

# 消研輯報

75

令和3年度

## [グラビア]

### [I 研究業務]

- 消防力と消防水利を考慮した市街地火災延焼シミュレーションによる火災被害推定ソフトウェアの研究開発
- 消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発
- 超高齢化・人口減少社会の火災と消防力に関する研究
- 火災旋風の発生予測に関する研究
- 火災状況に応じた消防隊の放水方法の研究
- 飛び火・火の粉に対する防御に関する研究
- 高層建築物の順次避難における避難順序算定方法の研究
- 火災現場の燃焼性状の解析及び残さ物の物質同定に関する研究
- ライニングが施工された鋼製一重殻地下タンクの定量的評価に基づく健全性診断方法の研究開発
- 化学物質等の製造・貯蔵工程における火災危険性に関する研究
- 石油タンクの地震被害予測の高精度化のための研究
- 自然災害時の現場対応型情報収集システムと分析手法の研究開発
- 消火活動の検証技術の研究開発（火災実験と火災シミュレーションによる新技術開発）
- 火炎上空の気流計測のための無人飛行制御技術の研究開発
- 災害時における自力避難困難者および消防職団員の安全確保に関する研究
- 感染拡大期を含む救急出動要請件数増大期における救急搬送時間短縮手法の研究開発
- 人口構造を考慮した住宅火災リスク評価に関する研究
- 鋼製平底円筒貯槽の地震時底板浮き上がり現象を説明する数理モデルの構築
- 消防ロボットシステム：  
スクラムフォースの配備に関するフォローアップ調査と消防におけるロボット技術の活用の検討
- 土砂に埋まった人体に作用する力を計測する技術の研究

### [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概要
- 研究懇話会
- 調査技術会議

### [III 関連業務]

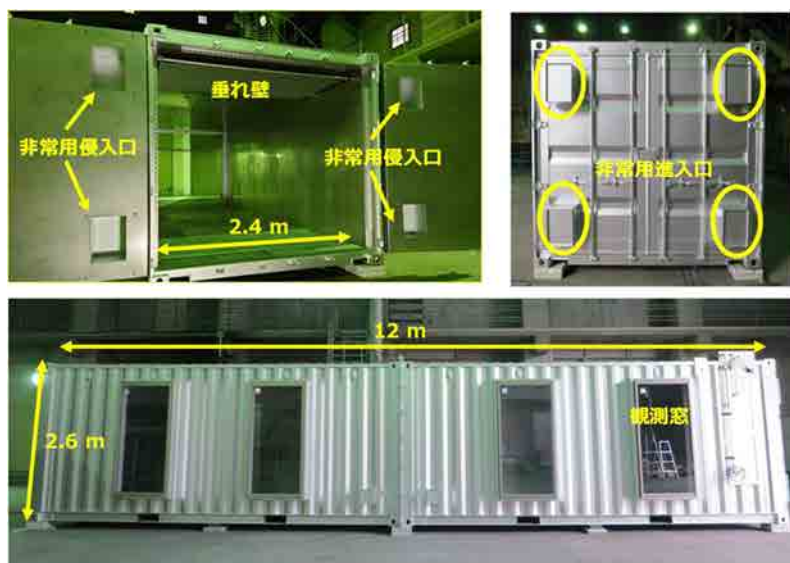
- 研究交流
- 所外講師派遣及び所外委員会等参加状況
- 災害調査等
- 受賞
- 産業財産権
- 視察・見学

### [付録]

- 研究体制
- 施設設備
- 年表
- 令和3年度刊行物

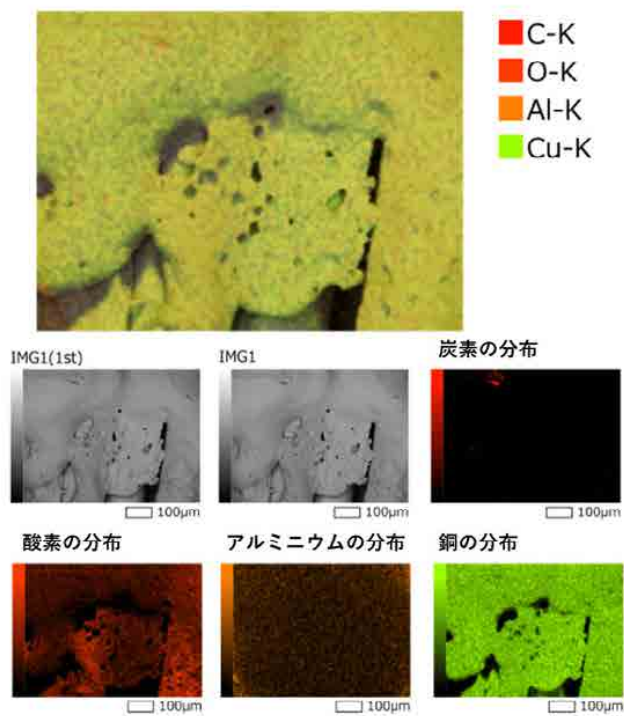
## グラビア写真 I 消防研究センターの研究業務

### ●消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発



倉庫区画模型の外観 (P.15)

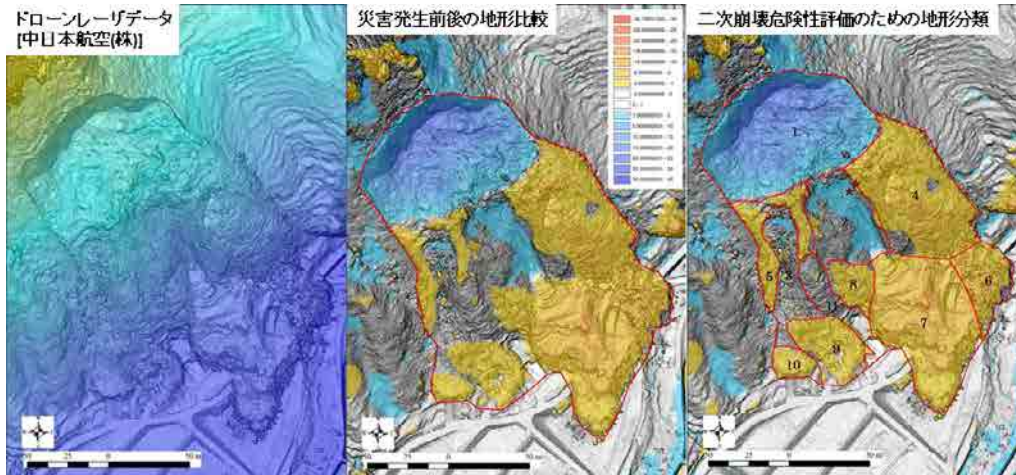
### ●火災現場の燃焼性状の解析及び残さ物の物質同定に関する研究



溶融痕表面を電子顕微鏡の元素分布で測定した結果の例 (P.36)



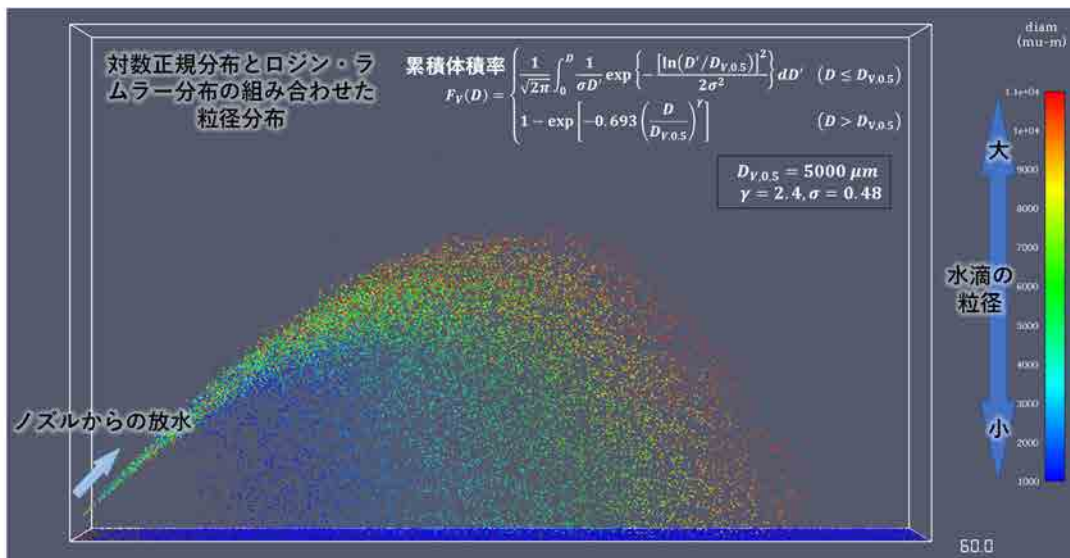
● 自然災害時の現場対応型情報収集システムと分析手法の研究開発



詳細地形データを用いた土砂災害現場での二次崩壊危険地域の抽出  
ならびに評価方法の開発の研究イメージ

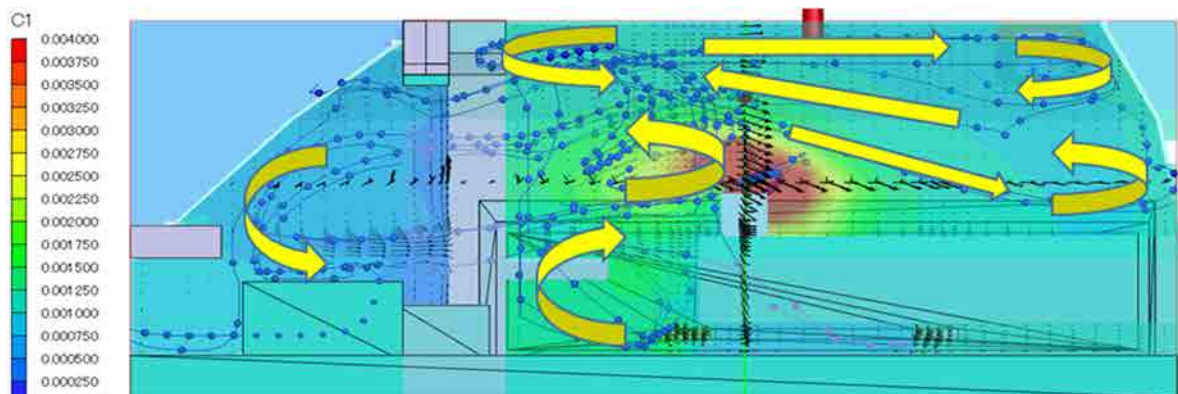
(参考：2018年耶馬溪地すべりの詳細地形データの解析) (P.57)

● 消火活動の検証技術の研究開発 (火災実験と火災シミュレーションによる新技術開発)



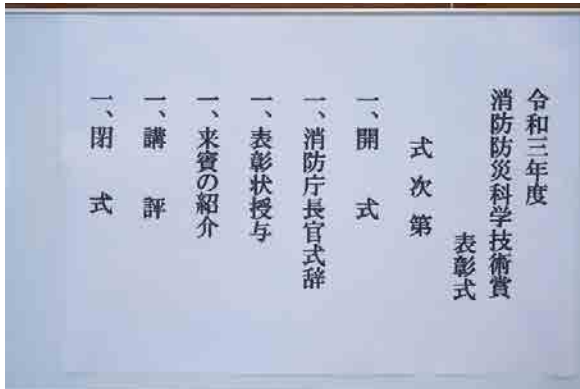
放水シミュレーション (予備計算) (P.61)

● 感染拡大期を含む救急出動要請件数増大期における救急搬送時間短縮手法の研究開発

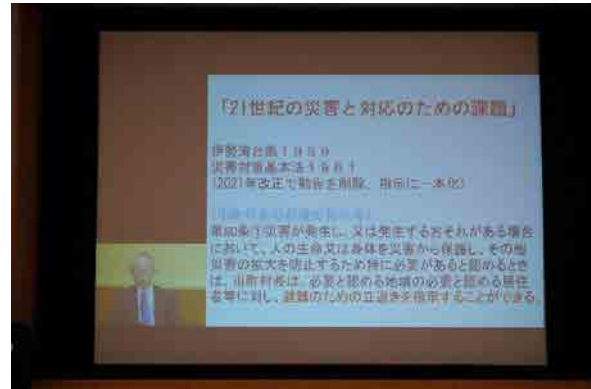


救急車内の気流シミュレーションイメージ (P.74)

グラビア写真Ⅱ 消防研究センターの研究発表・啓発活動



令和3年度消防防災科学技術賞表彰式  
(令和3年11月)



第69回全国消防技術者会議(特別講演)  
(令和3年11月)



令和3年度消防防災科学技術賞表彰式  
(令和3年11月)



第69回全国消防技術者会議  
(令和3年11月)



令和3年度消防防災科学技術賞表彰式  
(令和3年11月)



第24回消防防災研究講演会  
(令和3年11月)



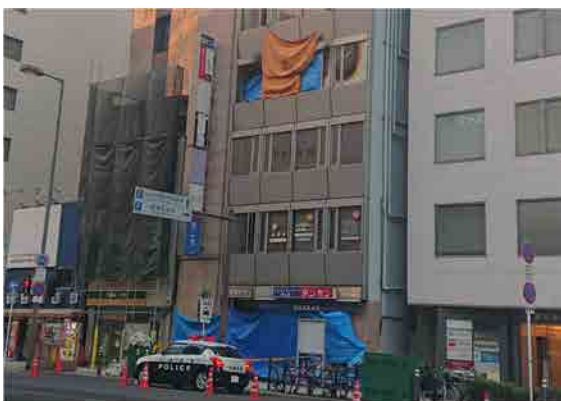
## グラビア写真Ⅲ 消防研究センターの関連業務



島根県松江市 住宅火災  
(令和3年4月)



埼玉県蕨市 変電所火災  
(令和3年10月)



大阪府大阪市 建物火災  
(令和3年12月)



新潟県村上市 工場火災  
(令和4年2月)



調査技術会議（札幌会場）  
(令和3年10月)



鑑識支援  
(令和3年6月)

## I 研究業務

(1) 消防力と消防水利を考慮した市街地火災延焼シミュレーションによる火災被害推定ソフトウェアの研究開発	3	(12) 自然災害時の現場対応型情報収集システムと分析手法の研究開発	56
(2) 消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発	8	(13) 消火活動の検証技術の研究開発 (火災実験と火災シミュレーションによる新技術開発)	60
(3) 超高齢化・人口減少社会の火災と消防力に関する研究	17	(14) 火炎上空の気流計測のための無人飛行制御技術の研究開発	63
(4) 火災旋風の発生予測に関する研究	20	(15) 災害時における自力避難困難者および消防職団員の安全確保に関する研究	65
(5) 火災状況に応じた消防隊の放水方法の研究	23	(16) 感染拡大期を含む救急出動要請件数増大期における救急搬送時間短縮手法の研究開発	67
(6) 飛び火・火の粉に対する防御に関する研究	27	(17) 人口構造を考慮した住宅火災リスク評価に関する研究	77
(7) 高層建築物の順次避難における避難順序算定方法の研究	30	(18) 鋼製平底円筒貯槽の地震時底板浮き上がり現象を説明する数理モデルの構築	81
(8) 火災現場の燃焼性状の解析及び残さ物の物質同定に関する研究	33	(19) 消防ロボットシステム： スクラムフォースの配備に関するフォローアップ調査と消防におけるロボット技術の活用への検討	86
(9) ライニングが施工された鋼製一重殻地下タンクの定量的評価に基づく健全性診断方法の研究開発	39	(20) 土砂に埋まった人体に作用する力を計測する技術の研究	88
(10) 化学物質等の製造・貯蔵工程における火災危険性に関する研究	45		
(11) 石油タンクの地震被害予測の高精度化のための研究	50		

## II 研究発表等

<b>1 所外研究発表状況</b>	<b>90</b>	<b>4 消防防災研究講演会</b>	<b>107</b>
(1) 口頭発表	90		
(2) 論文発表	97	<b>5 消防防災科学技術賞受賞作品</b>	<b>109</b>
(3) 解説	100	概要	
(4) 著書	102		
<b>2 一般公開</b>	<b>103</b>	<b>6 研究懇話会</b>	<b>120</b>
<b>3 全国消防技術者会議</b>	<b>105</b>	<b>7 調査技術会議</b>	<b>125</b>

## Ⅲ 関連業務

<b>1 研究交流</b>	<b>129</b>	<b>4 受賞</b>	<b>155</b>
(1) 派遣	129	(1) 受賞	155
(2) 受け入れ	129		
(3) 共同研究	131	<b>5 産業財産権</b>	<b>156</b>
(4) 競争的資金	132		
<b>2 所外講師派遣及び所外委員会等</b>	<b>134</b>	<b>6 視察・見学</b>	<b>157</b>
参加状況		(1) 国内	157
(1) 所外講師派遣状況	134	(2) 国外	157
(2) 所外委員会、研究会への参加状況	137		
<b>3 災害調査等</b>	<b>147</b>		
(1) 災害調査	147		
(2) 鑑定・鑑識	150		
(3) その他の技術支援	154		

## 付 録

<b>1 研究体制</b>	<b>158</b>	<b>3 年表</b>	<b>169</b>
(1) 組織	158	(1) 昭和 22 年度～令和 3 年度略年表	169
(2) 予算	159		
(3) 定員	160	<b>4 令和 3 年度刊行物</b>	<b>172</b>
(4) 職員	160	(1) 消防研究所報告	172
(5) 人事異動	162		
(6) 委員会	162		
<b>2 施設設備</b>	<b>164</b>		
(1) 土地、建物の現況	164		
(2) 主な研究施設の概要	165		
(3) 主な研究設備・機器の整備状況	166		
(4) 図書	167		



# I 研究業務

## (1) 消防力と消防水利を考慮した市街地火災延焼シミュレーションによる 火災被害推定ソフトウェアの研究開発

研究期間 令和3年4月～令和8年3月

技術研究部 地震等災害研究室 高梨健一  
技術研究部長 細川直史

### 1. 目的

住民の生命、身体、財産を守る消防本部の使命を果たすためには、火災の早期覚知や初期消火の実施を推進することにより発生・拡大する火災の件数を抑制するとともに、地域の状況に合わせて十分な消防力と消防水利を確保して火災に対応する能力を備えておくことが重要である。

消防力と消防水利の確保にあたっては、住宅地や工業団地、大型商業施設等の新規開発や廃止などの施設面での変化のほか、昼間人口と夜間人口の移り変わりや少子高齢化に伴う人口減少といった人口分布の変化などの環境の変化が予想されることから、それらの変化に対応して十分な消防力と消防水利を整備していくことが必要であるが、環境の変化への対応において、消防力及び消防水利を組み合わせて将来の整備の効果を提示する有効な手法は知られていない。

この時、消防署所に配置された消防車両や人員、消防団の消防車両と団員数、自主防災組織等地域住民の防災力、更に建築物の防災レベルを含む総合的な消防力と、消火栓や防火水槽、自然水利などの消防水利の要素を取り入れて市街地火災延焼シミュレーション（消防力運用シミュレーション）を行い、一定の仮定の下で、前述のような変化が延焼被害に及ぼす影響を示すことができれば、消防本部による消防力及び水利の整備に資することができると考え

られる。

そこで、本研究では、消防力運用シミュレーションによる火災被害推定ソフトウェアの開発を目指し、次のサブテーマの研究を行う。

#### (1) 市街地火災の延焼阻止に必要な消防水利の評価手法に関する研究

消火栓や防火水槽などの消防水利は、想定される火災の種別や規模などに応じて整備される必要があるが、建物構造やその分布状況など市街地の延焼リスク計算に基づいた有効性の評価は行われていない。本サブテーマでは、木造密集地区を含んだ市街地において火災の延焼を阻止するために必要とされる水量を、実火災における放水量調査に基づいた分析結果と市街地火災延焼シミュレーションによるリスク評価を用いて算定可能な手法を開発する。

#### (2) 消防力、消防水利の要素を考慮した市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアの開発

消防研究センターにおいて開発した大規模地震災害時の初動時消防力最適運用システムは、大規模地震災害時に消火栓が利用不能に陥ることを考慮して消防水利として防火水槽を対象とし、同時多発火災に対して消防車両を割り当て、市街地火災延焼シミュレーションを行って消火の可否や出火後の延焼棟数の経時変化等を示すことができるシステムである。

本サブテーマでは、震災時の火災のみならず通常

時の火災にも対応することができるよう、消火栓の管径に基づく消防力の配置制限など消防活動時における消防水利の選定ルール of 調査と選定ルールを盛り込んだ消防力の消防水利への割当アルゴリズムの検討を行うほか、消火可否判断手法の再検討、消火栓の管路ネットワークと上流・下流の関係を表現するデータ形式の検討、建築物の防災設備レベルが延焼に与える影響に関する検討などを行い、初動時消防力最適運用システムよりも高機能なシステムの開発を行う。

さらに、本サブテーマでは、消防本部が大きな延焼被害が予想される地域に対し消防力の増強や消防水利の増設など適切な対策を実施して効果的に延焼

被害低減を図ることが可能となるよう、シミュレーション結果に基づいて延焼被害等を予測する手法の開発を目指す。

(3) 市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアの改良

消防研究センターでは従来から研究開発を行ってきた市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアを消防機関等に提供しており、延焼阻止線の機能向上や火の粉の飛散および延焼範囲に関する機能等の改良要望が寄せられている。そこで、研究の一環として、消防本部から寄せられている要望について導入可否や手段について検討を行い、当該ソフトウェアに盛り込む。

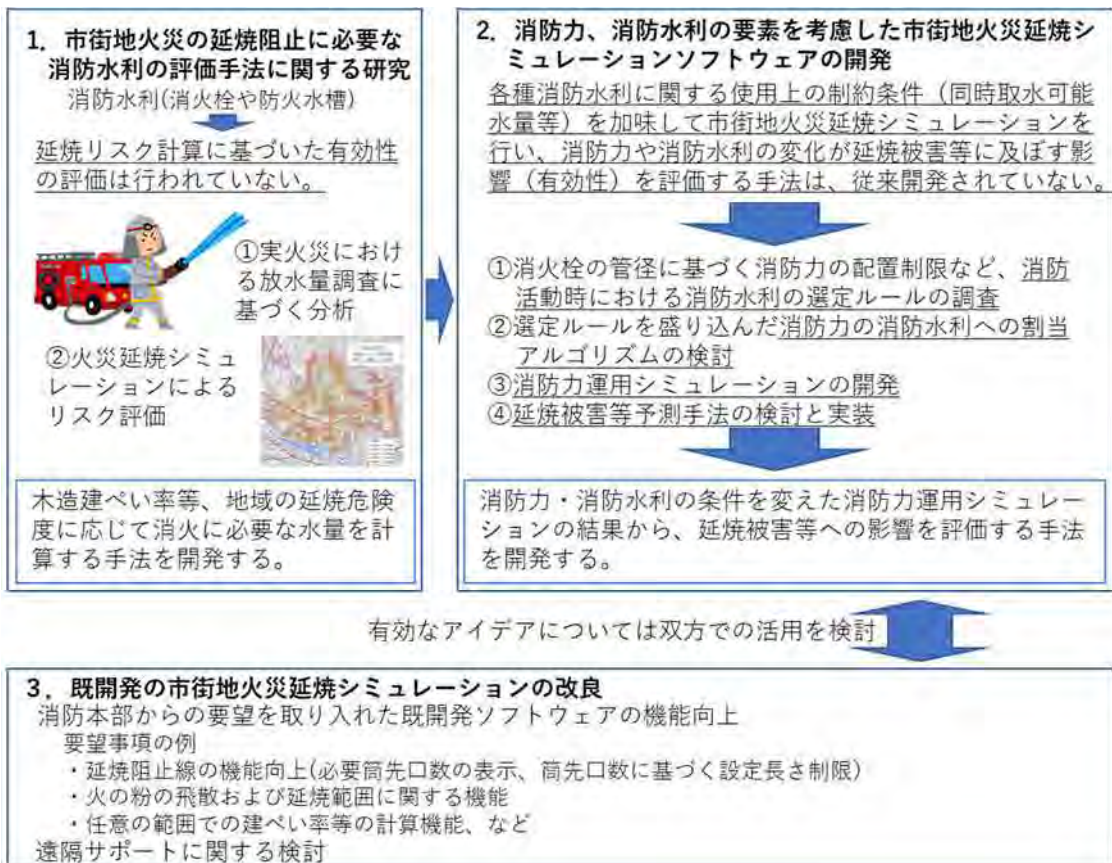


図 1 研究項目間の関係

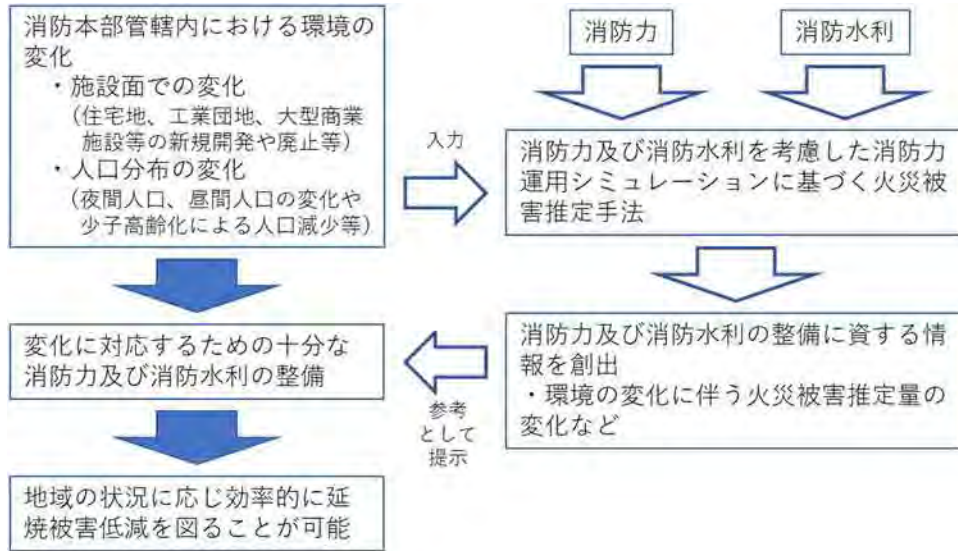


図2 研究成果の活用のイメージ

## 2. 令和3年度の研究成果

### 2.1 市街地火災の延焼阻止に必要な消防水利の評価手法に関する研究

市街地火災の消火に必要な水量を算出する手法を検討する際の基礎的資料として、消防本部に依頼して放水量に関連するデータ（出動隊数、放水筒先数、放水量、延焼面積等）を収集するために調査票の検討を行った。また、放水筒先数と出動隊数、延焼面積との関係について論文等で情報収集を行った。

### 2.2 消防力、消防水利の要素を考慮した市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアの開発

消防活動時において、実際に消防隊員が部署する消防水利を選定するルールについて調査を行うことを目的として調査票の検討を行った。

また、実火災での選定ルールとは別に、計算モデルとして最適に近い消防力の割り当てアルゴリズムの作成を目的として検討を行った。令和3年度終了時点において、少なくとも、

- (1) 消防車両が時間内に部署可能な消防水利の抽出
- (2) 消防力の割り当てと配管系統を考慮した部署可能な消防水利の利用可否判定
- (3) 遮断する延焼経路の選定

の3つのサブモデルが必要と考えられたことから、

それぞれについて検討した。

「消防車両が時間内に部署可能な消防水利の抽出」については、道路ネットワークを利用した駆けつけ時間とホース延長に要する時間から、シミュレーションで計算される火災に対して利用可能か否かを判定して抽出する。

「消防力の割り当てと配管系統を考慮した部署可能な消防水利の利用可否判定」については、正確には管路計算を行って取水可能か否かを判断するべきであるが、多数の試行を可能とするよう、有向グラフを用いて簡易的に計算する手法の検討を行った。

また、既存の大規模地震災害時における初動時消防力最適運用支援システムでは、木構造として得られる延焼シミュレーションの結果から、切断可能な延焼経路のうち最も影響の大きな延焼経路を順次遮断していくこととしていたが、このような計算方法では延焼回り込みを考慮せずに選択されるため、延焼が終わるまでの時間は長くなるものの最終的な延焼棟数は変わらない場合がある。そこで、「遮断する延焼経路の選定」手法として、最短経路ではない延焼経路も保持し、延焼経路をネットワーク（有向グラフ）として把握するとともに、利用可能な消防力でネットワークを分割できるか否かを計算して遮断する延焼経路を選択する手法について検討を行っ

た。

そのほか、今後の検討や消防力運用シミュレーションとの比較等に用いるため、下記の機能をシミュレーションソフトウェアに追加した。

- ・道路ネットワークデータの読込機能
- ・道路ネットワークデータの編集機能  
(道路リンクの追加・削除、消防署所および消防水利の追加)
- ・既存の初動時消防力最適運用システムの一部機能
  - ▶ 消防署所、消防水利間の駆けつけ時間に関するデータベースの作成及び検索機能
  - ▶ 消防署所に配置された消防車両の火災への割当計算機能
  - ▶ 消防車両を火災へ割り当てた場合及び放任火災の場合の延焼被害を出力する機能

### 2.3 市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアの改良

既開発の市街地火災延焼シミュレーションの機能向上を目的として、下記の機能を追加した。

- ・東消式 2001 への対応  
従来は平成元年度に東京消防庁が開発した延焼速度式のみを利用可能だったが、東消式 2001 に対応させた。
- ・都市データの高精度化と再作成  
緯度経度を用いる都市データは、単精度浮動小数として計算すると建物等にゆがみや変形が目立つことから、精度を向上させるために倍精度浮動小数として計算するとともに、全国データを再作成した。
- ・対象地域の一部建物群による全棟 1 回出火シミュレーション機能の実装  
ポリゴンで指定した範囲内の建物すべてから、それぞれ 1 回出火する市街地火災延焼シミュレーションを行う機能を実装した。
- ・任意の指定範囲 (ポリゴン) による集計機能の実装

任意に与えたポリゴン単位での集計機能を実装した。集計項目としては、あたえられたポリゴンに重なる範囲でのリンク数、焼損面積、火面長の時系列データとした。

- ・全棟 1 回出火シミュレーション機能の出力項目の追加

全棟 1 回出火シミュレーションを行った際の出力項目に、各建物が全焼に至った時間および焼損面積を追加した。

また、提供依頼のあった消防本部等に対して、シミュレーションソフトウェア、延焼経路データの提供 (一部消防本部に対しては、消防事務の受託による管轄の拡大にあわせたデータの追加提供) を行った。

## 3. 令和 4 年度の研究計画

### 3.1 市街地火災の延焼阻止に必要な消防水利の評価手法に関する研究

市街地火災の消火に必要な水量を算出する手法を検討する際の基礎的資料として、消防本部に依頼して放水量に関連するデータ (出動隊数、放水筒先数、放水量、延焼面積等) を収集する。

### 3.2 消防力、消防水利の要素を考慮した市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアの開発

比較対象として、既存の大規模地震災害時の初動時消防力最適運用システムの一部機能を更に追加する。また、検討した消防水利の利用可否判定アルゴリズムや消防力配置アルゴリズムが実際に機能するか机上検討を行うとともに、一部を実装する。

### 3.3 市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアの改良

消防本部等から寄せられた要望事項を踏まえて、有効と思われる機能を追加する。また、提供依頼のあった消防本部等に対して、シミュレーションソフトウェア、延焼経路データの提供を行う。

表 1 5か年の研究計画概要

	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
市街地火災の延焼 阻止に必要な消防 水利の評価手法に 関する研究	市街地火災の延焼阻止に必要な消防水利の評価手法に関する研究				
消防力、消防水利 の要素を考慮した 市街地火災延焼シ ミュレーションソ フトウェアの開発	消防力、消防水利の要素を市街地火 災延焼シミュレーションソフトウェ アに適用する手法の検討	シミュレーショ ンソフトウェア の開発	シミュレーショ ンソフトウェア の検証	シミュレーショ ンソフトウェア の改良	シミュレーショ ンソフトウェア の検証
既開発の市街地火 災延焼シミュレー ションの改良	既開発の市街地火災延焼シミュレーションの改良				



## (2) 消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発

研究期間：令和3年4月～令和8年3月

技術研究部 危険性物質研究室 内藤浩由、高橋優太  
特別上席研究官 天野久徳

### 1. 目的

物流市場拡大に伴い、近年大規模物流倉庫が増加しており、防火対象物実態等調査によると、延べ面積が5万m<sup>2</sup>以上の大規模物流倉庫は、この10年間で急増し、15年前の約6倍となっている(図1)。このような大規模倉庫等で火災が発生した場合は、現行の消防用設備等により、適切に消火、または延焼阻止できることが前提であるが、設備不良や集積物品量の超過、また各物品の可燃性の違い等が要因し、初期消火に失敗した場合、急速な延焼拡大(フラッシュオーバー)や大量の濃煙熱気の発生、更に倉庫の構造上、外壁開口部が少ないため、外部からの消火活動および消防隊が内部進入できない等により、消火活動は極めて困難となる。そのため、平成29年2月に発生した埼玉県三芳町での大規模物流倉庫(延べ床面積：約72,000m<sup>2</sup>)の火災では、鎮火までに約12日間を要し、また令和2年4月に発

生した宮城県岩沼市での大規模物流倉庫(延べ床面積：約44,000m<sup>2</sup>)でも約7日間を要した。更に、同年7月に発生した、静岡県吉田町での倉庫火災(延べ床面積：約7,000m<sup>2</sup>)では、鎮火までに約2日間を要し、その際、4名の殉職者が発生している。このように危険を伴う消火活動困難性の高い火災を踏まえ、類似の殉職事故や火災が再発することがないように、人的被害(消防隊を含む)を無くす対策(無人での消火手法等)を取り入れ、安全で有効な消火手法開発や、新たな消防資機材の開発等、消防力の強化を図ることは、消防活動上において喫緊の課題である。

そこで本研究は、消火活動困難性が極めて高い火災形態(建物構造、可燃物の種類、火災進展等)に対し、人的被害を無くす対策(無人での消火手法等)を取り入れ、安全で有効な消火手法及び消火戦術の検討を行うことを目的とする。

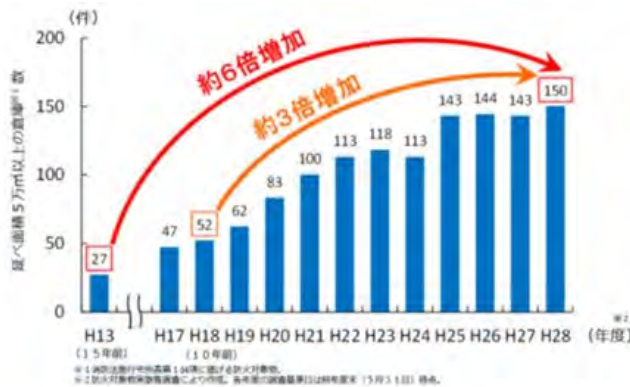


図1 大規模倉庫(延べ面積5万m<sup>2</sup>以上)件数の推移



図2 埼玉県三芳町倉庫火災時の様子

一方、国際的に環境影響への関心が高まるなか、平成 21 年に残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(POPs 条約)の第 4 回締約国会合(COP4)において、泡消火薬剤の一部の製品に使用されている PFOS 又はその塩(以下「PFOS 等」という。)が、規制対象物質として追加され、更に、令和元年の第 9 回締約国会合(COP9)では、PFOA とその塩、及び PFOA 関連物質(以下「PFOA 等」という。)が規制対象物質となった。今後、フッ素化合物の規制の拡大は確実であり、フッ素含有泡消火薬剤の製造が禁止される可能性が高い。フッ素化合物は、泡の消火性能を著しく向上させる性質があり、フッ素フリー化された泡消火薬剤を使った場合、火災形態によっては、既存の技術基準どおりでは消火できない火災が想定され、高性能なフッ素フリー泡消火薬剤の開発や性能評価手法の検討においても消防活動上の課題となっている。

そこで、消火活動困難性の高い大規模倉庫火災等でも適用可能性が高い、環境影響に考慮したフッ素フリー泡消火薬剤を用いた冠泡消火の消火性能評価も併せて検討することを目的とする。

## 2. 研究内容

大規模倉庫火災等の消火活動困難な火災に対応



図 3 宮城県岩沼市大規模物流倉庫火災時のフラッシュオーバーの様子【あぶくま消防撮影】

### 2.3 倉庫火災等に対する消火手法の検討

倉庫等の集積可燃物の燃焼性状の検討を基に、有効な消火手法と実現可能性の検討を行う。具体的には、区画火災のフェーズ毎(火災初期、延焼拡大(フ

ラッシュオーバー)、盛期火災)に、消火剤等に対する消火効果の高い投入方法を検討し、区画火災のフェーズ毎の最適な消火手法と、それら効果的な組合せ、更に、実現可能性も併せて検討する。

#### 2.1 倉庫火災等の実態調査

倉庫火災の事件事例調査や、物流倉庫の構造、また消防用設備等の実態や、倉庫内の取扱い物品やレイアウト等の調査を行い、大規模倉庫火災時の課題を抽出し、その結果を基に、倉庫模型や火災模型の設計・製作を行い、消火手法、及び消火戦術等の検討を進める。

#### 2.2 倉庫内にある集積可燃物の燃焼性状の検討

調査結果を基に、代表的な可燃物を抽出し、大規模物流倉庫等を模擬した区画条件(区画形状、区画壁の熱的特性、開口寸法(換気支配・燃料支配等))における、代表的な可燃物の燃焼性状の違いや、火源及び煙層からの対流熱伝達と放射熱を解析し、区画内の熱的影響評価を行う。その後、隣接した集積可燃物への着火条件(火源及び煙層からの放射熱、対流熱伝達、火源距離)を検証し、延焼拡大(フラッシュオーバー)に起因する支配パラメーターを整理し、有効な延焼阻止方法(支配パラメーターの除去方法)を検討する。

2.4 冠泡消火の消火性能に関する検討

消火活動困難性の高い大規模倉庫火災等で適用可能性が高い、環境影響に考慮したフッ素フリー泡消火薬剤を用いた冠泡消火の消火性能を検討する。具体的には、区画模型、火災模型の設定、及び、投入方法、投入量、泡性状等（発泡倍率、還元時間、流動性）の検討を行い、大規模倉庫火災等の区画火災における冠泡消火に必要な諸性能を明らかにする。

2.5 倉庫火災等の消火戦術の検討

倉庫火災等で有効と考えられる、消火剤、消火手法、またその組合せを選定し、火災フェーズに応じた消火手法の最適化を進め、倉庫火災等の消火戦術の検討を行う。検証には、消火実験等を実施し、消火手法の検証と課題を抽出し、消火活動困難性が高い火災形態に対応できる有効な消火戦術の提案を行う。

表 1 5か年の研究計画

研究項目	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発	①倉庫火災等の実態調査	②倉庫内にある集積可燃物の燃焼性状の検討			
		③倉庫火災等に対する消火手法の検討			
		④冠泡消火の消火性能に関する検討			
		⑤倉庫火災等の消火戦術の検討			

3. 令和3年度の研究成果

3.1 大規模倉庫火災等の実態調査

大規模倉庫火災等の消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発を行うため、大規模倉庫等への実態調査及び大規模倉庫火災に対応し

た消防本部に対するヒアリングを行った。

(1) 大規模倉庫等の調査概要

当該調査を行った大規模倉庫等は5件であり調査方法及び内容を表2に示す。

表 2 大規模倉庫等の調査方法及び調査内容

調査方法	調査内容
① 大規模倉庫等への視察	<ul style="list-style-type: none"> <li>倉庫の外部及び内部の構造について</li> <li>消防用設備等の維持状況について</li> <li>倉庫の使用状況について</li> <li>収容物（商品）の管理状況について</li> </ul>
② 倉庫関係者へのヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>職員について（勤務人員、勤務状況等）</li> <li>倉庫の使用状況について</li> <li>収容物（商品）の管理状況について</li> <li>物流の流れについて</li> </ul>
③ 管轄消防本部へのヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物の基本情報について（構造、階層、面積等）</li> <li>消防用設備等の設置状況について</li> <li>平面図、警防計画の閲覧</li> <li>訓練の実施状況について</li> <li>大規模倉庫等の火災に対する意見交換</li> </ul>

本調査では、大規模倉庫等の実態把握及び消火活動における問題点や課題の抽出を目的とし、実際に倉庫業を運営している大規模倉庫等に対して視察を行うとともに当該視察する倉庫の関係者及び管轄消防本部に対してヒアリングを行った。その結果、共通の問題点として、ハード面としては①～⑤の課題、ソフト面では⑥～⑦の課題が抽出された。

#### ① 外壁開口部が最低限

倉庫は、商品の保管を目的して設けた建物であり、物流において品質管理の観点からトラックを横付けして商品の積み下ろしを行う階以外は、開口部が必要最低限となっており、消防法上の「無窓階」になることが多い。実際、視察を行った5件中、4件がすべての階が無窓階であり、残り1件も3階以上の階は無窓階となっていた。そのため、外部からの放水等の消火活動及び建物内部へのアクセスが困難な倉庫が多い。

#### ② 常に大量の収容物（商品）を保管・集積

倉庫は、商品の保管を目的して設けた建物であるため、限られた収納スペースに大量の商品を保管するため、ラックやパレットに商品を天井付近まで積み重ねているのが現状である。また、商品を置いていない建物内外の空いたスペースに使用していない大量のパレットや折り畳みコンテナが集積し、高く積み上げられており、これらコンテナ等の可燃物による急激な延焼拡大や大量の濃煙熱気の発生が消火活動への困難性をさらに加速させている。

#### ③ 収容物（商品）の把握が困難

倉庫における商品の保管には、段ボールに梱包されているものが多く、更にバーコードや登録番号等によるデータ管理が多いため、段ボール内に何の商品が入っているか即座に判別することが困難である。消防隊による消火活動は、燃焼物の種類によって有効な放水方法が異なり、また禁水性物質等の危険物がある場合、消火活動時に注意しなければならない。このことから危険性を把握するうえでも収容物（商品）の種類や数量の詳細な把握ができないことが問題となる。

#### ④ 内部構造が複雑

大量のラックやコンベアー等のマテハン機器の設置により、区画内部が極めて複雑化し、さらには区画免除により法令で定められている面積区画以上の大空間となることで、火災区画への内部進入が極めて危険であると言える。また、天井付近まで商品が積み上げられていることや大量の濃煙熱気の発生により、誘導灯や誘導標識を容易に視認することが不可能であり、従業員の避難や消防隊の緊急退避に支障となるため、最悪の場合、死者が発生する恐れがある。

#### ⑤ 外部からの消火活動の困難性が高い

3階以上の階には、消火活動や救出活動の際に、外部からの進入を容易にするための非常用進入口（建築基準法施行令第126条の6）または代替の開口部が設置されているが、上記①のとおり、今回視察した5件すべて3階以上の階が無窓階であったことや、④の内部構造が複雑であることを考えると、火災が進行し、外部からの消火活動となった場合、限られた開口部、かつ、大量のラックやコンベアー等のマテハン機器による散水障害により、区画中央部等への有効な放水ができないことが容易に想像できる。

#### ⑥ 使用形態の多様化

機械による自動化が近年進んでおり、自動倉庫や高密度収納システム等の大型のマテハン機器及びプレハブの大型冷蔵冷凍倉庫など、竣工時には想定していなかった機器が次々使用されていると聞いた。管轄消防本部へのヒアリングで、竣工してから数か月後に訪れた際、竣工検査との状況の違いに困惑したと語っていた。また、外観や名称は倉庫であるが、倉庫内をテナントが多用途（ライブ会場、物品販売店舗等）に使用していることがあるため、立入検査の際、聴取するだけでなく、ネット等の情報も確認しているとのことであった。

#### ⑦ 現行法令における技術革新時の課題

倉庫内の自動化が進んでおり、大型の自動倉庫等の屋内消火栓設備の未警戒及び可動式のラックやローラーコンベア等による誘導灯の視認障害が増えていくことが考えられる。大型の自動倉庫等で火

災があった場合、メンテナンスのための通路等が設けられているが、通常の通路に比べ、狭く入り組んでいるため、屋内消火栓設備のホースや消防隊のホースが機器等に引っ掛かり先に進めず、またホースの折れによる圧力損失でノズルから既定の圧力が出ない等が懸念される。また、機器等による作業が主になると、階ごとの勤務人員が少なくなり、避難器具や放送設備等のハード面、及び、防火管理者や消防計画等のソフト面で収容人員に依存するものは、非該当なることが多くなる。倉庫は、大空間、かつ段ボール等の吸音しやすいものが多いため、拡声器等での避難指示が聞こえづらいため、放送設備は必要だと考える管轄消防本部もあった。

(2) 大規模倉庫火災を対応した消防本部に対するヒアリング調査

本調査では、実際の大規模倉庫火災における問題点の抽出及び消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発を目的とし、消火活動に従事した消防本部に対し、ヒアリングを行った。当該調査を行った消防本部は、2017年2月に埼玉県三芳町で対応した入間東部地区事務組合消防本部、2020年4月に宮城県岩沼市で対応したあぶくま消防本部、そして2022年11月に大阪府大阪市で対応した大阪市消防局の1局2本部であり、調査方法及び調査内容を表3へ示す。

表3 大規模倉庫火災を対応した消防本部への調査方法及び調査内容

調査方法	調査内容
管轄消防本部へのヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発災当時の建物の基本情報について（構造、階層、面積等）</li> <li>・ 発災当時の消防用設備等の設置状況について</li> <li>・ 発災当時の平面図、警防計画の閲覧</li> <li>・ 活動内容について</li> <li>・ 対応した職員への当時状況の聴取について</li> <li>・ 消防車両及び資器材についての意見交換</li> </ul>

大規模倉庫火災を対応した消防本部へのヒアリング調査を行った結果、消防活動上の共通の課題として下記の通り、屋内では①～⑦、屋外では⑧～⑩の課題が抽出された。

① 大量のラックやコンベアー等のマテハン機器による活動障害

規模倉庫等の実態調査結果からもわかるとおり、大量の商品を保管・搬出するため、大量のラックやコンベアー等のマテハン機器が設置されている。屋内での消火活動において、このような大量のマテハン機器があることで、区画内の複雑化が起これ、ホース延長や緊急待避等の障害となってしまうことが考えられる。

② 大量の収容物（商品、パレット等）による燃焼の

促進

3件の大規模倉庫火災とも消防隊の現着時には、すでに火場所の区画内全体に火勢が広がっており、対応した消防本部へのヒアリングからも想像以上の早さの延焼拡大が起こっており、内部進入が極めて困難であったと聞いている。このことから出火場所付近の大量の収容物（商品、パレット等）の可燃物により、延焼が促進され、急激な延焼拡大につながったことが想像でき、消火活動の困難性が高いことが言える。

③ 防火シャッター等の作動不良による区画未形成

埼玉県三芳町倉庫火災を踏まえた防火対策及び消防活動のあり方に関する検討会報告書にも記述されているが、多くの防火シャッター等の作動不良



による区画未形成により、倉庫全体へ延焼が拡大し、他の2件の倉庫火災においても同様に防火シャッターの作動不良が確認されている。また、区画をまたいで延焼拡大した部分で、防火シャッター自体が崩落している区画も確認されており、大量の可燃物による急速な延焼拡大で天井付近の温度が急激に上昇し崩落したものと考えられる。このような状況化で屋内での消火活動は、非常に危険であり消火活動の困難性が高いと言える。

#### ④ 建物中心部の区画へのアクセスが困難

上記①で記述したとおり、倉庫内部は大量のラックやコンベアー等のマテハン機器が設置され複雑化し、建物出入口もしくは外壁開口部から放水した場合、これらのマテハン機器等が障害となり有効な放水ができないことが想像できる。

#### ⑤ 収容物（商品）の把握ができず危険性の把握が困難

倉庫における収容物（商品）は、時間とともに大量に搬出入が行われており、またこれらの収容物（商品）を決められた場所以外に一時的に置いている場合もあるため、すべての収容物（商品）の正確な把握は不可能と聞いている。収容物（商品）は段ボールで保管されていることが多く、またバーコードや登録番号等、商品管理がデジタル化されているため、容易に把握することは困難である。また燃焼物ごとに最適な消火方法が異なるため、収容物の早期把握は消火活動において重要であると言える。

#### ⑥ 濃煙熱気による視界不良と危険性

大規模倉庫火災を対応した消防本部へのヒアリングを行った際、屋内の状況は、大量の黒煙や濃煙熱気により、視界は1m程度であり、退路の確保をしなければ、要救助者になってしまう恐れが十分にあったと聞いている。このことから、大量に発生している濃煙熱気の前で、フラッシュオーバー等の急激な延焼拡大が起こった場合、緊急退避に遅れ、最悪の場合、殉職者を出す可能性がある危険な環境であると言える。

#### ⑦ 建屋の座屈等による内部活動の危険性

3件の大規模倉庫火災とも、建物の屋根部分の崩

落や、柱・梁の歪みが発生している。また、③で記述したとおり、防火シャッター自体が崩落するほど、区画内部はかなり高温になっており、このような状況での消火活動は、極めて危険であり困難性が高いと言える。

#### ⑧ 大量の水源確保が必要

建物内部に進入しての消火活動は極めて困難であり、また限られた開口部からの放水は、大量のラックやコンベアー等のマテハン機器、大量の収容物（商品、パレット等）に阻害され、有効な放水を行うことは困難となり、大量な水を確保する必要がある。

#### ⑨ 開口部が少なく限られた場所からの放水活動

倉庫は消火活動に有効な開口部が少なく、限られた開口部、場所からの放水となるため、筒先等の地上からの放水や、はしご車等からの高所放水で建物内部へ放水する場合、場所、角度が限られてしまい、火源へ向け有効に放水することは困難となる。

#### ⑩ 消火手法が限定的（既存資機材、安全距離等の都合）

3件の大規模倉庫火災を対応した消防本部のヒアリングにより、外壁開口部等から噴出する大量の黒煙や火炎からの放射熱により、建物外壁に近づいての消火活動が困難であったと聞いている。本来、火災性状の変化にあわせて、ストレート放水、噴霧放水等、適した放水方法を適用すべきであるが、既存資機材、安全距離等の都合により、ほぼストレート放水のみで対応したと聞いている。

#### ⑪ 建物内部の火点まで有効に放水できない

放水において、限られた開口部、かつ、建物内部には大量のマテハン機器や大量の収容物（商品、パレット等）等の障害となるものが多く存置されているため、建物中央部への放水は困難であると言える。そのため、3件の大規模倉庫火災では、重機により新たな開口部を作り、そこから放水塔車等の大流量の放水が有効であったことが当該火災を対応した消防本部から聴取した。

#### (3) 実態調査後の消火対象範囲（研究方向性）について

令和3年に大規模倉庫の実態調査や、また実際の大規模倉庫火災で消防活動を行った消防本部に対し、消火活動上の問題点や課題、また有効と考えられる資機材等についてヒアリングを実施した。大規模倉庫火災時の共通の課題としては、開口部が法令上定められている箇所以外に無く、外部からの消火活動が極めて困難であること。常に大量の収容物（可燃物）が集積されているため急激な延焼拡大や大量の濃煙熱気が発生すること。倉庫内の収容物（可燃物）の種類や数量の把握が困難であり危険性を把握出来ないこと。ラック、コンベアー等の設置により、区画内部が極めて複雑となり火災区画への内部進入が極めて危険であること。区画内にあるラック、コンベアー等が散水障害となり、区画中央部へ有効に放水できないこと等の課題が抽出された。また、実態調査結果より防火区画をまたいで延焼した場合、上記課題、問題点等により、外部からの消防活動を余儀なくされ、次第に消防力は劣勢となる。現状の限られた消防力、資機材、水利等を勘案すれば、他区画への延焼時の対応は、別途検討が必要と考える。

そこで本研究は、出火から1時間（防火区画で求

められる耐久時間）以内に、一防火区画内の冷却や火災抑制、消火手法の検討を行い、その消火戦術の提言を行うことを目標とする。

### 3.2 倉庫模型の設計・製作

建築基準法施行令第112条第1～3項に定められている、防火区画（面積区画）は、表4に示す通り、スプリンクラー設備（以下SP）の有無により、区画すべき面積を定めている。令和3年に大規模物流倉庫の実態調査を行った結果、主要構造部は、耐火構造または準耐火構造で、SP設置無しの区画が大半を占めており、1区画当たりの最大床面積は1,500m<sup>2</sup>未満が大半を占めていた。そのため1,500m<sup>2</sup>未満の区画寸法を参考にし、図4に示す区画模型の設計・製作を行った。

大規模倉庫の調査結果から1,500m<sup>2</sup>以下の実区画寸法は、一般的に、縦方向36m×横方向40m×天井高さ8m寸法の区画が多く存在し、当該区画模型は、実験場の制約や実験時の安全性、経済性を考慮し、区画模型の縮尺を、縦方向、天井高さにおいては、実区画の1/3とし、実際の倉庫区画の一部を切り取った要素模型を製作した。

表4 防火区画（面積区画）について

主要構造部*1の構造	区画面積		区画方法	
	SPなし	SPあり	床・壁	開口部
耐火構造	1,500m <sup>2</sup> ごと	3,000m <sup>2</sup> ごと	準耐火構造 (60分)	特定防火設備 (60分)
準耐火構造*2(60分)	1,000m <sup>2</sup> ごと	2,000m <sup>2</sup> ごと		
準耐火構造*3(45分)	500m <sup>2</sup> ごと	1,000m <sup>2</sup> ごと		

断熱材により、壁面からの放熱を無視できる構造とし、そして模型内部の耐熱温度は1300°Cで、また繰り返し行う消火実験にも耐え得る構造とした。更に、消火に寄与する有効水量の評価も行うため、消火実験時の流下水を採取できる構造とした。また、消火実験時の煙の流動や延焼状況等を可視化するため、耐熱用観測窓を4カ所取り付け、模型内部に

もカメラや計測機器等が設置できる構造とした。更に、延焼拡大に寄与する煙層高さを制御するため、天井高さを自在に可変できる垂れ壁も設置した。そして、法令上設置義務がある非常用出入口を模擬した実スケール比1/3の開口部を4カ所設置し、この開口部から区画内を有効に冷却する手法や消火手法の検討を次年度以降行う予定である。

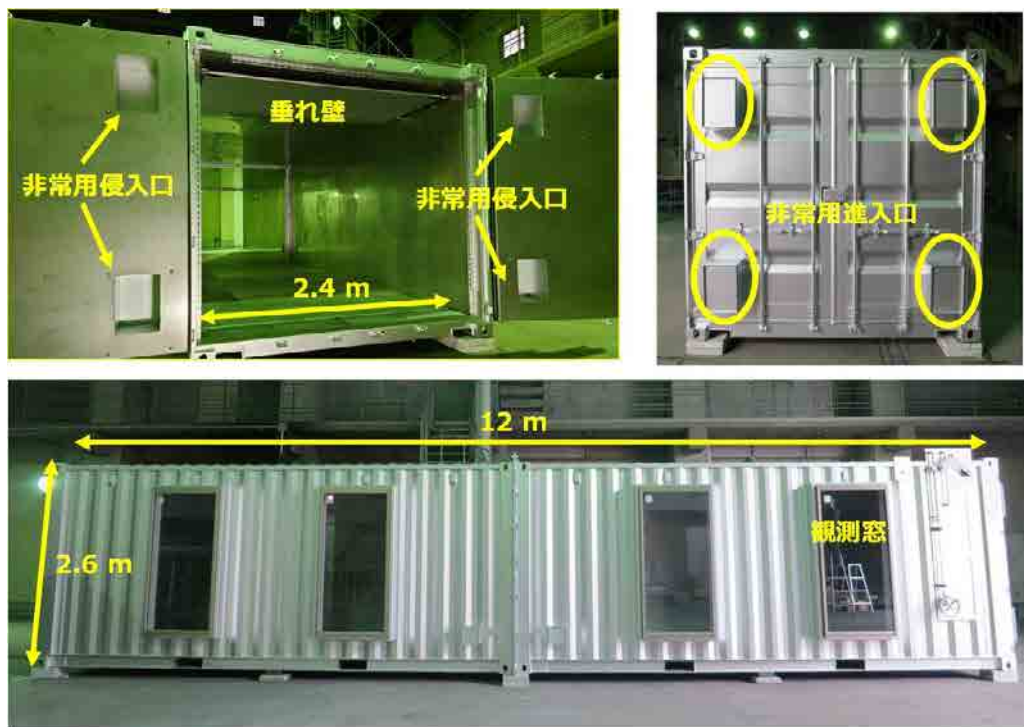


図4 倉庫区画模型の外観

### 3.3 倉庫火災等の消火戦術の検討

大規模倉庫火災を対応した消防本部に対するヒアリング調査時に、実際の消火活動時の状況や消火手法について聴取した結果、活動中はストレート放水でほぼ対応しており、また倉庫内の収容物の種類により泡消火薬剤を一部用い消火対応したと聞いている。区画内で消火のために放水を行う場合は、区画内の表面冷却を主として放水する手法と、区画内の空間温度を下げることを主とした空間冷却のための放水手法が必要であり、区画内の燃焼状況により、ストレート放水、スプレー放水、フォグ放水の使い分けが必要と考えられる。表面冷却を主とする放水は、火源及び火源周辺で熱せられた天井、壁面、周囲の集積可燃物へ直接水が届く必要があり、区画スケールに合わせた射程を有するノズル開発や、倉庫区画内の散水障害を避け火源へ水を届ける手法等を検討する必要がある。また、有効に空間冷却を行うための放水手法は、水を微粒化することにより、液体表面積を増加させ蒸発作用を促進させ、効率的な冷却効果を得ることが可能となる。水の蒸発潜熱は高く、そのため冷却効果に優れ、更に蒸発

によって生じた水蒸気は火源近傍の酸素濃度を相対的に下げるため窒息効果も期待できる。また、微粒化した水滴は気体に比較して密度が大きいため、水滴の運動を制御することにより水滴を火炎の存在する領域に局在化させることができる。従って、燃焼領域で冷却効果と窒息効果が期待される。そこで、水滴の粒径、粒子速度、粒子密度をパラメータにし、想定火源から発生する燃焼ガス層（煙層）の冷却や火炎冷却効果等の検討を進め区画内の冷却効果を検討し、火災フェーズごとの放水パターンの消火戦術を次年度以降から検討する予定である。また区画天井へ向けての放水により、水を微粒化し遠方まで散水する手法も、実際の消防戦術として存在するため、その際の散水密度、水滴粒径、到達範囲等も実験的に検討し、消火または延焼阻止するための有効な放水方法を導き、ノズル水量、噴霧圧力、噴霧角度等の最適化を行い消火戦術に資する検討も併せて行う予定である。

## 4. 令和4年度の研究計画

### (1) 倉庫内にある集積可燃物の燃焼性状の検討

令和3年度の調査結果を基に、代表的な可燃物を抽出し、延焼拡大発生条件の検討を行い、フラッシュオーバーが発生する条件を検討する。

(2) 冠泡消火の性能評価に関する検討

区画火災における冠泡消火に必要な諸性能を明らかにするため、泡性状（発泡倍率、還元時間）を可変できる実験用低流量型の高発泡装置の設計・製作を行う。

5. 次年度以降の研究計画

- (1) 倉庫内にある集積可燃物の燃焼性状の検討【継続】
- (2) 倉庫火災等に対する消火手法の検討

(3) 冠泡消火の性能評価に関する検討【継続】

(4) 倉庫火災等の消火戦術の検討【継続】

6. 共同研究等外部との協力

- (1) 株式会社モリタホールディングスグループ
- (2) 深田工業株式会社
- (3) 入間東部地区事務組合消防本部
- (4) あぶくま消防本部
- (5) 埼玉東部消防組合消防局
- (6) 吹田市消防本部
- (7) 東京消防庁
- (8) 大阪市消防局

### (3) 超高齢化・人口減少社会の火災と消防力に関する研究

研究期間：令和3年4月～令和8年3月

技術研究部 大規模火災研究室 鈴木恵子

#### 1. 目的

わが国の高齢化率は上昇を続けており、人口も2008年以降減少局面に入った。今後さらなる高齢化や人口減少が見込まれるが、この人口構造の変化に伴い空き家の増加、老朽木造密集市街地や集落の更新停滞、社会インフラのダウンサイジング、在宅の認知症者や火災時の要救助者の増加、昼間はほぼ高齢のみとなる住宅地の出現、住民の多様化など、社会状況も変化してきており、火災の発生や初期対応、被害の状況に変化が生じることが懸念される。

これに対し、消防本部は地域の実情や将来像を踏まえて消防力を整備する必要があり、加えて消防団や自主防災組織のほか、火災のごく初期段階での対応が可能な隣近所のようなマイクロなコミュニティの中での共助の仕組みを促進することが期待されるが、これまで経験したことのない状況を想像して備えることは容易ではない。

そこで本研究は、地域と火災の将来像を解りやすく示すとともに、超高齢社会に適した火災の発生予防、早期発見、初期消火などの技術開発を行い、消防本部や地域住民が火災対策を考えるのに必要な情報を発信することを目的とする。

本研究では高齢化や人口減少、老朽木造密集等の状況が他の地域に先行し、出火率も高い島嶼地域に着目し、事例研究と社会統計分析結果等を基に火災の将来予測手法の確立を目指す。また、高齢化等が先行する集落の協力を得て、火災の発生予防、早期発見や初期消火など、超高齢化したコミュニティの中で現実的に実施可能な火災への対応方策について実験的研究を行い、全国にも展開可能な知見を蓄積して発信する。

#### 2. 研究内容

##### 2.1 火災の将来予測

火災と被害の発生を将来予測する手法を研究し、消防本部単位での適用を目指す。特に島嶼部は他の地域に比べ全国に比べ2倍程度出火率が高い傾向にあることが判っており、社会統計分析結果を火災の将来予測手法の基礎データとして活用する。これを基に地域の将来像を可視化するツールを開発する。

- 1) 島嶼部の火災に関する分析(R3)
- 2) 火災の将来推計手法の検討(R3-5)
- 3) 可視化ツールの試作(R6)
- 4) 可視化ツールの試用と改良(R7)

##### 2.2 超高齢化・人口減少コミュニティの火災対策

高齢化が進んだ集落では、昼間の在宅者のほとんどが高齢者である場合も少なくない。また、島嶼部や山間地域では消防署所からの駆け付け距離が長くなる傾向にあり、住宅も古い木造が多いため燃え広がりやすい。このような集落における火災と対策事例を収集するとともに、火災発生初期の対応が重要であるとの観点から、火災の発生予防、火災の早期発見や、高齢者による初期消火について集落の協力を得て実験的研究を行い、超高齢化コミュニティの中で対策を実現するための知見を蓄積し、発信する。

- 1) 高齢化や人口減少等が先行し出火率が高い島嶼部等の事例調査(R3-4)
- 2) 早期発見のための火災警報の共有実験(R3-6)
- 3) 高齢者による初期消火活動に関する実験的検討(R5-6)
- 4) 知見のとりまとめと情報発信(R7)



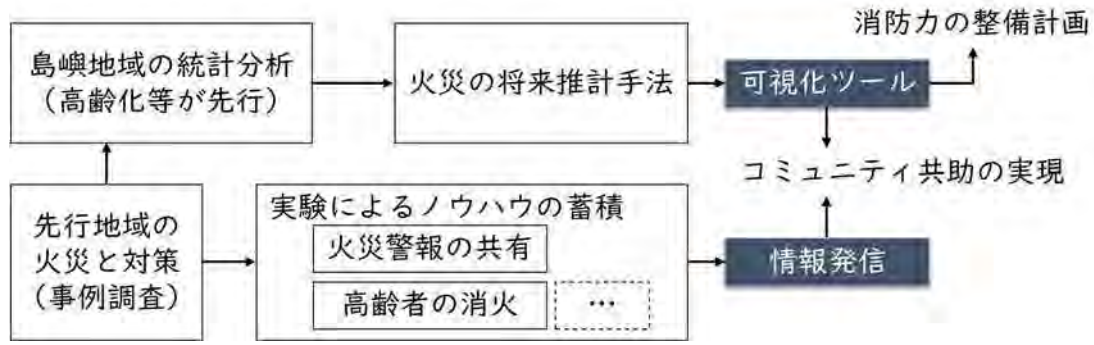


図1 超高齢化・人口減少社会の火災と消防力に関する研究の研究概要

### 3. 令和3年度の研究成果

#### 3.1 火災の将来予測

将来予測に向けた島嶼部および都道府県単位での火災分析に用いる社会統計データの加工を行った。また、住宅火災による死者数の推計手法として、コウホート分析を行うための人口および死者数データの収集加工を行った。

#### 3.2 超高齢化・人口減少コミュニティの火災対策

##### (1) 早期発見のための火災警報の共有

これまで、住宅用火災警報器（以下、「住警器」という）や火災感知器の発報信号を、有線又は無線で近隣の特定の世帯間で共有する取り組みは行われてきたが、空き家の増加や、昼間又は夜間不在世帯の増加、また良好な近隣関係を前提とすることなどが、信号共有を困難にさせている。このため、消防庁も住宅等の屋外にいる人に対して火災の発生を伝達するのに必要な屋外警報装置等の技術基準の検討を平成30年度に行い、ガイドラインを公表している。そこで、屋外警報音による周知可能範囲の予測を目的として、暗騒音下での警報音の可聴性の検証実験を行った。実験は、無響室内で暗騒音を発生させた中での聴取音圧測定と、屋外での可聴距離の測定実験を含む。

その結果、既往の研究と同様に、電子音は鳥の声などと聞き間違い易いことが被験者から指摘され、音声による警報が必要であることが示された。また既存の住警器は電子音が約90dBであるのに対して音声は70dB程度と小さく設定されており、約40dB

の暗騒音の屋外での音声の可聴距離は約50~70mまでであったが、音声を90dBとすると150m以上までの聴取可能であった。また、警報音と暗騒音の周波数の重なると、聴取に必要な警報音の音圧が上昇するため、環境によって警報音の周波数や音圧を検討する必要があることが判った。このほか、無響室での聴取音圧測定実験に基づき、鉄道沿線や静かな夜間の公園など6種類の暗騒音下における警報音声の可聴距離の予測を行った。

##### (2) 高齢者による初期消火活動

高齢化率の高い地域で火災を発生初期に鎮圧させるためには、高齢者が自ら初期消火を行う必要がある。そのために必要な教育訓練方法の確立を目指していたが、今年度は高齢者を被験者とした実験が難しいことと、教育訓練方法が確立したとしても、今後実際に高齢者が集合して訓練を行うことが困難になることが懸念されるため、映像教材等によるリモートでの効果的な教育方法の検討を行った。

検討方法は、実際の火災を用いた消火器による消火訓練、消火映像の視聴、市販のバーチャルリアリティ訓練機材（以下、「VR」と略す）などの消火訓練のいずれかを体験した被験者が、実際の火災を用いた消火器による消火を行い、その際の発熱速度の変化を計測するものである。

その結果、消火訓練を体験していた被験者群は、火源を蹴って消火剤を効率的に散布するなど臨機応変な消火を行った。また、消火映像を視聴した被験者群は、映像にあったように徐々に火炎に近づき

ながら燃焼物全体に消火剤を放射し、効果的に発熱速度を低下させた。これに対して VR 訓練実施群は火災から離れた場所から動くこと無く、手首を使ってノズルを動かすのみであり、発熱速度をあまり低下させることができなかつた。これは VR 訓練ソフトが、火災との距離の変化を反映せず、ノズルの動きのみで消火の成否を評価するものであったためと考えられる。教育に用いるコンテンツの内容が、実際に消火する際に大きく影響することが確認された。

#### 4. 令和4年度の研究計画

##### 4.1 火災の将来予測

島嶼部の火災と都道府県単位での火災の発生と被害に影響を及ぼす要因を、社会統計データを用いて抽出することを目的とした分析を行う。

##### 4.2 超高齢化したコミュニティの火災対策

1) 高齢化や人口減少等が先行し出火率が高い島嶼部等の事例調査

高齢化や人口減少等が先行する地域の火災と対策について、社会状況をみながら可能な範囲で事例調査を行う。

2) 早期発見のための火災警報の共有

山間地域や離島の集落、伝統的建造物群保存地区など、実際の環境下での警報音声の伝達を測定し、可聴距離の予測とより確実な伝達方法の検討を行う。

3) 高齢者による初期消火活動に関する検討

R3 年度の成果を踏まえて、効果的な教育コンテンツに必要な要素の検討を行う。高齢者を被験者とした実験については、社会状況をみながら実施を検討する。

#### 5. 令和5年度以降の研究計画

##### 5.1 火災の将来予測

都道府県単位での火災の予測手法の確立と検証を行い、消防本部単位での適用を目指す。これを基に地域の将来像を可視化するツールを開発し、試用と改良を行う。

##### 5.2 超高齢化したコミュニティの火災対策

地域での火災の早期発見のための技術提案と高齢化や人口減少社会に適した初期消火器具や訓練方法の提案のための技術開発を行う。得られた知見の発信を行う。

表1 5か年の研究計画概要

	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
火災の将来予測	島嶼部の火災に関する分析	火災の将来推計手法の検討		可視化ツールの試作	可視化ツールの試用と改良
超高齢化したコミュニティの火災対策	高齢化や人口減少等が先行する地域の火災と対策の事例調査		高齢者でも消火可能な器具等に関する実験的検討	知見のとりまとめ 情報発信	
	火災警報の共有実験				

#### 6. 共同研究等外部との協力

情報・システム研究機構 統計数理研究所  
早稲田大学

大島地区消防組合消防本部  
北九州市消防局

## (4) 火災旋風の発生予測に関する研究

研究期間： 令和 3 年 4 月～令和 8 年 3 月

技術研究部 大規模火災研究室 篠原雅彦

### 1. 目的

市街地火災や林野火災のような広域火災では、その内部や周辺で火災旋風と呼ばれる竜巻状の渦が発生して被害を極端に大きくすることがある。火災旋風は火の粉を近くにも遠くにも飛ばして急速な延焼拡大を引き起こすだけでなく、その竜巻級の猛烈な風によって人や物を吹き飛ばして死傷者を出す。地震後の市街地火災で大規模な火災旋風が発生すれば、住民も消防隊員も死傷する可能性が高い。

火災旋風による人的被害を減らすための根本的な対策は、過密人口の分散、燃えづらい街・安全な場所に逃げやすい街を作ることだと思うが、それには年月がかかる。今日起きてもおかしくない大都市の地震後の火災旋風対策としては、もっと早く実現できる対策を生み出す必要がある。とはいえ、死傷者を出すような猛烈な火災旋風は、いったん起きてしまえばその後の対策というのは非常に困難である。

だとすれば、猛烈な火災旋風が発生する前に、その発生を引き起こす可能性がある火災を特定し、その火災を消火することで火災旋風の発生を防ぐと同時に、住民はその火災からいち早く逃げればよい。しかし、すべての火災旋風の発生の有無とその性質を完全に予測する方法を開発することは極めて難しい。原理的にはできたとしても、自然界では風ひとつとっても時々刻々と変動し、その変動幅が大きいため、火災旋風発生予測モデルの入力条件に大きな幅を持たざるを得ず、その出力も大きな幅を持つ。そのため、予測モデルを直ちに火災現場で被害を防ぐために利用することは難しい。そもそも現状では、このような完全予測モデルを構築するのは前途多難であり、また、被害をもたらさない勢力の弱

い火災旋風までも予測する必要はない。

そこで本研究では、このような精緻な予測モデルの作成を目指すのではなく、同時多発火災時に消防戦術、避難指針として役立てられるような予測モデルを構築することを目的としている。本研究で構築を目指すモデルは、あらゆる風向・風速を仮定した時に、どれくらいの火災の規模になれば、死傷者を出すほどの強風を伴う火災旋風が火災に対してどのような位置に発生し、火災旋風が引き起こす強風域がどれくらいの範囲に及ぶか、ということを実測可能にするモデルである。

この予測モデルができれば、既存の延焼予測手法も利用することで、同時多発火災が発生して全火災を消すには消防力が劣勢な場合に、大きな被害を引き起こすような強風を伴う火災旋風がどの火災で生じ得るかを予測し、その火災が小さいうちに優先して消火することで火災旋風の発生を防ぎ、早めの避難を促すことができるようになる。

### 2. 研究内容

本研究の対象にしている火災旋風は、これまで研究の多い「火炎が竜巻状に高く伸びる火災旋風」ではなく、多くの被害を引き起こしてきたが研究が進んでいない「発生時には火炎を含まない竜巻状の渦（黒煙状に見える渦）」(図 1) である。この「火炎を含まない火災旋風」は、火災現場から移動して数 km 先まで被害を及ぼすこともあることが過去の災害から分かっている。

本研究の目的は、前節に示した通り、あらゆる風向・風速を考えたときに、どれくらいの火災規模になれば死傷者を出すほどの強風を伴う火災旋風がどこに生じるかを知ることであるが、それを知るた

めには、あらゆる風向、風速に対する火災旋風の風速や振る舞いの変化傾向を知る必要がある。さらに、このモデル作成のためには火災旋風の発生機構を知る必要がある。後者の発生機構については、これまでの研究で、過去に発生事例の多い「火災域風下に発生する火災旋風」には渦の源がいくつかありそのようなことが分かってきた。特にそのうちの一つである、風で傾いた上昇気流中に形成される渦対は、実際の火災旋風の源の一つとして有力な候補であることを明らかにした。この渦対の発生機構については、すでに有力な説がある。前者の火災旋風の風速や振る舞いの変化傾向については、実験により、火災にあてる風の速さ、火源の発熱速度などを変えて、発生する火災旋風の渦の強さや振る舞いがどのように変わるかということ、またその原因などを明らかにしてきた。その変化傾向が実火災での記録と一

致していることも確かめている。

しかし、火災旋風の風速や規模を左右するパラメーターは上記以外にも火災形状、火災規模など複数あり、多くのパラメーターを系統的に変えて、火災旋風の発生の有無、発生する火災旋風の性質を調べる必要がある。

そこで、各種パラメーターを変えた実験を継続し、その結果と発生機構に基づいて火災旋風の発生予測モデルを構築する。このモデルは、火災規模を与えることで、火災旋風の最大風速、強風域の規模を求めるものである。作成したモデルは、実火災、屋外実験、野焼きで発生した大規模な火災旋風のデータを用いて検証、改良を行う。野焼き時に発生する火災旋風の観測はすでに行っており、これも継続する。



図1 野焼きで発生した火災旋風

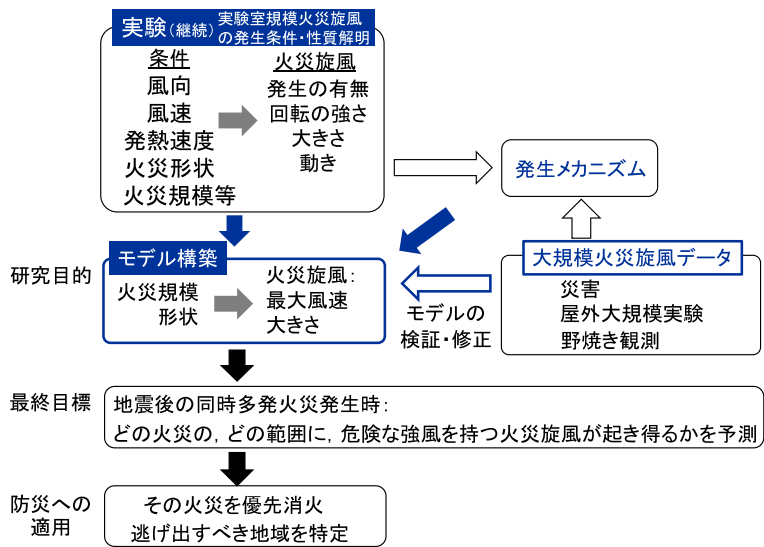


図2 研究の概要と適用先

### 3. 令和3年度の研究成果

#### (1) 火災旋風発生予測モデルの構築

過去に発生事例の多い「火災域風下に発生する火災を含まない火災旋風」について、その渦の発生機構の仮説に基づき、火災旋風発生予測モデルの作成を進めた。その結果、実験室規模の火災旋風の実験

結果を説明できる可能性があるモデルの全体像が形になり始めた。

#### (2) (モデル構築のための) 実験室規模の火災旋風の発生条件・性質解明

火災の周囲には数種類の渦が発生することが分かっている。実験で得た火災旋風の風速などのデー

タが、どの渦のものなのかを特定することは、火災旋風の発生機構と実験データに基づいてモデルを構築するうえで避けては通れない。

そのため、前年度までに行ってきた細長い火源周辺に発生する火災旋風の可視化実験を行い、2種類の性質の大きく異なる渦が異なる場所で発生していることを明らかにした。これにより、火災旋風の渦の強さの風速依存性が、これら2種類の性質の異なる渦の存在に起因していることが明らかになった。

(3) (モデル構築のための) 大規模火災旋風の発生条件・性質解明

2022年3月に行われた大規模な野焼き時に、ドップラーライダー、ドローン、赤外・可視ビデオカメラ・風速計を用いて大規模火災旋風の観測を試みた。同時に、火災旋風発生時の状況を明らかにするために、延焼状況の観測、気象観測、可燃物量調査を行った。

また、前年度までの実験で、細長い火源の長辺を風に平行に配置した場合には、直交配置の場合とは逆で、火炎にあてる風が強いほど火災旋風の渦が強くなるという結果を得ているが、文献調査の結果、事例としては珍しい強風下で旋風が複数発生した昭和9年の函館大火の状況は、この実験条件によく似ていることが分かった。

4. 令和4年度の研究計画

(1) 火災旋風発生予測モデルの構築

下記(2)で記す実験結果を基に、モデル全体像の作

成を引き続き進める。

(2) (モデル構築のための) 実験室規模の火災旋風の発生条件・性質解明

火災旋風の実験に使用しているバーナー上に形成される火炎内外の流速分布測定を行う。このデータはモデル構築に必要となる。

(3) (モデル構築のための) 大規模火災旋風の発生条件・性質解明

2021年度末に実施した野焼き観測のデータ解析を行い、大規模火災旋風の性質、発生時の気象・延焼状況などを明らかにする。

5. 令和5年度以降の研究計画

(1) 火災旋風発生予測モデルの構築

火災旋風の発生機構と実験データに基づいて発生予測モデルの作成を続け、実験、実火災、屋外実験、野焼きで発生した大規模火災旋風のデータを用いて検証・改良を繰り返す。

(2) 実験室規模火災旋風の発生条件・性質解明

火源形状・火源面積・発熱速度・風向・風速等を変えて火災旋風の速度場を測定し、これらのパラメーターが火災旋風の渦の強さ・規模に与える影響を解明する。

(3) 大規模火災旋風の発生条件・性質解明

野焼き時に発生する火災旋風の観測、解析を継続する。また、過去の実火災・屋外実験・野焼きで発生した火災旋風の発生条件・性質のデータ収集を継続する。

表1 5か年の研究計画

概要	詳細	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
火災旋風発生予測モデルの構築 ←	モデルの全体像構築		→			
	モデルの詳細構築・検証・改良					→
↑ 実験室規模火災旋風の発生条件・性質の解明(実験)	可視化実験による旋風の分類	→				
	火災内外流速分布測定		→			
	火源形状・面積等が火災旋風の性質に与える影響の解明				→	
← 大規模火災旋風の発生条件・性質の解明(既存データの分析/観測)	過去の実火災・野焼き・屋外実験の既存データ収集による大規模火災旋風の発生条件・性質解明				→	
	野焼き時の大規模火災旋風の観測による発生条件・性質解明				→	



## (5) 火災状況に応じた消防隊の放水方法の研究

研究期間：令和3年4月～令和6年3月

技術研究部 特殊災害研究室 尾川義雄

### 1. 目的

火災時の消防活動は放水が主体であるが、放水方法によって鎮圧までの経過は左右される。放水の技能には個人差があり、教育訓練の内容や消火活動経験の多少が影響すると考えられる。火災件数は全国的に減少傾向であり、建物火災の件数および総焼損床面積は20年間で約4割減少している。このことは活動経験の減少につながるため、それを補う教育訓練の内容は重要なものとなる。教育訓練ではいかに早くノズルから水を出せるようにするか教えているが、火災のどこに放水すべきかの説明は少ない。1棟当たりの平均焼損面積(ぼやを除く)は20年間で約2割増加し、焼損面積が生じる火災では損失が

増大する傾向にある。焼損面積が増大する要因は社会の変化によるものも含め様々考えられ、消火に取りかかる際の火災状況が以前と違っているかの見極めも必要である。その上で、消火活動経験が減少した現状において火災による損失増大を抑えるため、消防職員に適切な放水方法に関する情報を共有することは重要である。また、拡大する焼損状況において放水により火災室の環境がどう変化するかという情報も安全な活動のために必要である。

そこで、火災状況に応じた適切な放水方法を明らかにするため実験的な検証を行い整理する。これらが教育資料として活用されることで、火災による被害軽減に資する。

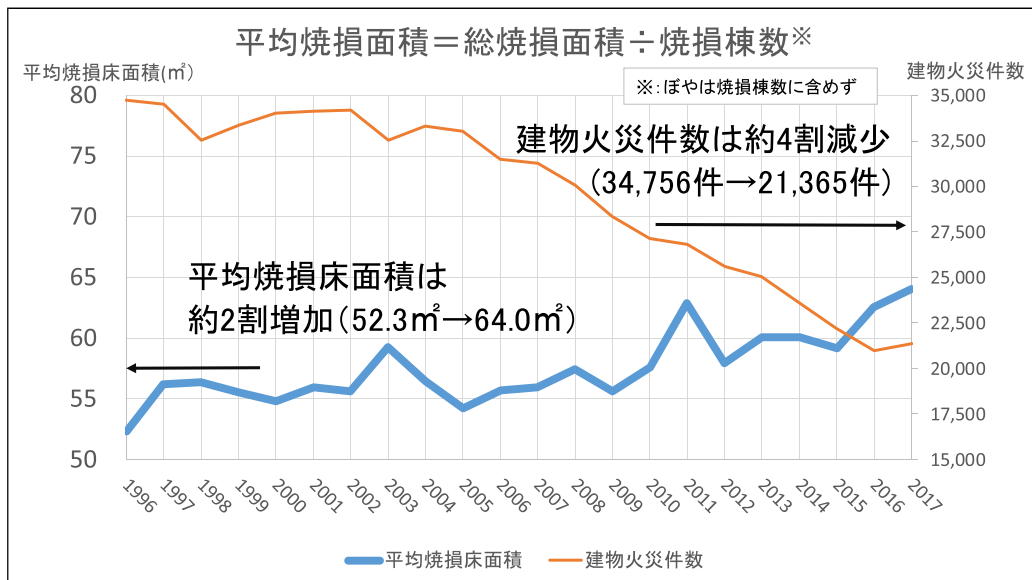


図1 建物火災件数と1棟当たりの平均焼損床面積の推移

### 2. 研究内容

#### 2.1 火災状況に応じた放水方法

火災時の活動は、教育訓練で習得したノズルから水を出すことを基本に行われるが、実際の放水方法

は火災の状況に応じて臨機応変に対応している。そこで、活動の基本となる教育訓練内容を調べ、放水方法に関する事項をまとめる。そして、火災状況に対して放水方法の違いによる効果を模型実験、実大実験により調べ整理する。これらの結果を適切な放水方法に関する情報共有に役立てる。

## 2.2 放水時の室内環境

火災室内環境は放水により変化し、火勢の抑制と

同時に高温水蒸気が発生する可能性があるが、教育資料に詳しい説明は見当たらない。そこで、放水時の高温水蒸気の発生と室内の冷却状況を調べるため、高温の火災室内での放水を模擬した実験を行い、放水の前後で室内環境の変化や受熱状況を調べる。これらの結果を安全な活動のための資料として情報提供する。



図2 教育資料には個別の放水隊員への説明が不足している

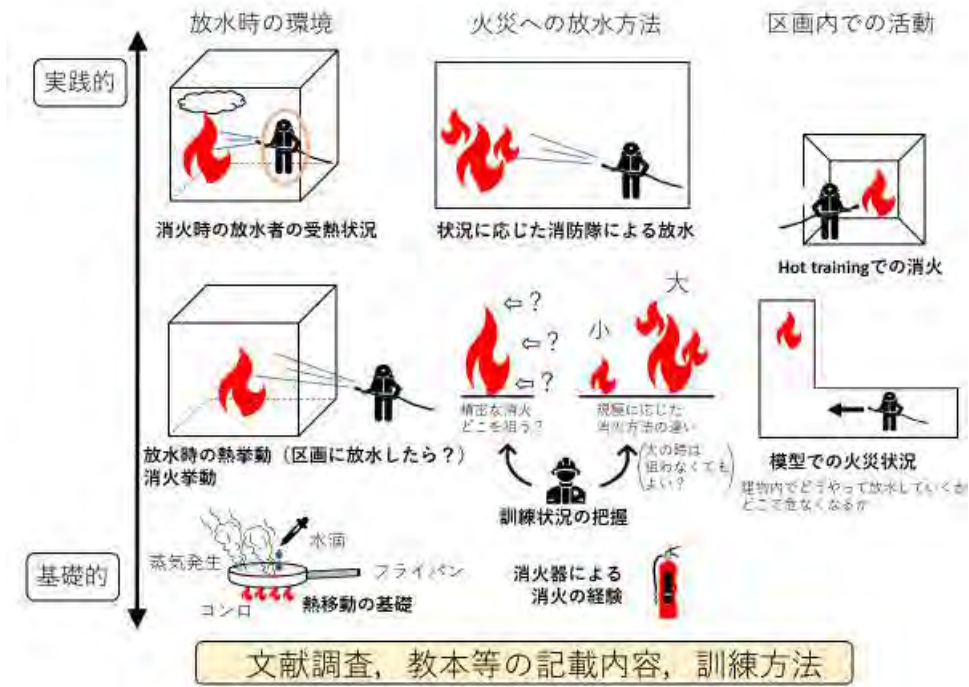


図3 研究概要

表 1 3 年研究計画

	令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度
火災状況に応じた放水方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・教育訓練方法の調査</li> <li>・火災状況と放水方法の調査 (模型実験)</li> <li>・実大模擬区画の製作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・火災状況と放水方法の調査 (模型実験, 消防隊員による実験)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・火災状況に応じた放水方法の整理</li> <li>・資料作成</li> </ul>
放水時の室内環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放水時の室内環境の調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・区画冷却に必要な水量の検証</li> <li>・放水中に受ける熱量に関する検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放水時の室内環境の整理</li> <li>・資料作成</li> </ul>

### 3. 令和 3 年度の研究成果

#### 3.1 火災状況に応じた放水方法

- ・消防学校および消防職員に対して放水方法に関する教育訓練方法について聞き取りを行った。放水までの手順を確実に覚えることは基本であるが、その後どのように放水するかについて様々な説明を聞くことができた。
- ・容積 8m<sup>3</sup> (高さ 2m) の模型区画を用いて燃焼時の開口部条件と区画内温度の変化を調べた。開口部に垂れ壁を設けて熱気流の区画外流出を抑えることで区画内の上部に高温層が形成されることがわかった。また、牛乳パックを使った簡易燃焼区

画を製作して、開口部の条件に応じて区画内部の気流が変化することを身近な材料で説明する試みを行った (写真 1)。

- ・消防隊放水実験用区画を製作した (写真 2)。区画内で木製パレットを燃焼させ、安定して高温状態が達成できる燃焼条件を検討した。

#### 3.2 放水時の室内環境

- ・上部に高温層が形成された容積 8m<sup>3</sup> の模型区画内に短時間 (30 秒間) の少量放水を行い、区画上部の雰囲気温度が低下し、下部の温度が上昇する変化を観測した。



写真 1 牛乳パックを使った簡易燃焼区画

(左：内部観察用にガラス板を使用、右：線香を使った気流観察)



写真2 消防隊放水実験用区画

(左：実験区画の設置状況、右：燃焼実験中の状況)

#### 4. 令和4年度の研究計画

##### 4.1 火災状況に応じた放水方法

- ・引き続き教育訓練方法の調査
- ・火災状況と放水方法の調査（模型実験，消防隊員による実験）

##### 4.2 放水時の室内環境

- ・区画冷却に必要な水量の検証
- ・放水中に受ける熱量に関する検討

#### 5. 研究協力（予定）

規模の異なる各地の消防本部、消防大学校

## (6) 飛び火・火の粉に対する防御に関する研究

研究期間： 令和 3 年 4 月～令和 8 年 3 月

技術研究部 大規模火災研究室 鈴木佐夜香

### 1. 目的

地震後の市街地同時多発火災や、市街地火災、林野火災のような広域火災では、「飛び火」が発生して被害を極端に大きくすることがある。飛び火とは、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、特に有風下で問題となる。広域火災の研究において飛び火・火の粉に関する研究は行われてきたが、飛距離に着目したものが多く、着火及び火の粉からの防ぎょ手法に繋がるものとはなっていない。本研究課題では火の粉発生装置による実験を通じて既往の延焼防止手法に対する飛び火被害防止への効果確認に加え、新たな防ぎょ手法を開発する。開発した技術を用いることにより、消防活動における強風下での飛び火警戒の指針作成を目指す。

### 2. 研究内容

これまでの研究では着火性に着目し、家屋を対象として火の粉発生装置を用いた大規模・中規模実験を行ってきた。具体的には屋根・壁面等を対象としてどこに火の粉が堆積しやすく、どのように着火するのか、屋根の違いによる火の粉の潜り込みやすさ、すなわち着火への至りやすさ、といったことが分かるようになってきた。しかしながら、どのように着火を防ぐのか、ということは明らかになっていない。様々な防ぎょ手法を考慮しつつ、着火実験をした際に利用した火の粉発生装置を用いて同様の実験を行うことで、防ぎょ手法の効果を測定・評価する。

### 3. 令和 3 年度の研究成果

最終的には飛び火警戒マニュアルの作成を目指すため、消防本部における飛び火関連の文書に関し

て、どのような情報が具体的に必要とされているのかを確認するため、アンケート調査を行った。飛び火関連での消防戦術に関する情報を得ることを目的とし、全国 724 消防本部を対象として、令和 4 年 2 月から 3 月末までの期間で、アンケートの回答および飛び火関連文書の提供を依頼した。一般的な警防文書に関しては、飛び火警戒内容の有無および飛び火警戒内容に関して最後に改訂した年月日を質問し、糸魚川市大規模火災が飛び火警戒に影響を与えているかの指標とした。一般的な警防文書に加えて、飛び火警戒内容が含まれるであろう、強風下における火災に関わる文書・大規模火災に関わる文書・木造密集地域火災に関わる文書・林野火災に関わる文書の 4 種類を対象とし、飛び火警戒内容の有無に関して質問した。

日本で一般的な瓦(日本瓦)は、波形であるため、火の粉が瓦の下に潜り込みやすく、着火に至る可能性が高いことから、予備注水を対象とした火の粉に対する防ぎょ実験(中規模実験)を総合消火主実験場にて行った。風速は 6 m/s と 8 m/s とし、日本瓦 6 枚(2 列×3 段)を用いて実験を行った。予備注水の量は 300g・600g とし、予備注水から実験までの時間を 2 種類(予備注水終了後 1 分後、11 分後)変化させて実験を行った。

予備注水の効果は見られるが、水の量によって効果に変化があるわけではない。余分な水はすべて流れてしまい、瓦の上に残る水分量に変化がないためであると思われる。水分がなければ燃焼が続くことで火の粉が小さくなり、瓦の下に潜り込む現象が見られるが、瓦の上に水分があることで、瓦の上に到達した火の粉が消炎するため、火の粉が小さくなることはなく、潜り込む火の粉の量が少なくなる。火



の粉は瓦上の水分によって消炎するか、実験開始までの時間が延びると水分が蒸発してしまうため、予備注水による防ぎょ効果が減少した。

#### 4. 令和4年度の研究計画

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。その着火性に関してはこれまでの研究で屋根・壁面等を対象として、どこに火の粉が堆積しやすく、どのように着火するのか、屋根の違いによる火の粉の潜り込みやすさ、すなわち着火への至りやすさ、といったことが分かるようになってきた。これまでの知識をもとに火の粉により着火しやすい部分に対する防ぎょ手法に関して、令和4年

度は次の研究を行う。

- (1) 屋根を対象として中規模実験を行い、1回の注水における効果をさらに検討する。具体的には注水から実験開始までの時間の変化および注水間隔を変更する。また、火の粉フラックスを変化させた際の変化を検討する。
- (2) 屋根を対象として大規模実験を行い、中規模実験で効果的だった防ぎょ手法(散水手法)に関して規模の違いによる効果を検討する。
- (3) 火災の大きさと発生する火の粉の飛距離に関する包括的な検討の一步として模型実験を行う。
- (4) 令和3年度に行ったアンケート結果の分析を行う。

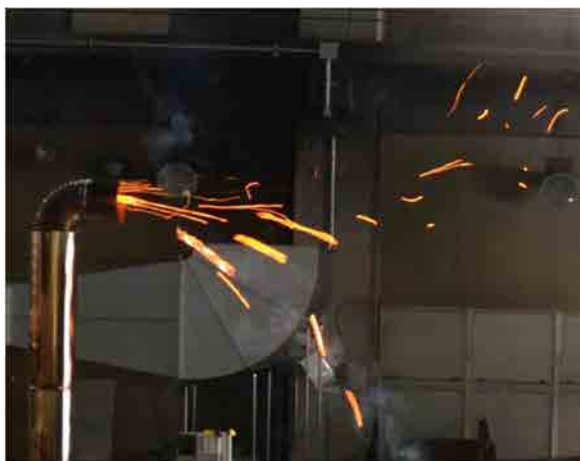


図1 火の粉発生装置 (左：大規模実験用、右：中規模・小規模実験用)

#### 5. 令和5年度以降の研究計画

- (1) 小規模実験により、様々な材料の防ぎょ手法(予備散水、難燃剤、消火用ジェル、消火泡、ブルーシート等)の火の粉に対する着火性に関して詳細な検討を行う。
- (2) 有風下で火の粉発生装置を用いて中規模実験を行い、防ぎょ手法を変化させるとともに風速・環境条件・構造等が防ぎょ手法に及ぼす影響を検

討する。

- (3) 中規模実験で効果的だった防ぎょ手法を施して大規模実験を行い、規模の違いによる効果を検討する。
- (4) 火の粉の飛散に関して実験およびモデルを通じて火災の大きさ、風速と火の粉の飛散距離に関して包括的な検討をする。

表 1 5 か年の研究計画

	令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度	令和 6 年度	令和 7 年度
飛び火・火の粉に対する防 御に関する研 究		大規模実験			消防活動への 指針作成
	←	中規模実験	→		
				小規模実験	←
		←			→

## (7) 高層建築物の順次避難における避難順序算定方法の研究

研究期間： 令和 3 年 4 月～令和 8 年 3 月

技術研究部 大規模火災研究室 藤井皓介

### 1. 目的

消防法第 8 条の 2 において、高さ 31m を超える建築物を高層建築物として規定している。高層建築物では、空間を積層させることで床面積が増え、多数の在館者の収容が可能となる。高層建築物においても他の用途の建築物同様、階段による避難が基本となる。多数の在館者が存在する高層建築物の避難時には、避難階段において多くの群集が利用することによる混雑や異なる階の避難者同士の合流による渋滞状況が発生する可能性が高い。

国内外において、高層建築物における火災や避難の事例もある。例として、東日本大震災では、地上 54 階建ての国内超高層ビルにおいて、地震発生後の火災発生放送による全館一斉避難により従業員や来館者が階段に殺到し、階段で混雑が生じている。この際、非常用エレベーターを含む全エレベーターが停止し、スタッフが火災状況の確認のために混雑した階段を上昇している。上階からの避難者との衝突による転倒など、2 次災害の発生が懸念される。このほか、2001 年に米国の世界貿易センタービル、2015 年ドバイの超高層住宅、2017 年にロンドンのタワーマンション、2019 年に札幌のオフィスビルなどで火災および避難が生じている。高層建築物における火災やそれに伴う避難は継続的に発生しており、高層建築物における一般火災および地震後の火災に伴う避難発生は、中低層の建築物同様に生じるものとして考える必要がある。

消防法第 8 条および消防法施行令第 3 条の 2 において、防火管理者は消防長または消防署長に対する消防計画の提出と避難訓練の実施が義務付けられており、これらの指導は消防が行う。設計時の避難計画では、各階ごとに避難時間が計算されるが、異

なる階からの避難者同士による階段室内での合流による影響は考慮されていない。一方、実災害時および訓練時は、各階から避難者が階段室に流入することで、階段室内で避難者同士の合流が生じ、階段室内での混雑が生じる。避難時間の長期化、逃げ遅れ等を防ぐためには、階ごとに避難時間を変え、全館一斉避難で生じる階段室内の混雑を緩和・解消する「順次避難」の実施が必要となる。この際、階段室内の混雑緩和とリスクの高い階からの優先的避難を目的として階毎の順次避難を行う必要がある。これまでは、階段幅等の設計を目的として、階段降下状況の把握が行われてきた。本研究では、避難訓練・実避難ともに順次避難における具体的な避難方法を明らかにすることを目的とする。

### 2. 研究内容

本研究では、下記 3 つの検討を通して高層建築物の順次避難における避難順序の算定方法を求める。

- (1) 避難状況の実態把握：避難訓練調査に基づく階段における避難者同士の合流等、避難者の移動状況の解析、ならびに順次避難における避難順序決定要素の把握
- (2) 避難時間計算モデル作成：各階の避難者数および階段室到達時刻に基づく順次避難における避難時間計算モデルの試作、ならびに計算モデルの結果と階段避難実験の結果の比較に基づく計算モデルの検証
- (3) 順次避難方法の検討：上記検討により得られた計算モデルにおける順序決定の定性的要素（アンカーポイント）の検討を通じた、避難順序決定方法の導出

本研究は、実際の在館者数に基づく避難時間の計

算モデルを作成し、在館者数に応じた避難順序の算定方法を提案する。特に、階段室における避難者の流動に基づく計算方法を核とした避難順序の決定方法を作成することを目指す。階段室の流動に基づき流入する階の順序を決定することで、訓練および災害時において、順次避難の利点である階段室の混雑緩和とリスクの高い階からの優先的避難のための避難順序決定に活用可能な方法となる。また、今後発展することが予想されるシミュレーション等

の高度な予測手法の検証基準とすることが可能であるとともに、計算モデルについては、高度なソフトウェアでなくとも適用可能なものを目指す。これにより、消防計画や避難訓練等の事前の対策のみならず実災害時の実態に即した応急的な避難方法の作成が可能となる。以上より、本成果は、実火災前の消防計画および避難訓練ならびに実火災時における合理的な避難方法の決定に寄与する。

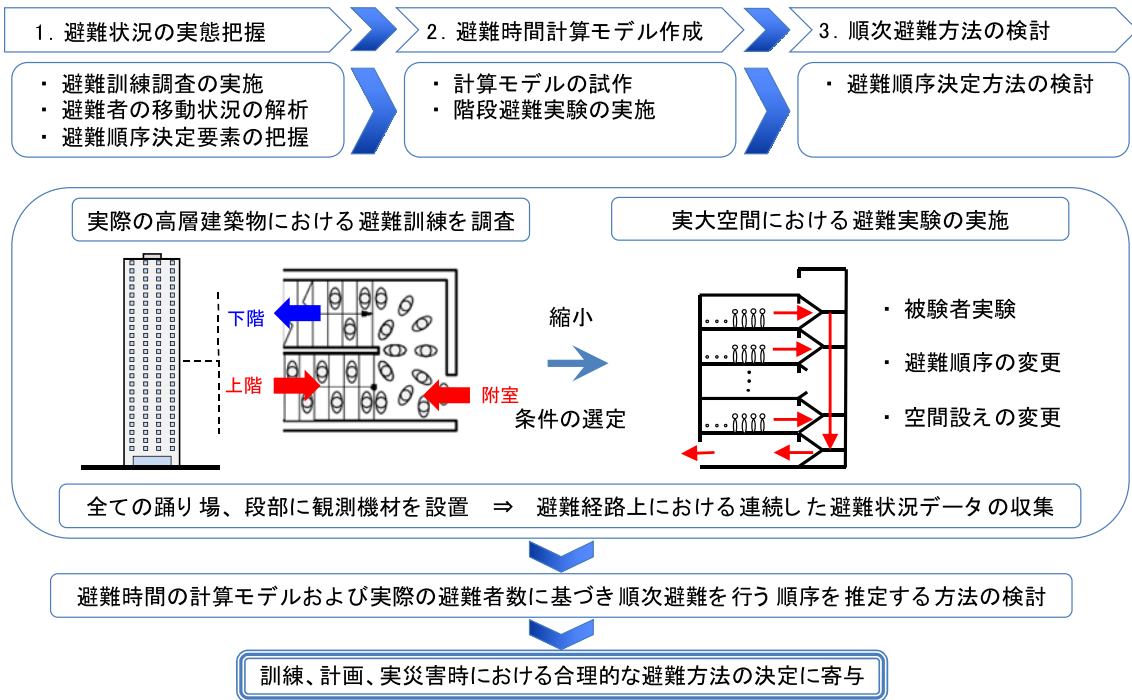


図 1 研究の概略

表 1 年度計画

	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
(1) 避難状況の実態把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難訓練調査に基づく避難者の移動状況の解析</li> <li>避難順序決定要素の把握</li> </ul>	→			
(2) 避難時間計算モデルの作成			<ul style="list-style-type: none"> <li>各階の避難者数および階段室到達時刻に基づく、順次避難における避難時間計算モデルの作成</li> </ul>	→	
(3) 順次避難方法の検討					<ul style="list-style-type: none"> <li>避難順序決定の定性的要素の検討</li> <li>計算モデルを活用した避難順序決定方法の検討</li> </ul>

### 3. 令和3年度の研究成果

- (1) 高層建築物において避難経路となる階段における降下状況の観測方法を検討した。階段降下状況を観測するにあたり、観測機器の動作検証を行った。観測を行う施設の実地調査を行い、降下状況の映像を記録するための撮影箇所、これを満たす撮影機の設置方法を検討した。また、観測実施時における長時間撮影に伴う機材の温度上昇による撮影機材の停止を避けるため、事前に撮影機材を用いて長時間の映像記録試験を行い、観測時における撮影機材の動作が可能であることを確認した。
- (2) 上記観測機器を用いて高層建築物における階段降下状況の観測実験を行った。実験は被験者に実際に高層建築物の階段を降下させる形で実施し、この際の被験者の階段降下状況を記録した。この記録映像を元に、階段降下時の歩行データとして、歩行座標の抽出を行った。抽出した座標は実験実施前の実地調査時に実測した実地寸法等の空間情報に基づき較正し、当該座標を用い

て単独と集団における階段降下時の歩行軌跡を得ることができた。

### 4. 令和4年度の研究計画

- (1) 引き続き、避難経路上の歩行状況を記録し、順次避難算定方法の導出に必要な歩行データを収集する。
- (2) 避難経路上における歩行状況について、上記検討に必要な連続したデータの収集方法を検討する。

### 5. 次年度以降の研究計画

- (1) 各階の避難者数および階段室到達時刻に基づく順次避難における避難時間計算モデルを試作するとともに、計算モデルの結果と階段避難実験の結果の比較に基づき計算モデルの精度を検証する。
- (2) 上記検討により得られた計算モデルにおける順序決定の定性的要素(アンカーポイント)を検討し、避難順序決定方法を導出する。



## (8) 火災現場の燃焼性状の解析及び残さ物の物質同定に関する研究

研究期間：令和3年4月～令和8年3月

技術研究部 大規模火災研究室 田村裕之  
 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

### 1. 目的

化学プラントでの火災がひとたび発生すると、大きな人的・物的被害が発生する。さらに、操業が滞ると、産業界へも影響が波及する。また、様々な火災現場では、火災原因を調査する中で、残さ物の分析、同定の作業が重要となる。火災原因調査を通じ、信頼性の高い判定を導くには、プラントでの着火の原因や、噴出した油類のミスト爆発の性状、残さ物がなんであるかの分析手法と同定法、などについて、現場で使える情報やデータを提示する必要がある。火災原因が明らかになることによってその対策をすることで、予防へとつながっていく。ここでは、現場に残存する残さ物の物質同定手法を開発すること、引火性液体に着目し着火から残存までの燃焼性状を明らかにすることを目的とし、これらによって原因調査における現場実務能力の向上に資する研究を行う。

### 2. 研究内容

ここでは、5か年で実施する2つの研究項目の計画概要を示す。あわせて、各年度の計画スケジュールを表1に示す。

#### (1) 現場残さの物質同定に関する研究

ここでは、現場で採取した物質に対する分析方法の検討を行う。化学災害では、現場で採取できた物質の同定を現場で効率的に分析し、すぐに対応策へつなげなければならない。現場活動において、過誤の少ない結果を導くために、適した採取方法、前処理方法、分析装置の設定、出力データの読み取り方を提示していく。火災現場の焼損物が何であるかを

明らかにすることは、火災原因に近づく作業の一つである。焼損物の同定のために、分析機器を用いた材質同定手法の確立を目指す。焼損物の中には電気配線が多く、放電などによりできた溶融痕が付着しているケーブルもみられる。溶融痕は、ケーブルの異極間で短絡した場合などで発生するが、放電や溶融の際に高温になることから出火場所（一次痕）の可能性を持っている。しかし、火災熱により絶縁被覆が焼失し短絡する（二次痕）場合もあり、これらの区別が難しい。各種条件で一次痕、二次痕を作製し、生成した化合物の同定、形状の特徴など、それぞれの特徴を抽出し、判断方法を提示する。

#### (2) 引火性液体の燃焼性状に関する研究

ここでは、引火性液体に関して、着火、爆発、残さ物同定に関して検討を行う。引火性液体を扱う危険物施設での火災では、静電気放電による着火の割合が15～20%を占めており、原因の上位にあがっているため、帯電事象の把握と対策が重要である。ここでは、液体が物に衝突した時に発生する帯電量を把握し、安全管理の基礎データとする。また、配管等の亀裂によりミスト状に噴出した油類に着火した場合の燃焼性状を知ることにより、爆発と被害の関係性を明らかにしていく。引火性液体が火災現場で助燃材として使用されることは多く、その使用は化学分析により証明されるが、火災後の引火性液体は燃焼の結果、濃度の低下や変性が生じており、明確に判断できない場合がある。燃え方により引火性液体がどの程度残るのか、分析装置にかけられる濃度はどのくらいなのかの検出限界を評価するための基礎データを得る。

表 1 5か年の各項目の研究計画概要

	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
(1)現場残さの物質同定に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場対応機器の調査</li> <li>・混紡した布等の複数の材料を含む物質の検証</li> <li>・分析機器による違いの検証 (熱分解 GC、FT-IR 等)</li> <li>・電気溶融痕サンプル作成手法の確立</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検査機器の限界と対応化合物についての調査</li> <li>・混紡した布等の複数の材料を含む物質の検証</li> <li>・加熱方法による違いの検証</li> <li>・分析機器による違いの検証 (熱分解 GC、FT-IR 等)</li> <li>・電気溶融痕の製作及び電気溶融痕の物理分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場対応における効果的活用法の検討</li> <li>・加熱方法による違いの検証</li> <li>・これまでのデータの確認により材質同定が困難な試料の抽出</li> <li>・電気溶融痕の製作及び電気溶融痕の物理分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場対応における効果的活用法の検討</li> <li>・混紡した布等の複数の材料を含む物質の検証</li> <li>・材質同定が困難な試料の同定手法確立のための試み</li> <li>・一次痕、二次痕の特徴抽出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同定手法の明確化 (マニュアル等の作成)</li> <li>・データ集の作成</li> </ul>
(2)引火性液体の燃焼性状に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>・衝突帯電を計測できる実験装置の製作</li> <li>・ミストを生成できる実験装置の製作</li> <li>・引火性液体の燃焼について実験データ、文献等の整理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・衝突帯電用実験装置の改良</li> <li>・水の衝突帯電量の測定</li> <li>・小規模なミスト爆発の実験の実施</li> <li>・ミストを生成できる実験装置の改良</li> <li>・燃焼状況を変えて燃焼させた試料の作成と分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・油類の衝突帯電量の測定</li> <li>・小規模なミスト爆発の実験の実施</li> <li>・ミスト爆発の性状の測定と影響の把握</li> <li>・燃焼状況を変えて燃焼させた試料の作成と分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・液体物性値による衝突帯電量の予測</li> <li>・小規模なミスト爆発の実験の実施</li> <li>・ミスト爆発の性状の測定と影響の把握</li> <li>・適切な前処理、装置設定等の手法の確立</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小規模なミスト爆発の実験の実施</li> <li>・ミスト爆発の性状の測定と影響の把握</li> </ul>

3. 各項目の5か年の研究計画概要

(1) 現場残さの物質同定に関する研究

ここでは、現場で採取した物質に対する分析方法の検討を行う。

化学災害では、現場で採取できた物質の同定を現場で効率的に分析し、すぐに対応策へつなげなければならない。検査環境が十分でない現場において、過誤の少ない結果を導くために、適した採取方法、前処理方法、分析装置の設定、出力データの読み取り方を示す必要がある。

火災現場の焼損物が何であるかを明らかにすることは、火災原因に近づく作業の一つである。様々な方法で物質の燃焼を行い、焼損前の物質と焼損後の物質をそれぞれ同じ分析機器にかけ、分析結果の比較を行い、焼損の程度による違い、物質による違いなどを明らかにする。どの分析装置を使えば適切

か、焼損物をどのような前処理を行い分析装置にかければよいか、分析装置の出力結果をどのように読み取るか等を検証し、分析データ集を作成し、焼損物の材質同定手法の確立を目指す。

焼損物の中には電気配線が多く、放電などによりできた溶融痕が付着しているケーブルもみられる。溶融痕は、ケーブルの異極間で短絡した場合などで発生するが、放電や溶融の際に高温になることから出火場所(一次痕)の可能性を持っている。しかし、火災熱により絶縁被覆が焼失し短絡する(二次痕)場合や火災熱そのもので銅が溶ける(二次痕)場合もあり、これらの区別が難しいが、一次痕か二次痕かの違いを見出せれば、火災原因を特定する有力な手段となる。電気溶融痕(一次痕、二次痕の両方)のサンプルを、短絡時の周囲温度、火災の有無などをパラメータにして作製する。サンプルの溶融痕に

対し、生成した化合物の同定、形状の特徴など、特徴となりうるものを抽出し、判別手法を提示する。

## (2) 引火性液体の燃焼性状に関する研究

ここでは、引火性液体に関して、着火、爆発、残さ物同定に関して検討を行う。

危険物施設での火災では、消防白書によると静電気放電が出火原因の上位を占めている。大規模な工場で発災すれば人的物的被害のみならず、製品の流通が滞り産業界にも影響を与える。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、どのように帯電するのか、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。液体は物に衝突して飛散分裂すると静電気を発生し帯電をする。引火性液体の危険物をこのような状態で作業した際に火災になる事例が続き、死傷者が出ている。引火性液体の種類を変え、衝突時の帯電がどのように起こるかを明らかにし、衝突帯電量の予測を行う。

配管等の経年劣化や腐食により亀裂ができると、内容物である引火性液体が細かいミストとなり噴出する場合がある。ミスト状に噴出した引火性液体に何らかの原因で着火した場合、爆発になる可能性がある。この爆発の性状と影響を知ることにより、爆発と被害の関係を明らかにしていく。

引火性液体が火災現場で助燃材として使用されることは多く、その使用は化学分析により証明されるが、火災後の引火性液体は燃焼の結果、濃度の低下や変性が生じており、明確に判断できない場合がある。燃え方により引火性液体がどの程度残るのか、

分析装置にかけられる濃度はどのくらいなのかの検出限界を評価するための基礎データを得る。

## 4. 令和 3 年度の研究成果

### (1) 現場残さの物質同定に関する研究

- ・現場対応分析装置の調査として、遠隔型の化学物質を識別できる装置について、原理等を調査し、どのような化学物質が反応するかを調べた。また、次年度以降に実験を行うために、試薬を準備した。
- ・綿とポリエステルを混紡した布について、TG-DTAにより試料を加熱し、疑似的に焼損したものを作成し、熱分解 GC、FT-IR により分析した。加熱前後の試料の分析結果の比較から、綿とポリエステルの混紡した布では、綿が熱による影響を受けやすく、ポリエステルと誤判断が起きやすい可能性を見出した。また、綿とポリエステルは加熱による反応はそれぞれ単独で分解が進行し、相互に反応することがないことがわかった。
- ・電気溶融痕を通常環境下と加熱環境下で作製できる環境を構築した。通常環境下で安全に放電を行えるように、セラミックチューブ内で短絡等を起こさせる環境を整備した。加熱環境下での作製は、管状電気炉のセラミックチューブ内で高温にしながらか短絡等を起こさせる部材を準備した。溶融痕部分を電子顕微鏡において表面観察と元素分析を行い、表面観察では滑らかに溶けている部分と小さなくぼみのある部分が認められ、表面の元素分布では放電前の素線の表面よりも酸素の分布が増加していることを確認した (図 1 参照)。

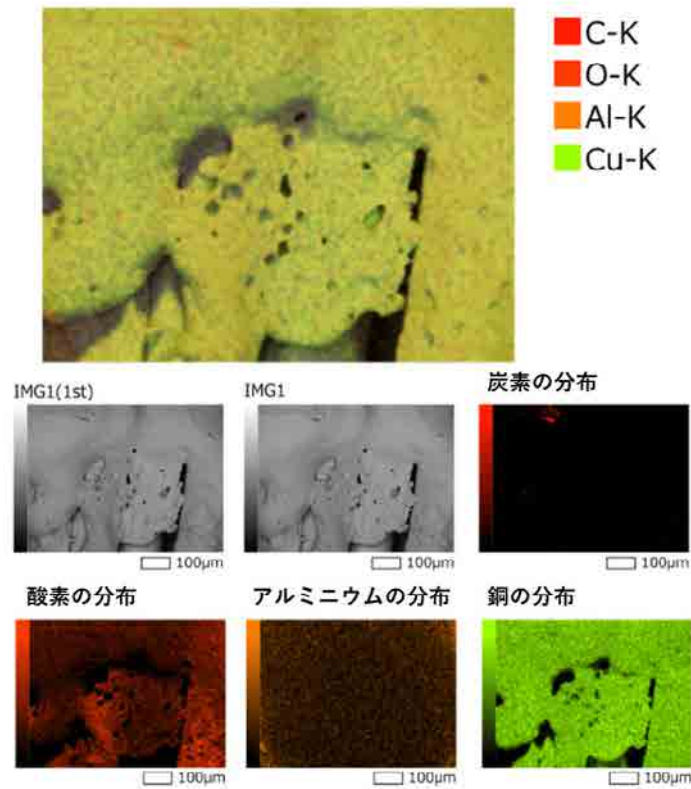


図1 熔融痕表面を電子顕微鏡の元素分布で測定した結果の例

(2) 引火性液体の燃焼性状に関する研究  
 ・液体の衝突帯電を計測するための実験装置の仕様検討と設計を行い、装置を試作した。水や

アルコール、灯油などを扱える防爆仕様の液体噴射装置と衝突板を内部に設置可能なファラデーケージからなる (図2 参照)。

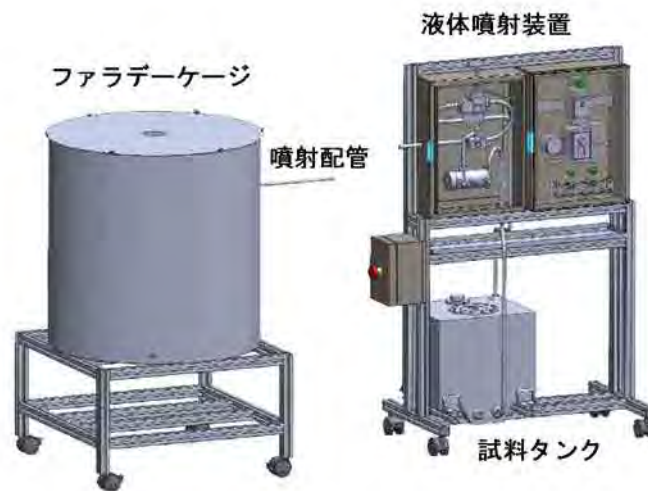


図2 衝突帯電を測定する実験装置の概念図

- ・ミストを生成する実験装置の仕様を決定し、図3 のような装置を製作した。

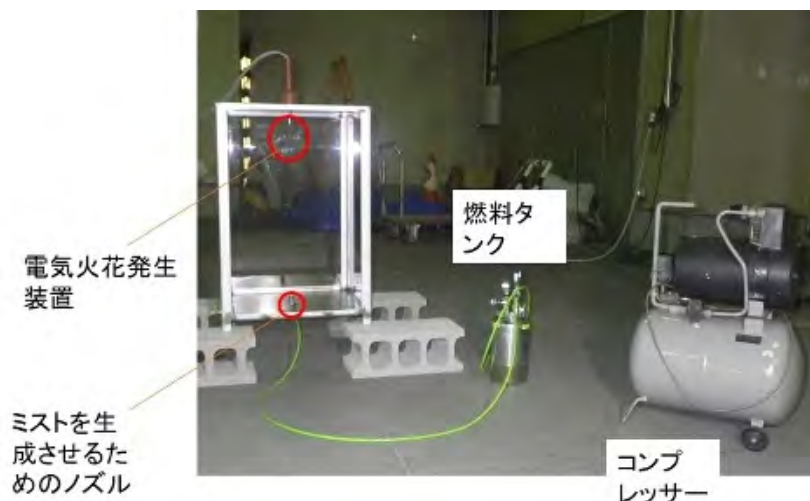


図3 実験装置

- ・引火性液体を燃焼させた実験データや文献を整理しまとめ、次年度以降の計画を作成した。

## 5. 令和4年度の研究計画

### (1) 現場残さの物質同定に関する研究

- ・遠隔型の化学物質を識別できる装置と携帯型検知器のいずれにも反応する安全性の高い試薬を選定するための実験をする。
- ・綿とポリエステルを混紡した布について誤判断が起きる可能性について、どのような試料を採取することで解決できるかということについて検討を行う。具体的には、分光測色計を用いて、試料の色の変化と分析結果を結びつけることを計画している。また、TG-DTA による加熱だけでなく、助燃剤による燃焼、電気炉等の加熱により試料を焼損させることを試みる。さらに、複数の材料を含む試料について、綿とポリエステル以外のものについて加熱前後の分析を熱分解 GC、FT-IR 等を用いて行う。
- ・電線素材や電気特性（直流、交流、電圧、電流など）、作製時の雰囲気条件などを変化させて電気溶融痕を作製し、その表面分析を実施する。

### (2) 引火性液体の燃焼性状に関する研究

- ・ノズル径、流量、導電率などの条件を変えて水の衝突帯電の計測を行う。
- ・ミストを生成する実験装置を使用し、小規模なミスト爆発の実験を行う。結果を基に実験装置の改良を行う。
- ・プラスチック製品が共存する条件で、引火性液体を燃焼させた試料の作成を行い、GC、GC-MS で分析する。特に、プラスチック由来の成分が分析結果に影響を与える試料の作成方法の確立を試みる。

## 6. 次年度以降の研究計画

### (1) 現場残さの物質同定に関する研究

- ・現場対応機器の検知能力の検討
- ・あらゆるケースの事案における効果的な現場対応機器の活用法の検討
- ・複数の材料を含む試料について焼損前後の分析結果の比較による誤判断がおきない材質同定手法の検討
- ・劣化等による材質同定が困難な試料について検討
- ・焼損物の同定手法のマニュアル化や分析結果のデータ集の作成

- ・火炎中での電気溶融痕サンプル作成手法の確立
- ・電気溶融痕の製作及び電気溶融痕の物理分析
- ・一次痕、二次痕の特徴抽出

(2) 引火性液体の燃焼性状に関する研究

- ・水及び引火性液体の衝突帯電量の測定
- ・液体物性値による衝突帯電量の予測
- ・小規模なミス 폭발の実験を行い、ミス 폭발の性状を測定し、影響を把握する。実験装置の改良も行う。

- ・微量引火性液体、焼損後の引火性液体の成分分析と比較
- ・適切な前処理、装置設定等の手法の確立

7. 共同研究等外部との協力

- ・横浜市消防局
- ・東京理科大学
- ・東京電力パワーグリッド株式会社



## (9) ライニングが施工された鋼製一重殻地下タンクの 定量的評価に基づく健全性診断方法の研究開発

研究期間：平成 31 年 4 月～令和 7 年 3 月

技術研究部 施設等災害研究室 徳武皓也、畑山 健

### 1. 背景

土壤中に直接埋設された、石油類等危険物を貯蔵する鋼製一重殻地下タンク（以降、地下タンク）は、長期間使用による腐食による危険物流出のリスクが高い。そこで、危険物流出防止対策として、既設の地下タンクにおいては、内面防食のためにガラス繊維強化プラスチックが施工される（ライニング）事例が年々増加している。一般に、このようなライニングが施工された鋼板の寿命は、未施工のものに比べて著しく長くなる。しかし、多くの地下タンクは開放されず十年以上使用され続けるため、経年劣化による内面ライニングの防食性の低下が懸念されている。一方、タンク外面については、アスファルトの被覆などの防食措置が古くから行われているものの、その一部が経年劣化により剥離し、土壤中に含まれる水分と鋼との接触によって、局部腐食が進行する可能性がある。以上のことから、地下タンクの開放点検時に、ライニング及び鋼板の健全性（このまま使用し続けてよいかどうか（現在の腐食・劣化状態）、あとどの程度の期間継続使用可能なのか（将来の供用適性、余寿命）等）を正確に評価することが重要である。

内面にライニングが施工された地下タンクについては、平成 22(2010)年 7 月 8 日消防危 144 号通知等において、10 年以内の開放点検が望ましいことが示されている。その際のライニング自体の劣化判断方法は、目視によって現在の外観上の状態（歪み、ふくれ、亀裂、損傷、孔等の有無）を確認するというものであるため、現在の劣化状態や余寿命を定量的に評価することは困難である。このため、非破壊計測を用いてライニングの性能に係る数値を取得・

良否判定をすることにより、健全性診断を実施することが必要不可欠と考えられる。非破壊計測手法として、電気化学インピーダンス測定（ライニング等の電気の“ながれにくさ”からその防食性を判定する手法）や、超音波厚さ測定（一般的には、ライニング鋼板上から超音波を入力し、その鋼板外面からの反射時間から「鋼板の厚さ」を推定する手法であるが、ライニング内を通過する超音波反射特性の解析によりライニングの劣化検知ができる可能性がある）が有望である。これらにより、経年劣化で変化するライニングの電気抵抗や音速といった数値を取得することができる。しかし、これらの手法で得た測定値とライニング等の物理化学変化との結びつき（劣化メカニズム）は十分に明らかにされておらず、数値を得たとしてもライニングの劣化状態の正確な診断が困難（劣化診断基準値・劣化速度が未知、未確立）である、という問題がある。さらに、寿命予測をするうえで必要不可欠な、ライニング劣化現象のモデル化は達成されていない。以上のような観点から、長年実機タンクで使用されたライニングの劣化状態の把握やタンク内環境を模擬した劣化加速試験の実施などにより、劣化診断基準値、劣化速度、ライニング劣化モデルを十分に検討する必要がある。

視認困難なタンク外面の鋼板の腐食は、開放点検時に超音波厚さ測定により把握可能と一般的には考えられる。しかし、経年劣化が進行したライニング上、あるいは、著しく外面が腐食した箇所では、精度よい鋼板厚さ推定が困難となるおそれがあり、その原因（腐食・経年劣化に伴う超音波波形の変化挙動）について十分つきとめられていないという問

題があった。

2. 研究内容

本研究開発では、ライニングが施工された鋼板の定量的な健全性診断方法の確立を目指し、各種非破壊計測で得られる「数値」とライニング鋼板の「劣化・腐食状態」の関係を明らかにする研究開発に、表1の年度計画に基づき、令和元年度からの3年間で取り組んできた。その結果、内面ライニングについては、超音波厚さ測定で得られるライニングの音速値から、その物性を簡易に推定する方法を提案した。また、外面の鋼板の腐食については、長期使用

したライニング上、あるいは、外面が著しく腐食した鋼材における、超音波による精度良い鋼板厚さの推定条件を把握することができた。これらは総じて、定量的な地下タンクの健全性診断が実現できる可能性を示すものである。一方で、手法の社会実装を実現するためには、内面ライニングの診断基準に大きく関係する、(1)「ライニング劣化診断基準値の検討」、(2)「劣化加速試験に基づく劣化速度の推定」の、より高度な研究課題に、引き続き、取り組む必要がある。表2に令和4年度以降の年度計画を示す。

表1 R3年度までの年度計画

研究項目	令和元年度	令和2年度	令和3年度
(1)ライニング・コーティング鋼板の劣化・腐食の測定と観察	・試験片作製		
	・計測の予備実験	・劣化加速試験実施 ・電気化学インピーダンス測定、超音波測定等による定量的計測	
	・劣化状態分析方法の検討	・物理化学分析及び破壊試験等の適用による劣化状態の分析	
			・定量的評価、観察、分析結果に基づく測定データと劣化・腐食状態の相関の整理
(2)板厚計測精度向上のための必要条件の把握	・腐食減肉鋼材における超音波波形データの取得・蓄積及び腐食形状の定量的把握		
	・未使用コーティング・ライニング鋼板における超音波波形の基礎特性の把握	・加速試験適用後及び経年劣化が進行したサンプルにおける超音波波形の取得・蓄積	
			・取得・蓄積データに基づく板厚を精度よく計測するために必要な条件の把握
(3)地上タンクで生じた危険物流出事故の原因推定		・電気化学測定による未劣化及び劣化試験体の計測	・分析による未劣化及び劣化試験体の膜の劣化状態の分析と観察
(4)タンクの現状に関する各種調査	現地調査、聞き取り、各種文献収集による、地下タンクの劣化の実態把握		

表 2 R4 年度以降の年度計画

	令和 4 年度	令和 5 年度	令和 6 年度
(1) ライニング劣化診断基準値の検討	長期使用サンプルの劣化状態の分析・評価		→ 数値と劣化状態の相関整理
(2) 劣化加速試験に基づく劣化速度の推定	劣化加速試験方法の検討	加速試験実施 試験片の分析	→

本研究の実施により健全性診断手法が実用化されれば、タンクでの危険物流出事故の未然防止・事故による損害の軽減が図られるほか、長期使用可能なタンクを精緻に判別できるようになることから、合理的に必要十分な安全性を担保できるようになることが期待される。

### 3. 令和 3 年度までの研究成果

表 1 の年度計画に基づいて取り組んだ研究の成果について本項で示す。最近では、製油所の地上タンクにおいて、底板内面にコーティングが施工されていたにもかかわらず、そのコーティングが防食機能を損なうとともに、内面の鋼の露出部において多数の腐食開口が生じて危険物流出に至った事故も発生したが、本事例において、コーティングの劣化から鋼の腐食に至った要因を明らかにすることは重要であると考え、事故事例の解析にも着手した。

#### 3.1 ライニング・コーティング鋼板の劣化・腐食の測定と観察

##### (1) ライニングの劣化メカニズムと非破壊計測による劣化検知に関する検討

灯油、軽油、レギュラーガソリン、ハイオクガソリンを貯油した 4 基の内面ライニング施工の地下タンク（ライニングは平均厚さ 2~3mm 程度で約 17 年間供用、鋼の設計板厚：6 mm）の側面からライニング付きの鋼板を切り出し、未劣化及び 4 種類のサンプリング板（いずれも不飽和ポリエステル樹脂【JIS K 6919, UP-CM 相当】がベースの仕様）に対する非破壊検査手法による計測と物理化学分析を

行い、長期劣化メカニズムと非破壊検査手法の劣化検知への適用可能性を調べた。

各種サンプルを 3 wt%NaCl 水溶液へ接液させて電気化学インピーダンス測定を行い、ライニングのインピーダンスを数十日程度モニタリングした。その結果、長期間のタンク内での使用により、ライニングの防食性に関連する電気抵抗が低下することがわかった。また、推定されたライニングの電気抵抗の値は、新品、灯油・軽油浸漬、レギュラー・ハイオク浸漬の順に小さくなった。

接油によるインピーダンスの低下及びサンプル間で現れた電気特性の違いの要因を調べるため、未劣化品・灯油・ハイオクガソリン浸漬品の 3 種類の試験片の切断断面における、イメージング赤外分光分析（イメージング IR）による化学構造の解析を実施した。その結果（図 1）、新品、灯油浸漬品、ハイオクガソリン浸漬品の順で、ライニング内部に存在する炭化水素濃度が高くなる傾向を得た。この序列は、低分子の炭化水素が存在する油種への接触ほど、膜深層部まで成分が入り込みやすく、かつ、長い時間経過しても蒸発しにくいということで説明可能かもしれない。つまり、ライニングが石油燃料と長期接触した場合の劣化メカニズムは、膜深層部まで入り込んだ炭化水素が十分な時間を経過しても蒸発せず膜内に残留するなどにより、不可逆的に樹脂の網目が押し上げられる現象（膨潤）で、これにより、インピーダンスの低下が引き起こされると考えられる。

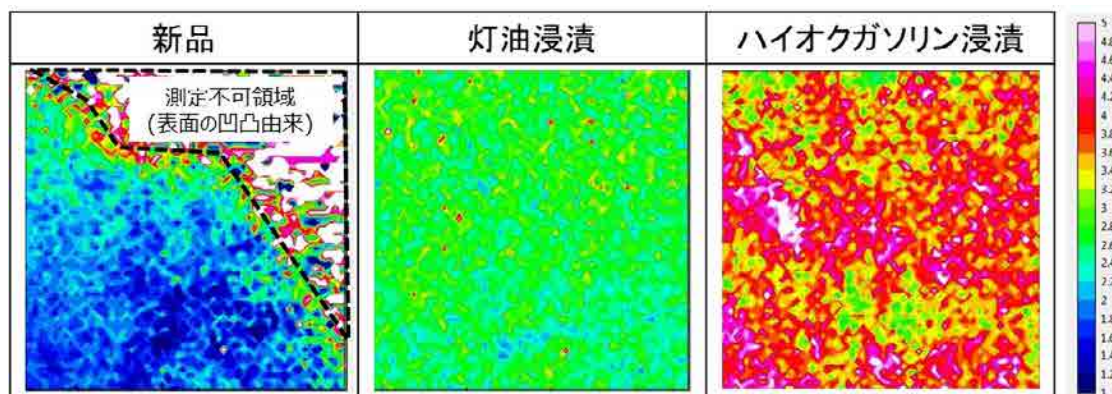


図1 新品・灯油・ハイオクガソリンへ17年浸漬させた試験体の断面より得た、赤外吸収強度比のマッピング図(32 $\mu$ m<sup>2</sup>の範囲)の比較。強度比は、炭化水素の伸縮振動に由来する2930cm<sup>-1</sup>付近のピークを芳香族のCC伸縮由来の1495cm<sup>-1</sup>付近のピークで除したものの。

電気特性の低下が、樹脂の網目構造の不可逆的な広がりのような物性変化によりもたらされているとすれば、その特徴は、機械特性変化にも現れる可能性がある。そこで、小片に切断した試験片に対して、微小硬度計測（微小な針を精密に打ち込んだ際の荷重と変位から硬度を調べる手法）を行ったところ、ライニングは、油への長期浸漬により硬度が低下すること、さらに、レギュラー・ハイオク浸漬品においては、著しく低下することが分かった。先述の樹脂の網目構造の緩まりの程度差により、各サンプルの硬度の違いがもたらされていると考察される。

ライニングの物性変化を、比較的簡便な方法で検知できるかどうか検討するため、ライニング試験体に対する超音波厚さ測定を実施し、超音波反射特性を取得・解析した。波形表示機能付きの超音波探傷器に二振動子型垂直探触子（周波数：5MHz、センサー径φ10mm、交軸点距離8mm）を接続し、接触媒質を介して探触子をライニング上から接触させることで、ライニングと鋼の界面からの反射エコー（Iエコー）の反射時間を計測した。取得データを解析した結果、ライニングの音速が、新品、灯油・軽油浸漬品、レギュラー・ハイオク浸漬品の順で小さくなる、という傾向が得られた。この序列は、インピー

ダンス測定で推定された電気特性や微小硬度計により計測された硬度の序列と整合する。

以上の結果から、電気抵抗・硬度・音速の序列が一致する傾向は、樹脂の網目構造が不可逆的に押し広げられる膨潤に起因して現れると解釈される。そこで、この解釈に基づき、各種非破壊計測値（音速・電気特性）と硬度の関係を整理することで、音速から、硬度や電気抵抗といった物性を簡易に現場で推定するための方法を示した。いくつかの開放点検に伴う内面ライニング施工の地下タンクの現地調査において、この方法の実適用性を検証したところ、(i) 目視で健全であると判断されたライニングでは、新品とほぼ同等の物性値であった；(ii) 同じ施工条件で灯油・レギュラーガソリン内で使用されていたライニングでは、レギュラーガソリンタンクの方が、灯油タンクよりも物性値が小さかった、といったように、定量的な診断結果が、定性診断・実験室評価と整合する結果を得た。

#### (2) コーティング・ライニングの劣化加速試験法の検討

いくつかのコーティング試験片に対する各種劣化加速手法の効果やその劣化のメカニズムを、電気化学インピーダンス測定などにより検証し、下記の知見を得た。

### 【ライニングに対する高温液体中での劣化加速試験】

ライニングに接触する液体の温度を高くすると迅速に劣化促進されるのではないかと考え、密閉圧力容器内で 90°C に温度保持した蒸留水及びガソリン中に、不飽和ポリエステル樹脂系のライニング試験片を最大 30 日間浸漬させる劣化促進試験を実施した。その結果、高温のガソリン浸漬試験では、蒸留水と同温度の促進試験と比べ、インピーダンスの低下はとて小かった。従って、油よりも水を用いる方が、ライニングの防食性の低下を迅速に引き起こすことができると考察される。

### 【ガラスフレックコーティングに対する高濃度酢酸浸漬による劣化加速試験の検討】

地上タンク底板内面用のビニルエステル樹脂系のガラスフレックコーティング(厚さ 0.5mm 程度)及びライニング鋼板試験片を、それぞれ 40°C 程度の濃酢酸(酢酸のような有機酸は油の劣化により生成)へ浸漬させることにより、劣化加速試験を行った。その結果、ガラスフレックコーティングでは、樹脂の膨潤が発生し、短期間で大きくインピーダンスが低下するとともに、一般的に有機コーティングの寿命とされるふくれが発生することがわかった。しかし、ライニング鋼板試験片は、同じ期間での濃酢酸浸漬試験において、著しいインピーダンスの低下や目視での不具合の観察には至らなかった。酢酸水溶液浸漬試験において、より試験期間を長くすることで、高耐久性ライニングを劣化させられるかもしれない。

## 3.2 板厚計測精度向上のための必要条件の把握

### (1) 長期使用したライニング上からの超音波反射波の読み取り方法の検討

長期間使用したライニング鋼板に対して、3.1(1)で示した超音波厚さ測定同様の構成で I エコー(ライニング/鋼板界面からの反射時間)及び B<sub>1</sub> エコー(鋼板底面からの反射時間)を取得し、B<sub>1</sub> エコーの反射時間から I エコーの反射時間を差し引くことによって鋼板の厚さを推定した。その結果、鋼板裏側からのライニング上からではない計測値とは若

干異なるものの、ライニング上からでもある程度の精度で推定ができた。

### (2) 腐食減肉鋼材の板厚計測によるコーティング上からの板厚計測精度の検証

超音波厚さ計を用いて残存板厚を精度よく計測する方法を探るため、超音波により計測した腐食減肉量と実減肉量との関係を調べた。試験片は実機地上円筒タンクの底板より切り出したものであり、内面側はコーティングが施工されており腐食がほぼ進行していないが、基礎接地面(裏面)では著しい腐食減肉が見られる。本試験片に対して、面方向に送受信センサが分割されている構造を有する二振動子型垂直探触子を用いて、超音波により減肉量を計測したものと、裏面側からデプスゲージにより実測した減肉量を比較した。その結果、二振動子型垂直探触子では、その接触方向(送受信センサの位置)と腐食形状に応じた反射波が発生し、これが板厚計測上のノイズとなりうるものの、探触子を適宜回転させ、送信パルスが腐食減肉部から有効に受信センサに入力されるように取得した反射波から反射時間を読み取れば、超音波板厚計測による減肉量は、デプスゲージで得た実値と、完全に同一ではないが、よい一致を示すことが分かった。

## 3.3 地上タンク底板で生じた危険物流出事故要因の推定

危険物流出事故の原因とコーティングの劣化メカニズムを調査するため、未劣化及び劣化した塗装鋼板に対する分析・電気化学測定を実施した。未劣化試験片は、発災タンク底板内面に施工されているものと同仕様のコーティングを鋼板に新たに施工したもの、劣化試験片は、発災した実機タンク底板より切り出したものである。

電気化学インピーダンス測定の結果、当該コーティングは、導電性が支配的であるとともに、長期使用により抵抗が低下することが分かった。この電気特性とコーティングの状態の対応関係を調べるため、未使用及び長期使用された試験体の SEM/EDX による断面観察・分析による比較を行った。まず、いずれのコーティングも、鱗片上の導電性カーボン

と少量の金属添加剤がシリコン系のバインダーで結合されているような構造であることがわかった。このことから、コーティングの有する導電性は、膜内部に均一に分布されたカーボンに起因する特性であると特定された。両サンプルでの違いについては、未使用サンプルでは、素地鋼板界面近傍に不連続にアルミナ層が形成されていた一方、長期使用サンプルでは SiO<sub>2</sub> (シリカ) が形成しているものであった。従って、膜内に浸透した水やイオンが鋼の界面に到達し、膜直下に存在する(電気的には膜に直列に接続された)絶縁性の高いアルミナの孔食が引き起こされ、最終的にシリカが形成する劣化過程であるため、長期使用によりインピーダンスが低下すると推定された。

電位(測定系の金属のアノード・カソード反応に応じて変化する指標)を測定したところ、未劣化及び劣化塗装鋼板のいずれも、コーティング残存部は、鉄そのものよりも、カソードとして機能しやすい性質であることがわかった。これは、接液状態でコーティングが剥離して鋼露出部が現れた際、コーティング残存部がカソードになるのに対し、鋼露出部がアノードとなることで当該箇所が腐食が著しく進行してしまう、マクロセル腐食が進行しやすい状態となることを意味している。本系でのマクロセル腐食の起こりやすさを調べるため、新品の鉄鋼板を模擬アノード、コーティング部を模擬カソードとして、3 wt% NaCl 水溶液を介して短絡させることで強制的に腐食電流を流し、その電流値を無抵抗電流計で計測した。その結果、比較的短期間の試験において、最大で数百  $\mu\text{A} \cdot \text{cm}^2$  という腐食電流が流れることが分かった。この電流値は、年間数 mm という腐食

減肉量を十分に説明できるものである。

以上の検証より、内面からの鋼の腐食は、食塩を多量に含む水溶液環境下において、塗膜下へ到達した水溶液が鋼板界面における腐食反応を引き起こし剥離、さらに、導電性を有するコーティング残存部がカソードとして、露出鋼板がアノードとして機能する、マクロセル腐食により促進されたものと推定された。

#### 4. 令和 4 年度の研究計画

##### 4.1 ライニング劣化診断基準値の検討

長期使用されたことで剥離したライニング試験片等の劣化状態について、赤外分光分析(FT-IR)、イオンミリング等で精密研磨を実施後の試験体の走査型電子顕微鏡(SEM)による観察、ナノインデントによる微小硬度測定などを用いて、詳細に調べる。

##### 4.2 劣化加速試験に基づく劣化速度の推定

ライニング試験片に対する劣化加速試験方法について検討する。

#### 5. 令和 5 年度以降の研究計画

##### 5.1 ライニング劣化診断基準値の検討

長期使用サンプルの各種物理化学分析により得たデータを考慮し、ライニング剥離時の物性を明らかにする。

##### 5.2 劣化加速試験に基づく劣化速度の推定

劣化加速試験を開始し、インピーダンス測定や超音波反射特性といった数値を定期的を取得するとともに、表面状態の観察を行う。また、試験終了後の加速試験片の物理化学分析により劣化状態を調べ、劣化のモデル化について検討する。



## (10) 化学物質等の製造・貯蔵工程における火災危険性に関する研究

研究期間：令和3年4月～令和8年3月

技術研究部 危険性物質研究室 岩田雄策、佐藤康博

### 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、膨大な種類の火災危険性を有する化学物質が製造・使用されている。さらに、化学物質の火災危険性は取扱方法によって異なる。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、経済的損失および環境破壊をもたらすことから、化学物質の火災予防が特に重要である。火災予防のためには、多岐に及ぶ化学物質およびそれらの使用形態に応じた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必要である。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、取り扱いの形態に応じた火災危険性評価が困難であることから不十分な場合がある。

本研究課題では、化学物質に加えて製造・貯蔵中

における火災危険性に焦点を当て、取扱方法に即した火災危険性を評価するための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。また、火災原因調査においても火災原因を特定する手法として有効である。

### 2. 研究内容

化学物質の取り扱い時の火災危険性として、製造中における攪拌・混合の火災危険性への影響、長期貯蔵中に生じる自触媒反応等による火災危険性、移送時の火災危険性として粉塵爆発による火災危険性の評価手法および酸化性固体および引火性液体等の漏洩時の火災危険性に関する評価手法を検討する。

表1 令和3年度から令和7年度までの研究計画

	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
製造(攪拌・混合)中の火災危険性	・攪拌・混合が化学物質の火災危険性に及ぼす影響について基礎データを取得。			・攪拌・混合の影響を考慮した火災危険性評価法を提案する。	
長期貯蔵中の火災危険性	・長期貯蔵中に火災を起こす化学物質について、活性物質を解析する手法および自然発火危険性の評価法に関する基礎データを取得。			・長期貯蔵中の火災危険性評価法を提案する。	
移送時の火災危険性				・粉じん爆発による火災危険性について、熱量計等を用いた火災危険性評価法に関する基礎データを取得。	・粉じん爆発危険性について、熱量計等を用いた火災危険性評価法を提案する。
漏洩時の火災危険性	・酸化性固体に対して熱量計を用いた漏洩時の火災危険性評価法に関する基礎データを取得。			・酸化性固体に対して熱量計を用いた漏洩時の火災危険性評価法を提案する。	
				・引火点が低い可燃性液体に対する引火点測定法を検討する。	・引火点が低い可燃性液体に対する引火点測定法を提案する。

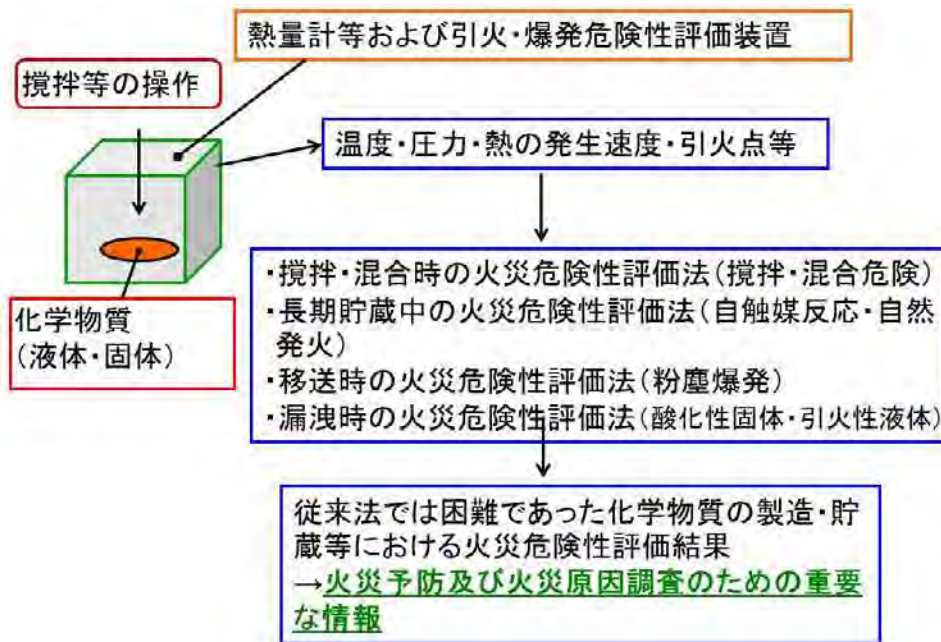


図1 研究概要

3. 令和3年度の研究成果

(1) 水が混合した化学物質 (酸化性固体) について、熱量計を用いた評価手法によって火災危険性を明らかにした (図2 および図3)。図2 から発熱検知温度が 100°C であることから、その温

度以上になると過炭酸ナトリウムの急激な分解が始まることがわかった。図3 から水の添加によって、発熱検知温度が水を添加しない場合より 50°C 低下したことから、分解しやすくなったことがわかった。

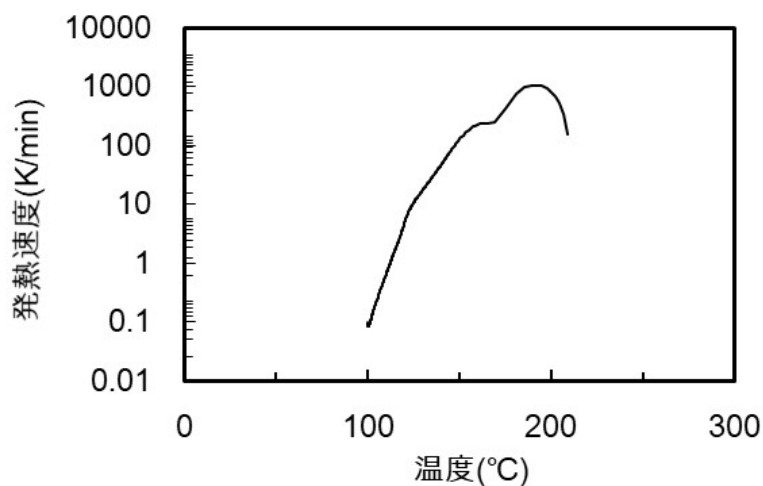


図2 圧力追従式断熱型熱量計 (APTAC) によって測定された過炭酸ナトリウムの発熱速度曲線

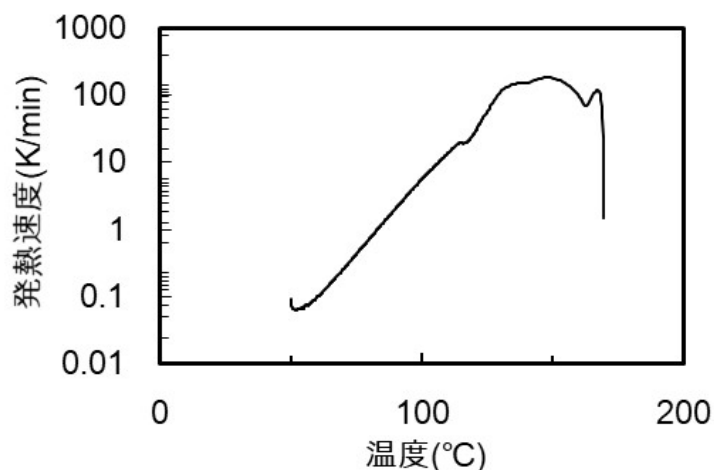


図3 APTACによって測定された水を含む過炭酸ナトリウムの発熱速度曲線  
(水重量/過炭酸ナトリウム重量=0.1)

(2) 長期貯蔵中に火災を起こす化学物質（自触媒反応を起こす化学物質）について、熱量計の測定結果から得られた活性物質を考慮した反応速度式を基に自触媒反応の発熱挙動を推定する手法を開発した。図4に過酸化クミルの等温下における発熱挙動の測定結果を示す。自触媒反応によって分解する過酸化クミルの等温下における発熱挙動に関して、ある時間経過した後に熱流束が最大となった。図5に過酸化クミルの等温下における発熱挙動の計算結果を示す。等温測

定結果から得られた反応速度式を基に計算された過酸化クミルの発熱挙動が、測定結果と比較すると妥当な結果であったことから、測定結果から発熱挙動を推定できることがわかった。熱量計を用いた評価手法によって、自然発火性を示す化学物質である硫化鉄について常温からの酸化発熱による火災危険性を明らかにした。図6において硫化鉄は、窒素雰囲気下と異なり空気雰囲気下では室温から酸化発熱を起こすことが観測された。

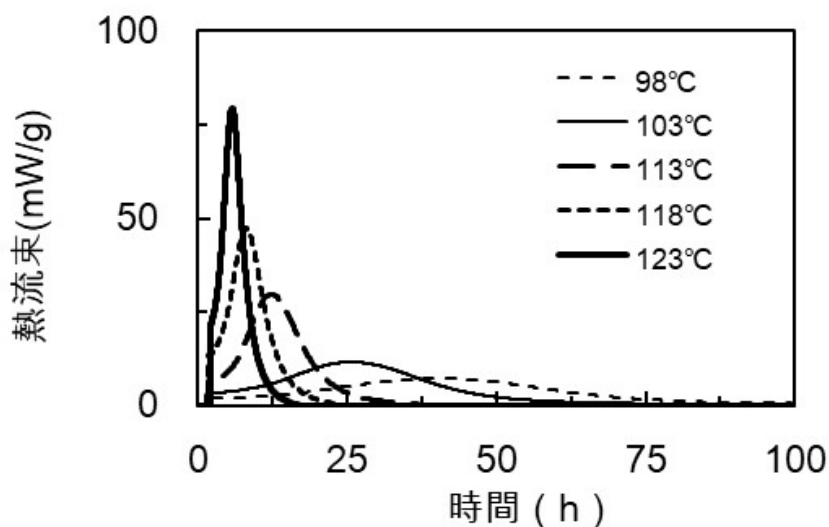


図4 過酸化クミルの等温下における発熱挙動の測定結果

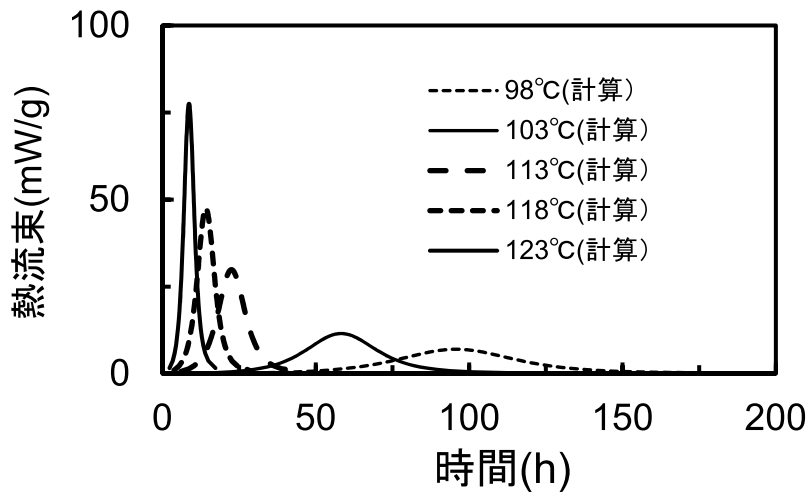


図5 過酸化クミルの等温下における発熱挙動の計算結果

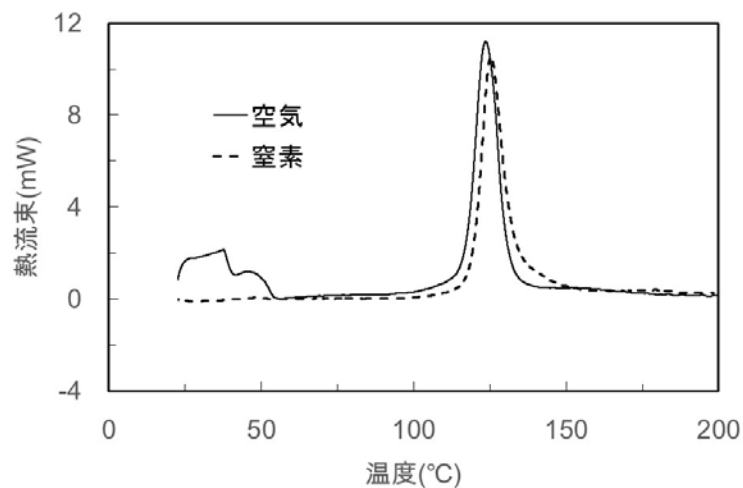


図6 空気および窒素雰囲気下における双子型高感度熱量計 (C80) によって測定された硫化鉄の発熱挙動

#### 4. 令和4年度の研究計画

- (1) 攪拌・混合が化学物質（自触媒反応を起こす化学物質等）の火災危険性に及ぼす影響を調べるために、熱量計等を用いた測定法を検討し、基礎データを得る。
- (2) 長期貯蔵中に火災を起こす化学物質（酸化によって発熱する化学物質等）について、自然発火性に関する危険性評価法を検討し、基礎データを得る。
- (3) 酸化性固体に対して漏洩時に可燃物と接触した

場合の火災危険性評価法を検討し、基礎データを得る。

#### 5. 次年度以降の研究計画

- (1) 攪拌・混合操作中における化学物質等の火災危険性評価法を提案する。
- (2) 長期貯蔵中の化学物質等の火災危険性評価法を提案する。
- (3) 移送時の火災危険性として、粉じん爆発による火災危険性について、熱量計等を用いた火災危

険性評価法を開発する。

- (4) 漏洩時の火災危険性として、酸化性固体を含む化学物質の漏洩時の火災危険性について、熱量計等を用いた火災危険性評価手法を提案する。

また、可燃性液体の漏洩時の火災危険性を検討するために、引火点が低い化学物質に対する引火点測定法を提案する。

## (11) 石油タンクの地震被害予測の高精度化のための研究

研究期間：令和3年4月～令和8年3月

技術研究部 施設等災害研究室 畑山 健

### 1. 目的

南海トラフ地震、首都直下地震等の大地震が切迫しているなか、地震防災・減災対策の立案・実施において、精確な地震被害予測・影響評価が必要不可欠であることは論を俟たない。石油コンビナート等特別防災区域（以下「特防区域」という）等の石油エネルギー施設の重要拠点における地震被害を防止し、災害の拡大を抑止する上でもまた同じであり、とくに石油類の貯蔵・取り扱い量が多く、危険性が他の施設よりも大きな大型石油タンクの被害予測の精度は重要である。石油タンクの地震被害予測精度を決定する要因には、入力地震動の予測の精度と、石油タンクの地震動応答評価の精度の2つがある。これら2つの精度は、現状においてかならずしも十分なものとはいえず、双方について精度向上の取り組みが必要であるが、本研究課題では、入力地震動、とりわけ石油タンクに液面揺動（スロッシング）を生じさせる周期数秒から十数秒の長周期地震動の予測の高精度化を目的とした研究を行う。

消防法令では、石油タンクのスロッシングに関する耐震基準として、「液面揺動に係る設計水平震度」（以下、消防法令上の記号に依拠して「Kh2」という）を特防区域ごとに定めており、石油タンクの最高液面高さ（最大貯蔵量）は、このレベルの長周期地震動に見舞われても内容液が溢流等しないものとされ、また、浮き屋根の強度はこのレベルの長周期地震動に対して耐えるものとされている。Kh2は、基本的に座間(2000)による経験的（過去の地震記録に基づいた）長周期地震動予測式に基づいて定めら

れている。すなわち、現行の石油タンクスロッシング耐震基準は、長周期地震動の経験的予測に基づいている。このようなことから、本研究課題では、長周期地震動の経験的予測の高精度化を目指す。

### 2. 研究内容

石油タンクにスロッシング被害をもたらすような高レベルの長周期地震動は、震源から射出された長周期成分を含む地震波が、堆積平野・盆地に入射し、その厚い堆積層によって増幅されることなどにより発生する（図1）。したがって、長周期地震動の予測を高精度化するには、(1)堆積平野・盆地に入射する長周期地震波の予測、すなわち、震源からどのような地震波が射出され、その後、堆積平野・盆地に伝播するまでにどのような減衰等の影響を受けるかについての予測と、(2)その地震波が堆積平野・盆地に入射した後に、どのような増幅等の影響を受けるかについての予測の両方を高精度化する必要がある。

座間(2000)の経験的長周期地震動予測式は、標準スペクトルにサイト増幅スペクトルを乗じることにより、地震動の予測フーリエ振幅スペクトルを得るという構造になっている。ここで、部分的に正確ではないものの、標準スペクトルの予測は(1)に対応し、サイト増幅スペクトルの予測は(2)に対応する。(1)は全体的な地震動レベルの予測に関係し、(2)は場所による地震動レベルの違いの予測に関係する。本研究課題では、(1)と(2)の双方について、その高精度化を目指す。



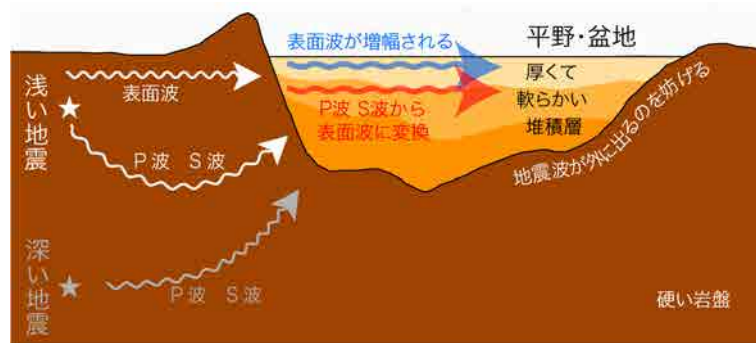


図1 長周期地震動の発達メカニズム

(1) 経験的長周期地震動予測式における標準スペクトル評価式改良版の作成

2016年熊本地震の際、大分の特防区域は、消防法令において耐震基準として同区域に対して定めている  $Kh_2$  を超える長周期地震動に見舞われ、同区域内の浮き屋根式石油タンクではスロッシングが発生し、浮き屋根の傾斜・沈没等の大事には到らなかったものの、浮き屋根の浮き室が損傷した。この地震の際には、大分よりも震源から遠方の特防区域でも、遠方のわりには高いレベルの長周期地震動が観測され、ところによってはスロッシングも観測されたが、それらの特防区域で観測された長周期地震動のレベルは、座間(2000)の経験的長周期地震動予測式による予測値を数倍から10倍上回った。これは、長周期地震動の全体的なレベルを左右する標準スペクトルの予測の部分に改良の余地があることを示唆している。このようなことから、本研究課題では、石油タンクサイトに対する経験的長周期地震動予測式における標準スペクトル評価式の改良版を作成する。

(2) 石油タンクサイトにおける長周期地震動増幅特性の高精度評価

2005年の消防法令改正により各特防区域に対して定められた現行の  $Kh_2$  は、基本的には、次のようにして予測された各特防区域直近の気象官署等における長周期地震動に基づいて決められた。すなわち、基になった予測長周期地震動は、座間(2000)の経験的長周期地震動予測式における標準スペクトル

に、各特防区域直近の気象官署等における過去の地震記録から推定されたサイト増幅スペクトルを乗じることにより得られた地震動予測フーリエ振幅スペクトルである。これは、各特防区域直近の気象官署等に対する予測結果であって、特防区域に対する予測結果ではない。地震記録に基づいて長周期地震動のサイト増幅特性を経験的に推定するには、多くの長周期地震動の地震記録が必要であるが、長周期地震動はマグニチュードが大きな地震でなければ発生しないため、長期間にわたって地震記録が蓄積されている場所ではしかできない。当時、特防区域にはそのような地震記録の蓄積はなかったため、長期間にわたって地震記録が蓄積されていた気象官署等における長周期地震動のサイト増幅スペクトルをそこでの地震記録から推定し、そのサイト増幅スペクトルが直近の特防区域に対して代用的に適用された。しかしながら、直近の特防区域といえども、ところによっては気象官署等の距離が10 km以上離れている場合もあり、気象官署等における長周期地震動のサイト増幅スペクトルと直近特防区域におけるそれが異なる可能性は否定できない。

一方、消防研究センターでは、2003年十勝沖地震の際も石油タンクに甚大なスロッシング被害が発生したことなどをを受けて、2005年頃に長周期地震動が発達しやすいと考えられる特防区域に強震計を設置し、以来観測を継続してきた。本研究課題では、その観測により蓄積された独自の地震記録を用い

て、特防区域における長周期地震動の経験的サイト増幅スペクトルを推定する。これにより、特防区域における長周期地震動の予測の高精度化が期待できる。

近年の地震の際のスロッシング被害の現地調査などからは、同一の特防区域内に立地し、しかも大きさや地震時の液面高さがほぼ同様の石油タンクであっても、立地する場所によって発生したスロッシングの高さが大きく異なる場合があることが見いだされている。2011年東北地方太平洋沖地震では、新潟県内の石油備蓄基地において、わずか2km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。また、2003年十勝沖地震の際の苫小牧東部の石油備蓄基地でも、このような短距離間での大型石油タンク地震時スロッシング応答の顕著な違いが観測されている。これらの事例は、スロッシング被害の予測を高精度で行うには、長周期地震動振幅の短距離間における違いを考慮したきめこまやかな予測(ピンポイント的予測)が必要であることを示しているが、そのための簡便かつ実務的な方法が確立されていないのが現状である。このようなことから、本研究課題では、石油タンクサイトにおける長周期地震動のピンポイント予測に向けて、常時微動を用いた実務的地震動増幅特性評価手法の開発に取り組む。

表1 年度計画

研究項目	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
(1) 経験的長周期地震動予測式における標準スペクトル評価式改良版の作成	○他研究機関地震記録の収集・整理	○標準スペクトル評価式改良版における減衰の考慮方法の検討	○標準スペクトル評価式改良版における震源深さ依存性及びコーナー周期の考慮方法の検討	○標準スペクトル評価式改良版の作成	○標準スペクトル評価式改良版の作成(さらなる改良)
(2) 石油タンクサイトにおける長周期地震動増幅特性の高精度評価	○石油コンビナート地域等における強震観測の継続実施	○特防区域における長周期地震動経験的サイト増幅スペクトルの推定(首都直下地震影響地域)  ○気象官署等における地震記録の収集・整理	○特防区域における長周期地震動経験的サイト増幅スペクトルの推定(南海トラフ地震影響地域)  ○消防研特防区域内強震観測点における常時微動記録の収集・整理	○特防区域における長周期地震動サイト経験的増幅スペクトルの推定(東北・新潟地域)  ○常時微動記録に基づく経験的長周期地震動増幅特性評価手法の検討	○特防区域における長周期地震動経験的サイト増幅スペクトルの推定(北海道地域)

### 3. 令和3年度の研究内容

#### 3.1 経験的長周期地震動予測式における標準スペクトル評価式改良版の作成

岩盤または硬質地盤上における長周期成分を含んでいることが期待される高品質の地震動観測記録として、国立研究開発法人防災科学技術研究所の広帯域地震観測網 F-net の強震計による地震波形記録を収集した。収集対象地震は、観測網整備開始当初の1994年以降に我が国周辺で発生した Mw6.0以上の地震とし、記録が得られている観測点すべてから、サンプリング周波数 20Hz の波形記録を収集した。その総数は、378 地震 (図2)、23,213 記録となった。

まずは、解析対象とする地震は、Mw6.5以上で震源深さ 100km 以下のものとし、その後必要に応じて、Mw の小さな地震を解析対象に追加することとした。これら当初の解析対象地震の記録について、波形描画を行い、振幅 0.02 cm/s 以上のものを抽出

し、さらに、地震動の主要動部分が記録されていないもの(地震動の途中から記録されているもの、途中で終わっているもの)や、波形が異常なものを目視判別で除外した。その結果、2,920 記録が解析に使用可能と考えられるデータとして選別された(図3)。図3からわかるように、伝播経路はおおむね我が国全体をカバーすることができるものとなっている。

#### 3.2 石油タンクサイトにおける長周期地震動増幅特性の高精度評価

特防地域における地震観測記録を蓄積するため、特防区域等における強震観測(19区域25地点)を継続実施した。加えて、検討に用いるデータセットを得るため、気象官署等における地震記録を収集しようとしたが、気象庁95型強震波形データの2011年以前分は、気象庁にてデータの確認中のため入手不可能となっており、データの収集は次年度以降に行うこととした。

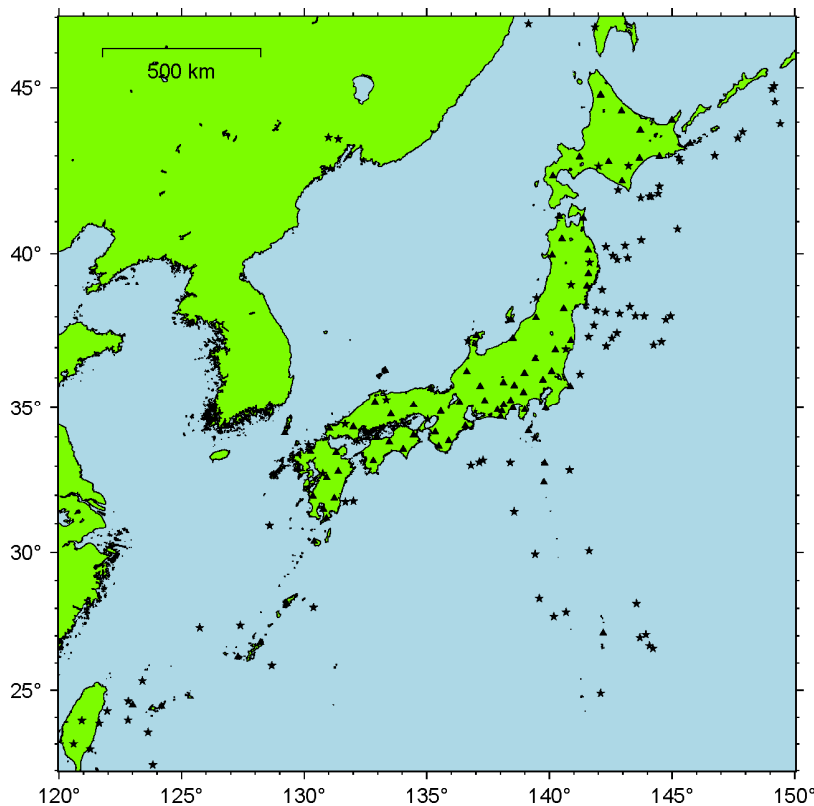


図2 F-netの観測点配置(▲)と波形記録収集対象地震の震央(★)

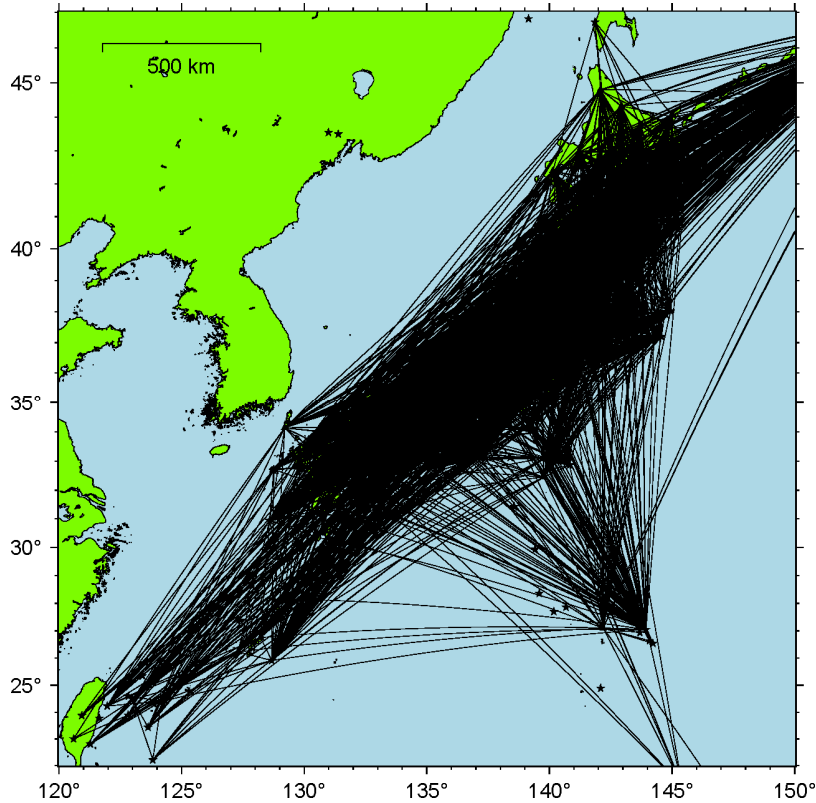


図3 解析に使用可能と考えられるものとして選別されたデータ（地震と観測点のペア）

#### 4. 令和4年度の研究計画

##### 4.1 経験的長周期地震動予測式における標準スペクトル評価式改良版の作成

前年度に収集・整理した F-net 地震波形記録に対して、スペクトルインバージョン解析を行うなどして、標準スペクトル評価式改良版における減衰の考慮方法を検討する。

##### 4.2 石油タンクサイトにおける長周期地震動増幅特性の高精度評価

###### (1) 特防区域内消防研強震観測点地震記録と気象官署等地震記録を用いた検討

検討に用いるデータセットを得るため、気象官署等における地震記録を収集・整理する。収集することのできた地震記録等を用いて、首都直下地震影響地域を対象として、特防区域における長周期地震動経験的サイト増幅スペクトルを推定する。

###### (2) 特防区域等における強震観測

特防区域等で行ってきた強震観測（19 区域 25 地点）を継続実施し、特防地域における地震観測記録

を蓄積する。

#### 5. 令和5年度以降の研究計画

##### 5.1 経験的長周期地震動予測式における標準スペクトル評価式改良版の作成

F-net 地震波形記録を用いて、経験的長周期地震動予測式における標準スペクトル評価式の改良版の検討を行う。とくに減衰の地域特性・周期特性、震源深さ依存性及びコーナー周期の考慮の方法に着目した検討を行う。

##### 5.2 石油タンクサイトにおける長周期地震動増幅特性の高精度評価

###### (1) 特防区域内消防研強震観測点地震記録と気象官署等地震記録を用いた検討

特防区域内消防研強震観測点地震記録と直近気象官署等における地震記録の比較分析により、2 地点間の長周期地震動増幅特性の相違、すなわち、直近気象官署等に対する特防区域の経験的相対的サイト増幅スペクトルを推定する。

(2) 常時微動記録に基づく長周期地震動増幅特性評価手法の検討

検討に用いるデータセットを得るため、消防研究センターが特防区域内に設置している強震観測点における常時微動記録を収集・整理する。その微動記録等を用いて、地震波干渉法の長周期地震動増幅

特性評価に対する適用可能性に関する検討を行う。

(3) 特防区域等における強震観測

特防区域等で行ってきた強震観測（19 区域 25 地点）を継続実施し、特防地域における地震観測記録を蓄積する。

## (12) 自然災害時の現場対応型情報収集システムと分析手法の研究開発

研究期間：令和3年4月～令和8年3月

技術研究部 地震等災害研究室  
特別上席研究官

土志田正二、新井場公徳  
天野久徳

### 1. 目的

2014年広島豪雨災害、2016年熊本地震、2018年西日本豪雨、2018年北海道胆振東部地震、2019年台風19号豪雨災害（令和元年東日本台風）など、近年において豪雨・地震などによる自然災害が多発している。自然災害を対象とした救助活動において、災害の全体像の把握、要救助者・行方不明者の位置の推定、活動の安全性の確保及び活動の効率性の維持のために様々な情報を収集し解析することは重要であるが、災害最初期（夜間含む）においては時間的な制約が大きく、現場で適切な指揮判断を行うために、現場で完結できる効率的な情報収集技術が必要不可欠である。本研究では、土砂災害現場における詳細地形データを用いた二次崩壊危険地域の抽出ならびに評価方法を開発すると共に、現場対応型情報収集システムと現場にカスタマイズした情報分析・評価手法の開発を行う。開発する資機材・システムは、災害規模、災害の対応段階ごとに整理し、検討を行う。本研究の成果は、自然災害に対する対応手順や国による災害現場に対する技術支援に実装し、自然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。

### 2. 研究内容

(1) 詳細地形データを用いた土砂災害現場での二次崩壊危険地域の抽出ならびに評価方法の開発  
夜間時の情報収集のために導入したドローンレーザから作成した詳細地形データを用いて、二次崩

壊の危険性が高い地域などを抽出する地形解析手法を開発する。レーザセンサは夜間などの不可視状況における地形測量のみならず、植生に覆われた地域における地形の変形（亀裂・段差など）の抽出も可能であるため、詳細地形解析による二次崩壊の危険性の把握などを行う。土砂災害で警戒すべき箇所（湧水発生地点など）の抽出などが行えるセンサーの導入を検討するほか、ドローンレーザを実災害現場での運用を考慮し、消防救助活動に必要な性能・機能のみに限定したダウンスケールした資機材の開発を行う。

(2) 自然災害時の現場対応型情報収集システムと情報分析・評価手法の開発

自然災害を対象とした救助活動において、様々な情報を収集し解析することは、迅速な要救助者の救出・隊員の安全確保に重要である。特に災害最初期では、現場で適切な指揮判断を行うため、現場での効率的な情報収集技術は必要不可欠である。本研究では、情報収集・分析に関して災害現場で実用可能な資機材の開発を行う。過去の現場対応における課題を、災害規模、災害の対応段階ごとに整理し、解決すべき技術を明確化する。これに対して、計測や情報処理に関する技術のうち実用に耐えうるものを適用して現場で情報収集を可能とする資機材を開発する。開発した資機材を用いることにより、自然災害対応の安全性向上に資するとともに、消防研究センターの技術支援に用いる。また、解決が難しい課題には、新たな技術開発への目標仕様の設定に取り組む。



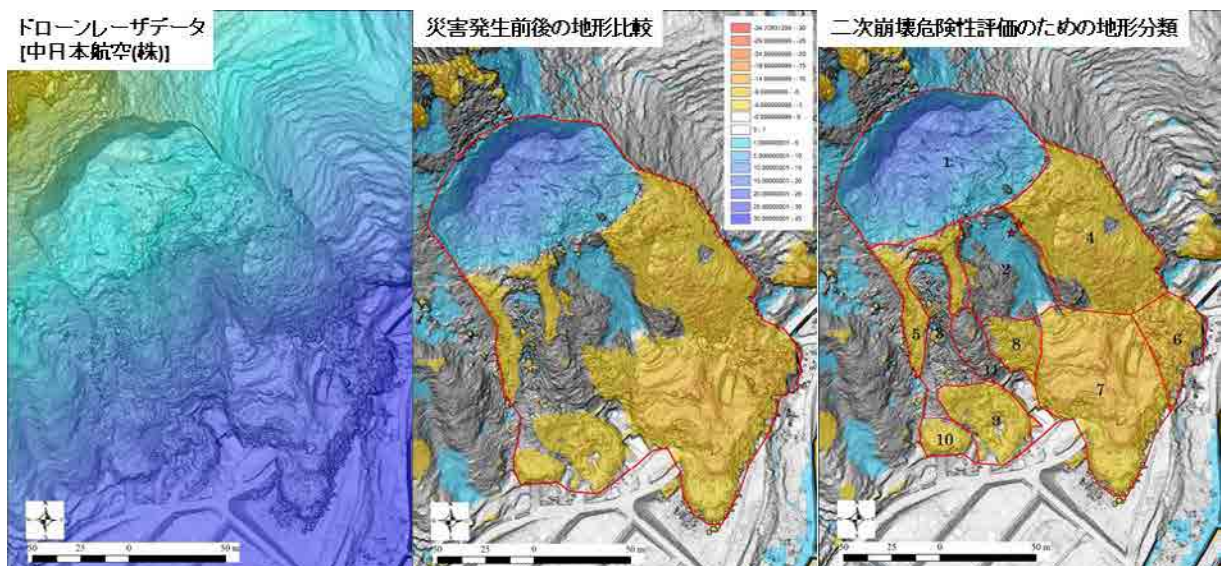


図1 詳細地形データを用いた土砂災害現場での二次崩壊危険地域の抽出  
 ならびに評価方法の開発の研究イメージ  
 (参考：2018年耶馬溪地すべりの詳細地形データの解析)

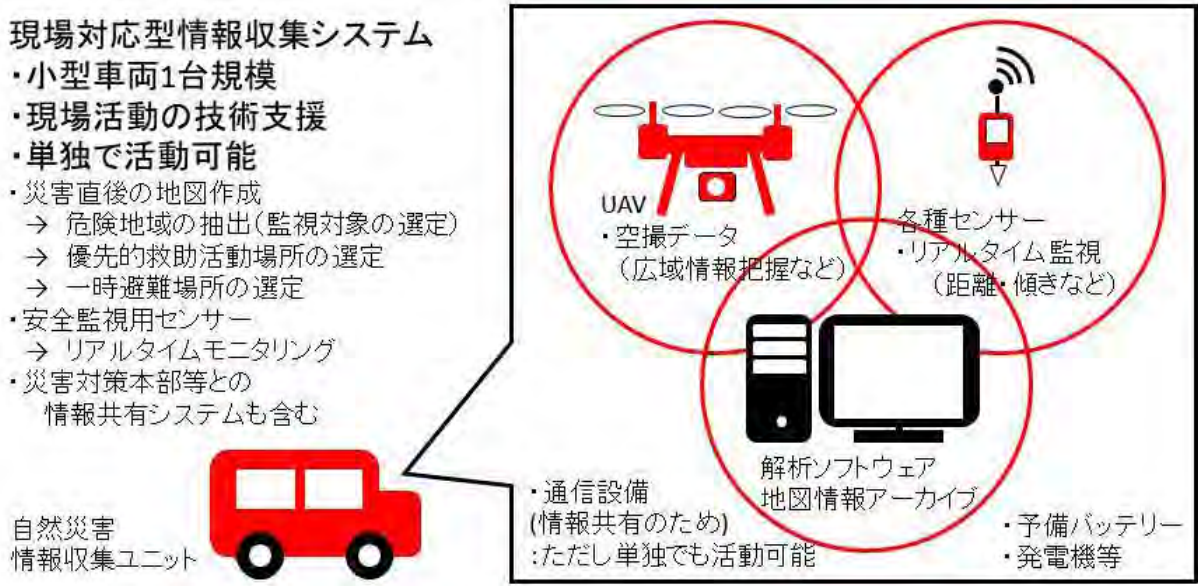


図2 自然災害時の現場対応型情報収集システムと  
 情報分析・評価手法の開発の研究イメージ

表 1 本研究の概略

	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
(1) 詳細地形データを用いた土砂災害現場での二次崩壊危険地域の抽出ならびに評価方法の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・夜間現場に必要な新しいセンサー（ドローンレーザ）の実証試験</li> <li>・データの分析方法の開発</li> </ul>	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローンレーザの現場運用のための資機材・解析手法の開発</li> </ul>		→
(2) 自然災害時の現場対応型情報収集システムと情報分析・評価手法の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・過去の自然災害時の現場活動事例の整理、課題の抽出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場完結型情報収集資機材・システムの開発と解決すべき技術の明確化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場で得られた情報の解析手法の開発（現場での簡易解析）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・解決が難しい課題に対する目標仕様の検討</li> </ul>	→
					<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローンレーザ運用マニュアルの作成</li> <li>・現場対応型情報収集システムの運用マニュアルの作成</li> </ul>

3. 令和3年度の研究計画

3.1 詳細地形データを用いた土砂災害現場での二次崩壊危険地域の抽出ならびに評価方法の開発

(1) 夜間現場に必要な新しいセンサー（ドローンレーザ）の実証試験

ドローンレーザを用いて、試験場（福島ロボットテストフィールドを予定）にて夜間観測を行い、詳細地形データを作成する。また日中でも同様の観測を行い、夜間観測時との違いも明らかにする。

愛知県豊田市藤岡ヘリポート（PDヘリポート）にて、日中・夜間におけるドローンレーザの実証試験を行った。実証試験の結果、夜間においても日中での観測と同様の詳細地形データの取得が可能であることが示された。ただし、夜間観測においては周囲の電線などの架線状況の把握が困難であり、日中での観測に比べて運用時の安全管理が難しいことが課題である。

(2) データの分析方法の開発

実証試験でドローンレーザから得られた詳細地形データを用いて、二次崩壊危険地域の抽出ならびに評価方法の開発を行う。

実証試験で得られた詳細地形データの解析を行い、その特徴を明らかにした。植生を含んだデータである DSM(Digital Surface Model)の場合は、実証試

験の精度検証用に設置した対象物（数10cm規模）は問題無く観測できたが、植生の影響を除去したDTM(Digital Terrain Model)では、対象物による地形変化の一部をノイズとして除去してしまうことがわかった。ただ、1mを超える人工構造物に関しては、DTMでも問題無く観測することができていた。

3.2 自然災害時の現場対応型情報収集システムと情報分析・評価手法の開発

(1) 過去の自然災害時の現場活動事例の整理、課題の抽出

近年発生した災害現場における救助活動事例における情報機器の活用状況を調査し、必要とされる情報の内容及び共有範囲を検討する。

災害対応についての聞き取り調査は実施できなかったが、訓練における現場ニーズの把握を行った。過去の技術支援における経験と合わせ、必要な情報の種類及びその取得のための方法について検討した。

(2) 画像の統合処理に関する技術開発

リアルタイムでドローンからの画像をオルソ化するシステムを試作する。

動画(1080p)を伝送できるドローン及び伝送装置について技術情報を収集し、リアルタイムでオルソ化するために必要な試作機を開発している。また、

動画(760p)を切り出し、別途伝送されるテレメトリデータを用いてオルソ化するシステムを制作した。さらに、これらを現場運用するために必要な車両の仕様を整理し、整備した。

#### 4. 令和4年度の研究計画

##### 4.1 詳細地形データを用いた土砂災害現場での二次崩壊危険地域の抽出ならびに評価方法の開発

(1) 実際の自然斜面(近年発生した土砂災害現場もしくはその周辺地域)において、ドローンレーザ計測の実証試験を行い、ドローンレーザの運用方法を整理する。

(2) 自然斜面での実証試験でドローンレーザから得られた詳細地形データを用いて、斜面崩壊の安全管理を目標としたデータの分析方法の開発を行う。

##### 4.2 自然災害時の現場対応型情報収集システムと情報分析・評価手法の開発

(1) リアルタイム・オルソ化システムの精度及び精細度を検証する。

(2) 過去の災害事例を基に、現場で必要とされる情報を整理し、それを得るための方法及び技術的課題を検討する。

#### 5. 令和5年度以降の研究計画

##### 5.1 詳細地形データを用いた土砂災害現場での二次崩壊危険地域の抽出ならびに評価方法の開発

実証試験の結果を踏まえて、ドローンレーザを実際の土砂災害現場で運用するための資機材の開発や、解析手法の提案を行う。

##### 5.2 自然災害時の現場対応型情報収集システムと情報分析・評価手法の開発

開発したリアルタイム・オルソ化システムを災害現場等において運用試験を行い、課題の抽出と性能の向上を目指す。

#### 6. 共同研究等外部との協力(予定)

- ・国立研究開発法人土木研究所
- ・国土交通省国土技術政策総合研究所
- ・東京大学空間情報科学研究センター
- ・京都大学防災研究所
- ・中日本航空
- ・パスコ
- ・東京消防庁
- ・横浜市消防局
- ・相模原市消防局
- ・神戸市消防局
- ・福島ロボットテストフィールド

## (13) 消火活動の検証技術の研究開発

(火災実験と火災シミュレーションによる新技術開発)

研究期間：令和3年4月～令和8年3月

火災災害調査部 原因調査室 鈴木 健、阿部伸之  
技術研究部 地震等災害研究室 大津暢人

### 1. 目的

団塊の世代のベテラン消防吏員が大量に退職してしばらく経過した後に、現場経験の少ない消防吏員が現場に増加する一方で、出火件数は平成19年以降おおむね減少傾向となっていることから、火災現場において実際に消火活動を経験する機会が必然的に少なくなっている。その上で、建物の構造や用途の多様化による火災現象の複雑化にも対応するための現場経験が、消防吏員には必要になってくる。

このような現状から、消防吏員の火災現場における状況認識能力の不足、変化への対応が困難となっていることであり、少ない現場経験だけではそれらを解消するための技術習得は十分とは言いがたい。

そこで、消防吏員の消火活動時における状況認識能力と予測能力の向上を目的として、消火実験および火災シミュレーションを通して消火活動を検証する技術を研究開発する。この検証技術を用いることにより消火活動後にどのような消火活動が最適であったかを消火条件を変えることにより確認することができる。本研究開発は、「受傷事故の実態調査と分析」、「火災シミュレーションを用いた消火活動検証技術の研究開発」、「消火実験による消火活動時の危険回避に資する技術」の3つの研究項目から構成され、項目間で成果を共有しながら研究開発を進める。

### 2. 研究内容

ここでは、5か年で実施する3つの研究項目の計画概要を示す。あわせて、各年度の計画スケジュール

ルを表1に示す。

#### (1) 受傷事故の実態調査と分析

どのような受傷事故が発生しているのかを把握するために、受傷事故事例における消防活動や火災性状の実態調査と分析を実施する。

#### (2) 火災シミュレーションを用いた消火活動検証技術の研究開発

受傷事故事例を踏まえ、建物の開口部開閉状況や火源条件等の計算条件を変更して、消火活動を検証可能とする火災シミュレーション技術の研究開発を実施する。消防研究センターでは、これまで火災シミュレーション技術を主に火災原因調査の火災再現のために活用しており、出火から10分程度の火災初期（消火活動前）の状況を再現することが多い。しかしながら、現実には消防隊による消火活動があるものの、火災シミュレーションに消火活動による放水モデルは実装されていないため、消火活動の効果は火災シミュレーション結果には反映されない。そこで、放水モデルを火災シミュレーションに実装することにより、火災シミュレーションの対象範囲をさらに消火活動にまで広げ、消火条件を変えることにより消火活動が最適であったかを検証可能にする技術の開発を目指す。

#### (3) 消火実験による消火活動時の危険回避に資する技術

受傷事故事例を踏まえ、火災実験を通して受傷事故につながる火災拡大などの急激な火災の変化を捉えられるような計測技術の研究開発を実施する。あわせて、火災シミュレーションに実装する放水モデルを構築するための放水特性データ、並びに火災

シミュレーション結果の妥当性を確認するための 火災データを取得するための消火実験を実施する。

表 1 各年度の研究計画スケジュール

	令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度	令和 6 年度	令和 7 年度
(1) 受傷事故の実態調査と分析	受傷事故事例における消防活動や火災性状の実態調査と分析				
(2) 火災シミュレーションを用いた消火活動検証技術の研究開発	スプリンクラー設備モデルの特徴と消火モデルの仕組みに関する調査	スプリンクラー設備モデルを放水モデルとして活用可能な検証	受傷事故事例火災の火災性状を火災シミュレーションで再現可能な妥当性確認を実施	受傷事故事例火災の消火活動の効果を火災シミュレーションで再現可能な妥当性確認を実施	
(3) 消火実験による消火活動時の危険回避に資する技術	実大実験の準備	予備実験の実施	実大実験の実施		

3. 令和 3 年度の研究成果

(1) 受傷事故の実態調査と分析

受傷・殉職事故に関する統計調査を全国の消防本部を対象として行い発生傾向を把握するとともに、結果を論文 3 本および学会発表 2 本を発表した。

(2) 火災シミュレーションを用いた消火活動検証技術の研究開発

- ① 火災シミュレーションに実装されているスプリンクラー設備モデルを放水モデルとして転用し、予備計算として種々の水滴の粒径分布を計算条

件とした放水シミュレーションを実施した (図 1)。水滴の粒径の違いによる飛距離への影響など定性的な粒子の運動について把握することができた。

- ② 火災シミュレーションに実装されている消火モデル (燃焼モデル) に関する仕組みについて調べた。消火開始し発熱速度が減衰していくモデルに経験定数があり、それを決定するために消火実験を実施する必要があることが分かった。

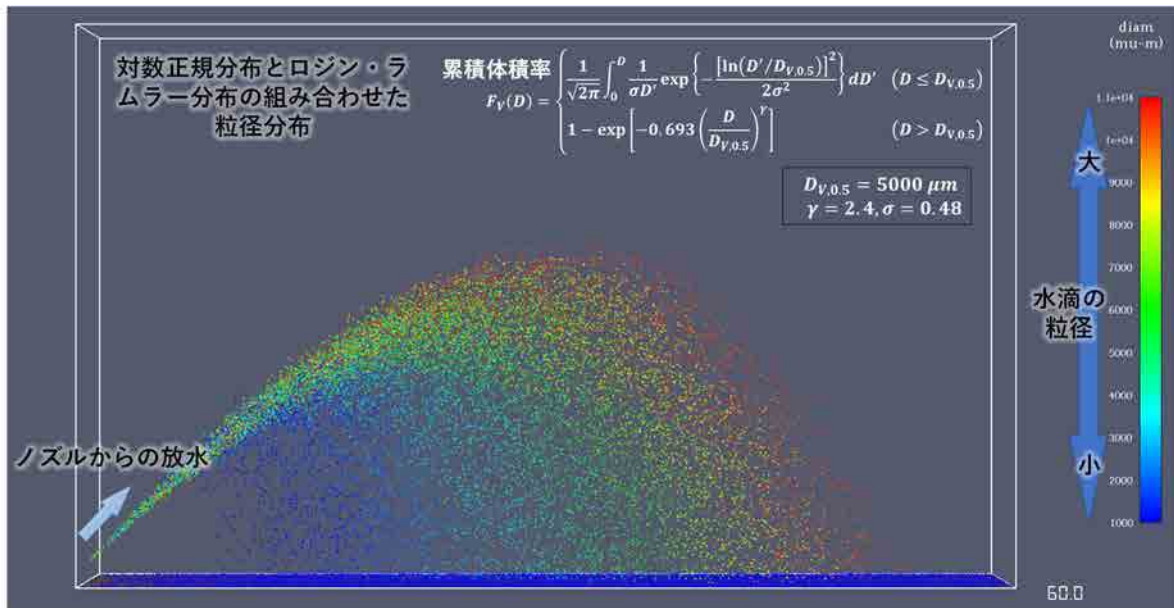


図 1 放水シミュレーション (予備計算)

(3) 消火実験による消火活動時の危険回避に資する技術

放水を行うための消防用ノズル、ホース等、測定に使用するセンサー類、記録用のカメラを用意した。

#### 4. 令和4年度の研究計画

(1) 受傷事故の実態調査と分析

殉職事故および受傷事故について、網羅的に把握する。

(2) 火災シミュレーションを用いた消火活動検証技術の研究開発

火災シミュレーションに実装されているスプリンクラー設備モデルを消火活動の放水モデルとして活用可能か検証する。

(3) 消火実験による消火活動時の危険回避に資する技術

① 実大実験の準備を実施する。

② 測定のためのセンサー、計測装置の確認を実施する。

③ 放水装置の確認を実施する。

#### 5. 次年度以降の研究計画

(1) 受傷事故の実態調査と分析

① 各消防本部に対して、殉職および受傷事故に関する調査を行う。

② 典型的事例や特異事例、または調査が可能な事案に関して、事例調査を行う。

(2) 火災シミュレーションを用いた消火活動検証技術の研究開発

① 受傷事故事例火災の火災性状を火災シミュレーションで再現可能か妥当性確認を実施する。

② 受傷事故事例火災の消火活動を火災シミュレーションで再現可能か妥当性確認を実施する。

(3) 消火実験による消火活動時の危険回避に資する技術

① 予備・実大実験を実施する。

② 放水による燃焼状況の変化について計測を実施する。

③ 放水による熱流束の変化について計測を実施する。

④ 放水による冷却効果について調べる。

#### 6. 共同研究等外部との協力

・横浜市消防



## (14) 火炎上空の気流計測のための無人飛行制御技術の研究開発

研究期間： 令和3年4月～令和6年3月

技術研究部 地震等災害研究室 佐伯一夢

### 1. 目的

平成28年熊本地震では、ドローンによる行方不明者の捜索が行われ、平成29年7月九州北部豪雨では、緊急消防援助隊の活動にあたりドローンによる道路閉塞状況や流木の流出範囲の確認などが行われた。そのほか、平成28年12月糸魚川市大規模火災においてもドローンによる鎮火後の被害状況確認が行われるなど、災害時にドローンが活用されてきている。また、平成29年6月に消防本部に対して実施したアンケート調査の結果、70カ所の消防本部でドローン（4枚以上のロータによって飛行するマルチロータ型のもの）が導入されていることが確認されており、最近ではさらに多くの本部での導入が進んでいる。このような背景を踏まえ、消防分

野におけるドローン技術の需要の増加が今後ますます見込まれることから、災害現場で安全かつ効率的な偵察活動を実現するための自律飛行制御技術の開発が重要である。特に火災現場でのドローンを用いた偵察活動や消火支援活動なども検討されはじめており、火炎上空での飛行に関する知見の蓄積が必要である。

本研究では、火災現場上空を自律的に飛行し、現場上空の気流計測を行うための機体システムと、その飛行制御技術の研究開発を行う。図1のように、火炎上空の風向・風速を観測する手段の開発と、火災現場でのドローンを用いた偵察活動や消火支援活動に対する運用の安全性向上に役立てる。

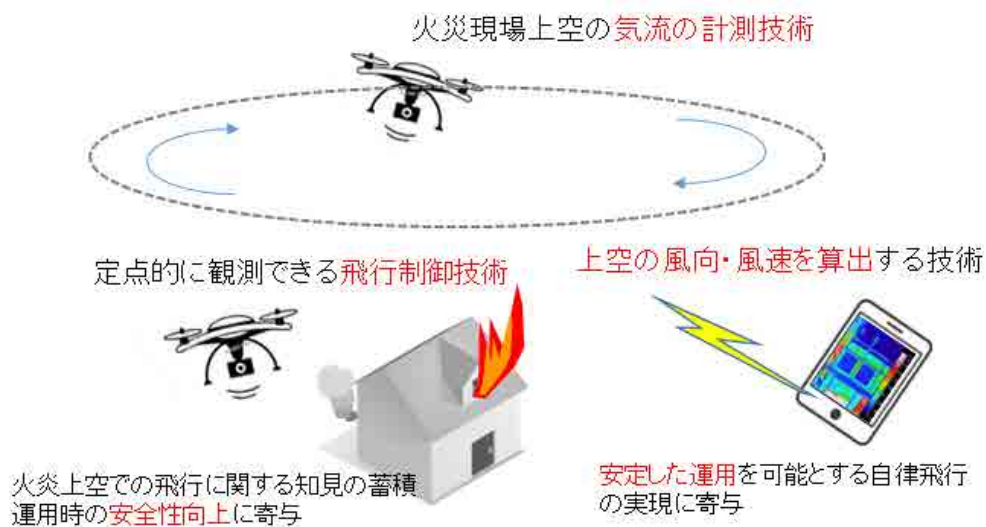


図1 開発する機体システムと制御技術のイメージと研究の目的

### 2. 研究内容

本研究では、マルチロータ型ドローンの飛行制御

技術の向上を目的として、以下の2つの要素技術の研究開発を行う。

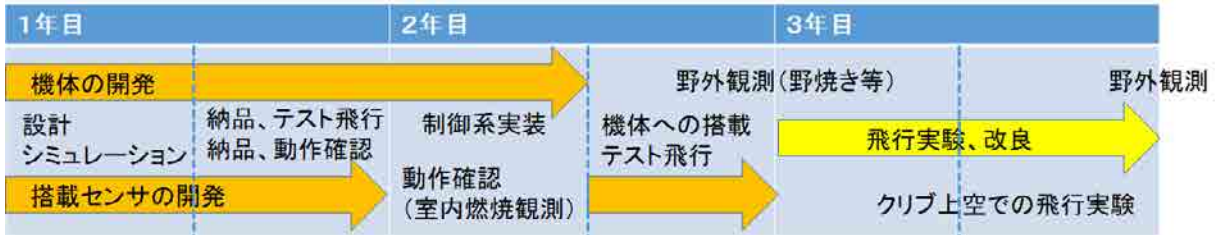


- (1) 超音波風速計を搭載した状態で、目標位置に自律的に 5~15 分間程度滞空できる飛行制御技術と機体システムを開発する。
- (2) 機体に搭載した GNSS (Global Navigation Satellite System : 全球測位衛星システム)、IMU (Inertial Measurement Unit) などの計測値と超音波風速計の計測値から、飛行位置における風向・風速を算出する手法を開発する。

本研究の目的のための機体を設計、開発し、機体

に搭載したセンサの情報から、火炎上空の気流を計測するための、機体の位置と姿勢の制御技術ならびに無人機システムを開発する。技術開発に係る火炎上空での飛行に関する知見の蓄積と、開発した技術を用いることで、火災現場でのドローンを用いた偵察活動や消火支援活動に対する運用の安全性向上に役立てる。3 年間の研究計画を表 1 に、それぞれの年次の研究計画を次章に示す。

表 1 研究計画



### 3. 令和 3 年度の研究成果

研究に用いる実験用機体の設計と、機体に搭載する超音波風速計などのセンサの選定、計測技術ならびにシステムの開発を進めた。実験機体の仕様を決定し、機体搭載用超音波風向風速計測システムと機体表面温度センサを開発し、地上での予備計測実験を実施した。また、野焼き観測における飛行実験の実施に向けた実験計画の検討と、地上からの予備観測を実施した。

### 4. 令和 4 年度の研究計画

目標位置に留まって、風向風速を定点計測するた

めの機体の位置と姿勢の制御技術の開発を行う。年度末までに、開発した制御技術を機体の実装し、野外での飛行制御実験を行い、開発した制御技術の飛行性能の評価を行う。

### 5. 令和 5 年度の研究計画

開発した機体システムを用いて室内外での飛行制御実験を行い、様々な条件下での制御性能の評価を行う。クリブ上空を飛行させた場合の基本的な定点計測実験から、野焼き上空での風の定点計測実験を行い、計測データの精度評価も行う。

## (15) 災害時における自力避難困難者 および消防職団員の安全確保に関する研究

研究期間：令和 3 年 4 月～令和 8 年 3 月

技術研究部 地震等災害研究室 大津暢人

### 1. 目的

人口減少・高齢化により特に地方においては職団員の減少の可能性がある局面においても、火災・水害や津波等から自力避難困難者の避難安全を確保する必要がある。また、東日本大震災では 281 名の職団員が犠牲となったが、今後の災害に向けてこれら救助者の殉職を最小化する必要がある。

### 2. 研究内容開発の概要

ここでは、5 か年で実施する研究項目の計画概要を示す。あわせて、各年度の計画スケジュールを表 1 に示す。

#### (1) 避難行動時間予測の高精度化

先行研究では分けて捉えられることが多かった屋内および屋外の避難行動を一連として捉え直すことによる避難行動時間予測の高精度化をおこな

う。

また、開発した避難器具の活用による、避難時間の短縮化および、救助者の高齢化を見据えた省力化の検討をおこなう。

#### (2) 出動困難区域の検討

過去の津波災害等における消防職団員の事故事例やヒヤリハットについて調査をおこなうとともに、消防署所や団詰所を起点に、津波到達時間までに出動および退避が困難な区域を割り出す手法について検討し提案する。

上記 (1) および (2) の成果・方法を公開することによって、各消防署所・団詰所における出動・退避困難区域図の作成に結びつける。それにより、想定される十勝沖、首都直下、相模トラフ、南海トラフ等の地震における、自力避難困難者および職団員の人的被害の軽減につなげる。



図 1 津波避難訓練の様子

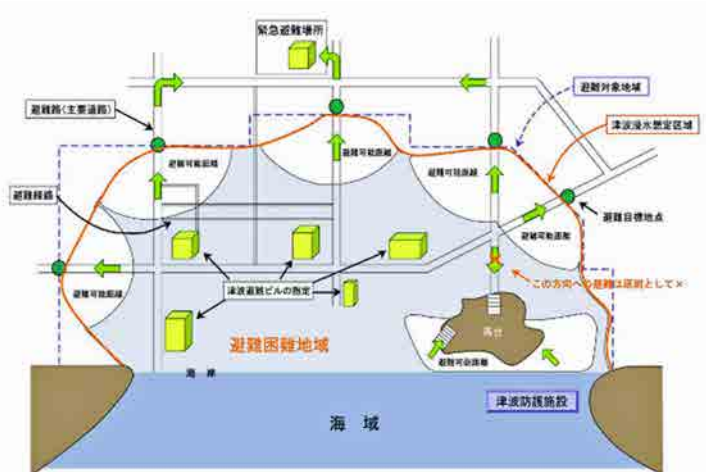


図 2 津波避難計画の概念図

表 1 各年度の研究計画スケジュール

	令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度	令和 6 年度	令和 7 年度
(1) 避難行動時間予測の高精度化	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発した避難器具の活用による、避難時間の短縮化および、救助者の高齢化を見据えた省力化の検討</li> <li>自力避難困難者による屋内および市街地の避難訓練の計測</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>過年度の計測によって得たデータの分析をおこなう。</li> </ul>	
(2) 出勤困難区域の検討		<ul style="list-style-type: none"> <li>過去の津波災害における消防職団員の事故事例やヒヤリハットについて調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>消防署所や団詰所を起点に、津波到達時間までに出動および退避が困難な区域を割り出す手法について検討する。</li> </ul>		

### 3. 令和 3 年度の成果

- (1) 自主防災組織が支援する要援護者の避難行動に関して、平成 30 年西日本豪雨例研究を行い、避難開始時間の延伸に影響を与える因子について明らかにした。論文投稿(日本火災学会)等をおこなった。
- (2) 要援護者の避難困難区域について、自主防災組織等が地区防災計画に反映する方法について、支援者による支援行動の平面移動軌跡を類型化した。論文発表(地区防災計画学会)等を行った。

### 4. 令和 4 年度以降の研究計画

- (1) 地域住民および高齢者施設における訓練を計測および分析することによって、屋内および屋外の避難行動を一連として捉え直すことによる避難行動時間予測の高精度化をおこなう。
- (2) 避難支援器具の試作および訓練における試用によって、避難時間の短縮化および、救助者の高齢化を見据えた省力化の検討をおこなう。
- (3) 研究期間中に避難行動を伴う災害が発生した場合には、適宜必要な調査および分析をおこなう。

## (16) 感染拡大期を含む救急出動要請件数増大期における 救急搬送時間短縮手法の研究開発

研究期間：令和3年4月～令和8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. 背景及び目的

救急自動車による全国平均の救急搬送時間は延伸傾向のところ、さらに新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止を図りながら、迅速な救急搬送と救命率の向上が求められている。

救急隊員は、基本的に無症状者を含むすべての傷病者に対して感染拡大防止策を講じているが、救急搬送後に傷病者の新型コロナウイルスへの感染が判明する事例も散見されており、通常の救急業務においても救急隊員は常に感染リスクにさらされている。

さらにインフルエンザや熱中症などの発症時期

と新型コロナウイルスの感染症拡大期と重なると、急激に救急要請が増加するため、救急搬送時間を短縮する手法を開発し救急搬送能力を向上させることが必要不可欠である。

そこで、感染拡大防止対策として、救急隊員が浴びるウイルスを大幅に除去（傷病者の頭をカバーで覆い強制排気、紫外線照射によるウイルス殺菌等）する研究（図1）を進める他、新型コロナの影響を含めた救急需要の将来推計とさらにこれに応じた救急隊の移動配置手法の開発等を通じて傷病者の迅速な搬送と救命率の向上を図る。



図1 救急隊が浴びるウイルスを大幅に除去する研究のイメージ

## 2. 研究内容

### 2.1 救急隊員が浴びるウイルスを大幅に除去する研究

既存救急車の換気装置は換気扇（5分程度で車内の空気を入れ替え）のみである。また、応急処置時は救急隊と傷病者との顔の距離が数十 cm と距離が近くなり、現状の換気方法では救急隊員が浴びるウイルスを大幅に除去するのは困難である。

この課題を解決する方法の一つとして、救急車の換気量を増やす方法に関して、救急車は外気温が -30 度程度となる寒冷地から、40℃を超える暑い地域を走行することを考慮すると、これらの気象条件では冷暖房が効かなくなり生死にかかわる問題となる。そこで、換気量を可能な限り少なくする方法として、飛沫防止機能付き局所排気（図 2）の研究を行う。



図 2 飛沫防止機能付き局所換気装置(案)

また、救急車内に付着するウイルスの場所の特定やウイルス除去の必要性を検討する。

上記換気方法と合わせて、除菌装置の必要性も含めてシミュレーションや救急活動を模した実証実験により効果検証を行う。

### 2.2 救急需要の将来推計手法

現在の救急需要の将来推計手法（年代別の搬送率に将来人口を掛けた手法）は平成 30 年までの 4 年間で 5.5% の差（図 3）となっているのと、特に平成 30 年は前年までの差よりさらに大きな差となっているため、推計手法の見直しが必要である。また、現状の手法では消防本部単位の総件数推計のみであるが、今後の社会変化を踏まえた救急体制を検討するには、管内の出場件数の地域差を踏まえた対策が必要となる。これには、管内の地域差を把握可能

な地域ごとに区切ったメッシュ予測が必要であるが、現在その手法はない。

また、昨今の新型コロナ禍においては、救急出場件数が減少しており、感染症による救急出場件数減少と言う過去に例がない状況となっており、この影響も分析することを予定している。

そこで、全国の救急データ及び関連データ（患者調査、独居率など）を用いて分析し救急需要の変動要因を明らかにするとともに、この変動要因を踏まえた将来推計手法（総件数（年間）、メッシュ予測（年間））（図 4）を研究開発する。さらにこれを各消防機関で使用可能なシステム開発を行う。

このシステムは、各消防機関において長期的な救急体制検討材料として使用されることを想定する。

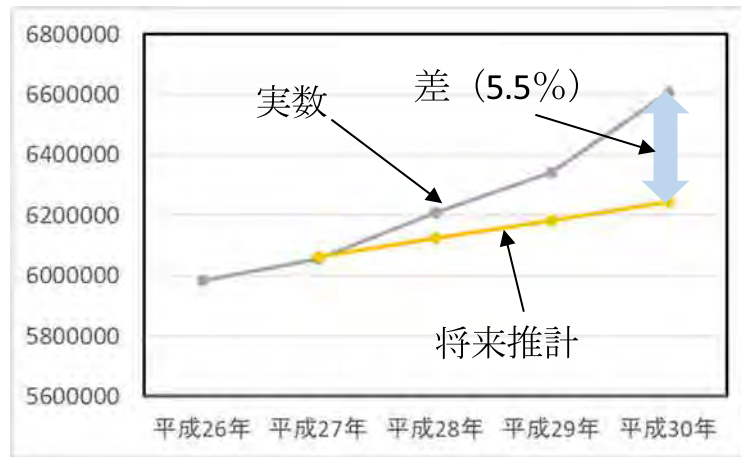


図3 過去の将来推計と実数との差  
(将来推計：平成26年に平成27～平成30年を予測)

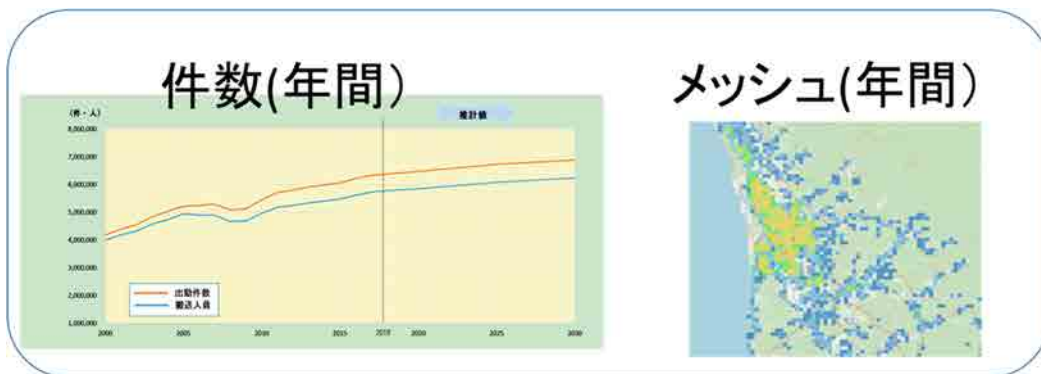


図4 将来推計手法のイメージ  
(件数(年間)、メッシュ(年間))

### 2.3 搬送時間短縮手法

搬送時間短縮の手法として「救急隊運用最適化」「救急車の走行ルート上の信号を青に変えるシステム開発」「救急隊用多言語翻訳アプリの改良」の研究開発を行う。

#### 1) 救急隊運用最適化

現在研究計画で行っている令和2年度完成予定の救急隊運用最適化では名古屋市全体で数%の現場到着時間短縮を見込んでいる。しかしこれは名古屋市における救急体制（市域全体の地形が平面的で部

隊間の出場件数に極端な差が無い、24時間隊のみ等)に限定したモデルである。これは、山間地を有し部隊間の出場件数に極端な差がある消防本部や、既に一部で始まっている24時間隊に限定しない弾力的な運用方法、さらに今後の大きな行政的課題である広域化などには対応できていないため、これに対応した運用最適化の汎用モデルの検討が必要である。

そこで、これらに対応した救急隊運用最適化手法の汎用モデルの研究開発を行う。



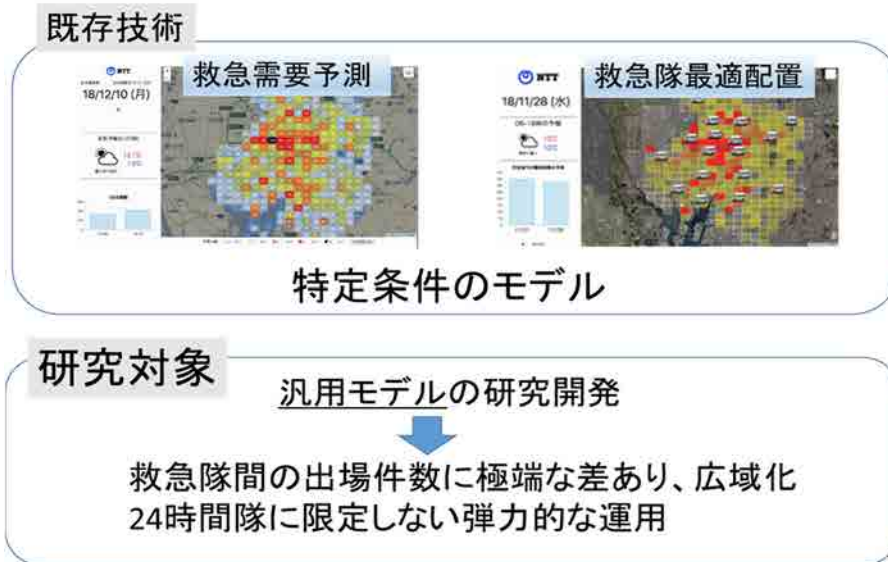


図5 救急隊運用最適化の研究対象

2) 救急車の走行ルート上の信号を青に変えるシステム開発

これまで ITS Connect 技術<sup>注1</sup>の一つである「緊急車両存在通知」について、名古屋市及び豊田市で実証実験を行ったところ、搬送時間が短縮することが判明しており、現在その短縮要因について分析を行っている。この ITS Connect 技術を使い、搬送時間短縮により効果が高いと考えられる、緊急車両の進行方向の信号を青に変えるシステムの研究開発を行う。具体的には、救急車の走行ルートを分析し時

間短縮効果が高い信号の抽出方法、青信号に変更するタイミングの検討等を行う。緊急車両向けに青信号に変えるシステムは既存技術として道路上に設置されたセンサー（ビーコン）を使った技術があるが、これはビーコンが設置された道路のみが対象となるのと、緊急車両へ専用の端末搭載が必要となる。本提案ではビーコン設置路線以外へ設置が可能となるのと、搭載する端末が現在研究を行っている ITS Connect 技術の端末をそのまま使えるのがメリットとなる。



図6 ITS Connect を利用した緊急走行システムのイメージ

<sup>1</sup> ITS Connect 技術：見通しが悪い交差点等において、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）



3) 救急隊用多言語翻訳アプリの改良

外国人傷病者に対する迅速適切な対応を行うため、救急隊用の多言語翻訳アプリ「救急ボイストラ」を既に平成 29 年に実用化済みである。このアプリは令和 2 年 6 月現在で 78.1% (導入 567 消防本部/全 726 消防本部) が導入し、使用実績は既に 2861 件 (令和元年中) ある。

この救急ボイストラについて、定型文の追加要望 (自分で定型文を作れないか、妊娠の確認、住所をこの紙に書いてください等)、うまく活用できなかつ

た (誤訳がある、周りの音を拾ってしまう等) 等の改善意見が寄せられている。また、新型コロナウイルスなどの感染症への対応も行っていない。さらにベースの多言語翻訳技術において話した言語を自動で認識する機能が追加されている。この機能の活用を含めた改良版救急ボイストラの研究開発を行う。この改良には、運用サーバーの能力やアプリの更新対応 (導入済み約 5000 台) 等を踏まえ更新が滞りなく行える内容とする予定。



図 7 救急ボイストラの改良内容

表 1 5 か年研究計画

		令和3年	令和4年	令和5年	令和6年	令和7年
1. 救急隊員が浴びるウイルスを大幅に除去する研究		・試作機開発 ・ウイルス除去効果のシミュレーション	試作機を用いた消防本部での救急活動への影響に関する実証実験	実証実験を踏まえた改良		
2. 救急搬送件数の将来予測手法の改良		新型コロナウイルス患者数、死者数と救急搬送データ相関分析	予測モデルの開発	将来推計システム開発	実証実験数本部で予測してその精度を検証	実証実験を踏まえた改良及び完成
搬送時間短縮手法	1) 救急隊運用最適化の汎用モデル	新型コロナウイルスの影響分析	移動配置手法開発、移動配置実験機製作	実証実験、改良	実証実験	実証実験を踏まえた改良及び完成
	2) 救急車交差点通過時の優先通行手法	救急車走行ルート分析	短縮効果が高い交差点の抽出			
	3) 救急隊用多言語音声翻訳アプリの改良	改良ニーズ調査、定型文の改良	定型文作成	実装化の検討		

3. 令和3年度の研究計画と成果

3.1 救急隊員が浴びるウイルスを大幅に除去する研究

救急隊員が浴びるウイルスを大幅に除去する方法として、1) 強制換気バージョン、2) 気流制御バージョンの2種類の検討を行っている。1) 強制換気バージョンは、傷病者の頭部を覆ってウイルスの拡散を防ぐ感染防止カバー及び傷病者から排出されるウイルスをフィルターにより除去する換気装置で構成され、ウイルス除去効果は高いが装置導入にある程度の予算が必要になる構成で、予算に余裕がある消防本部向けとなる。また、2) 気流制御バージョンは、ウイルスを救急隊員に届きにくくするために救急車内のエアコン吹き出し口のルーバーの向きや換気量の調整等で救急車内の気流を前方から後方にゆっくり流す気流制御を行うことを目的

とし、1) 強制換気バージョンよりウイルス除去効果は低い、導入費を比較的安くし導入を行いやすいバージョンを目指している。

R3年度は、1) 強制換気バージョンでは試作機開発を行い、ウイルス除去効果に関して検証及び試作機の改良(図8)を行い、これをR4年度も継続して行っていく。2) 気流制御バージョンは、気流制御シミュレーションに必要な救急車内の気流測定を、外気温が高い夏季の冷房使用の場合と、外気温が低い冬季の暖房使用の場合の2パターンを行った(図9)。また、極端に外気温が低い寒冷地(北海道)での気流測定も予定していたが、新型コロナの感染拡大による出張抑制のため行うことができなかった。

この測定結果を用いて、救急車内の気流シミュレーション(図10)を実施するためのシミュレーションの前処理を実施中である。



図8 感染防止カバーの試作機

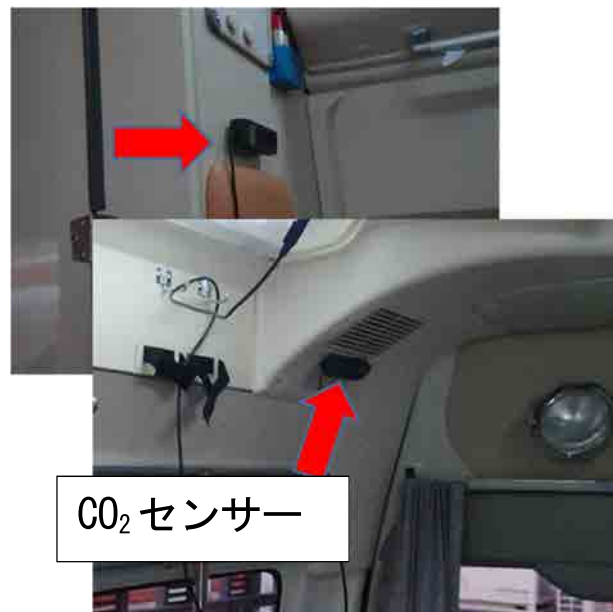


図9 救急車内の気流測定状況  
(CO<sub>2</sub>濃度の変化を気流の変化として測定する方法)

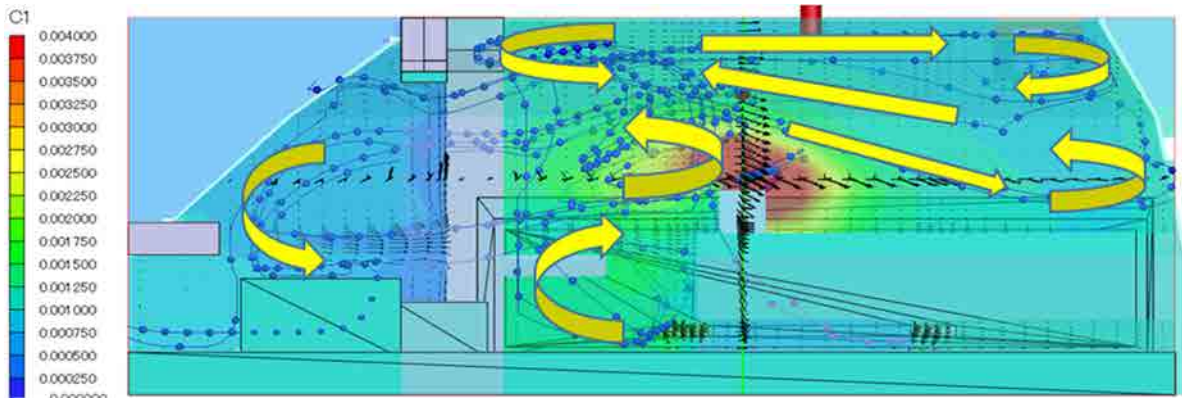


図10 救急車内の気流シミュレーションイメージ

### 3.2 救急需要の将来推計手法

救急搬送人員の全国データを新型コロナ流行前である R1 年と新型コロナ流行中の R2 年のデータ比較 (R1 年 598 万件、R2 年 529 万件 (11.4% 減)) と、救急車利用者への救急車を呼んだ理由に関するアンケート調査 (WEB アンケート サンプル数 3 万件 (R1 年～R3 年に救急車を呼んだ人)) を実施した。

その結果、全国データの比較では、月別に見ると「接触機会の 8 割削減や飲食店や百貨店などの休業、テレワークの徹底、多くのイベントの中止」と言った強い制限を要請した最初の緊急事態宣言 (R2 年 4 月～5 月) においては、前年同月比約 2 割の減少がみられ、その後の 7 月～12 月は約 1 割の減少となっていたことが判明した。また年代別に見ると若年層の減少率が大きいことが明らかになった。救急車利用者へのアンケート調査は、データの収集を終了し今後分析を進める予定である。

### 3.3 搬送時間短縮手法

#### 1) 救急隊運用最適化

最適配置システムは、最適配置場所提示の「時間間隔」と「最適配置場所」の組み合わせにより救急隊の運用手法が異なる。「時間間隔」は、15 分毎

のリアルタイムに最適配置場所指示を行う方法 (以下 リアルタイム) と、1 日毎等の事前に最適配置場所指示を行う方法 (以下 事前) の 2 つがある。また、「最適配置場所」は、消防署所に限定した場合 (以下 署所間) と、自由な場所 (以下 自由) の 2 つがある。これらの組み合わせは「リアルタイム・署所間」「リアルタイム・自由」「事前・署所間」の計 3 パターンとなる。「事前・自由」は救急隊の待機場所を路上などで長時間確保する必要があり実施が困難なため対象外とした)

R2 年度までの名古屋市消防局を対象とした研究では、「リアルタイム・自由」「事前・署所間」の研究は行ったが、「リアルタイム、署所間」に関しては、検討を行っていなかった。また、地形や人口分布の特徴として名古屋市は平坦で人口分布の極端な差が無いところであったが、今後の汎用モデルを検討する上では、他の特徴を持った地域での検証が必要である。そこで、山間地を含み管轄内で大きな人口分布の差がある札幌市消防局を対象として、これまで行ってこなかった「リアルタイム、署所間」の机上シミュレーションを実施した。ここまで説明した検討パターンを図 11 に、札幌市消防局の机上シミュレーション結果を表 2 に示す。

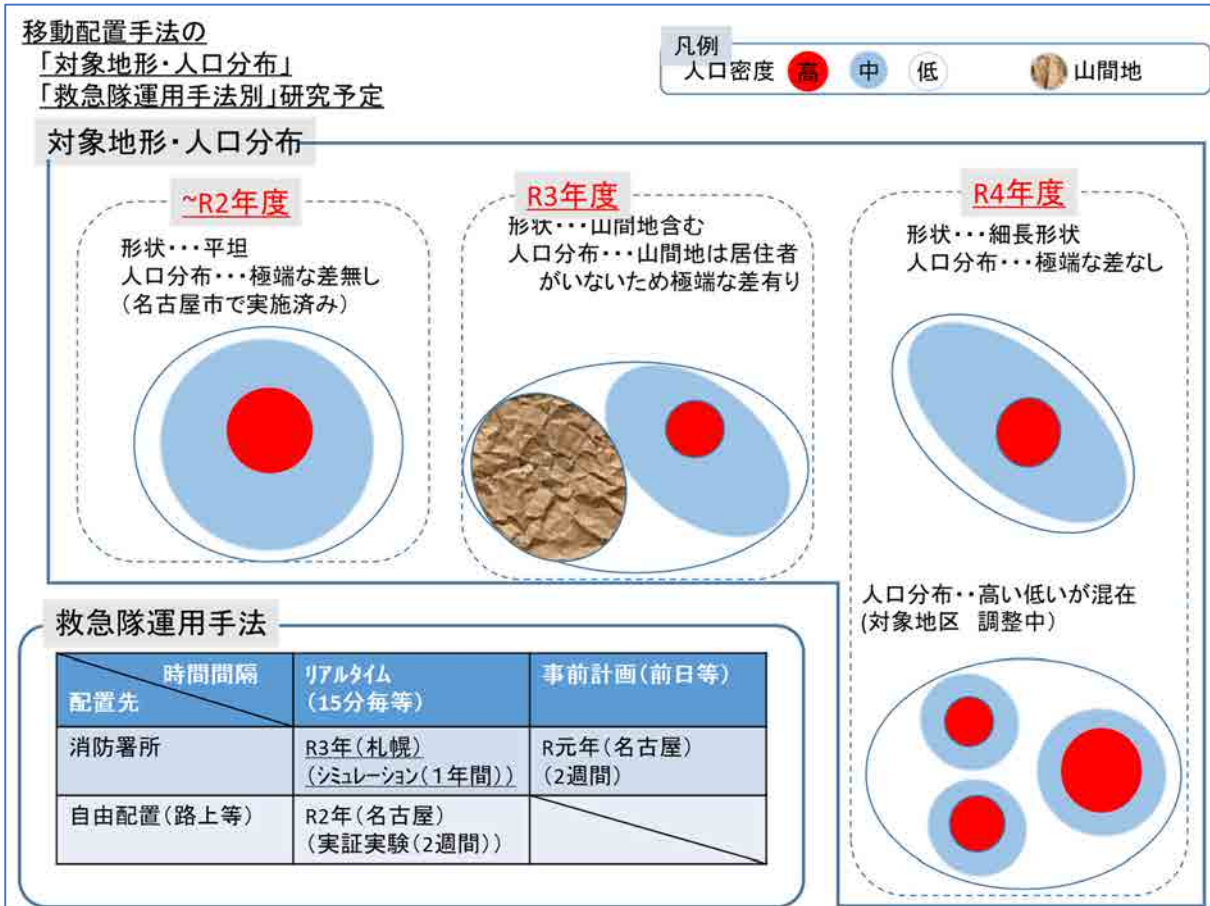


図 11 最適配置手法の対象地形・人口分布と救急隊運用手法の検討パターン

表 2 机上シミュレーション結果 (対象消防本部：札幌市消防局)

平均現着距離短縮効果	1.6% (暫定値 <sup>※</sup> )
対象期間	2021年1月～10月(全日)
時間帯 (短縮効果が高い時間帯を選定)	9～11時、17～18時
計算対象事案全数 (最適配置していない事案も含む全ての事案)	12651件
備考	<p>※暫定値とは、効果が低く最適配置を行わない日を含んだ値。最適配置の実施日のみを対象とすると数値が上昇する可能性有り。今後対象日を札幌市と検討予定。</p>

今後救急隊員や指令員への負担感、導入やランニングコストも踏まえた社会実装を実現するための方向性に関して、消防機関等とのディスカッション

を行った。その結果、「事前・署所間」が最初の社会実装パターンとして、最も実用化の可能性が高いと見込まれるため、今後このパターンを主体に社会実

装に必要な検討を行うこととした。また、昨年度までの名古屋市消防局を対象とした実証実験では2週間行ったが、社会実装化には長期での検証が必要との意見があったため、1年間程度の実証実験をR5年度に実施することを検討することとした。

#### 2) 救急車の走行ルート上の信号を青に変えるシステム開発

救急車走行ルート分析を行う予定であったが、新型コロナウイルス感染拡大による出張抑制により調査を実施できず、分析データを入手することができなかった。

#### 3) 救急隊用多言語翻訳アプリの改良

R2 年度末に実施した救急ボイスの定型文追加要望調査の結果を踏まえ、継続して定型文の追加項目を検討している。

### 4. 令和4年度の研究計画

#### 4.1 救急隊員が浴びるウイルスを大幅に除去する研究

1) 強制換気バージョン、2) 気流制御バージョンの両方とも R3 年度に引き続き研究開発を継続し、複数の消防本部において実証実験（1 週間程度～）を行う。

また、気流シミュレーションに必要で、R3 年度には新型コロナウイルス感染拡大の影響により実施できなかった、寒冷地（-20℃前後）での救急車内の気流測定実験を行う。

#### 4.2 救急搬送件数の将来予測手法の改良

他の統計データ（患者調査等）との相関分析や、救急車利用者へのアンケート調査結果を踏まえた変動要因分析を実施する。

#### 4.3 搬送時間短縮手法

##### 1) 救急隊運用最適化の汎用モデル

「事前・署所間」に関して、R5 年から予定している1年間の実証実験準備として、対象地域の机上シミュレーション、2 週間程度の実証実験を実施する。

##### 2) 救急車交差点通過時の優先通行手法

救急車走行ルート分析に必要なデータを消防本部として協力して収集する。

##### 3) 救急隊用多言語翻訳アプリの改良

定型文改良案を作成するとともにその実装方法に関して検討を行う。

### 5. 研究協力・共同研究（予定）

#### 5.1 救急隊員が浴びるウイルスを大幅に除去する研究

共同研究先 広島国際大学

#### 5.2 救急搬送件数の将来予測手法の改良

消防機関

#### 5.3 搬送時間短縮手法

##### 1) 救急隊運用最適化の汎用モデル

研究協力先：札幌市消防局他

##### 2) 救急車交差点通過時の優先通行手法

民間企業、消防機関

##### 3) 救急隊用多言語翻訳アプリの改良

翻訳アプリの研究機関、消防本部



## (17) 人口構造を考慮した住宅火災リスク評価に関する研究

研究期間：平成 30 年 4 月～令和 4 年 3 月

技術研究部 大規模火災研究室 鈴木恵子

### 1. 背景と目的

住宅火災による死者数は 2005 年の 1220 人をピークに減少傾向にあるものの、2017 年の死者数は 889 人に上り、建物火災による死者の 86.3%を占めている。高齢期の住宅火災死亡率が他の年齢層に比べて高いことは既に知られており、高齢化は死者数の増加をもたらす一方、総人口の減少は死者数の減少につながる。つまり、死者数や死亡率は、人口と人口構造の変化の影響を受けることから、これらの推移をみるだけでは、社会全体の住宅火災による死亡リスクがどのように変化しているかを把握することは困難である。

そこで本研究は、コウホート分析法を用いて、住宅火災による死亡率の変動を年齢、時代、コウホート効果に分けることにより、過去の住宅火災による死亡リスクの変動状況を明かにするとともに、死者

数の将来予測手法を検討し、人口構造の変化の影響を受けにくい施策評価手法を提案しようとするものである。

### 2. 研究計画概要

本研究は、住宅火災による年齢階級別死亡率の長期推移に対してコウホート分析法を適用し、年齢、時代およびコウホートの 3 効果にすることにより、死亡率推移の要因を理解しようとするものである。

「年齢効果」は分析対象期間の加齢による普遍的な傾向を、「時代効果」は社会全体の住宅火災による死亡リスクの経年変化を、「コウホート効果」はコウホート（同時出生集団）毎の死亡率の傾向を明らかにする。また、分析結果と将来予測人口から住宅火災による死者数の将来予測を行い、この予測手法を基に施策評価の指標を提案する。

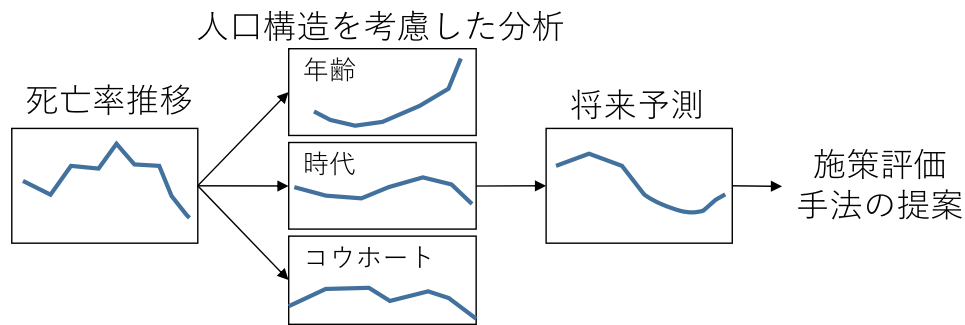


図 1 研究の概要

表 1 研究計画概要

平成 30 年度	平成 31 年度 (令和元年度)	令和 2 年度	令和 3 年度
人口構造変化を考慮した分析の実施 ・全体の推移と傾向の把握 ・性別、出火原因別の把握	将来推計手法の検討 ・熱源別分析	将来推計手法の検討 ・データ作成 ・プログラム作成 ・時代効果の短期的影響分析	将来推計手法の検討と推計 施策評価指標の提案



### 3. 令和3年度までの研究成果

#### 3.1 人口構造を考慮した住宅火災死亡率の分析結果

住宅火災による死亡率の推移を、ベイズ型コウホート・モデルを用いて年齢・時代・世代効果に分離した結果を図2に示す。図の縦軸は分析によって得られた各効果の指標であり、相対対数死亡率である。

3効果のうち年齢効果の変動幅が最も大きく示され、次いで世代効果が大きく、時代効果の幅が最も小さい。年齢効果は、15～19歳階級が最も低く、加齢に伴い上昇する。これは住宅火災死亡率の年齢階

級分布と同様の分布である。世代効果は、1910年代後半から1930年代前半生まれの世代で低く、1950年代から1960年代前半生まれで高い。1990年代以降に生まれた世代では、急激に低下している。ただし、若い世代は現在年齢以降のデータが得られていないため、計算の特性上低く出る傾向にある。この傾向は以下の分析結果にも共通する。時代効果は、1981年以降微減の傾向にあるが、2006年を境に低下傾向が強まっており、推移の傾向が転化したように見える。

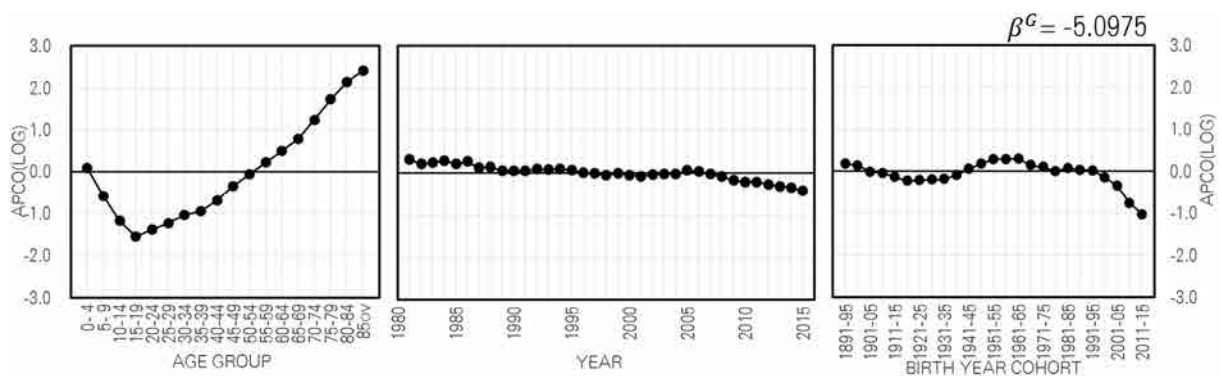


図2 住宅火災死亡率の年齢(左)・時代(中央)・世代(右)効果

#### 3.2 属性別の分析結果

男女別のコウホート分析を行った結果、年齢効果は15～19歳階級が最も低く、加齢に伴い上昇するのは男女共通であるが、男性は青壮年期から上昇するのに対して、女性では上昇時期が遅く、高齢期に急激に上昇していた。世代効果は、女性に比べ男性の方が世代による差異が大きい。1970年代から1990年代生まれの世代は、男性が1950年代生まれに比べて比較的低い効果を示すのに比べ、女性では同程度の効果を示した。時代効果は、男性では1990年頃から2005年頃までほぼ一定であるが、2006年以降は顕著な低下傾向を示す。女性は1980年代から90年代にかけて緩やかな低下傾向を示し、2006年以降は低下傾向が強まるものの、男性に比べ緩やかである。

男女のリスク差は総平均効果 ( $\beta^G$ ) の差で示さ

れる。総平均効果は、年齢・時代・世代による違いを取り除いた全体平均と理解でき、これを自然対数で逆変換した値は男女それぞれの全体平均としての死亡率を表す。本報の分析対象の全体平均としての死亡率は、男性0.80人/10万人年、女性0.44人/10万人年であった。

#### 3.3 出火原因別の分析結果

主な出火原因として、たばこ、ストーブ、コンロ、火遊び、線香・灯明、放火及び放火自損による死亡率についてコウホート分析を行った。

また、出火原因を熱源別に分類し、石油、ガス、電気から出火した火災の死亡率についてコウホート分析を行った。時代効果死亡率(時代効果に総平均効果を足して指数変換した値)の推移を比較すると(図3)、石油とガスは分析期間を通して低下傾向を示し、分析期間の最初と最後を比較するとそれぞ

れ 1/4、1/2 に低下したのに対して、電気は 4/5 程度に低下するにとどまった。その結果、分析期間の最初には石油による時代効果死亡率が最も高かった

のに対し、1990 年代後半以降は電気が最も高くなっていた。

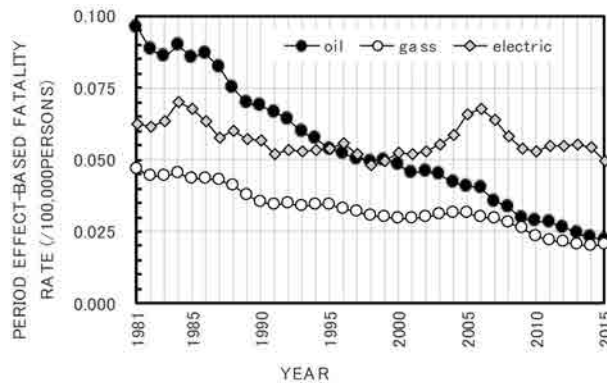
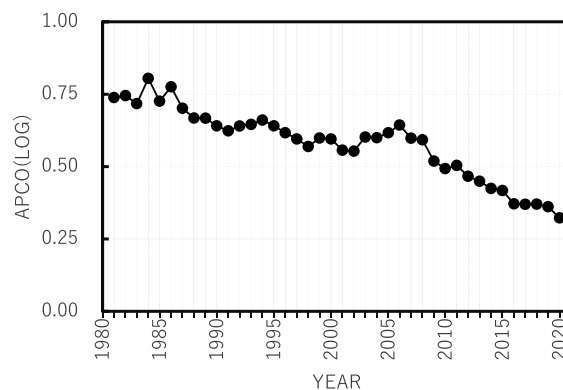


図3 住宅火災の熱源別時代効果死亡率の比較

### 3.4 COVID-19 禍における住宅火災に関する分析

COVID-19 禍においては生活の様相が大きく変化したことから、住宅火災死亡率の変動に何らかの影響を与えた可能性があった。このためコウホート分析を行い時代効果の変動を観察した。その結果、

2020 年(2019/10/1-2020/9/30)の時代効果死亡率は 0.32 人/10 万人年となっていたことが判った。直前の 4 年間は 0.37-0.36 人/10 万人年を推移していたのに対して 1 割以上低下していた。



※前年 10/1~9/30 を 1 年として算出

図4 住宅火災の時代効果死亡率の推移

### 3.5 将来推計と施策評価指標の検討

将来推計を行うためのプログラムの開発を共同研究先において実施した。また、推計結果の評価と施策評価指標の検討を行うための比較データとして、1981 年~2005 年、1981 年~2018 年の 2 種類の

期間の死亡率についてそれぞれコウホート分析を行った。

### 3.6 今後の課題と研究実施体制

本研究では、人口構造の変動の影響を分離して住宅火災による死亡リスクの変化とその要因を明らかに

かにする方法を確立することができた。令和4年度以降は「超高齢・人口減少社会の火災と消防力に関する研究(R3.4～R8.3)」の中で、住宅火災による死者数の将来予測と施策評価指標の提案に関する研究

を継続することとしている。

4. 共同研究等外部との協力

・統計数理研究所

## (18) 鋼製平底円筒貯槽の地震時底板浮き上がり現象を説明する 数理モデルの構築

研究期間：令和2年4月～令和5年3月

技術研究部 施設等災害研究室 吉田祐一

### 1. 目的

石油タンク等に代表される鋼製平底円筒貯槽（タンク）は、水平地震動による転倒モーメントによりロッキング運動が生じ、これに伴う側板の引張力により、底板の一部が浮き上がり、側板と底板の接合部（隅角部）に亀裂が生じて貯液が流出する危険性がある。我が国では、1978年宮城県沖地震の際に底板の浮き上がりが原因とされる重油の大量（3基のタンクから合計約68,000 kL）流出が発生している。この事故以来、国内において底板の浮き上がりに起因する油の大量流出は発生していないが、南海トラフ地震、首都直下型地震などの大地震の発生が危惧されているところであり、隅角部亀裂による油流出などの事故に対する予防上及び警防上の対策・施策を講じるには、地震動に対する底板の浮き上がり量を正確に予測する必要がある。しかし、浮き上がり量計算のための慣用計算法には、平成30年北海道胆振東部地震で計器計測された浮き上がり量の再現が困難であることや南海トラフ想定地震動に対する浮き上がり量予測結果が現実的とは考えられないほど過大なものになるといった問題がある。

本研究課題では、底板浮き上がり量の計算手法の精度向上のため、既往の慣用計算法では考慮されてこなかったタンクのロッキング運動の動的な性質を考慮した底板の浮き上がり変形（浮き上がり量・浮き上がり幅）を求める数理モデルの構築を目的とした研究を行う。

### 2. 研究内容

既往の底板浮き上がり量の慣用計算法は、底板の

面外剛性と側板自重により構成される復元モーメントが転倒モーメントと等しいと考えて回転方向の釣り合い式が立てられており、内容液の回転慣性力が考慮されていない。一方、D'Amico and Taniguchi (2017) は、運動学的なアプローチから内容液の回転慣性力項を含めた並進-回転系の運動方程式（Taniguchi モデル）を導出している（図1）。また、Taniguchi (2005) は、バルジング応答（並進方向の応答）が回転方向の応答との相互作用（ロッキング-バルジング相互作用）により低減すると考え、底板の浮き上がり量を評価する上でロッキング-バルジング相互作用を考慮することの必要性を説いている。さらに、Taniguchi らは、タンクのロッキング挙動の説明のために、ロッキング動液圧（Taniguchi・Segawa, 2008）やロッキング有効液質量及びロッキング-バルジング有効液質量（Taniguchi・Katayama, 2016）の算定手法も提案している。

本研究では、既往の慣用計算法では考慮されていない「回転慣性力」や「ロッキング-バルジング相互作用によるバルジング応答の低減」など、タンクのロッキング運動の動的な性質を考慮することにより、浮き上がり量の計算精度が向上する可能性に着目する。しかし、これまでに Taniguchi モデルによる時刻歴応答解析の実施例はなく、Taniguchi モデルにおけるタンクのロッキング運動に関する運動方程式の妥当性については十分検討されていない。本研究課題では、Taniguchi モデルを基礎として、底板浮き上がり量の時刻歴応答解析を実施し、慣用算定法や計測記録等との比較から、Taniguchi モデルの運動方程式の妥当性や解析精度を検証する。

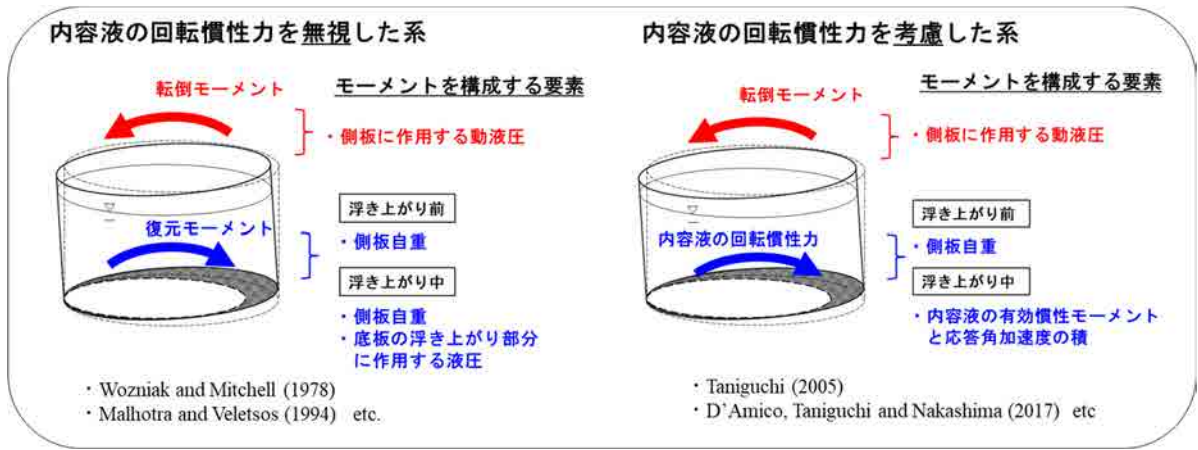


図 1 慣用計算法（左）と Taniguchi モデル（右）の比較

表 1 年度計画

研究項目	令和 2 年度	令和 3 年度	令和 4 年度
底板変形量（浮き上がり量・浮き上がり幅）算定モデルの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>・底板の浮き上がり変形に関する解析的検証（FEM 動的解析・梁モデル）</li> <li>・ロッキング時の底板引き上げ力の観察（FEM 動的解析）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内容液の回転慣性力に関する考察（FEM 動的解析）</li> <li>・底板浮き上がり量の時刻歴応答解析の実施（Taniguchi モデル）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・提案手法（浮き上がり量の時刻歴応答解析）の精度検証と改良（Taniguchi モデル）</li> </ul>

( ) 内は、検証等に用いる結果の計算手法を示す。

### 3. 令和 3 年度までの研究成果

#### 3.1 底板の浮き上がり変形に関する解析的検証

タンクのロッキング応答に伴う底板の浮き上がり変形のメカニズムを理解するために、3次元 FEM 動的解析（0°、180°方向に正弦波地動加速度を入力）の結果から、底板の浮き上がり変形量（浮き上がり量・浮き上がり幅）の抽出・整理を行い、梁モデル（微小変形理論、静液圧载荷）から得られる浮き上がり量－浮き上がり幅の関係図と比較した。比較の

結果（図 2）、浮き上がり量が小さい範囲では、FEM 動的解析と梁モデルの結果が概ね合うが、浮き上がり量が大きくなるとこれらの結果が合わなくなることがわかった。さらに、幾何学的非線形性（膜力の効果）を考慮した梁モデル（Malhotra et al., 1994）を用いて同様の検討を行った結果、浮き上がり量－浮き上がり幅の関係を正確に求めるには、膜力と動液圧の影響を考慮する必要があることがわかった。

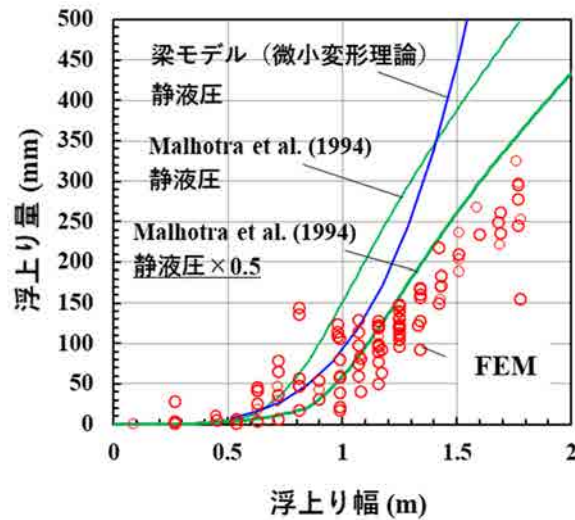
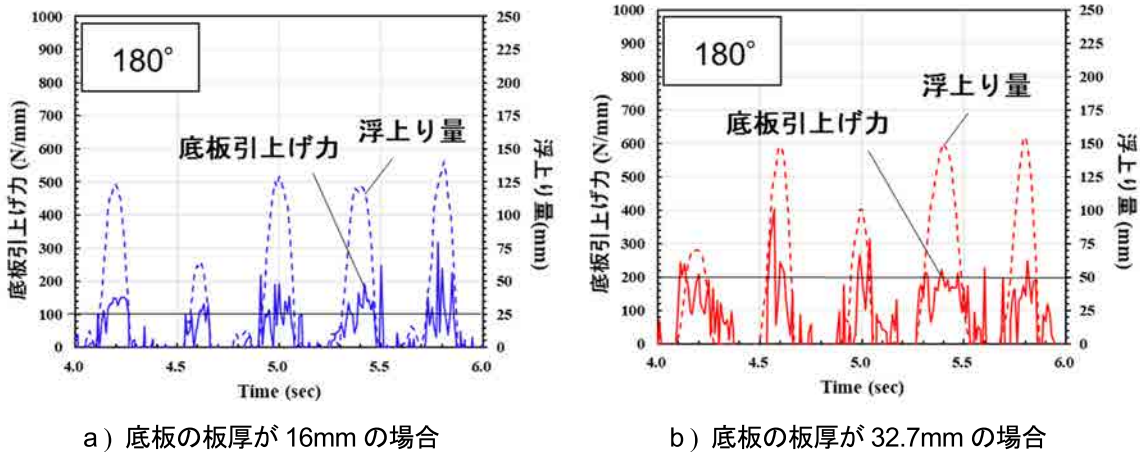


図2 FEM 動的解析と梁モデルの比較 (浮上り量－浮上り幅の関係図)

3.2 ロッキング時の底板引き上げ力の観察

3次元 FEM 動的解析 (3.1 と同様) の結果について、底板引き上げ力と浮き上がり量の時刻歴を観察した (図3)。その結果、1) 浮き上がり量がある程度大きくなると底板引き上げ力の増大が鈍くなるこ

と、2) 底板の板厚が大きいほど底板引き上げ力も大きくなること、がわかった。また、底板引き上げ力の円周方向の分布 (30°間隔) の時刻歴についても検証したところ、同様の結果が得られた。



a) 底板の板厚が 16mm の場合

b) 底板の板厚が 32.7mm の場合

図3 底板引き上げ力の時刻歴 (180° 側隅角部)

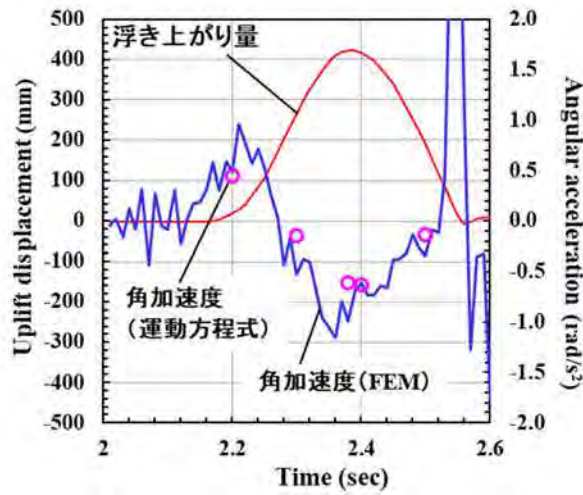
3.1 および 3.2 の結果は、浮き上がり量が多い場合の底板の変形量や断面力を精度よく解析するには、幾何学的非線形性 (膜力の効果) を考慮する必要があることを示唆している。また、底板引き上げ力は浮き上がり幅や液圧分布等に関係して決ま

る量であり、浮き上がり変形 (浮き上がり量・浮き上がり幅) と分けて定式化することができないことに気が付いたため、底板引き上げ力の定式化の検討は取りやめた。

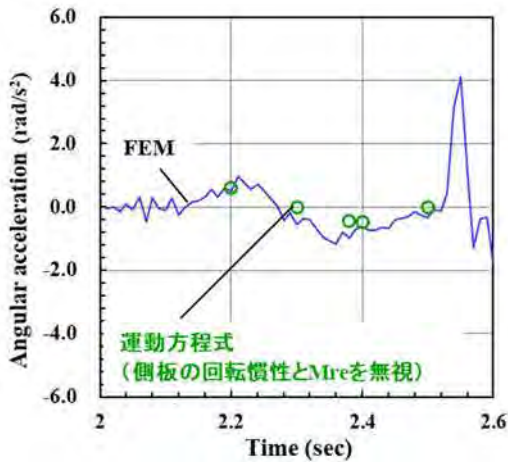
3.3 内容液の回転慣性力に関する考察

D'Amico et al. (2017) が導出した内容液の回転慣性力項を含めた並進-回転系の運動方程式 (Taniguchi モデル) について、内容液の回転慣性力項の必要性を FEM 動的解析結果を分析することにより検証した。検証は、3.1 および 3.2 の FEM 動的解析の結果と転倒モーメント、復元モーメントおよび内容液の回転慣性力の釣り合いを考えた運動方程式を用いて行った。なお、FEM 動的解析から内容液

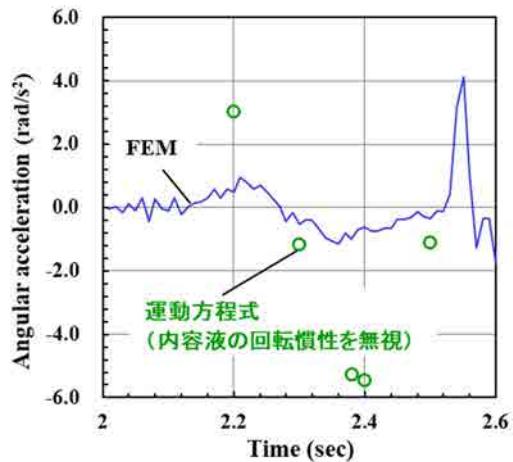
の回転慣性力を直接得ることができないので、両者の角加速度の計算結果を比較することで内容液の回転慣性力項の必要性を検証した。検証の結果、内容液の回転慣性力を考慮した運動方程式から得られる角加速度と FEM 動的解析から得られる角加速度がよく合うことから (図 4)、タンクのロッキングに関する運動方程式には内容液の回転慣性力を考慮する必要があることがわかった。



a) 運動方程式において 3 項すべて考慮した場合



b) 復元モーメント項を無視した場合



c) 内容液の回転慣性力項を無視した場合

図 4 FEM 動的解析と運動方程式から得られた角加速度の比較

3.4 底板浮き上がり量の時刻歴応答解析の実施

Taniguchi モデル (D'Amico et al., 2017) の運動方

程式を用いた時刻歴応答解析の計算手続きを考え、テストランを実施した (提案されている運動方程式



の再導出や修正も行った(図5)。なお、内容液の「ロッキング有効液質量」や「有効慣性モーメント」等は底板の浮き上がり幅の値によって決定されるため、幾何学的非線形性(膜力の効果)を考慮した梁モデル(Malhotra et al., 1994)から得られる「浮き上がり量-浮き上がり幅」の関係を時々刻々計算し※、これを用いて「ロッキング有効液質量」等を決定した(※ 底板に作用する液圧が時々刻々変化す

るため、「浮き上がり量-浮き上がり幅」の関係も時々刻々変化する)。テストランの1つとして、平成30年北海道胆振東部地震で浮き上がり量の時刻歴が計器計測されたタンクを対象に時刻歴応答解析を行った。テストランの結果、最大浮き上がり量は87mmとなった。これは、Malhotra et al. (1994)が提案した計算法の結果(最大441mm)に比べて計測記録(最大44mm)に近い結果となっている。

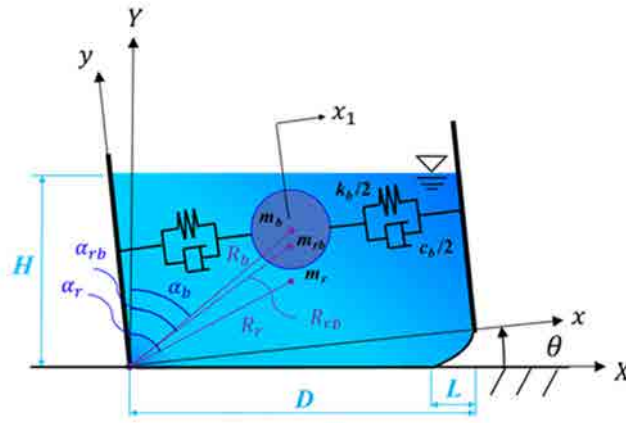


図5 Taniguchiモデル(修正版)

#### 4. 令和4年度の研究計画

提案手法(Taniguchiモデルを基礎とした浮き上がり量の時刻歴応答解析手法)の精度を、以下に示す方法により検証する。また、必要に応じて提案手法の改良を行う。

- 1) 令和3年度に行った計測記録(平成30年北海道胆振東部地震)との比較の追加検討として、3次元FEM動的解析(例えば調和地動加振を入力)

による浮き上がり量との比較を行う。

- 2) 2011年東北地方太平洋沖地震や既往の振動台実験などを対象とした時刻歴応答解析の実施やEurocode8などの慣用計算法による浮き上がり量の計算を行い、検討事例を増やす。

#### 5. 共同研究等外部との協力

国立大学法人 鳥取大学大学院工学研究科

## (19) 消防ロボットシステム：スクラムフォースの配備に関する フォローアップ調査と消防におけるロボット技術の活用の検討

研究期間：令和3年4月～令和5年3月

特別上席研究官 天野久徳  
技術研究部 危険性物質研究室 内藤浩由

### 1. 目的

消防研究センターでは、平成26年度からの5年間、石油コンビナート等における大規模火災や化学プラント等における爆発危険が伴う現場において、消防隊員が近接して活動することが難しい事案に対応するための消防ロボットシステム：スクラムフォースの研究開発を行った。完成したスクラムフォースを令和元年度に市原市消防局に実証配備し、緊急消防援助隊の特殊装備小隊としても登録された。令和2年度まで継続した実証配備中に得た評価を基

に、消防本部で実戦使用するための機能の最適化を図る改良、また、研究開発の開始後に確立された新技術の有効性を検証し、有用なものについては導入を図る改良を行った。

スクラムフォースは令和3年度から市原市消防局に通常配備となっているが、引き続き操作性や機能の向上の検討、経年劣化や維持管理についての検証といったフォローアップ調査を行う。さらに、これらの調査結果を基に消防におけるロボット技術の活用についての検討を行う。



図1 完成させた実戦配備型消防ロボットシステム

### 2. 令和3年度の研究計画と成果

#### (1) 消防ロボットシステムの配備消防本部との意見交換会の開催

消防本部におけるスクラムフォースの運用を通し、

- ・運用を通してのさらなる操作性や機能の向上

- ・運用を通しての消防におけるロボット技術の活用について、年3回程度の意見交換会を実施する計画であったが、コロナ禍の影響により、対面での意見交換会は1回、人数を絞っての訪問を2回実施し、これ以外は随時オンラインでの実施となった。その結果、主に以下の対応を行った。

- ・エラー発生時の対応マニュアルの項目を、市原市消防局の要望に応じて追加した。
- ・ランド・アイ用バッテリーの再生機器を用意した。
- ・GPSによる位置データの測定状況の変化に対応し、GPS受信アンテナ取り付け位置を変更した。
- ・使用電波に関する免許の更新手続き方法について助言した。

(2) 消防ロボットシステムの経年劣化や維持管理についての検証

配備されているスクラムフォースについて、配備に支障の無い範囲において動作の確認等を行い、維持管理が十分であるか、また、経年劣化の状態を確認した。ランド・アイのマニピュレータ及び履帯のパッドの劣化が想定以上に進んでいること、スカイ・アイの充電台の一部にネジの緩みがあることが確認された。また、耐熱被覆の消耗は想定通りであった。いずれも、定期点検において対応した。この他、ウォーター・キャノン及びタフ・リーラーに搭載されているバッテリーのリコール対応を行った。

3. 令和4年度の研究計画

- (1) 消防ロボットシステムの配備消防本部との意見交換会の開催 (継続)
- (2) 消防ロボットシステムの経年劣化や維持管理についての検証 (継続)
- (3) フォローアップとりまとめ  
消防ロボットシステムの配備消防本部との意見交換会及び消防ロボットシステムの経年劣化や維持管理について報告書にまとめる。

4. 共同研究等外部との協力 (一部予定)

- (1) スクラムフォース配備
  - ・市原市消防局
- (2) 試験協力等
  - ・東北大学
  - ・三菱重工業株式会社
  - ・深田工業株式会社
  - ・三菱電機特機システム株式会社
  - ・株式会社 AileLinX

## (20) 土砂に埋まった人体に作用する力を計測する技術の研究

研究期間：令和3年4月～令和6年3月

技術研究部 地震等災害研究室 新井場公德

### 1. 目的

2019年度消防庁救助技術の高度化検討会において土砂災害への対応について共通的な活動のあり方が示されたところである。土砂災害対応において活動の安全性および効率性を上げるための訓練が各消防本部で実施されている。そのうち要救助者の掘削については、どのように掘削すれば要救助者への悪影響を与えないですめることができるかについて検討が不足している。本研究では、土砂中の人体の主要部に作用する力について明らかにし、より効率的な活動の基礎資料となるデータを取得する。

### 2. 研究内容

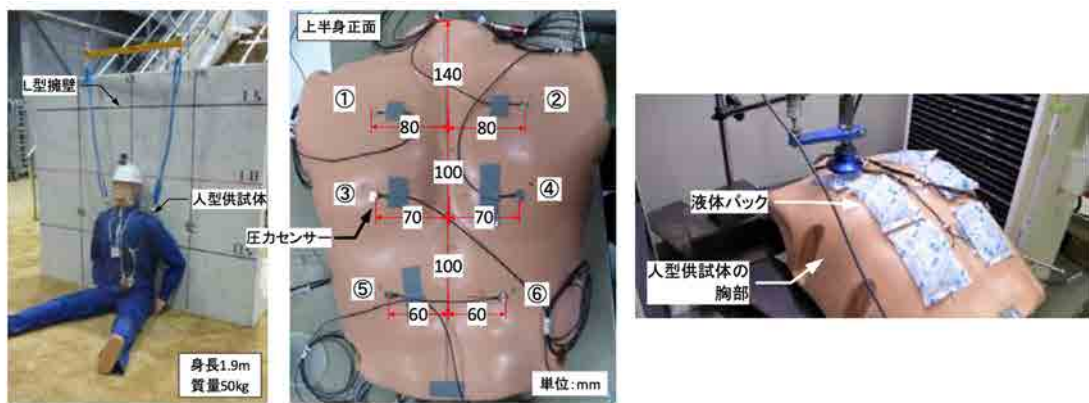
埋没した要救助者を救助する訓練において、要救助者役が感じる障害（どの部位に力がかかったか等）及び救助者が感じる障害（どの行為のどこに問題があったか等）について、消防本部の協力を得て調査を行う。その障害を発生させる力について、直接計測を試みる。

Pascalら(2011)は、雪崩により完全に埋没した人の死因を分析し、窒息がほとんどで、続いて外傷としている<sup>1)</sup>。本間ら(2016)は、2013年伊豆大島の土石流災害において黄色及び赤色のタグをつけら

れた傷病者についてその内容を分析し、体幹の圧迫が多いこと（腹部に怪我が少ないが胸部又は骨盤に怪我が多いこと）、62.5%に重度の顔面浮腫と外傷性窒息症が見られたことを報告し、土砂が身体を巻き上げ、身体のもっと広い部分（すなわち胸部や骨盤）を圧迫して、複数の肋骨骨折、血気胸、肺挫傷、骨盤骨折などの致命的な傷害を引き起こすという仮説を述べている<sup>2)</sup>。William Pollock and Joseph Wartman(2020)は、土砂災害の被害者の死因に関する文献調査を行い、溺死、外傷に分類している。また、土砂の深さが2～6mで死者が増えると分析している。さらに、考察として救助活動により20%は死者を軽減できるのではないかと述べている<sup>3)</sup>。土砂中の人体の挙動は医療的な面から一定の知見が集まりつつある。

玉手ら(2016)は、人間が浅い溝内で生き埋めとなった際に胸部圧迫を軽減するための保護構造について、実験的に検討を行い(図1)、保護具を試作している。崩壊土砂によって作用するダミーにかかる力が計測されている<sup>4)</sup>。

本研究では、これら研究を踏まえ、玉手(2016)の手法を参考に、埋没時の人体各部位にかかる力を明らかにし、いち早く土砂から救出するための方法を検討する。



a) L型擁壁前に設置した人型供試体 b)胸部の圧力センサー c)液体パックによる間接計測

図1 玉手ら (2016) による埋没実験のダミー人形

### 3. 令和3年度の研究成果

#### (1) 土砂中のダミーに掛かる力の測定

地盤の変形を計測する装置を試作し、精度確認を行った。

### 4. 令和4年度の研究計画

#### (1) 泥濘からの救助時の障害要因の調査

泥濘から人を救助する際の障害について、隊員へのアンケート及び聞き取り調査を行い、障害要因を明らかにする。

#### (2) 障害要因を計測する方法の検討

障害要因の機構を明らかにし、測定方法を検討する。

### 5. 共同研究等外部との協力 (予定)

- ・ 産業安全衛生総合研究所
- ・ 岡山市消防局
- ・ 相模原市消防局
- ・ 神戸市消防局

### 6. 引用文献

- 1) Pascal Haegeli et al., "Comparison of avalanche survival patterns in Canada and Switzerland", Canadian Medical Association Journal, Vol. 183, No. 7, pp. 789-795, 2011.
- 2) Yasuhiro Homma et. al.: Injury Patterns after the Landslide Disaster in Oshima, Tokyo, Japan on October 16, 2013, Disaster Medicine and Public Health Preparedness, Volume 10, Issue 2, April 2016, pp. 248 - 252
- 3) William Pollock and Joseph Wartman: Human Vulnerability to Landslides, GeoHealth, Vol. 4, Issue 10, 21 September 2020, <https://doi.org/10.1029/2020GH000287>
- 4) 玉手聡:「浅い土砂埋没時の圧迫圧力に関する実験的研究」科学研究費助成事業研究成果報告書 16K01306

## 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	Comparison of Fires and Mortality in Japan Between 2020 and Previous Years	Keiko Suzuki and Takashi Nakamura (統計数理研究所)	13th International Symposium on Fire Safety Science, University of Waterloo, Canada(on-lin event),	2021.4.30(JST)
2	長期間油に浸漬させたガラス繊維強化プラスチック製ライニング (GFRP) の電気化学特性と劣化状態	徳武皓也	材料と環境 2021	2021.5.19 ～5.21
3	The Combustion of Noble-fir Trees in the Presence of an Applied Wind Field	Manzello, S. L. (NIST) and Suzuki, S.	12th US National Combustion Meeting	2021.5.24 ～5.26
4	Investigating Firebrand Deposition Processes in Large Outdoor Fires	Suzuki, S. and Manzello, S. L. (NIST)		
5	火炎風下に発生する竜巻状の渦に火源の向きが与える影響	篠原雅彦	第 58 回日本伝熱シンポジウム	2021.5.25 ～5.27
6	耐熱性塗装鋼板の電気化学的評価に基づく危険物流出事故原因及びコーティングの劣化メカニズムの推定	徳武皓也、西晴樹	令和3年度春季講演会 (日本高圧力技術協会主催)	2021.5.28
7	火災出動に伴う殉職事故の発生傾向に関する調査	大津暢人、新井場公德	2021 年度日本火災学会研究発表会	2021.5.29 ～5.30
8	明石市大蔵市場火災における火の粉の飛散状況調査	ピニェイロ アベウ タイチ コンノ (人と防災未来センター)、 北後明彦 (神戸大学)、 中嶋麻起子、鈴木恵子、大津暢人		
9	堆積産業廃棄物火災の消火対応について	内藤浩由		



	題 名	発 表 者 名	発 表 会 名	発表日
10	燃焼時のフラッシュオーバー現象に関する実験的研究 - 熱輻射を受ける木材の表面温度と延焼拡大速度 その1-	山野光一、廖赤虹、松島至俊、坂本直久 (モリタホールディングス)、内藤浩由		
11	燃焼時のフラッシュオーバー現象に関する実験的研究 - 熱輻射を受ける木材の表面温度と延焼拡大速度 その2-	松島至俊、廖赤虹、山野光一、坂本直久 (モリタホールディングス)、内藤浩由		
12	石油タンク火災用の泡消火薬剤について (第 22 報) - 泡の投入方法の違いによる消火性能の検討-	花井佑一朗、高嶋武士、小川耕司 (深田工業株式会社)、内藤浩由、鯉沼武志 (第一化成産業株式会社)		
13	熱分解 GC と FTIR による焼損したセルロースの解析	佐藤康博、塚目孝裕		
14	Mitigating Ignition of Japanese Style Tile Roofing Assemblies	Manzello, S. L, (NIST) and Suzuki, S.		
15	Determining Temporal Evolution of Mass Loss Profiles from Mock-Ups of Structural Components	Suzuki, S. and Manzello, S. L. (NIST)		
16	風速と発熱速度が火源風下に発生する火災旋風の循環・サイズに与える影響 - 火源の長辺が風と平行な場合-	篠原雅彦		
17	無機過酸化物を含有する可燃物の発熱に関する研究	岩田雄策		
18	誘導灯及び照明の有無が煙中の歩行速度に与える影響 その2 身長による違いに関する分析	藤井皓介、佐野友紀 (早稲田大学)、大宮喜文 (東京理科大学)		
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21- 階段室内の歩行速度の変化に関する分析-	門倉博之 (東北学院大学)、水野雅之 (東京理科大学)、朴聖經 (東京理科大学)、佐野友紀 (早稲田大学)、藤井皓介、関澤愛 (東京理科大学)		

	題 名	発 表 者 名	発 表 会 名	発 表 日
20	順次避難シナリオの計画に関する考察 －高層事務所ビルにおける異なる避難訓練シナリオを採用した避難流動の調査－	朴聖經(東京理科大学)、水野雅之(東京理科大学)、鄭英博(東京理科大学)、藤井皓介、佐野友紀(早稲田大学)、関澤愛(東京理科大学)、門倉博之(東北学院大学)		
21	高層オフィスビルからの階段避難流動モデルの開発 －順次避難に基づく避難訓練の調査－	鄭英博(東京理科大学)、水野雅之(東京理科大学)、朴聖經(東京理科大学)、藤井皓介、佐野友紀(早稲田大学)、関澤愛(東京理科大学)、門倉博之(東北学院大学)		
22	離島における火災安全対策の構築に関する研究－消火訓練と防災設備の現状の把握－	藤本瑞穂、李敏(早稲田大学)、鈴木恵子(消防研)、長谷見雄二(早稲田大学)		
23	明石市大蔵市場火災における火の粉の飛散状況調査	ピニェイロ アベウ タイチ コンノ(人と防災未来センター)、北後明彦(神戸大学)、中嶋麻起子(広島工业大学)、鈴木恵子、大津暢人		
24	高齢者就寝施設における火災の早期対応・鎮圧の確立に関する研究(その1) 消火器・簡易消火具の鎮圧可能燃焼規模の把握とその影響要因の把握	松澤優花、西松慶、磯有希彩、長谷見雄二(早稲田大学)、松山賢(東京理科大学)、鈴木恵子(消防研)、鍵屋浩司(建築研究所)		
25	有向連結グラフを用いた延焼クラスタ構築とリスク計算に関する一検討(第2報)	高梨健一、細川直史		
26	放射性炭素年代と高解像度 DEM から推定された谷頭部周辺の埋積速度の分布 －広島県広島市の花崗岩地域の事例－	古賀亘(筑波大学)、八反地剛(筑波大学)、古市剛久(森林総研)、土	日本地球惑星科学連合 2021 年大会(国際学会)	2021.5.30 ～6.6

	題 名	発 表 者 名	発 表 会 名	発 表 日
		志田正二、田中靖(駒沢大学)		
27	水の状態変化と水蒸気爆発を理解するための教材の評価	野村祐子	日本科学教育学会 2020 年度第 7 回研究会	2021.6.12
28	石炭の自然発火について	鈴木健	安全工学シンポジウム 2021	2021.6.30 ~7.2
29	エネルギー概念の形成を志向する消防を文脈としたカリキュラムの開発	野村祐子、寺田光宏(岐阜聖徳学園大学)	日本科学教育学会第 45 回年会	2021.8.22
30	Simplified Prediction of Short-distance Difference in Long-period Strong Ground Motion Amplitudes within Sedimentary Basins — Preliminary Numerical Experiments	Ken Hatayama	The 6th IASPEI / IAEE International Symposium: The Effects of Surface Geology on Seismic Motion	2021.8.30 ~9.1
31	階段避難における階段室の構造が踊り場での合流に及ぼす影響に関する分析	朴聖經(東京理科大学)、水野雅之(東京理科大学)、藤井皓介、佐野友紀(早稲田大学)、関澤愛(東京理科大学)、門倉博之(東北学院大学)	2021 年度日本建築学会大会(東海) 学術講演会	2021.9.7 ~9.10
32	高層建築物避難における階段室滞留状態評価モデル(その1): 発進間隔調整を付加した EB モデルによる階段室滞留伝播の再現	佐野友紀(早稲田大学)、柴田卓弥(早稲田大学)、藤井皓介、水野雅之(東京理科大学)、門倉博之(東北学院大学)、関澤愛(東京理科大)		
33	高層建築物避難における階段室滞留状態評価モデル(その2): 歩行者前方間隔が滞留伝播性状に与える影響	柴田卓弥(早稲田大学)、佐野友紀(早稲田大学)、藤井皓介、水野雅之(東京理科大学)、門倉博之(東北学院大学)、関澤愛(東京理科大)		
34	階段における避難群集の流動と消防活動	藤井皓介、山口純一		

	題 名	発 表 者 名	発 表 会 名	発 表 日
	の相互影響(その3):移動時間と密度から見た消防隊の移動に対する避難者流動の影響	(大林組)、田村祐介(エフディーエム)、大宮喜文(東京理科大学)		
35	高齢者就寝施設における火災の早期対応・鎮圧の確立に関する研究(その1) 消火器・簡易消火具による成長抑止可能燃焼規模とその影響要因の把握	西松慶、磯有希彩、長谷見雄二(早稲田大学)、鈴木恵子(消防研)、松山賢(東京理科大学)、鍵屋浩司(建築研究所)		
36	平底円筒貯槽の地震時ロッキング挙動における復元機構に関する考察	吉田祐一、谷口朋代(鳥取大学)、中島照浩(日本水工設計株式会社)	日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2021	2021.9.13 ~9.17 (オンライン開催)
37	令和元年東日本台風により発生した宮城県丸森町子安地区の崩壊における詳細地形解析	土志田正二、新井場公徳	第60回(公社) 日本地すべり学会研究発表会	2021.9.15 ~9.16
38	オンライン現地見学会幌内地区-厚真町斜面災害の技術支援	土志田正二	第60回(公社) 日本地すべり学会現地見学会	2021.9.15 ~9.16
39	熱と流れの理解を促す消防を文脈としたカリキュラムの研究-米国のUL消防隊員安全研究所の動画教材を中心として-	野村祐子、大豆生田颯(消防大学校)、寺田光宏(岐阜聖徳学園大学)	日本理科教育学会第71回全国大会	2021.9.19
40	Evacuating Vulnerable People during a Tsunami Disaster in Japan: An Experiment using Wheelchairs	Nobuhito Ohtsu, Akihiko Hokugo (Kobe university)	The 11th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management	2021.9.23
41	Measurement of Natural Frequencies of the Shell Plate Vibration of a Large-sized Cylindrical Steel Tank	Ken Hatayama, Shinsaku Zama (Yokohama National Univ.) and Shoichi Yoshida (Yokohama National Univ.)	17th World Conference on Earthquake Engineering	2021.9.27 ~10.2
42	柔軟全周囲クローラによる月縦孔底探査の検討	衣笠哲也(岡山理科大学)、土師貴史(松江高専)、林良太、吉	宇宙科学技術連合講演会2021	2021.11

	題 名	発 表 者 名	発 表 会 名	発 表 日
		田浩治(岡山理科大)、 天野久徳		
43	Evaluation of secondary landslide susceptibility for the rescue activity using LiDAR UAV data	Shoji Doshida	5th World Landslide Forum, Kyoto	2021.11.2 ~11.6
44	石油タンク内面用ガラス繊維強化プラスチック製ライニングの長期劣化状態と超音波反射特性	徳武皓也	2021 年度秋季講演大会(一社 非破壊検査協会)	2021.11.10 ~11.11
45	Towards understanding fuel beds ignition by accumulated firebrands combined with radiant heat	Suzuki, S. and Manzello, S. L. (NIST)	第 59 回燃焼シンポジウム	2021.11.22 ~11.24
46	Investigating Flame Spread Under and Applied Wind Field Using Discrete Fuel Packages	Manzello, S. L. (NIST) and Suzuki, S.		
47	近年の建物火災に対する消防水利に関する分析	平山修久(名古屋大学)、木全誠一(名古屋大学)、細川直史	日本災害情報学会第 23 回学会大会	2021.11.27
48	等温および昇温下における過酸化クミルの反応挙動に関する研究	岩田雄策	第 54 回安全工学研究発表会	2021.12.2 ~12.3
49	2021 年 7 月熱海市土石流災害の救助活動現場におけるドローンの利活用	土志田正二、新井場公徳	日本地形学連合 2021 年秋季大会	2021.12.4 ~12.5
50	広島県の表層崩壊跡地における 2021 年夏季豪雨による土砂移動	鈴木花七海(筑波大学)、小倉拓郎(筑波大学)、八反地剛(筑波大学)、古市剛久(森林総研)、田中靖(駒澤大学)、土志田正二		
51	Tendency of career firefighters' fatalities while on dispatch fire duty in Japan compared to the U.S.	Nobuhito Ohtsu, Cristian Maluk (University of Queensland)	AOSFST 2021-12th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, Brisbane, Australia	2021.12.8
52	Infilling rates of hollows in a landslide-prone area of Hiroshima City, western Japan: Estimation from radiocarbon dates and high-resolution DEMs	Hattanji, T. (Tsukuba Univ.); Koga, W. (Tsukuba Univ.); Furuichi, T. (FFPRI); Doshida, S.;	American Geophysical Union Fall Meeting 2021 (国際学会)	2021.12.13 ~12.17

	題 名	発 表 者 名	発 表 会 名	発 表 日
		Tanaka, Y. (Komazawa Univ.)		
53	避難訓練と避難シミュレーションにおける避難者の階段降下状況の比較分析	朴聖經 (東京理科大学)、水野雅之 (東京理科大学)、佐野友紀 (早稲田大学)、藤井皓介、門倉博之 (東北学院大学)、関澤愛 (東京理科大学)	2021 年度第 92 回 日本建築学会関東支部研究発表会	2022.3.1 ~3.2
54	消火器による初期消火能力向上のための訓練方法の検討	栗原麻衣花 (早稲田大学)、鈴木恵子 (消防研)、長谷見雄二、伯耆原智世、西松慶、磯有希彩、藤好果穂 (早稲田大学)		
55	火災時の共助体制構築へ向けた住宅用火災警報器の音に関する研究	濱田朋佳、西松慶、藤好果穂、磯有希彩、長谷見雄二、伯耆原智世 (早稲田大学)、鈴木恵子 (消防研)		
56	地区防災計画の基礎資料としての要支援者の水害避難支援行動	大津暢人	地区防災計画学会第 8 回大会	2022.3.5
57	避難時の階段降下の移動状況を対象とした避難シミュレーションの妥当性検証	朴聖經 (東京理科大学)、水野雅之 (東京理科大学)、佐野友紀 (早稲田大学)、藤井皓介、門倉博之 (東北学院大学)、関澤愛 (東京理科大学)	第 31 回ライフサポート学会フロンティア講演会	2022.3.7 ~3.8
58	谷頭凹地の埋積速度に対する中世以降の人間活動の影響	八反地剛 (筑波大学)、古賀亘 (筑波大学)、河野孝俊 (筑波大学)、古市剛久 (森林総研)、土志田正二、田中靖 (駒澤大学)	2022 年日本地理学会春季学術大会	2022.3.19 ~3.20
59	消防水利の基準と平成 28 年糸魚川市大規模火災について	細川直史	FWP 研究会(Fire Water Project) ワークショップ	2022.3.22



	題 名	発 表 者 名	発 表 会 名	発 表 日
			「これからの地域消防水利と管路の維持・更新を考える」	
60	過熱状態の水が沸騰する仕組みを理解するための教材の作成	野村祐子、大豆生田顕(消防大学校)、寺田光宏(岐阜聖徳学園大学)	日本科学教育学会 2021 年度第 4 回研究会	2022.3.27

## (2) 論文発表

	題 名	発 表 者 名	掲 載 誌 名 等	巻 号
1	Analysis of cognitive skill in a water discharge activity for firefighting robots.	Tamura, Y. (Tokyo Univ.), Amano, H., Ota, J.(Tokyo Univ.)	Robomech Journal	vol.8, 13, (2021.4)
2	Natural Frequency Measurements of the Fluid-Elastic-Coupled Shell Plate Vibration in a Large-Sized Cylindrical Steel Tank by Microtremor Observations	Ken Hatayama, Shinsaku Zama(Yokohama National Univ.) and Shoichi Yoshida(Yokohama National Univ.)	Journal of Pressure Vessel Technology	Vol. 143 / 031404-1-8(2021.6)
3	Verification of Accuracy of The Beam Model and Resistant Moment Generated by Base Uplifting of Flat-Bottom Cylindrical Shell Tanks	Yuichi Yoshida, Tomoyo Taniguchi (Tottori University), Teruhiro Nakashima (Nihon Suiko Sekkei co.,Ltd.)	Proceedings of the ASME 2021 Pressure Vessels & Piping Conference	PVP2021-61319 (2021.7)
4	高層事務所ビルの避難訓練を再現した避難シミュレーション SimTread による階段内避難流動状況に関する比較分析	朴聖經(東京理科大学)、水野雅之(東京理科大学)、藤井皓介、呉貫遠(Central Police University(Taiwan))、門倉博之(東北学院大学)、佐野友紀(早稲田大学)、ライナコンストラクト ニュージャリー(東京理科大学)、関澤愛(東京理科大学)	ライフサポート	Vol.33, No.3, pp.87-93, 2021.8
5	Ignition Vulnerabilities of Combustibles around Houses to Firebrand Showers: Further Comparison of Experiments	Suzuki, S. and Manzello, S. L.(NIST)	Sustainability	Vol.13, No.4, 2136

	題 名	発 表 者 名	掲載誌名等	巻号
6	Toward understanding ignition vulnerabilities to firebrand showers using reduced-scale experiments	Suzuki, S. and Manzello, S. L.(NIST)	Fire and Materials	doi:10.1002/fam.3027(online published 31August 2021)
7	Firebrands generated in Shurijo Castle Fire on October 30th, 2019	Suzuki, S. and Manzello, S. L.(NIST)	Fire Technology	58 (2) 777-791
8	The Influence of COVID-19 Stay at Home Measures on Fire Statistics Sampled from New York City, London, San Francisco, and Tokyo	Suzuki, S. and Manzello, S. L.(NIST)		58 (2) 679-688
9	平成 30 年(2018 年)北海道胆振東部地震に起因する火災に関する調査	大津暢人、廣井悠(東京大学)、北後明彦(神戸大学)	日本火災学会論文集	Vol.71 , No.2, pp.13-18 (2021.8)
10	火災出動における消防隊員の殉職事故の発生傾向	大津暢人、新井場公德、北後明彦(神戸大学)、阿部伸之、菊池悠(神戸市消防局)		Vol.71 , No.2, pp.19-27 (2021.8)
11	津波避難経路設定の選択肢としての地区防災計画における災害時要援護者支援手法の類型	大津暢人、北後明彦(神戸大学)	地区防災計画学会誌	第 21 号, pp.88-95 (2021.8)
12	福祉と連携した要配慮者津波避難訓練を通じた避難支援課題の抽出	劉永恩(神戸大学)、大津暢人、北後明彦、張ユイン(神戸大学)	日本建築学会計画系論文集	Vol.86 , No.786 , pp.2201-2211 (2021.8)
13	豪雨時における高齢者施設の避難事例に基づく垂直避難プロセスの解明	廖解放、北後明彦、大西一嘉(神戸大学)、大津暢人、ピニェイロ アベウ タイコンノ(人と防災未来センター)、木作尚子(名古屋大学)、大村太秀(神戸大学)	日本建築学会計画系論文集	Vol.86 , No.786 , pp.2032-2042 (2021.8)
14	消防用ホースの熱流束曝露試験および耐輻射熱カバーの開発	林新矢(帝国繊維株式会社)、天野久徳	Journal of Fiber Science and Technology	Vol.77, No.10 , pp.266-273 (2021.10)
15	Evacuation of vulnerable people during a Natech: a case study of a flood and factory explosion in Japan	Nobuhito Ohtsu, Akihiko Horiguchi(Kobe university), Ana	International Journal of Disaster Resilience in the	15 pages (2021.10), Doi:

	題 名	発 表 者 名	掲載誌名等	巻号
		Maria Cruz(Kyoto univer- sity), Yukari Sato(Okayama prefectual university), Yuko Araki(Kyoto prefectual uni- versity), Hyejeong Park(Kyoto university)	Built Environment	<a href="https://doi.org/10.1108/IJDRBE-04-2021-0043">https://doi.or g/10.1108/IJ DRBE-04- 2021-0043</a>
16	Technological accidents caused by floods: The case of the Saga prefecture oil spill, Japan 2019	Alessio Misuri, Ana Maria Cruz, Hyejeong Park, Em- manuel Garnier(Kyoto uni- versity), Nobuhito Ohtsu, Ak- ihiko Hokugo(Kobe univer- sity), Isamu Fujita, Shin-ichi Aoki(Osaka university), Va- lerio Cozznia(Universita Bo- rona)	International Jour- nal of Disaster Risk Reduction	Vol. 66, 12 pages (2021.10), Doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.jjdr.2021.102634">https://doi.or g/10.1016/j.jj drr.2021.102 634</a>
17	Evacuation Preparation Scenarios of Households during Early and Emer- gency Evacuation: A Case Study of Cyclone Bulbul in Southwestern Coastal Bangladesh	Md Atikur Rahman, Akihiko Hokugo(Kobe university), Nobuhito Ohtsu, Swarnali Chakma(Kobe university)	Journal of Inte- grated Disaster Risk Management	Vol.9,30 pages (2021.10), Doi: <a href="https://doi.org/10.5595/001c.29128">https://doi.or g/10.5595/00 1c.29128</a>
18	Household evacuation preparation time during a cyclone: Random Forest algo- rithm and variable degree analysis	Md Atikur Rahman, Akihiko Hokugo(Kobe university), Nobuhito Ohtsu	Progress in Disas- ter Science	Vol. 12, 12 pages (2021.11), Doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2021.100209">https://doi.or g/10.1016/j.p disas.2021.10 0209</a>
19	Migration of channel heads by storm events in two granitic mountain ba- sins, western Japan:Implication for predicting location of landslides	Hattanji, T.(Tsukuba Univ.); Kodama, R.(Tsukuba Univ); Takahashi, D.(Tsukuba Univ.); Tanaka, Y.(Koma- zawa Univ.), Doshida, S.; Fu- ruichi, T(FFPRI).	Geomorphology	Vol.393, 107943 (2021.11)

	題 名	発 表 者 名	掲載誌名等	巻号
20	Tendency of career firefighters' fatalities while on dispatch fire duty in Japan compared to the U.S.	Nobuhito Ohtsu, Cristian Maluk(University of Queensland), Kiminori Araiba, Akihiko,Hokugo (Kobe university), Yu Kikuchi(Hyogo emergency medical center)	12th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology (AOSFST 2021)	11 pages (2021.12)
21	消防隊員の屋内進入にかかる警防規程に関する調査	大津暢人、新井場公德、北後明彦(神戸大学)、阿部伸之、田村裕之、原島裕貴(東京消防庁)	消防研究所報告	No.130 , pp.1-10 (2021.12)
22	Investigation of accelerated degradation methods to cause blisters for non-defective vinyl ester resin glass flake organic coatings	K. Tokutake, S. Okazaki (Yokohama National University), S. Kodama (JOGMEC)	Coatings(MDPI)	Vol.12(1), 76 (2022.1)
23	豪雨時における高齢者施設間の自動車を用いた要配慮者避難の事例分析	廖解放、北後明彦(神戸大学)、大津暢人、大西一嘉、大村太秀(神戸大学)	日本建築学会計画系論文集	Vol.87 , No.792 , pp.250-259 (2022.2)

(3) 解説

	題 名	発 表 者 名	掲載誌名等	巻号
1	飛び火と上空の煙の位置に関する考察	篠原雅彦	火災	Vol.71, No.4, pp. 39-42 (2021.8)
2	研究最前線 高層建築物の避難安全に関する研究	藤井皓介	消防試験研究センターだより Voice.	Vol.387, pp.10-12, 2021.9
3	グレーチングが熱気流に及ぼす影響について	原島裕貴、田村裕之	火災	Vol.71, No.5, pp.47- 52(2021.10)
4	火災原因調査における化学分析機器の活用	佐藤康博	消防試験研究センターだより Voice.	vol.388, pp.10-12 (2021.11)
5	レスキューロボットコンテスト 20×21 における特別共催と表彰	佐伯一夢	検定協会だより	pp.27-33, 第 491号 (2021.11)

	題 名	発 表 者 名	掲載誌名等	巻号
6	総務省消防庁消防研究センターの研究の現在と展望～ 科学技術を消防業務の発展のために～	細川直史、新井場公德、 大津暢人	近代消防	11月号
7	研究最前線：災害時要援護者の津波避難支援に関する研究	大津暢人	消防試験研究センター だより Voice	Vol.383 , pp.14-16 (2021.12)
8	火災出動における消防隊員の殉職事故 全国の都道府県庁所在地を管轄する 47 消防本部における発生傾向	大津暢人	月刊フェスク, 12月号	pp.30-37 (2021.12)
9	「相模トラフ」津波まで数分 家族と避難するため4つのポイント	大津暢人	NHK 首都圏ナビ 首都ボー	(2021.12)
10	消防研究センターの市街地火災延焼シミュレーションとその活用について	高梨健一、細川直史	消防試験研究センター だより Voice.	vol.389, pp.14-16 (2022.1)
11	多様な文脈とのつながりの中で科学概念の萌芽を育むー消防という文脈を活用した理科授業デザインの提案ー	野村祐子、寺田光宏 (岐阜聖徳学園大学)	理科の教育	Vol.71, No.834, pp.17-20 (2022.1)
12	火災現場におけるドローンの活用に関する研究	清水幸平、新井場公德、 土志田正二	火災	376号 (Vol. 72, No. 1) , (2022.2)
13	石油タンクのスロッシング被害簡易予測 何がどこまでできるか？	畑山健	ペテロテック	第 45 巻第 2 号 , pp.87- 91(2022.2)
14	自然災害による危険物施設の火災・爆発事故	西晴樹	セイフティエンジニア リング	205号
15	消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発について	内藤浩由、高橋優太、天 野久徳	消防試験研究センター だより Voice.	Vol.390, pp.10-13 (2022.3)
16	機能を果たすシステム構築のために	田村裕之	静電気学会誌	Vol.46, No.2, pp49(2022.3)

(4) 著書

令和3年度は該当なし



## 2 一般公開

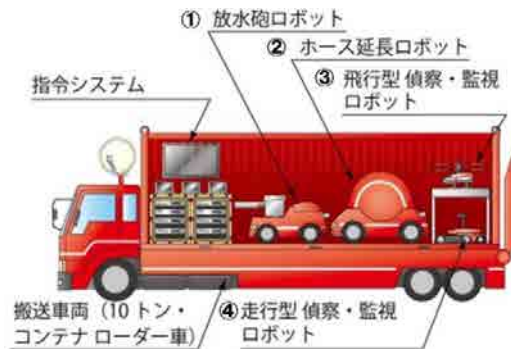
東京都調布市の同じ敷地内に位置する消防研究センター、消防大学校、日本消防検定協会及び一般財団法人消防防災科学センターでは、4月16日（金）～4月22日（木）の一週間、オンラインにて一般公開を開催した。

この一般公開は、例年、科学技術週間（「発明の日」（4月18日）を含む週）に施設を開放して行ってきたものであるが、新型コロナウイルスの感染拡大を考慮して昨年度はやむを得ず中止とした。今年度は、来場が困難な状況においても、日頃の研究開発の状況や火災危険の理解につながる実験などをぜひ紹介したいと考え、初めての試みとしてホームページ上で動画を用いて研究内容を分かりやすく紹介するオンライン開催を行った。アクセス数は2,000を超え、多くの方に視聴いただいた。

全部で23のコーナーを用意したが、ここではその一部を紹介する。

### 1 消防ロボットシステム（スクラムフォース）の研究開発の紹介

消防ロボットシステムは、石油コンビナート等での大規模・特殊な災害時、消防隊が現場に近づけない場合であっても、移動経路や放水位置等の指示のみで図①～④のロボットが半自律的に偵察・監視・放水活動を行うシステムである。平成26年度から研究開発を進め、令和元年度に開始された市原市消防局における実証配備を通して最適化や新技術導入の検討を行い、それを基に改良したスクラムフォースを紹介した。



写真・図1 消防ロボットシステム

### 2 火災旋風の実験

大規模な市街地火災や林野火災では、火災旋風と呼ばれる竜巻状の渦が発生して、被害を拡大することがある。

当センターでは、火災旋風の発生予測を目指して、その発生機構や発生条件を研究している。今回は有風下で火災域の風下に発生する「火炎を含まない火災旋風」の実験を紹介した。火災旋風の強風による災害事例や、風が比較的弱い時の方が発生の報告が多いことなども紹介した。



写真2 火炎を含まない火災旋風：  
側面からと、鏡越しに下からと  
同時に撮影した映像

### 3 身近にある製品の爆発実験

日常生活で使用される身近なものの中には、扱い方を間違えると急激な燃焼現象を生じるものがある。そのようなものの危険性を示す例として次の2つの実験を紹介した。

①コーンスターチを噴き上げ、ライター等の小さな着火源を近づけたときの粉塵爆発実験

②スプレー等で使用されるDME（ジメチルエーテル）を用いた燃焼実験



写真4 左：燃焼初期、右：ボイルオーバー



写真3-1 粉塵爆発実験



写真3-2 DMEの燃焼実験

### 4 軽油の燃焼性状

軽油の火災危険性を調べるため、直径1mの容器を用いて燃焼実験を行った。

燃料として軽油(16L程度、燃料層の厚さ：20mm)を使用した。軽油を水に浮かべて燃焼させ、燃焼後半に発生する激しい燃焼（ボイルオーバー：高温の燃料成分が水と接触し、水蒸気や油滴が発生し、爆発的な燃焼となる現象）を紹介した。

### 5 土砂災害発生後の情報収集・救助活動の安全確保に関する研究の紹介

土砂災害時のドローンなどによる状況把握と二次災害防止のための研究開発の活用事例として、捜索救助活動現場における技術支援において行ったドローンによる偵察の様子や、二次災害危険箇所と監視員の配置場所などにドローン画像を利用した事例を紹介した。



写真5 令和元年東日本台風により神奈川県相模原市で発生した土砂災害（ドローン空撮画像）

※写真は全て、公開動画の画面をキャプチャーしたものである。

## 3 全国消防技術者会議

### 1. はじめに

令和3年11月25日(木)～26日(金)に全国消防技術者会議を、消防研究センター本館大会議室を配信会場として無観客でオンライン配信にて開催しました。本会議は、消防防災の科学技術に関する調査研究、技術開発の成果等を発表し、消防職員や消防団員をはじめとする消防関係者と消防研究センター職員が意見交換を行う場として、昭和28年より毎年開催されているものであり、今回で69回目となります。

この会議では「特別講演」、「令和3年度消防防災科学技術賞 受賞作品」、「一般発表」の3部構成であり、全47都道府県から3,300名のオンライン視聴の参加申込みがありました。

### 2. 特別講演

特別講演では、令和防災研究所所長(元東京都副知事)の青山侑先生から「21世紀の災害と対応のための課題」と題してご講演いただきました(写真1)。

この講演では、直近に発生した熱海の土砂災害や2013年の伊豆大島の土砂災害、熊本地震やアメリカのハリケーンをはじめこれまでの水害、土砂災害、地震、大規模火災、ハリケーン等の様々な災害における、予防、予知、対策、避難、復旧、復興に関して、青山先生自身が調査された

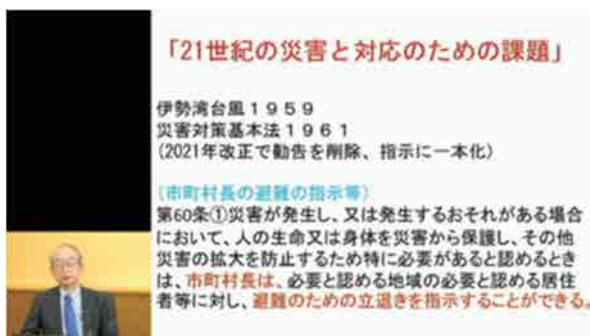


写真1 青山侑先生による特別講演の様子

内容や、東京都の副知事時代に検討された対策などに関して、大変多くの知見をご紹介いただきました。青山先生の実経験に基づいた内容でしたので、大変有意義な内容となりました。

### 3. 令和3年度消防防災科学技術賞 受賞作品

令和3年度の消防防災科学技術賞を受賞した26件の内、発表希望のあった22件(表1)の講演及び質疑応答を行いました。オンラインでの講演方法は、発表者が事前作成した動画を配信し、質疑応答は消防研究センター内の配信会場で行っていただきました。

### 4. 一般発表

全国の消防関係者から研究成果の発表希望のあった10件(表2)の発表を行っていただきました。発表方法は事前作成した動画を配信し、質疑応答はWEB会議システムを使用し発表者の勤務先からご参加いただきました。この方法を今後行う場合、会場まで行く必要がないため、より全国から発表を行いやすくなると考えられます。

### 5. アンケート結果

会議の配信終了後に参加登録者宛にメールによるアンケート調査を行い257件の回答が得られました。オンライン配信を問題なく視聴できたとの回答がほとんどであったのと、オンライン開催のお陰で参加できたとの自由回答が多くみられました。今後の開催方法としてオンライン又はオンラインと会場開催併用を希望するものを合わせると97%と非常に多くの方がオンラインの開催を希望されていることが分かりました。

6. おわりに

前年度に引き続きオンラインでの開催を実施し全 47 都道府県から 3,300 名の申し込みと、過去に例の無い非常に多く方にご参加いただきました。これまで参加したくても東京での会場開催では参加することが難しかった方がこんなに多くいたのかということに、当事者として驚いております。その一方、本会議の目的である意見交換の場としては、オンライン開催では行うのは難しく、多くの課題が残りました。今後も何らかの形で全国において視聴可能な方法を継続するとともに、意見交換の場としての開催方法について検討を行うことを期待します。

なお、次回については、決定次第、上記ホームページに掲載案内を掲載予定する予定です。

物品販売店舗での来客者用電子レンジの火災に対する火災予防対策奏功事例 西宮市消防局	細田郷介
エアコン室外機の内部基板からの出火について 千葉市消防局	谷尻孝之
LED テープライトから出火した製品火災の調査報告 大阪市消防局	中山雄史
大型貨物トラックのフロントアウトターベアリングから出火した事例について 静岡市消防局	石川 潔
エチルアルコールによるアクリル樹脂の脆性破壊 大阪市消防局	長谷川武
亜鉛メッキ工場で発生した水素爆発の火災原因調査 大阪市消防局	中田脩介
作業用足場を介した漏電火災に関する調査報告 岡山市消防局	吉永智博
違反処理支援アプリの開発 守口市門真市消防組合消本部	後藤祐矢
警防活動と鑑識見分が再発防止対策に効果を発揮した事例 前橋市消防局	松井正人

表 1 令和 3 年度消防防災科学技術賞 受賞作品

観測地震波を用いた車いす使用者の身体防護体勢の検証 東京消防庁	山口 隼
音達エリア机上設計 WEB システム (OPACRESS) の開発 株式会社イ・エス・エス	中武義将
市民心肺蘇生普及啓発用 VR シミュレーター 白山野々市広域消防本部	松林大司
救急隊用スライディングボードの考案 南アルプス市消防本部	横森史弥
救急車の感染拡大防止のための換気に関する研究 神戸市消防局	菊池 悠
消防用要求性能墜落制止用器具の開発製造 株式会社 F S ・ J A P A N	阿久津昌浩
空気呼吸器一体型フルハーネスの開発 東京消防庁	八瀬徳二郎
廃棄ホースを有効活用したロープ保護資器材の開発 志摩市消防本部	中村貞則
消防隊員の受熱による影響等に関する検証 東京消防庁	朝日 翔
二重巻きホースの展張に関する研究 東京都本田消防団	吉田友哉
水力換気ノズルの開発 ヨネ株式会社	
延焼防止における扇状放水の有用性について 京都市消防局	上田繁温
迷走電流により出火した火災について 川崎市消防局	秋田勇紀

表 2 一般発表

折り島田を改良した、「S. U. S (super utility snake) 式」の考案について 岡山市消防局	中本翔太
狭隙空間において使用するパッキングシートの改良について 岡山市消防局	奥野龍之介
要救助者自らが縛着可能なライフジャケット型縛着器具 (製品名: パーサタイルスリング) の開発について 岡山市消防局	柴山幸範
潜水救助現場で使用するマーカースプイの開発 岡山市消防局	玉井寛之
電子ホイッスルを使用した災害現場における新たな情報伝達手段について 岡山市消防局	阿部亮太
破壊器具における安全管理の可視化 (カラープレート及びカラービット) 岡山市消防局	杉山直也
消防団によるドローン隊発足について—新たな活動の方向性— 焼津市防災部地域防災課	長谷川勝史
初任学生の熱中症予防方策に関する検証 (熱中症予防教育プログラム) 東京消防庁	榑原 光
一酸化炭素の区画外への拡散状況に関する検証 東京消防庁	菊地遼輔
火災室の熱環境の判断に関する検証 東京消防庁	田幡祐基

## 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めた形で発表し、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24回目となる。この会の主たる目的は、特定の課題に係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、その糸口を見だし将来に向けた研究の糧を得ることである。

第24回消防防災研究講演会は、「土砂災害における救助活動」をテーマに、令和3年11月26日に消防研究センター大会議室を配信会場としてオンラインで実施された(千葉県消防局からの講演者は同局からオンラインで参加)。令和2年度は感染症対策を考慮して実施されなかったため、2年ぶりの開催となった。

近年、多数の土砂災害が発生し、困難な救助活動が行われている。これに対して、令和2年3月には「土砂災害における効果的な救助手法に関する高度化検討会報告書」(消防庁国民保護防災部参事官室)がまとめられ、対応の枠組みや考え方について整理され、各消防本部での検討と体制整備が進んでいる。このような中、これまでの研究成果、救助活動の事例及び専門機関の知見と経験が共有された。総合討論では、消防職員から、出場途上に道路の前後を土砂崩れで塞がってしまったヒヤリハットの事例や崩壊面からの湧き水への対応などについて質問が寄せられ、どのように安全管理していくかについて議論が行われた。

### 【土砂災害現場の安全管理】

これまで消防研究センターが実施してきた土砂災害現場における安全管理に関する技術支援及び消防隊員への聞き取り調査などを踏まえ、安全管理の体制、考え方、着眼点及び活動の停止・再開基準について考察し、現状と課題、今後の展望について述べられた。

### 【令和元年東日本台風における土砂災害救助活動事例について】

千葉市内で発生した宅地の崩壊による都市型の土砂災害における救助活動が紹介された。到着時の隊長

による現場評価と活動方針策定、時間とともに変化する状況及び情報へ対応した判断が紹介された。現場評価に基づく指揮体制の早期増強、倒壊状況に基づく危険範囲及び退避場所の策定、活動中に濁った地下水が湧き出し一時活動を中断したことなどが紹介された。

### 【初動対応と民間重機との連携】

相模原市内で発生した、丘陵斜面における規模の大きな崩壊による土砂災害への対応事例について紹介された。通行障害により現着に時間を要したこと、夜間に発生した規模の大きな土砂災害現場における状況判断、ドローンも活用しつつ現場評価と搜索範囲の絞り込みの判断、関係機関との連携の方法と実態、険しい溪流への重機導入に関する苦労などが紹介された。

### 【斜面災害発生時の緊急対応現場の留意点】

現場経験が豊富な地質コンサルタントの技術者から、二次的な崩壊から安全を確保するための着眼点について考え方が述べられた。北海道国道229号旧第2白糸トンネル坑口部の大規模な岩盤崩落後の二次的な崩落を直前で予知し関係機関を退避させた経験など、具体例に即して、崩壊土砂の到達距離、崩壊の前兆から崩壊までの余裕時間及び小崩壊後の規模の大きな崩壊について、考え方や着眼点が述べられた。また、崩壊の前兆は必ず確認できるとは限らないことにも留意する必要があると附言された。

### 【土砂崩壊による労働災害と防止技術の開発】

労働災害の原因究明や防止策に取り組んで来られ

た研究者から、土砂の崩壊による労働災害の発生状況と、それを防ぐための技術開発について紹介された。小規模な現場でも活用できるような簡易な仕組みのセンサーや溝内での作業における人の保護を簡易に行う防護器具の開発が紹介された。

【土砂災害現場の特徴と情報の利活用】

土砂災害現場での二次災害防止に必要な情報の取得及びその利用方法について、この年7月に熱海市で発生した土石流災害における技術支援時の事例をもとに、整理された。ドローンの飛行の日時や個々の飛行の目的、その後の解析時間と結果などが詳しく報告され、現場で情報を活用するための考え方と課題が共有された。

【総合討論】

事例報告のあった消防局からの参加者、また、オンラインの聴取者からも具体的な事例や課題が共有され、それに対して、研究者及び技術者の経験を踏まえた対処方法の考え方などが話し合われた。個々の現場

ごとに異なるとはいえ、想定しておかなければいけない危険性や、それをどのように知り、監視するかについて、新しい技術の活用も含め議論が行われた。また、現場に入るときにチェックすべきことなど、技術者や研究者が調査を行うときに気にしていることについて話し合われた。

全体を通じて、研究者や技術者の現場での着目点を言語化し、消防職員が使える知識にしていく取り組みが今後も必要であることを強く感じた。



写真1 総合討論の様子

表1 プログラム

テーマ：消防を支援する科学技術の向上を目指して ～消防研究センター研究成果報告～	
(1) 土砂災害現場の安全管理	上席研究官 新井場公德
(2) 令和元年東日本台風における土砂災害救助活動事例について	千葉県消防局 新井吉昭・染谷直志
(3) 初動対応と民間重機との連携	相模原市消防局 山縣洋希
(4) 斜面災害発生時の緊急対応現場の留意点	応用地質株式会社 上野将司
(5) 法面工事の労災事故の傾向と安全対策	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 玉手聡
(6) 土砂災害現場の特徴と情報の利活用	主任研究官 土志田正二
(7) 総合討論	



## 5 消防防災科学技術賞受賞作品概要

本賞は、消防防災機器等の開発・改良、消防防災科学に関する論文及び原因調査に関する事例報告の分野において、優れた業績をあげた等の個人又は団体を消防庁長官が表彰する制度である。平成9年度（自治体消防50周年）にスタートし、本年度で25年目を迎えた。

作品は、消防職員・消防団員等の部における「A. 消防防災機器等の開発・改良」「B. 消防防災科学論文」「C. 消防職員における原因調査事例」、一般の部における「D. 消防防災機器等の開発・改良」「E. 消防防災科学論文」の5区分で募集を行っている。

令和3年度は、全国の消防職員や消防団員、消防機器メーカーなどから、計87編の応募があった。選考委員会（委員長 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）による厳正な審査の結果、優秀賞として、計23編が選ばれ、さらに、3編が奨励賞に決定した。

区 分		応募数	優秀賞受賞数	奨励賞受賞数
消防職員・ 消防団員等の部	A. 消防防災機器等の開発・改良	39	5	3
	B. 消防防災科学論文	22	5	
	C. 消防職員における原因調査事例	19	9	
一般の部	D. 消防防災機器等の開発・改良	7	4	
	E. 消防防災科学論文	0	0	
合 計		87	23	3
受賞数計			26	

消防職員・消防団員等の受賞作品には、現場のニーズに沿った提案が数多く見られ、A区分の開発・改良では「指揮隊員用防火手袋（Fire Command Gloves）の開発」や、「違反処理支援アプリの開発」、「市民心肺蘇生普及啓発用VRシミュレーター」などが、またB区分の科学論文では「消防隊員の受熱による影響等に関する検証」、「災害現場における女性警防隊員に配慮した熱中症対策『休憩時クーリングによるコア・コントロール』」などが選ばれた。

一般からは、D区分の開発・改良として「音達エリア机上設計WEBシステム（OPACRESS）の開発」、「水力換気ノズルの開発」などが選ばれた。

また、C区分の消防職員における原因調査事例は、応募される作品レベルが年々向上し、検証が丁寧かつ科学的に行われていた。再発防止策も徹底してきていて、火災防止に真摯に取り組んでいることがうかがえた。

**1 優秀賞 (23編)****A. 消防職員・消防団員等の部／消防防災機器等の開発・改良 (5編)****(1) 指揮隊員用防火手袋 (Fire Command Gloves) の開発**

(姫路市消防局) 塚原昌尚、杉本将一、藤原嘉彦  
(ユアサグローブ株式会社) 湯浅拓也

近年、全国的に多くの消防本部の指揮隊が、ドローンやタブレット型端末機器等のモバイル機器を含む情報収集用機器を導入し、災害現場で多角的に情報収集を行っている。しかし、モバイル機器は、指先を画面に触れて操作するものが多く、必然的に防火手袋を脱ぐこととなり、災害現場での隊員の安全管理上の課題があった。この課題を解決するため、防火手袋の製造メーカーと共同で耐炎・耐熱性能を有した導電性の新素材を開発するとともに防火手袋に新素材を採用することで手袋を脱ぐことなくモバイル機器が操作できる指揮隊員用防火手袋 (Fire Command Gloves) を開発した。

**(2) 違反処理支援アプリの開発**

(守口市門真市消防組合消防本部) 後藤祐矢

消防法第5条の3など立入検査場所で措置命令の適否を判断しなければならない違反処理については、判断に苦慮することが多く、消防職員の多くに苦手意識があり、積極的な権限行使ができていない現状がある。

そこで、スマートフォンやタブレット端末向けアプリを開発し、現地で判断を要する違反処理をフローチャート化することで、簡単に措置命令を判断することができるようにした。他にも違反調査を補助する機能を有することで、スムーズな命令発動を可能にした。

**(3) 市民心肺蘇生普及啓発用 VR シミュレーター**

(白山野々市広域消防本部) 松林大司、西大樹、米田宏樹、白座政和、南出義仁  
(北陸先端科学技術大学院大学) 佐藤俊樹

心肺停止傷病者を救命するためにはバイスタンダーが非常に重要な役割を担っており、消防機関や日本赤十字社が中心となって救命講習を実施している。しかし、受講者に対して想定を与えても、イメージができない等の意見が多数あった。そこで、一般向けに臨場感のある訓練シミュレーションができる VR ディスプレイとセンサ内蔵人形を用いて、胸骨圧迫動作の評価を体験できる機器を開発した。この機器により、これまでの講習では実演できなかったリアリティのある状況を体験でき、さらに救命に重要な胸骨圧迫の評価を可能とした。



## (4) 空気呼吸器一体型フルハーネスの開発

(東京消防庁) 八櫛徳二郎

平成 31 年に労働安全衛生法施行令が一部改正され、高所作業時の安全確保として、「墜落による危険の恐れに応じた性能を有する墜落制止用器具（フルハーネス）」を使用することが義務付けられた。消防活動中については、空気呼吸器を装着している状況などから、フルハーネスが使用できず、胴ベルト型安全帯（ショックアブソーバー付）を使用することとされている。胴ベルト型安全帯は、墜落時に呼吸器の重量など大きな荷重が腰部にかかるため、腰部の屈折による衝撃は非常に大きい状況にある。そこで、フルハーネスと同等の安全管理が可能な新型の空気呼吸器が必要と考え、本資器材を開発した。



## (5) 救急隊用スライディングボードの考案

(南アルプス市消防本部) 横森史弥

救急現場において傷病者の搬送には、狭隘な箇所でも移動可能な布担架を多用している。しかし、搬送に便利な器具ではあるが、布担架への収容時には、傷病者を持ち上げる若しくはログロール（体位変換）を行う必要があり、傷病者には肉体的及び精神的な負担を与えてしまっている。

そこで、傷病者の負担軽減のため、ベッド上、アスファルト、砂利、ソファー等、どのような場所でも対応できる「救急隊用スライディングボード」を考案した。

また、この器具は少ない力で使用でき、腰への負担も少ないため、病院到着後のベッド移乗にも活用できる。これにより隊員の腰痛発症防止にも効果を発揮する。



A. 消防／消防防災機器等の開発・改良

## B. 消防職員・消防団員等の部／消防防災科学論文 (5 編)

## (1) 消防隊員の受熱による影響等に関する検証

(東京消防庁) 朝日翔、清水祐二

消火活動における消防隊員の受熱による生理的、主観的影響や、火災室での「温度表示テープ」の有効性を明らかにすることを目的として検証を実施した。個人装備品を完全装着した状態で、最高 70 度の高温環境や、暗闇及び濃煙環境を再現して実験を行った。その結果、高温環境内で最も熱を感じやすい部位は手部であること、温度表示テープは視界の悪い暗闇や濃煙環境でもライトの光があれば、部位によって視認可能であり、環境温度を把握する術として有効であると考えられる。



## (2) 災害現場における女性警防隊員に配慮した熱中症対策「休息時クーリングによるコア・コントロール」

(大阪市消防局) 高嶋楓

当局において例年職員負傷の原因上位を占める熱中症について、過去 4 年間の発生状況を考察し、令和 2 年度から災害現場における効果的な休息の取得を目的として後方支援（パネル水槽）の運用を開始した。

「後方支援（パネル水槽）」による全身冷却の効果と、女性吏員の職域拡大に伴い増加する女性警防隊員の熱中症発症リスクを、女性目線で考察するとともに、女性特有の身体的事情を考慮し、効率的に活動パフォーマンスを回復させる「クーリングによるコア・コントロール」としての検証と、その効果及び適正な冷却時間を公立大学の協力を得て明らかにしたものである。



## (3) 観測地震波を用いた車いす使用者の身体防護体勢の検証

(東京消防庁) 寺屋充彦、山口隼、坂本佑介

地震発生時、受傷を地震発生時、受傷を防ぐことは地震後の円滑な自力避難を可能にし、建物倒壊や火災に伴う死傷者の低減に寄与するため不可欠である。

しかし、少なからず行動に制約のある車いす使用者に向けた地震時の身体防護体勢については、具体的に検討されていない。

このことから、地震時の行動として、車いす使用者がとるべき身体防護体勢の一例を考案することを目的とし検証した。

人体ダミー及び被験者を用いた振動実験から、車いすの挙動傾向を得るとともに、上半身を前かがみにし、重心を下げる姿勢をとることで、地震時の負傷リスク等を大幅に低減できることを明らかにした。



## (4) 救急車の感染拡大防止のための換気に関する研究

(神戸市消防局) 菊池悠、田中健、日浦二一、三浦達耶、吉田堅一郎、石井洋輔

本研究は神戸市、理化学研究所、トヨタ自動車の共同研究。「室内環境におけるウイルス飛沫感染の予測とその対策（課題代表者：理化学研究所/神戸大学、坪倉誠）中の特異環境として、スーパーコンピュータ富岳を用いて救急車の換気を分析したものである。

アンケート調査で、換気に関する現状を明らかにし、実車実験と富岳を用いたシミュレーションで、適切な対策を示した。

COVID19 や新たな感染症から救急隊、傷病者、同乗者を守り、安定した救急体制を維持するために研究を行ったものである。

(5) 延焼防止における扇状放水の有用性について

(京都市消防局) 上田繁温、奥東風太

令和元年版消防白書によると、木造建物の延焼率は 32.4%にもなり、放水が遅れば実に 40%以上となっている。延焼や燃焼拡大を許してしまう要因として、住宅が密集した街区が存在や近年の住宅構造の変化により、延焼経路への有効な放水が困難となっていることが挙げられる。現在、火災現場での放水活動で行っている放水パターンは、このような要因に対して決して有効とは言えない。そのため、新たな放水パターンである「扇状放水」を考案するとともに、試作品を作製し、その効果を検証した。



---

B. 消防/消防防災科学論文

## C. 消防職員における原因調査事例 (9 編)

### (1) 迷走電流により出火した火災について

(川崎市消防局) 秋田勇紀、柏原研、水田啓介

本火災は、共同住宅の地下補修工事に伴う溶接作業中に発生した火災である。焼損箇所は、溶接場所とは離れた廊下天井面に敷設されているアース線に限られ、当初、火災原因調査は困難を極めた。しかしながら、徹底した現場調査の結果、アーク溶接時の溶接電流が帰線回路に戻らず迷走した可能性を導き出した。さらに、製品鑑識の結果、溶接機本体の構造的な問題を発見し、この不具合箇所が本火災の発生に関与していることを明らかにした。

各調査の結果、溶接作業手順、現場の環境及び溶接機の構造が複合的に起因して本火災が発生したと結論付け、各関係業者に再発防止対策を図らせた事案である。



### (2) 物品販売店舗での来客者用電子レンジの火災に対する火災予防対策奏功事例

(西宮市消防局) 細田郷介、森将史、安川京宏

物品販売店舗内で、客が利用する電子レンジから火災が数件発生。科学的な鑑識見分及び同型品を用いた再現実験を実施した結果、外的な要因でタイマーつまみが意図せず回り、庫内に何も入っていない電子レンジが作動し続け庫内が加熱、回転軸が溶融しターンテーブルが停止、高温となり発火したと出火原因を特定できた。速やかに電子レンジ関連会社に対し対策を指示した結果、回転軸素材の難燃グレードを上げ、タイマーの誤作動を防止する構造とすることなどを実現、さらに火元の系列店舗及び市内の店舗に対し、電子レンジの配置を監視が行き届く位置へ変更させるなど、具体的に類似火災防止に寄与した。



### (3) 大型貨物トラックのフロントアウターベアリングから出火した事例について

(静岡市消防局) 石川裕之、寺門快哲、外岡千明、高木健次、石川潔

本火災は、大型貨物トラックのフロントアウターベアリングが破損したことにより、ブレーキの引きずりが生じて出火した車両火災である。鑑識見分時の製造業者による情報提供によると、フロントアウターベアリングの破損が起因する事故(火災)については、3年前の平成29年10月にリコールの届出により対策を講じたものの、リコール改善を済ませている車両から21件の事故(うち5件火災)が発生している。鑑識後、一度は製造業者と所見は異なったものの、原因究明と協議を繰り返したことにより、製造業者が消防の見解を認めて、3年前のリコールから更なる再発防止策を講じるサービスキャンペーンを行った。しかし、全国で類似火災が発生したことから、製造業者は注意喚起ではなく、リコール内容を見直して、改めてリコールを届け出て再発防止対策を徹底した事案である。



### (4) エアコン室外機の内部基板からの出火について

(千葉市消防局) 谷尻孝之、高居佑輔

本事案は、国内大手メーカーが製造したエアコン室外機の内部基板から出火した事例となります。

大手メーカーが関係する火災調査で予防対策を要望するまでには、高度な調査技術により導き出した明確な調査結果が求められると考える消防本部も少なくないと思います。また、使用期間が長い製品からの出火は、経年劣化で片づけられてしまい、適切な予防対策を施されないことも少なくないと思います。

その中で、基本的な調査手法を積み重ねることで導き出せた調査結果を基に、対象が大手メーカーではありましたが、再発防止策を施してもらうことができた事例となりましたので紹介します。

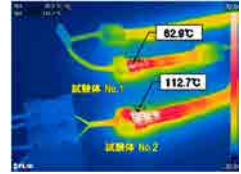




(5) LED テープライトから出火した製品火災の調査報告

(大阪市消防局) 中山雄史、吉邨元晴、下川浩史、畑中雄介、星直人、工藤佑介

本件は、大型商業施設の7階屋外テラスにおいて海外製LEDテープライトから出火した火災である。出火原因の究明にあたりLEDテープライトの施工業者、販売会社と連携し検証実験を繰り返し行い、製品の構造に問題があると判断した。その結果、販売会社より製品の販売停止及び、既設のLEDテープライトの施工改修(既設15,221台に対する安全装置の追加工事)を行うに至った事例である。



(6) エチルアルコールによるアクリル樹脂の脆性破壊

(大阪市消防局) 松井基委、藤原尚弘、長谷川武、藤原優作、門畑克之、工藤佑介

本火災は、走行中のエチルアルコールを運搬するタンクローリーから出火した火災である。

実況見分及び検証実験の結果、エチルアルコールがタンク上部のマンホールから漏洩してブレーキテルランプのカバーを脆性破壊したため、発熱した白熱電球にエチルアルコールが付着してガラスを破損させて、白熱電球のフィラメントの熱にエチルアルコールの可燃性蒸気が引火した火災である。



再発防止策を事業所と協議し、ヒューマンエラー防止の社内研修を実施、ダブルチェック体制の確立、全てのエチルアルコール運搬車両のブレーキテルランプをLED電球へ交換するに至った。

(7) 亜鉛メッキ工場で発生した水素爆発の火災原因調査

(大阪市消防局) 秋山和輝、小深田将、中田脩介

本火災は、鉄鋼板に亜鉛を塗布するライン工場において、表面処理の前処理を行う大規模な中央設備で水素が関係する爆発現象が発生し、その爆発により溶融した高温の亜鉛が作業員に飛散するなどして負傷者が3名発生したばや火災である。大規模で複雑な設備の構造や時系列の把握が困難の中、水素が残留した要因、爆発現象が起きた要因、そして発火源を究明するため理化学試験を繰り返した結果、気体の性質に対して新たな認識が生まれたことで、爆発のメカニズムの特定に至った事案である。



(8) 警防活動と鑑識見分が再発防止対策に効果を発揮した事例

(前橋市消防局) 松井正人、黛正判、上原靖、手島一樹

本火災は、住宅が隣接する街区で発生したもので、家人の外出後に火災が発生し、数時間後に帰宅した際に自宅が火災であることを発見し、煙が充満する建物内に入り初期消火と通報を行ったため、2階の出火室と隣接する廊下及び部屋のみで消し止めることができた火災事例である。万一、発見、通報、初期消火のいずれが欠けていたとすれば、出火棟だけではなく隣接棟へも類焼した可能性が高い事例であるため、このことを重く受け止め、原因の究明と再発防止を重点においた原因調査を行った。





(9) 作業用足場を介した漏電火災に関する調査報告

(岡山市消防局) 吉永智博、松田伸、小西由哲、甲田雄也、村並舞子

本火災は、建物の木製土台から出火し、木造 2 階建て事務所を半焼した建物火災である。

本火災の現場活動時及び現場見分時において、出火建物周囲に組まれた作業用足場に触れた複数の職員が体に軽微な電気を感じている。

調査の結果、隣接する住宅への架空引込線（単相 3 線式）が作業用足場と接触、漏電し、作業用足場へ電圧が印加されていることが判明する。

出火箇所である木製土台は、壁体内であり周囲に発火源となり得るものが無いため漏電による火災であると考え、漏電点、出火点、接地点を経由する漏電回路の形成を立証する調査を行ったもの。



---

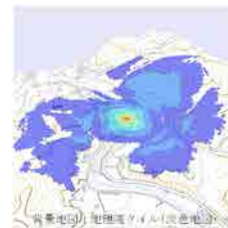
C. 消防／原因調査事例

## D. 一般の部／消防防災機器の開発・改良 (4編)

## (1) 音達エリア机上設計 WEB システム (OPACRESS) の開発

(株式会社イ・エス・エス) 中武義将

大規模災害・火災においては、発生頻度は少ないものの被害程度が高く、地方公共団体による避難勧告や消防や警察などが発信する情報が住民へ確実に伝達されることが極めて重要である。そのため、同報系防災行政無線の屋外スピーカーなどが地域に多く設置され利用されている。しかし、これまで距離減衰のみを用いた2次元の理論値計算を元に設計されており、高低差など立体的な形状を持つ現地の状態を取り込めなかったため、スピーカーによる音の伝達的设计には限界があった。この聞こえ難い、伝え難いという問題に対し、3次元シミュレーション手法を用いて設計品質を改善する手段を開発した。



## (2) 水力換気ノズルの開発

(ヨネ株式会社) ヨネ株式会社  
(札幌市消防局) 曾根敏夫、外崎祐至、高玉通廣、清水洋幸  
(株式会社北海道モリタ) 七條幸治

建物火災が発生した際には、積極的な屋内進入を図り、機動性の高い人命検索や消火活動が不可欠となる。しかし密閉性が高く、高温と濃煙の影響で活動が困難な場合が多く、従事する隊員の安全確保について課題となっている。本開発では噴霧放水を行うことで発生する負圧を利用した水力換気に着目。屋外から窓枠等に設定することで安全を確保しつつ効率的な排煙を行うことができ、現場ごとに異なる開口面積にも対応可能な水力換気ノズルを開発したので報告する。



## (3) 消防用要求性能墜落制止用器具の開発製造

(株式会社FS・JAPAN) 阿久津昌之、阿久津昌浩

労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令が平成31年2月1日から施行となり、要求性能墜落制止用器具を使用することが義務化された。しかし、現行構造規格のものでは、消防活動障害となりうることから開発を行った。

消防用フルハーネス型墜落制止用器具は、消防活動上のロープにおける肩確保や腰確保及びロープ降下等においてのフルハーネスとロープとの摩擦を防御するため、ハーネス全面に交換用パットを設けた。また、ショックアブソーバ付きランヤードは、長さを用意に調整できる構造とした。消防用胴ベルト型墜落制止用器具には、エマージェンシー対応のショックアブソーバを装着した。



## (4) ホース締め直し器具の開発

(大阪北港地区共同防災組合) 荻野聡

消防用ホースを使用する際に、最も多く使用される形状は「巻きホース」である。しかし「巻きホース」は、しっかりと固く巻かれていなければ、搬送時の崩れ落ちや、延長時の曲がり・キックの原因となる。そのため、ホースの巻きが緩んでしまった時は締め直す必要があるが、現状ではそのための最適な方法がなかった。本開発品は緩んだホースを締め直すことに特化した器具であり、簡単に固く締め直すことが可能である。本開発品を使用することで、ホースの緩みに起因するトラブルを解決することができた。



D. 一般／消防防災機器の開発・改良

E. 一般の部／消防防災科学論文 (O編)

---

該当なし

E. 一般／消防防災科学論文

## 2 奨励賞 (3編)

### (1) 廃棄ホースを有効活用したロープ保護資器材の開発

(志摩市消防本部) 阪口雅浩、脇海道剛、中村貞則

本開発にあたって、様々な地物で検証した結果、毛布等を使用する場合の粘着テープ貼付作業が省かれ、一人操作が容易になりロープ保護活動の迅速、確実性が向上した。さらに毛布等に比べ、支持点に高荷重がかかった際、毛布等と地物との間に生じる食い込みが少なく、支持点警戒についても視認性が増し、安全化を獲得することができた。

また、従来の毛布等と比べ、コンパクトになったことから、現場への携行時に容易に搬送でき、支持点のロープ保護に割く人員を削減して、救出活動に回る人員を確保することで救助活動全体の安全、確実、迅速性が格段に向上した。



### (2) モバイル機器用消火栓表示システムの研究

姫路市姫路西消防団 林田東分団

分団がポンプ車で火災出動した場合、消火栓の位置と水道配管口径が分からず、消火栓の位置を確認するのに時間を要する場合や近接する複数の消火栓を使用して著しい水圧低下が発生する場合があった。その問題を解決するため、モバイル機器である車両積載ナビゲーションのマップやスマートフォンの Google マップに消火栓を配管口径別に色分けしたポイントを落とし込み、消火栓の位置と配管口径が確認できる「モバイル機器用消火栓位置表示システム」を研究し運用を始めた。



### (3) 二重巻きホースの展張に関する研究

(東京都本田消防団第12分団) 吉田友哉

多くの消防職団員が二重巻きホースの取扱いの訓練に励んでいる。展張要領は安全に展張するために必要な手順を示しているが、展張要領どおりに行っても、それだけでは必ずしもホースが真っ直ぐに転がるとは限らない。

本研究では、二重巻きホースの展張を理論的に攻略するための手がかりを示すことを目的に、実際の展張を撮影した映像を分析することにより、ホースが曲がる要因を考察した。

その結果、二重巻きホースの展張においてホースが曲がる複数の要因を明らかにできた。この研究内容が、二重巻きホースの展張の熟練を目指す消防職団員にとって、攻略の手がかりとなることを期待する。



奨励賞

## 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開催されている。例年、2月と8月を除いて、月に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は臨時に開催されている。

令和3年度は、新型コロナウイルス感染症の影響から本館の大会議室に参加者が集まることが困難な状況のため、オンライン会議室システムを使って開催された。

### ●令和3年4月13日

#### 水の状態変化と水蒸気爆発を理解するための教材の評価

##### ○野村佑子

消火活動に伴う二次災害の危険性を理解し火災安全の向上を図るため、水の爆発的沸騰の仕組みを学習する消防研修用副教材「水の状態変化と水蒸気爆発」を試作し、消防大学の学生を対象としてアンケート調査を行った。災害事例と関連づけた全4章からなる冊子と3つの観察実験を含む映像を組み合わせた教材の、全体および各部分に対する重要度の評点は、一貫して高かった。理解度と満足度の評点はほぼ同じ傾向を示し、観察実験に対する評価が最も高かった。観察実験以外の部分については、観察実験の内容との関連性が低下する程、評点も低下する傾向が見られた。最も有望な教材改善方略は、評点が低かった内容に直接関わる観察実験の追加であることが示唆された。真正性のある文脈である災害事例と関連づけた消防の科学実験は、多様な学習者の資質・能力育成に有効な教材となる可能性をもつことが分かった。

### ●令和3年4月13日

#### 2020年の火災と住宅火災死亡率のそれ以前との比較

##### ○鈴木恵子、中村 隆 (統計数理研究所)

新型コロナウイルス感染症は市民生活と社会経済活動に大きな変化をもたらした。学校の休校やオンライン授業化、在宅勤務の奨励、飲食店の休業や営業時間短縮な

どは国内で発生する火災にも変化をもたらしているものと考えられたため、2020年に発生した火災と、2015年～2019年の5年間に発生した火災の比較を試みた。なお、データの都合2019年10月1日～2020年9月30日の火災を2020年の火災として集計した。

その結果、2020年は火災件数と死者数はそれ以前の5年間より少なかった。建物火災の発生件数の週変動は用途によって例年との差異が異なっていた。電気からの出火が住宅火災で増加しており、配線・配線機具類からの出火は件数・死者数共に例年より多かった。電子機器類からの出火と死者数も例年より増加したが、死者数自体は少なかった。また、住宅火災死亡率についてコウホート分析を行った結果、人口構造の変化の影響を除外しても例年より低かった。

これらの傾向とCOVID-19との関連についてはさらに慎重な分析が必要である。

### ●令和3年5月11日

#### 長期油に浸漬させたガラス繊維強化プラスチック製ライニング(GFRP)の電気化学特性と劣化状態

##### ○徳武皓也

鋼材に施工されたガラス繊維強化プラスチック製ライニング(GFRP)の防食性は、経年劣化に伴い低下する。本研究では、鋼製一重殻地下貯蔵タンクの内側に施工されるGFRPの防食性を、開放点検の際に定量的に評価する方法の開発を目指している。この目的を達成するため、不飽和ポリエステル樹脂系のGFRPが

施工された鋼板を、灯油・軽油・レギュラーガソリン・ハイオクガソリンを約 17 年貯蔵したタンクから切り出し、その劣化特性を詳しく調べた。

防食性を非破壊で評価可能な電気化学インピーダンス測定により推定された GFRP の電気抵抗率は、長期使用により低下することがわかった。電気抵抗率の低下挙動は油種によって異なっていたため、その要因について、フーリエ変換赤外分光測定により調べた。その結果、炭化水素帰属のピーク強度(炭化水素濃度)が高いものほど、電気抵抗率が低下するという傾向であった。このことから、GFRP の樹脂の網目構造内部に不可逆的に浸透した炭化水素により、その網目構造が押し広げられた(膨潤した)ものほど、電気抵抗率が低下すると推定された。このような油種による膨潤特性の違いは、機械特性である硬度の違いとしても検出できた。

#### ●令和 3 年 6 月 8 日

#### 火災出動に伴う殉職事故の発生傾向に関する調査 中間報告

##### ○大津暢人

都道府県庁所在地を管轄する消防本部を対象に、1948 年自治体消防発足時から 2019 年までの、火災出動に伴う消防職員の殉職に関する調査を行った結果、以下のことが明らかになった。

- ・殉職が伴う出動について、覚知時刻別に見ると、夜 10 時台～翌朝 5 時台の覚知時間帯に殉職事案全体の 52%が発生している。
- ・年齢層では、20 代が最も多く、20 代と 30 代を合計すると、70%を占める。40 代以下は外傷など外的要因の割合が高い一方、50 代は活動中に発症した心筋梗塞など内的要因の割合が高い結果となった。
- ・階級別にみると、消防士が最も多く、次いで消防士長、消防司令補の順である。
- ・勤続年数でみると、在職 5 年以下かつ年齢が 20 代において 30%が発生しており、割合としては最も高い。

今後、消防活動や事故発生に至った経過に加え、建物火災であれば構造や延焼についての詳細をさらに調査するなど、発生した現象を含めて個々の事故の実

態を把握する必要がある。

本研究の成果を、全国の消防学校における初任科教育や現任教育、消防署における所属研修の資料として利用すると共に、警防規程の改正や整備等、殉職対策立案の基礎資料として活用することにより、消防隊員のより安全な活動環境の整備に資することを期待する。

#### ●令和 3 年 6 月 8 日

#### エネルギー概念の形成を志向する消防を文脈とした理科カリキュラムの開発

##### ○野村祐子、寺田光宏(岐阜聖徳学園大学)

火災の「犠牲者にならない」「加害者にならない」ために必要な資質・能力の育成は、生命の保護に関わる極めて重要な課題である。理科においては、火災を含む様々な災害の仕組みを統合的に理解できるようにするため、多様な災害に共通する基本概念である「エネルギー」を「時間的・空間的」な視点で捉える思考の枠組みに沿ったカリキュラムを開発する必要がある。そこで、多様な学習者との個人的・社会的・職業的関係性を併せ持つ「消防」を文脈として、科学的根拠に基づき火災危険を説明する力と科学的根拠に基づく火災時の行動選択力の育成を学習目標に設定し、目標達成に必要な学習課題を選定した。これらの学習課題を構造化し、初等中等理科におけるエネルギー概念の形成を志向する消防を文脈としたカリキュラムを提案した。

#### ●令和 3 年 7 月 27 日

#### 熱海市土石流災害における技術支援 - ドローンを用いた被災状況の把握

##### ○土志田正二、新井場公德

2021 年 7 月 3 日、静岡県熱海市において大規模な土石流が発生した。消防研究センターでは救助活動の安全管理を含む技術支援のため、7 月 3～7 日の期間、災害派遣を行った。本発表では、その際に行った技術支援内容を報告した。

災害発生当日晩に現地入りしたことから、被災範囲・被災者数などの情報が十分に集まらない状況での

活動を行う必要があった。現場から要望のあった安全管理に対する助言を行うと同時に、ドローンによる空撮を実施し、災害の全容把握ならびに被災範囲を明瞭にすることを試みた。ドローン空撮画像より作成したオルソ画像と災害前の航空写真との比較や、国土地理院が公開している建物ポリゴン（形状）との重ね合わせなどである。これらの情報は、救助活動を迅速・安全に行うための基礎データとして用いられた。現場での技術支援から戻った後、研究室においてドローン空撮画像より作成した数値地形モデルを利用して、災害前後の標高差分図を作成するとともに、どの地域に土砂が厚く堆積しているかについても概算し、現場へ提供を行った。今回の事例ではドローンが災害現場で役に立つことを示されたが、より効率的に利用するための方法を模索していく必要がある。

#### ●令和3年7月27日

##### 熱海市土石流災害の二次災害危険度の評価

###### ○新井場公德、土志田正二

令和3年7月3日に発生した熱海市における土石流災害について、同日から7日まで実施した技術支援のうち、安全管理に関する内容を発表した。現地に着く前に地形図、地質図及びアメダスのデータを収集し、発生場所及び被災範囲の地形・地質条件並びに発生時の降雨条件について整理した。4日朝の活動開始前に、活動地点に悪影響を及ぼす恐れがあると考えられた土砂が厚く堆積している場所について、ドローンも活用して調査を行い、湛水していないこと、流路が確保されていること、下部が支持されていることから、大規模に土砂をいじらなければ危険性がほとんどないと判断した。また、「流水の濁りと量が増えた」という報告により活動が中断した際には、上流に対して調査を行い、流路の閉塞がないことを確認し、切迫した危険はないと判断した。加えて、再度雨が降った場合の活動停止基準について、アメダスのデータを元に提案した。

#### ●令和3年9月14日

##### 石炭の自然発火について

###### ○鈴木 健

石炭が酸素を含む雰囲気さらされた場合、酸化反応が起こる。酸化反応による反応熱が拡散されにくい状態にあると、酸化熱が蓄積され、その蓄熱昇温でさらに酸化反応が促進され、ついに自然発火に至る。このことは以前から知られており、石炭の自然発火の条件、炭種による違い、抑制法、検知法、予測法などについて多くの研究が行われてきた。それらの研究内容をここで紹介した。なお、石炭の自然発火に関する過去の研究例は大量にあるため、国内で行われた研究のごく一部を紹介した。

#### ●令和3年9月14日

##### 熱と流れの理解を促す消防を文脈とした理科カリキュラムの研究—米国のUL消防隊員安全研究所の動画教材を中心として—

###### ○野村祐子、大豆生田 顕（消防大学校）

###### 寺田光宏（岐阜聖徳学園大学）

「物の温まり方」における防火教育のための学習課題として先に提案した「火災や火災の煙は、上方に拡がりやすい」は、建物火災時に煙が下降すると逃げ遅れる危険性を高める恐れがある。本研究は、消防研修現場の体系的な知識を理科教育に水平展開することによって、上述した学習課題に不足している説明を補い、反応性流体の運動と高等学校の物理・化学をつなぐ文脈学習を提案することを目的とした。

警防活動の経験を積んだ消防吏員が消防大学校において試行した火災科学に関する講義の内容を分析し、建物火災の説明に使用された教材および用語を抽出した。高等学校学習指導要領解説理科編における力、運動、熱、圧力、気体の扱われ方を分析し、高等学校で学習する範囲内の用語を使用して消防研修現場で扱われる火災挙動を説明する方法を検討した。高断熱・高気密の現代建物の火災時には、目に見えない空気の流動パターンを想像する力が求められる。高校生は、小中学校理科で空気中の酸素が燃焼に使われ熱が発生することを学習している。また、中学校理科で空気の重さと大気圧、水圧と浮力を各々関連づけて学んでいる。これらと高校化学「気体の性質」をつなぎ、



出火建物の窓を開放した時に高さによって室内外の圧力差が異なることを説明できるようにする文脈学習「自然換気」と、高校化学「反応速度」における文脈学習「建物火災」を提案した。

#### ●令和3年10月12日

#### 平底円筒貯槽の地震時ロッキング挙動における復元機構と内容液の回転慣性に関する考察 発表

○吉田祐一、谷口朋代（鳥取大学）

中島照浩（日本水工設計株式会社）

平底円筒貯槽のロッキング挙動に関するほとんどの解析理論において、回転方向の釣合い式は転倒モーメントと復元モーメントが等しいとした静的な釣合い式として立式されており、側板や内容液の回転慣性が考慮されていない。本研究では、1) 既往のFEM動的解析の結果に基づいて計算した復元モーメントと転倒モーメントの比較から、復元モーメントのみではタンクのロッキング挙動の復元機構として不十分であること、2) FEM動的解析から得られる角加速度と内容液のロッキング有効慣性モーメント (Taniguchi and Katayama, 2016) から計算した内容液の回転慣性を考慮すると、内容液の回転慣性と復元モーメントの和が転倒モーメントと概ね釣り合うこと、がわかった。以上から、タンクのロッキング挙動に関する回転方向の釣合い方程式は、内容液の回転慣性を考慮した運動方程式として立式すべきであると考えられる。

#### ●令和3年11月9日

#### 堆積産業廃棄物火災の消火対応について

○内藤浩由

平成29年5月28日に福岡県嘉麻市の産業廃棄物処理業者の産廃中間処理施設において、施設内に堆積していた約2万m<sup>3</sup> (表面積約6,250m<sup>2</sup>) の廃プラスチック、ゴム類、木くず、繊維くず等から火災が発生した。周囲への延焼拡大の危険性や堆積廃棄物の火災の長期化が予想されたため、堆積廃棄物火災における有効な消火手法を検討し、水及び泡消火薬剤を使用した場合の消火必要水量や防御面積及び散水方法等の検討を行った。簡易シミュレーションを行った結果、消火

条件としては、放水ノズル (300 L/min) が11口必要となり、また180°の旋回放水を6回以上する必要があることを示した。産業廃棄物火災等の課題は、①継続的な水利の確保、②周囲への延焼拡大時及び再燃時の対応、③火災現場周囲への環境影響等も考慮した消火活動、④堆積廃棄物の移動、除去に必要な重機や搬送車両の確保と廃棄物の受入れ先の確保、⑤不法な産業廃棄物を出さないような社会構造の構築等が課題である。これら課題の解決には、施設関係者と管轄消防本部との定期的な情報交換や事前の消防活動計画の策定が必要であり、また早期鎮火に向けた有効で効率的な消火手法の開発が必要となる。

#### ●令和3年12月14日

#### 過酸化クミルを用いた自触媒反応による発熱挙動に関する研究

○岩田雄策

自触媒反応で加熱分解を起こす化学物質は、暴走反応前に温度上昇がほとんど見られずに誘導時間を経て暴走反応に至るため、火災危険性が高い。そのため化学物質の反応形態に関する知見を持つことは火災予防上重要である。

本研究において、自触媒型反応で分解する過酸化クミルの反応挙動について、双子型熱量計C80を用いた等温および昇温測定の結果から得られた反応解析および熱流束の推定を行った。その結果、測定結果と推定された反応速度式から得られた計算結果は良く一致した。

#### ●令和4年1月11日

#### 高分子の劣化から出火した事例

○塚目孝裕、長浜将吾、日浅 宏、村松 賢

西村和也

屋内設置のLEDランプから出火した事例で、直接的な要因ははんだ部分に付着している付着物からトラッキングを生じて出火したものと判断された。はんだ部分に付着している付着物は塩化スズであり、スズははんだ由来と判断されたが、メーカー公称では塩素を含む材質を使用しておらず、塩素の由来が不明であ

った。外装のプラスチック材質を確認したところ、公称とは異なり塩化ビニルと認められ、外装の塩化ビニルが青色 LED 波長のエネルギーにより劣化分解し、脱離した塩素がはんだのスズと反応し、塩化スズが成長しトラッキングを生じたものと判断された。

#### ●令和 4 年 1 月 11 日

#### 有風下で細長い火源周辺に発生する火災旋風に関する実験研究

##### ○篠原雅彦

主流風速、発熱速度、主流に対する火源の向きが、火炎を含まない火災旋風に与える影響を、粒子画像流速測定法 (PIV) と流れの可視化によって調べた。風洞測定部の床面に 200 mm×20 mm のバーナーを、その長辺を主流に平行にして設置しメタン火炎を形成させた。発熱速度は 0.84 kW、2.23 kW とし、主流風速は 0.14~0.86 m/s の範囲で変えた。結果を前報の火源を主流に直交させて配置した場合と比較した。その結果、以下のことが明らかになった。1) 平行配置の場合の渦の循環の絶対値と渦半径は、直交配置の場合に比べて小さい。2) 循環の絶対値と半径が共に大きい渦が発生するのは、直交配置の火源風下において、低風速下で発熱速度が大きい場合である。3) 平行配置の場合の循環の絶対値と半径は風速の増加と共に増加傾向にあり、直交配置とは逆の傾向である。4) 平行配置の場合は風速が増加しても火源側面に渦対が定在し続ける。5) 平行配置の場合は発熱速度が増加しても循環の絶対値に大きな変化はない。

#### ●令和 4 年 3 月 8 日

#### 各種分析機器を活用した硫化鉄の危険性評価に関する研究

##### ○高原 翼、岩田雄策

危険物施設において発生している硫化鉄の酸化・発熱が原因とされる火災事故に着目し、様々な条件で硫化鉄を作成し、各種分析機器を用いて発熱危険性について検討した。酸化鉄 (III) と硫化水素を反応させて作成した硫化鉄 (以下、発熱性硫化鉄) では TG-DTA 測定および C80 測定で室温付近からの発熱を確認し

た。また、SEM-EDS 測定では鉄と硫黄の存在を確認したが、発熱しない市販の硫化鉄と比較して異なる形状であることがわかった。さらに、XRD 測定では市販の硫化鉄と発熱性硫化鉄のピークは異なることから、発熱の有無によって結晶構造が異なることがわかった。発熱性硫化鉄の作成に用いられた酸化鉄 (III) は赤さびの成分であり、危険物タンク内の赤さびと硫化水素などの硫黄成分が反応して生成された硫化鉄が発熱性を持つ可能性があることがわかった。

## 7 調査技術会議

最近の火災調査や特異火災調査の事例、あるいは、危険物流出等の事象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反映方策などの火災・危険物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「調査技術会議」を全国各地で開催している。令和3年度は、東京、名古屋、仙台、札幌、神戸、北九州の6会場が実施予定であったが、新型コロナウイルス感染症拡大防止対策のため、札幌会場のみで参加者を縮小し開催した。

第1回 令和3年10月28日開催 会場 かでる2.7道立道民活動センター 参加者211名

講演	消防研究センター 秋葉 洋 消防研究センターと原因調査
事例発表1	消防研究センター 長浜 将吾 リチウムイオン電池の火災
事例発表2	南渡島消防事務組合消防本部 荒木 光男 フリント式ライターが原因となった火災事例
事例発表3	小樽市消防本部 野坂 隼人 ラフタークレーン車のブレーキシステムの不具合により出火した事例
事例発表4	とちぎ広域消防局 朝日 康太 複合的要因により発生した屋内貯蔵タンクからの重油流出事故
事例発表5	士別地方消防事務組合消防署 宮本 祐吾 火災立証実験を行った放火による建物火災について
事例発表6	苫小牧市消防本部 藤井 健太郎 常圧蒸留装置での火災事例
事例発表7	札幌市消防局 菅野 佑 高速走行中のトラックから出火した火災事例

以下は中止となった5会場の発表予定の題目である。

東京会場 中止 (令和3年5月14日 会場 三鷹市公会堂)

講演	消防研究センター 鈴木 康幸 消防研究センターと原因調査
事例発表1	消防研究センター 長浜 将吾 リチウムイオン電池の火災
事例発表2	稲敷広域消防本部 渡邊 正樹 セルフガソリンスタンドで給油時に発生した事例
事例発表3	佐倉市八街市酒々井町消防組合 樋田 一也 ドライサウナルームから発生した事例

事例発表 4	横浜市消防局 佐々木 彬利 屋外タンク貯蔵所底板からの危険物流出事故について
事例発表 5	埼玉県中央広域消防本部 齋藤 雅仁 ガステーブル内部からの出火事例
事例発表 6	甲府地区広域行政組合消防本部 植村 潤 充電中の回路異常によりバッテリーパックから出火し、リコール社告に至った事例
事例発表 7	さいたま市消防局 成田 博泰 電子レンジから出火した火災事例について

名古屋会場 中止 (令和3年6月16日 会場 伏見ライフプラザ 鯉城ホール)

講演	消防研究センター 鈴木 康幸 消防研究センターと原因調査
事例発表 1	消防研究センター 長浜 将吾 リチウムイオン電池の火災
事例発表 2	大垣消防組合消防本部 今村 暁彦 リコール品のセラミックファンヒーターからの火災事例について
事例発表 3	大津市消防局 土田 佑一郎 誤給油に伴う石油ファンヒーターからの出火事例について
事例発表 4	磐田市消防本部 山下 真矢 林野火災の火災調査について
事例発表 5	豊橋市消防本部 宮本 宜佳 焼損の著しい車両火災の調査報告
事例発表 6	甲賀広域行政組合消防本部 増田 純一 反応槽を洗浄する際に発生した爆発火災
事例発表 7	名古屋市消防局 鈴木 敬士 危険物確認試験業務について

仙台会場 中止 (令和3年9月17日 会場 フォレスト仙台)

講演	消防研究センター 鈴木 康幸 消防研究センターと原因調査
事例発表 1	消防研究センター 長浜 将吾 リチウムイオン電池の火災
事例発表 2	あぶくま消防本部 佐藤 真一 大型物流倉庫火災
事例発表 3	郡山地方広域消防組合消防本部 國分 貴志 ガソリン誤給油による火災事例
事例発表 4	西置賜行政組合消防本部 小杉 亨 薪だき兼用ふろがま配管に起因する火災事例

事例発表 5	北上地区消防組合消防本部 森 綱之 危険物貯蔵タンクからの油流出事故について
事例発表 6	新潟市消防局 桑原 直輝 蛍光灯シーリングライトから出火した事例
事例発表 7	三沢市消防本部 武内 貞治 リサイクルショップで購入したハロゲンヒーターから出火した事例

神戸会場 中止 (令和 4 年 1 月 21 日 会場 東灘区文化センター)

講演	消防研究センター 鈴木 康幸 消防研究センターと原因調査
事例発表 1	消防研究センター 長浜 将吾 リチウムイオン電池の火災
事例発表 2	東大阪市消防局 中西 勇人 USBケーブルからの出火について
事例発表 3	京都市消防局 那谷 佑毅 ガス式ハイタックフライヤーから出火した事例について
事例発表 4	大阪市消防局 秋山 和揮 亜鉛メッキ工場で発生した水素爆発
事例発表 5	東近江行政組合消防本部 巖島 宏樹 アルミニウム再生工場の集塵機から出火した事例
事例発表 6	堺市消防局 石倉 一輝 一般取扱所における局所的な内面腐食によるヘキサンの流出
事例発表 7	神戸市消防局 山形 直也 可燃物接触に対する安全装置付き電気ストーブの試案から商品化について

熊本会場 中止 (令和 4 年 2 月 17 日 会場 熊本市市民会館)

講演	消防研究センター 鈴木 康幸 消防研究センターと原因調査
事例発表 1	消防研究センター 長浜 将吾 リチウムイオン電池の火災
事例発表 2	下関市消防局 伊佐 輝成 スマートメーターの出火事例について
事例発表 3	八代広域行政事務組合消防本部 松本 弘之 漏水による高圧変圧器の出火事例について
事例発表 4	大分市消防局 小伏間 良 屋外タンク貯蔵所における危険物第 3 類 (自然発火性物質) の出火事例について
事例発表 5	福岡市消防局 手島 裕二 着衣着火火災について (アルコール消毒に潜む火災危険)

<p>事例発表 6</p>	<p>北九州市消防局 舛添 智宏 クラッチの摩擦熱による出火事例について</p>
<p>事例発表 7</p>	<p>熊本市消防局 黒田 恭介 電子式冷温蔵庫から出火した事例</p>

# 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	吉田祐一	2021.7.13 ～7.15	オンライン会議	ASME 2021 Pressure Vessels & Piping Conference (米国機械学会 2021 年圧力容器・配管会議)	
2	西 晴樹	2022.3.3 ～3.10	カナダオタワ→ オンライン会議	国際火災研究機関代表者会議 (FORUM)	

#### イ. 国内での調査

	派遣者名	期 間	派遣先	目 的 等
1	篠原雅彦	2021.10.5, 2022.1.19, 1.28, 2.17, 2.22	栃木県栃木市	野焼き観測事前調査
2	篠原雅彦、 佐伯一夢	2021.11.17, 2022.3.3～3.5	栃木県栃木市	野焼き観測事前調査、観測
3	篠原雅彦	2021.11.24	栃木県足利市	山火事跡地調査

### (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	山下大輔 (さいたま市消防局)	2020.4.1 ～2022.3.31	原因調査室	原因調査室長
2	日浅 宏 (岡山市消防局)	2020.4.1 ～2022.3.31	原因調査室	原因調査室長



	研修員名 (所属等)	期 間	研修部局	研修担当官
3	宇津野真人 (茨城西南地方広域消防本部)	2020.4.1 ～2022.3.31	原因調査室	原因調査室長
4	山下博史 (富士山南東消防本部)	2020.4.1 ～2022.3.31	原因調査室	原因調査室長
5	佐藤広佳 (船橋市消防局)	2020.4.1 ～2022.3.31	原因調査室	原因調査室長
6	杉山昌彦 (枚方寝屋川消防本部)	2021.4.1 ～2023.3.31	原因調査室	原因調査室長
7	浅古慎一 (横浜市消防局)	2021.4.1 ～2023.3.31	原因調査室	原因調査室長
8	森岡伸嘉章 (川崎市消防局)	2021.4.1 ～2023.3.31	原因調査室	原因調査室長
9	村松 賢 (静岡市消防局)	2021.4.1 ～2023.3.31	原因調査室	原因調査室長
10	森崎 学 (富山市消防局)	2021.4.1 ～2023.3.31	原因調査室	原因調査室長
11	青柳和明 (印西地区消防組合)	2021.4.1 ～2023.3.31	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	高原 翼 (東京消防庁)	2020.4.1 ～2022.3.31	各種分析機器を活用した化学物質の危険性評価に関する研究	危険性物質研究室
2	高橋優太 (東京消防庁)	2021.4.1 ～2023.3.31	消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発	危険性物質研究室

ウ. 実習学生、インターンシップ等

	研修員名 (所属等)	期 間	研 究 課 題	受入研究室
1	西松 慶 (早稲田大学大学院創造理工学研究科)	2021.9.6 ～2022.3.31	火災の早期発見・鎮圧に向けた消火・情報共有技術に関する研究	大規模火災研究室
2	藤好果穂 (早稲田大学大学院創造理工学研究科)	2021.9.6 ～2022.3.31	火災の早期発見・鎮圧に向けた消火・情報共有技術に関する研究	大規模火災研究室

	研修員名 (所属等)	期 間	研 究 課 題	受入研究室
3	栗原麻衣花(早稲田大学創造理工学部)	2021.9.6 ～2022.3.31	火災の早期発見・鎮圧に向けた消火・情報共有技術に関する研究	大規模火災研究室
4	濱田朋佳(早稲田大学創造理工学部)	2021.9.6 ～2022.3.31	火災の早期発見・鎮圧に向けた消火・情報共有技術に関する研究	大規模火災研究室

## (3) 共同研究

## ア. 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

## イ. 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	火災原因調査における爆発現象判断のための実験的研究	横浜市消防局	特殊災害研究室	2017.4.1 ～2022.3.31
2	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 ～2024.3.31
3	救急自動車最適運用システムに関する共同研究	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ、日本電信電話株式会社	特殊災害研究室	2018.1.1 ～2021.9.30
4	救急車用(小型トラック用)パンク対応タイヤの研究開発	株式会社ブリヂストン	特殊災害研究室	2020.3.19 ～2022.9.30
5	国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センターとの連携・協力に関する協定	国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター	地震等災害研究室	2020.3.30 ～2023.3.31
6	住宅火災による死者数の将来予測と施策評価手法に関する研究	統計数理研究所	大規模火災研究室	2021.4.1 ～2022.3.31
7	消防力と消防水利を考慮した市街地火災延焼シミュレーションによる火災被害推	横浜市消防局	地震等災害研究室、上席研究官	2021.4.1 ～2026.3.31

	共同研究課題名	共同研究相手先	担当研究室	実施期間
	定ソフトウェアの研究開発			
8	崖崩れ監視装置の警報の基準	神戸市消防局	地震等災害研究室	2021.4.1 ～2026.3.31
9	消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発に関する共同研究	株式会社モリタホールディングス	危険性物質研究室	2021.8.2 ～2026.3.31
10	冠泡消火の性能評価に関する研究開発に関する共同研究	深田工業株式会社	危険性物質研究室	2021.8.17 ～2026.3.31
11	トラッキング火災等の前兆現象を把握できるシステムの開発	東京電力パワーグリッド株式会社	大規模火災研究室	2021.10.14 ～2022.3.31
12	救急搬送における感染症対応に係る研究	広島国際大学	特殊災害研究室	2021.12.1 ～2024.3.31
13	火災の早期発見・鎮圧に向けた消火・情報共有技術に関する研究	早稲田大学理工学術院総合研究所	大規模火災研究室	2021.12.6 ～2024.3.31

## (4) 競争的資金

## ア. 科研費

	種別	期間、相手先、参加者名	共同研究課題名	担当者名
1	科学研究費助成事業 (若手研究)	平成30年度～令和3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	科学研究費助成事業 (若手研究)	令和元年度～令和3年度	火災原因調査における熱分解 GC を用いた焼損物の同定手法の確立	佐藤康博
3	科学研究費助成事業 (若手研究)	令和元年度～令和3年度	大規模施設在館者のフルプルーフを考慮した避難誘導方法の検討	藤井皓介
4	科学研究費助成事業 (基盤研究(B))	令和元年度～令和3年度、筑波大学・八反地剛	地形プロセス、地形発達、空間情報の融合による表層崩	土志田正二

	種 別	期間、相手先、参加者名	共同研究課題名	担当者名
			壊の時空間解析へ向けた新展開	
5	科学研究費助成事業 (基盤研究(B))	令和2年度～令和6年度 国立大学法人鳥取大学	アンカーの無い平底円筒貯槽の底板浮上り量算定法及び隅角部の安全性照査法の構築	畑山 健 吉田祐一
6	科学研究費助成事業 (基盤研究(C) (一般))	令和3年度～令和5年度 寺田光宏(岐阜聖徳学園大学)	中学校理科におけるエネルギー概念の理解を深める防火教育教材の開発	野村祐子

イ. その他

	種 別	期間、相手先、参加者名	共同研究課題名	担当者名
1	令和3年度日本火災学会内田博士記念研究助成	令和3年度	風水害などの自然災害を起因とする火災に関する研究 (代表)	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	名古屋大学減災連携研究センター	減災連携研究	客員教授	細川直史
2	国立大学法人神戸大学	救急避難システム論	客員准教授	久保田勝明
3	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
4	東京理科大学大学院理工学研究科		客員准教授	阿部伸之
5	国立大学法人神戸大学	・減災空間設計法 ・Cross Sectional Perspectives of Disaster Management	客員准教授	大津暢人

#### イ. 大学非常勤講義

	派遣先機関	講義題目	氏名
1	東京都立大学都市環境学部地理環境学科	災害論	土志田正二
2	京都大学防災研究所	・ Cross Sectional Perspectives of Disaster Management ・ 社会防災工学「広域応援と地域防災による減災政策論－緊急消防援助隊と自主防災組織の制度化と課題－」 ・ 防災情報特論「減災空間設計法－人的被害軽減のための空間利用と避難－」	大津暢人

#### 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	2021.4.13	救助科（第82期）	「土砂災害の安全管理」	新井場公德
2	2021.6.2	火災調査科（第40期）	講話	鈴木康幸
3	2021.6.7	幹部科（第65期）	「自然災害」	新井場公德

	年月日	派遣先機関	講演会名・講義題目等	氏名
4	2021.6.8	火災調査科 (第 40 期)	機器分析 (原理と構造)	尾川義雄
5	2021.6.23	危険物科 (第 16 期)	火源管理 1	田村裕之
6	2021.6.30	危険物科 (第 16 期)	燃焼理論	尾川義雄
7	2021.7.8	危険物科 (第 16 期)	指定可燃物	岩田雄策
8	2021.7.8	危険物科 (第 16 期)	火災調査・漏洩調査	西 晴樹
9	2021.7.14	危険物科 (第 16 期)	刑事裁判で使用される報告書と証人 出廷	塚目孝裕
10	2021.8.27	幹部科 (第 66 期)	「自然災害」	新井場公徳
11	2021.9.8	予防科 (第 110 期)	予防実務 3	塚目孝裕
12	2021.9.17	救助科 (第 83 期)	「土砂災害の安全管理」	新井場公徳
13	2021.9.21	予防科 (第 110 期)	避難対策と火災の理解	鈴木恵子
14	2021.10.18	幹部科 (第 67 期)	「自然災害」	新井場公徳
15	2021.10.21	火災調査科 (第 41 期)	講話	鈴木康幸
16	2021.10.26	火災調査科 (第 41 期)	鑑定と資料の採取	塚目孝裕
17	2021.10.28	火災調査科 (第 41 期)	機器分析 (原理と構造)	尾川義雄
18	2022.1.6	幹部科 (第 68 期)	「自然災害」	新井場公徳
19	2022.1.6	予防科 (第 111 期)	予防実務 3	塚目孝裕
20	2022.1.26	上級幹部科 (第 85 期)	研究調査	秋葉 洋
21	2022.2.2	予防科 (第 111 期)	避難対策と火災の理解	鈴木恵子
22	2022.2.4	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	2021.4.14	公益財団法人原総合知的通信システム基金	土砂災害消防救助活動現場におけるドローン利用について	土志田正二
2	2021.5.28	横浜市消防局	危険物安全週間講演会・自然災害に起因する危険物施設からの火災や漏洩事故	西 晴樹
3	2021.6.16	公益財団法人総合安全工学研究所	プロセス安全セミナー講演・自然災害による危険物施設の火災・漏洩事故	西 晴樹
4	2021.7.7	太陽光発電技術研究組合	太陽光発電システムの火災事例	田村裕之
5	2021.7.19	伊藤忠エネクス(株)安全講習会	危険物施設での事故防止対策	塚目孝裕
6	2021.7.26	福岡市消防学校	製品等鑑識について	青柳和昭
7	2021.8.19	特定非営利活動法人安全工学会	第43回安全工学セミナー・引火危険性物質	岩田雄策
8	2021.8.24	埼玉県消防学校	特異火災事例	山下大輔
9	2021.9.7	公益法人日本化学会	化学安全スクーリング2021-化学実験室における安全管理指導者の養成-・事件事例と教訓	岩田雄策
10	2021.10.6	二宮町消防本部(神奈川県)	鑑識要領・電気火災について	山下博史
11	2021.10.12	秋田県消防長会	秋田県火災調査研修会	塚目孝裕
12	2021.10.15	秋田県消防学校	微小火源・化学火災・放火火災・延焼拡大要因等の原因調査(Webexにてリモート講義)	日浅 宏
13	2021.10.22	富山県消防学校	特別教育自然災害科「土砂災害現場における安全管理」	新井場公徳
14	2021.11.1	兵庫県消防学校	消防研究センターの活動	浅古慎一
15	2021.11.11	全国消防協会中国地区支部	消防実務講習会「土砂災害について」	新井場公徳
16	2021.11.25	長野県消防学校	鑑識の進め方・鑑識実習・消防研究センターの紹介 等	森崎 学
17	2021.11.29	関東管区警察学校科学・過失犯捜査専科	火災調査に関わる消防の対応	塚目孝裕



	年月日	派遣先機関	講演会名・講義題目等	氏名
18	2021.11.29	関東管区警察学校科学・過失犯捜査専科	火災調査に関わる消防の対応	長浜将吾
19	2021.12.3 ～12.4	岡山市消防局	火災調査研修会・公開講座	日浅 宏
20	2021.12.9	愛媛県消防学校	鑑識要領・燃焼機器について・鑑定について・静電気火災調査要領・電気火災について	山下博史
21	2021.12.10	和歌山県消防長会	火災事例発表会（コメンテーター）、長官調査について	山下大輔
22	2021.12.16	茨城県消防学校	火災調査の現状	森岡伸嘉章
23	2021.12.17	静岡県消防学校	製品火災鑑識要領	村松 賢
24	2022.1.7	京都大学防災研究所	火災出動における消防隊員の殉職事故の発生傾向	大津暢人
25	2022.1.18	神奈川県消防学校	火災調査の進め方と実況見分要領	森岡伸嘉章
26	2022.1.25	福岡市消防学校	特殊災害科教育・特殊災害事例	内藤浩由
27	2022.1.26	群馬県消防学校	車両鑑識	佐藤広佳
28	2022.1.28	三重県消防学校	消防研究センター紹介、製品鑑識要領（燃焼機器：座学、実習）、鑑識事例紹介	宇津野真人
29	2022.1.28	公益社団法人日本火災学会	2021 年度講演討論会「広域・林野火災への消防対策」・広域火災事例における消火活動と課題	内藤浩由
30	2022.3.3	青森県消防学校	消防研究センター紹介、鑑識要領、鑑定について	宇津野真人
31	2022.3.11	山梨県消防学校	特異火災事例	杉山昌彦

(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	東京理科大学	火災安全科学研究拠点運営委員会	委員	阿部伸之
2	公益社団法人日本火災学会	理事会	理事	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
3	公益社団法人日本火災学会	普及委員会	委員	天野久徳
4	公益社団法人日本火災学会	企画委員会	委員	
5	一般財団法人日本消防設備安全センター	性能評価専門委員会	委員	
6	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	
7	危険物保安技術協会	大型化学消防車等評価委員会	委員長	
8	公益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	
9	公益社団法人計測自動制御学会	システムインテグレーション(SI)部門 レスキュー工部学会	運営委員	
10	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(戦略的国際共同研究プログラム)	アドバイザー	
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	World Robot Summit インフラ・災害対応競技委員会	委員	
12	The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Incorporated	IEEE Robotics & Automation Society, TC on Safety, Security and Rescue Robots	メンバー	
13	危険物保安技術協会	大容量泡放水砲用防災資機材等に係る防災要員の減員の計画等の評価委員会	委員長	新井場公德
14	危険物保安技術協会	新技術を活用した防災要員の減員に資する資機材の有効性に関する検討委員会	委員長	
15	公社日本地すべり学会	国際部	副部長	
16	公社日本地すべり学会関東支部	運営委員会	委員	
17	International Consortium on Landslide	World Landslide Forum 5 国内組織委員会	委員	
18	消防庁	より効果的な林野火災の消火に関する検討会	委員	
19	消防庁	実働省庁連携促進連絡会	委員	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
20	一般社団法人火薬学会	理事会	理事	岩田雄策
21	一般社団法人火薬学会	運営委員会	委員	
22	公益社団法人日本化学会	日本化学会環境・安全推進委員会 防災小委員会	委員	
23	公益社団法人日本火災学会	化学火災専門委員会	委員	
24	特定非営利活動法人安全工学会	安全工学普及委員会	委員	
25	消防庁	火災危険性を有するおそれのある物質等に関する調査検討会	委員	
26	一般財団法人海上災害防止センター	特別海上災害対応支援グループ	専門家	
27	公益社団法人日本火災学会	学術委員会	委員	大津暢人
28	公益社団法人日本火災学会	地震火災専門委員会	委員	
29	International Society for Integrated Disaster Risk Management	Review charter and bylaws committee	委員	
30	International Society for Integrated Disaster Risk Management	Advisory committee member	委員	
31	ISO/TC21 委員会	ISO/TC21/SC2 分科会	委員	尾川義雄
32	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	
33	公益社団法人日本火災学会	消火戦略に関する専門委員会	委員	
34	消防庁救急企画室	ICT 技術を活用した救急業務の高度化連絡会	委員	久保田勝明
35	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構	高速度回転翼の市場ニーズと開発シナリオに関する外部有識者委員会	委員	佐伯一夢
36	一般社団法人日本消防服装・装備協会	防火服等自主管理委員会	専門委員	佐藤康博
37	公益社団法人日本火災学会	総務委員会	委員	
38	公益社団法人日本火災学会	火災誌編集小委員会	委員	篠原雅彦

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名	
39	一般社団法人建築・住宅国際機構	ISO/TC92・TC21/SC11 合同分科会 , ISO/TC92/SC4WG, ISO/TC21/SC11WG	委員	鈴木恵子	
40	一般財団法人日本建築センター	建築防災計画評定委員会	委員		
41	一般社団法人日本建築学会	防火委員会住宅の火災安全小委員会	委員		
42	一般社団法人日本建築学会	防火委員会防火基準モデルコードWG	委員		
43	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		
44	東京消防庁	第25期火災予防審議会	委員		
45	一般財団法人日本燃焼学会	理事会	理事	鈴木佐夜香	
46	一般財団法人日本燃焼学会	将来構想委員会	委員		
47	Combustion Science and Technology	Guest Editor	Guest Editor		
48	Fire Technology	編集委員会	委員		
49	Frontier in Mechanical Engineering	Guest Editor	Guest Editor		
50	SFPE Handbook	編集委員会	Deputy Section Editor		
51	The Combustion Institute	Colloquium Coodinator	Colloquium Coodinator for Fire Research		
52	日本機械学会	総務委員会	委員		
53	公益社団法人日本火災学会	理事会	理事		鈴木 健
54	公益社団法人日本火災学会	学術委員会	委員		
55	一般財団法人首都高速道路技術センター	首都高速道路のトンネルに関する防災安全委員会	委員		
56	一般財団法人首都高速道路技術センター	日本橋区間地下化事業におけるトンネル防災安全検討委員	委員		

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
		会		
57	一般社団法人日本電気協会	防火管理検討会	委員	
58	特定非営利活動法人安全工学会	学術委員会	委員	
59	消防庁	原子力施設等における消防活動対策マニュアル改訂に関する検討会	オブザーバー	
60	一般財団法人日本防火・防災協会	情報誌「地域防災」編集委員会	幹事	鈴木康幸
61	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	
62	一般財団法人日本消防設備安全センター	消防設備システム評価委員会	委員	
63	一般財団法人日本消防設備安全センター	性能評価委員会	委員	
64	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	
65	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	
66	一般財団法人日本消防設備安全センター	消防防災研究助成審査委員会	委員	
67	一般財団法人消防防災科学センター	季刊誌「消防防災の科学」編集委員会	委員	
68	ISO/TC21 事務局	ISO/TC21 委員会	委員	
69	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	
70	東京大学	環境安全総括委員会	委員	
71	消防庁	優良消防用設備等審査会	委員	
72	消防庁	第 6 回予防業務優良事例表彰選考会議	選考委員	
73	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3 分科会	委員	高梨健一
74	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG2	委員	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名	
75	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG6	委員		
76	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG7	委員		
77	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG9	委員		
78	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG14 (警報装置 G)	委員		
79	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG15	委員		
80	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG17	委員		
81	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG18	委員		
82	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG21	委員		
83	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG22	委員		
84	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG23	委員		
85	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG24	委員		
86	一般社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 警報設備等専門委員会	委員		
87	一般社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 保守用機器等専門委員会	委員		
88	一般社団法人日本消防設備安全 センター	消防用設備等認定委員会 警報設備等専門委員会	委員		
89	一般社団法人日本消防設備安全 センター	消防用設備等認定委員会 保守用機器等専門委員会	委員		
90	日本消防検定協会	特定警報避難機器評価委員会	委員		
91	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG10	委員		田村裕之
92	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG20	委員		
93	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG8	委員		

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名	
94	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG27	委員		
95	一般社団法人静電気学会	理事会	監事		
96	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		
97	一般社団法人静電気学会	選挙管理委員会	委員長		
98	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		
99	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		
100	一般財団法人日本消防設備安全センター	消防設備システム評価専門委員会	委員		
101	一般財団法人日本消防設備安全センター	消防設備システム第 1 専門委員会	委員		
102	独立行政法人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		
103	日本消防検定協会	消防機器等評価委員会	委員		
104	日本消防検定協会	特定初期拡大抑制機器評価委員会	委員		
105	日本消防検定協会	初期警報装置等技術基準検討部会	委員		
106	東京消防庁	技術改良検証課題検討委員会	委員		
107	労働安全衛生総合研究所	可燃性液体塗料用静電ハンドスプレー装置の安全要求および試験方法に関する指針作成委員会	委員		
108	安全工学会	安全工学シンポジウム実行委員会	委員		
109	太陽光発電技術研究組合	高安全モジュール検討委員会	委員		
110	一般社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		塚目孝裕
111	一般社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		

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
112	公益社団法人日本火災学会	火災誌編集小委員会	委員	
113	公益社団法人日本火災学会	論文誌編集小委員会	委員	
114	市原市	市原市石油コンビナート保安 推進委員会	副委員長	
115	消防庁予防課	特殊消火設備の設置基準等に 係る検討部会	委員	
116	消防庁危険物保安室	給油取扱所における業務等の あり方に関する検討会	委員	
117	消防庁危険物保安室	リチウムイオン蓄電池に係る 火災予防上の安全対策に関する 検討会	委員	
118	ISO/TC94/SC14	ISO/TC94/SC14	委員	
119	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 ニング施工事業者認定委員会	委員	
120	一般財団法人全国危険物安全協 会	タンク等の点検方法等の性能 評価委員会専門部会	部会員	
121	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	
122	国立研究開発法人宇宙航空研究 開発機構	人工衛星画像データの土砂へ の活用検討ワーキンググルー プ	委員	土志田正二
123	公益社団法人日本地すべり学会	事業計画部会	幹事	
124	一般社団法人日本地形学連合	総会	代議員	
125	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	内藤浩由
126	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	
127	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	
128	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	西 晴樹
129	危険物保安技術協会	機関誌編集委員会	委員	



	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
130	危険物保安技術協会	コーティング上からの溶接線 検査に係る検討委員会	委員	
131	特定非営利活動法人安全工学会	理事会	理事	
132	特定非営利活動法人安全工学会	総務委員会	委員長	
133	特定非営利活動法人安全工学会	編集委員会	委員	
134	特定非営利活動法人安全工学会	第 54 回安全工学研究発表会実 行委員会	委員	
135	特定非営利活動法人安全工学会	安全工学会役員候補推薦委員 会	委員	
136	特定非営利活動法人安全工学会	安全工学会論文賞選考委員会	委員	
137	特定非営利活動法人安全工学会	安全工学会玉置功労賞北川学 術賞選考委員会	委員	
138	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	
139	川崎市	川崎市コンビナート安全対策 委員会	委員	
140	消防庁予防課	特殊消火設備の設置基準等に 係る検討部会ワーキンググル ープ【二酸化炭素消火設備】	メンバー	
141	消防庁危険物安全保安室	屋外タンクの津波・水害による 流出等防止に関する調査検討 会	委員	
142	公益社団法人日本地震学会	強震動委員会	委員	畑山 健
143	一般社団法人日本高圧力技術協 会	エネルギー貯槽等安全性専門 研究委員会構造・設計専門委員 会	幹事	
144	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	
145	消防庁危険物保安室	屋外貯蔵タンクの津波・水害に よる流出等防止に関する調査 検討会	委員	
146	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	藤井皓介

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
147	一般社団法人日本建築ドローン協会	JADA 建築ドローン消防防災利活用検討委員会	委員	
148	一般社団法人日本建築学会	建築人間工学小委員会	委員	
149	Journal of Disaster Research	編集委員会	委員	細川直史
150	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	専門委員	
151	一般社団法人日本電気協会	渋沢賞受賞者選考委員会	委員	
152	公益財団法人日本防災協会	防災ニュース編集委員会	委員	
153	埼玉西部消防組合	埼玉西部消防組合通信指令システムの整備等に係るプロポーザル選定委員会	委員長	
154	東京消防庁	警防業務事故再発防止対策検討部会	部会員	
155	東京消防庁	第 24 期火災予防審議会	委員	
156	消防庁特殊災害室	石油コンビナート災害対応への先進技術活用検討会	委員	
157	一般社団法人日本高圧力技術協会	エネルギー貯槽等安全性専門研究委員会 構造・設計専門委員会 (EST-1 委員会)	中立委員	吉田祐一

## 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	施設等名称	概要	現地出向者	現地調査日
1	2021.12.17	大阪府大阪市	建物火災	雑居ビルにおいて、4階クリニックから出火し、死者 27 人（容疑者を含む）、負傷者 1 人を生じたもの。	①塚目孝裕 杉山昌彦 浅古慎一 ②山下博史 宇津野真人 ③長浜将吾 ④西 晴樹 杉山昌彦 ⑤浅古慎一 ⑥西 晴樹 杉山昌彦 浅古慎一	①2021.12.17 ～2021.12.22 ②2021.12.17 ～2021.12.21 ③2021.12.19 ～2021.12.21 ④2021.12.23 ～2021.12.27 ⑤2021.12.26 ～2021.12.27 ⑥2022.1.13

イ. 長官調査（要請調査）：消防法第 35 条の 3 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

	発災日	場所	施設等名称	概要	現地出向者	現地調査日
1	2022.2.11	新潟県村上市	工場火災	製菓工場の生産ラインから出火し、死者 6 人、負傷者 1 人を生じ、工場建物約 8,800m <sup>2</sup> を焼損したものの。	①塚目孝裕 長浜将吾 森岡伸嘉章 青柳和昭 ②佐藤広佳 村松 賢 ③山下大輔 森崎 学 ④村松 賢 森崎 学 ⑤塚目孝裕 ⑥長浜将吾 森岡伸嘉章 ⑦長浜将吾	①2022.2.12 ～2022.2.18 ②2022.2.12 ～2022.2.17 ③2022.2.16 ～2022.2.18 ④2022.2.24 ～2022.3.1 ⑤2022.2.24 ～2022.2.27 ⑥2022.2.24 ～2022.2.25 ⑦2022.2.28 ～2022.3.5

	発災日	場所	施設等名称	概要	現地出向者	現地調査日
					森岡伸嘉章 ⑧杉山昌彦 青柳和昭 ⑨塚目孝裕 山下大輔 浅古慎一 ⑩塚目孝裕 森岡伸嘉章 青柳和昭 浅古慎一	⑧2022.2.28 ～2022.3.4 ⑨2022.3.3 ～2022.3.5 ⑩2022.3.16 ～2022.3.18

ウ. 長官調査（要請調査）：消防法第 16 条の 3 の 2 の規定に基づき、市町村長等から消防庁長官に対しての求めによる危険物流出等の事故原因調査

令和 3 年度は該当なし

エ. センター調査（依頼）：消防長等による依頼に基づく特異な火災に対する火災原因調査に関する技術支援

	発災日	場所	施設等名称	概要	現地出向者	現地調査日
1	2021.3.29	和歌山県有田市	製油所火災	石油コンビナート内の原油を接触分解させるプラントから出火したもの。	①塚目孝裕 長浜将吾 日浅 宏 杉山昌彦 ②長浜将吾 日浅 宏 杉山昌彦	①2021.4.13 ～2021.4.15 ②2021.5.19 ～2021.5.21
2	2021.4.1	島根県松江市	住宅火災	密集した集落の家屋から出火し、全焼 22 棟を含む住宅 32 棟、山林約 2,000 m <sup>2</sup> を焼損したもの。	①長浜将吾 日浅 宏 宇津野真人 ②森崎 学 ③長浜将吾 日浅 宏 宇津野真人	①2021.4.2 ～2021.4.8 ②2021.4.2 ～2021.4.6 ③2021.4.19 ～2021.4.21
3	2021.4.21	茨城県ひたちなか市	工場火災	半導体工場の工場内有軌道無人搬送車分電盤から出火したもの。	田村裕之 長浜将吾 佐藤広佳 村松 賢	2021.4.23 ～2021.4.24

	発災日	場所	施設等名称	概要	現地出向者	現地調査日
4	2021.8.12	長野県辰野町	工場火災	トナー製造の乾燥工程に使用している釜が爆発し火災が発生、乾燥機 1 台を損傷、工場外壁約 100 m <sup>2</sup> を破損したものの。	①田村裕之 長浜将吾 佐藤広佳 杉山昌彦 ②田村裕之 長浜将吾 杉山昌彦	①2021.8.13 ～2021.8.17 ②2021.8.31
5	2021.8.27	愛知県江南市	工場火災	紡績工場の染色を行っている工程で、染色原料に使用している粉末の化学薬品から出火し、薬品が入っているホッパー約 2m <sup>2</sup> を焼損したものの。	①山下大輔 宇津野真人 森崎 学 ②塚目孝裕 長浜将吾	①2021.8.29 ～2021.8.31 ②2021.8.29 ～2021.8.30
6	2021.10.10	埼玉県蕨市	変電所火災	首都圏の鉄道に給電している変電所において出火し、変圧器 2 基、配電盤室を焼損したものの。	①長浜将吾 山下博史 山下大輔 森岡伸嘉章 ②山下博史 山下大輔 森岡伸嘉章 青柳和昭 ③山下博史 森岡伸嘉章 青柳和昭	①2021.10.11 ～2021.10.12 2021.10.18 ～2021.10.19 2021.11.16 ～2021.11.17 ②2021.10.22 ～2021.4.6 ③2021.11.10 ～2021.11.11
7	2021.11.29	大阪府大阪市	倉庫火災	物流倉庫から出火し、収容物など約 38,700m <sup>2</sup> を焼損し、軽症 1 人を生じたものの。	①尾川義雄 杉山昌彦 ②西 晴樹 長浜将吾 日浅 宏 宇津野真人 杉山昌彦 青柳和昭 ③長浜将吾	①2021.12.2 ～2021.12.4 ②2021.12.6 ～2021.12.10 ③2021.5.19 ～2021.5.21

	発災日	場所	施設等名称	概要	現地出向者	現地調査日
					日浅 宏 杉山昌彦	

オ. 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

令和3年度は該当なし

カ. 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

令和3年度は該当なし

キ. 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

令和3年度は該当なし

(2) 鑑定・鑑識

ア. 鑑定

	支援年月	発災県	概要	鑑定者
1	2021.4	山口県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
2	2021.4	千葉県	カーボンヒータープラグの鑑定	原因調査室
3	2021.4	兵庫県	着衣の鉱物油の有無とその種類	原因調査室
4	2021.4	鹿児島県	液体の成分調査	原因調査室
5	2021.5	千葉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
6	2021.5	徳島県	火災現場から収去した残さ物の成分分析について	原因調査室
7	2021.5	広島県	火災現場で収去した残さ物の鑑定	原因調査室
8	2021.5	福島県	建物火災における液体の成分調査	原因調査室
9	2021.6	熊本県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
10	2021.6	千葉県	コインランドリーの衣類の鑑定	原因調査室
11	2021.6	千葉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
12	2021.6	群馬県	火災現場から収去した液体の鑑定	原因調査室
13	2021.6	千葉県	火災現場で収去した液体の成分分析について	原因調査室
14	2021.7	北海道	地下貯蔵タンク内及び水路から収去した油類の種別鑑定	原因調査室

	支援年月	発災県	概要	鑑定者
15	2021.7	埼玉県	火災現場で収去した残さ物の鑑定	原因調査室
16	2021.7	兵庫県	火災現場から収去した残さ物等の鑑定	原因調査室
17	2021.7	静岡県	車両火災で収去した残さ物の鑑定	原因調査室
18	2021.7	三重県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
19	2021.7	千葉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
20	2021.8	静岡県	動植物油の鑑定	原因調査室
21	2021.8	和歌山県	粉体塗料の鑑定	原因調査室
22	2021.9	静岡県	火災現場から収去した焼損物の成分分析について	原因調査室
23	2021.10	香川県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
24	2021.10	神奈川県	粉体の粒度分布及び電位測定	原因調査室
25	2021.10	埼玉県	車両火災の残さ物の鑑定	原因調査室
26	2021.10	神奈川県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
27	2021.10	富山県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
28	2021.11	千葉県	建物火災の残さ物の鑑定	原因調査室
29	2021.12	三重県	建物火災残さ物の鑑定	原因調査室
30	2021.12	山梨県	ファンヒーターの燃料	原因調査室
31	2021.12	静岡県	漏洩検知管から採取した試料の鑑定	原因調査室
32	2021.12	東京都	火災現場から採取した残さ物の成分分析	原因調査室
33	2021.12	秋田県	溶融が認められる屋根トタンに付着している物質の鑑定	原因調査室
34	2021.12	長崎県	石油ストーブの残油の鑑定	原因調査室
35	2022.1	千葉県	火災現場で収去した液体の鑑定	原因調査室
36	2022.1	千葉県	火災現場で収去した液体の鑑定	原因調査室
37	2022.1	千葉県	石油ストーブの残油の鑑定	原因調査室
38	2022.1	埼玉県	火災現場で収去した残さ物の鑑定	原因調査室
39	2022.1	鳥取県	火災現場で収去した残さ物の鑑定	原因調査室
40	2022.1	滋賀県	火災現場から収去した残さ物の鑑定	原因調査室
41	2022.1	埼玉県	火災現場から収去した残さ物の鑑定	原因調査室
42	2022.2	神奈川県	火災現場から収去した残さ物の鑑定	原因調査室
43	2022.3	新潟県	火災現場で収去した布と液体	原因調査室
44	2022.3	千葉県	子ブレーカー接続端子部の鑑定	原因調査室
45	2022.3	富山県	車両火災残さ物の鑑定 (GC-MS)	原因調査室

## イ. 鑑識

	支援年月	発災県	概要	鑑識場所
1	2021.4	和歌山県	パラソルヒーターの鑑識	消防局・本部
2	2021.4	和歌山県	電気配線	消防研究センター
3	2021.4	沖縄県	空気清浄機の鑑識	消防研究センター
4	2021.4	神奈川県	スマート除菌脱臭器	消防研究センター
5	2021.5	鹿児島県	卓上 IH 調理器の鑑識	消防局・本部
6	2021.5	沖縄県	プリウスの鑑識	整備工場等
7	2021.5	兵庫県	車両火災の部品の X 線撮影	消防研究センター
8	2021.6	神奈川県	浴室換気乾燥暖房機の鑑識	消防研究センター
9	2021.6	埼玉県	iPhone12 の鑑識	消防研究センター
10	2021.6	滋賀県	スマートメーターの鑑識	その他
11	2021.6	千葉県	車両火災に伴う鑑識	整備工場等
12	2021.6	長野県	照明用スイッチ X 線撮影	消防研究センター
13	2021.6	静岡県	ジャンプスターターの鑑識	消防研究センター
14	2021.6	静岡県	バッテリーチャージャーの鑑識	消防研究センター
15	2021.6	山口県	スマートメーターの鑑識	消防局・本部
16	2021.6	北海道	リチウムポリマー電池の鑑識	消防研究センター
17	2021.7	山梨県	オープンレンジの鑑識	消防研究センター
18	2021.7	神奈川県	熱交換気の鑑識	消防研究センター
19	2021.7	茨城県	LED シーリングライトの鑑識	消防研究センター
20	2021.7	神奈川県	マキタ互換バッテリーの鑑識	消防研究センター
21	2021.8	神奈川県	リチウムイオン電池の鑑識	消防研究センター
22	2021.8	福岡県	ガスフレキ管の鑑識	消防研究センター
23	2021.8	神奈川県	コードレス掃除機バッテリーの鑑識	消防研究センター
24	2021.8	山形県	マキタ互換バッテリーの鑑識	消防局・本部
25	2021.8	千葉県	ハンディファンの鑑識	消防研究センター
26	2021.8	北海道	電気ストーブスイッチの X 線撮影	消防研究センター
27	2021.8	栃木県	ジャンプスターターの鑑識	消防研究センター
28	2021.9	佐賀県	日産リーフの鑑識	整備工場等
29	2021.9	茨城県	ラジエントヒーターの鑑識 (イミュニティ試験)	消防研究センター
30	2021.9	新潟県	テレビドアホンの鑑識	消防局・本部
31	2021.9	茨城県	充電式ノコギリ用バッテリー及び充電器の鑑識	消防研究センター
32	2021.9	青森県	エアコンパネルの鑑識 (車両)	消防研究センター
33	2021.9	茨城県	充電式電動刈払機の鑑識	消防研究センター



	支援年月	発災県	概要	鑑識場所
34	2021.9	滋賀県	テレビドアホンの鑑識	消防局・本部
35	2021.9	岡山県	テープ式LEDの鑑識	消防局・本部
36	2021.9	青森県	LED テープライトの鑑識	消防研究センター
37	2021.9	千葉県	マキタ互換バッテリーの鑑識	消防研究センター
38	2021.9	埼玉県	充電式電動刈払機の鑑識	消防研究センター
39	2021.10	北海道	評価用乾燥機の鑑識	災害現場
40	2021.10	岐阜県	プジョー208 鑑識	整備工場等
41	2021.10	埼玉県	エアコン室外機のファンモータの鑑識	消防研究センター
42	2021.10	栃木県	テレビの基板	消防研究センター
43	2021.10	山形県	LED 直管ランプ	消防局・本部
44	2021.10	京都府	ハンディマッサージ器の鑑識	消防局・本部
45	2021.10	京都府	携帯電話用充電器の鑑識	消防研究センター
46	2021.10	香川県	レーザー加工機の鑑識	災害現場
47	2021.11	滋賀県	建物火災の残さ物の鑑定	消防研究センター
48	2021.11	青森県	水銀灯安定器の鑑識	消防研究センター
49	2021.11	徳島県	リチウムイオン電池の鑑識	消防研究センター
50	2021.11	島根県	除湿乾燥機の鑑識	消防局・本部
51	2021.11	千葉県	LED 照明の鑑識	消防研究センター
52	2021.11	埼玉県	マキタ互換充電器・バッテリーの鑑識	消防研究センター
53	2021.11	茨城県	配電用遮断器の鑑識 (X 線)	消防研究センター
54	2021.11	青森県	車両火災の鑑識	消防局・本部
55	2021.11	岡山県	凍結防止ヒーターの鑑識	消防局・本部
56	2021.12	岐阜県	ダイソン互換バッテリーの鑑識	消防局・本部
57	2021.12	神奈川県	タワー型扇風機の鑑識	消防研究センター
58	2021.12	神奈川県	ダイソン互換バッテリーの鑑識	消防研究センター
59	2021.12	埼玉県	リチウムイオンバッテリーの鑑識	消防研究センター
60	2021.12	茨城県	マキタ互換バッテリー及び充電器の鑑識	消防研究センター
61	2021.12	福島県	エアコン用リモコン線及び通信線の鑑識について	消防研究センター
62	2021.12	岡山県	メガソーラーの鑑識	災害現場
63	2021.12	山口県	超低温フリーザーの鑑識について	消防局・本部
64	2022.1	沖縄県	浴室乾燥機の鑑識 (X 線)	消防研究センター
65	2022.1	北海道	テーブルタップの鑑識 (X 線)	消防研究センター
66	2022.1	福島県	携帯電話の鑑識 (X 線)	消防研究センター
67	2022.1	大阪府	延長コード	消防研究センター
68	2022.1	神奈川県	ダイソン互換バッテリーの鑑識	消防研究センター

	支援年月	発災県	概要	鑑識場所
69	2022.1	長野県	凍結防止ヒーターの鑑識 (X 線撮影)	消防研究センター
70	2022.2	徳島県	I Hコンロの鑑識 (X 線)	消防研究センター
71	2022.2	山口県	温水洗浄便座の鑑識 (X 線)	消防研究センター
72	2022.2	岡山県	ゴルフカーの鑑識	災害現場
73	2022.2	神奈川県	屋内配線のコネクタの鑑識 (X 線)	消防研究センター
74	2022.2	徳島県	AC アダプター	消防研究センター
75	2022.2	福島県	凍結防止ヒーター線の鑑識	消防研究センター
76	2022.3	神奈川県	燃焼残さ物の鑑定	消防研究センター
77	2022.3	福島県	車両の燃料圧力センサー	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	2021.6.1	埼玉県	発災現場における静電気の測定	田村裕之、長浜将吾 山下博史、森岡伸嘉章
2	2021.7.3 ~2021.7.7	静岡県熱海市	土砂災害の行方不明者捜索の支援	新井場公德、土志田正二
3	2021.7.28 ~2021.7.30	滋賀県	発災現場における静電気の測定	田村裕之、山下博史、 青柳和昭
4	2021.11.29 ~2021.12.3	大阪市消防局	大阪市此花地区倉庫火災の技術支援	内藤浩由、高橋優太
5	2022.1.7 ~2022.1.9	三重県	発災現場における静電気の測定	田村裕之、山下大輔、 森岡伸嘉章

## 4 受賞

### (1) 受賞

受賞者名	受賞年月	賞 の 種 別	受 賞 内 容
鈴木佐夜香	2021.5.26	IAWF Early career In Fire Science Award	林野火災における建物への影響、特に火の粉による着火と建物からの火の粉の発生に関する先進的な研究を行ったことから
大津暢人	2022.3.5	地区防災計画学会賞（論文賞）	津波避難経路設定の選択肢としての地区防災計画における災害時要援護者支援手法の類型

## 5 産業財産権

令和 3 年度は該当なし

## 6 視察・見学

## (1) 国内

	日付	訪 問 者	人 数
1	2021.6.16	消防大学校警防科第 108 期	59
2	2021.6.23	副大臣視察	2
3	2021.6.30	消防大学校危険物科第 16 期	30
4	2021.7.8	消防大学校幹部科第 65 期	58
5	2021.7.15	消防大学校火災調査科第 40 期	45
6	2021.8.31	消防大学校幹部科第 66 期	58
7	2021.10.12	消防大学校予防科第 110 期	30
8	2021.10.26	消防大学校幹部科第 67 期	57
9	2021.11.11	消防庁長官視察	2
10	2021.12.9	消防大学校火災調査科第 41 期	30
11	2022.1.21	消防大学校幹部科第 68 期	59
12	2022.1.26	消防大学校予防科第 111 期	30
	計		460

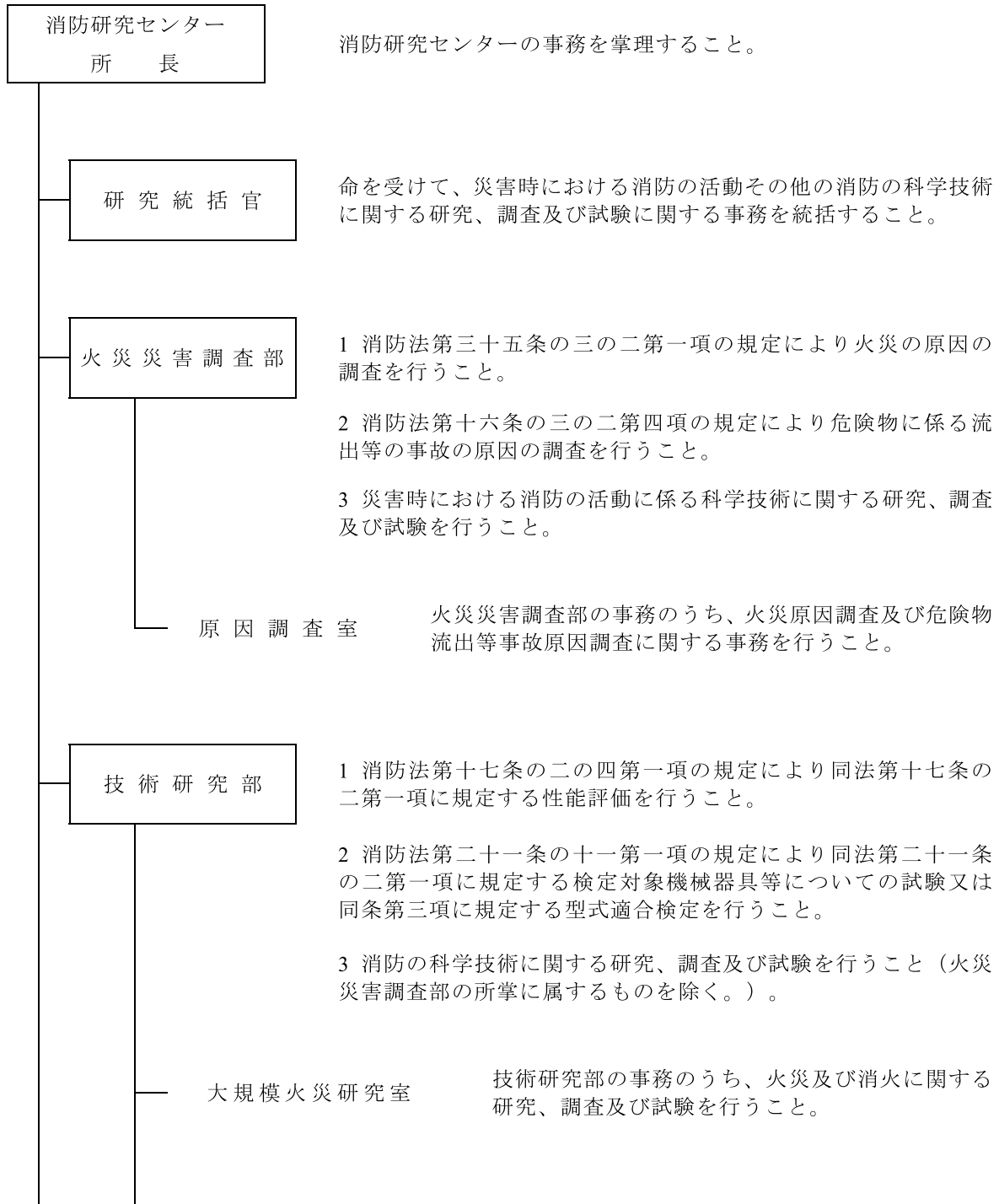
## (2) 国外

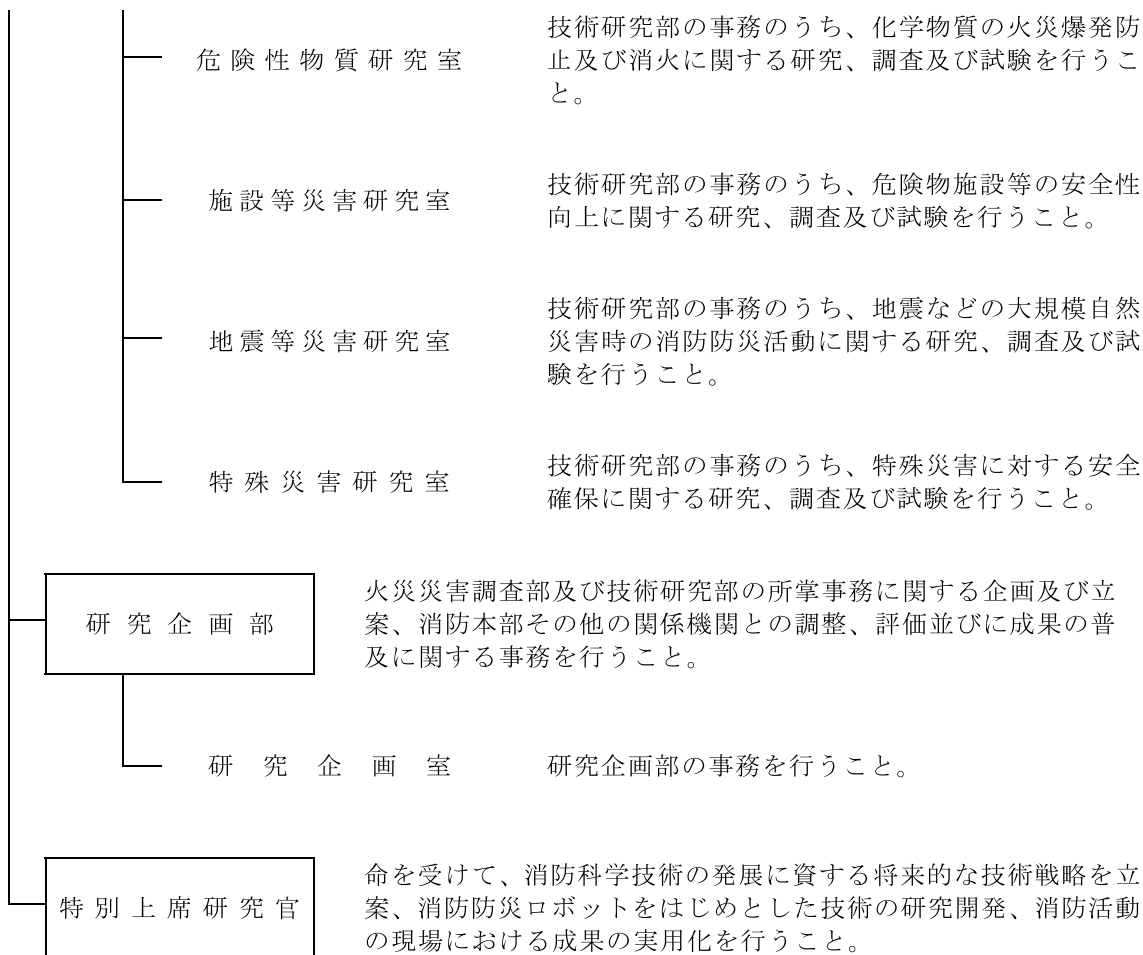
令和 3 年度は該当なし

# 付 録

## 1 研究体制

### (1) 組織





(2) 予算

令和 2・3 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

	3 年度予算額 A	2 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	378,956	378,974	-18	99.9
運営に関する経費等	127,746	138,688	-10,942	92.1
施設・設備費等	81,756	55,053	26,703	148.5
合 計	588,458	572,715	15,743	102.7

また、研究費の内訳は次表のとおりである。

単位：千円

項 目	3 年度予算額	2 年度予算額
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	59,897	73,625
危険物の事故、災害の抑止に係る研究開発に要する経費	0	50,412
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	0	22,534
市街地火災による被害を抑制するための研究開発	59,848	0
火災原因調査と火災避難の高度化に関する研究開発	39,820	0
危険物施設における火災等事故・地震災害を抑止するための研究に要する経費	41,560	0
消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発	37,910	0
感染拡大期を含む救急出動要請件数増大期における救急搬送時間短縮手法の研究開発	41,542	0
火災・危険物流出等事故原因調査に必要な経費	18,912	50,239
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	0	71,097
火災延焼シミュレーションの高度化に関する研究開発に要する経費	0	56,000
地下タンクの健全性診断に係る研究開発に要する経費	39,746	44,278
火山噴火にともなう降灰が消防活動や危険物施設に与える影響評価に係る研究活動	0	5,369
消防職員の消火活動時における殉職・受傷事故を防止するための研究開発	39,721	5,420
合 計	378,956	378,974

### (3) 定員

令和 3 年度末の予算定員は 29 名である。

### (4) 職員 (R4.3.31 現在、本務のみ記載)

消防研究センター所長 鈴木 康 幸

研究統括官 秋 葉 洋



**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	長 浜 将 吾

**技術研究部**

部長	細 川 直 史
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
〃	鈴 木 恵 子
〃	内 藤 浩 由
主任研究官	土志田 正 二
〃	野 村 祐 子
〃	大 津 暢 人
〃	鈴 木 佐夜香
研究官	藤 井 皓 介
〃	吉 田 祐 一
〃	徳 武 皓 也

**研究企画部**

部長	大 場 教 子
主任研究官	渡 邊 明 宏
研究官	佐 藤 康 博

**特別上席研究官**

天 野 久 徳
---------

**【消防庁】総務課**

主任研究官	尾 川 義 雄
〃	高 梨 健 一
研究官	佐 伯 一 夢

## (5) 人事異動

令和3年4月1日付け

氏名	新	旧
大場 教子	消防大学校消防研究センター研究企画部長 併任 消防大学校教授	奈良県広域消防組合消防本部副消防長
田村 裕之	消防大学校消防研究センター技術研究部上席研究官 併任解除	消防大学校消防研究センター技術研究部主幹研究官 併任 消防大学校消防研究センター火災災害調査部専門調査官
佐伯 一夢	総務課研究官 併任 消防大学校消防研究センター技術研究部研究官	消防大学校消防研究センター技術研究部研究官
鈴木 佐夜香	消防大学校消防研究センター技術研究部主任研究官 併任解除	総務課研究官 併任 消防大学校消防研究センター技術研究部研究官
徳武 皓也	消防大学校消防研究センター技術研究部研究官 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研究官
佐藤 康博	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研究官	消防大学校消防研究センター技術研究部研究官

## (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	ジャーナリスト
委員	新井 充	公益財団法人 総合安全工学研究所 理事
〃	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 名誉教授
〃	大須賀 公一	大阪大学大学院工学研究科 教授
〃	金森 賢治	一般社団法人全国消防機器協会 会長
〃	清水 洋文	全国消防長会 会長
〃	菅原 進一	東京理科大学・東京大学 名誉教授

- 〃 長谷見 雄 二 早稲田大学理工学術院 名誉教授  
〃 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 理事・副学長

R4.3.31 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 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  
委 員 清 水 洋 文 全国消防長会 会長  
〃 小 西 一 功 大阪市消防局長  
〃 齋 藤 秀 生 総務省消防庁 審議官  
〃 鈴 木 康 幸 消防研究センター 所長  
〃 林 一 浩 さいたま市消防局長  
〃 本 間 恭 二 電気通信大学 名誉教授  
〃 三 輪 和 夫 公益財団法人日本消防協会 理事長  
〃 室 崎 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 巖 一般財団法人救急振興財団 救急救命東京研修所 教授

R4.3.31 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

令和 4 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 <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )
12. 5. 1		三鷹市側土地登記 (15,225m <sup>2</sup> )
13. 3.16		調布市側土地登記 (26,857m <sup>2</sup> )
計	42,082	

#### イ. 建 物

建 物 等 名 称	構 造	面 積 (m <sup>2</sup> )	床面積 (m <sup>2</sup> )	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	〃 〃

建物等名称	構造	面積 (m <sup>2</sup> )	床面積 (m <sup>2</sup> )	備考
非破壊検査棟	RC-1	77.65	77.65	平成13年3月竣工
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	地震等災害に関する研究を行う施設でLANサーバーなどが設置されている、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	消防用機械や消火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	防災に関する各種小規模実験を行うための施設
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

施設名	概要
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 <sup>2</sup> 、高さ 20m、排煙処理設備を備えている。）
物質安全研究棟	危険物、防災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 <sup>2</sup> 、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. 令和 3 年度に整備された主な設備・機器

##### ○ガスクロマトグラフ質量分析装置

ガスクロマトグラフ質量分析装置（GC-MS）は、ガスクロマトグラフ（GC）で分離させた種々の成分を、質量分析計（MS）で検出する装置で、火災現場で収去した燃焼残さなどから抽出された油類や出火原因と考えられる化合物、また付属の熱分解装置を用いることで燃焼媒体となったプラスチック類の同定など、火災原因調査等に使用する。

##### ○フーリエ変換赤外分光光度計

フーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）とは、測定対象の物質に赤外線を照射し、赤外線吸収スペクトルを利用して化合物の定性・定量を行なう装置で、火災現場で収去した燃焼残さ物の分子構造や状態を分析することで、火災原因調査等に使用する。

##### ○簡易型ハンディレーザースキャナシステム

地形や構造物の三次元形状を手を持った機械で測定する装置で、IMU とレーザースキャナを組み合わせ、周囲の形状を高速に計測しながら、自分の位置と姿勢及び周囲の三次元形状を推定することができる。GPS データと合わせることで、災害現場の形状を測定するために用いる。

##### ○リアルタイム・オルソシステム開発にかかる画像取得装置

ドローンを用いた画像取得装置で、雨天時にも運用可能なドローンとカメラ及び伝送装置からなり、1080p の画像を地上に、ほぼリアルタイムで伝送することができる。災害現場で、リアルタイムにオルソ画像を作成するシステムの開発にあたり、画像を取得するために用いる。

##### ○ライニング劣化評価用 3D 形状測定装置

試料に縞状の光を斜めに照射し、その凹凸に応じて生じる歪みを画像撮影・装置内演算することなどにより、試料の形状・粗さ・うねり等を非接触で測定できる。石油タンクの構成材料である、

鉄や塗装の腐食・劣化に伴う形状変化等をサブミクロンオーダーで検出可能で、これにより、タンクの経年劣化挙動を正確に把握できる。

○物流倉庫模型

本模型は、消火活動困難性が極めて高い倉庫火災等に対し、安全で有効な消火手法及び消火戦術の検討を行うことを目的として設計・製作を行った。構造は、火災時の煙の流動や延焼状況等の可視化のため観測窓を4箇所設置し、また煙層高さの制御のため、天井高さを可変できる構造とした。更に消火手法の検討のため、非常用進入口を模擬した開口部を4箇所設置した。

(4) 図書

ア. 蔵書数

単行本	15,344 冊
製本雑誌等	14,022 冊
視聴覚資料 (CD、DVD、ビデオテープ等)	992 点

イ. 令和3年度に購入した単行本冊数

132 冊

ウ. 定期購入刊行物

和 誌	40 誌
洋 誌	32 誌

エ. 定期購読の外国雑誌

1	Brandschutz
2	Bulletin of the Seismological Society of America
3	Chemical Engineering Progress
4	Combustion and Flame
5	Corrosion
6	Disasters
7	EMS World
8	Fire
9	Fire and Materials
10	Fire Engineering
11	Fire Risk Management
12	Fire Safety Journal
13	Fire Technology
14	Géotechnique

15	Hydrocarbon Processing
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 Loss Prevention in the Process Industries
23	Loss Prevention Bulletin
24	NFPA Journal
25	Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society
26	Science and Justice

27	Seismological Research Letters
28	Transactions of the ASME, Journal of Heat Transfer
29	Transactions of the ASME, Journal of Applied Mechanics

30	VFDB Zeitschrift
31	Journal of Structural Fire Engineering
32	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering



## 3 年 表

## (1) 昭和 22 年度～令和 3 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	第 1 回全国消防技術者会議開催、以後毎年秋期に開催
～12	
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、燃烧実験棟、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 代理事長に室崎益輝就任
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崎益輝就任
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
21. 7.14	3 代消防研究センター所長に木原正則就任

年月日	事 項
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邊洋己就任
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
30.3.31	「最近 10 年のあゆみー消防研究所 70 周年ー」刊行
30. 4. 1	7 代消防研究センター所長に長尾一郎就任
令和 2.7.20	8 代消防研究センター所長に鈴木康幸就任

## 4 令和 3 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

通巻 130 号 (2021 年 12 月)

#### 【論文】

1. 消防隊員の屋内進入にかかる警防規程に関する調査

大津暢人、新井場公德、北後明彦  
阿部伸之、田村裕之、原島裕貴

#### 【技術報告】

2. 広域版地震被害想定システムへの機能追加のための有向連結グラフを用いた延焼クラスタ構築手法と被害推定手法に関する検討

高梨健一、細川直史

3. 燃焼条件に応じた鉱物油の GC による検出と採取位置に関する研究

佐藤康博、塚目孝裕、長谷川巧

4. 小型模型を使用したガス爆発実験について

鈴木 健

消 研 輯 報 第 75 号

令和 5 年 3 月 発行

編集者兼 消防庁  
発 行 者 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)

<https://nrifd.fdma.go.jp/>

禁無断転載