

消研輯報

78

令和6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・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
- 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）
- 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

[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・学位
- 産業財産権
- 視察・見学

[付録]

- 研究体制
- 施設設備
- 年表
- 令和6年度刊行物

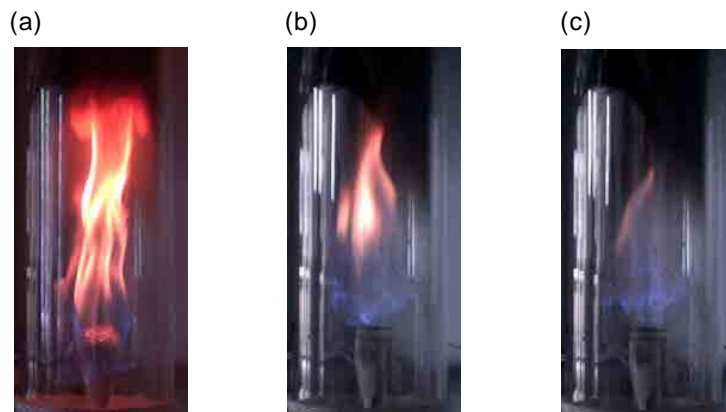
グラビア写真 I 消防研究センターの研究業務

- 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



ネットワーク対応型市街地火災延焼シミュレーションシステムの計算結果例（出火から 10 時間後）
左：風向風速を時間的に固定した場合、右：風向風速を時間的に変化させた場合（P.18）

- 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



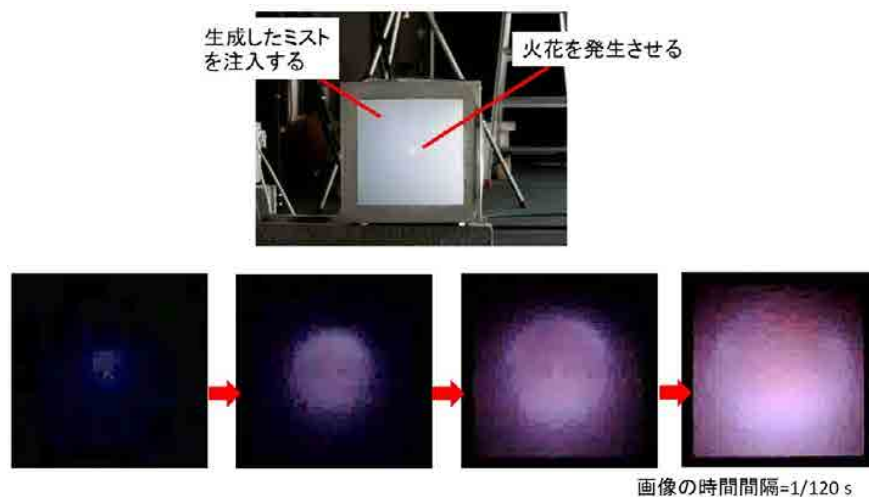
カップバーナーにおける n-ヘプタン火炎の水蒸気による消火実験
水蒸気濃度：(a) 19.8%、(b) 24.0%、(c) 26.4%（P.44）

- 火災旋風の発生予測に関する研究



野焼き時に発生した火災旋風（地上と上空から撮影）（P.67）

●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



ミスト爆発の実験装置と爆発実験の様子 (P.97)

●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)



従来の防火靴 (左) と試作した踏抜き防止防火靴 (右) のカットモデル (P.139)

●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



救急隊員が救急自動車内で浴びるウイルスを除去する装置の実験の様子 (P.168)

グラビア写真Ⅱ 消防研究センターの研究発表・啓発活動



一般公開
(令和6年4月)



一般公開
(令和6年4月)



令和6年度消防防災科学技術賞表彰式
(令和6年11月)



第72回全国消防技術者会議（特別講演）
(令和6年11月)



第72回全国消防技術者会議
(消防防災科学技術賞受賞作品 展示発表)
(令和6年11月)



第27回消防防災研究講演会
(令和6年11月)

グラビア写真Ⅲ 消防研究センターの関連業務



埼玉県行田市 太陽光発電設備火災
(令和6年5月)



北海道石狩市 バイオマス発電所火災
(令和6年8月)



長野県上田市 工場火災
(令和6年11月)



宮城県大船渡市 林野火災
(令和7年3月)



鑑識支援
(令和6年6月)



調査技術会議(名古屋会場)
(令和6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	(9) 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	111
(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	22	(10) 石油タンクの地震被害予測の高精度化のための研究	117
(3) 超高齢・人口減少社会の火災と消防力に関する研究	52	(11) 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	128
(4) 火災旋風の発生予測に関する研究	60	(12) 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)	137
(5) 火災状況に応じた消防隊の放水方法の研究	74	(13) 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	143
(6) 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	81	(14) 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	148
(7) 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	87		
(8) 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	101		

II 研究発表等

1 所外研究発表状況	184	5 消防防災科学技術賞受賞作品概要	199
(1) 口頭発表	184		
(2) 論文発表	188		
(3) 解説	188	6 研究懇話会	210
(4) 著書	190		
2 一般公開	191	7 調査技術会議	214
3 全国消防技術者会議	194		
4 消防防災研究講演会	196		

Ⅲ 関連業務

1 研究交流	218	4 受賞・学位	246
(1) 派遣	218	(1) 受賞	246
(2) 受け入れ	219	(2) 学位	246
(3) 共同研究	220		
(4) 競争的資金	221	5 産業財産権	247
		(1) 特許	247
2 所外講師派遣及び所外委員会 等参加状況	222	6 視察・見学	248
(1) 所外講師派遣状況	222	(1) 国内	248
(2) 所外委員会、研究会への参加状況	228	(2) 国外	248
(3) 所外実験・研究等への参加状況	237		
3 災害調査等	238		
(1) 災害調査	238		
(2) 鑑定・鑑識	240		
(3) その他の技術支援	245		

付 録

1 研究体制	249	3 年表	260
(1) 組織	249	(1) 昭和22年度～令和6年度略年表	260
(2) 予算	250		
(3) 定員	251	4 令和6年度刊行物	263
(4) 職員	251	(1) 消防研究所報告	263
(5) 人事異動	252		
(6) 委員会	254		
2 施設設備	256		
(1) 土地、建物の現況	256		
(2) 主な研究施設の概要	257		
(3) 主な研究設備・機器の整備状況	258		
(4) 図書	258		

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
研究統括官 細川直史*1)

*1) ～令和7年3月

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る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の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。

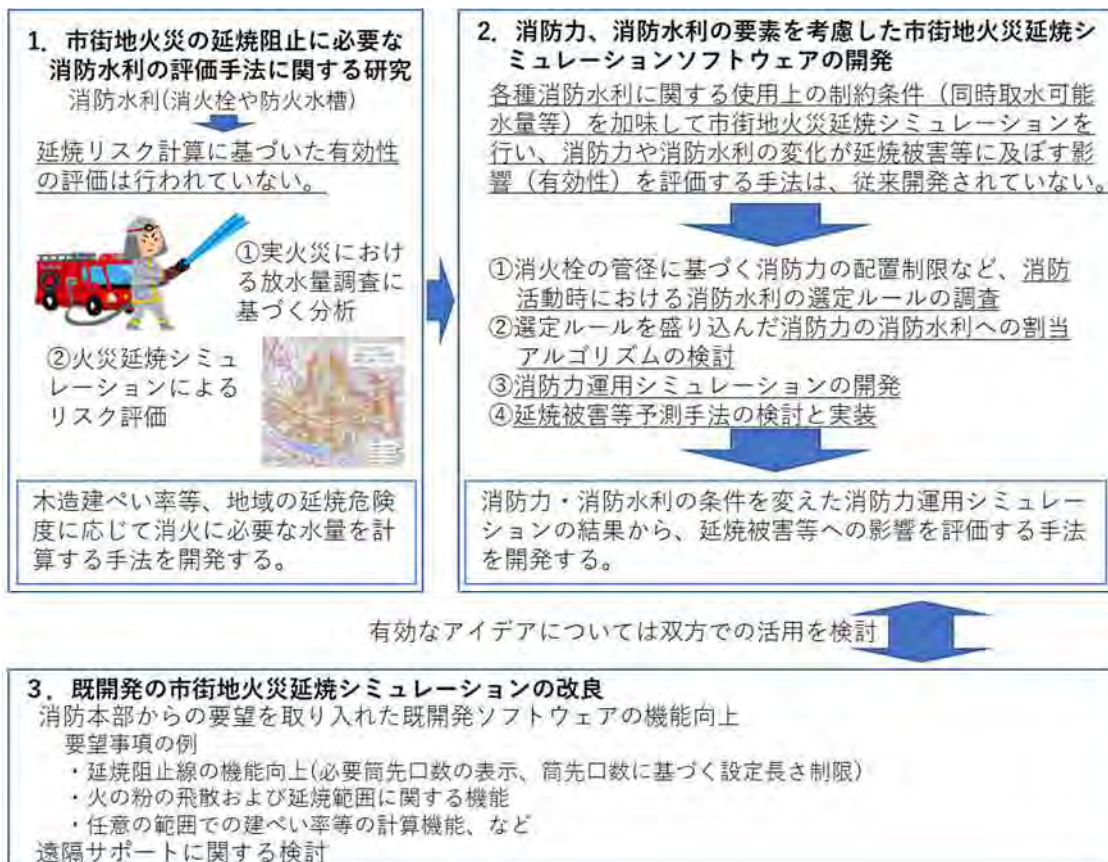


図 1 研究項目間の関係

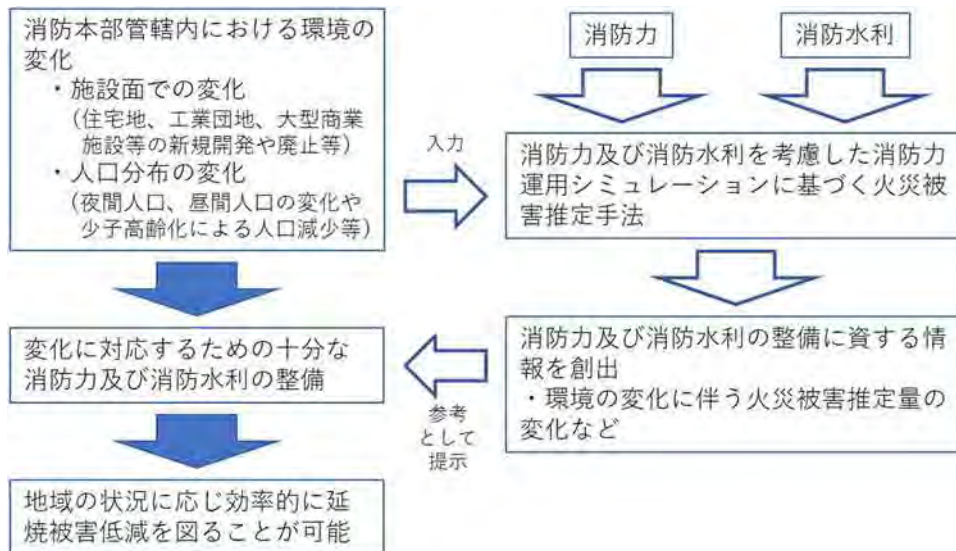


図2 研究成果の活用のイメージ

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。

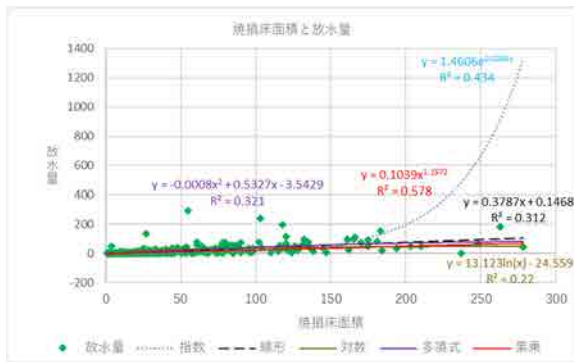
また、提供依頼のあった消防本部等に対して、シミュレーションソフトウェア、延焼経路データの提供（一部消防本部に対しては、消防事務の受託による管轄の拡大にあわせたデータの追加提供）を行った。

3. 令和 4 年度の研究成果

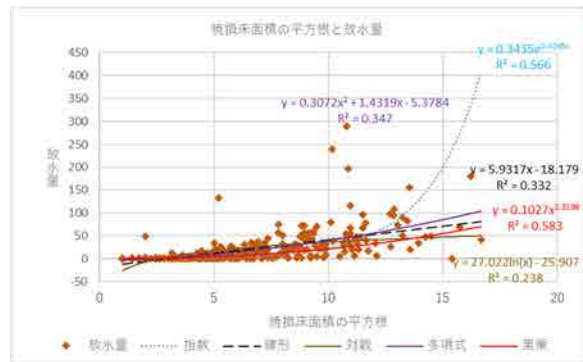
3.1 市街地火災の延焼阻止に必要な消防水利の評価手法に関する研究

横浜市消防局から提供いただいた 2017 年から 2021 年の放水量データの傾向を把握するため、放水量、放水筒先数、焼損床面積および火面周長に近い係数として想定した焼損床面積の平方根

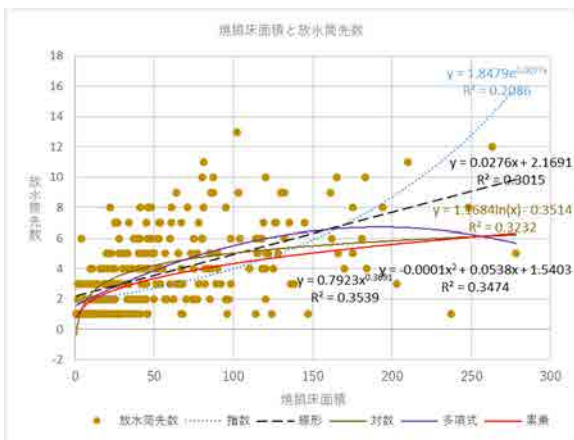
を対象として、各種グラフを作成して検討した。図3にその一部の例を示す。



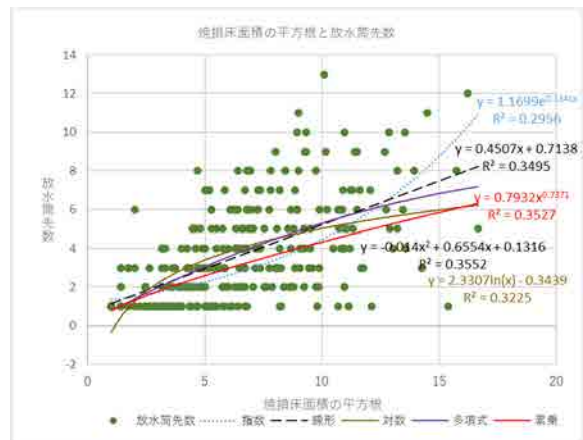
(1) 焼損床面積と放水量



(2) 焼損床面積の平方根と放水量



(3) 焼損床面積と放水筒先数



(4) 焼損床面積の平方根と放水筒先数

図3 放水量に関するグラフ (2017年~2021年)

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

上記図2に示したとおり、消防力、消防水利の要素に加えて、消防本部管轄内における環境の変化にも対応できるような手法を開発するため、建物の時間的な変化を延焼経路データの変化として記録管理する仕組みについて検討するとともに、ツールの開発を行った。

このツールは、基盤地図情報保存フォルダのデータセットを読み込んで、データセットの内容に更新や追加があった場合に、更新あるいは追加が行われた部分およびその周辺の基盤地図情報から延焼経路データを作成するとともに、延焼経路データを保存フォルダに上書き保存するものである。図4に示すように、このツールとストレージの履歴管理バックアップ機能を組み合わせることにより、地域の時間的な変化の影響に対応することが可能となった。

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

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、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点での火面周長を追加した。これにより、計算時間は伸びたものの、対象地域全体や指定した建物群から出火した場合の火面周長の拡大傾向について検討することが可能となった。

また、ネットワーク対応型市街地火災延焼シミュレーションシステムの試験公開に備え、アクセス権限の管理機能及びインターフェイスの構築を行った(図5)。

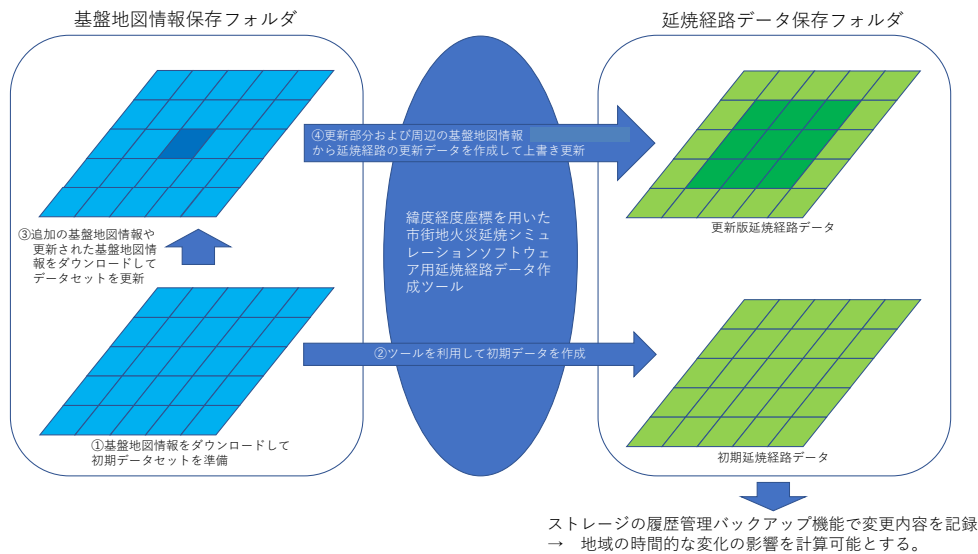


図4 緯度経度座標を用いた市街地火災延焼シミュレーション用延焼経路データ作成ツール

番号	名称	説明
(1)	ログアウト	ログアウトし、ログイン画面に戻る。
(2)	エラー表示	削除に失敗した際にメッセージが表示される。
(3)	番号	行番号を表示する。
(4)	ユーザーID	ユーザーIDを表示する。
(5)	更新権限	更新権限を「管理者」または「一般」で表示する。
(6)	所属名	所属名を表示する。
(7)	有効期限	有効期限を表示する。
(8)	削除ボタン	ユーザー情報を削除する。
(9)	編集ボタン	ユーザー情報を編集する。
(10)	追加ボタン	ユーザー情報を新規作成する。
(11)	表示色変更	有効期限によって表示色を変更する。 有効期限切れ：赤色 有効期限切れまで1か月以内：黄色 それ以外：黒色

図5 ネットワーク対応型市街地火災延焼シミュレーションシステム

その他、令和4年度は提供依頼のあった8消防本部等に対して、シミュレーションソフトウェア、延焼経路データを提供した(令和5年2月28日時点)。この結果、提供機関数は112となった。

3.4 その他の成果

従来から延焼クラスタの考え方をを用いた延焼棟数の期待値を計算する手法について検討を行ってきたが、平成7年(1995年)兵庫県南部地震当時の神戸市の建物データに基づいて構築した延焼クラスタデータと既存研究で求められた震度情報を用いて、手法の妥当性について検証を行った(図6、7、8参照)。

実際の地震被害は一つの事例であるのに対して延焼クラスタを用いた計算からは確率的に考えられる多数の事例の平均値が算出されているため単純に比較できるものではないが、検討してき

た2つの手法で計算した結果、手法による延焼棟数の期待値の差は3%前後だったものの、双方とも実際の値の7.5倍程度と大きくなった。また、平成7年(1995年)兵庫県南部地震の出火点分布は震度6以上の地域に多く家屋被害とほぼ比例していると言われており、検討してきた手法でも震度に応じて高い出火率を与えているため、延焼被害の計算結果にも同様の傾向がみられた。さらに、大規模火災の発生状況と比較してみたところ、延焼棟数の期待値の大きなメッシュならば大規模な火災が発生するとは言えないものの、大規模な火災が発生したメッシュは比較的延焼棟数の期待値が大きい傾向があることが見て取れた。

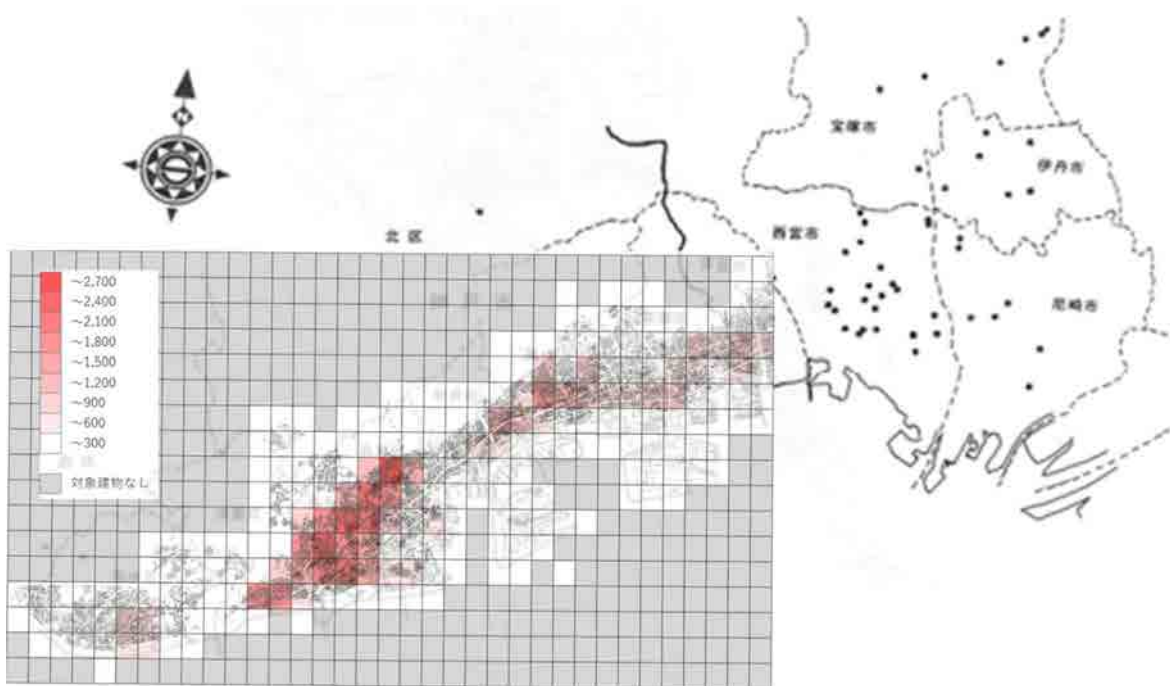


図6 延焼棟数の期待値計算結果(片方向延焼を考慮した手法)と平成7年(1995年)兵庫県南部地震の出火点分布

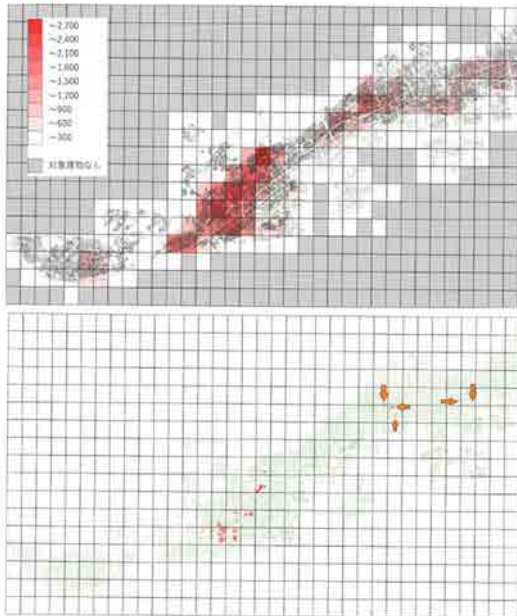


図7 延焼棟数の期待値と大規模火災の発生状況との比較 (1 km メッシュ)
上：推定結果 下：大規模火災発生状況

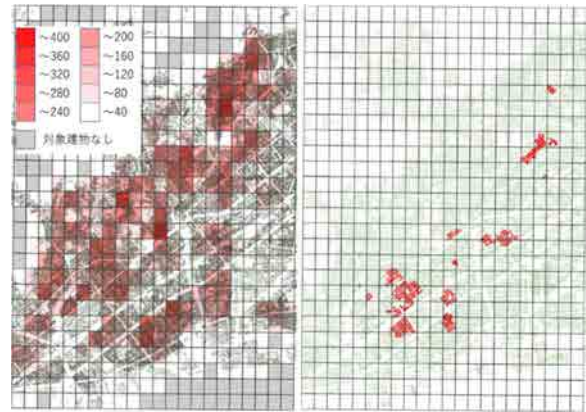


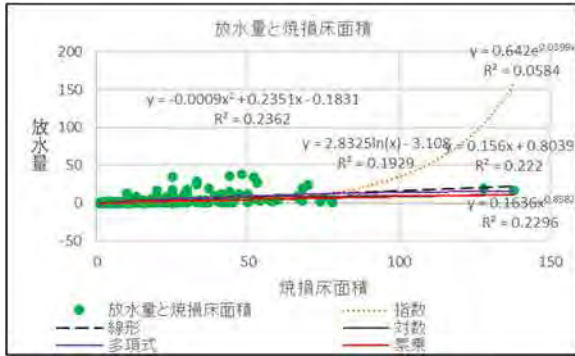
図8 延焼棟数の期待値と大規模火災の発生状況との比較 (250 m メッシュ)
左：推定結果
右：大規模火災発生状況

4. 令和5年度の研究成果

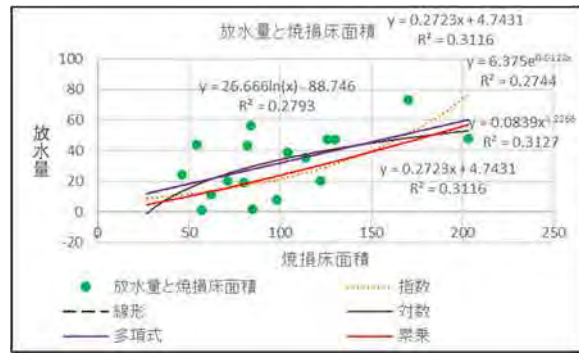
4.1 市街地火災の延焼阻止に必要な消防水利の評価手法に関する研究

令和4年度に行った放水量データの分析を更に進め、火災による焼損棟数及び焼損程度に基づいて4種類のデータを作成し、それぞれについてグラフ化して検討を行った。外れ値とみられるデータを削除すると削除前に比べると決定係数はそれぞれ大きくなったが、令和4年度に入手したデータ全体をまとめて計算した場合と比べると決定係数は小さくなった(図9)。

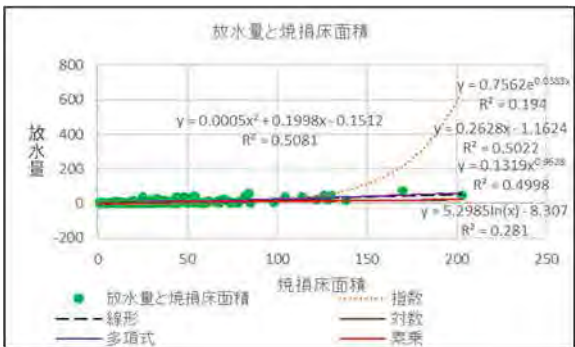
また、入手した放水量データは火災に出動した各隊につき1行のデータとなっているが、回帰分析を行うため、利用した口径ごとのホース本数などの項目を火災単位に集計して、回帰分析用のデータを作成した。



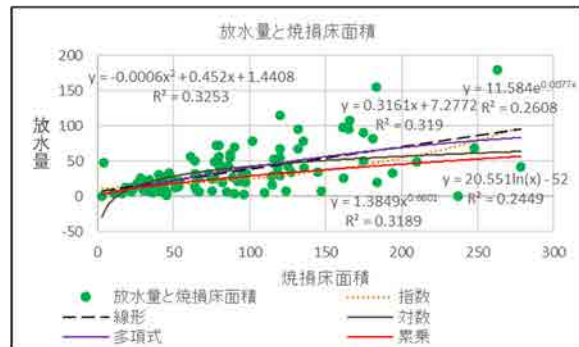
(1) 火元のみ (半焼・部分焼)



(2) 火元のみ (全焼)



(3) 火元のみ



(4) 火元+1 棟以上

図9 放水量と焼損床面積の関係に関するグラフ (外れ値除去)

4.2 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

消防力の要素を考慮して地域の延焼リスクを計算することができるよう、消防力運用シミュレーションの開発を行った。開発するシミュレーションは次の3種類とした。

- ・ 大規模地震災害時の初動時消防力最適運用システム方式 (図10)
- ・ 東京消防庁 火災予防審議会第21期報告書の消防力運用方式
- ・ 東京消防庁 火災予防審議会第21期報告書の消防力運用方式を一部改変し、火面周長のみで算定する方式

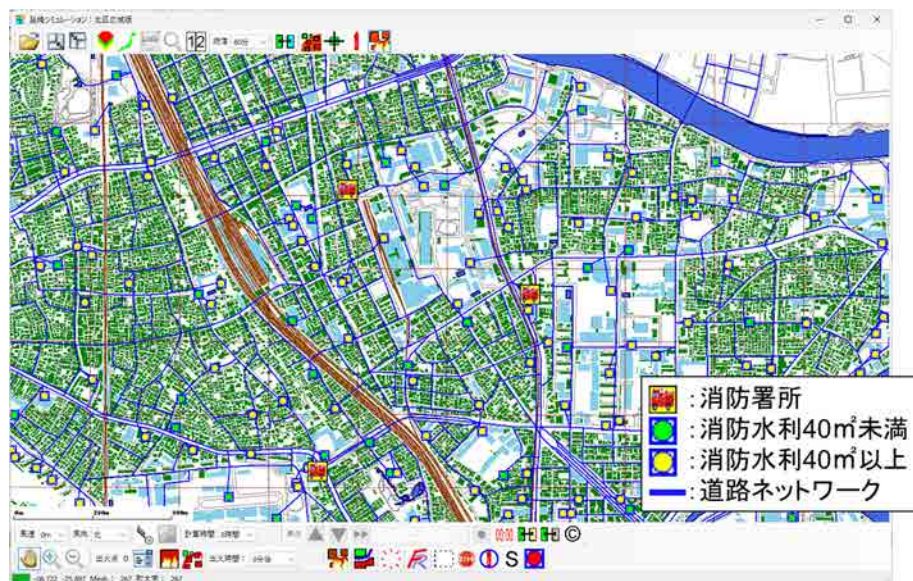


図 10 初動時消防力最適運用システム方式の消防力運用シミュレーション画面例

4.3 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。

- ・火災リスク計算機能への東消式による計算機能
- ・火災リスク計算機能における燃え落ち時間設定機能

また、これまで市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアを提供してきた消防本部を対象とする試験公開に備えて、実行結果管理機能の強化を行った。

その他、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った。令和 5 年度は、7 機関に対して新規に提供したほか、2 機関に対して更新したデータの提供を行った結果、提供機関数は合計 119 機関となった。

4.4 その他の成果

令和 6 年 1 月 1 日に発生した能登半島地震に関連して、焼けどまり調査や消防本部に対するヒアリングを行うとともに、これらの調査結果等に基づいて輪島市河井町で発生した火災の市街地火災延焼シミュレーションによる検証を行った。

当初、従来どおり木造建物を防火木造として計算していたが、時間が経過するにつれて実際の延焼状況のずれが大きくなる結果が得られたため、延焼地域内の建物の外壁を Google ストリートビューで巡回して調査した (図 11)。調査の結果、少なくとも 6 割程度の建物の外壁が板張りであることがわかったことから、裸木造の延焼速度式を用いるとともに、初期条件として図 12 に示す延焼阻止線や出火点を設定して計算を行った結果、比較的良い一致をみた。シミュレーションの計算結果と映像記録から判明している実際の延焼状況を比較した結果を図 13 に示す。

さらに、試みとして、消防活動が行われていなかった場合について計算を行った結果を図 14 に示す。この計算においても、気象条件は南南西の風 3 m/s とした。図中の矢印は 1 時間に延焼が進んだ方向と距離を示している。結果として国道 249 号線より北、錦川通りの西にある街区の木造建物がほぼ全て焼失するという結果が得られた。この場合の焼損範囲は約 11 万 m^2 となり、実際の火災の焼損範囲の倍以上となった。また、最後に延焼した建物が盛期火災を過ぎるまでの時間は約 20 時間だった。



図 11 Google ストリートビューに基づく輪島市朝市地区における建物外壁の分類
 ※ストリートビューで範囲内を巡回し、建物の外壁について、見える範囲のみの情報で判別したもの
 ※街区の中ほどはストリートビューで見ることができないため分類できていない。



図 12 シミュレーションによる検証にあたって設定した初期条件

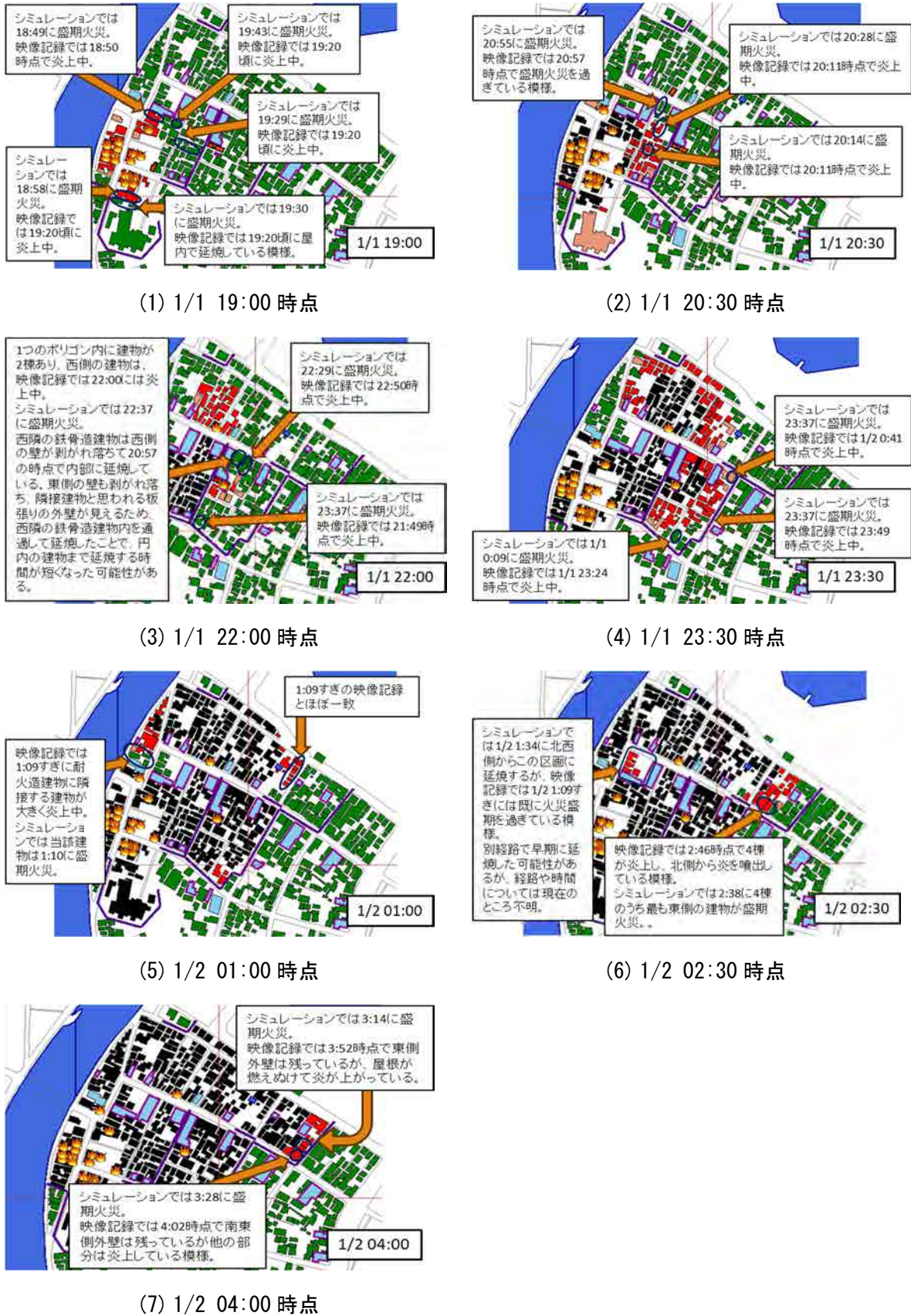


図 13 市街地火災延焼シミュレーションの計算結果と実際の延焼状況の比較



図 14 放任火災の場合の計算結果（風向：南南西、風速：3 m/s）

5. 令和 6 年度の研究成果

5.1 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

令和 5 年度に引き続き、外れ値や予測式との計算誤差の大きなデータを除外するとともに、決定係数の変化を調べたが、令和 5 年度の結果と同様、計算誤差の大きなデータの削除が必ずしも決定係数の改善にはつながらなかった。

また、横浜市消防局から提供いただいた 2017 年から 2021 年の放水量データを集計して令和 5 年度に作成した回帰分析用データを用いて、回帰分析を試みた。試行錯誤を行った結果、説明変数として焼損床面積の合計と筒先口数の合計を用いた場合に、重相関係数、重決定係数が比較的大きくなることが判った。また、使用したノズルの口径など一部のデータに記録漏れがあると思われるデータを取り除いて計算を行った結果、取り除かない場合に比べて重相関係数、重決定係数ともに大きくなった。回帰分析で得られた指標の例を、図 15 に示す。

なお、図 15(2)の場合の回帰式は、

$$\text{放水量 (m}^3\text{)} = 0.3094 \times \text{焼損床面積合計 (m}^2\text{)} + 5.0320 \times \text{筒先口数合計} - 15.3773$$

となった。

回帰統計		回帰統計	
重相関 R	0.654075933	重相関 R	0.728172034
重決定 R2	0.427815326	重決定 R2	0.530234511
補正 R2	0.424026024	補正 R2	0.52044773
標準誤差	26.18052168	標準誤差	25.51035042
観測数	305	観測数	99

(1) 欠損のあるデータも含む、データの焼損床面積の合計と筒先口数の合計を用いて回帰分析を行った際の指標

(2) 欠損のあるデータを含めず、データの焼損床面積の合計と筒先口数の合計を用いて回帰分析を行った際の指標

図 15 放水量データに基づく回帰分析で得られた指標の例

5.2 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

令和 5 年度に開発した消防力運用シミュレーションに対して、下記 3 点の改良を行った。

(1) 消防水利に配置できる車両数、筒先数の上限を設定する機能の追加 (図 16)

消防力運用シミュレーションを行う際に、消防水利に配置できる車両の数、車両当たりの筒先数を一括で設定することのできる機能を追加した。

(2) 水利情報機能に消防本部や水道部局で管理する際の番号を追加

消防水利の管理簿等と見比べる際に探しやすいよう、システム内で管理できる情報項目に管理番号欄を追加した。

(3) 消防車両配置結果のログ出力機能の追加

検証に用いるため、消防力運用シミュレーションを実施した場合に消防車両がいつ、どの水利に配置されたのか等、消防力運用に関する情報をログに出力する機能を追加した。

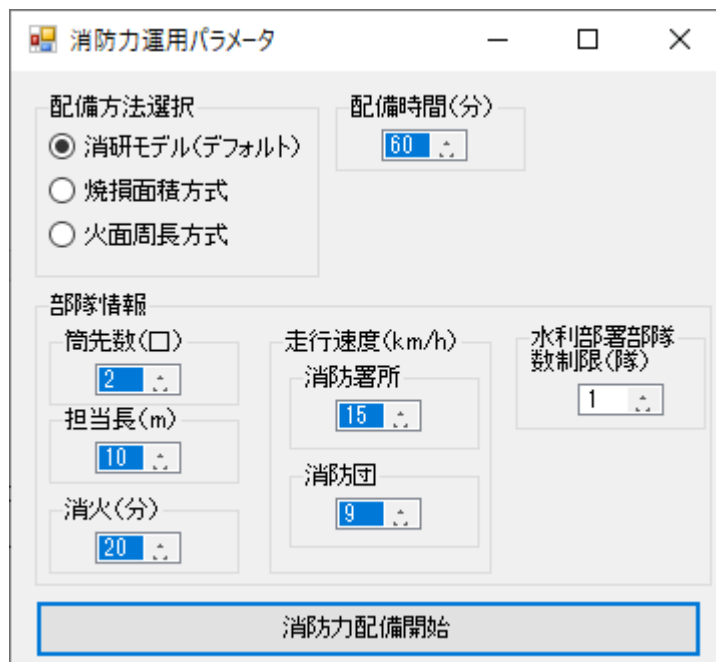


図 16 消防力運用シミュレーションのパラメータ入力画面

5.3 市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアの改良

ネットワーク対応型市街地火災延焼シミュレーションシステムに対して、アニメーション表示の描画速度向上と風向風速の時系列データへの対応を行った。

(1) アニメーション表示の描画速度向上

描画ロジックの改良を行って高速なアニメーション表示を実施できるよう改良した。この結果、24時間や72時間という長時間のシミュレーションを行っても問題なく描画できるようになった。

(2) 風向風速の時系列対応

風向風速に関する時系列データをファイルから読み込み、シミュレーションの途中で風向や風速を変更することができる機能を追加した。図 17 に風向風速の時系列データの例を、また、図 18 に風向風速データの利用有無による計算結果の違いについて示す。図 18 の左列は風向風速を北東の風 2.5 m/s に固定して計算を行った結果であり、右列は図 17 の時系列データを入力として与えた場合の計算結果である。4 時間後および 8 時間後に風向風速が変化するとともに、延焼範囲が風下方向へ拡大するよう変化していることがわかる。

その他、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った。令和 6 年度は、24 機関に対して新規に提供したほか、2 機関に対して更新したソフトウェアを提供し、2 機関に対して更新した延焼経路データを提供した。この結果、提供機関数は合計 143 機関となった。

5.4 その他の成果

令和 6 年 1 月 1 日に発生した能登半島地震に伴って輪島市河井町で発生した火災について、消防庁官による火災調査の一環として、設定条件を変更した計算を実施した。図 19、20 は朝市通りを越えて北側街区へ延焼しなかった場合の検証として、前年度にこの火災の再現を目指して設定した設定条件から、焼損範囲北側街区の飛び火を設定せずに計算を行った結果である。この時の焼損棟数は 143 棟、焼損した建築物の建築面積の合計は約 10,595m² となり、焼損棟数、焼損した建築物の建築面積の合計の双方とも、概ね半分程度に収まる結果となった。

また、図 21 に、シミュレーションから推定された北側街区の延焼動態を示す。各時点の火災前線は、それぞれの時点において延焼中となった建築物を囲むように建築物の外形線を結んで作成した。

その他、令和 6 年 1 月 1 日に発生した能登半島地震に伴って輪島市河井町で発生した火災について令和 5 年度及び令和 6 年度に実施したシミュレーションの内容について、日本火災学会誌「火災」や消防防災科学センターの消防防災の科学誌へ投稿したほか、消防防災研究講演会において口頭発表を行った。

時間 (分)	風向	風速 (m/s)
0	北東	2.5
240	東	6.2
480	南	3.4

図 17 風向風速の時系列データの例



(1-1) 計算開始時



(2-1) 計算開始時



(1-2) 4 時間後の延焼範囲



(2-2) 4 時間後の延焼範囲
(東の風 6.2m/s に変化)



(1-3) 8 時間後の延焼範囲



(2-3) 8 時間後の延焼範囲
(南の風 3.4m/s に変化)



(1-4) 10 時間後の延焼範囲



(2-4) 10 時間後の延焼範囲

図 18 ネットワーク対応型市街地火災延焼シミュレーションシステムの計算結果例
(風向風速データの利用有無による計算結果の違い)

左列：北東の風 2.5 に固定した場合 右列：図 17 の時系列データを与えた場合

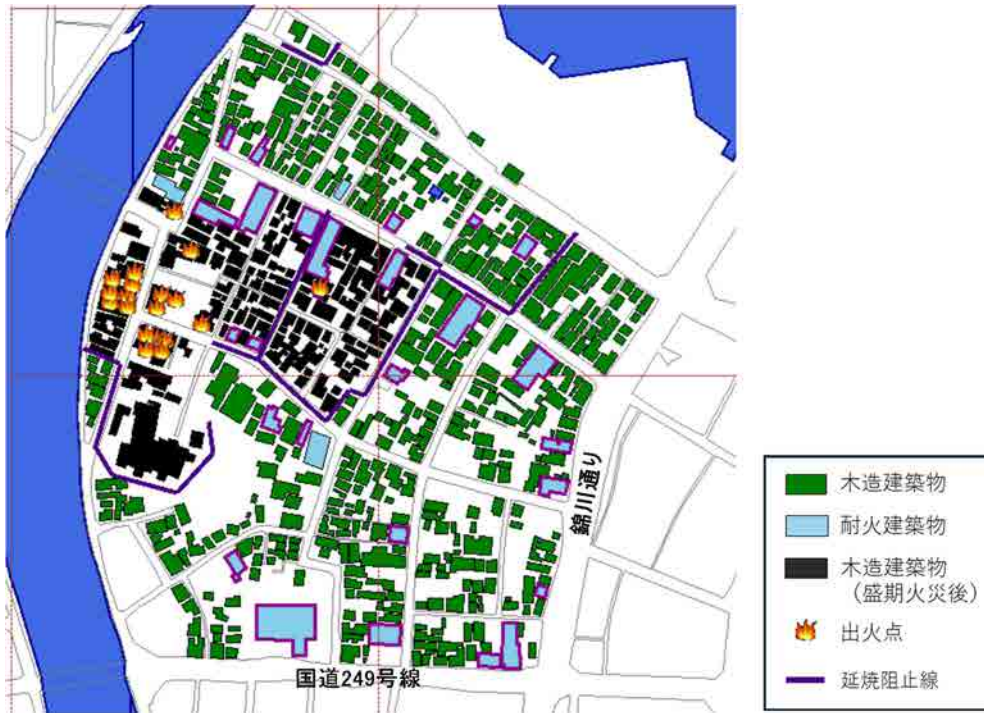
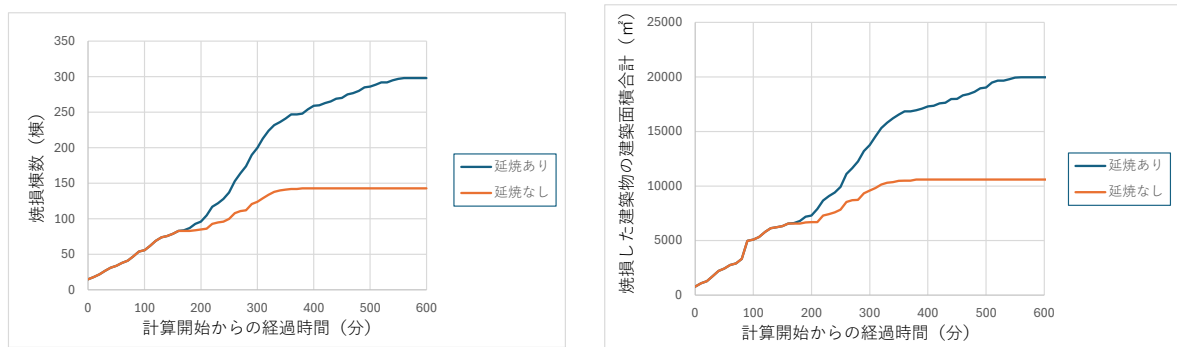


図 19 朝市通りを越えて延焼しなかった場合の計算結果



(左) 焼損棟数の推移

(右) 焼損した建築物の建築面積合計

図 20 朝市通りを越えた延焼の有無による焼損棟数等の違い



図 21 シミュレーションから推定された北側街区の延焼動態

6. 令和7年度の研究計画

6.1 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

引き続き入手した放水量データの分析を行い、消火に必要な水量を求める手法について精度向上を図る。

6.2 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

消防力運用を行った際に予想される延焼被害と必要水量などを地域全体で示すことのできるソフトウェアを開発する。

6.3 市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアの改良

ネットワーク対応型市街地火災延焼シミュレーションシステムを、これまで市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアを提供してきた消防本部を対象として試験公開し、修正すべき課題等について意見を聴取する。

上記の聴取結果や従来から寄せられている要望事項を踏まえて検討を行い、有効と思われる機能を追加する。

また、輪島市大規模火災を踏まえ、市街地火災延焼シミュレーションソフトウェアに建物倒壊の影響を盛り込むための改良を行うとともに、建物種別を増やす改良を行う。

更に、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	
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				
				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

7. 共同研究

- ・横浜市消防局

8. 所外発表

- 1) 高梨健一、細川直史：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）、2021年度日本火災学会研究発表会、2021.5
- 2) 高梨健一、細川直史：延焼クラスタの考え方を用いた延焼棟数の期待値計算の結果と実被害の比較、2023年度日本火災学会研究発表会、2023.5
- 3) 高梨健一：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地震火災リスク評価について、消防研修、第113号、pp.129-138、2023.9
- 4) 鈴木恵子、篠原雅彦、高梨健一：能登半島地震における火災調査報告会 能登半島地震後の輪島市大規模火災調査について、2024.2
- 5) 高梨健一、篠原雅彦、鈴木恵子、細川直史：令和6年能登半島地震により輪島市河井町で発生した火災の市街地火災延焼シミュレーションによる検証、2024年度日本火災学会研究発表会、2024.5
- 6) 高梨健一、細川直史：令和6年能登半島地震により石川県輪島市河井町で発生した大規模火災の市街地火災延焼シミュレーション、火災、Vol.74、No.3、pp.37-41、2024.6
- 7) 高梨健一：令和6年能登半島地震に伴って発生した輪島市大規模火災の市街地火災延焼シミュレーション、消防防災の科学、No.157、pp.36-44、2024.8

(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*¹⁾、筒井佑貴*²⁾、吉岡大貴*³⁾
 特別上席研究官 天野久徳*¹⁾

*¹⁾ ～令和 5 年 3 月

*²⁾ ～令和 7 年 3 月

*³⁾ 令和 6 年 8 月～

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 m² 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 72,000 m²）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 44,000 m²）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 7,000 m²）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、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。

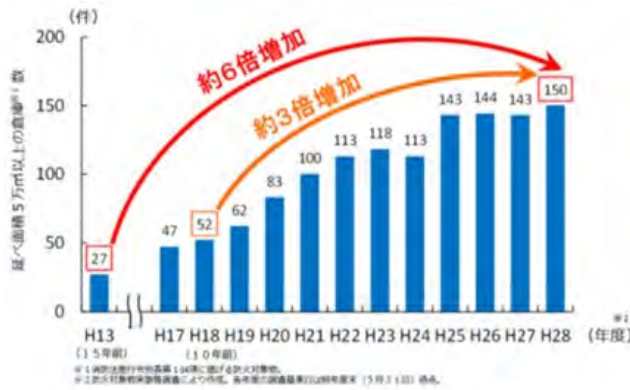


図1 大規模倉庫（延べ面積 5 万 m² 以上）件数の推移 図2 埼玉県三芳町倉庫火災時の様子

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（PFOS 等）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（PFOA 等）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するための消火手法の研究開発、及び、環境影響に考慮したフッ素フリー泡消火剤を用いた冠泡消火の消火性能を検討するため、以下の項目を実施する。研究開発スケジュールは、表 1 に示す。

2.1 倉庫火災等の実態調査

倉庫火災の事故事例調査や、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。



図3 宮城県岩沼市大規模物流倉庫火災時のバックドラフトの様子【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。

2.4 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ヶ年の研究計画

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を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。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。

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

① 外壁開口部が最低限

倉庫は、商品の保管を目的と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、商品の保管を目的と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出入口（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 現行法令が追い付いていない

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、非該当に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) 大規模倉庫火災に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"> ・ 発災当時の建物の基本情報について（構造、階層、面積等） ・ 発災当時の消防用設備等の設置状況について ・ 発災当時の平面図、警防計画の閲覧 ・ 活動内容について ・ 対応した職員への当時状況の聴取について ・ 消防車両及び資器材についての意見交換

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⑧～⑪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

大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、すでに出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、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、防火シャッターを取り付けた壁も大きく変形していた箇所も多く、対象建物の耐火時間を遥かに超えて崩落したと考えられる。

このような状況下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中で、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、大量の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を、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炎抑制、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1,500㎡未満が大半を占めていた。そのため1,500㎡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1,500㎡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	1,500㎡ごと	3,000㎡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)	1,000㎡ごと	2,000㎡ごと		
準耐火構造*3(45分)	500㎡ごと	1,000㎡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1,300℃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、天井高さを自在に変えられ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進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。

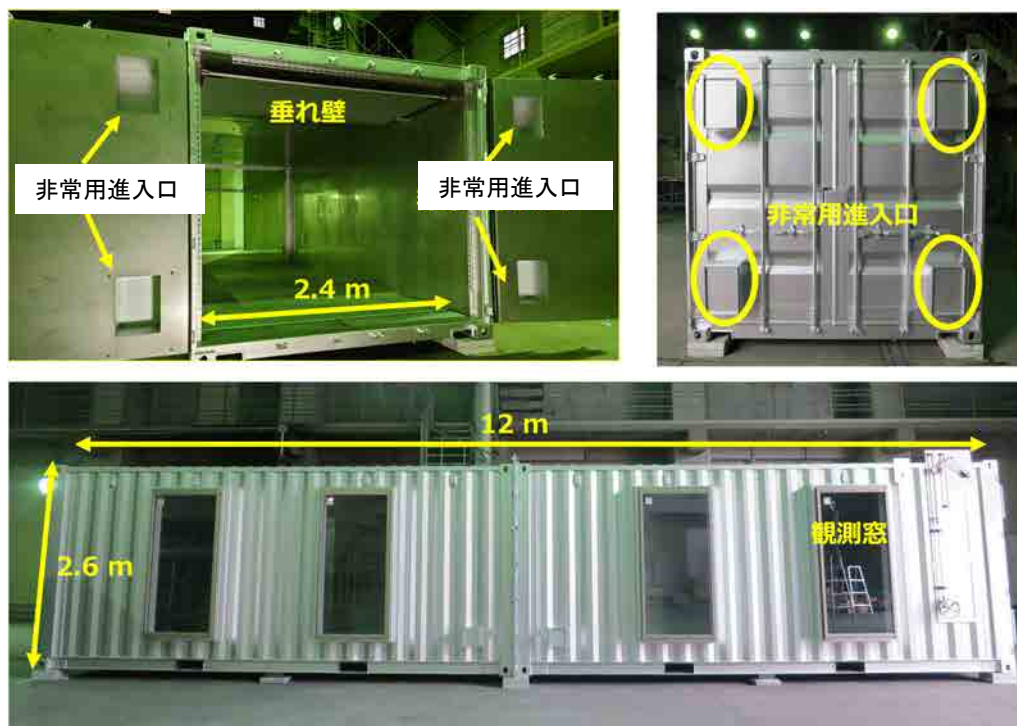


図4 倉庫区画模型の外観

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ーにし、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年度の研究成果

4.1 倉庫内にある集積可燃物の燃焼性状の検討

(1) 倉庫内にある木質パレット及び段ボールのフラッシュオーバー発生条件

令和3年度に実施した倉庫の実態調査より、ラック等に置かれている物品や集積状況は多種多様であるが、物品の多くは段ボールに梱包され、木または樹脂製のパレットに置かれている状況が多く見られた。また、これらは天井から1m程度にまで積み上げられており、火災が発生し初期消火に失敗した場合、フラッシュオーバー（以下、F.O.と言う）が発生し延焼が急拡大することがある。F.O.現象には様々な定義があるが、局部的な燃焼が全可燃物表面に拡大する現象と考えられており、区画火災では、F.O.の発生を境に、区画内温度が急激に上昇し、消防隊の内部進入等は極めて困難となり危険な状況となる。そのためF.O.の発生条件を明確にすることが出来れば、その発生予測や遅延処置が図れ、安全で効果的な消火活動に繋げることが可能となる。令和4年度は、F.O.の発生条件を調査することを目的に、図5と表5に示す実験装置及び実験条件にて、パネルヒーターにより熱流束を変化させて木材を加熱し、所定の表面温度で可燃物に着火させた。また、熱流束の測定位置は、パネルヒーター中心位置（縦100mm×横150mm×高さ200mm）で計測し、またパネルヒーターの熱流束の一様性（表5熱流束値±1%の範囲）が確保されるX=50mmから150mm（パネルヒーター中心位置±50mm）の範囲で延焼拡大速度をビデオ画像により解析した。

また、図6に示す延焼拡大の変位と延焼拡大速度の結果から、木材表面温度上昇に伴い、延焼拡大速度が大きくなっている。さらに木材表面温度が200℃を超える(d)(e)は、(a)(b)(c)と比較して延焼拡大速度が飛躍的に大きくなっていることが分かる。(d)(e)の延焼拡大速度が(a)(b)(c)と比較して飛躍的に大きくなったことは、木材の引火点220~264℃に関係する。木材の引火温度以上となる(d)(e)は、有炎燃焼に十分な量の可燃性ガスが木材表面から発生しており、(a)(b)(c)のような「木材表面の燃え広がり」ではなく、可燃性混合ガス中を火炎が伝わる「火炎伝播」で延焼拡大する様子が観察された。F.O.の発生条件は、20kW/m²以上とされており、同条件を満たす(d)の21.6kW/m²では約630秒で、(e)の29.0kW/m²では約150秒で木材の引火点を超過して250℃に到達し、延焼拡大が急速に起こりやすい状態となったといえる。このことから、20kW/m²の熱流束があり且つ木材表面温度が250℃に達するとF.O.が発生することが推定される。

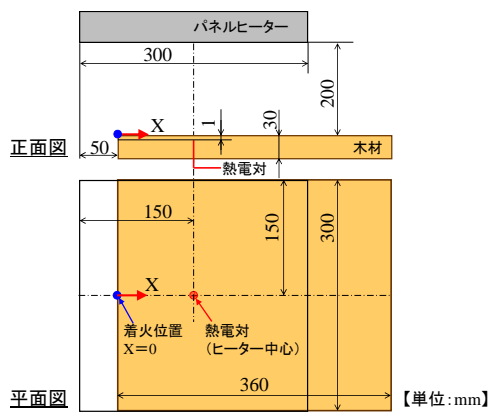


表 5 延焼拡大速度測定の実験条件

	木材表面		ヒーター
	着火時の表面温度 (°C)	熱流束 (kW/m ²)	出力 (kW)
(a)	100	14.3	3.0
(b)	150		
(c)	200		
(d)	250	21.6	4.5
(e)		29.0	6.0

図 5 延焼拡大速度測定装置

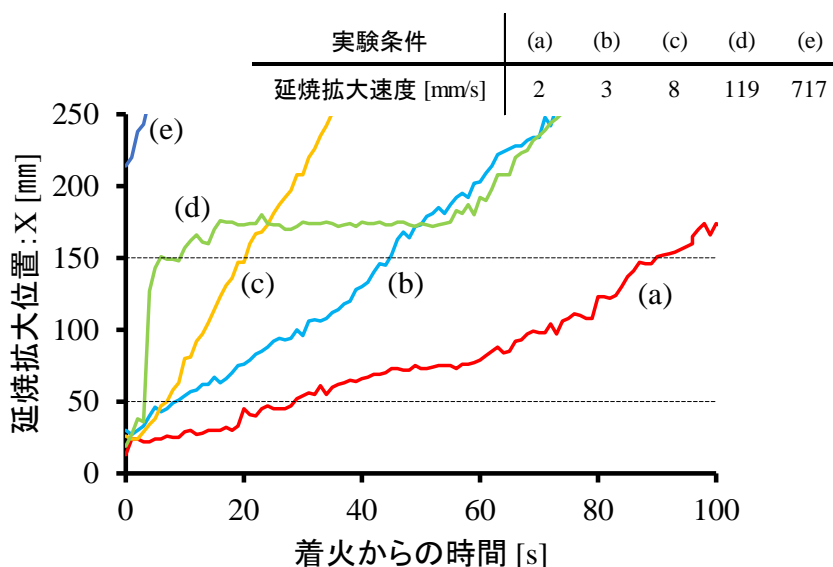


図 6 木材の延焼拡大の時間変位及び速度
(図中の破線は延焼拡大速度に用いた算出範囲を示す)

段ボールについても同様に、図 5 の装置を用い、パネルヒーターにより熱流束を変化させた場合の段ボール表面の変化及び着火条件の検討を行った。

段ボールには様々な種類があり、物流倉庫等で一般的に用いられている、代表的な 4 種類

- (a) E フルーツ (厚さ 1.5 mm、ライナー種 C5)
- (b) B フルーツ (厚さ 3.0 mm、ライナー種 C5)
- (c) A フルーツ (厚さ 5.0 mm、ライナー種 C5)
- (d) A フルーツ (厚さ 5.0 mm、ライナー種 K5)

を用い、段ボールの厚さ(フルーツ)や、段ボール表面の紙密度(ライナー)が異なる物を用い、熱流束に対する着火条件を調べた。図 7 に示す通り、パネルヒーターにより段ボール表面に放射熱を当て加熱し始めると煙の発生後、ライナーの割れが生じ、その後、着火し有炎燃焼へと移行した。



図7 段ボール発火時の様子

表6に、(a)~(d)の厚さ1.5mmから5mmの段ボールを用い、熱流束12.7~29.0kW/m²による発火条件を調べた結果を示す。熱流束14.3~17.9kW/m²の範囲で発火の可能性があり、また熱流束21.6kW/m²以上の条件では、全ての段ボールが発火した。更に、発火までの傾向としては、ライナーが割れた後に発火する傾向(発火した44試行中42回で確認)が見られた。

表6 熱流束に対する段ボールの発火条件

	熱流束 [kW/m ²]	段ボール種			
		(a) 1.5mm-C5	(b) 3mm-C5	(c) 5mm-C5	(d) 5mm-K5
非発火	12.7	○	○	○	○
	14.3	○	△	○	△
発火の可能性	16.0	○	○	○	○
	17.9	△	○	○	○
発火	21.6	○	○	○	○
	25.3	○	○	○	○
	29.0	○	○	○	○

○ : 全試行で非発火
△ : 発火と非発火が混在
○ : 全試行で発火

注) 1. 枠内の数字は発火回数/試行回数
 2. 数字がない枠は5回試行し、全て同じ結果
 3. 薄い塗色は発火または非発火の推測

図8に、熱流束に対する放射開始から発火までの時間を示す。指数関数的に発火時間は短くなり、熱流束14.3kW/m²では、発火までに約90秒を要するが、熱流束21.6kW/m²では、放射開始30秒前後で発火し、更に高い熱流束となる29kW/m²では約20秒で発火している。また、今回の結果から、熱流束に対し、ライナー割れ、発火時間においても、段ボール厚さやライナーの種類による影響は小さいことがわかった。このことから、木材同様に、約20kW/m²以上の熱流束となった場合、急激に発火時間が短くなり、段ボールでもF.O.が発生することが推定される。

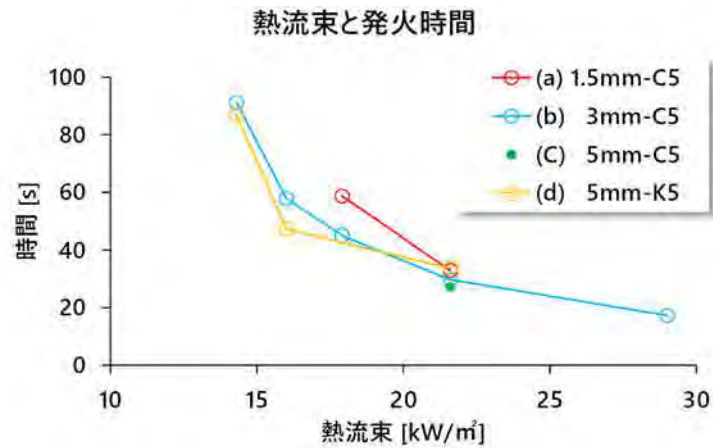


図 8 各種段ボールの熱流束に対する発火時間

(2) 倉庫火災を想定した倉庫模型内の燃焼性状の検討

令和 3 年度に製作した倉庫模型を用いて、液体燃料 (n-ヘプタン) の発熱速度、区画内の気流状況を変化させた時の模型内の温度分布、酸素濃度分布を調べ、消火手法を検討する上で必要となる、倉庫等の区画火災時の燃焼挙動の検討を行った。

実験装置は、図 9 に示す通り、幅 2.25 m、奥行 11.8 m、高さ 2.3 m で、床面積 26.7 m²、模型容積約 62 m³ の模型を用いた。観測窓及び模型の中心軸上に燃焼用火皿を設置し、燃焼挙動を可視化するため床面高さ 50 mm 位置に燃焼火皿を設置した。区画内の天井から床面までの温度分布を計測するため、K 型熱電対を天井から 100 mm 間隔で設置し、計 22 点の温度計測を行った。この熱電対ツリーを 4 ヶ所 (T1~T4) に設置し、各位置における温度計測を行った。また、区画内の平均酸素濃度を計測するため、区画中央箇所、ガスサンプリングプローブを 3 ヶ所設けた。更に、倉庫内は、一般的にラック等に積上げられた保管物が多く存在し、それらを模擬した衝立を模型内に 3 列設置し、火災時の空間温度分布や空間酸素濃度に与える影響を確認した。

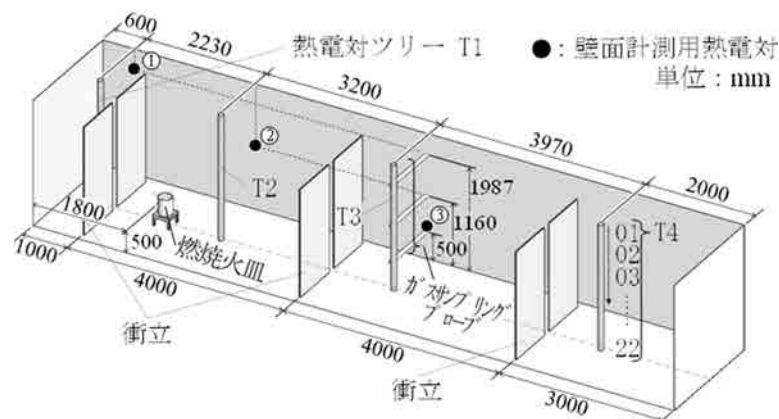


図 9 実験装置配置図

ラック等に置かれている物品や集積状況は多種多様であるが、先に行った倉庫の実態調査より、幅 1m×奥行 1m×高さ 1~1.25m の段ボール、またはこのサイズにパッキングされた物品がラック 3 段にパレット積みされている状態が多かった。今回、ラック 3 段に積まれている段ボール (1 セット) が燃焼したと仮定すると、その表面積は約 16m² となる。これは、A2 クリブとほぼ同等の表面積を有する事になる。最大発熱速度は、可燃物表面積にほぼ比例することは知られており、更に A2 クリブの最大発熱速度は約 2 MW になることから、ラック 3 段の可燃物 (1 セット) が燃焼する場合、最大発熱速度が 2 MW になると仮定し、模型側の実験条件を設定した。そして発熱速度の違いによる模型内での消炎及び熱的挙動を検討するため、模型 (倉庫模型: 62 m³) と原型 (実倉庫の 1 区画: 10,000 m³) の容積比 (1/161) により火災模型の発熱速度を表 7 の通り設定し、その発熱速度に近づけ実験火災模型の発熱速度で検討を行った。

表 7 実倉庫区画と倉庫模型に対する発熱速度の対応関係

	発熱速度 [kW]		
	2,000*	4,000**	12,000***
実倉庫区画 (10,000m ³)	2,000*	4,000**	12,000***
倉庫模型 (容積比: 1/161)	12.4	24.8	74.4
実験火災模型	13	31	67.4

その結果、各発熱速度に対する消炎時の O₂ 及び CO₂ 濃度は、異なる発熱速度においても近い値を取り、各発熱速度に対する平均 O₂ 濃度は 14.5 %、平均 CO₂ 濃度は 4.4 % となった。更に、化学的に干渉しない不活性ガスを混合した場合、その混合ガスの消炎濃度は、式 (1) で算出され、

$$1/C = X_{IGi}/C_{IGi} + X_{IGj}/C_{IGj} \quad (1)$$

C は混合ガスの消炎濃度 (%), X_{IGi} は組成 i のモル分率、C_{IGi} は組成 i の消炎濃度、X_{IGj} は組成 j のモル分率、C_{IGj} は組成 j の消炎濃度を示す。

実測した CO₂ 濃度の平均値 (4.4 %) と、カップバーナー法で測定された n-ヘプタンに対する N₂ と CO₂ 消炎濃度から、N₂/CO₂ 混合ガスの消炎濃度と、それに対応する酸素濃度を表 8 に示す。

その結果、実測した消炎時の酸素濃度 (6 回平均) は、14.5 % であり、N₂/CO₂ 混合ガスの消炎濃度は 14.5 % で一致する。この事実は、カップバーナー法で測定した消炎濃度が実規模倉庫等の火災にも適用できることを示唆している。

表 8 各消火剤に対する n-ヘプタン消炎濃度

燃料	消火剤						消炎時の酸素濃度実測値 [%] (6点平均)
	CO ₂ [%]		N ₂ [%]		N ₂ /CO ₂ 混合ガス (N ₂ :CO ₂ =86:14)		
	消炎濃度	酸素濃度	消炎濃度	酸素濃度	消炎濃度	酸素濃度	
n-ヘプタン	22	16.3	33.6	13.9	30.8	14.5	14.5

表 9 に、倉庫模型内の発熱速度に対する熱的挙動を示す。今回は濃度計測と同位置となる T3 ツリーの各温度データを用い解析を行った。

隣接 2 点間温度勾配平均値 [°C/100 mm] とは、最大温度と最低温度の差による単位長さ当たりの温度勾配を示し、また隣接 2 点間最大温度勾配 [°C/100 mm] とは、ツリー鉛直方向で最も温度変化が大きい隣接 2 点間の温度勾配を示す。更に、最大/平均勾配比率は、上述した隣接 2 点間の平均と最大温度勾配の比率 [倍] を示し、また最大平均温度 [°C] は、天井温度を除いた平均温度の最大値を示す。そして、上下位置最大酸素濃度差 [%] とは、床面から高さ 500 mm、1,987 mm 位置で計測された、最大平均温度に対応する酸素濃度差を示す。

隣接 2 点間温度勾配平均値を見ると、各発熱速度 13 kW、31 kW、67.4 kW に対し、各々 2.1、3.5 (Exp. 2~5 の平均値)、9.2 °C/100 mm となり、発熱速度の増大により平均温度勾配も増加し、模型内の温度層の形成が顕著に表れている。特に温度勾配が大きい箇所は、T3_05~07 付近にあり、倉庫模型天井から 400~600 mm 範囲に形成している。実倉庫区画の縮尺 (3 倍) では天井から 1.2~1.8 m の高さに相当する。

表 9 倉庫模型内の発熱速度に対する熱的挙動

Exp.	容器寸法 [mm]	発熱速度 [kW]	衝立	最高温度 [°C]	最低温度 [°C]	隣接2点間温度勾配平均値 [°C/100mm]	隣接2点間最大温度勾配 [°C/100mm]	最大/平均勾配比率 [倍]	最大平均温度 [°C]	上下位置最大酸素濃度差 [%]
1	φ170	13	なし	87.5	47.9	2.1	5.5	2.6	67.58	0.27
2	φ240	31	なし	118.5	51.3	3.5	9.5	2.7	86	0.4
3		↑	なし	118.8	48.3	3.7	8.5	2.3	83.9	1.13
4		↑	あり	117.1	50.1	3.5	13.6	3.9	82.2	0.52
5		↑	なし	112.7	47.6	3.4	8.9	2.6	79.95	0.33
6	□355	67.4	なし	245	70.7	9.2	32.6	3.6	162.2	3.91

更に、実倉庫のラックを想定した衝立の有無による最大/平均勾配比率 (Exp. 2~5) は、衝立なしの条件で 2.3~2.7 倍となり、それに対し衝立あり (Exp. 4) の条件では 3.9 倍となり、顕著な温度層が形成される。これは天井と衝立上部の隙間を燃焼ガスが通過する際に気流が層化され、天井部に顕著な温度層が形成することが考えられる。これはラック等が多く存在する実際の倉庫区画で火災が発生した場合も同様、火災からの熱が上方に集中しやすく顕著な温度層の形成が考えられる。

また各発熱速度に対する上下位置の最大酸素濃度差を見ると、13 kW、31 kW の条件では、概ね 1% 未満であり、67.4 kW では、上下の酸素濃度が各々 14.3%、18.2% となり、その差は約 4% となる。また衝立あり (Exp. 4) の酸素濃度差は、1% 未満となり、酸素濃度において衝立の有無 (ラック等の有無) による影響は少ない結果となった。

このことから、発熱速度の大きい条件では、温度勾配や上下の酸素濃度差は、他の条件に比べ大きくなるが、本条件では中性帯の形成は確認できなかった。また上下方向の酸素濃度差も小さく、区画内への放水等により、内部の気流が攪拌されてもバックドラフトは発生しないことが推定される。

4.2 冠泡消火の性能評価に関する検討

区画火災におけるフッ素フリー泡消火薬剤を用いた冠泡消火に必要な諸性能（投入方法、投入量、泡性状（発泡倍率、還元時間、流動性））を明らかにすることを目的として、実験用の低流量型高発泡器の設計・製作及び泡性状の検討を行った。今回設計、製作したラボスケールの低流量型高発泡装置（図10）は、NFPA 11で示されている低流量型高発泡泡生成装置、及び、この装置を研究用途に合わせ仕様変更した Hardingらの装置をベースに製作を行った。発泡スクリーンは、形状の異なる3種類のパンチングメタル（ $\phi 2\text{ mm}$ - P.3.5 mm - A.R. 30 %、 $\phi 3\text{ mm}$ - P.5.0 mm - A.R. 33 %、 $\phi 4\text{ mm}$ - P.5.5 mm - A.R. 48 %）を用い、発泡スクリーンの形状は NFPA 11 と Hardingらの装置で採用しているコーン型とした。

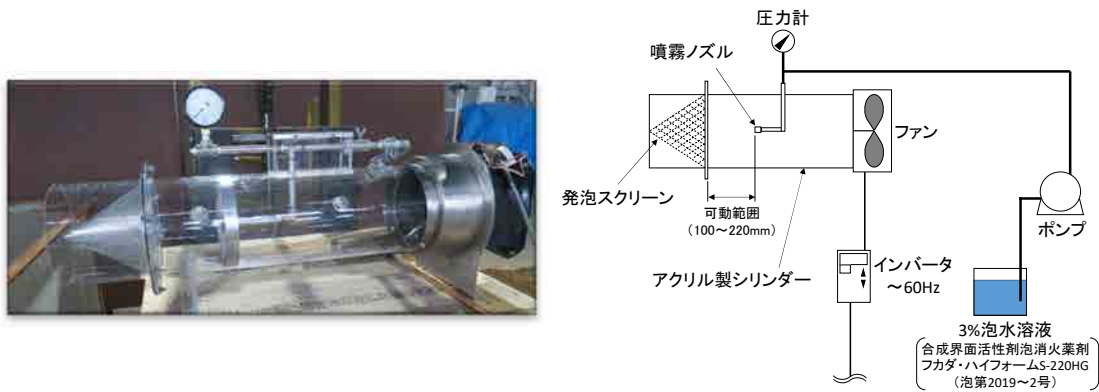


図 10 実験用低流量型高発泡装置

今回製作した実験用低流量型高発泡装置の空気流量に対する発泡性能を確認するため、噴霧量 6 L/min、発泡スクリーン表面積を一定とし、各発泡スクリーン（3種）に対して空気流量を変えて発泡倍率を測定した。図 11 に各発泡スクリーン（3種）における、空気流量と発泡倍率の関係を示す。

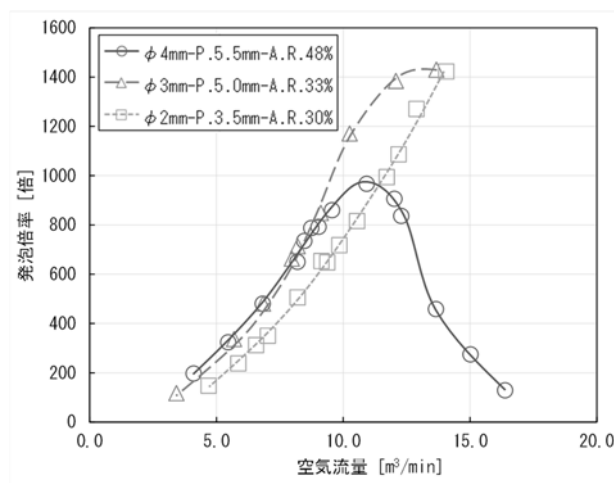


図 11 実験用低流量型高発泡装置の発泡性能

空気流量増加により発泡倍率が上がることが確認できたが、 $\phi 4\text{ mm} - \text{P.}5.5\text{ mm} - \text{A.R.}48\%$ の発泡スクリーンにおいては $11\text{ m}^3/\text{min}$ をピークに空気流量過剰となり発泡圧を大きく越え破泡するため発泡倍率が低下すると考えられる。

次に、今回製作した実験用低流量型高発泡器の各発泡スクリーン (3 種) における任意の発泡倍率に対する 25 %還元時間を確認するため、噴霧量 $6\text{ L}/\text{min}$ 一定とし、発泡倍率 300、500、700 倍における 25 %還元時間を測定した。図 12 に、各発泡スクリーン (3 種) の発泡倍率 300、500、700 倍における 25 %還元時間を示す。

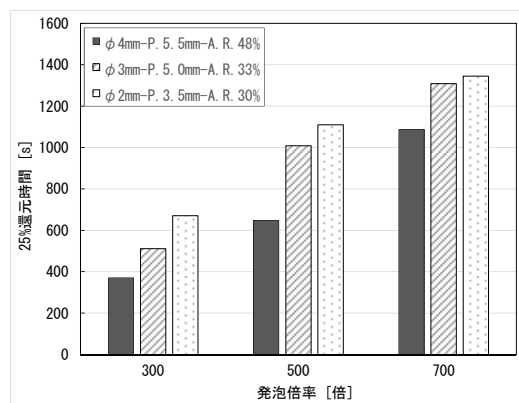


図 12 実験用低流量型高発泡装置の還元特性

各発泡スクリーンにおいても発泡倍率の上昇に伴い 25 %還元時間が長くなることが確認できた。また、同じ発泡倍率の場合、いずれの発泡倍率でも開孔径の小さい発泡スクリーンにより発泡した泡の 25 %還元時間が長くなる傾向が確認できた。このことから、発泡スクリーンの形状 (孔径、ピッチ、開孔率) により、任意の発泡倍率に対し 25 %還元時間を制御できることが確認された。

5. 令和 5 年度の研究成果

5.1 倉庫火災等に対する消火手法の検討

大規模倉庫火災時の既存の消火手法 (ガス系消火、冠泡消火、放水消火) における課題や、火災覚知から 1 時間以内 (防火区画の耐火時間) の火勢抑制、すなわち防火区画崩壊までの消火手法とその実現可能性や課題抽出を行った。

(1) ガス系 (窒素) 消火の場合

閉鎖区画の場合、ガス系消火剤による全域消火は障害物の影響を受けない。火災覚知から窒素注入までの準備時間を 20 分、有炎燃焼を止める (酸素濃度 14 %) 窒素注入時間を 40 分と想定した場合の窒素注入流量と窒素の総量を図 13 に示す (計算方法は一般のガス系消火設備に基づく)。

$10,000\text{ m}^3$ の区画に対し、40 分で酸素濃度約 14 % を達成するには窒素流量が $100\text{ m}^3/\text{min}$ 必要で、総窒素注入量は約 $4,000\text{ m}^3$ となる。ただし、木材 (炭) の無炎燃焼を止めるには、酸素濃度を数%程度に低下させ、かつ濃度を維持しながら十分な放熱時間を与えなければならない。

窒素ボンベ (7 m^3) の場合、 $4,000\text{ m}^3$ の窒素供給に必要な本数は約 570 本。大量のボンベを短

時間で調達することは困難で、区画内注入も難題である。

液体窒素タンクローリー（一般的に積載量 7,000 L 程度）を想定した場合、車載ポンプを使用すると 40 分移送、気化により約 4,700 m³ の窒素が得られ、注入できれば有炎燃焼は停止する。しかし、窒素ボンベと同様、大量の液体窒素の短時間での調達は困難である。なお、二酸化炭素の使用も考えられるが、調達と投入方法の課題に加え、安全性を考慮する必要がある。しかしながら、ガス系消火剤による消火手法は障害物の影響を受けないため、倉庫内には大量のラック、マテハン機器等の障害物がある倉庫等の消火手法としては有効と考えられるため、消火戦術を考える際には、引き続きガス系消火剤の適用可能性の検討が必要と考えられる。

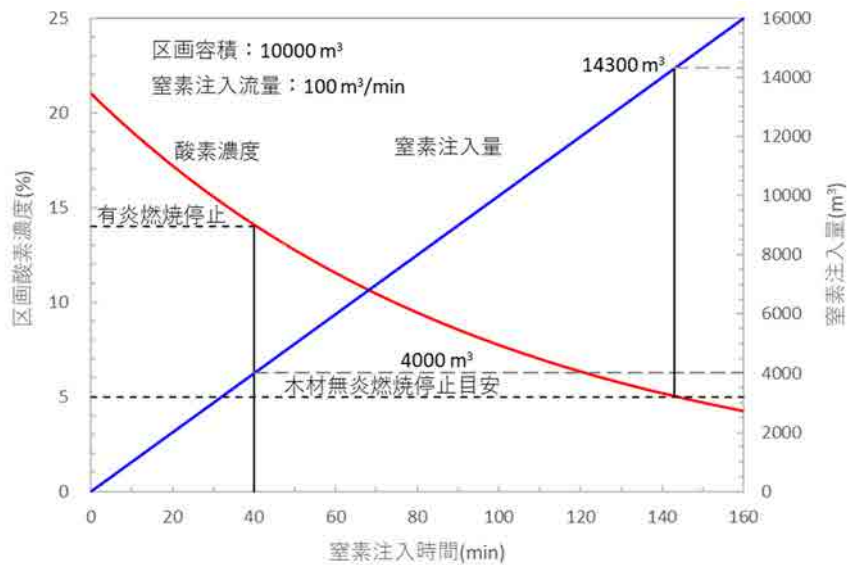


図 13 窒素注入量と区画内の酸素濃度の試算

(2) 冠泡消火の場合

発泡倍率 200 倍、25 %還元時間 10 分の泡性状の泡を投入すると仮定した場合、(1)ガス系消火と同様、火災覚知から泡投入までの準備時間を 20 分とし、40 分間で区画充満（倉庫区画内の収容物の体積は無視）する計算結果を図 14 に示す。必要な泡水溶液流量が約 1,985 L/min となり、泡消火薬剤濃度を 3 % とすると、泡消火薬剤流量は約 60 L/min となる。化学消防車や一般の泡放射機能を持つ消防車両であれば、十分に供給可能である。ただし、還元による消泡は考慮したが、火災からの熱による消泡は考慮しておらず、実際の冠泡消火はより多くの泡が必要となる。一方で、泡を区画下部の開口部から注入し上方向へ積み上げる等の検討や区画内部の障害物等における流動展開性等の検討も必要である。泡の特性（窒息効果、冷却効果、遮熱効果）による消火効果は水より高いので、単独や併用による実現可能性を検討し消火手法の一つとして引き続き検討を行うこととする。

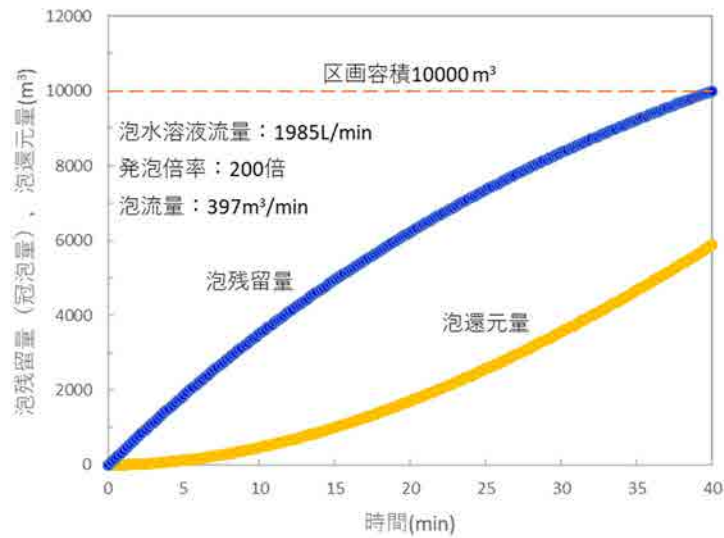


図 14 区画内への泡残留量と冠泡時間の試算

(3) 放水消火の場合

幅 0.75 m の非常用進入口から区画内に放水する場合、ノズルから開口部までの距離と放水可能な平面角度を図 15 に示す。距離が離れると放水角度が小さくなる。仮に、放水ノズルを区画壁内側に入れることが出来れば、放水可能な平面角度は 180° になる。

放水射程の制限と散水障害を無視し、散水可能な面積が近似的に放水角度に比例すると仮定した場合、表 10 の通りノズルから開口部までの距離と散水面積の比率が求められる。ノズルが開口部から 1 m 離れると散水効率は約 1/5、10 m 離れると約 1/40 に低下することが分かる。また、放水の縦方向の曲率も考慮すると、区画内部放水と外部放水の効率の差がさらに広がることになる。放水の消火効率を上げるには区画内部からの放水が不可欠であり、また消防隊の安全性を考慮した場合、放水の向きを遠隔かつ自動で制御できる放水銃を火災区画内に入れる必要がある。大規模倉庫火災の消火活動の長期化を防ぐには、火災区画の崩壊までの対処がひとつのポイントになる。安全かつ、迅速に火勢を抑制するため、放水方法（形態）や各消火手法の併用等、複合的な検討が必要となる。

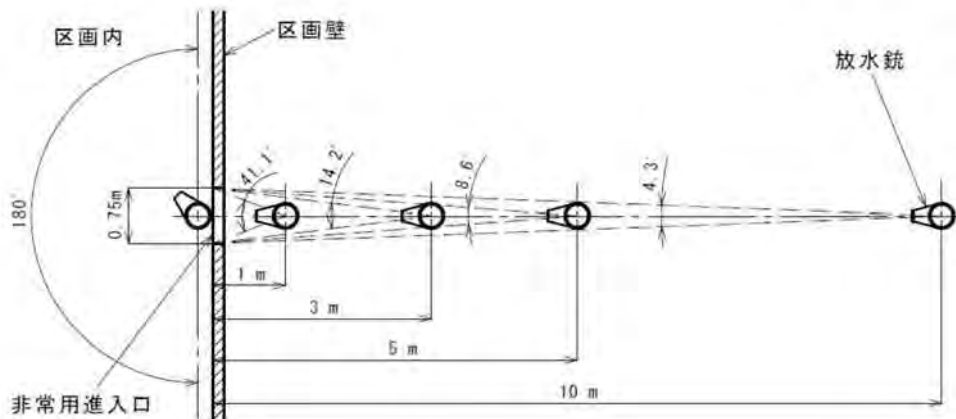


図 15 放水距離と放水可能角度の関係

表 10 放水銃から開口までの距離と散水可能面積比

項目	開口部からの距離				
	0m	1m	3m	5m	10m
散水可能角度(°)	180	41.1	14.2	8.6	4.3
散水面積比率(%)	100	22.8	7.9	4.8	2.4

※開口部幅は建築基準法で定める非常用の進入口(0.75m)とした

5.2 冠泡消火の性能評価に関する検討

令和5年度は、任意の泡性状における泡の流動展開性、及び流動展開した泡の消火性能の検証を行った。

発泡装置は同一の低流量型高発泡装置（以下「発泡装置」）を使用し、発泡スクリーンは $\phi 4\text{ mm}$ - P.5.5 mm - A.R.48 %、 $\phi 2\text{ mm}$ - P.3.5 mm - A.R.30 %の2種類を使用した。また泡水溶液の放出量を6 L/min@0.2 MPa一定で行った。図16に示す大規模倉庫の通路を模擬した試験升（2 m×12 m×1 m：SUS304製10メッシュ平織り金網、床面コンクリート）に発泡倍率500倍、250倍、200倍ごとに調整し、試験升の上方または下方から泡を投入し、泡の展開時間を計測した。

また、試験升内にA火災模型（杉乾材：30 mm×35 mm×250 mm×26本、助燃材：n-ヘプタン225 mL）を設置し、展開した泡による消火の可否も検証した。A火災模型の消火の判定は、有炎燃焼が確認できない段階から5分後に泡放出を停止し、さらに5分間経過した時点で、泡を除去し再燃の有無を確認することとした。

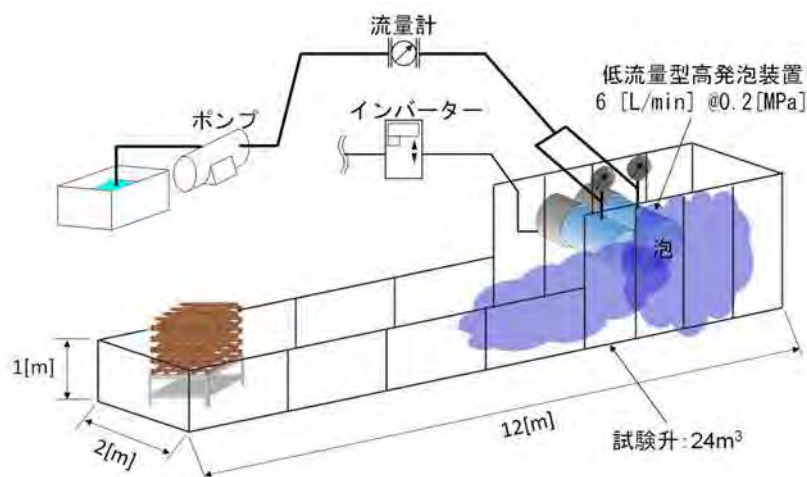


図 16 泡流動展開及び消火実験装置の概要

(1) 泡の展開速度の測定

図17に、上方投入及び下方投入時における各発泡スクリーンにおける泡の展開距離と展開速度の関係を示す。 $\phi 2$ 及び $\phi 4$ の各発泡スクリーンにおいて上方投入、下方投入ともに発泡倍率上

昇にともない泡展開が早くなることが確認できた。また体積流量を同一としたφ2 or 4 - 250×2 台とφ2 or 4 - 500×1 台を比較すると、上方投入、下方投入共に、2 台の条件の方が展開速度は早いことが確認できた。今回の条件では 250 倍の泡の方が流動展開しやすい条件となった。また、上方投入では、展開速度は 1~2 m/min に収束し、下方投入では 0.5~1 m/min に収束し、上方投入の方が速くなった。下方投入の場合、発泡器出口付近に常に泡が滞留することで背圧がかかり、泡の形成が阻害される一方、上方投入ではそれらの阻害要因がないためと考えられる。泡の展開性のみを考えると、上方投入が有利であるが、倉庫の構造上、非常用進入口等、区画下部からの泡投入する場合も考えられ、有効に流動展開するための検討を引き続き行う予定である。

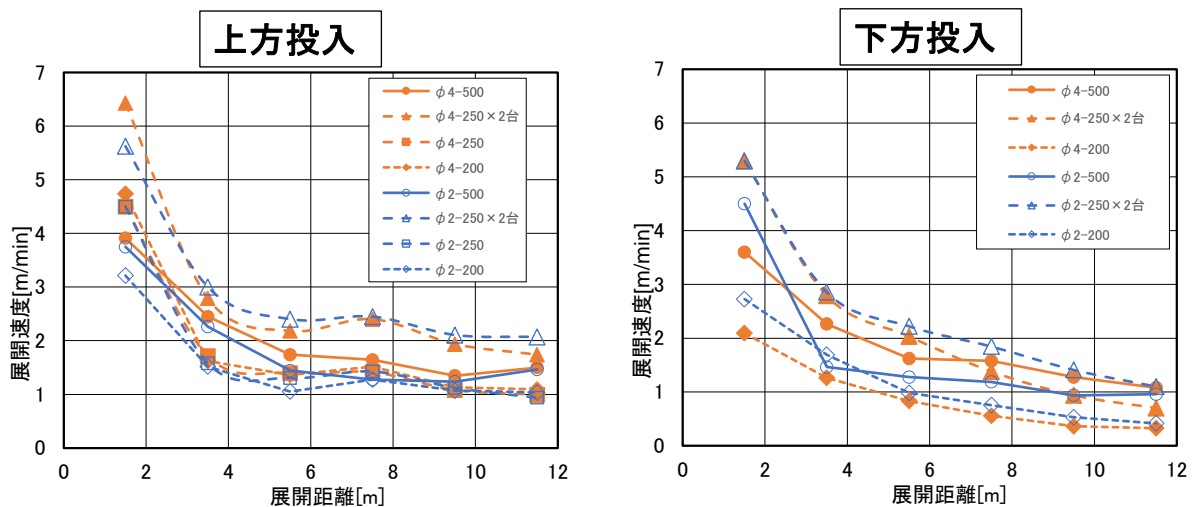


図 17 上方および下方投入時の展開距離と速度の関係

(2) 展開した泡による消火性能

展開した泡による消火性能を確認するため大規模倉庫の通路を模擬した図 16 の試験升に A 火災模型を設置し、実験用低流量高発泡器により生成した泡が火災模型まで展開し消火に至るかを確認した。表 11 に各条件での消火の可否を示す。

表 11 から、A 火災模型の消火において、φ2 - 250×2 台上方投入の条件では消火に至り、5 分後も再燃が確認されなかった。またφ2 - 500 上方投入とφ2 - 500 下方投入、φ4 - 250×2 台上方投入では有炎燃焼は抑制したが模型内部のくん焼は続き、5 分後に泡を除去した際に再燃した。

これは、泡の体積流量 (3,000 L/min) が同一であっても、φ2 - 250×2 台上方投入は泡の展開速度が速く、25 %還元時間がφ4 - 250 に比べ長い条件であるため再燃が抑えられたと考えられる。

またφ2 - 250×2 台下方投入、φ4 - 250×2 台下方投入に関しては火災模型が崩れるまで有炎燃焼が継続し消火に至らなかった。これは、展開に時間を要する下方投入であることが要因となり、A 火災模型に泡が到達し、模型周囲を覆うことは出来ても、クリブを十分に冷却できる性能を有していないことが示唆された。即ち、泡の投入方法による流動展開速度の違いや、泡性状 (発泡倍率、還元時間) が複合的に消火性能に影響を及ぼすことがわかった。

今後、泡性状及び積泡速度の違いによる消火性能評価を行う予定である。

表 11 A 火災模型の消火性能結果

泡投入方法	設定倍率 発泡器台数	泡の体積流量 (設定倍率換算)	25%還元時間	泡到達時間	消火時間 (泡到達からの時間)	再燃の 有無
上方投入	φ4-250×2台	3000L/min	2分37秒	4分10秒	2分25秒	有
	φ2-500	3000L/min	22分46秒	7分54秒	4分22秒	有
	φ2-250×2台	3000L/min	7分38秒	4分23秒	2分07秒	無
下方投入	φ4-250×2台	3000L/min	2分37秒	6分44秒	消火不可	—
	φ2-500	3000L/min	22分46秒	7分58秒	6分25秒	有
	φ2-250×2台	3000L/min	7分38秒	5分27秒	消火不可	—

6. 令和 6 年度の研究成果

6.1 倉庫火災等に対する消火手法の検討

5.1 節で述べた既存消火手法の単独での対応では、各々課題があり限界があることがわかった。一方で、倉庫等の区画内部には多くの障害物があり、また開口部が極めて少ないことから、障害物の影響を受けないガス系消火手法は有効であるため、更に検討を進めた。

先述した 5.1 (1)「ガス系消火の可能性」では、一般的に使用される消火剤の調達や投入方法の課題に加え安全面も考慮する必要があった。しかしながら、直ぐに調達可能である安全な水を、「水蒸気ガス」として用いた場合の消火手法に着目し、その燃焼抑制効果及び実現可能性について検討を行った。水蒸気が二酸化炭素や窒素に近い消火効果を持つことが、カップバーナー法により確認され、適切な放水手段と消火戦術により火災区画内で十分な水蒸気を発生させることができれば、火災が早期に抑制され、区画の防御及び他区画への延焼拡大阻止等が可能となる。

(1) カップバーナー法における水蒸気消火の検討

図 18 に蒸発混合器とカップバーナーシステムを示す。FRI カップバーナーをベースに、水蒸気の供給と温度管理の機能を付加した。主な構成機器は、水蒸気を発生させて空気と混合させる蒸発混合器、カップバーナー本体、そしてオーバーフロー型定液面燃料供給装置である。温度管理のため、すべてのヒーターを熱電対とスライダックまたは温度調節器に接続している。また、燃料は n-ヘプタンを用い、予燃時間を 5 分とした。消炎濃度の測定は、飽和水蒸気圧と温度の関係から混合気（空気＋消火剤）温度を 80 ± 5 °C に設定、空気流量 40 L/min に固定し、消火剤を徐々に増加させ、消炎濃度に達するまで計測を行った。実験条件とした 80 ± 5 °C の飽和水蒸気濃度は、常圧換算で 38 % 以上水蒸気濃度を維持できる。また消火性能の比較のため、窒素、二酸化炭素も同様、混合気温度 (80 ± 5 °C) で消炎濃度の計測を行った。図 19 に示す様に、水蒸気濃度を、(a) 19 %、(b) 24 %、(c) 26 % と上げていくと、火炎高さ及び輝度が低下し燃焼抑制していることがわかった。

結果として、表 12 の通り、混合気温度 80 °C における各消炎濃度は、窒素 36.7 %、二酸化炭素 23.9 %、水蒸気 27.9 % であった。水蒸気は二酸化炭素に次いで窒素よりも消火性能が高く、ガス系消火剤として十分使用できることがわかった。使用条件としては、水蒸気消炎濃度 27.9 % となる飽和水蒸気温度が約 67 °C であるため、それ以上の区画内雰囲気温度にする必要があるが、火災区画においては容易に達成される温度と考えられ、水蒸気消火手法の適用可能性は高いと考えら

れる。

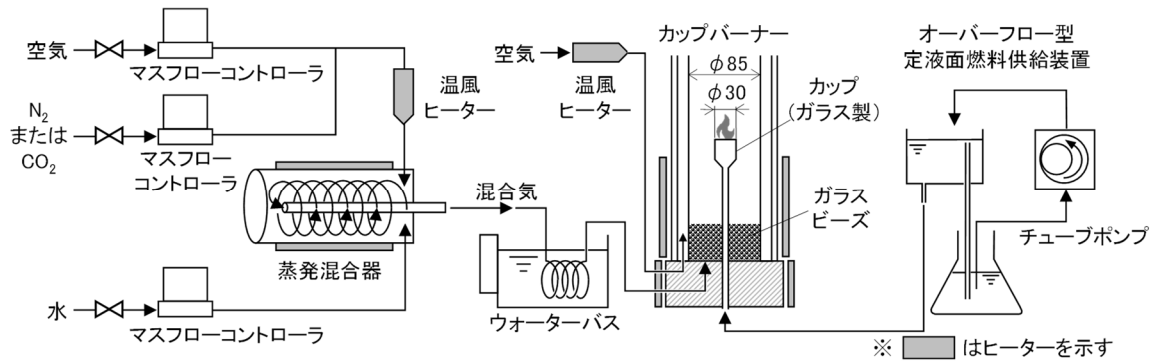


図 18 蒸発混合器とカップバーナーシステム

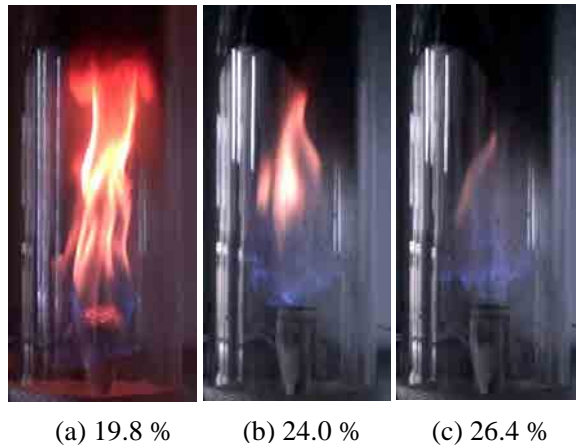


図 19 水蒸気濃度の違いによる n-ヘプタン火炎の挙動 (混合気温度 80 °C)

表 12 消火剤毎の混合気温度と消炎濃度の比較

消火剤	混合気温度	
	25°C	80°C
	消炎濃度 : C ₂₅ [%]	消炎濃度 : C ₈₀ [%]
N ₂	33.6	36.7
CO ₂	21.8	23.9
水蒸気	-	27.9

(2) 倉庫模型における水蒸気消火の検討

今回使用する倉庫模型は、図 4 に示す通り実験場の制約や実験時の安全性、経済性を考慮し、防火区画の一部を切り取った要素模型 (模型容積 : 62 m³) を用い、水蒸気消火の検証を行った。図 20 の通り、観測窓 ① に水蒸気発生装置 (ホットプレート) を設置した。消火対象の火源は、n

n-ヘプタン及び段ボール箱 (100 mm 立方×5 個) を用いた。n-ヘプタン使用時は、観測窓 ② ~ ④ にそれぞれ 1,987 mm (以下、上段)、1,160 mm (以下、中段)、500 mm (以下、下段) の位置に n-ヘプタン火源 ① ~ ⑨ として設置した。段ボール使用時は、上段@観測窓 ②、中段@観測窓 ③、下段@観測窓 ④ の位置に段ボール箱 5 個一組を火源 ① ~ ③ として設置した。段ボール箱一組の継続燃焼時間は、 22 ± 0.5 min に調整した。空間温湿度計測手段として、模型中心軸上に熱電対ツリー 22 点 (100 mm 間隔、K 型 $\phi 1.3$ mm) と同軸上中段に温湿度計を設置した。

初めに火源に着火後、模型の各扉を閉鎖した。続いて、ホットプレートは、n-ヘプタン燃焼により初期設定温度まで加熱した。初期設定温度は、ホットプレートサイズと熱容量から蒸発可能水量を算出し 250 °C とした。更に、水蒸気凝縮を防ぐため模型内温度を 80 °C 以上に恒温できるまで加熱を続けた。ホットプレート加熱終了後、模型内部の強制換気を行い、酸素濃度を大気酸素濃度へと戻し燃料支配条件下とした。その後、散水ノズルから規定水量を散水し水蒸気を発生させた。水蒸気発生速度は、大規模倉庫の実態調査より区画容積を 9,000 m³ (床面積 1,500 m²×高さ 6 m) と仮定し、図 20 の模型容積 (62 m³) 比 ($62/9,000 \approx 1/145$) により模型側の水蒸気発生速度を 0.34 ~ 2.07 kg/min に設定した。この際、各火源の消炎時間を記録した。また前項 (1) の水蒸気消炎濃度 27.9% (飽和水蒸気温度 67 °C 以上) にするには、凝縮量を無視した場合、約 11.2 kg の水が蒸発すれば区画平均で消炎濃度に到達する。その場合 1.38 kg/min の水蒸気発生速度では、約 8.1 分で区画全体が消炎濃度に到達することになる。

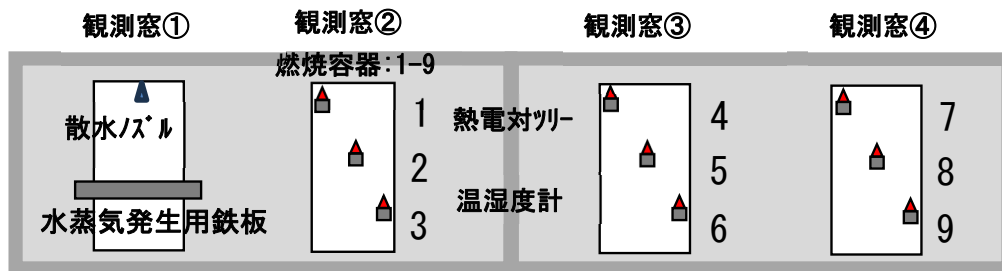


図 20 倉庫模型による水蒸気燃焼抑制効果の検証実験装置

図 20 に、各水蒸気発生速度における n-ヘプタン及び段ボール火源の消炎時間を示す。

水蒸気発生速度の増加に伴い、n-ヘプタン及び段ボール火源の消炎時間も指数関数的に減少している。n-ヘプタン火源は、上・中段火炎は消炎したが下段は消炎しなかった。一方、段ボール火源は、上・中・下段全て消炎し、n-ヘプタン火源よりも早く消炎した。特に水蒸気発生速度が遅い 0.34 kg/min では上段が約 15 min、中段が約 22 min 早く消炎している。このことから、倉庫等で多く使用される段ボール火源では、n-ヘプタン火源に比べ早く消炎することがわかった (図 21)。

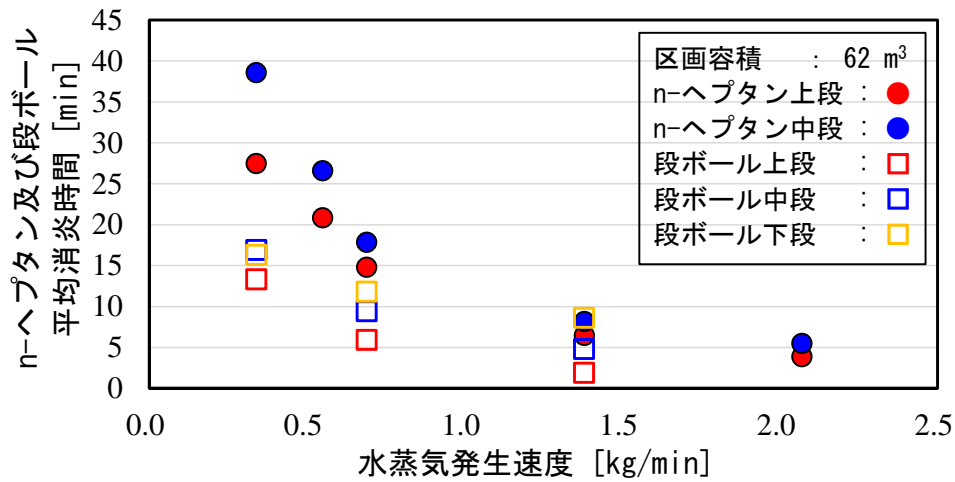


図 21 水蒸気発生速度に対する各火源の平均消炎時間

6.2 冠泡消火の性能評価に関する検討

(1) 発熱速度が積泡速度と消火性能に及ぼす影響

区画火災における冠泡消火に必要な諸性能（投入方法、投入量、泡性状）を明らかにすることを目的とし、泡性状の異なる泡を実験模型に投入した際の積泡速度と発熱速度が消火性能に及ぼす影響について検証を行った。

図 22 に実験装置の概略図を示す。低流量型高発泡装置（以下「発泡装置」）を使用し、発泡スクリーン、送風機回転数により、発泡倍率を 500 倍、250 倍とし、25%還元時間が各々約 20 分の泡を生成させ使用した。

火災模型は規格省令住宅用消火器の A 火災模型（杉気乾材：30 mm×35 mm×450 mm×72 本、助燃材：n-ヘプタン 600 mL）を標準条件とし、発熱速度が概ね 1.5 倍と 0.5 倍となる模型サイズ（108 本及び 36 本）を用い、各泡性状に対する消火性能を検証した。

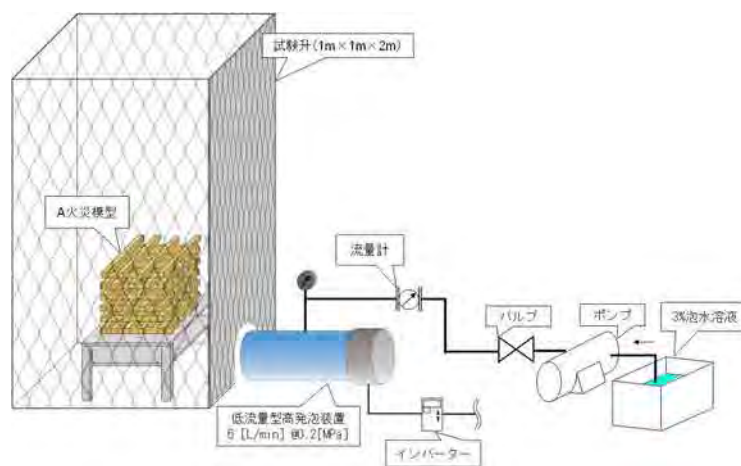


図 22 冠泡消火実験装置の概略

図 23 に、A 火災型サイズ（本数）の違いによる発熱速度と時間の関係を示す。助燃材が燃え尽

きた後、クリブ燃焼による最大発熱速度となる時間が約 120 秒となった。発熱速度に対する冠泡消火性能（積泡速度）に及ぼす影響を検証するため、最大発熱速度となる 120 秒を予燃時間として消火実験を行った。

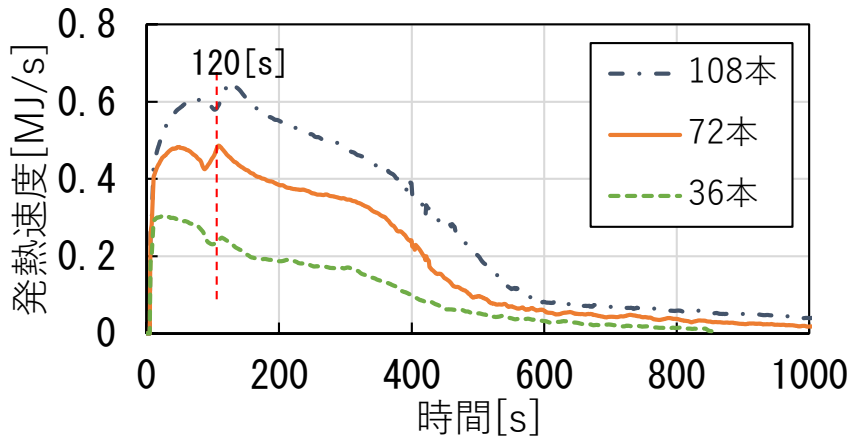


図 23 A 火災模型の規模の違いによる発熱速度と時間の関係

表 13 に各泡性状に対する A 火災模型規模（本数）の違いによる積泡速度、消火時間、及び再燃の可否を示す。泡の同一体積流量となる、250 倍×2 台と 500 倍×2 台を比べると、250 倍×2 台の方が積泡速度が速い。これは単位体積当たりの水分量が 500 倍の泡に比べ多く、A 火災模型からの放射熱による消泡量が少ないため積泡速度が速くなったと考えられる。また発熱速度の違い（72 本、108 本）による各発泡倍率（250 倍、500 倍）に対する積泡速度を見ると、各々大きな変化は無く、発熱速度による影響が少ないことがわかった。これは、泡を下方投入しており、A 火災模型からの火災プルームの影響を受けないことや、またクリブ火炎の下方では放射熱の形態係数が小さくなることにより、泡への受熱が低く、積泡速度に大きく影響しなかったと推察される。

表 13 A 火災模型規模の違いによる積泡速度及び消火時間

設定倍率 発泡器台数	火災模型規模 (クリブ本数)	積泡速度 [m/min]	泡到達時間	消火時間	再燃の有無
φ2*250×1台	108	0.33	38秒	消火不可	—
	72	0.55	25秒	1分54秒	無し
	36	0.53	33秒	1分03秒	無し
φ2*250×2台	108	1.34	12秒	1分24秒	無し
	72	1.34	11秒	45秒	無し
φ3-500×1台	108	0.99	15秒	1分28秒	無し
	72	1.16	17秒	45秒	無し

(2) 縮小模型を用いた泡の流動展開実験

大規模倉庫等の区画火災による冠泡消火は、投入した泡が区画内を流動展開し、燃焼物を冠泡させて消火する。しかし、倉庫内にはラック等の障害物が多数存在し、泡の流動展開を妨げ、更に火点が泡の投入口から遠方の場合、泡の到達時間が長くなるため、泡の還元が進み、火点の消

火が困難となる恐れがある。今後実施予定となる還元が進んだ泡における消火性能の検証に繋げることを目的として、倉庫の実態調査に基づき製作した倉庫区画の縮小模型を用い、泡性状を変化させた場合の流動展開性について検証を行った。

倉庫の一区画を想定し、実態調査で明らかとなったラックの大きさや通路幅員等を参考に、縮尺 1/10 の縮小模型を製作した。区画の面積が 1,500 m² の正方形の区画を想定すると、一辺が概ね 40 m となることから、一辺を 4 m の縮小模型としている。また、倉庫内のラックを模した障害物として発泡スチロール製の障害物（縦 1,000 mm×横 200 mm×高さ 500 mm）を製作し、倉庫内の配置例（図 24）を参考に模型の幅員及び障害物のレイアウトを決定した。

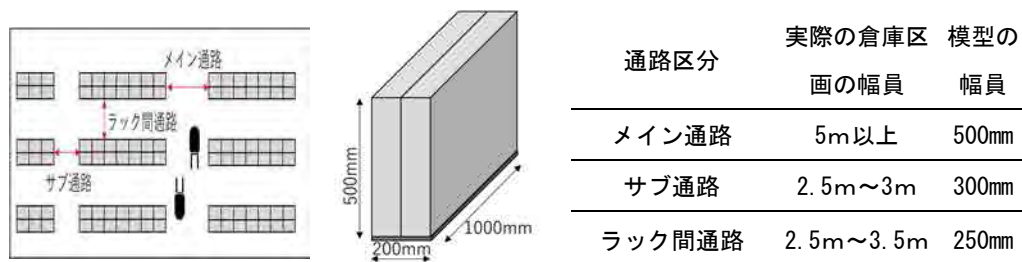


図 24 障害物寸法及びレイアウト

図 25 の通り、投入方法による流動展開性の違いについて検証を行うために、建築基準法に定める非常用進入口等から泡投入することを想定した下方投入（高さ 200 mm）及び、外壁を重機等により破壊し泡投入することを想定した上方投入（高さ 600 mm）ができるように、実験用升の一部に上下 1 か所ずつ開口部を設けたが、今回は下方投入時のみ検討を行った。

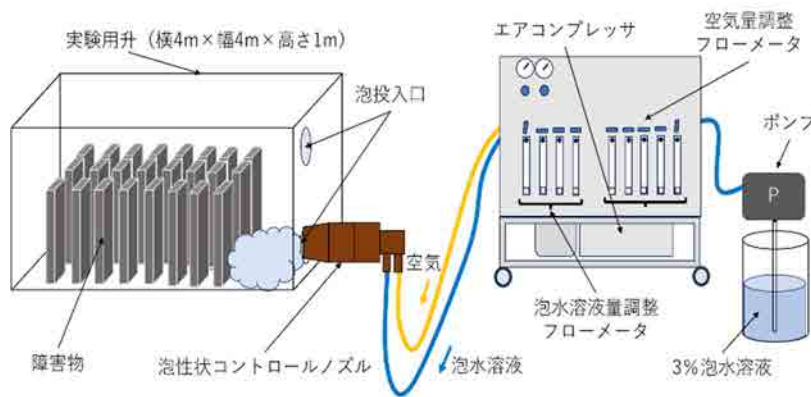


図 25 実験装置全体の概略

今回、模型による泡の流動展開実験を行うにあたり、フルード相似則となる式 (2)、(3) の関係を適用した。

$$\frac{V_F}{V_M} = \left(\frac{L_F}{L_M}\right)^{5/2} \quad (2)$$

$$\frac{T_F}{T_M} = \left(\frac{L_F}{L_M}\right)^{1/2} \quad (3)$$

V [m³/s] : 体積流量、L [m] : 長さ、T [s] : 時間

F : 実物のスケール、M : 模型のスケール

なお、一部の消防本部に配置されている実機高発泡器（以下、実機という）の泡水溶液の吐出量は 500 L/min であることから、式 (2)、より実機 1 基分に相当する泡水溶液量を 1.58 L/min とした。また、泡の発泡倍率について実機の諸元は 250 倍以上で、25 % 還元時間は 20 分程度であった。今回模型の縮尺を 1/10 としたことから、発泡倍率についても実機の 1/10 とし、発泡倍率を 10 倍、25 倍及び 50 倍の 3 つの発泡倍率による流動展開性能の比較を行った。

図 26 のように仮想火点を設定し、各仮想火点までの到達時間の結果を示す。投入開始後約 1 分 30 秒で各発泡倍率とも火点 A まで到達している。低い発泡倍率の泡ほど流動展開性が高く、泡が積み上がらず展開したため、泡の体積流量が異なっても同程度の時間で到達したものと考えられる。しかし、仮想火点が遠くなるほど高い発泡倍率の泡は到達時間が早くなる傾向があり、これは高い発泡倍率ほど、泡投入箇所近傍に高く積み上がり、ある質量以上積み上がると表層から雪崩現象が発生し、体積流量に比例し崩落速度が大きくなったためと考えられる。更に、火点 D までの到達時間は、最も早く到達する発泡倍率 25 倍の条件で 11 分 15 秒となったが、式 (3) により実スケールに換算すると、約 35 分となる。実際の火災では倉庫区画内の雰囲気温度が高温であり消泡が進むことで、更に流動展開時間を要すると考えられる。この到達時間は実機の 25 % 還元時間である約 20 分よりも長く、泡の還元による消泡等により、この泡供給量では消火困難となることが示唆される。冠泡消火性能評価のためには、泡の火点までの到達時間を考慮し、還元が進んだ泡での消火性能の検証が必要となる。



図 26 仮想火点のレイアウト及び各発泡倍率の仮想火点までの到達時間

7. 令和 7 年度の研究計画

(1) 倉庫火災等に対する消火手法の検討【継続】

中規模区画 (図 4 : 容積 62 m³) での換気支配下での水蒸気消火手法の検討

(2) 冠泡消火の性能評価に関する検討【継続】

還元が進んだ泡における放射熱の消泡評価と、還元が進んだ泡における消火性能評価

(3) 倉庫火災等の消火戦術の検討【継続】

水蒸気消火手法及び冠泡消火手法等を用いた倉庫火災時の消火戦術の提案

8. 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

(9) 宇都宮市消防局

9. その他

(1) 口頭発表・解説等

1) 内藤浩由：堆積産業廃棄物火災の消火対応について、2021 年度火災学会研究発表会、pp.40-41 (2021)

2) 内藤浩由、高橋優太、天野久徳：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、消防試験研究センターだより Voice Vol.390、pp.10-13 (2022)

3) 山野光一 (モリタホールディングス) 他 3 名、内藤浩由：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-、2021 年度火災学会研究発表会、pp.5-6 (2021)

4) 松島至俊 (モリタホールディングス) 他 3 名、内藤浩由：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-、2021 年度火災学会研究発表会、pp.7-8 (2021)

5) 花井佑一郎 (深田工業株式会社) 他 2 名、内藤浩由、鯉沼武志 (第一化成産業株式会社)：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 -、2021 年度火災学会研究発表会、pp.38-39 (2021)

6) 小澤悠太 (深田工業株式会社) 他 3 名、内藤浩由、高橋優太、天野久徳：冠泡消火における性能評価について (第 1 報) -高発泡器の設計及び泡性状の検討-、2022 年度火災学会研究発表会、pp.129-130 (2022.5)

7) 内藤浩由：石油タンク火災時の泡消火効率改善に関する検討、日本燃焼学会誌 211 号、pp.29-36 (2023.2)

- 8) 高橋優太、内藤浩由、天野久徳：大規模倉庫火災に関する実態調査、2023 年度火災学会研究発表会、pp.183-184 (2023.5)
- 9) 大室健（株式会社モリタホールディングス）他 5 名、内藤浩由、高橋優太：大規模倉庫火災の消火手法を検討するための倉庫模型、2023 年度火災学会研究発表会、pp.185-186 (2023.5)
- 10) 内藤浩由、高橋優太、廖赤虹（株式会社モリタホールディングス）他 5 名：大規模倉庫火災を想定した倉庫模型の燃焼挙動、2023 年度火災学会研究発表会、pp.187-188 (2023.5)
- 11) 廖赤虹（株式会社モリタホールディングス）他 5 名、内藤浩由、高橋優太：大規模倉庫火災の消火方法の検討、2023 年度火災学会研究発表会、pp.189-190 (2023.5)
- 12) 小澤悠太（深田工業株式会社）他 4 名、内藤浩由、高橋優太、天野久徳：冠泡消火における性能評価について（第 2 報）-泡の展開性および消火性能の検討-、2023 年度火災学会研究発表会、pp.191-192 (2023.5)
- 13) 内藤浩由：環境問題と安全について、安全工学会誌、Vol.64、No.1、pp.1 (2024.2)
- 14) 内藤浩由、筒井佑貴、廖赤虹（株式会社モリタホールディングス）他 5 名：大規模倉庫火災における水蒸気の燃焼抑制効果の検証、2024 年度火災学会研究発表会、pp.187-188 (2024.5)
- 15) 松島至俊（モリタホールディングス）他 2 名、内藤浩由、筒井佑貴：カップバーナー法を用いた水蒸気消炎濃度の測定-大規模倉庫火災消火の基礎的研究-、2024 年度火災学会研究発表会、pp.185-186 (2024.5)
- 16) 小澤悠太（深田工業株式会社）他 3 名、内藤浩由、筒井佑貴：冠泡消火における性能評価について（第 3 報）-泡の積泡性能および消火性能の検討-、2024 年度火災学会研究発表会、pp.189-190 (2024.5)
- 17) 筒井佑貴、内藤浩由、小澤悠太（深田工業株式会社）他 3 名：冠泡消火における性能評価について（第 4 報）-縮小模型を用いた泡の流動展開性の検証-、2024 年度火災学会研究発表会、pp.189-190 (2024.5)
- 18) 内藤浩由：大規模倉庫火災に関する実態調査から見えた消火活動困難な火災への対応、月刊フェスク、515 号、pp.32-37 (2024.9)

(3) 超高齢・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 施設等災害研究室 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る、加えて常備消防による消防力を補完する観点からも、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推計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 火災の将来推計

火災と被害の発生を将来推計する手法を研究し、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推計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)

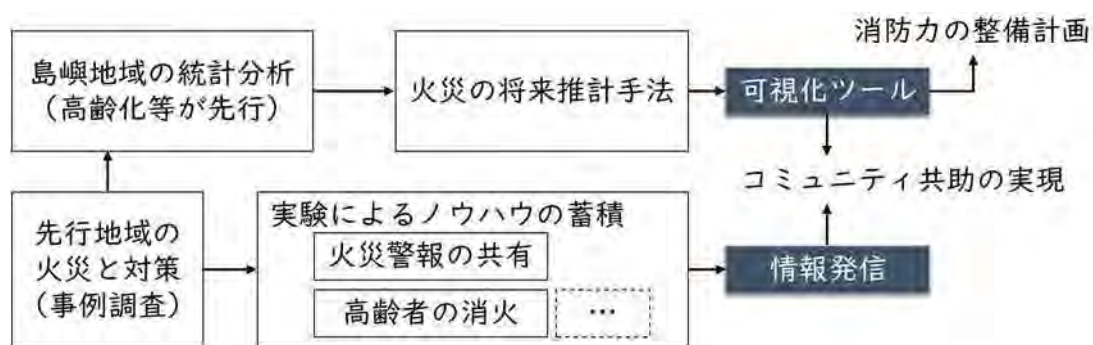


図1 超高齢化・人口減少社会の火災と消防力に関する研究の研究概要

3. 令和3年度の研究成果

3.1 火災の将来推計

火災件数の将来推計に向け都道府県単位での火災分析に用いる火災データと国勢調査等社会統計データの収集加工を行った。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に必要な人口および死者数データの収集と加工を行った。

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、早稲田大学との共同研究として、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が重なると、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、令和 3 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、早稲田大学との共同研究として、映像教材等による消火器を用いた初期消火の教育方法の検討を行った。

検討方法は、実際の火炎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経験した被験者が、実際の火炎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、消火訓練を経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 訓練実施群は火炎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った。これは VR 訓練ソフトが、火炎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 年度の研究成果

4.1 火災の将来推計

火災の発生と被害に関係する要因を抽出するため、都道府県単位での社会統計データの追加収集・加工を行い分析環境へ導入するとともに、時系列データ等の補間方法の検討を行った。

コウホート分析については、推計のための時代効果のシナリオ設定に関する検討を行った。また、2022 年の出生数が 80 万人を下回ったことに鑑みて、将来推計に用いる人口推計値の見直しを検討した。

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する地域の火災事例調査

三重県いなべ市立笠間保育園火災と北九州市小倉北区の旦過市場火災について火災事例調査を行った。また、過去に実施した高齢化等が進行する地域の延焼火災調査の記録を整理した。

その結果、高齢化や人口減少等が先行し、大規模な火災被害が生じた地域では、次のような共通の課題があることがわかった。

- ・水道設備が簡易水道である場合や水源の貯水量が少ないなど水利が脆弱な場合が多い。
- ・消防職員が少なく、ポンプ車 1 台あたりの乗車人数が少ない場合が多い。乗車人数が少ないと放水開始が遅れ、放水可能な水量や水圧に限られる可能性がある。
- ・高度な機材の導入は消防隊の人員体制や消防活動戦術を変える必要が伴うことがあり、小規模な本部では対応困難な場合がある。
- ・高度な機材を扱う消防隊を創設する場合には、交代制に応じて複数隊が必要である。

- ・職員に専門知識や技術を習得させるための研修派遣には交代要員の確保も必要で、その負担も少なくない。また人事異動の度に研修を受けさせる必要がある。

- ・消火剤などの消耗資材の維持更新や高度な資材のメンテナンス委託の費用負担に苦慮している。離島の場合、技術者の招聘コストや、装置の移送に要する時間・費用も負担となる。

これらを踏まえると、高齢化や人口減少が先行する地域の消防活動を強化するための技術として、単位水量あたりの消火効率が高く、人員体制や消防戦術を変更する必要がなく、高度な技術の習得や消耗資材、メンテナンスを必要としないか軽微で済むことが望まれているといえる。

2) 超高齢・人口減少社会の消火に寄与する技術の検討

火災事例調査から得られた高齢化や人口減少等が先行する地域の消火技術のニーズに応えられる可能性のある新しい技術として、多様な産業分野や一般住宅の水廻りでの活用が進むウルトラファインバブルに着目した。ウルトラファインバブルを含む水（以下、ウルトラファインバブル水）は、表面張力の低減効果、界面活性剤の効果の増強効果、流路の摩擦低減効果、殺菌・消毒作用、洗浄・塩分除去効果などが指摘されており、水圧のある環境であれば比較的簡易に生成可能であることから、消防機材へのレトロフィットによる適応性も高いと考えられる。

そこで、予備実験として、簡易な火災模型に対して水道水とウルトラファインバブル水を如雨露で散布し、発熱速度を計測する消火実験を行ったところ、同量の水を散布した場合、ウルトラファインバブル水の方が長時間燃焼を抑制することができた。また、火災模型から流れ出た散布水の展延範囲は、ウルトラファインバブル水の方が狭いことが観測され、効率的に消火に寄与し、また火災模型に浸透した可能性が示唆された。

5. 令和5年度の研究成果

5.1 火災の将来推計

都道府県単位での火災の発生と被害の将来推計モデルの構築を目的として、火災のクラスター化を行い、そのクラスターの構成割合に基づいて都道府県をクラスター化した。都道府県クラスターに対して推計モデルの構築作業を実施中である。

また、住宅火災死亡率にベイズ型コウホート分析法 (Nakamura, 1985) を適用し、分析を行った結果に対して、複数の時代効果のシナリオを設定し、日本の将来推計人口 (国立人口問題・社会保障研究所、令和5年推計、出生中位・死亡中位) を用いて死者数の将来推計を行った。その結果、時代効果が単調減少を続ける非現実的なシナリオを除き、2040年頃が年間死者数のピークとなり、その後はいずれのシナリオでも死者数は減少する推計結果となった。中でも、2021年から15年をかけて住宅用火災警報器設置義務化開始時の2006年の時代効果の値に戻るシナリオでは、年間死者数は2035年から2045年にかけて2,000人を上回り、2021年の2倍以上となる推計結果となった。

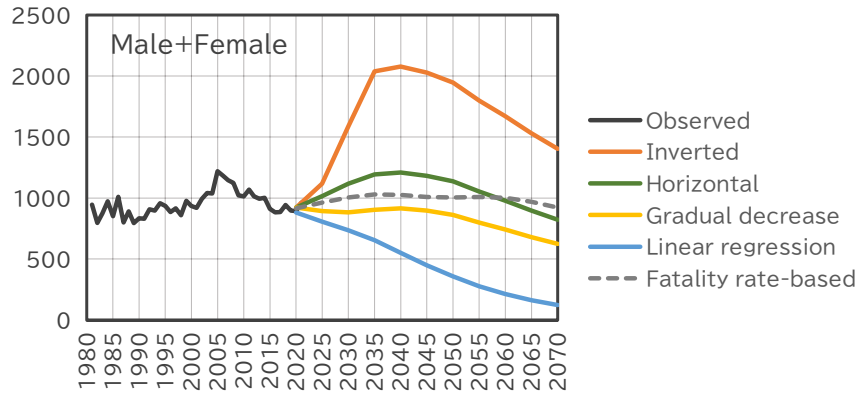


図2 住宅火災死者数の推計結果

5.2 超高齢化したコミュニティの火災対策

令和4年度に実施した予備実験では、消火水の散布に如雨露を用いたため、一定の条件で消火水を散布可能な設備を用いて消火実験を行う必要性が認識された。

そこで、令和5年度は、消火実験を行うための発熱速度計測装置及び同実験室の更新整備を実施（令和4年度補正予算）するとともに、次年度以降に実施予定の消火実験用の装置の設計製作を行った。

6. 令和6年度の研究成果

6.1 火災の将来推計

都道府県クラスターごとに火災の発生件数の将来推計モデルの構築を行った。

また、住宅火災死者数の将来推計を、より詳細な地域区分で示すため、住宅火災死者の発生状況の特徴により、市町村をクラスター化した。

これらの推計結果を可視化するためのツールの設計とプロトタイプを作成を行った。

6.2 超高齢化したコミュニティの火災対策

令和5年度に更新整備した発熱速度計測装置と消火実験装置を用いて、ウルトラファインバブルの有無による水の消火効果の差違を把握することを目的とした消火実験を行った（図3）。

消火実験の火災模型には、エアゾール式簡易消火具の小規模普通火災に対する消火性能試験（H25 総務省令第26号）に準じて450×35×30 mmの杉気乾材36本を井桁に組んだ木材クリブを用い、これに水道水（軟水器と浄水器を通して簡易に純水化したもの）と、この水道水に溶存空気からウルトラファインバブルを生成したウルトラファインバブル水とを散水した。散水設定流量1.5L/分（各2ケース）と2.0L/分（各1ケース）を1分間散水する計6ケースの消火実験を行い、全てのケースで散水中に消炎し、散水終了後4分間は有炎再燃することはなかった。しかし、その後1.5L/分で散水した4ケース全てが有炎再燃し、再燃時刻はウルトラファインバブル水の方が早かった。また、散水終了後の発熱速度と総発熱量の推移（図4）を比較してもウルトラファインバブル水の方が発熱量の多い結果となった。

この差違の要因のとして2点考えられた。1点目は、ウルトラファインバブルの微小泡中に気体として存在している酸素が、燃焼領域に効率的に届けられて燃焼に寄与した可能性が考えられ

た。しかし、本実験で散水した水道水に溶存可能な最大量の酸素が、全てウルトラファインバブル化して気体の状態で燃焼に寄与した場合の発熱量は、発熱量全体に対して極めて小さいことから、差違に寄与したとは考えにくい。

もう一つの要因として、ク립への吸水量の違いが考えられた。実験では再燃有無の境界域の散水量を予備実験結果から設定している。目視観察では、散水終了後にウルトラファインバブル水を散水したケースで木材ク립の下層に赤熱部が多く残る傾向が観察された。ウルトラファインバブルを含む水は、表面張力が低下することが指摘されており（濡れ水効果）、水道水のケースに比べウルトラファインバブル水のケースでは、上層の木材ク립に散水が多く吸収されて、下層に届く水量が少なかった可能性がある。ウルトラファインバブル水に炭化部や未燃領域への吸水量を増加させる効果があれば、一般火災の消火や再燃防止に有益な効果が期待される。

このほか、ウルトラファインバブルの有無による木材の炭化層の吸水量の違いを把握することを目的とした実験計画を行い、治具の作成と予備実験を実施した。

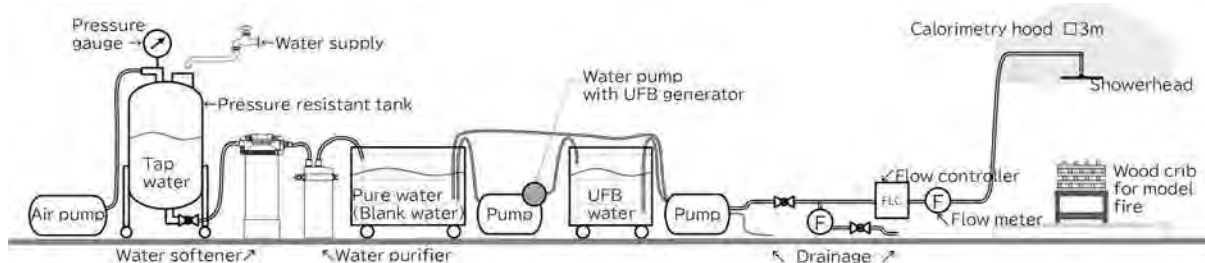


図3 消火実験装置の概要

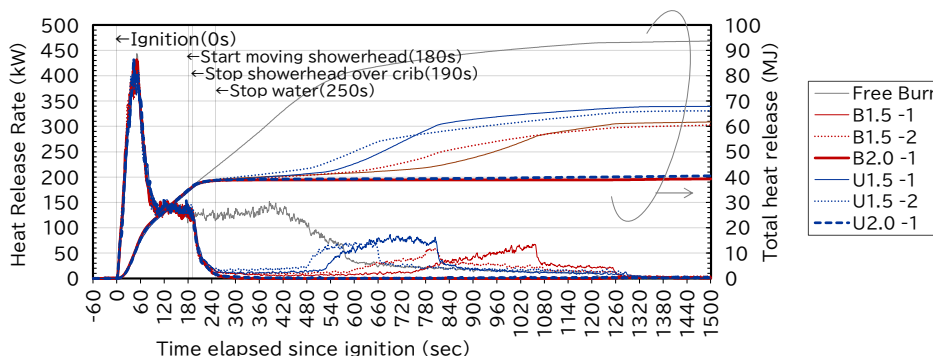


図4 消火実験の発熱速度と総発熱量の推移

7. 令和7年度の研究計画

7.1 火災の将来推計

住宅火災死者数の推計を市町村または消防本部単位で示すことを試みる。これらの結果を前年度に試作した可視化ツールに組み込み、国勢調査等の社会統計データと併せて消防職員や住民が自らの地域の実態と将来像を知るためのツールとして活用できるよう、試用と改良を行う。

7.2 超高齢化したコミュニティの火災対策

引き続きウルトラファインバブルの消防活動への適用可能性に関する実験的研究を実施する。

大型の火災模型を用いた消火実験を行うほか、大船渡市林野火災の経験を踏まえ、持続可能な消防活動のための、林野火災および普通火災へのウルトラファインバブルの適用可能性に関する文献調査等を継続する。特に、大船渡市林野火災のように、やむを得ず消火に海水を用いた後の消防用機材の除塩は、消防用ポンプ等の劣化の充進を防止する上で重要な課題であることから、既に橋梁の除塩などに実績のあるウルトラファインバブル水の除塩効果について文献を中心とした調査を行う。

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
火災の将来推計	島嶼部の火災に関する分析	火災の将来推計手法の検討		推計手法の確立と検証	推計の実施 可視化ツールの開発と改良
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 火災警報の共有実験	超高齢・人口減少社会に適した消火技術に関する実験的検討と調査			

8. 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 中村隆名誉教授
早稲田大学
大島地区消防組合消防本部
東京消防庁 (調整中)
消防関連企業 (調整中)

9. その他

(1) 口頭発表・解説

- 1) 栗原麻衣花、鈴木恵子、長谷見雄二、伯耆原智世、西松慶、磯有希彩、藤好果穂：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、2021 年度日本建築学会関東支部研究発表会、2022.3.1-2
- 2) 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、鈴木恵子：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、2021 年度日本建築学会関東支部研究発表会、2022.3.1-2
- 3) 栗原麻衣花、鈴木恵子、長谷見雄二、伯耆原智世、西松慶、磯有希彩、藤好果穂：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、2022 年度日本建築学会大会 (北海道) 学術講演会
- 4) 濱田朋佳、西松慶、藤好果穂、磯有希彩、鈴木恵子、伯耆原智世、長谷見雄二：住宅用火災警報器の屋外発報による出火認識早期化の可能性の検討 一暗騒音下での警報音周知範囲の予測一、2022 年度日本建築学会大会 (北海道) 学術講演会
- 5) 藤好果穂、磯有希彩、濱田朋佳、西松慶、鈴木恵子、伯耆原智世、長谷見雄二：文化財建造物の早期火災対応体制の構築に関する研究 その 2：文化財建造物出火の地域的認識の早期化方

策の検討、2022 年度日本建築学会大会 (北海道) 学術講演会

- 6) 鈴木恵子、藤井皓介、土志田正二、田村裕之、伊藤彩子：三重県いなべ市立笠間保育園火災の調査報告、2023 年度日本火災学会研究発表会
 - 7) Keiko Suzuki and Takashi Nakamura: A future prediction of home fire fatalities using a Bayesian age-period-cohort model, 14th International Symposium on Fire Safety Science, 2023.10.24 (Poster)
 - 8) 鈴木恵子：火災を理解し次の火災を防ぐための研究、Voice.、Vol.400、pp.11-12、2023.10
 - 9) 鈴木恵子：超高齢・人口減少社会の火災、＜特集：人口減少社会における火災安全＞、火災、Vol.73、No.6、pp.2-6、2023.12
 - 10) 鈴木恵子 (日本火災学会)：超高齢・人口減少社会の火災安全、日本学術会議公開シンポジウム 第 18 回防災学術連携シンポジウム「人口減少社会と防災減災」、2024.3.25 (オンライン)
 - 11) 鈴木恵子：令和 6 年能登半島地震後の輪島市大規模火災の焼け止まり状況と消防活動、＜能登半島地震調査報告＞、火災、Vol. 74、No. 3、pp.30-32、2024.6
 - 12) 鈴木恵子：輪島市大規模火災の焼け止まりと街区の特徴からみた今後の課題、第 27 回消防防災研究講演会資料、pp.20-33、2024.11
- (2) 特許
- 1) 消防用水供給装置、鈴木恵子、特願 2023-065801、2023.4.13 (出願)

(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なモデルである。

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うなが分かってきた。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、火炎にあてる風の速さ、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

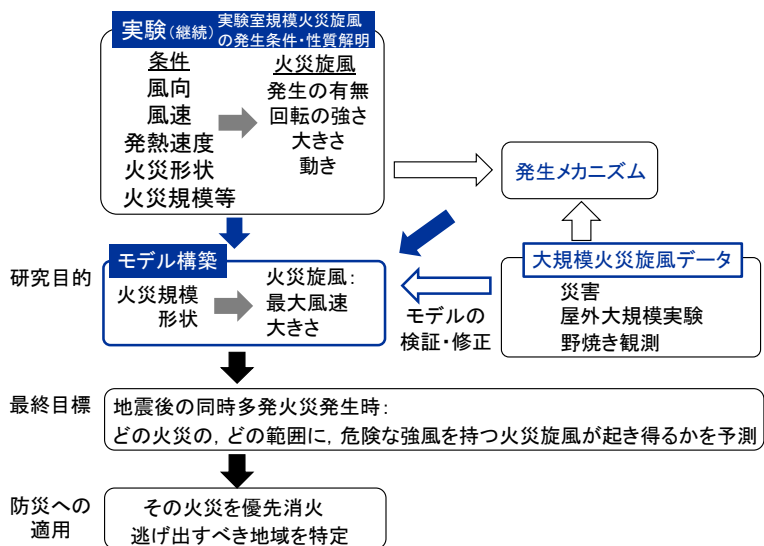


図2 研究の概要と適用先

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炎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

火炎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

令和 4 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に、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 年度の研究成果

(1) 火災旋風発生予測モデルの構築

火災域風下に発生する火炎を含まない火災旋風の発生予測モデル第一弾が完成した。これまでに行ってきた実験から、細長い火源の長辺を風に直交する方向に配置した場合と平行に配置した場合では、直径が大きくかつ強い渦が発生するのは、直交配置下で火源にあてる風が弱く発熱速度が大きい場合であることが分かっている。この強い渦を持つ火災旋風を予測するモデルを作成した。この予測モデルは火源風下に発生する火災旋風の発生機構に基づいている。この発生機構は、地上の速度境界層内の渦度が火災によって立ち上げられ引き伸ばされて火災旋風になるというもので、現在最も有力な仮説である。完成したモデル第一弾では、実験室規模の火災旋風について、火災旋風の風速、直径、発生時の環境風速を予測することができた。

(2) (モデル構築のための) 無風下での火炎の物理性状を調べる実験

火災旋風発生予測モデルの作成には、無風下での火炎内外の上昇気流速度および温度の垂直分布、火炎高さ、エントレインメント速度が必要になった。これらの値に初めから理論式や回帰式を用いると、式に含まれる誤差が混入してしまい、火災旋風のモデル自体の精度検証が難しくなる。そこでモデル第一弾では、これらの値を求めるのに理論式や回帰式を用いずに、火災旋風の実験で実際に使用しているバーナーを用いてこれらのデータを取得した。実験に用いた火源は 200 mm × 20 mm の噴出口を持つバーナーで、燃料はメタンガスである。上昇気流速度は二方向管

で、温度は熱電対で測定した。結果を図3に示す。エントレインメント速度については別の目的で過去に取得していたデータから、その水平垂直分布を求めた。

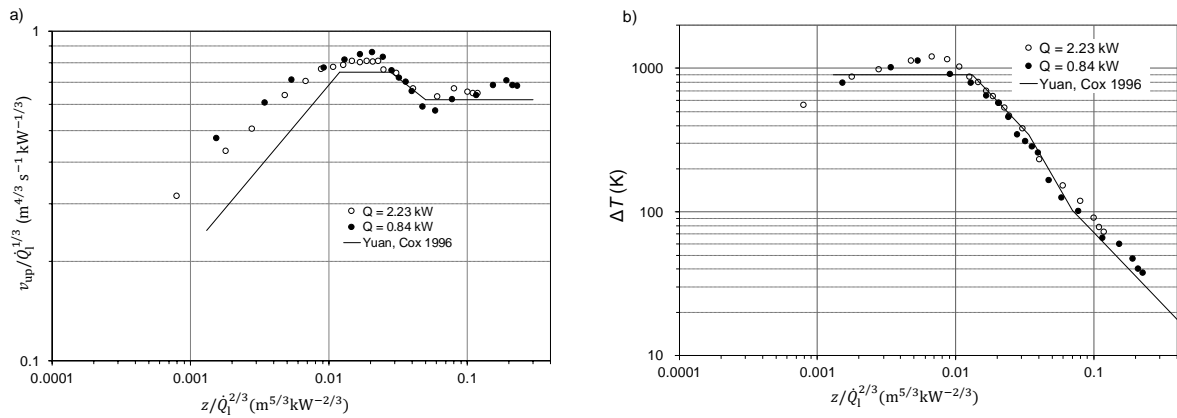


図3 無風下での火炎性状

a) 上昇気流速度 v_{up} の垂直分布、b) 周囲との温度差 ΔT の垂直分布、
 z はバーナー吐出面からの高さ、 $Q_L = Q/l$ 、 Q は発熱速度、 l はバーナー長さ(200 mm)

(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

火災旋風の性質と発生時の状況を定量的に知ることを目的として行った山焼き観測の解析を行った。その結果、線状の延焼領域(火線)の上に白煙状の大規模な旋回気流が発生し、その中に13個の火災旋風が発生していたことを可視・赤外画像から明らかにした。火災旋風の赤外画像の一例を図4に示す。1) 回転方向が分かった9個の火災旋風はすべて大規模旋回気流と同じ反時計回りであった。2) 火災旋風は旋回気流の存在している場所には現れたが、旋回気流が移動して存在しなくなった場所には現れなかった。3) 循環を求めることができた3つの火災旋風は同程度の循環を持っていた。これらの3つの結果は、13個の火災旋風が、これらを包み込む大規模旋回気流内の渦度を起源として発生した可能性があることを示している。さらに、火災旋風発生時の気象状況、火線の形・サイズ、火線強度、発熱速度、延焼速度、火炎滞在時間、火炎温度、可燃物の質量・含水率、火災旋風のサイズ・旋回速度・発生位置・移動速度・継続時間を明らかにした。火災旋風の移動とサイズの関係も明らかにした。

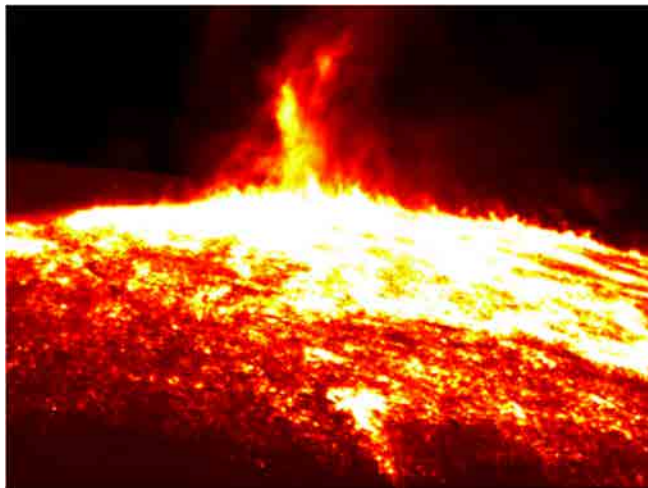


図4 山焼き観測時に撮影した火災旋風の赤外面像

5. 令和5年度の研究成果

(1) 火災旋風発生予測モデルの構築

令和4年度までに完成した予測モデル第一弾では、渦のモデル部のみの精度を検証するために、モデル内に現れる無風下での火炎の各種物理量は意図的に測定値を用いていた。しかしモデルを実火災に適用する際には、これらの物理量も予測値を用いる必要があるため、これらの物理量を予測式に置き換え、火災旋風の予測精度がどのように変わるかを調べた。予測式に置き換えた物理量は、火炎高さ、火炎上昇気流速度、火炎に向かう吸い込み気流速度である。予測式を用いた場合と測定値を用いた場合を比較すると、火災旋風の半径の誤差は変わらなかったが、火災旋風の最大接線速度は、測定値を用いた場合は2%の過大評価であったのが、予測値を用いた場合は11%の過小評価となった。

(2) (モデル構築のための) 実験室規模火災旋風の発生条件・性質解明

火災旋風のモデル構築のためには、火災旋風内の速度場が高さ方向にどのように変わっているかを理解する必要がある。そこで、火災旋風の水平面内速度場について、高さ方向を変えて測定を行った。現在結果の解析中である。

(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

火災旋風の性質と発生時の状況を定量的に知ることを目的として令和4年3月に行った野焼き観測のデータ解析を行った。火炎を含まない火災旋風が発生し、ドップラーライダーによって旋風の水平面内の速度を測定することに成功した(図5)。火災旋風の発生と延焼状況・気象状況等との関係については、現在詳細解析中である。

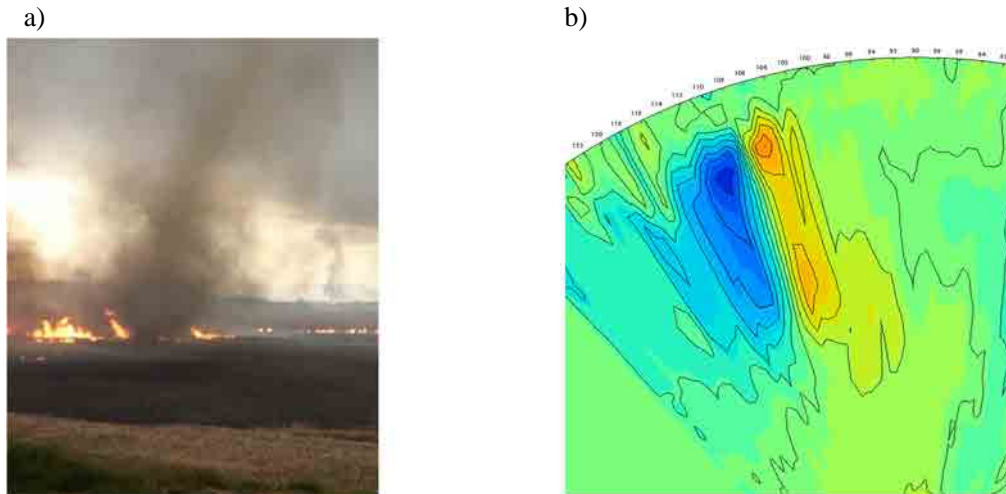


図5 野焼き時に発生した火災旋風

a) 映像の静止画、b) ドップラー速度の等値線図

令和6年3月初頭にも同様の野焼き観測を行い、空撮を含む多地点からの映像撮影、ドップラーライダー測定、気象観測、火炎温度測定、可燃物量調査を実施した。

(4) 能登半島地震における輪島市での大規模火災の調査・分析

2024年1月1日に発生した本大規模火災の調査・分析を行った。

a) 延焼動態：

延焼動態の復元を試みた。復元継続中であるが、現在までに得られた結果を図6に示す。煙の様子からは火災初期から弱い南風が吹いていたと推測できるが、20時頃までは南北方向に同じ程度の速度で延焼したことが分かる。

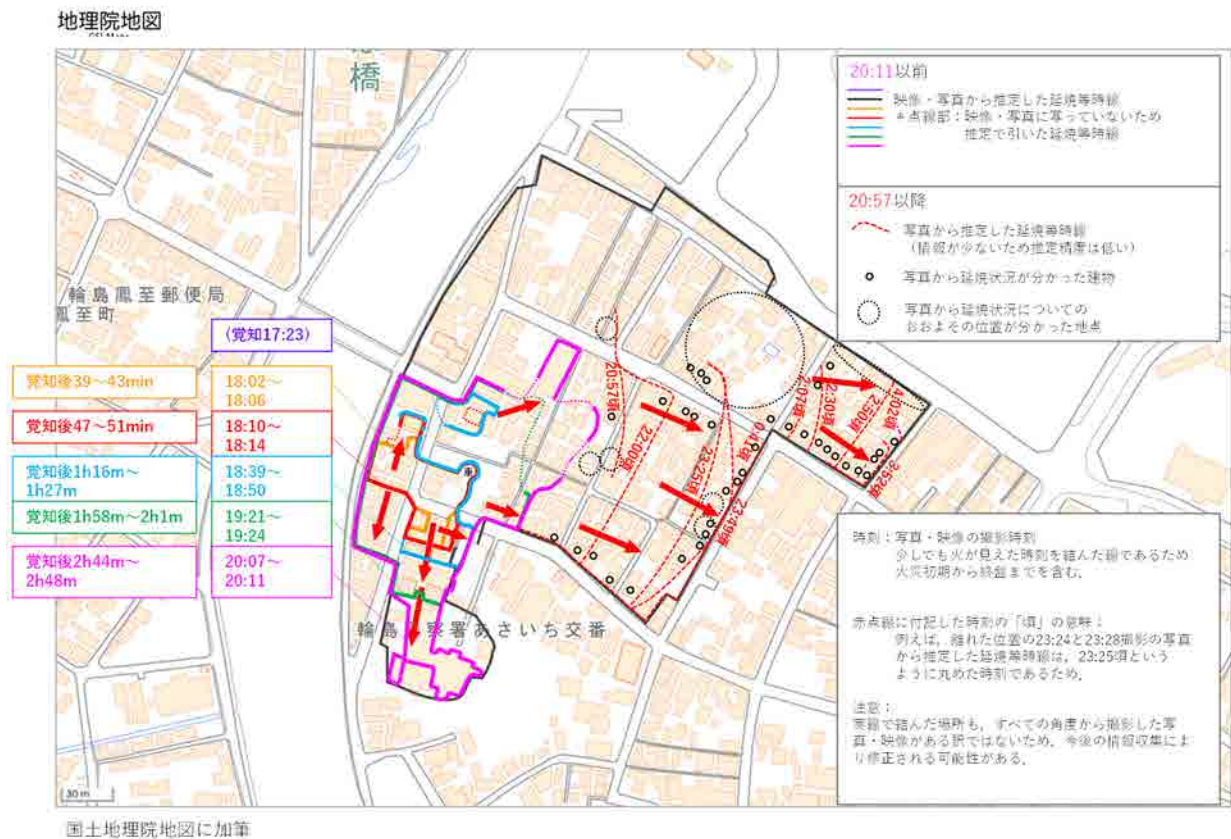


図6 能登半島地震における輪島市河井町内の延焼動態 (2024年3月時点の分析状況)

b) 渦：

風下に傾いた火災上昇気流内に渦が発生していることが空撮映像から分かった。この渦は18時前後に現れ、風下側の南側に傾いていた。渦の根元は反時計回り、渦表面の速度は概算で5~6 m/sであった。火災旋風の映像が多い林野火災では、映像を分析する際の長さの基準となる情報がなく、渦の規模や速度を求められないことが多い。また、火災旋風発生時の火災規模・形状が分からない場合が多い。しかし市街地火災では建物を長さの基準に使えるため渦の性質が求められ、復元した延焼動態から渦発生時の火災規模・形状が分かるため、旋風のモデル化を進める上でも貴重なデータとなった。

6. 令和6年度の研究成果

(1) (モデル構築のための) 実験室規模火災旋風の発生条件・性質解明

令和5年度に火災旋風の水平面内速度場を複数の高さについて測定した¹。この測定データの解析を行った。測定したすべての速度場から渦核を抽出し、各速度場内で渦の強さを示す循環の絶対値が最大となる渦核について、循環の絶対値や渦核半径などの渦の性質を求めた。これらの値

¹ 実験方法：吹出風洞の測定部床面に200 mm×20 mmのバーナーを長辺を主流に直交させて設置してメタンガス火炎を形成させ、PIV(粒子画像流速測定法)を用いて渦の速度場を測定した。火炎の発熱速度は0.84 kW、風速は0.28 m/sとした。この発熱速度を選んだのは火炎が不輝炎となるからで、輝炎に比べPIV測定の精度が上がるからである。この風速を選んだのは、この発熱速度の場合にはこの風速時に渦の循環の絶対値が最大となるからである。測定は15 Hzで56秒間行い、各高さ840セットの速度場を取得した。

の高さ方向の分布を図7に示す。循環と半径は高さ 10~20 mm である程度一定の値となり、その上下では低下していることが分かった。

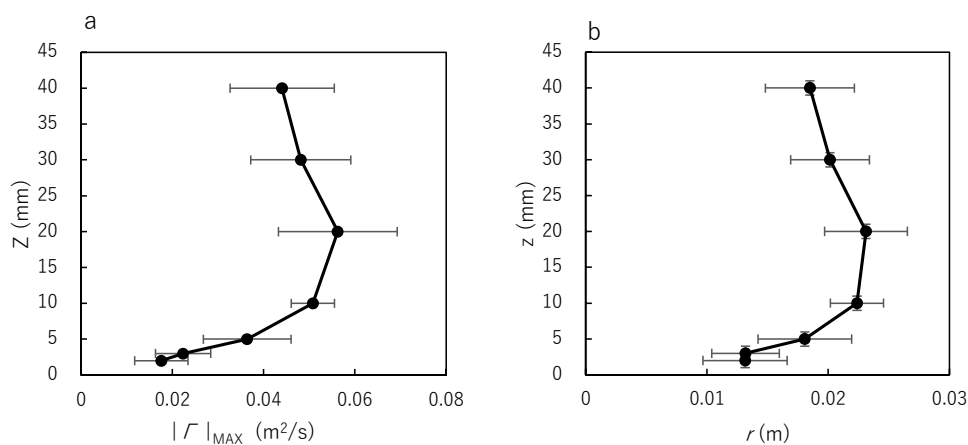


図7 火炎風下に発生する火災旋風の高さ方向の性質：(a) 循環の絶対値、(b) 渦核半径
図内の各点は 840 セットのデータの時間平均値、エラーバーは標準偏差を示す

(2) (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

令和4年3月に行った野焼き観測で得られたデータを引き続き分析した結果、図8に示す大規模火災旋風の発生、成長、移動、消滅の様子、速度場、火災旋風発生前・発生中の延焼状況を明らかにすることができた。分析に用いた測定データは地上とドローンから撮影した映像、ドップラーライダーによって取得した旋風の速度・散乱強度、現場で取得した気象データである。



図8 地上と上空から撮影した火災旋風：地点番号は図9に記す

旋風発生時の延焼状況を図9に示す。Backing fire² または Flanking fire³として南に燃え進んでいた火線が突然火炎長さを増して Heading fire⁴となった。その直後に、この火線の東側端部の火

² Backing fire：火炎が風上に向かって進む領域

³ Flanking fire：火線が風向と平行な領域

⁴ Heading fire：火炎が未燃領域に向かって傾き、風下に向かって燃え進む領域

炎が反時計回りに旋回しそうになり、これとほぼ同時に、この旋回の中心付近で白煙が旋回し始めた。その後、旋風は焼け跡で高さ・直径を増した。

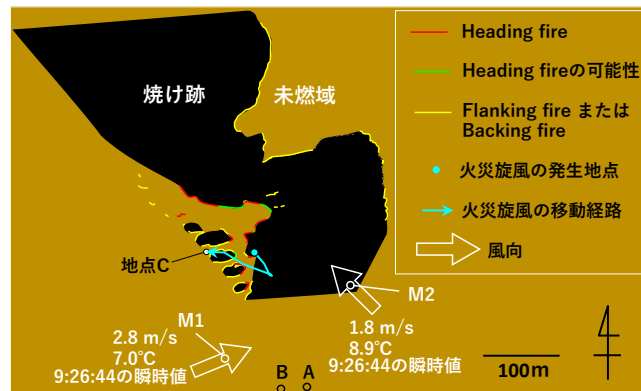


図9 火災旋風発生時の延焼状況と旋風の移動経路

ドップラーライダー測定から求めた旋風の渦核直径 D は約 16 m、旋風のドップラー速度の極値は 6.9 m/s、-9.5 m/s、であった。極値の差を ΔV とすると渦度 ($2\Delta V/D$) は 2.1 s^{-1} となる。この値は、過去に山焼きで観測した直径 60 m の旋回気流の渦度 0.3 s^{-1} より大きく、直径 2.5~4.5 m の 3 つの旋風の渦度 $5.3\sim 24.0 \text{ s}^{-1}$ より小さい。旋風の高さは少なくとも 94 m あることが分かった。旋風の旋回方向は反時計回りであった。旋風のドップラー速度の分布はランキン渦で近似できた。

旋風が発生する時点までの延焼状況を図 10 に示す。観測域の北西部から南東に進む火線 A と、観測域の南から北に進む火線 B が接近すると、火線 B が進行方向を突然西向きに変え、火線 A と正面から合流した。両火線の合流直前、火線 B の延焼速度は急増した。地点 M1、M2 で測定した風のデータと焼け跡から流れ出す白煙の方向変化から、火線 B の進行方向の急変は、一般風の方角の変化よりも、火線 A と火線 B の接近の方がより大きな要因となっていた可能性があることが分かった。

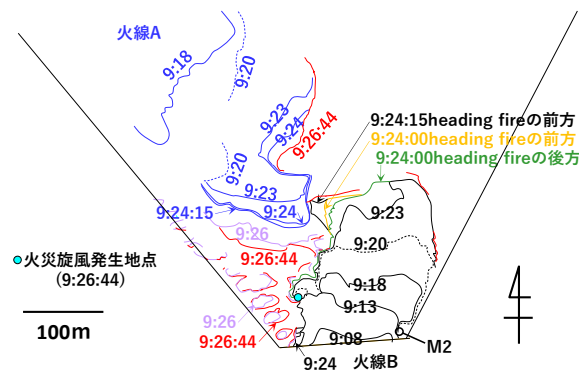


図 10 火災旋風発生時までの延焼状況

(3) 能登半島地震における輪島市での大規模火災の調査・分析

この火災と過去の 3 つの大規模市街地火災の延焼速度を比べた (図 11)。延焼速度の大きい順

に並べると以下の通りとなる。

- ・ 風上方向：関東大震災 > 糸魚川火災～輪島火災 > 阪神・淡路大震災の風速 1.1 m/s 以下
- ・ 風横方向：関東大震災 > 糸魚川火災 > 輪島火災～阪神・淡路大震災の風速 1.1 m/s 以下

ここで、糸魚川火災とは 2016 年に発生した糸魚川市大規模火災、輪島火災とは 2024 年に発生した輪島市大規模火災を意味する。「～」は速度が同程度であることを意味する。

輪島火災の風下方向の延焼速度は風上、風横方向と同等の精度では測定できていないが、図 6 に示したように、20 時頃までは南北方向に同程度の速さで延焼している。そこで風下方向への延焼速度を風上方向への延焼速度 35 m/h と等しいと仮定すると、4 つの火災の延焼速度の順序は以下の通りとなる。

- ・ (参考) 風下方向：関東大震災 > 輪島火災 > 糸魚川火災 > 阪神・淡路大震災の風速 1.1 m/s 以下

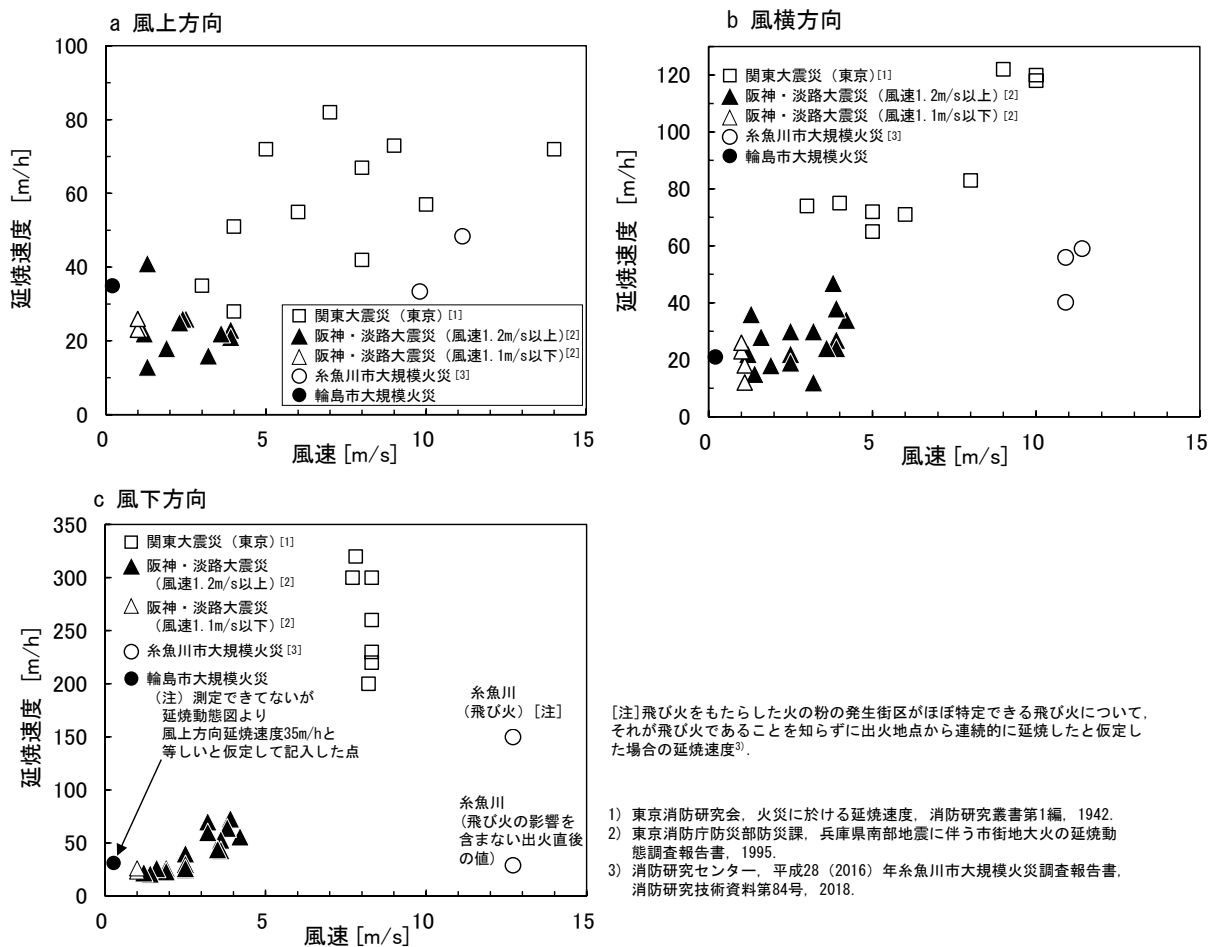


図 11 過去の市街地火災の延焼速度との比較

輪島市大規模火災と糸魚川市大規模火災の両火災の初期について、1 時間当たりの焼損棟数は共にいったん減少し、急増するという酷似した増減傾向を示していた (図 12)。この原因を調べた結果、1) 両火災共に 10 棟近く燃え広がった頃に飛び火が起きており (ただし輪島の場合は飛び火の可能性)、飛び火からの延焼が急拡大するにはある程度の時間がかかっていることと (図 13)、2) 空地、道路、飛び火による微小火源からの延焼、消火、不燃外壁などによって延焼に時

間がかかる時間帯が重なり、その後それらの建物も延焼することによって焼損棟数が急増したことが原因である可能性があることが分かった。

輪島市大規模火災と糸魚川市大規模火災の両火災の初期について、1時間当たりの焼損棟数は、図12に示した通り輪島火災が急増するまでは両火災で同程度の値を示していた。この原因について、1時間当たりの焼損棟数を延焼経路数、建物密度、延焼速度で表すモデル化を行い考察した。その結果、輪島火災の初期は、延焼速度、延焼経路数が糸井川火災と比べて大きい傾向にあったが、建物密度が小さいことで1時間当たりの焼損棟数は糸井川火災の初期と同程度になったと言えそうであることが分かった。

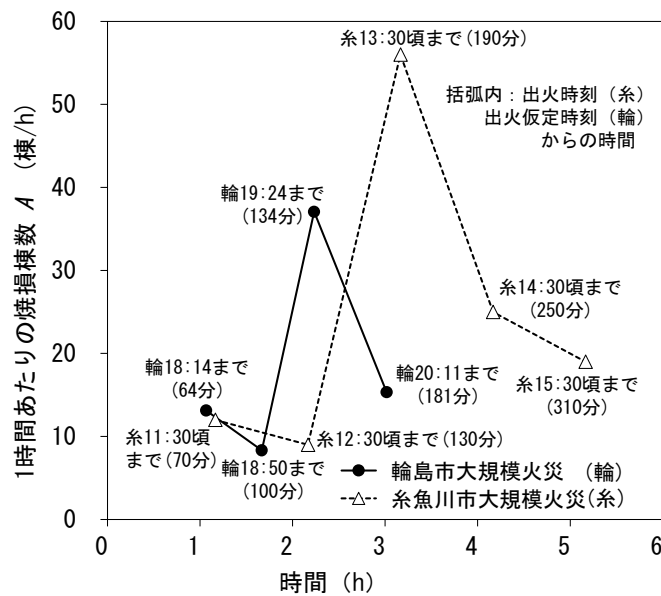


図12 1時間あたりの焼損棟数の時間変化

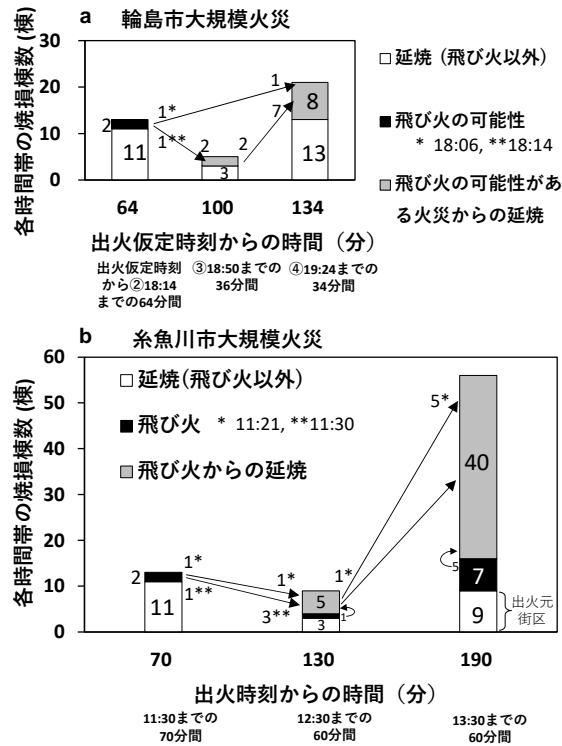


図 13 各時間帯の焼損棟数の内訳

7. 令和 7 年度の研究計画

(1) 火災旋風発生予測モデルの構築

火災旋風の実験データに基づいて発生予測モデルの改良を行う。

(2) (モデル構築のための) 実験室規模火災旋風の発生条件・性質解明

火災旋風内外の 3 次元速度場をステレオ PIV (粒子画像流速測定法) によって測定する。

(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

野焼き時に発生した火災旋風の解析を継続する。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 五カ年の研究計画

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
I 火災旋風発生予測モデルの構築	①	モデルの全体像構築		→			
	②	モデルの詳細構築・検証・改良					→
II 実験室規模火災旋風の発生条件・性質の解明 (実験)	③	可視化実験による旋風の分類	→				
	④	火炎内外流速等の分布測定		→			
	⑤	火災旋風の水平面内速度場の高さ方向分布測定				→	
	⑥	火災旋風の三次元速度場の測定					→
III 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)	⑦	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	→				→
	⑧	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					→
IV 追加：能登半島地震火災の分析	⑨	延焼動態・渦				→	

8. その他

(1) 論文発表

- 1) Shinohara, M.: Vortex strength and size of fire whirls without flames around a long narrow fire source, Fire Safety Journal, Vol. 129, 103561, 2022.5.
- 2) Shinohara, M.: A model to predict maximum tangential wind velocity in laboratory-scale fire whirls without flames in a crosswind, Fire Safety Journal, Vol. 143, Special Section: Proceedings of the 14th International Symposium, IAFSS, 104082, 2024.2.

(2) 口頭発表・解説

- 1) 篠原雅彦：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—、2021 年度日本火災学会研究発表会、pp.13-14、2021.5.
- 2) 篠原雅彦：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、第 58 回日本伝熱シンポジウム講演論文集、B322、2021.5.
- 3) 篠原雅彦：飛び火と上空の煙の位置に関する考察、火災、Vol.71、No.4、pp.39-42、2021.8.
- 4) 篠原雅彦：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 その 2—、2022 年度日本火災学会研究発表会、pp.175-176、2022.5.
- 5) 篠原雅彦、推名知明、松島早苗、佐伯一夢：火災旋風の観測研究、日本流体力学会年会 2022、2022.9.
- 6) 篠原雅彦：糸魚川市大規模火災の延焼と諸現象、建築防災、通巻 538 号、pp.13-18、2022.11.
- 7) Masahiko Shinohara, Tomoaki Suina, Sanae Matsushima, Hitomu Saiki: Observations of Fire Whirls during a Prescribed Fire, 14th Fire and Forest Meteorology Symposium, 2023.5.
- 8) 篠原雅彦、推名知明、松島早苗、佐伯一夢：山焼きにおける火災旋風の観測研究、2023 年度日本火災学会研究発表会、pp.229-230、2023.5.
- 9) 篠原雅彦：大規模火災で発生する火災旋風、消防研修、No.113、pp.113-128、2023.9.
- 10) 篠原雅彦：同時多発火災で発生する火災旋風の発生予測に向けた基礎研究、消防防災と科学 No.154、pp.15-20、2023.11.

- 11) 篠原雅彦:地震時などの大規模火災で発生する火災旋風、第 62 回火災科学セミナーテキスト、pp.43-60、2023.11.
- 12) Masahiko Shinohara, Tomoaki Suina, Sanae Matsushima, Hitomu Saiki: Fire and Meteorological Conditions during the Generation of Vortices in a Prescribed Fire on a Grass Hill, 7th International Fire Behavior and Fuels Conference, 2024.4.
- 13) 篠原雅彦:火源風下に発生する火災旋風の最大風速・半径および横風風速の予測モデル、2024 年度日本火災学会研究発表会、pp.137-138、2024.5.25-26.
- 14) 篠原雅彦:火災風下に発生する竜巻状渦のモデル化、第 61 回日本伝熱シンポジウム講演論文集、2024.5.29-31.
- 15) 篠原雅彦:令和 6 年能登半島地震における輪島市大規模火災の延焼動態、日本火災学会誌火災 Vol.74、No.3、2024.6.
- 16) 篠原雅彦:令和 6 年能登半島地震における輪島市大規模火災の延焼状況、消防防災の科学、No.157、pp.29-35、2024.6.
- 17) 篠原雅彦:令和 6 年能登半島地震における輪島市大規模火災の延焼状況、防災学術連携体 令和 6 年能登半島地震 7 ヶ月報告会、2024.7.

(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8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。放水の技能については、消防本部等における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。

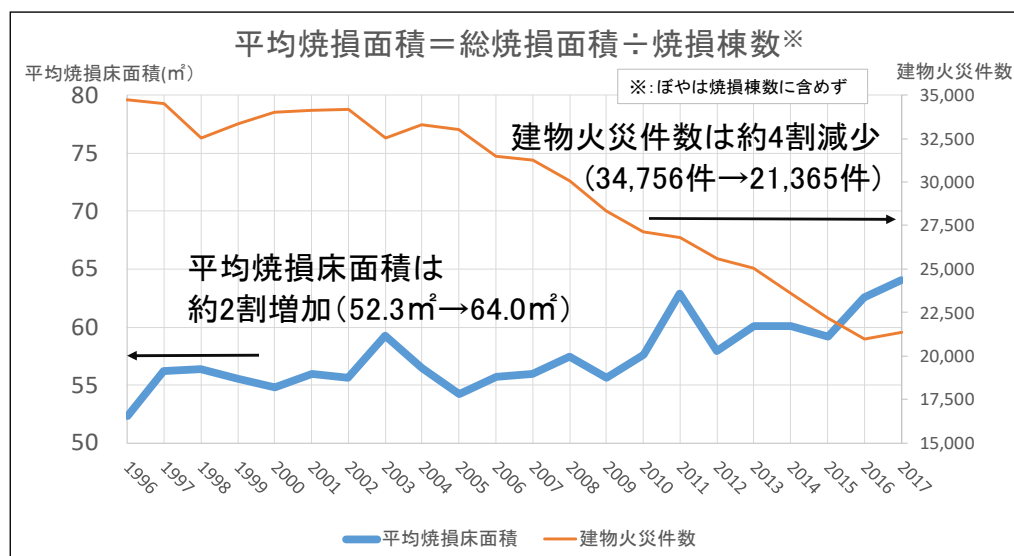


図1 建物火災件数と1棟当たりの平均焼損床面積の推移

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

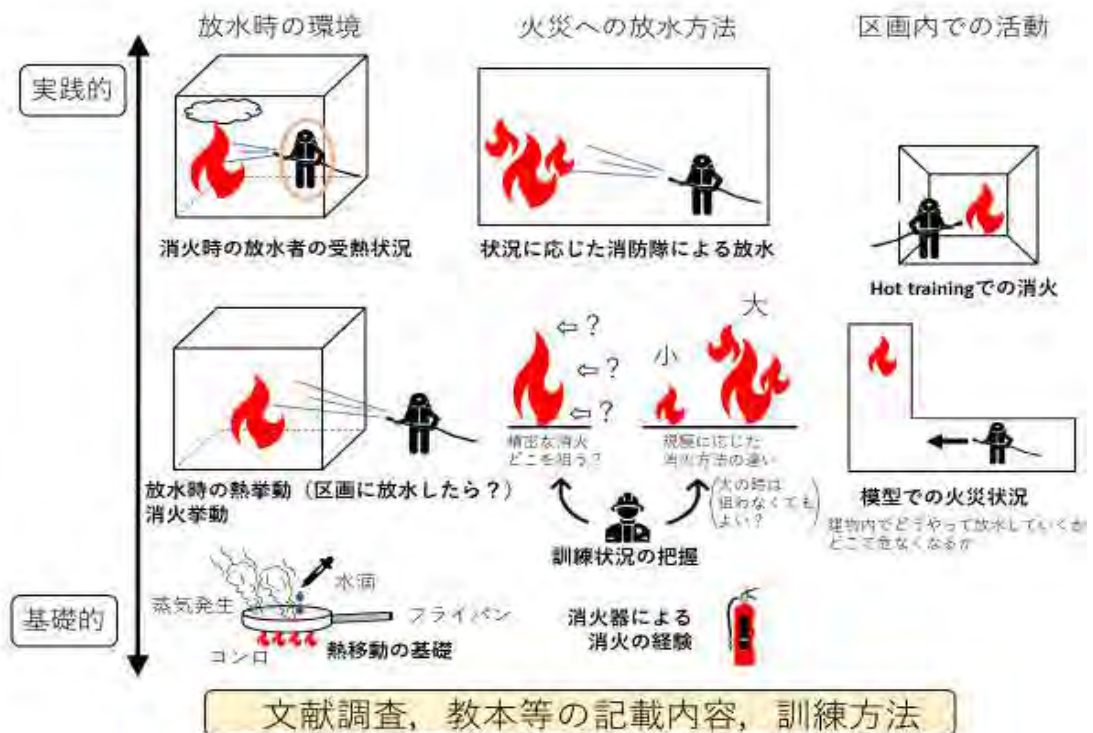


図3 研究概要

表 1 5 ヶ年研究計画

	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
火災状況に応じた放水方法	<ul style="list-style-type: none"> ・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) ・実大模擬区画の製作 	<ul style="list-style-type: none"> ・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) 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験動画を活用した消防職員向け教育資料の作成 	<ul style="list-style-type: none"> ・火災実験を通じた消防隊の放水意図の把握 ・経験的な放水活動について言語化の試み 	<ul style="list-style-type: none"> ・火災状況に応じた放水方法の整理 ・資料作成
放水時の室内環境	<ul style="list-style-type: none"> ・放水時の室内環境の調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・赤外線カメラによる火災時の状況把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・放水時の室内環境の変化に関する調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・放水時の室内環境の整理 ・資料作成

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 8 m³ (高さ 2 m) 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。



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)

3.2 放水時の室内環境

- ・上部に高温層が形成された容積 8 m^3 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。

4. 令和4年度の研究成果

4.1 火災状況に応じた放水方法

- ・令和3年度に引き続き教育訓練方法について聞き取り調査を行った。聞き取りを行った消防学校では区画火災の進展の状況を積極的に教えており、さらに学校ごとにホットトレーニングによる火災体験や区画内での放水方法などを組み合わせた教育内容となっていた。消防本部では各本部で継続的に行われている内容に消防学校や消防大学校での教育内容を適宜取り入れて教育訓練を構築しており、消防本部ごとに違いが見られた。また、隊長の方針により小隊ごとの訓練内容が異なることや、消防職員が個人で関係書籍やインターネット上の動画等で知識を身に着けることなど、現場レベルから提起される訓練や研鑽があることが分かった。
- ・消防隊放水実験用区画を用いた燃焼実験で木製パレットへの着火方法について検討を行い確実

な方法を確立した。放水量が毎分 150～200 L の散水ノズルについて放水状態（ストレート、噴霧）による散水分布を把握し、木製パレット火災の消火実験を行った。ストレート状態では直接散水できる部分の火炎を消すことが出来たが、噴霧状態では飛距離が短く放水が火源に届かず消火に至らなかった。

- ・牛乳パックを使った簡易燃焼区画による実験を繰り返し実施できるようにするため、使用する燃料と燃料容器の検討と牛乳パック素材の分析を行った。火災性状を理解する一手法として消防本部等で実演を行った。また、簡易燃焼区画内で n-ヘプタンのプール燃焼がカーテン状火炎に変化する現象についてその発生条件について検討を行った（写真 3）。

4.2 放水時の室内環境

- ・消防隊放水実験用区画を用いた消火実験で、散水ノズル放水状態（ストレート、噴霧）を変えた場合の区画内温度変化を計測した。ストレート状態では散水された部分が消火されるため急激な温度低下が見られた。一方、噴霧状態で放水が火源に届かない場合は、ストレートに比べて温度の低下は緩やかであった。放水開始するとどちらも視界が悪くなった。特に噴霧状態では多量の黒煙が発生し区画入口側から噴き出すような様子が見られた（写真 4）。
- ・消防隊放水実験用区画を用いた実験で熱中症指標計による計測を行ったが、顕著な変化は見られなかった。

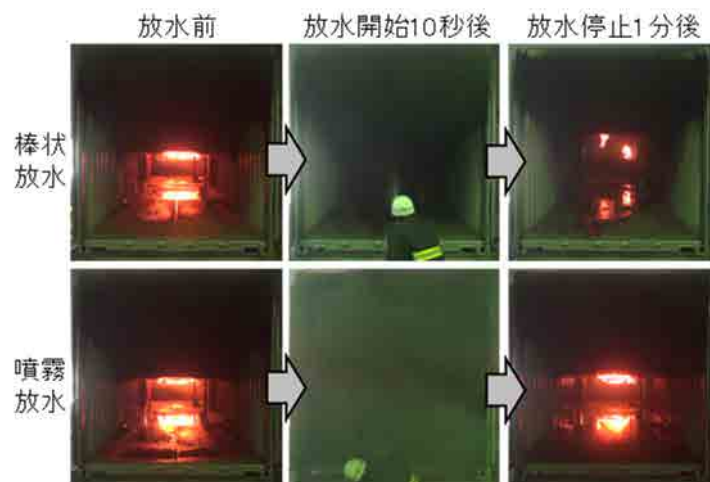


写真 3 放水実験用実大燃焼区画での消火実験

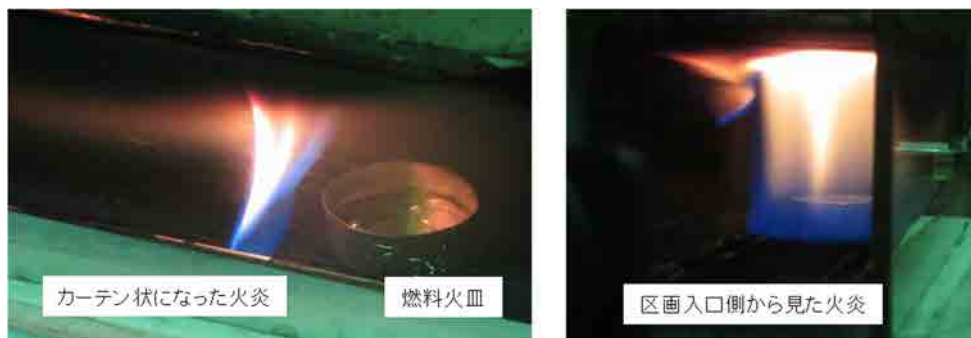


写真 4 簡易燃焼区画内のカーテン状火炎

5. 令和 5 年度の研究成果

- ・牛乳パックを使った簡易燃焼区画による実験について消防職員向けの説明動画(2件)と資料を作成した。
- ・簡易燃焼区画内で引火性液体のプール燃焼がカーテン状火炎に変化する現象について、燃料種類と容器直径の影響を調べた。また、区画内の温度、ガス濃度および気流について計測を実施した。
- ・赤外線カメラ(熱画像直視装置)の火災時の見え方と活用に関して、装置の特性と活用上の懸念事項について消防職員向け資料を作成し、これを用いて実演を交えた講義を試行した。

6. 令和 6 年度の研究成果

- ・実験等で得られた成果を活用して火災性状に関する消防職員向け資料を作成し、消防大学校警防科及び予防科の学生に対して講義を行った。また、熱画像直視装置に関する正規の講義を消防大学校警防科学生に行った。
- ・先進的と呼ばれる新たな放水技術について消防本部の取り組みと実状について把握するため、複数の消防本部等へ聞き取りを行った。

7. 令和 7 年度の研究計画

- ・相模原市消防局の協力を得て消防隊放水実験用区画内で消防隊による燃焼・放水実験を行い、消防隊の放水活動に関する情報を得る。
- ・火災状況に応じた放水方法の整理と資料作成を行う。
- ・放水時の室内環境の整理と資料作成を行う。

8. 共同研究等外部との協力

山梨県消防学校、新潟県消防学校、静岡県消防学校、甲府地区消防本部、新潟市消防局、相模原市消防局、静岡市消防局、駿東伊豆消防本部、北見地区消防本部、姫路市消防局、西宮市消防局、鹿島地方事務組合消防本部、堺市消防局、志太消防本部、山形市消防本部、芳賀地区消防本部、消防大学校(聞き取り調査、実験実演)

9. その他

(1) 口頭発表

- 1) 尾川義雄：断面形状が一辺 70 mm の正方形の直方体空間内で n-ヘプタンのプール燃焼がカーテン状火炎に変化する現象、第 60 回燃焼シンポジウム、2022 年 10 月 21-24 日
- 2) 尾川義雄：炎のカーテン (Flame curtain)、第 60 回燃焼シンポジウム「美しい炎」の写真展、2022 年 10 月 21-24 日
- 3) 尾川義雄：断面形状が一辺 70 mm の正方形の直方体空間内において液体燃料のカーテン状火炎が発生する条件の探索、第 61 回燃焼シンポジウム、2023 年 11 月 15-17 日
- 4) 尾川義雄：ヘプタン火炎とキラキラ花火 (n-heptane flame and sparklers)、第 61 回燃焼シンポジウム「美しい炎」の写真展、2023 年 11 月 15-17 日
- 5) 尾川義雄：牛乳パックを使った簡易燃焼区画の製作、2024 年度日本火災学会研究発表会、2024

年 5 月 25 日

- 6) 尾川義雄：20 フィートコンテナ 2 基を活用した消防隊放水実験用区画、安全工学シンポジウム 2024、2024 年 6 月 26 日
 - 7) 尾川義雄：断面形状が一辺 70 mm の正方形の直方体空間内における n-ヘプタンを燃料としたカーテン状火炎の周囲の温度、ガス濃度、流速、第 62 回燃焼シンポジウム、2024 年 11 月 26 日
- (2) 解説
- 1) 尾川義雄：牛乳パックを使った簡易燃焼区画の製作、消防試験センターだより Voice、vol.405、pp.10-11 (2024.9)

(6) 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 31 m 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と混雑が生じる。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・実避難ならびに事前の消防計画における合理的な避難方法の決定に寄与するため、順次避難について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)の検討を通した、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。

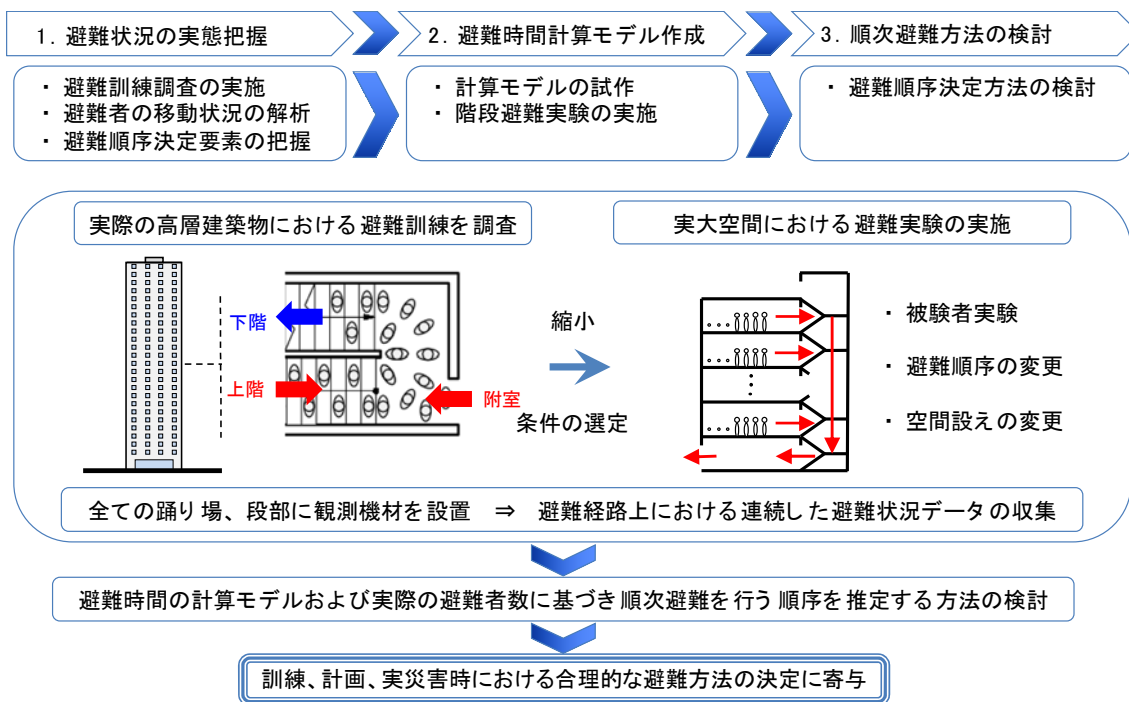


図1 研究の概略

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"> ・避難訓練調査に基づく避難者の移動状況の解析 ・避難順序決定要素の把握 	→			
(2) 避難時間計算モデルの作成			<ul style="list-style-type: none"> ・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 	→	
(3) 順次避難方法の検討					<ul style="list-style-type: none"> ・避難順序決定の定性的要素の検討 ・計算モデルを活用した避難順序決定方法の検討

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年度の研究成果

- (1) 高層建築物において避難経路となる階段降下状況の観測実験の結果について分析を進めた。実際の高層建築物における被験者の階段降下状況を記録した映像を用いて、階段降下時の歩行データとして歩行座標を抽出し、階段降下時の歩行状況を分析した。
- (2) 階段での合流状況を把握する実験における実験条件を検討した。高層建築物では各階から避難者が階段室に流入することで、階段室内で開口部からの避難者と上階からの避難者による合流が発生し、これによる下階から上階への滞留の伝搬が発生する。これまでの研究より、順次避難においては踊り場に流入する順序と歩行状態の組み合わせが多様となることが分かっており、これにより流動状態、滞留の伝搬に違いが生じる可能性がある。この状況を把握するため、実験では流入順序および進行の有無を条件とし、これらの組み合わせによる合流状況の変化を確認する。このため、状況毎に歩行を開始する階の順序を変化させることとした。

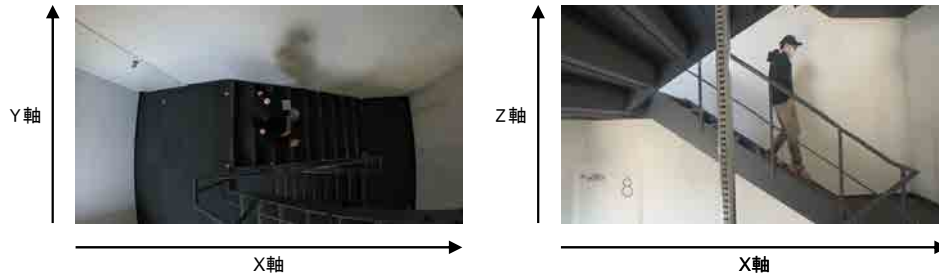


図 2 歩行軌跡の座標軸

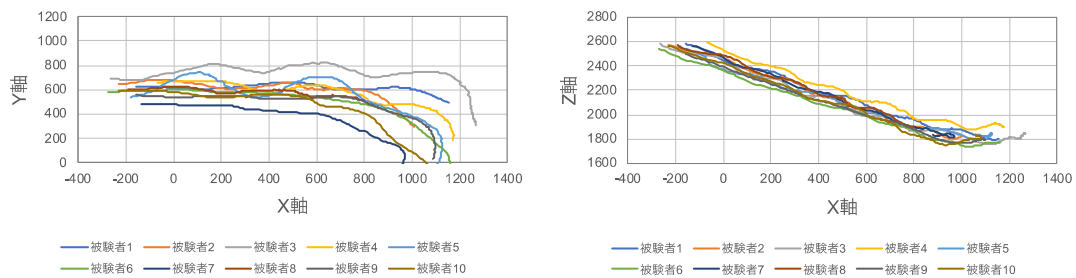


図 3 実験における歩行軌跡

5. 令和 5 年度の研究成果

- (1) 階段における合流状況を把握する実験の方法について検討した。階段への流入順序および進行の有無等、合流状況の変化に用いる実験条件について詳細な組み合わせを検討するとともに、当該組み合わせにより想定される合流状況を実験時に再現するための手順を検討した。加えて、合流状況下における流動性状把握に必要なデータ取得を可能とするため、実験を行う実際の階段における群集の降下状況の記録に用いる観測機材とその設置方法を検討した。
- (2) 階段踊り場への流入順序と群集の歩行状態を組み合わせることで変化させた上記条件に基づき群集実験を実施した。実験は実際の高層建築物の階段を多数の被験者を降下させる形で実施し、上記観測機材を用いて被験者群集の階段降下状況を記録した。



図 4 踊り場における階段降下状況



図5 段部における階段降下状況

6. 令和6年度の研究成果

- (1) 実験で得られた記録映像をもとに各実験条件について階段降下時における群集の歩行データを収集し、得られたデータに基づき分析を行った。階段室内における通過人数を計測するとともに当該通過人数を用いて流動量の算出を行った。計測箇所毎に得られた流動量に基づき階段室内で合流する降下群集の流動性状として、流入順序による影響や滞留の伝播状況を分析した。

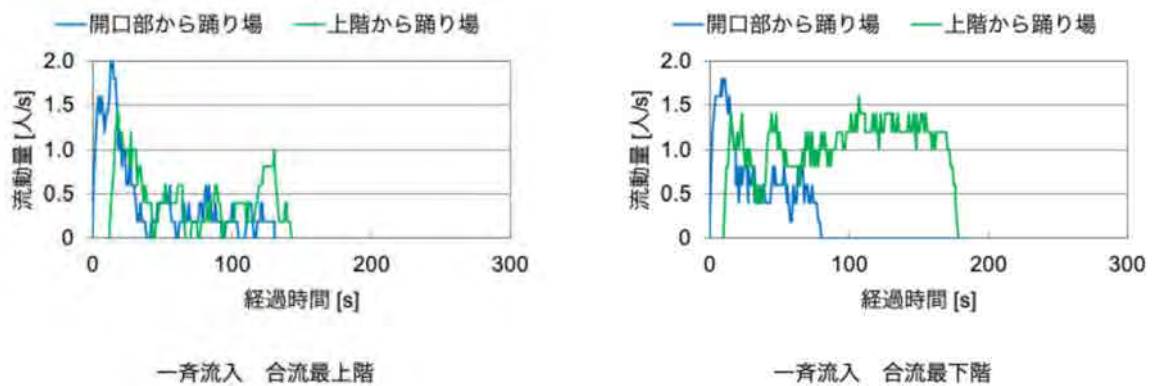


図6 踊り場における流動量

7. 令和7年度の研究計画

- (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、計算モデルにより得られる避難時間について群集実験との結果の比較に基づき計算モデルの精度を検証する。また、計算モデルにおける順序決定の定性的要素を検討し、計算時の適用方法を示すことで避難順序決定方法を導出する。

8. 対外発表

- 1) 藤井皓介：研究最前線 高層建築物の避難安全に関する研究、消防試験研究センターだより Voice、消防試験研究センター、Vol.387、pp.10-12、2021.9
- 2) 朴聖經、水野雅之、佐野友紀、藤井皓介、門倉博之、関澤愛：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、2021年度日本建築学会関東支部研究報告集 I、日本建築学会、pp.485-488、2022.3.

- 3) 朴聖經、水野雅之、佐野友紀、藤井皓介、門倉博之、関澤愛：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、第31回ライフサポート学会フロンティア講演会予稿集、ライフサポート学会、1C16、2022.3.
- 4) 門倉博之、水野雅之、朴聖經、佐野友紀、藤井皓介、関澤愛：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22 — 階段室内への避難者の流入流動量に関する分析 一、2022年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.45-46、2022.5
- 5) 朴聖經、水野雅之、佐野友紀、藤井皓介、門倉博之、関澤愛：高層事務所ビルにおける火災時の順次避難シナリオの評価方法の提案、2022年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.46-47、2022.5
- 6) 朴聖經、水野雅之、佐野友紀、藤井皓介、門倉博之、関澤愛：避難シミュレーションを用いた高層事務所ビルにおける全館順次避難シナリオの評価方法の提案、日本建築学会大会学術講演梗概、pp.361-362、2022.7
- 7) 藤井皓介、田中俊成、水野雅之、佐野友紀：単独と群集の違いが階段降下時の歩行動作に与える影響 段部における軌跡と歩行距離の分析、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.249-250、2022.7
- 8) 朴聖經、水野雅之、佐野友紀、藤井皓介：避難シミュレーション SimTread の階段避難への適用のためのモデルの改良に関する研究、2023年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.53-54、2023.5.27
- 9) 藤井皓介、水野雅之、佐野友紀：階段合流時における流入順序および歩行状態が異なる群集の流動性状把握実験、2024年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.33-36、2024.4
- 10) 藤井皓介、水野雅之、佐野友紀：階段合流時における流入順序および歩行状態が異なる群集の流動性状把握実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.751-752、2024.7

(7) 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 ^{*1)}
	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 ^{*2)} 、鈴木健

*1) ～令和 7 年 3 月

*2) ～令和 6 年 3 月

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（火災現場で発見される燃焼後の残りかす）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) 現場残さ物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。化学災害等の現場での検知と火災現場での焼損物の分析を想定しており、現場検知では救助活動等の現場活動に活かすことを考え、焼損物の分析では原因調査能力の向上を目的としている。

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熔融痕が付着しているケーブルもみられる。熔融痕は、ケーブルの異極間で短絡した場合などで発生するが、放電や熔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"> 現場対応機器の調査 混紡した布等の複数の材料を含む物質の検証 分析機器による違いの検証 (熱分解 GC、FT-IR 等) 電気溶融痕サンプル作成手法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 検査機器の限界と対応化合物についての調査 混紡した布等の複数の材料を含む物質の検証 加熱方法による違いの検証 分析機器による違いの検証 (熱分解 GC、FT-IR 等) 電気溶融痕の製作及び電気溶融痕の物理分析 	<ul style="list-style-type: none"> 現場対応における効果的活用法の検討 加熱方法による違いの検証 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 電気溶融痕の製作及び電気溶融痕の物理分析 	<ul style="list-style-type: none"> 現場対応における効果的活用法の検討 混紡した布等の複数の材料を含む物質の検証 材質同定が困難な試料の同定手法確立のための試み 一次痕、二次痕の特徴抽出 	<ul style="list-style-type: none"> 同定手法の明確化 (マニュアル等の作成) データ集の作成
②引火性液体の燃焼性状に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> 衝突帯電を計測できる実験装置の製作 ミストを生成できる実験装置の製作 引火性液体の燃焼について実験データ、文献等の整理 	<ul style="list-style-type: none"> 衝突帯電用実験装置の改良 水の衝突帯電量の測定 小規模なミスト爆発の実験の実施 ミストを生成できる実験装置の改良 燃焼状況を変えて燃焼させた試料の作成と分析及び適切な前処理、装置設定等の手法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 油類の衝突帯電量の測定 小規模なミスト爆発の実験の実施 ミスト爆発の性状の測定と影響の把握 	<ul style="list-style-type: none"> 液体物性値による衝突帯電量の予測 小規模なミスト爆発の実験の実施 ミスト爆発の性状の測定と影響の把握 	<ul style="list-style-type: none"> 小規模なミスト爆発の実験の実施 ミスト爆発の性状の測定と影響の把握

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。

化学災害の現場対応では、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、分析方法の手順や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。単一成分の試料については過去の研究で分析可能である実績があるため、本研究計画では複数の成分で構成される試料を対象とし、綿とポリエステルを混紡した布をモデルケースとして同定の可否、問題点の抽出を実施する。

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. これまでの研究成果

① 現場残さの物質同定に関する研究

【令和3年度】

- ・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、綿とポリエステルを混紡した布では、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)。

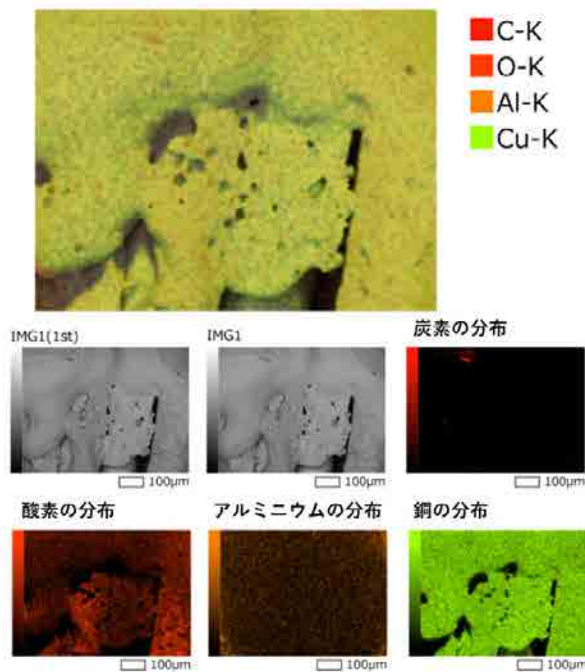


図1 溶融痕表面を電子顕微鏡の元素分布で測定した結果の例

【令和 4 年度】

- ・遠隔型の化学物質を識別できる装置 (PORTHOS) で検知できる安全性の高い試薬について、携帯型検知器 (LCD 3.3、ChemPro100i) でも検知できるか実験した。その結果、酢酸、2-ジメチルアミノエタノール、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル等がいずれの検知器でも反応し、運用訓練に使用できる擬剤として利用できることがわかった。
- ・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・分析するのがよいか明確にするための実験をした。この実験は加熱した試料について分光色彩計を使用し、色を数値化し、熱分解 GC の分析結果と比較することで行った。加熱した試料については、前年度までは TG-DTA による加熱で作成しており、10 mg 程度までのスケールでの作成であるが、今年度は電気炉を使用し、5 g 程度のスケールで作成した。5 g 程度のスケールであっても再現性よく試料を作成できることがわかった。綿とポリエステルを混紡した布を加熱して、分光色彩計で色を数値化し、熱分解 GC の分析結果と比較したところ、ポリエステルのみと誤判断が生じる程度まで燃焼が進んだ状態と離れた状態で比較して判定できる程度の色の違い程度まで加熱が進んだ試料では、痕跡量程度しかセルロース由来のピークが確認できず、誤判断する可能性が高いことがわかった。
- ・コンセントに電圧をかけた状態でアルコールランプによる加熱、コードのより線の片側を数本残して 1 cm 程度切り取った状態で通電、スパークによる方法で溶融痕を作成した。これらの方法で作成した溶融痕について、Spring-8 で白色 X 線 CT による測定をして、VGSTUDIO による解析・可視化をした (図 2 参照)。その結果、アルコールランプによる加熱で作成した試料では、細長いボイドが確認でき、切り取った状態で通電により作成した試料については、中心部に大きなボイドが確認でき、スパークにより作成した試料では、比較的小さなボイドが確認でき、ボイドがない部分もあった。



図 2 溶融痕を白色 X 線 CT 測定後に解析した結果の例
(切り取った状態で通電により作成した試料、
左から立体表示、横方向の断面図、縦方向の断面図)

【令和 5 年度】

- ・遠隔型化学物質識別装置 (PORTHOS) と携帯型検知器 (LCD 3.3) を同時に使用した検知実験を行った結果、LCD 3.3の方が高感度で化学剤を検知できることがわかった。PORTHOS を有効に活用できる方法を確立する目的で、新たな擬剤の候補を検討したところ、ジ

エチルエーテルが最適であることがわかった。

ジエチルエーテルを擬剤として使用し、屋内外で PORTHOS の検知実験をした。その結果、水平よりも見下ろすような状態で測定することで、検知対象の透過経路を長くすることができ、検知しやすくなることがわかった。また、太陽光があたり温度が高くなった部分は背景の赤外放射量が増加することから検知しやすくなったと考えられる結果が得られたが、太陽光等の光源の有無自体は測定の結果に影響がない可能性が示唆された。

- 綿とポリエステルを混紡した布について加熱前後の試料でそれぞれ FT-IR による分析を行い、熱分解 GC の結果との比較をした。FT-IR の分析では、布の表裏、すり潰して粉末状にした場合で分析結果が大きく異なることがわかった。300℃まで加熱した試料であっても FT-IR の分析では表側と粉末ではポリエステルと加熱された綿に特徴的なピークが見られる結果となった。FT-IR と熱分解 GC の分析結果は相補的な結果であったため、いずれかの分析手法で材質を特定できる可能性を見出した。

また、紫外線照射装置を使用し、綿とポリエステルを混紡した布の劣化方法を確立した。

- 電気熔融痕について生成時の周囲温度の違い、被覆の有無の条件で異なる試料を作成し、X 線 CT 分析した。ボイドの大きさについて周囲温度の違いによる影響を判断することはできなかったが、被覆がある状態で作成した熔融痕は被覆がない試料と比べ、大型のボイドが生成していることがわかった (図 3 参照)。また、熔融痕の表面部分と内部では X 線の透過率に違いがあり、材質が異なる可能性が示唆される結果となった。

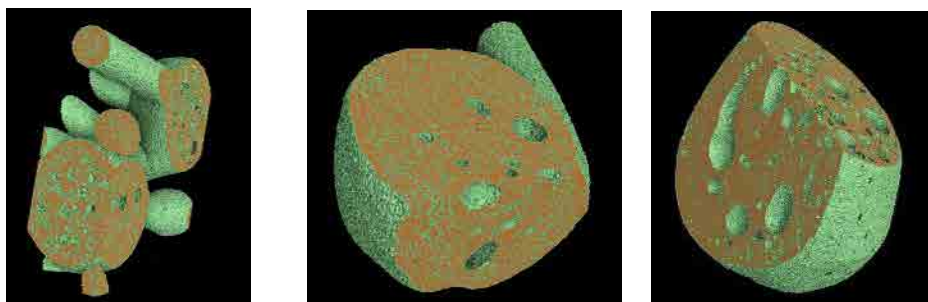


図 3 白色 X 線 CT で測定した熔融痕の解析結果の例

(左：被覆なしで周囲温度 200℃で作成、中央：被覆なしで周囲温度 600℃で作成、
右：被覆ありでアルコールランプで加熱)

【令和 6 年度】

- 綿とポリエステルを混紡した布について光劣化した試料について材質同定への影響があるか調べた。高圧水銀ランプを使用し、綿とポリエステルを混紡した布を光劣化させた (分光色彩計による色の評価を行った)。光劣化させた試料は TG-DTA による加熱 (疑似的な燃焼) と熱分解 GC による分析を行った。TG-DTA による加熱の結果、350℃付近までは光劣化した条件により重量変化率に大きな違いがみられたが、360℃以上の温度では光劣化した条件で重量変化率はほぼ一定の値であった (350℃付近までは綿の分解であり、360℃以上でポリエステルが分解するため、綿のみが光劣化の影響を受けたことが示唆される)。熱分解 GC による分析では、光劣化した試

料では比較的早く綿由来のピークの損失が確認されたが、光劣化による新たなピークの出現等の変化は見られないため、通常の試料との直接的な比較により材質同定が可能である。しかし、光劣化をした試料では成分によっては熱分解温度の低下がみられるため、熱分解 GC による材質同定では誤判断の可能性が上がるため注意をする必要があることがわかった。FT-IR による分析結果と合わせて結果を解釈することが望ましいと考えられる。

- ・電気溶融痕のボイドの生成要因について、令和 5 年度までの成果や過去の文献から、銅の酸化と還元がボイドの生成に大きく影響を与えることを仮説として考え、雰囲気（窒素中か空気中か）や電線被覆の有無（被覆による還元）による影響を精査するための実験を実施した（電気溶融痕の作成と X 線 CT による分析）。窒素雰囲気中ではボイドが生成しないと考えていたが、ボイドが確認できた。被覆の影響については令和 5 年度までの傾向と同様に大きなボイドが生成する溶融痕がみられた。さらに、溶融痕の 3 次元的な観察により、溶融痕中のボイドの生成要因として、「被覆による還元反応」だけでなく、「銅線の間隙に由来（複数の銅線が接触していたと考えられる近傍で直線的に並ぶボイドが確認）」もあることが推測できる結果が得られた。窒素雰囲気中での仮説との違いは主に銅線の間隙に由来するボイドによるものと解釈している。また、熱のみでの溶融痕についても作成を行ったところ、ボイドが生成しないか、小さいボイドがみられる程度であった。測定した結果の一部を図 4 に示す。

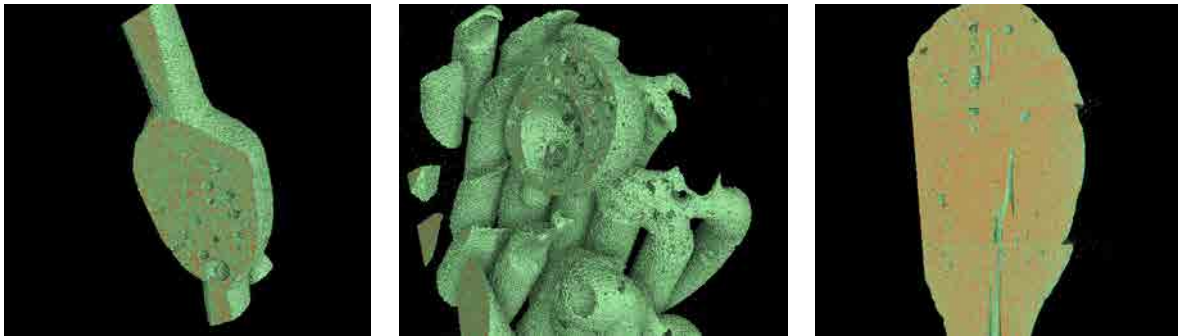


図 4 窒素雰囲気中で作成した溶融痕（左）、被覆有のボイド（還元によるボイド、中）、熱のみで作成したボイド（間隙によるボイド、右）

- ・ビニル平型コードの 2 線の電線が高温になり絶縁被覆が溶融や炭化することにより線間の短絡が発生することが考えられる。過電流を流し、絶縁被覆の溶融や炭化から短絡を発生させられる装置を製作した。この装置は変圧器を組み合わせ 90 A まで電線に流すことができ、線間に AC100 V の電位差を与えて短絡を発生させることができる。

② 引火性液体の燃焼性状に関する研究

【令和 3 年度】

- ・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 5 参照）。

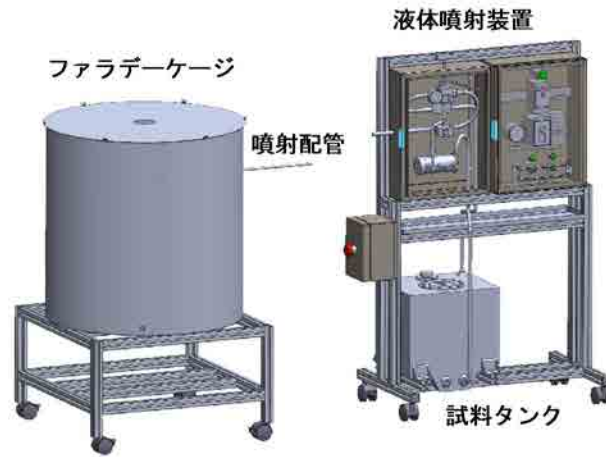


図5 衝突帯電を測定する実験装置の概念図

- ・ミストを生成する実験装置の仕様を決定し、図6のような装置を製作した。

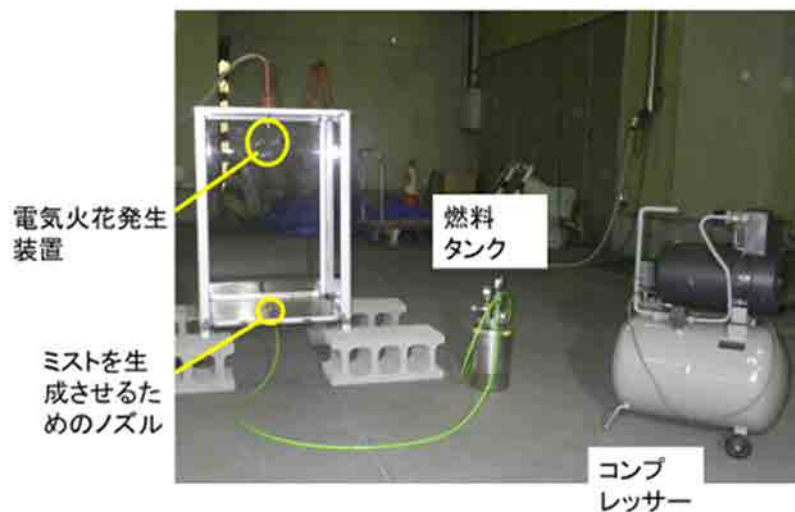


図6 実験装置

- ・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。

【令和4年度】

- ・液体の衝突帯電を計測するための実験装置に異種液体が混合することを防ぐ配管経路を追加するとともに、噴射圧力を高める改良を施した。水道水を用い衝突帯電の計測を開始し、測定結果の一例としては、ノズル径 1.5 mm、噴出速度約 5 m/s、衝突板の接地はなしの条件で、約 1.4×10^{-11} C/g の帯電が記録できた。
- ・ミスト爆発に関する研究では、実験装置を改良し (図7 参照)、この装置を使用して実験を行った (図8 参照)。



図 7 実験装置

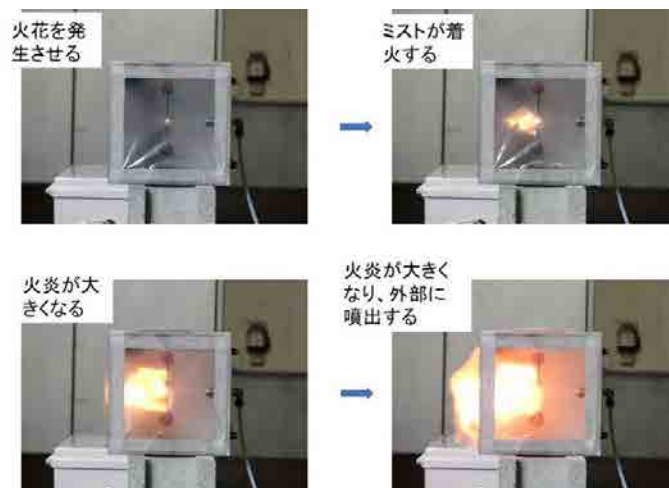


図 8 実験の様子

- ・ 燃焼した引火性液体残さの分析については、燃焼実験後の測定で取得したデータを油類検査法のマニュアルに反映させた。

【令和 5 年度】

- ・ 水道水を用い衝突帯電の計測を開始し、測定結果の一例としては、衝突板の接地はしない条件で噴出速度を約 3 m/s とし、ノズル径を 1.2 mm と 2 mm と変えて帯電を比較した。その結果、ノズル径 1.2 mm では約 1.36×10^{-11} C/g、ノズル径 2 mm では約 4.46×10^{-11} C/g となり、径の大きいほうの帯電が強くなることが確認できた。
- ・ ミスト爆発に関する研究では、改良した実験装置を使用して実験を行った (図 9 参照)。ただし、図 8 では横方向にミストを噴出させたが、図 9 では上に向けてミストを噴出させた。

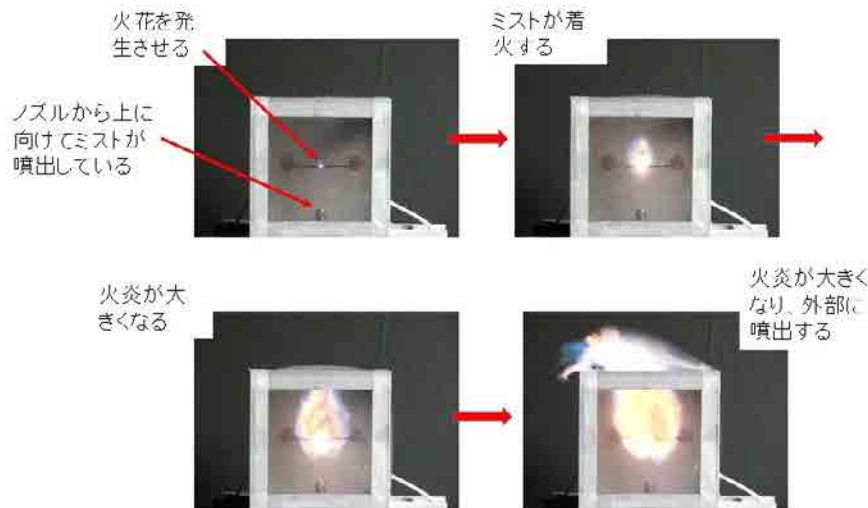


図9 実験の様子

- ・プラスチック製品が共存する条件で、灯油を燃焼させることで試料を作成し、GCで分析した。プラスチックはポリプロピレン、ポリスチレン、ポリエチレンテレフタレートを使用した。ポリプロピレン共存下での燃焼では、灯油と判別できる領域に灯油以外のピークが確認できるデータが得られた。

また、5 cm 立方の木片に灯油 2 mL を切断面にかけ、輻射熱 (540 W または 270 W のヒーター) による加熱及び常温環境中の放置する実験をした。その結果、灯油の受熱の強度が弱く長期間経過したものほど (常温の大気環境での放置の実験を含む)、灯油の低沸点成分がより減少したクロマトグラムとなった。

【令和 6 年度】

- ・水道水を用いて、ノズル径を 1.2 mm、1.5 mm、2.0 mm と、流速を 3 m/s～4.5 m/s と変化させ帯電量を計測した。水道水の抵抗率は約 3 kΩm で導電性の非常に高い状態であった。そのため接地を取った金属配管内での流動帯電はほぼない状態での計測となった。接地を取っていない金属衝突板への衝突による水の帯電は計測限界以下であった。
- ・灯油を用いて帯電量を計測した。ノズル径を 1.5 mm に固定して流速を変化させると、単純に流速が速いと帯電量が大きくなるわけではなかった。流速をほぼ同じにしてノズル径を変化させると、ノズル径が大きいと帯電量が大きくなった。帯電量には流速、ノズル径、抵抗率による影響が考えられる。
- ・火災原因調査に絡みセルフスタンドのガソリン計量機から注がれるガソリンの帯電量を計測できた。静電容量が約 190 pF のファラデーケージに流速約 1 m/s でガソリンを 10 リットル流し込み 5 回測定した。その結果、約 190 nC/リットルの電荷密度であった。
- ・3 つの消防本部調査担当職員に原因調査に関する静電気測定方法を紹介し、「静電気火災調査マニュアル」の不足している点の要望を収集ができ、改訂作業につなげている。
- ・ミスト爆発に関する研究では、ミストを生成する部分を改良し、実験を行った (図 10、図 11 を参照)。超音波振動子によってミストを生成するようにした。

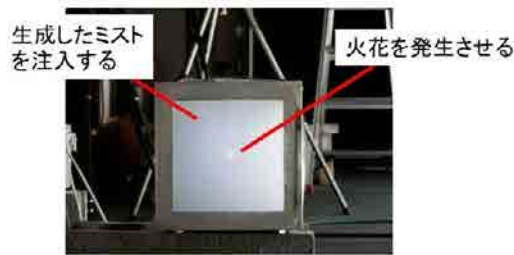


図 10 実験装置

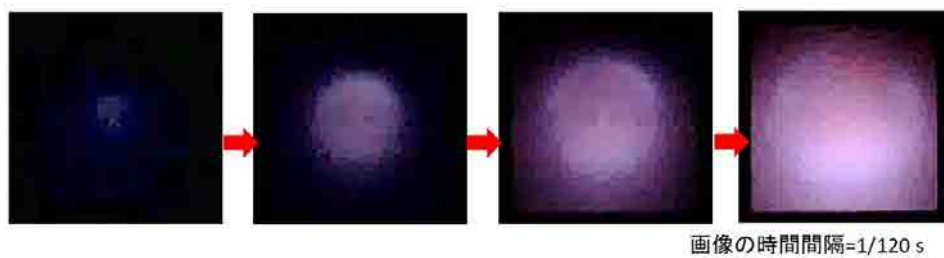


図 11 実験の様子

- ・ガソリンと灯油を混合した試料の分析についての予備的実験を行った。また、油脂類の蓄熱発火の研究の予備実験として、メチルエステル化反応による処理と GC 分析についてマニュアルを作成し、消防本部での実験および意見交換を行った結果からマニュアルの改善点、今後の研究方針を検討した。

5. 令和 7 年度の研究計画

- ・焼損物の同定手法および引火性液体の化学分析の内容については分析結果のデータ集を加え、確立した手法の部分に関してマニュアル化を行う。

① 現場残さの物質同定に関する研究

- ・綿とポリエステルを混紡した布について光劣化した試料について FT-IR について分析を実施し、熱分解 GC の分析結果との比較を行う。
- ・被覆の影響を精査するために被覆が付着した状態で熔融痕のポイドを X 線 CT で観察する。熔融痕のポイドの解析について定量的に評価する方法を確立する。金属組織の状態を調べる方法を確立し、被覆の影響の有無について検討する。

② 引火性液体の燃焼性状に関する研究

- ・実験装置の改良を行い、小規模なミスト爆発の実験を行う。ミスト爆発の性状を測定し、影響を把握する。
- ・試料の保管方法が分析結果に与える影響について灯油試料をモデルケースとして検討を行う。また、灯油とガソリンが混合した試料についてガソリンの検出が可能な条件について検討する。さらに、油脂類の蓄熱発火についてメチルエステル化後の GC の分析結果と熱分析データを比較し、GC の分析結果から火災危険性の判定が可能なかの検討を行う。

6. 共同研究等外部との協力

- ・東京電力パワーグリッド株式会社 (共同研究)
- ・兵庫県警察科学捜査研究所 (共同研究)
- ・公益財団法人 高輝度光科学研究センター (Spring -8 利用)
- ・岡山市消防局
- ・広島市消防局
- ・大垣消防組合消防本部
- ・富山県危機管理局

7. 研究成果

(1) 外部発表

- 1) 佐藤康博、塚目孝裕：「熱分解 GC と FTIR による焼損したセルロースの解析」、2021 年度日本火災学会研究発表会、オンライン開催、2021 年 5 月
- 2) 原島裕貴、田村裕之：グレーチングが熱気流に及ぼす影響について、火災、Vol.71、No.5、pp.47-52 (2021)
- 3) 田村裕之：機能を果たすシステム構築のために、静電気学会誌、Vol.46、No.2、pp.49 (2022)
- 4) 鈴木健：小型模型を使用したガス爆発実験について -開口より外部に噴出した火炎の影響、第 55 回安全工学研究発表会講演予稿集、pp.71-74 (2022)
- 5) 水害時の太陽光発電システム火災、太陽光発電部会第 33 回セミナー (日本太陽エネルギー学会)、2022.4.19
- 6) 田村裕之、長浜省吾、佐藤広佳、宇津野真人：自動車給油口パイプの導電性に起因した放電現象、2022 年度日本火災学会研究発表会、pp.191-192、オンライン開催、2022 年 5 月
- 7) 佐藤康博、塚目孝裕：「焼損した綿とポリエステル混紡試料の材質同定に関する予備的検討」、2022 年度日本火災学会研究発表会、オンライン開催、2022 年 5 月
- 8) 田村裕之、杉山昌彦、長浜将吾、集塵用フィルタ部火災の原因調査、2022 年静電気学会全国大会、2022.9.8-9
- 9) 田村裕之：粉体乾燥炉の集塵フィルタ部で発生した火災について、電気災害の調査・研究に関する情報交換会、2022.10.18
- 10) 田村裕之：水害によりメガソーラー発電所で発生した火災について、電気災害の調査・研究に関する情報交換会、2022.10.18
- 11) 鈴木健：ミスト爆発について、安全工学シンポジウム 2023 講演予稿集、pp.262-265 (2023)
- 12) 鈴木健：小型模型を使用したミスト爆発に関する実験：第 61 回燃焼シンポジウム講演論文集 (2023)
- 13) 田村裕之、杉山昌彦、長浜省吾：集塵用フィルタの導電性と出火要因、2023 年度日本火災学会研究発表会、弘前大学 (青森県)、pp.13-14、2023 年 5 月
- 14) 佐藤康博、塚目孝裕：「焼損した綿/ポリエステル混紡試料の色と GC 分析の比較」、2023 年度日本火災学会研究発表会、弘前大学 (青森県)、2023 年 5 月
- 15) 塚目孝裕、長浜将吾、日浅宏、村松賢、西村和也：「高分子化合物の劣化により生じたトラッキング現象」2023 年度日本火災学会研究発表会、弘前大学 (青森県)、2023 年 5 月

- 16) 田村裕之、川口健太郎、森崎学、武石吉生：粉体塗装ブース火災の原因調査、静電気学会全国大会、2023.9.11-12
 - 17) 田村裕之、川口健太郎、森崎学、武石吉生：粉体塗装ブースで発生した火災の原因調査、電気災害調査研究情報交換会、2023.12.22
 - 18) 塚目孝裕、佐藤康博、横浜市消防局警防部警防課：「スタンドオフ FT-IR PORTHOS の検知性能」、法科学技術学会化学テロ対処技術研究会第 1 回研究会 (2024.2.28)
 - 19) 鈴木健：ミスト爆発に関する小規模実験、第 62 回燃焼シンポジウム講演予稿集 (2024)
 - 20) 佐藤康博、塚目孝裕：「焼損した綿/ポリエステル混紡試料の FT-IR による分析」、2024 年度日本火災学会研究発表会、東京理科大学 野田キャンパス (千葉県)、2024 年 5 月
 - 21) 松崎崇史、西村和也、佐藤康博：「受熱強度に応じた灯油成分の経時変化に関する研究」、2024 年度日本火災学会研究発表会、東京理科大学 野田キャンパス (千葉県)、2024 年 5 月 (口頭発表)
 - 22) 田村裕之、川口健太郎、森崎学、武石吉生：絶縁性床上での靴の導電性の違いによる人体帯電、2024 年度日本火災学会研究発表会、2024.5.25-26
 - 23) 田村裕之、川口健太郎、森崎学、武石吉生：靴の導電性の違いによる人体帯電の変化、第 48 回静電気学会全国大会、2024.9.10-11
- (2) 解説等
- 1) 佐藤康博：「火災原因調査における化学分析機器の活用」消防試験研究センターだより Voice、Vol.388、pp.10-12、2021 年 11 月
 - 2) 佐藤康博、塚目孝裕：「燃焼条件と試料採取位置に応じた灯油の GC による検出に関する研究」、消防研究所報告、130 号、pp.33-42、2021 年 12 月
 - 3) 田村裕之：電気火災発生状況と火災事例から見た工場等での安全対策、電気学会誌 Vol.142、No.6、pp.337-341 (2022.6)
 - 4) 田村裕之：太陽光発電設備の火災 -水害時や水上太陽光発電所-、太陽エネルギー、Vol.48、No.5、pp.26-32 (2022.9)
 - 5) 鈴木健：小型模型を使用したガス爆発実験について、消防試験研究センターだより Voice、vol.394、pp.12-14 (2022.11)
 - 6) 田村裕之：電気器具からの出火による事業所の火災について、火災 Vo.72、No.6、pp.14-19 (2022.12)
 - 7) 佐藤康博：「熱分解 GC による焼損物の材料同定 -綿とポリエステルの混紡試料」、火災 Vol.73、No.1、pp.30-33、2023 年 2 月
 - 8) 田村裕之：太陽光発電システムの火災と感電防止への要望、PVTEC ニュース、Vol.93、pp.10-14 (2023.3)
 - 9) 田村裕之：電気起因の出火と工場等の火災事例、クリーンテクノロジー、Vol.33、No.3、pp.17-21 (2023)
 - 10) 鈴木健：小型模型を使用したガス爆発実験について -開口より外部に噴出した火炎の影響、消防研究所報告、No. 132、pp.33-39 (2023)
 - 11) 塚目孝裕、佐藤康博：「化学災害発生時の現場検知用スタンドオフ型資機材の検知性能と有効活用法の検討」、消防研究所報告、133 号、pp.1-6、2024 年 11 月

- 12) 田村裕之：太陽光発電システム火災と消防活動上の安全対策、電気設備学会誌、2025年1月号

(8) 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

土壌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、土壌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）を精度よく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精確な診断が困難（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現実の劣化を再現可能なライニング劣化加速試験は確立されていない。以上のことから、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を模擬した環境での劣化加速試験の実施などにより、劣化診断基準値やライニング劣化メカニズム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を行うことにより計測可

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から著しく腐食が進行した箇所の板厚計測を行う場合は、鋼板面からの超音波の反射挙動が複雑になることなどから S/N 比が悪くために、精度よい鋼板厚さ推定が困難となるおそれがある。従って、ライニング上から入力された超音波の特性や外面が激しく腐食した鋼板における超音波波形の挙動を十分に理解する必要がある。

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 令和 3 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・腐食状態の関連の整理
(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 令和 4 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
(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	→ 整理

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、合理的に必要な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 2~3 mm 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広げられる現象（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。

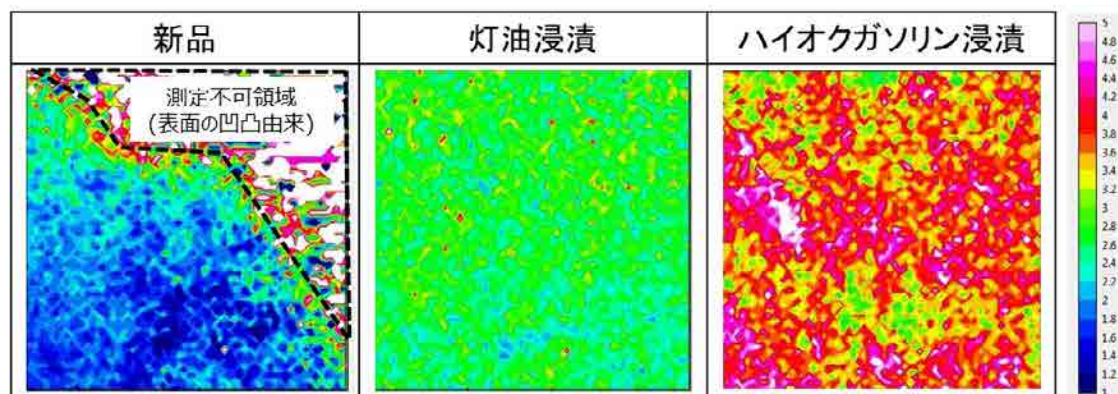


図1 新品・灯油・ハイオクガソリンへ17年浸漬させた試験体の断面より得た、赤外吸収強度比のマッピング図（ $32\ \mu\text{m}^2$ の範囲）の比較

強度比は、炭化水素の伸縮振動に由来する $2,930\ \text{cm}^{-1}$ 付近のピークを芳香族のCC伸縮由来の $1,495\ \text{cm}^{-1}$ 付近のピークで除したもの。赤（ピンク）ほど強度が強く、青ほど弱いことを示す。

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：5 MHz、センサ径 $\phi 10\ \text{mm}$ 、交軸点距離 8 mm）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。つまり、音速を用いることで、電気抵抗や硬度といった、現場では計測が容易ではない物性値を比較的簡易に推定できることを示した。また、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、音速の現場計測が実施できることを確認した。

(2) コーティング・ライニングの劣化加速試験法の検討

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ークコーティング(厚さ 0.5 mm 程度)及びライニング鋼板試験片を、それぞれ 40℃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、ガラスフレー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B₁エコー(鋼板底面からの反射時間)を取得し、B₁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 (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の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、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 6 年度までの研究成果

4.1 ライニング防食性寿命評価に関する検討

地上タンク底板の内面に施工される耐久性の高いガラスフレークコーティングの防食性を現場で定量的に評価する手法として、電気化学インピーダンス測定と付着性試験（ライニングの表面に固定した専用の円筒治具（ドリリー、 $\phi 20 \text{ mm}$ ）を強制的に引き剥がした際の破断状況・応力から防食性を評価する方法）が用いられる。日本高圧力技術協会における「石油タンクの防食及び腐食管理指針」（HPIS TR G105 2017）では、実機タンクの現場調査に基づいて定められた、ガラスフレークコーティングに対する電気特性と付着性の劣化閾値が示されている。電気化学インピーダンス測定で得られる周波数 1 kHz の $\tan \delta$ ($\tan \delta_{1\text{kHz}}$) は、ライニング内部への水やイオンの浸透に伴い電流が流れやすくなるほど数値が大きくなる電気特性で、指針では $\tan \delta_{1\text{kHz}} > 0.35$ で不良とされる。付着性試験については、指針や既往研究【W. Tian et.al, Corrosion science, Vol.86, pp.81-92 (2014)】で示された応力・破断状況を踏まえると、3.5 MPa 未満で鋼板界面の腐食が開始

している可能性があるために不良と判断できると考えられる。これらの劣化閾値はガラスフレークコーティング施工鋼板に対するものであることには留意しつつ、地下タンク内面用のライニングに対して、これらの手法を適用し、防食性の評価を行った。

ライニング防食性の劣化速度を推定するため、長年使用された複数のライニング付き鋼板サンプルからライニングの付着力・ $\tan\delta_{1\text{kHz}}$ を取得して使用年数との関係を調べた。数値はサンプル内の複数個所より得た平均値とした。その結果、付着力については、図2の黒点線に示したように、劣化閾値とした3.5MPaを最も早く下回るまでの年数が、約10年であることが推定された。いいかえれば、個々のタンクの状況(施工条件・劣化環境)によるばらつきを考慮しない、安全側の寿命に至るまでの劣化時間は約10年ということを示した。一方で、 $\tan\delta_{1\text{kHz}}$ については、図3の黒点線で示したように、10年経過後も劣化閾値とした0.35は上回らないものと推定された。このことは、10年経過後も鋼板界面での腐食反応に起因した電流が、ライニングを介して大きく流れないこと(激しい腐食が起こりにくい状況であること)を意味する。以上の結果から、10年経過後の安全側に見たライニングの状態は、ライニングの鋼板界面への接着性は損なわれている一方で、ライニングの絶縁性は維持されているためにその下の鋼板での活性な(早い速度で進行するような)腐食が直ちには起こらないものが想定される。従って、ライニング施工タンクの健全性を維持管理するための一つの方策として、微量な危険物流出を検出できる常時監視措置を併用しながら、継続使用するといったものが考えられる。

次に $\tan\delta_{1\text{kHz}}$ ・付着力と音速との相関関係を調べ、開放時の音速を用いたライニング寿命評価の可能性を検証した。まず、ライニングの硬さに対応する音速と $\tan\delta_{1\text{kHz}}$ には強い相関(相関係数:0.76)があった。このことは、ライニングの電気特性の低下が、膨潤(ライニング樹脂部の網目構造の開放)の影響を強く受けることを示唆している。一方、音速と付着力には弱い相関(相関係数:0.36)がみられた。これは、ライニング/鋼板界面あるいはライニング内部の層間が引きはがされるような付着性の劣化が、膨潤に起因したライニング内部への水の浸透のみならず、鋼板の素地調整のような施工の影響も受けるためであると推測される。以上の結果から、現時点では音速により付着性を精確に診断することは困難であるものの、現場での水の浸透度の簡易な推定には役立つことがわかった。今後、音速に加え、素地の粗さといった施工の状態を表現する定量的な指標を得ることができれば、将来的に精度良い寿命評価につながることを期待される。

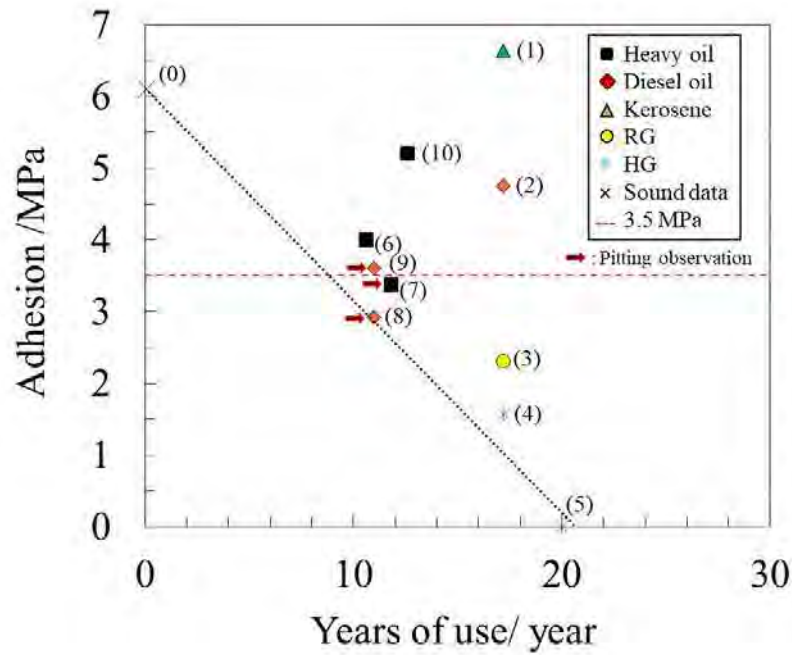


図2 長年使用された複数のサンプルから得た付着力に対する使用年数の関係
 (0) は収集したデータの内、ライニングが剥がれなかった箇所(付着力健全な状況)の平均値を採用した。(5) はライニングが開放時に容易に剥がれる箇所であったことから付着力は0と仮定したため参考値である。赤矢印のサンプルでは鋼面の孔食が観察された。

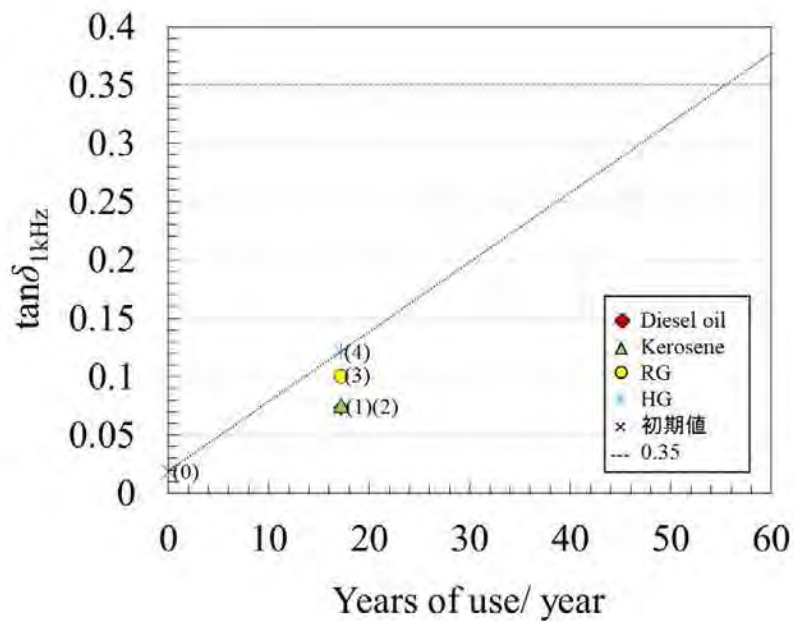


図3 長年使用された複数のサンプルから得た $\tan\delta_{1\text{kHz}}$ に対する使用年数の関係
 (0) は同一樹脂・施工方法の未使用材の数値を採用した。(1)-(4)は3か所から得た $\tan\delta_{1\text{kHz}}$ の平均値とした。いずれも電解質溶液を浸透させて約1か月後に得たデータである。

4.2 劣化加速試験に関する検討

実験室において、未使用の試験片を、(1) 単純な溶液への浸漬条件で温度を上昇させる、(2) タンク底部に滞留するイオン水を模擬した条件で比較的長期間の試験を実施する、という2つのアプローチによりライニングの劣化加速を試みた。

(1) として、密閉圧力容器内で90℃に温度保持した蒸留水及びレギュラーガソリン中に、不飽和ポリエステル樹脂を積層樹脂とした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、温度上昇させた蒸留水では表面に割れの形成が確認されたものの、レギュラーガソリン浸漬では割れは形成しなかった。また、レギュラーガソリン浸漬では、表面側ほど軟らかく素地鋼板付近ほど硬い(表面から膨潤が進行する)という挙動を示した。このような挙動は、蒸留水浸漬サンプルでは生じなかった。実機地下タンクより入手した長期使用サンプルでは、樹脂部が深層部まで膨潤するとともに、水分が滞留するであろう底部においては表面に割れが観察された事例がある。従って、本検証結果から、高温の水とレギュラーガソリンの混合溶液浸漬試験、あるいは、繰り返し浸漬試験は、実機タンク内側で生ずる劣化を再現する加速試験として有効であると考えられる。ただし、温度90℃で30日という試験期間では、実機で観察されたような劣化状態まで至らなかった。

(2) として、酢酸・ギ酸・塩化物イオンの混合溶液(ウォーターバスを用いて温度を45℃、55℃、65℃に保持)へライニング試験片を浸漬させる劣化加速試験を約200日間実施した。一般にタンクの底部には水やイオンが滞留することが知られるが、既往研究【K. Tokutake, H. Nishi, et.al, Prog. Org. Coat., 87, p.69 (2015)、H. Ogata, et.al, Kawasaki Steel Tech. Report, 32, 21 (2000) など】から、比較的多く含まれるイオンとしては、酢酸、ギ酸、塩化物イオンが考えられた。電気化学インピーダンス測定による電気特性モニタリングの結果、温度が高い条件ほど導電率が高くなるとともに、浸漬期間とともに徐々に電気特性が低下していく挙動が得られた。一方、試験が終了した試験片に対する付着性試験を実施した結果、いずれのサンプルも付着力は4.5 MPa以上の高い値を示した。以上の結果は、今回の強酸かつ多量の塩化物イオンを含む浸漬試験により、ライニング試験片の遮断性は少しは低下したものの、防食性は維持されたことを意味している。

以上のように、今回、比較的厳しい条件下での劣化加速試験を行ったものの、内面用ライニングの防食性を損なわせるには至らなかった。ライニングを劣化させるためには、今回の試験よりもさらに厳しい条件下での劣化加速試験を実施する必要がある。

5. その他

(1) 論文・技術資料等発表

- 1) 徳武皓也、岡崎慎司、佐々木翔平：石油タンク底板内面に施工される重防食コーティングの深さ方向分析に基づいた等価回路モデル適用とその有効性、材料と環境、69(3)、pp.66-72 (2020)
- 2) K.Tokutake, S.Okazaki, S.Kodama: Investigation of accelerated degradation methods to cause blisters for non-defective vinyl ester resin glass flake organic coatings, Coatings(MDPI), 12(1), 76 (2022) <https://doi.org/10.3390/coatings12010076>
- 3) 徳武皓也：石油燃料中で長期間使用された不飽和ポリエステル樹脂系ガラス繊維強化プラスチックの物性評価に基づく防食性の実用的推定方法、材料と環境、72(1)、pp.10-21 (2023)
- 4) 徳武皓也：長期間使用された地下タンク内面防食用ライニングの電気特性・付着性評価及び防

食性能劣化に関する考察、圧力技術、62(2)、pp.23-32 (2024)

- 5) 徳武皓也：高温のレギュラーガソリンと蒸留水浸漬で生じるガラス繊維強化プラスチック製ライニングの劣化挙動、消防研究所報告 133 号、pp.7-16 (2024)
 - 6) 笠井尚哉、岡崎慎司、徳武皓也、座間信作、吉田聖一：地震動によるコーティングの損傷挙動と健全性評価-自然災害を受けた石油タンク供用適用性評価手法-、安全工学、64(1)、pp.45-53 (2024)
- (2) 口頭発表
- 1) 徳武皓也、岡崎慎司、佐々木翔平：石油タンク底板内面コーティング用有機コーティングに対する各種劣化促進方法の効果に関する基礎的検討、材料と環境 2019 (2019.5)
 - 2) 徳武皓也：石油タンク底板裏面腐食分布の超音波板厚計測による評価-超音波波形の腐食形状依存性に関する検討-、2019 年度第一回保守検査ミニシンポジウム (2019.7)
 - 3) 徳武皓也、岡崎慎司、佐々木翔平：重防食コーティングインピーダンスに対する各種等価回路モデルの適用と劣化評価パラメータの検討、第 66 回材料と環境討論会 (2019.10)
 - 4) 徳武皓也、西晴樹：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の原因推定、第 67 回材料と環境討論会 (2020.10)
 - 5) 徳武皓也、西晴樹：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の原因及びコーティングの劣化メカニズム推定、日本高圧力技術協会主催令和 3 年度春季講演会 (2021.5)
 - 6) 徳武皓也：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、材料と環境 2021 (2021.5)
 - 7) 徳武皓也：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、日本非破壊検査協会 2021 年度秋季講演大会 (2021.11)
 - 8) 徳武皓也：FT-IR 測定による石油タンク内面防食用ライニングの劣化機構の推定、マテリアルライフ学会第 28 回春季講演会 (2024.2)
 - 9) 徳武皓也：鋼製の地下貯蔵タンク内面に施工されたガラス繊維強化プラスチックの付着性評価、材料と環境 2023 (2023.6)
 - 10) 徳武皓也：温度上昇させた蒸留水とレギュラーガソリンで生ずる石油タンク内面用ライニングの劣化挙動、材料と環境 2024 (2024.6)
 - 11) K. Tokutake: Barrier property evaluation of inner lining for underground storage tank in temperature-controlled aqueous environment containing organic acids and chloride ion, Advanced in corrosion protection by organic coatings 2024 (2024.9)
- (3) 解説記事
- 1) 徳武皓也：石油タンク底板内面に施工される有機コーティングの定量的評価手法に基づく健全性診断、月間ペトロテック、43(4)、pp.38-42 (2020)
 - 2) 徳武皓也：腐食鋼板に対する超音波板厚計測の適用と減肉分布評価に基づく石油タンクの健全性診断に向けた研究、非破壊検査、69(10)、pp.494-501 (2020)
 - 3) 徳武皓也：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、Voice 研究最前線 (2024.3)

(9) 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確立されていない。

本研究課題では、化学物質の製造・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(図1)。

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・濃縮) 中の火災危険性	・攪拌・混合・濃縮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得る。			・攪拌・混合・濃縮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得る。			・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				・粉塵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得る。	・粉塵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得る。			・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・提案する。

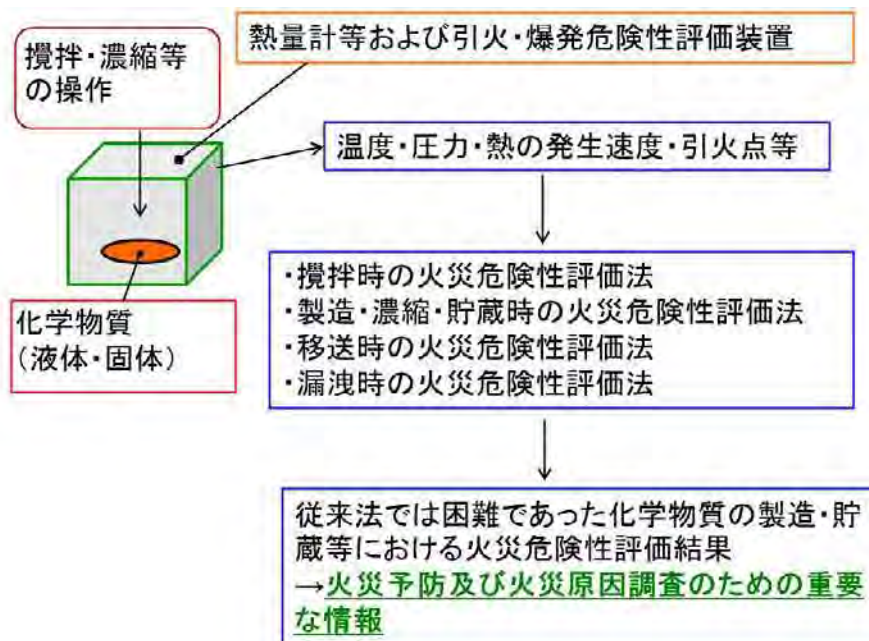


図 1 研究概要

3. 令和5年度までの研究成果

- (1) 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、熱量計を用いて等温下における過酸化クミルの熱流束の経時変化を調べた。また、ガスクロマトグラフ質量分析計を用いて反応生成物の濃度変化を測定した。その結果、熱流束の最大値を取る時点（反応率）でクミルアルコール濃度が増加することがわかった。発熱が最大となる前に特定の化学種（活性物質から変化した物質）について濃度を測定することにより、激しい反応の発生時期（反応ピーク）を予測できることを示した。
- (2) 長期貯蔵中に自然発火を起こす化学物質について火災危険性の評価手法を検討した。火災原因となった木質ペレットを試料として、双子型高感度熱量計（C80）および高感度等温型熱量計（TAM）を用いて、試料からの微小発熱を測定した。その結果、水分を20 wt%含む試料について、室温から50°Cの温度範囲においてC80では発熱が検知できなかったが、TAMを使用することにより発酵（腐敗）による発熱を検知することができた。また、発熱量に関して、木材ペレットは過去の火災原因物質と比較して、火災を引き起こすために必要な発熱量（10 J/g）以上の発熱量を有していることがわかった。
- (3) 漏洩等により発熱して火災を起こす酸化性固体について、過炭酸ナトリウム（炭素ナトリウム過酸化水素付加物）を試料として等温型高感度熱量計（TAM）を用いて発熱に影響する要因（温度、雰囲気、水分、試料量）について検討した。周囲温度について30°Cと50°Cの発熱量を比較すると50°Cの発熱が30°Cの発熱量よりもおよそ8倍以上に増加し、温度上昇により火災危険性が大きくなることが示された。真空乾燥させた試料では窒素および空気雰囲気とも発熱量が大気中の発熱量の10%以下になった。また、試料量を1 gから3 gに増加させても発熱量（J）への影響は小さいことがわかった。以上の結果より、窒素および空気雰囲気による発熱への影響が小さく、試料に付着した水分によって発熱が促進されることが示された。また、水分を含む大気との接触が発熱に影響を与えることがわかった。

4. 令和6年度の研究成果

- (1) 濃縮中の火災危険性を検討するために、断熱型熱量計の一つである暴走反応熱量計（ARC）を用いた評価法を検討した。過酸化ジ-tert-ブチル（DTBP）／トルエン溶液を試料として、暴走反応熱量計と保護管付きチタン製試料容器を用いることにより、有機過酸化物の濃度と分解の激しさの関係を調べた。測定結果から、DTBP濃度が80 wt以上になると最大発熱速度が急激に上昇し、分解の激しさが増加することがわかった（図2）。
- (2) 長期貯蔵中に発酵熱等によって火災を起こす化学物質について、木質ペレットを試料として試料に水を添加した場合に、水の湿潤熱と発酵熱を分離して、火災危険性を評価する方法を検討した。小型反応熱量計（CRC）による測定結果の一例を図3に示す。水を添加した直後の最初のピークは湿潤熱であり、2番目のピークは発酵熱である。水濃度は20 wt%として試料量を0.375 gから3.00 gまで変化させて発熱量に対する試料量の影響を調べた。測定結果から、湿潤熱による1 g当たりの発熱量は試料量と関係なくほぼ一定であった。一方、発酵熱による1 g当たりの発熱量は試料量が少ないほど大きくなった。発酵による発熱量（J）は試料量に関係なく試料容器内の空間体積に依存していることが推定された。このことは発熱量を自然発火の危険性の指標とする場合には試料容器の空間体積の条件を一定にする必要があることを示

している。長期貯蔵中に酸化発熱によって火災を起こす化学物質について、C80 による発熱量等の測定結果を基に自然発火試験装置 (SIT) によって測定される限界自然発火温度を推定する方法について検討した。

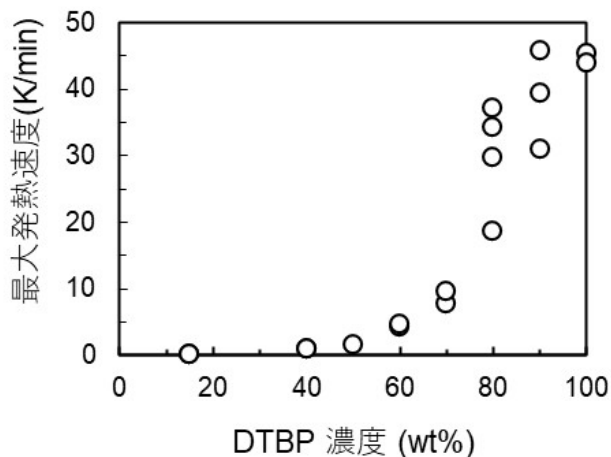


図2 暴走反応熱量計 (ARC) による DTBP トルエン溶液の濃度と最大発熱速度の関係 (試料量 : 1.0 g)

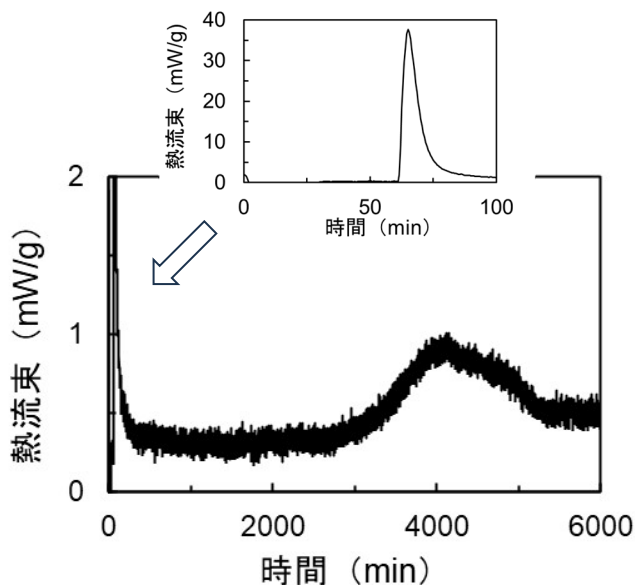


図3 木質ペレットの WPB の小型反応熱量計 (CRC) による測定結果 (試料量 : 1.5 g、周囲温度 : 30°C)

- (3) 粉塵爆発による火災危険性について、SIT による測定結果と粉塵爆発の危険性評価指標を比較し、SIT の測定値から粉塵爆発の危険性評価指標を推定する方法を検討した。図 4 に粉塵爆発の試験器の標準粉体として使用されている石松子 (せきしょうし) の SIT による測定結果を示す (図 4)。SIT による発火限界温度と粉じんの発火温度および SIT によって得られる活性化エ

エネルギーと爆発指数（爆発の激しさを表す指数）との間に相関関係があることがわかった。

- (4) 酸化性固体の漏洩時に可燃物と接触した場合の火災危険性について、等温型高感度熱量計（TAM）を用いた評価方法を検討した（図 5）。過炭酸ナトリウム過酸化水素付加物（過炭酸ナトリウム）を試料として用いた。過炭酸ナトリウムとセルロースを 2 層に分けた場合と混合した場合の 72 時間における発熱量を比較すると混合した場合の方が約 3.6 倍になった。試料と可燃物を混合することで火災危険性が増加することがわかった。

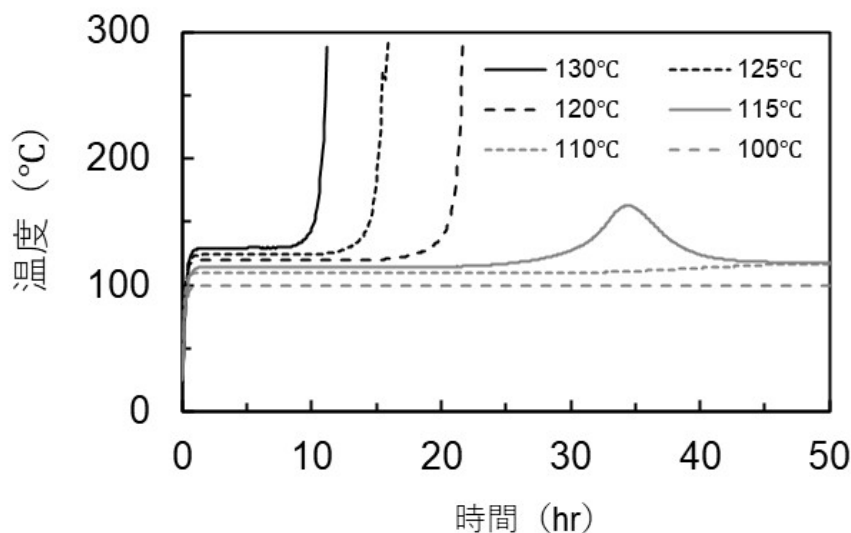


図 4 自然発火試験装置（SIT）による石松子の測定結果（試料量：900 ± 150 mg）

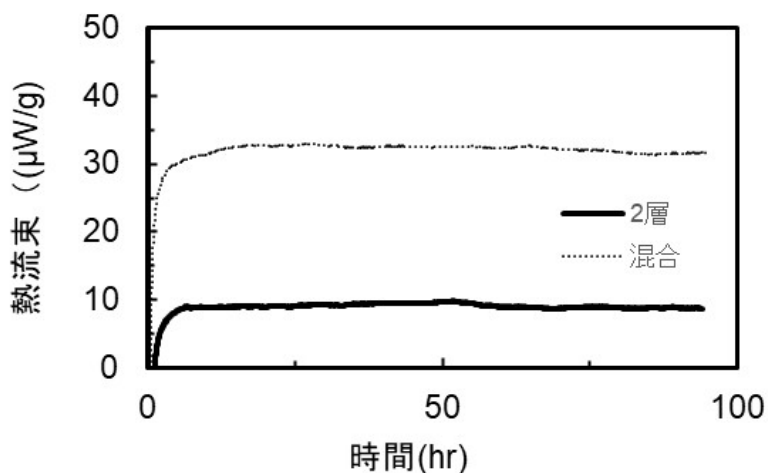


図 5 等温型高感度熱量計（TAM）によるセルロース存在下における過炭酸ナトリウムの測定結果（20 mL 試料容器、過炭酸ナトリウム：1.0 g、セルロース：1.0 g、周囲温度：50°C）

5. 令和 7 年度の研究計画

- (1) 攪拌・混合・濃縮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) 長期貯蔵時における化学物質等の発酵および酸化による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、粉塵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提案する。
- (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。
- (5) 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。

6. 外部発表

(1) 口頭発表

- 1) 岩田雄策：無機過酸化物を含有する可燃物の発熱に関する研究、2021 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.21-22、2021 年 5 月
- 2) 岩田雄策：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、第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集、pp.67-68、2021 年 12 月
- 3) 岩田雄策：過炭酸ナトリウムの分解に関する研究、2022 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.183-184、2022 年 5 月
- 4) 岩田雄策：過酸化クミルの反応挙動における濃度および攪拌の影響に関する研究、第 55 回安全工学研究発表会講演予稿集、pp.221-222、2022 年 12 月
- 5) 岩田雄策：過炭酸ナトリウムの発熱挙動に関する研究、2023 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.235-236、2023 年 5 月
- 6) 岩田雄策：過酸化クミルの発熱挙動における分解生成物の濃度変化に関する研究、第 56 回安全工学研究発表会、pp.119-120、2023 年 12 月
- 7) 岩田雄策：木質ペレットの発熱挙動に関する研究、2024 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.15-16、2024 年 5 月
- 8) 岩田雄策：炭酸ナトリウム過酸化水素付加物の微少発熱に関する研究、第 57 回安全工学研究発表会、pp.77-78、2024 年 12 月

(2) 解説等

- 1) 高原翼、岩田雄策：各種熱量計を用いた硫化鉄の熱挙動に関する研究、消防研究所報告 (131)、pp.17-28、2022 年 11 月
- 2) 岩田雄策：水を含む炭酸ナトリウム過酸化水素付加物の発熱挙動に関する研究、消防研究所報告 (133)、pp.17-24、2024 年 11 月

(10) 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、吉田祐一

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・取扱量が多く、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は重要である。このような見地から、大型石油タンクの地震被害予測の高精度化のための研究と、令和6年度からは大型石油タンクの地震被害を地震発生後すみやかに推定する「特防区域石油タンク地震・津波シミュレータ」の開発（改良）にも取り組む。

石油タンクの地震被害予測について、その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。本研究課題では、(A) 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（長周期地震動の予測の高精度化）と、(B) 地震動に対するタンク底板の浮き上がり応答評価の高精度化等を目的とした研究（地震時タンク底板浮き上がり量の時刻歴応答計算法の改良）を行う。(B)の研究は、これまでの一般研究課題「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」において一定の成果があがったことから、これをさらに発展させるため、令和5年度から重点研究課題として取り組む。

(A) 長周期地震動の予測の高精度化について

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。

(B) 地震時タンク底板浮き上がり量の時刻歴応答計算法の改良について

石油タンクに代表される鋼製平底円筒貯槽（タンク）は、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、これに伴い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。実際、我が国では、昭和53年（1978年）宮城県沖

地震 (M7.4) の際に、底板の浮き上がりが直接的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。このように、タンク底板の浮き上がりに起因する被害もたらす結果は重大であり、地震動に対するタンク底板の浮き上がり応答を精確に評価することは、石油タンクの地震被害予測上極めて重要である。

このようなことから、令和 2 年度から 4 年度において、一般研究課題「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」を実施し、これまでに提案されている地震時のタンク底板浮き上がりに関する物理モデルに基づいて、底板浮き上がり量の時刻歴を計算するプログラムを作成した。このプログラムによる計算結果を、3 次元動的 FEA による浮き上がり量、平成 30 年北海道胆振東部地震 (M 6.7) で計器計測された大型タンクの浮き上がり量及び平成 23 年東北地方太平洋沖地震 (M 9.0) の際の小型タンクの浮き上がり事例と比較した結果、計算精度は十分ではないことがわかった。本研究課題では、上記の地震時底板浮き上がり量の時刻歴応答計算法の改良により、その高精度化を目指す。将来的には、本研究成果を「特防区域石油タンク地震・津波被害シミュレータ」に取り入れることを視野に入れる。

大型石油タンクの地震被害の拡大抑止・軽減を図る上で、地震発生時の消防機関による迅速・的確な応急対応は必須であり、これを支援する仕組みとして、消防研究センターでは以前より、「特防区域石油タンク地震・津波被害シミュレータ」(図 1) の開発を進めてきた。このシミュレータは、①特防区域に立地している石油タンクについて、地震動による被害発生危険度及び石油タンクが立地する周辺地盤の地震時の液状化危険度を、地震発生後すみやかに推定するとともに、②地震発生直後に気象庁から発表される震源に関する情報に基づいて、全国の特防区域を対象として、津波浸水のおそれの有無及びそのおそれのある場合は当該特防区域における最大津波浸水深を地震発生後迅速に推定し、これらの推定結果をリスト化、地図表示し、かつ、推定結果を電子メール送信及び Web サービスにより情報発信することのできるコンピュータソフトウェアである。本研究課題では、(C)「特防区域石油タンク地震・津波被害シミュレータ」の開発 (改良) にも継続的に取り組む (令和 6 年度から)。

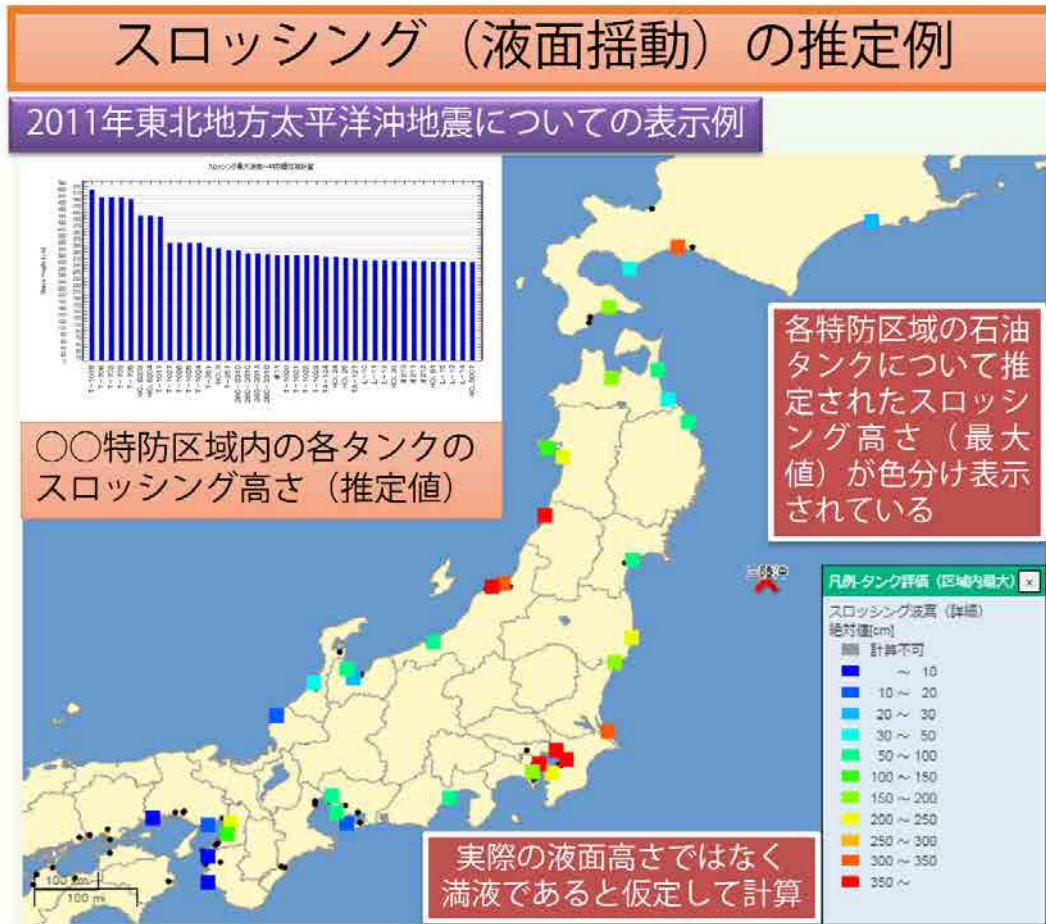


図1 「特防区域石油タンク地震・津波被害シミュレータ」のイメージ図

2. 研究内容

(A) 長周期地震動の予測の高精度化

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、(1) 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、(2) 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2)。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)の過程に対応し、サイト増幅スペクトルの予測は(2)の過程に対応する。(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。

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 K_h2 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倍以上回った。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。このようにことから、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により、長周期地震動の予測の高精度化を目指す。

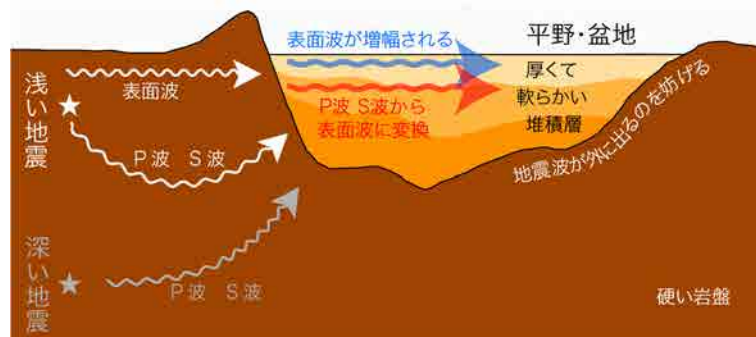


図2 長周期地震動の発達メカニズム

(B) 地震時タンク底板浮き上がり量の時刻歴応答計算法の改良

一般研究課題「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」では、これまでに提案されてきた計算法の多くでは考慮されていない「内容液の回転慣性力」や「ロッキングーバルジング相互作用によるバルジング応答の低減」などのタンクのロッキング運動の動的な性質を考慮したモデル (Taniguchi モデル) に基づいて、地震時タンク底板浮き上がり量の時刻歴を計算するためのプログラムを作成した。これまでに Taniguchi モデルによる時刻歴応答計算の実施例はなく、Taniguchi モデルにおける運動方程式の妥当性については十分検討されてこなかったが、①Taniguchi モデルによる計算結果、②Taniguchi モデルとは異なる物理モデルによる計算結果、③直径 51.5 m、容量 6 万 kL のタンクに対する 3 次元動的 FEA (有限要素解析) による浮き上がり量計算結果、平成 30 年北海道胆振東部地震 (M 6.7) で計器計測された大型タンク (直径 82 m、容量 11.5 万 kL) の浮き上がり量のデータ及び平成 23 年東北地方太平洋沖地震 (M 9.0) の際の小型タンク (直径 9.67 m、容量 790 kL) の浮き上がり事例との比較により、Taniguchi モデルの運動方程式の妥当性と計算精度を検証した。その結果、3 次元動的 FEA と①及び②の比較では、①は②に比べて格段に 3 次元動的 FEA の結果とよく合うことが確認できた。しかし、平成 30 年北海道胆振東部地震の際の大型タンクの浮き上がり量の計測データについては、①は、計測値よりも過小評価となるという問題が生じた (計測された最大浮き上がり高さ 44 mm に対して、①は 1 mm、②は 441 mm)。また、平成 23 年東北地方太平洋沖地震の際の小型タンクの浮き上がり事例については、アンカーボルトが 50 mm 程度引き抜かれていたのに対し、①の浮き上がり高さはほぼ 0 mm の結果となった。そこで、本研究課題では、Taniguchi モデルに基づく地震時タンク底板浮き上がり量の時刻歴応答計算法の高精度化に向けて、時刻歴応答計算法の計算手続きの見直し及び回転慣性に関係する内容液質量の評価方法の見直しを行う。

(C) 「特防区域石油タンク地震・津波被害シミュレータ」の開発 (改良)

「特防区域石油タンク地震・津波被害シミュレータ」の有用性・利便性を向上させるため、次の機能の追加等のためのプログラム改修を行う。

- ① あらかじめ別途用意した想定地震に対する地震動予測結果を入力することにより、想定地震発生時の地震動による石油タンクの被害を予測することができる機能の追加。
- ② 想定地震の震源に関する情報(震央位置、震源深さ、マグニチュード)を入力することにより、全国の特防区域を対象として、想定地震発生時の津波浸水のおそれの有無及びそのおそれのある場合は当該特防区域における最大津波浸水深を予測することができる機能の追加。
- ③ Web サービスにより提示される処理結果画面を携帯電話機により整然と閲覧できるようにするためのプログラム改修。

表 1-1 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
(A) 長周期地震動の予測の高精度化	○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の検討	○標準スペクトル評価式改良
(B) 地震時タンク底板浮き上がり量の時刻歴応答計算法の改良			○時刻歴応答計算法の計算手続きの見直し		
				○回転慣性に関係する内容液質量の評価方法の見直し	
				○動的 FEA による小型タンクの底板浮き上がりの応答計算	
(C) 「特防区域石油タンク地震・津波被害シミュレータ」の開発(改良)の改良				○地震動被害事前予測機能の追加 ○携帯電話閲覧可能のための改修	○津波浸水事前予測機能の追加 ○携帯電話閲覧可能のための改修

3. 令和6年度までの研究内容

(A) 長周期地震動の予測の高精度化

令和3年度までに、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 Mw 6.0 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 20 Hz の波形記録を収集した。

令和 4 年度は、長周期地震動の全国平均的な減衰特性を調べるため、2003 年 9 月 26 日の十勝沖地震以降、2020 年 3 月までに日本周辺で発生した Mw 6.5 以上の地震の波形記録のうち震央距離 1,000 km 未満のものを対象として、岩田・入倉 (1986) 流のスペクトルインバージョン解析を行った。観測スペクトルに対するモデル式における距離減衰項は、Mamula et al. (1984) と同じく、 $\exp[-\alpha(T)*r]/r^{0.5}$ (r : 震央距離、 T : 周期、 $\alpha(T)$: 単位距離あたりの減衰強度) とした。各記録につき、記録長が短く地震動の主要動部分が記録されていないもの、波形がおかしいもの、ノイズが大きいもの、水平 2 成分合成振幅の最大値が 20 m_{kine} 未満のものは除外した。さらに、解析対象地震は、5 個以上の観測点で解析対象記録が得られているもの、解析対象観測点は、5 個以上の地震で解析対象記録が得られているものとした。結果、46 個の地震、70 個の観測点、1,718 個の観測記録が解析対象となった (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。解析結果として、図 4 に水平距離 100 km に対する減衰率 $\exp[-\alpha(T)*(r=100\text{ km})]$ を示す。比較のため、Mamula et al. (1984) の提案値に対する減衰率も示す。今回の解析で得られた減衰率は、座間 (2000) の経験的長周期地震動予測式で用いられている Mamula et al. (1984) の提案値よりも大きく、2016 年熊本地震に対する座間 (2000) の経験的長周期地震動予測式の過小評価は、これによって改善できるものではないことがわかった。改善には、震源からの長周期の地震波の射出強度の面からの検討が必要と考えられる。

令和 5 年度及び 6 年度は、令和 4 年度と同様の解析から得られた震源スペクトル (震源からの地震波の射出強度) の分析を行い、震源の深さによる震源からの長周期の地震波の射出強度の違いについての検討を行った。図 5 に推定された震源スペクトル (地震モーメントで除して正規化したもの) を示す。理論からは、一般に震源が浅い地震は深い地震に比べて表面波 (長周期地震動の主たる構成要素となることが多い) の励起が強いことが示される。今回得られた結果では、震源が浅い地震は深い地震に比べて長周期の地震波の射出が強いという場合が多々見受けられる。これは、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に対して、長周期の地震波の射出強度の震源深さ依存性を考慮するような見直しを行うことにより、予測精度が向上する可能性を示唆している。

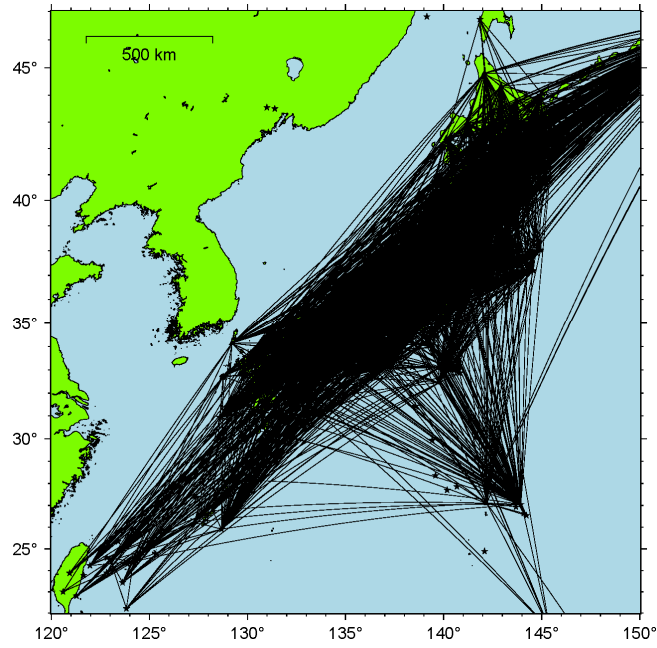


図3 解析対象となったデータにつき、震央と観測点を線で結んだ図

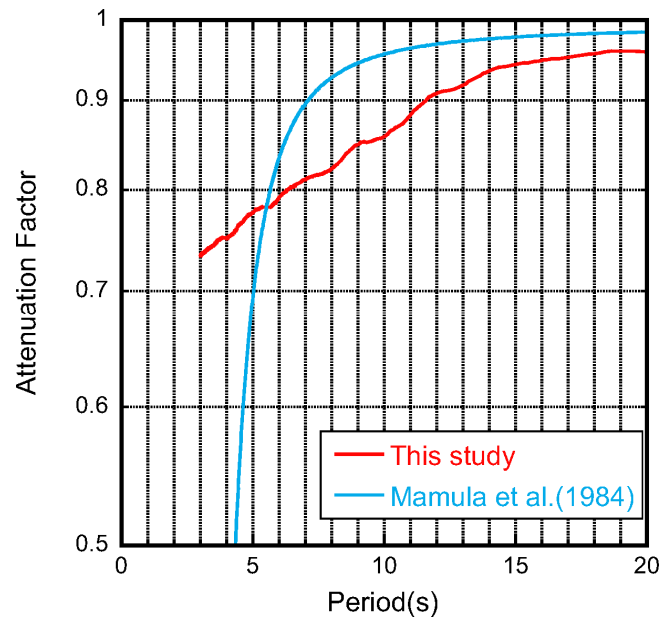


図4 水平距離 100 km に対する減衰率 $\exp[-\alpha(T)*(r=100 \text{ km})]$

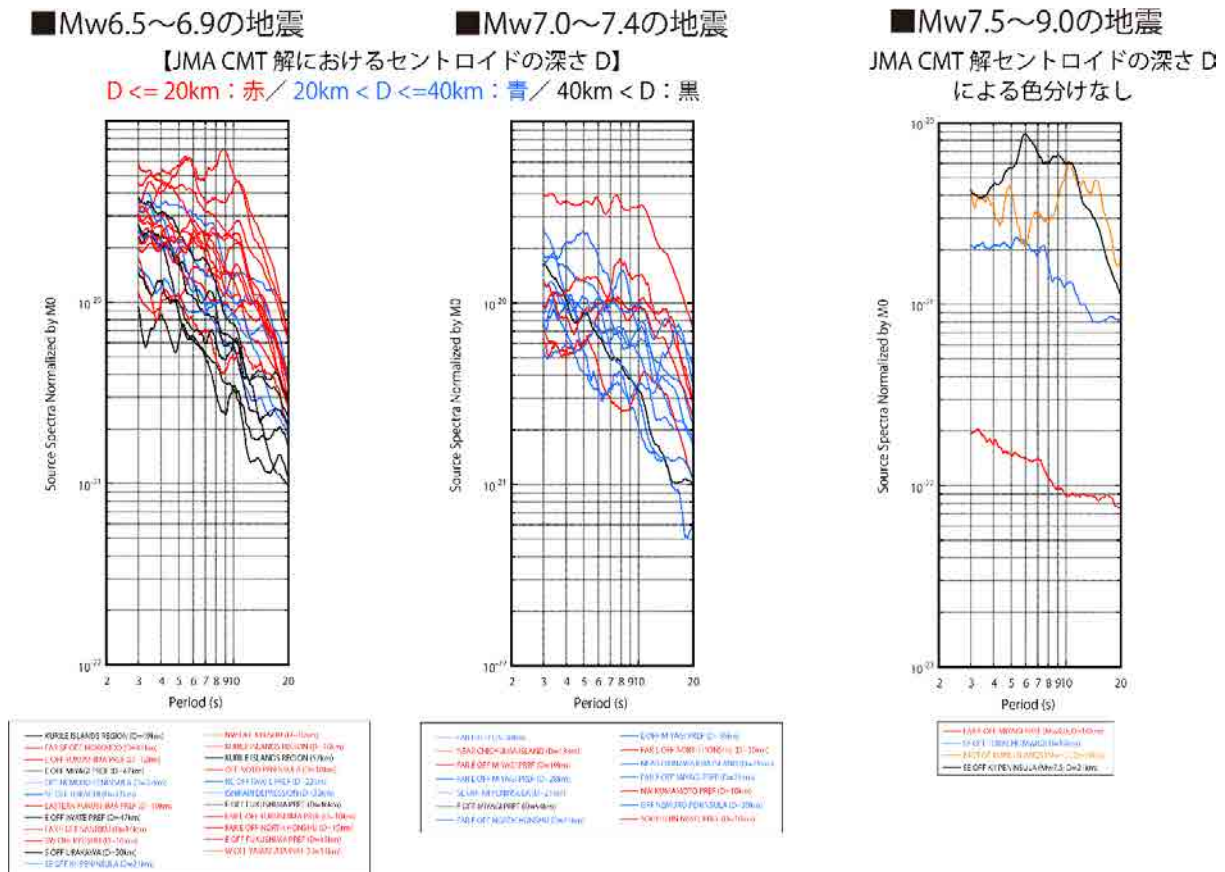


図5 スペクトルインバージョン解析から推定された震源スペクトル
 (地震モーメントで除したもの)

(B) 地震時タンク底板浮き上がり量の時刻歴応答計算法の改良

令和5年度は、時刻歴応答計算法の計算手続きの見直しを行った。本研究課題における時刻歴応答計算法が依拠している Taniguchi モデルでは、浮き上がり開始判定の直後にロッキングしていない状態(並進運動)の運動方程式からロッキングしている状態(回転運動 - 並進運動の相互作用系)の運動方程式に切り替える処理を施しているが、一度浮き上がりが生じた後は、ロッキングしている状態の運動方程式で浮き上がり量の計算を続けている。この計算手続きが計算精度悪化の原因の一つである可能性があったので、時刻歴応答計算中に浮き上がりの判定を随時行い、ロッキングしていない状態の運動方程式とロッキングしている状態の運動方程式が運動状態に応じて切り替えられるような計算手続きに変更して、変更前後の計算結果を比較した。しかし、運動方程式の切り替え処理の変更による計算結果の改善は見られなかった。

また、回転慣性に関する内容液質量が浮き上がり量の計算結果に及ぼす影響を調べるためにパラメトリックスタディを実施した。その結果、回転慣性に関する内容液質量を変化させると浮き上がり量の計算結果が大きく変わることがわかった。

令和6年度は、Taniguchi モデルにおける回転方向の運動方程式の復元モーメント項に用いている有効液質量を見直した。復元モーメント項では、タンクの回転により生じる動液圧の回転方向の液圧勾配で定義される回転に係る有効液質量(ロッキング有効液質量)に重力加速度をかけて

復元力を計算していたが、重力加速度により生じる力の計算にロッキング有効液質量を用いることは適当ではないと考え、これを見直すことにした。重力加速度により内容液に作用する圧力は静液圧であるため、浮き上がった底板上の静液圧が復元モーメントを形成するとして復元モーメント算定用の有効液質量を定義した (図 6)。この有効液質量を考慮して底板浮き上がり量の時刻歴応答計算を実施したところ、計算精度が改善された (図 7)。一方、小型のタンク模型 (直径 1.25 m、高さ 1.7 m) の振動台実験の結果と浮き上がり量の時刻歴の結果を比較したところ、Taniguchiモデルによる浮き上がり高さの計算結果は実験結果の 10 分の 1 程度であったが、復元モーメント算定用の有効液質量を 0.7~0.85 倍して計算してみると計算結果と実験結果がほぼ一致した。この結果から、底板の浮き上がり範囲形状の仮定 (接地範囲の形状が真円) を見直す必要があると考える。

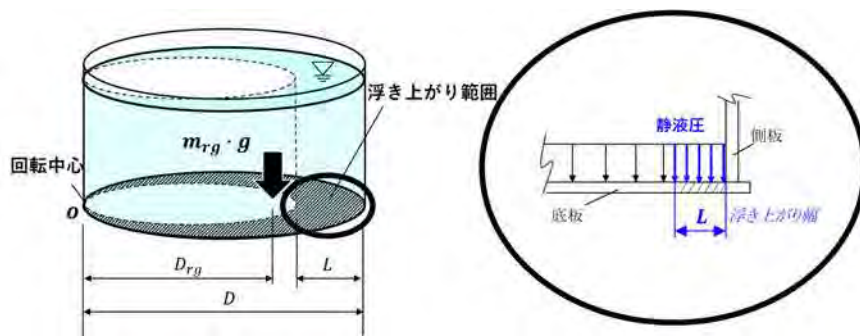
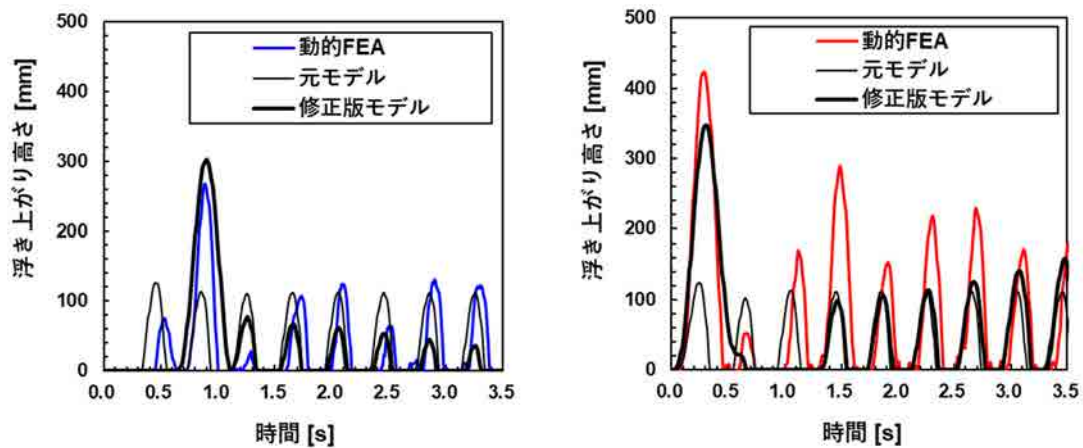


図 6 復元モーメント算定用の有効液質量の定義



(a) 左下端の浮き上がり

(b) 右下端の浮き上がり

図 7 復元モーメント見直し後の計算精度の確認

(C) 「特防区域石油タンク地震・津波被害シミュレータ」の開発 (改良)

あらかじめ別途用意した想定地震に対する地震動予測結果を入力することにより、想定地震発生時の地震動による石油タンクの被害を予測することができる機能を追加した (図 8)。

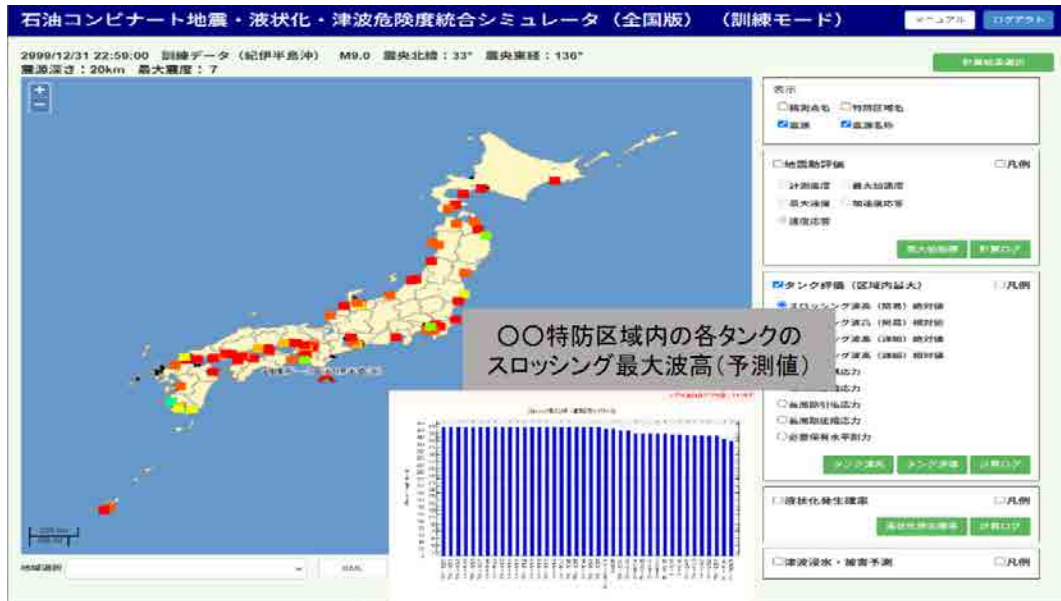


図 8 架空の地震動を入力してスロッシング波高を予測した結果の例

4. 令和 7 年度の研究計画

(A) 長周期地震動の予測の高精度化

令和 6 年度までの分析結果に基づき、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に対して、長周期の地震波の射出強度の震源深さ依存性を考慮するような見直しを行うことにより、予測精度向上に向けた改良案を提案する。

(B) 地震時タンク底板浮き上がり量の時刻歴応答計算法の改良

令和 6 年度に復元モーメントに係る内容液の有効液質量を見直し、改めて復元モーメント用の有効液質量を定義し、これにより計算精度が向上することを確認した。一方、小型のタンク模型（直径 1.25 m、高さ 1.7 m）の振動台実験結果と浮き上がり量の計算結果の比較から、浮き上がり範囲形状の見直しが必要であることが示唆された。そこで、令和 7 年度は、①これまで得られている動的 FEA の結果及び②令和 7 年度に実施する動的 FEA の結果を観察して浮き上がり範囲形状を見直す。また、浮き上がり範囲形状がこれまでの仮定と変わった場合には、修正した浮き上がり範囲に対応して、回転慣性に関する内容液の有効液質量の算定式を再導出し、時刻歴応答計算法の高精度化のための方策の提案を行う。

(C) 「特防区域石油タンク地震・津波被害シミュレータ」の開発（改良）

- ① 想定地震の震源に関する情報（震央位置、震源深さ、マグニチュード）を入力することにより、全国の特防区域を対象として、想定地震発生時の津波浸水のおそれの有無及びそのおそれのある場合は当該特防区域における最大津波浸水深を予測することができる機能の追加。
- ② Web サービスにより提示される処理結果画面を携帯電話機により整然と閲覧できるようにするためのプログラム改修。

5. 共同研究等

国立大学法人 鳥取大学大学院工学研究科

6. その他

(1) 論文発表

- 1) Ken Hatayama, Shinsaku Zama and Shoichi Yoshida: Natural Frequency Measurements of the Fluid-Elastic-Coupled Shell Plate Vibration in a Large-Sized Cylindrical Steel Tank by Microtremor Observations, *Journal of Pressure Vessel Technology*, Vol. 143 / 031404-1-8 (2021.6)
- 2) Ken Hatayama, Shinsaku Zama, Shoichi Yoshida: Measurement of Natural Frequencies of the Shell Plate Vibration of a Large-sized Cylindrical Steel Tank, *Proceedings of the 17th World Conference on Earthquake Engineering*, Sendai, Japan, Paper N° C000487 (2021.9)
- 3) Yuichi Yoshida, Tomoyo Taniguchi: Experimental Evaluation of Contribution of Content Liquid to Uplift Commencement Condition of Cylindrical Liquid Storage Tanks Subject to Horizontal Base Excitation, *Proceedings of the ASME 2023 Pressure Vessels & Piping Conference*, PVP2023-105545 (2023.7)
- 4) Ken Hatayama: Damage to Oil Tanks Caused by Strong Ground Motion due to Recent Three Earthquakes in Japan, *Proceedings of the 18th World Conference on Earthquake Engineering*, Milan, Italy (2024.6)
- 5) Yuichi Yoshida, Tomoyo Taniguchi: Experimental Validation of Conventional Uplift Commencement Condition of Liquid Storage Tanks, *Proceedings of the 18th World Conference on Earthquake Engineering*, Milan, Italy (2024.6)

(2) 口頭・ポスター発表

- 1) Ken Hatayama: Simplified Prediction of Short-distance Difference in Long-period Strong Ground Motion Amplitudes within Sedimentary Basins — Preliminary Numerical Experiments, *The 6th IASPEI / IAEE International Symposium: The Effects of Surface Geology on Seismic Motion*, Kyoto, Japan (2021.8)
- 2) 畑山健: F-net 広帯域強震記録で見た長周期地震動の減衰特性、日本地震学会秋季大会 (2022.10)
- 3) 吉田祐一: 液体貯蔵タンクの地震時ロッキング応答に関する研究、日本高圧力技術協会エネルギー貯槽セミナー (2023.7)
- 4) 畑山健: F-net 広帯域強震記録で見た長周期地震動のスペクトル特性、日本地震学会秋季大会 (2023.10)
- 5) 吉田祐一、谷口朋代: 鋼製平底円筒液体貯槽の地震時底板浮き上がり量の時刻歴応答解析法の提案と計算例、第16回日本地震工学シンポジウム (2023.11)
- 6) 吉田祐一: Rocking Response Analysis of Flat-Bottom Cylindrical Tanks Considering Rotational Inertia of Content liquid、日本機械学会 耐震問題研究会 最新文献検討会 (2023.12)
- 7) Yuichi Yoshida: Rocking Response Analysis of Liquid Storage Tanks under Seismic Ground Motion, *Taiwan-Japan Symposium on Earthquake Engineering 2024* (2024.3)
- 8) 畑山健: 2024年能登半島地震による石油タンクへの被害・影響と地震動、日本高圧力技術協会エネルギー貯槽セミナー (2024.9)
- 9) 吉田祐一、谷口朋代: 液体貯蔵タンクの地震時ロッキング応答における復元モーメントの評価方法の検討、日本機械学会 2024年度年次大会 (2024.9)
- 10) 畑山健: F-net 広帯域強震記録で見た長周期地震動のスペクトル特性(2)、日本地震学会秋季大会 (2024.10)

(11) 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 土志田正二、新井場公徳
特別上席研究官 天野久徳^{*1)}

^{*1)} ～令和 5 年 3 月

1. 目的

平成 26 年広島豪雨災害、平成 28 年熊本地震、平成 30 年西日本豪雨、平成 30 年北海道胆振東部地震、令和元年台風 19 号豪雨災害など、豪雨・地震などによる自然災害が多発している。自然災害における救助活動において、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分析することは重要であるが、災害最初期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及び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ー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。レーザーセンサー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、ドローンレーザー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。

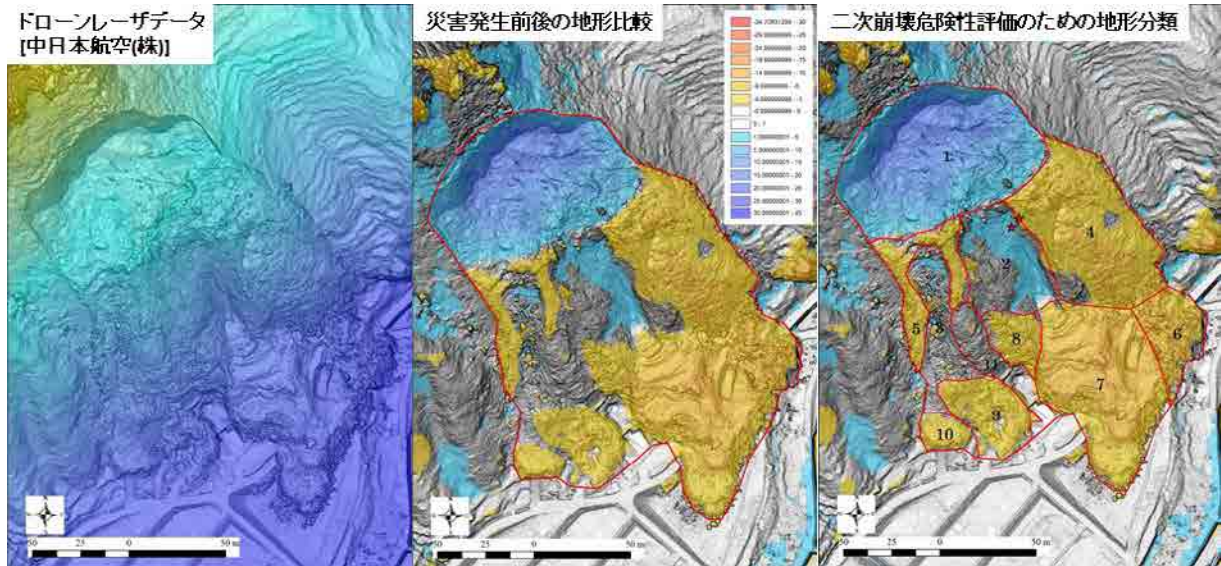


図 1-1 詳細地形データを用いた土砂災害現場での二次崩壊危険地域の抽出ならびに評価方法の開発の研究イメージ (参考：2018 年耶馬溪地すべりの詳細地形データの解析)

現場対応型情報収集システム

- ・小型車両1台規模
- ・現場活動の技術支援
- ・単独で活動可能
- ・災害直後の地図作成
 - 危険地域の抽出(監視対象の選定)
 - 優先的救助活動場所の選定
 - 一時避難場所の選定
- ・安全監視用センサー
 - リアルタイムモニタリング
- ・災害対策本部等との情報共有システムも含む

自然災害
情報収集ユニット

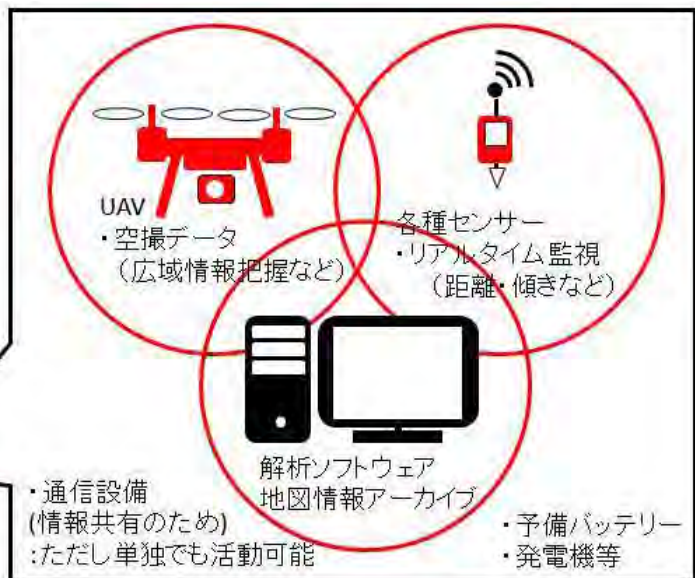


図 1-2 自然災害時の現場対応型情報収集システムと情報分析・評価手法の開発の研究イメージ

表 1-1 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"> ・夜間現場に必要な新しいセンサー（ドローンレーザー）の実証試験 ・データの分析方法の開発 	→	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローンレーザーの現場運用のための資機材・解析手法の開発 		→
(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"> ・過去の自然災害時の現場活動事例の整理、課題の抽出 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・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） 	<ul style="list-style-type: none"> ・解決が難しい課題に対する目標仕様の検討 	→
					<ul style="list-style-type: none"> ・ドローンレーザー運用マニュアルの作成 ・現場対応型情報収集システムの運用マニュアルの作成

3. 令和3年度の研究成果

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（ドローンレーザー）の実証試験

ドローンレーザーを用いて、試験場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にて、日中・夜間におけるドローンレーザーの実証試験を行った。その結果、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。

→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 10 cm 規模）は形状を検出できたが、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。ただし、1 m を超える対象物に関しては、DTM でも問題無く観測することができた。

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て考察し、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 (1080 p) 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 (760 p) 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 年度の研究成果

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、ドローンレーザー計測の実証試験を行い、ドローンレーザーの運用方法を整理する。

→徳島県三好市内の地すべり地形において、日中・夜間のドローンレーザー計測を行った。その結果、自然斜面での観測においても夜間に日中での計測と同様の詳細地形データが取得可能であることが示された。ただし、斜面であるため対地高度を管理する必要があり、手動での運行は事前の準備がないと難しいこと及び機体が十分に認識可能な離発着場所を確保することの重要性などが明らかになった。

(2) 自然斜面での実証試験でドローンレーザー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。

→上述の試験においてドローンレーザーから得られた詳細地形を基に地形解析を行った。対象とした斜面はほぼ全域で植生があるため DSM を用いての議論は難しいが、DTM では小規模な崩壊が発生した痕跡など地すべり移動体内の変形を明瞭に把握することができた。また、近年発生した十数 cm 程度の段差も認識することができた。植生下に隠された地形の凹凸の把握は、崩壊・土石流などの二次被害の安全管理を行ううえで重要なデータであり、本手法により地形を把握することの有効性を示すと言える。ただし、植生下に置いた段ボールの 10 cm の移動は、自動処理の過程でノイズとして除去されてしまい、その把握はできていない。

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。

→リアルタイムでドローンの画像をモザイク化するシステムを試作し、その精度を向上する方策について検討・実装した。機首方向を固定すること及び対地高度を一定に保つことなど飛行に一定の制約のもとでは、災害の全体概要を得ることができた。飛行の自由度の向上のための手法の検討及びオルソ化を準リアルタイムで実現するための手法について検討をしている。なお、精細度については画像伝送装置の精細度を検証をしているところである。

(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。

→消防研究センターが実施した技術支援の事例及び過去の二次的な災害事例について整理し、ドローンによる撮影の範囲の考え方やその品質について検討した。その結果を踏まえ、ドローン

の画像から被災家屋や河道閉塞による湛水面を検出する技術について初期的検討に着手した。

5. 令和 5 年度の研究成果

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

(1) ドローンレーザーの現場運用を目指し、資機材・運用方法の更なる簡易化・小型化を行うとともに、斜面崩壊の安全管理を目標としたデータの解析手法の開発を行う。

→ドローンレーザーシステムの改良（地上基準局データの取得の簡便化）を行うと共に、運用訓練を愛知県藤岡ヘリポートで 3 月に実施する（災害現場での実証試験は能登半島地震対応のため、来年度以降に延期）。運用訓練は、少人数でのドローンレーザーシステムの現場運用を見据えての訓練である。また、斜面崩壊の安全管理を目標とした詳細地形データの解析手法をまとめた結果を、2023 年 11 月日本地形学連合（長崎・五島大会）で発表した。

→令和 6 年能登半島地震に際し、中日本航空（株）から提供頂いた航空レーザー測量データを用いて、これまで研究してきた解析手法による分析を行い、現場の救助活動に対する技術支援に活用した。

→ドローンレーザーシステムの小型化のため、中型ドローン（10 kg 以下）に搭載できる軽量レーザーセンサーを購入した。

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

(1) ドローンの画像をモザイク化するシステムについて精度及び精細度の改良方法を検討するとともにオルソ化のための処理方法を試作する。

→伝送画像の精細度を向上させるとともに第三段階処理として伝送画像を用いた SfM 処理を自動的に開始する仕組みを試作した。実際の地形における精度確認などを今後実施する予定である。

(2) 土砂災害地におけるドローンの画像を収集し、被害家屋及び湛水面を検出する技術について精度検証を行う。

→すでにある検出技術を消防研究センター所有のドローンの画像データ及び国土地理院が公開しているデータについて適用し、検出精度を確認した。十分な精度は得られず、学習データの蓄積が必要であると考えられた。

6. 令和 6 年度の研究成果

6.1 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) 軽量レーザーセンサーを用いて、ドローンレーザーシステムの資機材・運用方法の更なる簡易化・小型化を行うとともに、斜面崩壊の安全管理を目標としたデータの解析手法の開発を行う。

→中型ドローン（10 kg 以下）を用いたドローンレーザー計測の運用訓練、データ検証を行った（千葉県千葉市、千葉県白子町、福島ロボットテストフィールドの 3 箇所で実施）。千葉県白子町、福島ロボットテストフィールドの運用訓練では 2 名での運用ならびに現場での三次元データ表示まで行うことができた。

→消防研究センターで開発しているレーザードローンデータの解析ソフトウェアの改良を行った。ドローン着陸後 30 分以内に地図作成を目的としている「現場対応型点群データ解析ソフトウェア」では、今までイニシャルイズデータ（離陸後の 8 の字飛行などのキャリブレーション時の観測データ）の削除ができずデータノイズの原因になっていたが、これの削除を可能にした。また中型ドローンレーザーデータの解析も行えるように改良した。

6.2 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) これまで開発してきたリアルタイムでの地図作成システムについて、実際の地形での運用試験を行い、精度及びロバストさについて検討する。

→高低差のある地形においてシステムを試験し、対地高度に約 50 m の変化を伴う場合にも安定して一定の精度をもった地図が作成できることを確認した。

(2) 土砂災害現場における情報収集及び分析について、これまでの技術支援で課題となったことを整理する。

→課題を整理し、「土砂災害時における消防機関の救助活動マニュアル」（消防庁参事官室）に反映するとともに、所報に投稿した。

7. 令和 7 年度の研究計画

7.1 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) 実証試験・運用訓練・過去の災害現場での適用結果を踏まえて、ドローンレーザーを実際の土砂災害現場で運用するための解析システムの改良や、解析手法の提案を行うとともに、夜間運用も含めたドローンレーザー運用マニュアルを作成する。また、消防局・消防本部に土砂災害に関する講義を実施することで、事前避難などソフト対策に資する住民とのリスクコミュニケーションに役立つ情報を発信する。

7.2 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) 開発したリアルタイム地図作成システムの検証を進めるとともに、土砂災害現場での情報収集分析の標準的な流れを整理し、地元の消防や自治体にどのような情報を伝えるのかについて検討する。また、ドローンや GPS が利用できない環境下においても活動を支援できる情報を創出する要素技術について情報を集める。

8. 共同研究等外部との協力（予定）

- ・ 国立研究開発法人産業技術総合研究所
- ・ 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

9. その他

(1) 論文発表

- 1) Shoji Doshida (2020): Evaluation of secondary landslide susceptibility for the rescue activity using LiDAR UAV data, 5th World Landslide Forum, Kyoto, 2021.11.
- 2) Kimonori Araiba, Shoji Doshida (2020): Vibration of piled rocks – Which rock can be removed?, 5th World Landslide Forum, Kyoto, 2021.11.
- 3) 土志田正二、新井場公德 (2022) : 2021 年 7 月熱海市土石流災害における捜索救助活動の技術支援と課題、消防研究所報告、第 131 号、pp.1-15
- 4) 土志田正二、新井場公德 (2025) : 土砂災害現場の救助活動における無人航空機 (ドローン) の利活用事例と課題、火災、Vol.75、No.1、pp.2-7 (2025.2)

(2) 口頭発表

- 1) 土志田正二、新井場公德 (2021) : 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、第 60 回 (公社) 日本地すべり学会研究発表会、2021.9.
- 2) 新井場公德 (2021) : 土砂災害現場の安全管理、第 24 回消防防災研究講演会資料、pp.5-12
- 3) 土志田正二 (2021) : 土砂災害現場の特徴と情報の利活用、第 24 回消防防災研究講演会資料、pp.75-84
- 4) 土志田正二、新井場公德 (2021) : 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、日本地形学連合 2021 年秋季大会 (Web 開催)、2021.11.
- 5) 新井場公德、土志田正二、上野将司 (2022) : 二次的な土砂移動が当初の現象からしばらくたって発生した事例、第 61 回 (公社) 日本地すべり学会研究発表会、2022.9.
- 6) 土志田正二、新井場公德 (2022) : 2021 年熱海市土石流災害被災地域の土砂層厚の推定、第 61 回 (公社) 日本地すべり学会研究発表会、2022.9.
- 7) 土志田正二、新井場公德、天野久徳、千田良道、原太一 (2022) : 日中・夜間におけるドローンレーザー測量の結果比較と問題点、日本地形学連合 2022 年秋季大会、2022.11.
- 8) 新井場公德、土志田正二 (2023) : 西目地区の地すべり災害の人命救助活動、日本地すべり学会東北支部災害調査報告会、2023.7.28
- 9) 新井場公德、土志田正二、岡崎聡一郎、伊藤光一郎、渡邊裕樹 (2023) : ドローン画像からの水面及び被災家屋の自動認識の試み、第 62 回 (公社) 日本地すべり学会研究発表会、2023.9.
- 10) 土志田正二、新井場公德、千田良道、原太一、高岡裕 (2023) : 地すべり地形を対象とした日中・夜間のドローンレーザー計測、第 62 回 (公社) 日本地すべり学会研究発表会、2023.9.
- 11) 土志田正二、新井場公德 (2023) : ドローンレーザー測量データの土砂災害救助活動での利活用、日本地形学連合 2023 年秋季大会、2023.11.
- 12) 新井場公德 (2023) : 地すべり災害の実例とその緊急対応、第 21 回防災学術連携体 web 研究会、2023.11.21.
- 13) 土志田正二、新井場公德 (2024) : 令和 6 年能登半島地震の土砂災害救助活動における航空レ

ーザーデータの活用、第 63 回 (公社) 日本地すべり学会研究発表会、2024.9.

- 14) 土志田正二、佐藤剛、佐藤浩、岩橋純子、佐藤昌人、林一成 (2024) : 令和 6 年能登半島地震の地すべりインベントリマップの作成、第 63 回 (公社) 日本地すべり学会研究発表会、2024.9.
 - 15) 新井場公德、土志田正二、石黒正、定方伸夫 (2024) : 泥の中の長靴に作用する力、第 63 回 (公社) 日本地すべり学会研究発表会、2024.9.
 - 16) 土志田正二、新井場公德 (2024) : 令和 6 年能登半島地震の土砂災害救助活動における地形情報の活用、日本地形学連合 2024 年秋季大会、2024.11.
- (3) その他
- 1) 土志田正二 : 厚真町斜面災害の技術支援、オンライン現地見学会幌内地区、第 60 回 (公社) 日本地すべり学会現地見学会、2021.9.
 - 2) 新井場公德 : 土砂災害現場における安全管理、富山県消防学校特別教育自然災害科、2021.10.22.
 - 3) 新井場公德 : 土砂災害について、全国消防協会中国地区支部消防実務講習会、2021.11.11.
 - 4) 新井場公德 (2022) : 土砂災害の後に再び土砂災害が発生した事例の検討、消防試験研究センターだより Voice、Vol. 395、2023.1
 - 5) 土志田正二 : 土砂災害現場におけるドローンの活用について、JUTM 研究会、2022.7.8.
 - 6) 土志田正二 : 土砂災害現場におけるドローンの活用について、第 6 期ドローン運用アドバイザー育成研修、2022.9.28.
 - 7) 土志田正二 : 土砂災害現場におけるドローンの活用について、第 7 期ドローン運用アドバイザー育成研修、2022.10.25.
 - 8) 新井場公德 : 自然災害のメカニズムと活動の安全管理、和歌山県消防学校警防科、2022.11.9.
 - 9) 新井場公德 : 大規模自然災害時の消防防災活動について、令和 4 年度全道消防救助事例研究会、2023.2.21.
 - 10) 新井場公德 : 土砂災害対応の安全管理について、消防科学と防災 No.151 (2023 冬号)、pp.18-24、2023.
 - 11) 土志田正二 : 土砂・風水害について-土砂災害の基礎とドローン利活用事例、令和 5 年度土砂・風水害対応訓練 (福島会場)、2023.5.25.
 - 12) 土志田正二 : 土砂・風水害について-土砂災害の基礎とドローン利活用事例、令和 5 年度土砂・風水害対応訓練 (岡山会場)、2023.6.8.
 - 13) 新井場公德 : 災害対応と学会の役割～学問と地盤と社会～、2023 年度日本地すべり学会シンポジウム、2023.6.9.
 - 14) 土志田正二 : 土砂・風水害時におけるドローンの運用について、令和 5 年度大曲仙北広域市町村圏組合消防本部・土砂風水害対応講習会、2023.7.13.
 - 15) 新井場公德 : 土砂災害の安全管理、新潟県消防学校第 9 回高度救助コース、2023.7.20.
 - 16) 土志田正二 : 消防研究センターにおける土砂災害時のドローン活用事例と消防分野におけるドローン普及への課題、第 9 回国際ドローン展、2023.7.28.
 - 17) 土志田正二 : 土砂災害における消防活動能力の向上、神奈川県消防学校初任科消防研究センター視察、2023.9.25.
 - 18) 新井場公德、土志田正二 : 土砂災害の安全管理、令和 5 年度緊急消防援助隊山形県大隊合同研修会、2023.10.19.

- 19) 土志田正二、新井場公德：ドローンを活用した情報収集と安全管理、令和 5 年度緊急消防援助隊山形県大隊合同研修会、2023.10.19.
- 20) 新井場公德：土砂災害の安全管理、富山県消防学校自然災害科（第 2 期）、2023.10.24.
- 21) 新井場公德：土砂災害の安全管理、堺市土砂風水害合同研修会、2023.11.6 及び 13.
- 22) 土志田正二：土砂災害現場におけるドローンの利活用、第 8 期ドローン運用アドバイザー育成研修、2023.11.14.
- 23) 新井場公德、土志田正二：土砂災害の安全管理、令和 5 年度新発田地域広域事務組合消防本部、村上市消防本部合同救助研修会、2023.11.29.
- 24) 土志田正二、新井場公德：土砂災害現場におけるドローンの利活用、令和 5 年度新発田地域広域事務組合消防本部、村上市消防本部合同救助研修会、2023.11.29.
- 25) 土志田正二：土砂・風水害について-土砂災害の基礎とドローン利活用事例、令和 5 年度緊急消防援助隊埼玉県土砂・風水害機動支援部隊合同訓練、2023.12.14-15.
- 26) 新井場公德：土砂災害の安全管理、姫路市消防局令和 5 年度警防活動向上研修会 2024.3.14.
- 27) 土志田正二：ドローンを活用した土砂風水害対応について、令和 6 年度全国消防長会東北支部警防実務研究会、2024.10.9.
- 28) 土志田正二：土砂災害現場における消防救助活動、清水町防火協会創立 30 周年記念式典、2024.10.11.
- 29) 土志田正二：土砂災害現場におけるドローンの活用について、令和 6 年度ドローン技術指導アドバイザー育成研修（第 1 回）、2024.10.22.
- 30) 土志田正二：土砂災害現場におけるドローンの活用について、令和 6 年度ドローン技術指導アドバイザー育成研修（第 2 回）、2024.11.12.
- 31) 土志田正二：土砂災害現場の消防救助活動におけるドローンの利活用と課題、ドローンや GIS を活用した自然災害等危機管理研修（岩手大）、2024.11.14.

(12) 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 ^{*1)}
技術研究部	大規模火災研究室	阿部伸之 ^{*2)}
技術研究部	地震等災害研究室	大津暢人

*1) ～令和 5 年 3 月

*2) 令和 5 年 4 月～令和 7 年 3 月

1. 目的

団塊の世代のベテラン消防隊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隊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場面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、消防隊員には必要になってくる。

このような現状から、消防隊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、現場経験を補い消防隊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・殉職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を表 1 に示す。

① 受傷・殉職事故の実態調査と分析

火災出動に伴う消防隊員の受傷・殉職事故について、時間的要素、空間的要素、人的要素、局面変化、傷病原因と傷病名、複数名が殉職した出動から発生傾向を把握することによって、全国の消防本部において今後の対策立案のための基礎資料とすることを目的とする。なお、本研究における火災出動とは出動指令から帰署までの消防活動を対象としている。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。成果については、実務での活用を意識し、消防機関でもこの技術が十分活用可能なようにマニュアルの整備にも注力するとともに、放水モデルを適用した火災シミュレーションの様子を消防研究センターウェブページにわかりやすい内容の動画を公開することにより成果を広く周知することも実施する。

③ 消火実験による消火活動時の危険回避に資する技術

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、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、公設消防機関の教育訓練に利用可能な火災データを取得するための消火実験を実大規模で実施する。

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・殉職事故の実態調査と分析	受傷・殉職事故事例における消防活動、事故発生傾向の把握、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か検証	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か妥当性確認を実施	放水シミュレーションによるストレートおよび噴霧放水時の散水密度分布の再現	火災シミュレーションへの放水モデルの実装と実施するためのマニュアル作成、具体的かつわかりやすい成果内容の広報
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6年度の研究成果

① 受傷・殉職事故の実態調査と分析

- (1) 受傷事故について分析した結果、過去30年間で踏抜き事故が137件発生していたことが明らかになった。これは、靴底の踏抜き防止板の保護範囲の外側から斜めに鋭利な突起物が貫通することに起因することがわかった。

(2)(1)を受けて、踏抜き防止材を靴底だけではなく足首より下の全面に施した防火靴の試作を行った。



図1 従来の防火靴（左）と試作した踏抜き防止防火靴（右）のカットモデル

従来品は踏抜き防止板が底面に入っているがその範囲を外れた外力（釘）には穿孔が認められた(左)。それに対して、研究開発した踏抜き防止繊維を全面に施した踏抜き防止防火靴の場合は、全方向からの外力（釘）に耐性を示した（右）。

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) ガンタイプノズルを用いたストレート放水実験の散水密度分布について、実験に比べ放水シミュレーションでは過大評価していたが、放水モデルの設定パラメータのうち、水滴中位径、噴霧角度、放水速度に対してパラメータスタディを実施し、加えてノズル先端から一定の距離までは水滴に空気抵抗を作用させない工夫をすることによって、放水シミュレーションのストレート放水の散水密度分布が実験のそれと同程度に改善した。
- (2) ガンタイプノズルを用いた噴霧放水実験の散水密度分布について、放水モデルのストレート放水の設定パラメータから噴霧角度を大きくし、ノズル近傍の空気抵抗を作用させることによって、放水シミュレーションの噴霧放水の散水密度分布が実験のそれと同様の結果になることがわかった。

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) 公設消防機関で使用されている消防用ノズルを使用して、その放水に関する性状を定量的に調べた。大手のメーカー2社のノズルを使用し、性状を比較した。
- (2) 12フィートコンテナを改造して、実大規模の模型（内寸：365 cm(縦)×228 cm(横)×226 cm(高さ))を製作し、火災実験を行った。消防用ノズルを使って放水し、放水が、火災の進展の様子に与える影響を調べた。そのために、温度測定、熱画像撮影、360度撮影、熱放射測定などを行った。

4. 令和7年度の研究計画

① 受傷・殉職事故の実態調査と分析

- (1) 試作した踏抜き防止防火靴の試用結果をまとめる。
- (2) これまでに得られた殉職約 180 名、受傷約 4,000 名のデータについて、分析を進める。
- (3) 火災における消防職員の殉職・受傷事案の傾向と年代による変遷を明らかにし、受傷・殉職対策の基礎資料、消防本部・消防学校の講義資料を作成する。

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

- (1) 火災シミュレーションに放水モデルを実装し、受傷事故事例火災を対象とした火災シミュレーションを実施する。
- (2) 消防隊員が受傷事故事例の火災シミュレーションを実施する際に必要な手順や条件設定をまとめたマニュアルを作成するとともに、放水モデルを適用した火災シミュレーションの様子を消防研究センターウェブページにわかりやすい内容の動画を公開することにより成果を広く周知することも実施する。

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) 実大規模の模型を使用して、火災実験を行う。火災実験では、消防用ノズルを使って放水し、放水が火災の進展の様子に与える影響を調べる。その際、温度測定、熱画像撮影、360 度撮影、熱放射測定などを行う。取得したデータは、横浜市消防局で開発した消防職員の訓練用の消防用 VR システムで利用する予定である。
- (2) 公設消防機関で使用されている複数の消防用ノズルを使用して、その放水に関する性状を定量的に調べた結果を比較し、ノズルごとの性状の違いを示す。

5. 共同研究等外部との協力

- ・横浜市消防局

6. 外部発表

- (1) 鈴木健：石炭の自然発火について、安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集、pp.288-291 (2021)
- (2) 鈴木健：小型模型を使用したガス爆発実験について、消防研究所報告、130、pp.43-66 (2021)
- (3) 大津暢人、新井場公德、北後明彦、阿部伸之、菊池悠：火災出動における消防隊員の殉職事故の発生傾向、日本火災学会論文集、Vol.71、No.2、pp.19-27 (2021)
- (4) 大津暢人：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、月刊フェスク 12 月号、pp.30-37 (2021)
- (5) 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：消防隊員の屋内進入にかかる警防規程に関する調査、消防研究所報告、130、pp.1-10 (2021)
- (6) 大津暢人、新井場公德、北後明彦、阿部伸之、菊池悠：火災出動に伴う殉職事故の発生傾向に関する調査、2021 年度日本火災学会研究発表会 (2021)
- (7) Nobuhito Ohtsu, Cristian Maluk, Kiminori Araiba, Akihiko Hokugo, Yu Kikuchi: Tendency of career firefighters' fatalities while on dispatch fire duty in Japan compared to the U.S., AOSFST 2021-12th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, Brisbane, Australia (2021)
- (8) 鈴木健：アンモニアの危険性について、安全工学シンポジウム 2022 講演予稿集 (2022)

- (9) 鈴木健：小型模型を使用したガス爆発実験について、消防試験研究センターだより、11月号、pp.12-14 (2022)
- (10) 鈴木健：小型模型を使用したガス爆発実験について -開口より外部に噴出した火炎の影響-、第55回安全工学研究発表会講演予稿集 (2022)
- (11) 鈴木健、阿部伸之、西川厚、田村孝一、石井良典、小沼貴裕、竹下浩史：消防用ガンタイプノズルの性能について、2023年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.197-198 (2023)
- (12) 高垣克樹、阿部伸之、松原美之、鄭凱文：火災現場における出火箇所の判断に資するブレーカの挙動に関する研究、2023年度日本火災学会研究発表会 (2023)
- (13) 鄭凱文、松原美之、阿部伸之、高垣克樹：U-Net 畳み込みニューラルネットワークに基づく森林火災時における建物被害評価モデルの研究、2023年度日本火災学会研究発表会 (2023)
- (14) 大津暢人、新井場公德、北後明彦、阿部伸之：火災出動における消防隊員の受傷事故の発生傾向—都道府県庁所在地を管轄する47消防本部における1990年から2019年の事例調査—、日本火災学会論文集、Vol.72、No.1、pp.25-32 (2022)
- (15) 大津暢人：原因別にみた火災出動における消防隊員の受傷事故の発生傾向、日本消防設備安全センター、月刊フェスク、2022年6月号、pp.16-21 (2022)
- (16) 大津暢人、北後明彦、菊池悠：火災出動における消防隊員の受傷事故の発生傾向—都道府県庁所在地を管轄する47消防本部における1990年から2019年の事例調査—、2022年度日本火災学会研究発表会 (2022)
- (17) 大津暢人：火災現場における危険を人工知能により推定する危険情報推定方法、装置、プログラムおよび消防指令システム、特許第7157889号
- (18) Takeshi Suzuki, Nobuyuki Abe, Atsushi Nishikawa, Koichi Tamura, Ryosuke Ishii, Takahiro Onuma, Hirofumi Takeshita: Characteristics of Spray Nozzle Used by Firefighters., IAFSS 14th International Symposium on Fire Safety Science (Poster), (2023)
- (19) 阿部伸之：大阪市北区ビル火災に係る火災シミュレーション、消防防災研究講演会資料、pp.14-30 (2023)
- (20) 阿部伸之：火災シミュレーション、消防試験研究センターだより Voice、Vol.401、pp.10-12 (2024)
- (21) 阿部伸之、鈴木健、西川厚、田村孝一、石井良典、山下優人、竹下浩史：FDSによる消防用ガンタイプノズルの放水特性の再現、2024年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.97-98 (2024)
- (22) 鈴木健、阿部伸之、西川厚、田村孝一、山下優人、太田和哉、浅古慎一、佐藤新、鹿島翔太、芳賀雄也：消防用ガンタイプノズルの定量的な性能、第57回安全工学研究発表会講演予稿集、pp.231-234 (2024)
- (23) N. Ohtsu: Causes and Tendencies of Firefighters' Injuries on Fire Dispatchments -Cases from 1990 to 2019 at 47 Fire Departments that have Jurisdiction over Prefectural Capitals in Japan-, The 13th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management, (2023)
- (24) 大津暢人：消防隊員の受傷事故の発生傾向～火災出動における1,170件の分析～、近代消防、2024年9月号、No.766、pp.35-39 (2024)
- (25) 大津暢人：消防隊員の殉職事故の発生傾向～火災出動における62名の分析～、近代消防、2024年9月号、No.766、pp.30-34 (2024)

- (26) 大津暢人：建物火災等における消防職員の殉職—全国 62 名の事故発生傾向—、消防試験研究センターだより Voice、Vol.407、pp.10-11 (2025)

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消防職団員の人的被害の軽減につながる。

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) 避難行動時間予測の高精度化	<ul style="list-style-type: none"> 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 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 			<ul style="list-style-type: none"> 過年度の計測によって得たデータの分析をおこなう。 	
(2) 出動困難区域の検討		<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 		

3. 令和 6 年度までの研究成果

(1) 2018 年西日本豪雨について岡山県総社市下原地区居住の全要援護者 22 世帯 26 名に依頼を行い、調査に応じた 16 事例（世帯）18 名に聞き取りを実施し、以下の通り結果をまとめた。

下原・砂古自主防災組織は、要援護者台帳、防災マップ、防災計画等の計画整備に加え、本部組織のみならず 7 名の班長が避難の呼びかけを担当する重層的な体制で、要援護者宅を含む地区内 110 戸の全戸訪問などの対応を行った。

対象とした要援護者全 16 事例 18 名は浸水に対して切迫避難することなく水平避難を行った。避難決断要因は多い順に「アルミ工場の爆発」、「親族の呼びかけ」、「自主防災組織の呼びかけ」であった。

爆発後に生じた避難上の支障は、① 爆風や飛散物による自宅の被害、② 自宅の被害に伴う要援護者の心身状態、③ 自宅に飛来した燃焼物に対する初期消火、の大きく 3 つに起因したことが確認された。

避難計画を立案する上での課題として、自主防災組織による全戸訪問は危険波及時間が十分長い場合は可能であるが、そうでない場合は人的被害が増加する可能性がある。2018 年西日本豪雨時の下原地区の条件では上記の通りであったが、異なる条件下では地域特性や災害特性等に対応した検討を要する。

(2) 複数のコミュニティでの実際の災害事例と訓練事例を基に、災害時に支援者が要援護者を避難支援する際の経路の平面移動手法を類型化した。これにより、コミュニティや住民が最適な避難方法を選択肢として地区防災計画作成時に提供できることを目的とし、16 事例の避難行動を図示。結果として、避難方法を A 単独避難型、B 経由避難型、C 集合避難型の 3 つに分類できた。

(3) 2019 年 9 月 21 日に和歌山県海南市が実施した地域防災訓練で、要配慮者津波避難訓練の避難行動を計測・分析し、避難行動の各段階別の課題と、ケアプランに反映すべき要素を明らかにすることを目的とした。音を聴き取るのが難しい要配慮者への声かけや、避難経路における転

倒リスクの改善が必要で、非構造的な支援要素はケアプランに組み込むことが可能であることが分かった。

- (4) 2017～2019 年の中土佐町一斉避難訓練で久礼地区を観察・分析した。車いす避難が歩行より時間短縮に有効であることから、高齢化地域での準備の重要性を確認した。
- (5) 本訓練では、車いす、介助車、シルバーカー、リヤカーの 4 機種を使用し、津波避難速度を測定した。神戸市真陽地区で行われた自主防災組織の訓練において、すべての被験者は津波到達時間内に避難完了し、測定結果から避難輸送力と輸送量を算出した。その結果、車いすが最も効率的であることが明らかとなった。
- (6) 災害時に要援護者を車椅子、介助車、シルバーカーで搬送する速度を測定し、市街地津波避難を想定して急斜面 (12.99%)、緩斜面 (6.77%)、平面 (0%) の 3 つの斜面で比較した。実験の結果、車椅子、介助車、シルバーカーの順に速度が高く、シルバーカーは支援者と一緒に使用することで自力走行よりも速く避難できることが明らかとなった。
- (7) 津波災害時の要支援者の搬送用として、後退防止切替付き車いすを開発・試作した。

4. 令和 7 年度の研究計画

- (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) 上記 (1) の結果および、和歌山県海南市および沖縄県石垣市で行われる津波避難訓練の計測結果に基づいて、津波災害を想定した避難困難区域図を作成する手法を検討する。
- (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。

5. 外部発表

(1) 論文

- 1) 日笠優希実、佐藤ゆかり、齋藤美絵子、大津暢人、荒木裕子、北後明彦、アナ マリア クルーズ、風早由佳、大山剛史、齋藤誠二、綾部誠也：災害時要配慮高齢者における時系列に沿った避難意思の類型化と避難行動の実態、老年社会科学、Vol.45、No.4、pp.338-352 (2024)
- 2) 劉永恩、大津暢人、北後明彦、廖解放：平成 30 年 7 月豪雨における要配慮者の避難行動に影響を与えた要素と課題の導出、日本福祉のまちづくり研究、2023 年 24 巻 Paper 号、pp.71-83 (2023)
- 3) Youngeun Yu, Nobuhito Ohtsu, Akihiko Hokugo, Jiefang Liao: Analysis of the occurrence of evacuation assistance for wheelchair users by tsunami evacuation drill observations—Through tsunami evacuation drills at Nakatosa Town, Kochi, Japan, JAPAN ARCHITECTURAL REVIEW, Vol.6, Issue 1 (2023)
- 4) 大津暢人、北後明彦、荒木裕子、佐藤ゆかり、アナ マリア クルーズ、朴ヘジョン：浸水とそれに伴う水蒸気爆発による複合災害における自主防災組織等による災害時要援護者の避難支援、日本火災学会論文集 Vol.72、No.3、pp.57-66 (2022)
- 5) 劉永恩、大津暢人、北後明彦、廖解放：津波避難訓練の観察による車いすへの支援行動発生状況の分析—高知県中土佐町における津波避難訓練を事例として—、日本建築学会計画系論文集、Vol.87、No.798、pp.1612-1622 (2022)

- 6) 廖解放、北後明彦、大津暢人、大西一嘉、大村太秀：2018年西日本豪雨における高齢者施設の搬送避難に関する判断要因と課題－岡山県・広島県・愛媛県の高齢者施設を対象として－、日本建築学会計画系論文集、Vol.87、No.797、pp.1503-1514 (2022)
 - 7) 大村太秀、北後明彦、大津暢人、廖解放：豪雨災害時の住民避難行動特性の世代間比較－平成30年7月豪雨時における倉敷市真備町岡田地区を対象として－、Vol.87、No.797、pp.1407-1418 (2022)
 - 8) Nobuhito Ohtsu, Akihiko Hokugo: Evacuating vulnerable people during a tsunami disaster in Japan: A simulation using wheelchairs, Journal of Integrated Disaster Risk Management, 12pages (2022)
 - 9) Md Atikur Rahman, Akihiko Hokugo, Nobuhito Ohtsu: Household evacuation preparation time during a cyclone: Random Forest algorithm and variable degree analysis, Progress in Disaster Science, Vol.12, 12pages (2021)
 - 10) 廖解放、北後明彦、大西一嘉、大津暢人、ピニェイロ アベウ タイチ コンノ、木作尚子、大村太秀：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、日本建築学会計画系論文集、Vol.86、No.786、pp.2032-2042 (2021)
 - 11) 劉永恩、大津暢人、北後明彦、張ユイン：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、日本建築学会計画系論文集、Vol.86、No.786、pp.2201-2211 (2021)
 - 12) 大津暢人、北後明彦：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、地区防災計画学会誌、Vol.21、pp.88-95 (2021)
 - 13) 廖解放、北後明彦、大津暢人、大西一嘉、大村太秀：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、日本建築学会計画系論文集、Vol.87、No.792、pp.250-259 (2021)
 - 14) Md Atikur Rahman, Akihiko Hokugo, Nobuhito Ohtsu, Swarnali Chakma: Evacuation Preparation Scenarios of Households during Early and Emergency Evacuation: A Case Study of Cyclone Bulbul in Southwestern Coastal Bangladesh, Journal of Integrated Disaster Risk Management, Vol.9, 30pages (2021)
 - 15) Nobuhito Ohtsu, Akihiko Hokugo, Ana Maria Czua, Yukari Sato, Yuko Araki, Hyeheong Park: Evacuation of vulnerable people during a Natech: a case study of a flood and factory explosion in Japan, International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, Vol.14, Issue1, 15pages (2021)
- (2) 口頭発表 (国際学会)
- 1) Nobuhito Ohtsu, A. Hokugo, A. M. Cruz, Y. Sato, Y. Araki: Pre-evacuation Times and Evacuation Behaviors of Vulnerable People during the Flood-triggered Factory Explosion as a Natech., The 12th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management, Online (2022)
 - 2) Nobuhito Ohtsu, Akihiko Hokugo: The 11th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management, Online and in Kyoto, Japan (2021)
- (3) 口頭発表 (国内学会)
- 1) 佐藤ゆかり、齋藤美絵子、藤森康明、大山剛史、齋藤誠二、風早由佳、大津暢人、荒木裕子、Ana Maria Cruz、北後明彦：水害を経験した地域在住高齢者の活動能力の変動と社会活動との関連－災害時要配慮者の個別避難計画作成に向けて－、第15回横幹連合コンファレンス (2024)

- 2) 齋藤美絵子、佐藤ゆかり、齋藤誠二、大山剛史、風早由佳、大津暢人、荒木裕子、Ana Maria Cruz、北後明彦：不安項目の共有が若者の避難計画に与える影響、第 15 回横幹連合コンファレンス (2024)
 - 3) 大津暢人：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、地区防災計画学会第 8 回大会 (2022)
 - 4) 大津暢人、北後明彦：地区防災計画に災害時要援護者の避難困難区域を図示する方法、地区防災計画学会第 7 回大会 (2021)
- (4) 雑誌等
- 1) 大津暢人：特別寄稿「要援護者も含めた犠牲者ゼロ」を達成した下原地区における避難行動の調査、平成 30 年 7 月豪雨災害岡山県総社市下原地区記憶誌ふるさとの未来へ私たちが伝えたいこと、pp.47-49 (2022)
 - 2) 大津暢人：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、消防試験研究センターだより Voice、Vol.383、pp.14-16 (2021)
- (5) 講演・講義
- 1) 大津暢人：Community Space Design for Tsunami Disaster Risk Reduction、2024 年「津波防災に関する女性のリーダーシップ研修」、国連訓練調査研究所(UNITAR) (2024)
 - 2) 大津暢人 (代表発表)、佐藤ゆかり、齋藤美絵子、荒木裕子、北後明彦、CRUZ Ana・Maria、綾部誠也、齋藤誠二、大山剛史、風早由佳：平成 30 年西日本豪雨 災害時に手助けが必要な方々とともに考えるシンポジウム (2022)
 - 3) 大津暢人：Community Space Design for Tsunami Disaster Risk Reduction、国連ユニタール (2021)
 - 4) 大津暢人：Community space design for tsunami disaster risk reduction Asian Disaster Reduction Center Third Online Tsunami Seminar、アジア防災センター オンライン津波セミナー第 3 回、アジア防災センター(ADRC) (2021)
- (6) TV 解説
- 1) 大津暢人：映像記録 阪神・淡路大震災一命をめぐる 30 年の現在地、NHK スペシャル、2025 年 1 月 17 日 (2025)
 - 2) 大津暢人：阪神・淡路大震災 27 年 神戸市で災害時の避難を考える集い、NHK 神戸 NEWS、2022 年 1 月 17 日 (2022)
 - 3) 大津暢人：阪神・淡路大震災から 27 年 災害時の避難のあり方考える、NHK 関西 NEWS、2022 年 1 月 15 日 (2022)
 - 4) 大津暢人：「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、NHK 首都圏ナビ シュートボー、2021 年 11 月 7 日・2021 年 12 月 8 日 (2021)

(14) 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除菌等）する研究（図 1）を進める他、新型コロナウイルス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。

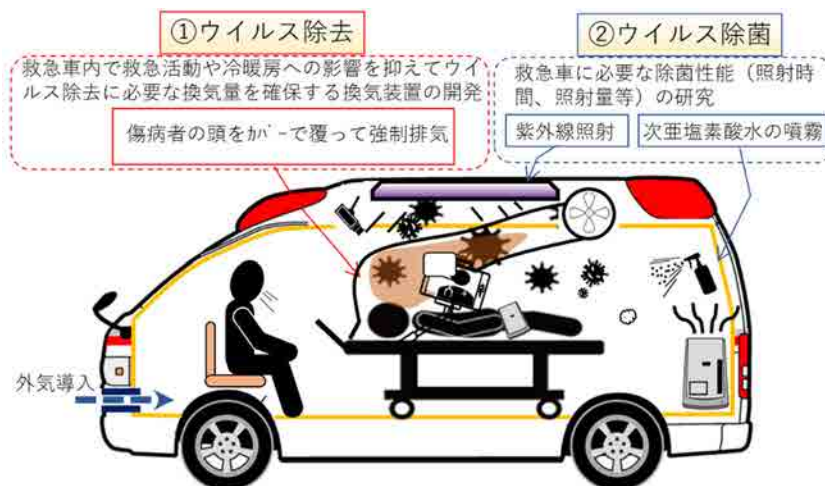


図 1 救急隊が浴びるウイルスを大幅に除去する研究のイメージ

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°C 程度となる寒冷地から、 40°C 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換気装置 (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。

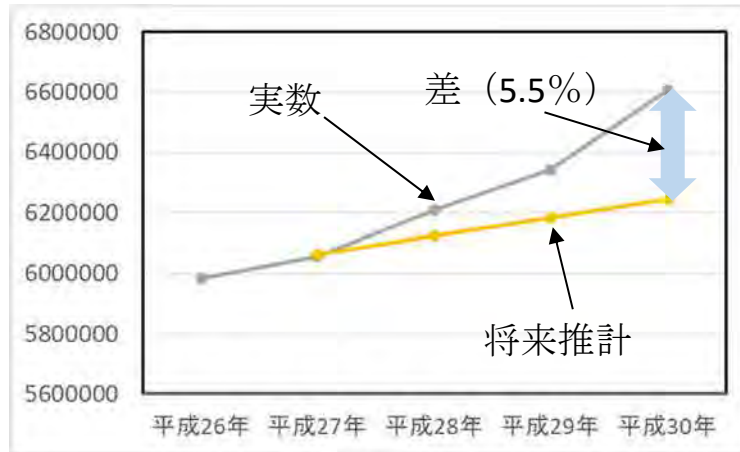


図3 過去の将来推計と実数との差（将来推計：平成26年に平成27～平成30年を予測）

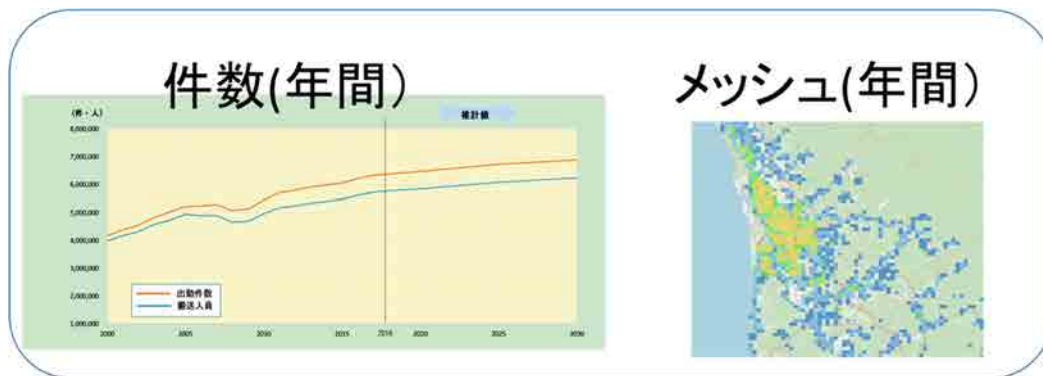


図4 将来推計手法のイメージ（件数(年間)、メッシュ(年間)）

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

名古屋市全体で数%の現場到着時間短縮することが明らかになった。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。

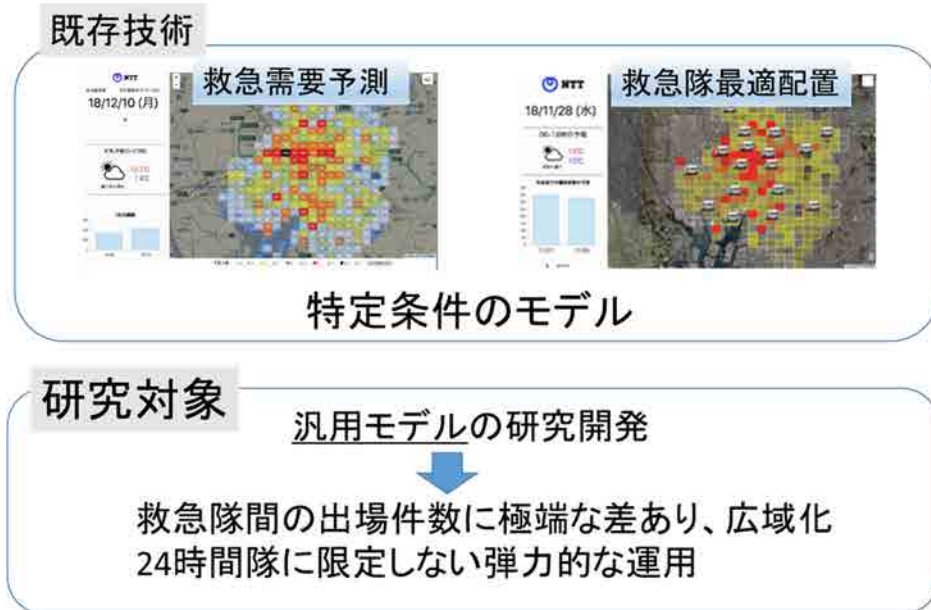


図5 救急隊運用最適化の研究対象

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^{注1)} 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。

¹ 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）



図6 ITS Connect を利用した緊急走行システムのイメージ

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7年1月現在で95.8%（導入690消防本部/全720消防本部）が導入している。

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った（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5,000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 カ年研究計画

	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	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		
縮手法	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ですが、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。

令和 3 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、これを令和 4 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

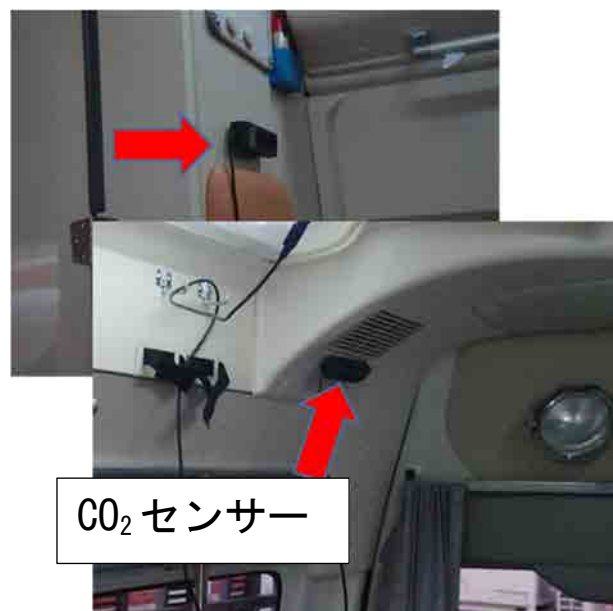


図9 救急車内の気流測定状況
(CO₂濃度の変化を気流の変化として測定する方法)

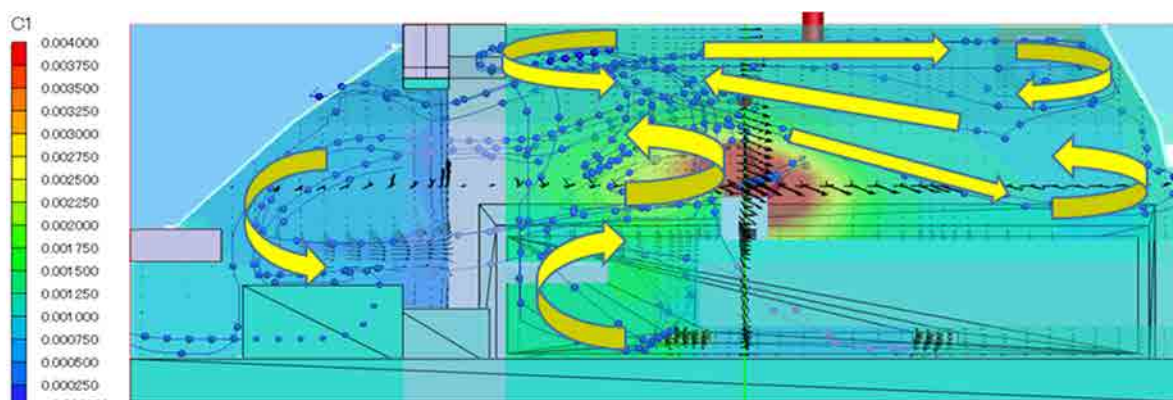


図 10 救急車内の気流シミュレーションイメージ

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令和元年と新型コロナ流行中の令和2年のデータ比較（令和元年 598 万件、令和2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（令和元年～令和3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（令和2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分毎等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。）

令和2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。

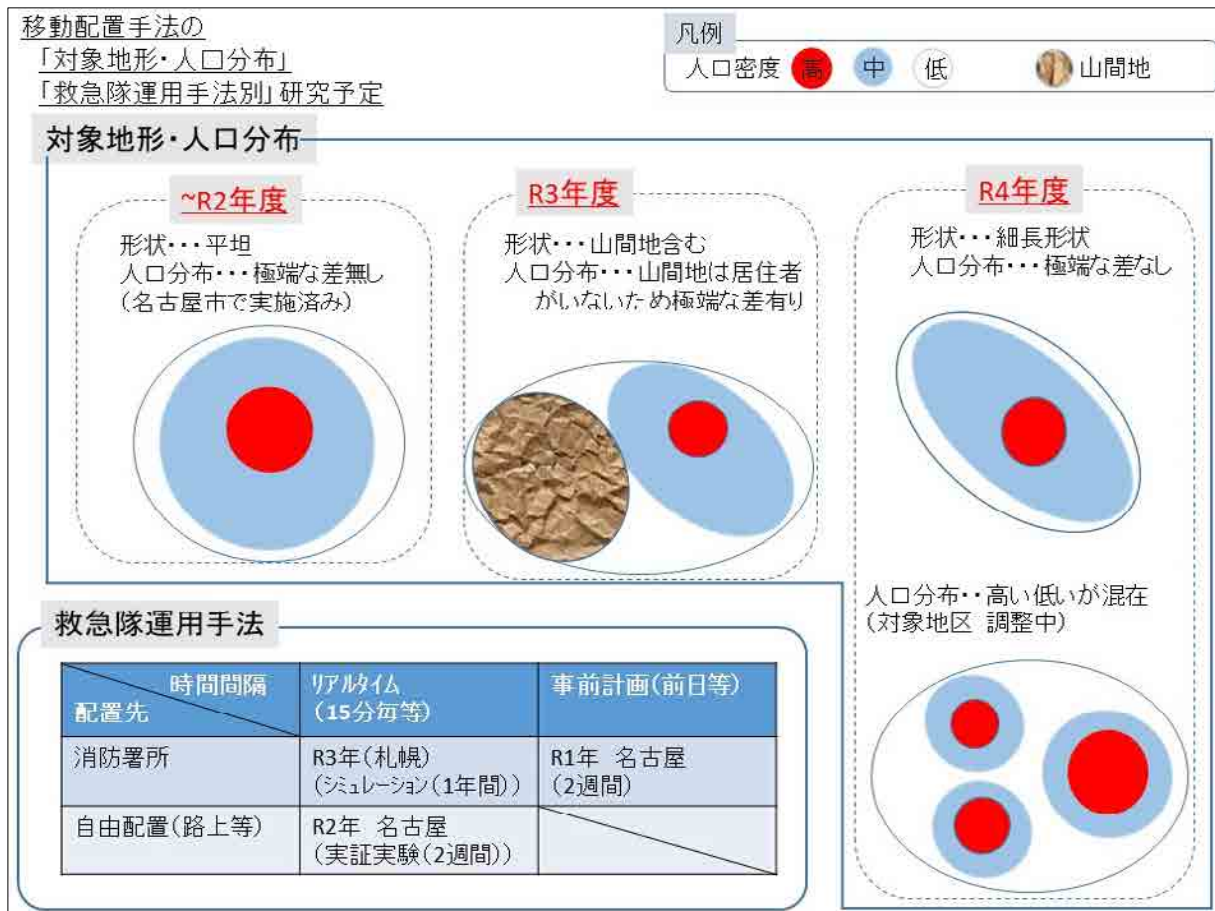


図 11 最適配置手法の対象地形・人口分布と救急隊運用手法の検討パターン

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 [※])
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	※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。

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令和5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

令和2年度末に実施した救急ボイストラ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年度の研究計画と成果

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令和3年度に引き続き試作機を製作し、計5回(4月、7月、9月、11月、2月)の救急現場を想定した検証実験を行うとともに、気流制御に必要な基礎データとなる寒冷地での気流測定実験を実施した。以下にその概要を示す。

1) 強制換気バージョン

感染防止カバー及び強制換気装置の改良版を製作しその使用感などの課題を明らかにするため救急現場(外傷や内因性)を再現した検証実験を実施した。

その結果、感染防止カバー及び強制換気ファン(図12)に関しては、救急活動における以下の動作手順すべてを適用対象としていたが、

救急隊の動作手順

傷病者接触→ストレッチャーに傷病者を乗せる→救急車内への収容→搬送→病院到着→病院内への搬送

この中で

「傷病者接触→ストレッチャーに傷病者を乗せる→救急車内への収納」(図13)

「病院到着→病院内への搬送」(図14)

に関しては、試作機の感染防止カバーと強制換気ファンがストレッチャーの移動等に対して不安定で途中でカバーや配管が外れたこと、また配管、カバー及び強制換気装置の形状が大きくストレッチャーの移動や病院内において傷病者をストレッチャーから病室のベッドに移動する場合において、かなり障害になることが判明した。



図 12 感染防止カバーと強制換気ファン（現場→救急車内収容時）



図 13 現場でストレッチャーに乗せる



図 14 院内でのベッドへの移し替え

さらに、救急車内での使用においても、座位（ストレッチャーの上に座った状態）（図 15）において、現状の感染防止カバーは傷病者の頭頂部に当たることが判明した。

そこで、これらの結果を踏まえ、感染防止カバー及び強制換気ファンを使用する場所を救急車内のみ（救急車への収容～病院到着まで）に限定することと、感染防止カバーに関してその構造材や形状を改良することとなった。



図 15 座位の状態では頭頂部に感染防止カバーが当たっている状態

・感染防止カバーの改良及び効果検証

感染防止カバーに関して課題となった強度や取扱いを行いやすくするために、使用材料をポリエチレンからポリカーボネイトへ変更するとともに、ストレッチャーへの取り付け部分にはブランケット(3Dプリンター製作)変更等の改良を行った。この試作機を使って強制換気実験(図 16)を行った結果、傷病者の呼気を想定したスモークマシンの煙が車両の空調気流の影響を受けることなく強制換気装置で吸引可能になったことが明らかになった。また、強度や使用感に関しては材料の変更などにより改善されてはいたが、まだ課題があるため引き続き改善を行っていくこととした。



図 16 感染防止カバーの改良品での気流制御実験

2) 気流制御バージョン

気流制御に用いるカーテン（図 17）に関して、このカーテンを救急車内に設置した場合の救急活動への影響について救急車への傷病者収容時、胸骨圧迫実施時について検証した。

その結果、特に救急活動への影響は大きくないが、救急車天井の手すりが持ちにくくなることから、手すりの下に仕切りカーテンを付ける。また、処置中に邪魔にならないように蛇腹で折りたたんで収納できる構造に改良することとした。



図 17 救急車天井に取り付ける仕切りカーテン

3) 寒冷地での気流測定実験

気流シミュレーションに必要で、令和 3 年度には新型コロナ感染拡大の影響により実施できなかった、寒冷地（ -20°C 前後）での救急車内の気流測定実験を北見地区消防事務組合で行った。



図 18 寒冷地での救急車内気流測定（寒冷地の救急車）



図 19 寒冷地での救急車内気流測定（救急車内の測定状況）

4.2 救急搬送件数の将来予測手法の改良

令和2年に続き令和3年中の救急出場件数が新型コロナの影響と思われる要因で令和元年中までと比較して減少していたのが、令和4年中に関しては令和2年、3年中と同じ新型コロナの影響下にもかかわらず状況が一転し、救急需要がひっ迫した状態となり多くの消防本部で過去最高の救急出場件数となった。

この新型コロナの影響下において、救急出場件数の大幅な増減が発生していることに関しては、現段階では明確な根拠には至っていないが、令和2年と令和3年の減少要因は主に感染防止を目的とした行動抑制が大きな原因ではないかと想定している。また令和4年の大幅な増加に関して

は、令和 2、令和 3 年に実施された行動抑制が緩和されれば通常の生活形態に戻ることに伴い新型コロナ以前の救急要請状況に戻ったことと、さらに、救急車に限らず一般の診療においても発熱などの新型コロナ関連での医療機関への受診困難な事案が発生したことにより、受診可能な医療機関を見つけられない傷病者が救急車を利用したことによるものではないかと考えている。

今後、最新のデータを入力し分析を続け救急需要増減の要因についてさらに検討を進めていく予定である。

4.3 搬送時間短縮手法

1) 救急隊運用最適化

「事前・署所間」に関して、令和 5 年から予定している実証実験準備として、さいたま市消防局を対象として机上シミュレーションを実施した。その結果、既存部隊の配置換え（条件 1）、移動先を最も効率が高い署所に 1 隊増隊した場合（条件 2）、増隊場所を 1 か所に固定した 1 隊増隊（条件 3）とも、既存の配置より現場到着距離が短縮することが判明した。

実証実験用の実験機を製作しその予備実験（シミュレーション担当のみの実験）を実施した。

(図 20)

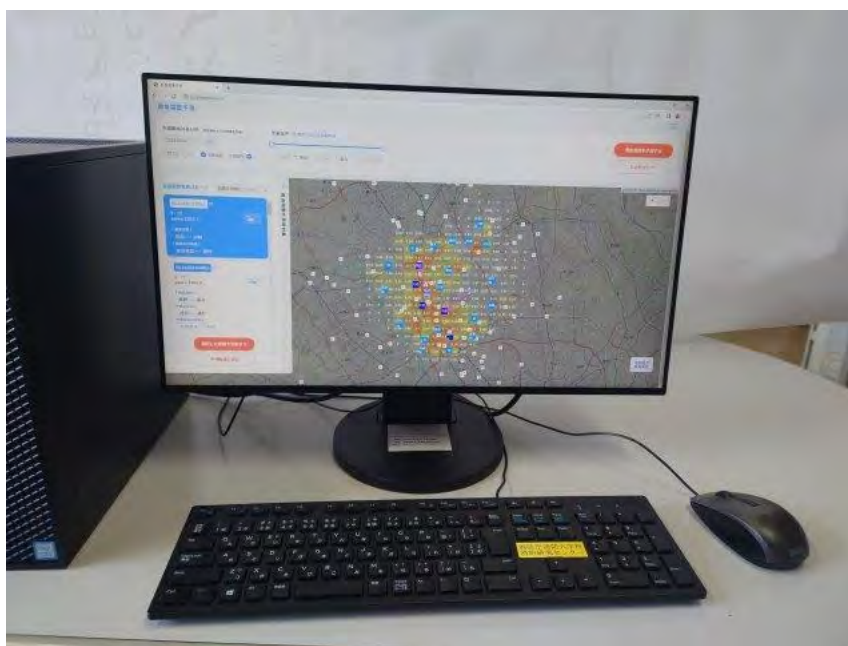


図 20 実験用端末

2) 救急車交差点通過時の優先通行手法

研究に必要な救急車の走行ルート情報を調査した結果、既に救急車約 5,000 件の走行データ（走行ルートなど）を保有している消防本部があることが判明した。今後このデータを用いた研究を進めるため、連携体制に関して検討を行う。

3) 救急隊用多言語翻訳アプリの改良

定型文の改良に関して検討を行っているが、翻訳データのログの分析により定型文の使用頻度が下がっていることが判明した。この理由について一部の使用者へ確認したところ音声翻訳部分

の予測精度が上がっていることなどから、定型文を使わなくても十分救急現場で使えるものになっているからではないかとの意見があった。そこで、定型文機能の必要性について使用している全消防本部に調査を行っており、この結果を踏まえ、今後の定型文機能の改修について検討を行う。

5. 令和5年度の研究計画と研究成果

5.1 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に関しては、令和4年度までに試作した感染防止カバー及び強制換気装置を用いて、消防本部において救急現場を想定した検証実験を行った。その結果、数種類ある既存のストレッチャーの幅に自由に合わせる構造が必要、装置の耐久性、強制換気ファンの音が大きい、感染防止カバーが傷病者に干渉するという課題が明らかとなり、これの改良を行った。

また、本研究における換気性能の評価は、他の類似の研究で行われているスモークマシンの煙を感染防止カバー内に充満させてその後煙濃度がどの程度の時間で減少していくかを図る方法としていた。しかし、この方法では救急車内に横たわっており、常に呼吸をしている傷病者から吐き出されるウイルスの除去効果を指標で示すことが困難だと考え、救急車内において傷病者が横たわった状態（口が上に向いている）で定期的（1分間に15回程度等）に行う呼吸の呼気に含まれるウイルスを除去することを想定した、煙発生装置を新たに開発した。（図21）



図21 傷病者の呼気を想定した実験装置

2) 気流制御バージョンに関しては、気流制御の根幹となる救急車内の空調性能（運転席・助手席前の空調吹き出し口、患者室の空調吹き出し口、排気用の換気扇の換気容量等）（図22, 23）に関して、研究当初の想定ではどの救急車もほぼ同じ風量と想定し空調の吹き出し口のルーバーの向きや風速の調整に加え令和4年度に試作した仕切りカーテン（図17）を取り付けることで気流制御が可能と想定していた。

しかし、計 5 台の年式や配備場所が異なる救急車の空調装置の風速を測定したところ、最大で 1.5 倍の風量の差があることが判明し、この風量差があると当初想定していたルーバーの向きや風速での調整が困難であることが判明した。そこで、この風量差を踏まえた仕切りカーテンのみでの気流制御の方法に関して現在検討中である。

このため、当初予定していた複数の消防本部での実証実験に関しては来年度に延期することとした。



図 22 リアクーラー（救急車内 運転席後方）



図 23 換気扇（救急車後部）

5.2 救急搬送件数の将来予測手法の改良

新型コロナによる救急需要の減少要因に関して分析したところ、年齢層が若いほどその減少率が高いことが判明した。これは、若い年代ほど新型コロナの流行による行動抑制によりけがや病気になるリスクが減少したと考えられることと、医療機関での感染リスクを下げるために医療機関の受診を控える傾向があったと考えられる。

また、新型コロナの流行が収まった令和 4 年の最新の全国データを入手し分析を行ったところ、年齢 5 歳毎の搬送率（搬送人数/人口）の推移（平成 25 年～令和 4 年（新型コロナ流行期の令和 2 年、令和 3 年を除く））が、85 才以上の年齢層において、年々上昇していることが判明した。これまで、この搬送率の推移は大きく変化しないことを前提として、将来推計を行っていたが、こ

の結果を踏まえ今後将来推計の手法の変更を検討する必要があることが分かった。

5.3 搬送時間短縮手法

1) 救急隊運用最適化

さいたま市消防局を対象として、毎日の天気予報を用いて対象の日（数日先等）の最も効果が高いと見込まれる配置パターンとする方法（以下 1. 毎日変更）と、長期間先（数か月程度先）の最適な配置パターン（曜日毎等）とする方法（以下 2. 長期変更）（図 24）に関して、実際に救急隊を移動配備する実証実験を 5 月～6 月、12 月～1 月に行った。（図 25）

名称	概要	配置パターンの例
1. 毎日変更	対象の日（数日先）の最も効果が高いと見込まれる配置パターンとするもの (消防本部に運用最適化システムを設置する)	天気予報の気温等から計算した最も平均現場到着距離が短いと予測する配置パターン 5月22日 5月23日 5月24日 パターンA パターンB パターンC
2. 長期変更	長期間先（数か月程度～数年先を予定）の最適な配置パターン（曜日毎等）を将来推計を基に事前に予測するもの (消防本部にシステムを置かず、報告書として消防研から提出するもの)	曜日、月別等で数パターン（曜日や月かまたは別の区分かは消防本部の救急需要により変わります） 月～火曜日 水～全曜日 パターン1 パターン2

図 24 運用最適化の方法



図 25 移動先の消防署に待機中の他の消防署の救急車
(実証実験中)

その結果、平均現場到着所要時間は、各方法とも短縮し、「1. 毎日変更」の方が「2. 長期変更」より少し短縮率が高いことが判明した。

実証実験後に救急隊及び配置パターンを毎日計算した管理部門の方にヒアリングを行ったところ、「1. 毎日変更」に関しては、救急隊からは移動配置を行う救急隊及び配置場所が直前までわからないため負担が大きいのと、移動先の消防署所内での待機場所（部屋や机）及び待機中に事務作業が行える環境があると望ましいとの要望があった。また、管理部門からは毎日確実に計算する作業と、それを救急隊に知らせることはかなりの負担感があるとの意見があった。「2. 長期変更」に関するヒアリングは、実施中ではあるが、特に大きな問題は無かったと聞いている。

6. 令和6年度の研究計画と研究成果

6.1 救急隊員が浴びるウイルスを大幅に除去する研究

令和5年度に試作した気流制御装置（図26）の換気性能実験を行った。換気性能を測定する方法としては、今回新たに開発した傷病者が寝た状態で上部に向けて呼気を吐く形状の実験装置（図26の気流制御装置の中）から呼気を模したスモークマシンの煙を出しパーティクルカウンター（流動分布層的装置）を用いて気流制御装置の内外でのスモークマシンの煙濃度を測定した（図27、28）。救急車換気条件は通常使われる条件として、フロントエアコン（外気導入、風量Max）リアエアコン（風量Max or 停止）排気口（風量Max）とした。

その結果、強制換気装置の外のスモーク濃度は傷病者の口元のスモーク濃度の5%未満となった。



図26 強制換気バージョンのプロトタイプ

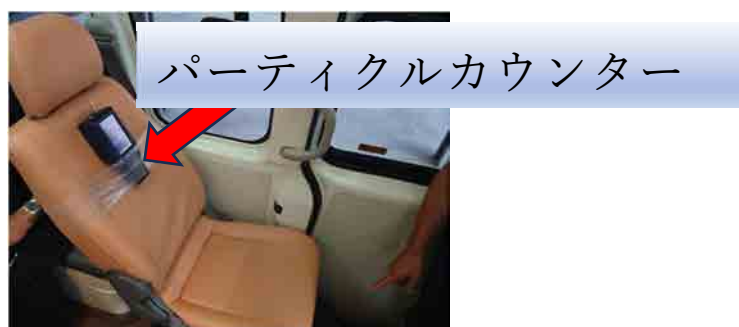


図27 パーティクルカウンター（粒度分布測定装置）での測定（救急隊員の座席）

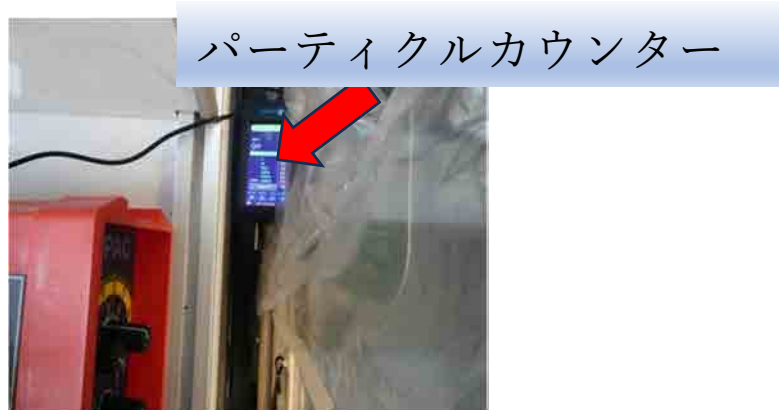


図 28 パーティクルカウンター（粒度分布測定装置）での測定（ストレッチャーの脇）

また、研究評価委員会のご意見を踏まえ、活動のしやすさや圧迫感の有無の検証を行った。

この実験を行う上で、事前に消防研究センターの一般公開における研究紹介時や既製品のカバーを使用している救急隊員へのヒアリングより、カバー内の暑さが傷病者にとって不快感が大きくなるということが分かっていた。そこで、カバー内が最も熱くなると想定される夏の暑い時期の炎天下での救急車内において活動しやすさや圧迫感について実験を行った。実験日は令和 6 年 8 月 1～2 日、外気温 36.8℃ (12:50)、実験条件はエアコンの風量 MAX、強制換気装置 on であり救急車内の温度は 30℃程度であった。また、圧迫感に関しては一般の方 4 名、活動しやすさに関しては救急隊員に評価してもらった。



図 29 活動しやすさ圧迫感の実験に使用した救急車（豊田市消防本部）



図 30 実験時の状況（傷病者役が気流制御バージョン内で横たわった状態）

実験の結果、被験者 4 人とも換気装置作動時は熱くもなく、圧迫感もないとの意見であった。

ただし、換気装置を off としたときは熱くてとても耐えられなくなった。その為、強制換気装置は必須であることが判明した。また、活動しやすさに関しては特に問題ないとの意見であった。

6.2 救急搬送件数の将来予測手法の改良

救急データの分析の結果、85 歳以上の救急搬送率が年々上昇していることが判明した(図 31)。また、この変化の要因を探るため、85 歳以上の救急搬送率と相関が高そうな指標として、人口、人口増加率、人口当たりの医師数、高齢化率、高齢者の独居率等との関係の分析を行った。その結果、ほとんどの指標は相関がみられなかったが、唯一年毎の 85 歳以上の人口と 85 歳以上の救急搬送率が非常に高い相関がみられた(図 32)。この傾向は都道府県別に見てもほとんどの都道府県で同様の傾向が見られた。そこで、現時点ではこの傾向が最も 85 歳以上の救急搬送率の変化の要因として相関が高いと判断し、今後将来推計を行うときにはこの高い相関がそのまま続く(85 歳以上の高齢者の人口が増えれば 85 歳以上の救急搬送率が上昇する)と予測することとした。また、当初もう少し複雑な計算が必要であると想定していたため、消防本部で使用可能な計算プログラムを作成予定であったが、上記の計算はエクセルで簡単に計算可能な方法なためプログラム作成は行わなかった。

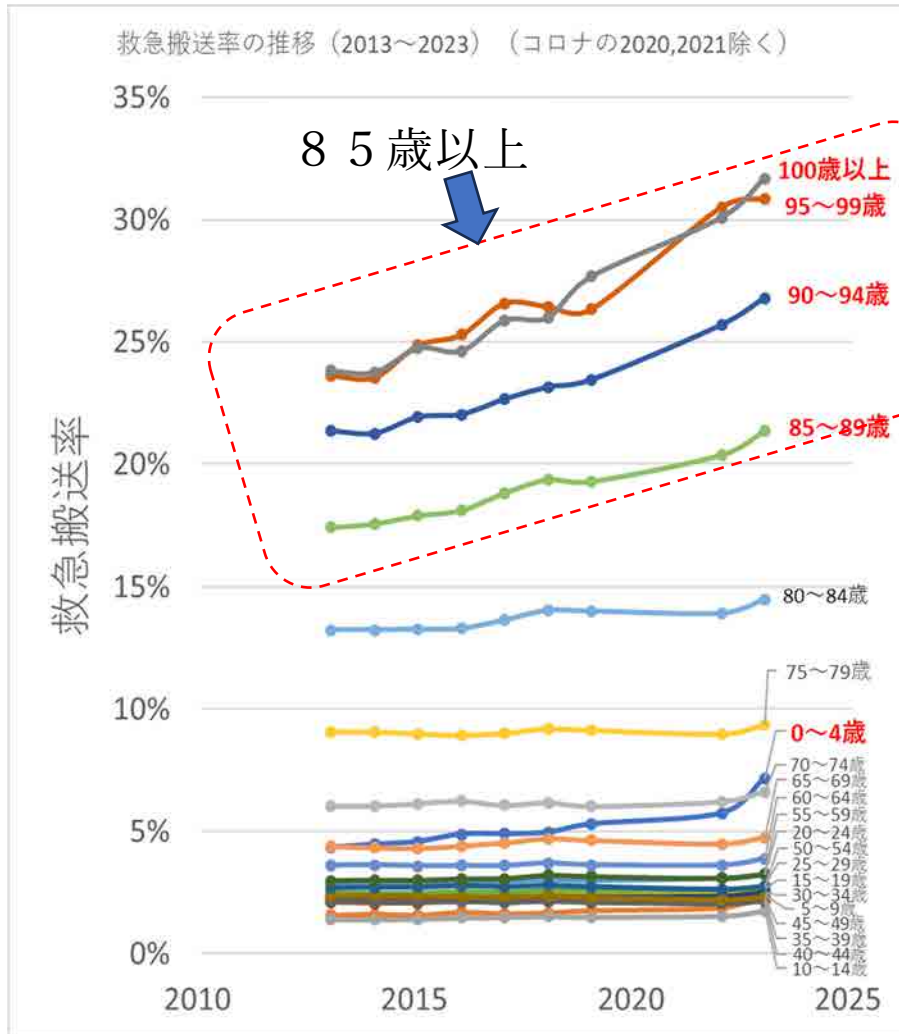


図 31 救急搬送率推移 (2013~2024 年 年齢 5 歳毎)

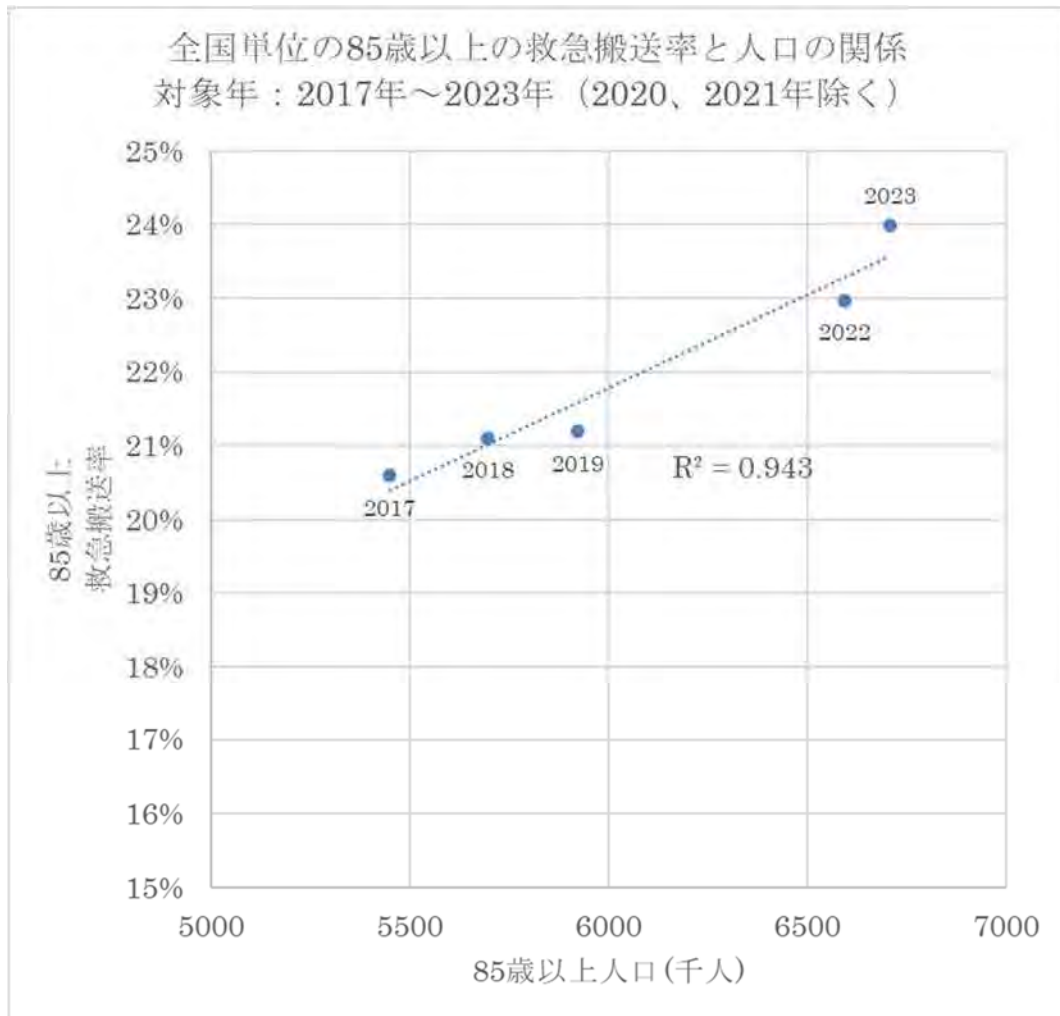


図 32 85 歳以上の人口と 85 歳以上の救急搬送率の相関

6.3 搬送時間短縮手法

1) 救急隊運用最適化の汎用モデル

実用化を見据えて汎用性を高めた手法とするために、地形の特徴として一部が山間地、山間地や入り江で管内が分断している消防本部を対象とした効果シミュレーション及び実証実験を実施した。

その結果、実用化可能の段階になったと判断してこれまで研究成果を消防本部で使用可能な手法としてまとめ（図 33）、これを全国の消防本部へ紹介する説明会を実施した。

実用化した手法は、大きく分けて日々の救急隊の運用を効率化する方法（毎日変更）と、将来の救急需要を予測して救急隊の部隊配置を検討する方法（長期変更）である。（研究成果をより消防本部の方に分かりやすくするため令和 5 年度までの呼び名とは変更した）次にそれぞれの検証結果を示す。

1.日々の救急隊の運用を効率化したい
(以下 1.毎日変更)

2.将来の救急需要を予測して救急隊の
部隊配置を検討したい (以下 2.長期変更)

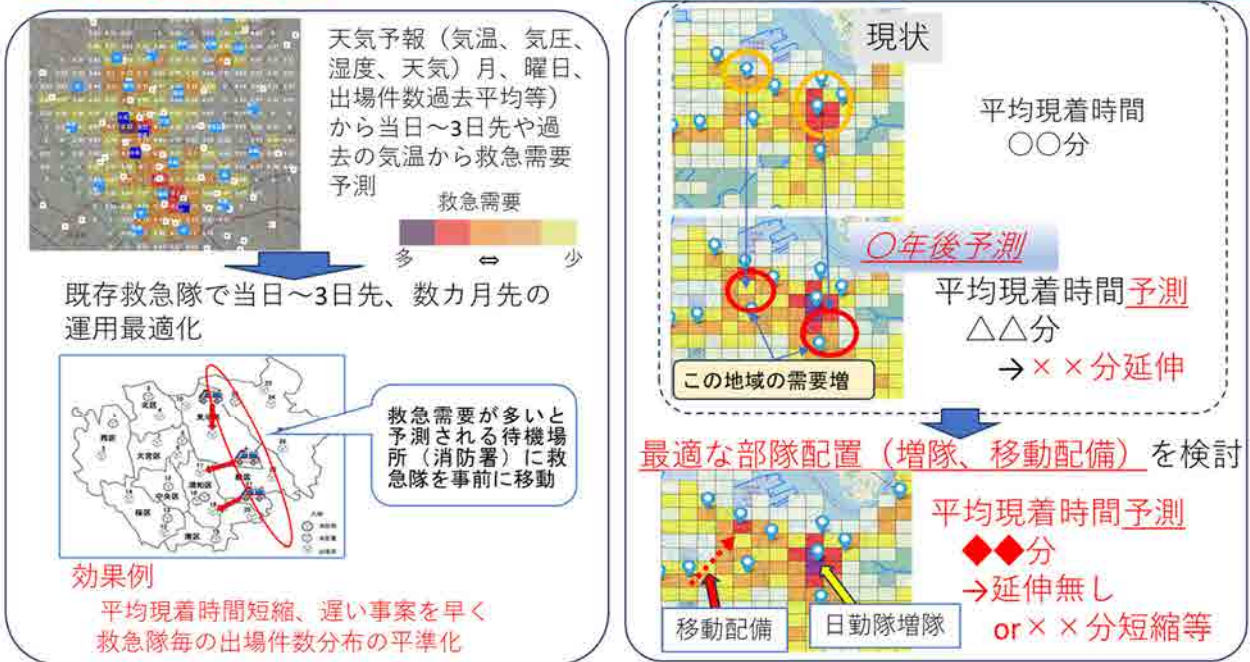


図 33 救急隊運用最適化の可能な内容

■毎日変更の検証結果 (その 1)

・北九州市消防局

北九州市消防局では、以下の固定した 2 隊に関して、最も平均現場到着時間が短縮する移動先消防署の検討を可能なシステムを作成した (図 34)。

移動元救急隊と稼働時間

救急ワークステーション 機動救急隊 (対象日時: 月、金 9:30~15:30)

浅野消防署 (対象日時: 月~金 9:30~12:30)

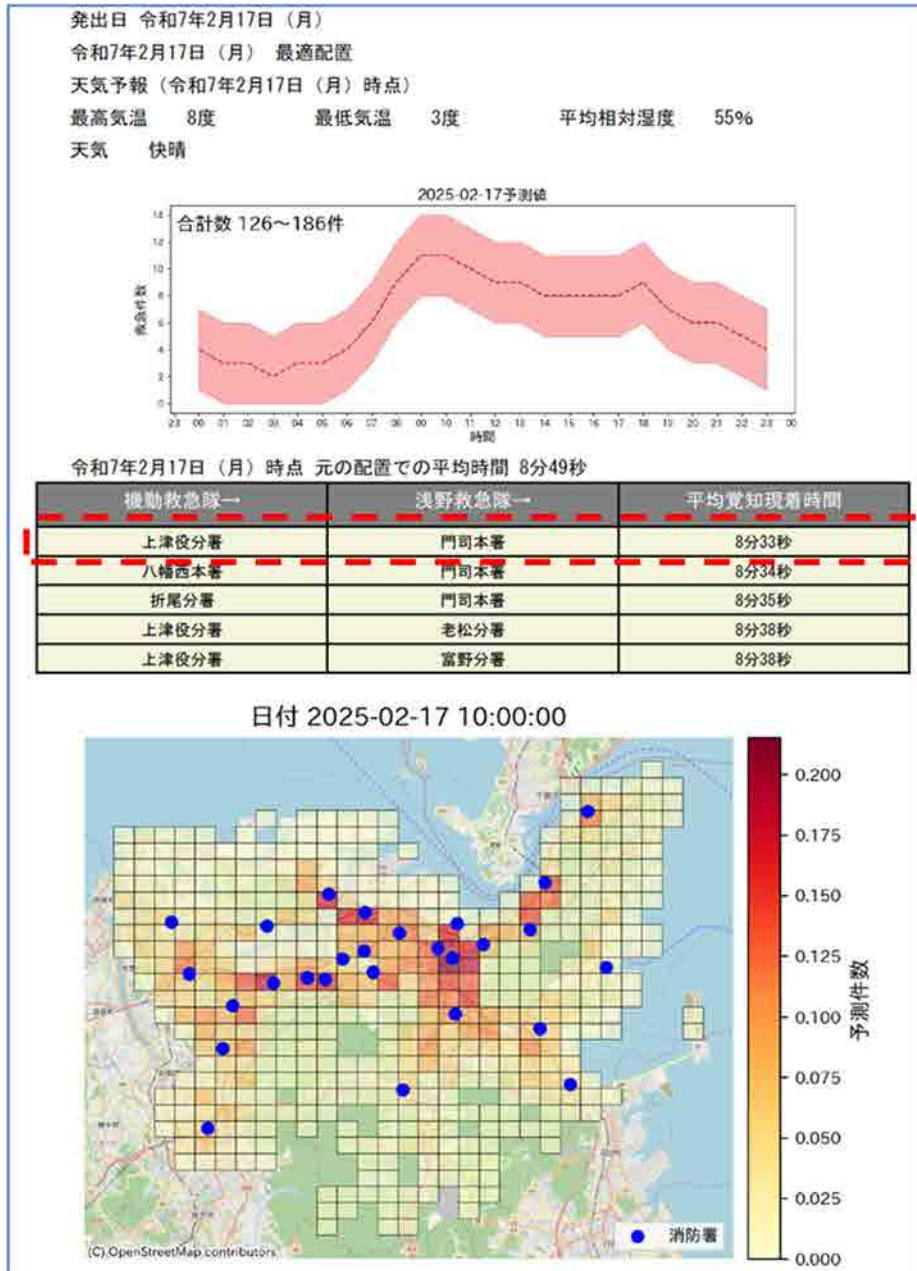


図 34 作成したシステムから出力した移動配置の指示書 (毎朝 5 : 00 までにメール送信)

このシステムを用いて、実証実験 (実際に救急隊を移動配備) するために、事前にシミュレーションにて効果予測を行ったところ、平均現着時間が 0.25 分短縮することが判明した (図 35)。また、これは仮に 1 隊増隊した場合の短縮時間 0.38 分と比較して、0.66 隊分の増隊と同様の効果があることが明らかになった。

また、通常配備時の現着時間 5 分ごとの移動配備後の短縮効果 (図 36) では、通常配置では 20 分以上かかっていた事案の群では平均 2.4 分短縮することが分かり、通常配置では遅かった事案程短縮効果が高いことが判明した。

シミュレーションによる事前確認結果

日時：令和5年1月1日～12月31日 月、金曜日（祝日を除く）計96日間
 9:30～12:30に運用最適化を行ったとした場合のコンピュータでの計算

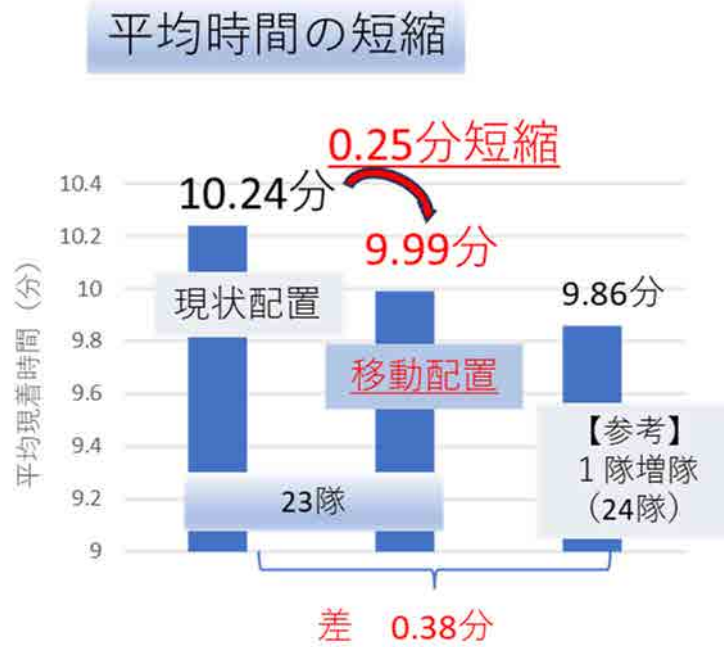


図 35 移動配備及び1隊増隊した場合の平均到着時間短縮効果



図 36 通常配備時の到着時間5分ごとの移動配備後の短縮効果

上記シミュレーションによる検証結果から十分実証実験が可能と判断し、実際に救急隊を移動配備する実証実験を実施した。その結果短期間の検証ではあるが、シミュレーションと同様に平均到着時間が短縮(図 37)するとともに、通常配置では遅かった事案程短縮効果が高い(図 38)ことが判明した。

実証実験結果

日時：令和 7 年 1 月 22 日～2 月 28 日 月、金の平日(9 時 30 分～12 時 30 分) 計 10 日間

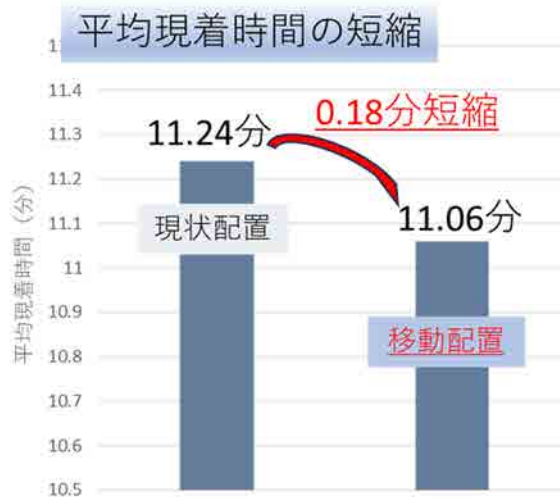


図 37 移動配備による平均到着時間短縮効果



図 38 通常配備時の到着時間 5 分ごとの移動配備後の短縮効果

■毎日変更の検証結果 (その2)

・奈良県広域消防組合

北九州市消防局と同様のシミュレーションを奈良県広域 (移動元救急隊 2 隊 (図 39)) で実施した。

その結果、救急需要に対して元々の救急隊配置が最適であったと考えられ、移動配置しても平均到着時間の短縮効果が少ない結果 (図 40、41) となった。

移動元救急隊と稼働時間

橿原消防署東出張所 (対象日時: 月、金 9:30~15:30)

香芝消防署 (対象日時: 月~金 9:30~12:30)

シミュレーション対象日時

令和5年1月1日~12月31日 平日 (8:00~16:00) 計247日間



図 39 奈良県広域消防組合の管内図及び移動元救急隊の配置

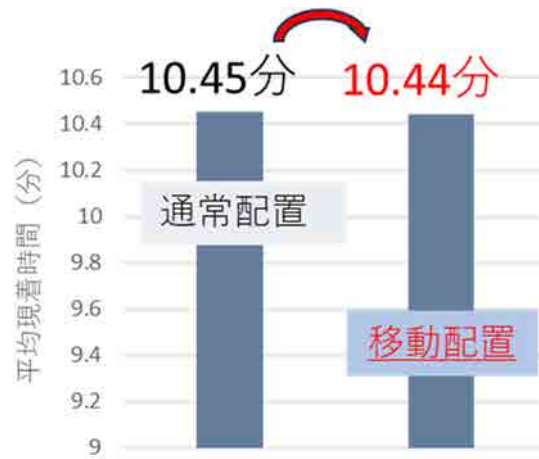


図 40 移動配備による平均現着時間短縮効果



図 41 通常配備時の現着時間 5 分ごとの移動配備後の短縮効果

■長期変更の検証結果 (その 1)

藤沢市消防局において、将来の出場件数予測 (全体、メッシュ) (図 42、43)、平均現着時間延伸予測 (図 44)、増隊場所別 平均現着時間短縮予測 (図 45) を行った。

・将来の出場件数予測 (全体)

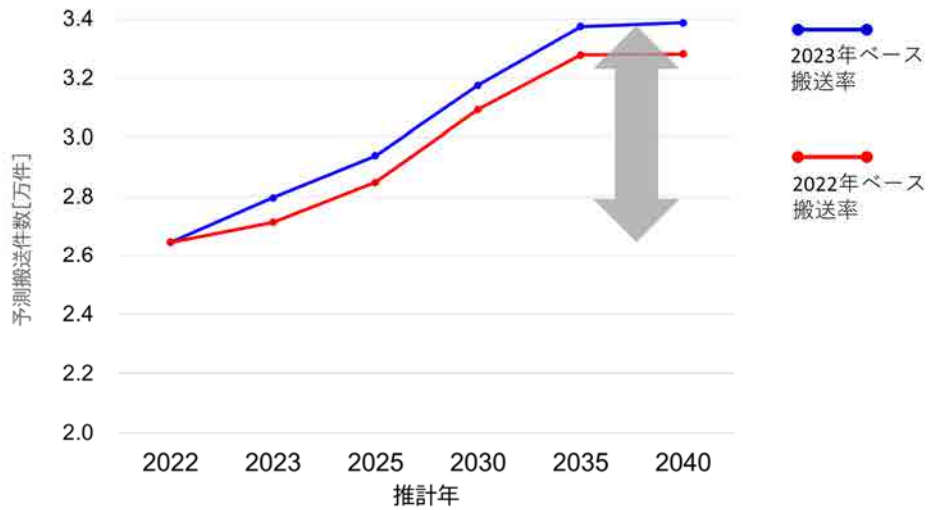


図 42 将来の出場件数予測 (全体)

・将来の出場件数予測 (メッシュ予測)

搬送人員の増加数 (1 kmメッシュ別 (年間))
2022年 → 2025年

2022年 → 2030年



2022年 → 2035年

2022年 → 2040年

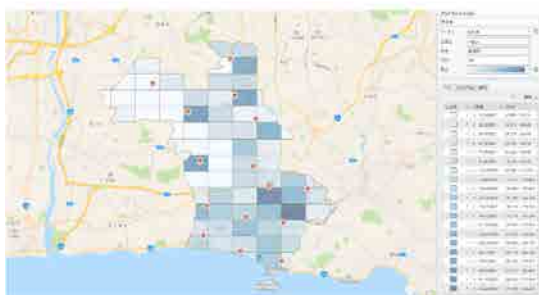


図 43 将来の出場件数 (メッシュ予測)

・平均現着時間延伸予測

救急隊数は現状維持の場合、搬送人員が 26,500 件 (2022 年) → 31,000 件程度 (2030 年) に増加した場合は、平均現場到着時間は 1.36 分延伸することが判明した。

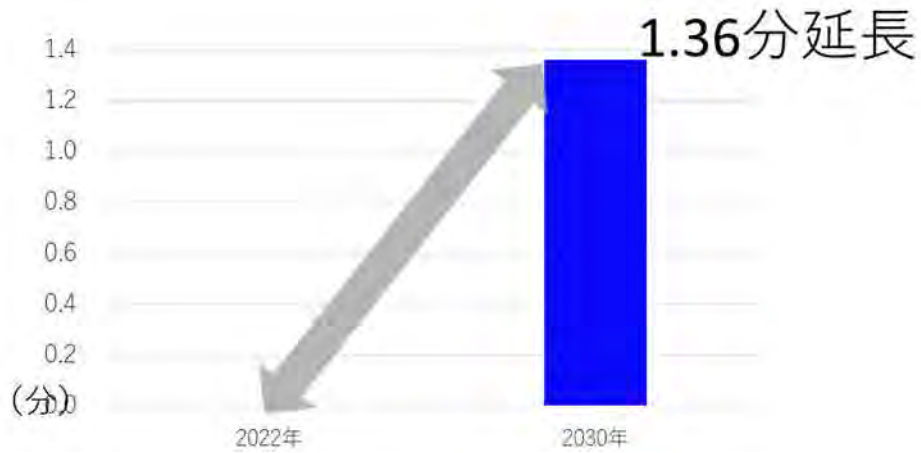


図 44 2022 年から 2030 年の平均現着時間延伸予測

・増隊場所別平均現着時間短縮予測

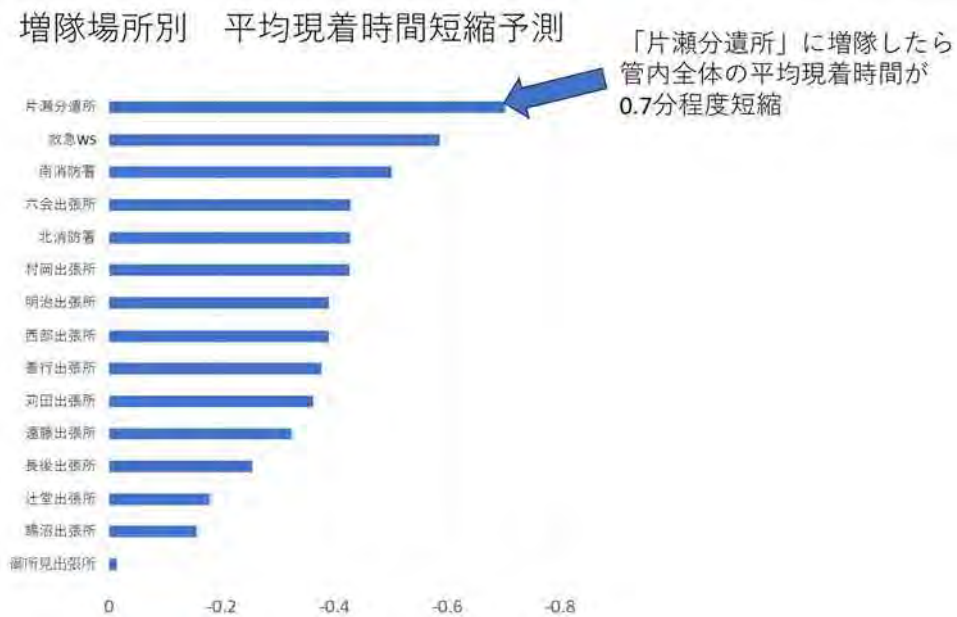


図 45 増隊場所別 平均現着時間短縮予測

■長期変更の検証 (その2)

京都市消防局において、将来の出場件数予測 (全体、メッシュ) (図 46、47)、平均到着時間を維持するための救急隊数及びその配置の検討 (図 48)、全ての救急隊の出場件数を 3,500 件未満にする検討 (図 49) を行った。

・将来の出場件数予測



図 46 将来の出場件数予測 (全体)

・将来の出場件数のメッシュ予測

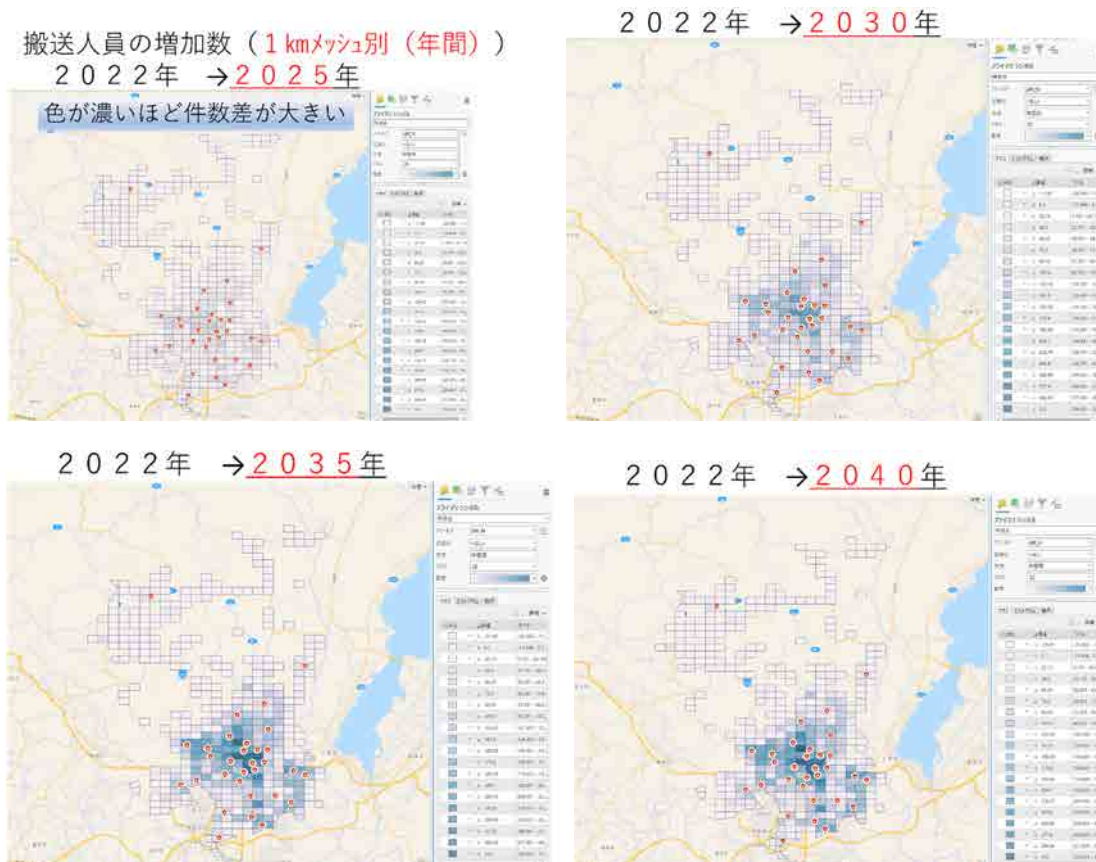


図 47 将来の出場件数 (メッシュ予測)

・平均現着時間を維持するための救急隊数及びその配置の検討

平均現着時間を 2023 年→ 2030 年に現状維持するために、様々な増隊配置パターン毎の平均現着時間を計算し最も効率的なパターンを計算した。(図 48)

名称	現状の配置		
	日中	夜間	
消防局(本部)	0	0	
北消防署	1	1	
上京消防署	1	1	
北野消防出張所	2	1	
左京消防署	1	1	救急隊
岡崎消防出張所	1	1	
岩倉消防出張所	1	1	
大原消防出張所	1	1	
花背消防出張所	1	1	
中京消防署	2	1	
寺町消防出張所	1	1	
京都市立病院消防出張所	1	1	日勤隊
東山消防署	1	1	
山科消防署	1	1	救急隊
西勤修寺消防出張所	1	1	
大塚消防出張所	1	1	
下京消防署	1	1	
塩小路消防出張所	1	1	日勤隊
南消防署	1	1	
京都駅西消防出張所	1	1	
西八条消防出張所	1	1	
右京消防署	1	1	救急隊
嵯峨消防出張所	1	1	
梅津消防出張所	1	1	
京北消防出張所	1	1	
西京消防署	1	1	
洛西消防出張所	1	1	
伏見消防署	1	1	
醍醐消防分署	1	1	
南浜消防出張所	1	1	
淀消防出張所	1	1	
神川消防出張所	1	1	
向島消防出張所	1	1	
	34	32	

図 48 平均現着時間を維持するための救急隊数及びその配置

・全ての救急隊の出場件数を 3,500 件未満とする検討

全ての救急隊の出場件数を年間 3,500 件未満とするためにどの消防署所に何隊増隊することが最も効率的かの検討を行った (図 49)。

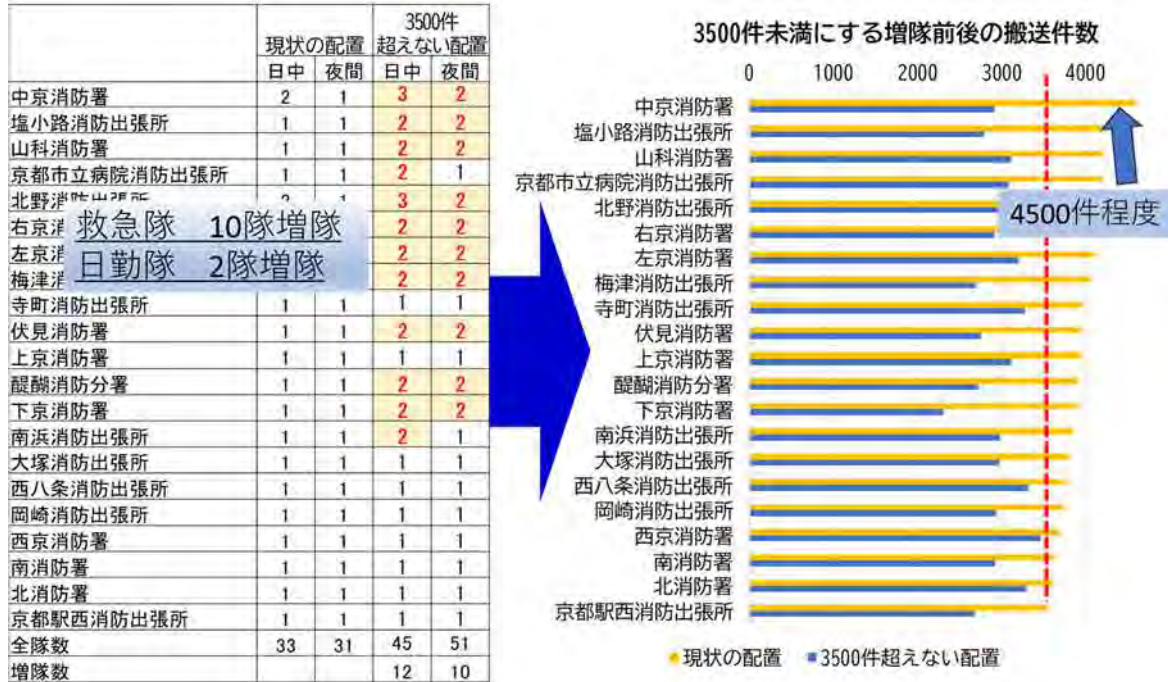


図 49 2030 年に全ての隊を 3,500 件/年 未満

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分析を行うため、この分析に必要な救急車のルート情報を所有している共同研究先を公募したところ、株式会社トヨタ自動車様から応募があり共同研究を実施することとなった。

3) 救急隊用多言語翻訳アプリの改良

定型文の必要性調査の結果により新たな定型文が必要となった場合には、定型文の検討を行うこととしていたが、他の翻訳アプリの精度がかなり上昇していることから、救急ボイスラ自体の今後の継続の有無について救急企画室と調整しており、研究としては進めていない状況である。

7. 令和 7 年度の研究計画と研究成果

7.1 救急隊員が浴びるウイルスを大幅に除去する研究

強制換気装置に関して、研究評価委員会において指摘があった標準感染予防策との感染防止性能や活動のしやすさ、圧迫感の有無の実験を行うと共に、今後普及に向けた実用化バージョンの製作及び全体をまとめた報告書を作成する予定である。

7.2 救急搬送件数の将来予測手法の改良

突発的に起こる甚大な事象を勘案するために、新型コロナによる影響の可能性がある 2023 年までの救急データと、新型コロナの影響がかなり少なくなったと考えられる 2024 年データにお

いて突発事象の検証を行うと共に、救急搬送率の変動に影響があると考えられるインフルエンザ、熱中症の流行有無と関係分析及びこれを踏まえた将来推計を全国単位、都道府県単位ごとに行う。

7.3 搬送時間短縮手法

1) 救急隊運用最適化の汎用モデル

ひっ迫時対応機能を追加するため、インフルエンザや熱中症等の他のデータと組み込んだひっ迫時の「月日時単位」の将来推計ツールの作成、重症事案対応隊(高緊急(心肺停止等))に対応したシミュレーション手法の作成、研究評価委員会での指摘事項である病院選定手法への対応として、ひっ迫時の搬送先選定・現場滞在時間を、ひっ迫時の季節・曜日・時間帯などを踏まえた改良を行う。

2) 救急車交差点通過時の優先通行手法

ア 救急車の走行ルート进行分析し時間短縮効果が高い信号の抽出方法

- ・救急車の走行データ分析
- ・救急車の走行ルート選定方法の調査(救急隊員へのヒアリング)

イ 青信号に変更するタイミングの検討

交通シミュレーションソフトで検討

ウ 搬送時間短縮効果の検討

交通シミュレーションソフト等を用いてイ) 検討したタイミングでの効果予測を行う。

3) 救急隊用多言語翻訳アプリの改良

救急ボイストラの機能追加に関して救急企画室と協議する。

8. 研究協力・共同研究

8.1 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：広島国際大学

8.2 救急搬送件数の将来予測手法の改良

消防機関

8.3 搬送時間短縮手法

1) 救急隊運用最適化の汎用モデル

連携協定：さいたま市消防局

実証実験：北九州市消防局、奈良県広域消防組合、京都市消防局、藤沢市消防局

2) 救急車交差点通過時の優先通行手法

共同研究：トヨタ自動車株式会社

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

9. その他

(1) 論文

- 1) 坂口英児、安田康晴、久保田勝明、佐々木広一、山本弘二、吉川孝次、友安陽子、二宮伸治：救急車内における CO2 ガス濃度変化の多点モニタリング法による飛沫核拡散の検証と対策、日本臨床救急医学会雑誌、2022 年 25 巻 4 号、pp.658-671
- 2) 前田篤彦、久保田勝明：機械学習を用いた病院受入予測のオフライン評価、医療情報学 44 (5)、

pp.223-236、2024.7

(2) 口頭発表、解説

- 1) 福田健、前田篤彦、久保田勝明、尾川義雄：救急車のリアルタイムな位置と出動可否状況を考慮した救急車配置手法 ～消防署外待機による平均現場到着距離の短縮～、情報処理学会研究報告、2022 卷、HCI-200 号、Vol.2022-HCI-200、No.9、pp.1-6 (WEB ONLY)、2022.11.8

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	Fire and Meteorological Conditions during the Generation of Vortices in a Prescribed Fire on a Grass Hill	Masahiko Shinohara, Tomoaki Suina, Sanae Matsushima, Hitomu Saiki	7th International Fire Behavior and Fuels Conference	2024.4.16 ~4.18
2	Rocking Response Analysis of Flat-Bottom Cylindrical Tanks Considering Rotational Inertia of Content Liquid	Yuichi Yoshida, Tomoyo Taniguchi (Tottori University)	ASME PVP Mini Conference in Japan 2024	2024.5.21
3	絶縁性床上での靴の導電性の違いによる人体帯電	田村裕之、川口健太郎、森崎学、武石吉生	2024 年度日本火災学会研究発表会	2024.5.25 ~5.26
4	火源風下に発生する火災旋風の最大風速・半径および横風風速の予測モデル	篠原雅彦		
5	令和 6 年能登半島地震により輪島市河井町で発生した火災の市街地火災延焼シミュレーションによる検証	高梨健一、篠原雅彦、鈴木恵子、細川直史		
6	FDS による消防用ガンタイプノズルの放水特性の再現	阿部伸之、鈴木健、西川厚(横浜市消防局)、田村孝一(横浜市消防局)、石井良典(横浜市消防局)、山下優人(横浜市消防局)、竹下浩史(横浜市消防局)		
7	木質ペレットの発熱挙動に関する研究	岩田雄策		
8	大規模倉庫火災における水蒸気の影響抑制効果の検証	内藤浩由、筒井佑貴、廖赤虹、山野光一、松島至俊、大室健、金川拓也、坂本直久(株式会社モリタホールディングス)		

	題 名	発 表 者 名	発 表 会 名	発 表 日
9	カップバーナー法を用いた水蒸気 消炎濃度の測定 -大規模倉庫火災 消火の基礎的研究-	松島至俊、廖赤虹、坂本直久 (株式会社モリタホールデ ィングス)、内藤浩由、筒井 佑貴、		
10	冠泡消火における性能評価につい て(第3報)-泡の積泡性能および 消火性能の検討-	小澤悠太、小川耕司、高嶋武 士、佐澤潔(深田工業株式会 社)、内藤浩由、筒井佑貴		
11	冠泡消火における性能評価につい て(第4報)-縮小模型を用いた泡 の流動展開性の検証-	筒井佑貴、内藤浩由、小澤悠 太、小川耕司、高嶋武士、佐 澤潔(深田工業株式会社)		
12	焼損した綿/ポリエステル混紡試 料の FT-IR による分析	佐藤康博、塚目孝裕		
13	受熱強度に応じた灯油成分の経時 変化に関する研究	松崎崇史(東京消防庁)、西 村和也、佐藤康博		
14	すれ違いや追い越しの実空間と VR 空間の比較に関する研究 その 4 VR 実験での移動実験の分析と実 空間実験との比較	水野雅之 伊藤大観 市村志 朗(東京理科大学)、藤井皓 介、田中俊成(大成建設技術 センター都市基盤技術研究 部)		
15	階段合流時における流入順序およ び歩行状態が異なる群集の流動性 状把握実験	藤井皓介、水野雅之(東京理 科大学)、佐野友紀(早稲田 大学)		
16	風水害に伴って発生した火災に関 する調査 -全国722消防本部を対 象として-	大津暢人、廣井悠(東京大 学)、北後明彦(神戸大学)、 花井英枝(竹中工務店)		2024.5.26
17	牛乳パックを使った簡易燃焼区画 の製作	尾川義雄		
18	火炎風下に発生する竜巻状渦のモ デル化	篠原雅彦	第 61 回日本伝熱 シンポジウム	2024.5.29 ~5.31
19	温度上昇させた蒸留水とレギュラ ーガソリンで生ずる石油タンク内 面用ライニングの劣化挙動	徳武皓也	材料と環境 2024	2024.6.3 ~6.5
20	20 フィートコンテナ 2 基を活用し た消防隊放水実験用区画	尾川義雄	安全工学シンポ ジウム 2024	2024.6.26
21	階段合流時における流入順序およ び歩行状態が異なる群集の流動性 状把握実験	藤井皓介、水野雅之(東京理 科大学)、佐野友紀(早稲田 大学)	2024 年度日本建 築学会大会(関 東)学術講演会	2024.8.27 ~8.30

	題 名	発 表 者 名	発 表 会 名	発 表 日
22	液体貯蔵タンクの地震時ロッキング応答における復元モーメントの評価方法の検討	吉田祐一、谷口朋代(鳥取大学)	日本機械学会 2024 年度年次大会	2024.9.8 ~9.11
23	靴の導電性の違いによる人体帯電の変化	田村裕之、川口健太郎、森崎学、武石吉生	第 48 回静電気学会全国大会	2024.9.10 ~9.11
24	Barrier property evaluation of inner lining for underground storage tank in temperature-controlled aqueous environment containing organic acids and chloride ion	徳武皓也	Advances in corrosion protection by organic coating 2024 (ACPOC 2024)	2024.9.16 ~9.19
25	令和 6 年能登半島地震の土砂災害救助活動における航空レーザーデータの活用	土志田正二、新井場公德	第 63 回(公社)日本地すべり学会研究発表会	2024.9.17 ~9.20
26	令和 6 年能登半島地震の地すべりインベントリマップの作成	土志田正二、佐藤剛(東京都市大)、佐藤浩(日本大)、岩橋純子(国土地理院)、佐藤昌人(防災科研)、林一成(奥山ボーリング(株))		
27	令和 6 年能登半島地震における地すべり発生場の広域的な地震応答解析	飯野遥(群馬大)、齋藤颯汰(群馬大)、佐藤剛(東京都市大)、土志田正二、若井明彦(群馬大)		
28	令和 6 年能登半島地震の前後の航空レーザ測量による斜面変動の判読	林一成(奥山ボーリング(株))、土志田正二、佐藤剛(東京都市大)、佐藤浩(日本大)、佐藤昌人(防災科学技術研究所)		
29	泥の中の長靴に作用する力	新井場公德、土志田正二、石黒正(アキレス株式会社)、定方伸夫(アキレス株式会社)		2024.9.18
30	F-net 広帯域強震記録で見た長周期地震動のスペクトル特性(2)	畑山健	日本地震学会秋季大会	2024.10.21 ~23
31	令和 6 年能登半島地震の土砂災害救助活動における地形情報の活用	土志田正二、新井場公德	日本地形学連合 2024 年学術大会	2024.11.2 ~11.4

	題 名	発 表 者 名	発 表 会 名	発 表 日
32	山口県防府市の花崗岩山地小流域における中世以降の河床変動	松本栞(筑波大)、八反地剛(筑波大)、小倉拓郎(兵庫教育大)、古市剛久(森林総合研究所)、土志田正二、田中靖(駒沢大)		
33	ミスト爆発に関する小規模実験	鈴木健	第 62 回燃焼シンポジウム	2024.11.25 ～11.27
34	断面形状が一辺 70mm の正方形の直方体空間内における n-ヘプタンを燃料としたカーテン状火炎の周囲の温度、ガス濃度、流速	尾川義雄		2024.11.26
35	消防用ガンタイプノズルの定量的な性能	鈴木健、阿部伸之、西川厚、田村孝一、山下優人、太田和哉、浅古慎一、佐藤新、鹿島翔太、芳賀雄也	第 57 回安全工学研究発表会	2024.12.5 ～12.6
36	炭酸ナトリウム過酸化水素付加物の微少発熱に関する研究	岩田雄策		
37	水害を経験した地域在住高齢者の活動能力の変動と社会活動との関連 ～災害時用配慮者の個別避難計画作成に向けて～	佐藤ゆかり(岡山県立大学)、齋藤美絵子(岡山県立大学)、藤森康明(朝日医療大学校)、大山剛史(岡山県立大学)、齋藤誠二(岡山県立大学)、風早由佳(岡山県立大学)、大津暢人、荒木裕子(京都府立大学)、Ana Maria Cruz(京都大学防災研究所)、北後明彦(神戸大学)	第 15 回横幹連合カンファレンス	2024.12.14 ～12.15
38	不安項目の共有が若者の避難計画に与える影響	齋藤美絵子(岡山県立大学)、佐藤ゆかり(岡山県立大学)、齋藤誠二(岡山県立大学)、大山剛史(岡山県立大学)、風早由佳(岡山県立大学)、大津暢人、荒木裕子(京都府立大学)、Ana Maria Cruz(京都大学防災研究所)、北後明彦(神戸大学)		

(2) 論文発表

	題 名	発 表 者 名	掲載誌名等	巻号
1	地震動によるコーティングの損傷挙動と健全性評価-自然災害を受けた石油タンク 供用適用性評価手法-	笠井尚哉、岡崎慎司、徳武皓也、座間信作、吉田聖一	安全工学	Vol.64(1), pp.45-53 (2024.2)
2	Improving precision of evacuation simulation: A comparative analysis between evacuation drill and SimTread simulation results	Seong Kyung Park (Tokyo University of Science), Guan-Yuan Wu (Central Police University), Kosuke Fujii, and Masayuki Mizuno (Tokyo University of Science)	Indoor and Built Environment	Vol.33, Issue 9, pp.1645-1664, (2024.6)
3	Damage to Oil Tanks Caused by Strong Ground Motion due to Recent Three Earthquakes in Japan	Hatayama, K.	Proceedings of the 18th World Conference on Earthquake Engineering	
4	Experimental Validation of Conventional Uplift Commencement Condition of Liquid Storage Tanks	Yuichi Yoshida, Tomoyo Taniguchi (Tottori University)	Proceedings of the 18th World Conference on Earthquake Engineering	
5	令和 6 年能登半島地震の輪島市朝市通り付近における市街地火災の建物被害調査と焼け止まり状況の分析	廣井悠(東京大学)、北後明彦(神戸大学)、大津暢人、村田明子(清水建設)、山下平祐(清水建設)、花井英枝(竹中工務店)、大津山堅介(東京大学)、ピニエイロアベウ タイチ コンノ(東京大学大学院)、苫米地毅大(東京消防庁)	自然災害科学	Vol.43, No.3, pp.709-721 (2024.11)

(3) 解説

	題 名	発 表 者 名	掲載誌名等	巻号
1	研究所紹介第 5 回消防庁消防研究センター	岩田雄策	セイフティエンジニアリング	vol.51(2), pp.27-31 (2024.6)

	題 名	発 表 者 名	掲載誌名等	巻号
2	令和 6 年能登半島地震における輪島市大規模火災の延焼動態	篠原雅彦	火災	Vol.74, No.3, pp.33-36 (2024.6)
3	令和 6 年能登半島地震における輪島市大規模火災の延焼状況	篠原雅彦	消防防災の科学	No.157, pp.29-35 (2024.6)
4	令和 6 年能登半島地震において石川県輪島市河井町で発生した大規模火災の市街地火災延焼シミュレーション	高梨健一、細川直史	火災	Vol.74, No.3, pp.37-41 (2024.6)
5	令和 6 年能登半島地震後の輪島市大規模火災の焼け止まり状況と消防活動	鈴木恵子	火災	Vol.74, No.3, pp.30-32 (2024.6)
6	消防隊員の殉職事故の発生傾向 ～火災出動における 62 名の分析～	大津暢人	近代消防	2024 年 9 月号, No.766, pp.30-33 (2024.8)
7	消防隊員の受傷事故の発生傾向 ～火災出動における 1,170 名の分析～	大津暢人	近代消防	2024 年 9 月号, No.766, pp.34-38 (2024.8)
8	令和 6 年能登半島地震に伴い石川県輪島市で発生した大規模市街地火災に係る消防庁長官の火災原因調査報告書の概要	消防研究センター	地域防災	No.57, pp.16-19 (2024.8)
9	令和 6 年能登半島地震後の輪島市大規模火災について	鈴木恵子	月刊フェスク	8 月号, No.514, pp.10-15 (2024.8)
10	埼玉県で想定されている地震の揺れ～県の地震被害想定調査結果をどのように見ればよいか～	畑山健	埼玉連	第 15 号, pp.6-9 (2024.8.10)
11	令和 6 年能登半島地震に伴って発生した輪島市大規模火災の市街地火災延焼シミュレーション	高梨健一	消防防災の科学	No.157, pp.36-44 (2024.夏)
12	大規模倉庫火災に関する実態調査から見えた消火活動困難な火災への対応	内藤浩由	月刊フェスク	515 号, pp.32-37 (2024.9)
13	牛乳パックを使った簡易燃焼区画の製作	尾川義雄	消防試験研究センターだより Voice.	vol.405, pp.10-11 (2024.9)
14	令和 6 年能登半島地震に伴い石川県輪島市で発生した大規模市街地火災に係る消防庁長官の火災原因調査の結果	消防研究センター	消防の動き	2024 年 10 月号, pp.14-17
15	能登半島地震による土砂災害地での技術支援	新井場公德、土志田正二	Jレスキュー	2024 年 11 月号、2025 年 1 月号、3 月号

	題 名	発 表 者 名	掲載誌名等	巻号
16	土砂災害現場におけるドローンを用いた地図の作成	土志田正二	消防試験研究センターだより Voice.	vol.406, pp.8-9 (2024.11)
17	令和 6 年能登半島地震に伴い石川県輪島市で発生した大規模市街地火災に係る消防庁長官の火災原因調査の結果	消防研究センター	近代消防	No.769, pp.30-35 (2024.12)
18	太陽光発電システム火災と消防活動上の安全対策	田村裕之	電気設備学会誌	2025 年 1 月号
19	建物火災等における消防職員の殉職 - 全国 62 名の事故発生傾向 -	大津暢人	消防試験研究センターだより Voice.	Vol.407, pp10-11 (2025.1)
20	土砂災害現場の救助活動における無人航空機（ドローン）の利活用事例と課題 ＜特集:最先端技術を活用した消防防災技術開発＞	土志田正二、新井場公德	火災	Vol.75, No.1, pp.2-7 (2025.2)
21	大阪市北区ビル火災に係る消防庁長官の火災原因調査について	西晴樹	近代消防	令和 7 年 4 月号 (2025 年 3 月)
22	建築物の避難誘導に関する研究	藤井皓介	消防試験研究センターだより Voice.	Vol.408, pp.10-11 (2025.3)

(4) 著書

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において、4月に一般公開を開催した。

この一般公開は、科学技術週間（「発明の日」（4月18日）を含む週）に実施しているもので、今回は、実開催（敷地内の施設の公開や実演等、4月19日（金）に実施）と、令和3年度から行っているオンライン開催（4月12日（金）～4月22日（月））を併せて実施した。実開催では、令和5年度より20人多い、460人が来場し、研究官から直接研究内容の説明を受けたほか、実演も見学した。また、ホームページのオンライン開催のページ（実開催の案内を含む）へのアクセス数は、令和5年度よりも約2,800件増え、約7,400件となった。

実開催では22項目を公開し、オンライン開催では85動画を配信したが、ここでは実開催の一部について紹介する。

1. 救急車・指揮車用パンク対応タイヤの紹介（実開催）

救急車や指揮車向けに開発した、パンクしても走行可能なタイヤを紹介した。



写真1 救急車・指揮車用パンク対応タイヤの展示

2. 軽油の燃焼（実開催）

液体燃料の火災危険性を示すため、軽油を燃料として、直径1mの燃焼容器を用いて、燃焼実験を行った。



写真2 軽油の燃焼実験

3. 泡発砲装置を用いた消火実験（実開催）

泡消火による消火原理の説明や、泡が流動展開していく様子を実演し、泡消火が様々な火災形態への対応が可能であることを紹介した。



写真3 泡発砲装置を用いた消火実験

4. 土砂災害現場におけるドローンの利活用に関する研究開発 (実開催)

土砂災害現場の捜索・救助活動の安全を確保するためにドローン等で情報収集・解析する研究を紹介した。



写真4 土砂災害現場におけるドローンの利活用に関する研究開発

5. 原因調査室の業務の紹介 (実開催)

原因調査室の調査業務、研修業務、支援業務について鑑識室において紹介した。



写真5 原因調査室の業務の紹介 (鑑識室)

6. 消防大学の教育訓練資機材 (消防大学校・実開催)

消防大学校における教育訓練で使用している消防車両等の展示を行った。



写真6 消防大学の教育訓練資機材

7. 消火器の操作体験 (日本消防検定協会・実開催)

訓練用消火器を用いて参加者に目標物に放射する消火の疑似体験をしてもらった。



写真7 消火器の操作体験

8. 避難所HUG (消防防災科学センター・実開催)

災害時の避難所で起こる様々な出来事にどう対応していくかを疑似体験できる避難所HUG (ハグ) の風水害版について、実演を交えて紹介した。



写真8 避難所HUG

9. オンライン開催画面

オンライン開催については、消防研究センターホームページに次のような画面を設けて実施した。



図 一般公開オンライン開催画面 (一部)

3 全国消防技術者会議

1. はじめに

令和6年11月21日(木)～22日(金)に全国消防技術者会議を、三鷹市公会堂光のホールにて開催した。この会議は、消防防災の科学技術に関する調査研究、技術開発の成果等を発表する場として、昭和28年より毎年開催しているもので、今回で72回目となった。会議は「特別講演」、「令和6年度消防防災科学技術賞受賞作品」口頭発表及び同展示発表で構成した。今回の会議には2日間で延べ850人を超える方々の参加があった。

口頭発表について当日会場で録画したものを、展示発表について事前に発表者に作成していただいた発表動画を、後日消防研究センターのHPで公開した。

2. 特別講演

特別講演では、慶應義塾大学工学部の中西美和教授に、「安全で効率的な消防活動を実現するためのマネジメントスキル:CRM (Crew Resource Management)」と題してご講演をいただいた(写真1)。CRMは航空分野で開発された概念で、安定した運航のために利用可能な全てのリソース(人的資源、情報等)を有効活用するという考え方である。消防活動においてもCRMスキルを高め、発揮することによって、エラーの発生確率を低下させ、エラーの発生時の影響を小さくすることができることが示された。



写真1 中西美和先生による特別講演の様子

3. 消防防災科学技術賞表彰式

二日目午前中に令和6年度消防防災科学技術賞の表彰式が執り行われた。池田達雄消防庁長官の式辞の後、各受賞者に対して池田長官より表彰状が授与された(写真2)。



写真2 受賞者一同の記念写真

4. 受賞作品口頭発表

令和6年度の消防防災科学技術賞を受賞した20件の内、消防防災科学論文及び原因調査事例の2部門から18件(表1)の口頭発表が行なわれた。会場からも質問があり、有意義な意見・情報交換が行われた。

5. 受賞作品展示発表

令和6年度の消防防災科学技術賞の消防防災機器等の開発・改良部門の10件(表2)につき、開発した作品が展示され発表者による説明が行われた。開発された作品の実物を前にして、発表者と聴講者が直接、質疑応答、意見交換等ができる場となった。

6. おわりに

全国消防技術者会議は、消防防災の科学技術を主題として毎年開催され、今年で72回を数える消防関係者による全国的な会議である。最近の取り組みとして、全国消防技術者会議では、会議終了後でも会議での発表を消防研究センターのHPで視聴できるようになっ

ている。この会議が、消防防災の科学技術の発展に寄与できるよう、引き続き工夫と努力を継続する必要がある。

次回の会議については、決定次第、消防研究センターのHPに案内を掲載する予定である。

表 1 口頭発表

年齢層の相違による暑熱環境の身体・認知機能への影響に関する研究 東京消防庁 佐々木航
火災現場で発生する有害物質の除染に関する研究 東京消防庁 榎本佑太郎
ロボット掃除機のリチウムイオンバッテリーから出火し、早期にリコール対象となった事例について 相模原市消防局 鈴木 仁
ゴムプラグから出火した火災事例について 秋田市消防本部 柴田 航
ガスコーヒー焙煎機から出火した火災について 川崎市消防局 小樽 大
畑地かんがい施設の有効活用について 倉敷市消防局 三宅悠太
電気ドリル内部の電氣的火花により灯油に着火した事例 福岡市消防局 川越怜史
府県を越えて2つの消防本部が連携した火災原因調査事例について 久御山町消防本部 三田市消防本部
デジタル技術を活用した出前型DX広報による効果の検証について 岡山市消防局 柝磨祐介
国宝姫路城大天守における防火対策について 姫路市
ウォーターミストによる火災熱輻射の遮蔽の高機能化 山形大学大学院 江目宏樹
3軸加速度計とウェアラブル心拍計を用いた消防隊員のエネルギー消費量と消防関連活動種別毎の時間あたりの標準推定値の検討 広島大学 緒形ひとみ 筑波大学 麻見直美
粉体貯蔵設備で発生する静電気危険性の新たな評価手法と複数の接地金属棒による充てん粉体の除電効果についての検討 労働安全衛生総合研究所 庄山瑞季
同型品の全数回収に至ったポータブルバッテリーの出火事例調査について 千葉市消防局 大矢洋太
デッキオープンからの出火事例の調査報告 岡山市消防局 秋岡志郎

車両鑑識からリコールへと繋がった火災事例について 大阪市消防局 宮原一也
スプリンクラー設備が起因する消防用設備点検時の爆発火災 東近江行政組合消防本部 奥村嘉則 村田 健
電気自動車用充電設備の一部である屋外キュービクルの配線から出火した事例 京都市消防局 斉原拓真

表 2 展示発表

救急隊コミュニケーションアプリの開発 志太広域事務組合志太消防本部 河野拓也
カスタマイズ可能な模擬指令台の開発 堺市消防局 竹村郁明 島尾 賢
半自動式除細動器等固定アタッチメント 東近江行政組合消防本部 里西祐紀
展開型指揮シート及びトリアージタグファイルの開発 倉敷市消防局 石井 健
胸骨圧迫補助マット 東京消防庁 市原祐輔
吸管簡易水抜き器具の開発 大阪北港地区共同防災組合 木村昌浩
自動ホース巻取機(MAKIMAS)の開発 株式会社ナベル
感染症対策コーティング技術ナノバイオシールドの開発 大栄産業株式会社
静電気放電用クーロンメータ 労働安全衛生総合研究所 春日電機株式会社 崔 光石 長田裕生 鈴木輝夫
災害体験メタバースシステム「T-Meta JINRYU」の開発 大成建設株式会社技術センター 田中俊成 池島由華

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27回目となる。この会の主たる目的は、特定の課題に関係する専門的な知識を有する技術者及び研究者との議論を通じて、消防防災に関する解決策を模索し、その糸口を見いだし将来に向けた研究の糧を得ることである。

第27回消防防災研究講演会は、「令和6年能登半島地震における輪島市大規模火災」をテーマに、令和6年11月21日に三鷹市公会堂光のホールで実施された。

令和6年(2024年)1月1日16時10分、能登半島で最大震度7を観測する地震が発生した。この地震で震度6強の揺れを観測した輪島市河井町では大規模な市街地火災が発生し、焼失面積約5ha、焼損棟数約240棟の被害となった。本火災は木造建物が密集する地域で発生したものであり、地震と津波の影響により消火活動が困難な状況下での延焼火災となった。

本講演会では、表1のプログラムに示す6件の話題を提供し、最後に総合討論を行った。

【開会の辞・趣旨説明】

輪島市大規模火災は木造建物が密集する地域で発生し、地震により建物が倒壊し、断水により消火栓が使えず、地震被害と大津波警報下という状況により自然水利も使えない中で、道路状況の悪化により応援隊の到着も遅れるなど、消火活動が極めて困難な状況下での延焼火災となった。同様の状況は全国各地で起こり得るため、この火災の状況を共有し、議論しておく必要があると考え、本講演会のテーマとした。

【輪島市大規模火災の延焼動態】

空撮映像、写真、現地調査に基づいて本火災の延焼動態を復元した結果と、その結果を基に延焼速度、火災初期の焼損棟数の時間変化について分析した結果について報告があった。弱い南寄りの風の下で延焼した本火災は、初期には南北方向に同程度の速度で延焼し、その後、東方向に延焼した。火災初期の延焼速度

を過去の大規模市街地火災と比べると、風上方向は関東大震災が最大で、次いで輪島市大規模火災と糸魚川市大規模火災が同程度、阪神淡路大震災の風速1.1m/sの場合が最小となった。輪島市大規模火災と糸魚川市大規模火災の両火災の初期については、1時間当たりの焼損棟数の増減傾向が酷似しており、その値は同程度であった。この原因について考察した結果が示された。

【輪島市大規模火災の焼け止まりと街区の特徴からみた今後の課題】

本火災の焼け止まり調査の結果と、都市計画を含む街区の特徴から見た課題について報告があった。焼け止まり線の周長の6割は河川、海岸、駐車場等の空地による焼け止まり、3割は道路による焼け止まりであった。消火活動が延焼防止に寄与した焼け止まり線は全体の約43%を占めた。焼け止まった建物の外壁には燃えない材料が使われ、開口部が小さかった。離隔距離も奏功していた。使用できなかった防火水槽は細い路地に面する傾向があった。1939年の都市計画では本火災の延焼範囲を通る道路が計画されていたが、近年、計画が廃止された。消防力と、市街地の延焼防止性能は両輪として機能する。特に震災時の延焼阻止は、市街地の延焼防止性能に依存するところが大きいと言える。また現在、中大規模建物の木質化が進められており、その火災性状、消防活動上の知見の蓄積が必要である。

【輪島市大規模火災の市街地火災延焼シミュレーション】

消防研究センターの市街地火災延焼シミュレーションを用いて、本火災を検証した結果について報告が

あった。延焼範囲の建築物の外壁状況については、Google ストリートビューを用いて調べ、シミュレーションの設定条件に利用した。少なくとも約 57%の建築物の外壁に板張り部分があることが分かった。シミュレーションの結果、概ね映像記録に近い状況を再現できた。シミュレーションと実際の延焼状況との誤差要因について、シミュレーション結果と火災映像記録の比較、現地調査の結果等を用いて分析した結果が示された。消防活動が行われなかった場合を想定したシミュレーションを行ったところ、焼損範囲が実際の 2 倍以上となった。北側街区への飛び火がなかった場合のシミュレーションでは、焼損範囲が実際の半分程度となった。

【令和 6 年能登半島地震 輪島市大規模火災について】

今回の地震、人的被害、住家・道路被害、土砂災害等の発生状況について動画を交えて紹介があった後、地震被害と大津波警報下でいかに消火活動を行ったかということについて、現場で指揮にあたった輪島消防署長より報告があった。津波警報、大津波警報下で住民が一斉に避難し、消防指令センターの監視カメラもダウンしたことで火災の発見、通報が遅れ、初期消火もなかった。消防隊員の安全確保と任務遂行の両立という難しい判断を迫られた。現場では人、機械、水のすべてが不足するという圧倒的に劣勢な消防力下での消火活動で、どこでどう消すのかということにも苦慮した。道路の段差、亀裂、倒壊家屋などにより車両が通れない場所が火災現場にも複数あった。大津波警報下のため海から取水できない、断水のため消火栓が使えない、倒壊家屋により防火水槽が使えない、地盤隆起、河道閉塞により河川から取水できないという状況下で、遠方からの取水を行った。火災現場が津波浸水想定区域範囲外であったこと、火災覚知時刻が津波到達予想時間を超えていたこと、現場で津波の痕跡がないことを確認したうえで消火にあたった。

【「輪島市大規模火災を踏まえた消防防災対策のあり方に関する検討会報告書」について】

本火災の原因調査結果等を踏まえ、消防活動等の検証を行い、今後取り組むべき火災予防、消防活動、消防体制等の充実強化のあり方について検討した結果

の概要が紹介された。検討に際し、地震・津波時の消防活動計画や消防水利の整備状況などについて、全国の消防本部に対してアンケート調査を行い、現状の把握を行った。その結果、津波浸水想定区域での消防活動計画の策定率が低いことや、津波時の消防活動のための气象台との情報共有、連携体制等の構築が不足していることが分かった。

【激震時の同時多発火災と大規模火災リスクにどう備えればよいか ～ 輪島市大規模火災があらためて喚起した課題 ～】

本火災現場は古い木造家屋密集地域ではあったが、同様の市街地は全国至る所にある。地震時に同時多発火災が起きたり、断水で消火栓が使えなかったりすれば、同様の大規模火災は全国どこでも起きる可能性がある。都市大火は戦後も毎年数件は起きていたが、1976 年の酒田大火以降、糸魚川市大規模火災が発生するまでの 40 年間は、平常時都市大火は発生していなかった。平常時都市大火激減の決め手は、1965 年からの 10 年間に常備消防が一気に整備されたことにある。一方、東日本大震災では消防職員・団員合わせて 281 名が津波により殉職した。これを受けて行われた「大規模災害発生時における消防本部の効果的な初動活動のあり方検討会」では、消防職員の身に津波の危険が迫れば消防職員も避難するということが消防庁によって明言されていた。ところが、「輪島市大規模火災を受けての消防活動のあり方検討会」でアンケート調査を行ったところ、沿岸部を管轄する消防本部の中で津波浸水想定区域での活動計画を策定している本部は 31%しかなかった。とくに小規模な消防本部、東日本大震災で津波被害を受けなかった消防本部では策定率が低かった。そこで、津波浸水想定区域での活動を勘案した消防活動計画策定を推進するため、消防庁では検討を行っている。

【総合討論】

Q1: 防火水槽の目安はないか? A1: 糸魚川市大規模火災の復興では、100t、200t の防火水槽を作った。海水を地下経由で防火水槽につなぎ無限水利のように使えるようにした。農業用水や自然水利を防火水槽に入れることで無限水利のように使えるようになる(関

沢)。消火栓に頼らない水利の確保として大容量防火水槽の設置と、その設置位置の見直しが必要である(藤江)。

Q2: 小型車両の配備をする場合、免許の問題はどう考えているか? A2: 普通免許で運転できる車両も考えている。自衛隊ヘリに載せて被災地に向かえる車種の選定を行っている(藤江)。

Q3: i) 地上式、地下式の耐震性貯水槽について、国からの補助要件は? ii) 地上式と地下式で国からの補助はどの程度の割合で利用されているか? iii) 防火水槽を中継地点として無限水利的に使う場合の発展的展望はあるか? A3: i) 耐震性貯水槽の補助事業は地下式、地上式を問わず使えると思う。ii) 割合は不明だが地下式が多いように思う。iii) 無限水利を車両で中継し、防火水槽を経由してさらに中継していくことも必要かと思う。このような遠距離送水計画については意見聴取会でも留意事項として示せないかと考えている(藤江)。

Q4: 感震ブレーカーを普及するために、今後設置を法

制化するのか自主性に任せるのか展望を教えてください。A4: 感震ブレーカー普及のための情報発信のあり方について消防庁で検討している。検討結果は年度内に消防庁から発信する予定である。現時点では法制化は考えてない(川合)。

Q5: 輪島市大規模火災を受けて、市街地大規模火災、地震火災に関してどういう研究、開発をやっているか考えているか消防研の研究官に聞きたい。またどういう研究が必要か関沢氏に指摘してほしい。

A5: 火災嵐の研究が必要ではないかと考えている(篠原)。地震時・平常時を含めて消火効率を上げるための研究を進めている(鈴木)。市街地火災延焼シミュレーションに倒壊の影響を入れたいと思っている。建物不燃化によってどれくらい燃えにくくなるかを出せるようになればと思っている(高梨)。現役の消防研の研究官に大いに期待したい。出火件数に対してポンプ車が足りなければ火災は消せない。その時重要となるのは住民による消火と、震災時であれば長時間使える水利をどう構築するかだと思う(関沢)。

表1 プログラム

テーマ: 令和6年能登半島地震における輪島市大規模火災	
(1) 開会の辞・趣旨説明	篠原雅彦(消防研究センター)
(2) 輪島市大規模火災の延焼動態	篠原雅彦(消防研究センター)
(3) 輪島市大規模火災の焼け止まりと街区の特徴からみた今後の課題	鈴木恵子(消防研究センター)
(4) 輪島市大規模火災の市街地火災延焼シミュレーション	高梨健一(消防研究センター)
(5) 令和6年能登半島地震 輪島市大規模火災について	出坂正明(奥能登広域圏事務組合消防本部)
(6) 「輪島市大規模火災を踏まえた消防防災対策のあり方に関する検討会報告書」について	藤江卓也(消防庁消防・救急課) 川合弥生(消防庁予防課)
(7) 激震時の同時多発火災と大規模火災リスクにどう備えればよいか ～ 輪島市大規模火災があらためて喚起した課題 ～	関沢愛(NPO 法人日本防火技術者協会)
(8) 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28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6年度は、全国の消防機関や大学、消防機器メーカーなどから、計68作品の応募があった。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、27作品が選ばれ、さらに、3作品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	26	5	3
	B. 消防防災科学論文	18	5	
	C. 消防職員における原因調査事例	13	10	
一般の部	D. 消防防災機器等の開発・改良	6	4	
	E. 消防防災科学論文	5	3	
合 計		68	27	3
受賞数計			30	

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「カスタマイズ可能な模擬指令台の開発」や、「胸骨圧迫補助マット」などが、またB区分の科学論文では「火災現場で発生する有害物質の除染に関する研究」、「年齢層の相違による暑熱環境の身体・認知機能への影響に関する研究」などが選ばれた。

一般からは、D区分の開発・改良として「静電気放電用クーロンメータ」などが、E区分の科学論文では「粉体貯蔵設備で発生する静電気危険性の新たな評価手法と複数の接地金属棒による充てん粉体の除電効果についての検討」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 (27 作品)**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 作品)****(1) 胸骨圧迫補助マット**

(東京消防庁) 市原祐輔

バイスタンダーが効果的な胸骨圧迫を行うためには、バイスタンダーを血液などの感染危険や危険物から身を守り、胸骨圧迫を行う際の身体への負担を軽減することが必要である。

胸骨圧迫を行うことに抵抗感がある方が胸骨圧迫を行いやすくすることで心肺蘇生法の実施率向上が期待できる。

駅やデパートなどに設置されている AED 収納ボックスに備え付け、胸骨圧迫の際に実施者の足元に当該資器材を設定して内部のマスクと手袋で感染防止を行う。床と接する膝を緩衝材で保護し、つま先を滑り止めの付いた傾斜に乗せることで胸骨圧迫の姿勢を補助して力強く効果的な胸骨圧迫を行うことができる。

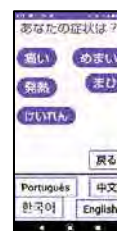
**(2) 救急隊コミュニケーションアプリの開発**

(志太広域事務組合志太消防本部) 河野拓也

救急隊として活動している中で、聴覚障がい者に対するコミュニケーションに困難さを感じたため、救急現場における情報収集及び伝達手段の一方策として、誰でも簡単に症状を迅速且つ詳細に伝えられるスマートフォンアプリ「救急隊コミュニケーションアプリ」を開発しました。

スマートフォンを数回タップするだけで、症状や訴えを救急隊に伝達する事が出来ます。

さらに、昨今の外国人旅行者の増加に伴い、外国語を要する救急現場も増加しているため、このアプリに多言語モードを搭載し、他言語話者の傷病者とのコミュニケーションも容易に行えるよう工夫しました。

**(3) 半自動式除細動器等固定アタッチメント**

(東近江行政組合消防本部) 里西祐紀

重症症例や心肺停止症例の場合、通常の活動以上に扱う資器材が増え、搬送時に傷病者の足の間等に一時的に除細動器や輸液ライン一式を置くことがあります。そのため、愛護的な活動ができておらず、不安定な場所へ除細動器を置くため、落下や誤作動の可能性があり、また、心電図モニターによる継続観察が困難となり、輸液ライン穿刺部の抜けが危惧されます。本考案作品は単純な使用方法ですが、傷病者の足の間等に資器材を乗せることなく、除細動器や輸液ライン固定が可能です。それにより、愛護的な活動に繋がり、活動を円滑にし、誤作動や落下防止といった事故を防げる非常に有用なものです。



(4) カスタマイズ可能な模擬指令台の開発

(堺市消防局) 竹村郁明、島尾賢

指令センターで 119 番通報を受信する際に使用する指令台の訓練用の模擬指令台を開発した。当指令台は、パソコンの画面に指令台を再現するもので、指令台で入力する災害地点や地図表示、出場指令、指令書など各項目を、実事案と同様に通報受信しながら入力操作することが可能である。また、汎用性の高い Excel でプログラミングしており、入力操作は文字入力のみで、全国消防本部の各指令台の仕様に容易に変更できる。導入コストも不要で実用性が高くすぐに導入が可能であり、各種訓練での活用により全国指令員の通報技術の向上とともに、市民の安全安心に寄与することが期待されている。



(5) 展開型指揮シート及びトリアージタグファイルの開発

(倉敷市消防局) 石井健

当市では、災害現場で情報を管理する指揮ボードなどは指揮車以外の車両には積載していません。そのため、ポンプ隊や救急隊などが少数の隊で現場対応する際、情報管理に苦慮することがあります。

そこで、マグネットシートを活用した、コンパクトに積載でき、操作も簡単な情報管理ツールを開発しました。

展開型指揮シートは、展開して車両側面などに貼付け、迅速に災害情報を管理することができます。

また、多数傷病者事案では、トリアージタグファイルを併用することで、トリアージタグを確実に固定し、傷病者の緊急度や位置情報などの視認性を高め、円滑な情報管理が可能となります。



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 作品)

(1) 年齢層の相違による暑熱環境の身体・認知機能への影響に関する研究

(東京消防庁) 佐々木航、三村納都、笠見優一

定年引上げを受け、熱中症の観点で 60 歳以上の消防職員が安全に活動できるかが課題となるが、消防活動中の深部体温及び主観的暑さ感覚等（以下「熱中症リスク」という。）に加齢が与える影響を研究した事例はない。そこで、20～60 歳代の消防職員に、暑熱環境において運動してもらい、深部体温や主観的な暑さ感覚等を年代別に比較した。

本研究の結果、加齢による熱中症リスクの差は確認できず、深部体温は、全年代ともに防火衣を離脱した状態でも 20 分以上上昇し続けた。また、深部体温が 38 °C 以上となっても、主観的暑さ感覚や認知機能等では、自身の熱中症リスクを判断することは困難だと分かった。



(2) 火災現場で発生する有害物質の除染に関する研究

(東京消防庁) 榎本佑太郎、戸田博章、笠見優一、佐々木航、岩瀬弘樹

近年、火災現場で発生する発がん性物質が消防隊員における長期的な健康被害のリスクを高めることが問題視されている。2022 年には国際標準化機構における消防隊員用個人用防護装備のクリーニング、検査及び修理に関する項目が改訂され、健康被害のリスクを低減する基準が示された。

本研究では、消防隊員の長期的な健康被害を防ぐことを目的として、実際の火災現場で活動後の防火衣に付着する有害物質の状況の調査、防火衣に付着した有害物質の洗浄による除染効果、火災現場引き上げ前に実施する防火衣の簡易除染方法及び効果について検討した。



(3) 「消す・消える」ことに着目した消火訓練用疑似炎デバイスの研究

(白山野々市広域消防本部) 松林大司、西村健治、中川康史、坂田拓、麻田外作
(北陸先端科学技術大学院大学) 佐藤俊樹

消防隊が行う消火訓練は、板に描いた炎（静的な炎）を見て判断する消火訓練が多く、実際の炎や煙を見て状況を判断する現場活動と、日頃の訓練とでは大きく状況がかけ離れている事が問題と考える。

そこで、霧発生装置で発生させた霧にフルカラーLED ライトを照射し、炎の演出を可能とした（動的な炎）ものに、酸化反応で起こる炎の変化を表現し、さらに、消火に使用する水に反応する冷却消火体験が可能な疑似炎を研究する。

この疑似炎デバイスを使用した消火訓練を、消防隊員に体験してもらい、効果の高い消火訓練が可能か検証する。



(4) デジタル技術を活用した出前型 DX 広報による効果の検証について

(岡山市消防局) 渡邊太之、繪面暢利、可児達也、日高尊行、柘磨祐介

火災予防広報における対面型広報には大きく分けて「講話型」と「体験型」の 2 種類がある。

多くの消防本部では、「講話型」を主として広報を行っているが、「講話型」は「体験型」と比較して、学習効果が低いとされている。

一方で、「体験型」は、資機材等の準備が必要で、場所や場面が限定される。

それらの課題を克服するため、場所や場面に制限のない「体験型」広報として、デジタル技術を活用した出前型 DX 広報を考案した。

今回、令和 2 年から令和 5 年にかけて行った出前型 DX 広報の実施結果を整理し、その効果を検証した。



(5) 畑地かんがい施設の有効活用について

(倉敷市消防局) 高橋陽亮、妹藤祐貴、三宅悠太、岩佐充敏、川野泰久

気候や特性により、その土地特有の施設が存在する。当局が管轄する地域の一部には畑地かんがい施設がある。

畑地かんがい施設とは、ダムや配水池からパイプラインを経由し、畑地にスプリンクラーなどで散水できるように整備したものである。

当局が管轄する地域は、国内有数の生産量を誇る桃やぶどうをはじめ、多くの質の高い果物を育てている。これを支えているのが生産地の広範囲を網羅する畑地かんがい施設である。

この畑地かんがい施設を、火災の際、有効に活用できないか、調査、検証を行った。



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 (10 作品)

(1) ゴムプラグから出火した火災事例について

(秋田市消防本部) 柴田航

本火災はメッキ工場が発生し、メッキ液を保温するために設置したヒーターのゴムプラグから出火し、電源コード等を焼損したものである。

鑑識を行ったところ、ゴムプラグ内の配線が半断線状態になり出火したものと特定できた。

半断線状態になったのはゴムプラグの劣化が原因で、同様に劣化しているゴムプラグが他に存在している可能性があるため調査したところ、多数の劣化したゴムプラグを確認し、即時交換が行われたことで、類似火災の防止に繋がった。



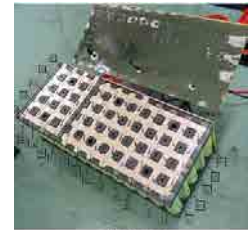
(2) 同型品の全数回収に至ったポータブルバッテリーの出火事例調査について

(千葉県消防局) 大矢洋太、行木信彦、池田翔喜、山崎雅哉、渡邊祥太郎、谷尻孝之

本事例は、福祉器具の非常用電源として購入したポータブルバッテリーから出火して負傷者が発生した建物火災である。

当該火災の出火原因は、バッテリーセルの製品不良によるものと推測されたことから、火災発生後に同型品の購入者に対して速やかに注意喚起を実施した。さらに、鑑識結果を踏まえて当該製品の危険性を当市関係部署と連携して輸入販売事業者に指導した結果、輸入販売事業者により当該製品のリコールが実施され、販売した同型品の全数を回収することができた。

なお、当該製品は、主に市内の福祉事業所及び在宅看護が必要な個人に販売されており、仮に同型品から出火した場合、避難が困難な方への被害が想定されたため、再発防止対策の徹底を強く意識して指導を実施した事例である。



(3) ロボット掃除機のリチウムイオンバッテリーから出火し、早期にリコール対象となった事例について

(相模原市消防局) 鈴木仁、大谷剛広

本火災は、共同住宅の居室内において、購入して間もないロボット掃除機を使用中に、内部に搭載されたリチウムイオンバッテリーから出火した火災である。

当該ロボット掃除機を収去し、当局において、販売・製造業者と合同鑑識を行った結果、リチウムイオンバッテリーから出火した可能性が極めて高いとの見解で一致した。この合同鑑識から約2週間後、販売・製造業者は、当該リチウムイオンバッテリーを搭載した全ての製品について、消費者庁に「重大製品事故」の届け出を行い、製品リコールに至った事例である。



(4) ガスコーヒー焙煎機から出火した火災について

(川崎市消防局) 秋田勇紀、小樽大、平井翔大、明石仁、鈴木晶子、武本直樹

本火災は、飲食店舗内で稼働中であつたガスコーヒー焙煎機から出火した火災である。鑑識の結果から、製品は珈琲豆焙煎前の暖機運転中、排気ダクト管内に堆積した珈琲豆のくずから出火したものであり、当該くずの分析結果から酸化発熱も本火災の発生に関与していることが分かった。さらに詳細な情報収集の結果、清掃頻度等が記載されている取扱説明書は改訂され、新旧複数存在することが判明し、本事案製品所有者が参考としていた取扱説明書記載の清掃頻度では、ダクトから出火する可能性があることが分かった。調査結果を受け製造業者からの注意喚起等、火災予防対策が図られた事案である。



(5) スプリンクラー設備が起因する消防用設備点検時の爆発火災

(東近江行政組合消防本部) 奥村嘉則、植田慎司、井上和也、村田健

消防用設備の点検業者がスプリンクラー設備を点検するため、建物2階にある末端試験弁を開放したところ、消火配管内で発生した水素ガスが消火用水とともに、建物1階消火ポンプ室内の消火水槽内に還流し、水槽内の気層部に滞留。埋め戻しがされていない消火ポンプの電源ケーブル貫通部からプルボックスを経由し、電線管を伝ってスプリンクラー設備の制御盤内に水素ガスが充満。また、同制御盤内では減圧に伴う消火ポンプ始動により、スター回路用マグネットスイッチが開閉。この接点間でスパークし火花が発生したことにより、水素ガスと空気の混合気に引火し爆発した火災である。



(6) 電気自動車用充電設備の一部である屋外キュービクルの配線から出火した事例

(京都市消防局) 斉原拓真、柴垣佳秀

電気自動車の充電設備を構成する屋外キュービクルから出火した事例で、今後、同様の事故が増加することも予想されるなか、キュービクル製造業者、施工業者、配送業者、取扱事業所など、様々な関係者の連携・協力を得て、類似事案を未然に防いだ事案。



(7) 府県を越えて2つの消防本部が連携した火災原因調査事例について

久御山町消防本部
三田市消防本部

本事例は、専用住宅に設置された太陽光発電システム用ケーブルからの出火が疑われる火災において、久御山町消防本部と三田市消防本部が府県を越えて連携し、火災原因調査を進めた事例である。

組織規模の小さな消防本部が共同で原因調査を進めた結果、両市町で発生した火災の出火原因を特定することができ、類似火災防止対策としてハウスメーカーの施工手順の改善、施工済み建物の自主点検及び改修工事に繋げることができたことから、消防機関同士の連携・協力の有用性を実感できた事例となった。



(8) 車両鑑識からリコールへと繋がった火災事例について

(大阪市消防局) 宮原一也、田中博朗

本火災事例は、走行中の10tトラックから出火した車両火災である。メーカーとの合同車両鑑識から、キャビン内の運転席左側に設置されたPDM (PowerDistributionModule:ヒューズ&リレーボックス)の電源用プラス側配線が誤配線され、その結果、当該配線がPDMブラケットとの干渉により損傷して短絡し出火したものと判定。同種の火災発生が危惧されることをメーカーに訴え、安全対策の実施を強く要望することにより、メーカー独自でも調査した結果、当該誤配線により出火する危険性があると判断したことから、同車種計13,762台のリコールに繋がった事例である。



(9) デッキオープンからの出火事例の調査報告

(岡山市消防局) 秋岡志郎、中山裕司、小西由哲、藤井義輝、内山大成

本火災は、大型ホテルの3階ペストリー室で使用しているデッキオープン内部の電気部品が焼損したものである。

デッキオープン内部、接続器（リレー）付近のみの焼損であることから、出火箇所をデッキオープン内部の接続器付近と判定する。

接続器の鑑識を実施し、端子接触部が経年劣化により表面が不均一な状態であることを確認する。また、接続器は、本来、縦向きに設置しなければならないが、横向きに設置されていたため、接点の摩耗及びアーク放電により金属粉が堆積、接触不良が発生し、電気部品を溶融及び炭化させた事例である。



(10) 電気ドリル内部の電氣的火花により灯油に着火した事例

(福岡市消防局) 川越怜史

耐火造2階建て、1階の作業所が全損した建物火災では、「ブレーキシュー再生のためにブレーキライニングを剥離後、洗浄する行程で洗油に火が入った」との供述があった。作業に使用していた古い電気ドリルは内部で火花が散っており、洗油は灯油を使用していたとのことである。

灯油は、電氣的スパークなどの小さな着火源では着火しにくいという印象があったことから、洗油にガソリン等を混ぜていた可能性や他の火源から出火した可能性を疑ったが、実験を繰り返すことで、現場の状況が、電氣的スパークによって灯油に着火しやすい条件を満たしていたことが判明した事案である。



C. 消防／原因調査事例

D. 一般の部／消防防災機器等の開発・改良 (4 作品)

(1) 静電気放電用クーロンメータ

(労働安全衛生総合研究所) 崔光石
(春日電機株式会社) 長田裕生、宮林善也、鈴木輝夫

産業現場では可燃性ガスまたは粉じんなどが扱われており、これらの帯電による静電気放電で着火することがある。このような事故を未然に防ぐために、CR 並列回路にピークホールド回路を組み合わせることで静電気放電の電荷量を測定できるクーロンメータを開発した。電荷量測定の基礎特性と実用性を検討し、帯電した金属容器、絶縁性シートまたはフィルムからの放電電荷量を正確に測定できることが実証された。さらに、粉体貯蔵用サイロに粉体を連続投入する過程で発生する面状放電の電荷量も測定できることが明らかとなった。これらのことから、静電気放電による火災防止の機器として期待できる。



(2) 感染症対策コーティング技術ナノバイオシールドの開発

大栄産業株式会社

新型コロナウイルス感染症に関連し、感染症という自然災害とは違った災害が出てきた事で、救命救急の最前線にいる救急隊員は、常に感染症のリスクを考えなければならない。市民生活や経済活動も含めリスク軽減技術やサービスが必須となった。特に救急搬送や救急出動には、患者や隊員同士からのエアロゾルや飛沫なども含めた接触感染リスクを軽減させる事は最重要課題である。今回群馬大学と共同研究し、短時間で感染症リスクを軽減させ、抗ウイルス効果の持続化を可能にした。感染症対策コーティング技術ナノバイオシールドを開発しました。



(3) 吸管簡易水抜き器具の開発

(大阪北港地区共同防災組合) 木村昌浩

消防車や可搬式ポンプに装着されている吸管の排水作業は排水口より高く両手で持ち上げながら、上下の高低差を利用し排水するので、身体の負担も大きく危険であった。

この器具は、ロープとタイヤとローラーで構成し、軽量で自由に形を変えることが出来る。

曲がっている状態の吸管でも、ロープとサイドのタイヤが柔軟に吸管を沿いながら動き、下部のローラーは吸管を支える事で、片手でも安全に吸管内の排水作業が出来る。



(4) 自動ホース巻取機(MAKIMAS)の開発

株式会社ナベル

近年、救急出動件数が増加している中、少子高齢化により消防職員、消防団員の人材不足が深刻な問題となっている。この様な中で弊社は、消防ホース巻きが与える身体的負担に着目し、自動ホース巻取機(MAKIMAS)の開発に着手した。

例えば1~2本のホースを手動で巻取る事は身体的に問題とならないが、一度に30本以上巻く様な状況下では大きな負担となってくる。

MAKIMASは、老若男女問わずボタン操作1つでホースの巻取りが出来、身体的な負担の軽減を可能とした。



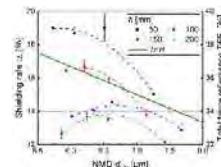
D. 一般／消防防災機器等の開発・改良

E. 一般の部／消防防災科学論文 (3 作品)

(1) ウォーターミストによる火災熱輻射の遮蔽の高機能化

(山形大学大学院理工学研究科) 江目宏樹、城野雅斗、川井喜与人
(八戸工業高等専門学校) 古川琢磨
(東北大学流体科学研究所) 岡島淳之介

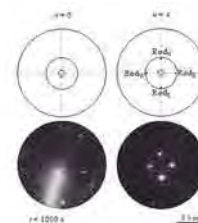
火災輻射は火災の拡大を助長している。ウォーターミストは、消火技術として広く用いられてきた。しかし、消火性能は着目されているが、輻射による延焼を防ぐ用途としては実用化されていない。本研究の目的は、輻射を効果的に遮蔽するために、輻射伝熱解析を用いてウォーターミスト中の水滴の最適なサイズを決定することである。ミスト層の輻射伝熱解析を行い、ミスト層の反射率は水滴径によって制御できることが実証された。また、熱放射からの遮蔽機能を最大化するためにミスト層の水滴サイズを最適化することの有効性を、ミストの輻射遮蔽性能を評価する実験によって検証した。



(2) 粉体貯蔵設備で発生する静電気危険性の新たな評価手法と複数の接地金属棒による充てん粉体の除電効果についての検討

(労働安全衛生総合研究所) 庄山瑞季、崔光石
(春日電機株式会社) 長田裕生、鈴木輝夫

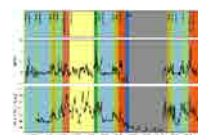
複数の接地金属棒を取り付けた産業規模のサイロに樹脂粉体を連続的に充てんし、サイロ内の静電気現象の観察、および接地金属棒から検出される放電電荷量を測定した結果、接地金属棒の取り付けが蓄積電荷による静電気放電エネルギーの分散に影響するため、充てん粉体表面で発生する高エネルギー放電や壁面のブラシ放電を緩和できることが明らかになった。また、静電気危険性を評価する新たな手法を用いて粉体層を含むサイロ内部の静電場を評価した結果、接地金属棒の数が増えるにつれて局所的な電荷蓄積が緩和され、エネルギーの拡散効果が増加することが示された。



(3) 3 軸加速度計とウェアラブル心拍計を用いた消防隊員のエネルギー消費量と消防関連活動種別毎の時間あたりの標準推定値の検討

(広島大学大学院人間社会科学研究科) 緒形ひとみ
(筑波大学人間総合科学研究科) 小泉奈央、根岸祐太郎
(東京消防庁) 赤野史典
(大阪大学大学院基礎工学研究科) 清野健
(筑波大学体育系) 麻見直美

消防隊員は重装備や資器材などの荷重負荷や、一定の姿勢を保持する状態での活動など特殊な身体活動伴う作業に従事する。本研究では、侵襲性が低く実活動を測定することが可能である加速度計 (Accelerometer : AC) 法と AC 法では評価が困難である身体活動に従事した隊員に対しては AC 法と心拍数 (Heart rate : HR) 法の組み合わせを用いて個別に推定式を作成し、大規模災害想定訓練に参加した消防隊員 30 人を対象にエネルギー消費量を推定した結果、TEE は $4,871 \pm 486$ kcal だった。さらにこの結果を基に消防関連活動種別の標準推定値を算定した。



E. 一般／消防防災科学論文

2 奨励賞 (3 作品)

(1) 石油コンビナート災害での安全な部隊配置についての研究

(姫路市消防局) 吉田祥也、今田和利、濱田周作

平成 24 年 9 月、管内の化学プラント工場において高純度アクリル酸製造プラントでアクリル酸の一時貯蔵タンクが爆発し、ゲル化したアクリル酸が燃焼しつつ広範囲へ飛散、一気に火災が拡大した災害が発生した。

この火災を教訓に最も被害があった発災場所から 50m 範囲内を「爆発危険区域」、被害がなかった 100m 範囲外を 1 つの基準として「危険区域外」と定義し、活動制限を図り、発災危険物施設の状況から大型高所放水車等の部署位置を決定するとともに泡消火薬剤の継続的な補充を可能とする集液管を開発するなど、石油コンビナート災害での安全な部隊配置についての研究を行った。



(2) 災害体験メタバースシステム「T-Meta JINRYU」の開発

(大成建設株式会社技術センター) 田中俊成、池島由華、馬場重彰、道越真太郎

災害時の避難計画を含む施設内の人流計画においては、対象エリア内での混雑の発生や集中などによる人的被害を抑えるために、高齢者や障がい者を含む年齢、性別、歩行能力の異なる様々な利用者の動きを考慮して対策を講じることが重要である。そこで、本研究では建物 BIM データと人流マルチエージェントシミュレーションを用いた群集の避難状況および火災時の煙流動などの解析結果を 3 次元仮想空間内で統合させて臨場感のあるメタバース空間を構築し、VR デバイスを介して複数の参加者が互いに会話しながら避難行動を体験できる災害体験メタバースシステム「T-Meta JINRYU」を開発した。



(3) 国宝姫路城大天守における防火対策について

姫路市

国宝姫路城は、平成 5 年 12 月日本で初の世界遺産となった。大天守は地上 6 階地下 1 階で 1609 年に建築され、400 年以上が経過した現在でもその美しい姿を残し多くの来城者がある。このような大規模な木造建築物を保全するうえで最も留意する点は火災による焼失である。そのため一般建築物より増して早期発見・初期消火が重要で、炎、煙、熱感知器、スプリンクラー設備、屋内・屋外消火栓設備、連結送水管、放水砲、監視カメラ、情報・指揮命令一元化のための防災センターを整備、大天守独自の避難誘導要領を定め、繰り返し消防訓練を実施してスタッフが迷いなく活動できる防火対策を図っている。



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6年4月9日

2024年能登半島地震による危険物施設の被害の調査（速報）

○畑山健、徳武皓也、吉田祐一

2024年元日に発生した能登半島地震(M7.6)では、石川県能登地方で最大震度7の強い揺れが観測されたほか、石川、富山、新潟、長野県では長周期地震動階級3以上の大振幅の長周期地震動が観測された。周期3秒以上の長周期帯域での疑似速度応答(減衰0.5%)最大値は、石油コンビナート等特防区域金沢港北区域付近で約230 cm/s、同新潟東港区域で約140 cm/sだった。

金沢港北区域付近では、3つの事業所にある内部浮き蓋付き石油タンク全13基中7基の内部浮き蓋に、簡易フロート式のデッキスキン板が破れるなどの損傷・異常が発生した。今回のケースでは、簡易フロート式内部浮き蓋については、スロッシング高さが1.5 m以上と計算されたタンクで、何らかの異常・被害が発生した。

新潟東港区域では、浮き屋根式石油タンクでスロッシングが発生した。最大波高は、容量10万kLタンクでの1.7 mだった。タンク外への油の溢流の発生はなかった。今回のケースでも、発生したスロッシングの高さは、既往の計算式でおおむね説明可能だった。

最大震度7の強震動に見舞われた能登地方では、漁港等に設置されている小型の石油タンクに、タンク本体のずれ・回転や基礎・地盤の変状によるタン

ク本体の傾斜被害等が発生したが、油の大量流出につながるおそれのあるタンク本体の甚大な損傷に至ったものはなかった。

●令和6年5月14日

火源風下に発生する火災旋風の最大風速・半径および横風風速の予測モデル

○篠原雅彦

火災前線を模擬した細長い火源の風下に発生する「火炎を含まない火災旋風」の予測モデルを開発した。これまでの実験から、火源の長辺を横風に直交する方向に配置した場合と平行に配置した場合では、循環と直径が大きい強い渦は、直交配置下で横風が弱く火源の発熱速度が大きい時に火源の風下に現れる定在渦であることが明らかになっている。開発したモデルは、この強い渦の最大接線速度、半径、渦発生時の横風風速を、この渦の発生メカニズムとその性質に基づいて予測するものである。モデルの予測値を実験結果と比較したところ、最大接線速度、半径、横風風速の予測値の測定値に対する相対誤差は、それぞれ+1.9%、-9.1%、-4.0%であった。

●令和6年6月11日

牛乳パックを使った簡易燃焼区画の製作

○尾川義雄

近年減少傾向にある火災に対する消防職員の経験を補う取り組みの一つとして、卓上規模の模型の中で燃料を燃やして建物内部での炎や煙の動きを客観

的に観察する活動があるが、製作に手間と時間を要し材料調達のコストがかかることから手軽に実施されないこともある。そこで模型の準備にかかる費用と時間を減らして燃焼実験を手軽に実施できるように、牛乳パックを使った簡易な燃焼区画を製作して煙や炎の動きを観察する試みを紹介した。身の回りにある素材を活用して、異なる開口条件において煙の動きや引火性液体の火炎状況が変化することを確認できた。

●令和6年7月9日

温度上昇させた有機酸・塩化物イオン含有水溶液浸漬試験における地下タンク内面用ライニングの劣化挙動

○徳武皓也

タンク内面防食用のガラス繊維強化プラスチック(ライニング)について、塩化物イオン・酢酸・乳酸を含んだ水溶液への浸漬試験(温度は最大 64 °C)を約 200 日間行った。

電気化学インピーダンス測定及び付着性試験により、ライニングの防食性を調べたところ、ライニングの遮断性は徐々に低下したものの、その防食性を損なわせるには至らなかつたと評価された。ライニングを完全に劣化させるためには、今回の試験よりも、さらに厳しい条件での劣化加速試験を検討・実施する必要があると考えられた。

今回の試験で、ライニングの遮断性が徐々に低下したメカニズムを明らかにするために、膜単体試験片の重量モニタリング、4 点曲げ試験、走査型電子顕微鏡(SEM)による断面観察を行った。その結果、そのメカニズムは、初期に膜内部への吸水が急速に起こった後、ガラス/樹脂界面の破壊を伴うガラス、あるいは、樹脂の溶出が、徐々に生ずることによる可能性が示唆された。

●令和6年9月10日

令和6年能登半島地震の土砂災害救助活動における航空レーザーデータの活用

○土志田正二、新井場公徳

令和6年1月1日に発生した能登半島地震は、家屋倒壊・火災・津波などを誘発し甚大な被害をもたらした。山間部においても多数の土砂災害が発生し、多くの人的被害が報告されている。消防研究センターでは能登半島地震により発生したいくつかの土砂災害現場の救助活動において技術支援を行った。技術支援を行うにあたり、国土地理院ならびに航測会社のデータも活用し、崩壊範囲や土砂の深さ、土砂ダムの位置などを把握した。本研究では、特に航空レーザーデータを用いて行った技術支援の内容について紹介した。今回の技術支援で用いた災害後の航空レーザーデータは、中日本航空(株)より提供頂いたもので、災害前の地形データは、G 空間情報センターより公開されている「令和6年能登半島地震3次元点群データ(発災前)」を利用している。本発表では、輪島市町野町寺山(大久保)、輪島市市ノ瀬、珠洲市仁江町で発生した土砂災害の救助活動における航空レーザーデータの活用事例を紹介し、航空レーザーデータが救助活動において活動指針を補助する貴重なデータであることを示した。災害後にいかにして迅速にデータを取得するかが課題である。

●令和6年10月8日

木質ペレットの発熱挙動に関する研究

○岩田雄策

再生資源燃料の一つである木質ペレットの中には、火源が無くても蓄熱によって自然発火するものがある。ここで木質ペレットとは粉碎した木材を固化したものである。本研究において、木材ペレットの自然発火の原因となる発熱挙動について、熱量計および発生ガス分析によって調べた。使用した熱量計は、TG-DTA(熱重量示差熱分析装置)、C80(双子型高感度熱量計)およびTAM(等温型高感度熱量計)である。TG-DTAを使用して室温から100 °Cまでの範囲における脱水と低揮発成分の脱離による減量率に加えて室温から450 °C付近までの発熱挙動を測定した。C80およびTAMを使用した測定結果から、水を添加した試料において、C80で検知できなかった発熱および湿潤熱をTAMによって測定すること

ができた。また、二酸化炭素および酸素に関するガス分析結果から、発酵の影響について評価することができた。

●令和6年11月12日

消防用ガンタイプノズルの定量的な性能

○鈴木健、阿部伸之

西川厚、田村孝一、山下優人、太田和哉、浅古慎一、

佐藤新、鹿島翔太、芳賀雄也（横浜市消防局）

公設消防機関では放水器具として、ガンタイプノズルを使用している。ガンタイプノズルは以下のような特徴をもったノズルである。

- ・放水の流量を変えることができる
- ・放水された水の拡がりの程度(放水区分)を棒状から噴霧状に変えることができる
- ・放水の開始と停止をレバー操作で行うことができる
- ・ピストルグリップが取り付けられていて片手で持つことができる

ガンタイプノズルは各地の公設消防機関で使用されているにもかかわらず、定量的な性能については公表されている資料が少ない。そこで、公設消防機関で使用されているガンタイプノズルの性能を定量的に調べた。ノズルを架台に水平に固定し、ポリタンクの口の面が鉛直になるように並べて固定し、ポリタンクの口に向けて放水し、ポリタンク内に落ちた水の重量を量ることにより、鉛直な面における散水分布を測定した。

●令和6年12月10日

建物火災等における消防職員の殉職、受傷事故の原因および変遷—全国の消防本部から提供いただいた殉職188名、受傷4898名のデータの中間集計報告—

○大津暢人

1990年から2019年の30年間に発生した都道府県庁所在地を管轄する47消防本部の火災出動に伴う消防隊員の受傷に関する調査を行い、1170件のデータを分析。受傷者の発生が多い時間帯は14時台・15時台、重症者割合が高いのは0時台・1時台。年齢が上がる

ほど重症率が増加し、受傷原因は物体落下、熱中症関連、転倒が多かった。年齢別では若年層に熱中症が多く、高齢者に転倒や過負荷が増加していることが分かった。

●令和6年12月10日

松山市の土砂災害事例から考える現場指揮所の設置位置

○新井場公德、土志田正二

「救助技術の高度化等検討会」において土砂災害におけるゾーニングや安全管理について議論されており、その検討の材料の一つとして、2024年7月12日に松山城で発生した土石流災害での土砂流出の経過と松山市消防局の活動について紹介し、初動時の活動のあり方について議論した。この災害では、3:49の覚知(119)後に4:45と4:50の2回にわたり土砂流出があり、当初設置した指揮所テントが流される事態となった。流下した地形から土石流の流速について評価した。活動の最初期に2箇所配置された斜面の監視員によって土砂流出の前兆が覚知・緊急通報されたため、あらかじめ緊急待避が行われていた。二次的な土砂流出までの現場状況及び活動について整理し、まず上流への監視員の配置が重要であること、泥流のように流動性の高いものにたいして完全に安全な場所に指揮所を置くことは難しいため、上流を監視しながら柔軟に対応する必要があることを考察した。

●令和7年1月14日

液体貯蔵タンクの地震時ロッキング応答における復元モーメントの評価方法の検討

○吉田祐一

谷口朋代（鳥取大学）

開発中の石油タンクの地震時底板浮き上がり計算法に用いられている解析モデル（Taniguchiモデル）における復元モーメント項について見直した結果、浮き上がり計算の精度が向上したので、その内容について報告した。Taniguchiモデルの運動方程式（回転方向）における復元モーメント項の計算には、タ

シリンダの剛体回転により生じる動液圧に基づいて定義した有効液質量を用いていたが、底板の浮き上がり範囲にかかる静液圧が復元モーメントとして働くと考えて有効液質量とその重心位置を再定義した。その結果、一軸正弦波加振した場合の底板の浮き上がり高さについて、修正した解析モデルによる計算結果と動的 FEA による結果がよく合うようになった。また、アンカーボルトが数十ミリ引き抜けた小規模のタンクについても、修正前の解析モデルではほぼ底板は浮き上がらなかったが、今回の復元モーメントの見直しにより、底板が浮き上がるような計算結果が得られるようになった。

●令和 7 年 3 月 11 日

冠泡消火における性能評価について

○筒井佑貴、内藤浩由、吉岡大貴
小澤悠太、花井佑一朗、小川耕司、高嶋武士、
佐澤潔 (深田工業株式会社)

本報は放射熱に着目し、高発泡泡の消泡量に及ぼす放射熱の影響を定量的に評価することを目的として、ラボスケールで放射強度を任意に変化させた場合の、各泡性状における高発泡泡の消泡量の評価を行った。

その結果、発泡倍率 250 倍の方が 500 倍よりも放射加熱時の消泡量は少なく、また各発泡倍率ともに経過時間が長いほど、消泡速度が大きくなる傾向があり、還元が進んだ泡は、放射熱の影響を受けやすい傾向があることがわかった。今後、還元が進んだ泡での消火性能評価手法の検討を進めるとともに、温風発生機を活用し放射熱以外の対流熱伝達による影響も併せて評価する予定である。

●令和 7 年 3 月 26 日

消研生活を振り返って ～36 年間～

○田村裕之

定年退職を迎え、36 年間の在籍期間を振り返り、消防研究所及び消防研究センターでの研究活動、原因調査業務や思い出、出向先での仕事内容、学会賞の受賞、所内の親睦活動などについて報告した。研

究や調査において現場を見て知る大切さ、実験はとにかくやってみることの重要性、人の意見をいったん聞き冷静に判断することの必要性、消防研究センターが消防本部から信頼される機関と人であり続けてほしいことなどを伝えた。

●令和 7 年 3 月 26 日

消防研究センターでの研究生活 34 年を振り返って

○細川直史

平成 3 年 4 月に消防研究所に採用され、最初の配属が「通報設備研究室」で、当時、研究室で自動火災報知設備メーカーと開発を行っていた一酸化炭素センサーを組み込んだ三素子センサーの研究開発に加わった。特に、3 つのセンサー情報から非火災報を判断するロジックについて、ファジィ・ニューラルネットワークの活用に関する研究を行った。H6 年に地震防災研究室に移り、その後、阪神淡路大震災が発生し、神戸市の大規模延焼火災の焼け止まり調査に参加したことは、その後の防災情報に関する研究開発の大きな礎になった。H15～16 年度は、消防庁防災情報室に移動し、携帯電話からの 119 番通報の直接受信化や GPS 位置情報通知システムに関する業務を担当した。火災や自然災害の現象に直接関係ない情報工学という専門分野であったが、繰り返し発生する火災や地震の被害調査を通して、災害に対する知見を深め、防災情報システムや火災・地震被害シミュレーションの研究開発を行うことができた。

7 調査技術会議

最近の火災調査や特異火災調査の事例、あるいは、危険物流出等の事故事例の紹介や原因調査に活かすことができる科学技術等について情報や意見の交換を行い、出火原因や事故発生原因のみならず、原因調査の進め方や行政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6年度は、東京、名古屋、仙台、札幌、神戸、熊本の6会場で実施した。

第1回 令和6年5月17日開催 会場 三鷹市公会堂 参加者 433名

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 大場 賢二 火災調査における非破壊観察の有効性について
事例発表 2	静岡市消防局 石川 潔 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
事例発表 3	芳賀地区広域行政事務組合消防本部 菊地 政貴 直管LED照明から出火した事例について
事例発表 4	印西地区消防組合消防本部 武藤 多加郎 スプリンクラー設備の制御盤から出火した事例
事例発表 5	川崎市消防局 喜多村 亮太 ポリエチレン製造装置における油水分離槽からVOC油流出事故
事例発表 6	越谷市消防局 丸山 真吾 パワーコンディショナからの出火事例
事例発表 7	厚木市消防本部 高木 一考 自走式立体駐車場における火災について

第2回 令和6年6月20日 会場 伏見ライフプラザ 鯉城ホール 参加者 269名

講演	消防研究センター 細川 直史 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 下瀬川 一真 火災調査における非破壊観察の有効性について
事例発表 2	浜松市消防局 藤井 智之 身近なものからの収れん火災について
事例発表 3	東近江行政組合消防本部 西村 卓也 住宅の建築施工に起因した漏電火災事例
事例発表 4	一宮市消防本部 藤井 淳仁 ポータブル冷蔵庫から出火した事例

事例発表 5	四日市市消防本部 川本 純也 特定屋外タンク貯蔵所のドームルーフ破損事例
事例発表 6	岐阜市消防本部 高橋 克兒 実験のすゝめ
事例発表 7	上越地域消防局 竹原 淳 半導体製造工場の電気室地下ピット内で発生したケーブル火災について

第3回 令和6年9月13日 会場 フォレスト仙台 参加者 182名

講演	消防研究センター 白石 暢彦 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 原 慎三郎 火災調査における非破壊観察の有効性について
事例発表 2	仙台市消防局 大友 誠人 メガソーラー発電所火災における火災調査の進め方について
事例発表 3	いわき市消防本部 藤原 章裕 地下洞道内の集合配管から濃硫酸と重油が漏えいし、重油が海上まで流出した事故
事例発表 4	新潟市消防局 滝沢 海宇 オイルフリーヒーターから出火した事例
事例発表 5	青森地域広域事務組合消防本部 成田 健介 脱硫剤からの出火事例
事例発表 6	安達地方広域行政組合消防本部 村田 亮作 カセットボンベ充填場火災
事例発表 7	前橋市消防局 狩野 裕弥、松井 正人 収れん火災と再発防止の手法について

第4回 令和6年10月24日開催 会場 かでる 2.7 北海道立道民活動センター 参加者 228名

講演	消防研究センター 細川 直史 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 勅使 大輝 火災調査における非破壊観察の有効性について
事例発表 2	渡島西部広域事務組合消防本部 阿部 達也 電子レンジからの出火事例
事例発表 3	釧路市消防本部 高橋 浩司 微小火源による出火の再現実験と火災調査業務の人材育成に係る取組について
事例発表 4	とちぎ広域消防局 青砥 史剛 ポータブルバッテリーから出火した事例
事例発表 5	富良野広域連合消防本部 八木 洋幸 タイヤの脱落を伴った大型貨物自動車からの出火事例について

事例発表 6	苫小牧市消防本部 昆 慧明 原油処理設備のフィルターフランジ部から漏れた原油が自然発火した事例
事例発表 7	札幌市消防局 中浦 聖也 MR I 装置からの出火事例について

第5回 令和7年1月31日 会場 神戸市立東灘区文化センター うはらホール 参加者 282名

講演	消防研究センター 細川 直史 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 中村 淳 火災調査における非破壊観察の有効性について
事例発表 2	徳島市消防局 松本 理史 屋外タンク貯蔵所(灯油)における火災調査について
事例発表 3	湯浅広川消防組合消防本部 杉原 正晃 冠水道路走行後、5ヶ月経ってからの車両火災
事例発表 4	枚方寝屋川消防組合消防本部 五十嵐 龍次 約11万人に影響をおよぼした電車の火災事例
事例発表 5	堺市消防局 河崎 好平 同事業所における硫黄の複数回漏洩事例
事例発表 6	奈良県広域消防組合消防本部 矢富 大樹 県立高等学校内で発生した化学薬品による出火事例
事例発表 7	神戸市消防局 藤本 泰生 電力線から車体への地絡により発生した電車火災について

第6回 令和7年2月20日 会場 くまもと森都心プラザ プラザホール 参加者 163名

講演	消防研究センター 白石 暢彦 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 白取 賢理 火災調査における非破壊観察の有効性について
事例発表 2	松山市消防局 大沼 晴紀 圏域消防本部と現場を共有した事例
事例発表 3	さつま町消防本部 藤井 敦樹 水力発電施設におけるタービン油漏洩事故
事例発表 4	久留米広域消防本部 重田 隆義 住宅用太陽光発電システムからの出火事例
事例発表 5	北九州市消防局 高山 京介 太陽光パネルのリサイクル熱処理装置から出火した事例について
事例発表 6	ニライ消防本部 玉城 充 困難な火災現場における調査業務について

事例発表 7	熊本市消防局 大塚 雄太 冷蔵ショーケースの過熱防止器から出火した事例について
--------	--

Ⅲ 関連業務

1 研究交流

(1) 派遣

ア. 国際研究集会等

	派遣者名	期 間	派遣先	国際研究集会の名称等
1	篠原雅彦	2024.4.13 ～4.21	オーストラリア キャンベラ市	7th International Fire Behavior and Fuels Conference (第7回国際火災挙動及び可燃物に関する会議)
2	畑山健 吉田祐一	2024.6.29 ～7.5	イタリア共和国 ミラノ市	18th World Conference on Earthquake Engineering (第18回世界地震工学会議)
3	徳武皓也 佐藤康博 吉田祐一	2024.11.15	日本台湾交流協会 (六本木)	消防研究センターにおける研究開発及び火災原因調査業務の紹介

イ. 海外での調査・共同研究等

	派遣者名	期 間	派遣先	目的等
1	畑山健 吉田祐一	2024.7.6 ～7.10	イタリア共和国 ボローニャ市	ボローニャ大学における研究交流
2	徳武皓也 吉田祐一	2025.3.10 ～3.18	ベトナム社会主義共和国 ダナン大学工科大学(ダナン市)、ニソン製油所(タインホア省ニソン経済区)、出光エンジニアリングベトナム(ホーチミン市)	ダナン大学工科大学との研究交流及び石油プラント施設の訪問

ウ. 国内での調査

	派遣者名	期 間	派遣先	目的等
1	畑山健 吉田祐一	2024.10.7 ～10.8	志布志国家石油備蓄基地	2024年8月8日日向灘の地震により発生した被害等の調査
2	徳武皓也 吉田祐一	2024.10.10 ～10.11	山口県岩国市	内面にコーティングが施工された鋼製一重殻地下タンクの撤去に伴う経年劣化状況の現地調査

(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	大場賢二 (横浜市消防局)	2023.4.1 ～2025.3.31	原因調査室	原因調査室長
2	下瀬川一真 (北上地区消防組合)	2023.4.1 ～2025.3.31	原因調査室	原因調査室長
3	中村淳 (岡山市消防局)	2023.4.1 ～2025.3.31	原因調査室	原因調査室長
4	白取賢理 (川崎市消防局)	2023.4.1 ～2025.3.31	原因調査室	原因調査室長
5	原慎三郎 (藤沢市消防局)	2023.4.1 ～2025.3.31	原因調査室	原因調査室長
6	勅使大輝 (静岡市消防局)	2023.4.1 ～2025.3.31	原因調査室	原因調査室長
7	笠原正行 (稲敷広域消防本部)	2024.4.1 ～2026.3.31	原因調査室	原因調査室長
8	押野穰 (芳賀地区広域行政事務組合消防本部)	2024.4.1 ～2026.3.31	原因調査室	原因調査室長
9	佐藤聡一 (船橋市消防局)	2024.4.1 ～2026.3.31	原因調査室	原因調査室長
10	柴崎裕章 (さいたま市消防局)	2024.4.1 ～2026.3.31	原因調査室	原因調査室長
11	福與和宜 (志太広域事務組合志太消防本部)	2024.4.1 ～2026.3.31	原因調査室	原因調査室長
12	中山基良 (広島市消防局)	2024.4.1 ～2026.3.31	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	筒井佑貴 (東京消防庁)	2023.4.1 ～2025.3.31	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について	危険性物質研究室

ウ. 実習学生、インターンシップ等

	研究員名 (所属等)	期 間	研 究 課 題	受入研究室
1	薄木響志朗 (横浜国立大学大学院環境情報学府人)	2024.6.1 ～2025.3.31	リチウムイオン電池に対応した消火剤原料の開発	危険性物質研究室

工環境専攻)			
--------	--	--	--

(3) 共同研究

ア. 国際学術交流

	機 関 名	国 名	実施期間
1	National Institute of Standards and Technology / Engineering Laboratory (米国国立標準技術研究所／工学研究所)	米国	2014.7.24 ～2024.6.16

イ. 国内の大学等との連携

	機 関 名	契約日
1	横浜国立大学	2006.4.1
2	神戸大学大学院工学研究科	2007.4.1
3	学校法人東京理科大学	2013.3.1

ウ. 調査・共同研究等

	共同研究課題名	共同研究相手先	担当研究室	実施期間
1	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 ～2028.3.31
2	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 ～2026.3.31
3	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	横浜市消防局	地震等災害研究室 研究統括官	2021.4.1 ～2026.3.31
4	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
5	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
6	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

	共同研究課題名	共同研究相手先	担当研究室	実施期間
7	消火活動の検証技術の研究開発	横浜市消防局	特殊災害研究室 大規模火災研究室	2022.10.17 ～2026.3.31
8	放射光 X 線 CT 法を用いた熔融痕の内部観察	兵庫県警察本部刑事 部科学捜査研究所	大規模火災研究室 危険性物質研究室	2023.11.6 ～2026.3.31

(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 (基盤研究(B))	令和 2 年度～令和 6 年度 鳥取大学 谷口朋代	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
2	科学研究費助成事業 (基盤研究(B))	令和 4 年度～令和 6 年度 筑波大学 八反地剛	表層崩壊のライフサイクル - 人為的インパクトの評価を含む時空間分析	土志田正二
3	科学研究費助成事業 (基盤研究(C))	令和 4 年度～令和 6 年度 東京理科大学 水野雅之、 市村志朗	VR 技術を活用した避難行動特性分析の妥当性評価	藤井皓介
4	科学研究費助成事業 (基盤研究(C))	令和 4 年度～令和 7 年度 早稲田大学 佐野友紀	デジタル技術を用いた大規模施設における空間的にフレキシブルな避難誘導計画手法	藤井皓介
5	科学研究費助成事業 (若手研究)	令和 4 年度～令和 8 年度	避難行動要支援者の避難速度の計測と避難困難区域の算出手法の確立	大津暢人
6	科学研究費助成事業 (基盤研究(B))	令和 5 年度～令和 9 年度 岡山県立大学 佐藤ゆかり	認知症の人が主体となる個別避難計画提案ツールの開発	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	国立大学法人横浜国立大学大学院 環境情報研究院	○社会インフラにおけるリスクと安全:エネルギー貯蔵施設における地震リスク ○地震リスク評価学	客員准教授	畑山健
3	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
4	神戸大学大学院工学研究科	減災空間設計法	客員准教授	大津暢人

イ. 大学非常勤講師

	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	神戸大学大学院国際協力研究科	Community Empowerment for Disaster Risk Reduction	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	2024.4.18	救助科 (第 88 期)	土砂災害の安全管理	新井場公德
2	2024.4.25	緊急消防援助隊教育科指揮隊長コース (第 29 回)	安全管理 I (ドローンを活用した安全管理要領)	新井場公德 土志田正二
3	2024.6.4	火災調査科 (第 46 期)	機器分析 (原理と構造)	尾川義雄
4	2024.6.6	火災調査科 (第 46 期)	鑑定と試料の採取	尾川義雄
5	2024.6.6	火災調査科 (第 46 期)	機器の分解鑑識要領	山本淳史
6	2024.6.11	火災調査科 (第 46 期)	二次電池の鑑識要領	山本淳史

	年月日	派遣先機関	講演会名・講義題目等	氏名
7	2024.6.12	火災調査科 (第 46 期)	写真撮影要領	大場賢二
8	2024.6.14	火災調査科 (第 46 期)	所長講話	鈴木康幸
9	2024.6.17	火災調査科 (第 46 期)	長官調査	山本淳史
10	2024.7.3	警防科 (第 114 期)	火災性状 I	尾川義雄
11	2024.7.3	警防科 (第 114 期)	火災性状 II	鈴木恵子
12	2024.7.9	警防科 (第 114 期)	土砂災害現場におけるドローンの利活用	土志田正二
13	2024.7.9	予防科 (116 期)	避難対策と火災の理解	鈴木恵子
14	2024.7.11	警防科 (第 114 期)	熱画像直視装置の活用	尾川義雄
15	2024.9.3	危険物科 (第 19 期)	危険物の性質と燃焼	尾川義雄
16	2023.9.4	危険物科 (第 19 期)	危険物の性質と燃焼 (実験)	尾川義雄
17	2024.9.5	危険物科 (第 19 期)	危険物施設における腐食の特徴・事例と流出事故防止対策	徳武皓也
18	2024.9.13	危険物科 (第 19 期)	火源管理 I	田村裕之
19	2024.9.21	幹部科 (第 78 期)	自然災害	新井場公徳
20	2024.9.22	救助科 (第 89 期)	土砂災害の安全管理	新井場公徳
21	2024.9.24	危険物科 (第 19 期)	指定可燃物	岩田雄策
22	2024.9.25	危険物科 (第 19 期)	消防研究センターにおける事故調査と屋外貯蔵タンクの災害被害	畑山健
23	2024.10.7	幹部科 (第 79 期)	自然災害	新井場公徳
24	2024.10.31	火災調査科 (第 47 期)	機器の分解鑑識要領	山本淳史
25	2024.11.6	火災調査科 (第 47 期)	写真撮影要領	大場賢二
26	2024.11.15	警防科 (第 115 期)	火災性状 II	鈴木恵子

	年月日	派遣先機関	講演会名・講義題目等	氏名
27	2024.11.18	警防科 (第 115 期)	火災性状 I	尾川義雄
28	2024.11.19	警防科 (第 115 期)	熱画像直視装置の活用	尾川義雄
29	2024.11.21	火災調査科 (第 47 期)	二次電池の鑑識要領	山本淳史
30	2024.12.3	火災調査科 (第 47 期)	機器分析 (原理と構造)	尾川義雄
31	2024.12.3	火災調査科 (第 47 期)	鑑定と試料の採取	尾川義雄
32	2024.12.4	警防科 (第 115 期)	土砂災害対策 (土砂災害におけるドローンの活用)	土志田正二
33	2024.12.6	火災調査科 (第 47 期)	所長講話	白石暢彦
34	2024.12.10	火災調査科 (第 47 期)	長官調査	山本淳史
35	2025.1.9	予防科 (第 117 期)	火災の性質	尾川義雄
36	2025.1.15	緊急消防援助隊教育科 NBC コース (第 14 回)	NBC 機器運用 1	佐藤康博
37	2025.1.21	幹部科 (第 80 期)	自然災害	新井場公德
38	2025.2.5	上級幹部科 (第 88 期)	研究調査	白石暢彦
39	2025.2.12	高度・特別高度救助コース	土砂災害の安全管理	新井場公德
40	2025.2.19	予防科 (第 117 期)	避難対策と火災の理解	鈴木恵子

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	2024.5.10	日本原子力発電株式会社	電気火災発生状況と火災事例から見た工場等での安全対策	田村裕之
2	2024.5.14	神戸大学工学部建築学科	建築計画 (建築防災)	鈴木恵子
3	2024.5.29	総務省	令和 6 年度地方自治基礎研修・土砂災害救助活動現場におけるドローンを活用した情報収集と安全管理	土志田正二
4	2024.6.6	三重県危険物安全協会	危険物施設における火災事故事例と安全対策	岩田雄策

	年月日	派遣先機関	講演会名・講義題目等	氏名
5	2024.6.7	令和6年度小田原・あしがら防火安全協会	防災講演会・大規模火災で発生する火災旋風	篠原雅彦
6	2024.6.7	埼玉県危険物安全協会	埼玉県で想定されている地震の揺れ～県の地震被害想定調査結果をどのように見ればよいか～	畑山健
7	2024.6.14	佐倉市八街市酒々井町消防組合	令和6年度火災原因調査研修会「現場見分にかかる調査要領」	尾川義雄
8	2024.6.19	防災学術連携体	太陽光発電システムの火災安全	田村裕之
9	2024.6.27	泉佐野市火災予防協会	危険物施設における火災・漏洩事事故例と安全対策	西晴樹
10	2024.7.2	弾道学研究会	消防防災分野における研究開発について	西晴樹
11	2024.7.12	鹿島地方事務組合消防本部	警防教養「分析機器の活用による調査方針の裏付け」	尾川義雄
12	2024.7.23	郡山市消防本部	鑑識要領	白取賢理
13	2024.7.30	防災学術連携体	令和6年能登半島地震7ヶ月報告会・令和6年能登半島地震における輪島市大規模火災の延焼状況	篠原雅彦
14	2024.8.5	日本化学会環境・安全推進委員会	事事故例と教訓	佐藤康博
15	2024.8.22	札幌防火管理者協会・札幌危険物安全協会	火災原因から学ぶ安全管理について、危険物・危険物施設の火災・漏洩事故と安全対策	西晴樹
16	2024.9.19	一般社団法人日本化学工業協会	電気火災発生状況と火災事例から見た工場等での安全対策	田村裕之
17	2024.9.26	(一社)日本高圧力技術協会	オンライン技術セミナー「次世代のエネルギー貯槽技術」・2024年能登半島地震による石油タンクへの被害・影響と地震動の特徴	畑山健
18	2024.10.9	全国消防長会東北支部警防実務研究会	令和6年度全国消防長会東北支部警防実務研究会・ドローンを活用した土砂風水害対応について	土志田正二
19	2024.10.11	清水町防火協会	清水町防火協会創立30周年記念式典・土砂災害現場における消防救助活動	土志田正二

	年月日	派遣先機関	講演会名・講義題目等	氏名
20	2024.10.11	新潟県消防長会	長官調査について	勅使大輝
21	2024.10.17	(一財)全国消防協会東海 地区支部	火災調査に関することについて	原慎三郎
22	2024.10.22	消防庁消防・救急課	令和 6 年度ドローン技術指導アドバイザー育成研修・土砂災害現場におけるドローンの活用について	土志田正二
23	2024.10.25	日本防火・危機管理促進協会	令和 6 年度第 4 回「地方公共団体の危機管理に関する研究会」	細川直史
24	2024.10.28	兵庫県消防学校	消防研究センターの活動	大場賢二
25	2024.10.29	福島県消防学校	鑑定要領	下瀬川一真
26	2024.11.8	横浜市消防訓練センター	専科教育(第 41 期)火災調査科「消防研究センターの火災調査支援」	尾川義雄
27	2024.11.8	那須地区消防本部	鑑識要領	押野穰
28	2024.11.12	消防庁消防・救急課	令和 6 年度ドローン技術指導アドバイザー育成研修・土砂災害現場におけるドローンの活用について	土志田正二
29	2024.11.14	岩手大学地域防災研究センター	ドローンや GIS を活用した自然災害等危機管理研修・土砂災害現場の消防救助活動におけるドローンの利活用と課題	土志田正二
30	2024.11.14	和歌山県消防学校	専科教育警防科(第 19 期)「熱画像直視装置の活用・火災現象の実演」	尾川義雄
31	2024.11.15	京都府消防学校 初級幹部科(第 27 期)	土砂災害の安全管理	新井場公徳
32	2024.11.25	長野県消防学校	鑑識要領及び実習	佐藤聡一
33	2024.11.29	新潟市消防本部	危険物施設における事故事例と安全対策	岩田雄策
34	2024.11.29	塩釜地区消防事務組合消防本部	鑑識要領	福與和宜
35	2024.12.4	東京都水道局	ガスに起因する事故事例と安全対策	田村裕之
36	2024.12.4	香川県消防学校	鑑識要領	白取賢理

	年月日	派遣先機関	講演会名・講義題目等	氏名
37	2024.12.5	静岡県東部消防長会	(1) 静電気火災事例と調査手法 (2) 太陽光発電設備火災事例、火災原因及び消火活動	田村裕之
38	2024.12.6	桐生市消防本部	鑑識要領	大場賢二
39	2024.12.6	パナソニックエナジー株式会社	消防の火災調査	山本淳史
40	2024.12.9	(独) エネルギー・金属鉱物資源機構備蓄技術専門委員会	石油タンクの地震動による被害とその簡易予測	畑山健
41	2024.12.12	山口県消防学校	鑑識要領及び実習	下瀬川一真
42	2024.12.20	広島市消防局	消防研究センターの紹介及び鑑識事例	中山基良
43	2025.1.17	芳賀地区広域行政事務組合消防本部	鑑識要領及び実習	押野穰
44	2025.1.21	神奈川県消防学校	実況見分要領	勅使大輝
45	2025.1.24	さいたま市消防局	太陽光発電システム火災の調査及び安全対策について	田村裕之
46	2025.1.29	(一社) 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	2024 年能登半島地震による石油タンクへの被害・影響と地震動	畑山健
47	2025.1.29	群馬県消防学校	車両火災見分要領	中村淳
48	2025.1.31	山梨県消防学校	鑑識調査の進め方	柴崎裕章
49	2025.2.5	青森県消防学校	鑑定要領	原慎三郎
50	2025.2.5	栃木県消防学校	消防研究センターの紹介、鑑識要領及び実習	押野穰
51	2025.2.6	耐震総合安全機構	2024 年度 JASO シンポジウム・輪島市大規模火災の延焼状況	篠原雅彦
52	2025.2.13	千葉県消防長会	令和 6 年度千葉県消防長会事業推進委員会(危険物委員会) 研修会「危険物・化学物質に対応した消火方法、消火技術について」	尾川義雄

	年月日	派遣先機関	講演会名・講義題目等	氏名
53	2025.2.14	浜松市消防局	写真撮影要領、リチウムイオン電池の鑑識要領	佐藤聡一 柴崎裕章
54	2025.2.19	岡山県消防学校	鑑識要領	中村淳
55	2025.2.21	危険物保安技術協会	危険物事故事例セミナー(東京会場)・2024年能登半島地震による石油タンクへの被害・影響と地震動	畑山健
56	2025.2.26	全国消防長会東近畿支部	令和6年度全国消防長会東近畿支部火災科学研修会「鑑識及び機器分析に先立つ現場見分と情報収集」	尾川義雄
57	2025.2.27	危険物保安技術協会	危険物事故事例セミナー(大阪会場)・2024年能登半島地震による石油タンクへの被害・影響と地震動	畑山健
58	2025.3.6	一般社団法人日本建築学会	防火講演会「博士号取得者に聞く」・避難研究 学位取得とその後の10年	藤井皓介
59	2025.3.6	千葉市千葉港沿岸地区防災協議会	石油コンビナートにおける火災・漏洩事故事例と安全対策	西晴樹
60	2025.3.6	大分県中北部沿岸海域排出油等防除協議会	石油タンクの地震・津波被害とその簡易予測	畑山健
61	2025.3.13	伊佐湧水消防組合消防本部	火災原因調査の進め方と実況見分要領	下瀬川一真

(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	日本火災学会	刊行委員会論文集編集小委員会	委員	
3	京都大学防災研究所	共同利用・共同研究拠点委員会	委員	新井場公德
4	京都大学防災研究所	斜面未災学研究センター運営協議会	委員	
5	公益社団法人日本地すべり学会	理事会	専務理事	
6	公益社団法人日本地すべり学会	関東支部	支部長	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
7	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	
8	一般社団法人火薬学会	理事会	理事	岩田雄策
9	一般社団法人火薬学会	運営委員会	委員	
10	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	
11	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	アドバイザー	
12	公益社団法人日本火災学会	化学火災専門委員会	委員	
13	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	
14	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	
15	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	
16	経済産業省	産業構造審議会・臨時委員(保安・消費生活用製品安全分科会・火薬小委員会)	臨時委員	
17	一般財団法人日本建築防災協会	令和6年能登半島地震火災発生地域を対象とした地震後の避難行動調査WG	幹事	
18	公益社団法人日本火災学会	地震火災専門委員会	幹事	
19	ISO/TC21 委員会	ISO/TC21/SC2 分科会	委員	尾川義雄
20	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	
21	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	
22	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	
23	一般財団法人日本消防設備安全センター	ガス系消火設備等評価専門委員会	委員	
24	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	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
25	公益社団法人日本火災学会	理事会	理事	
26	公益社団法人日本火災学会	企画委員会	委員	
27	公益社団法人日本火災学会	普及委員会	委員	
28	日本消防検定協会	消火設備規格研究専門部会	部会員	
29	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会 学術委員会化学 火災専門委員会	委員	佐藤康博
30	公益社団法人日本火災学会	日本火災学会 総務委員会	委員	
31	市原市消防局	市原市石油コンビナート保安 推進検討委員会	委員	
32	一般社団法人日本消防服装・装備 協会	ISO/TC94/SC14 国内審議委員 会	委員	
33	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	
34	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 安全小委員会	委員	
35	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
36	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	白石暢彦
37	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	
38	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	
39	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	
40	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	
41	ISO/TC21 協議会	ISO/TC21 委員会	委員	
42	消防庁	優良消防用設備等審査会	委員	
43	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	
44	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	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
45	消防庁	第9回予防業務優良事例表彰 選考会議	選考委員	
46	一般社団法人日本建築学会	防火本委員会	委員	鈴木恵子
47	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 ード小委員会	委員	
48	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	
49	公益社団法人日本火災学会	理事会	理事	
50	公益社団法人日本火災学会	学術委員会	委員	
51	東京消防庁	第26期火災予防審議会	委員	
52	国土交通省住宅局	特殊構造方法等認定に係る技 術審査委員会防火技術審査委 員会	専門委員	
53	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	
54	一般財団法人日本建築防災協会	特定建築物調査員講習運営委 員会テキスト1編集部会	委員	
55	一般社団法人建築・住宅国際機 構	ISO/TC92・ISO/TC21/SC11 合同 分科会、ISO/TC92/SC4 WG、 ISO/TC21/SC11 WG	委員	
56	仙台市	仙台市震災対策アクションア ドバイザー	アドバイ ザー	
57	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 する防災安全検討委員会	委員	鈴木健
58	一般財団法人首都高速道路技術 センター	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 会	委員	
59	一般社団法人日本電気協会	防火管理検討会	委員	
60	特定非営利活動法人安全工学会	学術委員会	委員	
61	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	鈴木康幸
62	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	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名	
63	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		
64	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		
65	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		
66	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		
67	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		
68	消防庁	優良消防用設備等審査会	委員		
69	日本消防検定協会	消防用機械器具等規格研究委員会	委員		
70	一般財団法人全国危険物安全協会	保安講習テキスト検討委員会	委員		
71	一般財団法人消防試験研究センター	消防設備士試験委員会	委員		
72	国土交通省住宅局	防火技術審査委員会	委員		
73	ISO/TC21 協議会	ISO/TC21 委員会	委員		
74	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		
75	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		
76	消防庁	第 8 回予防業務優良事例表彰選考会議	選考委員		
77	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3 分科会	委員		高梨健一
78	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG2	委員		
79	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG6	委員		
80	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG7	委員		
81	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG9	委員		
82	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG14 (警報装置 G)	委員		

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
83	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG15	委員	
84	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG17	委員	
85	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG18	委員	
86	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG21	委員	
87	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG22	委員	
88	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG23	委員	
89	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG24	委員	
90	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	
91	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	
92	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	
93	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	
94	日本消防検定協会	特定警報避難機器評価委員会	委員	
95	日本火災学会	刊行委員会 火災誌編集小委員会	委員	
96	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG8	委員	田村裕之
97	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG10	委員	
98	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG20	委員	
99	ISO/TC21/SC3 分科会	ISO/TC21/SC3/WG27	委員	
100	一般社団法人静電気学会	理事会	監事	
101	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	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名	
102	一般社団法人静電気学会	選挙管理委員会	委員長		
103	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		
104	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		
105	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		
106	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		
107	日本消防検定協会	消防機器等評価委員会	委員		
108	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		
109	安全工学会	安全工学シンポジウム実行委員会	委員		
110	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		
111	消防庁予防課	住宅における電気火災に係る防火安全対策検討会	委員		
112	危険物保安技術協会	危険物施設における危険区域の設定に係る評価委員会	委員		
113	労働安全衛生総合研究所	業績評価委員会労働安全衛生研究評価部会	専門委員		
114	一般社団法人日本空調システムクリーニング協会	火気器具上部に設置される排気ダクトの火災抑制方策に係る検討部会	委員		
115	危険物保安技術協会	防爆充電器設置におけるリスク分析・安全対策に係る検討委員会	委員		
116	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		徳武皓也
117	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		
118	一般社団法人日本塗料工業会	ISO/TC35/SC14 国内委員会	委員		
119	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-3 委員会)	中立委員		

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
120	横浜国立大学	溶接部の半自動き裂検査装置の開発 研究評価委員会	委員	
121	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
122	公益社団法人日本地すべり学会	事業計画部	副部長	
123	公益社団法人日本地すべり学会 関東支部	幹事会	幹事	
124	一般社団法人日本地形学連合	総会	代議員	
125	ドローン等ロボット用無線局の高度運用調整に関する調査検討会 (事務局：室蘭工業大学)	ドローン等ロボット用無線局の高度運用調整に関する調査検討会	構成員	
126	特定非営利活動法人安全工学会	理事会	理事	内藤浩由
127	特定非営利活動法人安全工学会	編集委員会	委員	
128	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	
129	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	
130	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	
131	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	
132	日本消防検定協会	放水器具規格研究専門部会	委員	
133	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
134	危険物保安技術協会	地下貯蔵タンク及びタンク室等の構造・設備に係る評価委員会	委員	
135	特定非営利活動法人安全工学会	編集委員会	委員	
136	特定非営利活動法人安全工学会	第 56 回安全工学研究発表会実行委員会	委員	
137	特定非営利活動法人安全工学会	安全工学会論文賞選考委員会	委員	

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名	
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	消防庁危険物安全保安室	新技術を活用した屋外貯蔵タンクの効果的な予防保全に関する調査検討会	委員		
141	東京消防庁	警防業務事故再発防止対策検討部会	部会員		
142	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		
143	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		
144	消防庁危険物安全保安室	水素等のGX新技術に係る危険物規制に係る検討会	委員		
145	消防庁特殊災害室	石油コンビナート等防災体制検討会	委員		
146	公益社団法人日本地震学会	強震動委員会	委員		畑山健
147	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	委員		
148	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		
149	危険物保安技術協会	機関誌編集委員会	委員		
150	国立研究開発法人防災科学技術研究所	強震動観測データ利活用検討に関する委員会	委員		
151	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
152	一般社団法人日本建築学会	建築人間工学小委員会	幹事		
153	一般社団法人日本建築学会	先進技術を利用した人間工学的建築評価手法調査WG	委員		
154	神戸市消防局	防火対象物の安全避難に関する有識者会議	委員		
155	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		

	団体等名	委員会等名	役職名	氏名
156	Journal of Disaster Research	編集委員会	委員	細川直史
157	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	
158	東京消防庁	第 26 期火災予防審議会	委員	
159	いわて消防通信指令事務協議会	埼玉東部消防組合高機能消防指令システム及び消防救急デジタル無線システム整備工事に係る総合評価審査委員会	アドバイザー	
160	越谷市消防局	東埼玉消防指令業務共同運用消防指令システム総合評価審査委員会	学識経験	
161	公益社団法人日本地震工学会	日本地震工学会 会誌編集委員会	委員	吉田祐一
162	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)	幹事	

(3) 所外実験・研究等への参加状況

該当なし

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	2025.2.26	岩手県大船渡市	林野火災	大船渡市赤崎町地内で発生した火災は短時間に広範囲に延焼拡大し、約 3,370 ha の範囲に延焼し、226 棟の建物に被害が及んだもの。死者 1 名。	①畑山 健 新井場公德 篠原雅彦 尾川義雄 高梨健一 鈴木恵子 土志田正二 ②高梨健一 ③新井場公德 篠原雅彦 尾川義雄 山本淳史 柴崎裕章	①2025.3.17 ～3.19 ②2025.4.2 ～4.3 ③2025.4.2 ～4.4

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

該当なし

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

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	2024.3.27	鹿児島県伊佐市	建物火災	大規模太陽光発電所に併設された蓄電池設備建屋から出火	田村裕之 山本淳史 笠原正行	2024.4.8 ～4.12

	発災日	場所	施設等名称	概要	現地出向者	現地調査日
				し、消防隊員 4 名が負傷、約 130 m ² を焼損したものを。	白取賢理 下瀬川一真	
2	2024.10.29	長野県上田市	工場火災	きのこ工場の内部から出火し、約 7,000 m ² を焼損したものを。	山本淳史 大場賢二 勅使大輝 原 慎三郎 中山基良	2024.11.6 ～11.8
3	2025.2.26	岩手県大船渡市	林野火災	大船渡市赤崎町地内で発生した林野火災。(火元付近の現場調査及び損害調査に関する技術支援)	①細川直史 畑山 健 山本淳史 押野 穰 福與和宜 ②下瀬川一真 中山基良 ③山本淳史 笠原正行 押野 穰 佐藤聡一	①2025.3.8 ～3.9 ②2025.3.17 ～3.18 ③2025.3.17 ～3.19

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

	発災日	場所	概要	現地出向者	現地調査日
1	2023.12.23	奈良県吉野郡下北山村	土砂災害の被害に関する調査・ヒアリング	新井場公徳 土志田正二	2025.1.29 ～1.30
2	2024.1.1	石川県 (能登半島)	土砂災害の被害に関する調査・ヒアリング	新井場公徳 土志田正二	2025.2.14 ～2.15
3	2024.7.12	愛媛県松山市	土砂災害の被害に関する調査・ヒアリング	新井場公徳 土志田正二	2024.9.11 ～9.13
4	2024.8.27	愛知県蒲郡市	土砂災害の被害に関する調査・ヒアリング	新井場公徳 土志田正二	2025.2.27 ～2.28
5	2024.11.24	大分県臼杵市	建物火災において消防職員 7 名が消火活動中に感電したものを。	田村裕之 山本淳史 押野 穰 下瀬川一真 白取賢理 勅使大輝	2024.12.18 ～12.20

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

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

	発災日	場所	施設等名称	概要	対応者	現地調査日
1	2025.1.28	埼玉県八潮市	道路陥没事故地	道路陥没事故における救助の安全管理に関する助言	新井場公德 土志田正二	2025.2.3 ～2.5, 2.8, 2.9

(2) 鑑定・鑑識

ア. 鑑定

	支援年月	発災県	概要	鑑定者
1	2024.4	鹿児島県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
2	2024.4	静岡県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
3	2024.4	三重県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
4	2024.4	山梨県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
5	2024.4	愛知県	車両火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
6	2024.5	北海道	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
7	2024.5	滋賀県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
8	2024.5	静岡県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
9	2024.6	千葉県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
10	2024.6	千葉県	USB タイプ C プラグ 付着物の鑑定	消防研究センター
11	2024.6	広島県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
12	2024.6	静岡県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
13	2024.6	富山県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
14	2024.7	兵庫県	火災現場等の活性炭の熱挙動の分析	消防研究センター
15	2024.7	静岡県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
16	2024.7	福岡県	汚染土壌の鑑定	消防研究センター
17	2024.8	岐阜県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
18	2024.8	秋田県	米ぬかの鑑定	消防研究センター
19	2024.8	福岡県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
20	2024.8	岩手県	無電解ニッケルメッキ廃液等の鑑定	消防研究センター
21	2024.9	愛知県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
22	2024.9	静岡県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター

	支援年月	発災県	概要	鑑定者
23	2024.9	埼玉県	業務用乾燥機内から採取した焼損物件の鑑定	消防研究センター
24	2024.10	千葉県	ACアダプタ (DCプラグ) の鑑定	消防研究センター
25	2024.10	茨城県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
26	2024.10	秋田県	火災現場から収去したタイヤチップの成分分析	消防研究センター
27	2024.10	埼玉県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
28	2024.10	茨城県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
29	2024.10	青森県	一般廃棄物の鑑定	消防研究センター
30	2024.10	大阪府	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
31	2024.10	兵庫県	その他火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
32	2024.11	群馬県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
33	2024.11	茨城県	肉骨粉の鑑定	消防研究センター
34	2024.12	千葉県	石油ストーブの残油等の鑑定	消防研究センター
35	2024.12	岡山県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
36	2024.12	栃木県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
37	2024.12	広島県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
38	2024.12	広島県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
39	2024.12	茨城県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
40	2025.1	静岡県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
41	2025.1	千葉県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
42	2025.1	静岡県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
43	2025.1	岡山県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
44	2025.1	大阪府	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
45	2025.1	千葉県	その他の火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
46	2025.1	茨城県	石油ストーブ内の残油の鑑定	消防研究センター
47	2025.1	岐阜県	防火ダンパーの鑑定	消防研究センター
48	2025.1	栃木県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
49	2025.1	北海道	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
50	2025.2	山口県	カットタイヤの鑑定	消防研究センター
51	2025.2	富山県	金属粉の鑑定	消防研究センター
52	2025.2	大阪府	金属粉の鑑定	消防研究センター
53	2025.2	茨城県	ガス炊飯器の炎口付近に残存する焼損物の鑑定	消防研究センター
54	2025.3	埼玉県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター
55	2025.3	静岡県	建物火災 残さ物の鑑定	消防研究センター

イ. 鑑識

	支援年月	発災県	概要	鑑識場所
1	2024.4	茨城県	太陽電池モジュールの鑑識	消防局・本部
2	2024.4	宮城県	メガソーラーのパワーコンディショナーの鑑識	消防局・本部
3	2024.4	徳島県	電動アシスト自転車の鑑識	消防研究センター
4	2024.4	三重県	エアコンのコンセントプラグ (X線撮影)	消防研究センター
5	2024.4	愛知県	車両火災 残さ物 (デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
6	2024.5	埼玉県	パワーコンディショナーの鑑識	消防研究センター
7	2024.5	沖縄県	バランスボードの鑑識	消防局・本部
8	2024.5	神奈川県	スマートフォン (X線撮影)	消防研究センター
9	2024.5	神奈川県	カメラ用バッテリー (X線撮影)	消防研究センター
10	2024.5	神奈川県	ガストーチバーナー (X線撮影)	消防研究センター
11	2024.5	神奈川県	電気ケトル (X線撮影)	消防研究センター
12	2024.5	神奈川県	ドライヤー (X線撮影)	消防研究センター
13	2024.5	神奈川県	モバイルバッテリー (X線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
14	2024.6	千葉県	電動モップの鑑識	消防研究センター
15	2024.6	埼玉県	除湿機の鑑識	消防研究センター
16	2024.6	福岡県	車両火災 (バイク) 残存物 (X線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
17	2024.6	熊本県	スピーカーの鑑識	消防局・本部
18	2024.6	千葉県	浴室乾燥機の鑑識	消防研究センター
19	2024.6	静岡県	LED照明の鑑識	消防研究センター
20	2024.6	神奈川県	ポータブルスピーカー (X線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
21	2024.6	神奈川県	食器洗い乾燥機 (X線撮影)	消防研究センター
22	2024.6	静岡県	建物火災の残さ物の拡大観察 (デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
23	2024.6	熊本県	電動回転モップの鑑識	消防研究センター
24	2024.6	岐阜県	モバイルバッテリー (X線撮影)	消防研究センター
25	2024.6	滋賀県	シャワートイレのコントロール基板 (X線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
26	2024.6	新潟県	発動発電機の鑑識	災害現場
27	2024.6	京都府	車両鑑識	整備工場等
28	2024.7	山口県	車載バッテリーの鑑識	消防局・本部

	支援年月	発災県	概要	鑑識場所
29	2024.7	千葉県	スマートフォン (X線撮影)	消防研究センター
30	2024.7	青森県	車両火災 残さ物 (X線撮影)	消防研究センター
31	2024.7	埼玉県	カージャンプスタータ (X線撮影)	消防研究センター
32	2024.7	兵庫県	エアコンの鑑識	消防局・本部
33	2024.7	福岡県	モバイルバッテリー (デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
34	2024.7	神奈川県	サーキュレーター (X線撮影)	消防研究センター
35	2024.7	神奈川県	ポータブル電源 (X線撮影)	消防研究センター
36	2024.8	埼玉県	車両鑑識	整備工場等
37	2024.8	静岡県	パワーコンディショナーの鑑識	消防局・本部
38	2024.8	徳島県	オートソープディスペンサー (X線撮影)	消防研究センター
39	2024.8	神奈川県	ドラム式電気洗濯乾燥機 (X線撮影)	消防研究センター
40	2024.8	広島県	延長コードセットの鑑識 (X線撮影)	消防研究センター
41	2024.8	茨城県	リチウムイオンバッテリーの鑑識	消防研究センター
42	2024.8	兵庫県	電動立ち乗り二輪車の鑑識	消防局・本部
43	2024.8	埼玉県	空調服のリチウムイオンバッテリー (X線撮影)	消防研究センター
44	2024.8	長野県	車両の鑑識	消防局・本部
45	2024.8	栃木県	モバイルバッテリー (X線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
46	2024.8	広島県	ドラム式洗濯乾燥機の鑑識	消防局・本部
47	2024.8	愛知県	延長コード (X線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
48	2024.8	青森県	ポータブル電源 (X線撮影)	消防研究センター
49	2024.8	埼玉県	ドライヤー (X線撮影)	消防研究センター
50	2024.9	埼玉県	カージャンプスタータ (デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
51	2024.9	愛知県	モバイルバッテリー (X線撮影)	消防研究センター
52	2024.9	茨城県	サーキュレーターの鑑識	消防研究センター
53	2024.9	長野県	ホットプレートの鑑識	消防研究センター
54	2024.9	神奈川県	ヒューズ及びヒューズボックス	消防研究センター
55	2024.9	北海道	洗濯機及び冷凍庫の鑑識	消防局・本部
56	2024.9	茨城県	モバイルバッテリー (X線撮影)	消防研究センター
57	2024.9	大分県	ACアダプタ他電気配線一式 (X線撮影)	消防研究センター
58	2024.9	福島県	ガスフライヤー (X線撮影)	消防研究センター
59	2024.9	静岡県	車両の鑑識	整備工場等

	支援年月	発災県	概要	鑑識場所
60	2024.9	岩手県	ロボット掃除機の鑑識	消防局・本部
61	2024.10	静岡県	延長コード (X 線撮影)	消防研究センター
62	2024.10	静岡県	延長コード (X 線撮影)	消防研究センター
63	2024.10	青森県	フォークリフトの充電用コネクタ (X 線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
64	2024.10	埼玉県	LED 蛍光灯 (X 線撮影)	消防研究センター
65	2024.10	石川県	車両の鑑識	整備工場等
66	2024.10	千葉県	ポータブル電源 (X 線撮影)	消防研究センター
67	2024.10	鹿児島県	ハンディライト (X 線撮影)	消防研究センター
68	2024.10	沖縄県	水中スクーターバッテリーの鑑識	消防局・本部
69	2024.10	茨城県	バッグに収納中のリチウムイオン電池使用 3 製品 (X 線撮影)	消防研究センター
70	2024.10	神奈川県	モバイルバッテリー (X 線撮影)	消防研究センター
71	2024.10	京都府	パワーコンディショナーの鑑識	消防局・本部
72	2024.10	静岡県	焼損車両におけるフロント周辺の残さ物 (X 線撮影)	消防研究センター
73	2024.11	滋賀県	ポータブルバッテリー電源 (デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
74	2024.11	千葉県	空調制御用リレー (X 線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
75	2024.11	滋賀県	モバイルバッテリー (X 線撮影)	消防研究センター
76	2024.11	千葉県	スマートフォン (X 線撮影)	消防研究センター
77	2024.12	兵庫県	セラミックヒーター (X 線撮影)	消防研究センター
78	2024.12	沖縄県	車両火災の鑑識	整備工場等
79	2024.12	富山県	カーナビゲーションのメイン基板 (X 線撮影)	消防研究センター
80	2024.12	神奈川県	ポータブル扇風機 (X 線撮影)	消防研究センター
81	2024.12	岐阜県	カーボンヒーターの鑑識	消防局・本部
82	2024.12	山口県	モバイルバッテリー (X 線撮影)	消防研究センター
83	2024.12	東京都	モバイルバッテリー (X 線撮影)	消防研究センター
84	2024.12	福島県	円筒型電池の鑑識 (X 線撮影)	消防研究センター
85	2025.1	京都府	ポータブル電源の鑑識	消防局・本部
86	2025.1	岡山県	USB ケーブルタイプ C (X 線撮影)	消防研究センター
87	2025.1	神奈川県	オイルヒーターの鑑識	消防研究センター
88	2025.1	徳島県	車両の鑑識	整備工場等
89	2025.1	香川県	延長コード (X 線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター

	支援年月	発災県	概要	鑑識場所
			コープ)	
90	2025.1	宮城県	エアコンの鑑識	消防局・本部
91	2025.1	埼玉県	ガステーブルのスイッチの鑑識	消防研究センター
92	2025.1	福岡県	充電式湯たんぽ (X 線撮影)	消防研究センター
93	2025.1	栃木県	ワイヤレスイヤホン (X 線撮影)	消防研究センター
94	2025.2	千葉県	PC 基板 (X 線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
95	2025.2	秋田県	蓄熱式床暖房システム用コントローラー (X 線撮影)	消防研究センター
96	2025.2	埼玉県	動力用電源プラグ (X 線撮影)	消防研究センター
97	2025.2	徳島市	ポップアップトースター (X 線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
98	2025.2	長野県	電気敷毛布 (X 線撮影)	消防研究センター
99	2025.2	鳥取県	車両鑑識	災害現場
100	2025.3	岐阜県	建物火災の現場から収去した焼損物 (X 線撮影・デジタルマイクロスコープ)	消防研究センター
101	2025.3	青森県	エアコン基板 (X 線撮影)	消防研究センター
102	2025.3	神奈川県	エアコンのファンモータ、基板 (X 線撮影)	消防研究センター
103	2025.3	静岡県	ワイヤレスイヤホン (X 線撮影)	消防研究センター

(3) その他の技術支援

該当なし

4 受賞・学位

(1) 受賞

該当なし

(2) 学位

該当なし

5 産業財産権

(1) 特許

該当なし

6 視察・見学

(1) 国内

	日付	訪 問 者	人 数
1	2024.5.29	令和 6 年度地方自治基礎研修	28
2	2024.7.9	消防大学校予防科第 116 期	30
3	2024.7.17	消防大学校火災調査科第 46 期	30
4	2024.7.24	消防大学校幹部科第 77 期	60
5	2024.7.25	関東管区警察学校教務部教務科専科班	24
6	2024.9.5	総務副大臣視察	2
7	2024.9.11	消防庁長官視察	1
8	2024.9.30	消防大学校危険物科第 19 期	30
9	2024.10.3	消防大学校幹部科第 78 期	60
10	2024.10.22	喜多方地方広域市町村圏組合視察	12
11	2024.10.24	熊本市市議会議員行政視察	13
12	2024.10.30	消防・救急課長、審議官視察	6
13	2024.11.15	消防大学校幹部科第 79 期	60
14	2024.11.29	原子力発電所等所在市町村消防情報連絡会	31
15	2024.12.11	消防大学校火災調査科第 47 期	28
16	2024.12.13	国土交通省関東地方整備局等見学会	9
17	2025.2.13	消防大学校予防科第 117 期	30
18	2025.3.6	消防大学校幹部科第 80 期	60
	計		514

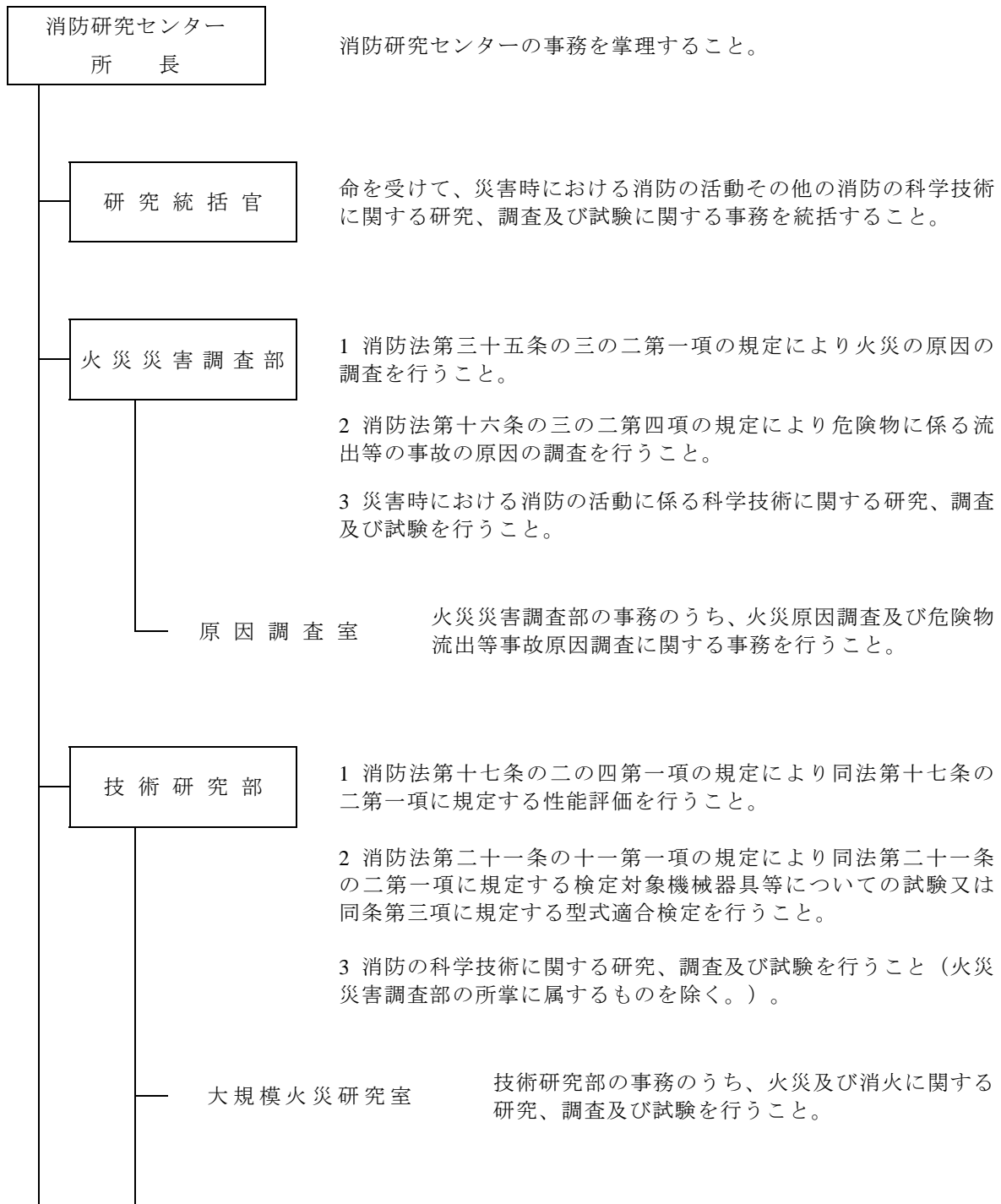
(2) 国外

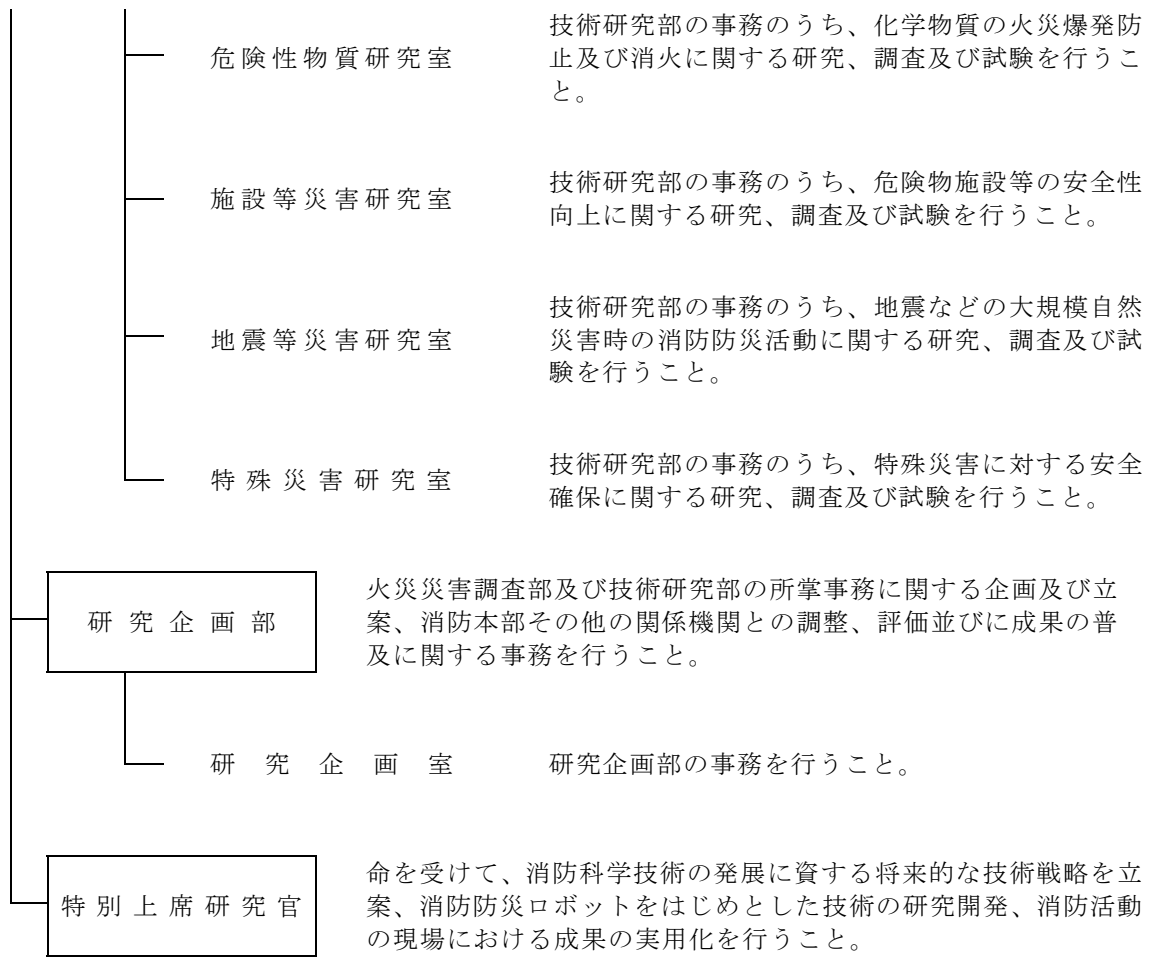
	日付	訪 問 者	人 数
1	2024.10.24	ダナン大学工科大学施設見学	5
2	2024.12.17	マンズフィールド研修第 28 期研修員視察、本庁参事官室	3
	計		8

付 録

1 研究体制

(1) 組織





(2) 予算

令和 5・6 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

		6 年度予算額	5 年度予算額
一般会計			
研究費	[消研] 消防防災体制等の整備に係る技術研究開発に必要な経費	366,075	360,795
	[デジタル庁] 研究費	20,419	20,598
[消研] 消防研究センター一般事務費	消防防災科学技術研究行政の運営に要する経費	114,517	114,716
	研究成果の普及等に要する経費	11,519	11,519
[消研] 大規模災害等の緊急事態への対応に要する経費		493	493
[デジタル庁]	消防防災科学技術研究行政の運営に要する経費	30,541	13,897

[消研] 施設等の整備に要する経費		30,436	51,983
[総務課]	消防研究センター各所修繕（一般修繕）	18,290	17,929
合 計		592,290	591,930

凡例：[消研] 消防研究センター歳出概算要求額査定表
 [デジタル庁] デジタル庁歳出概算要求額査定表
 [総務課] 消防庁総務課歳出概算要求額査定表

また、研究費の内訳は次表のとおりである。

単位：千円

項 目	6 年度予算額	5 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	56,436	57,696
市街地火災による被害を抑制するための研究開発	59,954	59,358
火災原因調査と火災避難の高度化に関する研究開発	39,716	39,519
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	59,916	54,062
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	37,505	37,615
救急搬送における感染症対応に関する研究	36,597	36,623
火災・危険物流出等事故原因調査に要する経費	25,606	22,483
地下タンクの健全性診断に係る研究開発に要する経費	30,815	35,215
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	39,949	38,822
合 計	386,494	381,393

(3) 定員

令和 6 年度末の予算定員は 29 名である。

(4) 職員（R7.3.31 現在、本務のみ記載）

消防研究センター所長 白 石 暢 彦

研究統括官 細 川 直 史

火災災害調査部

部長 畑 山 健

原因調査室長	尾 川 義 雄
火災災害調査官	鈴 木 健
調整官	山 本 淳 史

技術研究部

部長	西 晴 樹
大規模火災研究室長	篠 原 雅 彦
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 (併任)
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
上席研究官	内 藤 浩 由
主幹研究官	鈴 木 恵 子
”	高 梨 健 一
”	阿 部 伸 之
主任研究官	田 村 裕 之
”	大 津 暢 人
研究官	藤 井 皓 介
”	吉 田 祐 一
”	吉 岡 大 貴

研究企画部

部長	伊 藤 要
----	-------

【消防庁】総務課

主任研究官	徳 武 皓 也
”	土志田 正 二
研究官	佐 藤 康 博

(5) 人事異動

令和 6 年 4 月 1 日付け

氏 名	新	旧
久保田 勝 明	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 消防大学校消防研究センター研究企画部上席研究官	消防大学校消防研究センター技術研究部主幹研究官

氏名	新	旧
伊藤 要	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	危険物保安技術協会タンク審査部長
山本 敦史	消防大学校消防研究センター火災災害調査部調整官	東京消防庁西新井消防署予防課危険物兼調査担当係長
高梨 健一	消防大学校消防研究センター技術研究部主幹研究官 併任解除 消防大学校消防研究センター技術研究部主任研究官	総務課主任研究官 併任 消防大学校消防研究センター技術研究部主任研究官 併任 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
阿部 伸之	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 併任解除 消防大学校消防研究センター技術研究部主任研究官	総務課主任研究官 併任 消防大学校消防研究センター技術研究部主任研究官
尾川 義雄	消防大学校消防研究センター火災災害調査部原因調査室長 併任解除 消防大学校消防研究センター火災災害調査部原因調査室火災災害調査官	消防大学校消防研究センター火災災害調査部原因調査室主幹研究官 併任 消防大学校消防研究センター火災災害調査部原因調査室火災災害調査官 併任 消防大学校消防研究センター技術研究部特殊災害研究室主幹研究官
新井場 公德	併任解除 消防大学校消防研究センター研究企画部上席研究官	消防大学校消防研究センター技術研究部地震等災害研究室長 併任 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 消防大学校消防研究センター研究企画部上席研究官
篠原 雅彦	消防大学校消防研究センター技術研究部大規模火災研究室長 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	消防大学校消防研究センター技術研究部大規模火災研究室主幹研究官
内藤 浩由	消防大学校消防研究センター技術研究部上席研究官	消防大学校消防研究センター技術研究部主幹研究官
田村 裕之	消防大学校消防研究センター技術研究部主任研究官 併任解除 消防大学校消防研究センター技術研究部上席研究官	消防大学校消防研究センター技術研究部大規模火災研究室長 併任 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 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

氏名	新	旧
土志田 正 二	総務課主任研究官 併任 消防大学 校消防研究センター技術研究部主任 研究官	消防大学校消防研究センター技術研究 部主任研究官
徳 武 皓 也	総務課主任研究官 併任 消防大学 校消防研究センター技術研究部主任 研究官	消防大学校消防研究センター技術研究 部主任研究官
吉 田 祐 一	消防大学校消防研究センター技術研 究部研究官 併任 消防大学校消防 研究センター研究企画部研究官	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

令和 6 年 7 月 5 日付け

氏名	新	旧
鈴木 康 幸	辞職	消防大学校消防研究センター所長
白石 暢 彦	消防大学校消防研究センター所長	危険物保安技術協会理事

令和 7 年 3 月 31 日付け

氏名	新	旧
細 川 直 史	辞職	消防大学校消防研究センター研究統括 官
伊 藤 要	辞職 (福井県防災安全部理事(防災))	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
田 村 裕 之	定年退職 (暫定再任用) 消防大学校消防研究センター研究企 画部専門官 併任 消防大学校消防 研究センター火災災害調査部専門官	消防大学校消防研究センター技術研究 部主任研究官

(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	天 野 玲 子	株式会社ゆうちょ銀行 社外取締役
〃	新 井 充	公益財団法人総合安全工学研究所 常任理事
〃	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
〃	高 橋 裕 子	一般財団法人消費科学センター 企画運営委員
〃	寶 馨	国立研究開発法人防災科学技術研究所 理事長
〃	長谷見 雄 二	早稲田大学 名誉教授
〃	三 宅 淳 巳	横浜国立大学総合学術高等研究院 上席特別教授
〃	吉 田 義 実	全国消防長会 会長

(五十音順)

R7.3.31 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	北 崎 秀 一	公益財団法人日本消防協会 理事長
〃	白 石 暢 彦	消防研究センター 所長
〃	辻 佳 子	東京大学環境安全研究センター 教授
〃	鳥 井 陽 一	総務省消防庁 審議官
〃	長 江 照 夫	さいたま市消防局長
〃	橋 口 博 之	大阪市消防局長
〃	室 崎 益 輝	神戸大学・兵庫県立大学大学院 名誉教授
〃	八木橋 徹	一般財団法人救急振興財団救急救命東京研修所 教授
〃	吉 田 義 実	全国消防長会 会長

(五十音順)

R7.3.31 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 7 年 3 月 31 日現在の土地及び建物の現況は、下記のとおりである。

ア. 土地

異動年月日	面積 (m ²)	異 動 事 由
昭 23 (当初)	77,530	国有財産一時使用：当時北多摩郡三鷹町新川 700
25.11. 3		三鷹市制施行により三鷹市新川 700 となる。
32. 7.11		関東財務局より所管換え
34. 1.31	△ 867	公務員宿舎へ用途変更
34. 6.17	△ 19,647	消防大学校へ整理替え
35. 1.16	△ 402	公務員宿舎へ用途変更
35. 8.31	△ 947	〃
38.12.14	1,607	公務員宿舎より用途変更
39. 2. 6	△ 8,780	日本消防検定協会へ出資のため大蔵省へ引継ぎ
40. 4. 1		住居表示変更により三鷹市中原三丁目 14 番 1 号となる。
40. 7. 9	△ 1,005	公務員宿舎へ用途変更
41. 8.18	△ 1,156	〃
48.11. 2	△ 453	消防大学校へ整理替え
61.10.29	△ 167	三鷹市道路拡張工事のため大蔵省へ引継ぎ
63. 1.14	△ 100	調布市道路拡張工事のため大蔵省へ引継ぎ
平 9. 2.21	△ 3,715	三鷹市・調布市道路拡張工事及び公務員宿舎への用途変更のため大蔵省へ引継ぎ
12. 4.21	184	土地登記のため構内測量 (42,082 m ²)
12. 5. 1		三鷹市側土地登記 (15,225 m ²)
13. 3.16		調布市側土地登記 (26,857 m ²)
計	42,082	

イ. 建 物

建 物 等 名 称	構 造	面 積 (m ²)	床面積 (m ²)	備 考
本 館	RC-3	1,421.86	3,968.11	平成 13 年 1 月竣工
燃 焼 実 験 棟	RC-2	301.60	507.58	〃 〃
車 庫 棟	S-1	297.97	248.78	〃 〃

建物等名称	構造	面積 (m ²)	床面積 (m ²)	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 576 m ² 、高さ 20 m、排煙処理設備を備えている。）
物質安全研究棟	危険物、防炎材料などの各種化学物質の安全性についての研究及び防火服の耐熱性能に関する研究を行うための施設
総合消火研究棟	火災・消火に関する基礎、応用研究及び各種規模の模型による火災や消火実験を行う施設（主実験場は面積 625 m ² 、高さ 22 m、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 6 年度に整備された主な設備・機器

○等温型高感度熱量計

等温条件において、試料からの微少な発熱を測定し解析することによって、化学物質等の火災危険性を評価するために使用する。

○ハンドヘルド型 FT-IR 測定装置

測定対象に測定部を接触させることで、赤外光を照射して分子特有の赤外線吸収スペクトルを取得することにより物質の特定・成分定量が行えるフーリエ変換赤外分光 (FT-IR) 測定を現場で実施できる。

○X 線 CT データ解析可視化装置

X 線 CT で取得した 3 次元内部構造データについて、材質や欠陥ごとの領域分離、形状及び体積の計測等を行うための解析・可視化装置である。可視化機能に加えて、数値評価が可能な点に特徴がある。

(4) 図書

ア. 蔵書数

単行本	16,749 冊
製本雑誌等	14,473 冊
視聴覚資料 (CD、DVD、ビデオテープ等)	1,063 点

イ. 令和 6 年度に購入した単行本冊数

88 冊

ウ. 定期購入刊行物

和誌	41誌
洋誌	25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	Disasters
6	Fire
7	Fire and Materials
8	Fire Engineering
9	Fire Risk Management
10	Fire Safety Journal
11	Fire Technology
12	Géotechnique
13	Hydrocarbon Processing
14	Journal of Electrostatics
15	Journal of Fire Sciences

16	Journal of Loss Prevention in the Process Industries
17	Journal of Structural Fire Engineering
18	Loss Prevention Bulletin
19	NFPA Journal
20	Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society
21	Science and Justice
22	Seismological Research Letters
23	Transactions of the ASME, Journal of Applied Mechanics
24	Transactions of the ASME, Journal of Heat and Mass Transfer
25	VFDB Zeitschrift

3 年 表

(1) 昭和 22 年度～令和 6 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、燃焼実験棟、車庫棟竣工
13. 3.30	非破壊検査棟竣工
13. 4. 1	独立行政法人消防研究所法施行により、独立行政法人消防研究所となる。1 課 3 部
13. 4. 1	初代理事長に平野敏右就任
15. 2. 1	研究企画部に火災原因調査室を設置
15. 4. 1	上席研究官を設置 (組織規程の一部改正)
15. 4. 1	1 課 3 部 1 室となる。(組織規程の一部改正)
16. 4. 1	2 代理事長に室崎益輝就任
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
6.7.5	9 代消防研究センター所長に白石暢彦就任

4 令和 6 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 133 号 (2024 年 11 月)

【技術報告】

1. 化学災害発生時の現場検知用スタンドオフ型資
機材の検知性能と有効活用法の検討
塚目孝裕、佐藤康博
2. 高温のレギュラーガソリンと蒸留水浸漬で生じ
るガラス繊維強化プラスチック製ライニングの
劣化挙動
徳武皓也
3. 水を含む炭酸ナトリウム過酸化水素付加物の発
熱挙動に関する研究
岩田雄策

消 研 輯 報 第 78 号

令和 8 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