ISSN 0287－069X

消研輯報 69

平成27年度

［グラビア］

［Ⅰ　研究業務］
- ○ 消防活動の安全確保のための研究開発
- ○ 危険性物質と危険物施設の安全性向上に関する研究
- ○ 大規模災害時の消防力強化のための情報技術の研究開発
- ○ 多様化する火災に対する安全確保に関する研究
- ○ 災害対応のための消防ロボットの研究開発

［Ⅱ　研究発表等］
- ○ 所外研究発表状況
- ○ 一般公開
- ○ 全国消防技術者会議
- ○ 消防防災研究講演会
- ○ 消防防災科学技術賞受賞作品
- ○ 研究懇話会
- ○ 調査技術会議

［Ⅲ　関連業務］
- ○ 研究交流
- ○ 所外講師派遣及び所外委員会等参加状況
- ○ 災害調査等
- ○ 受賞・学位
- ○ 産業財産権
- ○ 視察・見学

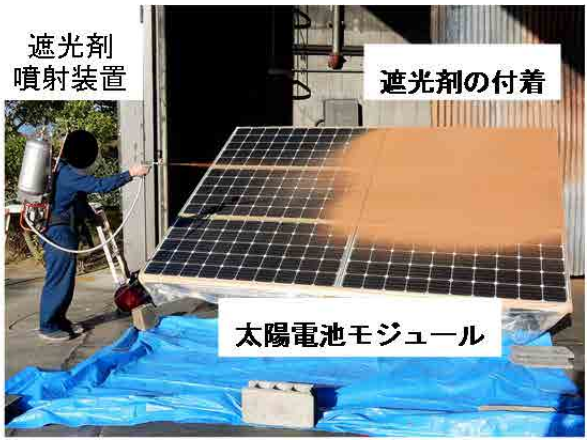
［付録］
- ○ 研究体制
- ○ 施設設備
- ○ 年表
- ○ 平成27年度刊行物

消防庁　消防研究センター

グラビア写真Ⅰ　消防研究センター　平成 27 年度の研究活動より

●再生資源物質（単一物質の場合）の消火性能評価

窒素付加空気を用いた再生資源物質の消火実験



●再生可能エネルギー関連設備・装置の火災危険性把握

遮光剤噴射装置（背負い式）による噴射状況

●災害対応のための消防ロボット研究開発

走行型偵察ロボットの走行機構

放水砲ロボットの走行機構

グラビア写真Ⅱ　消防研究センターの研究発表・啓発活動

一般公開

（平成 27 年 4 月）

一般公開

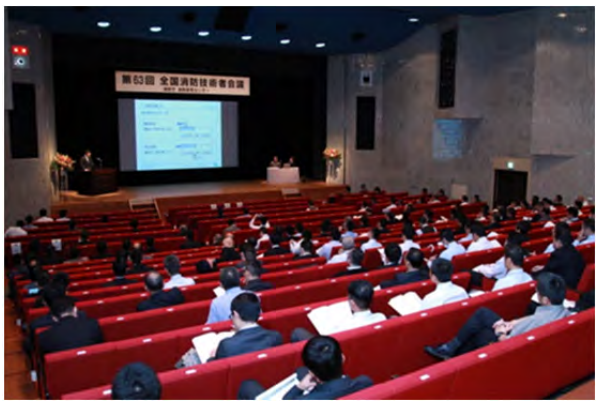
（平成 27 年 4 月）

平成 27 年度　消防防災科学技術賞表彰式

（平成 27 年 11 月）

平成 27 年度　消防防災科学技術賞表彰式

（平成 27 年 11 月）



第 63 回全国消防技術者会議　（口頭発表）

（平成 27 年 11 月）

第 63 回全国消防技術者会議　（展示発表）

（平成 27 年 11 月）

グラビア写真Ⅲ　消防研究センターの関連業務

調査技術会議（東京）

（平成 27 年 5 月）

川崎市簡易宿泊所火災調査

（平成 27 年 5 月）

広島市飲食店火災

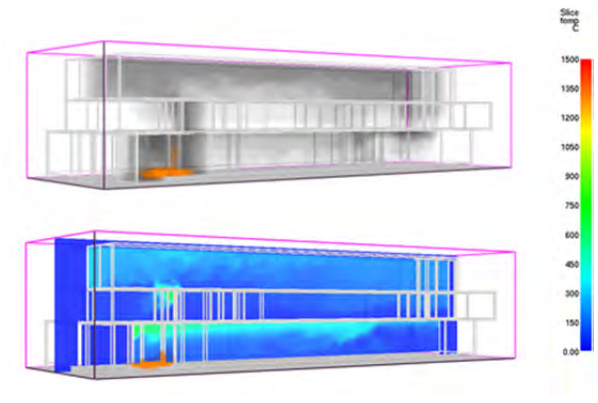
（平成 27 年 10 月）

鑑識支援

（平成 27 年 11 月）

簡易宿泊所火災実験

（平成 27 年 12 月）



簡易宿泊所火災数値シミュレーション

（平成 27 年 12 月）

グラビア写真Ⅳ　消防防災科学技術賞　平成 27 年度受賞作品（抜粋）

「ほねプロン」

実験動画にアクセスできる QR コード

透明樹脂製蓄圧式消火器の開発

焼損した在宅酸素療法の酸素濃縮装置

打ち込み用ビット金具の開発

無煙ロースターに起因する火災の再現実験

車両からの出火事例調査

簡易温度算定モデル妥当性の模型による実験

Ⅰ　研究業務

(1) 消防活動の安全確保のための研究開発　3
(2) 危険性物質と危険物施設の安全性向上に関する研究　14
(3) 大規模災害時の消防力強化のための情報技術の研究開発　44
(4) 多様化する火災に対する安全確保に関する研究　53
(5) 災害対応のための消防ロボットの研究開発　91

※担当者とその所属について：平成 23 年 4 月から平成 28 年 4 月現在に至るまで研究に携わった全員の氏名を記載。所属は平成 28 年 4 月現在のもの。なお、平成 28 年 4 月の時点で在職していない者については、携わった最終時点での所属を、また、特定の期間携わった者については、*1)、*2)、…　で期間を示す。

Ⅱ　研究発表等

1　所外研究発表状況　*97*
(1) 口頭発表　97
(2) 論文発表　105
(3) 解説　107
(4) 所外報告書　108

2　一般公開　*110*

3　全国消防技術者会議　*114*

4　消防防災研究講演会　*119*

5　消防防災科学技術賞受賞作品　*122*

6　研究懇話会　*296*

7　調査技術会議　*303*

Ⅲ　関連業務

1　研究交流　*307*
(1) 派遣　307
(2) 受け入れ　310
(3) 共同研究　311

2　所外講師派遣及び所外委員会等参加状況　*314*
(1) 所外講師派遣状況　314
(2) 所外委員会、研究会への参加状況　319
(3) 所外実験・研究等への参加状況　328

3　災害調査等　*330*
(1) 災害調査　330
(2) 鑑定・鑑識　332
(3) その他の技術支援　336

4　受賞・学位　*338*
(1) 受賞　338
(2) 学位　338

5　産業財産権　*339*
(1) 特許　339

6　視察・見学　*340*
(1)　国内　340
(2)　国外　341

付　録

1　研究体制　*342*
(1)　組織　342
(2)　予算　343
(3)　定員　344
(4)　職員　344
(5)　人事異動　345
(6)　委員会　346

2　施設設備　*348*
(1)　土地、建物の現況　348
(2)　主な研究施設の概要　349
(3)　主な研究設備・機器の整備状況　350
(4)　図書　351

3　年表　*352*
(1)　昭和 22 年度～平成 27 年度略年表　352

4　平成 27 年度刊行物　*355*
(1)　消防研究所報告　355

Ⅰ　研 究 業 務

(1)　消防活動の安全確保のための研究開発

研究期間：平成 23 年 4 月～平成 28 年 3 月

技術研究部　地震等災害研究室　　久保田勝明、新井場公徳、佐伯一夢[*2)]、土志田正二[*5)]
火災災害調査部　原因調査室　　若月薫[*4)]、尾川義雄
火災災害調査部長　　天野久徳[*3)]
消防庁　消防技術政策室　　内藤浩由
技術研究部　大規模火災研究室　　森井統正[*1)]

[*1)]平成 23 年 4 月～平成 25 年 3 月
[*2)]平成 24 年 10 月～
[*3)]平成 23 年 4 月～平成 26 年 3 月
[*4)]平成 23 年 4 月～平成 27 年 12 月
[*5)]平成 26 年 4 月～

1. 目的

東日本大震災では、津波によって浸水した地域で火災や救助事案が生じたが、消防隊員が進入することが極めて困難であったことなどから、そのような地域における消火・救助活動が難航した。また、震災や台風など豪雨に伴うがけ崩れなどの土砂災害地での二次災害のおそれ、省エネ指向に伴う高気密・高断熱建築物の増加により消火活動中に急激な火災の拡大に巻き込まれるおそれ、AED の動作不具合など、消防活動を安全、迅速、着実に実施するために解決すべき課題が存在する。本研究課題では、消防活動の安全性や効率性を阻害する要因を除くための技術的解決策について研究開発し、消防活動における安全性を確保することにより効率的な活動を実現し、一人でも多くの命を救うことを目的として、次の 4 つのサブテーマの研究を行う（図 1-1、表 1-1）。

サブテーマⅠ　消防ヘルメット等の装備及び個人防護技術の研究

急激な火災現象に見舞われた場合であっても必要最低限の安全性を確保するために適切な個人装備品を開発し、適切に運用することを目的として、既に開発済みの消防服に加えて、消防隊員が着用した条件における消防ヘルメット等の防護装備に求める性能を具体的に示すとともに、個人防護技術の研究を行う。

サブテーマⅡ　津波浸水域における消防活動用車両等の研究

津波により浸水しかつガレキが堆積した地域で安全かつ効率的に消防活動を行うことを可能とすることを目的として、現場での活動方針を決定するために必要な情報を得るための無人ヘリ等による偵察技術の開発並びに当該地域に進入して消火や救助、人員収容等の活動が可能な消防用車両等の仕様策定及び要素技術を研究開

発する。

サブテーマⅢ　がけ崩れでの活動における二次災害防止機器の研究

土砂崩れによる生き埋め者の救助活動中に更なる土砂崩れが起きる前兆がないか監視するシステムを緊急時対応に活用することを目的として、無人ヘリ等を活用した監視システムを研究開発する。

サブテーマⅣ　AED の不具合の原因調査と対策検討

救急活動において使用中の AED に発生している不具合が疑われるような動作について、その発生要因を調査分析し、対応策について検討する。

図 1-1　本研究の全体概要

表 1-1　5 か年の各サブテーマの研究計画概要

	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度
サブテーマⅠ 消防ヘルメット等の装備及び個人防護技術の研究	・海外におけるヘルメット・手袋・靴の基準の把握 ・国内製品と海外製品の性能比較 ・ヘルメット・手袋・靴の耐熱試験の立案・開発		・素材の検討 ・素材の耐熱、耐久性試験の実施	・試作防護装備単品・組み合わせの耐熱・耐久試験	・消防本部におけるフィールド試験
サブテーマⅡ 津波浸水域における消防活動用車両等の研究	・ガレキの調査 ・無人ヘリ等による探索技術の調査	・ガレキ踏破技術及びガレキ中での活動に必要な技術研究 ・無人ヘリ等による探索技術の試作	・津波ガレキ中での消火、救助、救急搬送・技術の開発 ・無人ヘリ等の試験運用	・開発した技術を車両に実装するための研究 ・無人ヘリ等の試験運用	・模擬実験による検証
サブテーマⅢ がけ崩れでの活動における二次災	・計測方法の全体構想の検討 ・無人ヘリの飛	・無人ヘリの制御精度向上 ・傾斜・位置が変化する条	・ホバリング条件で計測を行うための解析方法の	・飛行条件で地形の計測を行う方法の開発	・精度向上に関する研究及び運用試験

害防止機器の研究	行及び姿勢制御性能に関する調査	件での地形計測の方法の研究	開発	・計測精度を向上させる測定方法の研究	
サブテーマⅣ AED の不具合の原因調査と対策検討	・不具合事例の調査	・不具合事例の調査及び解決策の検討			

2. 平成 24 年度の研究計画と成果

2-I 消防ヘルメット等の装備及び個人防護技術の研究

(1) 海外におけるヘルメット、手袋、靴の基準調査・試験所における評価方法の調査実施及び技術的問題点の把握

平成 23 年度に得られた成果を更に深く掘り下げ、海外の消防装備の性能基準として主に用いられている EN 及び NFPA 規格をより詳細に分析し、装備ごとの性能基準・試験規格との関係、性能的整合性の問題等を検討し、以下のことが明らかになった。

→米国防火協会 NFPA 規格と欧州 EN 規格で規格への考え方が異なり、NFPA 規格はすべての装備を一つの規格（アンサンブル規格）に、EN 規格は欧州における各国の消防活動の違いに配慮して装備ごとに性能基準が作成されている（パーツ規格）。防火帽の耐熱規格は消防用防火服との性能の整合性が図られていない。装備ごとの性能規格も必要であるが、装備品同士の耐熱性能の整合性、動きやすさを担保するための装備品質量の設定の必要性、装備品同士の干渉など潜在する問題があることが明確になった。

(2) ヘルメットを重点とした耐熱性試験装置の開発

日本をはじめ欧州・米国のヘルメットの製品における耐熱性試験を実施し、製品を構成する素材及び完成品の性能を比較する。また、より耐熱性を上げるために今後必要な要素研究を実施する。さらに平成 23 年度に引き続き、海外試験機関との情報交換を実施し、試験規格提案に向けた議論を主導することを目的として研究を行った。主な成果は以下のとおり。

→平成 23 年度に完成したヘルメット耐熱性試験装置を使用し、現在国内での耐熱試験と同じ加熱条件で海外品 2 種国内品 4 種の防火帽（消防隊員が使用するヘルメット）の耐熱性試験を実施した。防火帽をかぶせた人頭模型の温度上昇は現在の耐熱基準をクリアしていたが、国内品は衝撃吸収材が溶融・収縮していることが確認できた。海外品は、帽体が高度な自己消火性を有していることや衝撃吸収材が硬質ポリウレタン製であり、帽体に接している部分がわずかに収縮した程度であった。日本の防火帽は、今後は耐熱性が高く、衝撃から頭部を確実に保護する素材を選定する必要があると考えられる。

試験規格の提案に向け、米国 ASTM、ISOTC94SC13（防護服）及び ISOTC94SC14（消防用個人装備）のワーキンググループメンバーに、本プロジェクトで製作したヘルメット耐熱性試験装置について情報提供を行い、規格文書化への足がかりを作った。

(3) 活動中に装備同士で生じる隙間から起因する熱傷の調査

消防活動時に発生した負傷事故について、公務災害に係る実態調査を実施し、主として熱傷を受けた個所、負傷した際の状況など事故に係る要素を抽出する。

→着用時に皮膚が熱に対して無防備になっている喉部や耳下など防火帽と面体との

間に発生する熱傷の検証及び対応策についてサーマルマネキン試験装置にて実施した。活動中の動作によっては、防火帽・呼吸器面体・しころの装着時に空間が発生し、皮膚が露出することが確認できた。対応策として防火帽の下に防火マスクを着用することは、皮膚の熱傷防止に加え、呼吸器面体の素材の遮熱にも効果があると確認できた。

(4) 防火服内に潜在する熱傷危険性に関する研究

建物内部で検索救助、消火活動を行う際に、個人防火装備はフラッシュオーバー時と比較して弱い熱流束を受熱することがある。熱傷受傷は総熱量に依存するため、弱い熱流束であっても受熱時間が長い場合には熱傷を発生する問題がある。このような熱傷危険の程度と要因を把握するため、防火服及びその下に着用する活動服と下着を総合した熱傷危険性について実験を行い、検証する。

→平成 24 年度では、通常の屋内進入時の熱環境で現在流通している防火服の内部（活動服・下着）でどのような熱伝導が生じているのか、また活動中に活動服・下着生地が吸水した際に、熱傷の促進に影響を与えるか、防火服生地加熱装置を製作し検証した。

実験では、屋内進入時に消防隊員が受けていると思われる熱強度(約 12～20kW/m^2)に対して、活動服と下着の含水率をそれぞれ最大・最小（計 4 種類）の条件で実施した。その結果、活動服が最大に含水しかつ下着が乾燥した条件では、活動服及び下着がともに乾燥している条件と比べ、加熱条件によらず単位時間あたりの温度上昇が約 1.5 倍になり、痛みを感じた後、可能な限り速く退避しないとより高い熱傷リスクがあることが明らかになった。

2-II　津波浸水域における消防活動用車両等の研究

(1) 津波ガレキを走破するために必要な条件の検討と津波ガレキ中での消火、救助、救急搬送に必要な要素技術の基礎的研究

平成 23 年度に得られた消防職員の意見を踏まえたプロトタイプ車両（水上も運行可能な既存の不整地走行車を改良したもの）を製作し、津波ガレキ等を想定した走破実験を行い、津波ガレキ等を走破するために必要な条件の検討を行う。また、消火、救助、救急活動に必要な目標仕様を設定し、その仕様を満足するプロトタイプ車両の製作を行う計画のもと、以下の成果を得た。

→走破実験（陸上（4 回）、水上（13 回）、雪上（1 回）、消火（1 回）、救急（4 回）、救助（3 回）等）を行い、津波ガレキ等を走破するために必要な条件の把握を行った。その結果、陸上、水上とも、大きさを統一した木材上の走行性能は高いことが判明した。また、大きさの異なる木材、金属等が混在した実際のガレキの走破性能に関しては、試作した走破装置の改良が必要なことが判明した。また、来年度の実証検証に向けて消火、救助、救急、無線のプロトタイプ車両の製作を行った。

(2) 無人ヘリ等から取得したデータから、偵察要素を抽出又は推定するための解析方法の検討

画像から無人ヘリ等の位置及び姿勢並びに地形を解析する装置を試作して無人ヘリ等に搭載し、実際の運用に即した時間及び人手で偵察要素を抽出できるかどうか検討する研究を行った。

→平成 24 年度では、現場運用を考慮した時間及び人手で飛ばせる機体の性能及びデータ解析方法についての技術調査を行い、試作機の仕様を策定し導入した。

2-III　がけ崩れでの活動における二次災害防止機器の研究

(1) 無人ヘリ等の飛行制御及び姿勢制御の向上

無人ヘリの位置及び姿勢の安定性の向上とそ

れらの計測精度の向上のための技術を開発し、搭載機器を試作する計画のもと、以下の成果を得た。

→無人ヘリへ搭載する地形計測装置に対して、室内での振動実験及び無人ヘリによる飛行実験を行い、当該装置が受ける振動及び傾斜の特性並びに地形計測結果に対する振動及び傾斜の影響度合いを把握した。試験結果を受けて、傾斜を抑えつつ発生している周期の振動を吸収できる防振ゴムに選定し直した。防振の更なる改善方法並びに搭載機器の振動及び傾斜を計測するセンサーについて検討した。

(2) 無人ヘリ等の傾斜及び位置が変化する条件における地形計測の方法の研究

無人ヘリの位置及び姿勢に係るデータと地形計測装置のデータを同期する手法を検討して試作し、実験により精度を検証する。

→把握した振動及び傾斜の特性を踏まえ、地形計測装置が 10Hz 程度の周波数で振動し傾斜する環境下でも正しく地形計測を行うためのソフトウェアを試作した。

2-IV　AED の不具合の原因調査と対策検討

→横浜市消防局で発生した不具合事例の調査を行い、その解決策の検討として、不具合の再現実験（振動及び電磁波）を行った。ただし、現状では不具合の再現ができていなく、今後、皮膚の乾燥による影響等の検証実験を追加して実施する予定。

3.　平成 25 年度の研究計画と成果

3-I　消防ヘルメット等の装備及び個人防護技術の研究

(1) 軽量・高機能素材の導入に関する検討及び耐熱・耐久性試験の実施

平成 24 年度に実施した耐熱性向上のための要素研究の成果を活用し、国内外で開発され、消防装備に転用可能な軽量・高機能素材の耐熱・耐久性試験を実施する。

衝撃吸収用途の発泡スチロール材料の熱溶融防止を目的に、発泡スチロールの密度、耐熱コーティング、空気層の効果の検証を実施中。素材及び空気層の最適配置に関する数値計算プログラムを開発し、ヘルメット内部における熱伝導計算を実施した。

(2) 活動中に装備同士で生じる隙間で発生する熱傷を防護するための試験方法の開発

活動中における全体的な装備の耐熱性能を担保することを目的とし、試験評価機関等との議論を実施し、実際の着用状態を再現することを想定した、実現可能な耐熱評価試験方法の立案を実施した。

現状のサーマルマネキン装置では火炎曝露分布が再現できないため、全体的な装備の耐熱性能を検証するためには､身体部位毎に切り分け、評価することが目的達成への近道であるとした。平成 25 年度は、手部・手首部の評価を実施する試験装置を開発した。手袋を介した熱傷事故の検証に試験装置を活用した。

(3) 防火服内に潜在する熱傷危険性及び快適性に関する研究

防火服内の衣服（活動服及び下着）の生地に含まれる水分量の条件をより細かく設定し、どのような含水率条件が熱傷の促進に影響があるのかを明確にするとともに、防火服内衣服における熱伝導における水の拡散の寄与についてモデル化を実施した。

防火服用耐熱シミュレーションソフトを防火服生地各層・空気層の温度情報が出力できるよう改良した｡既存の研究データ及び平成 24 年度に実施した実験データとの相関を検証した。

3-II　津波浸水域における消防活動用車両等の研究

(1) 平成 25 年度は、消防車両の開発は、平成 24 年度に製作したプロトタイプを用いて、消防現場等において実証実験を行い、津波ガレキ中での消火、救助、救急搬送のために必要な技術の検討を行う。また、新たな課題として

見つかった、水上操作性の向上、タイヤのパンク対策、波対策を行う。

→プロトタイプ車両の消火及び救急タイプについては、実用化も可能となり、実用化に必要な仕様を製作した。また、水上操作性の向上と波対策に関しては、検証実験を踏まえた技術的な検討を実施し、試作機を作成した。パンク対策は、ウレタン充填、タイヤボール、エアレスタイヤの３種類の対策を検証した。

(2) 試作した偵察装置を用いて実際の運用を想定した実験を行い、装置の改良を行う。

→所内及び（独）ＪＡＸＡの実験施設で偵察装置の飛行試験を行った。バッテリー低下時の挙動、風に対する挙動及び運用しやすさを調べた。結果を受けて、機体状況データの伝送及び画像の伝送の２つの無線装置の信頼性の向上、持ち運びや離着陸を容易にする機体形状の変更、電源の変更などを行った。

3-III　がけ崩れでの活動における二次災害防止機器の研究

(1) 平成 24 年度の防振の更なる改善方法並びに搭載機器の振動及び傾斜を計測するセンサーについての検討をふまえ、無人ヘリの位置及び姿勢が変化する中で行う地形計測の精度を向上させる技術の検討を行い、試作する。

→地形計測装置と同期して、20Hz で装置の位置及び姿勢を測定する装置を作成し、飛行中のデータ計測を行った。現在、計測精度について解析をし、計測システムの改良を行った。

(2) 無人ヘリをホバリングさせた条件で地形計測を繰り返し行い、変形の有無を検知可能とするための解析方法を開発する。

→（1）の装置の出力を受けて補正する仕組みを設計し、ソフトウェアを製作した。今後、補正の精度について検討する。

3-IV　AED の不具合の原因調査と対策検討

平成 24 年度に行った不具合再現実験の結果を踏まえ、その解決策の検討及び解決策の効果に関する検証を実施し、その結果を踏まえ必要に応じてガイドラインの作成を行う。現段階では不具合要因の解明には至っていない。

なお、消防庁救急企画室による AED の不具合事例の収集は、件数が減少したことにより平成 24 年 3 月で終了したことから、本サブテーマは平成 25 年度で終了した。

4.　平成 26 年度の研究計画と成果

4-I　消防ヘルメット等の装備及び個人防護技術の研究

(1) 軽量・高機能素材の導入に関する検討及び耐熱・耐久性試験の実施

平成 25 年度に得た耐熱素材及び構造に関する知見を利用し、試作消防用ヘルメットを作成し、耐熱・耐久試験を実施する。

→試作消防用ヘルメットは、ヘルメットの外側シェルとその内側にある衝撃吸収用の発泡スチロールとの間の空気層（高さ約 5mm）に、遮熱用にメラミンフォームをアルミシートでサンドイッチした部材(以下遮熱複合材料)を挿入したものとした。耐熱試験の結果、最も構造的に熱に弱い発泡スチロールの溶融長さが 5mm 程度と、消防現場で使用するには十分耐熱性があることが判明した。また、予備実験として遮熱複合材料の材質及び厚さの構成を検討した結果、アルミシートの厚さは耐熱性には影響せず薄いものでも十分耐熱性があることが判明した。

この結果、現行の消防ヘルメットに対して安価に遮熱性の改良を図れる知見が得られた。

(2) 活動中に装備同士で生じる隙間で発生する熱傷を防護するための試験方法の開発

活動中に装備同士で生じる隙間を想定した

耐熱試験基準の開発を行う。関節の動きを再現できる手部の改良及び頸部の耐熱試験装置を開発する。

→手部を模擬した耐熱試験装置の検討を行ったが、手部における親指付け根の関節の横の動きを踏まえた試験装置にする必要があることが判明した。今回実験に用いた手部ではこれらの機能を有しておらず実験を行えなかった。今後手部の試験装置作成には、この可動域の動きが再現可能な構造が必要である。

(3) 防火服内に潜在する熱傷危険性及び快適性に関する研究

現在流通している防火服の耐熱・快適性試験を実施、データベースを作成する。

→現在、自治体消防で使用されている防火服製造者の防火服生地の耐熱性及び快適性（代謝熱放出量）試験を行い、データの蓄積を行った。

4-II　津波浸水域における消防活動用車両等の研究

(1) 平成 25 年度に作成した水上操作性の向上、タイヤのパンク対策、波対策の試作機の性能検証及び改良を実施する。また、水上ガレキ登坂性能を向上させる試作機を製作し、検証実験を行う。

→水上操作性の向上策として市販のカヤックを使った装置を作成した。その結果、安定性を向上させるには十分な性能を担保することが判明した。タイヤのパンク対策に関しては、空気が入っていないエアレスタイヤ、タイヤの中にプロピレングリコールを主体としたゼリーをタイヤの中に事前に入れておくパンク防止剤、ゴムボールを入れるタイヤボール、ウレタンをタイヤの中に入れたタイプの性能試験を実施した。その結果、津波ガレキを走破するには性能コストを踏まえウレタンを入れるのが最も効果的であることが判明した。波対策の試作機の性能検証を行ったが、試作機のみでは性能を担保することが出来ず、再検討が必要となった。水上ガレキ登坂性能を向上させる試作機を製作し検証実験を行った。その結果、まだ完成にはいたらず検証を続ける必要があることとなった。

消火タイプ、救急タイプの一部に関しては、実用化の検討を行い、平成 27 年夏ごろには実用化になることとなった。

(2) 試作した偵察装置を用いて実際の運用を想定した実験を行い、装置の改良を行う。

→3 回の運用試験（長野県南木曽町土石流災害現場、和歌山県田辺市深層崩壊現場及び横浜市消防局）を行った結果、機体モニタリング機能の長距離化、電源の強化、トラブル時の対策及び飛行経路設定の簡便化が必要であることが明らかとなった。このうち、機体モニタリング機能の長距離化及び電源の強化を行った。トラブル時の対策方法及び飛行経路の簡便化について、検討している（平成 27 年度に継続）。

4-III　がけ崩れでの活動における二次災害防止機器の研究

(1) 室内試験を行い、地形計測装置の位置及び姿勢を計測する装置の精度向上方法を検討し、装置の改良を行う。

→姿勢角度精度 0.05°を目標として屋内試験を行い、数値フィルター処理を試みたが、現在使用している装置では目標精度の達成が困難であることが明らかとなり、装置を変更した。

(2) 屋外試験を行い、地形計測装置の測定範囲及び測定密度の最適な決め方や精度の向上方法について検討し、変位の検出手法の改良を行う。

→地形計測装置のデータを位置及び姿勢のデータを用いて補正する方法について屋外実験を行い、データ同期できることを確認したが、位置及び姿勢の測定値のばらつき

の影響が大きいことからばらつきの圧縮のためのフィルター処理について検討した（平成 27 年度に継続）。

5.　平成 27 年度の研究計画と成果

5-I　消防ヘルメット等の装備及び個人防護技術の研究

(1)消防ヘルメットに関する遮熱複合材の遮熱メカニズムを明らかにするために、耐熱シミュレーションを行う。また、この結果をまとめた報告書を作成する予定。

→簡易なモデルで上記耐熱シミュレーションを行い、挿入したアルミシートの熱拡散による遮熱メカニズムの基礎的な傾向把握を行った。

5-II　津波浸水域における消防活動用車両等の研究

(1) 実用化にむけて導入コストも踏まえた、水上ガレキ登坂装置、防振ストレッチャー、水上安定性装置、パンク対策、放水装置等の改良及び性能検証を消防本部等で行い、最終的な仕様及び運用マニュアルを作成する。

→上記検討を行い、放水装置は実用化し既に配備済み。パンク対策は研究を終了し平成 28 年度中に配備予定。防振ストレッチャーは、これまでの最大加速度を 3 割程度低減する効果が得られているが、水陸両用バギーへの取り付け部分においてまだ課題があり、平成 28 年度研究を継続。水上ガレキ登坂装置、水上安定装置は現在基礎研究中で更なる研究が必要なため、平成 28 年度以降継続して研究を行う予定。実用化に至った技術に関しては順次報告書をまとめる予定。

(2) 試作した偵察装置を用いて実際の運用を想定した実験を行い、消防活動における偵察用途に必要と考えられる仕様及び運用方法についてとりまとめる。

→前年度に引き続き、機体の安全性及び機能性向上のため、電源の冗長化、ガス検知器の発報時の伝達方法の改良及び飛行経路設定方法の簡便化を行った。運用試験（3 回）及び消防機関における意見聴取（7 回）の結果を元に、消防活動における偵察用途に必要と考えられる仕様及び運用方法についてまとめているところである。この研究で得られた知見を活用して、緊急消防援助隊用無人偵察システムの仕様書の作成及び配備先における運用要綱の策定に協力した。

5-III　がけ崩れでの活動における二次災害防止機器の研究

(1) 位置及び姿勢の測定装置の計測値を目標精度とするための処理方法を実現する。

→試作した位置及び姿勢の測定装置を用いて地上における精度試験を行い、位置、ロール及びピッチ角の測定は、地形計測装置の稼働に起因する振動により確定的な値が得られないものの、目標精度を確保していると評価できた。ヨー角については装置の特性上目標精度までは得られないものの、誤差収束のための事前飛行を行う事により圧縮できることが明らかになった。

(2) 地形計測装置の測定密度と変形量の測定誤差について実験し、後処理による精度向上手法について検討する。

(3) 上記 2 つの結果を実装して飛行実験を行い、誤差の評価を行う。

→(1)の結果を踏まえ、事前飛行、監視中の飛行方法及び測定密度を変化させて実験を行い、次の結果を得た。

・ターゲット（9 個）の絶対座標の精度は 5 回の測定で平均 124mm であり、初期値からの差分（再現性）は、平均 74.8mm であった。

・20cm メッシュ（40 個）の中の測定値を平均した値の初期値からの差分（再現性）

は、８回の測定で 66.3mm であった。この値に対する測定の点密度の影響は見られなかった。

・壁を変位させる実験において、10cm 程度の移動は検知できると判定できた。

・誤差要因を分析したところ、ヨー角の測定精度が不十分であった。

以上の結果から、開発した資機材は、表層崩壊を危険になる前に検知するために必要な精度（2cm 程度）には到達できなかったが、大規模な崩壊の直前検知の可能性があると結論づけた。

6. 共同研究等外部との協力

・一般財団法人カケンテストセンター

・公益社団法人日本保安用品協会（ISO TC94 国内対策委員会）

・独立行政法人産業技術総合研究所

・国立大学法人神戸大学

・国立大学法人鹿児島大学

7. その他

(1) 口頭発表・解説

1) 森井統正、尾川義雄、若月薫：防火衣生地を用いた熱防護性能に関する検証、日本火災学会研究発表会概要集、pp.32-33 (2012.5.21-22)

2) 森井統正、若月薫、尾川義雄：現在の防火服に求められている性能と潜在する熱傷危険、第 60 回全国消防技術者会議、消防庁消防研究センター、2012.10

3) 森井統正、若月薫、尾川義雄：大規模災害活動時の防火服内衣服の水濡れが引き起こす危険性について、第 16 回消防防災研究講演会、消防庁消防研究センター、2013.2

4) 新井場公徳：大規模災害時の消防の活動現場の安全管理に係る課題－東日本大震災、平成 23 年台風 12 号災害－、第 13 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、pp.1581-1586、平成 24 年 12 月 19 日

5) 森川泰、松本治、神村明哉、新井場公徳、天野久徳：消防防災用無人ヘリコプタによる観測飛行実験、第 13 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、pp.1605-1606、平成 24 年 12 月 19 日

6) 新井場公徳：崩壊が発生した斜面で再度崩壊が発生する条件、第 51 回日本地すべり学会研究発表会、pp.49-50、平成 24 年 8 月 29 日

7) 王功輝、黄潤秋、釜井俊孝、古谷元、新井場公徳：地震・降雨により発生した天然ダムの内部構造と安定性評価について、第 51 回日本地すべり学会研究発表会、pp.123-124、平成 24 年 8 月 29 日

8) 王功輝、新井場公徳、謬海波、William H. Schulz：平成 23 年台風 12 号により紀伊半島で発生した天然ダムの内部構造と安定性評価について、平成 24 年 5 月 23 日

9) 佐伯一夢：災害監視を目的とした自律型飛行船ロボットの研究、徳島大学「次世代スーパーサイエンティスト育成講座」特別講演会、平成 24 年 11 月 10 日

10) 佐伯一夢、深尾隆則、浦久保孝光、河野敬：屋外型飛行船ロボットによる災害監視の実現性、第 13 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、pp.1607-1610、平成 24 年 12 月 19 日

11) “Evaluation of Functional Underwear for Firefighter Clothing by Total Heat Loss”, Advanced Materials Research Vol. 796, 2013, pages 617-622, K. Wakatsuki, H. Tsuji, T. Kato and Y. Ogawa

12) “Influence on Skin Burns by Water Absorbed Station Wear and Underwear in Firefighter Clothing”, Advanced Materials Research Vol. 796, 2013, pages 623-629, K. Wakatsuki, N. Morii, Y. Ogawa and H. Tsuji

13) 消防隊員用個人防火装備に関する性能基準及び潜在する問題点に関する研究、若月　薫、検定協会だより　日本消防検定協会、2014.2

14) 新井場公徳・酒井直樹：地表変形に基づく斜面の崩壊時間予測手法の検討、第 52 回日本地すべり学会研究発表会、pp. 134-135、2013.8.

15) 古谷元、末峯章、高野祐典、王功輝、新井場公徳：結晶片岩地すべりにおける連続地温計測による流動地下水脈の動態観測、第 52 回日本地すべり学会研究発表会、pp. 143-144、2013.8.

16) 浅野志穂、清水晃、吉永秀一郎、新井場公徳：阿蘇カルデラ内壁斜面の崩壊地周辺の浸透能、第 52 回日本地すべり学会研究発表会、pp. 219、 2013.8.

17) 王功輝、末峯章、松浦純生、新井場公徳：異常気象時の斜面変動現象：二畝ノ谷地すべり地における観測結果、第 52 回日本地すべり学会研究発表会、p.229、2013.8.

18) 汪発武、桑田庸平、新満亮介、田坂郁夫、新井場公徳、遠藤真：平成 25 年 7 月山口・島根豪雨に伴って発生した地すべりの事例、日本地すべり学会誌、Vol.51、No.2、pp.30-33 (2014.3)

19) 佐伯一夢、深尾隆則、村上則幸：全方位カメラを用いた農業用クローラ型車両の画像に基づく制御、第 57 回システム制御情報学会研究発表講演会 (2013.5)

20) 佐伯一夢：大規模災害時における消防活動のための無人航空機の研究開発、日本航空宇宙学会関西支部第 443 回航空懇談会、2013.9.

21) 佐伯一夢、小林大介、深尾隆則、浦久保孝光、新井場公徳、天野久徳：災害監視を目的とした屋外型飛行船ロボットのロール抑制制御、第 51 回飛行機シンポジウム (2013.11)

22) 佐伯一夢、深尾隆則、浦久保孝光、新井場公徳：災害監視を目的とした屋外型飛行船ロボットの縦系制御、第 14 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2013.12.

23) 森川泰、佐伯一夢、新井場公徳、天野久徳、松本治、神村明哉：ステレオビジョンによる位置姿勢計測技術の研究開発、第 14 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2013.12.

24) 久保田勝明：津波被害現場に対応した消防車両の開発、検定協会だより、第 397 号、pp.14-19 (2014.1)

25) Kiminori Araiba and Naoki Sakai: “Laser Scanner Application in Monitoring Short-Term Slope Deformation”, Landslide Science for a Safer Geoenvironment (Proc. World Landslide Forum 3), Vol. 2, pp. 5-11, 2014.6.

26) 新井場公徳・佐伯一夢：2013 年台風 26 号による伊豆大島における土石流災害の被害状況と消防活動への影響、消防科学と情報、No. 118、2014.11.

27) 新井場公徳：地上型レーザースキャナの災害対応への活用～大規模な土砂災害後の地形の把握及び小規模な斜面崩壊における変形の監視～、高解像度地形情報シンポジウム 2014 論文集、pp. 7-10、 2015.3.

28) Hitomu SAIKI, Taisuke KOBAYASHI, Takanori FUKAO, Takateru URAKUBO, Kiminori ARAIBA and Hisanori AMANO : Control for Suppressing Roll Motion of Outdoor Blimp Robots for Disaster Surveillance, AIAA Science and Technology Forum and Exposition 2015, 6th January 2015

29) 佐伯一夢：火炎上昇気流中における無人航空機の飛行制御、第 58 回システム制御情報学会研究発表講演会、平成 26 年 5 月 23 日

30) 佐伯一夢、深尾隆則、浦久保孝光、新井場公徳、天野久徳：災害監視を目的とした自律型飛行船ロボットによる画像計測、ロボティクスメカトロニクス講演会 2014、平成 26 年 5 月 27 日

31) 佐伯一夢、新井場公徳、森川泰、天野久徳：がけ崩れ現場での消防活動における二次被

害防止機器の開発-３次元レーザスキャナとGPS/IMU を用いた上空からの地形計測-、ロボティクスメカトロニクス講演会 2014、平成 26 年 5 月 28 日

32) 佐伯一夢：トリムを考慮した屋外型飛行船ロボットの縦系制御、第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、平成 26 年 12 月 16 日

33) 新井場公徳、土志田正二：土砂災害研修、横浜市消防局研修会、平成 27 年 3 月 18 日

34) 新井場公徳、佐伯一夢、土志田正二：消防活動用ヘリのデモ飛行及び意見交換会（佐倉市八街市酒々井町消防本部）、平成 27 年 4 月 27 日

35) 新井場公徳：土砂災害について、平成 27 年度神戸市消防局土砂災害に関する研修会、平成 27 年 5 月 14 日

36) 新井場公徳、佐伯一夢、土志田正二：消防活動用ヘリのデモ飛行及び意見交換会（船橋市消防局）、平成 27 年 5 月 21 日

37) 新井場公徳、佐伯一夢、土志田正二：消防活動用ヘリのデモ飛行及び意見交換会（横浜市消防局）、平成 27 年 8 月 6 日

38) 新井場公徳：台風に備えて～土砂災害から身を守る～、平成 27 年度横浜市金沢区防災講演会、平成 27 年 9 月 26 日

39) 新井場公徳、土志田正二：土砂災害の後は、何に、いつまで警戒すべきか、日本地すべり学会第 54 回研究発表会、平成 28 年 8 月 26 日

40) 新井場公徳：消防研究センターにおけるドローンの開発について、第 1 回自治体ドローン利活用研究会、平成 27 年 10 月 29 日

41) 佐伯一夢、菅野貴皓：全方位カメラの画像に基づく救急搬送ロボットの走行制御、第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、平成 27 年 12 月 14 日

42) 佐伯一夢、新井場公徳、土志田正二：消防活動用小型無人偵察ヘリコプタの運用の課題について、第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、平成 27 年 12 月 16 日

43) Hitomu SAIKI : Longitudinal Control Considering Trim of Outdoor Blimp Robots for Disaster Surveillance, AIAA Science and Technology Forum and Exposition 2016, 4th January 2016

44) 新井場公徳、佐伯一夢、土志田正二：UAV（ドローン）の消防機関における活用について、千葉県消防長会警防防災委員会研修会、平成 28 年 2 月 5 日

45) 新井場公徳、土志田正二：土砂災害研修、相模原市消防局研修会、平成 28 年 2 月 25 日

46) 新井場公徳、佐伯一夢、土志田正二：UAV（ドローン）の消防機関における活用について、岡山市消防局消防教育訓練センター、平成 28 年 3 月 23 日

(2)　危険性物質と危険物施設の安全性向上に関する研究

研究期間：平成 23 年 4 月～平成 28 年 3 月

火災災害調査部　原因調査室	西晴樹
技術研究部　施設等災害研究室	畑山健、徳武皓也[*3)]
技術研究部　危険性物質研究室	岩田雄策
技術研究部	佐宗祐子
消防庁　総務課	廣川幹浩[*2)]、内藤浩由
火災災害調査部長	座間信作[*1)]

[*1)]平成 23 年 4 月～平成 25 年 3 月

[*2)]平成 24 年 1 月～平成 24 年 3 月

[*3)]平成 26 年 4 月～

1.　目的

東日本大震災においては、津波による石油タンクの流出、損傷及び危険物流出事故が発生した。中には、津波時に石油タンクから危険物が流出し、石油コンビナート火災に発展した事例もあり、石油タンクの安全性の確保や被災地の復旧・復興における石油類などのエネルギー確保の重要性が改めて認識されたところである。我が国では、南海トラフや首都圏直下などでも大地震の発生が危惧されており、石油タンクの津波・地震動被害の予防・軽減対策は、なお一層その重要性を増している。

一方、震災後の石油類の需要増加、環境保護の観点及び資源の再利用に関する社会的要請に呼応して、再生資源燃料や金属スクラップなどの利用がさらに増加することが予想される。これらの背景のもと、本研究課題では、危険性物質と危険物施設の安全性の向上のために、次の 4 つのサブテーマの研究を行う（表 2-1）。

サブテーマⅠ　石油タンクの津波による損傷メカニズム及び発生防止策の研究

巨大な地震に伴う津波による被害への対応を的確に行うために、津波による石油タンクの損傷メカニズムを解明し、現行の消防法令には規定がない津波に対する石油タンクの強度について検討を行い、補強など損傷発生防止策の有効性を確認する。

サブテーマⅡ　巨大地震による石油コンビナート地域における強震動予測及び石油タンク被害予測の研究

我が国観測史上初の M9 クラスの地震である 2011 年東北地方太平洋沖地震の際に観測された強震動の特性とその強震動が石油タンクに及ぼした影響の分析を行うことなどにより、強震動及び強震動による石油タンクの被害の予測・推定精度の向上を目指した研究を行う。

サブテーマⅢ　再生資源物質の火災危険性評価方法及び消火技術の開発

現状では総合的で適正な危険性評価手法がない再生資源物質に対して、再生資源物質の火災を予防するために、蓄熱発火危険性に関する評価手法を研究する。また、金属スクラップなどの再生資源物質は、消火が困難なものが少なくないため、火災予防対策の研究を行うとともに消火技術の研究を行う。

サブテーマⅣ　フッ素化合物の使用禁止が泡

消火薬剤の消火性能に与える影響評価と対応策に関する研究

泡消火薬剤へのフッ素化合物添加が禁止された場合に、泡消火薬剤の消火性能がどのような影響を被ることとなるかを予測・評価するとともに、その対応策について検討を行う。

表 2-1　5 か年の各サブテーマの研究計画概要

	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度
サブテーマⅠ 石油タンクの津波による損傷メカニズム及び発生防止策の研究	・東北地方太平洋沖地震における石油タンクの津波被害の調査、分析	・津波がタンク本体及び基礎に及ぼす影響の解明 ・タンク本体及び基礎の損傷メカニズムの解明	・タンク、基礎などの損傷発生防止策の検討	・危険物漏洩防止策の検討	・石油タンクの津波損傷防止策の有効性の検証
サブテーマⅡ 巨大地震による石油コンビナート地域における強震動予測及び石油タンク被害予測の研究	・石油コンビナート地域における強震観測［継続］ ・2011 年東北地方太平洋沖地震の際に石油コンビナート地域等で観測された地震動の特徴の分析 ・大地震の震源から放射される長周期地震波の特性（コーナー周期）の再分析 ・長周期地震動特性と地下構造の関係の検討を目的として、テストサイトとして選んだ石油コンビナート地域における地下構造の予備的調査	・石油コンビナート地域における強震観測［継続］ ・2011 年東北地方太平洋沖地震の際に石油コンビナート地域等で観測された地震動の特徴の分析［継続］ ・大地震の震源から放射される長周期地震波の特性（コーナー周期）の再分析に基づく長周期帯域の加速度スペクトルの半経験的表現式の改定 ・巨大地震発生時の石油コンビナート地域における強震動予測 ・長周期地震動特性と地下構造の関係の検討を目的として、テストサイトとして選んだ石油コンビナート地域における地下構造の	(1) 石油コンビナート地域における強震観測［継続］ (2) 短周期地震動と石油タンクの被害に関する研究 ① 加速度応答距離減衰式の作成のためのデータ収集及び地盤種別分類方法についての予備的検討 ② 最大地動加速度値、震度等の地震動最大指標から加速度応答を推算できるようにするため、地震動最大指標と加速度応答の関係を整理 ③ 平成23年東北地方太平洋沖地震の際に観測された短周期地震動が石油タンク本体に及ぼした影響を評価し、被害が発生しな	(1) 石油コンビナート地域における強震観測［継続］ (2) 短周期地震動と石油タンクの被害に関する研究 ① 加速度応答距離減衰式作成のためのデータ収集及び地盤種別分類［継続］ (3) 長周期地震動と石油タンクの被害に関する研究 ① 震源から射出される長周期地震動の予測精度を検証し、向上させるための岩盤上等で観測された長周期地震動の再現実験［継続］ ② 岩盤観測点に対する石油タンクサイトの長周期地震動の増幅特性の評価に関する手法の	(1) 石油コンビナート地域における強震観測［継続］ (2) 短周期地震動と石油タンクの被害に関する研究 ① 加速度応答距離減衰式の作成のためのデータ収集及び地盤種別分類［継続］ (3) 長周期地震動と石油タンクの被害に関する研究 ① 震源から射出される長周期地震動の予測精度を検証し、向上させるための岩盤上等で観測された長周期地震動の再現実験［継続］ ② 岩盤観測点に対する石油タンクサイトの長周期地震動の増幅特性の評価に関する手法の

		調査［継続］ ・石油タンクの強震動被害推定システムの実用性向上に向けた改良	かったこととの関連の検討 (3) 長周期地震動と石油タンクの被害に関する研究 ① 震源から射出される長周期地震動の予測精度を検証し、向上させるための長周期地震動再現実験を行う上でのデータ収集と予備的解析 ② 長周期地震動の短距離間空間較差の評価のための地下構造調査の実施	予備的検討 ③ 長周期地震動の短距離間空間較差の評価のためのシミュレーション技術の検討	検討 ③ 長周期地震動の短距離間空間較差の評価のためのシミュレーション技術の開発
サブテーマⅢ 再生資源物質の火災危険性評価方法及び消火技術の開発（火災危険性評価）	・熱量計を用いた固体系再生資源物質の蓄熱発火危険性評価方法の検討及び提案 ・熱量計を用いた液体系再生資源物質の蓄熱発火危険性評価及び提案	・熱量計を用いた液体系再生資源物質の蓄熱発火危険性評価及び提案［継続］ ・種々の固体系及び液体系再生資源物質について熱量計を用いた危険性評価 ・再生資源物質の蓄熱発火試験装置の検討及び開発	・熱量計を用いた液体系再生資源物質の蓄熱発火危険性評価及び提案［継続］ ・種々の固体系及び液体系再生資源物質について熱量計を用いた危険性評価［継続］ ・再生資源物質の蓄熱発火試験装置の検討及び開発［継続］ ・熱量計及び試作装置を用いた体系的な蓄熱発火危険性評価方法の検討及び提案	・熱量計を用いた液体系再生資源物質の蓄熱発火危険性評価及び提案［継続］ ・種々の固体系及び液体系再生資源物質について熱量計を用いた危険性評価［継続］ ・再生資源物質の蓄熱発火試験装置の検討及び開発［継続］ ・熱量計及び試作装置を用いた体系的な蓄熱発火危険性評価方法の検討及び提案［継続］	・固体系再生資源物質等について、本研究で提案した熱量計等を用いた危険性評価例の充実 ・液体系再生資源物質等の危険性評価方法の提案と妥当性の検証 ・熱量計等および試作した蓄熱発火試験装置を用いた体系的な蓄熱発火危険性評価方法の提案
サブテーマⅢ 再生資源物質の火災危険性評価方法及び消火	・消火性能評価装置の開発及び改良	・消火性能評価装置の開発及び改良［継続］	・再生資源物質（単一物質）による消火性能評価	・再生資源物質（混合物質）による消火性能評価	・再生資源物質（混合物質）による消火性能評価［継続］

技術の開発（消火技術）					・再生資源物質等の消火技術の開発
サブテーマⅣ フッ素化合物の使用禁止が泡消火薬剤の消火性能に与える影響評価と対応策に関する研究	・フッ素フリー泡消火薬剤の試作 ・泡性状コントロールノズルの試作 ・消火実験時に使用する泡性状のデータベース作成	・泡性状コントロールノズルの試作及び改良 ・消火実験時に使用する泡性状のデータベース作成［継続］ ・泡性状の違いによるフッ素含有及びフッ素非含有泡消火薬剤の消火性能の検討 ・燃焼油面中におけるフッ素含有及びフッ素非含有泡の挙動解析	・規模効果評価時の泡性状コントロールノズルの試作及び実験装置の改良 ・燃焼油面中におけるフッ素含有及びフッ素非含有泡の挙動解析［継続］ ・規模効果評価時の消火実験時に使用する泡性状のデータベースの作成	・フッ素非含有泡消火薬剤の規模効果の検討 ・フッ素含有泡消火薬剤の規模効果の検討	・フッ素非含有泡消火薬剤の規模効果の検討［継続］ ・フッ素化合物の使用禁止が泡消火薬剤の消火性能に与える影響評価と対応策

2. 研究成果

2-I　石油タンクの津波による損傷メカニズム及び発生防止策の研究

(1) 2011 年東北地方太平洋沖地震の津波により移動の被害を受けたタンクの詳細調査

宮城県、岩手県、青森県、福島県、茨城県の各県で津波の移動被害を受けたタンクの詳細調査を行った。その結果、消防庁石油タンク津波移動被害予測式の予測精度が高いことを確認した。当該予測式が、南海トラフ地震等の将来の地震津波にも適用可能な予測手法であることを示し、予測式の確立に寄与した。なお、当該予測式は、消防庁 HP で公開され、「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール」(ソフトウェア）として全国の消防本部や事業者等で広く利用されている。

また、石油タンクの配管の被害率（津波最大浸水深の 1m 間隔の階級毎の［配管に被害が生じたタンク基数］／［当該階級に含まれるタンク基数］）と津波最大浸水深の関係を求め、これを対数正規累積分布関数でモデル化して被害率曲線を作成・提案した（図 2-1)。この曲線によれば、最大浸水深 2m では被害率は約 25%であるが、これが 4mになると被害率は約 80%に急増する。仮に津波浸水深を低く抑えることによって配管被害を軽減するという対策を考える場合には、目標として浸水深 2m 程度以下というのが一つの目安となる。

(2) タンク・基礎の損傷防止策及び損傷時の危険物漏洩防止策の検討

現地調査の結果に基づき、津波で動いた屋外タンクの数を精査し、それらの諸元や津波時の原位置及び移動先を把握した。また、福島県内において容量 9800kL タンク（1 万 kL クラス）2 基が移動したという事例について、貯油量は 6000kL と 7400kL もあったことが分かった。最も遠くまで動いたタンクは気仙沼の 2km ではなく、女川にあった 980kL タンクで、移動距離約 5km である。

貯油量が多かった故に移動被害を免れたと思われる実例（ほぼ同じ場所で貯油量が多かったタンクは動かなかった、少なかったタンクは動

いたという実例）をいくつか把握。また、小規模なタンクについて、アンカーボルトが設置されていたが故に移動被害を免れたと思われる実例（ほぼ同じ場所でアンカーボルトが設置されていたタンクは動かなかった、設置されていなかったタンクは動いたという実例）を数例把握した。これらのデータは、津波シミュレーションの基礎データとして活用されると伴に、石油タンクの津波被害を後世に伝えるための記録とする。

タンク津波被害シミュレーションや一部現地調査結果によると、石油タンクの津波移動被害を防止するためには、タンク底板直下への海水の侵入を防止し、鉛直波力（浮力）の影響を低下することが重要であることが示唆された。損傷防止策として、雨水侵入防止シールやアンカーボルトの設置などが考えられる。

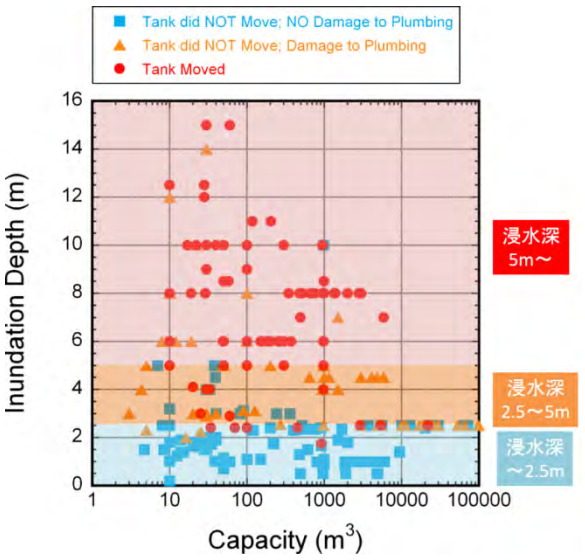


図 2-1　2011 年東北地方太平洋沖地震の際の石油タンクの津波浸水深と移動被害との関係（タンク容量別）

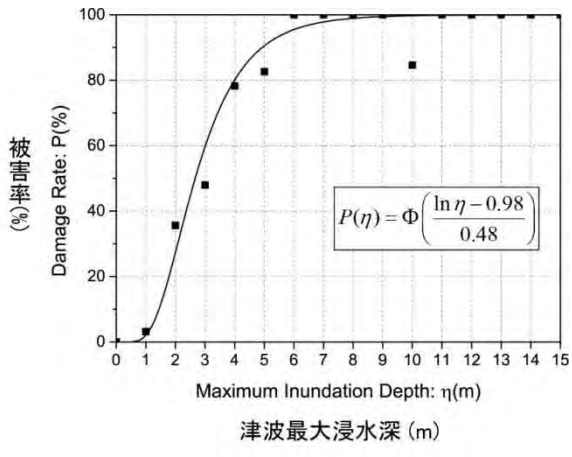


図 2-2　2011 年東北地方太平洋沖地震の際の石油タンク付属配管津波被害率（■）と被害率曲線（実線）

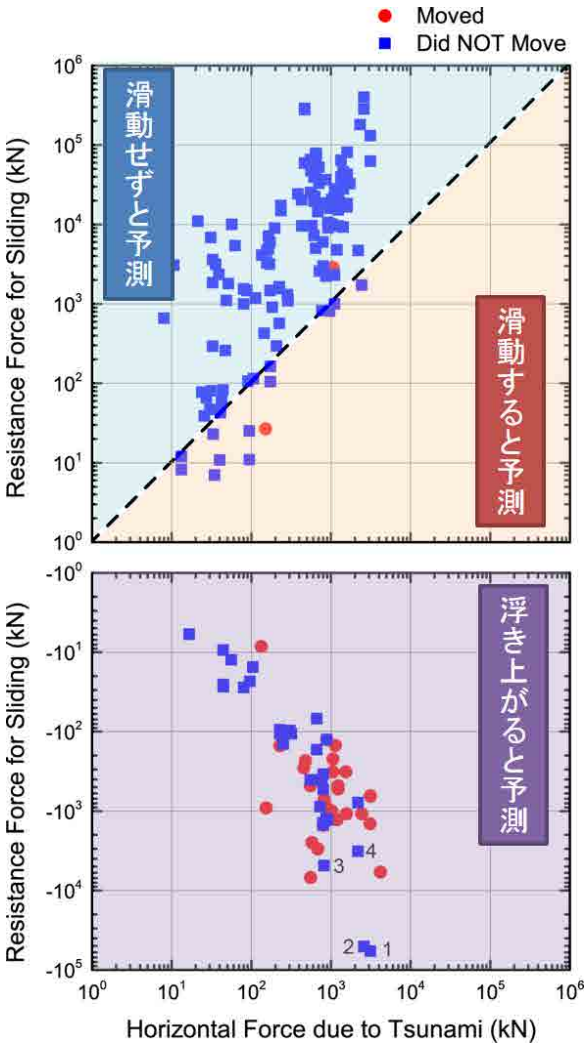


図 2-3　2011 年東北地方太平洋沖地震の際の石油タンクの滑動・浮き上がり被害の予測結果と実際の被害との関係

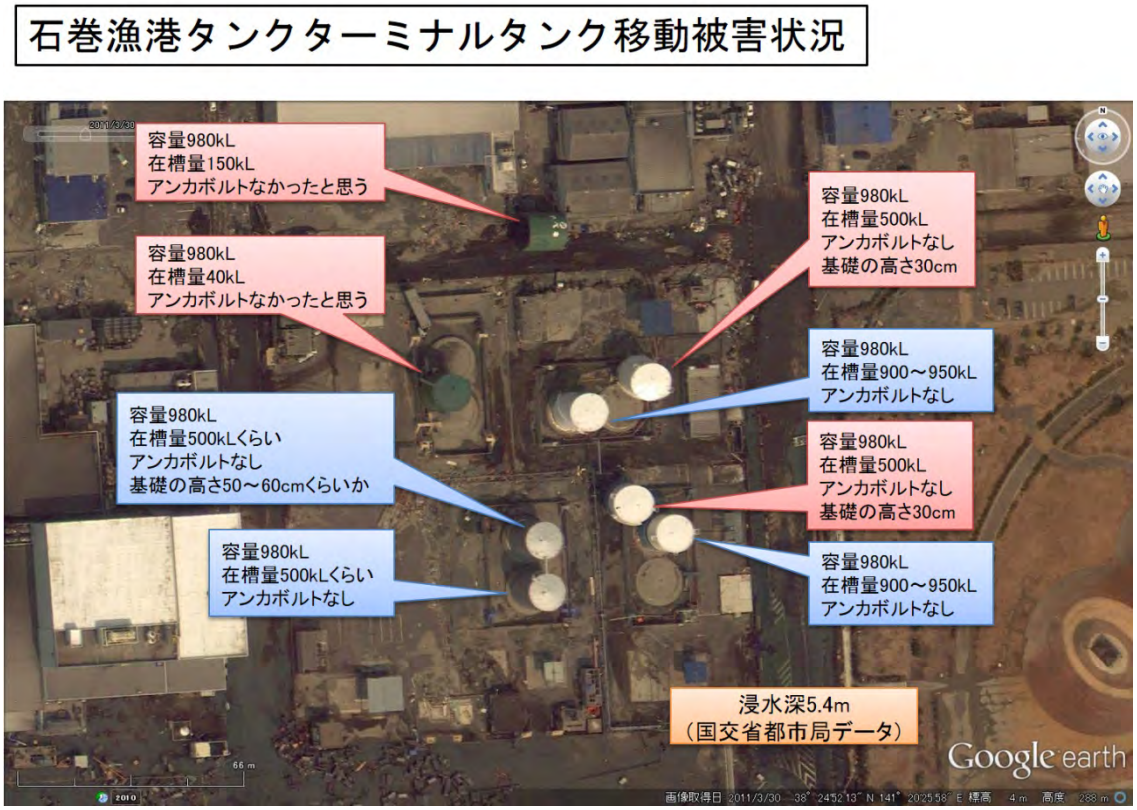


図 2-4　2011 年東北地方太平洋沖地震の際の石巻市における石油タンクの移動被害調査結果の一例

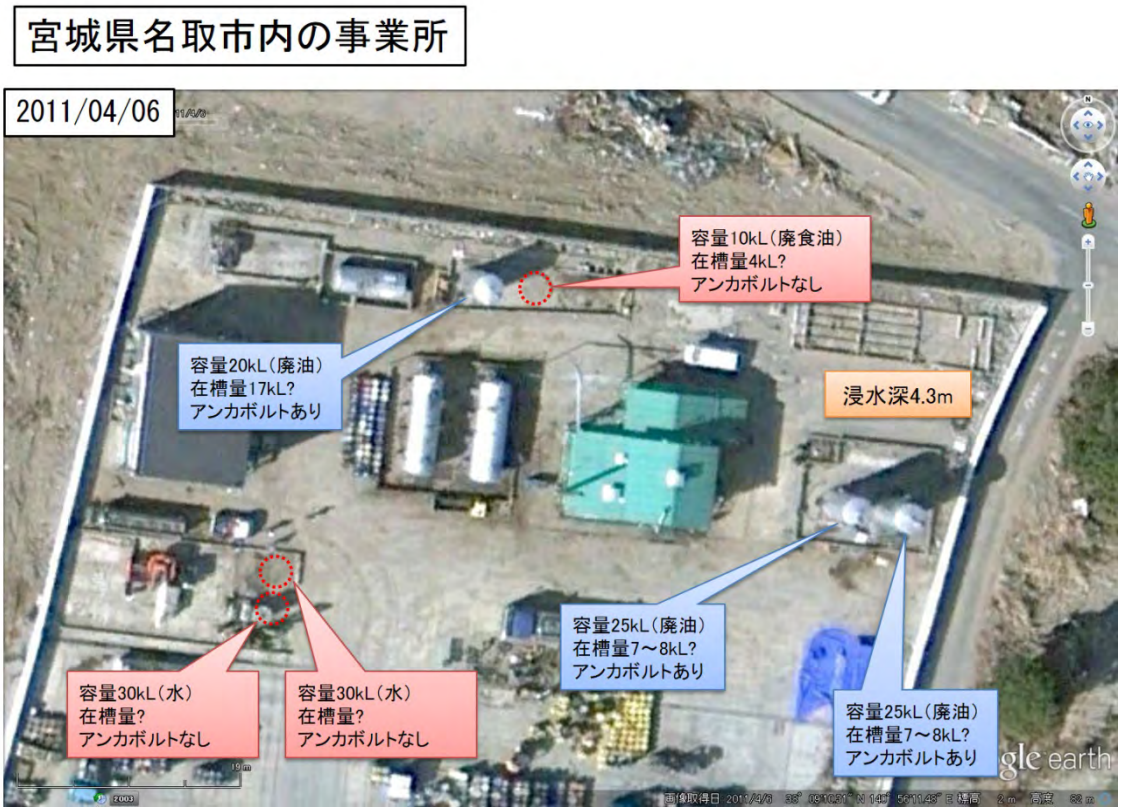


図 2-5　2011 年東北地方太平洋沖地震の際の名取市における石油タンクの移動被害調査結果の一例

2-II　巨大地震による石油コンビナート地域における強震動予測及び石油タンク被害予測の研究

(1) 石油コンビナート地域における強震観測

石油コンビナート地域における強震観測を継続し、今研究期間中に、2011 年東北地方太平洋沖地震の多数の規模（マグニチュード）の大きな余震、2014 年 11 月 22 日長野県北部の地震（M6.7）、2015 年 5 月 30 日の小笠原諸島西方沖の地震（M8.1）等から良好な強震記録を取得し、石油コンビナート地域における強震観測記録の蓄積を行った。これらの記録は次期研究課題において、石油コンビナート地域における詳細な長周期地震動特性の検討に利活用する予定である。

石油コンビナート地域における強震観測の利用方法の一つとして開発を進めてきている「石油コンビナート等特別防災区域地震動観測情報システム」（図 2-6）について、高機能化・利便性の向上を図るための改良を行った。具体的には、①国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測網 K-NET のデータに加え、同強震観測網 KiK-net のデータも利用することにより石油コンビナート地域における強震動をより正確に把握できるようにしたこと（これは防災科学技術研究所との共同研究によるもの）、②長周期地震動に関する情報をユーザに対して速やかに電子メールで配信できるようにするための改修を行ったこと、③消防機関等が地震時応急対応を行う上でとっさに必要となる情報をよりわかりやすく簡潔に伝達できるようにするために、短周期地震動、長周期地震動それぞれについて揺れが大きかった順に石油コンビナート地域を並べその観測値等を列記したリストを作成する機能を追加する改修を行ったこと等である。

「石油コンビナート等特別防災区域地震動観測情報システム」は、消防庁における地震時の応急体制の現場において実際に利活用されている。

図 2-6　「石油コンビナート等特別防災区域地震動観測情報システム」の画面表示例

(2) 短周期地震動と石油タンクの被害に関する研究

2011 年東北地方太平洋沖地震の際に石油タンクに関する消防法令上の技術基準で定められている地震動レベルを大きく上回る強震動が観測された石油コンビナート地域（図 2-7、広野、小名浜等）に立地していた容量千 kL 以上の大型石油タンクについて、構造に関するデータを収集し、短周期地震動が石油タンク本体に及ぼした影響を評価し、タンク本体に被害が発生しなかったことが説明できるかどうか検討した。短周期地震動による石油タンク本体に対する影響は、側板に発生する引張応力、圧縮応力及びアニュラ板の保有水平耐力を計算することにより評価し、計算は消防法令上の技術基準及び消防法令上の技術基準の運用通知である昭和 58 年消防危第 44 号及び平成 6 年消防危第 73 号に示されているもの（消防庁安全性照査算定式）によった。

その結果、一部のタンクを除き、計算結果はタンク本体に被害がなかったことが整合することがわかった。消防庁安全性照査算定式は、1995 年兵庫県南部地震における被害実例に照らし、容量数百 kL 程度の小型のタンクに対する本体被害発生予測に適用性があることが確かめられているが、容量千 kL 以上の大型石油タンクに対する本体被害発生予測にも適用性がある可能性があることがわかった。これは、地震時に石油タンク本体の被害を迅速に推定し、応急対応等に活用しようとするシミュレーション技術の開発・運用において重要な知見となるものである。

ただし、2011 年東北地方太平洋沖地震では短周期地震動による石油タンク本体の被害は発生していないことから、消防庁安全性照査算定式が容量千 kL 以上の大型石油タンクについて本体被害が発生することを予測しうるものであるかという点については確かめられていない。また、平成 23 年東北地方太平洋沖地震の検討事例でも、計算による被害予測と実際がくいちがう（計算では被害発生の可能性ありと予測されるが実際には無被害）ものがあり、この原因・理由については検討・考察の余地がある。これらについては今後の課題である。

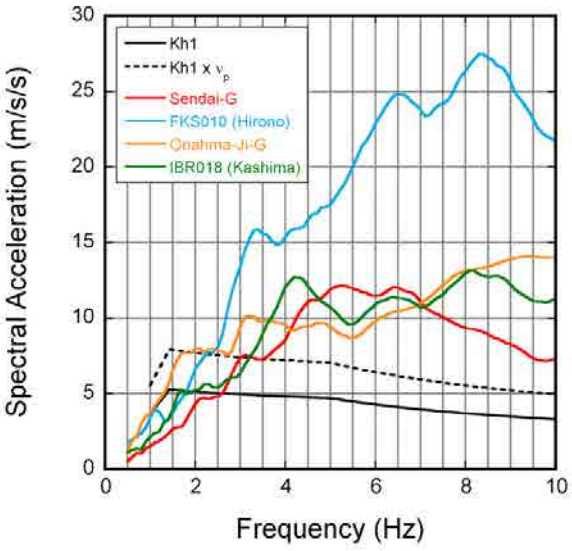


図 2-7　2011 年東北地方太平洋沖地震の際に石油コンビナート地域付近で観測された短周期地震動のレベル

(3) 長周期地震動と石油タンクの被害に関する研究

(3-1) 大地震の震源から放射される長周期地震波の特性（コーナー周期）の再分析

観測史上これまでに我が国では経験したことのなかった M9 クラスの巨大地震の長周期地震動の経験的予測手法の予測精度を上げることを目的として、震源から放射される地震波のスペクトルのコーナー周期（加速度震源スペクトルのモデルにおいて、それより短い周期ではスペクトル形状がほぼ平坦であるが、それより長い周期ではおおむね周期の 2 乗に反比例してレベルが下がることとなる境界にあたる周期）に着目して、2011 年東北地方太平洋沖地震を含んだ強震観測記録データセットの再分析を行った。その結果、2011 年東北地方太平洋沖地震の長周期地震動をよりよく再現できるコーナー周期

Tc(s)とマグニチュードMの経験的関係式として、

$$Tc = 0.5M - 2.96$$

を提案した。既往のコーナー周期－マグニチュード経験的関係式では、2011 年東北地方太平洋沖地震のTcは 9.4(s)と評価されるが、この提案式によれば 34.7(s)と評価される。これにより、2011 年東北地方太平洋沖地震については、例えば東京大手町では周期 7 秒以上の長周期地震動の予測結果が大幅に改善されるようになった（図 2-8）。すなわち、既往のコーナー周期－マグニチュード経験的関係式では、周期 7 秒以上の周期帯域では予測されるレベル（図 2-8 の黒線）が観測されたレベル（図 2-3 の細い赤線と青線）を大きく下回るが、提案式に基づいて予測されるレベル（図 2-8 の太い赤線）は観測されたそれとほぼ一致する。

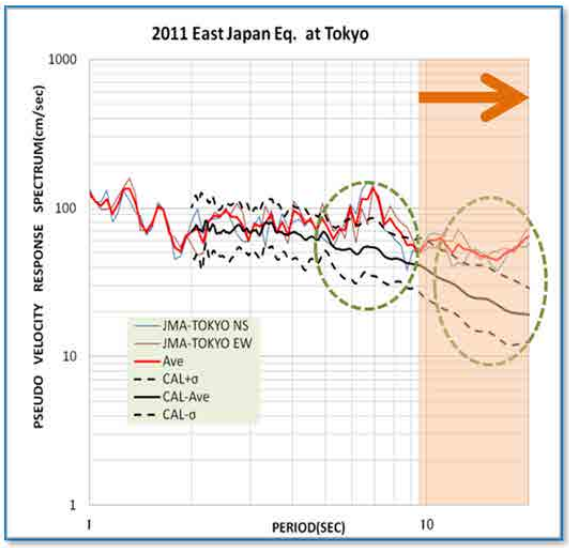


図 2-8　2011 年東北地方太平洋沖地震の際に大手町において観測された長周期地震動の疑似速度応答スペクトルと経験的予測手法により予測されたそれとの比較

ただし、M8 クラス以下の地震については、提案式よりも既往の式を使ったほうが予測結果と観測事実の一致度が高くなるとも考えられ、M8 クラス以下の地震については既往の式を、M9 クラスの地震については提案式を使うという使い分けを行うことが妥当とも考えられる。

(3-2) 石油タンクスロッシング及び長周期地震動の短距離間空間較差の原因の究明

2011 年東北地方太平洋沖地震の際、新潟東港の石油コンビナート地域の西地区と東地区では、その距離たかだか約 2km にもかかわらず、また両地区の石油タンクに発生したスロッシング高さは、西地区のほうが東地区よりも系統的に大きく最大 1.5 倍程度の差が見られた（図 2-9）。新潟東港の石油コンビナート地域は石油備蓄基地であり、石油備蓄タンクの大きさはほぼ同じで、貯蔵量も通常は満液である。このため、当該石油備蓄基地の石油備蓄タンクのスロッシング 1 次固有周期はどのタンクも約 10 秒である。

当該石油コンビナート地域東地区における強震観測の継続及び西地区近隣の他事業所からの地震記録の収集結果、2011 年年東北地方太平洋沖地震の余震観測記録は、本震時に発生した長周期地震動レベルが東地区よりも西地区のほうが大きかったこと、すなわち両地区のスロッシング高さの違いは長周期地震動レベルの違いによるものであることを示唆することがわかった（本震の地震記録は東地区にはあるが西地区にはない）。これは、周期 10 秒程度という長周期の地震動の大きさの場所による違いが、近い距離であるにもかかわらず意外に大きいかもしれないことを意味する。

図 2-10 に西地区と東地区で実施した常時微動アレイ観測から推定された地下構造モデル（地震波速度構造モデル）の比較を示す。東地区では西地区に比べて、全体的に堆積層が薄く、とくに S 波速度 1.2km/s 程度の堆積層が薄いことがわかった。この地下構造の違いが両地区での長周期地震動レベル及びスロッシング高さの差異をもたらした可能性が高いと考えられる。

この結果は、周期 10 秒程度という長周期の地震動といえども、その高精度の評価には、全体的な堆積層の厚さにとどまらずより詳細な地下構造情報が必要であることを意味している点で重要である。

この微妙な地下構造の違いが、両地区に生じたスロッシング高さ（長周期地震動）の違いを定量的に説明しうるものであるかの検証はできていない。これは今後の課題であるが、それにはタンクヤード等サイト直下の地下構造の違いから、簡便・実用的に長周期の地震動の大きさの違いを予測する手法が必要であり、その手法の研究開発が必要である。

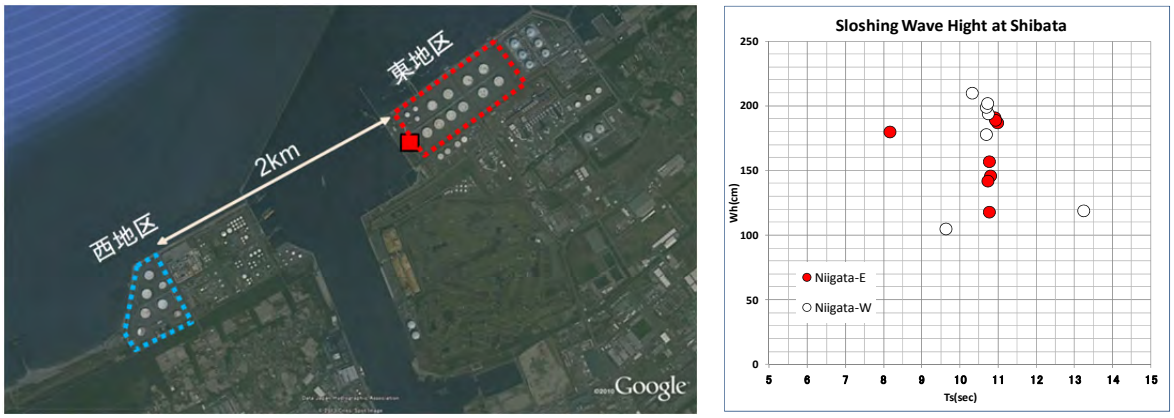


図 2-9　2011 年東北地方太平洋沖地震の際に新潟県内の石油備蓄基地においてで観測されたスロッシングのレベル

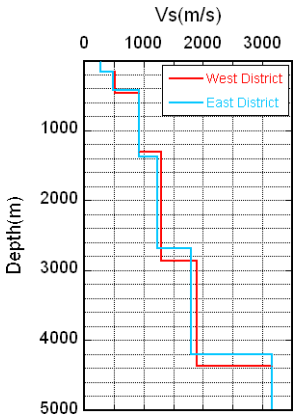


図 2-10　新潟東港の石油コンビナート地域における常時微動アレイ観測から推定された地下構造モデル

2-III　再生資源物質の火災危険性評価方法及び消火技術の開発

現在、火災危険性評価手法が定まっていない種々の再生資源物質について、種々の測定装置で火災危険性（蓄熱発火の危険性）の評価を行い、各物質の蓄熱発火の危険性を適正に把握できる評価手法を開発するものである。平成26年度の研究目的と得られた主な成果は次のとおりである。

（火災危険性評価）

適正な危険性評価手法がない種々の再生資源物質（図 2-11）について、その火災危険性の評価手法を開発し、火災危険性に関する知見の蓄積を図るものである。平成 23 年度において得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 固体系再生資源物質について、双子型高感

度熱量計、等温型高感度熱量計及びガス分析を組み合わせた蓄熱発火の危険性評価方法を提案した。

(2) 液体系再生資源物質について、等温型高感度熱量計を用いた蓄熱発火の危険性評価方法を検討し、基礎的資料を得た。

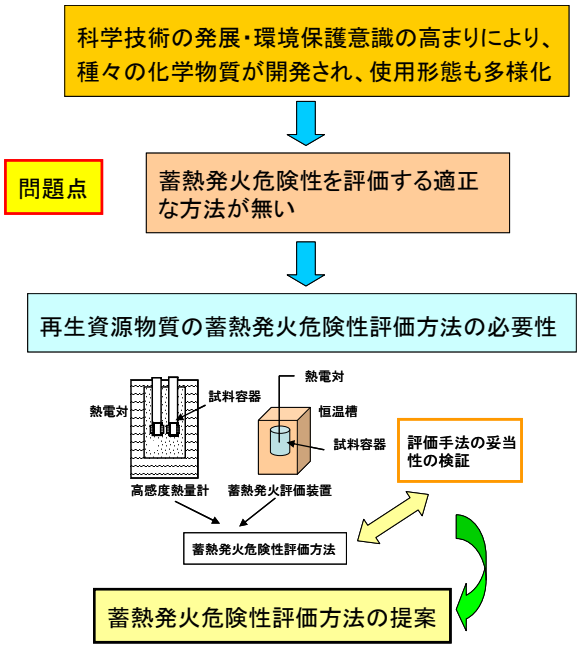


図 2-11　再生資源物質の火災危険性評価方法の開発の概要

図 2-12　再生資源物質の例（上：RPF、下：木材ペレットの幹部）

平成 24 年度の研究目的と得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 固体系再生資源物質について、平成 23 年度に提案した蓄熱発火の危険性評価手法を種々の試料に適用し、蓄熱発火の危険性について相対評価を行った。その結果、多くの試料で水の添加によって蓄熱発火の危険性が増加することがわかった（図 2-13）。また、双子型高感度熱量計を用いて、微生物の活動に起因して蓄熱発火を起こす試料を測定したところ、常温から発酵発熱した後、酸化発熱し燃焼に至ることがわかった（図 2-14）。特に、発酵発熱が約 15J/g 以上の場合、蓄熱発火を起こす危険性が高い。

(2) 液体系再生資源物質について、試料としてバイオディーゼル等を使用して、窒素および空気中で等温型高感度熱量計による等温実験を行い、蓄熱発火の危険性を評価する手法を検討した。その結果、バイオディーゼルは空気中において自己触媒的に酸化発熱することがわかった（図 2-15）。窒素中では容器空間の酸素が消費された後に急激に熱流束は減少した。また、空気中では容器空間の酸素が消費された後熱流束は減少するが、試料中の酸素によって継続的に酸化発熱することがわかった。

(3) 再生資源物質の蓄熱発火試験装置の検討を行い、温度および圧力を同時に測定できる試験装置を試作した。またこの試作装置を用いた昇温試験及び等温試験を実施し測定方法について検討している。

その他、金属スクラップ等の再生資源物質の消火技術の開発について、得られた主な成果は次のとおりである。

(4) 再生資源物質の火災の消火性能を詳細に評価するために、燃焼時及び消火時の挙動観察や生成ガスの採取や温度計測を可能とする消火性能評価装置の改良を行う。

これについては、平成 23 年度に作成した作成した消火性能評価装置を改良し、消火時の再生資

源物質内の温度計測および消火時の生成ガスを採取可能な構造とした。これにより、消火時の発熱温度の変化や発生ガス濃度が計測でき、再燃危険性の評価や消火時の発生ガスによる危険性評価が可能となった。また、再生資源物質の消火性能を定量的に評価することが可能となった。

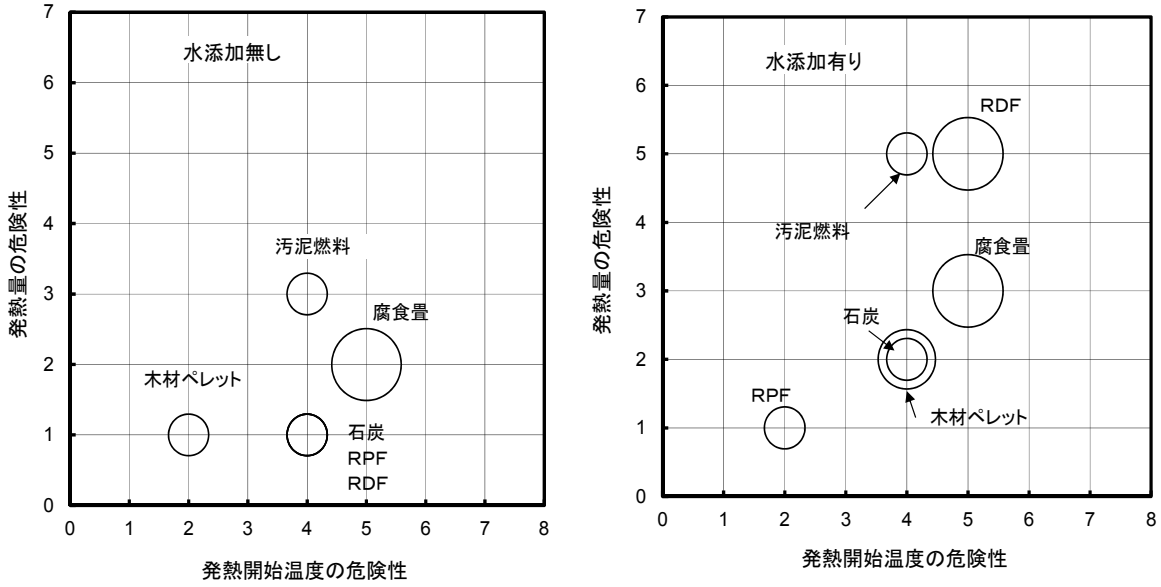


図 2-13 種々の再生資源燃料の蓄熱発火危険性評価結果

発熱開始温度、発熱量および可燃性ガス発生量でもって相対的に蓄熱発火の危険性評価する。左図が水添加無しの結果、右図が水添加した結果。グラフ右上に位置し、円の面積が大きい試料ほど蓄熱発火による火災危険性険性が高いことを示す。

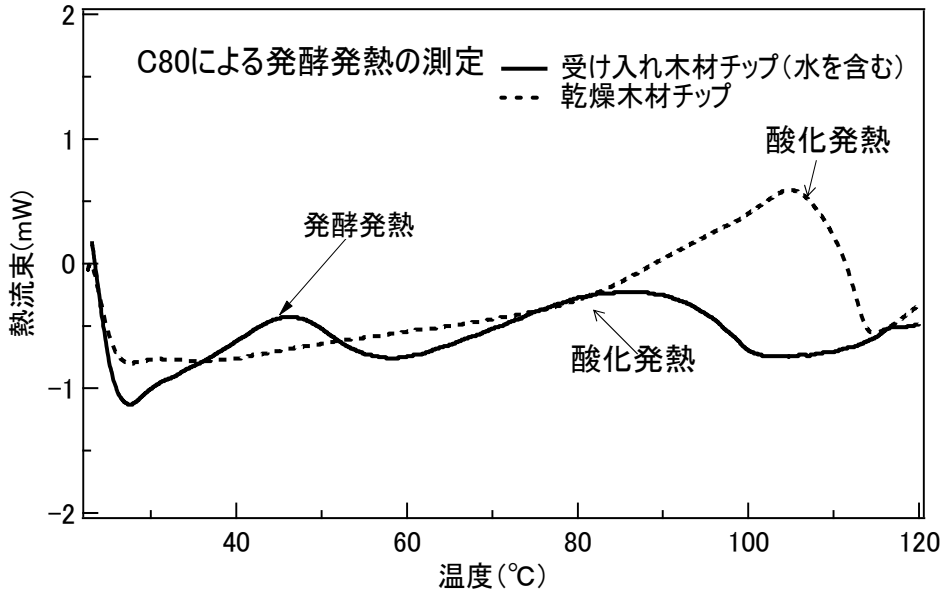


図 2-14　双子型高感度熱量計に測定された蓄熱発火を起こした試料の測定結果

水分を添加した場合、常温から発酵発熱が観察され、酸化発熱に移行することがわかる。

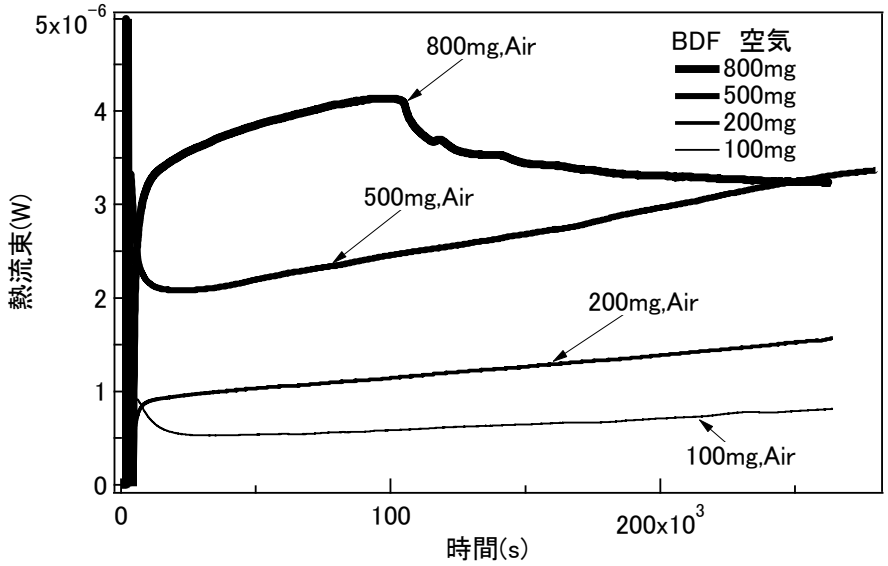


図 2-15 等温型熱量計によるバイオディーゼルの空気中における測定結果

雰囲気温度：50℃、熱流束の挙動は自己触媒的に酸化発熱することを示している。試料量 800mg の試料は容器内の酸素が消費されたため熱流束が低下したと考えられる。

平成25年度の研究目的と得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 固体系再生資源物質について、本研究で提案した蓄熱発火の危険性評価手法を種々の試料に適用し、蓄熱発火の危険性について相対評価を行った。その結果、これまでの結果と同様、水の添加によって蓄熱発火の危険性が増加することがわかった。また、双子型高感度熱量計(C80)を用いた結果でも、発酵による発熱量が10J/g 以上の場合、蓄熱発火を起こす危険性が高いことがわかった。

(2) 液体系再生資源物質について、試料としてバイオディーゼル（BDF）及びスクワレン等を使用して、窒素及び空気中でC80による昇温実験を行い、蓄熱発火の危険性を評価する手法を検討した。その結果、BDFおよびスクワレンが空気中において酸化発熱することを測定で明らかにした（図2-16）。また、自然発火温度測定装置（SIT）との比較によって、SITによって得られた自然発火温度とC80によって測定された発熱検知温度に良い相関性があることがわかった。

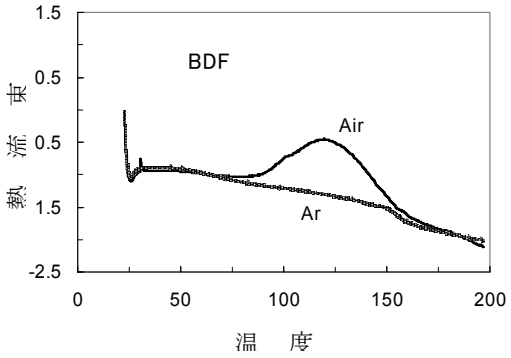


図 2-16　C80 による空気中およびアルゴン中における BDF の熱流束曲線

試料量：200mg、試料容器：ステンレス製容器、昇温速度：0.1K/min

BDF の C80 の結果から、アルゴン中の発熱量は、空気中の発熱量よりも約 1/5 以下程度に小さくなった。BDF の発熱検知温度が 65.5℃であることも考え合わせると酸化発熱していることを示している。

(3) 平成 24 年度に試作した蓄熱発火試験装置を用いてごみ固形燃料(RDF)について測定を行った。昇温試験によって酸化発熱及び等温試

験を実施した結果、発酵による発熱は微少であるため、検知できないが、酸化発熱は検知することができた。また、RDF の熱分解は発熱よりも発生した分解ガスによる圧力上昇による危険性が高いことがわかった（図 2-17）。

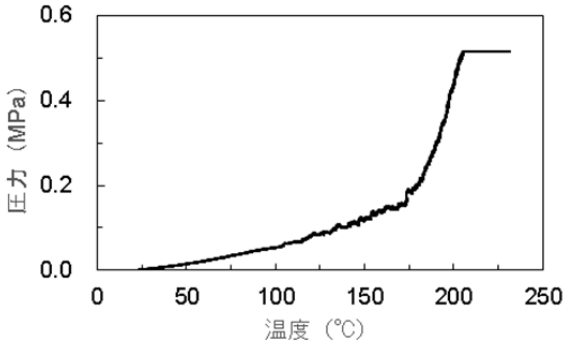


図 2-17　試作した蓄熱発火測定装置による RDF の圧力挙動

試料量：10g、昇温速度：4.0K/h

RDF は 170℃付近から急激に分解ガスを発生させることがわかる。

平成26年度の研究目的と得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 液体系再生資源物質について、試料としてバイオディーゼル（BDF）、亜麻仁油およびスクワレンを使用して、熱量計等を用いて蓄熱発火の危険性を評価する手法を検討した。その結果、双子型熱量計（C80）によって測定された発熱検知温度（Ta）が自然発火温度測定装置（SIT）によって得られた自然発火温度と良い相関性があることがわかった。また、周囲温度70℃でTAMを使用して熱流束を測定することによって、BDF等が空気中において酸化発熱し、火災に至る危険性があることを明らかにした（図2-18）。

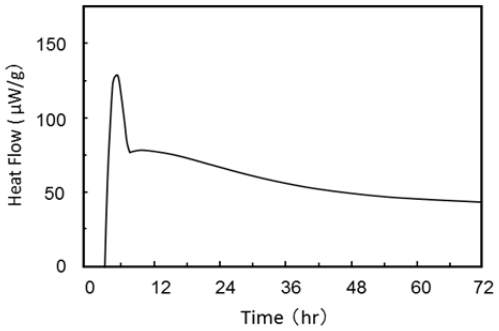


図 2-18　等温型高感度熱量計（TAM）によるバイオディーゼル（BDF）の熱流束曲線

試料量：0.5g、周囲温度：70℃

バイオディーゼルの発熱量は 72 時間で 14.7J/g であった。この値は酸化発熱が蓄熱して火災に至る危険性があることを示している。

(2) 固体系再生資源物質について、本研究で提案した蓄熱発火の危険性評価手法を有機系の燃料および石炭等に適用し、蓄熱発火の危険性について調べた。その結果、有機系の試料は水の添加によって常温からの微少な発酵発熱、石炭については常温からの微少な酸化発熱が検出され、蓄熱発火を起こすことがわかった。

(3) 試作した蓄熱発火試験装置(CPVT)によって液体系および固体系試料について酸化発熱による危険性について測定を行った。液体系試料について、試料を脱脂綿にしみ込ませて測定することにより発熱検知温度（Ta）を測定することができた（図 2-19）。固体系試料について、圧力を指標とすることで、発熱を開始する温度（Tb）を測定することができた。Ta および Tb は高感度熱量計の発熱検知温度等と良い相関性があることがわかった。

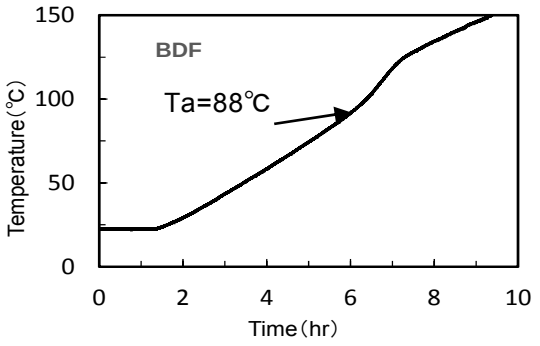


図 2-19　蓄熱発火測定装置（CPVT）によるバイオディーゼル（BDF）の温度上昇曲線
試料（300mg）を脱脂綿に含浸させて測定。昇温速度：0.12K/min
蓄熱発火測定装置（CPVT）によると BDF による酸化発熱の発熱検知温度は 88℃であった。CPVT によって得られた発熱検知温度は自然発火温度測定装置(SIT)による自然発火温度と良い相関性があった。

平成27年度の研究目的と得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 液体系再生資源物質等について、種々の試料に対して熱量計等を用いて蓄熱発火の危険性を評価する手法を検討した。その結果、双子型高感度熱量計(C80)によって測定された発熱検知温度(Ta)が自然発火温度測定装置（SIT）によって得られた自然発火温度と良い相関性があることが確認された。また、周囲温度70℃で等温型高感度熱量計（TAM)を使用して得られた発熱量とC80によって測定された発熱検知温度を基に酸化発熱による火災危険性を分類する手法を提案した（図2-20）。

(2) 液体系再生資源物質等について、試作した密閉式圧力容器試験装置(CPVT)によって、蓄熱発火危険性の指標となる酸化発熱による発熱検知温度について測定を行った。CPVTによって測定されたTaとC80によるTaとは良い相関性が見られたことから、CPVTによるTaを基にC80によるTaを推定することができた（図2-21）。また、CPVTのTaとSITによる自然発火温度には相関があることから、CPVTによるTaからSITによる自然発火温度を推定することができた。

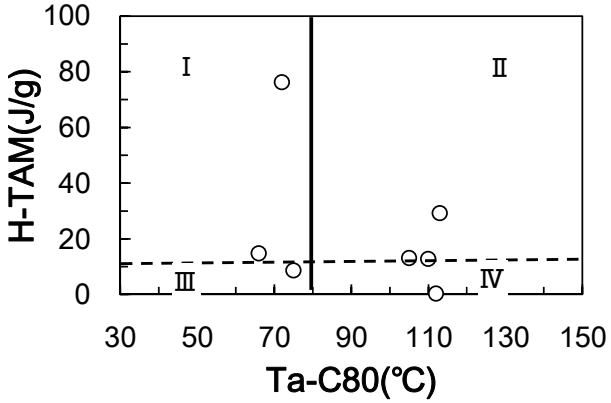


図 2-20　双子型等温型高感度熱量計（C80）による発熱検知温度（Ta）と 70℃における等温型高感度熱量計（TAM）による発熱量（H）を用いる酸化発熱の火災危険性評価法
領域Ⅳ＜Ⅲ＜Ⅱ＜Ⅰの順に火災危険性が高いことを示している。

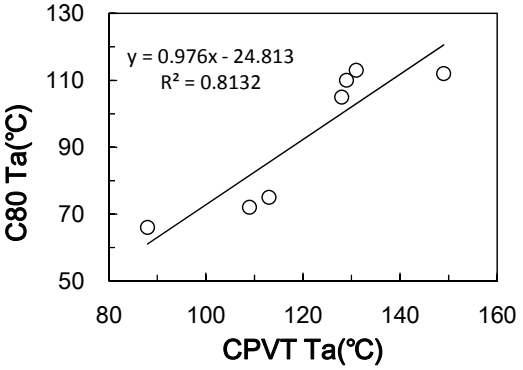


図 2-21　密閉式圧力容器装置（CPVT）による発熱検知温度(Ta)と双子型高感度熱量計(C80)による Ta の関係
酸化による蓄熱発火の危険性を表す指標である Ta について、試作した CPVT を用いて、高感度熱量計である C80 による Ta を推定することができた。

（消火技術）

【平成 23 年度研究計画及び成果】

消火方法が確立されていない図 2-22 に示すような金属スクラップ等の再生資源物質につい

て、その火災の性状に応じた泡消火剤の消火作用の最適化を研究する等、有効な消火技術を開発する。図 2-23 に水系消火薬剤を用いた金属スクラップ火災の消火のイメージを示す。平成 23 年度において得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 消火性能評価装置の開発においては、再生資源物質（木質系、樹脂系、金属系、混合系）を安定に燃焼させ、また、燃焼している再生資源物質へ水系及びガス系の消火剤を均一に散布できる機構を有する装置を開発した。

(2) 消火効果予測プログラムの開発においては、再生資源物質の火災に対する消火剤の性能を総合的に評価するため、消火活動により発生する水蒸気の凝縮過程を数値計算プログラムに組み込みが可能か検討を行った。

震災後のガレキの火災については、蓄熱発火した内部が広範囲でくん焼（無炎燃焼）している場合が多く、消火活動が長期にわたり、鎮火後も白煙が発生し再び火災に発展する場合が多い。このため、平成 23 年度においては仮置場や集積場での保管時に発生した火災を早期に収束させるための、消火活動上の留意点を取りまとめ、関連消防本部等へ連絡した。また、消防研究センターのホームページ（http://www.fri.go.jp）で公開した。これらの知見を踏まえ、ガレキの火災の予防対策とともに、より迅速な消火を実現するために研究を継続する必要がある。

図 2-22　再生資源物質の消火の例（2009 年 9 月　金属スクラップ火災）

	水溶液	低発泡倍率の泡	高発泡倍率の泡
密度	大きい	中くらい	小さい
付着性	付着しない	やや付着しやすい	付着しやすい
消火作用	表面冷却	表面冷却／被覆*	被覆*

＊ 被覆：可燃性ガスの拡散や、対流による酸素供給を阻止する効果

図 2-23　水系消火剤を用いた金属スクラップ火災の消火のイメージ

【平成 24 年度研究計画及び成果】

再生資源物質の蓄熱発火試験装置の検討を行い、試作を実施した。

また、金属スクラップ等の再生資源物質の消火技術の開発について、平成 24 年度の研究項目と得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 再生資源物質の火災の消火性能を詳細に評価するために、燃焼時及び消火時の挙動観察や生成ガスの採取や温度計測を可能とする消火性能評価装置の改良を行う。

これについては、平成 23 年度に作成した消火性能評価装置を改良し、消火時の再生資源物質内の温度計測および消火時の生成ガスを採取可能な構造とした。これにより、消火時の発熱温度の変化や発生ガス濃度が計測でき、再燃危険性の評価や消火時の発生ガスによる危険性評価が可能となった。また、再生資源物質の消火性能を定量的に評価することが可能となった。

(2) 消火効果予測プログラムの改良

消火効果予測プログラムの改良に必要な、プログラム検証用のデータ取得のための、水蒸気プルーム(温度の高い水蒸気は、浮力を生じ、上昇気流が生成され、水蒸気と周囲から連行された空気の混合体)の実験を実施し、プルーム発生時の映像情報とプルーム中の軸方向の温度分布を取得した。

【平成 25 年度研究計画及び成果】

(1) 再生資源物質（単一物質の場合）の消火性能評価

燃焼時及び消火時の挙動観察や生成ガスの採取や温度計測を可能とする消火性能評価装置を使用し、再生資源物質（木質系燃料）の燃焼性状を調べ、燃焼時間及び有炎燃焼開始時の温度計測等を行った。

【平成 26 年度研究計画及び成果】

(1) 再生資源物質（単一物質の場合）の消火性能評価［継続］

消火性能評価装置を使用し、再生資源物質（木質系燃料）の形状や空隙率をパラメーターにした時の燃焼性状を調べ、燃焼室内への酸化剤流入量に対する、可燃物質量減少率から発熱速度の変化を調べ、ほぼ完全燃焼可能な酸化剤流量の関係の一部を実験的に明らかにした。更に、各燃焼条件における発熱速度の分布から、消火剤等（窒素付加空気、水、泡水溶液、泡）の投入時期の検討（発熱速度の経時変化より同じ投入方法、投入量でも消火性能が違うため）を行った。

(2) 再生資源物質（混合物質の場合）の消火性能評価

消火性能評価装置を使用し、再生資源物質（混合燃料）の燃焼性状を調べるための予備実験を実施し、燃焼時間及び有炎燃焼開始時の温度計測等を行った。

【平成 27 年度研究計画及び成果】

(1) 再生資源物質（単一物質の場合）の消火性能評価［継続］

消火性能評価装置を使用し、空隙率 46 %の再生資源物質（木質系燃料）を空気流量一定条件（酸素濃度 21 %（空気）、流量 80 L/min）で燃焼させ、燃焼前の質量に対し 50 %減少した時点（最大発熱速度となる点）で、窒素付加空気に切り替え、酸素濃度に対する燃料残存割合から、消火性能の検討を行った（図 2-24）。なお、空気流量 80 L/min の設定は、開放空間中で再生資源物質を自由燃焼させた時の重量減少速度勾配に合わせて設定した。またパラメーターとして、燃焼前の質量に対し 50 %減少した時点で、窒素付加空気に切り替え酸素濃度を変化させてから 5 分後と 10 分後の再生資源物質燃料の残存割合を示している(図 2-25)。

その結果、自由燃焼時と同じ酸素濃度 21%（空気）では、50%質量減少時刻から 5 分後で、残存割合は、約 19%となり、更に 10 分後では、約 10%まで減少している。酸素濃度 15%では、5 分後で、残存割合は、約 27%となり、10 分後では、約 21%まで減少している。また、酸素濃

度 10%では、5 分後で約 30%となり、更に 10 分後では、約 24%まで減少しており、酸素濃度 15%の残存割合の差分とほぼ同じになっている。しかしながら、酸素濃度が 5%になると、5 分後で約 37%、10 分後で約 36%となり、燃料残存割合は、ほぼ変化せず、酸素濃度 5%の窒素付加空気であれば、一定条件の基であるが、消火可能であることを示している。更に、酸素濃度 1%では、5 分後、10 分後で各々約 43%の燃料残存割合となり、窒素付加空気投入後、直ぐに消火できることを示している。

従って、消火剤として窒素付加空気を用い、消炎酸素濃度を調べた結果、酸素濃度 5%以下であれば、消火可能であることを図 2-25 は示している。

これまで、金属スクラップ等の堆積可燃物火災に対し、圧縮空気泡（CAFS）による、消火効果が確認されてきた。この様な、再生資源物質の堆積物火災が発生した場合も、泡の封鎖効果を用いた消火方法が有効であると考えられる。堆積物全体を泡で被覆し、外気からの空気流入を封鎖することで、燃えている堆積物は、自らの燃焼により堆積物内部の酸素を消費することになる。また、泡の封鎖による消火時間は、火災規模に依存するが、堆積物内部の酸素濃度が 5%以下になるまで、堆積物全体を泡で被覆することで、消火できる可能性があることが、一連の結果から確認できた。

引き続き、発熱速度の異なる再生資源物質を可変した場合の検討も併せて行う必要があるが、今後の検討課題である。

図 2-24　窒素付加空気を用いた再生資源物質の消火実験の様子

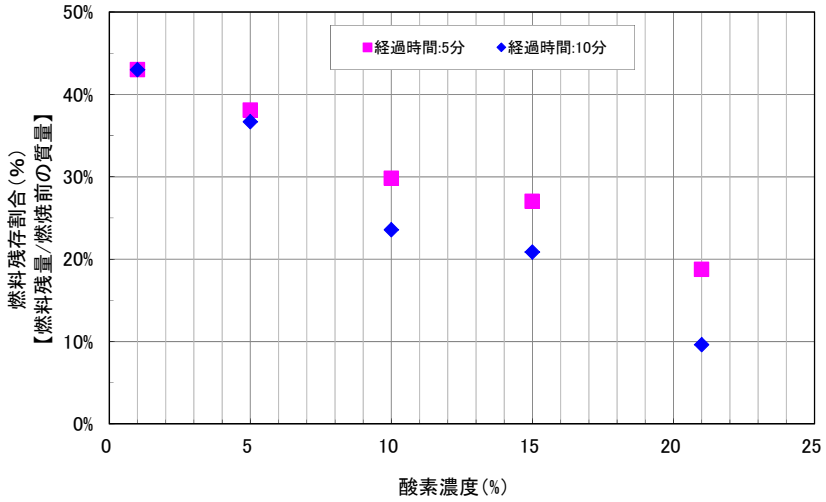


図 2-25　再生資源物質の酸素濃度と燃料残存割合

2-IV　フッ素化合物の使用禁止が泡消火薬剤の消火性能に与える影響評価と対応策に関する研究

【平成 23 年度研究計画及び成果】

フッ素化合物が使用禁止された場合の泡消火薬剤の消火性能に与える影響についての評価研究を実施する。図 2-26 に本研究の背景を示す。平成 23 年度は以下の課題に取り組む。

(1) フッ素フリー泡消火薬剤の試作

(2) 泡性状（起泡性、保水性、流動性）コントロールノズルの試作及び改良

(3) 消火実験時に使用する泡性状のデータベース作成

平成 23 年度においては、石油タンク火災に有効とされる、フッ素化合物含有の 2 種類の泡消火薬剤（粘性付与水成膜泡消火薬剤、フッ素たん白泡消火薬剤）から、フッ素化合物を抜いた泡消火薬剤の試作を行った。試作したフッ素フリー泡消火薬剤を発泡させるための泡性状コントロールノズルの試作も並行して行い、泡の消火性能を評価する時に重要となる、起泡性（発泡倍率）や保水性（還元時間）を制御できるようにノズルの改良を行った。これら試作した泡消火薬剤と泡性状コントロールノズルを使用し、様々な、起泡性（発泡倍率）、保水性（還元時間）の泡を生成させるための条件（泡水溶液量、空気流量、泡性状コントロールノズルの管路抵抗等）を明らかにして、泡性状のデータベースを作成した。これらデータは、フッ素フリー泡消火薬剤の消火性能を適正に評価するために必要（同じ泡消火薬剤、同じ泡供給量でも泡の性状を可変することで消火性能が大きく変化するため）となり、今後実施する泡消火実験で使用する。

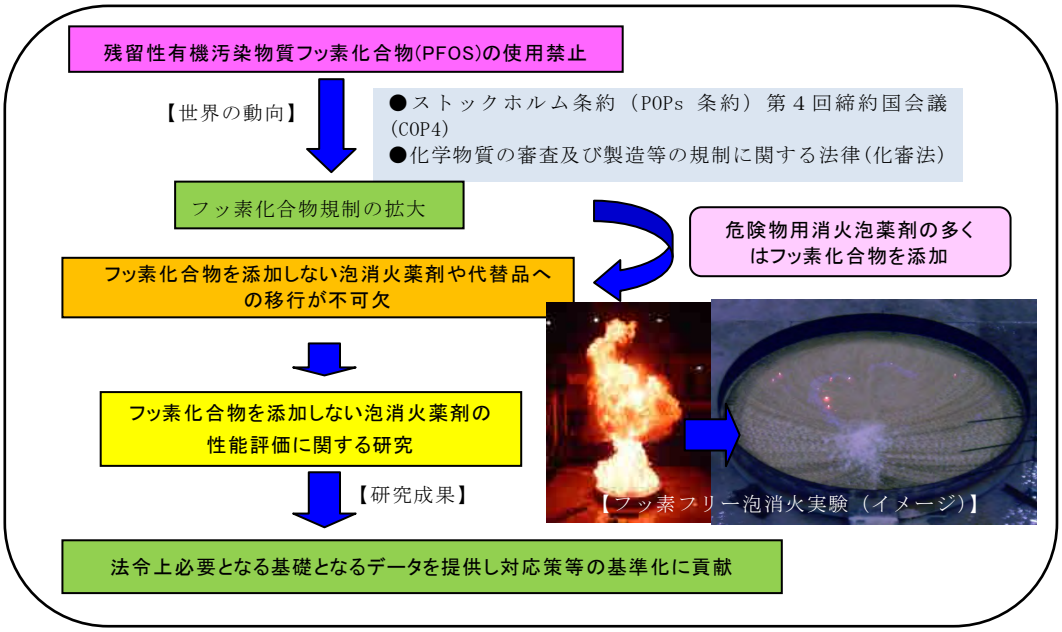


図 2-26　フッ素化合物が使用禁止された場合の泡消火薬剤の消火性能に与える影響評価研究の背景

【平成 24 年度研究計画及び成果】

平成 24 年度の研究計画とその成果を以下に示す。

(1) 泡性状（起泡性、保水性、流動性）コントロールノズルの試作及び改良［継続］

(2) 消火実験時に使用する泡性状のデータベース作成［継続］

(3) 泡性状（起泡性、保水性、流動性）の違いによるフッ素含有及びフッ素非含有泡消火薬剤の消火性能の検討

(4) 燃焼油面中におけるフッ素含有及びフッ素非含有泡の挙動解析

試作したフッ素フリー泡消火薬剤と泡性状コントロールノズルを使用し、所与の起泡性（発泡倍率）、保水性（還元時間）の泡を生成させるための条件（泡水溶液量、空気流量、泡性状コントロールノズルの管路抵抗等）を明らかにして、泡性状のデータベースを作成した。この泡性状データベースを用いて、フッ素化合物含有及びフッ素フリー泡消火薬剤の消火性能比較実験を行った。また実験的に、泡性状（起泡性、保水性）が、消火性能に及ぼす影響が最も大きくなる、限界泡供給率近傍の 0.75[L/min/m^2]の条件で、消火実験を実施した。

泡供給率 0.75[L/min/m^2]の条件では、泡の性質となる起泡性（発泡倍率：E）、保水性（還元係数：C）を最適化することで、フッ素フリー泡消火薬剤である N-FP（フッ素たん白泡：フッ素フリー）においても、火炎抑制の効果（積算放射熱量抑制効果：γ）を向上できる可能性を示した（図 2-27）。また、フッ素化合物を添加しない N-AR-AFFF（粘性付与水成膜泡：フッ素フリー）においては、泡性状を可変し最適化を試みたものの、火炎抑制がほぼ出来ないことを示している（図 2-28）。すなわち、AR-AFFF（粘性付与水成膜泡：フッ素化合物含有）では、フッ素化合物の添加の有無が火炎抑制の効果に大きく影響し、泡の消火性能を担保する上で、フッ素化合物の添加は重要であることを示している。

また、燃焼油面中の泡の挙動解析については、泡消火過程を可視化できるガラス製のタンクを作製し（図 2-34）、泡の被覆面積や放射熱の解析を行うことが出来る構造とした（図 2-30）。泡供給率 0.75[L/min/m^2]の条件で、各泡消火薬剤の泡の油面被覆率に対する火

炎抑制効果の検討を行った。

その結果、フッ素含有泡である泡消火薬剤 AR-AFFF の場合、被覆率と放射熱抑制効果の結果から、被覆率が 80[%]程度になれば、泡性状を最適化することで、放射熱抑制効果が 60～90[%]程度まで増加することがわかった（図 2-30）。また FP（フッ素たん白泡：フッ素化合物含有）の場合、被覆率が 70[%]程度になれば、泡性状を最適化することで、放射熱抑制効果が 40～70[%]程度まで増加することがわかった（図 2-32）。また、フッ素フリー泡消火薬剤である N-FP の場合、被覆率と放射熱抑制効果の結果から、被覆率が 70[%]以上であれば、放射熱抑制効果は 60[%]程度となり、火炎抑制できることがわかった（図 2-33）。特に N-AR-AFFF は、被覆率が最大でも 35[%]に留まり、泡が消泡し燃焼油面を被覆出来ないことを示し、また放射熱抑制効果は、最大でも 20[%]程度となる。これは、火炎抑制がほぼ出来ないことを示しており、泡消火薬剤の種類によっては、フッ素化合物の添加が重要であることを示している（図 2-31）。

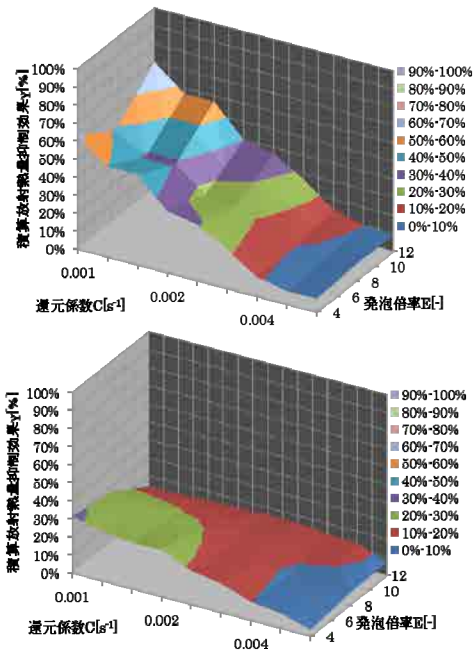


図 2-27 フッ素たん白泡のフッ素含有泡(上段：FP)及びフッ素フリー泡（下段：N-FP）の火炎抑制効果の違い

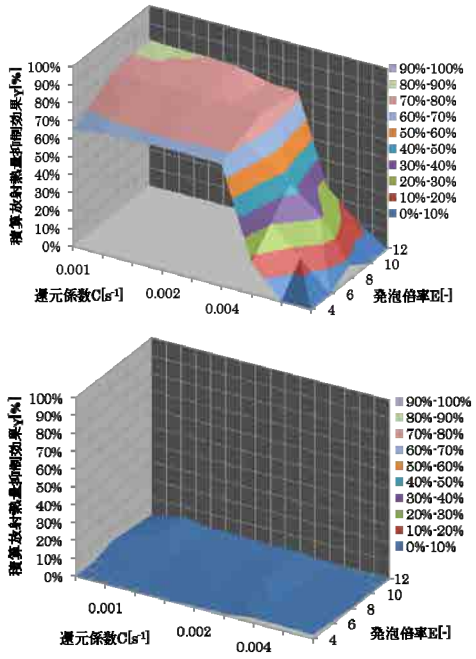


図 2-28 粘性付与水成膜泡のフッ素含有泡(上段：AR-AFFF)及びフッ素フリー泡（下段：N-AR-AFFF）の火炎抑制効果の違い

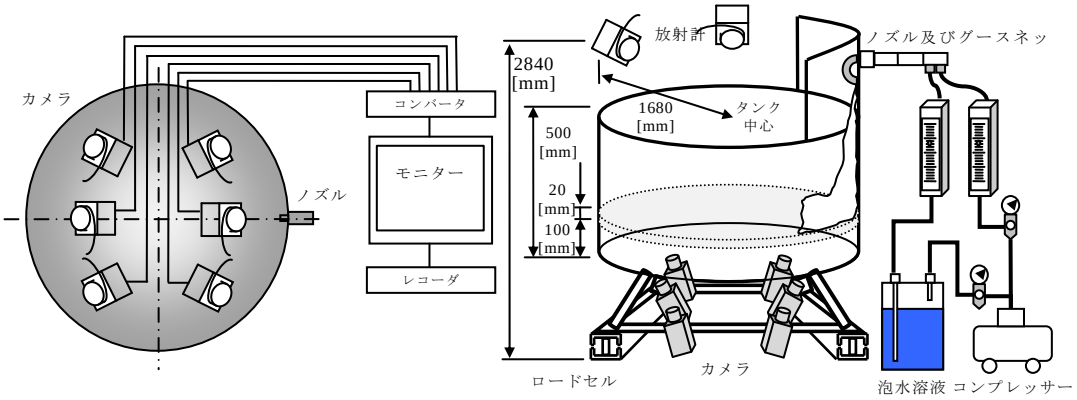


図 2-29 燃焼油面中の泡の挙動解析実験装置

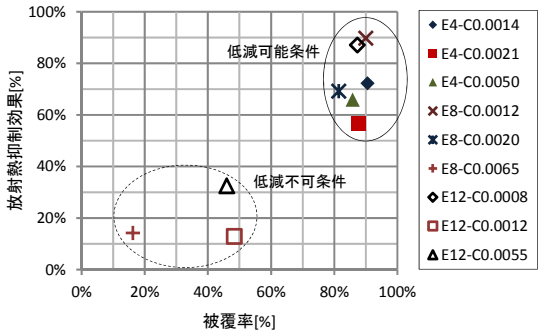


図 2-32 FP の被覆率と放射熱抑制効果

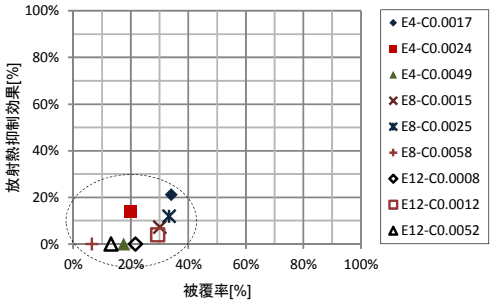


図 2-33 N-FP の被覆率と放射熱抑制効果

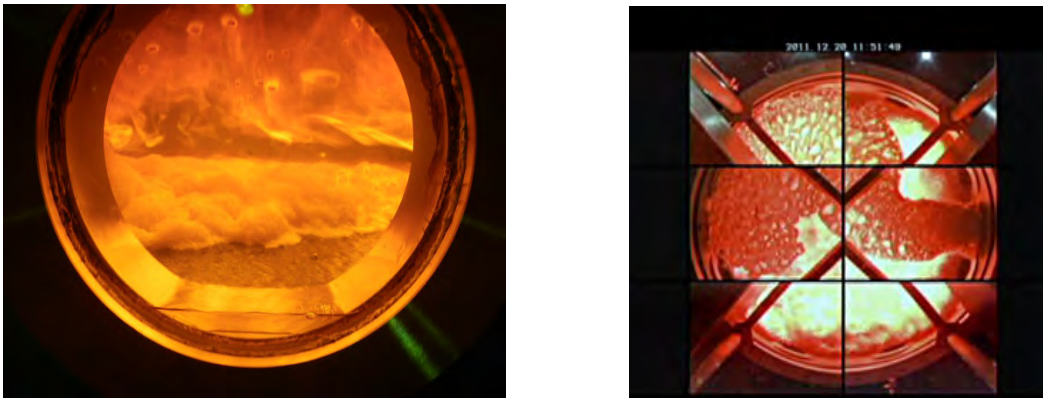


図 2-34 燃焼油面中を泡が被覆している様子を横方向（左）とタンク模型の下から見た写真（右）

【平成 25 年度研究計画及び成果】

(1) 規模効果を評価可能な泡性状コントロールノズル（起泡性、保水性）の試作及び改良

(2) 規模効果を評価する消火実験で使用する泡性状のデータベース作成

平成 26 年度実施予定の、泡消火時の規模効果を検討するために必要となる大流量用泡性状コントロールノズルの試作を行い、発泡テストを実施した。低流量時の発泡不安定性を改良するため、ノズル内部構造を変更した試作品を製作し、安定した泡性状が得られた。規模効果検討時に必要となる泡性状データベースのデータを取得した。

(3) 燃焼油面中における泡の挙動解析［継続］

泡消火時のシール性に寄与すると考えられる泡厚さが、泡性状の違いによって、どのよ

うに変化するのか、実験的に考察を行った。実験条件は、泡供給率 0.75[L/min/m^2]とし、泡消火薬剤は、粘性付与水成膜泡（AR-AFFF）、フッ素たん白泡（FP）を使用した。また、泡性状として保水性の高い条件と低い条件での泡厚計測を実施し比較検討を行った。

その結果、各泡消火薬剤共に、泡投入直後から、泡厚さが急激に増加し、その後、消火開始 60～80[s]後において、急激な泡厚さの減少が観測された。保水性の条件によって泡厚の増減の傾向は異なるが、泡投入直後、燃焼油面上から発生する可燃性蒸気を内包した凹凸状の泡層が形成され、見かけの泡厚さは増加している。その後、泡が油面を被覆することによる油面冷却効果により、燃料蒸気圧が低下することで、泡層の凹凸が抑えられ、急激に泡厚さが減少すると考えられる。また泡厚さの減少後は、小規模タンクノズル下流側において、非燃焼時に計測した泡厚さに近づくことが観測される。これら泡厚さ計測及び泡の油面被覆率の関係から、効果的に火炎抑制可能な条件は、AR-AFFF の場合、被覆率が 80[%]以上、FP の場合、被覆率が 70[%]以上で、油面中心付近の見かけ泡厚さが 25[mm]以上確保される条件であれば、効果的な火炎抑制が可能であることが示唆された。

【平成 26 年度研究計画及び成果】

小規模石油タンク模型(1[m^2]タンク)の泡消火実験で得られた泡性状（発泡倍率、還元係数）毎の消火限界泡供給率から（図 2-35）、最も消火性能の高い泡性状の条件をピックアップし、4[m^2]タンク模型での泡消火実験条件とした。4[m^2]タンク模型用の大流量用型泡性状コントロールノズルを使用し、泡性状の条件決め（泡水溶液量、空気流量、ノズル管路抵抗）を行い、規模効果を評価するための泡性状データベースの作成を行った。

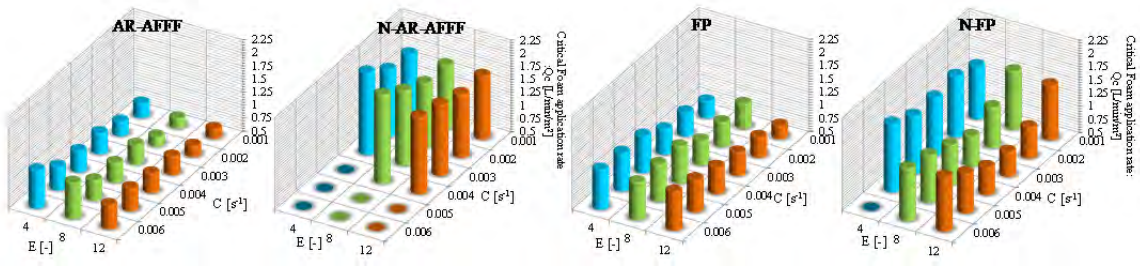


図 2-35　小規模石油タンク模型（1[m^2]タンク）のフッ素含有泡およびフッ素フリー泡の各泡性状（発泡倍率：E，還元係数：C）に対する消火限界泡供給率：Qc の関係

(1) フッ素含有泡消火薬剤の規模効果の検討

燃焼規模が消火限界泡供給率に及ぼす影響の評価を目的とし、スケールアップした石油タンク模型（4[m^2]タンク）を用いた泡消火実験をおこない、小規模石油タンク模型（1[m^2]タンク）との比較を、積算放射熱量抑制効果:γ[%](=1－(泡消火時の 600 秒間における積算放射熱量)/(自由燃焼時 600 秒間における積算放射熱量)×100)を用いて行った。その結果、フッ素含有泡である粘性付与水成膜泡(AR-AFFF)の場合、4[m$^{2]}$タンクにおけるγは、1[m$^{2]}$タンクに対して約 50～70[%]減少した。AR-AFFF の場合、燃焼規模の大きさにより、γ の低下が顕著となり、規模効果の大きい泡消火薬剤であることがわかった。また、フッ素含有泡であるフッ素たん白泡(FP)の場合、4[m^2]タンクにおけるγは、1[m^2]タンクに比べ、約 15[%]ほど減少した。燃焼規模の変化において、γの低下は、AR-AFFF 程大

きくなく、規模効果が比較的少ない泡消火薬剤である事が定性的に明らかとなった。

(2) フッ素非含有泡消火薬剤の規模効果の検討

スケールアップした石油タンク模型（4[m^2]タンク）を用いた泡消火実験をおこない、小規模石油タンク模型（1[m^2]タンク）との比較を、積算放射熱量抑制効果:γ[%]を用いて行った。その結果、フッ素フリー粘性付与水成膜泡(N-AR-AFFF)の場合、4[m^2]タンクにおけるγは、1[m^2]タンクに比べ約 20[%]ほど増加し、またフッ素フリーたん白泡(N-FP)の場合も同様、γは、1[m^2]タンクに比べ約 8[%]ほど増加する結果となった。これは、燃焼規模の大きいタンクの方が、消火性能が高くなることを示しており、これはフッ素含有泡の規模効果の検討結果と大きく異なる結果となった。消火限界泡供給率近傍での実験結果であり、消火不安定性が生じるため、結果の再現性を含め、引き続き検討する必要がある。

【平成 27 年度研究計画及び成果】

(1) フッ素非含有泡消火薬剤の規模効果の検討［継続］

小規模石油タンク模型（1[m^2]タンク）とスケールアップした石油タンク模型（4[m^2]タンク）を用いた泡消火実験を行い、1[m^2]タンクで得られた、最も消火効率の高い泡性状と消火効果の最も低い泡性状に対する消火限界泡供給率[L/min/m^2]のもと、積算放射熱量抑制効果:γ[%]により、泡消火に対する規模効果の検討を行った。消火限界泡供給率近傍での泡消火実験のため、消火不安定性も加味し、γ[%]の変動が大きく、再現性の確認実験を主として行ったが、昨年度行った結果とほぼ同じ結果となった。

表 2-1 に、1[m^2]と 4[m^2]タンクにおけるγ[%]と、1[m^2]と 4[m^2]タンクのγ[%]の差Δγ[%]を示す。フッ素含有泡（AR-AFFF、FP）である 1[m^2]と 4[m^2]タンクのγにおいて、同じ値を取る条件が 2 条件あり、更に、Δγ は、AR-AFFF-Q1.2-E4.1-C0.0060 の Δγ=44[%]を除き、各条件で、+10[%]程度となる。1[m^2]タンクでのγは、4[m^2]タンクに比べ、同等または高くなる結果となった。このことは、フルード相似側による流量を考えると、0.2～0.4[L/min]程度、流量の多い条件で、消火実験を実施しており、Δγが正となる傾向は、スケール則に合った結果と言える。しかしながら、フッ素フリー泡（N-AR-AFFF、N-FP）の場合は、N-FP-Q1.8-E4-C0.0050 の Δγ=14[%]を除けば、各条件とも Δγ は負となり、その差は、泡性状により異なるが、-3[%]から最大で-17[%]となった。スケール則の傾向とは異なり、Δγの正負が逆転する結果となった。これは、消火限界泡供給率近傍での検討であるため、消火不安定性や、またフッ素フリー泡は耐熱性がフッ素含有泡に比べ劣ること、更に、1[m^2]タンクと 4[m^2]タンクで、泡の被覆速度が大きく異なっている可能性も考えられる。引き続き、油面被覆速度を可変した場合の消火性能の違いや、泡の動粘性係数をパラメーターにした場合の消火実験を通し、スケール則に沿った、燃焼規模効果の検討を行う必要があると考えられる。

表 2-1　1[m^2]及び 4[m^2]タンクの積算放射熱量抑制効果

実験条件		積算放射熱量抑制効果γ[%]		
(Q:泡供給率-E:発泡倍率-C:還元係数)		1[m^2]	4[m^2]	1[m^2]-4[m^2]
AR-AFFF	Q0.7-E8-C0.0011	76	76	0
	Q0.7-E8-C0.0021	81	74	7
	Q0.7-E10.4-C0.0013	78	69	9
	Q1.2-E4.1-C0.0060	74	30	44
FP	Q0.8-E4-C0.0022	47	34	13
	Q1.2-E12-C0.0039	81	81	0
N-AR-AFFF	Q1.7-E8-C0.0011	70	77	-7
	Q1.7-E12.1-C0.00097	65	82	-17
	Q1.7-E9.5-C0.0014	68	83	-15
	Q2.2-E8-C0.0032	68	71	-3
N-FP	Q1.0-E10.2-C0.0027	65	72	-7
	Q1.8-E4-C0.0050	68	54	14

(2) フッ素化合物の使用禁止が泡消火薬剤の消火性能に与える影響評価と対応策

本研究の目的は、固定泡消火設備等で現在使用されているフッ素含有の泡消火薬剤が規制さ

れ、フッ素フリー泡消火薬剤で消火対応する場合の泡供給率を示すことにある。現行の消防法で規定されている、「製造所等の泡消火設備の技術上の基準の細目を定める告示（総務省告示第 559 号）」内で定められている、上部泡放出口（Ⅰ型、Ⅱ型）に対する泡供給率は、4 [L/min/m^2] と規定されているが、フッ素フリー泡消火薬剤で消火対応する場合、同等な消火性能を得ようとした場合、各泡性状に対する増加係数を乗じた泡供給率で対応する必要があると考えられる。増加係数算出においては、最も消火効率の高い泡性状で得られる、粘性付与水成膜泡（以下 AR-AFFF）、フッ素たん白泡（以下 FP）の最小消火限界泡供給率（以下 Qc_{min}[L/min/m^2]）を用い、各泡性状の消火限界泡供給率（以下 Qc[L/min/m^2]）との比を、泡供給率増加係数とした。その結果を表 2-2 に示す。AR-AFFF の Qc_{min} に対する AR-AFFF 及び N-AR-AFFF の増加係数を見ると、AR-AFFF も、泡性状の変化により、1.0～1.8 倍の増加係数となり、また N-AR-AFFF においては、2.5～3.2 倍となる。フッ素含有の AR-AFFF においても泡性状の変化により、最大で 1.8 倍の泡供給率で消火対応しなければならないことを示し、またフッ素フリー泡の N-AR-AFFF においては、泡性状を最適化しても 2.5 倍以上の泡供給率で対応する必要があることを示している。同様に、FP の Qc_{min} に対する FP 及び N-FP の増加係数を見ると、FP は、泡性状に対し 1.0～1.7 倍の範囲となり、N-FP においては、1.3～2.4 倍の範囲となる。FP においても泡性状の変化により、最大で 1.7 倍の泡供給率で消火対応しなければならないことを示し、また、N-FP においては、1.3 倍以上で対応する必要があることを示している。

今後、フッ素フリー泡消火薬剤代替時の泡供給率を厳密に考える場合は、泡性状に対する増加係数だけではなく、油種の違いや泡の投入方法、また火災規模による増加係数の検討も併せて行う必要があり、今後の検討課題である。

表 2-2　各泡消火薬剤の泡供給率増加係数

AR-AFFF		C[s^{-1}]					
		0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
E[-]	4	1.1	1.1	1.3	1.3	1.4	1.8
	8	1*	1*	1.3	1.3	1.3	1.7
	12	1*	1.0	1.2	1.3	1.4	1.4
N-AR-AFFF		C[s^{-1}]					
		0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
E[-]	4	2.5	2.6	3.0	-	-	-
	8	2.5	2.5	2.8	3.2	-	-
	12	2.5	2.5	2.7	2.9	-	-
FP		C[s^{-1}]					
		0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
E[-]	4	1.1	1.3	1.3	1.6	1.6	1.7
	8	1.3	1.3	1.3	1.6	1.6	1.6
	12	1*	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7
N-FP		C[s^{-1}]					
		0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
E[-]	4	2.0	2.2	2.1	2.1	2.4	-
	8	2.1	1.7	1.4	1.7	1.9	2.0
	12	2.1	1.5	1.3	1.4	1.7	2.1

*: Qc_{min}における増加係数

3.　共同研究等外部との協力

次の相手先と共同研究を実施している。

・独立行政法人防災科学技術研究所
・株式会社モリタホールディングス
・東京電機大学　吉田研究室
・深田工業株式会社
・第一化成産業株式会社

4.　その他

(1) 論文発表

1) Naoharu Murasawa, Hiroshi Koseki, Yusaku Iwata , Yasuhito Shibata: Determination of Spontaneous Ignition of SSSR and Fish meal during Transport and Storage, Journal of Food research, Vol.1, pp.320-329 (2012.2)

2) Naoharu Murasawa (Chiba Institute of Science), Hiroshi Koseki, Yusaku Iwata, Keiko Suzuki, Hiroyuki Tamura, Takabumi Sakamoto (Chiba Institute of Science): Investigation of the heat generation and spontaneous ignition of disaster waste generated after the 2011 Great East Japan Earthquake, Fire Safety Journal, Vol.59, pp.178-187 (2013.7)

3) Itaru Sakurai (Tokyo Denki Univ.) 他 2 名, Hiroyoshi Naito, Akira Yoshida (Tokyo Denki Univ.): Extinguishment of propane/air co-flowing diffusion flames by fine water droplets, Proceedings of the Combustion Institute, Vol.34, pp.2727-2734 (2013.1)

4) A.Yoshida (Tokyo Denki Univ.) 他 2 名, H. Naito, Y. Saso: Experimental study of suppressing effect of fine water droplets on propane/air premixed flames stabilized on the stagnation flowfield, Fire Safety Journal, Vol.58, pp.84-91 (2013.5)

5) Akira Yoshida (Tokyo Denki Univ.) 他 2 名, Hiroyoshi Naito, Yuko Saso: Extinguishment of counterflow methane/air diffusion flame by polydisperse fine water droplets, Combustion and Flame, Vol.160, pp.1357-1363 (2013.8)

6) Ken Hatayama: Damage to oil storage tanks due to tsunami of the Mw9.0 2011 off the Pacific Coast of Tohoku, Japan earthquake, Earthquake Spectra, in print.

7) Koichi Hayashi (Geometrics) 他 1 名, Ken Hatayama: Estimating deep S-wave velocity structure in the Los Angeles basin using a passive surface-wave method, The Leading Edge, pp.620-626 (2013.6)

8) 畑山 健：2011 年東北地方太平洋沖地震の際の津波による石油タンクの被害、第 14 回日本地震工学シンポジウム論文集、pp. 2885-2894 (2014.12)

9) 座間信作（横国大）、畑山 健、西 晴樹：2011 年東北地方太平洋沖地震における石油タンクのスロッシングに関する検証と今後の課題、第 14 回日本地震工学シンポジウム論文集、pp. 2913-2922 (2014.12)

10) Yoshida, A., Kashiwa, K., Hashizume, S., and Naito,H., Inhibition of Counterflow Methane/Air Diffusion Flame by Water Mist with Varying Droplet Diameters,Fire Safety Journal, Vol.71(2015.1),pp.217-225, DOI:10.1016/j.firesaf.2014.11.030.

11) Yoshida, A., Okawa, T., Ebina, W., and Naito, H., Experimental and Numerical Investigation of Flame Speed Retardation by Water Mist, Combustion and Flame, (2015.1), in press, DOI:10.1016/j.combustflame.2014.11.038.

12) K. Hatayama: Tsunami Damage to Oil Storage Tanks in the Mw9.0 2011 Tohoku, Japan Earthquake, Proceedings of the ASME 2015 Pressure Vessels & Piping Conference, PVP2015-45530 (2015.7)

13) Y. Iwata: Hazard evaluation with closed pressure vessel test, Scientific and Technology of Energetic Materials (STEM),77(3・4), pp.72-77, 2016

(2) 口頭発表・解説

1) 村沢直治、長谷川和俊、岩田雄策、古積　博：醤油かす等の微小発熱挙動に関する研究、平成 23 年日本火災学会研究発表会、2011.5

2) 岩田雄策：高感度熱量計を用いた金属粉の微少発熱挙動、平成 23 年日本火災学会研究発表会、2011.5

3) 岩田雄策：化粧油の蓄熱発火危険性に関する研究、平成 23 年安全工学研究発表会、2011.12

4) 村沢直治、古積 博、岩田雄策、池田光美：醤油かすの酸欠事故と自然発火の危険性について、安全工学、1、pp.35-40 (2012.2)

5) 岩田雄策：再生資源燃料の熱的危険性とその評価方法、セイフティエンジニアリング、Vol.39(1)、pp.21-25 (2012.3)

6) 岩田雄策：熱量計等を用いた蓄熱発火の危険性評価方法、火災学会研究発表会、pp.306-309 (2013.6)

7) 岩田雄策：液体化学物質の酸化発熱の危険性評価法、安全工学研究発表会、pp.41-42 (2013.11)

8) 岩田雄策：再生資源燃料等の危険性評価方法、検定協会だより、第392号、pp.23-33 (2013.8)

9) 岩田雄策：東日本大震災で発生した瓦礫の蓄熱発火危険性、消防試験研究センターだより Voice、Vol.335、pp.6-8 (2013.9)

10) 古積 博、岩田雄策、山﨑ゆきみ（海上保安庁）、寺園淳（国立環境研）：金属スクラップ堆積物の火災事例と問題点、安全工学、Vol.52、No.2、pp.113-120 (2013.4)

11) Naoharu Murasawa (Chiba Institute of Science), Hiroshi Koseki, Yusaku Iwata, Takabumi Sakamoto (Chiba Institute of Science): Causes of spontaneous ignition by disaster waste generated after Great East Japan Earthquake, Recycling: Technological Systems, Management Practices and Environmental Impact, pp.225-240 (2013)

12) 内藤浩由、佐澤潔（深田工業）他 2 名、遠藤千秋（第一化成産業）、佐宗祐子：石油タンク火災用の泡消火薬剤について（第 11 報）－フッ素フリー泡消火薬剤における泡供給率の影響－、平成 25 年度日本火災学会研究発表会 (2013.6)

13) 石川 亮（深田工業）他 2 名、内藤浩由、遠藤千秋（第一化成産業）、佐宗祐子：石油タンク火災用の泡消火薬剤について（第 12 報）－泡消火における消火過程の実験的考察－、平成 25 年度日本火災学会研究発表会 (2013.6)

14) 柏昂希（東京電機大）他 1 名、内藤浩由、佐宗祐子：対向流拡散火炎の消炎に及ぼすウォーターミスト粒径の影響、平成 25 年度日本火災学会研究発表会 (2013.6)

15) 廖赤虹（モリタホールディングス）他 3 名、内藤浩由：ウォーターミストによる爆発抑制効果の実験的研究、平成 25 年度日本火災学会研究発表会 (2013.6)

16) A. Yoshida (Tokyo Denki Univ.) 他 1 名, H. Naito, Y. Saso: Effect of water mist on temperture and burning velocity of stretchid propane-air premixed flames, 7th International Conference on Computional and Experimental Methods in Multiphase and Complex Flow (2013.7)

17) 内藤浩由、佐澤 潔（深田工業）他 2 名、遠藤千秋（第一化成産業）、佐宗祐子：石油タンク火災の泡消火効率の改善に関する検討－フッ素フリー泡消火薬剤における消火性能－、第 51 回燃焼シンポジウム (2013.12)

18) 柏昂希（東京電機大）他 2 名、内藤浩由：ウォーターミストの特性が対向流拡散火炎の消炎へ及ぼす影響に関する実験的研究、第 51 回燃焼シンポジウム (2013.12)

19) 内藤浩由：石油タンク火災時の泡消火のメカニズム、検定協会だより、第 396 号、pp.16-28 (2013.12)

20) K. Hatayama: Spatial variation of long-period (3 to 10 s) spectral amplification factors in the

Los Angeles basin observed during the Mw7.2 El Mayor-Cucapah earthquake of April 4, 2010, IAHS – IASPO – IASPEI Joint Assembly (2013.7)

21) 畑山 健 : 消防研究センターにおける危険物施設の地震防災に関する研究開発、検定協会だより、第 393 号、pp.3-7 (2013.9)

22) K. Hatayama: Sloshing damage to oil storage tanks due to long-period strong ground motions during the 2011 Tohoku, Japan earthquake, 10th International Workshop on Seismic Microzonation and Risk Reduction (2013.9)

23) 畑山 健、座間信作（横国大）、西　晴樹 : 2011 年東北地方太平洋沖地震と 2003 年十勝沖地震の際の石油タンクのスロッシング被害・長周期地震動の比較、日本地震工学会 (2013.11)

24) 畑山 健、西 晴樹 : 2011 年東北地方太平洋沖地震の際の津波による石油タンクの被害（その 2)、日本地震工学会 (2013.11)

25) 畑山 健 : 石油タンクの地震・津波被害予測ー何がどこまでできるか？ー、消防研究センター第 17 回消防防災研究講演会 (2014.1)

26) 岩田雄策、安全工学密閉式圧力容器試験装置を用いた危険性評価手法、安全工学シンポジウム、pp. 360-361、(2014.7)

27) Hazard evaluation with close pressure vessel test, the 5th International Symposium on Energetic Materials and their Applications (ISEM2014), p.42, 2014.11

28) 岩田雄策、密閉式圧力容器試験装置を用いた火災危険性評価手法、安全工学研究発表会、pp.109-110、(2014.12)

29) 岩田雄策、再生資源燃料等の火災危険性評価方法、安全工学、Vol.53、No.6、pp.410-417、2014

30) 古積 博（千葉科大）、坂本尚史（千葉科大）、遠藤和人（国環研）、岩田雄策、分別土の火災・爆発危険性の評価、安全工学研究発表会、pp.83-86、(2014.12)

31) 村沢直治（千葉科大）、古積 博（千葉科大）、岩田雄策、池田光美（苫小牧消防本部）、食品廃棄物等を起因とした自然発火と酸欠事故、都市清掃、Vol.68、No.324、pp.177-187、(2015.3)

32) K. Hatayama: Damage to oil storage tanks due to tsunami of the Mw9.0 2011 off the Pacific coast of Tohoku, Japan earthquake, 10th U.S. National Conference on Earthquake Engineering (2014.7)

33) 畑山 健、座間信作（横国大）: 新潟東港の石油備蓄基地内における長周期地震動特性の短距離での相違について、日本地震学会 (2014.11)

34) 大川統一朗、内藤浩由、吉田 亮 : よどみ流中に形成されるプロパン ー空気予混合火炎の燃焼速度に及ぼすウォーターミストの影響ー、平成 26 年度火災学会研究発表会 (2014.5)

35) 内藤浩由、佐澤 潔（深田工業）他 2 名、遠藤千秋（第一化成産業）: 石油タンク火災用の泡消火薬剤について（第 13 報）ーフッ素フリー泡消火薬剤における限界泡供給率の検討ー、平成 26 年度日本火災学会研究発表 (2014.5)

36) 石川 亮（深田工業）他 2 名、内藤浩由、遠藤千秋（第一化成産業）: 石油タンク火災用の泡消火薬剤について（第 14 報）ーⅡ型泡放出口によるフッ素フリー泡の消火特性についてー、平成 26 年度日本火災学会研究発表会(2014.5)

37) 花井佑一郎（深田工業）他 2 名、内藤浩由 : 泡消火補助剤の火災抑制効果に影響を及ぼす因子の評価、平成 26 年度日本火災学会研究発表会(2014.5)

38) 内藤浩由、佐澤 潔（深田工業）他 3 名、遠藤千秋（第一化成産業）: 石油タンク火災の泡消火効率の改善に関する検討 –各泡消火薬剤の消火限界泡供給率についてー第 52 回燃焼シンポジウム(2014.12)

39) 大橋直人（東京電機大）他 2 名、内藤浩由：ウォーターミストによる同軸流拡散火炎のリフト火炎の消炎現象に及ぼすリム厚さの影響、第 52 回燃焼シンポジウム(2014.12)

40) Ohashi, N., Naito, H., and Yoshida, A., Experimental Study of Extinguishment of Confined Propane/Air Diffusion Flame by Water Mist, 35th International Symposium on Combustion, San Francisco, (2014.8).

41) Hashizume, S., Naito, H., and Yoshida, A., Measurement pf Suppression Effectiveness of Water Mist with Varying Diameter Using Counterflow Methane/Air Diffusion Flames, 35th International Symposium on Combustion, San Francisco, (2014.8).

42) Okawa, T., Ebina, W., Naito, H., and Yoshida, A., Experimental and Numerical Study of Laminar Flame Speed Retardation by Water Mist, 35th International Symposium on Combustion, San Francisco, (2014.8).

43) 内藤浩由、花井佑一郎（深田工業）他 3 名、遠藤千秋（第一化成産業）：石油タンク火災用の泡消火薬剤について（第 15 報）－フッ素フリー泡消火薬剤における泡供給率増加係数の検討－、平成 27 年度日本火災学会研究発表、pp. 252-253、(2015.5)

44) 花井佑一郎（深田工業）他 3 名、内藤浩由、遠藤千秋（第一化成産業）：石油タンク火災用の泡消火薬剤について（第 16 報）－燃焼規模が限界泡供給率に及ぼす影響について－、平成 27 年度日本火災学会研究発表会、pp. 254-255、 (2015.5)

45) 大川統一朗（東京電機大）他 1 名、内藤浩由、プロパン−空気予混合火炎の燃焼速度と火炎温度に及ぼすウォーターミストの影響、平成 27 年度火災学会研究発表会、pp. 102-103 、(2015.5)

46) 蝦名 航（東京電機大）他 2 名、内藤浩由、プロパン - 空気予混合気の着火に及ぼすウォーターミストの影響、平成 27 年度火災学会研究発表会、pp.104-105、(2015.5)

47) 橋爪脩平（東京電機大）他 2 名、内藤浩由、ウォーターミストによる対向流拡散火炎の消炎―ミスト粒径および質量分率の影―、平成 27 年度火災学会研究発表会、pp.106-107、(2015.5)

48) Ebina, W., Liao, C., Naito, H., and Yoshida, A., Influence of Water Mist on Ignition of Propane/air Mixture, Proceedings of the 10th Asia-Pacific Conference on Combustion (USB), Beijing, China, (2015.7).

49) Hashizume, S., Naito, H., and Yoshida, A., Extinguishment of Counterflow Diffusion Flame by Water Mist with Various Diameters and Mass Fractions, Proceedings of the 10th Asia-Pacific Conference on Combustion (USB), Beijing, China, (2015.7).

50) Okawa, T., Ebina, W., Naito, H., and Yoshida, A., Inhibition of Propane/Air Premixed Flame by Water Mist, 10th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, Tsukuba, (2015, 10).

51) 蝦名 航（東京電機大）、廖 赤虹、内藤浩由、吉田 亮、プロパン - 空気予混合気の最小着火エネルギーに及ぼすウォーターミストの影響、第 53 回燃焼シンポジウム、 pp. 552-553 、(2015.11)

52) 大川統一朗、内藤浩由、吉田 亮、ウォーターミスト粒径がプロパン空気予混合火炎の層流燃焼速度に及ぼす影響、第 53 回燃焼シンポジウム、 pp. 554-555 、(2015.11)

53) 内藤浩由、天野久徳、石油タンク火災時の泡消火技術、第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、(2015.12)

54) 畑山 健、座間信作（横国大）：新潟東港の石油備蓄基地内における長周期地震動特性の短距離での相違について−その２：微動観

測から推定された地下構造の比較、日本地震学会 (2015.10)

55) 岩田雄策、酸化発熱の危険性評価方法による研究、安全工学研究発表会、pp.69-70、(2015.12)

56) 岩田雄策、熱量計を用いた酸化発熱の危険性評価法、日本火災学会研究発表会、(2016.5)

(3)　大規模災害時の消防力強化のための情報技術の研究開発

研究期間：平成 23 年 4 月～平成 28 年 3 月

技術研究部　上席研究官　細川直史、河関大祐
技術研究部　地震等災害研究室　高梨健一、新井場公徳、土志田正二[*2)]
技術研究部　施設等災害研究室　畑山健
火災災害調査部長　座間信作[*1)]

[*1)]平成 23 年 4 月～平成 25 年 3 月
[*2)]平成 26 年 4 月～

1.　目的

東北地方太平洋沖地震は、我が国観測史上最大の規模であり、想定を超える大津波を伴い多くの被害をもたらした。本研究では、消防及び市町村の職員がこのような未経験かつ未曾有の大規模災害に直面することとなった場合でも、適切な意思決定とそれに基づく迅速・的確な応急対応を可能とすることを目指し、対応力の向上支援のための情報提供手段に関する研究開発を行う（図 3-1）。

まず、①大規模地震や大津波発生時の対応状況の現地調査に基づく、意思決定・判断支援要件の分析・整理を行い、災害対応の時系列となる電子防災マニュアル構築の基礎データを構築する。②地震や津波による被害を発災直後に予測・把握する広域被害シミュレーションシステムの開発を行い、このシステムによる被害予測と再現・可視化機能と電子防災マニュアルに基づく、③意思決定・判断支援機能を持つ模擬訓練技術を開発する。さらに、④これらのシステム・技術による効果的な応急対応と模擬訓練を可能とするために、システム操作や情報の入力を簡単に行うことができるユーザインターフェース機器を開発し、システムの機能向上と有効活用を図る。本研究課題では、以上のことを踏まえ、大規模自然災害時の消防力を支援・強化することを最終的な目的として、次の 3 つのサブテーマの研究を行う（表 3-1）。

サブテーマⅠ　広域版地震被害想定システムの研究開発

巨大地震が発生した場合に、緊急消防援助隊の派遣指示などの意思決定を支援することを目的として、図 3-2 に示すような被害規模や被災分布を予測・提示することが可能な地震・津波被害予測システムを開発する。

サブテーマⅡ　水害時の応急対応支援システムの開発

大規模水害時において災害対策本部の要員が行うべき避難勧告発出などの意思決定が適切なタイミングでなされることを目的として、図 3-3 に示すような水害対応の意思決定を支援することが可能なシステムを開発する。

サブテーマⅢ　同時多発火災への対応を訓練するためのシミュレーターの開発

震災後の同時多発火災への対応力強化を目的として、図 3-4 に示すような部隊運用や消火戦術の検討とそれらの訓練が可能なシステムの研究開発を行う。

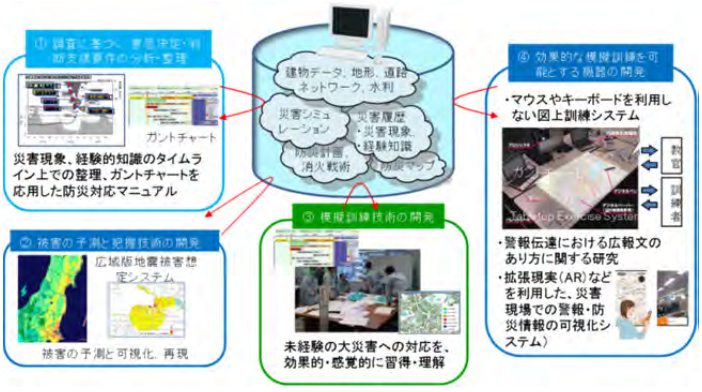


図 3-1　本研究の全体概要

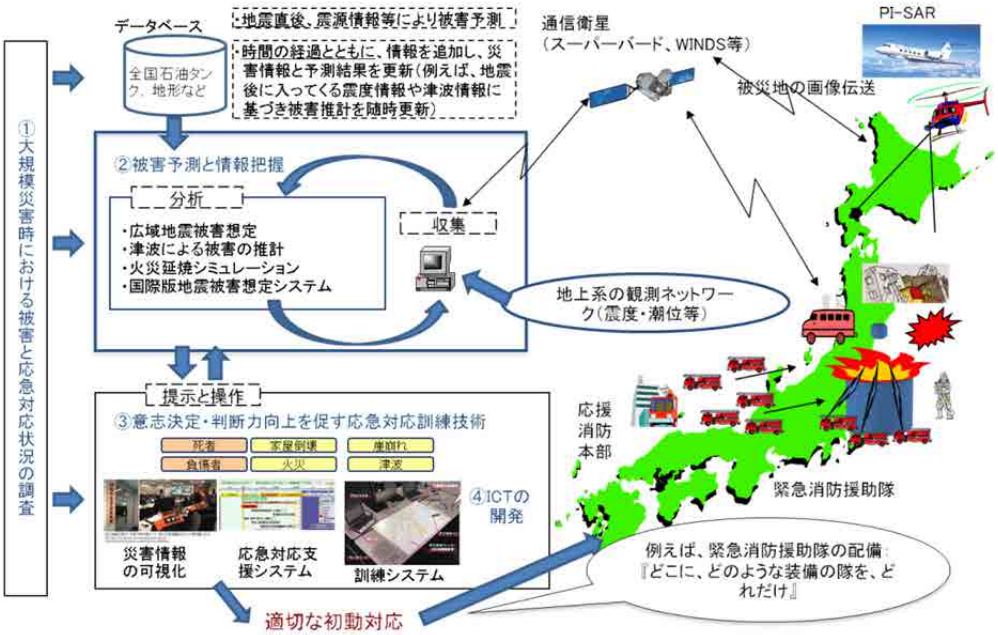


図 3-2　広域版地震被害想定システムの概要

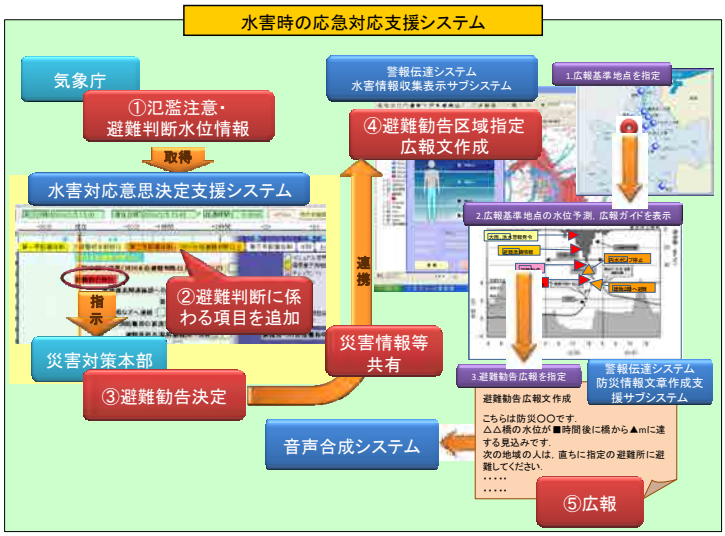


図 3-3　水害時の応急対応支援システムの概要

図 3-4　同時多発火災対応訓練シミュレーターの概要

表 3-1　5 か年の各サブテーマの研究計画概要

	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度
サブテーマⅠ 広域版地震被害想定システムの研究開発	(1) 東日本大震災における震度情報の集約状況の調査と、M9 クラスの地震被害想定を実施するための仕様検討 (2) 国際版地震被害想定システムの開発と試験運用の開始	(1) 震源、震度、津波等の情報をこれらの提供機関からオンラインで取得し、データベース化可能なサーバの構築 (2) 国際版被害想定システムの地形データの更新、操作インターフェースの改良と試験運用の実施 (3) 簡易型津波被害予測手法の検討	(1) 簡易型地震被害想定システム（国内版）の WEB 環境版の開発と想定結果の詳細メッシュ化 (2) 広域版被害想定システムとしての国際版と国内版の統合運用の検討 (3) 簡易型の津波被害予測手法の検証	(1) 広域版被害想定システムのプロトタイプ開発と試験運用 (2) 簡易型津波被害予測手法の実装	(1) 簡易型津波被害予測機能を取り込んだ広域版被害想定システムの開発、及び試験運用と改良
サブテーマⅡ 水害時の応急対応支援システムの開発	(1) 警報伝達サブシステムと水害対応意思決定支援システムの機能強化とそれらの連携機能の開発 (2) 防災広報文の生成手法の開発 (3) 緊迫感のあ	(1) 水害の対応状況調査結果に基づく、水害対応意思決定支援システムの検証と改良 (2) 洪水時の防災広報文章に関するアンケート調査 (3) アンケート	(1) 水害時の応急対応支援システムの水害事例に基づく検証と改良	(1) 水害時の応急対応支援システムの普及と、水害事例に基づく検証と改良	(1) 水害時の応急対応支援システムの普及と、水害事例に基づく検証と改良

	る音声合成手法の検討 (4) 土砂災害対応機能の検討	調査結果等の検討に基づく、防災情報文章作成支援サブシステムの高度化 (4) 緊迫感のある広報のための音声合成システムの発声制御方法の検討並びにシステムの試作			
サブテーマⅢ 同時多発火災への対応を訓練するためのシミュレーターの開発	(1) 東日本大震災における火災の出火状況の調査 (2) 操作用のユーザインターフェースの開発 (3) 火災延焼シミュレーションプログラムの DLL 化の実施	(1) 東日本大震災における火災の出火状況の調査 (2) 横浜市消防局との震災初動期の消防力評価に関する共同研究 (3) 同時多発火災対応訓練シミュレーターの要素機能の開発 (4) 火災延焼シミュレーションプログラムの利用促進	(1) 横浜市消防局との震災初動期の消防力評価に関する共同研究とその成果のとりまとめ (2) 同時多発火災対応訓練シミュレーターの要素機能の開発 (3) 火災延焼シミュレーションプログラムの利用促進	(1) 震災初動時の消防力評価システムの開発 (2) 同時多発火災対応訓練シミュレーターの開発 (3) 火災延焼シミュレーションプログラムの利用促進	(1) 震災初動時の消防力評価システムの開発 (2) 同時多発火災対応訓練シミュレーター改良 (3) 火災延焼シミュレーションプログラムの利用促進

2. 平成 25 年度までの成果

2-I 広域版地震被害想定システムの研究開発

(1) 簡易型地震被害想定システムの Web 環境版として、震源、震度、津波等の情報をこれらの提供機関からオンラインで取得し、想定結果の詳細メッシュ化を実施するとともに、データベース化が可能な広域版地震被害想定システムのプロトタイプを構築した。

(2) 国や自治体による地震被害想定などで算出される津波浸水予測エリアの GIS データを収集し、これらのデータに基づいて津波による被害予測が可能な簡易型の被害推計手法を採用することとした。

2-II 水害時の応急対応支援システムの開発

(1) 2012 年 7 月九州北部豪雨における阿蘇市並びに熊本市、2013 年 9 月台風 18 号における京都市並びに福知山市の消防活動に関する情報や災害対策本部の活動と気象や河川に関する注意報・警報等を時系列で整理し、水害時の気象や河川情報と防災機関の動きとの関連性や具体的な指示にかかった時間等の分析や、災害図上訓練を行う際の資料として活用する水害対応データを蓄積した。

(2) 兵庫県豊岡市で実施した洪水時の防災広報文章に関するアンケート調査結果の整理・分析を行い、馴染みの薄い用語が誤認されること、避難準備情報の認知度が低いこと、避難命令が発令されると思っている人が多いこ

と等がわかった。

(3) 前年度までに作成した、防災情報文章作成支援サブシステムに対して、①特別警報への対応、②外部データの受信やデータベースの更新を待たずに任意のタイミングで広報文を出力する機能、③Web 版応急対応システムとの連動機能、④気象情報配信サービス並びに河川水位情報配信サービス対応機能等のソフトウエア改良を行った。

2-III　同時多発火災への対応を訓練するためのシミュレーターの開発

(1) 東日本大震災における出火状況調査を郡山などで行い、出火地点と最寄りの地震記録、地盤の増幅度、応答スペクトルを調査し、家屋の固有周期と被害率、出火率などの関係について検討を行った。

(2) 横浜市消防局との震災初動期の消防力評価に関する共同研究については、横浜市の地震被害想定における火災出火件数と延焼棟数及び消防力の効果について検討するとともに、試験地域として、横浜市南区における消防力評価を行った。

(3) 同時多発火災対応訓練シミュレーターの要素機能開発においては、家屋外形に加え、街区データも表示可能とし、さらに、家屋データをシステムに登録することによって自動的に延焼経路の生成を可能とするシステム開発を行った。

(4) 流山新市街地地区 安心・安全まちづくり協議会、東京都町田市の自主防災組織などにおいて、火災延焼シミュレーションプログラムを使った防災講習を実施し、その利用促進を図った。

(5) 火災延焼シミュレーションプログラムの簡易版（DLL 版）を、横浜市消防局管内の全署に配備して、図上訓練や防災講習に活用する取り組みを開始した。

3.　平成 26 年度の成果

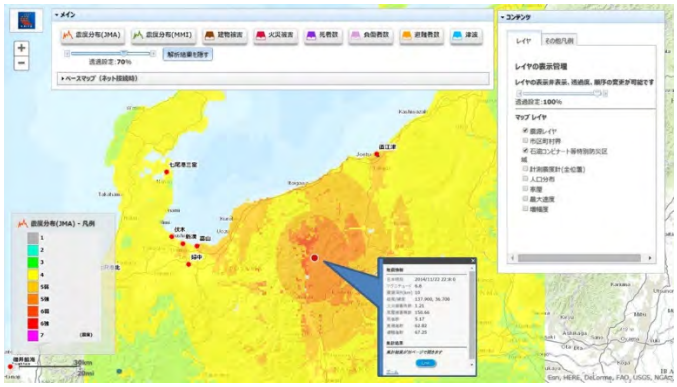
3-I　広域版地震被害想定システムの研究開発

(1) 簡易型津波被害予測手法の検証のために、津波の想定浸水マップ（内閣府想定）をデータレイヤに追加し、被害想定結果の画面に表示できるようにした。

(2) 地盤災害危険度マップ（地すべり、液状化、斜面崩壊）をデータレイヤに追加した。

(3) 広域版被害想定システムのプロトタイプの試験運用を行った。平成 26 年度はシステム動作検証において、震度 5 強以上の地震 2 件を記録したため、その被害想定精度を検証した。

(4) 消防庁の防災情報システム“初動対応基盤ツール”の被害想定機能としての試験運用を開始した。



平成 26 年 11 月に発生した「長野県北部を震源にした地震」における推定結果

発生日時	平成２６年１１月２２日２２時０８分頃
震央地名	長野県北部（北緯３６度４１.５分、東経１３７度５３.４分）
震源の深さ	5km
規模	マグニチュード6．7
各地の震度（震度５弱以上）	震度６弱 長野県：長野市、小谷村、小川村 震度５強 長野県：信濃町、白馬村 震度５弱 長野県：中野市、大町市、飯綱町 新潟県：糸魚川市、妙高市
主な人的・住家被害	重傷者10名　全半壊213棟

図 3-5　広域版地震被害想定システムの推定結果例

3-II　水害時の応急対応支援システムの開発

(1) 洪水時の避難に関する調査

神奈川県平塚市で実施した洪水時の防災広報文章に関するアンケート調査結果の整理・分析を行った。「避難準備情報」が避難に時間のかかる人へ避難開始を促していることを知らない人が多いこと、「避難勧告」と「避難指示」の用語の区分に関心が低いと考えられること、実際にはない「避難命令」が発令されると思っている人が多いこと等がわかった。これらの特徴は、新潟県三条市や兵庫県豊岡市の調査においても同様の傾向が見られた。平成 25 年と平成 26 年に洪水のあった山形県南陽市の住民を対象に避難に関するアンケート調査をした結果、区長・近隣知人等からの避難の誘いや、役所・消防・警察等の戸別訪問で避難を決心した世帯が多いことがわかった。

(2) 水害時応急対応支援システムの普及と水害事例に基づく検証・改良

Web 版の応急対応支援システムの動作を安定させるためのシステム改良を実施し、2013 年 9 月台風 18 号における京都市の災害発生や対応の時系列を検証用データとして用いて検証を行った結果、良好な動作環境を構築することができた。

3-III　同時多発火災への対応を訓練するためのシミュレーターの開発

(1) 横浜市消防局との震災初動期の消防力評価に関する共同研究

横浜市全域の消防力評価に関する計算を実施、一次運用（署所運用）と二次運用（広域運用）における消防力の投入効果を評価した。

(2) 同時多発火災対応訓練シミュレーターの開発

火災延焼シミュレーションの利用可能地域を広げるために、シェープ形式の木造家屋データから延焼経路を生成するプログラムを作成した。また、出火点ごとに出火時刻を指定できる機能などを追加し、プログラムの使いやすさを改善するためのシステム改良を行った。

(3) 火災延焼シミュレーションプログラムの利用促進

平成 27 年 3 月 1 日、町田市の自主防災組織のあつまりである「南地区連合会」において、講演会を開催し、火災延焼シミュレーションの機能紹介に基づき、地域の火災リスクと地震時の防災行動についての講演を行った。

図 3-6　火災延焼シミュレーションの動作例

4. 平成 27 年度の成果

4-I 広域版地震被害想定システムの研究開発

(1) プロトタイプ試験運用を継続して行った。

(2) 簡易型津波被害予測機能を取りこんだ広域版被害想定システムを開発し、消防庁職員全員が、総務省の省内 LAN 端末から閲覧可能となるように、消防庁システムに導入された。

4-II 水害時の応急対応支援システムの開発

(1)近隣市町村への気象注意報・警報等の発令状況表示、雨量グラフの自動更新、時間軸操作性向上等の改良を行った。さらに、水位情報を取得し、Web 版応急対応支援システムに表示する機能の追加を、河川情報センターからの研究費助成をうけて平成 28 年度に実施することとなった。

(2)平成 27 年 9 月関東・東北豪雨における 7 市町（常総市、境町、小山市、栃木市、鹿沼市、大崎市、栗原市）の自治体対応に関して、内閣府水害対応 WG ヒアリング調査団に加わりデータ収集を行い、自治体の会型対応における問題点の抽出を行った。

4-III 同時多発火災への対応を訓練するためのシミュレーターの開発

横浜市消防局との震災初動期の消防力評価に関する共同研究では、「同時多発火災対応訓練シミュレーター」の改良を行った。具体的には、出火点の保存機能を追加して同じ条件での訓練を繰り返し行うことが可能となった。また、延焼状況の推移について 1 時間ごとの表示やアニメーション表示を可能としたほか、簡易に全体及び火点ごとの累積炎上棟数等のグラフ表示を行えるようにするなど、ユーザインターフェースに改良を加えた。

横浜市南区井土ケ谷上町第一町内会地区防災まちづくり勉強会や町田市つくし野の自主防災組織の防災訓練において、火災延焼シミュレーションプログラムを活用した防災講習を行った。また、火災延焼シミュレーションプログラムは、平成27年6月に京都市消防局の指令システムへ導入されたほか、さいたま市都市計画部都市総務課や横浜市都市整備局により都市計画を市民に説明する活動の一環として利用された。

5. 共同研究等外部との協力

次の相手先と共同研究を実施している。

・独立行政法人情報通信研究機構

・独立行政法人宇宙航空研究開発機構

・横浜市消防局

次の相手と協力し、研究を実施している。

・東京理科大学

・京都市消防局

・尼崎市消防局

・神戸市消防局

・江別市消防本部

・茅ヶ崎市消防本部

6. その他

(1) 論文発表

1） 新井場公徳、河関大祐、高梨健一、細川直史、座間信作：東北地方太平洋沖地震時の消防活動に関する調査、消防研究所報告、第 115 号、pp.18-28 (2013.9)

2） 河関大祐、座間信作、高梨健一：水害時の住民向け防災広報に関する研究、消防研究センター報告、第 113 号、pp.37-44、2012.

3） Shingo Suzuki, Haruo Hayashi, Masafumi Hosokawa: Development of Urban Resilience GeoPortal Online for the Better Understanding of Disaster Scenarios, Journal of Disaster Research, Vol.9, No.2, pp.128-138 (2014.3)

4） LAI, J., DING, L., ZHANG, Y., WU, W., HAYASHI, H., KIMURA, R., HOSOKAWA, M. and SAKURADA, Y. "Development of NERSS Training Program for Earthquake Emergency Response Capacity Building of Local Governments", Journal of Disaster Research, Vol.10, No.2, pp.263-269, 2015.4.

5） DU, X., ZHANG, J., XU, J., HE, Z., LAI, J., LI, Y., KIMURA, R., HAYASHI, H., HOSOKAWA, M. and SAKURADA, Y. "Comparative Analysis of Earthquake Emergency Response in China and Japan Based on Timeline: 311 Earthquake vs 512 Earthquake", Journal of Disaster Research, Vol.10, No.2, pp.276-287, 2015.4.

6） ZHOU, B., SUN, G., ZHANG, X., XU, J., LAI, J., DU, X., HOSOKAWA, M., HAYASHI, H., KIMURA, R. and SAKURADA, Y. "Development of Web-Based Tabletop Emergency Earthquake Exercise System", Journal of Disaster Research, Vol.10, No.2, pp.217-224, 2015.4.

(2) 口頭発表・解説

1） 河関大祐（分担執筆）：津波被害に関する市町村調査報告書、日本災害情報学会東日本大震災調査団調査報告書 (2013)

2） 都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト、平成 24 年度成果報告書 (2013.5)

3） 細川直史：地震時の応急対応を支援するための地震被害想定システムの開発、第 9 回 GIS コミュニティフォーラム (2013.5)

4） 細川直史、河関大祐：2010 年 1 月別府市強風下市街地火災における住民行動に関する調査、平成 25 年度日本火災学会研究発表会 (2013.6)

5） 細川直史：消防防災の応急対応を支援する情報通信、第 3 回安全・安心な生活のための情報通信システム研究会、芝浦工業大学豊洲キャンパス (2013.6.13)

6） 河関大祐、高梨健一、遠藤真、座間信作：水害時の住民向け防災広報に関するアンケート調査、日本災害情報学会第 15 回学会大会、pp.346-349 (2013.10)

7） 遠藤真、細川直史、河関大祐、新井場公徳、伊藤晃（インフォグラム）他 1 名、北村和彦（ハレックス）他 1 名：気象 API をトリガーとして用いた WEB 版応急対応支援システムの開発－2013/7/28 山口島根豪雨災害の事象に基づいた面的情報把握の重要性－、日本災害情報学会第 15 回学会大会 (2013.10)

8） 鈴木恵子、田村裕之、細川直史、遠藤真：東日本大震災に関連して発生した火災に関する調査、検定協会だより、第 394 号、pp.3-9 (2013.10)

9） 原田賢哉（JAXA）他 3 名、細川直史、田村裕之：災害監視無人機システムの研究開発－システムコンセプトと実証実験－、第 51 回飛行機シンポジウム (2013.11)

10） 細川直史、遠藤真：災害対応や防災訓練を支援するための災害シミュレーション技術の研究開発、検定協会だより、第 395 号、pp.3-10 (2013.11)

11） 細川直史：消防防災分野における拡張現実の活用、月刊画像ラボ、Vol.24、No.11、pp.68-74 (2013.11)

12） 細川直史：広域版地震被害想定システムと防災情報のマッシュアップ、文部科学省委託研究「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」サブプロ③「都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査･研究」第 5 回全体ワークショップ、2014 年 8 月 18 日

13） 片山典彦、鄭　炳表、大和田泰伯、高橋　卓（NICT）、高梨健一、細川直史（NRIFD）：WINDS を用いた移動体衛星通信と緊急車両向け通信システムのネットワーク特性に関する一検討、電子情報通信学会信学、衛星通信研究会 (SAT)、SAT2014-36、pp.63-68、2014 年 8 月 20 日(高知市)

14） 細川直史、高梨健一、遠藤真（消防研究センター）、鄭炳表（NICT）：WEB 型地震被害想定システムの開発と運用、電子情報通信学会 2014 年ソサイエティ大会、シン

ポジウムセッション　安全・安心な生活のための情報通信システム、AS-2-5、2014 年 9 月

15）大和田泰伯、鄭　炳表、片山典彦、浜口　清（NICT）、高梨健一、細川直史（消防研究センター）：隊列走行緊急車両間の情報共有を可能とする衛星通信とアドホックネットワークの連携システム、電子情報通信学会 2014 年ソサイエティ大会、B-15-11、2014 年 9 月

16）河関大祐、高梨健一、遠藤真、座間信作：水害時の住民向け防災広報に関するアンケート調査、日本災害情報学会第 15 回学会大会予稿集、pp.346-349 (2013.10)

17）河関大祐、高梨健一、遠藤真、座間信作：水害時の住民向け防災広報に関するアンケート調査(2)、日本災害情報学会第 16 回学会大会、pp.108-109 (2014.10)

18）河関大祐、高梨健、細川直史、遠藤真：洪水時の避難に対する住民意識調査、日本災害情報学会第 17 回学会大会予稿集、pp.210-211 (2015.10)

19）細川直史：広域版地震被害想定システムと防災情報のマッシュアップ、第 15 回比較防災学ワークショップ、pp.85-97、2015 年 1 月 23 日

20）大和田泰伯、鄭炳表、片山典彦、服部聖彦、浜口清(NICT)、高梨健一、細川直史(消防研究センター) : 消防車両と WINDS 移動衛星地球局によるマルチチャネルーマルチインターフェース MANET の移動通信実験、電子情報通信学会信学技報、MoNA/ASN/MICT 研究会、MoNA2014-89、pp.147-152、2015 年 1 月 19 日

(4)　多様化する火災に対する安全確保に関する研究

研究期間：平成 23 年 4 月～平成 28 年 3 月

技術研究部　大規模火災研究室	田村裕之、篠原雅彦、鈴木恵子
	鈴木佐夜香[*8)]、藤井皓介[*11)]、森井統正[*2)]
	推名知明[*5)]、小野美沙登[*1)]
火災災害調査部　研究企画室	松島早苗[*4)]
消防庁　総務課	高梨健一
技術研究部長	山田常圭[*9)]
技術研究部　上席研究官	河関大祐、細川直史[*2)]
技術研究部　危険性物質研究室	尾川義雄
技術研究部　地震等災害研究室	佐伯一夢[*7)]
技術研究部　特殊災害研究室	塚目孝裕[*6)]、佐藤康博[*11)]、志水裕昭[*10)]
火災災害調査部　原因調査室	鈴木健、阿部伸之、若月薫[*3)]

[*1)]平成 23 年 4 月～平成 24 年 3 月
[*2)]平成 23 年 4 月～平成 25 年 3 月
[*3)]平成 23 年 4 月～平成 26 年 12 月
[*4)]平成 23 年 4 月～平成 27 年 3 月
[*5)]平成 24 年 4 月～平成 26 年 3 月
[*6)]平成 24 年 4 月～
[*7)]平成 25 年 1 月～
[*8)]平成 25 年 2 月～
[*9)]平成 25 年 2 月～平成 26 年 3 月
[*10)]平成 25 年 4 月～平成 27 年 3 月
[*11)]平成 27 年 4 月～

1.　目的

東日本大震災では、地震直後や津波被害を受けた後に多くの火災が発生した。これらの火災には、津波に流された車両や建物からの出火など多様な状況が見られ、中には広域の市街地火災となった地域もある。また、被災地の復興や電力不足対応などで、再生可能エネルギー発電技術を活用する動きも見られる。これら課題に対応した防火安全対策が急務である。また、グループホーム、小規模雑居ビル等の建物での火災が多様化し、人的被害も大きいことから、消火活動を支援する知見の蓄積と技術・手法の確立、実効性のある警報伝達技術の確立により、国民及び消防隊員の安全確保を実現する。

これらの目的を達成するために、ここでは次に示すⅠ～Ⅴのサブテーマに着目し研究を進める。

サブテーマⅠ　東日本大震災における火災分析と防火対策

東日本大震災における地震・津波火災では、

実態がよくわからないものがある。今後の地震・津波火災の防止や、延焼・拡大を抑制するための技術的方策を見出すため、発生原因や延焼要因を究明する研究を行う。

また、震災の影響もあり、太陽光など再生可能エネルギーを利用した家庭内発電装置やメガソーラーなどの発電所の数が増加している。しかしながら、太陽光発電システムが設置された住宅の火災において、消火活動中に隊員が感電するという事例が報告されている。そこで、再生可能エネルギー関連設備・装置の火災予防上の安全な使用方法と、設備・装置が設置されている火災現場での活動基準を作成する。

以上の研究概要を図 4-1 に示す。

図 4-1　東日本大震災における火災分析と防火対策の研究概要

サブテーマⅡ　火災の実態把握と課題抽出

社会が急速に変化する中で、法令上想定されていない業態や新しい用途、環境、物質、人的及び社会的要因等に関連する火災が発生している。これらの多様化する火災に対応するための研究は、これまでとは異なる火災の実態を把握し、適切な火災モデルを基に実験や研究を進め、場合によっては新しく研究テーマを設定し、火災全体を対象とし刻々と変化する火災実態とのフィードバックを繰り返していく必要がある。社会的要因を考慮して多様化する火災の実態を分析し、他のサブテーマへの情報提供とフィードバックを行い、テーマ全体としてより実態に即した有効な研究成果の実現を目的として行う。

以上の研究概要を図 4-2 に示す。

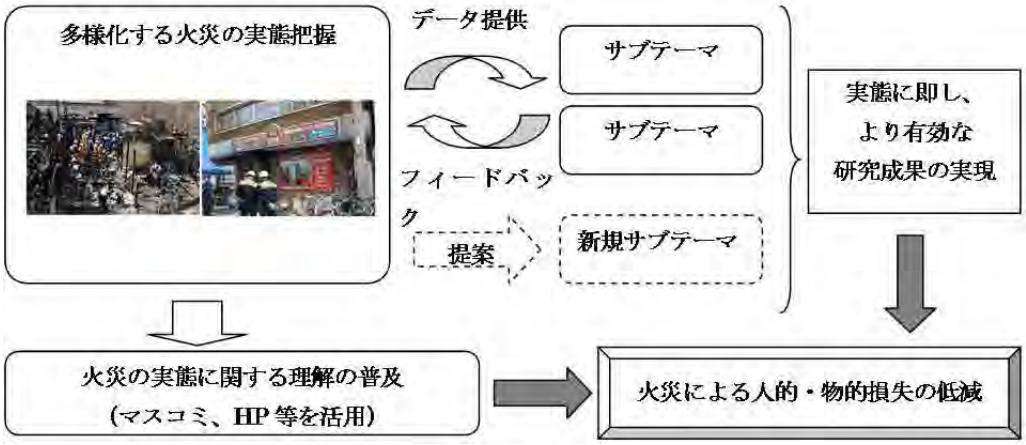


図 4-2　火災の実態把握と課題抽出の研究概要

サブテーマⅢ　火災の促進要因と燃焼性状の実験と数値計算による分析

近年の小規模建物や気密・断熱性を高めたエコ住宅では、火災に伴って大量に発生する可燃性ガスがフラッシュオーバーや突然のバックドラフトを生じさせ、住民に加え、消火活動にあたる消防隊員が危険にさらされる可能性がある。一方、火災感知や消火、避難、消火活動等を考えた時、燃焼性状や燃焼中・消火中の危険性を把握することは、社会の多様化に伴う火災時の安全な避難や効果的な消防活動に対して必須の課題である。寝具等の低反発素材、炭素繊維や金属混合プラスチック、建物内外の断熱材（サンドイッチパネル等）など、普及拡大が予想されるが、火災時の燃焼性状が不明である。ここでは、様々な可燃物の燃焼・消火に伴う生成物及び燃焼に伴う諸現象を把握する。

大規模市街地火災、林野火災、石油基地火災などでは、「火災旋風」と呼ばれる竜巻状の渦が発生して、多くの人的・物的被害が引き起こされることがある。これまで行ってきた研究により、火炎に対して一様な横風をあてるという単純な状況下であっても、火炎の風下には再現性よく旋風が発生し、その旋風の発生形態は数種類ありそうなことがわかり、さらにそれらの発生メカニズム、構造も徐々に明らかになってきた。本研究では、旋風に対する防災対策の立案に資するため、横風の風速、火災の燃焼性状、火災域の形状などが旋風の発生に及ぼす影響についてさらに広範囲に調べ、旋風の発生条件、発生メカニズムを解明する。また、無風下で発生する火災旋風の発生条件についても解明する。

以上の研究概要を図 4-3 に示す。

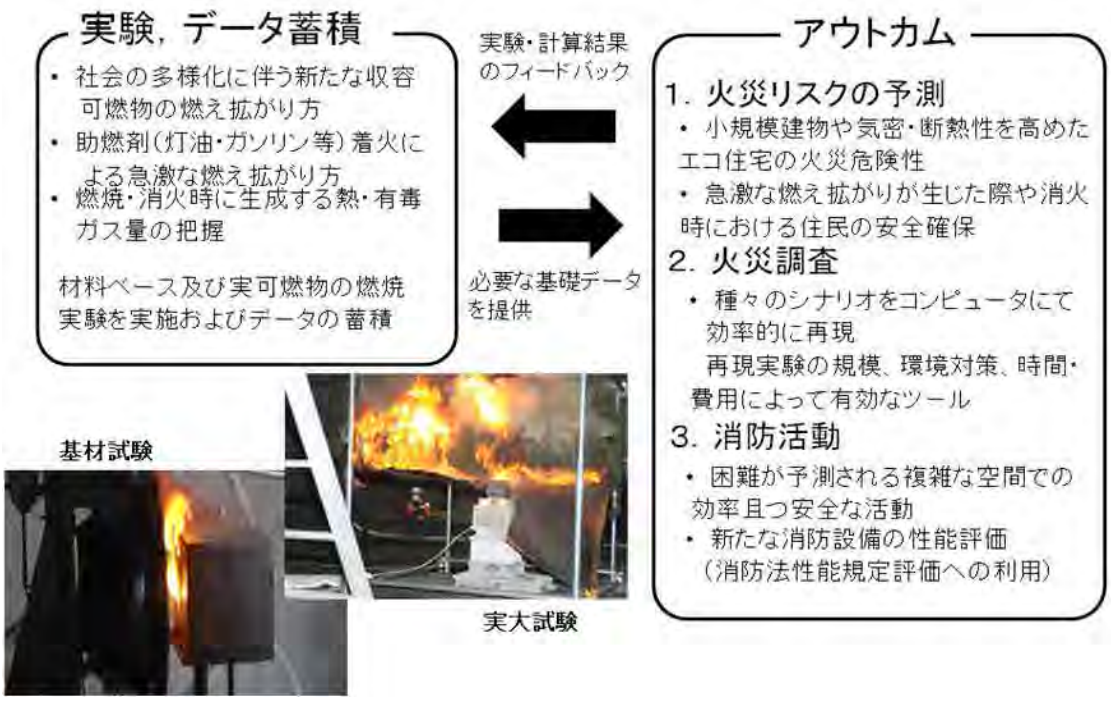


図 4-3　火災の促進要因と燃焼性状の実験と数値計算による分析の研究概要

サブテーマⅣ　生活に密着した建物等での警報伝達手段に関する研究

木造・老朽・密集住宅地域では、火災の初期拡大の速さや延焼危険が高い。これらの地域では高齢者のみ・高齢単身世帯の増加により自力避難や通報・初期消火が困難な住民が多く、火災時のリスクが増大している。このような地域の火災被害を低減するために、火災警報を近隣世帯間で共有し、避難安全の確保や延焼拡大の防止に資する方策を考える必要がある。そこで、安価な無線連動型住宅用火災警報器を活用し、地域ぐるみの共助体制を構築するためのハード／ソフト両面のノウハウをモデル実験を通して蓄積し、発信する。具体的には、小規模店舗が密集した木造市場に無線連動型住宅用火災警報器を設置し、火災リスクの高い建物で効果的に住宅用火災警報器を導入するための技術的要件の検討や、確実な 119 番通報や避難支援の助けとなる近隣世帯への警報伝達の手法を検討し、実効性の高い警報伝達手法を確立する。

以上の研究概要を図 4-4 に示す。

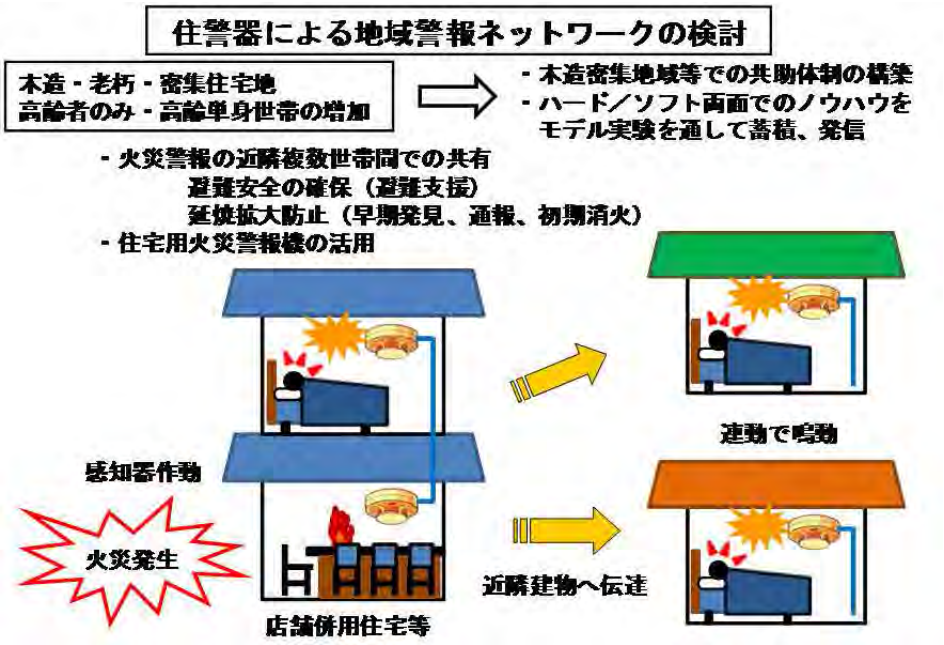


図 4-4　警報伝達手段の活用に関する研究概要

サブテーマⅤ　熱画像を活用した再燃火災の発生防止に関する研究

消火活動により鎮火した後に再出火する再燃火災は、住民の財産を損なうだけでなく、市民の消防機関に対する信頼を失わせることになる。したがって、鎮火後の再燃火災は、消防本部においては、絶対に防止しなければならない現象である。そのため、鎮圧後の火災現場において、長時間にわたり監視のための人員を配置したり、定期的に確認したりする必要があり、消防の負担になっている。

再燃火災の要因となる残火を探す作業において利用可能と思われる赤外線カメラの火災現場での適切な使い方を示す必要がある。

再燃した火災の事例分析により、残火がのこりやすい建物構造や建材などを把握するとともに、再燃火災の模擬実験などに基づき、再燃火災の要因となる残火の発生要因を分析する。それらの結果から、鎮圧後の火災現場において再燃火災の要因を効率的に発見する手法を提案することを目的とする。

以上の研究概要を図 4-5 に示す。

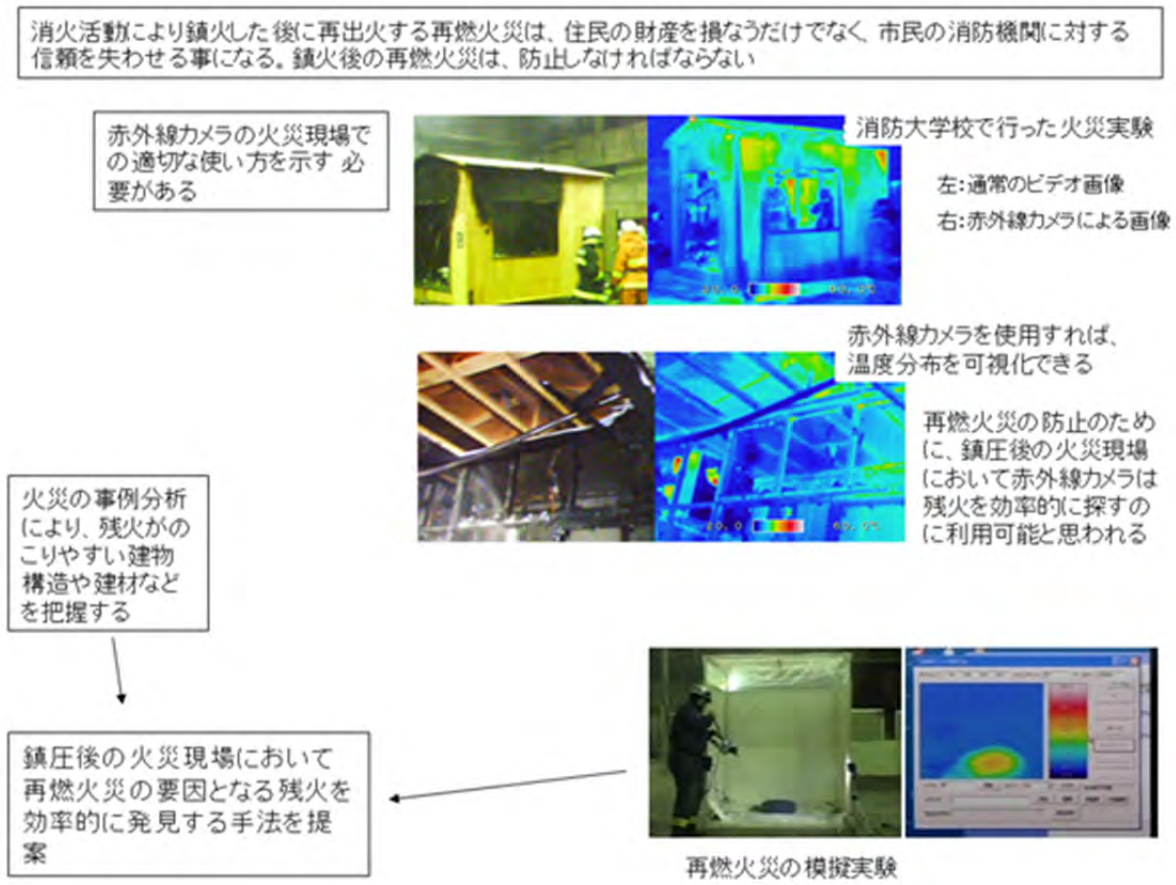


図 4-5　再燃火災の発生防止に関する研究概要

表 4-1 に各サブテーマの年度計画を示す。

表 4-1　5 か年の各サブテーマの研究計画概要

	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度
サブテーマⅠ 東日本大震災における火災分析と防火対策	・震災関連火災情報の収集のための準備 ・火災目撃情報の収集 ・再生可能エネルギー活用に関する情報収集	・火災情報収集のための調査票の配布と回収 ・自動車火災の出火原因検討の基礎実験の実施 ・太陽電池モジュールの火災危険性と活動困難性の把握	・火災情報の分析、まとめ ・自動車火災の出火原因検討についてのまとめ ・太陽電池モジュールの発電特性と火災時活動安全に資するガイドラインの作成	・太陽電池モジュールの種類による個別の燃焼生成物等の把握 ・太陽電池モジュールの発電抑制技術の開発	
サブテーマⅡ 火災の実態把握と課題抽出	社会的背景を考慮した居住環境における火災の実態把握				社会的背景を考慮した多様化する火災の実態把握と公表
サブテーマⅢ 火災の促進要因と燃焼性状の実験	新たな可燃物の燃焼データや種々の環境条件における	新たな可燃物や種々の環境条件が要因となるリスク予測	燃焼条件を考慮した小規模実験による燃焼データの把握・蓄積	燃焼条件を考慮した小規模実験による燃焼データの把握・蓄積	実火災における燃焼現象と適切な消防活動に資する技

と数値計算による分析	可燃物の燃焼データの獲得・蓄積			と計算機による現象予測技術の向上	術提供
サブテーマⅣ 生活に密着した建物等での警報伝達手段に関する研究	警報伝達に利用可能な通信技術の絞り込み	警報伝達に利用可能な要素技術の検証	無線連動型住警器による地域警報ネットワークの検討	無線型住警器の連動通報実験、防火共助意識調査	無線型住警器の連動通報実験､地域防火用無線連動住警器の技術的検討と機能設計、防火共助意識調査
サブテーマⅤ 熱画像を活用した再燃火災の発生防止に関する研究	火災現場の温度等情報獲得手法の絞り込み	火災現場の温度場計測手法の検証	火災現場の温度場計測手法の確立	火災現場情報を把握するための技術・手法の検証	火災現場情報を把握するための技術･手法の確立

2.　平成 26 年度までの主な成果

2-I　東日本大震災における火災分析と防火対策

平成 23 年度

(1) 東日本大震災において発生した火災の発生原因や延焼要因の究明

被災地において発生したすべての火災情報を収集し、出火原因、被害程度等の情報を得るために被災地域の現場調査を行うとともに消防本部や住民への聞き取り調査を実施した。

① 東日本大震災に関連して発生した火災に関するアンケート調査

東日本大震災に関連して発生した火災について、地震の揺れや津波に起因する火災にとどまらず、避難生活中の火災など、幅広く発生と被害の実態を網羅的に把握するとともに、地震による火災被害低減のための研究に資する知見を得ることを目的として、被災地域の消防機関を対象としたアンケート調査を行った。このうち、被災現地のがれき及びがれき集積場の火災について集計を行った。

② 津波による自動車火災の出火原因について

津波で水没した自動車の火災の出火原因のひとつと考えられるバッテリーの通電部分からの出火可能性を検証するために、人工海水を用いて、銅や真鍮の電極でどのくらいの電流が流れるかの確認を行った結果、5×5cmの電極板で電流値が2～7Aであった。この電流では発火に至るケーブルの加熱は起こらないことが確認できた。

③ 気仙沼市の海上火災

東北地方太平洋沖地震が発生した夜、陸上自衛隊東北方面隊が気仙沼上空から撮影した火災の映像がテレビで放映された。映像は一面の大火災を映し出してはいたが、夜のため、燃えているのが町なのか山なのかまったく分からなかった。どこが燃えているにしろ、火炎を上げて燃え盛っている所が一様に広がっているように見え、仮に同時多発火災だとしても、火災の空間密度が高すぎるように思えた。一方、気仙沼湾に面した気仙沼市朝日町に設置されていた屋外タンク 22 基が津波で流された。これらの屋外タンクの中には重油、軽油、灯油、ガソリンが入っていた。この空撮映像に映った火災は気仙沼のどこだったのか、何が燃えていたのか、なぜ密集した火災が広範囲に広がったような燃え方をしていたのか、この火災と流されたタンクから流出した油とは関係があったのか、を知ることを目的として現地調査と分析を行った。

その結果、上記空撮映像の中央部に写った大規模な火災は、気仙沼の海上であることが分かった。この海上火災について、この空撮映像と地上から撮影された映像、写真、証言、気仙沼

湾周辺の地上に落ちていた材木の焼け方から、気仙沼湾では固体が海上で燃えながら移動して広がった可能性が高いことを示した。さらに、証言と、気仙沼湾周辺の地面に落ちていた複数の焼けた木片には油分が含まれていたという分析結果（図 4-6）から、海上を燃えながら移動した固体には油が付着していた可能性があることを示した。固体が海上で燃えながら移動して広がったとすれば、その様子は、燃焼媒体そのものが火の粉以外に大きく移動することのない市街地火災や林野火災の燃え拡がりの様子とは異なり、火炎を上げている場所が高密度にしかも広範囲に広がっているように見えることも可能に思える。油そのものが海面で燃えていたという証言はあったが、物的証拠は見つけられなかった。タンクから流出した油がこの火災に及ぼした影響については、本研究では分からなかった。

図 4-6　気仙沼湾周辺の陸上で採取した木片等の油分の分析結果：地面に落ちた焼けた木片、焼けた建物の壁の一部、樹木の枝などを採取した。A2、A3 は火災のあった建物の壁である。A10、A11 以外の固体の採取物は明らかに焼けていた。
（©2011 Google−地図データ ©2011 ZENRIN）

(2) 再生可能エネルギー関連設備・装置の火災危険性把握

再生可能エネルギーのひとつである太陽光による発電装置における、火炎曝露等による出力電圧の特性や太陽電池モジュールの燃焼性状について確認するための実験を行った結果、炎により装置が発電するという現象が生ずることや、太陽電池モジュールの構造によっては燃焼するものがあることがわかった。また、太陽電池モジュールの多層構成を顕微鏡観察により確認し、各層について赤外分光光度計、熱分解ガスクロマトグラフにより材質を確認した結果、モジュールの種類により構成部材が違うこと、燃焼する素材が含まれることがわかった。

平成 24 年度

(1) 東日本大震災において発生した火災の発生原因や延焼要因の究明

① 東日本大震災に関連して発生した火災に関

するアンケート調査

東日本大震災に関連して発生した火災について、地震の揺れや津波に起因する火災にとどまらず、避難生活中の火災など、幅広く発生と被害の実態を網羅的に把握するとともに、地震による火災被害低減のための研究に資する知見を得ることを目的として、被災地域の消防機関を対象としたアンケート調査を行った。この結果、約500件の火災に関する情報が得られ、内容の精査と集計分析に着手した。これらの火災のうち、津波による浸水被害を受けた場所や車両の火災は約230件と半数程度を占めている。また、避難生活中の火災約70件、計画停電に関連した火災4件、廃棄物集積場の火災約40件などの情報が得られている。

また、得られた火災情報をもとに、太陽光発電システムから出火した火災と、自動車から出火した火災（疑いを含む）について、追加調査による詳細な情報収集を行った。

② 津波による自動車火災の出火原因について

東日本大震災で津波被害を受けた自動車から出火するという目撃情報が報告されている。出火メカニズムを解明する実験のひとつとして、バッテリーが水没したときに海水を通じて流れる電流を測定する実験を行った。12Vの直流電源の両極に銅板または真鍮(しんちゅう)板を取り付け、純水、食塩水、人工海水に両極を沈め、流れる電流を計測した。そのときの結果の一例を図4-7に示す。電流は、純水ではほぼゼロ、食塩水では浸けた直後に数アンペア（A）流れるが1分後には0.2A に低下、人工海水では浸けた直後に数アンペア流れ、その後低下するが2分後くらいには最初の電流に戻る。電流の変化は、電極の種類による違いは顕著ではなく、液体の種類による違いの方が大きかったが、ケーブル被覆を加熱するほどの大電流は流れなかった。小型のプールを作り、実車を海水に沈め、バッテリーからの電流、ガスの発生状況、高温部分の計測を実施した。

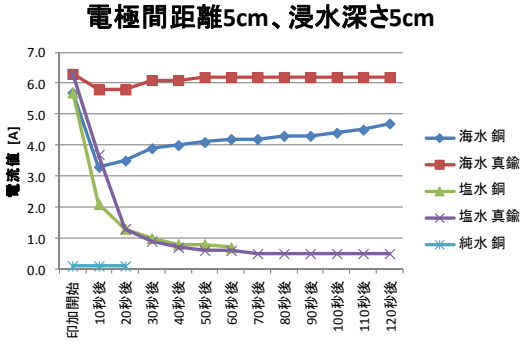


図4-7　自動車バッテリーを用いた人工海水、塩水、純水での通電量測定（電極は銅と真鍮を用いた。）

(2) 再生可能エネルギー関連設備・装置の火災危険性把握

再生可能エネルギー設備の中で太陽電池モジュールに対して実験を行った。太陽電池モジュールが火炎に曝露されたとき、太陽電池モジュールを構成するバックシートの材質により燃焼性状が異なることがわかった。PET（Polyethylene terephthalate）やPVF（Polyvinyl fluoride）などの樹脂のみでバックシートが構成されている場合、樹脂は焼失し、太陽電池モジュールの破壊が大きく進む。しかし、バックシートにアルミシートが含まれていた場合、アルミシートが焼け抜けるまでは太陽電池モジュールの大きな破壊には至らないことがわかった。

平成23年度の実験により火炎からの放射光で太陽電池モジュールは発電することが確かめられたので、平成24年度では、燃料の違いによる火炎の分光特性が発電特性に及ぼす影響を実験で明らかにした。n-ヘプタン、灯油、エタノール、メタノール、木材クリブを燃焼させた時の放射スペクトルを280～2500nmの波長範囲で計測した。メタノール以外の橙色の炎では、可視光域よりも近赤外線域の成分が多い。結晶シリコン系太陽電池は約1130nmまでの波長に感度を有することから、炎では可視光照度に比べ高い電圧になる。近赤外域までの成分が強いn-ヘプタン、灯油は出力電圧が高いが、近赤外域までの成分

がほとんどないメタノールは出力電圧がほぼゼロであった。

鎮火後に屋根に残った太陽電池モジュールは日射により発電を継続するため、残火確認等で消防隊員が活動する際の感電要因となる。太陽電池モジュールの発電抑制手法について、工事現場などで使用するブルーシート、熱により発泡する防火フィルムの遮光効果を検討した。太陽電池モジュールの出力電圧の低下を指標とすると、ブルーシートで約1/6に、発泡した防火フィルムでも約1/6に低下した。

また実際に感電した消防隊員のいる消防本部を訪問し、状況の聞き取りを実施するとともに、消防活動時の装備品である、手袋、長靴の電気抵抗を測定した。手袋は、乾いた状態では数百～数千MΩで絶縁性が高いが、水濡れの場合は1kΩ以下となり、痙攣(けいれん)などを起こしうる電流が流れる抵抗値に下がった。

その他太陽電池モジュールに使用されている樹脂材は製品により素材が異なり、燃焼生成ガスや燃焼性状を推定するためには材質の確認が必須となる。製品の構成部材の中に材質が明らかでないものがあったため、材質の分析を行い、燃焼実験に使用した太陽電池モジュールのバックシートが PVF であることを確認した。

各種実験から得られた成果をまとめ、消防・救急課と連名で事務連絡として「太陽光発電システムを設置した一般住宅の火災における消防活動上の留意点等について」（平成 25 年 3 月 26 日）を発出した。

平成 25 年度

(1) 東日本大震災において発生した火災の発生原因や延焼要因の究明

① 東日本大震災に関連して発生した火災に関するアンケート調査

東日本大震災に関連して発生した火災について、地震の揺れや津波に起因する火災にとどまらず、避難生活中の火災など、幅広く発生と被害の実態を網羅的に把握するとともに、地震による火災被害低減のための研究に資する知見を得ることを目的として、被災地域の消防機関を対象としたアンケート調査を行った。このうち、被災現地のがれき及びがれき集積場の火災について集計を行った。

②津波による自動車火災の出火原因について

東日本大震災で津波被害を受けた自動車から出火するという目撃情報が報告されている。出火メカニズムを解明する実験のひとつとして、エンジンを停止した自動車を海水に沈める実験を行った。バッテリーのマイナス端子に流れ込む電流量の経時変化を図4-8に示す。その時の、時間経過に伴う発生事象について整理した。

水没直後はバッテリーのマイナス端子側で 50A 以上の電流が記録されたが、1 時間後には 12A、2 時間後には 0.5A まで低下した。エンジンルーム内では水素の発生を確認できた。海水によるリレーの導通により、ラジオアンテナの上下動、ホーン鳴動、ワイパー駆動、ヘッドランプ点灯、パワーウィンド駆動、ラジオ鳴動などが発生した。これらは 15A 以上流せるバッテリー残量の時に起こっており、水没から約 46 分でこの残量を下回る。水没後に引き上げた自動車のバッテリーを満充電品に付け替えたとき、メーターとダッシュボードの隙間やステアリングの付け根

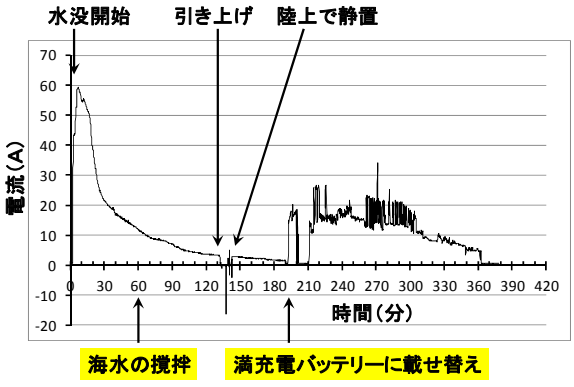


図4-8　自動車を水深1mの海水に水没させたときのバッテリーマイナス端子側電流量の変化（車両は約130分まで水没させその後引き上げて陸上に静置した。）

からの発煙を確認できた。短時間の水没後に水が引いた際、発煙する可能性を示した。

(2) 再生可能エネルギー関連設備・装置の火災危険性把握

太陽光発電システムにおける消防隊員の感電を考慮し、手袋や長靴、破壊器具などの個人装備品の電気導電性を検証した。また、太陽電池モジュール（以下、モジュール）のバックシートや充填材の材質の分析を実施するとともに太陽光発電設備の火災危険性と消火活動における危険性の把握と、活動マニュアルの作成に向けて検討を行った。

消防本部が実際に使用している手袋を、乾いた状態と湿った状態で電気抵抗を測定した結果、乾いた状態では感電しないレベルの抵抗を示したが、湿った状態では、ほぼ水と同じ抵抗になることがわかった。長靴は水の浸み込む穴がなければ、感電するほどの電流が流れ込まないことがわかった。

数種類のモジュールについて構造と構成部材を明らかにし、燃焼形態と構成部材の関係について検討した。発電セルを包埋している樹脂は、共通してエチレン－酢酸ビニル共重合体が用いられており、バックシートは数層にラミネートされたPETが使用されているものが多かった。一部の製品には、耐候性の良いポリフッ化ビニルや、気密性の良いアルミニウムシートが使用されているものもあり、これらの素材が使用されているモジュールは、独立燃焼を起こさず、破壊形態も他の製品と比べ大きくならなかった。

燃焼の際に生成するガスは、モジュールを構成している樹脂に由来するものが検出されたが、フッ素を含有するポリフッ化ビニルをバックシートに使用している製品では、毒性のあるフッ化水素酸が発生しているのが確認された。

実験の結果をまとめ、報告書と消防活動における活動マニュアルを作成した。

平成 26 年度

(1) 東日本大震災において発生した火災の発生原因や延焼要因の究明

① 東日本大震災に関連して発生した火災に関するアンケート調査

東日本大震災に関連して発生した火災について詳細な情報を得るため、消防機関を対象としたアンケート調査を実施した。地震発生から約 1 年間に発生した火災のうち、東日本大震災に関連して発生したと考えられる火災について、北海道、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、茨城県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県の 13 都道県内で発生したものを対象とし、避難所等での生活中の火災も含んでいる。調査の結果 492 件の火災について情報を得た。

津波浸水地域で発生した火災は、車両の火災を含め調査火災の 47%を占め、津波来襲時に発生した延焼火災のほとんどは、出火原因不明となっている。電気に関連した火災は 159 件あり、この内、通電火災は 46 件、津波浸水地域の火災が 38 件であった。機器の別では、配線・分電盤・変圧器等からの出火が 69 件、電気ストーブが 30 件（うち地震による落下物等でスイッチが入った事例が 22 件）、観賞魚用ヒーター8 件などである。通電火災は 46 件あり、これとは別に計画停電後の電気火災が 2 件発生している。

避難生活中の火災は 67 件あった。このうちローソク（28 件）や炭などの裸火が発火源となったものが 33 件あり、他に石油ストーブへのガソリンの誤注油や、煙突が破損したまま薪ストーブや風呂釜を使用したことによる小屋裏への着火、カセットコンロのガスボンベの爆発などがあった。

震災がれきの廃棄物集積場で発生した火災は調査火災中 22 件あり、この半数が 8 月～9 月に発生していた。亜鉛メッキ工場の火災は 3 件あったが、東日本大震災以前に、地震時の亜鉛メッキ工場の火災は 4 件発生しており（阪神・淡路大震災以降）、メッキ槽でスロッシングが発生したと考えられる。

観賞魚用ヒーターの火災 8 件のうち 6 件は地震でヒーターが空気中に露出して過熱した、従来型の火災事例であるが、残り 2 件は、地震直後で混乱する中、出火を防止しようとヒーターを水槽から取り出したことが、かえって火災につながった事例であり、観賞魚用ヒーターの特殊性と安全設計の課題を呈示した。

電気火災では、タイマーを設定していたことで地震発生から時間を経過して発生した火災もあり、新しい種類の出火として警戒する必要がある。

避難生活中は疲れもあり、裸火への十分な注意が行き届かないこともあることから、停電時の明かり取りとしてのローソクの使用は控えるべきであり、非常用の備蓄や持ち出し品としてローソクをやめ、LED ライトなどに置き換えるべきである。

なお、平成26年11月22日に発生した長野県北部地震の際には、本研究によって得た知見を基に、消研HPにて地震後の火災防止に関する注意喚起を行った。

(2) 再生可能エネルギー関連設備・装置の火災危険性把握

各種製品の充填材、バックシートの材質と生成ガスの関係について、引き続き検討するとともに、有炎燃焼の際の生成ガス種の検討及び生成メカニズムの考察を重点的に実施する。また、消防隊員の感電を予防する手段として、太陽電池モジュールの発電を抑制する技術の開発に着手する。

各種太陽電池モジュールに使われている充填材やバックシートの材質を調査し、これら部材が加熱されたときと火炎曝露されたときの生成ガスを分析した。加熱時に生成するガスは、モジュールを構成している樹脂の分解に由来するものが検出され、火炎曝露された際には、樹脂由来の分解物が空気中の酸素により酸化された分解物の生成が認められた。使用されている樹脂の違いにより生成するガス種は異なるが、一部の材質では毒性のあるガスの生成が認められ、消火活動中は空気呼吸器を着装する必要性を示した。

太陽電池モジュールの発電抑制技術の開発では、モジュール表面に無機物を吹き付けて遮光する装置の開発を行っている。一次試作機を用い、研究協力の得られた4つの消防本部でデモンストレーションを行い、改良点等についての要望を抽出した。要望としては、塗布物を洗い流したときに汚れが目立たないこと、隊員一人で容易に操作できる使い勝手と重量であることなどが出された。これらの要望を盛り込んだ仕様で、二次試作機の製作を行った。

太陽光発電システムの安全性を高める活動として、国立研究開発法人産業技術総合研究所を中心とした太陽光発電の直流電気安全基準策定委員会に参加し、消防隊員向けの技術資料と太陽光発電設備の製造者や施工者向けの技術資料の策定に貢献している。

2-II　火災の実態把握と課題抽出

平成 23 年度～平成 25 年度

(1) 分析環境の整備

分析を行うためのデータを収集し、分析環境の整備を行うとともに、随時データをアップデートし、分析環境の維持管理に努めた。

(2) 火災の実態把握と課題抽出

網羅的な集計分析を行い、詳細な分析を実施すべき課題の探索を行った。

(3) 施策立案に必要な分析の実施

たばこ火災や防火管理等に関する分析を実施し、施策検討用資料として提供した。

平成 26 年度

(1) 分析環境の整備

データのアップデートを行い、分析環境の維持管理に努めた。

(2) 火災の実態把握と課題抽出

網羅的な集計分析を行い、詳細な分析を実施すべき課題の探索を行った。

(3) 施策立案に必要な分析の実施

消防本部からの依頼を受け、警防計画に必要な集計データを提供した。

2-III　火災の促進要因と燃焼性状の実験と数値計算による分析

(1) 様々な可燃物の燃焼・消火に伴う生成物及び燃焼に伴う諸現象の把握

平成 23 年度

① サンドイッチパネル等の建物内装材に使用される素材及び収容可燃物に関する燃焼性状を把握する装置を試作し、データ収集を開始した。

② 大きな人的被害が発生した個室型店舗火災について、小規模区画内における家具の燃焼実験を行い、区画の燃焼に至らなくても大量の煙と高濃度の一酸化炭素の発生により、内部は生命に危険が及ぶ状況になることがわかった。

③火災時におけるサンドイッチパネルの挙動、および建物内装材にサンドイッチパネルが用いられている建物火災時の留意事項等について、各地区の消防長会実務講習会や消防本部での研修会で情報提供を行った。

平成 24 年度

① サンドイッチパネル等の建物内装材に使用される素材及び収容可燃物に関する燃焼性状の把握

金属鋼板サンドイッチパネル(SWP)の火災時の剥落モデル化を行った。金属鋼板サンドイッチパネル(SWP)は鋼板と樹脂製の芯材が、芯材の自己溶着もしくは接着剤で固定されている。火災時の熱で鋼板が芯材と剥離し、可燃性の芯材が火炎に対して無防備になるため急激な燃焼へ発展する。鋼板と芯材との剥離原因を明らかにするため、両者の接着力の加熱依存性について検証した。SWP に使用される芯材としては、同じ原料から合成されるが異なった燃焼性を有するポリウレタンとイソシアヌレートを使用した。イソシアヌレートはポリウレタンと比較して難燃性が高い素材で、不燃パネルとして用いられる。加熱強度及び加熱時間を変化させた SWP のサンプルを作成し、引張試験装置にて鋼板と芯材の接着力を測定した。芯材の難燃性の違いに関わらず、ポリウレタンとイソシアヌレートを使用した SWP は、高い加熱や加熱時間が長くなると芯材と鋼板との接着力は失われ、剥離してしまうことが明らかになった。

② 燃焼条件を考慮した小規模実験による燃焼データの把握・蓄積

火災時に部屋に流入する空気の量が家具や建材などから発生する熱分解ガスの量に対して不足すると燃焼時に一酸化炭素を多く生成する。本年は、火災室から火災室以外へ流出するガス量を把握するため、小型の模型箱による火災実験を東京理科大学と共同で行った。開口ドアの大きさを変えることで箱に流入する空気を増減し、有炎火災時における可燃物からの熱分解ガス生成量と一酸化炭素生成量との関係を実験にて測定した。

平成 25 年度

① サンドイッチパネル等の建物内装材に使用される素材及び収容可燃物に関する燃焼性状の把握を行い、火災から発生した煙が天井に対して伝える熱と平成 24 年度に実施した剥離条件とを組み合わせたモデルを組み合わせ、火災時におけるサンドイッチパネルの剥離予測モデルを作成した。

② 燃焼条件を考慮した小規模実験による燃焼データの把握・蓄積を行うとともに、過去に実施した火災実験のデータベース化を図る。火災室以外の場所で亡くなる条件について、一酸化炭素燃焼生成ガスの発生状況をもとに、より詳細な検討を行う。発生した燃焼生成ガスを測定するために必要なスス・水分などの効果的な除去方法の検討を進めた。小型試験だけでなく、大型試験まで適応可能な除去装置の開発を行い、実大火災実験を用いて検証を実施し、有効性を確認した。

平成 26 年度

① 建物内装材に使用される素材である MDF（中密度繊維板）の着火・燃焼挙動をコーンカロリーメータを用いて測定した。コーンヒータで与える入射熱流束が大きいほど燃焼中の最大発熱速度は大きくなったが、煙濃度と一酸化炭素濃度は、入射熱流束が小さく着火に至らない状態及び有炎燃焼が終了した消火後においても、高い数値が観測された。

② マンション等の気密性の高い小区画を想定した火災実験において、消防隊の注水状況が火災区画内の雰囲気にどのように影響するかを検証するため、消防大学校に協力し、区画内の雰囲気温度と煙層内のガス濃度の変化を測定した。注水が高温部分の冷却に寄与する場合、注水に伴って床面付近の温度が 150℃近くまで上昇する場合などを確認することができ、効果的で消防隊の安全に配意した注水方法について有用な情報が得られた。

(2) 火災旋風の発生メカニズム・発生条件の解明

平成 23 年度

① 実験研究

吸い込み式超低速小型風洞と、低速下での気流の可視化方法の開発、熱源の製作を行った。

② 災害調査研究

東北地方太平洋沖地震で津波の被害を受けた気仙沼市「内の脇 1 丁目」では、3 月 14 日夜に市街地火災が発生し、翌 15 日未明に、竜巻状の火柱である「火災旋風」が目撃された。市街地火災で発生する大規模な火災旋風は観測事例が少ないため、火災旋風の現象解明、ひいては今後の市街地火災の対策を立てる上でも、できる限り詳細に事実を明らかする必要がある。そのため、この火災旋風の性状、発生時の状況を明らかにすることを目的として、現地調査、聞き取り調査を行い、この火災旋風の発生時の状況と性状について調べた。

その結果、火災旋風の高さは、約 230m あるいは約 230m 未満、直径は約 55m あるいは約 130m と推定された。値のばらつきは、目撃者による証言の違いによるものである。この直径は火災範囲の 1～2 街区の幅に相当する（図 4-9）。火災旋風が目撃された時刻は 3 月 15 日の午前 3 時台から 4 時台である。火災現場から約 1.4 km 離れた地点での平均風速は、午前 3 時が 1.7 m/s、4 時が 0.2 m/s、5 時が 0.4 m/s であり、火災旋風が目撃された当時の現場も弱風下であった可能性が高い。家屋がそれほど密集せず、道路幅もそれほど狭くないこの地区で延焼火災が発生した要因としては、津波によって家屋間、道路、空き地、公園にまで多くの瓦礫が流れ着いていたため、瓦礫を通じて延焼しやすかったこと、火災は津波後 3 日経ってから発生しており、しかも、火災前日の朝から気温が急上昇し、相対湿度が低くなり、瓦礫、家屋は延焼しやすい状態であったことが挙げられる。

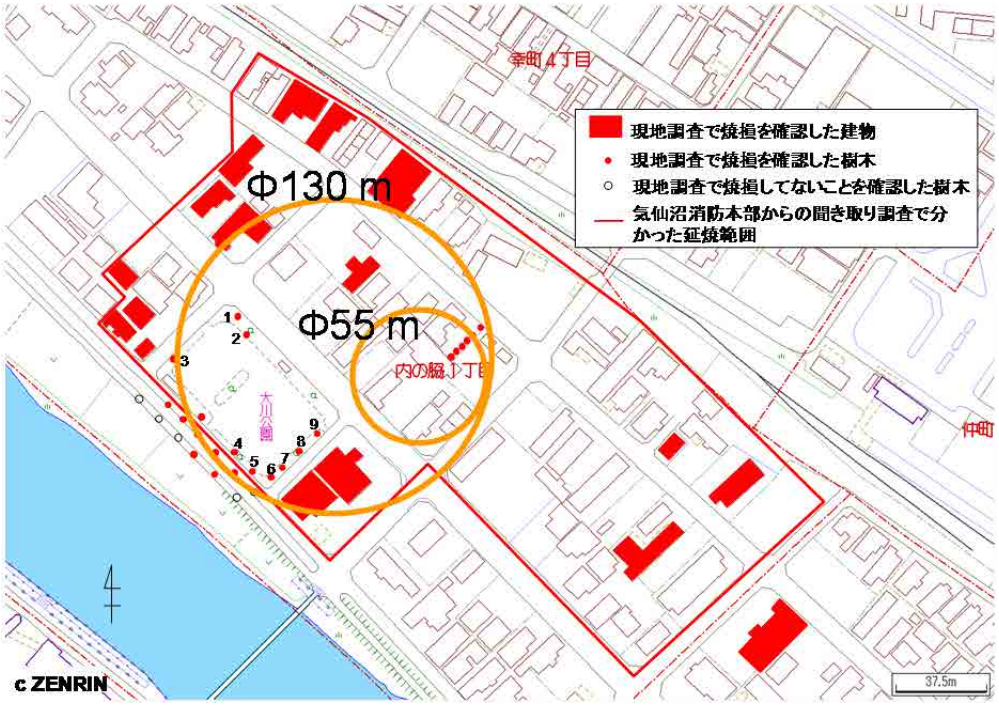


図 4-9　気仙沼市「内の脇１丁目」の火災で目撃された火災旋風：図中の円は、分析によって推定した火災旋風の直径を、街区大きさとの比較のために仮に延焼範囲内に記入したものであり、延焼範囲内での火災旋風の位置は確定できていない。

平成 24 年度

① 実験研究

火災域風下に発生する火災旋風の挙動、発生メカニズム、発生条件を調べるために、吸い込み式超低速小型風洞の測定部の床面に、熱源として 7mm×30mm の長方形の領域を占めるヒーターを設置した。この装置を用いて、流れの可視化及び速度場の測定を行った結果、以下のことが明らかになった。

主流風速 1～9cm/s の下で、熱源の発熱速度を 1.6～320kW/m^2 の範囲で変化させたところ、火炎を用いたこれまでの実験で見られたような、熱源風下で発生してその風下に流れ出す旋風の発生は確認できなかった。床面上の速度境界層内の流れに乱れを加えても、熱源風下に流れ出す旋風の発生は確認できなかった。この結果は、火炎のフリッカリング（振動）現象が、旋風の発生、流出に影響を与えている可能性を示唆するが、まだこのことは実証できていない。

上述の実験では、旋風の源の一つである可能性が高い CVP（Counter-rotating Vortex Pair：有風下で地表面に熱源があるとき、その上昇気流が風下に流されながら二股に分かれて形成する渦のペアー）が発生した。可視化実験により、CVP の渦の源がヒーター近くにあることがわかったが、場所・渦の向きまでは特定できていない。

主流に対して長方形の熱源の向きを変えると、床面付近で最大風速が現れる位置が大きく変化することがわかった（図 4-10）。長方形の熱源の長軸が主流と直交している場合、床面付近の最大風速は熱源の風下に現れた。しかし、熱源の長軸が主流と平行な場合には、床面付近の最大風速は熱源直近の熱源両脇に現れた。この最大風速の位置の違いは、CVP の形成位置の違いによって生じている可能性が高いことを可視化実験で明らかにした。この実験結果は、有風下での地上付近の火事場風の発生機構を示唆するものであり、林野火災時に風向の変化が起きた直後に飛火が発生して、延焼拡大したと言われ

る災害（呉市 昭和 46 年（1971 年）、阿蘇市 平成 24 年（2012 年））の原因の一つである可能性もある。

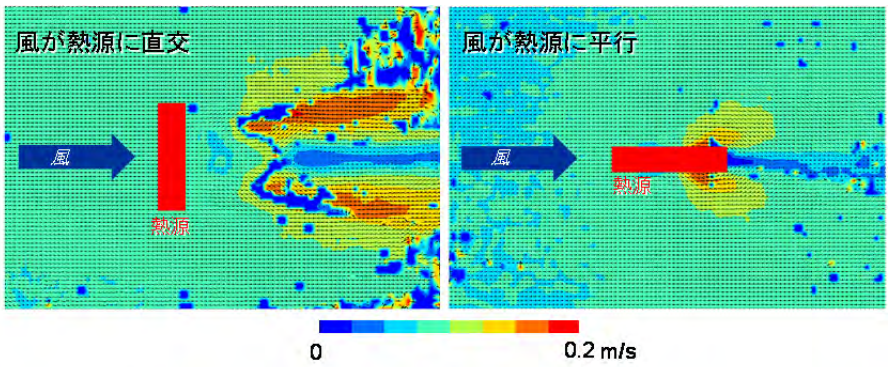


図 4-10　火災域を模擬した熱源を風洞内の床面に設置して横風をあてた時の床面付近の速度場

② 災害調査研究

平成 23 年（2011 年）の東日本大震災で、気仙沼市内の津波で襲われた地区で目撃された火災旋風について、聞き取り調査を継続して行った。火災旋風による風害の可能性があると考えていた、複数の樹木の枝が折れた現象は、火災旋風によるものではなく、人為的な理由だということが聞き取り調査でわかった。火災旋風の物的証拠（映像・写真・被害）は得られなかった。

③ 野外観測研究

野焼き時に発生する旋風の観測を試みた。

平成 25 年度

① 実験研究

関東大震災時の被服廠跡(ひふくしょうあと)では、一つの火災旋風が長時間持続したことが記録されている。このような性質を持つ火災旋風の解明は防災上重要である。そこで、火源風下に定在する火災旋風の発生メカニズムについて、実験により調べた。火源として 1～2m 規模のガソリン火炎を用い、火炎から発生する煙によって、火炎から発生する上昇気流を可視化し、上昇気流と定在火災旋風との関係を調べた。その結果、火炎風下直後に定在する火炎を含まない火災旋風は、火炎から発生する上昇気流中に生じる渦対（Counter-rotating Vortex Pair、CVP）である可能性が高く、火炎を含んだ火災旋風は、CVP の各渦の中に火炎が巻き込まれることで発生している渦である可能性が高いということが明らかになった（図 4-11）。

a)　　b)

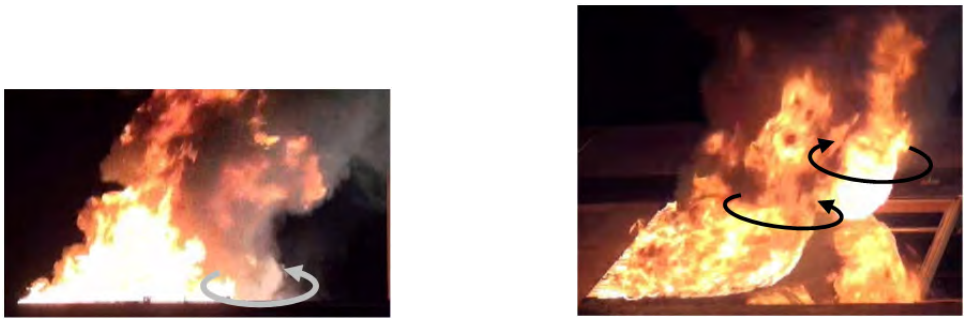


図 4-11　火源風下に発生する火災旋風：a)火炎を含まない火災旋風、b)火炎を含む火災旋風

② 観測研究

より規模の大きい火災旋風の発生状況を調べるために、野焼き時に発生する火災旋風の観測を実施したが、植物の水分量が多かったためよく燃えず、途中で中止になった。

平成 26 年度

実験研究

火災域風下では、火災旋風が発生しやすいことが分かっているが、帯状に拡がった火災域に対して、火災旋風はどの位置に発生し、移動するのかしないのか、風向きが変わった場合その発生位置はどう変わるのか、さらに、どの位置で発生する火災旋風が人々にとって危険なほど強い風を巻き起こすのかということは明らかになっていない。これらのことは、地震後の市街地火災や林野火災のような広域火災時の避難、消防活動を考える上で、明らかにしておく必要がある。

長方形の火源にあてる風の向きによって、火炎風下に発生する「火炎を含まない火災旋風」の移動形態、旋回速度がどのように変わるのかを実験によって調べた。実験では、1.5m×0.6m の長方形燃焼容器上にメタノール火炎を形成させ、燃焼容器の長辺を風に直交させて配置した場合と、平行に配置した場合を比較した。その結果、横風風速 0.8～0.9m/s の場合について、以下のことが分かった。

(ⅰ) 燃焼容器の長辺が風と直交する場合、火災旋風は風下に流出せず渦対としてほぼ定在し、燃焼容器の長辺が風と平行な場合、火災旋風は一つずつ風下に流出する（図 4-12）。

(ⅱ)渦の風下方向に向かう最大速度は、火源が風に直交する場合約 1.4m/s であり、平行な場合は約 0.4m/s 小さかった。 ただし、これについてはさらに精度の高い測定が必要である。

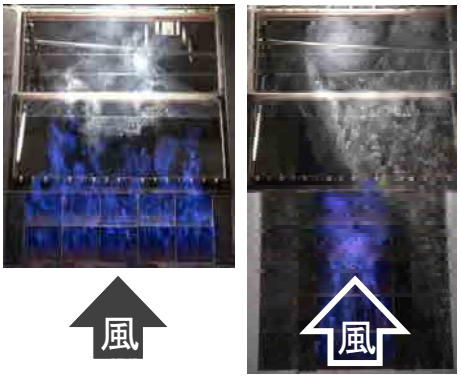


図 4-12　風に対する火源の向きによって，炎を含まない火災旋風の性状が大きく異なることが分かった。

(3) 火災シミュレータ（FDS）の GPGPU による高速化

計算機で火災を再現する火災シミュレータ FDS を火災原因調査（例えば、長崎グループホーム火災、大阪ビデオ店火災など）で活用している。現状ではシミュレーション 1 ケースあたり数週間～1 ヶ月程度の計算時間を要し、効率的な運用が困難である。本研究では、その計算時間をいかに低コストで短縮するかを試みるものである。計算時間が短縮されれば、多くの火災条件で計算が実行できることになり、火災シミュレーションの精度向上に寄与する。

近年、画面処理を担う GPU を汎用的な処理に用いて計算を高速化する技術（GPGPU）が発達してきている。GPGPU を活用することにより火災シミュレータ FDS を効率的に運用する可能性が出てきた。火災シミュレータ FDS が GPGPU で高速化するためには、GPGPU ハードウェア環境に適合したプログラムを改良することになる。

平成 23 年度

図 4-13 に示す計算区画を対象に火災シミュレータ FDS のソースプログラムを分析調査した結果、GPGPU 計算高速化手法を適用すると計算が 10 倍速くなることを試算した。

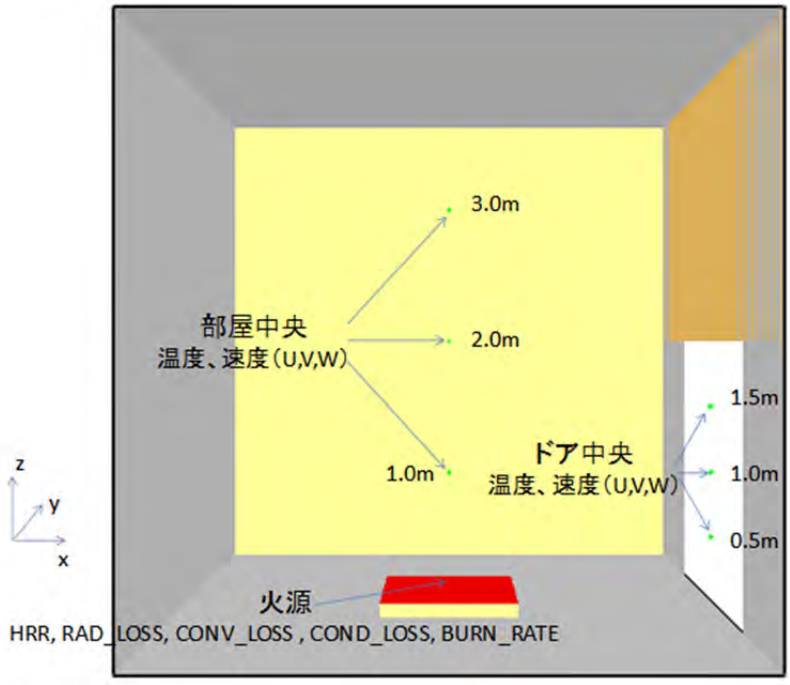


図 4-13　試算に用いた計算区画

モデル A　CPU へのデータ転送が不要な場合：

全体の GPU の計算時間見積り＝78.86[s]

GPU による加速倍率＝1348.74[s]÷78.86[s]≒17.1[倍]

モデル B　CPU へのデータ転送が必要な場合：

全体の GPU の計算時間見積り＝78.86[s] + 56.28[s] ＝135.14[s]

GPU による加速倍率＝1348.74[s]÷135.14[s]≒9.98[倍]

平成 24 年度

火災シミュレータ FDS の最も高速化に効果的なサブルーチンに対して GPU 計算高速化手法を適用した結果（表 4-2）、CPU･GPU 間の通信処理に大きな時間のロスがあることがわかった。

平成 25～26 年度

火災シミュレーションの計算結果を検証するための実験環境を整備した（図 4-14）。

表 4-2　処理時間計測結果

ファイル名	サブルーチン名	call回数	CPU time [s]	GPU time [s]	CPU time / GPU time [%]	CPU time / (GPU time − (ALLOCATE + DEALLOCATE + CUDAMEMCPY)) [%]
mass.f90	MASS_FINITE_DIFFERENCES	270	2.033	5.755	35.3	898.4
	DENSITY	281	3.453	7.348	47.0	122.3
	CHECK_DENSITY	281	0.319	0.724	44.1	106.8
velo.f90	COMPUTE_VELOCITY_FLUX	551	8.171	9.767	83.7	570.5
	COMPUTE_VISCOSITY	270	3.443	2.866	120.2	396.1
	NO_FLUX	281	0.183	2.430	7.5	76.2
	VELOCITY_PREDICTOR	146	0.283	1.150	24.6	170.3
	VELOCITY_CORRECTOR	135	0.138	0.954	14.5	339.4
	VELOCITY_BC	271	4.119	5.499	74.9	115.6
pres.f90	PRESSURE_SOLVER	1	0.905	2.293	39.5	111.1

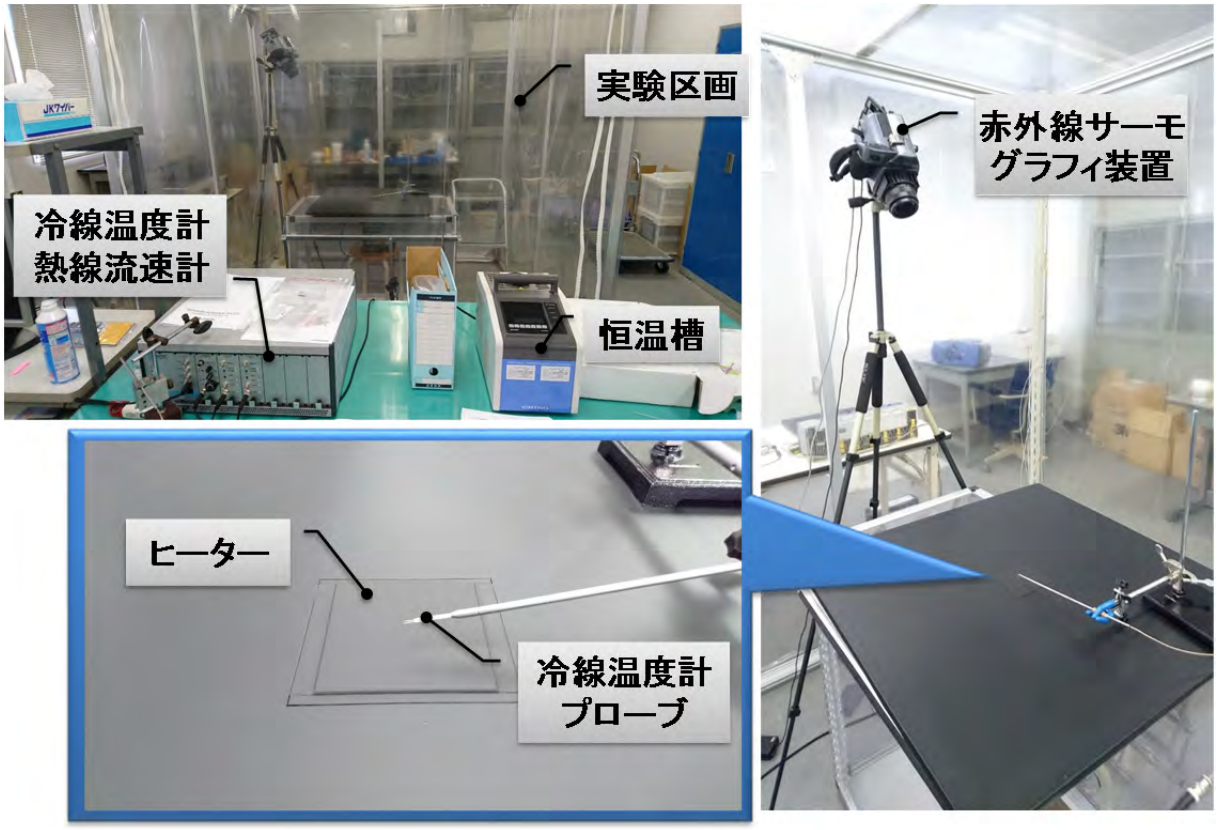


図 4-14　実験環境（上昇気流の速度温度同時計測）

(4) 地震後の市街地火災における燃焼性状の研究

平成 24～25 年度

地震後の市街地火災において、風速と火災家屋の倒壊が、火災家屋の燃焼性状に与える影響を明らかにすることを目的として、燃焼実験を行った。火災家屋は木材クリブで模擬し、倒壊状況はクリブのかさ密度を変え、風速とかさ密度の違いがクリブの燃焼に与える影響を調べた。実験の主な結果は以下の通りである。

(1)クリブのかさ密度が小さいほど、最大重量減少速度は大きかった。

(2)かさ密度最大のクリブは、かさ密度が最小および中程度のクリブにくらべて、最大重量減少速度に到達するまでの時間が長く、着火から最大重量減少速度にいたるまでの発熱量が大きかった。

(3)クリブのかさ密度が小さいほど、風速増大によって、重量減少速度が増加する効果が大きかった。

2-IV　生活に密着した建物等での警報伝達手段に関する研究

平成 23 年度

(1) 住警器による地域警報ネットワークの検討

既存住警器の無線通信機能を調査・整理し、住警器による地域警報ネットワークの検討を行った結果、無線連動のための通信方式として、親器・子器方式または数珠つなぎ方式が用いられていることを確認した。また、建物間の無線連動を行う際、建物の壁を通しての無線通信が必要となるため、建物の内壁素材や外壁素材を用いた電波伝播実験が行える実験環境を整えた。

(2) 火災警報用信号コンセントの検討

建物の特性や警報の受け手側の特性に適した警報伝達機器への火災信号伝達を容易に行えるようにするための火災警報用信号コンセントの

仕様について検討を行った結果、火災警報信号用コンセントで扱う信号として、警報装置が機能的に安全な装置であるかの認証信号、取付(認証情報）信号、警報の種別を表す信号、警報装置が作動した時のアンサーバック信号、定期的な動作試験を要求する信号等が含まれている必要があることがわかった。

平成 24 年度

(1) 住警器による地域警報ネットワークの検討

住警器による地域警報ネットワークのフィールド実験を実施し、電波伝搬障害や非火災報発生等の問題点とその対応方法の検討を行う。

北九州市内の老朽化した木造市場を対象として、市場関係者と市場周辺住民とが参加する防火の共助体制の構築を目的として、市場内の各店舗に無線連動式住宅用火災警報器を設置して、電波伝搬障害や非火災報の発生等の問題点や対応のための課題を明らかにするための火災感知警報フィールド実験実施の準備を進めた。本件は北九州市消防局予防課との共同研究を実施することとなった。

(2) 火災警報用信号コンセントの検討

昨年度に引き続き、火災警報用信号コンセントの仕様について、機能を絞った火災警報機器から高機能の火災警報機器まで、複数の等級分けの検討を行った。

平成 25 年度

(1)住警器による地域警報ネットワークの検討及び防火共助意識調査

北九州市内の古い木造市場を対象に、市場関係者と市場周辺住民とが参加する防火の共助体制の構築を目的として、市場内の各店舗に無線連動式住宅用火災警報器を設置して、電波伝搬障害や非火災報の発生等の問題点や対応のための課題を明らかにするための火災感知警報フィールド実験を開始した。各店舗に設置した住宅用警報器は、単独運転で運用を開始して非火災報が発生しないことを確認した。次に連動運転に切り替えたところ、旧盆時期に通信障害が 1 回発生した。この通信障害の発生原因は、昼間に実施する自動通信確認動作の際に多くの店舗が休業でシャッターを閉じていたためと考えられ、対策として中継器を増設した。本件以外の通信障害は発生していない。共助意識の向上に関する調査及び分析に必要な、実験開始当初の防火意識のデータを得るためのアンケート調査を実施した。

平成 26 年度

(1)住警器による地域警報ネットワークの検討及び防火共助意識調査

平成 25 年度に引き続き、北九州市消防局予防課との共同研究により実施している木造市場を対象とした、無線連動式住宅用火災警報器による地域警報ネットワーク構築のフィールド実験を継続実施するとともに、火災警報器の作動を電子メールで自動通知する装置を設置して、市場外住民等への連動通報が行えるようにした。実験期間中、惣菜店に設置した火災警報器が調理の煙で作動し非火災報が発生した。また、通信障害の発生はなかった。さらに、本フィールド実験による市場関係者の防火意識の変化を調査及び分析するため、第 2 回アンケート調査を実施した。第 1 回アンケート調査との比較から、出火危険や夜間に火災が発生した場合の延焼拡大を小さく考える傾向が見られた。

木造密集地域で無線連動式住警器を用いた地域警報ネットワークを構築する場合のニーズと問題点の把握等のために平成 27 年 1 月 3 日に発生した城崎温泉火災の現地調査を行った。木密地域では出火建物をすばやく見つけるために 3 世帯程度の小規模なグループで火災警報を共有する、多数グループに対応できる無線連動式住宅用火災警報器が必要であることがわかった。

2-V　熱画像を活用した再燃火災の発生防止に関する研究

平成 23 年度

座布団、布団、重ねられた段ボール、積み重ねられた新聞は、残火がのこりやすいと経験的

に言われている。座布団に残火がある状況を模擬するために、水で十分に濡らした座布団の下方からヒーター（出力 300W）で加熱し、熱画像カメラで観察した。

小さな熱源が座布団のような断熱性のあるもので覆われていても、時間が経過すれば、熱が透過し、座布団の外面の温度が上昇した。継続して観察すれば、温度上昇を熱画像カメラで確認することができた。また、残火を探すには、1 度だけでなく、何度でも見に行く必要があることが示唆された。

平成 24 年度

壁体内、天井裏の構造材に残火がのこりやすく、壁体内、天井裏の残火は、見つけにくいと経験的に言われている。天井裏に残火がある状況を模擬するために、2 枚の断熱板の間に電気ヒーターを設置し、熱画像カメラで観察した。消防隊は、鎮圧後の火災現場において、壁体内、天井裏にある残火を探すために、素手で触れることにより、高温の場所を探している。天井裏にある残火を探す作業を模擬し、消防職員が素手で断熱板の下面に触った。

電気ヒーター（出力 100W）で加熱を開始してから 21 分後に、断熱板の下面の温度は 33℃に上昇した（加熱開始前の温度は 17℃）。熱画像カメラで撮影した熱画像では、周囲より温度の高い場所があるのが容易にわかった。素手で断熱板の下面に触っても、温度の高い場所はわからなかった。

平成 25 年度

木組みの接合部に残火がないか注意する必要があると経験からいわれている。木組みが火災により火炎で長時間あぶられたという想定で実験を行った。新品の木組みを製作し、接合部を電気ヒーターで加熱した。

加熱を継続している間は、時々、火炎をあげながら、木の焼けが進んだ。加熱を終了した後は、火炎は見えなくなった。また、煙は出ていたが、時間とともに発生量は減っていった。加熱終了から 40 分経過すると、少量の煙が発生していたが、火炎は見えず、通常のビデオカメラと通常のデジカメで外観を見ても、赤熱している部分は発見されなかった。熱画像カメラで観察すると、接合部のすきまに 200℃を超える高温の部分があることを容易に見つけることができた。

平成 26 年度

木造家屋において、木組みの接合部に残火が残りやすいといわれている。木組みが火災により、火炎で長時間あぶられたという想定で実験を行った。実際の火災に近づけるため、解体家屋から木組みを入手した。

燃焼する木材クリブの上に木組みを置くことにより、木組みを 20 から 30 分程度加熱した。その後放置し、火炎に曝された後の木組みの接合部の隙間に残火がのこった状態を実験的につくった。外見では残火が見えなくても、熱画像カメラでは、高温の部分を見つけることができた。

3.　平成 27 年度の主な成果

3-I　東日本大震災における火災分析と防火対策　～再生可能エネルギー関連設備・装置の火災危険性把握～

太陽電池モジュール構成部材の分析及び燃焼時発生ガスに対する化学分析の実施と太陽電池モジュールの発電抑制技術の開発を行う。

太陽電池モジュール構成部材の分析及び燃焼時発生ガスに対する化学分析では、各種モジュールに使用される充填材やバックシートを加熱や燃焼をさせたときに生成するガスの分析を行う。加熱時に生成するガスは、モジュールを構成している樹脂の分解に由来するものが検出され、火炎曝露された際には、樹脂由来の分解物が空気中の酸素により酸化された分解物の生成が認められた。これらの構成部材が燃焼した際に生成するガスは、封止材の EVA（Ethylene-Vinyl Acetate）では酢酸や炭化水素、アルデヒド等が検出した。古いモジュール

のバックシートに使用されていたPVF(Polyvinyl fluoride)からは、フッ化水素、炭化水素等が、新しいモジュールのバックシートに使用されていた PET(Polyethylene terephthalate)からは、芳香族化合物や炭化水素等を検出した。EVA や PET が燃焼した際は、少量でも有害なガスの生成はほとんどなかったが、PVF から生成したフッ化水素は少量でも有害であるため、活動時には注意を要することを示した。

消防隊員が消防活動中に感電することや、放電や漏電により再出火することの危険性を排除するために太陽電池のジュールの発電を抑制する技術の開発を行う。ここでは、試作機を 6 つの消防本部で試用してもらい、要望等を聞き取り、出てきた改良点を盛り込み、最終の試作機を製作した。試作機は、無機物の遮光剤を噴射して太陽電池モジュール表面を覆い、発電を抑制する装置である。消防本部での試用で出された主な仕様は、片手操作ができるガンタイプのノズルであること、できるだけ軽量であること、遮光剤タンクを地上置きにしてホースを延長する方式で放射できること、等の意見が出された。平成 27 年度では、ガンタイプノズルの採用、二酸化炭素高圧ガスカートリッジの使用の仕様を盛り込んだ試作機（図 4-15、図 4-16 参照）を作製し、次年度に、地上置きへの対応を盛り込み、より実用に近い試作機を作製する。

太陽光発電システムの安全性を高める活動として、国立研究開発法人産業技術総合研究所を中心とした太陽光発電の直流電気安全基準策定委員会に参加し、消防隊員向けの「太陽光発電火災発生時の消防活動に関する技術情報」と、太陽光発電設備の製造者や施工者向けの「太陽光発電の直流電気安全のための手引きと技術情報」を策定した。

図 4-15　試作した遮光剤噴射装置（背負い式）

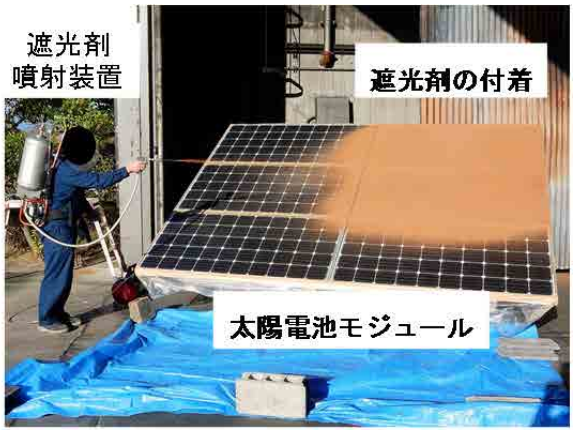


図 4-16　試作した遮光剤噴射（背負い式）で遮光剤を噴射している状況

3-II　火災の実態把握と課題抽出

(1) 分析環境の整備

データのアップデートを行い、分析環境の維持管理を行った。

(2) 火災の実態把握と課題抽出

網羅的な集計分析を行い、詳細な分析を実施すべき課題の探索を行い、住宅火災件数が減少する中で、半焼以下の小規模な火災の割合は増加し、10 棟程度が焼損する小規模な延焼火災の占める割合が増加していることを確認した。

(3) 抽出された課題に関する詳細分析

高齢者の居住環境に関する情報収集を行った。

木造密集住宅地や市場における火災について分析を行い、情報共有を行った。

小規模な延焼火災について火災報告の分析を行うとともに、兵庫県及び新潟県内で発生した小規模延焼火災の現地調査を行った。

データから、小規模な延焼火災は、防火地域指定された市街地(建物が密集した地域が指定される)で発生した場合にその延焼拡大規模が大きいこと、防火地域であることから耐火建築物等であることが求められるが、火元は木造住宅であることなどを明らかにした。

現地調査を行った 2 件の火災は、いずれも出火原因は不明であったが、火元は高齢者の一人暮らし世帯であり、一例は認知症者の一人暮らしであった。また、防火地域が指定され、本来は延焼防止性能を備えた建物が建つべき地域に、更新されずに残った木造住宅から出火しており、火元の住人は何十年もその住宅に居住してきていた。周囲の住宅も火元と同じ時期に建てられた木造建物であり、密集して住宅が建てられている地域であることから消防活動も困難であった。罹災世帯はそれぞれ 10 以上に上った。

居住者の加齢に伴う身体能力の低下は、失火の可能性を増加させ、住宅の経年劣化は漏電などの出火危険を増大する。また、更新されずに延焼防止性能が低いまま残る木造住宅は、延焼拡大のリスクも大きい。一旦出火すると、高齢の居住者自身による初期消火が困難であることも延焼拡大危険を増長する。このようなことから、今後超高齢社会を在宅介護など地域で支えていくにあたり、地域が引きうける火災リスクについても考慮する必要性を指摘した。

3-III　火災の促進要因と燃焼性状の実験と数値計算による分析

(1) 様々な可燃物の燃焼・消火に伴う生成物及び燃焼に伴う諸現象の把握

燃焼条件を考慮した小規模実験・大型実験による燃焼データの把握・蓄積を前年度までの結果に基づき行うとともに、実火災における燃焼現象と適切な消防活動に資する技術提供を消防本部へ行った（火災時に発生する一酸化炭素濃度と火災室隣室への影響、区画火災時にフラッシュオーバーの可能性が生じる熱環境の例)。

(2) 火災旋風の発生メカニズム・発生条件の解明

① 実験研究

前年度の解析の続きを行い、火災旋風内の上昇速度、上昇時の旋風の傾斜の原因、旋風の形成過程を調べ、以下の結果が得られた。

(ⅰ) 燃焼容器の長辺が風と平行な場合、上空での火災旋風の渦中心部の上昇速度は 1.0～1.6m/s で、床面近くでの渦内の水平断面内の最大速度より大きかった。

(ⅱ) 旋風は風上に向かって上昇した。この動きは、Counter-rotating Vortex Pair を構成する各渦に挟まれた領域の運動方向が、風上方向のためである可能性が高いことを明らかにした。

(ⅲ) 燃焼容器の長辺が風と平行な場合は、火源内の風下部に火炎を含む旋風が 1～2 個発生したが、焼容器の長辺が風と直交した場合は発生しなかった。この原因について、火炎側面へのエントレインメントの違いから考察した。

(ⅳ) 燃焼容器の長辺が風と平行な場合の旋風の形成過程である可能性がある様子を観察する事ができた。

② 観測研究

木造密集市街地を模擬した 1/3 スケールの木造住宅 19 棟用いた野外実験をテレビ局の番組制作の一環として行い､火災旋風の観測を試み、火災周辺気流・温度、放射量、家屋の重量減少速度などの測定も行った｡小規模な火災旋風(図 4-17)､上昇気流の大規模な旋回が火災の風下領域で観察できた。火災旋風、旋回気流は、一般風の風速が低下した時間帯に，火災域風下に発生した。直径約 16cm、高さ約 3m 程度の火災旋風は、旋回速度が平均 4.0m/s、上昇速度が平均

3.3m/s であった．火災域の風横は風上に比べて風速が大きい傾向があった。現在解析を継続中である。

図 4-17　火災家屋の風下側に現れた火炎を含まない火災旋風

(3) 火災シミュレータ（FDS）の GPGPU による高速化

火災シミュレータ FDS がアクセラレータ GPGPU で高速化するように、GPGPU ハードウェア環境に適合したプログラムの改良が必要であったが、コスト面からプログラムの改良が困難となった。そこで、コプロセッサ MIC（Many Integrated Core）によりネイティブ実行することでプログラムを改良しなくても高速化できる可能性があるので、それを試した。MIC を図 4-18 に示す。

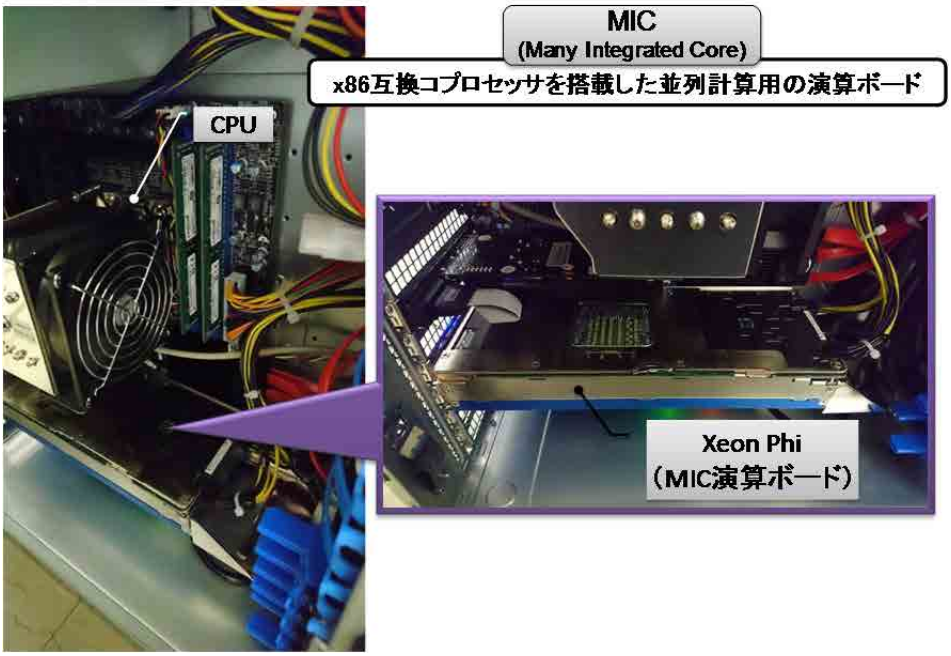


図 4-18　検証に使用したコプロセッサ MIC（Many Integrated Core）

検証に用いた計算機は、表 4-3 に示す CPU 及び MIC を 1 基ずつ搭載したワークステーションである。理論ピーク性能（コア単体の浮動小数点演算性能＝動作周波数×1 サイクルで実行可能な浮動小数点演算回数）として、MIC は CPU の約 2.9 倍計算が高速である。

表 4-3　理論ピーク演算性能

	Central Processing Unit (CPU) Intel Xeonプロセッサ E5-1660v3	Many Integrated Core (MIC) Intel Xeon Phiコプロセッサ 3120A
動作周波数 [GHz]	3.0	1.1
AVX時動作周波数 [GHz]	2.7	–
1サイクルあたりの倍精度浮動小数点演算回数 [回]	16	16
コア数	8	57
ピーク性能(倍精度) [Gflops]	345.6	1003.2

火災シミュレータ FDS（Fire Dynamics Simulator Ver. 6.3.2）の Fortran で記述されたソースプログラムを MIC でネイティブ実行するためにワークステーションにおいてビルドし、実行ファイルを生成した。OpenMP によるサーマルプルーム（上昇気流）の並列計算をネイティブ実行した結果、CPU に比べて速度が低下した（図 4-19）。

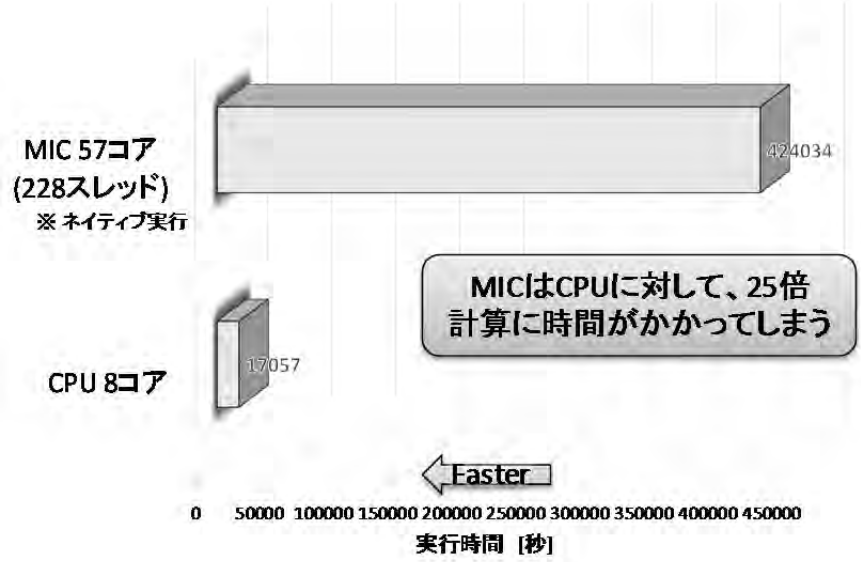


図 4-19　FDS での実行時間（MIC と CPU の比較）

速度低下の原因を検証するために、サーマルプルームのプログラムを自作し、同様に MIC でネイティブ実行するためにビルドし並列計算を実行した（図 4-20）。その結果、CPU に比べて速度が向上した（図 4-21）。

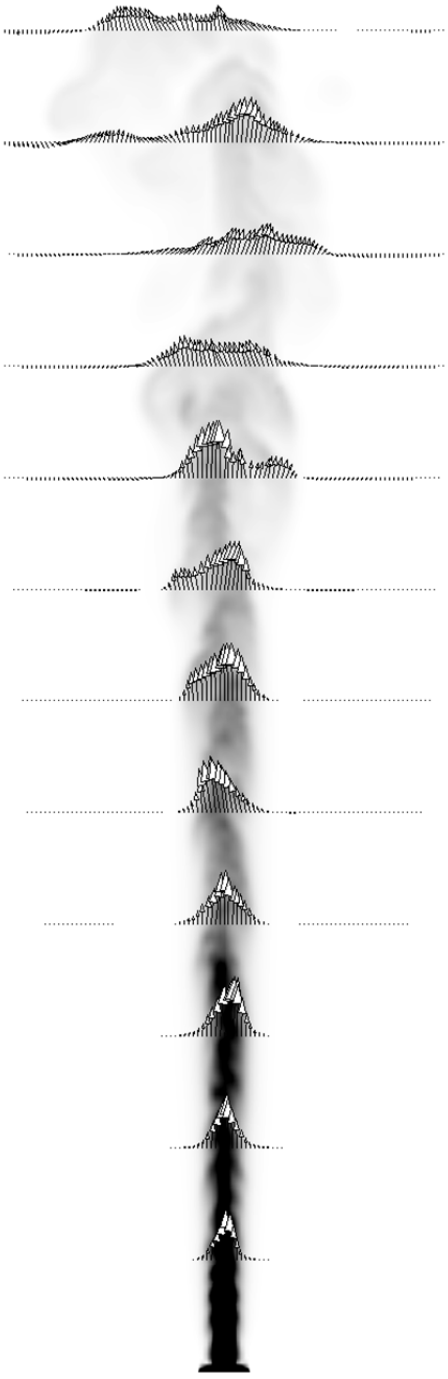


図 4-20　自作プログラムによるサーマルプルーム（上昇気流）の速度及び温度の計算結果

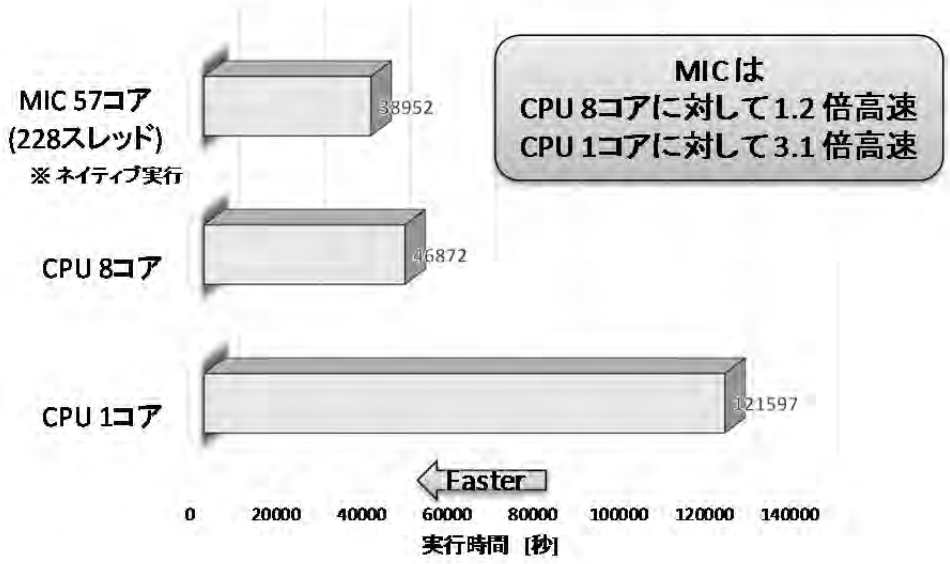


図 4-21　自作プログラムでの実行時間（MIC と CPU の比較）

計算速度に影響を与える要因として、メモリアクセスの効率という点が挙げられる。自作プログラムでは、OpenMP で各コアが計算する並列部分で使われる変数をグルーバルで宣言して使用していたが、その変数のメモリアクセスが各コア（スレッド）に対して排他制御（同時アクセス競合の整合性）となるため、多くの時間を要していた。その変数をローカル（private）と宣言することでそれを回避、計算が速くなった。火災シミュレータ FDS では最近 OpenMP の実装が行われたばかりなので、その点の成熟度の低さが計算速度低下につながっているものと推察される。

今後は新しい高速化技術の進展を注視しつつ、消防本部でも活用できそうな低コストで高速化する方法を火災シミュレータに取り入れるべく模索していきたい。

3-IV　生活に密着した建物等での警報伝達手段に関する研究

(1) 住警器による地域警報ネットワークの検討及び防火共助意識調査

火災警報器作動を電子メールで通知する火災信号連動式電子メール自動配信装を設置して、木造市場を対象とした無線連動式住宅用火災警報器による地域警報ネットワーク構築のフィールド実験を継続実施し、市場関係者の防火意識の変化に関するヒアリング調査を行い、火災警報の共有等の地域ぐるみの共助体制構築に関する知見の収集を行った。兵庫県城崎温泉街、新潟県燕市で発生した木密地域火災の調査を行い住警器による地域警報ネットワーク普及に資する検討資料の収集を行った。

(2) 地域防火用無線連動住警器の技術的検討と機能設計

複数世帯間での運用に適した地域防火用無線連動住警器の技術的検討及び機能設計として、地域防火用無線連動住警器に要求される性能、法令で無線連動式住宅用火災警報器に用いることとされている小電力セキュリティシステムを使った場合のネットワーク構築手法、更にネットワーク上で警報を伝達させる手法について、検討を行った。

3-V　熱画像を活用した再燃火災の発生防止に関する研究

木組みが火災により、火炎で長時間あぶられたという想定で実験を行った。解体家屋から木組みを入手した。入手したのは、全てほぞ継ぎで、ほぞとほぞ穴の間に隙間があった。燃焼す

る木材クリブの上に木組みを置くことにより、木組みを 20 から 30 分間程度加熱し、その後放置した。ほぞとほぞ穴の間に、高温の空気が通り抜けるのに十分な隙間があれば、ほぞ穴の内部が加熱され、燃焼を開始した。ほぞ穴の内部で燃焼が継続すれば、ほぞ穴の近くの温度が高くなるので、熱画像カメラにより、燃焼が継続している部分を探すことができた。

実験結果をもとに、再燃火災防止のためのガイドラインを作成した。概要を消防研究所報告に投稿する予定である。

4. 共同研究等外部との協力

・国立大学法人北海道大学大学院
・東京理科大学大学院国際火災科学研究科
・一般財団法人日本火災報知機工業会
・横浜市消防局
・秋田県立大学
・国立大学法人静岡大学
・能美防災株式会社
・静岡市消防局
・京都市消防局
・堺市消防局
・岡山市消防局
・北九州市消防局
・さいたま市消防局
・国立大学法人豊橋技術科学大学
・国立大学法人信州大学
・国立研究開発法人建築研究所
・東京都監察医務院

5. その他

(1) 論文発表

1) Masahiko Shinohara, Sanae Matsushima: Formation of fire whirls: Experimental verification that a counter-rotating vortex pair is a possible origin of fire whirls, Fire safety journal, Volume 54, pp.144-153 (2012.4)

2) 林 寿則、篠原雅彦、松島早苗、藤原一絵：火炎近傍の樹木による背後での受熱量の低減効果に関する実験研究、日本緑化工学会誌、Vol.38、No.1、(2012.8)

3) Manzello, S. L., and Suzuki, S.: Experimentally Simulating Wind Driven Firebrand Showers in Wildland-Urban Interface (WUI) Fires, Overview of the NIST Firebrand Generator (NIST Dragon) Technology, Procedia Engineering, Vol. 63 (2013), pp. 91-102.

4) Naoharu Murasawa, Hiroshi Koseki, Yusaku Iwata, Keiko Suzuki, Hiroyuki Tamura, Takabumi Sakamoto : Investigation of the heat generation and spontaneous ignition of disaster waste generated after the 2011 Great East Japan Earthquake Original Research Article, Fire Safety Journal, Volume 59, July 2013, pp. 178-187

5) Suzuki, S., Brown, A., Manzello, S. L., Suzuki, J., and Hayashi, Y.:Firebrands Generated from a Full-Scale Structure Burning Under Well-Controlled Laboratory Conditions, Fire Safety Journal, Vol. 63 (2014) ,pp. 43-51.

6) Manzello, S. L., and Suzuki, S.: Exposing Decking Assemblies to Continuous Wind-Driven Firebrand Showers, Fire Safety Science, Vol. 11, (2014) , pp.1339-1352.

7) Zhou, K., Suzuki, S., and Manzello, S. L. :Experimental Study of Firebrand Transport, Fire Technology, Vol. 51 (2015) , pp.785-799. Suzuki, S., Manzello, S.L., Kagiya, K., Suzuki, J., and Hayashi, Y. : Ignition of Mulch Beds Exposed to Continuous Wind-Driven Firebrand Showers, Fire Technology, Vol. 51 (2015) , pp.905-922.

8) Suzuki, S., and Manzello, S.L. :Firebrand production from building components fitted with siding treatments, Fire Safety Journal, Vol. 80 (2016) , pp.64-70.

(2) 口頭発表・解説

1) 山田常圭、阿部伸之、田村裕之：2 種類のゾーンモデルによる煙性状予測の比較、平成 23 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.312-313 (2011)
2) 阿部伸之：将来に向けた大規模建物内火災シミュレーションのあり方について、消防研究所報告、111 号、pp.18-27 (2011)
3) 阿部伸之：消防活動支援のための建物内火災シミュレーションの運用のあり方、火災、Vol.61、pp.35-40 (2011)
4) Yamada T, Abe N, :Utilization of Walkthru Fire Simulator for Examining Evacuation Guiding Effect in Case of Fire, IAFSS 10th International Symposium on Fire Safety Science, 2011.
5) 田村裕之：加熱温度によるフィルター素材の導電率変化、平成 23 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.72-73 (2011)
6) 篠原雅彦、尾川義雄、松島早苗：東日本大震災における気仙沼の火災、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.22-23 (2012.5)
7) 中野多聞、中村祐二、若月薫：急速加熱を受ける電線の非定常過程に関する研究、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.70-71 (2012.5)
8) 小野美沙登、若月薫：小規模建築物の防火安全対策のための研究（その 1）－個室型店舗等の現状と潜在的火災危険性について－、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.110-111 (2012.5)
9) 渡邉憲道、諏訪正廣、尾川義雄、須川修身、宮本寛樹、平柏宗之、日野智徳、岡本勝弘、本間正勝：バッテリー駆動電気自動車の燃焼性状、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.210-211 (2012.5)
10) 尾川義雄、大髙浩、山田實、渡邉憲道、諏訪正廣、鈴木仁治：リチウムイオン電池を積載した電気自動車の消火、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.212-213 (2012.5)
11) 田村裕之、阿部伸之、松島早苗、塚目孝裕、尾川義雄、森井統正、河関大祐：火災時における太陽電池モジュールの発電特性、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.230-231 (2012.5)
12) 松島早苗、阿部伸之、田村裕之、塚目孝裕、尾川義雄、森井統正、河関大祐：太陽電池モジュールの火災による損傷と発電特性、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.232-233 (2012.5)
13) 五味保城、小野美沙登、森井統正、島津朋彦、山内幸雄、若月薫、関澤愛：住宅用火災警報器の奏功事例の分析（その 3）－台所火災の奏功事例－、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.272-273 (2012.5)
14) 島津朋彦、五味保城、小野美沙登、森井統正、山内幸雄、若月薫、関澤愛：住宅用火災警報器の奏功事例の分析（その 4）－たばこ火災の奏功事例－、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.274-275 (2012.5)
15) 北風慎吾、阿部伸之：オープンソース CFD による火災プルームの数値計算（FDS と OpenFOAM の比較）、数値流体力学シンポジウム、第 26 回: E10-3 (2012)
16) 田村裕之、阿部伸之、松島早苗、塚目孝裕、尾川義雄、森井統正、河関大祐：火災時における太陽電池モジュールの発電特性（その 1 太陽光及び火炎光による発電）、日本建築学会大会学術講演梗概集（防火）、2012 年度（東海）、pp.187-188 (2012)
17) 松島早苗、阿部伸之、田村裕之、塚目孝裕、尾川義雄、森井統正、河関大祐：火災時における太陽電池モジュールの発電特性（その 2 火炎曝露によるモジュール損傷と発電）日本建築学会大会学術講演梗概集（防火）、2012 年度（東海）、pp.189-190 (2012)
18) 塚目孝裕、阿部伸之、田村裕之、松島早苗、尾川義雄、森井統正、河関大祐：火災時にお

ける太陽光発電モジュール部材の燃焼と発電特性、マテリアルライフ学会研究発表会、第 23 回、pp.23-24 (2012)

19) 阿部伸之：カラオケボックス店火災の長官調査（火災実験とシミュレーション）、消防研修 92 号、pp.96-100 (2012)

20) 阿部伸之:物品販売店舗火災の長官調査(圧縮陳列棚の火災拡大性状)、消防研修 92 号、pp.86-90 (2012)

21) 阿部伸之：認知症高齢者グループホーム火災の長官調査（火点近傍の可燃物の燃焼性状）、消防研修 92 号、pp.91-95(2012)

22) 阿部伸之：建物火災における煙伝播予測手法、静電気学会誌、36 号、pp.96-101 (2012)

23) 田村裕之：危険物施設での静電気災害について、消防試験研究センターだより、Voice、No.317、pp.7-9 (2012.3)

24) 田村裕之：東日本大震災の市街地広域火災について､近代消防､1 月号 (No.612)､pp.58-65 (2012.1)

25) Tamura, Hiroyuki.: Investigation and its Characteristic of Post Earthquake Fire at the 3.11., Workshop for Fire-Structure Interaction and Urban and Wildland-Urban Interface (WUI) fires（第 2 回日米火災ワークショップ）(2012.7.2～7.4)

26) 田村裕之：東日本大震災における火災調査の概要、第 15 回消防防災研究講演会資料、pp.5-24 (2012.1)

27) 田村裕之：尾川義雄、電気火災調査における分析装置の活用例、火災、Vol.62、No.2 (通巻 317 号)、pp.18-23 (2012.4)

28) 田村裕之：危険物施設での静電気災害について (2)、消防試験研究センターだより Voice、平成 24 年 5 月号、No.319、pp.8-10 (2012)

29) 田村裕之：静電気が疑われる火災原因の調査について、消防研修、第 92 号、pp.63-67 (2012.9)

30) 田村裕之：エチレン製造プラントの爆発火災について、消防研修、第 92 号、pp.101-105 (2012.9)

31) 篠原雅彦、松島早苗、尾川義雄：気仙沼での火災について、第 15 回消防防災研究講演会資料、pp.25-46 (2012.1)

32) Shinohara, M., Matsushima, S., Sekizawa, A.: Fire whirls caused by urban conflagration, Workshop for Fire-Structure Interaction and Urban and Wildland-Urban Interface (WUI) fires (2012.6)

33) 篠原雅彦、松島早苗：東日本大震災で目撃された火災旋風、消防科学と情報 No. 108 (春季) pp.36-40 (2012.5)

34) 篠原雅彦、尾川義雄、松島早苗：東日本大震災における気仙沼の火災－火災空撮映像の位置特定と油分の分布にもとづいた考察－、火災 Vol.62、No.3、pp.16-20 (2012.6)

35) 篠原雅彦:火災旋風－関東大震災の教訓－、命を守る BOUSAI MAGAZINE、創刊号、pp. 9-10、NPO 法人日本防災環境 (2012.9)

36) 杉井完治、篠原雅彦、細川直史：2010 年 1 月別府市強風下市街地火災の調査－延焼動態、延焼速度および消防活動と、強風による特異な火炎噴出－､消防研究所報告､No.113、pp.1-14 (2012.9)

37) 篠原雅彦、杉井完治、細川直史：火の粉の性状が飛距離に及ぼす影響－2010 年 1 月別府市強風下市街地火災の現地調査に基づいて－、消防研究所報告、No.113、pp.15-26 (2012.9)

38) Norimichi Watanabe, Osami Sugawa, Tadahiro Suwa, Yoshio Ogawa, Muneyuki Hiramatsu, Hino Tomonori, Hiroki Miyamoto, Katsuhiro Okamoto, Masakatsu Honma,: Comparison of Fire Behaviors of an Electric-battery-powered Vehicle and Gasoline-powered Vehicle in a Real-scale Fire Test, Proceedings from 2nd International

Conference on Fire Vehicles FIVE 2012, pp.195-205 (2012)

39) 中村祐二（北海道大）、若月 薫：電線燃え拡がり現象における非定常性に関する検討、第 50 回燃焼シンポジウム、(2012.12)

40) 鈴木健：熱源の発見のための熱画像カメラの利用について，安全工学シンポジウム 2012 講演予稿集、pp.348-351 (2012)

41) 薄木太一、中村祐二、若月薫：吸い込み法による消火法の検討、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.130-131 (2013.6)

42) 鈴木恵子、田村裕之：東日本大震災に関連して発生した火災に関する調査の概要、日本火災学会研究発表会概要集、pp.214-215 (2013.6.8)

43) 田村裕之、阿部伸之、松島早苗、塚目孝裕、高梨健一、尾川義雄、河関大祐：種々の火炎光における太陽電池モジュールの発電特性と分光スペクトル、日本火災学会研究発表会概要集、pp.258-259 (2013)

44) 松島早苗、阿部伸之、田村裕之、塚目孝裕、尾川義雄、高梨健一、河関大祐：模擬家屋火災時の太陽電池モジュール発電特性、日本火災学会研究発表会概要集、pp.260-261 (2013)

45) 尾川義雄、阿部伸之、田村裕之、松島早苗、塚目孝裕、高梨健一、河関大祐：水損防止シートで覆われた太陽電池モジュールの発電特性、 日本火災学会研究発表会概要集、pp.262-263 (2013)

46) 河関大祐、阿部伸之、田村裕之、松島早苗、塚目孝裕、高梨健一、尾川義雄：太陽電池モジュールに貼付した防火フィルムの遮光効果、日本火災学会研究発表会概要集、pp.264-265 (2013)

47) 塚目孝裕、阿部伸之、田村裕之、松島早苗、尾川義雄、高梨健一、河関大祐：太陽電池モジュールの材質と受熱破損形態、 日本火災学会研究発表会概要集、pp.266-267 (2013)

48) 五味保城、椎名知明、森井統正、島津朋彦、山内幸雄、若月薫、関澤愛：住宅用火災警報器の奏功事例の分析（その 5）－台所火災の奏功事例－、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.296-297 (2013.6)

49) 椎名知明、五味保城、島津朋彦、森井統正、山内幸雄、若月薫、関澤愛、住宅用火災警報器の奏功事例の分析（その 6） －居室火災の奏功事例－、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集 pp.298-299 (2013.6)

50) 成田知宏、中村祐二、若月薫：アーク放電起源の電線火災危険性の評価、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.318-319 (2013.6)

51) 篠原雅彦：横風の風向が熱源周りの速度場に与える影響、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.324-325 (2013.6)

52) 細貝亜樹、中村祐二、若月薫、山崎浩嗣：限界酸素指数に与えるサンプル厚みの影響、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.328-329 (2013.6)

53) 渡邉憲道、諏訪正廣、尾川義雄、須川修身、宮本寛樹、大竹琢磨、岡本勝弘、本間正勝：電気自動車の燃焼挙動におけるリチウムイオン二次電池の充電率の影響、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.342-343 (2013.6)

54) 片桐正浩、山内幸雄、水野雅之、島津朋彦、橋村征、若月薫、菅原進一：区画火災の換気支配型燃焼時における一酸化炭素発生量の予測手法に関する研究（その 1）－小型区画模型を用いた実験結果の解析－、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.158-159 (2013.6)

55) 島津朋彦、山内幸雄、水野雅之、片桐正浩、橋村征、若月薫、菅原進一：区画火災の換気支配型燃焼時における一酸化炭素発生量の予測手法に関する研究（その 2）－実験データの検証結果を踏まえた予測モデルの提案

ー、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.160-161 (2013. 6)

56) Manzello, S. L., Suzuki, S., and Hayashi, Y.: Development and Characterization of Continuous Feed Firebrand Generator, 平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.86-87 (2013.6)

57) Suzuki, S., Manzello, S. L., Suzuki, J., and Hayashi, Y.: Firebrands Production from a Full-Scale Structure、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.88-89 (2013.6)

58) Suzuki, S., Manzello, S. L., and Hayashi, Y., Firebrand Generation from Building Components with Cedar Siding、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.365-366 (2013.6)

59) Manzello, S. L., Suzuki, S., and Hayashi, Y.: Vulnerability of Decking Assemblies to Continuous Firebrand Shower、平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.367-368 (2013.6)

60) 松島早苗、阿部伸之、田村裕之、塚目孝裕、尾川義雄、高梨健一、河関大祐：火災時における太陽電池モジュールの発電特性（その 3 模擬家屋を用いた火災実験）、2013 年度日本建築学会大会（北海道）学術講演梗概集（防火）3009、pp.17-18 (2013)

61) 田村裕之、河関大祐、阿部伸之、松島早苗、塚目孝裕、高梨健一、尾川義雄：火災時における太陽電池モジュールの発電特性（その 4 防火フィルムの光透過性）、2013 年度日本建築学会大会（北海道）学術講演梗概集（防火）、pp.19-20 (2013)

62) 鈴木恵子、田村裕之：東日本大震災に関連して発生した火災に関するアンケート調査の経過報告、消防防災研究講演会資料、pp.63-69 (2013.2)

63) 田村裕之、阿部伸之、松島早苗、塚目孝裕、高梨健一、尾川義雄、河関大祐：太陽光発電システムを設置した住宅の火災と消防活動の問題点、 消防防災研究講演会資料 16 号、pp.81-90 (2013)

64) 阿部伸之、塚目孝裕、田村裕之、松島早苗、尾川義雄、河関大祐、森井統正：火災時における太陽電池モジュールの発電特性、消防研究所報告、114 号、pp.1-8 (2013)

65) 阿部伸之、松島早苗、田村裕之、塚目孝裕、尾川義雄、高梨健一、河関大祐：模擬家屋火災時における太陽電池モジュールの発電特性、消防研究所報告、114 号、pp.9-18 (2013)

66) 田村裕之、阿部伸之、河関大祐、松島早苗、塚目孝裕、尾川義雄、高梨健一：太陽光発電システム火災と消防活動上の問題点、消防研究所報告、114 号、pp.19-25 (2013)

67) 阿部伸之、尾川義雄、田村裕之、塚目孝裕、松島早苗、高梨健一、河関大祐：遮光物による太陽電池モジュールの発電抑制効果の検討、消防研究所報告、115 号、pp.1-11 (2013)

68) 田村裕之、阿部伸之、松島早苗、河関大祐、塚目孝裕、尾川義雄、高梨健一：種々の火炎光の分光スペクトルと太陽電池モジュールの発電特性、消防研究所報告、115 号、pp.12-17 (2013)

69) 阿部伸之：建物火災におけるコンピュータシミュレーションの適用と課題、月刊フェスク、10 月号、pp.30-37 (2013)

70) 田村裕之、阿部伸之、松島早苗：火災時における太陽電池モジュールの発電特性、火災、Vol.63、pp.20-25 (2013)

71) 塚目孝裕、尾川義雄、桑原一徳、渡会俊幸、渡邉洋介：姫路市内アクリル酸製造工場で発生した爆発事故について －高分子製品原料モノマーの反応性と事故事例－ 火災、第 322 号、pp.19-22 (2013)

72) 田村裕之：太陽光発電システムを設置した住宅の火災と消防活動の問題点、第 16 回消防防災研究講演会資料、pp.81-90 (2013.2)

73) 原田賢哉（JAXA）他 3 名、細川直史、田村裕之：災害監視無人機システムの研究開発－

システムコンセプトと実証実験－、第 51 回飛行機シンポジウム　(2013.11.20～11.22)

74) Naoharu Murasawa (China Institute of Science) 他 1 名, Hiroshi Koseki, Yusaku Iwata, Keiko Suzuki, Hiroyuki Tamura: Investigation of the heat generation and spontaneous ignition of disaster waste generated after the 2011 Great East Japan Earthquake,Fire Safety Journal,Vol.59, pp.178-187 (2013.7)

75) 田村裕之：〈消防研究センター情報〉太陽光発電システムを設置した住宅火災における消防活動について、検定協会だより、第 391 号、pp.15-24 (2013.7)

76) 鈴木恵子、田村裕之、細川直史、遠藤　真：〈消防研究センター情報〉東日本大震災に関連して発生した火災に関する調査、検定協会だより、第 394 号、pp.3-9 (2013.10)

77) 田村裕之：太陽光発電システムを設置した住宅の火災と消防活動上の問題点、日本火災学会火災科学セミナーテキスト、pp.46-59 (2013.11)

78) Shinohara, M.: The influence of wind direction on flow field around a rectangular heat source, Proceedings of 4th Fire Behavior and Fuels Conference (2013.7)

79) 篠原雅彦：有風下で火災域風下に発生する火災旋風、第 14 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、pp.1245-1249 (2013.12)

80) 篠原雅彦：火災旋風Ⅱ　有風下で発生する炎を含まない旋風、命を守る BOUSAI MAGAZINE、No.2、春季号、p. 14、NPO 法人日本防災環境 (2013.3)

81) 篠原雅彦 : 火災旋風、Voice、Vol.329、pp.5-7 (2013.3)

82) 鈴木健：熱画像カメラを利用した熱源の探索について、Voice (消防試験研究センターだより)、Vol. 332、6、pp.7-9 (2013)

83) 塚目孝裕：火災時の太陽電池モジュールの発電特性と破壊形態、消防試験研究センターだより、Voice、Vol.337、 pp.8-10 (2013.11)

84) 篠原雅彦 : 火災旋風、平成 25 年度調査技術会議、pp.21-34 (2013.5)

85) 篠原雅彦 : 2012 年に発生した野焼き時の事故事例、森林火災対策協会報、第 33 号、pp.4-10 (2013.6)

86) Manzello, S. L., Suzuki, S., Suzuki, J., and Hayashi, Y.: Firebrands Generated from a Full-Scale Structure Burning Under An Applied Wind Field, 2013 International Fire Science and Engineering (INTERFLAM) Conference, Nr Windsor, UK, 2013

87) Manzello, S. L., and Suzuki, S.: Exposing Wood Decking Assemblies to Continuous Wind-Driven Firebrand Showers, Fire and Materials Conference 2013, San Francisco, USA, 2013, pp. 367-378.

88) Manzello, S. L., Suzuki, S., Whitlow, B., Tanner, A., and Olson, R.: The Performance of Concerete and Terracotta Exposed to Wind-Driven Firebrand Showers,　Fire and Materials Conference 2013, San Francisco, USA, 2013

89) 鈴木健：熱源の発見のための熱画像カメラの利用について　－壁の中あるいは天井裏に熱源がある場合を想定した模擬実験－、第 46 回安全工学研究発表会講演予稿集、pp. 163-166 (2013)

90) 鈴木 健 : 熱源の発見のための熱画像カメラの利用について　－熱源が各種の固体で覆われた場合を想定した模擬実験－、平成 26 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.98-99 (2014)

91) 河関大祐、鈴木恵子、田村裕之、尾花博幸、鹿毛敏伸、笹倉正樹：無線連動式住宅用火災警報器による地域警報ネットワーク構築のモデル実験、平成 26 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.210-211 (2014.5)

92) 中村祐二、薄木太一、若月薫：吸引による消火過程で発現する消火モードの整理、平成 26 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.236-237 (2014.5)

93) 推名知明、篠原雅彦、松島早苗：地震後の市街地火災における燃焼性状の研究　－有風下におけるクリブを用いた実験－平成 26 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.244-245 (2014)

94) 篠原雅彦、松島早苗：火炎風下直後に定在する火災旋風の発生機構、日本火災学会研究発表会概要集、pp.254-255 (2014.5)

95) 細貝亜樹、中村祐二、若月薫、島村宏之：酸素指数に基づく材料燃焼性評価に関する一考、平成 26 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.246-247 (2014.5)

96) 田村裕之、松島早苗、阿部伸之、塚目孝裕、高梨健一、尾川義雄、河関大祐、志水裕昭：太陽光発電システムの火災時における感電を考慮した手袋、靴、破壊器具の電気抵抗測定、平成 26 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.270-271 (2014.5)

97) 松島早苗、阿部伸之、田村裕之、塚目孝裕、高梨健一、河関大祐、尾川義雄、志水裕昭：破壊器具による太陽電池モジュール破壊時の発電特性、平成 26 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.272-273、(2014.5)

98) 塚目孝裕、阿部伸之、田村裕之、松島早苗、尾川義雄、高梨健一、河関大祐、志水裕昭：太陽電池モジュール燃焼時の生成ガスについて、平成 26 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.274-275 (2014.5)

99) Manzello, S.L., and Suzuki, S.: Experimental Study of Firebrand Transport, 平成 26 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.298-299 (2014.5)

100) Suzuki, S. Manzello, S. L., Kagiya, K., Suzuki, J., and Hayashi, Y.: Ignition of Fine Fuels Exposed to Firebrand Showers, 平成 26 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.296-297 (2014.5)

101) 田村裕之：静電気火災について思うこと、静電気学会誌、第 38 巻、第 3 号、pp.117 (2014.5)

102) D. Kozeki, K. Suzuki, H. Tamura, H. Obana, T. Kage, M. Sasakura: Model Experiment of Constructing a Local Warning Network through a Residential Fire Alarm in an Area with a High Density of Wooden Structures, Proceedings of 15th International Conference on Automatic Fire Detection “AUBE'14”, Duisburg, Germany, Vol.2, pp.291-296, Oct. 2014.

103) 田村裕之、松島早苗、阿部伸之、森井統正、塚目孝裕、志水裕昭、高梨健一、尾川義雄、河関大祐：太陽光発電システム火災と消防活動における安全対策、消防研究所技術資料、第 83 号　(2014. 3)

104) 塚目孝裕、阿部伸之、田村裕之、松島早苗、尾川義雄、高梨健一、河関大祐、志水裕昭：太陽電池モジュール燃焼時の生成ガスについて、消防研究所報告、第 116 号、pp.1-10 (2014)

105) 松島早苗、田村裕之、阿部伸之、高梨健一、塚目孝裕、河関大祐、尾川義雄、志水裕昭：消防活動時の太陽電池モジュールの感電危険性、消防研究所報告、第 116 号、pp.11-22 (2014)

106) 松島早苗、田村裕之、塚目孝裕、阿部伸之、高梨健一、河関大祐、尾川義雄、志水裕昭：火災時における太陽電池モジュールの発電特性（その 5　モジュール破壊時の発電特性）、2014 年度日本建築学会大会(近畿）学術講演会 防火 3081、pp.185-186 (2014)

107) 田村裕之、松島早苗、塚目孝裕、阿部伸之、高梨健一、尾川義雄、河関大祐、志水裕昭：太陽光発電システムの火災時における感電を考慮した消防隊員の手袋、靴、破壊器具の電気抵抗測定、日本建築学会大会学術講演梗

概集（防火）、2014 年度（近畿）、pp.187-88 (2014)

108) 塚目孝裕、田村裕之、松島早苗、阿部伸之、高梨健一、尾川義雄、河関大祐、志水裕昭：太陽電池モジュール燃焼時の生成ガスについて、日本建築学会大会学術講演梗概集（防火）2014 年度（近畿）、pp.189-190 (2014)

109) 田村裕之、渡会俊幸：重合釜内で発生した火災の原因調査、第 38 回静電気学会全国大会 (2014.9.8～9.9)

110) 田村裕之：太陽光発電システムの火災危険性と消防活動上の対策、第 18 回消防防災研究講演会資料、pp.85-98 (2014.11)

111) 田村裕之：太陽光発電システム火災と消防活動における安全対策、安全工学、Vol.53、No.6 (通巻 303 号)、pp.438-444 (2014.12)

112) 推名知明、篠原雅彦、松島早苗：地震後の市街地火災における燃焼性状の研究　－有風下におけるクリブを用いた実験－、消防技術安全所報、第 51 号、pp.166-171 (2014.9)

113) 篠原雅彦：火災旋風の危険性と心構え、第 53 回火災科学セミナーテキスト、pp.43-54 (2014.11)

114) 篠原雅彦、松島早苗：有風下で火炎風下直後に定在する火災旋風の発生メカニズムに関する実験研究、日本流体力学会年会 (CD-ROM) (2014.9)

115) 篠原雅彦、松島早苗：有風下で火炎風下直後に定在する火災旋風の発生メカニズムに関する実験研究、日本流体力学会誌「ながれ」第 33 巻 6 号、pp.503-507 (日本流体力学会年会 2014 予稿の転載) (2014.12)

116) Manzello, S.L., and Suzuki, S.: Firebrand Accumulation in Front of Structures in Large Outdoor Fires, 第 52 回燃焼シンポジウム (2014.12)

117) Suzuki, S., and Manzello, S. L.: Ignition of Wood Mulch beds exposed to firebrand showers, 第 52 回燃焼シンポジウム (2014.12)

118) 細貝亜樹（JAXA）、中村祐二（豊橋技科大）、若月　薫：限界酸素指数に与える燃え拡がりモードの影響、日本機械学会 熱工学コンファレンス 2014、(2014.11)

119) 中村祐二（豊橋技術科学大）、 細貝亜樹（JAXA）、若月　薫：キャンドル型燃焼試験での燃焼限界時の燃焼形態に関する一考、第 58 回宇宙科学技術連合講演会、(2014.11)

120) 若月　薫、細貝亜樹（JAXA）、中村祐二（豊橋技術科学大）：高分子材料の燃焼性を評価する国際試験規格（ISO）について、第 58 回宇宙科学技術連合講演会、(2014.11)

121) 志水裕昭、塚目孝裕：可搬型 1 回反射 ATR 装置を用いた水試料測定における前処理法の検討、日本分析化学会第 63 年会講演要旨集、p395 (2014)

122) 塚目孝裕：より安全な太陽光発電へ(2) 特別報告 B 消防活動における安全性、AES 太陽光発電システム研究発表会（第 16 回）(2014)

123) 塚目孝裕：姫路市内化学工場で発生した爆発事故概要と工場災害事故防止方策、第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (2014)

124) 田村裕之、塚目孝裕、阿部伸之、高梨健一、河関大祐：太陽光発電システムから出火した住宅火災について、日本建築学会大会学術講演梗概集（防火）、2015 年度（関東）、pp.207-208 (2015)

125) 篠原雅彦（共著）：2011 年東日本大震災火災等調査報告書【要約版】、日本火災学会 (2015.3)

126) 宮坂智哉、田中勇治、川嶋恵子、棚橋嘉美、難波志帆、塚目孝裕、田村裕之、阿部伸之、高梨健一、松島早苗、河関大祐、齋藤貴幸、田澤了、伊藤潤、宮下典之：高齢者施設入所者の避難能力の検討、 日本火災学会研究発表会概要集、pp.44-47 (2015)

127) 塚目孝裕、阿部伸之、田村裕之、松島早苗、高梨健一、河関大祐、志水裕昭、太陽電池モ

ジュール燃焼時の生成ガスについて(第 2 報)、日本火災学会研究発表会概要集、pp.72-73 (2015)

128) 鈴木恵子、河関大祐、田村裕之、尾花博幸、田中孝幸、笹倉正樹 : 防火意識調査の結果 －無線連動式住宅用火災警報器による地域警報ネットワーク構築のモデル実験－ その 2、平成 27 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.282-283 (2015.5)

129) 河関大祐、鈴木恵子、髙梨健一、田邊光之、後龍彦、岸本喜朗：木造密集地域における地域警戒ネットワークの検討、平成 27 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.284-285 (2015.5)

130) 鈴木健 : 熱源の発見のための熱画像カメラの利用について　－ 継手の接合部に熱源がある場合を想定した模擬実験－、平成 27 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp. 310-311 (2015)

131) 田村裕之、今村 智、阿部伸之、松島早苗、塚目孝裕、河関大祐、高梨健一、志水裕昭：太陽光発電システムから出火した住宅火災、平成 27 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.318-319 (2015)

132) 篠原雅彦、松島早苗：有風下での長方形火源の方向が火炎風下に発生する火災旋風のふるまいに与える影響、平成 27 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.342-343（2015.5）

133) Suzuki, S., and Manzello, S. L.: DEVELOPMENT OF REDUCED-SCALE EXPERIMENTAL FACILITY TO STUDY FIREBRAND IGNTION, 平成 27 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.230-231 (2015.5)

134) Manzello, S. L., Suzuki, S., and Nii, D.: BUILDING COMPONENT IGNTION FROM MULCH BEDS IGNITED BY FIREBRAND SHOWERS, 平成 27 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.232-233 (2015.5)

135) 塚目孝裕：高分子の重合反応と事故事例、消防研究所報告、第 118 号、pp.1-11 (2015)

136) 阿部伸之 : シミュレーション技術を火災原因調査に活用するための取り組み、消防研究所報告、第 119 号、pp.8-15 (2015)

137) 塚目孝裕、志水裕昭 : 現場検知用可搬型赤外分光光度計の物質同定トレーニング用キットの試作、消防研究所報告、第 119 号、pp.16-24 (2015)

138) 田村裕之 : 太陽光発電システムの火災と消防活動上の危険性、京都消防、第 69 巻第 2 号 (通巻第 796 号)、pp.12-20 (2015.2)

139) 田村裕之 : ドラム缶から給油設備のタンクへガソリン移し替え中に発生した火災の原因調査、第 39 回静電気学会学術講演会 (2015.9.24～9.25)

140) 田村裕之 : 研究室リレー　消防庁消防研究センター　大規模火災研究室、特殊災害研究室、地震等災害研究室、火災、Vol.65、No.2 (通巻 335 号)、pp.47-50 (2015.4)

141) 田村裕之 : 静電気火災の原因調査と安全対策、消防試験研究センターだより Voice、Vol.350、pp.11-12 (2015.9)

142) 田村裕之 : 木造密集地域での火災と安全への備え －趣旨説明－、第 19 回消防防災研究講演会資料、pp.19 (2015.11)

143) 鈴木恵子：木造建物火災の現況、第 19 回消防防災研究講演会資料、pp.20-30 (2015.11)

144) 田村裕之 : 太陽光発電システムの火災と消防活動における問題点、電気評論、第 100 巻第 11 号 (通巻 620 号)、pp.52-56 (2015.11)

145) 田村裕之 : 消防研究センターの消火活動安全への取組、エネルギー・資源、第 36 巻第 6 号 (通巻 214 号)、pp.27-31 (2015.11)

146) 篠原雅彦、松島早苗：長方形火源の風下に発生する火災旋風、日本流体力学会年会 2015 (2015.6)

147) Shinohara, M. Matsushima, S. : Laboratory experiments on the effects of wind direction on

behavior of fire whirls downwind of fire, 11th Symposium on Fire and Forest Meteorology, 6.6, (2015.6)

148) 篠原雅彦：市街地火災での被害拡大要因ー火災旋風ー、第 19 回消防防災研究講演会、第 63 回全国消防技術者会議資料、pp.66-75 (2015.11)

149) 篠原雅彦 : 関東大震災における火災旋風による被害の再検討、The 7th Asia-Oceania Symposium on Wind and Fire, pp.1-58, (2015.9)

150) Suzuki, S., and Manzello, S. L.: Reduced-scale experimental facility to characterize firebrand ignition, 第 53 回燃焼シンポジウム (2015.11)

151) Manzello, S.L, and Suzuki, S.: Towards Generating Wind-Driven Firebrand Showers Characteristic of Burning Structures', 第53回燃焼シンポジウム (2015.11)

152) Suzuki, S., and Manzello, S. L.: Firebrand Production from Building Components with Siding Treatments Applied, Workshop on Structure Ignition in Wildland-Urban Interface (WUI) Fires, (under E05 Fire Standards) Anaheim, USA 2015

153) Manzello, S.L, Suzuki, S., and Nii, D.: Experimental Investigation on Building Component Ignition by Mulch Beds Ignited by Firebrand Showers, Workshop on Structure Ignition in Wildland-Urban Interface (WUI) Fires, (under E05 Fire Standards) Anaheim, USA 2015

154) Suzuki, S.: Overview of NRIFD Fire Research/Development of Evaluation Methods for Firebrand Ignitions, Workshop for Fire-Structure Interaction and Large Outdoor Fires, Operation Tomodachi- Fire Research, Gaithersburg, USA, March 16th 2015

155) Suzuki, S.: Overview of Research Facilities at NRIFD, Workshop for Fire-Structure Interaction and Large Outdoor Fires, Operation Tomodachi-Fire Research, Gaithersburg, USA, March 16th 2015

156) Manzello, S.L, and Suzuki, S.: FIREBRAND ACCUMLATION ZONES IN FRONT OF STRUCTURES IN WILDLAND-URBAN INTERFACE (WUI) FIRES' Fire and Materials Conference 2015, San Francisco, USA, 2015

157) Suzuki, S., and Manzello, S. L.: EFFECT OF SIDING TREATMENT ON FIREBRAND PRODUCTION FROM BUILDING COMPONENTS, Fire and Materials Conference 2015, San Francisco, USA, 2015

158) Takeshi SUZUKI: An Experimental Study on Prevention of Rekindling by Using Thermal Imaging Camera -Model Experiments Assuming that Heat Source Was Hidden Inside Walls or Ceilings-, The 10th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, Tsukuba, 2015

159) 宮坂智哉、田中勇治、川嶋恵子、棚橋嘉美、細谷志帆、塚目孝裕、田村裕之、阿部伸之、高梨健一、松島早苗、河関大祐、齋藤貴幸、田澤 了、伊藤 潤、宮下典之：障害者支援施設入所者の火災時避難能力の検討、北海道科学大学研究紀要、第 40 号、pp.23-28 (2016)

160) 田村裕之 : 太陽光発電システムの火災と消防からみた問題点、月刊消防、第 38 巻第 2 号 (通巻 440 号)、pp.38-43 (2016.2)

161) 田村裕之 : 太陽光発電システムの火災と消防活動上の対策、月刊消防、第 38 巻第 3 号 (通巻 441 号)、 pp.38-43 (2016.3)

162) 篠原雅彦（共著）: 2011 年東日本大震災火災等調査報告書【完全版】、日本火災学会 (2016.3)

163) 篠原雅彦、松島早苗、推名知明 : 東日本大震災において津波被害を受けた気仙沼市の市街地で目撃された火災旋風、消防研究所報告、通巻 120 号、(2016.3)

164) 河関大祐、鈴木恵子、田村裕之、髙梨健一、

尾花博幸、田中孝幸、笹倉正樹、田中広樹：無線連動式住宅用火災警報器による地域警報ネットワーク構築のモデル実験 その 3－火災信号連動式電子メール自動配信装置の導入－、平成 28 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.106-107 (2016. 5)

165) 鈴木 健：熱源の発見のための熱画像カメラの利用について －ほぞ穴の内部に残火がある場合を想定した模擬実験－、平成 28 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp. 242-243 (2016)

166) 鈴木恵子：住宅の小規模延焼火災に関する基礎的検討、平成 28 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.325-326 (2016.5)

167) 鈴木健：畳の燃焼性状に関する実験的研究、第 54 回燃焼シンポジウム、(2016)

168) 鈴木恵子：成熟化社会の住宅防火、消防研修、第 99 号、pp.28-34 (2016.3)

(5)　災害対応のための消防ロボットの研究開発

研究期間：平成 26 年度～平成 30 年度（5 年間）

特別上席研究官　天野久徳
火災災害調査部長　西 晴樹
技術研究部　危険性物質研究室　内藤浩由
技術研究部　地震等災害研究室　佐伯一夢

1. 目的

十勝沖地震では石油タンクの全面火災が発生し、東日本大震災ではガスホルダーの火災・爆発が発生した。現在、南海トラフ地震や首都直下地震の発生が懸念される中、自然災害によって石油コンビナートや化学プラントといったエネルギー・産業基盤施設において大規模な火災が発生することも考えられる。自然災害ばかりでなく、石油コンビナートや化学プラントにおける火災・爆発事故も発生しており、ここ数年間は事故件数も増加傾向にある。

これらエネルギー・産業基盤施設の火災は市民生活に大きく影響を与え、市民の日常生活に支障をきたす。自然災害や事故後、地域の復興や市民生活の復旧には、エネルギー・産業基盤が不可欠である。したがって、自然災害や事故に対して強靭な社会を実現するために、これらの火災を早期に抑制することが重要である。

しかしながら、これらの特殊な環境下の大規模火災において、消防隊員が火炎に近接して活動することは危険であり、難しい。遠隔操作機器などでの対応によっても、通信条件の影響などもあり､有効な活動を行うための限界もある。そこで、より遠方から消防隊員の判断および指定に基づき、半自律的に火災抑制、消火活動を行うことができる消防ロボットシステムを開発する。開発する消防ロボットシステムのイメージを図 1 に示す。開発する消防ロボットシステムに自律的な機能を取り入れ、消防隊員が進入できない、あるいは、遠隔操作機器では進入できない、火源に近接し、高熱な領域での消防活動を可能とし、より効率的な消防活動を実現することを第 1 の目的とする。

対応を想定している事案は以下の通り。

(1) 石油タンクの防油堤内火災や可燃性ガスホルダーの防液堤内火災の発生時において、隣接する石油タンク等周辺施設への延焼を阻止するため、周辺施設を冷却する活動。

(2) 大型の浮き屋根石油タンク全面火災が発生した状況下において、火災燃焼中の石油タンク側板を冷却し石油タンクの倒壊を防ぐことができること。

(3) 中型の浮き屋根石油タンク全面火災が発生した状況下において、火災を抑制できる（鎮圧まではできなくても、火炎の拡大をコントロールできる）こと。

(4) 上記(1)～(3)の活動に伴う偵察・情報収集活動。

とし、開発する消防ロボットシステムの全部または一部を複数セット用いることにより対応できることとする（参考：石油コンビナートの防災アセスメント指針(平成 25 年 3 月　消防庁特殊災害室)）。この他、大規火災対応可能とする汎用性、また、システム全体ではなく単体で機能することも考慮し開発を進める。

一方で、消防ロボットには多くの技術要素が必要となる。そこで、消防ロボットに応用可能なロボット、制御等技術について研究を行う。

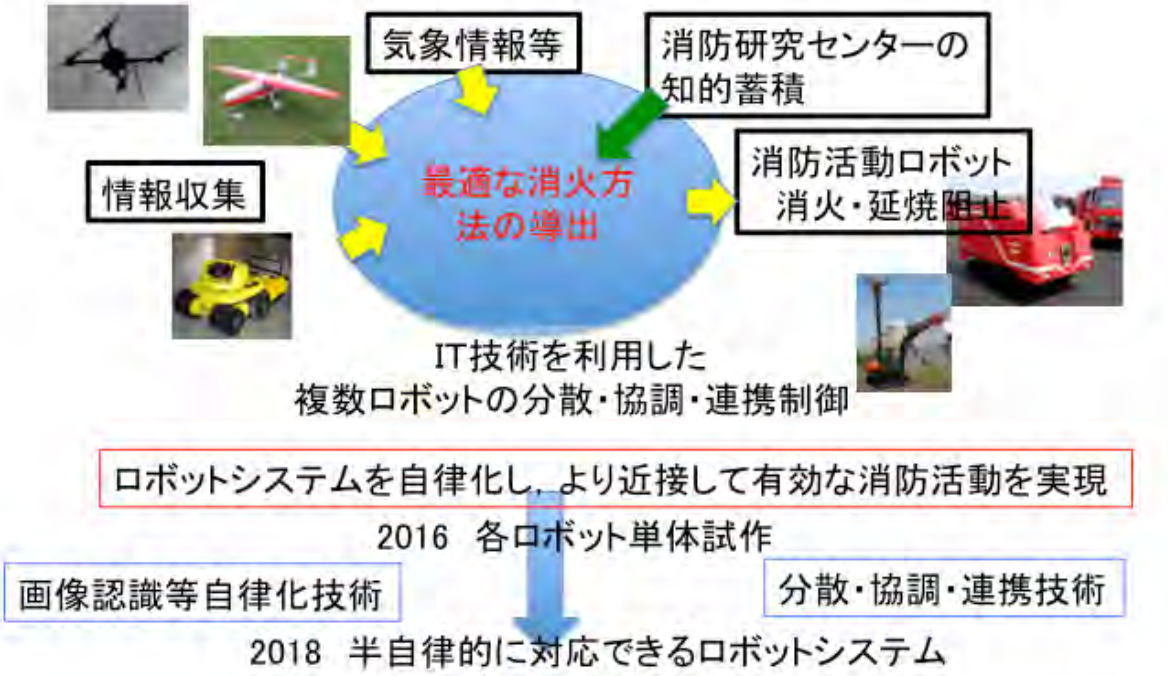


図 1　開発する消防ロボットシステムのイメージ

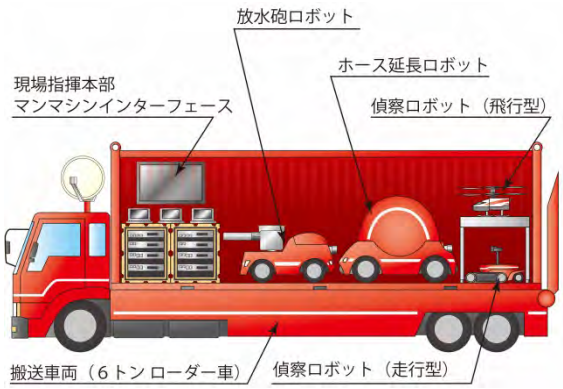


図 2　消防ロボットシステムの構成

図 3　消防ロボットシステムの活動イメージ

2.　平成 27 年度の研究計画と成果

(1) 消防ロボットシステムの部分試作、性能検証を行い、単体ロボット試作機の仕様を確定する。

災害想定を基に平成 26 年度に検討を行い、飛行型偵察ロボット、走行型偵察ロボット、放水砲ロボット、ホース延長ロボット各 1 台とマンマシンインターフェースで構成することとした。消防ロボットシステムの構成を図 2 に、活動イメージを図 3 に示す。平成 26 年度の成果に基づき、飛行型偵察ロボット、走行型偵察ロボット、放水砲ロボット、ホース延長ロボットについて単体ロボット試作に必要な部分試作を行った。

飛行型偵察ロボットについては、バッテリィの充放電サイクルを基に、仕様に適合するセルの選定、バッテリィパックの試作（図 4）、また、搭載カメラ性能を基に、カメラ搭載用ジンバル

を検討し選定等を行った。走行型偵察ロボットについては、移動機構（図 5）の試作し、その性能を確認した。放水砲ロボットについては、小型ノズル（図 6）を試作し実験的検証を基に機構を決定、走行機構（図 7）を試作し性能検証を行い、機構を決定、耐熱機構について実験的に検証を行い、機構を決定する等行った。ホース延長ロボットについては、ホース延長機構（図 8）を試作し実験にて有効性を確認する等を行った。

これら部分試作及び性能検証を基に、単体ロボットの試作に検討が必要な項目を整理し、試作する単体ロボットの仕様を確定した。

図 4　バッテリィパックの概観

図 5　走行型偵察ロボットの走行機構

図 6　ノズルの性能検証実験

図 7　放水砲ロボットの走行機構

図 8　ホース延長実験

(2) 自律動作のための画像認識等による原理的な検討を行う。

放水軌跡を自動的に認識するための実験を行い、熱画像カメラの画像を用いた原理的な検討を行った。

用途廃止された危険物施設敷地内において、電子地図を利用した位置指示による自律移動の検証実験を行い、晴天時及び GPS 信号の劣化する雨天時においても実現が可能であることが

確認された。

(3) 複数のロボットの協調連携について、技術の応用について検討を行う。

ロボットの協調連携のために必要となる画像情報の共有について、複数の手法を検討し、それぞれの有利さ等を整理した。

(4) 消防防災ロボットに応用可能な技術の基盤的研究を進める。（継続）

消防隊員が侵入不可能な高放射熱環境下で使用可能なホースについて、企業と共同で開発を行った。この他、消防防災ロボットに応用可能な技術、「不整地走行に関する移動機構」等の研究を進め、論文発表等を行った。

(5) 消防本部におけるロボット技術の活用調査を行う。

政令指定都市、中核市を所管する消防本部等 73 消防本部を対象に消防用ロボット装置配備状況について調査を行い、総計配備台数が 71 台等その結果をまとめた。また、既に配備されている検知型遠隔探査装置を実際に配備されている消防隊によって、事案想定にも続き、検証実験を行った。

3. 平成 28 年度の研究計画

(1) 消防ロボットシステムを構成する各ロボットの試作機を製作する。

(2) 複数のロボットの協調連携について、原理的な検討を行う。

(3) ロボット自律動作について、基礎的な検証行う。

(4) 消防防災ロボットに応用可能な技術の基盤的研究を進める。（継続）

(5) 消防本部におけるロボット技術の活用調査を行う。（継続）

4. 次年度以降の研究計画

平成 29 年度

(1) ロボットの機能検証、改良および単体での実用化の可能性の検討を行う。

(2) ロボットの自律化のための検討を行い、消防ロボットシステムへ実装する。

(3) ロボットの機能の協調連携化について、基礎的な実証を行う。

平成 30 年度

(1) ロボット協調連携化について検討を行い、消防ロボットシステムへ実装する。

(2) 実戦配備可能な半自律消防ロボットシステムの製作をする。

5. 共同研究等外部との協力（一部予定）

(1) 仕様策定等協力

- 東京消防庁
- さいたま市消防局
- 川崎市消防局
- 横浜市消防局
- 神戸市消防局
- 名古屋市消防局

(2) 共同研究等

- 大阪大学
- 埼玉大学
- 神戸大学
- 立命館大学
- 岡山理科大学
- 明石高専
- 松江高専
- 深田工業株式会社
- 帝国繊維株式会社 等

6. その他

(1) 論文発表

1) Ken-ichi Tokuda(Wakayama Univ.)他２名, Tetsuya Kinugasa(Okayama Univ. of Sci.), Takafumi Haji(Matsue Natl. Coll. of Tech), Hisanori Amano; Complement method for obstructed area on images of multiple cameras mounted behind crawler shoe, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.27 No.2, p.146-155, Apr. 2015

(2) 口頭発表・解説

1) 天野久徳、佐伯一夢；日本の消防におけるロボット技術の活用、第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（SI2015）、p.2532-2534、2015.12

2) 中谷晃生（和歌山大）他 1 名、衣笠哲也（岡山理科大）、天野久徳；触環境地図上における地盤沈下挙動表現 －ロボットによるセンシングデータの物理シミュレータへの表現－、第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（SI2015）、pp.0697-0702、 2015.12

3) 寺本 壮（松江高専）他 1 名、衣笠哲也（岡山理科大）他 1 名、徳田献一（和歌山大）、天野久徳；受動的走行能力を高めた柔軟全周囲クローラ －ガイドにベアリングを用いた円弧形状椎体による走行能力の変化－、第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（SI2015）、 pp.0706-0710 、2015.12

4) 松山元気（鹿児島大）他 3 名、天野久徳、佐伯一夢、衣笠哲也（岡山理科大）、徳田献一（和歌山大）、入部正継（大阪電通大）；水陸両用レスキュー車の浮行時における操縦支援システム －外乱および推進力の制限による操縦性能への影響－、第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（SI2015）、pp.1005-1010、2015.12

5) 内藤浩由、天野久徳；石油タンク火災時の泡消火技術について、第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（SI2015）、pp.2534-2539、2015.12

6) 衣笠哲也（岡山理科大）他 5 名、栗栖正充（東京電機大）、奥川雅之（愛知工大）、片山雄二（サンリツオートメイション）、天野久徳、林良太（鹿児島大）、土師貴史（松江高専）；柔軟全周囲クローラ RT05-COBRA の性能評価 －ロボカップレスキューリーグにおける遠隔操作の実現と評価－、第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（SI2015）、pp.2534-2539、2015.12

7) 平田敦士（和歌山大）他 1 名、衣笠哲也（岡山理科大）、土師貴史（松江高専）、天野久徳；柔軟全周囲クローラの機構情報を援用した視覚処理 －履板の幾何学関係を用いた遮蔽領域検出－、第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（SI2015）、pp.2551-2554、2015.12

8) 天野久徳；災害対応のための消防ロボットの研究開発、日本工業出版、検査技術、Vol.20、No.12、pp.1-5、2015.12

9) 佐伯一夢、天野久徳；第 15 回レスキューロボットコンテストにおける特別共催と表彰、日本消防検定協会、検定協会だより、pp.14-22、No.419、2015 年 11 月

10) Tetsuya Kinugasa (Okayama Univ. of Science) 他 2 名, Thomas W. Leadbeaterb (Univ. of Birmingham)他 2 名, P. K. Sevillec (Univ. of Surrey), and Hisanori Amano; VALIDATION OF 3-D VISUALIZATION TECHNIQUE FOR SAND PARTICLE MOVEMENT VIA POSITRON EMISSION PARTICLE TRACKING, the International Society for Terrain-Vehicle System 13th European Conference 2015, pp.416-424, 2015.10

11) 衣笠哲也（岡山理科大)他 2 名、Leadbeater Thomas（Univ. of Birmingham）他 2 名、Seville Jonathan(Univ. of Surrey)、天野久徳；滑り角を持つ車輪下における砂粒の 3 次元軌跡の可視化、第 33 回日本ロボット学会学術講演会、2C2-05、2015.09

12) 松山元気（鹿児島大）、林　良太（鹿児島大）、余　永（鹿児島大）、天野久徳、佐伯一夢、衣笠哲也（岡山理科大）、徳田献一（和歌山大）、入部正継（大阪電気通信大）；水陸両用レスキュー車の浮行時における操縦支援システム －推進力の制限による操縦性能への影響－、日本機械学会ロボティクスメカトロニクス

講演会 2015、1A1-U06、2015.05

13) 岩藤竜飛(岡山理科大)、衣笠哲也(岡山理科大)、吉田浩治(岡山理科大)、土師貴史(松江高専)、栗栖正充(東京電大)、奥川雅之(愛知工大)、天野久徳、林　良太(鹿児島大)；外殻構造を持つ柔軟全周囲クローラRT05-COBRA の開発 －NIST 規格に基づくフィールドなどにおける走行性能評価－、日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2015、1A1-T04、2015.05

Ⅱ　研 究 発 表 等

1　所外研究発表状況

(1) 口頭発表

	題　　名	発 表 者 名	発 表 会 名	発表日
1	Microtremor Array Measurement Survey and Strong Ground Motion Observation Activities of the MarDiM (SATREPS) Project	Seckin Ozgur CITAK（JAMSTEC）、Ozlem KARAGOZ、Kosuke CHIMOTO（東工大）、Oguz OZEL（イスタンブール大）、Hiroaki YAMANAKA（東工大）、Bengi AKSAHIN、Safa ARSLAN（イスタンブール大）、Ken HATAYAMA、Michihiro OHORI（福井大）、Muneo HORI（東大）	European Geosciences Union General Assembly 2015	2015.4.12 ～ 4.17
2	Laboratory experiments on the effects of wind direction on behavior of fire whirls downwind of fire	Masahiko Shinohara and Sanae Matsushima	11th Symposium on Fire and Forest Meteorology（アメリカ気象学会）	2015.5.4 ～ 5.7
3	高齢者施設入所者の避難能力の検討	宮坂智哉（北海道科学大）他 4 名、塚目孝裕、田村裕之、阿部伸之、高梨健一、松島早苗、河関大祐、齋藤貴幸（札幌市消防局）他 3 名	平成 27 年度日本火災学会研究発表会	2015.5.16 ～ 5.17
4	太陽電池モジュール燃焼時の生成ガスについて（第 2 報）	塚目孝裕、阿部伸之、田村裕之、松島早苗、高梨健一、河関大祐、志水裕昭		

5	プロパン-空気予混合火炎の燃焼速度と火炎温度に及ぼすウォーターミストの影響	大川統一朗（東京電機大）他 1 名、内藤浩由		
6	プロパン-空気予混合気の着火に及ぼすウォーターミストの影響	蝦名　航(東京電機大)他 1 名、廖　赤虹（モリタホールディングス)、内藤浩由		
7	ウォーターミストによる対向流拡散火炎の消炎－ミスト粒径及び質量分率の影響－	橋爪脩平(東京電機大)他 1 名、内藤浩由		
8	海上に流出した油の着火性についての研究	崎山剛典（東京消防庁)、岩田雄策		
9	Development of Reduced-Scale Experimental Facility to Study Firebrand Ignition	Sayaka Suzuki, Samuel L. Manzello (NIST)		
10	Building Component Ignition from Mulch Beds Ignited by Firebrand Showers	Samuel L. Manzello (NIST), Sayaka Suzuki, Daisaku Nii (BRI)		
11	石油タンク火災用の泡消火薬剤について（第 15 報）－フッ素フリー泡における泡供給率増加係数の検討－	内藤浩由、花井佑一朗（深田工業）他 3 名、遠藤千秋（第一化成産業）		
12	石油タンク火災用の泡消火薬剤について（第 16 報）－燃焼規模が限界泡供給率に及ぼす影響について－	花井佑一朗(深田工業)他 3 名、内藤浩由、遠藤千秋(第一化成産業)		
13	防火意識調査の結果　無線連動式住宅用火災警報器による地域警報ネットワーク構築のモデル実験その 2	鈴木恵子、河関大祐、田村裕之､尾花博幸(北九州市消防局）他 2 名		
14	木造密集地域における地域警戒ネットワークの検討	河関大祐、鈴木恵子、高梨健一､田邊光之(豊岡市消防本部）他 2 名		
15	熱源の発見のための熱画像カメラの利用について－継手の接合部に熱願がある場合を想定した模擬実験－	鈴木　健		

16	太陽光発電システムから出火した住宅火災	田村裕之、今村　智（相模原市消防局）、阿部伸之、松島早苗、塚目孝裕、河関大祐、高梨健一、志水裕昭		
17	密閉式圧力容器試験を用いた電池の熱分解の危険性評価	岩田雄策		
18	有風下での長方形火源の方向が火炎風下に発生する火災旋風のふるまいに与える影響	篠原雅彦、松島早苗		
19	誘導灯及び照明の有無が煙中の歩行速度に与える影響	藤井皓介、遠田　敦（東京理科大学）、畠山雄豪（早稲田大学）、佐野友紀（早稲田大学）、大宮喜文（東京理科大学）		
20	高層事務所ビルの全巻避難訓練時における階段歩行に関する実測調査とその分析	門倉博之（東京理科大学）、関沢　愛（東京理科大学）、佐野友紀（早稲田大学）、水野雅之（東京理科大学）、藤井皓介、和田哲也（東京理科大学）		
21	応急対応支援システムを用いた災害時の応急対応の視覚化について	遠藤　真、細川直史、河関大祐	第36回（2015年度）地域安全学会研究発表会（春季）	2015.5.29 ～ 5.30
22	ライフサイクルに係る建築物の防火安全確保に関する建築学会の取り組み	山田常圭	安全工学シンポジウム、連携パネルディスカッション	2015.7.2 ～ 7.3
23	Tsunami Damage to Oil Storage Tanks in the Mw9.0 2011 Tohoku, Japan Earthquake	Ken Hatayama	The ASME 2015 Pressure Vessels and Piping Conference	2015.7.19 ～ 7.23

24	広域版地震被害想定システムと防災情報のマッシュアップ	細川直史	都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト「都市災害における災害対応能力の向上に関する調査・研究」第 7 回全体 ワークショップ	2015.8.25
25	斜面崩壊の種類の違いによる被害範囲の差異	土志田正二、新井場公徳	公益社団法人日本地すべり学会第 54 回研究発表会	2015.8.25 ～ 8.28
26	土砂災害の後は、何に、いつまで警戒すべきか	新井場公徳、土志田正二		
27	没入型仮想環境における体積感と表示視野角との関係　その 1　表示視野角と調整誤差との関係	遠田　敦（日本大）、藤井皓介、馬淵大宇（釧路工業高専）、吉岡陽介（千葉大大学院）、佐野友紀（早稲田大）	2015 年度日本建築学会大会（関東）	2015.9.4　～ 9.6
28	没入型仮想環境における体積感と表示視野角との関係　その 2　表示視野角と調整時間および調整回数との関係	藤井皓介、遠田　敦（日本大）、馬淵大宇（釧路工業高専）、吉岡陽介（千葉大大学院）、佐野友紀（早稲田大）		
29	園児の年齢に応じた保育士の避難介助行動の実態調査　高層建築物内保育所における避難行動に関する研究　その 1	佐野友紀（早稲田大）他 6 名、古川容子（日本建築センター）、藤井皓介		
30	0、1 歳児に対する保育士の避難介助行動の実態調査　高層建築物内保育所における避難行動に関する研究　その 2	大崎萌子（早稲田大）他 6 名、古川容子（日本建築センター）、藤井皓介		
31	没入型仮想環境における距離感と表示視野角との関係　その 1　実験手法の開発および表示視野角が距離評価の精度に与える影響	吉岡陽介（千葉大大学院）、馬淵大宇（釧路工業高専）、藤井皓介、遠田　敦（日本大）、佐野友紀（早稲田大）		

32	没入型仮想環境における距離感と表示視野角との関係　その 2　周辺環境の状態把握の違いによる距離精度の比較	馬淵大宇（釧路工業高専）、吉岡陽介（千葉大大学院）、遠田　敦（日本大）、藤井皓介、佐野友紀（早稲田大）		
33	太陽光発電システムから出火した住宅火災について	田村裕之、塚目孝裕、阿部伸之、高梨健一、河関大祐		
34	（ポスター発表）The geographical features of the valley which the debris flow occurred - The Hiroshima landslide disaster on August 20, 2014 -	Shoji Doshida and Kiminori Araiba	The 8th International Gravel Bed Rivers Workshop (GBR8)	2015.9.14 ～ 9.18
35	ドラム缶から給油設備のタンクへガソリン移し替え中に発生した火災の原因調査	田村裕之	第 39 回静電気学会学術講演会	2015.9.24 ～ 9.25
36	長方形火源の風下に発生する火災旋風	篠原雅彦、松島早苗	日本流体力学会年会 2015	2015.9.26 ～ 9.28
37	The Geographical features of the Hiroshima landslide disaster triggered by heavy rainfall on August 20, 2014	Shoji Doshida, Kiminori Araiba	10th Asian Regional Conference of IAEG	2015.9.26 ～ 9.29.
38	（ポスター発表）An Experimental Study on Prevention of Rekindling by Using Thermal Imaging Camera - Model Experiments Assuming that Heat Source Was Hidden Inside Walls or Ceilings -	Takeshi Suzuki	第 10 回アジアオセアニア国際火災科学技術シンポジウム	2015.10.5 ～ 10.7
39	（ポスター発表）Constant-Phase Element Characteristics Caused by Resistivity Distribution in High Performance Anti-Corrosion Organic Coating Applied to Oil Storage Tank	K. Tokutake, H. Nishi, D. Ito (Yokohama National Univ.), S. Okazaki (EST committee, High Pressure Institute of Japan) and Y. Serizawa (Japan Oil, Gas and Metals National Corporation)	228th ECS meeting（第 228 回 電気化学会）	2015.10.11 ～10.15

40	洪水時の避難に対する住民意識調査	河関大祐、高梨健一、遠藤　真	日本災害情報学会第 17 回学会大会	2015.10.23～10.25
41	新潟東港の石油備蓄基地内における長周期地震動特性の短距離での相違についてーその 2：微動観測から推定された地下構造の比較	畑山　健、座間信作（横浜国立大）	日本地震学会 2015 年度秋季大会	2015.10.26～10.28
42	消防研究センターにおけるドローンの開発について	新井場公徳	第 1 回自治体ドローン利活用研究会	2015.10.29
43	可燃性液体を付着させた固体の燃え拡がり挙動	鈴木　健	第 53 回燃焼シンポジウム	2015.11.16～11.18
44	Towards Generating Wind-Driven Firebrand Showers Characteristic of Burning Structures	Samuel Manzello (NIST), Sayaka Suzuki		
45	Reduced-scale experimental facility to characterize firebrand ignition	Sayaka Suzuki, Samuel Manzello (NIST)		
46	プロパン-空気予混合気の最小着火エネルギーに及ぼすウォーターミストの影響	蝦名　航（東京電機大）他 1 名、廖　赤虹（モリタホールディングス）、内藤浩由		
47	ウォーターミスト粒径がプロパンー空気予混合火炎の層流燃焼速度に及ぼす影響	大川統一朗（東京電機大）他 1 名、内藤浩由		
48	Estimation of deep S-wave velocity structures from microtremor array measurements in Zeytinburnu and Tekirdag, Turkey	Kosuke Chimoto、Ozlem Karagoz（東工大）、Seckin Citak（JAMSTEC）、Oguz Ozel（イスタンブール大）、Hiroaki Yamanaka（東工大）、Ken Hatayama	The 12th SEGJ International Symposium	2015.11.18～11.20
49	触環境地図上における地盤沈下挙動表現	中谷晃生（和歌山大）他 1 名、衣笠哲也（岡山理科大）、天野久徳	第 16 回計測制御学会システムインテグレーション部門講演会	2015.12.14～12.16
50	受動的走行能力を高めた柔軟全周囲クローラ	寺本　壮（松江高専）他 1 名、衣笠哲也（岡山理科大）他 1 名、徳田献一（和歌山大）、天野久徳		

51	全方位カメラの画像に基づく救急搬送ロボットの走行制御	佐伯一夢､菅野貴皓(東京医科歯科大)		
52	水陸両用レスキュー車の浮行時における操縦支援システム	松山元気（鹿児島大）他 2 名、天野久徳、佐伯一夢､衣笠哲也(岡山理科大)、徳田献一（和歌山大)､入部正継（大阪電気通信大）		
53	日本の消防におけるロボット技術の活用	天野久徳、佐伯一夢		
54	石油タンク火災時の泡消火技術について	内藤浩由、天野久徳		
55	消防活動用小型無人偵察ヘリコプタの運用の課題について	佐伯一夢､新井場公徳、土志田正二		
56	柔軟全周囲クローラ RT05-COBRA の性能評価	衣笠哲也(岡山理科大)他 4 名、栗栖正充（東京電機大)、奥川雅之（愛知工業大)､片山雄二（サンリツオートメイション)、天野久徳、林　良太（鹿児島大)、土師貴史（松江高専）		
57	柔軟全周囲クローラの機構情報を援用した視覚処理	平田敦士（和歌山大）他 1 名、衣笠哲也（岡山理科大)、土師貴史（松江高専)､天野久徳		
58	Experimental Investigation on Building Component Ignition by Mulch Beds Ignited by Firebrand Showers	Manzello, S.L（NIST), Suzuki, S., and Nii, D.(BRI)	Workshop on Structure Ignition in Wildland-Urban Interface (WUI) Fires, (under E05 Fire Standards)	2015.6.18-19
59	Firebrand Production from Building Components with Siding Treatments Applied	Suzuki, S. and Manzello, S.L.(NIST)	Workshop on Structure Ignition in Wildland-Urban Interface (WUI) Fires, (under E06 Fire Standards)	2015.6.18-20

60	Influence of Water Mist on Ignition of Propane/air Mixture	Ebina, W. (Tokyo Denki Univ.), Liao, C. (MORITA HOLDINGS), Naito, H., and Yoshida (Tokyo Denki Univ.),	the 10th Asia-Pacific Conference on Combustion (USB)	2015.7.19 ～ 22
61	Extinguishment of Counterflow Diffusion Flame by Water Mist with Various Diameters and Mass Fractions,	Hashizume (Tokyo Denki Univ.), S., Naito, H., and Yoshida (Tokyo Denki Univ.),		
62	Inhibition of Propane/Air Premixed Flame by Water Mist	Okawa, T. (Tokyo Denki Univ.), Ebina, W. (Tokyo Denki Univ.), Naito, H., and Yoshida (Tokyo Denki Univ.),	10th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology	2015.10.5 ～ 10.7
63	滑り角を持つ車輪下における砂粒の３次元軌跡の可視化	衣笠哲也（岡理大）他 2 名，Leadbeater Thomas (Univ. of Birmingham) 他 2 名 ，Seville Jonathan (Univ. of Surrey) ，天野久徳	第 33 回日本ロボット学会学術講演会	2015.9.3 ～ 9.5
64	水陸両用レスキュー車の浮行時における操縦支援システムー推進力の制限による操縦性能への影響ー	松山元気（鹿児島大）他 2 名，天野久徳，佐伯一夢，衣笠哲也（岡山理科大），徳田献一（和歌山大），入部正継（大阪電気通信大）	日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2015	2015.5.17 ～ 5.19
65	外殻構造を持つ柔軟全周囲クローラ RT05-COBRA の開発	岩藤竜飛（岡理大）他 2 名，土師貴史（松江高専），栗栖正充（東電大），奥川雅之（愛工大），天野久徳，林　良太（鹿児島大）		
66	Effect of Emergency Sign and Illumination on Walking Speed in Smoke-Filled Corridor	Kosuke Fujii, Tomonori Sano (Waseda Univ.) & Yoshifumi Ohmiya (Tokyo University of Science)	6th International Symposium Human Behaviour in Fire	2015.9.30

67	VALIDATION OF 3-D VISUALIZATION TECHNIQUE FOR SAND PARTICLE MOVEMENT VIA POSITRON EMISSION PARTICLE TRACKING	Tetsuya Kinugasa (Okayama Univ. of Science) 他 2 名, Thomas W. Leadbeaterb (Univ. of Birmingham) 他 2 名, P. K. Sevillec (Univ. of Surrey), and Hisanori Amano	The International Society for Terrain-Vehicle System 13th European Conference 2015	2015.10.21 ～10.23
68	酸化発熱の危険性評価方法に関する研究	岩田雄策	第 48 回安全工学研究発表会（新潟）	2015.12.3
69	Longitudinal Control Considering Trim of Outdoor Blimp Robots for Disaster Surveillance	H.Saiki	AIAA Science and Technology Forum and Exposition (SciTech) 2016	2016.1.4

(2) 論文発表

	題　　名	発　表　者　名	掲載誌名等	巻号
1	Full-Scale Experimental Investigation to Quantity Building Component Ignition Vulnerability from Mulch Beds Attacked by Firebrand Showers	Samuel L. Manzello (NIST), Sayaka Suzuki, Daisaku Nii (BRI)	Fire Technology	pp.1-17, First online: 08 October 2015
2	地すべり地形分布と地質との関係	土志田正二	日本地すべり学会誌	Vol.52, No.6, pp.271-281 (2015.11)
3	Firebrand production from building components fitted with siding treatments	Sayaka Suzuki, Samuel L. Manzello (NIST)	Fire Safety Journal	Vol.80, pp.64-70 (2016.2)
4	石油タンク底板内面用重防食塗膜の劣化プロセス追跡　－温度勾配下におけるふくれ成長の定量的評価－	伊藤大輔（横浜国立大）他 1 名、徳武皓也	圧力技術	Vol.54, N0.1, pp.25-34 (2016.2)
5	石油タンク底板内面コーティングの電気的特性評価 －CPE を用いたインピーダンススペクトルの解釈－	徳武皓也、西　晴樹、伊藤大輔（横浜国大）他 2 名	材料と環境	Vol.65,N0.1, pp.24-30 (2016.1)

6	高層建築物での順次避難における階段室内の流動状況と滞留発生に関する研究　–全館避難訓練時の行動実態観測に基づく分析と考察–	門倉博之（東京理科大学）、関沢　愛（東京理科大学）、佐野友紀（早稲田大学）、藤井皓介	日本建築学会環境系論文集	第 80 巻 第 716 号, pp.849-856,2015
7	Experimental and Numerical Investigation of Flame Speed Retardation by Water Mist	Yoshida, A. (Tokyo Denki Univ.), Okawa, T. (Tokyo Denki Univ.), Ebina, W. (Tokyo Denki Univ.), and Naito, H.,	Combustion and Flame	Vol. 162 , pp.1772-1777,(2015.5)
8	Complement method for obstructed area on images of multiple cameras mounted behind crawler shoe	Ken-ichi Tokuda (Wakayama Univ.) 他 2 名, Tetsuya Kinugasa (Okayama Univ. of Sci.), Takafumi Haji (Matsue Natl. Coll. of Tech), Hisanori Amano	Journal of Robotics and Mechatronics	Vol.27 No.2, pp.146-155, (2015.04)
9	The Geographical features of the Hiroshima landslide disaster triggered by heavy rainfall on August 20, 2014	Shoji Doshida, Kiminori Araiba	10th Asian Regional Conference of IAEG	Tp2-02, pp.1-7
10	Damage to Oil Storage Tanks from the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki Tsunami	Ken Hatayama	Earthquake Spectra	Vol. 31, No. 2, pp.1103–1124, May 2015
11	Estimation of shallow S-wave velocity structure and site response characteristics by microtremor array measurements in Tekirdag region, NW Turkey	Ozlem Karagoz（東工大）、Kosuke Chimoto（東工大）、Seckin Citak（JAMSTEC）、Oguz Ozel（イスタンブール大）、Hiroaki Yamanaka（東工大）、Ken Hatayama	Earth, Planets and Space	December 2015, 67:176

(3) 解説

	題　　名	発　表　者　名	掲載誌名等	巻号
1	研究室リレー：消防庁消防研究センター　大規模火災研究室、特殊災害研究室、地震等災害研究室	田村裕之	火災	Vol.65, No.2 (通巻 335 号), pp.47-50 (2015.4)
2	東日本大震災後の石油コンビナートにおける地震・津波対策	畑山　健	JAEE NEWSLETTER	第 11 号, p.7 (2015.4)
3	Fire and Materials 2015 参加報告	鈴木佐夜香	火災	Vol.65, No.3 (通巻 336 号), pp.38-40 (2015.6)
4	研究室リレー：消防庁消防研究センター　危険性物質研究室	岩田雄策、内藤浩由	火災	Vol.65, No.3 (通巻 336 号), pp.41-44 (2015.6)
5	多様な災害に備える消防研究センターのあり方一考	山田常圭	Safety & Tomorrow	No162, p1. (2015.7)
6	Research and Development Efforts in Fire Safety and Disaster Preparedness	Masafumi Hosokawa	Journal of Disaster Research	Vol.10, No.4, pp.584-585 (2015.8)
7	静電気火災の原因調査と安全対策	田村裕之	消防試験研究センターだより Voice.	Vol.350, pp.11-12 (2015.9)
8	新しい技術・設計を反映した建築物の防火安全設計ガイドブックの改訂にむけて	山田常圭	建築雑誌	Vol.130, No.1675, p.44 (2015.9)
9	災害廃棄物の安全対策　－発酵によって引き起こされる自然発火の危険性－	村沢直治（千葉科学大大学院）他 2 名、岩田雄策、佐伯孝夫（名取市消防本部）	安全工学	Vol.54, No.5 (通巻 308 号), pp.378-386 (2015.10)
10	市街地火災の延焼予測シミュレーションの概要とその活用について	細川直史	消防試験研究センターだより Voice.	Vol.351, pp.11-13 (2015.11)
11	第 15 回レスキューロボットコンテストにおける特別共催と表彰	佐伯一夢、天野久徳	検定協会だより	第 419 号, pp.14-22 (2015.11)

12	太陽光発電システムの火災と消防活動における問題点	田村裕之	電気評論	第 100 巻第 11 号 (通巻 620 号), pp.52-56 (2015.11)
13	消防研究センターの消火活動安全への取組	田村裕之	エネルギー・資源	第 36 巻第 6 号 (通巻 214 号), pp.27-31 (2015.11)
14	安全を担う研究者・技術者に求められる社会倫理	山田常圭	検定協会だより	第 419 号, pp.1-2 (2015.11)
15	災害対応のための消防ロボットの研究開発	天野久徳	検査技術	Vol.20, No.12, pp.1-5 (2015.12)
16	太陽光発電システムの火災と消防からみた問題点	田村裕之	月刊消防	第 38 巻第 2 号 (通巻 440 号), pp.38-43 (2016.2)
17	太陽光発電システムの火災と消防活動上の対策	田村裕之	月刊消防	第 38 巻第 3 号 (通巻 441 号), pp.38-43 (2016.3)
18	製鐵所の火災爆発事故の調査について	西　晴樹	Safety & Tomorrow	第 166 号, pp.22-25 (2016.3)
19	成熟化社会の住宅防火	鈴木恵子	消防研修	第 99 号, pp.28-34 (2016.3)
20	地すべり地形分布図を用いた地滑り発生危険度評価 ー 地質情報を基にしてー	土志田正二	防災科学技術研究所研究資料	第 405 号, pp.205-213 (2016,3)
21	News from National Research Institute of Fire and Disaster (NRIFD), Japan	Sayaka Suzuki	IAFSS（国際火災学会）ニュースレター	#39 - March, 2016, p.15

(4) 所外報告書

	題　　名	担当箇所	執筆者名	発行元	発行年月
1	平成 27 年度 大規模地震に対する石油備蓄タンクのセーフティマネージメントに関する調査研究報告書	第Ⅰ編　2　国家石油備蓄基地における大規模地震と津波の想定 第Ⅰ編　5.2　津波によるタンクの浮き上がりと移動予測、分析	畑山　健	一般社団法人日本高圧力技術協会	2015.3

2	平成 27 年度 大規模地震に対する石油備蓄タンクのセーフティマネージメントに関する調査研究報告書	第Ⅱ編(全Ⅲ編)	徳武皓也	一般社団法人日本高圧力技術協会	2015.3
3	NIST Special Publication 1189 Summary of Workshop for Fire-Structure Interaction and Large Outdoor Fires - Operation Tomodachi: Fire Research		Sayaka Suzuki（共著）	NIST (National Institute of Standards and Technology)	2015.4

2　一般公開

消防研究センターでは、毎年、発明の日（4 月 18 日）を含む科学技術週間に合わせて、一般公開（オープンキャンパス）を実施している。平成 27 年度は 4 月 17 日（金）に、隣接する消防大学校、日本消防検定協会及び一般財団法人消防科学総合センターと共同で、一般公開を開催し、皆様を迎え入れることができた。

今年度も、日頃行っている研究成果の報告、研究開発の紹介、日常の防火安全につながる消火の体験コーナーに加えて、4 年前に発生した東日本大震災の関連研究として、地震後の津波により生じたガレキや海水によって立入が困難な被害現場での消火･人命救急用の消防車両(小型水陸両用車）の実物展示・実演、このほか太陽光発電システムの火災における消防活動時の危険性について紹介を行った。

研究開発の紹介や体験コーナーなど 4 機関合同で全 23 項目にわたり公開を行った。そのうち 11 項目については、実演を行っており、来場者が体験を通じてより理解を深めていただけたと思う。平日にもかかわらず平成 27 年度は、表 1 のように昨年度よりも約 10%増の 600 人を超す来場者を迎えることができた。

表 2 に、消防研究センターと消防大学校の公開項目を記した。

消防研究センターでは、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の課題を踏まえた研究開発に取り組んでいる。特に東日本大震災を契機に、再生可能エネルギーが注目を浴びるようになり，その一つに太陽光を電気に変換する太陽光発電システムがある。今回は、システムが関連した火災時において、消防活動時の危険性の一つとして考えられる生成ガスの説明、また安全対策面では、感電の危険性を少なくするため、太陽光パネルに遮光剤を塗布することによる発電制御技術の紹介もあわせて行った（写真 1)。

写真 1　太陽光発電システムの火災時危険性
（公開番号　展示 3）

東北地方太平洋沖地震では、大きな津波の発生により、これまでの消防車両で津波被害現場に立入ることができないなどの場面に遭遇し、消防活動が阻害された。これを契機として、ガレキや海水で立ち入りが困難な津波被害現場でも、消火・人命救助ができるような消防車両(小型水陸両用車）について研究を行ってきた。消防研究センターの敷地に設けられた屋外救助実験場では、開発中の消防車両物の展示や車両走行の実演を行った。その一つは、屋外救助実験場に水を張り、その中にガレキに見立てて木材を入れ、その上を走行する人命救助用消防車両の走行実演である（写真 2)。また要救助者の救助・搬送の実演、消防用ノズルを装備した放水車両の公開・放水実演など津波の被害状況を想定して実演した。水陸両用消防車両への来場者の関心は高く、多くの方からの質問にも応対した。

写真 2　津波被害現場用の消防車両等の実演
（公開番号　実演　2）

火災実験、消火実験の様子

消防研究センターは、火災の研究機関であることから、一般公開項目には、来場者に火災実験及び消火実験など火を身近に感じていただけるような実験を用意しており、毎年多くの皆様に関心を持っていただいている。消防研究センターとしても、来場者に日常ではなかなか体験できない火炎を体験できるように、毎年公開項目には欠かさず組み入れている。

また消防研究センターでは、大規模災害時に発生する、大規模な火災時の対策に関係する研究にも取り組んでいる。

海岸沿いに石油タンクが数多く設置されていることから、地震時の石油タンクの防災研究にも力を入れている。特に、地震後にタンク火災になった場合を考え、石油タンク火災の消火技術の研究を行っている。本公開では、小規模なタンク火災を泡消火剤で消火する泡消火メカニズムに関する実験を行った。

写真 3　石油タンク火災の泡消火技術の実演
（公開番号 実演　5）

さらに、多量の液体燃料が貯蔵された石油タンクが火災になったとき、液体燃料の種類によっては、長時間続いた火災の後で、火炎が急激に大きくなる危険な現象が生ずることがある。そのような燃焼現象をご覧になっていただくため、本公開では、排煙処理装置付の火災実験場で、軽油を直径 1m の容器で燃焼させ、燃焼の終期に火炎が突然大きくなり、タンク周辺に勢いよく飛び散る現象を体験していただいた（写真 4）。

写真 4　軽油の燃焼性状実験
（公開番号 実演　4）

このほかに、消火機器の研究開発の紹介としては、2 流体ノズルを用いた可燃性の液体火災を消火する実演を行った。この実演は、横浜市消防局の協力により行われたものである。

地震の調査報告、他の実演等

東北地方太平洋沖地震では、津波による多数の火災発生や石油タンク等危険物施設への被害が生じた。このため、来場者の中には、地震被害対応に対して、大きな関心を持っており熱心に説明に聞き入っていた。

今回の一般公開でも、石油タンクの地震動被害の予測・推定、大規模災害時の対応を支援する情報システムなども展示した。また毎年、消防の業務に関係する原因調査室の業務紹介では、消防職員のみならず一般の方々にも調査機器の説明を通して理解をしていただいている。

隣接の消防大学校では、グランドにおいて消防職員の教育訓練に使用する資器材の公開を行った。教官による説明を聞きながら、消防資機材としての消防車両を近くで見学することができ、また消防車両にもふれることもでき、毎年、消防と一般の方とのふれあいの場となっている。

一般公開を終えて

来場者の協力のもとで、毎年来場者にアンケートをお願いしている。今回、来場者のほぼ 1/3 から回答を得た。

来訪者の内訳としては、消防防災関連企業の会社員（23%）や消防職員（12%）などの消防関係者が多く、消防防災関連企業を除く一般の会社員（36%）や学生など全般的に幅広い職種の方にご参加を頂いた。

またアンケート回答者の 83%の方からは、一般公開の内容に興味が持てたとの回答であった。消防研究センターでは、ご来場を契機に、火災安全に理解をもっていただきたいと、実演及び展示を行っており、火災実験は毎年来場者から人気が高い。消防研究センターとしては、ご協力をいただいたアンケート結果を参考にして、次回の一般公開も、来場の方に一層の興味、理解を持っていただけるような公開内容として開催する予定である。

表 1　一般公開来場者数

区分	H21	H22	H24	H25	H26	H27
総務省・消防庁・他	18	21	12	22	22	38
消防大学校学生等	83	2	0	0	0	14
地方公共団体（消防本部等）	85	87	61	79	72	156
国立研究機関等	4	10	4	8	18	21
関係協会等	55	39	20	59	73	46
企業	319	274	271	232	278	257
報道関係	6	5	4	5	13	11
一般	104	150	106	94	74	120
合計	674	588	478	499	550	611

(H23 は、2011 年東北地方太平洋沖地震により、中止)

表 2　一般公開プログラム　（消防研究センター、消防大学校）

番号	公開項目	概要	公開方法
展示 1	消防研究センター 紹介コーナー	消防研究センターの研究紹介や、開発した機器の実物展示をします。	展示
展示 2	石油タンクの地震動 被害の予測・推定	地震時の石油コンビナート地域の揺れの情報を地震後速やかに自動的に収集し、揺れの強弱を地図上にわかりやすく表示するシステムや、大型石油タンクの地震時の揺れによる被害を事前に予測したり、地震発生後速やかに推定したりすることのできるソ	展示

		フトウェアの研究開発成果を紹介します。	
展示 3	太陽光発電システムの火災時危険性	太陽光発電システムが火災にあった際の危険性について、発生するガスを中心に紹介します。	展示
展示 4	火の粉の加害性の研究	火の粉発生装置の仕組みと火の粉による着火の様子を紹介します。	展示
展示 5	土砂災害に関する研究紹介	土砂災害における救助活動の安全性向上に関する研究や土砂災害の発生場所の予測に関する研究を紹介します。	展示
展示 6	原因調査室の業務	原因調査室の調査業務、研修業務、支援業務を紹介します。	展示
展示 7	消防大学校での教育訓練資器材	消防大学校での教育訓練で使用している消防車両等を展示します。	展示
実演 1	大規模災害時の対応を支援する情報システム	市街地火災の延焼シミュレーション、水害発生時の応急対応支援システム、地震による建物や斜面被害を推定するシステムなどを紹介します。	実演（随時）
実演 2	津波被害現場用の消防車両等開発	東日本大震災の課題を踏まえた、津波被害現場での消火・人命救助用消防車両（小型水陸両用車）の研究紹介を行います。	実演 （時間指定）
実演 3	火災旋風の研究	火災旋風の発生メカニズムや危険性について、簡単な実験をまじえて紹介します。	実演（随時）
実演 4	軽油の燃焼性状	液体燃料の火災危険性を調べるため、軽油を燃料として用いて、直径1mの容器で燃焼実験を行います。	実演 （時間指定）
実演 5	石油タンク火災の泡消火技術	泡消火のメカニズムを小規模タンクの実演をまじえて紹介します。	実演 （時間指定）
実演 6	可燃性液体火災の消火実験	2流体消火ノズルを用いて横浜市消防局と共同で可燃性液体火災の泡消火の実演を行います。	実演 （時間指定）

※消防研究センター、消防大学校の公開項目のみ抜粋

3　全国消防技術者会議

1.　はじめに

11 月 25 日（水）及び 26 日（木）の２日間にわたり、第 63 回全国消防技術者会議が、東京都港区虎ノ門のニッショーホールで開催された。この会議は、消防防災の科学技術に関する調査研究、技術開発等の成果を発表し、消防職員や消防団員をはじめとする消防関係者間での意見交換を行う場として、昭和 28 年より毎年開催されているものである。また、昨年度より、「消防防災研究講演会」と連続して開催している。

11 月 25 日には、「平成 26 年度消防防災科学技術賞」の表彰式、特別講演及び消防研究センターにおける研究成果等を発表する「第 19 回消防防災研究講演会」を行い、26 日には、公募した研究成果の発表を行った。また、両日にわたり展示発表を行い、2 日間で全国から延べ 1,000 人を超える方々の参加をいただいた。

2.　特別講演

特別講演として、「阪神・淡路大震災発生から 20 年を機にあらためて地震火災への備えを」と題して、東京理科大学大学院 国際火災研究科の関澤愛教授にご講演頂いた（写真１）。消防のこれまでの成果と今後の課題について、現場に即して具体的に話され、大変有用な講演となった。

写真１　関澤愛教授による特別講演

3　表彰式

1 日目午前の最後に、「平成 27 年度消防防災科学技術賞」の表彰式が執り行われた。表彰式では、佐々木敦朗消防庁長官によって式辞が述べられ、受賞者に対して長官から表彰状が手渡された。その後、選考委員会委員長である亀井浅道横浜国立大学客員教授による講評、表彰式後には、長官を囲んで全体の記念写真撮影が行われた（写真 2）。

写真２　受賞者一同の記念写真

4.　消防防災研究講演会

11 月 25 日午後には、「第 19 回消防防災研究講演会」が開催された（別頁の開催報告を参照）。

5.　研究発表

会議 1 日目の昼休みの時間を利用し、ホールの 2 階ロビーにおいて、平成 27 年度消防防災科学技術賞受賞作品として、消防防災機器等の開発改良の計 9 件の展示発表が行われた。会議 2 日目では、2 日間の展示発表 4 件に加え、一般応募の研究発表 3 作品の計 7 件が行われた。限られたスペースではあったが、受賞者と消防関係者との質疑応答が活発に行われた（写真 4）。

写真 3　ロビーでの展示発表

2 日目の 11 月 26 日には、全国の消防本部における研究や開発の成果を口頭発表して頂いた。内容としては、平成 27 年度消防防災科学技術賞受賞作品では、消防防災科学に関する論文として 4 件、原因調査に関する事例報告で 11 件の計 15 件が報告された。一般募集による研究発表のセッションでは 6 件の発表があったが、そのうち 1 件は、開発・改良の受賞作品ではあるが、口頭でも発表されたものである（写真 4）。

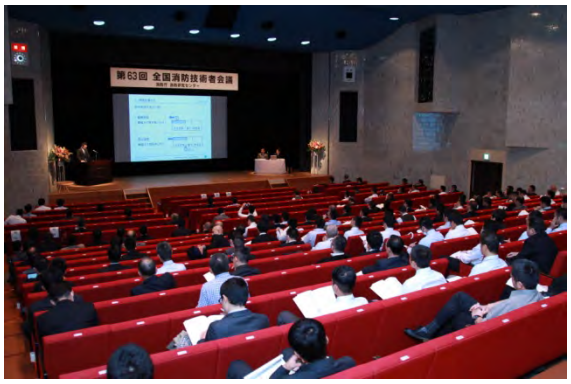


写真 4　会場内の様子

研究発表では、独自の視点から行われた調査、研究及び開発を、全国の消防技術者と共有することができた。

6. おわりに

平成 26 年度の全国消防技術者会議では、原因調査関係がテーマであったため、一般からの募集はしなかった。しかし、一般発表の機会を望む声があり、今年度は制約された時間ではあったが、一般発表枠を設けることとした。

消防研究センターのホームページ等で、年度初めから技術者会議に関して広報を行っているが、都合で参加できなかった方のために、全国消防技術者会議の資料を消防研究センターホームページ（http://nrifd.fdma.go.jp/）にて公開しているので、参考にしていただければ幸いである。

次回の全国消防技術者会議の開催に関しては、決定次第、消防研究センターホームページ（http://nrifd.fdma.go.jp/）等によりご案内させていただく予定です。

◆プログラム

第 1 日　平成 27 年 11 月 25 日（水）

1　開会

開会の辞

消防研究センター所長　山田常圭

2　［特別講演］

阪神･淡路大震災発生から 20 年を機にあらためて地震火災への備えを

東京理科大学教授　関澤　愛

3　「平成 27 年度消防防災科学技術賞」表彰式

4　展示発表 1

［平成 27 年度消防防災科学技術賞受賞作品：消防防災機器等の開発・改良］

ほねプロン

日本橋消防団　和田智恵子

防火衣等収納システムの開発

豊橋市消防本部、豊橋市消防団

はしごクレーン救助時の三連はしごの転倒を防止する器具の開発

東京消防庁　安永　豊

福井琢磨、金子聖光

打ち込み用ビット金具の開発

東近江行政組合消防本部　川嶋伸悟

市川知史

積載型静電気拡散性オイルパンの開発について

京都市消防局　堀尾泰寛、小林知之

山本雅史、赤坂成樹、山田祐亨

窒素富化空気を用いた移動式防消火装置の開発

株式会社モリタホールディングス

廖　赤虹、関　修治、山村智恵

濵田貴行、山野光一、坂本直久

透明樹脂製蓄圧式消火器の開発

株式会社初田製作所

聴覚・言語機能障害者のための緊急ユニバーサル・コミュニケーション・システム

沖コンサルティングソリューションズ株式会社　細野直恒、西島　勝

春日大野城那珂川消防本部

因幡敏幸、宮嶋文洋

航空機から安全・迅速・正確に林野火災を消火するドロップコントロールシステムの開発

株式会社イルカカレッジ

国立大学法人鳥取大学

5　第 19 回消防防災研究講演会

－木造密集地域での火災と安全への備え－

趣旨説明

消防研究センター　田村裕之

［発表 1］

木造建物火災の現況

消防研究センター　鈴木恵子

木造建物火災事例と危険性

消防研究センター　山田常圭

北九州市の市場・商店街火災から見える教訓と問題点

北九州市消防局　尾花博幸

［発表 2］

消防研究センターにおける市街地火災延焼シミュレーションの開発

消防研究センター　高梨健一

遠藤　真、細川直史

東京理科大学　佐々木克憲、関澤　愛

大規模火災における火の粉による火災のリスク

消防研究センター　鈴木佐夜香

市街地火災での被害拡大要因 －火災旋風－

消防研究センター　篠原雅彦

［総合討論（質疑応答）］

［閉会］

平成 27 年 11 月 26 日（木）

1　研究発表 セッション 1

［平成 27 年度消防防災科学技術賞受賞作品:消防防災科学に関する論文］

車両における電気配線（ハーネス）火災の出火機構に関する研究

北九州市消防局　松本龍一

髙倉誠二、松本二郎

加圧防排煙設備に係る消防活動支援性能評価のための複数室の簡易温度算定モデルの構築

東京消防庁　田嶋一雅

東京理科大学　大宮喜文、申　易澈

「伝える広報」から「伝わる広報」へ

神戸市消防局　上村雄二

塩谷俊行、谷池史章

緊急消防援助隊等における効果的な後方支援活動の研究

神戸市消防局　丑子哲平、高橋賢一

山枡慶祐、澤田邦彦

2　研究発表 セッション 2

［一般発表］

延焼する室内に対する効果的な放水方法の検証

－間接消火の放水方法－

東京消防庁　山越靖之、根本昌平

楠本直樹、町井雄一郎

積載型静電気拡散性オイルパンの開発について

京都市消防局　堀尾泰寛、小林知之

山本雅史、赤坂成樹、山田祐亨

消防隊員が行う暑熱順化トレーニングの具体的方策に関する検証

東京消防庁　小笠原儀彦、久保善正
細谷昌右、玄海嗣生、山口至孝

救急業務時の交通事故における根本的原因と抑制要因に関する研究

東京消防庁　秋月万恵
筑波大学　糸井川栄一、梅本通孝
福山市立大学　太田尚孝

病院前脳卒中スケールによる脳卒中判別に関する研究について

京都市消防局　山岡辰朗、野々村淳
橋本雅徳、高橋哲也
赤壁浩一、伊藤香平

銅粉による亜酸化銅の容易な作製方法及び亜酸化銅増殖発熱現象による燃焼実験

京都市消防局　重藤　保

3　展示発表 2

［平成 27 年度消防防災科学技術賞受賞作品:消防防災機器等の開発・改良　／　一般発表］

ほねプロン

日本橋消防団　和田智恵子

窒素富化空気を用いた移動式防消火装置の開発

株式会社モリタホールディングス
廖　赤虹、関　修治、山村智恵
濵田貴行、山野光一、坂本直久

聴覚・言語機能障害者のための緊急ユニバーサル・コミュニケーション・システム

沖コンサルティングソリューションズ株式会社　細野直恒、西島　勝
春日大野城那珂川消防本部
因幡敏幸、宮嶋文洋

航空機から安全・迅速・正確に林野火災を消火するドロップコントロールシステムの開発

株式会社イルカカレッジ
国立大学法人鳥取大学

がん具用煙火の燃焼及び消火に関する検証

東京消防庁　飯田明彦、東　優太
大滝英一、鈴木健司

災害廃棄物の発熱及び出火危険性に関する検証

東京消防庁　水田　亮、望月　真
海和晋史、鳥谷　淳

政令用途対象物火災の実態 －特定用途建物－

東京消防庁　八橋弘樹

4　研究発表 セッション 3

［平成 27 年度消防防災科学技術賞受賞作品:原因調査に関する事例報告 1］

充電式カイロから出火し、リコールに至った事例

北九州市消防局　松本二郎、小野重喜
長谷川梢、吉住悠志
松本龍一、髙倉誠二

蛍光灯電極部からの火災事例

京都市消防局　伊藤香平

誘導灯基板の焼損事故について

名古屋市消防局　松本　凌、中江　功
大橋教男、山下一博、平松幸治

亜酸化銅増殖発熱現象の火災調査方法

神戸市消防局　澤田邦彦

医薬品中間体を製造する危険物一般取扱所にて静電気により出火した事例の調査報告

富山市消防局　小関啓介

自主回収対象品である高圧真空遮断器からの出火事例

大阪市消防局　能地裕幸、岩中政男
黒瀬隆史、片岡　勉

5　研究発表 セッション 4

［平成 27 年度消防防災科学技術賞受賞作品:原因調査に関する事例報告 2］

鏡面仕上げ（平面）ステンレス板による収斂火災の調査報告について

大竹市消防本部　中村将也
滝口洋介、高野純一

車両からの出火事例の調査報告

堺市消防局　内田篤志

在宅酸素療法中の患者宅で発生した火災の調査報告

大阪市消防局　北尻宗嗣、森下信一

無煙ロースターに起因する火災の調査報告

大阪市消防局　西田秀光

穀物貯蔵サイロの爆発火災事例に関する原因究明手法及び消防隊活動時の危険予知について

横浜市消防局　岩方清光

太田和哉、中田雅之

6　閉会

閉会の辞

消防研究センター研究統括官　長尾一郎

4　消防防災研究講演会

消防防災研究講演会は、消防防災に関する消防研究センターにおける研究成果及び時宜にかなったトピックス等をまとまった形で発表し、参加者と議論をする場として、平成 9 年度より始められたもので、今回で 19 回目となる。消防防災研究講演会の主たる目的は、特定の課題に関係する専門的な知識を有する技術者及び研究者との議論を通じて、消防防災に関する解決策を模索し、その糸口を見いだし将来に向けた研究の糧を得ることである。

平成 27 年度第 19 回消防防災研究講演会は、平成 27 年 11 月 25 日に虎ノ門にあるニッショーホール（日本消防会館内）において、「木造密集地域での火災と安全への備え」と題して、消防職員・団員、企業、団体、官公庁あわせて約 600 人の参加を得て開催された。

木造密集地域の火災を出火から広域市街地火災まで考えたときに、木造建物での火災がどのように出火から建物内を拡大していくのか、建物間の延焼から市街地火災へと拡大した際の被害の予測はどのように行えるのか、広域火災となった場合に被害を拡大させる現象があるのか、市街地火災となったときの消防活動やその後の対策についての事例はどうか、といった情報を共有することは、消防機関が木造密集地域での火災対応を検討する上で有意義である。本講演会では、木造建築物の平時と震災時での出火原因等の特徴、出火したときの木造建物の火災性状、実際に延焼拡大した火災の事例と消防本部のその火災への対応、市街地火災の延焼シミュレーションによる被害予測、火災が拡大し被害を増大させる火災現象としての飛び火や火災旋風に関する講演を行った。

これらの講演の概要と、続いて行われた講演者を交えた総合討論の概要を以下に示す。

【木造建物火災の現況】

消防白書でいう大火（焼損面積 33,000m^2 以上）は、1967 年の酒田市の大火を最後に発生していない。しかし、近年は小規模な延焼火災の報道が増えているように感じられることから、火災報告を基に木造建物の火災の現況を報告した。また、焼損棟数 10 棟以上で内 4 棟以上が全焼した小規模な延焼火災を対象として、防火地域指定と被害状況の関係などを示した。城崎温泉街及び新潟県燕市内で発生した 2 件の小規模な延焼火災の実例を示し、高齢化や過疎化、空き家の増加、老朽木造建物の更新の停滞などの社会背景との関係を考察するとともに、高齢期の居住施策に火災の視点を取り入れる必要性を述べた。

【木造建物火災事例と危険性】

我が国の木造の在来工法で建てられた住宅は、火災に対して脆弱な面を持つ。いったん屋根が燃え抜けると短時間で火勢が増し、隣接建物への延焼拡大危険性も高い。筆者が過去に調査した火災事例を基に、木造建物火災の危険性について報告した。木造単体建物の火災事例として、1987 年の河津峰温泉菊水館の火災を中心に問題点を示した。火災後に建物の主要構造部材が燃えたために、建物崩壊が起こる場合の危険性を指摘した。木造密集地域での火災として、2002 年に発生した稚内市の市街地火災を例にとり、延焼拡大状況及び延焼拡大の要因（建物構造、気象、建物配置など）について示した。単体の木造建物で捉えると近年の建物は火災危険性をかなり押さえ込んでいると、考えられるが、大地震による倒壊などを考慮すると、木造密集地

域が持つ火災に対する危険性について、さらに検討を要することを述べた。

【北九州市の市場・商店街火災から見える教訓と問題点】

北九州市には、戦前からの市場や商店街が数多く存在する。これらは、木造の店舗が軒を連ねる形で形成されている。現在、活気のある市場等もあるが、中にはほとんどの店舗が閉店している市場等も多く、どちらの市場等にしても夜間は無人となる店舗がほとんどとなっている。出火原因は様々であるが、近年、市場等での火災が続いており、燃えやすい木造建物であること、無人の店舗が多いこと、建物が密着していることから、複数棟の延焼火災になる事例が多い。庶民文化としての価値も高いことから、市場等の存続を目指し、市が行っている対策について紹介した。市場と近隣住民との共助体制を構築する試みとして、無線連動型火災警報器と簡易水道消火装置を導入した事業を立ち上げ、市内 6 箇所の市場で実施している。

【消防研究センターにおける市街地火災延焼シミュレーションの開発】

大地震が発生した際、その後に火災が発生すると、被害が甚大になることは過去の震災の記録を見れば明らかである。震災時には特に、平時と違い同時多発火災となる可能性が高い。

しかし、あらかじめどのように延焼拡大する可能性があるのかを知っておくことは、警防戦略を練る際に非常に有意義である。ここでは、消防研究センターが開発してきた市街地火災延焼シミュレーションについて報告した。建物の構造、建物間距離、風速、風向等のデータから火災の延焼シミュレーションを行い、さらに、消火活動の効果、消防部隊の適正な割り当ての効果等も盛り込める消防活動支援システムにした。なお、市街地火災延焼シミュレーションは、現在も開発を継続している。

【大規模火災における火の粉による火災のリスク】

大規模火災時には、その被害を拡大する要因のひとつとして火の粉による飛び火がある。木造建物は、火の粉による着火の可能性が高いだけでなく、火の粉の発生源ともなり得る。飛び火の研究では、これまで火の粉の飛距離に関する研究が多かったが、ここでは、火の粉による着火に着目し報告した。安定して火の粉を発生させられる装置を用い、家屋周りの可燃物と仮定した植物性被覆材（ガーデニングなどで花壇に敷き詰めたりする。）や屋根の模型を用いて、火の粉を飛ばす風速を変化させ、火の粉のたまりやすい条件、火の粉による着火が起こりやすい条件などを見いだす実験を行った。現在も実験条件を変えつつ、研究を継続している。

【市街地火災での被害拡大要因 －火災旋風－】

大規模な市街地火災で火災旋風が発生すると人的被害・物的被害が大きくなることは、関東大震災の例のように明らかである。現象としての目撃情報や被害の情報はいくつもあるが、その性状や発生時の状況についての詳しいデータがないため、現象の解明に至っていない。過去の火災旋風の発生事例から、発生しやすい条件や発生時の状況を知ることは、少しではあるが対処方法の手助けになると考える。火災旋風とはどのようなものであるか、危険性は何か、発生しやすい条件は何かを示すとともに、実験からわかり始めた火災旋風の発生過程、移動の有無、速度分布について報告した。現在も様々な条件で実験を行っており、研究は継続中である。

講演終了後、講演者と特別講演の関澤教授を交え、質疑応答も兼ねた総合討論を行い、次のような意見が出された。

・震災時の出火原因として電気によるものが多いことから、出火防止に感震ブレーカの普及が有効と思われるが、電力メーカの協力がなかなか得られない状況であるのは残念である。
・講演の中で行われているような研究を現場の

消防に活かせるようにするため、それぞれの研究テーマで消防本部との意見交換を行いながら、実践で役立つような成果を出せるようにしていく予定である。

・北九州市の木造市場でのモデル事業は、3 年間の期限付きで、市の予算で対応しているが、将来的にはモデル事業で得られた共助体制を他の市場、商店街で活かしてもらうことが目的である。現在までに、設置した機器が有効活用された奏功事例は発生していないが、市場関係者の火災に関する意識は高まっている。

なお、各講演内容は、消防研究センターホームページ（http://nrifd.fdma.go.jp/publication/kouenkai_gaiyou/index.html）に掲載されている。

写真 1　講演会の様子

写真 2　総合討論

表 1　プログラム

木造密集地域での火災と安全への備え	
【研究発表 1】	
木造建物火災の現況	
消防研究センター	鈴木恵子
木造建物火災事例と危険性	
消防研究センター	山田常圭
北九州市の市場・商店街火災から見える教訓と問題点	
北九州市消防局	尾花博幸
【研究発表 2】	
消防研究センターにおける市街地火災延焼シミュレーションの開発	
消防研究センター	高梨健一
大規模火災における火の粉による火災のリスク	
消防研究センター	鈴木佐夜香
市街地火災での被害拡大要因 －火災旋風－	
消防研究センター	篠原雅彦
【総合討論】	

5　消防防災科学技術賞受賞作品

平成 27 年度消防防災科学技術賞表彰式が、平成 27 年 11 月 25 日にニッショーホール（東京）において挙行された。本表彰制度は、消防科学・技術の高度化と消防防災活動の活性化に寄与することを目的として、平成 9 年度から実施されているもので、消防庁と消防研究センターの共催で行われ、今回で 19 回目となる。

平成 27 年度は、全国の消防機関、消防団、消防機器メーカー等から総計 93 編（機器等の開発・改良 51 編、科学論文 17 編、原因調査事例報告 25 編）の応募があった。学識経験者及び関係行政機関並びに関係団体を代表する者からなる選考委員会（委員長：亀井浅道 元横浜国立大学特任教授）による厳正な審査の結果、以下の 24 編を受賞作品（優秀賞：21 編、奨励賞：3 編）として決定した。

受賞作品

1　優秀賞（21 編）

【消防職員・消防団員等による消防防災機器等の開発・改良】　5 編

(1)　ほねプロン

日本橋消防団　和田智恵子

(2)　防火衣等収納システムの開発

豊橋市消防本部、豊橋市消防団

(3)　はしごクレーン救助時の三連はしごの転倒を防止する器具の開発

東京消防庁　安永　豊、福井琢磨、金子聖光

(4)　打ち込み用ビット金具の開発

東近江行政組合消防本部　川嶋伸悟、市川知史

(5)　積載型静電気拡散性オイルパンの開発について

京都市消防局　堀尾泰寛、小林知之、山本雅史、赤坂成樹、山田祐亨

【消防職員・消防団員等による消防防災科学に関する論文】　4 編

(1)　車両における電気配線（ハーネス）火災の出火機構に関する研究

北九州市消防局　松本龍一、髙倉誠二、松本二郎

(2)　加圧防排煙設備に係る消防活動支援性能評価のための複数室の簡易温度算定モデルの構築

東京消防庁　田嶋一雅

東京理科大学　大宮喜文、申　易澈

(3)　「伝える広報」から「伝わる広報」へ

神戸市消防局　上村雄二、塩谷俊行、谷池史章

(4)　緊急消防援助隊等における効果的な後方支援活動の研究

神戸市消防局　丑子哲平、高橋賢一、山枡慶祐、澤田邦彦

【一般による消防防災機器等の開発・改良】　2 編

(1)　窒素富化空気を用いた移動式防消火装置の開発

株式会社モリタホールディングス　廖　赤虹、関　修治、山村智恵、濵田貴行、山野光一、坂本直久

(2)　透明樹脂製蓄圧式消火器の開発

株式会社初田製作所

【消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告】　10 編

(1)　充電式カイロから出火し、リコールに至った事例

北九州市消防局　松本二郎、小野重喜、長谷川梢、吉住悠志、松本龍一、髙倉誠二

(2)　蛍光灯電極部からの火災事例

京都市消防局　伊藤香平

(3)　誘導灯基板の焼損事故について

名古屋市消防局　松本　凌、中江　功、大橋教男、山下一博、平松幸治

(4)　亜酸化銅増殖発熱現象の火災調査方法

神戸市消防局　澤田邦彦

(5)　穀物貯蔵サイロの爆発火災事例に関する原因究明手法及び消防隊活動時の危険予知について

横浜市消防局　岩方清光、太田和哉、中田雅之

(6)　在宅酸素療法中の患者宅で発生した火災の調査報告

大阪市消防局　北尻宗嗣、森下信一

(7)　無煙ロースターに起因する火災の調査報告

大阪市消防局　西田秀光

(8)　鏡面仕上げ（平面）ステンレス板による収斂火災の調査報告について

大竹市消防本部　中村将也、滝口洋介、高野純一

(9)　医薬品中間体を製造する危険物一般取扱所にて静電気により出火した事例の調査報告

富山市消防局　小関啓介

(10)　車両からの出火事例の調査報告

堺市消防局　内田篤志

2　奨励賞（3 編）

(1)　聴覚・言語機能障害者のための緊急ユニバーサル・コミュニケーション・システム

沖コンサルティングソリューションズ株式会社　細野直恒、西島　勝

春日大野城那珂川消防本部　因幡敏幸、宮嶋文洋

(2)　航空機から安全・迅速・正確に林野火災を消火するドロップコントロールシステムの開発

株式会社イルカカレッジ、国立大学法人鳥取大学

(3)　自主回収対象品である高圧真空遮断器からの出火事例

大阪市消防局　能地裕幸、岩中政男、黒瀬隆史、片岡　勉

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による消防防災機器等の開発・改良

ほねプロン

日本橋消防団
和田智恵子

1.　現状と問題点

私は日頃から消防団員として、地域の各種防災訓練において救命講習に関するお手伝いをしています。

私達消防団員は、東京消防庁が主催する救命講習を受講するなど学習する機会もあり、人の身体についての知識があるものと思っていました。しかしある時、人の身体について自分も知らないことに気がつきました。

また町会等の防災訓練でも、「心臓の位置」や「胸骨の位置」など、基礎的なことを知らない参加者が多いことに気がつきました。

訓練は、限られた時間内に終わらせなければならないことを考えると、短時間でこれらの位置を知り、効果的に分かりやすく心臓マッサージができる器具が必要ではないかと思いました。

2.　開発

救命講習受講者が、少しでも分かりやすく「心臓の位置」や「胸骨の位置」を目で見て、それぞれ正しい位置を確認しながら実施訓練ができるように、人体の胸骨・肋骨の形状や位置を人体モデルを参考に、できるだけ忠実に再現し、考案・開発した器具が『ほねプロン』です。

また講習に慣れていない教える側（講師）が、大勢の受講者に説明する時、緊張のあまりスムーズに話すことが難しくなったり、十分な説明ができなくなったりすることもあります。

「ひとりでも多くの方々に分かりやすく応急救護の知識・技術を身に付けて貰いたい。」「いざという時にあわてずに自分の家族や友達など尊い命を救うお手伝いをしたい。」との思いから、講師も受講者もこの『ほねプロン』を使用装着することで、「誰にでも簡単で分かりやすく、応急救護知識や技術を身に付けることができる。」と考案・開発したものです。

エプロンのように首に掛けられ、誰にでもすぐに覚えていただけるように、『ほねプロン』と命名しました。

写真 1　ベビー用と成人用の 2 種類の『ほねプロン』

3.　仕様

今回考案した器具『ほねプロン』は、透明のビニールシートと赤色のゴム風船で構成され、写真 3、写真 2 の様に、人体にもレサシアンにも装着でき、AED のパッドの貼り付けも可能です。講師が「心臓を挟んで AED のパッドを貼ります。」と説明した時、具体的に心臓の位置が分かるため、誰にでも視覚的にすぐに理解いただけるようになりました。

写真 2　レサシアンに装着時の『ほねプロン』

写真 3　人体に装着時の『ほねプロン』

人体模型の前胸部が見えるように透明のビニールシートを採用し、いわゆるあばら骨と一般的に言われる胸骨・肋骨の構造を表現することにより、胸骨圧迫部位を容易に位置確認することができるようにしました。またマジックテープにより首の後ろで固定できるようにして、着脱も簡単にしました。

赤色のゴム風船を心臓部位と見立て、胸骨圧迫の際それを押圧（圧迫）させることにより、心臓マッサージの疑似体験訓練ができます。

また、ゴム風船を使用することにより、訓練対象者の心臓の大きさ（成人、子供、ベビー）を適度に調整しやすく利便性を高くしています。

ビニールシートと風船で構成されているため、軽量で安全に手軽に持ち運びができ、AED パッドの付け外しも簡単で、また何回でも繰り返し訓練で使用できる素材で作製しました。

これらにより救命訓練の際の学習効果を高めることが期待できます。

受講者が小学生等の場合も興味を示し、訓練意欲・効果が高くなると考えます。

4.　開発による効果その検証

実際に今回開発した器具『ほねプロン』を防災訓練等で使用してみました。訓練対象者の反応が良く、視覚的に分かりやすい構造のため、心臓マッサージの応急救護の指導が飛躍的に簡単となり、受講者の理解度を高める効果がありました。

『ほねプロン』使用の成果として、平成 26 年 10 月に行われた区主催のイベントでは、妊婦さんや子供、そのご両親、祖父母の方々が、ベビー用の『ほねプロン』を実際にご自分のお子様に装着して心臓の位置を確認したり、また心臓マッサージの方法の質問等が多数あり、訓練への意欲と向上が確認できました。

写真 4　中央区産業文化展での展示（平成 26 年 11 月 2 日～5 日）

写真 5　町の防災訓練での様子

平成 26 年 11 月に行われた町の防災訓練の時には、写真 5 の様に使用し、「押す位置がよく分かる。」などのお声をいただきました。

また、平成 26 年 11 月に行われた「中央区産業文化展」において防災コーナーのブースに展示（写真 1・写真 2・写真 4）し、『ほねプロン』についてのアンケート調査を無作為に実施した結果、「心臓の正しい位置が分かりやすい。」「心臓は左側だと思っていた。」「私の町会の防災訓練でも使用したい。」等の様々な感想をいただきまして、地域住民の救命に対する関心度と防災訓練への高い意欲・効果が示されました。

小学校の講習の時間では、写真 6 の様に小学生の関心の高さに驚きました。それは、去年も行った記憶があり、子供達から「これ、覚えています。」「去年もやった。」等の発言が出て、積極的に講習に参加し学習している様子が伺え、指導する側としてこの器具を開発した甲斐があったと思いました。

5.　今後の課題

いつ起きるか分からない「災害や事故」、いざという非常時に人命救助のお手伝いができるよう、日頃から防災訓練、応急救護訓練への参加が大事だと思います。

この度、考案・開発した『ほねプロン』という応急救護の器具を、多くの皆様に広く受け入れて活用していただくことが大切だと思っています。

これからも活用について多くの課題が山積していますが、一生懸命努力を重ね、解決していきたいと考えております。

写真 6　小学校での講習の様子

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による消防防災機器等の開発・改良

防火衣等収納システムの開発

豊橋市消防本部、豊橋市消防団

1. 現状の問題点

平成 27 年度の豊橋市消防団は 53 分団 80 部、消防団員数 1,214 名（実員）で組織されています。

消防団員（以下「団員」）の被雇用者の割合は全国的な推移とほぼ同様であり、豊橋市消防団も全体の 74.4%（902 名）の団員が会社勤めの傍ら、団員としての活動を行っています。

火災が発生した場合、団員にはメールにより指令情報が伝達され、該当する地元又は隣接校区の分団が出動します。ほとんどの団員は、職場又は出先から直接火災現場に行くことになります。火災現場に到着し、自隊の消防団車両から防火帽・防火衣・長靴を取り出して、着装後に消火活動を実施しています。

現状の消防団車両には、防火衣等を機能的に収納するスペースがないため、荷台部分につるすほか、キャビンの中に防火帽や長靴を収納する等、各分団が着装しやすいための工夫を施しています。

しかし、スペースの問題から複数の団員が同時につるしてある防火衣を荷台から取り出すことはできず、防火帽や長靴も同一場所に収納していないため、素早く着装し、迅速に消火活動へ移行することが困難な状況でした。このことは、団員からも指摘を受けていた問題点でもありました。

2. 消防団新車両の導入の検討

平成 25 年 12 月 13 日に公布・施行された「消防団を中核とした地域防災力の充実強化に関する法律」を受け、「消防団の装備の基準」が改正されました（平成 26 年 2 月 7 日公布）。

地域防災の要である消防団の重要性がますます高まり、多岐にわたる活動を期待されているため、必要となる活動用資機材や安全装備品を充実し、消防団車両に積載しなければなりません。

同時に消防団にとって最も重要である消火活動時の資機材も充実させ、さらに団員の安全性も向上させた車両を製作していく必要がありました。

団員とのディスカッション及び検討を重ねた結果、

① 火災現場で迅速に消火活動ができるよう防火衣等を収納できる専用のスペースが必要

② 複数の団員が同時に防火衣を取ることのできる構造とするべき

以上が団員からの要望で最も多い意見でした。

3. 防火衣等収納システムの開発について

車両の製作に伴い、以下の点をポイントとしました。

① 消火・救助・安全装備品等の資機材を積載できること

② 防火衣一式（防火帽・防火衣・長靴）、4 式を収納する専用スペースを設けること（通常、5 人で 1 隊を想定しているが、運転手は既に着装して現場に来ているため、4 式とした。）

③ 消防団のイメージアップが図れる車両とすること

特に②については、消防団の活動用資機材を

増強するためこれらの積載場所が必要となるため、防火衣を収納することのできる部分は限られたスペースしかありませんでした。積載する資機材の寸法を一つ一つ確認し、有効なスペースがとのくらい確保できるかを調べました。

また、防火帽・防火衣・長靴を一つの場所に収納するための必要な寸法や、防火衣のつるし方、長靴の置き方等も契約業者である山佐産工株式会社と打合せを重ねました。

最終的に完成したものは、引き出し式のスライド棚を 2 式設け、車両の左右どちらからでも引き出すことが可能で、各棚には防火衣を 2 式収納できる構造としました。

棚の上部から防火帽・防火衣・長靴が収まるようにしましたが､特に防火衣は丈の長さが 1m 以上もあるため、そのまま掛けるだけでは下部に収納した長靴と接触し、収納や取出しの際に不具合が生じるため、防火衣を折り曲げて収納できるように、受け皿を設けるなどの工夫もしました。

これにより、防火帽・防火衣・長靴のそれぞれの取出しが容易になり、引き出し式のため、複数が同時に防火衣を手にすることができる構造となっています。

また、当システムは防火衣等の収納だけではなく、棚の裏側には筒先や金てこ棒を収納しています。棚はパンチングメタルとなっているため、今後、団員が他の携行品を収納しようと思えば、簡単にフックも取り付けられる他、現場活動用記録としてホワイトボード等の取り付けも可能であり、変化に対応できる拡張性も持ち合わせています。

4. 開発による効果及び検証

複数の団員には、従来の車両で防火衣を着装した場合と、開発したシステムにより着装した場合とを比較したところ、それぞれが 1 分～2 分程従来より早く着装することができました。

実際の火災現場では、複数の団員が同時に着装することが可能となるため、消火活動に移行するための時間の短縮についてはさらに効果的であり、迅速な消火活動により被害軽減についても期待ができます。

5. 今後の展開

サラリーマン団員が増加している現状は全国的にどの自治体も同様です。活動状況についても当市と差はないと思われ、消防団活動の安全性の向上を念頭に開発した当システムが全国的に波及することを希望すると共に、総務省消防庁が各自治体に無償貸与する消防団車両に対しても、当システムが組み込まれていくことを望んでいます。

【従来の消防団車両】

(1)

荷台に防火衣をつるしているが他の資機材もあり、取出し口のスペースが小さい。また、複数の団員が来ても、一斉に取り出すことができない。

(2)

車両の左側は、消火資機材（吸管）等の収納場所となり、防火衣を取り出すことができない。

【新規消防団車両】

(3)

(4)

左右、後方の 3 面にシャッターを設け、取出しスペースを広くし、容易に資機材を取り出せるようにした。

【防火衣等収納システム】

「瞬着～TRANSFORM～」について

左右に収納システムを設け、団員はどちら側でも防火衣が容易に取出すことが可能です。

瞬時に着装が可能であることから機器の名称を「瞬着」と名付けました。また、サラリーマンから消防団員に変身するという意味から「TRANSFORM（トランスフォーム）」というミドルネームも合わせて付けています。

(5)

(6)

左右の棚に 2 式収納された防火衣等（防火帽・防火衣・長靴）が引き出される。

(7)

防火衣は丈が 1m 以上あるため、下部の長靴と接触しないように防火衣受けの棚を設けている。これにより、防火衣と長靴の取出しも容易になり、収納時もきれいに収まる。

(8)

長靴の収納
2 足が左右両方の棚に収納されている。

【契約業者との打合せ】

(9)

図面上で「瞬着」の位置を検討

(10)

車両の艤装中

防火衣の収納方法について検討

(11)

(12)

「瞬着」設置部分の有効幅

(13)

引き出し式レールの採用

【「瞬着～TRANSFORM～」のロゴデザイン】

団員により認識してもらうために下記のデザインも考案し、機器に表示しています。

(14)

(15)

【拡張性の高い収納システム】

(16)

車両左側の収納システムの棚の裏側には筒先等が収納できる。棚はパンチングメタルのため、フックも簡単に設置できるため、団員が他の携行品を収納したい場合にも対応可能である。

(17)

車両右側の収納システムの棚の裏側は有効幅 4cm 程度の隙間があるため、現場活動時間や記録を書き込むためのホワイトボードを設置することが可能である。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による消防防災機器等の開発・改良

はしごクレーン救助時の三連はしごの転倒を防止する器具の開発

東京消防庁
安永　豊、福井琢磨、金子聖光

1. 現状と問題点

救助隊が救助活動現場で実施する代表的な救助方法の一つに、はしごクレーン救助がある。

現在のはしごクレーン救助における三連はしごの確保及び操作要領は､以下のとおりである。

(1) 三連はしごの確保は、隊員 2 名で、三連はしご側の足の裏で、上から下部滑り止めゴム部分を押さえる。

(2) 三連はしごを足裏で押さえている隊員 2 名で、救助ロープの操作をする。

(3) 三連はしごの確保ロープは、三連はしごの上部左右にロープを結着、展張し、隊員による確保、または地物を利用した確保となる。

しかし、この救助方法にはデメリットや問題点が含まれており､それは以下のとおりである。

(1) 下部滑り止めゴムを足裏のみで押さえる不確実な確保（写真 1 参照）

(2) 足裏で押さえることによる不安定な体勢での救助ロープの操作

(3) 確保体勢、確保人数が限定される。

このはしごクレーン救助では、要救助者の重量に比例して、三連はしごの下部滑り止めゴムが浮き上がろうとする非常に大きな力が発生する。また、救助ロープの操作がスムーズでないと、三連はしごに前後の動揺が生じ、左右の確保ロープのバランスが悪いと、三連はしごに左右の動揺が生じる。

つまり、はしごクレーン救助における三連はしごの動揺は、隊員の片足のみで下部滑り止めゴムを押さえていることの限界に起因するものであり、操作の困難性と転倒の危険性に直結している救助方法と言える。（写真 3 参照）

残念ながら、未だ完全にこの問題点は改善されず、危険要因を抱えたまま活動しているのが現状である。

従来の確保要領と器具を活用した確保要領の比較

確保要領の比較	メリット・デメリット
写真 1 	≪従来の確保要領≫ 1　三連はしごの下部滑り止めゴムから、直接力が足裏に伝わってくるので、転倒危険に気づきやすく、限界がわかる。 2　足の位置が固定されるため、救助ロープの操作姿勢が限定され、必ずしも操作者の力が十分に発揮されるとは限らない。 3　三連はしごの左右の動揺への対応に限界がある。 4　引揚げ対象が重量の時、下部滑り止めゴムの浮き上がりが感じられ、救助ロープの操作に集中できない。 5　長時間活動の際、確保者の交替要領が困難である。

写真 2	≪器具を活用した確保要領≫
	1　三連はしごの左右の動揺に対して、下部滑り止めゴムが器具で抑制されるので、安全に活動できる。 2　多種多様な確保体勢で救助ロープの操作が可能である。 3　足に負担が掛からないので、長時間活動に優れる。 4　足の置き方が自在であるため、確保要員が増員できる。 5　確保者の交替が容易である。 6　力を入れやすい体勢が容易に取れるので、引揚げ対象が重量の時も迅速、且つ安全に救助できる。

下部滑り止めゴムの浮き上がりの比較

従来の確保	器具を活用した確保
写真 3 	写真 4
浮き上がりや横ずれが発生すると、足裏で押さえる確保には限界がある。	浮き上がりや横ずれが発生しても、器具により下部滑り止めゴムを押さえることが可能であり、器具は足全体で押さえられるので足裏に負担がない。

2.　開発

上記の問題点を改善するために、以下の項目に重点を置いて器具を開発した。

(1) 器具を設定すると、三連はしごが転倒しないものであること。

(2) 器具の設定後の操作性が、優れたものであること。

(3) 三連はしごの下部滑り止めゴムが浮き上がらず、横ずれしないものであること。

(4) 設定が容易であること。

(5) 消防車両に積載が可能であること。

(6) 徒手搬送が可能であること。

(7) 重量、大きさが適度なものであること。

(8) 設定場所の制約が受け難いものであること。

3.　仕様

開発した器具の概要は以下のとおりである。

(1)　材質等

全体的な材質は、地盤面の凹凸に極力影響を受けず､且つ､滑り止め効果のあるゴム製とし、足部で確保する面と三連はしごの接触部は、強

度を保持するために縞板を張り合わせたものとした。

(2)　器具の構造

下部滑り止めゴムを包み込むようにはめ込み、さらに上部から縞板を踏むことにより、浮き上がり、横ずれ等を完全に抑制できる形状となっている。

(3)　付属品等

器具の単独使用でも転倒防止は十分図れるが、器具の前面に取付けたD環と前方の地物を小綱等で結着することにより、三連はしごの二重の転倒防止を図ることが可能である。(図 1～図 5、写真 11 参照)

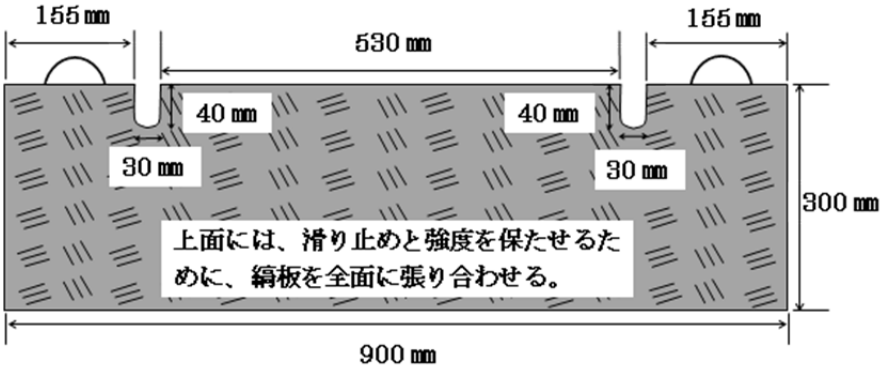


図 1　上面

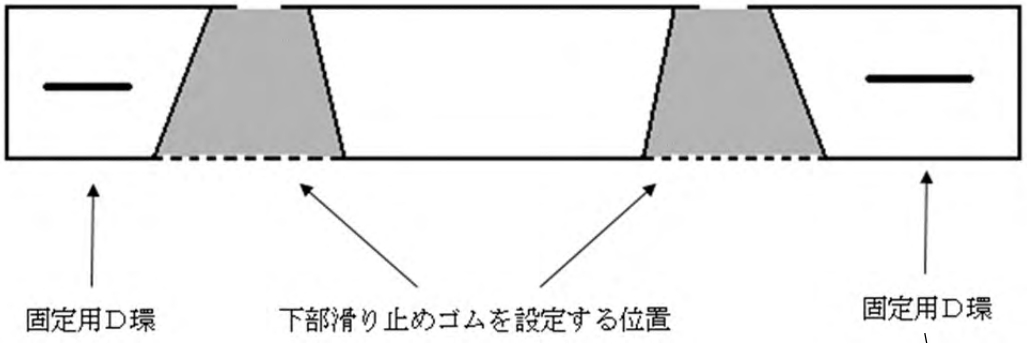


図 2　前面

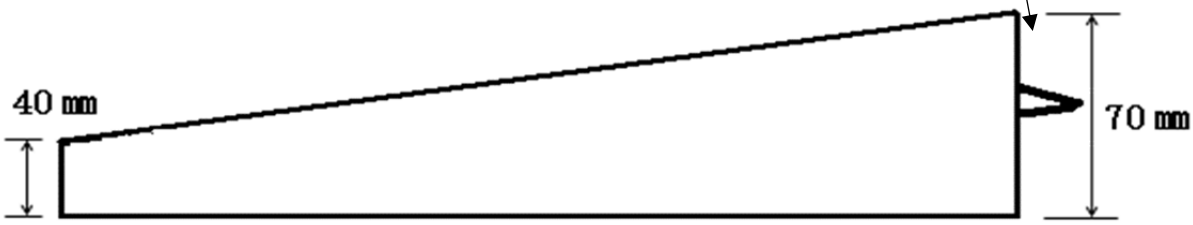


図 3　側面

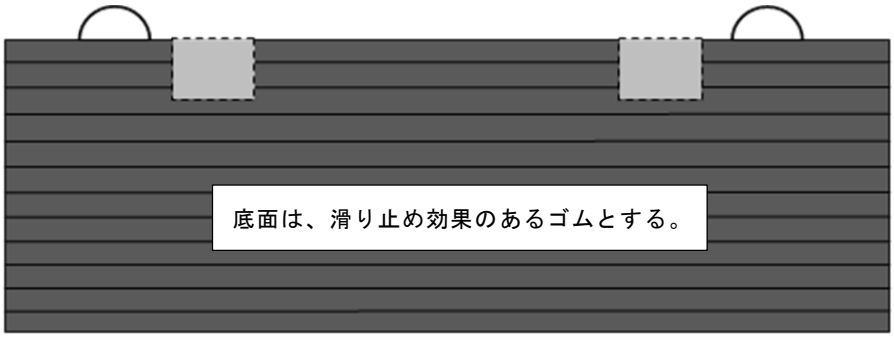


図 4　底面

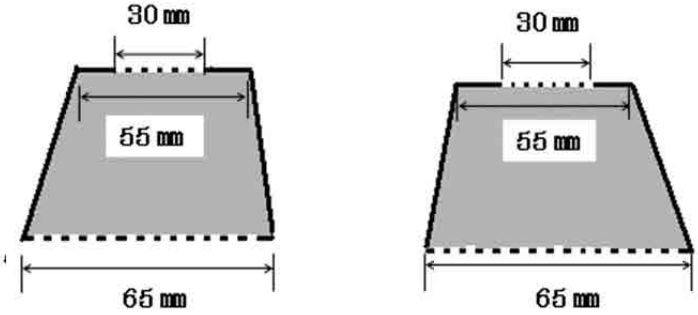


図 5　下部滑り止めゴム部

4. 開発による検証とその効果

(1)　検証

器具の検証の条件として、要救助者を重量ダミー（約 75kg)、三連はしごの確保ロープは隊員による確保とし、はしごクレーン救助第一法の従来の方法による確保と、器具を使用した確保を同じ隊員で比較、検証した。

(2)　器具を使用することで得られた効果

ア　三連はしごの左右への動揺に対し、器具により抑制されるので、安全に活動できる。絶対に転倒しないと断言できる静止力であった。（写真 2、写真 4、写真 5 参照）

イ　多種多様な確保体勢で救助ロープの操作が可能であり、引き揚げ対象が重量であるときも、力の入れやすい体勢をとれるため、安全、確実、迅速に救助できる。（写真 6～写真 8 参照）

ウ　器具の上であれば、どこに足を置いても良いので、確保要員を増員させたり、確保者の交替要領を円滑に実施できる。(写真 9 参照)

エ　足に負担が掛からないため、長時間活動にも優れる。

オ　設定方法は、下部滑り止めゴム部分にはめ込むだけなので、誰にでも簡単且つ、スピーディーに設定できる。（写真 10 参照）

カ　D 環で器具を固定できるため、下部滑り止めゴムが浮き上がる力をより抑制できる。（写真 11 参照）

このように、従来の三連はしごの確保要領の問題点がすべて改善されたほか、新たに効果的な要素も見受けられた。

なお､器具は三連はしごの架梯角度 75 度程度ではめ込める形状となっているため、三連はしごを使用する角度が適切であるか否かの判断指針にもなる。

5. 今後の課題

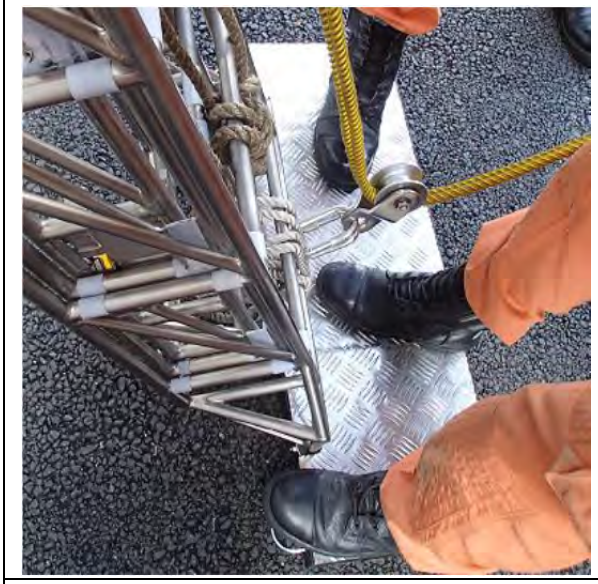
今回の器具の作製及び検証は、某メーカー1 社の三連はしごに適合する器具を開発し検証を行ったが、今後、各種消防機関が採用するあらゆる種類の三連はしごに適合する器具となれば、利用価値は更に高くなると考えられる。

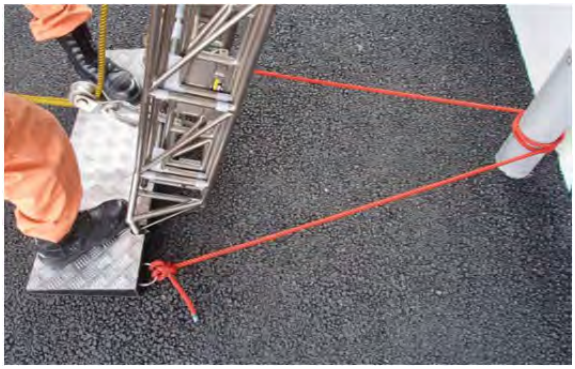
また、はしごクレーン救助のみでなく、三連はしごを使用するすべての活動にも適合可能なものにすることが課題とされる。

器具を活用した確保要領のメリット

①安定度が良い	②多種多様な確保体勢　その 1
写真 5 	写真 6
三連はしごの前後、左右の動揺に対して倒れない。	従来の確保要領と逆足での確保体勢でも可能である。

③多種多様な確保体勢　その 2	④多種多様な確保体勢　その 3
写真 7 	写真 8
器具に足を乗せるだけで確保ができるので、両足に荷重をかけてより強固に固定できる。	隊員個々の力の入れやすい体勢で確保できる。隊員の足の置き方が違っていても支障はない。

⑤確保者を増員できる	⑥設定が容易である
写真 9 	写真 10
器具に足を乗せるだけなので、確保者を増員できる。	下部滑り止めゴム部分に器具をはめ込むだけで設定できる。

⑦D 環で器具を固定できる
写真 11 
D 環で器具を固定できるため、下部滑り止めゴムが浮き上がる力をより抑制できる。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による消防防災機器等の開発・改良

打ち込み用ビット金具の開発

東近江行政組合消防本部
川嶋伸悟、市川知史

1. はじめに

救助活動を行う上で､支点の存在は重要です。しかし、現場によっては、田畑や構造物のない平地もあり、思い通りの場所に支点がありません。また、道も細く車両が思った場所に部署できないこともあります。そのような状況下で、現有する車載資器材を使用し、容易に強固な支点の構築ができないかと考え、大バールを地中に打ち込み支点とする器具の開発に至りました。

2. 開発に当たって

消防車両に積載されている大バールを地中に打ち込み支点とすることを目的としました。大バールを打ち込む問題点として、1 点目に、大バールの先端が扁平な形状であるためハンマーで直接先端を叩くことができない。2 点目に、長さが 1.5m あるため打ち込み作業位置が高くなる。3 点目に、ハンマーでの打ち込みには、時間と労力の消費が大きいといった問題点があげられます。

これらの問題点を解消するため､｢救助隊の編成、装備及び配置の基準を定める省令（別表第二)｣ で積載が定められている削岩機を使用し、作業位置を任意の高さに調整できる打ち込み用ビット金具を開発しました。また、金具は大バールだけでなく単管も地中へ打ち込める構造としました。

3. 器具の概要

打ち込み用ビット金具とは、削岩機の振動を大バールに伝え、大バール自体を地中へ打ち込むための金具です。

構造は、削岩機のビット金具に単管クランプを取り付け、クランプと大バールとの接続には単管と同径のバール用スペーサーを入れ、大バールを握る構造となっています。（写真 1～写真 4 参照）

(1)　ビット金具について

ビット金具は、削岩機との取り付け部分に、削岩機のブレーカー用ビットと同じ形状のビットを設けることで削岩機の振動を伝える構造としました。（写真 1 参照）

(2)　クランプ部分について

クランプ部分は、一般に市販されているφ48.6 を使用しています。ナットを 1 箇所締めるだけのシンプルな構造なため、容易に脱着が可能です。

また、クランプには約 500kg の滑り耐力があるため、削岩機の振動にも耐えることができます。（写真 3 参照）

(3)　バール用スペーサーについて

バール用スペーサーは、大バールを挟むためのもので､金属製の円柱を 2 分割したものです。スペーサーは大バールを包みきらずに､5mm の隙間を空けることにより、クランプの握る力を最大限発揮します。（写真 4、図 1 参照）

スペーサー内側の大バール締め付け部分の形状は、大バールの太さにメーカーや個体によって若干の差違があるため、敢えて大バールの八角形状にはせず、四角形状にしました。四角形状にすることで、個体差のある大バールでも確実に握ることができ、六角形の大バールも使用

可能な構造としました。（写真 5 参照）

バール用スペーサーは取り外し可能なため、単管杭を打ち込みたい場合は、スペーサーを取り外し、直接クランプで単管を握り使用します。（写真 6 参照）

写真 1　打ち込み用ビット金具全景

写真 2　削岩機･大バールを接続した状態

写真 3　クランプ部分

写真 4　バール用スペーサー部分

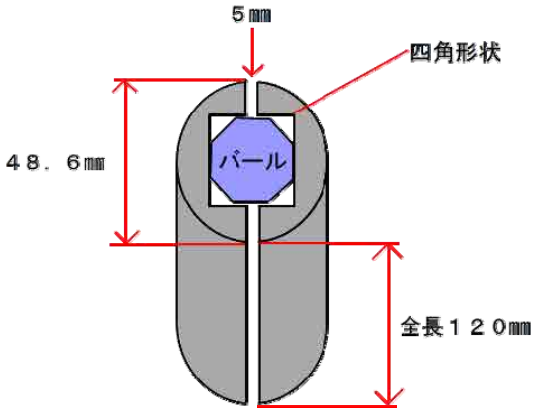


図 1　バール用スペーサー構造図

写真 5　バール用スペーサー内面・外面

写真 6　単管杭を打ち込む場合

4.　大バールについて

打ち込み用のバールは、一般に市販されている全長 1.5m、軸太さ 25mm の大バールと呼ばれているものを使用しています。材質はスチール製で、炭素鋼 S45C を使用し、焼入れ（強度が上がる、磨耗に強くなる）・焼戻し（弾力性が上がる）の熱処理を行ったものを使用しています。なお、炭素鋼 S45C は、機械の軸など強度が求められる所で使われることが多い材質です。（写真 7 参照）

写真 7　打ち込みに使用する大バール全体

5.　使用手順

① 大バールに打ち込み用ビット金具を装着します。

② 支点の必要な位置に大バールを立て、ビットに削岩機を接続します。

③ 削岩機を始動し、打ち込みを開始します。

④ 大バールを 1m 打ち込み、打ち込み用ビット金具を大バールから取り外します。

⑤ 打ち込んだ大バールにマルチスリング等をかけ、支点として使用します。

（写真 8～写真 10 参照）

写真 8　使用風景 1

写真 9　使用風景 2

写真 10　使用風景 3

6. 各種検証及び資料

(1)　大バール支点の強度測定

測定方法は、大バールを地中に打ち込み、支点として使用した場合どれだけの牽引強度があるのかを可搬式ウインチで牽引して測定しました。

※バール支点の作製方法は、レスキュー3 の人工アンカー作製方法に基づきバール支点を作製しました。人工アンカー作製方法とは、地面の垂直方向から荷重のかかる方向と反対方向へ 15 度傾け、長さの 2/3 程度打ち込む方法です。これに基づき 1.5m の大バールを打ち込む場合、地中への打ち込みは 1m となります。（図 2、写真 11 参照）

ア　大バール 1 本の場合

打ち込み角度 15 度から垂直に起き上がるまで約 7kN 牽引可能。（写真 12、写真 13 参照）

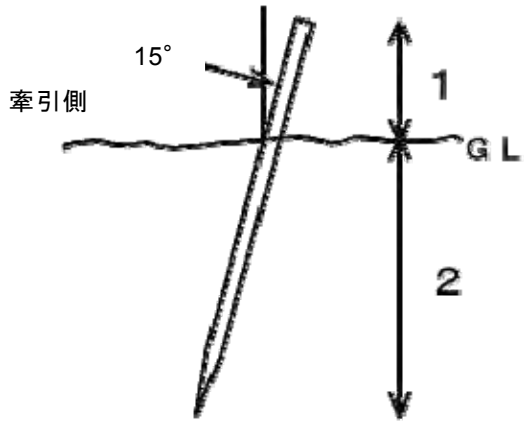
イ　大バール 2 本、2 点支持（支点角度 60 度）の場合

打ち込み角度 15 度から垂直に起き上がるまで約 11kN 牽引可能。（写真 14、写真 15 参照）

ウ　大バール 2 本、支点補強を設定した場合

打ち込み角度 15 度から垂直に起き上がるまで 14kN 牽引可能。（写真 16、写真 17 参照）

※使用した大バールに変形や損傷は認められない。（写真 18 参照）



地面の垂直方向から荷重のかかる方向と反対方向へ 15 度傾け、長さの 2/3 程度打ち込む。

図 2　レスキュー3　人工アンカー作製方法

バール全長　1.5m

地中打ち込み　1m

写真 11　人工アンカー作製方法に基づき打ち込み

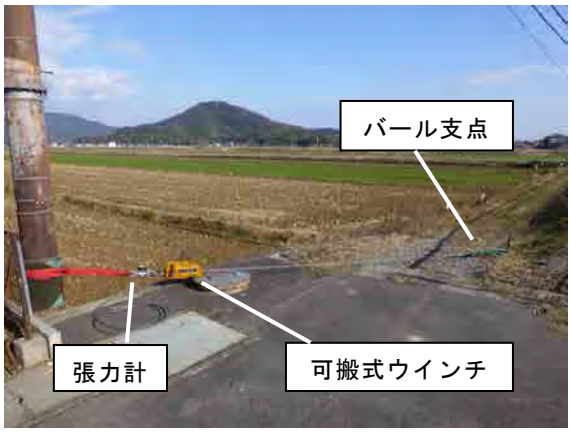


写真 12　大バール 1 本を牽引

写真 13　測定結果

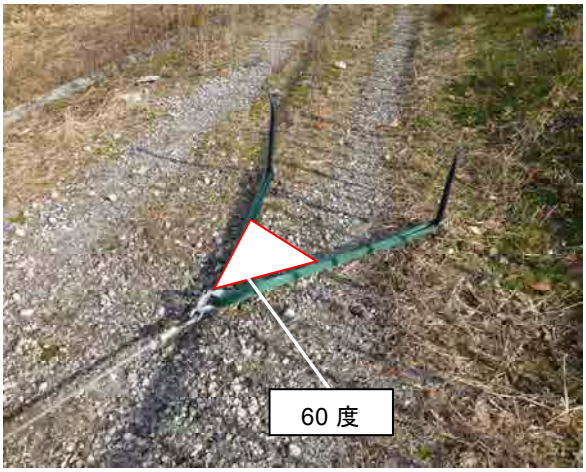


写真 14　大バール 2 本、2 点支持を牽引

写真 15　測定結果

写真 16　支点補強を設定し牽引

写真 17　測定結果

写真 18　測定後の大バール

(2)　参考資料

① 山岳救助技術や各ロープレスキューの研修では、自然界の石や木に支点を作製する場合、流動分散などを行い、最大支持力が 10kN 以上となるように支点構築するよう指導されている。

② アスファルト上で普通乗用車（セレナ、車両重量 1600kg、FF：オートマチック）を可搬式ウインチで牽引し、動き出し時の荷重を測定する。なお、普通乗用車は P レンジ、サイドブレーキあり、GL 水平。

実験結果：7kN で前後輪を引きずって動き始める。

(3)　検証結果

以上のことから、大バールを 1m 打ち込めば支点として使用可能である。打ち込むバールの本数や、強固な支点作製方法を行うことで救助支点としてより安全に使用することができる。

7.　器具の利点

・支点となる物が何もない場所であっても、大バールを打ち込むことができる地盤であれば任意の場所に支点を作製できる。

・救助工作車に車載されている資器材で支点構築できる。

・削岩機の振動を活かすことで、容易に大バールの打ち込みが可能。

・交通救助において、構造物等の支点方向へ事故車両の向きを変えることなく牽引･拡張･固定が可能であり、要救助者への負担軽減、救出時間の短縮が図れる。

・出動車両の大バールを集め複数使用すること

で、支点の増加及び強化ができる。
・近年頻発している土砂災害では、単管を打ち込み土留めの作製が容易となる。

8. まとめ

救助活動の中で、支点の存在は必要不可欠です。今回開発した打ち込み用ビット金具は、「救助隊の編成、装備及び配置の基準を定める省令（別表第二）」に規定されている削岩機を使用し、支点の欲しい場所に自ら支点を作製できるものです。今回は当消防本部の所有するマルゼン削岩機を使用していますが、考案した打ち込み用ビット金具は非常にシンプルな構造となっているため、マルゼン削岩機に限らず、メーカーの異なる削岩機に応じたビット金具を使用することで、取り付けが可能になります。また、大バールを支点とする救助方法には今後、更なる検証が必要ではありますが、各種検証により一定の強度に耐えられるデータが得られました。

今回考案した打ち込み用ビット金具は、地域特性に応じた救助手法を導き出す一助となり要救助者の負担軽減、迅速な救助活動に繋がると確信しています。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による消防防災機器等の開発・改良

積載型静電気拡散性オイルパンの開発について

京都市消防局
堀尾泰寛、小林知之、山本雅史、赤坂成樹、山田祐亨

1.　現状と問題点

(1)　現状

現在、京都市消防局では、交通事故などで、燃料が流出している場合、必要に応じ、各署所に保有する金属製オイルパンを現場まで搬送し、流出・拡散防止のために活用している。

本来であれば、流出事故の対応は、消防組織法第 1 条に基づき、火災危険がある場合にのみ活動するものとされるが、火災危険があるか否かの判断は、極めて困難であるほか、火災発生危険がないと判断される場合も、流出した燃料が道路上に拡大することで、後続車両がスリップするといった二次災害の発生が予測されることから、オイルパンを使った応急的な流出物の拡大防止についても、必要に応じて求められる。

現在、京都市消防局が使用しているオイルパンの仕様は、次のとおりである。（写真 1）

ステンレス製
容量　96ℓ（80×60×20（H）cm）
重量　10kg

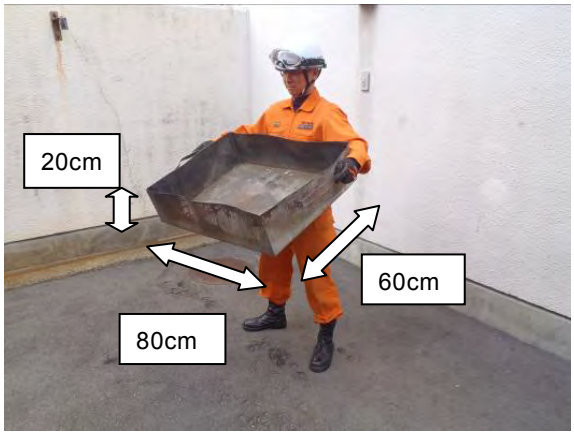


写真 1　従来のオイルパン取扱いの様子

(2)　問題点

従来のオイルパンは、金属製で、大きく、重いため、現場で使う際には、以下の問題が生じる。

ア　常時積載できない。

サイズが大きいため、消防車両に常時積載できない。このことから、

○　指令を受けてから車両上部に積載するまでに時間を要するため、通常より出動時間が遅くなる。
○　車両上部にオイルパンを積載すれば、通常よりも車高が高くなっているため、走行に注意が必要となる。
○　現場でオイルパンの必要性が判明した場合、二次指令によりオイルパン搬送隊を要請しなければならない。

といった状況に繋がる。

イ　取扱いが困難

重量があり、サイズが大きいため、乗用車等比較的車高の低い車両の燃料タンクの下部といった狭所における取扱いが困難である。

ウ　火花発生のリスク

従来のオイルパンは、ステンレスを用いた金属製である。したがって、

① 石や金属など路面や車両と激しく擦れたりぶつかったりすることにより、火花が発生する可能性がある。（以下「リスク①」という。）
② 金属製であるため、人体に蓄積された静電気や事故車両のバッテリー等から導電し、火花が発生する可能性がある。（以下

「リスク②」という。）
といった問題が生じる。

2. 開発

上記 3 つ（ア～ウ）の問題を解決するため、新型のオイルパンには次の性能を求めることとする。

(1)　常時積載できる

積載品の多い緊急車両にも常時積載できるものとするため、積載時はダウンサイズできるものとする。さらに、車両にコンパクトに収納された状態から迅速に展開し、使用できるものとする。

(2)　取扱いが容易

従来のものより軽量で、車両下部といった狭い場所においても取扱いやすく、流出物が漏れにくい形状のものとする。

(3)　火花が発生しない

リスク①を考慮した場合、非金属のものが最適と考えられる。リスク②を考慮した場合、一般的に、蓄積された静電気が激しく放電する現象（ESD）が発生し得る電気抵抗値は、1.0×10^{5} Ω未満（導電性）とされているため、1.0×10^{5} Ω以上の電気抵抗を有する素材が好ましいと考えられる。

なお、従来のステンレス製オイルパンの表面の電気抵抗（1cm）を測定したところ、約 1Ω（導電性）であった。一般的なステンレスのデータとしては、7.2×10^{-7} Ωとされている。

これらのことから、リスク①及びリスク②を解消するには、導電性以外の材料を使用すればよいということになる。

一方、新たな問題点として、

③ 素材の電気抵抗が極端に高い（絶縁性）場合、燃料の流動によりオイルパン内の燃料に静電気が帯電し、他の導電性物質に対して ESD が発生する可能性がある。（以下「リスク③」という。）

という問題が考えられる。

消防機関としても、従来からガソリンの保管については、静電気防止の観点から、金属製のものを使用するように指導してきている。

国際電気標準化会議（IEC）によると、表面抵抗値が $1\times10^{5}\leqq Rs<1\times10^{11}$ Ωの場合、帯電しにくく、かつ電荷を緩やかに拡散させる材料（静電気拡散性材料）としている。（表 1）

以上のことから、新型のオイルパンについては、静電気拡散性を有する素材を用いることとする。

表 1　IEC による表面抵抗値の分類

分類	表面抵抗値
静電気導電性材料	$1\times10^{2}\leqq Rs<1\times10^{5}$ Ω
静電気拡散性材料	$1\times10^{5}\leqq Rs<1\times10^{11}$ Ω
静電気絶縁性材料	$1\times10^{11}\leqq Rs$

3. 仕様

外側に折り畳み式コンテナを用いるとともに、内側には、漏水防止のために、シートを折り畳んだ状態で収納し、迅速にオイルパン状に展開できる状態としている。（写真 2、写真 3）

なお、シートの折り方については、日本独自の文化である、「折り紙」の箱の作り方を参考としている。

サイズ等

展開時の大きさ　65×44×25（H）cm

収納時の大きさ　65×44×8（H）cm

重さ　3.9kg

材質等

外側ハードケース

A 社製　静電気拡散性ポリプロピレン折り畳み式コンテナ

65×44×24.9（H）cm

容量　54.9ℓ

重さ　3.45kg

表面抵抗値　10^{6} Ω以下

内側シート

B 社製　静電気拡散性塩化ビニルシート

写真 2　新型オイルパン

写真 3　収納時の状況

シート厚　0.3mm

重さ　0.45kg

表面抵抗値　1010Ω

4.　開発による効果及びその検証

(1)　積載性

積載の可否は､車両ごとに仕様が異なるため、一概には判断できないが、前述のとおり、収納時の大きさは非常にコンパクトである。

積載器材が非常に多い、現状の救助工作車に積載したところ、あらゆる箇所に積載が可能であった。(写真 4)

以上のことから、新型のオイルパンは、当消防局のあらゆる緊急車両に常時積載可能と考えられる。さらに、収納時は非常にコンパクトであるため、複数個の積載が可能である。したがって、器材のバックアップや、複数個所の流出にも対応することができる。

(2)　取扱い性

従来のものより、重量が約 1/2 以下と軽量となっている。使用者が屈んだ状態で車両下部に

写真 4　積載状況

写真 5　新型オイルパン取扱いの様子

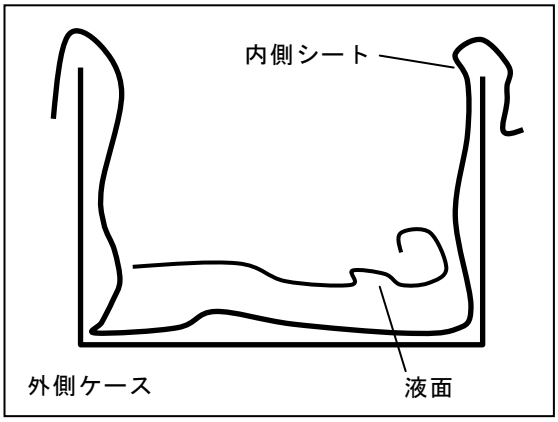


図 1　液面の動揺が抑えられる様子

抜き差しするといった作業についても、容易に行うことができた。(写真 5)

内側に漏水防止シートを使用しているため、抜き差しする際の、流出物の液面の動揺を軽減することができた。(図 1)

以上のことから、新型のオイルパンは、従来のオイルパンより格段に取扱いやすさが向上し

ている。

(3)　火花発生のリスク

ア　リスク①について

新型のオイルパンは、一部の可動部分を除き、非金属の素材で作製しているため、石や金属に激しくぶつけたとしても、火花は発生しない。

検証として、オイルパンを地面や金属等に激しく擦り付けることをしても、火花は全く認められなかった。

イ　リスク②について

メーカーカタログによると、外側素材の抵抗値が $10^6\Omega$ 以下（実際の測定では∞Ω）、内側素材の抵抗値が $10^{9\sim11}\Omega$（実際の測定では∞Ω）である。したがって、静電気を帯電した人体やバッテリー等が接触した場合であっても、急激な放電は起こりにくいものと考えられる。

ウ　リスク③について

抵抗値については、上記イのとおり。

実際の測定結果は、各素材が∞Ωを示しているが、これは、測定器の性能及び誤差によるもので、カタログ値を参考にした場合、静電気が溜まりにくい素材といえる。

検証として、オイルパンに約 10ℓのガソリンを貯留した状態で横に 10cm 程度ゆらす作業を 50 回繰り返して、静電気を測定した。（写真 6）

測定結果については、表 2 のとおりで、新型オイルパンを用いた実験では、0.01kV を示しており、ほぼ帯電していないことがわかる。

なお、比較として、絶縁性のポリプロピレンコンテナ及びポリエチレンシートを用いた、同様の実験では、0.1kV を示している。

以上のことから、新型のオイルパンは、火花発生のリスクを限りなくゼロにしたものといえる。

(4)　耐久性等

ア　耐久性

従来、消防機関がガソリンを保存する際、金属製の容器を使うように指導しているのは、静電気の帯電防止のほかに、強度の観点もある。ポリタンクのような樹脂製のものは、小さな衝撃でも損傷が生じるため、ガソリンなどを保存した場合、漏れてしまうことがある。

なお、本開発については、金属製ではないものの、外側素材と内側素材を分けているため、外側に多少の損傷が生じた際にも、内側素材に損傷がなければ、漏れることはない。また、内側素材に損傷が生じた際にも、簡単に交換し、漏れを防ぐことができる。

イ　耐油性

内側素材について、ガソリン等に曝露されることで、溶融や性能の劣化が生じることが考えられる。

写真 6　実験の様子

表 2　ガソリンとオイルパンによる静電気発生実験

内側 / 外側	ポリエチレンシート	静電気拡散性 塩化ビニルシート
ステンレス製オイルパン （内側なし）	0.00 → 0.06	
ポリプロピレンコンテナ	0.04 → 0.10	0.03 → 0.03
静電気拡散性 ポリプロピレンコンテナ	0.01 → 0.01	0.00 → 0.01

1 各セルの左の数値は、ガソリンを注いだ段階での測定、右の数値は揺らした後の測定。　（単位　kV）
2 ステンレス製オイルパンについては、経年の使用により、表面に大量のすすが付着した状態となっている。

そこで、当該シートのガソリンに対する性状変化について実験をしたところ、溶融することなく、フラスコ側へガソリンが染み出すことはなかった。（写真 7、表 3）

以上のことから、新型のオイルパンは、現場での使用に耐えうる耐久性を有しているものといえる。

写真 7　オイルパン内側シートの耐油性実験

表 3　オイルパン内側シートの耐油実験

	A	B
0min	35.7g	78.0g
10min	35.7g	77.6g
20min	35.7g	76.8g
30min	35.7g	76.2g
60min	35.7g	75.0g
2h	35.7g	73.3g
4h	35.7g	71.0g

A：フラスコ
B：フラスコ＋漏斗＋静電気拡散性塩化ビニルシート＋ガソリン
※実験は、ドラフト内で実施

5.　今後の課題

(1)　内側シートについて

本開発においては、既成のシートを折り紙の要領で折り畳み、箱状にすることでオイルパンの内張りとした。しかし、シートをハードケースに取り付ける際、シートを開けてしまい、上手く収まらないことがあった。

そこで、同質のシートを使用し、箱状に成型したものがあれば、より確実な対応が可能となる。

(2)　外側ケースについて

本開発においては、外側ケースに既製品の折り畳みコンテナを使用しているため、サイズの選択が制限されることとなった。

事故車両の下部といった狭い場所においては、より低い、より狭いといった状況が考えられる。そこで、試作品同様の折り畳み式のもので、何種類かの大きさのものがあれば、より様々な現場に対応できるものと考えらえる。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による消防防災科学に関する論文

車両における電気配線（ハーネス）火災の出火機構に関する研究

北九州市消防局
松本龍一、髙倉誠二、松本二郎

1. はじめに

自動車には、ヘッドライト等の照明、エアコン等の空調、電子制御でコントロールされるエンジン、その他カーナビ等を作動させるため、たくさんの電気配線が搭載されている。

普通自動車では、配線重量は約 15kg 以上、長さにして 2km ほどの配線が使用されている。

各電気配線は、通常、バッテリーからエンジンルームを経て、ダッシュボードへ、運転者が操作する運転席周辺へ一旦集約され、その後、各機器へ配線されている。

自動車の電気配線（ハーネス）における火災の発生要因の一つとして､ボディアースがある。自動車のボディにはバッテリーからマイナス電流が常時流されており、一部の機器を除いてプラス配線を設置機器まで延長接続し、機器付近のボディからマイナス電流を取り込んで使用している。経年劣化や走行時による振動でプラス配線が擦れ被覆が損傷しボディやマイナス配線と短絡すれば火災となる場合がある。

電気配線からの火災を防ぐための安全装置として、自動車にはヒューズを設置している。一般的にはバッテリー付近にある「ヒュージブルリンク（メインヒューズ)」とヒューズボックス内の各機器に対する「ヒューズ」を設置しており、機器によっては機器自身にヒューズが設置されているものもある（表 1)。

これだけのヒューズに保護されているので、安全と思われがちな電気配線であるが、実際、電気配線（ハーネス）からの出火は発生している。

そこで、配線が直接、ボディへ短絡した場合（以下､「直接短絡」という。）及び「ほこりや雨水等」により間接的に短絡した場合（以下、「間接短絡」という。）の状況を再現し、発熱状況等を確認することで、ヒューズの安全性やその作動限界等、火災危険について検証することとする。

表 1　ブレードヒューズの色表示

定格電流 (A)	色表示	定格電流 (A)	色表示
1	黒色	10	赤色
2	灰色	15	青色
3	紫色	20	黄色
4	桃色	30	緑色
5	黄褐色	40	橙色
7.5	茶色		

2. 火災実験（バッテリーは、電圧 12V・性能ランク 80D26 を使用）

(1)　直接短絡

①　実験 1（直接短絡・ヒューズなし）

自動車用バッテリー（12V）を電源とした電気配線において、後付部品を素人配線で行いヒューズを設置せず、その後、配線の劣化・損傷が起こったという想定で、プラス配線の途中に傷をつけ配線を一部露出させ、マイナス（グランド）配線に接続されている鋼製の棒（自動車のボディを想定）に直接短絡させ配線状況等を確認する（図 1)。

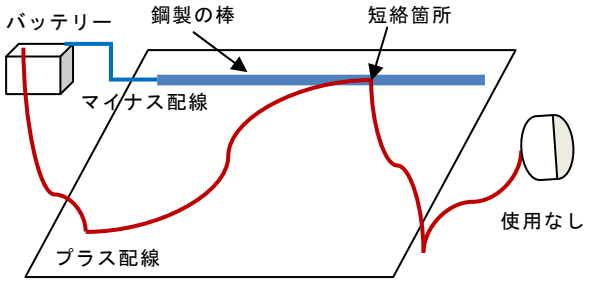


図 1　実験 1

② 実験 2（直接短絡・ヒューズあり）

①と同様の実験を各ヒューズ（20A、15A、10A、7.5A、5A 及び 3A）を設置して行い、ヒューズの作動状況及び配線状況等を確認する（図 2）。

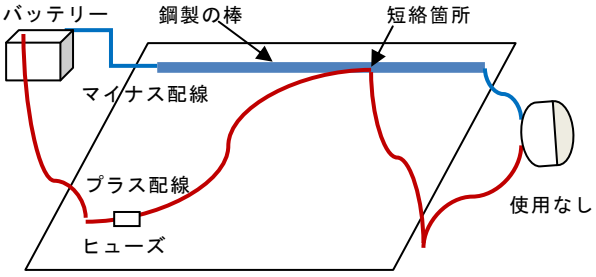


図 2　実験 2

(2) 実験 3（間接短絡・ヒューズあり）

自動車用バッテリー（12V）を電源とし、各ヒューズ（20A、15A、10A、7.5A、5A 及び 3A）を設置している電気配線において、配線の劣化・損傷が起こったという状況を再現し、隣接するプラス配線とマイナス配線の途中に傷をつけ配線を一部露出させ、その部分に「ほこりや雨水等」を想定した「食塩水」を断続的に滴下し、間接短絡させ、ヒューズ作動及び配線状況等を確認する（図 3）。

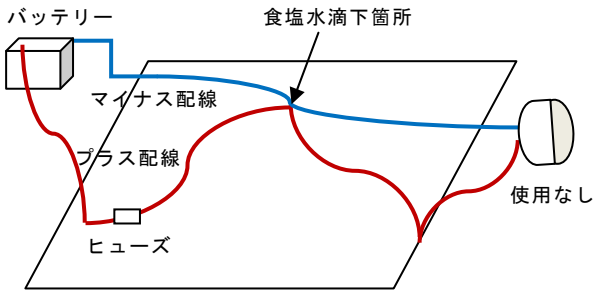


図 3　実験 3

3. 実験結果

(1) 直接短絡

① 実験 1（直接短絡・ヒューズなし）

直接短絡直後から、一番細い配線全体の被覆から多量の白煙が発生し、その後、配線が赤熱した。電流を測定したところ最大値で 85A であった。また、短絡部分を確認したところ電気痕があった。状況を写真 1～写真 3 に示す。

これは、直接短絡することで、バッテリーのプラス端子からプラス配線、短絡した部分からマイナス配線へマイナス端子までの回路が形成されることで、回路内に大電流が流れ、許容電流以上となった細い配線部分が発熱し、出火に至るものである。

火災調査時には、対象配線にヒューズ保護がなされていないこと、配線一本のみの焼損が激しいこと、発熱による素線間の溶着・硬化及び短絡部分の電気痕を見分することが重要な物証となる。

写真 1　短絡直後の状況

写真 2　短絡 10 秒後の状況

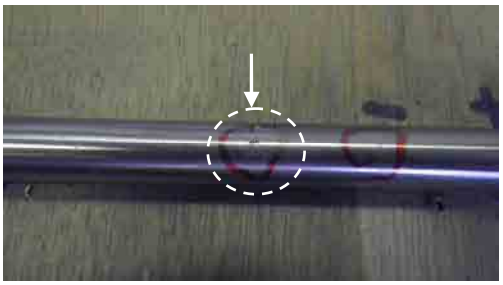


写真 3　短絡痕跡あり

② 実験 2（直接短絡・ヒューズあり）

全てのヒューズにおいて、直接短絡直後にヒューズが作動、回路が遮断され出火には至らない。直接短絡部分を確認したところ電気痕もない。15A のヒューズでの状況を写真 4～写真 7 に示す。

ヒューズには、大きな欠損があり、一部に「すす」の付着があった。20A のヒューズでの溶断状況を写真 8 に示す。

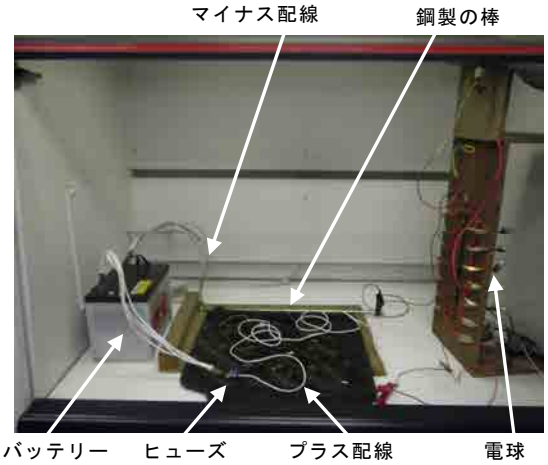


写真 4

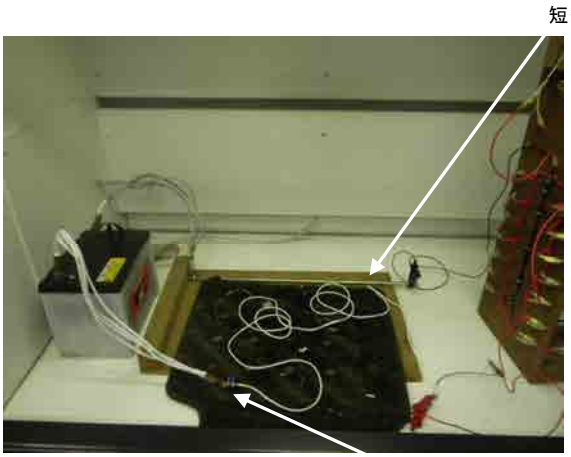


写真 5

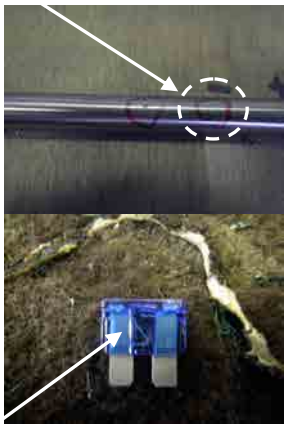


写真 6
短絡痕跡なし

写真 7

写真 8

写真 9

(2)　実験 3（間接短絡・ヒューズあり）

3A のヒューズでは、食塩水滴下直後に、ヒューズが作動し溶断した。3A のヒューズの溶断状況を写真 9 に示す。

5A 以上のヒューズでは、ヒューズは作動せず、食塩水滴下直後から、間接短絡が起こり、配線

被覆の除去付近の配線被覆から少量の白煙が上がり、黒く炭化（グラファイト化）が確認された。断続的に滴下を続けると、徐々に白煙の上昇が激しく、炭化部分も拡大した。発火直前には赤熱（531.6℃）が見られ、滴下を始め約 36 分後に発火、その後マットに延焼した。15A のヒューズを設置した場合の状況を写真 10～写真 16 に示す。

実験後､間接的な短絡部分を確認したところ、電気痕は認められなかった。15A の短絡部分の状況を写真 17 及び写真 18 に示す。

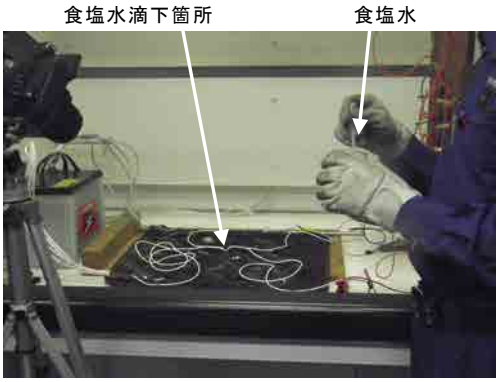


写真 10

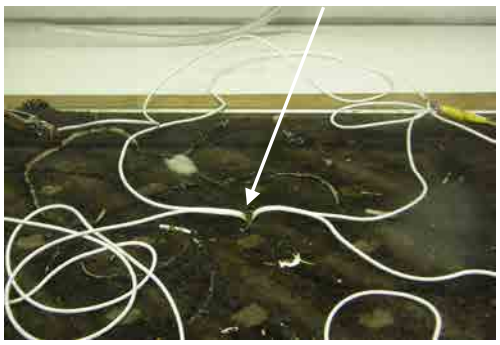


写真 11　滴下開始後、約 5 分後の状況

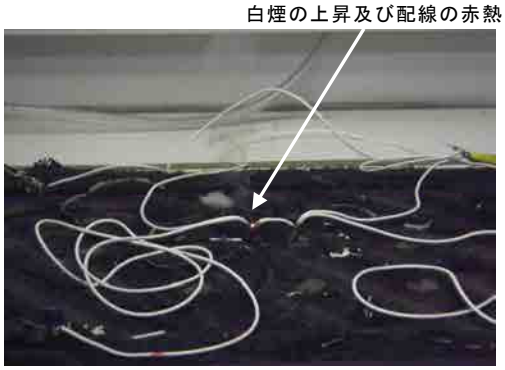
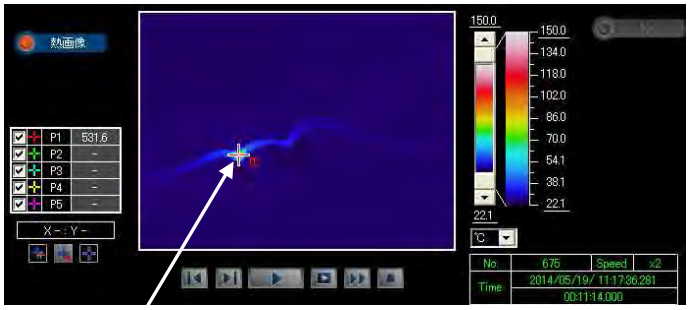


写真 12　滴下開始後、約 15 分後の状況



最高温度 531.6℃

写真 13　発火直前の温度状況
（熱画像装置画像）

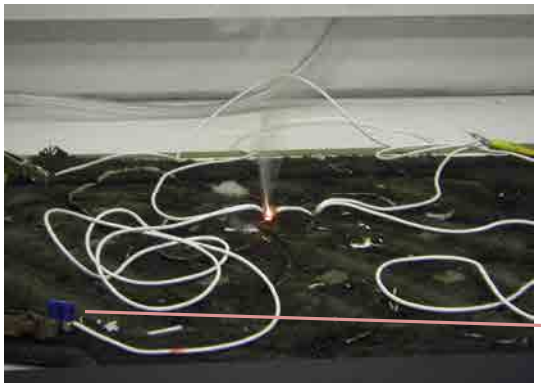


写真 14　滴下開始後 36 分の発火直後の状況

写真 15
マットへ延焼

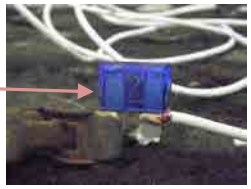


写真 16
ヒューズの作動（溶断）なし

写真 17

写真 18

4.　実験結果からの考察

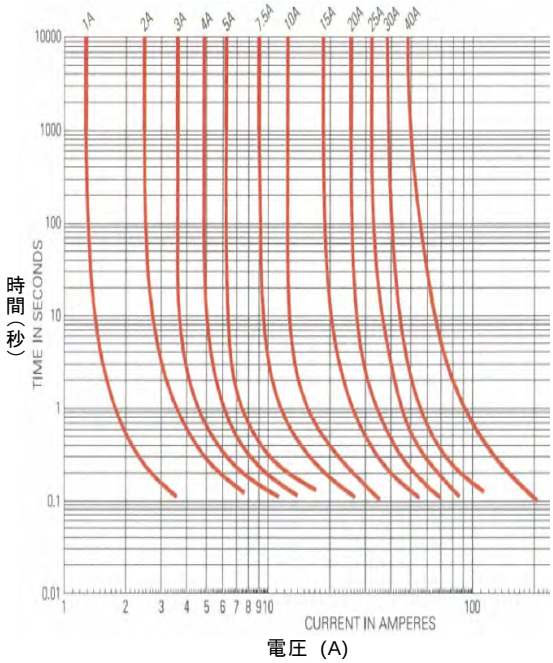
実験結果から、直接短絡した場合及び 3A 以下のヒューズを設置、間接短絡した場合は、ヒューズが作動し、出火を防止することができる。

しかし、5A 以上のヒューズでは、グラファイト化した配線被覆等を経由した間接短絡が起こった場合、短絡の継続時間が短く、ヒューズが作動する電流が流れないため作動せず、出火に至る場合があるということが実証された。

当局の保有する機材では、瞬間的な電流値を測定することができないが、グラフ 1 及び表 2 から発火時、最大 10A 程度の電流が流れたものと推察する。

実際、自動車のボディには塗装があり、直接短絡しにくい。また、ハーネスを固定する金具（クランプ）には緩衝等の目的のためのゴム被覆等があるため、同様のことが言える。この様な状況から「間接短絡」で火災が発生する可能性は少なくないものと考える。実火災でヒューズが作動せず、出火した事例の短絡箇所の状況を写真 19～写真 21 に示す。

火災調査時には、一次側のヒューズが作動していないからとの理由で、電気配線の短絡火災を否定することはできない。



グラフ 1　ブレードヒューズの溶断曲線

表 2　ブレードヒューズの作動一般的特性

（周囲温度 23℃）

試験電流 (A)	溶断時間	
	最小時間	最大時間
定格電流の 110%	100 時間	－
定格電流の 135%	0.75 秒	600 秒
定格電流の 160%	0.25 秒	50 秒
定格電流の 200%	0.15 秒	5 秒
定格電流の 350%	0.04 秒	0.5 秒
定格電流の 600%	0.02 秒	0.1 秒

※周囲温度 1℃当たり－0.15%変化する。

写真 19　クランプ

写真 20

写真 21

5.　おわりに

電気配線の間接短絡からの火災の予防措置については、発生に際して予兆等もなく、根本的な対策はないが、車検や点検等の際に電気配線を目視にて異常がないか確認することを徹底することが必要と思われる。

根本的な予防措置を自動車業界で対応するとなると、「束となった電気配線（ハーネス）内にはマイナス配線を混線させないこと」及び「ボディアースは必要最小限の部分とし、必要以外の部分、特にハーネスを設置する付近にはその部分から除外すること」となるだろう。対応を検討することを要望する。

他事例ではあるが、経済産業省が平成 28 年 3 月 17 日から電気火災の課題であった「トラッキング現象対策」として、電源プラグ本体の耐火性試験を義務付けることを発表した。

これは、今日まで消防関係者等が「無負荷でも発生する危険性の高いこの現象」を予防広報し続けた結果、国や産業界を動かし、プラグ本体を燃えにくい素材に変更するという究極の安全対策がなされることとなったものである。

今後も消防は、火災調査結果を予防広報に生かすとともに、発生を未然に防ぐための情報発信を続けていかなければならない。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による消防防災科学に関する論文

加圧防排煙設備に係る消防活動支援性能評価のための複数室の簡易温度算定モデルの構築

東京消防庁
田嶋一雅
東京理科大学
大宮喜文、申　易澈

1. はじめに

消防法の性能規定化に伴い、消防活動拠点における消防隊員の安全確保のために加圧防排煙設備に求められる要件が整理された。その要件のうち、消防活動拠点の性能評価を行う上で、消防活動拠点に隣接する室の温度を計算し、消防活動拠点への加圧給気量が算定される。現行法において室の温度は、一定の安全レベルを確保するために簡易算定式が示され、建築物の用途や空間の条件のうち、限定的な入力条件から求められるようになっている。すなわち、現行法は、単一区画で火災が発生している状況を基にした理論がベースとなっており、複数の区画が同時に燃焼するなどの実火災で想定される状況が考慮できない。そのため、建築物の空間個々の条件を考慮した複数室の簡易温度算定モデルを構築する必要がある。複数区画の火災性状を予測するモデルとして、佐藤等 [1)]は火災室の隣接室を対象とした温度算定モデルを提案している。佐藤等のモデルでは、周壁材の断熱性が高く隣接室に外部開口がある場合を除いて、コンピュータモデルの結果と概ね一致する結果を得ているが、実験による検証は実施していない。また、複数区画間の延焼を想定した区画内温度予測については、簡易的な手法はなく、コンピュータを使用した数値計算等が必要な状況にある。

そこで、現行法に比べ建築物個々の詳細な条件を考慮することが可能な複数室の簡易温度算定モデルを理論的に構築する。そして、模型実験を実施し、構築した簡易温度算定モデルの妥当性を実験結果と比較し検証する。さらに、現行法に従った区画内温度の算出結果と本モデルによる算出結果から本モデルの特徴を明らかにする。

2. 複数区画における簡易温度算定モデルの構築

複数区画における熱収支に基づき、区画内の簡易温度算定モデルを構築する。各区画の火源の有無により区画内温度性状が異なるため、以下のとおり区分し検討する。

① 出火から隣接室へ延焼するまで
② 延焼から出火室が鎮火するまで
③ 出火室鎮火から隣接室が鎮火するまで

なお、本研究では複数区画として 2 区画を対象とし、出火室を区画 A、隣接室を区画 B とする。

2.1 簡易温度算定モデルの構築

2.1.1 出火から隣接室へ延焼するまで

図 1 のとおり、準定常状態において開口部の対流による熱移動及び壁への失熱を考える。各区画の熱収支は以下のとおりとなる。

$$Q_A = c_p m_A (T_A - T_\infty) + c_p m_{AB} (T_A - T_B) + h_{kA,1} A_{TA} (T_A - T_\infty) \quad (1)$$

$$c_p m_{AB} (T_A - T_B) = c_p m_B (T_B - T_\infty) + h_{kB,1} A_{TB} (T_B - T_\infty) \quad (2)$$

各区画の上昇温度である ΔT_A 及び ΔT_B について解くと、

$$\Delta T_A = \frac{X_B Q_A}{c_p m_{AB}(X_A X_B - 1)}, \quad \Delta T_B = \frac{Q_A}{c_p m_{AB}(X_A X_B - 1)} \tag{3}$$

となる。ここで、X_A、X_B、$h_{kA,1}$、$h_{kB,1}$ は、

$$X_A = \left(c_p m_A + c_p m_{AB} + h_{kA,1} A_{TA}\right) / c_p m_{AB} \tag{4}$$

$$X_B = \left(c_p m_B + c_p m_{AB} + h_{kB,1} A_{TB}\right) / c_p m_{AB} \tag{5}$$

$$h_{kA,1} = \sqrt{k_A \rho_A c_A / t}, \quad h_{kB,1} = \sqrt{k_B \rho_B c_B / t},$$

$$m = 0.5A\sqrt{H} \tag{6}$$

となる。本モデルでは、各開口質量流量は $0.5AH^{1/2}$ とし、各開口で流入空気量と流出空気量は等しく、各区画内の質量は保存するとした。

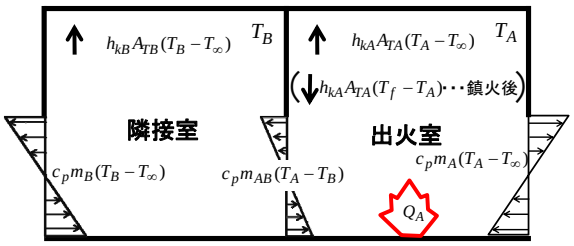


図 1　簡易温度算定モデルの概念図の例

2.1.2　延焼から出火室鎮火まで

模型実験にて、各区画の発熱速度が同一である条件の区画内上昇温度は、単一区画と概ね一致する結果（図 2）となった。そこで、各区画に火源がある場合には、内部開口 O_{AB} を介して熱の移動はないものと仮定する。各区画の熱収支は以下のように表せる。

$$Q_A = c_p m_A (T_A - T_\infty) + h_{kA,2} A_{TA} (T_A - T_\infty) \tag{7}$$

$$Q_B = c_p m_B (T_B - T_\infty) + h_{kB,2} A_{TB} (T_B - T_\infty) \tag{8}$$

ΔT_A 及び ΔT_B についてまとめると、以下のとおりとなる。

$$\Delta T_A = \frac{Q_A}{c_p m_A + h_{kA,2} A_{TA}}, \quad \Delta T_B = \frac{Q_B}{c_p m_B + h_{kA,2} A_{TB}} \tag{9}$$

$$h_{kA,2} = \sqrt{k_A \rho_A c_A / (t - t_{1A,im})}, \quad h_{kB,2} = \sqrt{k_B \rho_B c_B / (t - t_{1B,im})} \tag{10}$$

延焼時には出火室の火源により区画内温度が上昇している。式(3)で表される延焼前の各区画の温度予測式を $\Delta T_{A,1}$、$\Delta T_{B,1}$、式(9)で表される延焼後の温度予測式を $\Delta T_{A,2}$、$\Delta T_{B,2}$、延焼時間を t_1 とすると、

$$\Delta T_{A,1}(t_1) = \Delta T_{A,2}(t_1), \quad \Delta T_{B,1}(t_1) = \Delta T_{B,2}(t_1) \tag{11}$$

となる。式(3)～式(11)より $t_{1A,im}$、$t_{1B,im}$ を求めると、

$$t_{1A,im} = t_1 - k_A \rho_A c_A \left(\frac{A_{TA}(T_{A,1} - T_\infty)}{Q_A - c_p m_A (T_{A,1} - T_\infty)} \right)^2 \tag{12}$$

$$t_{1B,im} = t_1 - k_B \rho_B c_B \left(\frac{A_{TB}(T_{B,1} - T_\infty)}{Q_B - c_p m_B (T_{B,1} - T_\infty)} \right)^2 \tag{13}$$

となる。ここで、$T_{A,1}$、$T_{B,1}$ は延焼時の各区画内温度である。

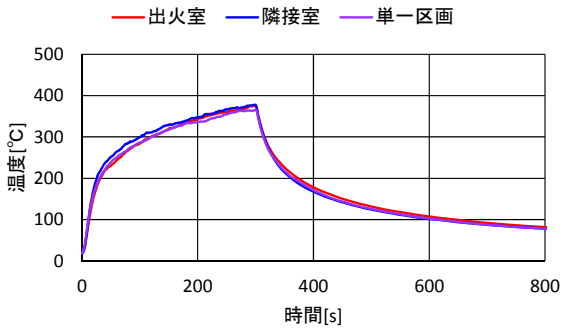


図 2　出火室と隣接室の発熱速度が同じ条件及び単一区画の区画内温度の比較

2.2　出火室鎮火から隣接室鎮火まで

火源が区画内にない場合、McCaffrey の実効熱伝達率は適用できない。区画周壁への失熱の計算は総合熱伝達率を用いることが多いが、ここでは以下の熱エネルギーが周壁から区画内へ流入すると考える。

全体の温度が $T_{A,2}$ である半無限固体の表面が、t=0 で T_A になるとすると、固体内部から固体表面への入射熱流束 q は、次のとおりである。

$$q = \sqrt{\frac{k\rho c}{\pi t}} \left(T_{A,2} - T_A\right) \tag{14}$$

McCaffrey の実効熱伝達率の考え方と同様 [2] に、$x/2(\alpha t)^{1/2}$ を熱浸透深さとみなし、温度勾配を次のとおり近似する。

$$\frac{T_{A,2} - T_A}{x/2} = \frac{\left(T_{A,2} - T_A\right)}{\sqrt{\alpha t}} = \left(T_{A,2} - T_A\right)\sqrt{\frac{c\rho}{kt}} \tag{15}$$

表面への熱流束がこの温度勾配に支配されるとすると

$$k(T_{A,2}-T_A)\sqrt{\frac{c\rho}{kt}}=\sqrt{\frac{kc\rho}{t}}(T_{A,2}-T_A)=h_k(T_{A,2}-T_A) \qquad (16)$$

と表され、これを周壁から区画内への流入する熱量とする。各区画の熱収支は以下のとおりとなる。

$$h_{kA,3}A_{TA}(T_{A,2}-T_A)=c_pm(T_A-T_\infty)+c_pm_{AB}(T_A-T_B) \qquad (17)$$

$$Q_B+c_pm_{AB}(T_A-T_B)=c_pm(T_B-T_\infty)+h_{kB,3}A_{TB}(T_B-T_\infty) \qquad (18)$$

ΔT_A 及び ΔT_B についてまとめると

$$\Delta T_A=\frac{X_Bh_{kA,3}A_{TA}\Delta T_{A,2}+Q_B}{c_Pm_{AB}(X_AX_B-1)},$$

$$\Delta T_B=\frac{h_{kA,3}A_{TA}\Delta T_{A,2}+Q_B}{c_Pm_{AB}(X_AX_B-1)} \qquad (19)$$

$$h_{kA,3}=\sqrt{\frac{k_A\rho_Ac_A}{t-t_2}},\quad h_{kB,3}=\sqrt{\frac{k_B\rho_Bc_B}{t-t_1}} \qquad (20)$$

となる。ここで、区画 B に火源がない場合、区画 B の実効熱伝達率に影響はないものと仮定する。

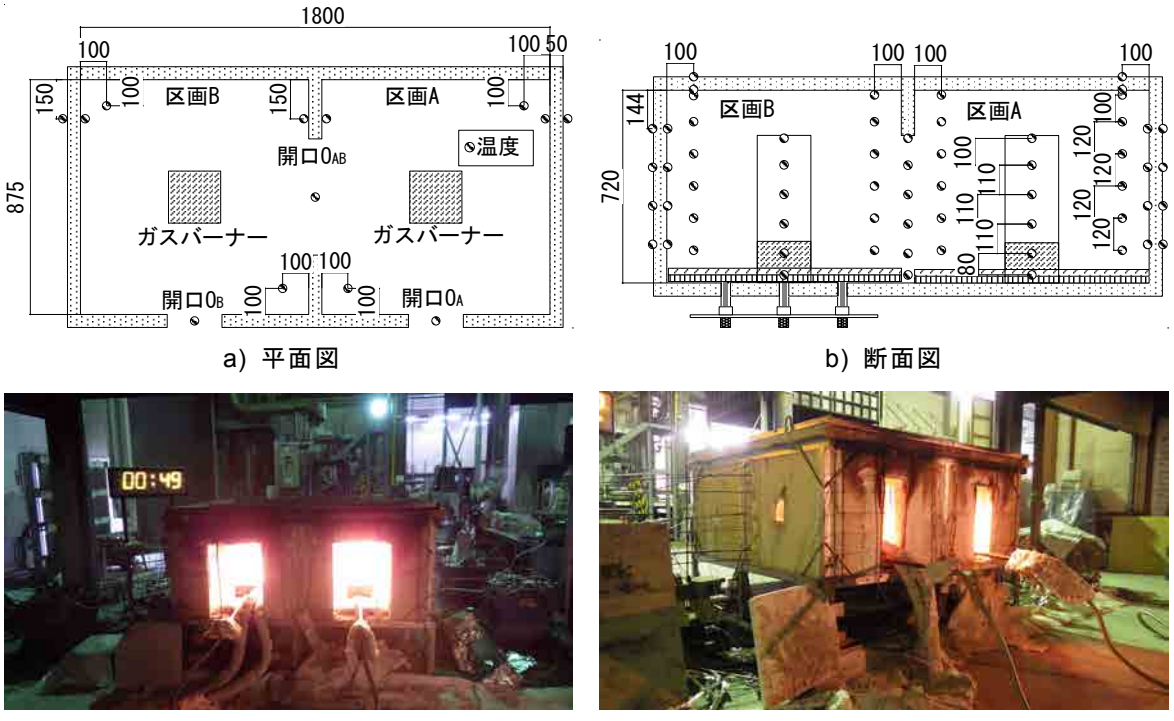
3.　模型実験による簡易温度算定モデルの妥当性の検証

3.1　実験概要

2 つの区画から構成される模型を使用し、区画 A を出火室、区画 B を隣接室とし、区画 B の火源の着火時間を変化させることによって、延焼時間を制御する。

3.1.1　区画概要

模型の概要を図 3 に示す。区画は、内寸幅 1800mm×奥行き 875mm×高さ 720mm の模型を使用し、壁材等には、セラミックボードを用いた。外気に面した壁に開口 O_A、開口 O_B を、区画 A と区画 B の間の間仕切り壁に開口 O_{AB} を設けた。



a) 平面図　　b) 断面図

c) 実験の様子 1　　d) 実験の様子 2

図 3　模型概要及び測定点（単位：mm）

3.1.2　実験水準

表 1 に実験水準を示す。No.1 及び No.2 は区画 A 及び区画 B の発熱速度を変化させた水準であり、No.1 は区画 A と区画 B の発熱速度が同一の実験水準である。No.3 は区画 B への延焼時間を変化させた実験水準であり、区画 A に着火

後 100s 及び 200s 後に区画 B の火源に着火した。No.4 は火源の燃焼時間を変化させた実験水準であり、各区画の火源の燃焼時間を 400s 及び 500s とした。No.5 は、内部開口 O_{AB}、外部開口 O_A、開口 O_B の幅を変化させた実験水準である。また、単一火源及び単一区画の火災性状と比較するため、No.6 及び No.7 の実験水準を実施した。

表 1　実験水準

No.	出火室			隣接室			開口幅 (高さ550[mm])		延焼時間 [s]
	火源	発熱速度 [kW]	燃焼時間 [s]	火源	発熱速度 [kW]	燃焼時間 [s]	O_A及びO_B [mm]	O_{AB} [mm]	
1	都市ガス	30～150	300	都市ガス	30～150	300	200	200	0
2		30～50	300		10,20	300	200	200	0
3		30	300		30	300	200	200	100,200
4		30	400		30	400,500	200	200	200
5		30	300		30	300	100～400	10～400	200
6		10～200	300	なし	-	-	200	200	-
7		10～100	300		-	-	200	0	-

3.1.3　火源

火源は、幅 200mm×奥行き 200mm×高さ 100mm のガスバーナーを各区画中央に設置し、燃料は都市ガス（13A）を使用した。

3.1.4　測定項目

温度の測定位置を図 3 に示す。出火室（区画 A）及び隣接室（区画 B）の各区画内に 2 箇所熱電対ツリーを設置し区画内温度を測定した。また、開口部の温度及び周壁の内部表面及び外部表面の温度を測定した。

3.2　計算値と実験値の比較

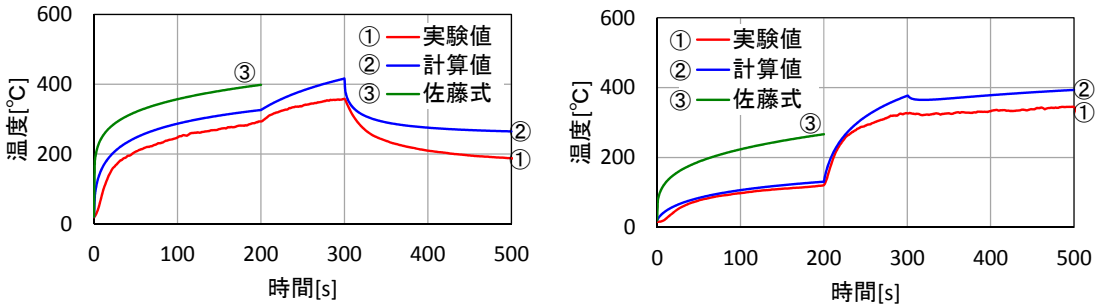
区画 A 及び区画 B の発熱速度 30kW、各開口幅 200mm、各火源の燃焼時間 300s、延焼時間 200s の条件における本モデルによる計算値、佐藤式による計算値及び実験値の比較を図 4 に示す。ただし、佐藤式の計算において、出火室の発熱速度は実験値を使用し、また、発熱速度を Q=1500$AH^{1/2}$ としない場合、提案されている周壁材による補正がそのまま適用できないため、周壁材による補正を行わず以下の式を用いた。

$$\frac{\Delta T_A}{T_\infty} = 0.023\left(\frac{Q}{\sum_{i=A} A_i\sqrt{H_i}}\right)^{2/3}\left(\frac{\sum_{i=A} A_i\sqrt{H_i}}{A_{T,A}}\right)^{1/3}\left(\frac{t}{k\rho c}\right)^{1/6} \quad (21)$$

$$\frac{\Delta T_B}{T_\infty} = 0.0525\left(\frac{Q^2}{A_{T,A}\sum_{i=A} A_i\sqrt{H_i}}\right)^{2/9}\left(\frac{\left(A_{AB}\sqrt{H_{AB}}\right)^2}{A_{T,B}\sum_{i=B} A_i\sqrt{H_i}}\right)^{1/3}\left(\frac{t}{k\rho c}\right)^{5/18} \quad (22)$$

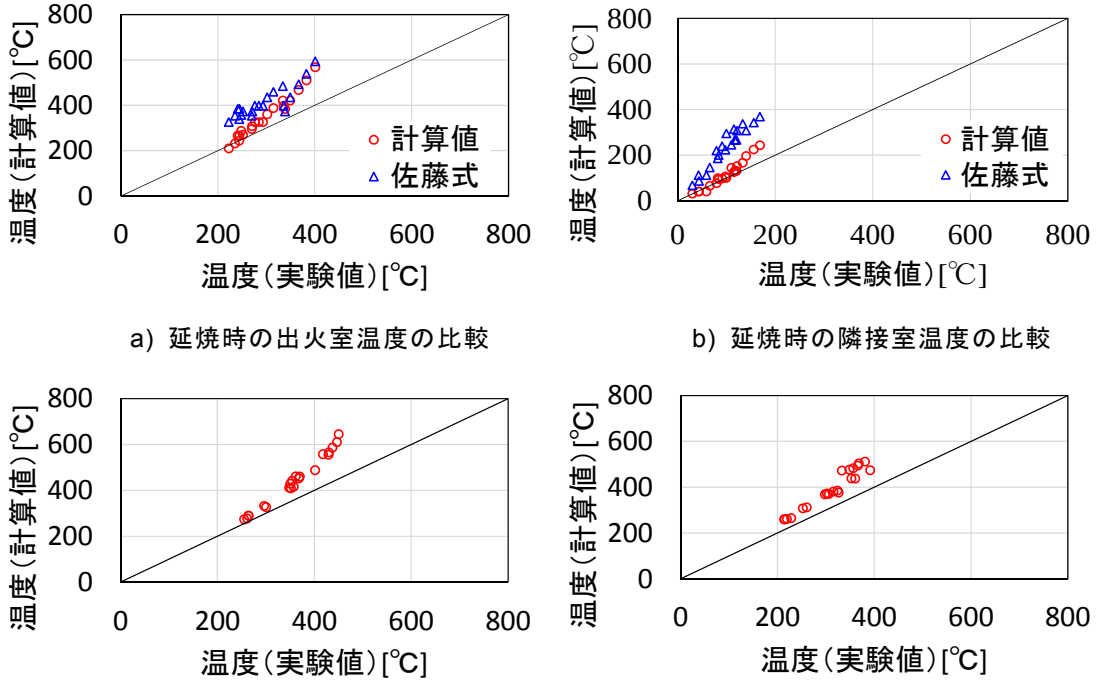
図 4 より、区画 A では計算値が幾分高い傾向にある。区画 B では、出火室のみ燃焼している場合は概ね一致するが、延焼後は時間経過に伴い計算値が高くなる傾向がある。図 5 は各実験水準における延焼時及び区画 A が鎮火時の実験値と計算値の比較である。図 5 より区画内温度が低い燃焼条件では、計算値と実験値は概ね一致するが、温度が高くなるにつれて計算値が幾分高くなる結果となった。

佐藤式と本モデルの計算値を比較すると、本モデルが実験値をより再現する結果となった。これは、佐藤等の式のベースとなっている McCaffrey の式が、区画内の上部層温度のデータを用い回帰的に定数を求めているためであると考えられる。



a) 出火室温度の比較　　b) 隣接室温度の比較

図 4　実験値と計算値の比較（時間経過）



a) 延焼時の出火室温度の比較　　b) 延焼時の隣接室温度の比較

c) 出火室鎮火時の出火室温度の比較　　d) 出火室鎮火時の隣接室温度の比較

図 5　実験値と計算値の比較（延焼時及び出火室鎮火時）

4.　加圧防排煙設備

消防法における加圧防排煙設備において、提案した簡易温度算定モデルと現行の区画内温度の算出方法の比較及び検証を行う。

4.1　加圧防排煙設備における隣接室温度 [3, 4)]

消防法上の加圧防排煙設備の技術上の基準は、平成21年消防庁告示第16号に規定されており、要求性能を算出する過程で附室等の隣接室の温度が必要である。

4.1.1　加圧式消火活動拠点の性能

附室等の消防活動拠点である加圧式消火活動拠点での消防隊員の安全確保を目的として、壁の上昇温度、内部の上昇度が規定されている。これらを算定する過程において、加圧式消火活動拠点に隣接する室の温度を求めなければならず、隣接室が準耐火構造で区画されているなど一定の条件を満たす場合、隣接室の温度は以下の式（以下「告示式」という）で算出される。

$$\Delta T_f = \min(17 \times Ac \times \sqrt{Hc} \times (830000 \div A_{f1}) \div A_{f2}, 830000 \div A_{f1}, 925) \quad (23)$$

ここで、ΔT_f は隣接室の上昇温度、A_c は出火室と隣接室間の開口面積、H_c は出火室と隣接室

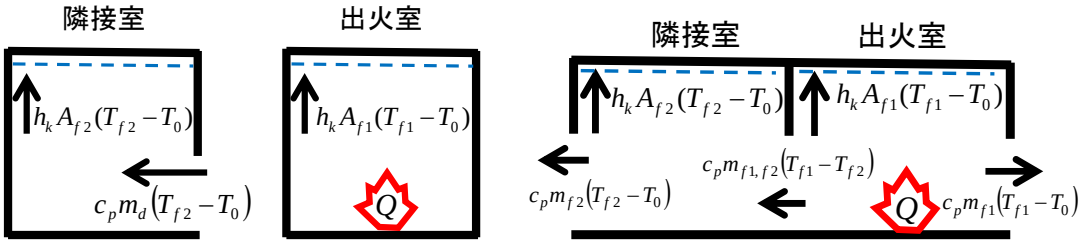
間の開口高さ、A_{f1} は出火室の床面積、A_{f2} は隣接室の床面積を表す。

4.1.2　遮煙開口部の通過風速

遮煙開口部の通過風速は、隣接室の区画性能に応じて規定されている。これは、加圧式消火活動拠点の隣接室の温度を 200℃、400℃、800℃と設定し遮煙条件を満たす遮煙開口部の通過風速として算出している。

4.2　モデルの比較

告示式のモデルと本モデルの比較を図 6 に示す。告示式モデルは、まず出火室の温度を算出し、一定温度の熱気流が隣接室に流入するとし隣接室の温度を算出している。本モデルは、出火室と隣接室が開口部を介して接続しているモデルである。



a) 告示モデル　　b) 簡易温度算定モデル

図 6　告示モデルと簡易温度算定モデルの比較

4.3　ケーススタディによるモデルの比較

ケーススタディの概要を図 7、設定条件を表 2 に示す。出火室である売り場の床面積を 1000m^2、加圧式消火活動拠点の隣接室の床面積をパラメータとし、0 から 500m^2 まで変化させた。出火室と隣接室の内部開口を幅 1.8m×高さ 2.1m×2 か所とし、出火室及び隣接室の外部と面する開口をパラメータとし、開口なし、幅を 1m、3m、10m と変化させた。

本モデルと告示モデルによる時間経過に伴う区画内上昇温度を図 8 に示す。隣接室の上昇温度は、告示モデルでは時間経過に対して線形的に上昇しているのに対し、本モデルでは時間経過に伴い上昇幅は緩やかになる。また、隣接室に外部と面する開口を設定することにより低下する結果となった。隣接室の温度が 200℃に達する時間を図 9 に示す。出火室及び隣接室に外部開口がない条件では、隣接室の床面積が約 490m^2 において、3600s 時の温度が告示で想定している 200℃となる結果となった。

隣接室の床面積を変化させた場合の告示モデルと本モデルの比較を図 10 に示す。隣接室の上昇温度は、告示モデルより本モデルが低く、隣接室の床面積が大きくなるに伴い漸近する結果となった。これは、告示モデルは出火室及び隣接室の温度にかかわらず、簡易化のために一定の熱量が隣接室に流入すると仮定しているのに対し、本モデルでは、実火災現象に近い想定で区画間を移動する熱量が出火室と隣接室の温度差に比例するとしているためである。本ケーススタディの条件設定の範囲では、告示モデルは、一定の安全側の評価となっていることが分かる。

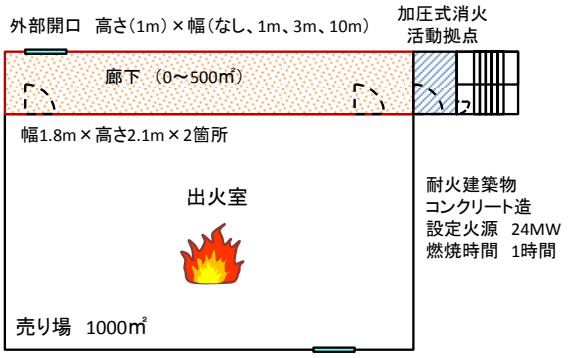


図 7　ケーススタディ概要

表 2　ケーススタディ設定条件

項目			設定値
売り場	床面積		1000㎡
	外部開口	幅	0, 1, 3, 10m
		高さ	1m
	設定火源		24000kW
廊下	床面積		0～500㎡
	外部開口	幅	0, 1, 3, 10m
		高さ	1m
売り場、廊下間	内部開口	幅	1.8m
		高さ	2.1m
		設置数	2
壁等	コンクリート	熱慣性	1.75kWs$^{1/2}$/m^{2}K

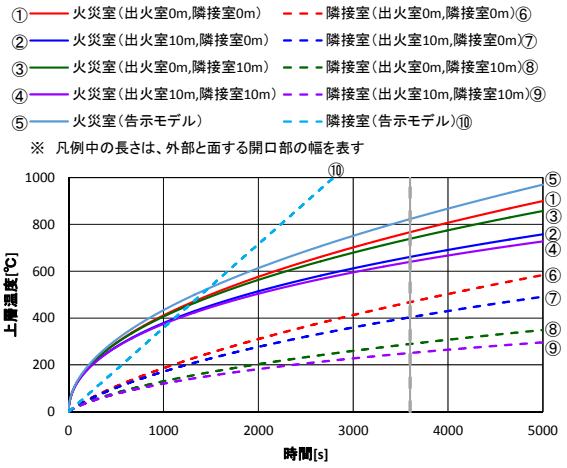


図 8　区画内上昇温度の比較（時間経過）

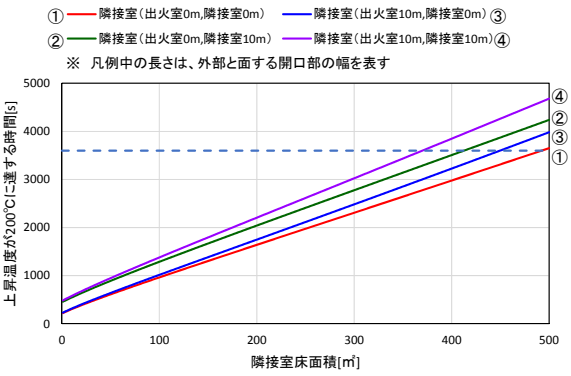
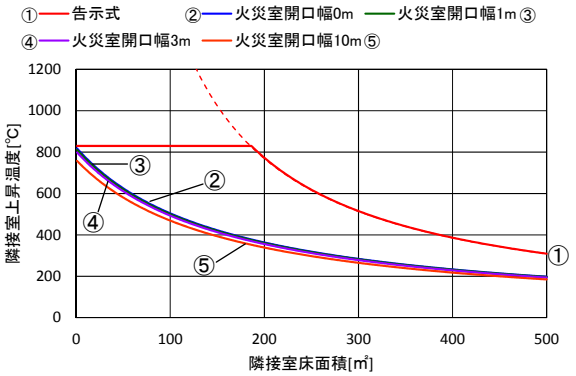
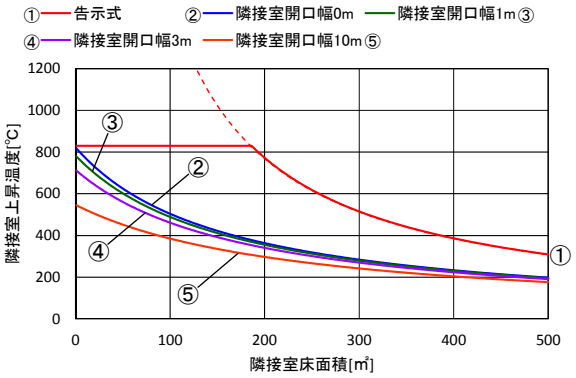


図 9　隣接室の温度が 200℃に達する時間の比較



a) 火災室の外部開口幅を変化



b) 隣接室の外部開口幅を変化

図 10　告示モデルと本モデルの比較（隣接室床面積変化）

5.　まとめ

本研究では、複数区画の熱収支に基づき簡易温度算定モデルを構築し、本モデルによる計算値と実験値を比較した結果、計算値が幾分高い結果となるものの実験値を良好に再現する結果が得られた。また、構築した簡易温度算定モデルと現行法の告示モデルの計算結果を比較した結果、隣接室の上昇温度は、告示モデルより本モデルが低く、隣接室の床面積が大きくなるに伴い漸近する結果となった。

本研究により加圧防排煙設備に関する告示モデルは安全側の評価となる傾向が確認できたが、消防活動拠点への加圧防排煙設備による加圧給気量を適切に算定する上で、本モデルは有用であると考えられる。

【使用記号】

A: 開口面積[m^2], A_T: 周壁面積[m^2], A_c: 出火室と隣接室間の開口面積[m^2], A_{f1}: 出火室の床面積[m^2], A_{f2}: 隣接室の床面積 [m^2], c: 比熱[kJ/kgK], c_p: 気体の定圧比熱[kJ/kgK], H: 開口部の高さ[m], H_c: 出火室と隣接室間の開口高さ[m], h_k: 実効熱伝達率[kW/m^{2}K], m: 開口部の質量流量[kg/s], Q: 発熱速度[kW], T: 区画内の平均温度[K], T_∞: 雰囲気温度[K], t: 時間[s], t_1: 延焼時間[s], t_2: 出火室鎮火時間[s], $t_{1A,im}$: 区画 A の仮想出火時間[s], $t_{1B,im}$: 区画 B の仮想延焼時間[s], ΔT_f: 隣接室の上昇温度[℃], ρ: 密度[kg/m^3]

添え字　A: 区画 A（出火室）, B: 区画 B（隣接室）, AB: 区画 AB 間, 1: 出火から延焼, 2: 延焼から出火室鎮火, 3: 出火室鎮火から隣接室鎮火

【参考文献】

1) 佐藤雅史、田中哮義、若松孝旺：火災室及び廊下の温度の簡易予測式、日本建築学会構造系論文集第 489 号、pp.137-145、1996.11
2) 田中哮義：改訂版建築火災安全工学、p.209、（財）建築センター、2002
3) 消防活動支援性能のあり方検討会、消防活動支援性能のあり方検討会報告書（平成 19 年度）、2008.2
4) 財団法人日本消防設備安全センター、加圧防排煙設備の設計・審査に係る運用ガイドライン、2012.12

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による消防防災科学に関する論文

「伝える広報」から「伝わる広報」へ

神戸市消防局
上村雄二、塩谷俊行、谷池史章

1. はじめに

消防の業務には消火活動とそれに伴う火災原因調査がある。火災原因調査とは現場見分から得られる情報を集約して整理分析し、様々な状況を考察したうえで出火に至った経緯を導き出すことである。その目的は、起こってしまった 1 件の火災を無駄にせず、市民に伝えることによって、類似火災を防止することであり、火災のプロとして最も重要な業務と言っても過言ではない。

このために各消防本部では様々な予防広報を行っており、その手法も様々である。古くは拍子木を打ちながらの夜回りも防火意識を高めるための広報活動と言えると思う。当然、神戸市消防局でも地域の訓練でのチラシ配布や、ラジオでの注意喚起の他に、市のホームページに火災の発生状況や発生原因を掲載し、市民の方に火災に関する情報発信を行ってきた。

しかし、世の中に膨大な情報が溢れている情報化社会の今、市民の欲しい情報を発信しなければ、受け取っても伝わらない結果となっているのが現実である。また、消防側の目線で情報発信を行っても、受け取る側に理解していただかなければ、意味の無いことになる。

そこで、神戸市消防局予防課調査係では、「伝える広報」ではなく「伝わる広報」を目指して、平成 25 年 7 月から火災の再現実験動画（以下、実験動画と記す。）を作成し、配信している。

本稿は、実験動画の概要や工夫、評価について記載し、今後の展開について報告するものである。

2. 新たな取り組みと実験動画の概要

(1) 神戸市消防局の調査体制

神戸市消防局では、消火活動終了後に管轄消防署の消防隊員が火災原因調査を行い、予防課調査係は神戸市域全域対応で「炎上火災の現場調査」や「製品火災の鑑識」など、消防署のサポートを行う体制になっている。

また、調査係が予防課にあるため、火災現場で得られた調査結果を即座に市民に向けて発信できるというメリットがある。

(2) 過去の動画配信方法

神戸市消防局には「雪」という情報誌があり、消防局の紹介や火災予防情報などを発信しているが、その中に「生活あんぜん情報」というコーナーがあり、予防課調査係では主に火災予防に関する記事を執筆している。

また、記事は市のホームページにも掲載され、今まではそこに実験動画のリンクを貼って情報提供していたのみであった。しかし、これらは「このような火災がありました。再現実験の結果はこうです。」という文章がメインで、動画はあくまでサブ的な位置づけであり、神戸市以外の消防本部でも行っている手法である。

(3) 新たな動画配信方法

文章による情報発信には伝えたい内容を詳細に記すことができるメリットがあるが、知らない人はイメージしにくいというデメリットがある。イメージしにくいということはつまり、記憶に残らないということになる。

そのため、神戸市消防局では、新たな取り組みとして、動画専用のページを設け、まず「見

て、イメージして、知ってもらう。」ことを目的とした。

(4)　実験動画の概要

動画についてはシンプルで分かりやすい内容とし、簡単な解説や注意点を記載している。また、間延びしないよう、再生時間は 1 分～1 分 30 秒程度とした。さらに、動画の内容については「発生件数の多さ」、「季節に応じた」、「タイムリーさ」の 3 つを意識して作成するようにしている。（表 1）

表 1　神戸市消防局　実験動画一覧

No	アップロード	タイトル	アクセス数
1	平成 26 年 11 月	電気ストーブと心の油断が導く方程式	1,162
2	平成 26 年 10 月	小さな火種が招く　大きな悲劇	735
3	平成 26 年 8 月	暑い夏。涼しいはずの制汗スプレーが・・・燃える？	373
4	平成 26 年 7 月	大事にお使いの古い扇風機・・・そこに潜む危険	11,320
5	平成 25 年 12 月	まさか！？　ボンベのガス抜きを火気の近くで行うと・・・	602
6	平成 25 年 11 月	天ぷら油火災　最も安全で確実な消火方法	3,443
7	平成 25 年 11 月	絶対にしないと誓ってください！天ぷら油火災に水を入れると・・・	3,338
8	平成 25 年 11 月	大変！！　おにぎりを電子レンジで加熱しすぎると・・・！！	854
9	平成 25 年 10 月	本当に怖い電気火災　トラッキング映像	2,036
10	平成 25 年 8 月	カセットボンベ破裂実験	913
11	平成 25 年 8 月	着衣着火は一瞬の出来事･･･これが表面フラッシュだ！	1,629
	平成 27 年 4 月 30 日現在の動画の累積視聴数の合計		26,405

※アクセス数は YouTube 版のものとなっています。

発生件数に応じた動画としては、住宅火災の原因で多い「電気ストーブ」、「たばこ」や出火件数は減ってはいるものの初期消火時にやけどを負うケースが多い「天ぷら油火災」等が挙げられる。

季節に応じた動画としては、夏に「制汗スプレーの引火」、「扇風機の経年劣化による火災」、バーベキューシーズンには「カセットボンベの破裂」等が挙げられる。

タイムリーな動画としては､「トラッキング現象」、「おにぎりの発火」、「表面フラッシュ」等が挙げられる。

これらの実験動画は出火の瞬間（静）から延焼拡大している状況（動）を分かりやすく再現しており、爆発やパチパチと音をたてて燃えているので市民の記憶にも残りやすい。

また、今までは再現実験という目的であったため、殺風景な実験室の映像であったが、よりリアリティさを出すために、合板に壁紙を貼り畳も敷き、まるで家の一室のような再現映像とすることで、火災を身近なものに感じてもらえるような映像にしている。

配信は市政記者クラブに記者発表資料を提供するタイミングに合わせて神戸市消防局のホームページや YouTube にアップしている。

検索	神戸市消防局　実験動画

再生

「本当に怖い電気火災　トラッキング映像」

「絶対にしないと誓ってください！天ぷら油火災に水を入れると・・・」

「天ぷら油火災　最も安全で確実な消火方法」

「大事にお使いの古い扇風機・・・そこに潜む危険」

図 1　実験動画一例

(5)　実験動画の一例（図 1）

ア　「本当に怖い電気火災　トラッキング映像」

10 人が死亡した福岡市博多区の医院火災で、出火原因としてトラッキング現象の可能性が全国ニュースで放送された。一般家庭でもあり得るためにトラッキング現象の動画をホームページにアップし、注意を呼びかけた。

イ「絶対にしないと誓ってください！天ぷら油火災に水を入れると・・・」、「天ぷら油火災最も安全で確実な消火方法」

Si センサーコンロの普及に伴い、天ぷら油火災は減少したが、まだまだ、水で消火しようとして火傷を負うことがある。また、濡らしたバスタオルや鍋の蓋による初期消火が知られているが、有効に実施された事例はある反面、消火できずに被害が拡大した事例や火傷を負った事例も多数発生している。水による消火の危険性を分かりやすく伝えることと、住宅用強化液消火器などを使用した正しい消火方法を実験動画により広報した。

ウ　「大事にお使いの古い扇風機・・・そこに潜む危険」

「節電の夏」に、利用者が急増している扇風機、しかし、家庭用扇風機には、10 年を越えるほどの長期間使用されているものが多く、内部の部品や電気配線などの経年劣化による出火危険がある。

そこで、古い扇風機のコンデンサが「パーン」という音とともに破裂､ゆっくりと燃えながら、布団や衣類といった周辺の物品に広がっていく映像を配信した。

3.　より多くの方に観ていただくために

(1)　YouTube に配信

神戸市消防局のホームページの「火災予防のための実験等動画一覧」(以下、ホームページ版と記す。)はページ上にフラッシュビデオ形式で埋め込まれており、スマートフォンやタブレットなどでは再生できない。

そこで、市民にスマートフォンやタブレットから手軽に観ていただけるように平成 26 年 4 月に市民参画推進局広報部広報課（以下、広報課と記す）と調整し、YouTube の「KOBE CITY CHANNEL」内に「消防局実験動画」（以下、YouTube 版と記す。）という再生リストを作成し動画をアップした。

(2)　QR コードの作成（図 2）

YouTube 版の QR コードを作成し、簡単にページにアクセスできるようにした。

ア　市政記者クラブに提供する「記者発表資料」に QR コードを添付した。これにより、資料を読んだ記者が動画にアクセスし、結果、記事になるケースが増えた。

イ　消防署に実験動画を配布しており、職員は地域の防災訓練などで実験動画を上映し､QR コードを添付した広報資料で出火危険を解説している。それによって広報資料から実験動画を簡単に何回も観ることが可能となり、職員と地域の方々との顔と顔のつながりと実験動画によって、地域に予防広報が浸透するようになった。

ウ　情報誌「雪」の生活あんぜん情報の記事に QR コードを添付した。それによって読者が動画を観ることができるようになった。

エ　消防局のイントラネット内に QR コードや広報資料、名刺等をアップした。それによって職員がすぐさま活用できるようになった。

(3)　消防局災害情報ページへのバナーの埋め込み

消防局災害情報のページは、消防局トップページよりもアクセス数が多いことから災害情報を観た市民が容易に動画にアクセスできるようにした。

図 2　QR コード

表 2　神戸市動画ページアクセスランキング（消防局以外も含む）

平成 25 年 10 月～平成 26 年 1 月

	平成25年10月　動画内容　（総アクセス回数 47,699　回／月）	アクセス数合計
1	本当に怖い電気火災　トラッキング映像	7,335
2	カセットボンベ破裂実験	3,887
3	こうべ動画館・おしごと調査隊「王子動物園・獣医さん」	1,882
4	区政・自動交付機	1,850
5	こうべ動画館・おしごと調査隊「王子動物園・飼育員さん」	1,605
6	こうべ動画館・おしごと調査隊「グリコピア神戸」	1,603
7	生活あんぜん情報　天ぷら油火災	1,258
8	区政・戸籍2	1,190
9	こうべ動画館・神戸スタイル「神戸野田高校ダンス部」	1,096
10	区政・戸籍1	924

（表 2　つづき）

	平成25年11月　動画内容　（総アクセス回数 34,530　回／月）	アクセス数合計
1	こうべ動画館・神戸スタイル「第2回神戸マラソン優勝・大内唯衣さん）	3,052
2	区政　自動交付機（コンテンツ）	1,779
3	本当に怖い電気火災　トラッキング映像	1,761
4	こうべ動画館・おしごと調査隊「卸売市場・鮮魚」	1,275
5	生活あんぜん情報　ボンベ火災	1,235
6	こうべ動画館・おしごと調査隊「卸売市場・鮮魚」青果」	1,148
7	市長会見11月20日（久元市長就任）	981
8	こうべ動画館・おしごと調査隊「パン作り」	975
9	こうべ動画館・神戸スタイル「ポートタワー・森田潔さん」	934
10	こうべ動画館・神戸スタイル「第3回神戸マラソンダイジェスト版」	894

	平成25年12月　動画内容　（総アクセス回数 41,858　回／月）	アクセス数合計
1	こうべ動画館・おしごと調査隊「建設事務所」	2,678
2	本当に怖い電気火災　トラッキング映像	2,509
3	こうべ動画館・おしごと調査隊「図書館」	2,463
4	大変！！おにぎりを電子レンジで加熱しすぎると・・・！！	2,454
5	カセットボンベ破裂実験	2,184
6	絶対にしないと誓ってください！天ぷら油火災に水を入れると・・・	1,995
7	天ぷら油火災　最も安全で確実な消火方法	1,966
8	区政・戸籍届（コンテンツ）	1,561
9	生活安全情報　ボンベ火災	1,478
10	まさか！？　ボンベのガス抜きを火気の近くで行うと・・・	1,334

	2014年1月　動画内容　（総アクセス回数 31,984　回／月）	アクセス数合計
1	区政・自動交付機（コンテンツ）	2,363
2	こうべ動画館・おしごと調査隊「危機管理センター」	2,213
3	こうべ動画館・おしごと調査隊「建設事務所」	1,976
4	区政・戸籍2（コンテンツ）	1,171
5	本当に怖い電気火災　トラッキング映像	1,161
6	区政・戸籍1（コンテンツ）	896
7	区政・転入届（コンテンツ）	738
8	区政・婚姻届（コンテンツ）	731
9	カセットボンベ破裂実験	694
10	生活安全情報　ボンベ火災	663

平成 26 年 7 月～10 月

	平成26年7月　動画内容　（総アクセス回数　47,956　回／月）	アクセス数合計
1	大事にお使いの古い扇風機・・・そこに潜む危険	3,441
2	交通・市バス乗継割引制度	2,437
3	消費生活・ルールを決めた日	2,435
4	保福・高齢者虐待防止	1,729
5	本当に怖い電気火災　トラッキング映像	1,460
6	火が見えないからと安心してはダメ！電気ストーブから出火	1,333
7	こうべ動画館　おとな旅「サマーシュ」	1,132
8	こうべ動画館　神戸スタイル「ワケトン10周年」	1,092
9	まさか！？　ボンベのガス抜きを火気の近くで行うと・・・	1,083
10	カセットボンベ破裂実験	1,078

	平成26年8月　動画内容　（総アクセス回数　36,645　回／月）	アクセス数合計
1	交通・市バス乗継割引制度	3,112
2	こうべ動画館　おしごと調査隊「動物管理センター」	2,721
3	区政　自動交付機	1,863
4	保福・高齢者虐待防止	1,505
5	北区・緑の都市神戸北	1,397
6	こうべ動画館　おとな旅神戸「神戸ゴルフ倶楽部」	1,310
7	消費・ルールを決めた日	1,044
8	区政・戸籍1	989
9	こうべ動画館　神戸スタイル「神港柔道部安部一二三さん」	954
10	暑い夏。涼しいはずの制汗スプレーが・・・燃える・・・？	880

（表 2　つづき）

	平成26年9月　動画内容　（総アクセス回数 43274回／月）	アクセス数合計
1	交通・市バス乗継割引制度	2,999
2	暑い夏。涼しいはずの制汗スプレーが・・・燃える・・・？	2,162
3	区政・自動交付機	1,756
4	保福・高齢者虐待防止	1,682
5	大変！！おにぎりを電子レンジで加熱しすぎると・・・！！	1,468
6	本当に怖い電気火災　トラッキング映像	1,354
7	大事にお使いの古い扇風機・・・そこに潜む危険	1,304
8	こうべ動画館・おとな旅神戸元町高架下	1,233
9	区政・戸籍1	1,156
10	消費・ルールを決めた日	1,117
	平成26年10月　動画内容　（総アクセス回数 46,339 回／月）	アクセス数合計
1	小さな火種が招く 大きな悲劇	3,335
2	中央区・パンのまち散歩	3,316
3	交通・市バス乗継割引制度	2,711
4	本当に怖い電気火災　トラッキング映像	1,535
5	区政・自動交付機	1,511
6	保福・高齢者虐待防止	1,274
7	こうべ動画館・震災20年　地震学者大木さん	1,138
8	こうべ動画館・神戸スタイル　ラジャさん	1,066
9	区政・戸籍1	988
10	こうべ動画館・おしごと調査隊　ケミカルシューズ	974

4. 評価

評価の基準として「動画のアクセス回数」、「マスコミの反応」、「市民の声」で評価する。

(1)　動画のアクセス回数

ホームページ版は「月ごとの動画アクセス回数」、YouTube 版は「累積視聴回数」で評価する。

ア　ホームページ版のアクセス回数（表 2）

神戸市の動画ページの月ごとのアクセス回数（消防局以外も含む）を広報課から提供を受けており、主だったものを以下に記載する。

（ア）平成 25 年 10 月

・「本当に怖い電気火災　トラッキング映像」（7,335 回、1 位）

この回数は平成 25 年の神戸市の動画アクセス数のトップである。

・「カセットボンベ破裂実験」（3,887 回、2 位）

・「生活あんぜん情報　天ぷら油火災」（1,258 回、7 位）

実験動画のアクセス数を合計すると 12,480 件となり、神戸市の動画総アクセス回数の 26%を占めた。

（イ）平成 25 年 11 月

・「本当に怖い電気火災　トラッキング映像」（1,761 回、3 位）

・「生活あんぜん情報　ボンベ火災」（1,235 回、5 位）

（ウ）平成 25 年 12 月

・「本当に怖い電気火災　トラッキング映像」（2,509 回、2 位）

この月は、アクセス回数 10 位以内に実験動画が 7 本入った。

実験動画のアクセス数を合計すると 13,920 件となり、神戸市の動画総アクセス回数の 33%を占めた。

（エ）平成 26 年 7 月

・「大事にお使いの古い扇風機…そこに潜む危険」（3,441 回、1 位）

この月は、アクセス回数 10 位以内に実験動画が 5 本入り、実験動画のアクセス数を合計すると 8,395 回となった。

（オ）平成 26 年 8 月

・「暑い夏。涼しいはずの制汗スプレーが…燃える…？」（880 回、9 位）

これは 8 月 28 日に配信したため、4 日間のアクセス回数である。

（カ）平成 26 年 9 月

・「暑い夏。涼しいはずの制汗スプレーが…燃える…？」（2,162 回、2 位）

アクセス回数 10 位以内に実験動画が 4 本入り、アクセス数を合計すると 6,288 回となった。

（キ）平成 26 年 10 月

・「小さな火種が招く　大きな悲劇」（3,355 回、1 位）

・「本当に怖い電気火災　トラッキング映像」（1,535 回、4 位）

この動画は 1 年間コンスタントにアクセスのある、息の長い動画である。

イ　YouTube 版のアクセス数（表 1）

平成 27 年 4 月 30 日現在、各動画の累積視聴回数は 26,405 回となっており、「大事にお使いの古い扇風機…そこに潜む危険」が 11,320 回と 43%、天ぷら油火災の消火方法を動画にした「絶対にしないと誓ってください！天ぷら油火災に水を入れると…」と「天ぷら油火災　最も安全で確実な消火方法」は計 6,781 回で 26%を占めている。

(2)　マスコミの反応（図 3）

テレビ局と新聞社等の反応で評価した。

ア　テレビ局

実験動画を観たテレビ局から「番組で特集するので再現実験を行ってほしい」という依頼が増えた。

（ア）平成 25 年 12 月 19 日 NHK　NEWS WATCH9

「首都直下地震　想定見直し“通電火災”の恐怖」

（イ）平成 26 年 3 月 28 日サンテレビ、NEWS PORT

「特報 B 班　火災の原因を探る」

（ウ）平成 26 年 7 月 15 日毎日放送　ちちんぷいぷい

「節電の夏、古い扇風機の危険性」

このほか、テレビ局から火災危険を放送したいので、実験動画を使わせてほしいという連絡は月 1 回程度あり実験動画を提供している。

イ　新聞社等

実験動画を配信してから新聞紙面に掲載されることが増えた。

（ア）広報誌 KOBE 12 月号　全市版

広報誌 KOBE は、神戸市が毎月 1 回発行し、全戸と主な関連施設で配布している神戸市の広報誌である。その中の特集記事「油断が招く火の恐怖～住宅火災を防ぐ～」で、予防課の「住宅火災を防ぐ活動」と「実験動画」と「QR コード」が掲載された。

（イ）平成 26 年 7 月 12 日読売新聞朝刊

「気をつけて」年代物扇風機

（ウ）平成 25 年 7 月 31 日産経新聞朝刊

「トラッキング火災」ご注意

(3)　市民の声

テレビ放送と広報誌 KOBE などの後に、高齢者から予防課に問い合わせが相次いだ。

ア「私のところの扇風機は 20 年使っているが、今でも普通に使用しています。買い替えた方がいいでしょうか？」（テレビ）

イ「私の家に差しっぱなしの電源プラグがある。抜いて掃除した方がいいでしょうか？」（広報誌 KOBE）

ウ「わたしのところに古いカセットボンベがある。怖くてガス抜きができない。破裂するかもしれない。」（広報誌 KOBE）

(4)　評価のまとめ

4 つの評価基準からまとめてみると

ア　危険性がわかりやすく伝わる実験動画のアクセス回数は多い。

イ　危険性がわかりやすく伝わる動画を配信すると、以前からある他の動画のアクセス回数が増える。

ウ　タイムリーな実験動画を配信すると、テレビ局や新聞社からの問い合わせが増える。

エ　テレビ局や新聞社等に取り上げられるとアクセス回数が増える。ネットをあまり使わない高齢者などから問い合わせが相次いだのはテレビ放映や広報誌 KOBE、新聞記事で取

り上げられたことが大きい。

5.　今後の展開

まず、「見て、知ってもらう。」ということをコンセプトに実験動画を作成し配信した結果、市民の方以外にもメディアからの問い合わせも増え、メディアに取り上げられることによって大きな広報効果を得ることができた。

今回の取り組みを基に、今後は「もっと伝わる広報」を目指して、「タイムリーさ」を大事に実験動画の充実を図っていきたい。

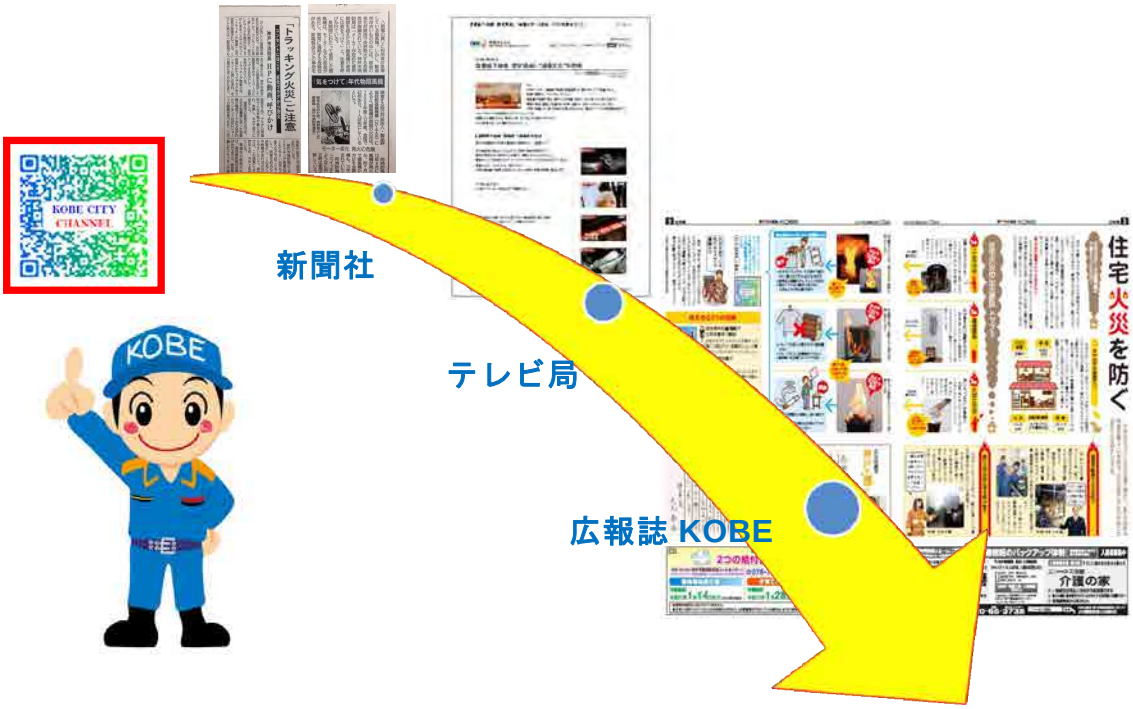


図 3　マスコミの反応

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による消防防災科学に関する論文

緊急消防援助隊等における効果的な後方支援活動の研究

神戸市消防局
丑子哲平、高橋賢一、山枡慶祐、澤田邦彦

【はじめに】

緊急消防援助隊派遣時等に編成される後方支援隊は常設・専任ではなく、「いつ」・「誰が」後方支援隊に選出されてもおかしくない状態にあるにもかかわらず、明確な「マニュアル」が存在しない。

また、東日本大震災以後配備された車両や後方支援資機材についても全職員に種類や取扱い方法が周知されているとは言い難い状態となっている。

当市消防局の後方支援車両資器材を運用し管理する立場から、これらの問題点についての解決方法を検討し、今後の大規模災害等に備えるため、研究を実施した。

【実施内容】

1.　後方支援活動チェックリストの作成

研究当初はマニュアルの作成を目標としていたが、研究するにしたがって、後方支援活動というものは非常に多岐にわたる活動であること、また災害によって派遣規模や形態が変化するため、マニュアル化にあたっては非常に多くの項目の作成とパターン化の検討が必要であることが判明し、膨大な量のマニュアルは災害派遣現場での使用が困難であると判断した。

このため、より使いやすいものとするために、記載事項を最低限活動に必要な内容に抑えたチェックリストの作成に変更した。

チェックリストは大きく 3 つに分かれており、後方支援隊長が使用する「隊長用」のものと、任務担当者が使用する「担当者用」、そして活動で使用する「様式集」となっている。

チェックリスト使用時の流れは次のとおりである。

(1) 派遣決定時に指名された後方支援隊長が「隊長用」を使用する。

(2) 後方支援隊長は「隊長用」チェックリストを使用し、任務ごと担当者の指定や資機材の確認等をおこなう。

(3) 任務の指定を受けた担当者は、任務ごとの「担当者用」チェックリストを使用し業務をおこなう。

(4) 活動で実施する記録や計算に必要な作業をおこなうため、「様式集」から必要な様式を使用する。

チェックリストの内容は、概ね進行が予想される時系列で項目が記載されており、チェック項目と合わせて使用する様式を併記すること、また市後方支援隊長と県後方支援部隊長の立場で活動が把握できるように配慮した記載方法としたこと、そして運用車両資機材の特徴や注意事項と使用時の所要時間を参考資料として記載したことで、活動がイメージしやすいように配慮した。（図 1～図 3）

また「隊長用」のものはショルダーベルト付バインダーのバインダー、「担当者用」のものはポケットファイルサイズとして作成し、活動する際の邪魔にならないように配慮した。（写真 1、写真 2）

図１　隊長用チェックリストの抜粋①

活動時期別と目的別でもくじを作成し、検索しやすいよう工夫している。

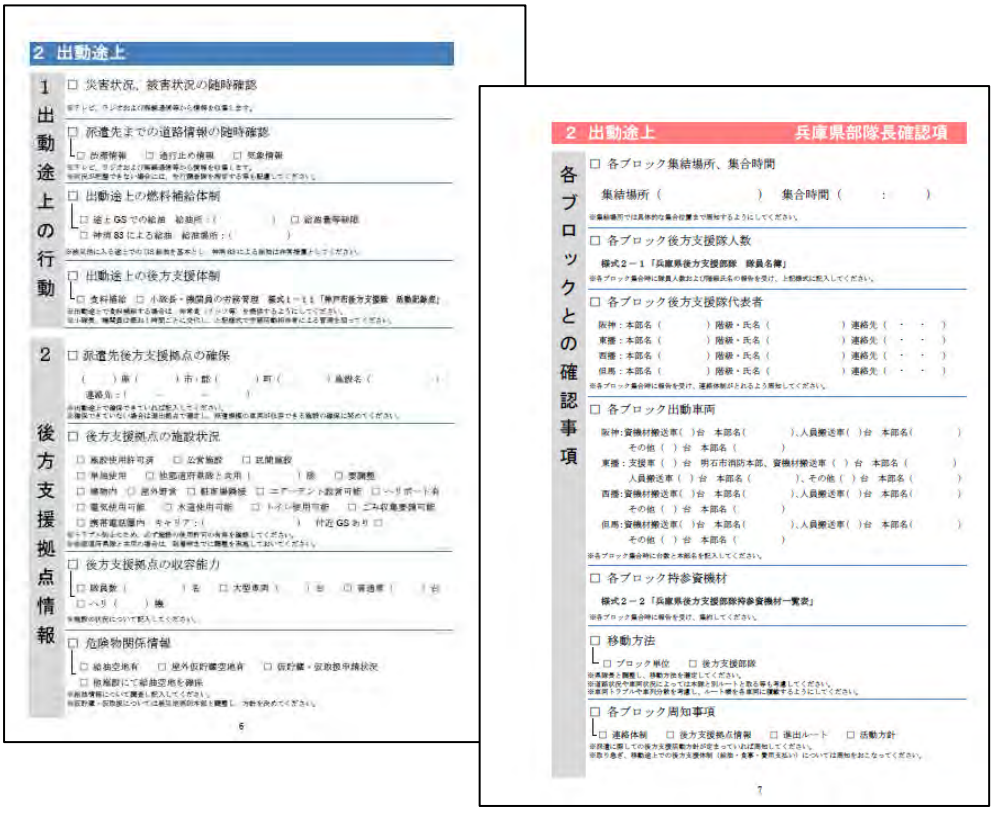


図２　隊長用チェックリストの抜粋②

当市後方支援隊長区分と県後方支援隊長区分を分けて作成し、それぞれの立場からの確認事項と連携内容が分かりやすくなるよう工夫している。

図３　隊長用チェックリストの抜粋③

巻末に各種説明事項を添付し、運用車両と資機材の特徴と注意事項、作業所要時間について参考として使用できるよう工夫している。

写真１　隊長用チェックリスト

ショルダーベルトを取付け、持ち運びやすくしている。チェックをおこなう際にも記入しやすくなるように、ベルト取付位置を工夫した。

写真２　担当者用チェックリスト

担当者は活動をおこないながらチェックをすることから、活動の邪魔にならないポケットに収納できるサイズのチェックリストを作成した。

2.　東日本大震災の教訓を生かした後方支援活動の検証

遠隔地で長期間活動するという今まで経験したことのない派遣となった東日本大震災では、特に派遣初期において後方支援活動が困難を極めたことから、これを教訓として緊急消防援助隊ブロック訓練において、作成したチェックリストの運用に併せて次のような後方支援活動について検証を実施した。

(1)　食事提供方法

迅速出動や初期派遣隊などにおいて現地での調達を必要とせず、搬送が容易でかつ簡易な調理方法で短時間に提供することが可能な食事を検証した。

検証した食料は、アルファ化米、レトルト食品（丼）、カップ麺の 3 種で、いずれもお湯を使用するだけで提供することが可能なものである。

これらの食品は長期的に提供するには栄養が偏る内容であるが、検証の結果、下記のとおり混乱した状況が予想される初期の現場では非常に効果的であることが確認され、後方支援隊の負担軽減に大きく寄与した。（写真 3、写真 4）

ア　お湯だけを使用するため、まな板や包丁といった調理器具を一切必要とせず、給湯器さえ用意できれば現場で提供することができる。

イ　提供する品目が少なく、準備や撤収の時間が大幅に短縮できる。

ウ　提供品目の統一により発生する容器ごみを重ねることが可能となり、ごみ排出量が削減される。

(2)　総務省消防庁貸与車両の運用

訓練においては燃料補給車と支援車 I 型を使用し、後方支援活動の中心的存在となるように積極的な運用を図ったところ、次のような効果が見いだされた。

ア　燃料補給車

i　訓練現場に赴き、長時間活動車両への燃料補給を実施したところ、活動実施中の車両が給油のために現場を離れる必要が無くなり、安定した現場活動を実施することができた。（写真 5）

ii　小型の消防車両であることを活かし、道路状況の先行偵察や情報収集に使用することができた。

イ　支援車 I 型

i　車両居室部分の拡張機能を使用して、県隊の会議室として使用したほか、エアーテントでは収容しきれなかった隊員を車内で宿泊させることができた。（写真 6）

ii　装備されている発電機で後方支援拠点への

写真 3　アルファ化米による食事提供状況
給湯のみによる調理方法のため使用資機材数が抑えられ、後方支援隊の負担が軽減された。

写真 4　カップ麺による食料提供状況
短時間で大量に用意することができ、準備や撤収の時間が大幅に短縮された。

電力の供給、積載している上水を使用しての炊事活動を実施し、完全自己完結の後方支援活動が実現された。（写真 7）

iii　県内他市消防本部に貸与された支援車と任務分担をはかり、野営地での後方支援活動だけでなく、訓練現場に赴き活動隊員の後方支援を実施するなど、今までに無い多元的な後方支援活動が可能となった。（写真 8）

写真 5　燃料補給車による給油活動状況
活動車両が給油のために現場を離れることなく活動を継続することが可能となった。

写真 6　支援車内での会議の状況
拡幅された室内を利用して、多人数となる県隊の会議を実施することができるようになった。

写真 7　支援車からの上水供給状況
現場での水源が確保され、安定した活動が実施できた。

写真 8　支援車による現場後方支援の状況
現場での後方支援活動など、多元的な活動が可能となった。

(3)　新しい資器材の運用

東日本大震災以後に配備した資器材として、かご車を活用した。以前は台車やリヤカーといった物を使用して資器材を搬送していたが、より搬送効率を上げるために購入したかご車を、支援車と合わせて貸与されたものも含め、運用した。

一度に多くの資器材を搬送できるだけでなく、使用する場所や用途ごとに分けて資器材を積載することができ、資器材搬送や後方支援拠点設営の省力化に貢献した。（写真 9）

また、支援車 I 型と共に貸与された資器材として、エアーテントとワンタッチテント、バル

ーンライト、各種折畳テーブルと折畳いすなどを運用したが、いずれも軽量かつ取扱いが容易であり、従来の資器材に比べて少人数、短時間で設営することが可能となった。（写真 10～写真 12）

このほか、隊員間の交信用にトランシーバーを人数分持参し各隊員が所持することによって、複数の活動場所で同時平行した作業が容易となり、情報の共有や意思疎通が可能となったため、後方支援活動がスムーズに実施できた。

写真 9　かご車を使用した資機材搬送状況
多数の資機材が搬送可能なだけでなく、目的別の積載をすることで活動の省力化に貢献した。

写真 10　新しいエアーテントの設営状況
従来の資器材に比べて少人数、短時間で設営することが可能となった。

写真 11　テント、折畳テーブル等の使用状況

写真 12　照明、折畳椅子等の使用状況

(4)　ごみ、排水減量の検証

東日本大震災では、発生するごみの処分が問題となった。本来的には自己完結が基本であり、可能な限り持ち帰るべきである。

今回の訓練では、発生するごみや排水を減少させる食事方法の提供や、ごみ回収方法の徹底をおこなった。

まず、食器にラップをかぶせた上から食料を載せて食事を提供すること、次に、回収するごみの分別の徹底と、容器と食器回収方法の工夫によりごみのかさを減らすことに成功した。（写真 13、写真 14）

また、カップ麺スープの飲み残しはポリタンクに回収したところ、食器を洗う必要がなくなったため一切の排水を発生させないようにできた。

これにより最終的に発生したごみは可燃物ご

み袋 2 袋、資源ごみ袋 1 袋、排水ポリタンク 1 箱にとどまり、被災地の負担が一切発生しない、自己完結を実現することができ、かつ持ち帰り時の汚損を防ぐことができた。（写真 15）

写真 13　器にラップをかけた食事の提供状況

器が汚れることなく回収することができ、洗浄せずリユースすることができる。

写真 14　徹底的に分別されたごみの状況

分別の徹底と容器、食器回収方法の工夫により、発生するごみの圧縮に成功。

3.　緊急消防援助隊等における後方支援活動についてのアンケートの実施

検証を実施した訓練に参加した後方支援隊員を対象にアンケートを実施し、その結果について考察をおこない、今後の後方支援活動への提言や改善を図ることとした。

写真 15　回収方法の徹底により減少したごみ

回収方法の徹底により、発生ゴミの圧縮はもとより、持ち帰り時の汚損も防ぐことができる。

(1)　アンケート設問内容（抜粋）

アンケート回答者数：15 名

【設問 1】派遣経験について、あなたは、後方支援隊として派遣されるのは何回目ですか？　（訓練・実災害を併せて）

初めて：8　／　2 回目：3　／　3 回目以上：4

【設問 2】後方支援隊の編成方法について

本部職員で編成するべき:4　／　各署職員で編成するべき:0　／　本部、各署混成であるべき：8　／　その他：3

【設問 3】後方支援隊の人数について

増やしたほうがいい：10　／　減らしたほうがいい：0　／　その他：5

【設問 4】後方支援隊の業務量について

多すぎると思う：6　／　少ないと思う：0　／　どちらでもない：9

【設問 5】後方支援隊の活動効果について

十分な効果があったと思う：11　／　活動効果は乏しいと思う：1　／　その他：3

【設問 6】チェックリストの効果

効果があった:11　／　効果がなかった:4

【設問 7】効果があった理由

業務内容が理解しやすい:5　／　必要な業

務が網羅されている:5　／　業務の進行が時系列で整理されている:2　／　その他：2

【設問 8】効果がなかった理由

チェックする時間がとれなかったため：2　／　チェック項目が多すぎる：2

【設問 9】後方支援資機材取扱や後方支援隊運用についての訓練実施について

実施したほうがよい:9　／　今のままでよい：3　／　その他：3

(2)　アンケート結果の考察

ア　アンケート対象者の派遣経験について、初めての職員と複数回派遣の職員がおよそ半数ずつとなり、経験の浅深どちらの隊員からも意見を聴取できたと考えられる。

イ　後方支援隊の編成については、本部・各署混成による編成が好ましいという意見が半数を占め、大規模な派遣となった場合には全市的な部隊運用を考慮する必要があるなどの意見がある反面、車両や資器材の取扱い、後方支援のしくみについて、ある程度の知識や経験がある職員が必要となること、また消防署は所轄の警備人員に余裕がないため本部職員での編成が好ましいとの意見も聞かれた。

このことから、編成については派遣規模に応じた人数を本部および各署から編成することが最善であり、交替制勤務者だけでなく日勤者についても編成の対象とするなど、編成に関する方針を定めることが必要と考える。

ウ　後方支援隊の派遣人数については増加の意見が多く寄せられたが、これは検証をおこなった訓練では、後方支援部隊が野営地と訓練現場双方での活動が必要となったことや、野営地内でも炊事場所と野営場所が別の敷地となっていたことなどから、後方支援隊は多忙を極めたためと思慮される。

検証をおこなった訓練は 1 泊 2 日の短期間であり、必要な人員数は算定できなかったが、長期派遣が見込まれる場合や派遣規模が大きい場合には、より多くの人員が必要とされることは明白であるため、隊数の算定指針を定める必要があると考えられる。

エ　後方支援隊の業務量については、概ね妥当な数であるとの意見が多く聞かれ、その効果についても十分効果があったとの意見があった。しかし、前述のように検証をおこなった訓練では後方支援隊が多忙のため、現場活動隊員の補助を受けながら活動したことから、実戦での効果を疑問視する声もあった。

後方支援隊の活動は、現場活動の部隊を支えることであるため、できるだけ後方支援隊のみで完結できる活動を実施することを目標に業務内容や派遣人数を決める必要があると考えられる。

オ　チェックリストについては、効果が大きかったとの意見が多く聞かれた。

特に、後方支援隊としての活動経験の浅い隊員からは、大きな問題もなく活動でき、活動指針になったとの意見が聞かれたが、持ち歩きに不便なことや、チェック項目が多すぎて具体的なイメージがつかみにくいとの指摘もあり、より使用しやすいものとするために、指摘された項目についての改善を図ってゆく。

カ　後方支援活動の訓練実施については、今までこのような訓練をおこなったことがないことや、新しい車両資機材が導入されたこと、事前準備の際に取扱うことでスムーズに使用できたことから、訓練が必要であるとの意見が多く聞かれた。

しかしながら、訓練実施についての調整が難しいことなどから訓練方法について検討する必要があると考えられる。

これらの課題については、資機材とその取扱い方法の周知について消防学校での昇任研修でのプログラムに組み込むことや、共有

ファイルで公開するなどの意見が寄せられ、実施が現実的であるため、前向きに検討してゆく。

【おわりに】

今回の研究によって、後方支援活動というものがいかに重要なものであるか、いかに多岐にわたる活動が必要とされるかを再認識することができた。

「チェックリスト」を作成することによって、後方支援活動がより安心して確実に実施される一助になったこと、また後方支援についての知識と認識を共有するために訓練や研修をおこなうきっかけを作ることができるようになったことは、大きな成果といえる。

しかし、多岐にわたる後方支援については第一歩を踏み出したに過ぎず、様々な分野で一層の創意と研究を重ねる必要があり、より充実した後方支援活動が実施できるように努力していきたい。

平成 27 年度　優秀賞　一般による消防防災機器等の開発・改良

窒素富化空気を用いた移動式防消火装置の開発

株式会社モリタホールディングス
廖　赤虹、関　修治、山村智恵、濵田貴行、山野光一、坂本直久

1. はじめに

2011 年に発生した東日本大震災は、想定をはるかに超える巨大な地震・津波により、甚大な被害をもたらした。地震による強い揺れに対する建築物等の被害軽減には、耐震化等の取組み強化が求められ、初期消火を担う固定式消火設備も例外ではない。

核燃料再処理工場では、溶媒として n-ドデカンとリン酸トリブチルを大量に使用しており、その漏洩時の火災対策として、二酸化炭素固定消火設備を装備している。しかし、原子力施設において、固定消火設備の耐震クラスは原子力機器の本体に比べ数段低いため、大地震で破損する恐れが高く､その対策は長年の課題である。

また、福島原発事故以後に策定された原子力施設の新安全基準は、火災対策の強化に加え、テロ対策とシビアアクシデント対策も新たに要求した。

核燃料再処理工場に求められた、これら新安全基準への対応策として、既存の二酸化炭素固定消火設備のバックアップとさらなる安全強化を目的に、大流量の移動式窒素富化空気防消火装置（以下、NEA 装置という）を開発し実用化を果たした。

2. 設計条件および基本構想

核燃料再処理工場の防消火システムに求められる事項を以下に示す。

① 防護対象：複数閉囲区画
② 対象可燃物 : n-ドデカンとリン酸トリブチル
③ 消火剤：水系不可
④ 消火剤連続供給時間：24 時間以上（溶媒漏洩時の出火防止と消火後の再燃防止のため）
⑤ 消火時間 : 2 時間耐火構造の区画に対して、消火剤の注入から 1 時間以内
⑥ 地震対策：転倒・破損しないこと
⑦ テロ対策：平時、防護対象から離れること
⑧ 動力：外部電源に依存しないこと
⑨ 使用環境：屋外、悪天候でも使用可能

すべての事項を包括する消火剤供給源として、窒素分離膜を用いた窒素富化空気（NEA）が最適と判断した。分離膜方式の窒素供給は、軽量化が図れ、小型化し易い。また、圧縮空気さえ確保できれば、消火剤として NEA を継続的に供給できる。さらに、移動式としてエンジン付コンプレッサと組合せることで、地震に強く、機動性の高い、継続的に消火剤を供給できる防消火システムが実現できる。

3. 窒素分離膜の原理と構造

気体分離膜は、多孔質膜と均質膜に大別される。多孔質膜は、篩いのように孔の大きさで透過する物質（分子）を選択する。一方、均質膜は、高分子材料への気体分子の溶解度および膜中の拡散速度差を利用してガス成分を分離する。本装置は後者を採用した。図 1 に窒素分離膜の構造を示す。アルミ製モジュールの中にポリイミド製の中空糸が詰められている。圧縮空気が中空糸の内側を流れていく間に、酸素が選択的

に膜を透過し、結果、中空糸膜出口は窒素富化ガスが得られる。また、分離膜モジュール出口の圧力を変化させることにより、窒素富化ガスの流量と濃度を調整できる。

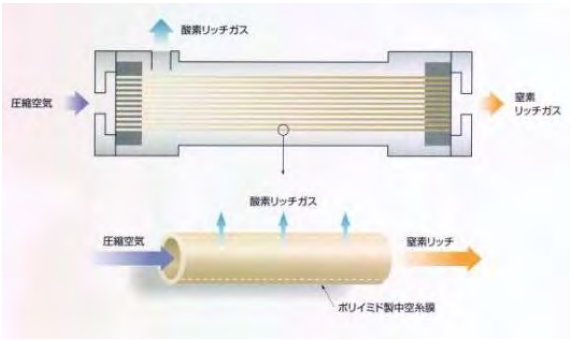


図 1　窒素分離膜の構造（宇部興産 HP より）

4.　消火の目標濃度と必要空気流量の決定

n-ドデカンとリン酸トリブチルなどの燃料の引火点および消炎濃度を表 1 に示す。n-ドデカンの窒素消炎濃度 33.5%、対応酸素比率 13.9%は、n-ヘプタンとほぼ同じである。リン酸トリブチルの消炎濃度の知見はないが、絶縁油の引火点と同等であることから、窒素消炎濃度は n-ドデカンより低いと推測された。したがって、防護対象区画内の目標設定濃度は、n-ドデカン消炎時の酸素比率 13.9%を基準とした。それに対応する防護対象区画内の窒素濃度は 86.1%である。

本装置は設計上、安全率を考慮して窒素固定消火設備の設計濃度（酸素比率 12.5%）を目標濃度とし、対象区画への NEA 注入開始から 1 時間以内に、区画内の酸素比率を 12.5%にする設計基準とした。なお、NEA 装置は、ボンベを用いる固定式消火設備と異なり、空気を原料とするため､供給できる消火剤の量に限りはない。したがって、設計濃度達成後も NEA の注入を継続することで、区画内の酸素濃度はさらに低下させることができる。

表 1　各種燃料に対する消火剤の消炎濃度

項目 / 燃料名	引火点（℃）	N_2 消炎濃度（%）	対応酸素比率（%）
n-ヘプタン	-4	33.6	13.9
n-ドデカン	74	33.5	13.9
軽油	66	29.8	14.7
絶縁油	148	28.3	15.0
リン酸トリブチル	146	－	－

設計基準の対象とする最大区画の容積に基づき、選定した分離膜の特性と以下に示した NEA の自由流出式により、NEA 装置の最大空気消費量や分離膜の数量などを算出した。

$$C_x = C_e - (C_e - 79)\exp(-Q \cdot t / V)$$

ここで、対象区画の容積を V (m^3)、区画に注入する NEA の窒素濃度を C_e (%)、NEA の注入流量を Q (m^3/s)、注入時間を t (s)、区画内の窒素濃度を C_x (%)とする。

5.　NEA 装置の特徴と主要諸元

図 2 に本装置のシステム構成の概要を示す。装置は、圧縮空気供給系統、空気清浄系統、気体分離系統および制御・放出系統に 4 区分される。圧縮空気供給系統からの圧縮空気は、空気洗浄系統によってダストや油分を除去された後、気体分離系統に導入される。そこで窒素富化空気（NEA）と酸素富化空気（OEA）に分けられ、NEA は消火剤として取り出し、OEA は大気に放出する。また、NEA の濃度と流量は制御部で制御される。

これまで、分離膜を用いた大流量の窒素供給装置は固定型として工場などに設置・使用されているが、移動式の防消火用途としての実例は報告されていない。工場などに設置する場合、スペースが確保され、運転環境も安定しているため、システム設計と製作上に制約は少ない。それに対して、移動式でかつ、緊急装置としての利活用では、小型化への配管の集約、走行時の耐震性、環境変化への適応性、短時間運転での結露対策など、多くの課題を解決する必要がある。そのため、NEA 装置の開発は、以下の要

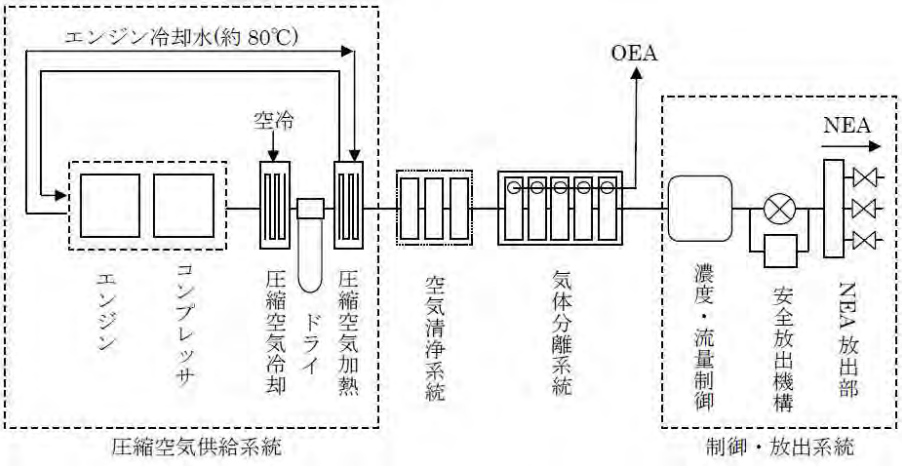


図 2　NEA 供給システムの概要

素を重視した。

・信頼性

圧縮空気用のコンプレッサは、予備用 1 台を含めた計 4 台を並列で給気することで、故障による影響を軽減した。また、分離膜も 5 つの独立ユニットを並列化することで、故障したユニットは容易に系統から切り離せる構成とし、緊急用としてより高い信頼性を確保した。さらに、車両が走行できなくなる状況を想定し、車両に搭載された空気清浄系統とガス分離系統および制御・放出系統をそれぞれにユニット化して、容易にほかの車両に積み替える工夫をした。

NEA の供給については、搭載車両の電源を利用して自動制御されるが、車両の全電源が故障した場合に備えて、手動でも NEA を供給できる仕様とした。

・易操作性

緊急時、装置操作に不慣れな人も容易に操作ができるよう、操作手順および関連箇所の画像はすべて操作パネルに表示する仕様とした。すなわち、操作パネルの指示に従えば、一連の操作が完了できる（図 3 の a、b）。

NEA 濃度は、区画内の酸素濃度がもっとも早く下がる「最適モード」と、達成した低酸素環境を低燃料消費で維持する「濃度維持モード」および有人空間での使用を想定する「安全モード」など、複数の制御モードを用意し、状況に応じた設定を揃えた（図 3 の c）。また、NEA 注入状況を把握するために、対象区画内の酸素濃度を予測する機能も備えた。対象区画の容積を操作パネルに入力すれば、演算機能で NEA の注入流量と濃度から、区画内の酸素濃度と目標値達成までの時間を予測値としてパネルに表示する（図 3 の d）。

・安全性

移動式の装置から対象区画への NEA 輸送に剛体の圧力配管は使用できないため、軽量で柔軟性を有する消防用ホースを用いる。通常は水を流す消防用ホースに気体である NEA を流す場合、以下の 2 例において、ホースが暴れ、周囲の人に危害を加える恐れが懸念された。

(i) ホース間の結合が外れたとき

(ii) 展開したホースに急に大量の圧縮空気を流すとき

(i)の解決には、使用する消防用ホースすべてに、新開発の不意離脱防止結合金具を採用した。この結合金具はホースが加圧すると自動的に結合力が強くなる機構を有するため、従来の結合金具に比べ、不意離脱が起こりにくい。

(ii)の解決には、ホースの振れ軽減機構を取り入れた。具体的には、展開したホースに、はじめは低圧で所定流量の NEA を流してホースの形状を徐々に安定させた後、大流量の NEA を供給する制御機構を採用し、ホースの暴れを回

避する。また、ホースの形状を安定させる過程でホースにキンク（曲折）が発生して NEA の送気に支障が出た場合を考慮し、キンクの発生と発生場所を知らせる機構も備えた。

NEA 装置の主要諸元と装置本体写真を表 2 と図 4 に示す。また、装置の実測データから算出した NEA の流量（濃度）と送気可能距離を図 5 に示す。

(a) 温度切替操作の指示　　(b) コンプレッサの接続指示

(c) 注入モード選択画面　　(d) 区画内濃度の予測画面

図 3　制御パネルの操作指示と表示の例

表 2　NEA 装置の主要諸元

NEA 供給装置本体	窒素分離膜式窒素富化装置（1 基）
圧縮空気供給手段	トレーラ付エンジンコンプレッサ（3 台）
定格圧縮空気消費流量	3100m^3/h（SATP 基準）
NEA 流量範囲	400～2500m^3/h（SATP 基準）
NEA の N_2 濃度範囲	99～85%
連続運転時間	24 時間以上（要給油）
燃料	軽油
装置の設置形態	車載（可搬式）
装置総重量	約 9500kg
車両外寸	全長 8.5m、全幅 2.5m、全高 3.4m
送気ホース	呼称 65 消防ホース *不意離脱防止結合金具取付
送気時の安全管理	ホースの振れ軽減機構付属
送気口数	3 口（3 区画への同時送気可能）
給気口数	4 口（コンプレッサ 4 台同時接続可能）

図 4　開発した移動式 NEA 防消火装置本体

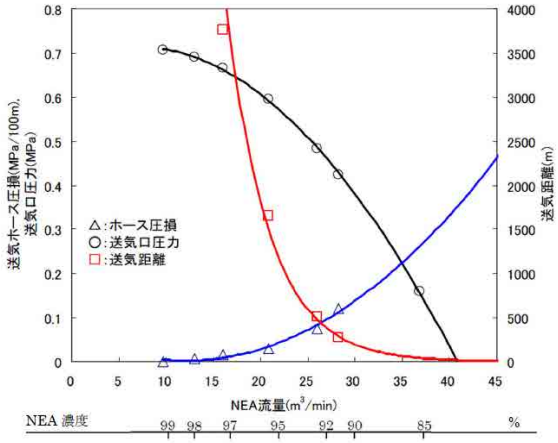


図 5　NEA 流量と濃度に対応する送気口圧力と送気距離

空気供給流量が約 50m^3/min、消防用ホース（φ65）1 線で送気し、かつ末端の放出圧力が 0.1MPa を保持する条件で、最適モードに該当する 95%濃度の NEA の送気可能距離は約 1km となる。

図 6 に防護対象区画の容積と設計濃度達成時間との関係を示す。定格の 3 台のコンプレッサを使用する場合（空気流量約 50m^3/min）、1700m^3 の容積を有する防護区画内の酸素濃度を 1 時間

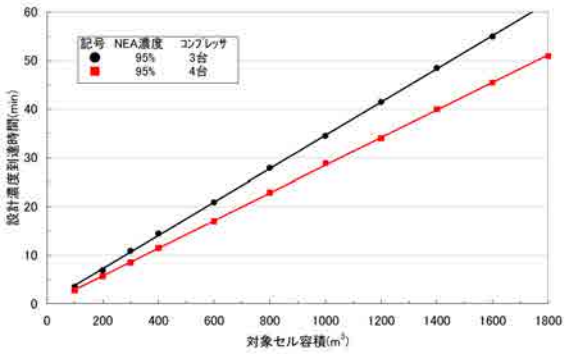


図 6　対象区画の容積と設計濃度（87.5%N_2）到達時間

程度で設計濃度の 12.5%に低下させることができる。予備のコンプレッサを同時に投入する場合、より早く防火または消火の濃度が達成できる。

6. まとめ

信頼性と易操作性および安全性を重視し、窒素分離膜を用いた移動式の NEA 装置を開発し、実用化を達成した。

NEA 装置は、動力（燃料）さえ確保できれば、大気から消火剤として利活用できる窒素を連続的に生産し、継続注入できる防消火システムである。

NEA 装置の他用途への展開としては、水を嫌う通信施設や図書館保管庫などの既設消防設備のバックアップ手段、内部浮き蓋付き屋外貯蔵タンク異常時の不活性ガス供給源、燃料貯蔵タンクや石油タンカーの定期修理や洗浄時の防爆手段などの利活用が可能である。

本開発の NEA 装置が、既設防災設備のバックアップ装置として、災害時の「想定外」を「想定内」とし、被害を低減する防消火装備の一翼になることを願う。

平成 27 年度　優秀賞　一般による消防防災機器等の開発・改良

透明樹脂製蓄圧式消火器の開発

株式会社初田製作所

1. 現状と問題点及び課題

1.1. 消防防災における近年の動向と問題点

消防活動において、消火と防火は一体である。しかし、近年発生している火災の動向を見ると一般家屋での火災時の消火器使用率が低下し、初期消火なしの比率が増加している。高齢者とその世帯における罹災率の高まりと焼死事例の増加はその傾向を示しているといえよう。

また、2020 年に開催される東京オリンピックに向け、国内の防災・セキュリティ対策意識が高まりつつある。一方で、消防防災業界においては消火器を悪用した爆破事件や加圧式消火器の劣化による破裂事故の問題事例が引き続き報告されている。そのような状況を受けて、より安全・安心な消火器製品への期待が強まってきた。

1.2. 消火器使用に届けられるユーザーの声

消火器使用についてユーザーから届けられる声は、その第一が「重い」であった。弊社独自の中高年を対象にしたアンケートによると、消火器質量は 3kg を超えると重く感じるという意見もあり、現行の鉄製消火器ではその総質量がおよそ 5kg であることからも、消火器質量の軽量化や操作性に優れた消火器が望まれている。

第二には「見えない、判らない」という意見が続いた。消火器本体の容器素材としては、鉄、アルミニウム、ステンレス等の金属類が使用されるのが一般的であるが、これらは外部から容器内部の状態を確認することができない。設置される消火器の中に消火剤が入っているのか、肝心の時に本当に使用できるのか、視覚的に得られる確実性が乏しいことが原因である。

そして、第三は「設置環境に馴染まない」であった。業務用消火器は容器表面積の 25%以上が赤であることが義務付けられている。そのため、緊急の際にはその所在を見つけやすいことが利点であるが、その反面、日常環境や人々の色彩感覚にはなかなか馴染みづらいのが現状である。昨今では人目につかないように隠れた場所に設置されるなど、緊急の際を考えれば本末転倒な状況も多く見られている。

1.3. 「軽い」+「見える」+「使える」　次世代消火器を

経済とは経世済民。初田製作所は消火器製造を通して豊かな経済の発展に貢献し、人々のかけがえのない生命を守ることを使命と考えている。その変わらぬ「志」のカタチを進化させ、消火器の革新を図ることを今世紀の優先課題として研究開発を行ってきた。その消火器は、軽い、見える、そして使える革新的な開発である。着手から販売まで 8 年間を要し、志したカタチは世界初の「透明樹脂製蓄圧式消火器」である。

本体容器にポリエチレンナフタレート（PEN）を用いた透明樹脂製蓄圧式消火器「CALMIE」（図 1）が、消火器の技術上の規格を定める省令（昭和 39 年自治省令第 27 号）第 53 条の規定に基づき基準の特例の適用を受け、型式承認を得た。そして、消防法（昭和 23 年法律第 186 号）第 21 条の 9 の規定に基づく表示が付され、平成 26 年 5 月より販売を開始した。

図 1　透明樹脂製蓄圧式消火器 CALMIE

2.　開発

極限の軽量化、中身が確認でき、そして馴染みやすく使いやすい安全・安心な消火器の開発を行うことを目標とした。しかし、これまでディファクトスタンダードであった金属素材を使用すると、これらの課題をすべて解決することはできない。そのソリューションとして多彩な機能を持った「樹脂」に着目し、樹脂の製造・加工・活用のノウハウを有する（株）帝人と、特殊な成型技術や成型機械の開発に優れる(株)フロンティアとの共同開発が実現した。

2.1.　樹脂の特徴

樹脂とは熱や圧力などによって可塑性または硬化性を示し、任意の形に加工・成型できる高分子物質の総称である。金属素材と比較すると、1) 軽量、2) 耐食性を有する、3) 透明な素材がある、4) 成形による形状の自由度が高いことが利点として挙げられる。しかし、その反面、強度、耐熱性、耐候性、ガス・水の透過性に関しては脆弱であると言われており、消火器容器に樹脂を採用した際に長期間の使用環境で性能を維持できるかといった課題があった。

初田製作所では、製品開発において懸念されていた耐圧性、耐候性、ガスバリア性の課題に対し、独自の試験を行いその性能を検証し、金属にも劣らない樹脂素材のポリエチレンナフタレート（PEN）を選定した。

2.2.　ポリエチレンナフタレート（PEN）の特徴

ポリエチレンナフタレート（PEN）は、酸成分のナフタレンジカルボン酸（NDC）とグリコール成分のエチレングリコールとの重縮合物である結晶性熱可塑性ポリエステルであり、以下に挙げる特徴を有している。また、基本的な特性を表 1、表 2 に紹介する。

・透明性が高い
・熱変形温度が高く、耐熱性に優れる
・ガス透過、水分透過が極めて低い
・耐薬品性、耐加熱分解性に優れる

特徴や性能比較からわかるように、ポリエチレンナフタレート（PEN）は、一般的な樹脂の中でも酸素ガスや水蒸気のバリア性が高く、強度面においても強いことが特長である。

表 1　一般的な樹脂の酸素ガスおよび水蒸気バリア性比較

材料名	酸素ガス透過量 ($cm^3/m^2/24hr$)	水蒸気透過量 ($g/m^2/24hr$)
ABS	1,920	33
PC	3,700	170
PET	110	50
PEN	16	7

表 2　PET と PEN の特性比較

基本的特性	PET	PEN
融点［℃］	252	265
ガラス転移温度［℃］	70	120
荷重たわみ温度［℃：0.45MPa］	68	107
引張強さ［MPa］	58	80

2.3.　樹脂容器の成形

樹脂製消火器用の容器は、射出成型とブロー成形の 2 段階の工程により作製される。

1 段階目は射出成型工程で、樹脂ペレットを溶融し、低温の金型に圧力をかけて射出、冷却

固化させプリフォーム（ブロー成形前の形状）を作製する。そして、2 段階目のブロー成形では、縦、横の 2 軸方向に延伸を行い、本体容器を得る。製造方法としては、飲料用ボトルとして一般的なペットボトルの製法と同様である。ただし、消火器容器の耐圧性能を得るために、板厚は約 1.5mm と飲料用ペットボトルに比べて約 3 倍厚くなっている。

2.4. 樹脂製消火器の性能検証

樹脂製の容器ならびにキャップを使用した消火器を実現するに当たっては、通常の金属製消火器に要求される内容に耐える性能を有し、さらに 2.1.項で述べた樹脂ならではの特徴についても、消火器として機能することを確認する必要がある。

蓄圧式消火器は、設計標準使用期限を一般的に 10 年としている。FRP（繊維強化プラスチック）等ではない完全な樹脂のみでできた容器で、圧力を保持し、かつ 10 年間使用されるような事例は、消火器に限らず類型が存在しなかった。したがって、樹脂製蓄圧式消火器の開発に当たっては、特に樹脂製の耐圧容器としての長期にわたる性能保持について検証を要した。

2.4.1. ガス透過性

2.1.項で述べたとおり、樹脂は気体を透過させる性質を有する。蓄圧式消火器において、気体の透過量が大きければ当然ながら 10 年間蓄圧力を保持することができない。ガス透過性を下げる（別の言い方では「ガスバリア性を上げる」という）方法としては、コーティングを施す方法などもあるが、弊社では樹脂材質そのものにガス透過性の低い樹脂を選定し、さらにガス透過量を実測することとした。

ガス透過量の測定を行った試験装置について、一例を図 2 に示す。実際に成形した樹脂容器に窒素ガスを封入し、チャンバー内に設置した。チャンバー内は、真空引きして 3 か月間保持した。圧力差により容器内部からチャンバー内へと透過した窒素をセンサーに取り込み、その漏れ量から透過率を算出した。結果、得られた窒素のガス透過率から約 50 年間蓄圧力を維持できるガスバリア性が確認され、製品化された材質ポリエチレンナフタレート（PEN）および容器を選定した。

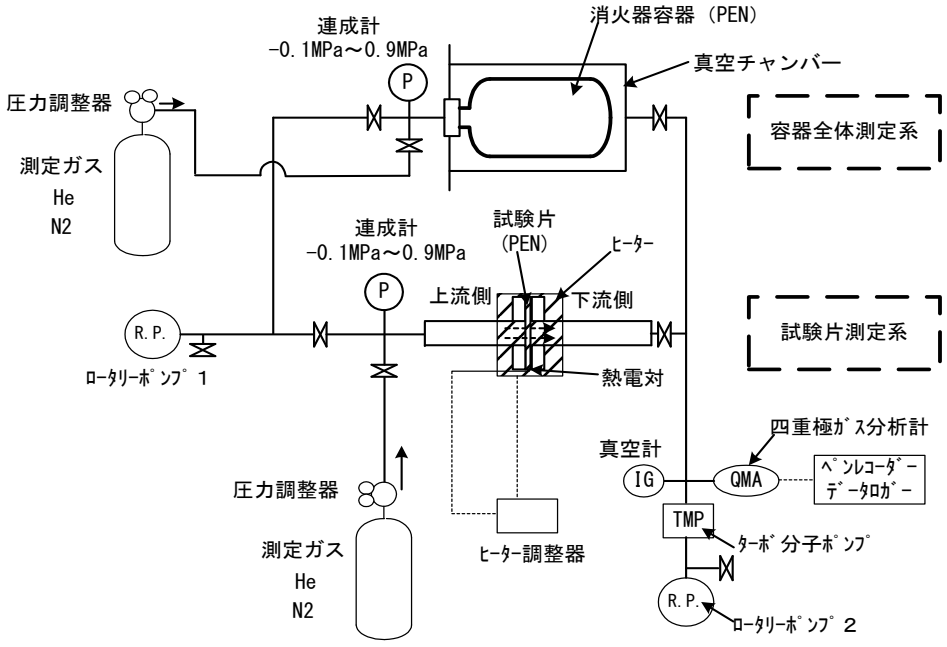


図 2　ガス透過量測定装置

2.4.2.　耐候性

樹脂は錆びることはないが、一方で紫外線と水によって劣化することが広く知られている。紫外線と水に対する耐久性を耐候性と呼び、長期の耐候性は促進試験機を使用して評価するのが一般的である。

また、耐候性については広く研究されているものの、実暴露の条件での試験結果との比較にはあまりにも期間が掛かることから、未だ不明な点も多い。耐圧容器に樹脂を用いた場合に、内部からの応力や薬剤が耐候性に影響するか否かは、事前調査では明確な答えが得られなかった。したがって、蓄圧式消火器の促進耐候性試験は、消火器の状態に組み立てた上で、薬剤を充てんし、充圧も通常通り常温下で 0.9MPa となるよう行った状態で実施した。試験時間は、10 年に安全率を加えた期間に相当するとして 2,500 時間とした。試験前の容器と、2,500 時間後の促進耐候性試験を実施した後の容器の引張降伏応力の結果を図 3 に示す。この結果から、ポリエチレンナフタレート（PEN）容器は、2,500 時間を経過しても大きな強度低下は見られず、10 年間の耐圧性能を維持すると結論した。

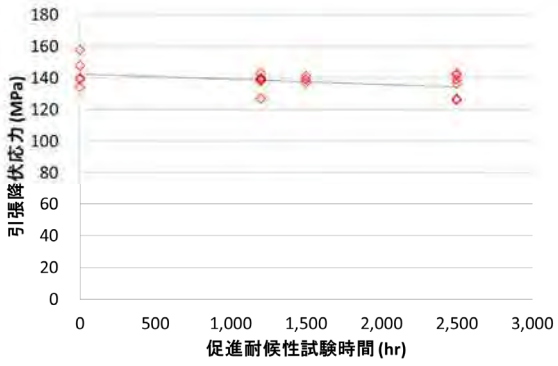


図 3　促進耐候性試験時間に対する破壊時の引張降伏応力の推移

3.　開発による効果・仕様

3.1.　ポリエチレンナフタレート（PEN）が実現した軽さ

ポリエチレンナフタレート（PEN）樹脂の採用により、本体容器重量を約 340g まで軽量化することができた。また、キャップやレバー、ホースに至る容器以外の部品にも樹脂を採用したことで、薬剤を除く消火器全体の重量もこれまでの一般的な鉄製の同型消火器に比較し、半分の約 1kg と、トップクラスの軽さを実現した。（図 4、図 5）

図 4　本体質量比較
（薬剤質量を除く。当社、従来容器質量と比較）

図 5　化粧カバー内部の構造

3.2.　透明容器

ポリエチレンナフタレート（PEN）樹脂の採

用により、内部が視認できる透明性を実現した。これは金属や FRP 材質では困難だった特徴である。内部が視認できるようになったことで、これまでキャップを開けるほかなかった内部確認が容易に行えるようになり、点検時に消火薬剤の量や固化を外部から確認できるようになった。また、異物の混入の有無を外部から確認でき、確実に使用できる安心感を達成した。

3.3.　耐候・耐薬品性

図 3 に示した通り、ポリエチレンナフタレート（PEN）樹脂は、消火薬剤を充てんかつ有圧状態での 2,500 時間の促進耐候性試験においても、ほとんど劣化を生じなかった。また、容器が透明であることで内部の消火薬剤への日光の影響が懸念されたが、ポリエチレンナフタレート（PEN）樹脂は近紫外域の紫外線を遮断する特性があり、前述の促進耐候性試験においても、内部薬剤の変質・劣化は見られなかった。

また、樹脂の中には、強アルカリや有機溶剤に溶解するものがあるが、樹脂製消火器は容器に使用しているポリエチレンナフタレート（PEN）の他、レバーや底受にはポリプロピレン（PP）を使用しており、いずれも耐薬品性の高い材質を選定し、ごく一般的な環境での使用には耐えられるものとしている。ただし、消火器本体容器と取扱説明書では、有機溶剤、強酸・強アルカリ類の薬品が使用または保管される場所には設置しない旨の注意喚起を行うほか、設置する場合には適切な防護措置をとることとしている。

3.4.　外部からの耐衝撃性

外部からの衝撃力に対しては、パンクチャー衝撃試験（打ち抜き試験）を実施した。比較としてアルミ製消火器でも同じ試験を実施した。結果を図 6、図 7 に示す。ポリエチレンナフタレート（PEN）樹脂は柔軟性があり、変形はするものの容器が打ち抜かれる、または粉々に砕けるといった事象は発生しなかった。

図 6　パンクチャー衝撃試験（500J）による変形。PEN 製本体容器：貫通せず

図 7　パンクチャー衝撃試験（500J）による変形。アルミニウム製本体容器：貫通（参考）

3.5.　耐熱性と破裂時の安全性

樹脂製消火器については、実際に火災の現場で使用する物である以上、耐熱性についても確認を行った。ポリエチレンナフタレート（PEN）の融点は 270℃と金属製の消火器よりは低くなっているが、実際に火に向けて放射する状況を想定した場合、人が近づける範囲においては消火器が放射している間に 270℃に達することはない。また、消火器が有圧状態で火災現場に取り残された後の破裂等の危険性については、内圧上昇により激しく破裂に至る前に溶解が起きて排圧することとなり、その挙動としてはむしろ一部の金属製消火器より安全であることを確

認した。

3.6.　ユニバーサルデザイン

3.6.1.　引き抜きやすい「安全栓」

一般的な消火器における安全栓の形状は、基本的に人差し指 1 本で引き抜くよう意図された形状となっている。しかし、1 本の指で安全栓を引き抜くのに必要な力は、平均的な成人男性であれば特に問題なく引き抜ける力であるが、高齢者や女性、年少者にはその力は非常に大きく感じることもある。そこで 2 本指で引き抜くことができるデザインを採用した。また、同時に指に当たる箇所を幅広な形状とすることで、より身体的負担を軽減したデザインとなっている。（図 8）

3.6.2.　握りやすい「レバー」

レバー部には人間工学的知見とモニター調査から、これまでの消火器に比べて持運びしやすく、放射時にレバーを握る力がかけやすいよう幅広のデザインとした。作動側のレバーについては、安全栓と同じ黄色とすることで色での共通性を持たせ、直感的に操作部位が分かるよう意図した。（図 9）

図 8　抜きやすい安全栓

図 9　握りやすい上下レバー

3.6.3.　持ち手のわかる「ホースグリップ」

消火器の使用に馴れていない一般的なユーザーに消火体験をしてもらうと、ホースの先端ではなく根元を握る消火者が一定数存在することが分かった。消火器で火を消すには、ホースの先を握って火元を良く狙って消火する必要があることは消防に関わる者には知られていると考えるが、多くの一般ユーザーがその事実を体感する機会は少なく、肝心の時にも正しく消火できないと考えられた。そこで、消火活動時に消火器の能力を最大に発揮できるように、誰もが思わず正しい場所に手を伸ばす直感的な使用を促すようにデザインした。（図 10）

内容物の有無が誰の目にもわかる容器や、上記のような操作性を意図したデザインが認められ、ドイツのデザイン賞である IF 賞を受賞している。

図 10　持ち手のわかるホースグリップ

4.　今後の課題

今回の透明樹脂製蓄圧式消火器の開発で、重さや内容物の確認ができないといった消火器が、従来は当然としてきた問題について、進歩的な形で一つの解答を提案できたと考えている。

しかし、消火器の質量に関しては更なる軽量化を求める声も届いており、消火器メーカーとしてその使命を感じている。本製品は商品化して間もないため、その社会的貢献度は萌芽的段階であるが、樹脂製蓄圧式消火器の普及と更なる研究開発・改良によって社会に貢献したいと考えている。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告

充電式カイロから出火し、リコールに至った事例

北九州市消防局
松本二郎、小野重喜、長谷川梢、吉住悠志、松本龍一、髙倉誠二

1.　火災の概要

本火災は、平成 26 年 1 月、ショッピングセンターの共用通路において、客のバッグ内の充電式カイロから出火し、充電式カイロ、バッグ及び財布等の一部を焼損したものである。

出火原因については、充電式カイロに内蔵されているリチウムイオン電池内部のセパレータの損傷部分で短絡したものと推定し、当該製品がリコールされ製品回収に至った事例である。

2.　充電式カイロ及びリチウムイオン電池について

(1)　充電式カイロについて

「充電式カイロ」とは、電源を入れると内部の加熱板が発熱し「カイロ」として使用することができる製品である。製品によっては、他の機能を有しているものもあり、多くは内蔵電池にリチウムイオン電池が使用されている。

本充電式カイロは、パソコン等の USB 端子に接続して充電することにより、「カイロ」、「LED ライト」及び「モバイルバッテリー」の 3 種類の用途に使い分けることができる製品である。カイロ使用時の本体表面温度は摂氏約 40 度から 45 度となる。（写真 1～写真 5 参照）

ア　本充電式カイロの仕様

（ア）電池容量：2,000 ミリアンペア

（イ）内蔵電池：リチウムイオン電池

（ウ）寸法：幅 43 ミリメートル、高さ 94 ミリメートル、奥行き 11 ミリメートル

（エ）生産国：中国

（オ）販売台数：14,200 台（出荷台数）

写真 1　販売時の充電式カイロ

写真 2　充電時の状況

写真 3　カイロ使用時の状況

写真 4　LED ライト使用時の状況

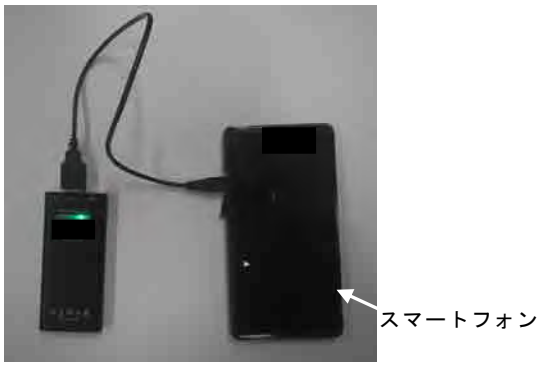


写真 5　スマートフォン充電時の状況

(2)　リチウムイオン電池について

「リチウムイオン電池」とは、リチウムイオンによって充電や放電を行う「二次電池」である。「二次電池」とは、充電を繰り返して何度でも使える電池のことで、これに対して使い捨て電池を「一次電池」という。（図 1 参照）

本リチウムイオン電池は、正極板と負極板の間にセパレータを挟んで巻き重ねて容器（アルミ箔）に入れ、有機溶剤で満たされた構造になっている。溶剤に NMP（N-メチル-2-ピロリドン、引火点が摂氏 92.78 度の危険物第四類第三

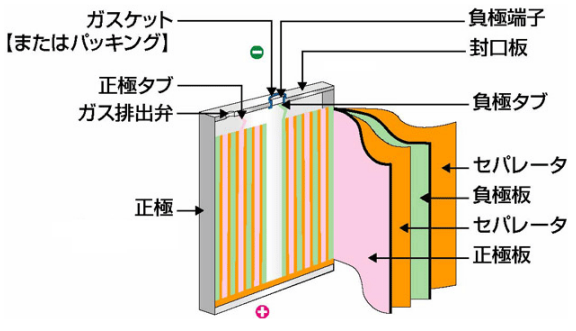


図 1　リチウムイオン電池構造図

写真 6　リチウムイオン電池（同型製品）

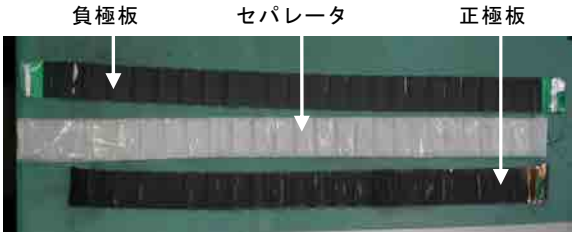


写真 7　リチウムイオン電池内を展開した写真（同型製品）

石油類）を使用している。（写真 6、写真 7 参照）

3.　充電式カイロの使用状況

(1) 充電式カイロは、平成 25 年 12 月に友人から贈られたものである。

(2) 初めての使用は火災の前日で、職場のパソコンで 7 時間充電後、カイロとして 3 時間使用している。（特に異常なし。）

(3) 火災当日は、朝 9 時から職場のパソコンで 4 時間充電後、電源を切った状態でバッグに入れ、昼食のためショッピングセンター共用通路を歩いていた時にバッグ内で出火している。

4.　調査概要

(1)　現場見分状況

焼損したのは、充電式カイロ、バッグ及び財布等の一部であり、出火時のバッグ内には充電式カイロ以外に発火源となるものはなく、現場見分と発見状況から、出火箇所はバッグ内の充電式カイロと断定した。（写真 8 参照）

写真 8　バッグの再現写真

(2)　第一回合同調査（北九州市消防局と NITE）

北九州市消防局消防科学研究所において、充電式カイロを重点的に第一回合同調査（非破壊鑑識）を行った。

ア　外観の状況

充電式カイロ（アルミ外ケース）に衝撃痕等は確認されない。（写真 9、写真 11 参照）

イ　焼損状況

（ア）充電式カイロを入れていた専用ポーチは、内側からの熱を受けている。（写真 11 参照）

（イ）アルミ外ケース下部（リチウムイオン電池部分）は、熱により変色している。（写真 9、写真 11 参照）

（ウ）底面固定用樹脂パーツは、充電式カイロの内部からの受熱により外側に変形している。（写真 9、写真 11 参照）

ウ　エックス線透過装置による内部確認

（ア）リチウムイオン電池に変形及び斑模様が確認できる。（写真 14 参照）

（イ）基盤の変形、短絡痕及び欠損等は確認されない。（写真 14 参照）

エ　まとめ

ア、イ、ウから、第一回合同調査での出火箇所は、リチウムイオン電池部分と推測した。

(3)　第二回合同調査（北九州市消防局、NITE 及び輸入販売元）

輸入販売元に充電式カイロの資料及び同型製品の提供を受け、北九州市消防局消防科学研究所において、第二回合同調査を行った。

ア　エックス線透過装置による内部確認

事故製品と同型製品を比較した。

（ア）リチウムイオン電池に変形及び膨張が確認できる。（写真 14 参照）

（イ）基盤に変形、短絡痕及び欠損等は確認されない。（写真 14 参照）

イ　内部の焼損状況

基盤及びリチウムイオン電池部分をアルミ外ケースから取り出し、事故製品と同型製品を比較した。

（ア）基盤部分に焼けはなく原形を保っている。（写真 15～写真 18 参照）

（イ）リチウムイオン電池部分が著しく焼損している。（写真 15、写真 16、写真 19、写真 20 参照）

写真 9

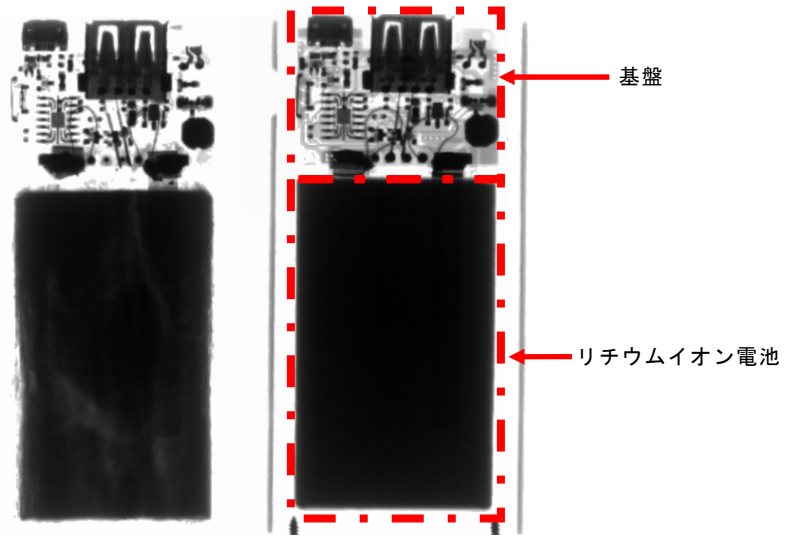
写真 10（同型製品）

写真 11

写真 12（同型製品）

（同型製品）

写真 13



（同型製品）

写真 14　エックス線透過装置による写真

写真 15

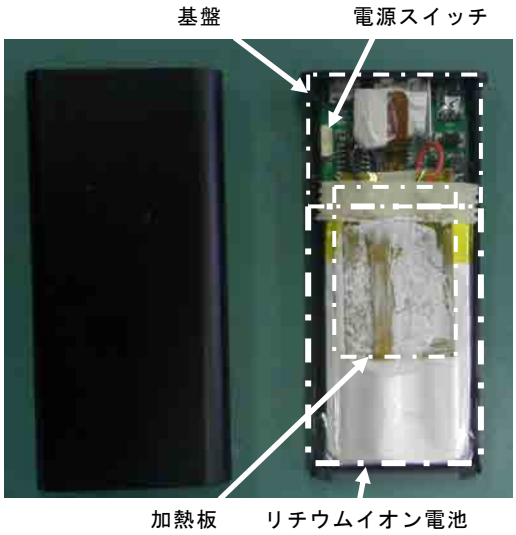


写真 16（同型製品）

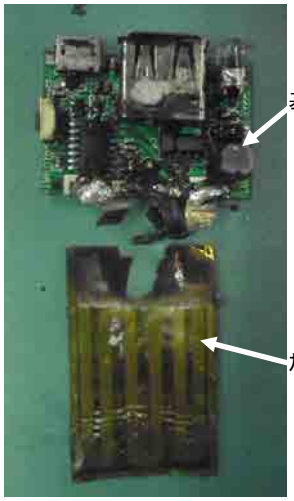


写真 17

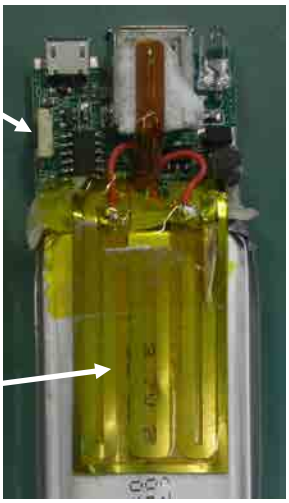


写真 18（同型製品）

写真 19

写真 20（同型製品）

リチウムイオン電池内を展開した写真

ウ　まとめ

ア､イから､第二回合同調査での出火箇所は、リチウムイオン電池部分と断定した。

北九州市消防局、NITE 及び輸入販売元ともに、出火箇所はリチウムイオン電池部分で一致したため、輸入販売元に対して今後の同製品での類似火災の予防対策を早急に実施するよう要望した。

写真 21

写真 22

5. 実験について

(1)　実験目的

焼損品からは充電式カイロの使用立証をすることができなかった。そこで、充電式カイロが使用中に誤作動及び異常発熱を起こすか､また、意図に反し、電源スイッチ（写真 13、写真 16 参照）が押されて電源が入るかを実験する。

(2)　充電式カイロ作動実験

ア　実験内容

充電式カイロの電源を入れた状態で日常的に携帯し、誤作動及び異常な発熱の有無について実験する。

イ　実験結果

（ア）誤作動は起きない。

（イ）カイロ使用時に異常な発熱は起きない。

(3)　電源スイッチ実験

ア　実験内容

（ア）充電式カイロをバッグ等で携帯中に、電源スイッチが収容物に押されて電源が入るか実験する。

（イ）充電式カイロを入れた専用ポーチの上から、電源スイッチを押して電源が入るか実験する。（写真 21 参照）

（ウ）机に対して電源スイッチ面を垂直に押し当てて電源が入るか実験する。（写真 22 参照）

イ　実験結果

（ア）バッグ等で携帯しても電源は入らない。

（イ）専用ポーチの上から、電源スイッチの位置を的確に押すと電源は入る。

（ウ）机に対して電源スイッチ面を垂直に押し当てても電源は入らない。

(4)　まとめ

実験結果から、充電式カイロは正常に制御されており、誤作動は起きない。また、電源を入れる場合は、意図的に電源スイッチを押さなければならず、握りこんだり、バッグやポケットに入れても電源は入らないことが分かった。

6. 出火原因について

リチウムイオン電池からの出火として、可能性のある事項について検討する。

(1)　外部衝撃について

落下など外部衝撃によりリチウムイオン電池のセパレータが破損し、電池内部が短絡して発熱、出火する可能性は考えられるが、所有者の回答によると、充電式カイロに落下等の衝撃は与えていない。また、外装に衝撃痕は確認されない。（写真 9、写真 11、写真 13 参照）

(2)　過充電・過放電について

過度な充電、放電をすることにより、内部の異常な化学反応によって発熱・発火する可能性はあるが、本火災は充電中の火災ではなく、また、出火時の充電式カイロは使用されていなかったため、過充電及び過放電を起こす状態ではないと考える。

(3)　基盤・配線等ショートについて

基盤部分に焼けはなく、基盤に取り付けられた配線、回路及び電子部品に短絡、欠損部分はない。（写真 14、写真 17、写真 18 参照）

(4)　リチウムイオン電池の加熱板による温度上昇について

リチウムイオン電池と加熱板が接触している構造のため、カイロとして使用する場合は、リチウムイオン電池に加熱板から熱が伝わる。（写真 16 参照）

ア　リチウムイオン電池の温度上昇による影響

輸入販売元の提出資料によると、電池パック表面温度が摂氏約 100 度になった場合に、電池パックが膨張し故障するという症状が出る。

また、電池パック内部で異常発熱し、摂氏約 200 度付近になると発火に至る可能性がある。

イ　温度制御

バッテリー（リチウムイオン電池）を電源として、加熱板に電流を流して発熱させ、熱伝導によってアルミ外ケースを温める。それと同時に、アルミ外ケースの内部に接触させたサーミスタの抵抗値の増減を MCU（マイクロ・コントローラー・ユニット）が検知し、温度コントロール ON/OFF 制御回路を作動させ、アルミ外ケースの温度を摂氏 40 度に制御する。（グラフ 1 参照）

「サーミスタ」とは、温度変化に対して電気抵抗が変化する抵抗体のことであり、本充電式カイロは、NTC（温度が上昇すると抵抗が減少する）サーミスタが取り付けられている。（写真 25 参照）

ウ　温度測定結果

熱画像装置及び熱電対温度測定器を使用し、カイロ使用時の温度測定を行った。

（ア）カバーを外した状態（温度制御なし）での内部の最高温度は、摂氏 121.0 度まで上がった。（写真 23 参照）

（イ）カバーを装着した状態（温度制御あり）での表面の最高温度は摂氏 45.5 度で、内部の最高温度は摂氏約 65.0 度であった。（写真 23、写真 24 及びグラフ 1 参照）

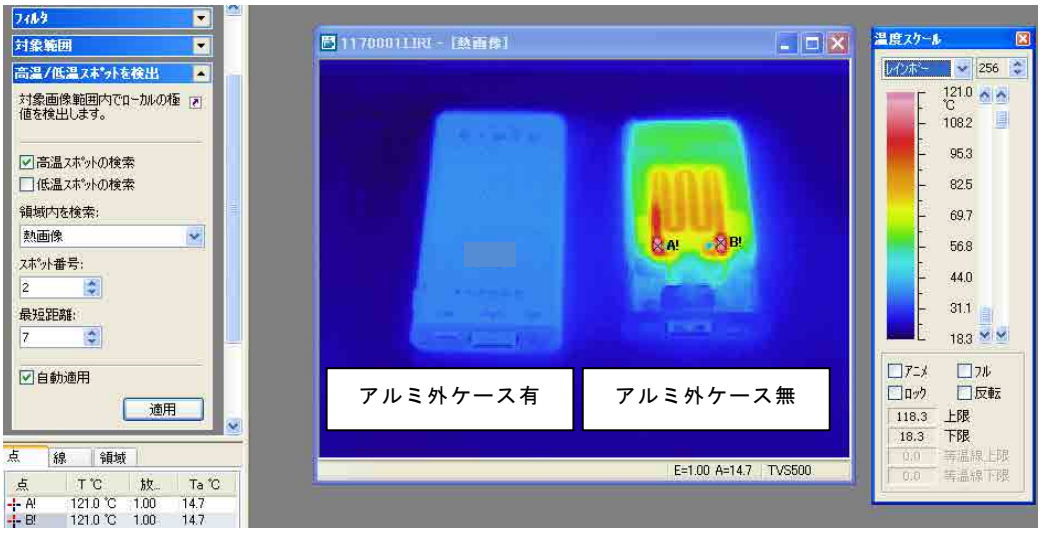


写真 23　熱画像装置温度測定

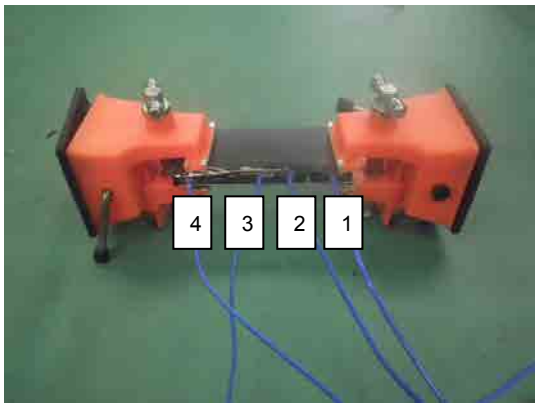


写真 24　熱電対温度測定装置の測定状況

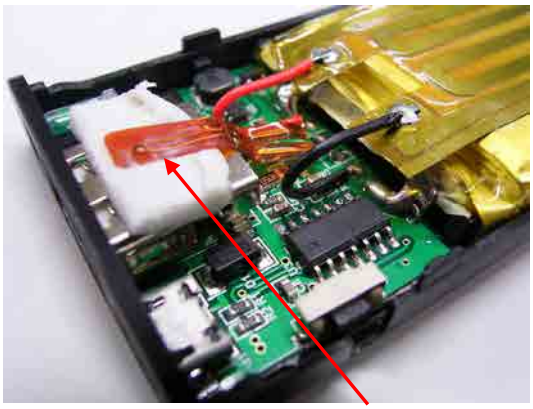
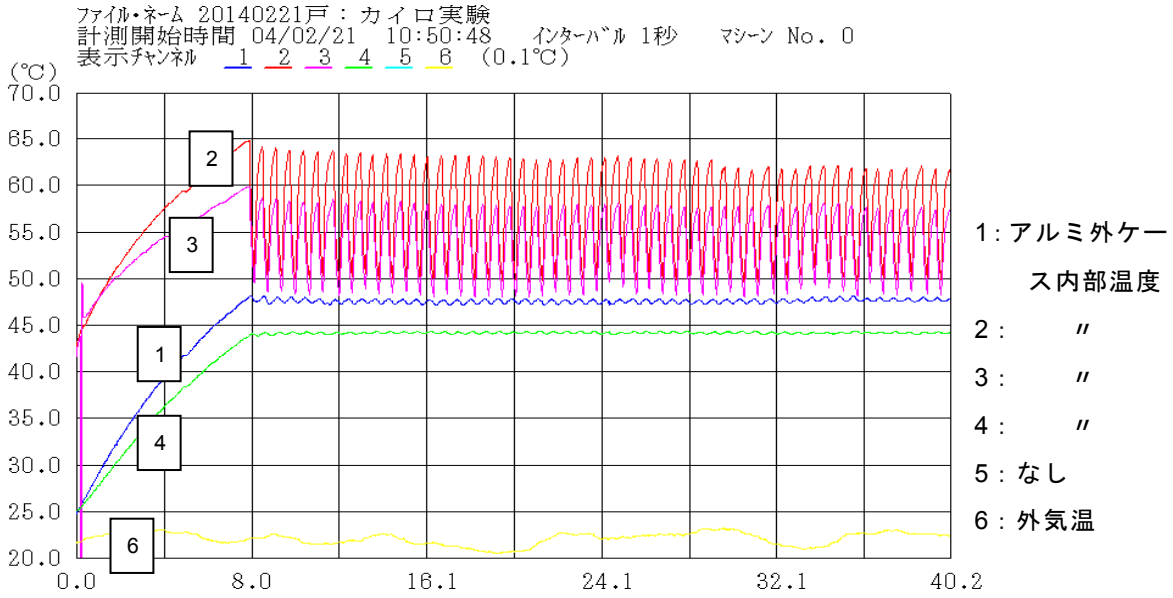


写真 25



グラフ 1　熱電対温度測定装置の測定結果

エ　まとめ

ア、イ、ウから考察すると、リチウムイオン電池と加熱板が接触しているが、温度コントロール ON/OFF 制御回路が作動することによって温度管理されており、発火に至ることはない。

(5)　リチウムイオン電池内の異種金属の混入について

リチウムイオン電池製造時、リチウムイオン電池内部の正極と負極の間に異種金属が混入して発熱、絶縁破壊が起こり短絡、出火に至る可能性がある。

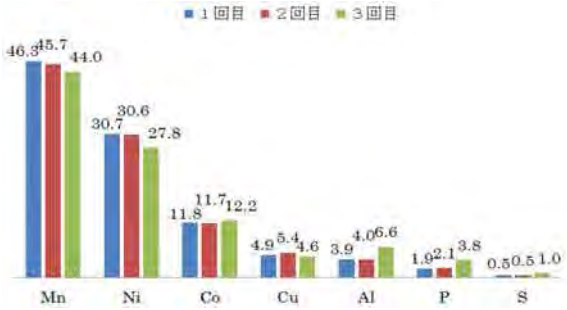
エネルギー分散型蛍光エックス線分析装置による分析では、採取物（充電式カイロ内蔵バッテリー電極の付着物）の構成元素は、マンガン（Mn）、ニッケル（Ni）、コバルト（Co）、リン（P）及び硫黄（S）であり、輸入販売元から提出された電池構成成分表と比較すると、採取物の構成元素はすべて電池構成成分に含まれ、採取物を構成する主要成分以外の成分は検出されないことから、採取物には異種金属の混入はないと考える。（写真 26 及びグラフ 2 参照）

(6)　セパレータの異常

リチウムイオン電池の製造時にセパレータに傷があり、その損傷部分が短絡し、出火する可能性は考えられるが、セパレータは焼失しており、損傷の事実確認はできない。（写真 19、写

真 20 参照）

写真 26　エネルギー分散型蛍光エックス線分析装置による分析風景



グラフ 2　60 箇所測定したうちの 3 箇所の測定結果

(7)　結論

出火箇所が充電式カイロのリチウムイオン電池であることから考察すると、リチウムイオン電池内部が何らかの原因で異常発熱し発火、出火したものと考える。

リチウムイオン電池内部からの出火原因として、可能性のある(1)から(6)について検討した結果、「外部衝撃」、「過充電・過放電」、「基盤・配線等ショート」、「リチウムイオン電池の加熱板による温度上昇」及び「リチウムイオン電池内の異種金属の混入」は、出火原因として否定した。

また、「セパレータの異常」については、セパレータは焼失し、損傷の事実確認はできないが、セパレータに損傷がある場合は、電源の入切に関係なくリチウムイオン電池内部で短絡し、出火する可能性が十分に考えられる。

充電式カイロの工場出荷から使用までの期間に出火しなかったのは、未使用で電力消費がなかったため、極小のセパレータの損傷部分が拡大するには至らなかったからと考える。

使用開始後は、充放電に伴いセパレータの損傷部分に微量の通電が始まり損傷部分が徐々に拡大し、短絡を起こしたものと考える。

よって、本火災は、リチウムイオン電池内部のセパレータの損傷部分で短絡し、出火したものと推定した。

7.　火災予防対策について

(1)　北九州市消防局の対応

北九州市消防局は、火災原因調査が完結する前に報道機関への広報活動を行った。火災原因調査が完結していない状態での広報を実施するかを検討した結果、同製品からの類似火災を早急に防ぐために早い段階で実施した。

ア　平成 26 年 2 月 3 日　NHK「ニュースブリッジ北九州」放送。

イ　平成 26 年 2 月 3 日　NHK「ニュース 845 北九州」放送。

ウ　平成 26 年 2 月 4 日　FBS「NEWS5 ちゃん」放送。

エ　平成 26 年 2 月 4 日　西日本新聞（朝刊）、朝日新聞（朝刊）、毎日新聞（朝刊）に掲載。

(2)　輸入販売元の対応

充電式カイロのリコールを決定し、製品を回収した。

ア　告知日　平成 26 年 1 月 24 日

イ　告知方法

（ア）輸入販売元 WEB ページにて告知。

（イ）輸入販売元直営店にて告知。

（ウ）卸業者へ文書にて告知。

（エ）平成 26 年 1 月　朝日新聞（朝刊）にて告知。

(3)　輸入販売元への意見、要望

輸入販売元に、下記の項目について要望書を交付した。

ア　製品構造について

製品構造として、リチウムイオン電池と加熱板が直接接着されて温度管理はサーミスタでなされているが、サーミスタの異常（故障等で作動しなかった場合「最高摂氏 121 度」となる。）や発熱による電池本体への過負荷等を考慮し、隔壁を設ける等の遮熱構造とすることが望ましい。

イ　製造工程について

電池受入検査時の不具合（電池パック膨張）の発生率は 0.1 パーセント以下であるが、一般的にこの発生率は非常に高く、製造工程に何らかの問題があると考えられる。納入時に不良が発見されたリチウムイオン電池を電池メーカーに調査させ、製造工程の不備を改善させるなどの対策を要望した。

ウ　回収実績の報告について

今回リコールした充電式カイロの回収実績を、毎月、北九州市消防局に報告することを要望した。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告

蛍光灯電極部からの火災事例

京都市消防局
伊藤香平

1.　火災概要

本火災は、複合型商業施設内の家電量販店の売り場天井において、従業員がプラスチックが燃えたような臭いを感じ、埋め込み式 4 灯型蛍光灯器具の内 1 灯の蛍光ランプ口金付近からの断続的な煙と火花を確認し、他の従業員及び警備員に知らせ、電源を切り、焼損した蛍光ランプを外して鎮火させたものである。

埋め込み式 4 灯型蛍光灯器具のうちソケット 1 箇所に焼き及び溶融が認められ、1 灯の蛍光ランプ口金樹脂部分に溶融、同口金樹脂部分の電極フィラメントの一部が焼失しており、人的調査もあわせた結果から、当該埋め込み式 4 灯型蛍光灯器具からの出火と考えられたため、製造会社等の立会いのもと鑑識を行うものとした。（写真 1～写真 3 参照）

また、蛍光灯器具は家電量販店が建築された 1997 年から設置されており、交換はしていない。蛍光ランプは必要に応じて交換されていたため、蛍光灯器具と蛍光ランプは異なる製造会社のものを使用していた。

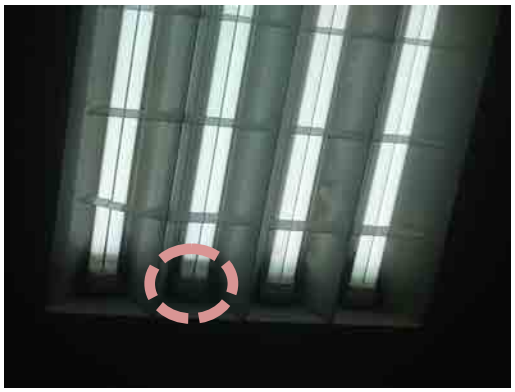


写真 1　出火した埋め込み式 4 灯型蛍光灯器具

写真 2　出火した蛍光ランプ

写真 3　出火した蛍光ランプの電極部を拡大

2.　見分結果等

当局研究課において、蛍光灯器具の製造会社、蛍光ランプの製造会社立会いのもと、蛍光灯器具及び蛍光ランプの鑑識を実施した。

(1)　蛍光灯器具

端子台を起点とした 2 つの回路があり、蛍光ランプ 2 灯に対して電子安定器 1 器を使用する直列回路となっている。インバータ方式で、高

電圧を発生させ電極フィラメントの予熱を行う。

焼きしたソケットの樹脂部分には、グラファイト化は確認出来ず、各配線及び配線結合部に異常は認められなかった。電子安定器の基盤、配線、発振コイル、発振コンデンサー及び電流ヒューズに異常は認められなかった。

(2)　蛍光ランプ

電極フィラメントに電気を流し熱することで、フィラメントに塗布された電子放射物質から蛍光管内部で電子放射がおこり放電状態となり、蛍光管内部の水銀原子と、放電された電子が衝突して紫外線が反応して可視光線が発生する。（図 1 参照）

寿命末期には、電極フィラメントに塗布されている電子放射物質は、ステムガラス上にも放射され付着する。付着物が蓄積されることで、ステムガラス上のリード線間に電路が形成し、高い電圧を要求することがある。

口金の樹脂部分に、グラファイト化は確認出来なかった。

図 1　蛍光ランプのしくみ

3.　出火原因の特定

蛍光灯器具の製造会社及び蛍光ランプの製造会社から安全装置に関する情報を聴取し、出火原因を考察した。

(1)　蛍光灯について

ア　蛍光灯器具（A 社製）

蛍光灯器具の電子安定器には、安全装置として蛍光ランプ点灯中は定格電圧以下に制御する機能が備わっているが、通電は継続する。

イ　蛍光ランプ（B 社製）

蛍光ランプは、ステムガラスの加熱が発生すれば、予めステムガラス上に塗布している水素化チタンから水素を蛍光ランプ管内に放出し、蛍光管内の真空状態を保てなくする。

(2)　蛍光ランプ電極部の状況

片側の電極のフィラメントが断線し、ステムガラスも溶融している。

ステムガラスの溶融温度は約 800 度である。

蛍光ランプの樹脂部分の材質であるポリブチレンテレフタレート樹脂は、約 300 度以上で発火する。

(3)　出火原因の考察

ステムガラス上のリード線間で、付着物に電気が流れてジュール熱が発生しステムガラスが加熱されると、安全装置としてのステムガラスに塗布されている水素化チタンから水素が放出され、蛍光ランプ管内の真空状態が保てなくなる。

蛍光ランプ管内の真空状態が保てなくなっても、フィラメントは蛍光ランプ管内を発光させるために、規格以上の高電圧を要求するが、同じ会社で製造された蛍光灯器具に取り付けられた電子安定器の安全装置が働くことで、高電圧は供給されない。

しかし､使用されていた A 社製蛍光灯器具は、定格電圧以下であるが通電を継続していたため、付着物はジュール熱を発生し続け、ステムガラスの溶融温度である約 800 度に達して溶融を引き起こし、ステムガラスと接しているリード線から蛍光ランプ口金樹脂に熱伝導して、同樹脂が発火温度の 300 度以上に至り、蛍光灯器具のソケット樹脂に着火し、出火したものと推定する。（写真 4 参照）

(4)　蛍光灯器具と蛍光ランプの組合せ

寿命末期に起こる蛍光灯の火災危険は、各メーカーが対策を講じているが、本火災のように

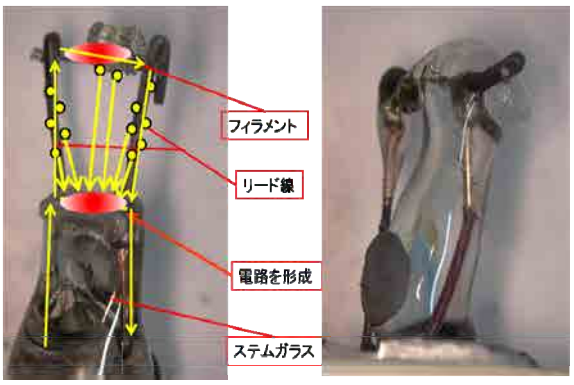


写真 4　蛍光ランプの電極部を拡大

蛍光灯本体と蛍光ランプが違う会社の組合せは日常的に行われている。

本火災で使用されていた蛍光ランプの製造会社（B 社）の蛍光灯器具（電子安定器）は、蛍光ランプからの要求される電圧が上昇したことを安定器が検知して、電力の供給を停止する機能がある。本火災で蛍光灯器具及び蛍光ランプにも使用されていなかった製造会社（C 社）の蛍光灯器具（電子安定器）の安全装置は、異常な発熱を感知した場合、電気回路を遮断する。C 社の蛍光ランプの安全装置は、ステムガラスとフィラメントの間に付着防止板を設置することで、ステムガラス上に電路を形成させないという機能で、電子安定器と蛍光ランプに独立した安全装置が備わっていることになる。（表 1 参照）

表 1　製造会社別の蛍光灯器具と蛍光ランプの安全装置

	蛍光灯器具（電子安定器）	蛍光ランプ
A社	蛍光ランプからの要求される電圧が上昇したことを電子安定器の安全装置が検知して，電圧を下げる。	ステムガラスとフィラメントの間に付着防止板を設置することで，ステムガラス上に電路を形成させない
B社	蛍光ランプからの要求される電圧が上昇したことを電子安定器の安全装置が検知して，電圧の供給を停止（遮断）する。	電極部での異常発熱を感知して，蛍光ランプの真空を壊し，電子安定器の安全装置を働きやすくする。
C社	蛍光ランプからの要求される電圧が上昇したことを安定器が検知して，電圧の供給を停止（遮断）する。	温度ヒューズのようなものを設置し，電極部の異常発熱に反応すると，回路の一部が焼失して，発熱を停止させる。

本火災で使用されていた蛍光灯器具（A 社製）の安全装置は、蛍光ランプからの要求される電圧が上昇したことを電子安定器の安全装置が検知して、電力を下げる。蛍光ランプ（B 社製）は、電極部での異常な発熱を感知して、蛍光ランプ管内の真空を壊し、電子安定器の安全装置を働きやすくするものであった。

よって、寿命末期であった蛍光ランプのステムガラス上の付着物によって出来た、新たな電路の異常な発熱に、B 社製の蛍光ランプの安全装置が働いたが、A 社製の蛍光灯器具の安全装置は、電力を弱めるが供給を継続するものであったため、新たな電路へ電流が流れ続けることによって、出火に至ったと推定した。

4.　指導事項

調査結果を受け、調査員から日本照明工業会に対して規格統一等の提起がなされたが、現時点で具体的な回答は得られていない。しかし、再発防止のために出火店舗及びそのグループ関連会社に対し、蛍光灯器具と蛍光ランプとの互換性について周知するとともに、蛍光ランプ交換時期の把握を徹底するよう指導している。

5.　まとめ

調査員は単なる出火原因の究明に留まらず、蛍光灯器具と蛍光ランプの安全装置の詳細な調査を実施、蛍光灯器具と蛍光ランプの製造会社の組合せによる安全装置の作動状況での、出火する可能性の有無を追及した。蛍光灯からの火災危険を当局の職員に周知することで、地域住民への防火指導等で同様火災の再発防止に繋げている。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告

誘導灯基板の焼損事故について

名古屋市消防局
松本　凌、中江　功、大橋教男、山下一博、平松幸治

1.　焼損事故の概要

耐火造 12 階建老人福祉施設において、8 階エレベーターホールに設置された誘導灯の基板が焼損した。（図 1 及び写真 1、写真 2 参照）

8 階エレベーターホールに設置された煙感知器が異常を検知し自動火災報知設備が発報し、焦げ臭い異臭を感じたが、火煙等は確認できなかった。到着した消防隊が異臭の発生源を検索したところ、誘導灯のランプが消灯していることを確認したため、後日見分を実施した。

写真 1　り災建物を北から見る

写真 2　8 階エレベーターホールを北から見る

2.　誘導灯の仕様

誘導灯の型式は B 級の BL 形であり、平成 15 年 4 月製造の製品である。内部には、冷陰極蛍光管とバッテリーユニットが確認でき、平成 14 年製造の製品である。入力電流・電圧は 0.22A・AC100V、蓄電池は Ni-Cd であり 4.8V・1200mAh となっている。適合ランプは 2×CF220T4EN-E（3.2W）、ランプ電流・電圧は 7.5mA・410V となっている。

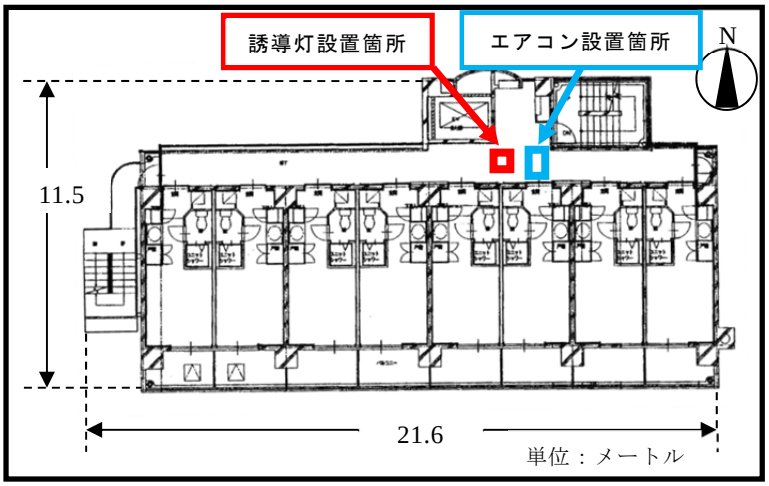


図 1　り災建物 8 階平面図

3.　誘導灯の焼損状況

(1)　外観

本体の外枠及び表示部のピクトグラム等に変形、溶融及びすす（煤）の付着は認められない。（写真 3、写真 4 参照）

(2)　内部

前面枠を取り外すと上部に電源部及び基板ユニット（以下「ユニット」と言う。）が確認でき、ユニット前面はスチール製のカバーで保護されている。中央部には冷陰極蛍光管が 2 本、その下部にバッテリー（ニッカド電池）が組み込まれ、何れも異常は認められない。（写真 5 参照）

(3)　ユニット部

ユニットカバーを取り外すと、紙フェノール製の基板が確認できる。基板を見分すると、向かって右上部を中心に基板が焼損し、周囲の構成部品に異常が認められる。（写真 6 参照）

正常な同等品と比較するとトランジスタ TR45（以下「TR45」と言う。）本体は基板上から脱落し 3 本あるリード端子の内、1 本が折損し基板に溶着している。脱落した本体を見分すると、白く焼き変色している。（写真 7、写真 8 参照）

TR45 と同様にインバータ回路を形成するトランジスタ TR46（以下「TR46」と言う。）は白く焼き変色し基板上に残存している。

TR45 と TR46 の間に設置されたフィルムコンデンサ C51（以下「C51」と言う。）は両端が焼きし、TR45 側のリード端子が基板から離脱している。（写真 7、写真 9 参照）

トランス T40（以下「T40」と言う。）はコイル部に巻かれた青色の保護テープが若干変色している。保護テープを切り開き、内部のコイルを見分するもテープ裏面に変色やコイル本体に異常は認められない。（写真 7、写真 10 参照）

TR45 に近接しているチョークコイル L40（以下「L40」と言う。）はコイル部全体が若干黒く変色しているが目視による異常は認められない。（写真 7、写真 11 参照）

アルミ電解コンデンサ C40、C41、C42（以下「C40、C41、C42」と言う。）は C42 に若干のすす（煤）が付着している以外に変形等の異常は認められない。（写真 7、写真 11 参照）

基板上の他の構成部品に異常は認められない。

次に基板裏面を見分すると、全面が樹脂製の絶縁シートで覆われており、絶縁シートには直径約 1 センチメートルの溶融が 2 箇所確認できる。この溶融箇所は電界効果トランジスタ（FET）TR47（以下「TR47」と言う。）及び TR46 取付部に接する位置が溶融している。基板の焼損箇所を見分すると TR47 本体と TR45 及び TR46 の取付はんだ部が強く焼きしている。（写真 12～写真 14 参照）

写真 3　誘導灯の東面側を見る

写真 4　誘導灯の西面側を見る

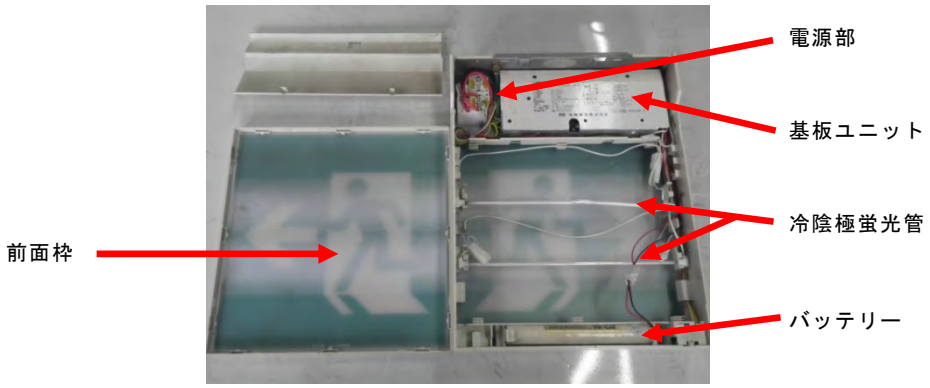


写真 5　誘導灯内部の状況

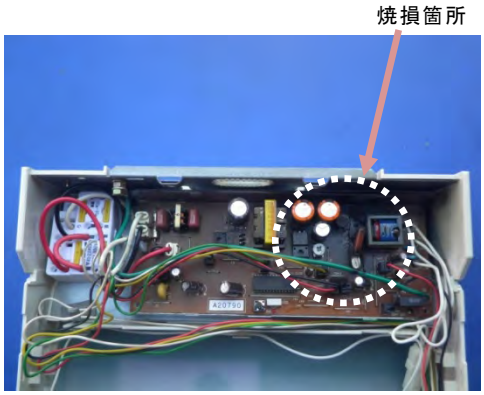


写真 6　紙フェノール製基板の状況

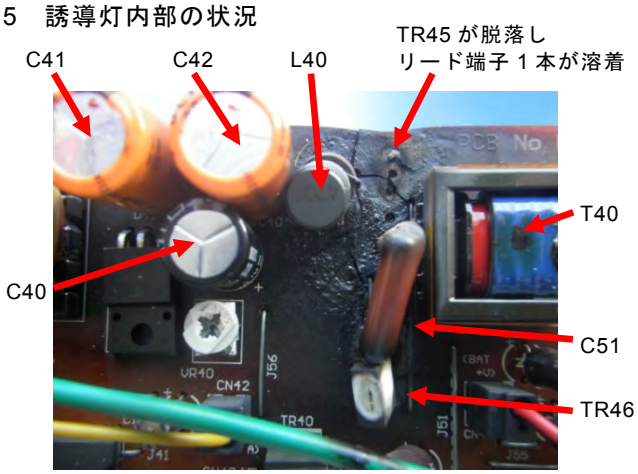


写真 7　基板の焼損箇所を拡大

写真 8　脱落した TR45 の状況

写真 9　焼損箇所を左側面から見る

写真 10　T40 の内部の状況

写真 11　焼損箇所を右側面から見る

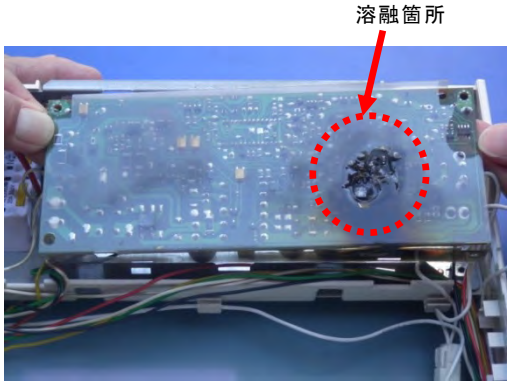


写真 12　絶縁シートの溶融箇所

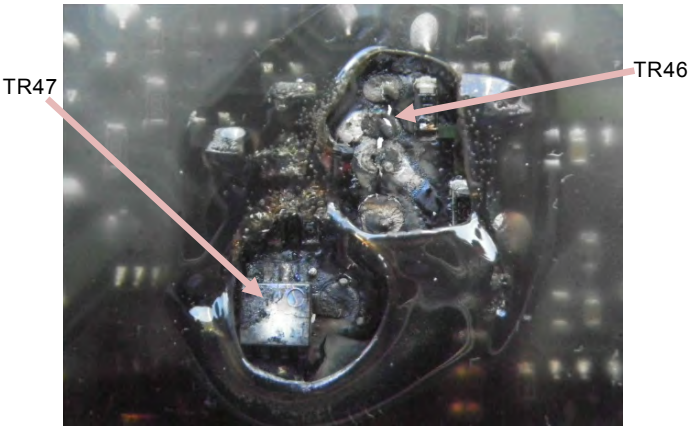


写真 13　溶融箇所を拡大

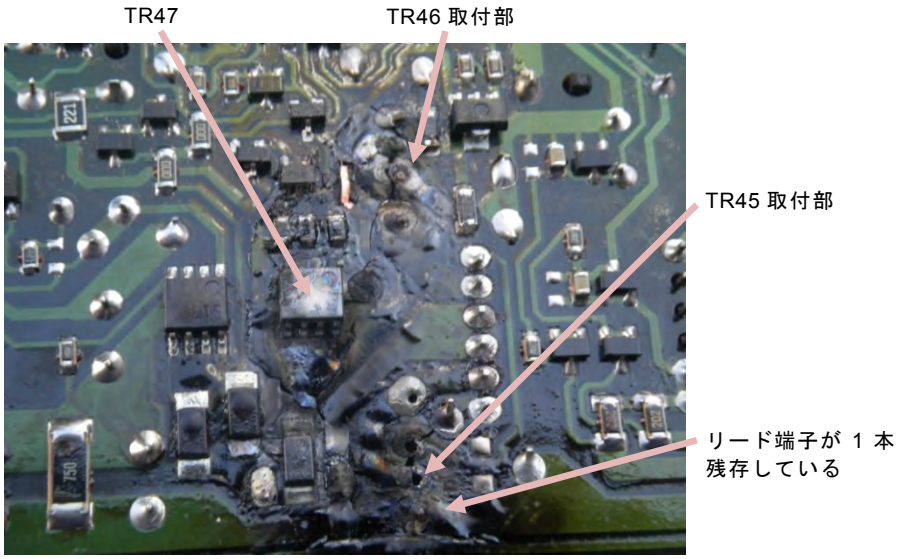


写真 14　基板裏面の焼損箇所

4.　鑑識

焼損箇所付近の構成部品を「独立行政法人製品評価技術基盤機構」（以下「NITE」と言う。）に対しエックス線撮影及び電解コンデンサの容量が低下していた場合、トランジスタに影響を及ぼす可能性が考えられることから、電解コンデンサの容量測定等を依頼した。

(1)　エックス線撮影

エックス線撮影の結果から部品内部に異常が認められるのは TR45 及び TR46 だけである。何れも内部のボンディングワイヤが断線し、過電流が流れたものと推測される。また、TR45 については、リード端子のエミッタが完全に溶融している。なお、メーカーが別途実施した検証結果もほぼ同様であった。（写真 15～写真 23 参照）

(2)　電解コンデンサの容量測定

電解コンデンサ C40、C41 及び C42 について容量測定を実施したところ、C40 について部品表示されている容量と比較してかなりの低下が認められた。そこで、正常な基板に容量の低下した C40 を載せ換えて、8 時間連続 3 日間の計 24 時間の通電実験を実施したが、冷陰極蛍光管は正常に点灯し、他の部品に発熱・発煙等の異常は認められなかった。（表 1 参照）

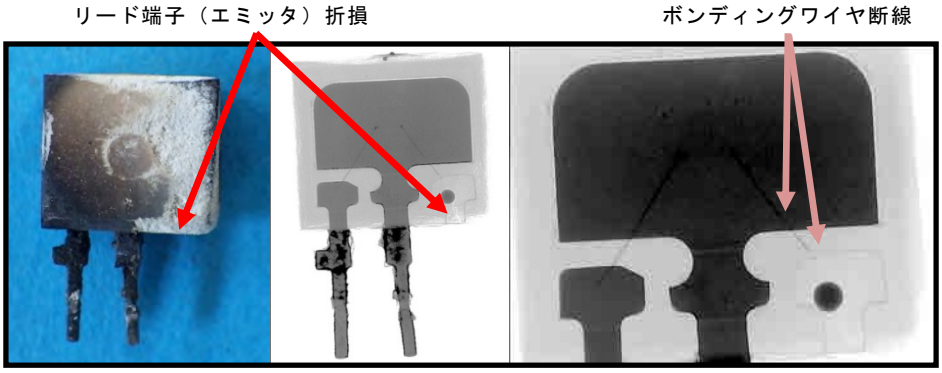


写真 15　TR45 の状況（左は外観、中及び右はエックス線写真）

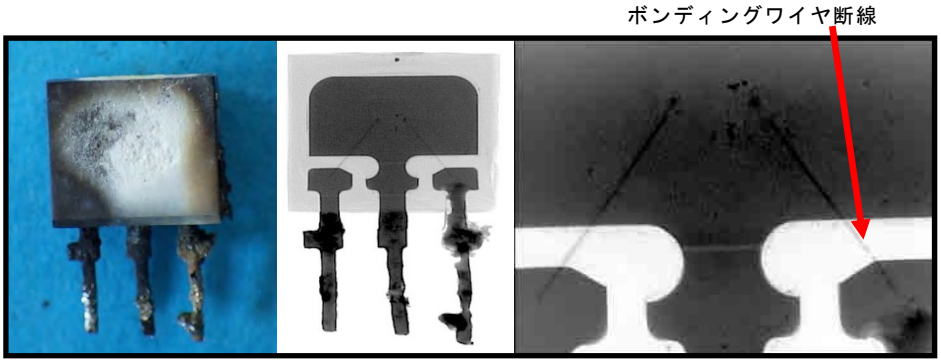


写真 16　TR46 の状況（左は外観、中及び右はエックス線写真）

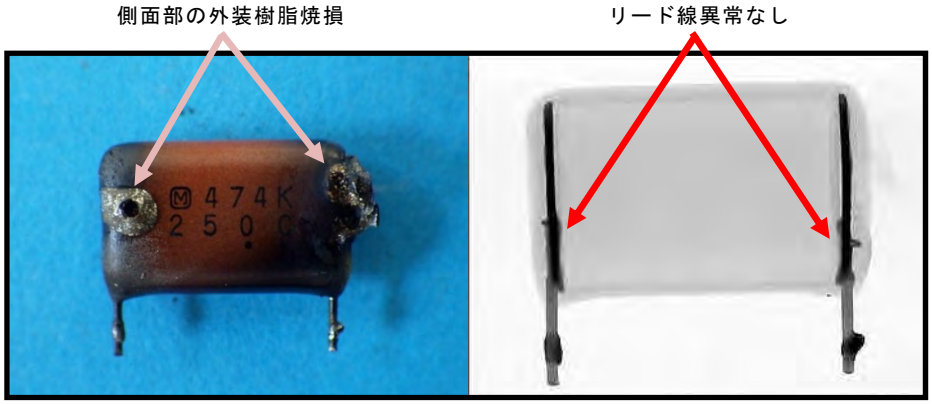


写真 17　C51 の状況（左は外観、右はエックス線写真）

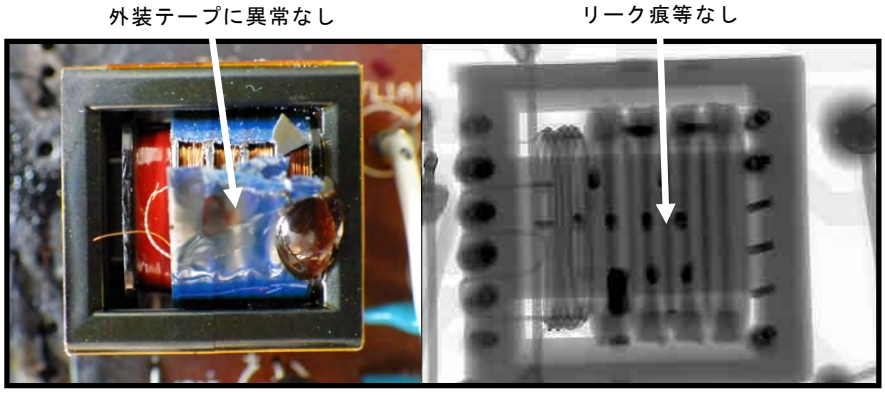


写真 18　T40 の状況（左は外観、右はエックス線写真）

写真 19　L40 の状況（左は外観、右はエックス線写真）

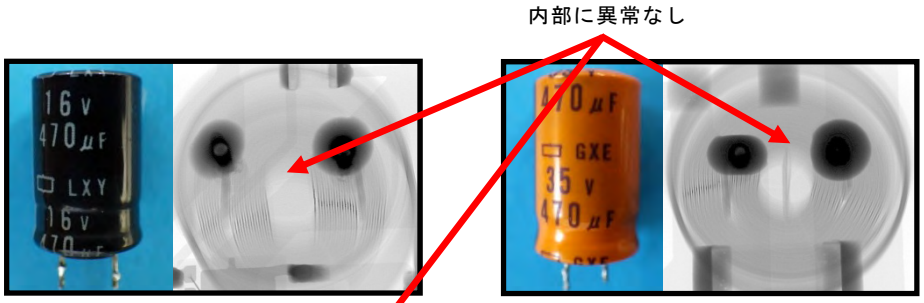


写真 20　C40 の状況

写真 21　C41 の状況

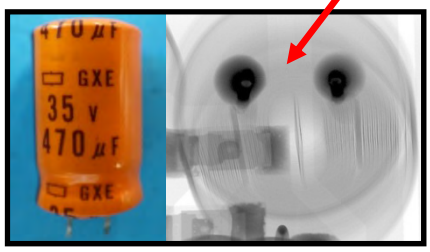


写真 22　C42 の状況

写真 20～写真 22 の
左は外観、右はエックス線写真
（上方から撮影）

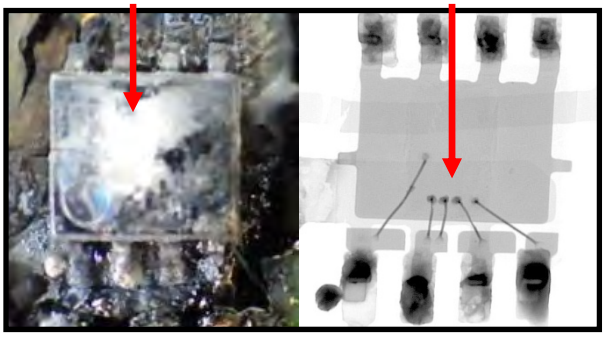


写真 23　TR47 の状況（左は外観、右はエックス線写真）

表 1　電解コンデンサの容量測定結果

		焼損品	部品表示
電解コンデンサ 容量（μF）	C40	10.91	16V/470
	C41	394	35V/470
	C42	407	35V/470

5.　検証実験

原因究明のため各種実験を行ったところ、次の条件下で TR45 及び TR46 の発熱・発煙を確認した。（メーカーにて実施）

(1)　実施条件

TR45 または TR46 のはんだ部にクラックが発生したと想定し、3 本の各リード端子のはんだを個々に除去して通電実験を実施した。

ア　TR46 のコレクタ側のはんだを除去した状態。

イ　TR46 のベース側のはんだを除去した状態。

ウ　TR45 のエミッタ側のはんだを除去した状態。

(2)　実験結果

ア　両トランジスタが ON/OFF 動作ができないため、回路が正常に発振できず、異常な温度上昇もなく回路停止によりランプ不点灯。

イ　電源投入後、発煙が約 8 分間継続。TR45 が最高 295℃まで上昇し、エミッタ端子が破損。取付部の基板にも焼損箇所を確認。（写真 24、写真 25 参照）

ウ　電源投入後、発煙が約 30 秒間継続。TR46 が最高 239℃まで上昇し、エミッタ端子に弱い焼損を確認。（写真 26、写真 27 参照）

なお、同様の実験を NITE の協力を得て実施したところ、実験ウにおいて発煙を確認した。通電後に急激な温度上昇を認め、1 分後から発煙し約 5 分間継続した。TR45 は最高 600℃近くまで上昇し、赤熱化して取付部の基板が焼損した。焼損事故と同様にエミッタ端子は破損し、内部のボンディングワイヤの断線が確認された。

写真 24　TR45 の発煙時の状況

写真 25　基板の焼損状況

写真 26　TR45 の状況

写真 27　基板の焼損状況

6. 焼損原因

(1) TR45 及び TR46 が強く焼き変色し、基板面もこのトランジスタを中心に焼損していること。

(2) エックス線撮影の結果、部品内部に異常が認められるのは TR45 及び TR46 の 2 つのトランジスタに限られており、内部のボンディングワイヤが断線していることから、過電流が流れたことを示している。これにより TR45 のエミッタ端子が完全に溶融していること。

(3) 検証実験から TR45 または TR46 のはんだを除去した場合、発振回路が ON 状態となり、異常発熱しトランジスタが発煙していること。

(4) C51 の両端の焼き変色は、内部のリード線に異常がないことから、近接している TR45 及び TR46 が異常発熱したため、二次的な受熱による焼き状況をしめしていること。

(5) C40 の容量低下については、製造から 12 年経過しているため性能の劣化が推察できるが、通電実験した結果、冷陰極蛍光管は正常に点灯し、発熱・発煙に至る症状が確認できないため、他の部品へ直接的に影響した可能性は少ないこと。

(6) 基板裏面の TR47 の発熱については、明確な原因は不明であるが、メーカーから TR45 及び TR46 の故障により消費電力が増加し、スイッチング電源からの供給容量が増えたため、スイッチ部が誤作動し、TR47 が発熱した可能性があるとの見解を得たこと。

以上の結果から今回の焼損事故は、経年により取付部のはんだ部が劣化し、クラック等が発生したため、発振回路が ON 状態となり、異常発熱（煙）し、基板が焼損したが、スチール製のカバーで覆われていることもあり、他への延焼もなく自然鎮火したとの結論に達した。なお、劣化の原因としては、エアコンの吹き出し口の直近に設置されたことや発熱部品が焼損箇所に集中していたことも一因と考えられる。

なお、本対象物には 26 台の誘導灯が設置されており、その内、エアコンの吹き出し口の直近には 9 台設置されている。今回、その中の 1 つが焼損したが、残り 8 台の内、すでに 4 台は器具の不具合により交換されている。他の場所に設置された残り 17 台については、1 台を除き不具合が発生していない。このことから、エアコンの吹き出し口の直近という設置環境が基板上の構成部品等の劣化を助長し、不具合を発生させる要因と推定される。

7. 考察

通常はこれで報告書を作成して一件落着となるが、しかし、誰も怪我をせず、延焼もなかったため「良かった、良かった」で終わってよいのか疑問が残った。特に今回の事案発生場所は、災害時要援護者である高齢者や身体の不自由な方が多数生活している施設である。早朝に自動火災報知設備のベルが鳴動し、異臭が発生したことで、施設内はかなりの混乱があったと思われる。たまたま二次的な事故が無かったのは、運が良かっただけなのかもしれない。何故「安心・安全」を提供するための消防用設備が焼損したのか？　防ぐ方法は無かったのか？　経年劣化は仕方ないのか？

当署において、メーカー、建物管理者、そして我々消防機関に対し、改善策や要望について考察した。

(1) メーカー

誘導灯といえども通常の照明器具と同じであり、電気製品の最大の弱点である「経年劣化」はどうしようもないのか？　焼損した基板は、製造から 12 年経過しており、一般社団法人日本照明工業会では、8～10 年で器具本体の交換を推奨している。しかし、「制御のしやすさ」が最大の強みである電気製品だからこそできることがあると考える。発熱（煙）しても不燃カバーで区画されており、事故後の燃焼拡大防止の措置がとられているが、それと併せて、部品の老

朽化で基板の回路に機能低下が生じた場合、バッテリーを利用して音やフラッシュで異常を知らせる等、事故が発生する一歩手前で周知できるよう二重の安全対策を施すとともに、はんだ部を含めた基板や部品等も耐久性の高いものを使用し、発熱部品の配置も考慮したより安全な商品開発に努めて頂きたいと考える。コストという大問題が立ちはだかるが「部品の経年劣化＝安全の経年劣化」にならないよう、一層の安全への取り組みを切望する。

(2)　建物管理者

誘導灯の設置は、建築時に場所や個数について、消防署に事前相談しており、点検も適正に業者へ委託し、消防の防火査察時にも不備事項がなければ大丈夫と思ってしまうが、今回焼損した誘導灯のようにエアコンの吹き出し口の直近に設置した場合、時季によっては温風や冷風を直接受け、部品の劣化を助長する可能性が考えられる。思わぬ外因により事故に発展することがあるため、取扱説明書には 8～10 年で取り換えを勧めているが、「別に法令に違反している訳でも点検を怠っている訳でもない。コストがかかるから見送ろう。」という認識ではなく、「安心・安全」の確率を上げるための必要経費として考えて頂きたい。

(3)　消防機関

我々消防機関としては、残念ながら誘導灯の設置場所に関して、図面等の届出書類だけで設置環境を把握することは困難であり、法令上問題がなければ承認される。消防用設備の点検報告についても点検項目に経過年数を記載する必要はなく、点検時に異常がなければ「不良内容なし」として受理される。また、防火査察等の立入検査時にも、20～30 年前の誘導灯が多数設置されていることも見受けられる。型式失効に該当しないため、製造・設置からどれだけ年数が経過していても機能上の不備がなければ交換等の強制力がない等、法令の根拠がない以上は、現在の行政指導の限界なのだろうか？　事故を防ぐためにも実際に発生した今回の事例を踏まえ、法令だけではカバーできないあらゆる事故の可能性や危険性を示し、メーカーや建物管理者へきめ細やかに提言していくことが大切と思料する。

8.　おわりに

本事案から誘導灯の設置・維持管理については、メーカー、建物管理者、消防機関がそれぞれの立場で取り組んでいるが、やはり立場や考え方に相違があり、法令順守だけで今後、同様の事故を防ぐのは困難であると感じた。我々消防機関は、今回発生した事故の原因やそこに至る経緯、安全への考え方、消防用設備の品質改良等を各方面に発信し続けることが、重要と考える。

また、一般社団法人日本照明工業会誘導灯研究小委員会において「誘導灯耐用限度の研究」、日本消防設備安全センター消防用設備等の経年劣化等に対応した点検方法検討会では「点検基準の見直しやあり方」等が研究・検討された。法令や条例等も早期に現実に即したものとなるように期待する。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告

亜酸化銅増殖発熱現象の火災調査方法

神戸市消防局
澤田邦彦

1. はじめに

通電状態の銅製品がスパークなどの高温加熱を受けた時に、銅の一部が酸化して亜酸化銅となり、その部分が異常に発熱しながら徐々に拡大して、火災の原因になる。この現象は「亜酸化銅増殖発熱現象」と呼ばれており [1)]、電気火災の原因のひとつである。電気が通電している状態でなければ発熱することはないが、2A 程度の小さな電流値であっても、周囲の可燃物を着火させることができるため危険な現象である。

銅合金の接続部など、接触不良を起こす箇所であれば、どんな場所でも発生する可能性があるため、決して珍しい火災原因ではない。平成 26 年度における神戸市内の電気火災に関する鑑定では、計 16 件中 4 件から亜酸化銅の塊が検出されている。

亜酸化銅の鑑識方法については、専門的な知識や装置を要することが多く、亜酸化銅の増殖発熱現象が起きたことを科学的・客観的に証明していくことは、決して容易なことではない。また、亜酸化銅の増殖発熱現象に関する研究は、数多く報告されているが、亜酸化銅の鑑識方法について詳しく書かれている文献 [2)]は少なく、火災原因の調査を難しくしている。

そこで、客観的なデータが残せて再現性が高く、専門家でなくても行える簡便な方法によって、亜酸化銅増殖発熱現象が起きたことを証明することができないか検証を行った。

2. 亜酸化銅の調査方法

現在は亜酸化銅の存在を確認するために、主に下記のような方法が実施されている。これらの方法により、亜酸化銅増殖発熱現象が起きたことを立証することができるのか、実際の火災現場から発見された物品による検証を行った。

- 抵抗値の測定 (2.1)
- 光学顕微鏡による観察 (2.2)
- エネルギー分散型 X 線分析装置付電子顕微鏡による観察（以下単に X 線分析装置付電子顕微鏡と記す。）(2.3)
- 亜酸化銅増殖発熱現象の確認 (2.4)

これらの方法によって得られる測定結果は、いずれも亜酸化銅であることを立証するために重要なことである。しかし、いずれの方法も物体の表面に生成した亜酸化銅を観察しているため、発見状況によっては、火災熱や経年劣化によって生成した亜酸化銅である可能性が出てくる。従って、これらの方法だけでは、火災現場から発掘される物品において、亜酸化銅増殖発熱現象を主原因とする火災が起きたことを立証することは、難しい場合があることが分かった。

例えば、より線の銅線の場合は、素線と素線の間にも腐食などの理由により、亜酸化銅が生成してしまう。また、銅は淡水中においても、腐食によって亜酸化銅被膜を生成し赤褐色を呈することが知られている [3)]。

従って、亜酸化銅が増殖発熱現象によって生成したことを立証していくためには、表面腐食の影響を受けていない内部の状況を観察する必要がでてくる。

ここで、現在行われている亜酸化銅の確認方法について簡単に紹介したい。

2.1　抵抗値の測定

一般的に導体部の銅及び銅合金は、温度が上昇すると、抵抗値も大きくなる性質を持っている。それに対し、亜酸化銅は温度が上昇すると抵抗値が著しく小さくなる性質を持っているため、温度による抵抗値の変化を測定することによって、亜酸化銅の存在を確認することができる。抵抗値の温度変化を測定する際は、常温において数 kΩから数 MΩを示す場所を測定するとよい。

図 1 はプラグの差し刃に発生した亜酸化銅の抵抗値を測定した結果である。たった数十℃の温度変化においても、顕著に抵抗値が負の温度依存性を示すことが分かる。測定方法については写真 1 のように、プラグの差し刃をワニグチクリップで挟み、距離 1cm の抵抗値をテスターにより測定した。

火災発生後の試料は、著しく表面が腐食している場合が多く、経年劣化や火災による腐食によって発生した亜酸化銅である可能性も考えられるため、注意が必要である。

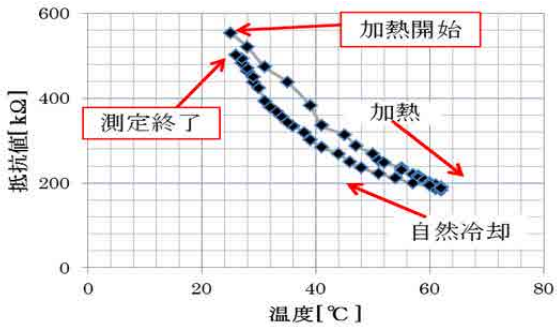


図 1　温度による抵抗値の変化

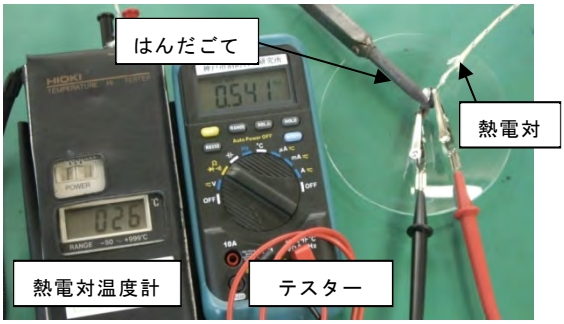


写真 1　抵抗値の測定状況

2.2　光学顕微鏡による観察

亜酸化銅を細かく砕き、その微粒子を顕微鏡で確認すると、ルビーのように赤く見えるのが特徴である。亜酸化銅はガラス質であるので、ペンチ等ではさんで容易に砕くことができる [3)]。接触不良によって発熱した配線表面を顕微鏡で観察すると、接触不良を起こしていた部分に多数のルビー色をした亜酸化銅が認められることがある。

純粋な亜酸化銅は赤いルビー色を呈しているが、増殖発熱現象を起こした後の亜酸化銅を顕微鏡で観察すると、黒または黒味を帯びた赤褐色を呈していることが多く、顕微鏡観察だけでは、亜酸化銅であるか否かの判別は難しい。ただし、金属顕微鏡により偏光観察をすると、赤いルビー色をより際立たせることができるが、火災発生後に残存している亜酸化銅は、腐食していることや、周囲の物質を取り込んでいることが多く、赤褐色をしていないからといって、亜酸化銅ではないという訳ではない。

2.3　X 線分析装置付電子顕微鏡による分析

材質が不明な試料であっても、X 線分析装置付電子顕微鏡を用いると、試料に含まれる金属元素の種類や分布状況を客観的に調べることができる。電子顕微鏡により、写真 2 の白枠内を撮影したものを写真 3 に示す。試料中には銅以外の元素も多数含まれているため、銅以外の金属元素が少ない領域を意図的に選び、写真 3 の白枠内を分析領域に設定し、X 線分析装置により分析を行った結果を図 2 に示す。X線分析装置付電子顕微鏡を用いて、写真 3 の温度ヒューズを調べると、黒色を呈しているところの大部分は、銅の酸化物であることが分かる。

X 線分析装置により亜酸化銅が確認できたとしても、腐食や火災時に生成した亜酸化銅かどうかは識別できないので、X線分析装置の結果のみから、増殖発熱現象が起きたことを証明することは難しい。

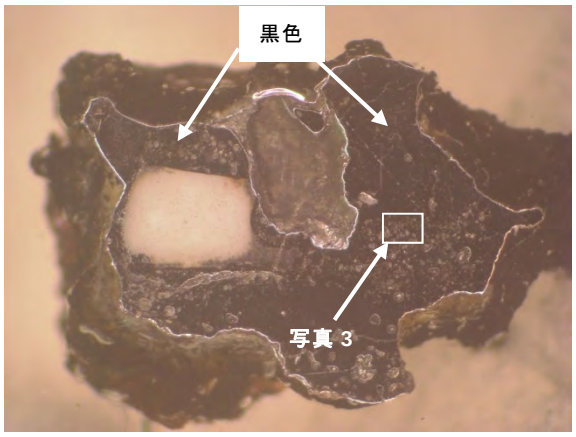


写真 2　温度ヒューズの光学顕微鏡写真

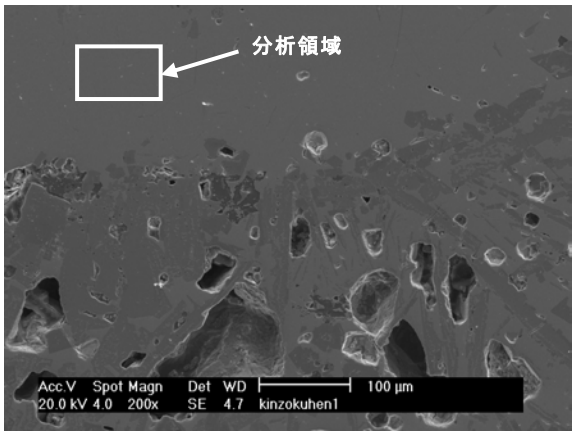


写真 3　温度ヒューズの電子顕微鏡写真

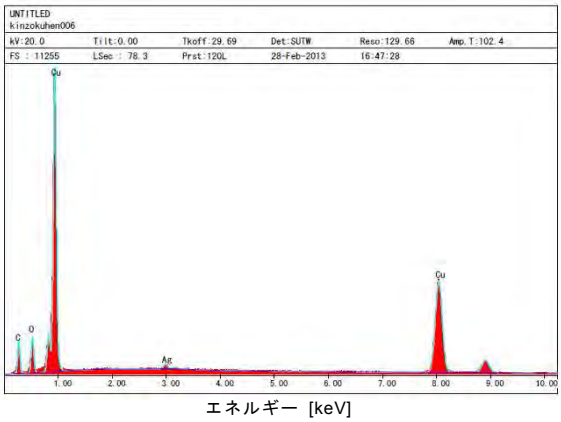


図 2　X 線分析装置の解析結果

2.4　亜酸化銅増殖発熱現象の確認

亜酸化銅を確認できれば、次にその亜酸化銅が増殖発熱現象を起こすか否かを、確かめなければならない。増殖発熱現象を確認する最も簡単な方法は、実際に電流を流してみることである。

亜酸化銅の増殖発熱現象は、2A 程度の電流を流すと、赤く光っている部分が、あたかも小さなうじ虫が地面を探るように忙しく動きながら、増殖発熱現象を起こすことが知られており、大きな特徴のひとつである [4]。

火災当日に実際に流れていた電流を流し、異常な発熱や発光が認められることを再確認することは、重要なことである。亜酸化銅増殖発熱現象を再現することによって、増殖発熱現象を起こす亜酸化銅であることを立証することができる。

図 3 のような装置を用いて、100W の電球を 1 つ又は 2 つ並列につなぎ、1～2A 程度の電流を、亜酸化銅と思われる部分に通電させる。亜酸化銅の塊が非常に小さい場合は、2A の電流であっても、亜酸化銅が火花とともに、はじけ飛んでしまうことがあるので、低い電流値から始めなくてはならない。

ただし、銅線接触時において、通電に伴い発生するスパークによって、本来亜酸化銅が存在しない箇所にも、亜酸化銅が生成する可能性があるため、亜酸化銅と思われる部分と銅線を通電前に接触させておき、電流の通電と遮断はブレーカーなどその他の接点で行う。試料の形状により可能であれば、銅線と試料をワニグチクリップ等で固定した上で、通電させてもよい。また、接触させる銅線の先端は実験毎に切断し、亜酸化銅が付着していないようにする。

写真 4 は、図 3 のような装置を使って、火災原因となった 3 口タップの導体部に約 2A の電流を流した時の状況であるが、可動式差し刃のワッシャの一部が赤く光っている。

また、100W 電球を使った装置が手に入らない場合は、100W 電球を 100～200W 程度の電化製品で代用することもできる。ドライヤーの冷風モードを利用すると、風量の強弱によって電流値を変化させることができ、持ち運びも楽であるため、使い勝手がよい。

写真 4 のように金属板に覆われている内部で

赤く光っている場合は、光の動きを観察しにくい。また、写真 5 のように、試料表面の腐食が著しい場合は、1～2A の電流を流すと、火災の原因とは無関係に、赤い発光が認められる場合があるので注意が必要である。写真 5 は鉄製ネジの表面が赤く錆びている箇所に、1～2A の電流を流した状態であり、発光部は移動しないものの、赤い発光が認められる。

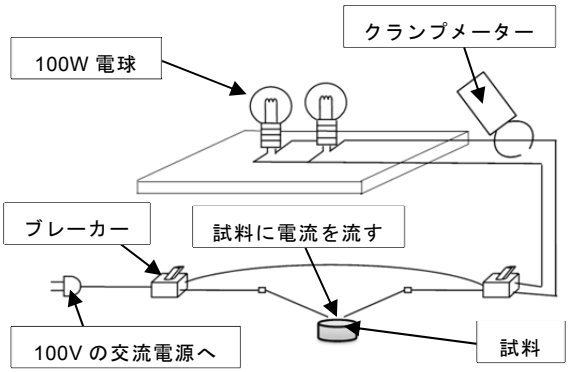


図 3　亜酸化銅の増殖発熱現象を確認する装置

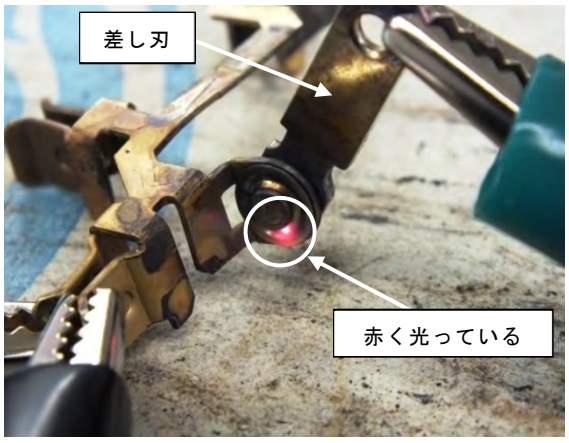


写真 4　赤く光る 3 口タップの一部

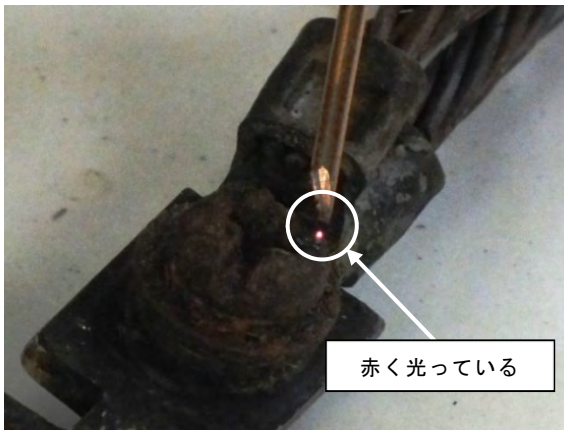


写真 5　腐食したネジ表面の赤い発光

3.　金属内部の状況を確認する方法

前述したように、亜酸化銅の存在を確かめる方法は数多く存在するが、亜酸化銅増殖発熱現象の発熱を火災発生の主原因として立証するためには、その亜酸化銅が腐食や火災によって 2 次的に生成したものではないことを確認する作業が必要となる。従って、試料表面に生成している亜酸化銅は、腐食や火災熱による生成の可能性があるため、金属内部の状況を確認していくことが必須となる。

そこで、金属の内部観察に関する経験と知識がないため、兵庫県立工業技術センターの方に観察方法についてのご教示をいただいた。ここでは、教えていただいた金属内部組織の観察方法を基に紹介する。

金属組織を観察するには、下記のような手順が必要となる。

・観察したい金属を樹脂で固める (3.1)
・研磨 (3.2)
・エッチング（腐食）(3.3)

3.1　観察したい金属を樹脂で固める

金属をきれいに研磨するためには、まず観察したい試料を、樹脂で固めて研磨しやすいように加工しなければならない。研磨用の硬化樹脂は、「2 種類の硬化剤を混ぜ合わせて硬化させるもの」や「硬化剤に特殊な光を照射して硬化させるもの」など、さまざまな種類がある。また、硬化させる樹脂も「アクリル」「ポリエステル」「エポキシ」などさまざまな種類がある。

ここでは、透明度が高く、短時間で硬化できる、写真 6 のような一液性可視光硬化タイプの株式会社マルトー製「アクリル・ワン」を使用する。まず、円柱状のケースの中に試料を入れる。試料はなるべく円の中心から点対称になるように、バランスよく配置する。そうすることによって、試料を水平に研磨しやすくなる。

試料をケースに入れ、ケースの中に硬化させる樹脂をゆっくりと、気泡がなるべくできないように流し込む。最後に、試料を入れた樹脂に

特殊な光を十数分照射すれば、樹脂が固まる。

写真 6　試料を樹脂で固めるための装置

3.2　研磨

金属試料の研磨には、耐水研磨紙を使用する。ここでは、粒度＃220、＃800、＃1500 の研磨紙を用いて、写真 7 のような小型平面研磨機「マルトーラップ」により研磨を行う。

写真 7　研磨機と研磨剤

次に、粒度の粗い研磨紙から順に水をかけながら研磨を行う。粒度の粗い研磨紙から、粒度の細かい研磨紙に変えた際は、写真 8 のような粒度の粗い研磨紙により付いた傷がすべて消えるように研磨をする。その作業を繰り返して、より細かな傷だけが残るようにする。

＃1500 の研磨を上手にすれば、ある程度鏡のように反射する面が作製できる。そして、最終研磨を行うためのクロスに、研磨剤を塗って、最終的に鏡面になるように研磨をする。＃1500 の研磨とクロスによるバフ研磨は、特に丁寧に行わないと、きれいな鏡面を得ることができない。ここで、きれいな鏡面ができていないと、次のエッチング（腐食）がうまくできない。当研究所では現在、バフ研磨の研磨剤は、銅のエッチングには不向きな面もあるが、結晶アルミナが主成分のものを使用している。

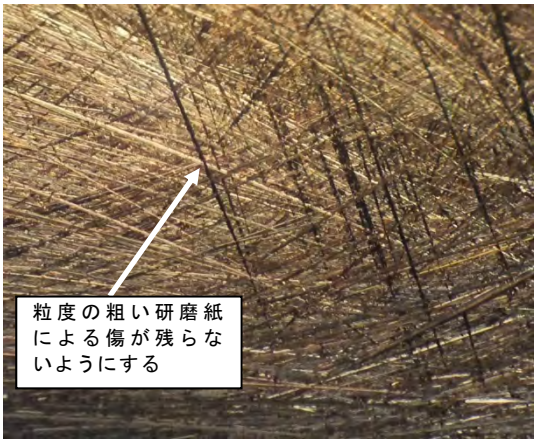


写真 8　研磨面の状況

3.3　エッチング（腐食）

研磨により、試料に鏡面を作製することができれば、試料面を流水できれいに洗う。その時に、鏡面を直接手で触れることがないように、試料は丁寧に取り扱う。鏡面がきれいになれば、いよいよエッチングである。試料が銅合金である場合は、下記のものを混ぜた銅用のエッチング液を使用する。

（銅用のエッチング液）

HCl：	20～50ml
塩化鉄（II）：	5～10g
水又はエチルアルコール：	100～200g

火災原因調査の場合は、銅線やプラグの差し刃など、試料が銅合金である場合が多いため、現在のところ、このエッチング液で腐食が可能である。ただし、ステンレスなど銅以外の金属を腐食させたい場合は、王水など他のエッチング液が必要となる [5]。銅以外の金属の腐食につ

いては、技術的に難しく、今後の課題である。

エッチングは、シャーレ又はビーカーに入れた腐食液に、試料の研磨した面を漬け込み、数秒間待つ。その後、水により腐食液を洗い流した、エチルアルコールに一旦漬けてから、ドライヤーを使って乾燥させる。

エッチングした面を顕微鏡で観察し、写真 9 のような金属組織が観察できれば、成功である。金属組織が見えなければ、腐食を再度行い、いくら腐食しても組織が観察できない場合は、研磨を再度やり直してから、腐食を再度行う。

写真 9　銅線を腐食させた状況

4.　観察事例

金属組織の内部観察方法を応用することによって、今まで以上に詳細な見分ができるようになった。ここで、観察事例について紹介する。

写真 10 は、溶断した電源プラグの差し刃であるが、表面が腐食しており、溶融痕が短絡によるものなのか、それ以外の理由によるものなのかは判別できない。

溶断した差し刃を樹脂に固め、表面を削ると写真 11 のように、黄金色の金属光沢を示す部分と、黒色を呈する部分がある。「抵抗値の測定」、「光学顕微鏡による観察」及び「増殖発熱現象の確認」によって、亜酸化銅の確認を行ったところ、黒色を呈している箇所の大部分が亜酸化銅であることが分かった。

この黒色又は暗赤色を呈する亜酸化銅の分布状況を調べるためには、試料を削り取りながら、写真撮影すればよい。内部の大部分は黄金色を呈しているが、「溶断部付近」と「抜け防止の穴周囲」に亜酸化銅が特に付着しており、且つ「溶断部付近」と「抜け防止の穴周囲」の亜酸化銅は、差し刃表面にできた亜酸化銅を介して、立体的に繋がっていることが分かった。写真 11 の試料をさらに研磨した状況を写真 12 に示す。

このように、金属組織の観察をする必要がない場合は、鏡面研磨やエッチングの作業が省略できるため、非常に簡単に内部の状況を確認することができる。

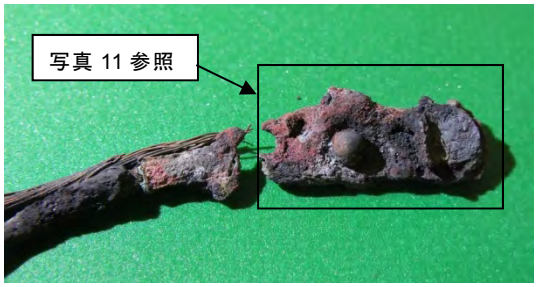


写真 10　電源プラグの差し刃

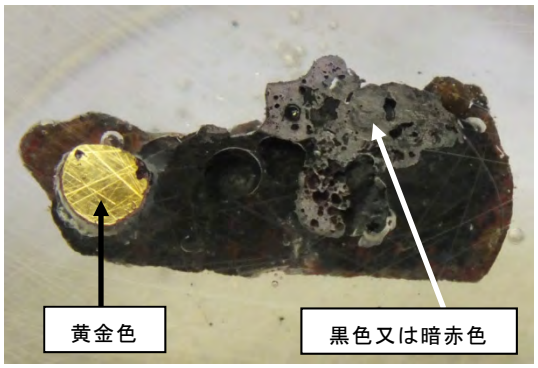


写真 11　プラグ差し刃に付着した亜酸化銅

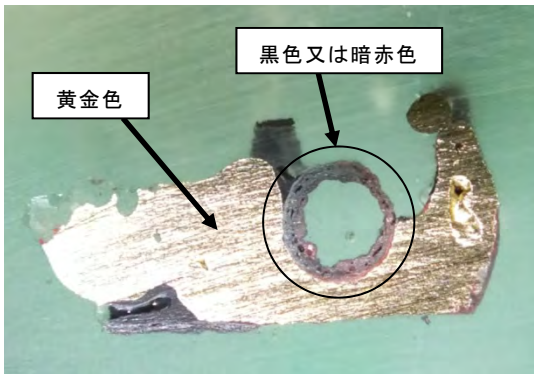


写真 12　さらに研磨した差し刃

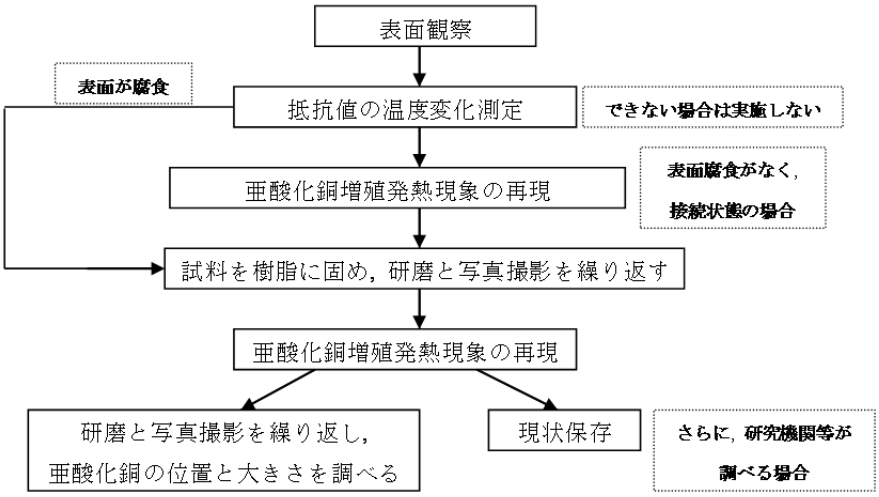


図 4　鑑識方法のフローチャート

5.　総合的な調査方法の提案

ここで、現在さまざま存在する亜酸化銅の確認方法について、より正確な調査を行っていけるようにするために、図 4 のフローチャートで亜酸化銅の総合的な調査方法を提案する。

亜酸化銅の疑いがある試料は、表面を詳細に観察及び記録した後、表面に付着しているすす（煤）や汚れをブラシで丁寧に落とし、抵抗値の温度変化を測定する。

試料の大きさが小さすぎる場合や、腐食によりもろくなっている等の理由により、抵抗値を測定できない場合は実施しない。

写真 5 のように、表面が腐食しておらず亜酸化銅が発生したと思われる部分が接続された状態であり、電流を流すことによって、火災発生時の状況を再現できるような場合は、1～2A の電流を流し､亜酸化銅増殖発熱現象を確認する。

次に、試料を樹脂の中に固め、研磨をしながら断面の写真を撮影する。そして、金属光沢を示さない黒色や赤褐色に近い色を呈する塊があれば、1～2A 程度の電流を流し、亜酸化銅増殖発熱現象が再現できるかを確認する。発光を確認できれば、発光を起こした塊の位置と大きさを記録しながら研磨する。また、X 線分析装置付電子顕微鏡などを用いて、さらに専門的な機関が調べる場合は、試料が錆びないように、乾燥させた状態で保存する。

6.　まとめ

亜酸化銅増殖発熱現象によって発生した火災であると立証するためには、亜酸化銅の存在を確かめるとともに、増殖と発熱の痕跡があるかを確かめなければならない。従って、その他の火災原因調査と同様に、周囲の焼けた状況を客観的に調べることにより、発熱したかどうかを見極めなければならない。金属の溶融・変色や樹脂の溶融・炭化の度合などから、亜酸化銅が局部的に発熱していたかどうかを確かめることが重要である。

亜酸化銅による火災の原因を調査していくには、亜酸化銅の塊のみから出火の可能性を議論することはできず、亜酸化銅とその周囲の状況から総合的に判断していくことが重要である。その上で、亜酸化銅増殖発熱現象について、前述の鑑識方法が少しでも火災の原因究明に役立てば幸いである。

7.　参考文献

1) 東京防災指導協会：新火災調査教本 第 3 巻 電気火災編、p.6、東京法令出版、1999
2) 西脇高志：「亜酸化銅増殖発熱現象」と「ポッティング材からの炎」について、『平成 23

年度製品安全センター 製品安全業務報告会』資料、2011
3) 藤井哲雄：目で見てわかる 金属材料の腐食対策、p.117、日刊工業新聞社、2013
4) 名古屋市消防局消防研究室：写真で見る 電気火災調査要領、p.36、1986
5) 金属エッチング技術:ギュンター・ペツォー、アグネ出版

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告

穀物貯蔵サイロの爆発火災事例に関する原因究明手法及び消防隊活動時の危険予知について

横浜市消防局
岩方清光、太田和哉、中田雅之

1.　はじめに

2013 年 11 月 30 日（土）、横浜市神奈川区鈴繁町の港湾地域に所在する穀物サイロにおいて、飼料用大豆が長期保管されていた穀物サイロ 1 基が突然爆発し、作業中の係員 2 名が死傷する火災が発生した。

火災調査は、貯蔵大豆の排出及びサイロの解体作業の進捗にあわせて実施したため長期化したが、各種分析装置を用いた分析結果から、貯蔵大豆の保管状況を主要因として、ヒューマンエラーが重なった複数的要因で出火したメカニズムが判明したものである。

2.　火災の概要

2.1　出火・鎮火日時

出火日時　2013 年 11 月 30 日 13 時 35 分頃

鎮火日時　2013 年 12 月 8 日 12 時 15 分

2.2　出火場所、被害状況等

出火場所　神奈川県横浜市神奈川区鈴繁町

建物用途　耐火構造 5 階建て倉庫（写真 1）

焼損状況　穀物サイロ 1 基破損（貯蔵物：大豆類約 130t 焼損）

死傷者　　死者 1 名、負傷者 1 名

2.3　建物状況

出火建物は、大豆をふるいにかける作業棟とサイロ棟が一体となったもので、大豆の移動は、陸屋根上やサイロ下部にそれぞれ設置されたチェーンコンベアと、サイロ棟に設置された垂直バケットエレベータを用いて、サイロ内に投入及び排出を行っていた。この建物での作業状況は、作業棟での大豆の選別作業は行われているものの、14 基あるサイロのうち、使用されていたサイロは破損した 1 基のみである。（写真 2、写真 3、図 1）

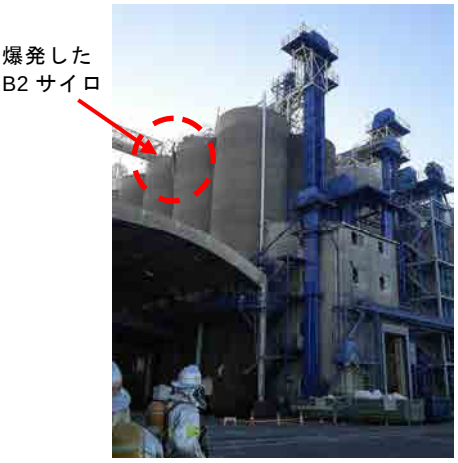


写真 1　出火建物サイロ部分

ふるいにかけた大豆は、商品として出荷する物を隣接する他のサイロ棟に保管し、爆発したサイロには割れ豆、きようざつ（夾雑）物等の商品にならない大豆類を貯蔵していた。貯蔵量は最大で 600t のところ、約 130t（管理者の推定）である。貯蔵していた期間は、最大で 2 年間である。

写真 2　B2 サイロ破損状況

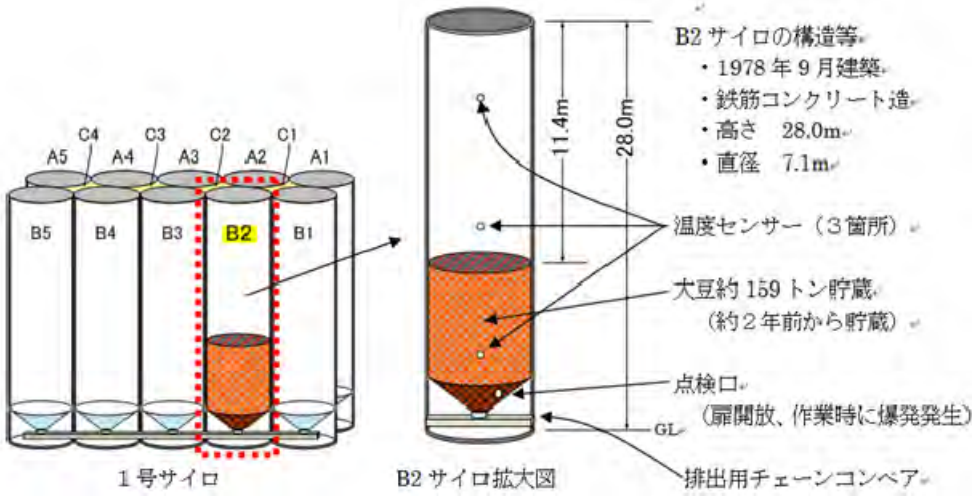


図 1　B2 サイロの概要

写真 3　B2 サイロ陸屋根及び側壁の破損状況

2.4　爆発までの作業状況及び死傷者発生の経緯

発災当日は朝からサイロ下部にある排出用のスライドゲートを開放して、大豆類の排出作業を行っていた。作業の内容は、スライドゲートから排出した大豆類をチェーンコンベア、垂直バケットエレベータを介して上部に運び、フレキシブル配管から屋外にある梱包作業場にあるホッパーに運び、フレキシブルコンテナパックに詰める工程である。この作業中にサイロ内に大豆類が固結することによって生じる、ブリッジと称するホッパースカート（サイロ下部の金属製のろう斗部分）の固結（固まって長時間にわたり、サイロ内に残留すること。）が発生して、詰りが生じている。ホッパースカートを外部から木製ハンマーで叩いて、固結を崩す作業を行ったが、詰りが解消しないため、ホッパースカートにある点検口を開放して、作業員が木製の棒で突き崩す作業を実施中に、サイロ内に青白い光が走り、次いで、大豆類が点検口から噴出した。噴出を受けた作業員は、顔面に負傷を負い、作業室床に倒れて大豆に埋没したが、他の作業員により屋外に救出されている。（写真 4）

サイロの爆発によって、サイロ上部の陸屋根及び側壁が破損して飛散し、サイロ屋外に隣接する梱包作業場で、休憩中の作業員の頭部にコンクリート片が当たり、救急車で医療機関に搬送したが、死亡確認がされた。

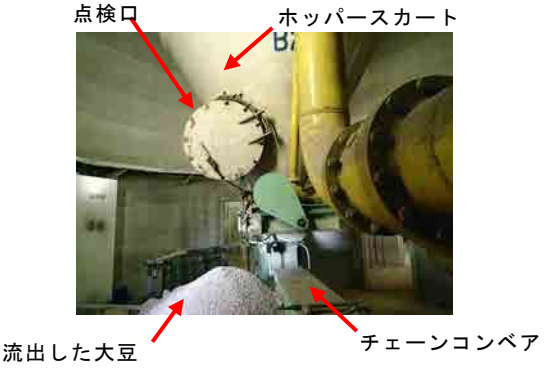


写真 4　作業室の状況

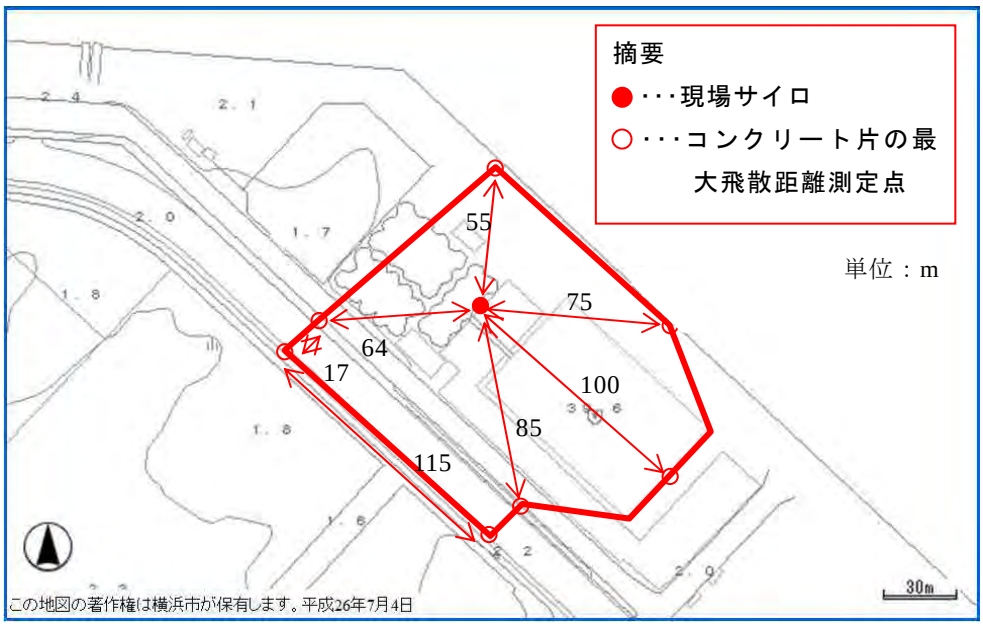


図 2　コンクリート片飛散状況図

3.　爆発の状況

3.1　サイロ爆発時の状況

サイロ棟横の梱包作業場を挟んで、事務棟が建っており、この屋上から爆発時の状況を見ていた者の口述によると、サイロ陸屋根にある投入口のハッチの蓋が垂直方向に吹き飛び、次いでシューと言う音がして、白っぽい物がハッチロから噴出した後に、サイロ上部が膨らんで、陸屋根と外壁が破裂したと供述している。

3.2　コンクリート片の飛散状況

発災時にコンクリート片の飛散状況を調査したところ、爆発したサイロを中心に、北側に 55m、東側に 75m、南東側に 100m、南側に 85m、西側に 64m の範囲で、コンクリート片が飛散しているのが確認されている。（図 2）

南方向に偏って飛散しているのは、サイロの破損が陸屋根と南東側の側壁であることが要因である。コンクリート片の大きさは、拳大の物が多数を占め、直径 20cm 程の物も見受けられた。（写真 5～写真 8）

3.3　本件火災の現場活動

本件火災の現場への到着は、13 時 46 分で、爆発から 11 分経過していた。先着隊は、現場から 126m 離れた公設消火栓に部署し、建物関係

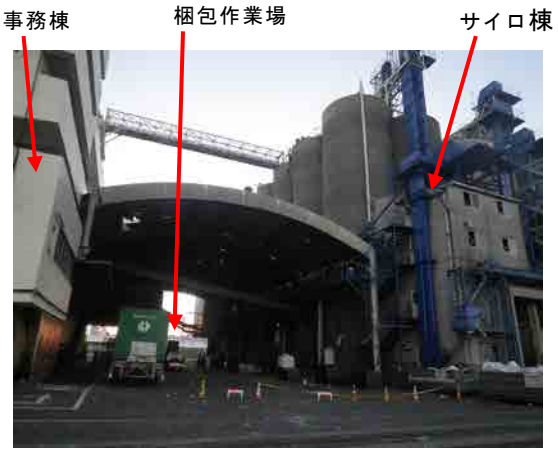


写真 5　コンクリート片飛散状況
（梱包作業場）

写真 6　コンクリート片飛散状況
（梱包作業場を拡大撮影）

写真７　コンクリート片飛散状況
（梱包作業場屋根）

写真８　コンクリート片飛散状況
（事務棟屋上）

者から、サイロが何らかの原因で爆発し、負傷者が 2 名いることを聴取した。現場の指揮を執る指揮隊は現場への途上に、無線で活動命令を発し、再度の爆発が懸念されるため、現場から 50m 以上離れて活動警戒区域を設けて部署するように命令をかけた。その後、特別高度救助隊の命令で、活動警戒区域を 150m に変更している。現場の状況は、周囲にコンクリート片が散乱し、サイロからの発煙等は認められず、建物関係者から、サイロ棟で使用されているのは爆発したサイロだけで、他のサイロは使用していないとの情報を得て、遠方から赤外線温度測定器を用いて、爆発したサイロ及び他のサイロの壁体温度、事務棟屋上から破損したサイロ内部の温度を測定し、何れの温度も外気温と同一であることから、上部サイロの爆発の危険性は低いと判断し、近隣からサイロ下部作業室内の環境測定及び温度測定を実施したところ、可燃性ガスの滞留はなく、温度も外気温と差がないことから、爆発の危険性はないと判断した。発災日に行った現場調査活動は、現場建物の崩壊危険を考慮して、実況見分活動を行わず、主に建物関係者からの事情聴取から爆発の原因を考察した。サイロ内には、火源となりうる電気設備、機械設備及び燃焼器具を含む内燃機関等は設置されていないこと、搬出作業を行っていて、貯蔵物の大豆が流動していること、固結の突き崩し作業中にサイロ内で青白い光を見ていること等を聴取し、サイロ内に貯蔵物の粉塵雲が生じて、粉塵爆発が発生した可能性と、貯蔵物が酸化発熱して何らかの可燃性ガスが発生し、何らかの火源が着火して爆発したと考え、貯蔵物の大豆を収去して鑑定する方針とした。（写真 9 及び写真 10）

黒色に変色している大豆と大豆が固結している。

白色に変色して固結している。

写真９　サイロ内の固結していた大豆（サイロ内からの収去物品）

写真 10　炭化して固結した大豆（サイロ内からの収去物品）

3.4　爆発の原因

本件火災は、サイロの爆発から完全鎮火まで 8 日間を要した。11 月 30 日の爆発当日、サイロ点検口が開放した状態のサイロ下部に位置する、搬出作業室の環境測定を行ったが、可燃性ガスは検知されなかった。爆発によって、サイロ内に落下した陸屋根等のコンクリート片が内容物に蓋をする形になり、上部からも大豆類の状況が見分不能であった。（写真 11～写真 13）

その後、12 月 8 日に爆発の危険がないと判断し、搬出作業を再開したが、この作業によって空気が流入して、燻っていた大豆類からの発煙が生じた。（写真 14 及び写真 15）

この発煙は、排出作業のため、サイロ最下部にあるスライドゲートを開口したことと、排出

写真 11　陸屋根の状況

写真 12　サイロ内の状況

写真 13　サイロ内の状況（拡大）

写真 14　サイロからの発煙

写真 15　鎮火後の作業室内（大豆から白煙）

作業で大豆が流動したことによって空気がサイロ内に入り、燻っていた大豆に酸素が供給されて生じたと考えられる。爆発の原因について、現場で大豆類を収去して横浜市消防局訓練センター管理・研究課が、総務省消防庁消防大学校消防研究センターに成分分析及び熱分析の鑑定を依頼し、その結果の報告を受けている。鑑定は消防研究センターで行われ、鑑定試料は、爆発したサイロ内にあった大豆と新品の大豆の 2 種類で、鑑定の方針は、過去の植物に由来する自然発火の事例から、好気性微生物の発酵による発熱が必要であり、これには適度な水分が必要であるのがすでに知られているところから、含水量、発熱挙動、発火温度を把握し、その結果を基に以降の分析条件を決めて鑑定を行った。併せて鑑定依頼外であるが、消防研究センターからの提案を受け、粉塵爆発の可能性を鑑定することとなった。鑑定方法は、①熱重量―示差熱同時測定装置（TG-DTA）での大豆に含まれている水分の測定、発熱開始温度の確認及び燃焼完了までの熱挙動の把握、②高感度熱量計（C-80）での水分の有無による、TG-DTA では正確に計測できない室温付近からの発熱挙動の把握及びその発熱量を計測、③等温型超高感度熱量計（TAM-III）での C-80 の測定で、試料の最も高い発熱の見られた温度に近い、50℃を保った状態での発熱挙動及びその発熱量の測定、④ガスクロマトグラフ（GC）での発生ガスの成分分析による、好気性微生物の活動の推測、⑤TG-DTA 及びフーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）での熱分解により、試料から発生するガスの分析、⑥マイクロトラック粒度分布測定装置での大豆の破砕片の粒度分布測定、以上の 6 種類の測定を行った。鑑定結果は、大豆の自然発火について､適度な水分を含ませた状態で、室温付近から自ら発熱を開始し、この発熱は大豆に含まれる好気性微生物の活動による発酵熱と考えられ、この熱を蓄積することで、大豆の含有する油分等の酸化が始まり、酸化熱の発熱へと繋がると推定された。（図 3）

可燃性ガスの発生については、適度な水分を含ませた大豆を密閉環境で保持温度 50℃とした場合は、好気性微生物の発酵による微少の水素及び一酸化炭素の発生が確認され、密閉状態のため酸素が消費されると窒息状態となり、前述の発熱による熱分解で 200℃から 300℃の範囲では可燃性ガスが生成されることが判明した。（図 4）

見分状況では､12 月 8 日の見分で放射温度計を用いて大豆類の温度測定を行ったところ、189.5℃の温度を測定していること。（写真 16）

その後の搬出作業中に、環境測定器でメタンガスが検知されていること等から、サイロ内で大豆から微生物の発酵による可燃性ガス、熱分解による可燃性ガスが生成されていたと考えられ、これらの可燃性ガスがサイロ内に滞留し、サイロ下部の点検口を開放しての作業で、燻っていた大豆類が空気の流入で発火し、可燃性ガスに着火して爆発したと考えられる。粉塵爆発については、文献によると、過去の穀物サイロの火災では、粉塵爆発が原因となっていることが多いことから、粒子の大きさを計測した。粉塵爆発は､貯蔵物に含まれるきょうざつ（夾雑）物等の粒子の大きさが大きく影響しており、一般的には 100μm 以下の可燃性の固体が、空気中に適当な濃度で浮遊している状態が必要で、粒子の大きさがより小さい方が、最小着火エネルギーが小さくなるため、危険性が高いとされている。マイクロトラック粒度分布測定装置では、きょうざつ（夾雑）物等を 500μm のふるいにかけた粒子について 3 回計測を行ったが、100μm 以下の粒子の量が最大で全体量の 8.32%と 10%に満たないことから、粉塵爆発を起こす可能は極めて低いと考えられる。（図 5）

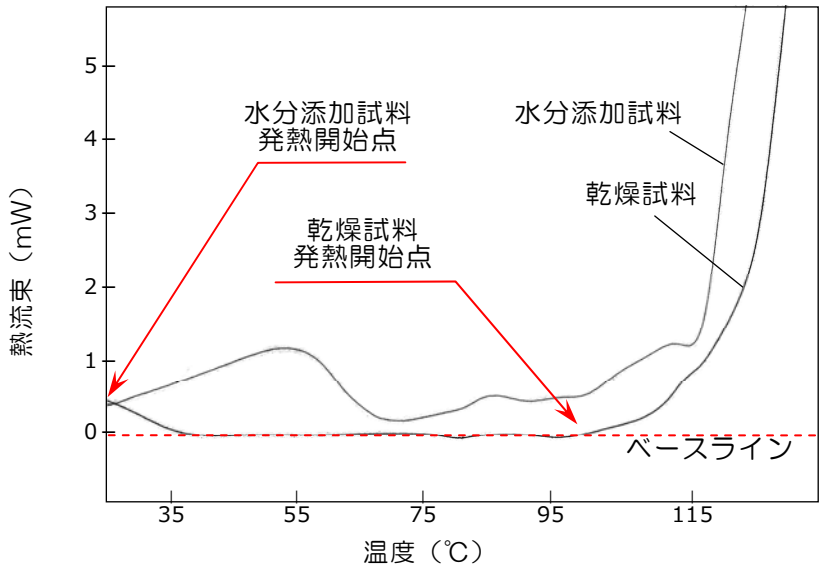


図 3　水分の有無による発熱開始点の違い

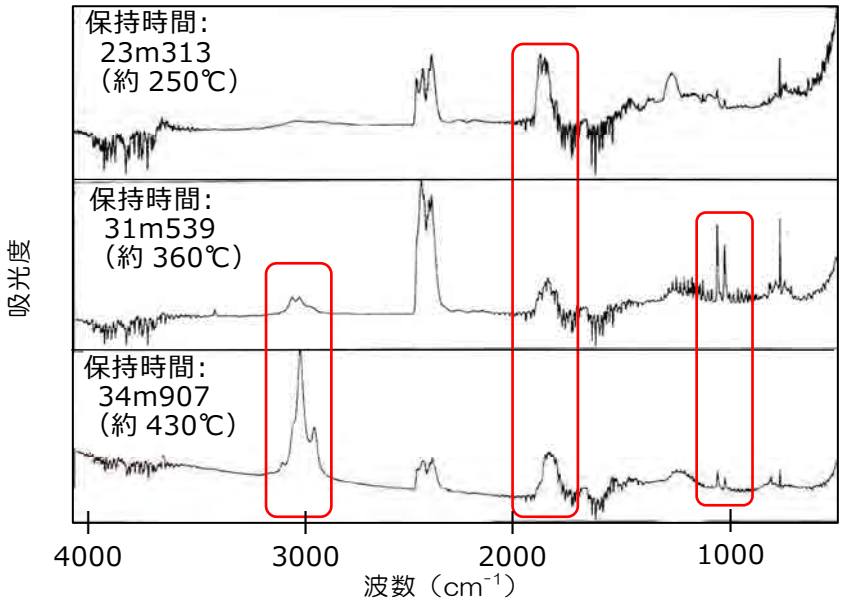


図 4　熱分解による発生ガスの状況

チェーンコンベア点検口

写真 16　放射温度計で温度測定

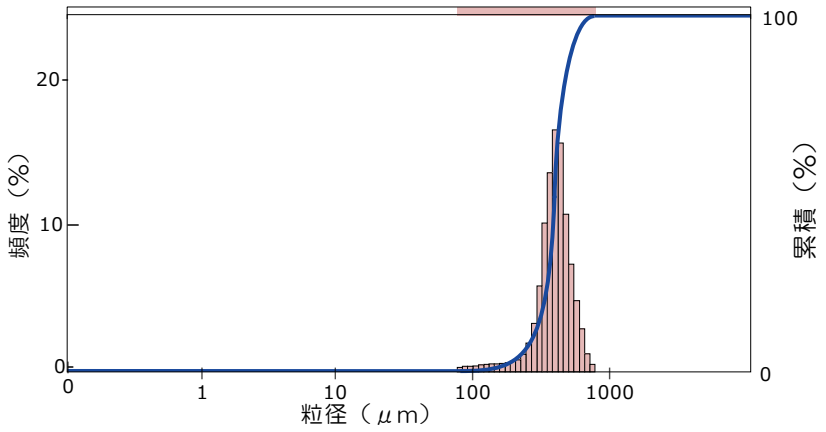


図 5　粒度分布測定の結果

4.　穀物サイロが爆発する危険性について

4.1　爆発後の危険要因

本件のように、すでに建物等が爆発している場合の危険要因は、爆発によって建物の一部が損壊して開放している状況で、可燃性ガス等の発生が検知活動で検知されない場合は、再度、爆発する危険性は低いと考えられる。この場合の危険要因は、建物の崩壊、爆発の波及による周辺建物への被害が考えられる。建物周辺に活動警戒区域を設定し、落下物等の危険要因の排除を考慮する必要がある。それに対して、可燃性ガス等の発生が検知された場合は、再度、爆発が起こる可能性が高いことから、コンクリート片の飛散状況に基づいた活動警戒区域の設定が必要である。コンクリート片の最大飛散地点から、さらに広範囲に活動警戒区域を設定する必要がある。活動警戒区域を設定すると同時に、関係者から貯蔵物の状況及び建物の状況を詳細に聴取する。貯蔵されている穀物は、穀物の含水率が高く、荷重量が大きく、荷重時間が長いと固結して、同時に微生物の発酵が始まり、発酵熱の蓄熱から穀物が酸化し、これによって酸化熱が生じて穀物の温度が高温となり、化学反応で可燃性ガスが発生する。このことから、貯蔵物に関しては、貯蔵している物品の品目、貯蔵量、形状、貯蔵している期間、温度管理の有無、含水率の状況、固結の有無等の現在の状況と、貯蔵開始からの推移を各項目について確認する必要がある。

4.2　爆発が懸念される状況について

穀物サイロでの爆発が懸念される状況は、本件火災から見て、サイロ内温度の上昇、発煙及び可燃性ガスの発生があげられる。前項で記載したとおり、サイロ内温度の上昇は、穀物の含水率が上がって発酵することと、穀物が含有する油分等の酸化に起因し、これにより、穀物が固結して燻って発熱が継続すると発煙、可燃性ガスが生成されると考えられる。建物関係者がこれらの兆候に気が付き、通報を行い、消防機関が現場到着した時の注意点として、必ずしも建物関係者は爆発を想定していないことがあげられる。サイロは一般的に気密性を高くして、雨水や空気中の湿気等の水分が入り込まないようにしているのが常であり、穀物の変質に注意を払っている。しかし、サイロ内に空間がある以上、空気が循環する可能性が全くないとは言えず、貯蔵時間が長期にわたる場合、穀物の含水率が上がっていく可能性が高いとも言える。建物関係者は発煙が生じ、発熱が確認される事態になれば、開口部を開放して搬出作業を行っている可能性がある。燻っている穀物からは、可燃性ガスが発生することが判明していることから、このような作業を行うことで空気の流入を促進し、酸素の供給によって燻った穀物が発

火して、可燃性ガスに着火して爆発の起因となることが明白である。このことからサイロからの発煙や穀物の異常な発熱を通報で受けた場合は、その時点でサイロ周辺からの作業員等の避難を指示し、併せて可能であるならば、サイロを密閉する等の空気の流入を絶つ手段を講じるよう指示する必要がある。また、現場到着時には、これらの事象を建物関係者から早期に聴取して､現場の状況を確認することが急務である。

5.　状況確認の手法について

5.1　温度の計測方法

穀物サイロで何らかの異常が察知され、通報がなされた場合は、活動警戒区域の外からの温度測定が必要である。手法としては赤外線温度測定装置で外壁温度の温度測定を実施する。建物関係者からサイロ内部の管理している温度を聴取し、これを指針として温度測定結果と照らし合わせて、明らかに外気温度や管理している温度より、高い温度が計測されたならば、サイロ内で穀物が発熱していると判断できる。外壁の構造で鉄筋コンクリート製のサイロであれば、サイロ内の温度が外壁に伝導されづらく、正確に計測するのは難しいと思われるが、この場合は計測の結果で若干でも温度の上昇が認められれば、爆発の危険性を考える必要がある。穀物サイロでは、貯蔵物の品質管理のために温度測定が行われているのが常であることから、外壁の温度変化が認められない時は、サイロ内の測定温度を確認する必要がある。

5.2　可燃性ガスが生成される温度について

今回の鑑定報告で、発酵による発熱のピークは約 50℃であることが測定の結果判明している。この温度を保持した時の熱量は自然発火に至るに十分な熱量である。また、この時に微量ながら、水素及び一酸化炭素が発生しており、貯蔵時間が長時間にわたれば、時間に比例して発生量が増加すると考えられる。爆発のあったサイロは陸屋根のハッチ及びサイロ下部の点検口が閉止されており、空気の流入は限定的で、発酵熱から出火に至るまでの、酸素の供給が滞った状態であったと考えられる。しかし、建物関係者からの説明で、大豆を貯蔵していた約 2 年間に、サイロ内の大豆の温度が通常は 10℃前後で推移するのに対し、このサイロでは温度が上がる傾向にあるため、温度が上昇する、サイロから大豆を抜き取り、チェーンコンベア、垂直バケットエレベータを介して、再度、同じサイロに上部から投入する循環を行っていた事実があり、これにより空気が循環し、好気性微生物の発酵が行われたと考えることができる。このサイロ内の温度上昇は、爆発するまでの温度測定によると、40℃から 60℃の温度を示している。この状況から、大豆に含有される油分の酸化が始まり、酸化熱が高まっていったが、固結状態になった大豆等への酸素の供給が滞ったことから、発火することなく蓄熱していったと考えられる。この蓄熱により、大豆類の熱分解が起こり､可燃性ガスが生成されたと考えられる。

6.　まとめ

穀物が好気性微生物の発酵及び酸化熱での分解で､それぞれ可燃性ガスが生成されることが、今回の爆発火災、現場の見分及び収去物の分析で明らかとなった。可燃性ガスは、着火しやすい気体であり、適当な生成量があれば、十分に爆発する可能性がある｡サイロの爆発の原因は、粉塵雲の形成により、発生する粉塵爆発が多く知られているが、粉体ではなく、穀物そのものの発酵及び酸化によって可燃性ガスが生成され、蓄熱した穀物自体が発火源となり、爆発を引き起こす危険性があることが明確に分かった。サイロの貯蔵物が発火源、着火物となり、自然発火、爆発が生じる危険性があることから、穀物の長期貯蔵ではサイロ内の湿度及び温度管理がより一層重要であり、警防活動に際しては、活動警戒区域をより広範囲に設定することが重要である。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告

在宅酸素療法中の患者宅で発生した火災の調査報告

大阪市消防局
北尻宗嗣、森下信一

1. はじめに

本件は、在宅酸素療法中の患者宅で発生した火災で、現場調査を実施した結果、在宅酸素療法で使用されている酸素濃縮装置が、著しく焼損していたことから、メーカー立会いのもと、鑑識及び検証実験を行い、出火原因及び延焼経路を究明するとともに、その調査結果をもとに、類似火災防止に向けて取り組んだ事例を紹介する。

2. 火災の概要

(1)　出火日時

平成 26 年 5 月　7 時頃

(2)　被害状況

鉄筋コンクリート造陸屋根 8 階建共同住宅の一室において、側壁 1m^2 及び内在品が若干焼損し、負傷者 1 名（重症）が発生した火災である。

(3)　消防隊到着時の状況

消防隊が出火室に到着すると、玄関扉の隙間から煙が出ているのを確認する。玄関扉は閉まった状態であったが、施錠はされていなかったため、室内に進入すると、黒煙が充満しており、ベッド横の酸素濃縮装置付近で炎を認める。

さらに、同室内を検索すると、テーブルの北側床面に、火元居住者が倒れているのを発見したため救出する。なお、当該火元居住者については、その後 30 日以上経ってから、入院先の病院で死亡している。

(4)　関係者からの情報

ア　火元居住者の親族からの聞込み内容

（ア）一人暮らしをしている火元居住者は肺気腫を患っているため、在宅酸素療法中であり、常時、鼻カニューレを装着して生活していた。

（イ）以前はヘビースモーカーであったが、最近は症状が悪化してきたため、喫煙は 1 日 10 本程度となっていた。また、たばこへの点火については、握力が弱くなっていたため、マッチで行っていた。

（ウ）ベッドで横になることができず、常時、テーブル横の椅子に座って過ごしており、歩行は困難な状況であった。

イ　酸素濃縮装置のリース会社職員からの聞込み内容

リース会社職員は、出火時間の約 7 時間前、火元居住者から、酸素濃縮装置のアラームが鳴動するとの連絡を受けたため、火元居住者宅を訪れる。

訪れた職員が酸素濃縮装置を点検すると、当該装置に異常はなく、加湿用のコップが完全に装着されていなかったため、アラームが鳴動したものと判明。

コップを装着しなおし、しばらく様子を見ていたが、異状はないため会社に引き揚げる。

3. 現場調査

(1)　現場の状況

ア　出火室はワンルームタイプの間取りで、南側中央部にベッドが置かれている。ベッドの東側には焼損した酸素濃縮装置があり、これを基点として燃え広がった状況が認められる（写真 1）。

イ　酸素濃縮装置は、焼損が著しく、外装樹脂

は大半が焼失し、内部の金属部や電装部品が露出している（写真 2）。

ウ　酸素濃縮装置のチューブは、火元居住者が倒れていた北東側へ延びており、それが床面に見分できる（写真 3）。

このチューブを見分すると、所々で内側から炎が噴出したような痕跡が認められるが、大半が残存しており、焼けは弱い。また、チューブの内側と外側を比較すると、外側はほとんど焼けていないのに対し、内側については全体的に炭化している（写真 4）。

エ　火元居住者が着ていた衣服を見分すると、上着の所々に小さな焼き痕が認められる。

オ　上着と一緒にあった鼻カニューレを見分すると、チューブとの接続部付近で焼け切れている（写真 5）。

カ　救出した火元居住者に火傷はなかったが、鼻の中に煤けが認められた。

写真 1　出火室の状況

写真 2　焼損した酸素濃縮装置

写真 3　チューブの状況

写真 4　チューブの焼損状況

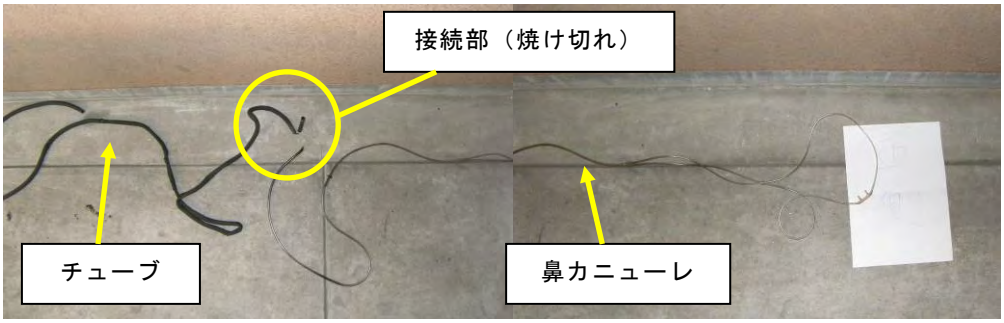


写真 5　鼻カニューレ等の状況

(2)　現場調査の結果

現場調査の結果、当該建物の 1 階玄関はオートロック式で、建物居住者以外に建物内に入ることはできないこと。また、出火時、出火室の玄関は施錠されていなかったが、火元居住者が在宅中に、何者かが侵入し放火するとは考えにくく、室内に荒らされたような形跡もないこと。さらに、本人に火傷や外傷はなく、関係者からも自殺を示唆するような供述は得られていないことから、放火の可能性は極めて低いと判断した。

一方、酸素濃縮装置については、著しく焼損しており、考えられる出火原因として、“当該製品自体からの出火の可能性”と“酸素吸入中における喫煙が起因しての出火の可能性”、以上 2 つの可能性が考えられたため、後日、メーカー立会のもと、鑑識及び検証実験を行うこととした。

なお、酸素濃縮装置のチューブは大半が残存し、焼けが弱いのに対し、酸素濃縮装置は原形を留めない程に強く焼けていることから、当初、製品自体からの出火の可能性が高いと考えていた。

4.　酸素濃縮装置について

酸素濃縮装置は、酸素ボンベを必要とせず、室内の空気中から高濃度の酸素を取り出す装置である。本件火災の酸素濃縮装置の構造、原理は次のとおりである。

まず、室内空気をコンプレッサによって吸着筒へ加圧供給し、吸着筒に充填された吸着剤（ゼオライト）により、空気中の窒素を吸着分離することで、高濃度の酸素を生成している。生成された酸素は、加湿器で加湿された後、酸素取出口よりチューブ、鼻カニューレを経て、患者に供給される（図 1）。一方、吸着分離された窒素は脱着され、装置の排気口より室内に放出される。

5.　鑑識及び実験

(1)　製品鑑識

ア　鑑識の概要

メーカーが持参した同型品と比較して、酸素濃縮装置の鑑識を実施する。

（ア）本体の外観を見分する。

酸素濃縮装置の正面は焼けが強く、外装樹脂が焼失し、内部の基板等が露出している。向って左側も焼けが強く、外装樹脂の大半が焼失している。向って右側及び背面については、上部外装樹脂は焼失しているものの、半分より下部は、樹脂が焼けずに残存している（写真 6、写真 7）。

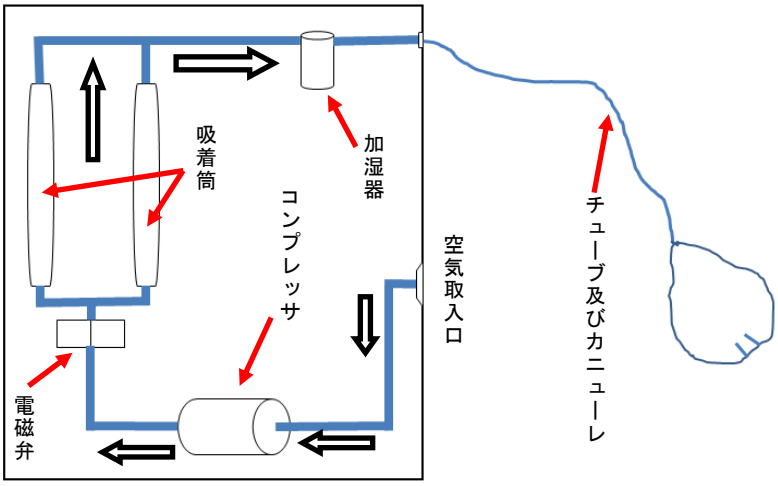


図 1　酸素濃縮装置の構造

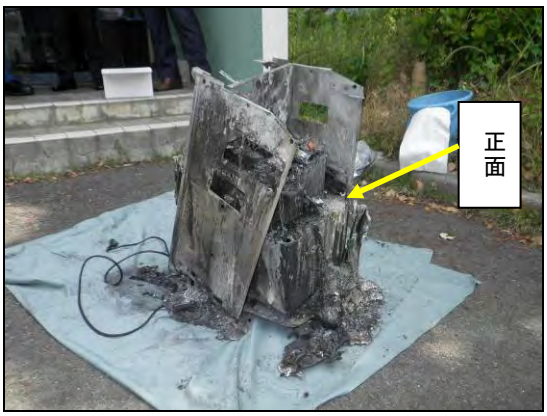


写真 6　酸素濃縮装置

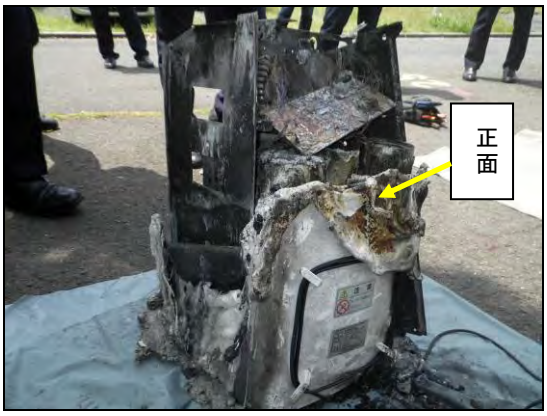


写真 7　酸素濃縮装置

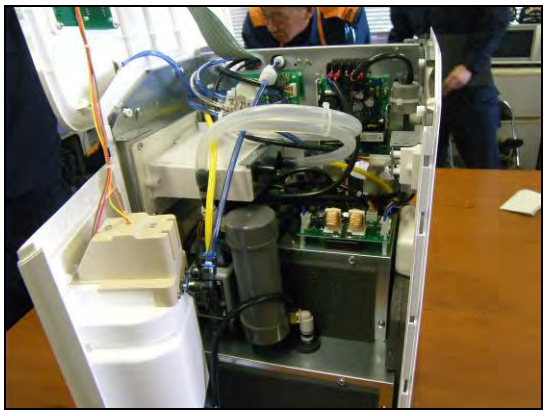


写真 8　同型品上部の状況

（イ）同型品を確認すると、焼損の著しい本体上部には合計 7 枚の基板が確認できるため（写真 8)、焼損品からこれら基板を取り出し見分する。

その結果、どの基板も一様に強く焼けているが、局部的な焼け抜け等はなく、残存する部分においては、出火に至る痕跡は認められない（写真 9）。

写真 9　基板 A の状況

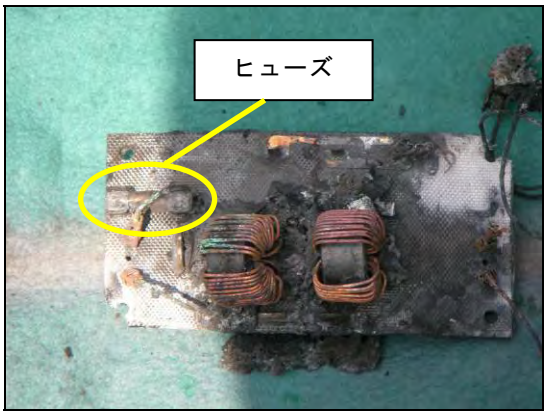


写真 10　基板 B の状況

なお、その内の 1 つの基板に電流ヒューズが確認できるが、電流ヒューズの可溶体に溶断は認められない（写真 10)。

（ウ）本体上部の基板や樹脂溶融物等を除去していくと、本体下部には金属製のボックスが見分できる。

この金属製のボックス内は上下 2 段の構造となっているため、外装ケースを取り外し、まず、内部上段の状況を見分すると、2 つのファンモータとリレーが認められるが、どれも樹脂が溶融、変形しているのみで、焼けは弱い（写真 11)。

（エ）続いて、金属製ボックスの内部下段の状況を見分する。

ここにはコンプレッサが見分できるが、コンプレッサに至る配線被覆は溶融しているものの、断線等はなく、また、本体自体に焼けは認められない（写真 12)。

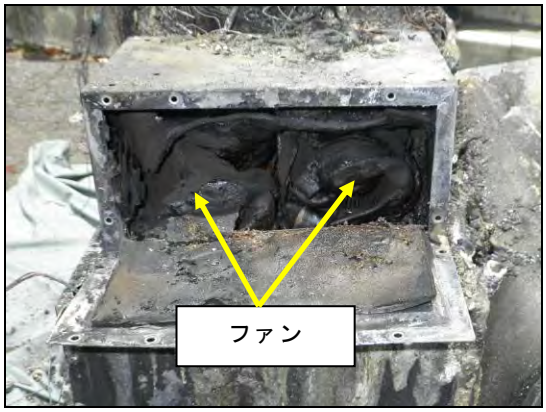


写真 11　金属製ボックス内部上段

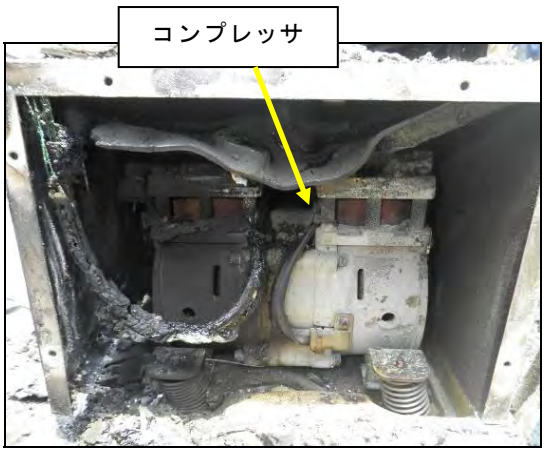


写真 12　金属製ボックス内部下段

（オ）電源コードは、本体の外側部分で焼損は認められないが、本体内部側で被覆が焼失し、心線が露出している。これら心線を子細に見分していくと、本体内部に入って約 5cm のところで断線しており、その断部に溶融痕が認められる（写真 13、写真 14）。

当該溶融痕については、コード両極の相対する断部に認められることから、短絡によるものと考えられる。

（カ）電源コードは、ブレーカを介して、ノイズフィルタに至る。

まず、ノイズフィルタを見分する。

ノイズフィルタは金属製のボックスの中に収納されているため、この金属製外装ケースを取り外し、内部を見分すると、樹脂部は大半が残存しており、焼けは弱い。また、端子部分にも金属の溶融等は認められない（写真 15）。

（キ）続いて、ブレーカを見分する。

ブレーカの外装樹脂ケースは大半が原形を保っており、また、内部の金属導体にも溶融等の異状は認められない（写真 16）。

イ　鑑識の結果

酸素濃縮装置を鑑識した結果、電源コードに短絡痕が認められたが、この短絡痕の位置を同型品で確認したところ、本体内部側に位置しているものの、コードに外力が加わるような場所

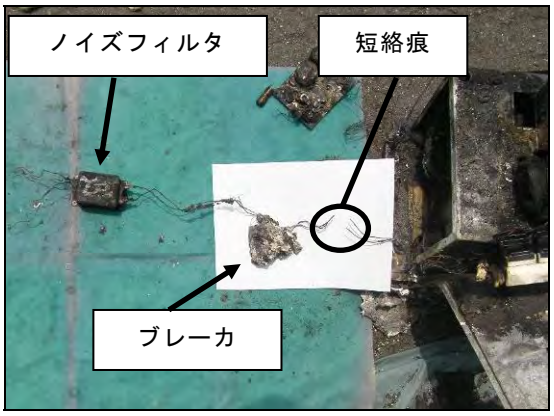


写真 13　電源コード（本体内部側）

写真 14　短絡痕

写真 15　ノイズフィルタ

写真 16　ブレーカ

ではない。このことから、当該短絡痕は、本体が燃焼したことにより、コードが炎にあぶられ、二次的に発生したものと考えられる。

その他、基板やコンプレッサ等の電装部品に電気的出火に至る痕跡は認められない。

(2)　検証実験

酸素吸入中における喫煙が起因しての出火の可能性について検証するため、次のとおり実験を行った。なお、実験での確認ポイントは以下のとおり。

・　発火源は、たばこか？　又はマッチか？
・　着火したのは、チューブか？　又は鼻カニューレか？
・　チューブや鼻カニューレに着火した火が、果たして酸素濃縮装置本体側まで及ぶものか？

ア　実験 1　チューブと鼻カニューレの燃焼性の確認

（ア）実験方法

酸素の供給がない状態で、たばこやマッチの火を接した場合、チューブ及び鼻カニューレが、どのように燃焼するのかを確認する。

（イ）実験結果

A　チューブにたばこの火を接した場合

チューブにたばこ火を接して約 60 秒後、チューブを観察したが、チューブの表面が若干溶融するのみで、穴は開かなかった（写真 17）。

B　鼻カニューレにたばこの火を接した場合

鼻カニューレにたばこ火を接して約 40 秒後、鼻カニューレを観察したところ、当該カニューレは溶融し、穴が開いたが、有炎燃焼には至らなかった（写真 18、写真 19）。

C　チューブにマッチの火を接した場合

チューブにマッチの火を接すると、約 15 秒で自己燃焼を開始し、その後も燃焼を継続した（写真 20、写真 21）。

D　鼻カニューレにマッチの火を接した場合

鼻カニューレにマッチの火を接すると、約 10 秒で自己燃焼を開始し、その後も燃焼を継続した（写真 22、写真 23）。

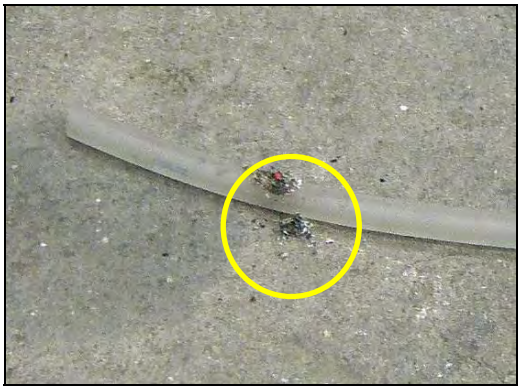


写真 17　チューブ（たばこ）

写真 18　鼻カニューレ（たばこ）

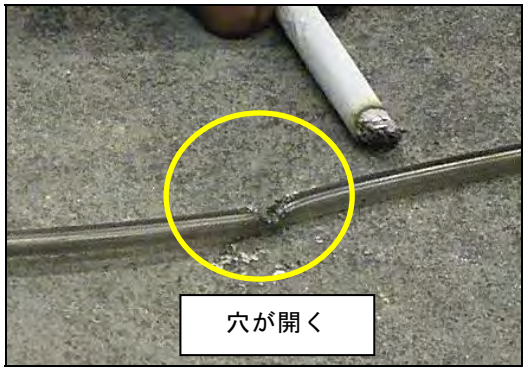


写真 19　鼻カニューレ（たばこ）

写真 20　チューブ（マッチ）

写真 21　チューブ（マッチ）

写真 22　鼻カニューレ（マッチ）

写真 23　鼻カニューレ（マッチ）

イ　実験 2　酸素吸入時の燃焼性の確認

（ア）実験方法

酸素（3 リットル／分）を流した状態で、たばこやマッチの火を接した場合、チューブ及び鼻カニューレが、どのように燃焼するのかを確認する。

（イ）実験結果

A　チューブにたばこの火を接した場合

約 2 分間、たばこの火をチューブに接するが、ホース表面が溶融するのみで着火には至らなかった。

B　鼻カニューレにたばこの火を接した場合

約 50 秒後、鼻カニューレに穴が開き、鼻カニューレ内を酸素濃縮装置本体側に向って燃焼が移動していった（写真 24、写真 25）。

C　チューブにマッチの火を接した場合

約 20 秒後、チューブが自己燃焼を開始し、その約 30 秒後に、チューブに穴が開き、その後は、チューブ内を酸素濃縮装置本体側に向って燃焼が移動していった。

D　鼻カニューレにマッチの火を接した場合

約 10 秒後、鼻カニューレに穴が開き、鼻カニューレ内で酸素濃縮装置本体側に向って燃焼が移動していった（写真 26～写真 29）。

E　チューブ等の焼損状況

上記 B～D において燃焼したチューブや鼻カニューレを見分すると、現場のものと同じよう

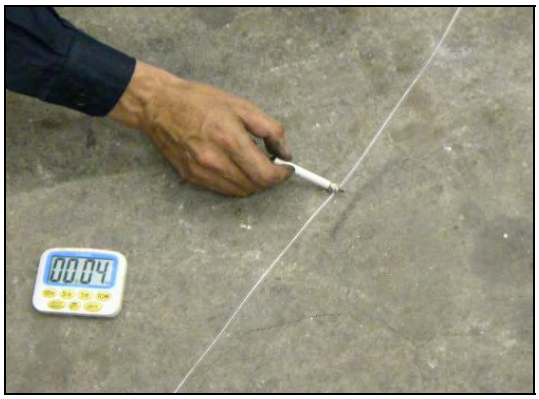


写真 24　鼻カニューレ（たばこ）
酸素供給有り

写真 25　鼻カニューレ（たばこ）
酸素供給有り

写真 26　鼻カニューレ（マッチ）
酸素供給有り

写真 27　鼻カニューレ（マッチ）
酸素供給有り

写真 28　鼻カニューレ（マッチ）
酸素供給有り

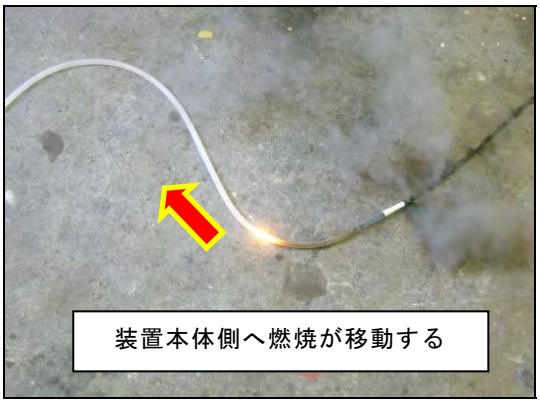


写真 29　鼻カニューレ（マッチ）
酸素供給有り

写真 30　実験後のチューブ

に、チューブ等の内側で炭化しているのが確認できる（写真 30）。

なお、上記 B～D においてチューブ等が燃焼している際、多量の黒煙が噴出していた。

6.　出火原因について

(1)　鑑識の結果から、酸素濃縮装置自体から出火した可能性は低いと考えられること。

(2)　実験 2 において、酸素が供給されている状態の鼻カニューレ又はチューブに着火、引火すると、その後は、チューブ等の内側を通って酸素濃縮装置本体側に向って燃焼が移動していくのが確認されたこと。

(3)　現場のチューブ及び鼻カニューレを見分すると、チューブと鼻カニューレとの接続部付近で焼け切れているが、実験結果のとおり、着火しやすいのは鼻カニューレであること

から、初めに着火したのは鼻カニューレと考えるのが妥当であること。

(4)　実験 2 の結果、たばこの火については、鼻カニューレに接した場合、引火はするものの、引火するまでに約 50 秒を要しており、一方、マッチの火については、鼻カニューレに接してから約 10 秒という短時間で容易に着火することから、発火源としてはマッチと考えるのが妥当であること。

(5)　まとめ

以上、鑑識及び実験の結果から、本件火災の出火原因及び延焼経路を次のとおり結論付けた。

ア　出火原因について

酸素吸入中の火元居住者がたばこに火を点ける際、誤ってマッチの火が鼻カニューレに接触したことで、酸素が供給されている鼻カニューレに着火し、出火したもの。

イ　延焼経路について

鼻カニューレに着火した後は、酸素を助燃剤として、燃焼が鼻カニューレ及びチューブの内側で酸素濃縮装置本体に向って移動していったことにより、最終的に、チューブ内の燃焼が当該酸素濃縮装置本体に至り、延焼したものと考えられる。

7.　類似火災防止に向けた取り組み

本件火災では負傷者（発災後 30 日以上経って死亡）が発生しており、また、依然として在宅酸素療法中の喫煙が起因する火災や死亡事故が発生していることから、当局においては、再現映像等を作成するとともに（写真 31）、これらを活用して、下記のとおり再発防止に向けての広報を実施した。

(1)　酸素濃縮装置については、高圧ガス保安法に規制されているものもあり、高圧ガス保安法に基づく届出リストから、当局が把握している全ての酸素濃縮装置使用者（103 件）に対し、個別にチラシを配布するなど注意喚起を実施した。

(2)　酸素濃縮装置を取り扱っているリース業者等に対し、業界の会合を通じて当局職員が講演を行い、注意喚起を実施した。

(3)　当局のホームページに、再現映像やチラシ（図 2）を掲載し、注意喚起を実施した。

写真 31　再現の様子

図 2　作成したチラシ

8.　おわりに

本件火災においては、カニューレ等に火が着いた場合、その燃焼が酸素濃縮装置本体側へ移

動していくものとは知らなかったために、当初、製品からの出火を疑ったが、実験を行ったことにより、本件火災の出火原因及びその後の延焼経路を科学的、合理的に立証することができた。百聞は一見にしかずと言うが、正に火災調査における実験の重要性を痛感した事案である。

また、今回の出火原因は、在宅酸素療法中の喫煙が起因しての火災であり、依然として、この様な火災が発生している中、ある一定のユーザーに対し、直接、注意喚起できたこと、さらに、関係事業者等に対しても、火災発生の危険性を再周知できたことは、類似火災防止に向けて、より効果的な取り組みであったと思慮する。

これらの取り組みがさらに多くの人に認知され、類似火災の発生防止、被害拡大の軽減につながれば幸いである。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告

無煙ロースターに起因する火災の調査報告

大阪市消防局
西田秀光

1. はじめに

下引きダクト方式の無煙ロースター（正式には「下方排気方式ガス焼肉機器」と呼ぶ、以下「無煙ロースター」とする。)に起因する火災は、ダクト及び機器内部の清掃不足やダクトと可燃物との離隔距離の未確保及び断熱材の未使用といった大阪市火災予防条例（以下「条例」とする。）違反が、火災の主な原因と考えられおり、当局においてもその適正な管理について、ホームページ等での注意喚起を継続しているところである。しかし、残念ながら表 1 のとおり火災が続いている状況である。そこで、さらなる働きかけとして、当局が推進するダクト内部の清掃や、条例に定める離隔距離の確保が、火災予防上不可欠であることを証明する映像資料を作成し、視覚的にそれらの重要性を訴えるべく再現実験を実施した。

表 1　無煙ロースターから出火した火災件数

年（和暦・平成）		22 年	23 年	24 年	25 年	26 年
火災件数	大阪市内	4	6	10	7	6
	政令市合計	46	41	61	55	54

2. 無煙ロースターの構造

焼アミ上の焼肉から出る煙を吸気板から吸い込み、内箱と外箱の間隙を通し、グリスフィルター、防火ダンパを経て、下方のダクトへ排出する。バーナーは、ガス式（都市ガス（13A）・プロパンガス）が主流であるが、電気加熱や炭火を使用したもの等もある（図 1)。

さらに、防火ダンパについて説明を加える。防火ダンパは、ダクト内への炎の進入を遮断するもので、図 2 のように無煙ロースター本体とダクトの接続部に取り付けられている。現在、主に次の 2 種類のものが使用されている。

(1)　バタフライ型

防火ダンパの羽根は、バネにより常に開く力が働いている。それを温度フューズ（溶断温度 120℃～180℃）で挟むことで、排気管が開通した状態としている。焼肉の炎を吸引するなどして、防火ダンパ部分の温度がフューズの溶断温度以上になると、フューズが溶断して防火ダンパの羽根が開き、排気管を閉鎖する（図 2)。

(2)　レバー型

防火ダンパとレバーは同軸であり、バネにより回転して閉鎖する力が働いている。それをストッパーで回転しないように留めている。ストッパーもまたバネにより外れる力が働いているが、それを温度フューズで支持している。防火ダンパ部分の温度がフューズの溶断温度以上になると、フューズが溶断して支持力を失い、ストッパーが外れる。その結果、レバーが回転して防火ダンパが閉鎖する（図 3)。

3. 法規制

無煙ロースターは、条例上の厨房設備に該当し、その排気ダクトについては、次のように規制されている（条例一部抜粋)。

第 3 条の 4 第 1 項

(1) ア　排気ダクト等は、ステンレス鋼板、亜鉛鉄板又はこれらと同等以上の強度、耐

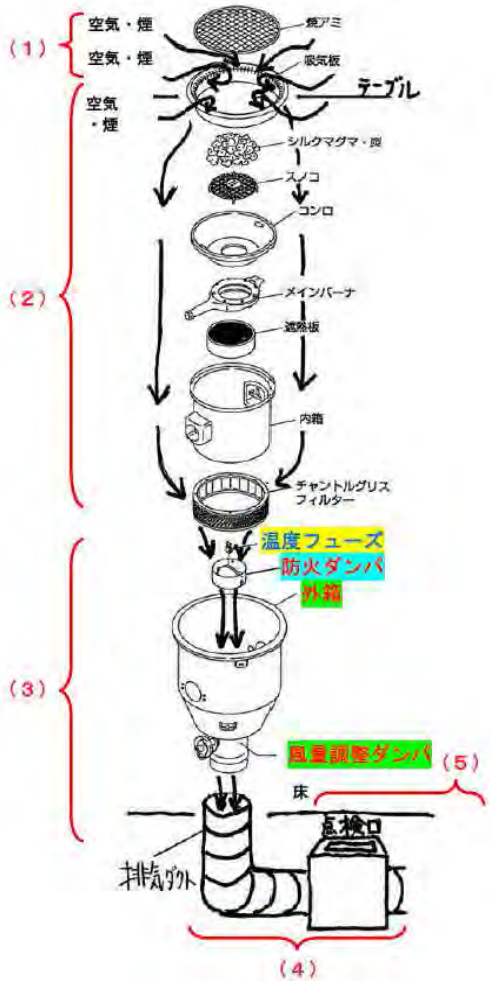


図 1　無煙ロースターの構造

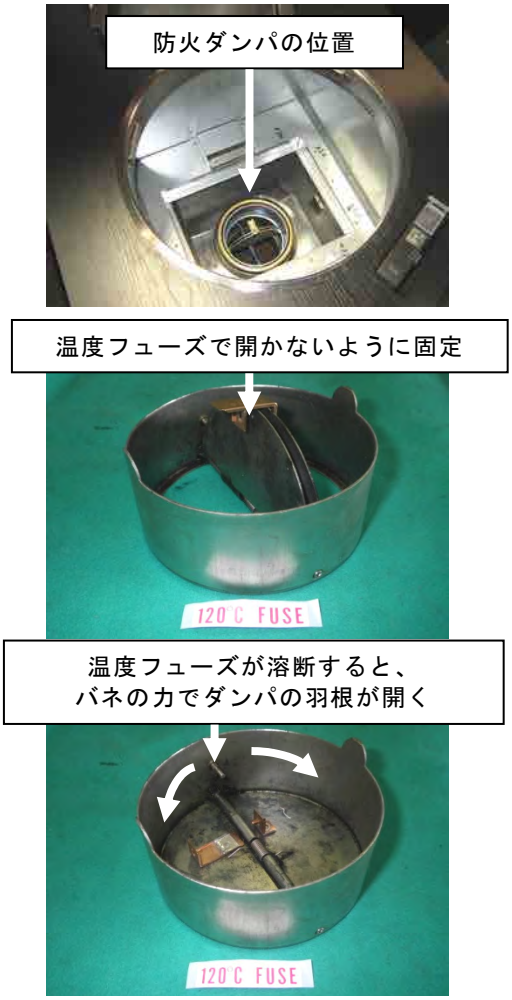


図 2　バタフライ型防火ダンパ

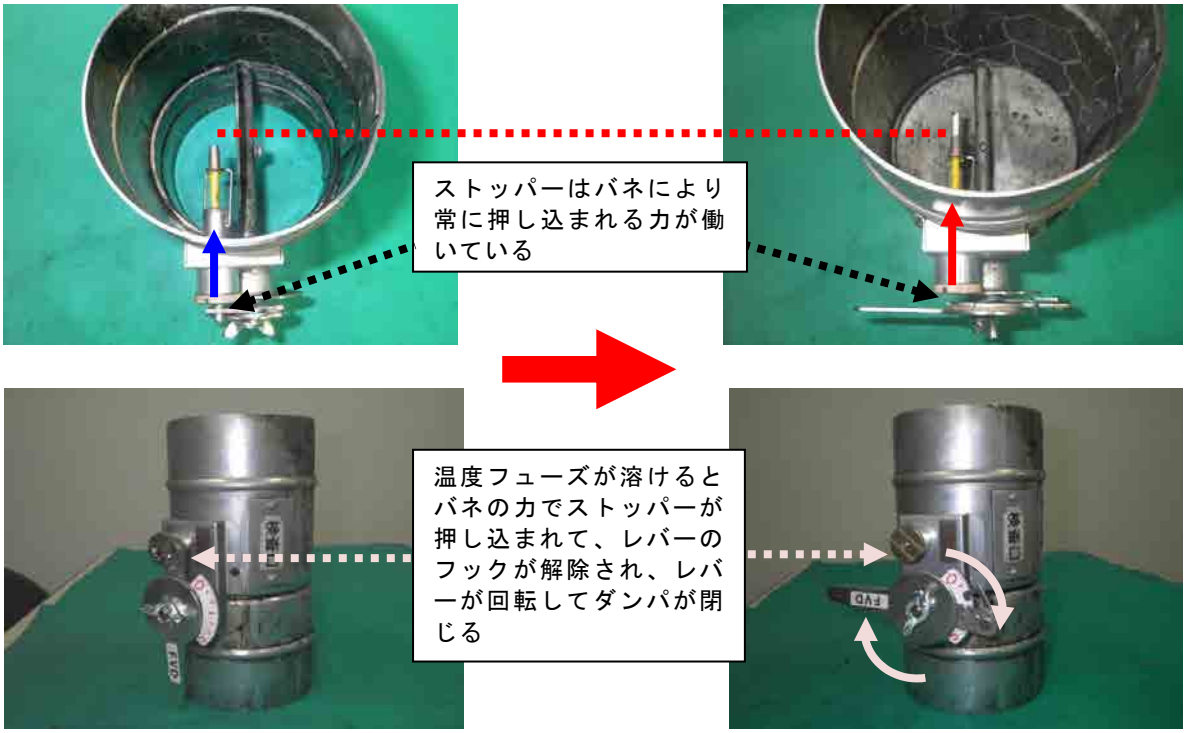


図 3　レバー型ダンパ

食性及び耐熱性を有する不燃材料で造ること。・・・

イ　排気ダクト等の接続は、フランジ接続、溶接等とし、気密性のある接続とすること。

ウ　排気ダクト等は、建築物等の可燃性の部分及び可燃性の物品との間に 10cm 以上の距離を保つこと。ただし、厚さ 5cm 以上の金属以外の不燃材料で被覆する部分については、この限りでない。

(3) 排気ダクト等、火炎伝送防止装置及びグリス除去装置は、容易に点検及び清掃ができる構造とすること。

(4) 排気ダクト等、火炎伝送防止装置及びグリス除去装置の油脂等の清掃を行い、火災予防上支障のないよう維持管理すること。

なお、上記(3)の容易に点検及び清掃ができる構造の例としては、点検・清掃口を設けること等が該当する。特に下引きダクトについては、適切な数の点検・清掃口を設置することが求められる。

また、(4)の清掃の頻度は、油脂の発生状況に応じて異なるが、メーカーの取扱説明書に従い、おおよそ表面が油脂又はスラッジで厚く覆われないうちに、頻繁に清掃することが必要とされている。

4. 火災事例

(1) 10 月下旬の 15 時頃、JR 大阪環状線高架下にある木造 2 階建焼肉店の 1 階から出火し、壁体内及び小屋裏伝いに近接建物に延焼した結果、合計 3 棟 1m^2 及び天井側壁 21m^2 を焼損した。なお、本火災により JR 大阪環状線が約 1 時間にわたり運転を見合わせ、約 3 万 3 千人に影響が出た。

(2) 10 月下旬の 19 時頃、繁華街にある鉄骨造地下 1 階地上 8 階建飲食店ビルの 1 階焼肉店から出火し、同飲食店の床若干及びダクト 2m を焼損した。数日後に同チェーンの他店舗でも火災が発生。調査の結果、いずれの店舗もダクトと可燃物との離隔距離が不足していることが判明したことから、緊急に市内にある同チェーンの 6 店舗に対し、ダクトと可燃物との離隔距離及び施工業者等について、消防法第 4 条に基づく報告命令を発令した。その結果、4 店舗で離隔距離の不足が認められ、改修するに至った。

5. 火災に共通する痕跡

過去に発生した無煙ロースターに起因する火災を調査した結果、次のような共通する痕跡があることが分かっている。

(1) 無煙ロースターで飲食中、焼アミ上の肉に着火し、炎が吸気口から吸引されるのを認めた後、火災が発生している。

(2) 無煙ロースター下部の防火ダンパが取り付けられていないか、あるいは取り付けられているものの、閉鎖しないように意図的にテープ等で固定されている（写真 1）。または、清掃不足により油脂でダンパが固着しているため、正常に閉鎖していない（写真 2）。

(3) 床下に設置されたダクト内部の清掃を長期間実施していない（写真 3）。

(4) 条例に規定されている排気ダクトと可燃物との離隔距離が不足しており、さらに不燃材料による被覆が施されていない（写真 4）。

写真 1　防火ダンパ（テープで固定）

写真 2　防火ダンパ（油脂で固着）

写真 3　焼損したダクト内部の状況

写真 4　離隔距離不足の状況

6. 出火のメカニズム

上記痕跡について検討した結果、次により出火に至ったと推察する（図 1)。

(1) 飲食中に焼アミ上の肉に着火する。

(2) 焼肉の炎が吸気口から吸引され、無煙ロースター内部（内箱と外箱との間隙）の油脂に着火する。

(3) 無煙ロースター内部の油脂が燃焼し、高温となっているにもかかわらず、何らかの原因で防火ダンパが作動しないために、排気ダクト内に炎が進入する。

(4) ダクト内に堆積している油脂に着火し、ダクト内部が燃焼する。

(5) ダクトと近接する可燃物との離隔距離が不足しているために、高温となったダクトの輻射熱により床材等が発火し延焼する。

7. 燃焼実験

今まで以上に効果のある火災予防施策を樹立するため、燃焼実験を実施した。

(1)　目的

ア　条例を遵守することが、火災予防上重要であることを証明する映像を撮影すること。

イ　現在考えられている出火のメカニズムに誤りが無いか検証すること。

ウ　ダクト内部の温度、油脂の堆積状況、防火ダンパの閉鎖する時機及びダクト内の燃焼状況を確認すること。

(2)　実験施設

実験施設の概要は次のとおりである。

ア　火災被害に遭われた店舗からご提供いただいた無煙ロースターに直径 12.5cm の筒状のアクリル製ダクトを取り付け、防火ダンパの開閉状況及びダクト内の燃焼状況を視認できる構造とした（写真 5)。

イ　機器及びダクト内部 9 箇所に温度センサを配置した（図 4)。

ウ　排気風量は市内の焼肉店 12 軒で実測した平均値とした（写真 6、表 2)。

写真 5　実験施設

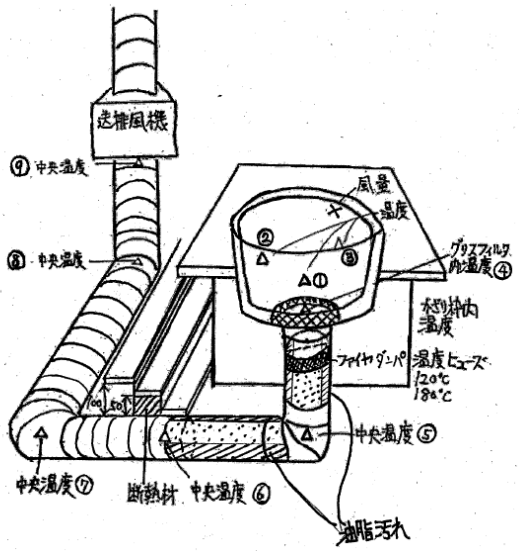
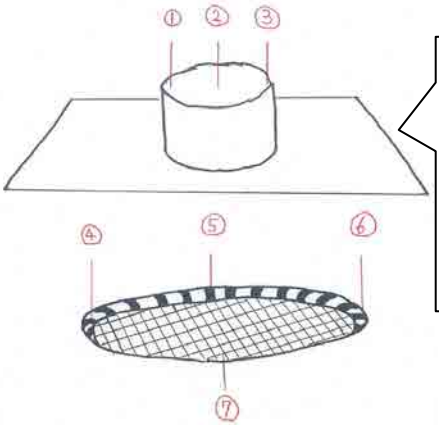


図 4　温度測定位置



ゴムマットに穴を開け、排気ダクトと同径の筒を取り付け、それを無煙ロースターの焼アミ上に押し付ける。①～⑦の場所の風量を計測する

写真 6　風量計測状況（左）と風量測定位置（右）

表 2　排気風量調査結果

店舗名	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	清掃状況	
								ロースター内	ダクト内
A	3.7	3.35	3.85	3.95	3	3.15	2	1 回/月	5 年前　業者
B	6.41	5.67	6.45	3.1	1.6	2.3	2.5		
C	3.1	2.6	3.35	1.6	1.1	1.7	0.8		
D	5.42	4.52	5.72	3.52	—	—	4.6	1 階/週	1 回/3～5 年業者
E	5.5	4.33	5.1	1.45	1.6	1.63	2.1	1 回/週	8 年間無し
F	4.8	3.55	4.85	1.8	3.2	1.4	1	1 回/週	1 回/3 年　業者
G	9.1	6.72	8.4	3.8	5.75	4.75	5.1	毎日	9 年間無し
H	4.65	3.8	4.58	1.9	0.85	1.4	1.49	1 回/4 日	1 回/10 年
I	6.2	4.5	6.1	5.2	4.95	5.4	5.85	1 回/月	1 回/年
J	7.8	5.75	7.55	6.5	5.8	5.3	4.25	1 回/週	1 回/年　店員
K	9.66	7.03	9.83	6.3	6.2	4.41	4.45	1～2 回/週	1 回/年　業者
L	6.2	4.95	6.12	2.42	1.93	4.35	1.98	1 回/週	1～2 回/年業者
平均値	6.05	4.73	5.99	3.46	3.27	3.25	3.01		
実験施設	6.0	4.9	6.0	4.0	3.8	3.9	3.7		

※風速計：KANOMAX　CLIMOMASTER
※排風機：MITSUBISHI　SHIROCCO FAN
TYPE BF-25ETE　23cm　④POLE 200V
50/60Hz　3 層 0.55kW　屋内用

計測と同時に、無煙ロースター内部の清掃の頻度及び下引きダクト内の清掃の頻度について聞き取りを実施

(3)　スケジュール及び参加者

実験項目ごとに施設の設定に時間を要することから、実験は複数日に分けて実施した。また、前回の実験結果を次回の実験に反映させるため、実験の間隔を概ね 1 カ月とした。また、実験には、プロのアドバイスが不可欠であり、加えて、業界関係者に火災の実態を知っていただくと共に、今回の結果を今後の製品開発等に役立てていただくことを期待し、国内大手の無煙ロースター製造業者 2 社に、任意での立会いを申し出た。幸い両社ともに快諾いただき実験に協力していただいた。

(4)　各実験について

実験 1：ダクト内の燃焼状況の確認

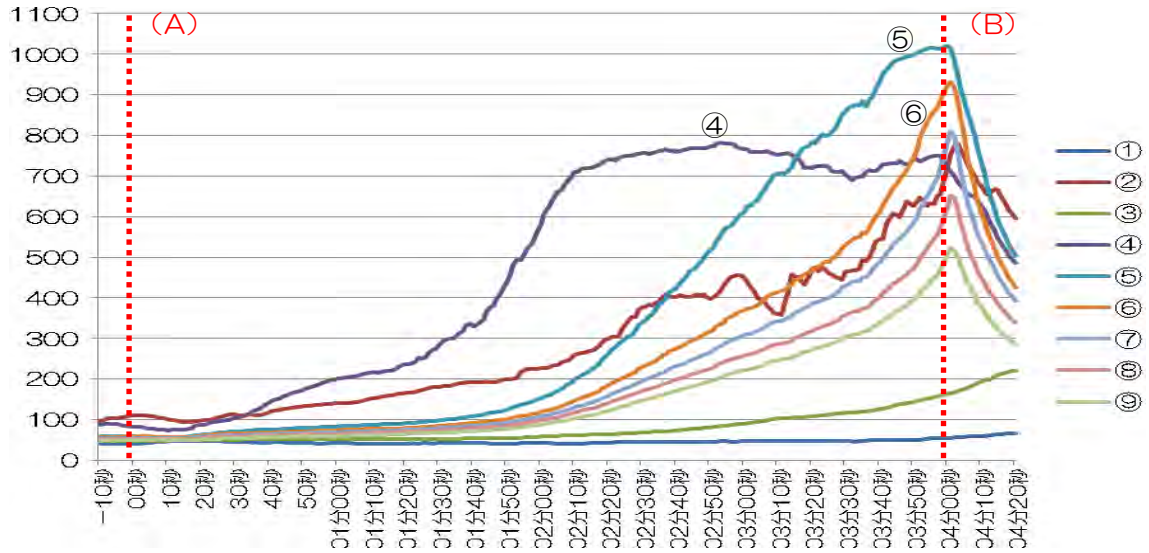
ダクト内へ炎が進入する状況を確認すると共に、ダクト内部の清掃がダクト内部の燃焼に与える影響を確認する。

ア　実験方法

外箱の内面に油脂を塗布した上で、焼アミ上で牛脂を燃焼させ、炎を吸気口から吸引させる（写真 7）。なお、防火ダンパは作動しないようにクリップで固定し、ダクト内は清掃した状態とする。

写真 7　焼アミ上の牛脂の状況

写真 8　実験 1 の状況



	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
（A）00 秒	40	110	48	83	59	58	55	52	49	油脂に着火
（B）4 分 00 秒	55	723	163	717	1020	924	786	627	507	消火

※実験環境：室温 26.0℃　湿度 44%（14 時 00 分現在）
※計測機器：コンパクトサーモロガーAM-8011K　安立計器株式会社

図 5　実験 1 イ　温度計測結果

イ　実験結果

温度計測結果は図 5 のとおりである。ダクト内に油脂を塗布していないにもかかわらず、炎は排気ファンに引き寄せられるように延焼し、炎が排気ファンに達した時点で、機器保護のため消火した（写真 8)。なお、消火にあっては、焼アミ上の焼肉を消火すると同時に排気ファンを停止したが、瞬時にダクト内は鎮火に至った（図 5)。

実験 2：防火ダンパの清掃の重要性

防火ダンパが清掃不足により油脂等で固着して作動せず、ダクト内が燃焼する様子を再現する。

ア　実験方法

（ア）清掃した防火ダンパを無煙ロースター直下のダクトに装着し、焼アミ上で牛脂を燃焼させる（写真 9)。防火ダンパ作動時の周囲温度とダクト内の状況を確認する。なお、温度フューズは 120℃及び 180℃を使用する。

（イ）油脂で固着させた防火ダンパを無煙ロースター直下のダクトに装着し、焼アミ上で牛脂を燃焼させる（写真 10)。

イ　実験結果

（ア）温度計測結果は表 3 のとおりである。各実験とも防火ダンパに炎の先端が接触する以前に防火ダンパが作動し、ダクトを閉鎖した。

（イ）防火ダンパの周囲の温度が 175℃になり、フューズが溶断しても防火ダンパが正常に作動せず、ダクト内が燃焼した（図 6、写真 11)。

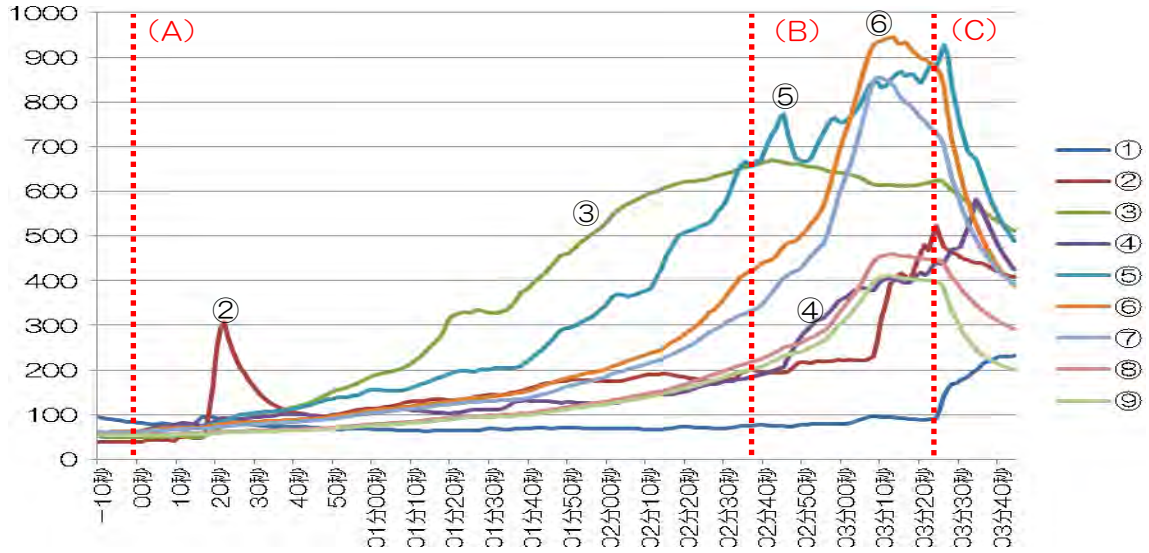
写真 9　実験 2 清掃されたダンパ

写真 10　実験 2 油脂で固着したダンパ

表 3　実験 2 イ（ア）防火ダンパ作動時の排気ダクト各部の温度状況

温度 フューズ	ファイヤーダンパー作動時の各部の温度 ※　④はダンパ付近の温度									油脂着火後の経過時間
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
120℃・ダンパ美	58	58	301	217	141	120	110	94	90	3 分 56 秒
120℃・ダンパ美	47	167	173	96	115	87	77	67	65	48 秒
120℃・ダンパ美	44	59	257	96	157	114	100	83	79	1 分 31 秒
平均	50	95	244	136	138	107	96	82	78	
180℃・ダンパ美	69	191	240	167	154	112	101	84	80	1 分 05 秒
180℃・ダンパ美	60	186	624	104	329	186	168	130	123	2 分 49 秒
180℃・ダンパ美	59	432	236	119	190	146	137	113	109	4 分 15 秒
平均	63	270	367	130	224	148	135	109	104	

※実験環境：室温 30.5℃　湿度 68%（14 時 00 分現在）
※計測機器：コンパクトサーモロガーAM-8011K　安立計器株式会社



	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
（A）00 秒	82	39	49	62	59	62	61	55	53	油脂に着火
（B）2 分 38 秒	77	198	661	187	668	429	338	221	205	フューズ溶断
（C）3 分 24 秒	93	523	625	444	878	875	730	445	397	消火

※実験環境：室温 32.3℃　湿度 57%（14 時 00 分現在）
※計測機器：コンパクトサーモロガーAM-8011K　安立計器株式会社

図 6　実験 2 イ（イ）温度計測結果

写真 11　実験 2 防火ダンパ閉鎖障害

実験 3：ダクト内部の清掃の重要性

床下のダクト内部の清掃を怠ったために油脂が堆積した結果、防火ダンパ作動前にこの油脂に着火してしまい、後に防火ダンパが作動しダクトが閉鎖した後も、ダクト内で油脂の燃焼が継続する様子を再現する。

ア　実験方法

ロースター内部及びダクト内に油脂を塗布した上で、焼アミ上で牛脂を燃焼させる。

ダクト内の油脂に着火するまで、防火ダンパが作動しないように針金で固定し、着火を確認後、防火ダンパを手動で作動させ、ダクトを閉鎖する。

イ　実験結果

温度計測結果は図 7 のとおりである。強制的に防火ダンパを作動させ、ダクトを閉鎖すると一時的に燃焼は沈静化するが（写真 12）、しばらくすると油脂に着火した小さな火が勢いを取り戻し、再びダクト内は激しく燃焼した（写真 13）。

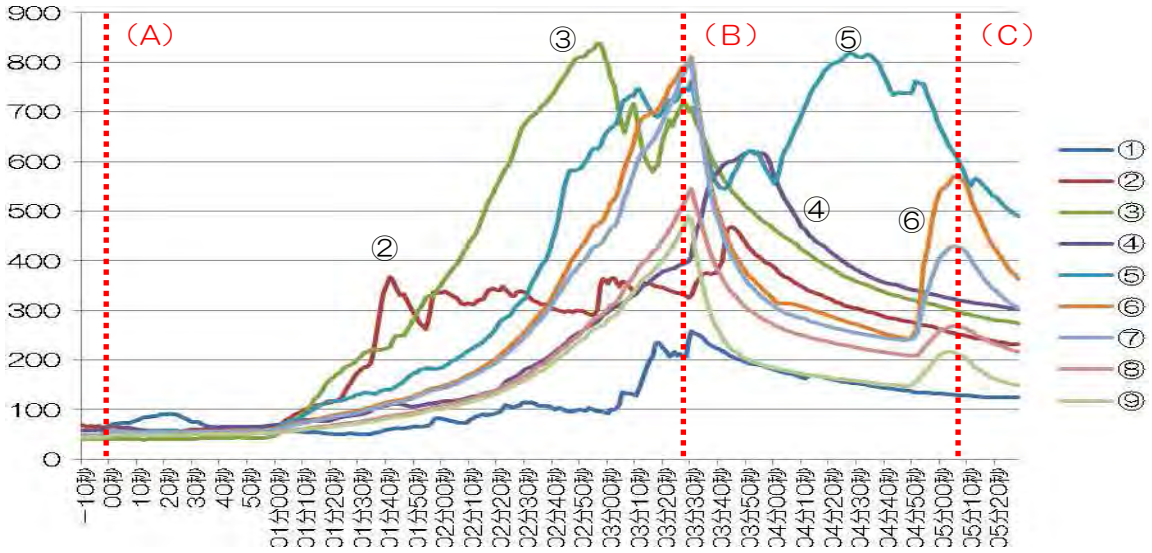
実験 4：離隔距離及び不燃材料による被覆の重要性

ダクトと可燃物との離隔距離不足、あるいはダクトが不燃材料で被覆されていないために、高温となったダクトの輻射熱により周囲の可燃物が発火する様子を再現する。

ア　実験方法

（ア）ダクト内部が燃焼していない場合

無煙ロースターに接続した金属製ダクト上に離隔距離が 0cm、2cm、5cm、10cm となるように床材に見立てた合板（可燃物）を配置する。さらに離隔距離 2cm 及び 5cm とした合板の一部を法令に適合した不燃材料で覆う（写真 14）。



	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
（A）0 秒	67	65	41	65	51	59	58	49	49	油脂に着火
（B）3 分 30 秒	258	330	708	406	762	811	805	544	486	ダンパ閉鎖
（C）5 分 8 秒	128	250	295	319	582	561	423	265	207	消火

※実験環境：室温 32.3℃　湿度 57%（14 時 00 分現在）
※計測機器：コンパクトサーモロガーAM-8011K　安立計器株式会社

図 7　実験 3 イ 温度計測結果

写真 12　防火ダンパ閉鎖直後の状況

写真 14　実験 4 ア（ア）の状況

写真 13　再燃後の状況

写真 15　実験 4 イ（ア）実験後の状況

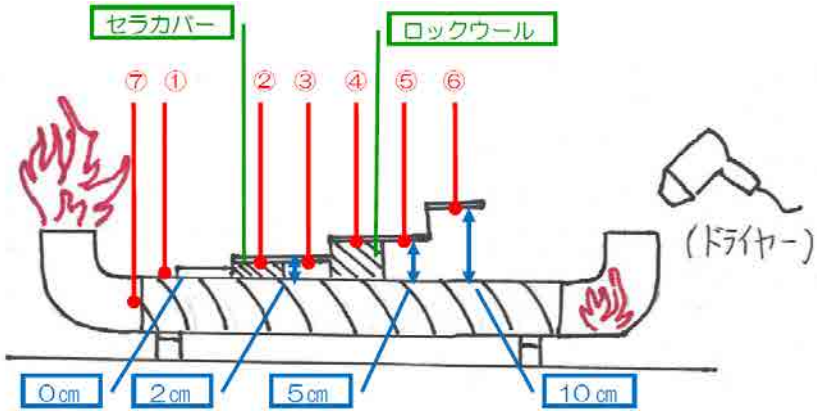
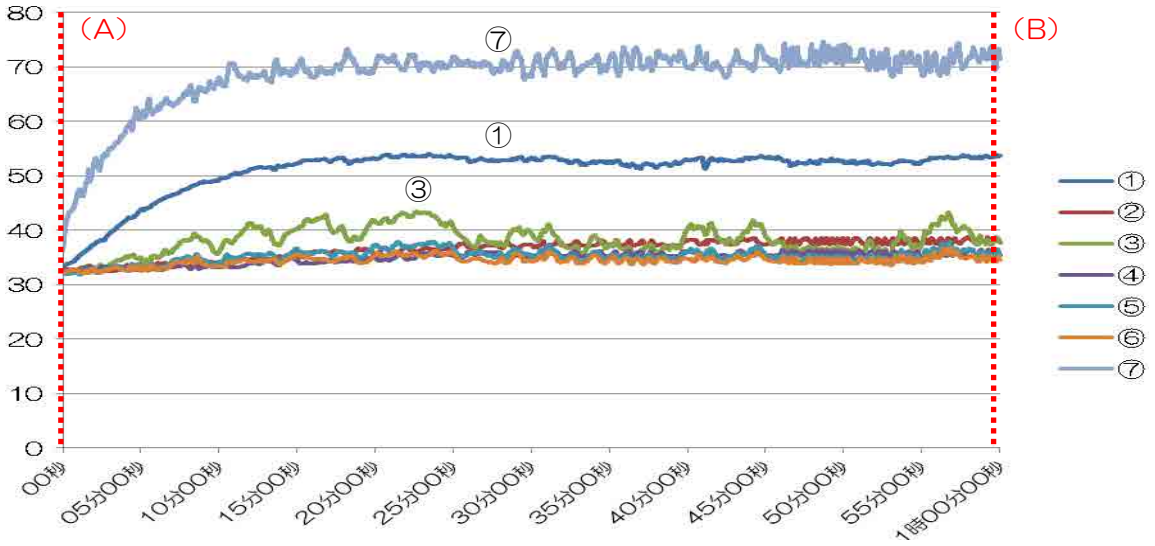


図 8　実験 4 の温度計測位置



	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
(A)0 秒	33	33	32	32	32	32	36	ロースター点火時
(B)1 時間 00 分 00 秒	54	38	38	36	35	35	72	ロースター消火時

※実験環境：室温 32.3℃　湿度 57%（14 時 00 分現在）
※計測機器：コンパクトサーモロガーAM-8011K　安立計器株式会社

図 9　実験 4 イ（ア）ダクト内が燃焼していない状態での各部の温度

無煙ロースターに点火し、通常使用時（焼アミ上の肉が燃焼していない状態）の合板各部の温度を計測するとともに、合板の焼けの状況を観察する。

なお、無煙ロースター製造業者の助言から、焼肉店におけるお客の平均的な飲食時間を 45 分間と仮定し､実験時の温度測定時間は 60 分間とする。

（イ）ダクト内部が燃焼している場合

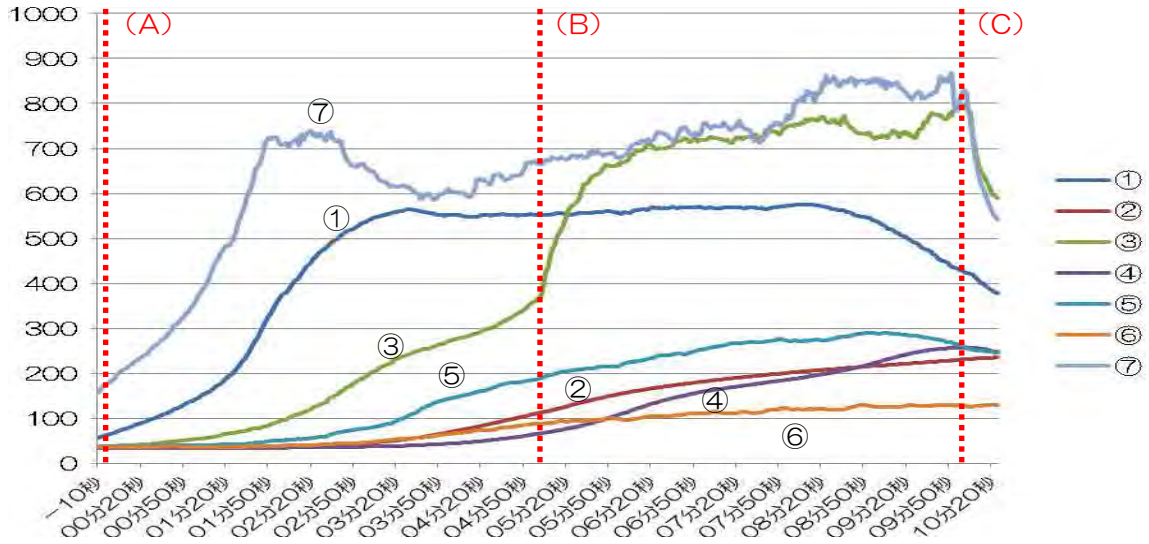
ダクトを無煙ロースターから取り外し、ダクト内部に油脂を流し込んだ上でたきつけにより燃焼させ、一方の端からドライヤで風を送り、ダクト火災の状態とする（図 8)。

イ　実験結果

（ア）温度計測結果は図 9 のとおりである。1 時間経過後に合板を確認するも変化は認められなかった（写真 15)。

（イ）温度計測結果は図 10 のとおりである。着火から 5 分 5 秒後、ダクトの輻射熱により離隔距離 2cm・不燃材料無しの状態の床材が発火した（写真 16)。

消火後、床材裏面を確認すると離隔距離不



	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
（A）０秒	67	34	39	34	38	37	186	油脂に着火
（B）５分５秒	553	115	410	68	192	88	673	床に着火
（C）10 分４秒	423	232	788	256	254	126	788	消火

※実験環境：室温 32.3℃　湿度 57%（14 時 00 分現在）
※計測機器：コンパクトサーモロガーAM-8011K　安立計器株式会社

図 10　実験４ イ（イ）温度計測結果

写真 16　実験４ イ（イ）床材着火時

写真 17　実験４ イ（イ）床材裏面の状況

足や不燃材料の覆いが無い等、条例に適合しない部分については受熱による炭化が認められた（写真 17）。

(5)　考察

実験結果から、次のことが考えられる。

（ア）実験 1 より、防火ダンパが取り付けられていない又はクリップ等で固定されている場合はダクト内が清掃された状態であっても排気ファンを停止しない限りダクト内に炎が延びる場合がある。そのため、ダクトと可燃物との離隔距離が不足している場合や、ダクトが不燃材料で被覆されていない状態では、延焼拡大する危険がある。

（イ）実験 2 より、防火ダンパが正常に機能すれば、ダクト内への炎の進入をほぼ防止することができる。逆に油脂等で固着していると、温度フューズが溶断しても正常に閉鎖せず、ダクト内に炎が進入する確率が高くなる。

（ウ）実験 3 より、ダクトに油脂が堆積していると、何らかの原因でダクト内に炎が進入した場合に延焼を助長する。また、一旦油脂に着火すると、その後、吸気側のダンパが閉鎖しても燃焼が継続する。特に排気ファンを停

止しない場合は延焼拡大する危険性が高くなる。

（エ）実験 4 より、ダクト内が燃焼していない状態では、近接する可燃性の部分や物品に着火することは考え難い。逆にダクト内が燃焼している状況では、条例に定めるダクトと可燃物との離隔距離が不足している場合や、ダクトに不燃材料による被覆がない状態では、高い確率でダクトの輻射熱により周囲の可燃物が発火する。

（オ）実験 1～3 より、ダクト内で最も高温となった場所は図 4 の⑤であり、燃焼時のダクト内温度は 750℃以上であった。よって、融点が 660℃のアルミ製のダクト等を使用している状況では容易に溶融、開口する（写真 18）。

（カ）ダクト内における油脂の付着状況を観察すると、無煙ロースターに近付く程付着の度合いは大きいものの、顕著な差は認められなかった。一方、ダクト内に塗布した油脂は、ダクト内が高温になると液状化し、重力により流れ落ちた。よって油脂の堆積しやすい場所は、縦方向に大きな空間がある場所（縦管）の底部であり、且つ無煙ロースターに近い場所である。

写真 18　焼損したアルミ製ダクト

8. 火災予防のポイント

実験結果から、火災予防のポイントを次の 3 つにまとめ、映像資料と併せて広報資料を作成することとした。

ポイント 1：機器内部（特に防火ダンパ）を清掃すること

ポイント 2：排気ダクトと可燃性部分との間に 10cm 以上の離隔距離を確保するか、厚さ 5cm 以上の金属以外の不燃材料でダクトを被覆すること

ポイント 3：床下に設置した排気ダクト内部についても定期的に洗浄すること

なお、ダクトを設置した後では、改修が困難なことから、新たに店舗を開店又は改装する場合は所轄の消防署に事前に相談するよう周知することとした。

9. 火災予防への反映

今回の実験結果を広く周知するため、次の方法で情報提供している。

(1)　ホームページへの掲載

掲載中の無煙ロースター火災に関する当局のホームページに、今回の実験動画を掲載すると共にリニューアルし（図 11）、加えてホームページからダウンロードできるチラシをリニューアルした（図 12）。

(2)　府下消防本部への情報提供

教養資料として広く利用していただくため、大阪府下消防長会予防委員会の場で、実験映像及びホームページを紹介した。

(3)　業界への働きかけ

ア　実験立会製造業者に対し、技術開発の依頼

実験に参加していただいた国内大手無煙ロースター製造業者に対し、今回の実験結果を今後の製品開発に役立ていただくよう依頼した。なお、立会製造業者のホームページ上の重要なお知らせのページから、当局のホームページを閲覧できるようにリンク設定をしていただいている。

イ　厨房工業会の機関紙である「厨房」（図 13）に投稿し、業界関係者に広く情報提供した。その結果、他の消防本部や企業から問い合わせをいただいている。

図 11　大阪市消防局ホームページ

http://www.city.osaka.lg.jp/shobo/page/0000288475.html

図 13　厨房

図 12　火災予防啓発チラシ（表面及び裏面）

10.　まとめ

出火のメカニズムが解明されれば、その予防方法の開発が飛躍的に進むことは、周知のとおりである。無煙ロースターに起因する火災については、既に、多くの共通する要因が解明されており、これら情報を消防が発信することで、製造業者及び飲食店関係者により、火災予防に効果的な取り組みがなされることを期待する。今回の実験結果がその一助となれば幸いである。

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告

鏡面仕上げ（平面）ステンレス板による収斂火災の調査報告について

大竹市消防本部
中村将也、滝口洋介、高野純一

1. はじめに

本火災は、石油コンビナート等特別防災区域･第一種事業所内の非危険物施設､｢保全倉庫｣の軒先の一部を焼損した建物火災である｡｢保全倉庫｣周辺には､危険物施設が至る所に点在し、仮に、火災が延焼拡大することとなれば、著しく消火困難となる恐れが高いとともに、社会経済に与える影響も甚大であることは容易に想像できる。

この火災は､従業員が保全倉庫横の駐車場で、異臭と白煙に気が付いたことにより発見し、水道ホースで初期消火を行い鎮火に至っている。

結論から言うと、当該火災の出火原因は、廃材置場に鏡面仕上げを施したステンレス板を放置したことにより生じた｢収斂火災｣であるが、一見、凹凸のない平面加工された板であった。この様なことから、調査経験の未熟な調査員が思案に明け暮れ、試行錯誤を繰り返すうちに、平面から焦点を形成するメカニズムを究明し、再現実験を機に､事業所が 40 年間行ってきた取扱いを見直し、再発防止措置を施すまでに至る調査経緯を紹介するものである。

2. 火災の概要

出火日時　平成 24 年 10 月 9 日 11 時頃
出火場所　保全倉庫・下屋の軒先
焼損程度　ぼや
建物概要　昭和 46 年建築、木造平屋建て、延べ面積 277.20m^2
気象状況　天気晴れ、気温 24.0 度、風向北北東、風速 3.8m、湿度 45%（乾燥注意報発令中）

3. 実況見分状況

(1)　保全倉庫に焼損が認められるのは、下屋の軒先のみである。軒先の焼損状況は、下屋の軒桁の中央から上面に至るまでに生じた亀甲模様の炭化深度が深く、その焼けは、軒桁の水平方向に、幅 300mm が均一に炭化している。水平方向に炭化した軒桁の中央付近の一部に、下方から扇状を呈した炭化箇所が確認できる。（写真 1、写真 2 参照）

このことから、軒桁の焼損は下方から燃え上がったものと考えるのが妥当である。

写真 1　現場の状況

写真 2　軒桁の炭化状況

(2)　軒先付近には、火気設備、あるいは照明・コンセント等の電気機器などの屋内配線は認められず、微小火源のタバコは、社内規定により、事業所敷地内の建物外による喫煙は禁止され、溶接、グラインダーなどの使用痕跡も確認できない。

(3)　軒先の下方東寄りの廃棄物置場に、鉄屑入れとして使用されるコンテナ（以下「コンテナ」という。）が定置されている。（写真 3、写真 4 参照）

このコンテナと、焼損した軒先までの空間には、130cm の距離が存在する。（写真 5 参照）

コンテナ内部には、周辺の工場から、廃材として集積されたカセットボンベが数本、平面上のステンレス板が数十枚、そして鉄屑等が確認できる。カセットボンベについては、内容物の可燃性ガスは社内規定により全て廃棄する際に穴を開け､圧抜きが行われている｡(写真 6 参照)

写真 3　廃材置場の鉄屑入れに用いられるコンテナ

写真 4　コンテナ内の状況

写真 5　コンテナと軒桁の離隔距離

写真 6　穴の開けられたカセットボンベ

ステンレス板は、ベルト研磨工場で鏡面状に製造したもので、不要となった箇所を、切断した後、その切断した端材を鉄屑入れに入れているとのことである。

4.　問題点

これらの現場の状況から、廃棄物置場のコンテナ内からの収斂火災の可能性が導かれた。

しかし、事業所関係者からは､「そんなことが本当にあるのですか？　今まで四十年間、この取り扱いをしていますが、何もありませんでしたよ。」などと冷笑され、私自身も含めた、他の調査員も半信半疑のもと鑑識見分を行うことを決意したのである。

5.　鑑識見分状況

廃棄物置場のコンテナ内に認められる、鏡面仕上げステンレス板（以下「ステンレス板」という。）について以下詳細に見分する。

(1)　ステンレス板について

立会人によると、「このステンレス板は、製品の製造工程上、埃などが一切付着してはならないため、仕上げを鏡面状に施し、反射率は、ほぼ 100%に仕上げている。」とのことである。

ステンレス板は、凹凸のない平面上に製造されたもので厚み 1.5mm、縦横 66cm の正方形、鏡面仕上げは表面のみ施され、裏面には行われていない。

数十枚のステンレス板はコンテナ内に無造作に放置されることから、縦・横・表・裏様々な状態で不規則に積み込められている。

コンテナ内の最上部には、鏡面を上方に向けたステンレス板が位置しており、このステンレス板の中央部付近は若干凹面状に湾曲している。

この凹面状の湾曲部の凹みを計測すると 2cm である。（写真 7、写真 8 参照）

写真 7　重ね合されたステンレス板の配置状況

写真 8　ステンレス板中央部の湾曲

(2)　凹面の焦点について

ステンレス板の寸法 66cm、湾曲部 2cm を元に、東京消防庁監修の「新火災調査教本」を参考にして焦点を計算する。

半径（R）＝（A^2＋B^2）/ 2A で表されることから、

（33×33＋2×2）/ 2×2＝1,093/4≒273

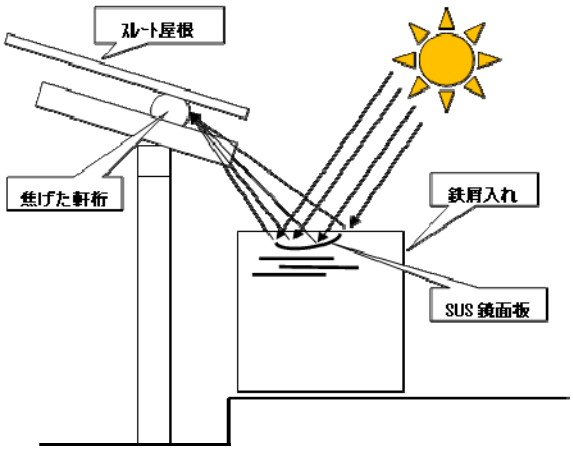
ステンレス板の湾曲から、構成される円は半径 273cm。

凹面鏡反射の法則では、理論的に凹面鏡の半径の 1/2 が焦点（F）となることから、焦点（F）＝273/2＝136cm。

すなわち理論上は、136cm の位置にステンレス板からの焦点がくることとなる。

6.　実験結果報告書

実況見分調書で計測した 130cm と、鑑識見聞調書から導き出された理論上の 136cm の値が近似し、信憑性と説得力を得たことから、再現実験を実施することとなった。（再現実験説明図参照）



再現実験説明図

(1)　実験の目的

太陽光がステンレス板から反射し、木材の局部に収斂することにより出火に至るか否か、時間経過と温度変化を観測する。

(2)　設定条件等

①　日時：平成 24 年 10 月 11 日（11 時 00 分開始、12 時 00 分終了）

② 撤去した軒先の波板スレート葺きの屋根部材は復元し、出火時と同じ条件による位置関係及び物理的条件のもと実験を行う。

③ 軒桁の下方の炭化部分に焦点を合わせ、外観・温度変化を測定する。

④ 観察・記録

非接触式温度計「熱画像装置・アルゴス」を使用し、焦点となる箇所の温度変化を測定するとともに、最終的に出火に至るか否かを観察する。（写真 9、写真 10 参照）

⑤ 気象条件については､火災発生日の 2 日後に当該実験を行ったことから、当日の条件とは誤差が生じる可能性が思慮されたため、国立天文台発表のデータと比較してみると、太陽高度が 0.6 度～0.7 度低い位置となることが判明した。許容誤差としての基準は定かではないが、この若干の誤差を念頭に実験を継続する。（表 1 参照）

写真 9　実験の状況

写真 10　軒桁の炭化部分

なお、実験当日の気象状況は、表 2 のとおりである。

(3)　使用資機材等

実験に使用した機器は､表 3 のとおりである。

(4)　実験結果（10 月 11 日 11 時 15 分から 11 時 40 分までの 25 分間）

この実験では、あらかじめ困難を極める事態が予測された。

それは、一昨日の火災発生から数時間経過後の鑑識見分時に何度行っても、平面のステンレス板の焦点を一ケ所に集中させることができなかったことである。そして、このことから、火災発生の即日、事業所独自に再現実験を試みているものの、その日は雲が多く、太陽が雲に隠れることが度々あり､表面温度は 83 度を上限値に、木材の発火点に達することはなかったという情報が､我々の不安をさらに増大させていた。

いよいよ向かえた再現実験当日は、あらかじめ 11 時 00 分頃から太陽光の反射位置を観察し、

表 1　大竹市の気象状況

	時　刻	気温（セ氏）	湿度 (%)	風向	風速	日照時間	太陽高度
10 月 9 日	11:00	24	45	北北東	3.8	1.0	47.1
10 月 10 日	11:00	23	59	東	1.4	0.4	46.8
10 月 11 日	11:00	23	42	東	1.6	1.0	46.4

※気象庁ホームページ及び国立天文台よるデータのため、現場の立地条件により誤差が生じる。なお、湿度は広島市内での値である。

表 2　実験場所での気温・湿度

10 月 11 日	天　気	気　温（セ氏）	湿　度
11:15	快　晴	28	45

※10 月 11 日に再現実験場所の湿度・温度計により計測したもので気象庁のデータと誤差あり。

表 3　実験使用機器

使用品名	メーカー、型式、形状等	個数
温度測定器	アルゴス	1 器
温度測定器	OPTEX　THERMO-HUNTER	1 器
ステンレス板	BERNDORF BAND	1 枚
軒桁	松	1 式
デジタルカメラ	オリンパス	1 台
水道水	水道ホース	1 式
消火用バケツ	金属製 8 リットル	1 個
スケール	金属製	1 個

※その他：温・湿度計、壁掛け時計、ホワイトボード

平面上のステンレス板の湾曲を 2cm 程度の凹面に保持したままの状態で、位置を微調整するという作業から開始することとなった。しばらくの間、試行錯誤を繰り返すものの、一向に合成される気配のない焦点に焦る我々の思いとは裏腹に、刻一刻と変化する太陽高度の位置に憤りすら感じていた。

そして、タイムリミットの 11 時 15 分が近づき始めているにもかかわらず、大きな変化はないまま時は刻まれていき、周囲の緊張感が頂点に達しかけた頃、何気なく置いた、ステンレス板から、時折、反射される、クロス状の太陽光が確認できた。もしやと思い、クロスを形成しているラインの重なる中心部付近に熱画像装置のセンサー部分の画面を重ね合わせると、そこが高温であることに気が付いた。(写真 11 参照)この温度変化は、風の影響に左右されやすく、時折吹く、そよぎ風により、上昇と下降を繰り返し、安定状態にはならない。

しかし、間もなくすると、クロスラインの重なる中心部の温度が瞬く間に上昇し始めた。

時刻は、11 時 20 分。熱画像装置のセンサー部分を軒桁下方の炭化箇所に重ねると、表面温度は 240 度に達している。(写真 12 参照)

11 時 34 分、実験開始から 19 分には、表面温度は 267 度を計測し、時折、僅かな白煙を視認することができる。(写真 13、写真 15 参照)

11 時 37 分､実験開始から 22 分経過したとき、表面温度が 307 度に達し、白煙が継続的に上昇し始める。(写真 14、写真 16 参照)

その後も、表面温度が下降することはなく、白煙についても継続的な上昇を維持したまま、無炎燃焼の継続が持続する。

ここで、隣接する危険物施設への安全性を考慮して、この時点で、燃焼に至る要素が確立されたと判断し、再現実験を終了、水道ホースにより消火する。

なお､当該実験における温度変化をグラフ 1､表 4 に記載する。

写真 11　矢印付近が反射されたクロスラインが重なる箇所

写真 12　赤色部の中心は 221 度

写真 13　最初の白煙上昇時の赤外線画像

写真 14　白煙継続発生時の赤外線画像

写真 15　11 時 34 分の状況

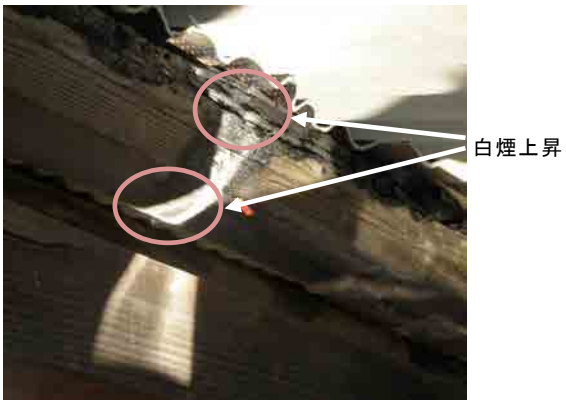
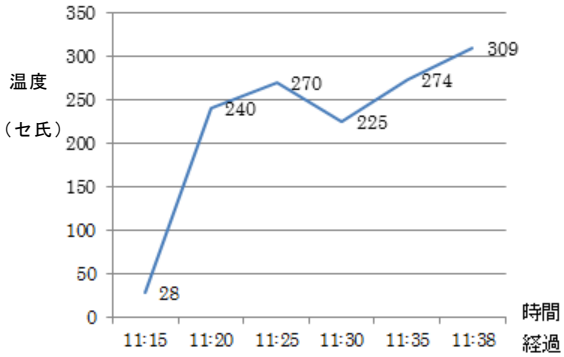


写真 16　11 時 37 分 白煙の継続的上昇



グラフ 1　温度変化

表 4　温度変化

時間	温度（セ氏）
11:15	28（外気温）
11:20	240
11:25	270
11:30	225
11:35	274
11:38	309

7.　出火原因

本火災は、乾燥注意報発令中という環境下において、廃材置場に設置された鉄屑入れのコンテナ内に、ベルト研磨工場から廃棄された平面上の鏡面仕上げステンレス板を、無造作に放置したため、中央部付近に凹面が形成され、ステンレス板の鏡面に太陽光が反射し焦点を形成する、凹面鏡反射の法則により、焦点となった保全倉庫・下屋の軒桁部材の木材を加熱し、無炎燃焼の継続に至ったと判断したものである。

8. その後の対応

当該事業所では、建築後、40 年を経過した出火建物とともに、廃材置場も約 40 年間、この様な取扱いをしていた。この再現実験を機に、①廃棄物置場の鉄屑入れには、ベルト研磨工場からの廃棄物である、ベルト端材は入れない。②研磨工場からの端材は、研磨工場専用コンテナにて屋内で管理し、廃棄の際は業者へ依頼する。③これらを研磨工場の規則（作業標準書）に記載する。という恒久対策が、事業所内に施された。

しかし、もし仮に、「収斂火災」を発生させた焦点が、隣接する危険物施設に向けられていたとしたらどうなっていたであろうか。当該事案は、結果として、大事には至らなかったが、事業所の高度な技術が思いもしない大惨事を招く可能性を秘めていることを、事業所職員とともに認識した事例であった。

9. おわりに

ここで記載した収斂火災は、誰でも当たり前と思っている現象かも知れない。しかし、よくよく考えると、その知識は誰かに教わったもので、私たちが知っていると思う事柄は、単に、教材に載ってあっただけのことではないであろうか。

仮に、当たり前のことだとしても、自ら、そして関係機関の方々とともに、これらを確認することにより、知識は知恵となり、この蓄積が、火災調査の本質である、「未来の火災を消火する。」という安全文化を構築させてきたことに気づかされる事案であった。

参考文献：新火災調査教本　東京消防庁監修

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告

医薬品中間体を製造する危険物一般取扱所にて静電気により出火した事例の調査報告

富山市消防局
小関啓介

1.　火災概要

本件火災は、医薬品中間体を製造する危険物一般取扱所（以下、「一般取」という。）で、SUS フレキシブルホース（以下、「フレキ」という。）内の洗浄作業中に出火したものである。建物内部及び収容物を焼損した「部分焼」の建物火災であり、負傷者 2 名が発生している。なお、調査にあたっては、消防研究センターの助言を得ている。

2.　出火時の作業概要

当該一般取では、複数の医薬品中間体を同一の設備を使用して製造しているため、A という薬品製造後に、B という薬品を製造する場合には、配管等の設備を洗浄する工程がある。

本件火災はこの工程上において、大気開放状態でフレキ内に酢酸エチル（第 4 類第一石油類（非水溶性））（以下、「酢エチ」という。）を通し、フレキ内の洗浄を行っている最中に出火している。（写真 1）

写真 1　フレキ内部洗浄状況

3.　関係者からの情報

(1)　作業及び火災に関すること

ア　過去に 200～300 回程度、同作業を実施している。

イ　過去との相違点は、フレキ先端に樹脂製フィルタを設置したこと。

ウ　酢エチは 20L 使用し、窒素により圧送され、後半はミスト状で噴出。

エ　作業中に静電気による電撃を受けた経験はない。

オ　炎は、SUS 受器から立ち上がっていた。

(2)　機器等に関すること

ア　出火室内にある防爆機器等に不具合はなかった。

イ　出火時、トランシーバ（非防爆型）を使用していた。

ウ　ライター等の発火源となり得るものの、持ち込みはなかった。

エ　リストストラップや床面導通処理等の人体除電対策はしていなかった。

4.　現場見分（焼損状況等）

(1)　焼損状況

焼損が認められるのは、洗浄作業を行っていた 2 階「晶析・遠分室」（以下、「晶析室」という。）のみであり、この室を中心に見分を行う。

晶析室に通じるアルミ製ドアは、室外側に向かって湾曲し、網入りガラスはひび割れている。（写真 2）

晶析室内部を見分すると、天井の石膏ボードが上側に向かって湾曲し一部破損している。晶

析室内の壁体は、コンクリート製で各壁体に焼損、破損は認められないが、北面の掲示板が焼損している。晶析室内にはフレキ、SUS 受器、配管等といった製造設備が見分される。床及びこれらの収容物には消火粉末が付着しているが、目立った焼損は認められない。（写真 3、写真 4）

写真 2　アルミ製ドアの状況

写真 3　晶析室内の状況

写真 4　SUS 受器、フレキの状況

SUS 受器及びフレキを更に見分する。SUS 受器には、アースクリップが取り付けられ、10L の茶褐色の排出液が認められる。フレキ先端には、樹脂製フィルタが設置されている。また、床面にはトランシーバが見分され、関係者によれば「SUS 受器直近の床に置き、送液の合図を傍受するのに使用しました。発信はしていない。」とのことである。（写真 5～写真 7）

フレキから樹脂製のフィルタを取り外し、フレキ内部を見分すると、テフロン樹脂でコーティングされており、焼損、破損は確認できない。（写真 8）

作業者の着衣は、クリーンルーム用の作業着で、帯電防止材が使用されており、袖部分に切断の跡が見られる。関係者によれば、「作業着が溶けて腕にくっついていたため、切りました。」とのことである。靴は帯電防止仕様であることが確認でき、焼損等は認められない。キャップ及びディスポグローブは、帯電防止仕様ではなく、焼損は認められない。（写真 9、写真 10）

写真 5　SUS 受器の状況

写真 6　フィルタの状況

写真 7　トランシーバの状況

写真 8　フレキ内部の状況

写真 9　作業着の状況

写真 10　靴等の状況

(2)　酢エチ、窒素流路確認

酢エチは屋外タンクから送液されている。り災建物まで送液されている配管及びバルブに、異状は認められない。り災建物内のメインバルブは微開の状態で、270°締めると閉止する。関係者によれば、「これが正しく流量調整した状態です。」とのことである。（写真 11、写真 12）

窒素は敷地内にある別棟から送られ、り災建物までの配管に異状は認められず、り災建物内の圧力計等も異状は認められない。（写真 13）

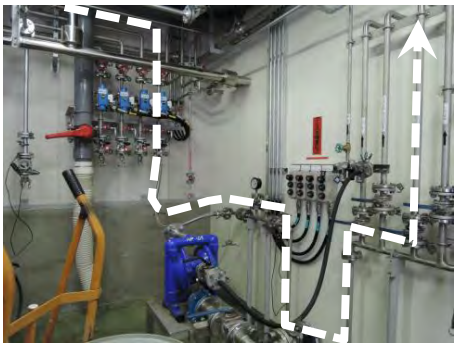


写真 11　酢酸エチルの流路

写真 12　バルブの状況

写真 13　窒素圧力計の状況

(3)　現場見分のまとめ

焼損、破損は 2 階の晶析室のみに認められ、晶析室では爆発現象があったと考えられる。出火原因については、現場見分状況及び関係者の供述から、工程への異物混入や窒素等過不足の影響による出火は否定できる。

5.　トランシーバ鑑識

SUS 受器直近にあったとされるトランシーバの鑑識を行う。

(1)　諸元等（メーカーから聴取したもの）

・名称　特定小電力無線器
・製造期間　2000 年 12 月～2009 年 4 月
・販売期間　2000 年 12 月～2009 年 9 月
・販売台数　253,332 台
・生産国　日本
・販売範囲　国内
・価格　14,800 円
・安全装置　防爆規格の要求適合装置なし
・事故事例　なし
・リコール等　なし

(2)　鑑識見分

外観上は、消火器の粉末薬剤が付着しているのみで、電源を入れると正常に作動する。（写真 14）

電池を取り外し、トランシーバ内部を見分すると、接点部分に荒れや溶けはなく、すす（煤）の付着も確認できない。電池は残圧が確認できる。（写真 15）

分解し内部の基板等を見分するも、すす（煤）の付着はなく、コンデンサに膨張、ひび割れ、液漏れ等の異状は確認できない。また、スイッチの接点部にも荒れ、溶融はない。（写真 16）

(3)　トランシーバ鑑識のまとめ

・トランシーバ不具合による出火は否定できる。
・トランシーバ内部に可燃性蒸気が侵入し、接点火花で引火した可能性は否定できる。

写真 14　トランシーバの外観状況

写真 15　トランシーバ内部の状況

写真 16　トランシーバ分解状況

6.　フィルタ鑑識

現場で発見され、今回初めて使用されたフィルタについて鑑識を行う。

(1)　諸元等（メーカーから聴取したもの）

・名称　フィルタ
・製造期間　20 年以上前～現在
・販売期間　同上
・販売個数　80 個（類似品 2,000 個）

・生産国　日本
・販売範囲　世界
・価格　7,700 円
・安全装置　なし
・事故事例　なし
・リコール等　なし
※ 取扱説明書等には、静電気に対する注意喚起文あり。

(2)　鑑識見分

同型品と比較して見分を行う。外観は、ポリプロピレン製の外装にわずかな溶融が認められるのみである。分解するも、内部に焼損等は認められず、排出液二次側に、消火粉末の付着が認められるのみである。なお、フィルタにはシールが貼付されている。（写真 17、写真 18）

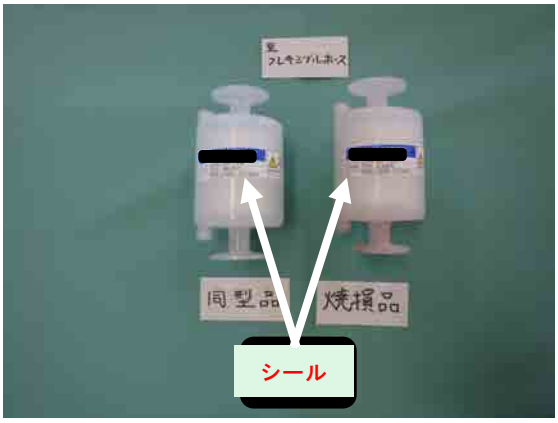


写真 17　フィルタの外観状況

写真 18　フィルタ分解状況

(3)　シール部の導体、不導体の確認

静電気安全指針 2007（文献 1）によれば、静電気上の導体・不導体は、表面抵抗率（ρ_S【Ω】）の範囲で定義できるとされ、$\rho_S < 10^{10}\,\Omega$ で静電気上の導体となる。ρ_S は次式で表され、図 1 に基づき簡易測定できる。

$$\rho_S = R_S \cdot L_1/L_2$$

このことに基づき、シール部の表面抵抗（R_S）を測定し、表面抵抗率（ρ_S）を計算すると、シール乾燥状態で $5\times10^7\,\Omega$、シール湿潤状態（酢エチ）で $2\times10^8\,\Omega$ となる。（洗浄作業中にフィルタが酢エチで濡れる可能性があったため、乾燥、湿潤各々の状態で測定を行った。）（写真 19）

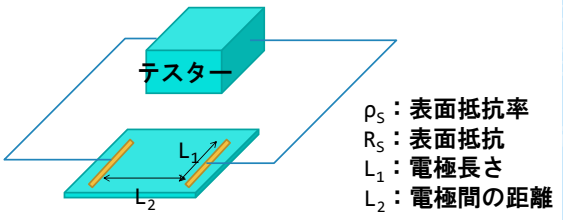


図 1　表面抵抗率測定方法

写真 19　表面抵抗測定状況

(4)　フィルタ鑑識のまとめ

・フィルタ内部からの出火は否定できる。
・シール部は導体である。

7.　静電気について

静電気安全指針 2007（文献 2）によると、静電気放電には次の 6 種類の放電があり、各特長をまとめる。

◆ 火花放電

静電気事故の 7 割強が火花放電といわれ、導

体間で起きる放電。

◆ ブラシ放電

不導体から起きる放電で、曲率のある導体に放電し、その時のエネルギーは 1～3mJ。

◆ 沿面放電

液体、粉体等が絶縁性パイプ内を高速で輸送される際等に発生し、産業界に起こる最大の着火能力を持ちうる放電。

◆ コロナ放電

先のとがった針電極等の近傍に、不平等電界場が形成された場合に起こるが、水素のような最小着火エネルギーが極めて小さいガスを除き、可燃性蒸気に引火させることはない。

◆ コーン放電

円錐状に堆積した不導体性粉体の表面に起こる放電。

◆ 雷状放電

サイロ等への粉体の投入をした際等に発生する雷のような放電で、大規模な空間が必要であり、産業界では起こらないとされている。

8. 現場見分（静電気関係）

(1) 現場見分

現場には多数の金属があること。フィルタは樹脂製（不導体）で、フィルタ内を液体が通るため、フィルタが流動帯電すると考えられること。非接地状態にある金属と帯電した絶縁物の組み合わせが、静電気の着火危険の面からは最も危険であること（文献 3)。以上のことから、ブラシ放電と火花放電の検討を行う。

また、沿面放電については、フレキ内部に焼損が無いため検討不要とし、コロナ放電、コーン放電及び雷状放電については、発生環境や放電エネルギーを考慮して検討不要とする。

テスターの接地側を避雷針用の接地極に設定し、現場にあるアースクリップ、フレキ、フランジ、反応釜、SUS 受器等といった金属（導体）の接地状況を確認すると、表 1 のとおりとなる。（写真 20）

表 1　導体の接地状況

測定対象	抵抗値（Ω）
アースクリップ	0.24
SUS 受器（アースクリップ有）	0.25
SUS 受器フタ（アースクリップ有）	0.21
フレキ接続元のフランジ（一次側）	0.24
フレキ接続元のフランジ（二次側）	0.23
フレキ	0.45

写真 20　SUS 受器接地抵抗測定状況

次に、床の接地抵抗、靴及びディスポグローブの抵抗値を測定すると、表 2 のとおりとなる。加えて、作業時の服装を再現し、人体の漏えい抵抗を測定すると $7.6\times10^{6}\,\Omega$ となる。（写真 21、写真 22）

また、作業時の服装のまま、出火時の行動を再現し、作業着及び人体の帯電電位を測定すると各々0kV となる。（写真 23）

加えて、フレキ先端に設置されていたフィルタに水を通液し、表面の電位を測定すると、-3.9～-14.3kV となる。（写真 24）

(2) 現場見分（静電気関係）のまとめ

・人体を含めた各導体（フィルタのシール部除く）は接地されている。
・再現行動により、人体は帯電しない。
・フィルタは樹脂製で、水を通液させると帯電する。

表 2　床の接地抵抗及び靴等の抵抗値

測定対象	抵抗値（Ω）
床	6.2×10^{5}
靴	1.0×10^{6}
ディスポグローブ	1.2×10^{6}

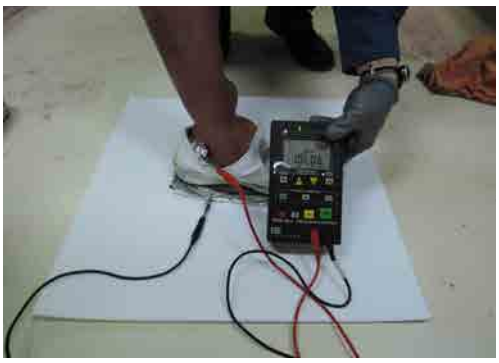


写真 21　靴の抵抗測定状況

写真 22　人体の漏えい抵抗測定状況

写真 23　作業着の帯電電位測定状況

写真 24　フィルタに水を通した際の電位測定状況

9.　実験

(1)　背景、目的

現場見分（静電気関係）から、各導体（フィルタのシール部除く）からの火花放電は否定でき、フィルタからのブラシ放電は可能性があると考えられる。また、フィルタ鑑識の結果から、フィルタのシール部は導体であり、フィルタ本体が帯電することで、フィルタのシール部が誘導帯電し、シール部から火花放電が起こる可能性がある。

以上のことから、フィルタからのブラシ放電または、シール部からの火花放電のいずれかが、火災に起因したのかを特定することを目的とし、実験を行う。

(2)　事前検討（フィルタからのブラシ放電）

静電気安全指針 2007 の式（3.13）～（3.15）（文献 4）を使用し、D=20 として、酢エチの最小着火エネルギー0.46mJ（文献 5）から検討すると、表面の平均電位「$\overline{V}$」が 37kV 以上になると、ブラシ放電による引火の可能性があると分かった。

(3)　事前検討（シール部からの火花放電）

火花放電の放電エネルギー「W」は、次式で表される。

$$W=1/2\cdot CV^{2}$$

（C：静電容量【F】V：電位【V】）

（文献 6）

この式及び酢エチの最小着火エネルギー 0.46mJ から検討すると、電位「V」が 9.6kV 以上になると、火花放電による引火の可能性があると分かった。なお、静電容量「C」は、10pF とした。（静電気安全指針 2007 表 2.1（文献 7）を参考とし、今回の静電容量は最大でも 10pF と考えたため。）

(4)　実験概要

図 2、図 3 のとおり、フィルタに 3 種類の液体（水、灯油、酢エチ）を通し、フィルタの電位を測定する。通液の方法は、落差及び窒素による圧送をそれぞれ行う。なお、測定は任意の

10 点にて行うものとする。（写真 25、写真 26）

灯油、酢エチの通液量は、安全を考慮し 2L を上限とする。また、帯電物体から電位測定機に放電する可能性があるため測定は可燃性蒸気の存在しない場所に移動して行うものとする。

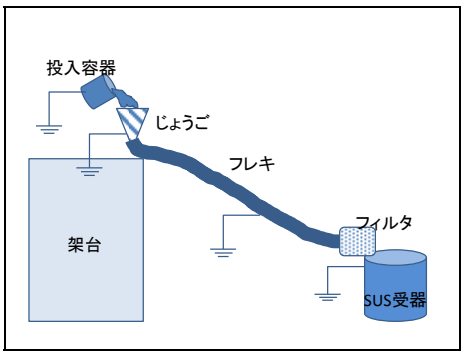


図 2　落差による通液実験概要図

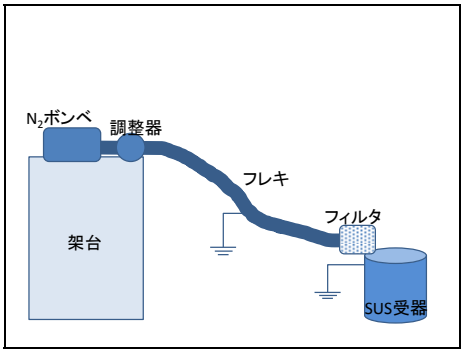


図 3　窒素圧送による通液実験概要図

写真 25　実験状況

写真 26　電位測定状況

(5)　測定結果

10 点測定した結果の平均値を表 3、表 4 にまとめる。

表 3　投液量とフィルタ電位変化の関係

	0.5L	2L
水	+0.1kV	+0.2 kV
灯油	+0.1 kV	+1.0 kV
酢エチ	+0.2 kV	+0.1 kV

表 4　投液量とフィルタ電位変化の関係

	0.5L	2L
水	+0.2 kV	+0.1 kV
灯油	+1.0 kV	-6.5 kV
酢エチ	+2.5 kV	+0.6 kV

(6)　実験のまとめ

・流量の増加とともに、フィルタ電位が上昇するとは限らない。

・フィルタ電位が思うように上昇しない。

以上のことから、ブラシ放電と火花放電の可能性の有無を特定することができない。

(7)　実験結果の考察

気象状況（出火当日よりも、湿度が高かった。）により電荷が緩和しやすかったこと、電位測定位置までの移動中に、緩和してしまった可能性がある。

10.　原因の考察（まとめ）

(1)　静電気以外による出火について

放火、裸火、電気機器及び窒素過不足等による出火の可能性は否定できる。

(2)　フィルタ以外からの静電気放電について

現場にあるフィルタのシール部以外の導体は接地されており、これら導体からの火花放電は否定できるが、シール部については可能性が残る。

(3)　フィルタからの静電気放電について

① 実験ではフィルタの電位上昇が認められない。
② しかし、現場では通水時に、フィルタの電位上昇が認められている。
③ よって、実験時には何らかの影響で、電位を上昇させることができなかったと考えられ、フィルタからのブラシ放電は可能性が残る。

(4)　まとめ

以上のことから、フィルタのシール部からの火花放電、または、フィルタからのブラシ放電により出火した可能性がある。

11.　結論

フレキ先端に樹脂製フィルタを設置し、開放状態でホース洗浄をしていたために、酢エチの可燃性蒸気が滞留し、フィルタに帯電していた静電気が、SUS 受器に放電した際に引火したもの。なお、フィルタからのブラシ放電、シール部からの火花放電、いずれの放電が起因したのかは特定できない。

12.　事業所への指導

(1) 可燃性蒸気存在下でのフィルタ使用禁止
(2) 配管洗浄は閉塞系で行うこと
(3) 静電気に関する定期的な社内教育
(4) 防爆エリアにおける、非防爆トランシーバの使用禁止
(5) 床の接地確保（導通性マットの導入）

13.　予防広報

類似事業所に対して、同種火災発生予防の注意喚起文を発出した。

14.　推奨点

従来本市において、静電気が疑われる火災が発生した場合、他の出火原因については、供述を中心的根拠として、可能性が低いことのみを理由に、原因判定を行ってきた。しかし、今回は、酢エチ及び窒素の流路確認並びにトランシーバ及びフィルタの鑑識を実施し、一定の事実に基づき、それらの可能性を否定することができた。

静電気については、どこに電荷が溜まり、どこにどのような放電が起こったかを検討することは、知識及び技術不足による困難性が高かった。しかし、困難性を克服し、これらの検討を行うことで、事業所に対して「静電気に気を付けろ。」との抽象的な指導にとどまらず、具体的リスクを説明することができた。加えてこれらの検討により、署員への教養が図られた。

15.　所感

平成 24 年の全国の全火災 44,189 件に対し、経過「静電スパークが飛ぶ」は、83 件で 0.18%となっており、件数としては少ない。一方富山県においては、0.9%を占めており、富山市においては 1.25%を占めている。市内には製薬工場が多数あり、この 1.25%のほとんどが製薬工場で発生している。

製薬工場を多数抱える都市として、静電気火災の調査手法をマスターし、調査資機材の整備を図り、事業所に対して適切な指導を行っていくきっかけになったと考える。

文献

1) 独立行政法人労働安全衛生総合研究所、労働安全衛生総合研究所技術指針　静電気安全指針 2007、pp.4-6
2) 独立行政法人労働安全衛生総合研究所、労働安全衛生総合研究所技術指針　静電気安全指針 2007、pp.20-27
3) 松原美之、石油に浸された金属の静電誘導による帯電、静電気学会講演論文集’97、pp.149-152 (1997.10)
4) 独立行政法人労働安全衛生総合研究所、労働安全衛生総合研究所技術指針　静電気安全指針 2007、pp.23-24
5) 独立行政法人労働安全衛生総合研究所、労働

安全衛生総合研究所技術指針　静電気安全指針 2007、p.132
6) 独立行政法人労働安全衛生総合研究所、労働安全衛生総合研究所技術指針　静電気安全指針 2007、p.21
7) 独立行政法人労働安全衛生総合研究所、労働安全衛生総合研究所技術指針　静電気安全指針 2007、p.5

平成 27 年度　優秀賞　消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告

車両からの出火事例の調査報告

堺市消防局
内田篤志

1.　火災の概要

本件事案は、平成 25 年 5 月の 12 時頃、屋外駐車場に駐車直後の車両から発生した火災で、下車した運転者が車両前方に炎を発見し、通行人と初期消火を実施したが消火できず、軽四輪自動車 1 台と、駐車場路面が若干焼損したが、死傷者は発生していない。

2.　見分

車両外周部は、双方の側面ボディーに焼損はなく、4 輪のタイヤにも焼損はない。運転席及びリアハッチのドアガラスがなく車内が見通せ、その他側面のドアガラスは、残存している。車内を後部側から見分すると、インストルメントパネル、ハンドル、車両前部座席シート等、樹脂製品は､全て上部側において表層的な焼損で、構造材が出ず、車内底部側、後方側に移行するほど原形を保持している。また、配線類は芯線の露出が見られるが断線はない。

ルーフ部は一様に全体の塗装面が焼失し、地金の露出が認められる。

ボンネット表面は、中央付近を起点として、車両後方側に向かって扇形に変色し、フロントガラスは残存しない。車両後方のリアハッチバックドアは、ドア底部の中央付近を起点として上方に扇形の変色を認める。

車両移動し路面を見ると、焼損残渣はエンジンルーム直下のみである。

見分から、エンジンルームから各部への焼けの方向性が認められる。

写真 1　焼損状況（車両前方）

写真 2　焼損状況（運転席側）

写真 3　焼損状況（助手席側）

写真 4　焼損状況（車内）

写真 5　焼損状況（エンジンルーム）

3.　調査（鑑識）

(1) 排気系統は、エンジン本体前部のエキゾーストマニホールド及び一体型の第 1 触媒の全体に濃い煤煙付着、溶融物付着及び溶融物の焼損痕跡を認めるが、同箇所からマフラーエンドまで、内外部とも異状は認められない。

(2) 駆動系統は、FF 式駆動形態で、駆動軸、トランスミッション等に焼損や変色変形は認めない。ミッションオイルの残量等は、規定量あり、粘性は緩く、焦げくさい臭気や金属片の混入等はない。また、エンジンオイルを確認すると、規定量あり、粘性があり、焦げくさい臭気や金属片の混入等はない。

(3) 制動系統は、引きずり痕跡がなく、タイヤホイル・タイヤ自体に焼損はない。タイヤハウス内の樹脂製内張りは、前輪の運転席側タイヤハウスのアーチ最上部に、一部溶融が見られる他は焼損がない。

(4) 冷却系統は、エンジンルーム内の車両前方側に位置する冷却装置は、アルミ製のラジエーターフィン全体に付着している煤煙が、運転席側側面の底部付近から上方にかけて、半扇形に焼失している。

(5) 吸気系統は、材質の差異はあるものの、車両前方のシャーシに位置する、エアクリーナーインテークダクト（以下、「インテークダクト」と記す。）が完全焼失し、同部品取り付け部のシャーシのうち、中央から運転席側には地金の露出が見られる焼けに比べ、中央から助手席側へ移行するに従い、煤煙付着となっている。

(6) 内燃機関は、エンジン本体上部の樹脂製のエンジンヘッド全体が溶融しているが、中段から底部側は、表面的な焼損、煤煙付着と焼けが弱くなり、ヘッドを外すと損傷はなく、オイルの漏れや滲みはない。

(7) 電気系統のうちバッテリーは、端子に接続の配線類は、バッテリー付近で若干変形があるが概ね原形のまま残存し、エンジンルーム中央付近に移行すると、被覆が焼失し芯線が出ているが、断線箇所はない。

ヘッドライト配線及びホーン配線は、エンジン本体に近接する箇所で、被覆が焼失し芯線が一部露出しているが、断線はない。

前記の各見分から、エンジンルーム内の中央エンジン本体の最前部側のエキゾーストマニホールド付近の焼けが強く、この部分を起点として､各箇所への延焼の方向性が認められるので、同箇所を出火箇所とする。

写真 6　車両鑑識（出火箇所付近）

写真 7　エキゾーストマニホールドとインシュレーターと溶融物の付着

4. メーカーへの聞き取り

当該車両にリコール・サービスキャンペーンが出ているが、これらが起因した火災は発生していないとのこと。改修の手順は、吸気系統の各部品をシャーシから全て離脱して作業をするとのことで、この際、取付け樹脂製ピンの取付け不良や同ピンの経年劣化等で、改修後の車両でインテークダクトが脱落する事故が数件あると聴取する。

5. 原因の検討

エキゾーストマニホールドの排気漏れ（接続不良)、エンジンオイルの漏洩及び電気関係は、見分から出火要素が認められず否定できる。

サービスキャンペーン・リコール箇所は、適性に改修され焼損も認めないため否定できるが、これらの改修作業を行うのに、吸気系統の各部品をシャーシから全て外すと述べ、当該車両も同工程が実施されている。

エキゾーストマニホールドやインシュレーターの焼き状況及び付着物の残存状況、出火箇所付近で完全焼失しているのが、インテークダクトのみであることと、同部品の設置箇所である金属シャーシに、運転席側から助手席側への熱変色の強弱があり、燃焼の方向性が見られることから、同部品を取付ける際に、何らかの作業ミス或いは取付け部品の劣化があったと仮定した場合、走行振動等でインテークダクトがエンジンルーム内に脱落する可能性が考えられ、エキゾーストマニホールド、インシュレーターの付着物の残存状況や焼損状況が合致する。

6. 結論

エキゾーストマニホールド上にインテークダクトが脱落した場合、インテークダクトはポリプロピレン製で発火点は 201℃～、エキゾーストマニホールドの温度は 400℃前後で、走行距離増加、高速走行等で温度上昇し、相互の温度関係から接触すれば、出火の可能性は考えられる。

よって、出火原因は、走行で赤熱状態のエキゾーストマニホールド及び、インシュレーター上に、インテークダクトが脱落、時間の経過とともに、インテークダクトが溶融し出火したと結論付けた。

7. 再発防止のための措置

車両鑑識に参加したメーカーの担当者に対して、類似火災発生の可能性やリスク、メーカーが担う火災予防の重要性を再三説明・説得し続けたところ、担当者が火災予防を理解し、会社側と調整した結果、車両鑑識終了から約 2 カ月で約 65 万台車両に対するリコールとなる。

この結果を踏まえ、広報誌等に掲載し広く市民に広報を実施する。

8. 社告後の改修に係る追跡調査

社告発表後は、所属団体を通じ年 4 回（1・4・7・10 月）国土交通省に報告される改修率を注視すると、概数値で社告発表当初は 30%にも満たなかった改修率が、2 期・3 期と報告回数を重ねる毎に過半数を超え、現時点で概ね改修率が 70%を上回っている。

消防が広報しなくても改修漏れしない理由は、月日が経つと、国内で使用中の車両は、必ず点検・車検を受けるため、2 年以上放置されない。また、製造年等から、廃車・スクラップ・登録抹消・輸出など、現存しないこともあり、完全に改修しきれないと言う現実が思慮できる。

これら社告後の現実を知ることで、如何に探究心を持ち続け、忠実に車両鑑識を実施して、原因究明することの重要性を痛感することができた火災現場であった。

平成 27 年度　奨励賞　一般による消防防災機器等の開発・改良

聴覚・言語機能障害者のための緊急ユニバーサル・コミュニケーション・システム

沖コンサルティングソリューションズ株式会社
細野直恒、西島　勝
春日大野城那珂川消防本部
因幡敏幸、宮嶋文洋

1　はじめに

最新の調査（5 年毎）によると、全国の聴覚障害者数は、約 36 万人（平成 25 年版『障害者白書』・内閣府）。高齢化社会が進むにつれて、聴覚に何らかの障害を来たす人の数は、2,000 万人に上ると言われている（「日本補聴器工業会」推定）。言うまでもなく聴覚に障害があると、発話（会話）が困難になる。

その彼らが不測の事態に陥った時、健常者のように音声電話により〔119 番・緊急通報〕で消防機関に助けを求めることが難しい。それに代わるものとして〔ファクシミリ・119 番〕などがあるが、これが利用出来るのは、FAX 機器がある自宅等に限られる。あとは手話通訳士など、聴覚障害者支援員の第三者を介する方法しかない。

全国で救急出動は、1 日に 16,000 件、国民 24 人に 1 人が救急車で運ばれているが、彼らは、この消防サービスを受けるのが非常に困難な状態におかれている。救急出動の大半を占める〔急病〕になっても、彼らは、まず我慢を余儀なくされる。

一方、消防機関も彼らからの要請が顕現化しないので、その対応に苦慮している。消防本部は、市町村の機関であり、全国に 750 本部（平成 27 年 4 月現在・消防庁調べ）あり、聴覚障害者への対応も各本部で異なり、全国で統一されたものは未だ存在しない。

独自に聴覚障害者専用緊急通報受信システムを開発しようにも、人材も財源もない。消防職員数 150 名以下の本部が全体の 6 割以上を占める現状では、経常業務に追われ、職員に想いはあっても開発は不可能な状況である。

また新規事業を始める時の最大の障壁は、費用対効果である。管内人口・26 万人、その内聴覚障害者・700 人を抱える某消防本部（職員数：205 名）の〔119 番・緊急通報〕年間件数：12,000 件の内、聴覚障害者が関わるものは、年間 1～2 件である。地方財政がひっぱくする中、これに対して開発の新規予算を計上することは、既存事業を削減することになり、逡巡（しゅんじゅん）せざるを得ないのが実情である。

2　開発

当「聴覚・言語機能障害者のための緊急ユニバーサル・コミュニケーション・システム」の開発は、消防庁・消防防災科学技術研究推進制度の助成を受けて、平成 24 年度から平成 26 年度の 3 箇年で行った。近年のスマートフォン（スマホ）、タブレットの普及を鑑み、音声に頼らずアプリ操作で〔119 番・緊急通報〕が出来ないか研究した。

第 1 年度は、スマホやタブレットに対応する「SOS カード」（聴覚障害者救急要請時の指差しカード・図 1）を基に研究開発した。この「SOS カード」とは、平成 19 年に我々が開発し冊子化して、求めに応じ全国の消防本部、医療機関、官公庁等に配布した。この研究では、その冊子

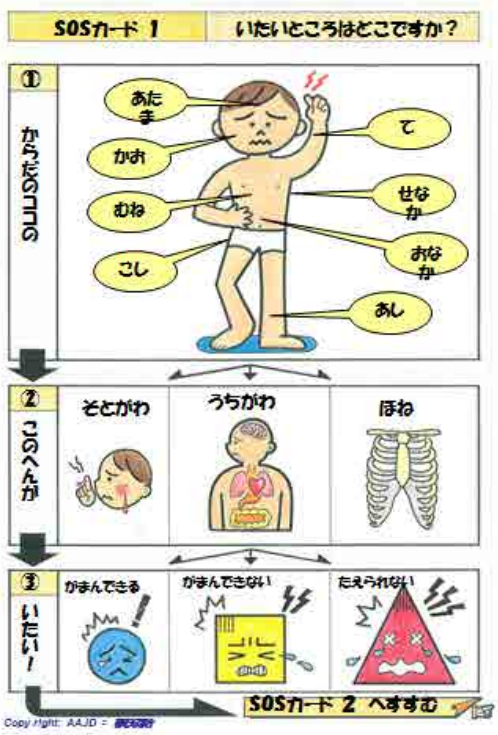


図 1　「SOS カード（冊子）」（部分）

（当初の救急現場で聴覚障害者と指差しでコミュニケーションを図るための冊子形式の「SOS カード」）

写真 1　アイコンやイラストを主体にした画面表示

を参照して、スマホ上のアプリ化を図った。その際に念頭に置いたことは、緊迫した状況で操作するので、画面の文字は大きく、字数は少なく、イラスト主体で表現するということだった（写真 1)。またページ数は最少にし、操作時間の短縮を図った。アプリ化にあたっては、指令卓の対話を観察して、「救急時」と「火災時」の 2 パターンを考案した。スマホの OS は、Android と iOS を対象にした。

その後、完成した〔119 番通報 SOS〕アプリを用いて、実証実験を実施した（写真 2)。その際は、実際のユーザーである聴覚障害者に被験者になってもらい、アプリ操作とテキスト入力との時間差を調べた。結果は、歴然としたものだった（表 1)。なお氏名、住所、連絡先、既往症、掛かり付け病院等個人情報は、端末入手時、事前に本人が入力しておく。〔119 番通報 SOS〕アプリの配信は、各 OS コンテンツ配信サービスを利用して行う計画である。

第 2 年度は、消防本部への通信方法の確立を図った。独自の IP-VPN 網を構築するには、あまりにも多額の経費を要するため、初期段階は、既存の汎用のメール・サービスで送信することにした。安全性、堅牢性、機密保持など、我々が掌握し得ない部分も残るが、平成 23 年 3 月 11 日東日本大震災時、あらゆる通信手段が不通、またはそれに近い状態になった時、被災者が携帯メールで英国ロンドンにいた身内に連絡し、

写真 2　聴覚障害者による実証実験風景

表 1　最終年度で実施した作業仮説に基づく実証試験の結果

実験協力者	スマホ・携帯電話	入力方法	救急通報		火災通報	
			SOS AP	Smart Phone	SOS AP	Smart Phone
KHR	Android (Aquos)	Flick	0:00:26	0:01:58	0:00:17	0:01:16
ARK	Android (AU)	Hand Write	0:00:18	0:01:47	0:00:18	0:01:21
WTS	iPhone	Flick	0:00:27	0:01:18	0:00:17	0:01:10
SMZ	3G Mobile	Toggle	0:00:14	0:01:05	0:00:17	0:01:27
SZK	iPhone 5S	Flick	0:00:19	0:01:09	0:00:11	0:01:06
OND	iPhone 4S	Flick	0:00:16	0:01:32	0:00:14	0:01:05
小計			0:02:00	0:08:49	0:01:34	0:07:25
平均			0:00:20	0:01:28	0:00:16	0:01:14
標準偏差			0:00:05	0:00:19	0:00:02	0:00:08
比率			23%		21%	
倍率			4.41		4.73	
						単位：秒

（救急通報時、〔119 番通報 SOS〕アプリは、テキスト入力に比べて約 5 倍の早さで消防本部に通報が出来ることが判明した）

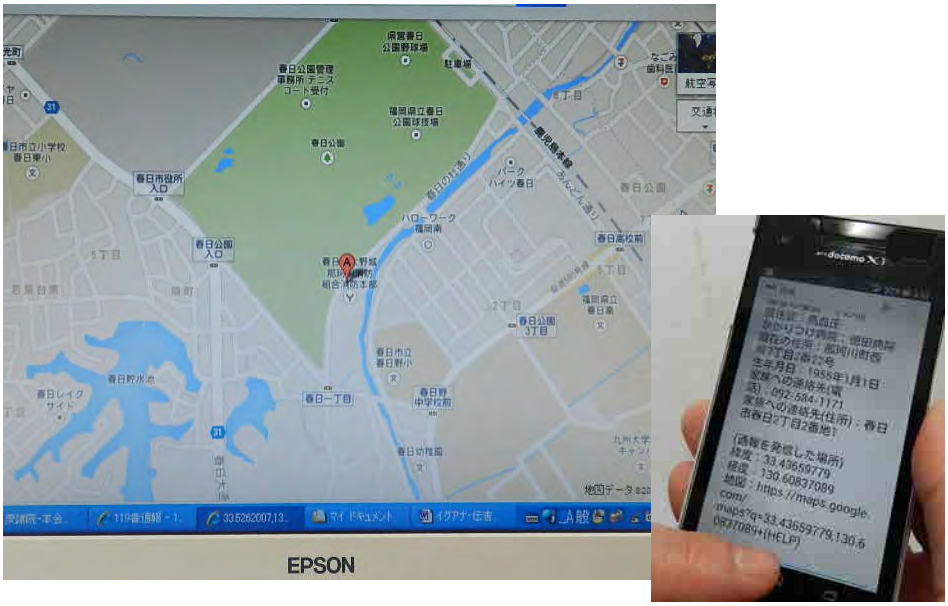


写真 3　春日大野城那珂川消防本部（福岡県春日市）での実証試験

（GPS による通報地点の発信画面と、消防卓での表示された地図例）

表 2　全国消防本部の E-mail アドレスと緯度・経度の関連表（部分）

（これらのデータベースを当該アプリに搭載済）

救助された事例は「気仙沼の奇跡」と言われ、1 通のメールが 446 人の命を救った例があり、安全性､堅牢性については､証明されたと考える。このメールを使えば、発信地付近の地図、画像も送られ、消防機関の現場特定・把握に大いに役立つ（写真 3)。

第 3 年度は、直近消防本部の確定と双方向通信の確立を図った。全国 750（平成 27 年 4 月 1 日現在）の消防本部の緯度・経度及び E-mail アドレスを予め〔119 番通報 SOS〕アプリに搭載し、他方スマートフォン・GPS 機能で発信地の緯度・経度を測位、それらの差分によって直近消防本部を検索･確定する方式を採った（表 2)。

双方向通信の必要性は､聴覚障害者が救急車、消防車要請の当事者ではなく、第三者通報の立場で、消防本部に緊急連絡した場合に特に求められる。患者の状態、火災の状況等を消防本部は、通報者である聴覚障害者に聴取する。会話で応じることは出来ないので、〔119 番通報 SOS〕アプリにテキスト化した Q&A を仕込んでおき､その際に利用する。もちろん､直に入力・送信することも出来る（写真 4、写真 5)。

特に急病に際し、BY STANDER の救命処置（AED 操作など）が求められる今日、聴覚障害者も例外ではない。彼らが、社会的な庇護を必要とする状況にあることは、衆目の一致するところであるが、人が彼らの眼前で倒れた場合には、聴覚障害者といえども、一身を賭して庇護し、人命救助をしなければならないのも事実である。この時、適切な心肺蘇生法を、消防本部から通報者である聴覚障害者に伝えるためには、この双方向通信機能が不可欠になる。

以上 3 箇年で、我々が意図する聴覚障害者用緊急通報アプリ・〔119 番通報 SOS〕は完成し、平成 26 年 11 月に消防庁での最終実証試験では、迅速、的確かつ安定した動作が確認され好評を得た。

写真 4　〔119 番通報 SOS〕アプリのトップ画面例

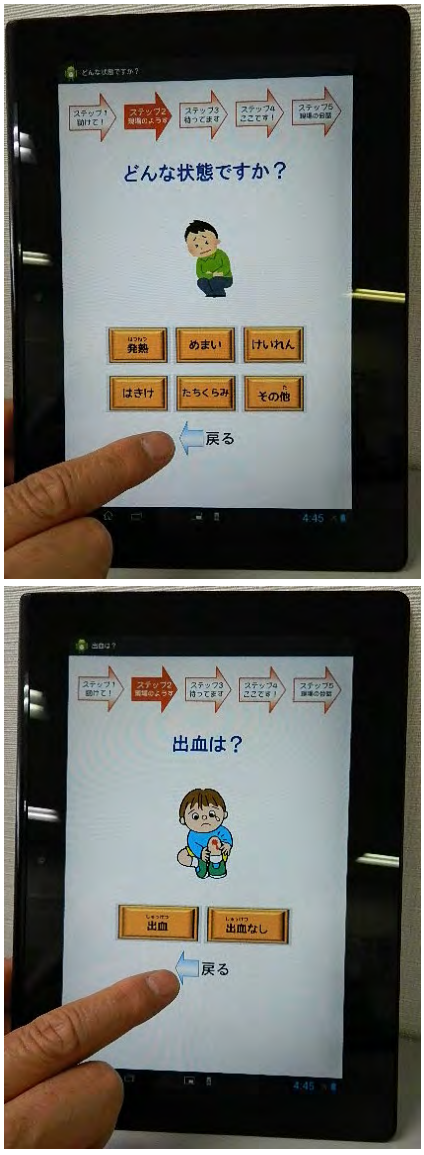


写真 5　〔119 番通報 SOS〕アプリでの対話用画面例

3　おわりに

我々は、〔119 番通報 SOS〕アプリを第一義的には、聴覚障害者のために開発したが、バリアフリー・アプリなので、文字を変えれば日本語が話せない外国人でも利用できる。健常者の使用は、言うまでもない。他方、健常者でも下顎損傷の事故、意識喪失などで発話が不可能になることが、大いに考えられる。

環境が整えば、この〔119 番通報 SOS〕アプリは、我が国のみならず GLOVAL USE にも対応出来る可能性を秘めている。その実現化を図るために、今後の研究として、我々は、経済産業省が推進する〔G 空間構想〕に呼応し、〔119 番通報 SOS〕アプリに 3D 検索機能の付加を考えている。現在の添付地図は、2D〔平面表示〕なので、通報者がビルにいれば、ビルの位置は判明しても、何階にいるのかは不明である。消防隊、救急隊の現場到着をより早める〔立体表示〕の研究・開発は、世界の防災テクノロジーの嚆矢（こうし）となり得る。

今日の ICT（情報通信技術）の進歩を鑑みて、〔立体表示〕の開発に多大の時間を要するとは思われない。平成 32 年（2020 年）、東京で 2 度目のオリンピック・パラリンピックが開催されるが、少なくともこの 1 年前までに開発を完了し、実証試験を終える所存である。世紀の祭典の好機に、我が国の防災アプリ・防災 ICT の質の高さを世界にアピールするとともに、〔立体表示〕機能を付加した〔119 番通報 SOS〕アプリが、「防災・減災最先進国」という新たな我が国のイメージ作りに役立てば、望外の幸せである。

聞けば「パラリンピック」の名称が初めて使われたのは、第 1 回目の東京オリンピックの時とのこと。その当時、想像も及ばなかった聴覚障害者用緊急通報アプリ・〔119 番通報 SOS〕が、半世紀おいて開発された。この縁（えにし）を考えれば、〔立体表示〕の研究・開発は、〔119 番通報 SOS〕アプリを開発した我々に課せられた責務であると感じざるを得ない。

参考文献

平成 25 年版『障害者白書』
平成 26 年版『消防白書』
平成 26 年版『消防現勢』

平成 27 年度　奨励賞　一般による消防防災機器等の開発・改良

航空機から安全・迅速・正確に林野火災を消火する ドロップコントロールシステムの開発

株式会社イルカカレッジ、国立大学法人鳥取大学

1. 現状と問題点

林野火災は、航空機による上空からの散水消火が行われるが､高度が高いと消火水が霧散し、また風が強いと偏流されて火災に届きにくい。低高度における消火活動は、航空機が火災に巻き込まれる危険を伴い、海外では、毎年消火活動中の航空機事故が発生している。一度乾燥状態の林野に火災が発生すると、長期化し、多くの生態系や植生が失われる｡その消火のために、航空機の燃料消費と排出する CO_2 もまた、温室効果ガスを助長することになっている。そのため安全､迅速､正確な航空消火システムによる、早期消火方法が望まれている。

2. 開発

我々の開発したドロップコントロールシステムは、水をゲル化して細分化できるゲルパック消火剤と、投下装置、及び高精度管制システムからなる、新しい航空消火システムである。

① ゲルパック消火剤

ゲルパックは、透水性の袋にゲル化剤を 1g 入れ、パック化したもので、機械によって量産化でき、乾燥状態で保管できる（写真 1)。ゲル化剤は、海藻由来の多糖類で、動物が食べても安全な食品添加物である。パック材は、生分解可能なトウモロコシ由来のポリ乳酸で生成しており、投下地点に放置されても数か月で分解消滅する。また、有害な燃焼ガスも発生しないことを確認している。ゲルパックは、5 分間水に浸けるだけで、パックの中に水をゲル状にして取り込み、一定の形状のゲル状消火剤をなすことができる。火災発生後通常の装備時間を遅らせることなく準備でき、消火バケットに給水するときに同時にセットし、火災現場までの飛行中に吸水し、ゲルパック消火剤が完成する（写真 2)。

② 投下装置

高精度管制システムの計算指示に従い、投下するタイミングを逸することなく、全量の消火

写真１　乾燥状態のゲルパック

写真２　吸水したゲルパック消火剤

「ゲルパック消火剤」は乾燥状態（写真 1）で保存でき、5 分間水に浸けるとプルンプルンの消火剤（写真 2）が出来上がる。
・大量の水をダマなくゲル化し作業も簡単で安全　・多糖類だから動物が食べても安全
・生分解性だから 3 ヶ月で分解、植物にも安全　・一定の小さな塊に細分化しているので落下地点も安全

写真 3　バンビバケット

写真 4　投下装置

写真 5　ゲルパック消火剤投下の様子

「投下装置」バンビバケット（写真 3）下部に取り付けた新開発の投下装置（写真 4）により投下タイミングを逃さずに即座に全量を投下できた（写真 5）。

図 1　高精度管制システム入出力画面

落下運動を解析、狙ったポイントに正確に投下するためのシステムを構築した。

水を火災に投下する為に、開閉指示によって即座に投下できる投下装置を開発した（写真 3)。投下装置は、実運用する場合の費用負担軽減のためと、運用しやすさを考慮して、既存のバンビバケットを改造して開口部分だけ開発し、取り付けた（写真 4)。

③ 高精度管制システム

ゲルパック消火剤の開発によって、消火水を一定の半固体化することができる為、物体落下の計算によって、投下地点の風向・風速・高度などの情報を入力すれば、正確に投下位置を予測することができる。今までの投下実験の結果に基づき、模擬したデータと計算式をプログラム化した。さらに GPS と地図データと対応させることによって、火の元にゲルパック消火剤を投下するための投下地点を、デジタル地図上に表示する基本ソフトを開発した（図 1)。

3.　仕様

① ゲルパック消火剤：乾燥状態で 1g が吸水し

100g となる。

ゲル化剤：海藻由来の多糖類、食品添加物

パック材：トウモロコシ由来のポリ乳酸、生分解可能

② 投下装置

消火バケツ：SEI 社バンビバケット 800L、積載容量 800L

投下装置（開閉装置）: フルオープン構造、開口部 36cm

投下装置(ロック機構):大型スナッチロック、電動アクチュエーター

③ 高精度管制システム

管制プログラム：開発言語 VBNET2013

GPS 受信機：NEC 社 QZ1

IR センサー：アートレイ社 ARTCAM320

4. 開発による効果、その検証

ドロップコントロールシステムの開発によって､今までの出動のタイミングを逃さず迅速に、安全な高高度からの消火活動でも消火水を霧散させることなく、正確に全量の消火水を火災に届けることができる。目標エリアに集中して、消火水を投下することによって、早期消火をすることができる。

平成 26 年度消防防災科学技術研究推進制度においてその効果を検証した。

①　ゲルパックの開発

ゲルパックの燃焼試験：鳥取県保健事業団に依頼して､消火剤を燃焼させて発生ガスの総量、及び有毒ガスの発生がないかを調査した｡また、燃焼後の残渣量を測定し、環境に与える影響を調査した。その結果、動植物に影響を与える有害ガスは検出されなかった。特性としては、燃焼物の被覆消火と、燃焼温度の降温効果、消火剤の残渣がほとんどなく、環境汚染もないといったことがあげられる。

ゲル剤の熱特性：示唆走査熱量計を用いて、吸水したゲル状消火剤の熱特性を調べた。ゲル化剤は､100℃を超えると吸熱反応が起きる。1g のゲル化剤は 1932J の熱量を吸収することが分かった。ゲル化剤は投下地点にとどまり、ゲル中の水が蒸発する際、燃焼物から蒸発潜熱を奪うことで、消火効果が発現すると推測される。

ゲルパックの質量と形状、及び浸水試験：ゲルパックはダマにならず、迅速に吸水をすることを実現するため､1 個のパックに 1g のゲル化剤を混入することとした。形状は、機械で量産が可能なテトラ形状とした。浸水試験を繰り返し、5 分で 80g～100g となることを確認した。

製造機械の導入によって、1 日 10,000 パックの製造が可能となった。

②　投下装置

設計に際し、バンビバケットの放出弁を開放するソレノイド方式の機構を活かして、電動ロックに連接させることにより､作業性､確実性、安全性、携帯性を損なわないように開発することができた。

開発した投下装置を取り付けたバンビバケットに、ゲルパック消火剤 3,000 個（300kg）と水 100 リットルを充填して、ゲルパック消火剤及び消火水を漏らさずに密閉できること、開口後に全量投下に要する時間は 3 秒程度であり、迅速な投下が可能であることを確認した（写真 5)。また最大搭載量である 800 リットルの水を充填して、投下装置の密閉性に問題がないことを確認した。

③　高精度管制システム

システムの制御、落下運動を計算する管制プログラムを搭載した PC・GPS 受信機・IR センサーからなる高精度管制システムを構築し、模擬的に動作検証を行った。その結果、管制システムにより、最適な投下タイミングを計算し、投下装置又は投下操作員に管制システムから、投下指示を出力することにより、ゲルパック消火剤を正確に火災現場に着弾させることが可能であることを確認した。

また専用入出力画面を設計、及び以下の通り補助機器を活用して操作性を向上させた。

航空機の飛行針路、速度、高度、風向、風速を取得する必要があるが、航空機の位置・速度情報は PC に接続した GPS 受信機から自動的に取得可能であることを確認した。また火災現場の位置情報も、緯度経度の数値入力が可能であるが、現場での効率を向上させるために、PC 画面に表示した地図又は IR 映像をマウスクリックすることにより、火災位置を修正入力できるようにした。

これらの工夫により、実際の消火活動に即して運用性を向上させることができた。

④　高精度投下に向けた検証

消火剤として、水を用いる従来の航空消火に対して、今回開発したゲルパック消火剤を用いた航空消火の最大の特徴は、消火剤が落下時に霧散することなく目標エリアに投下できること、及びその運動を予測しやすいことである。そのことにより、高度が高いと散布界は広くなり、低いと集中する。上記の水に対する優位性の検証と、前述の高精度管制システムの構築に向けた落下運動予測のために、諸実験とモデル化を行い、様々な条件下でのゲルパックの運動を模擬した。例えば投下高度 100m、航空機速度 3m/s、風速 2m の条件下では、水の落下範囲は 60m に対してゲルパック消火剤の落下範囲は 10m 以下であった（図 2）。

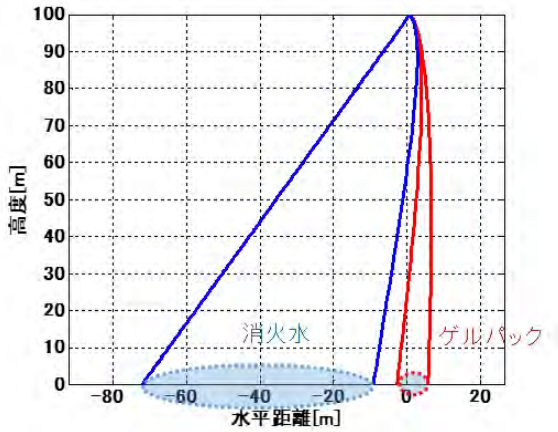
これらの結果から、ゲルパック消火剤は水と比べて、はるかに偏流距離や落下の範囲が小さく限定される。特に高高度からの投下、高速での投下、風力が大きい時にそれが顕著であることが分かった。逆に言えば、水を用いた消火活動では有効ではない高度、速度、風条件の時にでも、ゲルパック消火剤であればまとまった量を狙ったところに落とすことができる。すなわち、水に比べて安全で、高精度な消火活動が期待できることを確認した。

⑤ 高精度投下試験　消火効果の確認

消防はしご車を用いて 20m の高さからゲルパック消火剤の投下・消火実験を行い、以下の結果を得た。

ゲルパック消火剤は、20m の高さでは風による影響が少なく、1～5m^2 のエリアに落下することを確認した（表 1）。またゲルパック消火剤は着地時にパック紙が容易に破れて、内容物である水ゲルが周囲に飛散することを確認した。

高高度から水の投下では 20m 以上霧散したケースもあり、消火能力はかなり低下するのに対し、ゲルパック消火剤は、風の影響を受けにくく、高精度投下及び消火効果の裏付けとなった（写真 6～写真 10）。



投下高度	100 [m]
航空機速度	3.0 [m/s]
風速(向風)	2.0 [m]

図 2　ゲルパック消火剤と消火水の落下範囲比較シミュレーション

消火水の落下範囲 60m に対して、ゲルパック消火剤の落下範囲は 10m 以下であることが分かった。

表 1　投下高度による必要な投下量一覧

投下高度 (m)	散布界 (m)	散布密度 1.6L/m^2 の場合の必要投下量 (L)	散布密度 2.4L/m^2 の場合の必要投下量 (L)
20	2.3	8.1	12.2
30	3.4	18.2	27.3
50	5.6	50.6	75.9
75	8.4	113.9	170.9
100	11.3	202.5	303.8
150	16.9	455.6	683.4
200	22.5	810.0	1215.0

ゲルパック消火剤を数千個投下した場合の散布界と散布密度のシミュレーション結果をまとめている。

写真 6　はしご車を用いた消火実験の様子

写真 7　はしご車バスケットからゲルパック消火剤を投下

写真 8　消火剤落下の様子

写真 9　ゲルが付着している様子

写真 10　ゲルが付着している様子 2

消防はしご車を用いたゲルパック消火剤の消火実験を実施した。写真 6～写真 8 はその様子を記録したものである。
また写真 9、写真 10 は模擬火災を消火後にゲルが木材に付着している様子を撮影したものである。

⑥ 航空消火の検証

鳥取県消防防災航空センターの協力のもと、鳥取県の消防防災ヘリコプター（Bell 412EP）を用いて高高度かつ低速状態等からの投下実験を実施した。

鳥取県の消防航空隊が保有する既存の消火バケットに、ゲルパック消火剤を最大 3,000 個充填して投下した。航空消火の実働に近い条件においても、消火剤をゲルパック化することで、風の影響を大きく低減できることが確認できた（図 3、写真 11～写真 13）。

高精度管制システムは、地上からの誘導により、最適な投下地点を算出して投下位置を指示したが、上空の風向及び風速などの情報を共有することができなかったため、有効な投下地点を算出することができなかった。26 年度の検証では、消火ウォーターバケットの消火剤投下装置の開口は、投下ターゲットの直上に達したかどうかを機内搭乗員が判断し、人力により行った。更なる高高度、高速飛行中の消火活動の場合には、機上捜査員による判断・制御は困難であり、管制コントロールシステムにより、最適投下地点・条件に到達した時点で自動的に開閉機構に開口信号を出力して、制御する必要があることを再認識した。

写真 11　消防防災ヘリコプターによる消火実験

写真 12　模擬火災の様子

写真 13　模擬火災直撃の瞬間

図 3　実験の概要

写真 11～写真 13 に、消防防災ヘリコプターを用いたゲルパック消火剤の消火実験の模様を示す。図 3 はその実験の概要を説明している。

⑦ 第三者評価

東京理科大学名誉教授菅原進一先生に、航空機及びはしご車からの消火実験に立ち合いをいただき、消防防災の専門家の立場から第三者評価をしていただいた。

徳島文理科大学准教授土肥修先生（元海上自衛隊大村航空隊司令一等海佐、操縦士）に航空消火実験に立ち会っていただき、航空機運用上

の観点から第三者評価をしていただいた。

⑧ 費用の検証

鳥取県消防防災航空隊が、1 回の航空消火に使用する燃料費は 15 万円である。消火活動が長引けば、その回数分費用が加算される。ゲルパック消火剤のコストは 1 回分（1 万パック）15 万円と試算している。

ドロップコントロールシステムは、早期消火を実現し最小の出動回数で消火活動ができる。そのための燃料費の削減範囲で、ゲルパック消火剤を備蓄することができ、森林資源の消失と CO_2 の削減に大きく寄与できる。

5. 今後の課題

林野火災の航空消火において、消火水をゲルパック化することによって、風などの諸条件に影響され霧散することなく、全量消火に充当できることが分かった。また高精度管制システムによって示された投下位置から、タイミングを逸することなく、投下できる投下装置を使用することによって、正確に目標エリアにゲルパック消火剤を投下できる手法を構築した。しかしながら、消防組織では、航空機に搭載できる機器材は登録した器材を運用することとなっており、本研究で開発した投下装置をつり下げることができなかったことと、耐空証明の関係で IR カメラや、管制装置の航空機への持ち込みができず、計画を変更して実施せざるを得なかった。基本的な機能は確認され、本消火システムの有効性は認められたが、システム全体の運用を通した航空機からの投下実験を行い、更なる有効性の検証が確認されることが望まれる。本消火システムは、現在は、鳥取を中心とした限定した関係者にのみの了知であるが、公設消防機関並びに地方自治体に広く認知を計り、今後各地で実証試験に取り組むことが必須である。そのためには、実運用化できるよう運用上の制約などを調査する必要がある。規模が拡大する林野火災及び住居密集地帯の火災、いわゆる延焼運命共同体地域の火災や、ソーラーパネルを設置した住宅の消火、並びに化学、石油火災等、早期消火が困難な火災にも、有効な糸口になる可能性が大きい。そのためにも制約上実施できなかった、投下装置と高精度管制システムを使用したトータルシステムとしての航空消火実験の機会を得て、実運用に向けた管制プログラムの補正や大・中型機向け投下装置の開発及び簡便な再充填方法の確立などを行い、実運用に向けて取り組みたい。

また大規模な林野火災には、大量の消火水を的確に投下するとともに、再燃防止の効果を向上させる消火薬剤の開発を行い、ゲルパック消火剤の能力を向上させることによって、投下地点は確実に消火し、再燃しないエリアを作っていくことを目指している。これらの能力を確実化するためにもトータル運用による実証試験が必要となり、本事業の開発に支援してもらっている、伊那食品工業様・廣瀬製紙様のご協力はじめ、各地の自治体への認知度を上げると共にご協力を得て、この実証試験を通じて実運用に向けて取り組みたいと思っている。

最後に、諸外国での林野火災は、年々深刻化していく傾向にあり、その影響による CO_2 の発生も問題視されている。インドネシアでは世界第 3 位の排出国となっており、その主因が森林・泥炭火災である。ドロップコントロールシステムの運用によって、早期消火が実現し、温室効果ガスの抑制に寄与できることを願っている。林野火災の消火効果を実現するためには、航空機の運用を始め、安全上の対策など多額の費用が必要となり、私たちの資金で実証を継続することは困難である。JCM 事業など CO_2 削減のための海外調査事業などを林野火災にも適用できれば、実情に合わせた大規模な林野火災消火方法の確立と効果の実証をすることができる。環境省や経済産業省などの資金と連動し、世界の重要課題である CO_2 削減の最たる森林火災の消火方法の確立に支援してほしい。

平成 27 年度　奨励賞　消防職員・消防団員等による原因調査に関する事例報告

自主回収対象品である高圧真空遮断器からの出火事例

大阪市消防局
能地裕幸、岩中政男、黒瀬隆史、片岡　勉

1　はじめに

本件は、キュービクル内に設置された高圧真空遮断器（以下、「真空遮断器」という。）から出火した事案である。

当該真空遮断器は A 社製で、A 社は平成 11 年 10 月に、絶縁劣化による短絡事故が発生するおそれがあるとして当該真空遮断器に関する社告を公表し、自主回収を進めていたが、平成 25 年 7 月、大阪市 B 区において、社告内容と同様のメカニズムにより同真空遮断器から出火するという事案が発生した。この事案が発生した事業所においては、変電設備の管理を外部委託していたが、その受託事業者については、当該社告内容を認知していなかった。そのため、当局においては、再発防止を図るため、変電設備の管理業務を受託している市内の主要 18 団体に対し、当該社告内容について、各事業者等への周知を徹底するよう依頼した。

しかし、その翌年の平成 26 年 6 月、大阪市 C 区において、当局管内 2 件目となる同種の火災が発生したことから、当該真空遮断器の鑑識を実施するとともに、製造業者と協力して、再発防止の強化に取り組んでいった事例を紹介する。

2　真空遮断器の自主回収について

(1)　自主回収の内容

屋外キュービクル並びに外気直接取り入れのある、屋内開放盤内に使用されている高圧真空遮断器に対し、キュービクル内への雨水の浸入や結露、塵芥等の付着によって真空遮断器の絶縁が劣化する可能性があるため、安全性確保の観点から、代替品への取替をお願いするもの。

(2)　対象機種製造期間

1987 年 10 月～1995 年 12 月

(3)　対象台数

約 40,000 台

(4)　回収状況

回収済台数：約 37,000 台

未回収台数：約 3,000 台（A 社が所在を把握できないもの）

(5)　その他

1995 年以降に製造された真空遮断器については、真空遮断器のケース形状と樹脂の材質を、結露しにくいものに変更しているとのことである。

3　火災の概要

(1)　発生年月

平成 26 年 6 月

(2)　発生場所

大阪市 C 区

(3)　被害状況

鉄骨造陸屋根 ALC 版張地下 1 階地上 6 階建住宅兼店舗の屋上において、キュービクル 1 台が焼損した火災である。

この火災により、周囲一帯が停電し、交差点の信号機等が停止するなど、被害は広範囲に及んでいる（波及事故）。

なお、この火災における死傷者は発生していない。

＊平成 25 年 7 月、大阪市 B 区で発生した火災においても、同様の波及事故が発生している。

4　火災の発生状況

火災のあった建物は、地下 1 階及び 1 階が店舗で、2、3 階は事務所となっており、4 階以上は所有者が住居として使用している。

火災発生当時、当該建物内には建物所有者である男性 1 名が在宅していたが、突然、停電となり、その後「ドーン」という爆発音を聞く。さらに、玄関を叩く音と「火事です。」と言う声が聞こえたため、当該男性は避難しようとエレベータ前まで行くが、エレベータは停止していたため、階段を使って避難している。

また、建物 1 階で店舗を管理している男性は、建物近くの屋外にいたが、当該建物の屋上から突然「ボーン」という爆発音を聞くとともに、煙が出ているのを確認したため、火事だと思い 119 番通報をしている。

5　現場での調査

(1)　実況見分の内容

ア　屋上に設置されているキュービクルの外観を見分すると、正面扉にある 3 つのガラス窓と屋根部分に煤けが認められる（写真 1)。

イ　正面及び背面にそれぞれ 3 枚ある扉を開け、キュービクル内部を見分する。

キュービクル内部は全体的に煤けており、特に、正面向って左側のスペースでは、配電盤の金属カバーに変色と真空遮断器の樹脂製フェイスプレートに溶融が認められるため（写真 2)、次に、この内部左側のスペースについて子細に見分していく。

ウ　当該スペースには、上から順に開閉器、配電盤、真空遮断器が配置されている。

配電盤を見分すると、その下方に位置する真空遮断器を基点とした扇状の変色が金属カバーに認められる（写真 3)。また、真空遮断器については、樹脂製のフェイスプレートが溶融、変形しており、真空遮断器から上方に伸びる配線も全て被覆が焼失し、心線が露出している。これら配線を見分すると、一箇所で断線し、その断部に短絡痕が生じている（写真 4)。

写真 1　キュービクル

写真 2　キュービクル内部（正面）

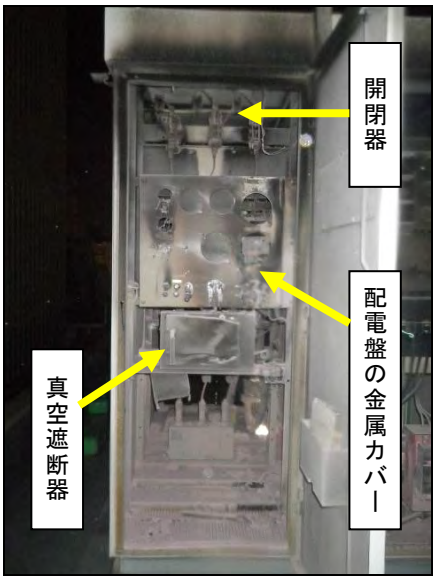


写真 3　キュービクル内部

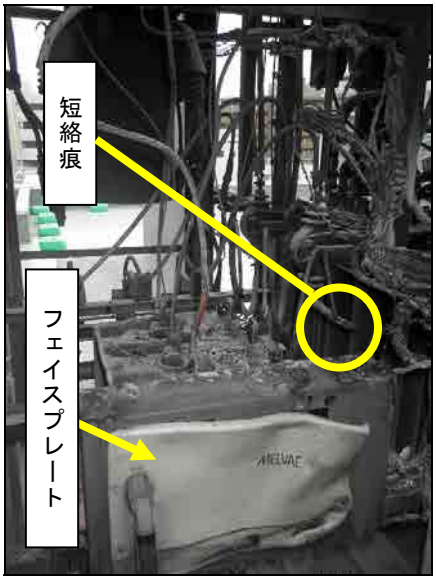


写真 4　真空遮断器

(2)　今後の調査の方針

実況見分の結果、キュービクル内の真空遮断器から出火した可能性が高く、また、当該真空遮断器については、A 社から社告が公表されているものと同機種であることが判明したため、後日、A 社立会いのもと、鑑識を実施する必要があると判断し、キュービクルから当該真空遮断器を取り外し、これを消防署に持ち帰ることとした。

6　鑑識

消防署において、A 社立会いのもと、現場から持ち帰った真空遮断器について鑑識を実施する。

(1) 真空遮断器は、正面に樹脂製のフェイスプレートがあり、その向って左側に操作ハンドルがある。

当該ハンドルは、「投入」（ON）と「リセット」（OFF）の切替え式となっているが、「投入」側に位置している（写真 5）。

(2) 真空遮断器上面を見分すると、絶縁フレームに消火器の薬剤と配線被覆と思われる樹脂溶融物が付着しているが、その他、異物の混入、小動物、害虫の侵入痕跡等は認められない。

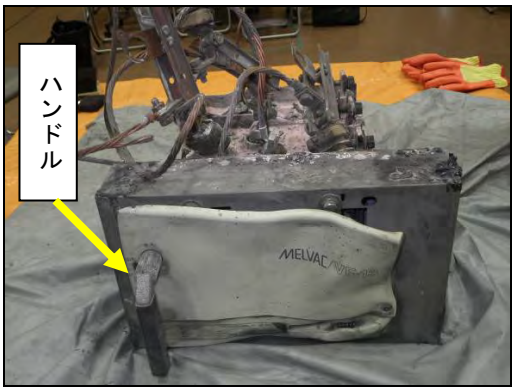


写真 5　真空遮断器（正面）

写真 6　真空遮断器（上面）

また、絶縁フレーム上面には、入力端子が 3 つ、出力端子が 3 つあるが、当該端子部分に配線接続部の緩みや金属の溶融は認められない（写真 6）。

(3) 真空遮断器下面を見分すると、下面には真空バルブが 3 本設置されている。これら 3 つの真空バルブに破損は認められないが（写真 7）、3 つの内、正面側にある真空バルブ（以下、「バルブ A」という）付近においては、絶縁フレームが白く変色しており、当該バルブ A を固定するボルトやロッドに赤錆が生じている（写真 8）。

また、この付近の絶縁フレームを見分すると、表面に粘性のある透明な物質が付着している（写真 9）。

A 社の説明によると、空気中でアーク放電が発生すると、その痕跡として硝酸が生成される場合があり、この粘性のある透明な物質は硝酸である可能性が高いとのことである。

写真 7　真空遮断器（下面）

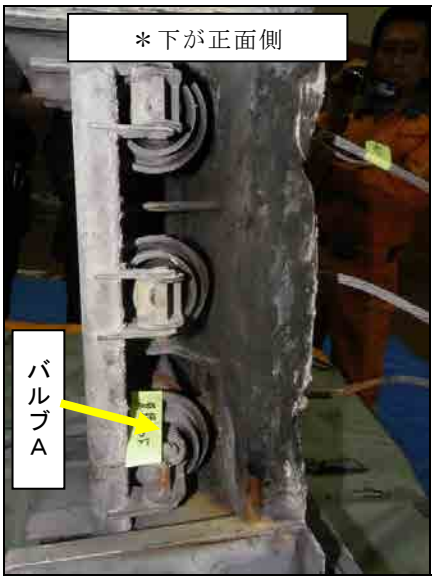


写真 8

写真 9　粘性のある透明な物質

写真 10　バルブ A 付近

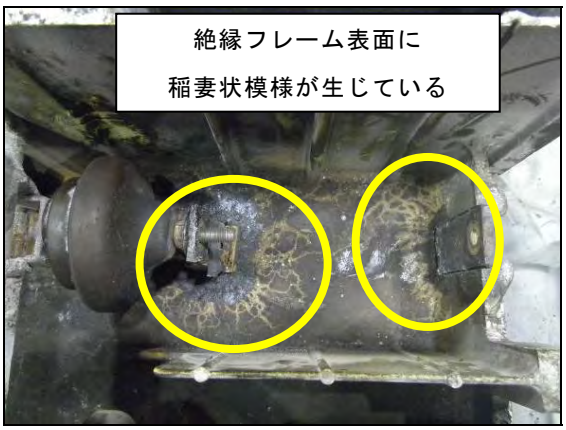


写真 11　バルブ A を取り外したもの

写真 12　バルブ A 付近の抵抗値測定

(4) 本体から、バルブ A（写真 10）を取り外し、本体側の絶縁フレームを見分すると、絶縁フレーム表面に稲妻状の模様が複数認められる（写真 11）。

この付近の絶縁フレームの抵抗値を測定すると、低抵抗値を示し（写真 12）、絶縁が

写真 13　バルブ A を分解したもの

劣化していることが確認される。

(5) 取り外したバルブ A を分解し、内部を見分するも、異状は認められない（写真 13)。

(6) 建物関係者に話を聞くと、火災のあった建物は平成 2 年に建てられたもので、当該キュービクルもその当時から設置されたものであるとのことである。また、過去にキュービクルの下の階で水漏れがあったとのことであるが、それを調査した結果、キュービクル内に溜まった水が起因していたとのことである。

7　出火原因

(1) バルブ A 付近の絶縁フレーム表面に稲妻状の模様が複数認められ、この付近の絶縁が劣化していること。

(2) バルブ A 付近の絶縁フレームに、粘性のある透明な物質の付着が認められ、A 社によると、アーク放電が発生した後に生成される硝酸の可能性が高いと説明していること。

(3) バルブ A を固定するボルト等に赤錆が発生しており、また、建物関係者によると、過去にキュービクル内に水が溜まっていて、それが原因で下階に水漏れがあった旨供述していること。

(4) 当該真空遮断器は、キュービクル内への雨水の浸入や結露、塵芥等の付着によって真空遮断器の絶縁が劣化する可能性があるとして、A 社から自主回収についての社告が発表されていること。

(5) まとめ

以上のことから、本件火災は、社告内容と同様、真空遮断器の絶縁フレームにおいて、結露等の水分の付着により絶縁が劣化し、最終的には、トラッキング現象が発生し、出火に至ったものと判定した。

8　類似火災防止に向けての対応

当該真空遮断器から出火した場合、今回のように、火災被害はもちろんのこと、二次的に、大規模な停電を伴う波及事故も発生するおそれがある。実際、大阪市で発生した 2 件の火災においても、波及事故が発生しており、その社会的影響は大きい。

さらに、当局においては、平成 25 年に発生した火災を受け、再発防止に向けて関係団体等に対する周知活動を行ったにもかかわらず、その約 1 年後に、当局管内で 2 件目となる同種の火災が発生したという事実を踏まえ、より徹底した再発防止に向けた取り組みが必要であると判断し、複数回にわたり A 社と協議を行った。

なお、この協議を行っている最中の平成 26 年 7 月、大阪市 D 区においても、同真空遮断器が起因する波及事故(非火災)が発生したため、A 社に対し、より早急な対応を求めた。

(1)　各事案における問題点

大阪市で発生した、波及事故を含む 3 件の事案を調べると、以下の事実関係が浮かび上がったため、A 社と共に、問題点、解決策を協議した。

ア　変電設備の定期点検が未実施であったこと

変電設備の定期点検を実施していない事業所において、火災が発生しており、このような事業所においては、自主回収が進められている当該真空遮断器の有無についても確認がされていない。

このような状況を鑑みると、変電設備を有する事業所に対して、危険性を訴え、周知活動を行っていく必要がある。

イ　電気管理技術者等の現場レベルにまで周知が及んでいなかったこと

変電設備の定期点検は実施していたものの、その点検を行った電気主任技術者が、以前、当局が社告内容の周知徹底を依頼した団体に属する事業所の電気管理技術者であったにもかかわらず、当該社告内容を認知していなかった。

このような状況を鑑みると、実際、現場で点検、管理作業等に従事している者を対象とした周知活動も実施していく必要がある。

(2)　A 社の対応

ア　当局からの主な要望事項

（ア）実際に、現場で点検、管理作業等に従事する電気管理技術者等を対象として周知活動を実施すること。

（イ）平成 25 年に、当局が社告内容の周知徹底を依頼した団体に対し、再度、A 社側からも周知を実施すること。

（ウ）現在、A 社が掲載中の告知文には、「火災」、「停電」等の文言が全くなく、重大な危険性が正確に伝わらないため、当該告知文中に「火災」、「停電」等の文言を記載すること。

イ　A 社からの回答

当局の要望に対し、下記のとおり、A 社からは前向きな回答を得ることができた。

（ア）変電設備を有する事業所に対しては、真空遮断器の更新提案時等に社告内容をお知らせする（随時）。

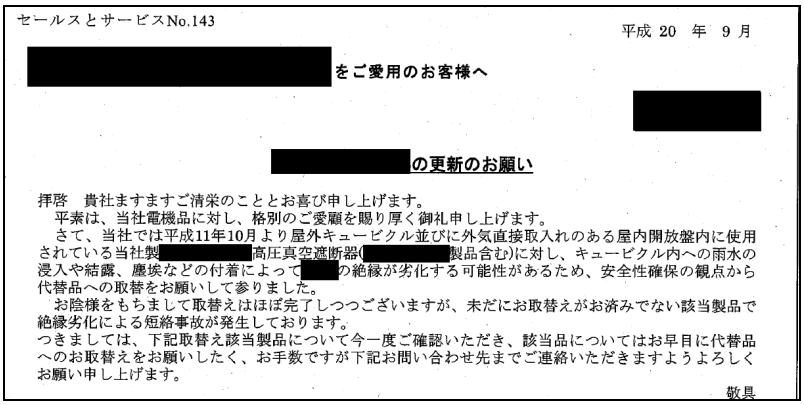
（イ）電気管理技術者等を対象とする技術講習会において、再告知を行う（随時）。また、各関係団体本部に訪問し、再周知の依頼を実施する（年 3 回）。

（ウ）A 社主催の技術講習会を含む高圧設備技術講習会において、告知を実施する（随時）。

（エ）業界誌へ告知記事を掲載する（年 4 冊）。

（オ）平成 25 年に当局が社告内容の周知徹底を依頼した団体に対し、チラシを活用し、再告知を行う（平成 26 年 8 月中）。

（カ）告知文の内容を見直し、「火災」、「2 次災害」、「波及事故」等の文言を追記した（図 1、図 2）。



セールスとサービスNo.143

平成 20 年 9 月

[redacted]をご愛用のお客様へ

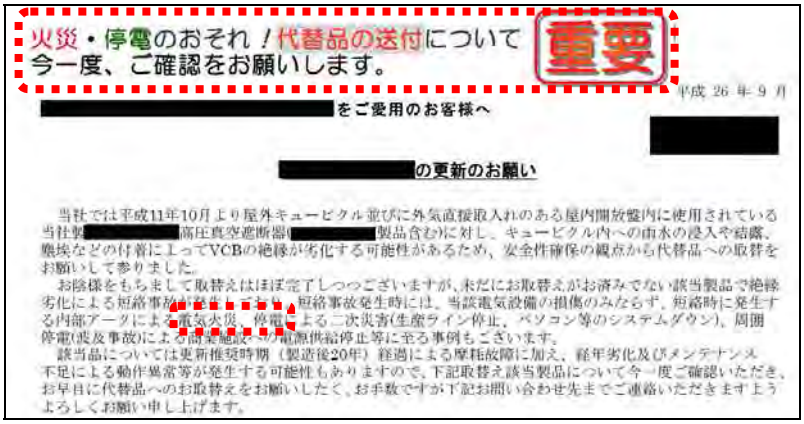
[redacted]

[redacted]の更新のお願い

拝啓　貴社ますますご清栄のこととお喜び申し上げます。
平素は、当社電機品に対し、格別のご愛顧を賜り厚く御礼申し上げます。
さて、当社では平成11年10月より屋外キュービクル並びに外気直接取入れのある屋内開放盤内に使用されている当社製[redacted]高圧真空遮断器([redacted]製品含む)に対し、キュービクル内への雨水の浸入や結露、塵埃などの付着によって[redacted]の絶縁が劣化する可能性があるため、安全性確保の観点から代替品への取替をお願いして参りました。
お陰様をもちまして取替えはほぼ完了しつつございますが、未だにお取替えがお済みでない該当製品で絶縁劣化による短絡事故が発生しております。
つきましては、下記取替え該当製品について今一度ご確認いただき、該当品についてはお早目に代替品へのお取替えをお願いしたく、お手数ですが下記お問い合わせ先までご連絡いただきますようよろしくお願い申し上げます。

敬具

図 1　従前の告知文



火災・停電のおそれ！代替品の送付について　重要
今一度、ご確認をお願いします。

平成 26 年 9 月

[redacted]をご愛用のお客様へ

[redacted]

[redacted]の更新のお願い

当社では平成11年10月より屋外キュービクル並びに外気直接取入れのある屋内開放盤内に使用されている当社製[redacted]高圧真空遮断器([redacted]製品含む)に対し、キュービクル内への雨水の浸入や結露、塵埃などの付着によってVCBの絶縁が劣化する可能性があるため、安全性確保の観点から代替品への取替をお願いして参りました。
お陰様をもちまして取替えはほぼ完了しつつございますが、未だにお取替えがお済みでない該当製品で絶縁劣化による短絡事故が発生しております。短絡事故発生時には、当該電気設備の損傷のみならず、短絡時に発生する内部アークによる[redacted]電気火災、停電による二次災害(生産ライン停止、パソコン等のシステムダウン)、周囲停電(波及事故)による[redacted]電源供給停止等に至る事例もございます。
該当品については更新推奨時期（製造後20年）経過による摩耗故障に加え、経年劣化及びメンテナンス不足による動作異常等が発生する可能性もありますので、下記取替え該当製品について今一度ご確認いただき、お早目に代替品へのお取替えをお願いしたく、お手数ですが下記お問い合わせ先までご連絡いただきますようよろしくお願い申し上げます。

図 2　変更後の告知文

図 3　当局のホームページ

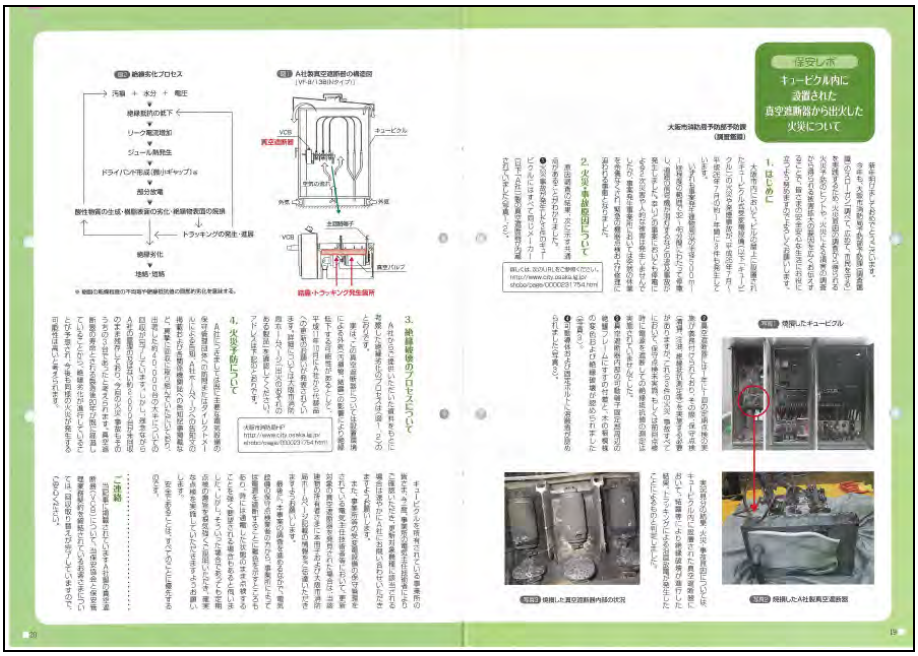


図 4　業界誌に掲載した内容

(3)　当局の取り組み

ア　キュービクルを持つ事業所に立入検査等を行う際、A 社が作成したチラシを活用し、事業所関係者等に対し社告内容を周知する。

イ　平成 26 年 10 月に実施された全国消防長会予防委員会において、当局から当該真空遮断器に関する情報提供を行った。

なお、この委員会に参加した他都市消防本部が、当該真空遮断器の設置状況を調査したところ、対象機種が管内に 2 基設置されていることが判明したため、即時、対応したとのことであった。

ウ　平成 26 年 11 月に実施された大阪府下消防長会予防事務担当者会議において、当該真空遮断器に関する情報提供を行った。

エ　当局のホームページに、当該真空遮断器に関する事故情報を掲載した（図 3）。

オ　業界誌に、当該真空遮断器に関する事故情報を投稿した（図 4）。

9　おわりに

近年、製造業者等の製品安全に対する意識も向上しており、製品の不具合等を認めた場合であれば、早急に対応し社告やリコールを公表するなど、一昔に比べると、その対応は格段に良くなっている。

しかし、今回紹介した事例のように、社告やリコールを公表したとしても、現実的には、その対応だけでは、不具合のある製品全てを回収することは非常に困難である。

火災のおそれがある製品の回収率をよりゼロに近づけていくためには、火災原因の究明に必要な知識、技術の向上を図っていくとともに、火災調査の主目的である“類似火災防止”に向けて、地道ではあるが、粘り強く、継続的に広報活動等に取り組んでいくことが重要となる。そこでは製造業者等の協力が必要不可欠となるが、全てを製造業者等に任せることなく、消防側も何度も汗を流してアクションを起こしていくことが非常に大切であることを、今回の事例を通じて学ぶことができた。

今回の紹介事例を通じて、たとえ 1 件でも類似火災発生の未然防止に貢献することできれば幸いである。

6　研究懇話会

研究懇話会は、消防研究センターにおける研究の活性化、研究の効率的推進、研究員の資質の向上等を図るため、研究成果や事故等の調査結果に関する報告、また海外事情の報告などの発表、講演または話題の提供により、意見の交換、討論、質疑応答を行う場として設けられている。

会は毎月（2 月と 8 月を除く）一度開催されており、加えて、海外からの招へい研究者による発表など、所長が必要と認めた場合には臨時に開催されている。

●平成 27 年 5 月 12 日

石油タンク底板内面コーティング防食性の定量的評価

○徳武皓也

石油タンク底板内面コーティングの防食性評価手法（余寿命予測手法）開発を目的として、実験室試験および実石油タンクのフィールド調査によって、コーティングのインピーダンス特性を調べた。実験室での 3wt.% NaCl 水溶液への浸漬試験の結果、コーティングのインピーダンス特性は CPE(Constant-phase element)なる分布定数系回路素子にて解釈できることが分かった。この特徴は、水やイオン種のコーティング内部への浸透に起因することが示唆された。また、実フィールド調査にて得られたインピーダンスデータも、CPE を用いた回路モデルにて解釈することができた。

以上の結果を踏まえ、CPE を用いた解析を行い、抽出したパラメータ値にて、コーティング防食性（環境遮断性）の定量的評価の可能性を検証した。

●平成 27 年 6 月 9 日

海上に流出した油の着火性についての研究

○崎山剛典、岩田雄策

東日本大震災において、特定コンビナートにおける石油タンク等は、津波による甚大な被害を受け大量の貯蔵油が海上に流出した。これまでの研究において、津波火災の燃焼性状についての報告はなされてきたが、海上に流出した油の火災危険に関する研究事例は少なく、その報告が望まれる。

本研究においては、原油（原油 1 イラニアンヘビーおよび原油 2 アラビアンライト相当）、A 重油、ガソリンの 4 種類の試料を用いて、各種試料が海上に流出した場合を想定し、風および波が燃焼点および蒸発量の変化にどのように影響するか検討した。また、燃焼点測定においては、クリーブランド開放式引火点試験器により測定を行った。

燃焼点の経時変化に及ぼす風および撹拌の影響を調べた結果、次のことがわかった。

原油およびガソリンについて、油厚 2mm を維持した場合に原油で流出後 10 分程度以降、ガソリンで 30 分程度以降は、風または撹拌の影響により燃焼点が 100℃以上になることが測定された。重油の場合では流出後から燃焼点が約 100℃以上であることが測定された。

流出後 30 分経過した場合において、海水の温度が低温（15℃）である方が、燃焼点は常温の場合より 10～20℃低くなった。

経時変化により燃焼点上昇に寄与する要因は、撹拌、風よりも油厚の影響が大きい。

油厚が薄い（蒸発量が多い）ほど燃焼点が高くなるのが見られ、油厚減少量と燃焼点の上昇には関連性がある。

●平成 27 年 6 月 9 日

熱源の発見のための熱画像カメラの利用について－継手の接合部に熱源がある場合を想定した模擬実験－

○鈴木　健

消防隊の消火活動によって火災が鎮圧の状態になった後、通常の場合、残り火がのこっていないことを確認する作業が行われる。その作業に熱画像カメラが利用できるのではないかと以前から指摘されてきた。鎮圧状態になった木造家屋では、継手の接合部に残り火がのこりやすいと経験的に言われている。継手の接合部に残火がのこっている場合に、熱画像カメラをどのように利用するが発見に有効であるかに関して情報を得るために、模擬実験を行った。杉材を使って材木の継手(腰掛け蟻継ぎ､相欠き継ぎ、ほぞ継ぎ)を製作し､外部から接合部を加熱し、観察した。継手を外部から加熱するためにブンゼンバーナーと市販のクッキングヒーターを用いた。継手の接合部に煙が通り抜ける程度の隙間があり、十分な時間外部から加熱された場合に、接合部でも燃焼した。その場合、肉眼のみでは継続しているのかの判断は難しかったが、熱画像カメラを使用すると、高温の部分を確認出来た。

●平成 27 年 6 月 9 日

太陽電池モジュール燃焼時の生成ガスについて（第 2 報）

○塚目孝裕、阿部伸之、田村裕之、松島早苗、高梨健一、河関大祐、志水裕昭

太陽電池モジュールが燃焼した際に生じるガス TG-IR/MS を用いて検討した。検討は構成部材別に行い、使用量の最も多いと思われるエチレン-酢酸ビニル共重合体について、窒素中、空気中と条件を変えてその熱分解挙動を検討した。さらに、実際の太陽電池モジュールが炎により燃焼する場合に、構成部材単独での生成物と同様のものが生じるかどうかを検討した。エチレン-酢酸ビニル共重合体は、窒素雰囲気下では加熱分解による酢酸の脱離、脱離後の主鎖の切断による炭化水素の生成が認められたが、空気中では上記の生成物と共に、それらが酸化したと考えられる化合物と二酸化炭素が検出した。
実際の太陽電池モジュールの燃焼では、TG 実験下でみられた酢酸の検出がほとんどなく、酢酸が脱離したのち酸化され、より低分子化合物に変化していることが示唆された。

●平成 27 年 7 月 14 日

有風下における長方形火源の方向が火炎風下に発生する火災旋風のふるまいに与える影響

○篠原雅彦、松島早苗

有風下で 1.5m×0.6m の長方形火源の長辺を風に直交させた場合（以後、直交配置と記す）と、平行に配置した場合（以後、平行配置と記す）について、火源風下に発生する火炎を含まない旋風の移動の違い、旋風の形成過程、旋風内の上昇速度をメタノール火炎を用いた実験で調べた。その結果、以下の結果が得られた。

1) 直交配置の場合､旋風は風下に流出せず渦対としてほぼ定在し、平行配置の場合、旋風は一つずつ風下に流出した｡この違いについて、火炎風下での火炎基部へのエントレインメント速度、渦の誘起速度、主流速度のバランスの観点から考察した。
2) 平行配置の場合､旋風の形成過程である可能性がある様子を観察する事ができた。
3) 平行配置の場合､旋風上部の渦中心部の上昇速度は､床面付近の渦内の水平断面内の最大速度より大きかった。
4) 旋風は風上に向かって上昇した｡この動きは、Counter-rotating Vortex Pair の回転の影響である可能性が高い。
5) 平行配置の場合は､火源内の風下部に火炎を含む旋風が 1～2 個発生したが、直交配置の場合は発生しなかった。この原因について、火炎側面へのエントレインメントの違いか

ら考察した。

●平成 27 年 7 月 14 日

木造密集地域における地域警戒ネットワークの検討

○河関大祐、鈴木恵子、髙梨健一
田邊光之、後　龍彦、岸本喜朗
（豊岡市消防本部）

平成 27 年 1 月 3 日早朝に兵庫県豊岡市の城崎温泉街で火災が発生し、死者 2 名、12 棟が全半焼する被害が出た。火災街区は、木造の店舗、住宅が密集する、高齢者世帯の割合の高い地区であった。発表者等は、高齢者世帯の割合の高い木造の住宅地域や商店街での火災は火災拡大が速く、加えて自力避難や初期消火が困難であるため被害が広範囲となるおそれがあることから、このような地域での火災安全を実現する方法として無線連動式住宅用火災警報器を用いて地域ぐるみで火災の覚知、初期消火ならびに救助を行うための共助体制を構築する研究を行ってきた。本発表では、木造密集地域で無線連動式住警器を用いた地域警報ネットワークを構築する場合の問題点の把握等のために実施した城崎温泉火災調査について述べる。

●平成 27 年 7 月 14 日

防火意識調査の結果　無線連動式住宅用火災警報器による地域警報ネットワーク構築のモデル実験その 2

○鈴木恵子、河関大祐、田村裕之
尾花博幸、田中孝幸、笹倉正樹
（北九州市消防局）

老朽化した木造密集住宅地域や商店街での火災は拡大が速く、加えて高齢者の割合が高いことなどから、自力避難や初期消火が困難で被害が大きくなるおそれがある。このような地域での火災被害の低減対策として、無線連動式住宅用火災警報器（以下「無線連動式住警器」という）を用いて地域ぐるみで火災を覚知し、救助や初期消火を行うための共助体制を構築することが考えられる。筆者らは北九州市内の市場の協力を得て無線連動式住警器と簡易消火装置を用いた共助体制構築のモデル実験を行っており、この一部として市場関係者を対象として行った 2 回の意識調査の結果を報告する。

●平成 27 年 9 月 8 日

新日鐵住金（株）火災原因調査報告

○西　晴樹

石炭塔内に貯蔵していた炭槽において、温度上昇が確認されその後黒煙が発生した。炭槽下部からの払い出しによる対応を行っていたところ爆発が発生した。火災により、負傷者 15 名が発生した。当該火災について調査を行ったところ、火災の原因として炭槽内石炭の酸化発熱による出火が考えられ、その発熱要因としては、①夏季に石炭を炭槽の中で大きな塊として、長時間（3 日間以上）にわたり貯炭したことにより内部の発熱が滞留し、温度が上昇した、②DAPS 設備から高温の石炭が排出され、それが炭槽内に混入したことにより、温度上昇を促進したことが推定される。

●平成 27 年 9 月 8 日

Experimental Studies of Droplets: From Fire Safety in Space to Droplet/Surface Interaction from a Fire Suppression Perspective

○Samuel L. Manzello
(Fire Research Division NIST)

A very brief overview is provided on experiments to simulate microgravity conditions in order to study droplet burning for fire safety applications in space and to advance fundamental combustion knowledge. Results from experiments using NASA’s drop towers at the NASA-Glenn Research Center to simulate microgravity conditions, as well data collected on several

missions on NASA's DC-9 and KC-135 aircraft known as the 'vomit comet', will be presented. As part of this work, experiments were also conducted at the Japan Microgravity Center (JAMIC) drop tower. This drop tower (now closed) was the longest drop tower in the world and provided 10s of microgravity time. The results of these experiments were used to support science requirements for experiments conducted on the International Space Station (ISS). The presentation will close with a brief discussion on droplet/surface interaction research from a fire suppression perspective that was the subject of a feature article in the journal Nature.

（訳）

液滴に関する実験的研究：消炎に関する視点から見た、宇宙での火災安全から液滴・表面の相互作用

○サミュエル　マンツェロ（NIST）

宇宙での火災安全のために液滴燃焼に関して微小重力環境で行った実験の結果の概要を説明した。NASA グレンリサーチセンターのドロップタワーや、NASA の DC-9・KC-135 エアクラフトで行われた微小重力実験の結果も紹介された。また、研究の一環として北海道の JAMIC のドロップタワーでも実験が行われた。このドロップタワー（現在は閉鎖）は当時一番長いドロップタワーで 10 秒間の微小重力時間を利用することが可能であった。これらの実験結果は ISS での科学実験をサポートするために利用されている。最後に Nature に紹介された液滴・表面の相互作用に関して消火の観点から議論を行って終了した。

●平成 27 年 9 月 8 日

超高速インターネット衛星「きずな」を用いた車車間通信用ソフトウェアの開発について

○高梨健一、細川直史

平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震の調査結果から地震直後における携帯電話や消防救急無線の通信状況やどのような情報が活動現場において不足していたのかといった情報が得られており、発表者らは、この調査結果に基づいて緊急消防援助隊等の緊急車両同士が車載型の無線機を利用して自律的に無線ネットワークを構築するとともに無線ネットワーク上で自動的に各種情報を共有するシステムの実現を目指して研究を行ってきた。本発表では、NICT と共同で行なっている車車間通信用ソフトウェア開発の現状と宮城県仙台市等で実施した実証実験の結果を中心に、過去に消防研究センターで行った研究についても併せて紹介した。

●平成 27 年 9 月 8 日

土砂災害の後は、何に、いつまで警戒すべきか

○新井場公徳、土志田正二

2014 年 8 月 20 日の広島市における土砂災害において、降雨停止後に発生した二つの事例について調査結果をまとめ、既往研究で整理してきた、くずれ残った斜面が再度くずれる条件という観点から土砂災害の後に何にいつまで警戒すべきかについて考察した。調査の結果、降雨後約 1 時間経って発生した土石流については、当初発生した土石流は渓床堆積物の移動によるもので有り、降雨停止後に発生したものは谷頭の崩壊によるものと推定された。遅れて発生した要因としては、降雨の鉛直浸透及び斜面方向の移動と推定された。降雨後 2 時間半経って発生した表層崩壊は尾根付近の人口改変斜面で発生したもので、発生機構及び遅れて発生した要因は不明であった。人工的な斜面の改変及び水路の設置の影響の可能性が考えられた。これらの結果、くずれ残った斜面が再度くずれる条件に、地下水の浸透による影響を付け加えた。

●平成 27 年 10 月 13 日

2014 年 8 月広島豪雨災害における土石流発生

地域の地形的特徴

○土志田正二、新井場公徳

2014 年 8 月 20 日、広島県で発生した豪雨により広島市安佐南区・安佐北区を中心に 166 箇所以上で土砂災害が発生し、死者 76 名、負傷者 68 名と甚大な被害となった。本災害で発生した崩壊は、1）地表 1m 程度の深さで強く風化した岩石（風化土層）が短時間の強い雨によって表層崩壊を起こし、2）表層崩壊が谷筋に沿って、岩脈や断層によって壊れやすくなっている周囲の岩体や、谷に堆積している 2 次堆積物を広く深く浸食しながら流下し、3）大量の土石流が下流の住宅地域を襲った現象、であったと推測される。このような崩壊・土石流による被害を減らすためには、大規模な土石流が発生する地域を推定しておく必要がある。本研究では土石流の原因となる浸食の地形的特徴を明らかにするため、災害発生前後で取得された航空レーザ測量データを用いて解析を行った。その結果、1 つの沢（谷）において、深く浸食されている箇所と浸食されていない箇所があることが明らかになった。また浸食され易い地域の地形的特徴は、1）谷の合流点近くであること、2）谷筋にある緩傾斜地域の下流端・上流端であることがわかった。以上のことから、土石流量を見積もる際には谷の形状及び谷筋の緩斜面分布を把握することが重要であることが示された。

●平成 27 年 10 月 13 日

太陽光発電システムから出火した住宅火災

○田村　裕之

再生可能エネルギーを利用した発電設備のうち、太陽光発電システムはメガソーラーや住宅用として普及が進んでいる。太陽光発電システムは可動部が少ないためメンテナンスフリーがうたわれることが多いが、報道に載ることは少ないが実際には、配線、パワーコンディショナ、太陽電池モジュールといったところで火災が発生している。ここでは、太陽光発電システムの火災のいくつかを紹介し、その中で、特に住宅での火災を取り上げ、以下のような危険性を指摘した。

①太陽電池モジュールの配線が架台に挟まれ傷ついたため出火したと考えられるため、しっかりとした施工が重要である。

②屋根材一体型の太陽電池モジュールの場合、モジュール裏の配線から出火するとすぐに防水シートや野地板に延焼し建物への被害が拡大する。

③小屋裏部分が燃えていても居室内の住宅用火災警報器は作動しなかったことから一酸化炭素中毒などの危険性を持っている。

④小屋裏での火災を早期に発見するために、小屋裏への感知器等の設置が望まれる。

●平成 27 年 10 月 13 日

新幹線車両火災に係る現場確認　#CLOSED

○尾川義雄、山口雄太、関口裕治、中村幸司

●平成 27 年 10 月 13 日

消防用ロボット機器の詳細調査結果について

○天野久徳、佐伯一夢

消防におけるロボット技術の活用状況の把握を目的として、政令指定市、中核市を所管する消防本部などを対象として、「消防用ロボット装置等配備状況の詳細調査」を行った。その調査結果の概要について紹介した。調査対象とした 73 消防本部のうち、約半数の 35 本部において、何らかのロボット機器を配備していた。またロボット機器の総数は 71 台であった。一つの消防本部で 2 台以上配備があった本部は、指定都市が 10 本部、中核市が 2 本部であった。本部の規模によるところが大きいことが推察される。ロボット機器を大まかに、放水型、救助型、重量物排除型、特殊建機型、空中偵察型、水中探査装置、検知型遠隔探査装置に分け、最も多く配備されているのは、水中探査装置であり、23 本部に 32 台が配備されていた。水中探査装置は、

救助隊の編成、装備及び配置の基準を定める省令に明示されていることが一因と考えられる。この他､操作員が専従であるか否か､訓練時間、訓練頻度、導入のための予算規模、維持費用、点検頻度、点検に要する時間、配備年数、活用の頻度等を調査した。

●平成 27 年 10 月 13 日

フッ素フリー泡における泡供給率増加係数の検討

〇内藤浩由

花井佑一朗、佐澤潔、高嶋武士、石川亮

（深田工業株式会社）

遠藤千秋（第一化成産業株式会社）

石油タンク火災時に有効とされるフッ素含有泡消火薬剤とフッ素フリー泡消火薬剤に対して、各泡性状の消火限界泡供給率を、実験的に調べること、またフッ素フリー泡消火薬剤で消火対応する場合の、泡供給率増加係数の検討を行った。その結果、フッ素フリー泡の粘性付与水成膜泡で消火対応する場合、フッ素含有粘性付与水成膜泡に比べ、約 2.5 倍以上の泡供給率で対応する必要があり、またフッ素フリーたん白泡の場合、フッ素タン白泡に比べ、約 1.3 倍以上の泡供給率で対応する必要があることを明らかにした。

●平成 27 年 11 月 10 日

東日本大震災における石油タンクの津波被害について－その 2:被害現場を訪ねて（中間報告）

〇畑山　健

2011 年東北地方太平洋沖地震の際の危険物屋外貯蔵タンクの津波被害の詳細把握及び記録のため、2014 年度中ほぼ 1 年をかけて、主としてタンクが津波で移動する被害が生じた現地の消防本部や事業所等を訪問し、聞き取り等による現地調査を実施した。ここでは結果の中間報告を行った。

調査の結果、次のことがわかった。①移動被害が生じた地震当時空ではないタンクの中で容量が最大のものは、南相馬市内にあった容量 9800kL の重油タンク 2 基（地震当時の在槽量、7400kL 及び 6000kL）であり、これらは最大浸水深 13m の津波を受けて大破したこと。②移動被害が生じたタンクの中で原位置から最も遠くまで移動したものは、宮城県女川町にあった容量 980kL の重油タンク（地震当時ほぼ空）で、移動距離は 5km であったこと。③同じ場所にあった容量数百～千 kL クラスのタンクで、在槽量が多いものには移動被害が発生せず、そうでないものには移動被害が発生した実例が複数あること。④同じ場所にあった容量数 10kL クラスのタンクで、アンカボルトが打設されているものには移動被害が発生せず、そうでないものには移動被害が発生した実例があること。

●平成 27 年 12 月 8 日

重防食コーティングの劣化メカニズム

〇徳武皓也、西晴樹

伊藤大輔、岡崎慎司

（横浜国立大学大学院工学研究院）

芹沢礼孝（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

極めて性能の高い塗膜である重防食コーティングは、目視での劣化検知が難しい。従って、そのような劣化に起因した塗膜のバリヤ性の低下を検出することが重要である。そのため、非破壊かつ定量的な評価手法である交流インピーダンス法が有望であると考えられる。さらに当該手法は、劣化現象を電気的な回路モデルに置き換えて表現することが可能であり、塗膜の劣化メカニズムを明らかにすれば、特定の物理現象を表す回路素子のパラメータ値のみを抽出するような、極めて繊細な評価も期待される。そこで、実石油タンク底板内面に施されている重防食コーティングより採取したインピーダンスデータを解析することで、その劣化メカニズムを検証した。その結果、コーティングのインピ

ーダンス特性は分布定数系回路素子である Constant-phase element(CPE)を 2 つ並列に接続した回路モデルによって、正確に表現できることが分かった。この 2 つの CPE は、電解質溶液が緩やかに浸透するコーティングと脆弱部の特性を反映したコーティングの電気的特性に相当することを、それぞれの CPE が示すパラメータ値から実証できた。さらに、これらの CPE パラメータを活用した健全性診断手法として 1-n vs T 図を提案した。

●平成 27 年 12 月 8 日

火の粉の着火性に関する大規模実験と中規模実験に関して

○鈴木佐夜香

屋根を対象とした火の粉の着火性に関する大規模実験と中規模実験に関して発表を行った。大規模実験を再現する中規模実験・実験条件が開発された。発表では有風下でいくつかのタイルを対象として実験を行った結果を報告した。大規模・中規模実験の双方において火の粉は有風下で屋根に到達することで、屋根上に集積するだけでなく、屋根の下に潜り込む現象が確認された。また、条件によっては潜り込んだ火の粉が屋根の一部を焦がす様子も確認された。屋根の下に潜り込んだ火の粉が屋根材を着火する可能性があることが確認されたことになる。風速による違いも検討され、風速が上がることにより到着する火の粉の個数は減少し、潜り込む火の粉の個数も減少するが、火の粉による焦げは同様に見られた。風速が上がることにより、火の粉そのものの着火性が上がったためだと考えられる。

●平成 28 年 1 月 12 日

消防活動用小型偵察ヘリの運用の課題とその飛行制御

○佐伯一夢

近年、様々な分野での小型無人ヘリコプタの利活用が期待されている。消防研究センターにおいても、津波災害や土砂災害現場での偵察手段として用いることを目指し研究開発に取り組んでいる。状況と地形を現場ですばやく把握できる消防活動に即した偵察技術の開発を目標としており、平成 26 年度からは、土砂災害現場での運用試験や消防機関での聞き取り調査を実施し、必要な仕様や運用方法についての検討を行っている。本発表では、これまでに 3 つの消防機関で実施したアンケート調査の結果について紹介し、消防活動用小型無人偵察ヘリコプタの運用の課題について述べた。また、現在取り組んでいる、小型無人偵察ヘリコプタのモデル化と飛行制御に関する研究開発の進捗状況を紹介し、技術的な課題を考察した。

●平成 28 年 3 月 15 日

脱色剤の熱的危険性に関する研究

○崎山剛典、岩田雄策

毛髪の色素であるメラニンを酸化脱色する脱色剤が市販されている。脱色剤には、脱色作用の有効成分として過硫酸塩が含まれている。火災危険の観点から、脱色剤が火災原因となっている火災の発生件数を調べると過去に東京消防庁管内において 3 件、京都市消防本部において 1 件の火災が発生している。本報告においては、各種熱分析装置を用いて発熱挙動等を調べることにより脱色剤の熱的危険性を明らかにすることを目的とした。熱分析実験を実施した結果、今回用いた脱色剤においては水分が加わることにより発熱開始温度が 30℃付近まで低下することが確認された。また、加熱実験の結果から、樹脂系の保存容器内において脱色剤の水分量が 10 から 20wt%程度になり、少なくとも温度が 70℃以上になると燃焼する可能性があることが分かった。

7　調査技術会議

最近の火災調査や特異火災調査の事例、あるいは、危険物流出等の事故事例の紹介や原因調査に活かすことができる科学技術等について情報や意見の交換を行い、出火原因や事故発生原因のみならず、原因調査の進め方や行政繁栄方策などの火災・危険部流出等事故調査に関する情報を全国の消防本部等で共有することによって、各消防本部等における原因調査技術の向上を図ることを目的として平成 27 年度は「調査技術会議」を 6 回、全国各地で開催した。

第 1 回　　平成 27 年 5 月 22 日開催　　会場　三鷹市公会堂　　参加者 360 人

講演 1	消防研究センター　山田常圭 消防研究センターと原因調査
講演 2	消防研究センター　鈴木 健 小中学校における理科実験室で発生した火災、爆発について
火災事例発表 1	千葉市消防局　下田直史 スチーム式加湿器からの出火事例
火災事例発表 2	相模原市消防局　今村 智 太陽電池モジュールの配線から出火した火災
火災事例発表 3	鹿島地方事務組合消防本部　野口和人 業務用エアコン室内機からの出火事例
火災事例発表 4	富山市消防局　小関啓介 医薬品中間体を製造する一般取扱所にて、静電気により出火した事例
火災事例発表 5	藤沢市消防局　大西正規 エアコン室内機から出火した事例
火災事例発表 6	消防研究センター　中村幸司 接触部過熱
危険物流出等 事故事例発表 1	南魚沼市消防本部　馬場俊一郎 燃料供給施設に接続した屋上サービスタンクからの灯油流出事故について

第 2 回　　平成 27 年 6 月 23 日開催　　会場　札幌市教育文化会館　　参加者 213 人

講演 1	消防研究センター　長尾一郎 消防研究センターと原因調査
講演 2	消防研究センター　鈴木 健 小中学校における理科実験室で発生した火災、爆発について
火災事例発表 1	札幌市消防局　伊藤 潤 水分を含んだ綿布団における無炎燃焼について
火災事例発表 2	江別市消防本部　佐藤圭介 見落としがちな出火原因について

火災事例発表 3	北広島市消防本部　矢村祐介 特急列車の配電盤から出火した車両火災
火災事例発表 4	根室市消防本部　鈴木絢也 暖房用ボイラーからの出火事例について
火災事例発表 5	南宗谷消防組合消防本部　田村俊和 死者 4 名が発生した作業員宿舎の火災について
火災事例発表 6	消防研究センター　中村幸司 接触部過熱
危険物流出等 事故事例発表 1	苫小牧市消防本部　大屋崇司 流出事故防止対策後の地下貯蔵タンクからの危険物流出事故について

第 3 回　　平成 27 年 7 月 17 日開催　　会場　名古屋市中区役所ホール　　参加者 228 人

講演 1	消防研究センター　山田常圭 消防研究センターと原因調査
講演 2	消防研究センター　鈴木 健 小中学校における理科実験室で発生した火災、爆発について
火災事例発表 1	名古屋市消防局　井澤義仁 トラッキング現象で発生する放電現象について
火災事例発表 2	千曲坂城消防本部　近藤 彰 電子レンジから出火した火災
火災事例発表 3	郡上市消防本部　太田正徳 電気温水器から出火した火災について
火災事例発表 4	紀勢地区広域消防組合消防本部　米倉英紀 全自動洗濯機付近から発生した火災について
火災事例発表 5	四日市市消防本部　矢部和昭 充電中の立ち乗り電動二輪車から出火した火災事例について
火災事例発表 6	消防研究センター　中村幸司 接触部過熱
危険物流出等 事故事例発表 1	静岡市消防局　落合吉訓 屋内タンク貯蔵所における地下埋設配管からの漏洩事故

第 4 回　　平成 27 年 9 月 4 日開催　　会場　仙台市消防局　　参加者 132 人

講演 1	消防研究センター　長尾一郎 消防研究センターと原因調査
講演 2	消防研究センター　鈴木 健 小中学校における理科実験室で発生した火災、爆発について
火災事例発表 1	いわき市消防本部　芳賀一起 スマートフォン用充電器内のリチウムイオン電池からの出火について

火災事例発表 2	置賜広域行政事務組合消防本部　山本広志 給油取扱所における FRP ライニング施工中の爆発事例
火災事例発表 3	一関市消防本部　小岩 剛 ウエスの置き忘れにより出火した車両火災事例について
火災事例発表 4	秋田市消防本部　藤井健太郎 鎮火まで長時間を要した船舶火災について
火災事例発表 5	盛岡地区広域消防組合消防本部　伊藤一成 車両火災の鑑識事例
火災事例発表 6	消防研究センター　中村幸司 接触部過熱
危険物流出等 事故事例発表 1	仙台市消防局　鎌田保人 地下貯蔵タンクからの漏洩事故に係る関係機関との連携体制の構築について

第 5 回　　平成 28 年 1 月 22 日開催　　会場　大阪市立男女共同参画センター西部館　参加者 324 人

講演 1	消防研究センター　山田常圭 消防研究センターと原因調査
講演 2	消防研究センター　鈴木 健 小中学校における理科実験室で発生した火災、爆発について
火災事例発表 1	大阪市消防局　竹田悟史 透明ダクトを用いた無煙ロースターの燃焼実験
火災事例発表 2	姫路市消防局　田中 充 アルミ缶リサイクル事業所内の環境集塵機から出火した事例
火災事例発表 3	奈良広域消防組合　櫻井 隆 観賞用魚水槽器具からの出火事例
火災事例発表 4	東近江行政組合消防本部　上林広季 業務用電気フライヤーの火災調査報告
火災事例発表 5	京都市消防局　竹内完治 木材の炭化深度に関する考察
火災事例発表 6	消防研究センター　中村幸司 接触部過熱
危険物流出等 事故事例発表 1	堺市消防局　宮下裕司 屋外タンク貯蔵所付帯ポンプからの流出事故について

第 6 回　　平成 28 年 2 月 19 日開催　　会場　くまもと森都心プラザ　　参加者 175 人

講演 1	消防研究センター　長尾一郎 消防研究センターと原因調査
講演 2	消防研究センター　鈴木 健 小中学校における理科実験室で発生した火災、爆発について

火災事例発表 1	熊本市消防局　近藤 光 落雷による同時出火事例
火災事例発表 2	天草広域連合消防本部　古谷 伸 太陽光発電所からの出火事例について
火災事例発表 3	北九州市消防局　荻野聡司 家電製品の配線が大量の収容物で覆われたことにより半断線を起こした火災事例
火災事例発表 4	杵藤地区広域市町村圏組合消防本部　川﨑啓次 車軸の不具合から出火に至った車両火災事例
火災事例発表 5	福岡市消防局　中村謙吾 スターターの異常連続回転による車両火災について
火災事例発表 6	消防研究センター　中村幸司 接触部過熱
危険物流出等事故事例発表 1	浦添市消防本部　天久和浩 火力発電所における移送配管からの重油漏洩

Ⅲ　関 連 業 務

1　研究交流

(1) 派遣

ア．国際研究集会等

	派遣者名	期　間	派遣先	国際研究集会の名称等	経費負担方法
1	山田常圭	2015.4.24～4.26	韓国（大田）	第 11 回 JSPS 日韓研究者交流協会学術シンポジウム	
2	篠原雅彦	2015.5.4～5.7	米国（ミネソタ州ミネアポリス）	11th Symposium on Fire and Forest Meteorology（第 11 回火災と森林気象に関する会議）	
3	新井場公徳	2015.6.8～6.14	ドイツ（ハノーバー）、イギリス（ロンドン）	INTERSCHUTZ2015 における資機材開発動向調査及びファーストレスポンダー科学技術の研究開発に係る有志連合による国際連携の枠組みを構築するための取組にかかる準備会合	
4	畑山　健	2015.7.19～7.23	米国（ボストン）	2015 ASME Pressure Vessels & Piping Conference	
5	新井場公徳	2015.9.13～9.15	韓国	JICA-KOICA 共同人材育成プログラムにおける講義	
6	藤井皓介	2015.9.28～9.30	イギリス（ケンブリッジ）	6th international symposium Human Behaviour in Fire	
7	徳武皓也	2015.10.11～10.15	米国（アリゾナ州フェニックス）	228th ECS meeting（第 228 回 電気化学会）	
8	天野久徳	2015.10.20～10.25	イタリア（ローマ）	ISTVS2015	
9	佐伯一夢	2016.1.4～1.8	米国（サンディエゴ）	AIAA Science and Technology Forum and Exposition	
10	渡辺剛英、新井場公徳	2016.3.7～3.13	イギリス（ロンドン）	ファーストレスポンダーの技術革新に関する国際フォーラム	

イ．海外での調査・共同研究等

	派遣者名	期　間	派遣先	目　　的　　等	経費負担方法
1	畑山　健	2015.9.7 ～ 9.18	トルコ イスタンブール市（ボアジチ大学カンデリ地震観測研究所）等	トルコマルマラ地域における地震･津波防災プロジェクトに係る研究打ち合わせ及び微動観測	
2	藤井皓介	2015.9.30 ～10.3	イギリス（Hochiki europe、ロンドン消防）	英国における誘導灯･避難安全対策調査	
3	塚目孝裕	2016.1.25 ～1.28	マレーシア国消防救援局	JICA マレーシア国別研修現地調査協力	

ウ．長期在外研究員

	派遣者名	期　間	派遣先	研　究　課　題
1	土志田正二	2015.4.1 ～ 2016.3.31	国立大学法人東京大学空間情報科学研究センター	自然災害時を対象とした空間情報の利活用に関する研究
2	土志田正二	2015.4.1 ～ 2016.3.31	独立行政法人防災科学技術研究所	自然災害に対するハザード・リスク評価に関する研究

エ．国内での調査

	派遣者名	期　間	派遣先	目　　的　　等
1	河関大祐、鈴木恵子	2015.5.12	北九州市	無線連動式住警器実験調査
2	久保田勝明	2015.5.25 ～5.26	江津邑智消防組合消防本部	水陸両用バギー活用事例及びへき地救急体制調査
3	①新井場公徳、土志田正二 ②佐伯一夢	① 2015.6.15 ～6.18 ② 2015.6.15 ～6.17	広島県広島市	土砂災害調査（2014 年 8 月広島豪雨災害地域）

4	田村裕之、塚目孝裕	2015.6.16～18	京都市消防局、堺市消防局、岡山市消防局	太陽光発電抑制システムに関するヒアリング調査
5	塚目孝裕、田村裕之	2015.6.26	静岡市消防局	太陽光発電抑制システムに関するヒアリング調査
6	河関大祐、田村裕之	2015.8.7	北九州市消防局	太陽光発電抑制システムに関するヒアリング調査
7	塚目孝裕、田村裕之、藤井皓介	2015.10.14～10.16	ひらおか梅花実、もなみの里、札幌市消防局、北海道科学大学	特別養護老人ホーム施設見学及び消防局・大学打ち合わせ
8	畑山　健	2015.10.19～10.21	志布志国家石油備蓄基地	大規模地震に対する石油備蓄タンクのセーフティーマネージメントに関する調査研究に係る常時微動測定
9	河関大祐	2015.10.19	小山市役所	洪水時の自治体対応調査
10	河関大祐	2015.10.20	常総市役所	洪水時の自治体対応調査
11	田村裕之	2015.10.23	高岡市消防本部	太陽光発電・雷関連火災情報調査
12	鈴木恵子、鈴木佐夜香	2015.10.24	新潟県燕市	延焼火災調査
13	河関大祐	2015.10.28	栃木県栃木市、茨城県境町	洪水時の自治体対応調査
14	河関大祐、土志田正二	2015.10.29	栃木県鹿沼市役所	洪水時の自治体対応調査
15	河関大祐	2015.10.30	宮城県大崎市、栗原市	洪水時の自治体対応調査
16	土志田正二	2015.10.31～11.3	東京都大島町	伊豆大島災害調査
17	西　晴樹	2015.11.18	沖縄県うるま市	石油コンビナート調査
18	田村裕之	2015.11.20	金沢市消防局	太陽光発電・雷関連火災情報調査
19	久保田勝明	2015.12.13～12.15	羊蹄山ろく消防組合消防本部、札幌市消防局	救急用多言語翻訳の改善要望調査及びコーパス作成

20	土志田正二	2015.12.18 ～12.21	熊本県阿蘇市	阿蘇災害調査
21	河関大祐	2016.1.17 ～1.18	広島県庁	豪雨災害時の防災広報ならびに自治体災対本部対応調査
22	河関大祐、 田村裕之、 塚目孝裕、 佐藤康博	2016.1.20	さいたま市消防局	太陽光発電抑制システムに関するヒアリング調査
23	塚目孝裕、 田村裕之、 藤井皓介	2016.2.22 ～2.23	札幌市	施設避難関係研究打ち合わせ

(2) 受け入れ

ア．実務研修員

	研修員名（所属等）	期　間	研　修　部　局	研修担当官
1	牧野　豊（横浜市消防局）	2014.4.1 ～ 2016.3.31	原因調査室	原因調査室長
2	中村幸司(さいたま市消防局)	2014.4.1 ～ 2016.3.31	原因調査室	原因調査室長
3	関口裕治（藤沢市消防本部）	2014.4.1 ～ 2016.3.31	原因調査室	原因調査室長
4	樋田一也（佐倉市八街市酒々井町消防組合消防本部）	2014.4.1 ～ 2016.3.31	原因調査室	原因調査室長
5	山口雄太（川崎市消防局）	2015.4.1 ～ 2017.3.31	原因調査室	原因調査室長
6	倉持　満(稲敷広域消防本部)	2015.4.1 ～ 2017.3.31	原因調査室	原因調査室長
7	川守良和（静岡市消防局）	2015.4.1 ～ 2017.3.31	原因調査室	原因調査室長
8	渡邉卓也（船橋市消防局）	2015.4.1 ～ 2017.3.31	原因調査室	原因調査室長

イ．連携研究員

	研究員名（所属等）	期　間	研　究　課　題	受入研究室
1	崎山剛典（東京消防庁）	2014.4.1 ～ 2016.3.31	蓄熱発火の危険性に関する研究	危険性物質研究室

2	池田耕平（東京消防庁）	2015.4.1 ～ 2016.3.31	マグネシウム粉の発火・燃焼危険性に関する研究	危険性物質研究室

ウ．招へい外国人研究者（共同研究等）

	研修員名（国籍、所属等）	期　間	研　究　課　題	受入研究室
1	Eren Uckan	2015.12.7 ～12.12	地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)「マルマラ海域の地震・津波災害軽減とトルコの防災教育」	施設等災害研究室

(3) 共同研究

ア．国際学術交流

	機　　関　　名	国　名	実施期間
1	Institute of Chemical Processes, Seoul National University （ソウル国立大学工学部化学プロセス研究所）	韓国	2004.9 ～ 半永久的
2	Fire Technology Institute of Korea Fire Equipment Inspection Corporation	韓国	2007.12 ～ 半永久的
3	National Institute of Standards and Technology / Engineering Laboratory（米国国立標準技術研究所／工学研究所）	米国	2014.7.24 ～（協定締結日から 5 年間）

イ．国内の大学等との連携

	機　　関　　名	契約日
1	学校法人東京理科大学	2013.3.1
2	国立大学法人信州大学繊維学部	2015.10.1

ウ．調査・共同研究等

	共同研究課題名	共同研究相手先	担当研究室	実施期間
1	泡消火の高度化に関する研究	深田工業株式会社、第一化成産業株式会社	研究統括官、危険性物質研究室	2007.4.1 ～ 2016.3.31
2	災害対応のためのセンシング・ユビキタス時空基盤技術の研究開発	独立行政法人情報通信研究機構	上席研究官、地震等災害研究室	2009.10.26 ～2016.3.31

3	全国強震観測ネットワークの石油コンビナート地域を対象とした準リアルタイム地震防災情報システムの実用化に向けた研究	国立研究開発法人防災科学技術研究所	施設等災害研究室	2011.4.1 ～ 2016.3.31
4	消防防災無人ヘリコプタの高精度飛行制御技術の研究開発	独立行政法人産業技術総合研究所	特別上席研究官、地震等災害研究室	2011.12.1 ～ 2016.3.31
5	大規模災害時の消防力強化のための情報技術の研究開発事業に関する共同研究	横浜市消防局	上席研究官	2012.3.27 ～ 2016.3.31
6	木造市場等の火災被害低減のための共助体制の構築に関する研究	北九州市消防局	上席研究官、大規模火災研究室	2012.12.1 ～ 2016.3.31
7	熱画像を活用した再燃火災の発生防止に関する研究	横浜市消防局	特殊災害研究室	2013.7.22 ～ 2016.3.31
8	災害時の情報収集を目的とした無人航空機の自律制御に関する研究	国立大学法人神戸大学	地震等災害研究室、特別上席研究官	2013.7.30 ～ 2015.9.30
9	太陽電池発電抑制技術の開発	能美防災株式会社	上席研究官、大規模火災研究室、特殊災害研究室、地震等災害研究室	2014.4.1 ～ 2016.3.31
10	火の粉の建築部材への着床・着火に関する研究	独立行政法人建築研究所	大規模火災研究室	2014.10.14 ～2016.3.31
11	地震時の液状化を考慮した石油タンク周辺施設の損傷評価技術等の研究開発	独立行政法人防災科学技術研究所	施設等災害研究室	2015.7.1 ～ 2016.3.31
12	E-ディフェンスを活用した液状化対策技術の研究開発	独立行政法人防災科学技術研究所 独立行政法人港湾空港技術研究所 独立行政法人土木研究所	施設等災害研究室	2015.3.2 ～ 2016.3.31
13	戦略的イノベーション創造プログラム「レジリエントな防災・減災機能の強化」のための研究	独立行政法人港湾空港技術研究所 独立行政法人土木研究所	施設等災害研究室	2015.2.6 ～ 2016.3.31

14	消防ロボットシステムの放水砲ロボットに搭載する放水・泡放射併用タイプノズルの研究開発	深田工業株式会社	特別上席研究官，危険性物質研究室	2015.9.1 ～ 2016.3.31
15	廊下における避難行動特性に関わる実験的研究	学校法人東京理科大学、学校法人早稲田大学、学校法人芝浦工業大学、株式会社明野設備研究所、株式会社エフディーエム、株式会社大林組、鹿島建設株式会社技術研究所、清水建設株式会社技術研究所、大成建設株式会社、株式会社竹中工務店	大規模火災研究室	2015.10.14 ～2016.3.31
16	大容量ホースの耐熱性向上に関する研究	帝国繊維株式会社	特別上席研究官	2016.1.19 ～ 2016.3.31

エ．競争的資金

	種　　別	期間、相手先、参加者名	共同研究課題名	担当者名
1	平成 24 年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業　私学助成補助金	平成 24 年度～平成 28 年度 岡山理科大学	QOL 向上を目指す支援技術のイノベーション研究拠点形成「柔軟全周囲クローラの開発」	天野久徳
2	文部科学省委託研究 都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト	2012.4.1～2017.3.31 京都大学防災研究所	都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査･研究	細川直史
3	科学研究費補助金（若手研究(B)）	平成 26 年度～平成 28 年度	都市構造を考慮した火の粉に対する建物の脆弱性に関する研究	鈴木佐夜香
4	科学研究費助成事業（基盤研究 C）	2014.4.1～2017.3.31 静岡大学	時空間的異種情報の統合・連携予測による災害時変動下の道路交通情報解析	田村裕之

2　所外講師派遣及び所外委員会等参加状況

(1) 所外講師派遣状況

ア．大学教授等

	派遣先機関	講　義　題　目	職　名	氏　名
1	国立大学法人神戸大学大学院工学研究科	救急避難システム論	准教授	久保田勝明
2	国立大学法人横浜国立大学大学院環境情報研究院	地震リスク評価学	客員准教授	畑山　健
3	東京理科大学大学院国際火災科学研究科	なし	客員准教授	阿部伸之

イ．大学非常勤講師

	派遣先機関	講　義　題　目	氏　名
1	公立大学法人首都大学東京都市教養学部	機械工学先端講義第二	阿部　伸之

ウ．消防大学校講義

	年月日	訓練コース名	科　目　名	氏　名
1	2015.6.12	火災調査科（第 29 期）	講話	山田常圭
2	2015.6.16	火災調査科（第 29 期）	機器分析（原理と構造）	尾川義雄
3	2015.6.18	幹部科(第 41 期)	消防科学技術	細川直史
4	2015.6.22	火災調査科（第 29 期）	鑑識要領Ⅰ(電気)	森田隆弘
5	2015.6.30	火災調査科（第 29 期）	模擬家屋調査実習	森田隆弘
6	2015.7.1	火災調査科（第 29 期）	模擬家屋調査実習	森田隆弘
7	2015.7.2	火災調査科（第 29 期）	模擬家屋鑑識	森田隆弘
8	2015.7.2	危険物科（第 10 期）	火災調査・漏洩調査	西　晴樹
9	2015.7.3	火災調査科（第 29 期）	模擬家屋鑑識	森田隆弘
10	2015.7.3	危険物科（第 10 期）	火源管理Ⅰ	田村裕之
11	2015.7.7	危険物科（第 10 期）	指定可燃物	岩田雄策
12	2015.7.9	火災調査科（第 29 期）	鑑識要領Ⅲ(車両)	森田隆弘
13	2015.7.17	危険物科（第 10 期）	燃焼理論	尾川義雄
14	2015.7.21	危険物科（第 10 期）	刑事裁判で使用される報告書等と証人出廷	塚目孝裕
15	2015.7.28	火災調査科（第 29 期）	長官調査	森田隆弘

16	2015.9.2	幹部科(第 42 期)	消防科学技術	細川　直史
17	2015.9.2	予防科（第 98 期）	予防実務Ⅱ	塚目　孝裕
18	2015.9.30	予防科（第 98 期）	避難対策	鈴木　恵子
19	2015.10.23	火災調査科（第 30 期）	講話	山田　常圭
20	2015.10.28	火災調査科（第 30 期）	機器分析（原理と構造）	尾川　義雄
21	2015.11.2	幹部科(第 43 期)	消防科学技術	細川　直史
22	2015.11.16	火災調査科（第 30 期）	火災調査を取り巻く法律関係	森田　隆弘
23	2015.12.9	火災調査科（第 30 期）	長官調査	森田　隆弘
24	2016.1.15	上級幹部科（第 79 期）	研究調査	山田　常圭
25	2016.1.15	幹部科(第 44 期)	消防科学技術	細川　直史
26	2016.2.10	予防科（第 99 期）	避難対策	鈴木　恵子
27	2016.2.26	予防科（第 99 期）	予防実務Ⅱ	塚目　孝裕

エ．その他講義

	年月日	派　遣　先　機　関	講演会名・講義題目等	氏　名
1	2015.4.25	第 11 回 JSPS 日韓研究者交流協会学術シンポジウム	第 11 回 JSPS 日韓研究者交流協会学術シンポジウム,"Collaborative Fire Research between Japan and Korea following the Subway Fire at Jungangno Station in Daegue"	山田常圭
2	2015.4.27	佐倉市八街市酒々井町消防組合消防本部	無人航空機の活用について	新井場公徳、佐伯一夢、土志田正二
3	2016.5.9 ～ 2016.12.5（8 回）	獨協大学	獨協大学オープンカレッジ講師	塚目孝裕
4	2015.5.13	一般社団法人日本高圧力技術協会	EST-1 委員会	畑山　健
5	2015.5.14	神戸市消防局	平成 27 年度神戸市消防局土砂災害に関する研修会	新井場公徳、土志田正二
6	2015.5.21	船橋市消防局	無人航空機の活用について	新井場公徳、佐伯一夢、土志田正二
7	2015.5.25	郡山地方広域消防組合消防本部	火災調査研修会	牧野　豊
8	2015.5.26	岩倉市危険物安全協会	岩倉市危険物安全協会 40 周年記念事業　講演	塚目孝裕

9	2015.5.27	帯広市消防本部、一般社団法人北海道消防設備協会帯広支部	20 周年記念講演会　「再生資源燃料等の火災危険性評価方法について」	岩田雄策
10	2015.5.27	帯広市消防本部、一般社団法人北海道消防設備協会帯広支部	20 周年記念講演会　「福祉施設等における火災の原因調査と安全対策について」	西　晴樹
11	2015.6.8	横浜市消防局	「危険物安全週間」パワーアップセミナー講演	畑山　健
12	2015.6.9	工学院大学	首都圏における地震・水害等による複合災害への対応に関する委員会招待講演	細川直史
13	2015.6.9	埼玉県危機管理防災部防災課	平成 27 年度防災研修会講演「我が国における火災の変遷をふまえた 防火安全上の今日的課題」	山田常圭
14	2015.6.18～6.19	静岡市消防局	火災調査アドバイザー認定講習	尾川義雄
15	2015.6.19	公益財団法人静岡県消防協会	静岡県消防団幹部研修会	長尾一郎
16	2015.7.1 ～7.2	静岡市消防局	火災調査アドバイザー認定講習	尾川義雄
17	2015.7.3	野田市南部梅郷公民館	くらしに生かせる防災・防犯講座　「家庭で起こる化学事故～火のないところのはずなのに～」	塚目孝裕
18	2015.7.6	秦野市消防本部	平成27年度太陽光発電システムの普及に伴う火災防ぎょ講習会	田村裕之
19	2015.7.14	独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構	技術講演会	西　晴樹
20	2015.7.23～7.24	福岡市消防局	火災調査担当職員研修	尾川義雄
21	2015.8.26	埼玉県消防学校	火災調査	中村幸司
22	2015.9.2 ～9.3	志布志国家石油備蓄基地	安全講演会	西　晴樹

23	2015.9.8	神奈川県産業技術センター	「神奈川版オープンイノベーション」ロボット研究会フォーラム～箱根大涌谷における火山活動対応ロボット活用の可能性について　「消防防災ロボットの現状と今後の展望」	天野久徳
24	2015.9.9	株式会社クラレ岡山事業所	防災に関する講演会	塚目孝裕
25	2015.9.9	茨城県消防学校	消防職員専科教育第 26 期救助科	田村裕之
26	2015.9.10	志布志石油備蓄株式会社本社	安全講演会	西　晴樹
27	2015.9.14	JICA	JICA-KOICA 共同人材育成プログラム	新井場公徳
28	2015.9.15 ～9.16	春日部市消防本部	本部内研修での講演（太陽光発電設備火災）	田村裕之
29	2015.9.18	東京理科大学総合研究院火災科学研究センター	第 7 回「風と火災」および私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「専門知の共有に基づくアジアの火災安全情報拠点の形成」国際シンポジウム「関東大震災における火災旋風による被害の再検討」	篠原雅彦
30	2015.9.26	横浜市金沢消防署	平成２７年度防災講演会	新井場公徳
31	2015.9.30	気仙地区危険物安全協会	気仙地区危険物安全協会防災講演会	畑山　健
32	2015.10.9	The International FORUM of Fire Research Directors （火災機関長の国際フォーラム）	年次会合　ワークショップ "Development of fire prevention equipment and systems on the performance-based for large buildings in Japan"	山田常圭
33	2015.10.14	一般財団法人全国消防協会東海地区支部	平成 27 年度火災調査研究発表会	森田隆弘
34	2015.10.23	水島コンビナート地区保安防災協議会	平成 27 年度消防部会保安講習会	畑山　健
35	2015.10.23	川崎市危険物等運搬防災連絡協議会	危険物安全担当者講習会	西　晴樹
36	2015.10.23	埼玉西部消防組合	警防特別研修	塚目孝裕

37	2015.11.5	原子力規制委員会原子力規制庁	平成27年度原子力施設における火災防護に関する研修	鈴木　健
38	2015.11.7	長野県消防学校	火災調査	山口雄太
39	2015.11.12	日本大学法学部公共政策学科会議	公共政策研究会	渡辺剛英
40	2015.11.12	古河地区危険物安全協会	事業者に向けた防火管理講習「静電気事故防止対策と太陽光発電システムに係る安全対策」	田村裕之
41	2015.11.16	北海道大学	救急搬送のひっ迫状態に関する講義	久保田勝明
42	2015.11.17	福知山市消防本部	職員安全管理研修　「太陽光発電システムの火災危険の把握と対策」	田村裕之
43	2015.11.20	公益社団法人日本火災学会	第 54 回火災科学セミナー「消防防災とロボット技術～現状と新技術の導入～」	天野久徳
44	2015.11.25	千葉県消防学校	火災調査	樋田一也
45	2015.12.17～12.18	比企広域消防本部	平成 27 年度職員研修会	森田隆弘
46	2015.12.17～12.18	茨城県消防学校	火災調査	倉持　満
47	2016.1.5～1.6	北海道大学	公共経営事例研究講義	久保田勝明
48	2016.1.18	兵庫県消防学校	火災調査	関口裕治
49	2016.1.21	東京理科大学理工学部建築学科	建築防災設計特別講義	篠原雅彦
50	2016.1.26	山梨県消防学校	火災調査	渡邉卓也
51	2016.1.28	神奈川県消防学校	火災調査	原因調査室
52	2016.1.28～1.29	磐田市消防本部	火災調査研修会「太陽光発電システムの火災における消防活動時と調査の危険性」	田村裕之
53	2016.1.29	佐倉市八街市酒々井町消防組合	平成27年度火災調査研究発表会	森田隆弘 樋田一也
54	2016.1.29	さいたま市消防局	火災原因調査事例研究発表会	中村幸司
55	2016.2.5	静岡県	火災調査研修会	森田隆弘
56	2016.2.5	船橋市消防局	平成27年度千葉県消防長会警防防災委員会	新井場公徳

57	2016.2.18 ～2.19	稲敷広域消防本部	平成 27 年度火災原因調査事例発表会	倉持　満
58	2016.2.22	宇都宮危険物保安協会	平成 27 年度　宇都宮危険物保安協会研修会	岩田雄策
59	2016.2.25	相模原市消防局	土砂災害対応研修会	新井場公徳
60	2016.2.26	和歌山県紀南消防長会	職員研修会（焼損物件の鑑識実習、鑑識事例紹介等）	牧野　豊
61	2016.3.3	新潟県消防学校	第 20 期消防職員火災調査	岩田雄策
62	2016.3.7	静岡県消防学校	火災調査	川守良和
63	2016.3.10	千葉市消防学校	警防科特殊災害課程第 10 期	土志田正二
64	2016.3.23	岡山市消防局	UAV に関する研修会	新井場公徳、佐伯一夢、土志田正二

(2) 所外委員会、研究会への参加状況

	団体等名	委員会等名	役職名	氏　名
1	公益社団法人日本火災学会	数値計算に基づく火災現象再現のための指針作成専門委員会	委員	阿部伸之
2	消防庁　予防課	火災予防の実効性向上作業チーム・水平避難有効性検証タスクフォース	委員	
3	The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Incorporated	IEEE Robotics & Automation Society, TC on Safety, Security and Rescue Robots	メンバ	天野久徳
4	一般財団法人日本消防設備安全センター	消防防災活動用資機材等専門委員会	委員	
5	独立行政法人科学技術振興機構	革新的研究開発推進プログラム	評価協力者	
6	レスキューロボットコンテスト実行委員会	レスキューロボットコンテスト表彰委員会	特別審査員	
7	危険物保安技術協会	大型化学消防車等評価委員会	委員長	
8	公益社団法人計測自動制御学会	システムインテグレーション(SI)部門　フィールドロボティクス部会	運営委員	

9	公益社団法人計測自動制御学会	システムインテグレーション(SI)部門　レスキュー工学部会	運営委員	
10	公益社団法人計測自動制御学会	計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会プログラム委員会	委員	
11	国立研究開発法人情報通信研究機構	無人航空機システムの利用技術に関する関係機関連絡会	委員	
12	消防防災ロボット技術ネットワーク	幹事会	幹事	
13	神奈川県	さがみロボット産業特区	アドバイザー	
14	神奈川県産業労働局	火山活動対応ロボット緊急開発プロジェクトチーム	委員	
15	神奈川県産業労働局産業部	火山活動対応ロボット開発促進事業	委員	
16	特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構	競基弘賞レスキュー工学奨励賞	審査委員	
17	特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構	表彰委員会	委員	
18	日本消防検定協会	消防機器等評価委員会	委員	
19	公益社団法人日本地すべり学会	日本地すべり学会	理事・総務部長	新井場公徳
20	公益社団法人日本火災学会	化学火災専門委員会	委員	岩田雄策
21	一般財団法人消防試験研究センター	危険物取扱者試験専門員	専門員	
22	危険物保安技術協会	危険物関連設備等性能評価委員会及び同専門委員会	委員	
23	危険物保安技術協会	平成27年度教育用視聴覚教材制作委員会	委員	
24	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会化学火災専門委員会	委員	
25	消防庁　危険物保安室	火災危険性を有するおそれのある物質等に関する調査検討会（平成 27 年度）	委員	
26	特定非営利活動法人安全工学会	安全工学会普及委員会	理事	

27	特定非営利活動法人安全工学会	安全工学会普及委員会	委員	
28	一般財団法人日本消防設備安全センター	ガス系消火設備等専門委員会	委員	尾川義雄
29	一般財団法人日本消防設備安全センター	ガス系消火設備等評価専門委員会	委員	
30	一般財団法人日本消防設備安全センター	性能評価第一専門委員会	委員	
31	公益社団法人日本火災学会	平成27年度熱溶融性繊維の燃焼性試験に関する調査研究委員会	委員	
32	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会学術委員会	委員	
33	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会学術委員会消火の科学に関する専門委員会	委員	
34	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会学術委員会ウォーターミストによる消火に関する専門委員会	委員	
35	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3 分科会	委員	河関大祐
36	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG2 作業部会	委員	
37	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG6 作業部会	委員	
38	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG7 作業部会	委員	
39	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG9 作業部会	委員	
40	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG14 作業部会	委員	
41	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG17 作業部会	委員	
42	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG18 作業部会	委員	
43	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG21 作業部会	委員	
44	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG22 作業部会	委員	

45	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/音響装置 WG 作業部会	委員	
46	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG23 作業部会	委員	
47	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG24（ビデオ火災感知器）作業部会	委員	
48	一般財団法人日本消防設備安全センター	保守用機器等専門委員会	委員	
49	一般財団法人日本消防設備安全センター	警報設備等専門委員会	委員	
50	レスキューロボットコンテスト実行委員会	レスキューロボットコンテスト実行委員会	委員	佐伯一夢
51	公益社団法人計測自動制御学会	システムインテグレーション部門講演会	プログラム委員	
52	消防防災ロボット技術ネットワーク	消防防災ロボット技術ネットワーク	幹事	
53	公益社団法人日本火災学会	火災誌編集小委員会	委員	篠原雅彦
54	日本火災学会, 建築研究所, 国土技術政策総合研究所, 東京理科大学	10th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology	実行委員	
55	公益社団法人日本火災学会	理事会	理事	
56	公益社団法人日本火災学会	普及委員会	委員	
57	一般財団法人首都高速道路技術センター	横浜環状北西線トンネル防災安全検討委員会	委員	鈴木　健
58	一般財団法人首都高速道路技術センター	横浜環状北線トンネル防災安全検討委員会	委員	
59	一般社団法人日本電気協会	原子力規格員会　運転・保守分科会　防火管理検討会	委員	
60	秦野市	秦野市消防審議会	委員	
61	消防庁　予防課	火災予防の実効性向上作業チーム・自衛消防組織及び防災管理の実効性向上専門家会合	委員	鈴木恵子
62	東京消防庁	第 22 期火災予防審議会	委員	
63	一般財団法人日本燃焼学会	理事会	理事	鈴木佐夜香
64	一般財団法人日本燃焼学会	将来構想委員会	委員	
65	一般財団法人日本燃焼学会	第 53 回燃焼シンポジウム実行委員会	委員	

66	一般財団法人日本燃焼学会	第 54 回燃焼シンポジウム実行委員会	委員	
67	Fire Technology	Editorial Board	委員	
68	Fire Technology	Guest Editor		
69	一般社団法人日本電気協会	澁澤賞選考委員会	所長代理	高梨健一
70	日本消防検定協会	特定警報避難機器評価委員会	委員	
71	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG10	委員	田村裕之
72	一般社団法人静電気学会	理事会	理事	
73	一般社団法人静電気学会	静電気リスクアセスメント研究委員会	委員	
74	一般社団法人静電気学会	全国大会実行委員会	委員	
75	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会自動車火災専門委員会	委員	
76	日本学術振興会協力会	信頼性システム技術研究会（学振 175 委員会）	委員	
77	一般財団法人日本消防設備安全センター	避難設備等専門委員会	委員	
78	一般財団法人日本消防設備安全センター	防火安全機器等専門委員会	委員	
79	一般財団法人日本消防設備安全センター	消防設備システム第一専門委員会	委員	
80	一般財団法人日本消防設備安全センター	消防設備システム第二専門委員会	委員	
81	一般社団法人日本電気協会	電気火災の抑制方策に関する検討部会	部会員	
82	公益社団法人日本火災学会	情報公開審査委員会	幹事	
83	公益社団法人日本火災学会	東日本大震災調査委員会	委員	
84	公益社団法人日本火災学会	学術委員会	委員	
85	公益社団法人日本火災学会	理事会	理事	
86	公益社団法人日本火災学会	企画委員会	委員	
87	公益社団法人日本火災学会	ホームページ小委員会	委員	
88	公益社団法人日本火災学会	火災便覧編集準備委員会	委員	
89	消防庁　危険物保安室	地域特性に応じた給油取扱所の運用形態に係る安全確保策のあり方に関する検討会	委員	

90	消防庁　予防課	蓄電池設備技術基準検討部会	委員	
91	独立行政法人労働安全衛生総合研究所	外部評価委員会	委員	
92	日本消防検定協会	特定初期拡大抑制機器評価委員会	委員	
93	公益社団法人日本火災学会	総務委員会	委員	塚目孝裕
94	消防庁　特殊災害室	石油コンビナート等防災体制検討会	委員	
95	消防庁　危険物保安室	天然ガススタンド併設給油取扱所の停車スペースの共用化に係る安全対策のあり方に関する検討会	委員	
96	一般財団法人日本消防設備安全センター	ガス系消火設備等評価委員会	委員	
97	公益社団法人日本火災学会	編集小委員会	委員	
98	公益社団法人日本地すべり学会	若手対策 WG	メンバ	土志田正二
99	公益社団法人日本地すべり学会	事業計画部	幹事	
100	一般社団法人日本高圧力技術協会	平成27年度大規模地震に対する石油備蓄タンクのセーフティーマネージメントに関する調査研究委員会(第 2 小委員会)	委員	徳武皓也
101	ISO/TC21 委員会	ISO/TC21/SC2 委員会	委員	内藤浩由
102	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会学術委員会	委員	
103	公益社団法人日本火災学会	ウォーターミストによる消火に関する専門委員会	幹事	
104	一般財団法人消防科学総合センター	情報誌「消防防災の科学」編集委員会	委員	長尾一郎
105	一般財団法人全国危険物安全協会	定期点検指導に係る充実強化検討委員会	委員	西　晴樹
106	特定非営利活動法人安全工学会	安全工学誌編集委員会	委員	
107	特定非営利活動法人安全工学会	第48回安全工学研究発表会実行委員会	委員	

108	独立行政法人防災科学技術研究所	大型耐震実験施設運用委員会	委員長	
109	一般財団法人全国危険物安全協会	地下タンク等の点検方法等の性能評価委員会	委員	
110	一般社団法人日本高圧力技術協会	平成27年度大規模地震に対する石油備蓄タンクのセーフティーマネージメントに関する調査研究委員会	委員	
111	危険物保安技術協会	危険物関連設備等性能評価委員会及び同専門委員会	委員	
112	危険物保安技術協会	機関誌編集委員会	委員	
113	危険物保安技術協会	「単独荷卸しの仕組みに係る評価基準の見直しに関する検討委員会」	委員	
114	危険物保安技術協会	「第 2 専門部会」	部会長	
115	危険物保安技術協会	FF 二重殻タンクの破損事案に係る調査検討委員会	委員	
116	危険物保安技術協会	屋外タンク貯蔵所に関する耐震安全性確認のためのワーキンググループ	委員	
117	危険物保安技術協会	放電加工機に係る試験確認基準の見直しに関する検討委員会	委員	
118	消防庁　危険物保安室	屋外タンク貯蔵所の耐震安全性に係る調査検討会	委員	
119	川崎市	川崎市コンビナート安全対策委員会	委員	
120	公益社団法人日本火災学会	首都直下地震における火災被害の想定専門委員会	委員	
121	大阪府	大阪府石油コンビナート等防災本部	専門員	畑山　健
122	公益社団法人日本地震学会	強震動委員会	委員	
123	一般社団法人日本高圧力技術協会	平成27年度大規模地震に対する石油備蓄タンクのセーフティーマネージメントに関する調査研究委員会(第 1 小委員会)	委員	

124	危険物保安技術協会	屋外タンク貯蔵所に関する耐震安全性確認のためのワーキンググループ	委員	
125	公益社団法人日本地震工学会	情報コミュニケーション委員会	委員	
126	消防庁　危険物保安室	屋外タンク貯蔵所の耐震安全性に係る調査検討会	委員	
127	神奈川県	神奈川県石油コンビナート等防災対策検討会	委員	
128	千葉県	千葉県石油コンビナート防災アセスメント検討部会	専門員	
129	一般社団法人電子情報通信学会	ICNSSL 研究会運営委員会	委員	細川直史
130	一般財団法人日本消防設備安全センター	G 空間情報の利活用による救助システム及び消防活動に関する検討会	委員	
131	山梨県	山梨県総合防災情報システム導入検討委員会	委員	
132	一般社団法人電子情報通信学会	英文論文誌小特集編集委員会	編集委員	
133	独立行政法人製品評価技術基盤機構	事故動向等解析専門委員会	委員	森田隆弘
134	ISO/TC21 協議会	ISO/TC21 委員会	委員	山田常圭
135	首都高速道路株式会社	首都高速道路の塗装塗替え工事による火災事故再発防止委員会	委員	
136	消防大学校	消防大学校における教育訓練等に関する検討会	委員	
137	東京大学生産技術研究所	火災煙の流れのシミュレーションに関する研究	研究員	
138	東京地方裁判所	東京地方裁判所	専門委員	
139	一般社団法人日本照明工業会	登録認定機関　JEA 誘導灯認定委員会	委員	
140	一般財団法人日本消防設備安全センター	消防防災用設備機器性能評定委員会	委員	
141	一般財団法人日本消防設備安全センター	小規模防火対象物用自動消火設備専門委員会	委員	

142	一般財団法人日本消防設備安全センター	性能評価委員会	委員	
143	一般財団法人日本消防設備安全センター	消防設備システム評価委員会	委員	
144	一般財団法人日本消防設備安全センター	ガス系消火設備等評価委員会	委員	
145	一般財団法人日本消防設備安全センター	消防防災研究助成審査委員会	委員	
146	一般財団法人日本消防設備安全センター	小規模防火対象物用消火設備専門委員会	委員	
147	一般財団法人日本防火・防災協会	情報誌「地域防災」編集委員会	幹事	
148	一般社団法人建築・住宅国際機構	「ISO/TC92・ISO/TC21/SC11　合同分科会」・「ISO/TC92/SC4WG、ISO/TC21/SC11 WG」	委員	
149	危険物保安技術協会	危険物事故防止対策論文審査委員会	委員	
150	国立研究開発法人建築研究所	国立研究開発法人建築研究所研究評価委員会防火分科会	委員	
151	消防庁　予防課	優良消防用設備等審査会	委員	
152	日本消防検定協会	消防用機械器具等規格研究委員会	委員	
153	日本消防検定協会	消防用機械器具等技術基準委員会	委員	
154	澁澤委員会（一般社団法人日本電気協会）	第 60 回（平成 27 年度）澁澤賞受賞者選考委員会	委員	
155	一般財団法人全国危険物安全協会	地下タンク等の点検方法等の性能評価委員会専門部会	部会員	松島早苗
156	一般財団法人日本消防設備安全センター	水系消火設備等専門委員会	委員	
157	一般財団法人日本消防設備安全センター	防火材等専門委員会	委員	
158	一般財団法人日本消防設備安全センター	可撓管継手等専門委員会	委員	
159	公益財団法人日本防炎協会	「防炎ニュース」編集委員会	委員	渡辺剛英

160	大学共同利用機関法人自然科学研究機構	大学共同利用機関法人　自然科学研究機構核融合科学研究所　火災事故検証委員会	委員	
161	大学共同利用機関法人自然科学研究機構	大学共同利用機関法人　自然科学研究機構核融合科学研究所　火災事故検証委員会	委員	
162	東京消防庁	警防業務事故再発防止対策検討部会	部会員	

(3) 所外実験・研究等への参加状況

	実験・研究名等	主催団体名	分担事項	参加者	期　間
1	地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)「マルマラ海域の地震・津波災害軽減とトルコの防災教育」	国立大学法人東京大学	（研究課題 3）地震特性評価及び被害軽減	畑山　健	2013.4.1 ～ 2018.3.31
2	文部科学省委託研究「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」、サブプロ③「都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査･研究」	国立大学法人東京大学、国立大学法人京都大学	都市地震防災ジオポータルの開発	細川直史	2013.4.1 ～ 2018.3.31
3	首都直下地震における火災延焼モデルの検証実験	TBS テレビ	火災旋風・火事場風・延焼性状・模型飛行機観測に関する実験計画・実験・解析	篠原雅彦 高梨健一 佐伯一夢	2016.1.28 ～ 2016.1.31

4	「局地的大雨による大規模表層崩壊発生機構の解明と危険地抽出技術の開発」（河川砂防技術開発公募（砂防分野），代表：後藤聡（山梨大））	日本地すべり学会	地形解析(ドローンを用いた空撮・解析)・現地踏査	土志田正二	2015.4.1 ～ 2016.3.31
5	「巨大（深層）崩壊の高精度編年研究会」（砂防学会研究助成，代表：井上公夫［砂防フロンティア］）	砂防フロンティア	数値地形解析	土志田正二	2015.4.1 ～ 2017.3.31
6	大規模地震に対する石油備蓄タンクのセーフティーマネージメントに関する調査研究	一般社団法人日本高圧力技術協会	大規模地震及び津波を受けた経年陸上タンク等の耐震・耐津波性能評価方法、並びに合理的な供用適正評価方法の構築	畑山　健	2015.6.26 ～ 2016.3.18
7	大規模地震に対する石油備蓄タンクのセーフティーマネージメントに関する調査研究	一般社団法人日本高圧力技術協会	大規模地震による底部コーティングの損傷度及びその後の腐食進行への影響に係る定量的評価に基づく次回解放検査時期決定方法の構築	徳武皓也	2015.6.26 ～ 2016.3.18

3　災害調査等

(1) 災害調査

ア．長官調査（主体調査）：消防法第 35 条の 3 の 2 の規定に基づき、消防庁長官が特に必要と認めた火災の原因調査

	発災日	場所/管轄 消防本部	施設等名称	概　要	現地出向者	現地調査日
1	H26.9.3	愛知県東海市/東海市消防本部	製鐵所の爆発火災	コークス炉上部に設置された石炭塔内に取り付けられているホッパー内で爆発が発生し、多数の負傷者が発生したもの。負傷者 15 名。	西　晴樹、 森田隆弘、 樋田一也、 岩田雄策	H27.4.2
2	H27.5.17	神奈川県川崎市／川崎市消防局	簡易宿泊所火災	木造の簡易宿泊所２棟が全焼し、死者１０名、負傷者１８名が発生したもの。	①田村裕之 森田隆弘 山口雄太 牧野　豊 中村幸司 倉持　満 ②森田隆弘 山口雄太 牧野　豊 川守良和 ③山口雄太 ④山口雄太 倉持　満 ⑤森田隆弘 山口雄太 ⑥田村裕之 阿部伸之 森田隆弘 山口雄太 中村幸司 川守良和 倉持　満 藤井皓介	①H27.5.18 ②H27.5.19 ③H27.5.20 ④H27.5.21 ⑤H27.5.22 ⑥H27.5.24 ⑦H27.5.25

	発災日	場所/管轄消防本部	施設等名称	概　要	現地出向者	現地調査日
3	H27.10.8	広島県広島市／広島市消防局	飲食店火災	木造２階建ての飲食店が全焼し、死者３名、負傷者３名が発生したもの。	①西　晴樹 田村裕之 森田隆弘 中村幸司 倉持　満 関口裕治 川守良和 ②森田隆弘 川守良和 ③川守良和 渡邉卓也 ④川守良和 ⑤川守良和 ⑥西　晴樹 森田隆弘 川守良和	① H27.10.9～10.10 ② H27.11.1～11.2 ③ H27.11.5～11.6 ④ H27.11.11 ⑤ H27.11.14 ⑥ H27.11.20～11.21

イ．長官調査（要請調査）：消防法第 35 条の 2 の 2 の規定に基づき、消防長又は都道府県知事から消防庁長官に対しての求めによる火災の原因調査

平成 27 年度は事例なし

ウ．センター調査（依頼）：消防長等による依頼に基づく特異な火災に対する火災原因調査に関する技術支援

	発災日	場所	施設等名称	概　要	現地出向者	現地調査日
1	H27.4.21	茨城県稲敷市	工場火災	工場火災の現場見分支援	森田隆弘 樋田一也 渡邉卓也 倉持　満	H27.4.30
2	H27.3.30	三重県鈴鹿市	建物火災	作業所として使用している貸倉庫の現場見分支援	森田隆弘 山口雄太 牧野　豊	H27.5.8
3	H27.10.17	岐阜県飛騨市	ゴミ焼却施設火災	可燃ごみ焼却施設火災の現場見分支援	森田隆弘 山口雄太 関口裕治 樋田一也	H27.11.4～11.5

エ．センター調査（自主）：消防研究センターの自主的な災害・事故・火災原因等調査

	発災日	場所	概　要	現地出向者	現地調査日
1	H27.9.10	茨城県常総市/常総広域消防本部	平成 27 年台風第 18 号による大雨等による屋外貯蔵タンクの洪水被害調査	畑山健	H27.12.3

オ．センター調査（依頼）：市町村長等による依頼に基づく危険物流出等の事故原因調査に関する技術支援

平成 27 年度は事例なし

カ．センター調査（自主）：消防研究センターの自主的な危険物流出等の事故原因調査に関する技術支援

平成 27 年度は事例なし

(2) 鑑定・鑑識

ア．鑑定

	支援実施年月	発災都道府県	概　要	鑑定者
1	H27.4	東京都	残さ物の鑑定	原因調査室
2	H27.4	新潟県	残さ物の鑑定	原因調査室
3	H27.5	神奈川県	残さ物の鑑定	原因調査室
4	H27.5	岩手県	残さ物の鑑定	原因調査室
5	H27.5	愛知県	携行缶内の液体の鑑定	原因調査室
6	H27.5	徳島県	洗濯乾燥機内残さ物の鑑定	原因調査室
7	H27.5	奈良県	車両残さ物の鑑定	原因調査室
8	H27.6	奈良県	車庫内の残さ物の鑑定	原因調査室
9	H27.6	鹿児島県	ダクト内残さ物の鑑定	原因調査室
10	H27.6	三重県	塗料かすの鑑定	原因調査室
11	H27.6	三重県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
12	H27.6	徳島県	木粉の鑑定	原因調査室
13	H27.6	岐阜県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
14	H27.6	熊本県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
15	H27.6	静岡県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
16	H27.7	埼玉県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
17	H27.7	北海道	乾燥機内残さ物の鑑定	原因調査室

	支援実施年月	発災都道府県	概　要	鑑定者
18	H27.7	茨城県	車両残さ物の鑑定	原因調査室
19	H27.7	千葉県	エアコン残さ物の鑑定	原因調査室
20	H27.7	三重県	車両残さ物の鑑定	原因調査室
21	H27.7	宮城県	製油所構内から採取した炭化物の鑑定	原因調査室
22	H27.7	奈良県	建物火災に係る収去物の鑑定	原因調査室
23	H27.7	山口県	スカム（廃ゴム）の鑑定	原因調査室
24	H27.7	兵庫県	残油等の鑑定	原因調査室
25	H27.8	奈良県	建物残さの鑑定	原因調査室
26	H27.8	千葉県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
27	H27.8	千葉県	刈り草の鑑定	原因調査室
28	H27.9	千葉県	木くずの鑑定	原因調査室
29	H27.9	千葉県	建物火災に係る収去物の鑑定	原因調査室
30	H27.9	熊本県	布団素材の鑑定	原因調査室
31	H27.10	熊本県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
32	H27.10	岡山県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
33	H27.10	埼玉県	樹脂の鑑定	原因調査室
34	H27.11	宮崎県	防炎じゅうたんの鑑定	原因調査室
35	H27.11	千葉県	帯電防止服等の鑑定	原因調査室
36	H27.11	長野県	車両残さ物の鑑定	原因調査室
37	H27.12	東京都	現場収去物（ガーゼ）の鑑定	原因調査室
38	H27.12	宮城県	携行缶及び石油ストーブ内の鑑定	原因調査室
39	H27.12	千葉県	衣類の鑑定	原因調査室
40	H27.12	奈良県	現場収去物（建物残さ物）の鑑定	原因調査室
41	H27.12	静岡県	車両残さ物及び着衣の鑑定	原因調査室
42	H27.12	鳥取県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
43	H27.12	大分県	車両残さ物の鑑定	原因調査室
44	H27.12	埼玉県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
45	H27.12	千葉県	残さ物の鑑定	原因調査室
46	H27.12	奈良県	クッション材の鑑定	原因調査室
47	H28.1	静岡県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
48	H28.1	熊本県	残さ物油分の鑑定	原因調査室
49	H28.1	奈良県	残さ物の鑑定	原因調査室
50	H28.2	徳島県	ドラム式乾燥機内のタオルの鑑定	原因調査室
51	H28.2	神奈川県	油分の鑑定	原因調査室
52	H28.2	奈良県	残さ物油分の鑑定	原因調査室
53	H28.2	三重県	建物残さ物の鑑定	原因調査室

	支援実施年月	発災都道府県	概　要	鑑定者
54	H28.2	千葉県	建物残さ物の鑑定	原因調査室
55	H28.2	徳島県	金属塊の鑑定	原因調査室
56	H28.2	神奈川県	残さ物の鑑定	原因調査室
57	H28.2	福島県	残さ物の鑑定	原因調査室
58	H28.2	福島県	油分の鑑定	原因調査室
59	H28.2	群馬県	建物残さの鑑定	原因調査室
60	H28.2	滋賀県	残さ物油分の鑑定	原因調査室
61	H28.3	栃木県	破砕機残さ物の鑑定	原因調査室
62	H28.3	鹿児島県	陶器製容器付着物の鑑定	原因調査室
63	H28.3	山口県	塗料カスの鑑定	原因調査室
64	H28.3	和歌山県	乾燥機内タオルの鑑定	原因調査室

イ．鑑識

	支援実施年月	発災県	概　要	鑑識場所
1	H27.4	神奈川県	車両の鑑識	整備工場等
2	H27.4	神奈川県	LED 照明器具の鑑識	消防研究センター
3	H27.4	愛媛県	パワーコンディショナの鑑識	災害現場
4	H27.4	千葉県	電気カーペットの鑑識	消防研究センター
5	H27.4	茨城県	車両の部品の鑑識	消防研究センター
6	H27.5	福岡県	電気ストーブの鑑識	消防局・本部
7	H27.5	奈良県	業務用カラオケシステム（リモコン）の鑑識	消防局・本部
8	H27.5	神奈川県	ノート型パーソナルコンピューターの鑑識	消防研究センター
9	H27.5	千葉県	ドローン用バッテリーパックの鑑識	消防研究センター
10	H27.5	埼玉県	エアコン室外機の鑑識	消防研究センター
11	H27.5	群馬県	車両の鑑識	整備工場等
12	H27.6	静岡県	リチウムイオンバッテリーの鑑識	消防研究センター
13	H27.6	神奈川県	スマートフォンの鑑識	消防研究センター
14	H27.6	京都府	ポータブル DVD 外付けバッテリーの鑑識	消防局・本部
15	H27.6	愛知県	スプリンクラー設備モーターの鑑識	災害現場
16	H27.6	埼玉県	AC アダプターの鑑識	消防研究センター
17	H27.6	秋田県	魚類監視装置の鑑識	災害現場
18	H27.6	熊本県	自動点滅器の鑑識	消防研究センター

	支援実施年月	発災県	概　要	鑑識場所
19	H27.7	佐賀県	IH 調理器の鑑識	消防局・本部
20	H27.7	三重県	車両の鑑識	整備工場等
21	H27.7	千葉県	エアコン室内機の鑑識	消防研究センター
22	H27.7	静岡県	電動ラップ巻き器の鑑識	消防研究センター
23	H27.7	神奈川県	扇風機の鑑識	原因調査室
24	H27.8	茨城県	充電式スティッククリーナーの鑑識	消防研究センター
25	H27.8	神奈川県	エレベーター非常用鉛バッテリーの鑑識	消防研究センター
26	H27.8	神奈川県	スマートフォンの鑑識	消防研究センター
27	H27.8	千葉県	計量機基板の鑑識	消防研究センター
28	H27.8	埼玉県	エアコン室内機の鑑識	消防研究センター
29	H27.9	千葉県	コードレス掃除機の鑑識	消防研究センター
30	H27.9	千葉県	空気清浄機の鑑識	消防研究センター
31	H27.9	愛知県	監視装置一式の鑑識	消防局・本部
32	H27.9	栃木県	オーブンレンジの鑑識	消防局・本部
33	H27.9	埼玉県	テーブルタップの鑑識	消防研究センター
34	H27.9	岐阜県	リチウムポリマーバッテリーの鑑識	消防局・本部
35	H27.9	神奈川県	蛍光灯の鑑識	消防研究センター
36	H27.9	茨城県	蛍光灯の鑑識	消防研究センター
37	H27.9	三重県	電子ブレーカの鑑識	消防研究センター
38	H27.9	神奈川県	ノート PC の鑑識	消防研究センター
39	H27.9	静岡県	高圧カットアウトの鑑識	消防研究センター
40	H27.9	千葉県	テーブルタップ他の鑑識	消防研究センター
41	H27.10	香川県	充電式スティッククリーナーの鑑識	消防局・本部
42	H27.10	熊本県	分電盤の鑑識	災害現場
43	H27.10	東京都	電子ジャー炊飯器の鑑識	消防研究センター
44	H27.10	長野県	扇風機・簡易ライターの鑑識	消防研究センター
45	H27.10	滋賀県	スマートフォンの鑑識	消防研究センター
46	H27.10	神奈川県	ラジエントヒーターの鑑識	消防研究センター
47	H27.10	熊本県	配線の鑑識	消防研究センター
48	H27.11	千葉県	LED 照明の鑑識	消防研究センター
49	H27.11	福岡県	残さ物の鑑識	消防研究センター
50	H27.11	千葉県	Wi-Fi ルーター（USB ケーブル）の鑑識	消防研究センター
51	H27.11	千葉県	除湿乾燥機電源コードの鑑識	消防研究センター
52	H27.11	京都府	リチウムバッテリーの鑑識	消防局・本部
53	H27.12	佐賀県	全自動洗濯機の鑑識	消防局・本部

54	H27.12	埼玉県	ポータブルバッテリーの鑑識	消防研究センター
55	H27.12	茨城県	電気カーペットの鑑識	消防研究センター
56	H27.12	神奈川県	石油ストーブの鑑識	消防研究センター
57	H27.12	長野県	ヘアアイロンの鑑識	消防研究センター
58	H27.12	千葉県	蛍光灯の鑑識	消防研究センター
59	H27.12	千葉県	埋め込みコンセントの鑑識	消防研究センター
60	H27.12	千葉県	漏電遮断器の鑑識	消防研究センター
61	H27.12	埼玉県	食器洗い乾燥機基板等の鑑識	消防研究センター
62	H27.12	青森県	ガステーブルスイッチ部分の鑑識	消防研究センター
63	H27.12	奈良県	電気ストーブ及び残さ物の鑑識	消防研究センター
64	H27.12	神奈川県	ブルーレイディスクレコーダーの鑑識	消防研究センター
65	H27.12	秋田県	テーブルタップの鑑識	消防研究センター
66	H27.12	静岡県	ダウンライトの鑑識	消防研究センター
67	H27.12	山形県	電気配線の鑑識	消防研究センター
68	H28.1	静岡県	エアコン室外機の鑑識	消防局・本部
69	H28.1	沖縄県	電気自動車充電器の鑑識	消防局・本部
70	H28.1	三重県	こたつの中間スイッチの鑑識	消防研究センター
71	H28.1	岡山県	LED チューブライトの鑑識	消防研究センター
72	H28.1	奈良県	ブレーカの鑑識	消防研究センター
73	H28.2	長野県	ノートパソコン汎用バッテリーの鑑識	消防研究センター
74	H28.2	大分県	電気ストーブの鑑識	消防研究センター
75	H28.2	山形県	消防車両の鑑識	消防局・本部
76	H28.2	茨城県	高温水高圧洗浄機の鑑識	消防局・本部
77	H28.2	茨城県	電源コードの鑑識	消防研究センター
78	H28.2	埼玉県	電気ストーブの鑑識	消防研究センター
79	H28.2	滋賀県	電子式サーモスタットの鑑識	消防研究センター
80	H28.2	千葉県	ガスコンロの燃焼実験	消防研究センター
81	H28.3	岡山県	風呂用バーナーの鑑識	消防局・本部
82	H28.3	千葉県	蛍光灯安定器の鑑識	消防研究センター
83	H28.3	静岡県	エアコン室内機等の鑑識	消防研究センター

(3) その他の技術支援

	対応日	技術支援先	技術支援の概要	対応者
1	H27.7.27	横浜市消防局	木造建物火災の火災性状に関する助言	阿部伸之 牧野　豊
2	H27.8.18	JICA マレー	マレーシア消防に対して、原因調査業	原因調査室

	対応日	技術支援先	技術支援の概要	対応者
	～8.21	シア国別研修	務の研修受け入れ	
3	H28.2.29 ～3.1	仙台市消防局	火災調査資機材の実習研修受け入れ	西　晴樹
4	H28.2.29 ～3.1	盛岡地区広域消防組合	火災調査資機材の実習研修受け入れ	西　晴樹
5	H28.2.29 ～3.1	北九州市消防局	火災調査資機材の実習研修受け入れ	西　晴樹

4　受賞・学位

(1) 受賞

受賞者名	受賞年月	賞　の　種　別	受　賞　内　容
佐伯一夢	2015.12.16	SI2015　優秀講演賞	「全方位カメラの画像に基づく救急搬送ロボットの走行制御」

(2) 学位

	氏名	論　文　名	種別	授与年月	授与大学
1	徳武皓也	重防食コーティングの劣化メカニズムと電気化学的健全性診断手法 (Degradation mechanism of heavy-duty coating and its electrochemical health diagnosis method)	博士（工学）	平成 28 年 3 月 31 日	横浜国立大学

5　産業財産権

(1) 特許

ア．取得特許

種別	番　号	発明の名称	発明者
特許	登録番号 ZL201180005826.1	防護服用積層布帛およびそれを用いた防護服【国際特許：中国】	若月　薫、伊澤　一（帝人テクノプロダクツ株式会社）他 2 名
特許	登録番号 I532443 号	防護服用積層布帛およびそれを用いた防護服【国際特許：台湾】	若月　薫、伊澤　一（帝人テクノプロダクツ株式会社）他 2 名

6　視察・見学

(1) 国内

	日　付	訪　　問　　者	人　数
1	2015.4.23	消防庁広報官・株式会社時事通信社記者	2
2	2015.4.24	消防大学校新任消防長・学校長科第 18 期	18
3	2015.4.28	前橋市議会議員	15
4	2015.5.1	株式会社共同テレビジョン	1
5	2015.5.7	消防大学校救助科第 71 期	64
6	2015.5.18	千葉県袖ケ浦市消防本部・消防団	29
7	2015.5.21	消防大学校新任消防長・学校長科第 19 期	36
8	2015.6.11	陸上自衛隊化学学校	3
9	2015.6.29	消防大学校幹部科第 41 期	59
10	2015.6.29	地方自治基礎研修	20
11	2015.7.1	総務大臣	10
12	2015.7.10	熊本市消防団	19
13	2015.7.14	消防大学校警防科第 97 期	64
14	2015.7.15	財務省主査	5
15	2015.7.16	消防庁職員視察研修	23
16	2015.7.17	中原小学校	41
17	2015.7.22	消防大学校危険物科第 10 期	42
18	2015.7.22	消防大学校火災調査科第 29 期	51
19	2015.7.27	京都府議会・危機管理特別委員会	13
20	2015.7.27	高圧ガス保安協会	4
21	2015.8.17	消防庁平成 28 年度採用候補者	2
22	2015.8.25	宮城県消防学校初任総合教育第 19 期生	132
23	2015.8.25	消防庁審議官	1
24	2015.8.27	芝浦工業大学高等学校	4
25	2015.9.3	株式会社廣瀬商会	1
26	2015.9.17	静岡県消防学校初任科	146
27	2015.10.1	消防大学校幹部科第 42 期	60
28	2015.10.2	石油化学工業協会	21
29	2015.10.7	越谷市防火安全協会	34
30	2015.10.7	内閣府地方創生推進室・消防庁総務課	3
31	2015.10.14	消防大学校予防科第 98 期	51
32	2015.10.14	消防大学校救助科第 72 期	63

33	2015.10.15	千葉県高圧ガス保安協会	24
34	2015.10.20	山梨県甲府地区安全対策協議会	15
35	2015.10.21	山形市自衛消防連絡協議会	15
36	2015.11.4	埼玉県入間東部地区消防組合議会議員	18
37	2015.11.6	消防大学校幹部科第 43 期	85
38	2015.11.6	大都市連絡会	19
39	2015.11.18	消防大学校警防科第 98 期	64
40	2015.11.20	長野県池田町消防団・本部分団	16
41	2015.11.27	宮城県消防協会塩竈地区	15
42	2015.11.27	衆議院議員	4
43	2015.12.7	総務省副大臣	2
44	2015.12.9	一般社団法人日本ねじ工業協会	20
45	2015.12.9	消防大学校火災調査科第 30 期	51
46	2016.1.12	富山県消防防災課	5
47	2016.1.14	東京理科大学国際科学研究科学生	8
48	2016.1.28	神奈川県消防学校火災調査科	44
49	2016.1.28	消防庁長官	1
50	2016.2.8	首都大学東京	10
51	2016.2.12	消防大学校幹部科第 44 期	83
52	2016.2.19	株式会社アウラ心理教育センター	1
53	2016.2.26	陸上自衛隊化学学校	21
54	2016.3.1	消防大学校予防科第 99 期	51
55	2016.3.9	茨城県立消防学校	83
56	2016.3.17	出光興産株式会社	17
計			1709

(2) 国外

	日　付	訪　　問　　者	人　数
1	2015.5.11	JICA マレーシア研修（防災）	12
2	2015.5.13	韓国建設生活環境試験研究院	4
3	2015.7.1	韓国産業安全保健公団産業安全保健研究院	2
4	2015.8.18	JICA マレーシア研修（火災調査）	20
5	2015.9.17	台湾中央警察大学消防学系	15
6	2015.10.15	中国清華大学	10
7	2015.12.9	米国 WPI 防火工学科教授	2
8	2016.3.23	韓国国立災難安全研究院	3
計			68

付　録

1　研究体制

(1) 組織

消防研究センター所長

消防研究センターの事務を掌理すること。

研究統括官

命を受けて、災害時における消防の活動その他の消防の科学技術に関する研究、調査及び試験に関する事務を統括すること。

火災災害調査部

1 消防法第三十五条の三の二第一項の規定により火災の原因の調査を行うこと。

2 消防法第十六条の三の二第四項の規定により危険物に係る流出等の事故の原因の調査を行うこと。

3 災害時における消防の活動に係る科学技術に関する研究、調査及び試験を行うこと。

4 消防の科学技術に関する研究、調査及び試験の実施に係る企画及び立案、消防本部その他の関係機関との調整、評価並びに成果の普及に関すること。

原因調査室

火災災害調査部の事務のうち、火災原因調査及び危険物流出等事故原因調査に関する事務を行うこと。

地域連携企画担当部長

消防の科学技術に関する研究、調査及び試験の実施に係る企画及び立案、消防本部その他の関係機関との調整、評価並びに成果の普及に関すること。

研究企画室

火災災害調査部の事務のうち、消防の科学技術に関する研究、調査及び試験の実施に係る企画及び立案、消防本部その他の関係機関との調整、評価並びにその成果の普及に関する事務を行うこと。

技術研究部

1 消防法第十七条の二の四第一項の規定により同法第十七条の二第一項に規定する性能評価を行うこと。

2 消防法第二十一条の十一第一項の規定により同法第二十一条の

二第一項に規定する検定対象機械器具等についての試験又は同条第三項に規定する個別検定を行うこと。

3 消防の科学技術に関する研究、調査及び試験を行うこと（火災災害調査部の所掌に属するものを除く。）。

- 大規模火災研究室：過密都市空間における火災時の安全確保に関する研究、調査及び試験を行うこと。
- 危険性物質研究室：化学物質の火災爆発防止及び消火に関する研究、調査及び試験を行うこと。
- 施設等災害研究室：危険物施設等の安全性向上に関する研究、調査及び試験を行うこと。
- 地震等災害研究室：地震などの大規模自然災害時の消防防災活動に関する研究、調査及び試験を行うこと。
- 特殊災害研究室：特殊災害に対する安全確保に関する研究、調査及び試験を行うこと。

特別上席研究官：命を受けて、消防科学技術の発展に資する将来的な技術戦略を立案、消防防災ロボットをはじめとした技術の研究開発、消防活動の現場における成果の実用化を行うこと。

(2) 予算

平成 27 年度の消防研究センターの予算は次表のとおりである。

単位：千円

	27 年度予算額 A	26 年度予算額 B	対前年度 増減額 A-B	増減率 （%） A/B × 100
一般会計				
研究費	344,287	363,093	-18,806	94.8
運営に関する経費等	121,587	133,057	-11,470	91.3
施設・設備費等	17,184	18,238	-1,054	94.2
合　計	483,058	514,388	-31,330	93.9

また、研究費の内訳は次表のとおりである。

単位：千円

項　目	27 年度予算額	26 年度予算額
消防活動の安全確保のための研究開発に要する経費	26,013	34,777
危険性物質と危険物施設の安全性向上に関する研究に要する経費	27,901	36,218
大規模災害時の消防力強化のための情報技術の研究開発に要する経費	22,000	29,415
多様化する火災に対する安全確保に関する研究に要する経費	23,078	30,853
火災・危険物流出等事故原因調査に必要な経費	20,295	26,529
エネルギー・産業基盤災害対応のための消防ロボットの研究開発に要する経費	225,000	205,301
合　計	344,287	363,093

(3) 定員

平成 27 年度末の予算定員は 26 名である。

(4) 職員（H28.3.31 現在、本務のみ記載）

消防研究センター所長　　山　田　常　圭

研究統括官　　長　尾　一　郎

火災災害調査部

部長	所長事務取扱
原因調査室長	西　　晴　樹
火災災害調査官	鈴　木　　健
〃	阿　部　伸　之
調整官	森　田　隆　弘
地域連携企画担当部長	細　川　直　史
主任研究官	渡　邉　明　宏

技術研究部

部長	渡　辺　剛　英
上席研究官	河　関　大　祐
大規模火災研究室長	田　村　裕　之

危険性物質研究室長　岩　田　雄　策
施設等災害研究室長　西　　晴　樹（併任）
地震等災害研究室長　久保田　勝　明
特殊災害研究室長　塚　目　孝　裕
主幹研究官　野　村　祐　子
〃　畑　山　　健
〃　新井場　公　徳
〃　篠　原　雅　彦
主任研究官　鈴　木　恵　子
〃　尾　川　義　雄
研究官　鈴　木　佐夜香
〃　佐　伯　一　夢
研究官（任期付）　土志田　正　二
〃　徳　武　皓　也
〃　佐　藤　康　博
〃　藤　井　皓　介

特別上席研究官　天　野　久　徳

【消防庁】総務課

主任研究官　高　梨　健　一
〃　内　藤　浩　由

(5) 人事異動

平成 27 年 4 月 1 日付け

氏　名	新	旧
篠　原　雅　彦	消防大学校消防研究センター技術研究部主任研究官 併任　消防大学校消防研究センター火災災害調査部専門調査官 併任解除	総務課主任研究官　併任　消防大学校消防研究センター技術研究部主任研究官
高　梨　健　一	総務課主任研究官 併任　消防大学校消防研究センター技術研究部主任研究官 併任解除	消防大学校消防研究センター技術研究部主任研究官　併任　消防大学校消防研究センター火災災害調査部主任研究官　併任　消防大学校消防研究センター火災災害調査部専門調査官
長　尾　一　郎	消防大学校消防研究センター研究統括	長官付

	官　併任　消防大学校教授	
渡　辺　剛　英	消防大学校消防研究センター技術研究部長	鳥取県危機管理局原子力安全対策監兼副局長
佐　藤　康　博	消防大学校消防研究センター技術研究部	
藤　井　皓　介	消防大学校消防研究センター技術研究部	

平成 27 年 9 月 30 日付け

氏　名	新	旧
佐　伯　一　夢	任期満了（H27.9.30）	消防大学校消防研究センター技術研究部

平成 27 年 10 月 1 日付け

氏　名	新	旧
佐　伯　一　夢	消防大学校消防研究センター技術研究部	

平成 28 年 1 月 31 日付け

氏　名	新	旧
鈴　木　佐夜香	任期満了（H28.1.31）	消防大学校消防研究センター技術研究部

平成 28 年 2 月 1 日付け

氏　名	新	旧
鈴　木　佐夜香	消防大学校消防研究センター技術研究部	

(6) 委員会

ア．消防研究センター研究評価委員会

（目的）

消防研究センターが行う研究等を総合的観点から検討し、消防研究センターが社会的ニーズに沿った消防防災に係る基礎的又は応用的研究及び開発研究等を効率的に推進するため、消防研究センター及びその研究課題等について評価を行う。

（構成員）

委員長　　吉　村　秀　實　　元 NHK 解説委員　ジャーナリスト

委　員　　新　井　　充　　東京大学教授　環境安全研究センター長

〃	犬　伏　由利子	一般財団法人消費科学センター理事
〃	大　内　田鶴子	江戸川大学社会学部現代社会学科教授
〃	大　江　秀　敏	全国消防長会会長
〃	岡　田　義　光	独立行政法人防災科学技術研究所理事長
〃	北　爪　敬　治	一般社団法人全国消防機器協会会長
〃	菅　原　進　一	東京理科大学嘱託教授　東京大学名誉教授
〃	長谷見　雄　二	早稲田大学理工学術院教授
〃	三　宅　淳　巳	横浜国立大学大学院環境情報研究院教授
〃	村　田　勝　彦	一般社団法人日本損害保険協会常務理事
〃	森　川　博　之	東京大学教授

H28.3.31 現在

イ．消防防災科学技術賞選考委員会

（目的）

消防科学・技術の高度化と消防防災活動の活性化に資するため、消防防災機器の開発・改良、消防防災科学論文及び原因調査事例について、応募作品から消防庁長官表彰作品を選考する。

（構成員）

委員長	亀　井　浅　道	元横浜国立大学特任教授
委　員	打　明　茂　樹	大阪市消防局長
〃	熊埜御堂　武敬	消防庁審議官
〃	高　橋　　淳	全国消防長会会長
〃	武　居　丈　二	公益財団法人日本消防協会常務理事
〃	辻　　和　明	さいたま市消防局長
〃	橋　本　　巨	東海大学教授
〃	本　間　恭　二	電気通信大学名誉教授
〃	室　﨑　益　輝	公益財団法人ひょうご震災記念 21 世紀研究機構副理事長
〃	山　田　常　圭	消防研究センター所長

H27.8.20 現在

ウ．火災等原因調査高度支援専門員制度

（目的）

消防研究センターが行う火災等原因調査のより一層の充実を図るため、火災等原因調査に資する極めて高度な専門的知見を有する者に専門員を委嘱し、火災等原因調査における専門的事項の審議等を行う。

2　施設設備

(1) 土地、建物の現況

平成 28 年 3 月 31 日現在の土地及び建物の現況は、下記のとおりである。

ア．土　地

異動年月日	面積（m^2）	異　動　事　由
昭 23（当初）	77,530	国有財産一時使用：当時北多摩郡三鷹町新川 700
25.11. 3		三鷹市制施行により三鷹市新川 700 となる。
32. 7.11		関東財務局より所管換え
34. 1.31	△ 867	公務員宿舎へ用途変更
34. 6.17	△ 19,647	消防大学校へ整理替え
35. 1.16	△ 402	公務員宿舎へ用途変更
35. 8.31	△ 947	〃
38.12.14	1,607	公務員宿舎より用途変更
39. 2. 6	△ 8,780	日本消防検定協会へ出資のため大蔵省へ引継ぎ
40. 4. 1		住居表示変更により三鷹市中原三丁目 14 番 1 号となる。
40. 7. 9	△ 1,005	公務員宿舎へ用途変更
41. 8.18	△ 1,156	〃
48.11. 2	△ 453	消防大学校へ整理替え
61.10.29	△ 167	三鷹市道路拡張工事のため大蔵省へ引継ぎ
63. 1.14	△ 100	調布市道路拡張工事のため大蔵省へ引継ぎ
平 9. 2.21	△ 3,715	三鷹市・調布市道路拡張工事及び公務員宿舎への用途変更のため大蔵省へ引継ぎ
12. 4.21	184	土地登記のため構内測量（42,082m^2）
12. 5. 1		三鷹市側土地登記（15,225m^2）
13. 3.16		調布市側土地登記（26,857m^2）
計	42,082	

イ．建　物

建　物　等　名　称	構　造	面　積（m^2）	床面積（m^2）	備　　考
本　　館	RC-3	1,421.86	3,968.11	平成 13 年 1 月竣工
燃　焼　実　験　棟	RC-2	301.60	507.58	〃　　〃
車　　庫　　棟	S-1	297.97	248.78	〃　　〃
非　破　壊　検　査　棟	RC-1	77.65	77.65	平成 13 年 3 月竣工

建物等名称	構造	面積（m^2）	床面積（m^2）	備考
自転車置場	S-1	18.51	18.51	平成 13 年 3 月竣工
廃棄物置場	RC-1	52.50	52.50	〃　〃
総合消火研究棟	RC-4-1 S-1	1,251.87	2,503.00	平成 8 年 3 月竣工
物質安全研究棟	RC-2-1	663.62	1,515.34	〃　〃
建築防火研究棟	RC-3	718.55	1,742.22	〃　〃
情報管理棟	RC-2	488.33	772.11	〃　〃
機械研究棟	RC-3 S-1	643.35	1,143.33	〃　〃
守衛棟	RC-1	101.63	83.07	〃　〃
危険物倉庫	CB-1	79.40	79.40	昭和 29 年 3 月竣工
防災実験棟	S-1	575.57	575.57	昭和 56 年 3 月竣工
ボンベ庫	CB-1	10.50	10.50	平成 8 年 3 月竣工
大規模火災実験棟	SRC-2	1,284.30	2,128.30	昭和 59 年 11 月竣工
材料研究棟	RC-3	759.18	2,087.61	平成 3 年 8 月竣工
ファンルーム(1)	RC-1	18.00	18.00	平成 8 年 3 月竣工
ファンルーム(2)	RC-1	42.00	42.00	〃　〃
ガスガバナー室	RC-1	20.00	20.00	〃　〃
合計		8,826.39	17,593.58	

(2) 主な研究施設の概要

施設名	概要
本館	管理部門のほか、研究紹介コーナー、図書室等を有する研究開発業務の管理中枢機能を持っている施設
情報管理棟	地域衛星通信ネットワークの VSAT 局等が設置されている、消防研究センターの情報通信の中心となる施設
機械研究棟	消防ポンプ、ノズル、ホース等の流体機器に関する研究及び防災技術等に関する研究のための施設
材料研究棟	危険物施設や消防用資機材の強度を研究するための施設（試作工場を有する。）
防災実験棟	起震機により地震時の地盤、構造物の挙動を把握する研究を行うための施設
建築防火研究棟	火災の感知、初期消火、煙の流動、避難誘導、鑑識室など、建物火災に関する研究及び火災原因調査などを行う施設
大規模火災実験棟	石油タンク等の火災実験を行うための施設（主実験場は面積 576m^2、高さ 20m、排煙処理設備を備えている。）

施　設　名	概　　要
物質安全研究棟	危険物､防炎材料などの各種化学物質の安全性についての研究及び防火服の耐熱性能に関する研究を行うための施設
総合消火研究棟	火災・消火に関する基礎、応用研究及び各種規模の模型による火災や消火実験を行う施設（主実験場は面積 625m^2、高さ 22m、排煙処理設備を備えている。）
燃焼実験棟	消防機器及び消防装備の耐熱性能､動作特性に関する研究及び小規模火災実験を行い、可燃物の燃焼特性について調べる施設
非破壊検査棟	X 線透過画像記録装置により化学電池や化学物質廃棄物等の異常反応に起因する火災発生メカニズムを非破壊検査にて解析するための施設

(3) 主な研究設備・機器の整備状況

ア．平成 27 年度に整備された主な設備・機器

○防爆仕様堅牢型タブレット PC

石油コンビナートにおいて、複数の消防ロボットが協調連携し作業するためには、通信性能確認実験を行い、相互の通信性能や電波の質を確認する必要がある。石油コンビナートヤード内では、防爆機器のみ使用が認められている区域があり、通信障害が大きいと考えられることから、そのような環境下における通信の有効性を確認するために使用するものである。

○携帯型熱画像カメラ

石油コンビナートにおける大規模・特殊災害に対して、消防ロボットで消火・冷却活動を有効に行うためには、現場の熱環境を把握する必要がある。本機器は、熱環境把握の基礎的な手法を確立するための計測実験で使用するもので、熱画像・光学画像の撮影、表示、記録機能を有する。

イ．その他の主な設備・機器

○石油タンク液状化振動実験用実体顕微鏡

大規模模型タンクの液状化振動実験において、石油タンク周辺施設各部の損傷評価の度合いを観測するため、石油タンクや周辺施設の基礎・基盤の液状化前後の体積状況、締め固め状況、土砂の粒度などを高倍率に拡大することで詳細に分析するものである。

○機動鑑識車（2 台）

製品火災事故の現場に分析装置を積載して出場し、火災現場で火災原因の調査が行えるようにするための車両である。

(4) 図書

ア．蔵書数

単行本	14, 528 冊
製本雑誌等	12, 952 冊
視聴覚資料（CD、DVD、ビデオテープ等）	863 点

イ．平成 27 年度に購入した単行本冊数

8 冊

ウ．定期購入刊行物

和　誌	48 誌
洋　誌	36 誌

エ．定期購読の外国雑誌

1	Brandschutz	ドイツ
2	Bulletin the Seismological Society of America	アメリカ
3	Combustion and Flame	アメリカ
4	Corrosion	アメリカ
5	Disasters	イギリス
6	EMS World	アメリカ
7	Fire	イギリス
8	Fire and Materials	イギリス
9	Fire Engineering	アメリカ
10	Fire Risk Management	アメリカ
11	Fire Safety Journal	イギリス
12	Fire Technology	アメリカ
13	Géotechnique	イギリス
14	Hydrocarbon Processing	アメリカ
15	I&EC Research	アメリカ
16	Journal of Applied Meteorology and Climatology	アメリカ
17	Journal of the Atmospheric Sciences	アメリカ
18	Journal of Electrostatics	オランダ
19	Journal of Fluid Mechanics	イギリス
20	Journal of Fire Sciences	アメリカ
21	Journal of Fire Protection Engineering	アメリカ
22	Journal of Forensic Sciences	アメリカ
23	Journal of Hazardous Materials	オランダ
24	Journal of Loss Prevention in the Process Industries	イギリス
25	Loss Prevention Bulletin	イギリス
26	NFPA Journal	アメリカ
27	Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences	イギリス
28	Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	イギリス
29	Science and Justice	イギリス
30	Seismological Research Letters	アメリカ
31	Trans. ASME JC. Journal of Heat Transfer	アメリカ
32	Trans. ASME JE. Journal of Applied Mechanics	アメリカ
33	Trans. ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering	アメリカ
34	VFDB Zeitchrift	ドイツ
35	Journal of Structural Fire Engineering	イギリス
36	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering	アメリカ

3　年　表

(1) 昭和 22 年度～平成 27 年度略年表

年月日	事　　項
昭和　23. 3. 7	国家消防庁の内局として消防研究所設立、初代所長に小林辰男就任、定員 87 人、書記室、技術課、査察課の 1 室 2 課を置く。
25. 2	消防研究所報告創刊
26. 8. 1	書記室を庶務課に改める。
27. 8. 1	行政機構改革により、消防研究所は国家消防本部の附属機関となる。
27. 8.18	検定課（技術課検定係の昇格）を置き、4 課制となる。
28. 5	消研輯報創刊
28.11.11 ～12	第 1 回全国消防技術者会議開催、以後毎年秋期に開催
31. 5. 1	2 代所長に鈴木茂哉就任
34. 4.20	消防組織法改正、消防研究所組織規則制定により、所掌業務の明確化、機構改正により、業務の一部及び技官 7 人を国家消防本部に移す。
34. 5.11	技術課の各係を研究室に改め、7 研究室とする。
35. 7. 1	自治省設置、消防庁はその外局となり、消防研究所は消防庁の附属機関となる。（自治庁設置法、消防組織法の一部改正）
36. 3.27	R.I 実験棟竣工
36. 4. 1	技術課を研究部に改め、9 研究室とする。
37.10. 1	3 代所長に中田金市就任
38. 4.20	研究部を 2 研究部（10 研究室）とし、査察課を廃止（組織規則改正）
38.12.31	検定課を廃止し（検定業務を日本消防検定協会に移す。）2 部 1 課制となる。（組織規則改正）定員 17 人減
40. 5.20	総合消火実験棟竣工
42. 3.20	本館庁舎竣工
42. 8	消防研究所年報創刊
43. 3. 7	消防研究所創立 20 周年、「消防研究所 20 年史」刊行
43. 4.25	排煙救命実験棟及び爆発実験棟竣工
44. 3.20	水力及び機械実験棟竣工
44. 7.22	研究部を 3 研究部（12 研究室）とし、特別研究員を設ける。（組織規則、同規程の改正）
46. 4.16	消防研究所一般公開、以後毎年春期に公開
46.10. 1	4 代所長に熊野陽平就任
48. 4. 1	組織規則の一部改正により、各研究部の研究室について改廃、再編成を行う。

年月日	事　　項
51. 5.10	組織規則の一部改正により、1 室新設し、13 研究室となる。
53. 3. 7	消防研究所創立 30 周年、「消防研究所 30 年史」刊行
54.10. 1	各部に主任研究官を設置（消防庁訓令の改正）
55. 5.21	5 代所長に矢筈野義郎就任
57. 4. 6	組織規則等の一部改正により研究企画官を設置し、第三研究部の研究室の一部について再編成を行う。（特別研究員を廃止、特殊機材研究室を地震防災研究室へ改編）
58. 5. 1	6 代所長に渡辺彰夫就任
59. 7. 1	消防庁の施設等機関となる。
59.11. 7	排煙処理装置付消火実験棟竣工
61. 5.16	7 代所長に山鹿修蔵就任
63. 3. 7	消防研究所創立 40 周年、「最近 10 年のあゆみ」刊行
平成　元.11. 6	8 代所長に長谷川壽夫就任
3. 8.20	材料実験棟竣工
4. 7. 1	9 代所長に佐々木弘明就任
7. 1. 1	10 代所長に次郎丸誠男就任
8. 3.29	情報管理棟、機械研究棟、建築防火研究棟、物質安全研究棟及び総合消火研究棟竣工
10. 3. 7	消防研究所創立 50 周年、「消防研究所 50 年史」刊行
10. 4. 1	11 代所長に亀井浅道就任
13. 1. 6	総務省設置により、総務省消防庁の施設等機関となる。
13. 1.31	本館、燃焼実験棟、車庫棟竣工
13. 3.30	非破壊検査棟竣工
13. 4. 1	独立行政法人消防研究所法施行により、独立行政法人消防研究所となる。1 課 3 部
13. 4. 1	初代理事長に平野敏右就任
15. 2. 1	研究企画部に火災原因調査室を設置
15. 4. 1	上席研究官を設置（組織規程の一部改正）
15. 4. 1	1 課 3 部 1 室となる。（組織規程の一部改正）
16. 4. 1	2 代理事長に室﨑益輝就任
18. 4. 1	独立行政法人消防研究所解散（平成十八年三月三十一日法律第二十二号）
18. 4. 1	総務省消防庁消防大学校に、消防研究センターを設置。3 部 6 室 初代消防研究センター所長に室﨑益輝就任
20. 3. 7	消防研究所創立 60 周年
20. 4. 1	2 代消防研究センター所長に寺村映就任
20.10. 1	危険物の流出等事故原因調査事務の追加を受け、火災原因調査室を原因調査室に変更
21. 3.31	「最近 10 年のあゆみ －消防研究所 60 周年－」刊行
21. 4. 1	研究企画部を振替廃止し、火災災害調査部に地域連携企画担当部長及び研究企画室を設置

年月日	事　　項
21. 7.14	3 代消防研究センター所長に木原正則就任
23. 4. 1	4 代消防研究センター所長に松原美之就任
25. 4. 1	5 代消防研究センター所長に渡邉洋己就任
27.3.31	6 代消防研究センター所長に山田常圭就任

4　平成 27 年度刊行物

消防研究センターで行った研究成果の一部は、「消防研究所報告」あるいは「消防研究技術資料」として刊行し、国内・国外の学会、研究機関、都道府県、消防学校、全国の消防本部等に配布しております。研究の詳細についてのご希望やご意見等がございましたら、消防研究センターまでご連絡ください。

(1) 消防研究所報告

ア．通巻 119 号（2015 年 9 月）

【解説】

1. 屋外貯蔵タンクの浮き屋根沈没事故への対応及び調査

西　晴樹

2. シミュレーション技術を火災原因調査に活用するための取組み

阿部伸之

3. 現場検知用可搬型赤外分光度計の物質同定トレーニング用キットの試作

塚目孝裕、志水裕昭

4. 分析機器の活用による火災原因調査の支援

尾川義雄

5. 災害への備えと「規制の虜」について

野村祐子、岸本充生

イ．通巻 120 号（2016 年 3 月）

【技術報告】

1. 東日本大震災において津波被害を受けた気仙沼市の市街地で目撃された火災旋風

篠原雅彦、松島早苗、推名知明

【解説】

2. 高速道路で発生した危険物等の災害の事例について

鈴木　健

消 研 輯 報　　第 69 号

平成 29 年 3 月発行

編集者兼
発 行 者　消防庁
消防研究センター

東京都調布市深大寺東町 4-35-3
電話　0422-44-8331（代表）
http://nrifd.fdma.go.jp/

禁無断転載