

消防科学研究所報

REPORT OF FIRE SCIENCE LABORATORY



2020 No. 27

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・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

【研究・開発】

○水力換気を応用した排煙及び燃焼抑制システムの検証について(その1)・・・・・・・・ 17
○水力換気を応用した排煙及び燃焼抑制システムの検証について(その2)・・・・・・・・ 36
○防火衣その他の個人装備品に係る熱特性について(その1)・・・・・・・・・・・・ 49
○夏期における救急隊員の労働負荷軽減に係る検証について・・・・・・・・・・・・ 76

【情報提供】

○職員からの要望に基づき実施した研究等について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 91
○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・・・・・・・・ 96
○日常生活に潜む火災等の危険性に係る広報の実施状況について
 (動画投稿サイト「YouTube」への火災再現実験動画の掲載)・・・・・・・・・・・・ 97
○令和2年度札幌市消防職員提案の実施状況について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 107

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、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 日常生活に潜む火災等の危険性に係る広報

札幌市公式ホームページや動画投稿サイト「YouTube」への火災再現実験動画の掲載、報道機関への情報提供等を通じて、日常生活に潜む火災等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（令和2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	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
8	33	3	56	3 (9)	52	7 (300)

※ 単位：件

※ （ ）内は、対象者の人数

表2 主な研究装置・機器一覧表（令和3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	多チャンネルデータロガー	1式
ガスクロマトグラフ	1式	デジタルフォースゲージ	1台
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	風速計	3台
タグ密閉式自動引火点測定器	1台	騒音計	2台
迅速平衡密閉式自動引火点試験器	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	耐熱訓練ユニット	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	1993 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	1994 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	1995 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	1996 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	1997 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	1998 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	1999 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	2000 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	2001 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	2002 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	2003 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	2005 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	2006 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	2007 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	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 涉	
			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	2008 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	2009 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	2010 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	2011 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	2012 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	2013 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	2014 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	2015 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	2016 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	2017 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	2018 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発砲装置による泡(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		

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
令 和 元 年 度	2019 No. 26	安 全	情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について (その1 バッテリー性能の検証)	的場 敦史 川内健太郎 高玉 通廣 高塚 浩平	8
			情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について (その2 映像伝送手法の検討)	的場 敦史 川内健太郎 曾根 敏夫 細野 智博	
			情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について (その3 運用可否条件に対するドローンの能力確認)	的場 敦史 川内健太郎 高玉 通廣 高塚 浩平	
			情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について (その4 必要資機材の検討)	的場 敦史 川内健太郎 曾根 敏夫 細野 智博	
		燃 焼	水力換気による換気効果の検証について	川内健太郎 高玉 通廣 的場 敦史 松花 将克	
		情 報	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	
			令和元年度札幌市消防職員提案の実施状況について	川内健太郎	
令 和 2 年 度	2020 No. 27	燃 焼	水力換気を応用した排煙及び燃焼抑制システムの検証について(その1)	清水 洋幸 川内健太郎 外崎 祐至 増田 明	8
			水力換気を応用した排煙及び燃焼抑制システムの検証について(その2)	布施 悟史 増田 明 嵐田 昌浩 清水 洋幸	
		安 全	防火衣その他の個人装備品に係る熱特性について(その1)	的場 敦史 菅原 一真	
			夏期における救急隊員の労働負荷軽減に係る検証について	的場 敦史 安部 裕介 大山 純弥	
		情 報	職員からの要望に基づき実施した研究等について	川内健太郎	
			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	
			日常生活に潜む火災等の危険性に係る広報の実施状況について(動画投稿サイト「YouTube」への火災再現実験映像の掲載)	清水 洋幸	
			令和2年度札幌市消防職員提案の実施状況について	清水 洋幸	

研究・開発

水力換気を応用した排煙及び燃焼抑制システムの検証について(その1)

札幌市消防局消防科学研究所 清水 洋 幸
川内 健太郎
札幌市消防局警防部消防救助課 外崎 祐 至
札幌市消防局北消防署警防課 増田 明

1 はじめに

火災現場で排煙・排熱に用いられる換気方法は、機器の使用の有無に着目した場合、自然換気と強制換気がある。強制換気には、ブロアーや送排風機等の機械を使用する方法のほか、ノズルを用いた放水による水力換気がある。

水力換気は、ある開口部の室内から屋外へ放水することにより、水と空気(気体)の粘性抵抗(摩擦)によって室内の空気を強制的に排出し、別の開口部の屋外から空気を吸気するものである。当局では近年、水力換気についての基礎的な調査・研究を行っており、令和元年度には¹⁾ガンタイプノズルを用いた水力換気による換気効果の検証を実施している。ガンタイプノズルによる水力換気は、排煙・排熱に有効である一方、室内からの放水を必要とするため、火災最盛期で室内への進入が困難な場合については、実施することが困難であった。

そこで、当局は新たな消火戦術として、水力換気を応用した換気・火勢抑制システムの導入を検討することとなった。

また、その実施に必要な資器材として、ヨネ株式会社協力の下、屋外からの水力換気を可能とする新たなノズル「札幌式水力換気ノズル」(以下「水力換気ノズル」という。)の開発に着手することとなった(図1)。

水力換気ノズルは、室内へ進入することなく屋外から開口部に設定し、屋外方向への放水を可能とする形状となっている。また、屋外及び室内方向への2方向同時放水も可能となっており、水力換気による屋外への排気を目的とした「主ノズル」及び室内への冷却放水による火勢拡大の抑制を目的とした「抑制ノズル」の、2つのノズルを実装した形状となっている(図2)。

この形状により、室内の高温の煙(可燃性ガス)を主ノズルによる放水で排気するとともに、抑制ノズルの放水による冷却効果により室内温度を低下させる効果が期待できるものである。また、一人でも設定することができ、設定状況によっては窓枠等に固定し離れることも可能であることから、屋外で安全を確保しながら排煙・排熱を行い、現場活動の効率化・活動環境の改善についても期待できるものとなっている。

本検証は、水力換気ノズルによる排煙及び燃焼抑制等の有効性を検討するため、試作した水力換気ノズルについて各計測・記録を行ったものである。

なお、本検証は警防部消防救助課、北消防署警防課及び消防科学研究所が合同で実施したものである。



図1 水力換気ノズル(試作機)



図2 水力換気ノズル各部分の名称

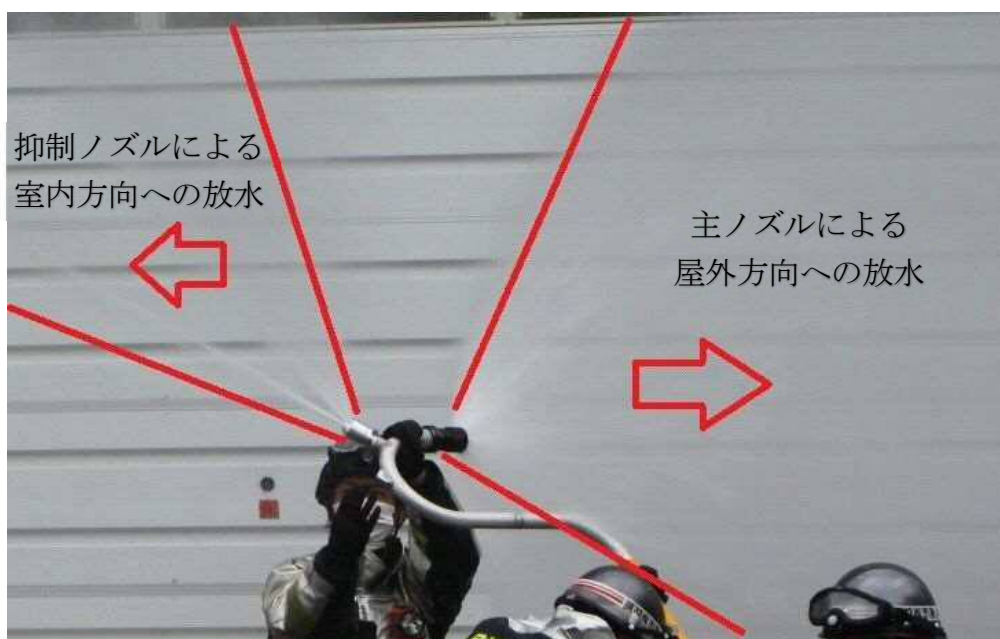


図3 水力換気ノズル(主ノズル及び抑制ノズル)の放水状況



図4 建物に設定した水力換気ノズル(主ノズル)の放水状況

2 実施日等

実施日：令和2年7月21日(火)

場 所：札幌市消防学校 燃焼実験ユニット(図5)

環 境：【外気温】27.1℃ 【湿度】73% 【自然風：風速・風向】平均2.0m/s(南の風)



図5 燃焼実験ユニット(南西から撮影)

3 検証項目

検証は、水力換気ノズル使用時の以下の各項目を検証するため実施した。

(1) 排気温度の検証

水力換気ノズルは、それを設定することにより任意の箇所を強制的に排気口とすることが可能であるが、水力換気ノズル(主ノズル)による排気は、排気側水平方向への噴霧注水に沿う形で水平方向へ勢いよく排出されることとなることから、排気側への熱影響について把握する必要がある。

そこで、本検証では主ノズルによる排気が、放水開始時及び放水中にどの程度高温となるかを検証するため、排気側の温度を計測することとした。

(2) 室内温度変化の検証

水力換気ノズルは、主ノズルからの放水による換気に加え、抑制ノズルからの放水による室内冷却効果が期待できるものである。火災最盛期で室内への進入が困難な場合においても、屋外から水力換気ノズルを設定することにより、室内を消防隊が進入可能な温度まで冷却することが可能となれば消火戦術の幅を広げることができる。

そこで、本検証では水力換気ノズル使用時の室内温度変化を検証するため、室内の環境温度を計測することとした。

(3) 換気効果の検証

水力換気ノズル使用時には、主ノズルによる室内から屋外方向への放水により、室内の空気を強制的に排出し、屋外から空気を吸気する効果が期待できる。

そこで、本検証では水力換気ノズル使用時の換気効果を検証するため、換気効果の指標として風速を計測することとした。

4 設定状況

検証における各種設定は、以下の設定で行った。

検証は、燃焼実験ユニット(内寸：奥行 5.30m、幅 3.40m、高さ 2.80m)で実施し、南側開口部(開口部は北側と南側に 1 箇所ずつ所在)に水力換気ノズルを設定した(以下、南側を「排気側」、北側を「吸気側」という。)

燃焼実験ユニットの排気側から内側 2.50m の位置にオイルパンを配置し、燃焼物として木材(67.8kg)を積み重ねて設定し、助燃材としてイソプロパノール 8.00L をオイルパン内に注いだ。

災害現場で水力換気ノズルを腰高窓に設定することを想定し、本検証では排気側開口部(縦 1.80m、横 0.87m)の下部を耐火ボードで塞ぎ、排気側開口部を縦 0.90m、横 0.87m の腰高窓(床面から 0.90m)とみなし(以下、「排気口」という。)、噴霧注水(放水量 360L/min)が排気口通過時に直径約 0.87m となるように、計測毎に目視で調整した。

温度計測のために、燃焼実験ユニット内部及び燃焼実験ユニット外部の排気側に熱電対(チノー社製：K 型シース熱電対)を設置し、データロガー(グラフテック社製：GL800)へ接続し、温度データを計測した。

燃焼実験ユニット外部の排気側熱電対については、排気口の四隅及び中心部から排気側へ水平距離 1.60m の各位置(計 5 箇所)に熱電対を設定した。

燃焼実験ユニット内部の熱電対は、燃焼実験ユニット内部壁面(東面)の、吸気側の北東角及び排気側の南東角から水平距離各 1.00m、床面からの高さ 2.00m 及び 0.30m の位置に設定した。

また、換気効果の指標として、吸気側に風速計(株式会社マザーツール製：AM-4207SD)を設定し風速を計測した。なお、風速計は防水性能がないため、水に濡れない吸気側でのみ計測した。

参考として、上空から情報収集活動ドローン(DJI 社製：Matrice210。以下「ドローン」という。)のカメラにより赤外線映像を撮影した。

設定の詳細について、図 6～図 15 及び表 1 に示す。

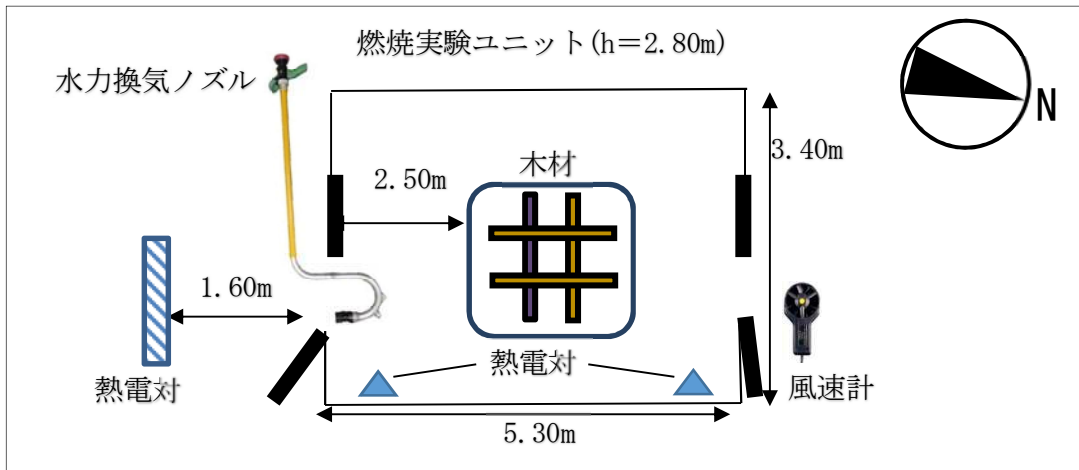


図6 全体図(平面図)

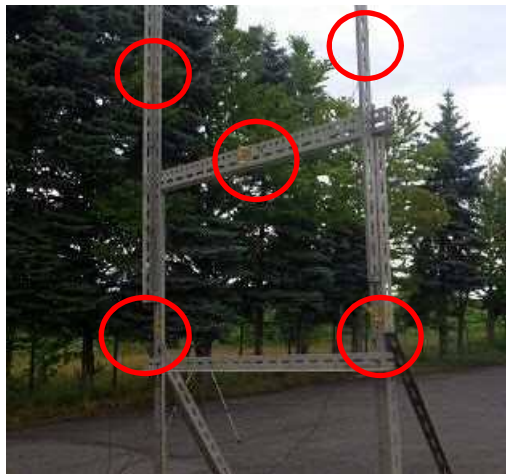


図7 熱電対設置位置(屋外排気側5箇所)



図8 熱電対設置位置(室内及び屋外排気側)

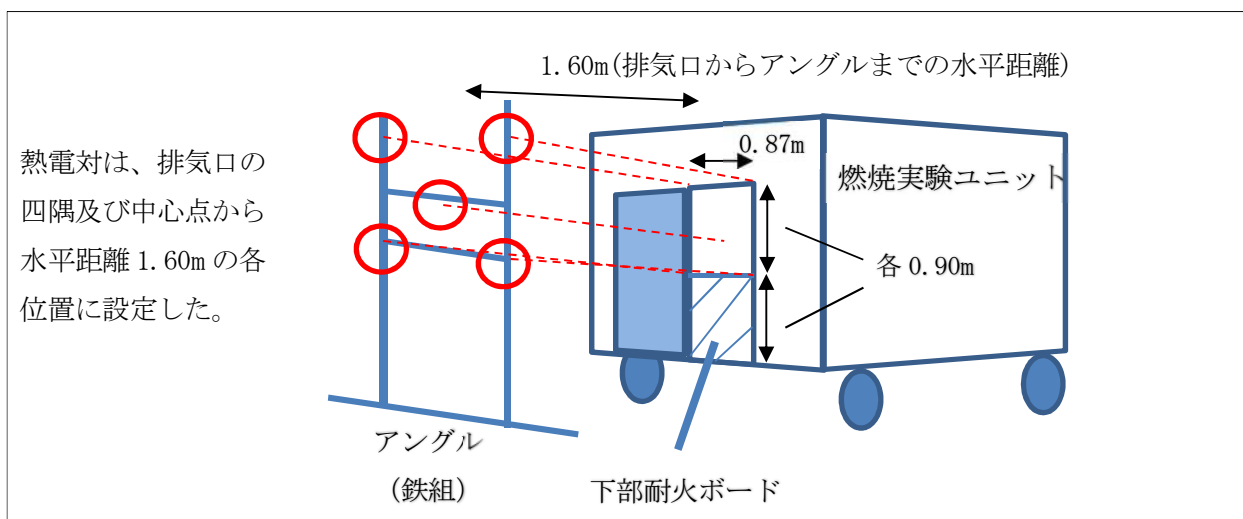


図9 屋外排気側熱電対設定状況(立面図)

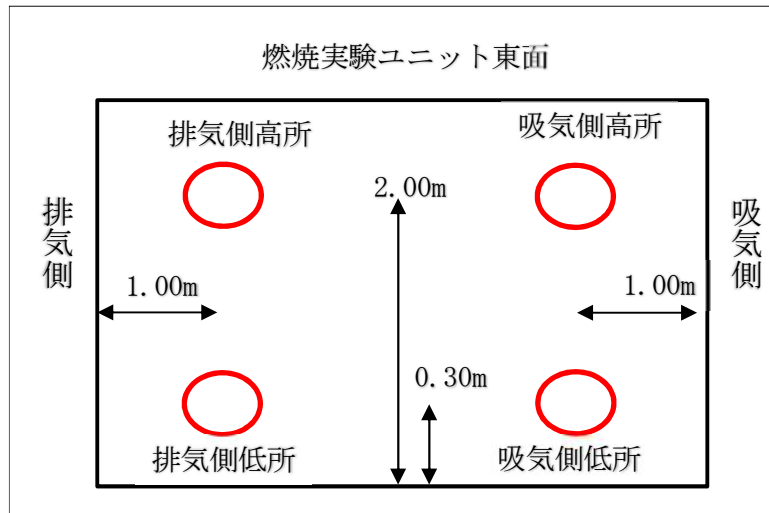


図 10 燃焼実験ユニット内部熱電対設定状況 (立面図)



図 11 風速計



図 12 風速計設定位置 (吸気側)



図 13 オイルパンに設定した木材



図 14 排気口 (内側)



図 15 計測状況

表 1 各種設定

項目	設定
木材	0.09m×0.09m×0.80m×20本 計 63.8 kg 木端 計 4.00 kg 合計 67.8 kg
助燃材	イソプロパノール 8.00L(オイルパン内)
木材設定位置	排気口から水平距離 2.50m
排気口 吸気口	縦 0.90m×横 0.87m ※耐火ボードで調整 縦 1.80m×横 0.87m
屋外熱電対 内部熱電対	排気側：排気口から水平方向 1.60m 地点 吸気側高所：床面からの高さ 2.00m、吸気側から 1.00m 吸気側低所：床面からの高さ 0.30m、吸気側から 1.00m 排気側高所：床面からの高さ 2.00m、排気側から 1.00m 排気側低所：床面からの高さ 0.30m、排気側から 1.00m

5 排気温度の検証

(1) 排気温度の計測内容及び計測結果

水力換気ノズルを燃焼実験ユニット排気口に設定し、排気口から水平距離 1.60m の排気温度を計測した。また、排気温度は、以下のア～ウに示す条件で、それぞれ計測を実施した。

ア 主ノズルを単独で使用した場合の排気温度の計測(計測 1)

(ア) 計測内容(計測 1)

図 16 及び表 2 に示す設定により、放水時の排気温度を記録する。

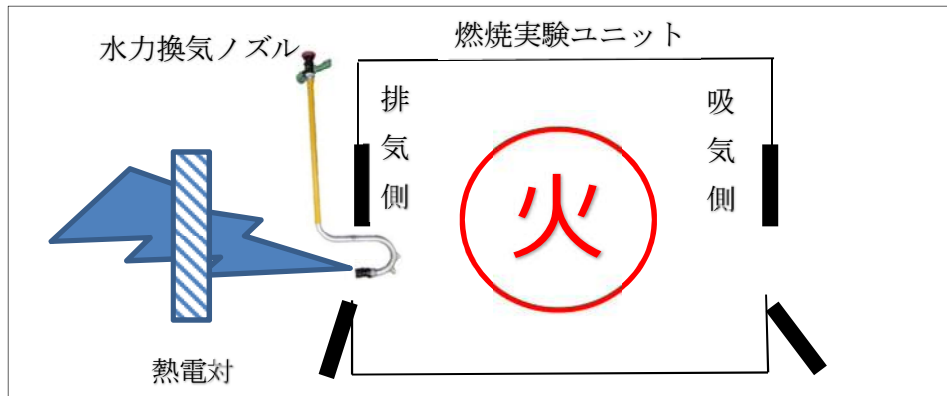


図 16 計測 1 設定状況 (平面図)

表 2 各種設定 (計測 1)

項目	設定
放水量	360L/min(車両流量メーターで確認し調整)
開口部	排気口(縦 0.90m×横 0.87m) 吸気口(縦 1.80m×横 0.87m)
抑制ノズル	使用しない
開始室内温度	294℃(吸気側高所)
開始屋外温度	21.9℃(排気側熱電対で計測)

(イ) 計測結果 (計測 1)

屋外排気側 5 箇所に設定した熱電対の内、最も高い温度を記録した箇所の計測温度を図 17 に示す。

放水開始時の計測値は 21.8℃、放水中の最高温度は 40.7℃を計測した。

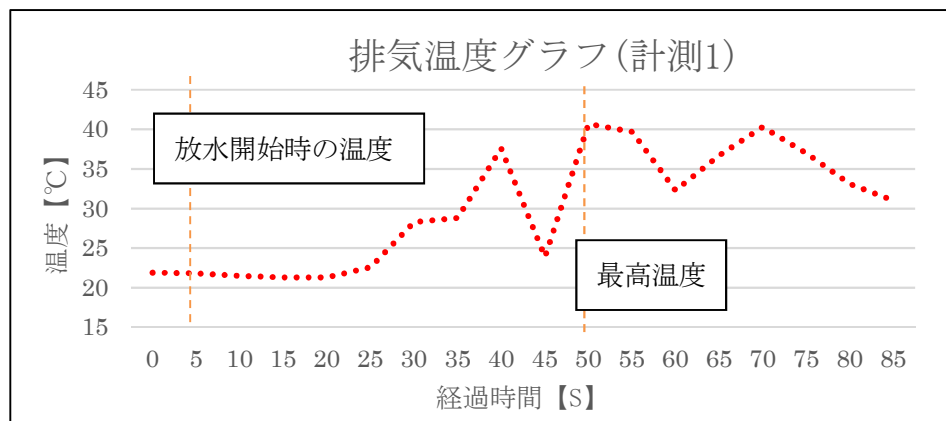


図 17 排気温度グラフ (計測 1)

イ 主ノズル及び抑制ノズルを併用して使用した場合の排気温度の計測(計測2)

(ア) 計測内容(計測2)

室内方向へ放水する抑制ノズルが、屋外への排気温度に影響を及ぼすかを検証するため、図18及び表3に示す設定により、放水時の排気温度を記録した。

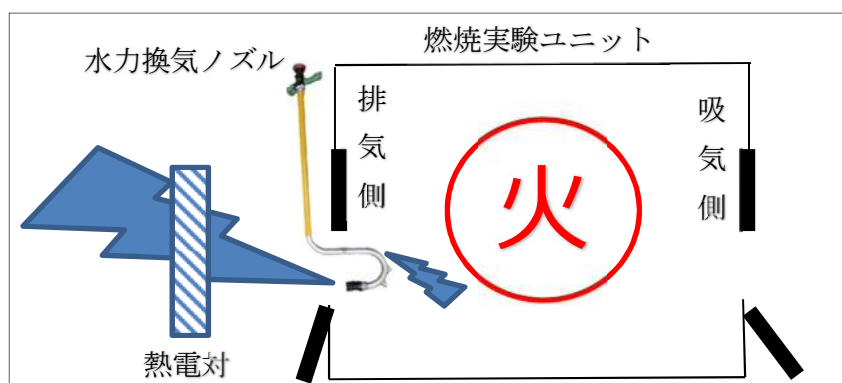


図18 計測2 設定状況(平面図)

表3 各種設定(計測2)

項目	設定
放水量	440L/min(車両流量メーターで確認し調整) ※主ノズル 360L/min + 抑制ノズル 80.0L/min
開口部	排気口(縦0.90m×横0.87m) 吸気口(縦1.80m×横0.87m)
抑制ノズル	使用する
開始室内温度	319℃(吸気側高所)
開始屋外温度	22.8℃(排気側熱電対で計測)

(イ) 計測結果(計測2)

屋外排気側5箇所に設定した熱電対の内、最も高い温度を記録した箇所の計測温度を図19に示す。

放水開始時の計測値は25.1℃、放水中の最高温度は31.8℃を計測した。

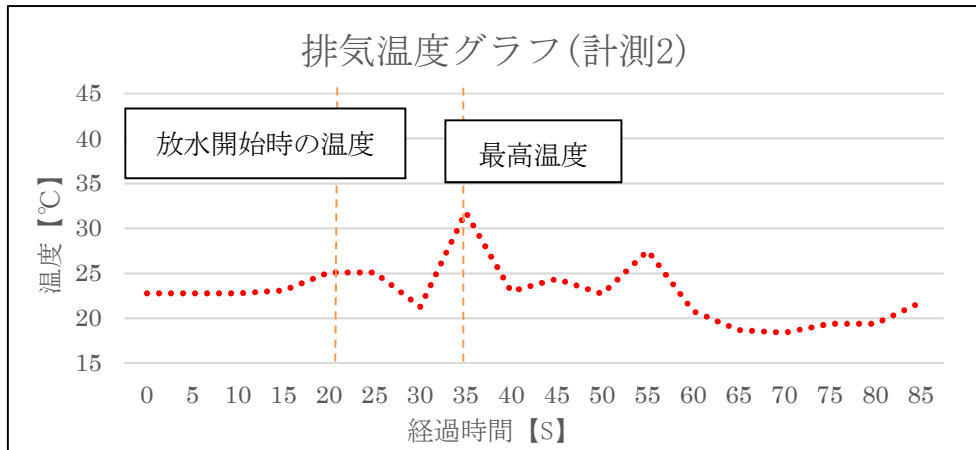


図 19 排気温度グラフ(計測 2)

ウ 自然環境下における排気温度の計測(水力換気なし)(計測 3)

(ア) 計測内容(計測 3)

排気口が開放された状態での自然環境下における温度変化の有無を計測し、計測 1 及び計測 2 との比較対象とした。

図 20 及び表 4 に示す設定により、排気温度を計測した。

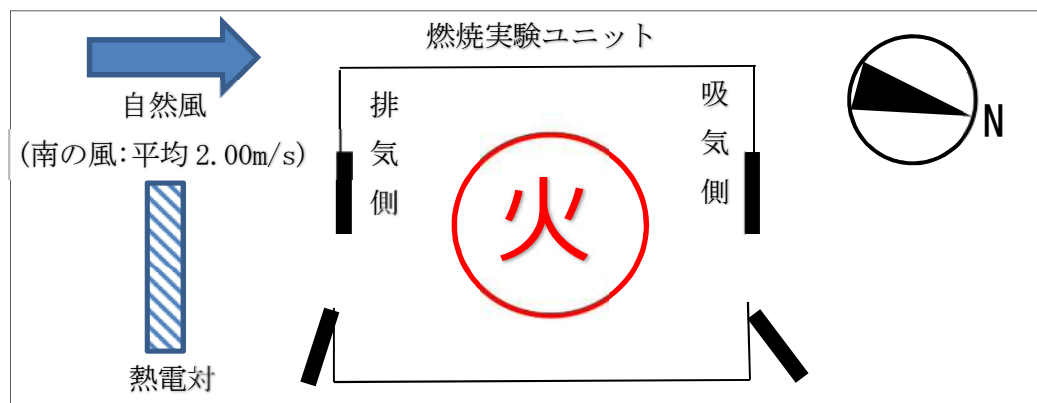


図 20 計測 3 設定状況(平面図)

表 4 各種設定(計測 3)

項目	設定
開口部	排気口(縦 0.90m×横 0.87m) 吸気口(縦 1.80m×横 0.87m)
開始室内温度	282°C(吸気側高所)
開始屋外温度	24.7°C(排気側熱電対で計測)
風速及び風向	平均 2.00m/s(南の風) ※自然風

(イ) 計測結果(計測3)

屋外排気側 5 箇所を設定した熱電対の内、最も高い温度を記録した箇所の計測温度を図 21 に示す。

排気側の温度は、自然環境下で計測を行ったが、大きな温度変化は確認できなかった。

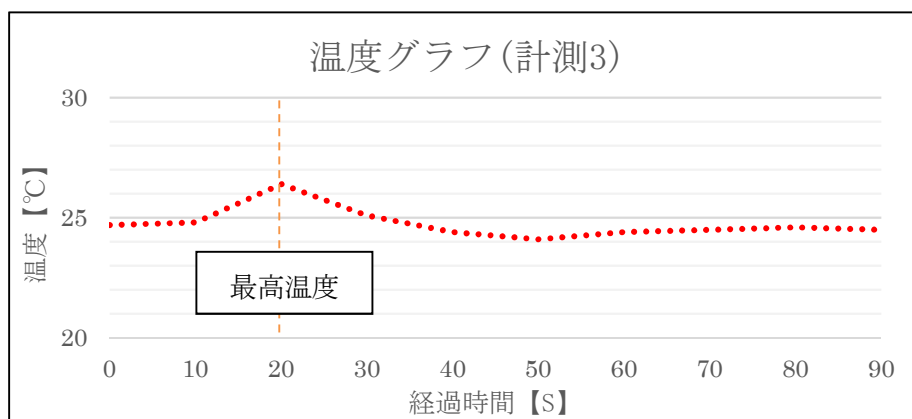


図 21 温度グラフ(計測3)

(2) 排気温度の考察

ア 考察

排気口から水平距離 1.60m の位置で受ける排気について、各計測結果を表 5 に示す。

水力換気ノズルの使用の有無について着目して比較すると、計測 3(水力換気ノズル使用なし)の結果、排気口から水平距離 1.60m の位置では、自然風(南の風：排気側から吸気側方向の風)の影響もあり、排気口からの受熱は少なく、最高温度は 26.4°C となった。

水力換気ノズルを使用した計測 1 及び計測 2 の最高温度が各計測の開始屋外温度以上であり、かつ、計測 3(水力換気ノズル使用なし)の最高温度よりも高温となっていることから、排気による影響は少なからず受けてはいるが、その影響は放水により抑えられたと考えられる。

また、抑制ノズルの使用の有無に着目して比較すると、計測 1(主ノズル単独)の排気温度よりも、計測 2(主ノズル及び抑制ノズルを併用して使用)の排気温度の方が低い温度となったことから、抑制ノズルを併用することで排気温度を低下させることができると考えられる。

今回の検証では排気口から水平距離 1.60m 未満の距離及び開口部の鉛直上方の温度は未計測であり、開口部から火炎が噴出していた場合の延焼拡大危険の抑制等についても、今後の検証課題としていく必要がある。

表 5 計測結果(計測 1～計測 3)

	計測 1	計測 2	計測 3
主ノズル	使用	使用	未使用
抑制ノズル	未使用	使用	
開始屋外温度	21.9℃	22.8℃	24.7℃
最高温度	40.7℃	31.8℃	26.4℃
【参考】 記録開始内部温度 (吸気側高所)	294℃	319℃	282℃

イ 結論

火点室内(内部温度)が約 300℃程度の環境下における水力換気ノズル使用時の排気は、高温な気体(空気及び可燃性ガス)も排気されるが水力換気ノズルからの放水により冷却されるため、排気口から水平距離で 1.60m 以上隔離された場所で受ける熱の影響は少ないといえる。

また、主ノズル及び抑制ノズルを併用して使用することで排気温度を低下させることができる。

6 室内温度変化の検証

(1) 室内環境温度の計測内容及び計測結果

水力換気ノズルを燃焼実験ユニット排気口に設定し、燃焼実験ユニット内部東面に、排気側の壁面及び吸気側の壁面から水平距離各 1.00m、床面からの高さ 2.00m 及び 0.30m の各位置に熱電対を計 4 箇所設定し、室内環境温度を計測した。

また、室内環境温度は、以下のア及びイに示す条件により、それぞれ計測を実施した。

ア 主ノズルを単独で使用した場合の室内環境温度の計測(計測 4)

(ア) 計測内容(計測 4)

図 22 及び表 6 の設定条件により、放水時の室内環境温度を記録する。

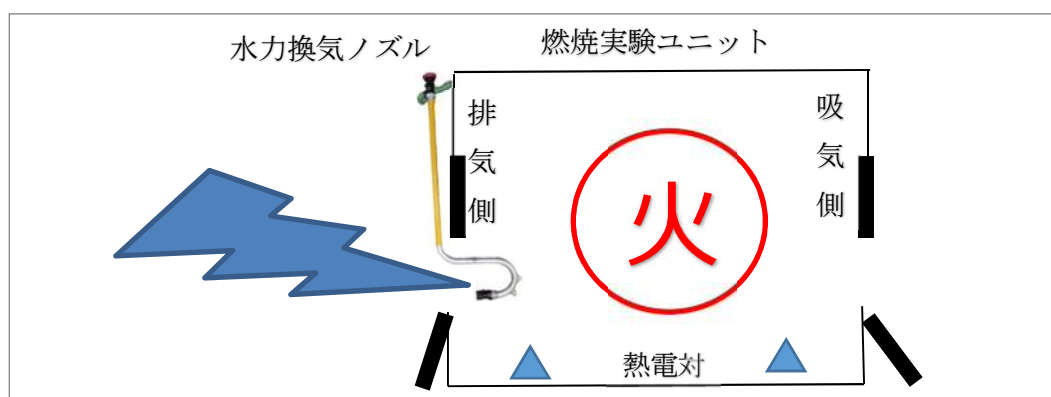


図 22 計測 4 設定状況(平面図)

表 6 各種設定(計測 4)

項目	設定条件
放水量	360L/min(車両流量メーターで確認し調整)
開口部	排気口(縦0.90m×横0.87m) 吸気口(縦1.80m×横0.87m)
抑制ノズル	使用しない
開始室内温度	294℃(吸気側高所)

(イ) 計測結果(計測 4)

燃焼実験ユニット内部の各位置で計測した温度を図 23 に示す。

室内環境温度は、主ノズルによる放水後、吸気側及び排気側高所(高さ 2.00m)の温度はいずれも緩やかに低下したが、吸気側及び排気側低所(高さ 0.30m)の温度は吸気側及び排気側高所ほどの温度変化は確認できなかった。

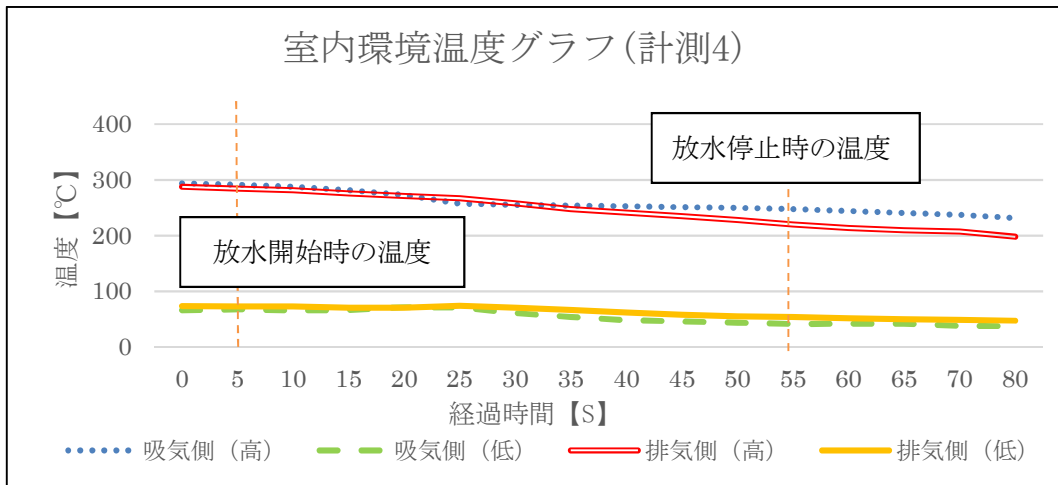


図 23 室内環境温度グラフ(計測 4)

イ 主ノズル及び抑制ノズルを併用して使用した場合の室内環境温度の計測(計測 5)

(ア) 計測内容(計測 5)

図 24 及び表 7 の設定により、放水時の室内環境温度を記録した。

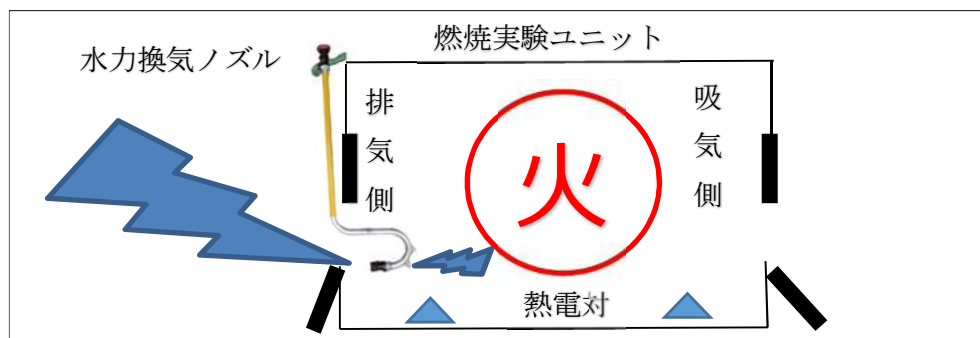


図 24 計測 5 設定状況(平面図)

表 12 各種設定(計測 5)

項目	設定
放水量	440L/min(車両流量メーターで確認し調整) ※主ノズル 360L/min + 抑制ノズル 80.0L/min
開口部	排気口(縦 0.90m×横 0.87m) 吸気口(縦 1.80m×横 0.87m)
抑制ノズル	使用する
開始室内温度	319°C(吸気側高所)

(イ) 計測結果(計測 5)

燃焼実験ユニット内部の 4 箇所で計測した温度を図 24 示す。

室内環境温度は、主ノズル及び抑制ノズルによる放水後、吸気側及び排気側高所(高さ 2.0m)の温度は約 300°Cから約 200°C以上温度が大きく低下し、吸気側及び排気側低所(高さ 0.3m)の温度については、約 50°C程の低下が見られた。

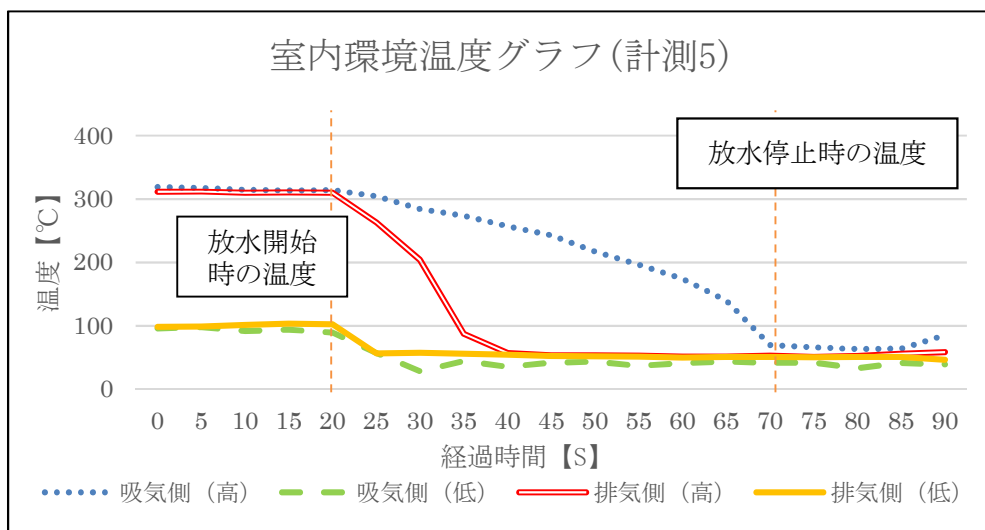


図 24 室内環境温度グラフ(計測 5)

(2) 室内温度変化の考察

ア 考察

室内温度変化について、計測 4 及び計測の各計測結果を表 13 に示す。

計測 4(主ノズル単独)での室内の温度変化は、主ノズルによる屋外方向への放水により、水と空気(気体及び可燃性ガス)の粘性抵抗(摩擦)が生じ、放水が室内の空気を巻き込むことによって強制的に排出され、排気された分の空気(外気)を吸気口から空気を取り込むことにより換気が成立し、徐々に温度が低下したものと考えられる。

計測 5(主ノズル及び抑制ノズルを併用して使用)での室内の温度変化は、主ノズルの放水による換気効果に加えて、抑制ノズルによる室内への放水により、天井、壁体及び高温の気体層で水

が気化し、水の気化熱により室内が冷却されたため、吸気側及び排気側高所(高さ 2.00m)で 200℃以上の大きな温度低下となったと考えられる。

なお、抑制ノズルによる室内方向への放水は、燃焼物にはほとんどかかっていないことから、消火に伴う温度低下は無視できると考えられるが、吸気側高所(高さ 2.00m)を除いた 3 箇所の計測点に設定した熱電対については、放水直後に大きく温度が低下しているため、直接の放水はかかっていないが、室内で跳ねた水等の影響を受けた可能性は否定できない。

計測 4(主ノズル単独)及び計測 5(主ノズル及び抑制ノズルを併用して使用)について、水がかかったことによる影響がないと考えられる吸気側高所(高さ 2.00m)と比較すると、抑制ノズルを併用して使用することにより、大きく室内の温度を低下させる効果があると考えられる。

また、水力換気ノズルを使用することで、室内の可燃性ガスを排出し、室内の温度を低下させる効果が期待できることから、フラッシュオーバーの抑制にも一定の効果があると考えられる。

なお、抑制ノズルを使用した場合は内部への放水により中性帯の破壊等、室内環境を大きく変化させる可能性がある。抑制ノズルを使用しない場合でも、室内温度を低下させることができるため、災害状況により抑制ノズルの使用の有無は使い分けていくことが今後必要になると考えられる。今回の検証では、室内環境温度を約 300℃程度として検証を行ったが、更に高温な環境下での室内温度変化や、より広い空間・部屋での使用効果については、今後の検証課題としていく必要がある。

表 13 測定結果(計測 4 及び計測 5)

		計測 4	計測 5
主ノズル		使用	使用
抑制ノズル		未使用	使用
吸気側高所	放水開始内部温度(A)	292℃	314℃
	放水停止内部温度(B)	248℃	70.0℃
	温度差(A-B)	44.0℃	244℃
吸気側低所	放水開始内部温度(A)	67.7℃	89.3℃
	放水停止内部温度(B)	41.8℃	42.3℃
	温度差(A-B)	25.9℃	47.0℃
排気側高所	放水開始内部温度(A)	285℃	310℃
	放水停止内部温度(B)	220℃	53.0℃
	温度差(A-B)	65.0℃	257℃
排気側低所	放水開始内部温度(A)	73.4℃	103℃
	放水停止内部温度(B)	54.1℃	51.3℃
	温度差(A-B)	19.3℃	51.7℃

イ 結論

火点室内が約 300℃程度の環境下における水力換気ノズルによる室内温度変化については、主ノズルと抑制ノズルを併用して使用することにより、大きく室内の温度を低下させる効果があり、フラッシュオーバーの抑制にも一定の効果がある。

7 換気効果の検証

(1) 換気効果の計測内容及び計測結果

水力換気ノズルを燃焼実験ユニット排気口に設定し、風速計を燃焼実験ユニット吸気側に設定し(開口部中心部)、風速を計測した。

また、風速は、以下のア及びイに示す条件により、それぞれ計測を実施した。

ア 主ノズルを単独で使用した場合の風速の計測(計測6)

(ア) 計測内容(計測6)

図 25 及び表 14 の設定により、放水時の風速を記録した。

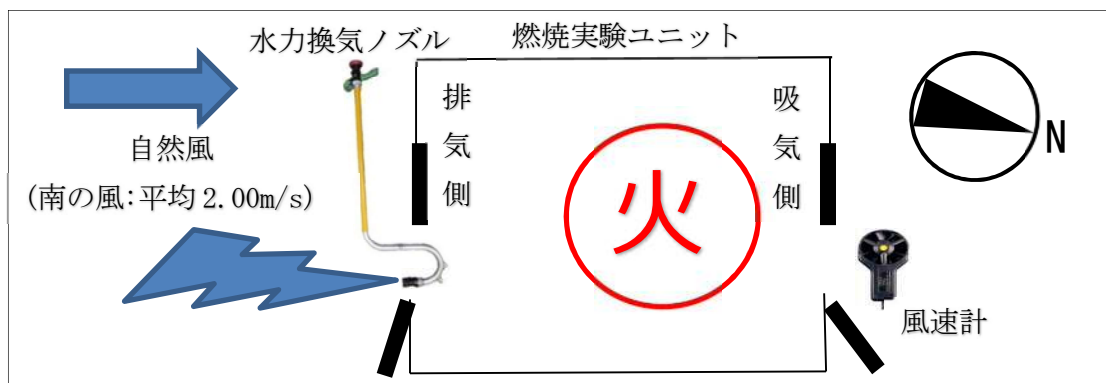


図 25 計測 6 設定状況(平面図)

表 14 各種設定(計測 6)

項目	設定条件
放水量	360L/min(車両流量メーターで確認し調整)
開口部	排気口(縦 0.90m×横 0.87m) 吸気口(縦 1.80m×横 0.87m)
抑制ノズル	使用しない
風速及び風向	平均 2.00m/s(南の風) ※自然風

(イ) 計測結果(計測 11)

燃焼実験ユニット吸気側に設定した風速計では平均風速 1.00m/s(風向:北の風)、最大風速 1.60m/s(風向:北の風)を計測した。

イ 主ノズル及び抑制ノズルを併用して使用した場合の風速の計測(計測 7)

(ア) 計測内容(計測 7)

図 26 及び表 15 の設定により、放水時の風速を記録した。

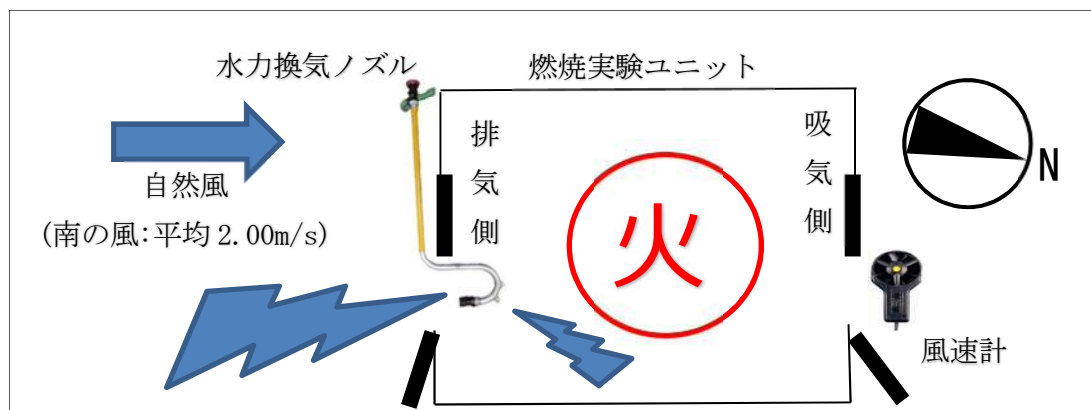


図 26 計測 7 設定状況 (平面図)

表 15 各種設定 (計測 7)

項目	設定
放水量	440L/min(車両流量メーターで確認し調整) ※主ノズル 360L/min + 抑制ノズル 80.0L/min
開口部	排気口(縦 0.90m×横 0.87m) 吸気口(縦 1.80m×横 0.87m)
抑制ノズル	使用する
風速及び風向	平均 2.00m/s(南の風) ※自然風

(イ) 計測結果 (計測 7)

燃焼実験ユニット吸気側に設定した風速計では平均風速 0.80m/s(風向:北の風)、最大風速 1.60m/s(風向:北の風)を計測した。

(2) 換気効果の考察

ア 考察

燃焼実験ユニット吸気側に設定した風速計では、計測 6(主ノズル単独)では平均風速 1.00m/s(風向:北の風)、最大風速 1.60m/s(風向:北の風)、計測 7(主ノズル及び抑制ノズルを併用して使用)では平均風速 0.80m/s(風向:北の風)、最大風速 1.60m/s(風向:北の風)を計測した。

単位時間における換気量を、平均風速に開口部の面積を乗じた値として計算すると、計測 6 の換気量は平均風速 1.00m/s に北側開口部の面積 1.57m² を乗じた 1.57m³/s となり、計測 7 については、平均風速 0.80m/s に北側開口部の面積 1.57m² を乗じた 1.26m³/s となった。

計測 6 及び計測 7 を比較すると、平均風速に若干の差が発生している。これは、抑制ノズルによる室内方向への放水についても、粘性抵抗(摩擦)が発生し、粘性抵抗によって発生する風の水平方向成分(排気側・吸気側の方向)でみると逆向きの方が働いたことにより、抑制ノズルを使用した計測 7 の方が低い値となったと考えられる。なお、複数回での検証としなかったため、抑制ノズルの使用の有無による差異はなく、誤差の範囲であった可能性は否定できない。

また、²⁾海外文献によると、水力換気(噴霧注水)による換気量はおよそ 4.00~5.00m³/s であるとされており、計測 6 及び計測 7 については文献値よりも小さい値となった。予測値よりも小さい値となった要因として、平均 2.00m/s(風向：南の風)の自然風があったためと考えられる。

風速の計測値は文献値より小さくなったが、排気に対し逆風の状況下でも水力換気ノズルの使用により強制吸気(強制換気)を確認したことから、水力換気ノズルによる換気は、一定の逆風の状況下でも設定可能な能力があると考えられる。

なお、参考として計測 7(主ノズル及び抑制ノズルを併用して使用)を上空からドローンにより撮影した映像(赤外線)では、自然風により吸気側に室内の空気が流出しているを確認したが、水力換気ノズルを使用したことにより、吸気側への室内から空気の流出がなくなっていることを確認できる(図 27)。

イ 結論

水力換気ノズルを使用することにより、一定の逆風の状況下でも強制換気を行うことが可能となる。

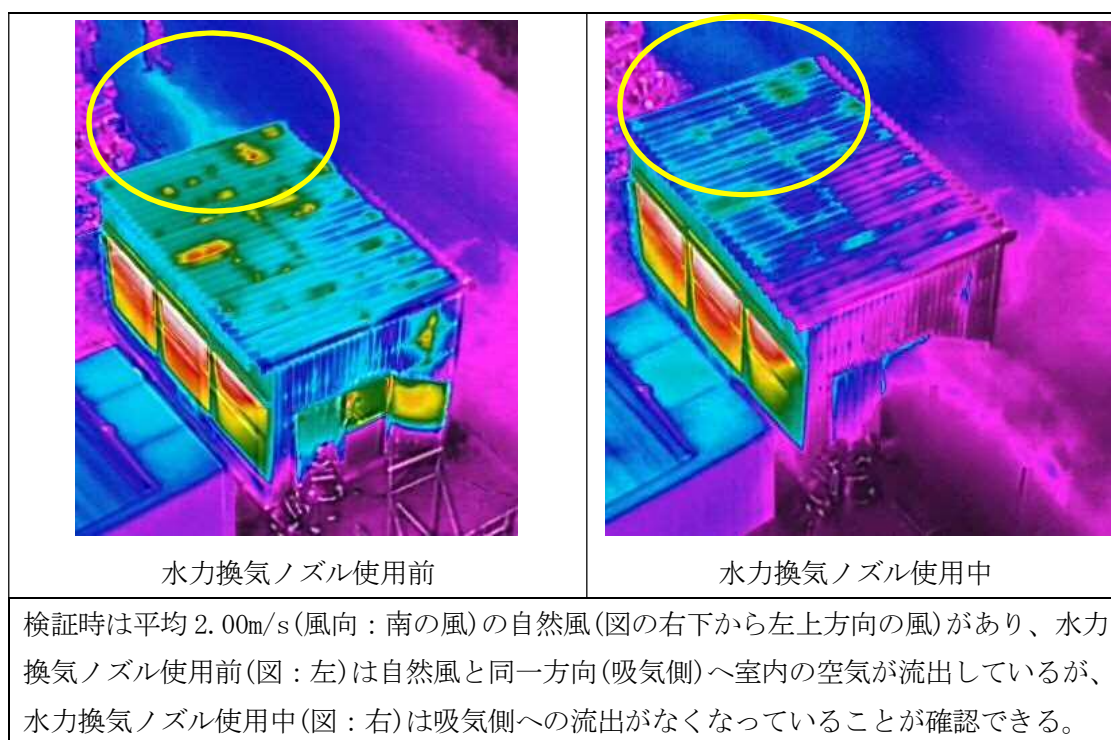


図 27 計測 7 をドローンにより撮影した映像(赤外線)

8 まとめ

(1) 排気温度について

火点室内(内部温度)が約 300℃程度の環境下における水力換気ノズル使用時の排気は、高温な煙及び気体も排気されるが水力換気ノズル(主ノズル)からの放水により冷却されるため、排気口から水平距離で 1.60m 以上離隔された場所で受ける熱の影響は少ない。

(2) 室内温度変化について

火点室内が約 300℃程度の環境下における水力換気ノズルによる室内温度変化については、主ノ

ズル及び抑制ノズルを併用して使用することにより大きく室内の温度を低下させる効果があると考えられる。

また、水力換気ノズルを使用することで、室内の可燃性ガスを排出し、室内の温度を低下させる効果が期待できることから、フラッシュオーバーの抑制にも一定の効果があると考えられる。

(3) 換気効果について

水力換気ノズルを使用することにより、一定の逆風の状況下でも強制換気を行うことが可能となる。

上記(1)～(3)より、火点室内の換気及び冷却を目的とする場合、主ノズル及び抑制ノズルを同時に使用することにより、屋外で安全を確保しながら有効に換気及び冷却をすることが可能であると考えられる。その使用時には、一定の逆風がある状況下でも有効に換気することが可能であると考えられる。

9 おわりに

本検証を基として、現在当局では改良された「札幌式水力換気ノズル」が試行運用されている。今後は、水力換気ノズルの効率的な運用について、消防活動上有効な一手となるように、検証を重ねていきたい。

【参考文献】

- 1) 川内健太郎・高玉通廣・的場敦史・松花将克 著、札幌市消防科学研究所報 No. 26 2019、「水力換気による換気効果の検証について」、2019年度
- 2) Stefan Svensson、「Fire Ventilation」、2020年、Swedish Civil Contingencies Agency

水力換気を応用した排煙及び燃焼抑制システムの検証について(その2)

札幌市北消防署警防課 布施 悟 史

増 田 明

嵐 田 昌 浩

札幌市消防局消防科学研究所 清 水 洋 幸

1 はじめに

火災現場で排煙・排熱に用いられる換気方法は、機器の使用の有無に着目した場合、自然換気と強制換気がある。強制換気には、ブロアーや送排風機等の機械を使用する方法のほか、ノズルを用いた放水による水力換気がある。

水力換気は、ある開口部の室内から屋外へ放水することにより、水と空気(気体)の粘性抵抗(摩擦)によって室内の空気を強制的に排出し、別の開口部の屋外から空気を吸気するものである。当局では近年、水力換気についての基礎的な調査・研究を行っており、令和元年度には¹⁾ガンタイプノズルを用いた水力換気による換気効果の検証を実施している。ガンタイプノズルによる水力換気は、排煙・排熱に有効である一方、室内からの放水を必要とするため、火災最盛期で室内への進入が困難な場合については、実施することが困難であった。

そこで、当局は新たな消火戦術として、水力換気を応用した換気・火勢抑制システムの導入を検討することとなった。

また、その実施に必要な資器材として、ヨネ株式会社協力の下、屋外からの水力換気を可能とする新たなノズル「札幌式水力換気ノズル」(以下「水力換気ノズル」という。)の開発に着手することとなった(図1)。

水力換気ノズルは、室内へ進入することなく屋外から開口部に設定し、屋外方向への放水を可能とする形状となっている。また、屋外及び室内方向への2方向同時放水も可能となっており、水力換気による屋外への排気を目的とした「主ノズル」及び室内への冷却放水による火勢拡大の抑制を目的とした「抑制ノズル」の、2つのノズルを実装した形状となっている(図2)。

この形状により、室内の高温の煙(可燃性ガス)を主ノズルによる放水で排気するとともに、抑制ノズルの放水による冷却効果により室内温度を低下させる効果が期待できるものである。また、一人でも設定することができ、設定状況によっては窓枠等に固定し離れることも可能であることから、屋外で安全を確保しながら排煙・排熱を行い、現場活動の効率化・活動環境の改善についても期待できるものとなっている。

本検証は、水力換気ノズルを効率的に運用するために、設定状況の違いによる効果について検討するため、試作した水力換気ノズルについて各計測・記録を行ったものである。

なお、本検証は北消防署警防課の発案により実施したものである。



図1 水力換気ノズル(試作機)



図2 水力換気ノズル各部分の名称

2 検証項目

以下の(1)~(5)について検証を実施した。

(1) 開口部の数の違いによる換気効果の検証

水力換気ノズルの使用時には、水力換気ノズルを設定した開口部から強制的に排気することが可能となる。

本検証では、水力換気ノズルによる換気効果が高まる条件を把握するために、条件として開口部の数の違いに着目し、比較・検証を行った。

(2) 放水量の違いによる換気効果の検証

当局が¹⁾ガンタイプノズルを用いた水力換気による換気効果の検証を行った際には、放水量が増えるほど風速が大きくなり、換気効果が高まることを確認している。

本検証では、水力換気ノズルによる換気効果が高まる条件を把握するために、条件として放水量の違いに着目し、比較・検証を行った。

(3) 階層が異なる場合の換気効果の検証

当局が¹⁾ガンタイプノズルを用いた水力換気による換気効果の検証を行った際には、吸気口と排気口の階層が異なる場合(1階層)においても、ガンタイプノズルによる水力換気ノズルの換気が有効であることを確認している。

本検証では、水力換気ノズルの使用時に、吸気口と排気口の階層が異なる場合に換気効果が認められるのかを把握するために、比較・検証を行った。

(4) 包含率の違いによる換気効果の検証

²⁾海外文献及び³⁾東京消防庁によると、噴霧放水時にはできる限り小さい放水角度で開口部全体を覆うように放水すると換気効果が高まることが確認されている。

本検証では、水力換気ノズルによる換気効果が高まる条件を把握するために、水力換気ノズルによる放水の放水角度が長方形の窓枠を通過時に、短辺を直径とする放水円となる場合及び長辺を直径とする放水円の場合について、比較・検証を行った。

(5) 水力換気ノズル(主ノズル)設定位置の違いによる換気効果の検証

水力換気ノズル使用時には、開口部全体を覆うように放水することで換気効果が高まることから、室内から屋外方向へ放水する主ノズルの設定位置について設定ごとに調整する必要がある。

本検証では、水力換気ノズルによる換気効果が高まる条件を把握するために、条件として主ノズルの設定位置に着目し、比較・検証を行った。

3 検証実施日等

(1) 実施日 令和2年7月11日(土)～令和2年8月10日(月)

(2) 実施場所 札幌市消防学校消防補助訓練塔(図3～図5)



図3 消防補助訓練塔(外観：南面及び西面)

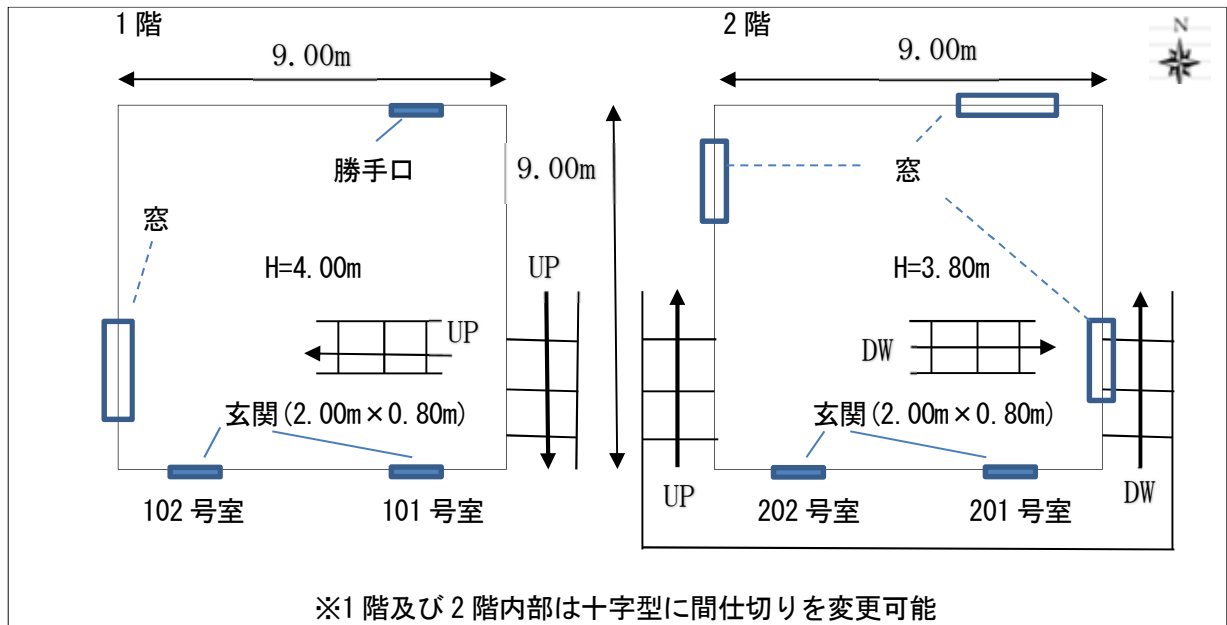


図4 消防補助訓練塔(平面図:1階及び2階)



図5 消防補助訓練塔(各面)

4 実施状況

(1) 開口部の数の違いによる換気効果の検証

水力換気ノズル使用時の、開口部の数の違いによる換気効果を比較するため、以下のとおり検証を実施した。

ア 検証内容(設定等)

水力換気ノズルを1階西側窓(高さ1.30m、幅0.85m)に設定し、視認効果としてスモークマシンの煙で室内(幅9.00m×奥行9.00m×高さ4.00m)を満たして煙がなくなるまでの時間を計測した。

放水位置、放水角度(窓を包含)及び放水量(400L/分)を毎回同じとなるよう調整し、開口部については、1箇所(図6)、2箇所(図7)及び4箇所(図8)に設定し、検証を実施した。

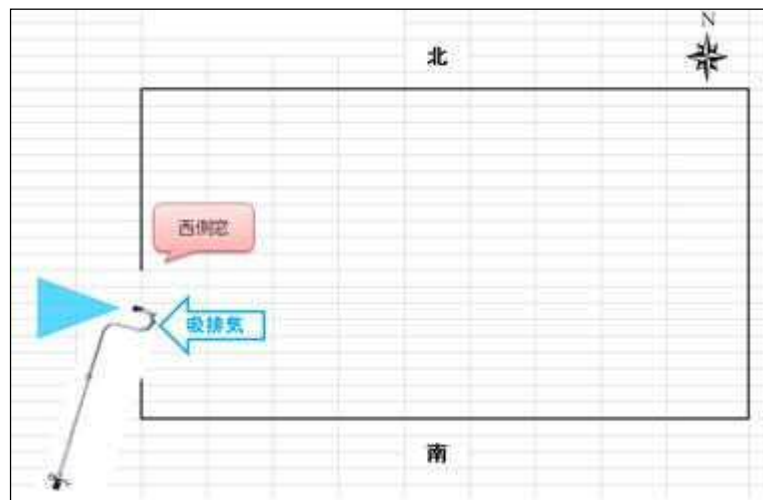


図6 開口部1箇所の設定状況

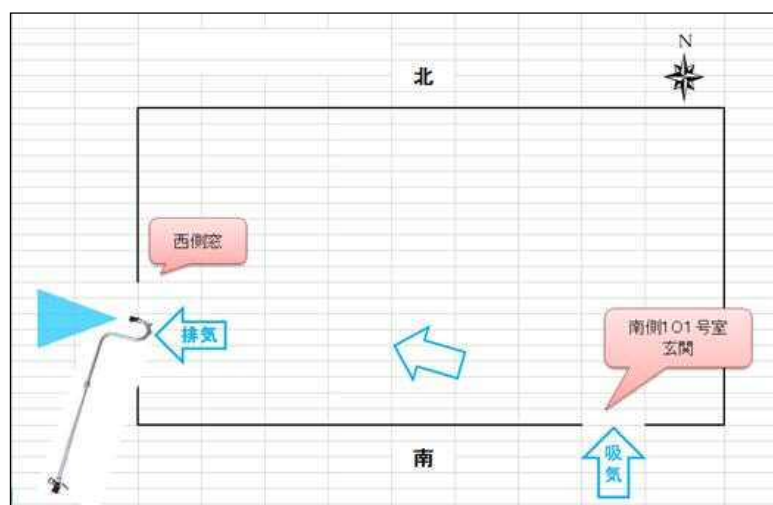


図7 開口部2箇所の設定状況

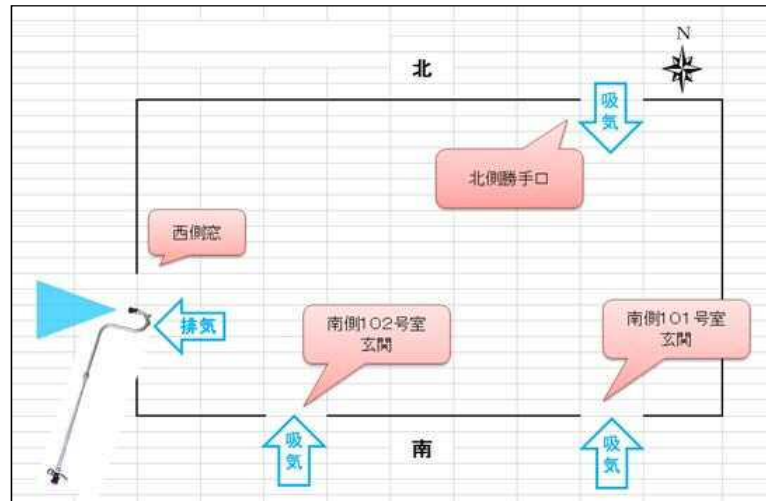


図8 開口部4箇所の設定状況

イ 検証結果

開口部を2箇所とした場合の煙がなくなるまでの時間が最も早く1分で視界良好となり、開口部が4箇所の場合の換気は約3分30秒、開口部が1箇所の場合は5分経過しても煙が排気できず、煙が満たされた状態のまま変化はなかった(表1)。

表1 測定結果

	開口部1箇所	開口部2箇所	開口部4箇所
煙がなくなるまでの時間	5分経過しても変化なし	約1分	約3分30秒

ウ 考察

開口部が1箇所の場合は屋外から見るとスモークマシンの煙が若干排気されているのは確認できたが、水力換気ノズルによる排気と吸気口が同一箇所のため、十分に空気を取込むことができず、空気の入れ替えができなかったため煙が排気されなかったと考えられる。開口部が4箇所の場合、吸気口の数が増えたことにより吸気口1箇所から取込む空気の量が減少してしまったと推定すると、各吸気口付近で空気の流れが緩やかになるため、換気効率が下がったと考えられる。

そのため、水力換気ノズルによる換気については、排気が1箇所に対し、吸気が1箇所となった開口部が2箇所の場合が一番効率よく排煙できる結果となったと考えられる。

(2) 放水量の違いによる換気効果の検証

水力換気ノズル使用時の、放水量の違いによる換気効果を比較するため、以下のとおり検証を実施した。

ア 検証内容(設定等)

水力換気ノズルを1階西側窓(高さ1.30m、幅0.85m)に設定し、換気効果の指標として吸気側及び排気側で風速を測定した(図9)。風速計は、排気側は水力換気ノズル後方(水で風速計が濡れない位置)に手で保持して設定し、吸気側は1階北側勝手口(高さ2.00m、幅0.80m)中心部に

三脚で固定し設定した。排気側については、定点での観測が困難であったため、計測値については参考値とする。

放水位置及び放水角度(窓を包含)を毎回同じとなるよう調整し、放水量(L/分)を 300、350、400 及び 450 となるように設定し、検証を実施した。

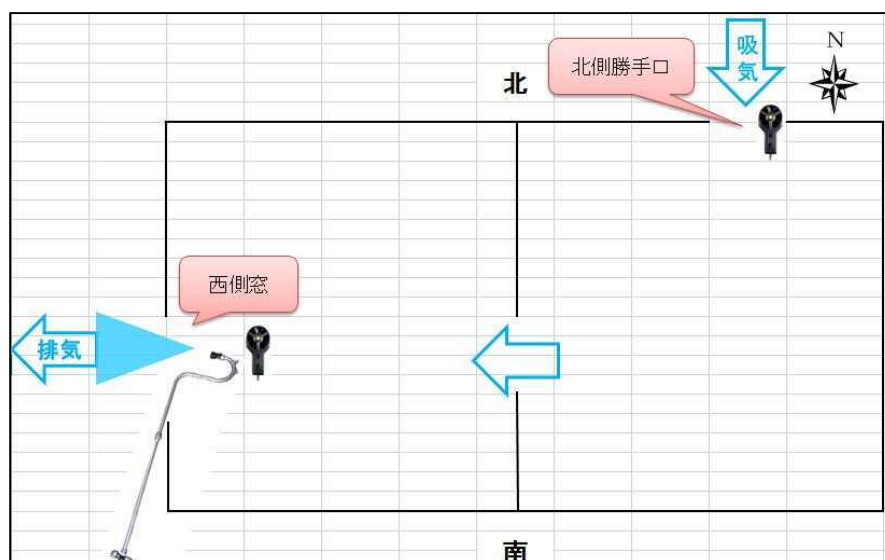


図 9 設定状況

イ 検証結果

吸気側及び排気側のいずれも、放水量が増えるほど風速が大きくなることを確認した(表 2)。

表 2 測定結果

流量	300 L/分	350 L/分	400 L/分	450 L/分
吸気側平均風速	1.30 m/s	1.80 m/s	1.90 m/s	3.80 m/s
排気側平均風速(参考)	2.40 m/s	3.00 m/s	4.10 m/s	4.50 m/s

ウ 考察

当局が¹⁾ガンタイプノズルを用いた水力換気による換気効果の検証を行った際も、放水量が増えるほど風速が大きくなることを確認している。本検証においても、放水量が増えることで放水速度が大きくなり、それに伴い粘性抵抗(摩擦)も大きくなったため、風速が大きくなったと考えられる。

(3) 階層が異なる場合の換気効果の検証

階層が異なる場合の、水力換気ノズルによる換気効果を検証するため、以下のとおり検証を実施した。

ア 検証内容(設定等)

水力換気ノズルを 2 階西側窓(高さ 1.30m、幅 0.85m)に設定し、吸気側で風速を測定した。風速計は、1 階南側 101 号室玄関及び 2 階南側 201 号室玄関(各高さ 2.00m、幅 0.80m)中心部に三

脚で固定し設定した。なお、視認効果として、スモークマシンの煙で2階の室内(幅9.00m×奥行9.00m×高さ3.80m)を満たした状況で実施した。

放水位置、放水角度(窓を包含)及び放水量(400L/分)を毎回同じとなるよう調整し、吸気口を1階南側玄関に設定及び2階南側玄関に設定し、検証を実施した(図10及び図11)。

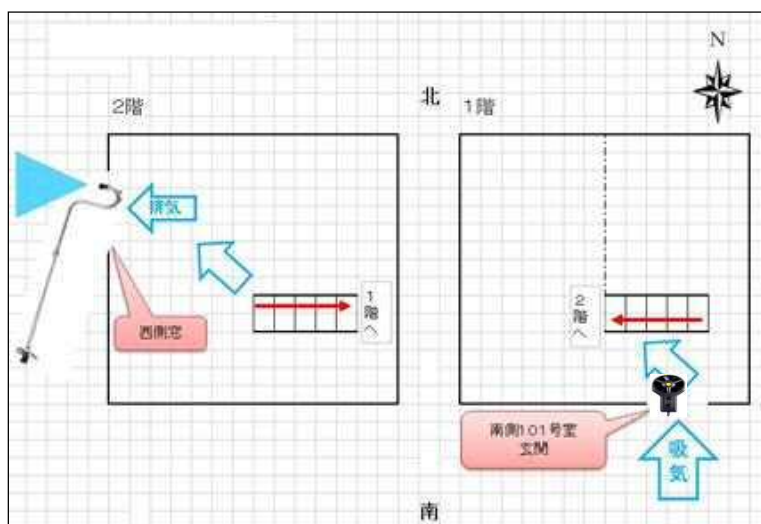


図10 2階西側窓を排気、1階南側101号室玄関を吸気とした設定

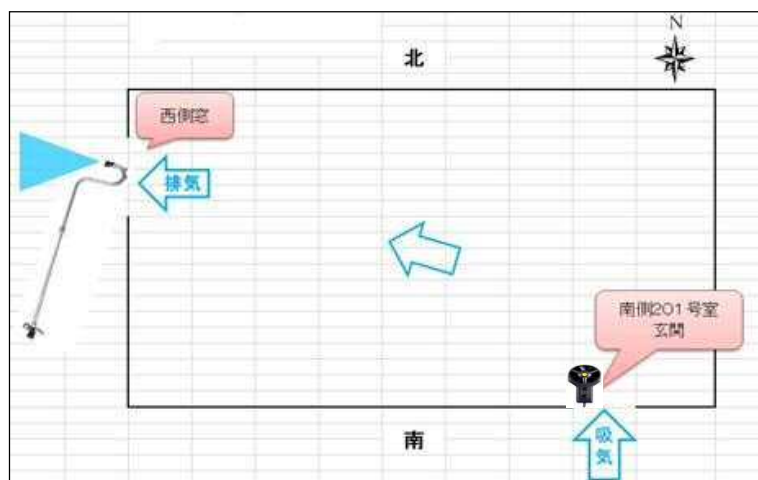


図11 2階西側窓を排気、2階南側201号室玄関を吸気とした設定

イ 検証結果

排気口を2階に設定し1階を吸気口とした場合、同一階に吸排気を設定した場合と比較すると風速が小さくなり、換気効果は減少した(表3)。

表3 測定結果

	吸気側平均風速
1階南側101号室玄関を吸気とした設定	2.20 m/s
2階南側201号室玄関を吸気とした設定	3.20 m/s

ウ 考察

測定した風速の値に若干の差はあったが、スモークマシンの煙の流れを見ると1階から2階への気流が確認できたことから、同一階に吸気口を作り出せない場合でも、他階に吸気口を設定することにより、排煙することは可能と考えられる。また、同一階に吸排気を設定することにより、換気効果を高めることができると考えられる。

(4) 包含率の違いによる換気効果の検証

開口部に対する包含率の違いによる換気効果を比較するため、以下のとおり検証を実施した。

ア 検証内容(設定等)

水力換気ノズルを1階西側窓(高さ1.30m、幅0.85m)に設定し、換気効果の指標として吸気側及び排気側で風速を測定した(図12)。風速計は、排気側は水力換気ノズル後方(水で風速計が濡れない位置)に手で保持して設定し、吸気側は1階北側勝手口(高さ2.00m、幅0.80m)中心部に三脚で固定し設定した。排気側については、定点での観測が困難であったため、計測値については参考値とする。

放水位置及び放水量(350L/分)を毎回同じとなるよう調整し、放水角度を、1階西側窓の幅0.85mを直径とする角度及び1階西側窓の高さ1.30mを直径とする角度として設定し、検証を実施した(図13)。

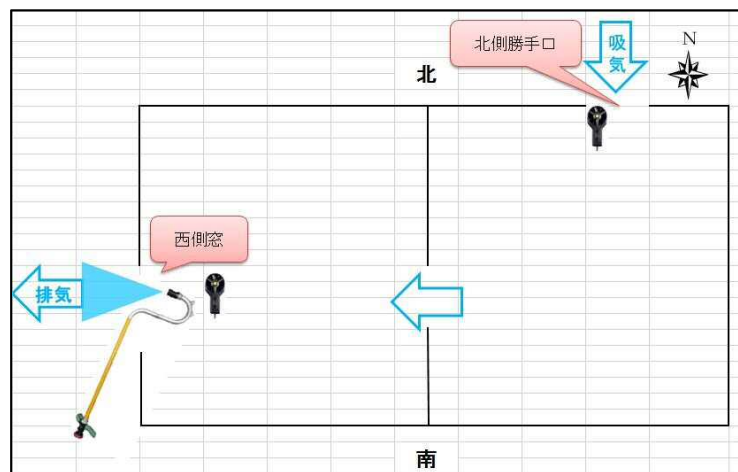


図12 設定状況

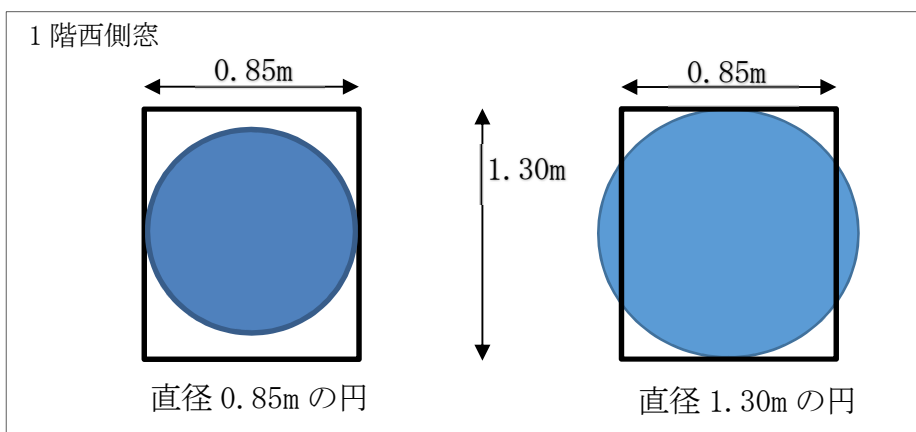


図 13 窓の包含率の違い

イ 検証結果

窓枠通過時に放水円の直径が 0.85m となる放水角度とした場合に風速が大きくなり、換気効果が高かった(表 4)。

表 4 測定結果

直径	0.85m	1.30m
吸気側平均風速	2.10 m/s	1.90 m/s
排気側平均風速(参考)	2.60 m/s	1.30 m/s

ウ 考察

開口部に対し長い辺を直径とする角度で放水した場合、窓淵や内壁等にも多くの放水が当たっていたため、その分屋外への放水量が減少したことに伴い風速も減少したと考えられる。

そのため、開口部を包含する場合は、短い辺が直径となる放水角度で放水した場合に、効率良く換気することができると考えられる。

(5) 水力換気ノズル(主ノズル)設定位置の違いによる換気効果の検証

水力換気ノズルを窓に設定することを想定し、主ノズル設定位置の高さの違いによる換気効果を比較するため、以下のとおり検証を実施した。

ア 検証内容(設定等)

水力換気ノズルを西側窓(高さ 1.30m、幅 0.85m)に設定し、換気効果の指標として吸気側及び排気側で風速を測定した(図 14)。風速計は、排気側は水力換気ノズル後方(水で風速計が濡れない位置)に手で保持して設定し、吸気側は勝手口(高さ 2.00m、幅 0.80m)中心部に三脚で固定し設定した。排気側については、定点での観測が困難であったため、計測値については参考値とする。

主ノズルの設定位置は窓の下棧中心部を起点とし、窓の下棧から主ノズルの放水口中心部までの高さが 0.00m、0.32m、0.65m、0.97m 及び 1.30m となるように設定し、放水量(350L/分)及び放水角度を 1階西側窓を包含する角度に毎回調整し、検証を実施した(図 15)。

なお、設定位置 0.00m 及び 1.30m については、主ノズルの放水口中心部からの高さとし、窓枠内に入れた状態(放水口の上部又は下部が窓枠(棧)に接する高さ)を、0.00m 及び 1.30m とした。

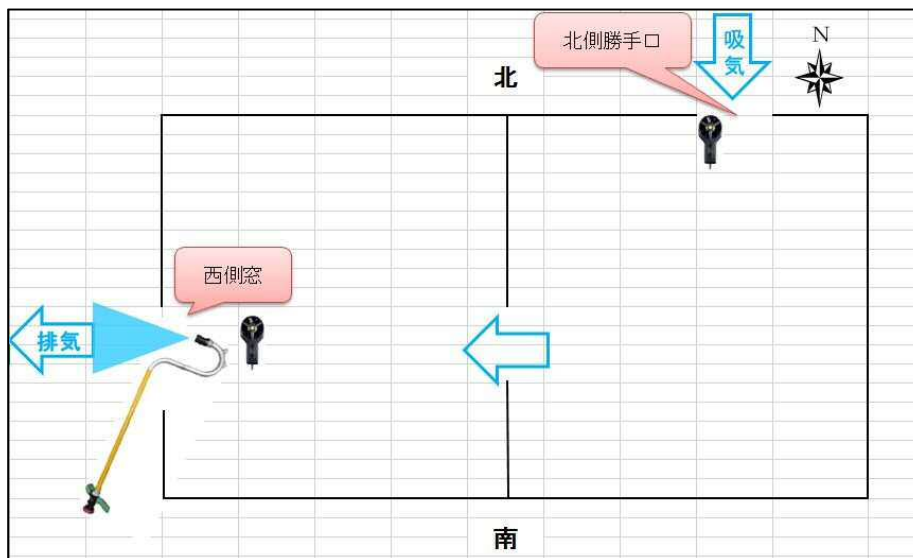


図 14 設定状況

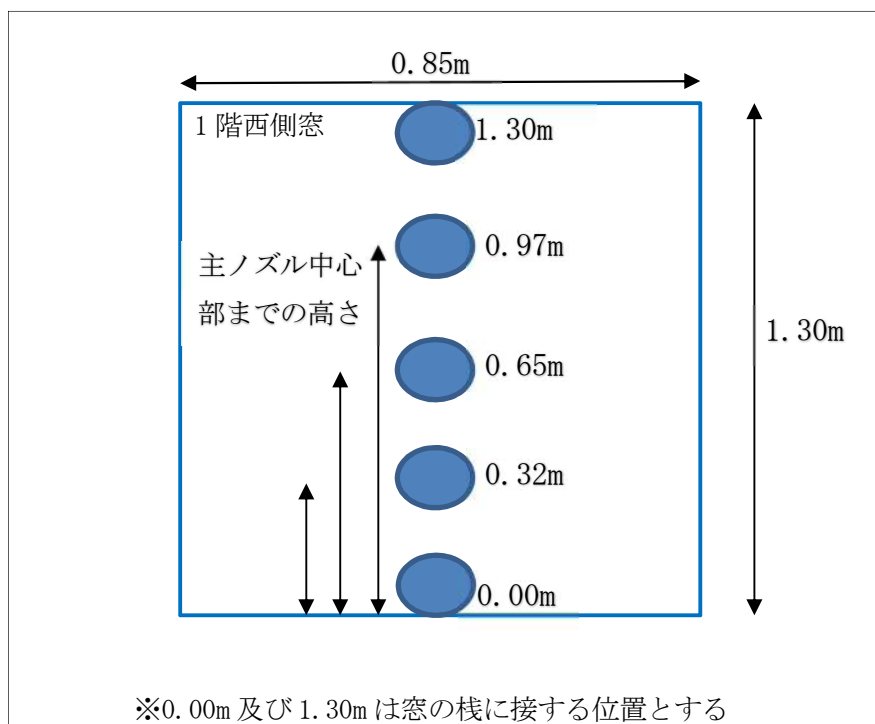


図 15 主ノズルの設定位置

イ 検証結果

吸気側平均風速は、窓の下棧からの高さが 0.65m(窓中心部)の設定時が最大となり、排気側平均風速は、窓の下棧からの高さが 0.32m の設定時が最大となった(表 5)。

また、窓の下棧からの高さが 0.00m 及び 1.30m(窓の下棧及び上棧の高さ)で設定した場合に、吸気側及び排気側の平均風速は小さい値となった。

表 5 測定結果

主ノズルの高さ (窓の下棧からの高さ)	0.00 m	0.32 m	0.65 m	0.97 m	1.30 m
吸気側平均風速	1.30 m/s	1.60 m/s	1.80 m/s	1.40 m/s	0.70 m/s
排気側平均風速(参考)	1.50 m/s	3.20 m/s	2.30 m/s	2.50 m/s	0.90 m/s

ウ 考察

吸気側から排気側方向への噴霧放水時においては、³⁾⁴⁾東京消防庁及び⁵⁾当局により放水角度が小さい方が放水により生じる風量が大きくなり換気効果が高くなることが示されている。

水力換気ノズルを窓に設定する場合、窓の棧付近の高さに筒先を設定すると、窓を包含するために放水角度が鈍角になりやすいこと及び放水が窓枠や建物内壁に多く当たるため効率が下がり、風速の値が小さくなったと考えられる。

このことから、水力換気ノズル(主ノズル)の位置(高さ)は、窓の中心部に近いほど、発生する風速が大きくなるため、換気効果が高くなると考えられる。

5 まとめ

- (1) 開口部の数の違いによる換気効果について
水力換気ノズルによる換気については、排気が 1 箇所に対し吸気が 1 箇所となった場合に効率よく換気できる。
- (2) 放水量の違いによる換気効果について
放水量が増えることで放水速度が大きくなり、換気量(風速)が大きくなる。
- (3) 階層が異なる場合の換気効果について
吸気及び排気の階層が異なる場合、同一階に吸排気を設定した場合より換気量は小さくなるが、有効に換気できる。
- (4) 包含率の違いによる換気効果について
開口部を包含する場合は、噴霧注水が開口部通過時に、開口部の短い辺を直径とする放水角度とした場合に、効率良く換気できる。
- (5) 水力換気ノズル(主ノズル)設定位置の違いによる換気効果について
水力換気ノズル(主ノズル)の位置(高さ)は、窓の中心部に近いほど、発生する風速が大きくなるため、換気効果が高くなる。

6 おわりに

本検証を基として、現在当局では改良された「札消式水力換気ノズル」が試行運用されている。今後は、水力換気ノズルの効率的な運用について、消防活動上有効な一手となるように、検証を重ねていきたい。

【参考文献】

- 1) 川内健太郎・高玉通廣・的場敦史・松花将克 著、札幌市消防科学研究所報 No.26 2019、「水力換気による換気効果の検証について」、2019 年度
- 2) Stefan Svensson、「Fire Ventilation」、2020 年、Swedish Civil Contingencies Agency
- 3) 持丸洋平・藤枝浩史・仙田健太郎・佐藤良行・町井雄一郎 著、消防技術安全所報 50 号、「各種ノズルを用いた排煙効果の検証」、2018 年度
- 4) 坂本利行・吉村延雄・赤坂浩 著、東京消防庁消防科学研究所報 36 号、「噴霧放水時に生じる風量の測定結果について」、1999 年
- 5) 橋本好弘 著、札幌市消防科学研究所報 No7 2000、「噴霧注水による排煙効果に関する研究」、2001 年度

防火衣その他の個人装備品に係る熱特性について（その1）

札幌市消防局消防科学研究所 的 場 敦 史
札幌市消防局総務部施設管理課 菅 原 一 真

1 背景及び目的

当局の防火衣、防火帽などの個人装備品については、耐炎・耐熱性能などの性能基準が国際基準である ISO 規格を満たすものとなっている。ISO 規格上の耐炎・耐熱性能基準については、主に火災最盛期におけるフラッシュオーバーなどの急激な火炎や強い放射熱のばく露を想定したのとなっており、装備・人体がそれらにも耐えられるよう規格されている。

しかしながら、個人装備品の一部の部位には、現場活動時の安全性や視認性の向上を図るために当局が独自に取り付けたものが存在する（例：しころ標識、防火衣反射テープ等）。それらの部位については、現場活動時の受熱により溶融、変形した事例も見受けられる。

このことから、今回の分析は、防火衣や防火帽、しころなどの個人装備品について、部位ごとの熱特性を調査し、熱特性に係る基礎資料を得ることを目的として実施した。

なお、本件は、当局総務部施設管理課からの依頼を受け、実施したものである。

2 分析対象物品

今回の分析対象物品は、表 1 及び図 1～図 9 のとおりである。

表 1 分析対象物品とした個人装備品及びその部位等

個人装備品	各部位	主な材質・素材等
防火衣	①アルミ蒸着部（銀）	アルミ蒸着加工
	②背部（紺）	PBO パラ系ポリアミドとメタ系ポリアミド
	③反射テープ	ガラスビーズ
防火帽	④帽体	ガラス繊維を基材としたポリエステル樹脂による強化プラスチック
	⑤フェイスシールド	ポリカーボネート
しころ	※アルミ蒸着（銀）	①と同じ
	⑥しころ標識	封入ビーズ型再帰反射塩ビ樹脂タポリン ウレタン樹脂にてトップコート
	⑦マジックテープ	高分子樹脂
面 体	⑧アイピース	ポリカーボネート
空気呼吸器	⑨ボンベカバー	塩化ビニル



図1 防火衣 (①アルミ蒸着部 (銀))



図2 防火衣 (②背部 (紺))



図3 防火衣 (③反射テープ)



図4 防火帽 (④帽体)



図5 防火帽 (⑤フェイスシールド)



図6 しころ (⑥しころ標識)



図7 しころ (⑦マジックテープ)



図8 面体 (⑧アイピース)



図9 空気呼吸器 (⑨ボンベカバー)

3 使用機器及び分析項目

今回の分析では、熱分析装置（示差熱・熱重量同時測定装置。以下「TG-DTA」という。）を使用し、防火衣その他の個人装備品の熱特性（変形・溶融・燃焼等の開始温度）を推定することとした。

4 分析方法

分析は、以下の手順で実施した。

(1) 前処理

前2に示す分析対象物品のうち、防火衣、しころ及び空気呼吸器（表1中①、②、③、⑥、⑦及び⑨）の各部位については、専用のアルミニウム製容器（ $\phi 5.8\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ 。以下同じ。）に収まるようカッターナイフ等で切り取り、各試料（以下、表1に対応させ、「試料1」、「試料2」、「試料3」、「試料6」、「試料7」及び「試料9」という。）を得た。

また、分析対象物品のうち、防火帽及び面体（表1中④、⑤及び⑧）の各部位については、依頼元（総務部施設管理課）において粉体状に加工（削り取り）したものの提供を受けたことから、それらをアルミニウム製容器に適量量り取り、各試料（以下、表1に対応させ、「試料4」、「試料5」及び「試料8」という。）を得た。

基準物質（比較対象）となる α -アルミナ粉末（株式会社島津製作所製）についても、各試料（試料1～試料9）の約2倍の重量となる量をそれぞれ専用のアルミニウム製容器に量り取った。

(2) 分析

各試料と各基準物質をTG-DTAにそれぞれ載置し、TG-DTAによる熱分析で一般的な昇温速度である毎分 20°C で昇温し、示差熱量（吸熱又は発熱）及び重量変化を測定した。

なお、TG-DTAの分析条件等を、以下のア～オに示す。

ア 機種	株式会社島津製作所製 DTG-60H
イ 昇温速度	$20^{\circ}\text{C}/\text{min}$
ウ 昇温範囲	$50^{\circ}\text{C} \sim 580^{\circ}\text{C}$
エ 雰囲気ガス	空気又は窒素
オ ガス流量	$100\text{ml}/\text{min}$

5 TG-DTAによる分析結果等及び考察

(1) 試料1（防火衣アルミ蒸着部）

試料1の示差熱量、重量変化及び温度変化を示すTG-DTAグラフを、図10に示す。また、TG-DTAによる分析時の試料1の受熱変化の状況を、図11に示す。

なお、TG-DTAグラフの横軸は時間、縦軸のうちDTAは示差熱量、TGAは試料1の重量、Tempは温度を指す。また、TG-DTAグラフ中、実線は空气中、破線は窒素中での分析結果を示す。さらに、示差熱量（DTA）曲線では、試料1に発熱反応が生じた場合は上昇曲線が描かれ、反対に試料1に吸熱反応が生じた場合は下降曲線が描かれる（以下、試料2～試料9についても同じ）。

ア 分析結果

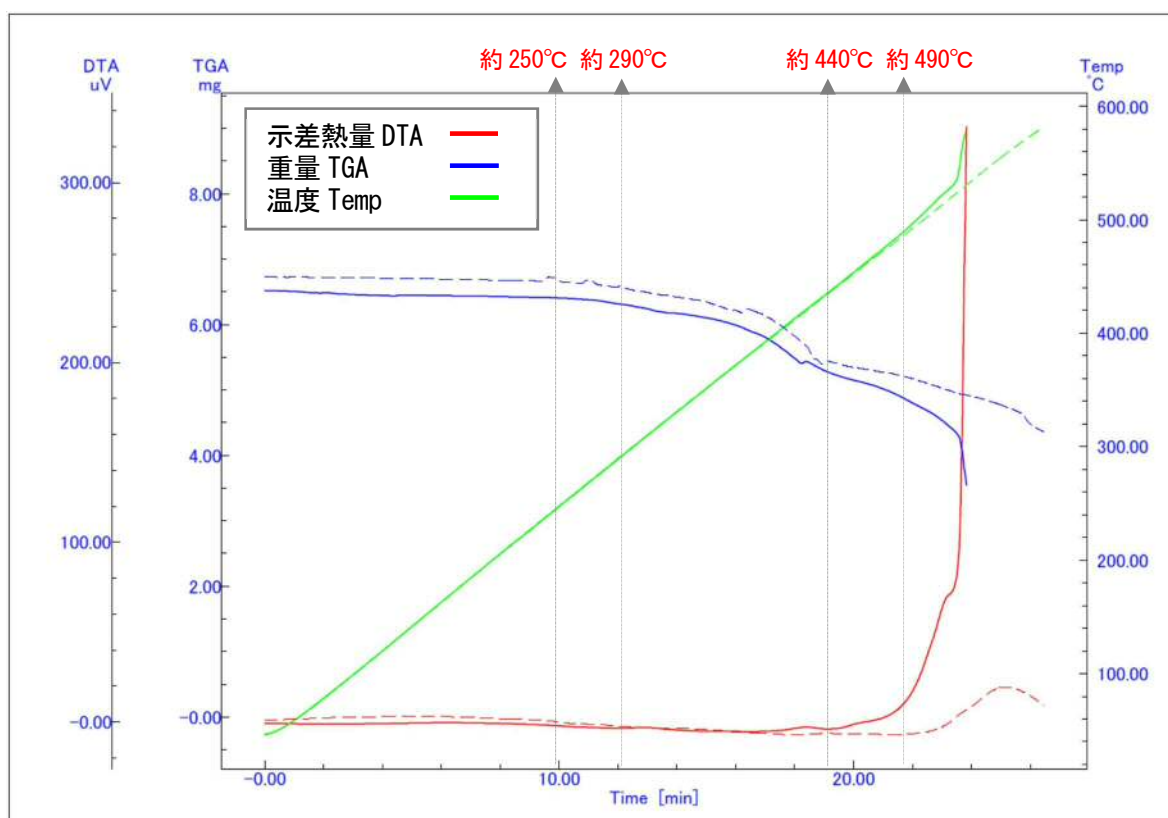


図 10 試料 1 の TG-DTA グラフ (実線：空气中、破線：窒素中)

図 10 によると、測定開始から約 290°C 付近までは、示差熱量 (DTA) 及び重量 (TGA) に大きな変化は認められない。

約 290°C 付近において、空气中及び窒素中のいずれにおいても重量 (TGA) の減少開始が認められる。その後、約 440°C 付近に至るまで、重量 (TGA) については空气中及び窒素中のいずれにおいても継続的な減少が認められるが、示差熱量 (DTA) には大きな変化は認められない。

また、空气中では、約 440°C 付近から、示差熱量 (DTA) が発熱反応 (上昇) を示すとともに、重量 (TGA) の減少量が窒素中よりも増加していることが認められる。その後、示差熱量 (DTA) については約 490°C 付近から急激な発熱反応が認められ、測定条件を大きく上回る温度上昇が認められる。

一方、窒素中では、約 520°C 付近から発熱反応が認められるが、空气中で生じたような急激な発熱反応は認められない。

イ 受熱変化の状況

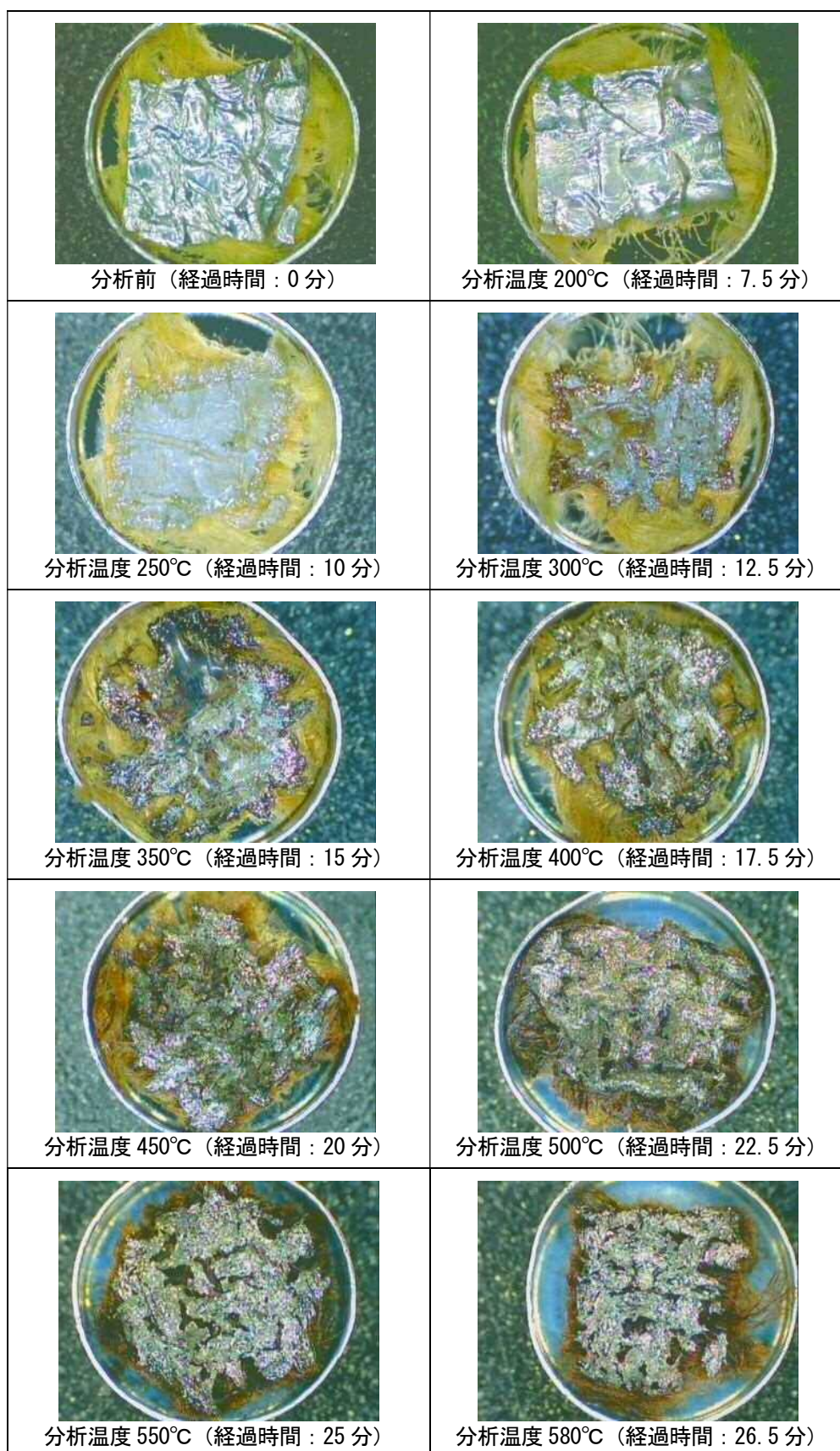


図 11 試料 1 の受熱変化の状況 (空气中・昇温速度 20°C/min)

図 11 によると、分析温度 200℃まで受熱変化は認められないが、分析温度 250℃では表面のアルミ部分に若干の変質（光沢の消失）が認められる。また、分析温度 300℃では表面のアルミ部分の変形が認められる。

分析温度 450℃になると、下地部分にも茶色への変色が初めて認められ、分析温度 500℃には、下地部分の一部が黒色に変色していることが認められる。

ウ 考察（試料 1 の熱特性）

TG-DTA の分析結果（図 10）及び受熱変化の状況（図 11）から推定される試料 1 の熱特性は、以下のとおりと推定される。

はじめに、約 250℃付近で表面のアルミ部分に若干の変質（光沢の消失）が生じる。これについては、TG-DTA の分析結果（図 10）からは示差熱量（DTA）及び重量（TGA）に大きな変化が認められないため、原因の推定はできないが、表面のアルミ部分の酸化や、表面のアルミ部分に含まれる他の物質の化学反応等の可能性が考えられる。

次に、約 290℃付近で表面のアルミ部分の変形が生じる。これは、示差熱量（DTA）に大きな変化が認められないものの、空气中及び窒素中のいずれでも重量（TGA）の減少開始が認められることから、表面のアルミ部分に含まれる何らかの成分の熱分解（※1）によるものと推定される。

さらに、約 440℃付近で下地部分の燃焼（※2）が開始すると推定される。これは、空气中でのみ発熱反応が生じていること、また、分析温度約 450℃において下地部分にも茶色への変色が認められるためである。

(2) 試料 2（防火衣背部）

試料 2 の示差熱量、重量変化及び温度変化を示す TG-DTA グラフを、図 12 に示す。また、TG-DTA による分析時の試料 2 の受熱変化の状況を、図 13 に示す。

※1 一般に、熱分解により、可燃性気体、不燃性気体、炭化残さ、不燃性液体などが生成される。物質によってこれらがすべて生成される場合もあれば、これらの一部しか生成されない場合もある。

※2 本稿における「燃焼」の形態としては、熱分解によって生じた可燃性ガスが発火することによる「発炎（有炎）燃焼」、炭化残さによる「無炎燃焼」、酸素濃度が不十分のため発炎に至らなかったことによる「くん焼」など、様々な形態が考えられるが、どの形態の燃焼が生じているかは判断できない。

ア 分析結果

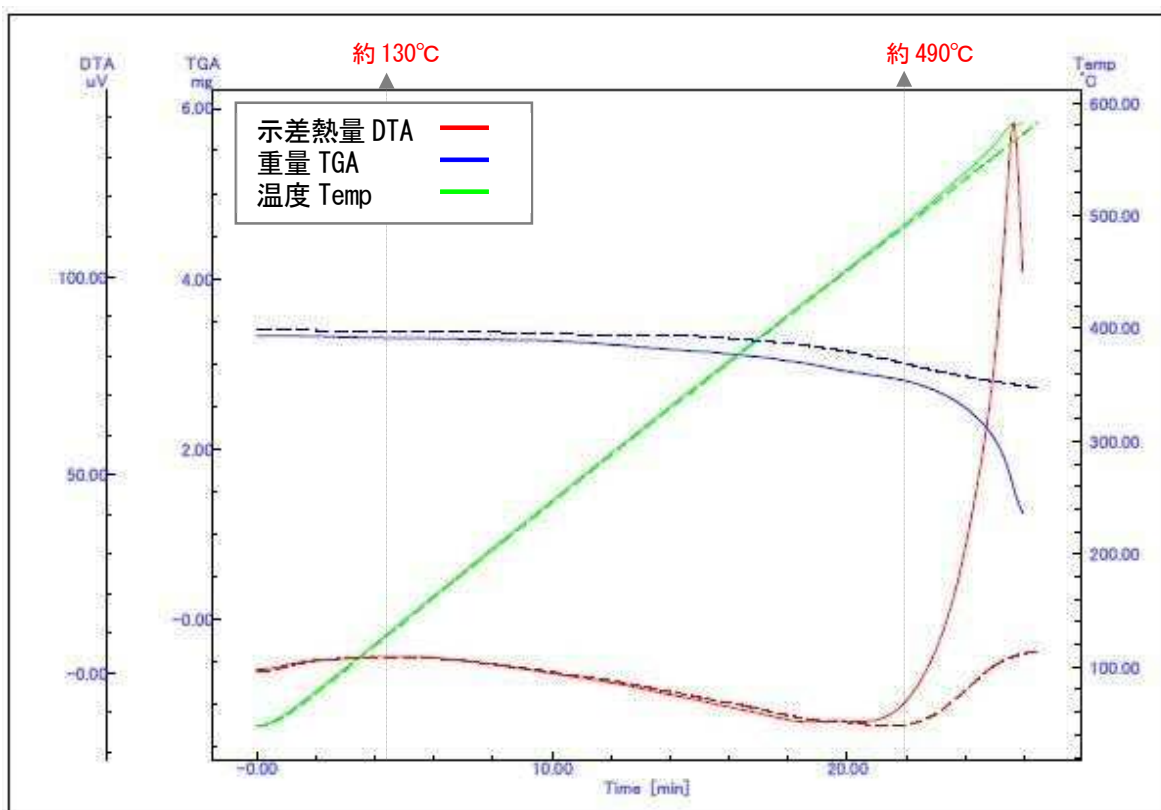


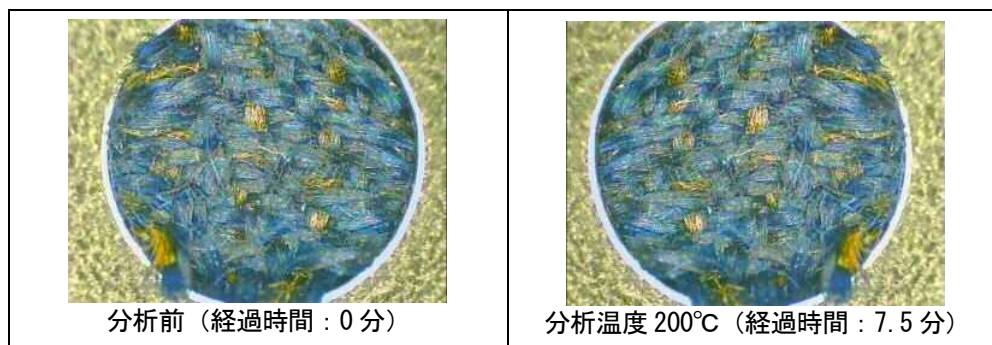
図 12 試料 2 の TG-DTA グラフ (実線 : 空气中、破線 : 窒素中)

図 12 によると、約 130°C 付近から約 490°C 付近までの間において、空气中及び窒素中のいずれにおいても、重量 (TGA) の緩やかな減少及び示差熱量 (DTA) の緩やかな吸熱反応 (下降) が認められるが、大幅な減少や急激な変化は認められない。

その後、空气中では、約 490°C 付近から示差熱量 (DTA) が急激な発熱反応 (上昇) を示すとともに、重量 (TGA) の急激な減少が認められる。

一方、窒素中では、同じく約 490°C 付近から発熱反応が認められるが、空气中で生じたような急激な発熱反応は認められない。また、重量 (TGA) については、緩やかな減少が継続し、大きな変化が認められない。

イ 受熱変化の状況



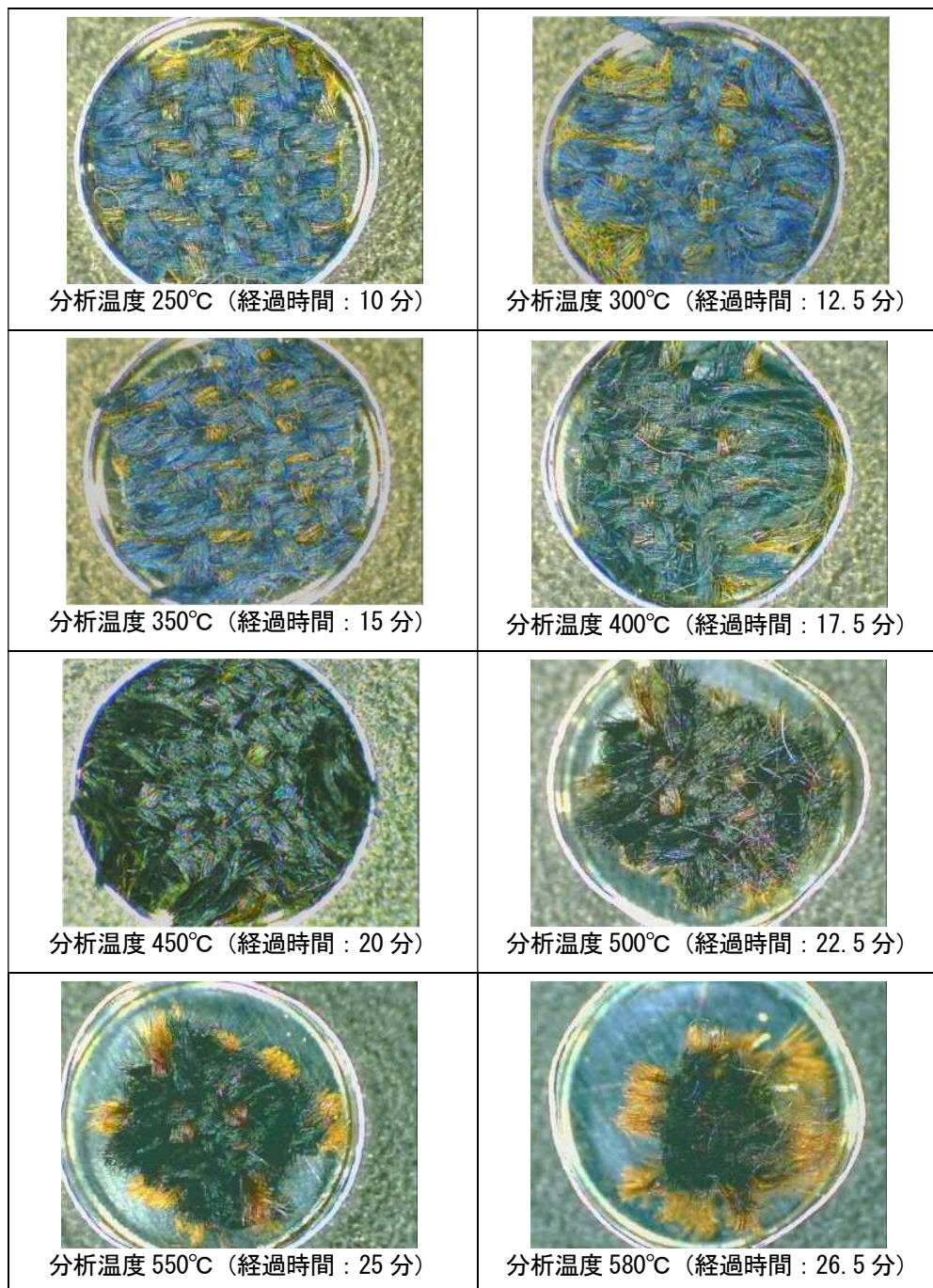


図 13 試料 2 の受熱変化の状況 (空气中・昇温速度 20°C/min)

図 13 によると、分析温度 400°C までは、視認上の変化は認められない。

分析温度 450°C になると、表面 (紺色) に黒色への変色が初めて認められ、分析温度 500°C では、試料 2 の変形 (収縮) が初めて認められる。また、分析温度が 550°C、580°C と温度が高くなるにつれて変色及び変形がさらに大きくなっていることが認められる。

ウ 考察 (試料 2 の熱特性)

TG-DTA の分析結果 (図 12) 及び受熱変化の状況 (図 13) から推定される試料 2 の熱特性は、以下のとおりと推定される。

試料 2 は、約 490°C 付近で燃焼が開始すると推定される。これは、空気中で急激な発熱とともに急激な重量減少が生じていること、また、分析温度約 500°C において変形（収縮）が視認上初めて認められたためである。

なお、約 130°C 付近から約 490°C 付近までの間については、試料 2 には熱分解が生じていると推定されるが、大幅な重量減少や急激な発熱等は認められず、視認上も大きな変化がないことから、ほとんど影響がないものと推定される。

(3) 試料 3 (防火衣反射テープ)

試料 3 の示差熱量、重量変化及び温度変化を示す TG-DTA グラフを、図 14 に示す。また、TG-DTA による分析時の試料 2 の受熱変化の状況を、図 15 に示す。

ア 分析結果

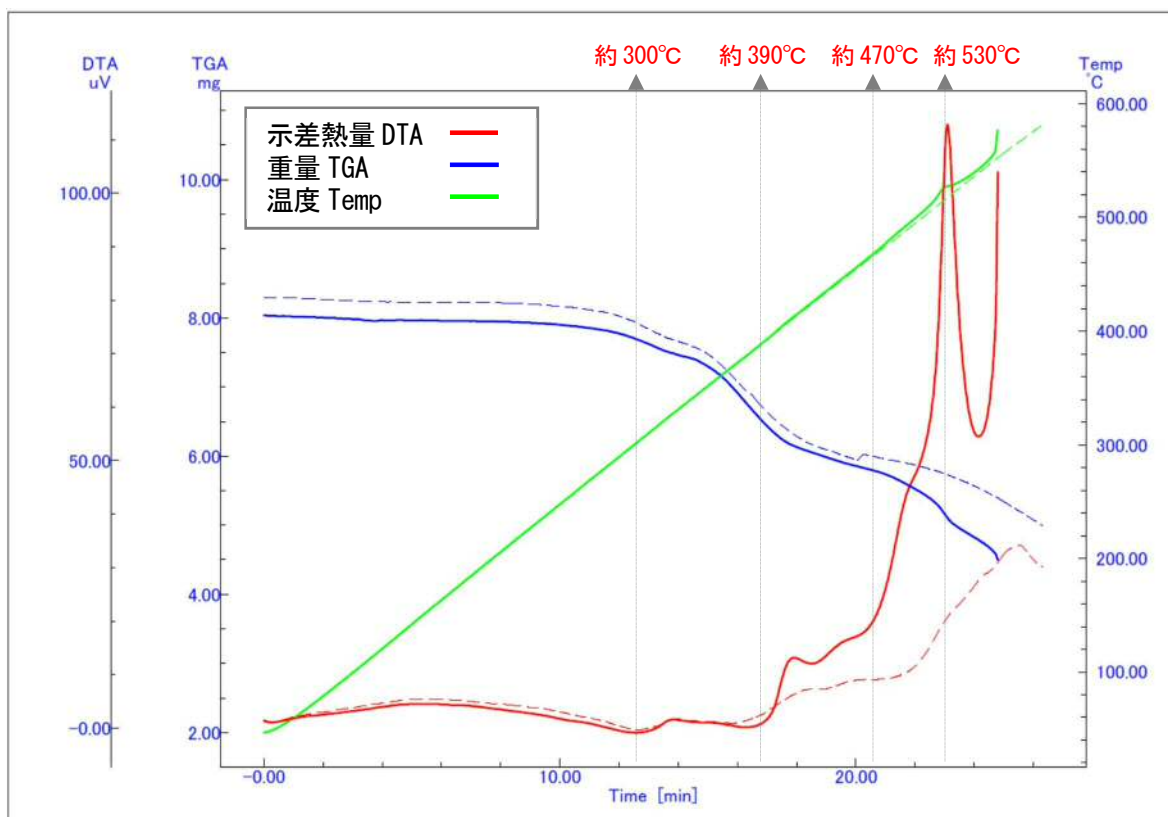


図 14 試料 3 の TG-DTA グラフ (実線：空气中、破線：窒素中)

図 14 によると、測定開始から約 300°C 付近までは、示差熱量 (DTA) 及び重量 (TGA) に大きな変化は認められない。

約 300°C 付近において、空气中および窒素中のいずれにおいても示差熱量 (DTA) が若干の発熱反応 (上昇) を示すとともに、重量 (TGA) の減少開始が認められる。

その後、重量 (TGA) については、空气中及び窒素中のいずれにおいても継続的かつ多段的な減少が認められる。

示差熱量 (DTA) については、空气中では、約 390°C 付近で再び発熱反応が認められる。また、約 470°C 付近から急激な発熱反応が認められ、約 530°C 付近で当該発熱反応のピークが認められる。

一方、窒素中では、空气中と同様に約 390℃で発熱反応が認められ、その後継続的な発熱が生じているものの、空气中で生じたような急激な発熱は認められない。

イ 受熱変化の状況

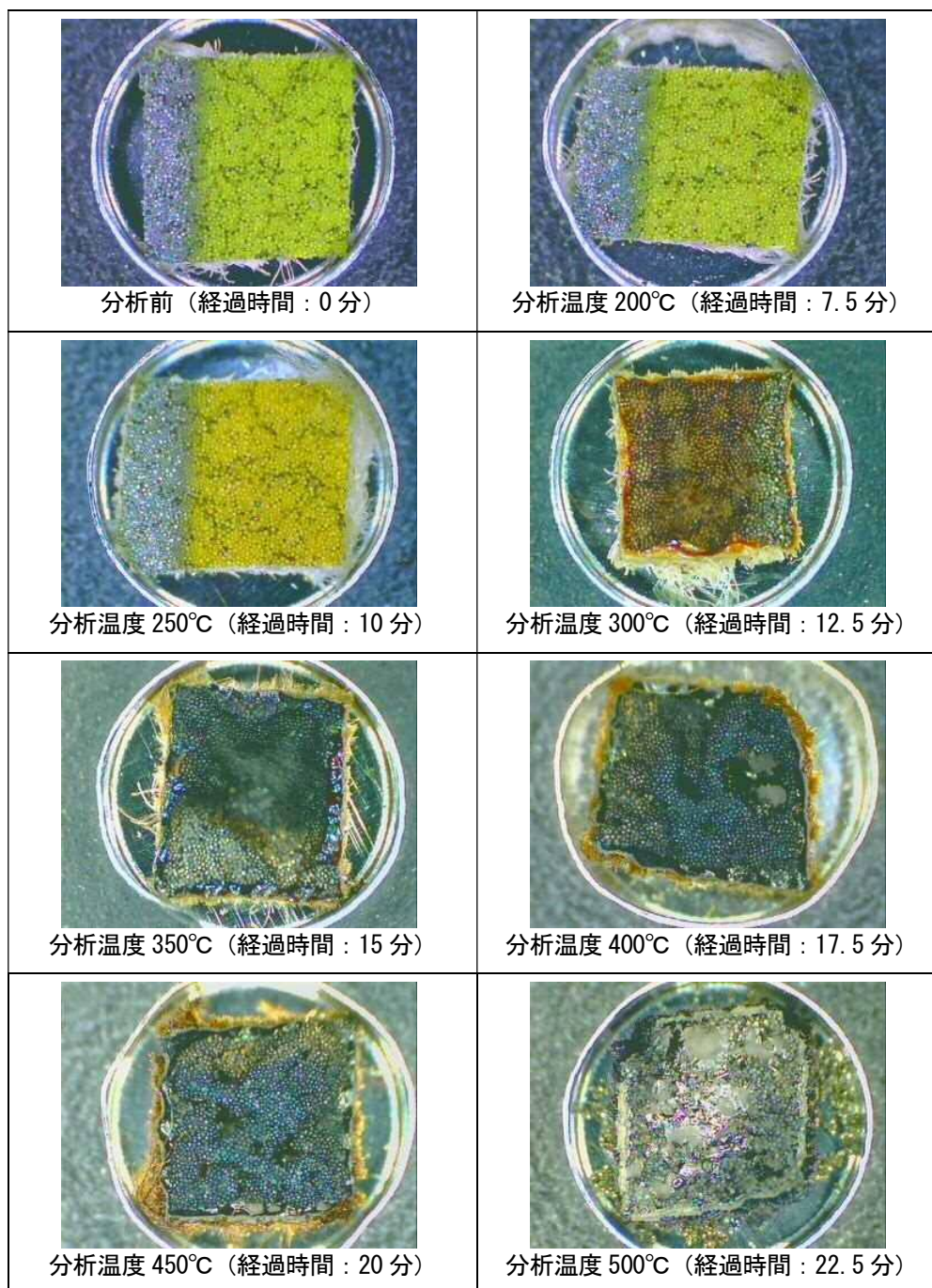




図 15 試料 3 の受熱変化の状況 (空气中・昇温速度 20°C/min)

図 15 によると、分析温度 200°C まで受熱変化は認められないが、分析温度 250°C では表面の反射材部分に若干の変色が認められる。また、分析温度 300°C では茶色への変色、分析温度 350°C では黒色への変色（焦げ）が表面の反射材に認められる。

分析温度 400°C になると、裏面の下地部分にも茶色への変色が初めて認められるとともに、試料全体に若干の変形（収縮や隆起）が併せて認められる。

分析温度 500°C になると、表面の反射材部分の灰化及び裏面の下地部分の一部変色（黒色）が認められ、分析温度 550°C になると全体的に灰化していることが認められる。

ウ 考察（試料 3 の熱特性）

TG-DTA の分析結果（図 14）及び受熱変化の状況（図 15）から推定される試料 3 の熱特性は、以下のとおりと推定される。

はじめに、約 300°C で変色が生じる。これは、空气中および窒素中のいずれでも発熱反応と重量減少が認められることから、表面の反射材部分の熱分解によるものと推定される。

次に、約 390°C で変形が生じる。これは、空气中および窒素中のいずれでも認められることから、裏面の下地部分の熱分解によるものと推定される。

さらに、約 470°C において空气中でのみ急激な発熱反応が開始していること、また、約 500°C 到達時に表面の灰化が認められることから、約 470°C で燃焼が開始すると推定される。

(4) 試料 4（防火帽帽体）

試料 4 の示差熱量、重量変化及び温度変化を示す TG-DTA グラフを、図 16 に示す。また、TG-DTA による分析時の試料 4 の受熱変化の状況を、図 17 に示す。

ア 分析結果

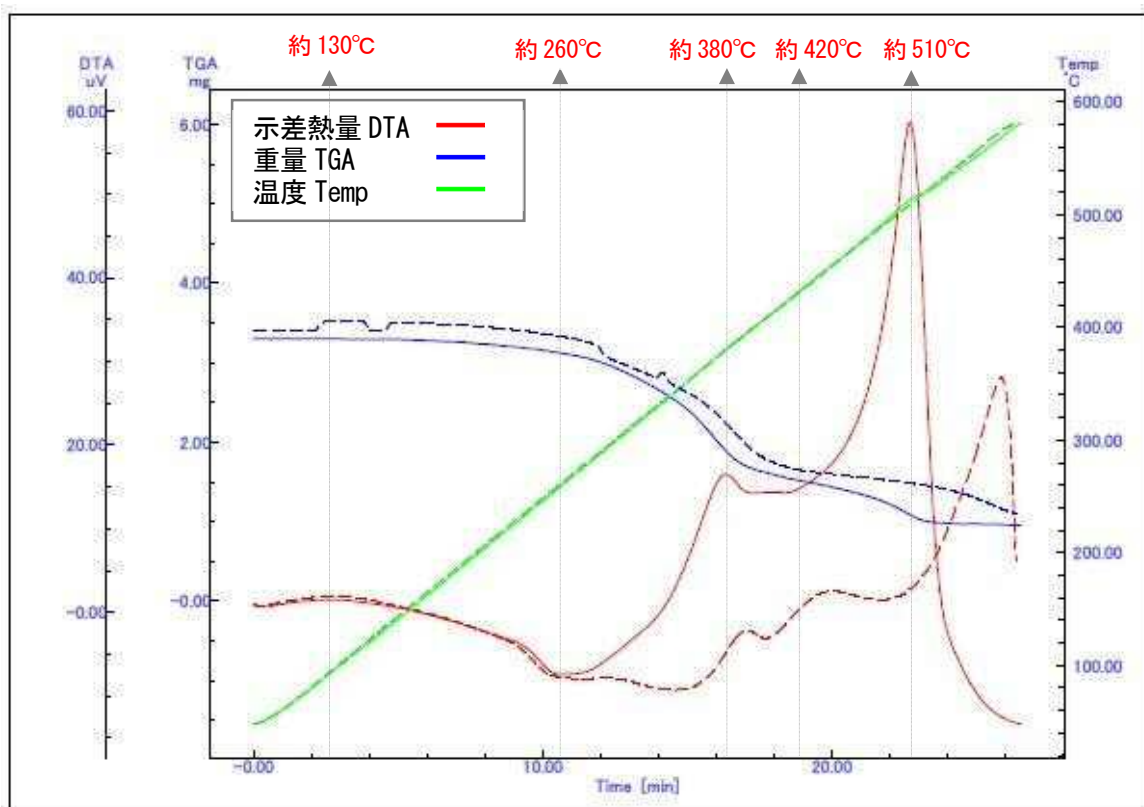


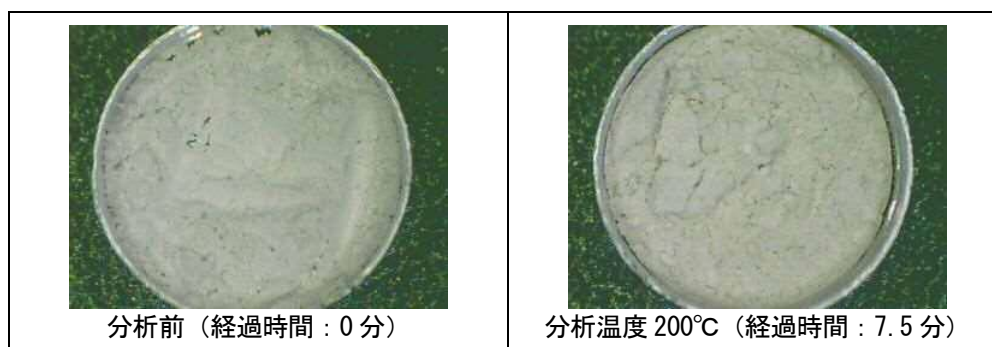
図 16 試料 4 の TG-DTA グラフ (実線 : 空气中、破線 : 窒素中)

図 16 によると、約 130°C 付近から約 260°C 付近までの間において、空气中及び窒素中のいずれにおいても、重量 (TGA) のわずかな減少及び示差熱量 (DTA) の緩やかな吸熱反応 (下降) が認められるが、大幅な減少や急激な変化は認められない。

その後、空气中では、約 260°C 付近から約 380°C 付近までの間及び約 420°C 付近から約 510°C 付近までの間の 2 段階にわたって、示差熱量 (DTA) の発熱反応 (上昇) 及び重量 (TGA) の減少がそれぞれ認められる。

一方、窒素中では、約 260°C 付近以降、多段階にわたって発熱反応が認められるが、空气中で生じたものよりも小さな発熱に留まっている。なお、重量 (TGA) については、空气中と同じような重量減少が認められる。

イ 受熱変化の状況



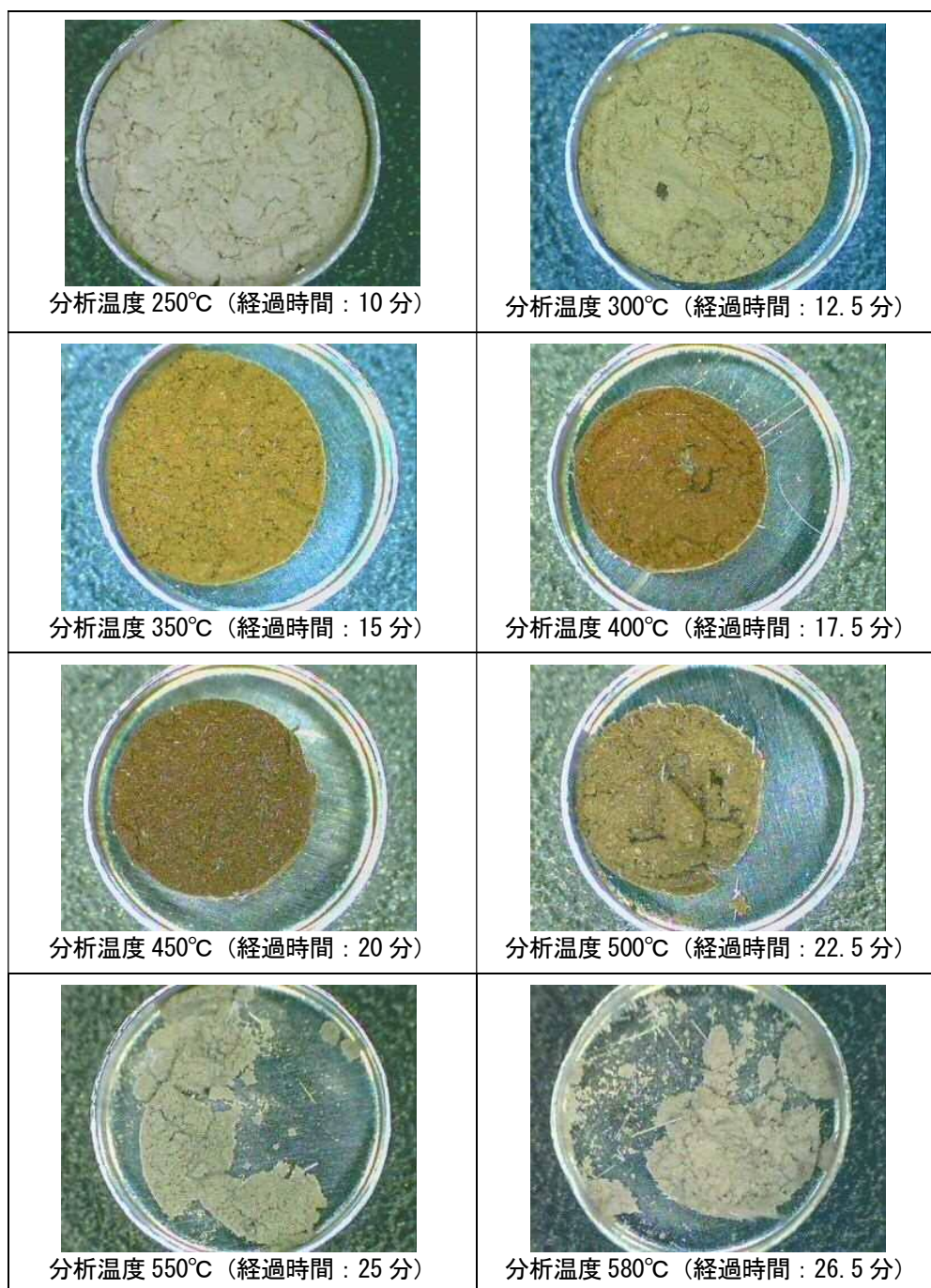


図 17 試料 4 の受熱変化の状況 (空气中・昇温速度 20°C/min)

図 17 によると、分析温度 250°C までは視認上受熱変化は認められないが、分析温度 300°C では試料 4 の変色及び変形 (収縮) が初めて認められる。その後、分析温度が 450°C に至るまで、試料 4 の茶褐色への変色が徐々に濃くなるとともに、変形 (収縮) が大きくなっていることが認められる。

また、分析温度 550°C になると全体的に灰化している様相が認められる。

ウ 考察 (試料 4 の熱特性)

TG-DTA の分析結果 (図 16) 及び受熱変化の状況 (図 17) から推定される試料 4 の熱特性は、以下のとおりと推定される。

はじめに、約 260°C 付近から試料 4 の変質が生じると推定される。これは、空气中及び窒素中のいずれでも重量減少が認められること、また、空气中でのみ発熱反応が認められることから、熱分解と熱酸化分解（※3）が起こったことにより生じた可能性が考えられる。

次に、約 420°C 付近から試料 4 の燃焼が生じると推定される。これは、空气中でのみ急激な発熱反応が認められること、また、空气中でより大きな重量減少が認められること、さらに、発熱ピーク（約 510°C）以降、視認上試料 4 が灰化している様相が認められるためである。

なお、約 130°C 付近から約 260°C 付近までの間については、試料 4 には熱分解が生じていると推定されるが、大幅な重量減少や急激な発熱等は認められず、視認上も大きな変化がないことから、ほとんど影響がないものと推定される。

(5) 試料 5 (防火帽フェイスシールド)

試料 5 の示差熱量、重量変化及び温度変化を示す TG-DTA グラフを、図 18 に示す。また、TG-DTA による分析時の試料 5 の受熱変化の状況を、図 19 に示す。

ア 分析結果

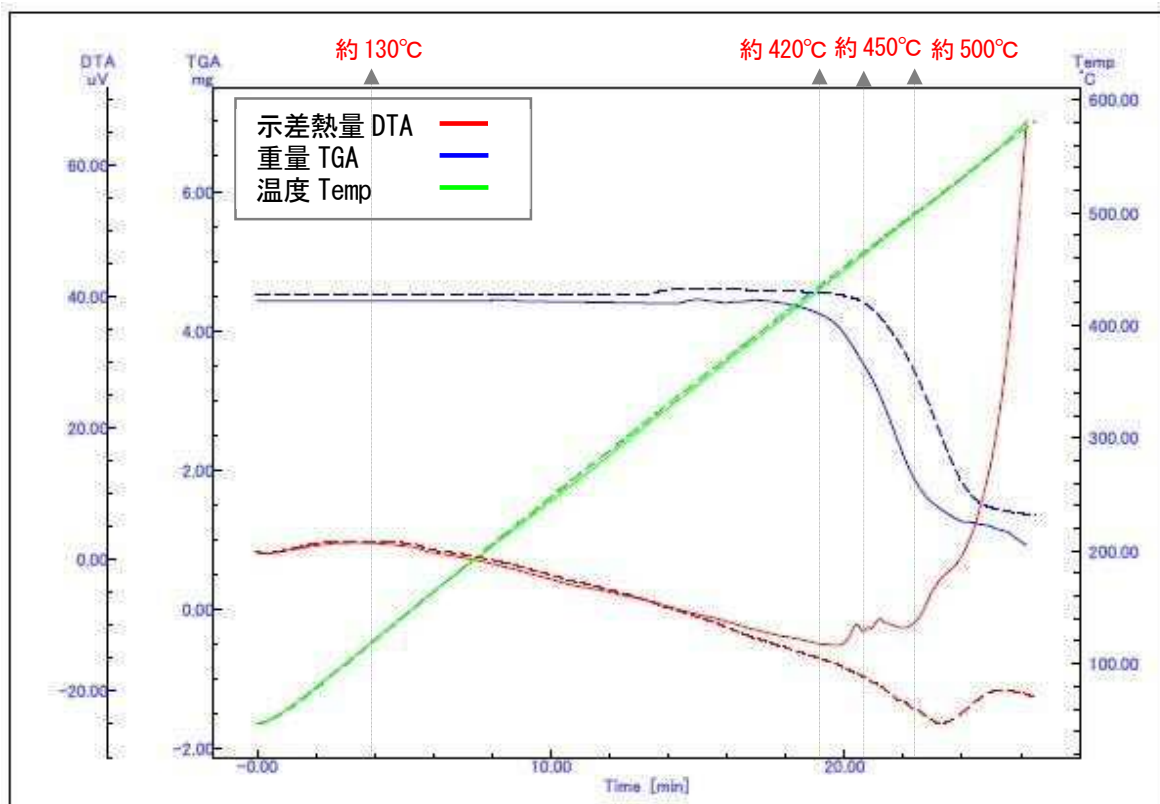


図 18 試料 5 の TG-DTA グラフ（実線：空气中、破線：窒素中）

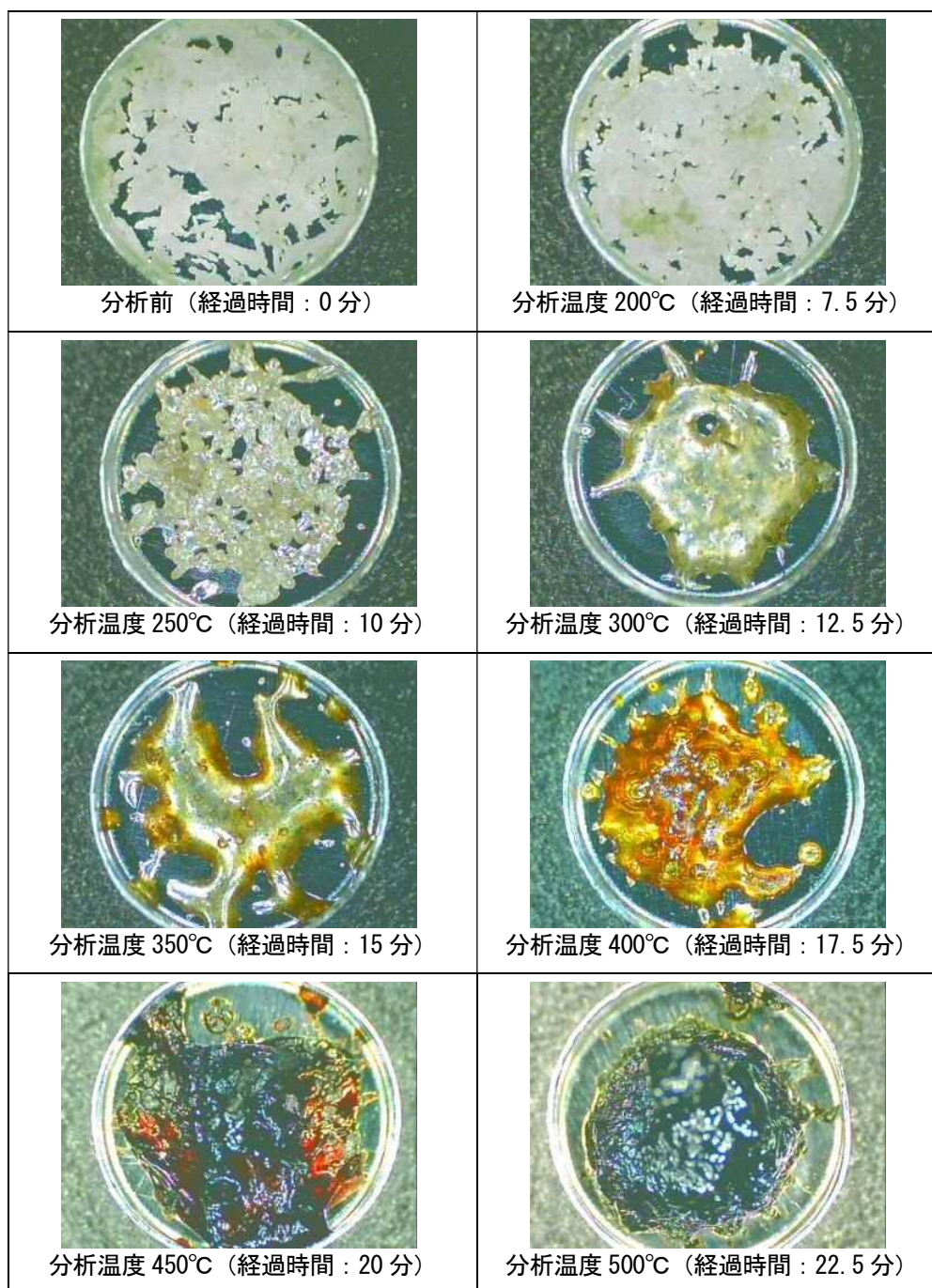
※3 一般に、酸素が存在する雰囲気下では、高分子はそれ以外の物質と比較してはるかに低い温度で酸素と反応が生じる。これを熱酸化分解（劣化）という。

図 18 によると、約 130°C 付近から約 420°C 付近までの間において、空气中及び窒素中のいずれにおいても、示差熱量 (DTA) の緩やかな吸熱反応 (下降) が認められるが、重量 (TGA) の減少は認められない。

その後、空气中においては、約 420°C 付近から示差熱量 (DTA) の発熱反応 (上昇) 及び重量 (TGA) の減少開始がそれぞれ認められ、約 500°C 付近から示差熱量 (DTA) に急激な発熱反応が認められる。

一方、窒素中では、約 450°C 付近から重量 (TGA) の減少開始が認められるが、示差熱量 (DTA) については、空气中で生じたような急激な発熱反応は認められない。

イ 受熱変化の状況



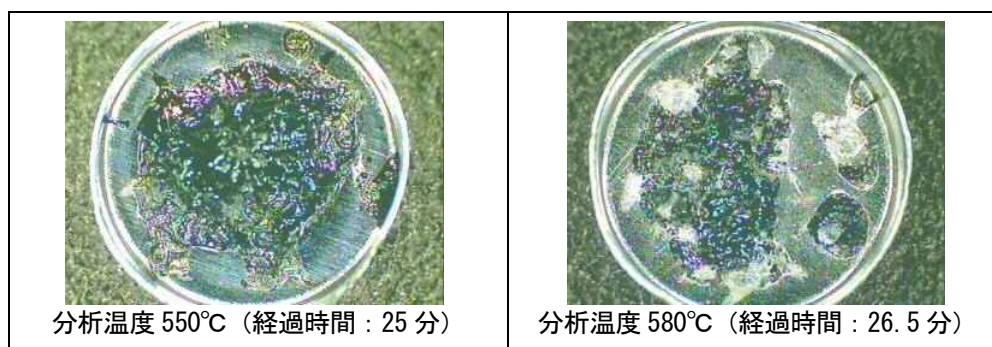


図 19 試料 5 の受熱変化の状況 (空气中・昇温速度 20°C/min)

図 19 によると、分析温度 200°C までは視認上受熱変化は認められないが、分析温度 250°C では試料 5 の変形 (溶融) が初めて認められ、分析温度 300°C において、試料が完全に溶融していることが認められる。

その後、分析温度が 500°C に至るまで、試料 5 の変色が褐色、黒褐色、黒色と推移している様相が認められる。

また、分析温度 550°C 以降、試料 5 が全体的に収縮・消失している様相が認められる。

ウ 考察 (試料 5 の熱特性)

TG-DTA の分析結果 (図 18) 及び受熱変化の状況 (図 19) から推定される試料 5 の熱特性は、以下のとおりと推定される。

はじめに、約 200°C から約 250°C までの間において、試料 5 の溶融が生じると推定される。これは、分析温度約 250°C において視認上試料 5 が溶融している様相が認められるためである。

次に、約 420°C 付近から試料 5 の燃焼と熱分解が生じると推定される。これは、空气中でのみ約 420°C 付近から発熱反応が認められ、その後約 500°C 付近に至ると急激な発熱反応に転じていること、また、窒素中においても約 450°C 付近から重量減少が認められるためである。

(6) 試料 6 (しころ標識)

試料 6 の示差熱量、重量変化及び温度変化を示す TG-DTA グラフを、図 20 に示す。また、TG-DTA による分析時の試料 6 の受熱変化の状況を、図 21 に示す。

ア 分析結果

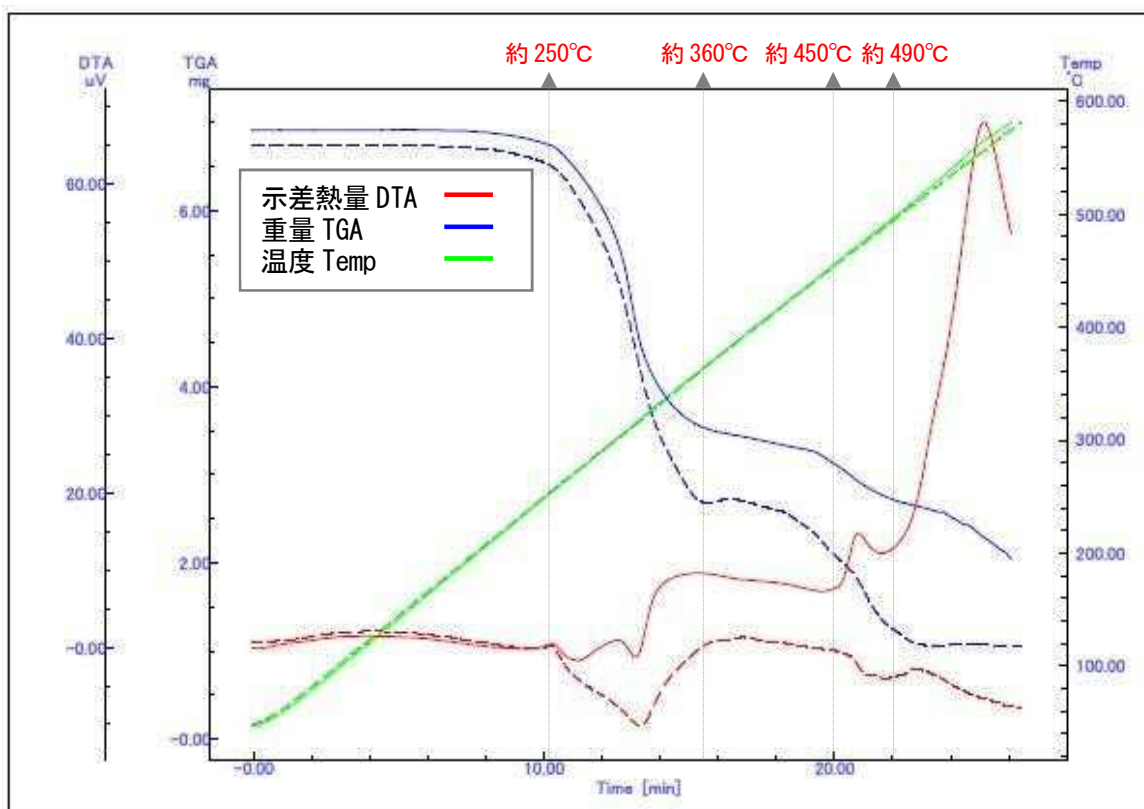


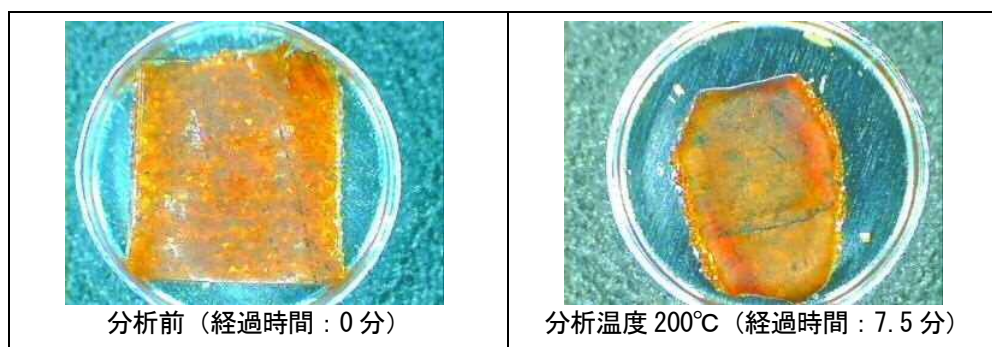
図 20 試料 6 の TG-DTA グラフ (実線 : 空气中、破線 : 窒素中)

図 20 によると、測定開始から約 250°C 付近までは、示差熱量 (DTA) 及び重量 (TGA) に大きな変化は認められない。

その後、約 250°C 付近から約 360°C 付近までの間において、空气中及び窒素中のいずれでも重量 (TGA) の急激な減少が認められる。また、示差熱量 (DTA) については、窒素中では吸熱反応 (下降) を示しているのに対し、空气中では僅かに発熱反応 (上昇) が認められる。

約 360°C 付近以降、重量 (TGA) については、空气中及び窒素中のいずれでも継続的な減少が認められるが、示差熱量 (DTA) については、空气中でのみ約 450°C 付近から発熱反応 (上昇) を示し、約 490°C 付近からは急激な発熱反応が認められる。

イ 受熱変化の状況



分析前 (経過時間 : 0 分)

分析温度 200°C (経過時間 : 7.5 分)

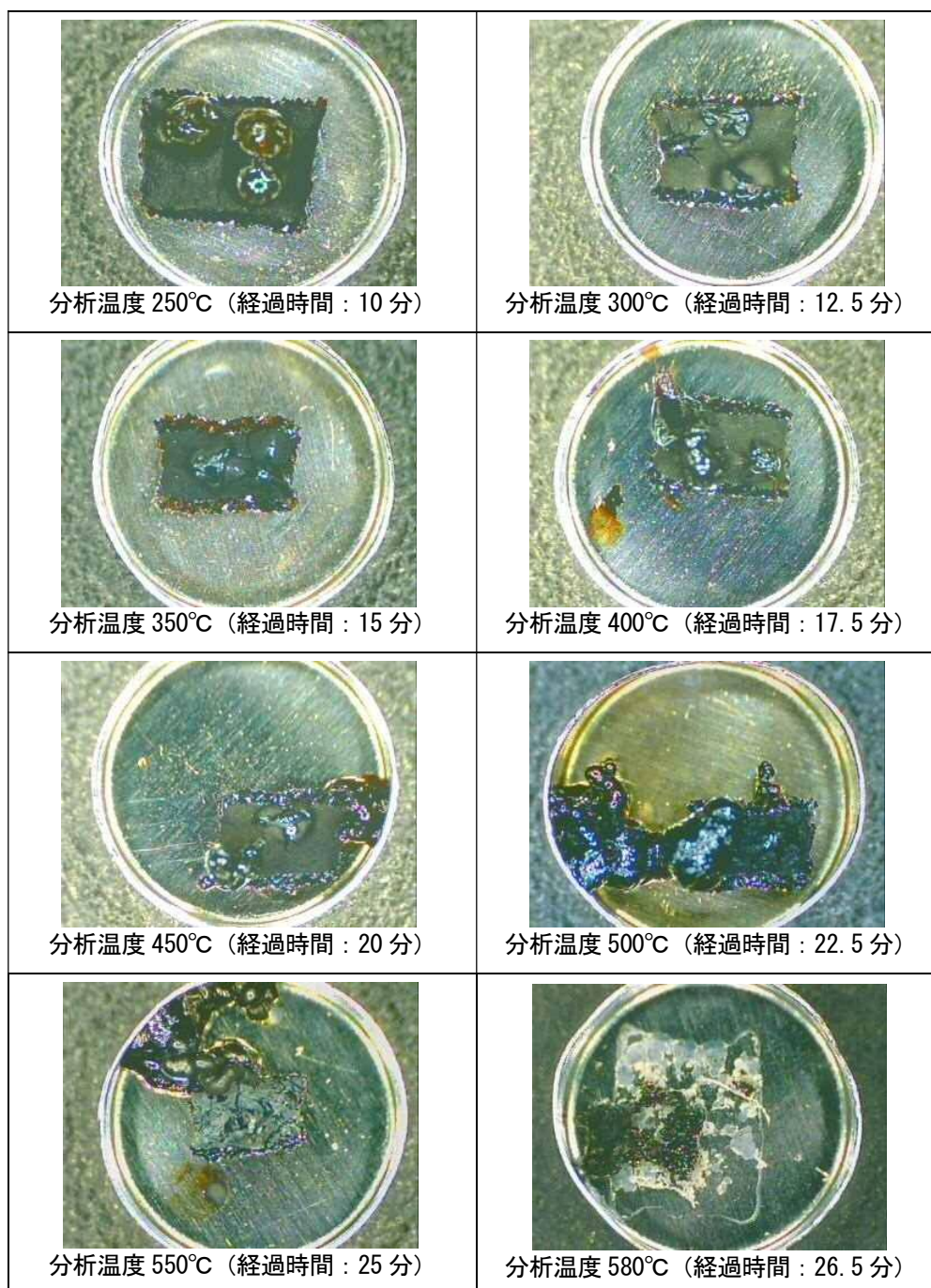


図 21 試料 6 の受熱変化の状況 (空气中・昇温速度 20°C/min)

図 21 によると、分析温度 200°Cにおいて、試料 6 の変形 (収縮) が認められる。

また、分析温度 250°Cにおいて、試料 6 の黒色への変色が認められる。

その後、分析温度が 400°Cに至るまで、試料 6 は形状 (四角) を保ちながら収縮していく様相が認められるが、分析温度 450°Cにおいて形状が崩れている様相が認められる。

さらに、分析温度 550°C以降については、試料 6 が一部消失している様相が認められる。

ウ 考察 (試料 6 の熱特性)

試料 6 に関する TG-DTA の分析結果 (図 20) 及び受熱変化の状況 (図 21) から推定される試料 6 の熱特性は、以下のとおりと推定される。

はじめに、約 200°C よりも低い温度において、試料 6 の変形 (収縮) が生じると推定される。これは、分析温度約 200°C において視認上試料 6 が変形している様相が認められるためである。

次に、約 250°C 付近において、試料 6 の変色が生じると推定される。これは、視認上試料 6 の黒色への変色が認められるとともに、空气中及び窒素中のいずれでも重量減少が認められること、また、空气中でのみ発熱反応が認められることから、熱分解と熱酸化分解が起こったことにより生じた可能性が考えられる。

さらに、約 450°C 付近において、試料 6 の燃焼が生じると推定される。これは、空气中でのみ約 450°C 付近から発熱反応が認められ、その後約 500°C 付近に至ると急激な発熱反応に転じていること、また、分析温度 450°C において視認上試料 6 の形状が崩れ、その後試料 6 の一部消失が認められるためである。

(7) 試料 7 (しころマジックテープ)

試料 7 の示差熱量、重量変化及び温度変化を示す TG-DTA グラフを、図 22 に示す。また、TG-DTA による分析時の試料 7 の受熱変化の状況を、図 23 に示す。

ア 分析結果

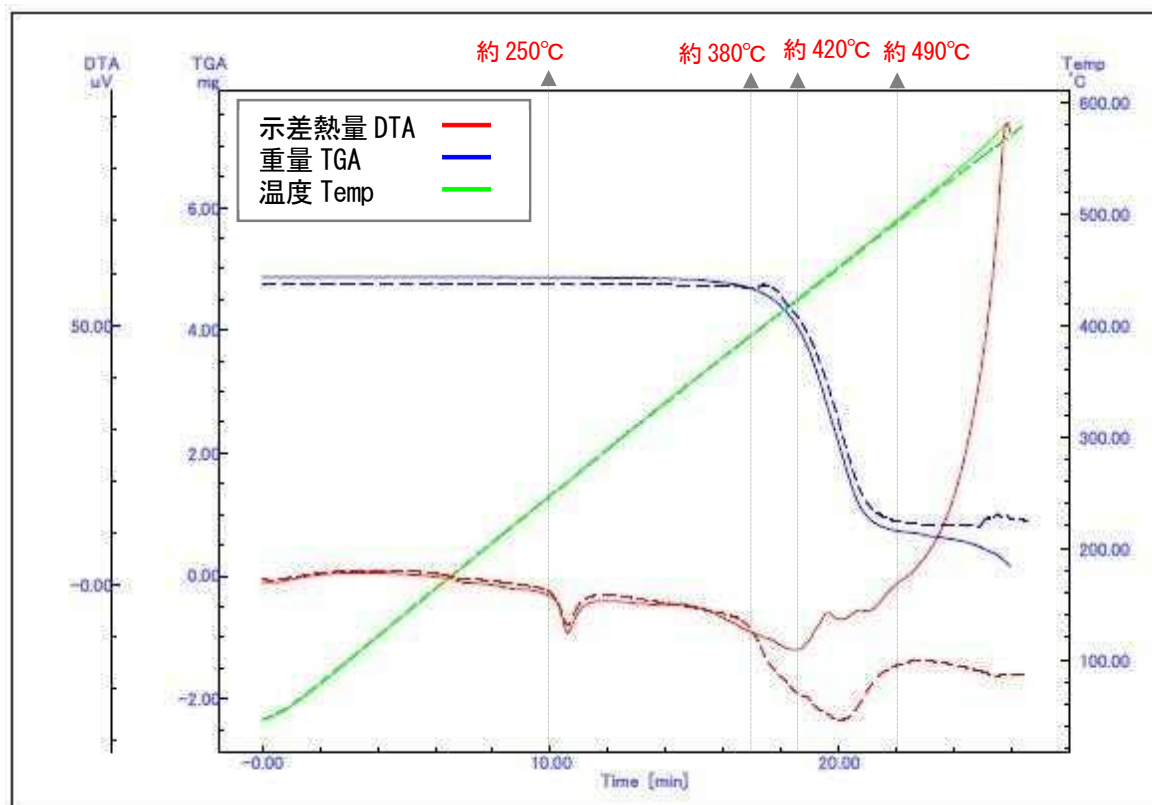


図 22 試料 7 の TG-DTA グラフ (実線 : 空气中、破線 : 窒素中)

図 22 によると、測定開始から約 250°C 付近までは、示差熱量 (DTA) 及び重量 (TGA) に大きな変化は認められない。

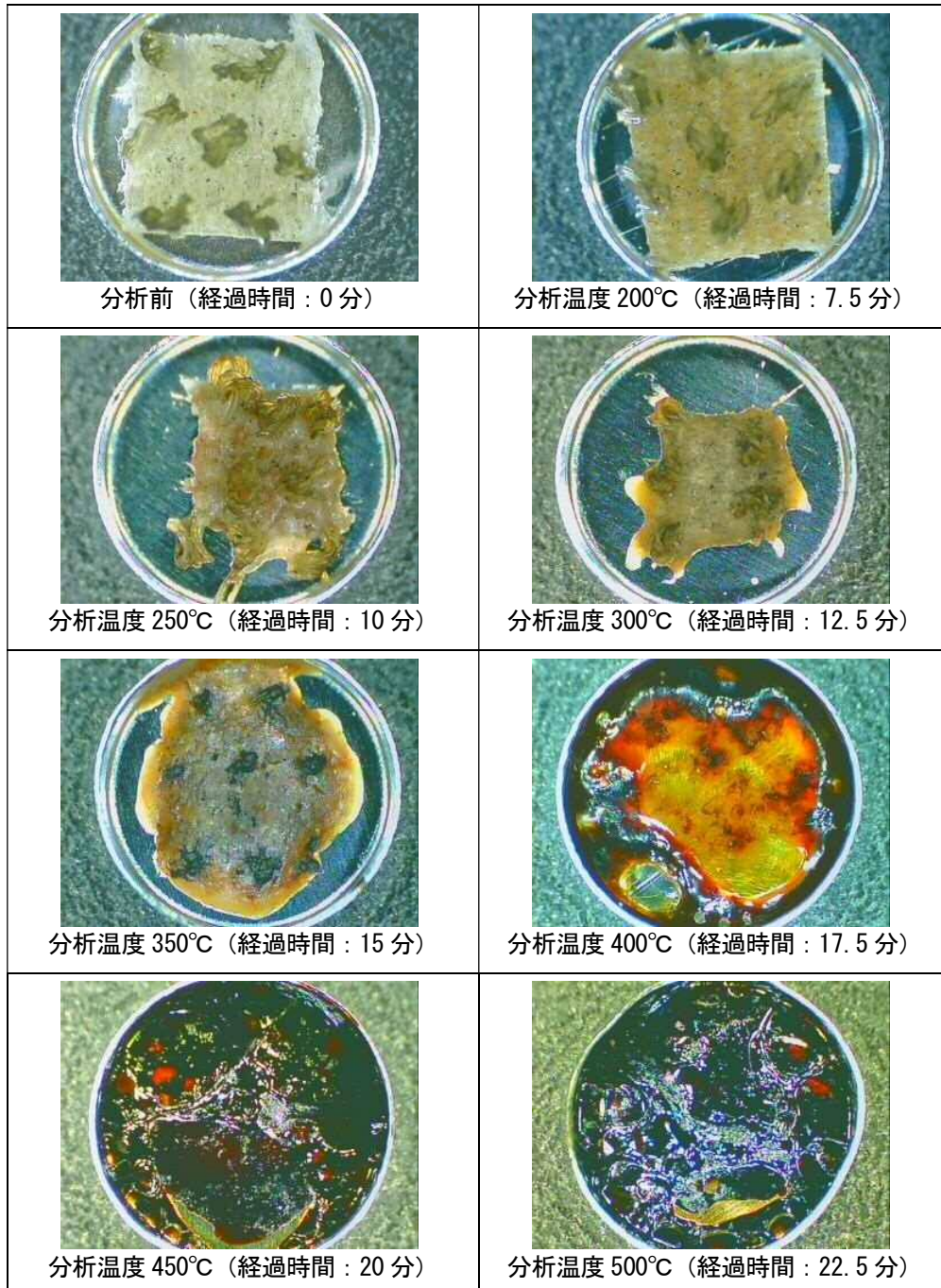
その後、約 250°C 付近から、空气中及び窒素中のいずれにおいても示差熱量 (DTA) に吸熱反応 (下降) のピークが認められる。

また、約 380°C 付近から、空气中及び窒素中のいずれでも重量 (TGA) の急激な減少が認めら

れ、示差熱量 (DTA) については、窒素中ではより大きな吸熱反応 (下降) を示しているのに対し、空気中ではそのような変化が認められない。

さらに、約 420°C 付近から、空気中において示差熱量 (DTA) が発熱反応 (上昇) を示し、約 490°C 付近からは急激な発熱反応が認められる。

イ 受熱変化の状況



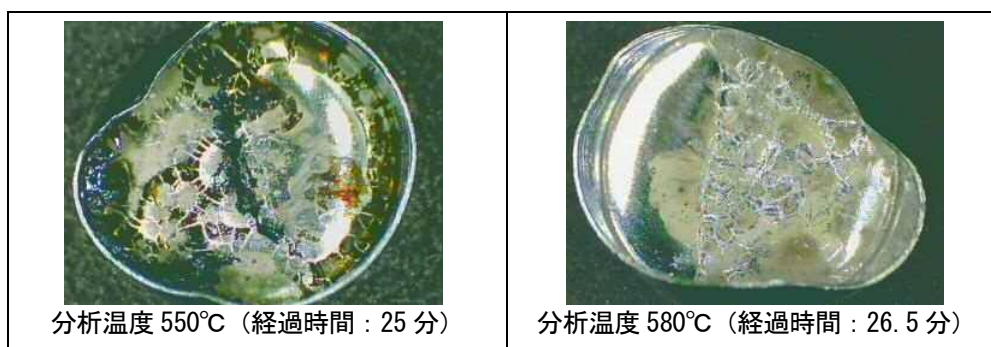


図 23 試料 7 の受熱変化の状況 (空气中・昇温速度 20°C/min)

図 23 によると、分析温度 200°Cにおいて、試料 7 に若干の変色が認められる。
 また、分析温度 250°Cにおいて、試料 7 の変形 (溶融) が初めて認められる。
 その後、分析温度 400°Cにおいて、試料 7 が黒褐色に変色している様相が認められる。
 さらに、分析温度 550°C以降については、試料 7 が一部消失している様相が認められる。

ウ 考察 (試料 7 の熱特性)

TG-DTA の分析結果 (図 22) 及び受熱変化の状況 (図 23) から推定される試料 7 の熱特性は、以下のとおりと推定される。

はじめに、約 200°Cよりも低い温度において、試料 7 の変色が生じると推定される。これは、分析温度約 200°Cにおいて視認上試料 7 が若干変色している様相が認められるためである。

次に、約 250°C付近において、試料 7 の溶融が生じると推定される。これは、約 250°C付近から、空气中及び窒素中のいずれにおいても吸熱反応のピークが認められること、また、分析温度約 250°Cにおいて視認上試料 7 が溶融している様相が認められるためである。

さらに、約 380°C付近から試料 7 の燃焼と熱分解が生じると推定される。これは、空气中でのみ約 420°C付近から発熱反応が認められ、その後約 490°C付近に至ると急激な発熱反応に転じていること、また、窒素中においても約 380°C付近から重量減少が認められるためである。

(8) 試料 8 (面体アイピース)

試料 8 の示差熱量、重量変化及び温度変化を示す TG-DTA グラフを、図 24 に示す。また、TG-DTA による分析時の試料 8 の受熱変化の状況を、図 25 に示す。

ア 分析結果

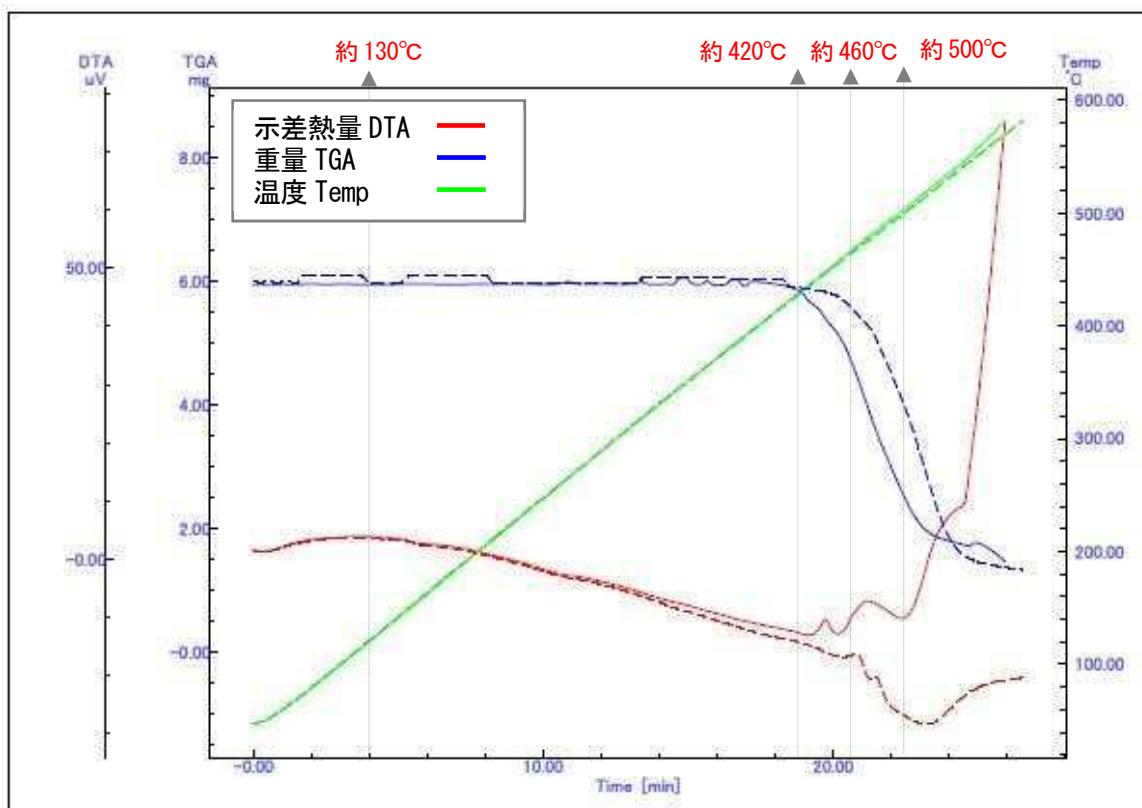


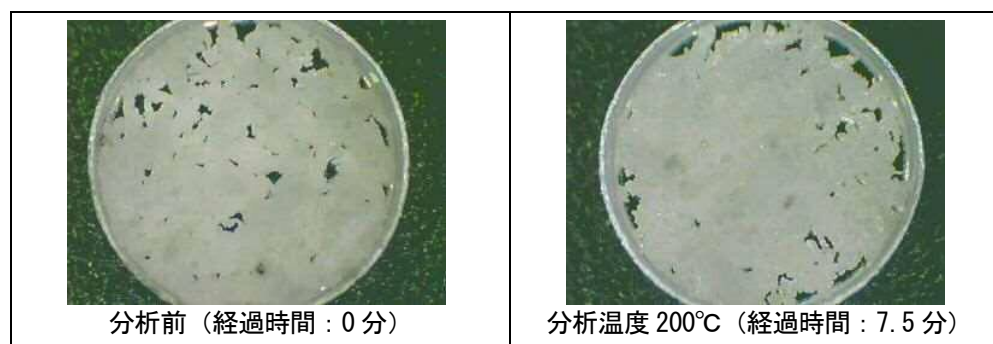
図 24 試料 8 の TG-DTA グラフ (実線 : 空气中、破線 : 窒素中)

図 24 によると、約 130°C 付近から約 420°C 付近までの間において、空气中及び窒素中のいずれにおいても、示差熱量 (DTA) の緩やかな吸熱反応 (下降) が認められるが、重量 (TGA) の減少は認められない。

その後、空气中においては、約 420°C 付近から示差熱量 (DTA) の発熱反応 (上昇) 及び重量 (TGA) の減少開始がそれぞれ認められ、約 500°C 付近から示差熱量 (DTA) に急激な発熱反応が認められる。

一方、窒素中では、約 460°C 付近から重量 (TGA) の減少開始が認められるが、示差熱量 (DTA) については、空气中で生じたような急激な発熱反応は認められない。

イ 受熱変化の状況



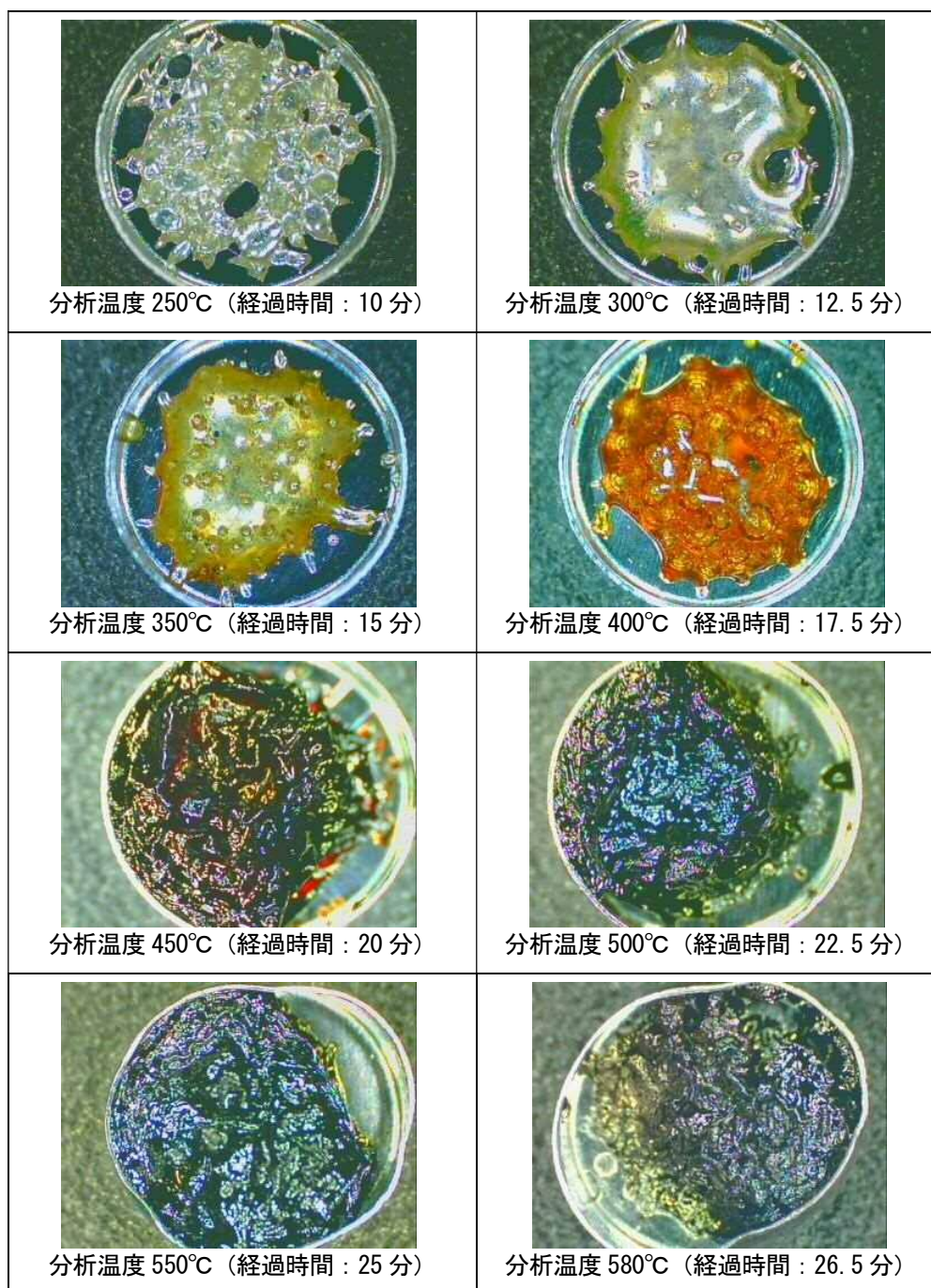


図 25 試料 8 の受熱変化の状況 (空气中・昇温速度 20°C/min)

図 25 によると、分析温度 200°C までは視認上受熱変化は認められないが、分析温度 250°C では試料 8 の変形 (熔融) が初めて認められ、分析温度 300°C において、試料 8 が完全に熔融していることが認められる。

その後、分析温度が 500°C に至るまで、試料 8 の変色が褐色、黒褐色、黒色と推移している様相が認められる。

ウ 考察 (試料 8 の熱特性)

TG-DTA の分析結果 (図 24) 及び受熱変化の状況 (図 25) から推定される試料 8 の熱特性は、以下のとおりと推定される。

はじめに、約 200℃から約 250℃までの間において、試料 8 の溶融が生じると推定される。これは、分析温度約 250℃において視認上試料 8 が溶融している様相が認められるためである。

次に、約 420℃付近から試料 8 の燃焼と熱分解が生じると推定される。これは、空気中でのみ約 420℃付近から発熱反応が認められ、その後約 500℃付近に至ると急激な発熱反応に転じていること、また、窒素中においても約 460℃付近から重量減少が認められるためである。

(9) 試料 9 (空気呼吸器ボンベカバー)

試料 9 の示差熱量、重量変化及び温度変化を示す TG-DTA グラフを、図 26 に示す。また、TG-DTA による分析時の試料 9 の受熱変化の状況を、図 27 に示す。

ア 分析結果

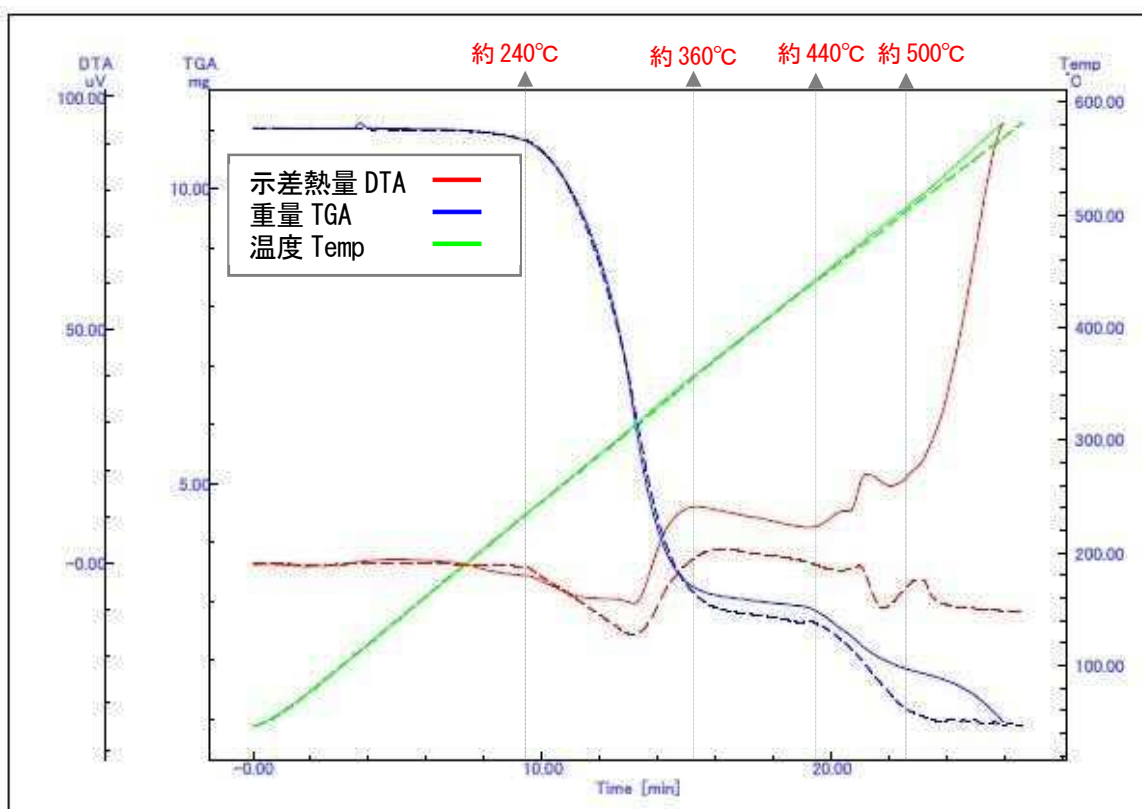


図 26 試料 9 の TG-DTA グラフ (実線 : 空気中、破線 : 窒素中)

図 26 によると、測定開始から約 240℃付近までは、示差熱量 (DTA) 及び重量 (TGA) に大きな変化は認められない。

その後、約 240℃付近から約 360℃付近までの間において、空気中及び窒素中のいずれでも重量 (TGA) の急激な減少が認められる。また、示差熱量 (DTA) については、窒素中では吸熱反応 (下降) を示しているのに対し、空気中ではそのような反応が認められない。

約 360℃付近以降、重量 (TGA) については、空気中及び窒素中のいずれでも継続的な減少が認められるが、示差熱量 (DTA) については、空気中でのみ約 440℃付近から発熱反応 (上昇) を示し、約 500℃付近からは急激な発熱反応が認められる。

イ 受熱変化の状況

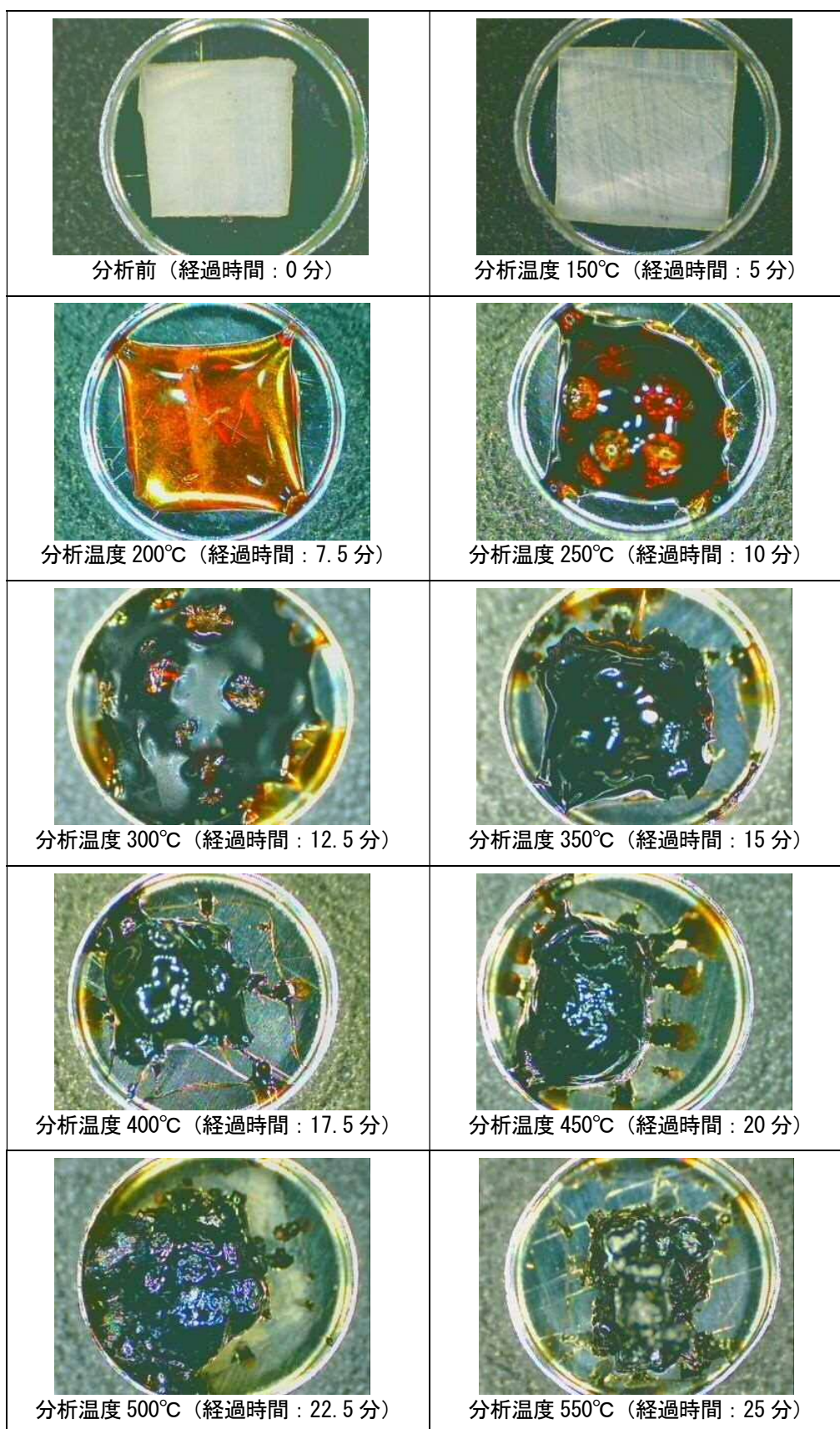


図 26 試料 9 の受熱変化の状況 (空气中・昇温速度 20°C/min)

図 26 によると、分析温度 200℃において、試料 9 の変形（溶融）と褐色への変色が初めて認められる。

その後、分析温度が 300℃に至るまで、試料 9 の変色が黒褐色、黒色と推移している様相が認められる。

ウ 考察（試料 9 の熱特性）

TG-DTA の分析結果（図 25）及び受熱変化の状況（図 26）から推定される試料 9 の熱特性は、以下のとおりと推定される。

はじめに、約 200℃よりも低い温度において、試料 9 の変形（溶融）と変色が生じると推定される。これは、分析温度約 200℃において視認上試料 9 が変形及び変色している様相が認められるためである。

次に、約 240℃付近において、試料 9 の溶融と変色がさらに促進されると推定される。これは、視認上試料 9 の黒色への変色が濃くなっている様相が認められるとともに、空气中及び窒素中のいずれでも急激な重量減少が認められること、また、窒素中で認められる吸熱反応が空气中では認められないことから、熱分解と熱酸化分解が起こったことにより生じた可能性が考えられる。

さらに、約 440℃付近において、試料 9 の燃焼が生じると推定される。これは、空气中でのみ約 440℃付近から発熱反応が認められ、その後約 500℃付近に至ると急激な発熱反応に転じているためである。

6 結論・まとめ

今回、防火衣や防火帽、しころなどの個人装備品について、受熱による変形や溶融がどのくらいの温度で生じるのかを把握することを目的として、TG-DTA により防火衣その他の個人装備品の熱分析を実施し、おおよその熱特性（変形・溶融・燃焼等の開始温度）を推定した。本分析により得られた各試料の熱特性をまとめたものを、表 2 に示す。本分析結果により、個人装備品に何らかの熱的損傷が見られた場合、今回の分析結果から得られた個人装備品の熱特性から、炎上建物内部や訓練施設内部の概ねの環境温度を推定することが可能となると考えられる。

なお、今回は、TG-DTA による熱分析では一般的な昇温速度である毎分 20℃に設定したが、昇温速度が異なれば試料の受熱状況も変わるため、今回の推定温度は、概ねの目安として取り扱う必要がある。

また、実際の火災現場等においては、今回の分析のような低温環境下（50℃）から徐々に温度が上昇し、高温環境に至るような場面は考えにくい。むしろ、内部進入時には常温環境から 100～300℃程度の高温環境に一気に温度変化することが通常である。従って、常温環境から高温の一定環境下に防火衣その他の個人装備品をさらした場合、どの程度の時間で変質・変形等が生じるのかについても、目安として把握していく必要があると考えられる。これらの分析については、次年度以降、保有機器を活用し可能な範囲で実測することとしたい。

表2 本分析から得られた個人装備品の熱特性一覧

個人装備品	各部位	変形・熔融・燃焼等の開始温度（推定温度）
防火衣	①アルミ蒸着部（銀）	250℃ 変質（表面アルミ部分の光沢消失） 290℃ 変形（表面アルミ部分の収縮） 440℃ 燃焼（下地）
	②背部（紺）	490℃ 燃焼
	③反射テープ	300℃ 変色（表面反射材の熱分解） 390℃ 変形（下地の熱分解） 470℃ 燃焼
防火帽	④帽体	260℃ 変質（熱分解・熱酸化分解） 420℃ 燃焼
	⑤フェイスシールド	200～250℃ 熔融 420℃ 燃焼・熱分解
しころ	※アルミ蒸着（銀）	※①参照
	⑥しころ標識	～200℃ 変形（収縮） 250℃ 変色（熱分解・熱酸化分解） 450℃ 燃焼
	⑦マジックテープ	～200℃ 変色 250℃ 熔融 380℃ 燃焼・熱分解
面体	⑧アイピース	～200℃ 変形（収縮） 250℃ 変色（熱分解・熱酸化分解） 450℃ 燃焼
空気呼吸器	⑨ボンベカバー	～200℃ 熔融・変色 250℃ 熔融・変色（熱分解・熱酸化分解） 440℃ 燃焼

7 参考文献

- ・消防教科書「消防理化学・実験」 一般財団法人全国消防協会（2012） p115-p118
- ・「高分子の熱分解特性」 高分子 第46巻 6月号（1997） p394-p397

夏期における救急隊員の労働負荷軽減に係る検証について

札幌市消防局消防科学研究所 的 場 敦 史
札幌市消防局警防部救急課 安 部 裕 介
大 山 純 弥

1 背景及び目的

当局では、救急隊員は消防吏員服制基準（平成13年消防庁告示第10号）に基づく盛夏救急服（長袖のもの。以下「長袖救急衣」という。）を、通年で着用している。また、救急業務実施基準（昭和39年自消甲教第6号）では、救急帽での救急活動を基本としており、安全を確保するため必要がある場合に保安帽を着用するよう示されているが、当局ではすべての救急出動において保安帽を着用した救急活動を行っている。

しかし、近年、他都市と同様に、本市においても夏期の気温上昇が著しいこと、また、それに伴う救急出動が増加していることなどから、夏期における救急隊員の労働負荷の増大が懸念される状況となっている。他都市においては、夏期における救急隊員の労働負荷軽減に向け、各地域の実情に合わせた様々な取組が実施されているが、近年の状況を踏まえると、当局においても他都市を参考としながら多角的に検討する必要があるところである。

このことから、夏期における救急隊員の労働負荷軽減に向けた検討事項のひとつとして、新たな被服の着用及び保安帽の脱帽による体温等の温度変化を記録し、暑さ対策としての有効性について検証することとした。

なお、本件は、当局警防部救急課からの依頼を受け、実施したものである。

2 検証項目

(1) 救急衣に関すること

現在貸与されている長袖救急衣及び中衣（半袖Tシャツ）並びに今回新たに導入を検討している被服（半袖襟付きTシャツ。以下「検証用被服」という。）について、単独又は組み合わせて着用した状態で救急活動に準じた活動を実施し、当該活動前後における体温等の温度測定・比較を行う。



図1 検証用被服（前面）



図2 検証用被服（背面）

(2) 保安帽に関すること

現在貸与されている保安帽又は業務帽をそれぞれ着用した状態で、救急活動に準じた活動を実施し、当該活動前後における体温等の温度測定・比較を行う。

3 検証日時・場所等

(1) 日時

令和2年8月12日(水) 11時00分～13時30分

(2) 場所

札幌市消防学校(屋外訓練場・理化学実験室)

(3) 天候・気温等

ア 屋外訓練場(以下「屋外」という。)

晴れ、気温 32.0℃(実測)、相対湿度 41%(実測)、平均風速 1m/s(実測)

イ 理化学実験室(以下「室内」という。)

室温 21.1℃(実測)、相対湿度 54%(実測)

4 検証方法

(1) 被験者の活動概要

ア 屋外

車内収容前の救急活動時を想定し、屋外訓練場周辺において、被験者である警防部救急課職員4名がそれぞれ約10分間の歩行を行った。

イ 室内

上記アによる歩行後、車内収容後の救急活動や活動終了後の帰署途上を想定し、冷房使用中の室内において、被験者4名がそれぞれ約5分間着座にて安静した。



図3 被験者の活動状況(屋外)



図4 被験者の活動状況(室内)

(2) 被験者の服装等

被験者は、表1中A～Dの服装及び装備(以下「服装等」という。)をそれぞれ着装し、前4(1)に示す活動を合計4回実施した。

なお、A～Dの服装等については、依頼元である警防部救急課からの依頼に基づき決定した。

表1 本検証における活動概要及び着用した服装等

4(1) 活動概要	ア 屋外	イ 室内	備考
A (現行)	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	室内では感染防止衣を離脱
B (中衣のみ)	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	救急上衣は着ないが、室内でも感染防止衣着装
C (検証用被服)	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	室内では感染防止衣を離脱
D (業務帽)	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	室内では感染防止衣と保安帽を離脱、業務帽着用

(3) 体温等の測定

表1中A～Dに示す各服装等による活動前後の体温等の温度変化を比較するため、電子体温計(テルモ株式会社製:C502)による腋下体温測定、熱電対(株式会社チノー製:K型シース熱電対φ1.6mm)及びデータロガー(グラフテック株式会社製:GL820)による服装等の内側の空間温度測定、熱画像直視装置(FLIR株式会社製:CPA-T540W)による体表面の熱画像撮影を実施した。

各測定は、4(1)アによる歩行開始前、4(1)アによる歩行終了後、4(1)イによる安静後の合計3回実施した。



図5 電子体温計



図6 腋下体温測定状況

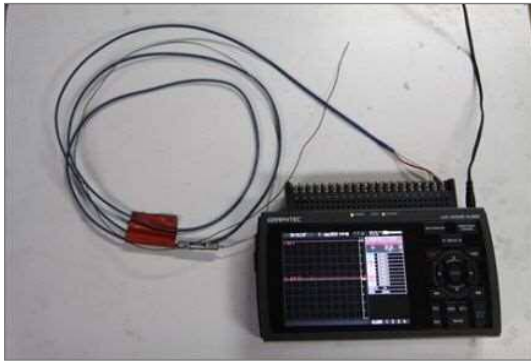


図7 熱電対及びデータロガー



図8 服装等の空間温度測定状況



図9 熱画像直視装置



図10 熱画像撮影状況

5 測定結果・考察

(1) 救急衣に関すること

救急衣に関する検証については、表1に示す服装等A（現行）、服装等B（中衣のみ）及び服装等C（検証用被服）の3種類の服装等における測定結果を使用した。

また、測定結果は、腋下体温、空間温度及び熱画像の3項目を使用し、各服装等における歩行開始前、歩行終了後及び安静後の測定結果について比較及び考察を実施することとした。

ア 腋下体温の測定結果

腋下体温の測定結果を、表2に示す。

なお、各体温は被験者4名の平均値、表2中かっこ内は前測定との温度差を示す。

表2 腋下体温の測定結果

服装等 \ 測定	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A（現行）	36.1℃	36.8℃ (+0.7℃)	36.7℃ (-0.1℃)
B（中衣のみ）	36.3℃	36.8℃ (+0.5℃)	36.6℃ (-0.2℃)
C（検証用被服）	36.4℃	36.8℃ (+0.4℃)	36.6℃ (-0.2℃)

イ 空間温度の測定結果

空間温度の測定結果を、表 3 に示す。

なお、各温度は被験者 4 名がそれぞれ記録した最高温度の平均値、表 3 中かっこ内は前測定との温度差を示す。また、温度の測定部位は、中衣及び検証用被服の内側（胸部付近）である。

表 3 空間温度の測定結果

服装等	測定	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A (現行)		29.4℃	32.4℃ (+3.0℃)	30.1℃ (-2.3℃)
B (中衣のみ)		30.4℃	31.4℃ (+1.0℃)	30.7℃ (-0.7℃)
C (検証用被服)		29.5℃	30.3℃ (+0.8℃)	28.8℃ (-1.5℃)

ウ 熱画像の撮影結果

熱画像の撮影結果を、図 11 に示す。

なお、図 11 中の熱画像は、同一被験者の熱画像を示す。また、他の被験者の熱画像については別紙 1 を参照されたい。

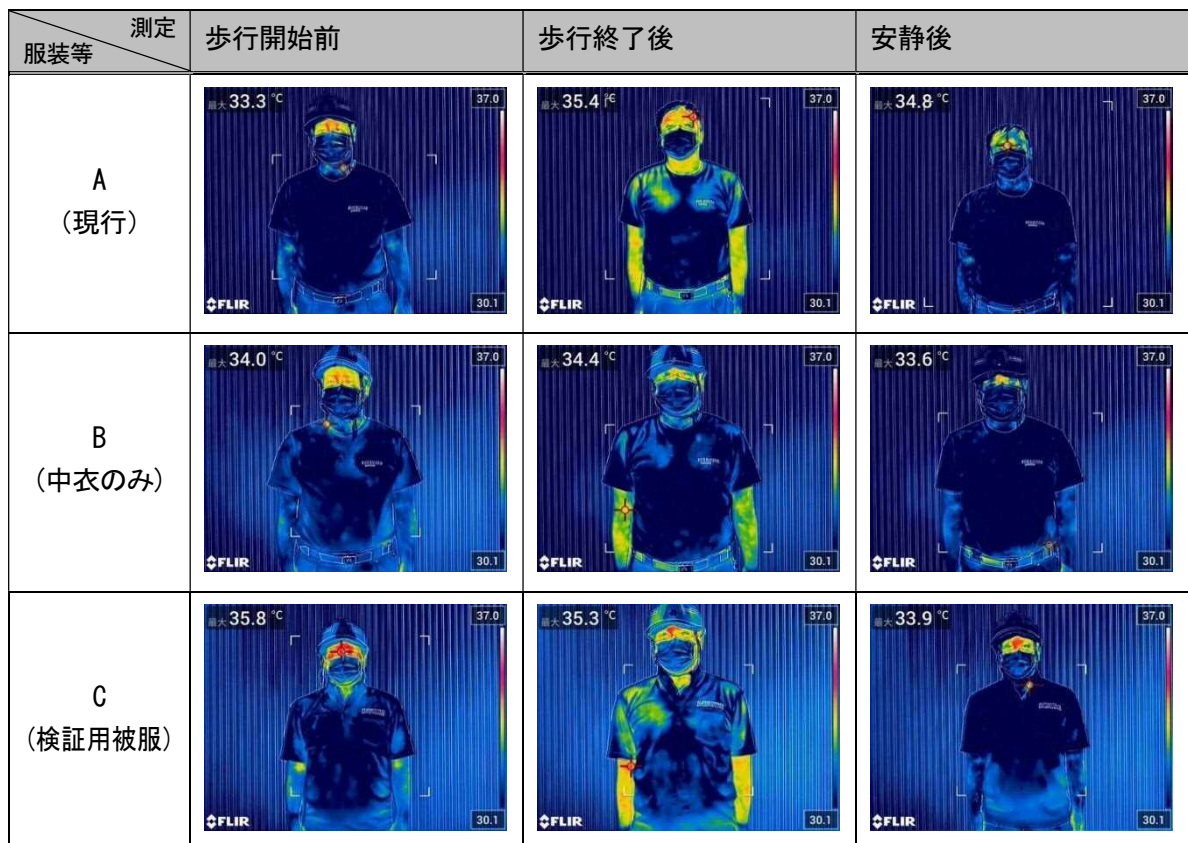


図 11 熱画像の撮影結果

エ 考察

(7) 歩行開始前と歩行終了後の温度比較（蓄熱効果）

腋下体温の測定結果（表 2）によると、歩行前後で体温上昇が最も大きかったものは服装等 A（現行）で、 $+0.7^{\circ}\text{C}$ であった。服装等 B（中衣のみ）、服装等 C（検証用被服）の歩行前後の体温上昇は、それぞれ $+0.5^{\circ}\text{C}$ 、 $+0.4^{\circ}\text{C}$ であり、服装等 B のほうが体温上昇は大きいものの明確な差は認められなかった。

また、空間温度の測定結果（表 3）によると、歩行前後で温度上昇が最も大きかったものは服装等 A で、 $+3.0^{\circ}\text{C}$ であった。服装等 B、服装等 C の歩行前後の体温上昇は、それぞれ $+1.0^{\circ}\text{C}$ 、 $+0.8^{\circ}\text{C}$ であり、腋下体温と同様に明確な差は認められなかった。また、歩行終了後に空間温度が最も高かったものも服装等 A で、 32.4°C であった。

これらの結果は、服装等 B 及び服装等 C と比較して、服装等 A が長袖救急衣 1 枚分多く着用しており、より蓄熱しやすい状況であったことが要因として考えられる。

以上のことから、蓄熱効果については、服装等 A が最も高いと考えられる。また、服装等 B 及び服装等 C については、ほぼ同等の蓄熱効果を有すると考えられる。

なお、熱画像（図 12）については、すべての服装等において歩行終了後に温度上昇が認められたが、各服装等の間で明確な差は認められなかった。

(4) 歩行終了後と安静後の温度比較（放熱効果）

腋下体温の測定結果（表 2）によると、安静前後における体温降下は服装等 A（現行）が -0.1°C 、服装等 B（中衣のみ）が -0.2°C 、服装等 C（検証用被服）が -0.2°C であり、明確な差は認められなかった。これは、安静時間が短く身体内部が冷却されるに至らなかったことが要因として考えられる。

一方、空間温度の測定結果（表 3）によると、安静前後で温度降下が最も大きかったものは服装等 A で -2.3°C 、次に温度降下が大きかったものは服装等 C で -1.5°C 、温度降下が最も小さかったものは服装等 B で -0.7°C であった。服装等 B の温度降下が小さい要因としては、安静前後で服装等の離脱が唯一なかったためと考えられる。また、服装等 C よりも長袖救急衣 1 枚分多く着用している服装等 A のほうが温度降下が大きくなった要因としては、服装等 A のほうが歩行による蓄熱量が大きかった分、放熱量も大きくなったためと考えられる。前提条件（蓄熱量）が異なることから、服装等 A と服装等 C の放熱効果の高低については、これらの結果からは判断することができないと考えられる。

以上のことから、放熱効果については、服装等 B が最も低いと考えられる。また、服装等 A 及び服装等 C の放熱効果の高低は、これらの結果からは判断不能であると考えられる。

なお、熱画像（図 11）については、すべての服装等において安静後に温度降下が認められたが、各服装等の間で明確な差は認められなかった。

(5) 暑さ対策としての有効性

救急衣に関する検証では、暑さ対策としての有効性の判断基準は、第一に蓄熱効果が低いものであることとした。これは、体温等の温度上昇を抑え、それに伴う体温等の温度変動を小さくするほうが熱疲労等の暑さによる労働負荷が少ないと考えられるためである。第二の判断基準は、放熱効果が高いものであることとした。これは、蓄熱効果が同等である場合、

より早く放熱するほうが暑さによる労働負荷は少ないと考えられるためである。

服装等 A（現行）については、放熱効果が高いものの、蓄熱効果が他と比較して最も高いという結果となった。このことは、活動時に体温が上昇しやすいこと及び活動前後において体温等の温度変動が大きくなることを示していることから、暑さによる労働負荷が最も大きいと考えられる。

服装等 B（中衣のみ）と服装等 C（検証用被服）については、服装等 A よりも蓄熱効果が低いことから、服装等 B 及び服装等 C は、服装等 A よりも暑さによる労働負荷が軽減されると考えられる。また、服装等 B と服装等 C では蓄熱効果は同等であるが、放熱効果は服装等 C のほうが高いことから、服装等 C のほうが服装等 B よりも暑さによる労働負荷が軽減されると考えられる。

以上のことから、服装等 C（検証用被服）、服装等 B（中衣のみ）、服装等 A（現行）の順に、暑さ対策としての有効性は高いと考えられる。

(2) 保安帽に関すること

保安帽に関する検証については、表 1 に示す服装等 A（現行）及び服装等 D（業務帽）の 2 種類の服装等における測定結果を使用した。

また、測定結果は、空間温度及び熱画像の 2 項目を使用し、各服装等における歩行終了後及び安静後の測定結果について比較及び考察を実施することとした。

ア 空間温度の測定結果

空間温度の測定結果を、表 4 に示す。

なお、各温度は被験者 4 名がそれぞれ記録した最高温度の平均値、表 4 中かつこ内は前測定との温度差を示す。また、温度の測定部位は、保安帽又は業務帽の内側（頭頂部付近）である。

表 4 空間温度の測定結果

服装等	測定	歩行終了後	安静後
A（現行）		34.2℃	32.2℃ (-2.0℃)
D（業務帽）		34.5℃	29.1℃ (-5.4℃)

イ 熱画像の撮影結果

熱画像の撮影結果を、図 12 に示す。

なお、図 12 中の熱画像は、同一被験者の熱画像を示す。また、他の被験者の熱画像については別紙 2 を参照されたい。

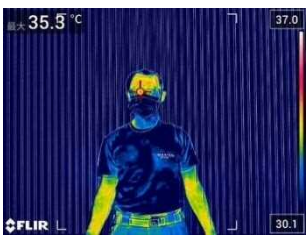
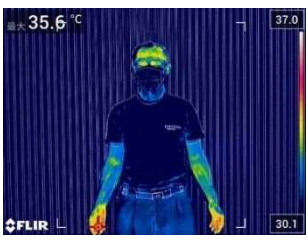
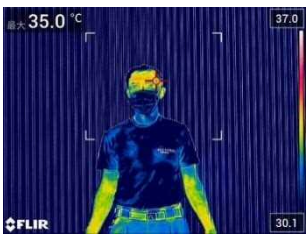

測定 服装等	歩行終了後	安静後
A (現行)		
D (業務帽)		

図 12 熱画像の撮影結果

ウ 考察

(ア) 歩行終了後と安静後の空間温度比較

空間温度の測定結果（表 4）によると、安静前後での温度降下は、服装等 D（業務帽）が -5.4°C 、服装等 A（現行）が -2.0°C であった。服装等 D のほうが温度降下が大きくなった要因としては、業務帽を着用することで保安帽よりも放熱が促進されたためと考えられる。

(イ) 歩行終了後と安静後の熱画像比較

歩行終了後の頭部付近の熱画像（図 12）については、服装等 A（現行）及び服装等 D（業務帽）は、いずれもほぼ同様の高温域の色調（赤色～黄色）であることが確認できる。

一方、安静後の頭部付近の熱画像に着目すると、服装等 A では高温域の色調（主に黄色）の部分が多く見られるのに対し、服装等 D では低温域の色調（主に青色）の部分が多く見られる。このことは、服装等 D では、安静後における頭部付近の表面温度が、服装等 A よりも低下したことを示している。

(ウ) 放熱効果及び暑さ対策としての有効性

保安帽に関する検証では、暑さ対策としての有効性の判断基準は、放熱効果が高いものであることとした。これは、より早く放熱するほうが暑さによる労働負荷は少ないと考えられるためである。

安静前後における空間温度比較結果及び熱画像比較結果によると、服装等 D（業務帽）のほうが服装等 A（現行）よりも温度降下が大きかった。このことから、放熱効果については、服装等 D のほうが服装等 A よりも高く、暑さによる労働負荷は軽減されると考えられる。

以上のことから、服装等 D は、服装等 A よりも暑さ対策としての有効性が高いと考えられる。

6 まとめ

(1) 救急衣に関すること



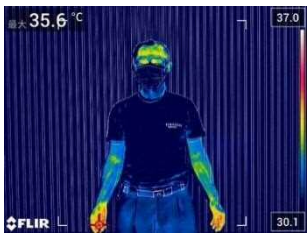






検証用被服を着用した活動（服装等 C）、中衣を着用した活動（服装等 B）、救急衣上衣を着用した現状の活動（服装等 A）の順に、暑さ対策としての有効性は高いと考えられる。

(2) 保安帽に関すること

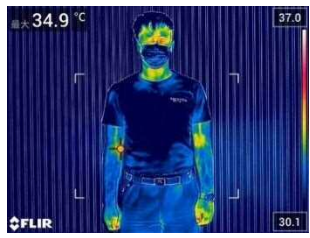
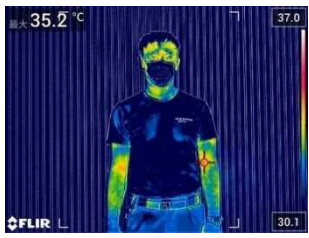
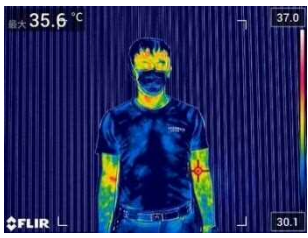
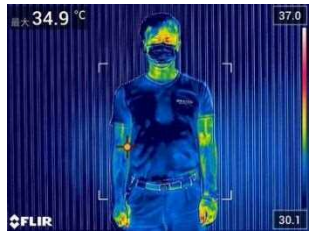
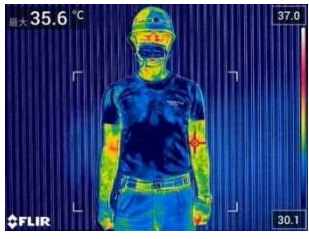
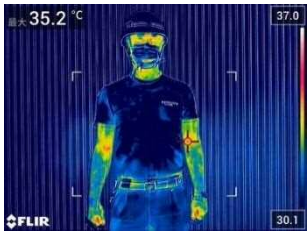
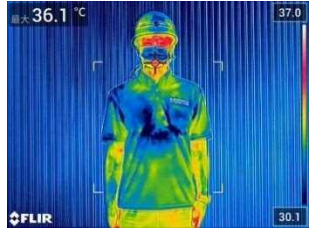
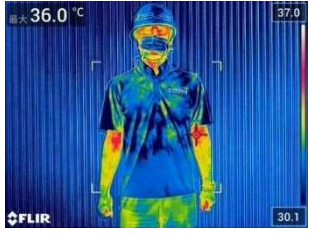

保安帽の途中離脱及び業務帽の着用（服装等 D）が、常時保安帽着用（服装等 A）よりも暑さ対策としての有効性が高いと考えられる。

各被験者の熱画像（5(1) 救急衣関連）


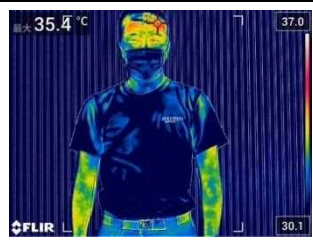







1 被験者 W

測定 服装等	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A (現行)			
B (中衣のみ)			
C (検証用被服)			










2 被験者 X

測定 服装等	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A (現行)			
B (中衣のみ)			
C (検証用被服)			

3 被験者 Y

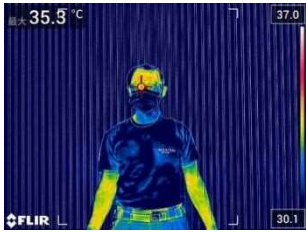
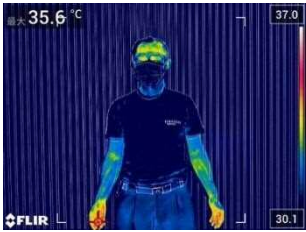
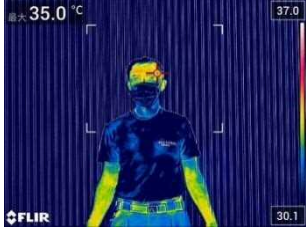

測定 服装等	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A (現行)			
B (中衣のみ)			
C (検証用被服)			

4 被験者 Z (※再掲)

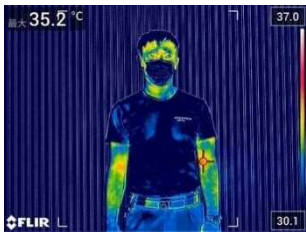
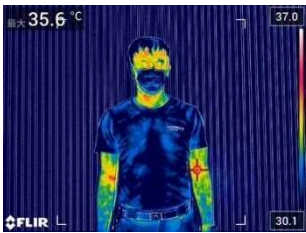
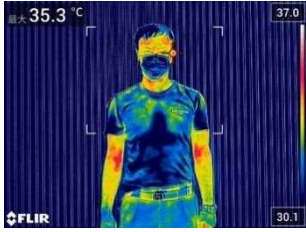
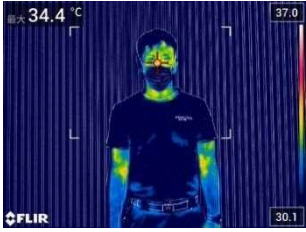
測定 服装等	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A (現行)			
B (中衣のみ)			
C (検証用被服)			

各被験者の熱画像（5(2) 保安帽関連）

1 被験者 W（※再掲）

測定 服装等	歩行終了後	安静後
A (現行)		
D (業務帽)		

2 被験者 Y

測定 服装等	歩行終了後	安静後
A (現行)		
D (業務帽)		

3 被験者 Y

測定 服装等	歩行終了後	安静後
A (現行)		
D (業務帽)		

4 被験者 Z

測定 服装等	歩行終了後	安静後
A (現行)		
D (業務帽)		

夏期における救急隊員の労働負荷軽減に係る検証について

札幌市消防局消防科学研究所 的 場 敦 史
札幌市消防局警防部救急課 安 部 裕 介
大 山 純 弥

1 背景及び目的

当局では、救急隊員は消防吏員服制基準（平成13年消防庁告示第10号）に基づく盛夏救急服（長袖のもの。以下「長袖救急衣」という。）を、通年で着用している。また、救急業務実施基準（昭和39年自消甲教第6号）では、救急帽での救急活動を基本としており、安全を確保するため必要がある場合に保安帽を着用するよう示されているが、当局ではすべての救急出動において保安帽を着用した救急活動を行っている。

しかし、近年、他都市と同様に、本市においても夏期の気温上昇が著しいこと、また、それに伴う救急出動が増加していることなどから、夏期における救急隊員の労働負荷の増大が懸念される状況となっている。他都市においては、夏期における救急隊員の労働負荷軽減に向け、各地域の実情に合わせた様々な取組が実施されているが、近年の状況を踏まえると、当局においても他都市を参考としながら多角的に検討する必要があるところである。

このことから、夏期における救急隊員の労働負荷軽減に向けた検討事項のひとつとして、新たな被服の着用及び保安帽の脱帽による体温等の温度変化を記録し、暑さ対策としての有効性について検証することとした。

なお、本件は、当局警防部救急課からの依頼を受け、実施したものである。

2 検証項目

(1) 救急衣に関すること

現在貸与されている長袖救急衣及び中衣（半袖Tシャツ）並びに今回新たに導入を検討している被服（半袖襟付きTシャツ。以下「検証用被服」という。）について、単独又は組み合わせて着用した状態で救急活動に準じた活動を実施し、当該活動前後における体温等の温度測定・比較を行う。



図1 検証用被服（前面）



図2 検証用被服（背面）

(2) 保安帽に関すること

現在貸与されている保安帽又は業務帽をそれぞれ着用した状態で、救急活動に準じた活動を実施し、当該活動前後における体温等の温度測定・比較を行う。

3 検証日時・場所等

(1) 日時

令和2年8月12日（水） 11時00分～13時30分

(2) 場所

札幌市消防学校（屋外訓練場・理化学実験室）

(3) 天候・気温等

ア 屋外訓練場（以下「屋外」という。）

晴れ、気温 32.0℃（実測）、相対湿度 41%（実測）、平均風速 1m/s（実測）

イ 理化学実験室（以下「室内」という。）

室温 21.1℃（実測）、相対湿度 54%（実測）

4 検証方法

(1) 被験者の活動概要

ア 屋外

車内収容前の救急活動時を想定し、屋外訓練場周辺において、被験者である警防部救急課職員4名がそれぞれ約10分間の歩行を行った。

イ 室内

上記アによる歩行後、車内収容後の救急活動や活動終了後の帰署途上を想定し、冷房使用中の室内において、被験者4名がそれぞれ約5分間着座にて安静した。



図3 被験者の活動状況（屋外）



図4 被験者の活動状況（室内）

(2) 被験者の服装等

被験者は、表1中A～Dの服装及び装備（以下「服装等」という。）をそれぞれ着装し、前4(1)に示す活動を合計4回実施した。

なお、A～Dの服装等については、依頼元である警防部救急課からの依頼に基づき決定した。

表 1 本検証における活動概要及び着用した服装等

4(1) 活動概要	ア 屋外	イ 室内	備考
A (現行)	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	室内では感染防止衣を離脱
B (中衣のみ)	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	救急上衣は着ないが、室内でも感染防止衣着装
C (検証用被服)	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	室内では感染防止衣を離脱
D (業務帽)	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	救急上衣・中衣・検証用被服 感染防止衣・保安帽・業務帽	室内では感染防止衣と保安帽を離脱、業務帽着用

(3) 体温等の測定

表 1 中 A～D に示す各服装等による活動前後の体温等の温度変化を比較するため、電子体温計（テルモ株式会社製：C502）による腋下体温測定、熱電対（株式会社チノー製：K 型シース熱電対 φ1.6mm）及びデータロガー（グラフテック株式会社製：GL820）による服装等の内側の空間温度測定、熱画像直視装置（FLIR 株式会社製：CPA-T540W）による体表面の熱画像撮影を実施した。

各測定は、4(1)アによる歩行開始前、4(1)アによる歩行終了後、4(1)イによる安静後の合計 3 回実施した。



図 5 電子体温計



図 6 腋下体温測定状況

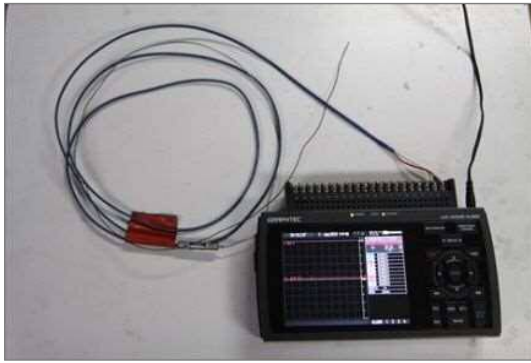


図7 熱電対及びデータロガー



図8 服装等の空間温度測定状況



図9 熱画像直視装置



図10 熱画像撮影状況

5 測定結果・考察

(1) 救急衣に関すること

救急衣に関する検証については、表1に示す服装等A（現行）、服装等B（中衣のみ）及び服装等C（検証用被服）の3種類の服装等における測定結果を使用した。

また、測定結果は、腋下体温、空間温度及び熱画像の3項目を使用し、各服装等における歩行開始前、歩行終了後及び安静後の測定結果について比較及び考察を実施することとした。

ア 腋下体温の測定結果

腋下体温の測定結果を、表2に示す。

なお、各体温は被験者4名の平均値、表2中かっこ内は前測定との温度差を示す。

表2 腋下体温の測定結果

服装等 \ 測定	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A（現行）	36.1℃	36.8℃ (+0.7℃)	36.7℃ (-0.1℃)
B（中衣のみ）	36.3℃	36.8℃ (+0.5℃)	36.6℃ (-0.2℃)
C（検証用被服）	36.4℃	36.8℃ (+0.4℃)	36.6℃ (-0.2℃)

イ 空間温度の測定結果

空間温度の測定結果を、表 3 に示す。

なお、各温度は被験者 4 名がそれぞれ記録した最高温度の平均値、表 3 中かっこ内は前測定との温度差を示す。また、温度の測定部位は、中衣及び検証用被服の内側（胸部付近）である。

表 3 空間温度の測定結果

服装等	測定	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A (現行)		29.4℃	32.4℃ (+3.0℃)	30.1℃ (-2.3℃)
B (中衣のみ)		30.4℃	31.4℃ (+1.0℃)	30.7℃ (-0.7℃)
C (検証用被服)		29.5℃	30.3℃ (+0.8℃)	28.8℃ (-1.5℃)

ウ 熱画像の撮影結果

熱画像の撮影結果を、図 11 に示す。

なお、図 11 中の熱画像は、同一被験者の熱画像を示す。また、他の被験者の熱画像については別紙 1 を参照されたい。

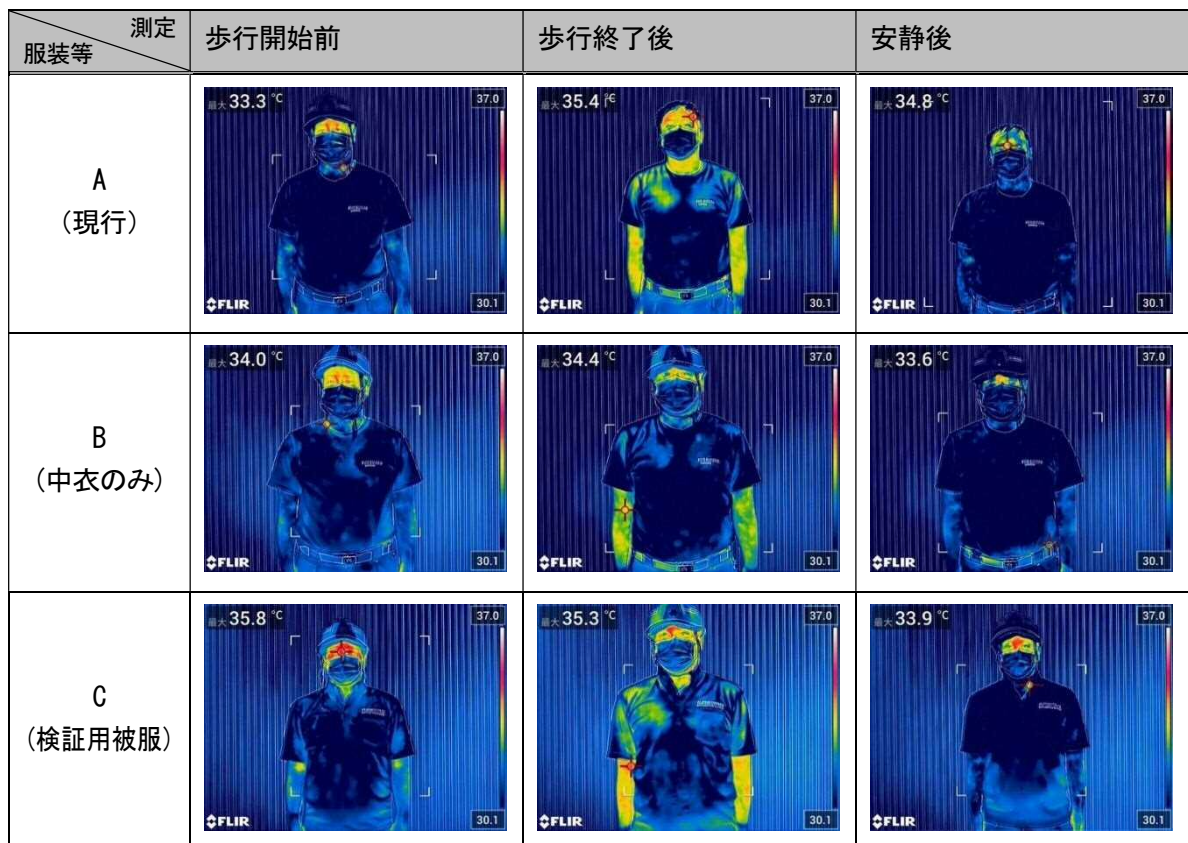


図 11 熱画像の撮影結果

エ 考察

(7) 歩行開始前と歩行終了後の温度比較（蓄熱効果）

腋下体温の測定結果（表 2）によると、歩行前後で体温上昇が最も大きかったものは服装等 A（現行）で、 $+0.7^{\circ}\text{C}$ であった。服装等 B（中衣のみ）、服装等 C（検証用被服）の歩行前後の体温上昇は、それぞれ $+0.5^{\circ}\text{C}$ 、 $+0.4^{\circ}\text{C}$ であり、服装等 B のほうが体温上昇は大きいものの明確な差は認められなかった。

また、空間温度の測定結果（表 3）によると、歩行前後で温度上昇が最も大きかったものは服装等 A で、 $+3.0^{\circ}\text{C}$ であった。服装等 B、服装等 C の歩行前後の体温上昇は、それぞれ $+1.0^{\circ}\text{C}$ 、 $+0.8^{\circ}\text{C}$ であり、腋下体温と同様に明確な差は認められなかった。また、歩行終了後に空間温度が最も高かったものも服装等 A で、 32.4°C であった。

これらの結果は、服装等 B 及び服装等 C と比較して、服装等 A が長袖救急衣 1 枚分多く着用しており、より蓄熱しやすい状況であったことが要因として考えられる。

以上のことから、蓄熱効果については、服装等 A が最も高いと考えられる。また、服装等 B 及び服装等 C については、ほぼ同等の蓄熱効果を有すると考えられる。

なお、熱画像（図 12）については、すべての服装等において歩行終了後に温度上昇が認められたが、各服装等の間で明確な差は認められなかった。

(4) 歩行終了後と安静後の温度比較（放熱効果）

腋下体温の測定結果（表 2）によると、安静前後における体温降下は服装等 A（現行）が -0.1°C 、服装等 B（中衣のみ）が -0.2°C 、服装等 C（検証用被服）が -0.2°C であり、明確な差は認められなかった。これは、安静時間が短く身体内部が冷却されるに至らなかったことが要因として考えられる。

一方、空間温度の測定結果（表 3）によると、安静前後で温度降下が最も大きかったものは服装等 A で -2.3°C 、次に温度降下が大きかったものは服装等 C で -1.5°C 、温度降下が最も小さかったものは服装等 B で -0.7°C であった。服装等 B の温度降下が小さい要因としては、安静前後で服装等の離脱が唯一なかったためと考えられる。また、服装等 C よりも長袖救急衣 1 枚分多く着用している服装等 A のほうが温度降下が大きくなった要因としては、服装等 A のほうが歩行による蓄熱量が大きかった分、放熱量も大きくなったためと考えられる。前提条件（蓄熱量）が異なることから、服装等 A と服装等 C の放熱効果の高低については、これらの結果からは判断することができないと考えられる。

以上のことから、放熱効果については、服装等 B が最も低いと考えられる。また、服装等 A 及び服装等 C の放熱効果の高低は、これらの結果からは判断不能であると考えられる。

なお、熱画像（図 11）については、すべての服装等において安静後に温度降下が認められたが、各服装等の間で明確な差は認められなかった。

(5) 暑さ対策としての有効性

救急衣に関する検証では、暑さ対策としての有効性の判断基準は、第一に蓄熱効果が低いものであることとした。これは、体温等の温度上昇を抑え、それに伴う体温等の温度変動を小さくするほうが熱疲労等の暑さによる労働負荷が少ないと考えられるためである。第二の判断基準は、放熱効果が高いものであることとした。これは、蓄熱効果が同等である場合、

より早く放熱するほうが暑さによる労働負荷は少ないと考えられるためである。

服装等 A（現行）については、放熱効果が高いものの、蓄熱効果が他と比較して最も高いという結果となった。このことは、活動時に体温が上昇しやすいこと及び活動前後において体温等の温度変動が大きくなることを示していることから、暑さによる労働負荷が最も大きいと考えられる。

服装等 B（中衣のみ）と服装等 C（検証用被服）については、服装等 A よりも蓄熱効果が低いことから、服装等 B 及び服装等 C は、服装等 A よりも暑さによる労働負荷が軽減されると考えられる。また、服装等 B と服装等 C では蓄熱効果は同等であるが、放熱効果は服装等 C のほうが高いことから、服装等 C のほうが服装等 B よりも暑さによる労働負荷が軽減されると考えられる。

以上のことから、服装等 C（検証用被服）、服装等 B（中衣のみ）、服装等 A（現行）の順に、暑さ対策としての有効性は高いと考えられる。

(2) 保安帽に関すること

保安帽に関する検証については、表 1 に示す服装等 A（現行）及び服装等 D（業務帽）の 2 種類の服装等における測定結果を使用した。

また、測定結果は、空間温度及び熱画像の 2 項目を使用し、各服装等における歩行終了後及び安静後の測定結果について比較及び考察を実施することとした。

ア 空間温度の測定結果

空間温度の測定結果を、表 4 に示す。

なお、各温度は被験者 4 名がそれぞれ記録した最高温度の平均値、表 4 中かつこ内は前測定との温度差を示す。また、温度の測定部位は、保安帽又は業務帽の内側（頭頂部付近）である。

表 4 空間温度の測定結果

服装等	測定	歩行終了後	安静後
A（現行）		34.2℃	32.2℃ (-2.0℃)
D（業務帽）		34.5℃	29.1℃ (-5.4℃)

イ 熱画像の撮影結果

熱画像の撮影結果を、図 12 に示す。

なお、図 12 中の熱画像は、同一被験者の熱画像を示す。また、他の被験者の熱画像については別紙 2 を参照されたい。

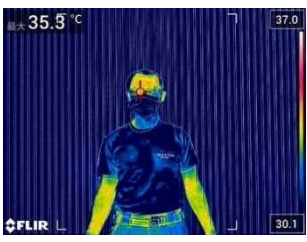
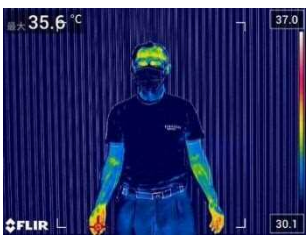
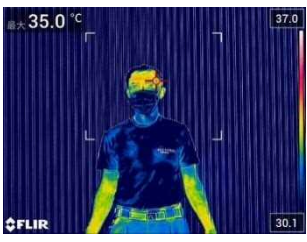

測定 服装等	歩行終了後	安静後
A (現行)		
D (業務帽)		

図 12 熱画像の撮影結果

ウ 考察

(7) 歩行終了後と安静後の空間温度比較

空間温度の測定結果（表 4）によると、安静前後での温度降下は、服装等 D（業務帽）が -5.4°C 、服装等 A（現行）が -2.0°C であった。服装等 D のほうが温度降下が大きくなった要因としては、業務帽を着用することで保安帽よりも放熱が促進されたためと考えられる。

(4) 歩行終了後と安静後の熱画像比較

歩行終了後の頭部付近の熱画像（図 12）については、服装等 A（現行）及び服装等 D（業務帽）は、いずれもほぼ同様の高温域の色調（赤色～黄色）であることが確認できる。

一方、安静後の頭部付近の熱画像に着目すると、服装等 A では高温域の色調（主に黄色）の部分が多く見られるのに対し、服装等 D では低温域の色調（主に青色）の部分が多く見られる。このことは、服装等 D では、安静後における頭部付近の表面温度が、服装等 A よりも低下したことを示している。

(ウ) 放熱効果及び暑さ対策としての有効性

保安帽に関する検証では、暑さ対策としての有効性の判断基準は、放熱効果が高いものであることとした。これは、より早く放熱するほうが暑さによる労働負荷は少ないと考えられるためである。

安静前後における空間温度比較結果及び熱画像比較結果によると、服装等 D（業務帽）のほうが服装等 A（現行）よりも温度降下が大きかった。このことから、放熱効果については、服装等 D のほうが服装等 A よりも高く、暑さによる労働負荷は軽減されると考えられる。

以上のことから、服装等 D は、服装等 A よりも暑さ対策としての有効性が高いと考えられる。

6 まとめ

(1) 救急衣に関すること



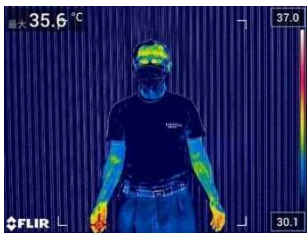






検証用被服を着用した活動（服装等 C）、中衣を着用した活動（服装等 B）、救急衣上衣を着用した現状の活動（服装等 A）の順に、暑さ対策としての有効性は高いと考えられる。

(2) 保安帽に関すること

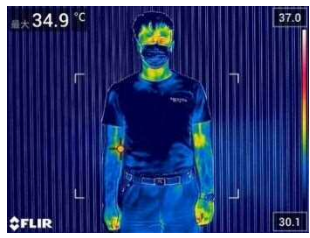
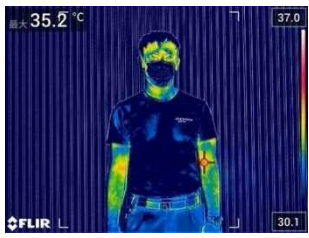
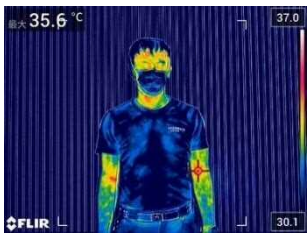
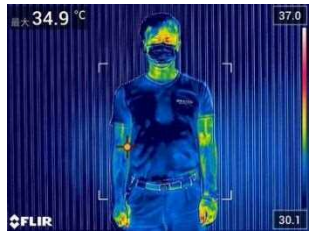
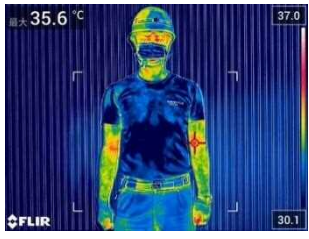
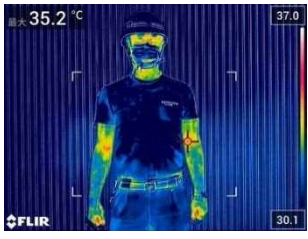
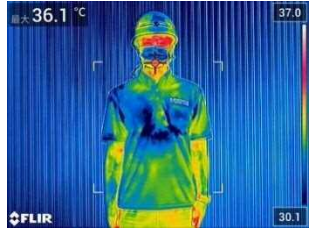
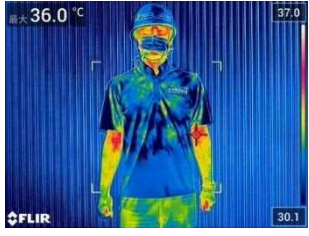

保安帽の途中離脱及び業務帽の着用（服装等 D）が、常時保安帽着用（服装等 A）よりも暑さ対策としての有効性が高いと考えられる。

各被験者の熱画像（5(1) 救急衣関連）


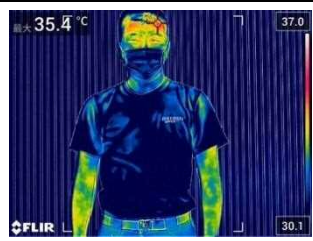







1 被験者 W

測定 服装等	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A (現行)			
B (中衣のみ)			
C (検証用被服)			










2 被験者 X

測定 服装等	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A (現行)			
B (中衣のみ)			
C (検証用被服)			

3 被験者 Y

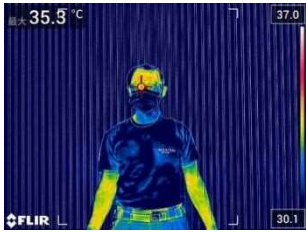
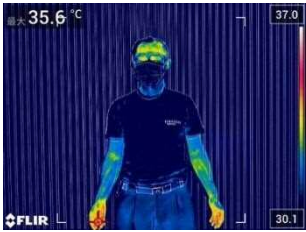
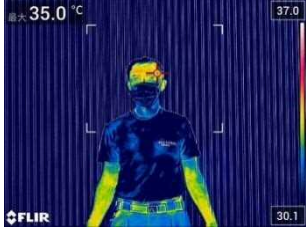

測定 服装等	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A (現行)			
B (中衣のみ)			
C (検証用被服)			

4 被験者 Z (※再掲)

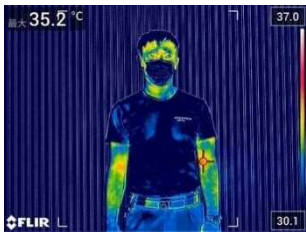
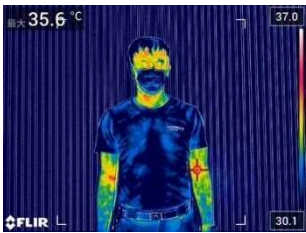
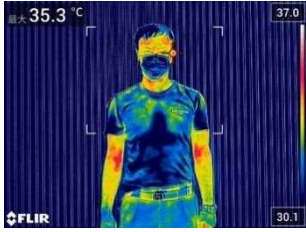
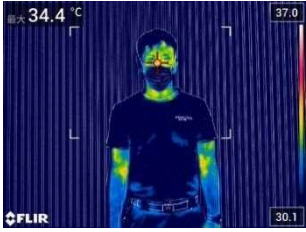
測定 服装等	歩行開始前	歩行終了後	安静後
A (現行)			
B (中衣のみ)			
C (検証用被服)			

各被験者の熱画像（5(2) 保安帽関連）

1 被験者 W（※再掲）

測定 服装等	歩行終了後	安静後
A (現行)		
D (業務帽)		

2 被験者 Y

測定 服装等	歩行終了後	安静後
A (現行)		
D (業務帽)		

3 被験者 Y

測定 服装等	歩行終了後	安静後
A (現行)		
D (業務帽)		

4 被験者 Z

測定 服装等	歩行終了後	安静後
A (現行)		
D (業務帽)		

情報提供

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（以下「研究等」という。）を行っている。

また、災害事例等から必要と思慮される情報について、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及び動画投稿サイト「YouTube」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。

これらのほか、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、令和2年度は3件の要望について、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 落下衝撃に関する耐震マットジェル等の効果の検証について

(1) 依頼内容

当局で使用している携帯型無線装置については、決して強固な材質のもので作られていないため、日頃から取扱いには細心の注意が必要である。特に、現場活動時及び訓練時等、厳しい活動環境下で誤って落下させることにより、機器損傷事故が発生している。

携帯型無線装置の落下による機器損傷を防止するため、安価に購入できる耐震マットジェル及びその他の衝撃を吸収する素材（以下「緩衝材」という。）を使用した、携帯型無線装置保護による衝撃緩和の有効性について検証したい。

(2) 実施状況

本検証では、当局で使用している携帯型無線装置と同等の底面積及び重量を持つように、木片及び金属製のアングルで作成した模型を使用した。また模型の底面に緩衝材を貼りつけた状態で、1mの高さから測定器上に落下させて、衝撃緩和の有効性について比較・検証を行った。

衝撃緩和の有効性については、落下時にかかる圧力の差を簡易的な指標として取り扱うこととし、測定器には圧力の大きさを色の濃度で表すことができる「圧力測定フィルム」（富士フィルム株式会社製）を使用した。

検証は、①緩衝材なし、②耐震マットジェル、③傷防止フェルト、④防音テープの4つで比較を行った。

その結果、測定した圧力は低いものから順に②耐震マットジェル、③傷防止フェルト、④防音テープ、①緩衝材なしとなった。また、①緩衝材なし、③傷防止フェルト及び④防音テープは、ほぼ同程度の圧力であること、②耐震マットジェルを使用した場合は、他の3つの緩衝材の3分の1程度の圧力となることが確認できた。

衝撃緩和という観点でみると、耐震マットジェルの使用により、耐震マットジェルを貼りつけた部分に加わる衝撃（圧力）を軽減することができる。

なお、測定結果について整理し、依頼元へ情報提供しているが、当局所管課及び携帯型無線装置

のメーカーと協議したところ、耐震マットジェルを貼付することにより、携帯型無線装置本体の放熱効率が低下すること、耐震マットジェルに含まれる成分による本体塗装面の劣化及びバッテリー等の接点部が酸化され接点不良の原因となる等の影響があることから、当局としては耐震マットジェルを緩衝材として使用しないこととしている。



図1 耐震マットジェル



図2 測定器上に落下させた模型

2 滑りにくい救急短靴の耐滑性能の検証について

(1) 依頼内容

現在、当局の救急隊は被服等着用基準により救急用短靴を使用して救急出動現場で活動しているが、令和元年度消防職員委員会において、現行の救急用短靴では冬期間の氷結路面で滑りやすく救急活動に支障が出ているとの意見があった。雪上耐滑対応の靴底を使用した救急用短靴が氷上においても滑りにくいことが立証できれば、同短靴を導入することにより、冬期間の氷結路面においても、転倒のリスクを軽減できると考えられる。

このことから、当局で試行運用中である雪上耐滑対応の靴底を使用した救急用短靴(以下「試行短靴」という。)と、現行の救急用短靴(以下「現行短靴」という。)の氷上耐滑性能を比較し、その効果について検証したい。

(2) 実施状況

本検証では、氷上で各救急用短靴を履き静止している被験者を水平方向に引っ張り、動き出した時の荷重をデジタルフォースゲージ(株式会社イマダ社製 ZTS-500N)で測定することとした。また、複数回測定した荷重の平均値から静止摩擦係数を算出した。なお、静止摩擦係数は、高い方が滑りにくくなる。

測定は、氷面温度を低温条件(-10.6℃)、高温条件(-0.5℃)の2条件とし、現行短靴及び試作短靴でそれぞれ未使用のものと、災害活動現場で約1年間使用したものをを用いた。

その結果、氷上においては試行短靴の方が現行短靴よりもわずかに滑りにくくなる傾向を確認した。現行短靴と試行短靴の靴底は、材質は同じであるが形状は異なり、試行短靴の靴底は、雪上での耐滑性能を高めるため、溝から雪を排しやすくするため細かに溝が設けられていた。

なお、測定結果について整理し、依頼元へ情報提供している。

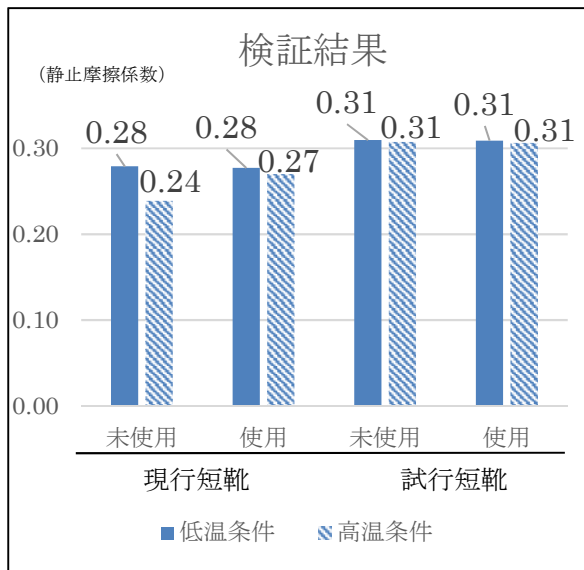


図3 検証結果



図4 氷上での検証実施状況

3 鉤付ロープとテープスリングの熱特性について

(1) 依頼内容

当局では、ホース落下防止に鉤付ロープ(図5)を使用しており、鉤付ロープに使用されている麻については、さつま編みにより結合しており、その結合は各個人の経験・技術等によりロープの径や結合状態が異なる。そのため、安全性を確保する上で強度や熱による影響については不明確である。麻ロープからテープスリング(図6)への仕様変更を検討しているため、仕様変更を検討する上でも、両素材の熱による影響について分析結果を参考としたい。

(2) 実施状況

鉤付ロープ及びテープスリングの熱挙動(発熱・吸熱)等について、熱分析装置(示差熱・熱重量同時測定装置。以下「TG-DTA」という。)を用いて分析した。

鉤付ロープ及びテープスリングの熱挙動及び重量変化を示すTG-DTAのグラフを、図7及び図8に示す。TG-DTAのグラフは横軸は時間、縦軸のうちTempは炉内の温度、TGAは重量、DTAは¹⁾示差熱を示す。グラフ中の破線は各測定点での温度及び補助線を示す。

鉤付ロープ(麻ロープ)については、250℃付近から熱の影響を受けて²⁾酸化分解が発生し、340℃付近で酸化分解反応がピークとなり、その後470℃付近で燃焼することを確認した。

¹⁾「示差熱」：試料及び基準物質の温度を一定のプログラムによって変化させながら、その試料と基準物質との温度差を温度の関数として表したものの。

²⁾「酸化分解」：空気(酸素)雰囲気下での分解反応。多くの場合発熱を伴う。

テープスリングについては、250°C付近から熱の影響を受けて、260°C付近で融解し、350°C付近から酸化分解が発生し、390°C付近で酸化分解反応がピークとなった。その後、440°C付近で融解した成分が蒸発し、490°C付近で燃焼することを確認した。

なお、測定結果について整理し、依頼元へ情報提供している。



図5 鉤付ロープ(ロープ部分は麻)



図6 テープスリング

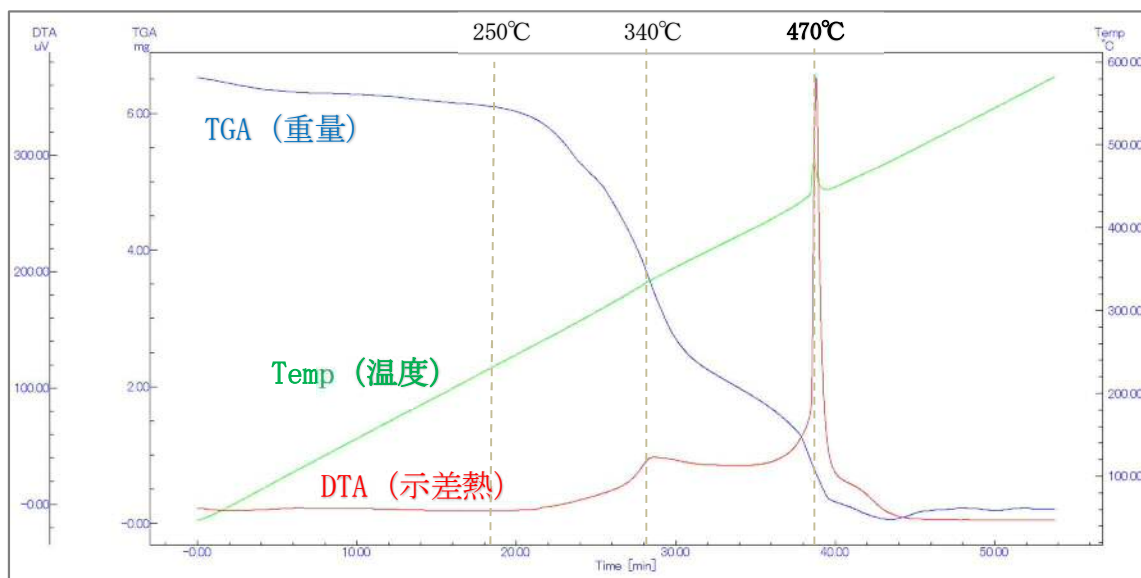


図7 鉤付ロープ(麻ロープ部分)のTG-DTAグラフ

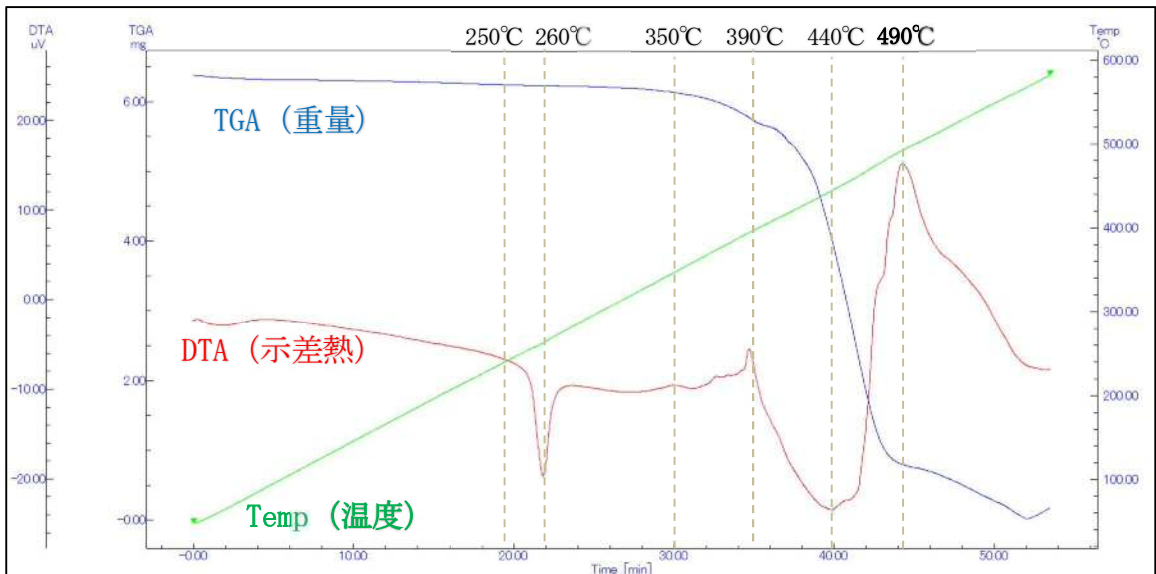


図8 テープスリングのTG-DTA グラフ

表1 鉤付ロープ及びテープスリングの分析条件

測定器	株式会社島津製作所製 DTG-60H
昇温速度	10°C/min
昇温範囲	50°C~580°C
雰囲気ガス	空気
ガス流量	100ml/min
試料重量	鉤付ロープ(麻ロープ) 6.568mg テープスリング 6.391mg

表2 鉤付ロープ及びテープスリングの分析結果

分析温度	鉤付ロープ (麻ロープ)	テープスリング
250°C	熱の影響を受け始める	
260°C	徐々に酸化分解し、340°Cで 反応のピークとなる	融解する
340°C		
350°C	徐々に酸化分解し、390°Cで 反応のピークとなる	融解した成分が蒸発
390°C		
440°C		
470°C	燃焼する	燃焼する
490°C		

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

当研究所では、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、当局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、令和元年度までに合計 122 件発信しており、令和 2 年度は、合計 5 件発信した。

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

表 令和 2 年度に発信した FSL 情報 (計 5 件)

No.	発信年月	表 題
123	令和 2 年 6 月	消毒用エタノールについて
124	令和 2 年 6 月	フッ化水素酸 (50%) について
125	令和 2 年 9 月	最近の硫化水素による自殺事案について
126	令和 2 年 10 月	救急隊員の労働負荷軽減 (暑さ対策) に係る検証について
127	令和 3 年 2 月	静電気による消毒用アルコールの着火について

日常生活に潜む火災等の危険性に係る広報の実施状況について (動画投稿サイト「YouTube」への火災再現実験動画の掲載)

当研究所では、札幌市公式ホームページや動画投稿サイト「YouTube」への火災再現実験動画の掲載、報道機関への情報提供等を通じて、日常生活に潜む火災等の危険性や発生メカニズムについて広報している。

令和2年度には10件の動画を作成し、令和2年度までに合計44件の火災再現実験動画を掲載している。

表1 令和2年度作成動画

No.	項目	発信年月	表題
35	消毒用アルコールの燃焼実験	令和2年6月	消毒用アルコールの燃焼
36		令和2年6月	着火した消毒用アルコールへの注水1 (周囲への拡散)
37		令和2年6月	着火した消毒用アルコールへの注水2 (周囲の可燃物への延焼)
38		令和2年6月	消毒直後の危険性
39		令和2年6月	コンロからの引火
40	飛沫防止用シートの火災実験	令和2年8月	飛沫防止用シートの防炎性の比較
41		令和2年11月	飛沫防止用シートの着火の危険性
42	消毒用アルコールの燃焼実験	令和3年1月	静電気による消毒用アルコールの着火
43	ストーブ火災実験	令和3年3月	火を消さないまま石油ストーブの近くで給油することの危険性
44		令和3年3月	こぼれた灯油がかかった石油ストーブの危険性


表 2 YouTube 投稿動画一覧

No.	項目	表題及び URL	QR コード
1	ストーブ火災実験	ポータブル石油ストーブへの誤給油 https://www.youtube.com/watch?v=XOK-gRHIMX8&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=33&t=0s	
2		石油ファンヒーターへの誤給油 https://www.youtube.com/watch?v=JR6yeT-jtsQ&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=32&t=0s	
3		洗濯物の落下 https://www.youtube.com/watch?v=ak-4zJHyF3M&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=31&t=0s	
4		布団類の接触 https://www.youtube.com/watch?v=mfgRg2mCYbA&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=30&t=0s	
5	たばこ火災実験	灰皿の破損 https://www.youtube.com/watch?v=-XyTqAMTT6c&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=29&t=0s	

No.	項目	表題及びURL	QRコード
6	たばこ火災実験	<p>布団への着火</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=0WFXNil3XnQ&list=PLEbfx-hgecSFldn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=28&t=0s</p>	
7	こんろ火災実験	<p>天ぷら油の過熱発火</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=6FaBVPPQOM0&list=PLEbfx-hgecSFldn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=27&t=0s</p>	
8		<p>発火した天ぷら油に水を投入</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=ZpoU_kwUoOU&list=PLEbfx-hgecSFldn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=26&t=0s</p>	
9		<p>発火した天ぷら油の消火（消火器）</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=Ls5p6lO6-nM&list=PLEbfx-hgecSFldn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=25&t=0s</p>	
10		<p>発火した天ぷら油の消火（鍋ふた・濡れふきん）</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=6CEtXhYW3cc&list=PLEbfx-hgecSFldn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=24&t=0s</p>	

No.	項目	表 題 及 び URL	QR コード
11	こんろ火災実験	<p>発火した天ぷら油の消火困難事例</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=ZDykVIW-5GY&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=23&t=0s</p>	
12	IHヒーター火災実験	<p>鍋とIHヒーター天板間に異物挟み込み</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=aKdqQU7d4rg&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=22&t=0s</p>	
13		<p>鍋の誤使用</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=HUDbWJorTYY&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=21&t=0s</p>	
14	電気火災実験	<p>束ね配線からの出火</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=OUUb1_nCfdE&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=20&t=0s</p>	
15		<p>トラッキング現象による出火</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=zZqfa04iDjo&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=19&t=0s</p>	

No.	項目	表 題 及び URL	QR コード
16	電気火災実験	半断線による出火 https://www.youtube.com/watch?v=GMVZbc3Un38&list=PLEbfx-hgecSFldn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=18&t=0s	
17	空気乾燥に伴う火災	春先（乾燥・強風下）の野火危険 https://www.youtube.com/watch?v=LvH1OuW5P2I&list=PLEbfx-hgecSFldn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=17&t=0s	
18		乾燥した木材の火災危険 https://www.youtube.com/watch?v=aAah-ZeBsFU&list=PLEbfx-hgecSFldn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=16&t=0s	
19	スプレー缶・カセットボンベによる火災実験	ストーブでの加熱による爆発 https://www.youtube.com/watch?v=DA3gn5hIUJ0&list=PLEbfx-hgecSFldn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=15&t=0s	
20		火源直近での穴あけによる引火 https://www.youtube.com/watch?v=agmxY-XXBq8&list=PLEbfx-hgecSFldn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=14&t=0s	

No.	項目	表 題 及 び URL	QR コード
21	冷却スプレー引火実験	<p>Tシャツへの引火</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=KSqtRB-EMYE&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=13&t=0s</p>	
22		<p>おしぼりへの引火</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=pIeS_a5k6ng&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=12&t=0s</p>	
23	フラッシュオーバー・バックドラフト再現実験	<p>フラッシュオーバー再現実験</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=DFIm886EoSA&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=11&t=0s</p>	
24		<p>バックドラフト再現実験</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=2DFaOK3vrTk&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=10&t=0s</p>	
25	ガソリンの危険性についての実験	<p>携行缶内の液体突沸実験 (水による再現)</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=7f0u1AiwCac&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=9&t=0s</p>	

No.	項目	表 題 及 び URL	QR コード
26	ガソリンの危険性についての実験	ガソリン蒸気引火実験 https://www.youtube.com/watch?v=zw70EI7y99I&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=8&t=0s	
27		ガソリン蒸気爆発実験 https://www.youtube.com/watch?v=tWpwEDruAxE&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=7&t=0s	
28		ガソリン蒸気静電気引火実験 https://www.youtube.com/watch?v=yhZkhG7qDzM&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=6&t=0s	
29	収れんによる火災実験	水晶玉による収れん https://www.youtube.com/watch?v=nm2a8odAmYQ&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=5&t=0s	
30	自然発火実験	揚げかすの自然発火 https://www.youtube.com/watch?v=f4kz4VqFBsU&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=4&t=0s	

No.	項目	表 題 及び URL	QR コード
31	照明器具による 火災実験	家庭用白熱電球（100V100W）による出火 https://www.youtube.com/watch?v=e5wVIQOVS90&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=3&t=0s	
32		白熱灯投光器（500W）による出火 https://www.youtube.com/watch?v=v_BrsXQ3VfE&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=2&t=0s	
33	電子レンジ火災実験	肉まん等の過熱発火 https://www.youtube.com/watch?v=wDTX342x18&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=34&t=0s	
34		サツマイモの過熱発火 https://www.youtube.com/watch?v=oCjCIItY6q4&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=35&t=0s	
35	消毒用アルコールの 燃焼実験	消毒用アルコールの燃焼 https://www.youtube.com/watch?v=kJudTPZAvD0&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=36&t=0s	

No.	項目	表 題 及び URL	QR コード
36	消毒用アルコールの 燃焼実験	着火した消毒用アルコールへの注水 1 (周囲への拡散) https://www.youtube.com/watch?v=ne_e9mHqgyCM&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=37&t=0s	
37		着火した消毒用アルコールへの注水 2 (周囲の可燃物への延焼) https://www.youtube.com/watch?v=p-4cahIjqD0&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=38&t=0s	
38		消毒直後の危険性 https://www.youtube.com/watch?v=s5WnDwl3Ofw&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=39&t=0s	
39		コンロからの引火 https://www.youtube.com/watch?v=xbmi7qEJKeg&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=40&t=0s	
40		飛沫防止用シートの 火災実験	飛沫防止用シートの防炎性の比較 https://www.youtube.com/watch?v=XkWRSf9CiIQ&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=41&t=0s

No.	項目	表 題 及 び URL	QR コード
41	飛沫防止用シートの 火災実験	飛沫防止用シートの着火の危険性 https://www.youtube.com/watch?v=pkVXdeM0Zhw&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=41	
42	消毒用アルコールの 燃焼実験	静電気による消毒用アルコールの着火 https://www.youtube.com/watch?v=EZokHqmAgEY&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=42	
43	ストーブ火災実験	火を消さないまま石油ストーブの近くで 給油することの危険性 https://www.youtube.com/watch?v=LJYWTW7ONrI&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=43	
44		こぼれた灯油がかかった 石油ストーブの危険性 https://www.youtube.com/watch?v=rT4k0GoOk_A&list=PLEbfx-hgecSFIdn8on2ACap7VDh_VbtSW&index=44	

令和2年度札幌市消防職員提案の実施状況について

当局では、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、令和元年度までに計639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、令和2年度については、各部（署）から計56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。

令和2年度の審査結果については、優秀賞7件、秀賞10件、選外39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 令和2年度札幌市消防職員提案 優秀賞・秀賞受賞作品一覧（計17件）

提案番号	提案件名	提案内容	表彰区分
第640号	複数傷病者対応アプリの考案	救急タブレットとQRコードを活用し、トリアージタグに記載した内容を随時データ化、一覧表示することにより、迅速な情報集約及び情報共有を図るもの。	優秀賞
第644号	ヘリテレ映像受信端末を活用した現場把握について	ヘリテレ映像受信端末のカメラ機能及び編集機能を活用した現場把握方法を考案した。	秀賞
第646号	ホースカーの改良・ホースの積載方法変更による新ホース延長要領について	現行のホースカー（東京サイレン株式会社TS-130）に棚を増設し、災害に応じたホース延長を可能としたもの。	秀賞
第647号	耐震マットを使用した無線機保護について	無線機保護のため、安価で手に入り、装着しても支障のない耐震マットを、無線機の底に貼付することで落下時の衝撃を緩和させるもの。	秀賞
第648号	クレセント錠開錠ツールの作製について	防犯対策が施されていない引き違い窓のクレセント錠を開錠することが可能なツールを作製したもの。	秀賞
第650号	火災調査に関する情報公開マニュアルの作成について	火災調査から得られた情報を的確に市民に伝えるための情報公開制度の事務処理は複雑多岐にわたるため、誰が担当しても安定した情報公開事務処理を可能とする、火災調査書に特化した「情報公開マニュアル」を作成した。	優秀賞
第660号	「ホース落下防止用ネット」の考案について	使用済みホースを水槽車両上部に積載する場合の落下防止措置を考案した。	秀賞

第 661 号	過酷な冬山でも AED が使用できるウォームパットの考案	冬期間の山岳事案など、氷点下中でも AED を使用できる保温グッズを考案した。	優秀賞
第 663 号	各種整備申請書の報告方法の統一とデータ管理について	4 種類の外注整備申請を 1 つのエクセルファイルで処理することができるもの。	秀賞
第 674 号	新感覚消防活動記録「REAL」の導入について	REAL (Reality and disaster Ethnography for Active Learning) を作成し、当局全職員への共有することを考案した。	秀賞
第 677 号	デジタル地図 (GIS) を活用した消防業務の効率化	札幌市地理情報システム (GIS) を活用することで、大規模災害が発生した場合においては、従前の情報の更新と比べて、より正確で迅速な情報処理を可能としたもの。	秀賞
第 678 号	メインストレッチャー用「折り畳み式保護カバー」の考案	メインストレッチャーに折り畳み式の保護カバーを装着することにより、感染防止、雨雪からの防御、傷病者のプライバシー保護を図るもの。	優秀賞
第 679 号	E メールを活用した電子受付証明の試行と予防指導の取組について	E メールを活用した「自衛消防訓練通報書」の届出の際、届出済みの証明を必要とする方に対して「署電子受付証明」での返信を考案した。	優秀賞
第 686 号	動画配信による研修の実施事例と推進について	ウィズコロナ・アフターコロナの時代に求められるニューノーマルな研修として、「動画配信」による効果的な研修の実施事例と推進について考案した。	優秀賞
第 687 号	違反の発生を未然に防ぐ新たな連携体制の構築について	福祉施設等における違反の発生を未然に防ぎ、市民に安全・安心な施設を提供する新たな連携体制の構築を考案した。	秀賞
第 689 号	火災調査書チェックシートの作成について	火災調査書類の各様式についてチェックシートを作成した。	優秀賞
第 692 号	人事給与総合システム月末締め処理の隔日勤務者用マニュアルの作成	時間外勤務手当等の月末締め処理について、事務処理を効率的に行なうことを目的にマニュアルを作成した。	秀賞

表2 令和2年度札幌市消防職員提案 選外作品一覧（計39件）

提案番号	提案件名
第641号	新しい腕章について（救急隊長）
第642号	多様な未来を見据えた自衛消防訓練新スタイルの全市的展開について
第643号	プライバシー保護用ブルーシート
第645号	しころ標識への隊長及び副隊長表示について
第649号	訓練時等におけるマスクフレームの活用について
第651号	多用途搬送補助器具の考案について
第652号	中高層バック肩ベルト滑り止めカバーについて
第653号	三連はしご横さん用滑り止めテープの導入について
第654号	多目的バッグの開発及び積載について
第655号	タイラップを用いた各署消防用ホースの色分けについて 放水口上部にマグネットシールを使用した隊名の記載について
第656号	「点検報告違反判定シート」の活用について
第657号	ホース撤収時におけるカップリングからの漏水防止について
第658号	消火栓排水用ホースの利用について
第659号	クリアファイルを加工したマスクケースについて
第662号	山岳救助で役立つマップポインターボード
第664号	経験不足をサポートする「見える化トレーニング」の導入
第665号	山岳救助事案にて狭隘登山道の搬送方法について
第666号	マスクに所属と名前を！
第667号	三部制日勤日を活用したプラス1勤務でモチベーションアップを
第668号	手とびを落下させないベルト（Thigh belt）の考案
第669号	ガンタイプノズルの携行を補助するフック
第670号	新型コロナでも安心、インターネット環境で「庁舎見学」疑似体験
第671号	山岳救助活動における感染防止対策の提案
第672号	ホース担ぎ出し補助バンド（通称：ホースアシスタント）の開発について
第673号	安全な指揮本部スペースの考案
第675号	資器材の取扱を電子化して共有する取組み
第676号	無線機アンテナ保護カバー「まもるくん」の考案
第680号	山岳用バスケット担架必須アイテム“ゴム栓でシャットアウト”
第681号	消火栓標識のステッカー化について
第682号	「多言語表記フリップ」を活用した外国人への広報について
第683号	夜間の三連はしご先端部の視認性向上について

第 684 号	車輪止めの視認性を高める「通称ミエルくん」の考案について
第 685 号	聖徳太子は居なかった！？活動命令等のメッセージ送信
第 688 号	新プライバシー保護シートの考案について
第 690 号	ボイスレコーダーを活用した効果的な広報用機器について
第 691 号	実況見分の疑似体験動画について
第 693 号	廃棄物を活用した強密着型ホースバンドの作成
第 694 号	AVM を活用した効果的な車両部署位置の指定
第 695 号	ホースラインの明示化について

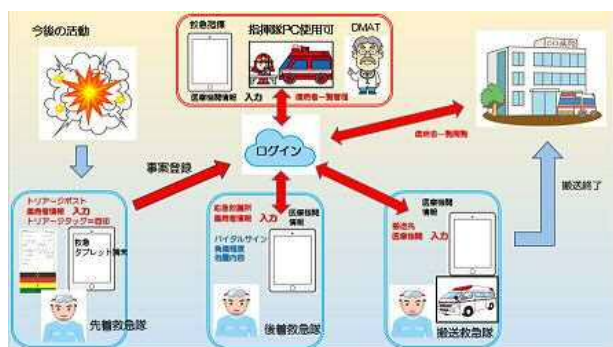


図1 提案番号第 640 号
「複数傷病者対応アプリの考案」



図2 提案番号第 644 号
「ヘリテレ映像受信端末を活用した現場把握について」

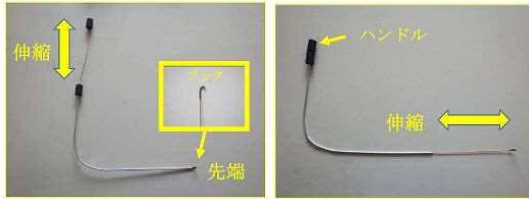
	通常のホースカー積載	改良型ホースカー積載
積載図		
シングル通常延長	◎	○
シングル逆延長	△ (媒介取替必要)	○
同時ダブル通常延長	×	◎
同時ダブル逆延長	×	◎
積込用ホース	○メス巻	◎メス巻、オス巻

図3 提案番号第 646 号
「ホースカーの改良・ホースの積載方法変更による新ホース延長要領について」



図4 提案番号第 647 号
「耐震マットを使用した無線機保護について」

1 ツール外観



2 使用方法



図5 提案番号第648号
「クレセント錠開錠ツールの作製について」

火災調査書（様式11の1）

火災調査書			
火災種別	発火	場所	10ページへ
概況		事件	12ページへ
出火		事案発生	この範囲の詳細は 14ページへ
発火		発火原因	
発着		火元階層	この範囲の詳細は 15ページへ
救助		火災被害 出火原因	
放水		同接地域	この範囲の詳細は 16ページへ
焼死		階層区分	
焼火		活動人員・経歴	責任者
出動台数		乗員	人員
放水台数		出動	時間
常用表		出動	時間

図6 提案番号第650号
「火災調査に関する情報公開マニュアルの作成について」

ホース落下防止用ネット使用時

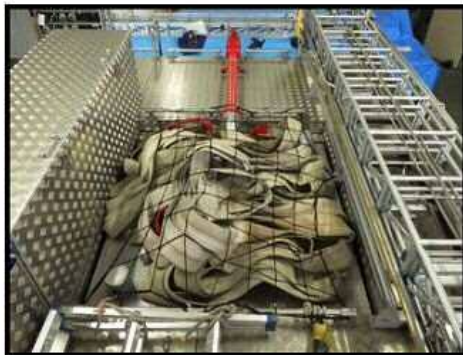


図7 提案番号第660号
「『ホース落下防止用ネット』の考案について」



図8 提案番号第661号
「過酷な冬山でもAEDが使用できるウォームパックの考案」



図9 提案番号663号
「各種整備申請書の報告方法の統一とデータ管理について」

REALの作成

1. 災害事案の選定

どんな災害でも作成可能であるが、トレードオフを伴う意思決定が含まれる活動があった災害事案であると、より高い効果が得られると思われる。

2. 作成者の心得

作成者は、調査対象の災害事案に関わっていない職員とすることが理想的である。また、インタビューの内容には調査対象者の心情が如実に現れるため、優れた傾聴技術と高い倫理観を持ち合わせた職員が聞き取り調査を行うべきである。

図10 提案番号674号

「新感覚消防活動記録『REAL』の導入について」

【 警隊本部運用時における地図 】
 地図のレイヤ（付加情報）は簡単に追加することができ、大規模災害が発生した際における地図としても利用することができる。（下の写真は地図データに、航空写真及び土石災害危険領域のレイヤを追加したものである。）



図 11 提案番号 677 号

「デジタル地図（GIS）を活用した消防業務の効率化」



図 12 提案番号 678 号

「メインストレッチャー用『折り畳み式保護カバー』の考案」



図 13 提案番号第 679 号

「Eメールを活用した電子受付証明の試行と予防指導の取組について」

動画作成について

研修動画について、中央署で実施した進捗研修では下記のような動画資料を作成し、動画配信を行った。手法は異なるが、どれもパワーポイントの技術を使用しており、特に『③ パワーポイント（音声付き）』では、容易に「音声付き」資料とすることができ、特別な手法を用いなくても効果的な資料を作成することができる。

① 実務撮影スタイル
 実際に実務をしているところを収録し、そこにパワーポイントで解説等を加えることにより動画資料とする方法
 実務動画に解説等を加えたものを見ることで、理解度が深まることに期待できる。

② 塾講師スタイル
 実際の研修のように、講師がパワーポイント資料等を基に説明し、それをビデオカメラで収録することにより動画資料とする方法
 講師がいることで、より臨場感のある研修スタイルになる。

③ パワーポイント資料（音声付き）
 パワーポイント資料の視覚効果に加え、音声を録音することにより動画資料とする方法
 作成方法が容易であり、特別な手法を用いなくても効果的な資料の作成ができる。
 作成方法については【別紙2】で説明

図 14 提案番号第 686 号

「動画配信による研修の実施事例と推進について」

提案内容

違反の発生を未然に防ぎ、市民に安全・安心な施設を提供するため、**福祉施設等の所管部局と新たな連携体制を構築する！**

福祉施設等の所管部局と消防局において、開設予定の福祉施設等や消防法令の適合状況、適合のために必要な事項など、最新で正確な情報を共有できる新たな連携体制を構築することで、札幌市の福祉施設等が消防法令違反のない状態で開設されるようになる。

【提案内容のイメージ】

庁内データ交換フォルダやイントラメール等により、随時情報を共有！

消防法令違反がある場合は、是正した後に指定等を行う！

・ 開設される前に事業者に必要な指導と消防法令の規制について、説明を行うことができる！

・ 指定等を受けるため、事業者による早期の違反是正が期待できる！

・ 開設後に立入検査等で実態を把握し、重大違反として指導することがなくなる！

図 15 提案番号第 687 号

「違反の発生を未然に防ぐ新たな連携体制の構築について」

現場質問調査チェックシート

チェック

- 様式4は正しいか（省略可）
- 火災番号は正しいか（4桁）
- 通番及び階数は正しいか
- 所属名・階級・氏名は正しいか
- 通番は標榜の通番と同じか
- 階層に誤りはないか
- 叙述者の姓、職名、氏名、年齢、電話番号であるか
- 仕事内容に関することや就業期間中における管轄の場合は、職業を会社名、住所及び電話番号が会社のものとなっているか
- 質問した日時と誤りはないか
- 質問した場所と誤りはないか
- 出火時刻の時刻に誤りはないか
- 内容は記載されているか
- 音響を録音したり、丁寧に聞いて覚えて記載されていないか
- 出火建物等と供述者の関連が具体的に記載されているか（建物所有者、占有者、管理者、火災の発見者等）

図 16 提案番号第 689 号

「火災調査書チェックシートの作成について」

実施手順1 勤務日誌の確認

※画面

印刷	印刷項目	紙数	印刷日	印刷時間	印刷機	勤務日誌	印刷	印刷日時	印刷機
----	------	----	-----	------	-----	------	----	------	-----

印刷	印刷項目	紙数	印刷日	印刷時間	印刷機	勤務日誌	印刷	印刷日時	印刷機
印刷	印刷項目	紙数	印刷日	印刷時間	印刷機	勤務日誌	印刷	印刷日時	印刷機
印刷	印刷項目	紙数	印刷日	印刷時間	印刷機	勤務日誌	印刷	印刷日時	印刷機
印刷	印刷項目	紙数	印刷日	印刷時間	印刷機	勤務日誌	印刷	印刷日時	印刷機

① ② ③ ④

図17 提案番号第692号

「人事給与総合システム月末締め処理の隔日勤務者用
マニュアルの作成」

消防科学研究所報

(2020 No. 27)

令和3年8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

FAX (011) 271-0957

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