

消防科学研究所報

REPORT OF FIRE SCIENCE LABORATORY



2013 No. 20

SAPPORO FIRE SCIENCE LABORATORY

札幌市消防科学研究所

目 次

【業務実績】

○札幌市消防科学研究所の業務について 1

【研究・開発】

○はしご車梯体横さんの強度確認について 9

○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 14

○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 19

○空気呼吸器面体用濃煙疑似シートの開発について 30

【情報提供】

○実火災型訓練施設を用いた実火災型訓練について 35

○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 40

○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 48

業務実績

札幌市消防科学研究所の業務について

1 はじめに

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

2 研究業務

数年に渡るテーマや年度ごとに策定したテーマについて、研究を行っている。

3 燃焼実験

火災原因究明のための再現実験や特異な燃焼現象についての実験を行っている。

4 成分鑑定

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

5 危険物確認試験

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

6 現場活動支援

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

7 職員提案

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

8 日常生活に潜む危険性の広報

消防局ホームページへ火災再現映像等の掲載、報道機関への情報提供、などを通して、日常生活に潜む火災などの危険性と発生メカニズムについて広報している。

9 消防科学に関する情報発信

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

表1 業務実績表（平成25年度）

| | | | | | | | |
|-----------|-----------|------------|------------|----------------|-------------|-----|------------------------------|
| 燃焼 実験等 | 成分 鑑定等 | 現場 活動支援 | 職員提案 審査 | 外部講義・ 出前講座等 | 施設見学等 | 広報等 | 消防学校 初任・専科 教育等講義 実験 |
| 57 | 51 | 2 | 18 | 5 (188) | 10 (738) | 20 | 57 (756) |

※1 単位：件

※2 ()内は対象者の人数

表2 現場活動支援出動一覧表（平成25年度）

| No | 覚知日 | 発生区 | 指令種別 | 支援内容 |
|----|-------|-----|------|---------|
| 1 | 1月15日 | 北区 | 警戒出動 | 検知活動 |
| 2 | 3月27日 | 手稲区 | 警戒出動 | 試料採取・分析 |

表3 主な研究装置・機器一覧表（平成26年3月31日現在）

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

表4 研究実績表

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

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

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

| 年 度 | 所報 No | 分 野 | 研究テーマ | 担当者 | 件数 |
|--------------------------------|----------|----------------------------|-------------------------------------|---------------|----|
| 平成 16 ・ 17 年度 | No.12 | 安 全 | 消防隊員のC I V D反応と体力指標の関連 | 橋本 好弘 | 11 |
| | | | メンタルヘルス対策に関する実態調査結果 | 橋本 好弘 | |
| | | 開 発 | スタティックロープ (R.R.R.資機材) の強度等に関する実験的研究 | 五十嵐征爾 | |
| | | 鑑 定 | 建物火災鎮圧後に残存する燃焼生成ガスと粉塵等の測定 (最終報告) | 川瀬 信 | |
| | | 情 報 | ガソリンに対する鉱物油洗浄剤及び油処理剤使用時の危険性 | 五十嵐征爾 | |
| | | | 消防活動による石綿 (アスベスト) の危険性について | 川瀬 信 | |
| | | | 消防職員のストレス傾向 | 橋本 好弘 | |
| | | | クロルピクリンとは | 橋本 好弘 | |
| | | | 酢酸タリウムの性質及び災害対策等について | 五十嵐征爾 | |
| | | | 水酸化ナトリウムの危険性について | 川瀬 信 | |
| | | 喫煙と飲酒が高ストレス反応に及ぼす影響について | 橋本 好弘 | | |
| 平成 18 年度 | No.13 | 燃 焼 | 携帯用カセットガスボンベの破裂実験 | 中住 斉 | 9 |
| | | | 予防実務研修会における住宅用スプリンクラー設備の実火災実験 | 中住 斉 大友 達哉 | |
| | | 鑑 定 | 防塵・防毒マスクの一酸化炭素除去性能の確認実験 (中間報告) | 伊藤 武 | |
| | | 情 報 | 放射性物質ラジウム226について | 橋上 勉 | |
| | | | 六価クロムの危険性 | 伊藤 武 | |
| | | | アセチレンガスの性質及び災害対策等について | 五十嵐征爾 | |
| | | | ガス漏れ警戒現場における研究所の活動事例 | 伊藤 武 | |
| | | | 質量分析装置 (自動濃縮装置付ガスクロマトグラフ質量分析装置) の概要 | 伊藤 武 | |
| | | 平成18年度職員提案制度における秀賞受賞作品について | 五十嵐征爾 | | |
| 平成 19 年度 | No.14 | 燃 焼 | クラスA泡消火剤の消火効果の確認実験について | 高橋 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 | No.15 | 燃焼 | 小規模区画内における木材クリブの燃焼実験について | 中住 斉 | 9 |
| | | 安全 | 消防活動における無酸素能力について | 中住 斉 | |
| | | | 消防活動時の送風による冷却効果について | 中住 斉 | |
| | | 開発 | 硫化水素除害装置の開発について | 高橋 涉 | |
| | | 情報 | 硫化水素の発生除害について（その2） | 高橋 涉 | |
| | | | 水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）による水素発生について | 高橋 涉 | |
| | | | 火災による天井裏設置の灯油用配管からの灯油漏えいについて | 菅原 法之 | |
| 粉じん爆発について | 菅原 法之 | | | | |
| | 平成20年度職員提案制度における秀賞受賞作品について | 吉永 直樹 | | | |
| 平成 21 年度 | No.16 | 燃焼 | 新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性について | 中住 斉 | 11 |
| | | | 新型消火剤（クラスA泡消火剤）の耐凍結性能について | 中住 斉 | |
| | | 開発 | 汎用ガス除害装置における粉塵除害性能の確認実験について | 高橋 涉 | |
| | | | 火災再現実験セットの開発について | 吉永 直樹 | |
| | | 安全 | マット型油吸着剤の吸着性能等に関する実験 | 中住 斉 浅野 悟朗 | |
| | | | 現場用手袋の検証実験について | 高橋 涉 | |
| | | | 現場手袋素材耐油性確認実験 | 高橋 涉 | |
| | | 情報 | 一酸化炭素（CO）について | 菅原 法之 | |
| | | | 塩素ガスの発生と除害について | 高橋 涉 | |
| | | | ワインセラーからのアンモニアガス漏れについて | 高橋 涉 | |
| 平成21年度職員提案制度における秀賞受賞作品について | 吉永 直樹 | | | | |
| 平成 22 年度 | No.17 | 燃焼 | 新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性について（その2） | 小島 秀吉 | 9 |
| | | | 水槽用ヒーターから出火した火災の原因調査と再現実験について | 妹尾 博信 吉永 直樹 | |
| | | 安全 | ブロー送風がドアの開放に及ぼす影響について | 永尾 俊英 | |
| | | | 流出油処理剤の性能に関する検証について | 菅原 法之 | |
| | | | 火災再現実験セットによる短絡及びトラッキング時の電流測定実験について | 吉永 直樹 | |
| | | 情報 | 現場活動支援におけるクレゾール成分の検出について | 小島 秀吉 | |
| | | | メタンガスが発生した現場における活動支援について | 小島 秀吉 | |
| | | | 家庭に潜む火災危険、意外と多い電気火災 | 小島 秀吉 合田 仁 | |
| | 平成22年度職員提案制度における秀賞受賞作品について | 吉永 直樹 | | | |

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

研究・開発

はしご車梯体横さんの強度確認について

札幌市消防科学研究所 橋本 慎也
北消防署新琴似出張所 仙座 融

1 はじめに

当市では、はしご車の梯体横さんを支点とした救助法は、横さんの許容荷重が不明確であるために実践されていない。

そのため、横さんを支点とした新たな救助法について、その可能性を検討するため、はしご車の梯体横さんに加重し、そのひずみを計測することで、静加重による強度確認実験を行った。

2 実験日時等

- (1) 日時 平成 25 年 5 月 20 日 (月)
- (2) 場所 札幌市消防学校 走行訓練所
- (3) 気温 18℃
- (4) 湿度 39%

3 実験方法

(1) 加重方法

MLF6-45型はしご車のバスケットを取り外した上、梯体を伸梯し、廃車を台として水平に架梯した。架梯後、6連目第6横さんの中央部分を支点として、スリングロープを一巻きし、カラビナを用いてフレコンバックを吊り下げ、その中に514.5kgまでの錘を投入し、静荷重を加えた。(写真1及び2参照)

なお、実験にあたっては、補強がなく、他の横棧と比べ幅の細い第6横さんを選定した。



写真1 実験設定状況



写真2 横さん及び支点の状況

(2) 横さん

はしご本体の材質は、横さんも含めてすべて60キロ級高張力鋼（JIS G 3106 SM570 相当品）であり、材質特性は表1に示す。本実験で使用した第6横さんの寸法等は図1のとおり

であり、内部は、写真3のように中空構造となっている。

表1 横さんの材質特性

| | |
|-------|---|
| 引張り強さ | T.S. $\geq 60\text{kgf/mm}^2$ |
| 降伏点 | Y.P. $\geq 46\text{kgf/mm}^2$ |
| 許容応力 | $\sigma_{yp}/1.7 = 27.06\text{kg/mm}^2$ |

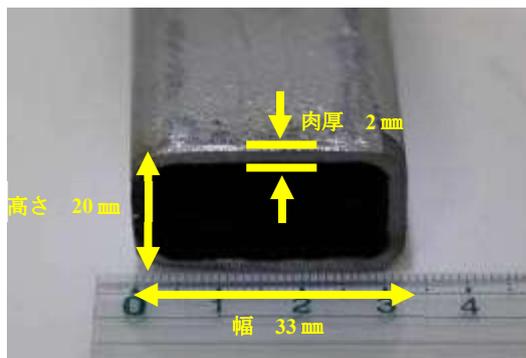


写真3 横さんの内部の寸法・構造

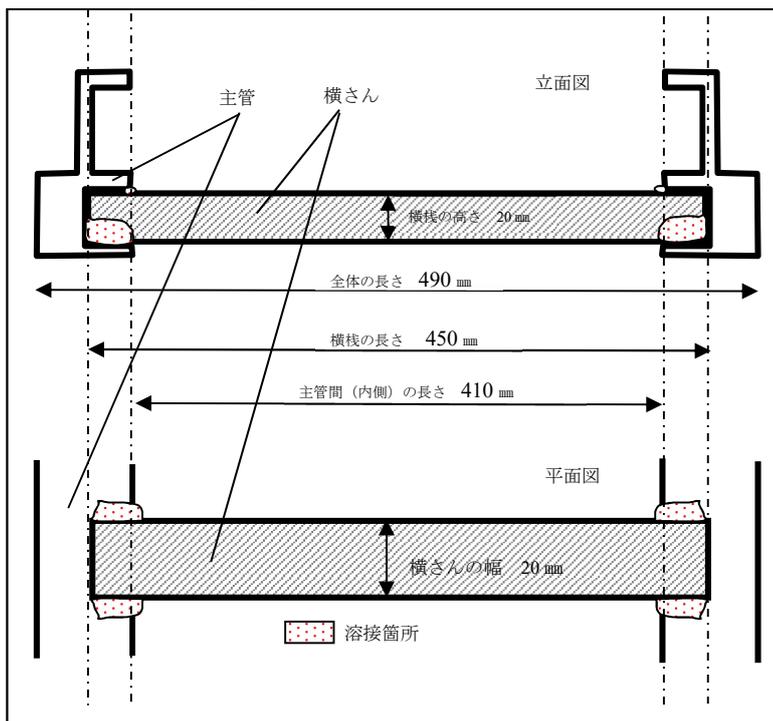


図1 横さんの構造・寸法

(3) ひずみの測定

マルチコンディショナ (MCC-16A) 及びブリッジボックス (DBB-120A) に結線したひずみゲージ (一般鋼材用、KFG-5-120-C1-11) を写真4のとおり、横さん6箇所 (A~F)、溶接部2箇所 (G及びH) 及び主管の横さん下2箇所 (I及びJ) の計10箇所に貼り付け、1ゲージ法により、各荷重に対する各測定点の荷重方向へのひずみを測定した。

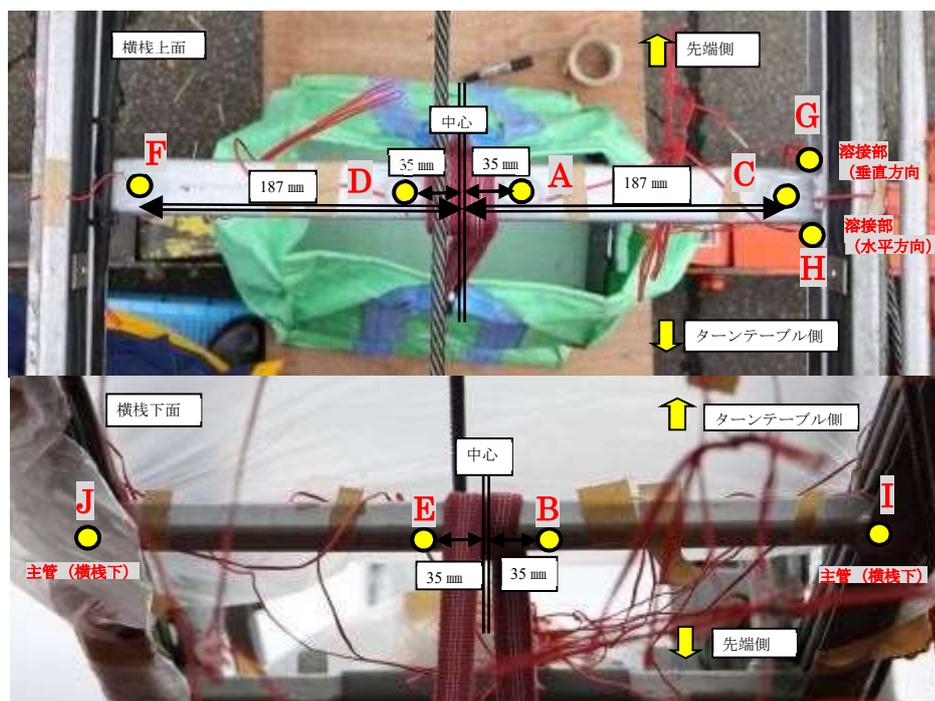


写真4 ひずみゲージ貼り付け位置

4 実験結果

横さんの中央部に各荷重を加えたときの各測定点のひずみは、表2及び図2のとおりである。横さんの両端付近に比べ、中央付近の方が同一荷重に対するひずみが大きいことがわかる。また、図2より各測定点とも、本実験で加えた最大荷重である514.5 kgfまでの範囲内において、荷重とひずみが比例関係にあることがわかる。

表2 各荷重に対する各点のひずみの測定結果

| ひずみ ($\times 10^{-6}$) 荷重 (kgf) | A点 | B点 | C点 | D点 | E点 | F点 | G点 | H点 | I点 | J点 |
|--|--------|--------|-------|--------|--------|------|------|------|-------|-------|
| 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 26.5 | 79.0 | 81.5 | 7.0 | 79.5 | 85.5 | 6.5 | 1.5 | 20.0 | 10.5 | 18.5 |
| 50.8 | 149.0 | 157.0 | 15.0 | 156.0 | 162.5 | 10.0 | 2.0 | 25.0 | 27.0 | 37.0 |
| 75.1 | 223.0 | 230.5 | 20.5 | 231.5 | 240.5 | 11.5 | 2.5 | 5.0 | 40.5 | 59.0 |
| 99.4 | 298.0 | 300.5 | 24.5 | 311.0 | 316.0 | 13.5 | 5.5 | 7.5 | 57.5 | 80.0 |
| 123.7 | 368.0 | 375.0 | 32.0 | 390.0 | 392.0 | 14.0 | 7.0 | 12.5 | 71.5 | 101.5 |
| 148 | 442.5 | 446.5 | 36.5 | 467.5 | 468.0 | 16.0 | 11.0 | 15.0 | 91.0 | 125.0 |
| 172.3 | 517.0 | 519.5 | 41.0 | 546.0 | 546.0 | 19.0 | 13.5 | 19.0 | 106.5 | 145.0 |
| 196.6 | 589.0 | 595.0 | 48.5 | 624.5 | 623.5 | 21.5 | 15.5 | 23.0 | 120.5 | 167.5 |
| 220.9 | 664.0 | 664.5 | 51.5 | 705.0 | 700.0 | 23.5 | 19.0 | 27.0 | 139.5 | 190.0 |
| 245.2 | 735.0 | 738.0 | 59.0 | 785.0 | 782.5 | 26.5 | 19.5 | 25.0 | 152.0 | 210.0 |
| 273.3 | 819.5 | 825.0 | 66.5 | 875.0 | 872.5 | 29.0 | 21.5 | 30.0 | 170.0 | 236.5 |
| 303.3 | 909.0 | 914.5 | 74.0 | 976.0 | 973.5 | 33.0 | 25.0 | 32.5 | 189.5 | 263.0 |
| 333.3 | 1000.0 | 1006.5 | 82.0 | 1076.0 | 1071.5 | 35.5 | 28.5 | 37.5 | 210.0 | 292.5 |
| 373.3 | 1122.5 | 1134.0 | 93.0 | 1212.5 | 1207.0 | 39.5 | 31.5 | 40.0 | 236.5 | 330.0 |
| 401.3 | 1207.5 | 1222.5 | 100.0 | 1310.0 | 1302.0 | 44.0 | 35.0 | 45.0 | 257.5 | 355.0 |
| 429.3 | 1297.5 | 1312.0 | 106.0 | 1402.5 | 1399.0 | 48.5 | 39.0 | 49.0 | 277.0 | 381.5 |
| 457.9 | 1385.0 | 1410.0 | 116.0 | 1502.0 | 1497.0 | 51.0 | 40.5 | 50.0 | 295.0 | 412.0 |
| 485.9 | 1470.0 | 1500.0 | 123.0 | 1601.0 | 1597.5 | 55.5 | 44.5 | 57.5 | 315.5 | 436.5 |
| 514.5 | 1560.0 | 1604.0 | 133.0 | 1700.0 | 1701.0 | 62.0 | 46.5 | 58.0 | 335.0 | 463.0 |

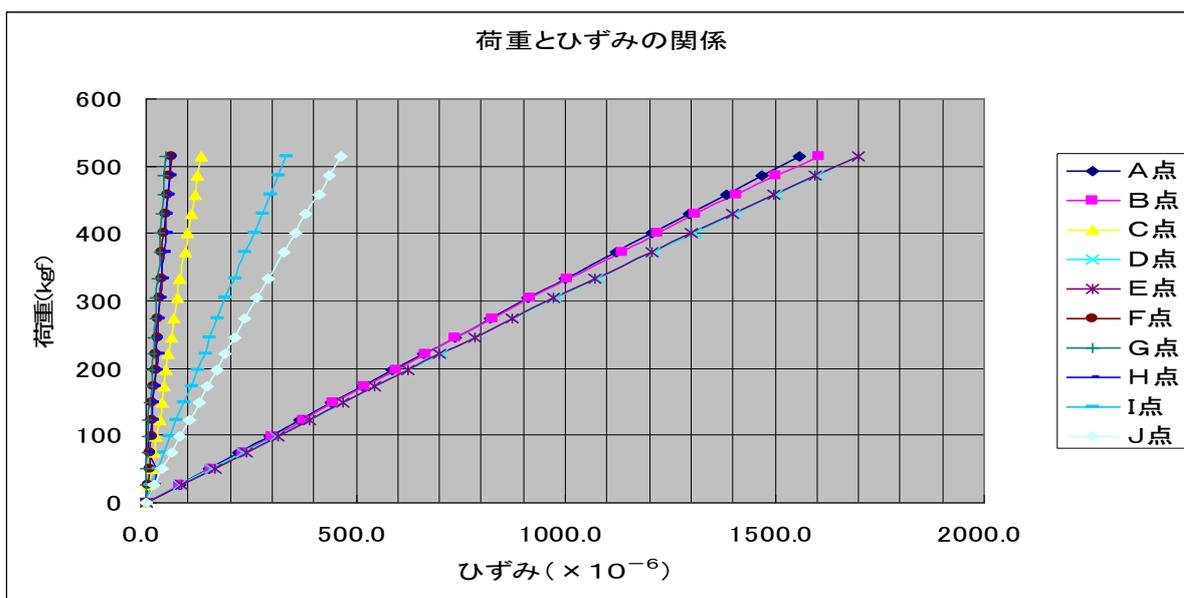


図2 各測定点における荷重とひずみの関係

5 考察

(1) 各測定点における強度について

一般的に荷重とひずみの関係が比例関係にある場合は、弾性域（荷重を除去すれば変形が元に戻る領域）内にあり、本実験結果から、横棧等の各測定点A～Jについては、514.5kgfまでの静荷重に対する強度を有している。

(2) 横さんの強度について

横さんの中央に支点を取り、錘を吊り下げた状態は、横さん部分にのみ着目すれば、中央集中荷重の両端固定梁の問題と同等とみなすことができ、応力 σ は、計算式 $\sigma = Z/M$ （M：曲げモーメント Z：断面係数）により求めることができる。この場合、応力 σ が最大となる箇所は、曲げモーメントMが最大となる中央部及び両端となる。曲げモーメントMは、荷重、横さんの長さ及び位置により求めることができ、断面係数は、横さんの断面形状から導き出すことができる。本実験の対象とした第6連第6横さんの場合、514.5kgfの荷重における各値は、最大曲げモーメント M_{MAX} が、

$$M_{MAX} = 26368.125 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

断面係数Zが、

$$Z = 1275.2$$

となり、以上のことから、中央部の最大応力 σ_{MAX} は、

$$\sigma_{MAX} = 20.69 \text{ kgf/mm}^2$$

と推定される。

ここで、表1より、横さんの材質である60キロ級高張力鋼は、降伏点Y.P.（塑性変形の開始応力）が、

$$Y.P. \geq 46 \text{ kgf/mm}^2$$

許容応力 $\sigma_{y.p.}/1.7$ （降伏点を安全率で除した応力、1.7は安全率）が、

$$\sigma_{y.p.}/1.7 \geq 27.06 \text{ kgf/mm}^2$$

である。

推定された σ_{MAX} は、許容応力より小さく、本実験結果とあわせ、第6連第6横さんは514.5kgfまでの静荷重に対し、強度があると考えられる。

また、本実験で使用した梯子車の中では第6連第6横さんの幅が最小であり、かつ、他の横さんには垂直方向の補強が施されている。従って、他の横さんについても、514.5kgfまでの静荷重に対し、強度があると推定される。

(3) 許容荷重について

上述の計算式より、第6連第6横さんの中央部を支点とし、静荷重を加えた場合、許容応力に至る荷重 $W_{y.p.}/1.7$ 及び降伏点に至る荷重 $W_{y.p.}$ は、

$$W_{y.p.}/1.7 = 673.31 \text{ kgf}$$

$$W_{y.p.} = 1144.57 \text{ kgf}$$

と求められる。

ただし、実際には、曲げ力による断面形状の変化が起こるほか、I点やJ点にひずみが認められるとおり、横さん以外に梯子全体に荷重が作用するため、単純な中央集中荷重の両端固

定梁のモデル計算により得られた値どおりとはならない。

(4) 横さんを支点とした救助法の運用について

本実験の設定内では、横さんは514.5kgfまでの静荷重に耐えることが確認されたが、実際に横さんを支点とし、処々の救助法等を実践した場合、静荷重ではなく、繰り返し荷重や衝撃荷重等の動荷重が作用する。特に衝撃荷重については、要救助者等の墜落高さや停止するまでの時間、ロープの墜落係数等の諸条件を明確にしなければ、単純に計算で求めることはできないが、条件次第では許容応力を大幅に超える可能性がある。また、梯体には、動荷重のほかに梯子伸縮に伴う慣性力や気象条件に応じた風荷重も作用する。救助法の運用にあたっては、梯体に発生するこれらの荷重、更には、同荷重に伴う車体の安定度についても実験やシミュレーションにより検証する必要がある。

6 まとめ

本実験結果から、バスケットを外し、水平に架梯したはしご車の梯体の横さんは、514.5kgfまでの静荷重に耐えられることが確認された。しかしながら、横さんを支点とした救助法を運用するためには、衝撃荷重、慣性力、風荷重及び車体の安定度等、他の条件についても更なる検証を進める必要があり、メーカーによる安全性の保障が求められる。

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

札幌市消防科学研究所 伊藤 潤
橋本 慎也

1 はじめに

本市では、危険物火災にかかわる泡消火薬剤を放射できる訓練施設がなく、泡消火薬剤の流出や飛沫などによる環境汚染問題や近隣住民への配慮から、長期に渡り、実際に泡消火薬剤を放射する訓練が実施できていない状況である。そこで、環境負荷の少ない泡放射訓練施設の開発を目指し、既存訓練施設を活用した泡放射訓練の実施及び消泡手法について検討した。

2 泡放射訓練場所の検討

本市消防学校敷地内に設置された屋外排水溝は、大部分が隣接する河川へ繋がっており、屋外で泡放射訓練を実施した場合、泡が河川へ流失し、住宅街への飛散も懸念されることから、屋内型既存訓練施設の活用を検討した。

3 消泡手法の検討

泡消火薬剤は発泡させることにより、火災の表面を覆い、冷却・窒息効果により消火するものであり、性能上、耐熱性・流動性・持続安定性が求められる。そのため、安定剤等が加えられており、一度発泡させると、長時間に渡って泡の形状を維持することから、訓練等により発泡させた泡を短時間で処理することは非常に困難な作業となる。

製造業界での消泡手段は、大別すると、物理的・機械的方法と化学的方法に分けられる。前者は温度や圧力を変化させたり、攪拌、遠心力、超音波など機械的な外力を加える方法で、後者は、ろ過や吸着などにより起泡性物質を除去したり、消泡性のある物質を添加する方法、または、希釈により起泡性物質の濃度を下げる方法である。

今回は、既存訓練施設を活用すること、大量の泡の処理が可能であることを前提に、手軽さと費用対効果を考え、バーナー火等を用いた熱による消泡手法と、水で希釈する消泡手法について各種実験を行い、是非を検討した。

4 高温高湿訓練ユニットを訓練場所とした熱気による消泡手法の検討

(1) 実験

高温高湿訓練ユニットは、鉄骨造、幅 2.7×奥行 5.4×高さ 2.9m、床面積 14.58 m²で、熱源装置にボイラー用の中型灯油バーナーを使用しており、1、2 分の短時間で室内温度を約 300℃、さらに 10 分程度で最高約 350℃まで上げることが可能である。輻射熱による消泡効果が期待できることから、同ユニット内に泡をため、消泡実験を行った。

(2) 実験日時等

日時 平成 25 年 7 月 23 日 13:00～16:00

(3) 実験方法

ピックアップノズル及びラインプロポーションナーを使用し、水性膜泡消火薬剤 1 缶約 20 リットルを 3%希釈で発泡させて、室内を約 6.6 m³、深さ約 45 cmの泡で満たした後、バーナーを点火して消泡するまでの時間を計測した。なお、バーナー点火から 7 分後、室内全体に熱が行き渡るよう、屋外出入口付近に送風機を設置し、必要に応じて室内に向けて送風を行った。また、泡の流出を防ぐため、出入口の下部や床の穴をコンパネ等で塞いだ。(写真 No.1、2 参照)



写真 1 室内への泡放射状況



写真 2 室内の泡溜まりの状況

(4) 実験結果

ア 消泡状況

- (ア) バーナー点火から 7 分後、泡の深さは約 20 cm となり、約 3.6 m³の泡が消泡した。(写真 3 参照)
- (イ) 排風機作動から 10 分後、バーナー点火から 17 分後、ほとんどの泡が消泡した。(写真 4 参照)



写真 3 バーナー点火 7 分後の状況



写真 4 バーナー点火 17 分後の状況

イ その他の状況

- (ア) 消泡中に室内 CO 濃度を測定したところ、最高で 362ppm と高濃度であった。
- (イ) 熱による消泡時に、室内から強烈かつ独特な異臭が発生し、同蒸気を吸い込んだところ、目や喉に耐え難いほどの刺激を感じた。
- (ウ) 消泡後、水分を失った薬剤が付着し、床が粘り気を帯びることを確認した。

(5) 考察

高温高湿訓練ユニットを活用し、熱気によって短時間のうちに消泡できることが確認できた。しかしながら、泡を熱することによって、高濃度の CO や有毒性を疑われる強烈な臭気を伴うガスが発生すること、また、泡消火薬剤には金属を腐食させる成分が含まれており、乾いた薬剤が床に残留することで金属製の床を腐食させる恐れがあることから、訓練場所、消泡方法ともに不適當であると判断した。

5 訓練本塔地下階段室を訓練場所とした水希釈による消泡手法の検討

(1) 実験

RC造の訓練本塔の南側地下階段室は、幅 1.1m×奥行 6.0m、1 階出入口までの高さ 2.9m であり、同部分の空間容積が約 11 m³である。床に下水道へ繋がる排水口が設置されており、泡消火薬剤を屋外に一切漏えいさせることなく下水道に排出できることから、同場所に泡を溜め、水希釈による消泡実験を行った。

(2) 実験日時等

日時 平成 25 年 11 月 15 日 9:30~12:00

(3) 実験方法

隙間スポンジテープを地下室側鉄扉のドア枠に貼り付けて地下訓練室への泡の流出を防止した上で、ピックアップノズル及びラインプロポーションナーを使用し、トレーニングフォーム 2 缶分(約 40ℓ)を 3%希釈で発泡させて、室内を約 11 m³の泡で満たした。その後、訓練本塔裏の立水栓から連結し、階段沿いに這わせた 2 本の散水チューブ (株式会社タカギ製、長さ 10m) へ給水、泡溜まりに散水して消泡するまでの時間を計測した。(写真 5~7 参照)



写真 5 訓練実施場所



写真 6 散水チューブの設定及び水噴霧状況



写真 7 泡の放射状況

(4) 実験結果

ア 消泡時間

散水開始から約 1 時間で大部分が消泡した。(写真 No.8 参照)



散水開始前



散水開始 20 分後



散水開始 30 分後



散水開始 40 分後



散水開始 50 分後



散水開始 65 分後

写真 8 消泡状況

イ その他の状況

(ア) 地下室内への泡の流出はほとんどなかった。

(イ) 実験後、薬剤の種類に係わらず、階段室の床に残留薬剤による粘り気が認められたが、人手による散水作業により軽く洗い流すことができた。

(5) 考察

訓練本塔南側地下階段室には、泡消火薬剤 2 缶分、約 11 m³の泡を溜めることができ、散水チューブを用いて泡溜まりに水を散水することで、噴霧された水の物理的作用と水そのものによる希釈効果により、効率よく消泡できることが確認できた。

同場所での泡の貯蔵能力は、決して高いとは言えないが、実際に泡を放射し、ピックアップノズルやラインプロポーションナーの取り扱いを習得する等の基本的な訓練であれば、十分に実施可能であると言える。

6 おわりに

本検証により、訓練本塔南側地下階段室を活用することにより、小規模ながら、実際に泡を放射する訓練が実施可能であることが分かった。また、訓練後に発生した泡は、噴霧された水による物理的作用と希釈効果により、比較的容易に処理できることが確認された。しかしながら、高発泡装置取り扱い訓練や実災害想定訓練など、大量の泡を放射する訓練を実施するには、泡の処理方法のほか、泡消火薬剤のコスト的な問題についても更なる検証を行う必要がある。

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

消防科学研究所 橋本 慎也

1 はじめに

高温高湿訓練ユニットを活用した高温熱気による危険物火災用泡消火薬剤の消泡実験を行ったところ、希釈泡が熱せられ、消泡する際に独特な異臭が発生し、目や喉に刺激を感じるといった現象が確認された。

火災現場においても、泡消火薬剤を使用した際に、条件次第では、泡が火災熱や炎の影響を受け、有毒ガス等が発生させる可能性も考えられたことから、使用頻度の高いクラス A 泡消火剤について、消火活動や残火処理活動を想定した各種実験を行い、熱を加えた際に発生した蒸気等を分析してその危険性を検証した。

2 クラス A 泡消火剤

クラス A 泡消火剤は、水に 0.1%～1%混ぜることで水の表面張力を低下させ、燃焼物に対する浸透を促進することで消火効果を高める合成界面活性剤である。

本検証では、現在当局で採用している製造業者の異なる 3 種類の薬剤（以下「A 剤」、「B 剤」及び「C 剤」という。）を使用した。

その成分は製品により異なるが、公開されている化学物質等安全データシート等を参照したところ、表 1 のとおりであった。

表 1 クラス A 泡消火剤の成分

| 薬剤名 | 成分 | 含有量(%) |
|-----|--|------------------------------------|
| A 剤 | アルキル硫酸エステル塩 グリコール類 泡安定剤 防錆剤 水 | 記載なし |
| B 剤 | 脂肪酸エステル、エタノールアミン 生分解性キレート剤 可溶化剤、防腐剤 水 | 24～34 5～10 10～20 38～48 |
| C 剤 | ジエチレングリコールモノブチルエーテル ラウリルアルコール C イソデシルエステルの塩 C 10-16・アクリルエステルの塩 水 | 10～30 1～5 7～15 10～30 残 |

各薬剤とも主成分は、化粧品や洗髪剤、家庭用洗剤等に使用されている物質で、その他、不凍液の性質を持たせるためのグリコール類、金属の腐食を防ぐ防錆剤が添加されている。

危険有害性情報及び応急措置の項目を見ると、一般的な化粧品や洗髪剤にも当てはまる内容ではあるが、A剤については、誤飲、皮膚に付着すると異常をきたすことがある旨、C剤については、皮膚と目への接触により健康に影響を与える可能性がある旨記載されているほか、各薬剤とも蒸気を吸入した場合、皮膚に付着した場合、目に入った場合、飲み込んだ場合には応急処置を講じるよう記載されている。

3 実験内容

(1) 原液加熱時に発生する蒸気等の分析

各薬剤使用時に火災現場で発生する可能性がある有毒物質を知るため、各薬剤の原液を加熱し、発生した蒸気等を北川式ガス検知管及びガスクロマトグラフ質量分析装置（以下「GC-MS」という。）で検知及び分析した。

実施期間：平成 26 年 1 月 27 日（月）～3 月 5 日（水）

実験場所：札幌市消防局 消防学校 消防科学研究所 危険物実験室

(2) 残火処理活動時に発生する蒸気等の分析

残火処理活動時の再現モデルとして、熾した炭に各薬剤を 0.1%に希釈した水をかけた時に発生した蒸気等を北川式ガス検知管及びGC-MSで検知及び分析した。

実施期間：平成 26 年 3 月 6 日（木）～平成 26 年 6 月 16 日（月）

実験場所：札幌市消防局 消防学校 消防科学研究所 燃焼実験室

(3) 消火活動時に発生する蒸気等の分析

消火活動時の再現モデルとして、耐火模型区画内でクリブ材を燃焼させ、各薬剤を 0.1%に希釈した水をかけた時に発生した蒸気等を北川式ガス検知管及びGC-MSで検知及び分析した。

実施期間：平成 26 年 3 月 6 日（木）～平成 26 年 6 月 16 日（月）

実験場所：札幌市消防局 消防学校 消防科学研究所 燃焼実験室

4 蒸気等の採取方法

各実験により発生した蒸気等は、フレックスポンプ（近江オドエアサービス製、DC1-NA）、銅管及びシリコンチューブを用いて、サンプリングバック（アズワン株式会社製 テドラーバック一つ口コック付き）に約 5ℓ採取した。

5 分析方法

(1) 北川式ガス検知管

サンプリングバックの口にシリコンチューブを用いてガス検知管を接続し、直接内部のガス濃度を測定した。ガス検知管は、硫化水素（120SB）及びアセトアルデヒド（133SB）

を使用した。



写真1 サンプルバック内のガス濃度測定状況

(2) GC-MS

サンプルバック内の蒸気等をガスタイトシリンジで 1ml 吸引し、注入口に直接マニュアル注入した。GC-MS (アジレントテクノロジー社製 5975N) の分析条件は以下のとおりとした。

- ア カラム (ア) HP-5ms 30m × 0.32 mm × 25 μ m
高沸点成分測定用
- (イ) HP-PLOT Molesieve 30m × 0.32 mm × 25 μ m
低沸点成分測定用
- イ キャリアーガス He
- ウ カラム流量 1.0ml/min
- エ 昇温速度 (ア) 50°C ~ 250°C、10°C/min
(イ) 50°C ~ 12°C、30°C/min
- オ 注入口温度 250°C
- カ 検出器温度 230°C
- キ 検出器 MSD
- ク スプリット比 (ア) 40 : 1
(イ) スプリットレス

6 原液加熱時に発生する蒸気等の分析

(1) 実験方法

セラミック製の蒸発皿に各薬剤の原液を 0.1ml 注ぎ、水分が蒸発、炭化するまでガスバーナーで加熱し、蒸気等を発生させた。蒸気等は、蒸発皿直上にロート等のガラス器具を設置して発生開始から終息するまでの間、採取した。



写真 2 実験設定

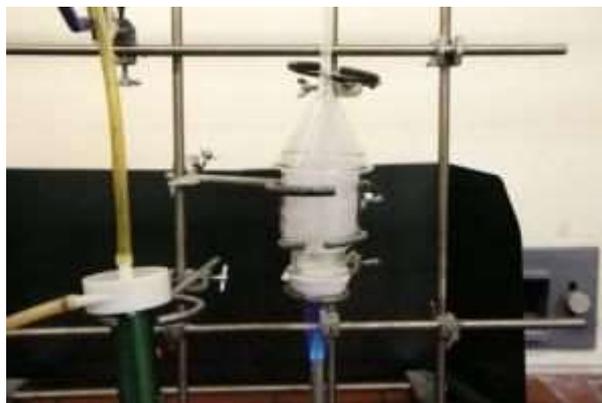


写真 3 蒸気等の発生状況

(2) 北川式ガス検知管による検知結果

北川式ガス検知管による測定結果を表 2 に示す。A 剤及び B 剤から発生した蒸気等を測定したところ、硫化水素及びアセトアルデヒドの検知管に変色反応が見られた。C 剤から発生した蒸気等を測定したところ、硫化水素の検知管は変色せず、アセトアルデヒドの検知管に変色反応が見られた。

表 2 北川式ガス検知管による測定結果

| | 硫化水素 | アセトアルデヒド |
|-----|--|---|
| A 剤 | 約 59ppm  | 約 45ppm  |
| B 剤 | 約 19ppm  | 約 30ppm  |
| C 剤 | 検知なし  | 140ppm 以上  |

(2) GC - MS による定性分析結果

各薬剤から発生した蒸気等の GC - MS による定性分析の結果を表 3 に示す。表 3 に示した物質は、測定データを GC - MS のライブラリデータベースに登録されている既知の物質と照合した結果、70%以上の高い一致率で検索された物質の中から、国際化学物質安全性カード (ICSC) に危険性を有する物質として登録されている物質を抜粋したものである。

各薬剤の原液を加熱した際には、発生蒸気の中に多数の有害物質が含まれていることが判明した。

表 3 GC - MS により高い一致率で検出された有害物質

| | 検出された有害物質 |
|-----|---|
| A 剤 | 1-オクタノール、1-テトラデセン、アセトアルデヒド、エチレンオキシド、ジエチレングリコール、ジエチレングリコールモノブチルエーテル、トリエチレングリコールモノブチルエーテル、フェノール、プロピレン、モノクロロエタン、塩化メチル、二酸化イオウ、硫化水素 |
| B 剤 | 1-デセン、1-ドデセン、アセトアルデヒド、アニリン、イソブテン、エチレンオキシド、ジエチレングリコール、ジエチレングリコールモノブチルエーテル、トリエチレングリコール、フェノール、プロピレン、ベンゾトリアゾール、モノクロロエタン、塩化ビニル、塩化メチル、二酸化イオウ、硫化水素 |
| C 剤 | 1,4-ジオキサン、1-テトラデセン、1-ドデセン、アセトアルデヒド、イソブテン、エチレンオキシド、エチレングリコールモノブチルエーテル、ジエチレングリコールモノブチルエーテル、フェノール、ブチルアルデヒド、フラン |

7 残火処理活動時に発生する蒸気等の分析

(1) 実験方法

熾した炭 (約 650°C~750°C) 約 3kg を一斗缶に敷き詰め、0.1%に希釈した各薬剤含有消火水を 500ml かけて蒸気等を発生させた。蒸気等は、発生直後に一斗缶に蓋をすることで、可能な限り密閉を保って採取した。

また、比較対象として水をかけた場合についても同様の実験を行った。



写真4 実験設定



写真5 炭の状態



写真6 採取状況

(2) 北川式ガス検知管によるガス検知結果

北川式ガス検知管による測定結果を表4に示す。各薬剤含有消火水をかけた際に発生した蒸気等からは、水をかけた際には検知されなかったアセトアルデヒドが TLV 許容濃度（天井値）を超えて検知された。また、水をかけた場合に比べ、各薬剤含有消火水をかけた場合の方が、硫化水素濃度は低く検知された。

表4 北川式ガス検知管による測定結果

| | 硫化水素 | アセトアルデヒド |
|-----|--|---|
| A 剤 | 約 29ppm  | 約 70ppm  |
| B 剤 | 約 20ppm  | 約 40ppm  |
| C 剤 | 約 36ppm  | 約 58ppm  |
| 水 | 約 85ppm  | 検知なし  |

(3) GC - MS による定性分析結果

高い一致率で検出された代表的な物質を表5及び6に示す。ベンゼン、トルエン等の炭由来と考えられる有害物質は検出されたが、薬剤由来と考えられる有害物質は検出されなかった。

表 5 GC-MS による測定結果 (HP-5ms 使用時)

| A剤 | | B剤 | | C剤 | | 水 | |
|------|---------|------|--------------|------|------------|------|-----------|
| RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 |
| 1.48 | ベンゼン | 1.49 | ベンゼン | 1.47 | ベンゼン | 1.48 | ベンゼン |
| 1.89 | トルエン | 1.87 | トルエン | 1.88 | トルエン | 1.88 | トルエン |
| 2.04 | オクタン | 3.67 | ベンゾフラン | 2.75 | スチレン | 2.57 | エチルベンゼン |
| 2.50 | エチルベンゼン | 4.54 | ウンデカン | 4.54 | ウンデカン | 3.67 | ベンゾフラン |
| 2.82 | スチレン | 4.59 | ノナナール | 5.31 | (Z)-2-ドデセン | 5.37 | ドデカン |
| 4.54 | ウンデカン | 5.37 | ドデカン | 5.37 | ドデカン | 5.43 | デカナール |
| 4.59 | ノナナール | 5.42 | 1,2-エポキシドデカン | 6.13 | トリデカン | 6.12 | トリデカン |
| 5.32 | ナフタレン | 5.63 | トリデカン | 6.82 | テトラデカン | 6.82 | テトラデカン |
| 5.37 | ドデカン | 6.62 | テトラデカン | 6.90 | テトラデカナール | 7.31 | シクロドデカン |
| 5.43 | デカナール | 6.90 | 6-トリデカン | 7.31 | シクロドデカン | 7.47 | ノナデカン |
| 6.77 | ビフェニル | 7.31 | シクロドデカン | 7.94 | 1-トリデカノール | 8.11 | ジエチルフタレート |
| 6.82 | テトラデカン | 8.53 | シクロテトラデカン | 8.11 | ジエチルフタレート | | |
| 7.31 | シクロドデカン | | | 8.53 | 1-ヘプタデカノール | | |

表 6 GC-MS による測定結果 (HP-PLOT Molesieve 使用時)

| A剤 | | B剤 | | C剤 | | 水 | |
|------|-----------|------|-----------|------|----------|------|----------|
| RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 |
| 1.81 | 硫化水素 | 3.30 | プロペン | 1.84 | 硫化水素 | 1.82 | 硫化水素 |
| 4.96 | アセトアルデヒド | 4.95 | アセトアルデヒド | 3.29 | プロペン | 4.97 | アセトアルデヒド |
| 5.09 | イソブテン | 5.09 | イソブテン | 4.96 | アセトアルデヒド | | |
| 5.25 | 1,3-ブタジエン | 5.25 | 1,3-ブタジエン | 5.09 | イソブテン | | |
| | | 6.98 | フラン | | | | |
| | | 8.28 | プロパナール | | | | |

(4) アセトアルデヒドの毒性

ア TLV-C (天井値) 25ppm

イ 短期暴露の影響:

眼、皮膚、気道を軽度刺激する。中枢神経系に影響を与えることがある。

ウ 長期または反復暴露の影響

反復または長期の皮膚への接触により、皮膚炎を起こすことがある。気道に影響を与え、組織障害を生じることがある。人で発がん性を示す可能性がある。

8 消火活動時に発生する蒸気等の分析

(1) 実験方法

開口部を1箇所設けた耐火区画模型（内寸 142 cm×51 cm×75 cm）内にクリブ材を 40 本配置し、イソプロピルアルコールを着火剤として火をつけ、全体が炭化するまで十分に燃焼させた後、0.1%に希釈した各薬剤含有消火水 20 ℓ をかけて火種が残る程度に消火し、消火中及び消火 10 分後の蒸気等を採取した。なお、蒸気等の採取位置は、開口部上部付近とした。

また、比較対象として、水をかけた時の蒸気等についても採取し、分析を行った。



写真7 消火前の装置内の燃焼状況



写真8 消火及び発生蒸気の採取状況



写真9 消火から10分後の状況



写真10 採取した蒸気等

(2) 北川式ガス検知管によるガス検知結果

北川式ガス検知管による測定結果を表7に示す。

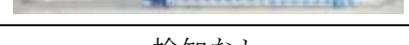
ア 消火中の発生蒸気等

水をかけた場合、0.1%に希釈した各薬剤含有消火水をかけた場合ともに TLV-C 許容濃度を超えるアセトアルデヒドが検知された。

イ 消火 10 分後の発生蒸気等

水をかけた場合と比べ、0.1%に希釈した各薬剤含有消火水をかけた場合の方が、消火 10 分後に残留するアセトアルデヒドの濃度は高く検知され、TLV-C 許容濃度を超えていた。

表 7 北川式ガス検知管による測定結果

| | | 硫化水素 | アセトアルデヒド |
|-----|----------|---|---|
| A 剤 | 消火中 | 検知なし  | 140ppm 以上  |
| | 消火 10 分後 | 検知なし  | 約 100ppm  |
| B 剤 | 消火中 | 検知なし  | 140ppm 以上  |
| | 消火 10 分後 | 検知なし  | 約 120ppm  |
| C 剤 | 消火中 | 検知なし  | 140ppm 以上  |
| | 消火 10 分後 | 検知なし  | 約 70ppm  |
| 水 | 消火中 | 検知なし  | 140ppm 以上  |
| | 消火 10 分後 | 検知なし  | 約 40ppm  |

(3) GC - MS による定性分析結果

高い一致率で検出された代表的な物質を表 8~11 に示す。消火中の発生蒸気等からも消火から 10 分経過後の発生蒸気等からも、木材由来のベンゼン、トルエン等の有害物質が検出されたが、各薬剤に由来する有害物質は、検出されなかった。

表 8 GC-MS による測定結果 (HP-5ms 使用時)

| A 剤 | | B 剤 | | C 剤 | | 水 | |
|-------|---------------|------|-------------------|-------|--------------------|-------|-------------------|
| RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 |
| 1.72 | ベンゼン | 1.60 | ベンゼン | 1.51 | ベンゼン | 1.58 | ベンゼン |
| 2.32 | トルエン | 2.01 | トルエン | 1.88 | トルエン | 2.20 | トルエン |
| 3.13 | エチルベンゼン | 2.56 | o-キシレン | 5.30 | シクロドデカン | 3.04 | エチルベンゼン |
| 3.19 | m-キシレン | 2.63 | m-キシレン | 6.02 | 2-メトキシ-4-エチルフェノール | 3.15 | p-キシレン |
| 3.42 | スチレン | 2.83 | スチレン | 6.77 | 1-テトラデセン | 3.35 | スチレン |
| 4.99 | 1-フェニル-1-プロピン | 3.66 | ベンゾフラン | 6.90 | 1-トリデセン | 4.26 | フェノール |
| 6.28 | アズレン | 3.80 | p-トルキノン | 7.32 | シクロドデカン | 4.47 | ベンゾフラン |
| 6.34 | ドデカン | 4.30 | p-クレゾール | 7.93 | シクロテトラデカン | 5.22 | p-クレゾール |
| 7.02 | 4-メチルカテコール | 4.48 | フアヤコール | 8.28 | エチレングリコールモドデシルエーテル | 6.07 | 3-エチルフェノール |
| 8.31 | シクロドデカン | 5.33 | カテコール | 10.09 | テトラデカン | 6.28 | アズレン |
| 8.65 | 1-ナフトール | 6.02 | 2-メトキシ-4-エチルフェノール | | | 7.00 | 2-メトキシ-4-エチルフェノール |
| 9.53 | シクロドデカン | 6.12 | トリデカン | | | 8.32 | 1-デセン |
| 10.25 | アントラセン | 9.25 | アントラセン | | | 10.25 | アントラセン |

表9 GC-MSによる測定結果 (HP-PLOT Molesieve 使用)

| A剤 | | B剤 | | C剤 | | 水 | |
|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
| RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 |
| 3.29 | プロペン | 3.30 | プロペン | 3.29 | プロペン | 3.30 | プロペン |
| 3.41 | プロパン | 3.41 | プロパン | 3.40 | プロパン | 3.41 | プロパン |
| 4.94 | アセトアルデヒド | 4.95 | アセトアルデヒド | 4.95 | アセトアルデヒド | 4.96 | アセトアルデヒド |
| 5.09 | イソブテン | 5.09 | イソブテン | 5.09 | イソブテン | 5.09 | イソブテン |
| 5.24 | 1,3-ブタジエン | 5.25 | 1,3-ブタジエン | 5.24 | 1,3-ブタジエン | 5.25 | 1,3-ブタジエン |
| 6.97 | フラン | 6.98 | フラン | 6.97 | フラン | 7.97 | アクロレイン |
| 7.94 | アクロレイン | 7.95 | アクロレイン | 7.95 | アクロレイン | 8.29 | プロピオンアルデヒド |
| 8.27 | プロピオンアルデヒド | 8.27 | プロピオンアルデヒド | 8.27 | プロピオンアルデヒド | | |

表10 GC-MSによる測定結果 (HP-5ms 使用時)

| A剤 | | B剤 | | C剤 | | 水 | |
|-------|---------|------|-------------------|------|------------|-------|-------------------|
| RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 |
| 1.67 | ベンゼン | 1.60 | ベンゼン | 1.65 | ベンゼン | 1.58 | ベンゼン |
| 2.21 | トルエン | 1.89 | トルエン | 2.05 | トルエン | 2.21 | トルエン |
| 3.12 | m-キシレン | 3.44 | フェノール | 2.51 | エチルベンゼン | 3.12 | o-キシレン |
| 3.20 | o-キシレン | 4.13 | o-キシレン | 2.61 | エチルベンゼン | 3.47 | スチレン |
| 3.42 | スチレン | 4.31 | p-キシレン | 2.84 | スチレン | 4.26 | フェノール |
| 4.24 | フェノール | 4.49 | グアヤコール | 3.68 | ベンゾフラン | 4.97 | インデン |
| 4.47 | ベンゾフラン | 5.35 | 2-メトキシ-4-メチルフェノール | 4.12 | インデン | 6.07 | 3,4-ジメチルフェノール |
| 5.01 | o-クレゾール | | | 5.33 | ナフタレン | 6.28 | ナフタレン |
| 5.22 | p-クレゾール | | | 6.31 | 2-メチルナフタレン | 7.00 | 2-メトキシ-4-エチルフェノール |
| 5.40 | グアヤコール | | | 6.77 | 1-テトラデカン | 7.12 | トリデカン |
| 6.27 | ナフタレン | | | 6.90 | テトラデカナール | 7.16 | 1-メチルナフタレンノール |
| 7.12 | トリデカン | | | 7.31 | シクロドデカン | 10.25 | アントラセン |
| 10.25 | アントラセン | | | 9.43 | アントラセン | | |

表11 GC-MSによる測定結果 (HP-PLOT Molesieve 使用)

| A剤 | | B剤 | | C剤 | | 水 | |
|------|------------|------|------------|------|-----------|------|-----------|
| RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 | RT | 化合物名 |
| 3.29 | プロペン | 3.30 | プロペン | 3.29 | プロペン | 3.30 | プロペン |
| 3.41 | プロパン | 3.41 | プロパン | 3.41 | プロパン | 3.41 | プロパン |
| 4.94 | アセトアルデヒド | 4.95 | アセトアルデヒド | 4.96 | アセトアルデヒド | 4.96 | アセトアルデヒド |
| 5.09 | イソブテン | 5.09 | イソブテン | 5.09 | イソブテン | 5.09 | イソブテン |
| 5.24 | 1,3-ブタジエン | 5.25 | 1,3-ブタジエン | 5.25 | 1,3-ブタジエン | 5.24 | 1,3-ブタジエン |
| 6.97 | フラン | 6.98 | フラン | 6.98 | フラン | 6.98 | フラン |
| 7.94 | アクロレイン | 7.96 | アクロレイン | | | | |
| 8.27 | プロピオンアルデヒド | 8.28 | プロピオンアルデヒド | | | | |

9 まとめ

本実験により、クラス A 泡消火剤を 0.1% の希釈濃度で使用した場合には、薬剤由来の有毒ガスは発生しないことが確認され、水をかけた場合と比べ、希釈した各薬剤含有消火水をかけた場合の方が、アセトアルデヒドの発生濃度が高くなる可能性が示唆された。

また、薬剤使用の有無にかかわらず、木材の燃焼に伴い、アセトアルデヒドやベンゼン等の有機ガスが発生していることが再確認された。実災害現場での有機ガスの危険性については、消防科学研究所報 (2003.No.10~2005.No.12「鎮火後に残存している燃焼ガス」、「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」) において既に報告されており、一例として、鎮火 1 時間後におけるベンゼン濃度は、許容濃度の 4 倍となる 0.4ppm が計測されている。また、同所報では、ベンゼン等の有機ガスのほか、火勢鎮圧後に残存する粉塵やダイオキシン、CO の危険性についても指摘している。

以上のことから、クラス A 泡消火剤を使用した場合においても、火勢鎮圧後の残存ガス等の危険性について十分に理解した上で活動を行うべきであり、特に地下や倉庫などの閉鎖空間や残焼物から直接煙が出ている場所で活動する際には、排煙活動を充分に行うとともに、空気呼吸器の使用を延長することや、有機ガス用防毒マスクの着装について考慮しなければならない。

空気呼吸器面体用濃煙疑似シートの開発について

総務部消防学校教務課校務係 後藤 泰宏

札幌市消防科学研究所 伊藤 潤

1 開発内容

現在、消防訓練における火災建物内の濃煙状況の再現には、環境に配慮してスモークマシンにより実際に煙を発生させるか、不透明のカバーを空気呼吸器用面体に被せるなどしている。しかし、スモークマシンの煙は熱に弱く、また、不透明なカバーにより全く視界の効かない状況は実際の火災現場とは相違があった。

2 開発の効果

今回開発した空気呼吸器面体用濃煙疑似シートは、上方ほど透明度が低くなるグラデーションを施したポリプロピレン製シートを面体内側に装着することにより、手元などの至近距離にあるものは見えて遠くのものが見えないようにすることができ、いつでもどこでも実火災に即した濃煙状況での訓練ができるようになった。

3 現状と問題点

- (1) スモークマシンの煙は熱に弱いため、高温での訓練では使用できない。
- (2) 庁舎や住宅街の解体予定建物などを活用した訓練など、煙を出せない建物における濃煙を想定した訓練ができない。
- (3) 近くは見えるが遠くは見えないという煙の視界に対する影響特性を再現する用具などが無い。
- (4) 木材などの可燃物を燃やして煙を発生させる場合、環境に影響が出ないように、訓練施設に非常に高価な排煙処理設備が必要となる。また、排煙処理施設を設けたとしても大量の二酸化炭素等を排出することとなる。
- (5) 実際に煙を使って訓練をする場合、訓練指導者が訓練隊員を視認し難く、指示命令や安全管理も難しくなる。

4 開発

上記5つの問題を解決するため、本市消防学校の実火災型訓練施設においてスモークマシンで煙を発生させ、濃煙時の状況を写真撮影した。そして同じ位置から煙の無い状況において、面体にシートを工夫しながら装着して同様の画像が得られるよう試験を重ねた。その結果、薄手のビニル手袋などに使用されている不透明な素材を使用するよりも、一見クリアなポリプロピレンシート（厚さ0.2mm）を数枚重ねることが煙に近い視界が得られることがわかり、訓練における濃煙状況の想定も様々であることも考慮して、重ねる枚数と上下のグラデーションを自由に設定できるよう、試作品を作成した。

また、ポリプロピレンは熱に弱いことから、高温時の訓練においても熱の影響を受けないようにするため、試作品は面体の内側に装着できるものとした。

5 仕様（素材等）

シート部： クリアファイルのポリプロピレン（厚さ 0.2 mm）を別紙の台紙により切り取ったもの

留め具： 二穴パンチ用ブリキ製ファスナー

取外し紐： 綴り紐

サイズ： 各種面体のサイズに応じた大きさ

6 開発による効果、その検証

開発した空気呼吸器面体用濃煙疑似シートを消防学校の高温高湿訓練施設において救助隊等に訓練で使用してもらい、同シートについて聞き取り調査を行なったところ、これまで使用してきた不透明の靴用カバーよりも、実際の濃煙状況に近い見え方がするので、要救助者の性別等の情報も無線連絡でき、救助のためのロープ結索なども実際の火災現場と同様のイメージで訓練することができるなどとの、高く評価する意見が多かったが、次のような要望もあった。

- (1) 煙の二層流状態と乱流状態の違いによる訓練、いわゆる中性帯における視認と中性帯を壊した場合の違いなどの訓練もできるように考えてほしい。
- (2) 消火活動における除煙効果を確認できるイメージで、徐々に視界が開けるような機能を加えてほしい。

7 今後の課題

今回、濃煙訓練における視界状況の再現等の問題点は解決されたが、新たに、煙の二層流状態と乱流状態の違いによる訓練や、助煙効果を確認する訓練などでもできるように更に改良する必要があるのではないかという問題提起もなされ、今後は訓練の目的ごとに対応できるシートなどについて検討する必要がある。

空気呼吸器面体用濃煙疑似シートの写真



写真1 空気呼吸器面体用濃煙疑似シート

5枚のポリプロピレンシートを面体に合わせて切り取り、3枚は面体中央から下方に明るくグラデーションが付くように下方を切って重ね、上部に二穴パンチで穴を開け、留め具（二穴パンチ用ブリキ製ファスナー）で固定する。また、面体から取り外す時に引き起こせるよう、下方端に紐を設置する。

| | 濃煙 | 無煙 | | | |
|--------|----|--------|--------|--------|--------|
| | | シート①～⑤ | シート①～④ | シート②～④ | シート②、④ |
| 室内照明あり | | | | | |
| 室内照明なし | | | | | |

写真2 面体からの視界（濃煙疑似シート装着時）

| | |
|--|--|
| <p>室内：無煙 面体：無被覆</p> |  |
| <p>室内：濃煙 面体：無被覆</p> |  |
| <p>室内：無煙 面体：本案シート ①～⑤で被覆</p> <p>※濃煙時と同様の視界で要救助者を視認できる。</p> |  |
| <p>室内：無煙 面体：不透明の靴用 カバーで被覆</p> <p>※全体がぼやけ、近くのものも見えない。</p> |  |

写真3 面体からの要救助者の見え方比較

情報提供

実火災型訓練施設を用いた実火災型訓練について

札幌市消防科学研究所 宮下 典之

1 はじめに

近年、建材の不燃化や建物の高断熱・高気密化が進み、火災室内に熱気等が充満して消防活動中にフラッシュオーバーやバックドラフト等の急激な燃焼変化が起こるなど消防活動の困難性が高まっている。

その一方で、大量退職に伴う職員の世代交代による若年職員の割合の増加や、火災件数の減少による職員の経験不足が懸念されている。

職員が火災現場で安全、確実に対応できる能力を高めるためには、実際の火災現場に近い状況を再現し、火炎による輻射熱や濃煙熱気下において訓練を繰り返し行う必要がある。

しかし、こういった火災の疑似体験ができる施設は高額な費用がかかる場合が多く、近年の全国的に厳しい財政状況の中では、早期の施設の導入は困難な場合が多いと思われる。

そこで当研究所において、現有施設を改良し、高温熱気中において訓練を行うことができる環境を再現した、効果的かつ安価で安全性も確保した、いわゆる「実火災型訓練室」を開発したところである。（「既存訓練施設を活用した訓練・研究設備の開発について」（札幌市消防科学研究所報 2011年 No.18、2012年 No.19）参照。）

こうした中、火災現場で消火活動に従事する職員を対象とし、当訓練施設を活用した「実火災型訓練」を当局研修計画に盛り込み実施したところであり、その概要について紹介する。



写真1 高温高湿訓練ユニット（外観）



写真2 高温高湿訓練ユニット（内部）



写真3 高温高湿訓練室（内部）

2 施設を使った訓練内容

(1) 熱気の体験

当訓練施設は、二重構造の燃焼筒を用いて完全燃焼させているため、一酸化炭素等の有毒ガスの発生がほとんど無く、吸排気を調節すれば酸素濃度も調節できるため、空気呼吸器の装着無しに熱気を体験できる利点がある。

その利点を生かし、以下の熱気体験型の訓練を実施している。

- ・ドアの熱確認要領
- ・体感した温度と、計測機器を用いて数値で把握した実温度との比較
- ・出入口における吸排気の流れの確認及び中性帯の把握
- ・姿勢の高・低による体感温度の違い
- ・防火服装着時と未装着時の体感温度の違い
- ・防火服装着時における熱気確認方法



写真4 防火衣未装着での熱気体験1



写真5 防火衣未装着での熱気体験2



写真6 防火衣装着時における熱気確認

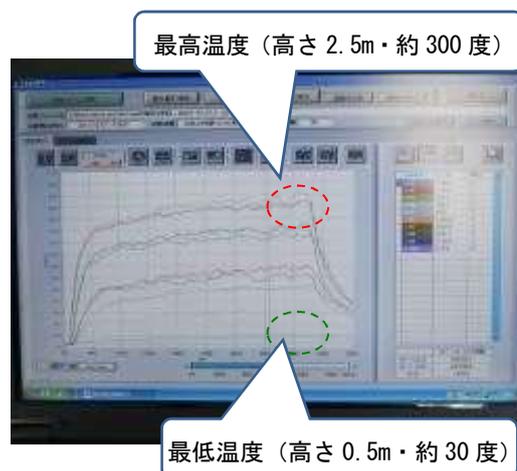


写真7 モニターによる室内温度分布の把握

(2) 熱傷受傷事故防止に関する体験

近年、消火活動中の消防隊員が現場用手袋を装着した部分に熱傷を負う事案が数件発生していることから、当研究所において熱傷受傷のメカニズムについて検証を行った。（「火災現場における熱傷受傷に関する検証実験について」（札幌市消防科学研究所報 2011年 No. 18）参照。）

その解明したメカニズムを当訓練施設において疑似的に体験する訓練を実施している。

- ・現場用手袋の乾燥時と水濡れ時における体感温度の違いと対処方法
- ・熱さ限界体感時の温度把握及び隊員同士の意思共有と退出判断
- ・ハンドモデルを用いた手背部の熱分布、危険部位の確認



写真 8 現場用手袋の乾燥時と水濡れ時における体感温度の違いを体験



写真 9 ハンドモデルとサーモテープを用いた熱気による危険部位の確認

(3) 放水による熱気の挙動や高温水蒸気、援護注水の効果の体験

実際に高温の屋内に進入後、放水することにより、吹き返しなどの熱気の挙動を体験する訓練や、援護注水の効果を確認する訓練を実施している。

- ・熱気室内へ進入し、燃焼体に棒状注水し熱気の吹き返しを体験
- ・ドア前に立ち、屋外での建物開口部からの熱気の吹き返しを体験
- ・熱気室内へ内部進入、天井に噴霧注水し、天井付近の高温帯の熱気の降下を体験
- ・高温水蒸気による体感熱気温度及び視界不良状況
- ・熱気を体験するとともに、退出判断時期を確認
- ・熱気室内へ内部進入、室内を覆うように噴霧注水し、援護注水要領を確認



写真 10 放水時の熱気の吹き返しを体験



写真 11 天井への放水時の熱気の効果



写真 No. 12 援護注水の効果を体験

3 訓練を体験した職員の評価

実火災型訓練の各種訓練を体験した職員の評価を聞いたところ、次のとおり回答が得られた。

(1) 訓練内容の評価

すべての訓練内容において、95%以上の職員が「現場活動の参考になった」と評価した。

(2) 訓練施設の評価

今回の高温体験を中心とした訓練内容においては、90%以上の職員が「十分な訓練環境である」と評価した。

その反面、今後さらに実火災に近い環境下で訓練を行うためには、濃煙熱気環境の再現や、複数の階数や室数が必要であるとの意見が出された。

この意見を踏まえ、当研究所では今後もより実火災に近い環境を再現できる研究と、その環境で訓練ができるよう取り組んでいく予定である。

(3) 退出判断の考察

高温により限界を感じ退出した際に、最も熱を感じた身体部位を集計したところ、右図の結果を得た。

約75%の職員が耳と回答しており、露出しかつ汗腺の少ない耳は、最も早く熱的な限界に達すると考えられる。

このように、耳は受傷危険の高い部位ですが、同時に危険時に熱を感じるセンサーとなるとも言える。

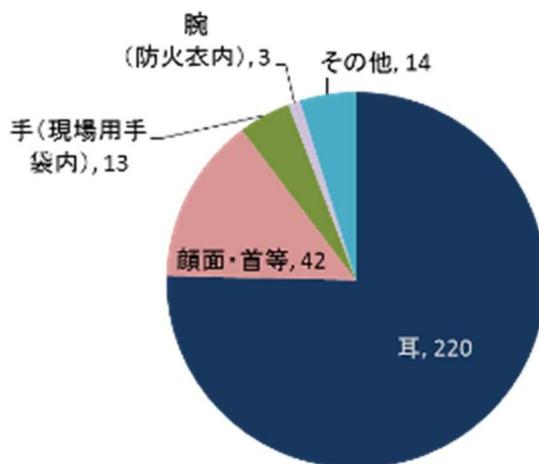


図 一番熱を感じた身体部位

(4) その他の感想・意見

- ・ 熱的な限界だけでなく、水蒸気により面体が曇り、視界が遮られ活動障害となった。
- ・ 退出時に姿勢を高くしただけで高熱を感じ、姿勢を低く保つ重要性を再認識した。

- 誰かが限界と感じた場合、全員が退避しなければならないため、普段からの意志疎通が重要だと改めて感じた。
- 耳で感じる熱だけではなく、手袋が濡れていた場合、手の甲でも強い熱を感じるのも耳だけではなく、そういった部位にも気を配る必要がある。
- 退出時にも姿勢を低くしなければならないが、退出を焦るあまり姿勢が高くなってしまい、十分な注意が必要だと感じた。
- 乾いた熱気よりも水蒸気を含んだ熱気の方が、受傷危険が高いことを確認できた。
- 天井への放水では、落ちる水が瞬時に熱湯となり、袖口や襟元に浸入し、受傷危険が高いことを確認できた。
- 熱気の吹き返しよりも吹き下しの方が、熱エネルギーが強いことを確認できた。
- 隊員の立ち位置によって熱気を感じ方が異なることを確認できた。
- 高温熱気環境下での援護注水が極めて有効であるとともに、的確な距離で行う重要性を確認できた。
- 防火衣の優れた耐熱性を確認できたが、性能過信による潜在危険があることを確認できた。

研修におけるバックドラフト・フラッシュオーバー現象の展示手法について

札幌市消防科学研究所 橋田 宏一

1 はじめに

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

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

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

なお、当該実験展示は、当局研修計画に基づく「実火災型訓練」に併せて実施した。(本誌 35 ページ掲載「実火災型訓練施設を用いた実火災型訓練について」参照)

2 燃焼実験展示実施場所等

実施場所：札幌市消防学校 消防科学研究所 燃焼実験室

実施回数：実火災訓練に伴う展示 35回

その他研修等に伴う展示 7回

3 実験装置概要

今回、実験に用いた実験装置外観を図1及び写真1から4に示す。

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

部材について、天井、底部及び側壁については、耐火断熱材(ニチアス株式会社製 TOMBO No. 5112 ファインフレックスハードボード、厚さ25mm)2枚を珪酸カルシウム板(厚さ6mm)で挿んだものを使用し、装置内面には不定形耐熱材(ニチアス株式会社製 TOMBO No. 5420 ファインフレックスファイバーキャスト)を塗布した。

装置側面の1面には、耐熱ガラス(日本電気硝子製 ファイアライト 厚さ5mm)を鋳鉄製の窓枠に組み込んだものを使用し、着脱可能とした。(耐熱ガラス装着面を前面とする。)

装置側面に300mm(幅)×450mm(高さ)の開口部を設け、扉を設置し開閉可能とした。(開口部を設置した面を右側面とする。)

また、気密保持のため、各部の継ぎ目や隙間には、不定形耐熱材(ニチアス株式会社製 TOMBO No. 5420 ファインフレックスファイバーキャスト)を使用した。

この装置を、金属製L字アングルで作成したキャスター付き枠台に設置し、燃焼実験展示に使用した。

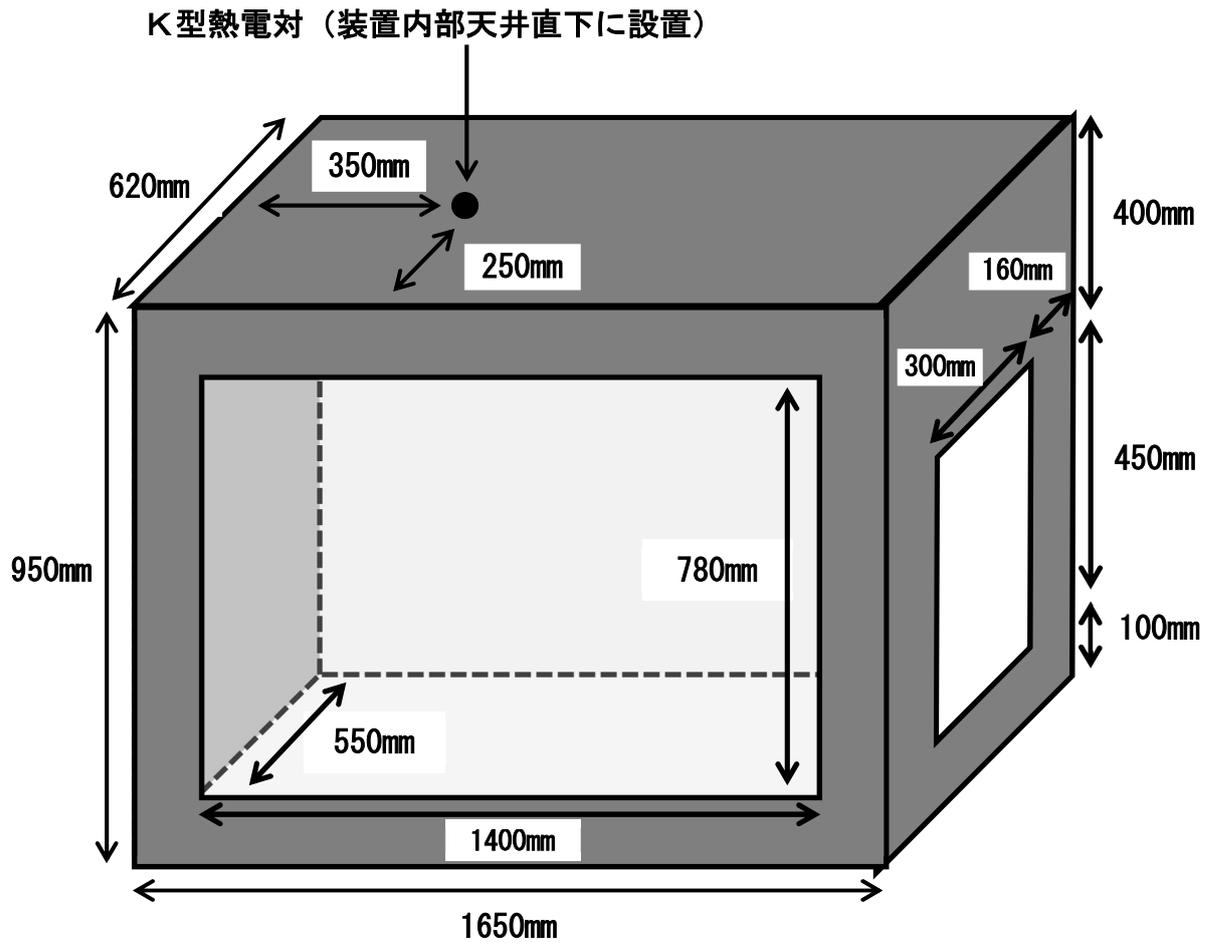


図 1 実験装置外観



写真 1 実験装置外観 1（前面）



写真 2 実験装置外観（前面・右側）



写真3 燃烧実験装置耐熱ガラス装着状態
(前面)



写真4 燃烧実験装置耐熱ガラス装着状態
(前面・右側面)

4 設定

燃烧材、着火材及び温度計の配置等は図2及び写真5から12に示す。

燃烧材：インシュレーションボード（80mm×600mm、厚さ12mm）24枚を使用した。

着火材：インシュレーションボード（80mm×300mm、厚さ12mm）12枚へ、助燃材として2-プロパノール（500ml）を染み込ませて着火材とした。

温度計：K型熱電対温度計を天井直下に設置し、装置下部前面の温度表示装置へ接続した。

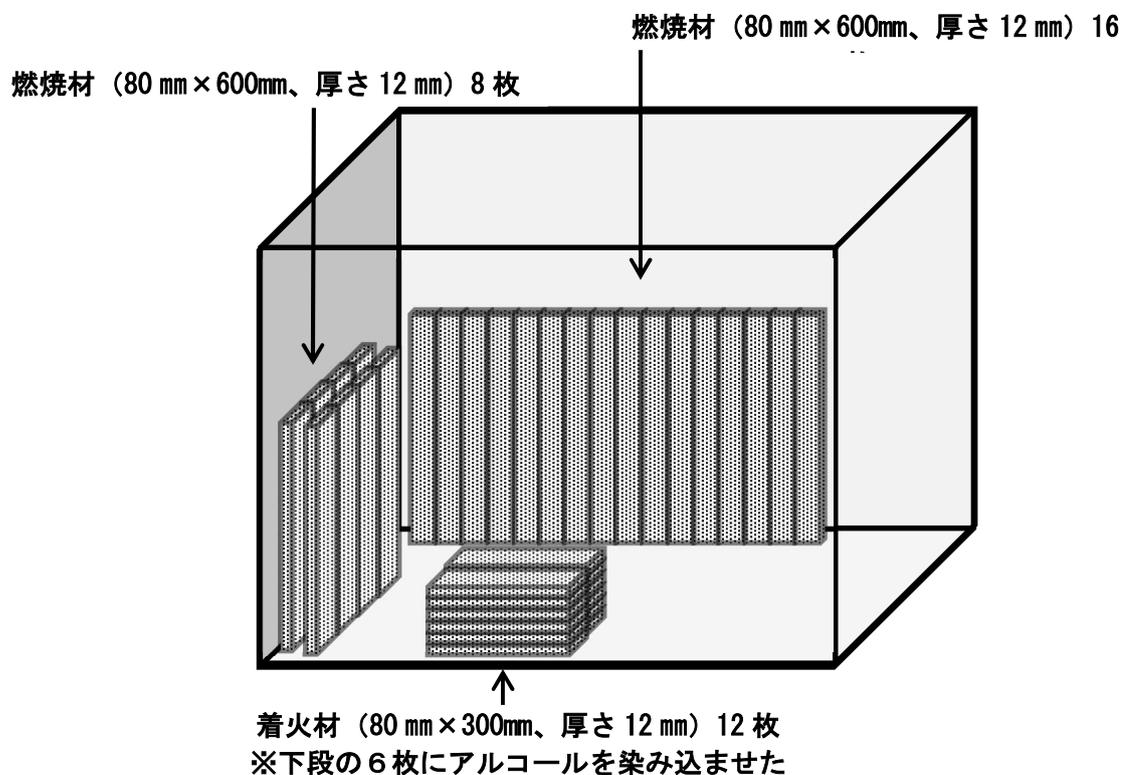


図2 燃烧材及び着火材の配置図

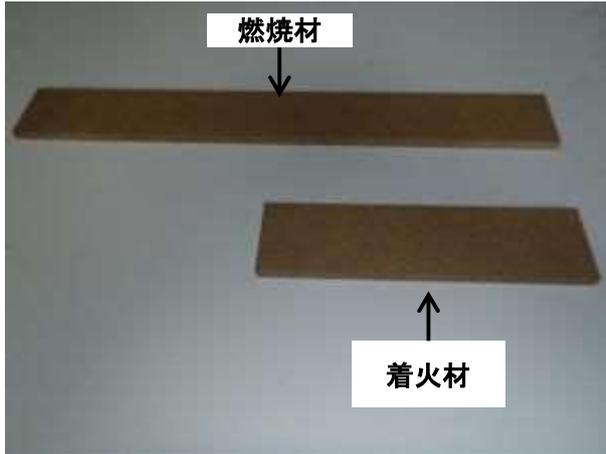


写真5 燃烧材及び着火材



写真6 耐熱ガラス及び窓枠（前面）



写真7 耐熱ガラス及び窓枠（側面）



写真8 燃烧材、着火材及び温度表示装置
設定状況



写真9 燃烧材及び着火材設定状況 1



写真10 燃烧材及び着火材設定状況 2



写真 1 1 K型熱電対設置状況 1



写真 1 2 K型熱電対設置状況 2

5 燃焼実験展示の内容

燃焼実験展示の手法及び内容は以下とおりである。

燃焼実験展示の経過を写真 1 3 から 2 3 に示す。

(1) 着火前

燃焼実験装置内へ着火材及び燃焼材を設置し、前面に耐熱ガラスを取り付ける。

(2) 着火直後の状況

トーチバーナーにより着火材へ着火する。

着火材は燃え続けるが、燃焼材は接炎しない位置にあることから延焼はしない。

この時、助燃材として 2-プロパノールを使用していることから、煙はほとんど出ない。

(3) フラッシュオーバー発生までの状況

燃焼材は、装置内部の温度上昇及び着火材の輻射熱により加熱され、徐々に可燃性ガスを含んだ煙が出てくるようになる。

燃焼材は時間経過とともに、より一層加熱され、煙が強くなるようになる。

この時、燃焼材は燃えていないが、燃えやすい状態になっている。

(4) フラッシュオーバー発生時の状況

燃焼材から煙が多量に発生し、装置内部に充満した状態となる。

この時、燃焼材の大部分が引火点以上の温度になっていると考えられる。

この状態で、空間を漂う可燃性ガスに引火し燃焼材へ炎が伝搬する、もしくは燃焼材が発火点に達するなどの現象をきっかけとして、燃焼材全体が急激に燃え出す。(フラッシュオーバー発生)

(5) バックドラフト発生までの状況

フラッシュオーバー発生後、装置の扉を閉鎖すると、装置内部が酸素欠乏になって炎は消えるが、装置内部は高温であり燃焼材からは可燃性ガスの発生は続いている。

その後、扉を開放すると、装置内部へ外気が入ることで酸素濃度が高まって行き、ガス濃度が燃焼範囲となり、炭化した燃焼材の赤熱部などを着火源として爆発的な燃焼が発生する。(バックドラフト発生)



写真13 着火時の状況



写真14 着火から10秒後



写真15 着火から15分後



写真16 フラッシュオーバー発生直前



写真17 フラッシュオーバー発生時
(着火後24分19秒経過)



写真18 フラッシュオーバー発生後1



写真19 フラッシュオーバー発生後2



写真20 扉閉鎖時



写真21 扉開放時



写真22 バックドラフト発生直前



写真23 バックドラフト発生時（着火後26分48秒経過）

6 今後について

今回の燃焼実験展示において最も重要な部分はフラッシュオーバー・バックドラフト現象の再現性である。

今年度は40回以上の燃焼実験展示を行い、全てにおいてフラッシュオーバー・バックドラフト現象を発生させ、展示させることができた。

このことから、研修におけるフラッシュオーバー及びバックドラフトの展示手法を確立できたものとする。

また、受講職員から「実際の熱気や臭いを感じながらの燃焼実験見学は、大変リアルで参考になった。」「フラッシュオーバーやバックドラフトの基本的なメカニズムを理解することができた。」などの意見も聞かれた。

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



写真 2 4 燃焼実験展示実施状況

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

札幌市消防職員提案は、職員から創意工夫による有益な提案を奨励し、職員の勤労意欲を高めるとともに、公務能率と市民サービスの向上を目的として例年実施している。

昭和40年当初は7件であった提案件数が平成25年度は18件となっている。

申請された提案については、札幌市消防職員提案審査会において書類審査を行った後、発表審査が行われ、平成26年2月10日に行われた審査会（発表審査）では、提案者自らが説明を行った。

平成25年度の審査結果は、優秀賞1件、秀賞6件、努力賞11件となっており、優秀賞及び秀賞を受賞した提案に対し、消防局長から表彰状が授与された。

表1 職員提案（優秀賞・秀賞）一覧表（平成25年度）

| 提案番号 | 提案名 | 提案内容 | 等級 |
|-------|--|---|-----|
| 第513号 | 現金出納員及び現金分任出納員が行う収納事務の軽減について（写真3） | 各消防署予防課における消防手数料の収納事務の効率化を図るため、調定簿兼収入原簿の作成にあわせて「現金払込書・領収書」を作成できる「手数料システム」を作成した。 | 優秀賞 |
| 第512号 | 消防ヘリコプター運航に伴う費用請求 | 現在、違法建築物調査等のために他部局からの要請により料金を徴収することなく消防ヘリコプターを運航しているところであるが、行政業務等（災害対応等緊急用務以外）の消防ヘリコプター運航に係る燃料費について徴収することを提案する。 | 秀賞 |
| 第514号 | 人事異動時の職員配置一覧表作成事務の軽減について（写真4） | 職員配置一覧表について、人事異動時に転出者・転入者の入れ替え、補職の追加等を簡単な作業で行うことのできるフォーマットを作成した。 | 秀賞 |
| 第518号 | 防火水槽敷地の変形、損傷している鉄製境界フェンスの代替に置石を設置する提案（写真5） | 防火水槽の敷地を囲っている鉄製フェンスが経年劣化及び雪害等で、変形、折損している箇所が見受けられ、修理に相当の年月を要することから、鉄製フェンスの代替えとして、公園緑地などで使用されている置石の設置を提案した。 | 秀賞 |
| 第524号 | インハレーター保護パッド兼小児用背部パッド（写真6） | 救急隊で使用している「インハレーター2」が酸素ボンベ等に接触し、破損事故が起きないように保護材の作成し、小児の傷病者の気道確保のための背部パッドを兼用できるものとした。 | 秀賞 |

| | | | |
|-------|-------------------------------|---|----|
| 第526号 | 英語版応急手当テキスト・応急手当ビデオ (写真7) | 応急手当の更なる普及啓発のためには、外国人を対象とした救命講習の開催も求められるところであることから、英語版応急手当テキスト及び応急手当ビデオを作成した。 | 秀賞 |
| 第527号 | 少年消防クラブ 消防マスター検定の実施について (写真8) | 少年消防クラブ活動を通して身につける防火・防災に関する知識や技術について、クラブ員個々が自ら目標を持って取り組んだ訓練成果を、消防署員が一定の基準に合わせて評価(検定)し、合格したクラブ員に「認定証」を授与する取り組みを提案した。 | 秀賞 |

表2 職員提案(努力賞)一覧表(平成25年度)

| 提案番号 | 提案名 |
|-------|--------------------------------|
| 第511号 | より事務事業見直しを加速化させる業績評価制度について |
| 第515号 | 事務連絡業務の見直しについて |
| 第516号 | 広告付き用紙の導入及び購入による経費削減 |
| 第517号 | 市民防災センターのネーミングライツ導入について |
| 第519号 | 自家用給油取扱所の積極的活用について |
| 第520号 | 「調査員ワッペン」の作成 |
| 第521号 | レスキューカートの考案 |
| 第522号 | オートロックドアの解錠及び常時開放の方法について |
| 第523号 | ガラス切断器具 |
| 第525号 | ホース落下防止器具の作成 |
| 第528号 | 市民体験型避難訓練「避難シミュレーション訓練」の導入について |



写真1 審査会(発表審査)の様子



写真2 表彰式の様子



写真3 手数料システム

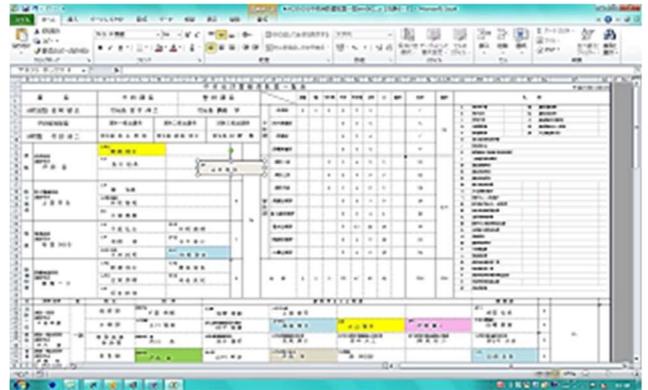


写真4 職員配置一覧表フォーマット



写真6 インハレーター保護パッド兼小児用背部パッド

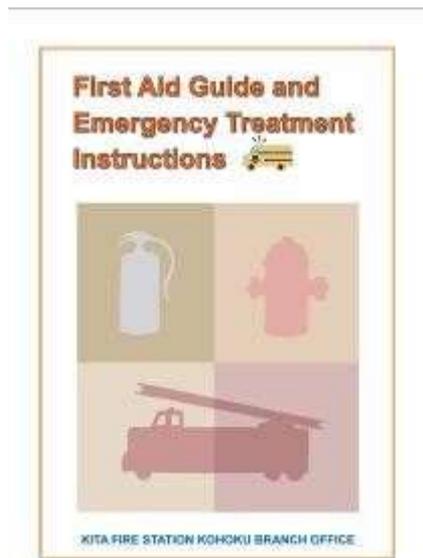


写真7 英語版応急手当テキスト



写真8 少年消防クラブ消防マスター検定

消防科学研究所報

(2013 No. 20)

| | |
|---------|----------------|
| 市政等資料番号 | 01-N06-14-2384 |
|---------|----------------|

平成 27 年 3 月発行

編集・発行 札幌市消防科学研究所

〒063-0850

札幌市西区八軒 10 条西 13 丁目 3 番 1 号

電話 (011) 616-2262

F A X (011) 271-0957

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