

消防科学研究所報

REPORT OF FIRE SCIENCE LABORATORY



2009 No.16

SAPPORO FIRE SCIENCE LABORATORY

札幌市消防科学研究所

目次

【業務実績】

○消防科学研究所の業務について・・・・・・・・・・・・・・・・	1
---------------------------------	---

【研究・実験】

○新型消火薬剤（クラスA消火薬剤）の耐凍結性能について・・・・・・・・	7
○新型消火薬剤（クラスA消火薬剤）の消火特性について・・・・・・・・	14
○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・・・・・・・・	37
○火災再現実験セットの開発について・・・・・・・・・・・・・・・・	40
○マット型油吸着剤の吸着性能等に関する実験・・・・・・・・	45
○現場用手袋の検証実験について・・・・・・・・・・・・・・・・	84
○現場用手袋素材の耐油性確認実験・・・・・・・・	95

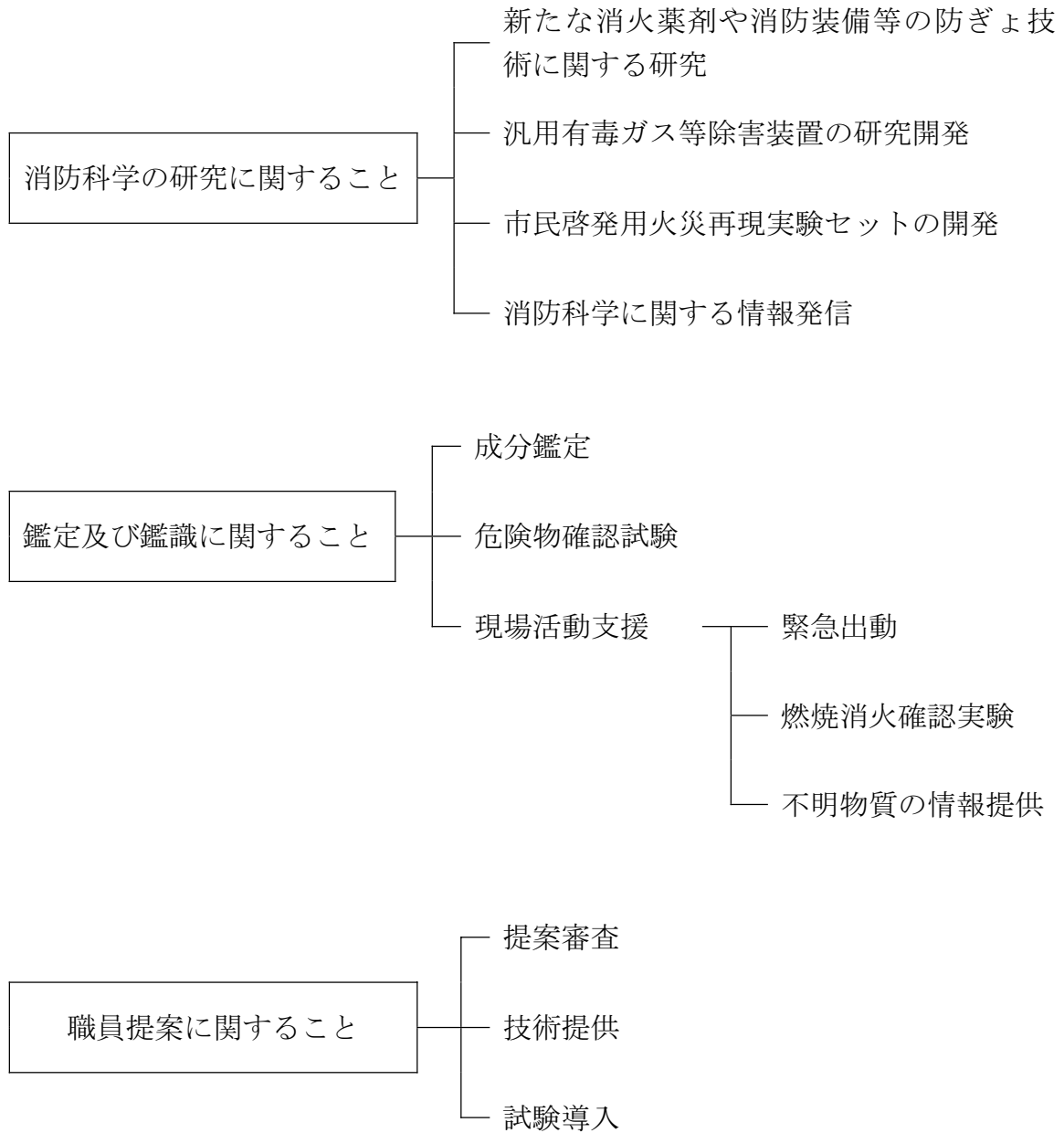
【情報提供】

○一酸化炭素（CO）について・・・・・・・・・・・・・・・・	99
○塩素ガスの発生と除害について・・・・・・・・・・・・・・・・	101
○ワインセラーからのアンモニアガス漏れについて・・・・・・・・	108
○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・・・・・・・・	112

【研究実績】

○研究実績表（平成5年度～平成21年度）・・・・・・・・	117
------------------------------	-----

札幌市消防科学研究所の業務体系



業務実績

消防科学研究所の業務について

業 務 実 績 表（平成21年度）

（単位：件）

研 究			燃焼・消火実験等	成分鑑定	危険物確認試験	緊急出動 現場活動支援	職員提案	広報活動と情報発信					その他
新たな消火 薬剤・装備	有毒ガス等 除去装置	再現実験 セット					提案審査	出前講座等	施設見学等	報道取材	研究結果発表 （学会等）	所報等の発行	消防学校初任・ 専科教育等
1 ※1	1 ※1	1 ※1	45 ※2	81	3	3 ※3	26 ※4	30 (1689)	33 (760)	9	1	8	7 (433)

（ ）内は、対象者の人数である。

※1から※4の概要・内訳については表1から表4のとおり

※研究・分析・鑑定等における測定機器を含めた主な研究装置・機器一覧は表5のとおり

1 はじめに

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」（平成11年11月8日）に基づき、各種研究業務をはじめ、燃焼実験、成分鑑定、職員提案支援及び危険物確認試験等の業務のほか、災害現場への緊急出動体制を確保し、迅速な分析などによる現場活動支援を実施している。

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

市民が安全・安心に暮らせるために必要な燃焼実験を実施しているほか、「札幌市火災調査規程」（昭和43年消防長訓令1）による依頼等に基づく火災原因究明のための再現実験、或いは、特異な燃焼現象解明のための実験を行なっている。

4 成分鑑定

「札幌市火災調査規程」（昭和43年消防長訓令1）による依頼等に基づき、或いは、災害現場や事業所等から収去した物品の化学分析を行い、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」（昭和34年政令306）及び「危険物の試験及び性状に関する省令」（平成元年自治省令1）で定められている試験方法にしたがって、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 緊急出動体制

「消防科学研究所の緊急出動体制について」（平成18年4月24日付札消教87 消防局長通知）により、24時間体制での緊急車両の運用、出動時の業務内容等について整備した。また、「特殊災害救助体制の強化に伴う剤捕集容器（キャニスター）の配置について」（平成19年3月30日付札消教956 消防学校長通知）により、消防科学研究所に配置した自動濃縮装置付ガスクロマトグラフ質量分析装置の剤捕集容器を研究所の他、特別高度救助隊と高度救助隊2隊の計3隊及び予防部予防課

調査係に配置し、更なる支援体制及び現場との連携強化を図っている。

7 職員提案支援

「札幌市消防職員の提案に関する要綱」（平成17年消防局長決裁/平成19年改正）に基づく職員提案について、事前に技術的な支援や協力等を行っている。

8 日常生活に潜む危険性の広報

地域への出前講座、消防科学研究所の一般公開や施設見学等における実験展示、或いは報道機関を通して、市民に対し、電気火災やスプレーガスの爆発等、日常生活に潜む火災等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

研究結果の学会等への発表、消防科学研究所報やF S L情報の発行を通じ、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 研究一覧表

研 究 名	概 要	期 間
新たな消火薬剤や消防装備等の防ぎょ技術に関する研究（継続）	クラスA泡消火薬剤やブローアーによる陽圧換気（P P V、Positive Pressure Ventilation）など、火災防ぎょに係る新たな消火薬剤や消防装備等が整備されてきたところであるが、現在のところ通常の建物火災において明確な戦術として確立されていない状況にある。 新型消火剤は、これまで消火活動に使用してきた水に消火剤（クラスA泡消火剤）を0.1 %から1 %混合して使用することにより、水の表面張力を著しく低下させ、燃焼物に対する浸透性及び付着性を向上させて、消火効果を飛躍的に高めるものである。当局においても、より少ない水量で火災を迅速・確実に消火し、火災による直接的被害のみならず水損害や環境負荷といった被害の低減を図るため新型消火剤を導入することとなった。 平成21年度については、小規模区画内において木材クリブを用いた、新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火実験を行い、新型消火剤の特性について分析・検討し、燃焼抑制効果について検証を行った。また、積雪寒冷環境という札幌市の地域特性を考慮し、クラスA泡消火剤の耐凍結性に関する実験を行い分析・検討した。	平成 20 ・ 21年度

汎用有毒ガス等除害装置の研究開発（継続）	平成20年度は、トイレ用洗剤とイオウ含有製品などの混合による硫化水素発生事案の多発を受けて、建物内に滞留している硫化水素を屋外へ排出することなく、ガス濃度を安全基準まで、早期に低減するための除害装置の開発に着手し、硫化水素除害装置の試作機を製作し除害性能の確認実験を行った。 当該装置については、硫化水素を炭酸ナトリウム水溶液でガス洗浄して除去する構造となっているものであり、水溶液等の種類を変更することで他の有毒ガスの除害や火災現場などで浮遊する粉塵の除去など汎用的な活用が見込まれることから、平成21年度は、これらの検証を行い実用化へ向けた研究開発を行った。	平成20・21年度
市民啓発用火災再現実験セットの開発	「知っていますか？消防科学研究所～実験映像などで見える日常生活に潜む火災危険」と題して平成15年度から出前講座に対応しており、実験映像などと合わせて再現実験を実施したところ、受講者からは臨場感や迫力があり、印象に残ったとの意見が多く寄せられていることから、再現実験が火災危険等の啓発に効果的な手法のひとつと考えられる。 しかしながら、再現実験道具は研究所が保管している資機材を利用したもので、持ち運びに不便であり、研究所員でなければ容易に操作できないというのが現状である。そこで、市民に日常生活に潜んでいる火災等の危険性を効果的にPRするため持ち運びが便利で設定準備が簡易な火災再現実験セットの開発を行った。	平成21年度

表2 燃焼実験等一覧表（平成21年度）

実 験 内 容	回数
新型消火剤（クラスA泡消火剤）の耐凍結性能に関する実験	1
新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性に関する実験	23
現場用手袋の浸水性の確認実験	10
アンモニアガスの除害実験	2
マット型油吸着材の吸着性能等に関する実験	4
区画貫通配管用発泡ウレタンの着火実験	2
その他実験	3

表 3 緊急出動現場活動支援一覧（平成21年度）

No	覚知日	発生区	指令種別	支援内容
1	6月16日	北区	火災出動	成分分析
2	8月3日	手稲区	危険排除出動	情報提供
9	8月12日	西区	警戒出動	情報提供

表 4－1 平成21年度 職員提案一覧表（秀賞）

提案番号	提 案 名	提 案 内 容	等級
451	簡易アスピレーターの作成	空気ボンベを利用して、酸欠事象事故やゴムボート組立など、現場活動をサポートする器具を提案した。	秀賞
452	実況見分調書の効率化（テーブル方式による作成）	実況見分調書を効率的に作成するため、エクセルを利用したテーブル方式の実況見分調書に変更することを提案した。	秀賞
453	進入管理マニュアル	特殊災害（NBC）救助事案において、ウォームゾーン内で要救助者等の除染活動を行う除染活動隊の進入管理について、これまでの課題等を補完した効果的な進入管理マニュアルを作成し運用することを提案した。	秀賞
455	携帯無線機携行ベスト	現場活動時において、携帯無線機を迅速かつコンパクトに携行でき、活動障害にならない様な位置を考慮しデモ品を作成、各種防護服等において検証した結果を提案した。	秀賞
475	シャシウォッシャーパイプの製作と設置	車両の入庫時に車庫内のグレーチング内に設置したシャシウォッシャーパイプから水を上方に噴射させ、洗い難い車両下部に付着した融雪剤と泥などの洗浄を容易に行い、車両下回りの錆による損耗被害を軽減させることを提案した。	秀賞

表４－２ 平成21年度 職員提案一覧表（努力賞）

提案番号	提 案 名
450	小学生（低学年用）向け「きり絵画」（地震想定）の製作について
454	ホースカーの改良について
456	研修自主聴講のポイント制について
457	濃煙内体験訓練用煙道の改良に関する提案について
458	活動結果シールの試作について
459	ゴミステーションの放火防止カバー作成の提案について
460	消火器の改良に関する提案について
461	消火栓標識板（アルミ製）の風等による変形防止策について
462	中高層建物用資器材搬送器具
463	吸引器を車内で使用した後、再使用するまでの間、吸引カテーテルを汚損させないための入れ物
464	ピタゴールを使用した垂直担架縛着要領について
465	はしご車等のバスケット設置の照明移設
466	出入口が複数ある共同住宅等における消防隊進入箇所の把握方法について
467	山岳背負い搬送（救助）用バックアップ補助具の考察について
468	三連はしご等の基底部滑り止（ノンスリップ）について
469	ガス災害対応ホース
470	ヘリ離着陸トライアングルスケールの考案について
471	「静脈路確保訓練キット」の製作について
472	簡易ホース巻き取り器
473	多機能型防水シート
474	スモークマシンを使用した住宅用火災警報器の実演モデル

表 5 主な研究装置・機器一覧（平成22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	多点風速測定装置	1式
質量分析装置	1式	圧力測定器	1台
熱画像装置	1式	X線透過装置	1台
熱分析装置	1式	熱流束計	4台
ガスクロマトグラフ	1式	デジタルスコープ	1台
低温実験ユニット	1式	恒温恒湿ユニット	1式
燃焼試験装置	1式	ホルター心電計	4台
落球式打撃感度試験装置	1式	粉塵カウンター	2台
クリーブランド開放式自動引火点測定器	1台	温度計測器	6台
タグ密閉式自動引火点測定器	1台	風向風速計	2台
セタ密閉式自動引火点測定器	1台	騒音計	2台
B型（ブルックフィールド）粘度計	1台	エンテック式自動濃縮装置	1式
オシロスコープ	1台	放射線検出器	2台
液体成分分析装置	1式	データレコーダ	1台
蛍光X線分析装置	1式	分光蛍光光度計	1台
発火点測定器	1台	識別機能付ガス検知器	1台
カールフィッシャー水分測定器	1台		
圧力容器試験装置	1式		
多点式温度測定装置	1式		

研究・実験

新型消火剤（クラスA泡消火剤）の耐凍結性能について

札幌市消防科学研究所 中住 斉

1 概 要

新型消火剤は、これまで消火活動に使用してきた水に消火剤（クラスA泡消火剤）を 0.1 %から 1 %混合して使用することにより、水の表面張力を著しく低下させ、燃焼物に対する浸透性及び付着性を向上させて、消火効果を飛躍的に高めるものである。当局においても、より少ない水量で火災を迅速・確実に消火し、火災による直接的被害のみならず水損害や環境負荷といった被害の低減を図るためこの消火剤を導入することとなった。

本実験では、積雪寒冷環境という札幌市の地域特性を考慮し、新型消火剤の耐凍結性に関する実験を行い分析・検討した。

2 実験日時等

日時：平成 21 年 11 月 10 ～ 12 日

場所：札幌市消防局 消防学校 消防科学研究所（開発実験室、分析測定室）

設備：恒温恒湿ユニット、低温実験ユニット

3 実験内容

供試剤としてA火災に対応する新型消火剤3種と比較用に水を用い、以下の実験を行った。

なお、写真撮影時と(4)低温実験を除き、実験時にはラップフィルムによる乾燥防止の処置を各供試材に施した。

(1) 低温順化

温度を+1℃に設定した恒温恒湿ユニットに24時間静置し、目視で観察した。

(2) 寒冷実験1

低温順化に引き続き、温度-10℃に設定した恒温恒湿ユニット内に7時間静置し、目視で観察した。

(3) 寒冷実験2

寒冷実験1に引き続き、温度-20℃に設定した低温実験ユニット内に24時間静置し、目視で観察した。

(4) 低温実験

寒冷実験2に引き続き、温度+2℃に設定した恒温恒湿ユニット内に24時間静置し、目視で観察した。この時の恒温恒湿ユニット内の湿度は30%で、ユニット内を循環する空気の流速は供試材前30cmの位置で0.3～0.7 m/secであった。

4 実験結果

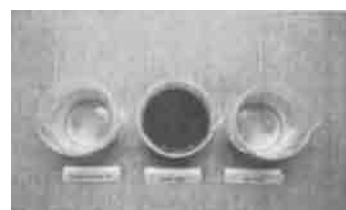
(1) 低温順化

① 恒温恒湿ユニット内の供試材の設定

恒温恒湿ユニット内に設置した高さ 60 cm のテーブル上に、供試材 A、B、C を設定した。



供試材 A B C



② 温度 +1 °C で 24 時間静置



供試材 A B C 水

・各供試材に変化はみられなかった。



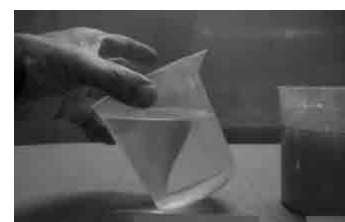
(2) 寒冷実験 1

① 温度 -10 °C で 1 時間静置



・供試材 B に粘性が認められた。
・比較用の水は全体が凍結した。

② 温度 -10 °C で 4 時間静置



供試材 A



供試材 B



供試材 C

- ・ 供試材 B は全体が凍結した。
- ・ 供試材 C の下層部に白濁がみられた。

③ 温度 -10°C で 7 時間 静置



供試材 A



供試材 B



供試材 C

- ・ 供試材 A に変化はみられなかった。
- ・ 供試材 C は全体が白濁しゼリー状に凍結した。

(3) 寒冷実験 2

① 温度 -20°C で 15 時間 静置



供試材 A



供試材 B

- ・ すべての供試材が凍結した。
- ・ 供試材 A ・ C は全体が白濁しゼリー状に凍結した。

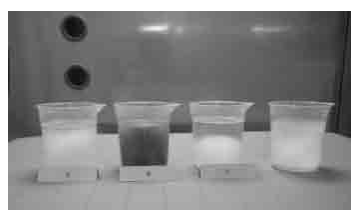
② 温度 -20°C で24時間静置



・ -20°C で15時間静置後と変わらなかった。

(4) 低温実験

① 温度 $+2^{\circ}\text{C}$ 、湿度30%で1時間静置



供試材 A



供試材 B



供試材 C



供試材 A



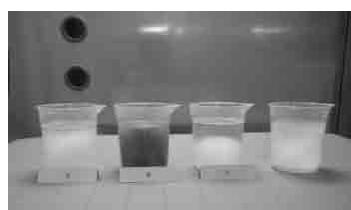
供試材 B



供試材 C

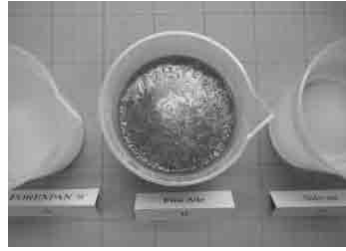
・供試材 A・Cの表面に溶解がみられた。

② 温度 $+2^{\circ}\text{C}$ 、湿度30%で2時間静置





供試材 A



供試材 B



供試材 C

- ・ 供試材 A は表面に溶解がみられた。
- ・ 供試材 C は上・中層部が溶解し、下層部に白濁した固まりがみられた。

③ 温度 + 2℃、湿度 30 % で 15 時間静置



供試材 A



水

- ・ 供試材 A は上・中層部が溶解し、下層部に半透明の固まりがみられた。
- ・ 供試材 B・C は全体が溶解した。
- ・ 水は一部溶解していたが、氷塊の状態が残っていた。

④ 温度 + 2℃、湿度 30 % で 24 時間静置





供試材 A



供試材 B



供試材 C



水

- ・ 供試材 A は溶解が進み、下層部の半透明の固まりは減少しているが残っていた。
- ・ 供試材 B・C に変化はみられなかった。
- ・ 水は、氷塊が残っていた。

5 まとめ

- (1) 供試材 A は、温度 -10°C で 7 時間静置しても凍結はみられなかった。
- (2) 供試材 B は、温度 -10°C で 1 時間静置後に粘性の増加がみられ、4 時間静置後には凍結による凝固がみられた。
- (3) 供試材 C は、温度 -10°C で 4 時間静置後、下層部に凍結による白濁がみられた。
- (4) 温度 -20°C で 15 時間静置すると、いずれの供試材も凍結した。
- (5) 供試 A は、温度 -10°C で凍結は認められなかったが、製品の仕様では動粘度について温度 20°C で 20 cSt、温度 -5°C では 80 cSt と公表されていることから、寒冷環境での長時間保管には配慮が必要であると思われる。

【参 考】

粘 度

粘度とは、液体などのねばりの度合のことで、粘性率、粘性係数とも呼ばれる。

単位は $\text{Pa} \cdot \text{s}$ （パスカル秒）、CGS 単位系では P（ポアズ）が用いられる。

動粘度（動粘度係数）

粘度を比較するための指標で、毛管粘度計など、細い管のなかを自重で通過する速度（時間）のこと。

単位は m^2/s で、 $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ St}$ （ストークス）も使われる。

蒸留水の粘度、動粘度（JIS Z 8803）

温度 20 °C の場合、蒸留水の粘度は $1.002 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ （cP）、動粘度 $1.004 \text{ mm}^2/\text{s}$ （cSt）である。

動粘度の測定例

B 型回転粘度計による測定結果（温度 23 °C）

試 料	動 粘 度
メガフォーム 6 % 水溶液	1.2 cSt
メガフォーム原液	40.3 cSt
大豆白絞油	24.9 cSt
潤滑油（10W－30）	測定不能（100 cSt 以上）

平成 21 年 6 月 17、18 日 札幌市消防科学研究所にて測定

新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性について

札幌市消防科学研究所 中 住 齊
高 橋 渉
菅 原 法 之
吉 永 直 樹

1 概 要

新型消火剤は、これまで消火活動に使用してきた水に消火剤（クラスA泡消火剤）を 0.1 %から 1 %混合して使用することにより、水の表面張力を著しく低下させ、燃焼物に対する浸透性及び付着性を向上させて、消火効果を飛躍的に高めるものである。当局においても、より少ない水量で火災を迅速・確実に消火し、火災による直接的被害のみならず水損害や環境負荷といった被害の低減を図るため新型消火剤を導入することとなった。

本実験では、「新型消火剤（クラスA泡消火剤）の耐凍結性能について」（札幌市消防科学研究所、2009）による検証結果から、積雪寒冷環境という札幌市の地域特性に適していると判断される新型消火剤について、小規模区画において木材クリブを用いた消火実験を行い、その特性について分析・検討した。

この結果、新型消火剤の特徴である浸透性と燃焼抑制効果の高さを検証することができた。

2 実験日時等

日時：平成 21 年 10 月 20 日～12 月 2 日

場所：札幌市消防局 消防学校 消防科学研究所

3 実験設備・機器等

実験に使用した設備・測定機器等は以下のとおりである（図 1・2、写真 1・2 参照）。

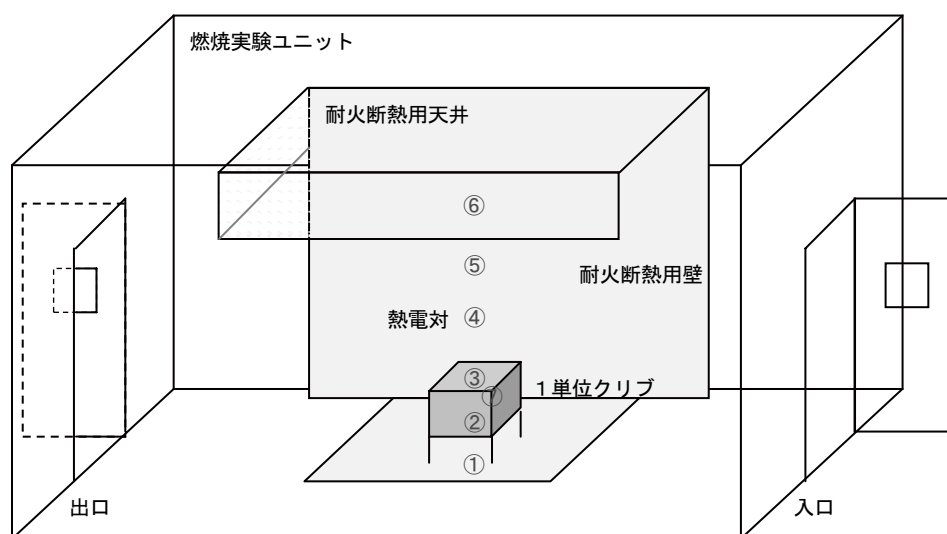


図1 小規模区画の概略図

燃焼実験ユニット：鉄骨造鉄板張り、幅 2,700×奥行 5,400×高さ 2,890 mm
 耐火断熱用天井：セラミック・ファイバー・ボード、幅 1,800×奥行 2,400×厚さ 20 mm
 耐火断熱用壁：セラミック・ファイバー・ボード、高さ 2,400×奥行 2,400×厚さ 20 mm
 耐火断熱用床：ケイ酸カルシウム板 12 mm 厚 3 枚重ね（亜鉛鉄板厚さ 0.27 mm で被覆）
 幅 1,800×高さ 1,800×厚さ 36 mm

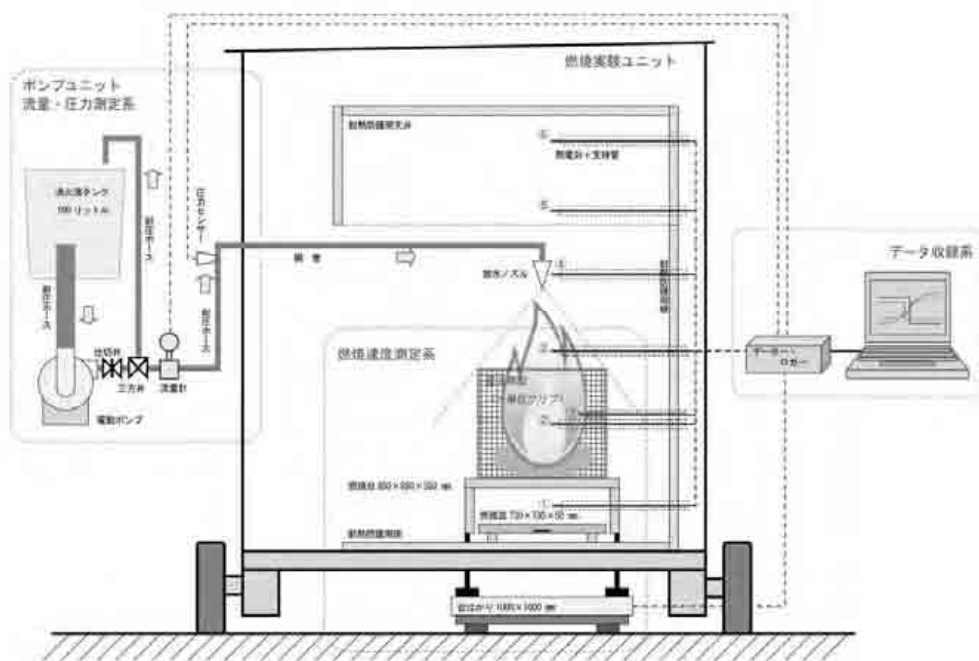


図2 実験装置の概略図

(1) 小規模区画

小規模区画として既設の燃焼実験ユニット（以下、「ユニット」という。）を使用した（写真 1）。
 ユニットは鉄骨造鉄板張りで、幅 2,700 × 奥行き 5,400 × 高さ 2,890 mm、面積 14.58 m²、
 容積 42.1 m³である。

ユニット内には、耐火断熱のためセラミック・ファイバーボード（厚さ 20 mm）で天井（幅 1,800
 × 奥行 2,400 mm）と片面に側壁（高さ 2,400 × 奥行 2,400 × 厚さ 20 mm）を設置した。木
 材クリブを設定する床には、ケイ酸カルシウム板（厚さ 12 mm）を 3 枚重ねたステージ（幅 1,800
 × 奥行 1,800 mm）を設け、表面保護として亜鉛鉄板（厚さ 0.27 mm）で被覆を施した。

(2) 消火水

消火水の送水には、電動ポンプ（単相 100 V、全揚程 7 m 時の吐出量 160 l/min）を用い、印
 加電圧をスライダックで調整し送水圧力、送水量を設定した。

消火水は、ポリエチレン製タンク（容量 100 l）に準備した。新型消火剤は、任意の混合比率
 でタンク内に投入し電動ポンプで循環して、水と混合攪拌したものをを用いた（写真 2）。

送水圧力・送水量の測定には、デジタル圧力センサ（定格圧力範囲 0～1 MPa）と電磁式流量
 計（定格流量範囲 5～100 l/min）を使用した。



写真1 実験設備の概観
(燃焼実験ユニットと送水装置)



写真2 消火剤の混合攪拌状況

(3) 消火剤

本実験では、「新型消火剤（クラスA泡消火剤）の耐凍結性能について」（札幌市消防科学研究所、2009）により積雪寒冷環境に適していると判断された新型消火剤を使用した。

(4) 放射用ノズル

消火水の放射には表1のノズルを使用した（写真3）。

ノズルA・Bから放射される水の粒子は滴状である（写真4）。

表1 放射用ノズル

ノズル	流 量 (ℓ/min)			放射角 (度)
	圧力 0.05 MPa	圧力 1.0 MPa	圧力 0.05 MPa	
A	15.4	～ 61	67	
B	46	～ 183	89	



写真3 放射用ノズル



写真4 放射形状
(新型消火剤 0.3 %混合時)

(5) 木材クリブ

燃焼材としての木材クリブは、「消火器の技術上の基準を定める省令」（昭和 39 年 9 月 17 日自治省令第 27 号）第 3 条の規定による第 2 模型（1 単位クリブ、以下「クリブ」という。）を用いた。

(6) 助燃材

クリブの点火には、助燃材としてヘプタンを使用した。

燃焼皿は、ステンレス製トレイ（730 × 730 × 深さ 50 mm、厚さ 2 mm）を使用し、温度や重量測定への影響を抑制するため、燃焼皿を鉄アングル製レール上に設置して、助燃材の燃焼完了後はクリブ下から引き出し実験を継続した。

(7) 温度測定

小規模区画内の温度変化は、熱電対（シース熱電対 $\phi 1.6$ mm × 長さ 1,000 mm）を用い、表 2 に示すユニット内 7 点の温度を測定した。本文中、熱電対のチャンネル番号は○付き数字で表記した。

表 2 熱電対の番号と位置

熱電対の番号 (ch)	測定点の床面からの高さ
①	200 mm （燃焼皿上）
②、⑦	600 mm （クリブ中央部、⑦は②から 18 cm 壁側に設置）
③	900 mm （クリブ直上）
④	1,200 mm
⑤	1,500 mm
⑥	1,800 mm

※ 熱電対⑦は、実験 3 のみ設定した。

(8) クリブ重量の測定

クリブの燃焼速度を把握するため、燃焼にともなうクリブの重量変化を測定した。

クリブの重量変化は、クリブをユニット床下に設置した台はかり（計量皿寸法 1,000 × 1,000 mm、ひょう量 300 kg、最小表示 0.05 kg）から床部を貫通した 4 本の鉄製支柱上に設けた鉄アングル製燃焼台上にのせて測定した（図 2）。

(9) データの記録等

測定したデータ（温度、重量、送水圧力・流量）は、データ・レコーダーを用いてパーソナル・コンピュータへ収録した。

4 実験方法

助燃材の量と消火水の放射開始の時機を決定するために、予備実験としてヘプタンの燃焼実験を 4 回、木材クリブを燃焼させての消火実験を 10 回行った。この予備実験により、助燃材の量を 1,500 cc とし、消火水による消火の開始を助燃材への点火から 3 分後とした。

水と新型消火剤の燃焼抑制効果を比較するための実験は、表 3 の条件で実験を行い、温度、重量、

送水圧力・流量の変化を機器により測定・記録するとともに燃焼抑制状況をビデオ、目視により観測した。

実験 1、2 では、クリブ上面から高さ 60 cm の位置にノズルを設定し、クリブに対し鉛直方向に消火水を放射した（写真 5）。実験 3 では、クリブ左側面から 45 cm の位置にノズルを設定し、クリブに対し水平方向に消火水を放射した（写真 6）。

それぞれの実験は水と消火剤の混合水で各 2 回、計 12 回の実験を行い、再現性についての確認も行った。

表 3 消 火 実 験 の 設 定

	実験 1	実験 2	実験 3
消 火 水	a 水 b 消火剤 0.3 %混合 c 水 d 消火剤 0.3 %混合	a 消火剤 0.1 %混合 b 水 c 水 d 消火剤 0.1 %混合	a 水 b 消火剤 0.1 %混合 c 水 d 消火剤 0.1 %混合
ノ ズ ル	A	B	B
送水圧力 (MPa)	0.047	0.065	0.075
送 水 量 (ℓ/min)	15	48	50
放射時間 (sec)	90	60	60
放射水量 (ℓ)	22.5	48	50
放射方向	鉛直方向 クリブ上面に放射	鉛直方向 クリブ上面に放射	水平方向 クリブ左側面に放射



写真 5 鉛直方向の放射用ノズル



写真 6 水平方向の放射用ノズル

5 実験結果

実験結果は、以下のとおりである。

温度変化については、300 ℃、600 ℃、800 ℃になった時点に着目し分析した。

助燃材の燃焼状況については、熱電対① ch（燃焼皿上）の温度測定結果から、実験 1 - a ～ d、

2-c、3-a ～ dでは点火後2分以内に燃焼を終了していることが分かる。実験2-a、b、dでは、助燃材の燃焼にともなう温度上昇を測定できなかったが、目視で確認することができた。いずれの実験においても、助燃材の燃焼は概ね2分で終了し、それ以後に⑥ ch(クリブ直上)の温度が800℃前後に達している。

表2に示した設定値と各実験の放射水量の実測値との誤差は、12回の実験中9回が5%以内に収まっている。分析・検討には、それぞれの実験の中から誤差の最も少ないものについて行った。

(1) 実験1

各実験での送水量等の測定値は表4のとおり。

表4 実験1の各種測定値

	消火水	天 候			クリブ 重 量 kg	消火水の放射			
		天気	気温 ℃	風速 m/sec		圧力 MPa	流量 ℓ/min	時間 sec	水量 ℓ
実験1-a	水	曇り	15.4	0.2-1.0	32.5	0.046	15.3	85	21.7
実験1-b	消火剤0.3%	曇り	14.9	0.2-3.0	33.0	0.047	15.3	85	21.7
実験1-c	水	曇り	6.3	0.1-0.4	32.1	0.047	14.9	83	20.6
実験1-d	消火剤0.3%	曇り	5.0	0.1-0.5	32.4	0.048	15.1	85	21.4

実験1-a 水による消火(図3、写真10-① 参照)

- ・ 熱電対① ch(燃焼皿上)の温度は、点火から57秒後に800℃を超え、同1分36秒後に最高温度850℃に達した後下がった。
- ・ 点火から1分40秒後に、② ch(クリブ中央)の温度は797℃に、同2分14秒後に最高温度1,102℃に達した。また、③ ch(クリブ直上)の温度は、点火から1分49秒後に799℃、同2分12秒後に最高温度875℃に達し、燃焼が定常状態となった。
- ・ 消火水の放射開始(点火から3分04秒後)までのクリブの重量減少量は12.8kgであった。
- ・ 消火水の放射開始から3秒後に③chの温度は637℃に、同8秒後に302℃に下がった。
② chの温度は、同17秒後に593℃、同35秒後に295℃に下がった。
- ・ 消火水の放射終了後、燃焼は抑制され有炎燃焼を目視で確認できなかったが、クリブ下層部奥に無炎燃焼が残っており爆ぜる音(以下、爆裂音という。)が断続的に発生した。
- ・ 消火水の放射終了から1分を経過する頃から爆裂音の発生間隔が長くなり、入口開口部からの白煙の流出が同1分30秒後に目視で確認できなくなり、同2分30秒後に爆裂音の発生が終わったことから、燃焼が終息したと推定できた。
- ・ 消火水の放射終了から10分後、クリブの焼失状況を観察した。無炎燃焼が終息したことを目視により確認後、助燃材500ccを用いて再着火を試みたところ、クリブ下層部中央に小規模の有炎燃焼が発生した後、無炎燃焼へと変わり拡大することなく終息した。

実験1-b 新型消火剤(0.3%混合)による消火(図4、写真10-② 参照)

- ・ 熱電対① ch(燃焼皿上)の温度は、点火から46秒後に800℃を超え、同1分33秒後に

最高温度 892 °Cに達した後下がった。

- ・ 点火から 1 分 37 秒後に、② ch (クリブ中央) の温度は 797 °Cに、同 2 分 37 秒後に最高温度 1,102 °Cに達した。また、③ ch(クリブ直上)の温度は、点火から 1 分 58 秒後に 798 °C、同 2 分 33 秒後に最高温度 897 °Cに達し、燃焼が定常状態となった。
- ・ 消火水の放射開始(点火から 3 分 02 秒後)までのクリブの重量減少量は 13.8 kg であった。
- ・ 消火水の放射開始から 3 秒後に③ch の温度は 576 °Cに、同 7 秒後に 290 °Cに下がった。
② ch の温度は、同 11 秒後に 608 °C、同 23 秒後に 300 °Cに下がった。
- ・ 消火水の放射終了後、燃焼は抑制され有炎燃焼を目視で確認できなかったが、クリブ下層部右奥に無炎燃焼が残っており爆裂音が断続的に発生した。
- ・ 消火水の放射終了から 3 分 42 秒後に、入口開口部からの白煙の流出が目視で確認できなくなるとともに、爆裂音の発生が終わったことから燃焼が抑制されたと推定された。
- ・ 消火水の放射終了から 10 分後、クリブの焼失状況を観察した。無炎燃焼が終息していることを目視により確認後、助燃材 500 cc を用いて再着火を試みたところ、クリブ下層部奥の両角に有炎燃焼が発生した。有炎燃焼がクリブ上層部へ拡大することなく下層部の四隅に広がった後、無炎燃焼に移行したことを確認し、実験を終了した。
- ・ 消火水の放射により燃焼は抑制され終息したが、再着火により有炎燃焼(写真 10 - ②)が再開したことから、本実験の条件ではクリブ下層部の四隅まで消火水が達しなかったと推定される。

実験 1 - c 水による消火(図 5、写真 10 - ③ 参照)

実験 1 - a と概ね同様の結果であった。

実験 1 - d 新型消火剤(0.3 %混合)による消火(図 6、写真 10 - ④ 参照)

実験 1 - b と概ね同様の結果であった。

(2) 実験 2

各実験での送水量等の測定値は表 5 のとおり。

表 5 実験 2 の各種測定値

	消 火 水	天 気	天 候		クリブ 重 量 kg	消火水の放射			
			気温 °C	圧力 MPa		圧力 MPa	流量 ℓ/min	時間 sec	水量 ℓ
実験 2 - a	消火剤 0.1 %	晴れ	7.4	0.0	32.2	0.067	48.0	59	47.2
実験 2 - b	水	晴れ	10.7	0.0-0.2	32.1	0.066	45.9	57	43.6
実験 2 - c	水	快晴	12.9	0.0	32.0	0.069	47.7	57	45.3
実験 2 - d	消火剤 0.1 %	快晴	12.9	0.2-0.6	31.9	0.064	47.8	62	49.4

実験 2 - a 新型消火剤(0.1 %混合)による消火(図 7、写真 10 - ⑤ 参照)

実験 2 - d と概ね同様の結果であった。

実験 2 - b 水による消火 (図 8、写真 10 - ⑥ 参照)

実験 2 - c と概ね同様の結果であった。

実験 2 - c 水による消火 (図 9、写真 10 - ⑦ 参照)

- ・ 熱電対① ch (燃焼皿上) の温度は、点火から 53 秒後に 800 °C を超え、同 1 分 38 秒後に最高温度 917 °C に達した後下がっている。
- ・ 点火から 1 分 42 秒後に、② ch (クリブ中央) の温度は 801 °C に、同 2 分 06 秒後に最高温度 1,013 °C に達した。また、③ ch (クリブ直上) の温度は、点火から 1 分 54 秒後に 801 °C、同 2 分 29 秒後に最高温度 904 °C に達し、燃焼が定常状態となった。
- ・ 消火水の放射開始 (点火から 2 分 56 秒後) までのクリブの重量減少量は 11.2 kg であった。
- ・ 消火水の放射開始から 3 秒後に③ ch の温度は 578 °C に、同 1 分 11 秒後に 318 °C に下がった。② ch の温度は、同 17 秒後に 586 °C、同 29 秒後に 295 °C に下がった。
- ・ 消火水の放射終了後、燃焼は抑制され有炎燃焼を目視で確認することはできなかったが、クリブ下層部の入口右側に無炎燃焼が残っており爆裂音が断続的に発生した。
- ・ 消火水の放射終了から 40 秒後に無炎燃焼による爆裂音の発生が終わり、同 1 分後に入口開口部から白煙の流出が確認できなくなった。
- ・ 消火水の放射終了から 10 分後、クリブの焼失状況を観察した。

実験 2 - d 新型消火剤 (0.1 %混合) による消火 (図 10、写真 10 - ⑧ 参照)

- ・ 熱電対② ch (クリブ中央) の温度は、点火から 1 分 24 秒後に 801 °C に、同 3 分後に最高温度 976 °C に達した。また、③ ch (クリブ直上) の温度は、点火から 1 分 51 秒後に 802 °C、同 2 分 38 秒後に最高温度 915 °C に達し、燃焼が定常状態となった。
- ・ 消火水の放射開始 (点火から 3 分 01 秒後) までのクリブの重量減少量は 10.3 kg であった。
- ・ 消火水の放射開始から 1 秒後に、③ ch の温度は 713 °C に、同 8 秒後に 615 °C に下がった。② ch の温度は、同 16 秒後に 592 °C、同 32 秒後に 298 °C に下がった。
- ・ 消火水の放射終了後、燃焼は抑制され有炎燃焼は目視で確認できなかったが、クリブ下層部の手前右側に無炎燃焼が残っており爆裂音が断続的に発生した。
- ・ 消火水の放射終了から 1 分 20 秒後に、入口開口部から白煙の流出が確認できなくなり、同 1 分 35 秒後に無炎燃焼による爆裂音の発生が終わった。
- ・ 消火水の放射終了から 10 分後、クリブの焼失状況を観察した。

(3) 実験 3

各実験での送水量等の測定値は表 6 のとおり。

表6 実験3の各種測定値

	消火水	天 候			クリブ 重 量 kg	消火水の放射			
		天気	気温 ℃	風速 m/sec		圧力 MPa	流量 ℓ/min	時間 sec	水量 ℓ
実験3-a	水	晴れ	4.4	0.0-0.5	29.8	0.076	50.0	59	49.2
実験3-b	消火剤0.1%	晴れ	5.5	0.2-0.6	31.7	0.075	50.1	58	48.4
実験3-c	水	晴れ	7.5	0.2-0.7	29.5	0.076	49.2	58	47.6
実験3-d	消火剤0.1%	晴れ	9.1	0.2-0.6	30.5	0.072	49.9	58	48.2

実験3-a 水による消火（図11、写真6・10-⑨ 参照）

- ・ 熱電対① ch（燃焼皿上）の温度は、点火から1分02秒後に800℃を超え、同1分10秒後に最高温度839℃に達した後下がった。
- ・ 点火から1分15秒後に、② ch（クリブ中央）の温度は807℃、③ ch（クリブ直上）の温度は同1分23秒後に816℃、同1分30秒後にはそれぞれ898℃と871℃に達し、燃焼が定常状態となった。
- ・ 消火水の放射開始（点火から2分58秒後）までのクリブの重量減少量は10.0kgであった。
- ・ 消火水の放射開始から11秒後に② chの温度は574℃に、同24秒後に293℃に下がった。
⑦ ch（クリブ中央奥）の温度は、同1分01秒後に308℃まで下がった。
- ・ 消火水の放射終了時（点火から3分57秒後）、燃焼状況を目視で確認することはできなかったが、爆裂音が継続し、燃焼が抑制されていないと判断することができた。また、開口部上方から白煙が断続的に出ており、放射終了53秒後（同4分50秒後）には定常的な噴出となった。
- ・ 消火水の放射終了直後から⑦ chの温度が上昇していることから、消火水により燃焼が抑制されなかったことがわかる。
- ・ 消火水の放射終了から59秒後（点火から5分49秒後）に⑦ chの温度は601℃に達し、クリブ右側下層部で有炎燃焼が再開し（写真4-⑥）と、開口部から噴出する白煙の量が増加した。
- ・ 消火水の放射終了から1分06秒後（点火から5分56秒後）に、⑦ chの温度は800℃を超え、② chと③ chの温度も上昇を始めた。同1分47秒後（同7分43秒後）には③ chの温度は601℃に達し、⑦ chの温度は1,000℃を超え、消火水により燃焼が抑制されていたクリブ左側へ拡大する状況が目視で確認できた。
- ・ 消火水の放射終了後、クリブの重量は緩やかに減少していることから、放射前と比較して緩慢ではあるが燃焼が継続していると推定することができる。
- ・ 点火から10分後に、2回目の放射を53秒間行ったが消火には至らなかった。
- ・ 実験終了後の目視による観察（写真10-⑨）で、クリブ右側中層部が焼失していることが確認できた。

実験3-b 新型消火剤（0.1%混合）による消火（図12、写真7・10-⑩ 参照）

- ・ 熱電対① ch（燃焼皿上）の温度は、点火から50秒後に800℃を超え、同1分31秒後に最高温度897℃に達した後下がった。

- ・ ② ch (クリブ中央) の温度は点火から 1 分 33 秒後に 800 °C、同 2 分 56 秒後に最高温度 1,066 °C に達している。また、③ ch (クリブ直上) の温度は同 2 分 01 秒後に 805°C、同 2 分 57 秒後に 922 °C に達し、クリブの燃焼は定常状態となった。
- ・ 消火水の放射開始 (点火から 2 分 59 秒後) までのクリブの重量減少量は 12.0 kg であった。
- ・ 消火水の放射開始から 10 秒後に② ch の温度は 588 °C に、同 23 秒後に 290 °C に下がった。同 51 秒後に、⑦ ch (クリブ中央奥) の温度は、301 °C まで下がった。
- ・ 消火水の放射終了時 (点火から 3 分 57 秒後)、② ch の温度は 33 °C で、放射終了から 12 秒後 (同 4 分 09 秒後) に 52 °C まで上昇するが、その後緩やかに下がっている。
- ・ 消火水の放射終了時、⑦ ch の温度は 260 °C で、その後上昇することはなかった。また、放射終了後もクリブ内で爆裂音が断続的に発生したが、放射終了から 1 分後にその間隔が広がりはじめ、同 1 分 59 秒後に終了しことから、1 回の放射で燃焼を抑制できたと推定することができた。
- ・ 消火水の放射終了後、クリブの重量はわずかに減少の傾向を示しているが、燃焼による減少ではなくクリブに付着した消火水の滴下によるものであると推定することができる。
- ・ 実験終了後の目視による観察 (写真 10 - ⑩) で、クリブの構成材に焼失している部位は認められなかった。

実験 3 - c 水による消火 (図 13、写真 8・10 - ⑪ 参照)

実験 3 - a と概ね同様の結果であった。

実験 3 - d 新型消火剤 (0.1 %混合) による消火 (図 14、写真 9・10 - ⑫ 参照)

実験 3 - b と概ね同様の結果であった。

(4) 消火水の浸透性と保持性

実験 1、2 のクリブの重量変化を比較することによって、燃焼による木材の重量減少量と消火による消火水の浸透量の時間的変化がわかる。

水を消火水として用いた実験 1 - a (図 3)、1 - c (図 5)、2 - b (図 8)、2 - c (図 9) では、燃焼により木材クリブの重量が減少した後、消火水の放射とともに重量が増加しているが、放射終了後の重量はいずれも燃焼前の重量に達していない。

これに対し、新型消火剤を用いた実験 1 - b (図 4)、1 - d (図 6)、2 - a (図 7)、2 - d (図 10) では、燃焼により木材の重量が減少した後、消火水の放射とともに重量が増加し、いずれも燃焼前より重い値に達している。その後、滴下により緩やかに減少している。

以上のことから、新型消火剤の浸透性と保持性が水と比較して高いことがわかった。

6 まとめ

本実験は、小規模区画での実験であり実施回数も少ないことから、実際の火災に則した結論を導くことは困難であるが、新型消火剤の燃焼抑制についての特徴と、今後応用的実験を行う上で参考となる知見を得た。

(1) 消火水を鉛直方向からクリブ上面に放射した実験では、水と新型消火剤の燃焼抑制の効果について顕著な違いを確認することはできなかったが、消火水の放射終了後の重量変化の比較により、新型消火剤の浸透性と保持性が水と比較して高いことがわかった。

立体的に入り組んだクリブの上面から消火水を放射した場合、新型消火剤はクリブ上層部へ浸透し留まる割合が水と比較して高く、上方からの放射だけでは消火水がクリブ下層部に達しなかったため、助燃材を用いた再着火実験により比較的容易に有炎燃焼が再開したと推察される。

(2) 消火水を水平方向からクリブ側面に放射した実験では、新型消火剤の燃焼抑制効果の高いことがわかった。

この実験では、水を消火水として用いた場合には燃焼を抑制することができず有炎燃焼が短時間のうちに再開したが、新型消火剤の混合水（0.1 %）を消火水として用いた場合には燃焼現象の再開がなかった。これは、水平方向の放射とともに、クリブの上面へ放物線状に放射される消火水があり、側面と上面の二方向からの放射によりクリブの隅々へ消火水が到達するため、新型消火剤が有効に作用したと推測できる。

(3) 区画内の温度と燃焼材の重量変化のほか、消火水の水圧と水量、放射時間等を測定・記録することによって、小規模区画における燃焼現象と消火水による燃焼抑制効果の分析・検討が可能となった。

【参考文献】

- 1) 日本火災学会監修：火災と建築，共立出版，2002.
- 2) 日本火災学会監修：火災と消火の理論と応用，東京法令出版，2005.
- 3) 日本火災学会編：火災便覧 第3版，共立出版，1997.

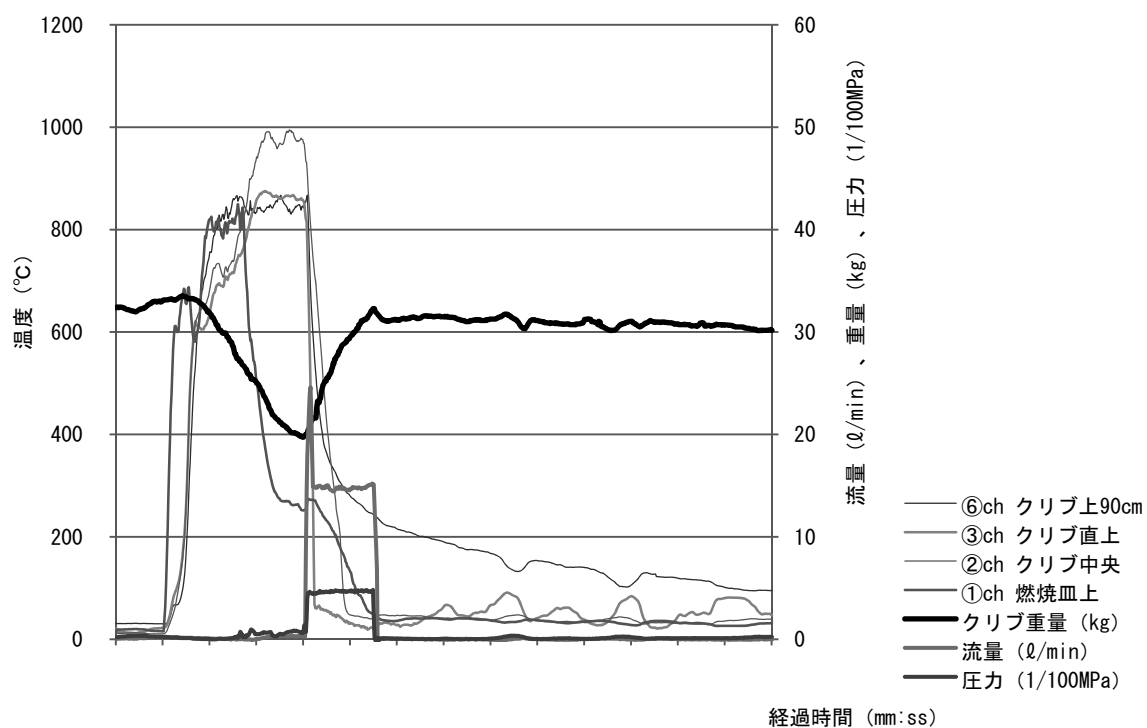


図3 実験1-a 水による消火

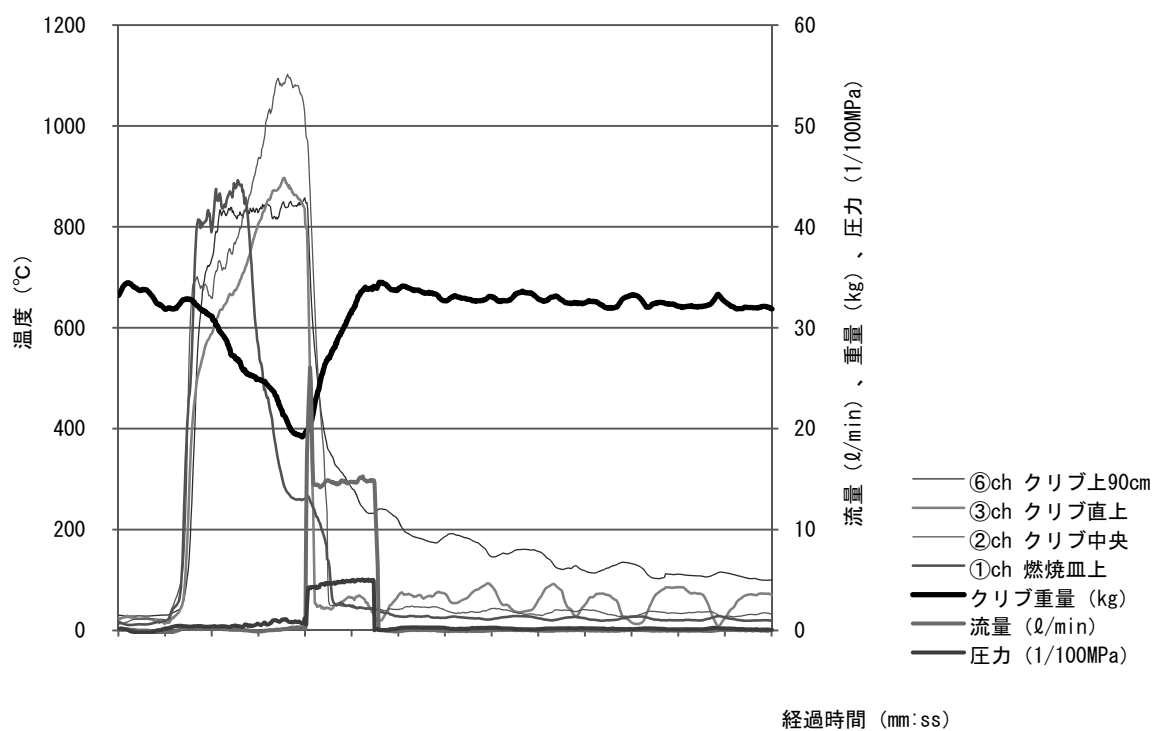


図4 実験1-b 新型消火剤 (0.3 %混合) による消火

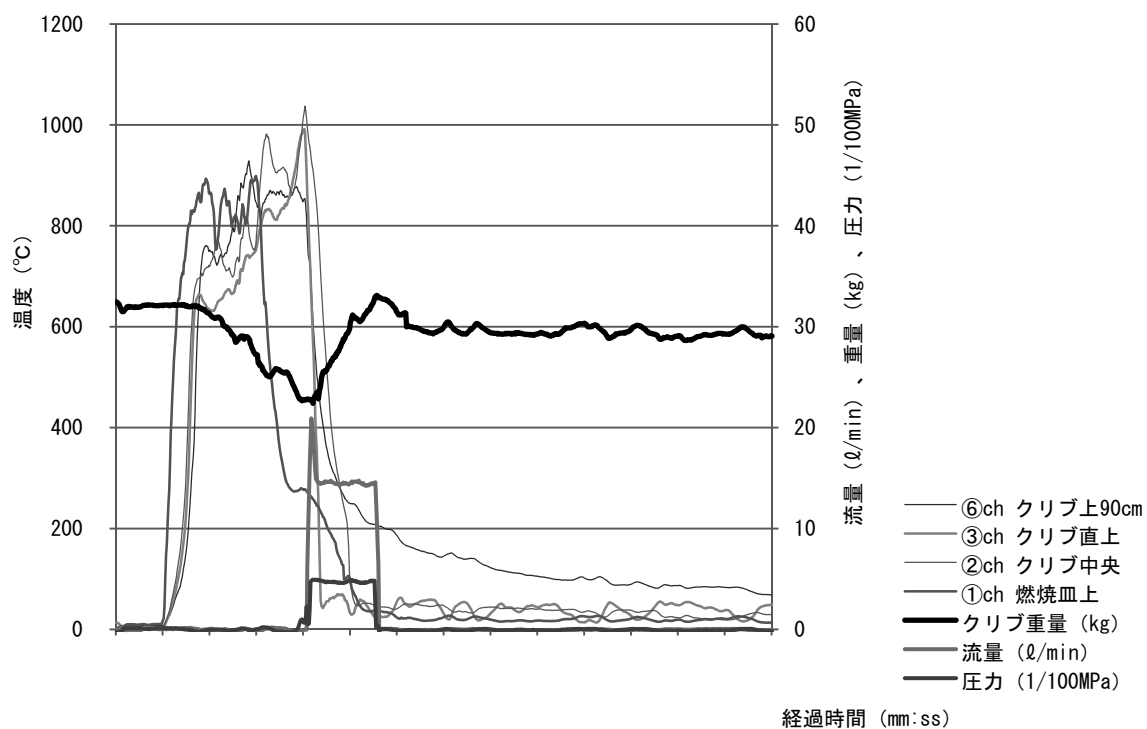


図5 実験 1- c 水による消火

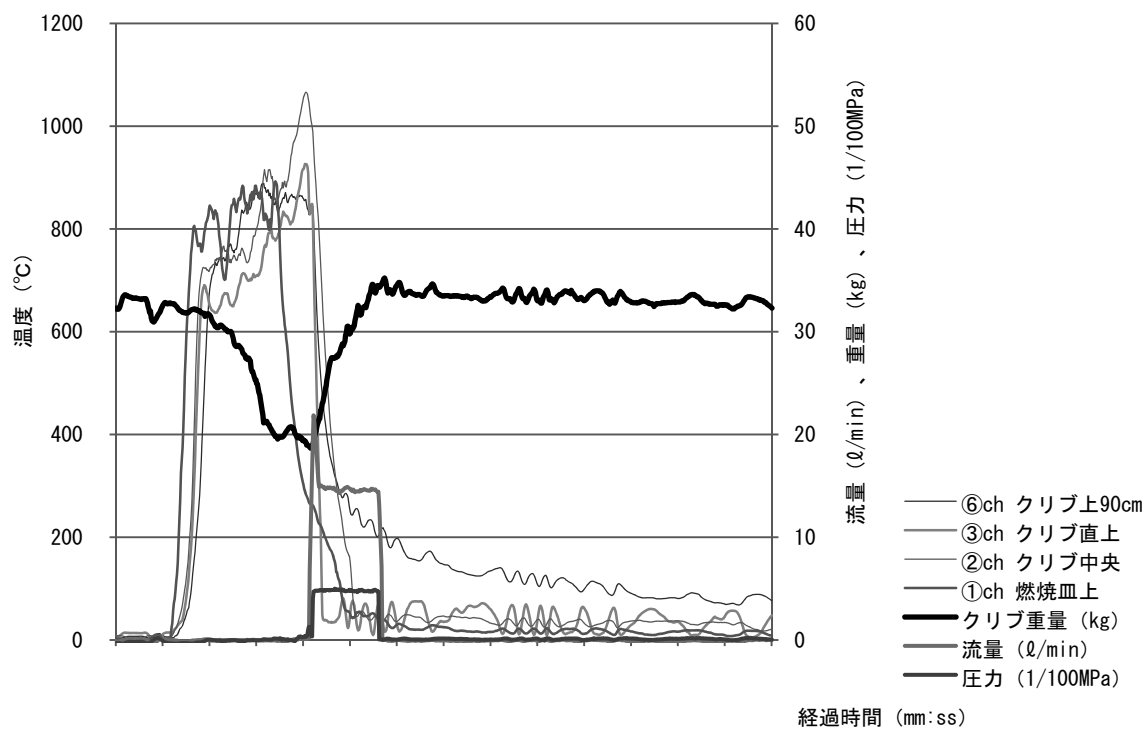


図6 実験 1- d 新型消火剤 (0.3 %混合) による消火

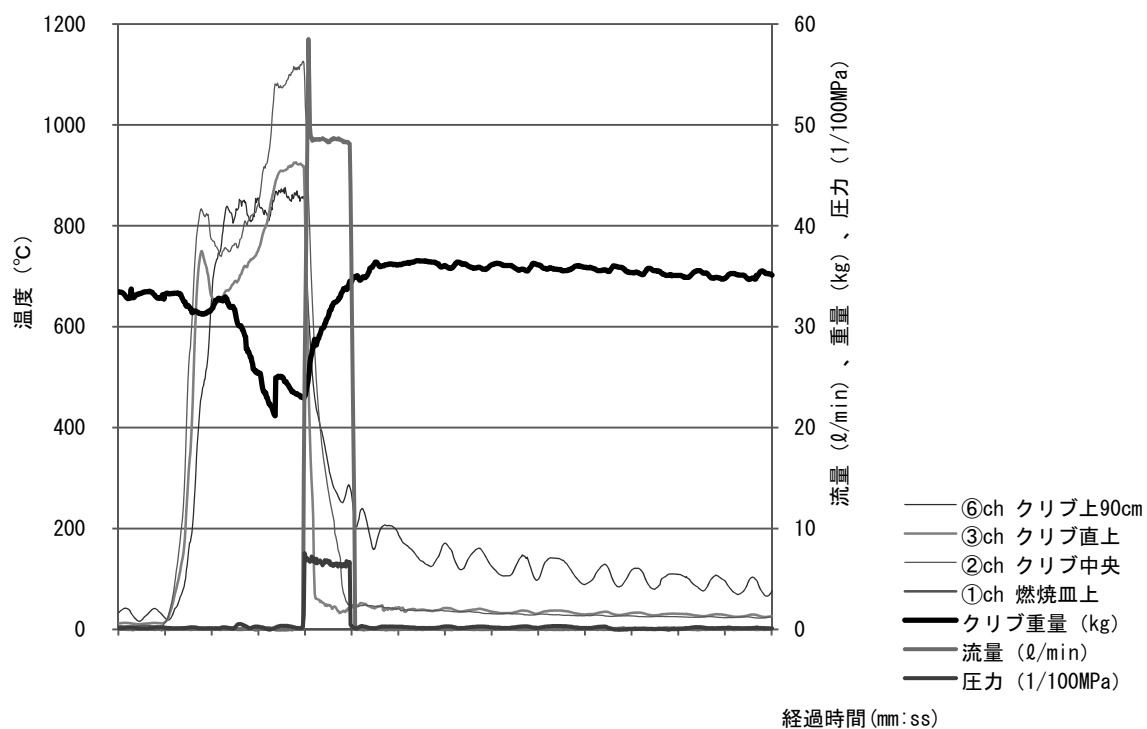


図7 実験2-a 新型消火剤 (0.1 %混合) による消火

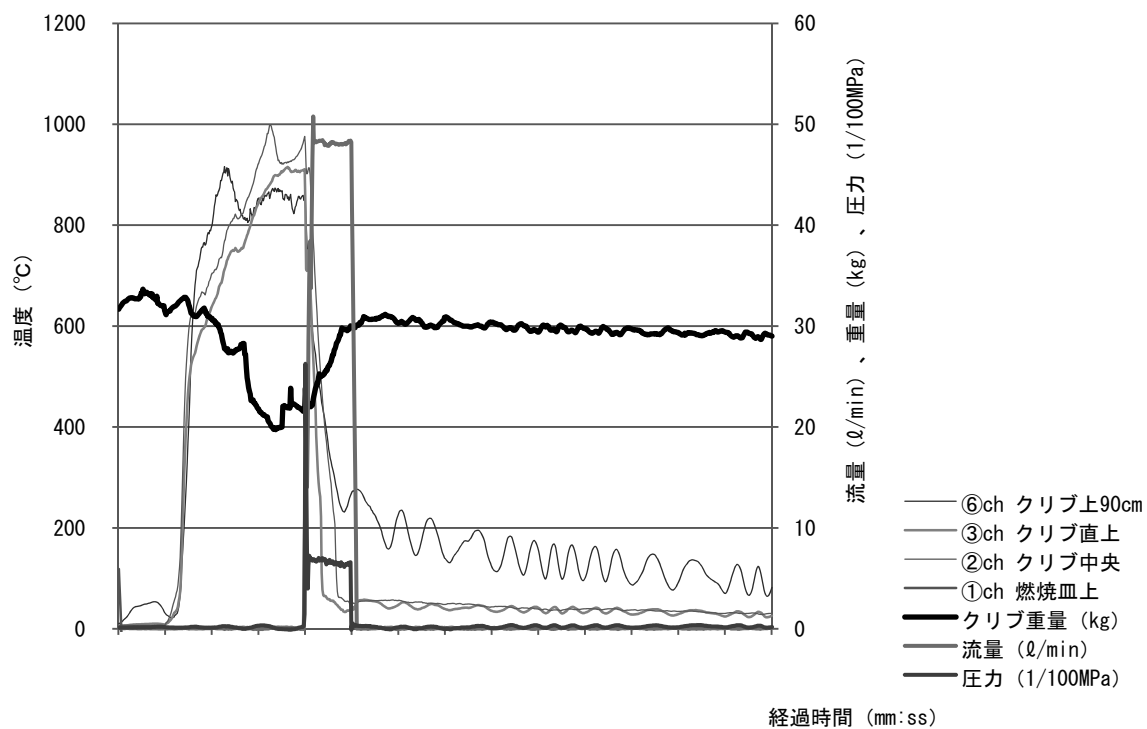


図8 実験2-b 水による消火

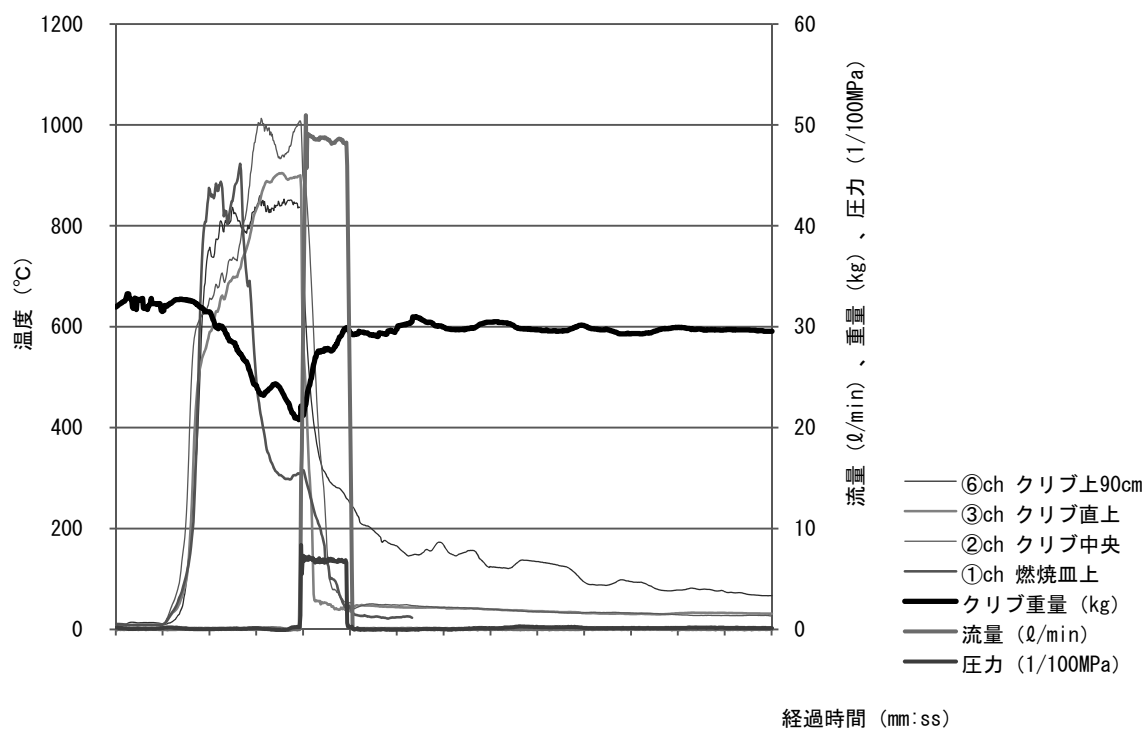


図9 実験2-c 水による消火

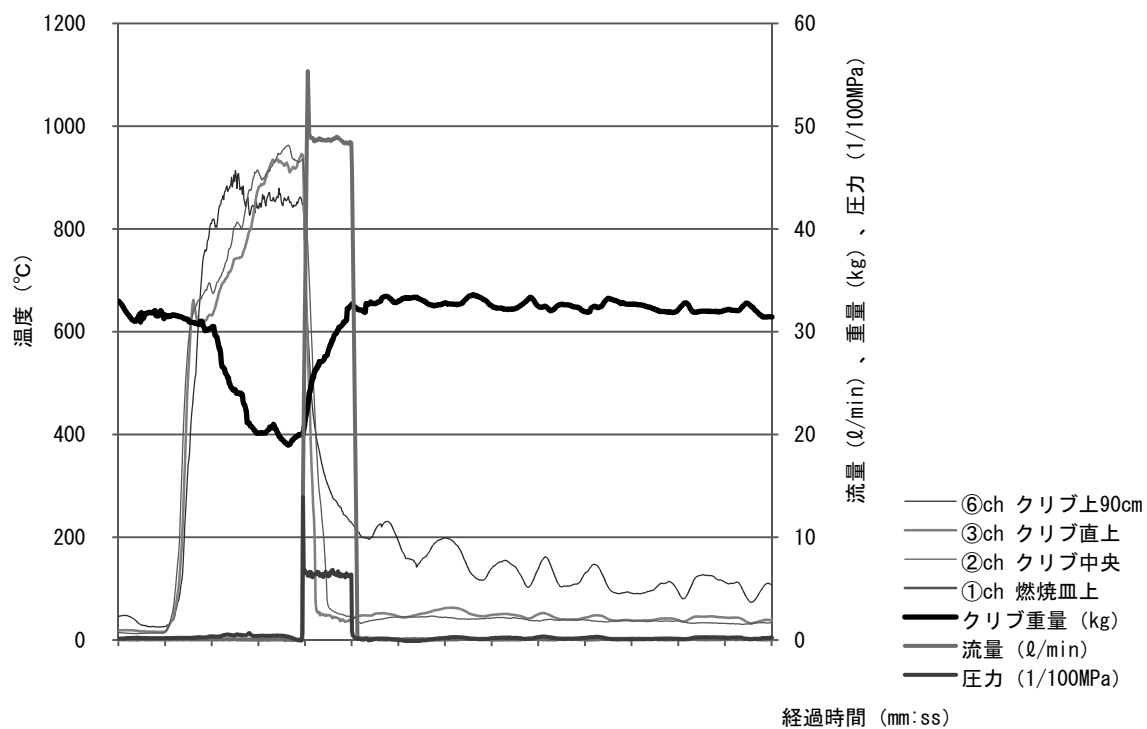


図10 実験2-d 新型消火剤 (0.1 %混合) による消火

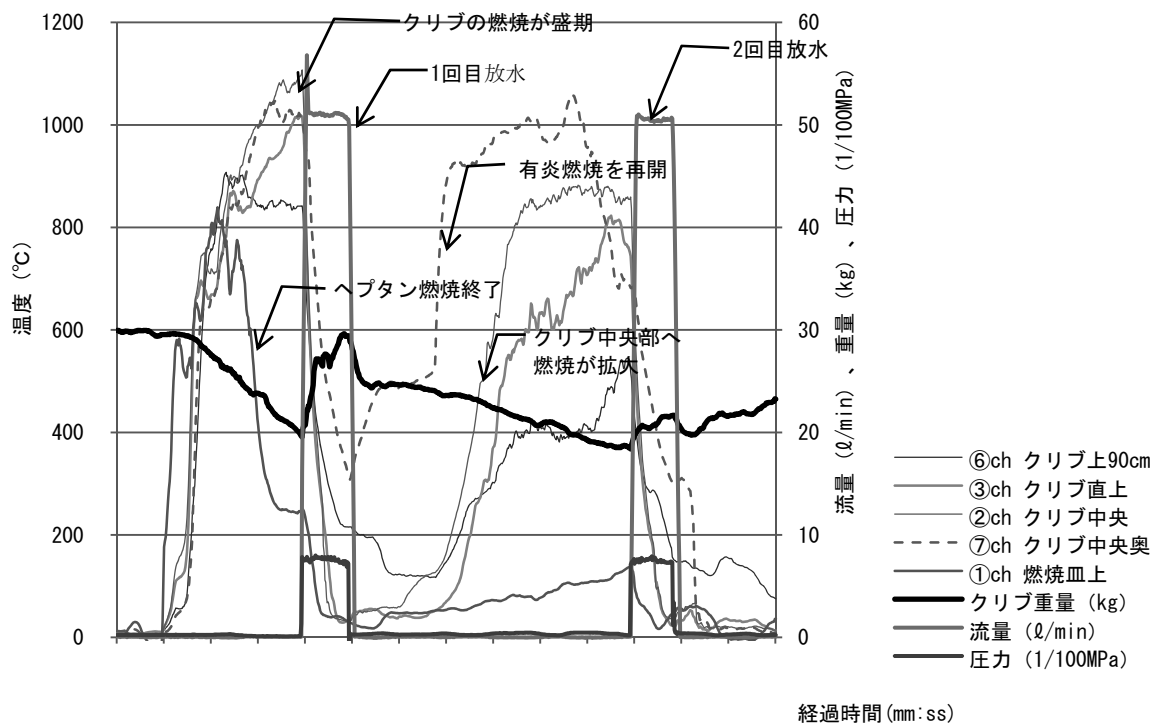


図 11 実験 3- a 水による消火

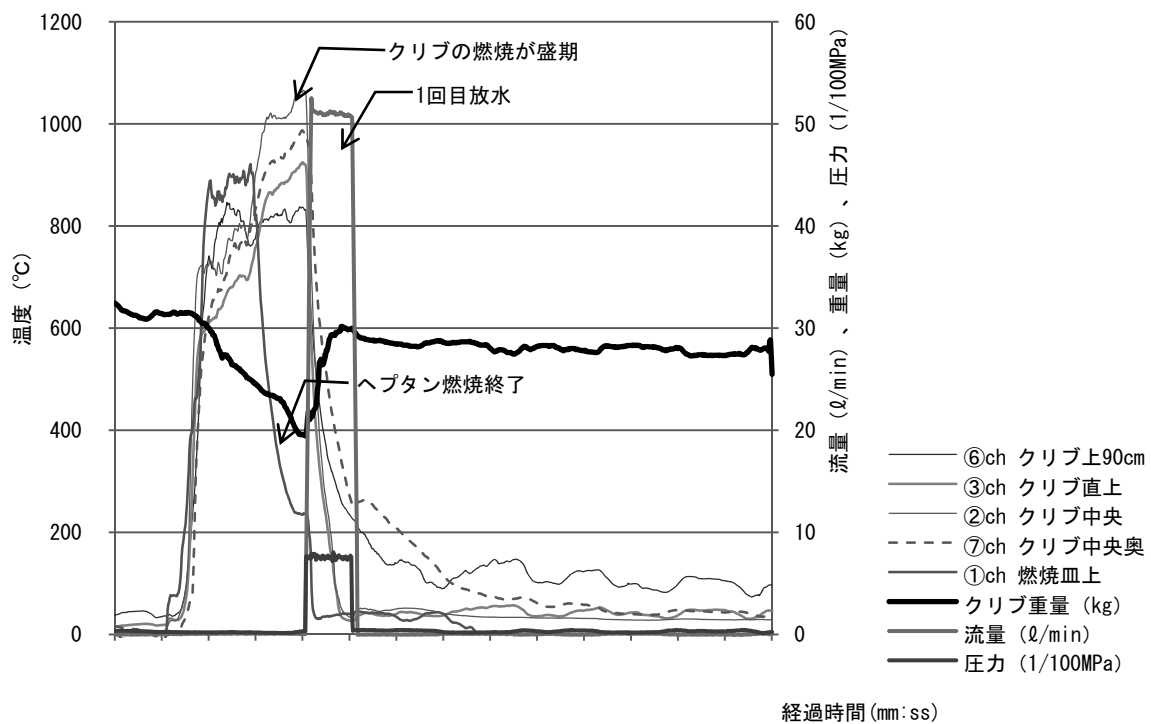


図 12 実験 3- b 新型消火剤 (0.1 %混合) による消火

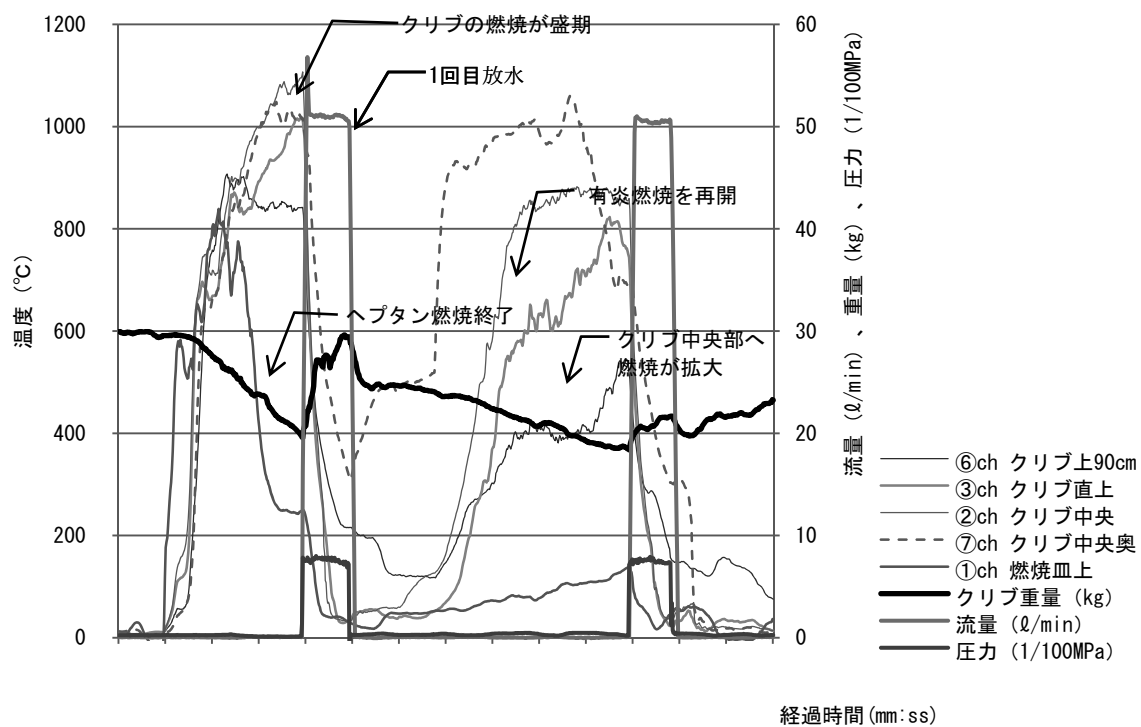


図 13 実験 3- c 水による消火

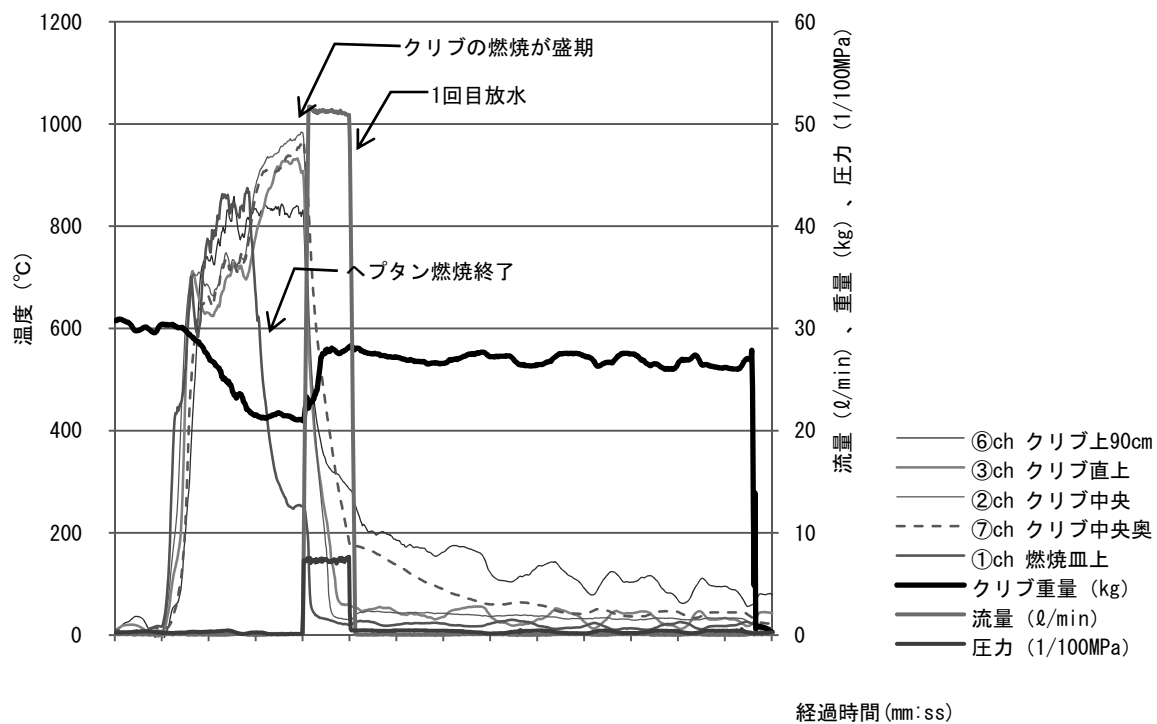


図 14 実験 3- d 新型消火剤 (0.1 %混合) による消火

写真6 実験3-a 水による消火



① 点火から2分後 ヘプタン燃烧終了



⑤ 同4分40秒後



② 同3分01秒後 消火開始



⑥ 同6分後 有炎燃烧の再開



③ 同3分07秒後



⑦ 同6分30秒後



④ 同4分後 消火終了



⑧ クリブの焼損状況（手前が入口側）

写真7 実験3-b 新型消火剤（0.1 %混合）による消火



① 同点火から2分10秒後
ヘプタン燃焼終了



⑤ 同6分後



② 同3分01秒後 消火開始



⑥ クリブの焼損状況（手前が入口側）



③ 同3分06秒後



④ 同4分12秒後

写真8 実験3-c 水による消火



① 点火から2分後 ヘプタン燃焼終了



② 同3分02秒後 消火開始



③ 同3分04秒後



④ 同4分20秒後



⑤ 同7分03秒後 有炎燃焼の再開



⑥ 同7分30秒後



⑦ 同8分30秒後



⑧ クリップの焼損状況（手前が入口側）

写真9 実験3-d 新型消火剤（0.1 %混合）による消火



① 点火から2分後 ヘプタン燃焼終了



⑤ 同6分後



② 同3分01秒後 消火開始



⑥ クリブの焼損状況（手前が入口側）

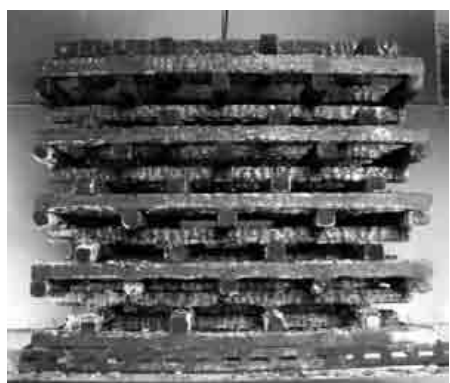


③ 同3分04秒後



④ 同4分32秒後

写真 10 実験終了後のクリブ（特に記載のない場合は、入口側から撮影）



① 実験 1 - a（左側面から撮影）



② 実験 1 - b
（奥から撮影、助燃材による再着火後）



③ 実験 1 - c（左奥上方から撮影）



④ 実験 1 - d（助燃材による再着火後）



⑤ 実験 2 - a



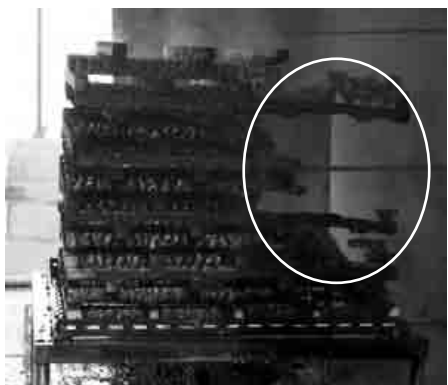
⑥ 実験 2 - b（左前上方から撮影）



⑦ 実験 2 - c



⑧ 実験 2 - d



← 燃焼が継続し焼失

⑨ 実験 3 - a

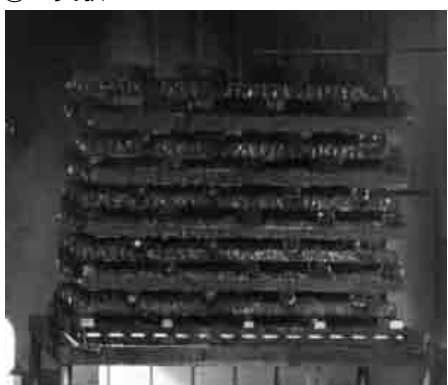


⑩ 実験 3 - b



← 燃焼が継続し焼失

⑪ 実験 3 - c



⑫ 実験 3 - d

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

札幌市消防科学研究所 高橋 渉

1 はじめに

前年度から開発に着手した硫化水素の除害装置の汎用性を確認するために、火災現場を想定した粉塵の除害性能を確認するための実験を行った。

2 実験概要

汎用ガス除害装置についての適用活動の可能性を見出すことを目的として、閉鎖空間に浮遊している粉塵濃度について測定した。

2.1 実験場所

札幌市消防学校（燃焼実験ユニット）

2.2 実験日等

- ・ 1 回目（自然換気）

平成 21 年 11 月 18 日（水）

天候：晴れ、気温 4.4℃、湿度 40%、風速 4.4m/s

- ・ 2 回目（除害装置作動）

平成 21 年 11 月 20 日（金）

天候：曇り、気温 1.3℃、湿度 56%、風速 0.5m/s

2.3 測定機器等

燃焼実験ユニット（540 cm×270 cm×289 cm）

デジタル粉塵計：KANOMAX
MODELE3411

データロガー：THERMIC MODELE2300A

電動送風機：スイデン SJF-300-1
100V 425W 52 m³/min

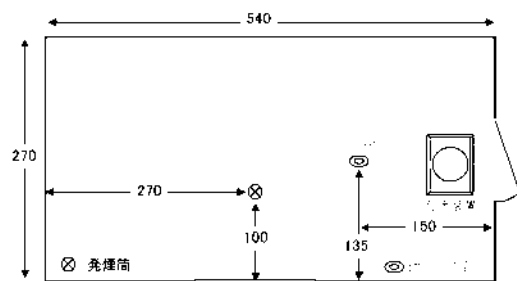


図1 配置図

単位：



写真1 実験ユニット外観

2.4 実験方法

1 回目、燃焼実験ユニットの中央部で発煙筒（細谷火工株式会社製 無公害モーク白色煙）1本を点火して、室内を締め切った状態として、粉塵濃度の時間経過に伴う変化を測定した。

なお、測定については燃焼実験ユニット内にサンプリング用銅管（外径8mm内径5mm）を設定しシリコンチューブで燃焼実験ユニット外側に導出して、デジタル粉塵計に接続し測定データをデータロガーで1秒毎に収録した。

2 回目は、1 回目と同様に発煙筒を点火してから燃焼実験ユニットを締め切った状態とした後、デジタル粉塵計を監視しながら燃焼実験ユニット内の粉塵濃度が一定になった段階で、汎用ガス

除害装置を作動、以後の粉塵濃度を時間経過に伴い測定した。



写真2 実験の配置状況



写真3 除害装置の設置状況

3 測定結果

3.1 1回目（自然換気）

発煙筒は、点火してからおよそ3分で燃焼が終了。粉塵濃度は、約10分で10,000CPMに達し、その後20分まで横ばい状態。その後、徐々に減少して2時間20分の時点で約180CPMになった。

3.2 2回目（除害装置作動）

発煙筒は、点火してからおよそ3分で燃焼が終了。粉塵濃度は、点火後から徐々に上昇し、約10分7,700CPMで横ばい傾向となったので、除害装置を作動。粉塵濃度は、作動と同時に濃度の低下が認められ、作動後から約46分で180CPM、1時間で3から4CPMまで減少することができた。

また、実験終了後に除害装置のビニロックフィルターに白色の粉塵が吸着されていることが観察できた。

4 考察

燃焼実験ユニット内に発煙筒の煙を充満させて、自然換気により徐々に拡散し、濃度が薄まっていく状態と除害装置を作動させ、装置内のフィルタに吸着させて粉塵を除去する効果を測定したものであり、装置作動による効果としては自然換気では180CPMまで2時間20分かかるところ、除害装置を作動させた場

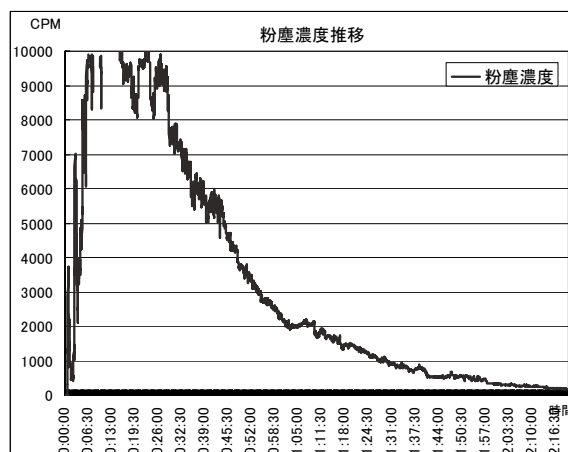


図2 1回目粉塵濃度測定結果

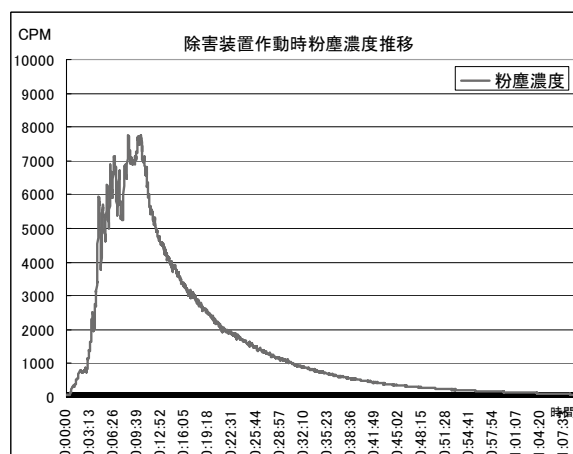


図3 2回目粉塵濃度測定結果

合、約 1 / 3 になる 46 分で除害する効果があることが確認できたところである。

粉塵の除害の速度については、過去に実施した硫化水素の除害性能と同程度の性能を発揮できることが実験で確認できたものであり、今後、有毒ガスの除害性能を検証する場合に発煙筒の煙を用いて模擬的に除害速度などを確認したりすることが可能である。

製作した汎用有毒ガス除害装置の構造で除害効果があることは、確認できたところである。



写真 5 実験後の除害装置の状況

現在、除害装置はガス吸気側と除害後の排気側が同一線上で逆方向になっていることから、吸気側の気流が乱れ室内に滞留したガス成分を効果的に装置内に導引しにくい構造となっている。今後は、より効果的に装置内に滞留した有毒ガスを装置内に導引するため、排気側又は吸気側に整流板などを設けるなど、室内の対流状況を考慮した改造などを考慮していく必要がある。

火災再現実験セットの開発について

札幌市消防科学研究所 吉永 直樹
高橋 渉

1 はじめに

消防科学研究所では、出前講座「知っていますか？『消防科学研究所』～実験映像などでみる暮らしのなかの危険」を平成15年度から実施しており、火災再現実験の映像やプレゼンテーションソフト（Microsoft PowerPoint®）等を使用して、市民の日常生活に潜んでいる火災等の危険性について周知してきたところであり、平成19年度からは、これらに加えて、研究所で所有している資機材等を活用し、出前講座の中で火災の再現実験を行い、より臨場感のある講義を実施してきました。

また、この火災再現実験を実施し始めてから、出前講座を初めとする外部講義の実施回数や参加人数が飛躍的に増加し（図1）、さらには、各消防署からの借用依頼も増加してきたところでありましたが、元々、研究所で所有している資機材を活用していたため、持ち運びに不便であり、かつ、他の職員が容易に利用できないという問題点がありました。

そこで、これらの問題点を解消するため、消防科学研究所では、持ち運びに便利で準備が容易な「火災再現実験セット」を開発しました。

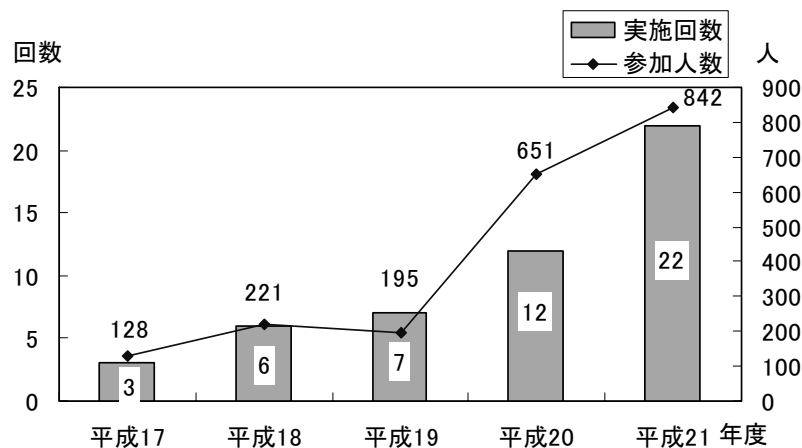


図1 出前講座実施状況

2 実験セットの特徴

実験は市民の日常生活で起こり得る火災現象のうち、机上で容易に実験ができるものを選定し、持ち運びに便利な大きさとして、一般的なコンテナボックス1個に収納できるように実験機材を開発しました。（写真1）



写真１ 火災再現実験セット

３ 実験セットの概要と予防啓発のポイント

３－１ 束ねられたコードの発熱とショートによる着火（写真２）

(1) 概要

電気製品のコードは、電気が流れることによって、熱（ジュール熱）が発生するが、電気コードを束ねたまま使用すると、熱が逃げることができなくなり蓄熱する。

また、そのまま放置すると、被覆が溶け、中の銅線同士が触れ、ショートして火花が発生する。

実験では、電気コードを連結し、消費電力の多い電気製品（ドライヤーやホットプレート等）をタコ足配線で接続し、使用したときの電気コードからの熱の発生具合（蓄熱の状況）を実際に触れて知ってもらい、また、心線剥き出しの電気コードをショートさせ、脱脂綿（綿ごみの代替）に着火する状況を再現する。

(2) 予防啓発のポイント

- ・コードを束ねた状態で使用しない。
- ・家具の下敷きや折れ曲げ等に注意する。
- ・コードやタップなどの許容電流以上の電気を使う器具を使用しない。
- ・プラグを抜くときは、コードを持って無理に抜かない。

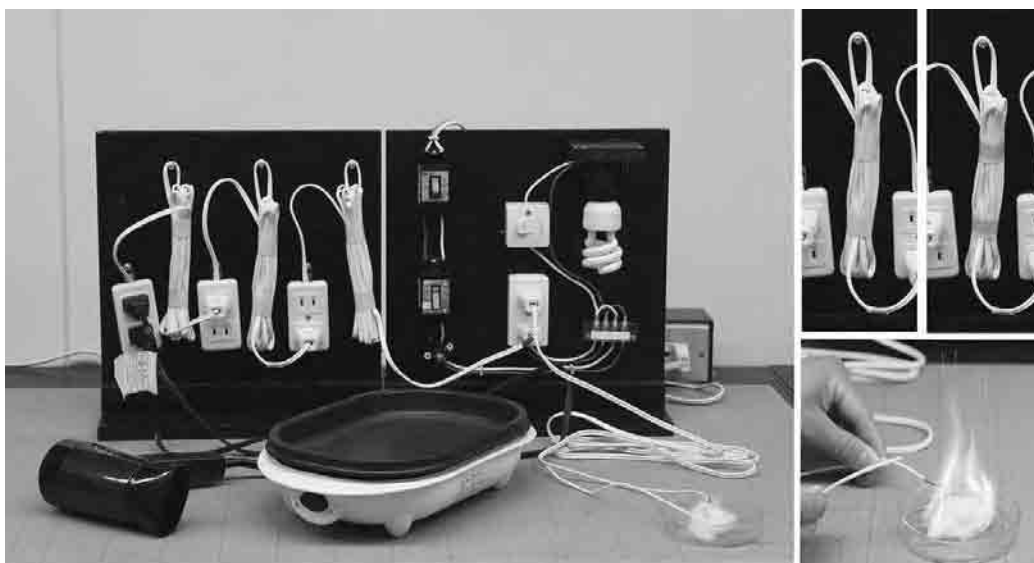


写真２ 束ねられたコードの発熱とショートによる着火

3-2 トラッキング現象（写真3）

(1) 概要

「トラッキング現象」とは、コンセントやテーブルタップ等とプラグとの隙間に徐々にほこりが溜まり、このほこりが湿気を呼び、時間の経過と共に小さな放電が繰り返されて炭化し、その炭化部から発火する現象である。

実験では、その現象を再現し、仕組みを知ってもらう。

(2) 予防啓発のポイント

- ・家具の裏側や隙間に隠れているコンセントに埃をためない。
- ・湿気の多い洗面所や台所などで死角となるコンセント等は注意する。
- ・観賞魚などの水槽付近で水がかかる恐れのあるタップ等にも注意する。
- ・1年に1回程度、プラグ等が変色していないか点検する。

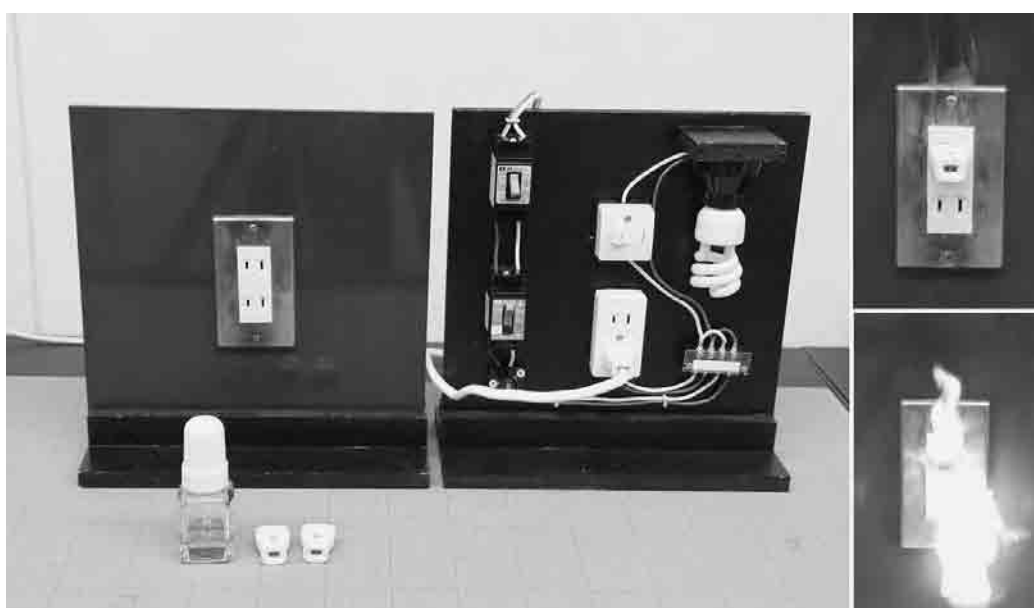


写真3 トラッキング現象

3-3 灯油とガソリンの引火点の違い（写真4）

(1) 概要

灯油やガソリンは、日常生活には欠かせない、身近な危険物である。

ガソリンは、揮発性、引火性が大きく引火しやすい。引火点は -40°C 以下で常温でも火を近づければ引火する。揮発したガソリンは空気より重いいため、床面または地面など低いところに広がる恐れがある。また、灯油は、常温では火を近づけても引火することは無いが、直射日光等を浴び、液温が 40°C 以上になると引火する恐れがある。

実験では、灯油やガソリンの色の違いや引火点の違いなどを示し、その危険性と取扱う上での留意事項について知ってもらう。

(2) 予防啓発のポイント

- ・灯油を直射日光のあたる場所（ベランダ等）やストーブ周辺などの高温になる場所に放置しな

い。

- ・ガソリンを保管するときは、必要最低限の量をガソリン専用容器に入れて保管する。
- ・ガソリンは常温では常に可燃性蒸気を発生させているため、ガソリンが入った容器を開ける際には周囲の状況をよく確認する。

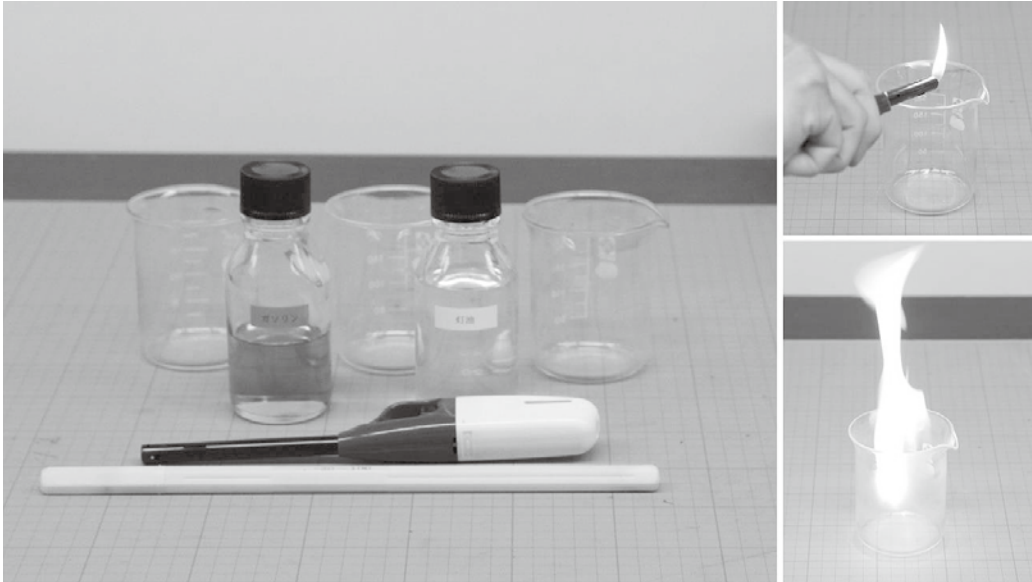


写真4 灯油とガソリンの引火点の違い

3-4 スプレー缶によるごみ収集車の火災（写真5）

(1) 概要

平成 21 年の当市内の火災総件数は 691 件、ごみ収集車の火災はそのうち 141 件（20.4%）である。ゴミ回収されたスプレー缶等が、ごみ収集車の荷箱内で圧縮され、このとき缶内に残っていた可燃性ガスが噴出して荷箱内に充満します。この可燃性ガスに、ごみ同士の摩擦などによって発生した火花が引火しておこる火災である。

実験では、ごみ収集車を模した試験器内でスプレー缶のガスを爆発させ、普段何気なく使用しているスプレー缶などが原因でおこる火災や危険性について知ってもらう。

(2) 予防啓発のポイント

- ・スプレー缶は最後まで使い切る。
- ・風通しの良い、火の気の無いところで穴を開けてから捨てる。
- ・スプレー缶やカセットガスボンベをストーブの近くなどの高温になる場所に放置しない。



写真5 スプレー缶によるごみ収集車の火災

4 火災再現実験の効果

再現実験を交えた講義を行った場合、受講者が蓄熱された電気コードを触って熱を感じる、燃え上がる炎を見る、スプレー缶ガスの爆発音を聞くとといった場면을体験する度に「おおっ！」という驚きの声があがることが多く、これは従来の映像等で講義を行っていた場合にはほとんど見られないことであり、明らかに与える印象は大きいと思われます。

また、出前講座終了後に行った、受講者のアンケート結果では、「内容を理解できた」、「講座が今後活用できそうだ」などの項目で高い評価を受けており、さらには「臨場感や迫力があり印象に残った。」、「火災をより身近に感じた。」、「自宅に帰って早速点検します。」等の感想が多く寄せられているところです。

5 まとめ

火災の再現実験は印象に残りやすく、火災危険等の啓発に効果的な手法のひとつとして考えられます。持ち運びに便利であり、かつ、準備が容易なこの「火災再現実験セット」を職員が活用し、多くの市民に対し、日常生活に潜んでいる火災等の危険性について実験を交えて説明することで、市民は、火災となり得る現象を実際に目の前で「見て・聞いて・感じる」ことが可能となり、火災予防の効果をさらに大きくすることができると思います。

マット型油吸着材の吸着性能等に関する実験

札幌市消防科学研究所 中住 斉
菅原 法之
札幌市西消防署予防課 浅野 悟朗

1 概 要

消防活動では、交通事故現場等で流出した燃料やエンジンオイル、河川へ流入した漏出油の処理等、多種多様の油の漏えいに対応する必要があることから、当局ではマット型の油吸着材を導入している。

マット型の油吸着剤は多種多様なものが市販されており、海洋汚染及び海上災害の防止を目的とした油吸着材については「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」及び「同法施行規則」において排出油防除資材として定められており、型式承認基準運輸省船舶局長通達舶査第 52 号(昭和 59 年 2 月 1 日付け)の「排出油防除資材の性能試験基準」(以下「舶査第 52 号」という)に性能基準が定められているが、この基準に基づく型式承認を得ない製品も市販されており、これらには対象とする被吸着物を油に限定しないものがある等、特徴と用途も多岐にわたっている。

これらのことから、油吸着材の特性を知ることは、効率的な油防除作業を検討する上で有益であると考えられ、粘度の異なる油を用いて吸着材の吸着量、吸着速度等を測定し比較検討を試みた。

2 実施場所および実施月日

実施場所：	札幌市消防局消防学校	消防科学研究所	危険物実験室、燃焼実験室
実施月日：	平成 21 年 6 月 16 日	～	7 月 15 日
	平成 21 年 8 月 18 日	～	8 月 19 日
	平成 21 年 9 月 29 日	～	10 月 6 日
	平成 22 年 2 月 22 日	～	2 月 25 日

動粘度測定、吸着量の測定等
難燃性
溶解性
吸水性と脱水性等

3 実験方法

実験方法は、舶査第 52 号に定められているマット型の油吸着材についての試験基準と、平成 9 ～ 11 年度に海上災害防止センターで実施した「油防除資機材の性能の評価及び再評価に関する調査研究報告書」を参考として決定した。

なお、物理化学において、「吸着」(adsorption)とは二つの相が互いに接しているときその界面のところで相の内部と濃度が変化する現象をいい、濃度の変化が相の内部にまでおよぶことを「吸収」(absorption)というが、製品の仕様書等においては厳密な使い分けはなく、一製品の仕様書であっても混同して使われている場合がある。本報告では、舶査第 52 号の試験基準に準じ供試吸着材が吸い取った被吸着剤の量を「吸着量」として扱い、被吸着剤が水の場合には「吸水」を用いた。

実験方法は、以下のとおりである。

(1) 供試材の選定

油吸着材の形状としては、マット型をはじめブーム型、ピロー型、ルース型等が市販されてい

る。本実験では車両への積載や保管、消防活動現場での作業性を考慮するとともに、現在導入されている吸着材との比較検討を行うため、マット型から選定することとし、性能試験基準による型式承認を取得している製品3点、取得していない製品3点の計6点とした。

被吸着剤については、漏出油の河川への流入や交通事故現場におけるエンジンオイル漏えい等を想定するとともに、粘度による吸着性能の違いを検証するため、4種類の油と自動車用冷却液の計5種類とした。

(2) 供試吸着材の試験片の準備

吸着量等の実験では供試吸着材（以下、吸着材という。）を縦横10 cm × 10 cmに、溶剤に対する耐性の実験では吸着材を縦横5 cm × 5 cmに切断し試験片として使用する。吸い上げ性と難燃性の実験には、吸着材を幅5 cm × 長さ30 cmに切断して試験片として使用する。

なお、製品のばらつきを考慮して、重量が実測値の平均値に近い試験片を選定して使用する。

(3) 被吸着剤の動粘度、密度

被吸着剤の動粘度は、B型回転粘度計を用いて測定する。

被吸着剤の密度は、電子天秤（AND GX-8000）を用い、被吸着剤500 ccの重量を測定して算出する。

(4) 吸水性と脱水性

吸着材の試験片（10 × 10 cm）を、水を張ったステンレス製深型バットに浮かべ、金網で上から押さえて1時間浸漬し、吸着材の吸水性を目視により観察する。その後、吸水した吸着材を針金のフックに5分間つるし自然滴下で脱水後に重量を測定し、吸水前の重量と比較して脱水性を確認する。

クラスA泡消火剤の水溶液についても、同様の実験を行う。

(5) 吸い上げ性

吸着材の吸い上げ性は、ステンレス製深型バット（縦22.8 cm × 横32.8 cm × 深さ8.8 cm）に被吸着剤（深さ3 cm）を入れ、試験片の下端が被吸着剤に接するように鉛直につるし、10分間に吸い上げた被吸着剤の高さを計測する。

(6) 吸着量、吸着速度

吸着量は、被吸着剤を吸着する前後の試験片の重量を測定し、その重量差から算出する。

吸着速度は、試験片を目視により観察し所要時間を計測する。

測定手順は、以下のとおり。

- ① ステンレス製針金（直径2 mm）を10 mm間隔で、すのこ状に組んだ縦20.2 cm × 横30.3 cmの金網（以下「金網」という。）に、吸着材の試験片（10 × 10 cm）3枚をのせて吸着前の重量を測定する。
- ② 被吸着剤（深さ3 cm）を入れたステンレス製深型バット（縦22.8 cm × 横32.8 cm × 深さ8.8 cm）に、金網にのせたままで吸着材の試験片を浮かべて静置し、試験片の表面全てに被吸着剤が吸着されるまでに要する時間を測定するとともに、吸着状況を目視により観察する。
- ③ 被吸着剤に浮かべて5分間静置後引き上げ、金網にのせた状態のまま5分間放置後、重量を測定する。
- ④ ①と③で測定した重量の差から、吸着材が吸着した被吸着剤の重量を算出し、吸着量とする。

(7) 吸水後の油吸着性

- ① 水を張ったステンレス製深型バットに吸着材の試験片 (10 × 10 cm) を浮かべ、金網で上から押さえて1時間浸漬し、試験片に水を含ませる。
- ② 別のステンレス製深型バットに水 (深さ 3 cm) を入れ、さらに被吸着剤としてA重油を 30 ml 入れ、油面を安定させるため5分間静置する。
- ③ ①の試験片を取り出し、②の水面上へ浮かべA重油の層を吸着させる。吸着状況を目視により観察する。
- ④ 5分経過後、試験片を引き上げて針金のフックにつるし、油分の滴下状況を目視により観察する。

(8) 溶剤に対する耐性

6種類の吸着材の試験片 (5 cm × 5 cm) を共栓付広口瓶 (容量 500 ml) に入れ、溶剤 200 ml を注いで 48 時間浸漬し、24 時間後と 48 時間後の 2 回、吸着材の変化を目視により観察する。この後、吸着材を溶剤から取り出して 72 時間の自然乾燥をおこなった後、吸着材の外観を目視により観察する。

溶剤には、アセトンとトルエンの2種類を用いる。いずれも溶媒として広く用いられ、可燃性液体 (第四類、第一石油類) である。アセトンは、両親媒性で多くの合成物質およびゴムに化学作用を及ぼし、トルエンは水には極めて難溶であるが、アルコール類、油脂などをよく溶かす性質がある。

(9) 難燃性

吸着剤の試験片 (5 cm × 30 cm) をアルコールランプ上につるし、アルコールランプに点火後、熔融、着火、発煙の状況を目視により観察する。吸着剤の高さは、試験片の下端がアルコールランプの炎に接する高さとする。

4 実験結果

実験結果は、以下のとおりである。

(1) 吸着材の材質・寸法等

吸着材の材質・寸法等を表 1 に示す。写真 1 は、吸着材の外観を、図 1 は寸法を比較したものである。

製品の材質・寸法等については、製品の公表値を用いた。実測による確認を行うとともに公表されていない場合は実測値とした。製品の大きさ・厚さはほぼ公表値どおりであり、この値から一枚当たりの面積・容積等を算出した。

一枚当たりの面積が最も大きい吸着材はAで 0.42 m^2 、小さいものはD、E、Fで 0.19 m^2 であった。容積は、最も大きい吸着材はAで $1,690 \text{ cm}^3$ 、小のものはD、E、Fで 581.4 cm^3 であった。重量は、それぞれの供試吸着材 5 枚を実測してその平均値を示した。重量が最も重い吸着材はAで 170.8 g、最も軽いものはBで 46.3 g であった。

密度が高い吸着剤はD、Fで 0.129 g/cm^3 、最も低いものはBで 0.050 g/cm^3 と 2.56 倍の差であった。

材質はすべてポリプロピレンであった。ポリプロピレンは、比重が 0.90 と軽く、引張り、圧縮、応力、摩擦等に良好な特性を有する。また、融点は 165 ℃で、熱可塑性樹脂としては耐熱性が高いが、プロピレンのみを重合したホモポリマーは脆化（ぜいか）温度が 10 ℃付近のため、脆化温度を-15 ～ -10 ℃に下げるためにエチレン等を若干量共重合させて使用される。耐薬品性については、酸、アルカリに対して非常に抵抗性があるが、有機溶剤に対してはある種の芳香族及び塩化炭化水素に対し、80 ℃以上では膨潤（液体を吸収して容積を増す現象）する傾向がある。

表 1 供試吸着材（マット型）の材質・寸法等

試料 記号	材質・寸法等	面積 m ²	容積 cm ³ /枚	重量 g/枚	密度 g/cm ³	型式 承認	備 考
A	ポリプロピレン 65×65×0.4 cm 比重 0.9	0.42	1690.0	170.8	0.101	○	
B	ポリプロピレン 43×48×0.45 cm	0.21	928.8	46.3	0.050		溶剤 可
C	ポリプロピレン 50×40×0.3 cm	0.20	600.0	46.6	0.078	○	
D	ポリプロピレン 51×38×0.3 cm 比重 0.9	0.19	581.4	74.9	0.129	○	
E	ポリプロピレン 51×38×0.3 cm 比重 0.9	0.19	581.4	74.2	0.128		冷却水、溶剤、 水を吸収
F	ポリプロピレン 51×38×0.3 cm 比重 0.9	0.19	581.4	74.9	0.129		酸・アルカリを 含む殆どの液体 を吸収

※ 材質、寸法、比重については公表値を掲載した。

※ 型式承認 ～ 国土交通省型式承認試験基準運輸省船舶局長通達船査第 52 号（昭和 59 年 2 月 1 日付け）に定められているマット型の油吸着材に関する型式承認試験基準適合品を○で示した。

※ 備考欄は、吸着材の製品カタログを参考とした。

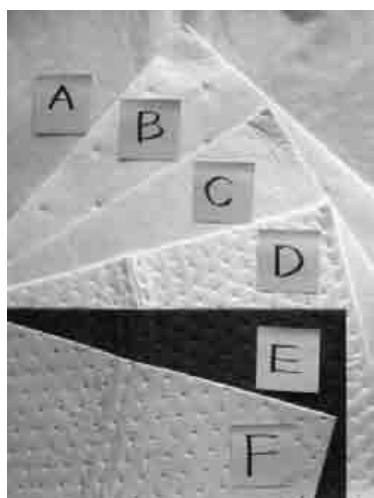


写真 1 供試吸着材

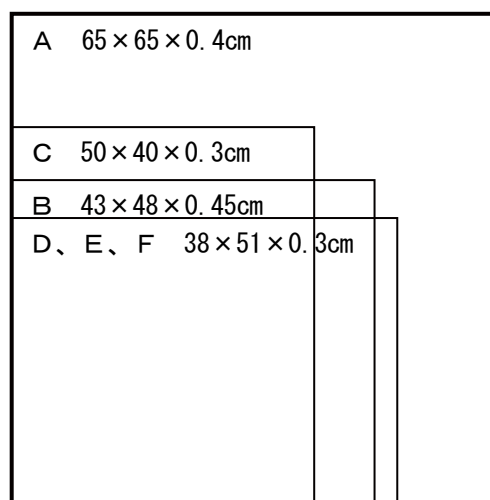


図 1 供試吸着材の寸法比較

(2) 被吸着剤の動粘度と密度

被吸着剤の動粘度と密度を表 2 に示した。なお、自動車用冷却液は、エチレングリコール 90 ～ 95 wt% のものを、凍結温度 -36 °C に対応する濃度 50 vol% に希釈し被吸着剤として使用した。

動粘度が最も高いものは潤滑油 (10W-30) であったが、粘性が高く B 型回転粘度計の測定上限値 (100.0 cSt) を超えていたため測定できなかった。動粘度が最も低いものは灯油で 1.4 cSt であった。

密度が最も高いものは、自動車用冷却液 (50 vol% 水溶液) で 1.06 g/cm³、最も低いものは灯油で 0.76 g/cm³ であった。

表 2 被吸着剤の動粘度等

試料 記号	品 名	動粘度 (cSt)	500cc の 重量 (g)	密度 g/cm ³	備 考
①	A 重油	3.76	409	0.82	JIS K 2205 摂氏 15 °C の状態で比重 0.86 ～ 0.88、動粘度 2.5 ～ 5.0 cSt (摂氏 50 度) が標準
②	灯油	1.4	380	0.76	JIS K 2203 引火点 40 °C 以上、法定比重 0.80
③	大豆白絞油	24.9	450	0.90	
④	潤滑油 10W-30	測定 不可	420	0.84	動粘度は B 型回転粘度計の測定上限値 (100.0 cSt) を超えていたため測定不能であった
⑤	自動車用冷却液 (エチレングリコール 90 ～ 95 wt%)	17.3	556	1.11	エチレングリコール 引火点 111 °C (closed cup)、発火点 398 °C で、消防法上の第 4 類危険物 (第 3 石油類) 水への溶解度は混和性
	50 vol%	3.7	528	1.06	

※ 動粘度は、温度 24 °C、湿度 43 % の環境で B 型回転粘度計により測定した。

※ 重量については、温度 22 °C、湿度 60 % の環境で電子天秤 (AND GX-8000) を使い測定した。

(3) 吸水性と脱水性

型式承認の試験における「吸水量の試験」では、試験片を摂氏 20 °C の清水面に浮かべ 5 分間静置した後、これを金網の上に 5 分間放置した時、試料 1 g につき 1.5 g 以下であり、かつ、1 cm³ につき 0.1 g 以下とされており、認定を取得している吸着マットは吸水性が低いことが分かる。

しかし、吸着材の試験片を水中に完全に浸漬 (写真 2) し 1 時間静置すると、すべての吸着材で吸水が確認されたことから、吸水前と 5 分間の脱水後の重量を測定した。また、クラス A 消火剤 0.3 % 水溶液についても同様の実験を行った。

表 3、4 は、水とクラス A 消火剤 0.3 % 水溶液の吸水前と脱水後の吸着材の重量を比較したものである。別添 1 は、水とクラス A 消火剤 0.3 % 水溶液に 1 時間浸漬後に引き揚げた吸着材の状

況である。

水に浸漬した場合、吸着材E、Fは全体に吸水しているが、吸着材A、B、C、Dは斑状の吸水であることが目視で確認できた。5分間の脱水後に水を含んでいる量が最も少なかったのは、吸着材Cで試験片1g 当り 2.6 g、次いで吸着剤Aが 2.8 g であった。

クラスA消火剤 0.3 %水溶液に浸漬した場合、吸着材A、D、E、Fは全体に吸水していることが目視で確認できた。吸着材B、Cも全体に吸水していたが、水に比較すると不明瞭ではあるが斑を認めることができた。5分間の脱水後にクラスA消火剤の水溶液を含んでいる量が最も少なかったのは、吸着材Aで試験片1g 当り 2.7 g であった。最も水溶液を含んでいたのは吸着材Cで試験片1g 当り 8.7 g、次いで吸着材Bで試験片1g 当り 7.9 g であった。

吸着材Aは、水と消火剤の水溶液のいずれでも脱水性の高いことが分かる。吸着材B、C、Dは、脱水後の重量が水と比較して消火剤の水溶液の場合に重いことから脱水性が低いといえ、吸着剤Cは顕著な差がみられる。吸着材E、Fは、水の場合とほぼ同様の傾向であった。



写真2 吸着マットを水に浸漬した状況

表3 吸水前と脱水後の重量比較（被吸着剤：水）

重 量 (g)		吸 着 剤					
		A	B	C	D	E	F
吸水前（試験片3枚の自重）	①	11.9	6.8	6.8	11.3	11.8	11.2
脱水後（試験片3枚）	②	45.4	44.5	24.4	63.8	94.5	99.2
吸水前と脱水後の差	②-①	33.5	37.7	17.6	52.5	82.7	88.0
吸着材1g 当りに含まれる水	②-①/①	2.8	5.5	2.6	4.6	7.0	7.9

表4 吸水前と脱水後の重量比較（被吸着剤：クラスA消火剤 0.3 %水溶液）

重 量 (g)		吸 着 剤					
		A	B	C	D	E	F
吸水前（試験片3枚の自重）	①	12.0	6.8	6.8	11.3	11.8	11.2
脱水後（試験片3枚）	②	44.8	60.7	66.0	94.6	92.5	92.9
吸水前と脱水後の差	②-①	32.8	53.9	59.2	83.3	80.7	81.7
吸着材1g 当りに含まれる水溶液	②-①/①	2.7	7.9	8.7	7.4	6.8	7.3

(4) 吸い上げ性

吸着材が 10 分間に吸い上げた被吸着剤の高さを図 2 に示した。写真 2 は、それぞれの被吸着剤の吸い上げ状況である。

A 重油を最も吸い上げたのは吸着材 F、2 番目が E、次いで D であった。灯油を最も吸い上げたのは吸着材 F、2 番目が E、D で、次いで C であった。吸着材 B は A 重油と灯油の吸い上げ高さが同じであった。大豆白絞油と潤滑油では、各吸着材で顕著な違いは見られなかった。

自動車用冷却液は、吸着材 A、E、F で吸い上げを確認でき、吸着材 F が最も吸い上げ高さが高かった。なお、吸着材 E、F は、舶査第 52 号の型式承認を取得しておらず、吸着材 E は冷却水と水を、吸着材 F は酸とアルカリを吸着できることを製品の仕様として明示している。

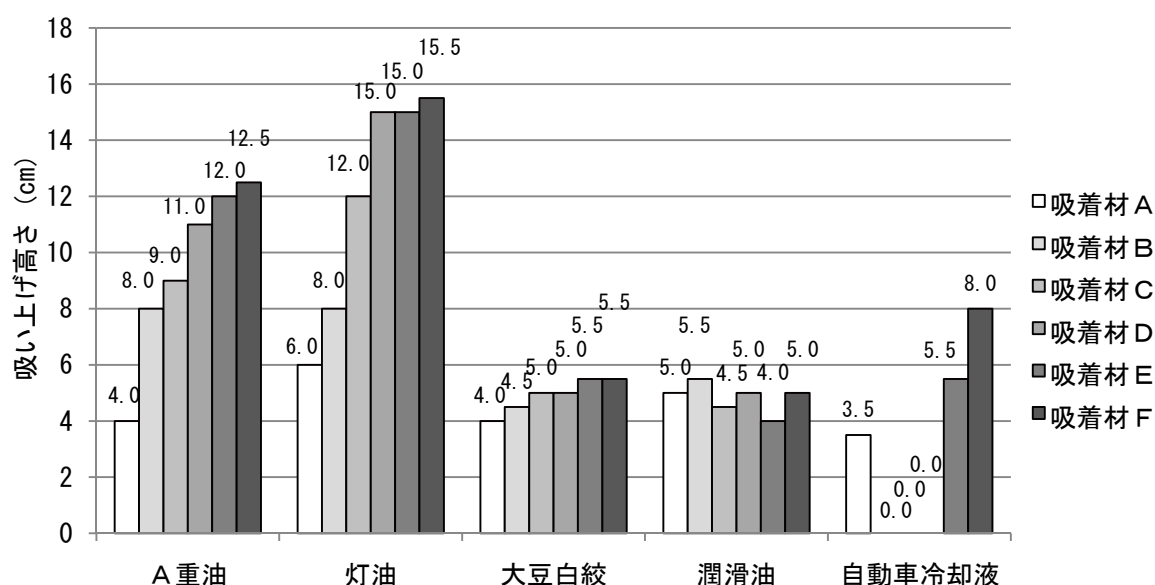
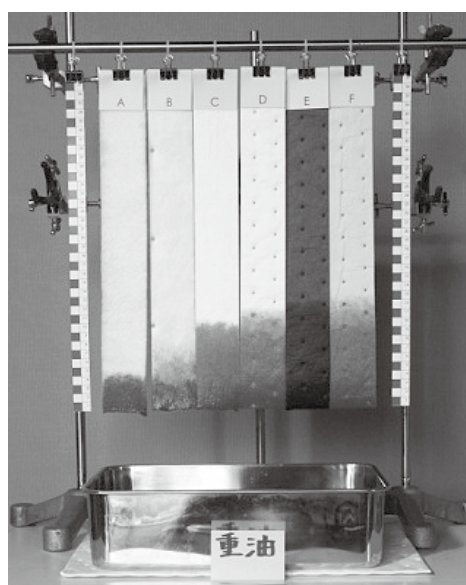
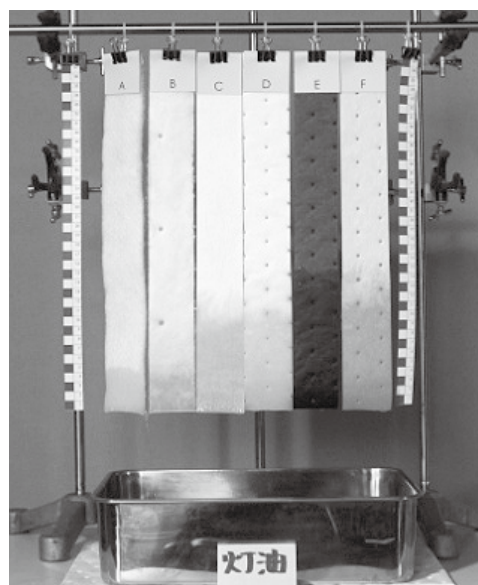


図 2 吸い上げ高さ（10 分間）の比較



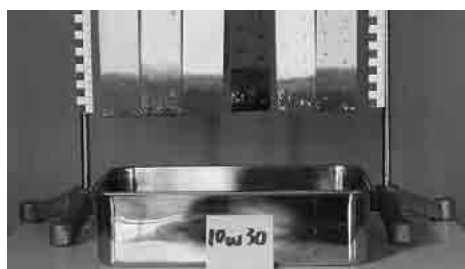
A 重油



灯 油



大豆白絞油



潤滑油 (10W-30)



自動車用冷却液 (濃度 50 %)

写真2 吸い上げ高さ (10 分間) の測定状況
左右の赤白のスケールは一目盛 1 cm

(5) 吸着量

各吸着材の重さ 1 g 当りの吸着量と容積 1 cm³ 当りの吸着量を、図 3～7 に示した。

それぞれの吸着材の実験について、時間経過の状況を別添 2 - ① ～ ⑤ に示した。

型式承認基準である舶査 52 号に定める試験の判定基準では、B 重油の吸着量が、吸着材 1 g につき 6 g 以上であり、かつ、1 cm³ につき 0.8 g 以上と定められており、本実験で使用した吸着材 6 種は、A 重油、灯油、大豆白絞油、潤滑油を被吸着剤とした実験において、油種は異なるが型式承認の判定基準を満たしている。なお、吸着材の単位重量当たりでは、吸着材 B の吸着量が重量比、容積比のいずれにおいても多かったが、これは吸着材の吸着能力のほか、他の吸着材に比較して密度が小さいことが影響している。

濃度 50 % の自動車用冷却液は、吸着材 E、F で吸着することが確認できた。吸着材 A は吸い上げ性の実験で自動車用冷却液を吸い上げたが、被吸着剤上に浮かべるという条件では、自動車冷却液に接していた面に自動車用冷却液の付着が見られる程度であった。また、吸着材 B、C、D は、自動車用冷却液の吸着は確認できなかった。

吸着材の重さ 1 g 当りの吸着量の比較を表 5 に、容積 1 cm³ 当りの吸着量の比較を表 6 に示した。最も吸着量の多い吸着剤を 1 として灰色の網掛けで、次に多いものを淡灰色の網掛けで示した。吸着材の重さ 1 g 当りの吸着量は、すべての油種で吸着材 B が多いことが分かる。容積 1 cm³ 当りの吸着量は、A 重油については吸着材 E が、灯油と潤滑油については吸着材 D が、大豆白絞油については吸着材 B が多いことが分かる。

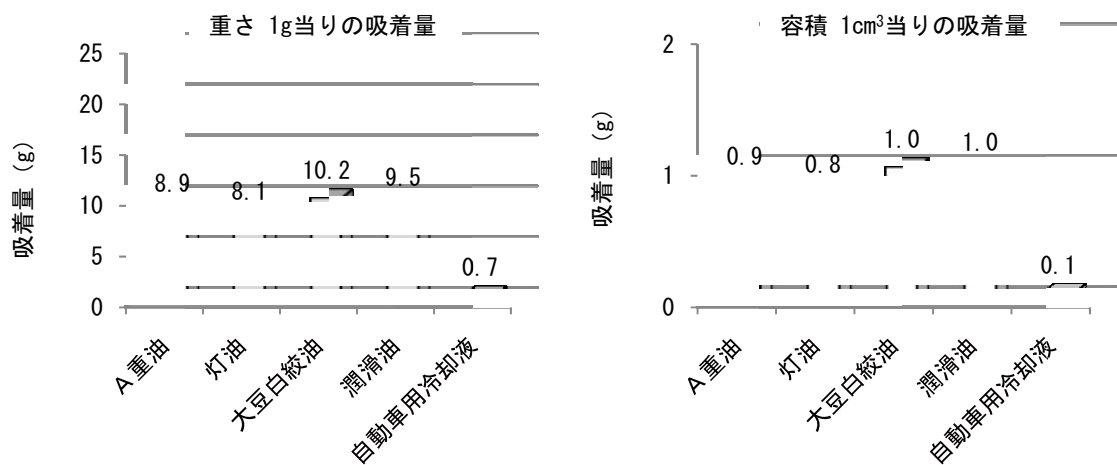


図3 吸着材Aの吸着量

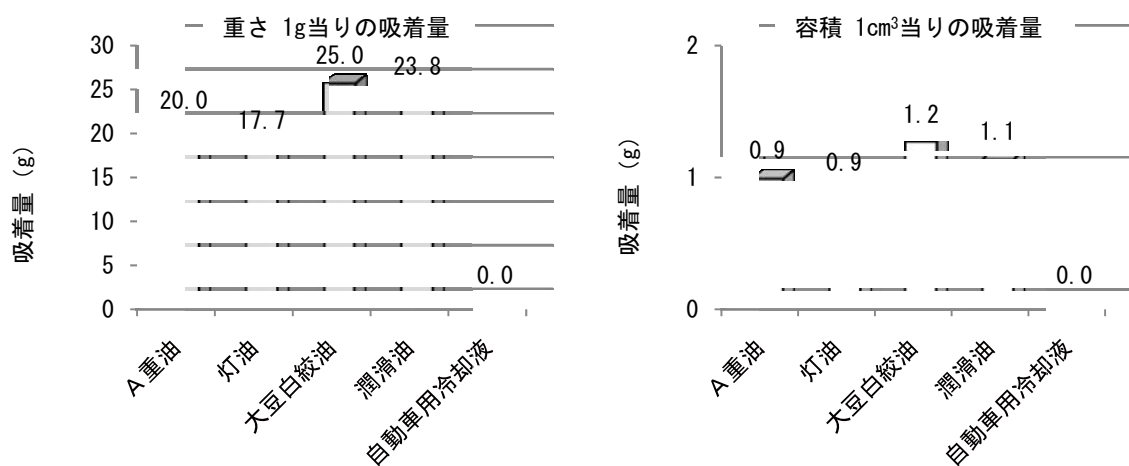


図4 吸着材Bの吸着量

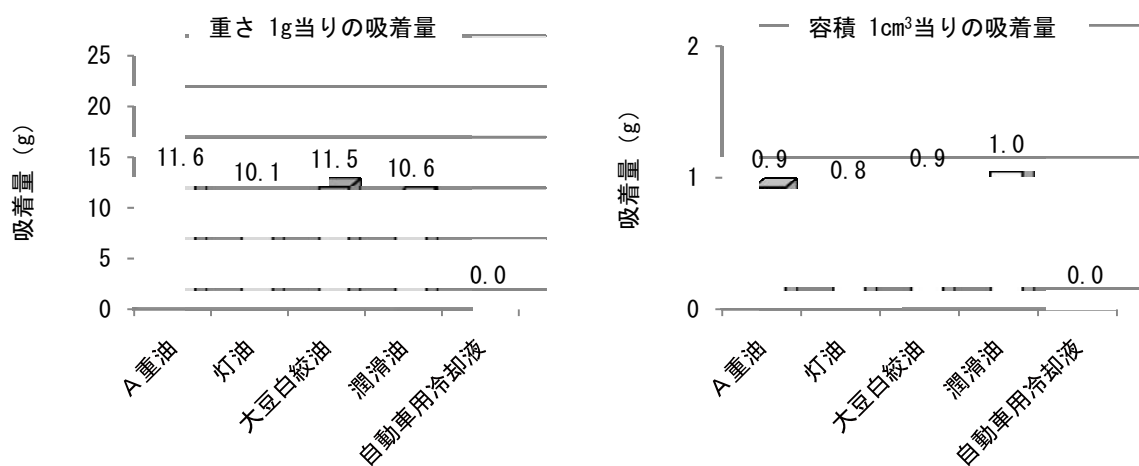


図5 吸着材Cの吸着量

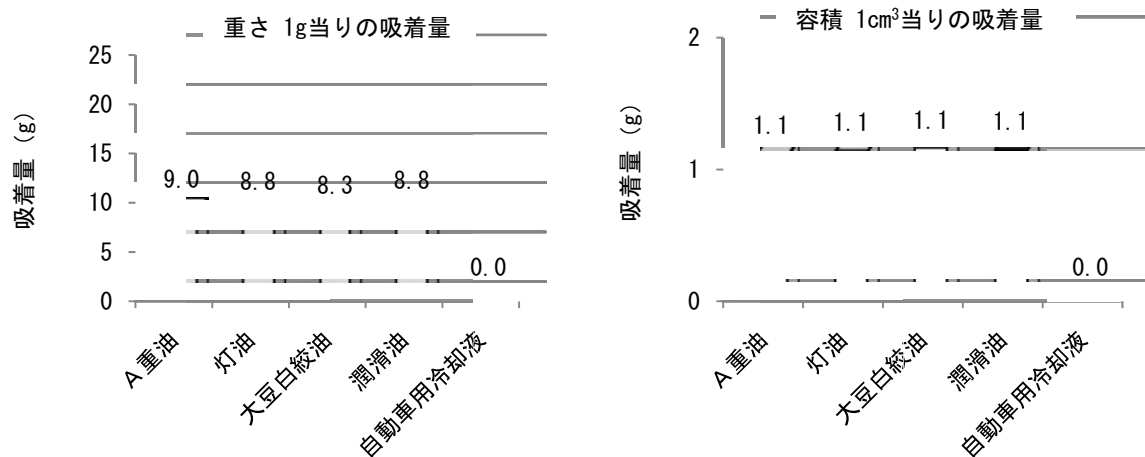


図6 吸着材Dの吸着量

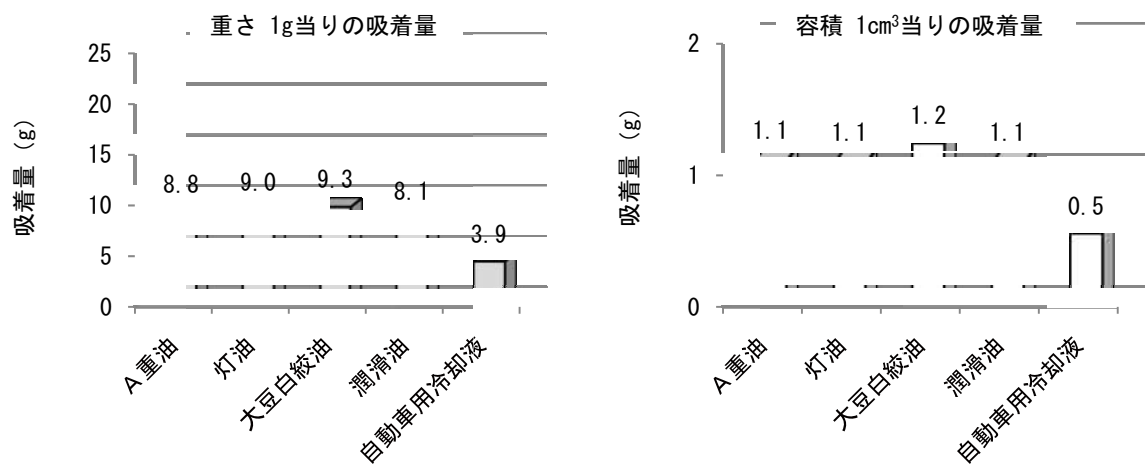


図7 吸着材Eの吸着量

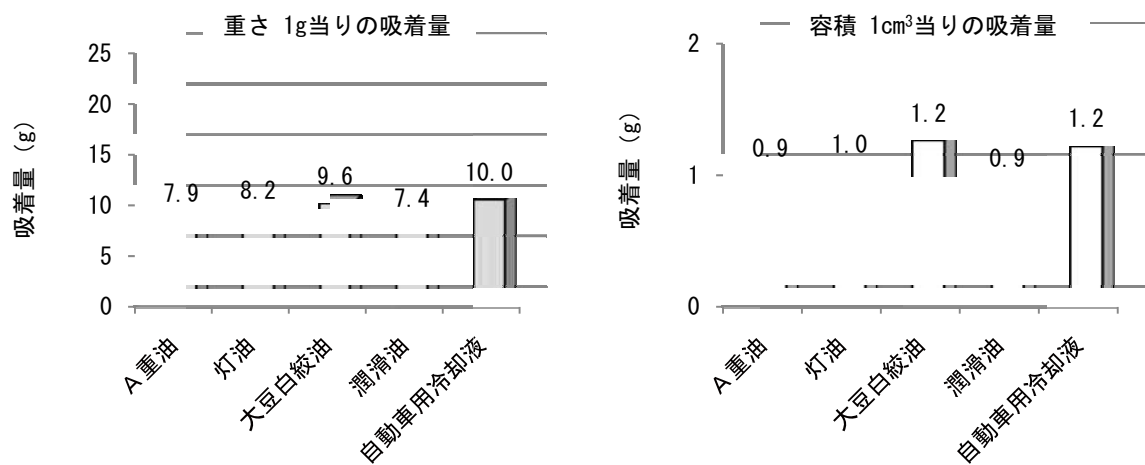


図8 吸着材Fの吸着量

表5 吸着量の比較（単位重量当り）

吸着材	被 吸 着 剤				
	A 重油	灯 油	大 豆 白絞油	潤滑油	自動車用 冷 却 液
A	0.44	0.46	0.41	0.40	0.07
B	1.00	1.00	1.00	1.00	—
C	0.58	0.57	0.46	0.45	—
D	0.45	0.50	0.33	0.37	—
E	0.44	0.51	0.37	0.34	0.39
F	0.39	0.46	0.38	0.31	1.00

※ 最も吸着量の多い吸着剤を1とした。

表6 吸着量の比較（単位容積当り）

吸着材	被 吸 着 剤				
	A 重油	灯 油	大 豆 白絞油	潤滑油	自動車用 冷 却 液
A	0.82	0.76	0.83	0.90	0.06
B	0.87	0.79	1.00	0.98	—
C	0.81	0.73	0.73	0.72	—
D	1.00	1.00	0.92	1.00	—
E	1.00	0.97	0.98	0.97	0.43
F	0.87	0.89	0.99	0.79	1.00

※ 最も吸着量の多い吸着剤を1とした。

(6) 吸着速度

吸着速度は、吸着材の試験片をステンレス製深型バット内の被吸着剤上に静置してから、試験片の表面全てに被吸着剤が吸着されるまでの時間を計測した。その結果を、表7に示した。

A重油と灯油では、すべての吸着材が被吸着剤上に静置した直後、表面全てに被吸着剤が吸着された。

大豆白絞油では、吸着材Aが最も早く静置直後に表面全てに吸着され、最も時間を要したものは吸着材Bで47秒を要した。

潤滑油では、吸着材Aが最も早く12秒、最も時間を要したものは吸着材Dで80秒であった。

自動車用冷却液（濃度50%）を吸着した吸着材は、E、Fであったが、吸着材Fで124秒を要し、吸着材Eは表面の滲み始めを確認できるまでに5分を要した。

表7 油吸着材の吸着速度

被吸着剤	吸 着 材 の 吸 着 速 度					
	A	B	C	D	E	F
A 重油	被吸着剤上に静置した直後、表面全てに被吸着剤が吸着された。					
灯 油						

大豆白絞油	静置直後、 表面全て に吸着さ れた。	47 秒	12 秒	26 秒	20 秒	11 秒
潤滑油 (10W-30)	12 秒	56 秒	30 秒	80 秒	30 秒	28 秒
自動車用冷却液 濃度 50%	被吸着剤 に接した 表面に付 着する程 度	吸着せず	吸着せず	吸着せず	5 分経過 後、表面に 滲みを確 認し観察 を終了し た。	124 秒

(7) 吸水後の油吸着性

水を張ったステンレス製深型バットに試験片を1時間浸漬して水を含ませた後、A重油 30 mlの油層がある水面上に浮かべて5分間経過後の状態が写真3である。

吸着材A、Bは、水面上に浮かべてから5分後には、A重油をほぼ吸着し、水面上の油膜がわずかに目視できる程度だった。吸着材C、D、E、Fは、水面上に浮かべて5分を経過しても、水面上に油膜が明瞭に目視できた。これは、吸着材A、Bの試験片1枚の容積が、それぞれ40 cm³、45 cm³であるのに対し、吸着材C、D、E、Fの容積がいずれも30 cm³と小さく、試験片1枚当りの吸着量が少ないことが原因となっている。吸着できずに水面上に残った油層が最も多かったのは吸着材Fで、試験片の中央部にはA重油を吸着していない地色の部分が認められるとともに、吸着されずに分離した油層を試験片上に目視で確認することができた。

写真4は、吸着材AとDの試験片を、5分間の油吸着後に針金製フックにつるした状態である。吸着材Aはつるした直後から滴下による油分の脱着が始まり、5分後には上半部分の油分が脱着している。吸着材Bは、Aと同様の傾向を示した。

吸着材Dは、滴下による油分の脱着がわずかに見られたが、油分を保持し地色が現れることはなかった。吸着材C、E、Fは、Dと同様の傾向を示した。

吸着材C、D、E、Fは、脱水性の実験で脱水後も水分の保持量が多く、吸い上げ性の実験においては吸い上げ高さが高かった吸着材であることから、吸着剤を構成するポリプロピレン繊維の密度に関連することが示唆される。

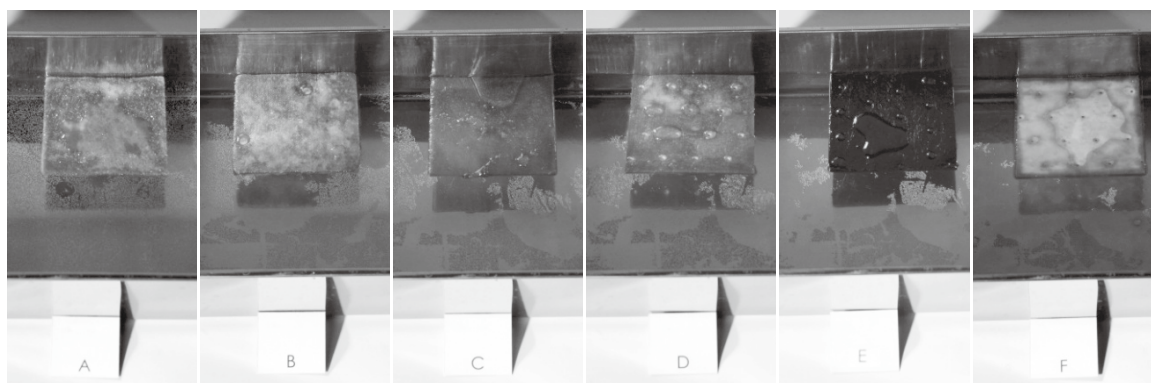
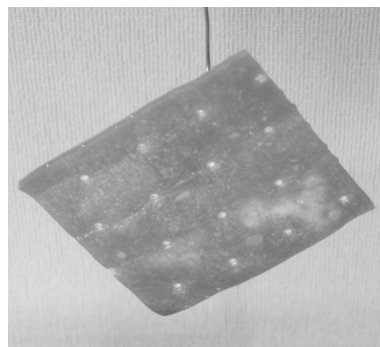
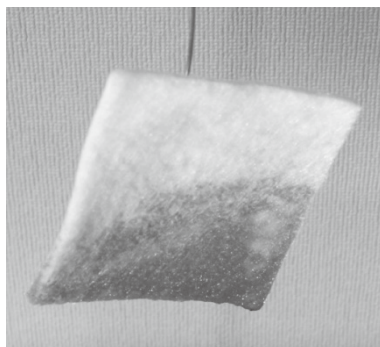


写真3 吸水後に油を吸着させた状況



吸着剤 A

吸着剤 D

写真 4 自然滴下による脱着の状況

(8) 溶剤に対する耐性

各吸着材を溶剤に浸漬し目視により観察した結果を表 8 にまとめた。

実験環境は、温度 20 ～ 22 ℃の室内で行った。

写真 5 は溶剤投入前の吸着材の状況、写真 6 は溶剤に浸漬して 24 時間後と 48 時間後の状況である。写真 7 は、48 時間後に溶剤の中から取り出し、ステンレス製バット上に並べた状況である。

写真 8 は、溶剤に浸漬していない吸着材と、溶剤に浸漬した後 72 時間乾燥させた吸着材を比較したものである。

アセトンに浸漬した状況では、顕著な変化を目視で確認できなかった。72 時間の乾燥後、吸着材 B に表面の硬化が、吸着材 E に収縮が認められた。

トルエンに浸漬した状況では、吸着材 B、C、D、E、F が膨潤し、吸着材 C は半透明化している状況が確認できた。72 時間の乾燥後、吸着材 A、B に表面の硬化が、吸着材 D、F の表面に皺が、吸着材 A、C、D、E、F には収縮が認められた。

表 8 油吸着材の溶剤に対する耐性

被吸着剤	経過時間	吸 着 材					
		A	B	C	D	E	F
アセトン	24 時間	顕著な変化なし					
	48 時間	顕著な変化なし					
	72 時間乾燥後	顕 著 な 変化なし	表面硬化	顕 著 な 変化なし	顕 著 な 変化なし	収縮あり	顕 著 な 変化なし
トルエン	24 時間	顕 著 な 変化なし	膨 潤	膨 潤 半透明化	膨 潤	膨 潤	膨 潤
	48 時間						
	72 時間乾燥後	表面硬化 収縮あり	表面硬化	収縮あり	表面に皺 収縮あり	収縮あり	表面に皺



写真5 溶剤投入前の状況



24 時間後



48 時間後

写真6 溶剤を投入した状況（広口瓶内、左から吸着材A、B、C、D、E、F）

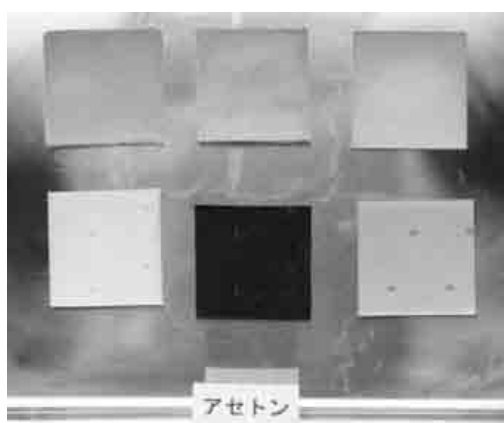


写真7 乾燥前（上段左から吸着材A、B、C、下段左からD、E、F）

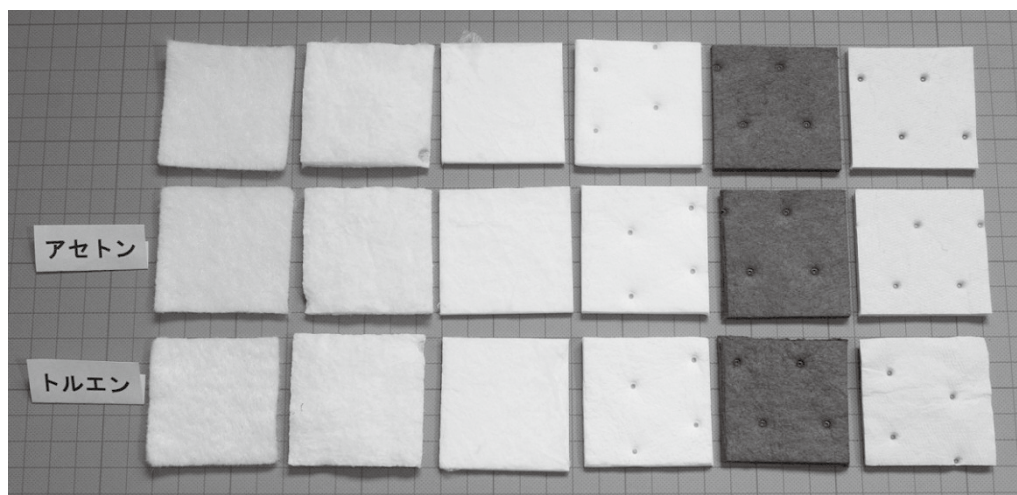


写真8 溶剤に浸す前（上段）と乾燥後（中、下段）の比較
（各段、左から吸着材A、B、C、D、E、F）

(9) 難燃性

吸着材をアルコールランプ上に接炎する高さでつるし、熔融、着火、発煙の状況を観察した。その結果を表9にまとめた。また、着火の状況を写真9に、時間経過の状況を別添3に示した。なお、アルコールランプ上の温度は、吸着材下端から10 cm上で180℃、15 cm上で130℃であった。

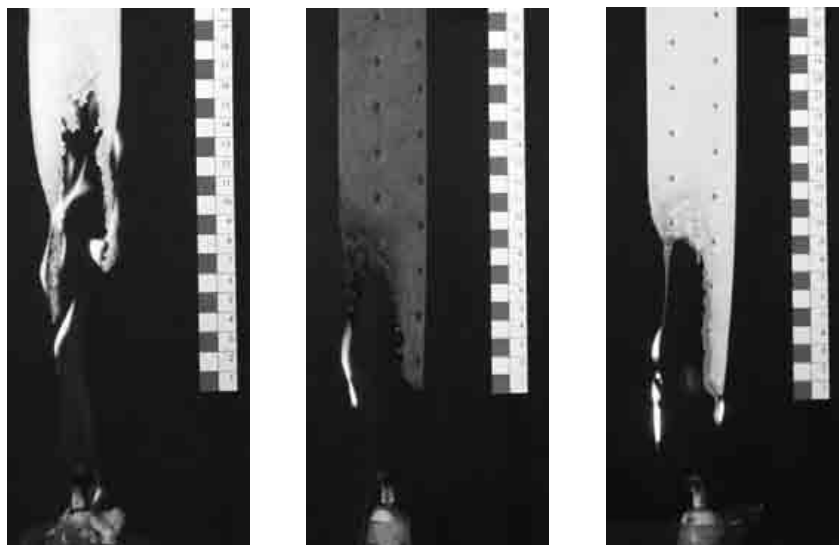
いずれの吸着材も接炎により熔融した。熔融した高さが最も高かったのは吸着材Aで19 cm、最も低かったのは吸着材Dで11 cmであった。

熔融による滴下に着火した吸着材は、A、E、Fであった。吸着材Aは、滴下に着火した後、有炎燃焼を継続した。吸着材E、Fは熔融による滴下に着火はしたが、燃焼は継続しなかった。

吸着材Aが高さ19 cmまで燃え進んだのは、熔融による滴下に着火したことが影響したと考えられる。

表9 油吸着材の難燃性

被吸着剤	吸 着 材					
	吸着材A	吸着材B	吸着材C	吸着材D	吸着材E	吸着材F
融 融 の 高 さ 経 過 時 間	19 cm 50 秒後	13 cm 70 秒後	14 cm 60 秒後	11 cm 70 秒後	13 cm 70 秒後	12 cm 70 秒後
着 火	熔融による滴下に着火し有炎燃焼を継続した。	無 し	無 し	無 し	熔融による滴下に着火はしたが、燃焼は継続しなかった。	
発 煙	若干の黒煙を伴う	視認不可	視認不可	視認不可	視認不可	視認不可



試験片 A

試験片 E

試験片 F

写真9 油吸着材の難燃性に関する実験状況

5 ま と め

本実験は、油吸着材の特性を知るために、各種の実験を行い比較検討を試みたものである。

消防活動の現場では、効率的な処理能力が問われるが、吸着した油を脱着することによって回収し吸着材を繰り返し使用するのか、あるいは、吸着材に油を吸着したままの状態での回収することによって、吸着能力のほかに耐久性や被吸着物の保持能力（脱着の難易）といった性能が求められることとなる。

消防活動の現場に適した吸着材を選定し、適正な使用方法を示すためには、市販されている吸着材について公表されるデータだけでは推し量ることができない部分がある。本実験における実験項目は、粘度の異なる油を用いて吸着量を計測するとともに吸着の状況を観察した。吸着材の吸水性等についても実験を行い、測定項目や観察項目は多岐にわたるが基礎的な項目であることから、利用形態を考慮せずに供試吸着材の優劣を決定できるものではなく、本実験の結果を参考として、応用的な実験が必要であると思われる。

【参考文献】

- 1) 伊勢村壽三著：改訂新版 教養物理化学、朝倉書店、1988.
- 2) 海上災害防止センター：油防除資機材の性能の評価及び再評価に関する調査研究報告書 平成9～11年度、1997～1999.
- 3) ギュンター・ホンメル編、新居六郎訳：危険物ハンドブック、シュプリンガー・フェアラーク東京、1996.
- 4) 慶伊富長著：吸着、共立全書、1975.
- 5) 日本規格協会編集：JIS ハンドブック プラスチック、財団法人日本規格協会、1993.
- 6) 宮坂啓象ほか編集：プラスチック辞典、朝倉書店、1992.

【参考】

脆化温度

プラスチック製品の実用耐寒限度を表す指標で、「プラスチックのぜい化温度試験方法」（JIS K7216）に規定される方法で試験したとき、試験片の50%が破壊する温度。

破壊：試験片が2個又は、それ以上に分離すること。

粘 度

粘度とは、液体などのねばりの度合のことで、粘性率、粘性係数とも呼ばれる。

単位は $\text{Pa} \cdot \text{s}$ （パスカル秒）、CGS単位系では P （ポアズ）が用いられる。

動粘度（動粘度係数）

粘度を比較するための指標で、毛管粘度計など、細い管のなかを自重で通過する速度（時間）のこと。

単位は m^2/s で、 $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ St}$ （ストークス）も使われる。

蒸留水の粘度、動粘度（JIS Z 8803）

温度 20°C の場合、蒸留水の粘度は $1.002 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ （cP）、動粘度 $1.004 \text{ mm}^2/\text{s}$ （cSt）である。

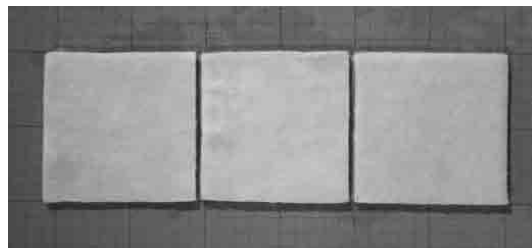
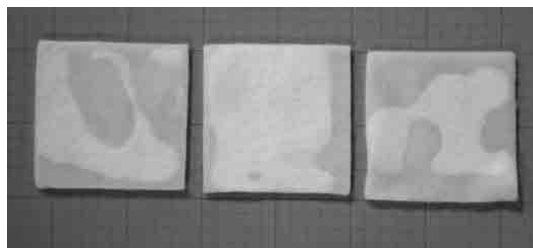
別添 1 水とクラス A 消火剤 0.3 %水溶液に 1 時間浸漬後の吸水状況

被吸着剤

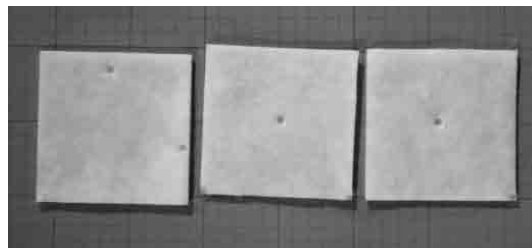
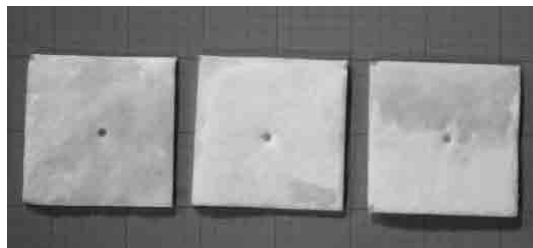
水

クラス A 消火剤 0.3%水溶液

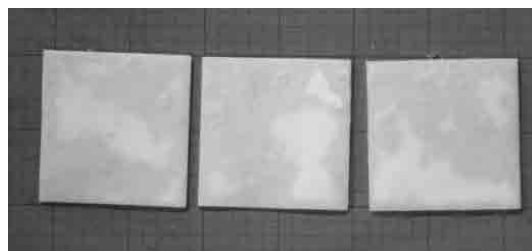
試験片
A



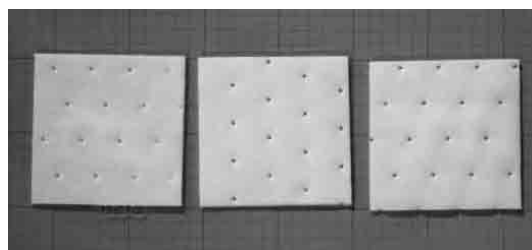
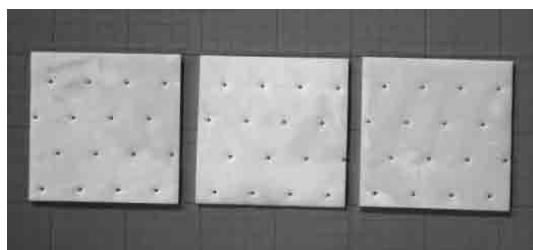
試験片
B



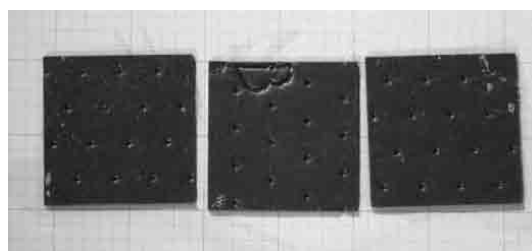
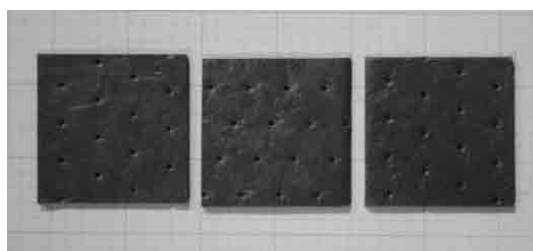
試験片
C



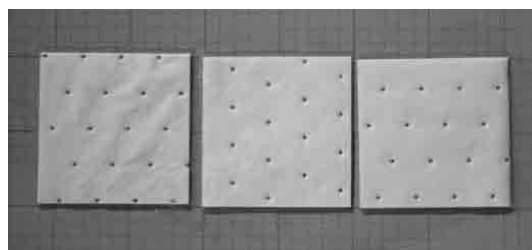
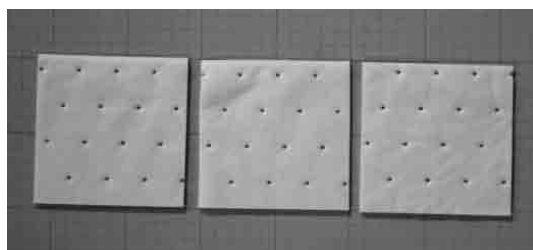
試験片
D



試験片
E



試験片
F



別添 2- ① 吸着量の測定（被吸着剤：A 重油）

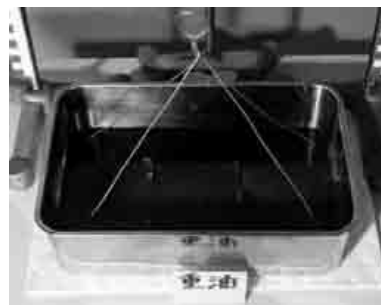
吸着材 A



(1) 吸着前の計量 12.0 g



(2) 吸着テスト前



(3) 3 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置（5分後）



(6) 吸着量 106.5 g

吸着材 B



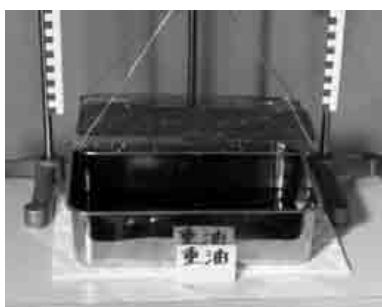
(1) 吸着前の計量 6.4 g



(2) 吸着テスト前



(3) 1 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置（5分後）



(6) 吸着量 127.8 g

吸着材C



(1) 吸着前の計量 6.8 g



(2) 吸着テスト前



(3) 1 秒後



(4) 静置 (5 分後)

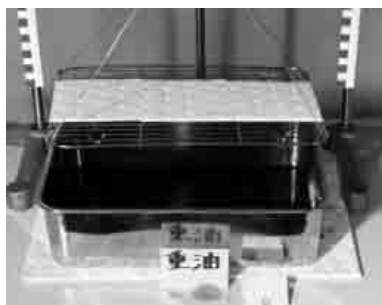


(5) 吸着量 79.2 g

吸着材D



(1) 吸着前の計量 10.8 g



(2) 吸着テスト前



(3) 3 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 (5 分後)



(6) 吸着量 97.3 g

吸着材 E



(1) 吸着前の計量 11.1 g



(2) 吸着テスト前



(3) 3 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 (5 分後)



(6) 吸着量 97.4 g

吸着材 F



(1) 吸着前の計量 11.2 g



(2) 吸着テスト前



(3) 1 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 (5 分後)



(6) 吸着量 85.0 g

別添 2- ② 吸着量の測定（被吸着剤：灯油）

吸着材 A



(1) 吸着前の計量 12.3 g



(2) 吸着テスト前



(3) 2 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置（5分後）

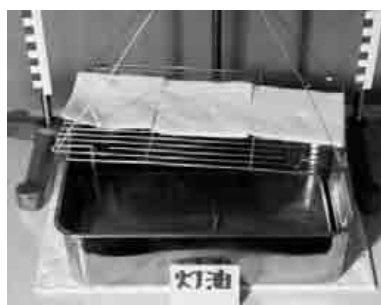


(6) 吸着量 99.6 g

吸着材 B



(1) 吸着前の計量 6.6 g



(2) 吸着テスト前



(3) 2 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置（5分後）



(6) 吸着量 116.6 g

吸着材 C



(1) 吸着前の計量 7.1 g



(2) 吸着テスト前



(3) 2 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 (5 分後)

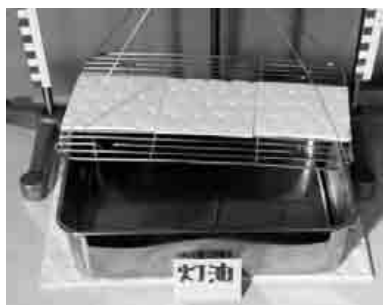


(6) 吸着量 72.0 g

吸着材 D



(1) 吸着前の計量 11.3 g



(2) 吸着テスト前



(3) 3 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 (5 分後)



(6) 吸着量 98.9 g

吸着材 E



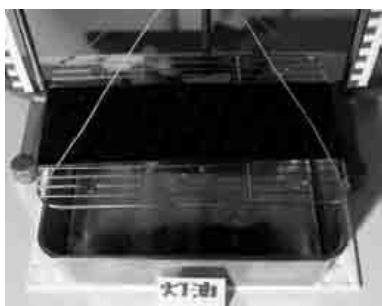
(1) 吸着前の計量 10.7 g



(2) 吸着テスト前



(3) 1 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 (5 分後)

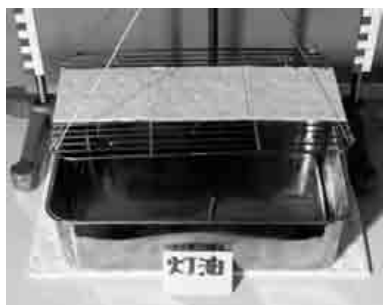


(6) 吸着量 96.3 g

吸着材 F



(1) 吸着前の計量 10.7 g



(2) 吸着テスト前



(3) 1 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 (5 分後)



(6) 吸着量 87.9 g

別添 2- ③ 吸着量の測定（被吸着剤：大豆白絞油）

吸着材 A



(1) 吸着前の計量 12.0 g



(2) 吸着テスト前



(3) 14 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置（5 分後）



(6) 吸着量 122.4 g

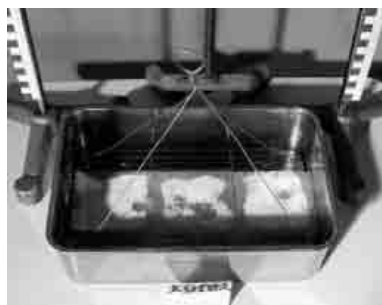
吸着材 B



(1) 吸着前の計量 6.6 g



(2) 吸着テスト前



(3) 15 秒後



(4) 引揚げ直後

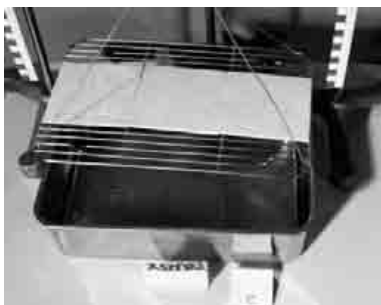


(5) 吸着量 165.2 g

吸着材 C



(1) 吸着前の計量 7.0 g



(2) 吸着テスト前



(3) 10 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 (5 分後)



(6) 吸着量 80.2 g

吸着材 D



(1) 吸着前の計量 12.1 g



(2) 吸着テスト前



(3) 14 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 (5 分後)



(6) 吸着量 100.8 g

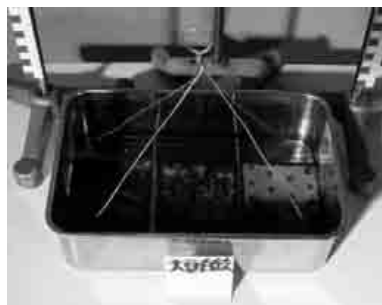
吸着材 E



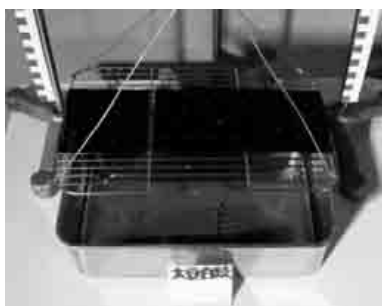
(1) 吸着前の計量 11.6 g



(2) 吸着テスト前



(3) 12 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 (5 分後)



(6) 吸着量 107.7 g

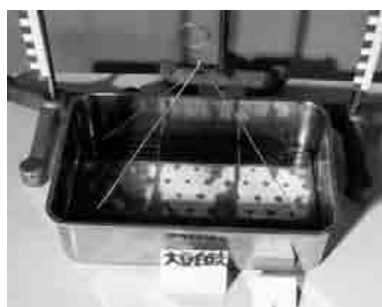
吸着材 F



(1) 吸着前の計量 11.4 g



(2) 吸着テスト前



(3) 11 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 (5 分後)



(6) 吸着量 109.3 g

別添 2- ④ 吸着量の測定（被吸着剤：潤滑油 10W-30）

吸着材 A



(1) 吸着前の計量 12.6 g



(2) 吸着テスト前



(3) 12 秒後



(4) 引揚げ直後



(5) 静置 5 分後



(6) 吸着量 119.9 g

吸着材 B



(1) 吸着前の計量 6.2 g



(2) 14 秒後



(3) 引き上げ直後



(4) 静置 5 分後



(5) 吸着量 147.4 g

吸着材 C



(1) 吸着前の計量 6.8 g



(2) 13 秒後



(3) 静置 (2 分後)



(4) 静置 (5 分後)



(5) 吸着量 72.3 g

吸着材 D



(1) 吸着前の計量 11.3 g



(2) 吸着テスト前



(3) 14 秒後



(4) 引き上げ直後



(5) 静置 (5 分後)



(6) 吸着量 99.8 g

吸着材 E



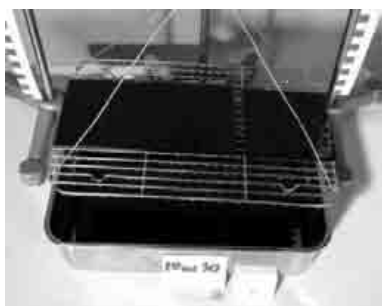
(1) 吸着前の計量 11.9 g



(2) 吸着テスト前



(3) 13 秒後



(4) 静置 (5 分後)



(5) 静置 (10 分後)



(6) 吸着量 96.6 g

吸着材 F



(1) 吸着前の計量 10.7 g



(2) 吸着テスト前



(3) 15 秒後



(4) 静置 (5 分後)



(5) 静置 (10 分後)



(6) 吸着量 78.8 g

別添 2- ⑤ 吸着量の測定（被吸着剤：自動車用冷却液 濃度 50 %）

吸着材 A



(1) 吸着前の計量 11.9 g



(2) 吸着テスト前



(3) 7 秒後



(4) 5 分後



(5) 吸着量 8.0 g

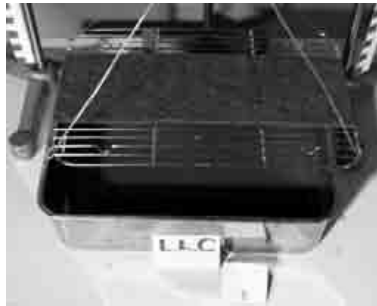


(6) 吸着量 7.9 g
(裏面の状況)

吸着材 E



(1) 吸着前の計量 11.9 g



(2) 吸着テスト前



(3) 2 分後



(4) 5 分後



(5) 静置（5 分後）

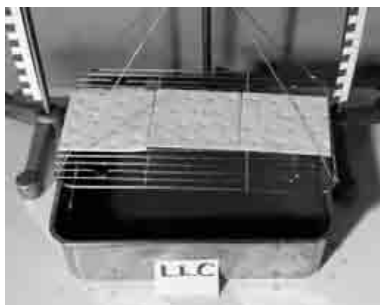


(6) 吸着量 45.9 g

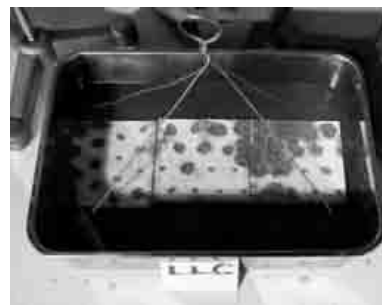
吸着材 F



(1) 吸着前の計量 10.6 g



(2) 吸着テスト前



(3) 13 秒後



(4) 3 分後



(5) 引揚げ直後



(6) 吸着量 105.6 g

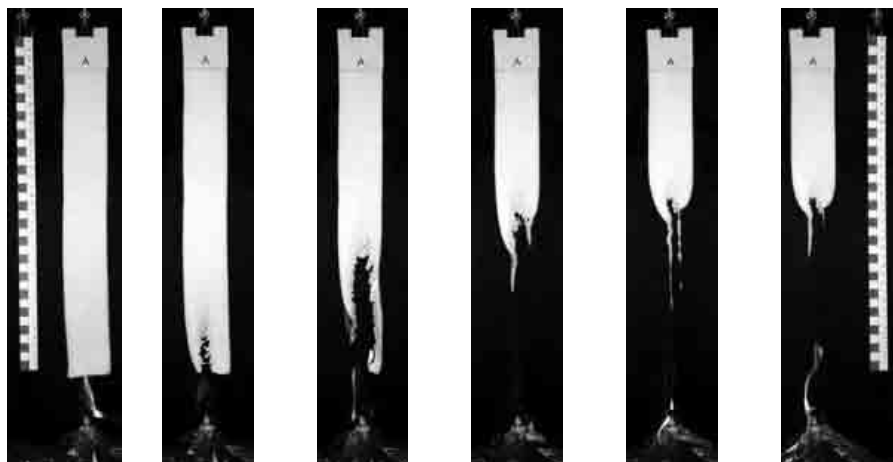
吸着材 B、C、D



5 分経過後の状況

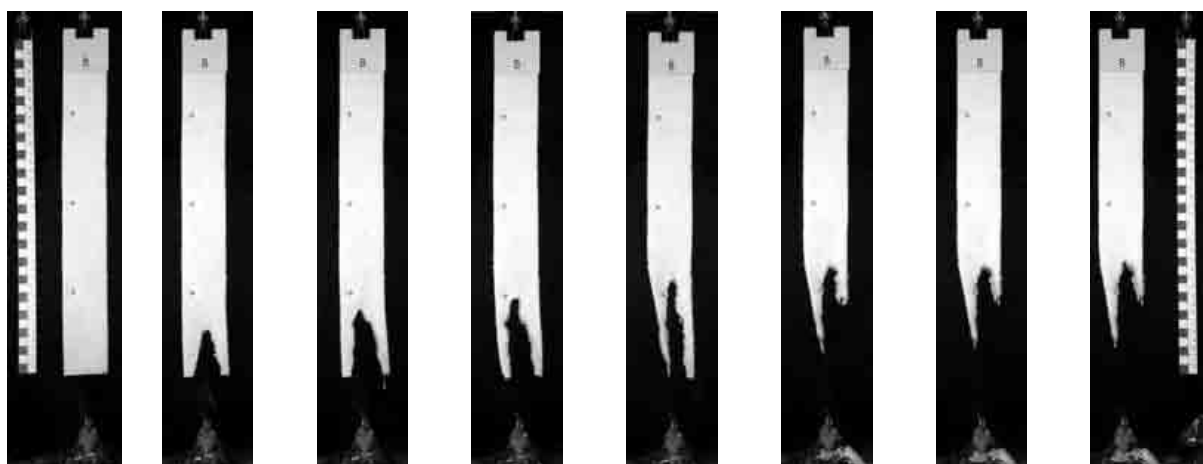
別添3 難燃性

吸着材 A



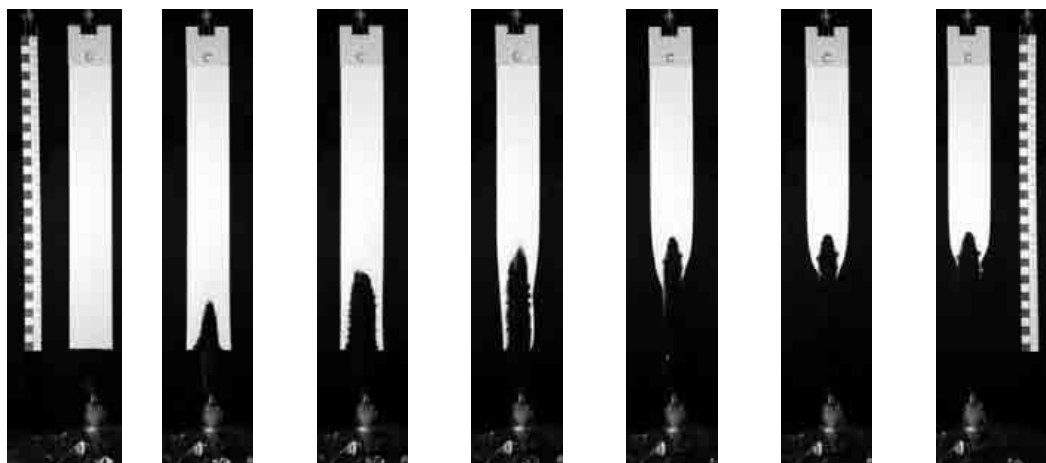
点火 10 秒後 20 秒後 30 秒後 40 秒後 50 秒後

吸着材 B



点火 10 秒後 20 秒後 30 秒後 40 秒後 50 秒後 60 秒後 70 秒後

吸着材 C



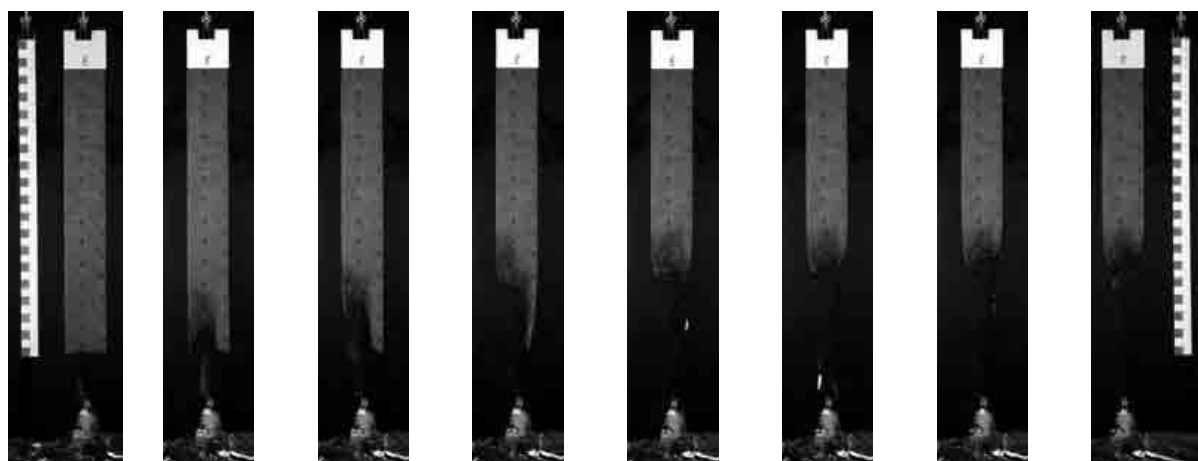
点火 10 秒後 20 秒後 30 秒後 40 秒後 50 秒後 60 秒後 70 秒後

吸着材D



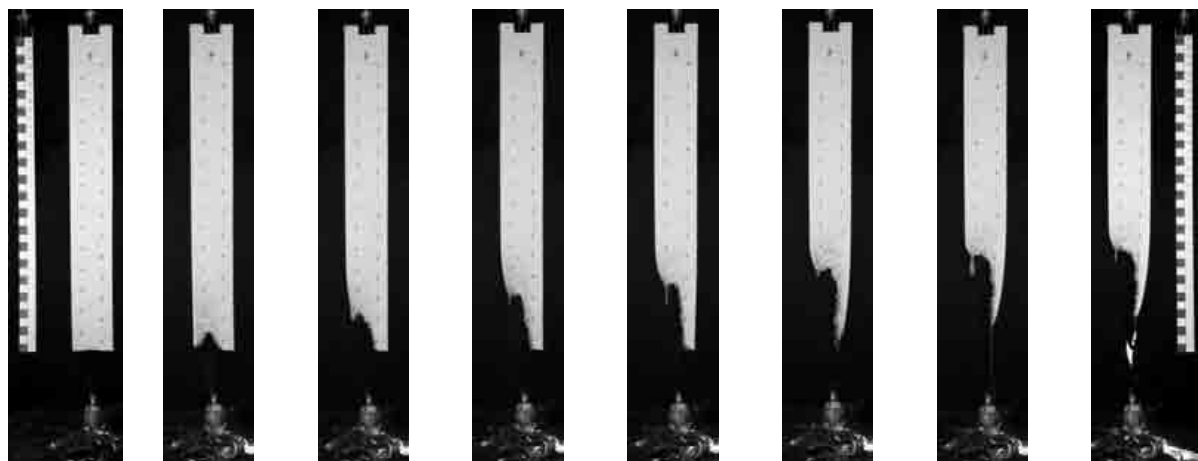
点火 10 秒後 20 秒後 30 秒後 40 秒後 50 秒後 60 秒後 70 秒後

吸着材E



点火 10 秒後 20 秒後 30 秒後 40 秒後 50 秒後 60 秒後 70 秒後

吸着材F



点火 10 秒後 20 秒後 30 秒後 40 秒後 50 秒後 60 秒後 70 秒後

参 考

関係法令

海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律（昭和四十五年法律第百三十六号）（抄）

（排出特定油の防除のための資材）

第三十九条の三 次に掲げる者は、当該船舶若しくは施設又は当該係留施設を利用する船舶から特定油が排出された場合において、排出された特定油の広がり及び引き続き特定油の排出の防止並びに排出された特定油の除去（第三十九条の五において「排出特定油の防除」という。）のための措置を講ずることができるよう、国土交通省令で定めるところにより、当該船舶若しくは施設内又は国土交通省令で定める場所にオイルフェンス、薬剤その他の資材を備え付けておかなければならない。ただし、第一号に掲げる船舶にあつては、港湾その他の国土交通省令で定める海域を航行中である場合に限る。

- 一 国土交通省令で定める船舶の船舶所有者
- 二 船舶から陸揚げし、又は船舶に積載する特定油で国土交通省令で定める量以上の量のものを保管することができる施設の設置者
- 三 第一号に掲げる船舶を係留することができる係留施設（専ら同号に掲げる船舶以外の船舶を係留させる係留施設を除く。）の管理者

下水道法（昭和三十三年法律第七十九号）（抄）

（除害施設の設置等）

第十二条 公共下水道管理者は、著しく公共下水道若しくは流域下水道の施設の機能を妨げ、又は公共下水道若しくは流域下水道の施設を損傷するおそれのある下水を継続して排除して公共下水道を使用する者に対し、政令で定める基準に従い、条例で、下水による障害を除去するために必要な施設（以下「除害施設」という。）を設け、又は必要な措置をしなければならない旨を定めることができる。

（事故時の措置）

第十二条の九 特定事業場から下水を排除して公共下水道を使用する者は、人の健康に係る被害又は生活環境に係る被害を生ずるおそれがある物質又は油として政令で定めるものを含む下水が当該特定事業場から排出され、公共下水道に流入する事故が発生したときは、政令で定める場合を除き、直ちに、引き続き当該下水の排出を防止するための応急の措置を講ずるとともに、速やかに、その事故の状況及び講じた措置の概要を公共下水道管理者に届け出なければならない。

- 2 公共下水道管理者は、特定事業場から下水を排除して公共下水道を使用する者が前項の応急の措置を講じていないと認めるときは、その者に対し、同項の応急の措置を講ずべきことを命ずることができる。

下水道法施行令（昭和三十四年政令第百四十七号）（抄）

（除害施設の設置等に関する条例の基準）

第九条 法第十二条第一項（法第二十五条の十第一項において準用する場合を含む。）の規定による条例は、次の各号に掲げる項目に関し、それぞれ当該各号に定める範囲内の水質の下水について定めるものとする。

- 一 温度 四十五度以上であるもの
 - 二 水素イオン濃度 水素指数五以下又は九以上であるもの
 - 三 ノルマルヘキサン抽出物質含有量
 - イ 鉱油類含有量 一リットルにつき五ミリグラムを超えるもの
 - ロ 動植物油脂類含有量 一リットルにつき三十ミリグラムを超えるもの
 - 四 沃よう素消費量 一リットルにつき二百二十ミリグラム以上であるもの
- （事故時の措置を要する物質又は油）

第九条の八 法第十二条の九第一項（法第二十五条の十第一項において準用する場合を含む。次条において同じ。）に規定する政令で定める物質又は油は、水質汚濁防止法施行令第二条各号に掲げる物質及びダイオキシン類並びに同令第三条の三各号に掲げる油とする。

水質汚濁防止法（昭和四十五年法律第百三十八号）（抄）

（事故時の措置）

第十四条の二 特定事業場の設置者は、当該特定事業場において、特定施設の破損その他の事故が発生し、有害物質又は油を含む水が当該特定事業場から公共用水域に排出され、又は地下に浸透したことにより人の健康又は生活環境に係る被害を生ずるおそれがあるときは、直ちに、引き続く有害物質又は油を含む水の排出又は浸透の防止のための応急の措置を講ずるとともに、速やかにその事故の状況及び講じた措置の概要を都道府県知事に届け出なければならない。

- 2 特定事業場以外の工場又は事業場で貯油施設等を設置するもの（以下この条において「貯油事業場等」という。）の設置者は、当該貯油事業場等において、貯油施設等の破損その他の事故が発生し、油を含む水が当該貯油事業場等から公共用水域に排出され、又は地下に浸透したことにより生活環境に係る被害を生ずるおそれがあるときは、直ちに、引き続く油を含む水の排出又は浸透の防止のための応急の措置を講ずるとともに、速やかにその事故の状況及び講じた措置の概要を都道府県知事に届け出なければならない。

型式承認基準運輸省船舶局長通達船査第 52 号(昭和 59 年 2 月 1 日付け)抜粋

油吸着材(マット状のもの)の型式承認試験基準

1. 適用範囲

この基準は、油吸着材料をマット状に成形した油吸着材の本体についてのみ適用し、油吸着材の包装等には適用しない。

2. 試験の方法及び判定基準

(1) 油吸着材の試験方法及び判定基準は、次表に定めるところによる。

(2) 試験は、原則として始めに環境試験を行い、その後性能試験を行うものとする。

I 環境試験					
試 験 方 法			判 定 基 準		備 考
1	1	環境試験 (1) 低温(−20℃)、湿度なりゆき (2) 高温(+66℃)、湿度 90 % で各 72 時間保持する。	1	1	著しい軟化及び硬化等の性状の変化がないこと。 試験片は油吸着材単体を原則とする。
II 性能試験					
試 験 方 法			判 定 基 準		備 考
1	1	吸着量の試験 10 cm × 10 cm の試験片を摂氏 20 度の B 重油の油面に浮かべ、5 分間静置した後これを直径 1 mm の針金をふるいの目の長さが 17 mm のメッシュ状に編んだ金網(以下「金網」という。)の上に 5 分間放置した後、その重量を測定する。 試験片の重さ 1 g 当たり及び容積 1 cm ³ 当たりの吸着量を算定する。	1	1	吸着量は、当該油吸着材 1 g につき 6 g 以上であり、かつ、1 cm ³ につき 0.8 g 以上であること。 ・ 試験片は単体又は単体の切片とする。 ・ 各試験は 3 枚の試験片を用いて個別に行い、それぞれの試験片が判定基準に適合すること。
2	1	吸水量の試験 10 cm × 10 cm の試験片を摂氏 20 度の清水面に浮かべ、5 分間静置した後、これを金網の上に 5 分間放置し、その重量を測定する。 試験片の重さ当たり及び容積 1 cm ³ 当たりの吸水量を測定する。	1	1	吸水量は、当該油吸着材 1 g につき 1.5 g 以下であり、かつ、1 cm ³ につき 0.1 g 以下であること。 同上
3		振動試験	3		同上

	1	破損試験 5 cm × 5 cm の試験片を清水 300 ml の入った試薬びん (JIS R 3503 による容量 1 l 広口共栓びん。以下「試薬びん」という。) に入れ、毎分 120 往復、振幅 4 cm で 24 時間水平振動を与える。		1	イ 碎片化する。 ロ 複数に分離する。 ハ ダンゴ状になる。 二 試験片を引き上げた後に素材が多量に残る。 等の欠損がないこと。	
	2	沈降試験 5 cm × 5 cm の試験片を清水 300 ml の入った試薬びんに入れ毎分 120 往復、振幅 4 cm で 24 時間水平振動を与える。			試験片の一部が水面上にあること。	
4	1	耐油性の試験 5 cm × 5 cm の試験片を A 重油 180 ml、ガソリン 120 ml の混合油の入った試薬びんに入れ 72 時間放置する。	4	1	原型が著しく収縮、膨張溶解する等の溶解、脆化がないこと。	同上
5	1	重量の試験 10 cm × 10 cm の試験片を摂氏 20 度の重油に 5 分間浸漬し、金網の上に 5 分間放置した後、その重量を測定し、単体の給油後の全重量を算出する。	5	1	油吸着材の算出された単体重量は、0.5 kg 以上 3 kg 未満であること。	同上
6	1	強度の試験 油吸着材の単体の任意の一端から、10 cm の位置に直径 8 mm のフックをかけてつるし、その鉛直方向の一点に重量試験により算出された最大単体重量の荷重をかける。	6	1	3 分後に破断がないこと。	同上
7	1	焼却試験 原油及び石油製品以降分試験方法 (JIS K 2541) に図辞されている電気炉に燃焼管 (透明石英ガラス外径 27~30 mm×長さ 900 mm) を設置し、その一端より酸素 (JIS K 1101 に定める) を毎分 3 l 送り、他端の吸収液 (NaOH 2 W/V%) 150 ml を入れたガス採取袋 (10 l 用) で燃焼ガスを採取する。 この時の燃焼管温度は摂氏 800 度とし油吸着材 0.2 g を燃			燃焼し、定量したシアン化水素が 1 g 当り 0.8 ml 以下であること。	同上

		焼ポート（JIS R 1306、幅約 12 mm × 高さ約 10 mm × 長さ約 80 mm）により速やかに挿入して燃焼させる。燃焼ガス採取後、同袋を燃焼管より取り外し、十分振とうを行い、袋内のガスを吸収液に吸収させ、ビリジン・ビラゾロン法（JIS K 0190 排ガス中のシアン化水素分析方法）によりシアン化水素を定量する。				
--	--	---	--	--	--	--

（注）

- （1） この試験に使用するA重油は、当該油が摂氏 15 度の状態で比重 0.86 ～ 0.88、動粘度 2.5 ～ 5.0 センチストークス(cst) (摂氏 50 度)を標準とする。
- （2） この試験に使用するB重油は、当該油が摂氏 15 度の状態で比重 0.90 ～ 0.91、動粘度 15 ～ 30 センチストークス(cst) (摂氏 50 度)を標準とする。
- （3） この試験に使用するガソリンは、自動車用無鉛ガソリン（JIS K 2202 に定める）とする。
- （4） 容積の計算における試験片の厚さは、1cm³ 当たり 7 g の荷重のもとで測定する。

現場用手袋の検証実験について

札幌市消防科学研究所 高橋 渉

【概 要】

平成 21 年 4 月 6 日未明に東区で発生した一般住宅火災において、消火活動中の消防隊員 3 名が手背部等に熱傷を負う事案が発生したことを受けて、消防科学研究所において現場用手袋の検証実験を行った。（平成 21 年 4 月 7 日付 札消施第 1005 号、札消消第 50 号）

結果、補強済現場用手袋については、アルミフィルム蒸着加工生地が未挿入部分から熱水が浸透することによる熱傷の可能性があること。応急的な対策として液状ゴムスプレーによる防水処理を行うことで、熱水の浸透による熱傷の発生に対して約 4.5 倍の改善効果が得られることが実験で確認できた。

1 はじめに

現在の消防隊員の現場用手袋は、現場活動においての切創、刺創による事故の低減、静電気帯電防止及び装着時の作業性の向上、さらに、熱的な防御性を加味して甲側にアルミフィルム蒸着加工生地で補強（以下「補強済現場用手袋」という。）するなど、改良が加えられてきたところである。

この度の平成 21 年 4 月 6 日未明に東区での一般住宅火災において、消火活動中の消防隊員 3 名が手背部等に熱傷を負う事案が発生したところであるが、2 名が手背部に広範囲にⅡ度熱傷を負ったのに比べて、補強済現場用手袋を着装していた 1 名については、アルミフィルム蒸着加工生地が未挿入部のみの局所的なⅠ度熱傷で済んでおり、アルミフィルム蒸着加工生地が熱傷防止に効果があったものと推察される。

そこで、現場用手袋の防水性の確認と合わせて熱傷についての温度等を調査し、消防隊員が受ける熱的な要因を想定して温度等を測定し、より安全な活動のための改良点などを検討した。



写真 1 負傷事案現場用手袋（旧）



写真 2 負傷事案現場手袋（補強）

2 現場用手袋の仕様について

未補強の現場用手袋と補強済現場用手袋の主な仕様は下記のとおりであり、大きな相違としては甲側の紺色生地の最内層に補強材としてアルミフィルム蒸着加工生地が縫付け挿入されていること

である。

(1) 未補強現場用手袋

ア 生地

(ア)甲側

Wニット編、

表：パラ配向芳香族ポリアミド繊維

裏：メタ配向芳香族ポリアミド繊維

糸番手：表 20/1 裏 20/1

色：紺色

(イ)掌側

Wニット編

表：パラ配向芳香族ポリアミド繊維

裏：綿 100%

糸番手：表 20/1 裏 20/1

色：黄色

イ 補強材

牛本皮（革厚 0.8～0.9 mm）にセラミック
粒子を配合

色：ベージュ

主な補強部位：掌部の各指先から掌下部、
甲中央部

(2) 補強済現場用手袋

ア 生地

(ア)甲側

Wニット編

表：パラ配向芳香族ポリアミド繊維

裏：メタ配向芳香族ポリアミド繊維

糸番手 表 20/1 裏 20/1

色：紺色

(イ)掌側

Wニット編

表：パラ配向芳香族ポリアミド繊維

裏：綿 100%

糸番手 表 20/1 裏 20/1

色：黄色

イ 補強材

(ア)牛本皮（革厚 0.8～0.9 mm）にセラミック
粒子を配合



写真3 未補強現場用手袋
左) 甲側 右) 掌側



写真4 補強済現場用手袋
左) 甲側 右) 掌側



写真5 手袋を裏返した状況（甲側）
左) 補強済 右) 未補強
中) アルミフィルム蒸着加工生地

色：ベージュ

主な補強部位：掌部の各指先から掌下部

(イ) ケブラーニット 100% にアルミフィルム蒸着加工生地

補強部位：甲側の最内層に縫付け挿入

3 熱傷について

熱傷と熱との関係の評価するため、人間の皮膚が熱傷となる指標として文献調査を行ったところ資料には、温度と時間の関係や熱流束（単位時間あたりに流入する熱量）によるものなどがある。

(1) 温度による熱傷の数量的資料

ア 温度と時間による熱傷の発生

一般的な温度と時間経過による熱傷の発生について言及している。

表 1 温度と経過時間による熱傷発生¹⁾

温度	経過時間
44℃程度の低温	6～7 時間
60℃	約 10 秒
70℃以上	1 秒

※ 乳幼児の場合、皮膚が薄いので時間はさらに短縮される。

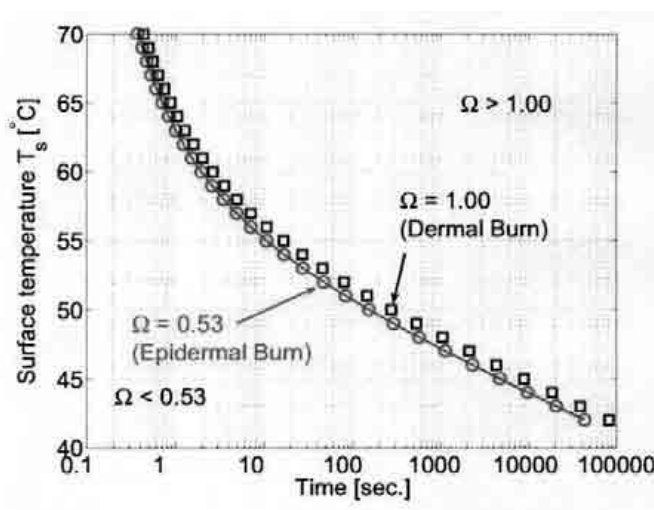
イ 熱傷の数値解析²⁾

Henriques の皮膚火傷の理論で、皮膚がある温度にある時間曝されると熱傷にいたる。

実験による損傷関数 Ω といい

$\Omega > 0.53$ でⅠ度熱傷 $\Omega > 1$ でⅡ度熱傷 となるもので、その関係は表皮底部の温度を T_t とすると

$\Omega = 3.1 \times 10^{98} \int_0^t \exp(-75000 / (T_t + 273)) dt$ の積分方程式で表される。



皮膚表面の温度を一定としたとき熱傷に至るまでの時間は
44℃で 12000 秒
46℃で 2800 秒
50℃で 165 秒
となる。

図 1 皮膚表面温度と熱傷の関係²⁾

ウ 熱流束による熱傷

皮膚表面に輻射熱による熱が伝達される場合に生じる症状と熱傷について、熱流束と時間の関係を文献資料から得たものである。

表 2 皮膚に感ずる苦痛と輻射熱強度³⁾

人体の状態	熱流束 (kcal/m ² ・h)	※換算値 (kW/m ²)
長時間の露出に耐えられる最大放射熱	1080	1.3
苦痛を感じはじめる	1260	1.5
1 分後苦痛	1800	2.1
10～20 秒後苦痛	3600	4.2
3 秒後苦痛、10～20 秒火ぶくれ	9000	10.5

※ 1 (cal) =4.184(J)、1 (J/S)=1 (W) として換算した。

(2) 消防活動時の熱環境⁴⁾の数量的資料

火災現場の熱環境については、多様であるが一般には温度と熱流束により 3 段階もしくは 4 段階に区分されている。

NIST(National Institute of Standards and Technology 米国商務省標準技術局)の Donnelly らによって整理された火災の熱環境のクラス分けの概要を表 3 に示す。

表 3 各クラス相当における熱環境

クラス	提案グループ・年	指定	記載	範囲
I	Foster and Roberts FRDG、1995	Routine	高温、直接の輻射 熱なし 25 分	温度：100℃まで 熱流：1.0 kW/m ² まで
II	Foster and Roberts FRDG、1995	Hazardous	高温、直接の熱輻 射 10 分	温度：100℃から 160℃ 熱流：1.0～4.0kW/m ²
III	Foster and Roberts FRDG、1995	Extreme	レスキューがフラ ッシュオーバーや バックドラフトか ら退避	温度：160℃から 235℃ 熱流：4.0～10.0kW/m ²
IV	Foster and Roberts FRDG、1995	Critical	一時的にのみ遭遇 できる	温度：235℃から 1000℃ 熱流：10.0～100.0kW/ m ²

4 現場用手袋の水浸透性比較

補強済現場用手袋と補強材が未挿入の未補強現場用手袋について、ゴムチューブを手袋に装着して、水槽に手首部分まで水没したときに、一定水位になるまでの時間を計測した。

また、手袋については乾燥状態と消火活動で濡れた状態を想定して測定した。

(1) 測定結果

表 4 現場用手袋水浸透比較測定結果

	標本	平均値(秒)±標準誤差
補強済(乾燥)	10	20.2±0.97
未補強(乾燥)	4	3.9±0.11
補強済(濡れ)	6	7.5±0.34
未補強(濡れ)	6	2.2±0.14

(2) 考察

表 4 測定結果のとおり、未補強現場用手袋については補強済現場用手袋に比較して乾燥状態で約 5 倍、濡れた状態で約 3.5 倍早く水が浸透することが確認できた。

補強済現場用手袋についても一旦濡れた状態となった場合には 10 秒以内に完全に水が浸透することも確認できた。

ここで、火災現場を想定すると、建物内で天井方向へ注水した場合に消火水が火災熱で沸点まで加熱されれば、水蒸気となり床方向へ落下してくることは無いが、消火ノズルからの注水（棒状、噴霧）の全量を火災の燃焼熱で沸点まで加熱することは困難であり、当然、熱せられた状態の消火水が床方向へ落下してくることとなる。落下してくる消火水の温度も加熱時間や水量に応じて沸騰直前の状態から冷たい状態まで様々である。

前記 3 (1)イにおいて、皮膚表面温度が 55℃で約 10 秒において熱傷となることが言及されており、仮に落下してくる消火水がこの程度の温度でも現場用手袋に浸み込み熱傷にいたることが推測できる。



写真 6 ゴムチューブ装着状況



写真 7 水浸透時間測定状況

また、未補強現場用手袋を装着していた者の熱傷は手背部全体に及んでいるのに対して補強済現場用手袋を装着していた者の熱傷は親指付け根甲側のアルミフィルム蒸着加工生地が未挿入の局部的なものとなっており、防水性が熱傷を防ぐ上で重要な要因であるといえる。

5 防水・はっ水剤の選定

消火活動において建物天井方向からの消火水による熱傷を防ぐためには、現場用手袋の防水性を高める必要性があり、市販の各種防水はっ水処理剤を活用し、その有効性などを検証した。

また、併せてアルミフィルム蒸着加工生地の防水性を確認した。



写真8 試験剤の種類

(1) 試験剤

- ア 革靴用防水スプレー（シリコーン樹脂 T社製）
- イ 布革用防水スプレー（フッ素樹脂 H社製）
- ウ テント用強力防水液（ワックス類 W社製）
- エ 透湿防水布用撥水剤（EVA樹脂系 N社製）
- オ 液状ゴム塗料スプレー（液状ゴム P社製）

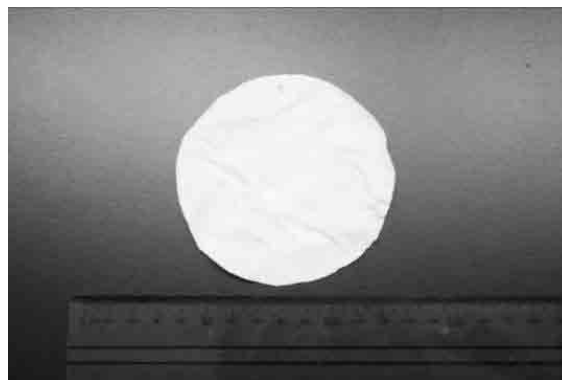


写真9 試験体の外観

(2) 試験手順

繊維製品の防水性（耐水性、はっ水性、漏水性）の評価は、JIS L1092「繊維製品の防水試験方法」でa）耐水度試験、b）はっ水度試験、c）雨試験が規定されているところであるが、当研究所においてはこれらの試験機器が無いことから、簡易的に耐水度と漏水性の比較をするための手法として次により実施した。

ア 試験体として直径9 cmの綿生地（ニット編）を何も処理しないものと試験剤を各取扱説明に従い塗布し、一日放置し乾燥させたものを作成した。（液状ゴムのみ二度塗り処理）

また、アルミフィルム蒸着加工生地につ



写真10 アルミフィルム蒸着加工生地



写真11 試験体の装着状況

いては補強済現場用手袋から 4 cm× 4 cm で

切抜き試験体とした。

イ 上記で作成した試験体を直径 1.8 cm のチューブにオーバンドで固定、これに上方から活栓付ビュレットに水を入れ静水圧 500 mm Aq で試験体に圧力をかけ、試験体から水が 50ml 漏れ出るまでの時間を計測し比較した。

(3) 試験結果

表 5 防水・はっ水剤比較実験結果

	標本	平均値(秒) ± 標準誤差
未処理	4	64.7 ± 0.09
シリコーン樹脂処理	4	136.3 ± 10.67
フッ素樹脂処理	4	81.2 ± 1.03
ワックス処理	4	79.9 ± 1.72
EVA樹脂処理	4	121.6 ± 9.65
液状ゴム処理	3	767.1 ± 73.37
アルミフィルム蒸着 加工生地	3	5 分間放置するも透過せず、測定を打ち切った。



写真 12 試験設定状況

(4) 補足実験

表 5 の結果から布が乾燥状態での防水・漏水性の確認であることから、成績の上位 3 番目までの液状ゴム処理、シリコーン樹脂処理及び EVA 樹脂処理について試験体を濡らして、試験体から 50ml 漏れ出るまでの時間を計測した。

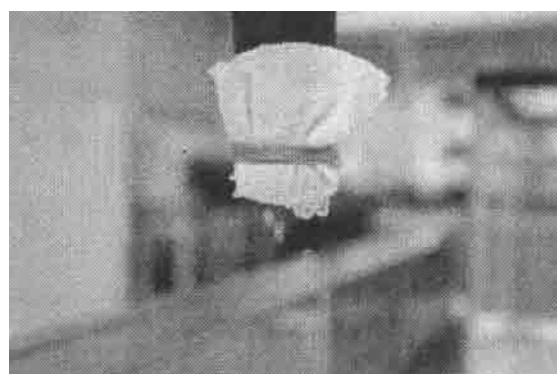


写真 13 試験体からの水漏洩状況

(5) 補足実験結果

表 6 防水・はっ水性比較実験結果（濡れ状態）

	標本	平均値(秒) ± 標準誤差
液状ゴム処理	3	729.8 ± 186.57
シリコーン樹脂処理	4	69.7 ± 1.16
EVA樹脂処理	4	68.8 ± 0.29

(6) 考察

表 5、表 6 の結果のとおり、防水・はっ水処理としては液状ゴムスプレーが最も性能が高かった。また、試験体が濡れた状態と乾燥状態で比較しての性能の落ち込みが最も少なかったのも液状ゴムスプレーによる処理であった。

さらに、補強済現場用手袋の甲側に挿入されているアルミフィルム蒸着加工生地の水防水性が高いことを確認することができた。

6 防水処理性能の確認

上記の防水・はっ水処理剤の試験結果から、最も効果の高かった液状ゴムスプレーにより補強済現場用手袋のアルミフィルム蒸着加工生地が未挿入の部分に液状ゴムを塗付（二度塗）した防水処理を行い、その防水性を確認した。

(1) 防水性確認実験

建物内での放水場面を想定した実験として、補強済現場用手袋の親指付け根部アルミフィルム蒸着加工生地が未挿入の部分を直径9cmのロート上面に張り付け、3ℓ/minの流量で高さ20cmの高さからシャワーを1分間かけて生地を透過する水量を測定した。

また、被験者に現場用手袋を装着して、被験者の安全を考慮して温度を50℃としたシャワーを流量3ℓ/min 高さ20cmから噴射して、被験者が痛みを感知するまでの時間を計測する。なお、完全防水処理状態を想定して現場用手袋にディスプレイブルラテックス手袋を重ねて参考として試験を行った。



写真14 防水性確認実験

(2) 実験結果

表7 防水処理性能確認実験結果

	標本	平均値(mℓ)±標準誤差	有意差
未処理	4	803.3±22.47	**
液状ゴム処理	4	7.8±2.27	

** : P<0.01

表8 人体感知状況

	標本	平均値(秒) ±標準誤差	温熱感覚	有意差
未処理	3	3.1±0.22	未処理部分の生地全体から染み込んで、すぐに我慢できない痛みを感じた。	**
液状ゴム処理	3	13.9±1.58	生地の縫目から染み込んだ局部で、我慢できない痛みを感じた。	
参考) ラテックス重	2	246.9±1.29	手袋内全体が暖かく感じ、次第に指の先端部分に若干の痛みを感じた時点で測定を中断した。	

** : P<0.01

(3) 考察

補強済現場用手袋に液状ゴムスプレーによる防水処理を施した場合について、水の浸透量による評価では、表 7 防水処理性確認実験結果のとおり、約 100 分の 1 に改善された。また、人体の感知時間による評価では約 4.5 倍の改善がみられた。

以上のとおり 2 種類の実験による評価を試みたが、単純に手袋の生地を透過する水量よりも、現場用手袋の生地を水が透過して皮膚に触れ、温度を感知し痛みとして認知するまでの時間を評価した人体感知による評価の方が現場に即した評価といえる。

また、参考として試験したディスプレイザブララテックス手袋重ねの結果では、未処理状態に比較して約 80 倍長くまで耐えられたことから、現場用手袋の防水性能は消火注水の落下による浸透の熱傷対策への大きな要因となることが理解できる。

7 現場用手袋の熱的検証

液状ゴムスプレーによる防水処理を行った補強済現場用手袋などについて、水蒸気の吹き返し及びフラッシュオーバーなど火災現場で想定される熱を加えて、手袋内の温度変化などに着目して検証した。

(1) 実験方法

ア 水蒸気加熱による温度測定

フラスコで水を沸騰させた蒸気をポリエチレンチューブで導き試験体の下方 5 cm で固定する。蒸気をあててから試験体内側の温度変化を測定した。なお、試験体表面での蒸気温度は約 65℃の状態であった。

イ 熱流束の遮断性測定

フラッシュオーバーに相当する熱流速 30 [kW/m²] の熱を試験体に加え、試験体背後の熱流速を測定した。

ウ フラッシュオーバー相当加熱による温度



写真 15 人体感知実験状況



写真 16 ラテックス手袋重試験体の状況

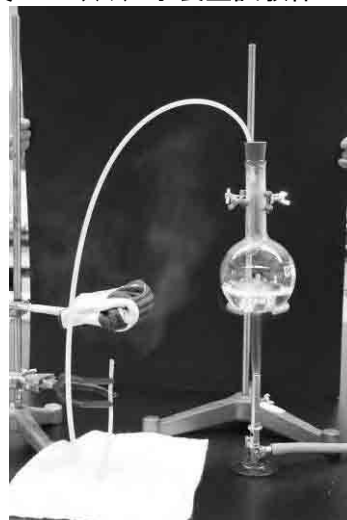


写真 17 水蒸気加熱実験



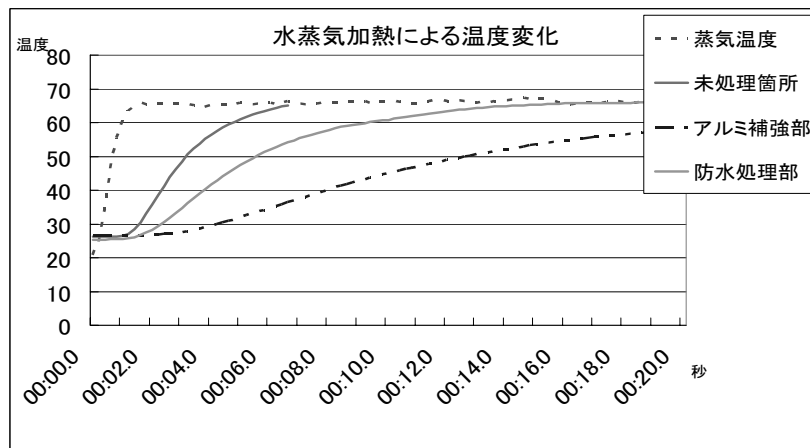
写真 18 熱流加熱実験

測定

フラッシュオーバーに相当する熱流速 30 [kW/m²] の熱を試験体に加えた場合の内側の温度変化を測定した。

(2) 実験結果

ア 水蒸気加熱による温度測定



<55℃に達した時間>
 未処理： 3.8 秒
 防水処理済： 7.0 秒
 アルミ補強部： 16.6 秒

図2 水蒸気加熱による温度変化グラフ

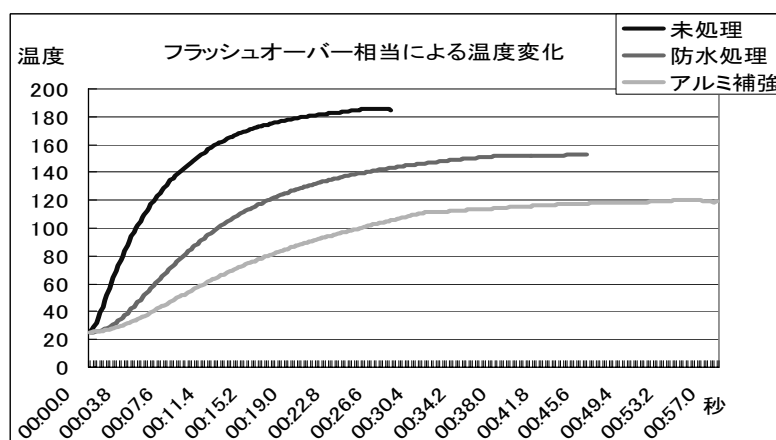
イ 熱流速の遮断性測定

表9 熱流束測定結果

	標本	平均値 [kW/m ²] ±標準誤差	減衰率 [%]	有意差
未処理	3	16.0 ± 0.60	46.7	**
液状ゴム処理	3	8.7 ± 0.20	71.0	
アルミ補強	3	5.7 ± 0.16	81.0	

** : P<0.01

ウ フラッシュオーバー相当加熱による温度測定



<55℃に達した時間>
 未処理： 1.8 秒
 液状ゴム処理済： 5.4 秒
 アルミ補強部： 9.4 秒

図3 フラッシュオーバー相当による温度変化グラフ

(3) 考察

火災現場で水蒸気に暴露した場合を想定して水蒸気で現場用手袋を加熱し、手袋内部の温度で皮膚表面の温度が約 10 秒で熱傷にいたる 55℃まで要する時間で評価すると、アルミ補強材が入っていない未処理の部分では 3.8 秒で達するのに対して、液状ゴムスプレーで防水処理を施した場合には 7.0 秒となり、約 2 倍の性能改善になることが確認できた。

また、熱流束の減衰率による評価では、46.7%から 71.0%へと 24.3 ポイントの向上が確認できた。

さらに、フラッシュオーバーに相当する熱流束による加熱を行い、手袋内の温度で皮膚表面の温度が約 10 秒で熱傷にいたる 55℃まで要する時間で評価すると、アルミ補強材が入っていない未処理の部分では 1.8 秒で達するのに対して、液状ゴムスプレーで防水処理を施した場合には 5.4 秒となり、約 3 倍の性能改善になることが確認できた。

なお、参考としてフラッシュオーバーに相当する熱流束 30 [kW/m²] を加えた場合には各試験体の表面温度は約 200℃になった。さらに、液状ゴムスプレーで処理した部分についても熔融などの劣化は認められなかった。

8 まとめ

今回の実験結果から以下のような結論となった。

- (1) 補強済現場用手袋において、アルミフィルム蒸着加工生地が未挿入部から浸み込む水の温度によって熱傷となる可能性がある。
- (2) 熱水の浸み込みによる熱傷を防ぐためには、防水性を高める必要があり、応急的処置として液状ゴムを表面に塗布しての防水処理が最も効果的であり、未処理との比較は次のとおり。
 - ア 熱水の浸透に対する熱傷防止について 4.5 倍の効果（天井放水時の熱水を想定）
 - イ 水蒸気の暴露に対する熱傷防止について 2 倍の効果（火点放水時の吹き返し想定）
 - ウ フラッシュオーバー相当熱流による熱傷防止について 3 倍の効果（フラッシュオーバー想定）
- (3) アルミフィルム蒸着加工生地については、熱水の浸透性、水蒸気加熱、フラッシュオーバー相当熱流に対して、熱傷防止効果が高いことが確認できた。

消火作業において現場用手袋の防水性の有無が熱傷防止に大きく左右されることが理解できたものであり、今回の実験結果が今後の現場用手袋の仕様の見直しや改良の参考になれば幸いである。

【参考文献】

- 1) へるす出版 救急救命士標準テキスト下巻
- 2) 香西将樹、西方敦博、渡辺聡一、「皮膚表面断熱条件下におけるミリ波生体曝露による熱傷の数値解析」電子情報通信学会技術研究報告 2008
- 3) 火災便覧新版 日本火災学会編
- 4) 社団法人日本機械工業連合会 平成 17 年度消防・防災等の公共分野におけるナノテク先端機器等の効率的な研究とその技術の波及効果に関する調査研究報告書

現場用手袋素材の耐油性確認実験

札幌市消防科学研究所 高橋 渉

1 はじめに

現場用手袋の仕様などを考えるうえでの基礎資料を得るため、現行の現場用手袋に使用されている素材などについて、現場で想定される油種による耐油性の確認実験を行った。

2 実験内容

現場手袋等のカットサンプルを現場で想定される油種に 24 時間漬けておき、その前後におけるカットサンプル重量の測定と目視及び触感による確認を行った。

なお、カットサンプル漬けおき後の重量にあつては、染み込んだ油分を取り除くために一旦、台所用石けん（純石けん分 28%脂肪酸カリウム）で、手揉み洗い 5 分と水道水による流水でのすすぎ 15 分、さらに 48 時間の自然乾燥後に計測した。

（1）油種

ガソリン、軽油、灯油、植物油（食用大豆油）の 4 種類

（2）カットサンプル

各素材を約 25 mm×約 30 mmに裁断

甲側（紺色）：Wニット織、パラ・メタ配向芳香族ポリアミド繊維

アルミ蒸着加工生地：ケブラーニットにアルミフィルム蒸着加工

掌側（黄色）：Wニット織、パラ配向芳香族ポリアミド繊維と綿

ゴムスプレー補強：上記掌側（黄色）に液状ゴムスプレー（プラスチックディップ）処理

牛皮：牛本皮（0.8 mm～0.9 mm）にセラミック粒子を配合

ニトリルゴム：三商製パウダーフリー手袋をカット

（3）測定機器

電子天秤 ER-180A （研精工業株式会社製）



写真1 カットサンプルの状況



写真2 ニトリルゴムのカットサンプル



写真3 カットサンプルの漬けおき

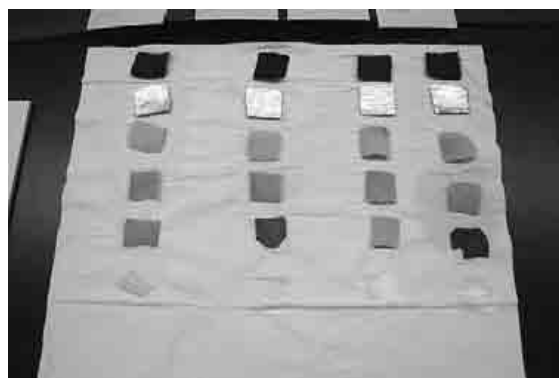


写真4 洗浄後のカットサンプル

3 実験結果

表1 実験結果

サンプル	区分	ガソリン	軽油	灯油	植物油	目視及び触感状況
甲側(紺色)	前(g)	0.361	0.360	0.363	0.362	各油種とも実験前後でサンプルの色・手触り、ともに変化は認められない。
	後(g)	0.361	0.419	0.360	0.373	
	増減(%)	0.0	16.4	-0.8	3.1	
アルミ蒸着	前(g)	0.212	0.206	0.210	0.205	各油種とも実験前後でサンプルの色・手触り、ともに変化は認められない。
	後(g)	0.207	0.222	0.204	0.211	
	増減(%)	-2.5	7.8	-2.9	3.0	
掌側(黄色)	前(g)	0.324	0.328	0.318	0.320	各油種とも実験前後でサンプルの色・手触り、ともに変化は認められない。
	後(g)	0.324	0.386	0.314	0.348	
	増減(%)	0.0	17.8	-1.1	8.7	
スプレー ゴム補強	前(g)	0.421	0.426	0.425	0.424	植物油を除いて、表面に吹付けゴム塗膜が溶融し無くなった状態。植物油はゴム塗膜保持されている。
	後(g)	0.277	0.333	0.288	0.521	
	増減(%)	-34.1	-21.9	-32.3	22.8	
牛皮	前(g)	0.215	0.221	0.222	0.220	植物油と軽油については、油が染みて濡れたような色と湿り気。ガソリンと灯油は皮が干乾びて硬くなった。
	後(g)	0.195	0.277	0.207	0.348	
	増減(%)	-9.2	25.3	-6.8	57.9	
ニトリル ゴム	前(g)	0.157	0.155	0.155	0.156	各油種ともサンプルの柔軟性を失い硬くなった。硬くなった度合いを強弱でいうとガソリン強、植物油が弱。
	後(g)	0.104	0.111	0.111	0.124	
	増減(%)	-33.5	-28.1	-28.2	-20.2	

実験による測定値等については表1のとおりで、甲側(紺色)生地、アルミ蒸着加工生地及び掌側(黄色)生地については、各油種による変質は認められなかったが、重量変化から軽油と植物油が生地に残留していることが確認できた。

液状ゴムスプレーで表面を補強した生地については、ガソリン、軽油及び灯油でゴム成分が溶け出して表面からなくなっている。また、植物油に対してはゴムの塗膜が保持されていることが

確認できた。

牛皮については、軽油と植物油が染みこんだまま残存し皮が濡れたような状態になった。また、ガソリンと灯油は、逆に干乾びた状態で表面が硬くなった。

ニトリルゴムについては、各油種に対して重量が軽くなり柔軟性が失われた。

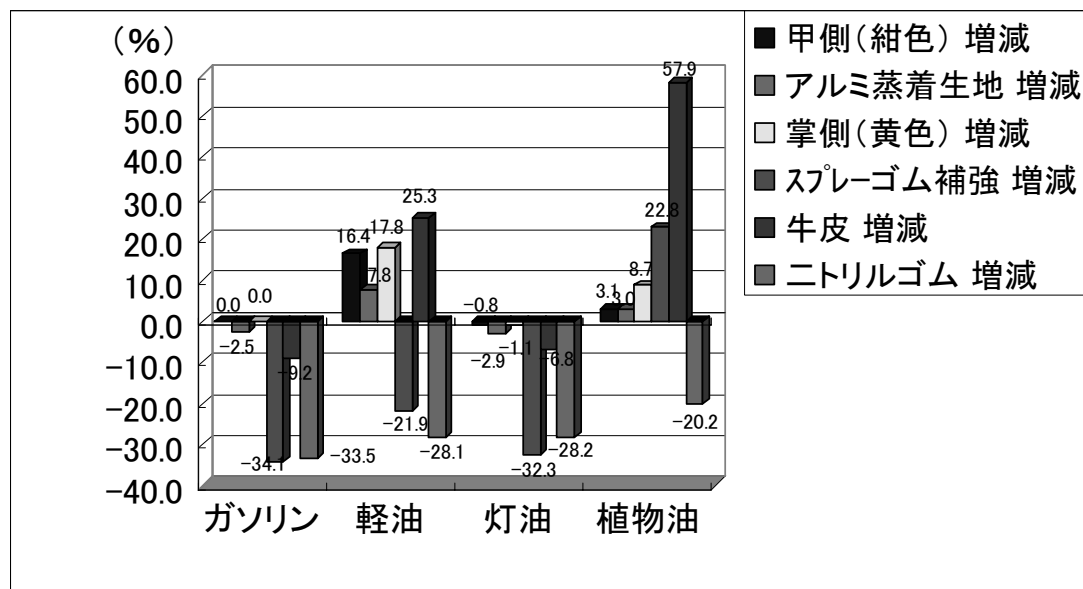


図1 各素材の重量測定結果

4 考察とまとめ

実験結果から、甲側（紺色）生地及び掌側（黄色）生地については、各油種に対して良好な耐油性を有していることが確認できた。また、防水性を有する素材としては現行手袋に挿入されているアルミフィルム蒸着加工生地が耐油性において有効であることも確認できた。

掌側（黄色）生地の表面に液状ゴムスプレーを吹きつけて防水性を補強した素材については、植物油を除く、ガソリン、軽油及び灯油に対して表面に吹きつけた液状ゴムが溶出することが確認できた。

牛皮については、ガソリンと灯油については、実験後に重量が軽くなり皮が干乾びて硬くなること、軽油と植物油については実験後に重量が重くなり皮が湿ったような状態になることが確認できた。これは、引火点の低い油種（低沸点）のものほど牛皮の本来の油分が溶出し、逆に引火点の高い油種（高沸点）のものが皮に染みこみ残留したものと考えられる。

また、現場用手袋の防水性を改良するための素材を考える上での参考として、手近にあったニトリルゴム製の手袋で確認した結果、各油種に対して重量が軽くなり柔軟性が失われたことから、素材の柔軟性を保持していた成分が溶出したものと考えられる。

今回は耐油性について着目した実験であるが、現場用手袋の仕様について検討するに際して、どのような機能・性能を期待するかで素材を考慮する必要がある。車両火災や車両救助などの現場では燃料などのほか、バッテリー液の付着も想定されることから、耐油性と併せて耐薬品性

(酸・アルカリ) についても考慮する必要がある。

現行の現場用手袋に使用されているアラミド繊維は、一般的に高強力、耐熱性、寸法安定性、耐薬品性などの特性を持つ高機能繊維とされているところであり、これに防水性、耐油性、耐薬品性など期待される機能・性能に応じた素材の特性について参考として文献等を調査した内容を表2としてまとめた。

今回の実験が今後の各種検討の参考になれば幸いである。

表2 各種素材の特性

素材名	防水性	耐油性	耐薬品性	耐熱性	備 考
アラミド繊維	×	○	○	400℃	
現行アルミ蒸着生地	○	○	—	400℃	耐薬品性についての文献は見つからなかったが素材がアルミであることから酸やアルカリには脆弱と推定
シリコンゴム	○	○	○	280℃	
クロロプレンゴム	○	○	○	130℃	
防水透湿シート	○	○	○	80℃～260℃	ゴアテックス®など 耐熱性は貼付け生地に左右

※ 表中の各素材○、×、耐熱性などは、WEB カタログによる代表的なものによるので、実際の使用に当たっては、各自の使用素材・条件に応じて確認が必要である。

情報提供

一酸化炭素（CO）について

札幌市消防科学研究所 菅原 法之

平成 21 年 6 月、山口県の温泉ホテルにおいて宿泊客が体調不良となり、この現場に救助のために出動した消防職員 8 名を含めて、合計 22 名が病院に搬送され、このうち 1 名が死亡する災害が発生した。

この災害は、風呂を沸かすためのボイラーが不完全燃焼を起こし、一酸化炭素（以下「CO」という。）が発生して、CO 濃度が建物 3 階部分で 5,000ppm 超検出されている。

過去、本市においても、平成 15 年 11 月に中央区の飲食店で CO 中毒により 13 名が病院に搬送された事例があり、また、道内でも、平成 18 年 12 月に T 市で灯油用ファンヒーターの不完全燃焼で 7 名死亡、さらに、平成 19 年 1 月に K 市で地下埋設ガス配管亀裂により 3 名死亡という事例があった。

1 COとは

CO は、常温・常圧で無色・無臭・可燃性の気体（燃焼範囲 12.5～74.0%）であり、毒性が強く（血液中のヘモグロビンと結合し、酸素運搬を阻害する。）、空気中にも約 0.1ppm 含まれており、交通量の多い幹線道路では 10ppm を超えることもある。

炭素を含む可燃物（木材、紙類、ポリエチレン類、ガソリン、灯油及び重油等）が燃焼すると二酸化炭素が発生するが、この場合、酸素が不十分であれば、不完全燃焼を起こし（空気中の酸素濃度が 18.5% 以下になると急激に不完全燃焼となる。）CO が発生する。なお、灯油等の危険物第 4 類の引火性液体が不完全燃焼を起こした排気中には約 5%（50,000ppm）の CO が含まれている。

このため、労働安全衛生法では、CO の事務室内濃度は 50ppm 以下とするように定められている。

なお、従前、札幌市内の都市ガスには石炭系ガスが使用されていたため、CO が含まれていたが、現在では天然ガスが主体（札幌地区は平成 17 年にすべて転換完了）のガスとなっているので、CO は含まれていない。

2 症状

表 1 のように、1 時間の暴露では、300ppm で頭痛等の症状が現れはじめ、700ppm 以上では顕著な症状、1,500ppm で生命に危険が及ぶとされている。

頭痛、吐き気、めまいのような症状を少しでも感じたら危険信号であり、ただちに窓を開け、換気し、室外に避難することが必要である。頭痛、吐き気などは徐々に進行し、軽いうちは自分でも気がつかないが、自覚症状が現れたころには、意識不明になる寸前の状態であることが多く、災害現場での活動に夢中になり、気がつくのが遅れると、致命傷になりかねない。

室内の空気の汚れ（CO 濃度上昇など）は、室内の人には慣れてしまい気づきにくいので、ほんの少しでも変だと感じたら、或いは、外部の人が室内の異様な臭いを感じたら、即、屋外に避難し、開口部を開けて換気しなければならない。

CO 中毒を防ぐためには外気を取り入れて換気することが簡便で適切な方法である。

表 1 C O 濃度と暴露時間による症状

C O 濃度 (ppm)	暴露時間	症 状
3 0 0	1 時間	頭重、頭痛
5 0 0	1 時間	めまい、顔面紅潮、チアノーゼ、耳鳴り、不安感
7 0 0	1 時間	頭痛著明、興奮、手足のしびれ感
1, 0 0 0	1 時間	呼吸促進、脈拍数増大、動悸、嘔吐、悪心
	2 時間	激しい頭痛、手足麻痺、歩行不能、感覚障害
	3 時間	痙攣、虚脱、昏睡、チェーンストークス呼吸
1, 5 0 0	1 時間	危険
2, 0 0 0	30 分間	危険
3, 0 0 0	30 分間	死
5, 0 0 0	数分間	死

3 まとめ

C O 事故においては、救出や救護に当たった者が暴露による C O の二次災害により、多数の傷病者が発生するおそれがある。そのため、活動の初期の段階での通報者や関係者からの情報収集が重要となる。

また、最初は救急隊単隊のみでの出動となる場合が考えられるが、この場合、C O 事故等が疑われた時点で、消防部隊の増強を要請するとともに、他の居住者の状況を確認する必要がある。

【参考文献】

- ・ 消防科学研究所報（1995 No.2 木炭の燃焼に伴う一酸化炭素の発生について
- ・ F S L 情報（2001. 9 No.14 火災時に発生する一酸化炭素とシアン化水素）
- ・ 小池和弥著：知らぬと危ないガスの話、裳華房、1990
- ・ 燃焼排ガスによる室内空気の汚染について（第 1 報～第 3 報）東京消防庁消防科学研究所報第 15・16・17 号

塩素ガスの発生と除害について

札幌市消防科学研究所 高橋 渉

【概 要】

塩素ガスについては水に溶ける性質があり、水による 1 回のガス洗浄で塩素ガス濃度を約 1/5 まで減少させることが確認できた。また、水濡れによる被害を考慮する必要のある箇所では、平成 20 年度消防科学研究所報 2008 No.15 で紹介した硫化水素除害装置の試作機において、使用した炭酸ナトリウムが塩素ガスに対しても除害できることが確認できた。

さらに、塩素ガスの発生反応を停止するためには、反応液を 10 倍以上に希釈してから炭酸ナトリウムあるいは水酸化ナトリウムを添加し、アルカリ性にしてからチオ硫酸ナトリウムを添加することで反応を停止できることが確認できたものである。

1 はじめに

今月初旬に手稲区内の診療施設において、診療装置用の除菌洗浄剤（塩素系）を誤って酸性系の洗浄タンクへ投入し塩素が発生した危険排除出動あり、また、去年の 5 月にも中央区内の共同住宅において塩素系漂白剤とトイレ用洗剤を混合し塩素ガスを発生させ自殺を図るという事案も発生しております。

塩素系の消毒剤や漂白剤には、次亜塩素酸が使われており、従前から「まぜるな危険」という注意書きがあるのは、ご存知のとおりであり、これを酸性液体と混ぜると猛毒の塩素ガスが発生する。

そこで、現場活動における参考として塩素ガスの有害性、発生量及び塩素ガスの除害について情報提供する。



写真 1 漂白剤と酸性洗剤の商品

2 塩素ガスの有害性について

(1) 性状

刺激臭のある緑黄色の気体で、空気より重く低所に流れる。（比重 2.5）

(2) 人体への有害性

0.2-3.5ppm 臭いを感じるが耐性が生じる。

1-3ppm 軽度の粘膜刺激性あり、1 時間程度で耐性が生じる。

5-15ppm 上気道に中程度の刺激性あり。

30ppm 直後より胸痛、嘔吐、呼吸困難、咳。

40-60ppm 肺炎、肺水腫。

430ppm 30 分以上で致死的。

1000ppm 以上 数分以内で致死的。

(3) 塩素系殺菌剤・漂白剤とは

塩素系殺菌剤・漂白剤の主成分は**次亜塩素酸ナトリウム** (NaOCl) という化学物質です。この物質は水溶液中では加水分解した状態の次亜塩素酸 (HOCl) の形になっている。



したがって塩素系殺菌剤・漂白剤に含まれる塩素は HOCl (次亜塩素酸) の状態で存在しており、この物質の酸化力が強いことから漂白や殺菌に利用されている。

その次亜塩素酸が例えばトイレ用洗剤 (塩酸) と混ざると塩素ガス (Cl_2) を発生する。



という化学式になるもので、ここで発生する塩素ガス原子の 1 個は次亜塩素酸 (HOCl) が由来、もう 1 個は塩酸 (HCl) が由来ということになる。

また、次亜塩素酸は塩酸以外の「酸」においても塩素ガスを発生する。

例えば、酢酸 (CH_3COOH 、食酢の主成分) との反応は次のような形になると考えられる。



ここで反応液中の塩素の生成については、



のような化学平衡の関係があり、その反応は溶液の pH に大きく支配されることとなるもので、pH が低くなるほど塩素ガス (Cl_2) の生成側に偏っていくことになる。

したがって、塩素系の殺菌剤・漂白剤には塩酸のみならず pH を低下させる「酸」を混ぜることで塩素ガスが発生することになる。

<参考>市販の塩素系漂白剤での塩素発生量の推計

市販の塩素系漂白剤は、次亜塩素酸ナトリウムの濃度は 4%～6% といわれており、5% として 1,000ml が酸と全て反応したと仮定して発生する塩素ガス量を推計する。

次亜塩素酸ナトリウム重量 = $1,000\text{ml} \times 0.05 \times \text{比重 } 1.2 = 60\text{g}$ (0.82 モル)

この次亜塩素酸ナトリウムが「酸」と全て反応したと仮定した場合に発生する塩素ガス (Cl_2) は、0.82 モルの半分で 0.41 モルが発生する。

気体は常温で 1 モル当たり 22.4 を占めることから $0.41 \times 22.4 \div 9.20$

この発生量が一坪浴室 (高さ 2.2) に充満した場合 $9.20 / 7,260 \div 1,267\text{ppm}$ となり、致死量に達するガス濃度となる。

3 塩素ガスの除害に関する実験

(1) 塩素ガス除害の確認実験

水、炭酸ナトリウム水溶液、水酸化ナトリウム水溶液、過炭酸ナトリウム水溶液及びチオ硫酸ナトリウム水溶液をガス洗浄瓶に 500 ml 入れ、塩素ガスを水溶液で洗浄した場合の洗浄前後の濃度を北川式ガス検知管で測定した。

実験結果から、塩素ガスに対してガス洗浄による捕集性能は、水酸化ナトリウム 2 % 水溶液と炭酸ナトリウム 2 % 水溶液が除害する能力が高いことを確認した。



写真 2 ガス洗浄実験状況

表 1 各ガス洗浄による除害の確認実験

ガス洗浄液	洗浄前濃度	洗浄後濃度
水	300ppm	60ppm
炭酸ナトリウム 1 %	500ppm	4.5ppm
炭酸ナトリウム 2 %	500ppm	0 ppm
炭酸ナトリウム 2 %	25,000ppm	250ppm
水酸化ナトリウム 1 %	300ppm	0 ppm
水酸化ナトリウム 2 %	25,000ppm	250ppm
水酸化ナトリウム 2 %	500ppm	0 ppm
過炭酸ナトリウム 1%	500ppm	7 ppm
過炭酸ナトリウム 2%	500ppm	4 ppm
チオ硫酸ナトリウム 1%	500ppm	5 ppm
チオ硫酸ナトリウム 2%	500ppm	0 ppm
チオ硫酸ナトリウム 2%	25,000ppm	500ppm 以上

(2) 塩素ガス発生抑制実験

酸性トイレ洗剤 25ml と漂白剤 25ml を混合して塩素ガスの発生反応をしている液体に薬剤を投入して反応を抑制できるかを確認した。

ア 炭酸ナトリウム

表 2 炭酸ナトリウム添加による濃度測定

炭酸ナトリウム量	塩素ガス濃度	観察状況
0 g	10ppm 以上	※炭酸ナトリウムを投入すると泡立ち気体の発生が認められた。
5 g 添加	9.5ppm	
5 g 添加	7.5ppm	
5 g 添加	5.5ppm	

三角フラスコで反応液を水で 10 倍に希釈した後に炭酸ナトリウムを添加し、フラスコ内に滞留した塩素ガス濃度を北川式ガス検知管を使って測定した。

添加した薬剤が炭酸ナトリウムであることから、投入時に発生が想定される気体として二酸化炭素であることからガス検知管にて確認したところ一回目の投入時にフラスコ内で二酸化炭素の濃度が 7%であることを確認した。



写真 3 炭酸ナトリウム投入時の状況

イ チオ硫酸ナトリウム

三角フラスコで反応液を水で 10 倍に希釈した後にチオ硫酸ナトリウムを添加して、三角フラスコの空間での塩素ガス濃度を北川式ガス検知管を使って測定した。

表 3 チオ硫酸ナトリウム添加による濃度測定

チオ硫酸ナトリウム量	塩素ガス濃度	観察状況
0 g	10ppm 以上	若干の泡立ちが認められた。
5 g 添加	0 ppm	

また、添加した薬剤がチオ硫酸ナトリウムであることから、投入時に発生が想定される気体として二酸化硫黄があることからガス検知管にて確認したところ、フラスコ内で二酸化硫黄の濃度が 60 ppm 以上であることを確認した。



写真 4 チオ硫酸ナトリウム投入時の状況

ウ 炭酸ナトリウム添加による時間経過による濃度測定

三角フラスコで反応液を水で 10 倍に希釈した後に炭酸ナトリウムを添加して、三角フラスコ内に滞留した塩素ガス濃度を時間経過に伴い北川式ガス検知管を使って測定した。

実験結果から塩素ガスの発生を抑制する効果は認められるが、30 分経過しても発生を停止することが出来なかった。

表 4 炭酸ナトリウム添加後時間経過による濃度

時間経過	塩素ガス濃度	炭酸ナトリウム添加量
0 分	10ppm 以上	10g 添加
3 分	10ppm	—
6 分	9ppm	—
10 分	8.5ppm	—
16 分	7ppm	—
20 分	4.5ppm	—
25 分	—	5g 添加
30 分	3.5ppm	—

エ 炭酸ナトリウムとチオ硫酸ナトリウムの併用

上記（２）、（３）の実験結果から塩素ガスの発生を停止するにはチオ硫酸ナトリウムが最も効果的であるが、有毒な二酸化硫黄の発生が伴うことが分った。また、炭酸ナトリウムについては、塩素ガスの発生を抑止する効果はあるものの最終的な停止までは至らなかった。

チオ硫酸ナトリウムを添加した場合に二酸化硫黄が発生する化学反応を考えると、反応式は $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{S} + \text{SO}_2 \uparrow$ という酸との反応によることが考えられる。

そこで、反応している液体に炭酸ナトリウムを添加して液体の pH をアルカリ側にした後にチオ硫酸ナトリウムを添加することで反応が停止できるかを確認するとともに、二酸化硫黄の発生の有無を北川式ガス検知器で確認した。

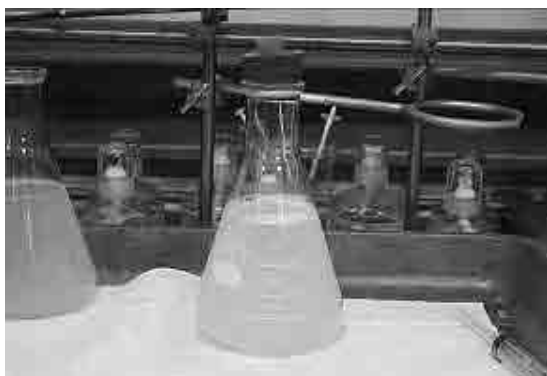


写真5 反応液を 10 倍に希釈した状況



写真6 反応液に炭酸ナトリウムを添加

表5 炭酸ナトリウムとチオ硫酸ナトリウムの併用

実験手順	塩素ガス等濃度	液体 pH
反応液を 10 倍に希釈	塩素ガス 10ppm 以上	1～2 程度
炭酸ナトリウム 10g 添加	塩素ガス 10ppm 以上	9 程度 なお、pH 試験紙は液体を滴下後に漂白され発色が分り難い。
チオ硫酸ナトリウム 5g 添加	塩素ガス 0 ppm 二酸化硫黄 0ppm	10 程度



写真7 反応液にチオ硫酸ナトリウム添加状況

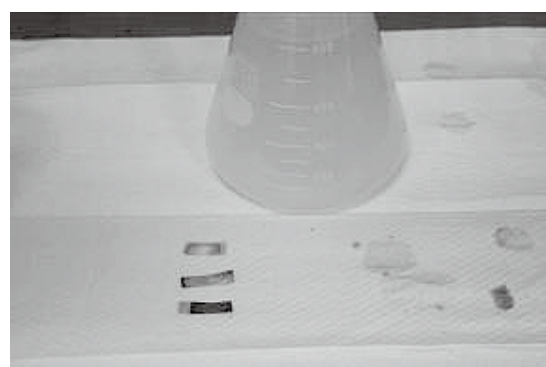


写真8 反応液の pH の変化

結果、炭酸ナトリウムで反応液をアルカリ性にしてチオ硫酸ナトリウムを添加することで二酸化硫黄を発生させることなく塩素ガスの発生を停止することができることを確認した。

オ 水酸化ナトリウム

三角フラスコで反応液を水で 10 倍に希釈した後に水酸化ナトリウムを添加して、三角フラスコ内に滞留した塩素ガス濃度を時間経過に伴い北川式ガス検知管を使って測定する。

実験結果から、水酸化ナトリウムを添加して塩素ガスの発生を停止できたが、停止に 15 分の時間を要した。

また、実験後の溶液にチオ硫酸ナトリウム 5 g を添加して、二酸化硫黄の発生の有無を北川式ガス検知管で確認したが二酸化硫黄の発生は認められなかった。

表6 水酸化ナトリウム添加後時間経過による濃度測定

時間経過	塩素ガス濃度	水酸化ナトリウム添加	溶液 pH
0 分	—	—	1～2
0 分	8 ppm 以上	20%水溶液 50ml	10
3 分	7.5ppm	—	—
6 分	2ppm	—	—
10 分	0.5ppm	—	—
15 分	0ppm	—	—

4 まとめ

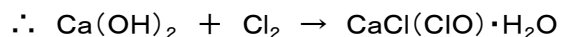
塩素ガスについては水に溶ける性質があり 1 回のガス洗浄で塩素ガス濃度を約 1/5 まで減少させることが確認できた。このことから、塩素ガスが滞留した場所が水濡れ被害を考慮する必要のない、プールや浴室などでは噴霧注水による除害がある程度有効であるといえる。ただし、噴霧注水による風圧で開口部等から塩素ガスが漏洩する可能性があるので、留意が必要である。

また、水濡れによる被害を考慮する必要のある箇所では、消防科学研究所報 2008 No. 15（平成 21 年 12 月発行）で紹介した硫化水素除害装置の試作機において、使用した炭酸ナトリウムが塩素ガスに対しても除害できることを確認するとともに、水酸化ナトリウムにおいても同等の除害が出来ることを確認した。

さらに、塩素ガスの発生反応を停止するためには、反応液を 10 倍以上に希釈してから炭酸ナトリウムあるいは水酸化ナトリウムを添加し、アルカリ性にしてからチオ硫酸ナトリウムを添加することで反応を停止できることが確認できたものであるが、水酸化ナトリウムについては水溶液にする場合に大きな発熱を伴うなど取扱いに注意が必要であり、現場で使用する場合には炭酸ナトリウムの方が簡便であろう。

以上、今回の塩素の除害に関するレポートが現場活動の参考になれば幸いである。

なお、現場活動マニュアルなどでは、塩素ガスの除害について水酸化カルシウム（消石灰）の散布とあり、その反応は



となり水酸化カルシウムに塩素が反応して、さらし粉（漂白・殺菌剤）を得る反応となるものであるが、現在、研究所には水酸化カルシウムの在庫が無いため実証実験はできなかったものであり、今後、これらの実験を実施していく予定であることを申し添えます。



写真 5 硫化水素除害試作機

ワインセラーからのアンモニアガス漏れについて

札幌市消防科学研究所 菅原 法之

【概 要】

平成21年8月12日（水）、西区内の飲食店に設置されているワインセラー^{*1}の冷却ユニットの配管から冷媒用アンモニアが漏洩する異臭騒ぎがあった。

事故の起きた製品は熱吸収方式といわれる冷却ユニットで、冷媒にアンモニア水溶液と水素を封入し、アンモニアが気化するとき、周囲の熱を奪う気化熱を利用して冷やす仕組みであり、通常の冷蔵庫で使用されているコンプレッサーなどが必要ない構造で、動作中の振動や機械音がないため、ワインセラーのほかホテル用の小型冷蔵庫としての製品（以下、「ワインセラー等」という。）も出回っており、類似事故に対する参考として文献等により調査した内容を情報提供する。



写真1 ワインセラー正面側面の状況

1 アンモニアガス漏れ事故

消防庁危険物保安室が発表している「都市ガス・液化石油ガス及び毒劇物等による事故に関する統計表」によると、全国において5年間で77件のアンモニア漏洩事故があり、このうちワインセラー等に起因するものが20件（26％）で、4分の1を占めている。

表1 各年のアンモニアガス漏洩件数

年	アンモニアガス漏れ（件）	うちワインセラー等（件）	死傷者（ワインセラー等内数）（人）
平成16年	12	0	0（0）
平成17年	14	7	1（1）
平成18年	10	1	1（0）
平成19年	20	4	8（0）
平成20年	21	8	7（5）

ワインセラー等は、利用・設置状況から飲食店、自宅ダイニング、ホテル客室など閉鎖的な居室で利用されていることが多く、漏れたアンモニアガスを吸い込んで中毒症状による死傷者も発生している。

ワインセラー等の冷却原理は、アンモニア水溶液を加熱し気化させ、水分とアンモニアに分離し、さらにアンモニアを冷却して液化させ、この液化したアンモニアを庫内のエバポレータといわれる部分で噴出し気化させることで、気化熱を奪い、庫内を冷却する。気化したアンモニアを、さらに水分と反応させ高濃度のアンモニア水溶液となり元に戻る。その際、気化効率と水分の分離効率を

高めるためにエバポレータ部分で水素ガスと混合させているものである。

このような冷却ユニットの構造において、ワインセラー等の外周部が壁面などに近接して放熱のためのスペースが不十分であったり、温度設定の誤りなどによって、経年劣化とともに冷却ユニットに過剰な応力がかかり、腐食が進行することで配管のひび割れやピンホールが発生して、封入しているアンモニアが漏洩する事例が報告されている。また、製品によっては封入されている水素ガスが噴出して出火する事例^{*2}も報告されている。

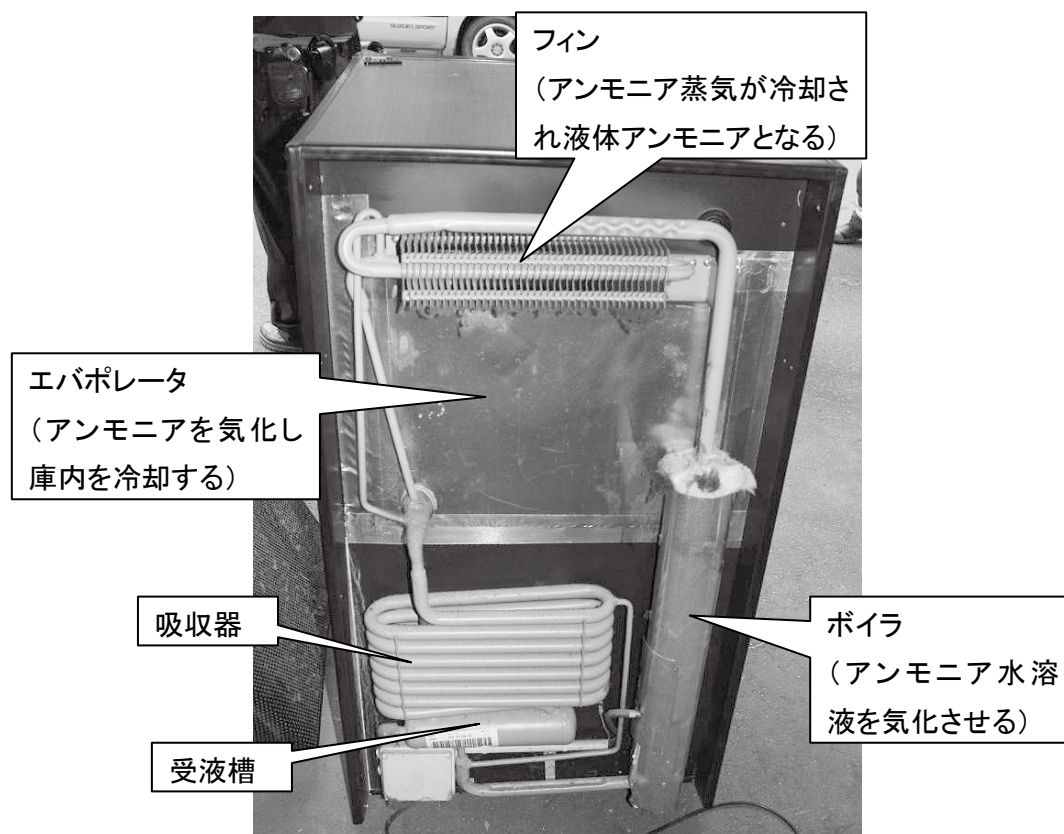


写真2 ワインセラー背面冷却ユニットの構造

2 アンモニアの性状・危険性

アンモニア（ammonia）は分子式が NH_3 で表される無機化合物。常温常圧では無色の気体で、特有の強い刺激臭を持つ、引火・爆発性を有するガスである。

水に良く溶けるため、水溶液（アンモニア水）として使用されることも多い。

(1) 物理的危険性

この気体は空気より軽い。

(2) 化学的危険性

水銀、銀、金酸化物により、衝撃に敏感な化合物を生じる。強塩基であり、酸と激しく反応し、腐食性を示す。強力な酸化剤、ハロゲンと激しく反応する。熱を放出しながら水に溶ける。

(3) 許容濃度

TLV（暴露限界）：25 ppm(TWA：時間荷重平均限界)

35 ppm(STEL：短時間暴露限界) (ACGIH 2004 による)。

症状：53ppm 臭気を感じる。

300～500ppm 短時間耐えられる。

2,500ppm 短時間で生命危険。

5,000ppm 短時間で死亡。

(4) 短期暴露の影響

眼、皮膚、気道に対して腐食性を示す。高濃度を吸入すると、肺水腫を引き起こすことがある。
この液体が急速に気化すると、凍傷を引き起こすことがある。

(5) 性状等

- ・ 沸点：－33℃
- ・ 融点：－78℃
- ・ 比重(水=1)：0.7(－33℃)
- ・ 水への溶解度：54 g/100 ml(20℃)
- ・ 蒸気圧：1013 kPa(26℃)
- ・ 相対蒸気密度(空気=1)：0.59
- ・ 発火温度：651℃
- ・ 爆発限界：15～28 vol%(空气中)

(6) 現場活動

この種の消防活動には空気呼吸器を着用する。また、水に良く溶けることから、噴霧注水により容易に回収できる。(水は常温で、アンモニア蒸気の約 500 倍を溶解する性質がある。)

また、水濡れによる被害を考慮する必要がある箇所では、消防科学研究所報 2008 No.15 (平成 21 年 12 月発行)で紹介した硫化水素除害装置の試作機において、水によるガス洗浄で回収可能である。

※1

用語：ワインセラーとは、広い意味でワインを保存するための貯蔵専用庫のことで、フランス語でカーヴ(Cave)、ドイツ語でケラー(Keller)と呼ばれます。ワインクーラーなども含めてワインセラーと呼ばれることが多く、温度だけでなく湿度も管理できるものをワインセラーと呼ばれている。

※2

ドメティック株式会社 2008 年 4 月 7 日付「吸収式ワインクーラー及び冷蔵庫の回収についてのお知らせ」により買い取り回収の社告が出されている製品(ワインクーラー型式RD2000、冷蔵庫型式EA0601 及びRA212) (対象台数 1783 台)

【参考文献】

- 1) 消防庁危険物保安室：「都市ガス・液化石油ガス及び毒劇物等による事故に関する統計表」
- 2) 東京消防協会：東京消防 平成 20 年 3 月号

- 3) 東京消防庁消防科学研究所監修：改訂危険物等の消防活動手引、東京法令出版、1984
- 4) 国際化学物質安全性カード ICSC 番号 0414

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

札幌市消防科学研究所 吉永 直樹

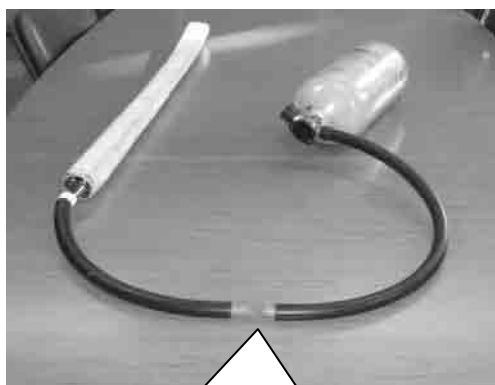
【はじめに】

平成 21 年度の札幌市消防職員提案は、斬新で様々な工夫を凝らした全 26 件の提案を受理いたしました。厳正な審査の結果、秀賞 5 件及び努力賞 21 件という結果となり、秀賞に輝いた提案者 5 名に対し、3 月 15 日、消防局長より表彰状が授与されております。

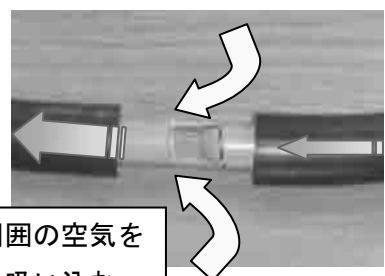
この度、秀賞を受賞した提案についてその概要を紹介いたします。

1 簡易アスピレーター作成（秀賞）

空気ポンプを利用して、酸欠事象事故やゴムボート組立など、現場活動をサポートする器具を提案した。



送気・排気の有用性は火災現場での排煙はもちろん、近年の練炭や洗剤等の混合による有毒ガス自損事案の増加やブロー車の導入を考慮しても重要なものといえるが、送排風機は限られた隊にしか与えられていない。そこで、150 および 300 空気ポンプを動力として、安価な材料で簡易アスピレーターを作成し、ポンペ空気を約 2 倍程度に増幅して送気ができる器具を考案した。



周囲の空気を
吸い込む

- ・ 消防ポンプのエゼクタ、エアフォームノズルやエアーテント設営器具と同様の原理【ベンチュリの原理】を利用した。
- ・ 塩ビ管の内部を細くすることで、気体の流速が速くなり、塩ビ管の開口部付近に減圧状態を作ります。減圧された部分に周囲の空気が吸込まれ、送風量を増大させることが出来る。



マンホール等の酸欠事象事故



排煙作業



ゴムボートの組み立て

ほぼ全ての消防隊が即使用可能で安全かつ軽量の簡易送風機として酸欠事象事故等に、また、ゴムボートの設置（エア注入）の際ポンペ使用量を減らしコストを削減する等、応用により幅広く活用することが期待できる。

2 実況見分調書の効率化（テーブル方式による作成）（秀賞）

実況見分調書を効率的に作成するため、エクセルを利用したテーブル方式の実況見分調書に変更することを提案した。



実況見分調書の作成は、火災調査書類を作成する上で、かなりのウェートを占めているため、効率化を念頭に検討を重ねてきました。

実況見分調書の作成に時間がかかるのは、見分すること自体ではなく、見分したことを文章として表現することが「難しい」ためであるので、文章形式の見分を、エクセルを用いたテーブル方式の見分に変更することとしました。

別表1		建物名称					
		焼 損 状 況 等					
		り災箇所	構成材	屋根・天井	壁(東)	壁(西)	壁(南)
り災箇所	外観						
	倉庫	金属等					
	事務室	木材等			1		
	居間	木材等					
	洋室	木材等	2	1	0	1	
	和室	木材等	0			0	
	便所	木材等					
	建物内						



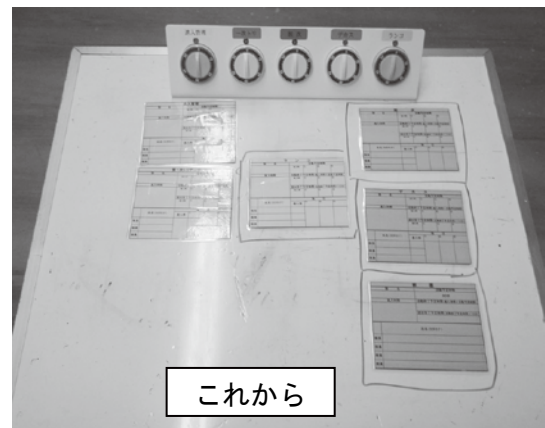
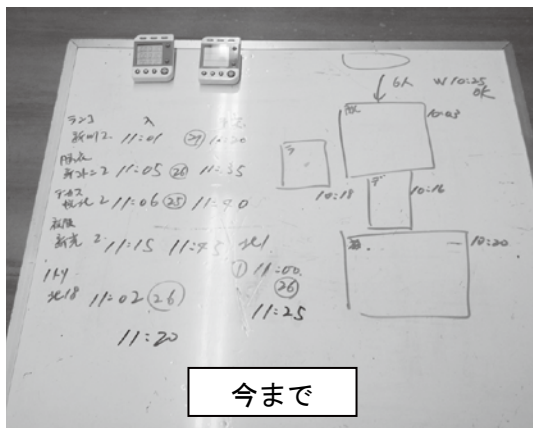
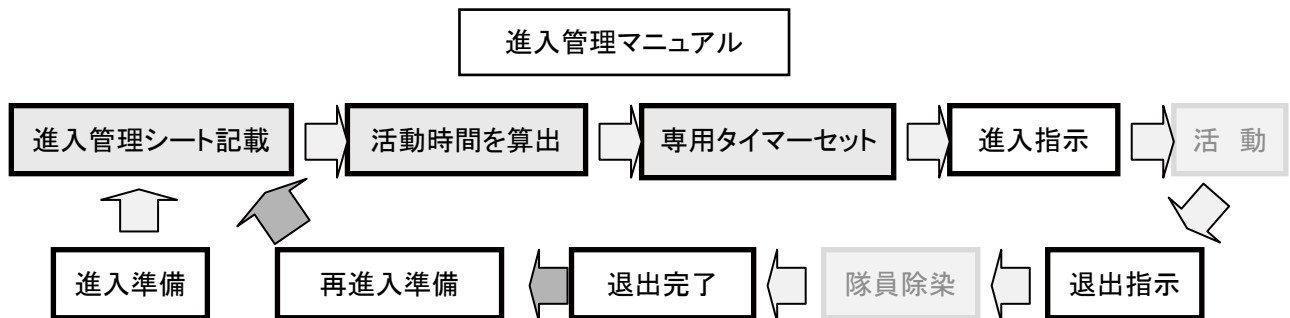
- ① 火災調査書の作成期間が短縮できるとともに、担当者毎の均一化が図られる。
- ② テーブル方式の見分では、ほとんどの場合1ページで完結することができるため、火災の概要を素早く把握することが可能となる。
- ③ 裁判員制度の導入により、増加が予想される情報公開等に迅速な対応ができる。
- ④ 入力項目を選択式とすることにより、入力作業が軽減する。

3 進入管理マニュアル（秀賞）

特殊災害（NBC）救助事案において、ウォームゾーン内で要救助者等の除染活動を行う除染活動隊の進入管理について、これまでの課題や訓練での失敗を補完した効果的な進入管理マニュアルを作成し運用することを提案した。



現在の限られた指揮隊の人員で効率的にウォームゾーン内の管理および進入管理を行うため、少ない人員を有効活用した進入管理が必須の課題であった。また、進入管理の任務は、各任務の活動隊が途切れないよう各隊の進入を調整（各任務による空気消費量の違い、天候による空気消費量の増減のため活動時間を把握するのが困難）し、隊員の脱出時は必ず除染を行うため、複数隊が重複しないよう調整しなければならない。



- ① 現場ですぐに活用できるものを作成することにより、少ない人員で効果的に管理できるようになった。（訓練で検証）
- ② 隊員の異動や兼務隊員等が突発的に進入管理を行うことにも対応可能となった。
- ③ マグネットを使用することで、指揮台を有効活用でき、強風時等屋外での使用にも効果が得られる。
- ④ 各隊の活動時間をタイマー管理することで、各隊の交代時期を把握しやすくなった。

4 携帯無線機携行ベスト（秀賞）

現場活動時において、携帯無線機を迅速かつコンパクトに携行でき、活動障害にならない様な位置を考慮しデモ品を作成、各種防護服等において検証した結果を提案した。

現在、携帯無線機は消防系、署活系の2系統が配置されており、さらに、特別高度救助隊及び高度救助隊には「エアー伝導式イヤホンマイク搭載トランシーバー」も配置されている。特に陽圧式化学防護服装着での活動時や機関員が防護衣（タイベック）を着装した際、各無線機の携行位置等に苦慮しており、デモ品を作成し検証を実施した。

携行ベスト概要



陽圧式化学防護服装着時においては、コンパクトに装着することができ、更には迅速に装着することができた。

また、救助出動対応時に感染防止衣を着装した時や、ガス漏れ対応時に耐熱服を着装する際にも有効に活用する事ができ、背面に反射テープを付けることにより安全性も向上し、有効に活用できることが実証できた。

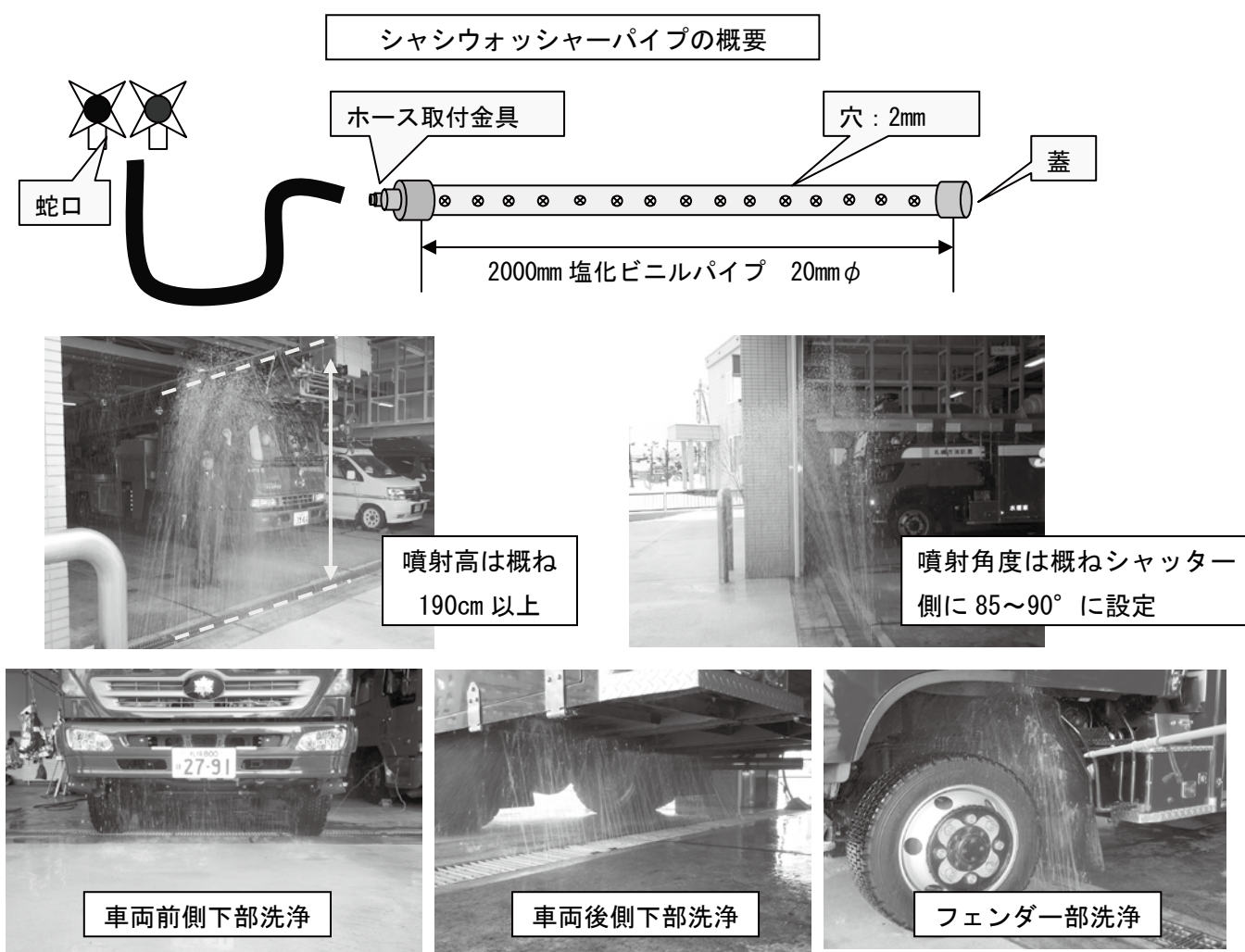
5 シャシウォッシャーパイプの製作と設置（秀賞）

車両の入庫時に車庫内のグレーチング内に設置したシャシウォッシャーパイプから水を上方に噴射させ、洗い難い車両下部に付着した融雪剤と泥などの洗浄を容易に行い、車両下回りの錆による損耗被害を軽減させることを提案した。

近年、冬期間における道路状況を見ると、凍結路面あるいは降雪時における「融雪剤」散布が頻繁し、このため消防車両に融雪剤散布による影響が多少とも見受けられているところである。

また、冬季間は歳末消防特別警戒に伴う警戒パトロールや消火栓除雪など、特に出庫に伴う洗車回数も多くなりますが、車両の下回り部にあっては容易に水洗いができない状況です。

さらに、入庫した後、時間が経つと洗浄が行き届かなかった部分の雪泥が車庫内に落ち、車庫洗浄も頻繁化しているところである。



- ① 車両の洗車で下回り底部となると難しく洗浄死角もあり、洗車担当者にホース等の誘導作業員も必要となる。
- ② 特に冬季間は車庫シャッター開放時で車両が入庫直前から洗浄し、避難場所でもある庁舎車庫の環境整備と水使用の軽減となる。
- ③ 水道蛇口操作ひとつで洗浄開始終了が可能でメンテナンスが容易である。

研究実績表

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 都市ガス等の性質について 航空燃料と化学熱傷について	橋上 勉 伊藤 潤 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	
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 情 報	静電気に関する調査・研究について 放射性物質等に関する基礎知識	橋上 勉 上田 孝志	

年 度	所報 No	分 野	研 究 テ ー マ	担当者	件数
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	花蘭 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	花蘭 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	
平成 13 年度	No. 9	燃 焼	爆風から受ける消防被服内部の衝撃及び温度に関する実験的研 究	橋本 好弘	10
		開 発	降雪時の消火栓除雪対策用機器（遠赤外線面状発熱体）に関する 研究	菅原 法之	
			高規格救急車の振動実験	橋本 好弘	
			危険物施設内における返油システムに関する研究	菅原 法之	
		鑑 定	寒冷地型建物燃焼時における燃焼生成ガス等の測定及び危険性 の把握に関する研究	溜 真紀子	
			灯油及び軽油に含有しているガソリンの混合比による比較実験	溜 真紀子	
		安 全	冬道自己転倒の救急出動分析（その1 全体の傾向）	橋本 好弘	
			冬道自己転倒の救急出動分析（その2 すすきの地区・気象と の関係）	橋本 好弘	
		情 報	米国アラスカ州フェアバンクス周辺での森林火災現地報告 硫化水素について	橋本 好弘 菅原 法之	

年 度	所報 No	分 野	研 究 テ ー マ	担当者	件数
平成 14 年度	No. 10	燃 焼	有風下における建物内部の燃焼状況変化について	橋本 好弘	8
			節水型消火薬剤(界面活性剤)の実験的研究結果	花崗 一正	
			雷による森林の着火機構に関する実験	橋本 好弘	
		開 発	降雪時の消火栓除雪対策用機器(遠赤外線面状発熱体)に関する研究	花崗 一正	
			高規格救急車の振動実験	橋本 好弘	
			危険物施設内における返油システムに関する研究	花崗 一正	
		鑑 定	鎮火後に残存している燃焼生成ガス	川瀬 信	
			RDF(ごみ固形燃料)の性状について	川瀬 信	
平成 15 年度	No. 11	燃 焼	危険物貯蔵タンク内を洗浄する鉍物油洗浄剤及び危険物流出時に使用する油処理剤について	澤田 勝美	7
			誤給油による灯油ストーブの異常燃焼実験	澤田 勝美	
		鑑 定	一般住宅等の収容物資材が燃焼する時に発生する粉塵やガスについて	川瀬 信	
			建物火災鎮火後に残存する燃焼生成ガスと粉塵等の測定(中間報告)	川瀬 信	
		情 報	クレゾールの性質について	川瀬 信	
			塩素系洗剤の誤使用等による塩素ガス漏洩事故への対策について	川瀬 信	
			硫酸ピッチと不正軽油について	川瀬 信	
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	ガソリンに対する鉍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	
			酢酸ナト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	

年 度	所報 No	分 野	研 究 テ ー マ	担当者	件数
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 齊	9
			予防災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 齊 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泡消火薬剤の消火効果の確認実験について	高橋 渉	8
		安 全	有酸素運動・無酸素運動に関する実験	中住 齊	
			筋活動に関する実験	中住 齊	
		鑑 定	防塵・防毒マスクの一酸化炭素除去性能の確認実験（最終報告）	菅原 法之	
		情 報	炎天下における駐車車両の温度測定について	高橋 渉	
			硫化水素の発生除害について	高橋 渉	
			高層建築物の排水溝等から硫化水素発生について	菅原 法之	
			平成19年度職員提案制度における優秀及び秀賞受賞作品について	吉永 直樹	
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 齊	9
		安 全	消防活動における無酸素能力について	中住 齊	
			消防活動時の送風による冷却効果について	中住 齊	
		開 発	硫化水素除害装置の開発について	高橋 渉	
		情 報	硫化水素の発生除害について（その2）	高橋 渉	
			水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）による水素発生について	高橋 渉	
			火災による天井裏設置の灯油用配管からの灯油漏えいについて	菅原 法之	
			粉じん爆発について	菅原 法之	
			平成20年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	吉永 直樹	

年 度	所報 No	分 野	研 究 テ ー マ	担当者	件数
平成 21 年度	No. 16	燃 焼	新型消火薬剤（クラスA消火薬剤）の消火特性について	中住 斉	11
			新型消火薬剤（クラスA消火薬剤）の耐凍結性能について	中住 斉	
		開 発	汎用ガス除害装置における粉塵除害性能の確認実験について	高橋 渉	
			火災再現実験セットの開発について	吉永 直樹	
		安 全	マット型油吸着剤の吸着性能等に関する実験	中住 斉 浅野 悟朗	
			現場用手袋の検証実験について	高橋 渉	
			現場手袋素材耐油性確認実験	高橋 渉	
		情 報	一酸化炭素（CO）について	菅原 法之	
			塩素ガスの発生と除害について	高橋 渉	
			ワインセラーからのアンモニアガス漏れについて	高橋 渉	
			平成21年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	吉永 直樹	

消防科学研究所報

(2009 No. 16)

市政等資料番号	01-P04-10-811
---------	---------------

平成 22 年 9 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

印刷 ひまわり印刷株式会社
