ISSN 0287−069X

消研輯報 71

平成29年度

［グラビア］

［Ⅰ　研究業務］
- ○ 災害対応のための消防ロボットの研究開発
- ○ 次世代救急自動車に関する研究開発
- ○ 安全で迅速に土砂災害現場で救助活動をするための研究
- ○ 大規模地震災害時等の同時多発火災対応に関する研究
- ○ 広域火災における火災旋風・飛火による被害の防止に向けた研究
- ○ 石油タンクの入力地震動と地震被害予測の高精度化のための研究
- ○ 泡消火技術の高度化に関する研究
- ○ 化学物質の火災危険性を適正に把握するための研究
- ○ 火災原因調査の能力向上に資する研究
- ○ 火災時における自力避難困難者の安全確保に関する研究

［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29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 29 度の研究活動より

●広域火災における火災旋風・飛火による被害の防止に向けた研究



- まだ燃えてないように見える（いずれ燃える）
- 白煙上がる
- 建物内炎上中（屋根燃えぬけてない）
- 炎上中（屋根燃えぬけ）
- 燃え落ちた（残火はあるが火炎小さい）
- 燃え落ちた（あっても非常に微小な火炎），鎮火，消火済みのようにみえる

・各色の点線は，火災状況の境界が良くわからない範囲
・赤い線で囲んだ延焼範囲内で，色の塗ってない建物は，延焼状況が不明な建物

糸魚川市大規模火災の同時炎上領域図の一例
（2016 年 12 月 22 日 13 時 40 分～13 時 46 分）

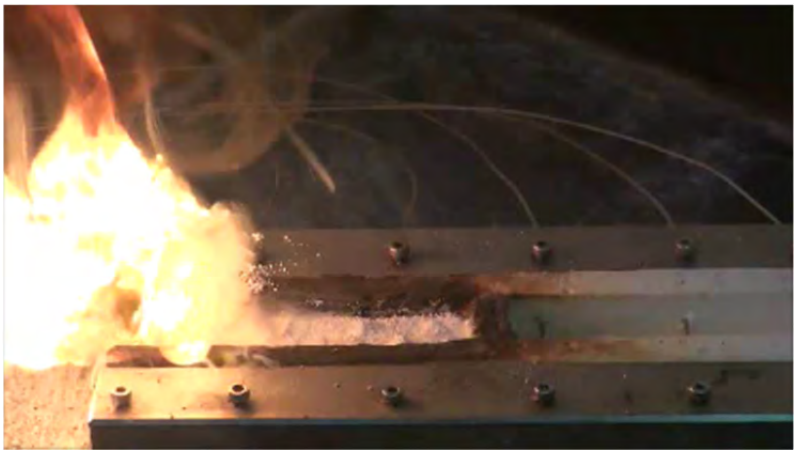
●泡消火技術の高度化に関する研究



C=0.001[s^{-1}](保水性：高)　C=0.002[s^{-1}](保水性：中)　C=0.005[s^{-1}](保水性：低)

泡性状（保水性）の違いによる油面被覆速度計測の様子（泡放出 60 秒後）

●化学物質の火災危険性を適正に把握するための研究

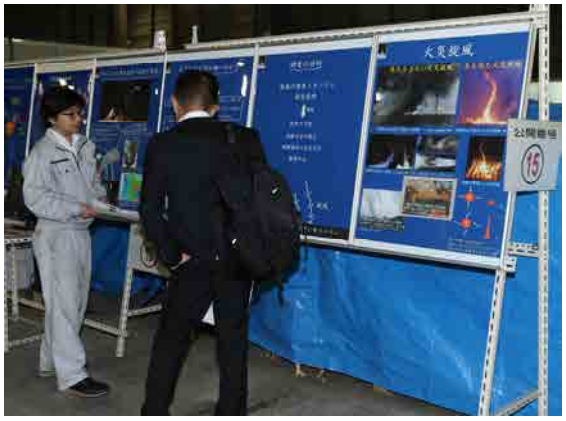


燃焼速度測定装置における
過酸化ブチルの燃焼の様子

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 29 年 4 月）



一般公開
（平成 29 年 4 月）



平成 29 年度消防防災科学技術賞表彰式
（平成 29 年 11 月）



第 65 回全国消防技術者会議（特別講演）
（平成 29 年 11 月）



第 65 回全国消防技術者会議（展示発表）
（平成 29 年 11 月）



第 21 回消防防災研究講演会
（平成 29 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（名古屋会場）
（平成 29 年 6 月）



愛知県内発生の屋外タンク爆発火災事故
（平成 29 年 7 月）



鑑識支援
（平成 29 年 9 月）



静岡県内発生の化学工場爆発火災事故
（平成 29 年 12 月）



三重県内発生の化学工場火災事故
（平成 30 年 1 月）



北海道札幌市　下宿火災
（平成 30 年 1 月）

グラビア写真Ⅳ　消防防災科学技術賞　平成 29 年度受賞作品（抜粋）



採水管陽圧方式による防火水槽凍結対策の開発



屋外用 AED 収納ボックスの開発



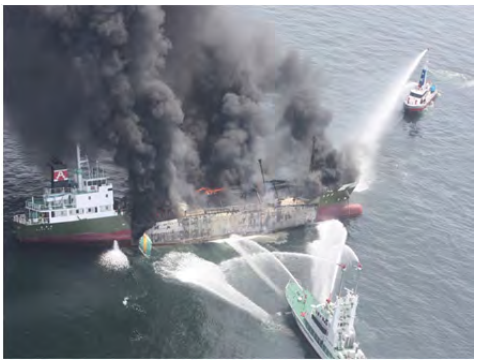
災害対応ピクトグラムの開発



消防用ホース結合金具 簡易離脱器の開発



ホットスポットが起因した太陽電池
モジュールからの出火



原油タンカー爆発火災



リチウムポリマー電池の出火に関する再現実験



火災動画等を利用した筒先部署位置研修
法の一考察（ミニチュア建物燃焼実験）

Ⅰ　研究業務

(1) 災害対応のための消防ロボットの研究開発　3
(2) 次世代救急車に関する研究　7
(3) 安全で迅速に土砂災害現場で救助活動をするための研究　11
(4) 大規模地震災害時等の同時多発火災対応に関する研究　15
(5) 広域火災における火災旋風・飛火による被害の防止に向けた研究　24
(6) 石油タンクの入力地震動と地震被害予測の高精度化のための研究　30
(7) 泡消火技術の高度化に関する研究　38
(8) 化学物質の火災危険性を適正に把握するための研究　46
(9) 火災原因調査の能力向上に資する研究　48
(10) 火災時における自力避難困難者の安全確保に関する研究　58

※担当者とその所属について：平成29年4月から平成30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30年3月現在のもの。なお、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　*62*
(1) 口頭発表　62
(2) 論文発表　70
(3) 解説　72
(4) 所外報告書　74

2　一般公開　*75*

3　全国消防技術者会議　*80*

4　消防防災研究講演会　*84*

5　消防防災科学技術賞受賞作品　*87*

6　研究懇話会　*360*

7　調査技術会議　*367*

Ⅲ　関連業務

1　研究交流　*371*
(1) 派遣　371
(2) 受け入れ　373
(3) 共同研究　374

2　所外講師派遣及び所外委員会等参加状況　*377*
(1) 所外講師派遣状況　377
(2) 所外委員会、研究会への参加状況　379
(3) 所外実験・研究等への参加状況　388

3　災害調査等　*390*
(1) 災害調査　390
(2) 鑑定・鑑識　392
(3) その他の技術支援　395

4　受賞・学位　396
(1) 受賞　396

5　産業財産権　*397*
(1)　特許　397
(2)　意匠　397

6　視察・見学　*398*
(1)　国内　398
(2)　国外　399

付　録

1　研究体制　*401*
(1)　組織　401
(2)　予算　402
(3)　定員　403
(4)　職員　404
(5)　人事異動　405
(6)　委員会　405

2　施設設備　*407*
(1)　土地、建物の現況　407
(2)　主な研究施設の概要　408
(3)　主な研究設備・機器の整備状況　409
(4)　図書　410

3　年表　*411*
(1)　昭和22年度～平成29年度略年表　411

4　平成29年度刊行物　*414*
(1)　消防研究所報告　414

Ⅰ　研究業務

(1)　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 4 月～平成 31 年 3 月

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[*1)]
技術研究部　地震等災害研究室　佐伯一夢、田村佳宏[*2)]
清水幸平[*2)]

[*1)]～平成 30 年 3 月
[*2)]平成 30 年 4 月～

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。自然災害や事故により被災した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上で、これらの災害等によって発生した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を伴う。遠隔操作機器での対応を想定した場合でも、通信条件の影響などにより、有効な活動を行うには限界もある。そこで、より遠方から消防隊員の判断および指示に基づき、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研究開発する。消防ロボットシステムのイメージを図 1 に示す。消防ロボットシステムに自律的な機能や協調連携機能を取り入れ、消防隊員が進入できない状況、あるいは、遠隔操作機器では進入できない状況において、火災に近接し、高熱な領域でのより効率的な消防活動を可能とすることを第一の目的とする。

災害時に想定している消防ロボットシステムの活動は以下の通り。

(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

きる活動。

(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）活動。

(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、大規模な火災への対応を可能とする汎用性、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

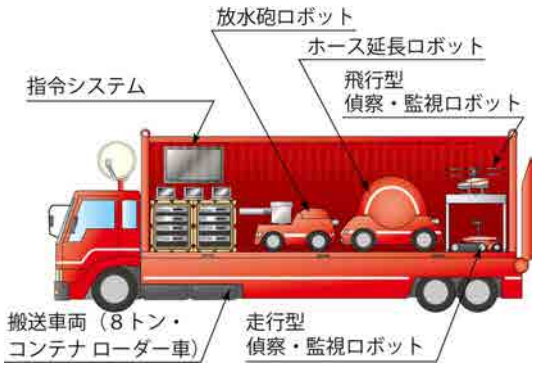


図 2 消防ロボットシステムの構成



図 3 消防ロボットシステムの活動イメージ

2.　平成 28 年度までの経過

災害想定を基に、平成 26 年度に消防ロボットシステムの構成について検討を行い、飛行型偵察・監視ロボット、走行型偵察・監視ロボット、放水砲ロボット、ホース延長ロボット各 1 台と消防隊員が指示を入力する指令システムとした。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 27 年度に各単体ロボットの一次試作に必要となる部分試作を行い、平成 28 年度には、一部自律機能を導入した各単体ロボットの一次試作機を完成させた。



図 4　上空からの偵察自律飛行



図 5　放水及び放水監視



図 6　放水部署位置への自律・連携走行



図 7　ホース延長自律走行

3.　平成 29 年度の研究計画と成果

(1)　一次試作した各単体ロボットの試験評価

一次試作した各単体ロボットを 2 か月程度、2 か所の消防本部において試験評価を実施した。この試験評価においては、消防本部の施設及び管内石油コンビナートにおいての運用を想定した試験も行った。石油コンビナートにおいての試験の状況を図 4～7 に示す。評価に際しては基本的に消防隊員が全ての操作を行い、試験評価を行った。消防本部での評価の他、研究開発企業と共同し、石油コンビナート企業の協力の下、石油コンビナートにおいてシステムの試験評価を実施した。

その結果、最小回転半径等基本的な性能に関するスペックの改善要望、消防隊員が指示等を入力する際の指令システムに関する改善点、コンビナート特有な環境下における自律走行の問題点等が明らかになった。

(2)　実戦配備可能型消防ロボットシステムの研究開発

平成 30 年度の完成を目指し、実戦配備可能型消

防ロボットシステムの研究開発を進めた。一次試作では、各単体ロボットの基本的な動作・機構を重視したが、システム全体を統合する指令システムの研究開発に新たに取り組み、また、搬送車輌を製作するための作業を進めた。

指令システムについては、基本的な操作画面の構築を行い、搬送車輌については、ベース車輌の入手、基本的な設計が完了した。実戦配備可能型ロボットシステムの研究開発においては、計画通り、(1)の試験配備評価結果を基に、改良・改修及び要望等を取り入れ、製作を進めた。

(3)　放水のための自律・協調連携技術に関する応用的技術の確立

平成28年度に実施した放水実験等、これまでの基礎研究を基に、複数のロボットが取得する画像データを利用し、放水が目標となる位置へ着水するよう、放水砲ロボットの放水砲の制御技術を確立し、パソコン上（ロボットへの組み込みの前段階として）で実現した。また、部署位置における最適な放水砲の俯仰角、旋回角の算出について、パソコン上で実現した。

(4)　移動のための自律・協調連携技術に関する実用的検討

試験評価を基に、現場レベルでの自律移動について問題点を整理し、地図上に走路の高さ情報を埋め込み、障害物と斜路の判別を可能にする等実用的な改良、検討を進めた。

追従移動について、誤認識しやすい対象への対策として追従すべきターゲットの設定・認識技術の導入により、追従移動性能を向上させた。なお、天候の悪条件については、既に実用を想定した性能が十分にあることが証明された。

(5)　消防防災ロボットに応用可能な技術の基盤的研究（継続）

消防防災ロボットに応用可能な技術の研究を進め、「放水反力を利用した移動体の制御技術」に関する論文発表等を行なった。

4.　平成30年度の研究計画

(1)　実戦配備可能型消防ロボットシステムの完成

平成 29 年度に実施した試験配備評価結果を基に、改良・改修及び要望等を反映し、実戦配備可能なレベルの消防ロボットシステムの研究開発を、搬送車輌も含め完成させる。完成に向け、配備が想定される本部管内の石油コンビナートにおける現地試験を繰り返し実施し、実戦配備可能型として十分な性能を確保する。

(2)　放水のための自律・協調連携技術の実用化

平成29年度の研究成果を基に、複数のロボットが取得する画像データを利用し、放水が目標となる位置へ着水するよう、放水砲ロボットの放水砲の制御技術を、また、部署位置における最適な放水砲の俯仰角、旋回角の算出技術を実戦配備可能型消防ロボットシステムに導入し、現地実験を通して実用化レベルで完成させる。

(3)　移動のための自律・協調連携技術の完成度の高度化

平成29年度から引き続き自律走行技術の改良、自律飛行のための自律離着陸の改良を進め、石油コンビナートにおける現地試験によって、自律走行に関しては改良の完成度を高め、また、自律飛行に関しては自動離着陸技術の完成度を高める。消防ロボットシステムへ導入し、実戦配備可能型を完成させる。

(4)　消防防災ロボットに応用可能な技術の基盤的研究（継続）

消防防災ロボットに応用可能な技術の研究を進め、論文発表等を行う。

(2)　次世代救急自動車に関する研究

研究期間：平成 28 年 4 月～平成 33 年 3 月

技術研究部　特殊災害研究室　久保田勝明、尾川義雄

1.　目的

2020 年東京オリンピック･パラリンピック等において外国人来訪者に適切に対応するとともに、東日本大震災、広島市土砂災害、火山災害等を踏まえ救命率向上・安全管理を図ることができるよう、最新技術やビッグデータ、G 空間等を利用した「次世代救急車」を研究開発し、世界最先端の救急サービスを目指す。

具体的な背景及び目的を以下に示す。

(1)　救急用多言語自動翻訳システム

昨今の外国人来訪者の増加に伴い、外国人の救急搬送人数が増加している（図 1）。また、外国人傷病者への対応では、言葉が通じないことで対話に手間取り、対応が困難となっており、現場滞在時間が全体平均と比べて 3～6 分と遅延が見られ（図 2）、救急業務における外国人対応が喫緊の課題である。これらの背景を踏まえ、平成 27 年消防庁「救急業務のあり方に関する検討会」において、「多言語翻訳を救急業務で使いやすいシステムにするかが課題」と指摘されている。

そこで本研究では、救急現場で使用可能なスマートフォンやタブレットにインストールして使用可能な、救急用多言語自動翻訳システムを開発する。開発内容は、既存の多言語自動翻訳ツールをベースに、マンパワーや対応時間が限られる救急現場に実装するために、使用頻度の高い会話内容を簡便な言葉で代替する「短縮ワード」や、自動翻訳機能を補う数字や体の部位を示した「会話シート」等を作成し、救急現場用にカスタマイズする。

(2)　救急車運用最適化

救急需要の増加に伴い現場到着時間、病院収容時間が遅延（図 3）しており、救命率低下が懸念される。そこで、救急車の需要分析、最適ルート分析、傷病者情報分析などにより救急運用体制を最適化し、現場到着時間、病院収容時間の短縮を目指した救急車運用最適化プログラムの開発を目指す。

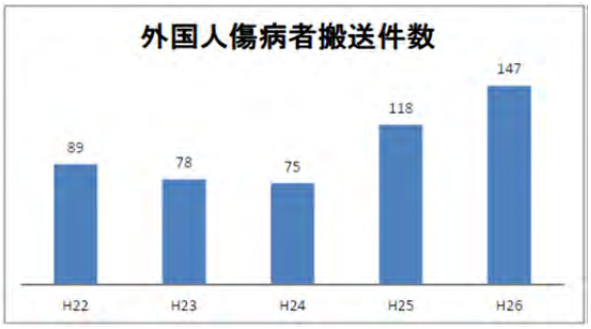


図 1　外国人の搬送件数例（札幌消防）

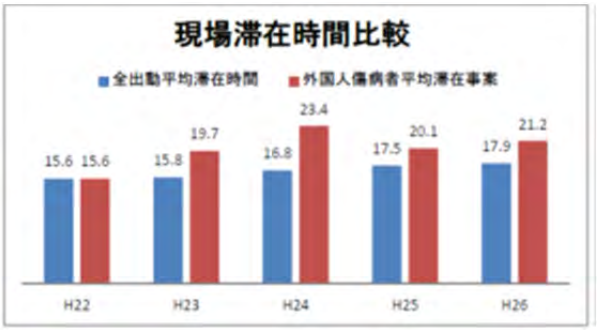


図 2　外国人傷病者の現場滞在時間（札幌消防）

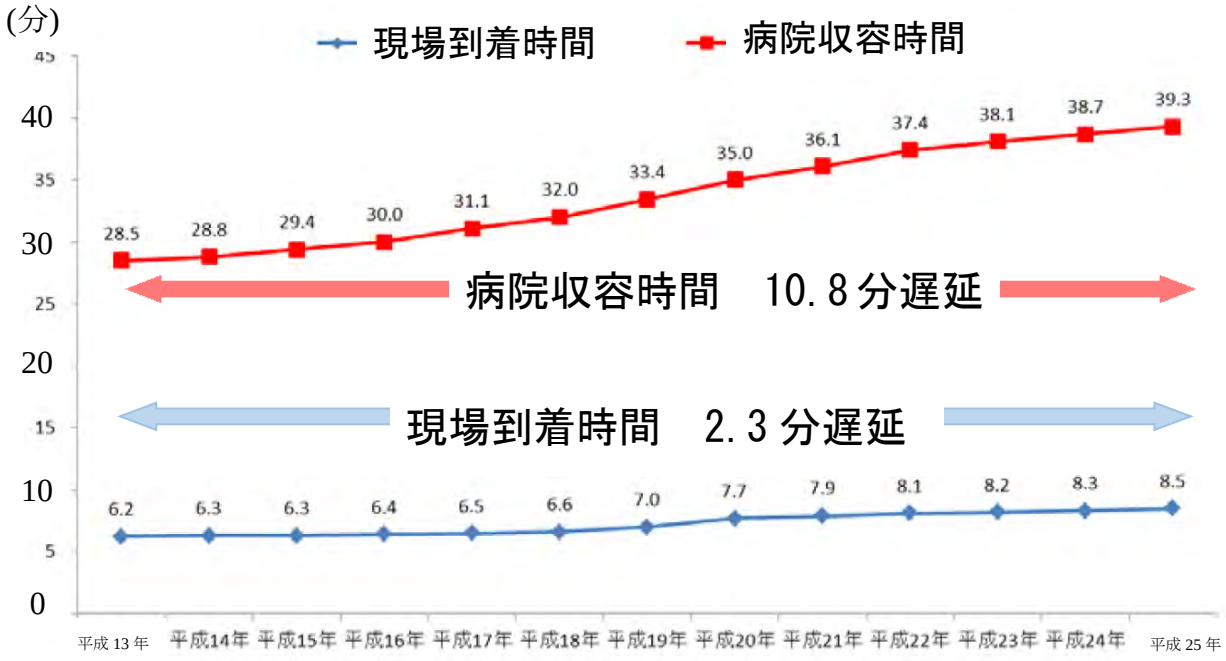


図 3　現場到着時間、病院収容時間の推移（平成 13-平成 25 年）

(3)　乗員の安全防護

救急車の事故により負傷者が発生している。救急車の交通事故に係る正確な統計データはないが、様々な情報を総合すると、年間数十件程度の交通事故は発生していると想定される。

現在日本の救急車の運転席部分に関しては、交通事故時の衝突安全基準が存在するが、救急車の処置室部分に関する衝突安全基準はない状況である。一方、欧米では処置室部分の衝突安全基準はあり、既に多くの救急車にその基準が適用されている。

そこで、本研究では日本の交通事故における衝突時の速度などを考慮し、日本の交通状況に合わせた衝突安全基準を検討する。

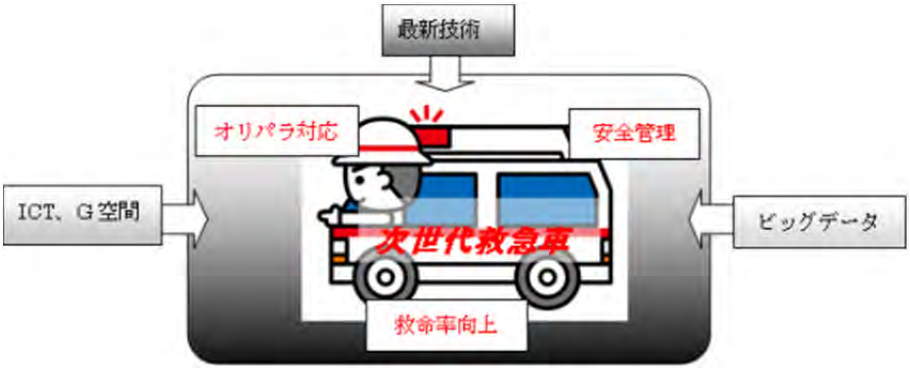


図 4　本研究の全体概要

表１　５か年研究計画

		平成 28 年	平成 29 年	平成 30 年	平成 31 年	平成 32 年
多言語翻訳		実証実験、短縮ワード作成、運用マニュアル作成、実用化	実用化普及	フォローアップ		
運用最適化	救急車運用体制最適化ソフトの開発	救急需要分析、最適ルート分析、最適運用案作成	プロトタイプ作成	救急需要データの分析(災害時含む）最適運用プログラムのアルゴリズム検討	プログラム実証実験	実用化へ
	走行時間の短縮技術の開発	車車間通信の効果検証	救急車の走行情報分析	実証実験		
乗員の安全防護	救急車の事故防止	海外調査、ニーズ調査 車車間通信の効果検証 試作車の検討	救急車の走行情報分析	プロトタイプ設計	プロトタイプ製作 実証実験	救急車の要件へ
	衝突時の安全防護	海外調査、ニーズ調査 安全防護の検討	安全性確認実験			

2.　平成 28 年度の研究計画と成果

2.1　救急用多言語自動翻訳システム

共同研究先の情報通信研究機構の多言語自動翻訳アプリ（ボイストラ）を用いて、消防機関での病気やバス事故の現場を想定した実証実験により、このアプリの課題を明らかにした。これを踏まえて、救急現場で使いやすいように、救急現場でよく使うことばを定型文として追加する改良を行った。これを平成 29 年 1 月から札幌市消防局において試験運用し、救急隊員にその使用感に関するアンケート調査を行った。その結果「意思疎通のスピード」及び「意思疎通の質」に関して、従来の「コミュニケーションボード」と比較すると 6 割以上の方が、また改訂前の「ボイストラ」と比較して 8 割以上の方が、早くてよくなったとの回答が得られた。

この結果より改訂版のアプリは十分現場活動に使用できると判断し、平成 29 年 4 月からの全国展開を行うことを決定し、その準備を行った。

2.2　救急車運用最適化

この研究には、救急車運用体制最適化ソフトの開発と、走行時間の短縮技術の開発の 2 つがある。このうち救急車運用体制最適化ソフトに関しては、運用最適化案の作成を行った。具体的には、過去データから分析した地域ごとの救急需要発生率に携帯電話の位置情報を用いた人口動態を掛け合わせて救急需要予測を行うこととした。さらにこの救急需要予測結果に合わせ、今後需要が多くなると予測する地域に救急隊を再配置する方法とした。また、この研究を進めるうえで協力していただける消防本部を調査し、名古屋市消防局が協力していただけることになった。

走行時間の短縮技術は、ITS の一つである ITS CONNECT[*1]を採用技術の候補として、名古屋市と豊田市において検証実験を行った。しかし、ITS CONNECT の一般車両の搭載率が低いこともあり明確な時間短縮効果は得られなかった。

2.3　乗員の安全防護

救急車の事故、ヒヤリハット事例、消防機関の

*1　ITS CONNECT：見通しが悪い交差点などにおいて、車両同士や道路に設置された路側インフラ設備との無線通信によって得られる情報をドライバーに知らせることで、運転の支援につなげるシステム（出典：ITS CONNECT 推進協議会　ホームページ）

ニーズ調査、海外の基準等調査を行った。

具体的には、救急車の事故事例として消防本部から事故事例情報と、全国での事故パターン別の救急車事故発生件数を収集した。また、海外の基準調査では、ヨーロッパの調査を実施し、ヨーロッパにおける衝突安全基準を把握した。

また、前記の時間短縮技術で検討を行っている ITS CONNECT は、事故防止にも活用できる可能性が有るので、ニーズ調査として消防職員を対象とした実車及び VR を用いたアンケート調査を実施した。その結果、「今後搭載車が増えていけば救急搬送時の迅速化安全化につながるのではと期待している」等の肯定的な意見が得られた。

3.　平成 29 年度の研究計画と成果

3.1　多言語翻訳対応

平成 29 年 4 月に「救急ボイストラ」として完成し、全国展開（Android 版　4 月、iOS 版　1 月）を行った。その結果、279 消防本部で運用を開始（平成 30 年 4 月時点）し、今後さらに 50 の消防本部で運用を開始する予定となっている。

3.2 救急車運用最適化

救急車の運用体制を最適化するプログラムは、「救急需要予測」、「救急隊の最適配置」の 2 つから構成される。この内「救急需要予測」は、その基礎となる分析を実施しある程度予測が可能であることが判明したが、今後その精度を上げるため改良が必要である。また「救急隊の最適配置」は、最適配置方法の基礎となる手法を開発し、その効果の見通しを明らかにした。今後、実際の救急隊の運用を踏まえた改良が必要である。

走行時間の短縮技術では、ITS CONNECT の一般車への搭載率が上がったため、時間短縮効果を得られる可能性があることから、再度 ITS CONNECT 車載機を救急車に搭載し、名古屋市、豊田市において実証実験を開始した。

3.3　乗員の安全防護

既存救急車の衝突安全性能を把握するため、衝突安全実験(前面衝突、側面衝突)を実施した。その結果、衝突の衝撃のみでは乗員の安全は確保されることは分かったが、一部積載品が衝突によりはずれ、これが乗員に当たることにより安全が確保できないことが判明した。

また、事故防止技術としては、ITS CONNECT の中の路車間通信技術（右折時の対向車検知等）が有効であると考えられるので、この技術を持った車載機を新たに名古屋市、豊田市の救急車に搭載し、その有効性の実証実験を開始した。

4.　平成 30 年度の研究計画

4.1　多言語翻訳対応

既に救急ボイストラとして平成 29 年 4 月から実用化し、研究としては終了しているが、そのフォローアップとして、その活用状況を調査し課題を明らかにする。

4.2　救急車運用最適化

「救急需要予測」「救急隊の最適配置」技術の精度向上と、平成 31 年度に名古屋市で実施予定の実証実験の準備として、実証実験で使用可能なプロトタイプを作成する。

また、走行時間の短縮技術では ITS　CONNECT を利用した検証に関しては、継続して実施し、その結果をとりまとめる。

4.3　乗員の安全防護

平成 29 年度の衝突実験結果を踏まえ、積載品が外れ安全確保ができなかったことに対する対策検討を行い、この評価実験を行う。

(3)　安全で迅速に土砂災害現場で救助活動をするための研究

研究期間：平成 28 年 4 月～平成 33 年 3 月

技術研究部　地震等災害研究室　　新井場公徳、土志田正二

1.　目的

平成 23 年の台風 12 号による紀伊半島における災害、平成 25 年 10 月 16 日の伊豆大島における災害や平成 26 年 8 月 20 日の広島市における災害などの土砂災害現場での救助活動においては、災害の全体像の把握、行方不明者の位置の把握、活動の安全性の確保及び活動の効率性の維持が困難であった。本研究では、活動の効率性及び安全性を向上するために必要な、災害の全体像の把握と資源配分及び要救助者の存在確率の高い場所の絞り込みを目的とした俯瞰的情報の収集・分析の方法の研究、並びに要救助者に悪影響を与えないように岩石やガレキを取り除く手法の確立を目的とした岩石の相互関係を現場で推察するための技術開発を行う。本研究の成果は、土砂災害に対する対応の手順や国による災害現場に対する技術支援に実装し、土砂災害現場における救助活動が安全かつ迅速に行えるようになり、もって国民の安全と安心の向上に寄与するものである。

サブテーマⅠ　UAV、航空機、衛星画像などの画像情報の取得と利活用方法の構築

2011 年の紀伊半島における台風 12 号災害や 2014 年 8 月 20 日の広島市における災害では、二次災害発生危険箇所の把握や、要救助者の場所の同定及び現場への安全で迅速な進入経路の設定が困難であり、安全で迅速な捜索救助活動を実現する上での課題となっている。これを解決するため、時間経過と共にその量及び精度が増していく情報から、捜索救助活動の安全性及び効率性を向上する情報を得るための方法及び要救助者の存在確率の高い場所を推定する方法について検討する。本サブテーマでは、過去の土砂災害対応事例について、リモートセンシングデータ、被害発生状況、要救助者の発見位置及び捜索救助活動の状況を収集し、俯瞰的情報から捜索救助活動の安全性及び効率性を向上する情報を得るための方法及び要救助者の存在確率の高い場所を推定する方法について検討する。

サブテーマⅡ　乱雑に堆積した岩石やガレキを取り除く手法の構築

土砂災害現場においては、土砂や岩石、ガレキなどに要救助者が埋まっていることが多いが、これらを安全に取り除く方法は確立しておらず、現場ごとに試行錯誤で行われている現状がある。例えば、2004 年新潟県中越地震時の妙見崩壊地における救助活動では、要救助者を覆っている岩を安全に取り除く順序が分からず、救出に時間を要した。また、2013 年伊豆大島の災害では、ガレキに挟まれた生存者が救出作業中に亡くなったことが報告されている。本サブテーマでは、岩が堆積している状況を想定し、堆積状況に悪影響を与えずに取り除くことが出来る岩の判定方法について研究し、それを調べる装置を試作する。

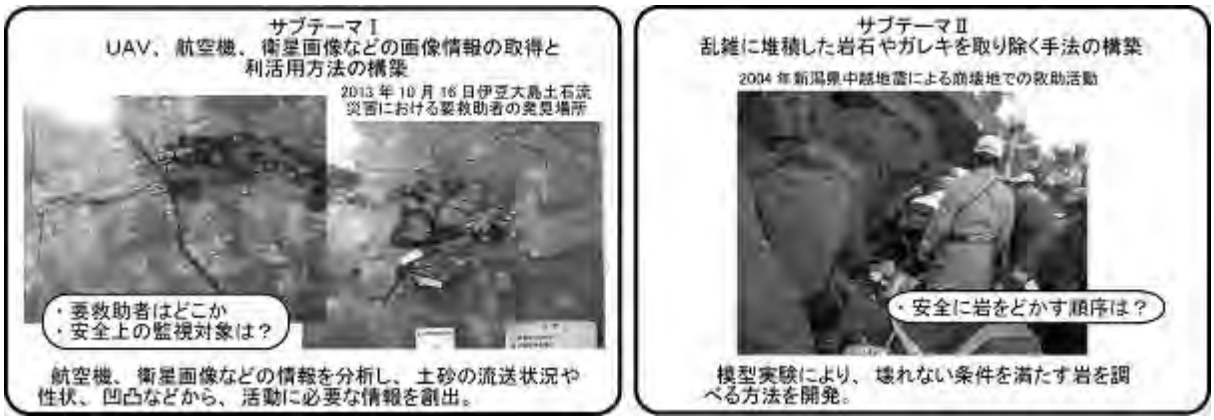


図 1　本研究の内容のイメージ

表 1　本研究の概略

	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	平成 32 年度
サブテーマⅠ ＵＡＶ、航空機、衛星画像などの画像情報の取得と利活用方法の構築	・過去の土砂災害における画像情報活用事例の収集及び検討 ・被災者の発見位置の資料収集	・画像から土砂の流動を特徴付ける要因の分析	・過去の事例を踏まえた画像情報の利活用方法の検討	・行方不明者位置の予測手法の検討	・画像情報の取得・利活用方法のガイドラインの作成及び検証
サブテーマⅡ 乱雑に堆積した岩石やガレキを取り除く手法の確立	・岩を積み上げて崩す実験設備及び実験手順の開発 ・岩の相互関係のモデル化の検討	・岩が崩れる条件の検討 ・岩の相互関係を推測する調査手法の検討	・崩れる条件に対応した計測手法の検討		・計測・調査装置の試作 ・適用性に関する検証

2.　平成 28 年度の研究計画及び成果

2.1　UAV、航空機、衛星画像などの画像情報の取得と利活用方法の構築

(1)　過去の災害事例について、画像情報及び消防活動状況に関する情報を収集し、これらの情報を取得できる時間、精度、範囲、取得方法について整理し、消防活動にこれらを活かすための分析方法について検討する。さらに、今後取得できるようになると見込まれる新しいデータの仕様を踏まえ、今後の土砂災害事例への利活用方法を考案する。

過去の土砂災害発生地（2014 年広島豪雨災害）及び本年度発生した熊本地震による土砂災害を対象とし、無人航空機（ドローン）を用いた空撮を実施、実際に空撮にかかる時間、取得・解析方法などを整理した。また取得した空撮情報を消防活動に活かすため、数値標高データ(DEM:Digital Elevation Model)に変換し、その精度・範囲を検証した。また無人航空機データのほか、衛星データ・有人飛行機によるデータなども他機関との協力の元データを収集し、解析を行った。

(2)　行方不明者の発見位置に関する資料収集

発災時に行方不明者がいたと推定される位置、発

見位置、発見状況について資料を集める。

収集するデータの内容について整理した。既存の災害については十分なデータが得られなかった。

2.2　乱雑に堆積した岩石やガレキを取り除く手法の構築

(1)　岩を積み上げて崩す実験設備及び実験手順の開発

砕石を積み上げて崩す実験を行う為の設備を開発する。開発に当たり、採石業者、解体業者等に聞き取り調査を行い、岩の安全な取扱い方法についての経験知を収集する。

小規模な実験設備を整備した。採石業者等への聞き取りは調整がうまくいかず、次年度実施とすることとした。急傾斜地における二次的崩落の事例を地質コンサルタントと共同で収集し分析を行った。

(2)　岩の相互関係のモデル化の検討

ある程度形状がそろっている岩を想定して、乱雑に堆積している岩の集合について、相互に作用している力がそれぞれの岩にどのような拘束条件を与えるのかを検討し、岩の相互の力学的な関係をモデル化する。

堆積した岩石の一部が崩落する機構を、転倒、アーチの崩壊及びすべりの３つのモードに分類し、その発生条件について分析を行った。

3.　平成29年度の研究計画及び成果

3.1　UAV、航空機、衛星画像などの画像情報の取得と利活用方法の構築

(1)　画像情報の利活用方法についての検討

災害発生前に収集可能な各種データの整備、災害後に収集するべき各種データの取得及び利活用方法に関するガイドラインを、活動の時間的変化及び情報が得られる時間を考慮して作成する。また災害後に得られる情報の１つとして、ドローンによる空撮情報を基に作成した DEM を基に、二次崩壊危険地域・安全な避難箇所等の推定に繋がる解析方法の構築を目指す。

2014年広島市豪雨災害の地形データ（国土地理院基盤地図情報10 mメッシュデータ、ドローンによる地形データ、航空レーザー測量データ）を用いて、二次崩壊危険地域の抽出方法、移動可能なルートの選定に役立つ分析方法及び災害前後の地形比較による災害概要把握の方法について検討している。また、2016年九州北部豪雨災害で発生した崩壊を対象に、ドローンによる空撮を実施し、災害前後の地形データの比較による情報の創出も試みている。

(2)　画像から土砂の流動を特徴付ける要因の分析

土砂災害全体としての土砂の流動状況、行方不明者がいたと思われる場所における土砂の流動状況及び行方不明者発見位置の土砂の流動状況を特徴付ける要因を、リモート・センシング画像及び画像から作成した数値標高データから分析する。

2014 年広島豪雨災害における行方不明者の位置に関する情報を収集し、地形情報と関連づけた解析を行っている。

3.2　乱雑に堆積した岩石やガレキを取り除く手法の構築

(1)　岩が崩れる条件の検討

岩を積み上げて崩す実験及び岩の相互関係のモデルに基づき、岩山が崩れる条件を検討しモデル化する。

堆積した岩の転倒、アーチの崩壊及びすべりの3 つのモードについて、それぞれの岩が受ける拘束条件について検討した。また、ベルトコンベア上で岩が転倒する様子を観察した。

(2)　岩の相互関係を推測する調査手法の検討

形状がそろっている岩を想定して、岩の相互関係を岩山の表面から知る方法について検討する。

岩を積み上げた状態で、それぞれの岩の振動を測定する実験方法を検討し、位置による振動の特性の違いについて検討している。また、採石場における生き埋め事案について、安全管理方法等についての聞き取り調査を行った。

4.　平成30年度の研究計画

4.1　UAV、航空機、衛星画像などの画像情報の取得と利活用方法の構築

(1)　過去の事例を踏まえた画像情報の利活用方法の検討

消防ヘリにより得られる情報等の各種俯瞰的データを利活用する具体的な方法について、利活用方法の開発及び消防本部との意見交換を行い、検討する。

(2)　画像から土砂の流動を特徴付ける要因の分析

過去の災害事例における画像、数値標高データを基にして分析した土砂の流動状況を基に、行方不明者の存在確率の大きい場所を推定する手法を開発する。また地形・地質状況を整理し、発生しやすい土砂災害の種類などを仮定し、より精度の高い土砂の流動の特徴を得ることを模索する。

4.2　乱雑に堆積した岩石やガレキを取り除く手法の構築

(1)　岩が崩れる条件に対応した計測手法の検討

形状がそろっている岩を想定して、取り除いても他の岩が崩れる条件に無い力学条件にある岩を推定する手法を開発し、計測装置を試作する。また、ベルトコンベアを用いた効率的な土砂排除方法について検討する。

(2)　岩の形状が乱雑である場合の調査及び計測手法の適用性に関する検証

岩の形状が乱雑である場合を想定して、構築した調査及び計測手法の適用性の限界を調べ、当該適用性を拡張するための方向性について検討する。

(4)　大規模地震災害時等の同時多発火災対応に関する研究

研究期間　平成28年4月～平成33年3月

技術研究部　地震等災害研究室　高梨健一
研究企画部長　細川直史

1. 目的

近年、首都直下地震や南海トラフ地震の発生確率が高まり、その対策が急務とされている。また、平成28年12月22日に発生した糸魚川市大規模火災を踏まえ、木造密集地域等における火災防ぎょ計画の策定や訓練の実施が必要となっている。

大規模地震や強風に伴い発生すると予想されている市街地における同時多発火災の延焼シミュレーションは、事前・事後の対策を行う際の被害想定に重要な役割を担っているが、下記の課題が存在する。

(1)　現行の広域事前想定で用いられているモデルはクラスタ方式などの簡易なモデルが主流であり、地域の火災リスクを詳細に把握するためには精度に欠けるものが多い。

(2)　高精度で計算を行うモデルも存在するが、計算資源や多種多様なデータを大量に必要とするため、繰り返しての実行や広い範囲の火災延焼被害を高速で予測することが難しい。

(3)　地震発生直後に、広い範囲の火災延焼被害を高速で予測する仕組みが無い。

消防研究センターにおいても、従来から消防本部の指令台や防災講演会での利用を目的として、高速性を重視した各棟延焼方式の市街地火災延焼シミュレーションシステムの開発を行ってきた。計算を高速に行うため、風速0mの条件での延焼経路を事前に計算して利用するほか、建物の高低差や樹木等の延焼阻止要因を取り入れておらず、建物種別や延焼速度計算などに簡略化を行っているため、精度に関する検証が十分とは言えない状況にある。

そこで、本研究では、上記の3つの課題を解決するために、次の3つのサブテーマの研究を行う。

①　地域の詳細な火災リスク評価が可能なシミュレーションモデルの構築

消防研究センターで従来行ってきた市街地火災延焼シミュレーションシステム開発に利用した延焼モデルの高速性を維持しつつ高精度化を図る手法について検討を行うとともに、延焼阻止要因や感震ブレーカー等の出火防止対策や自治体の初期消火対策の効果を評価可能なものとする。これにより、震災火災の減災効果の検証を行い、コスト等を考慮した提案も可能となる。

また、既開発の同時多発火災対応訓練シミュレータに対して、これらの高度化を反映する。

②　広域の延焼被害予測を高速で実行可能なシミュレーションモデルの構築

複数の都道府県にまたがるような広い範囲の火災被害を高速で予測可能な延焼計算のモデルを検討する。更に、消防庁危機管理センターに導入済みの広域版簡易型地震被害推定システムに組み込み、地震発生とともに延焼被害予測を表示可能なものとする。これにより、震災発生直後に緊急消防援助隊派遣のための被害地域推定と必要部隊数の見積もりを行い、緊急消防援助隊派遣のための意志決定支援に資することが可能となる。

③　大規模地震災害時の出火と緊急消防援助隊の活動に関する調査・分析

上記の2つのサブテーマにおける延焼モデル検討の基礎資料として、大規模地震災害時の出火に関する調査・分析を行う。さらに、消防活動の要素を同時多発火災対応訓練シミュレータへ盛り込

むための基礎的なデータとして、また、PDCA サイクルの一貫として緊急消防援助隊の運用改善のための基礎データとして、活動実績に関するデータを収集、蓄積し、それらの分析を行う。



図 1　本研究の全体概要

2.　平成 28 年度の研究成果

2.1　地域の詳細な火災リスク評価が可能なシミュレーションモデルの構築

従来から開発してきた市街地火災延焼シミュレーションモデルの精度の検証として、平成 28 年 12 月 22 日に発生した糸魚川市大規模火災に関して、消防本部からの情報や周辺住民への聞き取り調査の結果得られた情報に基づいて計算を行い、簡易な検証を行った（図 2)。また、市街地火災延焼シミュレーションプログラムの利用申請に基づき、東京都都市整備局、埼玉県都市整備部、広島市消防局、南魚沼市消防本部等にプログラムや延焼経路データを提供した。

また、同モデルに対して、高速性を維持しつつ、高低差の要素を取り入れる手法について検討を行った。現在利用している延焼速度式では、建物間の距離に基づいて延焼時間と延焼速度が計算されるが、高低差によって複数棟の影響を受けることを考慮すると、形態係数に基づく式に変更する必要があると思われる。そこで、現在利用している延焼速度式の導出条件にあわせて、建物間距離、形態係数の逆数、延焼時間を求め、多項式近似により延焼時間式を得た（図 3)。

さらに、実際に斜面地で発生した延焼火災と照らし合わせて検証を行うために、昭和 25 年 4 月 13 日に発生した熱海市大火について、現行の市街地火災延焼シミュレーションシステムで利用可能な建物データおよび延焼経路データを作成した。

また、同熱海市大火、昭和31年8月18日大館市大火および関東大震災横浜火災図から延焼速度データを作成した（図4）。

また、今後の開発に資するため、国土地理院の公開している基盤地図情報を利用して2次元の建物データ、延焼経路データおよび3次元の建物データを自動的に作成するツールの開発を行った。

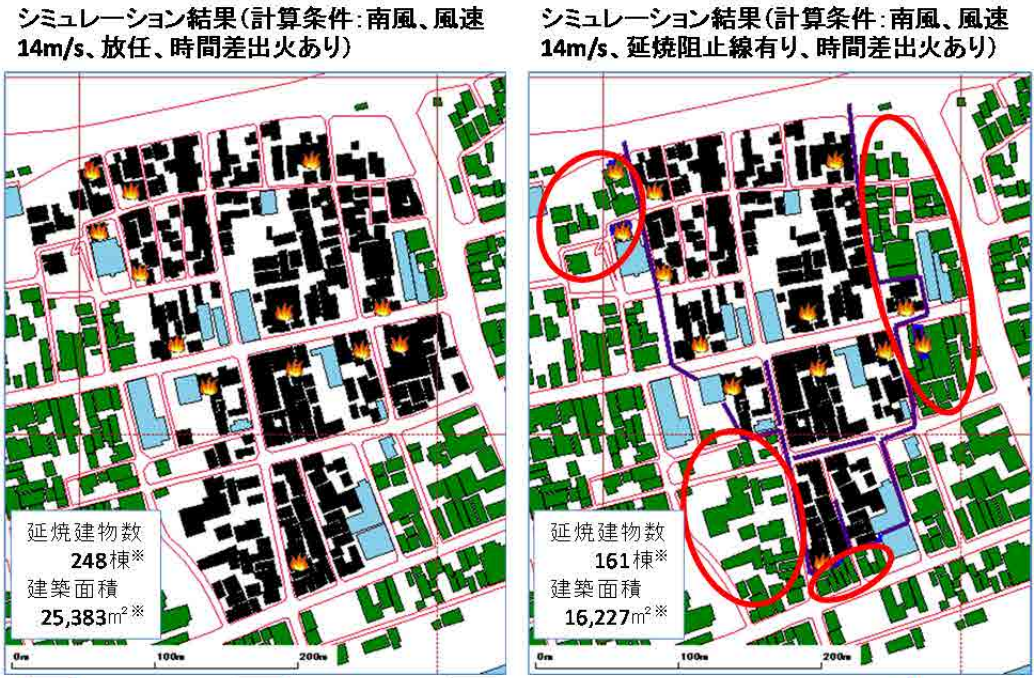


図２　糸魚川市駅北大火の情報を用いた市街地火災延焼シミュレーションの検証例（出火６時間後の状況）

隣棟間距離(m)	形態係数の逆数	延焼時間（秒）
0.5	0.64913	127.93
1	0.68651	153.40
1.5	0.74837	183.92
2	0.83427	220.53
2.5	0.94386	264.42
3	1.07688	317.04
3.5	1.23322	380.13
4	1.41282	455.78
4.5	1.61570	546.49
5	1.84188	655.25
5.5	2.09139	785.66
6	2.36427	942.01
6.5	2.66056	1129.49
7	2.98029	1354.27
7.5	3.32348	1623.79
8	3.69016	1946.95
8.5	4.08035	2334.43
9	4.49406	2799.01
9.5	4.93130	3356.05
10	5.39209	4023.96

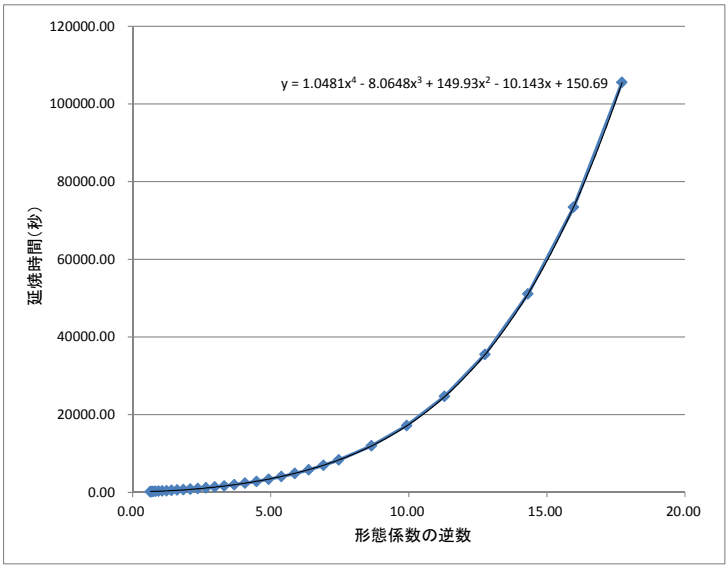
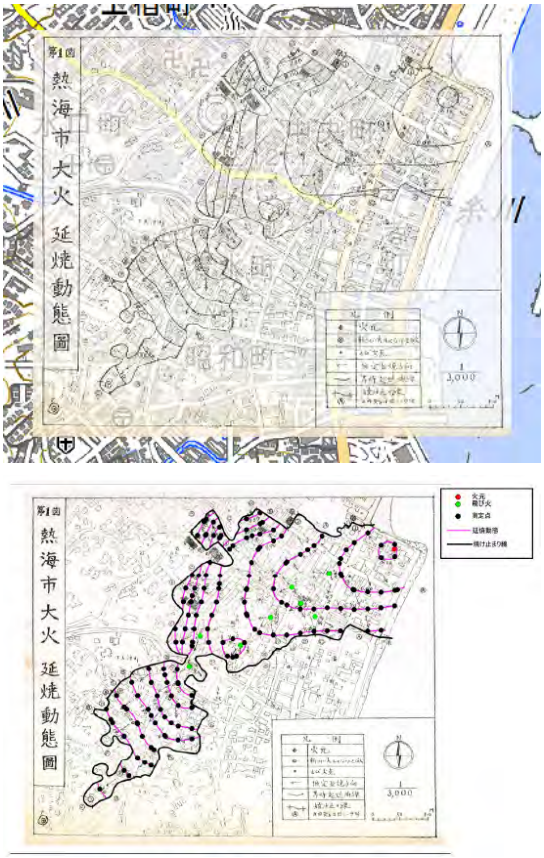


図３　隣棟間距離と形態係数の逆数、延焼時間の関係



左上：延焼動態図と現在の地図の重ね合せ
右上：延焼動態図からの建物ポリゴンの生成
左下：延焼速度の測定点

図 4　過去の斜面地火災に関するデータの例（熱海市大火）

2.2　広域の延焼被害予測を高速で実行可能なシミュレーションモデルの構築

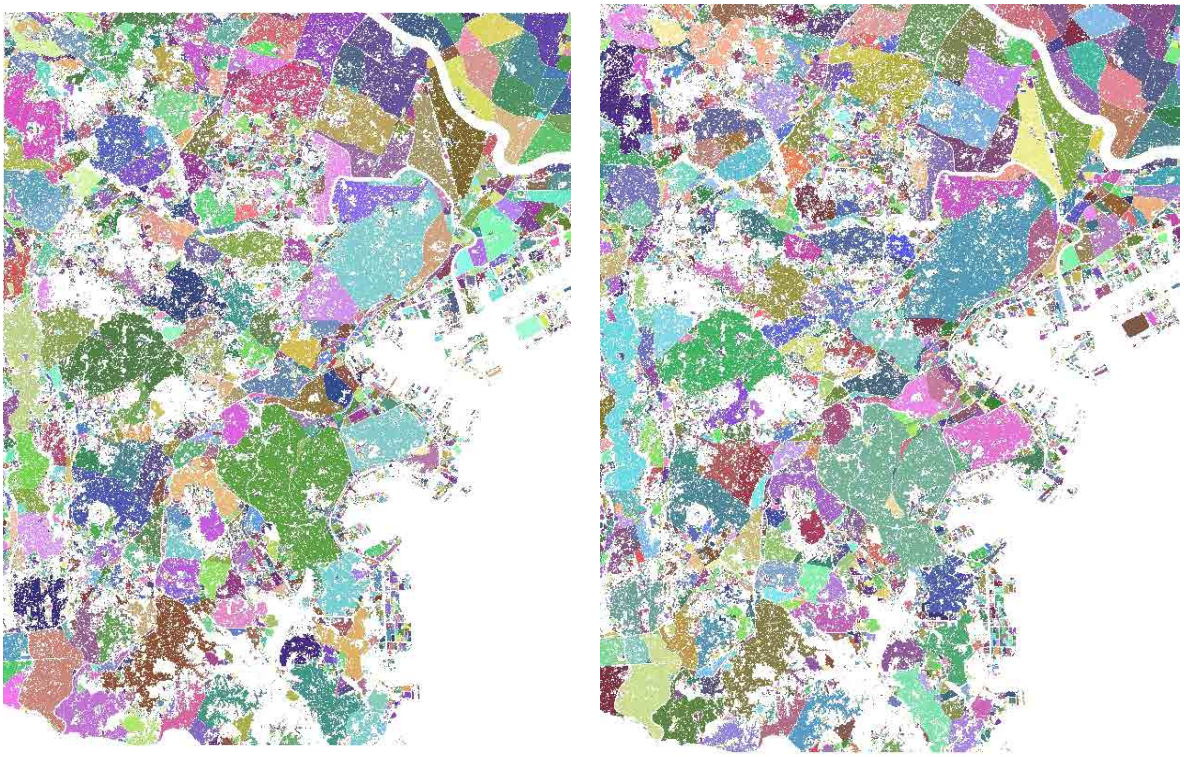
既往の研究について調査を行うとともに、実装方法について検討を行った。想定される出火件数をメッシュ単位の木造率に基づき確率的に出火場所として割り当てることで、風向・風速に基づいた延焼予測計算を複数回実行し、経過時間ごとの平均延焼棟数や同時炎上棟数をメッシュ単位で計算する機能を、平成 27 年度までに開発した延焼シミュレーションに追加した。また、延焼クラスタを用いる被害予測の手法を取り入れることも一つの選択肢と考え、横浜市を包含する範囲について、現在各棟延焼方式の市街地火災延焼シミュレーションで用いている延焼速度式を利用して風向・風速に応じて延焼距離を変化させた延焼クラスタデータを試作した（図 5）。

2.3　大規模地震災害時の出火と緊急消防援助隊の活動に関する調査・分析

平成 28 年度開始当初は、

- 過去の大規模地震災害時の火災の出火原因と出火率に関する既往の研究成果の調査・整理
- 東北地方太平洋沖地震の際の火災について消防研究センターの行った調査結果の分析
- 過去の緊急消防援助隊の活動実績に関する情報を収集及び移動経路について分析

の 3 項目を掲げていたが、平成 28 年 4 月の熊本地震の発生を受け、消防庁防災情報室と共同で熊本地震における消防本部の通信に関する被害等アンケート調査を実施したほか、消防庁広域応援室から平成 28 年熊本地震と平成 28 年台風第 10 号における緊急消防援助隊動態情報システムのログを入手した。また、講演会等で熊本地震の情報収集を行った。



(a)　北風 5m/s の場合　　(b)　北北東の風 5m/s の場合

図 5　風向・風速に応じた延焼クラスタの例

3.　平成 29 年度の研究成果

3.1　地域の詳細な火災リスク評価が可能なシミュレーションモデルの構築

平成 28 年度に導出した形態係数に基づいて隣棟間延焼に要する時間を計算する式を、1 棟単位の市街地火災延焼シミュレーションに適用する方法について検討を行った。形態係数が建物の壁面の位置関係により変化するため、壁面と微小面の向き合う角に応じた形態係数の式を導出した。また、形態係数の計算に必要なパラメータを絞り込み、建物の外壁上の有る点におけるパラメータを計算する機能を、市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアの延焼経路作成プログラムに追加した（図 6）。

また、市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアの機能強化として、メッシュ単位の延焼リスク計算機能、建物 1 棟単位の延焼リスク計算機能及びメッシュ単位の延焼量の計算機能を新たに構築した（図 7～9）。

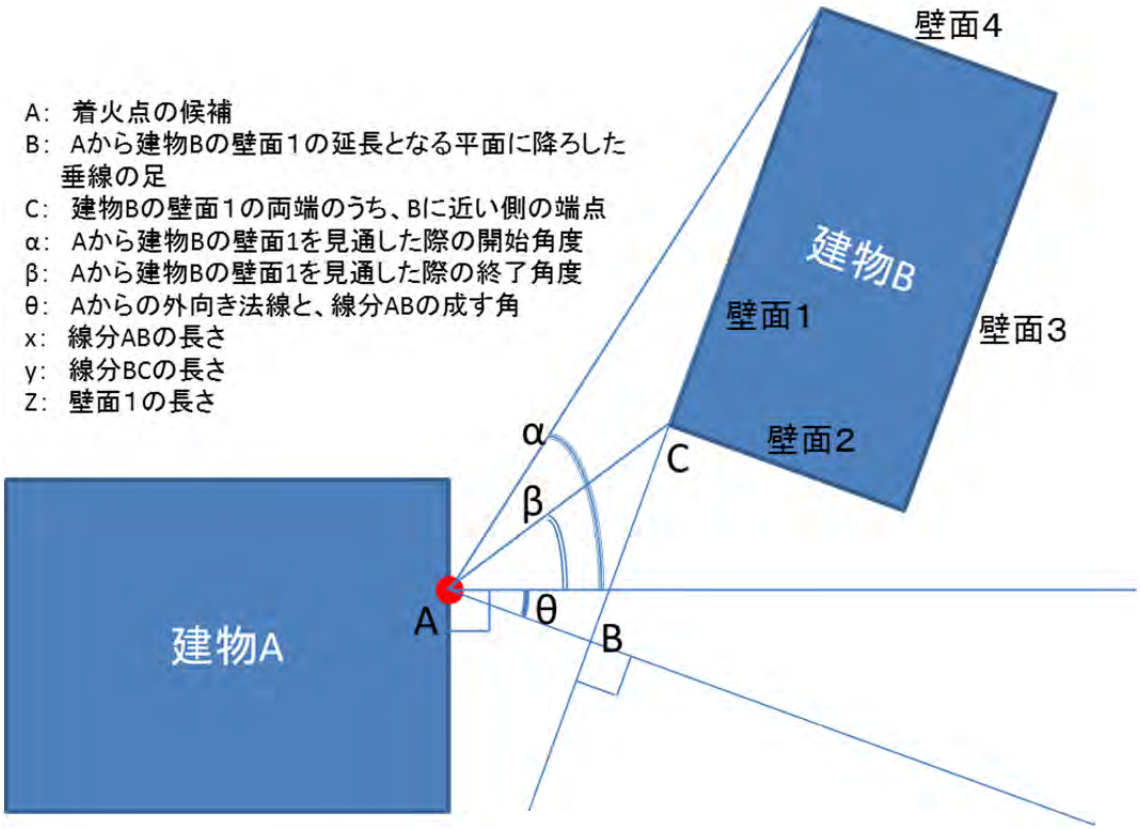


図６　機能追加により計算するパラメータの例

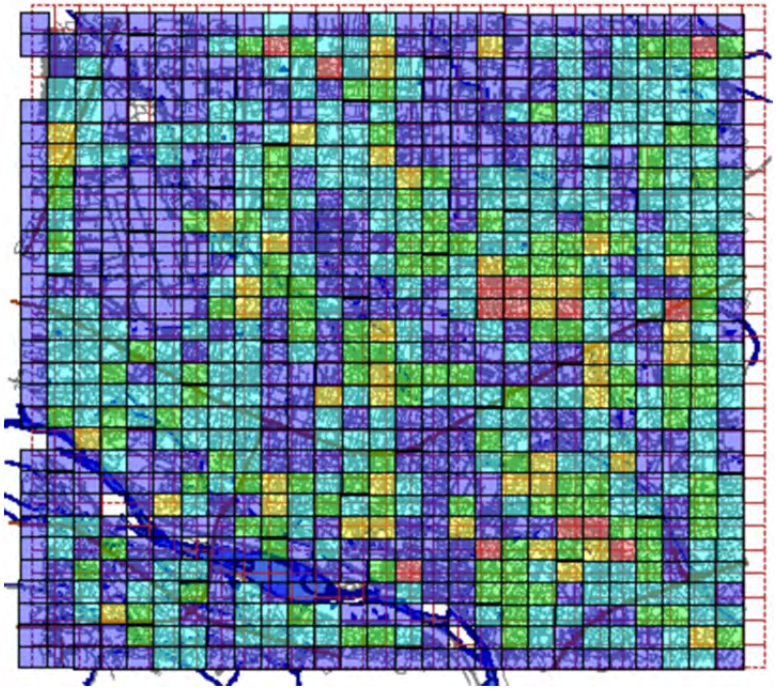


図７　メッシュ単位の延焼リスク計算機能
地域の延焼危険度に関連すると考えられる
各種指標の表示機能

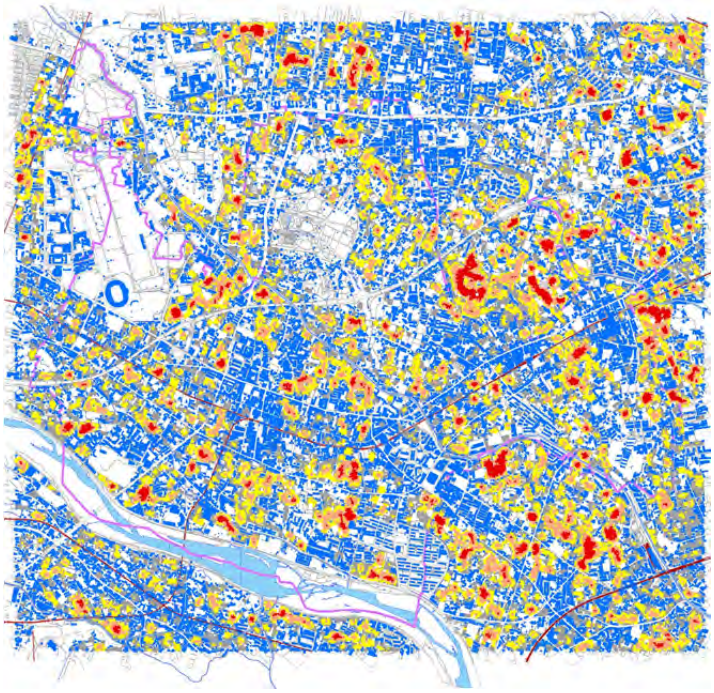


図８　建物１棟単位の延焼リスク計算機能
ある１棟から出火した場合に何棟延焼するか
を、すべての建物に対して計算を行う機能

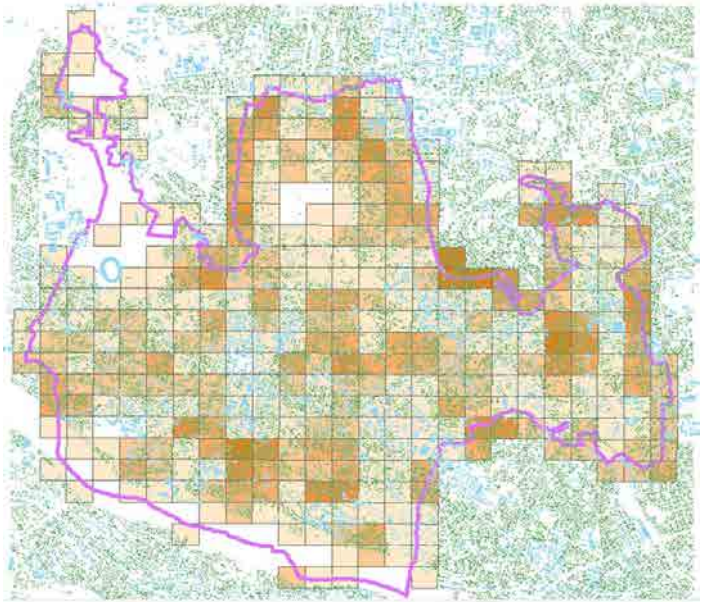


図９　メッシュ単位の延焼量の計算機能
（例えば地震被害想定の結果などに基づき）
地域内の出火件数を仮定し、出火建物をラン
ダムに設定して繰り返し計算し、得られる延
焼棟数などの値の平均値をメッシュ単位に計
算する機能）

さらに、「糸魚川市大規模火災を踏まえた今後の消防のあり方に関する検討会」の報告書を受け、平成 29 年 9 月 29 日に消防研究センターホームページにおいて、消防本部に対して、市街地火災延焼シミュレーションソフトウェア、延焼経路作成ソフトウェア及び関連資料を公開したほか、日本

火災学会主催の火災科学セミナーや消防研究センターの消防防災研究講演会における発表や関係誌への投稿等を通じて市街地火災延焼シミュレーションの普及促進に努めた（図 10）。

3.2　広域の延焼被害予測を高速で実行可能なシミュレーションモデルの構築

昨年度に引き続き、延焼クラスタを用いる手法を取り入れて被害予測を行う手法について検討を行った。今年度は、風向風速ごとの延焼クラスタをメッシュごとに事前計算するとともに、隣接メッシュに含まれる延焼クラスタ間の接続関係も事前に計算し、地震発生時にそれらのデータを基に焼損棟数の期待値を計算する手法について検討を行った。

横浜市青葉区を包含する地域を対象として、データを試作して分析を行った。

4.　次年度以降の研究計画

4.1　地域の詳細な火災リスク評価が可能なシミュレーションモデルの構築

前年度に引き続き、従来開発してきた市街地火災延焼シミュレーションモデルに対して、延焼動態のわかっている火災のデータを適用して、精度を検証する。

また、前年度に引き続き、高低差の要素を取り入れた延焼シミュレーションモデルの実装方法について検討を行う。

さらに、糸魚川市大規模火災を踏まえた対応を行うとともに、他の高精度化の要素や出火防止対策、自治体等の初期消火対策の効果について市街地火災延焼シミュレーションに導入する手法の検討、実装、検証を順次行う。

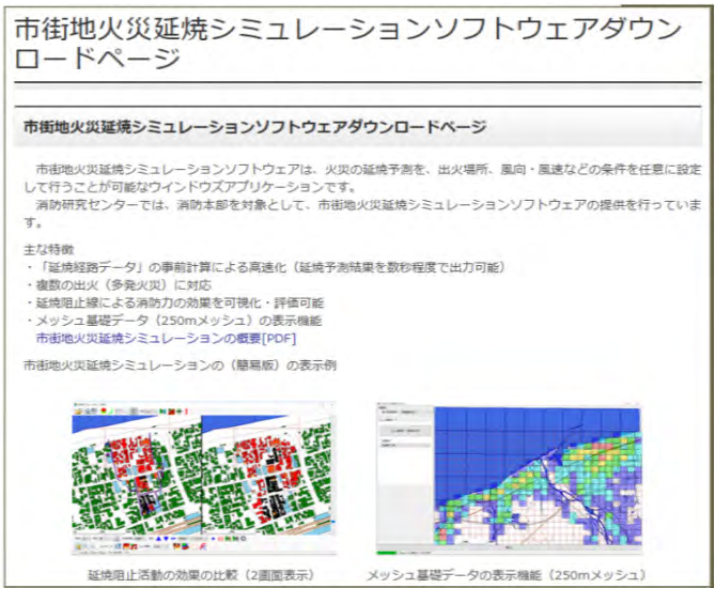


図 10　市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアのダウンロード用ページ

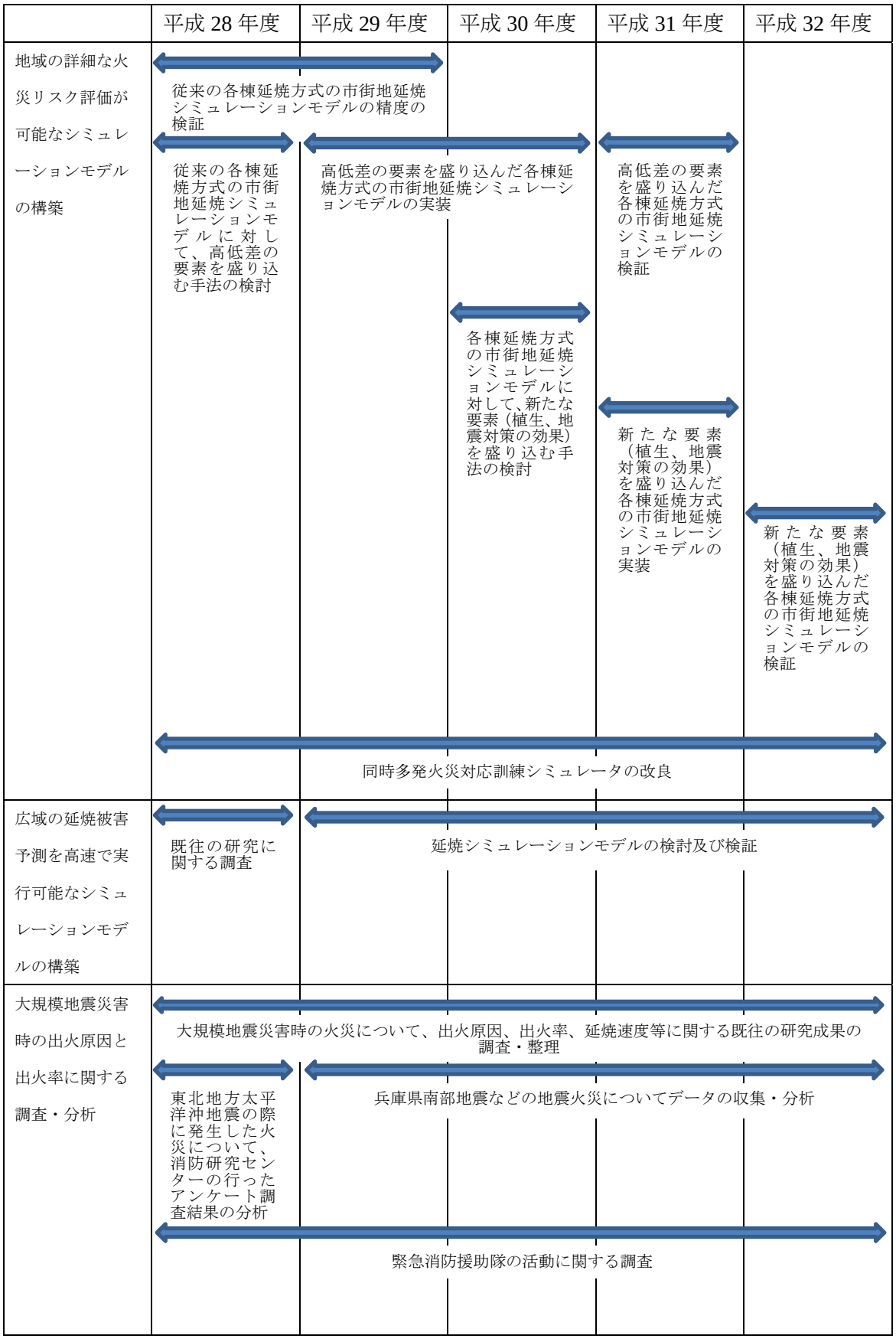
4.2　広域の延焼被害予測を高速で実行可能なシミュレーションモデルの構築

前年度に引き続き、高速で広域な延焼被害予測が可能なシミュレーションモデルの検討及び検証を行う。

4.3　大規模地震災害時の出火と緊急消防援助隊の活動に関する調査・分析

引続き、既往の研究成果について調査・整理を行う。また、兵庫県南部地震などの地震火災についてデータの収集・分析を行うほか、緊急消防援助隊の活動実績に関する情報の収集・分析を継続する。

表１　５か年の研究計画概要



(5)　広域火災における火災旋風・飛火による被害の防止に向けた研究

研究期間：　平成 28 年 4 月～平成 33 年 3 月

技術研究部　大規模火災研究室　　篠原雅彦、鈴木佐夜香
技術研究部　地震等災害研究室　　佐伯一夢

1.　目的

地震後の市街地同時多発火災や林野火災のような広域火災では、「火災旋風」や「飛火」が発生して被害を極端に大きくすることがある。飛火とは、火の粉が飛んで来て出火することで、火災を急速に広域化する現象である。平成 28 年 12 月 22 日の糸魚川市大規模火災では、強風下において相次いで飛火が発生し、平常時としては昭和 51 年の酒田大火以来の大規模な市街地火災となっている。火災旋風とは、火災の内部・周辺で起こる竜巻状の渦のことで、飛火の距離をさらに伸ばすだけでなく、火災域周辺に猛烈な風を巻き起こして人的・物的被害を拡大する現象である。

広域火災の研究は古くから行われてきたが、火災旋風も飛火も、その発生メカニズム、発生条件がいまだに解明されておらず、対策もない。

これらの現象を解明するには、これらの現象を大きく左右する「火災周辺の気流」を理解する必要がある。しかし計測が難しいため、その振る舞いはよく分かっていない。

そこで、火災旋風と飛火による被害を防ぐために、以下の 3 つのサブテーマについて研究を行う。

サブテーマⅠ　火災旋風の発生メカニズムと発生条件に関する研究では、同時多発火災発生時に大きな被害を及ぼす火災旋風が発生しそうな場所を少しでも早く予測することによって、優先的に消火すべき火災を特定できるようにし、また、効果的な避難方法も提示できるようにするために、火災旋風の発生メカニズムを解明し、その発生条件と性質を予測できるようにすることを目指した研究を行う。

サブテーマⅡ　飛火現象における火の粉の着火性に関する研究では、a) 広域火災発生時に飛火の危険性の高い家屋の部位を市民に広報し、b)効果的な飛火警戒方法を提案し、さらに、c)避難ルートを含めた防災マップの作成を行うために、火の粉による着火メカニズム・火の粉に対する各種材料の脆弱性を解明するとともに、火の粉の着火性に関する評価手法を確立するための研究を行う。

サブテーマⅢ　火災周辺気流の速度場の計測精度向上に関する研究では、流れの速度分布を計測する方法である PIV(Particle Image Velocimetry)や TIV(Thermal Image Velocimetry)によって取得した火炎周辺の気流の速度場のデータを、さらに時間的、空間的に高精度化することのできる技術を提案し、実現することで、サブテーマⅠ、Ⅱの現象解明や、火災時の空中偵察・効率的な消火の実現に寄与することを目的とした研究を行う。

2.　平成 29 年度の研究計画および成果

2.1　火災旋風の発生メカニズムと発生条件に関する研究

(1)　実験研究：有風下で火災域風下に発生する火災旋風の源の候補となっているいくつかの渦について、その発生メカニズムを調べるために、小規模吹出型風洞を完成させた。また、バーナーを設計、製作し、均一な火炎を形成することができるようになった。さらに、測定系の整備・調整を行った。

また、火源風下に発生する火災旋風について、過去に行った実験の追加解析を行った。解析では、火炎の鉛直軸からの傾き θ、床面上での火炎の風下方向への引きずり長さ D と、火災旋風

発生の関係を調べた。その結果、旋風が発生する期間は θ が小さくなり、θ と D の変動が大きくなることが分かった。また、旋風が発生しない風速下では、θ の低下や θ と D の変動はなかった。

(2)　災害調査研究：平成 28 年 12 月に発生した糸魚川市大規模火災は、震災時を除けば酒田大火以来 40 年を経ての大規模な市街地火災であり、地震被害を受けてない大規模市街地火災を理解する上で重要な意味を持つ災害である。これまでの研究で、火災旋風の発生には、火災の燃焼領域の形状や寸法が大きな影響を与えることが分かっている。ところが、過去の市街地大火の延焼動態図では火災前線は分かるが、火災奥行き*[1]は分からない。そのため、燃焼領域の形状、寸法は分からなかった。本火災では火災上空からの空撮映像・写真が得られたため、火災奥行きをはじめ、市街地での大規模火災のふるまいを、過去の大火調査よりも詳細に把握することができる時間帯があった。実際の市街地火災の状況が詳細に分かれば、旋風の発生条件を変数として与える際に、より現実的な条件を与えることができるようになる。そこで、今年度は上記(1)の実験研究よりも、本火災の延焼状況の調査・解析を優先した。得られた主な結果は以下の通りである。

ある時間帯の火災の状況を地図上に落とした一例を図 1 に示す。これは、まだ燃えてないように見える建物から、最終的に燃え落ちたように見える建物までを、分かる範囲で地図上に色分けした図である。この図を用いれば、実際の市街地火災の燃焼領域の形状、寸法を知ることができる。

火災奥行きを図 2 に示す。当時は南風であったが、風上（南）方向へ延焼する火災の奥行きは、31～40 m の範囲で平均 36.5 m、風横方向に延焼する火災の奥行きは 2 点しかないが 23～28 m の範囲で平均 25.5 m となっており、平均の火災奥行きは風上方向が風横方向の 1.4 倍である。

*1　火災奥行き：火災前線の位置と、その場所での延焼方向と反対側のまさに燃え尽きようとしている火災の位置との間の距離。

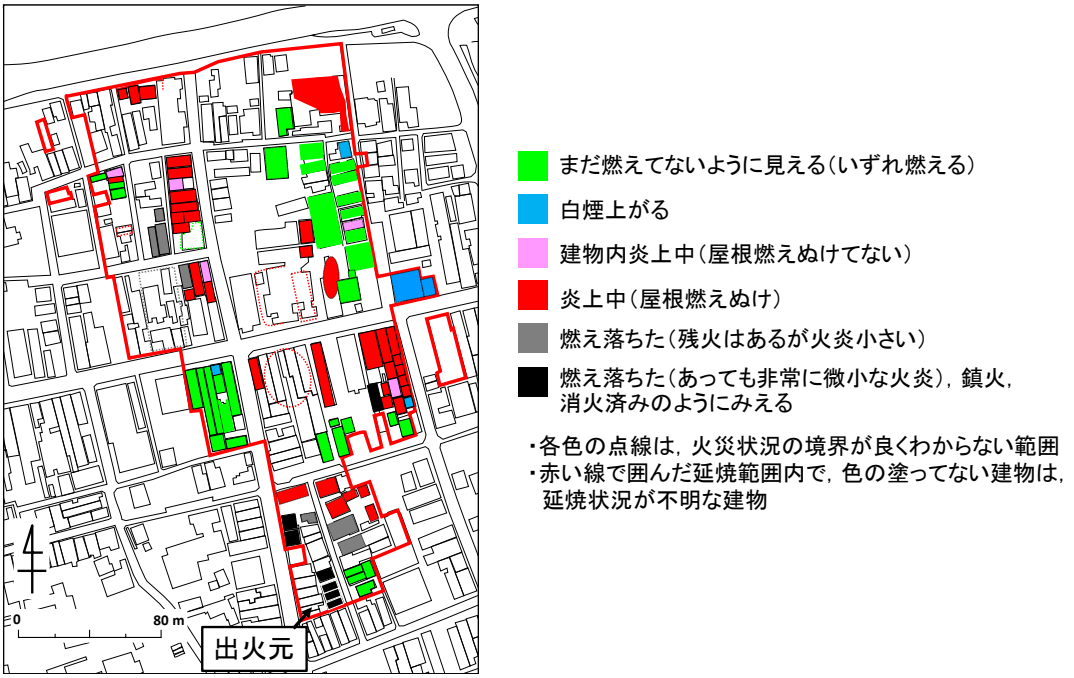


図 1　糸魚川市大規模火災の同時炎上領域図の一例
（2016 年 12 月 22 日 13 時 40 分～13 時 46 分）

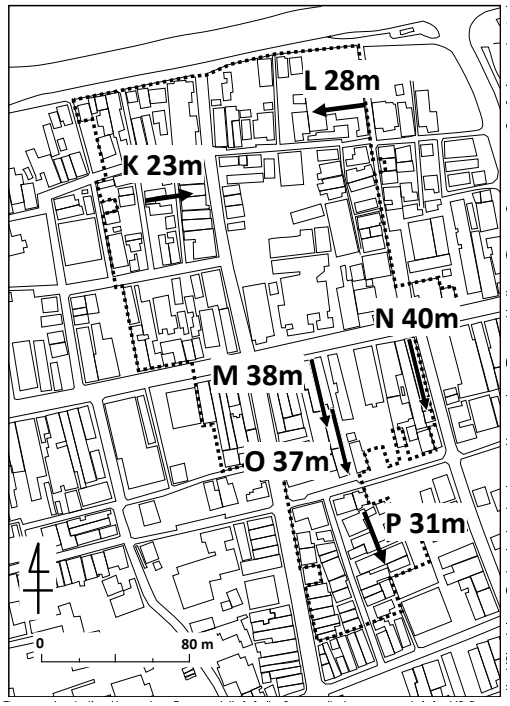


図 2　火災奥行き
矢印の長さはその場所の火災奥行き、矢印の方向は延焼方向を示す

燃焼領域の形状以外についての延焼状況に関して、明らかになった主な点は以下の通りである。

1) 本火災は、各街区に飛火して、それぞれの街区内で延焼したものが多い。
2) 街区内での延焼方向は、判明した範囲では、風下に向かうものは少なく、風横、風上に向かうものが多い（図 3)。これは、各街区での出火の多くが飛火によるもので、延焼方向が飛火地点に依存したからである。
3) 風横方向である東西方向の延焼速度は約 40～60 m/h なのに対し、風上方向である南方向の延焼速度は約 30～50 m/h と、風横方向の延焼速度の方が風上方向よりも大きい傾向にあった。この傾向は、過去の大火の傾向と一致している。
4) 風上方向の延焼速度は、同じ風速付近でみると関東大震災時の火災と大差ない。風横方向の延焼速度は、関東大震災時の値よりも小さい。
5) 延焼領域の北西部の延焼速度は、東向きの方が西向きよりも大きかった。このことは、火災から発生する上昇気流が二股に分かれて互いに逆方向に回転する渦対（Counter-rotating Vortex Pair、CVP）が地上付近で起こす風の影響と考えるとつじつまが合う。
6) 延焼範囲の北西部では、ホースから上空に出された水が東向きに流されており、これは CVP の地上付近での風向きに一致する。このことはまた、CVP が放水障害にもなる可能性を示唆している。

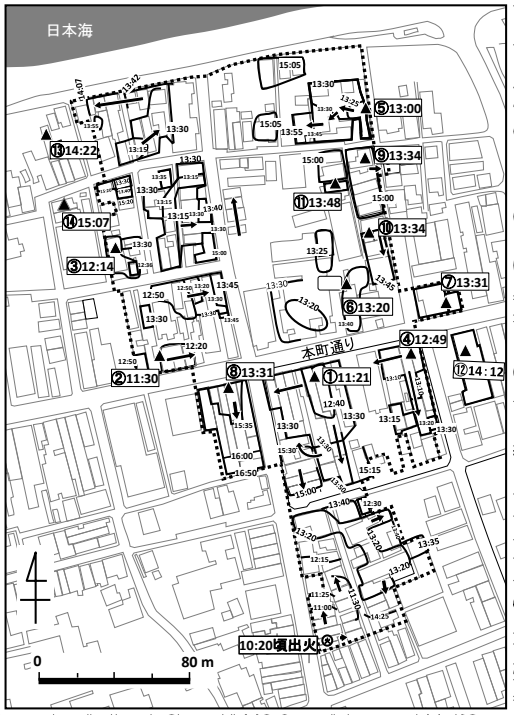


図 3　火災前線図
▲：飛火地点。矢印は延焼方向。点線は延焼範囲。四角で囲んだ時刻は飛火時刻。時刻の前の丸で囲んだ数字は飛火の順番。

さらに、飛火の位置、時刻、個数について明らかになった主な点を以下に記す。

1) 消防の記録、証言、写真、映像を基に、14 件の飛火の位置、時刻を確認した（図 3)。
2) 飛火地点は、出火地点から見て北から 25 度東方向（北北東）から 30 度西方向（北北西）の 55 度の範囲に分布していた。北方向から若干西向きに偏っていることは、風向が南から南東であったことと一致する。
3) 飛火地点は延焼範囲の海側半分を U 字型に囲むような位置にあり、延焼範囲の東西の縁に位置するものが、延焼範囲の中央部に位置するものよりも多かった。ただこれは、中央部の飛火

の情報が得られなかったためかもしれない。

4) 飛火地点のうち 4 地点は、延焼範囲内で最も道幅の広い本町通りに面した街区の風下部であった。これは、これらの街区の風下側よりも風上側からの消火活動が多かったためかもしれない。

5) 飛火をもたらした火の粉の発生街区がほぼ特定できる飛火について、火の粉の最大飛散距離は、飛火②の少なくとも 150 m である。

6) 出火推定時刻から約 1 時間後には最初の 2 件の飛火があった。このころには、この 2 件の飛火の原因となった火の粉の発生源と考えられる出火街区では、約 10 軒に延焼していた。

7) 出火推定時刻から約 3 時間後の 30 分間に飛火が集中しており、合計 6 件発生した。

8) 空撮映像から分かった飛火時刻の方が、消防の飛火確定時刻よりも早いものや、消防の記録にはないが空撮映像で判明した飛火があった。このことは、火災現場上空からの飛火早期発見の可能性を示唆している。

9) 火災現場の西側に位置する姫川河口付近の 2 つの気象観測地点で最大瞬間風速が急増した頃に、最初の飛火が発生した。しかし両者の間の因果関係は不明である。

10) 飛火の位置は、上空の煙の輪郭近傍に多い。これは CVP の影響かもしれない。ただ、延焼範囲の中央部は飛火の情報が得られていないだけで、中央部にももっと多くの飛火があった可能性はある。

11) 1 分間最大瞬間風速の風向の変動幅が大きくなった時期が飛火の開始時期と一致した。これは証言ともある程度一致する。しかし両者の間の因果関係は不明である。

12) 飛火の原因となった火の粉の発生源がほぼ特定できる最初の 2 つの飛火①、②の位置は、飛火時刻頃の火災域中央部から見た 1 分間最大瞬間風速の風向の変動範囲内および近傍にあった。

2.2　飛火現象における火の粉の着火性に関する研究

火の粉による飛火の影響は火災拡大の大きな要因となっているが、その着火性に関しては検討され始めたばかりである。何にどのように着火するのか、何が着火の主な要因なのか、ということがわかっていないため、火の粉による着火を防止する方法も分かっていない。

平成 29 年度は、火の粉による着火・発生に関して、次の研究を行った。

(1)　日本瓦屋根を対象とし、火の粉発生装置を用いた大規模・中規模実験を行い、瓦屋根付近での火の粉の挙動を観察した。大規模・中規模両方の実験で火の粉が瓦の下に潜り込む現象を確認した。着火は確認できなかったが、桟木（さんぎ）が焦げているのが確認された。潜り込んだ火の粉によって屋根の桟木・野地板等から着火に至る可能性が確認できた。

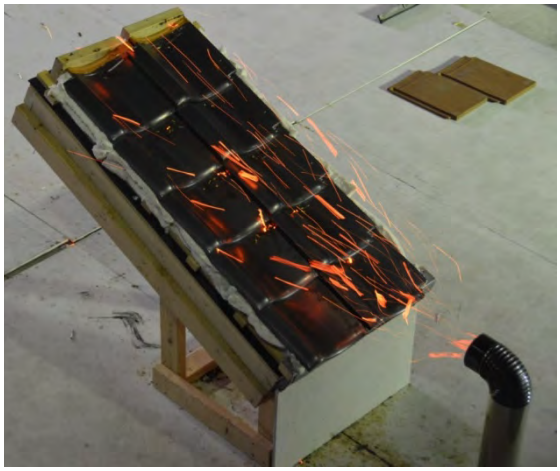


図 4　日本瓦を対象とした中規模実験の様子

(2)　屋根・壁を対象として再現性のある実験手法を確立することを目指した大規模・中規模火の粉発生実験を行った。T 字バーナーを用いて一定時間無風下で燃焼させた後、風速 6m/s もしくは 8m/s での火の粉の発生の様子と発生した火の粉の性状確認を行った。中規模実験では大規模実験を再現することのできる手法を開発することが出来た。採取した火の粉のほとんどは質量 1g、投影面積 20cm^2 以下であった。火の粉の性状に関しては継続して解析を続けていく。

(3)　糸魚川市大規模火災で採取した火の粉の解析を行った。最大の火の粉は 114g あったが、火災現場で採取した火の粉に関しては質量 0.1g 以

下の小さなものが 60%以上を占めていた。また、火の粉の投影面積と質量の間には正の相関関係が見られた。

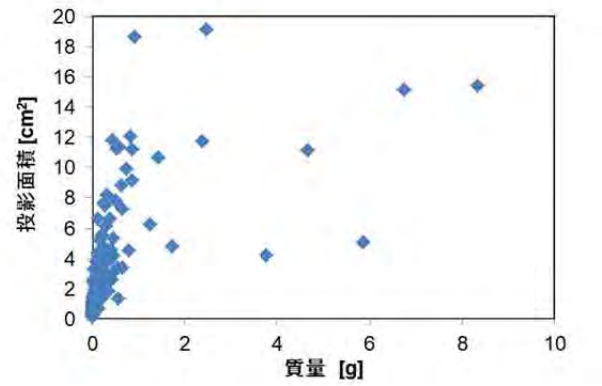


図 5　質量 10g、投影面積 20cm^2 以下の火の粉の質量と投影面積

飛火被害を受けた箇所は目撃情報、半焼家屋の状況から屋根が多いと考えられる。また、飛火を受けたと考えられる家屋の全てが瓦屋根であり、屋根の棟が火元に向いていたと考えられる。

2.3　火災周辺気流の速度場の計測精度向上に関する研究

画像相関解析の技術を用いて、屋外における気流の速度分布を計測する方法として、PIV(Particle Image Velocimetry) や TIV(Thermal Image Velocimetry)がすでに提案されているが、現在の技術では、火災旋風や飛火の現象の解明に必要な精度で火炎周辺の気流の速度場を得ることが困難である。

そこで、本研究テーマでは以下の段階を踏み、時間的、空間的に高精度な速度場を推定することが可能な技術の確立を目指す。

平成 28 年度に引き続き、既存の PIV および TIV に関する文献調査を行い、可視画像の情報から PIV の手法を用いて流れの速度を算出するためのプログラムを作成した。また、熱画像情報から流れの速度を算出する方法を確立するために必要な熱画像カメラの仕様の選定と調達を行った。さらに、速度の空間的な算出精度向上のために、可視画像カメラと熱画像カメラの時刻を同期するシステムを構築した。

3.　平成 30 年度の研究計画

3.1　火災旋風の発生メカニズムと発生条件に関する研究

(1)　風洞測定部の製作、測定環境の構築、性能試験を行う。

(2)　有風下で火災域風下に発生する火災旋風の源の候補となっているいくつかの渦について、その発生メカニズムを小規模実験によって調べる。

3.2　飛火現象における火の粉の着火性に関する研究

(1)　大規模実験・中規模実験において、火の粉に対する可燃物や家屋の着火挙動を確認し、着火防御手法等の検討を行うためのデータを採取する。

(2)　家屋を対象とした火の粉発生実験を行い、素材・試験体の大きさ・風速等の関連を整理し、検討を行う。

3.3　火災周辺気流の速度場の計測精度向上に関する研究

(1)　熱画像情報から画像内および画像相関解析時の誤差を検出する技術を確立する。

(2)　平成 29 年度に構築した可視画像情報から流れの速度を算出する方法と(1)の手法を組み合わせて、速度算出に関する空間的な精度を向上させる方法を検討する。

(3)　(2)で開発した手法の精度を定量的に検証するための基礎実験を実施する。

4.　次年度以降の研究計画

4.1　火災旋風の発生メカニズムと発生条件に関する研究

(1)　有風下で火災域風下に発生する火災旋風の発生条件と性質を調べるため、小規模実験、中規模実験を行い、風向・風速・火災域形状・発熱速度等が火災旋風の発生の有無と、発生する火災旋風の性質に及ぼす影響を調べる。

(2)　実規模の火災旋風を観測するために、野焼きの観測を行う。

(3)　実験・野外観測の結果、過去の災害・実験記録等を用いて、火災旋風の発生条件・性質を求める。

4.2　飛火現象における火の粉の着火性に関する研究

(1)　有風下で火の粉発生装置を用いて大規模実験を行い、実際の建築物においてどのような部分が着火しやすいのか、どの程度着火しやすいのかを調べる。

(2)　日本の家屋部位等を対象として、大規模実験を模疑することが可能な中規模実験手法を確立し、風速・材料の環境条件・構造等が着火性に及ぼす影響に関して検討を行う。

(3)　小規模実験により、様々な材料の着火メカニズムに関して詳細な検討を行う。

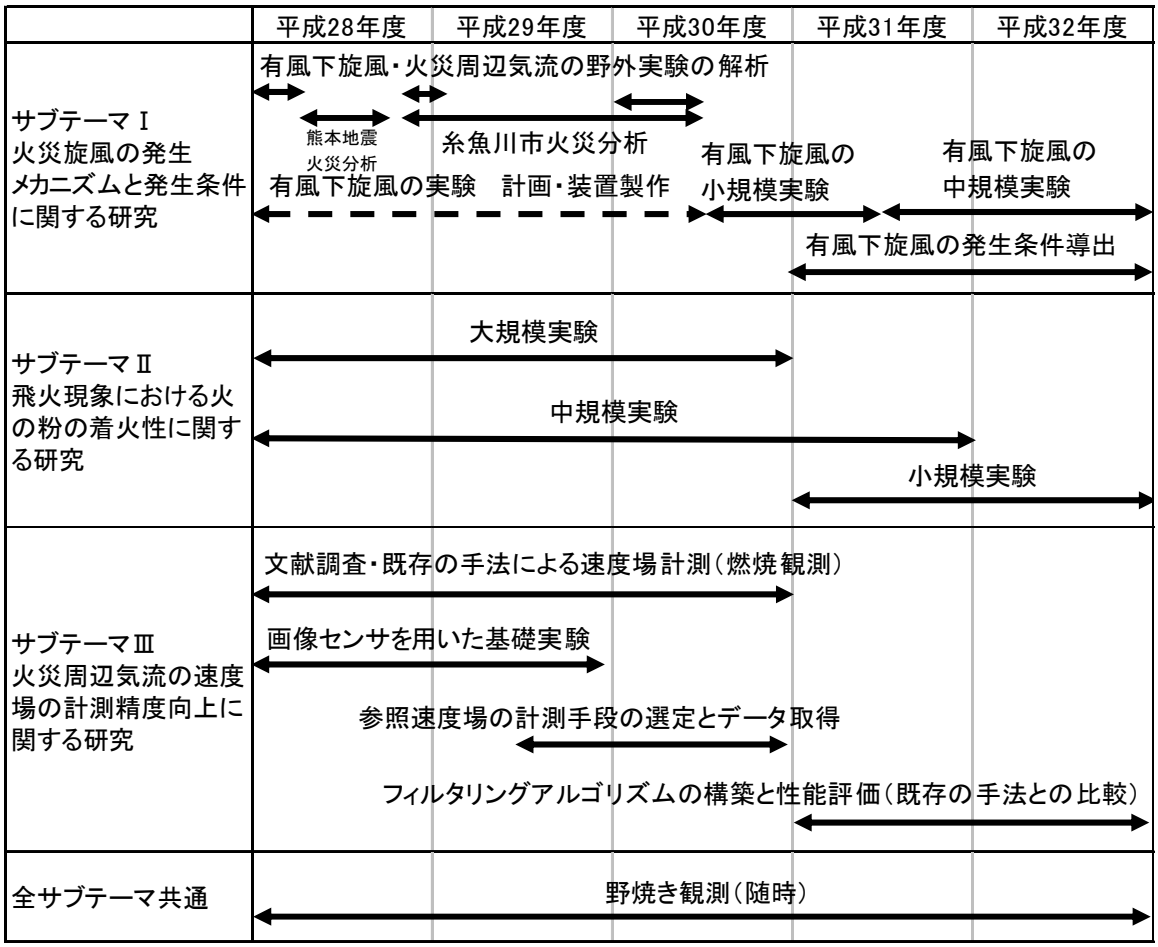
(4)　野焼きによる火の粉の発生に関して調査を行う。

4.3　火災周辺気流の速度場の計測精度向上に関する研究

(1)　これまで開発した技術を用いて、野外での計測実験を実施し、計測精度の検証を行う。

(2)　実験結果をふまえ、主に時間的な精度を高精度化するためのフィルタリングアルゴリズム改善に取り組む。

表１　５か年の研究計画



(6)　石油タンクの入力地震動と地震被害予測の高精度化のための研究

研究期間：平成 28 年 4 月～平成 33 年 3 月

技術研究部　施設等災害研究室　　畑山健、徳武皓也
火災災害調査部長　　西晴樹

1.　目的

南海トラフにおける巨大地震、首都直下地震等の切迫性を背景として、中央防災会議等の政府機関や研究機関では、それらの地震が発生した場合の強震動の予測を行ってきている。これらの強震動予測結果は、石油コンビナート地域をはじめとする大型石油タンク立地地点も、極めて大きな短周期地震動及び長周期地震動に見舞われるおそれがあることを示しており、短周期地震動による石油タンク本体の被害や、長周期地震動による石油タンクのスロッシング（液面揺動）被害の発生が懸念される。

2011 年東北地方太平洋沖地震では、東北地方太平洋沿岸部の大型石油タンク立地地点付近において、消防法令において石油タンクの耐震基準として定めている設計用の地震動レベルを大きく上回る短周期地震動が観測されたにもかかわらず、石油タンク本体には短周期地震動による被害が発生しなかった。本事例は、短周期地震動による石油タンクの応答・挙動、被害発生条件の理解がいまだ不十分であることを示している。

また同地震では、新潟県内の石油備蓄基地において、わずか 2 km しか離れていない２つの地区で、スロッシング高さが最大 1.5 倍も異なるという現象が発生した。これは、周期 10 秒程度のたいへん長い波長の地震波からなる長周期地震動といえども、短い距離で大きく変動しうることを示している。このような長周期地震動の短距離での空間較差の発生原因は、かならずしも明確ではない。また、原因が明らかになったとしても、ピンポイント的に長周期地震動を予測するための実務的手法は未開発である。

以上の問題は、石油タンクに対する実効性のある地震被害予防・軽減対策や災害拡大防止のための地震時応急対応の基礎となる石油タンクの地震時の被害予測が、現状では十分な精度でできないことを意味している。

2016 年 4 月に発生した熊本地震では、大分の石油コンビナート地域に設置されている石油タンクに長周期地震動によりスロッシングが発生し、一部の浮き屋根式石油タンクでは浮き屋根浮き室部分が破損する等の被害が発生した。この被害の発生原因の理解は、浮き屋根のスロッシング被害の予測上たいへん重要である。

石油タンク地震時被害予測を高い精度で行うには、石油タンク各部の鋼板板厚に代表される石油タンクが有する耐震性に関する状態を正確に把握する必要がある。しかしながら、汎用の板厚計を用いた板厚計測時においてはしばしば誤表示が出ることがあり、この原因はかならずしもよく理解されておらず、したがってそれへの対策もままならない状況にある。また、鋼板の腐食は、一般に不均一に進行するものであり、その結果、高経年化した石油タンクの鋼板の板厚は場所によってばらつくことになる。このばらつきがどのような分布になるかについては、まだ完全には理解がされておらず、したがって、鋼板の一部から得られた板厚計測データから鋼板全体の腐食劣化状態を統計的に推測する手法については高精度化の余地がある。

本研究では、石油タンク地震時被害予測の高精度化を目指して、(1) 既往の短周期地震動による

石油タンクの応答・挙動の解析手法の精度を検証するとともに、石油タンク被害発生条件と相関の高い短周期地震動の性状を探求すること、また、石油タンクの短周期地震動応答を予測する上で重要なパラメータの1つであるバルジング固有周期を実測し算定手法を検証すること、(2) 石油コンビナート地域の長周期地震動特性のピンポイント把握のための実務的手法を開発し、長周期地震動の短距離空間較差をもたらす地下構造中の支配的要因を解明すること、(3) 2016 年熊本地震の際の浮き屋根の被害の発生状況を詳細に把握し、被害発生が応力計算等により説明可能かどうか検討することに取り組む。また、平成30年度からは、石油タンクが有する耐震性の実力評価の高精度化を目指して、(4) 石油タンク鋼板の板厚計測誤表示の原因究明と高経年化した石油タンクの鋼板の板厚の統計的分布性状の理解の深化に取り組む。



図1　研究の概略

表 1　年度計画

研究項目	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	平成 32 年度
(1) 石油タンク被害発生条件と相関の高い短周期地震動の指標の探求	○既往の短周期地震動による石油タンクの応答・挙動の解析手法の整理・分析	○常時微動測定によるバルジング固有周期の実測と算定手法の検証	○短周期地震動による石油タンクの浮き上がり挙動の解析手法の精度検証 ○さまざまな地震記録と石油タンクデータに対する短周期地震動による石油タンクの応答・挙動の解析		○石油タンク本体に被害をもたらすおそれの高い地震動の性状の抽出
(2) 石油コンビナート地域の長周期地震動特性のピンポイント把握	○石油コンビナート地域等における強震観測の継続実施	○気象官署等に対する石油コンビナート地域の長周期地震動増幅率を定量評価 ○長周期地震動特性のピンポイント評価のための実務的計算手法の開発		○長周期地震動の短距離空間較差をもたらす地下構造中の支配的要因の解明	
(3) 2016 年熊本地震の際の浮き屋根の被害原因の検討	○被害の発生状況の詳細把握 ○被害発生原因の応力計算等による検討				
(4) 石油タンク鋼板の板厚計測誤表示の原因究明と高経年化した石油タンクの鋼板の板厚の統計的分布性状の理解の深化			○腐食試験片板厚計測によるデータ取得と蓄積 ○腐食鋼材の不均一性評価とそれに基づく板厚予測方法検討	○試験片の腐食・劣化状態と超音波波形の相関分析	

本研究の成果は、石油タンク地震被害シミュレーション技術に採り入れることにより、より精度の高い地震被害推定結果をもたらし、その結果、地震発生後の消防庁・消防機関における応急対応に役立つものである。また、国において策定している石油タンクの耐震基準の発展に寄与するとともに、耐震改修すべき石油タンクの選別をより的確に行うことに役立つものである。これらのことを通じて、南海トラフ地震・首都直下地震等に対する産業施設のレジリエンス向上が図られるものと期待できる。

2.　平成 29 度までの研究成果

2.1　石油タンク被害発生条件と相関の高い短周期地震動の性状の探求

(1)　短周期地震動による石油タンクの浮き上がり挙動の解析

既往の短周期地震動による石油タンクの浮き上がりの解析手法について整理を行い、1 自由度系弾塑性応答振動子モデルに基づく方法について、解析プログラムを作成し、その動作検証を行った。

(2)　石油タンクのバルジング固有周期の実測と算定手法の検証

2012 年に実施した硬質地盤上に立地する容量 12 万 5 千 kL の浮き屋根式工業用水タンクにおける微動測定のデータを再解析し、バルジング固有周期を実測により推定した。その結果、鉛直方向 1 次円周方向波数 1 のバルジング基本モードに対して推定された固有周期は、消防法令で定められている硬質地盤立地条件に対するバルジング固有周期の算定式（危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示第 4 条の 20）による算定値とよく一致することがわかった。バルジング固有周期の実測値の推定は、タンク基部に対するタンク側板中段の微動スペクトル比と基礎固定条件の下で実施された FEM による固有値解析の計算結果を比較照合することにより行った。

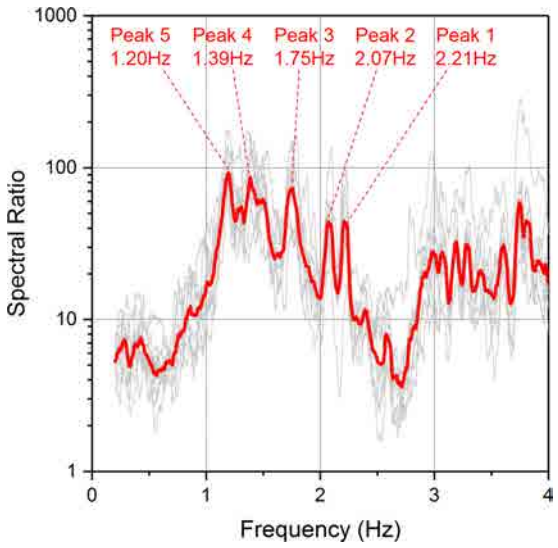


図 3　タンク基部に対するタンク側板中段の微動スペクトル比。Peak 1 が基本モードに対応すると考えられ、危告示式算定値 2.43 Hz とほぼ一致する。

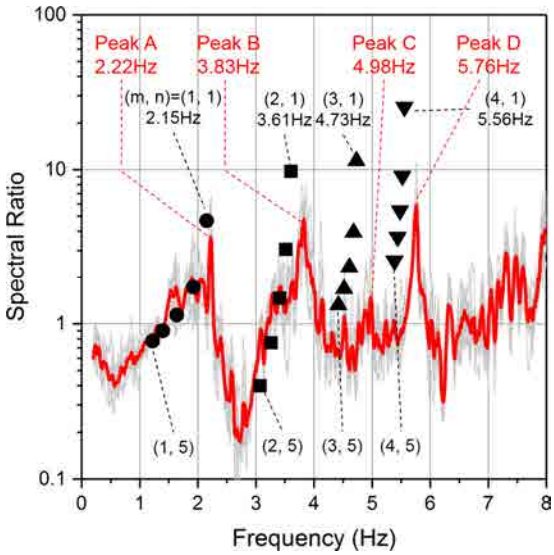


図 4　タンク最上部に対するタンク側板中段の微動スペクトル比。Peak A～D がそれぞれ、円周方向波数 1、鉛直方向 1～4 次のモードの固有周期に対応していると考えられる。

2.2　石油コンビナート地域の長周期地震動特性のピンポイント把握

(1)　2016 年熊本地震の際の長周期地震動の分析

石油コンビナート区域等における強震観測（20 地域 25 地点）を継続実施し、2016 年熊本地震等から長周期成分に富む良好な地震記録を取得した。

2016 年熊本地震本震では、大阪湾岸、東京湾岸、新潟地域等の震源から遠く離れた石油コンビナート区域でも非常に発達した長周期地震波群はが観測された。これらのスペクトルのレベルは、既存の長周期地震動経験的予測式（座間、2000）による予測結果を大きく上回った。これは、この地震では、地震の規模のわりには長周期地震動が大きいということを示唆している。この地震では、震源断層面上の地表近くの部分でも大きなすべりが生じたという解析結果がある(Asano & Iwata, 2016)。また、地表地震断層も出現した。地表地震断層も出現する場合としない場合では、前者のほうがより大きな長周期地震動を発生させるとの研究結果がある(Somerville, 2003)。これらのことにより、地震の規模のわりには長周期地震動が大きいということが説明できるかもしれない。

(2)　気象官署等に対する石油コンビナート地域の長周期地震動の増幅率の定量評価

将来、石油コンビナート等特別防災区域（特防区域）に指定される可能性が生じた羽田空港地域の長周期地震動を調べるため、気象庁が羽田空港に設置している震度観測点（J47671）及び消防研究センターが東京湾岸特防区域に速度型強震計を設置している 6 地点について、M6.5 以上、深さ 60km 以下, 羽田空港で震度 1 以上の揺れが観測された 15 個の地震の記録を用いて、観測点毎に東京千代田区大手町震度観測点（J47662）に対する疑似速度応答スペクトル（減衰率 0.5%，水平 2 成分の幾何平均）の比を計算した。2005 年消防法令改正の際の液面揺動の設計水平震度（Kh2）の引き上げでは、東京湾岸特防区域についての Kh2 は、基本的に東京千代田区大手町の気象官署における過去の地震記録の分析から得られる長周期地震動増幅特性に基づいて定められた。このため、本検討では大手町震度観測点を基準点とした。

検討の結果、これら 7 地点の長周期帯域の揺れは，東京千代田区大手町に対しておおむね 0.7～1.8 倍の間に収まっていることがわかった。詳しく見ると、東京湾岸沿岸でも、長周期地震動特性は、「川崎水江（PCKNG1）、横浜（PCKNG2）、羽田（J47671）」、「市川（PCCHB1）」、「市原（PCCHB2）、袖ケ浦（PCCHB3）、君津（PCCHB4）」の 3 つのグループに分けることができそうであること（観測点コードが「PC」で始まる観測点は消防研究センターの観測点）、例えば、「市原（PCCHB2）、袖ケ浦（PCCHB3）、君津（PCCHB4）」グループには，周期 9 秒以上の成分が他に比べて大きくなりやすいといった特徴が見られることなどがわかった。

(3)　長周期地震動特性のピンポイント評価のための実務的計算手法の開発

石油タンクにおけるスロッシングの原因ともなる堆積盆地で観測される周期数秒から十数秒の長周期地震動の主成分を表面波であるとした場合、その波長に比べて 1 波長にも満たないような短い距離で長周期地震動のスペクトル振幅が大きく異なる（例えば 1.5 倍等）事例がしばしば観測される。このような短距離間での大きな振幅較差が生じる仕組み・要因を理解することを目的として、簡単な数値実験により、横方向に不規則な地下構造の中を伝播する表面波について、短距離でそのスペクトル振幅がどの程度変化するかを調べるとともに、不規則な地下構造の中でどのような波動場が形成されているかを調べた。その結果、観測されるような短距離間での大きな振幅較差が生じ

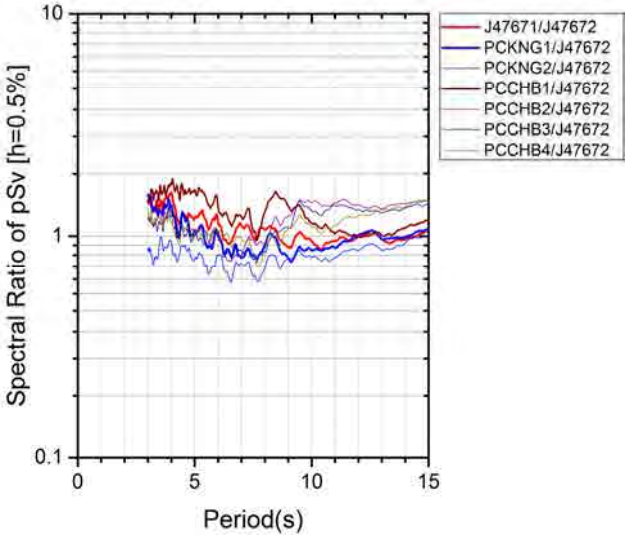


図 5　東京千代田区大手町（J47662）に対する東京湾岸特防区域・羽田空港のスペクトル比

うることは理論的な計算から確認された。また、短距離間での大きな振幅較差は、地表近くの低速度の媒質が形成する細かな構造の違いが原因である可能性があることがわかった。横方向に不規則な地下構造において形成される長周期地震動の波動場の深さ方向のフーリエスペクトル振幅分布は、入射波の条件や周期によっては、その地点直下の 1 次元地下構造から計算される表面波基本モードの固有関数の形状と概ね一致する場合があることもわかった。この性質をうまく利用すれば、対象地点直下の 1 次元地下構造モデルから簡易な方法で、長周期地震動の増幅特性を粗くではあるかもしれないが推定することが可能かもしれない。

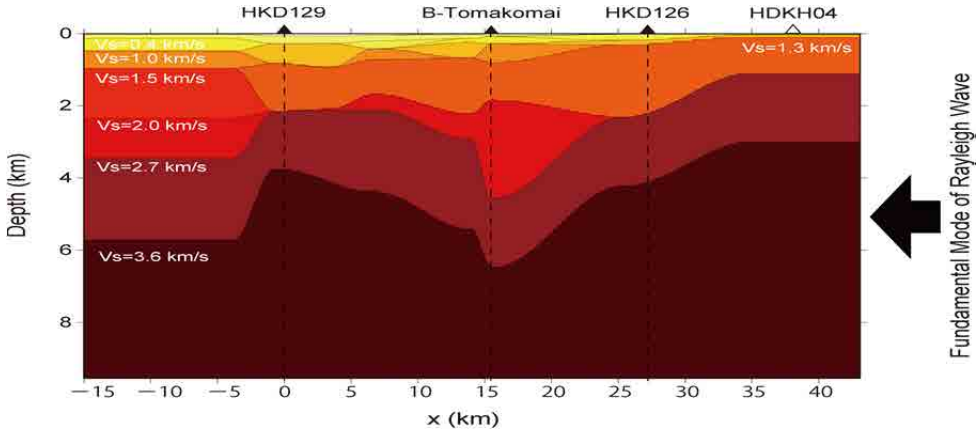


図 6　数値実験に用いた現実的な 2 次元地下構造モデル

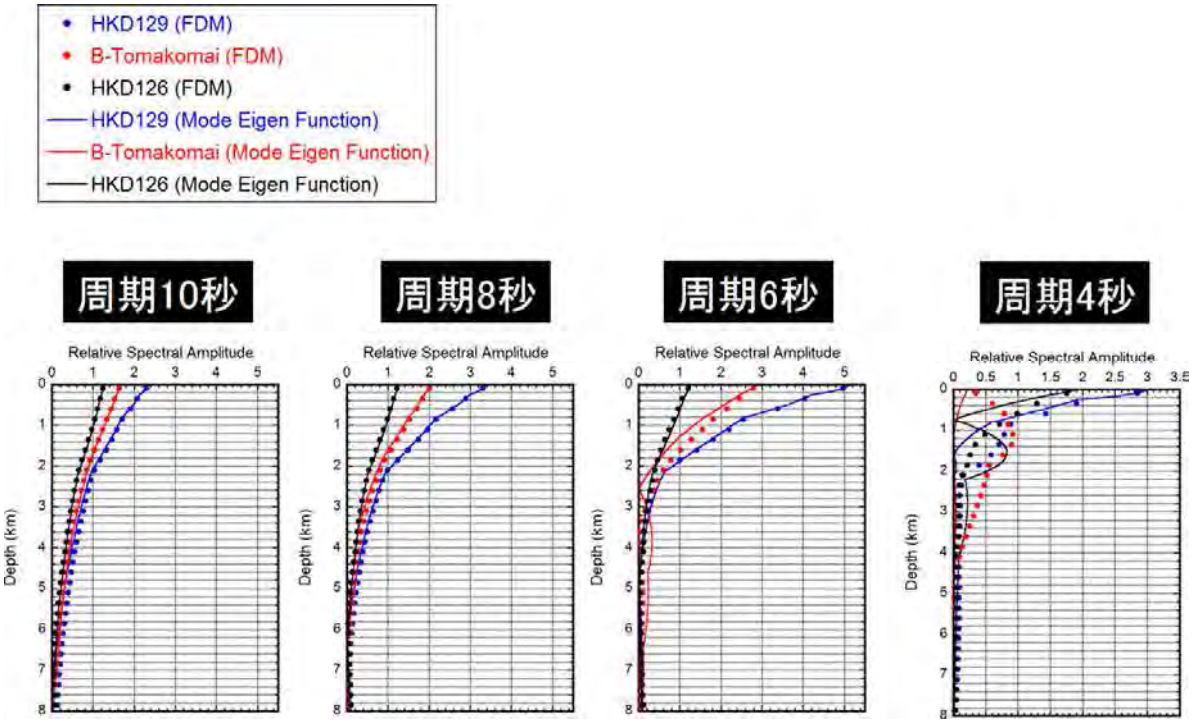


図 7　地震波動場数値計算結果（差分法）における HKD129，B-Tomakomai，HKD126 各地点直下の深さ方向の水平動フーリエスペクトル振幅分布（点）と各地点直下の 1 次元地下構造から計算される Rayleigh 波基本モードの水平動の固有関数。フーリエスペクトル振幅は HDKH04（地表）に対する相対的な値。固有関数の振幅は各地点の地表での相対的スペクトル振幅値に合わせている。周期 6、8、10 秒においては，各地点直下の深さ方向のスペクトル振幅分布は、その地点直下の 1 次元地下構造から計算される Rayleigh 波基本モードの固有関数の形状と概ね一致している（周期 4 秒ではよい一致が見られない）。

2.3　2016 年熊本地震の際の浮き屋根の被害原因の検討

2016 年熊本地震の際に、大分の石油コンビナート地域の浮き屋根式石油タンクでスロッシングにより発生した浮き屋根浮き室部分の被害について、被害発生状況を詳細に把握すること等を目的として 3 度にわたる現地調査等を実施した。その結果、この地震の際、大分地区の石油コンビナート区域では、一部の周期で同区域に対して定められている Kh2 に相当する速度応答を上回る大振幅の長周期地震動が観測されたこと、同区域内の浮き屋根式石油タンクでは、液面上昇量 0.3～1.9m のスロッシングが発生したことがわかった。同区域内の強震観測記録に基づくスロッシング高さの推計値は、実測値とおおむねよく合っているが、実測値が推計値を上回る傾向が見られた。これは、地震計設置位置よりも、タンクサイトのほうが長周期地震動が大きかった可能性を示唆している。同区域内では、2 基のタンクの浮き屋根のポンツーンが損傷して油が室内に滞留したり、25 基のタンクで液面計の故障・不具合したりするなどの被害が発生した。浮き屋根のポンツーンが損傷したタンクは、容量 10 万 kL 原油タンク 1 基（1 室破損）と容量 2 万 kL ガソリンタンク 1 基（2 室破損）であった。損傷はいずれも外リムとポンツーン下板の接続部に開口が生じたものであった。浮き屋根のポンツーンが損傷したタンク 2 基について、同区域内の強震観測記録に基づいて、平成 17 年消防危第 14 号及び平成 18 年消防危第 157 号の基になっている方法により浮き屋根外周部ポンツーンに発生した応力を推計したところ、発生応力は降伏応力を上回らなかった。被災した浮き屋根はローデッキタイプであるが、この形式では用いた応力推計式では考慮できないような応力集中が生じるおそれが指摘されており［屋外タンク貯蔵所浮屋根審査基準検討会報告書（危険物保安技術協会、2004）］、このことがくいちがいの原因となっている可能性も考えられる。

3.　平成 30 年度の研究計画

3.1　石油タンク被害発生条件と相関の高い短周期地震動の性状の探求

(1)　地震動による石油タンクの浮き上がりについて、過去の地震時における実事例（浮き上がりの有無と浮き上がりが発生した場合にはその最大浮き上がり推定量）の再現を、これまでに提案されている計算手法や現在開発中の計算手法により試みることを通じて、これらの計算手法の精度検証を行う（国立大学法人鳥取大学大学院工学研究科との共同研究）。

(2)　石油タンク本体に被害をもたらすおそれの高い地震動の特徴（指標）を見出すため、既往解析手法により、さまざまな地震記録と石油タンクデータに対して短周期地震動による石油タンクの応答・挙動の解析を行う。

(3)　硬質地盤上に立地するいくつかの大きさの円筒縦置き型鋼製タンクについて、常時微動測定によりバルジング固有周期を実測し、既往の簡易算定手法の検証を行う。

3.2　石油コンビナート地域の長周期地震動特性のピンポイント把握

(1)　石油コンビナート地域等で行ってきた強震観測（20 地域 25 地点）を継続実施し、石油コンビナート地域における地震観測記録を蓄積する（継続）。

(2)　長周期地震動特性のピンポイント評価のための実務的計算手法を開発するため、2 地点の 1 次元地下構造モデルから長周期地震動増幅特性の相対比較を行えるようにするための計算手法の検討を数値模型実験等により行う（継続）。

3.3　石油タンク鋼板の板厚計測誤表示の原因究明および高経年化した石油タンクの鋼板の板厚の統計的分布性状の理解の深化

(1)　超音波板厚計測装置を用いて腐食が進行した鋼板における板厚計測を行い、超音波波形および板厚データの取得・蓄積を行う。

(2)　鋼材で生ずる腐食の統計的特徴を把握するため、取得した板厚データの分布評価を行う。

4.　平成31年度以降の研究計画

4.1　石油タンク被害発生条件と相関の高い短周期地震動の性状の探求

(1)　既往の短周期地震動による石油タンクの応答・挙動の解析手法を、さまざまな地震記録と石油タンクデータに適用することにより、石油タンク本体に被害をもたらすおそれの高い地震動の特徴（指標）を見出す。

(2)　硬質・軟弱地盤上に立地するさまざまな大きさの円筒縦置き型鋼製タンクについて、常時微動測定によりバルジング固有周期を実測し、既往の簡易算定手法の検証を行う。

4.2　石油コンビナート地域の長周期地震動特性のピンポイント把握

(1)　石油コンビナート地域等で行ってきた強震観測（20地域25地点）を継続実施し、石油コンビナート地域における地震観測記録を蓄積する（継続）。

(2)　石油コンビナート地域とその直近の気象官署等における地震記録を比較することにより、気象官署等に対する石油コンビナート地域の長周期地震動の増幅率を定量評価する。消防法令において石油タンクのスロッシングに関する耐震基準として石油コンビナート地域等ごとに定めている安全性照査用の地震動レベルは、その石油コンビナート地域等の直近の気象官署等において永年蓄積された地震観測記録の分析に基づいて定められたものであるが、石油コンビナート地域等とその直近の気象官署等における長周期地震動特性の相違を検証することは、石油タンクの耐震基準を発展させる上で重要である。

(3)　長周期地震動特性のピンポイント評価のための実務的計算手法を開発し、開発した手法等を用いた数値計算により、地下構造のどの部分の違いが長周期地震動にどの程度の違いをもたらしているか定量的に分析することを通じて、長周期地震動の短距離空間較差をもたらす地下構造中の支配的要因を解明し、石油コンビナート地域の長周期地震動特性のピンポイント把握のための一方策とする。

4.3　石油タンク鋼板の板厚計測誤表示の原因究明および高経年化した石油タンクの鋼板の板厚の統計的分布性状の理解の深化

(1)　腐食鋼材の超音波波形と板厚データの取得・蓄積を継続して行う。

(2)　蓄積された超音波波形の分析と腐食試験片の形状および劣化状態の正確な把握を通じて、鋼材の腐食・劣化が超音波波形へ及ぼす影響を明確にすることで、誤表示が生じない板厚計測のために必要な条件を明らかにする。

(3)　腐食鋼板が持つ統計的分布性状を考慮し、鋼板の一部から得られた板厚データから全体の腐食を精度よく予測する手段を考案する。

(7)　泡消火技術の高度化に関する研究

研究期間：平成 28 年 4 月～平成 33 年 3 月

技術研究部　危険性物質研究室　内藤浩由

1.　目的

危険物施設の老朽化に伴い、図 1 に示す火災・流出等の事故発生件数は、最も低い平成 6 年時に比べ、約 2 倍に増加している。直下型地震等による危険物施設の大規模災害の発生リスクは非常に高まっており、また科学技術イノベーション総合戦略 2015 では、地震・津波発生時における石油タンクなどの重要インフラ設備の災害・事故対策、消火技術に関する開発に取り組むこととされ、泡消火技術に関する研究は、今後、災害に備えるべき重要な課題である。

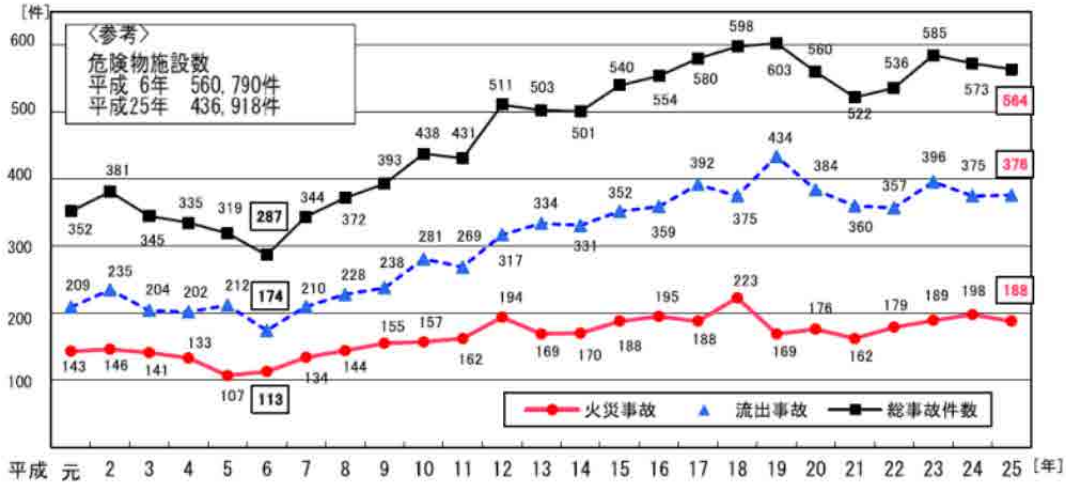


図 1　危険物施設の火災及び流出事故件数の推移
（平成 26 年 5 月消防庁危険物保安室報道資料より抜粋）

特に石油タンク火災や流出油火災時の消火対応としては、泡消火が最も有効であるが、その泡消火過程は、燃料の種類、泡の投入方法、泡消火剤の種類、泡性状（起泡性、保水性、流動性）が関与する極めて複合的な現象（図 2）であるため、泡の性能を定める「泡消火薬剤の技術上の規格を定める省令」においても、消火性能評価試験の実験条件等は、海外の規格の条件を参考にしたり、また経験的に取り決められていたりするのが現状である。また現在、危険物用に販売されている泡消火薬剤は、規格省令試験には合格し、一定の実験条件等（ガソリン・n-ヘプタン、所定の寸法・形状の火皿や発泡器等）における泡消火性能評価であり、それ以外の消火性能データ等の蓄積は、ほぼなされていないのが現状である。そのため、泡消火性能の定量的な評価は、極めて難しく、大規模石油タンク火災等に対する詳細な消火戦術や、より効率的な泡消火技術の提案までには至っていないのが現状である。

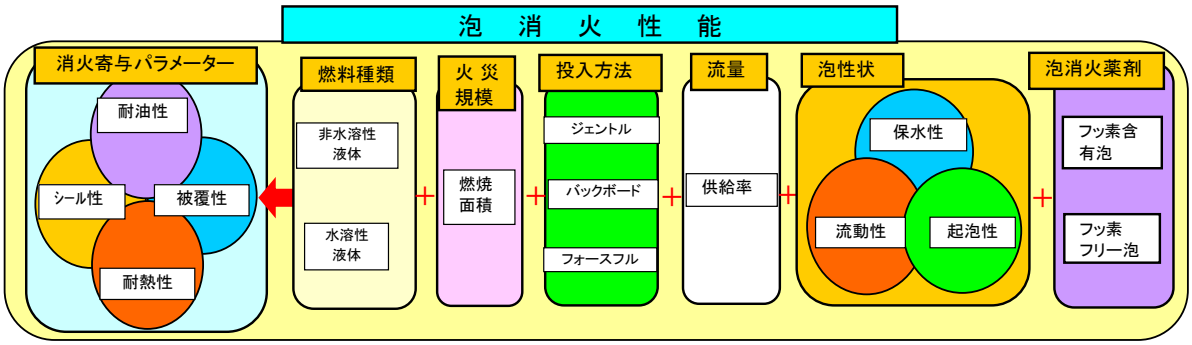


図 2　泡消火性能に寄与するパラメーター

これまで、消防研究センターにおいて、フッ素含有及びフッ素フリー泡消火薬剤に対し、泡性状（起泡性・保水性）、泡供給率（単位面積、単位時間あたりの泡投入量）の違いによる泡の消火性能について検討し、限定的な条件ではあるが、泡消火に対する最適な泡性状及び泡供給率を明らかにしてきた。さらに、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検討も行い、固定泡消火設備等で現在使用されているフッ素含有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、泡性状に対する泡供給率も示してきた。具体的には、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）」において、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で、同等な消火性能を得ようとした場合、各泡性状に対する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。係数の算出においては、最も消火効率の高い泡性状で得られる、最小消火限界泡供給率と、各泡性状の消火限界泡供給率との比を「泡性状係数 A」と定義し、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ができた。

しかしながら、図 3 に示すように、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、また火災規模によっても泡消火性能は大きく影響するため、これらパラメーターに対する、各種係数の検討を併せて行い、最終的に、フッ素フリー泡消火薬剤代替時の泡供給率を示すことを目的とする。

【フッ素フリー泡消火薬剤に対する泡供給率：Y[*1]】　＝　：研究目的

【告示の泡供給率：4 L/min/m^2】×【泡性状係数:A[*2]】　：検討済

×【スケール係数:B[*2]】×【泡投入係数:C[*2]】×【燃料係数:D[*2]】　：検討課題

＊1　：実設備可能な上限値及び安全率や経済性を要検討
＊2　：係数 A～D は、1 ＜ A～D ＜ 実設備可能な上限値

図 3　フッ素フリー泡消火薬剤代替時の泡供給率の各係数について

2.　平成 28 年度の研究計画および成果

(1)　油種の違い（ガソリン、灯油、軽油、A 重油）による泡消火性能の検討

フッ素フリー泡消火薬剤で、同等な消火性能を得ようとした場合、各泡性状に対する泡性状係数を乗じた泡供給率で対応する必要があり、また消火対象となる燃料種によっても、泡消火性能は大きく異なることから、各非水溶性液体燃料に対しても、図 3 に示す泡性状係数 A と同様に、燃料係数 D[-](以下 D)を定める必要がある。D の算出においては、基準燃料を n-ヘプタンとして、n-ヘプタンの積算放射熱量抑制効果γ[%]（消火性能の指標）に対する、各泡消火薬剤及び各燃料で得られる γ の比を、燃料係数 D と定義した。表 1 に、各泡消火薬剤における、最も消火効率が高い泡性状・泡供給率となる、最小消火限界泡供給率 Qc_{min}[L/min/m^2]（以下 Qc_{min}）の、各燃料に対する γ と D の関係を示す。n-ヘプタンに対しては、各泡消火薬剤に対して、γ が約 70[%]（γ が 70[%]の条件は、火炎抑制及び消火可能な閾値（いきち））になるように、泡性状に対する消火限界泡供給率 Qc（以下 Qc）を定めており、そのγ値を基準として、各種燃料の D を算出した。

その結果、ガソリンは、最小消火限界泡供給率 Qc_{min} に対し、粘性付与水成膜泡（以下 AR-AFFF）、フッ素たん白泡（以下 FP）で各々2.7、4.5 倍、フッ素フリー粘性付与水成膜泡（以下 N-AR-AFFF）、フッ素フリーたん白泡（以下 N-FP）で 3.0、6.5 倍、また軽油は、AR-AFFF、FP で 0.9、1.3 倍、N-AR-AFFF、N-FP で 0.9、5.4 倍、そして A 重油は、AR-AFFF、FP で 1.4、4.5 倍、N-AR-AFFF、N-FP で 2.9、4.6 倍の泡供給率で消火対応する必要があると考えられる。

表 1　各種燃料に対する積算放射熱量抑制効果 γ と燃料係数 D

泡消火薬剤	泡供給率Q[L/min/m^2]	発泡倍率E[-]	還元係数C[s^{-1}]	積算放射熱量抑制効果γ[%]				燃料係数D[−]			
				n-ヘプタン	ガソリン	軽油	重油	n-ヘプタン	ガソリン	軽油	重油
AR-AFFF	0.69(Qc_{min})	8.0	0.0011	76	28	86	55	1.0	2.7	0.9	1.4
N-AR-AFFF	1.70(Qc_{min})	8.0	0.0011	70	23	78	24	1.0	3.0	0.9	2.9
FP	0.81(Qc_{min})	4.0	0.0022	67	15	52	15	1.0	4.5	1.3	4.5
N-FP	0.97(Qc_{min})	10.2	0.0027	65	10	12	14	1.0	6.5	5.4	4.6

さらに、燃料の種類（n-ヘプタン、ガソリン、軽油）に対する、泡の油面被覆面積と放射熱の関係も併せて調べ、油種の違いによる泡消火性能の検討を行った。図 4 に各燃料に対する放射熱の減少速度が最大となる時刻での、タンク面積に対する泡の被覆率と、その時刻における自由燃焼時の平均放射熱に対する放射熱の減少率を放射熱抑制効果[%]と定義して示す。n-ヘプタンは、図 4 の右上の領域に位置し、被覆面積が約 80~100[%]被覆することにより、放射熱を自由燃焼より約 60~80[%]程度まで低減することが可能となる。軽油は、図 4 の中央の領域に位置しており、被覆面積を約 30~50[%]被覆すれば、放射熱を自由燃焼より約 30~80[%]の範囲で低減することが可能となり、低い被覆率でも火炎抑制可能な燃料といえる。逆に、ガソリンにおいては、図 4 の右下の領域に位置し、被覆面積を約 75~100[%]被覆しても、放射熱は自由燃料時に比べ、約 10~30[%]しか低減できない。詳細な検討は必要となるが、Qc_{min} の条件では泡の厚さが薄く、また蒸気圧が他の燃料に比べて高いことなどから、消火性能が大きく低減したと考えられる。

従って、n-ヘプタン及び軽油においては、泡の被覆面積増加と放射熱低減に強い相関性を示し、ガソリンは相関性が低く、最小消火限界泡供給率 Qc_{min} では、消火困難であることが明らかとなった。

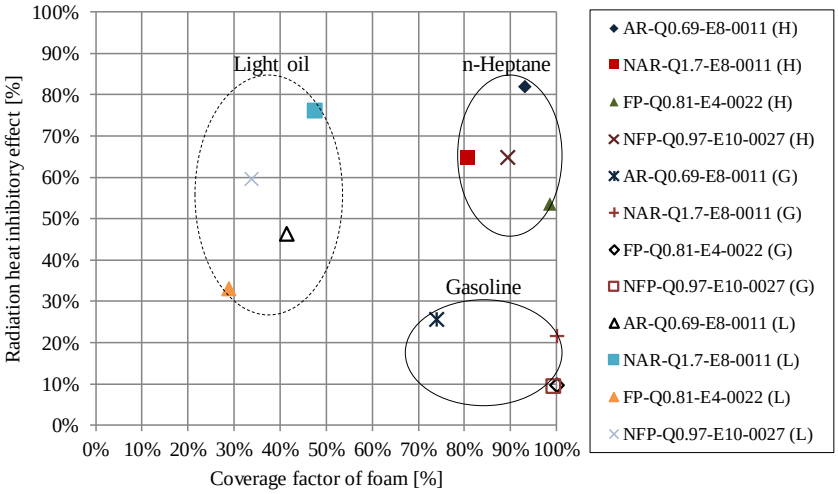


図 4　各種燃料に対する泡の油面被覆率と放射熱抑制効果

(2)　火災規模による泡消火性能の検討

泡消火における泡の被覆速度と抗力の関係を表す無次元数としてフルード数があるが、火災規模による泡消火性能の検討を行う場合、模型側の泡の被覆速度を、タンクスケール比の 1/2 乗で変化させる必要がある。そのため、平成 28 年度は、泡の被覆速度と泡性状（発泡倍率、還元係数）を可変できるノズル開発に着手し、既存の泡性状コントロールノズル構造を基に、出口形状や泡の投入方法を変更し、泡水溶液流量一定のもと、泡の油面被覆速度の制御可能なノズルの試作を行い、泡の油面被覆速度のレーザー計測等を行うことができた（写真 1）。しかしながら、泡性状の制御が極めて困難であり、次年度も引き続き、改良・試作等を行う必要がある。

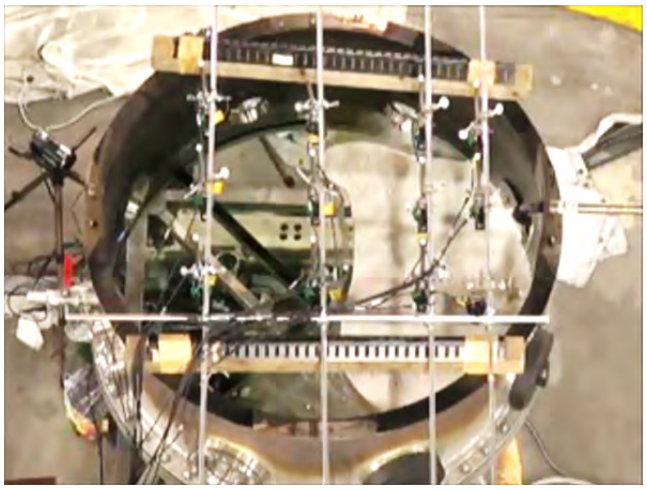


写真 1　泡の油面被覆速度レーザー計測時の様子

3.　平成 29 年度の研究計画および成果

(1)　油種の違いによる泡消火性能の検討【継続】

平成 28 年度に、n-ヘプタン、ガソリン、軽油、A 重油燃料に対する、フッ素含有泡、フッ素フリー泡の消火実験を実施し、n-ヘプタンの積算放射熱量抑制効果（以下 γ）に対する、各泡消火薬剤および各燃料で得られた γ の比を、燃料係数 D と定義し係数を定めたが、この D を用いた消火実験

を実施した結果、各泡消火薬剤に対して約 10～20%程度過大に見積もられていることが、消火実験結果より明らかとなった。そのため、平成 29 年度は、泡供給率をパラメーターとした時の、各燃料の消火実験を実施し、γ=70%（消火時の閾値）となる各燃料係数 D の再検討を実施した。

図 5 に、泡消火薬剤毎に任意設定した各泡供給率（以下 Q）に対する γ を、燃料種別に示す。また、同図には、γ が 70[%]となる基準線を点線にて示した。

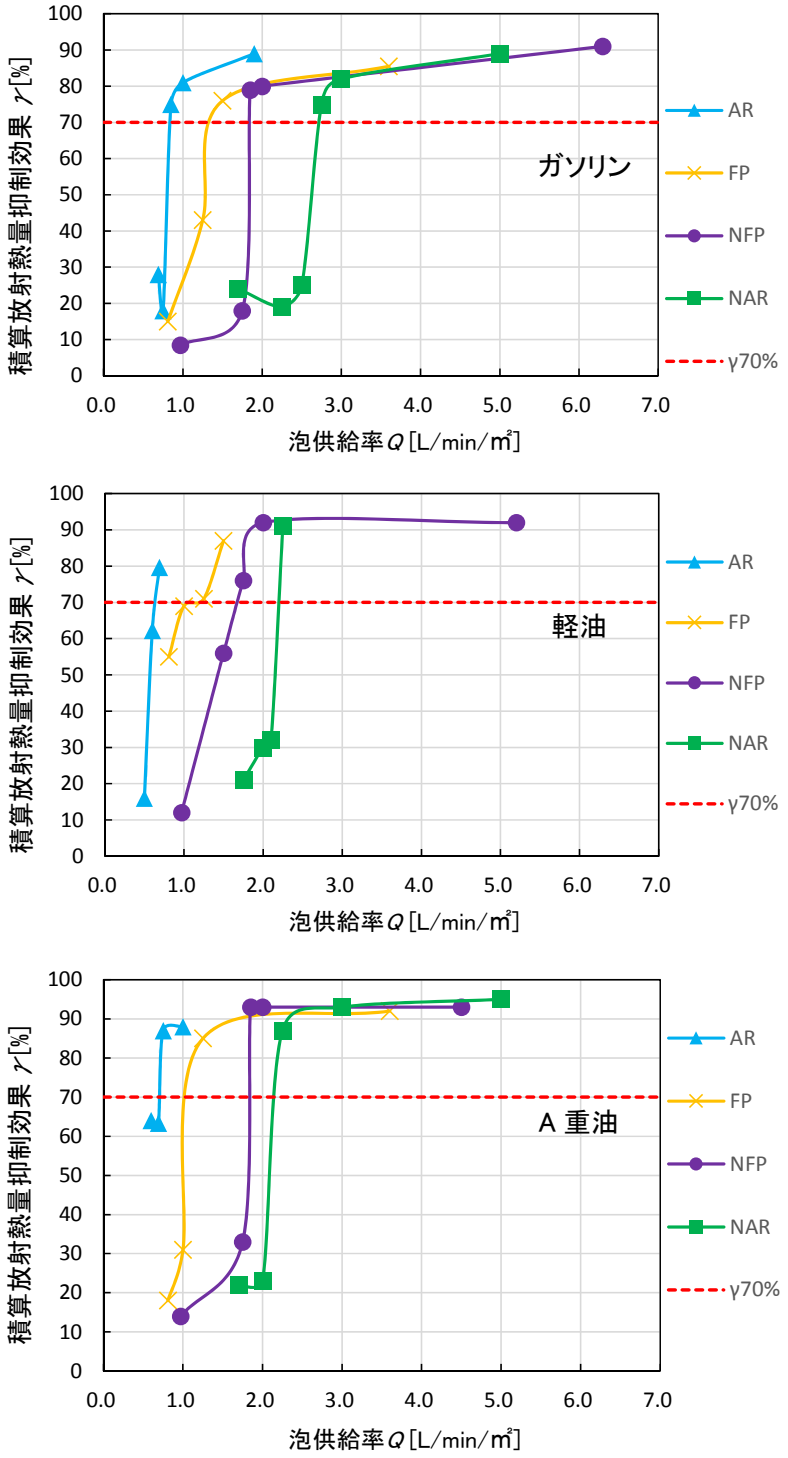


図 5　各泡消火薬剤の泡供給率 Q に対する積算放射熱量抑制効果 γ の関係
（上図 ： ガソリン、 中図 ： 軽油、下図 ：A 重油）

γは、各条件固有のQで急激に増加し、Qが一定値以上となると、当該値によらず80～90%に収束する傾向を示した。同様にQが一定値を下回る場合も、γはQによらず10～20%に収束する傾向を示した。これら傾向は、過去に実施したn-ヘプタンの消火実験と類似しており、消火対象に対してQが不充分であると、消火困難になることを示している。また、γが急激に増加するQは、泡消火薬剤や燃料種によって異なり、各々に最適なQが存在している。さらに、泡消火薬剤別にQを比較すると、同じγを得るために必要なQは、何れの燃料種でも AR-AFFF ＜ FP ＜ N-FP ＜ N-AR-AFFF の順となった。これは、本実験条件においてAR-AFFFが各燃料種に対して最も低いQで消火対応できることを示している。逆にフッ素フリー泡消火薬剤であるN-AR-AFFF及びN-FPは、相対的に高いQが必要となることがわかる。なお同等のγを得るためには、N-AR-AFFFは、AR-AFFFに対して約2.5～3.5倍のQが必要となり、またN-FPは、FPに対して、約1.5～2.0倍のQが必要となる。フッ素系界面活性剤が消火性能に寄与する割合は、AR-AFFFが相対的に高いといえる。

さらに、γ=70[%]の基準線を上下に挟む2点から直線近似にて算出した消火限界泡供給率Q_{C70}（以下Q_{C70}）を、各泡消火薬剤、及び燃料種別に表2に示す。また同図には、ベンチマークであるn-ヘプタン消火実験でのQc_{min}を併記するとともに、両者の比として算出した燃料係数Dを示す。ここで表2より、各泡消火薬剤のDは何れもn-ヘプタン（D=1.0）と比較して同等又はそれ以上の値を示しており、燃料種に起因する消火性能の差異が定量的に算出された。また、軽油及びA重油の消火実験にて、AR-AFFFを使用した場合のDが約1.0倍となり、ガソリン消火実験にて N-FP を使用した場合は、約 1.9 倍となる。Dは、条件によって最大で2倍程度の差が生じることが明らかとなった。またAR-AFFFとFPの泡消火薬剤について、フッ素系界面活性剤含有の有無から D を比較すると、燃料種にもよるが、フッ素フリー泡消火薬剤でそれぞれ1～4割高い値を示した。また、n-ヘプタン消火実験においては、同等の Qc_{min} を示したAR-AFFFとFPであるが、軽油やA重油に対する消火実験では、両者の Q_{C70} に差が生じている。Dで比較すると、FPがAR-AFFFに対して5割程度高い値となった。この差異について、軽油及びA重油の燃焼は、時間経過に伴い油温上昇するため、泡の被覆速度が相対的に遅い FP は、油温が上昇しやすく、消泡が促進されたものと考えられる。また、D を燃料種別に評価すると、特にガソリンで、Dは高い値を示し、n-ヘプタンに対し約2～9割程高いDで対応する必要があることがわかった。

表2　各種燃料に対する消火限界泡供給率Q_{c70}と燃料係数Dの関係

泡消火薬剤	Q_{Cmin}[L/min/m^2]	Q_{C70}[L/min/m^2]			燃料係数 D[-]			
	n-ヘプタン	ガソリン	軽油	A重油	n-ヘプタン	ガソリン	軽油	A重油
AR-AFFF	0.69	0.84	0.64	0.72	1.00	1.22	0.93	1.04
N-AR-AFFF	1.71	2.73	2.20	2.18	1.00	1.59	1.28	1.28
FP	0.81	1.45	1.13	1.18	1.00	1.80	1.39	1.46
N-FP	0.97	1.84	1.68	1.81	1.00	1.89	1.73	1.87

(2)　火災規模による泡消火性能の違いを検討【継続】

泡の被覆速度と泡性状（発泡倍率、還元係数）を可変できるノズル開発に着手し、泡の油面被覆速度及び泡性状の制御も併せて可能となるノズル開発を行った。図6に示す、泡の油面被覆速度レーザー計測装置を用い、AR-AFFF、Q=0.75[L/min/m^2]、発泡倍率（以下E[-]）12倍の一定条件のもと、泡の保水性の指標となる還元係数（以下C[s^{-1}]）を3段階（保水性：高、中、低）に可変した時の、

泡投入開始から 60 秒後の泡被覆状況を写真 2 に示す。写真 2 より、泡性状の違いにより、泡の油面被覆速度は大きく異なることが明らかとなった。引き続き、各泡消火薬剤、泡供給率、泡性状の違いによる、各被覆速度のデーター取得を行い、模型側の泡の被覆速度を、実タンクスケール比の 1/2 乗（フルード相似則）になる条件を検討する。

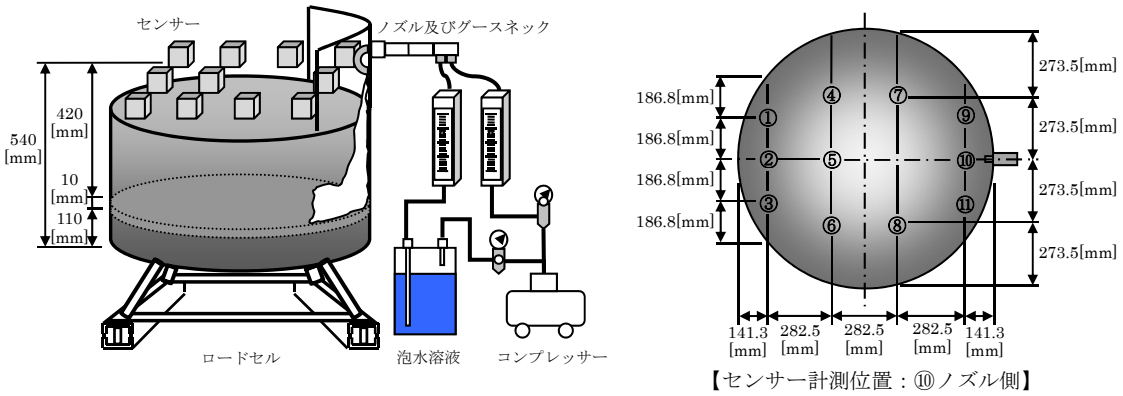


図 6　泡の油面被覆速度レーザー計測実験装置の概略



C=0.001[s^{-1}](保水性：高)　C=0.002[s^{-1}](保水性：中)　C=0.005[s^{-1}](保水性：低)

写真 2　泡性状（保水性）の違いによる油面被覆速度計測の様子（泡放出 60 秒後）

4.　平成 30 年度の研究計画

(1)　火災規模による泡消火性能の違いを検討【継続】

開発した泡ノズルを用い、消火実験を実施し、火災規模による泡消火性能の違いを検討する。

(2)　泡の投入方法の違いによる泡消火性能の検討

泡の投入方法を可変した場合の泡消火性能の検討を行う。

5.　次年度以降の研究計画

(1)　火災規模による泡消火性能の違いを検討【継続】

火災規模が泡消火性能に及ぼす影響等を検討し、「スケール係数 B」の検討を行う。

(2)　泡の投入方法の違いによる泡消火性能の検討【継続】

泡の投入方法の違いによる、泡消火性能の評価を行い、「泡投入係数 C」の検討を行う。

(3)　泡消火予測に関する検討

泡消火薬剤、泡性状、油種、泡投入方法、火災規模の効果を加味した、フッ素フリー泡消火薬剤代替時の泡供給率の検討を行う。

6.　泡消火技術の高度化に関する研究計画

研究内容に基づく(1)～(4)の 5 か年研究計画の予定を表 3 に示す。

表３　５か年の研究計画

研究課題	H28	H29	H30	H31	H32
泡消火技術の高度化に関する研究	(1) 油種の違いによる泡消火性能の検討		(3)投入方法の違いによる泡消火性能の検討		
	(2)火災規模による泡消火性能の検討				
					(4)泡消火予測の検討

7.　研究成果と活用（アウトプット、アウトカム）

危険物施設の大規模災害発生のリスクに備え、泡消火予測の研究成果（アウトプット）を基に、泡消火薬剤と発泡器のペア認定等、泡消火技術の高度化を促すような法令整備や迅速且つ効率的な消火（アウトカム）が可能となる。また、既存のフッ素含有泡消火薬剤の規制が進み、フッ素フリー泡消火薬剤へ代替した場合の技術指針（アウトカム）も併せて示すことが可能となる。

(8)　化学物質の火災危険性を適正に把握するための研究

研究期間：平成 28 年 4 月～平成 33 年 3 月

技術研究部　危険性物質研究室　岩田雄策

1.　目的

現代社会において、科学技術の発達および社会環境の変化にともなって、膨大な種類の化学物質が製造・使用されている。さらに、化学物質は貯蔵・取扱の形態によって、種々の火災危険性を有する。化学物質を取り扱う危険物施設等が、一旦、火災となると多大な人的被害および経済的損失をもたらす。化学物質の火災を予防するためには、多岐に及ぶ化学物質の火災危険性を適正に把握し、火災予防・被害軽減対策を立案しておくことが重要である。しかしながら、消防法等を含む従来の火災危険性評価方法では、加熱分解、燃焼性、蓄熱発火および混合等に対する危険性評価が困難で不十分な場合がある。

本研究課題では、化学物質および化学反応について、現在把握できていない火災危険性を明らかにするために、適正な火災危険性評価方法を提言することを目的とする。提言した評価方法を用いて得られた火災危険性に関する知見は、化学物質による火災に対する予防・被害軽減対策に役立てることができる。

2.　平成 29 年度の研究計画及び成果

(1)　熱量計等を用いて定量的な分解危険性評価方法に関して基礎データを得ることを目的とした。有機過酸化物である DTBP（ジ-tert-ブチルペルオキシド）のトルエン溶液を試料として実験を行った。発熱量に対する試料量および気相における分解反応を検討し、昨年度提案した分解危険性評価法についてその妥当性を検証した。

(2)　燃焼速度、燃焼熱および発熱速度等を指標とした燃焼危険性評価方法を得ることを目的とした。試作した燃焼速度測定装置を用いて有機過酸化物等の燃焼速度を測定した。燃焼速度、燃焼熱および発熱速度等を指標とした燃焼危険性評価方法を検討した。

3.　平成 30 年度の研究計画

(1)　各種熱量計等を用いて温度、圧力、発熱量等を指標とした分解危険性評価方法を検討する。また、自己触媒反応により分解する過酸化クメンを用いて、自己触媒により分解が促進される物質の分解危険性評価法を検討する。

(2)　燃焼速度に加えて、燃焼熱および pDSC（温度圧力同時測定示差走査熱量計）によって測定される発熱速度および圧力等を指標とした評価方法を検討する。燃焼危険性評価のためのデータを得るとともに、燃焼危険性評価方法について検討し、その妥当性を検証する。

(3)　高感度熱量計等を用いた蓄熱発火危険性評価方法を提言するための基礎データを得る。

(4)　定量的な混合危険性評価方法を提言するための基礎データを得る。

4.　次年度以降の研究計画

(1)　実験結果を基に提案した熱量計等を用いた分解危険性評価方法について、妥当性を検証する。

(2)　実験結果を基に燃焼速度・発熱速度等を指標とした燃焼危険性評価方法を提言し、妥当性を検証する。

(3)　高感度熱量計等を用いた蓄熱発火危険性評価方法を提言する。

(4)　水等の添加によって可燃性気体を発生する

化学物質等の定量的な混合危険性評価方法を提言する。

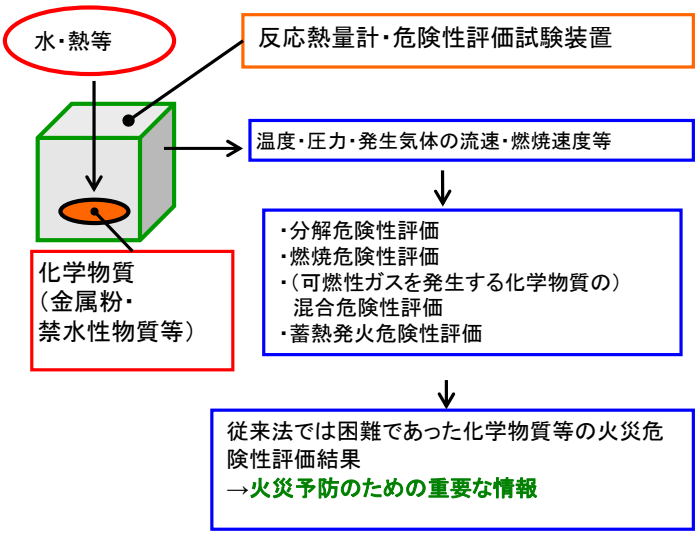


図 1　研究概要

表 1　平成 28 年度から平成 32 年度までの研究計画

	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	平成 32 年度
分解危険性評価	・熱量計等を用いる圧力・温度を指標とした定量的な分解危険性評価方法を提言するための基礎データを得る。		・熱量計等を用いる圧力・温度を指標とした定量的な分解危険性評価方法を提言する。		
燃焼危険性評価	・燃焼速度等を指標とした燃焼危険性評価方法を提言するための基礎データを得る。		・燃焼速度等を指標とした燃焼危険性評価方法を提言する。		
蓄熱発火危険性評価			・温度に加えて圧力を指標とする蓄熱発火危険性評価方法を提言するための基礎データを得る。		・蓄熱発火危険性評価方法を提言する。
混合危険性評価			・定量的な混合危険性評価方法を提言するための基礎データを得る。		・混合危険性評価方法を提言する。

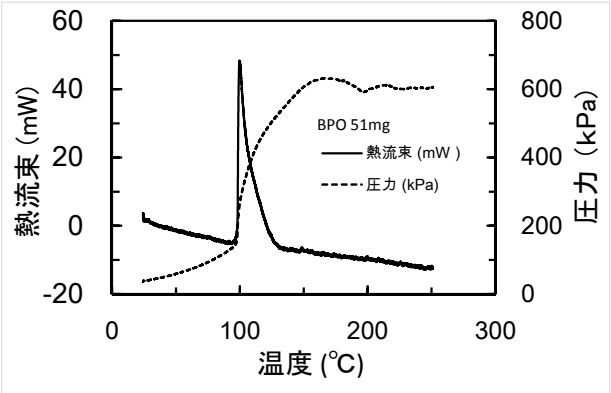


図 2　pDSC（温度圧力同時示差走査熱量計）によって測定された過酸化ブチル（BPO）の測定結果（試料量：51mg）



図 3　燃焼速度測定装置における過酸化ブチルの燃焼の様子

(9)　火災原因調査の能力向上に資する研究

研究期間：平成 28 年 4 月～平成 33 年 3 月

技術研究部　大規模火災研究室　　田村裕之、松﨑崇史
技術研究部　上席研究官　　河関大祐[*1)]
技術研究部　危険性物質研究室　　佐藤康博
火災災害調査部　原因調査室　　塚目孝裕、鈴木健、阿部伸之、長谷川巧[*2)]

[*1)]平成 28 年 4 月～平成 29 年 3 月
[*2)]平成 28 年 4 月～平成 30 年 3 月

1.　目的

火災が発生したときの原因調査は消防の義務として消防法第 31 条に示されている。火災は、「出火→拡大→鎮火」の経路をたどるが、火災原因調査は、鎮火の状況を詳しく調べることによって出火に遡る作業であるが、さらには、建物火災や工場災害の防止、人的物的被害の低減等の対策を決定する根拠となる重要な役割を担っている。調査現場においては、分析方法や現場の見方で経験値的に対処していたことが多く、分析方法のノウハウや現場の観察の仕方において科学的データを基にした方法をまとめたもの、例えば、静電気着火や爆発などのように専門的な知見やデータが必要な分野でのマニュアルがなかった。一方、消防研究センターには過去の火災原因調査における火災事例や分析事例が蓄積されており、多くの手法をまとめることが可能で、分析のノウハウや現場の見方について、火災原因調査を行う上で活用できる、新たなマニュアルを作成することができると考える。また、火災原因調査の能力向上を目的として行われた研究は少なく、調査能力向上のための研究が早急に求められている。

火災原因調査では、火災現場で起きたかもしれない「現象の理解」や、火災現場から収去した物質に対する「分析技術の選択と結果の評価」、また、「火災現場の状況を把握する技術」が重要である。ここでは、以下の 5 項目において、実火災の現場の状況や証言、データ等を活用しながら研究を進め、消防現場の火災原因調査に有効なマニュアルを作成する。

【現象の理解】

①着火性を有する静電気放電の特性を把握することによる原因特定能力の向上では、放電を起こす物質の導電性や接地の有無の違いにより着火性に影響があるかを確認するとともに、放電の元となる静電気帯電の帯電量の予測を行う。

②不良部品、不適切な取り扱いによる電気火災発火危険性の分析では、新規電気器具を含めた、電気器具の使用環境及び不適切な取り扱い等を想定した火災発火危険性を検討する。また、発火実験を行い焼損前から焼損後各部位の状態を画像資料に整理しデータベース化する（平成 28 年度のみ)。

【分析技術の選択と結果の評価】

③試料の採取・保管方法、及び解析結果をどのように利用するかに関する指針の策定では、原因解明の重要な手段となる現場試料に関して、その採取法、保管法について検討し、その後の機器による分析結果に影響を及ぼさない採取方法、保管方法の確立を目指す。また、現場で試料採取に有効な採取キット等の試作を行う。更に、分析機器による結果から何がわかるか、また、

結果の評価法についての指針を示し、試料採取からデータ解析までの一連の手順の高度化を目指す。

【火災現場の状況を把握する技術】

④煤の壁面付着状況の観察に基づく煙の動きの推定では、火災現場において調査員が煤の壁面付着状況から煙の動きを推定する方法を研究開発し、火災調査に活用している火災シミュレーションにその煤の壁面付着モデルを導入し火災シミュレーションの現場再現性の向上を図ることを通して、火災原因調査の技術向上を目指す。

⑤火災現場において、どのような爆発があったか判断するためのガイドラインの作成では、化学工場等で、爆発があったかどうか容易に判断できない場合に、爆発があったかどうかを判断し、爆発があったとしたらどの程度の規模かを推定するためには、何を見たらよいか、どこを見たらよいかを示す消防機関向けの資料、ガイドライン等を作成する。

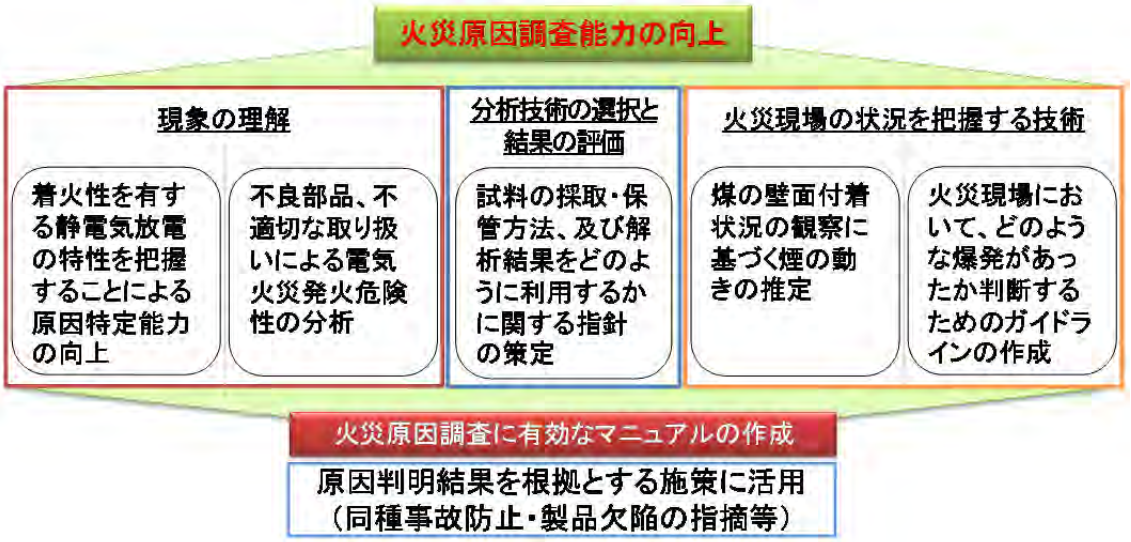


図１　本研究の全体概要

表１　５か年の各項目の研究計画概要

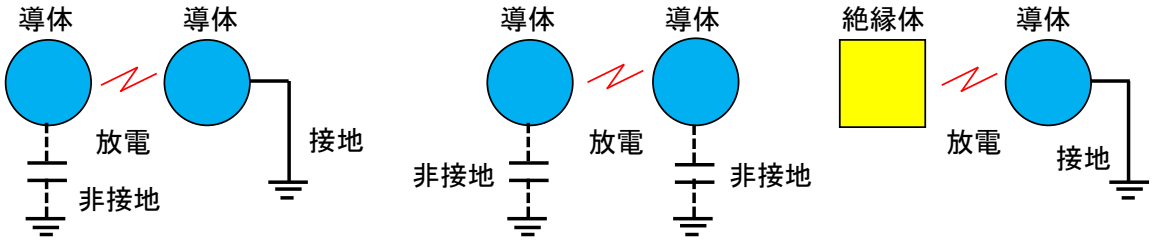
	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	平成 32 年度
①着火性を有する静電気放電の特性を把握することによる原因特定能力の向上	・放電エネルギーの測定系の検討、構築 ・静電気火災の事例収集及び調査	・絶縁物からの放電エネルギーの計測 ・種々の放電による着火性の検討 ・静電気火災の事例収集及び調査		・着火性放電の帯電機構の把握及び帯電量予測 ・静電気火災の事例収集及び調査	・静電気火災の事例収集及び調査 ・火災原因調査に有効なマニュアル作成
②不良部品、不適切な取り扱いによる電気火災発火危険性の分析	・電気器具火災発火危険性の検討 ・焼損前後の画像データベース化 （平成２８年度のみ）				
③試料の採取・保管方法、及び解析結果をどのように利用するかに関する指針の策定	・試料の採取・保管方法の検討 ・現場採取キットに使用する用具のデータ取得。 ・各種機器デー	・現場採取キットの試作 ・機器データの検討 ・分析結果を評価法について標準データを例示		・機器のデータの検討 ・分析結果を評価法について標準データを例示	・指針、マニュアル策定

	タの系統的整理			
④煤の壁面付着状況の観察に基づく煙の動きの推定	・実験装置作成 ・煤の壁面付着条件に関する実験	・煤の壁面付着条件に関する実験	・煤の壁面付着条件に関する実験 ・煤の壁面付着再現に関する煙流動の数値解析	・煤の壁面付着再現に関する煙流動の数値解析 ・調査員向けマニュアル作成
⑤火災現場において、どのような爆発があったかを判断するガイドラインの作成	・小規模な実験の実施 ・工場等で発生した小規模な爆発火災の事例収集、分析			・小規模な実験の実施 ・消防機関向けガイドライン作成

2.　各項目の５か年の研究計画概要

①着火性を有する静電気放電の特性を把握することによる原因特定能力の向上

危険物施設での火災では、消防白書によるとここ数年静電気放電が出火原因の 1 位を占めている。大規模な工場で発災すれば人的物的被害は甚大となる。静電気放電による着火のリスクを低減するには、適切な対策を取ることが重要であるが、そのためには、帯電する部分はどこで、どのように帯電し、その帯電量がどのくらいであるのか、また、どのような物質間で放電が起こると着火が起こるのか、を明らかにする必要がある。これらの結果を基に、静電気放電による着火の条件や火災防止の対策をマニュアル化する。



非接地導体と接地導体間の放電　　非接地導体間の放電　　絶縁体と接地導体間の放電

図２　着火性を有する静電気放電の特性を把握することによる原因特定能力の向上の概要
静電気放電のエネルギー、帯電の機構と帯電量についてデータを収集し、出火原因の特定や出火防止対策に役立つ情報を提供する。

②不良部品、不適切な取り扱いによる電気火災発火危険性の分析（平成 28 年度のみ）

電気は社会を支えるために不可欠なものであるが、機器の不適切な取り扱い、経年劣化、製造上の欠陥等が原因で出火源となる危険がある。電気機器等による火災を低減するためには、電気火災を特定し、原因となった機器等の出火の機構を明らかにすることが重要である。

ここでは、電気火災の原因となった機器等を対象に、出火過程を推定し、焼損前から焼損後の各部位の状態を画像に記録し、電気火災の特定や出火予防に資するデータベースを構築する。



図３　不良部品、不適切な取り扱いによる電気火災発火危険性の分析の概要
電気火災の原因となった機器のデータを収集し、発火実験等により焼損前から焼損後の各部位の状態を画像資料に整理しデータベース化する

③試料の採取・保管方法、及び解析結果をどのように利用するかに関する指針の策定

ここでは、機器分析に供するために採取する現場試料について、分析機器のデータに影響を及ぼさない採取方法、また分析機器に導入するまでに変質・変化させない試料の保管方法に関して検討を行い、現場調査時に各調査員が実施できる指針としてマニュアルの作成、現場活動時に使用しやすい採取キットの作成を目的とする。

更に、分析機器で採取試料を検査する際に、どのような機器を用いれば何がわかるのか、機器のデータはどのように解釈するのかを一般に使用される数種類の機器毎にデータと共に示し、過誤の無い結果を導くための理論的裏付けを示し、技術の向上を図ることを目的とする。



図４　試料の採取・保管方法、及び解析結果をどのように利用するかに関する指針の策定の概要

④煤の壁面付着状況の観察に基づく煙の動きの推定

火災現場ではしばしば壁面に煤の付着が見受けられるものの、証言から得られる煙の動きと必ずしも一致しない。したがって、火災原因調査において単に「煤の付着状況＝煙の動き」と見誤る可能性も否定できない。より確度の高い煙の動きを見極める方法を確立することは、火災原因調査の高度化のために必須である。

煤の壁面付着状況の観察に基づく煙の動きの推定では、火災現場において調査員が煤の壁面付着状況から煙の動きを推定する方法を研究開発するために実験を実施する。まずは、建物火災時の煙の動きと煤の壁面付着の関係性を見出すのに必要な実験装置を作成する。その実験装置を用いて、煙の濃度、温度、燃料の種類、付着する側の壁の材質等をパラメータとした実験を実施し、煤の壁面付着条件を検討する。

煤の壁面付着条件を建物火災に適用したときに壁面にどのように煤が付着するかについて火災シミュレーションを用いて確認する。この火災シミュレーションは火災原因調査に活用しているので、その現場再現性の向上を図ることを通して、火災原因調査の技術向上も目指す。

最後に、火災原因調査において調査員が煤の壁面付着状況から煙の動きが現場で判断できるように、マニュアルを作成する。

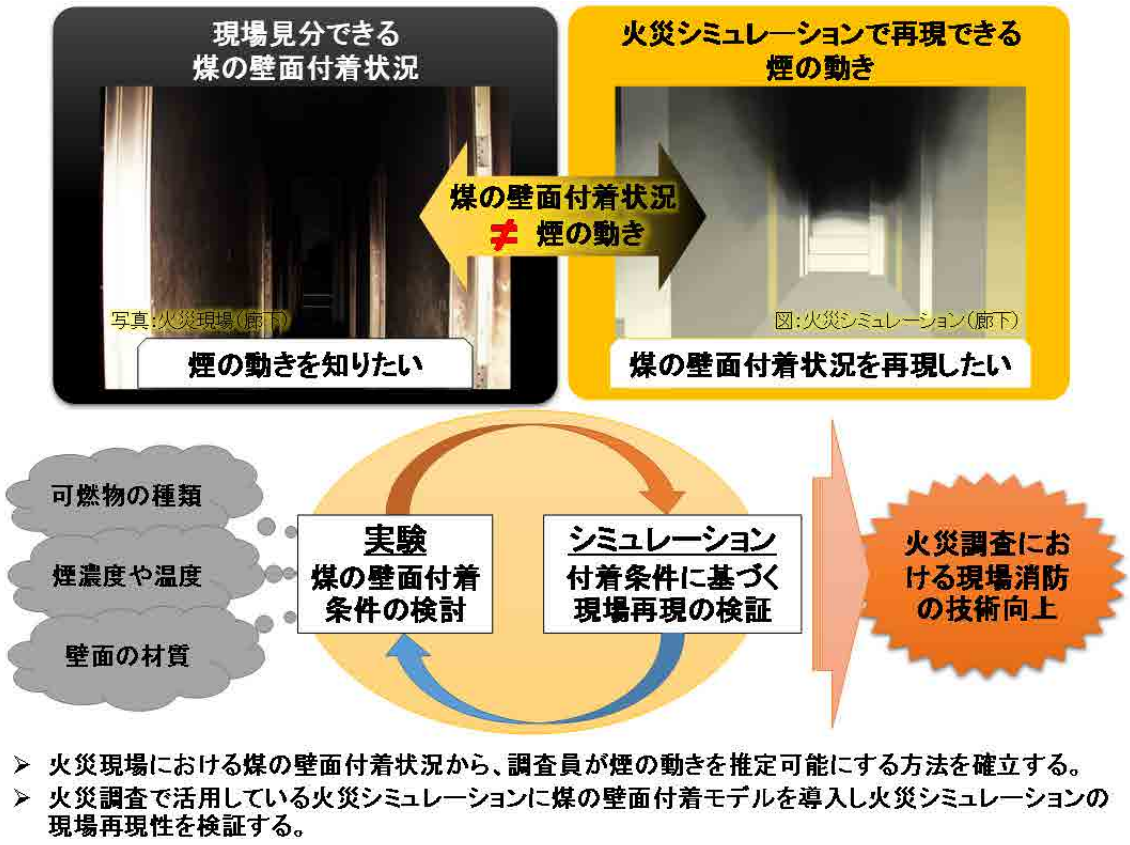


図５　煤の壁面付着状況の観察に基づく煙の動きの推定の概要

⑤火災現場において、どのような爆発があったか判断するためのガイドラインの作成

公設消防機関が、化学工場で爆発があったらしいという通報を受けて出動し現場に到着した際に、施設が激しく壊れており大きな音がしたという証言があれば、爆発があったと判断できる。しかし、現場に到着したときには火災が見えず、施設の一部に破壊の跡が発見されたのみであった場合、破壊の原因は爆発かどうかの判断が容易にできないことがある。また、現場に到着したときには火災を発見したが、火災のみでは説明できない破壊の跡が施設の一部にあった場合、爆発を起点とする火災なのかどうか容易に判断できないことがある。このように、小規模な爆発が発生し、施設の一部のみが破壊されると、爆発があったかどうか容易に判断できないことがある。

爆発があったかどうかを判断し、爆発があったとしたらどの程度の規模かを推定するためには、何を見たらよいか、どこを見たらよいかを示す消防機関向けのガイドラインを作成する。

過去の研究としては以下のようなものがある。メタンと空気の予混合気のガス爆発の際に生じる火炎により、周囲に置かれた薄い紙が加熱された場合、どのような条件で着火するかについて、平野らが実験を行った。また、メタノール蒸気と空気の予混合気のガス爆発の際に生じる火炎により、周囲に置かれた薄い樹脂製シートが加熱された場合、どのように溶融、変形するかについて、鶴田が実験を行った。

軍事的な目的から、何 kg の爆薬が爆発すると、

何 m 先のものをどのくらい破壊できるかを調べるために、以前から多くの爆薬を使った爆発実験が行われてきた。実験結果からつくられた予測式が発破工学ハンドブックにまとめられている。石油コンビナートのリスクアセスメントのために、LP などの燃料が大規模な漏洩を起こし、爆発したら、どの程度の被害が出るかを予測するための実験がかつて行われた。その結果は、石油コンビナートの防災アセスメント指針にも使われている。米国 ATF では爆弾テロの捜査のために、爆発現場の調べ方の講習会を開催している。しかしながら、これらは、化学工場等の火災原因調査のためではない。

国内で広く利用されている新火災調査教本(第 6 巻, p. 171)には、「建築物等(特に構造体)に加わった圧力による変形の程度、破壊の形状から一般的な火災によるものとの違いを見分し、爆発現象の有無を判定する」と記載されているが、「判定」をどのようにするのかについてはほとんど記載されていない。海外における火災調査の手引きとして、NFPA 921 Guide for Fire and Explosion Investigations がある。21 章で Explosion について解説しているが、爆発があったかどうか容易に判断できないような場合については、記述が少ない。

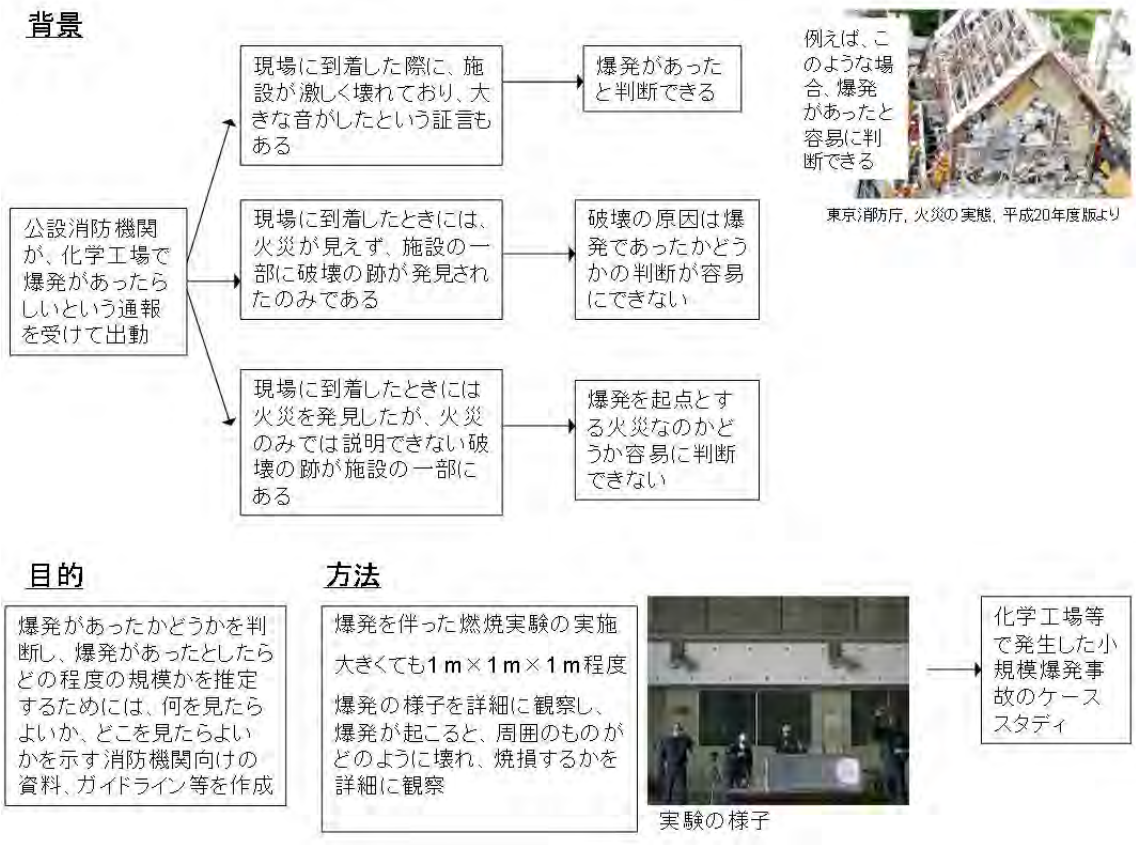


図 6　火災現場において、どのような爆発があったか判断するためのガイドラインの作成の概要

3.　平成 29 年度の研究成果

①着火性を有する静電気放電の特性を把握することによる原因特定能力の向上

(1)　絶縁物からの放電や非接地導体間の放電のエネルギーを計測する計測系を構築する。

絶縁物からの放電エネルギーを計算するために、放電電流を計測する方法について、高周波数帯域をもつ電流プローブで電流波形を測定する系を構築した（図 7)。数種類の生地を用いて、帯電させた生地から接地された球電極への放電電流を計測した（図 8)。

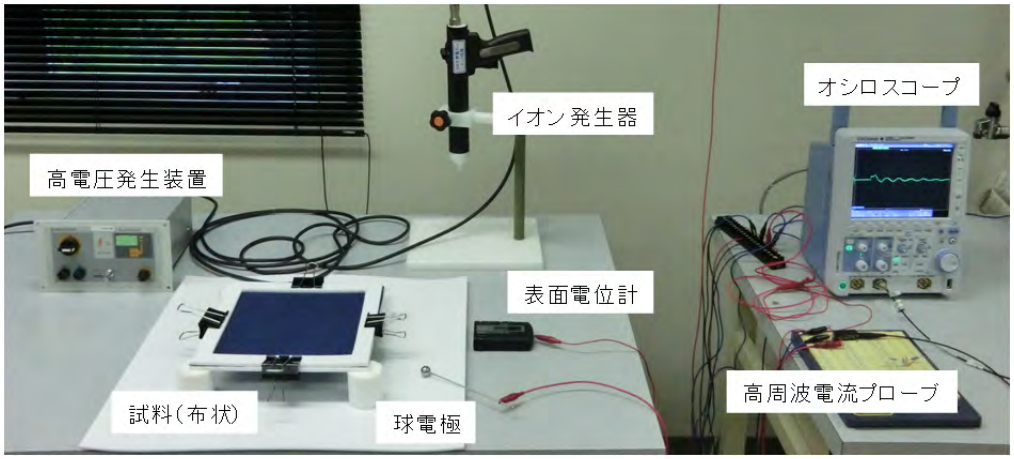


図７　電流波形計測装置

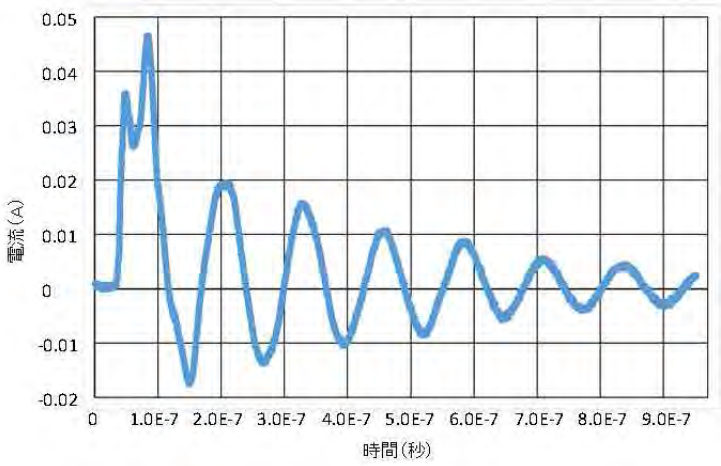


図８　帯電した作業着生地からの放電電流の例（生地の帯電電位は-16kV、生地組成はメタ形アラミド75%、ポリエステル20%、パラ形アラミド5%である。）

(2)　静電気放電による着火が考えられる火災事案を収集し、調査する。

機会を捉え消防本部を訪問して静電気が原因と疑われる火災の情報を聞き取った。静電気火災の事例について、宇部・山陽小野田消防局で、火災の概要と原因について聞き取った。最近の4年間で、静電スパークによる火災と思われるものが5件あった。作業者が帯電防止の作業靴を履いていない場合、フレコンバッグの剥離帯電等の原因の火災であった。

海上のGPS波浪計のバッテリーを交換する際に、バッテリーから発生した水素が静電気放電で着火し、爆発したと思われる火災が発生した。この火災の原因調査で、経年劣化した導電性ゴムパッキンの剥離帯電が大きいことを明らかにした。プラントでの粉じん爆発事故が2件発生し、それぞれの原因調査のなかで、静電気放電を発生させるような帯電機構を調査した。タンクローリーの給油装置の性能点検をしている際に火災となった。静電気放電の可能性を検討するため、漏洩抵抗等の計測を実施した。イソヘキサンを洗浄剤として用い、アルミ製品の削りかすを除去している作業中に発火した火災の原因調査として、静電気帯電の可能性を検証した。

②試料の採取・保管方法、及び解析結果をどのように利用するかに関する指針の策定

(1)　平成28年度に試作した試料採取用キットを富山県内8本部、さいたま市消防局、静岡市消防局で試用を行った。各本部から、実際の使用に関しての意見を聴取し、使用頻度の低かった

内容物やポリ袋などのサイズ、数量を変更し、確定した。

(2)　鉱物油類が付着した試料の保存方法について、異なる条件における鉱物油の残量を定量的に調べる実験を行った。内部標準物質の選定、ポリ袋が 1 重と 2 重の場合の比較を行った。

(3)　熱分解 GC を用いた焼損物の材質同定に関する検討を行った。市販されている高分子化合物について TG-DTA による加熱を行い、加熱前後の変化を熱分解 GC で調べた。その結果、ナイロン 6,6、セルロースなどの縮合型の高分子は加熱前後で大きく熱分解 GC の結果が変化することが分かった。また、富山県で実施された模擬家屋燃焼実験において燃焼前後のサンプルを採取した。

③煤の壁面付着状況の観察に基づく煙の動きの推定

(1)　建物火災時の煙の動きと煤の壁面付着の関係性を見出すのに必要な実験装置について、煙濃度計、熱電対、二方向管、ビデオカメラを設置し、データを取得できる環境を整備した。

(2)　実験装置を用いて、煤を付着させる壁面を石こうボード、燃料を n-ヘプタンとした火災実験を実施した（図 9）。

(3)　実験データを検証するために、実験条件と同様の計算条件にて数値計算を実施した（図 10）。

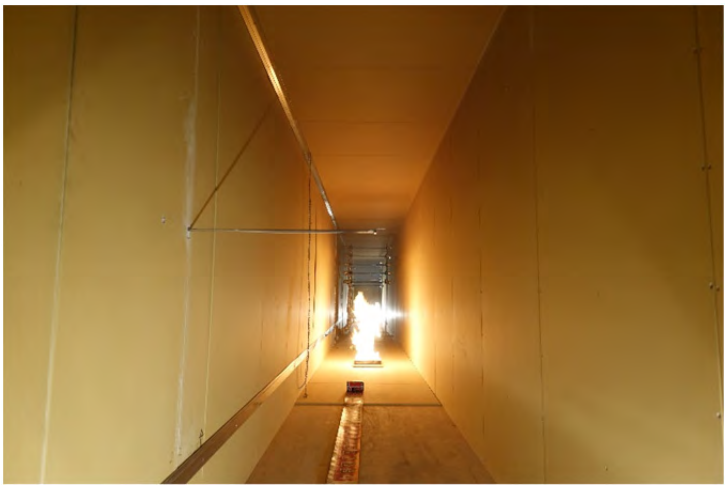
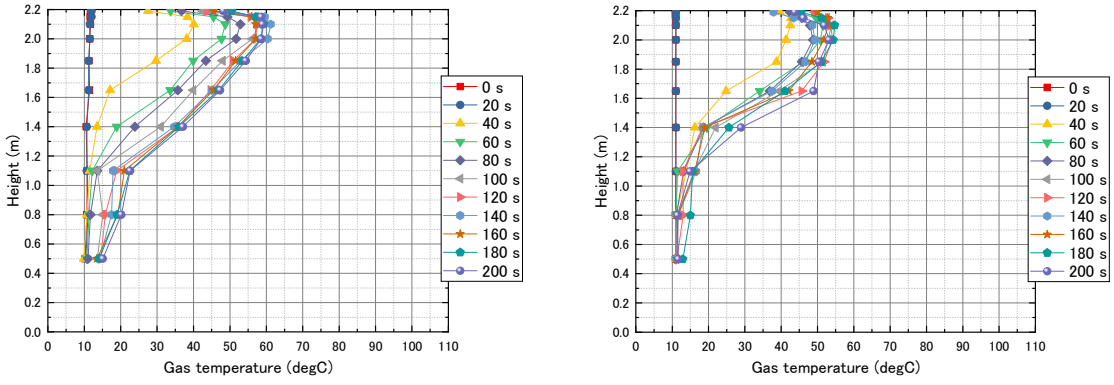


図 9　火災実験の様子



実　験　　数値計算

図 10　火点から 11m 離れた場所における鉛直方向ガス温度分布（実験と数値計算の比較）

④火災現場において、どのような爆発があったか判断するためのガイドラインの作成

(1)　爆発を伴った燃焼の実験を行った。実験装置の大きさは、容積約400L（1 m×1 m×0.4 m）、または約700L（1 m×1.8 m×0.4 m）とした。燃料には、揮発性の高い溶媒であるヘキサンを用いた。ヘキサンの蒸気と空気からなる可燃性予混合気に着火すると、装置内を火炎が伝ぱし、内圧の上昇により、装置の一部が壊れる様子を撮影し、解析した。

(2)　化学工場等で発生した小規模爆発事故の事例を集め、分析した。

4.　平成30年度の研究計画

①着火性を有する静電気放電の特性を把握することによる原因特定能力の向上

(1)　布状絶縁物からの放電の放電電流を測定する。

絶縁性の高い布地から接地導体への放電が発生したときの放電エネルギーを計測するため、種々の布地からの放電電流を計測する。

(2)　静電気放電による着火が考えられる火災事案を収集し、調査する。

静電気放電による火災事例を収集するとともに、帯電の機構等の調査を実施する。

②試料の採取・保管方法、及び解析結果をどのように利用するかに関する指針の策定

(1)　試料を分析する際の前処理の方法についての検討を行う。本年度は、動物油が混入した場合の鉱物油の検出等に関して、消防機関向けに必要な器具のリストアップを行い手法の検討をするとともに、マニュアルの作成に必要な実験データの収集を行う。

(2)　油類付着試料の保存方法について、揮発せず検査に影響を及ぼさない保管方法を確立すべく検討を行う。特に、保存温度、保存容器の違いが及ぼす影響について検討を行う。

(3)　熱分解GCを用いた焼損物の材質同定に関して、ナイロン 6,6、セルロースなどの縮合型の高分子化合物に焦点を当て詳細な検討を行う。また、富山県で実施された模擬家屋燃焼実験において採取したサンプルについて分析を行い、熱分解GCによる焼損物の材質同定の妥当性を確認する。

③煤の壁面付着状況の観察に基づく煙の動きの推定

(1)　建物火災時の煙の動きと煤の壁面付着の関係性を見出すのに必要な実験装置を改良する。

(2)　実験装置を用いて、燃料の種類や燃焼時間を変えた火災実験を実施する。

④火災現場において、どのような爆発があったか判断するためのガイドラインの作成

(1)　爆発を伴った燃焼の実験を行う。実験装置は、大きくても1 m×1 m×1 m程度とする。爆発の様子を詳細に観察し、爆発が起こると、周囲のものがどのように壊れ、焼損するかを詳細に観察する。観察には、ハイスピードビデオ、シュリーレン装置等を使用する。燃料には、揮発性の高い溶媒等を用いる。

(2)　実験結果をもとに、化学工場等で発生した小規模爆発事故のケーススタディを行う。

5.　次年度以降の研究計画

①着火性を有する静電気放電の特性を把握することによる原因特定能力の向上

(1)　絶縁物からの放電や非接地導体間の放電による放電エネルギーの計測を行う。

(2)　着火性放電を起こす帯電機構を把握し、その帯電量の予測を行う。

(3)　静電気火災の事例を収集し、原因等の把握を行う。

(4)　火災原因調査に有効なマニュアルを作成する。

②試料の採取・保管方法、及び解析結果をどのように利用するかに関する指針の策定

(1)　ガスクロマトグラフを用いた油類の検査手法を確立し、マニュアルの作成を行う

(2)　ガスクロマトグラフ以外の分析機器の使用

方法等とデータ解釈に関して継続して実施する

(3)　指針、マニュアルの策定を行う。

③煤の壁面付着状況の観察に基づく煙の動きの推定

(1)　引き続き、実験を実施し、煤の壁面付着状況を把握するのに必要なデータを取得する。

(2)　煤の壁面付着条件がある程度把握できたところで、煙流動の数値解析（火災シミュレーション）を実施し、実火災建物内での煤の壁面付着状況を再現するか検証を行っていく。

(3)　火災調査において調査員が煤の壁面付着状況から煙の動きが判断できるように、マニュアルを作成する。

④火災現場において、どのような爆発があったか判断するためのガイドラインの作成

(1)　爆発を伴った燃焼の実験を行う。実験装置は、大きくても1m×1m×1m程度とする。爆発の様子を詳細に観察し、爆発が起こると、周囲のものがどのように壊れ、焼損するかを詳細に観察する。観察には、ハイスピードビデオ、シュリーレン装置等を使用する。燃料には、揮発性の高い溶媒等を用いる。

(2)　実験結果をもとに、化学工場等で発生した小規模爆発事故のケーススタディを行う。

(3)　爆発があったかどうかを判断し、爆発があったとしたらどの程度の規模かを推定するためには、何を見たらよいか、どこを見たらよいかを示す消防機関向けのガイドラインを作成する。

(10)　火災時における自力避難困難者の安全確保に関する研究

研究期間：　平成 28 年 4 月～平成 33 年 3 月

火災災害調査部　原因調査室　　塚目孝裕、阿部伸之
技術研究部　上席研究官　　河関大祐[*1)]
技術研究部　大規模火災研究室　　田村裕之、藤井皓介
技術研究部　特殊災害研究室　　大津暢人[*2)]

[*1)]平成 28 年 4 月～平成 29 年 3 月
[*2)]平成 30 年 4 月～

1.　目的

特別養護老人ホーム、グループホーム等の要介護者が入居する施設（以下､特養ホーム等という）は、入居者が介護を必要とすることから、健常者よりも避難が困難であり、過去の火災事例をみても多数の死者が発生している。これらを踏まえ、消火設備等が義務付けられ安全対策が図られている。これから超高齢化社会を迎えるにあたって、これらの施設が増加し、入居している自力避難困難者の火災時における安全確保が一層重要となる。

これまでは、自力避難困難者を要避難者のタイプ別として「自力のみで行動ができにくい人」と分類され､「重病人、老衰者、乳幼児、精薄者、身体障害者など」が例示されているものがある。また、病院まで含めた特養ホーム等の避難を対象とした報告は、日本建築学会の報告書がある。その報告書では、避難行動能力は 5 段階に分類されているが、日常の運動能力による分類であり、認知まで含めた運動能力に関しては言及がなされていない。また、介護の必要性の指標として要介護度があるが、要介護度には運動能力に対する介護要件に､認知に関する介護要件が内在される｡更に、介護度が運動能力による指標で同じであっても、障害の部位によって避難能力は大きく差がある。このため自力避難困難者の避難能力を要介護度で判断することが難しい。この問題点は、日本火災学会の報告書においても述べられているが、自力避難困難者個々の詳細な評価を実施するまでは至っていない。

これらを踏まえ、自力避難困難者の避難能力に部位による運動能力の詳細と現場医療の視点を取り入れて認知度を考慮した評価を行い、そこから避難時間短縮の方法を検討し、更に施設における避難計画の作成に必要な情報提供、適切な避難方法・避難計画の提案を事業者に対し行うと共に、指導に当たる消防職員の参考となる情報を提供することを目標とする。

2.　5 か年の研究計画

特養ホーム等での避難計画、避難訓練等に関する基本的情報の収集・調査、及び入居者の避難能力についての基礎的データの収集

(1)　現場医療の視点から、入所者一人一人の運動能力や認知能力、短距離での避難時間の基礎データを取得、及びそれらを加味した避難能力の評価

自力避難困難者の各障害、機能低下、移動能力の種類ごとについて、避難準備から含めた実際の避難行動に要する時間を、各施設の避難訓練時に調査・計時し、入所者の詳細な避難能力の基礎データを得る。この作業は、対象をなるべく多くするために、各年にわたり継続して行う。それに併

せ、各特養ホーム等での避難計画はどのようなものが作成されているかを調査し、特養ホーム等における避難の基本的情報を収集する。

(2)　既存で使用している避難補助器具の性能や使い勝手の調査

各施設独自で使用している避難補助器具について、実際の避難での使用計画、使用実例等を調査し、避難時における効果等を検討する。

表 1　各年度の計画概要

	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	平成 32 年度
(1) 入居者各個人の運動能力等、基礎的データの取得	取得データの集計解析。評価に耐えうる対象数の蓄積 各年のデータを取得年毎に下記項目にフィードバック				各年度の結果を総合して、施設における避難計画等の提案
(2) 避難補助器具の性能や使用実例などの調査改善・開発	使用実例などの調査 使用に関しての課題抽出		調査結果を基に改善・開発 試作品の試行利用		
(3) 施設で生じた火災を想定し、初期消火を加味した煙拡散の予測		調査施設での条件検討、想定による計算の実施			
(4) 介護者間、介護者・要介護者間の意思疎通手段の調査	問題点の抽出、既存技術の適用検討				

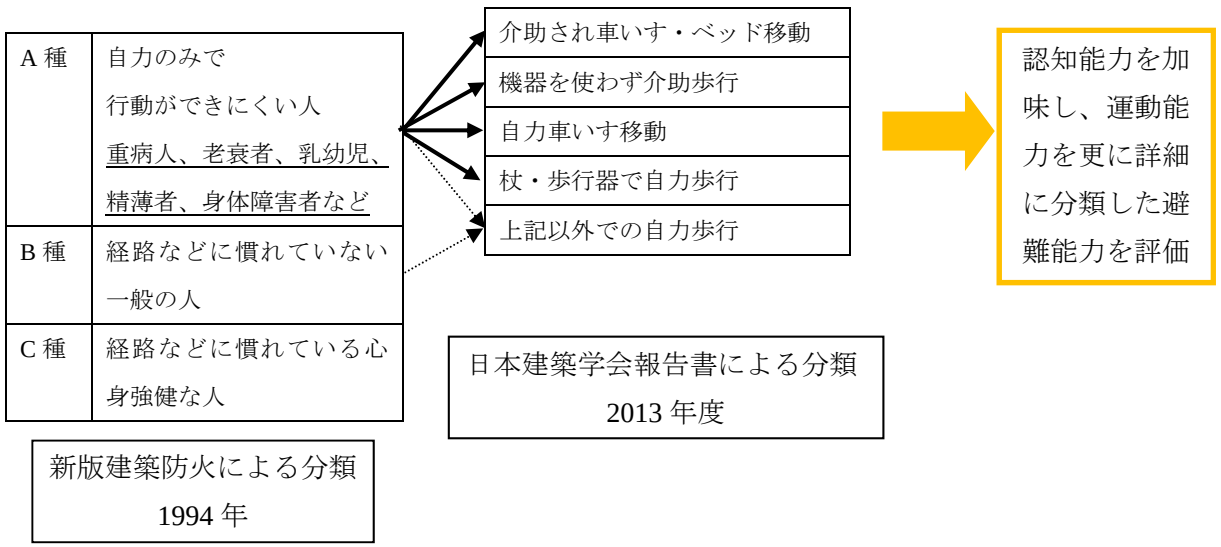


図 1　自力避難困難者の分類

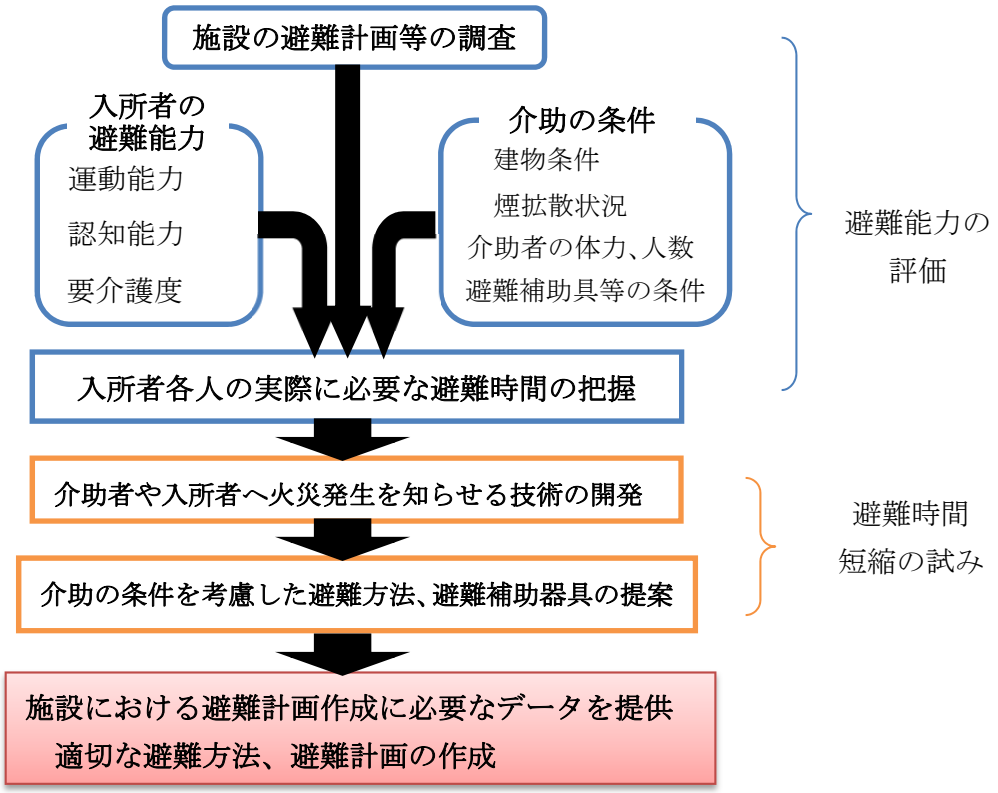


図 2　研究実施方法と目標

3.　平成 29 年度までの成果

(1)　特養ホーム等の避難訓練を調査し、基礎データを収集した。調査した特養ホーム等に入居者に関するアンケートを依頼し、入居者の運動能力や認知能力の状態を、個人が特定できない形で収集した。これらの情報から、入居者の避難能力の分布や避難にかかる時間を集計する作業を行った。

(2)　調査を行った施設などで使用している避難補助器具を調査した。多用されているものは、移動に用いる車いすであったが、小規模の施設では、被介護者を布団にのせたまま引きずり移動する手段を取っているところが見られ、補助器具を用いることで避難時間が短縮できる可能性が示唆された。そのため、布地に薄いプラスチックを張り付け、床面との摩擦を少なくした避難補助器具を試作し、60kg ダミーを乗せた状態で引きずり力の測定を実施した。

(3)　複数の職員が避難介助を行っている施設で、避難済み居室の明示を行っているところは調査 10 施設のうち 2 施設であった。そこで避難済み居室を明示して、複数の職員が機能的に避難介助を行えないかについて検討し、避難済み居室を明示するランプの仕様を作成した。

(4)　計算対象として選定した施設の建物モデルを構築し、建物内の煙流動シミュレーションを実施した。

4.　平成 30 年度の研究計画

(1)　試作した避難補助器具を用いて、多様な場面での引きずり力の測定実験を継続して行い、改善点や実用化の検討を行う。

(2)　ベッドから降ろす作業など、介助作業の時間をより実態に即したものにするため、通常行っている介助作業の様子を調査し、それぞれの動作時間を計測する。

(3)　引き続き、入居者の運動能力・認知能力の情報を収集し、避難能力・避難時間のデータとの

関連を検討する。

(4)　施設の可燃物状況を火源に反映させた煙流動シミュレーションにスプリンクラー設備の効果を考慮した計算を実施する。

5.　次年度以降の研究計画

(1)　制作した避難済み居室を示すランプについて実用の検証を継続し、改良点などについて検討する。

(2)　調査を実施した施設において、想定した火災で生じる煙等の初期消火を含めた拡散の予測を継続してを行う。

(3)　制作した避難補助器具についての実用で使用できるか検証を行い、課題を抽出し、改善を試みる。

(4)　成果として得られる避難計画案、避難補助器具の活用方法等を、実際の施設において検証し、運用可能であるかを検討する。それらの中から、多くの施設で普遍的に適用できると考えられる項目について取りまとめる。

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	Investigation of Evacuation Time from Railway Vehicle Inside a Tunnel -The Effects of Emergency Ladders with Multi-Agent Pedestrian Simulation-	Masamichi Morishita (Waseda Univ.)他2名, Kosuke Fujii, Masakazu Yamamoto (Railway Technical Research Institute) 他1名	8th Japan / Korea / Taiwan International Joint Seminar Tunnel Fire Safety and Management	2017.4.9 ～4.11
2	Investigation of Evacuation Time from Railway Vehicles Inside a Tunnel : Measurement of Exit Speed from a Vehicle inside a Mountain Tunnel for Simulation Model	Mitsutaka Ishizuki (Railway Technical Research Institute) 他1名, Masamichi Morishita (Waseda Univ.)他2名, Kosuke Fujii	8th Japan / Korea / Taiwan International Joint Seminar Tunnel Fire Safety and Management	2017.4.9 ～4.11
3	Microtremor Array Measurement Survey and Strong Ground Motion observation activities of The SATREPS, MarDiM project ‐Part 3-	Seckin Citak (JAMSTEC)他6名, Ken Hatayama, 他4名	European Geosciences Union General Assembly 2017	2017.4.23 ～4.28
4	石油プラントでの火災における SLAM のロバスト性の評価	水野直希、Abu Ubaidah Shamusudin、大野和則、濱田龍之介、田所　諭（東北大学）、藤田　淳（三菱重工業）、天野久徳	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2017	2017.5.10 ～5.13
5	認知症グループホーム火災避難訓練における引きずり避難方法の検討	宮坂智哉（北海道科学大学）他4名、塚目孝裕、田村裕之、阿部伸之、藤井皓介、河関大祐	平成29年度日本火災学会研究発表会	2017.5.20 ～5.21

	題　　名	発　表　者　名	発 表 会 名	発表日
6	高層事務所ビルの全館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　その 18　－階段での混雑回避を目指した順次避難計画下の避難流動の分析－	名角貫志(東京理科大学)他 3 名､藤井皓介、門倉博之(東急総合研究所)、関澤　愛（東京理科大学)、佐野友紀（早稲田大学）	平成 29 年度日本火災学会研究発表会	2017.5.20～5.21
7	中規模模型家屋群を用いた火災拡大実験　その 3　火災風下の風	篠原雅彦、高梨健一、佐伯一夢、樋本圭佑（建築研究所)、関澤愛（東京理科大学）		
8	ANALYSIS ON THE EFFECT OF WIND ON FIREBRAND ACCUMULATION IN FRONT OF OBSTACLES	Sayaka Suzuki, Samuel L. Manzello (NIST)		
9	BUILDING COMPONENT PERFORMANCE EXPOSED TO FIREBRAND SHOWERS CHARACTERISTIC OF BURNING STRUCTURES	Samuel L. Manzello (NIST), Sayaka Suzuki		
10	石油タンク火災用の泡消火薬剤について（第 19 報）　－燃料種の違いによる消火性能の検討－	内藤浩由､花井佑一朗（深田工業）他 2 名、遠藤千秋(第一化成産業)		
11	石油タンク火災用の泡消火薬剤について（第 20 報）　－泡放水砲から放射された泡消火薬剤の消火性能－	花井佑一朗（深田工業)他 3 名､内藤浩由、天野久徳		
12	洞道火災におけるドライアイスの消火効果について　－OF ケーブル用絶縁油の消炎濃度と油温の影響	山野光一(モリタホールディングス）他 3 名、内藤浩由		
13	洞道火災におけるドライアイスの消火効果について　－ドライアイスによる OF ケーブル用絶縁油の消火効果の検証	大室　健(モリタホールディングス）他 3 名、内藤浩由		
14	OF ケーブル洞道火災の消火に関する実験的研究	小川耕司（深田工業）他 4 名、内藤浩由		
15	固体浮遊物による火炎抑制効果の評価	小澤悠太（深田工業）他 2 名、内藤浩由		

	題　　名	発　表　者　名	発 表 会 名	発表日
16	糸魚川市駅北大火への市街地火災延焼シミュレーションの適用	高梨健一、篠原雅彦、鈴木恵子、髙垣克樹、藤﨑草多、田村裕之、河関大祐、佐藤康博、藤井皓介、細川直史	平成 29 年度日本火災学会研究発表会	2017.5.20～5.21
17	高齢者施設における避難済み居室の確認方法について	河関大祐、塚目孝裕、田村裕之、阿部伸之、高梨健一、藤井皓介、宮坂智哉（北海道科学大学）、齋藤貴幸（札幌市消防局）他 1 名		
18	太陽電池モジュールの発電抑制技術の検討　その 1　開発目的と仕様について	田村裕之、塚目孝裕、河関大祐、阿部伸之、高梨健一、佐藤康博、横田博之（能美防災）他 3 名		
19	高層事務所ビルの全館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　その 17　－順次避難計画の作成と合流及び滞留の発生に対する計画の効果－	藤井皓介、水野雅之（東京理科大学）他 2 名、門倉博之（東急総合研究所）、関澤　愛（東京理科大学）、佐野友紀（早稲田大学）		
20	粉末消火器による消火戦略	中村祐二（豊橋技術科学大学）、鳥飼宏之（弘前大学）、尾川義雄、大谷英雄（横浜国立大学）、佐藤研二（東邦大学）、土橋　律（東京大学）、広田正之（清水建設）、吉川昭光（ヤマトプロテック）他 1 名、長谷川晃一（能美防災）、廖　赤虹（モリタホールディングス）、斎藤　直		
21	熱量計によって測定される発熱量に対する試料量の影響	岩田雄策		

	題　　名	発　表　者　名	発 表 会 名	発表日
22	FDS6を用いた小規模建物階段室火災の数値計算	阿部伸之	平成29年度日本火災学会研究発表会	2017.5.20～5.21
23	熱源の発見のための熱画像カメラの利用について　ー畳の内部に熱源がある場合を想定した模擬実験ー	鈴木　健		
24	認知症グループホーム火災避難訓練における引きずり避難方法の検討	宮坂智哉（北海道科学大学）他4名、塚目孝裕、田村裕之、阿部伸之、藤井皓介、河関大祐		
25	太陽電池モジュールの発電抑制技術の検討（その2　試作装置による発電抑制実験）	柿沼亮太（能美防災）他3名、田村裕之、塚目孝裕、河関大祐、阿部伸之、高梨健一、佐藤康博		
26	乱流空気流中に形成される対向流拡散火炎の消炎に及ぼすウォーターミストの影響	松尾涼平（東京電機大学）他1名、内藤浩由		
27	プロパンー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2報）	中原佳祐（東京電機大学）他1名、廖　赤虹（モリタホールディングス）、内藤浩由		
28	Microtremor Array Measurement Survey and Strong Ground Motion Observation Activities of the SATREPS, MarDiM Project, Turkey	Seckin Ozgur Citak (JAMSTEC)他6名, Ken Hatayama, 他2名	JpGU-AGU Joint Meeting 2017	2017.5.20～5.25
29	消防防災分野におけるドローンの利活用	佐伯一夢	第61回システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'17)	2017.5.23～5.25
30	アルキルアルミニウムの消火実験について	鈴木　健	火薬学会 2017年度春季研究発表会	2017.5.25～5.26
31	Experiments to provide the scientific-basis for laboratory standard test methods for firebrand exposure	Sayaka Suzuki, Samuel L. Manzello (NIST)	12th International Symposium on	2017.6.12～6.16

	題　　名	発　表　者　名	発 表 会 名	発表日
32	（ポスター発表）Development of mathematical model of evacuation flow in a staircase based on a survey result of a real evacuation drill in a high-rise office building	Masayuki Mizuno (Tokyo Univ. of Science), Kosuke Fujii, Hiroyuki Kadokura (Tohoku Gakuin Univ.), Fuqiu Wang (Tokyo Univ. of Science), Tomonori Sano (Waseda Univ.), Ai Sekizawa (Tokyo Univ. of Science)	Fire Safety Science	
33	（ポスター発表）Age-Period-Cohort Analysis of Transition of House Fire Fatality Using a Bayesian Model	Keiko Suzuki, Takashi Nakamura (The Institute of Statistical Mathematics)		
34	（ポスター発表）Characteristics of Firebrands Collected from Urban Fire -Niigata Fire, December 22nd 2016	Sayaka Suzuki, Souta Fujisaki, Samuel L. Manzello (NIST)		
35	Two-Stage Hybrid a* Path-Planning in Large Petrochemical Complexes	Abu Ubaidah Shamsudin (Tohoku Univ.), Kazunori Ohno, Ryunosuke Hamada, Shotaro Kojima, Naoki Mizuno, Thomas Westfechtel, Takahiro Suzuki, Satoshi Tadokoro, Jun Fujita(Mitsubishi Heavy Industries, LTD.) and Hisanori Amano	IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics 2017	2017.7.3 ～7.7
36	崩壊前後の地形データを用いた二次崩壊発生危険地域の考察	土志田正二、新井場公徳	第56回（公社）日本地すべり学会研究発表会	2017.8.22 ～8.25
37	伊豆大島大金沢における遷急線と表層崩壊の発生場所に関する研究	後藤聡、佐藤剛、木村誇、土志田正二、若井明彦、林信太郎、檜垣大助		

	題　　名	発　表　者　名	発 表 会 名	発表日
38	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	木村誇、檜垣大助、若井明彦、林信太郎、佐藤剛、酒井直樹、落合博貴、福岡浩、阿部和時、土志田正二	第56回（公社）日本地すべり学会研究発表会	2017.8.22 ～8.25
39	混雑状況における火災階への移動方法と避難誘導に関する調査報告　－高層建築物避難時の消防活動に関する実態把握－	藤井皓介	2017 年度日本建築学会大会（中国）学術講演会	2017.8.31 ～9.3
40	高層オフィスビルでの順次避難による全館避難訓練時の階段内の避難流動の分析	水野雅之(東京理科大学)、藤井皓介、門倉博之(東北学院大学)、佐野友紀（早稲田大学)、関澤　愛（東京理科大学)		
41	熊本地震による土砂災害現場における安全管理	新井場公徳	九州ライフガード TEC～防災・減災・危機管理展～	2017.9.20
42	Impedance Analysis of Constant-Phase-Element Behavior of Heavy-Duty Coating for Evaluating Its Aging Degradation	Koya Tokutake, Haruki Nishi, Shinji Okazaki (EST committee member)	232nd ECS meeting	2017.10.1 ～10.5
43	Relationship between stationary fire whirls just downwind of a turbulent fire and a counter-rotating vortex pair	Masahiko Shinohara, Sanae Matsushima	The 6th International Conference on Jets, Wakes and Separated Flows (ICJWSF 2017)	2017.10.9 ～10.12
44	Evaluation of LIDAR and GPS based SLAM on Fire Disaster in Petrochemical Complexes	Abu Ubaidah Shamsudin (Tohoku Univ.), Naoki Mizuno, Jun Fujita (Mittsubishi Heavy Industries, LTD.), Kazunori Ohno (Tohoku Univ.)他 2 名, Hisanori Amano	IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics 2017 Oct. 2017 The 4th Slope	2017.10.11 ～10.13

	題　　名	発　表　者　名	発 表 会 名	発表日
45	Evaluation of secondary slope failure susceptibility using detailed topographic data	Shoji Doshida	The 4th Slope Tectonics Conference	2017.10.14 ～10.18
46	（ポスター発表）長周期地震動振幅の短距離間空間較差の発生要因の理解と簡易的予測に向けた数値実験による予備的検討	畑山　健	日本地震学会2017年度秋季大会	2017.10.25 ～10.27
47	太陽電池モジュールの発電抑制技術の検討	横田博之（能美防災）他3名、田村裕之、塚目孝裕、河関大祐、阿部伸之、高梨健一、佐藤康博	平成29年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会	2017.10.26 ～10.27
48	Thermal decomposition of di-tert-butylperoxide measured with calorimeter	Yusaku Iwata	The 6th International Symposium on Energetic Materials and their Applications	2017.11.6 ～11.10
49	重防食コーティング電気的特性値への極値統計適用による最大値推定	徳武皓也、西　晴樹、笠井尚哉（横浜国立大学）他1名	第64回材料と環境討論会	2017.11.8 ～11.10
50	Experiments to Quantify Firebrand Production from Roofing Assembly Combustion	Samuel L. Manzello (NIST), Sayaka Suzuki, Tomohiro Naruse (BRI)	第55回燃焼シンポジウム	2017.11.13 ～11.15
51	Investigation on Firebrand Generation from Reduced-scale Mock-ups	Sayaka Suzuki, Samuel L. Manzello (NIST)		
52	がん具煙火による薄い可燃性固体の着火	鈴木　健		
53	プロパン/空気/ウォーターミスト混合気の最小着火エネルギーに関する実験的研究	中原佳祐（東京電機大学）他1名、廖　赤虹（モリタホールディングス）、内藤浩由		
54	乱流空気流中に形成される対向流拡散火炎の消炎に及ぼすウォーターミスト濃度の影響	松尾涼平（東京電機大学）他1名、内藤浩由		

	題　　名	発　表　者　名	発 表 会 名	発表日
55	プロパン　ー空気浮き上がり火炎基部の乱流火炎伝播速度に及ぼすウォーターミストの影響	浅野慎一（東京電機大学）他1名、内藤浩由	第55回燃焼シンポジウム	2017.11.13 ～11.15
56	救急隊用多言語音声翻訳アプリ「救急ボイストラ」の研究開発及び全国展開	久保田勝明、尾川義雄、河井　恒（情報通信研究機構）他2名	第26回全国救急隊員シンポジウム	2017.11.21 ～11.22
57	An Experimental Study on Extinction of Alkaline Metal Fire	Takeshi Suzuki	APSS 2017 (Asia Pacific Symposium on Safety)	2017.11.30 ～12.1
58	Effect of Water Mist on Extinguishment of Counterflow Diffusion Flame in the Turbulent Air Flow	Matsuo, R. (Tokyo Denki Univ.), Naito, H., and Yoshida, A. (Tokyo Denki Univ.)	11th Asia-Pacific Conference on Combustion	2017.12.10 ～12.14
59	Experimental Study on the Minimum Ignition Energy of Propane/Air/Water Mixture	Nakahara, K. (Tokyo Denki Univ.), Liao, C. (MORITA HD) , Naito, H., and Yoshida, A.(Tokyo Denki Univ.)		
60	Short-Distance Variation of Long-Period Strong Ground Motion Amplitudes - Preliminary Numerical Experiments toward Understanding of Cause and Simplified Prediction	Ken Hatayama	AGU 2017 Fall Meeting（米国地球物理学連合 2017年秋季大会）	2017.12.11 ～12.15
61	石油化学コンビナートでの大規模火災を再現したシミュレータの構築 1C6-08,2017.12	水野直希（東北大学）他6名、小島弘義（三菱重工業）他1名、天野久徳	第18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	2017.12.20 ～12.22
62	Large Outdoor Fires and the Built Environment:Asia View	Sayaka Suzuki, 他2名	Workshop:Large Outdoor Fires and the Built Environment, 12th International Symposium on Fire Safety Science	2018.3.25

(2) 論文発表

	題　　名	発　表　者　名	掲載誌名等	巻号
1	An Experimental Study on Fire Behavior of Tatami Mats	Takeshi Suzuki	12th International Symposium on Fire Safety Science (June 12-16, 2017 at the Lund University, Sweden)	
2	火の粉による建物着火に関する一連の研究	鈴木佐夜香	日本火災学会論文集	Vol.67, No.1, pp.49-55 (2017.4)
3	The Difference in the landslide information by the difference between geographical features and geological conditions	Shoji Doshida	4th World Landslide Forum	Vol.2, Set 2, pp. 999-1005 (2017.5)
4	Mechanisms for secondary slope failure in slope having failed	Kiminori Araiba, Shoji Doshida	4th World Landslide Forum	Vol. 2, Set 2, pp.1165-1172 (2017.5)
5	Maneuvering Support System for an Amphibian Vehicle - Warning Display to Prevent Rough Maneuvers -	Ryota Hayashi (Okayama Univ. of Sci.), Genki Matsuyama (Mitsui Chemicals, Inc.), Hisanori Amano, Hitomu Saiki,Tetsuya Kinugasa (Okayama Univ. of Sci.), Koji Yoshida (Okayama Univ. of Sci.), Masatsugu Iribe (Osaka Elec.-Comm. Univ.), Kenichi Tokuda (Wakayama Univ.)	Journal of Robotics and Mechatoronics	Vol.29, No. 3, pp.591-601 (2017.6)
6	Experiments to provide the scientific-basis for laboratory standard test methods for firebrand exposure	Samuel L. Manzello (NIST), Sayaka Suzuki	Fire Safety Journal	Vol.91, pp.784-790 (2017.7)

	題　　名	発　表　者　名	掲載誌名等	巻号
7	Experimental investiration of wood decking assemblies exposed to firebrand showers	Samuel L. Manzello (NIST), Sayaka Suzuki	Fire Safety Journal	Vol.92, pp.122-131 (2017.9)
8	粉末消火器を用いた消火実験に基づく初期消火に関する防災教育に関する検討	中村祐二（豊橋技科大学）、鳥飼宏之（弘前大学）、尾川義雄、大谷英雄（横浜国立大学）、佐藤研二（東邦大学）、土橋　律（東京大学）、辻佳子（東京大学）、広田正之（清水建設）、吉川昭光（ヤマトプロテック）、三上　賢（ヤマトプロテック）、長谷川晃一（能美防災）、廖　赤虹（モリタホールディングス）、斎藤　直	環境と安全	Vol. 8, No. 3, pp. 101-111 (2017.11)
9	粉末消火器による液体火災の消火成功条件	尾川義雄、山内幸雄（東京理科大学）、久保田勝明、北後明彦（神戸大学）	火災学会論文集	Vol.67, No.3, pp. 9-18 (2017.12)
10	Experimental Investigation of Firebrand Accumulation Zones in Front of Obstacles	Suzuki, S. and Manzello, S. L.,（NIST)	Fire Safety Journal	Vol.94,pp.1-7 (2017.12)
11	A field experiment on fire spread within a group of model houses	Keisuke Himoto (MLIT), Masahiko Shinohara, Ai Sekizawa(TUS), Ken-ichi Takanashi, Hitomu Saiki	Fire Safety Journal	Vol.96, pp.105-114 (2018.3)
12	Examination of the Fires Caused by Fermentation in Disaster Waste After the 2011 Earthquake	Naoharu Murasawa (Research Department Fukushima Prefectural Center for Environmental Creation), Hiroshi Koseki, Yusaku Iwata, Takabumi Sakaoto(Chiba Institute of Science)	Waste and Biomass Valorization	9(3) (2018.3) (Online First)
13	Relationship between stationary fire whirls just downwind of a turbulent fire and a	Masahiko Shinohara, Sanae Matsushima	The 6th International Conference on Jets,	電子媒体配付

	題　　名	発　表　者　名	掲載誌名等	巻号
	counter-rotating vortex pair		Wakes and Separated Flows (ICJWSF 2017)	

(3) 解説

	題　　名	発　表　者　名	掲載誌名等	巻号
1	米国における応急対応の標準化	長尾一郎	季刊消防防災の科学	No.127, pp.35-38 (2017.1)
2	大型鋼構造物に施工された重防食コーティングの電気的特性に対する極値統計の適用方法	徳武皓也、西　晴樹、笠井尚哉（横浜国立大学）他1名	防錆管理	Vol.61, No.6, pp.228-235 (2017.6)
3	News from National Research Institute of Fire and Disaster	Sayaka Suzuki	IAFSS newsletter	No.41, pp.35-36 (2017.6)
4	石油化学コンビナート火災・爆発対策用　消防防災ロボットシステムの研究開発	天野久徳	月刊フェスク	No.429, pp.34-41 (2017.6)
5	消防隊使用を想定した太陽電池モジュール発電抑制のための技術開発	田村裕之	検定協会だより	No.439, pp.3-10 (2017.7)
6	醤油かすと魚粉の自然発火危険性について	村沢直治（福島県環境創造センター）、古積　博（千葉科学大学)他1名、岩田雄策、坂本尚史（倉敷芸術科学大学）	都市清掃	Vol.70, No.338, pp.386-396 (2017.7)
7	糸魚川市大規模火災における飛び火による被害	鈴木佐夜香	火災	Vol.67, No.4, pp.26-29 (2017.8)
8	糸魚川市大規模火災初期の出火地点付近の風速に関する考察	篠原雅彦、河関大祐、高梨健一	火災	Vol.67, No.4, pp.30-34 (2017.8)
9	太陽光発電システムの火災と消防活動における対策	田村裕之	建築設備と配管工事	Vol.55, No.11, pp.43-47 (2017.9)
10	感電及び再出火防止のための太	田村裕之	消防研修	第102号,

	題　　名	発　表　者　名	掲載誌名等	巻号
	陽電池モジュール発電抑制技術			pp.56-62 (2017.9)
11	石油コンビナート火災・爆発対策用ロボットシステムの研究開発	天野久徳	環境技術	Vol.46,No.9, pp.464-469 (2017.9)
12	救急隊用多言語音声翻訳アプリ「救急ボイストラ」の研究開発及び全国展開	久保田勝明、河井　恒（情報通信研究機構）他2名	季刊消防防災の科学	No.130, pp.35-41 (2017.10)
13	糸魚川市大規模火災の出火当時の風速について	篠原雅彦、河関大祐、高梨健一	季刊消防防災の科学	No.130, pp.42-45 (2017.10)
14	コンピュータを使った火災を再現する技術（火災原因調査での活用）	阿部伸之	消防試験研究センターだより Voice.	vol.363, pp.12-13 (2017.11)
15	第17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443号, pp.3-11 (2017.11)
16	市街地火災延焼シミュレーションの概要とその活用について	細川直史、高梨健一	月刊フェスク	435号, pp.38-45 (2017.12)
17	石油化学コンビナートの火災・爆発対応のための消防ロボットシステムの研究開発　−研究開発の概要と一次試作した単体ロボットの紹介−	天野久徳	配管技術	Vol.60,No.1, pp.1-6 (2018.1)
18	糸魚川市大規模火災を対象とした市街地火災延焼シミュレーションの適用	高梨健一、細川直史	季刊消防防災の科学	No.131, pp.43-49 (2018.1)
19	平成26年8月20日広島豪雨における土砂災害現象について	土志田正二	安全工学	Vol.57,No.1, pp.22-27 (2018.2)
20	市街地火災延焼シミュレーションとその実火災への適用	高梨健一、細川直史	安全工学	Vol.57, No.1, pp.48-55 (2018.2)
21	英国における誘導灯の実態に関する調査報告	藤井皓介	火災	Vol.68,No.1, pp.30-35 (2018.2)
22	消防機関における原因調査につ	塚目孝裕、濱田美保（東	火災	Vol.68,No.1,

	題　　名	発　表　者　名	掲載誌名等	巻号
	いて	京消防庁）		pp.36-39 (2018.2)
23	シリーズ「新・強震動地震学基礎講座」（第 11 回）長周期地震動	畑山　健	日本地震学会ニュースレター	第 70 巻, 第 NL5 号
24	Fires caused by disaster waste after the 2011 Great East Japan Earthquake	Naoharu Murasawa (Chiba Institute of Science), Hiroshi Koseki, Yusaku Iwata, Takabumi Sakamoto (Kurashiki Univ. of Science and the Arts)	Loss Prevention Bulletin	No.259, pp.25-28 (2018)
25	奨励賞受賞報告	鈴木佐夜香	日本燃焼学会誌	平成 30 年 2 月号

(4) 所外報告書

	題　　名	担当箇所	執筆者名	発行元	発行年月
1	Summary of Workshop Large Outdoor Fires and the Built Environment		Manzello, S.L., Blanchi, R., Gollner, M., McAllister, S., Planas, E., Rein, G., Reszka, P.	NIST Special Publication 1213	2017.7
2	平成 29 年度 大規模地震に対する石油備蓄タンクの健全性システムの構築に関する調査研究委託業務成果報告書	第Ⅰ編「4.1　タンクの浮き上がり・移動の評価用パラメータとプログラムの整備」	畑山　健	一般社団法人日本高圧力技術協会	2018.3
3	平成 29 年度 大規模地震に対する石油備蓄タンクの健全性システムの構築に関する調査研究委託業務成果報告書	第Ⅱ編「2.高耐久性コーティングのバルク劣化を迅速に再現できる新しい加速試験方法の検討」	徳武皓也	一般社団法人日本高圧力技術協会	2018.3

2　一般公開

東京都調布市のキャンパス内には、消防研究センター、消防大学校、日本消防検定協会及び一般財団法人消防防災科学センターの 4 機関が隣接しており、毎年 4 月に共同で一般公開を開催している。この一般公開は、科学技術週間（4 月 18 日の発明の日を含む週）に行われ、研究内容の紹介や日頃の防災に役立つ体験コーナーを設けている。また、今年度の一般公開は、自治体消防制度 70 周年記念行事として実施された。

平成 29 年度の一般公開は、4 月 21 日（金）に開催し、間際に展示が決ったためにプログラムに掲載できなかった消防ロボットを含め、全部で 27 項目にわたって公開された。そのうちの 12 項目は、実演である。表 1 に示すように、一般をはじめ、消防職員や企業など、あわせて 700 人を超える来訪者があった。

以下に、消防研究センターと消防大学校の主な実演や展示の様子などを紹介するとともに、表 2 に公開項目を記す。

消防ロボットの展示

石油コンビナート施設などで大規模な火災・爆発事故が発生すると、消防隊員が災害現場に近づけない等の場合が想定される。そのような災害時の対策の一つとして、安全な場所からの災害情報の収集、また放水等が可能な消防ロボットの開発を行っている。今回の公開では、開発途中の試作機を展示した（写真 1）。

火災実験、消火実験の様子

消防研究センターは、国の唯一の火災研究機関であることから、火災及び消火実験など、火を身近に感じることができるような実演を行い、多くの来場者が関心を持てるように、プログラムを構成している。そのために、毎年の公開項目には、かならず火災に関係する実演を組み入れている。



写真1　地上走行型の偵察ロボットの展示（公開番号　展示 10）

地震後に発生が予想される市街地同時多発火災や、災害規模が大きくなる林野火災では、風により火の粉が飛んできて出火し、火災を急速に広域化させることがある。平成 28 年 12 月に発生した糸魚川市大規模火災では、強風下において相次いで飛火が発生し、平常時としては、昭和 51 年の酒田大火以来の大規模市街地火災となった。今回の一般公開では、火災の延焼要因のひとつと考えられる火の粉について、有風下で火の粉を飛散させ、着火する様子を実演した（写真 2）。

消防研究センターでは、大規模災害時の対策として、石油タンクの防災研究を行っているが、その一つに、地震後にタンク火災が発生した場合の消火技術に関する研究がある。

タンクの底面や側面方向から、タンク内の燃焼状況を観察できる実験用の小規模タンクの消火実演をまじえて、泡消火のメカニズムを紹介した（写真 3）。

火の粉発生装置（拡大）

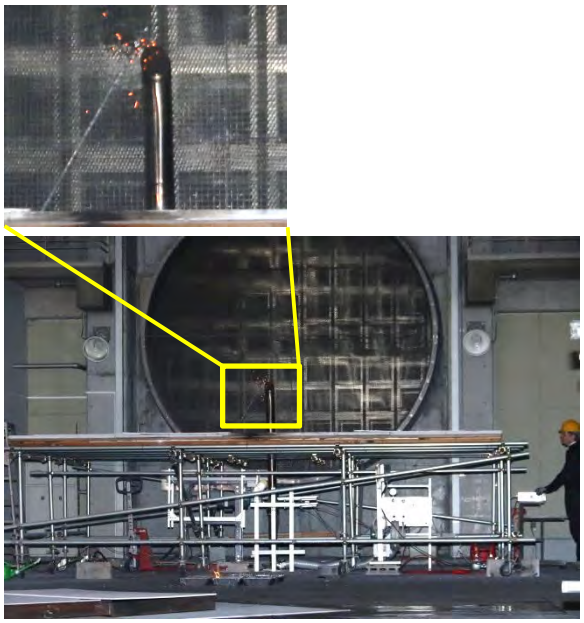


写真２　火の粉の加害性の実演
（公開番号　実演 4）



写真３　石油タンク火災の泡消火の実験
（公開番号　実演 5）

石油タンク火災が長時間継続した場合、貯蔵油の種類によっては、タンク内の油がタンクの外に勢いよく飛び散る燃焼現象（ボイルオーバー）によって、火炎が急激に大きくなることがある。そのような燃焼性状を間近で見学できるように、排煙処理装置付の大規模火災実験場で直径 1m の容器を使用し、軽油を燃料とした実験を行った（写真 4）。

このほかに、消火技術の紹介として、可燃性の液体火災を泡により消火する実演を、横浜市消防局との協力で行った。



写真４　軽油の燃焼性状実験
（公開番号　実演 2）

地震関連の研究等

東北地方太平洋沖地震では、大津波の発生により、これまでの消防車両では、津波被害現場に立入ることができない等の場面に直面し、消防活動が阻害された。このような課題を踏まえ、がれきや海水により立ち入りが困難な津波の被害現場でも、人命救助を行うことができる消防車両の実演を行った（写真 5）。消防研究センターの敷地内に設けられた屋外救助実験場で、がれきに見立てた材木を水に浮かべ、消防車両の走行実演を行った。



写真５　津波被害現場用の消防車両の実演
（公開番号　実演　1）

東北地方太平洋沖地震では、津波により多数の火災が発生し、また石油タンク等の危険物施設への被害が生じた。これに関連して、今回は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を公開した。

また、この地震を契機に、再生可能エネル

ギーが注目されたが、その中でも消防研究センターでは、太陽光発電システムに関連した火災対策の研究を行っている。今回は、太陽光発電システムの火災における消防活動時の安全対策として、火災後の太陽光による感電の防止や再出火の危険防止のため、発電を抑制する試作装置の実演を行った。

その他の展示

このほかに、火災シミュレーション技術や原因調査室の紹介、災害時の消防活動についても紹介した。また、隣接する消防大学校のグランドにおいては、消防職員の教育訓練に使用する消防資機材の公開を行った。教官からの説明を受けることで、来場者は消防資機材に対して親しみを持てたのではないかと考えている。これらの展示は毎年、一般をはじめとした多くの来場者に、消防をより一層理解してもらう場を提供している。

一般公開を終えて

一般公開後には、毎年来場者に対するアンケートを実施している。来訪者の内訳としては、企業や消防職員などの消防関係者が多くを占めているが、全般的に幅広い職種からの来場者があった。内容では、「消防研究センターで行う火災実験に興味が持てた」との回答が多く、今回も来場者からの人気が高かった。

来年度も、平成30年4月の科学技術週間に合わせて、一般公開を開催する予定である。開催の詳細については、消防研究センターのホームページ（http://nrifd.fdma.go.jp/）に掲載する予定である。

表1　一般公開来場者数

区分	H24	H25	H26	H27	H28	H29
一般	106	94	74	120	92	144
企業	271	232	278	257	262	254
報道関係	4	5	13	11	5	7
国立研究機関等	4	8	18	21	16	8
地方公共団体(消防本部等)	61	79	72	156	96	254
関係協会等	20	59	73	46	46	55
消防大学校学生	0	0	0	14	0	76
総務省・消防庁・省庁	12	22	22	38	2	29
合計	478	499	550	611	517	722

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	石油タンクの安全性に関する研究・開発	地震時の石油コンビナート地域の揺れの情報を地震発生後自動的に収集し、大型石油タンクの地震時の揺れによる被害を速やかに推定することのできるシス	展示

番号	公開項目	概要	公開方法
		テムの研究開発成果を紹介します。また、石油タンク底板内面の腐食を防ぐため施されているコーティングの劣化状態を定量的に調べる方法に関する研究成果を簡単な測定を交えて紹介します。	
展示3	火災を再現するコンピュータシミュレーション技術	CFD（数値流体力学）を用いたシミュレーション技術により、コンピュータ上で精緻に再現した火災を展示します。また、火災原因調査でのその活用について紹介します。	展示
展示4	建物内における避難群集の混雑状況と安全に関する研究	大規模施設などの多数の在館者が存在する施設において、避難時に生じる混雑状況とこれによる避難者の安全性に対する影響などについて、調査等で得られた映像を交えて紹介します。	展示
展示5	火災旋風の研究	火災旋風とはどんなものか、その危険性、災害例、研究結果について紹介します。	展示
展示6	流れの速度の計測法に関する研究	流体を可視化し、流れの速度場を計測する方法に関する研究を紹介します。	展示
展示7	地震や土砂災害時の消防活動能力の向上に関する研究	地震や土砂災害が発生した場合の、被害の全容把握、その後の推移予測及び現場作業の選択に資する情報を生み出す技術開発の研究を紹介します（市街地延焼シミュレーター、土砂災害後の情報収集、救助活動の安全確保）。	展示
展示8	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9	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
展示10	災害対応のためのロボット開発	石油コンビナート施設などで大規模な火災等が発生し、消防隊員が災害現場に近づけない場合でも、情報収集、放水等が可能な消防ロボットの試作機を展示します。	展示
実演1	熊本地震等で活躍した水陸両用バギーの実演	東日本大震災の課題を踏まえた、津波被害現場での消火・人命救助を行う消防車両（水陸両用バギー）の研究紹介を行います。	実演 (時間指定)
実演2	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)

番号	公開項目	概要	公開方法
実演3	太陽光発電システムの発電抑制技術	太陽光発電システムの火災において、感電や再出火の防止のために開発している、遮光剤を噴射する装置を紹介します。	実演 (時間指定)
実演4	火の粉の加害性の実験	火の粉発生装置を用いて、有風下で小さな火の粉が飛散し、着火する様子を実演します。	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交えて紹介します。	実演 (時間指定)
実演6	可燃性液体火災の消火実験	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)
実演7	コーンスターチの粉塵爆発実験	少量のコーンスターチを噴上げ、小さな火源で着火させ、大きな炎となることを実演します。	実演 (時間指定)
実演8	外国人傷病者に対する多言語音声　翻訳アプリ　～救急ボイストラ～	外国人傷病者への救急対応を迅速に行うため、NICTの多言語音声翻訳アプリ「VoiceTra（ボイストラ）」を活用し、救急現場特有の会話内容を外国人に短時間で伝える機能・運用などを搭載した ～救急ボイストラ～ の紹介を行います。	実演 (随時)

※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

平成 29 年 11 月 29 日（水）から 11 月 30 日（木）の 2 日間にわたり、第 65 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。今回も昨年と同様、消防関係者以外からも幅広く聴講者を募り、2 日間で全国から延べ 1,000 人を超える参加があった。

会議 1 日目は、「平成 29 年度消防防災科学技術賞」の表彰式、特別講演、受賞作品の発表を行った。2 日目は、公募した研究発表、「第 21 回消防防災研究講演会」を行った。

2.　特別講演

東京大学の西成活裕教授による「群集運動のメカニズムと対策～渋滞学の視点から～」と題した特別講演を開催した（写真 1）。車やアリ、人の渋滞を観測・実験し、数学モデルで再現することで、そこに潜む渋滞のメカニズムを解明していく過程が分かりやすい言葉で説明された。出口の手前に棒を一本立てることで、出口に殺到する群衆がより早く避難できるという実験映像や、実際の群衆が圧死にいたる映像の解析結果など、非常にインパクトの大きい内容が紹介された。人の渋滞の問題は避難時の危険性に直結しており、消防関係者にとって非常に関心の深い内容であったため、質問が尽きなかった。



写真 1　西成活裕教授による特別講演

3.　表彰式

1 日目の午前に、「平成 29 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、稲山博司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より表彰状が手渡された。さらに、選考委員会委員長である亀井浅道元横浜国立大学特任教授による講評、最後に受賞者一同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.　研究発表

会議 1 日目の昼休みに、ロビーで平成 29 年度消防防災科学技術賞受賞作品のうち「消防防災機器等の開発・改良」に関する 10 件の展示発表が行われた。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 3）。

1 日目の午後には、「平成 29 年度消防防災科学技術賞受賞作品」のうち「消防防災科学に関する論文」10 件、「原因調査に関する事例報告」9 件の口頭発表が行われた。

2 日目の午前には、消防関係者による「一般

発表」が 12 件行われた（写真 4)。これらの発表は公募に対して応募があったものである。これらの中から 3 件の展示発表が昼休みに行われた。



写真 3　ロビーでの展示発表



写真 4　会場の様子

5.　消防防災研究講演会

2 日目の午後には、「第 21 回消防防災研究講演会」が開催された（p.84 の開催報告を参照)。

6.　おわりに

今年度は口頭発表数が例年に比べて多かったため、発表、質疑応答の時間が短くなった。今回の第 65 回も含め、全国消防技術者会議の資料は、消防研究センターホームページ（http://nrifd.fdma.go.jp/）に公開されている。している。

次回の第 66 回全国消防技術者会議に関しては、詳細が決まり次第、消防研究センターホームページ等にて情報公開をする予定である。

◆プログラム

第 1 日　平成 29 年 11 月 29 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］

群集運動のメカニズムと対策　～渋滞学の視点から～

東京大学先端科学技術研究センター

西成活裕

3　「平成 29 年度消防防災科学技術賞」表彰式

4　展示発表 1

［平成 29 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］

簡易バキューム装置

飯塚地区消防本部　伊藤博文

採水管陽圧方式による防火水槽凍結対策の開発

高山市消防本部　瀬戸正樹、　土田　靖

谷　直人、　渡邉　卓

災害対応ピクトグラムの開発

岡山市消防局　渡邉敏規

西山　猛、　髙月　勇

ロープ展張並びに浮具等の搬送投下を実施でき、かつ車載を考慮した無人航空機の開発

春日井市消防本部　原科享介

フィン本来の持つ能力を引き出すインソールセット

大垣消防組合消防本部　水谷佑典

悪戯・テロ対策用表示機能付き取っ手の開発

株式会社横井製作所

アルキルアルミニウム類用火災抑制剤「アルキルフォーム」の開発

ヤマトプロテック株式会社

日本アルキルアルミ株式会社

消防用ホース結合金具　簡易離脱器の開発

ヨネ株式会社　米田哲三、沖田祐介

掛川時由、小野寺健一

屋外用 AED 収納ボックスの開発

龍郷町総務課

野村特殊工業有限会社

応急手当絵本

災害に強いまち・ひとを作る会

5　研究発表 セッション1

［平成29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］

石油コンビナート等災害用訓練「バーチャル・リアリティ・シミュレーション」の検証について

大竹市消防本部　中村将也、村田慎吾

瀬田直史、宇高正人、滝口洋介

耐火造建物の火災性状と消防活動技術に関する研究

神戸市消防局　中島明俊

火災動画等を利用した筒先部署位置研修法の一考察

京都市消防局　宮田真行、児玉真一

川上晃義、山下哲平、國府和輝

消防団員の操法訓練中における傷害発生の実態について

美濃加茂市消防団　中宿伸哉、高井史朗

消防団に対する訓練指導方法の検証について

（消防団災害対応訓練マニュアルの作成）

名古屋市消防局　森　誠一

自衛消防隊がより安全に活動できる屋外消火栓設備の放水器具等の考察

三洋化成工業株式会社　前田利正

大規模災害発生時の活動隊員に必要な活動食の要件検討および備蓄内容の現状調査

筑波大学　小泉奈央

東京消防庁　赤野史典

広島大学　緒形ひとみ

東京消防庁　玄海嗣生

筑波大学　麻見直美

感温性を有する新規消火剤の消火特性と物性

三生技研株式会社　真　隆志、菅原鉄治

日向市消防本部　松木嚴生

宮崎大学　塩盛弘一郎

熊本市消防署管轄別救急需要の推計予測

熊本市消防局　一村直樹

熊本大学　内山　忠、安部美和

島田巻きと狭所巻きの特性を併せ持つ新たなホース巻き（KS 巻き）の開発とホース延長法の研究

神戸市消防局　水門浩一

6　研究発表 セッション2

［平成29年度消防防災科学技術賞表彰作品:原因調査に関する事例報告］

花火の火薬製造中の収れん火災

北九州市消防局　須藤嘉樹

原油タンカー爆発火災の火災調査について

姫路市消防局　松田悟志、 塚原昌尚

寺尾健一、高嶋泰裕、柳田雄貴

トレーラ火災時の『調査教本』の作成

神戸市消防局　塩谷俊行

ポータブルブルーレイプレーヤーの出火事例から

大阪市消防局　辻　明人、村上芳郎

リチウムポリマー電池内蔵エンジン始動補助器からの出火に関する調査報告

東近江行政組合消防本部　辻　徹也、髙岡吉彦

自動車エンジンの電動補助冷却ポンプの出火事例について

名古屋市消防局　櫻井友大、大野直也

トラックの ABS ユニットから出火した火災事例及び調査の手順について

新潟市消防局　白瀧一裕、田辺幸大

柄澤基彬、伏見栄浩

貝瀬東一朗、中川　俊

クレジットカード信用照会端末からの出火事案

千葉市消防局　亀ヶ谷雅之、海老根浩次

石本大起、下田直史、遠藤真哉

ホットスポットが起因した太陽電池モジュール火災について

川崎市消防局　秋田勇紀、佐藤　悠

第2日目　平成29年11月30日（木）

1　研究発表 セッション3

［一般発表］

NBCテロ対応「パターンシステム」の構築について

東京消防庁　鈴木譜哉、新田浩司
坂本雄太、浪崎智至、八櫛徳二郎

三連はしごの固定及び三連はしごを使用した救出資機材の開発　～一般住宅等での強固な支持物等が取れない場所で～

川越地区消防局　榎本郷史

「平成24年7月九州北部豪雨」による被災経験を教訓とした災害図上訓練の充実強化と減災への取り組み

八女消防本部　中村唯志、大石和之
古庄浩平、高木俊一、内野大樹

振動実験装置を用いた地震火災予防対策に関する検証について

東京消防庁　小野哲也、米田真之
千島清奈生、福嶋和明

実験と火災シミュレーションによる実火災体験型訓練施設の熱環境可視化に関する検証

東京消防庁　佐藤　歩、金子公平
大滝英一、町井雄一郎

交通事故現場で活動する消防隊員の安全管理体制の推進について　―車両データシステムの構築―

小田原市消防本部　川野健司

消火用ホースの摩耗損傷に関する検証

東京消防庁　鈴木嘉明、山口敦史
町井雄一郎

濃度等の異なる危険物の性質に関する検証

東京消防庁　鈴木克之、宮尾　賢
水田　亮、望月　真、清水崇一

緊急時のFD-CPR（ファイヤーファイター・ダウン・CPR）の習得について　レスキューのゴールを目指して

小田原市消防本部　真壁賢一、佐久間真人

油脂含有物に対する酸化防止剤等の熱的影響に関する検証

東京消防庁　水田　亮、望月　真
鳥谷　淳

装着型パワーアシストロボット等の活用の有効性に関する検証

東京消防庁　持田春人、杉本仁美
玄海嗣生

地域の減災に自主防災活動が与える影響に関する研究　～2013年台風18号における大津市の自主防災組織活動分析から～

大津市消防局　木村　尚

2　展示発表2

［一般発表］

NBCテロ対応「パターンシステム」の構築について

東京消防庁　鈴木譜哉、新田浩司
坂本雄太、浪崎智至、八櫛徳二郎

三連はしごの固定及び三連はしごを使用した救出資機材の開発　～一般住宅等での強固な支持物等が取れない場所で～

川越地区消防局　榎本郷史

「平成24年7月九州北部豪雨」による被災経験を教訓とした災害図上訓練の充実強化と減災への取り組み

八女消防本部　中村唯志、大石和之
古庄浩平、高木俊一、内野大樹

3　第21回消防防災研究講演会

p.84の開催報告を参照

4　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21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29年度第21回消防防災研究講演会は、平成29年11月30日に東京都港区虎ノ門にあるニッショーホール（日本消防会館）において、「2016年糸魚川市大規模火災」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。

2016年12月22日に糸魚川駅の北側で大規模市街地火災が発生した。被災した地域は、昔ながらの町並みを保存し、観光資源としていた地域で、古くからの木造の建物が多く存在していた。消火活動は出火から鎮火まで30時間以上を要し、焼損面積は30,412m^{2}に及んだ。この火災は、1976年10月29日に発生した酒田大火（山形県酒田市）以来の通常時大規模市街地火災となった。

多くの応援部隊が駆け付けて消火活動を実施したが、南からの強風に煽られた火勢は海岸線の道路まで到達し、147棟が焼損した。建物や市街地の防火性能の向上や消防力の充実により、通常時に大規模な市街地火災は起きないのではないかと言われていたが、いくつかの条件が重なり大規模市街地火災となった。

消防研究センターでは、鎮火後現地に研究官が入り、延焼拡大の状況、飛び火による被害の把握、煙の状況、被災街区の建物構造などについて調査を実施した。また、消防庁では、今回の大規模市街地火災を受けて「糸魚川市大規模火災を踏まえた今後の消防のあり方に関する検討会」を開催し、問題点の抽出や今後の対応について検討した。今回の講演会では、糸魚川市大規模火災の被害の状況や被災街区の建物構造、飛び火による被害の状況、被災現場での風の状況、消防隊や消防団による実際の消火活動、延焼シミュレーションによる市街地火災の拡大予測と消防活動の効果、大規模市街地火災に対する今後の消防の取り組み方について講演を行った。これらの講演の概要を以下に示す。

【火元付近の建物について】

本講演会の1か月ほど前には、兵庫県明石市で木造市場から小規模な延焼火災が発生した。この火災と新潟県燕市内の2例及び熊本県小国町の延焼火災を紹介するとともに、木造密集市街地の小規模延焼火災の発生件数の推移を示した。

糸魚川市大規模火災の火元付近の被災前の建物の状況について、糸魚川市消防本部と糸魚川市産業部建設課と共同で実施した聞き取り調査を元に、建物の概形と外壁の仕様、開口部の位置などを示した。また、火元付近の建物が昭和7年の「惣兵衛の火事」以降、建築と増築を経て建て詰まっていった経過を、市内の大火の歴史と建築基準法令の変遷と併せて示した。

加えて、被災地域の北東部で、木造住宅同士が向き合った狭い道路で焼け止まった場所の建物の状況と、耐火造建物の内部で焼け止まった

2事例を紹介した。

【飛び火による被害】

飛び火による被害に関して、被害にあった建物の構造や、調査の際に採取した火の粉に関して報告した後、調査で得られたデータをどのように研究に活かしているのかを紹介した。飛び火被害のあった家屋のほとんどは瓦屋根と木造家屋であり、また、最終的に飛び火が発見されるまで屋根から白い煙のようなものが1時間弱見られたことが聞き取り調査でわかった。実際に火炎が屋根から見られるまでには、見えないところで燃焼が進んでいることが示唆されている。火の粉は大きなものばかりが注目されるが、発生する火の粉のほとんどは 1g 以下の小さなものである。小さな火の粉でも着火させることが可能であるが、日中明るい中では特に見えにくく、注意が必要である。採取した火の粉のデータを用いて、発生させる火の粉の大きさを調整しながら火の粉発生装置を用いた研究を進めており、火の粉による着火しやすさ等を研究している。

【火災初期の出火地点付近の風について】

消防隊は現場到着時には風がそれほど強いとは思わなかったという記録がある。住民からも同様の証言が得られた。火災初期の現場の風速は、消防の活動方針に影響を与えた可能性があると考え、火災初期の出火地点付近の風速を、写真に写った火災の煙の傾きから推定した。その結果 11 時 31 分からの 3 分間の風速は 2.1～21.3 m/s の範囲と推定された。この推定範囲は、同じ時間帯に現場から約 2.3 km 西南西で測定された 10 分間の風速の度数分布を正規分布と仮定した時の変動範囲内であるため、この測定値と矛盾しない。この測定値（平均風速 13.5 m/s、最大瞬間風速 25.2 m/s）の状況下でも風速の変動を考えれば、写真に写った天頂から 38 度の煙の傾きは起こり得ると言える。推定最小風速 2.1 m/s は誤差を考えても大きくても 5 m/s 程度であり、軟風と分類される風である。よって火災の初期は、出火地点付近では消防隊が強風とは感じない数 m/s の風の時間帯もあった可能性があり、このことが飛火警戒の有無、応援要請の時期、規模を左右する一因となった可能性がある。

【新潟県糸魚川市大規模火災に学ぶ】

火災発生の通報を受け、現場に到着してからの出火建物の状況、延焼中の様子、消防署及び消防団による消火活動の様子、鎮圧後の焼け跡などを記録したビデオ映像を中心に講演が行われた。火災初期には、風の影響もあまり体感できず、小規模で消火できると感じたが、強風と飛び火の影響により消火活動は苦戦を強いられた。地元消防団員の活動は大変な戦力となった。長時間の消火活動用水を確保するために、地元の生コン組合がコンクリートミキサー車による水の運搬で多大な協力を行った。今回の火災が、糸魚川市特有の条件が重なって起きたわけではないと思っているので、木造建物の大規模延焼火災は全国どこでも起こりうると考えると、近隣消防本部への早期の段階からの情報共有と応援要請が被害を抑える上で重要と考える。

また、講演者から、応援に駆け付けた多くの消防本部の方々や、火災後に全国からいただいた支援に対し、感謝が示された。

【糸魚川市大規模火災への市街地火災延焼シミュレーションの適用】

糸魚川市大規模火災に対して、消防研究センターで開発を行っている市街地火災延焼シミュレーションを適用した結果について講演を行った。消防研究センターの市街地火災延焼シミュレーションの概要を説明した後、延焼動態に関する既存資料との比較により妥当性の検証を行い、シミュレーション結果は実際の延焼状況に比べ若干短時間で延焼するものの、延焼の進み方は類似していることを示した。また、放任火災の場合を想定して行ったシミュレーション結果と比較することにより、あくまでもシミュレーションの結果ではあるものの、消防活動を行

ったことにより、少なくとも 2/3 に被害を低減できた可能性があることを示した。

【糸魚川市大規模火災を踏まえた対応策】

糸魚川市大規模火災を受け、消防庁では、今後の消防のあり方についての検討会を開催した。この検討会での議論や方向性について紹介した。強風下における活動要領や、木造密集地域における活動要領など、消火活動にかかる基準が未整備の消防本部が 8 割あることがわかった。隣接県内の消防本部との応援協定を結んでいる消防本部は多いが、隣接県外の消防本部との協定は結ばれていないことが多かった。糸魚川市大規模火災では、水利の確保として、自然水利の活用、生コン組合へ要請したコンクリートミキサー車による水の運搬、スーパーポンパーの活用などを実施した。地形、気象、街区構造などを考えると、糸魚川市固有の条件により今回の大規模火災が発生したわけではなく、全国のどこでも起こりうる火災であることを認識する必要がある。各消防本部では、木造密集地域の火災や強風下での火災に対する消防活動の指針を策定しておくことが必要である。



写真１　会場の様子

表１　プログラム

テーマ：2016 年糸魚川市大規模火災
【研究発表 1 】
(1) 火元付近の建物について
消防研究センター　鈴木恵子
(2) 飛び火による被害
消防研究センター　鈴木佐夜香
(3) 火災初期の出火地点付近の風について
消防研究センター　篠原雅彦
【研究発表 2】
(4) 新潟県糸魚川市大規模火災に学ぶ
糸魚川市消防本部　長野隆一
(5) 糸魚川市大規模火災への市街地火災延焼シミュレーションの適用
消防研究センター　高梨健一
(6) 糸魚川市大規模火災を踏まえた対応策
消防庁総務課（併）消防・救急課　守谷謙一

5　消防防災科学技術賞受賞作品

平成29年度消防防災科学技術賞表彰式が、平成29年11月29日に東京都虎ノ門にあるニッショーホール（日本消防会館）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、今回で21回目となる。

平成29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90編（機器等の開発・改良44編、科学論文22編、原因調査事例報告24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29編を受賞作品（優秀賞：26編、奨励賞：3編）として決定した。

受賞作品

1　優秀賞（26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)　簡易バキューム装置

飯塚地区消防本部　伊藤博文、大里英雄

(2)　採水管陽圧方式による防火水槽凍結対策の開発

高山市消防本部　瀬戸正樹、土田　靖、谷　直人、渡邉　卓

(3)　ロープ展張並びに浮具等の搬送投下を実施でき、かつ車載を考慮した無人航空機の開発

春日井市消防本部　原科享介

(4)　災害対応ピクトグラムの開発

岡山市消防局　渡邉敏規、西山　猛、髙月　勇

(5)　フィン本来の持つ能力を引き出すインソールセット

大垣消防組合消防本部　水谷佑典

【消防職員・消防団員等による消防防災科学論文】　5編

(1)　石油コンビナート等災害用訓練「バーチャル・リアリティ・シミュレーション」の検証について

大竹市消防本部　中村将也、村田慎吾、瀬田直史、宇高正人、滝口洋介

(2)　消防団に対する訓練指導方法の検証について（消防団災害対応訓練マニュアルの作成）

名古屋市消防局　森　誠一

(3)　火災動画等を利用した筒先部署位置研修法の一考察

京都市消防局　宮田真行、児玉真一、川上晃義、山下哲平、國府和輝

(4)　耐火造建物の火災性状と消防活動技術に関する研究

神戸市消防局　中島明俊

(5)　消防団員の操法訓練中における傷害発生の実態について

美濃加茂市消防団　中宿伸哉、高井史朗

【一般による消防防災機器等の開発・改良】　4編

(1)　悪戯・テロ対策用表示機能付き取っ手の開発

株式会社横井製作所

(2)　アルキルアルミニウム類用火災抑制剤「アルキルフォーム」の開発

ヤマトプロテック株式会社

日本アルキルアルミ株式会社

(3)　消防用ホース結合金具 簡易離脱器の開発

ヨネ株式会社　米田哲三、沖田祐介、掛川時由、小野寺健一

(4)　屋外用 AED 収納ボックスの開発

鹿児島県龍郷町総務課

野村特殊工業有限会社

【一般による消防防災科学論文】　3編

(1)　自衛消防隊がより安全に活動できる屋外消火栓設備の放水器具等の考察

三洋化成工業株式会社　前田利正

(2)　大規模災害発生時の活動隊員に必要な活動食の要件検討および備蓄内容の現状調査

筑波大学　小泉奈央

東京消防庁　赤野史典

広島大学　緒形ひとみ

東京消防庁　玄海嗣生

筑波大学　麻見直美

(3)　感温性を有する新規消火剤の消火特性と物性

三生技研株式会社　真　隆志、菅原鉄治

日向市消防本部　松木嚴生

宮崎大学　塩盛弘一郎

【消防職員による原因調査事例報告】　9編

(1)　リチウムポリマー電池内蔵エンジン始動補助器からの出火に関する調査報告

東近江行政組合消防本部　辻　徹也、髙岡吉彦

(2)　自動車エンジンの電動補助冷却ポンプの出火事例について

名古屋市消防局　櫻井友大、大野直也

(3)　トレーラ火災時の『調査教本』の作成

神戸市消防局　塩谷俊行

(4)　ポータブルブルーレイプレーヤーの出火事例から

大阪市消防局　辻　明人、村上芳郎、稲田悠哉

(5)　ホットスポットが起因した太陽電池モジュール火災について

川崎市消防局　秋田勇紀、佐藤　悠

(6)　クレジットカード信用照会端末からの出火事案

千葉市消防局　亀ヶ谷雅之、海老根浩次、石本大起、遠藤真哉、下田直史

(7)　原油タンカー爆発火災の火災調査について

姫路市消防局　松田悟志、塚原昌尚、寺尾健一、高嶋泰裕、柳田雄貴

(8)　花火の火薬製造中の収れん火災

北九州市消防局　須藤嘉樹

(9)　トラックのABSユニットから出火した火災事例及び調査の手順について

新潟市消防局　白瀧一裕、田辺幸大、柄澤基彬、伏見栄浩、貝瀬東一朗、中川　俊

2　奨励賞（3編）

(1)　島田巻きと狭所巻きの特性を併せ持つ新たなホース巻き(KS巻き)の開発とホース延長法の研究

神戸市消防局　水門浩一

(2)　熊本市消防署管轄別救急需要の推計予測

熊本市消防局　一村直樹

熊本大学　内山　忠、安部美和

(3)　応急手当絵本

災害に強いまち・ひとを作る会

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

簡易バキューム装置

飯塚地区消防本部
伊藤博文、大里英雄

1.　開発要旨

消防本部管内にある地下式消火栓の中に、型枠内の排水が悪く、雨が降る度に枠内に泥水が溜り、放水口及び開閉バルブが見えなくなる水利がいくつか存在する。

火災時の水利部署に支障をきたすので、柄杓（ひしゃく）や灯油用の簡易ポンプを利用してこの泥水を汲み取っているが、排水作業に長時間を要するうえ、深さがあるに腕を深く差し込まなければならず不衛生であり、排水処理に苦労している。

そこで簡単に泥水を吸い上げることができる装置について思考していたところ、一番身近にある消防車の真空ポンプに着目し、この真空ポンプを利用したシンプルで製作が簡単な「簡易バキューム装置」を考案した。

また、この装置を複数製作する事で、排水のみならず油漏れにより側溝等に溜まった危険物（第一石油類以外）の排油にも利用できると考えられる。

2.　簡易バキューム装置の概要（図 1 参照）

図示すると以下のとおりである。

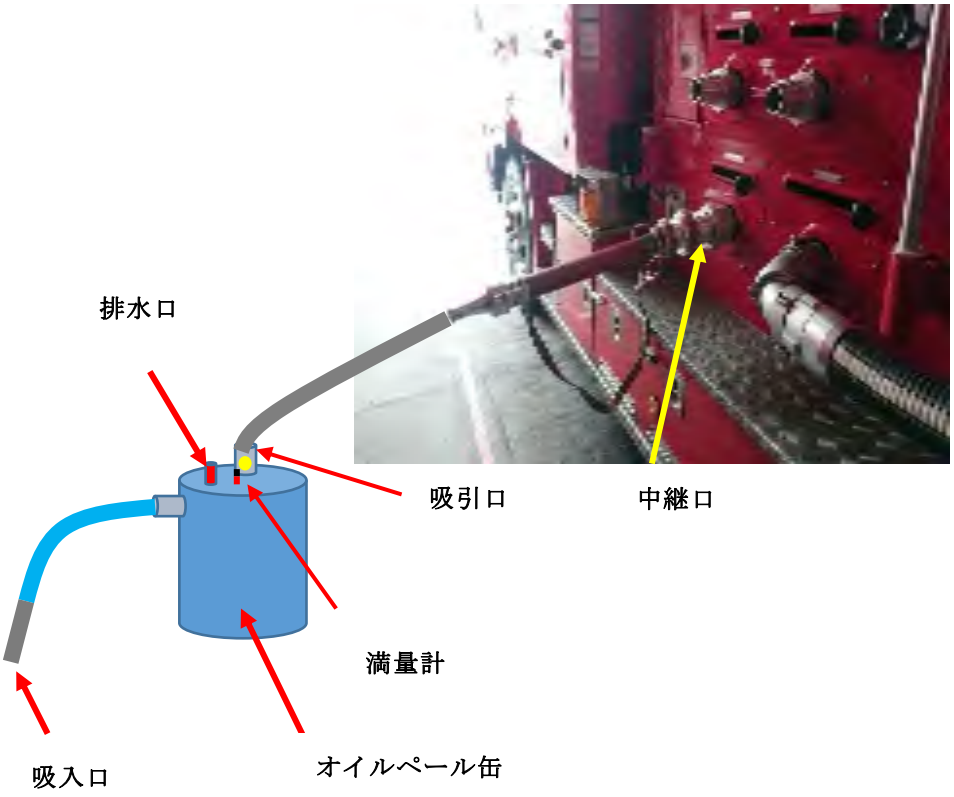


図 1

3.　装置に必要な材料（写真 1 参照）

ア　オイルペール缶　（18ℓ大小　2 個）
イ　TS 継手（VS25　1 個）
ウ　TS 給水栓ソケット（VS25　1 個）
エ　TS 給水栓Ｌ型ソケット（VS25　1 個）
オ　TS バルブソケット（VS25　2 個）
カ　排水ホース 1.5m（VS25）2 本
キ　塩ビパイプ 60cm（VS25）1 本
ク　ゲージガイド（ボールペン筒）7cm 1 本
ケ　釣り用浮（1.4cm）1 個
コ　ガチャガチャケース（5cm）1 個
サ　ゲージ（CRC 延長ノルズ）1 本
シ　ヒラパッキン（3.5cm）4 枚
ス　ボールペンの芯

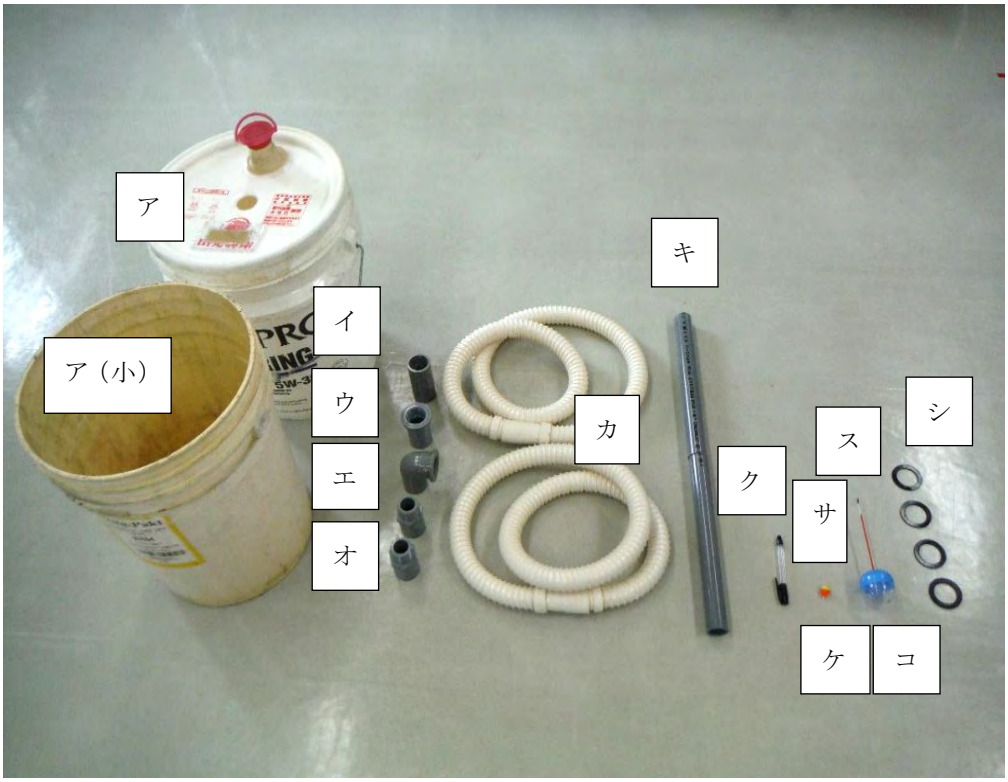


写真 1

4.　作成要領（写真 2～7 参照）

（1）上蓋の中央に、穴あけ器具をドリルに取り付け、吸引用の TS バルブソケットを取り付ける、32mm の穴を開ける。

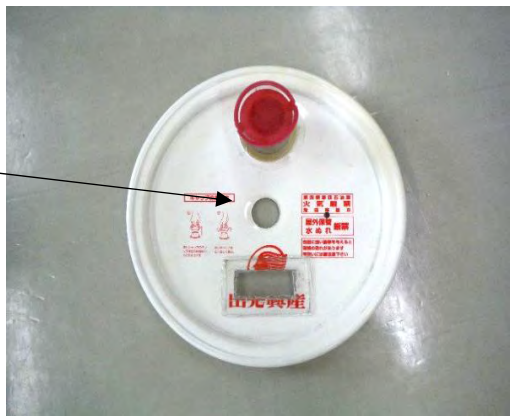


写真 2

（２）上蓋の中央から右側の 10cm の位置にゲージガイド用の取り付け穴､7mm の穴を開ける。



写真 3

（３）ペール缶本体上部の取っての支点 2 か所から中央の位置に、吸入口 TS バルブソケットを取り付ける。32mm の穴を開ける。



写真 4

（４）ペール缶本体より小さめのペール缶を用意し、ペール缶本体の吸入口 TS バルブソケット穴より低めで、上部を切断する。



写真 5

（５）ゲージガイド用に利用するため、ボールペンのケースを 7cm で切断する。



写真 6

（６）浮を取り付けるボールペンの芯を 3cm で切断する。

（７）ガチャガチャケースの先端に、ゲージ（CRC 延長ノズル）が入る穴を開ける。

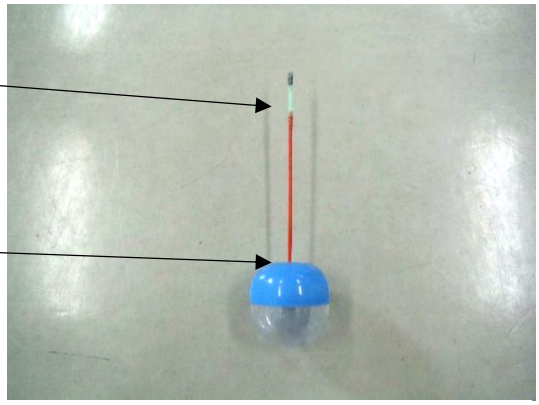


写真 7

（８）組立て作業

ア　上蓋に吸引用の TS バルブソケットにパッキンを挟み、上側から取り付け、下から TS 給水栓ソケットにパッキンを挟み、締め付ける。



写真 8



写真 9

イ　ゲージガイドを上蓋の裏側からねじ込み、取り付ける。

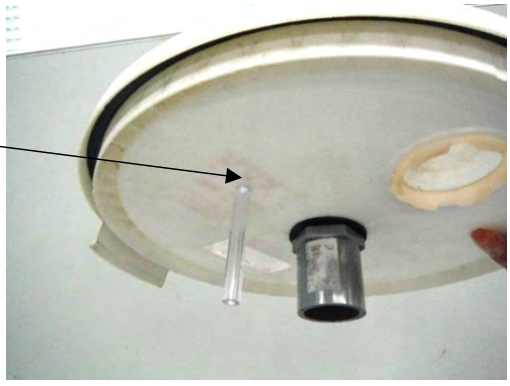


写真 10

ウ　ガチャガチャケースにゲージ（CRC 延長ノズル）を差し込んで取り付け、ゲージをゲージガイド裏側から差し入れ、出てきた先端に浮を取り付け、満量計の完成。

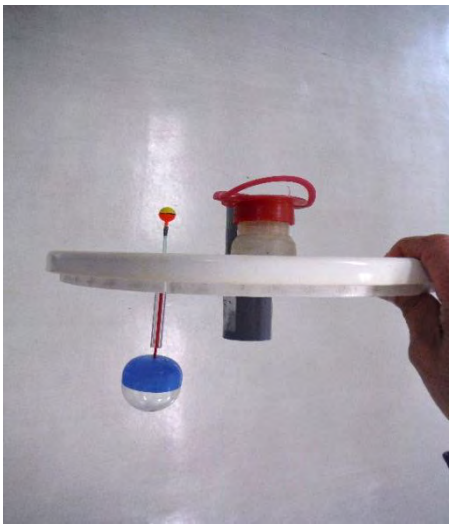


写真 11

エ　ペール缶本体に小さめのペール缶を入れ、吸入口 TS バルブソケットにパッキンを挟み、外側から差し入れ、内側から TS 給水栓 L 型ソケットにパッキンを挟み、下向きに締め付ける。

※　吸引力でペール缶の変形を防ぐため、二重にする。

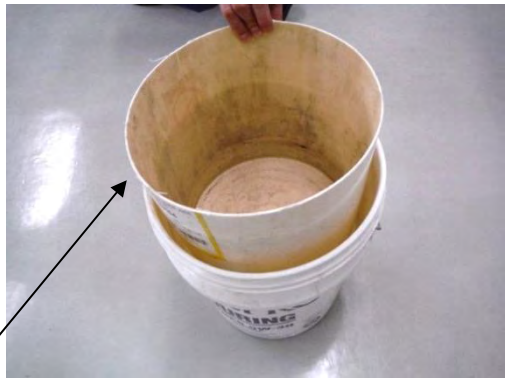


写真 12



写真 13

オ　塩ビパイプ 60cm を半分に切断し、TS 継手で接合する。



写真 14

カ　ホースを吸引側及び吸入側TSバルブソケットに差込み、吸入側ホース先端に塩ビパイプを取り付け、簡易バキューム装置の完成。



写真15

キ　収納状況

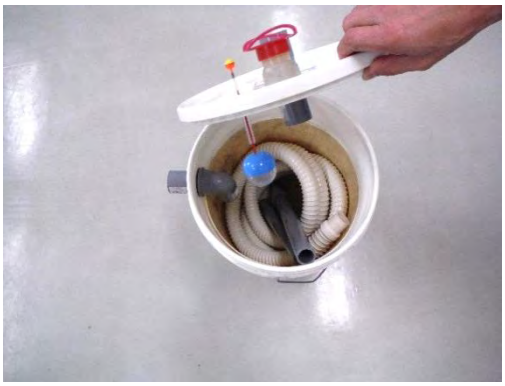


写真16



写真17

5.　使用要領（写真18～22参照）

（1）中継口に65mm雄雄媒介金具を取り付け、そこに65mmから50mmに変更する媒介金具を取り付け、20mmのストレートノズル付管そうを取り付ける。



写真18

（２）簡易バキューウム装置の吸引側ホースをノズル先端に取り付け、吸入側にホースを取り付ける。



写真 19

（３）ポンプを作動し、真空ポンプを使用できる状態にする。

（４）吸水したい泥水等に吸入口を入れ、手動にて真空ポンプ作動させ、オイルペール缶の満量計の浮がうきあがり、赤い印が見えたら（約15ℓ）直ちに停止させる。



写真 20

赤い印



写真 21

（５）吸引側及び吸入側の排水ホースを取り外し、オイルペール缶内の泥水等を排水口から排出した後、（２）から（４）の操作を繰り返す。



写真 22

6. 吸水状況（写真23～27参照）

（1）地下式消火栓ボック内は水が満水である。



写真23

（2）1回目の吸水状況
僅かに開閉バルブが見えてくる。



写真24

（3）2回目の吸水状況
放水口が見えてくる。



写真25

（4）3回目の吸水状況
放水口の離脱爪が見えてくる。



写真26

（５）4回目の吸水状況

底が見える状態まで吸水完了。



写真 27

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

採水管陽圧方式による防火水槽凍結対策の開発

高山市消防本部
瀬戸正樹、土田　靖、谷　直人、渡邉　卓

1.　はじめに

当消防本部は岐阜県の北部に位置し、北東には北アルプス(飛騨山脈)を擁する地域である。管内には 1、2 月の平均気温が氷点下、最低気温が-20 度を下回る地域が存在し、また国が指定する特別豪雪地帯も有する地域であり、消防水利の維持に苦慮している。

そのため、有蓋防火水槽の貯水凍結防止を目的として、冬期に入る前に防火水槽水を排水し、凍結を免れるよう処置をしている。その排水する深さは、設置場所の標高や日照条件などに影響することから、これまでの経験則を基に設置場所に応じた排水深さとしており、これを防火水槽凍結深度（以下「凍結深度」という。）と呼んでいる。

上記のとおり、凍結深度は有蓋防火水槽を対象に考えられた深さで、地上面から防火水槽内水面までの深さを表すが、今回の紹介では、無蓋防火水槽に対する凍結対策を行うものであり、有蓋防火水槽と無蓋防火水槽の構造上の違いから凍結深度を適用することは考えにくい。しかし後述する開発物品の概要のとおり、今回の実証実験においても無蓋防火水槽水面下の深さとして凍結深度の考え方を準用し、検証を行った。

今回実証実験を行った地域は、凍結深度 50cm と設定された地域である。

2.　開発物品の概要

今回、無蓋防火水槽の凍結に対する水利確保物品を開発したものである。概要は、無蓋防火水槽に吸管単体をあらかじめ投入し、吸管メス側接合部に今回開発した気密性を有した蓋（写真 1）を設置。蓋にはタイヤチューブバルブを取り付け、そこからエアーを注入（写真 2）するものである。吸管内はエアーを注入することにより陽圧となり、吸管内の水は排出され、吸管内の水面が凍結深度以下まで下がることから、凍結を免れることを想定し考案した（図 1）。有事の際には蓋を取り外すことにより水利確保が行えるものである。



写真 1　開発物品全景



写真 2　エアー注入要領
空気ボンベにタイガーエアーソー調整弁を取り付け、出力側カプラに市販されているタイヤ用エアーゲージを接続してエアーを注入。

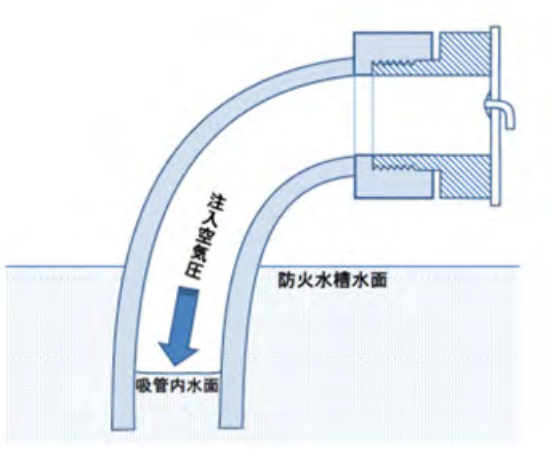


図 1　開発物品の概要

3.　仕様

開発物品は、廃吸管を切断し、オス側金属部に鉄板をボルト固定したものである。今回の開発物品には、密閉した吸管内を陽圧の状態で保持する必要があり、気密性が要求されるため、金属などの接合部にはコーキング材を塗布し気密性を保持している。また、エアーを注入する方法として、タイヤチューブのバルブを採用している。

4.　開発による効果とその検証

開発物品の必要な機能条件は、冬期間吸管内を陽圧に保ち、水位を凍結深度以下の状態で維持して凍結させないことであることから、

①気密性の保持

②防火水槽凍結時の吸水試験

という 2 点について実証実験を実施した。

①　気密性の保持

ア　調査期間について

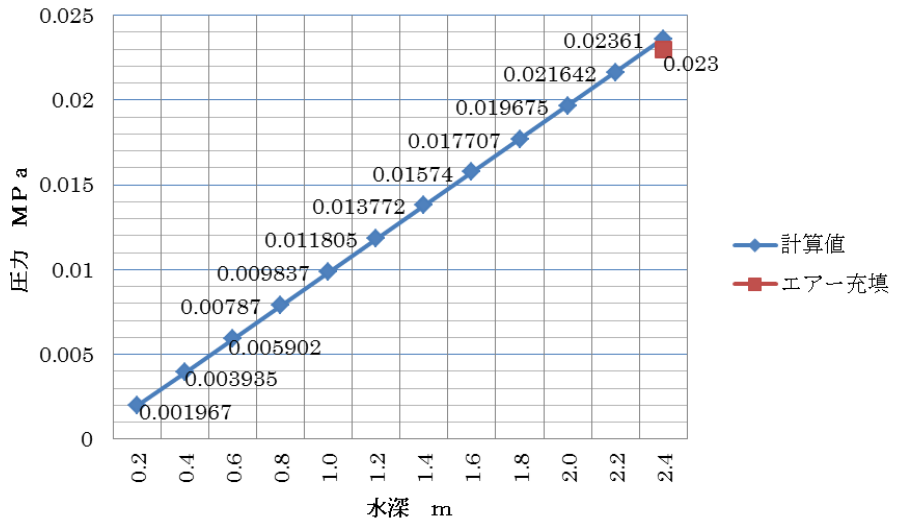
今回の開発物品の目的は、冬期間の凍結対策であることから、気温低下の著しい 1、2 月を想定している。このことから 2 ヶ月間程度の気密性が必要であると考えられ、今回の実証実験では 12 月中旬から 2 月中旬の約 2 ヶ月間実施した。

イ　気密性・吸管内圧力と吸管内水位の関係

吸管内の水位がどの位置にあるかを吸管外観から測定することは不可能であることから、吸管内の圧力変化により水位を推測する方法で検証を行った。

理論上淡水中では、水深が 10.3m 増すごとに 1 気圧、1013hPa の圧力が増加する。この関係を表 1 で示す。水深と圧力の関係は、水深が 0.2m 増加するごとに、圧力は 0.001967MPa 増加するといった比例する関係にあることが表 1 からわかる（気温による圧力変化については、今回の調査においては一定のものと仮定して実施した。）。

表 1　水深と圧力の関係性



次に、実際に防火水槽へ吸管を投入し、先の表1との比較検証を実施した。防火水槽に吸管を投入し、吸管先端を水深2.4mの位置まで投入した後、開発した蓋を吸管メス側接合部に取り付け、写真2の要領でエアーを注入した。防火水槽内の吸管先端からエアーが漏れ出すのを確認し、写真3の要領にて吸管内圧力を測定したところ、圧力は0.023MPaであった。この測定値を表1に当てはめると、計算値とほぼ酷似していることがわかる。このことから、圧力の計測により水位が推測できることが結び付けられ、継続的に圧力の観察を行った。

ウ　気密性の結果

実証実験実施場所は、高山市荘川町地内のA無蓋防火水槽と高山市清見町地内のB無蓋防火水槽の2ヶ所とした。

実証実験期間中の圧力計測値は表2のとおりである。計測開始の12月9日から計測終了の2月15日までの約2ヶ月間でA防火水槽では0.005MPa、B防火水槽では0.011MPaの圧力の減少が認められた。

圧力減少の著しかったB防火水槽では、計測終了時点の圧力が0.007MPaであり、表1から求められる吸管内水位は約0.7mの位置にあったと推測される。

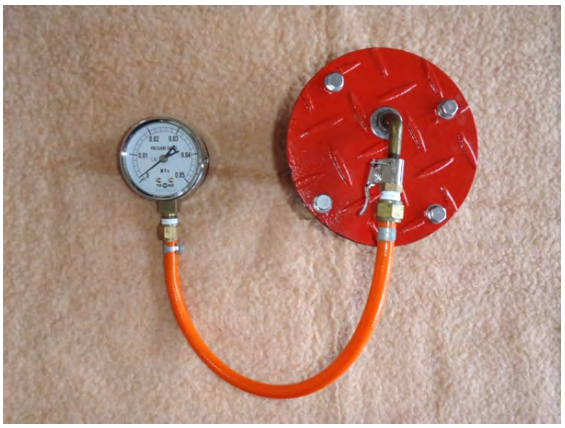
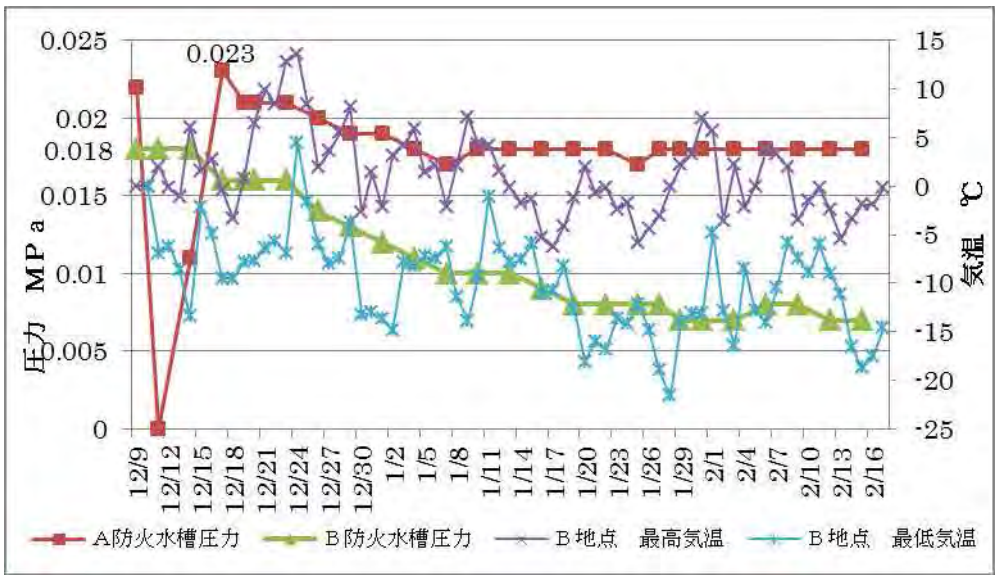


写真3　圧力測定要領

最高圧0.005MPaのゲージ圧力計に、タイヤチューブバルブ用チャックをホースで接続し測定。

表2　冬期試験



② 防火水槽凍結時の吸水試験結果

そもそも、今回の開発物品理論である、吸管内の水面を凍結深度以下に保つことにより吸管内は凍結せず、吸水できるという仮定を検証するため、12 月 9 日写真 4、5 のように高山市清見町地内の B 防火水槽に 2 本の吸管を設置し、一方には今回の開発した蓋を取り付け、もう一方には蓋を取り付けない状態で吸管を投入した。

2 月 15 日 15 時 25 分に可搬ポンプによる吸水試験（写真 6）を実施。試験時の状況は外気温 2.7 度、防火水槽水面には厚さ 3cm の氷、氷上には 65cm の積雪（写真 7）といった状況であった。また、吸管内圧力 0.007MPa の状態であった。

吸水試験の結果は、開発した蓋を取り付けた吸管からは 15 秒で吸水ができたが、蓋を取り付けていない吸管では 25 秒真空を作動したが、吸水することができなかった。

吸水試験後、吸水できなかった吸管内の状況を確認したところ、吸管内に氷が張っていることを確認した。容易に取り出すことができなかったため、吸管内に金デコを入れ氷を粉砕したところ、写真 8、9 のとおり氷片が確認された。氷の大きさは最大のもので 6cm であった。

今回の吸水試験から、開発した蓋を取り付けた吸管は、試験前の圧力が 0.007MPa であったことから、表 1 より吸管内水位は水面から 0.7m 下の位置にあり、凍結深度以下となり吸管内は凍結せず吸水ができたが、蓋を取り付けていない吸管では、吸管内が凍結し吸水できなかったと結論づけられ、今回の開発した蓋について有効性が実証された。



写真 4　実証試験全景



写真 5　実証試験拡大



写真 6　吸水試験
2 月 15 日吸水試験



写真 7　吸水試験時の状況
2 月 15 日吸水試験時の防火水槽水面状況



写真 8　吸管内の氷片
吸管内から取り出された氷



写真 9　吸管内の氷片
氷片の大きさ測定

5.　その他

当消防本部は降雪量も多く、消火栓を含めた除雪作業に冬期は労力を費やすことがある。平成 26 年の大雪では、降り始めから降り終わりまでの降雪量は 169cm にもおよび、管内の水利除雪を完了するのに 3 日を要した。

現在、当消防本部無蓋防火水槽における凍結対策は、平成 23 年度「消防機器の改良・開発及び消防に関する論文」の「論文の部」において最優秀賞を受賞した、いわき市消防本部が考案した「凍結防止袋」を採用し、対応している。このことから、冬期の水利維持管理として、「凍結防止袋」周辺の除雪が必須である。しかし、今回の吸管をあらかじめ防火水槽に投入しておく方法では、写真 10 のとおり除雪が間に合わない降雪であっても、水利を確保するポイントが一目で視認できるメリットがある。



写真 10　実証試験中の積雪時全景

6.　今後の課題

①　「3.　開発による効果とその検証①気密性の保持」で検証した通り、冬期間の気密性に若干の不備が認められた。今後さらなる気密性を保持できる構造とすることが求められる。

②　写真 6 のとおり、転落防止フェンスを乗り越すように吸管を設置した状態で給水試験を実施したが、実災害においてこの吸管設置状況で吸水を行うことは、エアーポケットの発生が懸念される。

③　当地域に設置されている採水管付き有蓋防火水槽にて、2 月 15 日 14 時 30 分、採水管からの吸水試験を実施したが、吸水が行えない状態であり、実証実験の結果から考えられる原因として、採水管内の凍結が考えられる。今回の開発物品を採水管に取り付け水利確保する方法についても、次年度以降の検討課題である。

使用計測機器
ゲージ圧力計：東洋計器興業株式会社製
　　最高計測圧力 0.05MPa
気温データ：国土交通省気象庁ホームページ

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

ロープ展張並びに浮具等の搬送投下を実施でき、かつ車載を考慮した無人航空機の開発

春日井市消防署東出張所
原科享介

1. はじめに

豪雨によって起きた過去の事故で、メディア等の放送によって衝撃的な瞬間をとらえた災害が多くある。中でも、平成 11 年の玄倉川の中州でキャンプをしていたグループの事故、平成 16 年の福知山のバスの屋根上に取り残された事故、平成 27 年の常総市の電柱に取り残された事故などが私の脳裏に焼き付いている。

無人航空機（以下「ドローン」という。）はマルチコプター[1)] の登場以後著しい進化を遂げ、様々なセンサーの搭載で安定した飛行が可能となっている。過去の救助事例を基にドローンを有効活用できないかと繰り返し飛行を重ね、一定の見解と消防に必要なドローンの機能とは何かを見出すことが出来たので、本募集に応募することとした。

2. 開発品の概要

（1）　サイズ

消防官としての経験から、最速を作戦の一部とする我々にとって出動途上に装備を車内で設定できることは、重要な意義を示す。そこで、車内設定が可能なことと、積載力があることの条件を満たした 2 サイズを検証した。

4 枚羽根マルチコプターF450[2)] は、組立て後のサイズは 59cm×59cm となり、収納時には 37cm×37cm となる。6 枚羽根の F550[3)] は組立て後のサイズは 82.5cm×74cm、収納時 59cm×52cm となる。どちらも組立てに工具は使用しないが、車内で組立てたところ、F550 は車内で容易に扱えるサイズではなかったため、F450 を採用することとした（写真 1～4）。

フライトコントローラー[4)] は APM2.6[5)] と呼ばれるオープンソースライセンス[6)] の品を使用した。



写真 1　F450　全体写真（上方から撮影）



写真 2　F450　収納時の大きさ



写真 3　F550　組立て時



写真 4　F450 と F550　消防車内で組立て

(2)　プロペラとバッテリー

使用したプロペラは、9.4 インチ（約 24cm）の DJI 社の Phantom2 や 3 が使用しているセルフロック式[7]で、回転方向によってプロペラ中央の色が異なるため、それに合わせモーターの軸を塗色し、プロペラの設定や確認に時間がかからないよう工夫している（写真 5、6）。



写真 5　セルフロック式プロペラ 1



写真 6　セルフロック式プロペラ 2

検証した Li-Po バッテリーは、①3 セル 3,300 mAh 255g と②4 セル 4,600mAh 467g である（写真 7）。機体の重量は 968g で、①を合せると 1,223g となり、ペイロード[8]は 600g であった。②を使用すると電圧上昇でモーターパワーがあがり、バッテリー分が重くなっても、ペイロードは 1,000g 程度確保できた。①使用時は無積載で 15 分、最大積載時 3 分程度で、②使用時は無積載で 25 分程度飛べ、最大積載時は検証していない。氷点下に近い寒さでは、飛行時間は激減するため、バッテリーが冷えないように保温することが大切で、バッテリーケースをキャンピングシートで作り、保温効果を持たせた。寒冷地では電圧低下に強い②が有利だが、バッテリーの価格は 1.5 から 2 倍する。また、使用済みバッテリーの付け間違いを防止するため、電圧計を本体に有している（写真 8）。プロポ[9]にも電圧が表示されるようテレメトリ[10]を行っている（写真 9）。



写真 7　使用したバッテリー
上が 4 セル　下が 3 セル

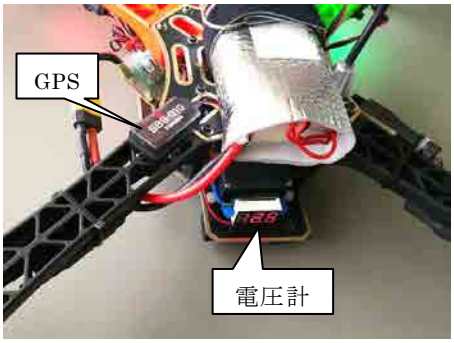


写真 8　電圧計と GPS の設置状況



写真 9　プロポにも左にレッド、右にグリーン塗色

（3）　アーム [11] とプロペラガード [12]

アームとプロペラガードの前方右側には蛍光グリーン、前方左側には蛍光レッドの塗色を施した。航空機や船舶等で認識される右や左の概念にあわせた。これを前方のみに塗色することで、ドローンが苦手とする前後の区別を容易に判別できる。同時に、プロポのレバーにも色分けをすることで、回転方向の間違い、進行方向の間違いを減らす工夫をした（写真 1、9）。プロペラガードには細いワイヤーを周囲に施し、組付けの最後はスプリングを使用してワンタッチで設定でき、適度なテンションが持続するようにした。細いワイヤーは、ドローンが軽量ロープを携行して飛行する際に、プロペラに巻き込まない目的がある（写真 10）。



写真 10　ワイヤーの設置状況

3.　開発品の機能

（1）　ロープ切離し機構

開発品の最も注目すべき機能である。開発品は、本体にホームセンターで購入した部材（壁付けタオルかけ）を固定し、アルミ棒に穴を空け作成した。操縦者がプロポスイッチを操作すると、機体のサーボ [13] が動き、回転する力をカーボンプレートで前後の動きに変え、ロープ等を保持したり切離したりできる（写真 11～13）。ラジコン用飛行機の脚サーボ [14] を使用するのは、作動後に電源が切れ、その位置で固定される性質を利用し、プロポからの信号を失っても誤作動せず、ロープ等を不慮に落下させないためである。脚サーボの回転トルクは 7kgf･cm あり、ドローンのペイロードで吊れる重さの負荷をかけても動作した。シンプルがゆえに、動作に信頼できるものが出来上がった。筆者は 3D プリンター等がないので専門品は作れないが、3D プリンターやアルミの削り出し等ができる企業なら、もっと信頼できるパーツを安価に作成することが可能であると考える。

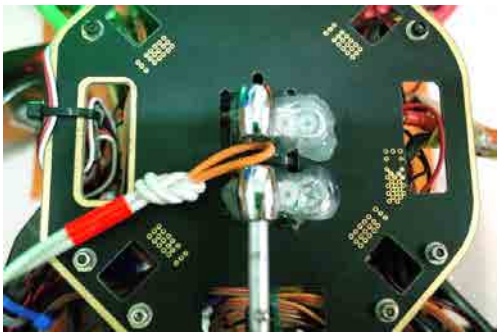


写真 11　ロープ切り離し機構（開）

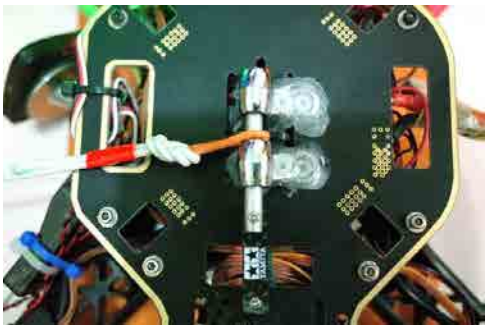


写真 12　ロープ切り離し機構（閉）

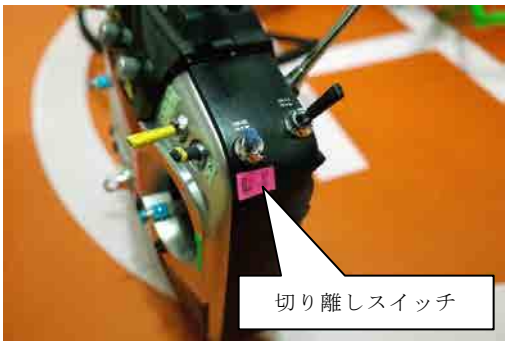


写真 13　ロープ切り離しプロポスイッチ

（2）　ブザーと GPS テレメトリ機能

開発品には、草むらなどに降りた場合に、場所を特定するのに非常に苦慮した経験と、自動飛行時に鳥が近づき、鳥よけが必要であった経

験をもとに遠隔操作のブザー機能を備えている（写真 14）。

GPS 情報は、プロポに表示されバッテリー不足によりドローンが緊急着陸した場合、ロストした場合や墜落した場合に、機体がどこにあるかを知ることができ、ブザーとあわせて機体回収に必要な機能と考え備えている（写真 8、15）。

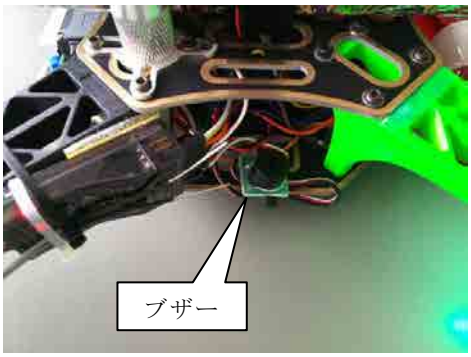


写真 14　ブザーの設置状況



写真 15　GPS テレメトリ　プロポの状況

（3）　映像テレメトリ機能

開発品にはカメラを装備でき、2 種類検証した。軽量な録画機能付カメラとジンバル [15]（以下「ジンバルカメラ」という。）と下向き固定軽量カメラとがあり、ジンバルカメラは、電波法の技術基準適合証明（以下「技適」という。）を受けた映像テレメトリ装置（以下「伝送装置」という。）（塚本無線 WTW-TR23・137g・2.4GHz 帯）を入れると 336g で、さらにカメラをぶら下げるためには、地面から機体を離すための長い脚が必要となり、重量が増加してしまう。また、ジンバルカメラや脚を付けると軽量ロープが絡む可能性があり、危険であることから取り外すこととした。よって、下向き固定軽量カメラと伝送装置で 147g を選考した。技適品の伝送装置は、無線免許の必要はなく誰でも使用することができる（写真 16～19）。



写真 16　ジンバルカメラと映像テレメトリ装置



写真 17　ジンバルカメラ設置状況



写真 18　塚本無線 WTW-TR23

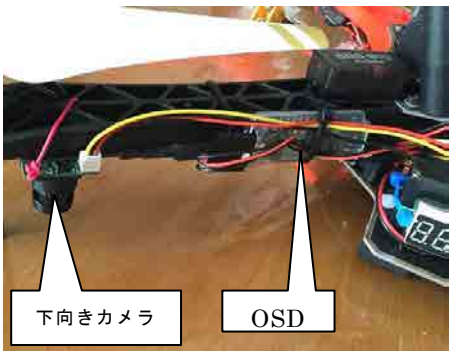


写真 19　下向きカメラと OSD 装置

市販には軽量な伝送装置（5.9GHz 帯）30g があるが、アマチュア無線のバンド帯は、アマチュア無線技士の免許が必要になり、このバンド帯は業務利用できないため、注意が必要である（写真 20）。

OSD[16] という装置をカメラと伝送装置の間に装着しており、フライトコントローラーから出される制御信号を映像に重ね、モニターに伝送している。モニターで GPS の情報、電圧、高度、ドローン傾きや方位などの情報を確認することができる（写真 19、21）。

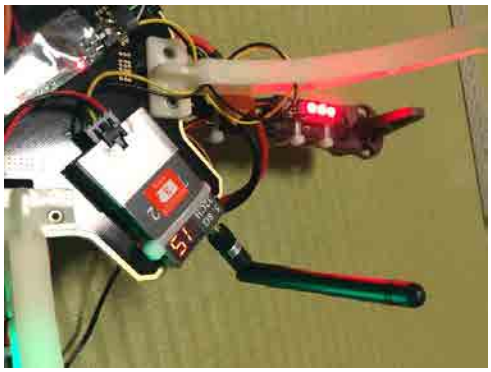


写真 20　5.9GHz 帯の軽量伝送装置



写真 21　OSD された映像

（4）　夜間飛行性能

開発品は夜間飛行も想定して、前方のアーム下部に緑と赤の LED 照明を備え、後方のアーム下部にリフレクターを貼ることで、前後左右を識別できるよう工夫している（写真 22）。前方を識別するために LED の模型用パトライトも装着しているが、これは筆者の消防官としての遊び心が強い（写真 23）。夜間飛行には機体の性能だけでなく、離着陸する場所の照明、操縦者の目線方向を照らせる高照度のヘッドライトが必要であり、筆者は航空法改正前に夜間飛行を訓練することができたが、現行では夜間飛行を訓練するには航空局への申請が必要である。夜間飛行は十分な経験が必要なため、操縦者一人ひとりが事前申請をして訓練する必要性を示しておく。

（5）　自動運航機能

本検証はマニュアル操作で使用するため、この機能は使用しない。

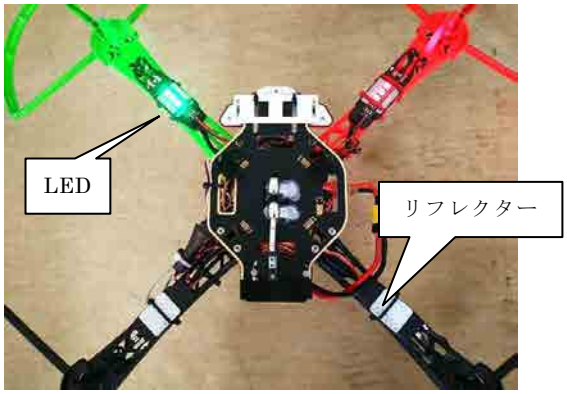


写真 22　LED とリフレクター設置状況

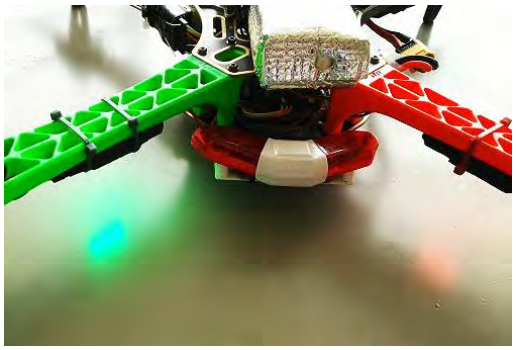


写真 23　前方の模型用パトライト

4.　開発品によって可能となった救助技術の紹介

技術 I　ロープ展張技術について

（1）　軽量ロープ

検証した軽量ロープは 3 種類で、東京製綱繊維ロープ株式会社のエースライン D の A ダブルブレード[17]（太さ 2mm、長さ 100m で 300g）、

B シングルブレード[18)]（太さ 2mm、長さ 20m で 30g）と C モンベル社が販売するテント張り綱（太さ 2mm、長さ 100m で 350g）で検証を行った（写真 24～26）。



写真 24　軽量ロープ A（ダイニーマ 100m）ダブルブレード

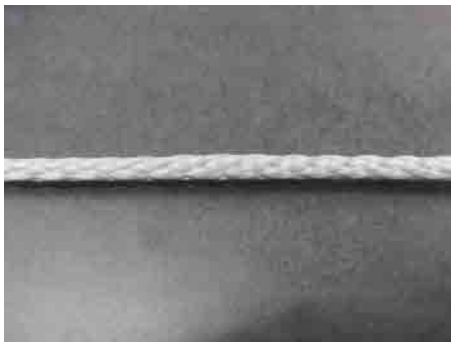


写真 25　軽量ロープ B（ダイニーマ 20m）



写真 26　軽量ロープ C（ポリエチレン 100m）

A と B は素材がダイニーマで、A はダブルブレードのため、枝や木、砂地や岩場などの擦れに対して有利である。B は軽量で、100m あたり 150g である。ダイニーマは強度に優れ、A と B は 2mm でありながら約 2150N の強度を保有。メーカーによると強度のほとんどが内芯であり、外皮は摩擦劣化しても強度保有されるという。

C は素材がポリエチレンのダブルブレード構造で、約 700N の強度を保有。ダイニーマに比べ強度が大幅に低いが、量販品のため、手に入りやすい。ダイニーマとポリエチレンは繊維に吸水性が少なく、水を吸って重くなり難いのでドローンには有利である。B は 300m でも 450g と優秀で、長距離展張の可能性を秘めているが、試作品で 20m しか手に入らず検証を断念。A と C では、A が軽量で強いため、検証には A を使用することにした。また、軽量ロープには 10m ごとに標記し、何メートル使用しているのかを手もとでわかり易くした（写真 27）。



写真 27　軽量ロープに 10m ごとに標記

（2）　搬送技術

ドローンに軽量ロープを装着し、何度か搬送を検証した。障害物のないグラウンドでは、軽量ロープが相手の手に収まるよう飛べば、容易に目的は達成される（写真 28）。しかしながら、自然環境下においては、様々な問題が発生するため、グラウンドや河川において負荷を強くし、考えられる想定を検証し見解を述べる。

検証①　対岸が崖と想定し、作業範囲を限定しての検証。ドローンを対岸に向かって飛ばしていくと、手もとの軽量ロープを順次引っ張って展張していく。そのため飛び立った場所から軽量ロープの軌道は弧を描き、対岸の隊員を幾分か通り過ぎないと手もとには降りてこない。そこで、軽量ロープにドローンから 10m 程度の場所に 80g の重り（カラビナ）を付け飛ばしたところ、軽量ロープの軌道は、重りを中心に垂直方向に移動した（写真 29、30）。ロープへのテ

ンションが多少あるので一度では手もとには来ないが、ドローンを上昇下降させるとテンションが緩み、軽量ロープは垂直となり目的は達成された。しかし、距離がでるとロープが細く見えなくなること、重りに対しても深視力が追いつかなくなり、距離感がつかめないこと、重りを 10m も離すと同一視野内に入らず、視線誘導が必要でドローンから目を切ることになり苦慮したことが挙げられる。よって設定を変更し、検証した。ドローンから 5m の場所に重りを変更し、重りにリボンなどの標記を装着したところ、重りが同一視野内に入るために扱いやすく、標記によって目立つため、対岸まで重りを近づけることが容易となった（写真 31）。重りの位置を 5m 程度に収めると、目標達成の確率を大幅に上げることができる。また、対岸が樹木帯の場合は、木の高さを超える長さの場所に重りを付け、木の高さを超え飛行し、軽量ロープを木に擦らせながら近づくことで、対岸に渡すことが可能となった（写真 32）。



写真 30　ロープ展張の検証
重りをつけると垂直方向に軽量ロープが移動した



写真 31　ロープ展張　重りに標記を実施



写真 28　ロープ展張の検証　グラウンド



写真 29　ロープ展張状況
弧を描いてしまう



写真 32　ロープ展張状況
対岸の樹木帯

検証②　風力の影響（最大風速 11.7m/s、平均 6.6 下）を検証した。軽量ロープ 100m を携行して垂直に上昇し、上空に待機することが出来た。軽量ロープは風にあおられて弧を描いた状態になるが、留まることが可能であった（写真 33）。軽量ロープに人力でテンションをかけてドローンを引っ張り下ろす行為を検証したが、ドローンは水平を保ち落下することはなかった。しかし、風の抵抗で軽量ロープが強く引っ張られることも想定し、軽量ロープの位置は、ドローンの重心位置に装着する必要がある。安易に市販品ドローンの足に重心を考えず、ロープを縛ることをすると、墜落の危険性がある。



写真 33　ロープ展張　風力下

検証③　流水下における動水圧の検証。軽量ロープを携行し、流速のある河川（流速は測定器がないため測定せず。）にドローンを飛ばして河川上で待機させ、軽量ロープを少しずつ流し、30m 程度流したところでロープを止め、軽量ロープにかかる動水圧でのドローンへの影響を確認した。5 分間水面上空に待機したが、多少の引っ張り挙動は出たが、ドローンが引っ張り返せる程度であった。軽量ロープの着水は、根がかりなど不確定要素が多いので、できれば避けたいが、着水してしまっても、即落下に繋がるものではないことを確認した（写真 34）。

河川の検証で軽量ロープが水に流れる間に岩の隙間などに引っ掛かり脱出できなくなることがあり、河川の災害に対応するには、緊急脱出機能としてもロープの切離し機構は必須であり、また操縦者は手もとを見ることなく開閉レバーを操作できるように習熟する必要がある。



写真 34　ロープ展張状況　動水圧に対するテスト状況

技術Ⅱ　救命浮具の搬送

（1）　救命浮具の作成

人の比重と水の比重は近く、2 リットルの空ペットボトル容器 1 つあれば、大半の人間が水面に浮いていられるようになる。そのため浮具として有効であると考え、空ペットボトル 2 つを並べてドローンの下部に装着できるようにした。浮具の作成は簡単で、空ペットボトルをあわせ、結束バンドとグルーガンで結合しただけである。重さは 140g 程度で、ペイロードにも影響がなく、投下後に要救助者が持ち易いようにペットボトルの首元にも結束バンドを取り付けた（以下「救命浮具」という（写真 35）。）。



写真 35　自作の救命浮具（ペットボトル）

救命浮具の製作コストは安価で量産が可能なため、災害対応や流水下の練習においても、紛失を恐れることなく積極的に活動できる。なお救命浮具の投下は物件投下のため、訓練においても航空局への申請が必要である。

（2）　飛行検証

救命浮具の上にドローンを乗せ、そのまま携行し離陸することができた。救命浮具を携行しても暴れることなく、操作は変わらず行うことができ、ドローンの揚力への影響は少ないことを確認した（写真 36）。

（3）　救命浮具の投下

キャップ部分は固いため､スポンジを被せた。高い位置からの投下は確率が悪く、要救助者に渡せない。よって救命浮具に 5m 程度の長さの軽量ロープを付け、その先端に軽い重りとスポンジを付けて、要救助者が直接キャッチできるようにした｡映像テレメトリのモニターを使い、補助者が指示を出せばより確実性が上がる（写真 37）。



写真 36　救命浮具を携行し飛行



写真 37　救命浮具投下時の状況･OSD

（4）　救命浮具と展張ロープ

救命浮具下の重心位置に、軽量ロープを結索し、飛行投下する。海やプールで救命浮具の投下が成功すれば、救命浮具とともに陸まで誘導することはダイニーマ製軽量ロープの強度なら十分可能である（写真 38）。河川は大きな動水圧がかかり、また岩等があるため、川の流れを読む力が同時に必要となる。



写真 38　救命浮具とロープ展張

技術Ⅲ　トランシーバーの搬送

トランシーバーを搬送する検証を行い成功した（写真 39、40）。中州やバス上に要救助者が取り残された場合に、ドローンでトランシーバーを要救助者のもとに届けることは、助けを待つものにとって大きな安心につながる。我々が無線を介し呼びかけることは動水圧に強い陣形などを指示することができ、要救助者自身の力で災害を安定化させ、ロープやボートを使った救助システムの構築までの希望の時間となる可能性がある。

技術Ⅳ　広報スピーカーの携行

トランシーバーと同様にワイヤレススピーカーを積載し、広報することは可能である。しかし、パソコンにつなぎ確認すると、スピーカーの磁石がドローンの方位設定を狂わせていた。この状況は、自動飛行や自動帰還の制御に影響する。スピーカーを積載する場合は、磁石によって方位を制御しない GPS を複数搭載し､方位を計測して運航する機体が必要である（例 DJI 社・M600）。

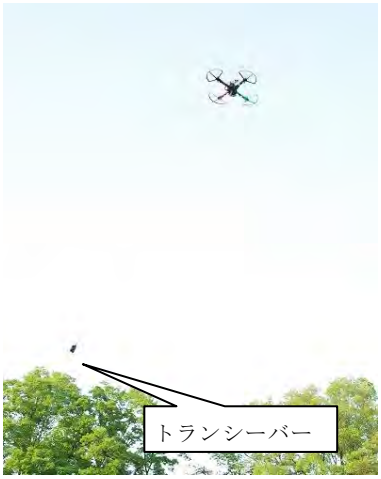


写真 39　トランシーバーの搬送状況 1



写真 40　トランシーバーの搬送状況 2（50m 先）

5.　ドローンを活用した現場支援

航空隊が日常実施している支援をドローンの映像に置き換え、どんなことが可能であるかを航空隊ヘリコプターのパイロットと検証した。

(1)　水難救助において、陸上からは見えないブッシュの影や水面下の捜索に有益である。水難の活動初動において現場の上空を俯瞰することは、アクセスルートや部隊集結場所、航空隊の着陸場所などロケーション情報を整えることができる。特に河川は県境、市境などもあり、対応消防組織が左岸と右岸で違う場合、早期に活動拠点を把握し、組織間の連携の糸口を見出すことができる。

橋からの転落事案であっても、下流方面のバックアップラインや上流のスポッターの設定場所とエントリー箇所を早期に把握することが可能である。

(2)　高速道路上で緊急車両が渋滞で詰まってしまった場合、ドローンによって災害の状況を把握でき、必要に応じて対面車線を封鎖する意思決定の判断要素となる。

6.　ドローンにおける安全管理

(1)　ひとりで作業しない。安全運航のために操縦者は、飛行中ドローンから目を離さないことが必要で、特に周囲の人間には、その重要性が伝わらないものである。操縦中に不用意に話かけられたり、操縦中のエリアに人が入り込んでしまったりする際の対応を操縦者が行うことはできない。ドローンのことをよく理解した安全監視員が必要であり、また飛行時間、電圧、環境の変化や各種テレメトリでも、情報を操縦者に伝達指示できることが大切である。

実際過去の災害対応時には、近隣住民に話かけられ対応に困ることがあったので操縦者の周囲に立入禁止エリアを設定するなど対策が必要である。

(2)　運航前の事前準備。通常点検として、機体のキャリブレーション [19] も必要だが、災害対応時にもバッテリー電圧、風向、風速、気温、上空障害、高圧線の存在や磁力障害となるもの等を確認する必要性がある。飛行時間を管理するストップウォッチや、機体情報や環境をチェックするための風速計、気温計や電圧計などはドローンと併せて備える必要性がある（写真 41）。



写真 41　左からストップウォッチ、風力と温度計

（3）　トレーニング環境の整備

①軽量ロープを使用し限定空域で訓練する方法

軽量ロープを装着した状態で距離を限定し、端末を固定することで、初心者の教育を実施する際に操作を誤っても、予定外の地域に飛んで行くリスクはなくなる。初心者教育には軽量ロープの着装は有効である。

②双葉社のプロポを活用した訓練方法

双葉社のプロポには、トレーニングケーブルを接続することができ、親機のプロポの指定したスイッチを入れている間、子機のプロポに操縦を譲ることができる。譲れるレバーやスイッチは任意で設定でき、すべてのスイッチを移譲することも可能である。スイッチを戻せばすぐさま操縦が親機に戻るので、初心者を教える際に、ベテラン操縦者がサポートでき安全性の高い訓練が実施できる（写真 42、43）。



写真 42　トレーニングケーブル接続状況



写真 43　トレーニング状況

7.　まとめ

本開発品を検証する最中にも、様々な会社から次々と新ドローン製品が生み出され、まさに日進月歩を実感した。防水性能を有する製品も登場しており、雨の日でも飛ぶことができるようになった。特にセンサー類の増強と小型化は著しく進歩し、簡単に飛ばせる時代にはなったが、今回のケースのように軽量ロープや救命浮具等の物を携行する行為は、ドローンの下向きの各種センサー等に干渉する恐れがあるため、それらのセンサー制御がなくても、マニュアル操作でドローンを飛ばす操縦技術を持つことは必須である。

本開発品が、今後メーカー等により、さらに良い救助ドローンを開発するための骨子となり、その一助を担えることを期待し、ここに応募する。

参考文献

井上　公・内山庄一郎・鈴木比奈子　2014 年 3 月「自然災害調査研究のためのマルチコプター空撮技術」防災科学技術研究所研究報告　第 81 号　61 頁から 98 頁

用語集

1）マルチコプター

ラジコンの電動マルチローターヘリコプターのこと。複数枚のローターを保有する機体の総称。

2）F450

DJI 社など、複数企業が出す自作を目的としたマルチコプターの規格の一つで、4 枚羽根のもの。

3）F550

2）と同様に 6 枚羽根のもの。

4）フライトコントローラー

ドローンの飛行を制御するコンピューター。

5）APM2.6

フライトコントローラーの種類の一つで、高度な姿勢制御能力や自動運航機能が搭載されている。

6）オープンソースライセンス

個人で利用する場合も企業で利用する場合も、無料で利用できる規格やプログラムのこと。

7）セルフロック式

モーターの回転と逆方向のネジが切ってあり、回転する度に閉まっていくようにできた機構。

8）ペイロード

ドローンが持ち上げ操作が十分にできる重さのこと。

9）プロポ

ドローンを操作する送信機。

10）テレメトリ

データ等をリンクし伝送する行為。

11）アーム

本体からはりだしたモーターを支える支柱。

12）プロペラガード

プロペラを障害物から保護するもの。またプロペラで人を傷つけないようにするためのガード。

13）サーボ

プロポからの信号をうけて一定の動作をする制御機。

14）脚サーボ

ラジコン飛行機のタイヤを格納するための制御機。信号の入力が入るまで前の位置に留まりロックし、信号をキャッチした時だけ動く構造になっている。

15）ジンバル

水平センサーによって機体が傾いてもカメラを水平に保つようモーター制御された固定器具。

16）OSD（On Screen Display）

映像に文字などの映像を重ね表示する技術。

17）ダブルブレード

ロープの編み構造の一つ。外皮と内芯からなる構造でカーンマントル構造に同じ。

18）シングルブレード

外皮がなく内芯のみで使用するロープ。

19）キャリブレーション

ドローンの姿勢制御やセンサーを調整すること。主にコンパス、傾き、GPS、気圧計、加速度計等の設定を行う。

平成29年度消防防災科学技術賞　優秀賞　消防職員・消防団員による消防防災機器等の開発・改良

災害対応ピクトグラムの開発

岡山市北消防署
渡邉敏規、西山　猛、髙月　勇

1.　背景

昨今、国際情勢が悪化している中で、2020年東京オリンピック・パラリンピックが迫っている我が国において、テロ災害の懸念が高まっています。さらには、自然災害、大規模災害及び集団救急事案など、多数の傷病者が発生するような災害が増加している傾向にあります。

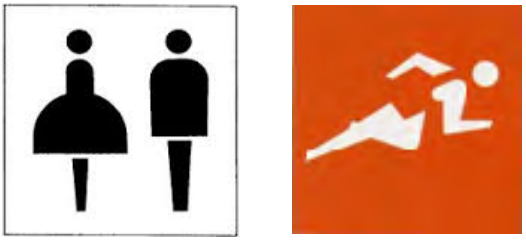
多数傷病者が発生するような事案においては、重症者の救出はもとより、比較的割合の多いことが予測される歩行可能者（軽症者）を、いかに効率良くスピーディーに救出するかが、災害収束への時間短縮において重要になると考えます。

多数傷病者の中には、我々消防が行う活動に加えて、さらに支援を必要とする災害時要支援者（子ども、訪日外国人など）がいることも予測されます。そして今、大規模災害が発生したとすると、災害時要支援者を含む多数の人々を安全に分かり易く誘導管理するには、どのようにすればよいのでしょうか。従来の拡声器による呼びかけやジェスチャーでの対応だけでは不十分だと感じます。

そこで、これらの対応策として、災害時要支援者を含むすべての人に対して、絵文字を用いて分かり易い誘導や管理を行うことを目的として、「災害対応ピクトグラム」の開発を行いました。

2.　災害対応ピクトグラムとは

ピクトグラムとは、一般に「絵文字」や「絵単語」などと呼ばれ、何らかの情報や注意を示すために表示される視覚記号の一つです。日本においては1964年東京オリンピック開催時に、外国語でのコミュニケーションをとることが難しかった当時の日本人が、外国人に向けて分かり易く情報を伝えるために開発したのが始まりです。そして、その後世界に広まっていったという背景があります。代表的な例としてはトイレマークやオリンピック競技のイラストなどがあります（資料1参照）。



トイレマーク　　陸上競技マーク

資料1　東京オリンピックで使用されたピクトグラム

そして、現在では、2020年東京オリンピック・パラリンピックに向けて外国人にもより伝わり易くするため、ピクトグラムを国際標準化機構（ISO）規格に揃うように変更が進められているところです。

今回、我々は、災害時に最もコミュニケーションを図ることが困難なことが予測されるNBC災害向けに①歩行可能者の誘導、②トリアージタグ（ナンバリングカード）取付け、③脱衣管理という三つの行為について5種類のピクトグラムを開発しました。

また、開発に当たっては、川崎医療福祉大学医療マネジメント学部医療デザイン学科の青木

ゼミの学生に協力を依頼し、有識者の元で専門的観点から作成を行うこととしました。

3.　現状での NBC 災害における傷病者の誘導及び管理のメリット、デメリット

（1）　声による誘導

ア　メリット

特別な道具を必要としない。

イ　デメリット

騒然とした現場において伝わりにくい。

日本語の通じない人、耳の不自由な人には指示が伝わりにくい。

（2）　ジェスチャー

ア　メリット

特別な道具を必要としない。

言語の理解できない人、耳の不自由な人にも伝えることが可能。

イ　デメリット

遠くからは視認しづらい。

間違った解釈をされる恐れがある。

（3）　文字

ア　メリット

騒然とした現場においても伝えることができる。

イ　デメリット

外国人に向けに、外国語を用意しておく必要がある。

慌てている状況において、字を読んで理解することは困難。

4.　災害対応ピクトグラムの開発の経緯

（1）　訓練や現場活動を行っている中で多数傷病者の誘導や管理について課題を感じていた。

（2）　NBC 災害で化学防護服や面体を装着した状況では、声やジェスチャーでは傷病者に意思を伝えることが難しい。

（3）　多数傷病者の発生するような現場において、今現在行っている誘導（声、ジェスチャー）では不十分だと感じる。

（4）　東京オリンピック・パラリンピックを見据えた時、外国人や障害者への対応が不十分ではないかと感じる。

（5）　火災現場で聴覚障害者を避難誘導した際、声が伝わらなくて避難誘導に手間取った経験があった。

5.　災害用ピクトグラムに期待できる効果

（1）　遠くからでも視認することができる。

（2）　日本語の通じない人や耳の不自由な人にも、絵文字と文字で伝えることができる。

（3）　視覚的に情報を伝えることができる。

（4）　声の伝わらない状況下においても、消防側の意思を伝えることができる。



ピクトグラムを使用した歩行可能者の誘導



脱衣管理場所での使用

資料２　合同訓練の様子

6. NBC 災害対応訓練における合同検証訓練の実施

（1）　訓練の目的

NBC 災害対応訓練において、災害用ピクトグラムを使用し、傷病者に分かり易い誘導や管理を行うことを目的とした。また、デザイン案を考えた学生に傷病者として訓練参加してもらうことで、傷病者側の視点からピクトグラムを体験してもらい、より良い検証及び改良を行うこととした（資料 2 参照）。

（2）　結果

ア　屋外で使用する場合、訓練時作成していた A4 サイズのものでは小さすぎて見えづらかったため、状況に応じて大きいサイズにする必要がある。

イ　当局の消防隊の防護服は黄色が多いため、当初作成していた赤文字では、黄色に対して保護色になるため、反対色の青色を基本として作成する必要がある。

ウ　ピクトグラムの文字が、持っている手で隠れて見えないことがあった。

エ　傷病者を体験した学生は、ピクトグラム消防隊の指示が理解し易かったという意見が出た。

オ　防護服や面体を着装して声が伝わらない状況でも、的確に指示を与えることができた。

（3）　訓練結果を踏まえた改良点

ア　A2 サイズでの使用を考慮したデザインにする。

イ　青を基調としたデザインに変更する。

ウ　手で持っても文字が隠れないような仕様にする。

7. 災害用ピクトグラムの概要

（1）　災害用ピクトグラム図案（パターン A～E）（資料 3 参照）

ア　黄色い防護服が多い中でも見易い青を基調とした色使いとする。

イ　A2 サイズ（縦 59cm、縦 42cm）に対応した図案とする。

ウ　色弱の方にも認識しやすい色使いにする。

エ　ピクトグラムの補助的な役割として日本語と英語を表示する。

（2）　災害用ピクトグラムを使用した標識作成について（例 1～3）（資料 4 参照）

例 1 の標識を作成する

ア　大きさ　A2 サイズ（縦 59cm、縦 42cm）

イ　素材　　スチレンボードにカラーコピーした用紙を張り付けたもの

ウ　形状　折り畳み可能で、最大 4 方向から視認が可能

エ　収納時サイズ　縦 59cm、縦 42cm

オ　価格　約 1,000 円

（3）　使用方法（資料 5 参照）

ア　折りたたんだ状態で持ち手を持って表示。（2 方向から視認可能）

イ　持ち手を広げて表示。（4 方向から視認可能）

ウ　持ち手を取り外し地面に置く。(長時間の表示が可能)

8. 終わりに

2020 年東京オリンピック・パラリンピックが迫っている今、私たち消防職員に対する期待はますます高まっています。今回は、川崎医療福祉大学と共同で制作したことで、専門的な観点に立ち、作成することができました。また、官学の連携によって、広い視野で災害について考えることができました。今後についても官学の協力体制をより強固にし、来たる災害に備える必要があると感じました。

さらに、今回の開発を進めていくうえで、災害に対して、傷病者目線で考えることが多く、改めて、傷病者側の立場に立って考えることが大切であることを認識しました。

この開発が、災害時に使用されるピクトグラムのスタンダードとなることで、東京オリンピック・パラリンピックに向けた、日本らしいき

め細やかな災害対応への一助になればと考えます。

A

1　歩行可能者の誘導



2　トリアージタグ取付け



3　脱衣管理



資料３　災害対応ピクトグラムタイプＡ

B

1　歩行可能者の誘導



2　トリアージタグ取付け



3　脱衣管理



資料３　災害対応ピクトグラムタイプＢ

C

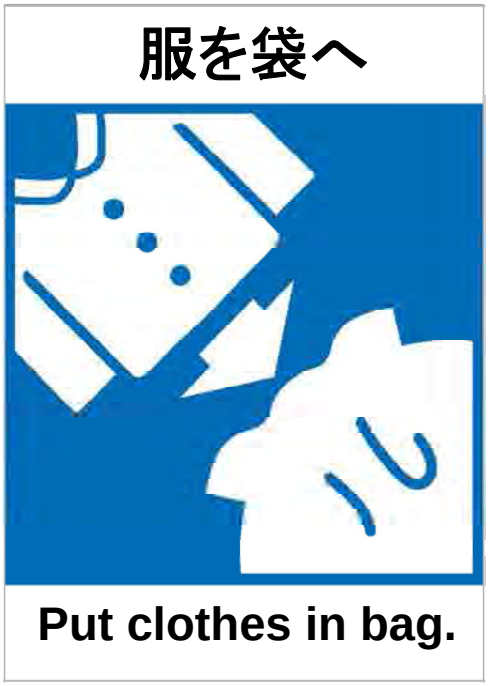
1　歩行可能者の誘導



2　トリアージタグ取付け



3　脱衣管理



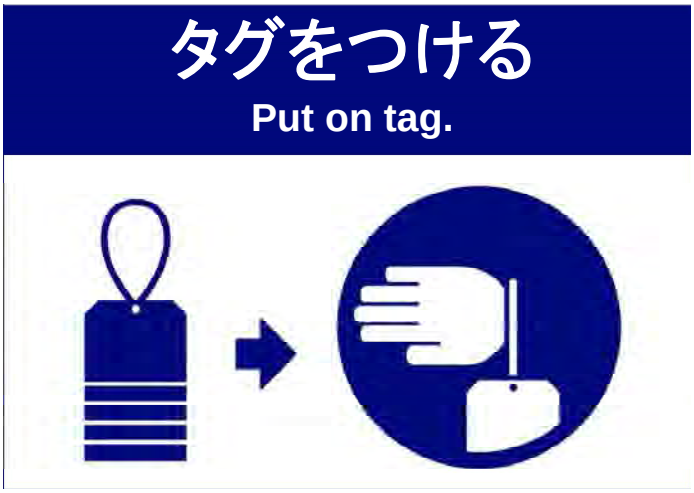
資料３　災害対応ピクトグラムタイプＣ

D

1　歩行可能者の誘導



2　トリアージタグ取付け



3　脱衣管理



資料３　災害対応ピクトグラムタイプＤ

E

1 歩行可能者の誘導



2 トリアージタグ取付け



3 脱衣管理



資料３　災害対応ピクトグラムタイプＥ

例 1



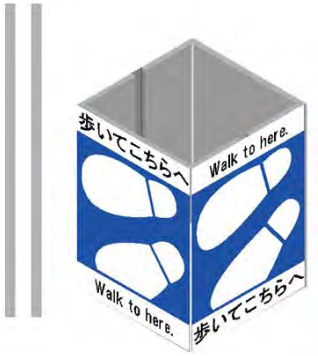
畳んで片手で持つ

（２面が視認可能）



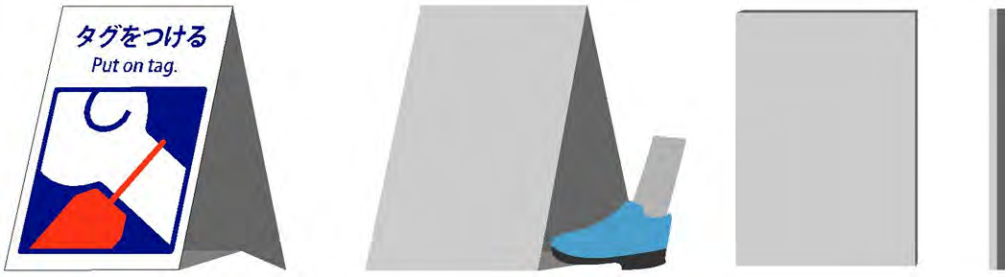
開いて両手で持つ

（４面が視認可能）



持ち手を外して置く

例 2



折りたたみ式ボード

下面におもしを置いたり足で押さえることにより、風で飛ぶのを防ぐことができる。

閉じると板状になり隙間に置くことができる。

例 3



A2 サイズのスタンド

内側に紐をつけて一定まで開くと止まる。

持ち手（脚）をつけることで持った際にピクトグラムが手で隠れない。

閉じると板状になり隙間に置くことができる。

資料４　災害用ピクトグラムを使用した標識作成について（案）

① 畳んで片手で持つ
（2面が視認可能）



② 開いて両手で持つ
（4面が視認可能）



③ 持ち手を外して置く
（長時間の表示が可能）



資料5　使用方法

平成 29 年度消防防災科学技術賞　優秀賞　消防職員・消防団員による消防防災機器等の開発・改良

フィン本来の持つ能力を引き出すインソールセット

大垣消防組合消防本部
水谷佑典

1.　現状と課題

水難救助は、水という特殊環境下で、要救助者を 1 秒でもより早く救出することが求められるため、様々な資器材を装備して活動を行うが、その中でもフィン技術を向上させることは水難救助隊員にとって重要な課題であるといえる。しかしながら、科学的根拠に基づくフィン技術に関する統率性ある参考書物がなく、個人の経験と感覚によってフィンワークが行われているのが現状である。

フィン技術の書物を拝読し考察すると、効率良く推進力を得るフィンワークとは、上半身を固定し、股関節からフィン先までを使って泳ぐことである。足首を固定し、指先まで意識してフィンに力を伝え、足を蹴り下げる（以下「ダウンキック」という。写真 1）動きと、足を蹴り上げる（以下「アップキック」という。写真 2）動きを交互にリズムよく、フィンをしならせて行うことである。しかし、効率良く推進力を得るフィンワークが身に付いていない隊員は、アップキックがダウンキックに比べおろそかな動きになりやすく、フィン先の使用や、フィンのしなりといったフィンの性質、特徴を活かしきれない。そのため、遠泳活動及び流速環境下での活動に支障をきたし、要救助者の重みを感じやすく、迅速に要救助者の搬送を行うことができない。また、効率良く推進力を得るフィンワークが身に付いている隊員であっても、潜水活動及び流速環境下での活動は、精神的、身体的に負担が大きく、フィンを使用して、筋力、持久力を身に付ける泳力強化訓練は限られており、身に付けたフィン技術をさらに発揮させる器具がないなどの問題が挙げられる。



写真 1　ダウンキック



写真 2　アップキック



写真３　水に浮くフィン



写真４　水に浮かないフィン

2.　開発

フィンには、水に浮くフィン（写真 3）と、水に浮かないフィン（写真 4）が存在し、現在、災害現場では、水に浮くフィンは使用されていない。水に浮くフィンは、アップキック動作をアシストするとともに、泳ぎのピッチを上げる効果があるが、競技用のため、素足で着用し、フットポケットに角度があり、安全に歩行ができない、しめつけ感が強く、着用に時間を要するなどといった点で、災害現場の使用には適さない。

また、ロシアの数名の職人しか作成できず、非常に高価である。しかし、この「浮く」という性質を災害現場で使用するフィンに生かすことができないかと、試行錯誤した結果、プールに置いてあるビート板をヒントに EVA 素材（Ethylene-vinyl acetate エチレン－酢酸ビニル共重合樹脂）のマットを加工し、フィンに浮力をもたせることで、フィン本来が持つ能力を引き出せないかと、このインソールを開発した（写真 5）。

（1）　インソールの開発のポイント

安価であり、誰でも簡単に作成可能であること、また、ブーツフィンとストラップフィン（写真 4）それぞれに対応でき、インソールを使用してフィンが水面に浮くことに重点を置いた。本来ならば、自分の力で蹴り上げなければならないが、インソールによってフィンの浮力が増すことで蹴り上げる動作を補助する。

（2）　ブーツフィンのインソール

ブーツフィンは、主に訓練に用いられる。素足で装着するため、アップキックを補助して指先付近での浮力を確実に感じ取れること、フィンをしならせ、フィン先を使用できること、また、取り外しが容易にできることを考慮し、ブーツフィンのフットポケット内に敷いて使用するインソール型を採用した。

次に、インソールの大きさだが、指先から踵までの大きさでは、浮力が分散され、フィン先を使用している感覚をダイレクトに感じとることが不可能になるため、足の指先から土踏まずまでの大きさ（写真 6）とした。EVA マットの厚さは、よりアップキックを補助することができる、厚さ 1.2cm のインソール（以下「インソール 1」という。）を採用した（写真 7）。

ブーツフィンを使用しての訓練は、素足でフットポケットにインソール 1 を敷いた状態で行う（写真 8）。



写真５　フィン本来の持つ能力を
引き出すインソールセット



写真６　指先から土踏まずまで



写真７　インソール１



写真８　ブーツフィンの訓練

(3)　ストラップフィンのインソール

ストラップフィンは、マリンブーツを着用して使用するが、マリンブーツ自体に浮力があるため、フィンを履いてアップキックすると自然と浮く。マリンブーツとの併用を可能にするため、インソールの大きさは、足の指先から土踏まずまでとし、EVA マットは厚さ 1cm（以下「インソール 2」という。写真 9）とした。しかし、浮力を感じとれるかの検証をしてみたところ、フットポケット内に敷いたインソール 2 では（写真 10）、指先付近にダイレクトに浮力を感じられなかった。そこで、このインソール 2 を、マリンブーツ内に敷くことができるように改良したもの（以下「インソール 3」という。写真 11）を用いたところ、ブーツフィン同様に浮力が分散されることなく、フィン先を使用している感覚をダイレクトに感じとることができた（写真 12）。

ストラップフィンを用いての訓練は、マリンブーツ内にインソール 3 を敷いて行うこととする（写真 13）。

また、インソール 2+インソール 3 の組み合わせで訓練を行うことで、通常より下半身に負荷がかかるため、筋力、持久力及び泳力を身に付けることが可能になる（写真 14）。なお、この訓練の詳細は、「4.　隊員による検証」(2) 隊員によるストラップフィンの検証でも述べることとする。



写真 9　インソール 2

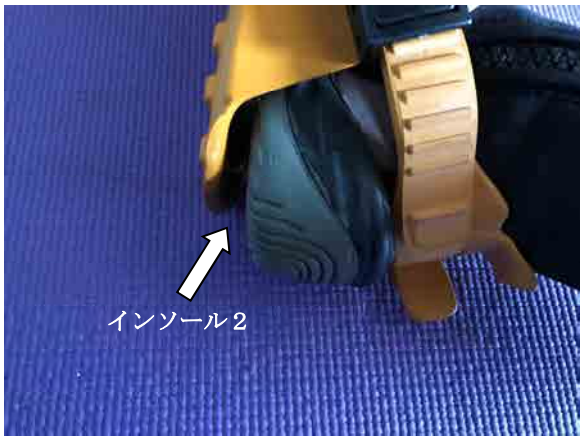


写真 10　フットポケット内に敷いたインソール 2



写真 11　インソール 3



写真 12　マリンブーツ内に敷くインソール 3



写真 13　ストラップフィンの訓練



写真 14　インソール 2＋インソール 3 を使用する訓練

1.　仕様

インソール 1	個数	金額
EVA マット（30cm×30cm×厚さ 1.2cm）	1 枚	500 円
A4 用紙（インソール 1 の型用）	1 枚	10 円
インソール 2	個数	金額
EVA マット（30cm×30cm×厚さ 1cm）	1 枚	55 円
A4 用紙（インソール 2 の型用）	1 枚	10 円
インソール 3	個数	金額
EVA マット（30cm×30cm×厚さ 1cm）	1 枚	55 円
市販のインソール（インソール 3 の型用）	1 個	100 円

3.　作成方法

（1）　インソール 1 とインソール 2

インソール 1 の EVA マット（30cm×3cm×1.2cm）とインソール 2 の EVA マット（30cm×30cm×1cm）は、使用する EVA マットの厚みは異なるが、作成手順と方法は同じである。EVA マットは、ホームセンター等で入手可能である（写真 15）。

ア　使用するフィンのフットポケットに A4 サイズの紙を入れ、広げる（写真 16）。

イ　側面と床面の継ぎ目に筆記具で線を引き、取り出した後、はさみで切り取る（写真 17）。

ウ　EVA マットに、イで作成した型を写し、カッターナイフ等を使用して切り取る。

エ　足の指先から土踏まずまでの大きさにインソールを切り取る（写真 7、写真 9）。

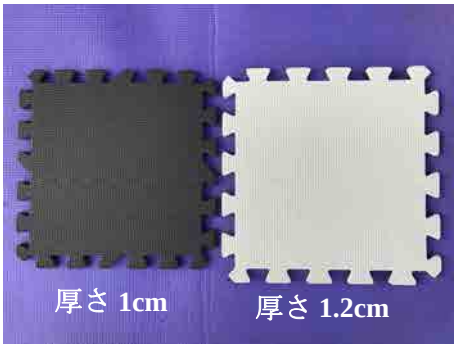


写真 15　EVA マット



写真 16　紙でインソール 2 の型を作成



写真 17　インソール 2 の型

(2)　インソール 3

EVA マットは、30cm×30cm×1cm を使用する。

ア　市販のインソール型を用意する（写真 18）。

イ　使用するマリンブーツの底の大きさに合わせて、インソール型を切り取る。

ウ　足の指先から土踏まずまでの大きさに、インソール型を切り取る（写真 19）。

エ　ウで作成した型を EVA マットに写し、カッターナイフを使用して切り取る（写真 11）。



写真 18　市販インソールでインソール 3 の型を作成



写真 19　インソール 3 の型

4. 隊員による検証結果

(1)　隊員によるブーツフィンでの検証（検証結果表 1）

測定方法は、実施者である隊員 16 人が、プールの側面から離れたら測定開始、検証距離を泳いで側面にタッチしたら測定を終了とした。各種訓練とも 1 回のみ測定し、インソールありから 15 分の休憩を挟んで、インソールなしを測定した。片道 25m で、ターンの方法は自由としたが、インソールありとなしで同じターンを実施し、要救助者は 38kg の訓練用マネキンを使用した。

まず、インソール 1 の有効性を検証するため、隊員 16 人（水着、マスク、キャップ、シュノーケルの資器材を使用）によるブーツフィンに素足で、フットポケット内にインソール 1 のありとなしの以下 3 パターンを検証した。

ア　100m の水面移動訓練（写真 20）

インソール 1 の使用により、後半のアップキックが軽くなり、泳ぎやすく、意識しなくてもフィン先までしっかりアップキックすることができたとの意見であった。測定タイムでは、全体の 81%の隊員が、インソール 1 ありの方が速かったという結果が出た。

イ　50m の水中移動訓練（写真 21）

インソール 1 の使用で、バランスを取りやすく、水面移動訓練と比べて水中で水を押しのける感覚が伝わり、アップキックが蹴りやすく、推進力が増すとの意見であった。測定タイムでは、全体の 79%の隊員が、インソール 1 ありの方が速かったという結果が出た。

ウ　25m のマネキン搬送訓練（写真 22）

インソール 1 の使用で、初速から加速までが速く、アップキックとダウンキックのピッチスピードが上がるとの意見であった。このインソール 1 は、浮力により隊員のピッチスピードが上がり、それにより瞬時に搬送時のバランスが取りやすく、水の抵抗を受けずに搬送できる点から、要救助者の重みを感じやすく、迅速な要救助者の搬送ができないという問題点を解消できると言える。測定タイムでは、全体の 94%の隊員が、インソール 1 ありの方が速かったという結果が出た。

2.　隊員によるブーツフィンでの検証（検証結果表1）

	25m一般プール	インソール1あり			インソール1なし		
No.	性別年齢・隊員歴	水面移動訓練	水中移動訓練	マネキン搬送訓練	水面移動訓練	水中移動訓練	マネキン搬送訓練
1	男40歳・歴9年	68.4秒	26.6秒	17.7秒	69.4秒	27.9秒	18.7秒
2	男33歳・歴7年	66.7秒	25.0秒	16.8秒	72.2秒	28.1秒	17.3秒
3	男32歳・歴3年	81.1秒	43.6秒	23.7秒	80.2秒	46.0秒	21.2秒
4	男30歳・歴3年	83.6秒	38.8秒	26.2秒	89.7秒	41.5秒	28.0秒
5	男26歳・歴2年	69.5秒	27.8秒	17.1秒	72.2秒	28.1秒	19.0秒
6	男24歳・歴1年	66.9秒	28.9秒	19.4秒	69.0秒	27.9秒	19.5秒
7	男31歳・歴0年	89.1秒	未実施	20.3秒	91.9秒	未実施	27.3秒
8	男33歳・歴7年	72.3秒	29.2秒	19.8秒	73.6秒	30.6秒	21.7秒
9	男34歳・歴4年	83.8秒	36.7秒	21.7秒	83.1秒	36.8秒	24.5秒
10	男31歳・歴0年	85.9秒	未実施	20.7秒	87.5秒	未実施	25.3秒
11	男26歳・歴4年	74.6秒	31.0秒	22.2秒	80.6秒	31.6秒	22.5秒
12	男34歳・歴8年	74.0秒	30.2秒	19.3秒	76.6秒	33.6秒	22.6秒
13	男29歳・歴3年	69.3秒	27.3秒	18.2秒	71.9秒	30.2秒	18.5秒
14	男29歳・歴2年	76.5秒	36.3秒	20.4秒	80.1秒	35.8秒	20.9秒
15	男27歳・歴2年	79.3秒	36.4秒	21.3秒	85.5秒	36.5秒	22.4秒
16	男23歳・歴3年	72.2秒	25.0秒	19.6秒	68.0秒	25.7秒	20.0秒
最速タイム人数		13人	11人	15人	3人	3人	1人
平均タイム		75.8秒	31.6秒	20.2秒	78.2秒	32.8秒	21.8秒
比較結果		約81%	約79%	約94%	約19%	約21%	約6%

※1　同日にブーツフィンでの検証とストラップフィンでの検証した隊員は、No.の□で表す。
※2　水平潜水訓練時にドルフィンキックを実施した隊員は、性別年齢・隊員歴をアンダーラインで表す。
※3　各隊員の最速タイムは、文字の網掛けを表す。
※4　水中移動訓練が未実施な隊員は、水難救助隊員ではなく消防隊員であるため、未実施である。

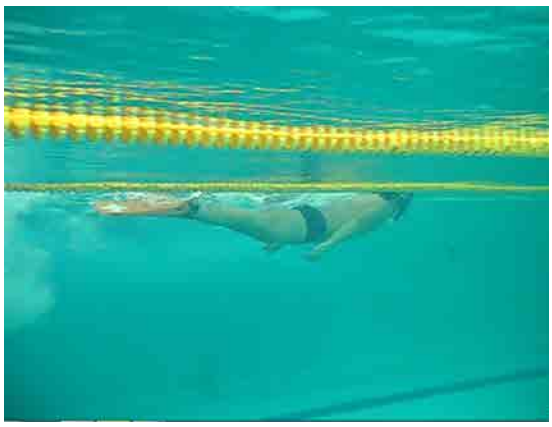


写真20　水面移動訓練

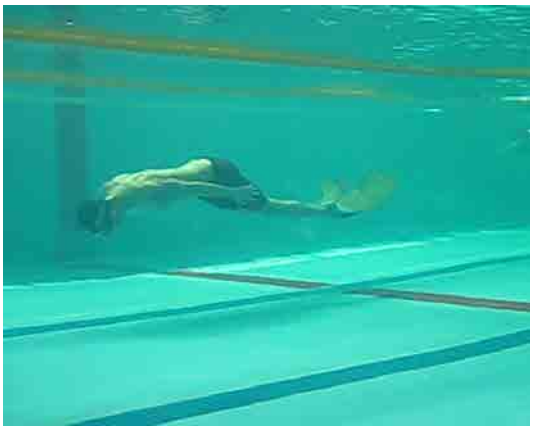


写真21　水中移動訓練



写真 22　マネキン搬送訓練

(2)　隊員によるストラップフィンでの検証（検証結果表 2）

3 点セット（マスク、シュノーケル、フィン）水面移動訓練（写真 23）を実施して、ストラップフィン＋マリンブーツ着用時にどのインソールがどのように作用するかを検証するため、各インソールとも 1 回のみ測定し、15 分の休憩を挟んで、インソールなし、インソール 2、インソール 2＋インソール 3、インソール 3 を比較した。

比較結果は以下の通りである。

ア　インソールなし

インソールなしでは、マリンブーツの浮力はあるが分散されて、インソール 3 と比較すると推進力を感じることができないとの意見があった。

イ　インソール 2

インソール 2 では、推進力は得るが、インソール 3 に比べると、指先に浮力を感じることができないという意見があった。

ウ　インソール 2＋インソール 3

インソール 2＋インソール 3 は、ダウンキックの際、水の抵抗により、通常よりフィン先が沈まず、フィンの蹴り幅が小さくなってしまい、疲労を感じやすくなるとの意見があった。そのため、この組み合わせは、効率的なフィンワークのために使用するのではなく、負荷をかけて筋力・持久力を身に付けるための訓練時に使用するのが望ましい。測定タイムでは、インソール 2＋インソール 3 使用時では、全体の 80%の隊員が遅くなるとの結果が出た。

エ　インソール 3

最も結果が良かったのが、インソール 3 であった。インソール 3 は、指先に浮力があり、アップキックを実施している感覚を感じて、意識しないでフィン先を使用できるとの意見であった。また、測定タイムでは、全体の 90%の隊員が速く泳げたという結果が出た。



写真 23　3 点セット水面移動訓練

3.　隊員によるストラップフィンでの検証（検証結果表 2）

25m 一般プール		100m の 3 点セット水面移動訓練			
No.	性別年齢 ・隊員歴	インソール なし	インソール 2	インソール 2 ＋インソール 3	インソール 3
1	男 40 歳・歴 9 年	78.2 秒	76.3 秒	77.8 秒	75.2 秒
2	男 33 歳・歴 7 年	81.7 秒	82.9 秒	90.2 秒	78.5 秒
3	男 34 歳・歴 8 年	95.0 秒	94.2 秒	107.2 秒	90.1 秒
4	男 29 歳・歴 3 年	92.9 秒	93.7 秒	102.0 秒	89.4 秒
5	男 23 歳・歴 3 年	93.2 秒	93.3 秒	100.9 秒	89.6 秒
6	男 29 歳・歴 2 年	113.4 秒	111.8 秒	118.2 秒	100.5 秒
7	男 27 歳・歴 2 年	113.3 秒	112.6 秒	116.8 秒	101.7 秒
8	男 25 歳・歴 2 年	74.4 秒	74.7 秒	75.7 秒	72.4 秒
9	男 26 歳・歴 2 年	79.3 秒	77.0 秒	78.9 秒	77.2 秒
10	男 32 歳・歴 3 年	90.0 秒	89.2 秒	93.0 秒	83.4 秒
平均タイム		91.1 秒	90.5 秒	95.9 秒	85.9 秒
最速比較結果			10%		90%
最遅比較結果		20%		80%	

※1　同日にブーツフィンでの検証とストラップフィンでの検証した隊員は、No.の□で表す。
※2　最速タイムは、文字の網掛け、最遅タイムは、文字のアンダーラインを表す。

(3)　ウエットスーツ、ドライスーツに潜水資器材装着時の検証

ウエットスーツ、ドライスーツに潜水資器材を装着し、インソール 3 を敷いて、全装備装着水面移動訓練（写真 24）、全装備装着水中移動訓練（写真 25）を実施した。躍動感があり、流動的にリズム良くフィンの面で水を捉えられ、フィンキックが実施しやすく、ストレスを感じることなく推進力を得るとの意見であった。ドライスーツがブーツと一体型になっているため、インソール 3 を取り出しにくいのが難点ではあるが、陸上で潜水資器材を背負った状態で歩行する際には、インソール 3 が土踏まずにあることで、重みを軽減するクッションの役割を果たし、疲れにくいというメリットもある。なお、インソール 3 の浮力だけで吹き上げ等の重大な事故に繋がる可能性はないと考えられるが、十分に潜水訓練やドライスーツ訓練を実施して、インソール 3 を敷くことが重要である。

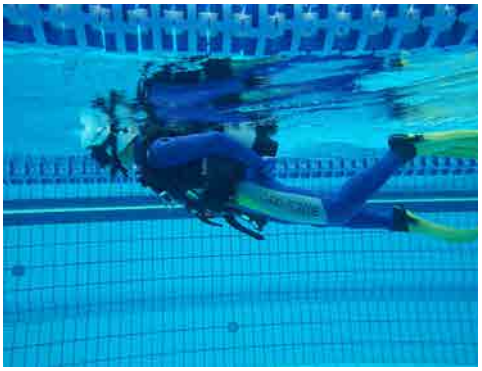


写真 24　全装備装着水面移動訓練



写真 25　全装備装着水中移動訓練

(4)　検証による効果

多くの隊員が、踵のないインソールが素足の裏にあると、ダイレクトに浮力を感じることができた。インソール1やインソール3を使用することで、ダウンキックをした際に、押しのけた水の重さ分だけさらに浮こうとする力が加わり、今まで以上に力強くアップキックができ、従来持っているフィンワークの力を、さらに引き出すことに成功したのである。また、インソールは、一定レベルを超えると、浮力が水の抵抗となることも今回の検証で実証でき、このインソール 2+インソール3は、競技用の水に浮くフィンでは不可能であった、負荷をかけて、筋力、持久力を身に付けるための訓練を可能にする。

ア　インソール1を使用する訓練

インソール1（写真7）は、ブーツフィンに使用するが、水の抵抗よりも浮力の方が有利に働く特性を感じ取るために、繰り返し訓練する必要がある。それにより、アップキックがダウンキックに比べおろそかな動きになりやすく、フィン先の使用やフィンのしなりといったフィンの性質、特徴を活かしきれない問題を解消できる。

イ　災害現場でも使用可能なインソール3

インソール3（写真11）は、効率良く推進力を得るフィンワークを身に付けた後に実施することにより効果を発揮し、全ての水難救助活動に使用可能で、ウエットスーツ、ドライスーツそれぞれに対応できる。水という特殊環境下で、様々な資器材を装備して活動を行う災害現場では、隊員のフィンへのストレスを軽減でき、フィン本来が持つ能力を引き出すことができる。

ウ　インソール2+インソール3を使用する訓練

インソール2（写真9）＋インソール3（写真11）は、浮力よりも水の抵抗の方が有利に働くため、キックする際に通常よりも負荷がかかり、大腿部、下腿部等の筋肉が鍛えられ、筋力・持久力をつけるトレーニングに役立ち泳力強化できる。

5. 今後の課題

今後は、安価で誰にでも簡単に作成可能なインソールを全国、世界へ発信して、1 人でも多くの人に体感して頂きたいが、多くの水難救助隊員に認知されるための活動をいかに行うかが課題である。検証に参加された隊員を通じて、人づてに拡散することやフィン技術の勉強会を開催するなどの活動と、関係書籍出版社や水難救助資器材メーカーへの紹介も視野に入れている。そして、インソールセット（インソール1、インソール2、インソール 3）が水難救助隊員育成の一助となり、災害現場において有効なインソール3(写真11)を、全ての水難救助隊員のマストアイテムになることを強く願う。1 秒でも早く要救助者を救出するために、常に考え、これからも日々精進していきたい。

参考文献

(1)　名古屋市消防局編著（2013）「2 訂版消防救助技術必携：水難救助編」，東京法令出版

(2)　堀内直（2003）「フィンスイミング通信 Vo51」,『月刊スイミングライフ』2003年2月号，pp．54-55,（株）インターナショナルスイミング

4.　訓練方法のフローチャート

フィンワークが身に付いていない隊員

フィンワークが身に付いている隊員

【インソール 1 を使用する訓練】

水面移動訓練（写真 20)、水中移動訓練（写真 21)、マネキン搬送訓練（写真 22）など。

※水着のみ着用が望ましい。（インソール 1 の浮力のみでの感覚を掴むためである。）

【インソール 3、インソール 2+インソール 3 を使用する訓練】

3 点セット（マスク、シュノーケル、フィン）水面移動訓練（写真 23)、全装備装着水面移動訓練（写真 24)、要救助者搬送訓練（写真 26)、ウエイト搬送訓練（写真 27)、立ち泳ぎ訓練（写真 28）など。

※インソール 3 は、潜水訓練及びドライスーツ訓練に使用でき、なお、**災害現場**でも使用可能である。



写真 26　要救助者搬送訓練



写真 27　ウエイト搬送訓練



写真 28　立ち泳ぎ訓練

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

石油コンビナート等災害用訓練「バーチャル・リアリティ・シミュレーション」の検証について

大竹市消防本部
中村将也、村田慎吾、瀬田直史、宇高正人、滝口洋介

1.　はじめに

近年の社会経済情勢の変化や生活様式の多様化に伴い、多数の化学物質が日常的に使われている。これらの物質は、私たちの日常生活に快適性や利便性をもたらす反面、ひとたび、事故が発生すると多大な被害を生じさせる危険性を秘めている。とりわけ、こうした物質を大量に取り扱う石油コンビナート等特別防災区域内では、より甚大な被害を招く恐れがあることは容易に想像できる。

そのため、この区域において最前線で活動する隊員の教育には万全を期す必要があり、経験豊富な隊員の大量退職により、低年齢化された隊員の育成は急務である。こうした隊員のスキルアップとして、数年前から注目し事業所とともに実践してきたのが、いわゆる、ブラインド式の図上訓練であるが、近年多くの場面で活用される、この訓練の有効性を否定するものは稀であろう（写真 1)。しかし、或る日、回を重ねるごとにマンネリ化する机上の訓練をこなしていくうちに、この訓練には未だ改善の余地があるように思えてきた。そこで辿り着いた結論が、いかにすれば、この訓練に現実的な側面を取り入れることができるのかということであった（写真 1、2 参照)。

こうして、机上型の図上訓練に現実的側面となる、体験型の燃焼実験を組み合わせた訓練手法を「バーチャル・リアリティ・シミュレーション（以下、「VRS」という)」と名付け、検証するに至ったのである。



写真 1　特定事業所との図上訓練



写真 2　特定事業所との図上訓練

2.　体験型「燃焼実験」について

（1）　燃焼実験キット

最初に、燃焼実験において使用する「燃焼実験キット」を紹介する。

（ア）燃焼実験キットの作成

①　コーンルーフ型屋外タンク貯蔵所・1/200 スケールモデル（以下「タンク」という。）

ア　準備品

準備品にあっては表 1 のとおり（表 1、写真 3 参照)。

イ　作成方法

空き缶の上方を金キリ鋸で切断後、ヤスリ及び耐水ペーパーで仕上げをする（写真 3 参照)。

② 防油堤の作成

コンクリートパネル（縦 20cm×横 60cm 程度）、角材（縦 2cm×横 1.5cm 程度）を使用し、防油堤を作成する（写真 3 参照）。

③ 木造模擬ハウスの作成（木造密集地火災）

木造模擬ハウス（1/20：幅 30cm、奥行 45cm、延べ面積 0.135m^2（木造 2 階建・幅 6m×奥行 9m、延べ面積 108 m^2 相当×2 棟））の作成。

内装仕上げは、難燃シートや可燃シートを接着剤で張り付ける。なお、収容物には、塩化ビニル管、ナイロン繊維、ダンボールなどを使用する（写真 4、図 1 参照）。

表 1　コーンルーフ型屋外タンク貯蔵所
（1/200 スケールモデル）

使用品名	メーカー，型式，形状等	個数
空き缶	高さ 10cm×直径 5.2cm 程度	3 缶
金キリ鋸		1 器
耐水ペーパー		適量
ヤスリ		適量

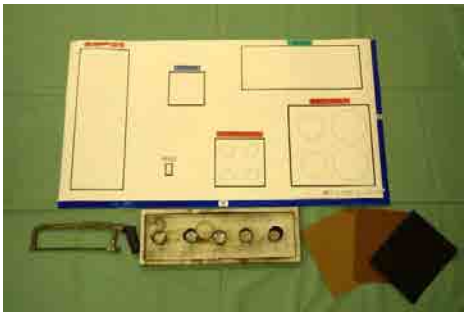


写真 3　燃焼実験キット準備品



写真 4　木造模擬ハウス

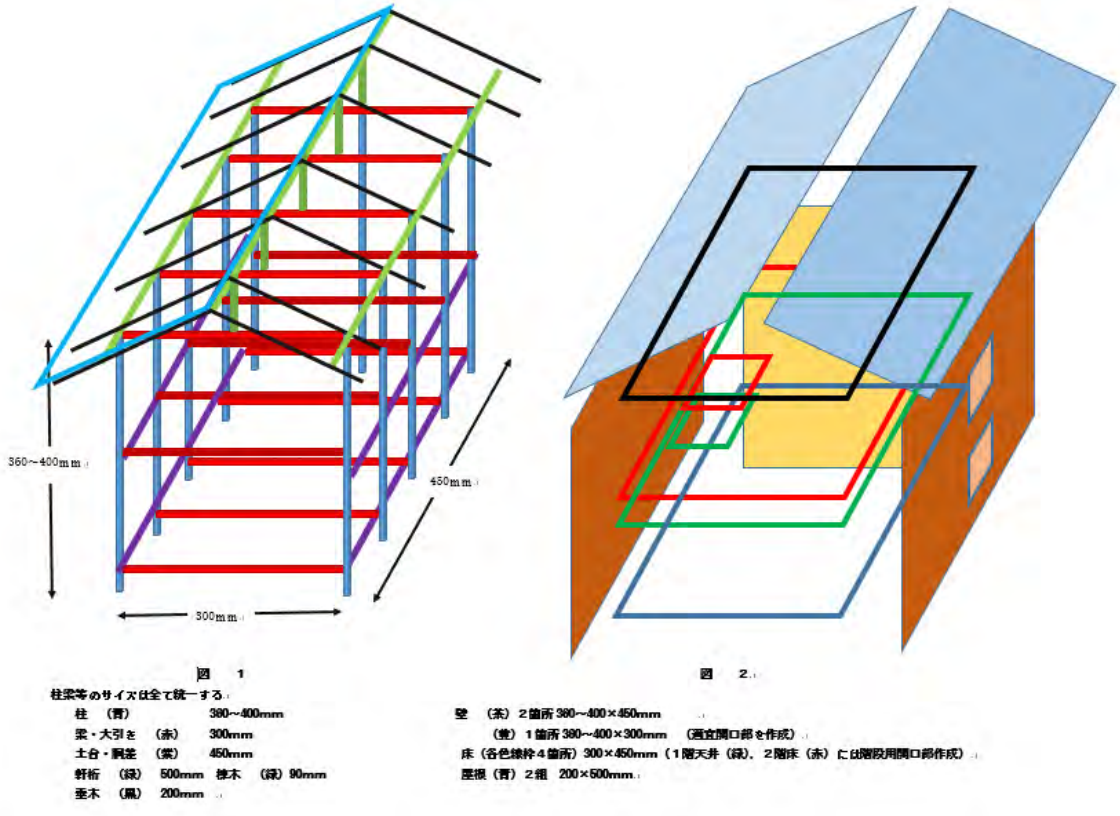


図 1　木造模擬ハウス詳細図

（イ）　燃焼実験キットで実施できる内容

①　タンク燃焼実験キット

タンク燃焼実験キットを使用して、数種類の第四類危険物【ガソリン（第一石油類）、エタノール(アルコール類)、エンジンオイル(第四石油類、以下「オイル」という)】を燃焼させ、つぎの項目を観察する。

ア　タンク火災の延焼現象・輻射熱の影響

イ　スロップオーバー現象の再現実験

ウ　冷却注水効果の確認

エ　泡による液面被覆消火効果の確認

オ　第四類危険物の燃焼生成ガスの検知

※なお、タンクの半分程度の液量とし、オイルは、あらかじめ加熱し、引火点付近まで温度を上昇させておく。

②　木造模擬ハウス燃焼実験キット

この木造模擬ハウス燃焼実験キットは、一棟独立燃焼から木造密集地火災に至るまでの火災想定に対応可能としたものであり、次の項目を観察することができる。

ア　木造建物の延焼現象

イ　燃焼生成ガスの成分検知

ウ　その他として、模擬ハウスの棟数を増加させることにより、ブロック内・面・角火災等の木造密集地における延焼状況や、その防御活動の検証にも活用できると考える。

（ウ）　事前準備について

①　燃焼実験

ア　準備品

準備品にあっては表 2 のとおり（表 2、写真 5 参照)。

表 2　燃焼実験準備品リスト

使用品名	メーカー，型式，形状等	個数・量
温度測定器	アルゴス	1 器
温度湿度計		1 器
模擬タンク	表 1 で作成のもの	3 基
フッ化蛋白泡消火薬剤 3%水溶液		100ml
差し金	金属製	1 個
スケール		1 個
スポイト又は霧吹き	250ml 容量	1 個
消火器具（消火器又は金属箱）		1 基（個）
水道ホース		1 個
風向風速計		1 器
イグザム 7000	ドレーゲル	1 器
検知管	ドレーゲル	1 器
GX8000	理研計器	1 器
ホワイトボード		1 台
チャッカマン		1 個



写真 5　燃焼実験の状況 1



写真 6　消火準備の状況

イ　安全管理体制

消火器具または、不燃性の覆いなど（写真6参照）。

②　設定条件　気象状況の記録

実験当日：くもり、気温19度、湿度44%、風速0m/s（屋内）

(2)　燃焼実験の結果

（ア）　タンク火災の延焼現象

タンクへ着火後、側板の表面温度及び上昇火炎高を計測する。

①　液温測定の結果

タンク液層部と、気層部の温度は以下のとおりである（表3参照）。

ガソリン及びエタノールともに、引火点が低く、液層部の温度上昇は緩やかである。一方、オイルなどの高引火点危険物の液層は、常時高温である。

表3　各タンクの液温

時間経過（備考）	ガソリン		エタノール		エンジンオイル	
	気層部	液層部	気層部	液層部	気層部	液層部
スタート（着火時）	40	29℃	40	24℃	加熱着火	加熱着火
2分後	82	36℃	85	45℃	235℃	200℃
5分後　（燃焼安定）	190℃	50℃	135℃	50℃	232℃	195℃
10分後	206℃	60℃	213℃	60℃	226℃	187℃

②　火炎高の測定結果

この実験ではガソリン、エタノール、オイルともに火炎の上昇高は、ほぼ等しく、6cmから10cm程度である（写真7、8参照）。

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」では、タンク全面火災の火炎高は、無風状態で直径の1.2～1.7倍とされている。1/200モデルでも、この数値の妥当性を認識できた。

なお、エタノールは完全燃焼しているため炎が青白く視認が困難であることなど、各種燃焼物質の視認性により、発見が遅れることも認識した。



写真7　各タンクの炎の高さ

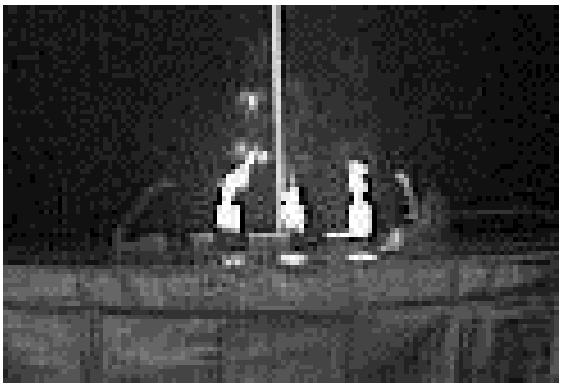


写真8　熱画像装置による
アルコールの燃焼状況

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」では、タンク全面火災の火炎高は、無風状態で直径の1.2～1.7倍とされている。1/200モデルでも、この数値の妥当性を認識できた。

なお、エタノールは完全燃焼しているため炎が青白く視認が困難であることなど、各種燃焼物質の視認性により、発見が遅れることも認識した。

③　周辺施設へ及ぼす輻射熱の影響

一般的に逃しがちな輻射熱が周辺に及ぼす影響の認識ができた。なお、タンク間距離が近接している状況では、隣接タンクが出火に至った。

（イ）　スロップオーバー現象の再現実験

燃焼中のタンク内へ冷却注水の一部が注入したと仮定し、その反応を観察する。

①　観察結果

ア　ガソリンは一旦、炎が上昇するが大きな変化はない。液温が低く、滴下された水分を蒸発させるだけの熱量はない（写真9参照）。

イ　エタノールもガソリン同様、特段変化はないが、水滴を滴下し続けると、水溶性のため濃度の希釈によって炎は消失する。

ウ　オイルでは、僅か1滴の滴下で、火炎は床面から高さ1m付近まで激しく上昇する。その後、徐々に油面が気泡とともにタンク頂部から溢れ出し、防油堤内へと流出後、堤内全面火災へと発展し、最終的にスロップオーバー現象が確認された（写真10、11参照）。

液温が200度にまで達するオイルは、水滴が液面に接した瞬間、爆発的速度で膨張し、その勢いで高温のオイルを吹き飛ばし、細かく飛散して表面積を増加させながら燃焼した。燃焼実験参加者も予測していたとは言え、この1/200モデルで、火炎高は1mにまで及んだことを考えると、実火災での燃焼の凄まじさを痛感した。

※本文では、スロップオーバーとボイルオーバーを明確に区別するため、水分による瞬間的な油分が飛散する現象はボイルオーバーに含め、泡の内部から気泡と共に油分が溢れ出す現象はスロップオーバーと定義している。



写真9　滴下の瞬間（ガソリン）



写真10　スロップオーバーの瞬間（オイル）



写真11　防油堤内への流出状況（オイル）

（ウ）　冷却注水効果の確認

燃焼タンクの側板へ、ストレート注水を行い冷却消火の効果を観察する。

①　観察結果

ア　ガソリン及びエタノールでは、冷却注水開始1分経過後､特段変化はない(写真12、13参照)。

この二つの液体の燃焼時の液温は、常温程度なので､常温の水では冷却効果がない。

イ　オイルでは、冷却注水開始後、僅か10秒後には火勢が衰え、19秒後には完全消火（液温120度）に至る（写真14参照)。

オイルの燃焼時の液温は200度以上であるため、常温水との温度差によって気化熱が有効的に作用している。こうして、屋外タンク火災の防御戦術として、引火点に応じた消火方法の重要性が再認識できた。



写真12　ガソリンへの冷却注水

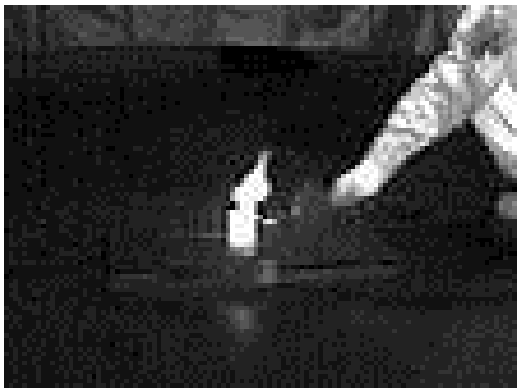


写真13　エタノールへの冷却注水

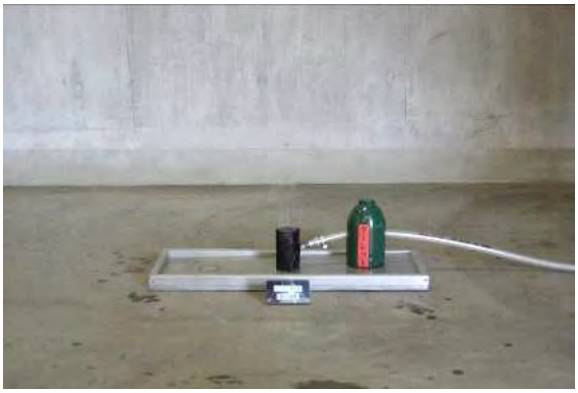


写真14　オイルへの冷却注水

（エ）　泡による液面被覆消火効果の確認

フッ化蛋白泡消火薬剤 3%水溶液を発泡させ消火泡を形成し、消火効果を観察する。

①　観察結果

ア　ガソリンは140cc程度の消火泡を投入後、即座に勢いが減衰し完全消火に至る。その後も液面を完全に被覆し、さらに、若干の泡を取り除いてみると、残存した泡が液表面へ均一に拡がるなど優れた流動性が確認できた（写真15、16参照)。

イ　エタノールは、ガソリンと比較して、若干、消泡効果が高く、さらに、消火には比較的多量の泡の投入を要した。

ウ　エンジンオイルでは、中途半端な量の泡の投入の場合､ボイルオーバーが発生した。また､高温度の液温による消泡効果も高く、消火に至るには大量の消火泡の投入を要し、消火後に泡投入の継続を中止すると再出火に至った。

さらに、燃焼実験を繰り返すうちに、泡

とエンジンオイルの混合液がタンクから溢れ出し、溢れたオイルが表面積を拡大させながら着火し火炎面が広がる、スロップオーバーが発生した（写真 17、18 参照）。

エ　ここでも、燃焼液体に応じた消火方法の選択の重要性を再認識した。とりわけ、高引火点危険物の場合、消火泡の大量投入体制を整えてから一斉泡射するとともに、側板への冷却注水の併用が要求されるであろう。

（オ）　第四類危険物の燃焼生成ガスの検知

第四類危険物の燃焼生成ガスを測定したところ、つぎのような成分が検出された（表 4 参照）。



写真 15　一瞬炎が大きくなる（ガソリン）



写真 16　液面の状況（ガソリン）



写真 17　滴下の状況（オイル）



写真 18　滴下後の状況（オイル）

表 4　第四類危険物の燃焼生成ガス

時間（時分）	検知ガス	化学式	検知濃度	許容濃度
13 時 00 分	実験開始			
13 時 01 分	一酸化炭素	CO	130ppm	50ppm
	エチレン	C_2H_4	オーバーレンジ	5500ppm
	エチルアルコール	C_2H_5OH	オーバーレンジ	－
13 時 02 分	アセトアルデヒド	CH_3CHO	オーバーレンジ	100ppm
	ホルムアルデヒド	HCHO	オーバーレンジ	25ppm
	アセチレン	C_2H_2	オーバーレンジ	2500ppm
13 時 03 分	アクリルニトリル	C_2H_3CH	オーバーレンジ	20ppm
	酸化エチレン	C_2H_4O	オーバーレンジ	1ppm
	スチレン	$C_6H_5CHCH_2$	オーバーレンジ	20ppm
	メタクリル酸メチル	$CH_2CH_2CCOOCH_3$	オーバーレンジ	2ppm
	イソプチレン	$(CH_3)_2CCH_2$	オーバーレンジ	－

（カ）　木造模擬ハウス燃焼実験

①　延焼経路の観察

模擬ハウスの 1 階から出火させ、延焼経路を観察する。

延焼経過として、居室→天井→階段口→2 階天井→天井裏→室内→全体→屋外へ火炎が噴出した後、建物の軒先→隣接建物の軒先→2 階天井裏→2 階へ燃え下がりを確認する（写真 19 参照）。

（財）全国消防協会「火災防ぎょ」に記載された延焼経路どおりである。

②　燃焼生成ガスの成分検知

模擬ハウスから発生する燃焼生成ガスを検知する。

燃焼生成ガスは、CO、HCN などの有毒ガスで、許容濃度を超過する測定値となった（表 5 参照）。



写真 19　木造建物の延焼状況の観察

表 5　木造模擬ハウスから発生する燃焼生成ガス

時間（時分）	検知ガス	化学式	検知濃度	許容濃度
11 時 51	実験開始			
11 時 53 分	一酸化炭素	CO	３０～１５０ｐｐｍ	５０ｐｐｍ
11 時 54 分	アセトアルデヒド	CH_3CHO	５７ｐｐｍ	１００ｐｐｍ
	ホルムアルデヒド	HCHO	オーバーレンジ	２５ｐｐｍ
11 時 55 分	アクリルニトリル	$CH_2=CHCN$	１５ｐｐｍ	２０ｐｐｍ
11 時 56 分	アンモニア	NH_3	１０～５０ｐｐｍ	２５ｐｐｍ
11 時 58 分	シアン化水素	HCN	５～４０PPM	１０ｐｐｍ
	アセトン	CH_3H_6O	５%LEL≒１０５０ｐｐｍ	４０ｐｐｍ
	塩素	Cl_2	５ｐｐｍ	０．５ｐｐｍ
	メチルアミン	CH_3NH_2	３０ｐｐｍ	１０ｐｐｍ

11 時 59 分フラッシュオーバー確認

3.　図上訓練用ゾーニング設定キットについて

つぎに、VRS を補助するために作成したツールの一部を紹介する。

災害事象のなかで、発災現場の安全管理、あるいは、次工程の災害予測のために欠かせないのが「ゾーニング設定」である。しかし、火災警戒区域と爆発物警戒区域、そして毒劇物危険区域が重複するうえに、輻射熱による警戒区域をも考慮する、コンビナート災害時の設定は困難を極める（図 2 参照）。

そこで、活用するのが、「ゾーニング設定キット」である。

（1）　作成要領

ア　使用資機材

準備品にあっては表 6 のとおり（表 6、写真 20 参照）。

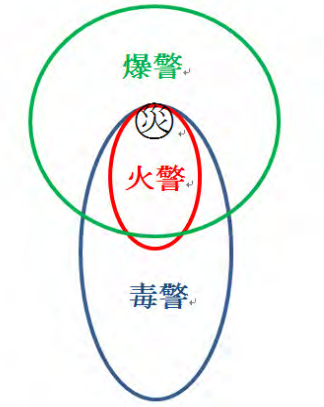


図 2　コンビナート災害のゾーニング

表 6　ゾーニング設定キット準備品リスト

使用品名	メーカー，型式，形状等	個数
ラミネートフィルム	IRIS（フィルム厚 100μm） A3 サイズ	適量
カッターナイフ		1 個
コンパス		1 個
警戒区域を図示した図面		2 枚
ホワイトボード用マーカー		適量

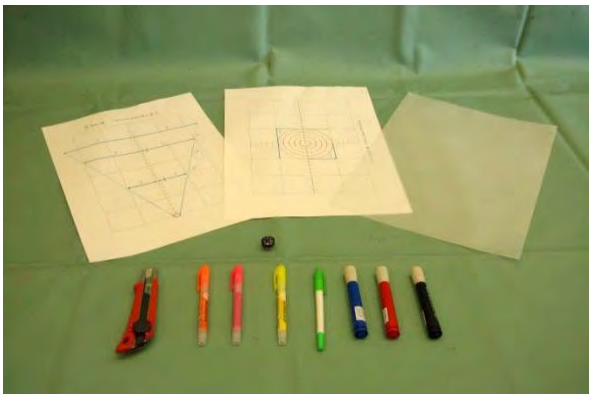


写真 20　ゾーニング設定キット準備品

イ　作成方法

ラミネートフィルムのとじしろ部分をカッターナイフでカットし、A3 サイズとする。パソコンで作成した図面をカットしたラミネートフィルムにコピーしたのち、ラミネートを施す（写真 21 参照）。

ウ　使用方法

1/10,000 の地図を使用し、災害地点に同心円の中心をセットする。

①　輻射熱による警戒区域の設定

石油コンビナートの防災アセスメント調査結果などから算出された数値を、シート 1 に青色で塗る（写真 22 参照）。

②　爆発警戒区域の設定

爆発警戒区域の設定は、TNT 火薬量（TNT 当量）を用いるなどの手法が考えられるが、現実的に信ぴょう性の高い数値を算出するのは困難である。

ここでは、過去の事故事例から、200～500mの範囲を爆発警戒区域とし、シート1に黄色で塗る（写真23参照）。

③　火災警戒区域の設定

災害現場での可燃性ガスの測定値から算定された警戒区域を、シート2にオレンジで塗る（写真24、表7参照）。

②　爆発警戒区域の設定

爆発警戒区域の設定は、TNT火薬量（TNT当量）を用いるなどの手法が考えられるが、現実的に信ぴょう性の高い数値を算出するのは困難である。

ここでは、過去の事故事例から、200～500mの範囲を爆発警戒区域とし、シート1に黄色で塗る（写真23参照）。

③　火災警戒区域の設定

災害現場での可燃性ガスの測定値から算定された警戒区域を、シート2にオレンジで塗る（写真24、表7参照）。

④　毒劇物警戒区域の設定

石油コンビナートの防災アセスメント調査結果などから算出された数値をシート2に赤で塗る（写真25、26、表7参照）。

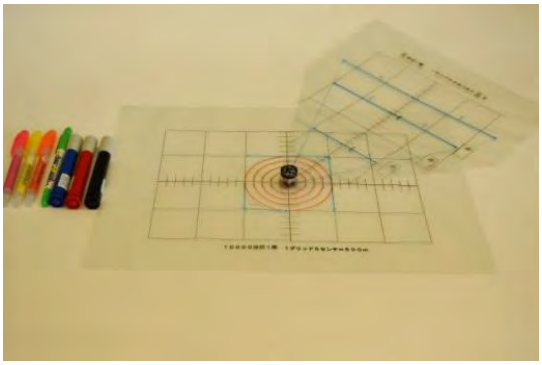


写真21　作成要領

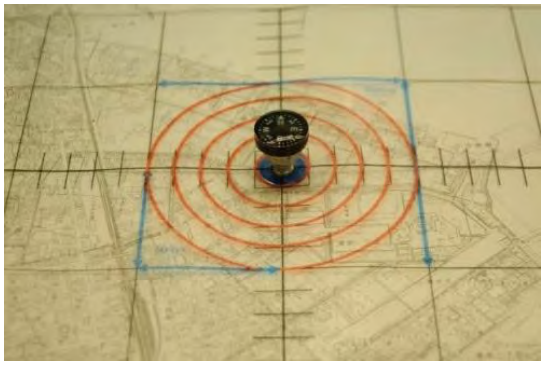


写真22　輻射熱による警戒区域

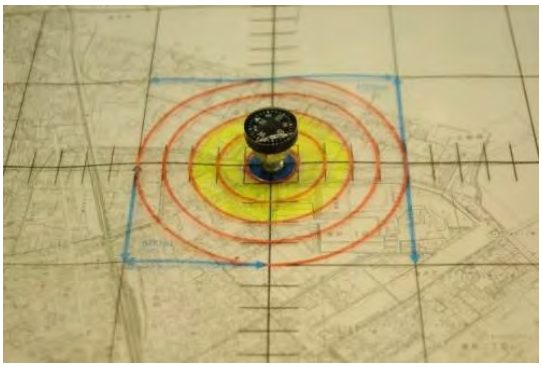


写真23　爆発警戒区域

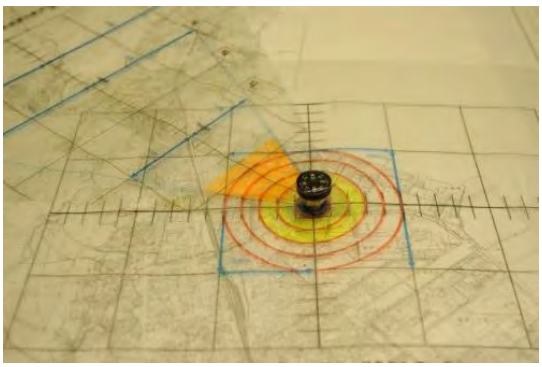


写真24　火災警戒区域

表7　有毒ガス・可燃性ガス濃度測定表

（単位：ppm）

ガス ＼ 距離	1,000m	500m	250m	100m	50m	10m	m
有毒ガス							
可燃性ガス							



写真 25　毒劇物警戒区域

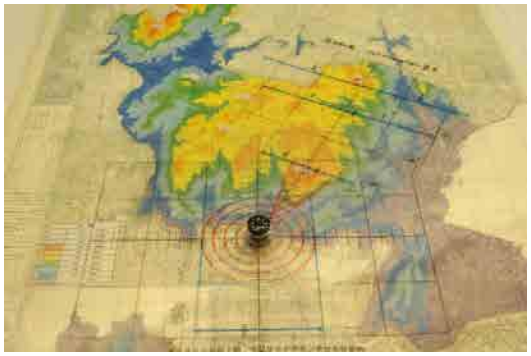


写真 26　ゾーニング設定キット活用

なお、表 8 は、ハンドブック悪臭防止法（株式会社ぎょうせい）のデータを抜粋したものである。これによると、嗅覚によって、有毒ガス検知器の数十分の 1 から数百分の 1 が感知できる。仮に、付近住民から「すごい刺激臭がします」などの通報があれば、そのポイントのおおよその濃度の予測が可能となり、ゾーニング設定時の参考となる（表 8 参照）。

表 8　ハンドブック悪臭防止法（株式会社ぎょうせい）より抜粋

物質名称・単位は ppm（□）は許容濃度	臭気強度□０⇒無臭□１⇒やっと感知できる□２⇒何の臭いかが分かるが弱い□３⇒楽に感知できる□４⇒強いにおい□５⇒強烈なにおい				
	1	2	3	4	5
アンモニア□□（35）	1.5×10^{-1}	5.9×10^{-1}	2.3	9.2	37
アセトアルデヒド(2.5)	1.5×10^{-3}	1.5×10^{-2}	1.4×10^{-1}	1.4	14
酢酸エチル□（200）	2.5×10^{-1}	1.4	7.4	40	220
トルエン□（50）	9.2×10^{-1}	4.8	25	130	660
キシレン□（150）	1.1×10^{-1}	5.2×10^{-1}	2.3	10	47
スチレン□（50）	3.3×10^{-2}	1.7×10^{-1}	8.4×10^{-1}	4.3	22

4.　VRS の概要について

VRS は、一般的な図上訓練を進行し、そこで選択された項目を隣接する燃焼実験テーブルで実証しつつ、その選択の適否を即座に判定し、よりリアルな活動へと結びつけるものである。ここで、VRS の実証訓練の実施状況を紹介する。

なお、ここでの訓練は、『石油コンビナート等防災本部の訓練マニュアル』に基づく机上の図上訓練（ブラインド式）を進行させ、それと並行して体験型の燃焼実験を組み込んでいる。その訓練想定の最終的なシナリオは、タンク炎上火災へと進行するようにコントロールしている（写真 27、28、図 3 参照）。

（ア）　VRS 実証訓練について

①　ブース分け

ア　第一ブース：新入職員による編成

イ　第二ブース：中堅職員による編成

②　実証結果等

ア　第一ブースの VRS は、最終的に防油堤内の全面火災へと発展する。

主な状況は、消火方法の選択肢を誤ったため消火に至らない、燃焼生成ガスの有毒性把握ミスによるゾーニングの失敗、泡投入の不適によりボイルオーバーが発生するなどであった（写真 29、30 参照）。

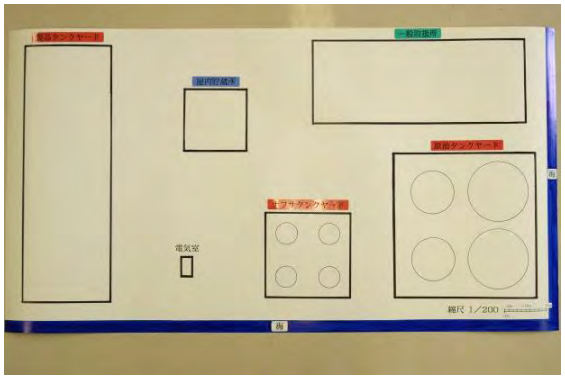


写真 27　VRS の準備状況



写真 28　VRS の準備状況

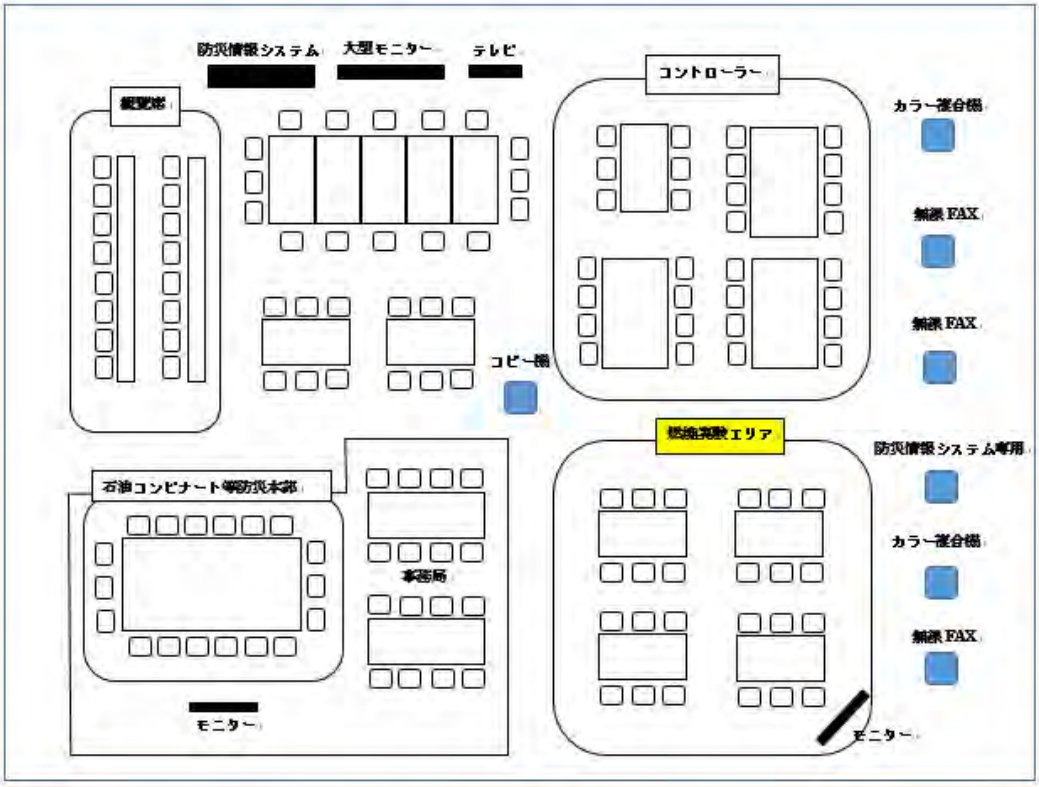


図 3　石油コンビナート等防災訓練　レイアウト図　屋外
石油コンビナート等防災本部の訓練マニュアルⅢ - 16 から抜粋



写真 29　VRS 実証訓練の様子



写真 30　VRS 実証訓練の様子

イ　第二ブースでは、比較的早期の段階で完全収束に至った。

ただし、中堅職員とはいえ、実災害を経験した者はそれほど多くはなく、実験の効果を目の当たりにした隊員から歓声が沸いていた。

（イ）　VRS終了後のアンケートの一例

・周辺施設への冷却の重要性に気付かされた。
・引火点の低い引火性液体への冷却注水の効力の低さを認識した。
・輻射熱によるガソリンタンクへの引火現象を目の当たりにし、その危険性を再認識した。
・火災時の第四石油類に不用意な注水が、スロップオーバー現象を誘発し、そのことによる周辺タンクや消防隊に及ぼす危険性を認識した。

（ウ）　考察

どれほど、優れた訓練マニュアルが作成されたとしても、組織毎に訓練参加者のスキルや、部隊編成が異なる以上、より効果的で実践的な訓練とするためには、各組織における創意工夫は欠かせない。

このVRSも、現行の図上訓練を発展させるために実証的に実施したものであり、まだまだ改善の余地がある。しかし、新入職員・中堅職員を問わず、参加した隊員の反応を見る限り、通常の図上訓練と比較しても、この体験型訓練に対する積極的な姿勢が伺え、その有効性の高さは肌で感じることができた。

5. おわりに

思うに、図上訓練の成果は、マニュアル等による手順確認、すなわち、「know-how」とともに、なぜそうするのか、いわゆる「know-why」、そして、それ以上に重要なのは次行程の危険に気が付くこと、つまり「notice」のスキルアップへと繋げることにあるのではないだろうか。そのスキルアップとして試みたのが、机上訓練のみならず、体験型の燃焼実験を行うことで、文献や公表された事柄の是非を自ら確認するという作業であった。

ここでの成果には、人それぞれ賛否両論あるかもしれない。しかし、現状の訓練を、より効果的かつ実証性のあるものへと発展させたいと願う気持ちは、共通の認識なはずである。そして、これらを追求し続けることにより、より安全な「no-risk」活動という道に近づいていくはずである。

現在、構築されている安全文化は、先人が得た教訓や崇高たる叡智の蓄積である。それを引き継いだ我々は、この文化をさらに発展させるため、現場活動時の安全基準値の上昇を図り、未来の重大事故を予防する責務がある。

参考文献

・消防教科書　消防理化学、火災防ぎょ（財団法人全国消防協会1976年・1978年）
・火災爆発事故事例集（安全工学協会2002年）
・爆発物探知ハンドブック（火薬学会 爆発物探知専門部会2010年）
・石油コンビナートの防災アセスメント指針（消防庁特殊災害室2001年）
・ハンドブック悪臭防止法（株式会社ぎょうせい平成24年7月6訂版）
・平成25年度消防・救助技術の高度化等検討会報告書（消防庁特殊災害室2014）
・石油コンビナート等防災本部の訓練マニュアル（石油コンビナート等防災体制検討会　総務省消防庁特殊災害室）

平成29年度消防防災科学技術賞　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

消防団に対する訓練指導方法の検証について（消防団災害対応訓練マニュアルの作成）

名古屋市消防局緑消防署
森　誠一

1. はじめに

名古屋市緑消防署では、消防団に対し各種教養を行ってきた。特に大規模地震発生直後は、同時に火災が多発し消防力が不足することが予想される。その不足する消防力の担い手として期待される消防団に対し、消防職員が効率的かつ効果的に指導するために、震災対応のためのマニュアルの作成が必要であった。

マニュアルに掲載する訓練項目として取り上げたものが、震災以外の火災でも有効な知識・技術となり、震災及び火災に対応するための災害対応訓練マニュアルとなった。このマニュアル作成にあたり、調査及び検証を行ったので、以下にその内容について述べる。

2. 名古屋市の消防団の現状について

(1)　火災現場での活動

名古屋市の消防団は、可搬式ポンプを有し、火災現場においても放水などの現場活動を行うことがその任務のひとつになっているが、火災現場での主な役割は、消防隊の支援となっており、放水活動などは行われていない。

(2)　自主防災組織等への訓練指導

自主防災組織（以下「自主防」という。）に対し、消火器を使った初期消火やジャッキを使った救出救護の訓練指導を消防団が行っている。

(3)　消防団員への教養

消防団員への教養として、「消防団新任教養（新入団員対象）」、「現任消防団員教養」及び「消防団幹部教養」を行っている。

さらに平成27年度からは、それぞれの分野の専門的な知識を持ち、指導者（マイスター）となる「マイスター教養（可搬式ポンプ、救急及び自主防の3種類）」を行っている。本教養は始まったばかりであり、消防団員すべてがマイスターとなるには、まだ数年はかかる。

3. 消防団による災害活動についての検討事項

上記2で示す教養を消防団員に対し行ってきたが、震災発生時に消防団に求められる活動内容を検討した。

(1)　消防団単体での活動

消防隊は震災発生時、発生した火災について他への延焼危険がなくなった時点で、消防団に鎮火までの消火活動を依頼し、別の火災現場へ転戦することとなる。また、軽易な救助事案であれば、消防隊の出動はなく、消防団単体での活動となる。

消防隊が不在の現場で、消防団は災害に対応できる能力が備わっているのか？

(2)　消防団と消防隊との連携活動

消防隊は、通常1隊4～5名編成であるが、震災発生直後は、1隊3名編成とし出動できる消防隊の数を増やして対応する。1隊3名の消防隊では、活動内容に制約がかかることが懸念される。しかし、消防団と効果的な連携活動ができれば、通常時若しくはそれ以上の活動が期待できる。

消防団は、消防隊が行う活動を知っているのか？

4. 大規模地震発生直後に必要な災害対応能力

(1)　現地調査

最初に、消防団に必要な活動を把握するため、

緑区全域 37.91km^2 を、配置署所や課で 10 の担当に分けた。各担当は、延焼拡大危険が高い木造密集地域や道路幅と、付近建物の耐震性から閉塞道路になると考えられる地域等について、担当区域内のすべてを、実際に現地へ出向し調査を行った（図 1 参照）。

調査した主な内容を下記に示す。

ア　延焼拡大危険範囲

火災発生時に消火活動ができない場合、延焼拡大し続けるおそれのある、隣接間隔が 2m 未満となる木造家屋の集合範囲

イ　延焼阻止線

火災による延焼を阻止することが期待でき、上記アに隣接する、幅員が概ね 10m 以上の道路若しくは空地又は 5 階建て以上の耐火造建築物

ウ　閉鎖道路

耐震性の低い建物やブロック塀などの倒壊により、道路幅員が概ね 3m以下となるおそれのある道路

エ　津波避難場所

津波到着が予想された際、避難が可能となる場所（名古屋市が指定する「津波避難ビル」及び高台にある空地など）

(2)　地図の作成

現地調査の結果を、白地図に色ごとに分け記載し、現地調査結果地図を作成した。上記（1）ア～ウの調査結果をもとに「震災時に火災の危険が高い地域」を設定した（図 2 参照）。また、名古屋市の地盤の強度を示すデータから、地盤が軟弱な地域を選定し「救助活動がより必要になる区域」と設定した。

(3)　必要な災害対応能力

現地調査の結果、災害が発生しやすいと予想される区域とその災害種別を想定できるようになった。また、その区域を担当する消防団にとって、必要となる教養、訓練等を確認することができた。

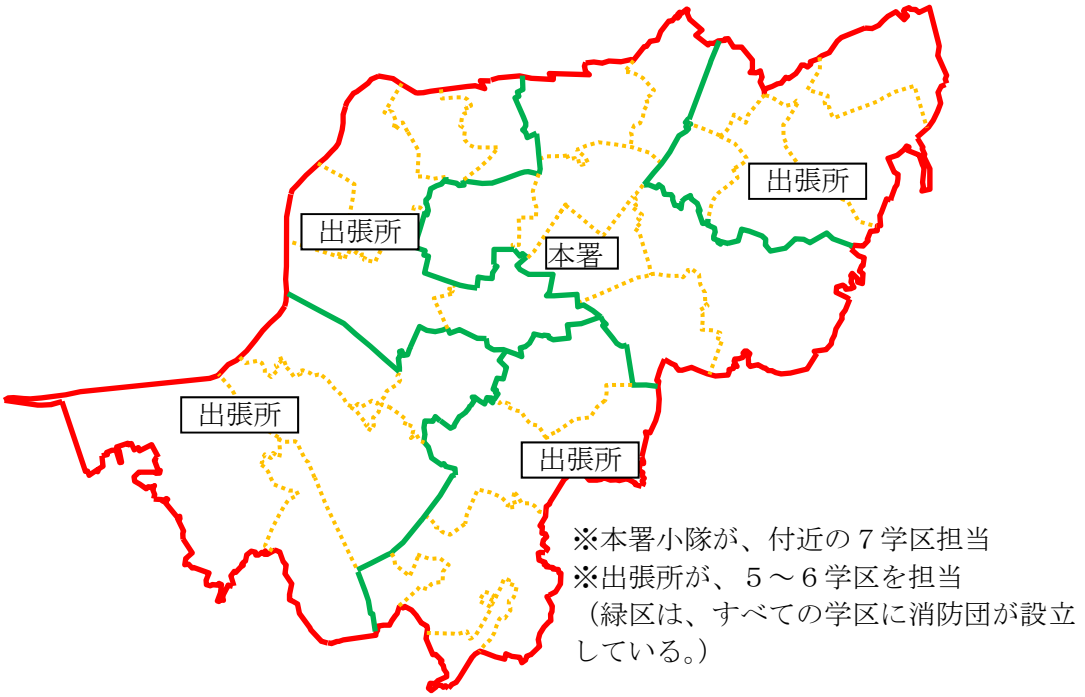
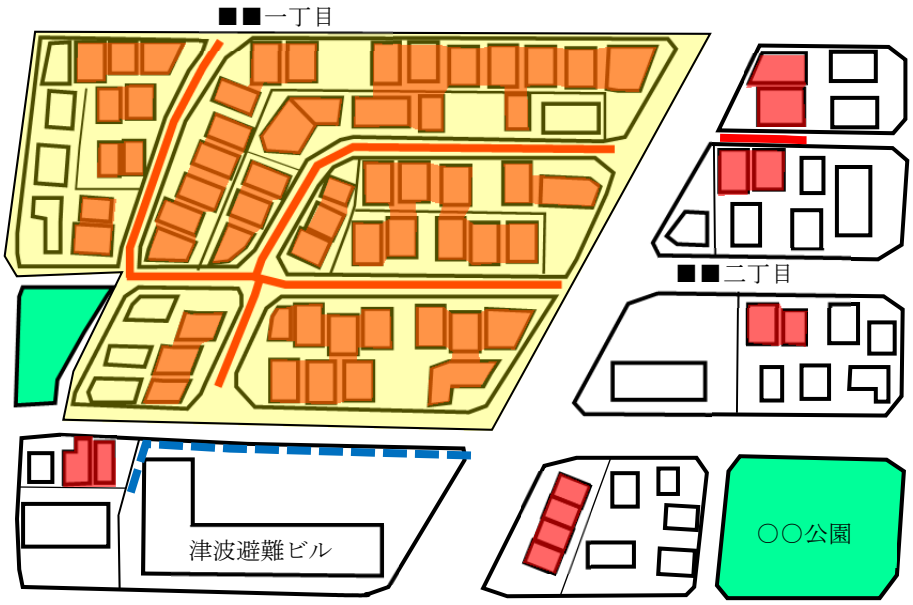


図 1　緑区内　28 学区（消防団）の担当区分図



・延焼拡大危険範囲（赤色塗りつぶし）
・延焼阻止線（青色波線）
・閉鎖道路（赤色線）

※■■一丁目は、延焼危険範囲及び閉鎖道路が多いため、
「震災時に火災の危険が高い地域」に設定

図 2　現地調査結果イメージ図

5.　震災対応マニュアルの作成

大規模地震発生直後の消防団の災害対応能力を向上させるために、震災対応マニュアルを作成した。作成にあたり、自主防の訓練指導として、今まで消防団が指導してきた消火器を使用した初期消火訓練や倒壊家屋からの救出訓練は、一定のレベルに達していると判断し、除くこととした。

震災対応マニュアルは、震災時に予想される活動を 5 つの項目（メニュー）に分け作成した。具体的には、下記の項目を設定した。

(1)　ホース延長要領

震災時に有効なホース延長要領として、7 種類の訓練要領を選定した。

(2)　放水訓練

放水訓練として、5 種類の訓練要領を選定した。

(3)　搬送訓練

自主防で行う応急担架搬送訓練を除き、5 種類の搬送訓練を選定した。

(4)　基本結索訓練

搬送訓練や三連はしごで使用する基本結索を、4 種類選定した。

(5)　三連はしご

消防団は三連はしごを保有していないが、震災時 1 小隊 3 名で活動する消防隊の補助として、三連はしごを使用した救出活動が行えるように、5 種類選定した。

6.　震災活動マニュアルの活用

完成した震災活動マニュアルを活用するにあたり、下記の 2 点について考慮する必要があった。

(1)　訓練指導方法

訓練指導を担当する消防隊員を、その学区の現地調査を行った担当とした。指導する消防団の近くに配置されている消防隊（出張所含む）であり、1 消防隊単位であれば訓練時間等の融通が利き、担当消防隊と消防団との合同訓練を重ねることに

より、より実災害での連携活動が期待できる。

(2)　継続して訓練を行うために

震災活動マニュアルの項目の中の内容が、通常の火災でも有効な活動であるため、次の項目に留意し、通常の火災でも消防団が積極的に活動を行うものとした。

ア　火災の推移や現場指揮官の指示のもと、消防隊の支援ではなく、消防団小隊として一定の活動を行うこととした。

イ　消防隊員と同じ災害現場で普段から消防団が活動することにより、災害に対する認識の向上を図った。

ウ　災害現場で消防隊と連携して活動することにより、消防団員自身が必要な災害対応能力をイメージできるようにした。

(3)　訓練項目の追加

火災で積極的に消防団の活動を進めた場合、震災時にはあまり必要ではない活動でも、通常の火災では有効と考えられる活動が考えられた。具体的には、水損防止と避難者管理の活動である。訓練を行えば、消防団単体での活動も可能で、特に避難者管理については、地元に密着した消防団の方が、効果的に避難者を管理できると期待される。

7. 消防団災害対応訓練マニュアル

上記6（3）に記したとおり、通常の火災での活動を含めたマニュアルとしたため、「震災活動マニュアル」ではなく、「災害対応訓練マニュアル」と改名した。完成した消防団災害対応訓練マニュアルの特徴を下記に示す。

(1)　6種類のメニュー

6種類のメニューにより、どのような内容の訓練であるかをわかりやすくした（写真1参照）。

(2)　項目の組み合わせ

項目単体での訓練だけでなく、項目を組み合わせることにより、さまざまな想定訓練を行うことが可能である。訓練を行う消防団の習熟度や訓練時間により、最も適した訓練が行える。

(3)　写真を多く使用

専門的な言葉が多くなりがちな消防訓練のマニュアルを、写真を多くすることにより、新任の消防団員にもわかりやすくした（写真2参照）。

(4)　どの災害で必要か明記

火災時と震災時のどちらで必要な内容かを明記して、より災害現場でのイメージを持てるようにした（写真1参照）。

(5)　消防隊員への教養資料

消防団への指導用として作成したマニュアルだが、新任の消防隊員への教養資料としても活用している。項目ごとの指導ポイントが明記してあることにより、消防隊員の指導者育成にも期待が持てる。

8. さいごに

現在、名古屋市では、「名古屋市学生消防団活動認証制度」など消防団員の確保に向けた取り組みを行っている。今後も緑消防署では、消防団員の災害対応力を高め、大規模地震発生時や通常の火災時でも、消防団との連携活動が効果的に行えることが不可欠と考え、消防団災害対応訓練マニュアルをもとに、訓練を行っていく。そのためにも、消防隊員は訓練指導要領を適宜見直し、「消防団災害対応訓練マニュアル」をより良いものに改正していく必要があると考える。

名古屋市以外の消防団の災害対応要領はさまざまであり、またその指導方法もさまざまであると考えられる。今回検証し、作成したマニュアルが、すべての消防団に当てはまる内容ではないが、その一部でも参考にして頂けることを期待し、消防団災害対応訓練マニュアルについての記述を終わる。

目次

メニュー１　ホース延長要領

火災	震災	訓練項目	ページ
○	○	渦巻き延長（上り坂）	１－１
○	○	ホース整理要領	１－２
○	○	しまだホース延長要領１（基本）	１－３
○	○	しまだホース延長要領２（肩しまだ）	１－４
○	○	しまだホース延長要領３（Ｓ字延長要領）	１－５
○	○	しまだホース延長要領４（コイルメソッド）	１－６～７
○	○	しまだホース延長要領５（吊り降ろし等の立体延長）	１－８

メニュー２　放水訓練

火災	震災	訓練項目	ページ
○	○	放水訓練１（多方向）	２－１
○	○	放水訓練２（注水角度）	２－２
○	○	放水訓練３（放水姿勢）	２－３
○	○	放水訓練４（残火処理）	２－４
○	○	放水訓練５（ホースの折れ）	２－５

メニュー３　搬送訓練

火災	震災	訓練項目	ページ
△	○	搬送訓練１（前屈２人搬送）	３－１
△	○	搬送訓練２（ヒューマンチェーン）	３－２
△	○	搬送訓練３（パッキングシート）	３－３
△	○	搬送訓練４（布担架）	３－４
△	○	搬送訓練５（応急的な資器材）	３－５

メニュー４　基本結索

火災	震災	訓練項目	ページ
○	○	基本結索訓練１（結着）	４－１
○	○	基本結索訓練２（結節）	４－２
○	○	基本結索訓練３（結合）	４－３
○	○	基本結索訓練４（身体結着）	４－４～５

メニュー５　三連はしご

火災	震災	訓練項目	ページ
○	○	三連はしご確保要領	５－１～２
○	○	三連はしご登梯要領	５－３
△	○	救助ロープ確保要領	５－４～５
△	○	三連はしご救助方法１（介添え）	５－６
△	○	三連はしご救助方法２（応急はしご）	５－７～８

メニュー６　その他

火災	震災	訓練項目	ページ
○	-	水損防止要領	６－１～２
○	-	避難者管理要領	６－３～５

○、△、－印は、火災現場や震災現場で必要な技術かを示す。

写真１　消防団災害対応訓練マニュアル　目次

【しまだホース延長要領１】

★　しまだホースを脇でかかえ延長する方法。

☆　ポイント

①　しまだホースは、メス金具が上、オス金具が下になるように脇にかかえる。

⇒　メス金具が元ホース側になるので、最後までかかえるオス金具が下にあると、しまだホースの形が崩れにくい。



②　延長時は、ホースの重み等でやや後ろに引っ張られる力がかかるので、しまだホースをかかえるバランスは、中央よりやや後ろの方が良い。

⇒　前側を持ちすぎると、引っ張られる力でしまだホース全部が落ちてしまう事もある。



③　消防隊はＯＨバンドというホースをまとめて、肩にかけた状態若しくは手に持った状態でしまだホースを延長します。ひもで縛った状態や肩掛け鞄でも同じような使い方ができる可能性はあります。



1-3

写真２　消防団災害対応訓練マニュアル　抜粋

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

火災動画等を利用した筒先部署位置研修法の一考察

京都市消防局
宮田真行、児玉真一、川上晃義、山下哲平、國府和輝

1.　はじめに

ここ数年の職員の大量退職による大規模な世代交代の影響で、豊富な経験と知識を持ったベテラン職員が希少となり、また、住宅用火災警報器の普及や生活様式の変化などにより炎上火災が減少したことで、災害現場活動経験が少ない隊長が多くなっている。

経験の少ない若い隊長にとっては、新人隊員との活動を余儀なくされることもあり、様々な面で不安に感じる状況がある。特に火災現場においては、自分の筒先部署位置の判断が正しいのか、非常に不安になる状況が多々あることと思われる。

今回当局の消防署でアンケートを取った結果、67%の職員が筒先部署位置を判断する際に、少なからず不安を持っていることが分かった（図 1）。

火災現場における筒先部署位置の選定は、現場活動全体の是非を決める非常に重要な判断事項であり、その判断を誤ってしまうと防げるはずの延焼を防げないことになり、結果的に損害賠償事案にもなりかねない。

隊長は、それだけ重大な判断と決断を迫られているといっても過言ではない。

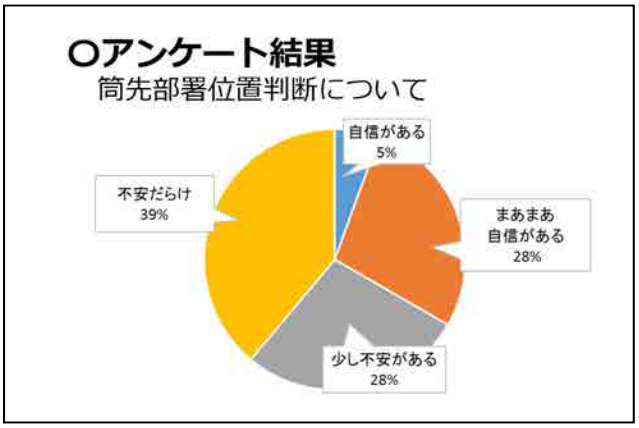


図 1　アンケート結果
（筒先部署位置判断について）

2.　自信を持って判断するために　（図 2）

それでは、自信を持って判断するためにはどうすればいいのか。

本来は、実際の火災現場で、炎や煙の色、熱気、音、臭いなど、現場でしか感じることができないものを体感し、その活動を検証して自分の経験・知識とすることが最も効果的であるが、今は火災現場が少なく、現場で多くの経験を積むことが困難な状況にある。

したがって、我々は消防局内で実施される教育研修を受講し、現場活動における原則を記載した活動要領等の資料を活用して知識を獲得するとともに、それらを訓練で身につけ、火災現場で実践している。

筒先部署の判断についても、全ての原則が活動要領に記載されているが、どうしても活字や図の

みではイメージしにくい部分がある。

また、訓練を実施する際にも、現場で判断要素となる煙や炎の状況というのは、燃焼箇所、延焼危険箇所のみを明示した訓練現示ではどうしても表現しきれない（図3）。

そこで、火災現場等の映像を活用し、視覚的に理解しやすい動画を用いた研修を実施することで、今までの訓練に不足していた部分を補い、冷静に適切な筒先位置の判断ができるようになることを目的として、研究に取り組んだ。

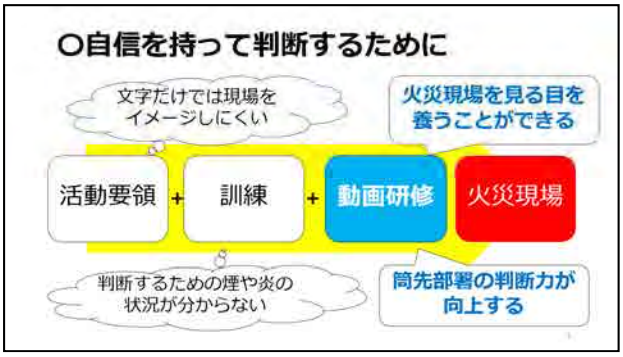


図２　自信を持って判断するために

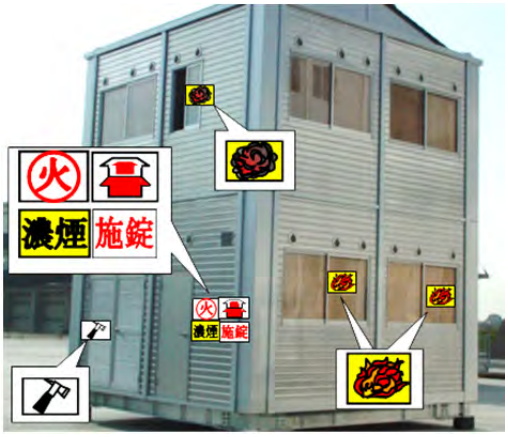


図３　訓練現示の例

3.　研修プログラムの構成　（図4）

研修を実施するに当たり、以下の3パターンの火災モデルを設定した。

①　2階建て住宅火災モデル

②　連棟式住宅火災モデル

③　耐火共同住宅火災モデル

また、研修ではパワーポイントを使用し、火災モデルごとに以下の4段階で検討を実施した。

①　活動要領に記載されている筒先進入の原則を確認する。

②　ミニチュア建物の燃焼実験動画を活用し、基本的な燃焼状況等について解説を加えながら、燃焼の拡大経路等を観察する。

③　実際の火災現場の動画を活用し、実験動画の映像が実火災ではどのように表れるのかを確認し検討する。

④　各火災モデルについて、筒先部署におけるポイントを一言でまとめ、受講者全員で確認する。

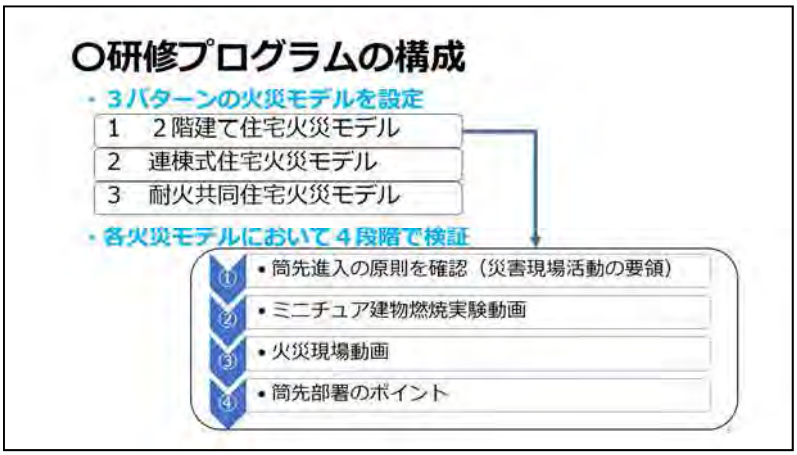


図４　研修プログラムの構成

4.　ミニチュア建物燃焼実験動画　（図5）

（1）　ミニチュア建物の製作

ア　素材

安価で加工がしやすく、有害な煙が発生しないような素材を検討し、壁体及び屋根には、2 階建て住宅火災モデルではラワン合板（5.5mm）を、連棟式住宅及び耐火共同住宅火災モデルではケイカル板（4mm）を使用した。

内壁や天井板には、薄いラワン合板（2.5mm）を使用し、ケイカル板のみでは燃焼が弱かったため、壁体内側にもラワン合板（2.5mm）を貼り付けた。

イ　工夫した点

筒先進入の原則について、理解をより深めるため、以下の燃焼拡大状況になるように工夫した。

（ア）2 階建て住宅火災モデル

玄関と階段がある火点室の間に内壁を設けることで、玄関からの放水が直接火点に届かないようにし、階段から上階に拡大するようにした。

（イ）連棟式住宅火災モデル

小屋裏に界壁をあえて設置せず、早期に隣室小屋裏へ拡大するようにした。

（ウ）耐火共同住宅火災モデル

ベランダの手すりに鉄柵部分を設け、ベランダ内にも収容物を置き、窓を開放しておくことで、ベランダ伝いに上階へ拡大するようにした。

（2）　燃焼実験動画の確認事項

家庭菜園等で使用する霧吹きを筒先と見立て、任意のタイミングで噴射（噴霧）することで、放水による影響を確認できるようにした。

ア　2 階建て住宅火災モデル　（図 6）

正面側となる玄関側からの放水では、内壁があるため火点室に届いておらず、階段から上階への燃焼拡大及び背面側からの放炎による別建物への延焼拡大について、防げないことを確認した。

したがって、この場合は延焼危険となる背面側から進入する、又は梯子を活用して 2 階に進入し、拡大経路となる階段口に筒先を部署する必要があることを確認した。

イ　連棟式住宅火災モデル　（図 7）

小屋裏に界壁を作っていないために、すぐに隣室の小屋裏に燃え広がることを確認した。

筒先進入の原則のとおり、すぐに隣室へ進入するとともに、小屋裏への延焼状況を確認する必要があることを再確認した。



図 5　ミニチュア建物燃焼実験



図 6　ミニチュア建物燃焼実験動画
（2 階建て住宅火災モデル）



図７　ミニチュア建物燃焼実験動画
（連棟式住宅火災モデル）

ウ　耐火共同住宅火災モデル　（図 8）

放炎した炎が上階のベランダの収容物に着火し、室内に燃焼拡大する様子を確認した。

また、霧吹きで玄関側から放水したところ、反対のベランダ側に放炎する様子も確認できた。

したがって、上階が燃えていれば上階への筒先部署が優先されるが、早期に、拡大危険側であるベランダ側からの放水又は警戒筒先が必要であることを確認した。また、玄関側とベランダ側に分かれて進入する場合は、お互いによく連携して放水しなければ、噴霧放水が炎を押し出すことになるため、非常に危険を伴うものであることを確認した。



図８　ミニチュア建物燃焼実験動画
（耐火共同住宅火災モデル）

5.　火災現場動画　（図 9、図 10）

次に火災現場動画では、実際の火災現場動画の中から、各火災モデルに見合った動画を選定した。

実際の火災現場における燃焼状況の拡大推移を確認することで、ミニチュア建物燃焼実験動画で学習したことを、実際の火災現場で活用し、筒先部署の選定に生かすことができるかについて確認を行った。

火災現場動画で燃焼状況を確認しながら、各火災モデルにおける筒先進入の原則に当てはめて、どこに部署することが最適であったのかを検討した。

木造 2 階建て共同住宅火災の火災現場動画では、消防隊現着前の燃焼状況から、現場到着後筒先部署した位置と、その後の燃焼拡大経過を確認することができた。



図 9　火災現場動画①



図 10　火災現場動画②

6.　研修の結果について

消防署員 50 名に対し、筒先部署位置研修を実施した結果については、以下のとおりである。

（1）　筒先部署位置テスト結果　（図 11、図 12）

研修の効果を測定するために、研修前と研修後に、ある火災現場の画像を映し出して、瞬時に部署位置を三択で選択する筒先部署位置テストを 3 問ずつ実施した。

その結果、各問題で再テストにおける正答率の向上が見られた。また、勤続年数、消防隊経験年数及び隊長経験年数のほぼ全てのカテゴリーにおいても、研修後の再テストでの正答率が向上した（図 13）。

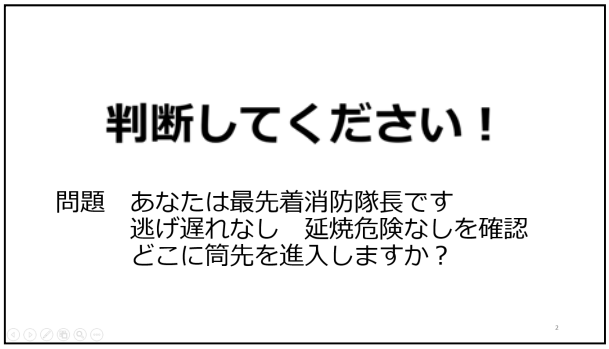


図 11　筒先部署位置テスト①



図 12　筒先部署位置テスト②

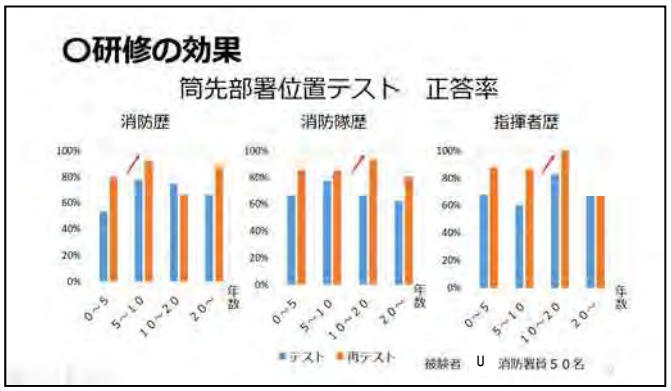


図 13　研修の効果（筒先部署位置テスト正答率）

(2)　アンケート結果

ア　今回の画像を用いた研修は、効果があるか（図14）

効果がある　94%

少し効果がある　6%

イ　どんな効果があるのか　（図15）

火災の拡大推移がわかる　44%

筒先部署位置について自信を持って判断できる　31%

現場で危険なことが分かる　19%

ウ　筒先部署の研修以外にどのようなことに役立つか　（図16）

火災調査　32%

危機管理　27%

救助活動　25%

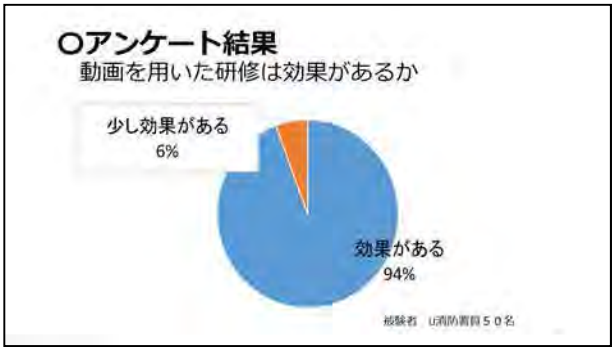


図14　アンケート結果
（動画を用いた研修は効果があるか）

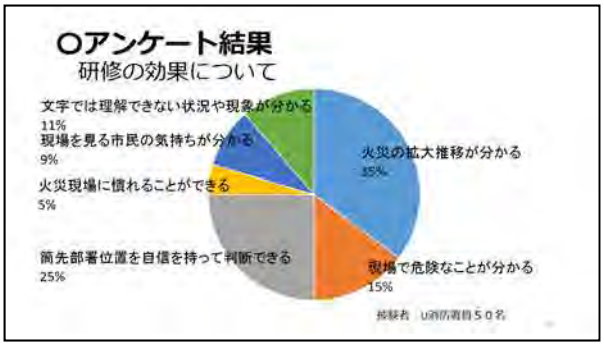


図15　アンケート結果
（研修の効果について）

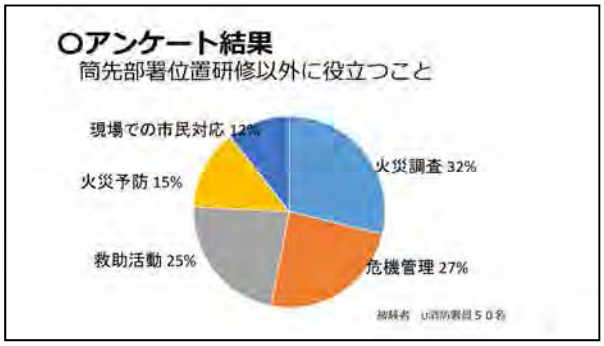


図16　アンケート結果
（筒先部署位置研修以外に役立つこと）

(3)　動画を用いる効果について　（図17）

今回の研修における検討の結果、動画を用いることの効果については、以下の点が挙げられた。

ア　ミニチュア建物燃焼実験動画

（ア）基本的な燃焼拡大状況を見ることができること。

（イ）放水の影響を確認できること。

イ　火災現場動画

（ア）現場での炎や煙の噴出状況、拡大状況を確認できること。

（イ）消防隊の活動状況とその結果を確認できること。

（ウ）火災現場を疑似体験できること。

これらの効果から、動画を使用した研修と訓練を繰り返し実施することで、火災現場を見る目を養うことができるようになり、筒先部署の判断力が向上すると結論付けた。

特に火災現場動画について、一方向からでは内部の状況等が確認できないが、一歩引いた視点で

の映像を使用することで、客観的に燃焼状況や現場の活動状況を確認することができた。これは、特に火災現場の経験が少ない職員にとって、実際の火災現場における炎や煙の色、音などを含む、火災の進行状況や消火効果など火災現場の全体像を把握することができ、火災現場を見る目を養うことができる非常に有効な教材となる。

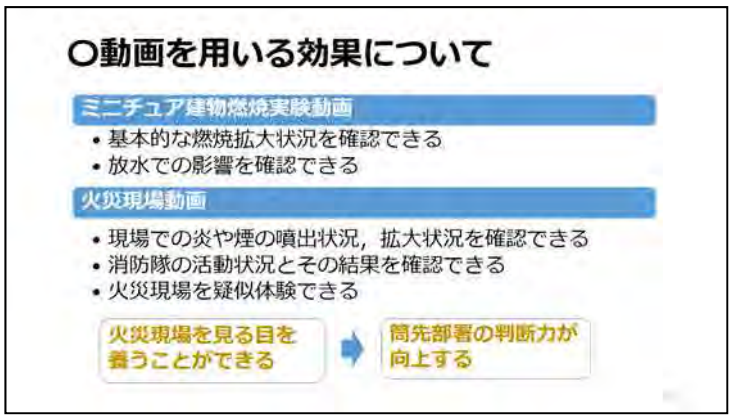


図17　動画を用いる効果について

7.　課題等

単に火災現場の映像を流し、見るだけでは、研修効果は低くなってしまうことから、研修実施者が意図をもって映像を見せ、適宜解説を入れる必要がある。

複数の部隊で映像を見て検討することで、新たな発見や気付きがあり、部隊として、また部隊間同士の共通認識が形成され、その効果は更に向上することも分かった。

8.　まとめ

経験豊かな職員が減少することで、知識技能を伝承する機会が減少してしまうことは、あらゆる分野で問題となっているが、特に消防の現場活動においては、炎上火災の数も限られ、状況が千差万別の中、即断即決を求められること、そして何よりも隊員の命がかかることから、非常に憂慮される問題である。

今回の研修は、活動要領でも施設活用訓練でもイメージすることが難しい部分を補うものである。

ミニチュア建物燃焼実験動画で理解した筒先進入の原則を、火災現場動画に当てはめることで、より具体的に筒先部署位置をイメージすることができ、実際の火災現場でも判断しやすくなるという効果が認められた。

そして、燃焼拡大の推移や、放水の影響を目で見て理解し、具体的なイメージを持ったうえで訓練を重ねることで、判断力が更に向上し、経験の少ない隊長でも、自信を持って現場に立ち向かうことができるようになると考える。

スマートフォンの爆発的な普及により、いつでもどこでも動画を撮影し、インターネットへ投稿されるようになり、もはやそれを防ぐことは困難となっている。一方で、火災現場を撮影した動画は、火災の進行状況や現場での活動状況を把握するうえで重要な資料であり、今後はこうした動画を研修素材として活用していくことも有効であると考える。

そして、それはただ単に経験不足を補うだけのものではなく、今まで知ることができなかった火災現場の状況を見ることができるため、うまく活用することで、これまでより更に効率的、効果的な現場活動を可能にすることができるものである。

今後も、効果的な資料を積極的に活用し、研修等を通じて疑似体験を増やし、職員一人一人のレベルを上げていくことが重要である。

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

耐火造建物の火災性状と消防活動技術に関する研究

神戸市消防局
中島明俊

1. 研究の背景

（1） 研究の動機

神戸市消防局北消防署では、「暗黙の了解で遂行している消防業務について、明確に根拠づける」ことを目標に、平成 26 年から平成 27 年にかけて一連の研究を行った。この一連の研究の端緒として、本署職員を対象にアンケートを実施し、その結果を分析した。この中の「戦術・仕事の仕方で根拠がわからないものはありますか？不安に思っていることはありますか？」という質問項目に対し、「ある」と回答した職員は 23 名であった。この回答のうちの 6 件が「建物火災での有効な消火方法に関すること」に分類された。

これらの回答を総覧すると、「援護注水の効果的な注水技術は？」、「レイマン戦法とはどんな注水技術か？根拠は今も通じるのか？」、といった内容であることがわかった。

これらのアンケート結果から、「耐火構造の建物火災において最も効果が高い戦術は何なのか？」という共通した疑問を読み取ることができる。このような、職員が共通して持っているものの、日常業務に追われて解決する機会のない疑問を、解決することはできないか？

（2） 研究題材の決定

耐火構造の建物火災における、現在の本市消防局の方針は、「耐火構造の建物火災＝噴霧注水による水損防止」が基本となっている。ここからさらに踏み込んで「安全管理、水損防止、速やかな消火の観点から効果的な消火戦術」について検証し、根拠づけるとともに、その結果を職員に研修というカタチでフィードバックすることとした。

2. 現在の神戸消防の戦術

（1） 木造火災から耐火造建物火災へ

本市消防局の警防活動の基本を規定する神戸市消防局警防規程第 37 条（火災防御の原則）には、「人命救助を第一、延焼防止を第二とし、効果的な放水により…」と規定されている。具体的に「効果的な放水」とは何なのだろう。警防規程第 40 条が消火態勢について規定された条文であるものの、実際の放水方法については「延焼危険に応じて…」と記載されている。火災防御の基本となる規定に延焼阻止の観点が色濃く反映されているところに、木造家屋への対応を主眼としてきた歴史を感じる。

では、耐火造建物火災への対応についての記述は無いのだろうか？警防規程第 41 条には水損防止について規定されている。また、本市消防局の災害現場における指揮活動の判断基準となる災害別部隊活動方針の「高層建物火災」の項には、基本方針として「水損防止」と大きく書かれている。また、各小隊や隊員が警防活動を行う際の手引きである警防活動教本の第 10 第 2 放水活動（2）には、「濃煙、熱気が強く、燃焼実態が確認できないときは噴霧注水で熱気及び煙を抑えながら進み、できるだけ燃焼実態を確認して有効な放水を行い、水損による被害を軽減する。」と書かれている。

（2） 耐火造建物火災の消火戦術

このことから、「耐火造建物火災＝水損防止」に重点が置かれていることが理解できる。また、警防活動教本第 13 の 2 注水種別の欄には、各注水技術の方法が記載されているものの、この文面を読むだけでマンション火災で満足な消火活動ができ

るのだろうか？具体的に燃焼状況に応じて、どのような放水を行えばよいのか、どのような活動が危険なのか見えてこない。

図1は、耐火造建物火災での一方向戦術をイメージさせるものとして、神戸消防の職員が知っている数少ない戦術ではないだろうか。しかし、具体的には「噴霧注水で熱気及び煙を抑えながら進み、できるだけ燃焼実態を確認して有効な放水を行い、水損による被害を軽減…」と記載されているのみである。

ここで、耐火造建物火災において、屋内進入して消火活動を行う上での判断材料となるキーワードを、規程・マニュアル類から抜粋し並べてみる（表1）。

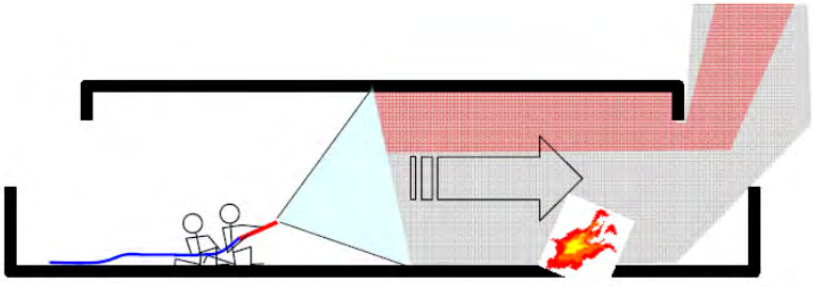


図1　注水要領（警防活動教本から）

表1　屋内進入時のキーワード（神戸市消防局警防規程等から）

屋内進入時のキーワード

・火点確認…中性帯があれば煙の流動を逆にたどる。
（教本　第7火点確認）

・進入の判断…一挙鎮滅できると判断した時、噴出火勢を抑えた時
・進入制限の実施…フラッシュオーバーの兆候がある場合
・退出の判断…煙の色・濃度の変化・火災の増大または回り込み…
（以上　教本　第8進入）

・閉鎖空間では給排気統制
・黒煙…火災の初期～中期。何かが激しく燃えている。
・白煙…火災の初期又は末期。
・黄色味かかった煙…火災の初期でフラッシュオーバーの危険が高い。
・濃煙熱気内では低い姿勢。
・フラッシュオーバーの兆候…濃煙に黄色い煙、天井付近を青白い炎。
（以上　教本　第10筒先部署）

・噴霧注水⇒効率よく物を冷やす。
・フラッシュオーバーを防ぐ散布注水
（教本　第13注水）

・間接噴霧注水（中高層耐火共同住宅内への注水）　（以上　教本　第20水損防止）

(3)　抽象的な判断材料・作業手順の具体化

ここまで、現在の神戸消防の戦術を総覧してみたところ、耐火造建物火災に対する様々な対策が定められているものの、最先端で屋内進入する隊員にとって具体的な判断材料や作業方法としては、不十分なように感じる。

①　どのような燃焼状態の時に、どのように放水するのがよいのか？

②　いつまで室内にとどまることができ、いつ危険な状態になるのか？

③　噴霧注水は単に水損防止のためだけに行うのか？

これらの疑問を明らかにするために、燃焼実験により、耐火造建物での火災はどのような過程をたどって燃焼が進むのか、実態を解明することとした。なお、その際には先行して行われている研

究及び研修教材から知識を得るとともに、特に専門知識を持たない職員もわかりやすい方法で学ぶことができるよう、燃焼実験及び座学研修の方策を模索した。

3.　模擬家屋での燃焼実験

耐火造の建物での火災は、そもそもどのような成長過程を経て最盛期に至るのか。模擬家屋を作成し、燃焼実験を行った。

（1）　日時：平成 28 年 1 月 5 日　14：55

（2）　場所：市民防災総合センター　燃焼実験室

（3）　目的：

① 着火からフラッシュオーバーに至る過程でみられる現象を確認する。

② 上記各現象の発生時間・温度・視認状況等を確認する。

③ 中性帯形成時の気体の流動状況を確認する。

④ 天井面に向けて放水した場合、ストレート注水とフォグ注水の温度・湿度・視認状況を比較する（湿度は計測器具が無いため体感）。

⑤ 排気側開口部を設定して放水した場合とそうでない場合の、温度・湿度・視認状況を比較する。

（4）　実験設定（写真 1、2 及び図 2）

① 模擬家屋は、壁体に石膏ボードを使用し、35mm 角材で 40cm×80cm の枠を組み、外側から石膏ボードを支持する構造とした。模擬家屋の内径は高さ 40cm×幅 33cm×奥行 80cm で、開口部には 25cm の垂れ壁を設置した。室内奥の壁面には、開口部（床面から 20cm 高さ、縦 5cm×横 15cm）を開け、石膏ボードとコーキング材及び粘着テープで閉鎖した。

② 室内の温度を測定するために、熱電対を 4 か所設置した。室内の中央に高さを変えて、No.1～3、開口部付近に No.4 を設置した。

No.1…天井面

No.2…天井下 20cm（中間）

No.3…床上 5cm

No.4…開口部から 15cm 前、床上 5cm



写真 1　模擬家屋全景



写真 2　模擬家屋裏面の開口部

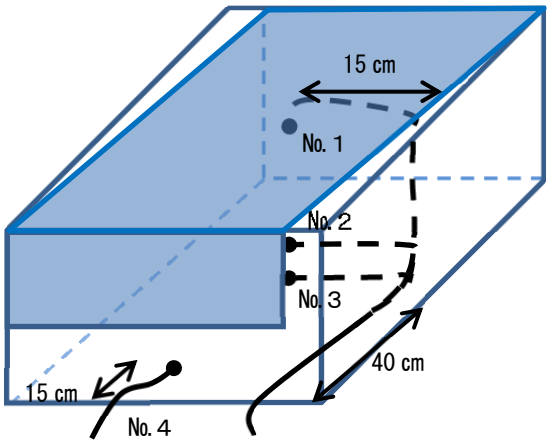


図 2　模擬家屋　熱電対の設置位置

(5)　実験の手順（写真 3、4）

①　ウエス 2 枚にサラダ油を浸し、燃焼室の奥に敷き詰める。

②　高さ 30cm 木材 5 本を 1 束とし、5 束を奥の壁面に立て掛けるようにウエス上に置く。

③　開口部から 15cm 付近に 5cm 木材、5cm 角コルクシートを木材の上にそれぞれ置く。

④　A のウエスに着火する。

⑤　目的①～③を確認（実験 1）後、続けて④、⑤を確認（実験 2）する。

(6)　温度測定結果

燃焼実験 1 及び実験 2 実施中の室内温度の推移は表 2 のとおりであった。

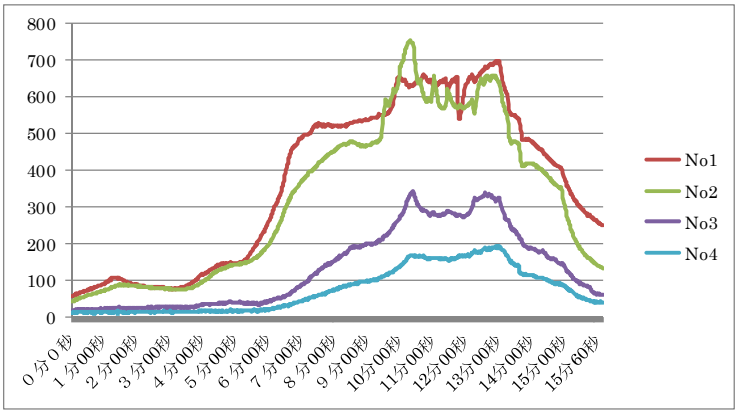


写真 3　模擬家屋の設定状況（内部）



写真 4　模擬家屋の設定状況（外観）

表 2　温度測定結果



（7）　実験 1 結果

①　着火からの経過時刻約 4 分（写真 5）

・木材に着火し、炎が上方に伸び始めた。

・室内に白煙が視認できた。

・No.1、2…100℃から 150℃に上昇。

②　経過時刻 5 分 40 秒（写真 6）

・炎が天井に達した。

・白煙が中層部まで下降した。

・No.1、2…20 秒ほどの差を置いて 200℃を超えた。

③　②～7 分 20 秒までの間（写真 7）

・No.1、2…一気に上昇し、No.1 は 520℃付近で以後停滞する。

・No.3、4…徐々に上昇を始め、7 分 20 秒ごろに No.3 が 100℃を超えた。No.4 は 55℃。

・No.1 が 500℃に達したころ、黒煙により天井面は視認できなくなった。

・炎は天井面をなめるように開口部側へ広がり始めた。

・開口部からは黒煙が噴出し、明確な中性帯が確認できる。

④　経過時刻 8 分 30 秒（写真 8）

・No.2…477℃、No.3…188℃、No.4…88℃に達し、以後停滞。

・黒煙は床上 5cm の位置に下降しており、木材の燃焼状況は床上 5cm までしか視認できない。

・黒煙内に炎が認められ、煙中に粒状の炭が混じることがある。

⑤　④から 9 分 20 秒までの間（写真 9）

・No.1…緩やかな上昇、No.2…停滞が続いている。

・中性帯面に炎が揺らぐように火点側から開口部側へ向けて迫ってくる。

・開口部付近のコルクシート及び木材から白煙が著しく噴き出る。

⑥　⑤から 9 分 30 秒までの 10 秒間（写真 10）

・No.2…急激に 590℃まで 100℃上昇する。No.3 は 220℃から、No.4 は 110℃からそれぞれ顕著に上昇。

・中性帯面の炎の揺らぎが大きく、開口部から噴き出す。

⑦　経過時刻 10 分（写真 11）

・コルクと木材にほぼ同時に着火。フラッシュオーバー。

・No.1…652℃に上昇した後 630℃で停滞。

・No.2～4 はコルクに着火後 20 秒後まで一気に上昇を続け、No.2 は 747℃に、No.3 は 343℃に、No.4 は 168℃に到達する。



写真 5　着火から 4 分後



写真 6　着火から 5 分 40 秒後



写真 7　着火から 7 分 20 秒後



写真 8　着火から 8 分 30 秒後



写真 9　着火から 9 分 20 秒後



写真 10　着火から 9 分 30 秒後



写真 11　着火から 10 分後

（8）　実験 2 結果

実験 1 で着火したコルクシート及び木材を除去し、盛期火災状態の燃焼室に向けて注水を行った。注水器具は、市販の中性洗剤容器（噴霧・ストレート切替ノズル付き）を使用し、いずれも天井面に向けて 5 回注水した。

①　ストレート注水（写真 12、13）

・No.1…638℃⇒617℃、No.2…594℃⇒652℃、No.3…276℃⇒280℃、No.4…156℃⇒160℃

・煙の乱れは確認できず、容器を保持している手に熱気や不快感等の変化は感じられない。

②　噴霧注水（写真 14、15）

・No.1…641℃⇒618℃、No.2…569℃⇒614℃、No.3…278℃⇒291℃、No.4…157℃⇒155℃

・灰色の煙が床面まで下降し、霧吹きを保持している手は熱に耐えることができずにひっこめた。

③　排気側の開口部を開放⇒噴霧注水（写真 16、17、18）

・開口部開放前⇒開放 15 秒後⇒噴霧注水時の温度変化

・No.1…695℃⇒618℃⇒551℃

・No.2…648℃⇒561℃⇒475℃

・No.3…319℃⇒267℃⇒237℃

・No.4…190℃⇒175℃⇒148℃

・開放と同時に開口部から煙が噴出、給気側開口部からは、天井下 5cm 程度まで視認できるようになった。

・噴霧注水時、煙の乱れは確認できず、霧吹きを保持している手に変化は感じられなかった。そのまま木材の火勢が一気に衰えた。



写真 12 ストレート注水前



写真 13　ストレート注水後



写真 14　噴霧注水前

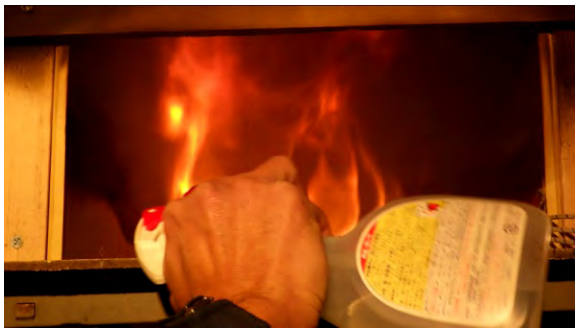


写真 15　噴霧注水後



写真 16　開口部開放前



写真 17　開口部開放後



写真 18　噴霧注水後

(9)　考察

① 木材に着火すると同時に室内の上層部・中層部の温度が上昇（150℃）するが、低層部は40℃、開口部付近は13℃と低温のままである。天井に黒煙が滞留し始め、天井を炎がなめはじめるころであっても、No.4は55℃であることから、消防隊員は開口部付近での活動が可能であると思われる。

② 黒煙が中層より下降してきた場合は、No.4は88℃であり、消防隊員の活動は限界になると思われる。

③ 黒煙の下降後は、中性帯面での炎のゆらぎ、燃えていない物質からのガスの噴出などの現象が現れ、フラッシュオーバーまで短時間で進む。

④ ストレート注水、噴霧注水ともNo.1（天井面）の冷却効果に差は無かった。いずれの場合も、No.2～4は温度が上昇している。放水することで活動場所の温度が上昇することがわかる。

⑤ 噴霧注水の場合は、煙の撹拌により視界が悪くなるとともに、強い熱気を感じた。ストレート注水の場合と温度変化はさほど変わりが無いのに、強い熱気を感じたのは湿度上昇によるものと推察される。ストレート注水と比較して、噴霧注水は活動環境が悪化する可能性がある。

⑥ 開口部を設定した場合、明らかに燃焼室内の視界が良くなった。噴霧注水をした際には、開口部を設置しなかった場合と比較して、明らかに消火効果があり、熱気を感じることもなかった。一方向戦術の有効性が確認できる。

4. 耐火造建物火災における火災性状の細分化

上記3の実験結果及び考察から、従来の消防職員に対する教育では説明することのできない現象が確認された。本市消防局を含め、一般的な消防職員が持ち合わせている火災の成長過程に対する知識について、特にフラッシュオーバーに至るまでの過程を細分化する必要がある。上記3の実験結果及びフラッシュオーバーに関する先行研究から火災の成長過程を細分化し、研修スライドを作成した（表3）。なお、細分化した火災の成長過程についての説明そのものは先行研究があるほか、実火災体験型訓練装置（ホットトレーニング施設）を導入している消防大学校等でテキストが作成されているため割愛する。

表3　火災の成長過程の細分化

<u>火災の成長過程（従来）</u>
初期（成長期）⇒盛期（火盛り期）⇒減衰期

<u>火災の成長過程（細分化）と特徴</u>
●初期
火災プルームと天井ジェット
煙層降下と中性帯の形成
サーマル・レイヤリングの形成
フラッシュオーバーの前兆
●盛期
フラッシュオーバー
●減衰期（又は高温燻焼段階）
バックドラフト

5.　戦術転換への提言

盛期（フラッシュオーバー）に至るまでの火災の成長過程を上記 4 で細分化し、確認した。次に消防隊員の生命に危険を及ぼす「サーマル・レイヤリングの形成」以後における消火戦術について提言する（ただし、本研究では他機関から入手した資料、文献及びミニチュア火災実験の結果から得られた結果に基づく提言であり、実火災規模での検証は行っていない。実際の災害現場に導入するには、実火災規模での検証及び各職員への十分な研修が必要である。）。

(1)　一方向戦術の確認

まず、本市消防局で採用している「一方向戦術」について理論面を確認する。正しく用いれば最も安全かつ水損が少なく、1 室炎上火災を鎮圧することができる。

高温の室内に向けて注水を行えば、水は蒸発して気体（水蒸気）となる。この水蒸気が排気側の開口部から屋外へ熱気・煙を押し出すとともに、燃焼実態を冷却する効果がある。ここで留意する点は、決して「水幕の壁を作って濃煙熱気を押し出す」わけではない、ということである（図 3）。

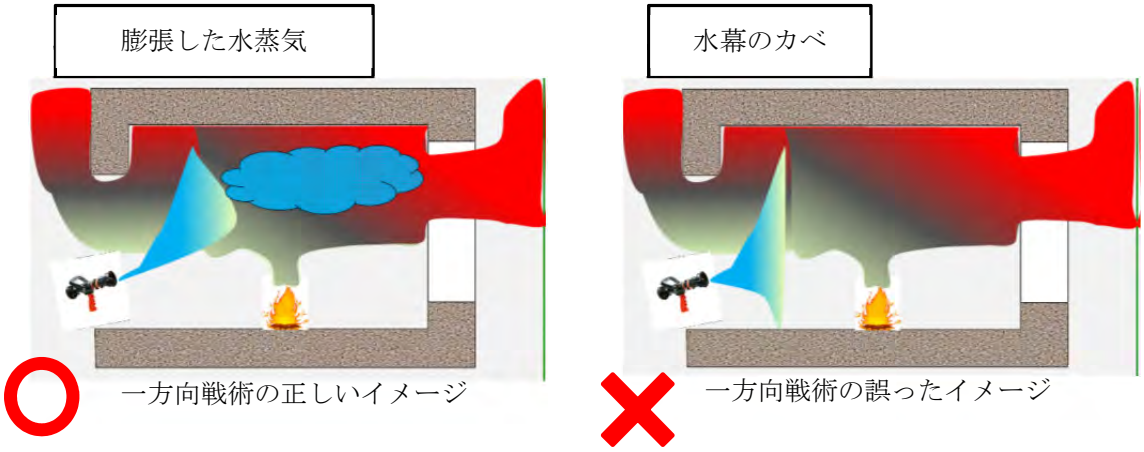


図 3　一方向戦術の確認

(2)　サーマル・インバランスの防止（安全管理のために必要な知識 1）

水が蒸発して水蒸気となる際には、周囲の物質から多量の熱（気化熱）を吸収する。気化熱が高い割に、他の液体と比較しきわめて安価であることから、「水は優秀な消火剤」と言われる。水の気化効率を向上させるためには、水が周囲の熱に接する面積を増やすことが重要である。水の面積を増やすために、より細かい噴霧の粒子を作り出すことを目的として、ノズルの開発が進められてきた（写真 19）。

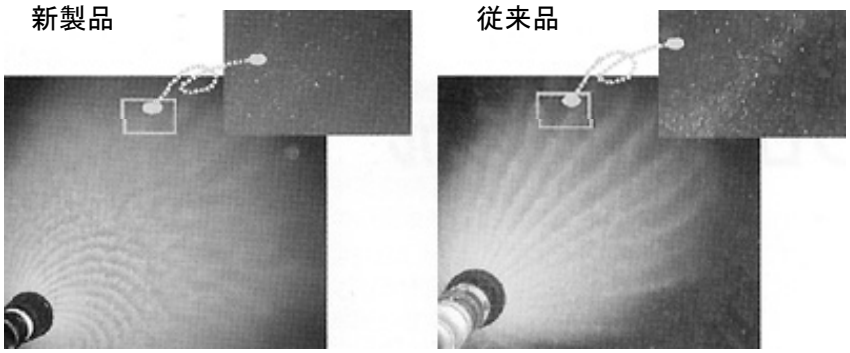


写真 19　ノズルの開発による水粒子の小径化（某社ホームページより）

一方でここに大きな落とし穴がある。水が水蒸気となる際に、体積が著しく増えることである。バケツ一杯の水が全て蒸発したと仮定すると、その体積は 5m×50m×1m のプール一杯を満たす体積の水蒸気となる。過剰な放水は、サーマル・バランスを崩壊させ（サーマル・インバランス）る。換気を十分に行わない場合には、高温の蒸気や時には火までもが進入隊員の方に逆流し、熱傷を負うこととなる。

サーマル・インバランスを防止するための放水技術を表 4 に示す。

表 4　サーマル・インバランスの防止

サーマル・インバランスによる受傷を防ぐために

・濃煙熱気への噴霧注水は、熱気・水蒸気の逆流・下降がないことを確かめながら、適量を放水すること（こまめなシャットオフ）。
・可能な限り排気口の設定（一方向戦術）を行うこと。

(3)　水濡れ防止（安全管理のために必要な知識 2）

濃煙熱気の出火室内に進入する際に援護注水体制をとる必要があるが、実際に先行する隊員に対し、どのタイミングで注水するのが適切なのか。2011年に札幌市で発生した負傷事案から学ばなければならない。この事例について、札幌市消防局が受傷原因を検証した結果、次の結果が得られている。

① 皮膚（タンパク質）は、湿度 50%、温度 80℃よりも湿度 80%、温度 70℃の環境下の方が熱変性により熱傷を招く。

② 一度水にぬれた防火手袋は、断熱のための空気層が無くなり、水分を含む生地が皮膚に密着し、熱傷を招く。

一般に身体に熱水が触れる場合、60℃で 10 秒間、70℃で 1 秒間触れると熱傷受傷に至るといわれている。タイミングを誤った予備的な援護注水や、サーマル・インバランスによる湿度上昇は、人的ミスによる熱傷を招いているといっても過言ではない。

水濡れによる熱傷を防止するための放水技術を表 5 に示す。

表 5　水濡れによる熱傷防止

水濡れによる熱傷防止のために

・正しい防火着装による断熱層を作ること。
・不必要な防火着装の水濡れ、無用な放水による湿度上昇は熱傷受傷の原因となることを理解すること。
・援護注水・熱気冷却注水の際の適切な放水量・形状をマスターすること。
・特にクアドラフォグノズルを保持する手元の熱気に注意すること。

以上論じてきた戦術は、実火災体験型訓練装置が導入されている学校では、当然のように教育課程が確立している内容である。今後、本市消防局においても「耐火構造建物火災＝噴霧注水」から歩みを一歩進め、燃焼過程に応じた消火方法を習得すべきである。

参考文献

1　財団法人　日本火災学会監修　2005 年発行　東京法令出版「火災と消火の理論と応用」
2　橘田宏一（2013）「研修のおけるバックドラフト・フラッシュオーバー現象の展示手法について」『札幌市消防科学研究所報 2013 年 No.20』
3　鳥取県消防学校「実火災体験型訓練指導者養成テキスト」

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

消防団員の操法訓練中における傷害発生の実態について

美濃加茂市消防団第 5 分団
中宿伸哉、高井史朗

1. 研究の背景

消防団員等公務災害補償等共済基金の報告[1)]によると、平成 18 年度から平成 27 年度までの 10 年間で消防団員が消防活動に従事したことによって負傷した数は、平均して 1,300 人を越えており、その中でも、演習訓練時における事故が高い割合を占めている。また、平成 27 年度の公務災害の発生状況[2)]では、負傷者及び疾病者 1,032 人中、演習訓練時が 681 人 66.0%を占めており、そのうち 613 人 90.0%がポンプ操法訓練中であった。当分団においても、毎年、操法訓練中数名の要員に、程度の大小はあるものの、何らかの傷害が発生しており、一時的な訓練の制限や休止を余儀なくされることも少なくない。このような状況では、全体の訓練が進まないばかりか、本人も精神的に苦痛を伴うことにもなると考えられる。

操法は、火災現場において、様々な器具を扱うための手段が含まれているが、その動きは、走る、しゃがむ、急激に方向を変化させるなどといった動きであること、またタイムを競う点から、スポーツの一面も含んでおり、訓練中の傷害は、スポーツ傷害とも捉えることができると考えられる。特に競技レベルでのスポーツでは、日頃から体づくりを徹底することにより、パフォーマンスの向上のみならず傷害予防を行うことが一般的であり、様々な筋力トレーニングや柔軟性改善のためのストレッチングだけでなく、近年では、体幹のコントロールを行うためのトレーニングが注目され、その方法も散見されるようになった[3~6)]。一方、当市消防団員は、そのほとんどが社会人であり、スポーツ選手ほど日常的にトレーニングを行っているわけではないため、必然的に傷害の発生頻度が上がることが考えられ、傷害発生は、仕事にも何らかの影響を及ぼす可能性があることが懸念されるため、どのようにして傷害予防を行うかを考案することが重要であると考えられる。

2. 本研究の目的

本研究では、美濃加茂市消防団員に対して、操法訓練中に生じた傷害をアンケートにて調査し、傷害発生に関わる要因や、好発部位を明らかにすることで、操法訓練における傷害予防の手段を考案するための一助に繋げることを目的とする。

3. 美濃加茂市消防団の組織構成と操法訓練について

美濃加茂市消防団は、第 1 分団から第 8 分団まで存在するが、現在第 7 分団は第 6 分団と合併し、第 6 分団となっているため、計 7 分団で構成されている。団長、副団長で構成される団幹部の配下のもとに各分団が所属し、分団長、副分団長、部長で構成される各分団幹部の配下に、それぞれ班長を筆頭として 1 班、2 班、3 班各 10 名ずつに分けられている。各分団は分団長以下 33 名（6 分団は分団長以下 66 名）の計 264 名で構成されている。

操法は、毎年 6 月に市大会が行われるため、4 月中旬より操法の訓練が各分団にて約 2 ヶ月間、週 4 回程度行われる。1 回の訓練時間はおおよそ 2 時間である。

4. 対象及び方法

平成 28 年度に美濃加茂市消防団員として登録

されている各分団の団員 264 名（全員男性）を対象とした。

調査は、無記名によるアンケート方式にて行った。アンケート用紙を作成した後、各分団に配布し、記入後各分団から美濃加茂市役所防災安全課にて回収した。調査項目は以下のとおりとした。

1. 年齢
2. 団員歴
3. 操法経験の有無
4. 操法の種目（ポンプ車、小型ポンプ）
5. 操法訓練中の傷害発生の有無
6. 要員経験時におけるスポーツ実施状況（スポーツ種目と 1 週間の頻度：週 1 回程度、週 3 回程度、週 5 回程度、ほぼ毎日の 4 項目から選択）
7. 傷害発生時における要員経験回数
8. 傷害発生時の番員
9. 傷害発生部位（人型の図に傷害が発生した部位とその時の年度を記載：図 1）
10. 傷害に対する対処方法（何もしていない、病院・クリニックに通院した、接骨院・整骨院に通院した、湿布を貼付した、アイシングを行った、テーピングを行った、装具を使用した、その他の 8 項目から選択）

傷害発生部位は、各関節部と上腕部、前腕部、大腿部、下腿部のそれぞれ前面、後面、および、頚部、背部、腰部、殿部、足部に区別した（図 2）。なお、操法経験者は、複数回経験している者もいるため、今回は延べ人数として検討した。統計処理には、EZR version 1.33 を用い、対応のない t 検定、Mann-Whitney U 検定、Fisher の正確検定、Bonferroni の多重比較にて分析し、有意水準を 5%とした。

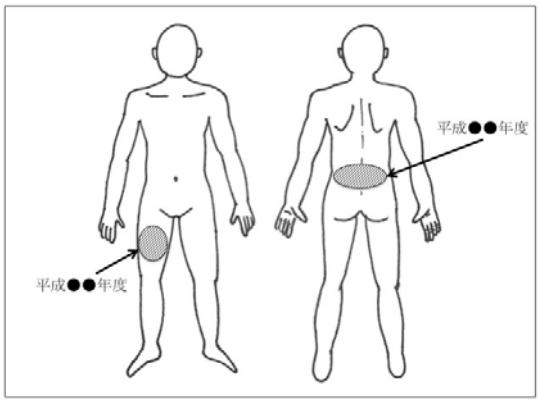


図 1　傷害発生部位の記載方法

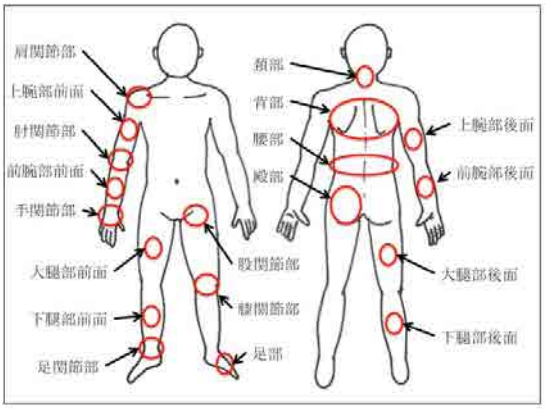


図 2　傷害発生部位の区分

5. 結果

5.1. 回収率

回収率は、184 名 69.7%（平均年齢 33.3±5.4 歳、平均団員歴 3.6±2.9 年）であった。

5.2. 操法経験の有無

操法経験者は 135 名 73.4%（延べ人数 250 名、平均年齢 33.4±5.1 歳、平均団員歴 5.2±3.8 年）、未経験者は 49 名 26.6%（平均年齢 33.6±5.8 歳、平均団員歴 2.2±1.5 年）であった（図 3）。ポンプ車の経験者は、250 名中 128 名（平均年齢 30.6±4.7 歳、平均団員歴 2.1±1.3 年）、小型ポンプの経験者は、250 名中 122 名（平均年齢 30.3±4.2 歳、平均団員歴 2.3±1.4 年）であった。

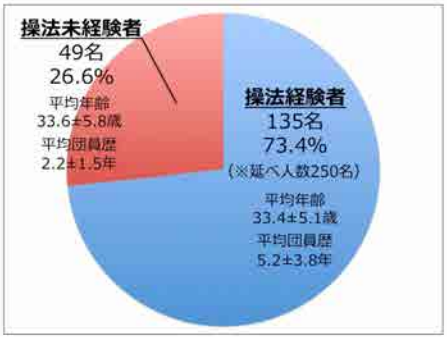


図 3　操法経験の有無

5.3.　操法訓練中の傷害発生の有無

操法訓練中に傷害が発生した者（以下傷害発生群）は、76 名 30.4%であった。疼痛発生時における平均年齢、平均団員歴、平均要員経験回数は、それぞれ 31.6±4.9 歳、1.8±1.0 年、1.4±0.6 回であった。傷害が発生しなかった者（以下非傷害発生群）は、174 名 69.6%、平均年齢 30.0±4.2 歳、平均団員歴 2.4±1.5 年、平均要員経験回数 1.8±1.0 回であった。傷害発生群における平均年齢、平均団員歴、平均要員経験回数は、非傷害発生群に比べ、すべてに有意差を認めた（表 1）。

5.4.　要員経験時におけるスポーツ実施状況

要員経験時におけるスポーツ実施状況として、傷害発生群では、76 名中 17 名 22.4%が、非傷害発生群では、174 名中 29 名 16.8%が日常的にスポーツを行っていた。両群間に有意差は認めなかった。スポーツ種目として、傷害発生群は、野球 9 名、バトミントン 3 名、テニス 1 名、フットサル 1 名、レスリング 1 名、柔道 1 名、ボルダリング 1 名であった。非傷害発生群は、野球 14 名、バレーボール 5 名、バスケットボール 3 名、ゴルフ 2 名、フットサル 2 名、テニス 2 名、サッカー1 名であった。1 週間の頻度として、傷害発生群では、週 1 回程度が 14 名、週 3 回程度が 3 名であった。非傷害発生群では、週 1 回程度が 26 名、週 3 回程度が 3 名であった（表 2）。

5.5.　要員経験回数と傷害発生者数との関係

要員経験初回時で傷害が発生した者は、135 名中 48 名 35.6%、要員経験 2 回目で傷害が発生した者は、70 名中 25 名 35.7%、要員経験 3 回目で傷害が発生した者は 31 名中 3 名 9.7%であった。要員経験初回ならびに 2 回目で傷害が発生した者の割合が、要員経験 3 回目と比べて、有意に高かった（表 3）。

表 1　操法訓練中の傷害発生の有無と内訳

	平均年齢（歳）	平均団員歴（年）	平均要員経験回数（回）
傷害発生群 n=76	31.6±4.9 ※	1.8±1.0 ※	1.4±0.6 ※
非傷害発生群 n=174	30.0±4.2	2.4±1.5	1.8±1.0

※：p<0.01

表 2　要員経験時におけるスポーツ実施状況

	傷害発生群 n=76	非傷害発生群 n=174
人数	17名（22.4%）	29名（16.8%）
	ns	
スポーツ種目	野球 9名 バトミントン 3名 テニス 1名 フットサル 1名 レスリング 1名 柔道 1名 ボルダリング 1名	野球 14名 バレーボール 5名 バスケットボール 3名 ゴルフ 2名 フットサル 2名 テニス 2名 サッカー 1名
1週間のスポーツ頻度	週1回程度：14名 週3回程度： 3名	週1回程度：26名 週3回程度： 3名

表 3　要員経験回数と傷害発生者数との関係

要員経験	1回目 n=135	2回目 n=70	3回目 n=31
傷害発生者数	48名（35.6%）	25名（35.7%）	3名（9.7%）
	ns	※	
	※		

※：p<0.05

5.6.　傷害発生時の番員

ポンプ車が 128 名中 46 名 35.9%、小型ポンプが 122 名中 30 名 24.6%で、ポンプ車のほうが小型ポンプに比べ、傷害発生割合が有意に高かった（図 4）。ポンプ車の内訳として、指揮者が 16 名中 4 名 25.0%、1 番員が 26 名中 8 名 30.8%、2 番員が 22 名中 7 名 31.8%、3 番員が 38 名中 19 名 50.0%、4 番員が 26 名中 8 名 30.8%であり、3 番員の割合が他の番員に比べ高かったものの、番員間に有意差は認めなかった（図 5）。小型ポンプの内訳とし

て、指揮者が 25 名中 4 名 16.0%、1 番員が 34 名中 15 名 44.1%、2 番員が 28 名中 5 名 17.9%、3 番員が 35 名中 6 名 17.1%であり、1 番員の割合が他の番員に比べ高かったものの、番員間に有意差は認めなかった（図 6）。

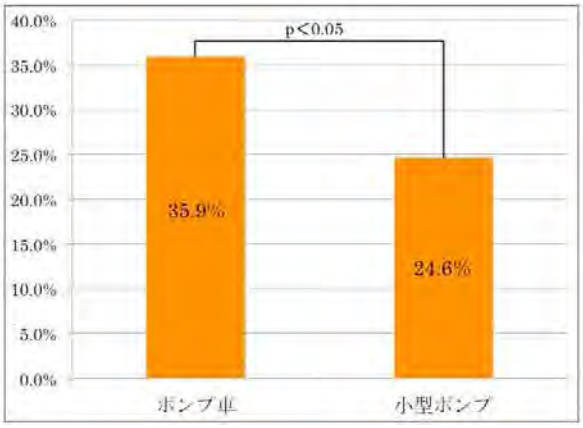


図 4　種目別傷害発生割合

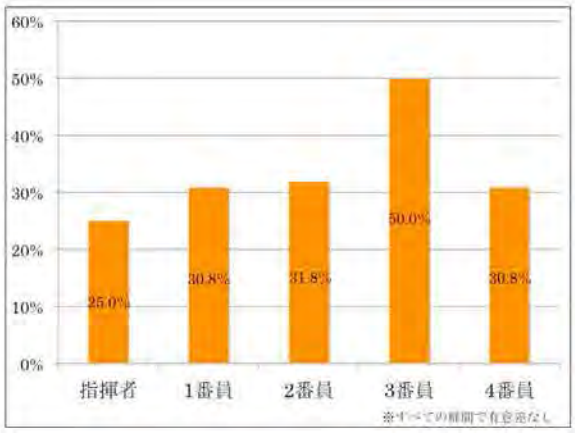


図 5　ポンプ車における各番員の傷害発生割合

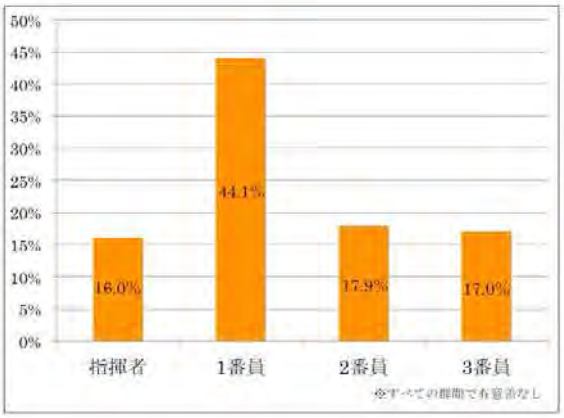


図 6　小型ポンプにおける各番員の傷害発生割合

5.7.　傷害発生部位

①　ポンプ車

指揮者は、足部 6 名（右側 4 名、左側 2 名）、腰部 1 名であった。1 番員は、腰部 4 名、右膝関節部 2 名、右足関節部 1 名、右手関節部 1 名であった。2 番員は、大腿部 11 名（右側前面 6 名、左側前面 5 名）、下腿部 3 名（右側前面 2 名、左側前面 1 名）、腰部 2 名、膝関節部 2 名（右 1 名、左 1 名）、右足部 1 名であった。3 番員は、大腿部 16 名（右側前面 5 名、後面 3 名、左側前面 6 名、後面 2 名）、膝関節部 6 名（右側 4 名、左側 2 名）、下腿部 8 名（右側後面 3 名、前面 1 名、左側後面 3 名、前面 1 名）、足関節部 3 名（右側 2 名、左側 1 名）、足部 3 名（右側 1 名、左側 2 名）、腰部 2 名であった。4 番員は、腰部 5 名、足部 4 名（右側 2 名、左側 2 名）、肘関節部 2 名（右側 1 名、左側 1 名）、手関節部 2 名（右側 1 名、左側 1 名）、右膝関節部 2 名、下腿部 2 名（右側後面 1 名、左側後面 1 名）、右大腿部後面 1 名であった。部位別の割合は、大腿部 29 名 63.0%、腰部 14 名 30.4%、下腿部 13 名 28.3%、膝関節部 12 名 26.1%、足関節部 11 名 23.9%、足部 7 名 15.2%、手関節部 3 名 6.5%、肘関節部 2 名 4.3%であり、大腿部が、腰部以外の全てと、腰部が肘関節部と比べて、それぞれ有意に高い割合を示した（図 7）

② 小型ポンプ

指揮者は、右膝関節部 3 名、大腿部 3 名（右側前面 2 名、左側前面 1 名）、腰部 1 名、右股関節部 1 名であった。1 番員は、腰部 5 名、大腿部 9 名（右側後面 3 名、前面 3 名、左側後面 2 名、前面 1 名）、股関節部 2 名（右側 1 名、左側 1 名）、下腿部 2 名（右側後面 1 名、左側後面 1 名）、右膝関節部 1 名であった。2 番員は、膝関節部 7 名（右側 3 名、左側 4 名）、腰部 2 名であった。3 番員は、膝関節部 3 名（右側 2 名、左側 1 名）、腰部 2 名であった。部位別の割合は、膝関節部 14 名 46.7%、大腿部 12 名 40.0%、腰部 10 名 33.3%、股関節部 3 名 10.0%、下腿部 2 名 6.7%であり、膝関節部が、股関節部、下腿部と、大腿部が下腿部と比べて、それぞれ有意に高い割合を示した（図 8）。

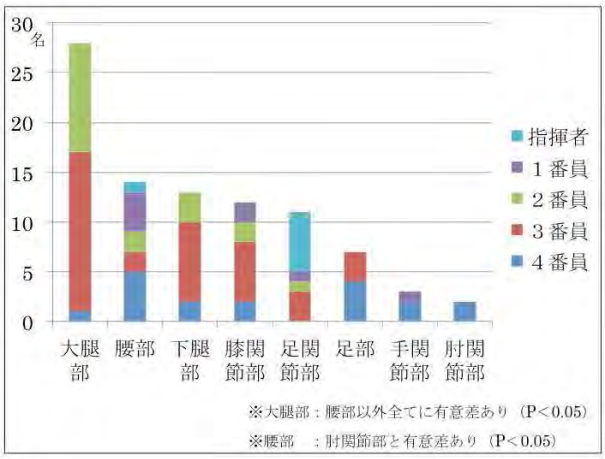


図 7　ポンプ車における各番員の傷害発生部位

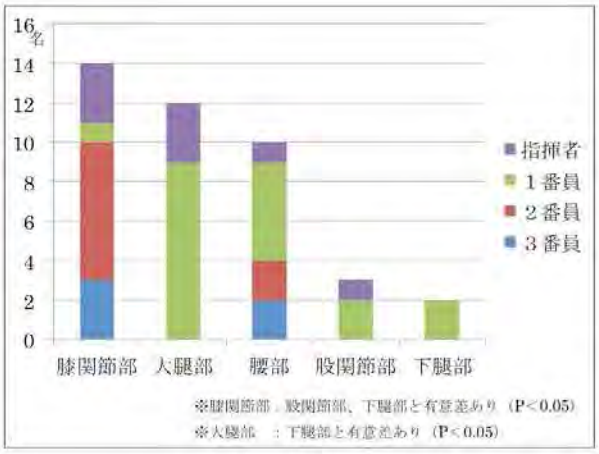


図 8　小型ポンプにおける各番員の傷害発生部位

5.8. 傷害に対する対処方法

「何もしていない」が 20 名 25.3%、「病院・クリニックに通院した」が 10 名 12.7%、「接骨院・整骨院に通院した」が 18 名 22.8%、「湿布を貼付した」が 45 名 57.0%、「アイシングを行った」が 11 名 13.9%、「テーピングを行った」が 11 名 13.9%、「装具を使用した」が 23 名 29.1%、「その他」が 3 名 3.8%であった。なお「その他」の項目では、3 名ともストレッチングにて対応していた。これらの項目のうち、「湿布を貼付した」が、他の項目に比べ有意に多かった（図 9）。その他の項目間に有意差は認められなかった。

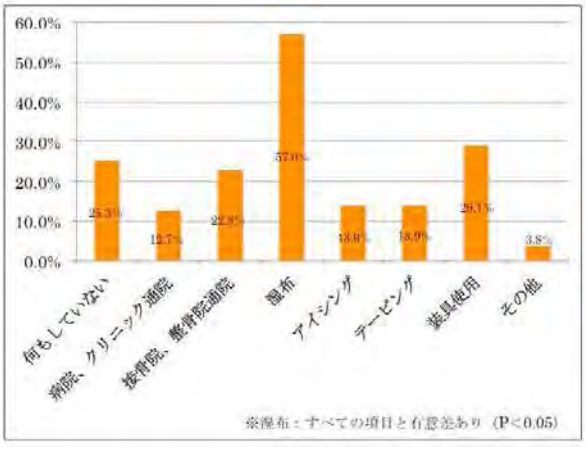


図 9　傷害に対する対処方法

6. 考察

傷害発生群における平均年齢、平均団員歴、平均要員経験回数は、非傷害発生群に比べ、すべて有意差を認めたことから、傷害の発生には、年齢が高くなることでの身体機能の低下とともに、消防団員としての経験や、要員としての動きの経験不足も影響している可能性が考えられた。

要員経験時におけるスポーツ実施状況は、両群ともに20%程度であったが、有意差を認めなかったことから、今回の結果からは、スポーツを行っていることで身体機能が向上し、傷害発生予防に繋がっているとは言えなかった。操法での動きは、アジリティが要求される面と、持久性が要求される面があり、スポーツの要素を多く含んでいると考えられる。その点から考えると、日常生活でのスポーツレベルとして、レクリエーションレベルでの活動では、十分にこれらが養われるとは考えにくく、競技レベルでの活動、およびトレーニングを行っていることが、傷害予防を向上させるために必要なのではないかと考えられる。今回のアンケートでは、ほとんどの要員が、週1回程度のスポーツ活動であり、レクリエーションレベルである可能性が考えられたが、今後、詳細な調査にて、スポーツレベルの違いがどのように傷害発生に影響するのかを検討する必要があると考えられた。

傷害発生時における要員経験回数の検討では、要員経験初回時並びに2回目と比べて、3回目に有意に傷害発生の割合が低下していた。このことから、要員経験を重ねることで、番員が変わったとしても、共通した動きやその方法を理解していることが、訓練中の過剰な負荷を軽減させている要素に繋がっている可能性として考えられた。

傷害発生は、ポンプ車の方が小型ポンプに比べ多く発生していた。また、それぞれの番員の内訳としては、ポンプ車、小型ポンプのいずれも、番員間に有意差を認めなかったものの、ポンプ車では3番員が、小型ポンプでは1番員が、他の番員に比べ傷害発生の割合が多かった。さらに、傷害部位での検討では、ポンプ車が、大腿部、腰部に多く、小型ポンプでは、膝関節部、大腿部に多く認めた。これらの結果から、後方と前方の往復が多く、かつホース結合時の動きが多いことが傷害発生に関係しているのではないかと推察される。大腿部での傷害は、大腿直筋やハムストリングスの肉離れなどが原因となっている可能性が考えられるが、ホース結合時の急激な停止からのしゃがみ込みと、結合後立ち上がり動作からの急激なダッシュによって、大腿部の屈筋、伸筋の求心性収縮と遠心性収縮が短時間に多く要求されるポジションであることが、傷害のリスクを高めるのではないかと思われた。また、腰部の傷害としては、ホース結合時に、担いたホースを地面に置く際の体幹を前傾させる動作にて、通常よりも腰部筋群に遠心性収縮としての負荷が加わることと、さらにホースを結合後に再び体幹を伸展させる動作にて、急激に腰部筋群の求心性収縮が加わることで疼痛を引き起こすのではないかと思われた。今回のアンケートでは、自覚症状としての調査であり、客観的に症状を評価しているわけではないため、筋疲労による疼痛なのか、軽度な肉離れ、もしくは診断されるレベルの肉離れなのかは判断できない。今後、傷害発生時に詳細な評価を行う必要があると考えられた。また、傷害発生の予防として、大腿部の筋の柔軟性改善や、体幹機能の向上を目的としたトレーニングも必要になる可能性が考えられるが、今後、傷害を発生していない者と比較し、これらの機能を含めた相違点を明確にした上で、障害予防のための手段を検討する必要があると考えられた。

傷害に対する対処方法では、湿布の貼付が、他の項目に比べ有意に多かった。湿布は、急性的な疼痛に対しての効果を認めるものの、根本的に傷害発生を抑制するものではない。症状次第では、的確な処置が要求される場合もあるが、トレーナーなど、専門的知識を持つ者が帯同しているわけではないため、その対応は難しいと思われる。さらに、不適切な処置は、症状が継続するだけでな

く、悪化する可能性も考えられ、十分なパフォーマンスが発揮されないことも考えられるため、今後、傷害予防のための知識向上と身体機能の管理が必要なのではないかと考えられた。

7. 本研究の限界と今後の課題

本研究では、アンケート形式での傷害調査であるため、思い出しのバイアスが関与している可能性がある。また、傷害の程度も不明瞭であるため、操法訓練による傷害との因果関係を明確にする必要があると思われる。今後、前向き調査として、予め要員の身体機能評価を行った上で、傷害発生との関係について吟味する必要があると考えている。

8. まとめ

本研究では、操法訓練における傷害発生の実態について調査した。傷害発生は、年齢に加え、要員としての経験不足も関与していると考えられた。また、切り返し動作や全力での走行が多く要求される場合に傷害が多く、さらに、その部位は大腿部、腰部に多く発生する可能性が示唆された。

9. 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご協力を頂きました美濃加茂市消防団長ならびに団幹部、各分団幹部、団員の皆様、美濃加茂市役所防災安全課の方々に深謝致します。

参考文献

１）消防団員等公務災害補償等共済基金：公務災害発生状況.
http://www.syouboukikin.jp/intro/intro04.html

２）消防団員等公務災害補償等共済基金：消防団員の公務災害発生状況．広報消防基金, No200；pp. 52-53，2016.

３）McGill SM,Karpowicz A.: Exercises for spine stabilization: motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique. Arch Phys Med Rehabil. 2009;90(1): pp. 118-26.

４）Xiao J,Sun J,Gao J,Wang H,Yang X.: The Activity of Surface Electromyographic Signal of Selected Muscles during Classic Rehabilitation Exercise. Rehabil Res Pract. 2016: pp. 1-9.

５）Ko EJ, Chun MH, Kim DY, Yi JH, Kim W, Hong J.: The Additive Effects of Core Muscle Strengthening and Trunk NMES on Trunk Balance in Stroke Patients. Ann Rehabil Med. 2016 ;40(1): pp. 142-51.

６）山﨑祐輔，萩野浩：体幹筋安定化トレーニングが身体運動に及ぼす影響について．米子医誌，pp. 66,57-63，2015.

平成 29 年度消防防災科学技術賞優秀賞　一般による消防防災機器等の開発・改良

悪戯・テロ対策用表示機能付き取っ手の開発

株式会社横井製作所

1.　現状と問題点

屋内消火栓などの消火機器が格納されている格納箱は、緊急時に迅速に使用できる状態に保つ必要があるため、格納箱に施錠することができない。

そのため、不特定多数が利用する駅や公共施設では悪戯対策として消火機器格納箱扉に封印シールを貼り付け（写真 1、2 参照）、シールの切断や剥がれで何者かが扉を開閉した目印として設備の維持管理を実施している。

しかし、粘着力の強いシールで強固に固定すると扉の開放に支障を来す場合もあり、また、容易に剥離するものでは、開閉操作によるものか自然剥離か貼り直したものか判断できない。

さらに、シールを貼り付けていることで「使用出来ない」と判断される場合もあり、火災時に使用をためらい初期消火の機会を失ってしまう危険性を伴っている。

また、近年では世界的にテロの脅威にさらされ、悪意を持った者が格納箱内部に危険物を隠し置きし、シールの貼り直しを行った場合、開閉されていないと判断され、格納箱内部の日常警備点検が実施されずに、惨事を招いてしまう危険性も懸念されていた。



写真 1　封印シール貼り付け状況



写真 2　封印シール貼り付け状況

扉開閉操作の判別確認のため、封印シールが貼り付けられた消火栓

2.　開発

緊急時に使用する消火機器を、より安全性と信頼性の高い設備とすることを目的に、平常時に正当な目的以外で格納箱扉の開閉操作が行われた場合、その行為が行われたことを、警備員や設備管理者、設備点検者に確実に伝えることができる方法や構造を開発した。

2.1.　仕様の検討

1　新規装置を付加設置しない
2　電源を必要としない
3　秘密裏に伝える
4　信頼性の高いもの
5　普遍概念で容易に復旧できないもの

前記1～5の仕様を満たすもので、消火機器納箱扉の開閉操作が行われたことを伝え、格納箱内部の点検を促す方法や構造の検討に入る。

2.2.　方法の検討

前項2.1.　仕様の検討「1　付加装置を設置しない」、「2　電源を必要としない」仕様にするため、現状の構成物、扉、扉枠、蝶番、取っ手のいずれかに新規構造を付加することで、機械的に機能を果たす方法を検討した。

結果、設置場所で形状や大きさの変更が伴わない取っ手に着目し、扉を開放するために取っ手を操作した場合、その取っ手に操作した痕跡を残す方法とした。

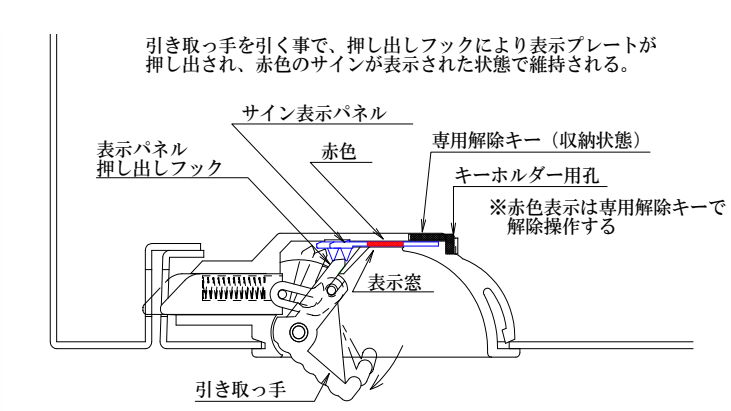
2.3.　構造

消火機器格納箱の扉を開くために取っ手を引く動作を利用し、取っ手を操作した痕跡が、取っ手本体にサイン表示させる構造とした。

前項2.1.　仕様の検討「3　秘密裏に伝える」、「4信頼性の高いもの」、「5　普遍概念で容易に復旧できない」構造を組み込むために、サイン表示は取っ手に小さく赤く表示され、何を意味するかは説明を受けた者しか知り得ない。

また、表示プレートは取っ手を引く、回動運動により機械的に押し出される構造とし、一旦標示されたサインは取っ手の操作や扉の開閉で消えることがなく自己保持される。

サイン表示を消し平常状態に復旧するには、専用の解除キーを必要とし、解除キーは取っ手本体に同化した状態で保管するか、設備管理者や設備点検者、警備員が持ち歩けるように信頼性を向上し、普遍概念では表示解除ができない構造で設計した（図1参照）。



※解除方法については公知を防ぐため記載しておりません。

図1　構造

3.　仕様

・扉を開けるため取っ手を操作した場合、取っ手にサインが表示される。

・サイン表示は赤色として小さく小窓に表示される（写真 3 参照）。

・一旦サイン表示されたサインは自己保持され、解除操作を行わないと解除されないものとする（図 1 参照）。

・サイン表示の解除は解除方法の取り扱い説明を受けた者で、専用の解除キーがなければ容易に解除することができない。

・解除キーは、設備管理者や設備点検者、警備員がキーホルダーなどで持ち歩くか、取っ手本体に常設するか、運用方法で選択できるものとする。

・取っ手は開閉操作 30,000 回以上の耐久性を有するものとする（写真 4 参照）。（1 日 4 回開閉×365 日×20 年＝29,200 回）

・破損強度は 450N 以上とする（写真 5 参照）。（操作力基準 150N×3 倍）



写真 3　新規開発取っ手
写真左：平常時の取っ手
（開閉操作のない状態）
写真右：異常時の取っ手
（何者かに扉を開閉された状態）
赤色サインが表示され、点検を必要とすることを示す



写真 4　開閉耐久性試験
開閉耐久性試験 36,011 回実施
試験結果:異常なし



写真 5　破損強度試験
破壊強度試験
試験結果:450N 以上　問題なし
（必要破壊力 1,108N）

4.　開発による効果、その検証

4.1.　日常警備、点検時の効果

複数の消火機器が設置されている施設で、悪意を持った何者かが、一台の消火機器に悪戯やテロを目的とした危険物の隠し置きを行った場合、その一台のみに、扉を開いた痕跡が赤色でサイン表示されている。

そのため、その一台に異常のある可能性が高いことが特定され、内部の点検を的確に実施することが可能になった。

この表示機能により、異常の早期復旧、不審物の早期発見が可能となり、より信頼性の高い消火設備を維持することができ、より安全な社会となる。

また、不特定多数が利用する大規模施設などでは、時間単位で日常警備が実施されているので、消火機器格納箱内部に不審物が発見された場合、避難誘導や警察署、消防署への通報など、早期対応も可能となり、且つ、悪戯や不審物が置かれた時間帯が特定でき、防犯カメラなどで不審者の絞り込みが可能となる効果も得ることができる。

4.2.　信頼性、美観の向上効果

従来の封印シールでは、緊急時に使用をためらう危険性もあり、また、シールの貼り直しでカモフラージュすることも可能となり信頼性に欠けていたが、取っ手操作で秘密裏に表示が現れるため、信頼性が大きく向上した。

また、点検など正当な理由で消火機器格納箱の扉を開ける場合、シールを剥がし貼りかえる必要性があり、シールの接着剤が残り、美観を損なう状況であったが（写真 6 参照）、シールを貼り付けることなく目的が達成されるので、美観を維持できる効果も得た（写真 7 参照）。



写真 6　シール張替によるシール跡の状況
定期点検や封印シールの破れなどによる悪戯の痕跡により、再々内部確認を行った場合シールの剥離跡が残り美観が損なわれた状態になる（必要破壊力 1,108N）



写真 7　封印シール不要の設置状況
封印シールが不要となり景観的な問題が解決された（写真は赤色サイン表示が現れた状態）

4.3.　大手設計施工業者の採用

ホテルなど景観を重視される施設では、封印シールを貼り付ける事で美観を損ねるため、シールを貼り付けずに設置されている。

そのため、全ての消火機器格納箱内に不審物がないか日常点検していたが、細部の点検を実施する根拠がなく見逃す危険性が高くなっていた。

このサイン表示機能を持った取っ手を採用することで、点検を必要とする消火機器の特定が可能となり、点検を確実に実施できる効果の評価を得て某ホテルに採用が決定した。

5.　今後の課題

新築物件では容易に採用することが可能だが、既存消火機器格納箱にこの機能を付加することは、格納箱の扉や本体の改造を必要とする。

そのため、取っ手本体以外に改造費用が発生するので、費用問題で採用を見送る問題がある。

今後、よりスタンダードな仕様として社会に普及させるため、既存消火機器格納箱へ容易に設置できるよう、取っ手のみの交換、または、取っ手付き内扉のみの交換で既存消火機器格納箱に設置できる仕様の取っ手を開発していく。

また、あわせて消火栓格納箱上部に併設される火災報知設備機器用の扉に於いても、同様の危険性があるため同機能を持った小型取っ手がほぼ完成している。

平成 29 年度消防防災科学技術賞　優秀賞　一般による消防防災機器等の開発・改良

アルキルアルミニウム類用火災抑制剤「アルキルフォーム」の開発

ヤマトプロテック株式会社
吉川昭光、高塚勇希
日本アルキルアルミ株式会
神原芳彦、福村考記

1. 現状と課題

水に触れると激しく反応し、発熱する性質を有する禁水性物質を製造・貯蔵・運搬する施設において、それらに対する防火・安全対策は不可欠であり、既往の研究においてもそれらに対する検討が成されてきた。

特に、禁水性物質の中でアルキルアルミニウム及び有機金属化合物（以下、「アルキルアルミニウム類」と称する。）は、化学工場や半導体工場等で使用され、その用途はプラスチックや合成ゴムの重合助触媒、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリブタジエンゴムの重合触媒、太陽電池の絶縁膜等の製造である。アルキルアルミニウム類を用いて製造される物品は、現代生活に欠かせないものとして、その重要度はますます高まっている。

しかし、アルキルアルミニウム類の多くは、取扱う上で非常に危険な性質を持つ物質である。特徴的な性質として、空気に触れると自然発火すること、水に触れると爆発的に反応して発熱すること、さらに、200℃前後で熱分解し暴走反応状態となることが挙げられる。そのため、消防法では、禁水性物質として危険物第 3 類（自然発火性物質及び禁水性物質）に指定され、その移送及び貯蔵・取扱い等は、厳しく規制されている。

現行の消防法では、危険物第 3 類に適応可能な消火設備に使用できる消火剤は、消火粉末（炭酸水素塩類等）、乾燥砂、膨張ひる石、膨張真珠岩が規定されている。これらのうち、炭酸水素塩類は、熱で分解して水が発生するため、消火活動時にアルキルアルミニウム類の加水分解が生じ燃焼を促進する効果もある。

また、乾燥砂等は窒息効果により一旦消炎したとしても、内部にアルキルアルミニウム類が活性を持ったまま残存しており、空気との再接触により再燃が生じる場合がある。

現実のアルキルアルミニウム類の火災では、小規模な火災であれば乾燥砂等や消火粉末による窒息消火で対処できる。しかしながら、大規模な火災の場合は、禁水性物質であるが故に水等での冷却放水ができないため、乾燥砂等で流出拡大を抑制しつつ、燃え尽きるまで監視する以外に手立てがないのが実情で、過去に発生した、2007 年山口県周南市、2011 年大阪府堺市の大規模な流出事故においても、火災の拡大防止を図りつつ、燃え尽きを待つこととなり、積極的な消火活動が行えなかったことが報告されている。

以上の実際の火災事故経験から、下記の消防活動を行うに以下の課題・要請が抽出提起された。

①流出したアルキルアルミニウム類が燃え尽きるまでの間、周囲のアルキルアルミニウム類の貯蔵設備等に対し、火炎からの輻射熱の遮断および冷却の必要性。
②消火活動中にアルキルアルミニウム類と接触しても、爆発的な反応を生じない消火剤の必要性。
③消火活動を行うに遠方から燃焼箇所へ放射し、窒息できる手立ての必要性。
④消炎後にアルキルアルミニウム類を安全な物質に分解できることの必要性。

従来、これらのアルキルアルミニウム類の特殊な火災性状に対応できる有効な薬剤がなかったため、防災メーカーのヤマトプロテック株式会社とアルキルアルミニウム類の製造元である日本アルキルアルミ株式会社が共同で、世界で初めてアルキルアルミニウム類の火災に対し、積極的に消防活動に使用でき、火災抑制効果を持つ薬剤「アルキルフォーム」を開発した。

2. アルキルフォームの開発

(1)　アルキルアルミニウム類の性質

開発に際し、アルキルアルミニウム類の性質を知る必要がある。一般にアルキルアルミニウム類は無色透明（図 1）で、外観上は蒸留水と変わらないが、その性質は、空気に触れると自然発火、水に触れると激しく反応する。

アルキルアルミニウム類の火災時における危険性の指標としては、空気と触れたことで反応する燃焼熱、水と接触することでの加水分解反応熱、熱分解する発熱開始温度（熱分解が開始する温度）がある。各アルキルアルミニウム類の物性値を表 1 に示す。特に TEAL、TMA はガソリンと同程度の燃焼熱が発生するため、火災時は極めて危険である。



図 1　アルキルアルミ類の外観

表 1　代表的なアルキルアルミ類の物性

略号	分子式	燃焼熱 (kJ/g)	水との反応熱 (kJ/g)	発熱開始温度 (℃) ※実験値
TEAL	$(C_2H_5)_3Al$	42.7	4.6	179
TMA	$(CH_3)_3Al$	41.4	7.1	187
DEAC	$(C_2H_5)_2AlCl$	26.8	3.8	175
DEZ	$(C_2H_5)_2Zn$	26.8	2.1	137

アルキルアルミニウム類の発熱反応は複雑で、反応形態が 3 種類「酸化」、「加水分解」、「熱分解」あり、条件によっては並行して進む。

各分解の反応式を以下に示す。

①酸化（空気と接触しただけで自然発火し燃焼する）

アルキルアルミニウム類の酸化反応は、大きな発熱反応で、C4 以下のアルキルアルミニウムは空気に触れると自然発火する。

$2(C_nH_{2n+1})_3Al + 3(3n+1)O_2$
$\rightarrow 6nCO_2 + Al_2O_3 + 3(2n+1)H_2O$

$2(C_nH_{2n+1})_2AlCl + 2(3n+1)O_2$
$\rightarrow 4nCO_2 + Al_2O_3 + 2HCl + (4n+1)H_2O$

②加水分解（水と爆発的反応を生じる）

アルキルアルミニウム類は水と激しく反応し、爆発的に反応エネルギーを放出する。反応により炭化水素類が発生する。

$(C_nH_{2n+1})_3Al + 3H_2O$
$\rightarrow Al(OH)_3 + 3C_nH_{2n+2}$

$3(C_nH_{2n+1})_2AlCl + 6H_2O$
$\rightarrow 2Al(OH)_3 + 6C_nH_{2n+2} + AlCl_3$

③熱分解（熱分解温度以上となれば、自己発熱し熱暴走反応となる）

アルキルアルミニウム類は、高温では不安定、200℃前後の熱分解温度で分解し、金属アルミニウム、炭化水素類、水素を生成し熱分解が継続する。

$(C_nH_{2n+1})_3Al$
$\rightarrow (C_nH2_{n+1})_2AlH + C_nH_{2n}$
$(C_nH_{2n+1})_2AlH$

→　Al　＋　3 / 2H_2　＋　2C_nH_{2n}

(2)　アルキルアルミニウム類の火災に対抗するために必要な要件

現行の消火剤として規定されている炭酸水素塩類（BC 消火剤）、乾燥砂、膨張ひる石、膨張真珠岩等の薬剤では、過去に漏洩流出し、拡大した火災事例において、火勢を抑制する消火効果は十分ではなかったと報告されている。

また、消火活動を行う上で、延焼防止を目的とした有効な冷却手段となり得る性能と、消火後に残る残渣処理も必要であることもわかった。

以上のことから、アルキルアルミニウム類火災を有効に抑制する、消火抑制剤に必要な開発要件としての基本性能を、次の 4 点に絞った。

①空気との反応による燃焼熱の発生を防ぐため、空気遮断できること。

②火災抑制後、アルキルアルミニウム類を不活性物質に分解し、無害化できること。

③散布してアルキルアルミニウム類と接触しても、爆発的な反応を起こさないこと。

④アルキルアルミニウム類の貯蔵容器及び周辺設備を、安全に冷却できること。

(3)　アルキルフォームの火災抑制原理

筆者らは、アルキルアルミニウム類の火災に対し、基本性能①を実現するため、液状のアルキルアルミニウム類の表面上に、空気との接触を防ぐ目的で空気遮断の膜を形成する材料として、熱に強い性質を持つたん白泡消火剤に着目し、開発に着手した。また、基本性能②を満たすために、加水分解反応を利用し、アルキルアルミニウム類を水酸化アルミニウムに分解することで実現した。

開発を進めるにあたり、通常のたん白泡消火剤をそのまま使用したのでは、アルキルアルミニウム類の加水分解反応が爆発的に起こり、基本性能③の要件が満足できない。この相反する問題を解決するため、たん白泡とアルキルアルミニウム類との接触面でゆっくりと加水分解させる手法を新たに開発した。

この点が最も苦労した点で、何度も爆発的な反応を経験しつつ、たん白泡の性状を含め多くの試作実験を繰り返し克服した。

具体的な方法としては、アルキルアルミニウム類と水の加水分解反応による熱を解決手段として利用した。アルキルアルミニウム類とたん白泡との界面で、たん白泡表面の水分により加水分解を起こすが、そこで発生した熱をたん白泡に含まれる水分の蒸発潜熱で吸収、気化した水の水蒸気がアルキルアルミニウム類とたん白泡との界面を覆い、液状の水がアルキルアルミニウム類の液中に入らない機構を作った。この作用により、アルキルアルミニウム類の液表面は、水でなく水蒸気で包まれるので、アルキルアルミニウム類の加水分解は、液状の水でなく気体の水との表面反応に変換できた。水 1g の水蒸気量は、周囲温度 20℃とすると約 1,333mL となる。よって、同一空間 1 mL でのアルキルアルミニウム類の加水分解量は、水に比べ 1,333 分の 1 に低下でき、ゆっくりとした加水分解反応が実現できた。

この機構により、基本性能③を満足し、且つ、アルキルアルミニウム類が流出した貯蔵容器、及び周辺設備の構造物に直接放射することで、たん白泡に含まれる水の蒸発温度 100℃以上には上昇させない冷却効果が得られ、基本性能④も満足できる薬剤として「アルキルフォーム」を完成させた。

この「アルキルフォーム」の火災抑制の原理のイメージを図 3 に示す。

アルキルアルミニウム類の火災に対する上記効果は、「アルキルアルミニウム及び有機金属化合物に起因した火災抑制剤」として、危険物保安技術協会の性能評価（危評第 0076 号）で確認を得た（危険物保安技術協会、危険物関連設備等の性能評価制度）。



図２　アルキルフォームの外観

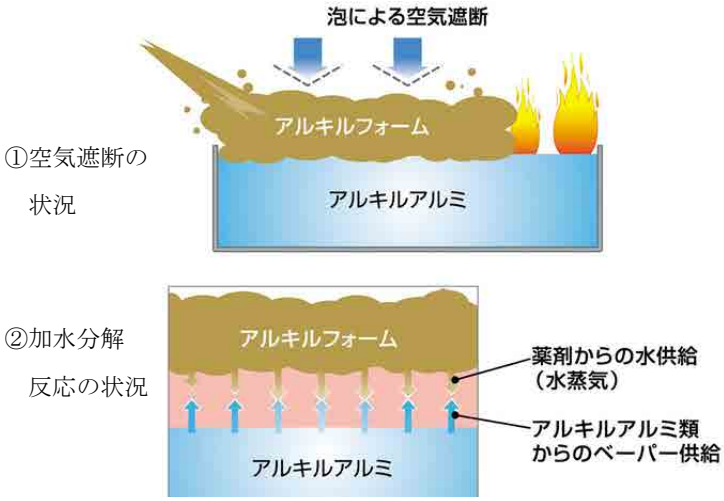


図３　アルキルフォームの火災抑制の原理

3.　アルキルフォームの検証と効果

（1）　プール火災（火皿）への消火抑制の検証

アルキルフォームは泡性状を有するため、一般の消火器形状の機器や泡消火設備の薬剤として容易に使用可能で、ここでは可搬式として消火器形状の容器に充填し、アルキルアルミニウム類（TEAL）のプール火災に放射した。

結果は、一般的な油火災を機械泡消火器で消火するのと同様な状況で、爆発的な反応は生じず、火炎を消炎後、完全にアルキルアルミニウム類を分解し、火災抑制ができた。

図４に消火状況を時系列で示す。状況は、アルキルアルミニウム類の液面上にアルキルフォームの泡が流動展開し、窒息効果により消炎することができ、さらに消炎後もアルキルフォームとアルキルアルミニウム類の加水分解反応が継続していることが観察された（図４の5)。加水分解終了後は、図４の６に示すようにアルキルアルミ類は完全に分解され、泡を除去しても再燃は生じなかった。また放射は、ノズルから棒状に放射しても、泡ヘッドのように拡散状に放射しても同様な結果が得られた。



図４　アルキルフォームのプール火災抑制状況

(2)　噴出火災模型での消火抑制結果

アルキルアルミニウム類は、空気との接触を遮断するため、一般に窒素加圧した密閉容器にて貯蔵されている。

何らかの理由で貯蔵容器が開口し、内圧によりアルキルアルミニウム類が大気下へ噴出した状況を想定し、容器からアルキルアルミニウム類が噴出する噴出火災模型を作成し、消火実験を実施した（図5）。



1．噴出開始　　2．消火中　　3．消火直後

図５　アルキルフォームの噴出火災模型に対しての消火抑制状況

結果は、噴出中のアルキルアルミニウム類にアルキルフォームを直接放射しても、爆発的な反応は生じず、噴出中のアルキルアルミニウム類が泡上に落下したとしても、比重差からただちにアルキルアルミニウム類が泡中に沈み、その上を泡が覆い、消炎、安全に火災抑制した。

また、実験中に測定した容器の外面と内部の温度を泡放射無しの温度データと比較した（図6）。

結果は、アルキルフォームを放射しない場合、容器外部温度は 250℃付近まで上昇したが、アルキルフォームを放射した場合では、容器外部温度は最大で 130℃、時間経過につれ 100℃以下に収束、内部に至っては常時 100℃以下に抑えられ、容器を有効に冷却できていることが確認できた。

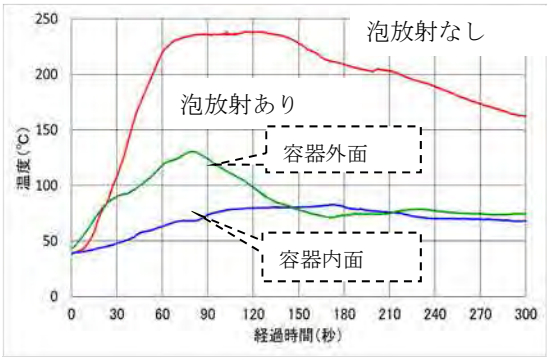


図６　噴出火災模型の温度データ

表２　各消火剤の比較

消火剤	消炎	再燃防止	冷却効果
法令：炭酸水素塩類	○	△	×
法令：乾燥砂	○	×	×
法令：膨張ひる石	○	×	×
法令：膨張真珠岩	○	×	×
○アルキルフォーム	○	○	○

（3）　効果

アルキルフォームは、前述の実証実験から火災抑制剤の基本性能として目標とした①～④項の要件を満たしていることが実証できた。

その結果を含め、「消炎」「再燃防止」「冷却」の項目で、従来法令規定された消火薬剤と比較した内容を表2に整理した。いずれの消火剤も「消炎」は可能であるが、すべての項目において効果が期待できるのは、アルキルフォームのみの結果となった。

（4）　アルキルフォームの設備設計

アルキルフォームを設備に設置する上での基本要件は、対象とするアルキアルミニウム類の想定流出量で決める必要があるが、アルキルフォームの必要量は、アルキルアルミニウム類の火災抑制原理から計算式で容易に決められる。

アルキルアルミニウム類として、トリエチルアルミニウム（TEAL）を例とした場合、TEAL1gを分解するのに最低必要なアルキルフォーム量は3gとなる。

TEAL に対しの理論的な必要量は、以下に示す過程で簡単に計算できる。

アルキルアルミニウム類と水との加水反応は、以下の反応式を用いる。

$(C_nH_{2n+1})_3Al$　＋　$3H_2O$

→　$Al(OH)_3$　＋　$3C_nH_{2n+2}$

ここでTEALを例に加水分解に必要な水の量を算出すると、

TEAL 114.2[g]と水54[g]が反応

→　反応量　TEAL 1[g]＝水約0.5[g]

TEALを安全に分解するためには、

加水分解熱　＋　熱分解発熱量

≦ 水による吸熱量　であればよい。

TEAL の加水分解熱 = 4.6[kJ/g]、熱分解発熱量 = 0.5[kJ/g]であるため、

5.1[kJ]の熱量を吸熱するのに必要な水量は、

5.1[kJ]/2.26[kJ/g]（水の蒸発潜熱）=2.3[g]

よって 1[g]の TEAL に対し 2.3[g]の水があれば分解反応が継続できる。

アルキルフォームの含水率（純粋な水の量）を80%で設定した場合、

2.3[g]×1.25＝2.9[g]　この値から、

TEAL を安全に分解するのに必要なアルキルフォーム量は、

TEAL 1[g]≒アルキルフォーム 3[g]

従って、アルキルフォームの設置の基本量は、想定流出量の3倍量以上の設置条件で設計すれば、流出したアルキルアルミニウム類（TEAL）を安全に分解できる。

（5）　アルキルフォームの使用機器

アルキルフォームは、一般的なたん白泡と異なり、水で希釈しないで使用し、且つ、泡性状で放射することで消火抑制効果が得られる。

よって、使用機器としては、従来の消防用設備で泡が放射できる設備機器に搭載可能である。

具体的な設備としては、消火器に類似した可搬式（図7）と泡消火設備に類似した固定式（図8）の機器に搭載可能である。

一般的なたん白泡と比較し、水との混合装置が不要なため、より簡便な構成となる。

可搬式は、消火器形状の容器に機械泡相当のノズルを用いて構成され、通常の消火器と同様な使用方法で用いることができる。

固定式は、泡放出口に泡モニターまた泡ヘッドを用い、薬剤容器（アルキルフォームを貯蔵）と圧力源（ガス加圧式、ポンプ加圧式等）の基本機器で構成でき、泡設備及び粉末設備と同等な方法で使用できる。

現在、可搬式は、任意設定としてアルキルアルミニウム類を使用する複数の工場にすでに採用され、設置されている。



図 7　アルキルフォーム可搬式

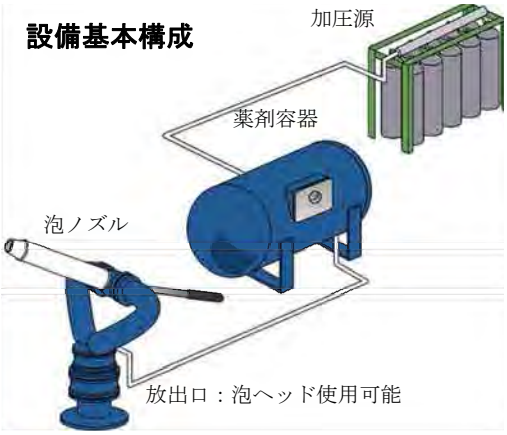


図 8　アルキルフォーム固定式

4.　今後の課題

アルキルフォームは、アルキルアルミニウム類の火災に対し、積極的な消火活動が行える利点はあるが、現状の法令では、禁水性物品に対し水を含んだ泡薬剤の使用が法的に認められていない。よって、現時点でユーザーが実際に採用する場合は、法令適用外の任意設置か「危険物の規制に関する政令」第 23 条（基準の特例）で各所轄消防の承認を得る必要がある。

アルキルフォームの薬剤としての火災抑制効果は、危険物保安技術協会の性能評価（危評第 0076 号）で評価され、原理的には完成したが、今後は、必要とされる生産工場に対し、任意設置でなく、法的な設備として可搬式及び固定式設備ともに設置できるよう、用途を広げていくことを課題に取り組んで行く予定である。

参考文献

[1] 石原、姉崎、吉川「水と接触し発熱反応を起こす物質に対する安全対策の検証」日本火災学会研究発表会概要集（2012 年）

[2] 姉崎、高塚、吉川「アルキルアルミニウム類の火災に対する安全対策の検証」日本火災学会研究発表会概要集（2014 年）

平成 29 年度消防防災科学技術賞　優秀賞　一般による消防防災機器等の開発・改良

消防用ホース結合金具 簡易離脱器の開発

ヨネ株式会社
米田哲三、沖田祐介、掛川時由、小野寺健一

1. はじめに

我が国は南北約 3,000km の距離があり、消防吏員の方々は、様々な気候の中で活動されている。また、災害現場においては、常に同じ状況下で消火活動することはなく、規模はもちろんのこと、天候や気温、路面状態等の様々な状況下で消火活動を行わなければならない。

筆者は、全国の消防防災機関等で町野式ホース金具の接合部が外れない（以下、「離脱不良」と呼ぶ）という声をたびたび聞くことがあった。離脱不良の原因としては、結合部分の凍結、金具部分の金属の劣化、金具に砂等の噛み込み等が主な理由であった。外れない場合は、ホースごと替えてしまうケースが多いと聞くが、屋外注水から屋内消火へ切り替える時、またホースに余裕がなくなり、ホース延長で結合金具を脱着する時、消火活動を終えてホースライン撤収作業時にホース結合金具を外す時等、ホース結合金具の着脱作業は大変多く、消防吏員の方々の活動省力化や次の出場への備えの観点からも、離脱不良の発生は、かなりの負担である。

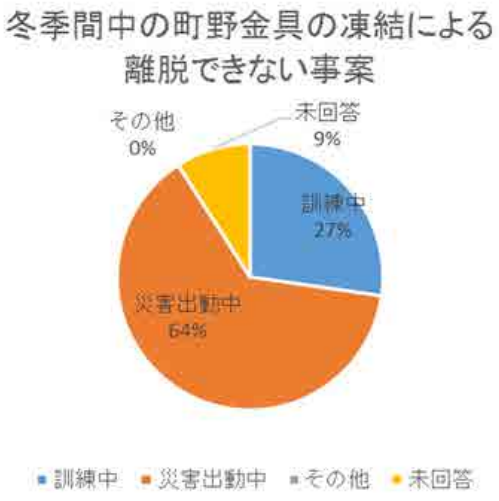
2. 現状把握

様々な原因で発生する着脱不良の中でも、今回は凍結による離脱不良がどの程度の頻度で発生するかを確認するために、本事象の発生事例が多い地域である北海道の道央地域、道東地域の 8 本部にアンケート調査を行った。

「町野金具の凍結による離脱できない事案は？」との質問回答は、訓練中 27%、災害出場中 64%となり、併せて 90%以上の頻度で離脱不良が発生していることがわかった（表 1）。また、ホース接続部や媒介接続部が凍結した場合の対応としては、ほとんどが「活動中であれば他のホースを使用する。撤収時であれば持ち帰る。」という回答が多く、「事前に凍結しないように不凍液を吹きかける。」「ポットやポリタンクにお湯を入れて携行し、離脱できなくなったときにお湯で解凍する。」という回答も多かった。

以上の結果から、限られた地域の調査ではあるが、今回の調査で訓練中や災害出場中、併せて 90%以上の消防機関において凍結による離脱不良が発生していることがわかった。また、その離脱不良の対応が、活動の遅れや消防吏員の負担の原因になることがわかった。

表 1　アンケート結果①



3.　開発

離脱不良が発生した町野式結合金具を簡単に外すことはできないか。この問題を解決するために、消防用ホース結合金具簡易離脱器を開発した。

現在、消火活動においてよく使用されるホースは、65mm 用、50mm 用、40mm 用と 3 種類あるが、その中でも使用頻度が多い 65mm 用（写真 1）と 50mm 用（写真 2）を製作した。

65mm 用、50mm 用とも押し輪に的確に爪を押し当てる位置にするため、離脱器の中心にそれ以上差し込めないように「脚」をつけて調整（写真 3)。また携行時に搬送負担とならないよう、配慮をしながらホースの大きさよりも若干大きくし、スムーズに金具に差し込めるようにサイズを調整した（写真 4)。また、詳細は後述となるが、力を的確に伝えるために先端の形状をクサビ型ツメとした（写真 5)。



写真 1　65mm ホース用



写真 2　50mm ホース用



写真 3　65･50mm 用寸法比較①



写真 4　65･50mm 用寸法比較②



写真 5　クサビ型ツメ

本開発品の動作原理（クサビ&テコ方式）は、以下の通りとなる。写真 6 のように、F 方向に押された力 F は、金具の押し輪に対し、スラスト（ホースライン）方向の分力（f1）と、これと直角のラジアル方向の分力（f2）となる。f2 は押し輪の隙間に対し、クサビ状に喰い込ませる力となり、また f1 は押し輪を受け、金具の爪を押し広げるテコの力となる。これにより、金具の結合離脱作業をより効果的に行える。

使用方法としては、写真 7 のように爪先部を町野オス金具の後ろに滑り込ませる。矢印の方向に一気に押し込む（写真 8）ことで、消防用ホース結合金具を簡単に外すことが出来る（写真 9）。

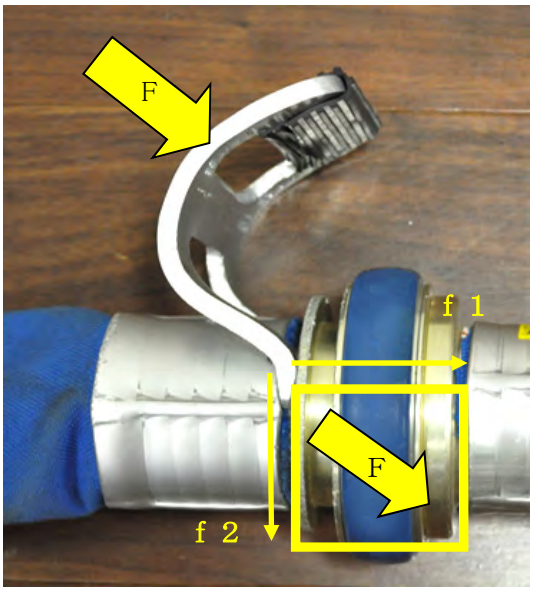


写真 6　クサビ&テコ方式



写真 7　使用方法①

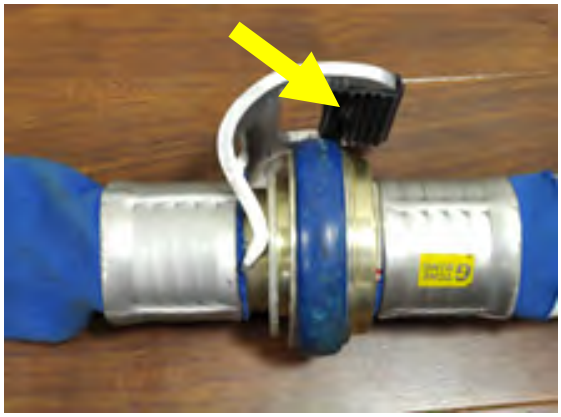


写真 8　使用方法②



写真 9　使用方法③

4.　検証

開発した消防用ホース結合金具簡易離脱器について、以下の試験を行い、手でホース結合金具を外したときの応力と、消防用ホース結合金具簡易離脱器を使用して、ホース結合金具を外したときの応力の比較をしてみた。写真 10 のようなパイプと木材を用意し、パイプをホース金具押輪上部に設置し、上から押し込み（写真 11）、押輪が押し込まれた状態になる応力を測定。結果、平均 79.4N※の測定値となった。写真 12 のように、ホース結合金具簡易離脱器をホース結合金具に装着し、取手を押し込み、押輪が押し込まれた状態になる応力を測定（写真 13）。結果、平均 16.8N の測定値となった。ホース結合金具簡易離脱器を使用した場合、手でホース結合部を外すよりも、62.6N 少ない力（1/5 程度）で外すことが出来ることがわかった。

※　総務省令第二十三号にて、65mm 結合金具の離脱を行う場合に必要な力は 135N 以下と定められている。



写真 10　検証方法①



写真 11　検証方法②



写真 12　検証方法③



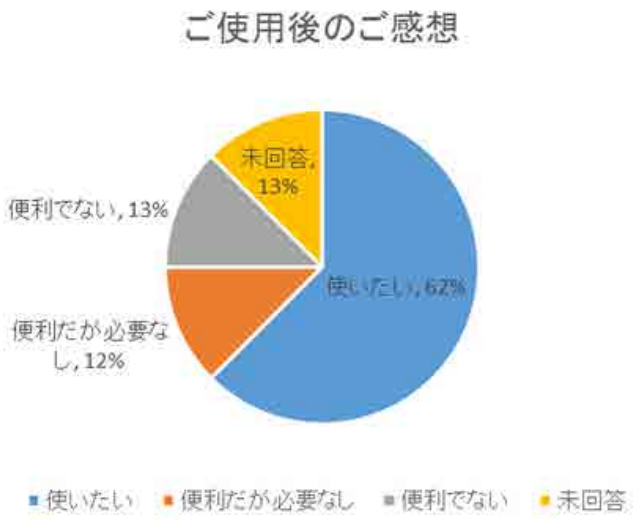
写真 13　検証方法④

その他、前述アンケートを実施した消防本部の各署所にホース結合金具簡易離脱器を渡し、冬季間の訓練、消火活動時に実際に使用いただいた結果を基に、アンケートに回答、協力いただいた。

「凍結時ホース結合金具簡易離脱器をお使い頂いた感想お教え下さい」との質問回答は、「凍結時の町野媒介離脱が容易であった。今後も使用機会があれば積極的に使用したい」が 62%という結果であった（表 2）。その一方で、「便利だが特に必要だと思わない」「便利ではない必要ではない」と回答は 25%程度あった。その理由を記載していただいたところ、「結合金具部全体が凍結してしまうとき」には離脱器が入らず、使用出来ないという回答が多かった。また、ホース内部に水が満ちた状態で完全に凍結してしまった場合は、「内部の膨張により離脱器が入らない」という回答や、「町野金具オス部の押し輪がこれ以上力を込めると変形しそうなため、そこで作業を止めた」との回答もあった。

最後に「離脱器に対する要望（改善点や金額等）あればお教え下さい」については、「モンキーレンチのように幅が調節出来るもの」「50mm ホース、65mm ホース兼用で使用できるもの」「40mm ホースでも使用できるもの」「ホースに容易に滑り込ませるために爪先部はより細いものがよいのでは」との意見をいただいた。

表 2　アンケート結果②



5.　まとめ

今回、アンケート配布した消防機関による回答の結果、90%以上の消防機関においてホース金具の凍結を起因とする離脱不良が起こっていることがわかった。その中で、半数以上の消防機関から、開発した簡易離脱器を今後も積極的に使用したいと回答いただいた。

近年、災害の多様化・広域化が進む中、限られた人員・資機材で迅速かつ安全に対応をしなければならない状況下で、今回開発したホース結合金具簡易離脱器が、様々な原因による離脱不良の解決に寄与できると考える。

これからも、本製品がより多くの現場で活用頂けるよう、今回のアンケート結果を基にさらなる製品改良に取り組んでいく。

平成 29 年度消防防災科学技術賞　優秀賞　一般による消防防災機器等の開発・改良

屋外用 AED 収納ボックスの開発

龍郷町役場
野村特殊工業有限会社

1.　現状と問題点

本町では、緊急時に備え、誰でも使用できるよう学校や公共施設に AED の設置を進めてきたが、夜間や休日など設置場所自体が施錠された時には AED を持出すことが困難であった。そこで、あらかじめ施設での常置場所を施設玄関付近の窓の近くと決め、窓ガラス等を破壊しての持出しを周知容認していたが、破壊時の怪我や窃盗被害が懸念されたため、常置場所を屋外へ移設することにした。

屋外移設に向け、当初は一般的に普及されている屋外用 AED 収納ボックスの購入を検討していたが、仕様書には塩害対策についての記載はなく、事実確認のため問合わせたところ、台風などの自然災害が多い地域や沿岸部での設置には条件が合わないとの回答であった。また、既に屋外に 5 年以上設置実績のある自治体等に問い合わせて状況を調べると、収納ボックス本体の錆等の劣化による扉の開閉障害やブザー鳴動の故障、内部への砂や風雨の侵入による AED 本体の障害等、予想を超える問題点が確認された。本町のある奄美大島は亜熱帯に属した島で、急峻な山が海岸線にせまり集落は海岸近くに点在する特徴があり、季節風や台風での潮風に常にさらされることは免れず、また、夏季には亜熱帯特有の湿度の高さと、気温が 30 度を超える日が続くため収納ボックスの内部温度は 40 度を超える場合も多々あると考えられ、高温対策と塩害対策が収納ボックスの重要仕様だと捉えた。

2.　開発

今回の開発は奄美大島の沿岸部という過酷な環境下において、“24 時間 365 日　いつでも　だれでも　かんたんに”持ち出すことのできる環境を整備し、AED 装置及びその付属品が緊急時において正常に機能させるものである。

第 1 号基　平成 27 年度事業（ 1 基）運用済み
第 2 号基　平成 28 年度事業（ 3 基）運用済み
第 3 号基　平成 29 年度事業（12 基）完成予定

3.　仕様

表 1（仕様）、表 2（温度管理）参照。



写真 1　AED

表１　仕様

項目	2号機（学校）
ボディ・ドア	SUS304　t1.5mm
寸　　法	H:500mm　W:400mm　D:250mm
色　　彩	赤系濃彩色マンセル7.5R4/14
断熱塗膜 防錆塗膜	遮熱塗料×11回、プライマー×3回 （t0.4mm以上）
赤色警告灯	扉開時:赤色警告灯点滅（3秒後～） 扉閉時:赤色警告灯停止（30秒後）
警告ブザー	扉開時:ブザー鳴動（3秒後～） 扉閉後：ブザー停止（30秒後）
カ　メ　ラ	picamera V.2（1,920×1,080）3回連続撮影
電　　源	AC100
固定方法	アンカーボルト
設定温度	20℃～30℃
温度管理	±5℃毎に対応 ヒートシンク、ファン、ペルチェ
紫　外　線	開口窓部にUV,IRカットフィルム
その他機能	・マイクジャック（ダイナミック対応） ・訓練モード切替鍵スイッチ ・校内放送設備連動（学校設備のみ） ・内側発砲ウレタン樹脂断熱（4mm） ・Wifiリモート管理（SSH接続） ・Bluetooth4.0接続 ・Python3開発のため、仕様変更が極めて容易に行うことができる

表２　温度管理

	ファン(CPU-FAN) （φ=120mm）	ペルチェ (Qc=40w)
10℃～15℃	1,800rpm	PWM=30%(4V,1.5A)
15℃～20℃		
20℃～25℃	2,000rpm	PWM=80%(4V,1.5A)
25℃～30℃	2,200rpm	


画像２
AEDボックス取付架台の防食処理の実施状況である。
「ドブ付鋼板」を加工したもの及び回転灯取付金具に
対してエポキシ樹脂塗料の塗装加工を実施。
下地エポキシ塗装　３回（面取り３回）

写真２


画像３
素地がSUS３０４のため、非磁性体対応のマグネットスイッチを
採用し、扉側の磁性体（鉄片）を検出できるようにした。
このセンサースイッチの上から、防食・防錆・書夏塗料を塗布する。
IDEC

写真３


画像４
断熱発泡シートの位置合わせ作業（4㎜厚シート）

写真４


画像５
塗装順序
①遮熱プライマー塗装面
②赤色遮熱塗料（１回目中塗り塗装）
①
②

写真５

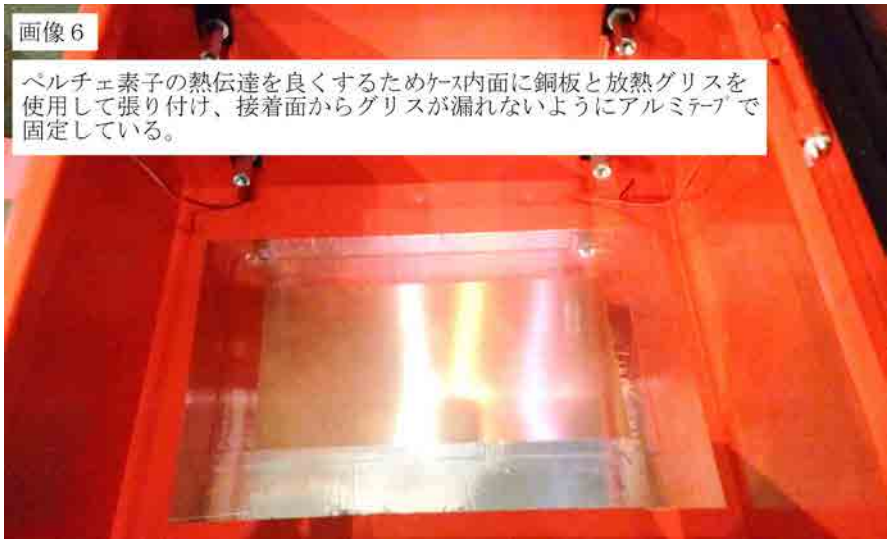

画像６
ペルチェ素子の熱伝達を良くするためｹｰｽ内面に銅板と放熱グリスを使用して張り付け、接着面からグリスが漏れないようにｱﾙﾐﾃｰﾌﾟで固定している。

写真６

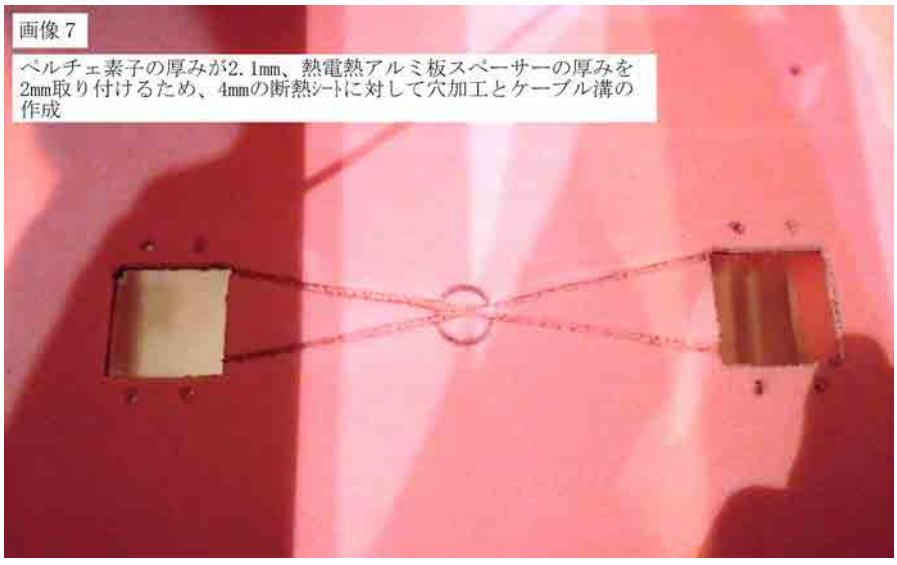

画像７
ペルチェ素子の厚みが2.1㎜、熱電熱アルミ板スペーサーの厚みを2㎜取り付けるため、4㎜の断熱ｼｰﾄに対して穴加工とケーブル溝の作成

写真７

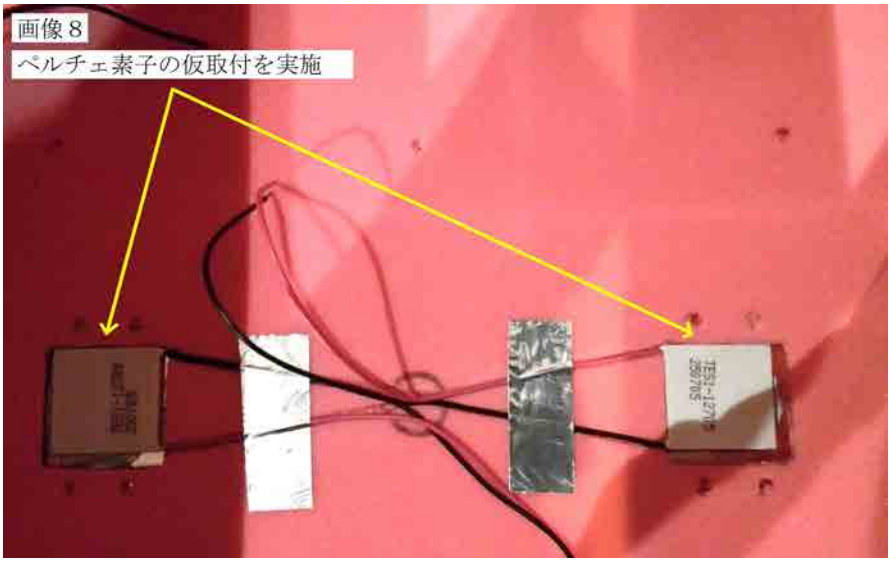

画像８
ペルチェ素子の仮取付を実施

写真８


画像９
電源ユニット
DC５VとDC9Vを生成
空気の流れ
空気の流れ
ペルチェ素子の真上にヒートシンクファンが
乗るように位置を修正

写真９


画像１０
この部分の面全体を使い内部の熱を放熱させる。

写真 10



写真 11



写真 12

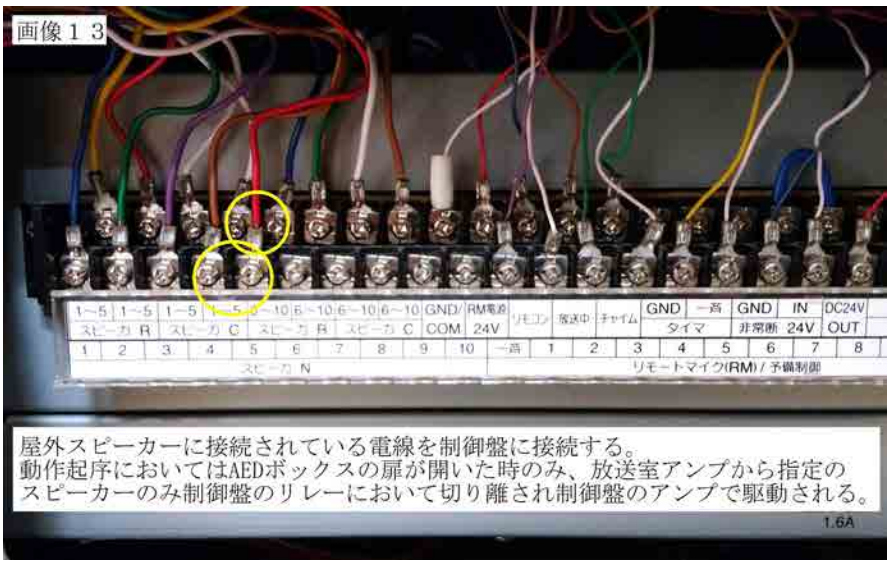


写真 13

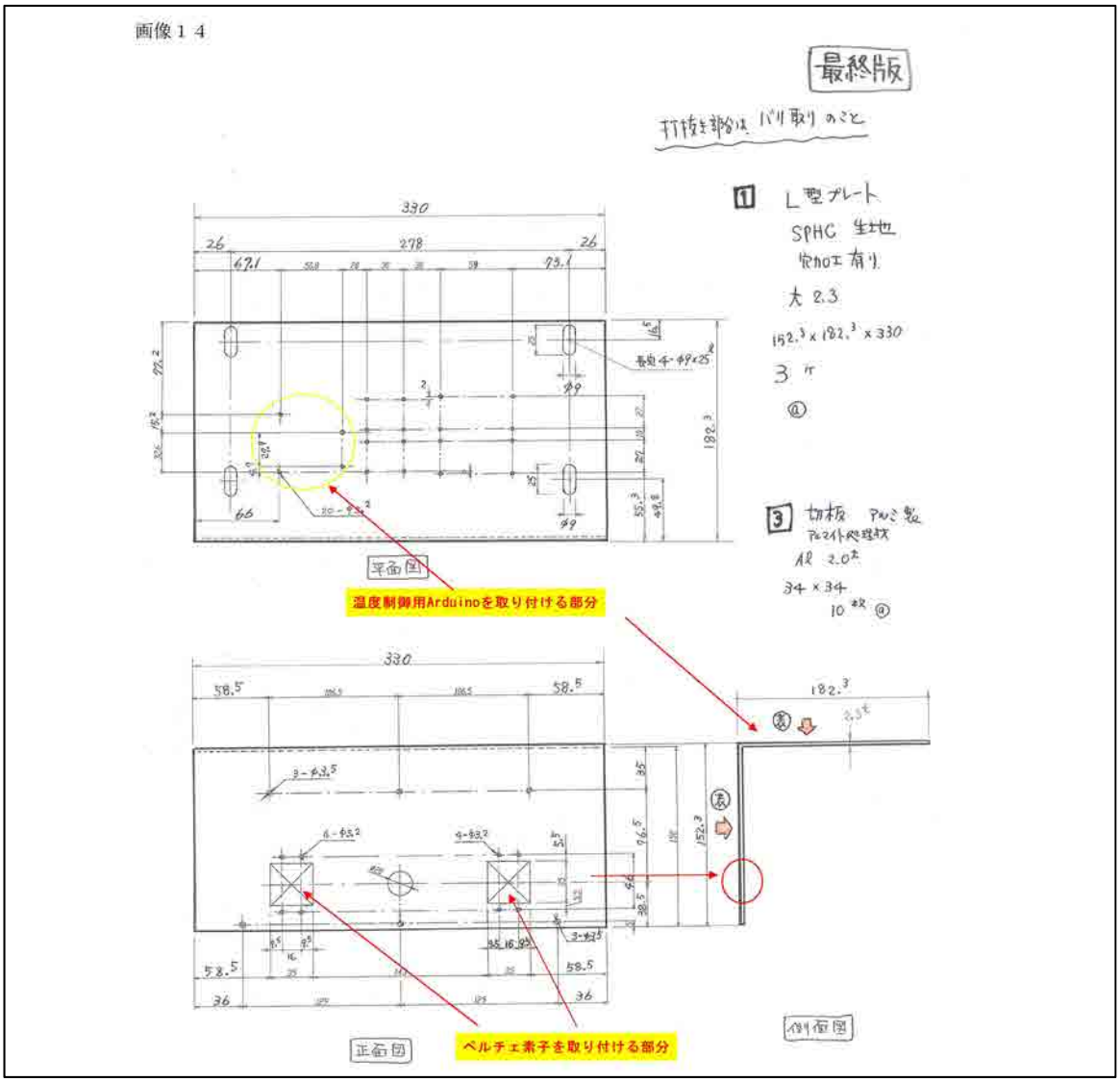

画像１４
最終版
打抜き部分はバリ取りのこと
1 L型プレート
SPHC 生地
穴加工有り
大 2.3
152.3 x 182.3 x 330
3 ヶ
3 切板 アルミ製
Al 2.0t
34 x 34
10 枚
平面図
温度制御用Arduinoを取り付ける部分
正面図
ペルチェ素子を取り付ける部分
側面図

図１

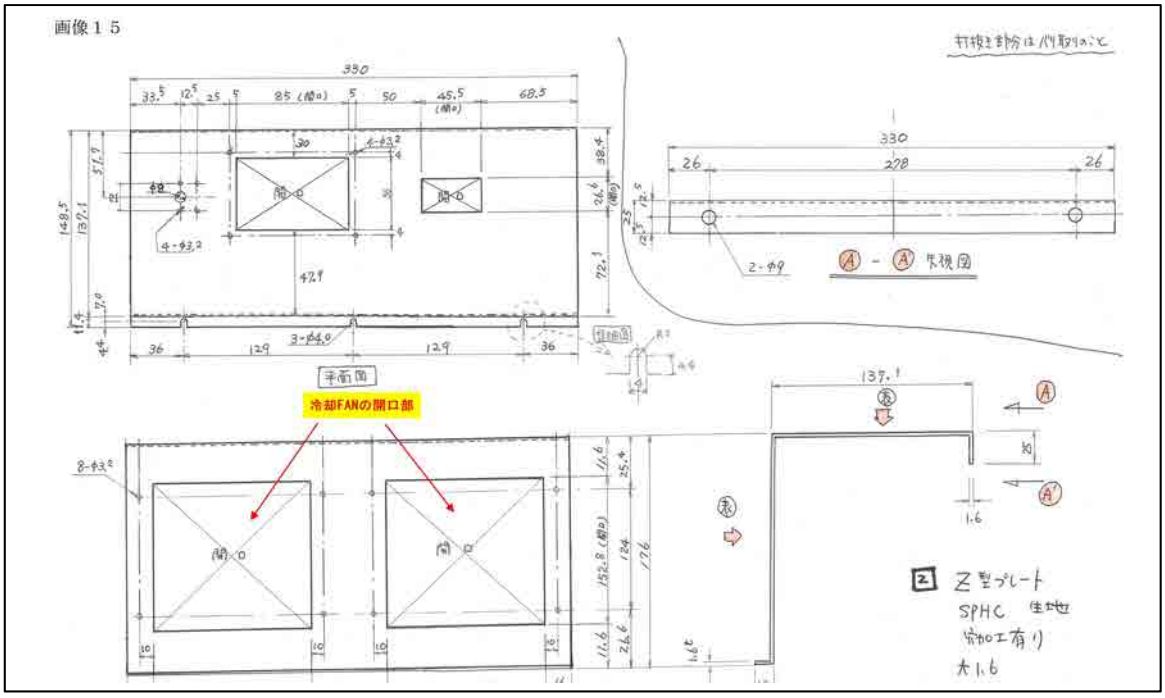

画像１５
打抜き部分はバリ取りのこと
平面図
冷却FANの開口部
A - A' 矢視図
2 Z型プレート
SPHC 生地
穴加工有り
大 1.6

図２

4. 開発による効果、その検証

これまで設置した施設及び周辺での使用例がなく、直接的な効果はまだ検証できないが、周知や普及活動等により、施設関係者及び周辺住民の救命への意識が高まり、AED を含めた救急講習会への参加数が増加する等、間接的な効果を認める。

なお､収納ボックスや AED 及び周辺機器の効果とその検証については、良好な部分において考察する必要がないため省略し、再検討の必要があるもののみ下記に記す。

1 号機（平成 27 年度制作）は、防錆と冷却について評価検討をした。

（1）収納ボックスが大き過ぎたため、夏季において開口窓部からの太陽光による温度上昇に冷却素子の追従不足が散見された。

2 号機（平成 28 年度制作）については、防錆・冷却・防犯・周知について総合的に検討し、1 号機の問題点を克服するよう再設計を行った。

（1）断熱塗膜（防錆塗膜を兼ねる）の平均塗膜厚さを 0.4mm 以上にしたことにより、外部からの遮熱には成功しているが、内部冷却素子の放熱については若干の放熱不足が感じられる。

（2）冷却素子（ペルチェ素子）の駆動に低オン抵抗の PowerMOS-FET を使用して PWM 制御しているが、FET の発熱もあり冷却効率を下げている。

（3）ボックス本体の開口窓部に使用している UV、IR カットフィルムについては、内部の AED が目視できるよう車両用（光透過率 60%）を採用しているが、西日が直接開口窓部に鉛直方向で入る場合、AED 本体が直射光によって加熱されてしまう恐れがある。

5. 今後の課題

運用開始からまだ日が浅く、評価（錆や温度管理）に値するデータは乏しいが、試験を重ねながら遅滞なく改良を進め、常時使用できる環境整備を行う。

6. 今後の展望

最終目標を「結いの精神が根差した共助による救命」と定め、屋外への積極的な整備を行い、合わせて小中学校の教育プログラムの実施や、地域の救急講習会等の普及活動を重ねていくことにより、意識と行動力の向上が図れると確信し、またその一助になれれば幸いである。

平成 29 年度消防防災科学技術賞　優秀賞　一般による消防防災科学に関する論文

自衛消防隊がより安全に活動できる屋外消火栓設備の放水器具等の考察

三洋化成工業株式会社
前田利正

1. はじめに

自衛消防組織の設置が義務付けられているのは、消防法及び石油コンビナート等災害防止法による一定数量以上の危険物等を取り扱う事業所に加えて、平成 21 年 6 月に施行された改正消防法による一定規模以上の大規模・高層建築物が該当する。

しかしながら、各自治体の消防局、消防本部等のご指導により、市町村や政令市の区を単位とした自衛消防隊の連絡協議会等の組織も多く設立され、消防操法訓練大会が毎年開催されているところも少なくない。

また、平成 28 年版消防白書によれば、同年 4 月 1 日現在における全国の事業所で設置されている自衛消防組織等の防災組織数は、107 万を超えており、減ることもなく全国各地で幅広い活動が行われていると推察される。

2. 弊社自衛消防隊の実情

弊社では、本社、研究所及び各地の工場に設置している各自衛消防隊が、地元消防署等のご指導により、それぞれの社屋や製造所等に設置されている消防用設備を用い、万一の火災を想定し、迅速・的確に使用できるよう実戦的な自衛消防訓練を計画して実施している。

特に各工場が属している生産部門では、会社独自の屋外消火栓操法マニュアルを制定のうえ、40 年以上も前から全社操法大会や工場ごとに操法大会を実施し、加えて、各工場が加盟する自衛消防隊連絡協議会等が主催する自衛消防隊訓練大会等にも、積極的に参加しているところである。

3. 自衛消防活動の課題

各工場に共通する消火設備として屋外消火栓が設置されているが、この設備を活用する訓練において、二つの課題が持ち上がった。

一つは、京都工場自衛消防隊の夜間や休日における勤務者が 4 人となったことに伴い、これらの時間帯に実火災を想定し、屋外消火栓を用いて消火する訓練をシミュレートした際、4 人で活動する屋外消火栓操法マニュアルに基づいて活動するには、非常に厳しい状況であることが判明した。

その理由は、南北に細長い当工場では、夜間の交替制勤務者が配置されているプラント間の距離が約 400m あり、初発見者らが消防機関への通報及び工場内の緊急放送にも人員を割くことになり、両プラントやその周辺の火災時には、当初 3 人以下の人員で活動することが余儀なくされることが浮き彫りとなった。

もう一つの課題は、工場内の操法訓練大会に向けての訓練中、経験の浅い新入社員が基本注水姿勢の筒先員を補助する体勢をとった際、通水していない折れ曲がった消防ホースを強く握り過ぎ、通水時に左手の 3 本の指が挟まれ、慌てて引き抜いたときに薬指の第二関節部を骨折したことである。

4. 課題解決に向けた取組み

先述の二つ目の課題について、社内で検討を重ねた結果、新入社員研修時に必ず実放水による訓練を通じて、基本注水姿勢や注水補助の要領を体得することを義務付けることにした。

また、消火栓の操作員が開閉バルブを開く際、

すぐに全開にすることなく補助体勢等を確認して、送水圧力にも留意しながら送水をする操法マニュアルに改訂し、この課題は十分に解決できることが分かった。

しかしながら、最初に挙げた課題については、容易に解決できる問題ではないため、災害時に少ない人員で屋外消火栓を活用できる方法がないか、全国各地で実施されている自衛消防隊訓練大会の屋外消火栓操法実施要領に着目して調査し、あわせて指を挟む労災事故が発生していないかどうかも聞き取りを行った。

5. 各地で実施されている屋外消火栓操法

※表1参照

全国各地で実施されている自衛消防隊訓練大会（操法競技会）のうち、屋外消火栓操法の種目を実施している市町村をインターネットでピックアップし、それぞれの事務局である消防本部等に操法マニュアルを送付していただくとともに、実際に4つの訓練大会会場に出向いて確認した結果は、以下のとおりであった。

(1)　操法を実施している人員は、大半が指揮者以下4人によるもので、3人による操法では隊員が指揮者を兼ねていた。また、5人による操法では、放水の伝達と注水補助を別々の隊員が担っていた。

(2)　消防ホースの口径はいずれも65mmで、ホース延長本数は、2本延長と3本延長の操法がほぼ同数であった。

(3)　筒先はスムースノズル又は噴霧切替式ノズルであり、全ての操法大会で標的に的中させて所要時間を計測しているため、棒状放水であった。

(4)　操法のコース内にドラム缶などの障害物を設置し、これらの障害物を回避しながらホースを延長する操法も半数近くあった。

(5)　放水後の撤収作業については、グラウンド等が水浸しになって荒れることや安全管理面が考慮され、半数以上が未実施であった。
また、実施している場合でも、通常の操法とは違う省略した方法で実施されているケースもあった。

(6)　訓練中や訓練大会で、指を挟みそうになった事案はあったが、弊社と同様の労災事故はなく、転倒負傷及び脚の肉離れやアキレス腱の負傷など、下半身の負傷であった。

表1　屋外消火栓操法の種目がある自衛消防隊訓練大会を開催している訓練内容一覧

市町村名	人員	ホース口径	ホース本数	ホース増加	事前点検	余裕ホース	コース障害物等	標的	放水後の撤収
A	4	いずれも65mm	2	いずれも無	いずれも無 司会者又は総指揮者の笛と旗の降下により訓練開始	有(左・右)	無	有	有
B	4		2			有(右)	無	有	有
C	5		3			無	無	有	有(簡略)
D	3		3			無	有(ドラム缶2本)	有	無
E	4		2			有(右)	無	有(2つ)	有(簡略)
F	3		2			無	有(ドラム缶2本)	有	無
G	4		3			有(左・右)	有(ドラム缶2本他)	有	無
H	4		3			有(右)	有(階段3段)	有(3つ)	無
I	3		2			無	無	有	無
J	4		3			有(左)	無	有	有
K	4		2			有(右)	有(直角に曲がる通路)	有	無
L	4		3			有(右)	無	有	無
M	4		3			有(右)	無	有	有(簡略)
N	4		3			無	有(ドラム缶2本)	有	無

※　調査事項を一覧にして表内に記載したほか、調査内容を集約した結果は下記のとおり

【共通事項】

■　訓練大会では、安全、確実、早さ、規律を主眼にして実施（採点）されていた。

■　水源から屋外消火栓への送水は、消防隊等が摩擦損失を考慮し、筒先圧力が 0.3MPa 以下となるように配慮されていた。

■　ホースの口径は 65mm、火点の標的に向けて全て実放水されていた。

【当社操法との相違点】

■　操法の開始までに消火栓収納箱内の事前点検は済ませ、訓練の一環としてホースや筒先等の点検は行っていなかった。

■　指揮者が右手に旗を持って指揮しているところはなかった（挙手の敬礼ができないからと推定）。

■　当社の操法にある「ホース 1 本増加」を操法に採用しているところはなかった。

■　余裕ホースをとる方法として、当社で実施している手繰り寄せる方法は操法の要領に定めていなかった。

【その他】

■　操法要員は 3～5 名、ホース延長は 2 本又は 3 本であった。

■　余裕ホースのとり方、ホース延長や搬送要領、訓練終了の計時方法、コース内の障害物有無等、さまざまであった。

■　放水後の撤収作業までを訓練の一環として実施したいが、会場が水浸しになり、安全管理および審査上不利益が生じるので実施していない。

■　50mm ホースを収納した屋外消火栓が関東地方に多く設置されているが、調査した中では訓練大会の種目として実施しているところはなかった。

【労災事故】

■　送水による折れたホース等で指を挟む労災事故は、発生していなかった（事故の多くは転倒負傷および下半身の筋肉やアキレス腱断裂等）。

6.　消防隊が使用する装備を検証

各地で実施されている 3 人による操法を参考にすれば、実際の火災現場でも十分に応用できることは分かったが、実火災では突如の災害状況変化や放水圧力の急激な上昇等も懸念され、指揮者の不在が自衛消防隊員の安全管理上に問題があると考え、1 人でも容易に保持できる放水器具がないかを調査した。

弊社の京都工場と同じ市内に消防用放水器具を製造している会社があり、全国の公設消防隊や消防団が使用している管そう・ノズルを聞いて 2 種類の放水器具を購入し、自衛消防隊訓練及び新入社員研修で実放水訓練を行い、体験した一人ひとりの社員から使用時の感想を聞いた結果は、以下のとおりであった。

(1)　無反動管そう

反動力が少なく、棒状放水と噴霧放水の切替えも容易であり、現在使用しているスムースノズルやレバー式切替ノズル付き管そうに比べ、女性社員も含めて、一人で容易に筒先保持ができると回答した社員が大半であった。また、製品説明書に記載されているとおり、管そうから後方の消防ホースを 5m 以上直線に保つことで、無人による放水も実施することができた。

この管そうの唯一の欠点は、現行の消火栓収納箱に収納するには、他の管そうと比べ大きく真っすぐでないため、スペースに収まるように工夫する必要があることが挙げられる。

（写真 1～3…無反動ノズルによる放水状況、写真 4…スムースノズルの屋外消火栓収納箱収納状況、写真 5…無反動ノズルの屋外消火栓収納箱収納状況）



写真１　無反動ノズルによる放水
（後方から撮影）



写真２　無反動ノズルによる放水
（横から撮影）



写真３　無反動ノズルによる放水
（保持しないで放水）



写真４　屋外消火栓収納箱に
ストレートノズルを
収納（現行）



写真５　屋外消火栓収納箱に
無反動ノズルを収納
…窮屈

(2)　ガンタイプノズル型

公設消防隊員が火災現場や訓練で軽々と使用している状況から、自衛消防隊員も同様であると考えて実際に試してみたが、反動力を大きく軽減するまでには至らず、1 人で保持するためには、十分な体力がないと使いづらいとの意見が多く、スムースノズルやレバー式切替式ノズルと大差がなかった（写真 6)。

しかし、よく調査すると、ガンタイプノズル型にも反動力を軽減できるものが市販されており、導入するのであれば反動力を軽減できるタイプが自衛消防隊に向いていると推察する。

(3)　50mm ホースの活用

公設消防隊が火災現場で多く使用している50mm ホースを使用すれば、通水時のホース 1 本当たりの重量が 65mm ホースの使用時よりも約25kg 程度軽くなることから、50mm ホースと 50mm用の無反動管そうを購入して訓練を実施すれば、少ない人数で効率的な活動ができると考え、訓練の実施を立案することとした。

しかしながら、京都工場では、所轄消防局の定める消防用設備等運用基準において、屋外消火栓の消防用ホースは呼称 65mm、管そう・ノズルは口径 19mm 以上のスムースノズルと決まっていたことから、訓練を実施するまでには至らなかったが、この件についても他都市の状況はどのようになっているかを調査した。



写真 6　ガンタイプノズルによる放水
（一人では保持しづらい）

7.　屋外消火栓設置基準の調査結果　※表 2 参照

インターネットで各政令指定都市の屋外消火栓に関する設置基準を調査したところ、消防法施行令、消防法施行規則及び危険物の規制に関する規則において、屋外消火栓設備の技術基準とその細目について定められていることから、基本的な設置基準については統一されていた。

しかしながら、事業所の自衛消防隊の活動と関係のある消防ホースや管そう・ノズルの放水器具については、以下のとおり分かれていた。

(1)　消防ホースの口径

10 市で呼称 50mm 又は 65mm、3 市で呼称 65mm と決められていた。

(2)　管そう・ノズル

6 市で噴霧切替式（装置)、4 市でスムースノズルと決められていた。

表２　各都市の屋外消火栓設置基準

都市名	消防ホース関係		管そう・ノズル	
A	50㎜又は65㎜	いずれも長さ20ｍ以上のホースを２本以上	ノズルは口径19 ㎜以上	スムースノズル又は噴霧ノズル
B	50㎜又は65㎜		ノズルは口径19 ㎜以上	噴霧切替え式
C	50㎜又は65㎜		ノズルは口径19 ㎜以上	噴霧切換え式
D	50㎜又は65㎜		ノズルは口径19 ㎜以上	
E	65 ㎜		ノズルは口径19 ㎜	スムースノズル
F	50㎜又は65㎜		ノズルは口径19 ㎜以上	消防用接続器具の基準適合品
G	50㎜又は65㎜		ノズルは口径19 ㎜以上	スムースノズル
H	65 ㎜		ノズルは口径19 ㎜以上	スムースノズル
I	50㎜又は65㎜		スムースノズルの場合 18㎜～20㎜	噴霧切換装置を有する
J	50㎜又は65㎜		スムースノズルの場合 18㎜～20㎜	噴霧切換装置を有する
K	50㎜又は65㎜		ノズルは口径19 ㎜以上	噴霧切替式(回転式)
L	50㎜又は65㎜			品質評価適合品を１本以上設置

8.　おわりに

これまでに述べてきたとおり、自衛消防隊の夜間や休日における屋外消火栓による消火対応力は、弊社京都工場において重要な課題であるが、全国各地の事業所でも同様のケースが多く存在すると懸念される。

厚生労働省の平成 27 年就労条件総合調査によると、変形労働時間制を採用している企業数は52.8%、労働省の昭和 63 年賃金労働時間制度等総合調査時の 7.0%と比べると大幅に増加している。また、屋外消火栓の設置が多いと思われる製造業に限れば 57.6%となっており、工場等で年々進む省力化や広い敷地を有している工場の特性などを加味すれば、夜間や休日における屋外消火栓による消火対応力は､年々低下していると推察できる。

少ない自衛消防隊員で屋外消火栓設備を有効に活用できるかは、体力と技術力を兼ね備えた公設消防隊が使用している放水器具のうち、自衛消防隊員でも容易に使用できるものを精査して導入することが重要であると考える。

加えて、次々と易操作性のものが認められ製品化されている屋内消火栓設備のように、少ない人数でも容易に取り扱うことのできる新たな屋外消火栓設備の開発を期待したい。

平成29年度消防防災科学技術賞　優秀賞　一般による消防防災科学に関する論文

大規模災害発生時の活動隊員に必要な活動食の要件検討および備蓄内容の現状調査

筑波大学人間科学総合研究科
小泉奈央
東京消防庁消防技術安全所活動安全課
赤野史典、玄海嗣生
広島大学大学院総合科学研究科
緒形ひとみ
筑波大学体育系
麻見直美

1. 緒言

我が国は、世界有数の自然災害多発国である。1995年に起きた阪神・淡路大震災を契機に発足した緊急消防援助隊は、大規模災害発生時に全国各地から被災地に派遣されている。大規模災害発災後の消防隊員の消火活動や人命救助等の災害対応業務は、通常の数時間程度で終息する消防活動とは異なり、活動期間中に休憩時間を十分に確保できず、かつ従事活動が多岐にわたるため、その間の消防隊員のコンディションを維持することは、任務遂行において極めて重要である。特に発災直後から生存率が低下する 72 時間までの災害急性期は、人命救助を最優先に活動する極めて重要な時期であることから、活動に従事する消防隊員にとって、身体的にも精神的にも負担が大きく過酷な時期である。そのような状況下においても適切な判断を下し、通常通りのパフォーマンスを発揮するために、疲労を含む心身の体調管理は必要不可欠である。望ましい体調を維持する上で重要となるのが、“栄養（食事）と休息（睡眠）”である。近年、被災者の食の問題、とりわけ最近では、高齢者や乳幼児等の要配慮者に対する食の問題については、解決に向けての検討が増加している。しかし、災害現場で活動する消防隊員の“食”について、これまで重要視されてこなかった現状がある。

そこで、本研究では、発災直後のライフラインや流通が途絶し、かつ後方支援が十分に期待できない期間に摂取する1日に3度の食事を「活動食」、それ以外の補助的な食事（災害現場等で食べることも想定）を「補給食」と定義し、以下の課題を設定し、検討を行った。

研究課題Ⅰ　大規模災害発生時に消防隊員が食べる活動食の必要要件の検討

研究課題Ⅱ　警察・自衛隊と比較して考える消防本部の備蓄内容の現状調査

2. 研究課題Ⅰ　大規模災害発生時に消防隊員が食べる活動食の必要要件の検討

将来の発生が危惧される大規模災害に対応する、消防隊員の疲労管理に配慮した食事である“活動食”が備えるべき栄養条件、形態等の必要要件を検討した。

2.1. 方法

2.1.1. 消防隊員の推定エネルギー必要量の検討

日本人の食事摂取基準 2015[1]、アスリート向けの食事ガイド[2]を参考にした。また、「二重標識水法」と「食事調査」を用いて、消防隊員のエネルギー量を推定した論文[3)~7)]を検索した。

2.1.2.　活動食に含まれるべき栄養素の種類と基準量の検討

日本人の食事摂取基準 2015[1] および類似の身体活動量であるアスリート向けの食事ガイド[2] を参考に検討を行った。

2.1.3.　東日本大震災災害活動に参加した消防隊員に対する質問紙およびヒアリング調査

東日本大震災に緊急消防援助隊として派遣された東京消防庁消防隊員（有効回答 2,172 名）への質問紙調査結果のうち、派遣部隊や活動内容、体調不良、食事・飲み物に関する自由記述を用いた。なお、集計には、テキストマイニング[9] の手法を用いた。形態素解析（文章を単語またはフレーズ毎に切り分ける処理）には茶筌（ちゃせん）（日本語自然言語処理システム、奈良先端科学技術大学院大学松本研究室、http://chasen-legacy.sorceforge.jp/）を、その後のテキストマイニングには、KHCoder（http://koichi.nihon.to/psnl）を用いた。

2.2.　結果

2.2.1.　消防隊員の推定エネルギー必要量の検討（表 1）

関係文献を検索し、消防隊員の推定エネルギー必要量を表 1 に示した。日本人の食事摂取基準では、身体活動レベル「高い（Ⅲ）」で 1 日あたり 3,050kcal と示されているものの、消防隊員を対象とした調査では、通常勤務体制下で 2,195～4,009kcal、災害対応を含む場合には 4,878kcal に達するとの報告もあった。大規模災害発生時には、高強度・長時間の活動も予想され、状況によりエネルギー消費が 1 日あたり 4,000 kcal を超えることも十分に有り得ることから、災害食 1 日分のエネルギー必要量を 4,000 kcal とするのが妥当であると考えられた。

表 1　消防隊員の推定エネルギー必要量の推定

推定エネルギー必要量（kcal/日）	背景（条件）	参考文献（概要）
3,050	男性30～49歳、身体活動レベル「高い（Ⅲ）」、日本人	食事摂取基準[1]
3,500	アスリート、日本人	アスリート向けの食事ガイド[2]
4,500	アスリート、日本人	アスリート向けの食事ガイド[2]
4,009 ± 611	男性10人、30.0 ± 2.8歳、BMI24.0 ± 1.9 kg/m^2、日本人	二重標識水法,対象:消防官（災害対応無し）[3]
4,878 ± 716	男性8人、24.5 ± 1.8歳、177 ± 7 cm、74.6 ± 6.4 kg、米国人	二重標識水法,対象:消防官（林野災害対応有り）[4]
3,628	男性1人、32歳、BMI 26.7 kg/m^2、米国人	二重標識水法,対象:消防官（通常勤務体制下）[5]
2,195 ± 699	男性9名、女性2名、平均体重86 ± 9 kg、平均身長183 ± 8 cm、米国人	食事調査,対象:消防官（通常勤務体制下）[6]
2,600	男性、日本人	食事調査,対象:消防官（通常勤務体制下）[7]

2.2.2.　活動食に含まれるべき栄養素の種類と基準量とその理由（表 2）

活動食に含まれるべき栄養素の内容は、日本人の食事摂取基準を基本として、①災害対応に伴って生ずる各種の身体的負荷への対応、②速やかな疲労回復、③体調維持等の隊員の疲労管理を主眼として、スポーツ栄養学的観点から強化すべきであると考えられる栄養素を調整する方法が、合理的であると考えられる。各栄養素の目標量については、アスリートのための栄養・食事ガイド[2]を参考とし、活動食に含まれるべき栄養素基準を表 2 に示した。

2.2.3.　東日本大震災での活動に対する質問紙およびヒアリング調査

2.2.3.1　緊急消防援助隊として現地で活動した消防隊員の特性（表 3）

派遣場所を 6 か所に分類し、派遣期間および主な部隊について示した。全体の平均派遣期間は 3.8 日であり、一般的に災害急性期といわれる 72 時間（3 日間）よりも長かった。

表２　活動食に含まれるべき栄養素の種別と基準量

優先順位	理由	種別	消防隊員向けの活動食の目標値	【参考】アスリートの栄養・食事ガイド[2)※1]		【参考】日本人の食事摂取基準（2015年度版）[1)] 男性30～49歳身体活動レベル高い（Ⅲ）					【参考】国民健康栄養調査[8)]
				目標量	目標量	推定平均必要量	推奨量	目安量	耐容上限量	目標量	30～39歳男性摂取量
		身長(cm)	—	—	—	170.5					170.8
		体重(kg)	70	—	—	68.5					68.3
1	ア	エネルギー量(kcal)	4000※2	3,500	4,500	3,050					2,164
2	イ	炭水化物(g)	600（60%）	500（58%）	640（57%）					(50～65%)	292.6
3		たんぱく質(g)	130（13%）	130（15%）	150（13%）	50	60				76.8
—		脂質(g)	120（27%）	105（27%）	150（30%）					(20～30%)	65.2
4	ウ	ビタミンA(μg/RE)	950	900	1,000	650	900		2,700		553
	エ	ビタミンB1(mg)	2.4～3.2	2.1～2.8	2.7～3.6	1.2	1.4				0.95
		ビタミンB2(mg)	2.4～3.2	2.1～2.8	2.7～3.6	1.3	1.6				1.12
	ウ	ビタミンC(mg)	100～200	100～200	100～200	85	100				70
5	オ	カルシウム(mg)	650	1,000～1,200	1,000～1,500	550	650		2,300		454
	オ	鉄(mg)	7.5	10～15	15～20	6.5	7.5		55		7.8
	カ	食物繊維(g)	20g以上	28～35	36～45					20g以上	13.5
	キ	ナトリウム（食塩相当量g）	食塩8.0g未満	—	—	食塩1.5g				食塩8.0g未満	食塩10.7g
	ク	カリウム(mg)	3,000/3,500	—	—			2,500		3,000以上	2,119

※1　1日の運動時間や体格、競技特性の違いや期分けの違いで、必要となるエネルギー量が異なるため、消防隊員向けの目標値に近い2つのパターンを載せた。

※2　大規模災害発生時には、高強度・長時間の活動も予想されることから、日本人の食事摂取基準の示す推定エネルギー必要量3,050 kcalⅡは消防隊員の活動に対して過小評価する可能性が高く、状況により１日あたり4,000 kcalを超えるエネルギー消費に至ることも十分に有り得ることが推測される。そのため、活動食と補給食を合計した4,000 kcalを1日に摂取するエネルギー必要量の基準と決めた

ア．エネルギー量については、活動に必要なエネルギーを摂取することを最優先とした。

イ．エネルギー比率をたんぱく質13%、脂質27%、炭水化物60%とした理由として、本来であればたんぱく質のエネルギー比率を15%としたいところではあるが、体重70 kgとして場合、計算上たんぱく質が体重1 kg当たり2.1 gと過剰摂取になるため、炭水化物のエネルギー比率を60%に固定し、たんぱく質は体重1 kgあたり1.9 gの摂取でエネルギー比率13%、それに伴い脂質を27%と設定した。

ウ．ビタミンAとCについては、身体活動、また過度なストレスによって生じる活性酸素の除去に有効なため、アスリートの1日の目標値程度とした。

エ．ビタミンB1とB2については、エネルギーを生み出す経路において必要不可欠な補酵素であるため、アスリートの1日の目標値程度とした。

オ．カルシウムと鉄については、短期間であるため、1日の推奨量程度とした。

カ．食物繊維については、通常生活下での食物繊維の摂取量（13.5 g）が1日の目標量（20 g以上）を下回っており、トイレ環境の整っていない可能性も考え目標量程度とした。

キ．ナトリウム（食塩）については、1日の目標量程度とするが、生存率が低下する3日（災害急性期）～5日程度かつ食べ易さ（おいしさ）を優先するため、この値を上回る摂取も許容することとした。

ク．カリウムについては、食塩の摂取量が多くなることが予想され、高血圧予防の観点から3,500（3,000）mg/日とした。

表３　派遣場所と派遣期間、主な派遣部隊

派遣場所	（%）	派遣平均期間（日）	主な派遣部隊
気仙沼市	74	4.1	消火部隊、救助部隊
福島第一原発	13	2.3	後方支援隊、特殊装備部隊、特殊災害部隊
福島県本宮市	8	4.7	救急部隊、都指揮隊
市原市	2	1.2	消火部隊、水上部隊
陸前高田市	1	4.5	指揮支援隊、航空部隊
その他	2	2.8	ー
全体(平均±標準偏差)		3.8±1.6	ー

2.2.3.2.　派遣期間中の体調不良の症状（図 1）

体調不良を 17 種別に分類した。その結果、約半数の消防隊員が何らかの体調不良を生じ、その中で便秘の割合が最も高いことが明らかとなった。

2.2.3.3.　自由記述項目のテキストマイニングによる分析集計から得られた結果

食事と飲み物に関する質問に対しては、自由記述による回答を得た。これをテキストマイニングの手法[9)]で分析し、①単語の出現頻度の集計、②単語同士の関連の強さを共起ネットワーク図として示し、全体の傾向を把握した。

ア　提供された中で良かった食べ物等（図 2）

「カレー」、「カップラーメン」、「レトルトご飯」などが大きく示されており、「温かい」「食べ物」と関連が見られることから、寒い時期であったために体の温まる温かい食べ物や、「ホットコーヒー」などの温かい飲み物が好まれていたと解釈できる。また「魚肉ソーセージ」や「魚」「サバ」の「缶詰」、「野菜ジュース」、「栄養バランス食品」、「栄養ドリンク」、「ゼリー」などが大きく示されており、これらはタンパク質や食物繊維、ビタミン、ミネラルを多く含む食品である調管理を期待できる食品が好まれていたと解釈できる。

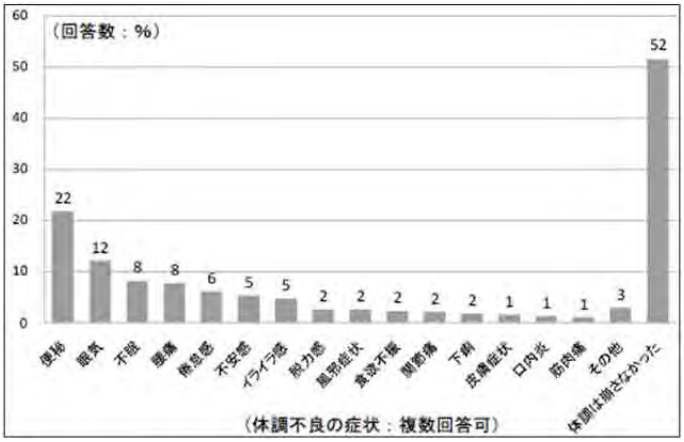


図 1　派遣場所と派遣期間中の体調不良の内訳

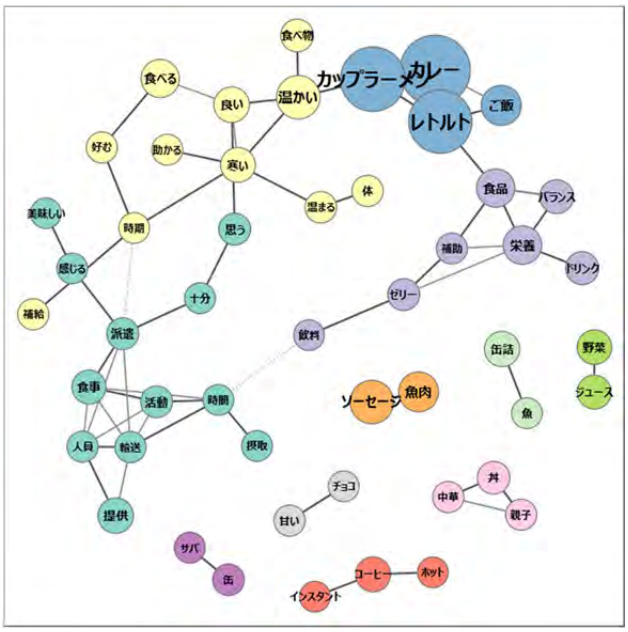


図 2　提供された中で良かった（好んで食べた、食べ続けられた）もの（共起ネットワーク図）

イ　提供された中で良くなかった食べ物等（図3）

「甘い」「菓子パン」「パン」や「カップラーメン」が大きく示されており、これらの食品が好まれていなかったと解釈できる。前項では肯定的に示されていた「カップラーメン」「レトルト」などの各食品が、「種類」「少ない」「飽きる」と関連していることから、提供される食品の種類の少なさは飽きに繋がり、同じ食品でも否定的な意見に変容すると解釈できる。

ウ　あった方が良いもの、持参して良かった食品等（図4）

各自で自由に使用できる「ペットボトル」入りの「飲料」「水」や「茶」、補給食として手軽に摂取できる「チョコレート」「飴」「ガム」などが派遣先で特に重宝したと解釈できる。また、暖をとるための「温かい」「食べ物」「飲み物」や、「ビタミン」「不足」に対して「野菜」「ジュース」や「果物」、あるいは「サプリメント」などが求められていたと解釈できる。

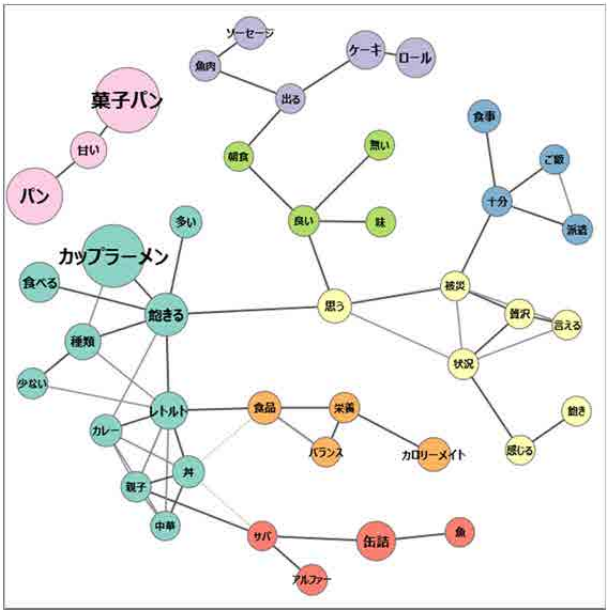


図3　提供された中で良くなかった（食べなかった、すぐ飽きた）もの（共起ネットワーク図）

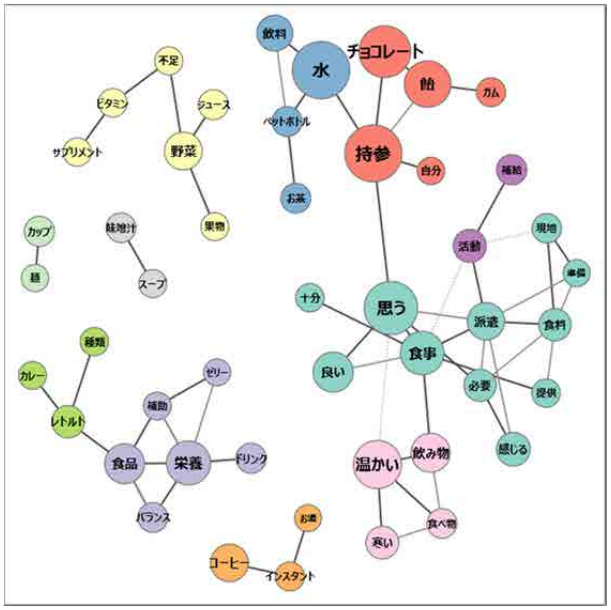


図4　食事・飲み物について、あった方が良いもの、自分で持参してよかったもの（共起ネットワーク図）

2.2.3.4.　活動食に求められる機能的な要件（表 4）

消防隊員が大規模災害時に、ライフライン等の途絶する状況下で摂取する活動食について、エネルギー量や含まれる栄養素などの栄養学的な領域以外で、備えるべきと考えられる要件をアンケート結果等から、表 4 に掲げた。

表 4　活動食に求められる機能的な要件と理由

求められる要件	必要な理由	具体的な方法
①温かい食事であること。	体温の低下を防ぎ、消化を効率的にする。また、メンタル面でも癒しの効果が期待できる。	個別加熱／集合加熱による食事の提供。
②主食として、ご飯食が中心であること。	主食として、菓子パンやカップ麺が中心の状況に対して、ご飯食を望む意見が多かったことから。	ご飯食が中心のメニューを取り入れる。
③メニューが単調でないこと。	栄養バランの偏りを防ぐ。また、同じ食品の連食による食欲や意欲、活力の低下を防ぐ。	同一メニューが一定期間に重複しないようメニューの種類を増やす。（目標は 9 種以上）
④各自で自由に使える水が十分にあること。	飲料水としての他、洗顔や歯磨き、身体の衛生を維持するために必要。コンタクトレンズの洗浄等にも。	ライフラインの途絶に対応できるよう、十分な量の水の備蓄。夏季には熱中症予防の観点から、さらに多くの量が必要。
⑤活動の合間の休憩中などに簡便に摂取でき、その後の活動に効果的な補給食があること。	活動中の血糖値の極端な低下を防ぐことにより、疲労発現の遅延（パフォーマンスの維持）や集中力の低下を防ぐため。	必要に応じて手軽にエネルギーを補給でき、また血糖値を長時間維持しやすい糖質（デンプンやデキストリン）を含む補給食。
⑥1 食分ずつ完結した内容で個別包装されていること。	備蓄、配給等の管理運用が容易であり、過不足が生じにくい。個別包装することにより、必要な時に、必要な人が、必要なだけ、時間や場所を選ばずに摂取できる。	予め、1 食分ずつ個別包装された状態で備蓄する。
⑦摂取するタイミングに配意されていること。	栄養学的に効果的なタイミングで食事を摂取することにより、疲労した身体の効率的な回復が見込まれ、長期間にわたる災害対応における疲労の蓄積を防ぐことができる。	活動後、できるだけ早いタイミング（直後～３０分以内）で、タンパク質+糖質の両者を含む食事の摂取で、筋タンパク質とグリコーゲンの合成（疲労回復）を促進することができる。
⑧衛生的に摂取できること。	瓦礫作業等で身体が汚れた状態で食事をすることもありうるため。また、集団生活の中で、食中毒や感染症を予防するため。	手拭ナプキン、箸、スプーン等の同梱。素手で食べなくて済むような食品やパッケージの選択。
⑨発生する残飯やゴミの廃棄方法について配慮されていること。	カップ麺の残り汁の処分に苦労したとの意見あり。残飯や使用済み食器、パッケージ等の腐敗や異臭による活動環境悪化、ゴミの増加を防ぐため。	個人毎に食事の量が調整できるようなパッケージの工夫。余り汁が出ないようなメニューの工夫。廃棄の際に、重ねてコンパクトになるようなパッケージの工夫。

2.3.　考察

「活動食」および「補給食」が備えるべき栄養条件、食形態等の必要要件を文献、消防隊員への質問紙・ヒアリング調査から検討した結果、大規模災害時には高強度・長時間の活動も予想され、状況によっては、1 日あたり 4,000kcal を超えるエネルギーの消費に至ることも十分に推測されることから、大規模災害時の 1 日あたりの推定エネルギー必要量として 4,000kcal を基準とした。しかし、従事する作業内容によって活動量に幅があることが推察され、当面の目標値として、3,000 から 4,000 kcal 程度と幅を持たせる必要性も考えられる。摂取エネルギーの過不足が生理的側面に及ぼす影響として、運動や肉体労働などの身体のエネルギー代謝が活発に行われた結果生ずるエネルギー源の枯渇は、疲労の主たる原因であると知られている[10)]。災害現場で活躍する消防隊員にとって、疲労による集中力やコンディション低下は、深刻な不測の事故に繋がる可能性を高めることから、摂取エネルギー不足に起因する疲労は避けなければならない。一方で、摂取エネルギーの過剰により生ずる肥満等の健康上の問題は、出現までに数か月を要すると言われており、大規模災害時に活動食を摂取する期間として想定される数日～数週間（質問紙調査の結果では 3.8 ± 1.6 日（平均 ± 標準偏差））については、摂取エネルギー量が過多になる場合があったとしても、直ちに健康被害が生じる可能性は小さく、不足を起こす心配が少ないエネルギー必要量を設定することは、許容されうると考える。以上の結果を表 5 にまとめた。

活動食の主な対象期間は、発災直後の人命救助活動や物資調達の困難さが予想される 72 時間（3 日間）であると考えられる。総務省消防庁からは、各消防本部は 72 時間以上活動可能な食糧、飲料水を準備すること[11)]が示されている。一方で、東日本大震災の緊急援助隊の派遣期間は平均 3.8 日、最も派遣部隊が多かった気仙沼市への派遣では、平均 4.1 日という結果であった。派遣部隊でこの

ような結果だったことを考えると、発災地域の消防本部は、より長期対応の必要性が考えられる。これらのことから災害に備えた活動食を必要とする日数に関しては、最低でも 3 日分が必要であると考えられる。

大規模災害発生時に、活動に従事する消防隊員が摂取する活動食は、災害の規模、社会的混乱、ライフラインの途絶の程度、季節等の環境に左右されることなく、確実に摂取できることが重要である。またその活動食の内容は、過酷な状況の中で災害活動に従事し、派遣期間体調を崩すことなく、継続的に消防隊員が力を発揮するのに十分なエネルギー量や栄養素を含む必要がある。これらは、大規模災害発生時に一般市民が命を繋ぎ止める目的で摂取する非常食に求められる要件とは大きく異なり、その形態や付随する機能も特殊である。これらを踏まえると、大規模災害に従事する消防隊員が摂取する活動食のあるべき姿とは、「ライフライン等が途絶した状況において、災害対応する消防隊員の疲労管理に配慮された内容で、備蓄や配給が効率的に行える形態の食事」といえる。

表 5　活動食と補給食に求められる要件や機能と理由

優先順位	求められる要件や機能	必要な理由
1	必要エネルギー量を満たすこと	隊員の体調、士気を維持するため
2	温かいご飯を中心とした炭水化物を摂取すること	体温の低下を防ぎ、消化を効率的にする。 エネルギーの基となるため
3	ビタミン類を摂取すること	長期間にわたりコンディションを維持するため 疲労回復を図るため
4	メニューが単調ではないこと	栄養バランスの偏りを防ぎ、隊員の食欲や意欲、 活力の低下を防ぐため
5	活動の合間に摂取できる手軽な補給食があること	活動中の血糖値の急激な低下を防ぐことで、 パフォーマンスや集中力を維持するため
6	1食分ずつ個別包装されていること	管理運用が容易であり、必要なときに必要な人が 必要なだけ、時間や場所を選ばずに摂取できるため
7	衛生的に摂取できること	手袋等を外さなくても食べることが可能だと摂取しやすいため 集団生活の中で食中毒や感染症を予防するため
8	ゴミの廃棄方法が容易なこと	残飯や使用済みの食器等の腐敗や異臭による 活動環境悪化、ゴミの増加を防ぐため

2.4.　要約

先行研究や類似研究を参考に、活動中の消防隊員のコンディション維持と能力発揮に望ましい摂取エネルギー量について検討した結果、1 日約 4,000 kcal と推定された。また、活動食が有するべき望ましい条件として、飽きのこない温かい米飯中心のメニュー、補給食としては、携帯性に優れ、各自で自由に摂取できる手軽な食品や飲料が望まれることが明らかとなった。

3.　研究課題Ⅱ　警察・自衛隊と比較して考える消防本部の備蓄内容の現状調査

災害活動隊の実態調査として、消防本部の備蓄食の状況を把握するとともに、類似の保安職業従事者である警察本部、自衛隊の実態も併せて把握し、緊急事態に備えた活動食備蓄の現状を明らかにすることを目的とした。さらに、今後の方策について検討した。

3.1.　方法

3.1.1.　災害時活動する保安職業従事者の活動食備蓄の現状調査

3.1.1.1.　消防本部

全国の 9 か所の消防本部に対して、平成 25 年に第一回、平成 28 年に第二回として質問紙調査を実施した。調査は質問紙を電子メールにより送付し、すべての本部から回答を得た。

3.1.1.2.　警察本部

8 か所の警察本部に対して、平成 28 年 8 月に質

問紙またはヒアリング調査を実施した。質問紙調査協力に関する依頼文を送付し、75%（8 警察本部中 6 警察本部）から回答を得た。

3.1.1.3.　自衛隊

平成 24 年 7 月に関東圏の陸上自衛隊に 2 回、平成 28 年 8 月に防衛省陸上幕僚監部に対し 1 回ヒアリング調査を実施した。ヒアリング内容は、陸上自衛隊のホームページに公開されており、陸上自衛隊仕様書情報等に記載されていること[12]の確認および、①戦闘糧食の位置づけ、②戦闘糧食のメニューや選定方法、③陸上自衛隊の“食”に関する基本方針、とした。

3.1.2.　消防本部の備蓄内容を充実させた場合の費用および重量に関する検討

災害活動隊員のための活動食に含まれるべき栄養素の要件を満たす、1 日あたり約 4,000 kcal の 3 日間分のメニュー例を、賞味期限等は考慮せず作成した。備蓄や運搬面において重量を、費用面として価格を検討するために、この 1 日当たりの平均重量および平均購入価格を算出した。

3.2.　結果

3.2.1.　災害時活動する保安職業従事者の活動食

備蓄の現状調査

3.2.1.1.　消防本部（表 6）

9 か所の消防本部のうち、4 本部が 1 人あたり 9 食分備蓄しており、1 本部が 1 人あたり 3 食分備蓄していた。避難者向けの備蓄優先、または食品会社との提携という理由等で、4 本部は備蓄していないという現状であった。主食としてはアルファ化米などを、副食系としては缶詰などを備蓄しており、必要エネルギー量等の具体的な選定基準を設けている消防本部は 2 本部のみで、品目は定めてあるが、詳細な基準がない消防本部も存在した。A 消防本部の備蓄内容について、3 日間分のメニューの平均重量および平均購入価格を計算したところ、1 日当たり重量は 1,700g、金額は 2,100 円となった。また、自由記述では、「備蓄に関しては市民への物資提供を優先して行っている。」「備蓄内容の変更を継続して検討している。」「備蓄内容を変更していないが、備蓄内容の変更を継続して検討しており、外部機関と震災時の備蓄食について研究等を行っていきたい。」などの記述がみられた。

表 6　消防本部の備蓄食の現状（調査対象消防本部は A～I と記載した）

	消防本部	A	B	C	D	E	F	G	H	I
備蓄内容（1日分）	アルファ化米	3種類	○	7種類	○					
	乾パン	○								
	備蓄用パン			2種類						
	缶詰	3種類								
	クラッカー				○				○	
	市販の非常食セット			○					○	
	補食			3種類						
	飲料水	○		○	○				○	
備蓄食	食数	9食分	9食分	9食分	9食分	0食分	0食分	0食分	3食分	0食分
	備蓄選定基準	2,617kcal／日	容易に食べられる	2,400kcal／日	非常用食糧等管理要領に品目を定めているが、詳細な基準はなし			簡単に持ち運べ、調理がしやすい、あるいは調理なしでも食べられることを重視	長期保存（25年）できる食品を選定	

3.2.1.2.　警察本部（表 7）

6 か所の警察本部のうち、1 人あたり 15 食分備蓄している本部が 1 本部、その他 5 本部は 1 人あたり 9 食分備蓄していた。備蓄内容に関しては、主食としてはアルファ化米などを、副食系としては缶詰などを備蓄しており、内部規定等で基準量を決めていると回答した警察本部は 3 本部あったが、根拠や基準がないと回答した警察本部も 3 本部あった。飲料水は全ての警察本部で備蓄しており、この点が消防本部と異なる結果となった。

表 7　警察本部の備蓄食の現状（調査対象警察本部は J～O と記載した）

	警察本部	J	K	L	M	N	O
	備蓄の目的	災害応急活動に従事する警察職員用の食糧の備蓄を行う	災害対策等の業務に従事する警察職員に配分するため	災害時や緊急時に備え、管轄内の警察活動に従事するため、警察職員用として整備	震災、風水害、津波災害等の自然災害及び原子力災害等の発生に対して、迅速かつ的確な警備対策を実施するため	県内で発生した大規模災害時にライフライン等が途絶しても一定期間、災害警備活動に従事する警察職員が摂取できる必要最低限度の食糧や飲料水を備蓄	県警職員が大規模災害発生後、本部、警察署、県内被災地域において各種災害応急対策業務を継続的に従事することを想定
備蓄内容（1日分）	アルファ化米	○		2種類	○	○	○
	乾パン			○			
	ソフトパン				○		
	缶詰					○	
	市販の非常食セット		○				
	補食	○					
	飲料水	2L	2L	3L	○	○	○
備蓄食	食数	9食分	9食分	15食分	9食分	9食分	9食分
	備蓄選定基準	・アルファ化米はおかずがなくても食べられるように、炊き込みご飯を備蓄している ・予算範囲の中で、おかずとして何を購入すればいいか毎年試行錯誤している	内部規定を定めている	内部規定により、基準備蓄量を決めている	災害警備計画で定めている	・必要最低限数の1人3日分を基準に整備を推進 ・基準や指針等の根拠規定はない	地域防災計画（3日分以上の食料・飲料水等の備蓄）を指針としている

3.2.1.3.　自衛隊（表 8、9）

陸上自衛隊において、活動食に該当するものは、戦闘糧食（レーション）と呼ばれるものである。以前は防衛省として、1 日の目標摂取エネルギー量を一律 3,300 kcal（昭和 46～47 年策定）としていたが、平成 9～11 年に二重標識水法を用いて 1 日の消費エネルギー量を推定し、現在は 3,200 kcal に統一して戦闘糧食を作成している。予算は 1 人 1 日当たり 850 円（1 食 330～700 円であるが、調達する数量等を調整して、全体としては予算内で運用）、栄養素については日本人の食事摂取基準に準じ、防衛省内の管理栄養士等により調整が加えられた独自基準を設定している。また、メニューは、5 年に一度見直しを行っている。

戦闘糧食はⅠ型とⅡ型に分かれ、缶詰とレトルトタイプで構成されている。以前は耐衝撃性能に優れ、外装等の不良品発生頻度が少なくコストパフォーマンスが良い缶詰（8 種類）が中心だったが、冷たいものは隊員の士気を下げるため望ましくないことや、東日本大震災の際に食べ終えたあとの処理方法が問題となったこと、レトルトに比べて重くかさばることがきっかけとなり、現在は缶詰タイプをなくす方向で動いている。レトルトタイプの非常食は 2 種類（戦闘糧食Ⅰ型、非常用糧食、軽包装型、賞味期限 3 年（表 8）と戦闘糧食Ⅱ型、賞味期限 1 年（表 9））あり、白飯 2 パックと副食 2 種類、先割れスプーンが 1 セットになっている。戦闘糧食の各メニューは 1 食約 1,000 kcal であり、仕様書で細かく規定されている [12)]。

災害派遣の際には、間食に相当するものとして「増加食」が用意されている。予算は 1 日 403 円であり、クッキーやビスケット、煎餅、インスタントラーメン、パックゼリー、栄養補助スナックなどが提供されるが、自衛隊用に開発された食品ではない。戦闘糧食は 4 日目までを目標に運用することになっているが、人命救助等の活動状況や後方支援体制の状況により、1 週間～1 か月程度、戦闘糧食を食べて過ごすこともあるため、栄養バランスには十分配慮されたものとなっている。

表８　戦闘糧食Ⅰ型（軽包装型）メニュー20種類

献立名		主食		副食
1	鮭味付け	五目飯	カニチャーハン	鮭味付
2	さんまピリカラ	白飯×2		さんまピリカラ、丸かじりチキン、ふりかけ
3	筑前煮	白飯	五目飯	筑前煮
4	大型乾パン	大型乾パン		フランクフルト、ツナサラダ
5	かつおカレー煮	白飯	五目飯	かつおカレー煮
6	さばトマト煮	白飯	五目チャーハン	さばトマト煮
7	タコライス	白飯	山菜飯	タコライス
8	やきとり	白飯	山菜飯	やきとり
9	鶏肉と大豆煮	白飯	山菜飯	鶏肉と大豆煮
10	スタミナ丼	白飯	ドライカレー	スタミナ丼
11	鶏肉と里芋煮	白飯	山菜飯	鶏肉と里芋煮
12	すき焼きハンバーグ	白飯×2		すき焼きハンバーグ
13	鶏肉とひじき煮	白飯	山菜飯	鶏肉とひじき煮
14	かも肉じゃが	白飯×2		かも肉じゃが、さば生姜煮
15	煮込みハンバーグ	白飯	ドライカレー	煮込みハンバーグ
16	ポークカレー	白飯	五目チャーハン	ポークカレー
17	ポーク・ローストチキン	白飯	ドライカレー	ポーク・ローストチキン
18	フランクフルト	白飯	五目飯	フランクフルト、ツナサラダ
19	麻婆豆腐	白飯	カニチャーハン	麻婆豆腐
20	豚肉しょうが焼き	白飯	五目チャーハン	豚肉しょうが焼き

表９　戦闘糧食Ⅱ型（軽包装型）メニュー21種類

献立名			主食		副食	熱量(kcal)
1	和食	いわし野菜煮	白飯×2		いわし野菜煮	1,002
2		さば味噌煮	白飯	山菜飯	さば味噌煮	1,026
3		さんま蒲焼	白飯×2		さんま蒲焼、海苔	1,190
4		さんまピリカラ煮	白飯×2		さんまピリカラ煮、コーンスープ	1,060
5	洋食	かつおカレー煮	白飯	五目飯	かつおカレー煮	1,061
6		さばトマト煮	白飯	ドライカレー	さばトマト煮	1,066
7		ウィンナーソーセージ	小型乾パン		ウィンナーソーセージ、ツナサラダ	1,116
8	和食	肉団子	白飯	五目チャーハン	肉団子	1,100
9		やきとり	白飯	五目飯	やきとり	1,038
10		かも肉じゃが	白飯×2		かも肉じゃが、さばしょうが煮	1,040
11		とり野菜煮	白飯×2		とり野菜煮、炭焼きチキン	1,040
12	洋食	ポークソーセージステーキ	白飯	山菜飯	ポークソーセージステーキ	1,085
13		ビーフシチュー	白飯×2		ビーフシチュー、海苔	964
14		ウィンナーカレー	白飯×2		ウィンナーカレー、炭焼きチキン	1,170
15		チキントマト煮	白飯×2		チキントマト煮、コーンスープ	1,040
16		ハヤシハンバーグ	白飯×2		ハヤシハンバーグ、あぶり焼きチキン	1,100
17	中華	野菜麻婆	白飯	ドライカレー	野菜麻婆	936
18		豚甘辛煮	白飯×2		豚甘辛煮	1,002
19		豚しょうが焼き	白飯×2		豚しょうが焼き	1,036
20		豚角煮	白飯×2		豚角煮、海苔	1,185
21		中華風カルビ	白飯	赤飯	中華風カルビ、ウィンナー	1,140

3.2.2.　消防本部の備蓄内容を充実させた場合の費用および重量に関する検討（表10）

災害派遣現場においては、後方支援隊によって食糧等の確保が行われるが、各消防隊員は、必要な携行品（個人の必要とする食品を含む）は各個人で持ち運ぶことが原則となっており、発災直後の迅速な出場下においては、後方支援隊の確保・整備の進捗状況により、各個人の携行品の重要性が高まることが考えられる。消防本部の備蓄内容を充実させた場合の“費用”および、携帯性や備蓄性に影響する“重量”について検討するため、食べやすく入手が容易、備蓄可能な食品の組み合わせで、かつ飽きのこないメニューとなるように工夫し、研究課題Ⅰで推察された活動食の要件を満たす約4,000 kcalの活動食メニュー3日間分を作成した。その結果1日当たりの平均重量は3,200g、

平均購入金額は 6,000 円となり、A 消防本部（重量は 1,700g、金額は 2,100 円）と比較した場合、現在の備蓄食（約 2,700 kcal）と比べて、重量は約 2 倍、予算は約 3 倍という結果となった。

表 10　既存レトルト食品を組み合わせた 3 日分のメニュー例

	1日目	2日目	3日目
朝食	アルファ化米×２	アルファ化米×２	アルファ化米×２
	魚（缶詰）	魚（缶詰）	魚（缶詰）
	副菜（缶詰）※1	副菜（缶詰）※1	副菜（缶詰）※2
	味噌汁（レトルト）	味噌汁（レトルト）	味噌汁（レトルト）
	野菜ジュース	野菜ジュース	野菜ジュース
補食	羊羹	羊羹	羊羹
昼食	アルファ化米×２	アルファ化米×２	アルファ化米×２
	カレー（レトルト）	牛丼（レトルト）	親子丼（レトルト）
	副菜（缶詰）※2	副菜（缶詰）※2	肉（レトルト）
	スープ（レトルト）	スープ（レトルト）	スープ（レトルト）
	野菜ジュース	野菜ジュース	野菜ジュース
補食	魚肉ソーセージ	魚肉ソーセージ	魚肉ソーセージ
	パックゼリー	パックゼリー	パックゼリー
夕食	アルファ化米×２	アルファ化米×２	アルファ化米×２
	肉（レトルト）	ビーフシチュー（レトルト）	魚（缶詰）
	副菜（缶詰）※3	肉（レトルト）	肉（レトルト）
	味噌汁（レトルト）	副菜（缶詰）※4	味噌汁（レトルト）
	野菜ジュース	野菜ジュース	野菜ジュース
	ゼリー	ゼリー	ゼリー

※1．根菜類
※2．魚＋根菜類
※3．貝＋根菜類
※4．豆＋海藻類

3.3.　考察

大規模災害時に最前線で活動する消防・警察本部および自衛隊の備蓄食の現状について、質問紙・ヒアリング調査を行った。その結果、多くの本部が、必要なエネルギー量や栄養素等には着目せず、予算状況に応じて食の備蓄を行っており、統一した基準や指針がないため、備蓄内容について試行錯誤を繰り返している現状も明らかとなった。研究課題 I により、活動食の推定エネルギー必要量として、3,000 から 4,000 kcal 程度に設定するのが妥当と考えると、エネルギー量を基準とする消防本部についても 1,000 kcal 程度の不足が考えられる。その他、容易に食べられるか否かを基準に挙げている本部もあったが、基準はないとの回答が大多数を占めた。つまり、食べやすさや栄養素等に配慮した食品ではなく、保存性とコストパフォーマンスの良いアルファ化米や乾パンが主流となっていることが読み取れる。

また消防・警察本部の備蓄は、発災場所を問わず災害時に使用できるものではなく、各自治体が自治内で発生した災害応急活動や災害活動のための予算で支出しているため、管轄外の被災地へ応援部隊として派遣される場合には、容易に運用できないとの回答もあった（管轄内で備蓄しているものを持ち出す場合は、後日購入して補填するとの回答もあり）。よって、活動食備蓄を充実させることも必要であるが、いつでも場所を問わず、低予算で高エネルギー摂取を可能とするものが入手できるようになることが望ましいとも考えられる。

既存食品の組み合わせによる検討では、価格は現在よりも約3倍高く、重量は約2倍重くなった。携帯性や保管場所を考えるとコンパクトで軽量が望まれ、さらに予算内で必要人数分の備蓄を行うためには、低コストが望まれる。陸上自衛隊の戦闘糧食については、食は基本という考え方から、60 年以上も前から検討を重ねて作られている。このような栄養素等に配慮され、かつ比較的低価格（自衛隊の購入価格は、大量発注による影響も考

えられる。）の食品を応用し、消防・警察本部での活用を検討する必要性が考えられた。しかし、活動内容による使用目的や必要とされる組織形態等が異なるため、独自の仕様を検討する必要性も考えられた。生活習慣病予防の観点などからの、低カロリー志向の世の中の流れと逆行するが、今後、低予算で高エネルギー摂取を可能とする商品開発の必要性も考えられる。

3.4　要約

消防・警察本部は、災害現場で必要とされるエネルギー量を満たした食を備蓄しているとは言い難い状況にあった。今後は、災害現場で活動する隊員のための活動食備蓄が必要である。

4.　総括および今後の方策

4.1.　“活動食”備蓄への意識の転換

本調査により、活動食に必要な要件および活動食備蓄の現状が明らかになった。現状の備蓄では、大規模災害が発生し、ライフライン・流通等が停止した状態で長期活動を余儀なくされた場合、災害活動隊が必要とするエネルギー量や栄養素量を満たしていない。「減災調査 2016」の結果によると、各家庭で非常食を備えていない割合は 24%、残りの 76%の人が水と食料の両方または片方を備蓄していると答えている[13)]。一般家庭での備蓄意識の高まり、また要配慮者に対する食の問題への対応策の検討も進む[14)]現在、災害現場で危険と隣り合わせで困難に立ち向かう活動隊員の“食”について、ただ命を繋ぐことだけを目的とするのではなく、コンディションにも配慮した“活動食”となるよう、意識転換の必要性が考えられる。

4.2.　活動食備蓄に向けた明確な根拠の獲得

質問紙調査では、備蓄に関しては市民への物資提供が優先して検討しており、消防本部の備蓄については外部機関と研究等を行い、より明確な必要物資の検討を希望する本部があるなど、活動食の必要性を感じつつも、より明確な根拠や、活動食の要件のより明確な細分化が求められていることが分かった。今後、実際に災害活動に従事している隊員、または災害を想定した訓練での部隊種別や活動種別毎の活動量を測定し、消防活動における必要エネルギー量を推定することにより、災害時の様々な消防救助活動におけるより具体的な摂取エネルギー量の目標を立て、必要とされる活動食の具現化を進める必要性が考えられる。

4.3.　効果的な活動食および補給食改良・開発の必要性について

要件を満たす活動食を既存食品の組み合わせで検討した結果、重量・価格ともに実現の困難さが伺われた。しかし、いつ何時発生するかもしれない災害に備え、現状の早期改善を目指す必要が考えられる。関係機関の情報も取り入れながら、消防活動に即した仕様の作成や、安価で高カロリー等の新規商品開発への取り組みなどが必要であると考えられた。

参考文献

1）厚生労働省「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書（2015）：日本人の食事摂取基準［2015 年版］、第一出版、東京

2）（財）日本体育協会スポーツ医・科学専門委員会（2010）：アスリートのための栄養・食事ガイド、第一出版、東京

3）東野政貴、Rafamantanantsoa Hoby Hasina、海老根直之、彭雪英、吉武裕、田中宏暁、齊藤慎一（2003）：通常勤務体制下の消防官の二重標識水法による総エネルギー消費量測定、体力科学、52: pp.265‐274

4）Ruby BC, Shriver TC, Zderic TW, Sharkey BJ, Burks C, and Tysk S (2002): Total energy expenditure during arduous wildfire suppression. Med Sci Sports Exerc. 34: pp.1048-1054.

5）Livingstone MB, Prentice AM, Coward WA, Ceesay SM, Strain JJ, McKenna PG, Nevin GB, Barker ME, and Hickey RJ (1990): Simultaneous measurement of free-living energy expenditure by the doubly labeled water method and heart-rate monitoring. Am J Clin Nutr. 52: pp.59-65.

6）Cuddy JS, Slivka DR, Tucker TJ, Hailes WS, and Ruby BC (2011): Glycogen levels in wildland firefighters during wildfire suppression. Wilderness Environ Med. 22: pp.23-27.

7）三野正浩、麻見直美（2006）：交替勤務制消防官における食生活習慣の実態および体力との関係、消防技術安全所、43号：pp.192-196

8）厚生労働省（2013）、男性30～39歳の栄養素等摂取量、国民健康栄養調査

9）樋口耕一：KH Coder 2.xチュートリアル、2012

10）下村吉治（2010）：スポーツと健康の栄養学【第3版】、ナップ、東京

11）平成24年度緊急消防援助隊広域活動拠点に関する調査報告書、
http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h25/2504/250419_1houdou/02_houdoushiryou.pdf

12）陸上自衛隊　陸上自衛隊仕様書情報インターネット公開仕様書目録（糧食）
http://www.mod.go.jp/gsdf/chotatsu/document/ryoshoku.html　アクセス2016/10/31

13）株式会社ウェザーニュース　減災調査2016
https://jp.weathernews.com/wp-content/uploads/2016/04/20160310.pdf

14）上田由理佳、須藤紀子、笠岡（坪山）宜代、山田佳奈実、山村浩二、下浦佳之（2016）：災害時の栄養・食生活支援に対する自治体の準備状況に関する全国調査　―行政栄養士の関わり、炊き出し、災害時要配慮者支援について―、栄養学雑誌、74：pp.106-116

平成 29 年度消防防災科学技術賞　優秀賞　一般による消防防災科学に関する論文

感温性を有する新規消火剤の消火特性と物性

三生技研株式会社
真　隆志、菅原鉄治
日向市消防本部
松木嚴生
国立大学法人宮崎大学
塩盛弘一郎

1. 研究の背景

市町村の消防の広域化は、平成 6 年から消防庁が継続している取り組みであり、地域の消防体制の拡充を目指している。宮崎県の県北エリアにおける消防広域化は、平成 27 年 4 月に一部事務組合方式として高千穂町、五ヶ瀬町および日之影町が西臼杵広域行政事務消防本部として組織され、3 町の非常備が解消されたが、東臼杵エリアはいまだ消防本部や消防署が不在の非常備町村（以後、非常備町村と略す）を 4 町村抱えている [1]。非常備の理由として、東臼杵エリアは山で分断された地域であり、広域化のメリットが見出されないことと、地元の消防団及び役場の対応により消火活動が対応できるとの理由である。林野火災での活動を考えた場合、広域化を果たした西臼杵エリアにおいては地上消火活動の応援が得やすいが、東臼杵エリアは山間地域による分断と地上の消火活動の応援が得にくいと考えられる。とりわけ消火活動に携わる消防団員は、他の職業に就いており、初期消火活動に取りかかりにくい状況も察することができる。初期消火に空白時間があった場合は、思いがけず大規模な林野火災に発達する可能性を有しており、何らかの方法にて効率的な林野火災の消火の方策を講じる必要がある。

筆者らはこれまで、木造部材に耐火性を付与するため、感温性無機組成物を用いて研究開発 [2] を行ってきた。ISO834 の標準加熱温度曲線に準じた加熱環境にて、板状に加工した感温性組成物が、温度を感知して積層発泡することで、木造部材に 1 時間の耐火性能を付与できた。これは、形成する泡の形と大きさ、そして泡の耐熱性を向上させたことに由来する。しかしながら、開発した無機素材は板状加工に制約されるため、その優れた遮熱性能はシート状の建築部材に限られている。開発した無機素材の長所を持つ消火剤を創り出すことができれば、火災から家屋や森林資源などを守ることができると考えられる。そこで本研究では、ケイ酸化合物の消火剤への適用性および燃焼物に対する被覆状態を検討し、その消火能力を水を基準とした場合の倍数として表した。また、林野火災における残火処理の適用性と、本消火剤の環境影響評価についても検討した。これら実験結果から得られた事柄をまとめ、非常備町村における防災強化に関しても検討した。

2. 感温性無機組成物の耐火材から消火剤への開発

著者らが開発した感温性無機組成物 [2] を噴霧可能な状態にすれば、遮熱特性を持つ消火剤になると考え、液化実験を行った。写真 1 にケイ酸化合物を主成分とする消火剤を噴霧可能な粘度に調節し、飛び火クリブ（図 1）で消火実験を行った結果を示す。燃焼しているクリブに噴霧すると、感温性素材である本消火剤は、クリブ表面で脱水縮

合反応し、無機高分子となった。その高分子の形状は膜や泡であり、クリブ表面を固体の被覆物が覆うことで窒息作用を発現した。固体泡は、クリブの釘の頭の箇所や木タールのガスが強く吹き出している温度の高い箇所で形成しやすい傾向があり、固体膜は、温度の低い箇所で形成しやすい傾向があることが分かった。これらのことより、筆者らが開発した感温性無機組成物を噴霧可能な状態にすれば、消火剤を開発できることが分かった。

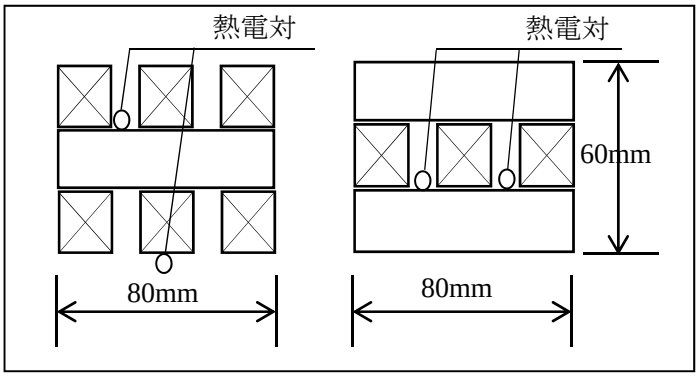


図１　消火実験で用いたクリブと熱電対設置箇所

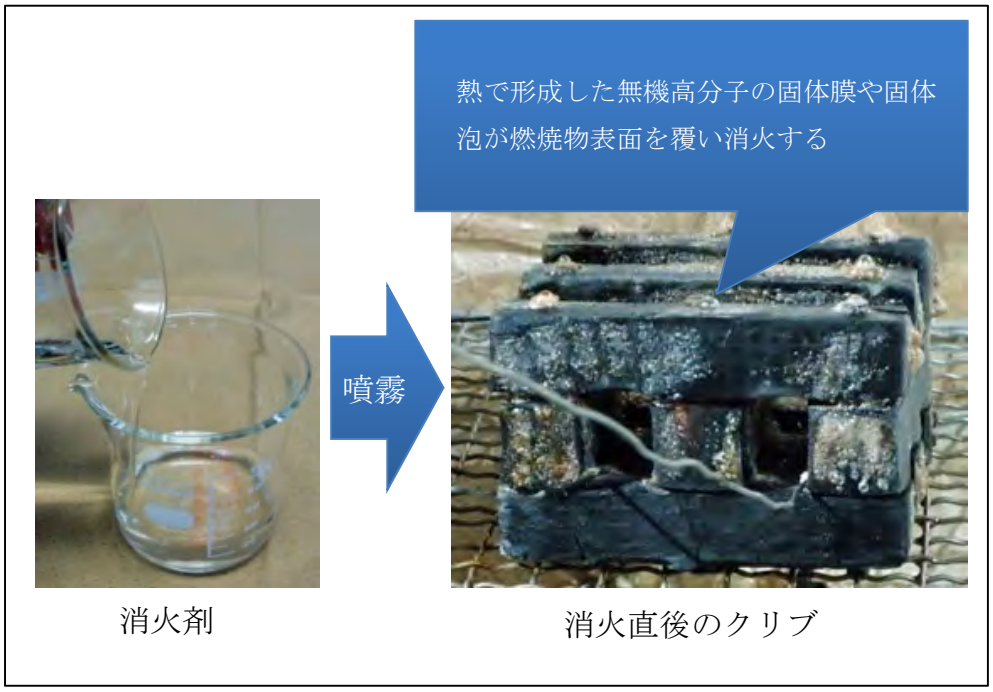


写真１　ケイ酸化合物を利用した消火剤と、消火剤を噴霧して消火した直後のクリブの様子

3.　燃焼物表面での無機高分子の形状制御

本消火剤を燃焼物に供給すると、熱による脱水縮合反応により無機高分子が生成するが、その高分子の形状制御は詳細に検討されていない。そこで、燃焼物の表面環境を模すために、電気炉を空気雰囲気下で 700℃に保持した。各粘度に調節した消火剤をスライドガラスに噴霧し、その直後に電気炉に投入して、泡の形成状態を観察した。実験結果を写真 2 に示す。全てのサンプルで発泡が確認され、攪拌装置がなくても、発泡できる感温性無機組成物の性質を有していることがわかる。消火剤の粘度の増加と共に発泡する嵩高さが増し、固体膜面積が狭くなっている。ここで固体膜とは、泡または未発達な泡が積層することなく、横に広

がった状態を指す。消火作用を考慮すれば、燃焼物の表面を無機高分子が効率的に覆えばよく、無駄に嵩高くなる必要はないと考えられる。そのため同体積の消火剤ならば、粘度が低ければ被覆面積が大きくなり、消火効率が良くなる。一方、粘度の高い消火剤が嵩高くなる現象は、一定温度以上で遮熱性が発現する延焼阻止剤としての可能性を有している。

以上のように、ケイ酸化合物を主成分とする本消火剤は感温性を有し、熱環境中で自発的に発泡することが出来る。さらには粘度を調節することによって、生成する固体膜や固体泡、および両方の混成物の形状が制御できることを明らかにした。

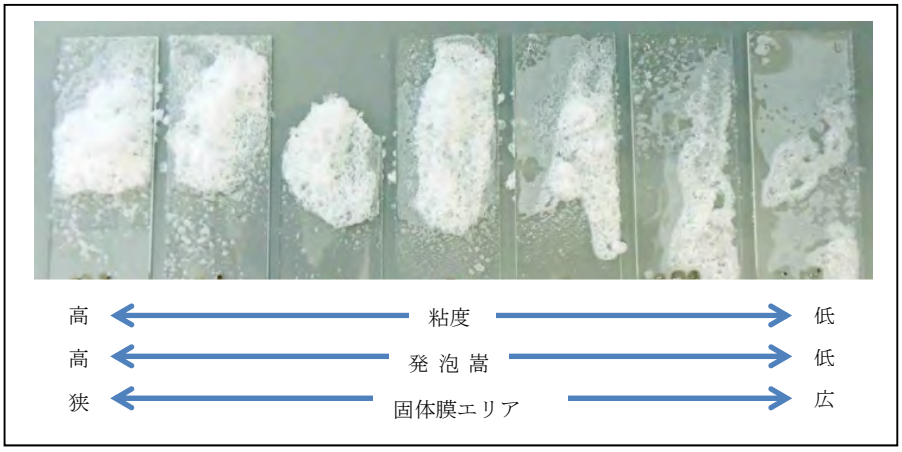


写真 2　700℃の電気炉に投入した任意粘度の消火剤の発泡状態の様子

4.　規格熱源を用いた消火実験

国際規格に準ずる飛び火クリブ（図 1）を用いて、消火実験を行った。消火実験の装置および用具の配置図を図 2 に示す。含水率を予め 10%以下に調節したクリブをガスコンロにて着火し、約 2 分間燃焼させた。燃焼中のクリブを消火実験箇所に移動させ、K 型熱電対を燃焼中のクリブに設置した。燃焼熱を熱電対が捉えたことを確認した後、クリブの燃焼速度を約 1 分間測定した。その後、燃焼しているクリブに調製した消火剤を噴霧した。なお、消火剤の粘度は、噴霧可能な粘度であることを事前に確認している。消火実験は動画記録し、この時の消火状況、温度変化および使用した消火剤量データを記録した。下記する消火効果 [3] は、高橋の頂部注水法における理論消火式 [4~7] を変形して算出した。

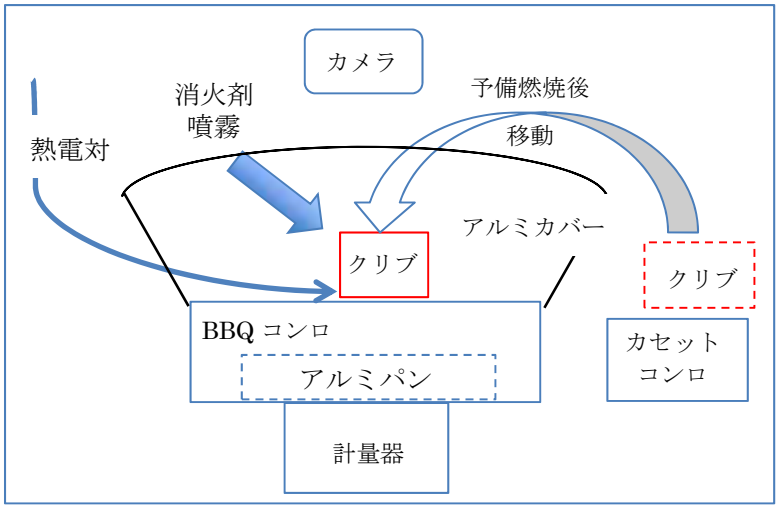


図 2　消火実験の装置・用具を横から見た配置図

図 3-1 に粘度 11.4mPa· s の場合の消火実験結果を示す。噴霧開始から直ちにクリブ内の温度が急激に下がった。噴霧停止後、一旦はクリブ内の温度が木材の燃焼温度 260℃近くまで上昇したが、その後温度は緩やかに低くなった。噴霧停止後にクリブ内の温度が上がる現象は、発泡層がクリブ残熱の放熱を阻害したためと考えられる。粘度を 11.4mPa· s とした場合の消火剤使用量は 36g であり、消火効果は 1.5 であった。

図 3-2 に粘度 6.24mPa· s の場合の消火実験結果を示す。計測開始から直ちに消炎し、クリブ内の温度が下がったが、一部の熾火で計測温度が上昇する箇所があった。噴霧停止後は、消火剤の発泡はあまり見られず、クリブ内の温度が比較的速やかに低くなった。これは固体膜と固体泡の混成体であるため、クリブ内の放熱がある程度進んだと考えられる。粘度を 6.24mPa· s とした場合の消火剤使用量は 32g であり、消火効果は 1.6 であった。

図 3-3 に粘度 2.08mPa· s の場合の消火実験結果を示す。計測開始から 1 秒間噴霧すると消炎し、直ちにクリブ内の温度が急激に下がった。噴霧停止後は、消火剤の発泡は見られず、固体膜で被覆したことが分かった。そのためクリブ残熱が速やかに降下した。温度を計測している各所のクリブ温度もほとんどバラツキがなく、消火剤はクリブにほぼ均一に掛かったものと考えられる。このように粘度を低くすると消火剤が燃焼物に広がりやすく、固体膜を形成することで良好に消火し、なおかつ消火後のクリブの温度降下を早くすることができる。この時の消火剤使

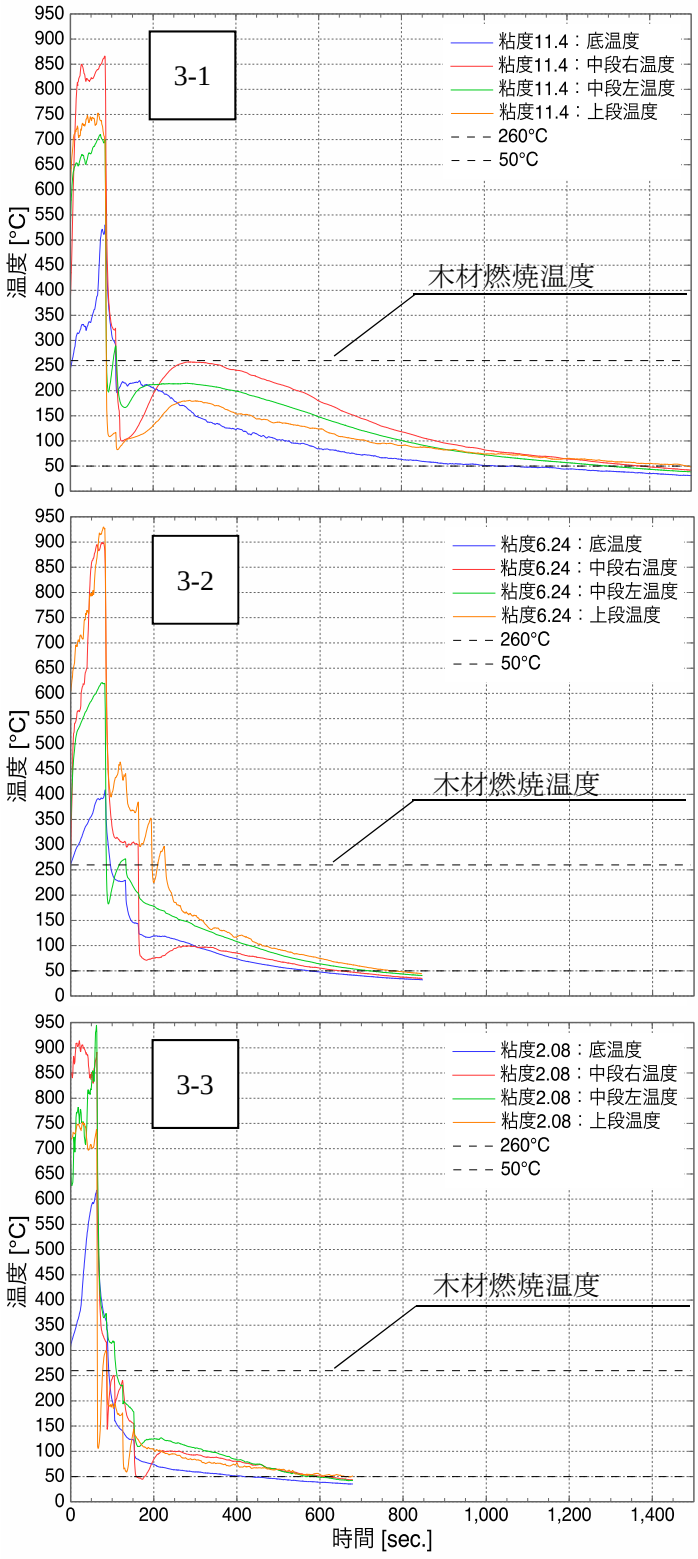


図 3　粘度調節した消火剤を噴霧した場合のクリブ内温度の経時変化

用量は 18g であり、消火効果は 3.4 であった。

表 1 に消火実験で使用した消火剤粘度、消火した液量、消火効果およびクリブ内温度が 50℃を下回った到達時間をまとめる。同組成の消火剤では、噴霧可能な粘度が下がるとともに、使用した消火剤量が減り、消火効果が上がった。これは、低粘度の消火剤が効率的に燃焼物を被覆した効果と、水の気化熱を利用して急激に燃焼物の温度を下げる効果が同時に発現したためである。

以上のように、本消火剤を粘度 2mPa· s に調製した消火能力は、水に対し 3.4 倍であることが分かった。

表 1　クリブ消火実験で使用した消火液量と消火効果

サンプル図	粘度[mPa·s]	消火剤使用量[g]	消火効果 Ef	50℃到達時間 [sec]
3-1	11.4	36	1.5	1490
3-2	6.24	32	1.6	768
3-3	2.08	18	3.4	592

5.　林野火災の残火処理モデル実験

林野火災で生じる熾火状態の切株を模すため、クヌギの切株を加工した。図 4 に切株のサイズと熱電対の設置位置を示す。凹状の加工は、燃焼による変形で熱電対が系外に外れないようにするためである。切株の内部（図 4-a）にシース径ϕ5.2mm の K 熱電対を設置し、その他は図 4-b,c,d の位置にϕ3.0mm で深さ 40mm の穴を空け、ϕ0.65mm の K 熱電対を設置した。

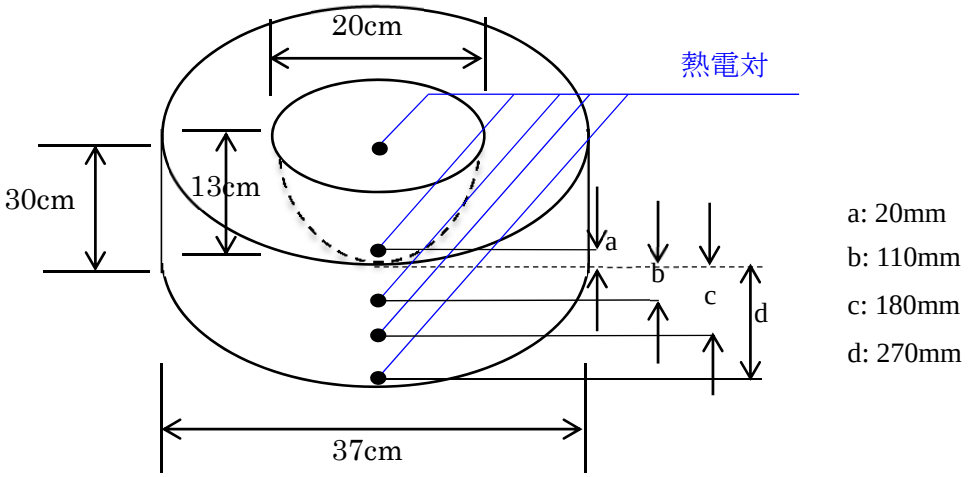


図 4　切株の寸法と熱電対位置

切株を約 1 時間燃焼させた後、消火剤を噴霧した。切株内の温度が 50℃以下となるまで温度測定を続けた。実験結果を図 5 に示す。消火剤は約 2.5 分間断続的に噴霧し、その使用量は 136ml であった。噴霧停止後は、切株内の温度が若干上昇したが、次第に温度が下がった。噴霧開始前の燃焼による減量速度は 35.3g/min であり、燃焼していることが分かる。噴霧停止後から切株内の温度が急激に下がって一旦上昇した領域（67.08～82.45min：図 5 中の①破線枠）の減量速度は 4.1g/min であり、ほとんど燃焼が進んでいないことが分かる。さらに再上昇以降の領域（82.45min 以降：図 5 中の②

破線枠）は減量速度が 0.2g/min であり、温度が 50℃以下となった 143min には鎮火したと判断される。鎮火後、抉り内部に設置した熱電対を取り出すと、熱電対に伴って板状の炭化粉体の塊が取り出された。また、内壁の炭化部分を指で触っても、ほとんど炭の付着はなかった。このように、本消火剤は、粉体化した炭を固化させる効果と、炭の表面を無機高分子が被覆する効果が見られた。本実験では小量の消火剤で再燃防止の知見が得られ、林野火災の残火処理にも使用可能な基礎的知見を得ることが出来た。つまり、再燃しやすい切株の残火処理が 1 回で済むため、地上の消火活動が効率的になるとともに、人員の戦略的配置にも寄与できると考えられる。

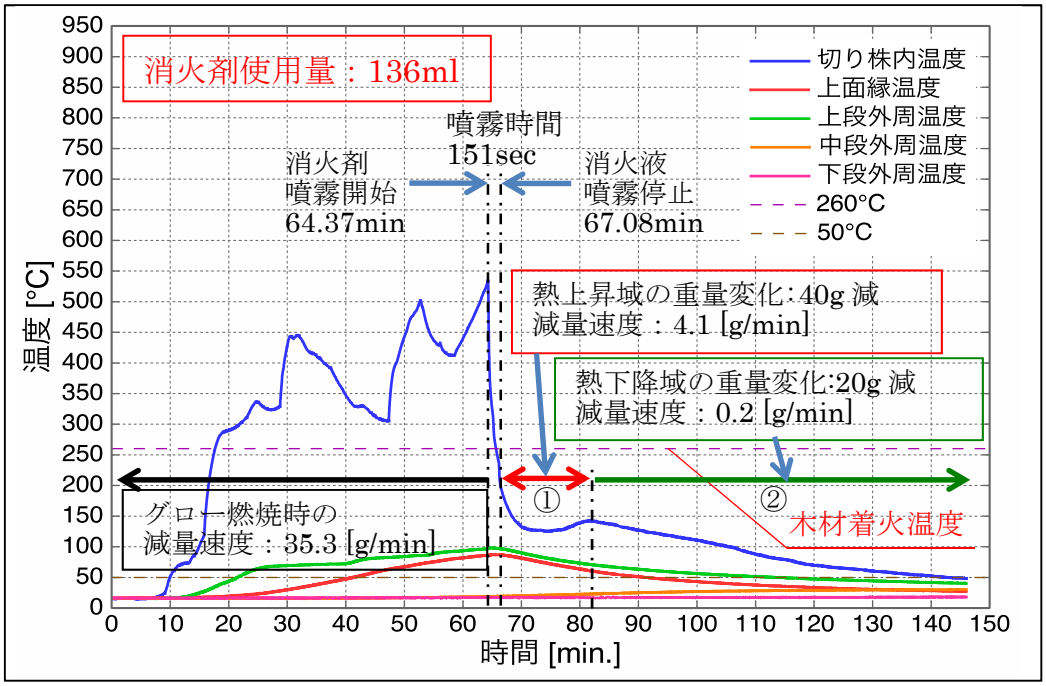


図 5　切株の消火実験における切株内温度の経時変化と減量速度

6.　本消火剤の環境影響評価

宮崎消防学校内の縦 1m、横 1m の地面に、空中消火の水の有効量[8]と等しい 2.0L の本消火剤を土壌に均一に噴霧し、定位置で写真撮影することで草本の経過観察を行い、実際の回復時間を検討した。写真 3 に試験地の環境回復の様子を示す。土壌噴霧から 3 日経過までは、スギナが主に枯死したが、その後、変化しない期間が続いた。18 日目の降水をきっかけに草本の状態が好転し、草本の成長及び幼草の芽吹きも確認できた。23 日経過すると、これまで点在していた消火液残渣も完全に見られなくなり、噴霧領域全体で草本の成長する勢いが感じられた。この消火液残渣の消失は、非加熱の未重合物の潮解[9]によるものと考えられる。降水後に各段階で草本の成長に変化を生じていることから、自然環境が回復するためには、雨が必須条件であることが分かった。これらのことより、本消火剤を環境に噴霧した場合は、その噴霧量の 15～45 倍の降水量が環境回復に必要であることが分かった[10]。これはカラム実験結果とほぼ一致した。宮崎市の気象データを基に、環境回復に必要な時間を試算すると、冬期では約 1 か月と見積られる[10]。

以上のように、空中消火での有効投下量と同量を設定して実験を行った結果、本消火剤は環境に与える影響はほとんどないことが明らかとなった。

噴霧初日 12/19 晴れ	
7 日経過 12/27 曇り	
23 日経過 1/11 晴れ	
92 日経過 3/21 晴れ	

写真 3　閉鎖土壌での環境回復の様子

7.　感温性を有する新規消火剤のまとめ

筆者らは、建築木造部材へ耐火性を付与できる感温性無機組成物の知見を利用して、新たに消火剤を開発した。本消火剤は、加熱による化学反応で燃焼物表面に無機高分子を被覆する、これまでにない特徴がある。これまでに得られた結果をまとめる。

・消火能力について [3)]

噴霧速度を一定とした場合、粘度の低下（下限：2mPa· s）とともに消火能力は向上し、水に対し 3.4 倍の消火効果がある。

・粘度の影響について [3)]

低粘度の場合：消火能力が良い、固体膜を形成する、消火後の放熱性が高い、潮解が早い、消火剤に向く。

高粘度の場合：消火能力は水より良い、固体泡を形成する、遮熱する、潮解がやや遅い、延焼阻止剤に向く。

・加熱後の性状について [2)]

耐熱性があり、約 850℃までは溶融劣化することなく、付着した物体に対して強く接着する。水の蒸発温度以上から 850℃以下では劣化せず、被覆物を保持継続でき、窒息作用が続く。

・林野火災の残火処理について [10)]

燃焼切株を被覆することで、再燃を防止できた。また、本消火剤が高温の炭粉体を固定化し、飛散防止することが分かった。

・潮解について

潮解は室温環境下で起こる。被覆体の嵩高さが低くなると共に潮解時間は短くなった。潮解の程度は、消火剤の組成に依存する [3)] ことが分かった。

・環境影響について [10)]

有効な空中散布量において、環境負荷が少なく、宮崎市の冬期の条件では約 1 か月の期間で植生が回復すると見積もった。

8.　本消火剤の戦術的使用法と非常備町村への貢献について

山で分断された非常備町村を有する宮崎県の、林野火災に対する防災の強化を図るために、本消火剤を用いた消火戦術と非常備町村への貢献を検討した。

空中消火においては、火災熱に感応し、高分子の固体膜や固体泡を形成する被覆特性を利用して、最初に林野火災の周辺部に本消火剤を空中散布することで、火勢を停滞できる。この火勢の停滞は、隣県からのヘリの到着時間を確保する時間を与えることになる。また、ヘリの復路で水源地に移動する時間も確保することが可能となる。

地上消火においては、粘度が高いタイプの本消火剤を、延焼予測地点から火源に向かって放つ消火方法が考えられる。最も効果が発揮されるのが、残火処理である。燃焼物の表面を高分子が覆い、空気を遮断することができる。また、高分子内に粉状の炭を取り込んで固化させる効果があるため、温度の高い炭を飛散させることがなく、飛び火自体を抑制することができる。再燃しやすい切株の残火処理が 1 回で済むため、地上での消火活動が効率的になると共に人員の戦略的配置が可能になると考えられる。

この様にこれまで人員が充分とは言えない非常備町村においても、本消火剤を配備・使用すれば防災強化が出来る可能性がある。非常備町村の防災を担う消防団員の消火活動時間を実質的に短くすることができれば、消防団員や役場の人たちの消火活動における人的負担が少なくなる。さらに、消防団員の所属する事業所の負担を軽減することができると考えられる。

謝辞

本研究は「平成 28 年度消防防災科学技術研究推進制度委託研究」（新手法開発型研究開発事業）による成果の一部である。本実験の遂行にあたり、宮崎県消防学校の施設を使用させて頂きました。各位の支援に対して謝意を表します。

参考文献

1）平成 28 年版　消防白書

2) 三生技研株式会社、国立大学法人宮崎大学；“感温性無機組成物”，特許第 5854422 号（平成 27 年 12 月）

3) 真隆志、菅原鉄治、松木嚴生、塩盛弘一郎；“無機高分子で被覆する新規消火剤の消火特性,”日本火災学会論文集（平成 29 年 5 月 3 日投稿）

4）高橋哲；“燃焼木炭の消火”，消防研究所報告，49，pp.7-13（1980）

5）高橋哲；“木材火災の消火―注水中の重量増加速度および消火時間”, 日本火災学会論文集, 30, pp.31-40（1980）

6）高橋哲；“水系消火剤の作用機構と効率”，消防研究所報告，56，pp.7-11（1983）

7）高橋哲、竹元昭夫；“小量水による大火災の延焼阻止技術の開発に関する研究報告書”, 自治省消防庁消防研究所，消防研究所研究資料第 39 号（平成 9 年 12 月）

8）岩本真司；“環境に配慮した林野火災用消火剤の開発”，古川電工時報，Vol.132，pp.48-51（平成 25 年 9 月）

9）小櫃正道；“シリカゾル及びアルカリケイ酸塩水溶液による金属表面処理”，実務表面技術，Vol.30，No.2，pp.56-61（1983）

10）真　隆志、菅原鉄治、塩盛弘一郎；“感温性素材を利用した新規消火剤,”平成 29 年度日本火災学会研究発表会概要集,pp.60-61(2017)

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

リチウムポリマー電池内蔵エンジン始動補助器からの出火に関する調査報告

東近江行政組合消防本部
辻　徹也、髙岡吉彦

1. はじめに

本火災は、一般貨物自動車運送業者事務所において、リチウムポリマー電池内蔵エンジン始動補助器（以下「ジャンプスターター」という。）を事務員が充電していたところ、約 21 時間後に無人の室内から出火した建物火災である。

現場見分と関係者からの聞き取りの結果、事務員は同ジャンプスターターを充電するのが初めてであったことから、本体に設けられている出力専用のシガーソケットに、他社製充電アダプターを誤って接続していたことが判明する。その後、NITE 及び販売メーカーとの合同鑑識の結果、同接続を行うと安全保護機能が働かず、内蔵電池が過充電となり出火に至ることが推定され、再現実験を行い、これを立証した。

この調査結果から、出火元事業所に対し、社内教育を徹底するよう指導するとともに、販売メーカー両社に再発防止のための改善指導を行った事例である。

2. 火災の概要

（1）　出火日時　平成 28 年 4 月 17 日（日）　14 時 50 分頃

（2）　出火建物　軽量鉄骨プレハブ造折板葺き 2 階建て A 社事務所

（3）　気象状況　天候 晴れ、気温 25℃、湿度 44％、風向 西南西、風速 11m/s（強風注意報発令中）

（4）　被害状況　人的被害なし、2 階事務室及び同室収容物焼損

（5）　発見、通報及び初期消火の状況

事業所敷地内にいたキャリアカー運転手が、事務所から黒煙が上がっていたため確認に向かうと、2 階事務室東面出入口のガラス戸が割れ、室内に火が見えたため火事だと気付く。同僚に 119 番通報を依頼した後、消火のため水道ホースを伸ばしたが、危険を感じ初期消火を断念している。

（6）　消防隊到着時の状況

現場到着時、2 階事務室南面東側の割れた腰高窓からの黒煙の噴出を認める。施錠されていた 2 階事務室東面ガラス戸を破壊し屋内進入したところ、南面東側のキャンティレバー構造部分に置かれている複合機等の収容物が燃焼中で、室内に逃げ遅れ等は確認できない。

3. A 社からの聞き取り

（1）　キャリアカー運転手は、B 社及び C 社を始めとする複数メーカーのエンジン始動補助器を車両に積載しており、救援する車両の排気量に応じて鉛電池内蔵やリチウムポリマー電池内蔵の機器を使い分けている。充電は、各機器に付属の DC 12V 充電アダプターを用いて、自車のシガーソケットを利用しているとのことである。

（2）　火災前日の 18 時頃、事務員がキャリアカー運転手から預かった B 社製ジャンプスターターを、2 階事務室において充電を行い、退社している。同機器の充電は初めてであった。C 社製の充電経験はあったため、1 階事務室に置いてあった充電アダプターを使用したとのことである。また、ジャンプスターターを預かった際に、発熱や膨張等の異常はなく、キャリアカー運転手から不具合等の報告は受けていないとのことである。

（3）　火災当日は休日のため、事務室である 2 階出入口は施錠され、無人であったが、キャリアカー運転手は数人出勤しており、1 階事務室と敷地内を行き来していたとのことである。

4. 現場見分

（1）　現場見分状況

焼損が認められるのは 2 階事務室のみで、天井面及び各内壁全体に煤が付着し、室内の収容物は天井寄りに一部溶融や炭化が認められる。焼損が著しいのは、南面東側のキャンティレバー構造部分付近である。

キャンティレバー構造部分東寄りに置かれている、複合機北東側の床面上にジャンプスターターが見分され、同機器を起点として周囲の収容物及び内壁へと燃え広がった焼損状況を示しており、キャンティレバー構造部分は、西端下部から上方へと燃え上がり、東側へ燃え広がった延焼状況を示している（写真 1）。

ジャンプスターターは、背面が複合機側に向いた状態で見分され、本体ケースの大部分が焼失、露出している内蔵電池は焼損し、膨張が認められる。本体左側面の、12V 出力シガーソケットには、合成樹脂製の溶融物が固着し、同部分から出ているコードは被覆が焼失し、芯線が露出しているが、室内南面中央の露出型 2 口コンセントまで、断線せずに繋がっている。本来充電時に使用するインプットジャックには、何も接続はされていない。同コンセントには、ジャンプスターターから出ているコードの他に、複合機の電源プラグが差し込まれているが、ともに変形のみで、栓刃側の面、栓刃及びコンセントに焼損はない。また、複合機の電源コードは、ジャンプスターター南西側で断線しているが、電気痕は認められない（写真 2）。

焼損残渣物及び収容物を除去し、床面を見分すると、ジャンプスターター周囲及びキャンティレバー構造部分の床面のクッションフロア材が炭化し、床下地材の合板まで焼損が及んでいる箇所が認められ、一部炭化亀裂が生じている（写真 3）。

ジャンプスターターに接続されていた充電アダプターの同型品を、A 社から提供を受け、見分したところ、C 社製鉛バッテリー内蔵エンジン始動補助器専用の AC 100V 充電アダプターで、出力は DC 12V 1.2A、出力端子の形状はシガープラグであることが確認できる（写真 4）。



写真 1　2 階事務室南面東側のキャンティレバー構造部分

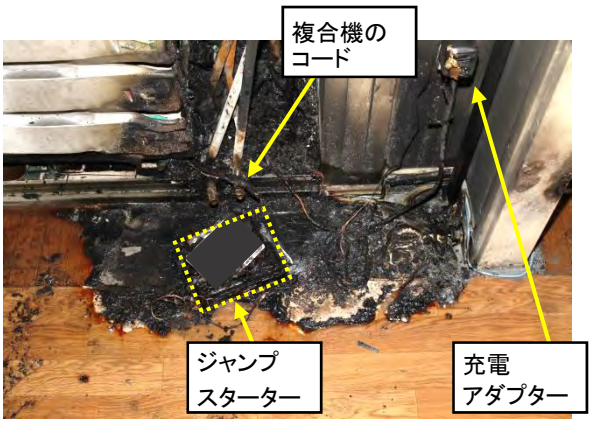


写真 2　ジャンプスターター付近の焼損状況



写真３　床下地材の焼損状況

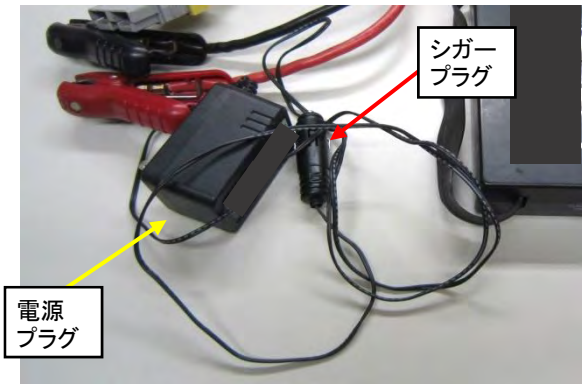


写真４　C 社製充電アダプター（同型品）

(2)　現場見分状況からの考察

焼損状況から、出火箇所はジャンプスターター付近であるのは明らかであるが、同付近で見分される石油ファンヒーター及び複合機は、部分的な焼損のみ、複合機の電源コードは断線しているが、電気痕は認められないことから、これら電気関係からの出火は考えられない。

ジャンプスターターは、本体ケースの大部分が焼失しており、周囲に発火源となるものはなく、外部からの延焼は否定されること、本来出力専用である本体シガーソケットに C 社製の充電アダプターが接続されており、通電状態であった可能性があることから、ジャンプスターターから出火したものと推定され、これらを収去し、後日詳細に見分することとした。

5.　ジャンプスターター及びリチウムポリマー電池について

(1)　ジャンプスターターの主な機能は、バッテリーが上がった車両に接続し、エンジン始動を補助することである。一般的なジャンプスターターは、鉛バッテリーが使用されているが、近年では、軽量、小型で高容量、高電圧であるリチウムイオン電池が使用され、シガーソケット電源出力や USB 電源出力等の機能を有した製品も販売されている。

B 社製ジャンプスターターは、内蔵電池にリチウムポリマー電池を使用しており、車両バッテリー交換時のメモリー保護機能や、シガーソケット電源出力等の非常用電源としての機能、各安全保護機能の他、車両バッテリーが深放電の場合などに、本体内部の電気を一度に放出させて強制的にエンジンを始動させるチャージブースト機能も備えている（表 1、図 2）。

輸入販売元である B 社が平成 25 年 10 月から販売を開始し、A 社が平成 26 年 1 月に購入し、使用している。この製品についてのリコール情報はない。

(2)　リチウムポリマー電池は、リチウムイオンによって充電や放電を行うリチウムイオン電池の一種である。セパレータには、従来の電解液の代わりに、導電性のポリマーゲルを利用しフィルム層状にしたもので、リチウムイオン電池と化学的には変わりないが、高容量、高電圧、軽量で形状の自由度が高く、スマートフォン等の小型携帯機器や実験用機器、ロボット開発用に大変有効な二次電池として普及している。

B 社製ジャンプスターター内蔵のリチウムポリマー電池は積層型で、正極材料にコバルト酸リチウムを塗布したアルミ箔、負極材料には炭素を塗布した銅箔を使用し、この正極と負極の間にセパレータを交互に数枚積み重ね、アルミラミネートフィルムで外装したものが一つのセルを構成し、3.7 V 出力の一つのセルを 3 個直列に接続することで 12 V 出力、9,000mAh を実現している（図 1）。

表１　B社製ジャンプスターターの仕様

本体重量	1,220g
寸法	幅190mm、高さ45mm、奥行き160mm
内蔵電池	リチウムポリマー電池、12V出力（3.7V×3セル）、電池容量9,000mAh
対応車両	6,000ccまでのガソリン車、3,500ccまでのディーゼル車
始動可能回数（満充電時）	10～20回
動作温度	－20℃～45℃
放電率	2%
充電方法	家庭用コンセント（AC100V充電アダプター）又は、シガーソケット（DC12V充電アダプター）
満充電までの時間	AC100V、DC12Vともに12時間
その他の機能	LED作業灯、逆接続時安全保護回路、安全保護回路（高温、過放電、過電流）、 チャージブースト機能、メモリーバックアップ、USB電源出力（5V/2A）、 シガーソケット電源出力（12V/7.5A）

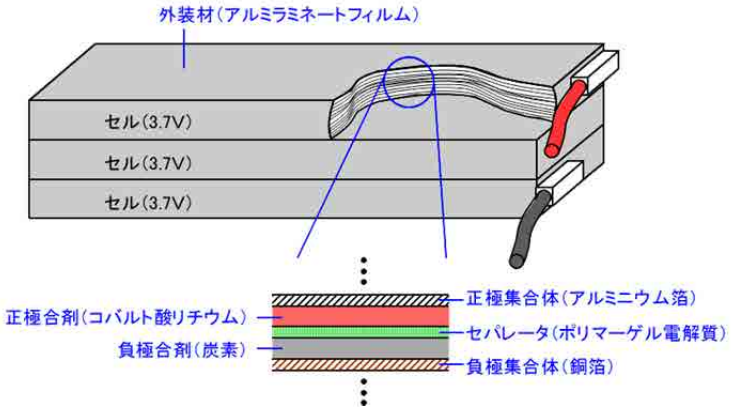


図１　B社製ジャンプスターター内蔵のリチウムポリマー電池の構造

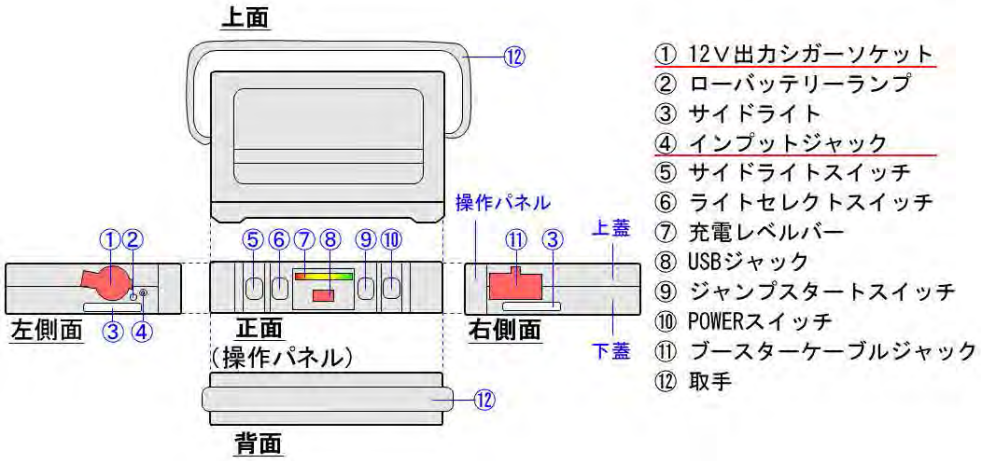


図２　ジャンプスターター各部名称

6.　販売メーカー両社への連絡と合同鑑識の日程調整

B社製ジャンプスターター及びC社製充電アダプターが関係する火災が発生した事実、及び合同鑑識の協力依頼を、NITE及び販売メーカー両社に行い、合同鑑識を行うこととした。

7.　鑑識

（1）　第1回合同鑑識（東近江行政組合消防本部及びNITE）

B社との合同鑑識に先駆けて、NITEにおいてX線透過装置による非破壊検査を実施した。

ア　ジャンプスターター

リチウムポリマー電池に若干の斑模様が確認できる。基板の欠損等はないが、基板から出ている配線の内、12 V出力シガーソケットや内蔵電池に繋がっている配線が断線している（写真5、6）。

イ　C社製充電アダプター

シガープラグは、ジャンプスターターの12 V出力シガーソケットに差し込まれていることが確認できる。電源プラグ及びシガープラグ内部の配線並びにコードの断線は認められない（写真5～8）。

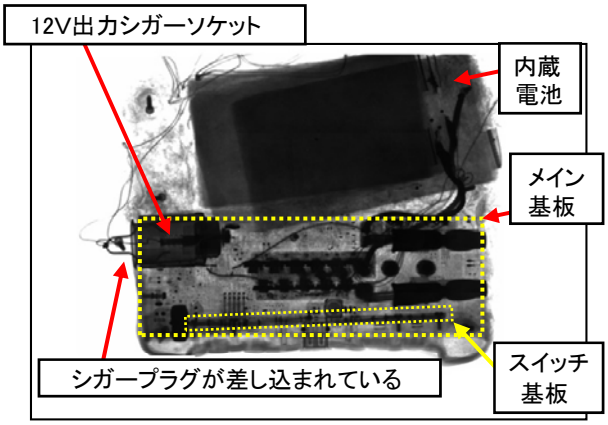


写真5　X線透過写真
（焼損したジャンプスターター）

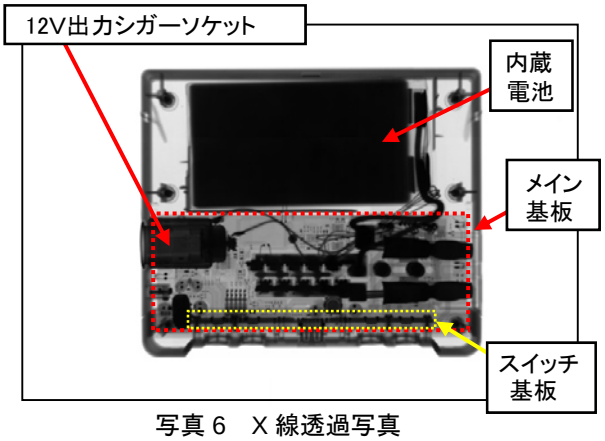


写真6　X線透過写真
（焼損したジャンプスターターと同型品）

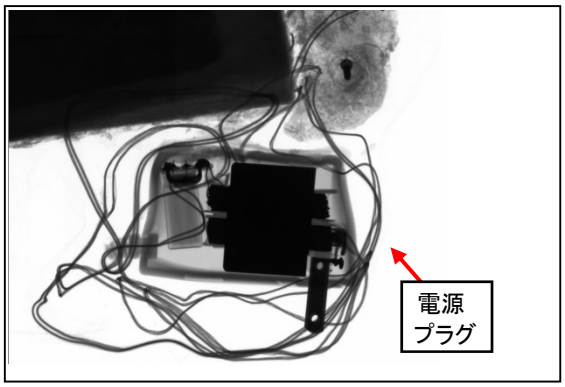


写真7　X線透過写真
（焼損した充電アダプター）

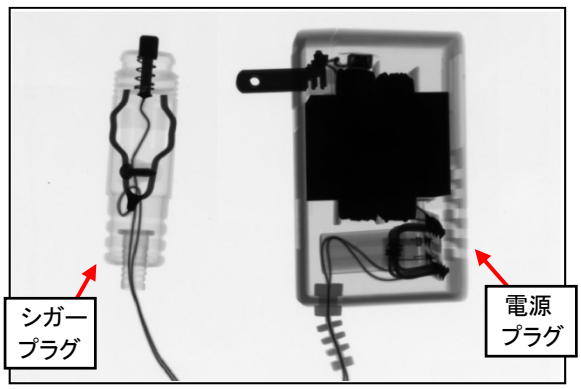


写真8　X線透過写真
（焼損した充電アダプターと同型品）

(2)　第 2 回合同鑑識（東近江行政組合消防本部、NITE 及び B 社）

B 社からジャンプスターターの回路図等の資料の提供を受け、NITE における X 線透過画像をもとに、当消防本部において鑑識見分を実施する。

ア　本体ケースは、操作パネル寄りが一部残存しているのみで大半が焼失し、背面側は完全焼失し、内蔵電池が露出している。操作パネルは、全体に変形や溶融が認められるが、ほぼ原形をとどめている（図 2、写真 9）。

イ　基板は、B 社によると制御 IC や各安全保護回路が組み込まれたメイン基板と、操作パネルからの各スイッチ操作を受けるスイッチ基板から構成されているとのことである。

メイン基板は、両面ともに内蔵電池側の焼損が著しく、電子部品や銅箔の焼失が認められるが、内蔵電池と反対側は、電子部品、レジスト及びシルクの大半が残存しており、電子部品の焦げや半田の溶融が一部認められるのみである（写真 10～13）。

スイッチ基板は、内蔵電池側の裏面が部分的にレジストやシルクが焼失し、銅箔の露出が認められるのに対し、表面は、シルクが焼失しているが、レジストは残存しており、銅箔は露出していない。また、電子部品も黒く変色しているが、全て残存しており、原形をとどめている（写真 14）。

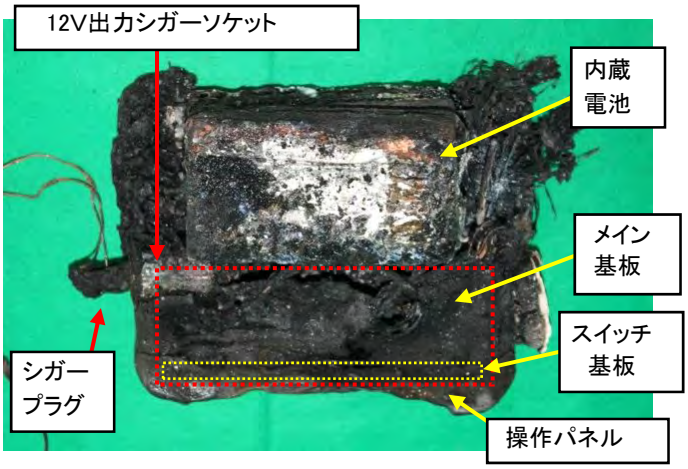


写真 9　ジャンプスターターの焼損状況

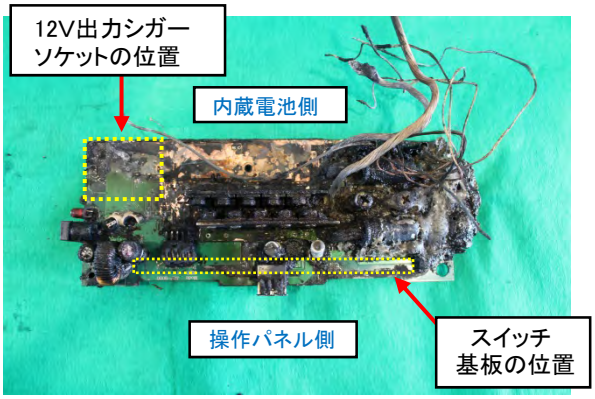


写真 10　メイン基板表面の焼損状況

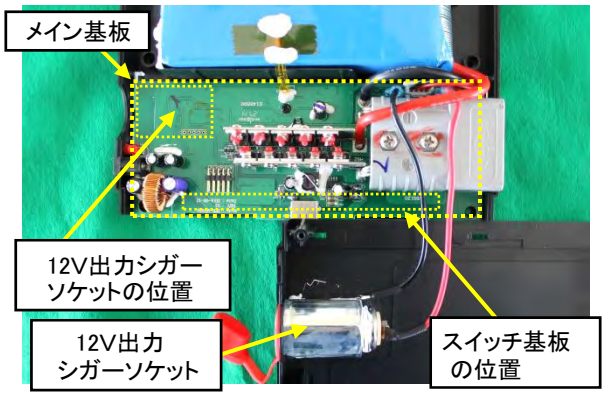


写真 11　メイン基板表面（同型品）

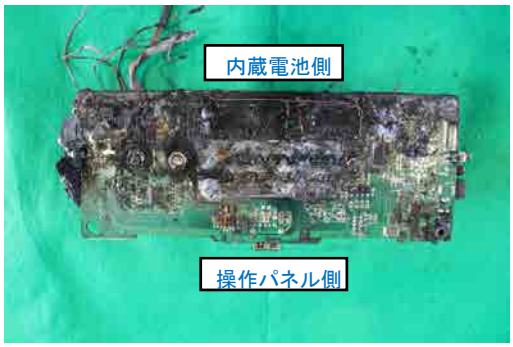


写真 12　メイン基板裏面の焼損状況

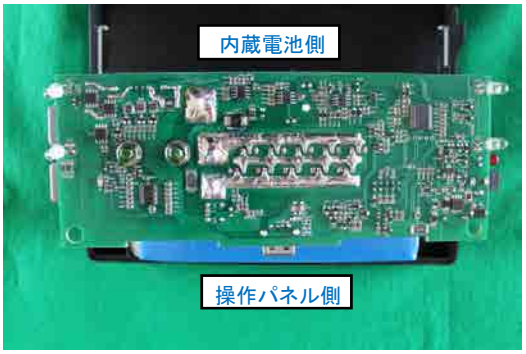


写真 13　メイン基板裏面（同型品）

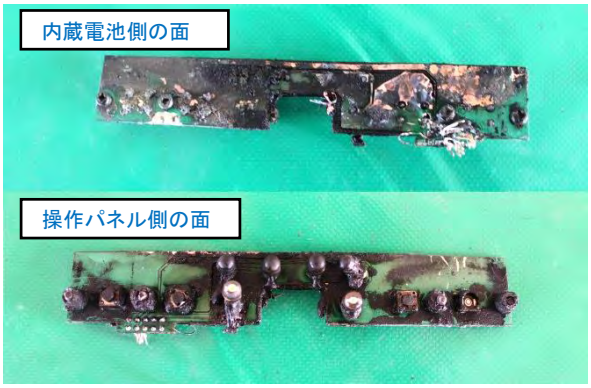


写真 14　スイッチ基板の焼損状況

ウ　内蔵電池は、アルミラミネートフィルムの外装材が完全焼失し、露出している層状の電極が膨張し、焼損が認められる。セル 3 個が重なった状態の厚さは、66.58mm である（写真 15）。セルごとに分け、各セルの電極を上面側から 1 枚ずつ剥がしていくと、電極間のセパレータは完全焼失し、残存している負極の銅箔は一様に炭化している（写真 16）。

エ　メイン基板から出ている 8 本の配線は、全て被覆が焼失し芯線が露出し、断線しているが、電気痕は認められない（写真 10）。また、メイン基板表面上の 12Ｖ出力シガーソケットは全体的に焼損し、灰色や茶色に変色しているが、特異な燃え込み等はない（写真 17）。

B 社によると、シガーソケット電源出力のための配線は、内蔵電池からバランス充電の配線を利用して、いったんメイン基板を介しているが、制御 IC や安全保護回路を通らないとのことである（図 3）。



写真 15　リチウムポリマー電池の焼損状況



写真 16　最上段セルの焼損状況

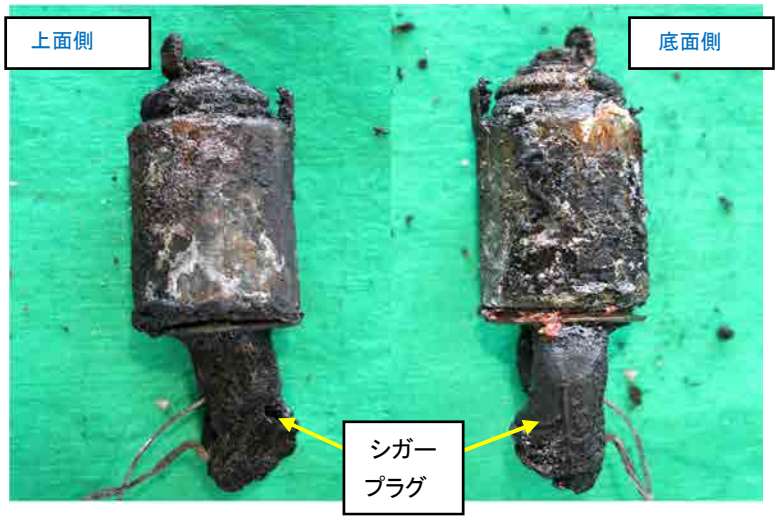


写真17　12V出力シガーソケットの焼損状況

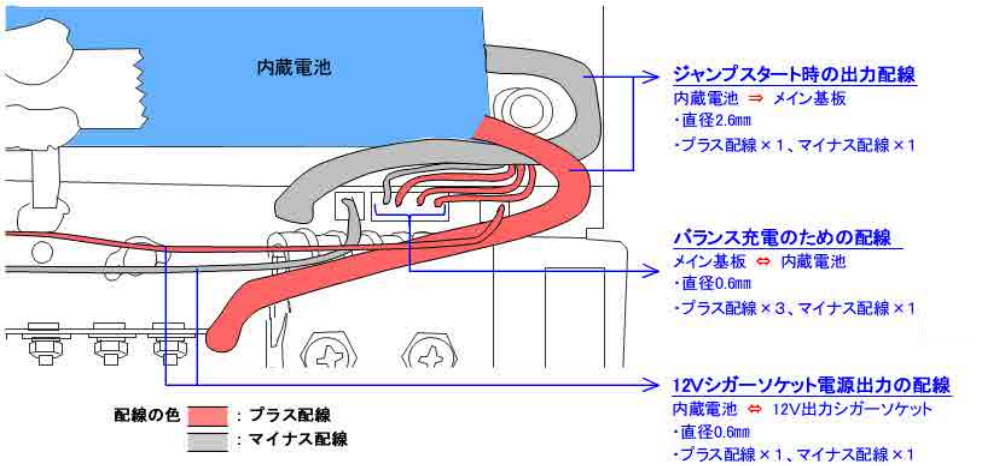


図3　メイン基板の各配線と役割

(3)　鑑識からの考察

基板、電子部品に短絡や局部的な焼け抜け等はなく、各配線も断線しているものの、電気痕は認められないことから、出火箇所は、ジャンプスターターの内蔵電池であるリチウムポリマー電池と判定した。

リチウムポリマー電池が出火に至る要因として考えられるは、「外部衝撃」、「高温環境下での使用や保管」、「過放電」、「過充電」、「電池内部への異物混入等の製造不良」である。ジャンプスターターにリコール情報や発火事故はないこと、A社が使用していた約2年間に異常はなく、事務員が火災前日に預かった際にも本体ケースの変形や膨張、発熱等の異常を感じていないことから、過充電以外については、直接的な出火の要因ではないと考える。

一方、過充電については、C社製充電アダプターが使用された誤った接続状態では、安全保護回路を介さないため、満充電となっても電流は流れ続けることが推測され、過充電により内蔵電池が内部短絡し、膨張、発火に至ったことは十分に考えられる。

8.　再現実験

出火当時の接続状況により内蔵電池が過充電となり出火に至るのか、事務員が接続を行い出火するまでの経過時間（約 21 時間）、周囲の収容物への延焼を立証するため再現実験を行うこととした。

（1）　実験内容

B 社製ジャンプスターターの 12Ｖ出力シガーソケットに、C 社製充電アダプターのシガープラグを差し込み通電状態とする。内蔵電池は事前に満充電とし、床面は、厚さ 12mm の合板に塩化ビニル製のクッションフロア張りとし出火時と同じ環境とする（写真 18）。

（2）　実験結果（図 4）

実験開始から 14 時間 33 分 40 秒後、本体から勢いよく可燃性ガスが噴出（写真 19）、その 10 秒後、爆発音とともに発火、火炎は、主に本体両側面及び背面方向に最大約 80cm、高さ 1m に達した（写真 20）。

本体ケースは、左側面と背面の焼損が著しく、内蔵電池は外装のアルミラミネートフィルムが一部焼失し、焼損した層状の電極が露出していた。セルは膨張が認められ、3 個積み重なった状態の厚さは約 60mm。

ジャンプスターター周囲の床面は炭化しており、背面方向で最大 45.6cm の範囲の焼損が認められ（写真 21）、クッションフロア材は一部焼失し、合板にまで焼損が及んでいた（写真 22）。

再現実験では、出火当時の接続状態により内蔵電池が過充電となり出火に至ること、噴出する火炎により周囲へ延焼することが立証された。

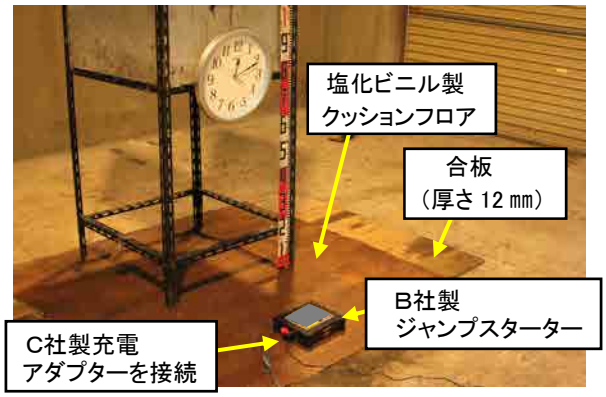


写真 18　再現実験風景

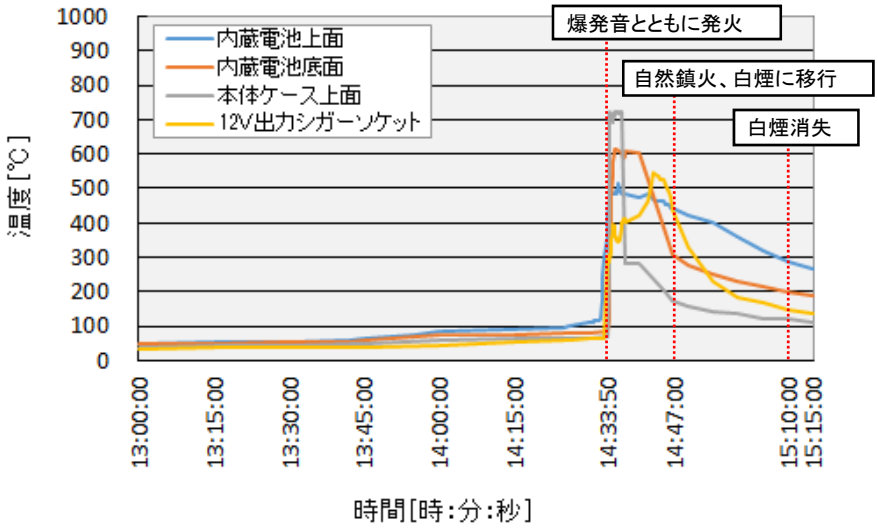


図 4　再現実験の温度変化　実験開始 13 時間後～実験終了



写真 19　ジャンプスターターからの
可燃性ガスの噴出状況

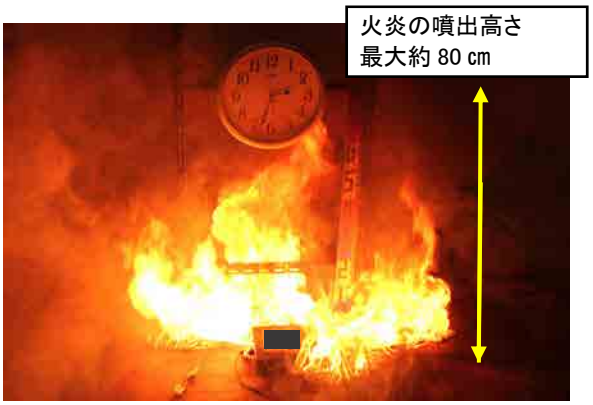


写真 20　ジャンプスターターからの
火炎の噴出状況

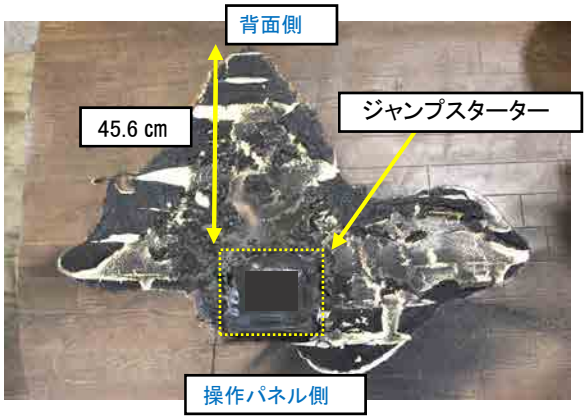


写真 21　ジャンプスターター及び
床面の焼損状況



写真 22　合板の焼損状況

9.　結論

本火災は、事務員が出力専用である本体シガーソケットに他社製充電アダプターを誤って接続したことで、内蔵電池方向に電流が流れ、充電状態となり、基板の制御 IC や安全保護回路を介さないため、満充電になっても電流は流れ続け、過充電となった内蔵電池が内部短絡して膨張し、出火、周囲の床面及び収容物に着火し、延焼拡大したものと断定した。

なお、本火災と再現実験での出火までの経過時間の差は、火災前日のバッテリー残量は不明であったため、満充電として再現実験を開始したことによるものと考えられる。

10.　類似火災防止に向けて

本火災は、使用者の認識不足が原因となった単純なヒューマンエラーであり、A 社に対し火災調査結果の報告を行うとともに、再発防止のため機器の取り扱いを始めとする社員教育の徹底を行うよう、厳しく指導を行った。

また、異なるメーカーの機器間において、誤った接続が可能で、火災に発展したことも事実であることから、販売メーカー両社に対しても、類似火災を防止するための改善指導を要望した。なお、両社とも、「ハード面についても今後何らかの対策を講じていきます。」との回答を得ている。

(1)　ジャンプスターターの販売メーカー（B 社）

ア　本件ジャンプスターターが関係する火災が発生した旨の報告を当消防本部から受けた時点で、直ちにジャンプスターターの出荷を停止し、原因が特定されるまで出荷は再開しない。

イ　12 V 出力シガーソケットは出力専用であり、本件火災のような内蔵バッテリーを充電する他社製機器の接続は、火災に至る恐れがあること

を警告する旨を追記した取扱説明書を、製品に同梱した上で出荷を再開するとともに、既存の出荷先への注意喚起を実施（写真23、24）。

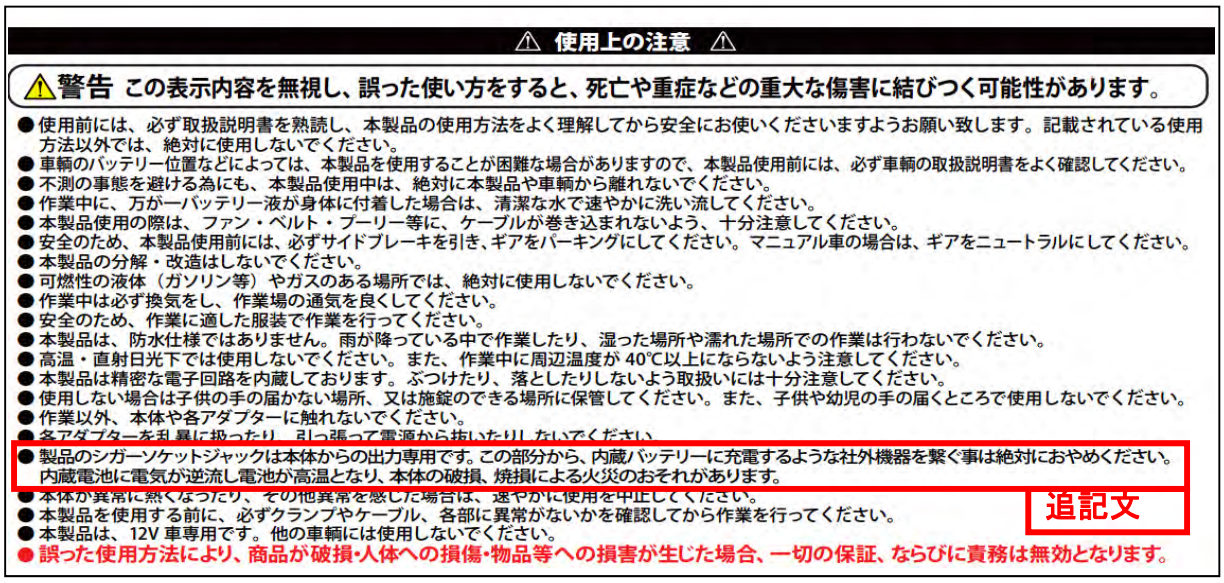


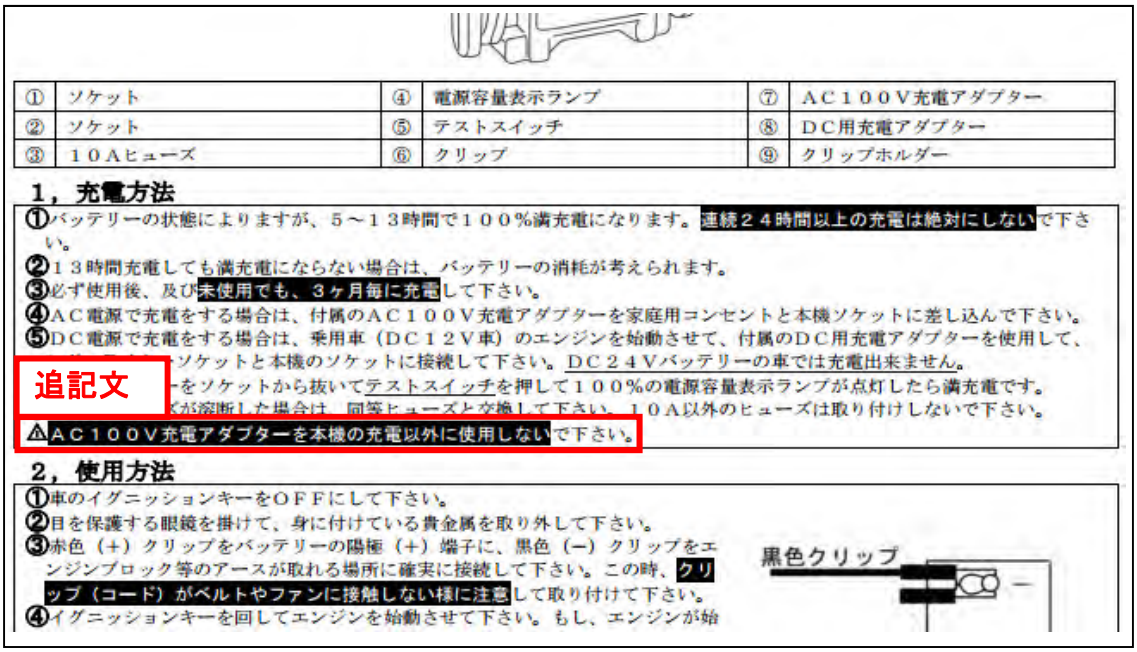
写真23　取扱説明書への追記（B社）



写真24　取扱説明書への追記（B社）

(2)　充電アダプターの販売メーカー（C社）

C社が取り扱う機器のうち、入力端子側がシガープラグの形状である充電アダプターに対し、対応機種の充電以外には使用しない旨を警告したシールの貼付及び同警告文を、取扱説明書に追記（写真25、26）。



①	ソケット	④	電源容量表示ランプ	⑦	ＡＣ１００Ｖ充電アダプター
②	ソケット	⑤	テストスイッチ	⑧	ＤＣ用充電アダプター
③	１０Ａヒューズ	⑥	クリップ	⑨	クリップホルダー

１，充電方法

①バッテリーの状態によりますが、５～１３時間で１００％満充電になります。連続２４時間以上の充電は絶対にしないで下さい。
②１３時間充電しても満充電にならない場合は、バッテリーの消耗が考えられます。
③必ず使用後、及び未使用でも、３ヶ月毎に充電して下さい。
④ＡＣ電源で充電をする場合は、付属のＡＣ１００Ｖ充電アダプターを家庭用コンセントと本機ソケットに差し込んで下さい。
⑤ＤＣ電源で充電をする場合は、乗用車（ＤＣ１２Ｖ車）のエンジンを始動させて、付属のＤＣ用充電アダプターを使用して、
ソケットと本機のソケットに接続して下さい。ＤＣ２４Ｖバッテリーの車では充電出来ません。
追記文
ーをソケットから抜いてテストスイッチを押して１００％の電源容量表示ランプが点灯したら満充電です。
が溶断した場合は、同等ヒューズと交換して下さい。１０Ａ以外のヒューズは取り付けしないで下さい。
⚠ＡＣ１００Ｖ充電アダプターを本機の充電以外に使用しないで下さい。

２，使用方法

①車のイグニッションキーをＯＦＦにして下さい。
②目を保護する眼鏡を掛けて、身に付けている貴金属を取り外して下さい。
③赤色（＋）クリップをバッテリーの陽極（＋）端子に、黒色（－）クリップをエンジンブロック等のアースが取れる場所に確実に接続して下さい。この時、クリップ（コード）がベルトやファンに接触しない様に注意して取り付けて下さい。
④イグニッションキーを回してエンジンを始動させて下さい。もし、エンジンが始

写真 25　取扱説明書への追記（C 社）

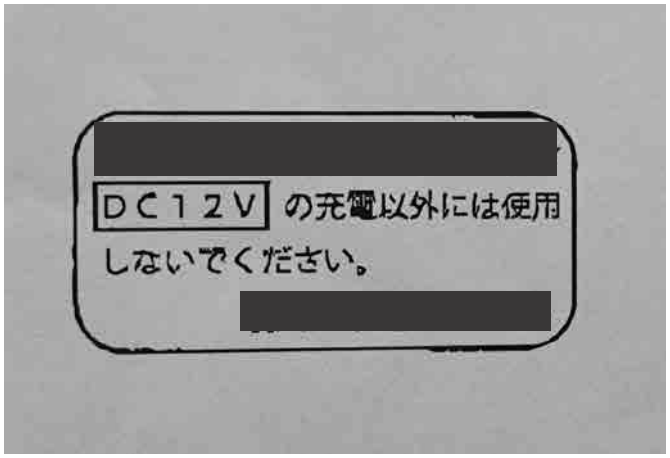


写真 26　充電アダプターに貼付する注意喚起シール（C 社）

11.　おわりに

本火災は無人の室内からの出火であるものの、早期に発見・通報がされたため幸いにも負傷者はなく、出火室のみの焼損であったが、発見が遅れていれば被害は拡大し、室内が有人であれば人的被害が発生していた事例でもある。このことから、出火元事業所に対して機器の取り扱いを始めとする社員教育の徹底を指導し、販売メーカー両社が調査結果に対し理解を示し、早急に対策を講じたことで、類似火災発生の防止が図られたのではないかと考える。

製品開発の技術は日々進歩しており、多機能で高性能な電気機器が次々と開発され、さらにはインターネットの普及により、それらが手軽に購入でき、簡単に使用できる便利な世の中となっている。一方で、使用者は「小型」、「軽量」、「自動化」等の言葉に惑わされ、本事例のように、リチウムポリマー電池の危険性を認識せずに、メーカー側が想定していない方法で使用する場合があり、使用者とメーカーの危険性に対する認識の差を肌で感じた事例でもあった。「まさかそんな接続を」と、販売メーカー両社ともに声を揃えて驚いておられ

たが、異なるメーカーの機器間において誤った接続が可能で、火災に発展したことも事実である。

販売メーカー両社からは、ハード面についても今後改善を検討していくとの回答を得ており、我々消防機関としても、業界誌への掲載による広報の働きかけや予防広報等、引き続き実施していく次第である。

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

自動車エンジンの電動補助冷却ポンプの出火事例について

名古屋市消防局中川消防署消防第一課
櫻井友大、大野直也

1.　はじめに

本件は、走行中の車両のエンジンルーム内から出火したもので、メーカーとの合同見分、名古屋市消防局消防研究室による機器分析、及び名古屋市消防局中川消防署による検証実験の結果から、電動補助冷却ポンプの故障によるものと出火原因を特定しました。自動車メーカーに対し予防的な点検整備の必要性を伝え、今後の火災予防に役立ててもらえるよう指導を行いました。

2.　火災の概要

り災車両運転手が、り災車両にて、自宅から約 4km 走行中、ボンネットから白煙が出ているのを目撃したが、そのまま運転を継続しました。その後、エンジンの出力が低下したため停車し、ボンネットを開けたところ、エンジン部分の後ろの方から炎が出ていたため、119 番通報をするとともに、初期消火を行ったものです（写真 1 参照）。

焼き箇所

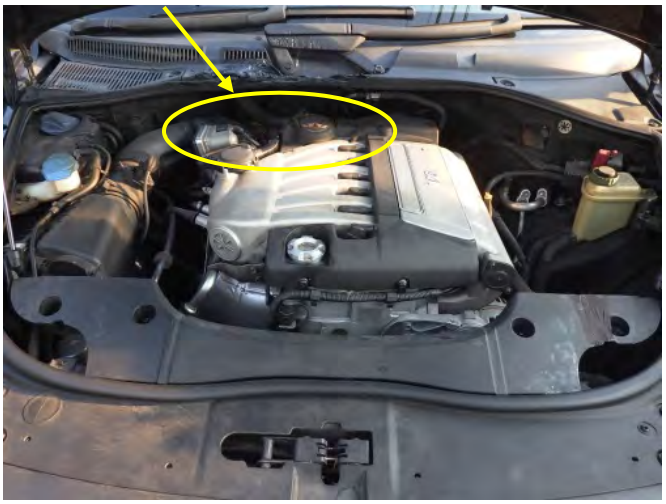


写真 1　り災車両のエンジンルーム内の状況

り災車両は、平成 15 年製の外国製乗用車であり、走行距離は約 28 万 km、所有者の口述によると事故歴はなく、自動車特約販売店（以下「ディーラー」という。）において定期的に点検を行っています。

修理歴及びメンテナンス歴を見ると、火災発生約 1 年半前にサーモスタットハウジングからのクーラント漏れの修理を行っています。火災発生約 1 年前に 12 ヶ月点検を行っており、クーラント液に汚れがあることから交換を行っています。

3.　自動車メーカーとの合同見分及び考察

(1)　合同見分

自動車メーカーと合同見分を行ったところ、焼

きが認められるのは、エンジンルーム内のうち、エンジン後方に設置された、上から順にエアホース、燃料ホースの表面、エンジンとコンピューターユニットを接続する配線のハーネス部分、及び電動補助冷却ポンプのみです。

電動補助冷却ポンプを見ると、表面に焼きが認められます。また、電動補助冷却ポンプの助手席側にはコネクター部分があり、コネクターピンを見ると、いずれも合成樹脂製の被覆が焼きし、金属製の 2 本のコネクターピンのうち、1 本が溶断しているのが認められます。なお、電動補助冷却ポンプより下の配管等に焼きは認められません（写真 2～6 参照）。

ヒューズボックスを見ると、電動補助冷却ポンプのヒューズの溶断は認められません（写真 7 参照）。

電動補助冷却ポンプ



写真 2　電動補助冷却ポンプの
設置場所の周囲の状況 1

電動補助冷却ポンプ



写真 3　電動補助冷却ポンプの
設置場所の周囲の状況 2

電動補助冷却ポンプ

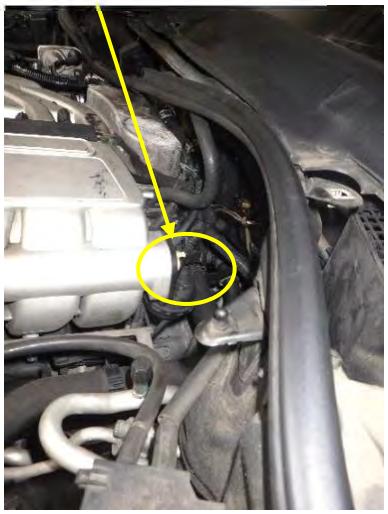


写真 4　電動補助冷却ポンプの
設置場所の周囲の状況 3

電動補助冷却ポンプの
車両側コネクターピン



写真 5　電動補助冷却ポンプの
車両側コネクターピンの状況



写真 6　電動補助冷却ポンプ



写真 7　り災車両に設置された電動補助冷却ポンプのヒューズ

(2)　考察

焼き箇所が電動補助冷却ポンプ及びその上部のみであり、電動補助冷却ポンプの外観を見ると、コネクター部分及びポンプ部分が焼きしていることから、出火箇所は電動補助冷却ポンプ付近であると特定しました。

4.　電動補助冷却ポンプの見分及び考察

電動補助冷却ポンプは、ポンプ部分とモーター部分から構成されているため、ポンプ部分とモーター部分に分けて見分しました。

(1)　ポンプ部分の見分

ポンプ部分の構造は、その先にあるモーター内にクーラントが入らないよう、吐出口ハウジングと内側ハウジングとの間に O リングがあります。マグネットインペラーは内側ハウジングをはさみ、磁力によりシャフトと繋がり、回転しています。このため、外側ハウジング内にクーラントが入らない構造となっています。

しかし、外側ハウジングの中にクーラントが入ると、シャフトの接続部からモーターの内にクーラントが漏えいする構造となっています（図 1 参照)。り災車両のポンプ部分を見ると、O リングの一部に劣化が認められます。また、外側ハウジングのシャフト接続部分に錆が認められます。このため、O リングの劣化箇所からクーラントが漏れ、外側ハウジング内に入り、そこからモーター内にクーラントが漏えいしたと推測されます。

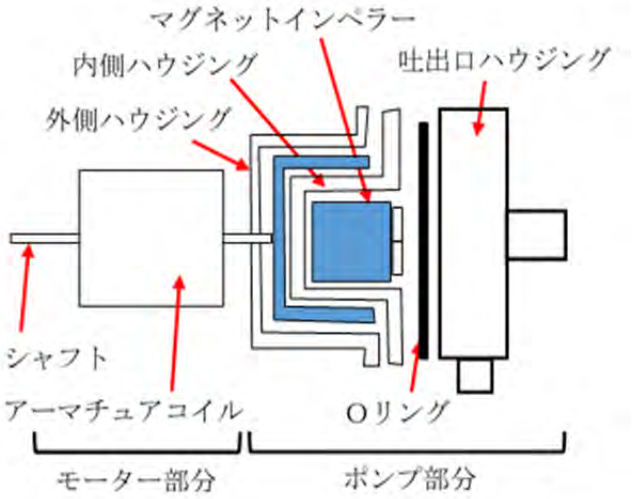


図 1　ポンプ部分の構造

(2)　モーター部分の見分

次に、モーター部分の構造を見ると、モーターはコネクターから流れる電気がブラシを通り、コミュテータに伝えられ、モーターが回転する仕組みになっています。また、シャフトの先端にはベアリングがあり、抵抗が少なくシャフトが回る構造となっています（図 2 参照）。

り災車両のモーター部分を見ると、ベアリング、コミュテータ、アーマチュアコイル及びシャフトにゲル状の堆積物が付着しているのが認められます。また、ベアリングとシャフトがこの堆積物により固着しているのが認められます。このため、モーターは通常より負荷がかかった状態で、回転していたと推測されます（写真 8、9 参照）。

アーマチュアコイル部分を見ると、層間短絡痕は認められません。

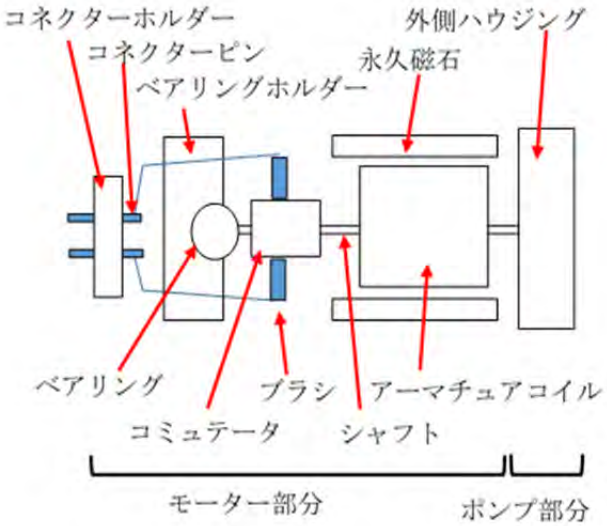


図 2　モーター部分の構造



写真 8　ベアリングとシャフトの固着状況



写真 9　り災時のベアリング周囲を復元した状況

コネクター部分を見ると、コネクターピン及びコンデンサーからなり、合成樹脂製のコネクターピンホルダーが炭化し、脱落しています。また、2 本あるコネクターピンのうち、下側の 1 本は溶断しています（写真 10 参照）。

ブラシ部分を見ると、向かい合った位置に 2 個のブラシがブラシホルダーで固定されており、バネにより、コミュテータに押し付けられています。ブラシには、それぞれコネクターからブラシリード線で接続されています。片側のブラシホルダー

は、原形を留めないほど炭化し、表面に茶色のゲル状のものが堆積しているのが認められます。ブラシリード線を見ると、いずれも断線はしていません。ブラシを見ると、新品のブラシが約 8mm あるのに対し、片方のブラシは約 1mm の位置まで摩耗しており、もう片方のブラシは約 2mm の位置まで摩耗しています（写真 11、12 参照）。このため、ブラシの摩耗粉末がモーター内に存在していると考えられます。また、り災車両は購入から約 12 年経過し、約 28 万 km 走行しています。そのため、経年劣化により、ブラシのみでなくコミュテータとコイルも摩耗して、金属粉末がモーター内にあったと推測されます。



写真 10　脱落したコネクター部分



写真 11　ブラシホルダーの炭化及び
ブラシの摩耗の状況



写真 12　新品のブラシ

(3)　考察

上記、(1) ポンプ部分の見分及び (2) モーター部分の見分から、以下の可能性について考察しました。

ア　ポンプハウジング接続部分の O リングの劣化により、クーラントがインペラー側の外側のハウジング内部に漏えいし、モーター内部に入ったと考えられます。

イ　モーターのシャフトとベアリングは固着しているため、通常より、負荷がかかった状態で回転していたと考えられます。このため、アーマチュアコイルに層間短絡は認められず、負荷がかかり発熱していたと考えられます。

ウ　ブラシを見ると、摩耗限界にあり、また、上下のブラシで摩耗に差があることからシャフトは偏芯した状態で回転していたと考えられ

ます。さらに、偏芯した状態で回転したことが、異常摩耗を助長した可能性も考えられます。モーター管内部には茶色のゲル状の物が堆積しているのが認められ、これはクーラントとブラシの摩耗粉末等が混ざったものと考えられます。

エ　モーター内の焼きを見ると、コネクター、ブラシ部分及びベアリング部分のみに焼きが認められ、このうち、コネクター部分の焼きが強く、ブラシ部分及びベアリング部分は、コネクター部分から延焼拡大したと考えられます。このため、出火箇所は、電動補助冷却ポンプのコネクター部分であると認められます。

5. 検証実験

出火箇所が電動補助冷却ポンプのコネクター部分であるため、出火原因は、本来絶縁されているコネクターピン間において、絶縁性能が低下し、発熱したものと推測しました。このため、名古屋市消防局消防研究室の協力を得て、分析器を用いた鑑識及び検証実験を行い、出火原因について検証しました。

なお、出火した電動補助冷却ポンプは、メーカーとの合同見分後、破棄されているため、実験にはメーカーから提供された新品の電動補助冷却ポンプを用いて行いました。

(1)　実験方法

ア　ブラシの摩耗粉末の成分分析

出火した電動補助冷却ポンプのブラシを見ると、異常摩耗していることから、モーター内にはブラシの摩耗粉末が堆積していたことが予測できます。このため、ブラシ成分を、粉末X線回折装置（理学電機株式会社製 PINT-1100）を用いて定性分析をすることで特定し、その導電性について明らかにしました。測定にはブラシを紙やすりで削り粉末状にした物（以下「ブラシ粉末」という。）を用いて行いました。

イ　抵抗値の測定

見分の結果、出火した電動補助冷却ポンプのモーター内にはクーラントが漏えいしていたと考えられます。また、モーター内にはゲル状の堆積物が認められ、これはクーラントとブラシ粉末が混じったものと考えられます。このため、クーラント、ブラシ粉末及びクーラント並びにブラシ粉末の混合物（以下「混合物」という。）の抵抗値を測定することで、その導電性について明らかにしました。また、見分の結果、モーター内の堆積物はゲル状になっているため、混合物を濃縮しゲル状にした物（以下「混合物1」という。）の抵抗値も同じく測定しました。

出火した電動補助冷却ポンプは、約12年間で約28万km使用されたものであるため、モーター内のゲル状の堆積物の中には、ブラシ粉末の他に、アーマチュアコイル及びコミュテータ等金属が長時間の回転により摩耗した、摩耗粉末が含まれていると考えられます。このため、アーマチュアコイルをやすりで削った金属粉末（以下「金属粉末」という。）の抵抗値、金属粉末とブラシ粉末を1対1で混合した粉末（以下「混合粉末」という。）の抵抗値及び混合粉末とクーラントを混ぜゲル状にした物（以下「混合物2」という。）の抵抗値をそれぞれ測定しました。

測定は1mmの間隔で行い、混合物はクーラント約5mlにブラシ粉末約1gを混合した物で行い、その後、クーラントを過熱濃縮しゲル状の物を得て、測定を行いました。また、参考としてブラシ及び水の抵抗値の測定を行いました。抵抗値は、日置電機株式会社製カードハイテスター3240 を用いて測定しました。

ウ　モーター管表面温度の測定及び電流量の測定

電動補助冷却ポンプに12Vバッテリーを用いて通電し、モーターを回転させた場合のモーター管表面温度の変化を、サーモスタットカメラ及びコネクター付近に取り付けた熱電対を用いて測定しました。測定方法は以下の4回実施しました。

（ア）　電動補助冷却ポンプを通常の状態で、5分間回転させ温度変化を測定しました。

（イ）　電動補助冷却ポンプのモーター管内にブ

ラシ粉末約 1g を入れ、10 分間回転させ温度変化を測定しました。

（ウ）　（イ）の条件にさらにクーラント約 5ml を入れ、10 分間回転させ温度変化及び電流量を測定しました。

（エ）　（ウ）の条件でモーターを拘束し、10 分間通電し、温度変化及び電流量を測定しました。

エ　コネクターホルダーの熱分析

コネクターホルダーの合成樹脂を削り取り、熱分析装置を用いて熱重量・熱量同時測定を実施しました。熱分析はセイコー電子工業株式会社製 DSC 6200R を用いて実施しました。

（2）　実験結果

ア　ブラシ粉末の成分分析結果

粉末 X 線回折装置により分析した結果、ブラシ粉末の主成分は炭素及び銅であることを確認しました（図 3、写真 13 参照）。



写真 13　ブラシ粉末

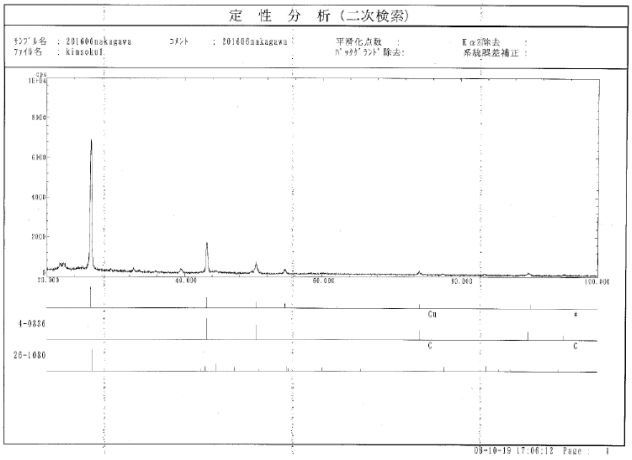


図 3　ブラシ粉末の定性分析結果

イ　抵抗値の測定結果

測定結果を表 1 及び表 2 に示します（写真 14～20 参照）。

表 1　抵抗値測定結果 1

	水	クーラント	混合物	混合物１	ブラシ粉末	ブラシ
抵抗値	２．２Ｍ	３．６Ｍ	１．１Ｍ	６．０ｋ	３０ｋ	３０

単位：Ω

表 2　抵抗値測定結果 2

	金属粉末	混合粉末	混合物２
抵抗値	９２	２３５	２２

単位：Ω



写真14　クーラント



写真15　混合物



写真16　混合物1

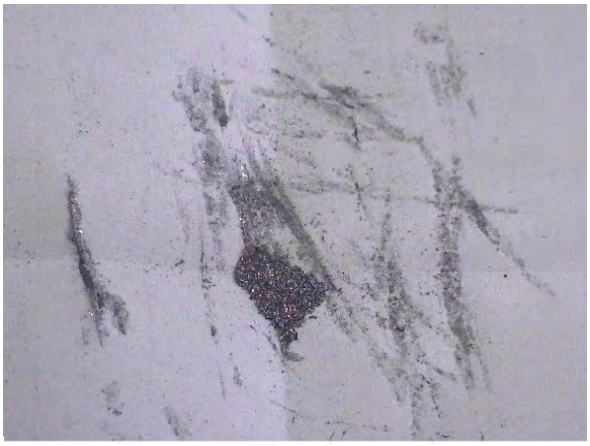


写真17　金属粉末



写真18　混合粉末



写真19　混合物2

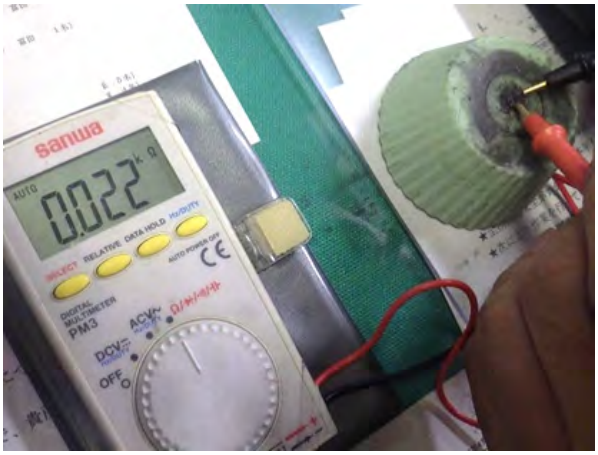


写真 20　混合物 2 の抵抗値測定状況

ウ　モーター管表面温度の測定及び電流量の測定結果

測定結果を表 3 に示します（写真 21 参照）。また、実験（ウ）のモーター通電時の電流量は 0.65A であり、実験（エ）のモーター通電時の電流量は 2～3A でした。



写真 21　温度測定状況

表 3　モーター管表面温度測定結果

時間（分）	1	2	3	4	5	6	7	8	9	１０
実験（ア）	27.5	27.8	29.5	30.0	30.5					
実験（イ）	30.2	30.9	31.5	32.1	33.1	33.9	34.5	35.0	35.6	35.7
実験（ウ）	31.5	32.5	33.6	35.1	34.7	36.2	36.7	38.0	37.7	38.1
実験（エ）	34.1	38.8	44.5	49.4	56.1	62.6	69.4	75.2	77.4	80.8

単位：℃

(3)　実験結果から出火原因の考察

ブラシの摩耗粉末の成分分析の結果、ブラシ粉末の成分は炭素及び銅であることが確認できました。よって、ブラシ粉末は導体です。

クーラントの抵抗値は3.6MΩであり、水よりも高い抵抗値を示しており、絶縁性に優れていると考えられます。よって、仮にクーラントがモーター管内に入ったとしても、このことが原因でコネクターピン間において絶縁性能が低下したとは考えにくいです。また、混合物の抵抗値も1.1MΩであり、クーラント単体と比較すれば抵抗値は低いが、絶縁性は高いためコネクターピン間において絶縁性能が低下したとは考えにくいです。

ウの実験の結果、電動補助冷却ポンプのモーター管内にクーラント又は混合物が入った状態で通電しても、発熱は見られませんでした。しかし、モーターを拘束した状態で通電した場合、顕著な発熱が見られました。出火した電動補助冷却ポンプを見ると、モーターのシャフトとベアリングが固着した状態であり、負荷がかかった状態で回転していたと考えられます。よって、出火した電動補助冷却ポンプは、出火以前から負荷がかかり発熱していたと考えられ、この熱によりクーラントがモーター内で濃縮され、ゲル状となり堆積していた可能性が考えられます。このことは、見分時、モーター管内にゲル状の堆積物の付着が認められることと矛盾しません。

抵抗値の測定の結果から、混合物1の抵抗値は約6.0kΩであることが確認できました。このことから、コネクターピン間に混合物1が堆積していた場合、本来絶縁されているコネクターピン間で絶縁性能が低下し、コネクターピンが発熱した可能性が考えられます。ジュールの法則（$H=I^2Rt[J]$）によると、6.0kΩの抵抗に12V通電すると、0.024J/sの熱が発生しますが、合成樹脂製のコネクターホルダーを発火させるのに十分な熱量とは言えません。しかし、出火した電動補助冷却ポンプは約12年間で約28万km使用されたものであるため、モーター内のゲル状の堆積物の中には、ブラシ粉末の他に、アーマチュアコイル及びコミュテータ等金属が長時間の回転により摩耗した摩耗粉末が含まれていると考えられます。抵抗値の測定結果から、混合物2の抵抗値は約22Ωであることが確認できました。このことから、コネクターピン間に混合物2が堆積していた場合、12V通電すると、約6.7J/sの熱が発生します。コネクターホルダーの熱分析結果から、コネクターホルダーの合成樹脂は約480℃で発火すると考えられます。このことから、仮にコネクターピン間で約6.7J/sの熱が発生したならば、コネクターホルダーを発火させるのに十分な熱が発生すると考えられます。

これらの結果から、出火した電動補助冷却ポンプ内に堆積した、ゲル状の堆積物の成分及び堆積場所等の条件によっては、合成樹脂製のコネクターホルダーを発火させるのに、十分な熱が発生していたと考えられます。

また、コネクターピン間の絶縁性能の低下により通電があったとしても、回線保護のヒューズが破断するほどの電流量にはならず、通電を続けていたと考えられます。

6.　結論

メーカーとの合同見分及び消防研究室との検証実験の結果、本火災の出火箇所は、電動補助冷却ポンプのコネクター部分と認められます。

また、出火原因は次のとおりです。

電動補助冷却ポンプのポンプ部分のOリングの劣化により、クーラントが漏れ出して、そのまま使用を続けたため、クーラントがモーター内部に侵入し、エンドベル側のベアリングとシャフトが固着しました。シャフトとベアリングが共回するため、ベアリングホルダーが摩耗し、シャフトが偏芯した状態で回転し、ブラシとコミュテータが偏摩耗により異常摩耗しました。ブラシとコミュテータの異常摩耗及び経年使用による摩耗により、発生したブラシ粉末及び金属粉末とクーラントの混合物が、負荷のかかった状態で回転したモーターから発生した熱により濃縮され、ゲル状となり、

モーター内に堆積しました。導電性があるこのゲル状の堆積物により、本来絶縁されているコネクターピン間の絶縁性能が低下し、発熱しました。コネクターピン間の絶縁性能の低下により通電があり、回線保護のヒューズが破断するほどの電流量にはならず、通電を続けた結果、コネクターピンが高温となり、合成樹脂製のコネクターホルダーが発火し、周囲に延焼拡大したものと推定しました。

7. まとめ

り災車両は、購入後約12年経過し、走行距離約28万kmの車両ですが、電動補助冷却ポンプの交換履歴はありません。ディーラーによると、電動補助冷却ポンプは、定期点検の点検項目の中に入っていないとのことです。り災車両は、火災発生の約1年前にクーラント漏れの警告灯が点灯したため整備が行われており、サーモスタットハウジングからのクーラント漏れを確認しています。この際、電動補助冷却ポンプの点検は行われておらず、この時電動補助冷却ポンプの点検及び交換を同時に行っていれば、防ぐことが可能な火災であったと考えられます。

本調査結果を受けて、ディーラー及びメーカーに予防的な点検整備の必要性を伝え、今後の火災予防に役立ててもらえるよう指導を行いました。

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

トレーラ火災時の『調査教本』の作成

神戸市消防局予防部予防課
塩谷俊行

1.　はじめに

トレーラ火災は全国的に発生しており、神戸市内においても件数は多くないものの、毎年発生している。その出火原因の多くはブレーキの引きずりによるもので、神戸市消防局においても類似火災の防止に取り組んできた。

本稿は、トレーラ火災について、消防局で今まで実施してきた類似火災防止の取り組みと、職員の調査技術向上のために、新たにトレーラ火災時の調査教本を作成するに至った経緯について、火災事例と本部調査係員としての自身の苦い経験を併せて紹介するものである。

2.　神戸市内でのトレーラ火災の発生状況

神戸市内におけるトレーラ火災の発生件数は、年間 1、2 件程度であった。しかし、平成 25 年 10 月から平成 26 年 3 月までの半年間で、5 件の火災が発生した（表 1）。

表 1　神戸市内の火災発生状況

発生年月	出火原因
H25.10	ブレーキの引きずり
H25.11	ブレーキの引きずり
H26.2	ブレーキの引きずり
H26.3	ブレーキの引きずり
H26.3	ブレーキの引きずり
H26.3	不明
H26.7	整備不良
H26.12	ブレーキの引きずり
H27.4	ブレーキの引きずり
H28.4	ブレーキの引きずり

この時点で取り組みを行っている

3.　神戸市消防局で実施したトレーラ火災への取り組み

この 5 件の火災の出火原因が、いずれもブレーキの引きずりによるものであったことから、消防局ではこれを重く受け止め、類似火災防止のために以下の取り組みを行っている。

(1)　国土交通省への協力依頼

火災が続いた時点で既に、一般社団法人日本自動車車体工業会が発行するトレーラサービスニュースや各トレーラメーカーのホームページ等で、トレーラのブレーキ引きずりについて注意喚起がされていた。

しかし、ブレーキの引きずりが発生する原因として、整備不良によるところが一番大きいことから、整備事業者への研修を実施している国土交通省神戸運輸監理部兵庫陸運部に、以下の 2 点について協力依頼を実施した。

① 消防局で作成した広報用ポスターの関係各署への掲示と配布用チラシの設置（図 1）。

② 民間整備関係事業所や各種整備士を対象とした、研修時における広報用ポスターの情報提供。

上記取り組みについては、整備関係者への直接の情報発信という点で、大きな効果を得られた。

(2)　予防広報活動

上記協力依頼を行うとともに、予防広報活動も併せて実施した。

① 消防局の広報誌への執筆

② 神戸市のホームページへの掲載

③ 神戸市の市政記者クラブへの資料提供

これらの情報提供の結果、物流や運送業界の専門誌を作っている会社から問い合わせが入り、十分な広報効果が得られた。



図 1　配布用チラシ

4.　自分自身の知識不足を痛感した事案

自分自身も本部調査係員として、それまでトレーラ火災の原因調査に何回か立ち会っていたため、トレーラのブレーキ構造について理解しているつもりでいた。しかし、1 件のトレーラ火災の原因調査で、自分の知識不足を痛感させられることとなった。

(1)　火災の概要

出火日時　平成 28 年 4 月初旬

り災程度　トレーラ及び積載のコンテナの一部焼損

発生状況　走行中、車体後方よりバースト音がしたため、車を停車させ確認すると、トレーラの右側タイヤが燃えていた。

(2)　現場見分の状況

焼損したトレーラはセミトレーラで、前軸、中軸、後軸で構成される3軸仕様車である。なお、方向については、車両進行方向に向かって前後左右と記載する。

ア　車両外観の状況

車両外観を見分すると、焼損が認められるのはトレーラ及びコンテナのみで、トレーラの中軸右輪の内側タイヤが焼損し、外側タイヤはパンク状態であった。上部のフレーム及びコンテナについては、中軸右輪を基点に燃え上がった状況であることから、トレーラ中軸右輪から出火したことは、明らかであった（写真1）。

イ　トレーラ中軸のブレーキの状況

中軸右輪からの出火であることから、ブレーキの引きずりが真っ先に疑われ、中軸の左右のブレーキドラムの状況確認を実施した。

まず、ブレーキドラムを見分すると、右輪はドラム全体が赤褐色に変色しているが、左輪は茶色に錆びた状態であり、右輪にのみ異常過熱の痕跡が認められた（写真2、3）。

次にブレーキドラムを外して内部を見分すると、右輪には、リターンスプリングの伸びやブレーキライニングの割れが確認できたが、左輪にはこれらの状況は認められず、中軸右輪のみでブレーキの引きずりが発生している状況であった（写真4、5、6）。



写真１　車両右側の焼損状況



写真２　右輪のブレーキドラムの状況



写真３　左輪のブレーキドラムの状況



写真４　リターンスプリングの状況



写真５　ブレーキライニングの状況（右輪）



写真６　ブレーキライニングの状況（左輪）

(3)　出火原因

火災の発生状況とブレーキの焼損状況から、出火原因は中軸右輪の一輪のみでブレーキの引きずりが発生したことで、ブレーキドラムが過熱され出火したものであると認定した。

(4)　引きずりの発生要因

ブレーキの引きずりが一輪のみで発生していることから、駐車ブレーキのエア系統やサービスブレーキのエア系統の異状ではなく、中軸右輪単独のブレーキ機械系の異状により、発生したと考えられた。しかし、各部の状況を確認するも、異状箇所の特定には至らなかった。

(5)　調査を終えて

それまで自分が経験していたブレーキの引きずりによるトレーラ火災は、ダイヤフラムの劣化などによるエア漏れによって、駐車ブレーキが掛かった状態となり、発生するものであったので、軸の両輪でブレーキの引きずりが発生していた。しかし、一輪だけでブレーキの引きずりが発生した事例は初めての経験だったので、どんな要因が考えられ、どこを重点的に見分すればいいのか正直分からなかった。

この調査経験から、一括りにトレーラのブレーキ引きずりと言っても、様々な引きずり方があること、また、引きずり方によって見分するポイントが違うこと、そして、何より自分自身がトレーラのブレーキ構造をきちんと理解できていないことに気付かされた。

5.　調査員の車両火災に対する苦手意識

類似火災防止のためには、精度の高い原因調査を実施し、出火原因やそれにつながる要因を特定することが一番重要であり、その為には、調査員の調査技術の向上が不可欠であるといえる。

(1)　車両火災への苦手意識

本部調査係は、市内全域の火災について、消防

署の調査支援を行っており、支援の際に自分が感じていたのは、消防署の調査員の車両火災への苦手意識である。そして、その理由としては、出火機構を理解する前に、車両構造を理解していなければならないからであると考えられた。

それでも自動車の構造については、多数の書籍が出版されており、出火機構や調査要領については、東京消防庁監修の新火災調査教本等があるため、研修等により職員の調査技術の向上を図れていた。しかし、トレーラに関しては、ブレーキ構造について詳細に記した資料がなく、関係団体やメーカーから出されている注意喚起も事業者向けであるため、トレーラについて、素人同然の消防職員には、理解しにくい部分が多く、合同見分時もメーカー技術者の説明を十分に理解できていない者が多かった。

(2)　神戸市消防局の調査体制

神戸市消防局の火災調査は、火災が発生した管轄の消防署が原因調査を行う体制となっており、調査専従の係もないため、全ての消防隊員が調査を行っている。しかし、火災件数が減少するなか、職員の調査経験も減っており、発生件数が少ないトレーラ火災の原因調査においては、担当する調査員が毎回「初めてのトレーラ火災」となっていた。

6.　メーカーへの協力依頼

(1)　日本トレクス株式会社

それまでの自分の知識は、現場見分時にメーカー技術者から説明を受けて知った知識や、インターネットで調べた知識のみであり、基本的な構造をすべて理解できていたわけではなかったので、トレーラのブレーキ構造を基礎から教えていただくべく、平成28年6月に日本トレクス株式会社に連絡をとり、愛知県豊川市の本社にて、サービス部技術整備室の専任技師の方に以下の項目について丁寧に教えていただくことができた。

①トレーラの基礎知識と変遷

②トレーラのエアブレーキの仕組み（図2）

③各主要部品の構造と作動の仕組み（写真7、8）

④ブレーキの作動状況の見学（写真9）

⑤ブレーキ引きずりの発生要因

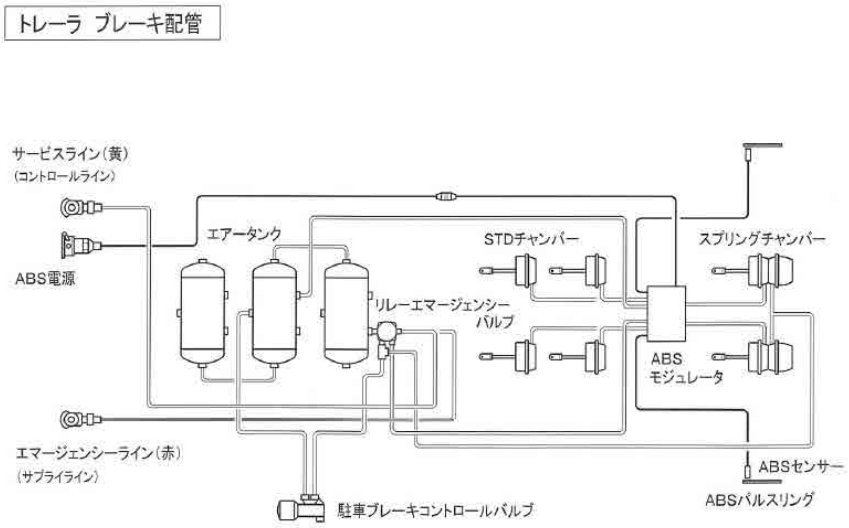


図2　エアブレーキの仕組み（資料抜粋）



写真 7　ブレーキ部分のカットモデル



写真 8　オートスラックアジャスタのスケルトンモデル



写真 9　トレーラモデルを使用した作動状況の見学

(2)　ナブテスコサービス株式会社

日本トレクス株式会社での講習の後、トレーラのブレーキシステム部品を販売している、ナブテスコサービス株式会社の事業所が神戸市内にあることから、そちらにも連絡をとり、リレーエマージェンシーバルブやスプリングブレーキチャンバなどの主要部品の構造について、さらに詳細に話を聞くことができた。

7.　『教本』となる資料の作成

職員の調査技術の向上のため、今までの自身の調査経験と、2 社で教えていただいた知識を広くフィードバックするため、トレーラについて全く知らない職員であっても、出火機構や調査要領を理解できるように、教本の作成に取り掛かった。完成した教本については市内の各消防署だけでなく、広く活用していただくために、兵庫県下の各消防本部にも配布している。作成した教本の内容について、以下に示す。

(1)　トレーラの基礎と出火機構

「トレーラ」と聞くと、トラクタとトレーラを接続した車両全体のことを指すと思っている職員も多く、かつては自分もそうであった。このことから、初めに基本的なトレーラの説明をしている（図 3)。

また、原因調査を行う上で、出火機構を知っておくことは非常に重要であるため、出火に至るまでの経緯も説明している（図 4)。

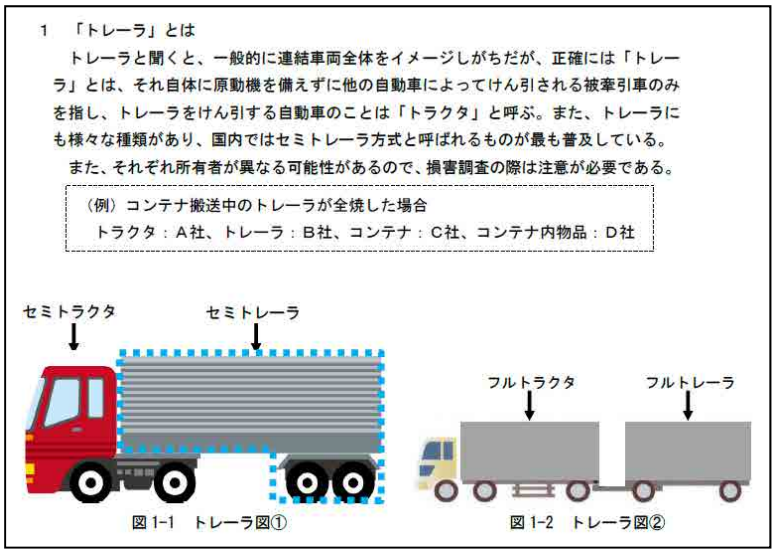


図３　トレーラの説明（資料抜粋）

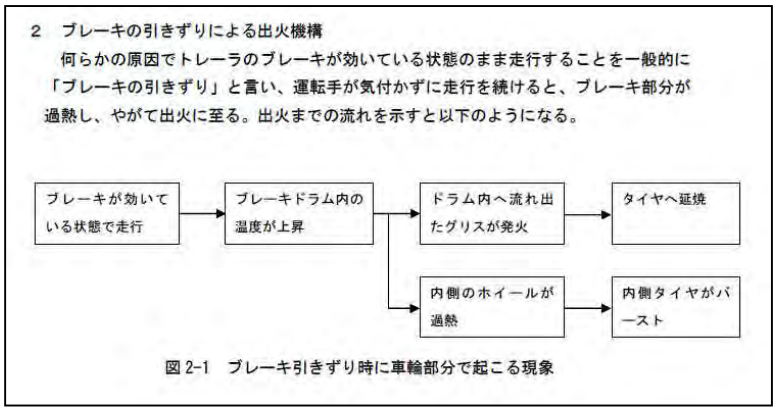


図４　ブレーキの引きずりによる出火機構（資料抜粋）

(2)　現場見分時に見られる特徴

ブレーキの引きずりが発生すると、そのブレーキドラム及びドラム内部には、特徴的な痕跡が残る。初めての見分時でも状況を見極められるように、これらの痕跡を、実際に見分した際の写真を使って説明することで、より分かりやすいものとしている（図5）。

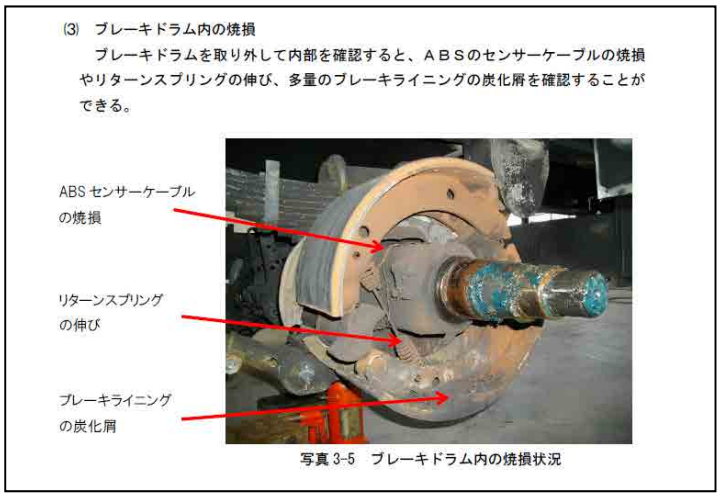


図５　ブレーキドラム内の焼損（資料抜粋）

(3)　トレーラのブレーキ構造

ブレーキの引きずりが発生した要因を特定するためには、トレーラのブレーキ構造を理解している必要がある。このことから、トレーラのエアブレーキの仕組みや各部の主要部品の動作原理、ブレーキドラム部分の仕組みなどについて、写真とイラストを用いて説明をしている（図6、7、8）。

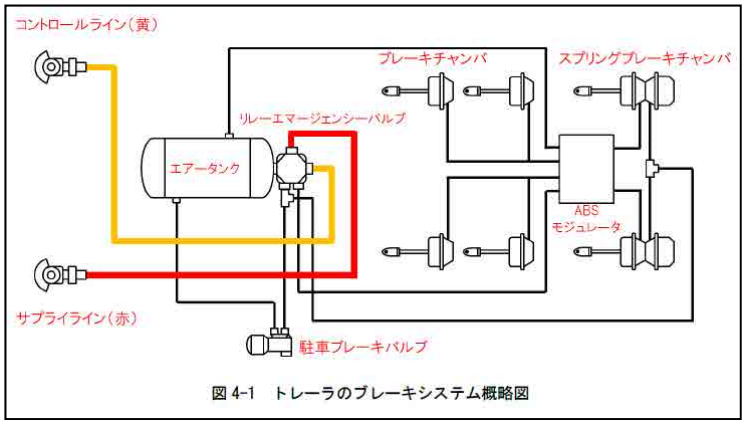


図6　トレーラのブレーキシステム概略図（資料抜粋）

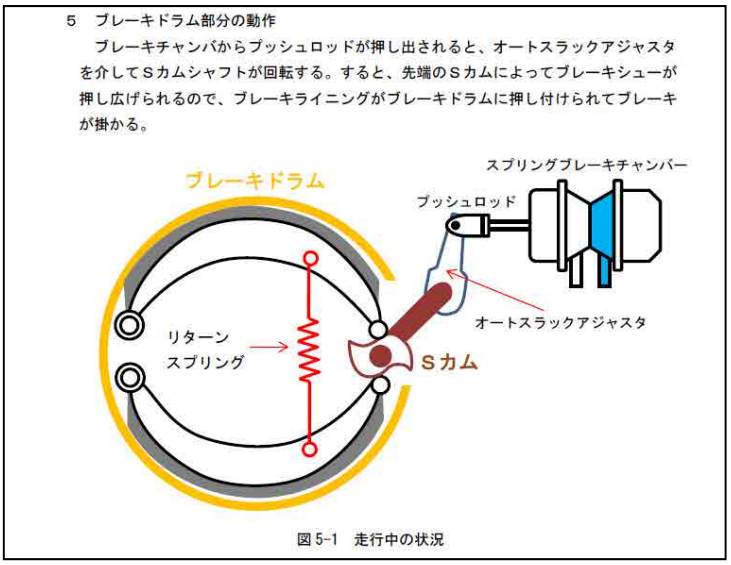


図7　ブレーキドラム部分の動作（資料抜粋）

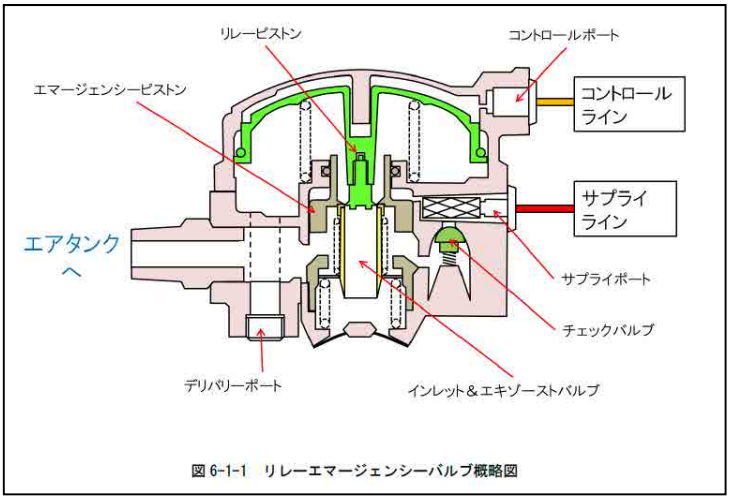


図8　リレーエマージェンシーバルブ概略図（資料抜粋）

(4)　引きずりの発生要因

ここまでの項目を読めば、トレーラのブレーキ構造について理解できているはずである。この項目では、引きずりが発生する要因について、写真やイラストを使って具体的に説明している（図 9）。


⑶　部品の動作不良

ア　リレーエマージェンシーバルブ内のリレーピストンの動作不良

リレーピストンはトラクタ側から送られるブレーキの信号エアを受けて上下し、エアタンクのエアを送気する重要な部品である。リレーピストン周囲のOリングは１年の定期交換部品となっており、劣化するとピストンの動作が悪くなる。すると、ブレーキ操作時にペダルを放してもピストンが戻らず、ブレーキが効いたままの状態になってブレーキの引きずりが発生する。劣化の要因としては、水分や汚れの混入があり、冬季や寒冷地では水分の凍結による引きずりも発生している。

写真 7-3-1　　写真 7-3-2

図 9　部品の動作不良の説明（資料抜粋）

(5)　見分の進め方

ブレーキの引きずりは、引きずり方によって確認すべき部分が異なる。現場見分を効率良く進めるために、フロー図を作成し見分の進め方の指針を示している（図 10）。

8.　職員への早期フィードバック

資料の作成には取り掛かったが、完成までは時間がかかるため、少しでも早くフィードバックするために、兵庫県下消防長会火災調査研究会（平成 28 年 8 月 31 日開催）にて発表を行っている。また、さらに広く知っていただくために、調査技術会議の大阪会場（平成 29 年 1 月 20 日開催）でも発表させていただいた。

9.　おわりに

火災件数が減り、職員の調査経験は減ってきているが、車両も含め製品火災の原因調査時に、消防職員に求められている説明責任は高まっている。また、製品火災の調査は、メーカーと合同で行うことが多く、深い知識を有する一人の調査員の存在より、メーカーによる説明を理解できる基礎的な知識を有する調査員を、より多く育成することが大事であると考えられる。

今回は 1 件のトレーラ火災の原因調査での苦い経験をきっかけに、調査教本の作成にまで至ったが、今後も 1 件の火災を大切に、本部調査係員として職員の人材育成に取り組んでいきたい。

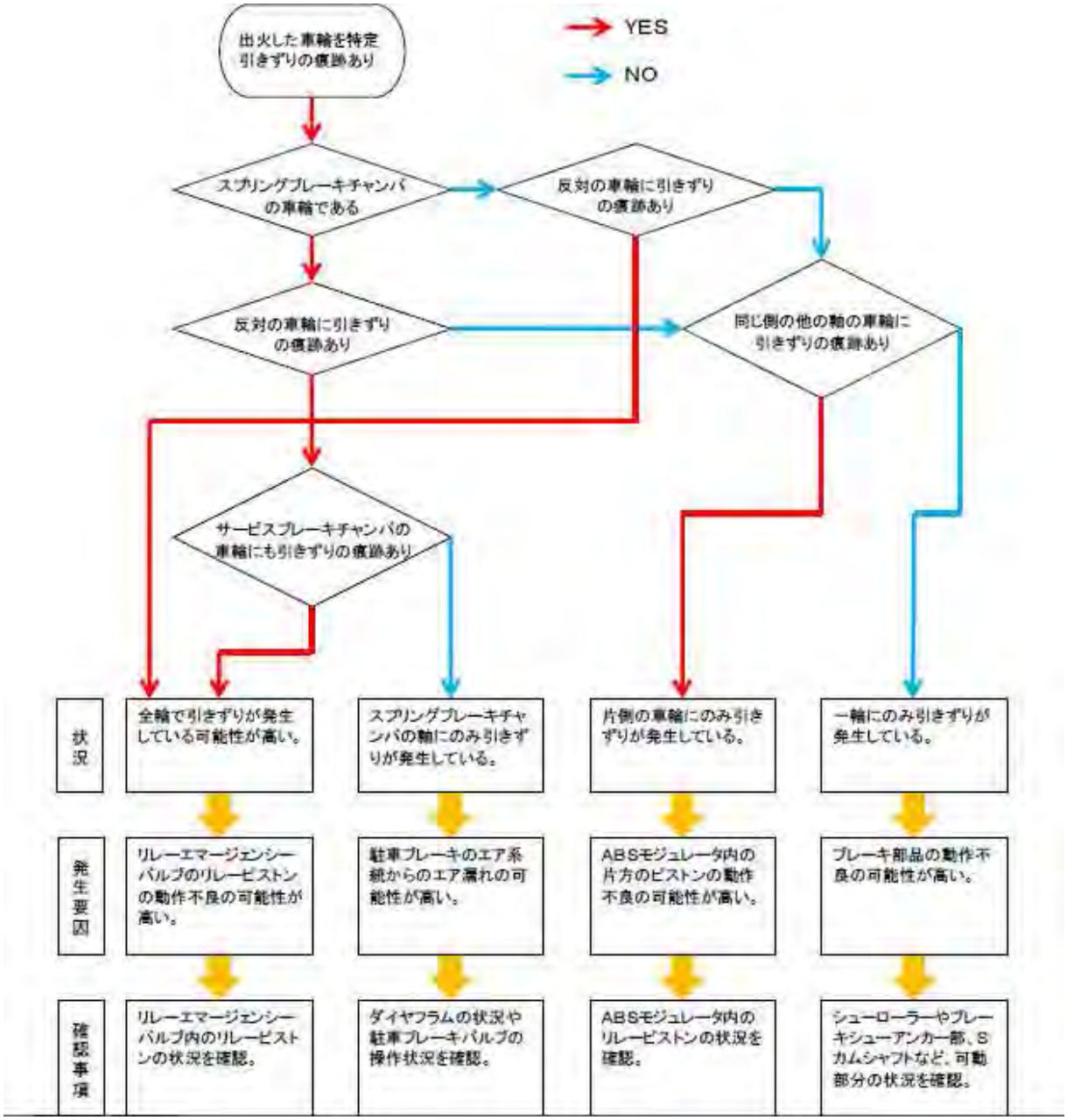


図10　見分の進め方フロー図（資料抜粋）

平成29年度消防防災科学技術賞　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

ポータブルブルーレイプレーヤーの出火事例から

大阪市消防局予防部予防課調査鑑識
村上芳郎、辻　明人、稲田悠哉

1.　ポータブルプレーヤーからの出火事例について

（1）火災の概要

本件は4階建共同住宅の3階一室において、11m^{2}焼損及び天井側壁19m^{2}焼損した火災で、出火時は無人であり、死傷者は発生していない。火元洋間（8畳間）のハンガーラック付近から立ち上がりが認められ、それ以外の焼きは上部のみである（写真①、②）。火元男性は喫煙をせず、灰皿やたばこは見分されていない。消防隊到着時は玄関が施錠されており、火元男性は出火時間の約3時間前に外出している。

出火箇所付近に発火源となりうるものは、ポータブルプレーヤーのみであり、床面の焼きはポータブルプレーヤーが接する部分のみである（写真③）。ポータブルプレーヤーは週末に充電を行い、使用の際、充電が減ってきた時は随時充電を行っている。異常を感じたことはなく、充電する時以外に電源アダプターは本体と接続していない。本製品にリコールはなく、火災等の事故歴もない。



写真①



写真②



写真③

（2）製品鑑識について

製品鑑識は、大阪市高度専門教育訓練センターでメーカーと合同で実施する。 ポータブルプレーヤーの液晶部は下部に焼きが認められるが、内部のLCD基板に出火に至る痕跡は認められず、周囲の樹脂製外装部に焼きが認められないことから、これらから出火した可能 性はないと考えられる（写真④）。

ポータブルプレーヤーのプレーヤー部は、表面の樹脂が全体的に炭化しているが、内部のサブ基板、ドライブ部、メイン基板に出火に至る痕跡は認められないことからも、出火した可能性は ないと考えられる。

本体について外観を見分すると、リチウムイオンバッテリー装着部の外装樹脂が完全に焼失しているが、その直上のメイン基板下部には焼きが認められないことから、外からの受熱によって当該ポータブルプレーヤーが二次的に焼きしたものとは考えにくい（写真⑤）。

焼きしたリチウムイオンバッテリーのアルミケースは一部しか残存しておらず、残存していたものに溶融による穴が認められることから、周囲のメイン基板等に比べ、熱影響を強く受けていると考えられる（写真⑥）。

焼きしたリチウムイオンバッテリーは2つのセルから成り、それぞれのセルについて一枚一枚の電極を見分することはできなかったが、どちらにも膨張が見られ、電極全体にしわが生じ、特に一方のセルについては、数枚の電極がめくれ上がった状態で、原形をとどめていない。また、 脱落した2枚の電極に一部穴が認められている（写真⑦、⑧）。



写真④



写真⑤



写真⑥



写真⑦



写真⑧

（3）鑑識結果について

本件火災については、製品鑑識からポータブルプレーヤーのリチウムイオンバッテリーの絶縁劣化により、短絡したことで熱暴走を起こし発火、出火した可能性が高いと判定した。短絡に至った要因として、製造過程における異物の混入や落下等の衝撃によるバッテリー内部の絶縁体の破壊によるものなどが考えられるが、今回の鑑識では特定には至らなかった。

本事案は、出火箇所付近に他の発火源が無かったため、ポータブルプレーヤーの製品鑑識に至り、出火原因の判定をすることができたが、リチウムイオンバッテリーから出火した場合の特徴を把握するために、リチウムイオンバッテリーの内部短絡の特徴を明確にする必要性があると感じる事案であった。

2.　燃焼実験について

リチウムイオンバッテリーの内部短絡を再現するために燃焼実験を行った。リチウムイオンバッテリーとは、内部にプラスとマイナスの電極が存在し、プラス電極には、アルミニウム箔にリチウム含有化合物が塗布され、マイナス電極は銅箔に炭素系物質などを塗布 し、間に絶縁体であるがイオンを通す樹脂製のセパレーターで構成され、内部を電解質で満たされたバッテリーである。

（1）　実験1（リチウムイオンバッテリーから出火させた場合の焼き状況）

リチウムイオンバッテリーに大電流発生装置（写真⑨）を用いて、過電流を流し続け、出火させる。

リチウムイオンバッテリーの安全装置を取り外し、5V 程度印加すると 4A 程度の電流が流れる。その過電流状態で内部短絡を意図的に発生させ、出火した後の電極の焼きの状態を観察する（写真⑩、⑪）。電圧を印加すると徐々にリチウムイオンバッテリーの温度が上昇し（グラフ1参照）、およそ1時間半程度で内部から出火する。なお、グラフから見ると最初1時間は徐々に温度が上昇する。リチウムイオンバッテリーの表面温度は出火する30 分前から 20～80℃程度、急激に上昇し、90℃を超えると数分後には出火し、700℃を超える。



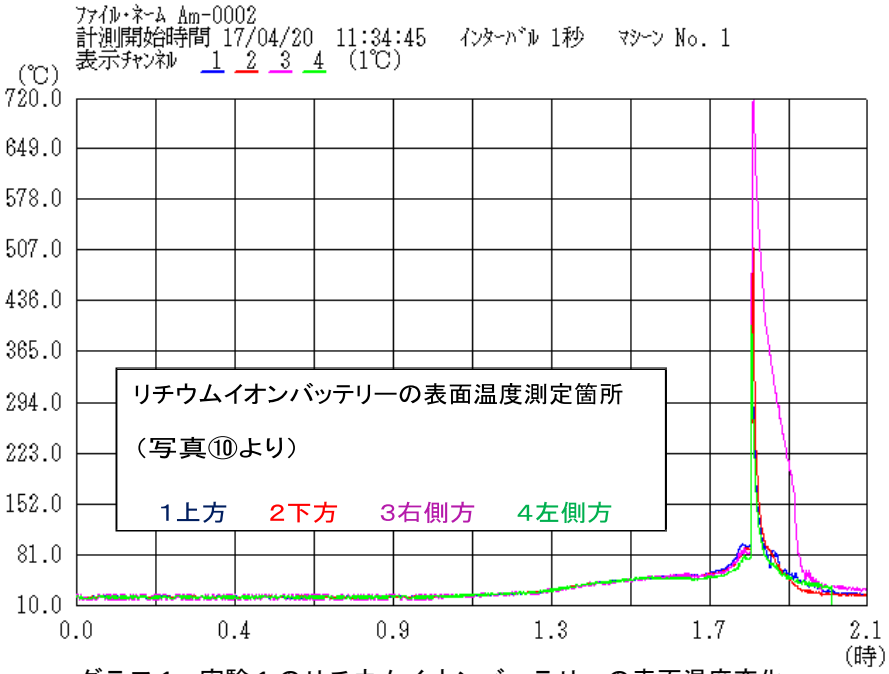
写真⑨



写真⑩



写真⑪



グラフ１　実験１のリチウムイオンバッテリーの表面温度変化

焼きしたリチウムイオンバッテリーの内部を展開し、それぞれの電極を確認すると、マイナスの電極である銅箔は見分できるが、プラス電極であるアルミニウム箔は焼失し見分できない。リチウムイオンバッテリーの燃焼時の表面温度は最高温度 700℃程度であるため、内部のアルミニウム箔は焼失したことがわかる。銅箔は見分できるが、非常にもろく所々破損し、穴が開き焼失している部分も見分できる（写真⑫）

(2)　実験2（リチウムイオンバッテリーを外部からの炎により焼きさせた状況）

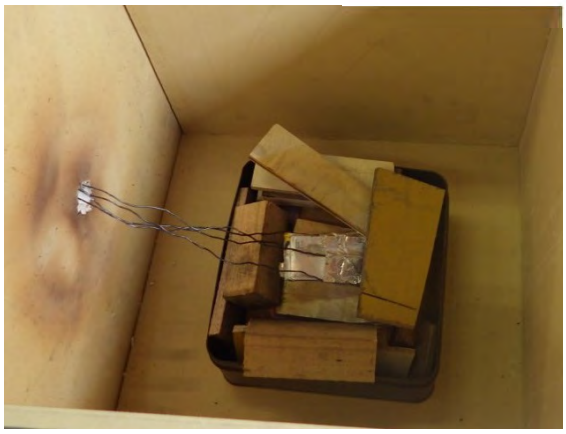
リチウムイオンバッテリーは安全装置を取り外し、電気エネルギーを保持した状態で周りの木材に火を付け、内部の電極の状態を確認する（写真⑬、⑭）。リチウムイオンバッテリーの表面温度は可燃物に火を付けた瞬間から上昇し（グラフ2参照）、最高温度は約720℃まで上昇した。燃焼中は約 700℃を継続し、その後可燃物の減少により、終息 に向かうにつれて温度が低くなっていく。

燃焼中の木材の中にあるリチウムイオンバッテリーは数分で膨張し、破裂しその後焼きした。焼きしたリチウムイオンバッテリー内部を展開し、プラス電極とマイナス電極の焼き状況を確認した。

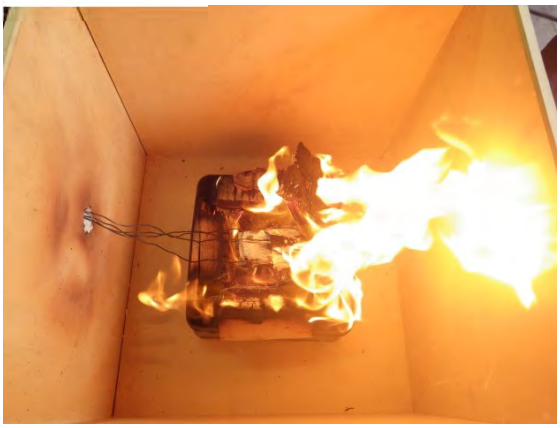
マイナスの電極である銅箔35枚（写真⑮）及びプラス電極であるアルミニウム箔 34 枚が残存している（写真⑯）。銅箔は穴や欠けている部分は見分できないが、アルミニウム箔は部分的に欠けが見分でき、原形を留めているものや、手に持つと脆く崩れるものが確認できる。



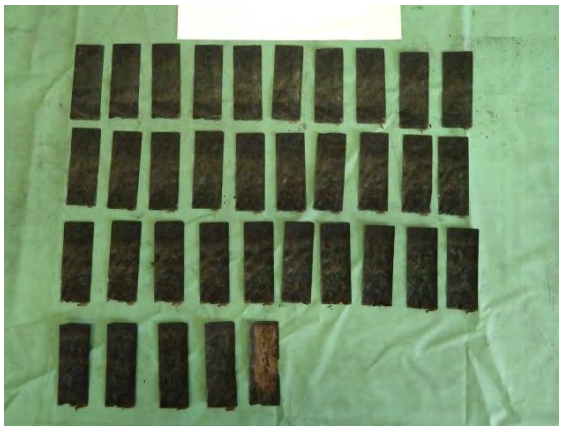
写真⑫



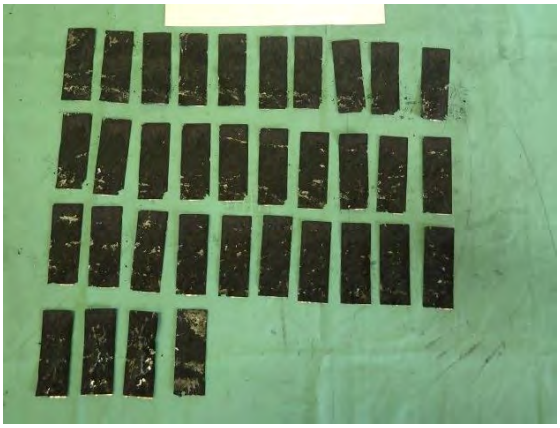
写真⑬



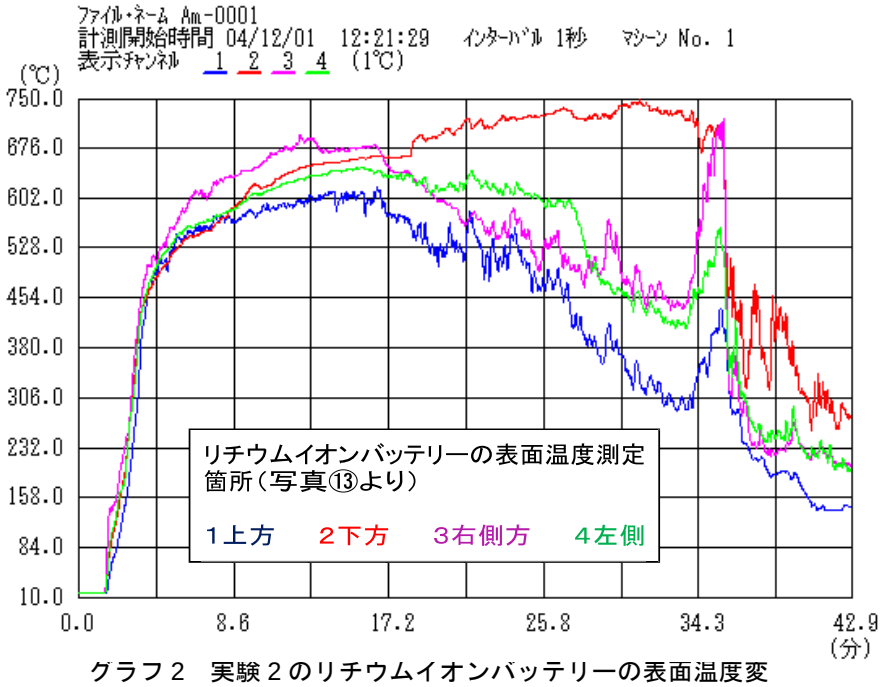
写真⑭



写真⑮



写真⑯



グラフ２　実験２のリチウムイオンバッテリーの表面温度変

(3)　実験３ポータブルプレーヤーのリチウムイオンバッテリーに過電流を流し出火させた場合の焼き状況）

実験１のリチウムイオンバッテリーの実験内容を実際にポータブルプレーヤーに取り付け（写真⑰、⑱）、焼き状況を確認した。ポータブルプレーヤーに実験用リチウムイオンバッテリーを取り付け、実験１と同じ内容で電圧を印加し、リチウムイオンバッテリーの焼き状況と畳への焼き 状況を確認する。

電圧を印加するとおよそ１時間半程度で温度が上昇する（写真⑲）。

温度が急激に上昇し、ポータブルプレーヤーの側面から炎が噴出し焼きした。燃焼は継続しなかったが、これはポータブルプレーヤーが難燃性樹脂を使用しているため、延焼を防いでいると考えられる。

焼きしたポータブルプレーヤーを移動すると、畳にリチウムイオンバッテリーの形に焼きが確認できる（写真⑳）。リチウムイオンバッテリーの内部を展開すると、アルミニウム箔は焼失し見分できない。銅箔については見分できるが、非常に脆く、所々破損し、穴が開き焼失している部分も見分できる。その結果は、実験１で行ったものと酷似している（写真㉑）。



写真⑰



写真⑱



写真⑲



写真⑳



写真㉑

(4)　実験4（ポータブルプレーヤーのリチウムイオンバッテリーに外部からの炎により焼きさせた場合の状況）

リチウムイオンバッテリーの通常充電状態にして電気エネルギーを保持し、ポータブルプレーヤーに取り付け、周りの可燃物に火を付け外部からの炎により焼きさせ、内部の電極の状態を確認する（写真㉒、㉓）。

ポータブルプレーヤーは充電状態を維持し、周りの可燃物に火を点ける。燃焼は数分で拡がりポータブルプレーヤーにも延焼し、内部に設置しているリチウムイオンバッテリーに着火し、ポータブルプレーヤー本体の側面より炎が噴き出し、燃焼が継続する。その後着火物及びポータブルプレーヤーを焼きさせた後に消火する。

ポータブルプレーヤーは、全体に焼きし原形をとどめていないが、リチウムイオンバッテリーにおいては内部が破裂し、破損した部分から内部の

電極が見分できる（写真㉔）。

焼きしたポータブルプレーヤーを移動すると、畳にリチウムイオンバッテリーの形をした茶色の変色及び若干の焼きが確認できる（写真㉕）。

焼損したリチウムイオンバッテリー内部を展開し、プラス電極とマイナス電極の焼き状況を見分する。マイナスの電極である銅箔 35 枚（写真㉖）及びプラス電極であるアルミニウム箔 34 枚残存している（写真㉗）。

銅箔については、穴や欠けている部分はほぼ見分できないが（写真㉘）、アルミニウム箔は、表 面側の箔に焼失箇所が部分的に見られ、実験　2　と同様に脆くなっているのが確認できる（写真㉙）。



写真㉒



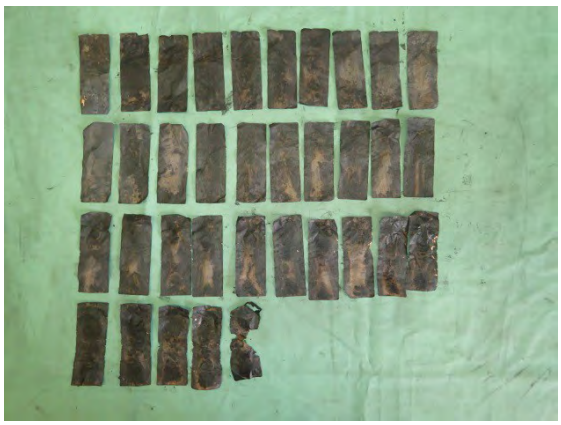
写真㉓



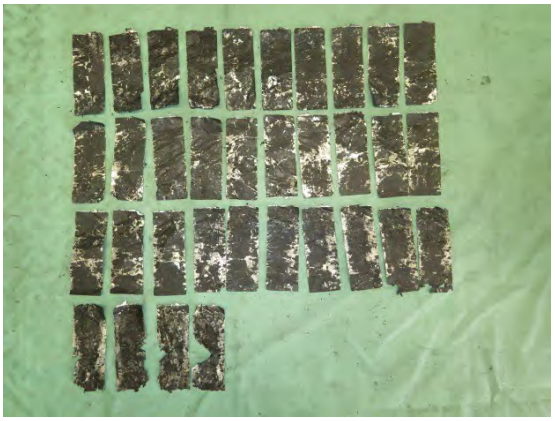
写真㉔



写真㉕



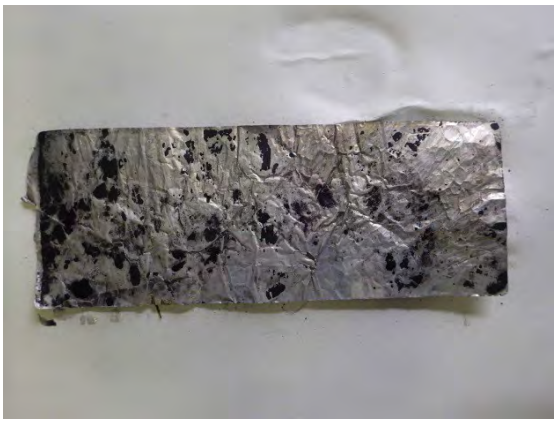
写真㉖



写真㉗



写真㉘



写真㉙

(5)　実験5（円筒形リチウムイオンバッテリーに過電流を流し出火させた場合の焼き状況）

実験1､2と同様に円筒型のリチウムイオンバッテリーについても燃焼実験を行い、内部から出火させた場合と、外部からの炎より焼きさせた状況について確認する。円筒形リチウムイオンバッテリーに大電流発生装置を取り付け、実験1と同じ内容で電圧を印加し、焼損状況と内部の電極を確認する（写真㉚）。電圧を印加すると、およそ1時間半程度で温 度が上昇し､樹脂製外装が収縮し円筒部分が露出する。これは内部のリチウムイオンバッテリー の熱によるものと考えられる（写真㉛）。

円筒形リチウムイオンバッテリーのプラス極が勢いよく外れ、内部から炎が噴出し焼きした（写真㉜）。大きな破裂とともに、本体が破裂の衝撃により移動する。

円筒形リチウムイオンバッテリーの内部を展開すると本体は残存し､内部電極であるアルミ箔 は大部分が焼失している。銅箔については見分できるが､非常に脆くほぼ焼損している。これら の状況は実験 1 で行ったものと酷似している（写真㉝）。



写真㉚



写真㉛



写真㉜



写真㉝

(6)　実験6（円筒形リチウムイオンバッテリーに外部からの炎により焼きさせた場合の状況）

円筒形リチウムイオンバッテリーを周りの木材に火を点け焼きさせ、内部の電極の状況を確認する（写真㉞）。燃焼中の木材の中にある円筒形リチウムイオンバッテリーはプラス側から内部の圧力の高まりにより内部の電解液がガスとなり噴出し、木材からの炎が引火したことが見分できるが、勢いはない（写真㉟）。

焼きした円筒形リチウムイオンバッテリー内部を展開し、プラス電極とマイナス電極の状況を確認した。

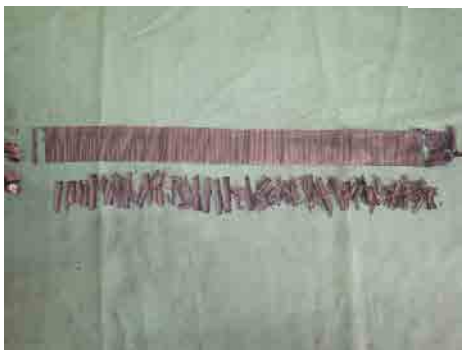
マイナスの電極である銅箔はロール状に残存し、熱影響は見分できるが、焼失や穴や欠けは見分できない。アルミニウム箔は、部分的に欠けているものや穴が開いているものが見分でき、全体的に脆くなっているのが確認できる（写真㊱）。



写真㉞



写真㉟



写真㊱

(7)　実験結果から発見した共通点

リチウムイオンバッテリーを内部から出火させた場合には、マイナス電極である銅箔は非常に脆く、所々破損し、穴が空くなどの焼失が見分できた。また、プラス電極であるアルミニウム箔は、すべてもしくは大部分が焼失し、原形を留めていなかった。

一方外部からの炎により出火させた場合は、マイナス電極である銅箔に穴や欠けは見分できず、プラス電極であるアルミニウム箔は穴や欠けが見分でき、原形を留めているものや脆く崩れるものもあった。

なお、セパレーターについてはどちらの場合も焼失していた。内部から出火させた場合はグラフ1から表面温度が約720℃であるが、銅箔の焼失から内部の温度については、銅の溶融温度である1,083℃以上の温度上昇があり、この熱によりアルミニウム箔は焼失していたと考えられる。

外部からの炎で焼きさせた場合は、表面温度が最高で約 750℃であるため、銅箔については影響を受けず、残存している。アルミニウム箔においては、アルミニウムの溶融温度が 660℃であるため、部分的に焼失や脆く崩れるものがあったと考えられる。

以上から、リチウムイオンバッテリーの内部から出火した場合は、床などの設置面に焼きがあり、マイナスの電極である銅箔に穴や欠けているなどの焼失が確認でき、外部から炎で焼きさせた場合は、銅箔に焼失がないという共通点を発見する。

3.　燃焼実験後に発生したリチウムイオンバッテリーが起因する火災について

(1) 火災の概要

15階建共同住宅の9階1室のベランダにおいて、ソーラー発電システム1台、木製台座焼損及びベランダ若干焼損したもの（写真㊲）。

ソーラー発電システムは、ベランダの柵上に設置された木製棚に置かれ、ポータブル DVD プレーヤーの電源として使用されていた。出火時はポータブル DVD プレーヤーの電源は切れており、ソーラー発電システム側の出力の電源もOFFになっていた。消防隊到着時には無人であった。

ソーラー発電システムは、外部に持ち運び可能なケース型でリチウムイオンバッテリーを内蔵しており、ケースを 開いた内側が両面太陽光パネルになっている。

(2) 製品鑑識の結果について

太陽光パネル部分に焼きはなく、原形を留めており、同型品と比べると、リチウムイオンバッテリー付近のケースに焼失が見られ、その下方にある木製棚に焼き、焼失が見られた。内部の配線に短絡痕等はなく、基板は原形を留めている。焼きしたバッテリーは、内部の銅箔に焼失箇所が見られ、粉々になっている銅箔も多数見受けられる（写真㊳、㊴）。

今回の事案は、内部の銅箔の部分焼失とリチウムイオンバッテリーに接する木製棚に、焼失（焼け込み）が見られた（写真㊵）。それは、これまでの製品鑑識、情報収集、我々が実施したリチウムイオンバッテリーの燃焼実験結果での共通点と一致したことにより、リチウムイオンバッテリーからの出火であると判定することができた。それは、その後大阪市内で発生したラジコン用リチウムイオンバッテリー及び電動アシスト付自転車用リチウムイオンバッテリーからの出火事案 に対しても、正確に出火原因を判定することが出来た。



写真㊲



写真㊳



写真㊴



写真㊵

4. おわりに

大阪市においては、リチウムイオンバッテリーが起因したと考えられる火災は、平成 24 年から平成 28 年までの 5 年間に 29 件発生しており、特に平成 28 年においては、13 件発生している。リチウムイオンバッテリーは今日まで、発熱や発火する事故が発生した例もあり、取扱いの不適や製造時の不具合により、火災に至る事案が起こっている。今後もリチウムイオンバッテリーの利便性から使用される範囲、量ともに増加していくと考えられることから、リチウムイオンバッ テリーが起因する火災の発生が危惧される。

今回の製品鑑識、燃焼実験を通じ、リチウムイオンバッテリーが内部から出火した場合は、床などの設置面に焼きがあり、マイナス極である銅箔は非常に脆く、所々破損し、穴が空くなどの焼失があり、プラス電極であるアルミ箔は、すべてもしくは大部分が焼失し、原形を留めないという点、一方外部からの炎により焼きした場合は、アルミニウム箔は部分的に焼失や脆く崩れるものが見られるが、銅箔は影響を受けず、残存しているという共通点を発見したことで、その後の大阪市で発生したリチウムイオンバッテリーから出火した火災に対して、原因を特定することができた。特に、燃焼実験において、リチウムイオンバッテリーを人為的に内部から出火させ、燃焼状況、焼き状況を確認できたのは大きな成果である。

今回の発表が、火災現場におけるリチウムイオンバッテリーの内部からの出火なのか、リチウムイオンバッテリーが、外からの燃焼により焼損したのかを判定する上での参考となり、それにより正確に出火原因を判定することで必要に応じて製造メーカーへ安全対策を求め、またリチウムイオンバッテリーを内蔵する電気製品の取り扱いを市民に啓発することで、火災の発生を防止し、火災予防につながれば幸いである。

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

ホットスポットが起因した太陽電池モジュール火災について

川崎市消防局
秋田勇紀、佐藤　悠

1.　はじめに

エネルギー資源の乏しい我が国では、エネルギーの安定供給のため、今後、分散型のエネルギーシステムの導入が進められており、太陽光発電はその一部として大きな役割を担っており、各家庭においても近年普及している。

本火災は、昼間、専用住宅屋根面に施工された、屋根一体型太陽電池モジュールから出火した火災で、火災原因としてよく見られる「配線」や「接続箱」等からの出火ではなく、モジュール自身から出火したものであり、出火箇所とは離れた場所で起きていた「ホットスポット」と呼ばれる現象が起因していた。

火災原因調査を視野に入れた火災防ぎょ活動、徹底した見分・鑑識を経て、火災原因判定に至り、関係業者に対し、火災予防対策について検討するよう要望した事案である。

2.　火災概要

（1）　出火日時　平成 28 年 4 月　11 時 34 分頃
（2）　出火場所　川崎市高津区
（3）　被害状況　人的被害なし、木造 2 階建、専用住宅の屋根一体型太陽電池モジュール約 6.3m^2 等焼損
（4）　気象状況　天候：晴、気温：14.9℃、強風波浪注意報発中

3.　発見・通報状況

発見・通報者は、付近を歩行中、漂う白い煙に気付き建物を見ると、屋根東面から約 20cm の炎が上がっている本火災を発見した。その後、インターホンを押して家人に知らせようとしたが、留守で応答がなかったため、持っていた携帯電話で 119 番通報したものである（写真 1 参照）。



写真 1　焼損建物外観（屋根東面）

4.　消防隊現場到着時の状況

最先着隊の消防隊が現場到着時、建物東側の屋根から火炎が噴出しており、屋根部分を延焼拡大中であった。小隊長が出火建物を一巡したところ、家人は不在で、開口部は全て施錠されており、建物外壁西面に「パワーコンディショナー」及び「複数の電力量計」を確認したことから、本火災は、太陽光発電システムの火災である可能性が高いと判断した。

1 階開口部を小破壊して屋内進入し、2 階から屋根裏部分を見分すると、野地板及び太陽電池モジュールが炎上している状況を認めたことから、隊員の感電防止及び火災原因調査を視野に入れた現場保存を徹底するため、断続的な噴霧注水のみを実施して火勢を制圧し、水損を出すことなく火災を鎮火した。

5. 太陽光発電システムについて

出火建物における太陽光発電システムの概要を図1、2に示す。

本製品は、製造業者であるA社が製造し、ハウスメーカーであるB社専用モデルである。太陽電池モジュールは、瓦の機能を兼ねた建材一体型構造となっている。設置は平成18年4月である。

屋根は寄せ棟になっており、屋根の東面と南面に「型式1（公称最大出力52.5W）」及び「型式2（公称最大出力33.2W）」の計2種類の太陽電池モジュールで組み合わされた、合計69枚により構成されている。

太陽電池モジュールは、南面に1系統、東面に2系統、計3系統に分かれており、それぞれ直列に接続されている。系統毎に発電された直流電流は、出力ケーブルによりパワーコンディショナーに入力して交流電流に変換され、住宅用の電力として消費、及び余剰電力は電力会社に売電される仕組みとなっている。本火災で焼損したのは、屋根東面に設置されている系統3の太陽電池モジュールである（図1、2参照）。

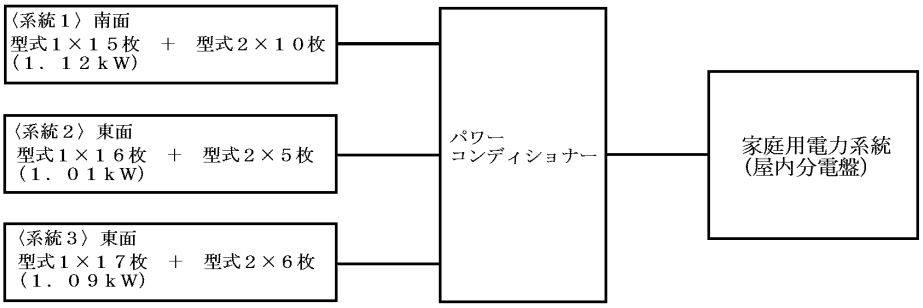


図1　システム構成図

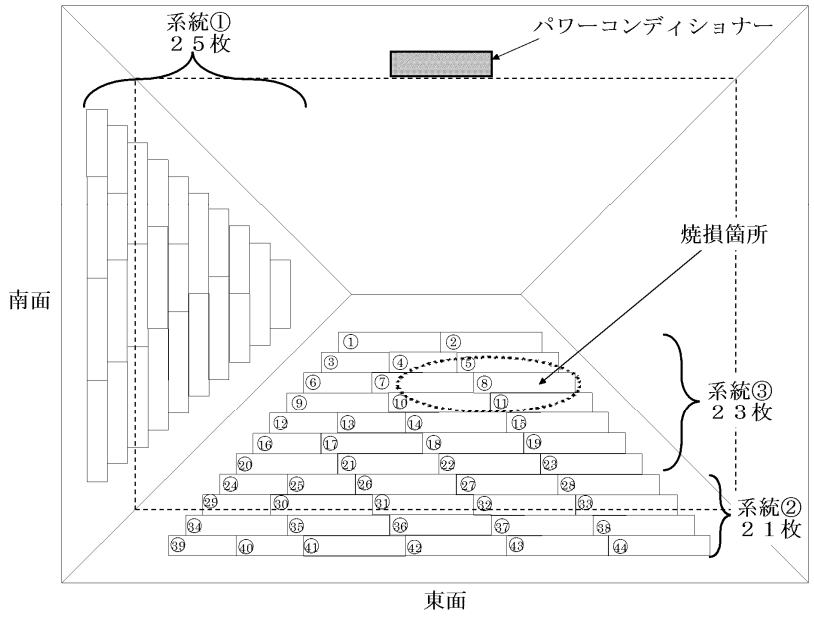


図2　屋根平面図

6.　第 1 回実況見分

A 社、B 社から各 1 名及び建物所有者立会いのもと、見分を開始する。

屋根を除く建物外周部及び建物 1 階及び 2 階内部を見分するも焼損はなく、本火災により焼損が認められるのは、屋根東面の太陽電池モジュール（系統 3）及び同箇所屋根裏の野地板、及び断熱材等に限られている。この結果から、建物内及び屋根裏からの出火ではなく、屋根面である太陽電池モジュールから出火した様相を呈している。

太陽電池モジュールは、複数のモジュールが焼失しており、内外が見通せる状況となっている（写真 2、3 参照）。



写真 2　屋根東面の焼損状況



写真 3　屋根裏の焼損状況

第 2 回実況見分の準備のため、屋根東面に施工されている全ての太陽電池モジュール（系統 2 及び系統 3）に通し番号を付し、焼損状況を確認すると、屋根東面は、系統 3 の No.11 モジュール南端を基点として、焼損しているのが認められる（図 2 及び写真 4 参照）。

さらに、No.11 モジュールを詳細に見分すると、焼けの基点となっている南端の反対側である北端において、建材の平板瓦が一部被さって影になっており、当該箇所のセルが明らかに変色し、異常な状態であることが認められる。本来、建材の平板瓦は太陽電池モジュールに被さらないよう設計・施工されているものである（写真 4、5 参照）。

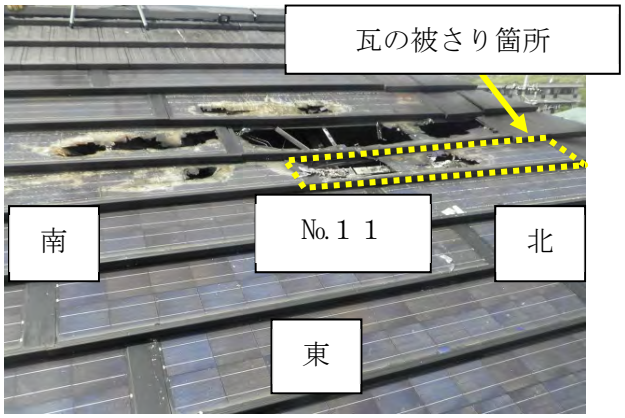


写真 4　焼損状況

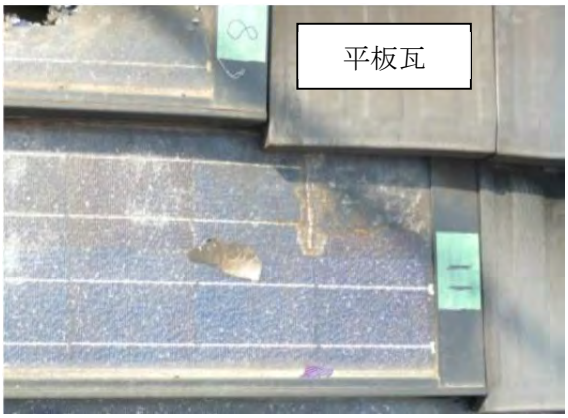


写真 5　No.11 モジュール北端の状況

7.　第 2 回実況見分

A 社、B 社合わせて約 20 名及び建物所有者立会いのもと、見分を開始する。太陽電池モジュールを取り外す前に、A 社よりシステム全体の概要について詳細な説明を受けながら、各設備の見分を行う。その結果、パワーコンディショナー及び接続される出力ケーブルに異常がないことを確認する。

また、建物内の外部モニターから、発電履歴等のデータを吸い上げ、解析するよう依頼する（写真 6 参照）。

続いて、系統 3 を中心として、建物屋根東面から太陽電池モジュールを取り外し、地上に展開する。取り外し作業中は、屋根面で待機する専従の調査員が 1 つ 1 つのモジュールに対して、出力ケーブルの挟み込み等がないかを随時見分し、これらの異常がないことを確認した。さらに、同時進行で屋根裏に待機する専従の調査員にあっても、取り外し状況及び何らかの異常箇所の有無について確認していたところ、No.11 モジュールに接続されるケーブルの端子先端が溶融しているのを認める。当該端子付近は焼損により、脱落寸前であったことから、印をつけるとともに、B 社に対し慎重に取り外して地上に下ろすよう指示する（写真 7 参照）。

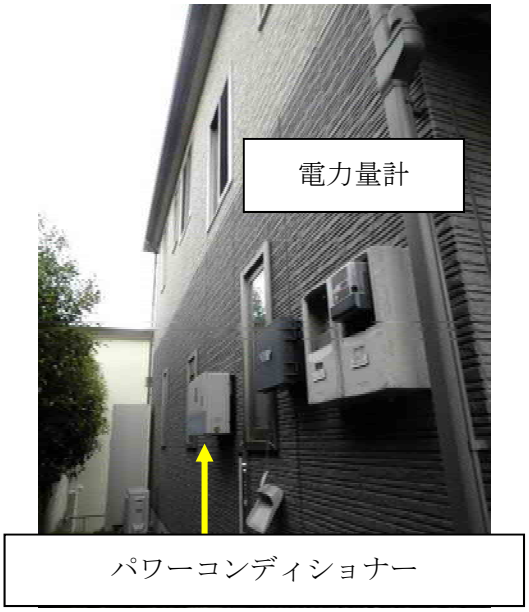


写真 6　パワーコンディショナーの状況

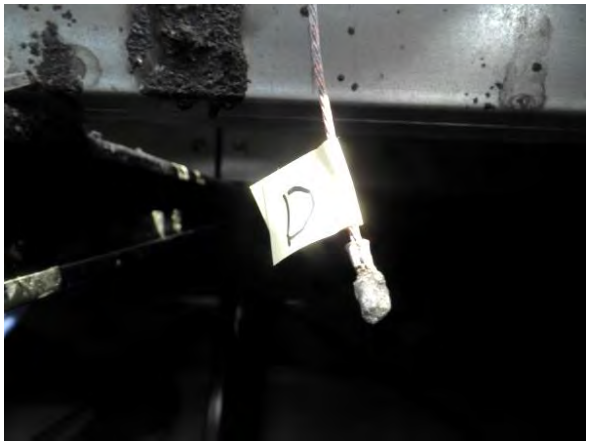


写真 7　端子の溶融状況

系統 3 のうち、焼損が認められる各モジュールを、出力ケーブル等の状況が分かるようにするため、裏面にして置き、焼損状況を俯瞰すると、No.5、No.7、No.8、No.10、No.11 にあっては、カバーガラス等の姿はなく、焼損が著しい。このうち、No.11 の端子ボックス位置（端子ボックスの詳細は後述）を基点に、扇状に焼け抜けている（写真 8 参照）。

また、太陽電池モジュールを取り外したあとの屋根面を見分すると、野地板の焼損にあっても、No.11 の端子ボックス位置を基点に、左右及び上方が焼損しているのが認められる。

地上に下ろした No.11 モジュールの端子ボックス位置を見分すると、付近の金属製アングルは、地金が露出してなすび色に変色している。端子ボックス自体は焼失し、マイナス側端子の先端は、溶融して原形をとどめていない。プラス側にあっては端子の姿はなく、銅線の先端に球状の溶融痕が認められる（写真 9 参照）。

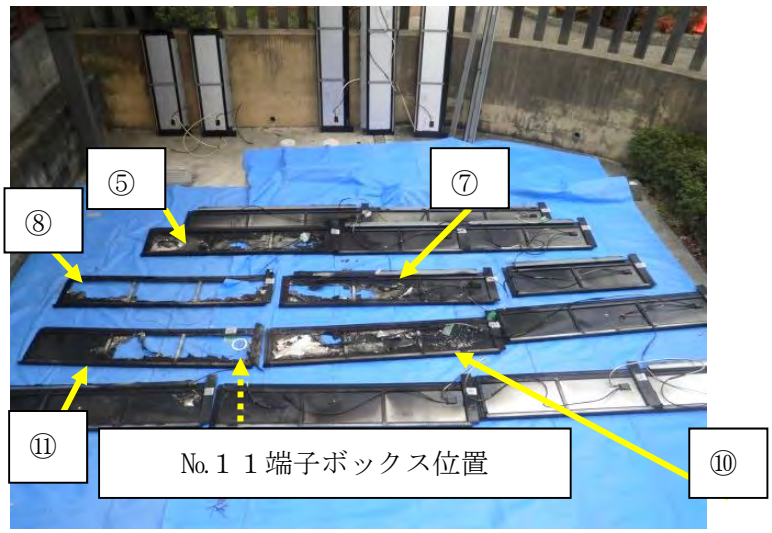


写真８　地上展開状況

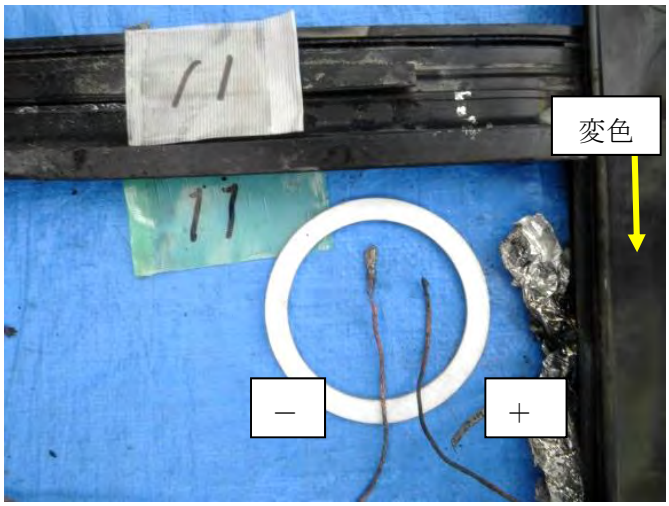


写真９　端子等の溶融状況

8.　第３回実況見分（鑑識）

第２回実況見分の結果、系統３の No.11 モジュール端子ボックス位置を基点として、扇状に焼けが広がっていること、及びプラス・マイナス両端子付近に電気的溶融痕が認められることから、No.11 を中心として詳細な調査を実施するため、所轄消防署において、A 社及び B 社の立会いを求めるとともに、端子ボックス同型品の用意を依頼し、鑑識を実施する。

（1）　太陽電池モジュールの概要

１つの太陽電池モジュールは、内部に 22 枚の太陽電池セル（多結晶シリコン）があり、接続端子であるインターコネクターにより、直列に繋がれている。No.11 モジュールが配置されている系統３は、型式１及び型式２合わせて計 23 枚の太陽電池モジュールが、出力ケーブルにより直列に繋がれており、出力 1.09kW、電圧 222.52V、電流 4.91A となっている（図１参照）。

（2）　端子ボックスの概要

端子ボックスは、各太陽電池モジュール裏面に設けられ、ボックスからは、黒（プラス）・白（マイナス）双方の出力ケーブルが延びている。システムは直列のため、双方のケーブルは、上流側・下流側のモジュール出力ケーブルとそれぞれ接続され、当該モジュールで発電した電力を直列接続している。

端子ボックス内は、モジュール内の太陽電池セルと接続している「端子」と「バイパスダイオー

ド」で構成されている。バイパスダイオードは、太陽電池セルにおいて「ホットスポット現象」が発生した際、温度上昇等を防止するため、電力をバイパスする機能を持つ部品である（写真 10 参照）。

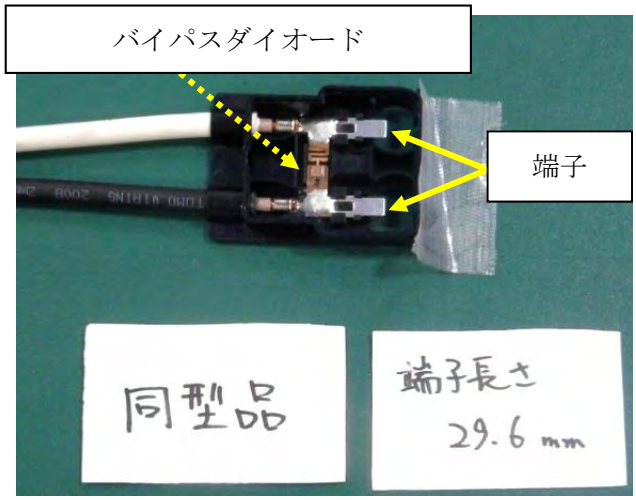


写真 10　端子ボックスの状況

(3)　ホットスポット現象について

ホットスポットとは、太陽電池モジュールを構成する発電素子である太陽電池セルの一部が影になり、非発電状態となって発電力分を消費してしまうことによって、当該セル部分が温度上昇する現象である（温度の値はそのときの発電電流との電流ギャップとの関係性による）。

この現象の有無は、太陽電池セルに発生する影のサイズや濃度等の因子により決定する。影が一定の面積を超えると、当該セルの電流特性は更に低下し、負方向で大きな電力消費をすることになるため、バイパスダイオードが順方向で動作する。これにより、当該バイパスダイオードが受け持つ太陽電池セル（太陽電池モジュール 1 枚）は、非発電状態となり、影のある太陽電池セルの消費電力も無くなることから、上昇した温度は低下する。

以上のとおり、バイパスダイオードは、日中の一時的な影の発生に伴うホットスポット現象を想定しているものであり、常時日影が発生している状態での連続バイパス（通電）を想定して設計されているものではない。

(4)　鑑識結果

No.11 モジュールを表面から見て右上コーナー部には、1 つのセルの大きさと同じ範囲で発熱痕が認められ焼損している。このセルは、住宅屋根上での見分時、建材である平板瓦が被さっていた箇所と一致している。焼け抜け範囲とこのセルの発熱痕は焼けとして繋がっておらず、それぞれ単独に存在している（写真 11、12 参照）

モジュールを裏にしてバックフィルムを剥がすと、表面から確認したセルの発熱痕位置と同箇所が黒く焼け、隣接セルとの間に縦に走る焼け込みが認められる（写真 13 参照）。

次に、裏面の状態で、出力ケーブルを端子ボックス位置と一致する長さで復元し、状況を確認すると、マイナスケーブル（白）は、端子ボックス内の端子部分に電気的溶融痕が認められ、楕円形上の塊になっているのに対し、プラスケーブル（黒）は端子ボックス内ではなく、当該ボックスから約 7cm 離れた箇所で断線し、先端に球状の電気的溶融痕が認められる（写真 14 参照）。

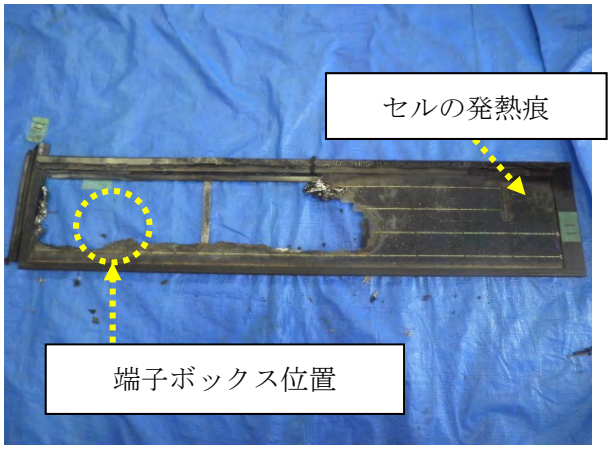


写真 11　No.11 モジュールの状況（表面）

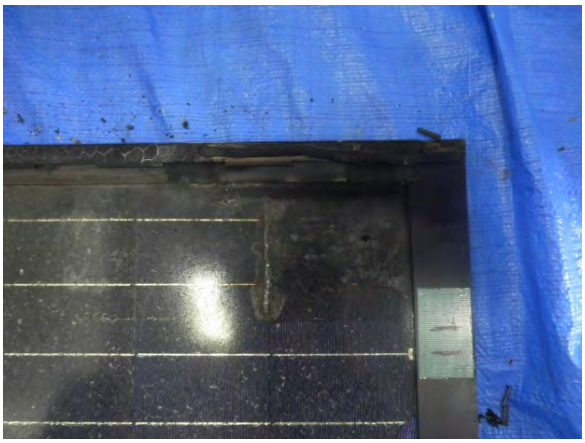


写真 12　セルの焼損状況

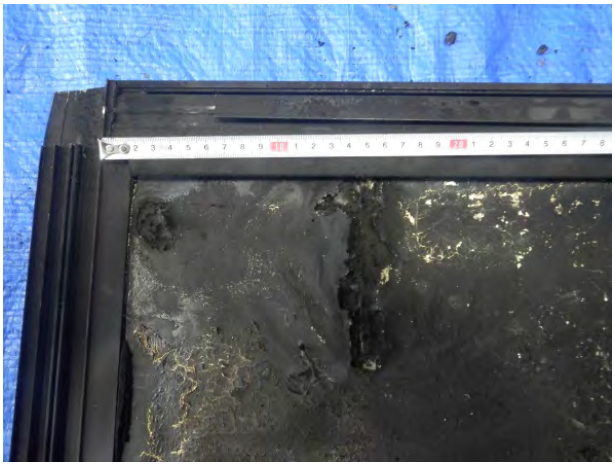


写真 13　右上コーナー部（裏面）

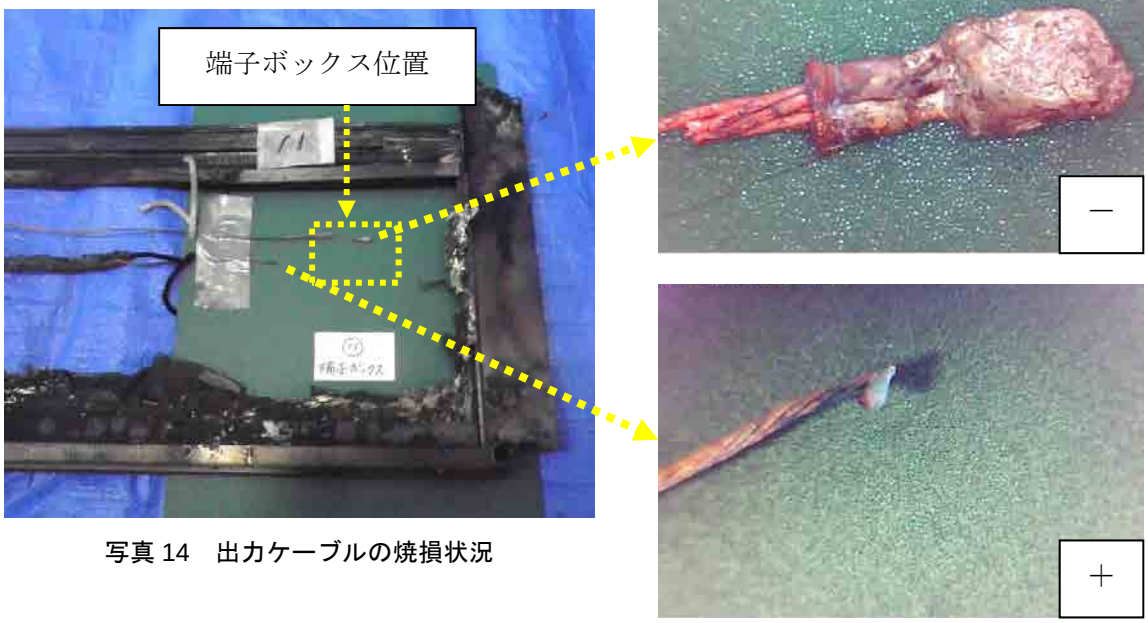


写真 14　出力ケーブルの焼損状況

マイナス側端子と同型の端子ボックスを比較する。

同型の端子ボックス内のマイナス側端子とプラス側端子の間には、銅バーがはんだ付けされ、中央には、ダイオードチップ（バイパスダイオード）が実装されている。

端子の大きさは、幅 5.0mm、長さ 29.6mm である。一方、溶融しているマイナス側端子は、長さ 14.9mm しかなく先端が焼失している。この溶融して塊となっている位置は、バイパスダイオードの銅バーがはんだ付けされている位置と一致しているのが認められる（写真 15 参照）。

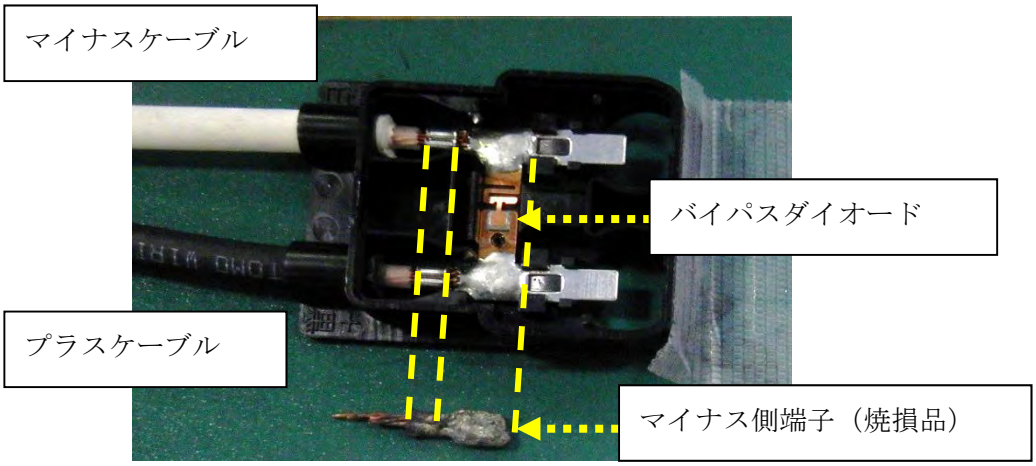


写真 15　端子の比較

9.　検討結果及び結論

各実況見分、鑑識、太陽電池モジュールの特性及び製造業者による技術的説明等を総合的に検討した結果、以下のように考察し結論づけた。

(1)　屋根施工時等、何らかの不具合により、建材の平板瓦が、系統 3No.11 モジュール北端の太陽電池セルに被さることとなり、長期間にわたりホットスポット現象が発生した（図 3-①参照）。

(2)　当該セルが常時発熱した結果、焼損及び故障することで、モジュール全体での直列接続がオープンとなり、発電電流を流すことができなくなったため、当該モジュールは端子ボックス内のバイパスダイオードが動作し、システム電流を常時バイパスすることとなった（図 3-②参照）。

(3)　A 社の説明によると、バイパスダイオードの仕様上耐熱温度は 170℃である。また、A 社が行ったバイパスダイオード動作温度試験の結果、120℃～150℃の温度上昇で飽和するとのことであるが、数時間単位での試験結果でしかない。

これは前述したとおり、A 社をはじめ各製造業者は、長期間にわたりホットスポット現象が発生し、常時バイパスダイオードが動作することを想定していないためであり、調査員からの「長期間バイパスダイオードが動作し続けたらどうなるのか。」の問いに対して、A 社は「試験したことがないので分からない。劣化は早まる可能性はある。」と答えるにとどまっている。

よって、「バイパスダイオードが常時動作し続けたための過熱」、「ダイオードチップの部品異常や実装不良」、「端子と銅バーのはんだ接続不良」若しくはこれらが複合的に起因して、バイパスダイオード及びマイナス側端子が異常過熱して溶融した可能性が高い（図 3-③参照）。

(4)　その後、時間の経過とともに、端子ボックスの合成樹脂に着火し、出火したものである（図 3-④参照）。

凡例：　----------▶電気の流れ

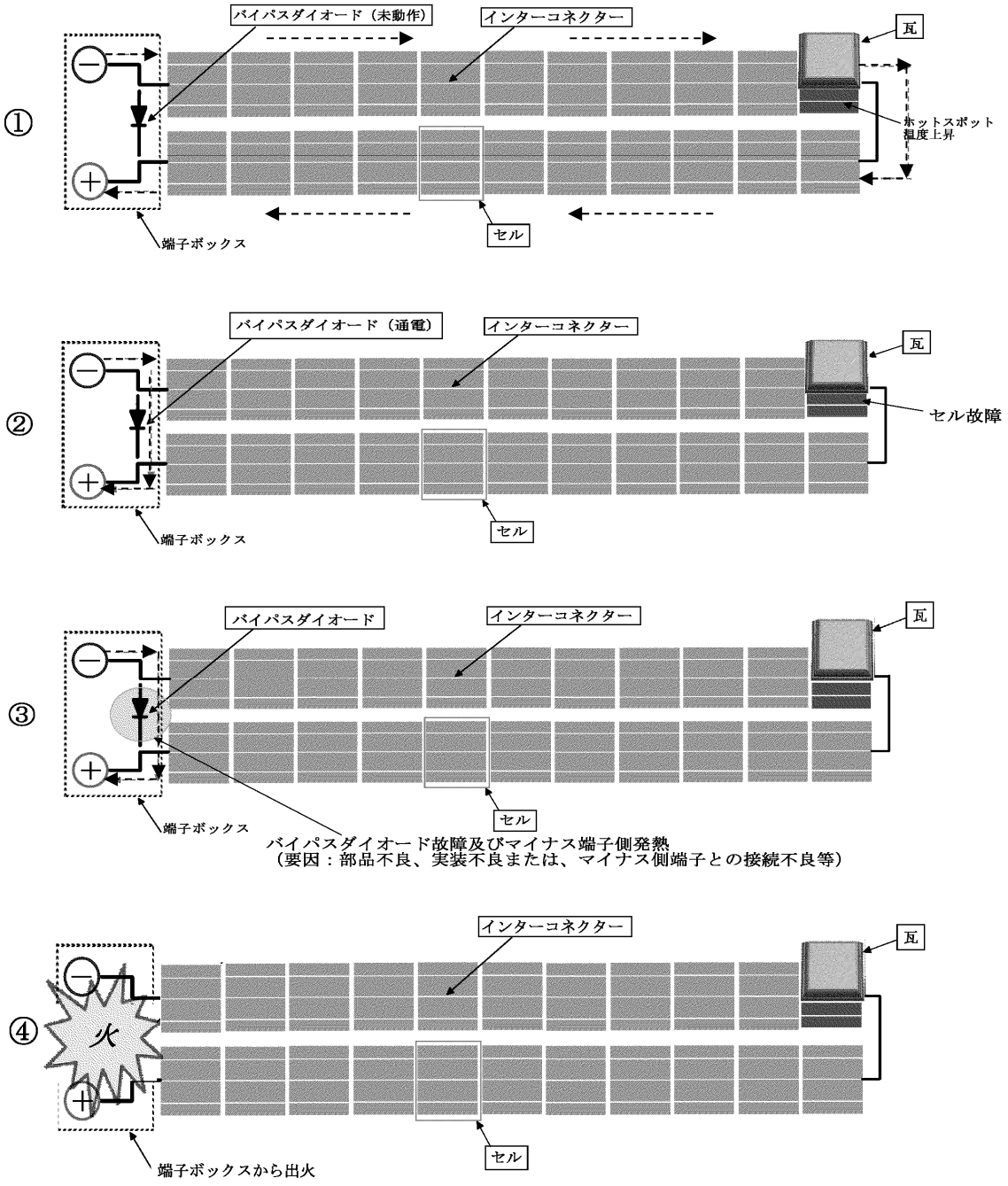


図３　出火のメカニズム

10.　製造業者（A社）の見解

ホットスポット現象の発生、バイパスダイオードの動作及び端子ボックスからの出火については、消防側と一致しているが、端子ボックスからの出火メカニズムについては、特定に至らない。

11.　再発防止に向けての措置

本火災は、屋根施工上の不具合（平板瓦の被さり）が発端となり、ホットスポット現象を長期間発生させたことが、火災原因に直結している可能性が高い。これは、本火災が発生した住宅固有の問題ではなく、その性質上、同様のリスク（状態）を抱えた住宅は、他にも存在している可能性がある。

さらに、本火災が発生した住宅は、平成25年11月に太陽光発電システム全体の点検、さらに平成27年11月に屋根裏点検を行ったにもかかわらず、異常を発見することができていない。A社及びB社によると、点検時に屋根に上がって、セルに異常がないか等を1つ1つ目視点検はしていないとのことである。

また、A社により、住宅内設置の外部モニターから吸い上げた発電履歴を解析しても、システム全体の総発電量から、1つのモジュールが不具合を起こしていた状況を、データとして見抜くことは出来ず、いつ頃から故障していたかは分かっていない。すなわち、ユーザー（所有者）の注意義務によって、本火災発生を防ぐことは困難である。

このことから、A社及びB社に対し、同型の太陽電池モジュールを使用して、同様の屋根施工を行った件数について照会を行った。その結果、平成17年～平成23年の間に、神奈川県内では788棟、全国では17,318棟が施工されていることが分かった。

よって、当局はハウスメーカーであるB社に対し、関係業者等への火災発生状況の周知徹底及び施工建物総点検を含む具体的な火災予防対策を検討するよう要望書を発出した。

今後のA社及びB社等の動向について注視していき、必要な対策を求めていく。

12.　おわりに

本火災原因を判定するにあたって、当局ができる最大限の見分・鑑識を行ったことは言うまでもないが、本事例最大のポイントは、火災発生時、現場に最先着した消防隊の火災原因調査を視野に入れた火災防ぎょ活動に尽きる。安全・確実・迅速、さらに現場保存も徹底して活動したことによって「物」が残り、原因判定に繋げることができた。「火災調査は火災の覚知から」を再認識する事例であった。

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

クレジットカード信用照会端末からの出火事案

千葉市美浜消防署予防課
亀ヶ谷雅之、海老根浩次、石本大起
千葉市消防局予防部予防課
遠藤真哉、下田直史

1. はじめに

本事案は、ショッピングモール建物内の店舗で使用されていた、クレジットカード信用照会端末が焼損する事案が、相次いで 4 件発生したものであり、再発防止を図ることが急務と考えられたことから、迅速かつ適切な原因究明のために、各種分析機器を使用した科学的な調査活動を、消防機関主体で実施したことにより、リチウムイオンポリマーバッテリーからの出火であること及びその明確な出火機構の解明に至り、また製造事業者側から明確な再発防止策が示されたことから、消防主体の科学的な調査活動の結果が類似火災防止に大きく寄与した事案である。

2. 火災の概要

（1）　覚知年月

1 件目　平成 28 年 5 月上旬

2 件目～4 件目　平成 28 年 5 月下旬

（2）　火災種別　　建物火災

（3）　被害概要　　クレジットカード信用照会端末　4 基

3. クレジットカード信用照会端末について

（1）　概要

本事案で焼損したクレジットカード信用照会端末（以下「カード端末」という。）は、火災発生の約 2 年半前に、ショッピングモール建物内の全店舗に一斉に納品され、使用されており、通常は AC100V 電源から電力供給を受けているが、停電時用の予備電源として、リチウムイオンポリマーバッテリー（以下「バッテリー」という。）が機器後面に取付けられている。

（2）　仕様

製造会社：A 社、製造年月：平成 25 年 9 月

製造台数：約 20,000 台、販売台数：約 17,500 台

バッテリー定格容量：1,000mAh、定格電圧：7.4V（2 セル）

4. 火災発生から調査終了までの経緯

本事案は、同一建物内で同一の機器から出火する事案が 4 件発生したものであり、1 件目の事案の調査中に、2 件目以降の事案が発生したものである。

1 件目の事案発生後から、調査作業終了までの経緯は、以下の通りである。

（経過日数については、1 件目事案の発生日を起算日（＝0 日）とする。）

・発生日（5 月上旬）　1 件目事案発生（営業中に使用中の機器が焼損）

・8 日後（5 月中旬）　1 件目の物件（カード端末）の鑑識見分実施

・22 日後（5 月下旬）　1 件目の物件（バッテリー）の X 線 CT 試験実施

・24 日後（5 月下旬）　2 件目事案発生（営業中に使用中の機器が焼損）

・28 日後（5 月下旬）　3、4 件目事案発生（2 件目の事案発生を受け、建物内で稼働中の同型機

及び保管中の予備機を全て点検した結果、予備機2台におい、バッテリーが一部焼損していることを確認）

・35日後（6月上旬）　2～4件目の物件（バッテリー）のX線CT試験実施

・56日後（6月下旬）　表面観察試験実施　調査作業終了

5.　関係者からの情報

（1）　カード端末の使用状態は、常時コンセントに接続しており、毎日開店時に端末本体の電源を入れ、閉店時に電源を切っている。（2）　火災発生時の状況は、1件目事案・2件目事案ともに、焦げ臭いにおいがして、カード端末の裏側から白い煙が出てきた。

6.　調査概要

（1）　現場見分（1件目事案）

現場見分の結果、焼損箇所がカード端末後面に限定されていることから、カード端末本体及び接続された機器・配線を収去し、後日詳細な鑑識見分を実施することとする。

（2）　鑑識見分（1件目事案）

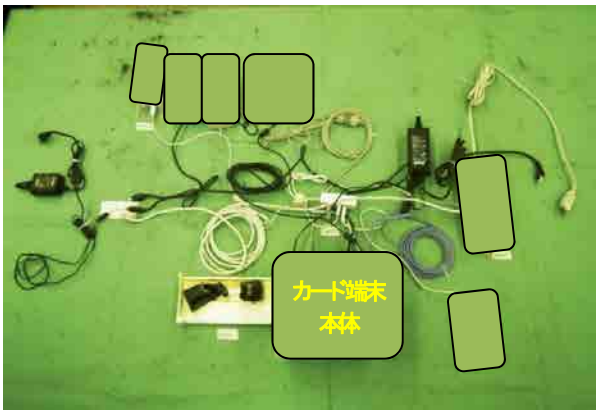
1件目の事案発生8日後に管轄消防署において、火元建物職員、製造事業者の立会いの下、収去したカード端末についての鑑識見分を行う。

ア　カード端末本体（写真①、②）

カード端末本体は、バッテリーケースの半分が溶融・変形し一部焼失しているが、他の部分に変形・破損等は認められない。

イ　バッテリー（写真③）

バッテリーは全体が焼損しており、同型品と比較すると、2つのセルがいずれも膨張し、一部亀裂により開孔している。



写真①　カード端末及び接続された機器・配線



写真②　カード端末後面



写真③　バッテリー外観
（左：焼損品、右：同型品）

ウ　見分結果

焼損状況から、バッテリーからの出火は明らかであるが、明確な再発防止対策を講じるためには、バッテリーからの出火機構を明らかにする必要性があると判断し、日時を改め、非破壊検査（X線CT試験）を実施した後に、バッテリーの内部を確認することとした。

また、製造事業者に、カード端末本体の制御基板の回路上の異常の有無について、確認作業を依頼した。

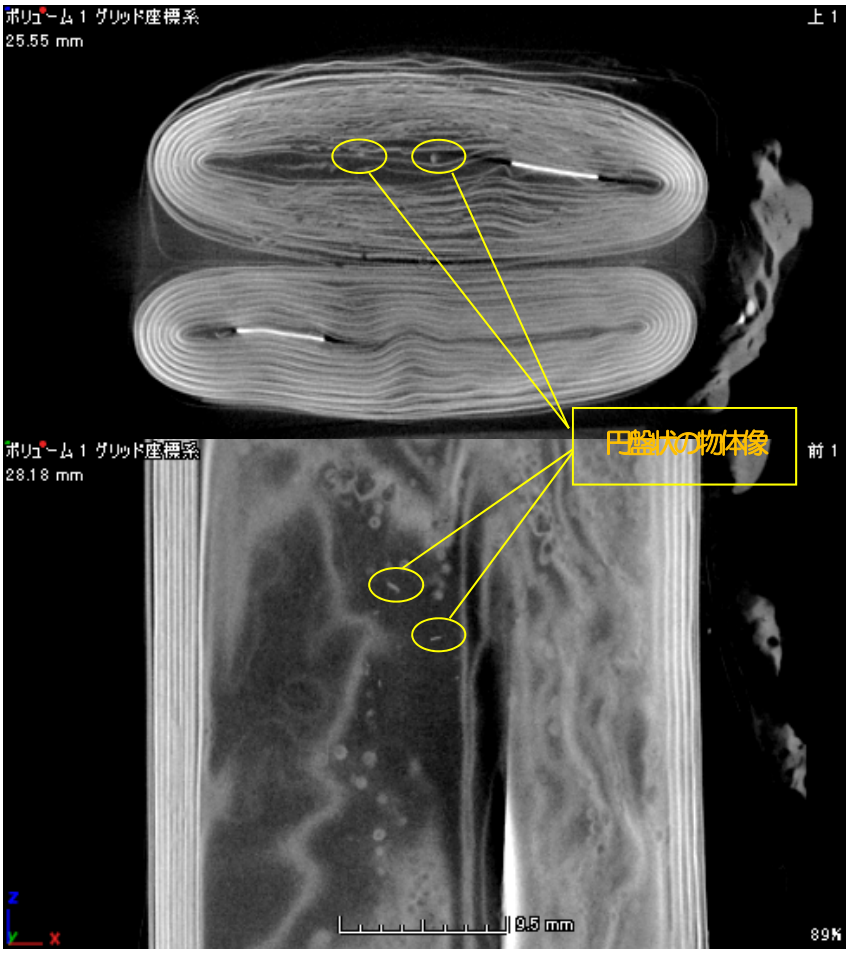
(3)　X線CT試験（1回目）

鑑識見分の14日後に、製造事業者立会いの下、千葉県産業支援技術研究所において、バッテリーについてのX線CT試験を実施した。

ア　試験機器：ヤマト科学（株）　高性能X線試験装置　TDM1000h-Ⅱ

イ　試験結果（写真④）

焼損物件の中心部分には、0.7mm程度の薄い円盤状の物体像が認められることから、異物の混入の可能性が考えられた。



写真④　1件目事案のバッテリーのX線CT試験画像

(4)　同型品との外観比較（写真⑤～⑦）

X線CT試験を実施した2日後に3、4件目の事案が発生したことから、1件目～4件目の事案で焼損した4個のバッテリー及び同建物内で見つかった膨張しているバッテリー（焼損なし）の外観を比較見分する。

ア　焼損した4個のバッテリーは、いずれもバッテリーの外装下端部に焼損が強い箇所が認められ、いずれも外装のアルミが溶融している（写真⑤）。

イ　焼損した4個のバッテリーはいずれも、2個あるセルの内、膨張が小さい方のセル下端部に、

上記アの焼損が強い箇所が認められる（写真⑥）。

ウ　膨張しているバッテリー（焼損なし）を確認すると、バッテリーが膨張しているものの、バッテリーの外装に巻かれている青色のポリエチレン熱収縮テープ（以下「熱収縮テープ」という。）に伸縮性がないため、バッテリーのセルが熱収縮テープに締め付けられて潰れている箇所が認められる（写真⑦）。

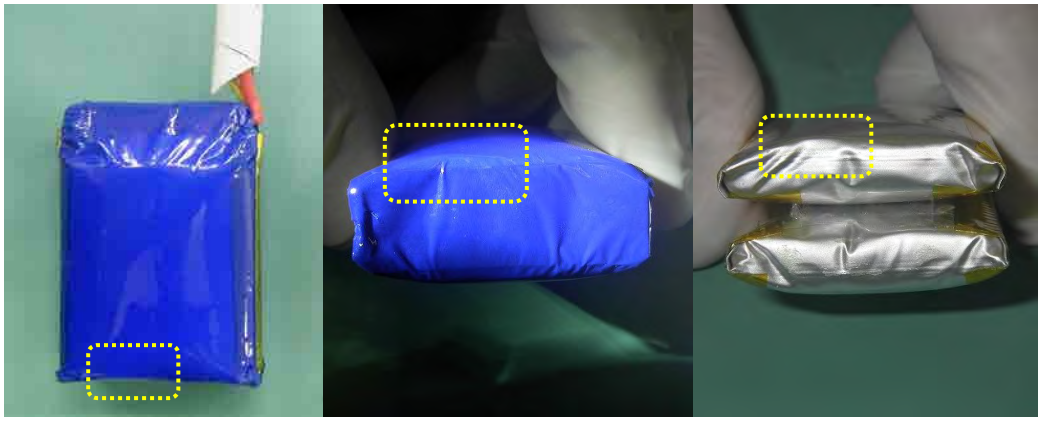
また、締め付けにより潰れている箇所は、上記アの焼損が強い箇所とほぼ一致することがわかる。



写真⑤　1件目～4件目事案のバッテリーの焼損状況



写真⑥　4件目事案のバッテリーの膨張状況



写真⑦　同型品（膨張あり・焼損なし）の熱収縮テープによる応力の集中箇所

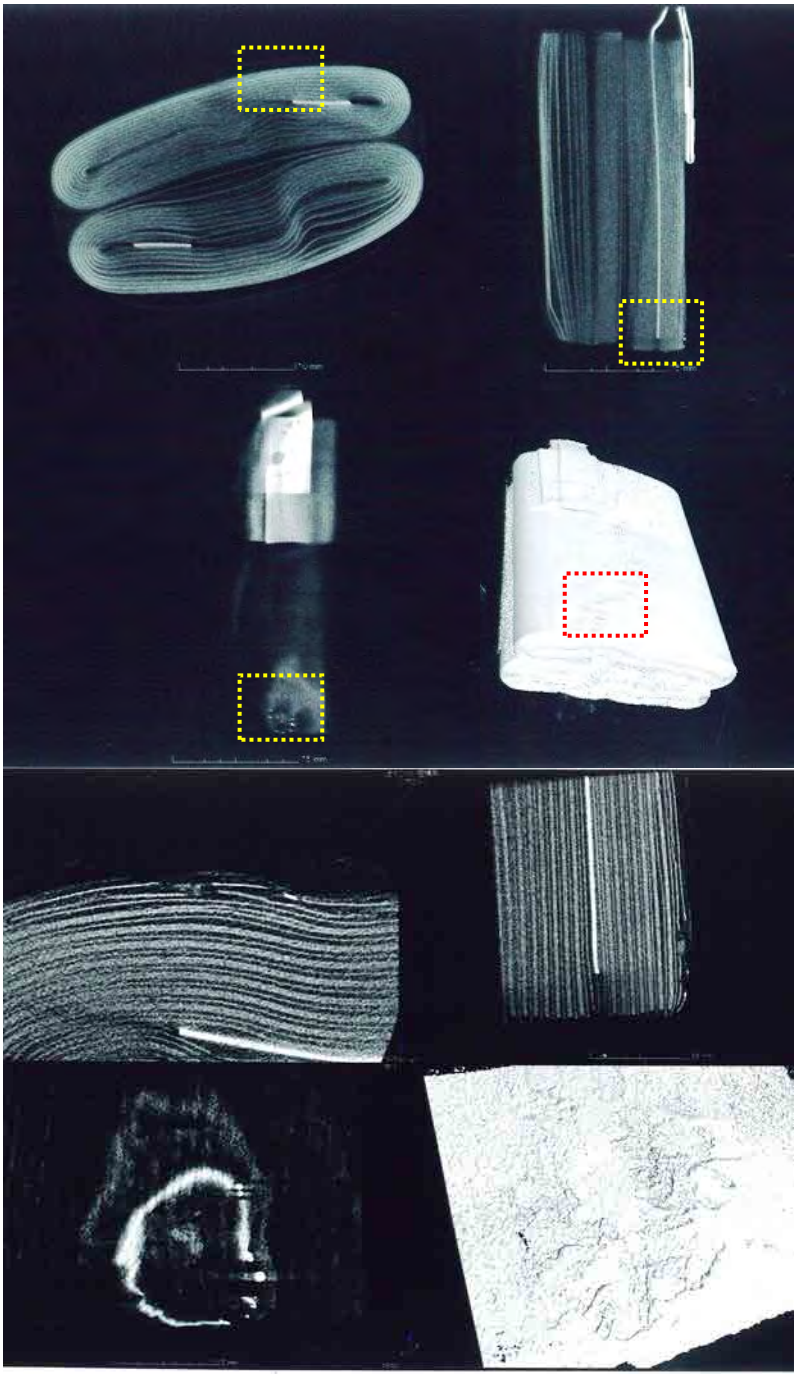
（5）　X線CT試験（2回目）

3、4件目の事案発生の7日後に、製造事業者立会いの下、千葉県産業支援技術研究所において、2～4 件目の事案において収去したバッテリー3 点のX線CT試験を実施する。

ア　試験機器：ヤマト科学（株）高性能X線試験装置　TDM1000h-Ⅱ

イ　試験結果（写真⑧）

（ア）　2～4件目の事案で焼損したバッテリー内部のセルは、いずれも2個の内、1個の膨張が大きく、もう1個は膨張が小さいことがわかる（写真⑧には一例として4件目事案のX線CT試験画像を示す。）。



写真⑧　4件目事案のバッテリーのX線試験画像

（上段：全体像　下段：　部分の拡大像）

（イ）　上方からの撮影画像を見ると、膨張の大きいセルは楕円状になっているが、膨張が小さいセルは、「へ」の字型に変形している。

また、「へ」の字の頂点部分は電極の巻層の間隔が他の部分よりも狭くなっていることがわかり、さらに、焼損物件は4件とも、の部分の付近の焼損が強いことが確認できる。

（ウ）　製造事業者から、当該バッテリーは、経年により膨張することを想定して設計されているものの、今回の3、4件目事案で焼損が確認されたバッテリーは、設計時の想定よりも膨張が大きいとの説明を受ける。

(6)　バッテリーの分解見分及び電極の表面観察試験

X線CT試験（2回目）の21日後に、製造事業者立会いの下、千葉県産業支援技術研究所において、X線CT試験（1回目）で認められた電極内の円盤状の物体像について確認するために、バッテリーの分解及び電極の表面観察試験を実施する。また比較のため、4件目のバッテリー及び同型品（膨張あり、焼損なし）についても分解を行う。

ア　分解見分

（ア）　1件目事案の焼損品（写真⑨、⑩）

X線CT試験（1回目）で、巻層の中心付近に円盤状の物体像が認められたバッテリーのセルを分解すると、負極（銅箔）と正極（アルミ箔）を隔てているセパレータは炭化し、原形を留めていない。

電極は、外周側の一部に焼損が認められるが、中心側は原形を留め、また、X線CT試験で撮影された円盤状の物体像に該当する異物は、発見されない。



写真⑨　1件目事案のバッテリーの分解状況



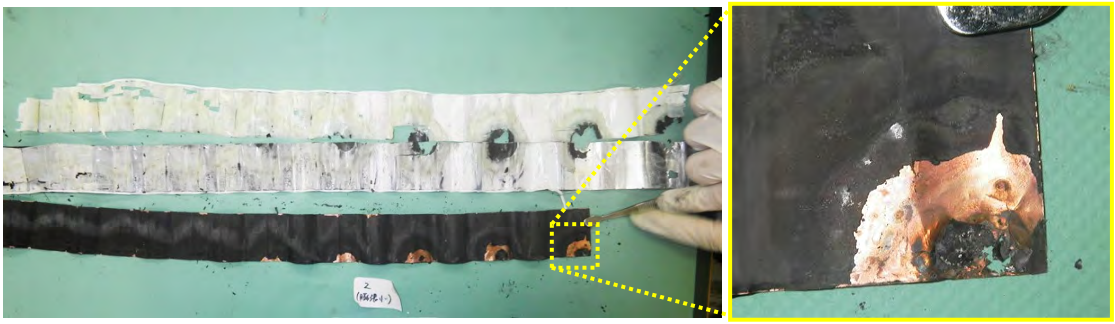
写真⑩　1件目事案のバッテリーの分解状況（巻層の中心側）

（イ）　4 件目事案の焼損品（写真⑪）

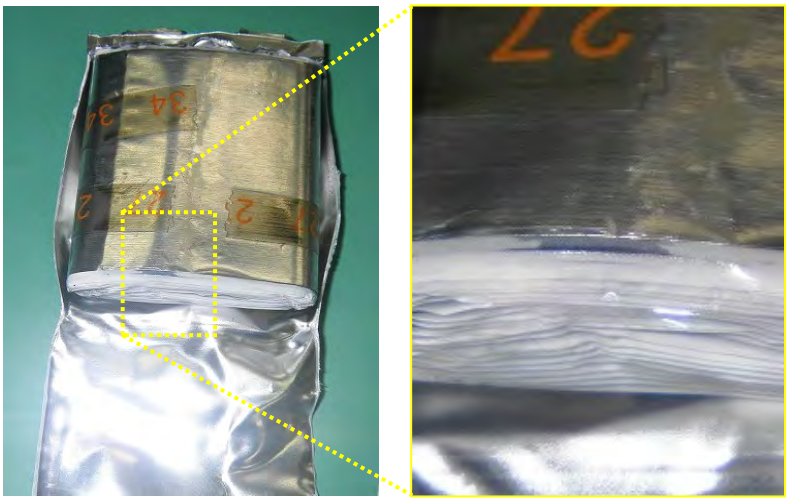
4 件目の事案で焼損したバッテリーのセルを分解すると、電極の巻層は原形を留めているが、負極（銅箔）、正極（アルミ箔）、セパレータのいずれにも局所的な溶融が認められる。

（ウ）　同型品（膨張あり、焼損なし）（写真⑫）

同型品（膨張あり、焼損なし）の、2 個のセルの内、膨張が小さいセルの外装被覆を剥がすと、内部セルの下端部に、電極の巻層がずれてタケノコ状となっている箇所が認められる。



写真⑪　4 件目事案のバッテリーの分解状況



写真⑫　同型品（膨張あり・焼損なし）の巻層のずれ部分

イ　表面観察試験 1（デジタルマイクロスコープ）

上記ア（ウ）において観察された、同型品の内部セル端部で電極の巻層がずれてタケノコ状となっている箇所について、拡大観察を行う。

（ア）　試験機器：(株）キーエンス　光学顕微鏡 VHX-1000

（イ）　試験結果（写真⑬）

電極の巻層がずれてタケノコ状になっている箇所には、電極の金属部分が露出している箇所が確認された。

ウ　表面観察試験 2（電子線マイクロアナライザ）

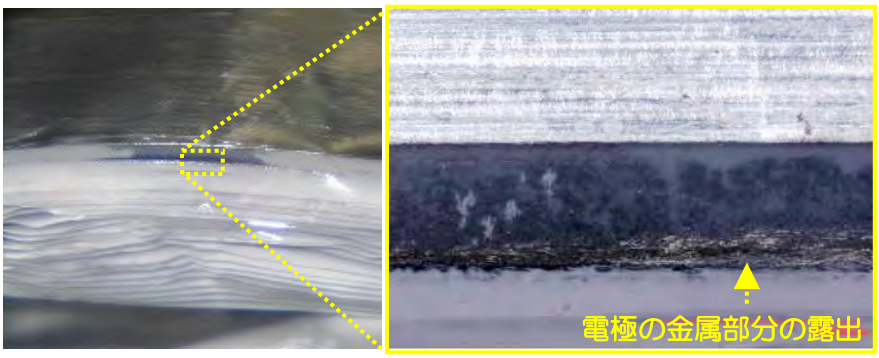
上記ア（イ）において観察された、4 件目の事案で、焼損したバッテリーのセルの負極（銅箔）の溶融部分周囲に、異物の混入の痕跡があるか否かを確認するために、試料表面の元素分析を実施する。

（ア）　試験機器：(株）島津製作所　電子線マイクロアナライザ　EPMA-1600

（イ）　試験結果（表 1、写真⑭、⑮）

試験の結果、試料表面からは電極の素材である、Al（＝アルミニウム）、Co（＝コバルト）、Cu（＝銅）が検出された。

また、埃・砂等の異物として混入する可能性のある、Si（＝ケイ素）、Ni（＝ニッケル）については検出されなかったことから、異物混入の可能性は低いと考えられる。



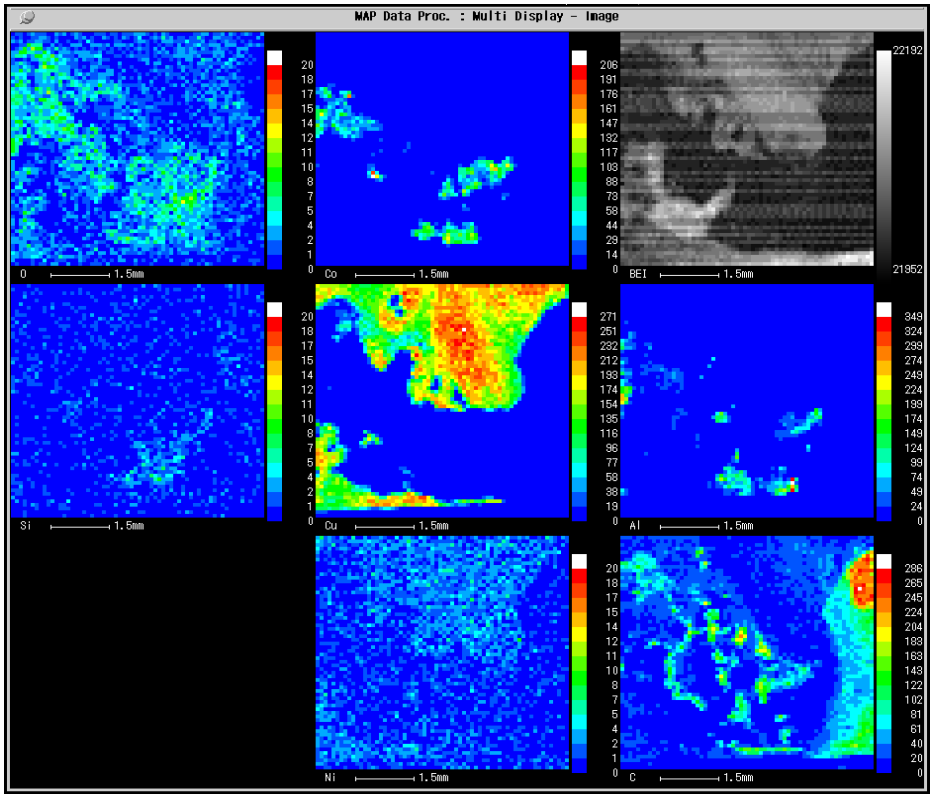
写真⑬　デジタルマイクロスコープによる巻層のずれ部分の拡大観察

表１　電子線マイクロアナライザ分析条件

分析試料	データ	分光結晶	その他
ﾘﾁｳﾑｲｵﾝ ﾎﾟﾘﾏｰﾊﾞｯﾃﾘｰ	COMP	―	AccV：15kV S.C.：10nA B.S.：φ100μm Mode：StageScan DataPoint：64×64 Step size：100×100μm Area：6.4mm×6.4mm
	Al Kα	RAP	
	Si Kα	PET	
	Ni Lα	LIF	
	C Kα	LS12A	
	Co Kα	LIF	
	Cu Kα	LIF	
	O Kα	LS5A	



写真⑭　電子線マイクロアナライザの測定用試料



写真⑮　電子線マイクロアナライザ試験結果

7.　関係者からの追加情報

（1）　火元建物職員から

火元建物以外の店舗で使用している同型のカード端末を確認したところ、他市町村においても、バッテリーの一部が焼損しているカード端末が発見された。

（2）　製造事業者から

ア　焼損したバッテリー4 個は、すべて平成 25 年 9 月製造の同ロットであり、当該ロットの約 1,600 個は、通常製造時の「A 工場」とは異なる「B 工場」で製造されていたため、内部セルの構造も通常のものと異なり、「A 工場」では電極の巻層が 24 折であったものが、「B 工場」では 16 折となっていた（図 1）。

イ　カード端末の制御基板には、回路上の異常は認められなかった。

ウ　回収したバッテリーについて、平成 25 年 9 月製造のロット約 700 個と、製造年月の異なるロット約 300 個の厚みを測定したところ、平成 25 年 9 月製造のロットは平均約 18mm、異なるロットは平均約 15mm であり、平成 25 年 9 月製造のロットの方が、膨張が大きい傾向があることが確認された。

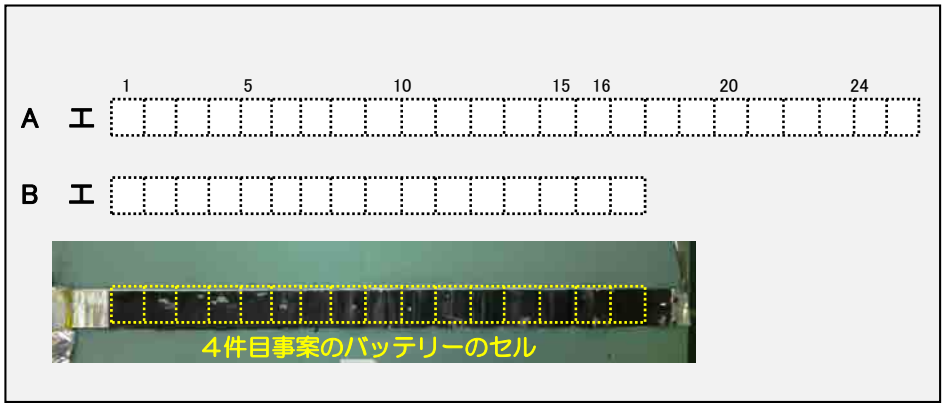


図 1　製造工場によるバッテリーの電極の巻数の差異

8.　出火原因の検討

焼損したバッテリー4 個は、焼損の強い箇所がほぼ同一箇所であり、その焼損状況から巻層の電極間で層間短絡を生じ、発熱し出火に至ったものと考えられることから、層間短絡に至った要因について、以下検討する。

（1）　外力に起因する変形によるもの

バッテリーは当該カード端末の背面ケースの中に収められていることから、何らかの外力によってバッテリーが変形し、層間短絡に至ったことは考えにくい。

（2）　異物の混入によるもの

バッテリーの製造過程において、異物が混入した場合、異物を挟みこんでいる上下 2 枚の電極が損傷し、層間短絡に至る可能性はあるものの、分解による内部の確認及び表面観察試験の結果から、セル内部に異物は認められなかったため、異物の混入により層間短絡に至ったことは考えにくい。

（3）　経年に起因する膨張によるもの

バッテリー外装に巻かれている熱収縮テープには伸縮性がないため、セルが経年により膨張する際に、熱収縮テープに締め付けられる状態となり、均一に膨張することができず、2 個のセルの内 1 個が「へ」の字型に曲がることで、「へ」の字の頂点部分に、熱収縮テープによる応力が集中していることが、外観見分及び X 線 CT 試験により確認されている。

また、デジタルマイクロスコープによる表面観察試験により、応力が集中している箇所において、セル内部の巻層がタケノコ状にずれて電極の金属部分が露出している箇所が認められている。

このことから、2 個のセルの内、1 個が経年によ

って大きく膨張することに伴い、もう1個が「へ」の字に変形し、熱収縮テープの締め付けにより、「へ」の字の頂点付近に応力が集中したことにより、セル内部の巻層がずれて電極の金属部分が露出し、電極同士が接触して層間短絡を起こしたことは、十分に考えられる。

(4)　結論

出火したカード端末は、停電時の予備電源として取り付けられていたバッテリーが、以下①～⑥の経緯によって層間短絡を起こして発熱し、出火に至ったと考えられる。

① B工場で製造されたバッテリーは通常時のA工場で製造されたものと内部構造が異なり、経年により2個のセルの内、1個のセルが製造事業者の想定を超える大きさまで膨張する。

② 2個のセルを固定している熱収縮テープには伸縮性が無いため、①で膨張したセルによって、もう一方のセルが「へ」の字に変形する。

③ ②で変形したセルの「へ」の字の頂点部分に、熱収縮テープによる応力が集中する。

④ 「へ」の字の頂点部分に、熱収縮テープによる応力が集中するため、セル内部の電極の巻層下端部がタケノコ状にずれる。

⑤ タケノコ状にずれた箇所で、セパレータから電極の金属部分が露出する。

⑥ 電極どうしが接触し、層間短絡を生じて発熱し出火に至る。

9. 予防対策

今回の調査により、本事案の出火機構が、製造時の「異物の混入」によるものではなく、B工場で製造されたバッテリーの想定以上の膨張及び熱収縮テープによる応力集中の影響による「製品の構造」に起因するものであることが判明したことを受け、製造事業者側からは、以下の対策が示された。

(1)　市場対応

ア　B工場で製造された平成25年9月製造のロットのバッテリーを、自主検査に合格した新品に交換する（対象約1,600個）。

→平成28年9月末　交換完了

イ　上記ア以外のバッテリーについても、B工場で製造されたものは全て、自主検査に合格した新品に交換する（対象約3,000個）。

→平成29年3月現在　実施率約50％

(2)　恒久対策

ア　新規製造品

平成28年10月以降に新規製造する製品については、予備電源のバッテリーをニッケル水素バッテリーに、仕様変更する。

イ　市場導入済み機器

現在のバッテリーが寿命（2年間）となり、電池交換が必要となった場合は順次、ニッケル水素バッテリーに仕様変更する。

10. おわりに

本事案は、本市消防局としてでき得る限りの科学的な調査を、千葉県産業支援技術研究所の協力の下で実施し、リチウムイオンポリマーバッテリーからの出火であること及びその明確な出火機構の解明に至り、これにより、約4,600個のバッテリー交換及び新規製造品のバッテリーの仕様変更といった、明確な火災予防対策が図られたものであり、消防機関の火災調査の結果が、類似火災防止に大きく寄与した事案であったと言える。

電子機器等の火災原因調査において、専門的な知識が必要な各種分析・試験等は、事業者側へ依頼することにより、事業者主体の調査となってしまうことが懸念されるが、各種専門機関との連携を図り、でき得る限り消防機関主体の調査活動を実施し、その調査結果から事業者に対し適切な指導・要望を実施していくことが、火災予防行政の観点からも重要であると考える。

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

原油タンカー爆発火災の火災調査について

姫路市消防局
松田悟志、塚原昌尚、寺尾健一、高嶋泰裕、柳田雄貴

1. はじめに

本件火災は、原油タンカー（以下「事故船」という。）が爆発火災を起こしたのちに沈没し、2 ヶ月後に同船が引き上げられることとなった。これを受けて、消防庁消防大学校消防研究センター（以下「消防研究センター」という。）に「火災の原因の調査に係る技術支援」を依頼して、全長 81m にも及ぶ巨大な船舶の火災調査を姫路港沖、広島県内、香川県内と違う場所での合同見分を 3 回実施した事案である。

2. 事故船の概要

（1）　船籍・船種について

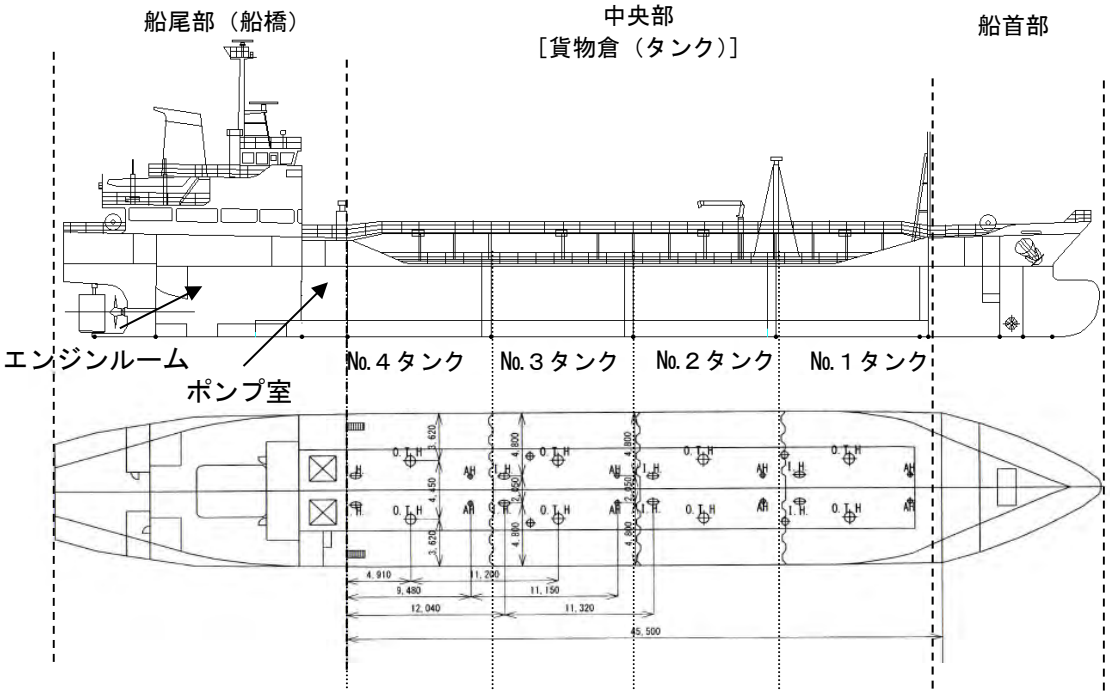
船籍は日本であり、船種は、国内の原油集積基地から火力発電所まで間を発電所で使用する、原油を輸送していたタンカーである。

（2）　構造・規模について

構造は鋼製で、規模は総トン数 998 トン、全長 81m、最大幅 11.8m、最大高 21m であり、貨物倉は鋼製隔壁で 8 つに区画された原油タンクとなっている（図①参照）。

（3）　乗組員について

乗組員は、船長、甲板長、機関長と船員 5 人の計 8 人である。



図①　事故船概略図

3.　火災概要

（1）　出火日時

平成 26 年 5 月下旬　9 時 20 分頃

（2）　り災概要

人的損害は、火災による死者 1 人、重傷者 4 人が発生し、物的損害は、タンカー1 隻が焼損している。

（3）　事故前の事故船の状況

事故発生時は、国内の原油集積基地から兵庫県内の火力発電所までの原油の荷役を終え、原油タンク内はほぼ空の状態で、姫路港の沖合に錨泊していた。事故船は、荷役後、本来は機械的換気（ガスフリーファン）を作動させ、タンク内の原油の揮発ガスを強制換気するところを、原油を下ろし終えた発電所から姫路港へ向かう間の数時間だけ、原油タンク内への人の出入りに使用されるハッチ（以下「オイルタイトハッチ」という。）のハッチカバーを開放しての換気しか実施していなかった。当日は、晴天で船長、船員らが電動式ディスクグラインダ、電動式多針たがね、ガストーチバーナ等を使用して、甲板上のさび取りや古い塗膜の除去等の船体整備を実施していた。

（4）　発生状況

乗組員の供述によると、原油タンク甲板のさび取り作業中に原油タンクが爆発したと説明している。

なお、沿岸部に所在する海上保安庁では、庁舎が揺れる程の衝撃と大量の黒煙を海上に確認したため、すぐに巡視艇 2 隻を向かわせている。

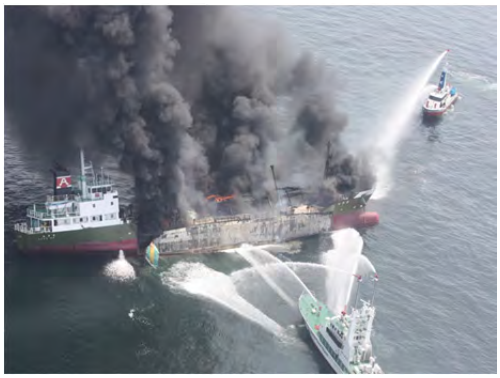
（5）　消防活動

姫路市消防局（以下「当局」という。）は、現場付近を航行中の船舶関係者からの 119 番通報で覚知し、消防艇が出動した。同時に当局から兵庫県消防防災航空隊へ情報収集のため、ヘリコプターの出動を要請している。また、事故船近くで操業していた漁船が、海上に投出された乗組員 4 人を救助するとともに、119 番通報で救急車を要請し、姫路港へ向かっている。他の乗組員 3 人は、付近を航行中の貨物船に救助され、海上保安庁の巡視船に移乗して姫路港へ向かっている。漁船からの通報により、姫路港に救急隊、消防隊等の部隊が出動し、海上では消防艇と海上保安庁の巡視船による消火活動、姫路港では負傷者の救護活動を実施した。

出火から約 6 時間後には、船尾部分を残し、船体の約 4 分の 3 が沈没したため、鎮火として消火活動は終了した（写真①、②参照）。



写真①　事故船の炎上状況



写真②　消火活動状況
（事故船左舷の消火担当：姫路市消防局）
（事故船右舷の消火担当：海上保安庁）

しかし、乗組員 1 人が行方不明であったため、引き続き消防艇での海面検索活動を実施した。出火から約 10 時間後に船体が海面から完全に沈没した後も、海面検索活動を継続している。出火から 2 日後に、船主手配の民間ダイバーが行方不明者を発見したため、海面検索活動は終了した。

（6）　消火活動中の見分状況

消防艇から事故船を確認すると、東に向いた船首から全体の 2 / 3 程の範囲から黒煙が激しく噴出

し、船首付近と船体中央付近では原油タンク内から炎が噴出していた。事故船は、船体中央の甲板が大きく破損し、左舷側に約30度傾いて海面と甲板の高さがほぼ同一の高さで浮かんでおり、操舵室を含む船尾部は燃えていなかった（図①、写真①、②参照）。

4.　調査計画及び調査方針

出火（爆発）原因については、乗組員の供述、消火活動中の船体の見分状況によると、貨物倉の区画された原油タンク（図①参照）が爆発していることから、原油タンク内の可燃性ガスに、何らかの発火源が着火したものと推察した。発火源については、乗組員の供述から「電動式ディスクグラインダの火花」、「ガストーチバーナの裸火」、「静電気」が考察され、これらの発火源からの出火の可能性を検証するために「船体の見分」、「乗組員等関係者からの供述の録取」、「燃焼実験の実施」、「原油の成分分析」を柱に調査を進めることとした。

そして、沈没した事故船は、出火から約2ヶ月後に、船主手配のサルベージ業者によって概ね原形のまま大型の台船上に引き上げられたことから、姫路港沖（沈没場所）の台船上で、第1回目の合同見分を開始し、その後、第2回目、第3回目の合同見分を実施することとなった。

5.　調査内容

(1)　供述の録取

負傷した数名の乗組員からの供述の録取については、入院先の病院において医師の許可を得た後に随時実施した。録取の方法については、当局と海上保安庁が個々に録取することは、乗組員に心理的、身体的に負担をかけるため、録取の回数が最少になるように海上保安庁と調整し、合同で実施した。録取については、船舶関係事項は主に海上保安庁、出火原因関係事項は主に当局が聞き取り、乗組員が供述する船舶専門用語は、海上保安部の補足で分かりやすく、また、出火のメカニズムについては、当局が説明しつつ実施することにより、互いに相乗効果があった。

(2)　関係機関合同による実況見分

当局、消防研究センター、海上保安庁等と合同による実況見分を、次のとおり実施した。

ア　台船上での船体見分（第1回目：姫路港沖）

沖合の台船へは、海上保安庁の船艇で向かい、事故船の見分を実施した。見分内容は、甲板上等の電動式ディスクグラインダ等の証拠品の確認、さらに船体の損傷状況等全体の焼損状況を確認し、今後の見分のポイントを整理した（写真③、④参照）。



写真③　台船上に引き上げられた事故船



写真④　事故船甲板の状況

イ　船体見分（第2回目：広島県）

事故船は、原油タンク底に残油や残渣物であるスラッジが大量に残存しており、その除去のために広島県内の造船所へ、台船にて運搬された。

よって、第2回目の船体見分は、同造船所での見分となり、関係機関との合同で真夏の炎天下で3日間にわたり、焼け付いた鉄板・鋼製の船体内部の隅々まで調査する過酷な活動となった。

（ア）　見分計画

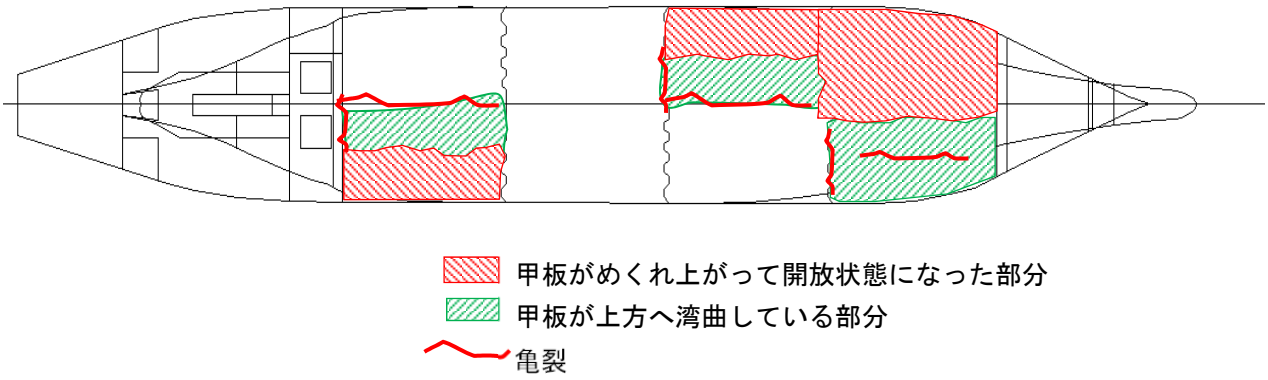
今回の様な県外での見分では、限られた日数、人員、資機材で実施しなければならず、時間効率を図るために甲板班と貨物倉班の2班を編成して、両班が同時に見分を進めることとした。また、造船所会議室において見分前、見分後に消防研究センターが中心となって、事故船所有の船会社従業員等の立会人を交えてミーティングを実施し、当日の見分ポイント、進行要領、見分結果の確認等をホワイトボードに記載して情報整理、情報の共有を図った。

（イ）　見分内容

甲板班は、甲板の破損状況、原油の可燃性ガスと発火源の接触のポイントとなるオイルタイトハッチのカバー（以下「ハッチカバー」という。）の開閉状況の確認を主眼において、見分を実施した。

甲板については、右舷船尾側が爆発によって破損、さらに左舷船首側付近が大きく破損している（図②参照）。

ハッチカバーは、8つのうち、いくつかが開放状態であることが認められた。爆発により大きく捲り上がった状態で確認できないハッチは、後に船体解体現場で見分を実施することとした（写真⑤～⑧参照）。



図②　甲板の破損状況



写真⑤　甲板の破損状況
（左舷の船首から船尾に向かって）



写真⑥　甲板の破損状況
（船首側）

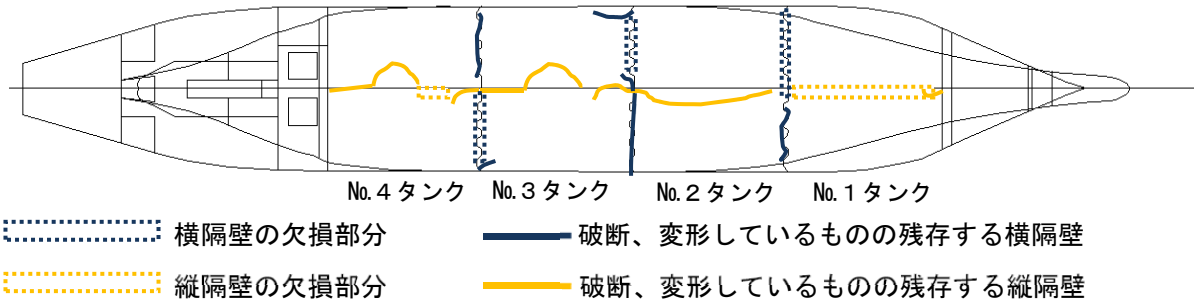


写真⑦　オイルタイトハッチの確認状況



写真⑧　オイルタイトハッチの開放状況

貨物倉班は、爆発箇所・爆風の進行方向を検証するために、貨物倉内を8つに区画した隔壁の破損状況の確認を主眼において、見分を実施した。しかし、高さのある甲板や隔壁の破損状況は、巻き尺での距離計測は極めて困難であったため、レーザー距離計を活用して提供された船体図面と照らし合わせながら測定することによって、効率的に隔壁、甲板の破損状況を図面にて記録することができた（図③、写真⑨～⑫参照）。



図③　貨物倉隔壁の破損状況



写真⑨　隔壁の破損状況
（右舷３・４タンク）



写真⑩　隔壁の破損状況
（左舷２・３タンク）



写真⑪　レーザー距離計で計測



写真⑫　レーザー距離計

ウ　船体見分（第3回目：香川県）

事故船は、広島県内の造船所で原油スラッジ除去後、スクラップ処理のために香川県内の船舶解体現場へ台船にて運搬されることとなった。

よって、第3回目の船体見分は、船舶解体現場での見分となり、関係機関との合同で1日間実施した。見分内容は、甲板上の8つのオイルタイトハッチを船舶の解体中に溶断撤去して、同ハッチのみを地面上に配置復元し、ハッチカバーの開閉状況を確認した（写真⑬参照）。見分結果は、前回の見分で確認されたハッチカバー開放に追加して、他のハッチカバーも開放していたことを確認した。



写真⑬　オイルタイトハッチの配置復元

(3)　燃焼実験及びガスクロマトグラフによる原油の成分分析

ア　燃焼実験

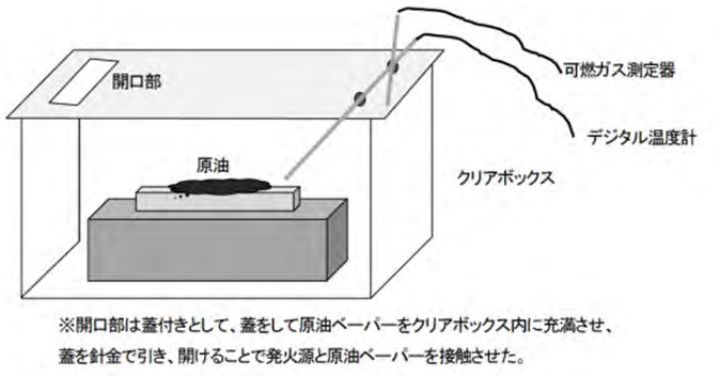
電動式ディスクグラインダ、ガストーチバーナの発火源による原油の着火実験を、兵庫県消防学校の燃焼実験室で実施した。

実験の方法については、原油の揮発状況を再現するために、クリアボックス（容量25リットル）の密閉容器内に高温水で湯煎した事故船積載と同等の原油を入れて揮発ガスを発生させ、可燃性ガスの濃度を測定しつつ、爆発範囲に入った時点で、発火源と接触させるものとした。

発火源については、電動式ディスクグラインダで鋼材を切断して、発生した火花での着火実験、ガストーチバーナの裸火での着火実験を実施した（図④参照）。

なお、電動式ディスクグランダの火花での実験については、火花をクリアボックスの開口部から落とし込む方法とクリアボックス内で火花を発生させる2つの方法で行った。

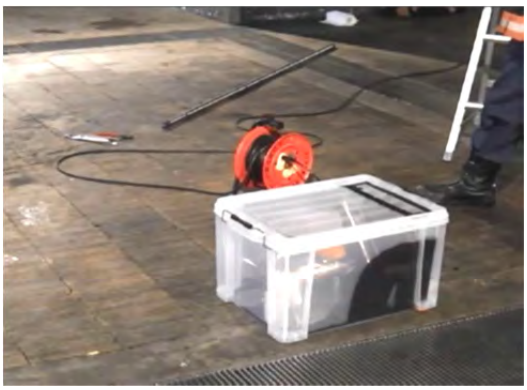
実験の結果は、電動式ディスクグランダの火花での実験については、火花をクリアボックスの開口部から落とし込む方法、クリアボックス内で火花を発生させる方法ともに着火はしなかった（写真⑭、⑮参照）。ガストーチバーナの裸火での実験については、ガストーチバーナの裸火をクリアボックス内に吹き込んだ瞬間、着火した（写真⑯、⑰参照）。



図④　実験装置



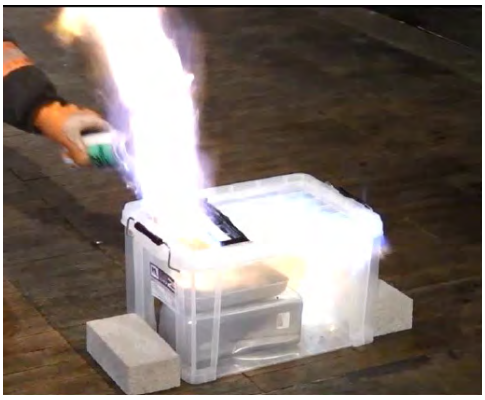
写真⑭　電動式ディスクグラインダ
火花での実験（容器外部）



写真⑮　電動式ディスクグラインダ
火花での実験（容器内部）



写真⑯　ガストーチバーナでの実験

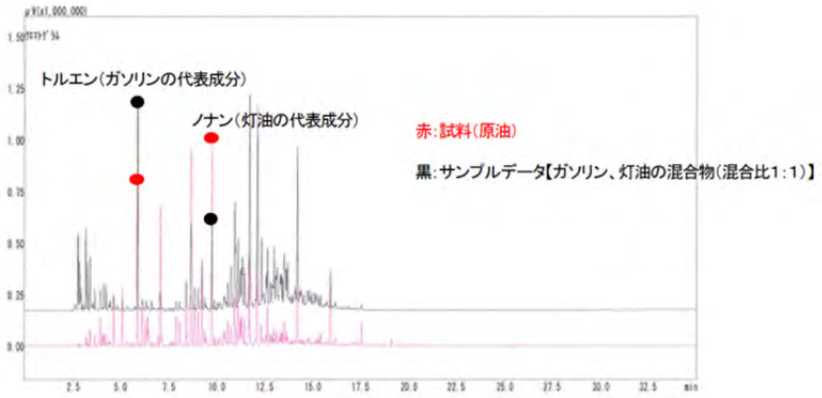


写真⑰　ガストーチバーナでの実験
（着火の状況）

イ　ガスクロマトグラフによる原油の成分分析

原油の成分分析の目的は、原油は産地によって、ガソリン等の引火点の低いものや灯油等の比較的引火点の高いものの成分構成比が違うため、その構成を確認するためである。

分析の方法は、当局が平成 22 年度に開発した「試料濃縮用注射針（ニードレックス）」を北川式ガス採取器の先端に取り付けて、原油近くの揮発成分を含んだ空気を吸引採取し、兵庫県消防学校のガスクロマトグラフによって分析を実施した。分析結果は、サンプルデータ（混合比ガソリン 1：灯油 1）と比較すると、構成成分が概ね一致し、サンプルデータより引火点が低い物質で質量が少なく表示されている（図⑤参照）。



図⑤　原油の成分分析結果（ガソリン、灯油の混合物との比較）

6.　消防研究センターによる調査結果

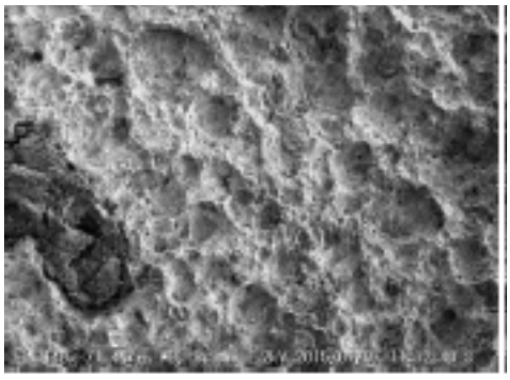
消防研究センターによる調査は、船体見分に加えてハッチカバー取付部の破断面状況の分析、数値解析を用いた可燃性ガスの拡散予測、静電気による着火の可能性の検討等が行われた。

（1）　オイルタイトハッチのカバー取付部破断面状況の分析

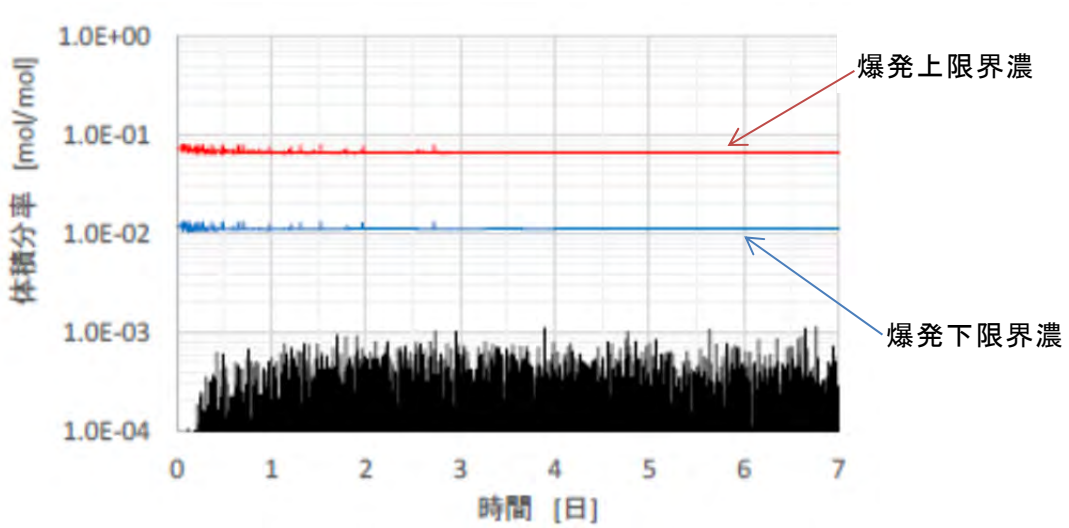
本分析では、電子顕微鏡観察を実施したが、それぞれのハッチカバーの開閉、方向等について明言することは出来ない結果となった（写真⑱参照）。

（2）　数値解析を用いた可燃性ガスの拡散予測

原油タンク（左舷船首側）内の残油から発生した可燃性ガスが、時間経過とともにどのような濃度でタンク内及び甲板上に拡散するかを調べるために、CFD（ComputationalFluid Dynamics、数値流体力学）を用いた数値計算を実施した。CFD を用いた数値解析は、①各可燃性ガスの拡散濃度分布からガスはタンク内にとどまる傾向があること、②タンク内に混合可燃性ガスの可燃範囲が存在すること、③絶えず可燃性ガスを発生しても甲板上に可燃範囲は存在しないことという結果が得られた（図⑥参照）。



写真⑱　電子顕微鏡での破断面の観察

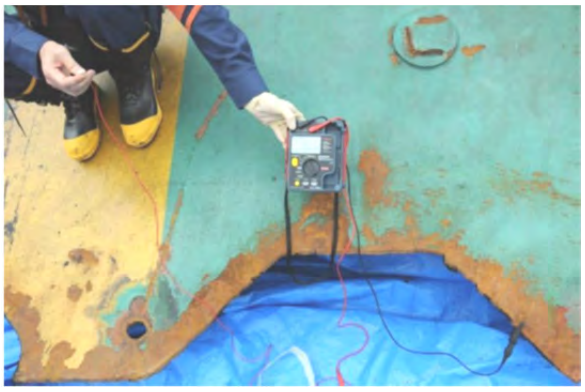


図⑥　混合可燃性ガスの体積分率（濃度）の時間変化
【計算中、可燃性ガスが絶えず出続ける場合】

(3)　静電気による着火の可能性の検討

静電気による着火の可能性の検討のため、甲板の塗装面の電気絶縁性の確認や除電棒などの接地効果について確認した。測定項目は、甲板塗料の絶縁抵抗測定、甲板と人体の静電容量測定、アース板の対甲板間の抵抗測定、船橋甲板での絶縁抵抗測定とした（写真⑲、⑳参照）。

測定結果等により、静電気放電による可燃性ガスへの着火の可能性を検討した結果、甲板上に複数設置された人体帯電を除去するアース板により人体の電荷は緩和されること、電動式ディスクグラインダ作業による人体の帯電はほとんど起こらないこと(「産業安全研究所安全ガイド」による)、塗装面上でも3秒以下で人体の電荷は緩和されることを考慮すると、静電気放電による可燃性ガスへの着火の可能性は低いという結果であった。



写真⑲　緑塗装面での抵抗測定



写真⑳　アース板の抵抗測定

7.　船舶火災での市町村の消防責任について

ここで「船舶火災」の市町村の消防責任について整理する。

船舶火災には、沖合にて航行中または錨泊中の船舶火災（以下「沖合船舶火災」という。）と埠頭に係留された船舶火災（以下「係留船舶火災」という。）に区分される。

領海内の船舶については、当該船舶が消防法第2条の「防火対象物」「消防対象物」に含まれると否に関わらず、消防組織法第6条により市町村が一般的に消防の責任を有することとされている。従って、領海内における沖合船舶火災及び係留船

舶火災は、市町村の消防責任を有することとなる。

また、領海内の船舶火災の消火活動については、消防機関及び海上保安庁の両者がそれぞれ消防責任を有しており、両者の権限行使について基本的な調整を図るため、業務協定（「船舶火災の消火に関する消防機関と海上保安官署との業務協定について」昭和43年4月1日消防防第142号）が締結されている。

以上のことから、本件火災については、瀬戸内海上の沖合船舶火災であることから、当局では海上保安庁と連携し、消火活動及び火災調査を実施することとした。

8. 出火原因

本件火災の出火原因は、事故船が原油を荷役後、本来は機械的換気（ガスフリーファン）を作動させ、タンク内の原油の揮発ガスを強制換気するところを、オイルタイトハッチの開放による換気しか実施しておらず、換気が不十分であったため、タンク内には可燃性ガスが充満していた可能性が高く、また、いくつものオイルタイトハッチが完全に密閉されておらず、このような状況下で、乗組員がオイルタイトハッチ等のペンキ塗膜を落とすために、使用していたガストーチバーナの噴出火炎が、タンク内の爆発範囲内の可燃性ガスに着火したため、爆発に至ったものと推定した。

9. 調査後の対応

本件火災調査の結果から、事故船を所有する船会社に対して、原油荷役後の対策として、原油タンク内可燃性ガスの機械的換気の実施や、火気取扱い上の注意の徹底などの安全対策を指導し、同社を通じ関連会社への注意喚起を行なった。

また、海上保安庁への情報提供については、同庁からの刑事訴訟法第197条第2項に基づく照会で対応することにより円滑な連携が図られた。

10. まとめ

本件火災は、当局では経験したことのない原油タンカーの爆発火災であったが、消防艇による消火、負傷者の救護、行方不明者の海面検索、そして火災の原因調査を完遂することができた。消火活動は海上保安庁との連携、負傷者の救護では医療機関との連携、火災の原因調査では、消防研究センターの技術支援を得て、関係機関との連携を図った。船舶火災において、最も重要なのが関係機関との「連携」であることをあらためて認識した。この事例が、原油タンカーまたは大型船舶の火災発生時の火災調査手法の参考となれば幸いである。

平成29年度消防防災科学技術賞　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

花火の火薬製造中の収れん火災

北九州市消防局
須藤嘉樹

1. 火災の概要

本火災は、平成28年4月14時05分ごろ、市内の花火製造工場敷地内にあるその他の構造（骨組み鉄パイプ、外壁鉄製波板トタン、屋根塩化ビニル製波板）1階建て資材置場（建築面積及び延床面積48平方メートル）から出火し、資材置場及び隣接する倉庫の一部を焼損した建物火災である。

2. 出火当日の気象状況

天候：快晴（空に雲は視認できない）
気温：22.0℃
湿度：35.0％

3. 周囲の環境

花火製造工場は、居住区から離れ、周囲を山に囲まれた小高い場所に位置している。

また、出火した花火製造工場の資材置場は、工場敷地内の西側に位置し、資材置場のさらに西側は、工場敷地内へ繋がる道路がすぐ下に通っているため、崖になっている。北側には倉庫、さらに倉庫の北側屋外には乾燥台があり、南側に倉庫及び事務所がある。

4. 現場見分状況

（1）　資材置場の状況（写真1～4参照）

資材置場の骨組みは、鉄パイプで形成されており、屋根は焼け残った部分から、透明で水色の塩化ビニル製波板で作られていることが確認でき、北側及び南側の壁面が、鉄製波板トタンで作られていることが確認できる。

西側及び東側の壁面は、火災により焼失していたため、材質に関しては確認ができなかった。

資材置場を外周から確認すると、西側及び東側の壁面は、焼失して確認できなかったものの、北側及び南側の鉄製波板トタンには、変色が確認でき、特に南側外壁の中央付近は、黒く焼損していることが確認できる。

更に黒く焼損している部分の下方には、焼け抜けが確認でき、この部分が一番強く焼損していることがわかる。

資材置場内は全焼しており、原形をとどめていないものも多く確認できるが、ステンレス製ボウル、アルミ製ボウル、ふるい、作業台、テーブル、籾殻及びドラム等が確認でき、テーブル付近の壁面が黒く焼損し、焼け抜けも確認できる。この部分は、外壁の黒く焼損し、焼け抜けていた部分と同じ場所であることが確認できた。

また、作業台の下には、ステンレス製ボウルとふるいが確認できる。

出火した資材置場は、星（火薬）を製造するための資材を備蓄しており、火薬の製造にも使用されるため、非常に注意をしている場所でもある。

実際に、作業を行っていた関係者は、火薬についての知識も熟知しており、資材置場内で火や電気を取り扱うことは､危険であると把握している。

そのため、資材置場には電気が通っておらず、資材置場内にも電気を使用するものは置かれていない。

屋根が透明の塩化ビニル製波板であるのは、太陽の明るさで資材置場内に光を取り入れるためであると考えられる。



写真１　鎮火後の資材置場の状況１

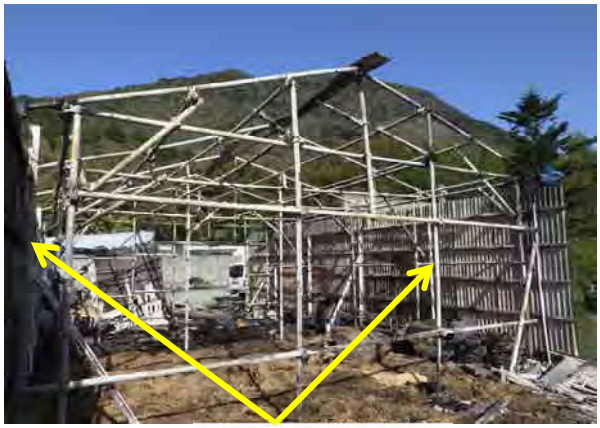


写真２　鎮火後の資材置場の状況２



写真３　南側外壁の変色状況



写真４　南側内壁付近の状況

(2)　関係者の回答状況

「普段は屋外で作業しますが、今日は日差しが強く、星が発火する恐れがあるので、資材置場のテーブルの所で作業していました。ふるいで残った余り星（1.5cm くらいのものが 20 個程度）をステンレスボウルの中に入れていました。普段は、木製の皿に入れていますが、その場に皿がなく、近くにステンレスボウルがあったので入れました。…ステンレスボウルの中の、余り星の一つからいきなり火がでました。その瞬間を見ました。…作業していた隣のテーブル上に、20kg 程度の火薬があったので、全部に燃え移りました。」と回答している。

5.　発火したと思われる星（火薬）について（写真５及び６参照）

(1) 色：黒色

(2) 大きさ：1.3cm 程度

(3) 形：球体

(4) 主成分：過塩素酸カリウム及び酸化銅（関係者回答）

※この星（火薬）の発火点は確認できなかったが、一般的に市販されている花火の黒色火薬の発火点は、300℃程度である。



写真５　木製の皿に入れた星（火薬）



写真６　星（火薬）

6.　星（火薬）の成分について（製品安全データシート引用）

（1）　過塩素酸カリウム

ア　危険性

消防法の危険物に該当。酸化性固体。

イ　取扱い及び保管上の注意

火気を近づけたり、加熱、衝撃、摩擦等を与えないこと。強力な酸化剤であるので、直射日光を避けて、加熱源から遠ざけ、有機物、金属粉、強酸類との接触を避けて保管する。

ウ　自己反応性・爆発性

有機物の混在は、爆発の危険性を有する。りん、硫黄、木炭粉末その他の可燃性物質との混合は、加熱又は衝撃によって発火し、場合によっては爆発することがあるので注意を要する。



写真７　発火した星（火薬）の入っていた直径 30cm 程度のステンレス製ボウル

（2）　酸化銅

ア　安全な保管条件

直射日光を避け、換気の良い冷暗所に保管する。容器を密閉し、火気、熱源より遠ざける。

イ　避けるべき条件

日光、熱。還元剤、アルミニウム、アルカリ金属、金属粉との接触。

※その他の成分にあっては、関係者から聴取ができなかった。

7.　再現実験について

出火当日の太陽の状況は、出火時刻 10 分前の高度が 57.5℃、5 分前の高度が 56.4℃、出火時刻の高度が 55.6℃であり、この範囲であれば、建物の

外壁等に太陽光が遮られることなく、ステンレス製ボウル内に当たることが確認でき、太陽光による収れんの可能性が考えられたため、実験を行った（国立天文台「こよみの計算」参考）。

（1）　実験概要

関係者の回答に基づき、ステンレス製ボウルで出火する可能性があることを確認するため、平成 28 年 5 月 19 日（木）、21 日（土）、27 日（金）と 3 回の実験を行った。

1 回目の実験にあっては、ロケット花火の火薬を準備し、火薬を食品用ラップフィルムで包んだ物を使用して、2 回目、3 回目の実験にあっては、花火製造工場から、実際に発火した打ち上げ花火用の星（火薬）を同じものを受領して、実験を行った。

なお、火災当日のステンレス製ボウル内の星（火薬）は 20 個程度であったが、危険が予想されるため、実験時は星（火薬）1 個で行った。

実験時の設定にあっては、星（火薬）の温度変化や発火状況がわかるよう、熱画像カメラやビデオカメラを周囲に配置し、ステンレス製ボウル内に太陽光を当て、焦点が合う位置に星（火薬）を設定して実験を行った。

また、3 回目の実験にあっては、出火当日の環境に近づけるため、ステンレス製ボウルの周囲に簡易的な風除けの板や、ステンレス製ボウルの上に塩化ビニル製の波板（以下「波板」という。）を設定して、実験を行った。

（2）　1 回目（写真 8 及び 9 参照）

実施日：平成 28 年 5 月 19 日（木）

時　間：13 時 30 分から 16 時 00 分まで

天　候：晴れ

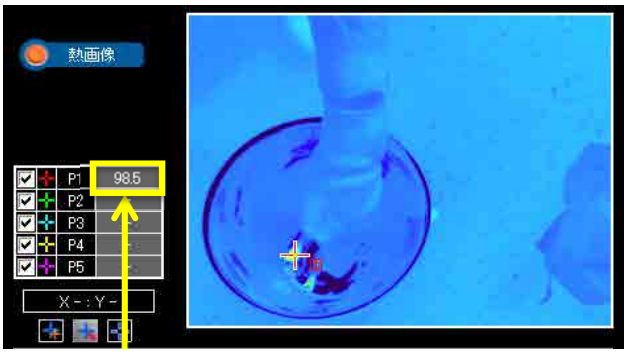
使用火薬：ロケット花火の火薬

発火温度：98.5℃



食品用ラップに包んだ火薬（発火後に撮影）

写真 8　収れん実験 1 回目の状況



摂氏 98.5 度を示している

写真 9　収れん実験 1 回目の発火直前の温度

〈実験結果〉

雲が多く、日差しが弱い状態であったが、雲が切れる短時間でも発火に至った。熱画像カメラを使用して、火薬の温度を計測したが、食品用ラップフィルムや風等の影響を受け、正確な温度を計測することができなかった。しかし、焦点が正確に合うと、すぐに煙が発生し、その後数秒で発火に至った。

太陽光とステンレス製ボウルの収れん作用で、発火することは確認できた。

（3）　2 回目（写真 10～12 参照）

実施日：平成 28 年 5 月 21 日（土）

時　間：13 時 00 分から 15 時 30 分まで

天　候：晴れ

使用火薬：打ち上げ花火用の星（火薬）

発火温度：224℃

〈実験結果〉

この日も雲が多く、日差しの弱い状態であった

が、雲の切れたタイミングで焦点を合わせ発火に至った。

星（火薬）の温度は 224℃で発火したが、発火するまでに、何度も焦点位置の修正や太陽の陰りで実験を中断する必要があった。

そのため、発火する直前の設定時は、すでに星（火薬）は熱をもっている状態であった。

また、風の影響を受け、熱画像カメラで確認すると温度が下がることが多々あった。

さらに、焦点にも強弱が確認でき、焦点が弱いと温度上昇に時間を要した。

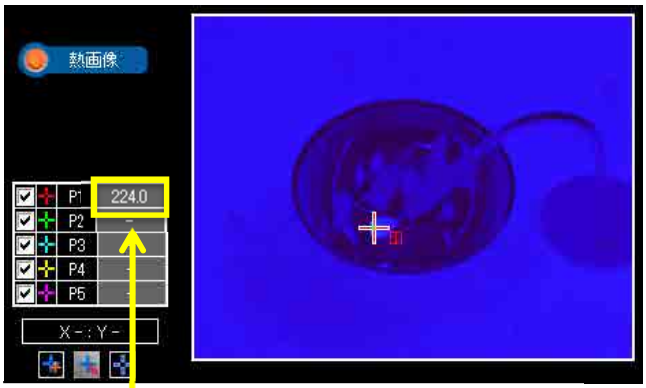
発火に至ったときは、焦点が正確に合い、設定後 30 秒ほどで発火が確認できた。



写真 10　収れん実験 2 回目の設定状況



写真 11　収れん実験 2 回目の発火直後の状況



摂氏 224 度を示している。

写真 12　収れん実験 2 回目の発火直前の温度

(4)　3 回目（写真 13～18 参照）

実施日：平成 28 年 5 月 27 日（金）

時　間：13 時 30 から 16 時 00 分まで

天　候：晴れ

使用火薬：打ち上げ花火用の星（火薬）

発火温度：（1 回目）284.1℃

（2 回目）303.4℃

〈実験結果〉

この日も雲が多く、日差しの弱い状態であったが、雲の切れたタイミングで焦点を合わせ発火に至った。

波板を設定していない状態では、2 回発火に成功した。

1 回目の発火に至った温度は 284.1℃、2 回目の発火に至った温度は 303.4℃であった。

焦点を正確に合わせることはできなかったが、風による温度低下が比較的少なかったため、短時間で発火に至った。前回の実験では、風の影響により温度低下が確認でき、風が大きく影響していることを確認できた。

また、波板を設定して実験をしたが、日差しも弱く、星（火薬）が 1 個だと焦点を合わせることが非常に困難であったため、発火には至らなかった。

しかし、波板を透した太陽光でも火薬の温度は 250℃前後で推移し、日差しが強くなった一瞬だけではあるが、278.9℃まで上昇したため、発火した温度に近い温度になることが確認できた。



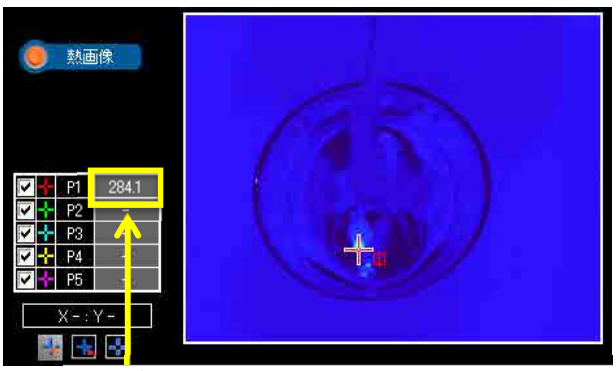
写真 13　収れん実験 3 回目の設定状況



写真 14　星（火薬）に焦点が合った状態

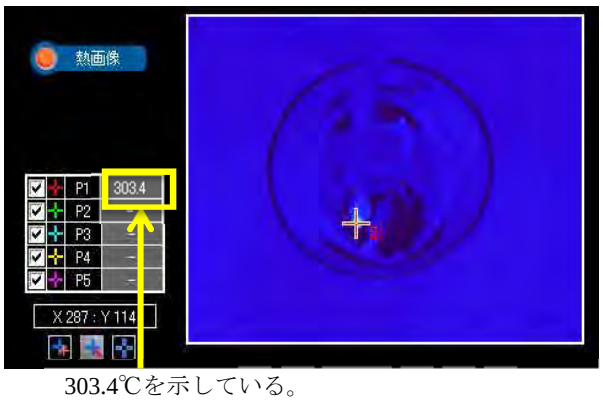


写真 15　発火直後の状況



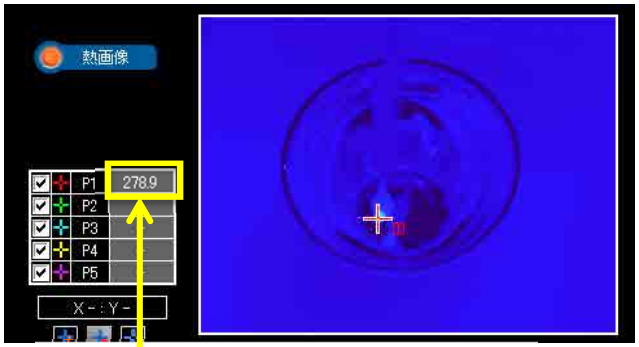
284.1℃を示している。

写真 16　収れん実験 3 回目の発火直前の温度①



303.4℃を示している。

写真 17　収れん実験 3 回目の発火直前の温度②



278.9℃を示している。

写真 18　波板設定時の最高温度

（5）　考察

今回 3 回の実験を行い、太陽光とステンレス製ボウルの収れん作用で、比較的短時間で火薬が発火することは確認できた。

また、今回波板を設定した状態では、発火に至らなかったが、出火当日の天候は雲のない快晴であり、日差しも強かったこと、ステンレス製ボウルの中に星（火薬）が複数個入っており、焦点がどの星に合っていても発火する可能性はあるため、焦点を細かく調整しなくても良いことや、室内で作業をしていたため風の影響を受けなかったことから考察しても、太陽光による収れん作用で発火に至る可能性は、十分にあると考えられる。

8.　結論

出火の原因にあっては、資材置場内で作業をしていた関係者が、ステンレス製ボウル内に入れていた星（火薬）からいきなり発火したことを目撃していること、屋内で作業していたため、風の影響を受けなかったこと、天候は快晴であり、ステンレス製ボウル内に太陽光が当たっていたこと、実験の結果により、太陽光がステンレス製ボウル内に当たり、反射した太陽光が収れんし、中に入れてあった星（火薬）に焦点が合い、星（火薬）が高温状態となったため出火したものと推定する。

9.　今後の火災予防対策について

収れん火災は、特異な火災であり、様々な条件が揃わないと起こらない火災である。

今回の火災は、天候が快晴で日差しが強く、風の影響を受けない環境であったこと、また、透過性の良い透明な屋根材であったこと、さらに光を反射しやすいステンレス製ボウル内に多く火薬を入れていたという条件が揃い、発生した火災である。

花火の製造工場ということで、火気の取り扱いだけではなく、太陽光でも火薬が発火する恐れがあることを十分把握し、日差しの強い日には、屋内で作業するなど、十分に注意をしていたにも関わらず、収れん作用を予測できずに火災が発生してしまっている。

そもそも、収れんという言葉は、非常に聴きなれない言葉であるため、消防としてどの様な物や状況で、収れんが発生するのかを把握し、一人でも多くの市民の方々に対して、収れんによって火災が発生するという知識を、メディアや講和等により理解してもらうことが、防止対策への第一歩だと考える。

平成 29 年度消防防災科学技術賞　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

トラックのABSユニットから出火した火災事例及び調査の手順について

新潟市消防局
貝瀬東一朗、白瀧一裕、田辺幸大、柄澤基彬、伏見栄浩、中川　俊

1. はじめに

本火災は、トラックの右後輪及び荷台の一部が焼損し、発生時間帯、周囲の環境及び車両が駐車中であったことから、当初は放火が疑われたが、ブレーキ系統の一部の ABS ユニットから出火したことが判明したものである。本事例を通じて、調査を進めていく手順、調査上の各段階において意識すべきことを示し、今後の人材育成、確実な調査のための礎となることを期して、紹介するものである。

2. 事例火災について

（1）　発生概要

平成 29 年 1 月 2 時頃、新潟市東区の事業所駐車場内にて発生し、2t トラック（平成 14 年式小型クレーン及びテールゲートリフター付き）1 台の右後輪及び荷台の一部を焼損したもの。人的被害はなし。

（2）　把握情報

新聞配達員が、屋外に駐車されていたトラックの右後輪付近から、白煙が出ているのを発見し、119 番通報した。消防隊現着時、右後輪付近に炎を確認し、放水を実施。風向は南で、車両側面を助手席側から運転席側方向へ吹いていた。また、関係者によれば、車両は会社用で、不特定の従業員が使用する。喫煙する者は車内で吸い、吸い殻は車載灰皿で始末する。荷台には全面にコンパネが敷かれていたが、朽ちてきたため、鉄板を載せて使用していた。最終使用は 2 日ほど前で、警告灯等の異常は無く、使用後は施錠していた。

3. 見分状況

（1）　調査上の着眼点

出火点（起点）と焼損範囲（焼けの流れ、局所的な焼きは無いか）、キーが抜かれていても通電する箇所（通電箇所と着火物、焼損範囲との関連）の検証及び放火の可能性（周辺の状況、着火物、着火箇所）を念頭に見分に入る。

（2）　周囲の状況

工場、倉庫等の事業所が複数立地し、住宅はなく、事業所営業時間外は人通り、交通量ともに少ない。主要な道路から見た際には、一部死角となる部分がある。

（3）車両の状況

見分にあたり、車両の進行方向を前とし、前後左右を表現する。

荷台上のコンパネは、部分的に朽ち落ち、穴が開き、地面が見通せる。穴の縁は、黒く焼けた痕が見分され、穴から見える範囲で、コンパネ下部の各部品を見分すると、右後輪タイヤの泥除け前方向の一部が溶融、焼失している他は、異状は見分できない。コンパネは、触れると容易に欠片になる（写真 1～5）。



写真 1　荷台の状況

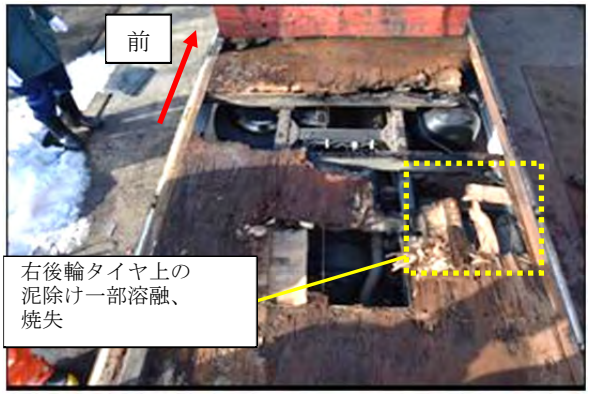


写真 2　荷台の状況

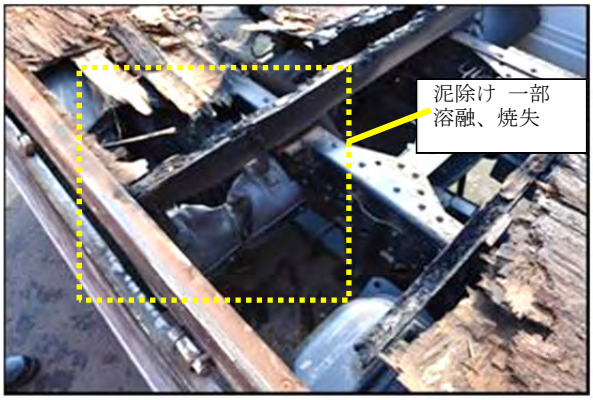


写真 3　荷台の状況



写真 4　右後輪の状況

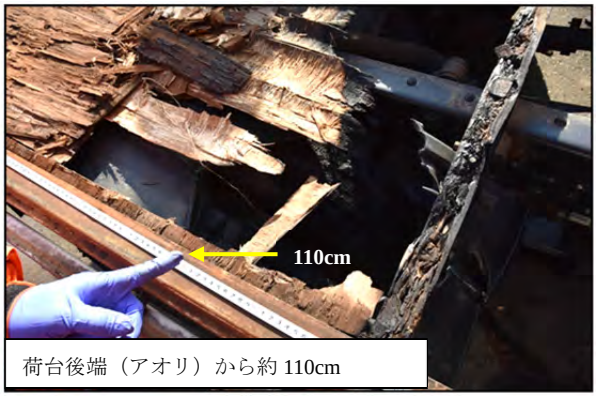


写真 5　溶融箇所上部の状況

シャシー及びコンパネ裏面（地面側）の状況の見分のため、コンパネを除去する。荷台を構成するフレームに、焼損は無い。荷台上には進行方向と垂直に交わるように 5 本（後輪を境に前方側に 3 本、後方側に 2 本）根太が配置されており、後方側 2 本は、原型を留めているのに対し、前方側 3 本のうち、最前列のものを除く 2 本は、運転席側を中心に上方が黒く変色し、一部欠損している（写真 6）。

根太は、部分的に徒手にて触れると崩れ落ちるほど老朽化しており、欠損部分は焼損のみでなく、老朽化によるものもあると推察される。左後輪タ

イヤの泥除けに、異状は見られない。除去したコンパネの裏面（地面側）を見ると、中央部及び後方の中心一部が欠損しており、中央部は、運転席側にいくにつれて、欠損範囲が大きい（写真 7）。

焼損範囲を把握するが、発火源が見いだせないため、電気関係を検討する。

グローブボックス内のヒューズボックスを確認すると、溶断しているヒューズは無い。焼損の強い右側面マーカーランプの配線を見ると、部分的に被覆が焼失し、素線があらわしになっているが、電気痕、溶痕は見分できない（写真 8）。

荷台下左側後方のバッテリーを見ると、異状は見られず、両極端子間で、電圧は仕様通りの 24V を示すことが確認できる（写真 9、10）。

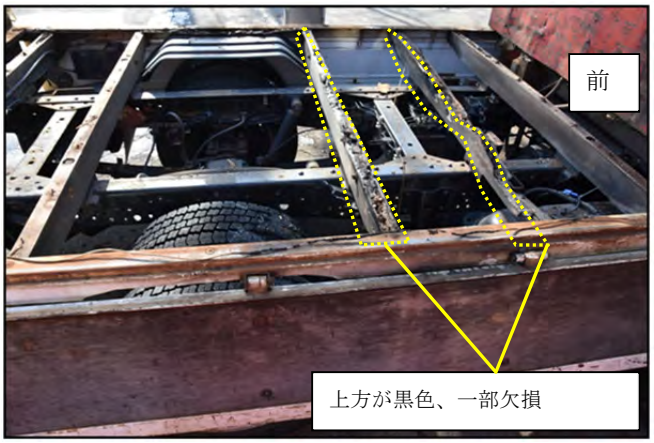


写真 6　荷台の状況

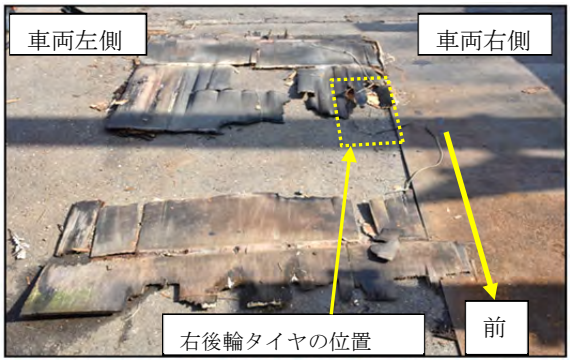


写真 7　コンパネ裏面（地面側）の状況



写真 8　右側面マーカーランプ配線の状況

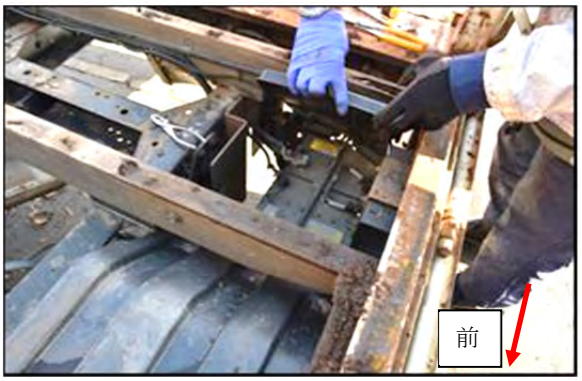


写真 9　バッテリーの状況



写真 10　バッテリーの状況

荷台中央下部のシャシーに取り付けられた ABS ユニットを見ると、ブラケット内にモーター、基盤が内包されたものであり、上部は金属製の配管が複数接続されており、上面の一部が白色に変色している。基盤の後方側脇に、ハーネスから接続されるコネクタ部が見られ、ハーネスをバッテリーからコネクタ部方向へと追って見ると、ハーネスの被覆が溶融し、コネクタ付近は、ハーネス内のいくつかの配線上面の配線被覆が焼失し、コネクタ接続部は白色に変色している。また、当該ユニット上面には、コンパネの欠片が見られる（写真 11 及び 12）。



写真 11　ABS ユニットの状況

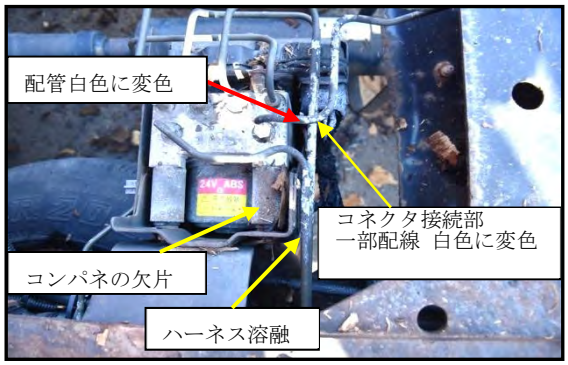


写真 12　写真 11 の拡大状況

（4）　検討事項の導出

原因が放火と仮定すると、コンパネもしくは右後輪タイヤの泥除けが着火物と考えられる。燃焼範囲、各部位の配置から、コンパネの欠片がユニット上に落下し、燃焼したものと推察されるが、コンパネの燃焼性状（発火するか、自己燃焼を継続するか）を検証する必要があり、また、泥除けに放火したと仮定すると、泥除けの焼損は部分的であることから、どのような燃焼経路を辿ったのか、検証する必要がある。

また、見分結果から、ABS ユニットは、焼損のあるコンパネより下部に位置することから、出火の起点に何らかの関係があるものと推察し、ユニットの詳細見分のため、メーカー立会のもとでの見分を再度実施することとする。

4.　燃焼実験

（1）　実施内容

前記 3 の（4）から、タイヤ泥除け及び荷台に敷かれていた、部分的に朽ちたコンパネの欠片それぞれの一部を収集し、それぞれの燃焼性状を観察する。以下の 3 項目について実施する。

①タイヤ泥除けの下面からライターで、上面からバーナーでそれぞれ着火し、その燃焼性状を観察

②コンパネの欠片にライターで着火し、その燃焼性状を観察

③何らかの火源によって着火したコンパネの欠片が泥除け上に落下したと仮定し、その燃焼性状を観察

それぞれの結果を以下に示す。

①については、ライターで容易に着火し、ろうそくが燃焼しているような臭いを発しながら燃焼を継続し、落下した残渣物はロウのような様相である。燃焼途中で消火し、焼損跡を観察すると下面から始まった延焼経路は上面に向かって鋭角になる三角形であり、その縁は樹脂が下面に垂れて溶け固まっている（写真 13、14）。



写真 13　ライターで着火時の燃焼状況



写真 14　燃焼後の状況

バーナーで上面を炙ると、円状のくぼみが形成され、着火するも燃焼継続時間はライターで下面に着火した際より短く、数秒後に自然消火する（写真 15、16）。

②については、コンパネの欠片を徒手にて保持し、ライターで着火を試みると、白煙を上げ、無炎燃焼となり、燃焼継続するが、床に置くと自然消火する（写真 17、18）。

③については、コンパネの欠片にライターで着火し、泥除け上に置くと、泥除けの斜面状の形状により無炎燃焼を継続する。その後、熱により泥除けの表面に穴が開くと、有炎となり、泥除け上を延焼拡大していく。燃焼後の状態を見ると、樹脂が表面から裏面へと溶け流れている（写真 19～21）。



写真 15　バーナーで着火時の状況



写真 16　燃焼状況



写真 17　コンパネへの着火状況



写真 18　写真 17 を床に置いた状況



写真19　無炎燃焼の状況



写真20　有炎燃焼の状況

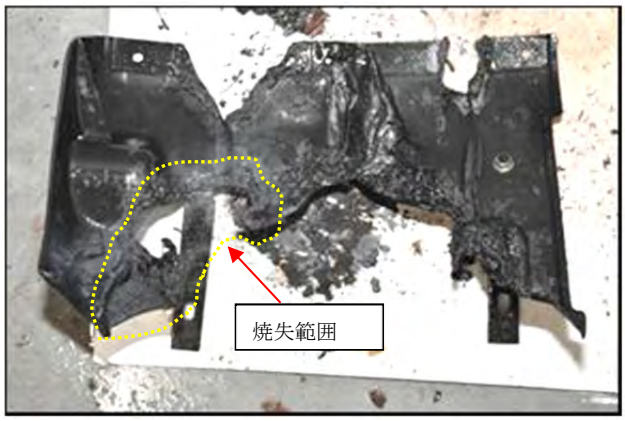


写真21　燃焼後の状況

(2)　考察

前記（1）の①の結果から、泥除けに着火したのが出火点とすると、コンパネ及びABSユニットに延焼する前に、燃焼継続性がある泥除けの焼損範囲がより大きくなると考えられる。同記②の結果より、コンパネへの着火だけでは有炎燃焼に至らず、③のような条件下となったときに、見分時の泥除けとコンパネの焼損状況になりうると考えられる。また写真21の状況は、写真4の様相に近い。

したがって、何らかの火源によりコンパネに着火し、無炎燃焼しているコンパネがABSユニット上に落下したという仮説が成り立ち、またABSユニットから出火し、コンパネに延焼、その欠片が泥除けに落下したという可能性も残る。

5.　第2回見分

メーカー立会のもと、ABSユニットにおける異状の有無を見分する。

(1)　情報

車検、点検整備を実施している整備工場の担当者によると、直近の車検時には荷台のコンパネ腐食は無かったとのことで、警告灯やブレーキ時の異音などその他の不備事項もなかったとのことである。

(2)　見分

車両を概観したうえで、メーカーに見解を求める。泥除けの材質はポリプロピレンであり、燃えやすい。運転席側の根太が燃えているが、硬質の木であり、燃えにくい。コンパネは、接着剤を用いて作成された合板である。

ABSユニットのメインとなる部品は、EHCU（エレクトロニックハイドロリックコントロールユニット）であり、ホイールスピードセンサーからの信号に基づき、制動時にブレーキ液圧の保持・減圧・増圧を行うことで、ブレーキ液圧を適正に制御する機能を担うものである。

EHCU からの出火として、配線がユニットに接続されるコネクタ部に水分が入り、短絡し出火する例がある。ゴム製の防水処理措置が施されているが、その部分が燃えている。火災等の防止のため、EHCU に異常が発生すると、安全装置が働き、ABS/ASR の無い状態に戻り、警告灯が点灯する。その際には修理・点検を受けるよう、取扱説明書に記載してあるとのこと。

EHCU の警告灯を確認すると、点灯はない（写真 22）。

EHCU を取り外し見分する。EHCU は加圧モーター、油配管が接続される HU（ハイドロリックユニット）、及びハーネスコネクタが挿し込まれる基盤部分の ECU（エレクトロニックコントロールユニット）から構成され、それらが金属製ブラケットに囲われている。車両シャシーの取付部を見ると、油配管上面一部の白色の変色がある他に、異状は見られず、EHCU 設置箇所より下部に焼損等の異状は見られない（写真 23）。

EHCU を展開すると、加圧モーター、HU に異状は見られない。ECU 側の側面を見ると、変色、溶融が見られる。ブラケットから EHCU を取り外すと、ブラケット底部には、水分及びコンパネの欠片が確認できる。ハーネス内の配線を見ると、断線して、束から離脱されている配線が複数見られ、そのうち数本の端に、電気痕が見られる。また、束状の配線に 4 か所電気痕が見られる（写真 24～27）。



写真 22　各標示灯の点灯状況

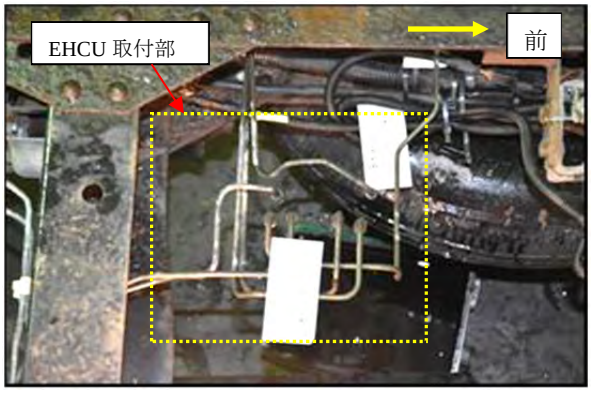


写真 23　EHCU 取付部の状況

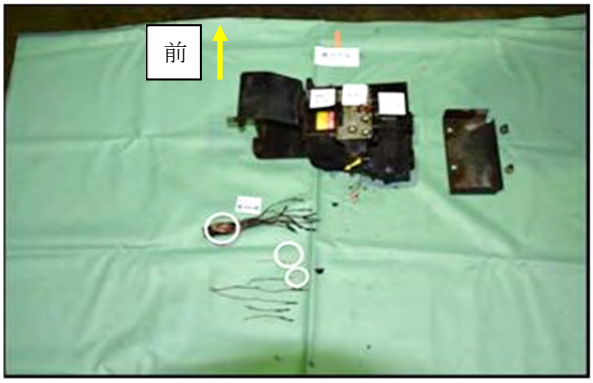


写真 24　EHCU を展開した状況



写真 25　ECU 側面の状況

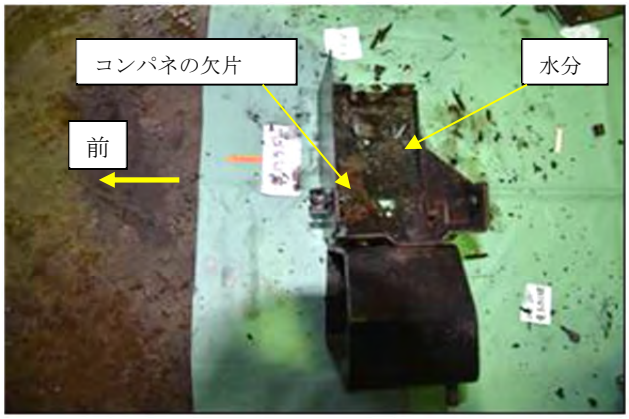


写真 26　ブラケットの状況

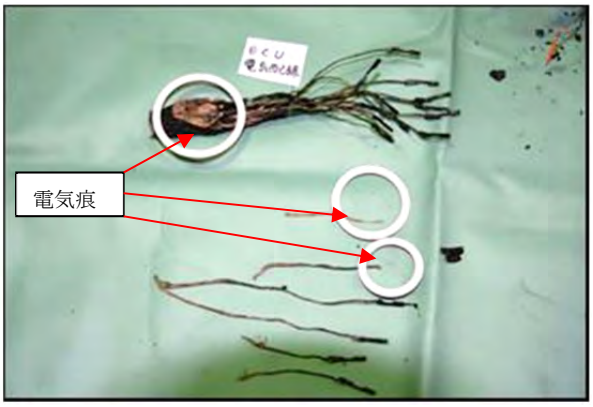


写真 27　ハーネスの状況

コネクタ部に多数配された配線のうち、イグニッションを介さずに、常に通電されているのは加圧モーターへと接続される配線であり、プラス側、アース側それぞれ 2 線ずつの計 4 線であり、バッテリーのプラス端子から、スローブローヒューズ（50A）を介して直結されている。他の配線は、イグニッションが「入」にならない限り通電されず、ECU、HU は起動しない。束状の配線に見られる 4 か所の電気痕は、加圧モーターへの配線のものである可能性が高い。この部分で短絡したと仮定し、経緯を検討すると、アース側である車体ボディもしくは EHCU ユニットのブラケットとの接触については、両者に接触した痕跡は認められず、プラス・マイナス配線同士の短絡が考えられる。

異常発生の痕跡の確認を試みる。EHCU のヒューズはグローブボックス内にあるが、前記 3 の（3）と同様に、再度確認するも溶断はしていない。キャブ下部に位置するスローブローヒューズも溶断していない（写真 28）。

また、前述のとおり、EHCU 異常時には警告灯が点灯するとのことであるため、警告灯バルブの球切れ等を確認すると、バルブが取り外されている。メーカー、整備工場担当者ともに、経緯はわからないとのことである（写真 29）。

ハーネスから EHCU の接続部を見る。コネクタ側に残存する配線の先端に電気痕が見られ、複数の端子が焼け落ちている。焼け落ちた端子の先端が溶融しているものが見られる。コネクタ部は焼損し、特に下部の焼損が著しい（写真 30～32）。



写真 28　スローブローヒューズの状況

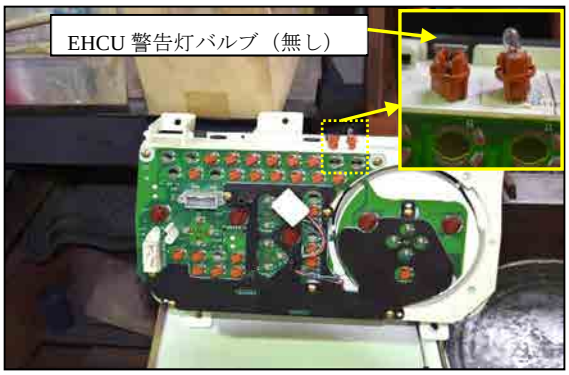


写真 29　各標示灯基盤の状況



写真 30　ハーネスとコネクタ部との接続状況

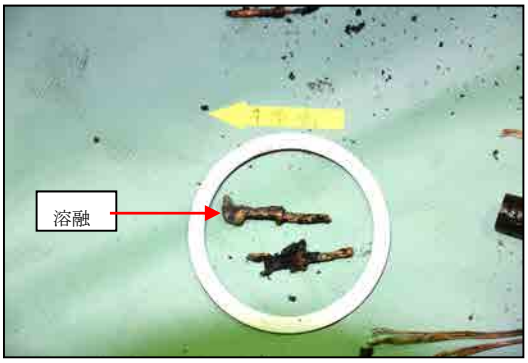


写真 31　脱落した端子の状況

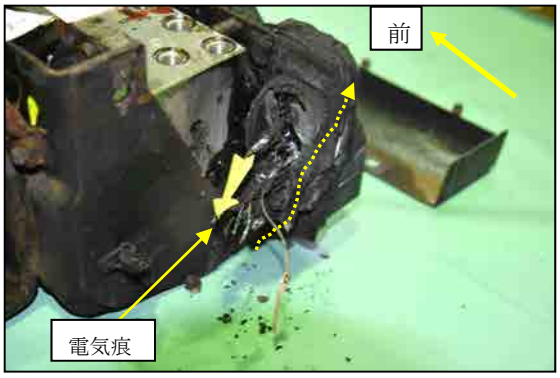


写真 32　コネクタ部の状況

コネクタ近傍の ECU を見るため、外装の樹脂製カバーを外すと基盤が現れる。

基盤面は、車両への取り付け位置から見て、後方下側を基点に扇状の焼けが見られ、樹脂製カバーの内側は、基盤面の焼損がある箇所に相対して溶融している。

基盤面後方側は、コネクタが設けられている位置であり、複数の端子が挿し込まれている痕跡があるが、下部にいくほど原型を留めておらず、局所的に白色に灰化している。端子が挿入される箇所の一対において、抵抗値を測定すると 18Ω を示す（写真 33、34）。

(3)　考察

束状の配線（加圧モーター配線）に短絡痕が認められるが、この箇所が一次痕とすると、当該箇所より下流（負荷）側は通電しないと考えられるが、当該箇所より、下流のコネクタ差込部、さらに基盤内部において焼損が認められること、また ECU 基盤上において、著しく低い抵抗値が認められたことから、ECU 基盤が出火に関係するものと推察し、ECU の鑑識を行うこととする。

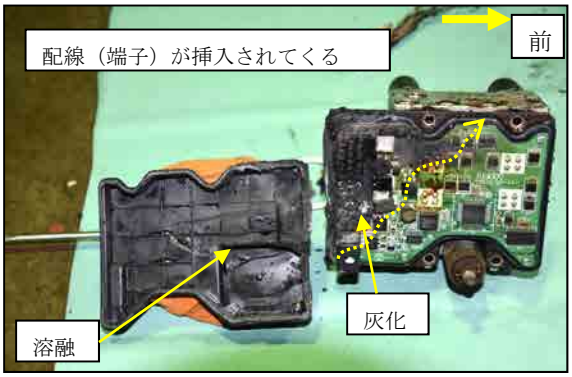


写真 33　ECU 基盤の状況

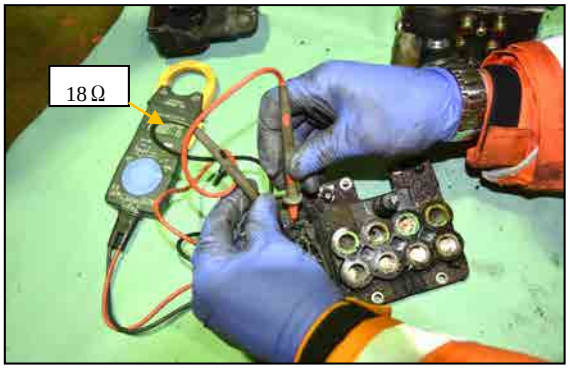


写真 34　基盤上の抵抗値

6.　鑑識状況

ECU 基盤のプリント面の逆側面のコネクタ部を見分すると、上方は端子の多くが抜け落ち、中央部には灰化状態が見られ、下部は樹脂が変形し、原型を留めていない。また、抜け落ちた端子は先端が溶融し、配線の途中に電気痕が見分できる。基盤プリント面上の扇状の焼けの起点に近い箇所にて抵抗値を計測すると、約 1cm の間で 4.3Ω である（写真 35、36）。

ECU 内部の基盤まで焼損が及んでいるため、X 線透過装置にて基盤を観察すると、基盤プリント面上の扇状の焼けの起点に近い下部に当たるコネクタ接続部分において、基盤の一部が焼失し、端子が挿入されている配列が途切れ、端子は見分できず銅粒が飛散している（写真 37）。

基盤を側面から見ると、基盤はハーネス配線の側から金属板、中間板、樹脂製のプリント基盤と 3 層になっており、前記の基盤及び端子が無い部分は、最も内側の層にあたる（写真 38）。

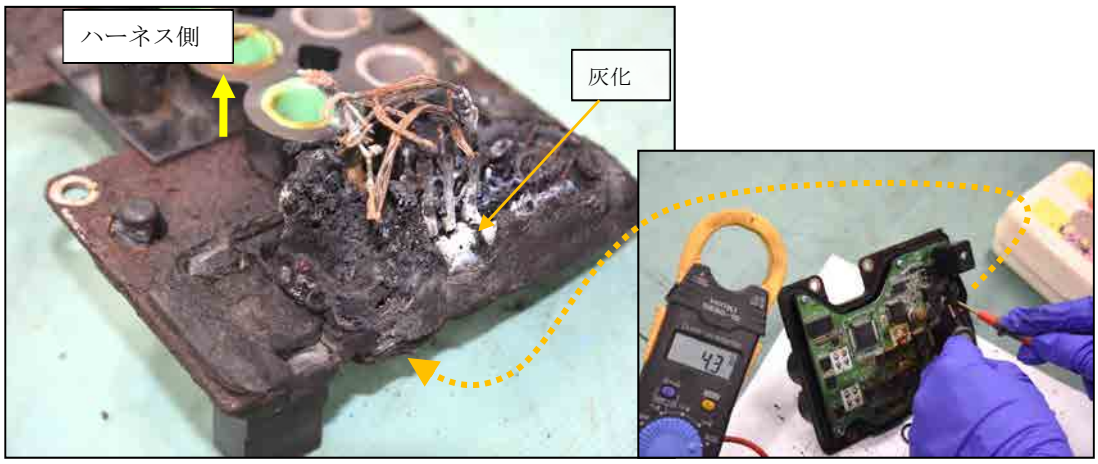


写真 35　基盤の状況

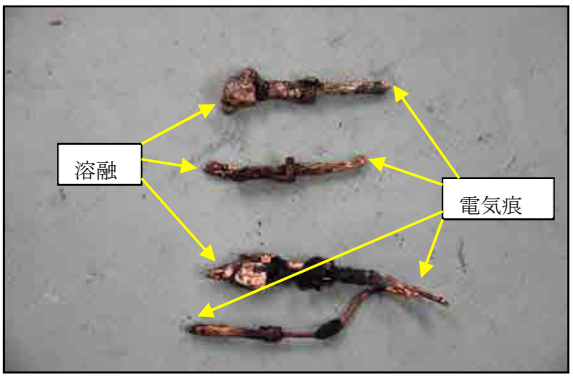


写真 36　端子の状況

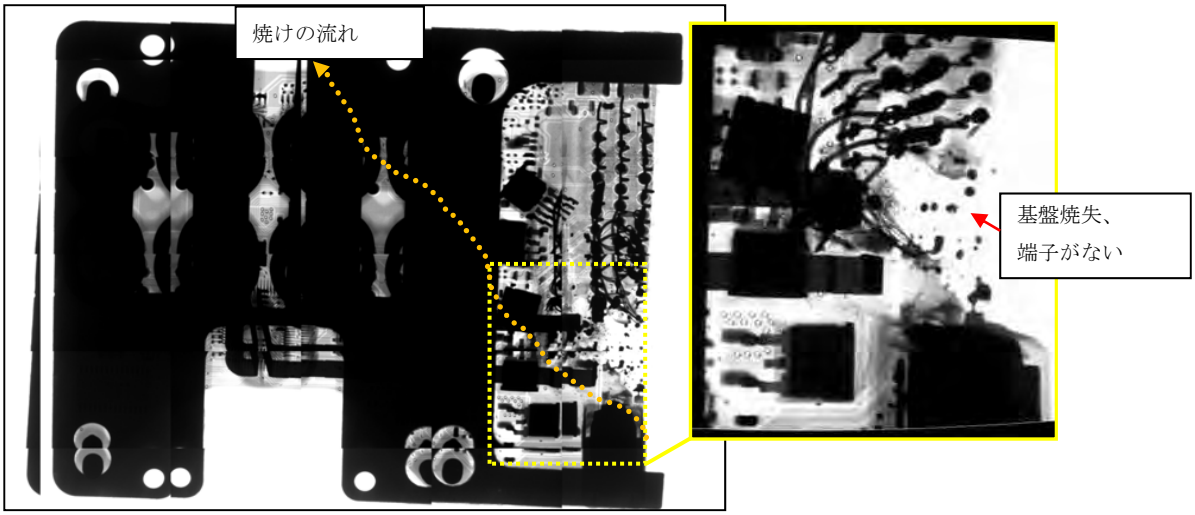


写真 37　基盤の状況

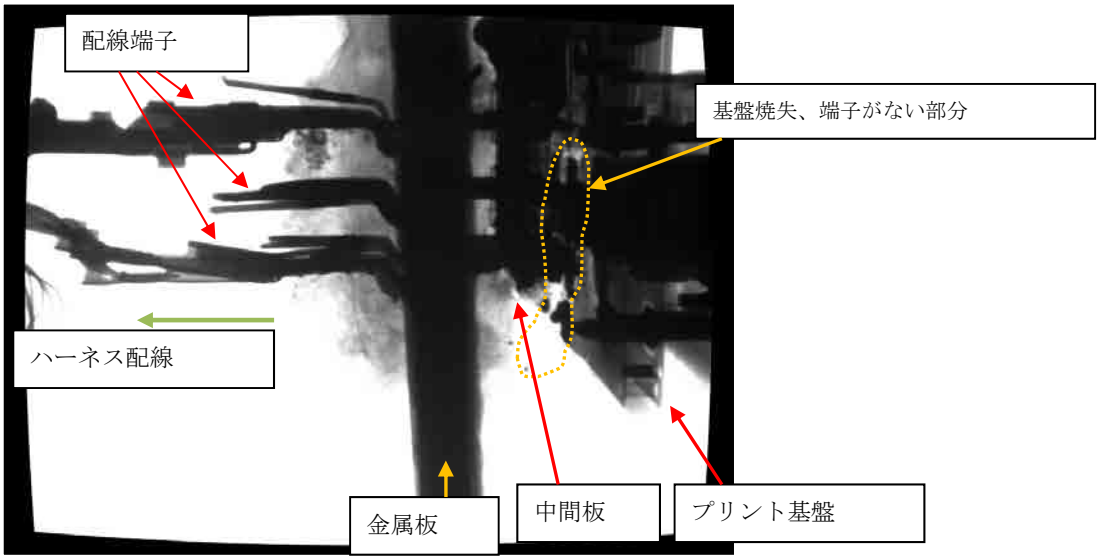


写真 38　基盤側面の状況

7.　出火原因

放火もしくは EHCU からの出火について、検討する。放火については、焼損状況及び燃焼実験から、コンパネに何らかの火源を用いて、着火させることが考えられるが、EHCU の内奥まで焼損することは考えられない。

EHCU については、ハーネス配線の束状の配線部における短絡痕、配線端子の溶融及び電気痕、ECU 基盤プリント面における焼損及び著しく低い抵抗値を示すことのうち、ECU 基盤の焼損が、構成部品の中で最も内部における異常箇所である。外部からの延焼により EHCU の金属製ブラケット、樹脂製カバーを焼き、ECU 基盤プリント面において、焼けを形成するとは考えにくく、プリント面から出火したと考えるのが妥当である。

プリント面において通常配線端子が一対（2 本）挿入されていたと推定される箇所における両極間（約 1cm）の抵抗値 4.3Ω は、100Ω/cm 以下であることから、文献[1)] よりトラッキング現象が生じた痕跡がある。また、前記 5 の（2）に記載及び写真 38 のとおり、ブラケットに包まれた EHCU には雨水等の水分が浸入した形跡があることも、トラッキング現象が起こりうる条件の一つであると言える。したがって、ECU 基盤上各配線端子挿入

部の下部において、トラッキングにより出火、基盤とコネクタを雨水から保護するゴム製ケースを焼き、EHCU 上部のコンパネに着火、南方向からの風により、車両荷台下において助手席から運転席方向へと延焼し、コンパネの欠片が、右後輪タイヤ泥除け上部に落下し、同泥除けへと延焼したものと判定する。

8. 再発防止

トラッキング発生の経緯を含め詳細調査をメーカーへ依頼し、今後の対応状況を注視していく。雨水等の浸入は想定内であり、そのために防水処理が措置されているが、取付位置、構造、措置の是非など対応策について、火災発生を契機に再度検討をしてもらう働きかけをした。

9. おわりに

本火災事案を振り返ると、発災の時間帯、車両の状況、現着時の状況、周囲の環境等から当初は放火が疑われたが、第 1 回目の見分時における ABS ユニットの焼損状況に疑問を持ち、また燃焼経路を考えるうえで延焼媒体になりうるものの検証の必要性を持ち、実験、第 2 回見分、鑑識と手順を進めてその都度、明確になったことと検討すべきことを洗い出し、徐々に原因判明へと近づいていったと感じる。

また、第 2 回見分の実施場所は火元者に委ねたが、ディーラー等メーカー関連の場所ではなく、車検、点検及び修理などで日頃から火元者と付き合いがある、整備工場で実施したことにより、警告灯のバルブが取り外されている経緯等、メーカーだけではわからない事項もその場で確認することができ（結果としてわからないことも「わからない」ということが確認できる。）、確認漏れのない見分となり、関係のある者が、一堂に会することのメリットを感じた。

一つとして、同じ火災は無いと言われるが、その調査上において、判断を求められるような、または判断すべき機会、契機を調査途上で適時に見出し、そのための手段や次の算段を考慮していく意識、姿勢の在り方を形に残し、一つの事案での一過性のものとせずに、多種多様な火災に対応できるような、人材育成に活かしたい。また、事例や結果のみでなく、結論へと至るプロセスを明確にし、調査に携わっていない者にも要点を示すことによって、」「たまたま」でない確実な調査の礎にしたい。そのような思いから、今回の火災調査を振り返り、調査を進めるための「流れ、手順」について別図に示す。

別図に示す、火災調査手順フローを用いて振り返りを行うと、自らの積み上げにもなるし、他社との情報共有ツールにもなりえる。

参考文献

1）財団法人消防科学総合センター編、消防教科書　火災調査

別図

火災調査の手順フロー（各段階毎の考え方）

実施事項	調査の流れ、手順	意識すること
事前準備	**調査前の着眼点を見出す**	発火源の想像と絞り込み
	◆発見・通報状況 **◆消防隊現着時、活動中の状況、それらの写真** **◆関係者から聴取しているところ** ・車両の使用状況、年式、点検・整備状況、改造歴、最近の故障・不具合等 **◆各情報もしくは資料を得る（どこに、どうやって）** ・現場周囲の状況（放火の可能性）	
	⇩	
	着眼点から明らかにしたいことを整理（何を明確にしたくて何を見るか）	目標の設定 目標①
	◆焼けの状況から出火箇所を絞る **◆箇所において発火源になり得るものを挙げる** ・キーが抜かれていても常時通電する箇所を見る ・放火の可能性（着火物、火を点けた箇所）	確認の省略をしない！ 先入観を排除する
	⇩	
第１回見分	**見分→わかったこと、わからなかったことを整理**	達成、未達成点は何か 見分のふりかえり
	・焼損物、焼損範囲 ・助燃材は見分できない ・ABSユニットがある	
	⇩	
	不明、疑問点等の検討事項を導出	
	・ABSユニットの詳細見分→常時通電する箇所か？ ・着火物の燃焼性状	疑問を持ち続けること →見落としを防ぐ その場でわからなければ、確認できる方法を考える。
	⇩	
実験	**検討事項を明確にするための手段を考え、実行**	
	・現場にてメーカーに電話照会 ・着火物の燃焼性状検証	目標② 確認方法の発案 仮説と検証
	⇩	
	わかったこと、わからなかったことを整理	結果を検証
	・常時通電している箇所である ・タイヤ泥除け(PP)は容易に燃える、コンパネは燻焼	
	⇩	
	検討事項を導出	
	ABSユニットからの出火の可能性	目標③
	⇩	
第２回見分	**検討事項を明確にするための手段実行**	
	◆部品の詳細な説明が必要→メーカー立会い(必要に応じ事前に資料を入手する) **◆類似事案の収集** ◆見分場所の検討（何を知りたいのかによって選択する。）	状況を考え選択
	⇩	
	わかったこと、わからなかったことを整理	見分のふりかえり
	ECU基盤が電気的異常の最下流。トラッキングか？ 警告灯バルブが抜かれていた。いつの時点で抜かれたのか？→確認するも特定できず （平素の整備状況を聞き、確認することができた。）	原因の目途が見えた。 安全装置、警報装置は？ 見分場所について、ディーラーと迷ったが、平素の整備状況が聞ける点で、付き合いのある工場へ入れたのは正しかった。
	⇩	
	検討事項を導出	
	ECU基盤を詳細に見る	目標④
	⇩	
鑑識	**検討事項を明確にするための手段実行**	
	基盤のプリント部について、X線透過で確認	
	⇩	
	わかったこと、わからなかったことを整理	
	○　ECU基盤におけるトラッキング（X線透過により確認できる知見を得た） △　トラッキングに至った詳細な経緯、電路の媒体	メーカー等に委ねること 確認事項に漏れは無いか
	⇩	
手順を総合	**結論**	
	出火原因はABSユニットにおけるトラッキング	
	⇩	
働きかけ	**再発防止**	最終目標
	・メーカーへ詳細な調査依頼 ・類似火災防止のための対策・措置をメーカーとともに考える。	

◆：全ての事案において必要な事柄

※確認の省略
→「放火」となったかもしれない！

事案により、必要に応じ繰り返されるプロセス

平成29年度消防防災科学技術賞　奨励賞　消防職員・消防団員の部における消防防災科学に関する論文

島田巻きと狭所巻きの特性を併せ持つ新たなホース巻き（KS（こうべしょうぼう）巻き）の開発とホース延長法の研究

神戸市消防局
水門浩一

1. 研究の背景および目的

火災現場でのホース延長状況を見ていつも思うことがある。ホースの余長をさばききれず、蛇行し折れ曲がり、重なり合い、絡まって乱雑に入り乱れているホース延長状況を何とか改善できないだろうかと。

狭所ではこのような状況であれば大きな活動障害となるため狭所巻きや狭所変換という方法を取っているが、路上などの広所では、ホースの余長を狭所巻きには通常していないのが現状である。しかしながら、狭所巻きを狭所専用と考えず広所においても使用すれば、ホースの余長は狭所巻きの中にコンパクトにまとめられ、乱雑なホース延長状況は改善できるはずである。

本研究は、現状存在するホース巻きの組み合わせや変換による改善ではなく、島田巻きと狭所巻きの特性を併せ持つ新たなホース巻きを開発し、そのホース延長を行う過程で、自然とホースの余長が処理される状況を作り出すことで、広所、狭所に関係なくきれいなホース延長の実現を目指すものである。

2. 島田巻きと狭所巻きの特性を併せ持つホース巻きの開発要件

開発の要件として挙げたのは次のとおり。

①ホース2本を結合した状態でホースバッグに収納できること。

②ホース2本の延長も1本のみの延長も可能なもの。

③メス金具、オス金具のどちらからでもホース延長できること。

④ホース延長時ねじれが発生しないこと。

⑤島田巻きのように直線的なホース延長が可能であること。

⑥任意の位置でホースの余長を狭所巻き状に展開できること。

3. 開発のヒント（写真1～5参照）

島田巻きと狭所巻きの特性を併せ持つホース巻きとして、すでに開発されているものに「もといま式狭所巻き」というものがある。これは通常の狭所巻きの上下のホースを合わせ、左右のループ部以外のホース束を内側へ寝かせ、中央部分から2つ折りにすることで、単なる狭所巻きではなく、島田巻きのようにホース延長もできるホース巻きに変化させている。ただし、このままではホースバッグからはみ出て、ホース延長した場合にねじれが発生する。また、ホース2本をセットするには、同じ狭所巻きの中に入れるしか方法がなく、開発の要件を満足するものとはなっていない。

ホースの一部を寝かせるということをヒントとして、その他の要件も満たすように試行錯誤した結果、島田巻きと狭所巻きの特性を併せ持つ、新たなホース巻きである「KS（こうべしょうぼう）巻き」を開発するに至った。

【もといま式狭所巻き】

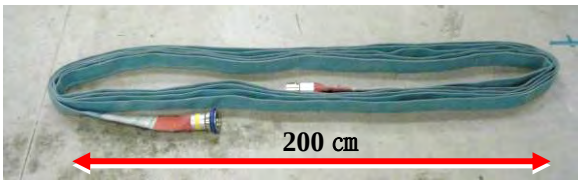


写真 1　狭所巻きの作成



写真 2　もといま式のポイント



写真 3　畳み方



写真 4　ホース延長時の状況



写真 5　展開方法

4.　「KS 巻き」開発の概要

4.1　基本形

オス金具を左端とし、ホースを寝かせた状態で右側へ伸ばす（写真 8 参照）。

右端となるところで左ねじりの方向へ 90 度に 2 回折り、左側へホースを戻す（写真 9 参照）。

オス金具を越して、ループ状にして右側へホースを流す（写真 10 参照）。

この工程をメス金具になるまでホースを重ねながら繰り返すことで基本の形となる（写真 11 参照）。

右端の折り部は、巻きによる「ねじれ」を「折り」によって相殺する作用があり、作成時も延長時も伸ばしているホースにねじれが発生しない。

4.2　細部の設定

次に巻きの大きさの検討であるが、充水時の巻きの大きさとしてよいとされる直径 125cm 以上の巻きを作成するために、分かりやすい目安を採用する。ここでは、直径ではなく円周を 400cm（直径 127.4cm）と、きりのいい数字に合わせることとした。

作成時は円をつぶしたような状態で行うため、左端は 0cm、右端は 200cm。1 サイクルが 4m のため、20m ホースでは基本形の工程を 5 回繰り返すこととなる。

右端の折り部は、同じ 200cm の位置で 5 回折ることを繰り返しても狭所巻き状の充水は可能だが、よりきれいな渦巻き状になるよう下記の通り工夫することとした。

円形に充水したホースの内側にぴったりと同じく充水したホースを入れるには、円の大きさに関わらず、50mm ホース（外径 5.4cm）では約 34cm ずつ大きさを変えるときれいに収まることが計算により分かる。そこで、右端折り部で 1 巻きごとに 17cm ずつ折る位置を長くすればよいのだが、5 巻き分を全て同様に行うと、ホースバッグの大きさよりも折り部が長くなるため、1、2 巻き目を 183cm、3 巻き目を 200cm、4、5 巻き目を 217cm の位置で折ることとした（写真 12 参照）。

1、5 巻き目は展開時に大きさを調整できるため同じ位置で折っても問題はない。また、折り部で長さを調整しているため、左端ループ部は長さを変えずに重ねて巻く（写真 13 参照）。

作成時に毎回メジャーで長さを測るのでは非常に面倒な作業となる。そこで、折り部の折り返し位置を分かりやすくするために、ホースバッグを利用することとした。今回使用しているホースバッグは 71cm のため、バッグ 3 個分で 213cm となる（写真 8 参照）。

バッグの横に 17cm おきの線（183cm、200cm、217cm）とともに折り返しの順番を①～⑤の番号で明示し、折り返しの目安とすることで作成が容易となる（写真 6、7 参照）。

4.3　折り畳み方法

ホースバッグへ収納するための折り畳み方は、まず、右端をホースバッグの明示③（200cm）の位置に合わせる（写真 14 参照）。

中央部のホース束をホースバッグ左端の位置から右側へ折り重ね、明示①（183cm）と③（200cm）の中間部分で左側へ折り返す（写真 15、16 参照）。

オス金具を残し、ループ部とメス金具をホースバッグ左端の位置から右側へ折り、新たなホース巻き「KS 巻き」の完成となる（写真 17 参照）。

【「KS 巻き」作成要領】



写真 6　ホースバッグへの明示状況

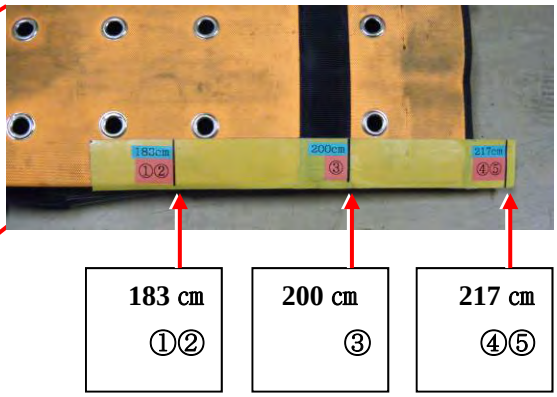


写真 7　明示状況拡大

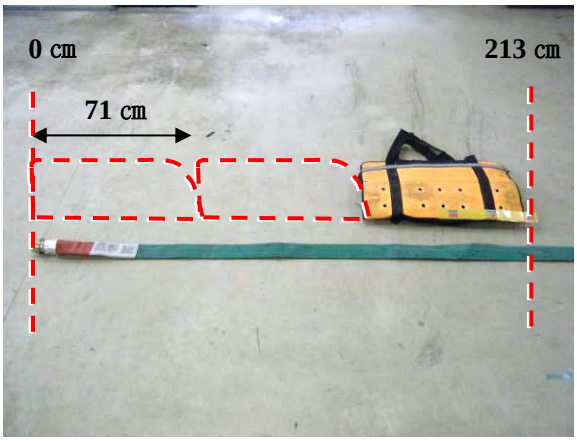


写真 8　ホースバッグの活用

①オス金具を左端の基準とし、ホースバッグを 3 個分右側へ置く



写真 9　右端折り部

②右端で左ねじりの方向に 90 度 2 回折る



写真 10　左端ループ部

③オス金具側へ戻り、ループ状に



写真 11　基本形

④「②③」の工程を 5 回繰り返す

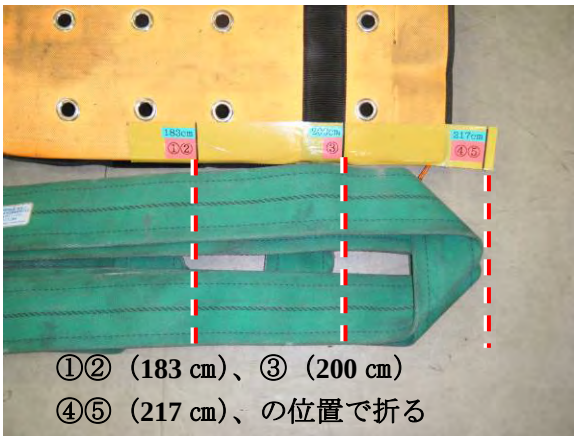


写真 12　折り位置

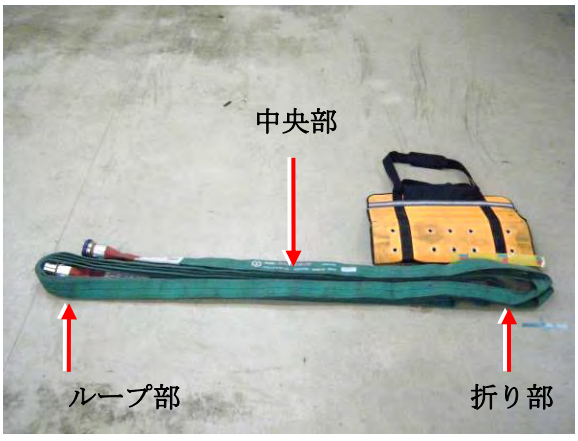


写真 13　各部の名称



写真 14　右端の調整

⑤折り部右端を③の明示に合わせる

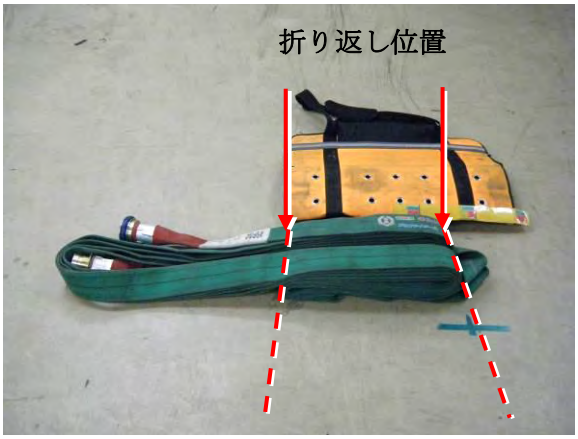


写真 15　長さ調整

⑥中央部をホースバッグ左端の位置から右側へ折り、明示①と③のの中間で左へ折り返す



写真 16　折り返し部拡大



写真 17　「KS 巻き」完成

⑦オス金具を残してループ部を右側へ折り、「KS 巻き」の完成

4.4　ホースバッグへの収納方法

「KS 巻き」を 2 セット作成し、金具を結合させ単純にホースバッグ内で 2 段に積みホース延長してみたところ、メス金具側からの順延長は問題なく行えたが、オス金具側からの逆延長時には、上下のホースどうしが引っ掛かり途中でホースが出なくなる状況があった。そこで、上下セットの間に 21cm×70cm のプラスチック製の板を入れ、板の片側のみ半固定状態とし（写真 18、19 参照）、上下セットをつなぐ部分のホースを板の開放側へ通したところ（写真 25 参照）、ホースの引っ掛かりがなくなりスムーズなホース逆延長が可能となった（写真 29～32 参照）。

ホースバッグへの工作は必要であるが、順延長だけでなく逆延長も可能となり、ホース延長の幅が広がるため非常に実用的な収納方法として推奨する。

5.　「KS 巻き」作成要領（写真 6～17 参照）

①オス金具を左端の基準（0cm）とし、ホースを寝かせた状態で右側へ伸ばし、基準からホースバッグを 3 個分右側へ置く。

②右端で左ねじりの方向に 90 度に 2 回折る。

③折り部から左へ戻し、オス金具の外側でループ状に。

④「②③」の工程を 5 回繰り返して基本形となるが、右端折り部は 1、2 巻き目が①②（183cm）、3 巻き目が③（200cm）、4、5 巻き目が④⑤（217cm）

の位置で折り返し、左端ループ部は重ねる。
⑤折り部の右端を③（200cm）の明示に合わせる。
⑥中央のホース束をホースバッグ左端の位置から右側へ折り、①③の中間で左へ折り返す。
⑦オス金具を残してループ部とメス金具をホースバッグ左端の位置から右側へ折り、「KS 巻き」の完成。

6.　「KS 巻き」収納要領（写真 18～28 参照）

①「KS 巻き」を 2 セット作成し、1 セット目をホースバッグに置きオス金具を収納する。
②2 セット目を 1 セット目の前に置き、金具を結合してホースを約 40cm 出す。
③結合金具を横方向に収納する。
④1 セット目の上に板をセットする。
⑤板の上に 2 セット目を重ねる。
⑥ホースの上下をつなぐ部分を板の横側（開放側）へ通す。
⑦ホースバッグのバンドをとめて収納完了。

【「KS 巻き」収納要領】

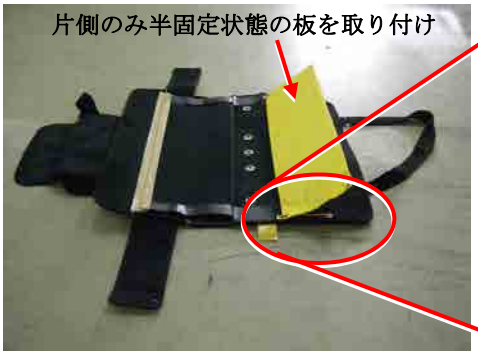


写真 18　ホースバッグへの工作



写真 19　工作部分拡大



写真 20　1 セット目収納状況
①１セット目をホースバッグに置き、オス金具を収納



写真 21　金具結合状況
②２セット目を前に置いて金具を結合し、ホースを約 40cm 出す



写真22　結合部収納状況

③結合金具を横方向に収納



写真23　板セット状況

④１セット目の上に板をセット



写真24　２セット目の収納状況

⑤板の上に２セット目を重ねる



写真25　上下セットつなぎ状況

⑥板の横側（開放側）へ通す



写真26　オス側



写真27　収納完了



写真28　メス側

⑦ホースバッグのバンドをとめて収納完了

【逆延長時の仕切り板スライド状況】



写真 29　写真 30　写真 31　写真 32

下セットのホースが出るにしたがって板が下へスライドする

7.　「KS 巻き」によるホース延長・展開

7.1　ホース延長（写真 33～36 参照）

メス金具を分岐器等に結合させて、ホースバッグを持ち前進するだけで島田巻きと同じねじれのないホース延長を行うことができ、2 本分のホース延長も、結合金具を離脱して 1 本分の延長も可能。

7.2　余長ホースの展開

余長ホースの展開は、「KS 巻き」を使用可能なものとするために非常に重要な点である。通常の狭所巻きの展開方法のように、折り畳んだものを元に戻すだけではオス金具がホースの下側から出ることや、展開後にオス金具側を延長した場合、ひと巻き分が出るにしたがって 2 回転分のねじれが発生することとなり、開発要件を満たさないばかりか通常の狭所巻きの使用よりも乱れた状況となる。

様々な方法を試行錯誤して辿り着いたのが展開時に裏返すという方法で、ここで役に立ったのが作成時に重ねて巻いていたループ部である。このループ部を持ち、折り畳んだ部分を伸ばすようにホースバッグ左後方へ引き出せば、巻き部全体が作成時からは裏返った状態となる（写真 37～40 参照）。

裏返すことで、メス金具側は下からオス金具側は上からとそれぞれ逆側から出る状況となり、どちら側からホース延長してもねじれは発生しない（写真 44 参照）。

この展開方法によりホース 2 本を結合させたままのホース延長と、任意の位置での余長ホースの展開を実現させている。

作業自体は引き出して広げるだけと、現状の狭所巻きの手間とそれほど変わらず、ホースバッグのバンドを外さずに展開できるという利点があるため、若干の時間短縮を計れる可能性がある。また、ホース 1 本を使用せず、ホースバッグ内に残置した場合は、バッグを広げないことにより残った「KS 巻き」が崩れずにそのままの形で置かれた状態となる。

この展開方法は、狭所のみに対応させたものではないため、狭所展開という呼び方はなじまない。広所、狭所に関係なく、ホースの余長をコンパクトに展開するものであることから「余長展開」という呼び方を提案する。また、展開により出来上がった渦巻き状の巻きも合わせて「余長巻き」とする。

【「KS 巻き」によるホース延長・展開要領】

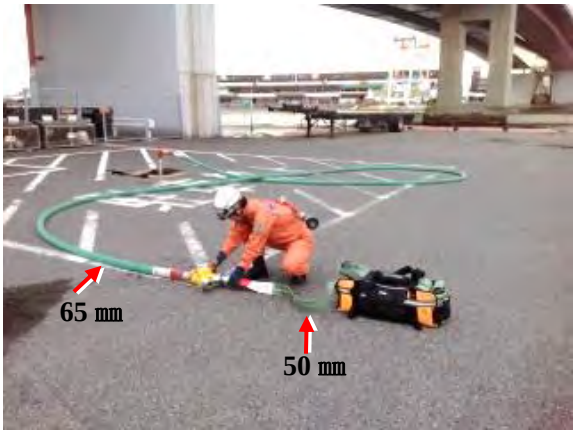


写真 33　金具結合

①メス金具を分岐器に結合



写真 34　ホース延長状況

②島田巻きと同様に延長



写真 35　ホース延長状況拡大



写真 36　ホース延長終了



写真 37　ループ部の引出し

③ホースバッグを置き、重ねたループ部を持ち左後方へ引出す



写真 38　引出し部拡大



写真39　引出し後の状況



写真40　余長巻きのメンテナンス

④円を描くように折れ等をメンテナンス



写真41　筒先結合

⑤筒先を結合



写真42　充水待ち状況

⑥巻きの中で足を広げて分岐器を徐々に開放して充水



写真43　充水後の状況

⑦折れ、離脱等をメンテナンス



写真44　余長展開後の延長状況

8.　「KS巻き」によるホース延長法

ホース延長の方法として順延長、逆延長、同時延長の3種類が挙げられる。バリエーションとして1本分、2本分の延長に、余長展開が加わる。変換方法を考案すればさらに増えるが、ここでは余長展開までにとどめる。

この3種類の延長法について、「KS巻き」を用いることでどのようなことが行えるかを検討する。

8.1　順延長

1本分、2本分のねじれのないホース延長と任意の位置での余長展開を行うことができる。また、2本分使用で1本目に余長をとり2本目も必要な場合、余長展開を2回行うことで処理することができる。

8.2　逆延長

逆延長をするには、現状のホースバッグに工作をしなければならないが、ホース1本分、2本分のねじれのない延長と、それぞれでの余長展開をすることが可能である。

逆延長の手順は、筒先員にオス金具を渡しホースバッグを持って逆延長を開始し、分岐器の手前でホースバッグを置きメス金具を引き出して分岐器に結合する。余長があればホースバッグ左後方へ引き出すことで余長を処理できる。ただし、ホースバッグ内を延長したホースが通ることになる。

8.3　同時延長

例えば、建物火災で上階にホースバッグを持参し、開放型の廊下や階段室に到着した際、ホースバッグを置いた状態でオス金具の火点側への延長と、メス金具の地上への吊り下しを同時に行うような場合、逆延長と同じく板を入れる工作をホースバッグに行えば、1本分、2本分の同時延長および任意の位置での余長展開が可能である。ただし、逆延長時と同じくホースバッグ内を延長したホースが通ることになる。

9.　結論

この「KS巻き」があれば、ホース巻きの使い分けや狭所変換をする必要もなくなり、路上でのホース延長など通常では狭所巻きを使用していなかった場面でも、ホースの余長は任意の位置での余長巻きが設定でき、コンパクトにまとめられる状況となる。これにより、従来ホースが乱雑に絡み合う状況であったものが、直線的なホースとコンパクトな余長巻きの組み合わせとなり、この状況は解消される（図1、2参照）。

また、「KS巻き」の1巻きは4mの設定となっているため、余長巻きの巻き数を数えれば巻き数×4mで余裕ホースのおおよその長さが分かり、屋内進入などに必要なホースがどれだけ残っているのかを把握できる。

余長巻きへの充水状況は、実際に行ってみると現状の狭所巻きと同程度であった。作成段階で折った部分が通水の障害になる懸念もあったが、余長展開時に「折り」から「ねじれ」へとなり、特に障害となるようなことはなく、メンテナンス後にはきれいな渦巻き状が形成される（写真43参照）。

さらに、充水したホースをさらに延長した場合、現状の狭所巻きでは巻きが1周ほどけるごとに筒先根本の金具でねじれを取るために回転するが、「KS巻き」ではすでにねじれを解消した状態となっているため、巻きがほどけてもホースは回転することなく直線状に戻る。

「KS巻き」の作成要領は単純とは言えないが、慣れればさほど難しくはないと考えている。作成段階での少しの難しさよりも、ホース延長での使い勝手の良さに目を向けてもらいたい。直線的な延長は、現状の島田巻きと同じ。ホースの余長処理は島田巻きとは比べ物にならないほど簡単でコンパクトになり、展開作業は狭所巻きと比べて手間はほぼ変わらないが、任意の位置での展開が可能なため、ホースの余長を筒先近くで展開することにより、自隊の管理下に余長巻きを設定して活動をすることができる。

状況による使い分けの必要がなく、豊富なホース延長のバリエーションを持っているため、現行のホース延長方法を実施することが可能であるだ

けでなく、乱雑なホース延長状況を大幅に改善できる。これほど高い汎用性と実用性があるホース延長法は「KS 巻き」によるものしかなく、使用することにより現場でのホース延長状況が劇的に改善すると考えている。

参考文献

(1)　熊本市消防局（平成 26 年）『全ての場面で対応可能な「マルチ折りホース」の考案について』一般財団法人　全国消防協会「平成 26 年度消防に関する論文」

(2)　J レスキュー消防テキストシリーズ（2015）『新・ホース延長ガイドブック』pp.120-131. イカロス出版

【現場想定図】

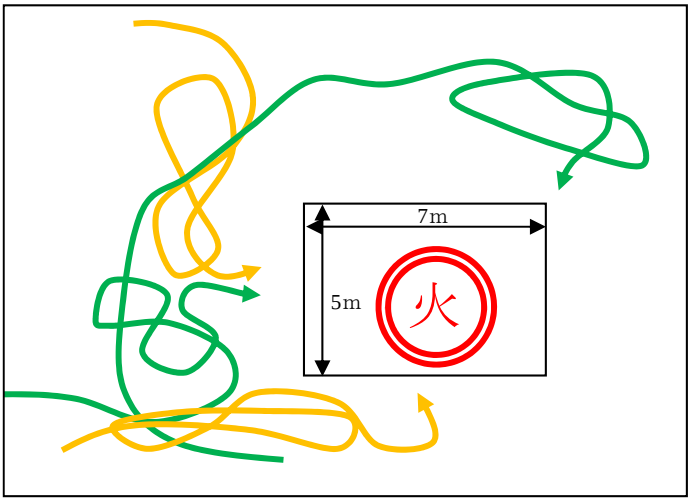


図 1　「KS 巻き」使用前のホース延長状況

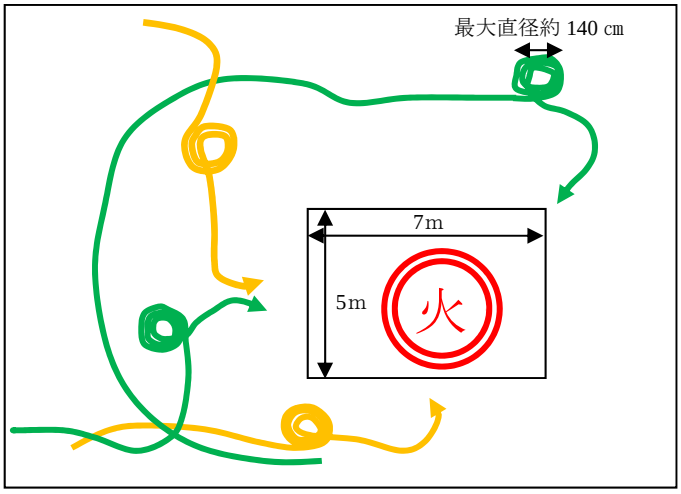


図 2　「KS 巻き」使用後のホース延長状況

平成 29 年度消防防災科学技術賞　奨励賞　一般の部における消防防災科学に関する論文

熊本市消防署管轄別救急需要の推計予測

熊本市消防局
一村直樹
熊本大学くまもと地方産業創生センター
内山　忠
熊本大学政策創造研究教育センター
安部美和

1. 研究の背景と目的

日本では超高齢化社会に進み、全国的にも救急出動は増加の一途を辿っている。平成 27 年中の救急自動車による救急出動件数は 605 万 1,168 件、搬送人員は 546 万 5,879 人で、救急出動件数、搬送人員ともに過去最多を記録した [1)]。救急需要の約 6 割が 65 歳以上からの要請となっており、超高齢化社会において救急需要の実践的な対策は喫緊の課題である。

総務省消防庁では、平成 23 年から救急業務のあり方に関する検討会をおこなっている。平成 28 年度の第 1 回救急業務のあり方に関する検討会 [2)] でも、高齢化の進展等を背景とする救急需要の増大や病院収容時間の延伸への対応、救急を取り巻く諸課題への対応策について検討をおこなっている。その中で、「救急統計が実態に即しておらず、施策に結びついてない部分がある」と指摘されているように、救急需要の実践的な対策のためには、実際のデータから救急需要の実態を明らかにし、救急サービスの効果的な実践と体制づくりを模索しながら、地域に即した救急サービスを実践していくことが重要である。

熊本市でも同様に救急出動件数は年々増加しており、後述する対象範囲内において平成 27 年には 31,851 件と過去最多となった。「救急車適正利用パンフレット」の配布や救急講習時の適正利用指導により救急需要対策を行っているが、増加傾向は続いている。これら救急需要の増加に対して救急資源（救急車、救急隊員、救急資機材）を増強することは、現状では財政上の問題から困難なことが予想される。今後も質の高い救急サービスを維持するためにも効果的な救急需要対策について考え、取組むことが重要となってくる。

そこで、本研究では、(1) 熊本市救急事案管理システム（NEFOAP）データから救急需要の現状を把握すること、(2) 救急需要と年齢および人口との関係を把握すること、(3) 将来の救急需要の予測をおこない、救急需要のピークや地域による違いを把握することが目的である。

2. 既往研究および研究の方法

2.1 既往研究について

人口の将来予測と救急件数との関係に関する研究はいくつかみられる。大重ら [3)] は、横浜市における救急搬送患者数の将来予測を行い、高齢化の進展により救急需要は急激に増加すると予測している。しかし、地域によってその特色は異なるため、その地域に応じた需要予測の必要性と高齢化社会に対応できる地域救急医療システム構築の必要性を示している。札幌市消防局 [3)] では、救急出場件数の増加により 4 年連続で救急隊の現場到着時間が遅延しているため、将来的な救急隊の適正配置について検討を行っている。その中で、救急搬送率（人口当たりの搬送人員）が変

化しないものとして、国立社会保障人口問題研究所の「日本の地域別将来推計人口」区別データを用いて救急需要増加を予測し、2040年までに救急隊4隊の増隊が必要であると示している。

以上のように、救急需要については今後も増加していくことが予測されており、地域に応じた将来予測と、実践的対策に向けた取組みを進めることが重要である。そこで本研究では、救急需要の実状と人口構成の関係について分析するとともに、推計人口に伴う消防署管轄毎の将来救急需要予測を行うことに独自性がある。

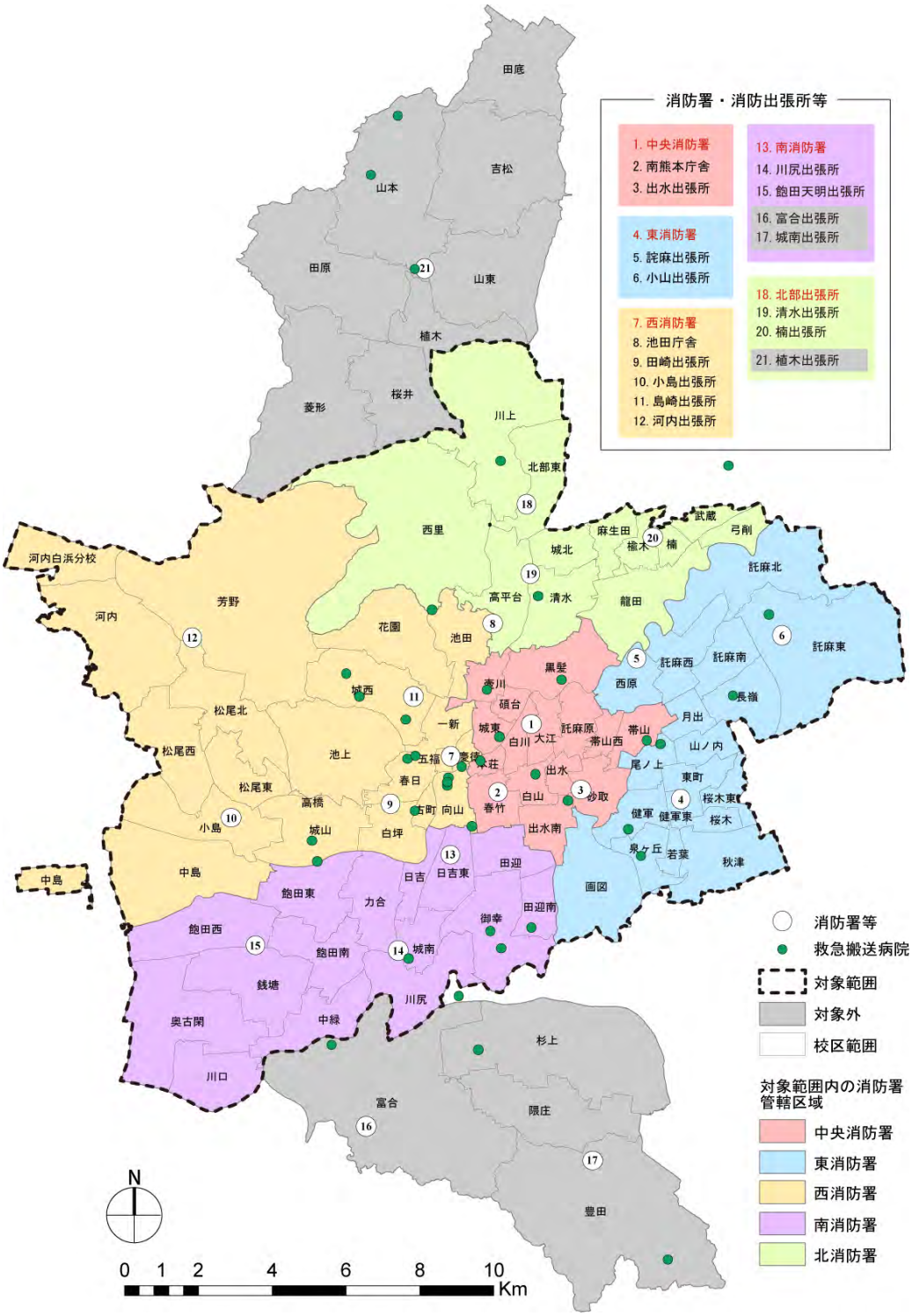


図1　対象範囲となる消防署管轄の校区と消防署・庁舎・出張所の位置

2.2　研究の方法

研究の方法は以下の通りである。

1)　救急事案管理システム（NEFOAP）による平成 12 年～平成 27 年のデータを用いて、現状分析をおこなう。

2)　熊本市統計情報室による住民基本台帳[注 1)]から、対象範囲内校区毎の年齢 4 区分（0-14 歳、15-64 歳、65-74 歳、75 歳以上）人口と、NEFOAP による救急出動件数の関係を統計的処理により把握する。

3)　対象範囲内校区毎の人口を、国立社会保障人口問題研究所推計データを用いて推計人口を算出し、統計的処理を用いて救急出動件数の予測をおこなう。

2.3　研究の対象範囲について

熊本市は平成 20 年に富合町、平成 22 年に植木町、城南町との市町村合併により、政令指定都市へと移行しているが、熊本市消防局管轄は平成 25 年度まで旧熊本市の範囲を管轄対象としていたため、本研究における熊本市人口及び救急出場件数の分析対象は、図 1 の点線で囲まれた旧熊本市の範囲とする。

3.　熊本市消防局管轄内の救急需要について

3.1　熊本市消防局管轄内の救急需要の推移について

熊本市消防局管轄内における救急出場件数は、平成 12 年以降増加を続けている。平成 12 年と平成 27 年の救急出場件数を比較すると、平成 12 年が 20,878 件であったのに対し、平成 27 年が 31,851 件と約 1.5 倍に増加している。救急出場件数が増加傾向にある中で、救急車数は 1 台のみの増加にとどまる（図 2）。また、この間における対象地域の人口の増加は、650,496 人から 673,254 人[注 2)] と約 1.03 倍の増加であり、人口増加によって救急出動件数が増加しているとは考え難い（図 3）。加えて、単純に 1 年間の出動件数を 365 日と救急車保有台数で割ると、1 台当たりの 1 日の出動件数は約 4.8 回となる。今後、救急出場件数の増加が予想される中で、現在の救急車の台数で十分な救急サービスが維持できるのか注視する必要がある。

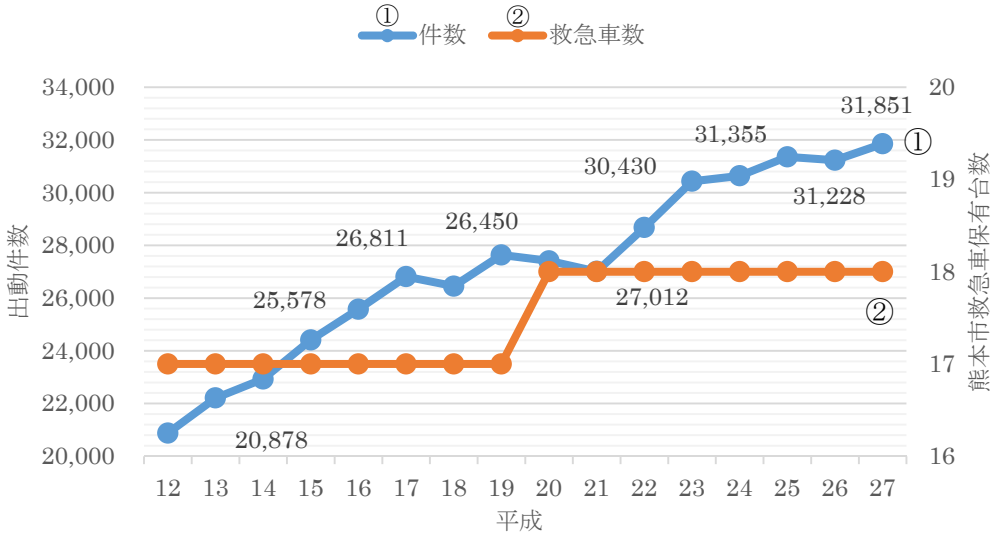


図 2　熊本市管轄内の出動件数と熊本市救急車保有台数

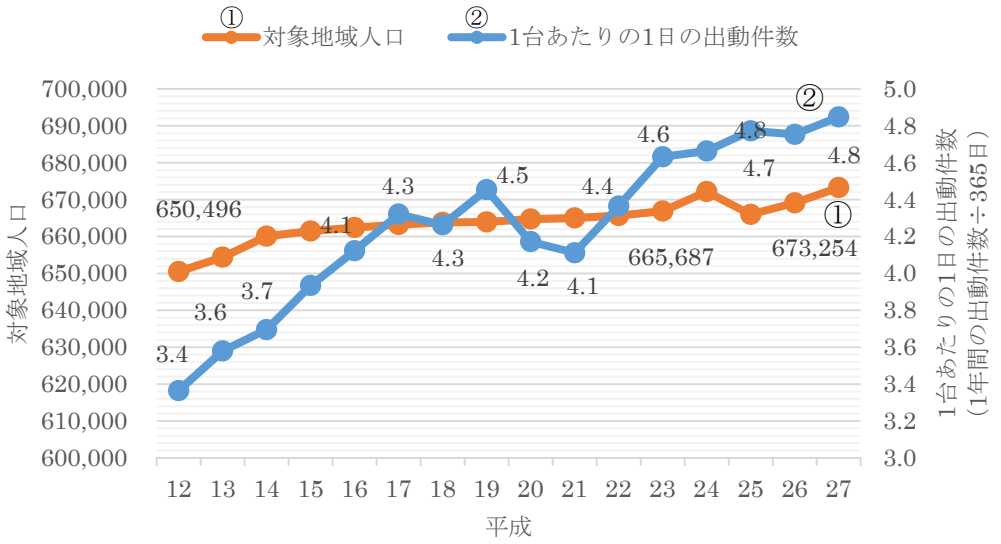


図 3　対象地域の人口推移と救急車 1 台当たりの 1 日の出動回数の推移

3.2　熊本市消防局管轄内の年齢 5 歳階級別救急出動件数と人口の変化

熊本市消防局管轄内において、平成 12 年、平成 17 年、平成 22 年、平成 27 年の 4 時点の年齢 5 歳階級毎の救急出動件数を示したのが図 4 である。4 時点において、5 歳～59 歳までの救急出動件数に大きな変化は見られないが、60 歳以降では、救急出動件数が増加傾向といえる。また、0 歳～4 歳の救急出動件数も増加傾向にある。

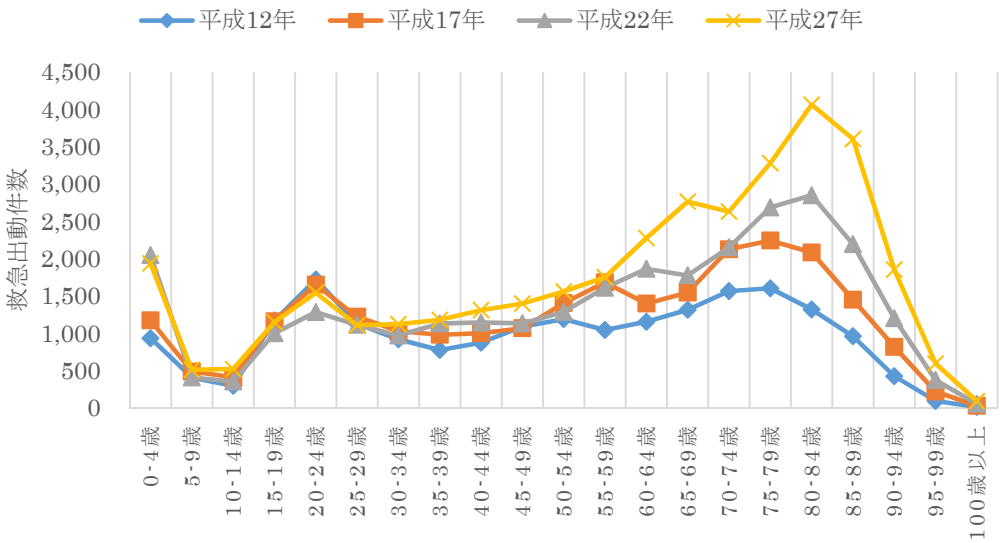


図 4　熊本市管轄内の 4 時点の年齢 5 階級毎の救急出動件数

4 時点の人口変化を示したものが図 5 である。35 歳未満で人口減少傾向、35 歳～60 歳未満で人口が高く維持されつつ移動している。60 歳以上は人口増加傾向にあり、平成 27 年において 35 歳以上が年齢を重ねるにつれ、高齢者の人口が増えていくことがわかる。

図 4 の傾向と共に考えると、今後 40 年間は高齢者人口が増えることが予想され、救急出動件数も高齢者人口増加に伴い増加していくことが予想できる。

また、35 歳未満の人口は減少傾向にあるが、救急出動件数は 4 時点比較で大きな変化はない。つまり、今後熊本市でも人口減少となるが、若い年代で人口が減少しても救急出動件数は変わらず、高齢者の年代では、人口増加と共に救急出動件数が増加していくため、全体的に増加していくことが伺える。

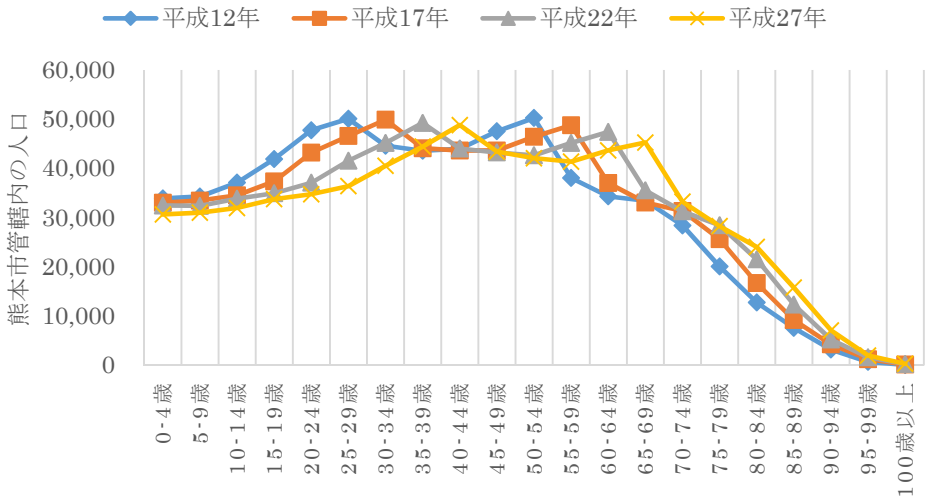


図 5　熊本市管轄内の 4 時点の年齢 5 階級毎の人口について

3.3　熊本市管轄内の救急出動事故種別の推移

熊本市消防局管轄内において、平成 12 年、平成 17 年、平成 22 年、平成 27 年の事故種別の救急出動件数を示したのが図 6 である。ただし、「転院搬送」や「その他」に分類されるような事故種別は除いている。事故種別では、急病がどの年も多く、出動件数の増加も大きい。一般負傷も増加傾向にあり、平成 27 年では、5,000 件数を突破している。他の事故では年によって大きな変化は見られない。また、年別に事故種別総数に対する事故種別ごとの割合をしめしたのが表 1 である。どの年も 6 割以上が急病であり、急病の占める割合が年々高くなっていることがわかる。前節であげた高齢者と出動件数の関係を考慮すると、今後、高齢者の急病による出動件数の増加が予想される。

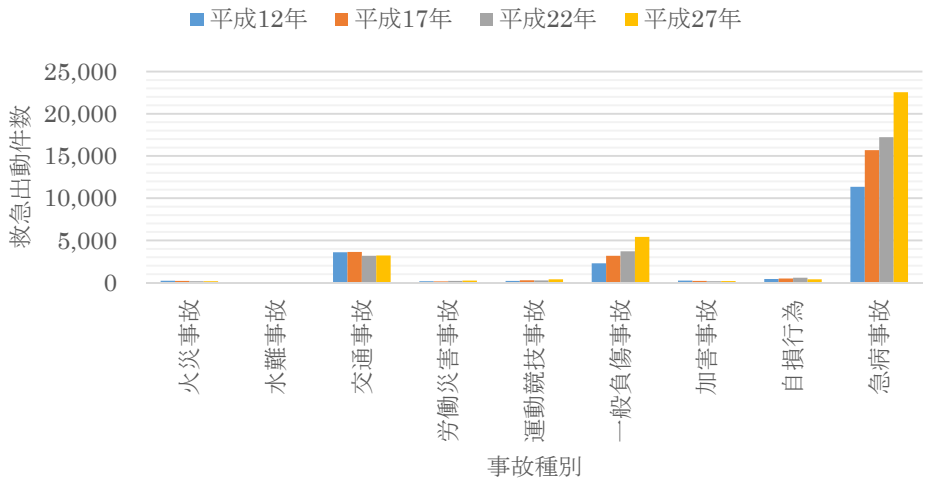


図 6　熊本市管轄内の 4 時点の事故種別の救急出動件数

表 1　熊本市管轄内の対象年事故種別総数に対する事故種別ごとの割合

救急事故の種別	平成 12 年	平成 17 年	平成 22 年	平成 27 年
火災事故	1.2%	0.9%	0.6%	0.5%
水難事故	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
交通事故	19.4%	15.2%	12.4%	9.9%
労働災害事故	0.9%	0.6%	0.8%	0.7%
運動競技事故	1.1%	1.2%	1.0%	1.2%
一般負傷事故	12.4%	13.3%	14.6%	16.6%
加害事故	1.3%	0.9%	0.6%	0.5%
自損行為	2.4%	2.1%	2.3%	1.2%
急病事故	61.3%	65.8%	67.6%	69.3%

4.　熊本市消防局管轄内の急病に関する救急需要について

4.1　熊本市消防局管轄内の急病傷病程度別救急出動件数について

平成 12 年から平成 27 年の急病傷病程度別救急出動件数の推移を示したのが図 7 である。平成 21 年頃から中等症の救急出動件数が大きく増加している。軽症は 14,000 件程度で推移している。

急病の中等症に着目し、平成 12 年、平成 17 年、平成 22 年、平成 27 年の 4 時点の年齢 5 階級別救急出動件数を比較すると、平成 27 年の 60 歳以上の中等症の出動件数が大きく増加していることがわかる。高齢者の急病の判断が難しい点はあるが、患者の経過観察のための 1 日入院なども中等症に分類されるケースが多いためと考えられる。今後、症状の的確な記録のためにも、中等症の判断基準を見直すことも必要かもしれない。また、救急サービスの維持のためにも、中等症の中で軽症に分類しても良いケース等を把握し、適切な救急要請を住民におこなう必要がある。

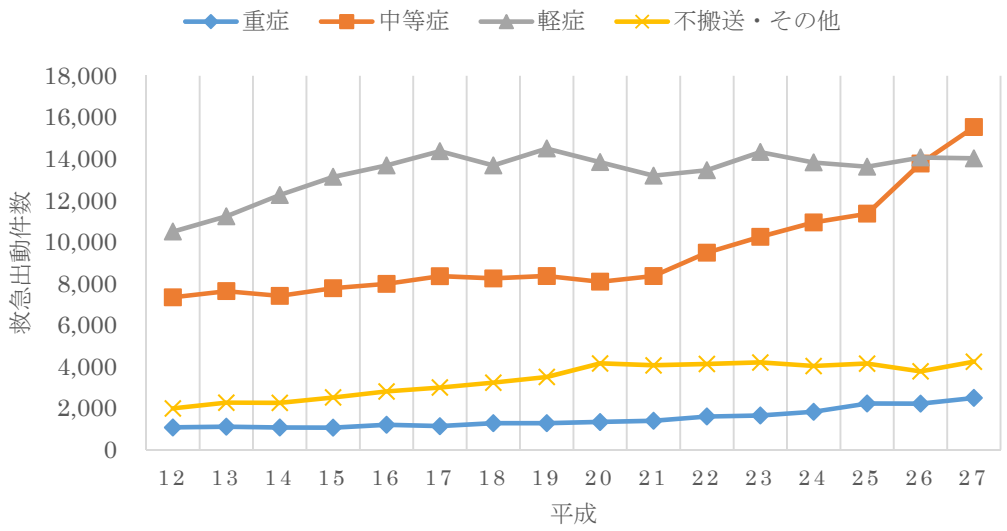


図 7　熊本市管轄内の急病傷病程度別救急出動件数の推移

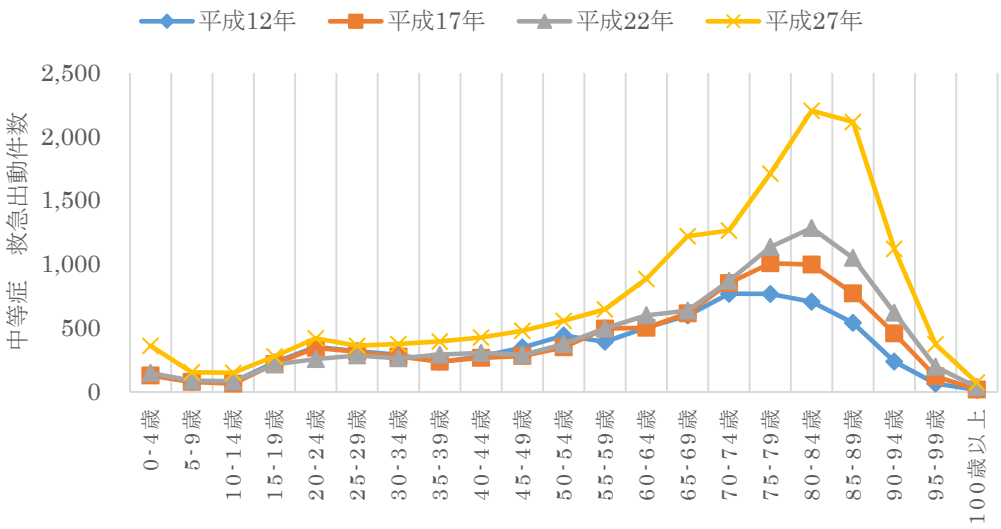


図 8　熊本市管轄内の急病中等症の年齢 5 階級別 4 時点の救急出動件数

4.2　熊本市消防署管轄毎の急病救急出動件数について

急病出動件数を消防署管轄毎にまとめ、平成 12 年から平成 27 年までの推移を示したものが図 9 である。どの消防署も年々増加傾向にある。最も多く出動しているのが中央消防署であり、次いで東消防署となっている。東消防署の出動件数は最近の 15 年間で増加が大きく、中央消防署と約同数の出動件数まで増えてきている。

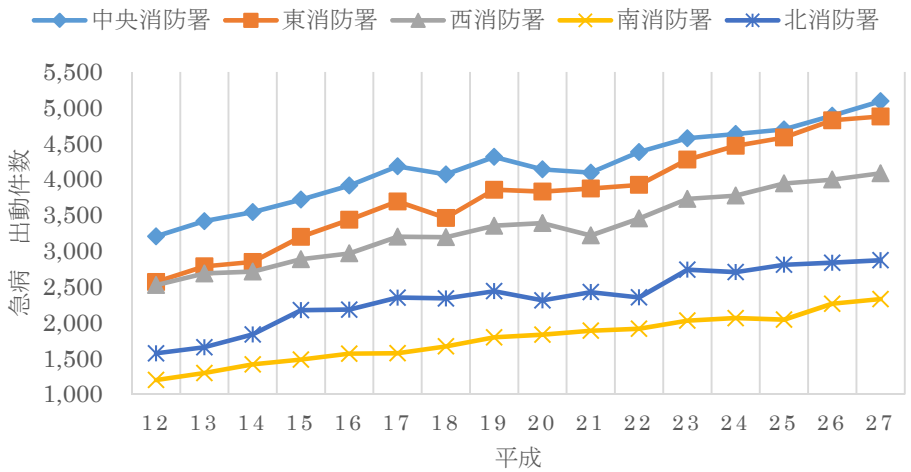


図 9　熊本市管轄毎の急病救急出動件数の推移

単純平均となるが、各消防署の救急車保有台数に対して、1 日の急病の出動回数を示したものが図 10 である。中央消防署が 1 日平均 4.6 回、東消防署が 1 日平均 4.5 回と大きな増加傾向にある。西消防署、南消防署、北消防署は中央消防署、東消防署に比べ平均出動回数が少なく増加傾向も緩やかである。土地的には、熊本市西区、南区、北区は居住区が広く分布しており、山や川などがあり、移動距離が長い区域である。しかしながら、地域によって今後も増加の傾向が続く場合、現在の保有台数では、消防署毎の出動件数の差がさらに大きくなることが予想される。

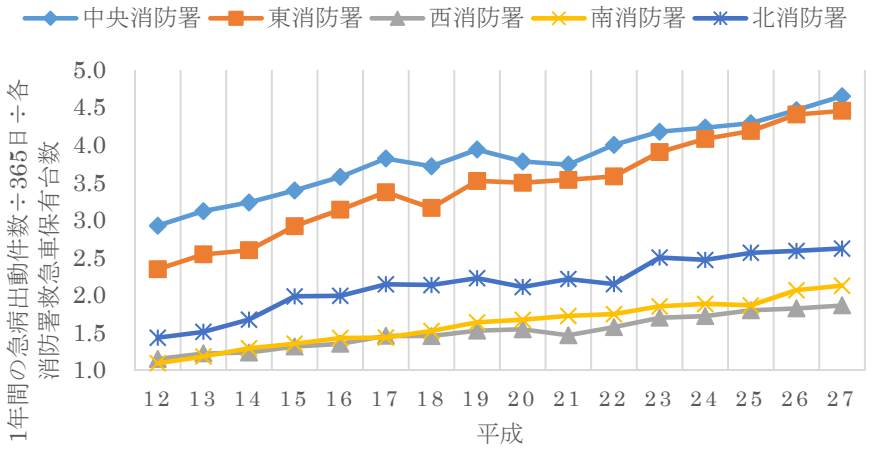


図 10　熊本市消防署管轄毎の救急車 1 台あたりの 1 日の急病の出動回数の推移

5.　熊本市消防署管轄毎の急病救急需要の将来推計について

5.1　消防署管轄毎の人口と急病需要件数の関係について

熊本市の対象範囲の消防署管轄毎に、人口と救急需要の関係を把握するため、単回帰分析をおこなう。サンプルは、各消防署の管轄となる校区毎に平成 12 年から 27 年の年齢 4 区分別の急病出動件数と人口とした。表 2 のように年齢 4 区分毎に、急病出動件数を従属変数、人口を独立変数として消防署管轄毎に単回帰分析をおこなった結果が表 3 である。

表 2　単回帰分析に用いた変数とサンプル数について

管轄	対象校区数	年	サンプル	従属変数	独立変数
中央消防署	15	平成 12～27 年	240	・0-14 歳の校区別急病出動件数 ・15-64 歳の校区別急病出動件数 ・65-74 歳の校区別急病出動件数 ・75 歳の校区別急病出動件数	・0-14 歳の校区別人口 ・15-64 歳の校区別人口 ・65-74 歳の校区別人口 ・75 歳の以上校区別人口
東消防署	18	平成 12～27 年	288		
西消防署	20	平成 12～27 年	320		
南消防署	17	平成 12～27 年	242		
北部出張所	12	平成 12～27 年	192		

表 3　単回帰分析の結果について

管轄	区分	R2 乗	係数	95%信頼区間上限	有意確率（係数）	定数	95%信頼区間上限	有意確率（定数）	分散分析有意確率
中央消防署	0-14 歳	0.512	0.009	0.009	0.000	2.645	3.314	0.000	0.000
	15-64 歳	0.026	0.005	0.007	0.000	65.204	76.811	0.000	0.000
	65-74 歳	0.462	0.027	0.029	0.000	7.483	8.98	0.000	0.000
	75 歳以上	0.778	0.074	0.077	0.000	1.676	3.624	0.092	0.000
東消防署	0-14 歳	0.562	0.009	0.01	0.000	1.898	2.587	0.000	0.000
	15-64 歳	0.119	0.009	0.01	0.000	35.682	4.081	0.000	0.000
	65-74 歳	0.590	0.031	0.032	0.000	3.625	4.944	0.000	0.000
	75 歳以上	0.792	0.081	0.083	0.000	-1.932	-0.003	0.050	0.000
西消防署	0-14 歳	0.603	0.009	0.01	0.000	1.742	2.587	0.000	0.000
	15-64 歳	0.152	0.010	0.01	0.000	31.926	44.081	0.000	0.000
	65-74 歳	0.625	0.032	0.032	0.000	3.980	4.944	0.000	0.000
	75 歳以上	0.796	0.079	0.083	0.000	0.111	-0.003	0.906	0.000
南消防署	0-14 歳	0.612	0.009	0.01	0.000	1.513	2.097	0.000	0.000
	15-64 歳	0.140	0.009	0.011	0.000	29.746	37.414	0.000	0.000
	65-74 歳	0.612	0.032	0.033	0.000	3.042	4.254	0.000	0.000
	75 歳以上	0.788	0.078	0.08	0.000	-1.432	0.363	0.118	0.000
北部出張所	0-14 歳	0.582	0.009	0.01	0.000	1.742	2.394	0.000	0.000
	15-64 歳	0.112	0.008	0.01	0.000	36.699	44.914	0.000	0.000
	65-74 歳	0.598	0.030	0.032	0.000	4.013	5.305	0.000	0.000
	75 歳以上	0.793	0.078	0.08	0.000	-0.631	1.237	0.508	0.000

生産年齢となる 15-64 歳の区分では、R2 乗決定係数の数値が低く、急病出動件数と人口の相関関係が低いといえる。また、15-64 歳の係数値も低く、人口による影響は強くうけないことがわかる。0-14 歳区分については、R2 乗決定係数の数値が約 0.5～0.6 の値で人口との相関があるといえるが、係数値が低いため、人口の影響はあまり受けない。65 歳以上の区分は、R2 乗決定係数の数値が高く、人口との相関関係も高く、さらに係数値も高いことから人口に比例して、急病出動件数増えることがわかる。

5.2　熊本市対象管轄校区ごとの将来人口について

熊本市対象範囲内の消防管轄毎の将来の推計人口を算出する。算出方法は以下の数式により算出した。また、算出に必要な数値について、人口は熊本市統計情報による「校区別の年齢５歳刻み」の数値を用いた。「生残率」「純移動率」「子ども女性比」「0～4 歳性比」は国立社会保障・人口問題研究所の『日本の地域別将来推計人口（平成 25 年 3 月推計）「男女･年齢（5 歳）階級別の推計結果（市町村編）」』による熊本市の数値を管轄毎に一律利用した。

5 歳以上の推計人口について

$$P(t) = (L + M)P(t-1)$$

P(t): t 年の男女別 n 歳人口

L:生残率（n 歳→（n+1）歳男女別生残率）

M：純移動率（n 歳→（n+1）歳男女別純移動率）

0～4 歳の推計人口について（男性の場合）

$$P'(t) = \frac{S}{S+100} C \sum_{n=15}^{49} W(n)$$

0～4 歳の推計人口について（女性の場合）

$$P'(t) = \frac{100}{S+100} C \sum_{n=15}^{49} W(n)$$

P’(t)：t 年の男女別 n 歳人口

C：子ども女性比（t 年の 0-4 歳の人口（男女計）を、同年の 15-49 歳女性人口で割った値）

S: 0-4 歳性比（t 年における 0-4 歳女性人口 100 人あたりの 0-4 歳男性人口）

W(n)：将来女性人口（n 歳の女性人口、15～49 歳が対象）

推計人口の算出の基準年は平成 27 年の実際の統計値とした。結果は表 4 の通りとなった。

対象範囲内の推計人口の総計では、平成 37 年あたりがピークとなり、その後、徐々に減少する。年齢 4 区分では、「0-14 歳推計」「15-64 歳推計」で基準年の平成 27 年がピークとなり、その後減少する。「65-74 歳推計」「75 歳以上推計」では、ピークの年にややばらつきがあるが、平成 62 年（2050 年）前後 5 年あたりがピークとなっている。急病の出動件数と人口増加と相関の高い 65 歳人口が今後も増え続けることから急病出動件数も増加が予想される。

表 4　熊本市消防署管轄毎の推計人口について

管轄	年齢区分	H27 年 2015	H32 年 2020	H37 年 2025	H42 年 2030	H47 年 2035	H52 年 2040	H57 年 2045	H62 年 2050	H67 年 2055	H72 年 2060
中央消防署	0-14 歳推計	18,943	18,462	17,663	16,121	15,168	14,353	13,466	12,559	11,739	11,017
	15-64 歳推計	91,037	87,156	83,357	80,037	75,706	70,348	65,653	60,984	57,073	54,271
	65-74 歳推計	34,823	37,665	39,862	41,806	43,483	45,180	45,696	45,720	44,535	41,930
	75 歳以上推計	18,205	19,497	22,420	24,319	25,697	26,694	27,460	28,459	28,522	28,217
	小計	167,226	167,470	168,364	167,585	165,715	162,631	158,628	154,240	148,225	140,968
東消防署	0-14 歳推計	18,921	18,531	17,827	17,063	16,086	15,261	14,262	13,163	12,155	11,404
	15-64 歳推計	95,410	91,602	87,814	83,639	79,124	73,601	68,828	64,735	60,711	56,284
	65-74 歳推計	34,810	37,837	40,221	42,403	44,529	46,618	47,270	46,801	45,740	44,526
	75 歳以上推計	18,085	19,500	22,502	24,479	25,977	27,151	28,269	29,541	29,619	28,754
	小計	210,350	213,057	216,493	217,882	216,481	212,700	207,203	202,609	196,007	187,842
西消防署	0-14 歳推計	29,619	27,426	24,851	22,230	21,209	20,373	19,420	18,317	17,086	15,854
	15-64 歳推計	121,085	117,182	114,059	111,012	106,128	98,666	92,365	86,848	82,718	79,449
	65-74 歳推計	40,429	46,413	50,603	53,662	55,768	59,026	60,290	60,234	58,326	55,129
	75 歳以上推計	19,217	22,037	26,980	30,978	33,376	34,634	35,128	37,210	37,877	37,410
	小計	137,529	137,558	137,750	135,823	132,183	127,670	122,976	118,708	113,500	107,770
南消防署	0-14 歳推計	15,209	14,520	13,779	12,814	12,145	11,589	10,918	10,154	9,419	8,793
	15-64 歳推計	73,190	69,493	66,501	63,687	60,212	55,878	52,329	49,132	46,253	43,709
	65-74 歳推計	32,628	35,140	36,120	36,599	36,948	37,498	37,072	36,275	34,998	33,187
	75 歳以上推計	16,502	18,404	21,350	22,724	22,879	22,705	22,656	23,147	22,830	22,080
	小計	108,303	109,324	110,583	110,571	109,042	106,608	103,907	101,926	99,180	95,359
北部出張所	0-14 歳推計	15,902	14,677	12,912	11,275	10,841	10,452	9,998	9,505	8,942	8,302
	15-64 歳推計	59,201	57,517	56,881	56,128	53,729	50,050	46,797	44,098	42,238	41,042
	65-74 歳推計	22,286	24,750	26,086	26,929	27,649	29,119	29,943	30,031	29,073	27,228
	75 歳以上推計	10,914	12,379	14,703	16,239	16,822	16,987	17,169	18,292	18,926	18,787
	小計	128,676	129,519	130,340	129,020	126,185	122,847	119,359	116,375	112,235	106,914
総計		752,084	756,928	763,531	760,882	749,606	732,455	712,073	693,858	669,146	638,853

5.3　消防署管轄毎の急病救急需要の将来予測件数について

表 3 の単回帰分析の上限値と表 4 の年齢 4 区分の推計人口の数値を用いて、95%信頼区間で高位となる将来の急病出動件数を算出した。結果は表 5 [注 3)]に示す。また、5 年毎の急病出動件数の推計値（高位）を図 11 に示す。表 5 の管轄毎の小計に着目すると、西消防署のピークは平成 42 年（2030 年）あたりで迎え、その他の消防署では平成 62 年（2050 年）あたりとなっている。対象範囲管轄内の推計人口は平成 37 年（2025 年）あたりにピークを迎え、その後減少傾向に転じるが、急病の出動件数は平成 62 年（2050 年）あたりまで増加傾向が続く。

また、図 11 では、平成 32 年（2020 年）あたりまで急病出動件数の増加が大きく、西消防署を除き、平成 37 年（2025 年）あたりから増加数は緩やかになるが、急病出動件数は高いまま 30 年間程度続き、その後、徐々に減少し始める推計となっている。1 日の救急車 1 台当たりの急病出動件数を計算すると、出動件数の多い、中央消防署や東消防署では、1 日単純平均 5～6 回となる。表 1 より急病の出動件数を全体の出動件数の約 7 割と考えると、全救急出動件数は 1 日単純平均で 7～8 回となる。この水準が長期的に続けば、現状の救急サービスの維持は大変困難になることが予想される。

表 5　熊本市消防署管轄毎の推計急病出動件数（高位）について

管轄	年齢区分	H27 年 2015	H32 年 2020	H37 年 2025	H42 年 2030	H47 年 2035	H52 年 2040	H57 年 2045	H62 年 2050	H67 年 2055	H72 年 2060
中央消防署	0-14 歳推計	257	216	210	203	194	187	178	168	159	152
	15-64 歳推計	2,525	1,793	1,767	1,738	1,706	1,667	1,634	1,605	1,577	1,546
	65-74 歳推計	706	1,232	1,301	1,364	1,426	1,487	1,506	1,492	1,461	1,426
	75 歳以上推計	1,603	1,556	1,787	1,939	2,055	2,145	2,231	2,329	2,335	2,268
	小計	5,091	4,798	5,065	5,245	5,381	5,486	5,549	5,594	5,532	5,393
東消防署	0-14 歳推計	386	321	249	222	212	204	194	183	171	159
	15-64 歳推計	1,807	1,245	1,214	1,184	1,135	1,060	997	942	901	868
	65-74 歳推計	776	1,574	1,708	1,806	1,874	1,978	2,018	2,016	1,955	1,853
	75 歳以上推計	1,909	1,829	2,239	2,571	2,770	2,875	2,916	3,088	3,144	3,105
	小計	4,878	4,969	5,410	5,783	5,991	6,116	6,125	6,230	6,171	5,985
西消防署	0-14 歳推計	207	197	190	180	173	168	161	153	146	140
	15-64 歳推計	1,516	1,577	1,547	1,518	1,484	1,440	1,405	1,373	1,344	1,319
	65-74 歳推計	775	1,223	1,255	1,270	1,281	1,299	1,285	1,260	1,219	1,161
	75 歳以上推計	1,588	1,527	1,772	1,886	1,899	1,884	1,880	1,921	1,895	1,833
	小計	4,086	4,524	4,763	4,854	4,837	4,791	4,731	4,707	4,604	4,452
南消防署	0-14 歳推計	184	182	165	148	144	140	136	131	125	119
	15-64 歳推計	892	1,269	1,262	1,253	1,227	1,187	1,151	1,121	1,101	1,087
	65-74 歳推計	356	889	933	961	985	1,033	1,060	1,063	1,032	971
	75 歳以上推計	899	996	1,182	1,305	1,352	1,365	1,380	1,470	1,520	1,509
	小計	2,331	3,337	3,542	3,668	3,708	3,725	3,727	3,785	3,778	3,686
北部出張所	0-14 歳推計	211	183	168	154	149	145	140	133	126	119
	15-64 歳推計	953	1,210	1,195	1,176	1,144	1,101	1,065	1,038	1,015	994
	65-74 歳推計	500	1,053	1,086	1,112	1,134	1,173	1,182	1,163	1,121	1,068
	75 歳以上推計	1,208	1,298	1,522	1,621	1,636	1,649	1,670	1,750	1,763	1,701
	小計	2,872	3,745	3,971	4,062	4,062	4,067	4,057	4,084	4,025	3,881
総計		19,258	21,373	22,751	23,612	23,979	24,185	24,189	24,400	24,110	23,397

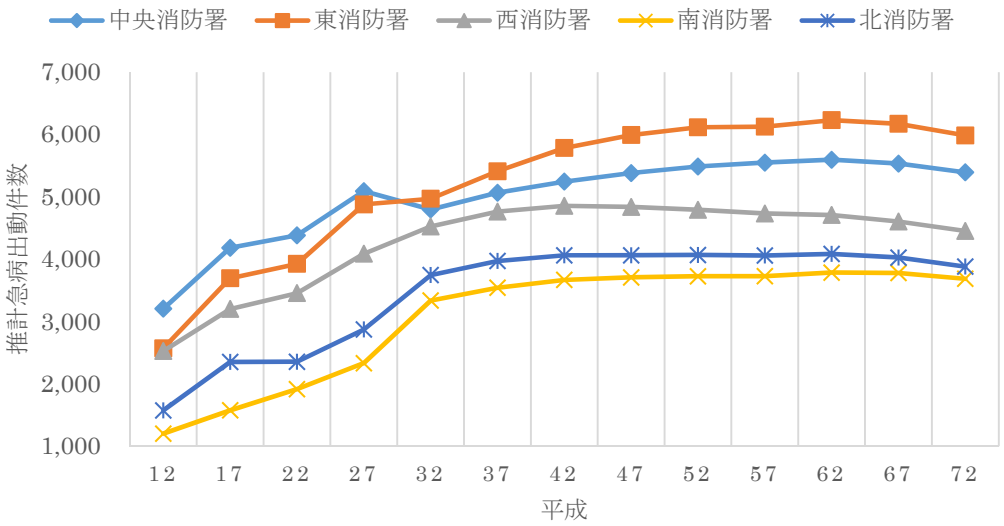


図 11　熊本市消防署管轄毎の推計急病出動件数（高位）

6.　まとめ

本稿では、対象範囲内において平成 12 年から平成 27 年の救急需要の実績値から現状分析をおこない、さらに出動件数の約 7 割を占める急病に着目し、人口との関連を把握しながら今後の急病出動件数の推計をおこなった。その結果以下を把握できた。

1)　救急需要は年々増加傾向にあり、特に急病の増加傾向が高く、65 歳以上の人口増加に伴い急病の救急需要も増加傾向にある。近年、急病の中等症の出動件数の増加が著しい。高齢者の搬送のため症状の判断が難しいケースも含まれる

が、救急サービス維持向上のための記録として適切に残すためにも傷病程度の判断基準を見直すことも必要であろう。

2) 急病の救急需要と年齢 4 区分の関係では、64 歳未満の人口とは相関が低いが、65 歳の人口との相関は高く、今後 65 歳以上の人口増加に伴い救急需要も高まる。平成 37 年（2025 年）までの増加傾向が高く、その後緩やかな増加となり平成 62 年（2050 年）にピークを迎えることが予想される。また、地域によって増加傾向が異なるため、管轄地域毎に対策を検討する必要があるだろう。

3) 救急需要のピークは、平成 27 年を基準として約 1.3 倍になることが予想される。1 日の単純平均で 7～8 回の出動となる。これは質の高い救急サービスを維持することが困難となってくることを示している。広域的に対策が取れるよう、地域の人口と救急需要の変化に合わせた救急資源の適正配置が必要になるだろう。

参考文献

1) 総務省消防庁：「平成 27 年度救急業務のあり方に関する検討会報告書」

2) 総務省消防庁：「救急業務のあり方に関する検討会」、2016（平成 28 年度 8 月 4 日 第 1 回）

3) 大重賢治、井伊雅子、縄田和満、水島春朔、栃久保修：「横浜市における救急医療の需要分析」、日本公衛誌、第 50 巻、第 9 号、2003

4) 救急隊の適正配置等に関する研究会、札幌市消防局：「救急需要増加に伴う救急隊の適正配置等に関する研究について」、2014

注釈：

注 1） 国勢調査の実施月を考慮して、熊本市統計情報局による住民基本台帳データは各年の 10 月の人口データを用いた。

注 2） ここでは、平成 27 年の対象範囲内の人口で住民基本台帳各都市の 10 月 1 日の数値である。平成 20 年 10 月に下益城郡富合町と合併、平成 22 年 3 月に下益城郡城南町、鹿本郡植木町と合併しているため、平成 27 年の熊本市人口より少ない。

注 3） 平成 27 年の出動件数は、年齢がわかるサンプルを用いて推計しているため、実際の急病出動件数の総数より少ない。

平成 29 年度消防防災科学技術賞　奨励賞　一般による消防防災機器等の開発・改良

応急手当絵本

災害に強いまち・ひとを作る会

1.　はじめに

平成 28 年版消防白書によると、心肺停止時に一般市民が目撃し応急手当を実施した傷病者の 1 か月後生存率（人数）は、「平成 17 年 8.6%（631 人）、平成 27 年 16.1%（2195 人）」となっている。

さらに、AED が一般市民にも使用できるようになり、平成 17 年の一般市民により心肺停止の時点が目撃された AED 使用件数は 46 件で、1 か月後生存率（人数）は 23.9%（11 人）であるが、平成 27 年の一般市民による AED 使用件数は 1,103 件、1 か月後生存率（人数）は 54.0%（595 人）となっている。

救急車の現場到着時間は平成 17 年平均 6.5 分で、平成 27 年平均 8.6 分、この 11 年間で約 2 分も増加しているにも関わらず、救命率（人数）は大幅に増加していることからも、バイスタンダーによる早い処置が有効的だということが結果としてでている。

今後さらに救命率（人数）を増加させるためには、これまでと同様に応急手当の普及活動を実施していくことはもちろんのこと、1＋1＝2、赤信号は止まれと誰もが答えられるように、誰もがあたり前に応急手当ができる環境を作ることがさらなる救命率（人数）増加に繋がっていくのではないか。

2.　応急手当絵本

誰もが応急手当ができる環境を作る効果的な 1 つの方法として、幼い頃から学んでいくことも大切だと考え、子供達でも学ぶことができる応急手当絵本「ちいさなきゅうきゅうたいいんチョコくん」を作成した。

この絵本を通して、目の前で誰かが倒れたとき、大きな声で周りにいる人に知らせること、119 番通報をすること、心臓マッサージの方法や AED のことを、まずは楽しみながら学んでもらう。応急手当絵本が応急手当の入口となり、その次に本格的に応急手当の方法を学び、応急手当講習会へと移行できればと考える。

3.　ストーリー等

絵本のサイズは、片面A4 サイズの 22 ページとなっている。ストーリーについては、下記のとおりである。



写真 1　表紙・裏表紙

「1・2ページ目」（写真2参照）
おーい、チョコくん、げんきがないけどどうしたんだい？
いつも、しょうぼうしょにあそびにくるチョコが、おちこんだかおで、しょうぼうしょのまえをあるいているのをみた、きゅうきゅうたいいんが、しんぱいしてこえをかけてきました。



写真　2

「3・4ページ目」（写真3参照）
ぼくは、べんきょうも、うんどうもできない、いつもともだちにからかわれ、パパやママにはおこられてばっかり、ぼくはなにもじょうずにできないんだっと、きゅうきゅうたいいんにそうだんするチョコ。
そのはなしをきいた、きゅうきゅうたいいんは、チョコでもできるとかんがえ、いまから、おうきゅうてあてこうしゅうかいをかいさいするからと、チョコもこうしゅうかいにさんかさせることにしました。



写真　3

「5・6ページ目」（写真4参照）
めのまえでひとがたおれたとき、おおきなこえでまわりにいるひとにしらせ、119（いちいちきゅう）ばんつうほうすることと、AED（えーいーでぃー）をもってくることをつたえよう。
【しんぞうマッサージのほうほう】
ひじをのばし、むねのまんなかに、てのひらをあて、たいじゅうをのせて、やく5せんちのふかさでおしさげ、おしたあとはすぐゆるめる、をくりかえす。
【AED（えーいーでぃー）のしようほうほう】
でんげんをいれて、でんきをながすパッドをイラストにしたがって、すはだにはってね。
AED（えーいーでぃー）から、でんきショックがひつようとおんせいがながれたら、だれもたおれているひとにさわっていないのをかくにんして、でんきショックボタンをおして



写真　4

ね。
そのあとも AED（えーいーでぃー）からながれる、おんせいにしたがって、しんぞうマッサージをつづけてね。

「7・8 ページ目」（写真 5 参照）
そんなあるひ、いつもチョコくんをからかうソラくんが、すべりだいからおち、うごかなくなってしまいます。



写真　5

「9・10 ページ目」（写真 6 参照）
みんなー、ソラくんが、たいへんだー。
キミカちゃんは 119 つうほうをおねがい。
ヒナノちゃんは、しょくいんしつにある AED とってきて。



写真　6

「11・12 ページ目」（写真 7 参照）
みんなも、しんぞうマッサージをして、ソラくんをたすけよう。



写真　7

「13・14 ページ目」（写真 8 参照）
でんきショックがひつようだ、ソラくんからみんなはなれて。
【ソラくんから、みんながはなれたのをかくにんしたあと、AED のでんきボタンをおす】



写真　8

「15・16 ページ目」（写真 9 参照）
ソ、ソラくん。
よかった、ソラくんがめをさました。



写真　9

「17・18 ページ目」（写真 10 参照）
あ、ありがとう、チョコ。
うん。

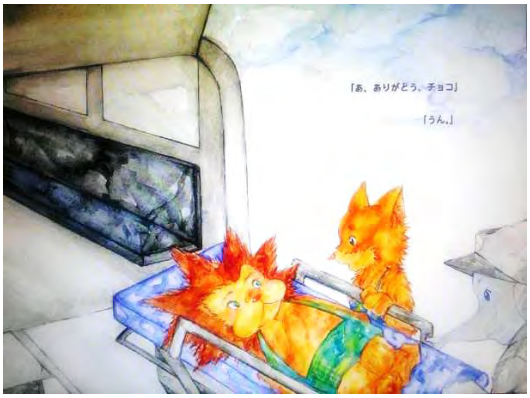


写真　10

「19・20 ページ目」（写真 11 参照）
よくがんばったな、ちいさなきゅうきゅう
たいいん。



写真　11

「21・22 ページ目」（写真 12 参照）
そのご、ソラくんはぶじたいいんし、たいいんごは、チョコくんをからかわなくなり、チョコくんとなかよくあそぶようになりました。
チョコくんは、がんばれば、じぶんでもできるということをまなびました。チョコくんにえがおがもどりました。



写真　12

4.　作成のさい特に気をつけたこと

絵本作成に伴い下記の件を特に重要視した。

①キャラクター

子供達に親しみ(興味)をもってもらうために、動物をキャラクターとして作成した。

②AED

AED の文字を覚えてもらうために、えーいーでぃーと平仮名で記入するのではなく、AED（えーいーでぃー）と記入した。

AED は色々な場所に設置されている。子供達がお父さんやお母さんと一緒に出かけた際、AED を見つけると、「お父さんやお母さんに、あっちに AED が設置されているね」と、自分の住んでいる街のどこに AED が設置されているのか、宝さがしのように確認できる環境を作れたらと考えた。

子供達が興味を示すことで、お父さんやお母さん等、大人も巻き込んで AED の設置場所を確認できる環境を作れると考える。

③心臓マッサージの体験

ただ絵本を読むだけではなく、心臓マッサージの体験ができるように、子供のおもちゃ等に使用する、なき笛（押すとピッピッと音がなる）を胸の真ん中に設置して、心臓マッサージをすると音がなるようにしている（写真 13 参照)。

実際、子供達に絵本を見せると、すぐにこの鳴き笛に興味を示し、一緒に心臓マッサージをした（写真 14 参照)。

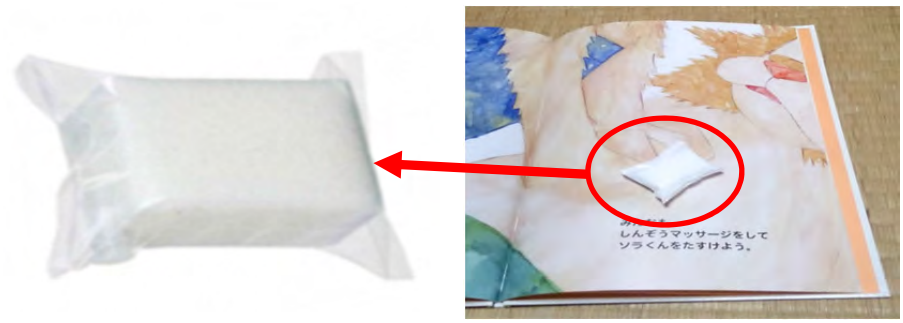


写真　13



写真　14

5.　おわりに

この絵本を子供たちに読んでもらうために、沖縄県那覇市のまちづくり協働推進課主催の平成 28 年度那覇市 NPO 活動支援基金の 50 万円コースに応募し、8 団体応募の中からその内の 2 団体へ活動支援基金を交付する事業で、公開審査会をへて補助金先として認定され、那覇市内の子供達が使用する施設等に無償配布をした。

平成 29 年度は、沖縄県宜野湾市地域づくり推進事業基金の交付先に認定され、那覇市同様に、市内の子供達が使用する施設に配付する予定である。

そして、沖縄県内の新聞社 2 社から取材を受け、平成 29 年 4 月 11 日に新聞に掲載された（写真 15 参照）。

新聞掲載による反響は大きく、県内だけではなく、全国から購入したいとの問い合わせがあり、新聞社から改めて、応急手当絵本事業の今後のスケジュールを掲載したいとの依頼があった。

この反響は私達も嬉しい反面、今後の課題だと感じている。それは、現在、補助金を活用しながら、事業を行っているため、その地域の方にしか提供することができないからだ。今後は、国の方たちにも提供できる環境を作るために、引き続き活動をしていきたいと思う。



AED 絵本で身近に

与儀さん原案「大切な人守る助けに」

KBC卒業生ら協力し制作

受賞のトイレに銘板

琉球新報

応急処置の絵本作成　ＡＥＤ、心臓マッサージ知ろう

2017年4月11日 11:17

那覇市のＫＢＣ学園グループ卒業生の与儀真也さん（３２）と同学園未来高校の通信制普通課を３月に卒業したばかりの新垣鈴奈さん（１８）が、応急処置をテーマにした手作りの絵本を作成した。絵本には、自動体外式除細動器（ＡＥＤ）の使い方や心臓マッサージを疑似体験できる仕掛けもある。与儀さんは「絵本がたくさんの人に広がってほしい」と期待を込める。

手作りの絵本をＰＲする（左から）新垣鈴奈さん、与儀真也さん＝６日、那覇市泉崎のＫＢＣ学園未来高校沖縄学習センター

「応急処置についてもっと知ってもらいたい」と考えていた与儀さんが「子どもが読んだら大人にも広がるはず」と絵本にすることを考えた。構想から２年がかりで、母校のＫＢＣ学園に生徒の紹介を依頼。同学園の未来高校でグラフィックデザインを学んでいた新垣さんが挿絵の担当になった。２０１６年６月にまちづくりを支援する那覇市の事業に採用され、５０万円の補助金交付を受け２００部を制作した。絵本は全２２ページ。

グラフィックデザインを教える同学園の知念仁志教務部長も加わり、約

写真　15

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29年5月16日

高層事務所ビルの全館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　－順次避難計画の作成と合流及び滞留の発生に対する計画の効果－

○藤井皓介

高層建築物の避難訓練状況について、複数年にわたり継続的に調査と報告を行ってきた。いずれの年の訓練においても、避難訓練実施前に訓練における避難方法の検討も合わせて行ってきた。2016年に行われた避難訓練では、避難開始時刻の異なる避難者同士の階段室内における合流を、前回までよりも減らした計画とした。本報告では、2016年の訓練に用いた順次避難計画の作成過程と調査方法、合流及び滞留の発生に対する計画の効果を述べた。

結果として、階段を降下する避難者の各階通過時刻と歩行速度より、避難開始時刻の異なる避難者同士の合流による混雑状況が緩和されるとともに、群集の合流状況が単純化されたことが明らかとなった。避難開始時刻の異なる避難者間における合流が生じない様、計画における各階の避難開始時間を調整した効果が得られたものと考えられる。

●平成29年5月16日

消防防災分野におけるドローンの利活用

○佐伯一夢

第61回システム制御情報学会研究発表講演会で発表予定の「消防防災分野におけるドローンの利活用」について発表した。最近話題となっているドローンなどの飛行ロボットは、災害の全体像を迅速に把握し、二次災害を防止するための技術として、消防防災分野での利活用も注目されている。有人ヘリコプタの機数は限られており、地上の隊員との緊密な連携が容易ではないことから、災害時の偵察に無人航空機を用いようとするものである。本発表では、消防防災分野におけるドローンの利活用と題して、消防機関におけるドローンの導入・検討状況とニーズ調査を行った結果について報告した。また、消防研究センターで取り組んできた、災害地での運用試験について紹介した。

●平成29年5月16日

熱源の発見のための熱画像カメラの利用について　－畳の内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、残り火を確認する作業が行われる。その作業に熱画像カメラを利用できるのではないかと以前から指摘されてきた。鎮圧状態になった家屋では、化学畳の内部に残火がのこりやすいと経験的に言われている。化学畳の内部に残火がある場合に、熱画像カメ

ラをどのように利用するの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。散水を行うと化学畳の表面の温度が低下する。しかし、化学畳の内部に熱源がある場合、十分な時間が経過すれば表面に熱が伝わるので、それによる表面の温度変化を熱画像カメラで探せばよい。

●平成 29 年 5 月 16 日

糸魚川市駅北大火への市街地火災延焼シミュレーションの適用

〇高梨健一

糸魚川市駅北大火に対して、消防研究センターで開発を行っている市街地火災延焼シミュレーションを適用した結果について講演を行った。消防研究センターの市街地火災延焼シミュレーションの概要を説明した後、延焼動態に関する消防本部資料との比較により妥当性の検証を行い、シミュレーション結果は実際の延焼状況に比べ短時間で延焼するものの、延焼の進み方は類似していることを示した。また、放任火災の場合を想定して行ったシミュレーション結果と比較することにより、あくまでもシミュレーションの結果ではあるものの、消防活動を行ったことにより 2/3 に被害を低減できた可能性があることを示した。

●平成 29 年 6 月 13 日

太陽電池モジュールの発電抑制技術の検討　その 1　開発目的と仕様について

〇田村裕之、塚目孝裕、阿部伸之、高梨健一、佐藤康博
横田博之、柿沼亮太、上野浩志、山岸貴俊
（能美防災）

太陽電池モジュールは、損傷を受けていても日射があると発電を継続する。そのため、消防活動中の隊員の感電や、漏電や放電による出火の危険性を持つ。実際、残火確認中の隊員の感電や、切れた配線からの放電が確認されている。そこで我々は、安全に太陽電池モジュールの発電を抑制できる機器の開発を行ってきた。遮光剤をモジュール表面に吹き付ける装置とし、隊員一人でも操作できる、屋根の上に昇らずに作業できる、遮光剤は不燃物とする、遮光剤の除去が容易である、配線に触れても感電しないレベルまで出力を下げられる、などの性能を持った装置を開発した。この装置の仕様、使用方法、薬剤や装置の性能、遮光性能について紹介した。

●平成 29 年 6 月 13 日

中規模模型家屋群を用いた火災拡大実験
その 3　火災風下の風

〇篠原雅彦、高梨健一、佐伯一夢
樋本圭佑（建築研究所）
関澤　愛（東京理科大学）

1/3 スケールの木造住宅 19 棟を用いて、木造密集市街地を模擬した屋外火災実験を行い、火災風下の風向・風速の変化とその原因について調べた。その結果、

1) 火災風下地上部の風速は、同じ高さの風上・風横の風速よりも大きく、火災からの上昇気流の傾きの増加に伴って増加する傾向があることが明らかになった。これは、一般風の風速増加によって上昇気流が傾くと、火災風下地上部には上昇気流中の旋回気流の渦核が近づくためである可能性があることを観測結果より示した。
2) 火災風下地上部の風向は、火災気流中心軸に近いほど中心軸に直交する向きにそれていることが分かった。これは、旋回気流の螺旋状の流れの影響であると考えることができる。火災風下地上部の風向は、上昇気流の傾きが変化しても変動が少なかった。

●平成 29 年 6 月 13 日

燃焼条件に応じた灯油の GC による検出に関する研究

〇長谷川巧、佐藤康博、塚目孝裕

平成 27 年中における全国の火災原因の第 1 位は放火であり、年間 4,033 件、全火災の 10.3%の件数が発生している。火災原因の第 4 位である放火の疑いも考慮に入れると、年間 6,502 件となり、全火災の 16.6%にも及ぶ火災が、放火により起きていることになる。こういった火災の現場では、灯油、ガソリンなどが助燃材として使用され、出火や延焼拡大の一因となることがある。このため火災原因調査において、助燃材の検出が、火災原因究明の一つのポイントである。

本研究では、火災原因調査の究明能力向上を目的とし、ガスクロマトグラフ（以後、GC と表記する）分析において、灯油の濃度の影響、燃焼した灯油の変化に焦点をあて、検討した。その結果、灯油の検出できる最低限度の濃度は 0.01 g/L 程度であり、0.01~100 g/L の濃度範囲で安定したピーク面積比を与えることがわかった。また、直接灯油をかけた雑巾より、その下の砂の方が高い強度で灯油を検出できた。さらに、同一灯油量の条件では、燃焼による灯油の変化は燃焼時間の影響が大きく、燃焼時間が長いほど、GC のピークの最大値は大きく高沸点成分側にシフトし、既報の結果と一致した。

●平成 29 年 7 月 11 日

FDS 6 を用いた小規模建物階段室火災の数値計算

○阿部伸之

新宿区歌舞伎町雑居ビル火災（2001 年）では、44 人の死者を出した。階段室は避難のための安全な空間であることを前提としていた。そのため、当時は階段室からの火災発生を想定した研究はあまり行われていなかったことから、小規模建物階段室火災の室内熱環境を把握するための火災実験や数値計算を実施することになった。その時の数値計算には、米国商務省標準技術研究所（NIST）が開発した火災シミュレータ Fire Dynamics Simulator（FDS）2 を用いていたが、15 年経過した現在最新の FDS 6 を用いて同様の数値計算を再度実施した。ガス温度分布の比較を通して、FDS 2 と FDS 6 では分布の差異は少ないものの、FDS 2 で実験値と合わなかった部分は FDS 6 でも未だ合わないことから、さらなる研究が必要であることがわかった。

●平成 29 年 7 月 11 日

Experiments To Provide The Scientific-Basis For Laboratory Standard Test Methods For Firebrand Exposure

○鈴木佐夜香、Samuel L. Manzello（NIST）

2016 年末の糸魚川市大規模火災に加え、近年世界各地で起こっている大規模屋外火災においては、火炎の拡大に火の粉が大きな影響を及ぼしていることが知られている。本研究発表では、新しく消防研究センター内に設置した中規模実験施設に関して、既往の大規模実験と比較し、その有効性に関して議論を行った。比較実験では屋根を対象とし、双方の実験に関して、瓦の下に火の粉が潜り込むという同様の火の粉の挙動が観察された。風速を変化させることで潜り込む火の粉の量は変化するという、同様の傾向が中規模実験施設においても観察された。本研究結果を活用することで、大規模な実験を行わずとも、火の粉の挙動に関して一定の知見が得られることが確認された。

●平成 29 年 7 月 11 日

韓国の消防におけるロボット活用状況調査について（出張報告）

○天野久徳

韓国における消防ロボット活用状況、研究開発状況の調査を目的として、平成 29 年 2 月に韓国へ出張した。韓国における消防ロボット研究開発について、韓国国民安全庁消防科学研究室において調査を行ったが、全般的に日本の後追い的なプロジェクトがなされているに過ぎ

なかった。現場での活用状況を調査するために、ソウル市消防本部、特別救助隊、消防署等を訪問した。放水ロボットを 1 度配備したが、その後、消防隊員の活動と比して放水ロボットの性能が特に優れている点が見いだせなかったため、現状、配備から外していること、一方、ドローンについては非常に有用で積極的に活用しており、今後、さらに活用すべく検討しているとのことであった。

●平成 29 年 9 月 12 日

崩壊前後の地形データを用いた二次崩壊発生危険地域の考察

○土志田正二

斜面崩壊や土石流などの斜面災害現場において安全な探索・救助活動を行うためには、二次崩壊の危険性を考慮する必要がある。最も救助活動が必要とされる災害初期において、安全対策を行うための十分な情報を得ることは難しい。本研究では、近年発生した斜面崩壊現場を研究対象とし、二次崩壊の種類、時間的スケール、災害初期に利用可能な地形データの特徴の整理を行い、二次崩壊発生危険地域の抽出方法の考察を行った。データ取得時間の観点から、ドローンによる空撮画像から作成した地形データを利用し、救助活動時の移動可能なルートの選定、安全な退避場所などを設定するための地形解析処理手法を考案した。また同時にドローン運用するための課題（天候、解析時間等）が多いことも紹介した。

●平成 29 年 9 月 12 日

平成 29 年 7 月九州北部豪雨で発生した土砂災害の概要（調査報告）

○土志田正二、新井場公徳

平成 29 年 7 月 5 日から 6 日にかけて、福岡県と大分県を中心とする九州北部で、集中豪雨が発生した。この豪雨により、福岡県朝倉市を中心に多数の土砂災害が発生し、甚大な被害を及ぼした。本発表では、この豪雨で発生した土砂災害を対象に、8 月 28 から 30 日の日程で行った調査概要の報告を行った。現地踏査の結果、本豪雨で発生した土砂災害は、朝倉市、東峰村など東西約 15 km、南北約 10 km の限られた範囲に集中して発生しており、その多くは表層の緩くなっていた土砂が流出する表層崩壊タイプであった。また大分県日田市小野地区で発生した大規模崩壊は、土砂災害集中地区より東側に離れて発生し、他の土砂災害とは異なる発生機構を持つタイプであった。この小野地区の大規模崩壊は、豪雨のピークから約 15 時間後に発生しており、消防救助活動における安全管理を考える上で非常に重要な現象である。

●平成 29 年 9 月 12 日

国際会議 World Landslide Forum 4（出張報告）

○土志田正二、新井場公徳

World Landslide Forum は、3 年おきに開催される地すべりに関する大規模な国際会議であり、第 4 回である今回は、スロベニア共和国リュブリャナ（リュブリャナ文化・会議センター）で開催され、5 月 29 日から 6 月 2 日に 5 テーマ（21 セッション）の発表及び討論並びに巡検が行われた。本報告では、出張者である新井場・土志田が行った口頭発表（および質疑応答）のほか、現在の地すべり研究の最先端情報、巡検内容についての報告を行った。

●平成 29 年 10 月 10 日

粉末消火器による液体火災の消火成功条件

○尾川義雄、山内幸雄、久保田勝明
北後明彦（神戸大学）

日本で販売されている消火器には、「1 安全栓を引き抜く；2 ホースをはずし火元に向ける；3 レバーを強く握る」という起動方法が表示されているが、消火剤をどのように放射するかなどの消火方法は示されていない。Shoub ら(1957)によると、液体火災の最も効果的な消火

方法は、一度に全面を覆うように消火剤を放射することとされているが、消火剤をどのように放射するかという消火方法は述べられていない。そこで本研究では、消火方法を明らかにすることを目的として、人が消火器を操作してヘプタン火皿の火炎の消火を試みる実験を行い、消火剤の散布状況と消火成否の関係を分析した。その結果、消火薬剤が燃焼面の全面を横切って散布される；消火剤噴流の一部が火皿手前の壁に連続的に衝突する；燃焼面の最も遠い点までの距離が限界値より小さい；の三つを同時に満たすことが、消火成功条件であることを明らかにした。

●平成 29 年 10 月 10 日

市街地津波避難における災害時要援護者の搬送効率

○大津暢人

座位保持可能な要援護者を効率よく搬送するための基礎データを得ることを目的として、実験的方法により要援護者の体重を調整したうえで、介助走行時のシルバーカー、介助車、車いすの 3 機種を用いて、3 種類の勾配別の実験コースにおける速度を比較検討した。その結果、平均速度は以下の通りであった。縦断勾配 13%ではシルバーカー0.77 m/s、介助車 0.85 m/s、車いす 0.92 m/s、縦断勾配 6.8%では同順に 0.91 m/s、1.14 m/s、1.28 m/s、縦断勾配 0%では同順に 1.18 m/s、1.58 m/s、1.87 m/s。

また、上記 3 機種にリヤカーを加えた 4 機種を用いた市街地の津波避難訓練において、住民である支援者が要援護者を搬送避難する際の、避難完了までの時間経過の把握を行った。

●平成 29 年 11 月 14 日

洞道火災におけるドライアイスの消火効果について

○内藤浩由

山野光一、廖　赤虹、大室　健、坂本直久

（株式会社モリタホールディングス）

2016 年 10 月 12 日、新座市の東京電力送電トンネルで発生した火災は、都内で約 58 万軒が停電、交通機関はもとより、政府施設にも影響が出た。当該火災は、水系消火剤での消火活動が難航し、ドライアイスが使用されたが、その効果は不明とされる。そこで、今後も発生しうる洞道火災への備えとして、ドライアイスの消火効果を検証し、より有効な消火方法を確立する必要がある。

本稿では、ドライアイスの消火条件を明らかにすることを目的に、OF ケーブル絶縁油の消炎濃度の測定とドライアイスの昇華速度に影響する要素を調べ、さらに、洞道火災を模擬した小規模消火実験で得られた知見を報告した。

●平成 29 年 11 月 14 日

長周期地震動振幅の短距離間空間較差の発生要因の理解と簡易的予測に向けた数値実験による予備的検討

○畑山　健

石油タンクにおけるスロッシングの原因ともなる、堆積盆地で観測される周期数秒から十数秒の長周期地震動の主成分を表面波であるとした場合、その波長に比べて 1 波長にも満たないような短い距離で、長周期地震動のスペクトル振幅が大きく異なる（例えば 1.5 倍とか）事例がしばしば観測される。このような短距離間での大きな振幅較差が生じる仕組み・要因を理解することを目的として、簡単な数値実験により、横方向に不規則な地下構造の中を伝播する表面波について、短距離でそのスペクトル振幅がどの程度変化するかを調べるとともに、不規則な地下構造の中でどのような波動場が形成されているかを調べた。その結果、観測されるような短距離間での大きな振幅較差が生じうることは、理論的な計算から確認された。また、短距離間での大きな振幅較差は、地表近くの低速度の媒質が形成する細かな構造の違い

が原因である可能性があることがわかった。横方向に不規則な地下構造において形成される、長周期地震動の波動場の深さ方向のフーリエスペクトル振幅分布は、入射波の条件や周期によっては、その地点直下の 1 次元地下構造から計算される表面波基本モードの固有関数の形状と、概ね一致する場合があることもわかった。この性質をうまく利用すれば、対象地点直下の 1 次元地下構造モデルから簡易な方法で、長周期地震動の増幅特性を粗くではあるかもしれないが、推定することが可能かもしれない。

●平成 29 年 12 月 12 日

腐食に起因した危険物施設の漏えい事故の分析

〇徳武皓也

危険物施設で生ずる腐食の現状把握を目的とし、消防庁でとりまとめた危険物の流出事故事例の最近（平成 23 年～平成 27 年）のデータセットを解析するとともに、過去（昭和 55 年～昭和 60 年）の分析結果との比較を行った。タンク・配管・付属部品といった部位別に危険物漏えい事故件数を整理したところ、危険物施設のどこで腐食が生じているかという傾向を粗々理解することができた。部位別の危険物漏えい量の事故件数を整理した結果から、地下は地上よりも多量漏えいになりやすい可能性を示唆した。危険物漏えい量の過去と最近の比較から、小規模漏えい事故が増大した一方、多量漏えい事故件数はそれほど変わらないことを示した。形成した腐食孔直径と事故件数の関係を整理したところ、過去と比べ最近は、小さな孔径の事故件数が増大する傾向であった。

●平成 30 年 1 月 9 日

熱分解 GC を用いた焼損物の材質同定に関する予備的検討

〇佐藤康博、塚目孝裕

火災原因調査における焼損物の材質同定手法の確立を目的として、様々な高分子化合物についてキュリーポイントインジェクターを用いたガスクロマトグラフ（以下、熱分解 GC と表現する。）による分析を試みた。熱重量示差熱分析装置による空気、窒素気流下での加熱を行い、疑似的に試料の燃焼を再現し、得られたサンプルを熱分解 GC で分析し、標準試料との分析結果の比較を行った。

以上の実験結果を踏まえ、熱分解 GC による焼損物の材質同定の可能性を検証した。

●平成 30 年 3 月 12 日　臨時研究懇話会

米国 NIST における災害対応ロボット標準性能試験法

〇Adam Jacoff(NIST、米国)

米国 NIST が中心となって進めている、災害対応ロボットの性能評価に関する標準試験法について紹介された。陸上移動ロボットについては、既に確立されており、多種のロボットについての実施結果が示された。これにより、導入において、どの性能がレベルのロボットであるかを判断がしやすくなる。ドローンについては、試験法が確立されつつあり、試行している段階でもある。水中移動ロボットについては、試験法の検討を開始したところである。是非とも、災害に関する知見を有する消防研究センターの研究官から、より良い試験法とするために、助言を頂きたい。また、試験法確立作業にご参画頂く、試験を受けてみることも歓迎する。

●平成 30 年 3 月 13 日

公判を見据えた調査技術の高度化に関する研究

〇長谷川巧、佐藤康博、塚目孝裕

火災原因調査には、幅広い知識・技術が要求されるが、調査方法に全国規模での統一したマニュアルはなく、各消防本部の判断に任せられている。一方で、原因調査は第三者が見ても間違いのない、火災原因の特定方法を行わなけれ

ばならない。このため、調査の手法の一例をマニュアル化し、裁判においても火災原因として認定されるよう、知識・技術のベースアップを図ることは重要である。

そこで本研究は、火災原因調査の究明能力向上を目的とし、全国に提案できるようなマニュアル作成のため、火災現場に持込む資器材の選定（以後、調査キットと表記）、調査キットを用いた現場での収去物件の保存方法、ガスクロマトグラフ（以後、GC と表記）分析において、灯油濃度の検出への影響、燃焼した灯油の成分変化について検討した。

調査キットは、試作の調査キットを 10 の消防本部に使用していただき、アンケートを実施し、改良を図った。調査キットを用いた現場での収去物件の保存方法の検証では、調査キットの内容品のポリ袋 1 枚より 2 枚、22℃より 10℃での保存の方が、鉱物油成分が失われにくい結果となった。GC の分析に関しては、灯油の検出できる最低限度の濃度は 0.01 g/L 程度であり、0.01~100 g/L の濃度範囲で安定したピーク面積比を与えることがわかった。また、直接灯油をかけた雑巾より、その下の砂の方が高い強度で灯油を検出できた。さらに、同一灯油量の条件では、燃焼による灯油の変化は燃焼時間の影響が大きく、燃焼時間が長いほど、GC のピークの最大値は大きく高沸点成分側にシフトし、既報の結果と一致した。

●平成 30 年 3 月 27 日　臨時研究懇話会

35 年間の防火研究生活を顧みて

〇山田常圭

前・消防研究所に入所以降、35 年間の在任中の研究生活を振り返り、この間かかわった研究や火災調査等の内容や体験について年代を追って紹介を行った。

まず、研究センターでの業務を継続してこられた動機づけとして重要であった 1) 建築防火に足を踏み入れたきっかけ、について触れ、2) その時々の時代要請に応えた研究・調査活動（避難安全に関わる研究、燃焼や煙性状等物理性状に関わる研究、VR 等新たな技術導入に関わる研究、東日本大震災調査等）、また所外委員会等を通じての 3) 防火安全分野での社会貢献（建築・消防法令の性能規定化や建築物等の防災性能評定等）について経験談を交えながら紹介を行った。

最後に、大学等アカデミックな研究機関とは異なる、国立研究機関として果たすべき研究官の心がけについて 4) 後進へ贈る言葉　として述べさせて頂いた。

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 29 年度は「調査技術会議」を 7 回、全国各地で開催した。

第 1 回　平成 29 年 5 月 19 日開催　　会場　三鷹市公会堂　　参加者　395 名

講演	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
事例発表	消防研究センター　小清水雄二 火災調査の進め方（実践編）
火災事例発表 1	稲城市消防本部　高橋　茂 ダウンライトから出火した火災について
火災事例発表 2	川崎市消防局　佐藤　悠 ホットスポットが起因した太陽電池モジュール火災について
火災事例発表 3	桐生市消防本部　小林俊彦 業務用トースターから出火した火災について
火災事例発表 4	川越地区消防局　石垣夢彦 X 線診断装置からの出火事例
危険物流出等 事故事例発表	市原市消防局　伊藤雅規 浮き屋根式屋外貯蔵タンク貯蔵所における油漏洩事故について
火災事例発表 5	横浜市消防局　遠藤正和 高圧水素トレーラーの火災事例

第 2 回　平成 29 年 6 月 16 日開催　　会場　名古屋市中区役所ホール　　参加者　233 名

講演	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
事例発表	消防研究センター　小清水雄二 火災原因調査の進め方（実践編）
火災事例発表 1	紀勢地区広域消防組合消防本部　米倉英紀 太陽光発電設備から出火した火災について
危険物流出等 事故事例発表	四日市市消防本部　芝田　茂 製造所における腐食侵食が起因する危険物の流出事故

火災事例発表 2	磐田市消防本部　伊東貴久 廃プラスチックリサイクル工場から出火した火災事例
火災事例発表 3	常滑市消防本部　山口将史 コードレス掃除機からの出火事例について
火災事例発表 4	志摩広域消防組合消防本部　西村知也 X 線手荷物検査装置からの出火について
火災事例発表 5	名古屋市消防局　阪下照男 消防研究室におけるトラッキング現象による出火防止広報の手法について

第 3 回　平成 29 年 7 月 14 日開催　　会場　北日本新聞ホール　　参加者　144 名

講演	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
事例発表	消防研究センター　小清水雄二 火災原因調査の進め方（実践編）
火災事例発表 1	高岡市消防本部　森　貴裕 ビルトインガステーブル内部より出火した事例について
火災事例発表 2	新潟市消防局　中川　俊 トラックの ABS ユニットからの出火事例
火災事例発表 3	高崎市等広域消防局　竹内耕次 モバイルバッテリーからの火災事例
火災事例発表 4	長野市消防局　小山誉仁 硬質ウレタンフォームによる火災事例
火災事例発表 5	金沢市消防局　水島裕也 車両火災における鑑識について

第 4 回　平成 29 年 9 月 15 日開催　　会場　フォレスト仙台　　参加者　151 名

講演	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
事例発表	消防研究センター　小清水雄二 火災原因調査の進め方（実践編）
火災事例発表 1	仙台市消防局　難波敏昭 火災調査における知識の向上と情報共有の重要性　～特異火災のスムーズな調査事務を通じて～
火災事例発表 2	青森地域広域事務組合消防本部　葛西幸彦 オルタネーターからの出火による車両火災事例
火災事例発表 3	秋田市消防本部　浅野直希 合板製造工場の火災事例と科学的な出火原因の究明について

火災事例発表4	盛岡地区広域消防組合消防本部　小笠原武志 X線透過装置等を活用した鑑識事例
危険物流出等 事故事例発表	いわき市消防本部　齊藤裕行 給油取扱所における油漏えい事故について
火災事例発表5	置賜広域行政事務組合　原田雄司 コインランドリーの衣類乾燥機から出火した事例について

第5回　平成29年10月26日開催　　会場　かでる2.7道立道民活動センター　　参加者　242名

講演	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
事例発表	消防研究センター　小清水雄二 火災原因調査の進め方（実践編）
危険物流出等 事故事例発表	釧路市消防本部　鎌田元晴 施工不良が起因する移動タンク貯蔵所からの漏洩事故について
火災事例発表1	とかち広域消防局　青木清春 ロールベーラーからの出火について
火災事例発表2	函館市消防本部　小山竜一 自然塗料を含んだウエスの自然発火について
火災事例発表3	西胆振行政事務組合　森　茂樹 燃料噴射ポンプが起因する車両火災について
火災事例発表4	江別市消防本部　宮武正典 エンジンルーム内から出火した車両火災事例
火災事例発表5	札幌市消防局　丸谷貴宏 ガス調理機器からの出火について

第6回　平成30年1月19日開催　会場　大阪府立男女共同参画・青少年センター　参加者　335名

講演	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
事例発表	消防研究センター　小清水雄二 火災原因調査の進め方（実践編）
火災事例発表1	大阪市消防局　中野裕嗣・秋山和揮 危険物施設におけるHV車からの出火事例
火災事例発表2	岡山市消防局　日浅　宏 リコール対策済み電気こんろからの出火事例
火災事例発表3	東近江行政組合消防本部　辻　徹也・髙岡吉彦 リチウムポリマー電池内蔵エンジン始動補助器からの出火に関する調査報告
火災事例発表4	京都市消防局　重藤　保 電子レンジによる自然発火の実験方法

危険物流出等 事故事例発表	堺市消防局　長谷川竜嗣 腐食による流出事例と腐食防止に向けての産・学・公連携による新たな取組み
火災事例発表5	姫路市消防局　髙嶋泰裕 原油タンカー爆発火災の火災調査について

第7回　平成30年2月15日開催　　会場　北九州市消防訓練研修センター　　参加者　228名

講演	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
事例発表	消防研究センター　小清水雄二 火災原因調査の進め方（実践編）
火災事例発表1	北九州市消防局　寺尾浩一 シロアリが引き起こす電気火災
火災事例発表2	倉敷市消防局　西原辰郎 マッサージチェアからの出火事例について
危険物流出等 事故事例発表	岩国地区消防組合消防本部　森重大樹 内部浮き蓋付き屋外貯蔵タンクの浮き蓋上への危険物漏えい事故について
火災事例発表3	広島市消防局　平田　秀 漏電の有無を確認するためアドバイザリースタッフ制度を活用した火災事例
火災事例発表4	名護市消防本部　大城利彦 スプリンクラー設備制御盤から出火した火災事例
火災事例発表5	福岡市消防局　芹ヶ野智裕 小型二槽式洗濯機の火災について

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	天野久徳	2017.4.25 ～4.27	韓国	The 14th International Fire & Safety EXPO KOREA	
2	篠原雅彦	2017.10.9 ～10.13	米国（シンシナティ）	The 6th International Conference on Jets, Wakes and Separated Flows	
3	畑山　健	2017.12.11 ～12.15	米国（ニューオリンズ）	AGU 2017 Fall Meeting （米国地球物理学連合2017年秋季大会）	

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	2017.5.31 ～6.7	ボアジチ大学カンデリ地震観測研究所、イスタンブール大学及びイスタンブール市とその周辺の微動観測地点（トルコ共和国）	地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）課題「マルマラ海域の地震・津波災害軽減とトルコの防災教育」に係る研究打ち合わせ及び微動観測	国立研究開発法人海洋研究開発機構からの依頼
2	天野久徳	2018.1.22 ～1.31	ドルトムント市消防本部（ドイツ）、ローゼンバウアー社（オーストリア）、トタル社（フランス）	欧州における災害対応ロボットのニーズ、開発、関連技術に関する調査	

ウ．国内での調査

	派遣者名	期　間	派遣先	目　　的　　等
1	田村裕之	2017.4.6 ～4.7	三重県名張市	GPS波浪計事故調査・安全対策検討委員会
2	田村裕之	2017.5.11	和歌山県和歌山市	GSP波浪計事故調査・安全対策検討委員会
3	田村裕之	2017.6.7	兵庫県神戸市	和歌山GPS波浪計事故調査・安全対策検討委員会
4	新井場公徳、 土志田正二	2017.7.12 ～7.13	大阪府富田林市、兵庫県神戸市	岩石崩壊事故の対応調査及び神戸市消防局土砂災害対応訓練の見学
5	土志田正二、 藤井皓介	2017.8.3 ～8.4	大阪府南河内郡・堺市	岩盤崩落事故発生場所現地調査及び近畿管区警察学校での土砂災害救助訓練の見学
6	田村裕之	2017.8.27 ～8.30	北海道札幌市	高齢者福祉施設の避難訓練調査及び共同研究打合せ
7	新井場公徳、 土志田正二	2017.8.28 ～8.30	福岡県朝倉市、 大分県日田市	平成29年7月九州北部豪雨による土砂災害調査
8	土志田正二	2017.9.2 ～9.6	熊本県阿蘇市	阿蘇地域における斜面崩壊調査（科研費・分担研究者〔基盤研究B後藤〕）
9	久保田勝明	2017.10.11 ～10.12	北海道札幌市	救急ボイストラ使用状況、改善点調査等
10	田村裕之、 松﨑崇史	2017.10.26 ～10.27	奈良県山添村、 橿原市	奈良県山添村役場の太陽光発電システム火災の調査
11	鈴木恵子	2017.11.2	兵庫県明石市	明石市大蔵市場の火災現地調査
12	大津暢人	2017.11.3 ～11.5	兵庫県神戸市、 高知県中土佐町	高知県中土佐町内における津波避難訓練の測定および実験の実施
13	久保田勝明	2017.11.7 ～11.9	福岡県福岡市	救急搬送時間短縮プロジェクト及び救急ボイストラ導入可否調査
14	篠原雅彦	2017.11.21 ～11.22	岩手県釜石市	森林火災現地調査
15	久保田勝明	2017.12.7 ～12.8	三重県伊賀市	パンク対応タイヤ消防車実験
16	久保田勝明	2017.12.14 ～12.15	岡山県岡山市	救急ボイストラ、水陸両用バギー活用状況調査
17	大津暢人	2018.1.11 ～1.14	兵庫県神戸市	自主防災組織による災害時要援護者の津波避難訓練の調査

	派遣者名	期　間	派遣先	目　　的　　等
18	大津暢人	2018.3.8 ～3.9	兵庫県神戸市	次期共同研究に関する打ち合わせおよび調査
19	土志田正二	2018.3.14 ～3.16	山口県防府市	2009 年山口豪雨災害における斜面崩壊調査(科研費・分担研究者[基盤研究 C 八反地])

(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	藤崎草多（佐倉市八街市酒々井町消防組合消防本部）	2016.4.1 ～2018.3.31	原因調査室	原因調査室長
2	高垣克樹（さいたま市消防局）	2016.4.1 ～2018.3.31	原因調査室	原因調査室長
3	市橋洋佑（新潟市消防局）	2016.4.1 ～2018.3.31	原因調査室	原因調査室長
4	草薙和幸（横浜市消防局）	2016.4.1 ～2018.3.31	原因調査室	原因調査室長
5	三浦光司（川崎市消防局）	2017.4.1 ～2019.3.31	原因調査室	原因調査室長
6	青野肇範（磐田市消防本部）	2017.4.1 ～2019.3.31	原因調査室	原因調査室長
7	近江達彦（静岡市消防局）	2017.4.1 ～2019.3.31	原因調査室	原因調査室長
8	花井真実（船橋市消防局）	2017.4.1 ～2019.3.31	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	長谷川巧（東京消防庁）	2016.4.1 ～2018.3.31	公判を見据えた調査技術の高度化に関する研究	特殊災害研究室
2	松﨑崇史（東京消防庁）	2017.4.1 ～2019.3.31	振動の影響に着目した電気機器設備等の出火危険の研究	大規模火災研究室

(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～
2	Fire Technology Institute of Korea Fire Equipment Inspection Corporation	韓国	2007.12～
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 ～2019.7.23

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	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 ～2019.3.31
2	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 ～2019.3.31
3	大規模地震災害時の同時多発火災対応に関する共同研究	横浜市消防局	地震等災害研究室、上席研究官	2016.4.1 ～2021.3.31
4	消防用多言語音声翻訳システムの実用化に関する共同研究	先進的音声翻訳研究開発推進センター	特殊災害研究室	2016.4.1 ～2018.3.31
5	泡消火技術の高度化に関する共同研究	深田工業株式会社、第一化成産業株式会社	危険性物質研究室	2016.4.28 ～2021.3.31
6	消防用設備及び消防活動を考慮した防火基準の要求性能の明確化に関する共同研究	国立研究開発法人建築研究所	大規模災害研究室、原因調査室、地震等災害研究室	2016.8.22 ～2019.3.31
7	液体・固体可燃物に対する各消火剤の消火性能評価に関する共同研究	株式会社モリタホールディングス	危険性物質研究室	2017.1.16 ～2021.3.31

	共同研究課題名	共同研究相手先	担当研究室	実施期間
8	非常用照明器具の非常時照度による避難行動検証実験に関する共同研究	一般社団法人日本照明工業会	大規模火災研究室	2017.1.18 ～2019.3.31
9	火災時における自力避難困難者の安全確保に関する研究	北海道科学大学、札幌市消防局	原因調査室、大規模火災研究室	2017.3.10 ～2019.3.31
10	地震動による石油タンクの浮き上がり挙動の予測に関する研究	国立大学法人鳥取大学	施設等災害研究室	2017.4.1 ～2020.3.31
11	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	2017.6.15 ～2018.3.31
12	石油タンクの内面コーティングの劣化評価技術にかかわる基盤研究	国立大学法人横浜国立大学	施設等災害研究室	2017.10.1 ～2020.3.31

エ．競争的資金

	種　　別	期間、相手先、参加者名	共同研究課題名	担当室名
1	科学研究費助成事業(若手研究(B))	平成 28 年度～平成 30 年度	降雨による斜面災害現場における 2 次崩壊発生危険度評価手法に関する研究	土志田正二
2	科学研究費助成事業(若手研究(B))	平成 28 年度～平成 30 年度	消防活動と避難行動の相互影響を考慮した避難安全性評価手法の検討	藤井皓介
3	科学研究費助成事業(基盤研究C)	平成 28 年度～平成 30 年度 筑波大学・八反地剛	高解像度 DEM を用いた流路地形判読に基づく表層崩壊予測モデルの改良	土志田正二

	種　　別	期間、相手先、参加者名	共同研究課題名	担当室名
4	科学研究費助成事業(研究活動スタート支援)	平成29年度～平成30年度	津波避難タワーを含む市街地における津波避難時の災害時要援護者の支援に関する研究	大津暢人
5	科学研究費助成事業(基盤研究(B))	平成29年度～平成32年度 気象庁気象研究所	揺れの数値予報：広帯域時刻歴波形のリアルタイム予測	畑山　健
6	科学研究費助成事業(基盤研究(B))	平成29年度～平成32年度 山梨大学・後藤　聡	噴火史の視点から火山砕屑物の生成・移動過程を評価した斜面災害リスクマップの開発	土志田正二
7	科学研究費助成事業(研究活動スタート支援)	平成29年度～平成30年度	津波避難タワーを含む市街地における津波避難時の災害時要援護者の支援に関する研究	大津暢人

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	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

イ．大学非常勤講師

H29 年度は実績なし

ウ．消防大学校講義

	年月日	派　遣　先　機　関	講演会名・講義題目等	氏　名
1	2017.6.13	火災調査科（第 33 期）	機器分析（原理と構造）	尾川義雄
2	2017.7.19	危険物科（第 12 期）	燃焼理論	尾川義雄
3	2017.7.20	危険物科（第 12 期）	火災調査・漏洩調査（危険物災害の原因調査）	西　晴樹
4	2017.7.25	危険物科（第 13 期）	刑事裁判で使用される報告書等と証人出廷	塚目孝裕
5	2017.10.3	予防課（第 102 期）	予防実務 2	塚目孝裕
6	2017.10.26	火災調査科（第 34 期）	機器分析（原理と構造）	尾川義雄
7	2018.2.13	予防科（第 103 期）	予防実務 2	塚目孝裕
8	2018.2.28	NBC コース	検知と同定	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	2017.4.25	福島県ハイテクプラザ	福島県廃炉・除染ロボット技術研究会平成 29 年度第 1 回研究会「消防防災科学技術の推進と消防研究センターの取り組み」	細川直史
2	2017.5～12	獨協大学	2017 年度獨協大学オープンカレッジ講座	塚目孝裕
3	2017.5.31～6.2	船橋市消防局	平成 29 年度予防事務研修	塚目孝裕

	年月日	派　遣　先　機　関	講演会名・講義題目等	氏　名
4	2017.6.9	神戸市消防局・神戸市危険物安全協会	神戸市危険物安全大会	天野久徳
5	2017.6.23	横須賀市消防局	太陽光発電設備の消防活動場の危険性とその対策について	田村裕之
6	2017.7.18 ～7.19	大阪大学大学院	特別講義「フィールド・ロボティクス」	天野久徳
7	2017.8.4	上越地域防災連絡協議会	上越地域防災連絡協議会研修会	塚目孝裕
8	2017.10.1	一般社団法人飛行体空間協議会	静岡無人航空機技術人材育成セミナー「災害監視を目的とした自立型飛行船ロボットの研究開発について」	佐伯一夢
9	2017.10.12	岡山市消防局	平成 29 年度消防実務講習会「土砂災害における安全対策について」	新井場公徳
10	2017.10.16	富山県総合政策局消防課	住宅・商店街等密集地域の火災対策に係る勉強会	塚目孝裕
11	2018.10.20	龍谷大学	政策学部講演会「市街地津波避難における災害時要援護者の搬送効率」	大津暢人
12	2017.10.24 大阪会場 2017.10.27 東京会場	一般社団法人全国消防機器協会	平成29年度消防機器等に関する研修会	塚目孝裕
13	2017.10.27	公益社団法人日本火災学会	火災科学セミナー「市街地火災延焼シミュレーションを活用した消防活動支援」	高梨健一
14	2017.11.1	奥村組	奥村組第 29 回技術セミナー「糸魚川市大規模火災　－建物と消火活動－」、高層住宅の火災」	鈴木恵子
15	2017.11.2	日本火災学会	火災科学セミナー	西　晴樹
16	2017.11.2	国連訓練調査研究所	津波防災に関する女性のリーダーシップ研修	大津暢人
17	2017.11.17	山形市消防本部	平成29年度緊急消防援助隊山形県隊合同研修会	新井場公徳
18	2017.12.3	計測自動制御学会 SI 部門レスキュー工学部会	レスキュー工学シンポジウム「石油化学コンビナート火	天野久徳

	年月日	派　遣　先　機　関	講演会名・講義題目等	氏　名
			災・爆発対策用消防ロボットシステムの研究開発　－研究開発の概要と一次試作機の紹介－」	
19	2017.12.6	福島県ハイテクプラザ	福岡県廃炉・災害ロボット研究会平成29年度第2回技術セミナー「消防防災に関するロボット研究開発の取組について」	天野久徳
20	2017.12.22	新潟県消防学校	火災調査科	塚目孝裕
21	2018.2.15	宮崎県消防学校	第27期警防・特殊災害科	田村裕之
22	2018.2.21	神奈川県立産業技術総合研究所	化学安全技術フォーラム「危険物施設の火災事例と予防対策」	岩田雄策
23	2018.2.23	宇都宮危険物保安協会	研修会	西　晴樹
24	2018.2.23	日本界面活性剤工業会	保安事故防止の研修	塚目孝裕
25	2018.3.5	一般社団法人製造科学技術センター	物流・インフラ点検・災害対応ロボットシンポジウム in 大阪	天野久徳
26	2018.3.6	千葉市消防学校	警防科特殊災害課程第12期『隊員コース』・土砂災害	土志田正二
27	2018.3.29	日本タンクターミナル協会	勉強会	西　晴樹

(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	公益財団法人ロングライフビル推進協会	防火・避難規定等の合理化による既存建物活用に資する技術開発	委員	阿部伸之
2	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会火災便覧（第4版）編集委員会等	委員	
3	国立研究開発法人新エネルギー産業技術総合開発機構	ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト／性能評価基準等の研究開発／調査用無人航空機の評価手法の研究開発に係る推進委員会	委員	天野久徳

	団体等名	委員会等名	役職名	氏　名
4	公益財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	天野久徳
5	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　レスキュー工部学会	運営委員	
6	The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Incorporated	IEEE Robotics & Automation Society, TC on Safety, Security and Rescue Robots	メンバー	
7	The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Incorporated	Technical Program Committee of 2017 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics	メンバー	
8	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	
9	消防防災ロボット技術ネットワーク	幹事会	幹事	
10	特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構(IRS)	ロボット国際競技大会　災害分野競技委員会	委員	
11	特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構(IRS)	競基弘賞レスキュー工学奨励賞	審査委員	
12	特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構(IRS)	表彰委員会	委員	
13	特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構(IRS)	ロボット国際競技大会　災害分野競技委員会	委員	
14	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会火災便覧（第4版）編集委員会等	委員	
15	神奈川県産業労働局	ロボット実用化促進補助金選考委員会	選考委員	
16	日本消防検定協会	消防機器等評価委員会	委員	
17	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	
18	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	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏　名
19	一般財団法人製造科学技術センター	トンネル災害のための陸上ロボット性能評価基準検討委員会	委員	天野久徳
20	国立研究開発法人科学技術振興機構	国際科学技術共同研究推進事業	アドバイザー	
21	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
22	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	委員	岩田雄策
23	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	
24	東京消防庁消防技術安全所	技術改良検証課題検討委員会	委員	尾川義雄
25	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	
26	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	
27	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	
28	公益社団法人日本火災学会	平成29年度熱溶融性繊維に関する調査研究委員会	委員	
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	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	河関大祐
32	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	
33	ISO/TC21/SC3分科会	ISO/TC21/SC3分科会	委員	
34	ISO/TC21/SC3分科会	ISO/TC21/SC3/WG2作業部会	委員	
35	ISO/TC21/SC3分科会	ISO/TC21/SC3/WG6作業部会	委員	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏　名
36	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG7 作業部会	委員	河関大祐
37	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG9 作業部会	委員	
38	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG14 作業部会	委員	
39	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG17 作業部会	委員	
40	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG18 作業部会	委員	
41	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG21 作業部会	委員	
42	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG22 作業部会	委員	
43	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/音響装置 WG 作業部会	委員	
44	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG23 作業部会	委員	
45	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG24（ビデオ火災感知器）作業部会	委員	
46	消防機器等製品情報センター	消防機器等製品情報センター運営会議	委員	
47	一般財団法人消防防災科学センター	消防教科書編集委員会作業部会	部会員	小清水雄二
48	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	
49	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	佐伯一夢
50	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	
51	一般財団法人日本消防服装・装備協会	防火服等自主管理吏委員会	委員	佐藤康博
52	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会火災便覧（第4版）編集委員会等	委員	篠原雅彦
53	公益社団法人日本火災学会	理事会	理事	
54	公益社団法人日本火災学会	普及委員会	委員	
55	公益社団法人日本火災学会	火災誌編集小委員会	委員	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏　名
56	公益社団法人日本火災学会	ホームページ小委員会	委員	篠原雅彦
57	国土交通省国土技術政策総合研究所	防火・避難規定等の合理化による既存建物活用に資する技術開発　大規模木造WG	委員	
58	東京消防庁	第22期火災予防審議会	委員	鈴木恵子
59	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会火災便覧（第4版）編集委員会等	委員	
60	国土交通省住宅局	特殊構造方法等認定に係る技術審査委員会防火技術審査委員会	専門委員	
61	東京消防庁	観覧場等における裸火を用いた演出に係る防火安全対策検討部会	部会員	鈴木佐夜香
62	一般財団法人日本燃焼学会	第56回燃焼シンポジウム実行委員会	委員	
63	一般財団法人日本燃焼学会	理事会	理事	
64	一般財団法人日本燃焼学会	将来構想委員会	委員	
65	Fire Technology	Editorial Board	委員	
66	国土交通省国土技術政策総合研究所	防火・避難規定等の合理化による既存建物活用に資する技術開発　市街地火災WG	委員	
67	Springer Nature	Encyclopedia of wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) fires	Section Editor	
68	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会火災便覧（第4版）編集委員会等	委員	鈴木　健
69	神奈川県秦野市	秦野市消防審議会	委員	
70	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	
71	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
72	日本消防検定協会	特定警報避難機器評価委員会	委員	
73	東京消防庁消防技術安全所	技術改良検証課題検討委員会	委員	田村裕之

	団体等名	委員会等名	役職名	氏　名
74	一般社団法人日本電気工業会	純水素型燃料電池発電設備の防火安全対に関する検討部会	委員	田村裕之
75	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	
76	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	
77	一般財団法人日本消防設備安全センター	自衛消防業務再講習調査研究会	委員	
78	公益社団法人日本火災学会	理事会	理事	
79	公益社団法人日本火災学会	企画委員会	委員	
80	公益社団法人日本火災学会	ホームページ小委員会	委員	
81	公益社団法人日本火災学会	情報公開審査委員会	幹事	
82	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会火災便覧（第4版）編集委員会等	委員	
83	一般社団法人静電気学会	理事会	理事	
84	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	
85	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	
86	ISO/TC21/SC3分科会	ISO/TC21/SC3/WG10	委員	
87	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	
88	国土交通省近畿地方整備局	和歌山県GPS波浪計事故調査・安全対策委員会	委員	
89	一般財団法人日本消防服装･装備協会	防火服等自主管理委員会	委員	塚目孝裕
90	消防庁危険物安全保安室	水素スタンドの多様化に対応した給油取扱所等に係る安全対策のあり方に関する検討会	委員	
91	公益社団法人日本火災学会	総務委員会	委員	
92	公益社団法人日本火災学会	編集小委員会	委員	
93	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会火災便覧（第4版）編集委員会等	委員	
94	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	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏　名
95	富山県	富山県火災原因調査等研究委員会	委員	塚目孝裕
96	君津市消防本部	君津市坂田火災事故調査委員会	副委員長	
97	一般財団法人日本高圧力技術協会	タンク解放検査の合理化に関する調査	委員	徳武皓也
98	一般社団法人日本高圧力技術協会	平成28年度大規模地震に対する石油備蓄タンクの健全性システムの構築	委員	
99	一般社団法人日本高圧力技術協会	エネルギー貯槽等の安全専門研究委員会　EST-3（維持・管理）	中立委員	
100	東京大学空間情報科学研究センター	東京大学空間情報科学に関する研究の知見の提供	客員研究員	土志田正二
101	公益社団法人日本地すべり学会	事業計画部	幹事	
102	日本消防検定協会	消防機器等評価委員会	委員	内藤浩由
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	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	
105	ISO/TC21委員会	ISO/TC21/SC2委員会	委員	
106	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会火災便覧（第4版）編集委員会等	委員	長尾一郎
107	一般財団法人全国危険物安全協会	FF二重殻タンクの破損要因に関する検討委員会	委員	西　晴樹
108	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	
109	危険物保安技術協会	FF二重殻タンクの安全性向上に関する検討委員会	委員	
110	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	
111	危険物保安技術協会	機関誌編集委員会	委員	
112	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	
113	一般財団法人全国危険物安全協会	危険物地下埋設配管の点検及び維持管理に関する調査研究委員会	委員	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏　名
114	消防庁危険物保安室	危険物施設の長期使用に係る調査検討会	委員	西　晴樹
115	消防庁危険物保安室	屋外貯蔵タンクの検査技術の高度化に係る調査検討会	委員	
116	消防庁特殊災害室	自衛防災組織等の教育・研修のあり方調査検討会	委員	
117	川崎市	川崎市コンビナート安全対策委員会	委員	
118	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	
119	特定非営利活動法人安全工学会	第50回安全工学研究発表会実行委員会	委員	
120	一般財団法人沿岸技術研究センター	港湾施設の護岸等における簡易・簡便な耐震調査手法及び耐震改修工法に関する調査検討委員会	委員	
121	国立研究開発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	
122	消防庁危険物保安室	屋外貯蔵タンクの検査技術の高度化に係る調査検討会	委員	
123	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	
124	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会火災便覧（第4版）編集委員会等	委員	
125	特定非営利活動法人安全工学会	安全工学便覧（第4版）編集委員会	委員	
126	JEA誘導灯認定委員会	JEA誘導灯認定委員会	委員	藤井皓介
127	一般社団法人日本高圧力技術協会	平成28年度大規模地震に対する石油備蓄タンクの健全性システムの構築	委員	畑山　健
128	一般財団法人消防防災科学センター	秋田県石油コンビナート等防災アセスメント調査検討委員会	委員	
129	リアルタイム地震・防災情報利用協議会	長周期地震動ハザード評価結果等に関する意見集約会議	委員	
130	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	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏　名
131	一般財団法人日本消防設備安全センター	G 空間情報を利活用した救助システム及び消防活動に関する検討会	委員	細川直史
132	富山県	富山県火災原因調査等研究委員会	委員	
133	一般社団法人電子情報通信学会	安全・安心な生活と ICT 研究専門委員会	委員	
134	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	部会員	松島早苗
135	一般財団法人全国危険物安全協会	鋼製地下タンク FRP 内面ライニング施行事業者認定員会	委員	
136	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	
137	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	
138	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	
139	消防庁予防課	優良消防用設備等審査会	委員	山田常圭
140	一般財団法人東京防災設備保安協会	防災センター要員講習等運営委員会	委員	
141	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	
142	一般社団法人日本電気協会	澁澤賞受賞者選考委員会	委員	
143	日本消防検定協会	消防用機器具等技術基準委員会	委員	
144	ISO/TC21 事務局	ISO/TC21 への対応	委員	
145	一般財団法人日本消防設備安全センター	消防防災用設備機器性能評定委員会	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自動消火設備専門委員会	委員	
147	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	
148	一般財団法人日本消防設備安全センター	地下街防火・安全計画消防防災評定委員会	委員	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏　名
149	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・消防設備システム評価委員会	委員	山田常圭
150	国土交通省住宅局	特殊構造方法等認定に係る技術審査委員会防火技術審査委員会	委員	
151	一般財団法人日本建築防火協会	地下街防火・安全計画建築防災評定委員会	委員	
152	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	
153	東京理科大学研究推進機構総合研究院	火災安全科学研究拠点運営委員会	委員	
154	東京地方裁判所	専門委員	委員	
155	国土交通省国土技術政策総合研究所	建築防火基準委員会	委員	
156	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	
157	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	
158	東京消防庁警防部	警防業務事故再発防止対策検討部会	委員	渡辺剛英

(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

	実験・研究名等	主催団体名	分担事項	参加者	期　間
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	大規模地震に対する石油備蓄タンクの健全性システムの構築に関する調査研究委員会	一般社団法人日本高圧力技術協会	地震を受けた経年劣化タンク底部内面コーティングの損傷度･供用適性評価システムの構築	徳武皓也	2018.1.29 ～3.16
4	大規模地震に対する石油備蓄タンクの健全性システムの構築に関する調査研究	一般社団法人日本高圧力技術協会	大規模地震に対する備蓄タンクの供用適性評価および健全性評価システムの構築	畑山　健	2018.1.29 ～3.16

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	2018.1.31	札幌市/札幌市消防局	下宿火災	札幌市内の木造 2 階建て下宿建物から出火し、死者 11 名、負傷者 3 名を生じ、約 400m^2 を消失したもの。	①藤﨑草多 花井真実 ②塚目孝裕 田村裕之 ③鈴木恵子 ④小清水雄二 髙垣克樹 近江達彦 ⑤小清水雄二 花井真実 ⑥塚目孝裕	① 2018.2.1～2.6 ② 2018.2.1～2.3 ③ 2018.2.1～2.2 ④ 2018.2.3～2.6 ⑤ 2018.3.11～3.13 ⑥ 2018.3.12～3.13

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 29 年度は該当なし

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

平成 29 年度は該当なし

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

平成 29 年度は該当なし

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 29 年度は該当なし

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

	発災日	場所	施設等名称	概　要	現地出向者	現地調査日
1	2017.7.1	大阪府堺市	屋外タンク貯蔵所	ガソリンタンク浮き屋根のエマージェンシードレンから油が逆流し、浮き屋根上に漏れ出したもの	西　晴樹 小清水雄二 草薙和幸 近江達彦	2017.7.28
2	2017.10.11	和歌山県有田市	屋外タンク貯蔵所	軽油タンクの浮き屋根のベント配管に生じた腐食孔から油が漏洩し、ポンツーン内に大量に溜まっていたもの	西　晴樹 小清水雄二 草薙和幸 三浦光司	2017.11.14
3	2017.10.18	神奈川県川崎市	屋外タンク貯蔵所	ナフサタンクの浮き屋根に生じた亀裂から油が漏洩し、ポンツーン内に大量に溜まっていたもの	西　晴樹 草薙和幸 三浦光司 徳武皓也	2017.12.21
4	2017.10.23	岡山県倉敷市	屋外タンク貯蔵所	ガソリンタンクの浮き屋根に生じた亀裂から油が漏洩し、ポンツーン内に大量に溜まっていたもの	①西晴樹 草薙和幸 近江達彦 ②西　晴樹 草薙和幸	①2017.11.7 ②2017.11.22
5	2017.10.23	岡山県倉敷市	屋外タンク貯蔵所	原油タンクの浮き屋根に生じた亀裂から油が漏洩し、ポンツーン内に大量に溜まっていたもの	西　晴樹 近江達彦 三浦光司 徳武皓也	2018.1.23
6	2017.10.26	神奈川県川崎市	屋外タンク貯蔵所	原油タンクの浮き屋根に生じた亀裂から油が漏洩し、ポンツーン内に大量に溜まっていたもの	西　晴樹 三浦光司	2018.2.5
7	2017.12.17	千葉県市原市	屋外タンク貯蔵所	原油タンクのルーフドレイン配管が折損し、浮き屋根を突き破ったため、油が浮き屋根上に漏洩し、防油堤内に大量に漏洩したもの	西　晴樹 草薙和幸 藤﨑草多	2017.12.12

(2) 鑑定・鑑識

ア．鑑定

	支援年月	発災県	概　要	鑑定者
1	2017.4	静岡県	車両火災の残さ物の鑑定	原因調査室
2	2017.4	千葉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
3	2017.4	茨城県	塗料カスの鑑定	原因調査室
4	2017.4	埼玉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
5	2017.4	茨城県	車両火災の残さ物の鑑定	原因調査室
6	2017.4	埼玉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
7	2017.4	静岡県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
8	2017.4	群馬県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
9	2017.5	茨城県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
10	2017.5	徳島県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
11	2017.5	千葉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
12	2017.5	千葉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
13	2017.6	富山県	RPF の鑑定	原因調査室
14	2017.6	静岡県	RPF の鑑定	原因調査室
15	2017.6	滋賀県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
16	2017.6	福島県	地下タンクの漏洩検知管から採取した油分の鑑定	原因調査室
17	2017.7	大阪府	塩化ビニルペレットの鑑定	原因調査室
18	2017.7	岐阜県	その他火災の残さ物の鑑定	原因調査室
19	2017.7	茨城県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
20	2017.7	茨城県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
21	2017.7	宮城県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
22	2017.8	兵庫県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
23	2017.8	新潟県	ドラム缶内の残油成分の鑑定	原因調査室
24	2017.8	茨城県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
25	2017.8	大阪府	車両火災の残さ物の鑑定	原因調査室
26	2017.9	埼玉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
27	2017.9	茨城県	車両火災の残さ物の鑑定	原因調査室
28	2017.9	福島県	車両火災の残さ物の鑑定	原因調査室
29	2017.10	新潟県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
30	2017.10	神奈川県	硫黄タンク内の残さ物の鑑定	原因調査室
31	2017.10	鹿児島県	車両火災の残さ物の鑑定	原因調査室
32	2017.11	宮城県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
33	2017.11	岡山県	車両火災の残さ物の鑑定	原因調査室

	支援年月	発災県	概　要	鑑定者
34	2017.11	茨城県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
35	2017.11	千葉県	車両火災の残さ物の鑑定	原因調査室
36	2017.11	新潟県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
37	2017.11	大阪府	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
38	2017.12	千葉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
39	2017.12	群馬県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
40	2018.1	福岡県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
41	2018.1	千葉県	車両火災の残さ物の鑑定	原因調査室
42	2018.1	岩手県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
43	2018.1	香川県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
44	2018.2	新潟県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
45	2018.3	千葉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
46	2018.3	埼玉県	移動タンク貯蔵所の残さ物の鑑定	原因調査室
47	2018.3	秋田県	その他火災の残さ物の鑑定	原因調査室
48	2018.3	岐阜県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
49	2018.3	岡山県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室

イ．鑑識

	支援年月	発災県	概　要	鑑識場所
1	2017.4	東京都	電気配線の鑑識	消防研究センター
2	2017.4	宮城県	エアコン室外機の鑑識	消防局・本部
3	2017.4	静岡県	車両火災の残さ物の鑑識	消防研究センター
4	2017.4	茨城県	ドライクリーナーの鑑識	災害現場
5	2017.4	神奈川県	モバイルバッテリーの鑑識	消防研究センター
6	2017.4	沖縄県	照明器具調光コントロールユニットの鑑識	消防研究センター
7	2017.4	石川県	携帯電話のバッテリーの鑑識	消防研究センター
8	2017.5	鳥取県	超音波式噴霧器の鑑識	消防研究センター
9	2017.5	静岡県	コードレススチームアイロンの鑑識	消防研究センター
10	2017.5	千葉県	洗濯機の鑑識	消防研究センター
11	2017.6	山口県	車両火災の鑑識	整備工場等
12	2017.6	静岡県	浴室換気扇の鑑識	消防局・本部
13	2017.6	福島県	車両火災の残さ物の鑑識	消防研究センター
14	2017.6	茨城県	航空機火災のバッテリーの鑑識	消防研究センター
15	2017.6	神奈川県	ドライブレコーダーの鑑識	消防研究センター
16	2017.6	兵庫県	ドライブレコーダーの鑑識	消防局・本部
17	2017.7	神奈川県	高圧電線の鑑識	消防研究センター
18	2017.7	山口県	車両火災の残さ物の鑑識	消防研究センター

	支援年月	発災県	概　要	鑑識場所
19	2017.7	千葉県	タブレットの鑑識	消防研究センター
20	2017.7	大阪府	車両火災の鑑識	整備工場等
21	2017.7	千葉県	水銀灯センサースイッチの鑑識	消防研究センター
22	2017.7	京都府	携帯電話用充電器の鑑識	消防局・本部
23	2017.8	栃木県	電子レンジの鑑識	消防研究センター
24	2017.8	大分県	太陽光発電接続箱の鑑識	災害現場
25	2017.8	北海道	車両火災の鑑識	消防研究センター
26	2017.8	兵庫県	モバイルバッテリーの鑑識	消防研究センター
27	2017.8	岐阜県	冷風扇の鑑識	消防局・本部
28	2017.8	奈良県	車両火災の鑑識	消防研究センター
29	2017.9	福島県	パワーコンディショナーの鑑識	消防局・本部
30	2017.9	大阪府	浴室暖房乾燥機の鑑識	消防局・本部
31	2017.9	埼玉県	モバイルバッテリーの鑑識	消防研究センター
32	2017.9	埼玉県	ハロゲンセンサーライトの鑑識	消防研究センター
33	2017.9	愛知県	車両火災（大型バス）の鑑識	整備工場等
34	2017.9	神奈川県	照明器具の鑑識	消防研究センター
35	2017.9	茨城県	建物火災の残さ物の鑑識	消防研究センター
36	2017.11	宮城県	電子レンジの鑑識	消防局・本部
37	2017.11	秋田県	リチウムポリマーバッテリーの鑑識	消防研究センター
38	2017.11	島根県	パワーコンディショナーの鑑識	消防局・本部
39	2017.11	埼玉県	洗濯機の鑑識	消防研究センター
40	2017.11	徳島県	IHクッキングヒーターの鑑識	消防研究センター
41	2017.11	茨城県	建物火災の残さ物の鑑識	消防研究センター
42	2017.11	栃木県	モバイルバッテリーの鑑識	消防研究センター
43	2017.12	埼玉県	ラジオカセットレコーダーの鑑識	消防研究センター
44	2017.12	愛知県	ニッカド電池・充電器の鑑識	消防研究センター
45	2017.12	静岡県	車両火災の鑑識	消防局・本部
46	2017.12	神奈川県	ジェットバス用リモコンの鑑識	消防研究センター
47	2017.12	山口県	電気フライヤーの鑑識	消防局・本部
48	2017.12	東京都	テーブルタップの鑑識	消防研究センター
49	2017.12	三重県	車両火災の残さ物の鑑識	消防研究センター
50	2018.1	岐阜県	電気ケーブルの鑑識	消防研究センター
51	2018.1	千葉県	天井吊り下げ型クレーンのセンサーの鑑識	その他
52	2018.1	千葉県	イルミネーションの整流器の鑑識	消防研究センター
53	2018.2	埼玉県	3個口テーブルタップの鑑識	消防研究センター
54	2018.2	岩手県	除湿乾燥機の鑑識	消防局・本部
55	2018.2	徳島県	水耕栽培用冷暖コントローラーの換気扇	消防研究センター

	支援年月	発災県	概　要	鑑識場所
56	2018.2	埼玉県	浴室換気扇の鑑識	消防研究センター
57	2018.3	愛知県	車両火災の鑑識	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	2017.6.20	千葉県	建物火災の現場見分	塚目孝裕、小清水雄二 藤﨑草多、花井真実
2	①2017.7.14 ②2017.7.18 ～7.19	愛知県	屋外タンク火災の原因調査	①塚目孝裕、草薙和幸 近江達彦 ②小清水雄二、藤﨑草多 近江達彦
3	①2017.7.20 ～7.21 ②2017.8.3	広島県	製造所火災の原因調査	①塚目孝裕、小清水雄二、髙垣克樹、青野肇範 花井真実 ②塚目孝裕、小清水雄二、花井真実
4	①2017.12.1 ～12.6 ②2017.12.1 ～12.4 ③2017.12.2 ～12.4 ④2018.1.25 ～1.26 ⑤2018.2.6 ～2.7	静岡県	一般取扱所の火災原因の調査	①小清水雄二、青野肇範、近江達彦 ②塚目孝裕 ③岩田雄策、佐藤康博 ④田村裕之、市橋洋祐 青野肇範 ⑤三浦光司、青野肇範 佐藤康博
5	2018.2.1 ～2.2	三重県	製造工場の原因調査	①小清水雄二、三浦光司、近江達彦

4　受賞・学位

(1) 受賞

受賞者名	受賞年月	賞　の　種　別	受　賞　内　容
Masayuki Mizuno (Tokyo Univ. of Science), Kosuke Fujii, Hiroyuki Kadokura (Tohoku Gakuin Univ.), Fuqiu Wang (Tokyo Univ. of Science), Tomonori Sano (Waseda Univ.), Ai Sekizawa (Tokyo Univ. of Science)	2017.6.15	12th International Symposium on Fire Safety Science: Judges Choice Outstanding Poster	Development of mathematical model of evacuation flow in a staircase based on a survey result of a real evacuation drill in a high-rise office building
鈴木佐夜香	2017.11.14	日本燃焼学会奨励賞	Pioneering Firebirebrand Research for Large Outdoor Fire Mitigationの研究の顕著な功績

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	特許第 10-1816502	防護服用積層布帛およびそれを用いた防護服【国際特許：韓国】	若月　薫、伊澤　一（帝人テクノプロダクツ株式会社）、他 2 名

イ．特許出願

	番　号	発明の名称	発明者
1	特願 2017-079657	ホース敷設装置	天野久徳、他 9 名

(2) 意匠

ア．意匠出願

	番　号	発明の名称	創作者
1	意願 2017-026319	ロボット	－ （デザイナーへ委託）
2	意願 2017-026320	ロボット	－ （デザイナーへ委託）

6　視察・見学

(1) 国内

	日　付	訪　　問　　者	人　数
1	2017.4.21	消防大学校新任消防長・学校長科第 22 期	13
2	2017.4.21	消防大学校救助科第 75 期	63
3	2017.5.10	警察大学校刑事教養部（1 班）	56
4	2017.5.11	警察大学校刑事教養部（2 班）	55
5	2017.5.12	消防大学校新任消防長・学校長科第 23 期	47
6	2017.6.5	消防庁採用希望者	2
7	2017.6.20	総務大臣政務官	3
8	2017.6.28	陸上自衛隊化学学校	3
9	2017.6.30	消防大学校校幹部科 49 期生	69
10	2017.7.3	佐賀中部広域連合議員	12
11	2017.7.12	化学安全セミナー見学会	12
12	2017.7.13	消防庁平成 30 年度採用候補者	2
13	2017.7.18	消防大学警防課第 101 期	63
14	2017.7.21	宮崎県消防学校	43
15	2017.7.26	消防大学校調査課 33 期	51
16	2017.7.27	消防大学校危険物科 12 期	42
17	2017.7.27	小平市総務部防災危機管理課及び狭山市市民部危機管理課	10
18	2017.8.2	地方自治基礎研修	24
19	2017.8.2	消防庁次長	5
20	2017.8.4	航空自衛隊航空中央業務隊	13
21	2017.8.8	警察大学校刑事教養部（3 班）	57
22	2017.8.9	警察大学校刑事教養部（4 班）	58
23	2017.8.22	埼玉県さいたま市消防局消防企画課	1
24	2017.8.23	徳島県議会防災対策特別委員会	11
25	2017.8.28	芝浦工業大学付属高等学校	5
26	2017.9.8	山形県消防学校初任科	60
27	2017.9.11	埼玉県消防学校	155
28	2017.9.12	愛知県消防学校	116
29	2017.9.13	総務省副大臣	2
30	2017.9.13	静岡県消防学校初任科第 87 期	120
31	2017.9.14	川崎市危険物等運搬防災連絡協議会	14

	日　付	訪　　問　　者	人　数
32	2017.9.20	岐阜県消防学校教育訓練課	116
33	2017.9.28	消防大学校幹部科第 50 期	63
34	2017.9.28	消防庁実務研修生	21
35	2017.10.11	消防大学校救助課第 76 期	63
36	2017.10.12	消防大学校予防課第 102 期	50
37	2017.10.25	消防大学校幹部科第 51 期	83
38	2017.11.8	蒲田消防協力会	14
39	2017.11.8	警察大学校刑事教養部（5 班）	60
40	2017.11.9	警察大学校刑事教養部（6 班）	61
41	2017.11.10	消防大学校警防課第 102 期	63
42	2017.11.13	埼玉東部消防組合議会市議会	22
43	2017.11.16	茨城西南広域市町村圏消防連絡協議会	52
44	2017.11.16	調布市民「地域デビュー推進委員会」	44
45	2017.11.17	石川県小松消防本部	4
46	2017.12.1	総務大臣政務官	5
47	2017.12.6	消防大学校火災調査科第 34 期	51
48	2017.12.15	兵庫県明石市消防本部	1
49	2017.12.19	東名高速道路静岡県消防協議会	24
50	2017.12.25	鷹南学園三鷹市立中原小学校 F 地区	22
51	2018.1.15	Physical Hazard ＆ Process Safety 研究会	18
52	2018.1.25	神奈川県消防学校	40
53	2018.2.2	消防大学校幹部科第 52 期	86
54	2018.2.5	横浜市消防局南火災予防協会「防災施設研修会」	35
55	2018.2.7	警察大学校刑事教養部（7 班）	62
56	2018.2.8	警察大学校刑事教養部（8 班）	63
57	2018.2.27	消防大学校予防課第 103 期	51
58	2018.3.7	北海道消防協会空知地方支部中空知分会	37
59	2018.3.14	愛知県消防学校	118
計			2516

(2) 国外

	日　付	訪　　問　　者	人　数
1	2017.7.26	アンカラ大学院生	2
2	2017.8.25	JICA 救急救助技術コース	12
3	2017.10.5	JICA マレーシア消防行政能力向上研修生	20

	日　付	訪　　問　　者	人　数
4	2017.10.19	在日ペルー大使館	5
5	2017.10.25	ファーストレスポンダー国際フォーラム	25
6	2017.11.16	米国マンスフィールド研修生	1
7	2017.11.24	アジア火災フォーラム	40
8	2018.3.12	米国NIST災害対応ロボットSPTM策定プロジェクトリーダ	2
9	2018.3.15	中国消防研修視察団	5
計			112

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。

- **原因調査室**：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、並びに災害時における消防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。

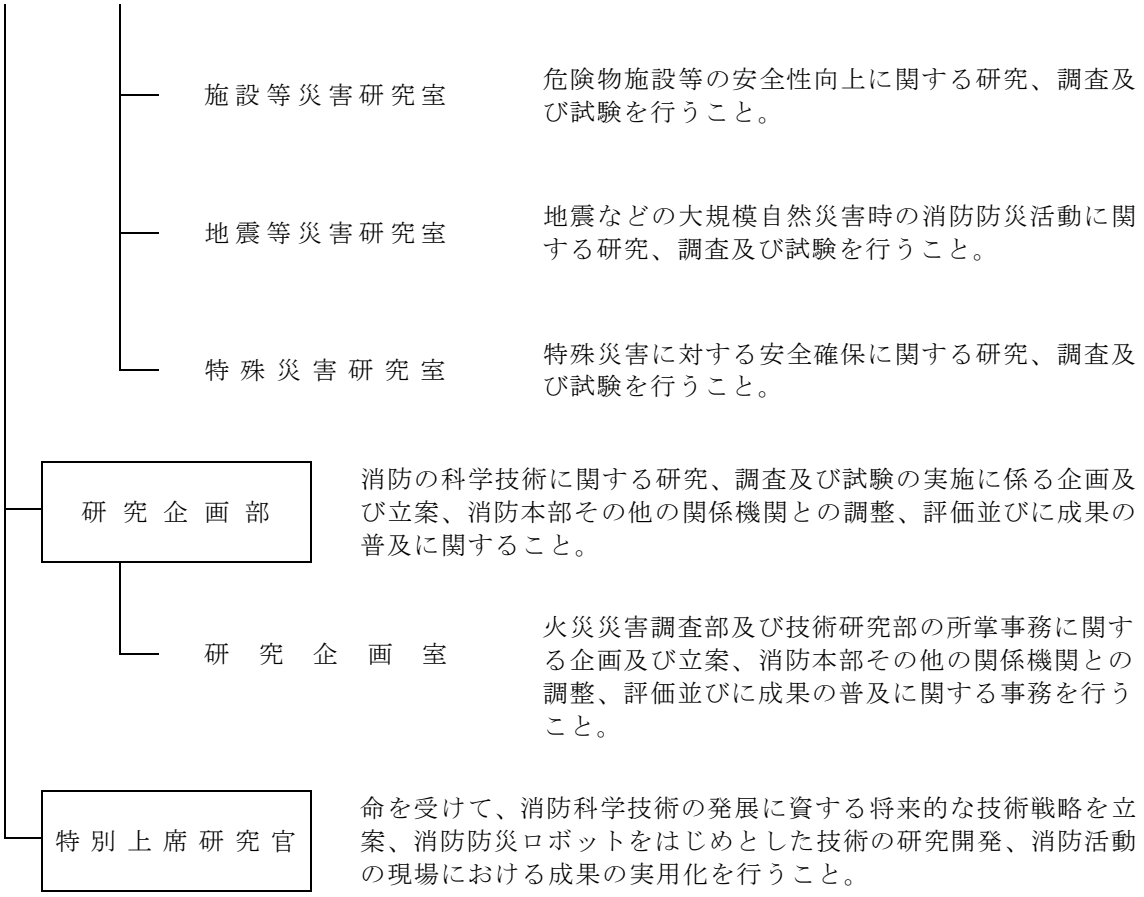
技術研究部

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。



(2) 予算

平成29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

	29年度予算額 A	28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	459,130	385,978	73,152	119.0
運営に関する経費等	124,451	122,365	2,086	101.7
施設・設備費等	28,499	23,866	4,633	119.4
合　計	612,080	532,209	79,871	115.0

また、研究費の内訳は次表のとおりである。

単位：千円

項　目	29年度予算額	28年度予算額
次世代救急車の研究開発に要する経費	18,346	20,503
災害時の消防力・消防活動能力向上に係る研究開発に要する経費	29,542	33,088
危険物の事故、災害の抑止に係る研究開発に要する経費	23,363	27,140
火災予防と火災による被害の軽減に係る研究開発に要する経費	24,564	27,983
火災・危険物流出等事故原因調査に必要な経費	15,938	17,863
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	347,377	259,401
合　計	459,130	385,978

(3) 定員

平成29年度末の予算定員は26名である。

(4) 職員（H30.3.31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	西　　晴　樹
原因調査室長	塚　目　孝　裕
火災災害調査官	阿　部　伸　之
〃	鈴　木　　健
調整官	小清水　雄　二

技術研究部

部長	渡　辺　剛　英
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	畑　山　　健
地震等災害研究室長	新井場　公　徳

特殊災害研究室長	久保田　勝　明
主幹研究官	篠　原　雅　彦
主任研究官	尾　川　義　雄
〃	内　藤　浩　由
〃	大　津　暢　人
〃	野　村　祐　子
研究官	鈴　木　佐夜香
〃	土志田　正　二
〃	徳　武　皓　也
研究官（任期付）	佐　藤　康　博
〃	藤　井　皓　介

研究企画部

部長	細　川　直　史
主任研究官	渡　邉　明　宏
専門官	村　上　明　伸
研究官	佐　伯　一　夢

特別上席研究官　天　野　久　徳

【消防庁】総務課

主任研究官	鈴　木　恵　子
〃	高　梨　健　一

(5) 人事異動

平成29年4月1日付け

氏　名	新	旧
塚　目　孝　裕	併任解除	消防大学校消防研究センター火災災害調査部原因調査室長　併任　消防大学校消防研究センター技術研究部特殊災害研究室長
久保田　勝　明	消防大学校消防研究センター技術研究部特殊災害研究室長	消防大学校消防研究センター技術研究部地震等災害研究室長
新井場　公　徳	消防大学校消防研究センター技術研究部地震等災害研究室長	消防大学校消防研究センター技術研究部地震等災害研究室主幹研究官

氏　名	新	旧
尾　川　義　雄	消防大学校消防研究センター技術研究部特殊災害研究室主任研究官　併任　消防大学校消防研究センター火災災害調査部原因調査室専門調査官	消防大学校消防研究センター技術研究部危険性物質研究室主任研究官　併任　消防大学校消防研究センター火災災害調査部原因調査室専門調査官
佐　藤　康　博	消防大学校消防研究センター技術研究部危険性物質研究室研究官	消防大学校消防研究センター技術研究部特殊災害研究室研究官
鈴　木　佐夜香	消防大学校消防研究センター技術研究部大規模火災研究室研究官 併任解除	消防大学校消防研究センター研究企画部研究官 併任　消防大学校消防研究センター技術研究部大規模火災研究室研究官
佐　伯　一　夢	消防大学校消防研究センター研究企画部研究官　併任　消防大学校消防研究センター技術研究部地震等災害研究室研究官	消防大学校消防研究センター技術研究部地震等災害研究室研究官

平成29年10月1日付け

氏　名	新	旧
大　津　暢　人	消防大学校消防研究センター技術研究部特殊災害研究室主任研究官	（新規採用）

平成30年3月31日付け

氏　名	新	旧
山　田　常　圭	定年退職	消防大学校消防研究センター所長

(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　　東京大学環境安全研究センター　教授
〃　　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　特任教授
〃　　大須賀　　公一　　大阪大学大学院工学研究科　教授

〃	菅　原　進　一	東京理科大学大学院国際火災科学研究科　嘱託教授
〃	鈴　木　　毅	一般社団法人日本損害保険協会　常務理事
〃	橋　爪　　毅	一般社団法人全国消防機器協会　会長
〃	長谷見　雄　二	早稲田大学理工学術院　教授
〃	林　　春　男	国立研究開発法人防災科学技術研究所　理事長
〃	三　宅　淳　巳	横浜国立大学　先端科学高等研究院　副研究院長

H30.3.31 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	井　上　源　三	公益財団法人日本消防協会　理事長
〃	大　熊　郁　夫	さいたま市消防局長
〃	猿　渡　知　之	消防庁審議官
〃	橋　本　　巨	東海大学　教授
〃	藤　井　茂　樹	大阪市消防局長
〃	本　間　恭　二	電気通信大学　名誉教授
〃	村　上　研　一	全国消防長会会長
〃	室　﨑　益　輝	兵庫県立大学大学院　減災復興政策研究科教授・科長
〃	八木橋　　厳	一般財団法人救急振興財団　救急救命東京研修所教授
〃	山　田　　實	元横浜国立大学リスク共生社会創造センター　客員教授
〃	山　田　常　圭	消防研究センター　所長

H30.3.31 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29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

(3) 主な研究設備・機器の整備状況

ア．平成29年度に整備された主な設備・機器

○赤外線サーモグラフィー

広域火災における火災旋風・飛火などに関係する火災周辺の気流の速度場を計測するにあたり、計測精度向上のため使用するもので、

熱画像カメラと解析装置類で構成され、計測データを保存するタイミングを制御できる。そのため、既存の可視画像カメラと超音波風速計と同期させた実験が可能となる。

(4) 図書

ア．蔵書数

単行本	14,632 冊
製本雑誌等	13,293 冊
視聴覚資料（CD、DVD、ビデオテープ等）	917 点

イ．平成 29 年度に購入した単行本冊数

11 冊

ウ．定期購入刊行物

和　誌	47 誌
洋　誌	35 誌

エ．定期購読の外国雑誌

1	Brandschutz
2	Bulletin of the Seismological Society of America
3	Combustion and Flame
4	Corrosion
5	Disasters
6	EMS World
7	Fire
8	Fire and Materials
9	Fire Engineering
10	Fire Risk Management
11	Fire Safety Journal
12	Fire Technology
13	Géotechnique
14	Hydrocarbon Processing
15	I&EC Research
16	Journal of Applied Meteorology and Climatology
17	Journal of the Atmospheric Sciences
18	Journal of Electrostatics
19	Journal of Fluid Mechanics
20	Journal of Fire Sciences
21	Journal of Forensic Sciences
22	Journal of Hazardous Materials
23	Journal of Loss Prevention in the Process Industries
24	Loss Prevention Bulletin
25	NFPA Journal
26	Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences
27	Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society
28	Science and Justice
29	Seismological Research Letters
30	Transactions of the ASME, Journal of Heat Transfer
31	Transactions of the ASME, Journal of Applied Mechanics
32	Transactions of the ASME, Journal of Manufacturing Science and Engineering
33	VFDB Zeitschrift
34	Journal of Structural Fire Engineering
35	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering

3　年　表

(1) 昭和22年度～平成29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
28. 4. 1	地域連携企画担当部長を振替廃止し、研究企画部及び研究企画室を設置

4　平成 29 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 123 号（2017 年 9 月）

【技術報告】

1. 3 件の火災から発生した火の粉の性状に関する研究

鈴木佐夜香

2. 石油タンク火災時のフッ素フリー泡消火薬剤の泡消火効率改善に関する検討

内藤浩由

【解説】

3. 不確実性下の意思決定と状況認識

野村祐子

4. 再生油に関した火災、漏洩について

鈴木　健

イ．通巻 124 号（2018 年 3 月）

【技術報告】

1. 消防救助活動における無人航空機（UAV）の利活用方法について

土志田正二、新井場公徳、佐伯一夢

2. アルカリ金属火災の消火に関する実験

鈴木　健

3. 高感度熱量計とガス分析を用いた再生資源燃料等の火災危険性評価方法

岩田雄策

消 研 輯 報　　第 71 号

平成 30 年 10 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