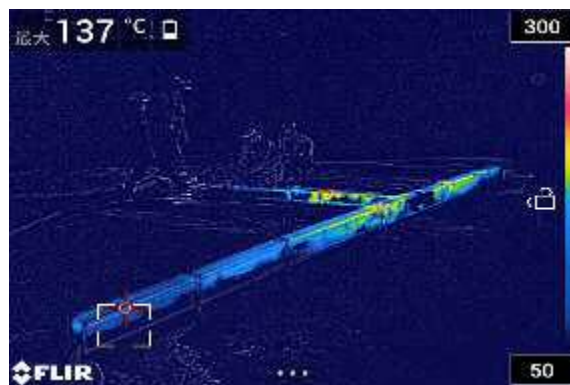


写真 133 注水から 10 秒後



写真 134 注水から 30 秒後



写真 135 注水から 1 分後



写真 136 注水から 1 分 20 秒後



写真 137 注水直前



写真 138 注水直後



写真 139 注水から 30 秒後

7 まとめ

(1) WC ミストについて

ア 検証7の結果から、垂直方向から2系統以上にダクト排気口が分岐する場合は、窒息効果及び冷却効果は他のダクト形状の場合と比較し低かった。

イ 全てのダクト形状においてWCミストがダクト排気口まで到達していたことから、今回の注水方法の中では、最もダクト内での注水距離が長く、今回作成したダクトより長いダクトに対しては、他の注水方法よりも有効である可能性が考えられる。さらに、排気口がダンパー等により閉止された状態であれば、WCミストによる窒息消火の効果も高まる可能性が考えられる。

(2) CAFS 泡（ドライ）について

ア ダクトが垂直方向へ延びている場合、放射したCAFS泡が自重により逆流してしまう場合がある。

イ 検証2の結果から、CAFS泡（ドライ）の垂直方向への到達距離は7.5m以上であった。また、検証2と検証3の比較結果から、CAFS泡（ウェット）よりも垂直方向の到達距離は長い。

ウ 検証5の結果から、ダクト内にCAFS泡（ドライ）が十分に充填される場合は、高い窒息効果が期待できる。

(3) CAFS 泡（ウェット）について

ア ダクトが垂直方向へ延びている場合、放射したCAFS泡が自重により逆流してしまう場合がある。

イ 検証6の結果から、ダクト内にCAFS泡（ウェット）が十分に充填される場合は、CAFS泡（ドライ）と同様に高い窒息効果が期待できる。なお、直線（縦置き）を除く全てのダクト形状において、CAFS泡（ドライ）よりも放水時間が短かった。

(4) クラスA混合水について

本検証では、T字（縦置き）のみ実施したが、ダクト内部に対する窒息効果及び冷却効果は認められなかった。

8 WC ミスト及び CAFS 泡（ドライ、ウェット）のダクト火災における有効性について

本検証の結果、WCミスト及びCAFS泡（ドライ、ウェット）は、一定条件下での窒息効果及び冷却効果が認められた。したがって、ダクト火災時の消火戦術の一つとしてWCミスト及びCAFS泡（ドライ、ウェット）が選択肢となり得る。

しかし、本検証結果を踏まえると、ダクト内部への放水効果についてはダクトの形状や大きさ等による影響が大きいと予想され、特にCAFS泡に関しては、ダクト下側開口部から放水した場合、ダクトの縦方向の長さによっては自重の影響で消火効果が得られない場合も考えられる。

さらに、今回比較検証は実施していないが、ダクト径の違いによる影響も大きくなると考えられ、一概にダクト火災での消火効果を見極めることは難しい。

このことから、実火災現場でWCミスト及びCAFS泡（ドライ、ウェット）を活用する場合には、出火建物のダクト構造を把握したうえで、随時、注水によるダクト内部の消火効果を確認しつつ、効果が認められない場合には、部署位置を変更しながら注水活動を実施するなど、臨機応変な活動が必要になると考えられる。

情報提供

木製模型を使用した火災性状の再現実験について

札幌市消防局消防科学研究所 高塚浩平
菅原法之
的場敦史
川内健太郎

当研究所では、建物火災に関する基本的な火災性状について視覚的に体験することで、火災に対する理解とイメージを深め、より安全・効率的な防ぎよ活動を実施するため、木製模型を使用した火災性状の再現実験を行っている。当該模型を用いた火災再現実験は、各種研修において展示しているところであり、火・煙の特性、吸排気の形成などの理解を深める研修資料として活用している。

この度、木製模型を使用した火災性状の再現実験を各種研修において展示する際の手順等についてまとめ、当局職員に周知したところであり、その概要について紹介する。

1 木製模型の概要

作成する木製模型の概要について、以下のとおり表及び写真1～写真12に示す。

表 木製模型の概要

模型サイズ	幅 60cm×奥行き 45cm×高さ 90cm（一般的な2階建て住宅の約1/8の縮尺）
使用材料	構造用合板（以下「コンパネ」という。）（縦180cm×横90cm×厚さ12mm）×3枚
部屋等	1階2部屋（①、②）、2階2部屋（③、④）（写真1及び写真2参照） 屋根裏（⑤）（写真1及び写真4～写真5参照）
開口部	部屋と屋根裏に各1箇所（写真2及び写真3参照）
室内間仕切り	1階、2階、2階床、屋根裏（写真5、写真8～写真12参照）
火点室	1階左部屋（①）

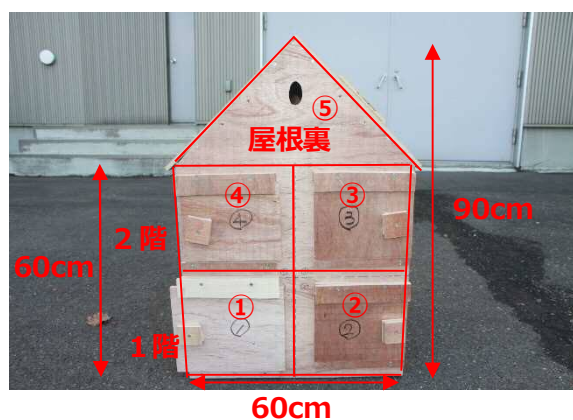


写真1 模型正面（開口部閉止）



写真2 模型正面（開口部開放）

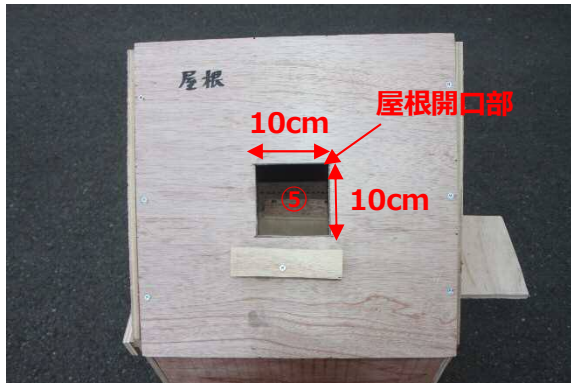


写真3 模型屋根右上面（屋根開口部開放）

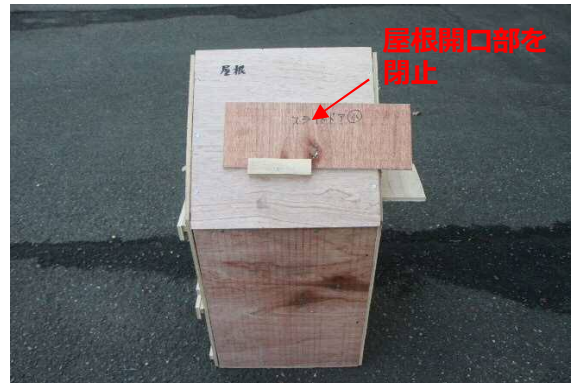


写真4 模型屋根右上面（屋根開口部閉止）

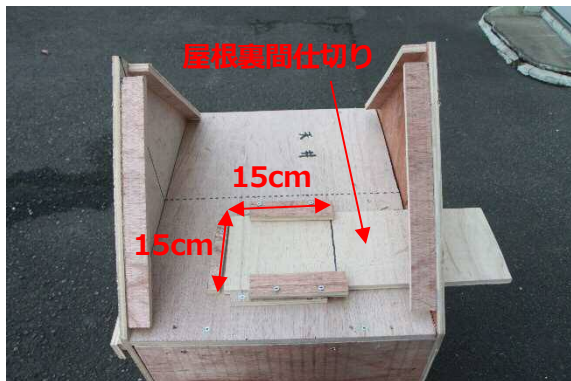


写真5 屋根裏間仕切り（屋根コンパネ取外し）



写真6 模型左側面



写真7 模型背面

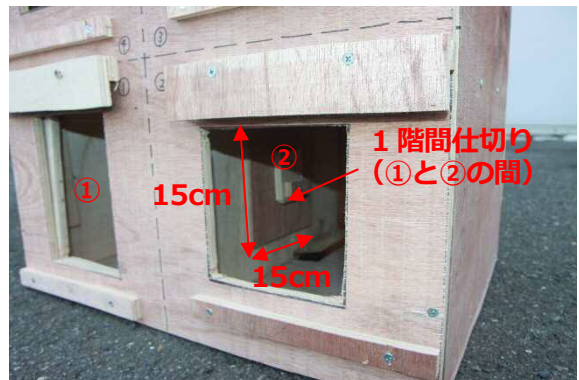


写真8 1階間仕切り（閉止）

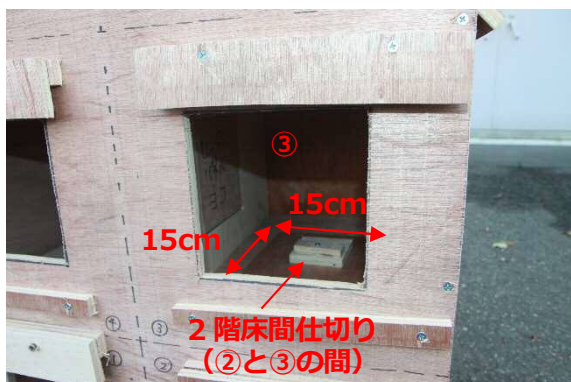


写真9 2階床間仕切り（閉止）

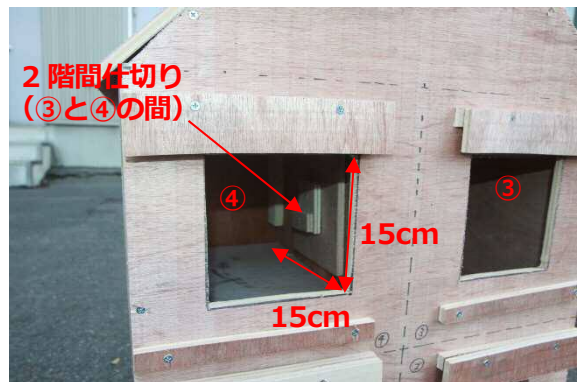


写真10 2階間仕切り（閉止）



写真 11 2階床間仕切り及び屋根裏間仕切り
(開放)
※前面コンパネ及び屋根コンパネ取外し



写真 12 1階間仕切り及び2階間仕切り(開放)
※前面コンパネ及び屋根コンパネ取外し

2 展示項目

木製模型を使用した火災性状の再現実験を研修等で展示する際の項目については、以下のとおり。

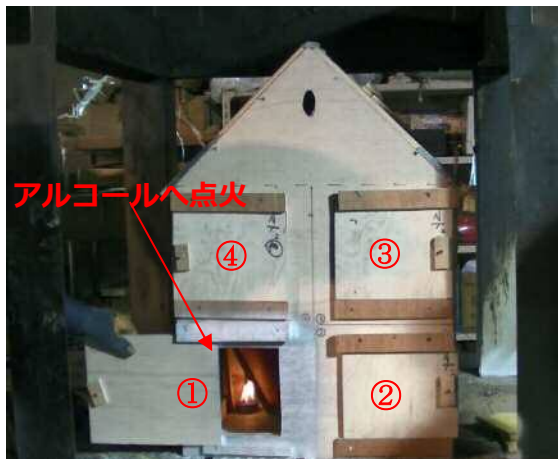
- (1) 中性帯の形成
- (2) 開口部の開閉による火勢の状況変化（支燃物（酸素）の供給量の変化）
- (3) 一つの開口部での吸排気の形成
- (4) 二つの開口部での吸排気の形成（二つの開口部が同じ高さの場合）
- (5) 二つの開口部での吸排気の形成（二つの開口部が異なる高さの場合）
- (6) 煙（可燃性ガス）への引火（1回目）
- (7) 室内への噴霧注水による火炎・煙の押し付け
- (8) 屋根開閉時の煙の流動
- (9) 屋根開口部への噴霧注水による火炎・煙の押し付け
- (10) 煙（可燃性ガス）への引火（2回目）
- (11) バックドラフトの発生
- (12) 開口部の開放による燃焼拡大
- (13) 屋外からの棒状注水

3 操作の手順

操作の手順については以下のとおりであり、当局職員へ向けて作成した資料を紹介する。

(1) 中性帯の形成

操作：火点室（①）に設置したアルコール（可燃物）へ点火



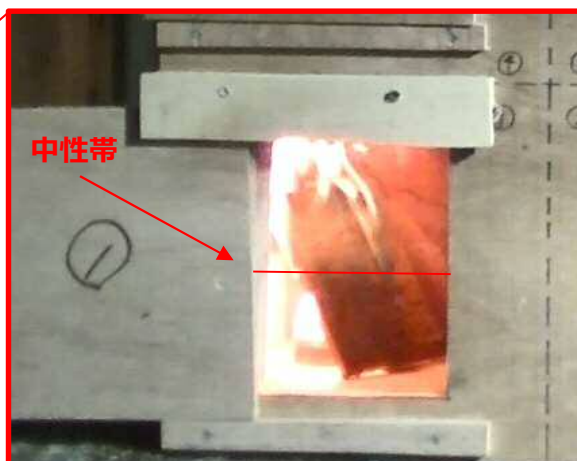
約 1 分後



※別実験映像より



拡大

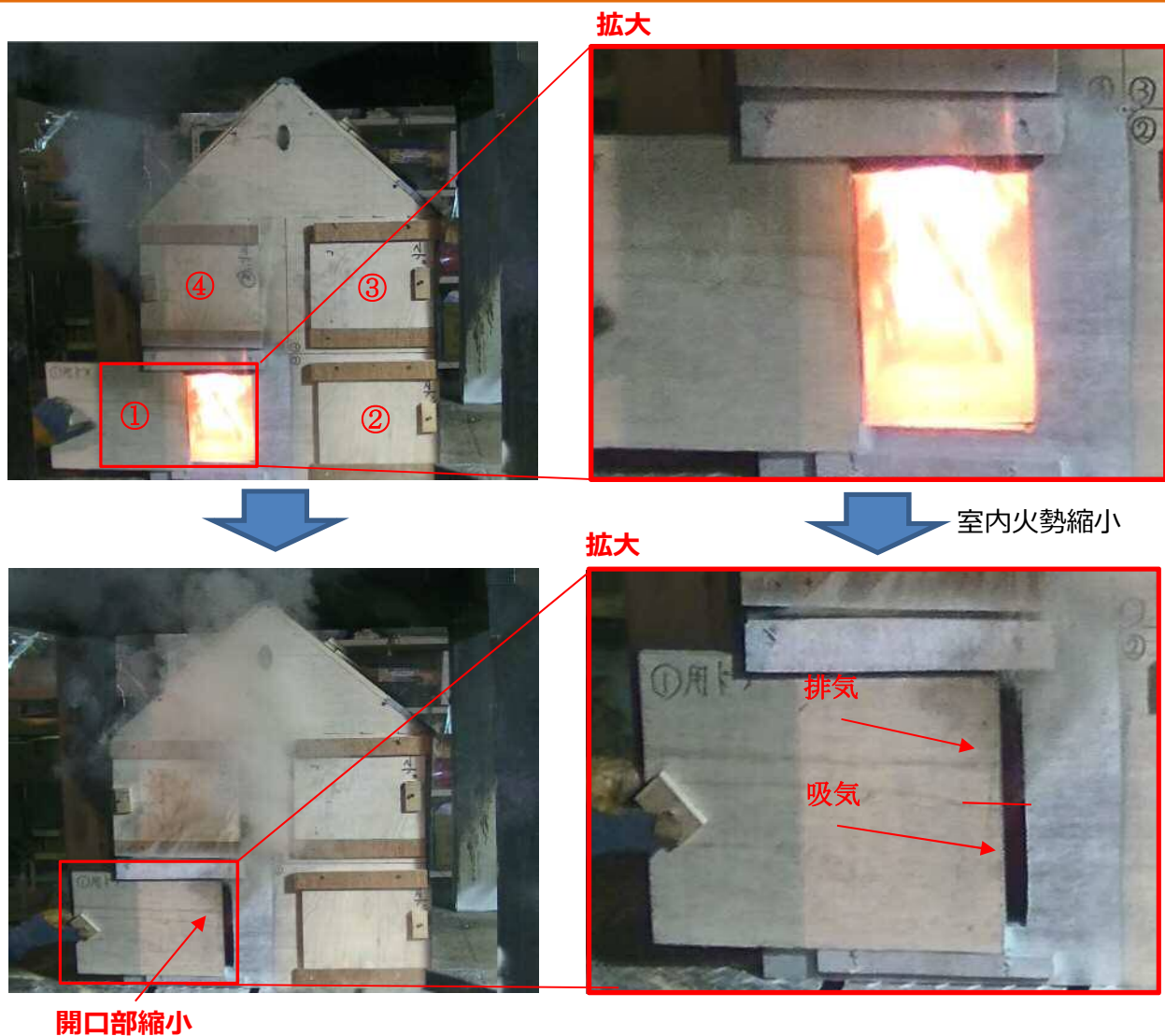


【説明】

金属製シャーレ（直径 6cm×深さ 1.8cm）にアルコール約 50ml を注ぎ、火点室（①）左奥に配置します。簡易着火器具（チャッカマン）によりアルコールへ点火し、炎と煙が火点室（①）全体に拡大するまで待ちます。（約 2～3 分）

この過程（点火から約 1 分後）において、火点室内で中性帯が形成されていることが確認できます。

- (2) 開口部の開閉による火勢の状況変化
 (3) 一つの開口部での吸排気の形成
 操作：火点室（①）の開閉



【説明】

火点室（①）全体に炎と煙が拡大してきたら、火点室（①）の開口部を開閉します。すると、燃焼の三要素である支燃物（酸素）の供給量が変化し、開口部の開閉度により火勢の状況が変化します。

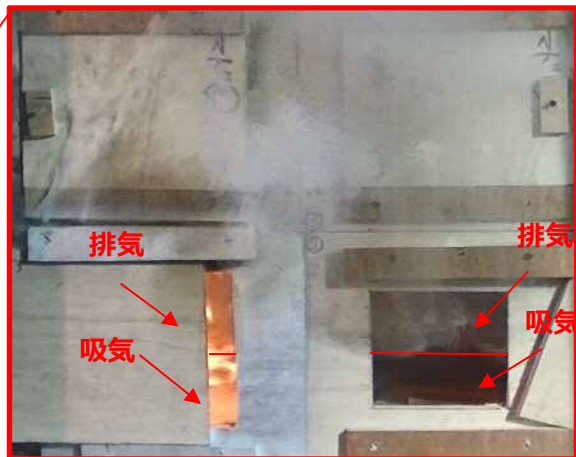
また、この時点で模型の開口部は火点室（①）のみであるため、火点室（①）の上部が排気、火点室（①）の下部が吸気となり、一つの開口部において吸排気が形成されます。

(4) 二つの開口部での吸排気の形成（二つの開口部が同じ高さの場合）
操作: 1階右部屋（②）と1階間仕切りの開放



1階間仕切り開放

拡大



【説明】

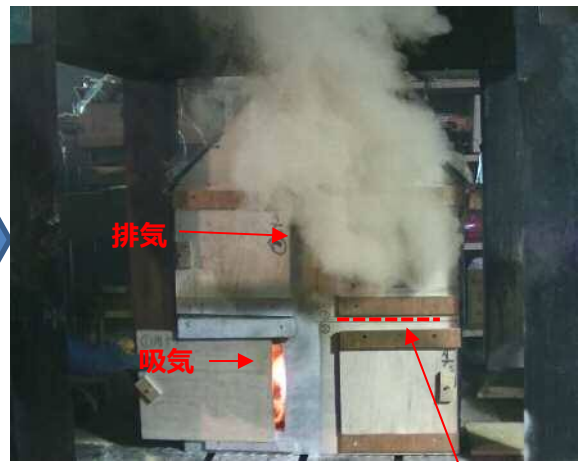
1階右部屋（②）を開放します。火点室（①）と1階右部屋（②）が間仕切りで仕切られているため、1階右部屋（②）は燃烧していませんが、1階右部屋（②）に煙が充満している状態です。その後、1階の間仕切りを開放します。

すると、火点室（①）及び1階右部屋（②）で各々吸排気が形成されます（二つの開口部で各々吸排気の形成（二つの開口部が同じ高さの場合））。

(5) 二つの開口部での吸排気の形成（二つの開口部が異なる高さの場合）
操作：2階右部屋（③）と2階床間仕切りの開放



開放



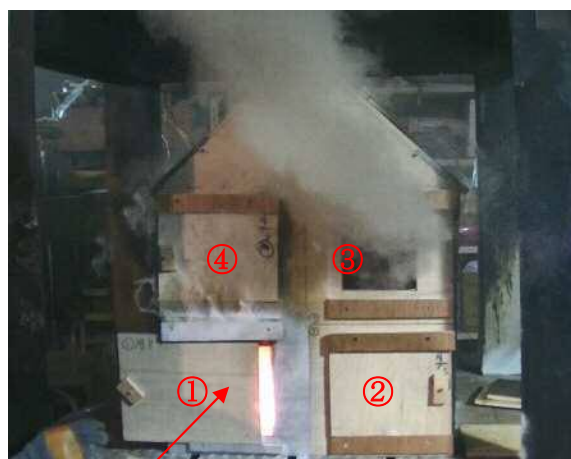
2階床間仕切り開放

【説明】

1階右開口部（②）を閉止後、2階右部屋（③）を開放します。その後、2階床の間仕切りを開放します。

すると、火点室（①）が吸気、2階右部屋（③）が排気となって吸排気が形成されます（二つの開口部で吸排気の形成（二つの開口部が異なる高さの場合））。

(6) 煙（可燃性ガス）への引火（1回目）
操作：火点室（①）の開放



1/3程度開放



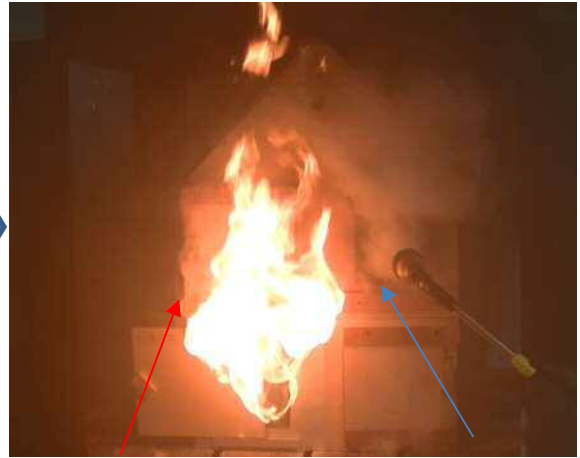
煙（可燃性ガス）へ引火

【説明】

火点室（①）を1/3程度開放します。

すると、火点室（①）から噴出した火炎が2階右部屋（③）から噴出している煙（可燃性ガス）に接触し、引火します（煙（可燃性ガス）への引火）。

(7) 室内への噴霧注水による火炎・煙の押し付け
操作：2階右部屋（③）内に注水



開口部からの火炎噴出

室内へ噴霧注水

【説明】

2階右部屋（③）内に向かって噴霧注水します。

すると、火点室（①）から火炎が勢いよく噴出します（室内への噴霧注水による火炎・煙の押し付け）。

(8) 屋根開閉時の煙の流動
操作：屋根開口部（⑤）を開閉



屋根開放

煙減少

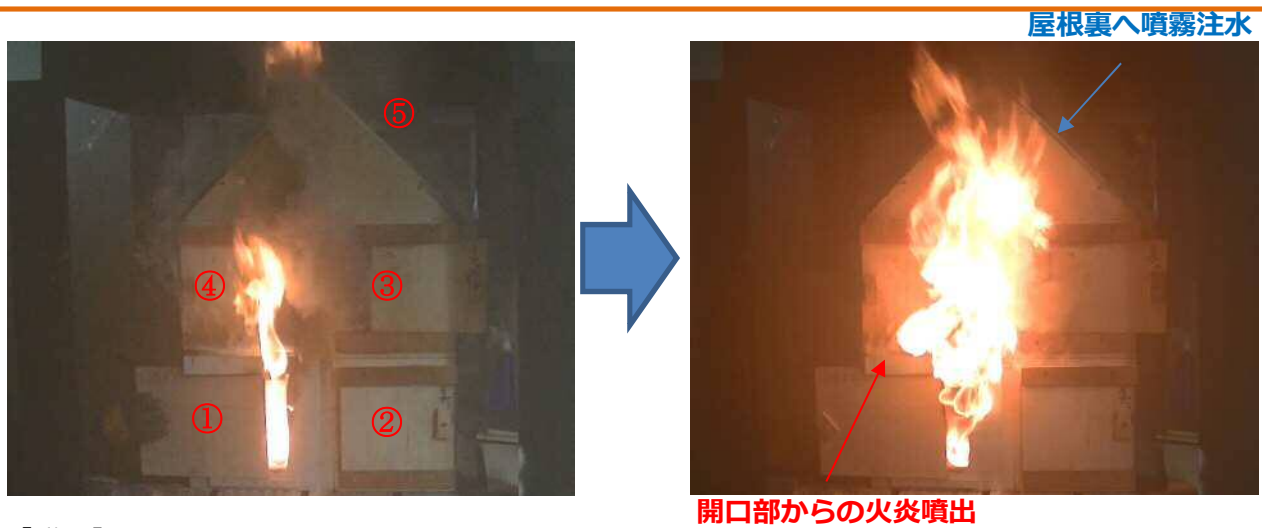
煙減少

【説明】

屋根開口部（⑤）を開閉します。

すると、火点室（①）と2階右部屋（③）から噴出していた煙の量が変化します（屋根開閉時の煙の流動）。

(9) 屋根開口部への噴霧注水による火炎・煙の押し付け
操作：屋根開口部（⑤）内に噴霧注水

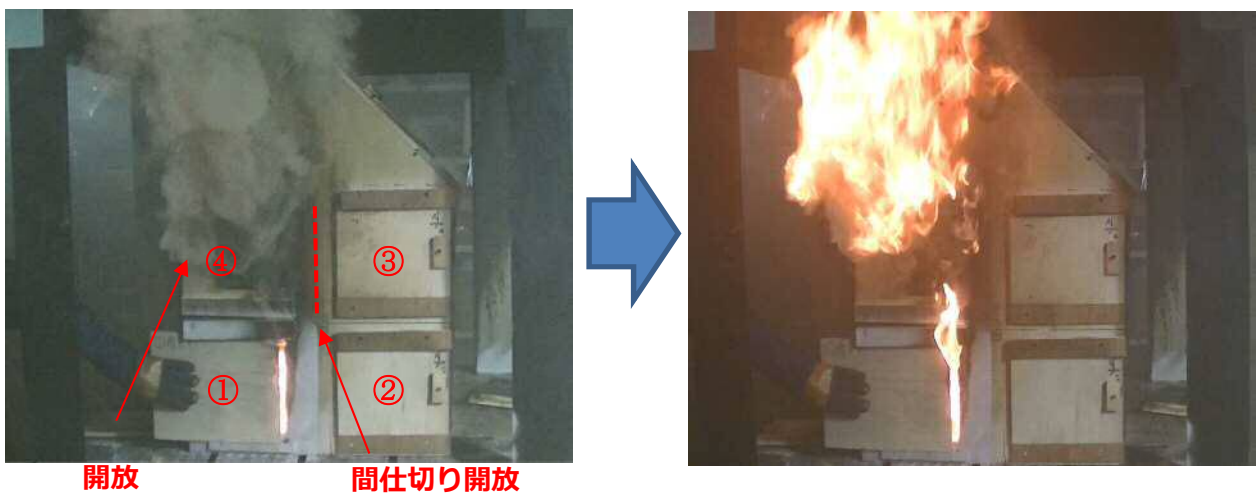


【説明】

火点室（①）を少し開放し、屋根裏（⑤）内に向かって噴霧注水します。

すると、火点室（①）からでている火炎が勢いよく噴出します（屋根開口部（⑤）への噴霧注水による火炎・煙の押し付け）。

(10) 煙（可燃性ガス）への引火（2回目）
操作：2階左部屋（④）と2階間仕切りを開放



【説明】

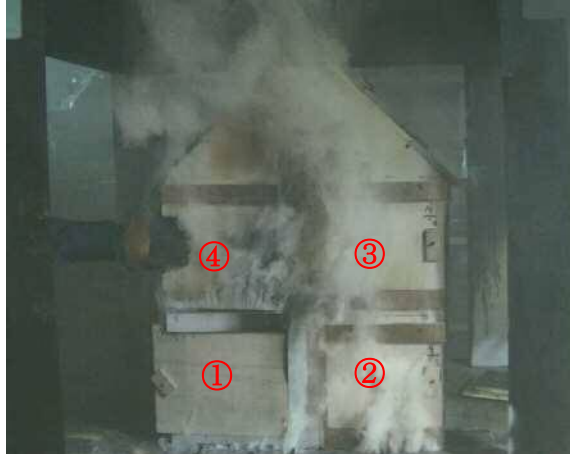
火点室（①）と2階右部屋（③）を閉止後、2階左部屋（④）と2階間仕切りを開放します。その後、火点室（①）を少し開放します。

すると、火点室から噴出した火炎が2階左部屋（④）から噴出している煙（可燃性ガス）に接触し、引火します（煙（可燃性ガス）への引火）。

(11) バックドラフトの発生

操作：全ての開口部を閉止後、火点室（①）と2階左部屋（④）を半分程度開放

全ての開口部を閉止



約3秒後



煙は褐色

約5秒後



バックドラフトの発生

【説明】

全ての開口部を閉止し、室内への酸素供給を遮断します。開口部の閉止から約3秒後、火点室（①）と2階左部屋（④）を半分程度開放します。

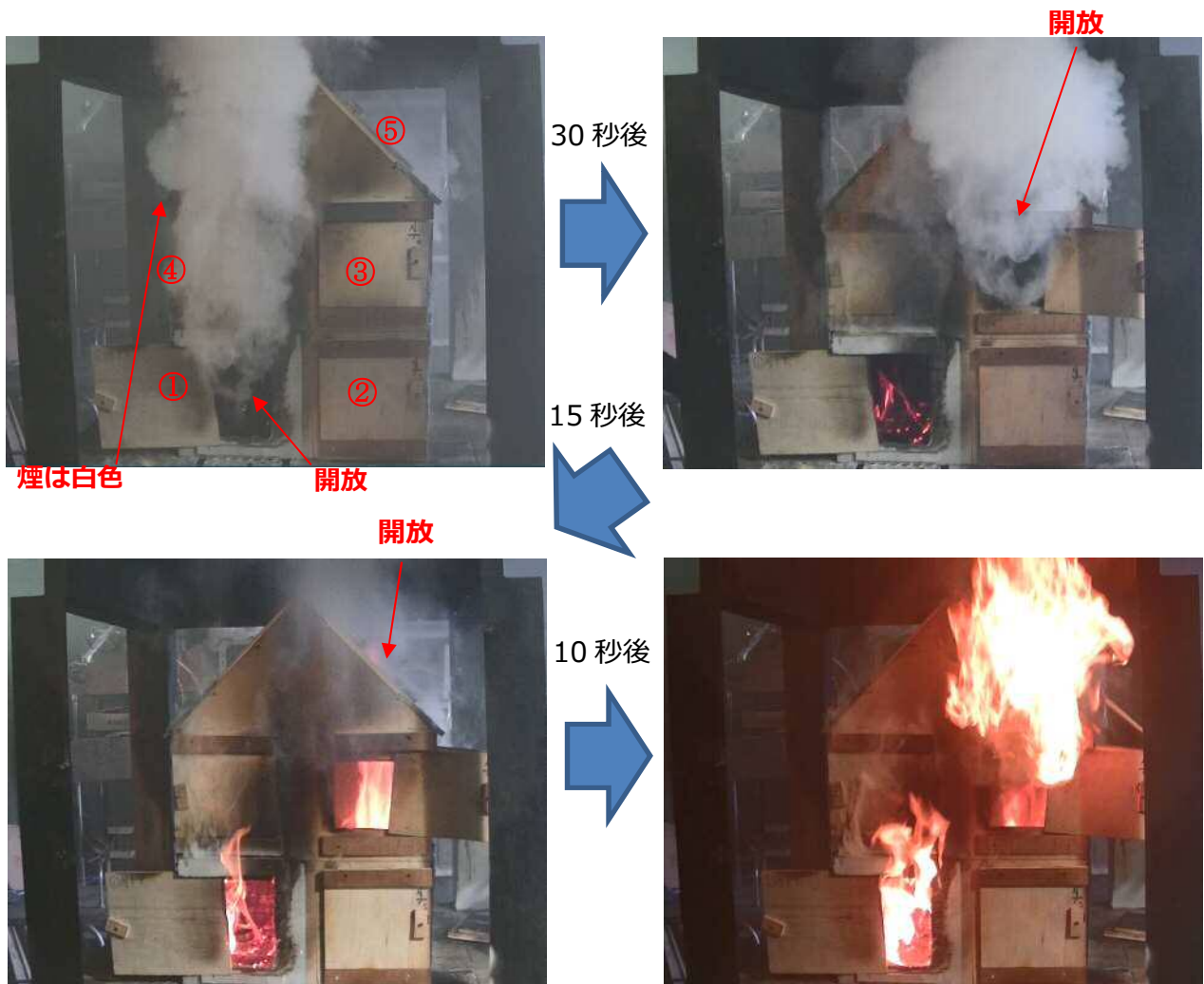
すると、開口部の開放から約5秒後、開口部から爆風と共に一気に火炎が噴出し、室内が再び炎上します（バックドラフトの発生）。

なお、バックドラフト発生直前の煙の色は褐色味を帯びていました。

札幌市公式ホームページ（フラッシュオーバー・バックドラフト再現実験）↓

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

(12) 開口部の開放による燃焼拡大
操作：全ての開口部を閉止後、順次、各開口部を開放



【説明】

再び全ての開口部を閉止します。その後、火点室（①）、2階右部屋（③）、屋根開口部（⑤）を順番に開放していきます。

すると、室内に酸素が供給され、徐々に燃焼が拡大していきます（開口部の開放による燃焼拡大）。

(13) 屋外からの棒状注水
操作：2階右部屋（③）内へ棒状注水



50 秒後



室内へ棒状注水

【説明】

2階右部屋（③）を開放した後、室内へ棒状注水しました（放水量 1000ml/min 50 秒間）。すると、2階右部屋（③）からの火炎の噴出は抑制されましたが、遮蔽物や注水角度などの影響により燃焼実態に効率よく注水されず、室内の燃焼は継続していました（屋外からの棒状注水）。

職員からの要望に基づき実施した研究等について

当研究所では、「市民や消防職員が抱える実務課題を解決するための研究開発」を第一に、科学的・論理的に解明すべきテーマを選定し、研究・開発・検証等を行っている。

また、災害事例等から必要とされるであろう情報について、当局職員専用ホームページ「WEB北の鐘」への資料の掲載、札幌市公式ホームページへの火災再現実験動画等の投稿など、市民や消防職員に対し情報提供を行っている。

これらの他、当局局内の各部（署）からの依頼に応じて、予防業務や警防活動において検討を要する事項の検証実験の実施、火災予防啓発用・研修用動画資料の作成等の支援や協力を行っているところである。

当研究所では、毎年、当局局内の各部（署）に対し研究テーマの要望調査を実施しており、平成30年度は4件の要望が寄せられ、共同して研究等を実施した。

本稿では、それらの研究等の概要を紹介する。

1 テロ発生時における消防・救急体制について

(1) 依頼内容

近年、世界的にテロ災害の発生を想定した対策の強化が喫緊の課題とされており、そのような状況の中、本市においても競技が開催されるラグビーワールドカップ2019及び東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会の開催にあたっては、万全の消防・救急体制の構築が求められている。

これらの国際大会の開催が予定されている本市においても、過去に海外で発生したテロ事件（2013年ボストンマラソン爆弾テロ事件、2015年パリ同時多発テロ事件など）における消防隊・救急隊の指揮体制や活動体制などを踏まえ、テロ災害発生時の消防・救急体制のあり方に関する検討が必要である。

このことから、当該検討を行うにあたり、消防科学研究所において関連資料を収集し情報提供してほしい。

(2) 実施状況

関係省庁ホームページから、関連する検討会及び補助金研究事業等の資料の収集を行ったほか、関連する書籍や論文等の資料を収集し、依頼元へ情報提供を行った。

2 ダクト火災における圧縮空気泡消火装置泡（CAFS泡）及びウォーターカッターミストの消火効果の検証について

(1) 依頼内容

ダクト火災時における消火活動において、破壊活動と並行した注水活動を実施しているところであるが、最小限の破壊部分から、特別消防隊に装備されている圧縮空気泡消火装置泡（以下「CAFS泡」という。）及び特別高度救助隊に配備されているウォーターカッター車のミスト放水等により消火活動を行った際の注水効果及びダクト内部の状況等について、消防科学研究所と共同で検証したい。

(2) 実施状況

3種類の形状のダクト（直線、S字、T字）を設置し、その内部でアルコールを染み込ませたインシュレーションボード（軟質繊維板）を燃焼させ、①ウォーターカッターミスト、②CAFS 泡、③クラス A 消火薬剤混合水を放出した場合の冷却・消火効果を、赤外線カメラを用いて比較した。
なお、詳細については、本研究所報 44 ページ～71 ページを参照されたい。



写真1 T字ダクトの燃焼状況

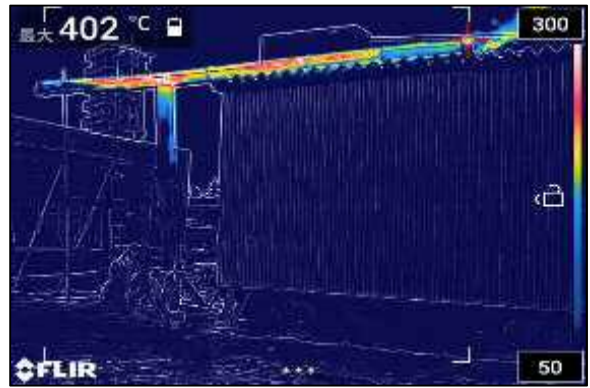


写真2 T字ダクトの燃焼状況（熱画像）

3 開口部の縮小化に伴うブローア効果の検証及び資器材の開発について

(1) 依頼内容

可搬式ブローアでドアから室内を陽圧換気する場合、開口部となるドアをブローア風で覆うこと（以下「包含する」という。）が必要不可欠であり、現状では可搬式ブローアを2基縦置き設定することで加圧を行っている。これに対し、ドアの開口部上部を半分程度塞ぎ、開口部を人為的に縮小することで1基の可搬式ブローアでも室内を加圧することが可能であるかについて、研究所と共同で検証したい。

また、有効な検証結果が得られたならば、持ち運び可能な開口部を塞ぐ資器材を開発することで、可搬式ブローアの積載が1基のみの水槽隊でも有効なブローア運用が可能となる。併せて、同資器材で共用部への濃煙の流入を防ぐための一時的な防煙垂れ壁に使用できるか検証を行いたい。

(2) 実施状況

本年度は、開口部となるドアを人為的に縮小した状況下において1基の可搬式ブローアを使用しドアを包含した際に、室内の加圧の可否についての検証を実施した。

室内にスモークマシンによる煙を充満させ、可搬式ブローアを使用した際の排煙状況について、目視による確認及び排気側開口部の風速の計測を実施した。また、①2基の可搬式ブローアを縦置きに設定しドアを包含させた場合、②1基の可搬式ブローアによりドアを包含させるためドアから距離を取って設定した場合、③ドアを縮小化しないで1基の可搬式ブローアを設置しドアを包含しなかった場合、以上3つの状況下における目視による排煙状況の確認及び排気側開口部の風速の計測を実施し、それぞれの結果を比較した。

その結果、開口部となるドアを人為的に縮小し1基の可搬式ブローアでドアを包含した場合においても有効に加圧され、室内の煙が排出されることを確認した。

次年度以降、持ち運び可能な開口部を塞ぐ資器材の開発に着手し、当該資器材を用いた検証を実施する予定である。



写真3 訓練補助塔での検証状況（給気側）



写真4 訓練補助塔での検証状況（排気側）



写真5 訓練本塔での検証状況（1階給気側）



写真6 訓練本塔での検証状況（3階室内）

4 水幕ホースによる延焼防止等の検証について

(1) 依頼内容

林野火災の対応については、航空活動による消火活動のほか、山沿いにある民家等への延焼防止を図るため、防火線を設定するなどの活動が重要である。そのような中、山沿いでは消防車両の進入が制限され、後続隊が容易に前線に部署することは困難な場所も多く、車両の中継隊形や資器材の搬送などに時間を要することとなる。

このことから、市販されている水幕ホースを活用し、防火線の有効性について検証したい。

また、水幕ホースについては、延焼防止活動のみならず、煙の防御・輻射熱の遮断・広範囲に渡る直接消火・危険貯蔵物の冷却など使用用途は多岐に渡ると考え、それらについて研究所と共同で検証したい。

(2) 実施状況

検証場所の都合上、実際に可燃物を燃焼させると煙が近隣住宅に影響を与える可能性があったことから、訓練用バーナーを火源とし、バーナーから噴出する炎付近の温度を赤外線カメラにより記録し、水幕の有無による延焼防止効果等を比較した。

また、赤外線カメラによる記録データを、依頼元へ提供した。



写真7 水幕形成時の延焼防止等の状況



写真8 水幕形成時の延焼防止等の状況
(熱画像)

研究業務から得られた知見の情報発信（FSL 情報）の実施状況について

札幌市消防局消防科学研究所では、市民や消防職員が抱える実務課題を解決し、消防活動の安全性・効率性の向上を図り、消防の科学化を推進するため、研究・開発・検証等のほか、火災原因物質等の分析・鑑定、火災原因に係る科学的事象についての実験、特殊災害等での現場活動支援等を実施している。

また、上記の研究業務から得られた知見を整理し、作成した資料を「FSL 情報」(※)として札幌市消防局職員専用ホームページ「WEB 北の鐘」へ掲載し、職員を対象とした情報発信を実施している。

「FSL 情報」については、平成 29 年度までに合計 101 件発信しており、平成 30 年度は、合計 11 件発信した。

※ FSL : Fire Science Laboratory (消防科学研究所) の略称

表 平成 30 年度に発信した FSL 情報 (計 11 件)

No.	発信年月	表 題
102	平成 30 年 4 月	アンモニアの性状及び危険性について (ワインセラーからのアンモニア漏洩事案に関連して)
103	平成 30 年 5 月	熱中症対策について
104	平成 30 年 8 月	ガス調理器具使用時の一酸化炭素 (CO) の発生状況について
105	平成 30 年 10 月	電子レンジ使用時における肉まん等の過熱発火現象について (火災再現実験)
106	平成 30 年 11 月	電子レンジ使用時の過熱発火現象について (続報) (①サツマイモでの追加実験 ②過熱発火現象に係る動画 ③質疑回答)
107	平成 30 年 11 月	平成 30 年度 要望のあった研究等に関する支援・協力の取組について ・「テロ発生時における消防・救急体制について」 ・「水幕ホースによる延焼防止等の検証について」
108	平成 31 年 2 月	「車いす用階段避難車」の研究・開発について (概要)
109	平成 31 年 3 月	タグ密閉式引火点測定器による引火点測定試験の実施要領について
110	平成 31 年 3 月	金属火災に係る燃焼実験及び注水実験について
111	平成 31 年 3 月	木製模型を使用した火災性状の展示実験について
112	平成 31 年 3 月	ダクト火災における圧縮空気泡消火装置泡 (CAFS 泡) 及びウォーターカッターミストの消火効果の検証について (概要)

平成 30 年度札幌市消防職員提案の実施状況について

札幌市消防局では、職員からの創意工夫による有益な提案を奨励し、勤労意欲を高めるとともに、公務能率と市民サービスの向上を図ることを目的として、昭和 40 年度から札幌市消防職員提案制度を開始し、昨年度までに計 608 件の提案を受け付けている。

この提案は、現場活動に限らず予防業務や事務処理の改善など様々な分野から受け付けており、平成 30 年度については、各部（署）から計 10 件の提案が提出されたところである。

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

平成 30 年度の審査結果については、優秀賞 2 件、秀賞 3 件、努力賞 5 件となっており、優秀賞又は秀賞を受賞した提案に対し、消防局長から表彰状が授与された。

表 1 平成 30 年度札幌市消防職員提案 優秀賞・秀賞受賞作品一覧（計 5 件）

提案番号	提案件名	提案内容	表彰区分
第 611 号	防水性 LED ライトを活用した車輪止め	車輪止めに防水性 LED ライトつけて目立たせることで、車輪止めの外し忘れによる事故や機器の忘失を防止するもの。	秀賞
第 613 号	携帯型無線機落下防止対策 FALL PREVENTION の考案について	携帯型無線機の落下に伴う機器損傷事故の防止策として、小さいカラビナやワイヤー等を組み合わせた落下防止措置を考案したものの。	秀賞
第 614 号	フレキシブルレスキューブランケットの考案について	消防活動現場において、ロープ及び建物の保護を迅速に行うため、不要になったシーネ、廃棄ホース、毛布を組合わせた「フレキシブルレスキューブランケット」を考案したものの。	優秀賞
第 615 号	メール配信システム「リスキュー消防メール」 防火管理のプロになるための知識・技術をメールでお届けします。	希望する建物関係者等が事前登録したメールアドレスへ、消防訓練の実施方法・留意点、防火や火災予防などの有益な情報について「リスキュー消防メール」の配信を行うもの。	秀賞
第 618 号	公示標識への英語併記について	公示標識に英語併記することにより、防火対象物を利用者する外国人来訪者へ違反のある建物であることを周知し、利用者自らが建物の情報を入手して利用を判断することを促進するもの。	優秀賞

表2 平成30年度札幌市消防職員提案 努力賞受賞作品一覧(計5件)

提案番号	提案件名
第609号	消防署・震災対応計画(例)について
第610号	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
第612号	カンファームミラーの作成について
第616号	既存ネットワークを活用した危険民泊開業の未然防止 民泊を“はじめから”安全に利用できるためのサービスを始めます。
第617号	「防火対象物使用開始(内容変更)届出書」に係る制度のリニューアルによる防火管理体制の早期構築について 【札幌市火災予防規則の改正】



写真1 発表審査の状況



写真2 表彰式の状況



写真3 提案番号第611号
「防水性LEDライトを活用した車輪止め」



写真4 提案番号第613号
「携帯型無線機落下防止対策 FALL PREVENTIONの考案について」



写真5 提案番号第614号
「フレキシブルレスキューブランケットの
考案について」



写真6 提案番号第615号
「メール配信システム『リスキュー消防メール』
防火管理のプロになるための知識・技術をメール
でお届けします。」



写真7 提案番号第618号
「公示標識への英語併記について」

消防科学研究所報

(2018 No. 25)

令和元年 6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
