

消防防災の科学技術の研究・開発

研究・開発の推進

今後発生が予測されている南海トラフ地震や首都直下地震をはじめとする地震災害に備えるとともに、近年相次いで発生している集中豪雨、台風等の自然災害がもたらす被害を軽減するため、消防防災の科学技術を活用した対応策の検討はますます重要となっている。さらに、高齢化・人口減少に代表される社会構造の大きな変化、エネルギー事情の変化等消防を取り巻く環境の変化や課題に科学技術の側面からの的確に対応するため、関連する研究・開発の一層の推進が必要となってきている。

1. 消防庁における当面の重点研究開発目標

消防庁では、社会環境の変化に伴う課題解決のため、産学官における消防防災分野の研究に携わる関係者の共通認識・目標として策定している「消防防災科学技術高度化戦略プラン」（平成13年策定、同19年改定）を改定し、「消防防災科学技術高度化戦略プラン（2012）」を取りまとめた。本プランでは、安心・安全な社会の実現に向けて、実用化を目的とした研究開発を一層推進することにより、その成果が消防防災分野における社会システムの高度化に大きく貢献することを基本方針とし、消防研究センターを中心に関係者の一層の連携を図ることとした。さらに、本プランにおいては、「地震・津波・風水害等から住民を守る」、「複雑化、多様化する火災から住民を守る」など国民にわかりやすい視点で設定した五つの重点的研究領域及び、「火災予防・防火」、「大規模災害における防災情報」、「消火」、「救助」、「救急」など九つの各消防防災分野における個別具体的に取組みべき研究課題を掲げ、関連する研究開発を戦略的・効率的に推進することとしている。

また、「科学技術イノベーション総合戦略2016」（平成28年5月24日閣議決定）、「世界最先端IT国家創造宣言」（平成28年5月20日閣議決定）、「日本再興戦略 2016」（平成28年6月2日閣議決定）等

の政府方針を踏まえ、ICTやロボット技術等の先端技術を活用した新たな装備・資機材の開発・改良や消防法令上の技術基準等の確立に資する当面の重点研究開発目標（第6-1表）について、成果達成に向けた研究開発を推進することとしている。

2. 消防研究センター

消防庁における消防の科学技術の研究・開発は、我が国唯一の消防防災に関する国立研究機関である消防研究センターが中心となって実施している。消防研究センターの前身である消防研究所は、昭和23年（1948年）に国家消防庁の内局として設立されたが、平成13年4月1日、中央省庁等改革の一環として、独立行政法人消防研究所となった。その後、危機管理機能の強化及び行政の効率的実施の観点から、消防庁に統合・吸収する方針が決定（平成16年12月24日閣議決定）され、「独立行政法人消防研究所の解散に関する法律」（平成18年法律第22号）に基づき、平成18年4月1日に廃止、消防研究センターとして消防庁に戻り、現在に至っている。この間一貫して、消防行政及び消防職団員の活動を科学技術の面から支えることを目的とした研究・開発を行っている。

3. 消防防災科学技術研究推進制度

消防防災に関する課題解決のため、産学官の研究機関等を対象に革新的かつ実用的な技術の育成・利活用を目的として、提案公募の形式により、研究内容に高い意義が認められる提案者に対して研究を委託する「消防防災科学技術研究推進制度」（競争的資金制度）を平成15年度に創設している。本制度により、火災等災害時において消防防災活動を行う消防本部等のニーズ等が反映された研究開発課題や、「科学技術イノベーション総合戦略2016」（平成28年5月24日閣議決定）等の政府方針に示された目標達成に資する研究開発課題に重点を置き、消

第6-1表 消防庁における当面の重点研究開発目標

(1) ICTやロボット技術等の先端技術を活用した新たな装備・資機材の開発・改良	
①ICTを活用した災害対応のための消防ロボット技術	<ul style="list-style-type: none"> ◆日本再興戦略 2016（平成28年6月2日閣議決定） <ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー・産業基盤災害対応のための消防ロボットの設計、部分試作及び性能検証に基づき、単体ロボットの1次試作を完了（2016）、実用可能なロボット完成（2018）、順次導入・高度化（2019～） ◆科学技術イノベーション総合戦略2016（平成28年5月24日閣議決定） <ul style="list-style-type: none"> ・災害時にも適用できる次世代社会インフラ用ロボットの研究開発 ◆世界最先端IT国家創造宣言（平成28年5月20日閣議決定） <ul style="list-style-type: none"> ・協調連携技術を応用した半自律無人走行放水車の開発・導入（2018）、高度化・利用普及・システム開発（2021）
②地理空間情報（G空間情報）を活用した避難誘導や消火活動のためのシミュレーション技術	<ul style="list-style-type: none"> ◆科学技術イノベーション総合戦略2016（平成28年5月24日閣議決定） <ul style="list-style-type: none"> ・収集した情報を活用した意思決定可能な災害予測シミュレーション技術の開発 ◆世界最先端IT国家創造宣言（平成28年5月20日閣議決定） <ul style="list-style-type: none"> ・災害シミュレーション技術の開発（2018）
③次世代救急自動車の研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ◆科学技術イノベーション総合戦略2016（平成28年5月24日閣議決定） <ul style="list-style-type: none"> ・次世代医療ICT基盤の構築の推進 ◆世界最先端IT国家創造宣言（平成28年5月20日閣議決定） <ul style="list-style-type: none"> ・（G空間情報）等を利用した「次世代救急車」の研究開発（2018）、救急自動車の要件作成（2021）
(2) 消防法令上の技術基準等の確立	
①水素ステーションに係る安全性評価技術	<ul style="list-style-type: none"> ◆科学技術イノベーション総合戦略2016（平成28年5月24日閣議決定） <ul style="list-style-type: none"> ・水素・エネルギーキャリアの製造・貯蔵・輸送・利用技術等のエネルギーキャリアに係る開発・実証
②石油タンクの地震・津波時の安全性向上技術	<ul style="list-style-type: none"> ◆科学技術イノベーション総合戦略2016（平成28年5月24日閣議決定） <ul style="list-style-type: none"> ・地震・津波発生時における石油タンクなどの重要インフラ設備や沿岸域の重要施設の災害・事故対策、消火技術に関する開発

防本部が参画した産学官連携による研究開発を推進している。

4. 消防機関における研究開発

消防防災の科学技術に関する研究開発については、消防機関の研究部門等においても、消防防災活動や防火安全対策等を実施する上で生じた課題や東日本大震災、集中豪雨、台風等の災害において明らかになった課題を解決するため、積極的に実施されている。

【消防研究センターにおける研究開発等】

消防研究センターでは、消防の科学技術に関する様々な研究開発のほか、消防法の規定に基づく消防庁長官による火災原因調査及び危険物流出等の事故原因調査も行っている。また、これらの研究開発及び調査により蓄積してきた知見を活用して、消防本部に対する技術的助言や緊急時の消防活動支援にも積極的に取り組んでいる。

1. 消防防災に関する研究

消防研究センターでは、平成23年度からの5年間を一つの研究期間として、第6-2表に掲げる四つの課題について研究開発を行ってきた。これらの研究内容には、東日本大震災で浮き彫りとなった消防防災の科学技術上の課題や、原子力発電所の事故の影響によるエネルギー事情の変化など、震災後の状況変化を見据えた課題が盛り込まれた。ここでは、各研究課題の背景・目的と、平成27年度に得られた主な研究開発成果について述べる。

また、近年増大しつつあるコンビナート事故や、南海トラフ等の大規模地震、大津波といった従来の想定を超える大規模災害に備えるため、新たな消防用ロボットのニーズが高まってきており、平成26年度から災害対応のための消防ロボットの研究開発を実施している。

さらに、平成28年度から新たな5年間の研究開発課題として、今後発生が危惧されている南海トラフ地震や首都直下地震への対応を念頭に、存在する消防防災の科学技術上の課題を解決するための研究開発を開始している。

第6-2表 消防研究センターにおける平成23年度からの研究開発課題

1	消防活動の安全確保のための研究開発
	消防隊員が消火、救急、救助活動を安全かつ的確に行えるようにするため、消防用個人装備の技術基準の作成を目的とした研究、土砂災害時の救助活動の際に二次災害の危険性を的確に予測する機器の研究開発を行う。また、東日本大震災を受け、津波被災地域など不整地への進入が可能な消防車両に関する研究及び無線ヘリ等を用いた偵察技術の開発を行う。
2	危険性物質と危険物施設の安全性向上に関する研究
	巨大地震発生時の大規模危険物施設の被害を予防・軽減するために、石油タンクの津波による損傷の発生メカニズム及び防止策の研究と石油コンビナート地域の揺れをより高い精度でよりきめ細かく予測する方法の研究を行う。また、再生資源燃料の火災を予防するため、再生資源燃料等の火災危険性を評価する方法の研究を行うとともに、タンク火災や再生資源燃料等の火災に最適な消火技術を開発する。
3	大規模災害時の消防力強化のための情報技術の研究開発
	大規模地震や大津波の発生時における応急対応を迅速かつ適切に実施するために、発災直後に被害の状況を予測・把握可能な災害シミュレーション技術の研究開発を行う。また、頻繁に起こるとはいえない大規模災害発生時において、防災担当者が適切な対応を行えるようにするため、過去の災害に基づいて意思決定の要件を整理し、災害時対応方法を理解・習得できる模擬訓練技術を開発する。
4	多様化する火災に対する安全確保に関する研究
	火災による人的・物的被害の低減のために、火災調査の事例等から火災の実態分析、様々な可燃物の燃焼性状の把握、火災警報の効果的な早期伝達技術、消防隊員による消火活動時に現場情報を把握する技術の研究を行う。また、地震や津波の後に発生する火災の出火原因や延焼要因の把握、今後普及が見込まれる再生可能エネルギー発電装置等の火災時の危険性に関する研究を行う。

(1) 消防活動の安全確保のための研究開発

ア 背景・目的

本研究課題では、消防活動により一人でも多くの命を救うことができるよう、安全かつ効果的な消防活動を実現する上での技術的課題の解決を目指して、次の三つのサブテーマを設け、5年間の計画で研究開発を行っている。

(ア) サブテーマ「消防ヘルメット等の装備及び個人防護技術の研究」

平成9年(1997年)以降の消火活動中の消防職員の受傷等の状況をみると、平均して1年間に約2名が殉職し、約300名が負傷しており、消火活動には依然として高い危険が伴うことを示している。また、近年の省エネルギー指向の建物は、可燃性のプラスチック断熱材等を使用していること及び高い気密性を有していることから消火活動中に急激に火勢が拡大することがあり、このような建物の増加により、今後、消火活動における危険性は更に高まるおそれがある。このサブテーマでは、これまでの消防防護服に関する研究開発成果を踏まえて、消防隊員が消防ヘルメット等を含めた防護装備を着用した状況の下で、その防護装備全体に求められる安全性能を明らかにするとともに、より安全かつ効果的に消火活動を実施できるようにするための活動基準を考案することを目的としている。

(イ) サブテーマ「津波浸水域における消防活動用車両等の研究」

東日本大震災では、津波で浸水した地域に消防

隊員が進入することが極めて困難であったことなどから、津波浸水域における消火・救助活動が難航した。このため、今後我が国に起こり得る大震災への備えとして、津波浸水域にも進入できる消防用車両等や津波浸水域における要救助者を速やかに発見する技術などが必要と考えられる。このサブテーマでは、〔1〕津波で浸水し、がれきが堆積しているような地域においても、消火・救助活動を安全かつ円滑に実施することを可能とする消防用車両等が有すべき機能・性能を具体的に示すこと、〔2〕要救助者を速やかに発見するため、無人ヘリコプター等により周囲の状況を把握する技術を開発することを目的としている。

(ウ) サブテーマ「がけ崩れでの活動における二次災害防止機器の研究」

豪雨や地震を契機としたがけ崩れは、我が国では避けることのできない災害であり、万一の生き埋め者の発生に備えることは重要である。がけ崩れによる生き埋め者の救助活動では、更なるがけ崩れが起きて救助隊に二次災害が生じるおそれがある。現在、がけ崩れの前兆があるかどうかを素早くかつ広い範囲にわたって監視する方法はない。このため、このサブテーマでは、無人ヘリコプター等を活用してがけの変形を素早く広範囲に監視するシステムの開発を目的としている。

イ 平成27年度の主な研究開発成果

(ア) サブテーマ「消防ヘルメット等の装備及び個人防護技術の研究」では、消防ヘルメットの遮熱

性を向上させるための、シミュレーションを行い、遮熱メカニズムの基礎的な解明を行った。

(イ) サブテーマ「津波浸水域における消防活動用車両等の研究」では、平成27年度までに開発したプロトタイプ車両をベースに、実用化にむけて導入コストを踏まえた仕様の検討を行った。その結果、放水装置の開発は終了し既に配備を行った。また、パンク対策も研究が終了したので平成28年度中の実用化を予定している。

一方、偵察用の無人ヘリコプターについては、運用実験、飛行デモ及び意見交換を行い、消防機関による活用に必要な仕様及び運用方法についてとりまとめた。

(ウ) サブテーマ「がけ崩れでの活動における二次災害防止機器の研究」では、平成27年度に開発した無人ヘリコプターからがけの変形を監視する仕組みの精度試験及び精度向上方法の研究を行い、大規模な崩壊を事前に検知することはできないが、大



放水装置付き水陸両用バギー



偵察用無人ヘリコプターの運用実験の例
(広島市安佐北区)

規模な崩壊は事前に検知できる精度を実現した。

(2) 危険性物質と危険物施設の安全性向上に関する研究

ア 背景・目的

本研究課題では、東日本大震災において石油類等の危険物の貯蔵・取扱いを行う危険物施設が津波や地震動で多数被災したこと、我が国では今後もなお大地震の発生が危惧されていること、環境保護への取組が進められる中で、火災危険性が少ない物質やいったん火災が発生すると消火が困難な物質が普及するなど防火安全上の課題が生じていることを踏まえ、危険性物質と危険物施設の安全性の向上を目的として、次の四つのサブテーマを設け、5年間の計画で研究開発を行っている。

(ア) サブテーマ「石油タンクの津波による損傷メカニズム及び発生防止策の研究」及びサブテーマ「巨大地震による石油コンビナート地域における強震動予測及び石油タンク被害予測の研究」

東日本大震災では、数多くの石油タンクや配管が津波で押し流されたり、損傷したりする甚大な被害が発生した。このような石油タンク等危険物施設の大規模な津波被害は、我が国では初めてのことである。また、危険物の大量流出や火災には至らなかったものの、地震動の影響で石油タンクが損傷する被害も発生した。

地震・津波発生時の危険物施設の健全性の確保は、被害拡大の視点からのみならず、被災地における災害救助活動、避難生活に必要な石油類等エネルギーの供給維持にも不可欠であることが、東日本大震災でも示された。石油タンク等危険物施設の津波・地震動被害の予防・軽減対策の確立は、南海トラフ巨大地震や首都直下地震等の発生が危惧されている状況の中で、なお一層その重要性を増している。

このようなことから、サブテーマ「石油タンクの津波による損傷メカニズム及び発生防止策の研究」では、津波による石油タンクの被害発生メカニズムの解明、それに基づく被害予防・軽減対策の考案及び対策による効果の評価を目的としている。また、サブテーマ「巨大地震による石油コンビナート地域における強震動予測及び石油タンク被害予測の研究」は、石油タンクの揺れによる被

害を予防・軽減するためのよりの確な対策案を立てられるよう、石油コンビナート地域等における強震動の予測をより精度よく、きめ細かに行えるようにすることを目的としている。

(イ) サブテーマ「再生資源物質の火災危険性評価方法及び消火技術の開発」

環境保護に向けた取組がますます盛んになる中、資源再利用の取組の一環として、廃木材や再生資源燃料等の再生資源物質の利用が進められているが、これらの再生資源物質に係る火災が発生するなど、防火安全上の課題も生じている。今後安全を確保しつつ再生資源物質の利用を促進する上で、このような火災を予防するための知見・方策を研究開発することが必要不可欠なものになってくると考えられる。

再生資源物質は、山積み状態で貯蔵されている場合が多く、そこでの火災は蓄熱発火で発生するものが多い。東日本大震災の後には、震災で発生した山積みのがれきから火災が発生しており、これらの火災もまた蓄熱発火によるものと考えられる。再生資源物質が蓄熱発火する危険性をどの程度有しているかを適正に評価することは、火災予防上重要であるが、その評価手法は確立されていない。

また、山積み状態の再生資源物質の火災は、一般的に消火が困難であり、とくに金属スクラップの火災については、消火方法が確立されていない。

このようなことから、このサブテーマでは、再生資源物質の蓄熱発火の危険性の評価手法と火災になった場合の消火方法の開発を目的としている。

(ウ) サブテーマ「フッ素化合物の使用禁止が泡消火薬剤の消火性能に与える影響評価と対応策に関する研究」

石油タンク等の火災の消火に用いられる泡消火薬剤には、消火性能を向上させるためにPFOS（ペルフルオロオクタンスルホン酸）と呼ばれる物質が添加されているものがある。しかし、世界的な環境保護に向けた取組として、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約に基づいて、平成22年、我が国でもPFOSの製造と使用が原則としてできなくなったことから、PFOSを含まないフッ素フリー泡消火薬剤の消火性能の評価など、今後の対応策が必要になってくるものと考えられる。

このようなことから、このサブテーマでは、

PFOSを含まない泡消火薬剤のより効果的な使用方法とその消火性能をより適切に評価する方法の考案を目的としている。

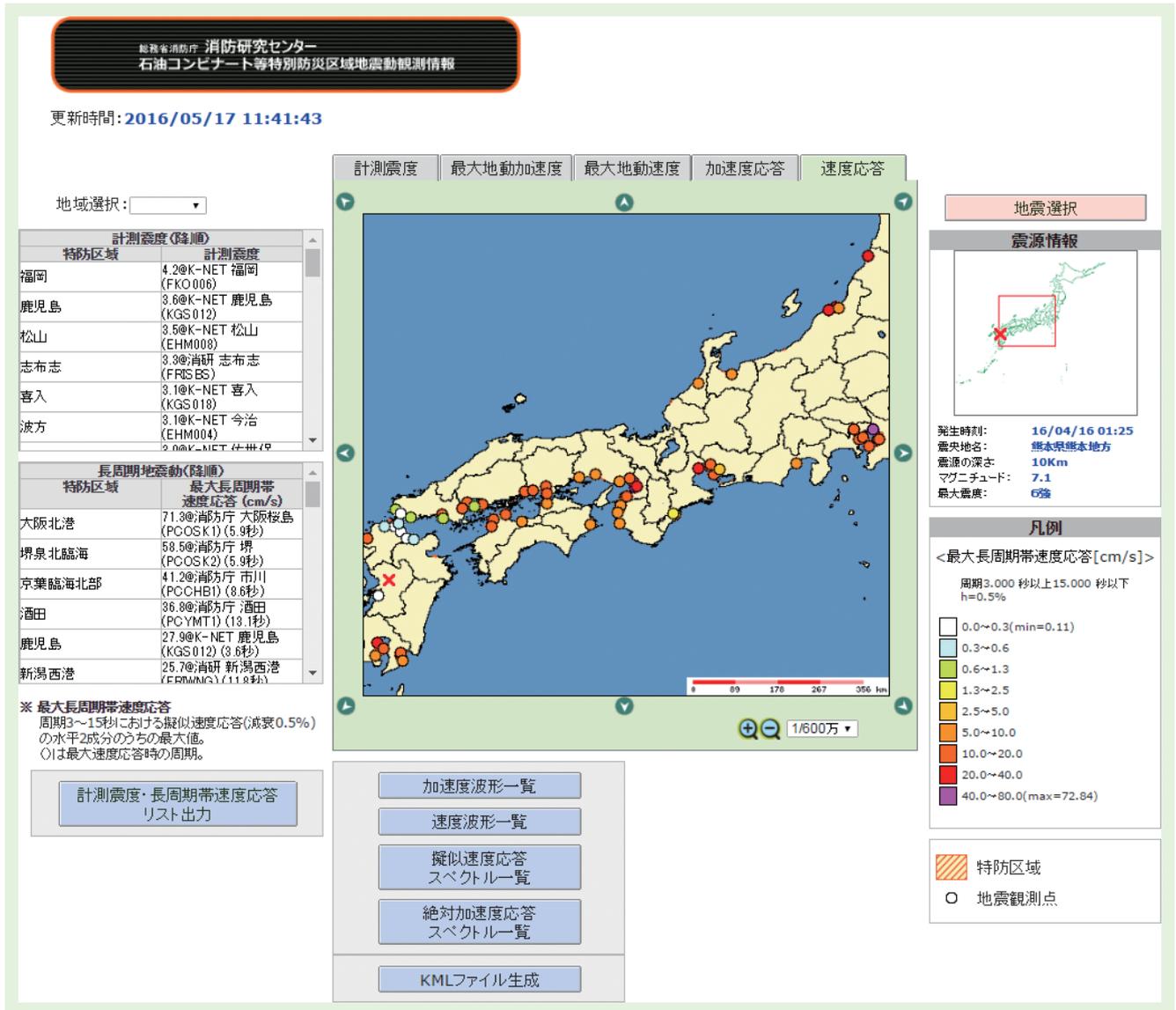
イ 平成27年度の主な研究開発成果

(ア) サブテーマ「石油タンクの津波による損傷メカニズム及び発生防止策の研究」では、東日本大震災時の津波による石油タンクの移動被害（流されたり、元の場所からずれてしまったりする被害）を詳細調査し、津波で動いた屋外タンクの諸元や津波時の原位置及び移動先を把握した。その結果、石油タンク津波移動被害予測式の予測精度が高いことを確認し、将来の地震津波にも適用可能な予測手法であることを示し、予測式の確立に寄与した。

また、サブテーマ「巨大地震による石油コンビナート地域における強震動予測及び石油タンク被害予測の研究」では、石油コンビナート地域における強震観測の利用方法の一つとして開発を進めてきている「石油コンビナート等特別防災区域地震動観測情報システム」（第6-1図）について、高機能化・利便性の向上を図るための改良を行った。具体的には、①国立研究開発法人防災科学技術研究所との共同研究により、同研究所の強震観測網（K-NET, KiKnet）のデータを利用することで石油コンビナート地域における強震動をより正確に把握できるようにしたこと、②大型石油タンクにスロッシング被害（地震の揺れに伴う石油タンクの中の内容液の揺動により発生する油の溢れ、浮き屋根の損傷、タンク火災など）をもたらすおそれのある長周期地震動に関する情報をユーザに対して速やかに電子メールで配信できるようにしたこと、③消防機関等が地震時応急対応を行う上で即座に必要な情報をよりわかりやすく簡潔に伝達できるようにするために、短周期地震動、長周期地震動それぞれについて揺れが大きかった順に石油コンビナート地域を並べ、それらの観測値等を列記したリストを作成する機能を追加したこと等である。本システムは、消防庁における地震時応急体制下で実施される石油コンビナート地域に関する被害情報収集活動等において利活用されている。

(イ) サブテーマ「再生資源物質の火災危険性評価方法及び消火技術の開発」では、液体系再生資源物質を含む種々の試料について測定を行ったところ、自然発火温度と高感度熱量計及び開発した蓄熱発火試験装置による発熱検知温度の間に良い相関関

第6-1図 「石油コンビナート等特別防災区域地震動観測情報システム」の画面表示例



係があることがわかった。これによって簡便に自然発火温度の推定をすることが可能となる。また、固体系再生資源物質として有機系燃料及び石炭等について、高感度熱量計を用いて測定を行った結果、有機系燃料は水の添加により常温から微少な発熱をし、石炭については常温からの微少な酸化発熱が検知され蓄熱発火を起こすことがわかった。

(ウ) サブテーマ「フッ素化合物の使用禁止が泡消火薬剤の消火性能に与える影響評価と対応策に関する研究」では、発泡倍率(消火薬剤と空気の比率)と還元時間(泡が消滅する時間)のコントロールが可能な大流量用のノズルを開発し、フッ素含有泡およびフッ素フリー泡消火薬剤の性能評価実験を行った。結果として、フッ素フリー泡で石油タンク火災等の消火を行う場合において、フッ素含有泡と同等な消火性能を得るための泡性状(発泡倍率、還元時

間)に対する泡供給率算出式を示すことができた。

(3) 大規模災害時の消防力強化のための情報技術の研究開発

ア 背景・目的

本研究課題では、消防職員が大地震や大雨による洪水などの未経験かつ未曾有の大規模災害に直面することとなった場合でも、被害推定シミュレーション等を活用した情報技術を用いて、適切な意思決定とそれに基づく迅速・的確な応急対応を可能とすることを目的として、次の三つのサブテーマを設け、5年間の計画で研究開発を行っている。

(ア) サブテーマ「広域版地震被害想定システムの研究開発」

東日本大震災における災害対応の初期段階では、広範囲にわたる被害と通信の途絶などによっ

て、全体的な被害規模の把握ができず、特に、甚大な被害を受けた地域での緊急消防援助隊の活動に係る意思決定が容易でなかった。地震発生後に被害の様相がなかなか把握できない状況下では、被害の規模や分布を推定する仕組みが応急対応に係る意思決定を支援するものとなり得る。このような仕組みの一つとして、震源に関する情報に基づいて被害分布や被害量を推定するシステムを開発し、消防庁において運用を行ってきた。しかし、平成23年の東日本大震災のような巨大地震では、気象庁から地震直後に発表される震源に関する情報のみからでは、正確な推定ができなかった。そこでこのサブテーマでは、震度情報などを活用することにより、巨大地震に対しても確度の高い地震・津波被害推定結果が得られるようなシステムの開発を目的としている。

(イ) サブテーマ「水害時の応急対応支援システムの開発」

大規模水害時においては、地方公共団体の災害対策本部が行う応急対策の項目は非常に多い。さらに、対策実施の判断条件、優先順位、対応力の限界などが複雑に絡み合うこと、災害の様相は時々刻々と変化し得るものであることなどから、どのような対策を、いつ、どのように実施するかを迅速かつ的確に判断することは極めて困難であり、場合によっては避難勧告発出に遅れが生じることも懸念される。加えて、大規模水害は頻繁に発生するものではないため、災害対策本部で応急対応にあたる担当者全員が必ずしも経験豊富ではないということも考えられる。こうしたことから、災害対策本部における水害時の応急対応を支援するための情報を提供するシステムの必要性は極めて高いといえる。

このサブテーマでは、〔1〕これまでの水害における住民の避難行動を雨量や河川水位等の防災・気象情報や避難勧告などの発令状況とともに調査し、それらの結果に基づいてわかりやすく緊迫感のある避難広報が可能な「避難広報支援システム」を研究開発すること、〔2〕災害時に災害対策本部が行うべき応急対策項目を時系列で管理し、避難勧告発令等の意思決定を支援可能な「水害時の応急対応支援システム」を開発することを目的としている。

(ウ) サブテーマ「同時多発火災への対応を訓練するためのシミュレーターの開発」

首都直下地震などの大地震が発生した場合は、多数の火災がほぼ同時に発生することが危惧される。このような場合には、消防本部の指揮指令担当者には、限られた消防隊を被害が最小になるように火災現場へ出動させることが求められる。しかし、消防職員であっても、同時多発火災に対応した経験を有する者は少ないことから、判断・指示を的確に行うことは必ずしも容易ではないと考えられ、地震時の同時多発火災への消防の対応力を強化するためには、そのような火災を想定した図上訓練が重要である。そこで、本サブテーマでは、〔1〕東日本大震災における火災発生事例に基づく地震直後の火災発生件数の予測式の検討、〔2〕複数の出火点の延焼予測を高速で実行可能なシステムの開発、〔3〕同時多発火災対応のための効果的な消防戦術の検討を行い、これらの結果を活用して、同時多発火災対応訓練シミュレーターを開発することを目的としている。

イ 平成27年度の主な研究開発成果

(ア) サブテーマ「広域版地震被害想定システムの研究開発」では、被害推定精度や処理時間などの機能検証のための試験運用において、平成28年4月16日に発生した熊本地震をはじめ、震度5強以上を観測した地震については、もれなく被害推定が実施され、その結果が電子メールなどで共有された(第6-2図)。また、津波情報・大津波情報から津波被害を簡易的に予測する機能をシステムに追加するとともに、操作性を向上させるためのユーザーインターフェースの改良を行うなど、機能向上を図るための改良・開発を実施した。

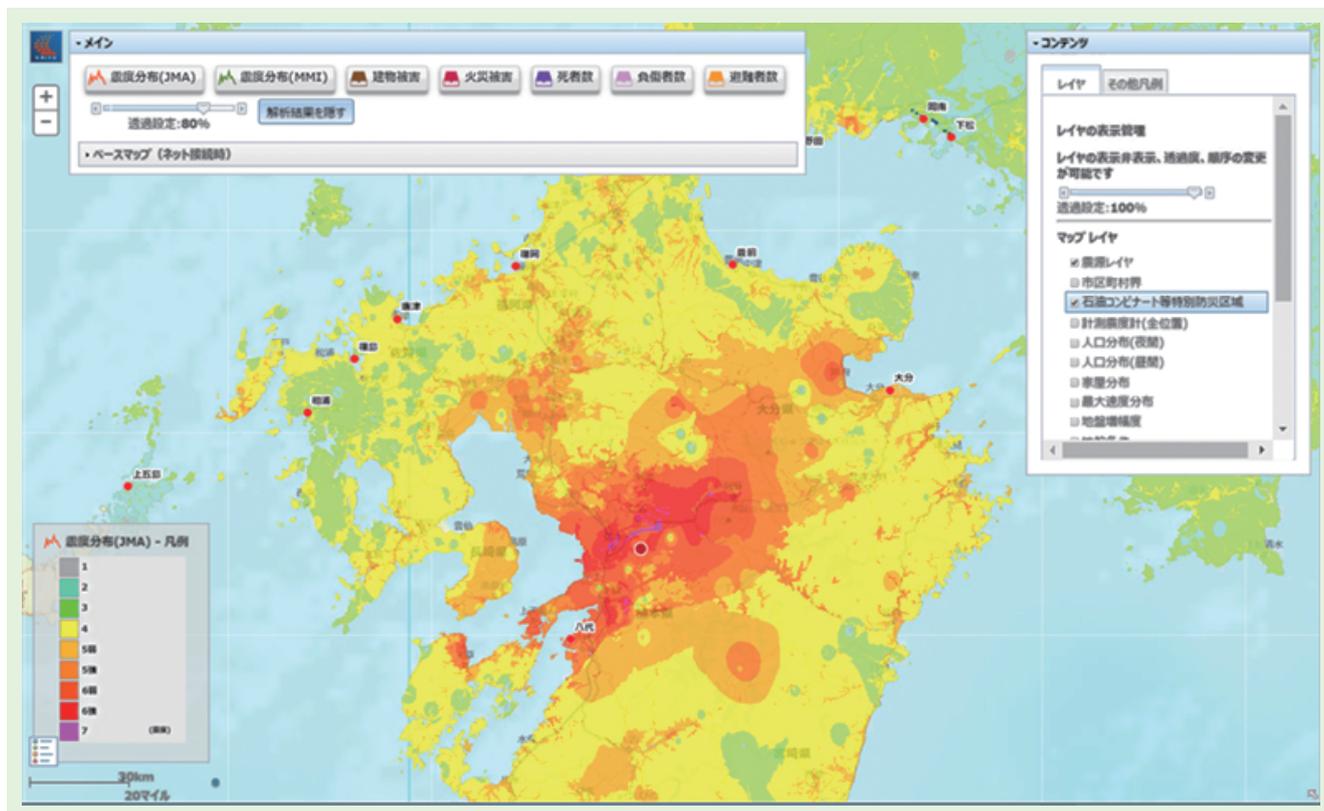
(イ) サブテーマ「水害時の応急対応支援システムの開発」では、山形県南陽市において2年連続で水害に見舞われた地区の住民に対して、防災広報の伝わり方や、避難のきっかけになった情報の変化を調査した。避難を決断する理由として、区長や近隣知人の避難勧誘、役所、消防、警察等の戸別訪問が高い割合を占め、次いで、過去に経験のない大雨、避難勧告のエリアメールや電話が契機となっていることが分かった。さらに、応急対応支援システムに、河川の水位情報を取り込めるようにするなどのシステムの高度化を行った。

(ウ) サブテーマ「同時多発火災への対応を訓練するためのシミュレーターの開発」では、任意の出火点や風向・風速などに基づいて市街地火災の延焼を予測することが可能なソフトウェアを開発し、システムの高度化を行った（第6-3図）。開発されたシ

ステムは、京都市などの消防本部のシステムに活用されるとともに、自主防災組織が地域の防火力向上のために実施した防災講演会や、地方自治体が実施する地域住民向けの火災リスクへの意識啓発事業に活用された。

第6-2図

広域版地震被害想定システムによる震度分布推定結果の表示例（震度7を記録した平成28年4月16日に発生した熊本県熊本地方を震源とする地震）



第6-3図

火災延焼シミュレーションの動作画面例



(4) 多様化する火災に対する安全確保に関する研究

ア 背景・目的

本研究課題では、東日本大震災で発生したような地震・津波火災、社会環境の変化などにより多様化している火災、再燃火災などに関係する様々な防火安全上の技術的課題を解決することを目指して、次の五つのサブテーマを設け、5年間の計画で研究開発を行っている。

(ア) サブテーマ「東日本大震災における火災分析と防火対策」

a 東日本大震災において発生した火災の発生原因や延焼要因の究明

東日本大震災では、市街地広域火災に拡大した火災や避難所に延焼した火災など、地震・津波火災として重大な問題を含むものが発生しているが、これらの火災の中には、実態がよくわからないものがある。また、津波で浸水した自動車から出火する事例が多数あったことが、目撃談やビデオ映像などからわかっているが、その出火メカニズムは明らかでない。このようなことから、このサブテーマでは、今後の地震・津波火災を防いだり、延焼・拡大を抑えたりするための技術的方策を見いだすため、東日本大震災において発生した火災の発生原因や延焼要因を究明することを目的としている。

b 再生可能エネルギー関連設備・装置の火災危険性把握

環境指向の高まりとともに、太陽光など再生可能エネルギーを利用した家庭内発電装置やメガソーラーなどの発電所の数が増加している。このような再生可能エネルギー関連設備・装置は、東日本大震災における原子力発電所の事故の影響による電力不足や被災地復興のための需要などの要因から今後ますます増えていく可能性がある。しかしながら、太陽光発電装置が設置された住宅における火災の消火活動中に消防隊員が感電するという事案が報告されており、このような太陽光発電装置は消火活動中の危険要因となり得る。このサブテーマでは、太陽光発電装置などの再生可能エネルギー関連設備・装置の火災予防上の安全な使用方法と、そのような設備・装置が設置されている火災現場において、安全に消火活動を行えるようにするための方策を見いだすため、〔1〕設備・装置自体

が有する火災危険性と、〔2〕設備・装置が火災に巻き込まれた時に発生する危険性を評価することを目的としている。

(イ) サブテーマ「火災の実態把握と課題抽出」

近年、個室ビデオ店のような消防法令上想定されていなかった新しい業態や建物の使い方の出現、新しい素材や物質などの普及、高齢化の進展、一人暮らし世帯の増加などにより、火災の原因や現象、被害の生じ方も変化している。

このサブテーマでは、火災予防のための施策と啓発活動への反映や、実施すべき新たな研究課題の提起などを通じて、火災による人的・物的被害の軽減につなげられるよう、年々変化する火災の実態を分析し、その傾向・要因を把握することを目的としている。

(ウ) サブテーマ「火災の促進要因と燃焼性状の実験と数値計算による分析」

a 様々な可燃物の燃焼・消火に伴う生成物及び燃焼に伴う諸現象の把握

低反発素材、金属混合樹脂、建物内外の断熱材などの新しい材料・素材の中には、火災時の燃焼性状や燃焼中・消火中の有毒ガス等の危険性など、正確な火災感知・消火、安全な避難、効果的な消防活動にとって必要不可欠な情報が得られていないものがある。このサブテーマでは、こうした可燃物の燃焼・消火に伴う生成物及び燃焼に伴う諸現象を主として実験的に把握することを目的としている。

b 火災に伴って発生する旋風の発生メカニズム・発生条件の解明

大規模市街地火災、林野火災などでは、「火災旋風」と呼ばれる竜巻状の渦が発生して、多くの被害が引き起こされることがあり、首都直下地震においてもその発生が危惧されている。これまでの研究により、火災域の風下に発生する旋風の発生メカニズムや構造が徐々に明らかになってきたが、依然不明な点が多い。そのためこのサブテーマでは、火災域の風下に発生する旋風の発生メカニズム・発生条件の解明に加えて、無風下で発生する火災旋風の発生条件の解明を目的としている。

c コンピュータシミュレーションによる火災再現技術の研究開発

火災の調査や消防用設備の設置の効果の検

討を行う目的で、火災実験が行われる場合があるが、そのような実験には大規模な設備が必要である。また、実験の準備・実施には多くの時間、費用が必要であることから、実験条件を変えたいくつものケースについて実験を行うことは困難である。このような火災実験の代わりとなり、かつより効率的な手段として、コンピュータシミュレーションによる火災再現技術が期待されており、その有効性も示されつつある。しかし、そのようなシミュレーションを行うには高価で高性能なコンピュータが必要であるため、消防本部等においては導入しにくい状況にある。このようなことから、このサブテーマでは、パソコンでも火災再現のコンピュータシミュレーションを実施可能にするような高速な計算手法の研究開発を目的としている。

(エ) サブテーマ「生活に密着した建物等での警報伝達手段に関する研究」

住宅用火災警報器や自動火災報知設備が設置されていない小規模店舗が多いアーケード街や市場では、ひとたび出火すると延焼拡大する事例がある。このような火災における安全で確実な避難を可能にする方法として、火災警報を火災が発生した建物の中にいる人のみではなく、その周辺の建物の中にいる人にも伝達することが考えられる。このようなことから、このサブテーマでは、小規模建物群において、住宅用火災警報器により近隣建物に警報を伝達し、共助体勢を構築する技術の開発を目的としている。

(オ) サブテーマ「熱画像を活用した再燃火災の発生防止に関する研究」

火災がいったん鎮火した後に再び燃える再燃火災は、二次的な被害を生じるだけでなく、市民の消防に対する信頼を損なうおそれのある問題であるが、現状では、再燃火災を完全に防止する手法はない。鎮圧後の火災現場において、再燃火災の原因となる壁や天井裏などの構造内の残火を探し出すための手法は、今のところは、目で見、手で触って温度を確認するなど、消防隊員の感覚や経験に依存している。そこでこのサブテーマでは、再燃火災防止のための技術として赤外線カメラを利用するなどして、消火後の火災現場の温度管理が行えるよう、温度場を定量的に監視・記録でき

る手法を開発することを目的としている。

イ 平成27年度の主な研究開発成果

(ア) サブテーマ「東日本大震災における火災分析と防火対策」では、再生可能エネルギーのひとつである太陽光発電装置について、太陽電池パネル構成部材の分析及び燃焼時発生ガスに対する化学分析の実施と太陽電池パネルの発電抑制技術の開発を行った。

太陽電池パネルに使用される数種類の樹脂素材を加熱や燃焼させると、可燃性のある酢酸や灯油やガソリンなどの成分である炭化水素などのほかに、フッ化水素などが検出された。フッ化水素は少量でも有害であるため、消防活動時には注意を要することを明らかにした。

消防隊員が消防活動中に感電することや、放電や漏電により再出火することの危険性を排除するために、太陽電池パネルの表面に遮光剤を噴射し定着させて発電を抑制する装置を試作した。消防本部の意見も取り入れ、片手操作ができるノズルであること、遮光剤がパネル表面を流れ落ちないこと、遮光剤タンクを地上置きにしてホースを延長する方式で放射できること等の仕様を実現した（第6-4図）。

太陽光発電システムの安全性を高める活動として、太陽光発電の直流電気安全基準策定委員会に参加し、「太陽光発電火災発生時の消防活動に関する技術情報」と「太陽光発電の直流電気安全のための手引きと技術情報」を策定した。

(イ) サブテーマ「火災の実態把握と課題抽出」では、社会情勢の変化に留意しつつ分析を行い、住宅火災が減少する中で10棟程度が焼損する小規模

第6-4図

試作した遮光剤噴射（背負い式）で遮光剤を噴射している状況



な延焼火災の割合が増加していることが判明した。特に、防火地域に指定された密集市街地において、木造住宅から出火した火災による延焼規模が大きくなる傾向があった。2例の小規模延焼火災の現地調査を行ったところ、いずれも火元は木造住宅で高齢者の一人暮らし世帯であり、密集地域のため消防活動も困難であった。今後、超高齢化社会を在宅介護などで地域で支えていくに当たり、地域が引きうける火災リスクについても考慮する必要性を指摘した。

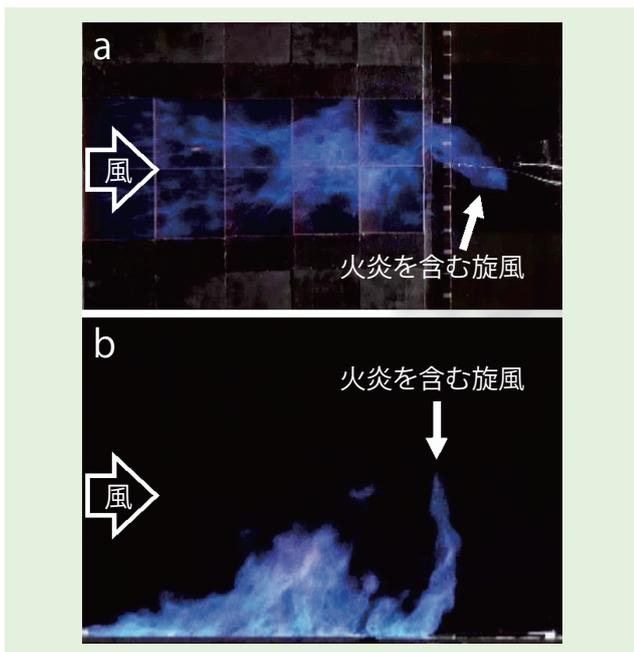
(ウ) サブテーマ「火災の促進要因と燃焼性状の実験と数値計算による分析」

a 「火災に伴って発生する旋風の発生メカニズム・発生条件の解明」では、有風下で風に対する火源の向きが火源風下に発生する旋風のふるまいに与える影響を調べるために、平成26年度まで室内実験を

行ったが、平成27年度は引き続きその解析を行った。その結果、燃焼容器の長辺が風と平行な場合、火源内の風下部に火炎を含む旋風が発生するが(第6-5図)、燃焼容器の長辺が風と直交した場合は発生しないことが分かり、その原因について考察した。また、木造密集市街地を模擬した小型の木造住宅19棟を用いた野外実験において、火災旋風の観測を試み、火災周辺気流などの測定も行った。その結果、小規模な火災旋風、上昇気流の大規模な旋回を観察し、火災旋風、旋回気流発生時の気象状況や発生した旋風の速度を求めることができた。

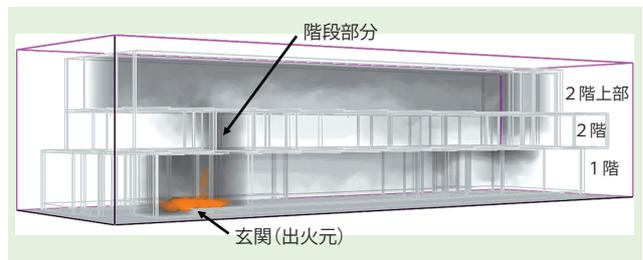
b 「コンピュータシミュレーションによる火災再現技術の研究開発」では、火災シミュレータを高速に計算処理するために、コンピュータ内のメモリを効率的に使用するプログラムを作成し、処理速度が向上することを確認した。また、平成27年5月に発生した川崎市簡易宿泊所火災の原因調査において、火災シミュレータを活用し、建物玄関から出火することで建物内に拡散していく煙の様子を再現し(第6-6図)、各室の避難経路となる廊下について濃煙熱気により避難限界となる時間が30秒～1分程

第6-5図 火源内の風下部に発生した火炎を含む旋風
a: 上方から撮影。b: 側面から撮影。燃料はメタノール。燃料容器は151 cm×60 cm。

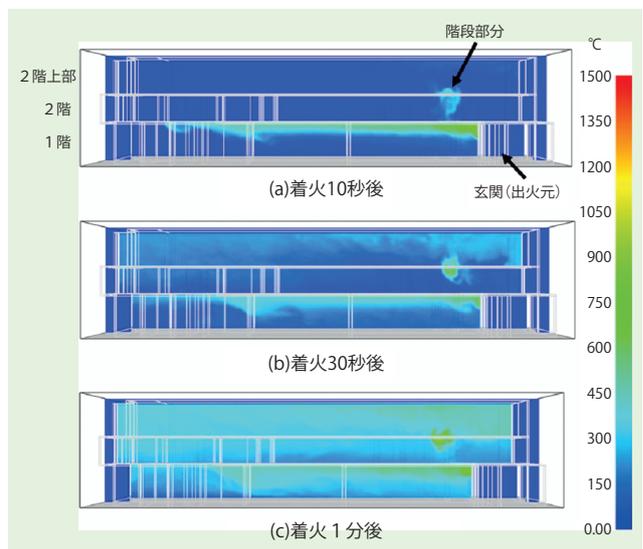


模型木造住宅(床面積3.6m×3.6m)を19棟用いた市街地火災の模擬実験

第6-6図 発災建物内に拡散していく煙の様子(着火30秒後)



第6-7図 廊下中央断面の温度分布



度と避難行動を取るには非常に短い時間であったことを確認した（第6-7図）。

（エ） サブテーマ「生活に密着した建物等での警報伝達手段に関する研究」では、木造市場を対象とした無線連動式住宅用火災警報器による地域警報ネットワーク構築のフィールド実験を継続実施した。また併せて、市場関係者の火災警報の共有等の地域ぐるみの共助体制構築に関するヒアリング調査を行い、無線通信障害による誤作動復旧の負担が大きいことから、複数店舗間での火災警報共有には通信障害の防止策が必要であることや、モデル実験での住警器と消火装置の設置や自店舗での火災対策実施による安心感の向上と過去の市場火災の記憶の希薄化などによる防火意識の変化が見られたことから、防火に対する油断が生じないための工夫が必要である等の知見が得られた。また、新潟県燕市で発

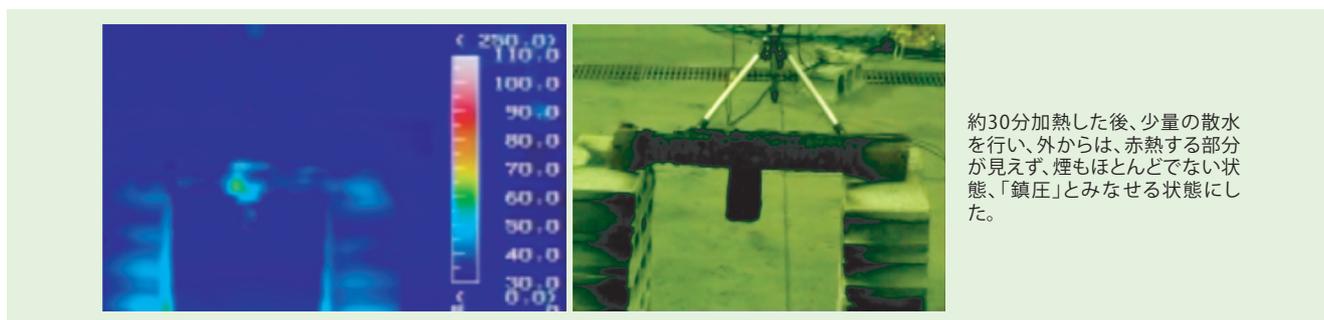
生した木密地域火災（平成27年10月）の調査を行い住警器による地域警報ネットワーク普及に資する検討資料の収集を行った。

（オ） サブテーマ「熱画像を活用した再燃火災の発生防止に関する研究」では、再燃着火の危険性が高い、天井裏の木製部材の接合部（木組み）が長時間燃焼した想定での実験を行った。木組みを木材クリブによる裸火で下方から加熱しながら、熱画像カメラ、通常のビデオカメラ、通常のデジタルカメラで観察した（第6-8図）。加熱後、少量の散水を行い、外からは、赤熱する部分が見えず、煙もほとんどでない状態、「鎮圧」とみなせる状態にした（第6-9図）。時間が経過すると、接合部付近から白煙が出始め、その後、接合部から火炎が出るのが見え、再着火した（第6-10図）。外見では残火が見えなくても、熱画像カメラでは、高温の部分を見つけることができ

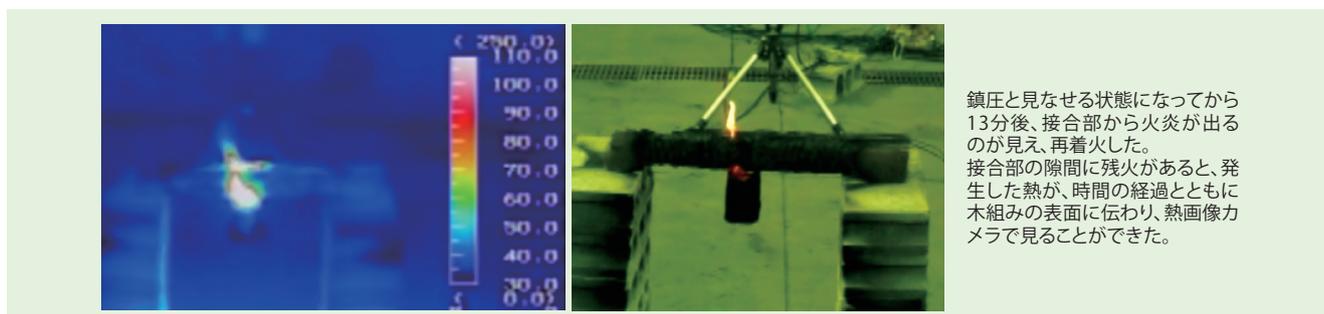
第6-8図 実験の様子



第6-9図 「鎮圧」と見なせる状態を実験的につくった様子



第6-10図 再着火の様子



た。これまでの実験結果等をまとめ、「赤外線カメラの活用による再燃火災防止のためのガイドライン」を作成した。

(5) 消防ロボットシステムの研究開発

ア 背景・目的

東日本大震災において、千葉県市原市の石油化学コンビナートで大規模な爆発が発生した。平成24年9月には、兵庫県姫路市において石油化学プラント爆発火災事故が発生し、消防職員1人が殉職し、消防職員を含む36人が負傷した。このように、石油化学コンビナートにおける大規模・特殊な災害時には、消防隊員が災害現場で活動することは危険と隣り合わせで、極めて困難である。しかしながら、災害の拡大を抑制できないと、危険な領域が拡大し、近隣地域へ影響を及ぼす。さらには、石油化学プラントは社会的基盤として重要な施設であるので、災害発生後の復旧の遅れにより、石油化学製品の供給が滞り、市民生活に影響を及ぼすことにもなる。

危険な災害において消防活動を行う手段として、ロボットの利用が考えられる。これまでに研究開発されてきた消防ロボットは、遠隔操縦により稼働し、また、1台で完結しているタイプであった。遠隔操縦によってロボットを稼働させるには、操縦者とロボット間の距離に限度があり、危険な災害においては安全な距離の確保が難しいという問題があった。また、大規模な災害では状況の把握と対応を1台のロボットで対応することは難しかった。

そこで消防庁では、このような災害においても、自律技術により安全な場所からロボットを稼働させることができ、また、複数のロボットが協調連携し

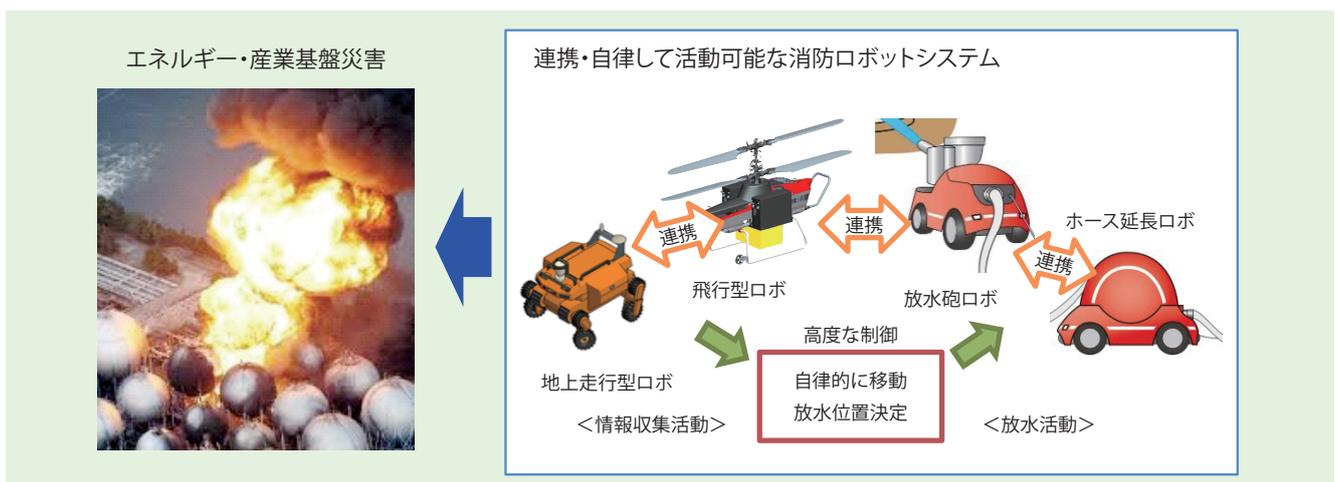
大規模災害にも効率的に対応できる消防ロボットシステムを、ドラゴンハイパー・コマンドユニットの資機材として研究開発を進めてきている。

イ 消防ロボットシステムの概要と想定事案

研究開発している消防ロボットシステムの活動イメージが第6-11図である。消防ロボットシステムは、飛行型偵察、走行型偵察、放水砲及びホース延長の計4機のロボットと、指令装置で構成されている。また、コンテナにそれら全てのシステムを収容し搬送する。まず、飛行型偵察ロボットと走行型偵察ロボットが自律的に飛行あるいは走行し、上空及び地上から偵察、放水監視等の情報収集を行う。偵察ロボットからの情報を基に、放水砲ロボット及びホース延長ロボットが連携し、自律的に走行し、放水を行う。放水砲ロボットには、放水及び泡放射するノズルを備え、1分間に4,000リットルの容量を圧力1.0MPaで放射する。災害現場でロボットを稼働させるため、予想できない状況や判断が難しい局面もあると考えられる。そこで、活動の各段階において指令装置から消防隊員に判断を求める。消防隊員は指令装置を介してロボットに指令を送る。なお、全てのロボットは電動としている。偵察ロボットは稼働時間中にバッテリーの交換を行い、ロボットシステム全体として10時間以上の連続稼働を目標としている。

想定している事案は、延焼拡大防止のための冷却、発災施設の倒壊防止のための冷却及び一定規模の石油タンク等の火災の抑制・消火活動とした。冷却活動を行う際には、非常に高い放射熱環境下で安定して動作できる必要がある。火炎に最も近接する放水

第6-11図 研究開発する消防ロボットシステムの活動イメージ



砲口ロボットをはじめ各ロボットは、現時点で国内において想定できる最大の火災に対応できる耐熱性能を有している。

ウ 研究開発の状況

研究開発を平成26年度に開始し、5年計画で進めてきている。まず、平成26年度に設計を行った。

平成27年度には、設計した機構などを部分的に試作し、その性能を検証するとともに、設計を修正した。飛行型偵察ロボットは、研究開発の仕様において風速12mの定常風下で運用可能と指定しており、第6-12図が、その性能検証実験の様子である。実験の結果、飛行制御可能であることが確認された。部分試作した走行型偵察ロボットの走行機構の性能確認試験の様子が第6-13図である。走行型偵察ロボットは走行する路面の状況を探査するためのものであり、路面の状況に応じて車輪及び履帯の2つの走行モードで移動できる。第6-13図は走行型偵察ロボットが車輪走行モードの状態を示している。この部分試作を利用して性能を確認し、平成28年度の単体ロボットの試作への改良等への基礎データを得た。第6-14図は、部分試作した放水砲ロボットの走行機構である。配備後の維持管理をより容易にする

第6-12図 飛行型ロボットの強風検証実験



第6-13図 走行型ロボットの走行機構



ために、放水砲ロボット及びホース延長ロボットは同一の走行機構を採用した。放水砲ロボットのノズルについては、泡放射の放射距離を考慮し「セミアスピレート方式」を採用し、企業との共同研究にて、新たに開発を行った。また、小型ノズル（1,500リットル毎分、1.0MPa）を試作し、性能検証実験にてその有効性を確認した。第6-15図はホース延長ロボットのホース繰り出し機構の性能検証実験の状況である。検証実験の結果から、最小回転半径5.0mでの繰り出しが可能と確認できた。また、高放射熱環境下でホースを延長するため、耐放射熱性能の高いホースが必要となり、新たに開発した。自律走行技術の研究開発については、実現可能性を検証するために屋外で自律走行実験を行い、基礎的な技術を確立した。

第6-14図 放水砲ロボットの走行機構



第6-15図 ホース繰り出し機構検証実験



エ 今後の研究開発計画

平成28年度は、消防ロボットシステムを構成する各単体ロボットの試作を進めている。高度な機能は備えてないものの、遠隔操縦等で動作させ、その機能を検証する。単体ロボットの遠隔操縦で十分対応可能な災害現場であれば、この試作機を運用可能なレベルで完成させることとしている。さらに平成29年度には、単体試作機での評価結果、「自律」及び「協調連携」という高度なロボット技術を導入した実戦配備型の開発を開始し、平成30年度に完成させる計画である。

2. 平成28年度より実施する研究開発

消防研究センターでは、平成28年度からの5年間を一つの研究期間として、次に掲げる四つの課題について研究開発を行うこととしている。これらの研究内容には、急速に進む高齢化や、南海トラフ巨大地震・首都直下地震などの巨大地震の発生等が危惧されていることを踏まえ、火災や爆発などによる災害の防止と、それらに対応する消防の対応能力向上により、火災等の災害からの住民の安全を確保することを目的に、消防本部などの意見やニーズを検討し、消防研究センターの研究計画においてカバーすべき研究課題が盛り込まれている。

(1) 次世代救急車の研究開発

ビッグデータ、G空間情報等の最新技術を救急車や指令運用システムに活用し、現場到着時間・病院収容時間の延伸防止や救急車の交通事故防止を図るため、次の研究開発を行っている。

ア 救急車運用最適化

近年、救急車の現場到着時間・病院収容時間が延伸している。この延伸防止のため、救急車の需要分析（通常時、災害時）、最適ルート分析、傷病者情報分析等により救急車の運用体制を最適化するソフトの開発を目的としている（第6-16図）。また、ITS(Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム)の技術などを用いて、走行時間短縮の技術開発を行っている。

イ 乗員の安全防護

救急車の交通事故が例年発生しており、これを

第6-16図 運用最適化ソフトのイメージ



効果的に防ぐ手立てが必要である。また、万一の衝突時も傷病者等を安全に防護することが必要である。そこで、救急車の走行情報（車車間通信など）を用いた事故防止技術の開発、及び衝突時の安全防護に必要な構造・強度等の安全仕様を作成することを目的としている。

(2) 災害時の消防力・消防活動能力向上に係る研究開発

南海トラフ巨大地震・首都直下地震や台風・ゲリラ豪雨等の災害時における、大規模延焼火災や土砂崩壊等への効果的な消防活動を行うため、次の三つのサブテーマを設け研究開発を行っている。

ア サブテーマ「大規模延焼火災対応」

南海トラフ巨大地震や首都直下地震の事前の被害想定や発生時の活動計画策定に資するため、消防用大規模市街地火災延焼シミュレーションの改良および火災旋風・飛び火に関する研究を行っている。現状のシミュレーションでは火災の拡大に影響を与える土地の傾斜が考慮されておらず、傾斜地を多く有する地域では精度が低いため、これを解決するための改良を行っている（第6-17図）。火災旋風・飛火は大規模火災時の被害拡大要因であるが、いまだ未解明な点があるため、これらを明らかにするための研究を行っている。火災旋風・飛火の出現を左右する火災周辺気流の速度場の計測精度向上に関する研究も行っている。

イ サブテーマ「災害現場対応の消防車両」

地震や津波によるがれきにより消防車両のタイヤがパンクし、消防活動に支障があることが想定

第6-17図 シミュレーション画面



される。そこで、一般の消防車両用の耐パンク性タイヤの研究開発を行うことを目的としている。この研究成果は、災害現場対応の消防車両開発に活用する予定である。



道路上のがれき

ウ サブテーマ「土砂災害対応」

平成26年広島土砂災害、平成28年熊本地震等では、要救助者の位置推定、がれきの取除きに伴う二次崩落のおそれ等から救助に時間を要した。そこで、ドローンなど上空からの画像情報を活用した要救助者の位置推定技術の開発や、救助現場での安全ながれき取除き手法の開発を目的としている。これにより、要救助者の位置の迅速な絞り込みや、救助活動に伴う二次災害の防止を行うことが可能になる。



土砂災害救助活動

(3) 危険物施設の安全性向上に関する研究開発

本研究課題では、南海トラフ巨大地震、首都直下地震等の大地震が切迫している中で、東日本大震災の経験から、地震発生後の早期復旧・復興の実現において、石油タンクなどエネルギー産業施設の強靱化による被害の未然防止、火災等災害発生時の早期鎮圧と徹底した拡大抑止が極めて重要視されていること、火災危険性に関して知見が少ない物質や一旦火災が発生すると消火が困難な物質が普及し、石油コンビナート地域等の危険物施設における火災・爆発事故の発生が後を絶たないなど化学物質に関する防火安全上の課題が生じていることを踏まえ、危険物施設の安全性の向上を目指して、次の三つのサブテーマを設けて研究開発を行っている。

ア サブテーマ「石油タンクの入力地震動と地震被害予測の高精度化のための研究」

南海トラフ巨大地震や首都直下地震の発生時には、石油コンビナート地域をはじめとする大型石油タンク立地地点も、極めて大きな短周期地震動及び長周期地震動に見舞われるおそれがあることが予測されており、これらの大きな揺れによる石油タンクへの影響が懸念される。

一方、東日本大震災等過去の地震時の事例は、石油タンクに対する実効性のある地震被害予防・軽減対策や災害拡大防止のための地震時応急対応の基礎となる石油タンクの地震時の被害予測が、現状では十分な精度でできないことを示唆している。

本研究では、石油タンク地震時被害予測の高精度化を目指して、[1] 石油タンク被害発生条件と相関の高い短周期地震動の性状を探求するとともに、

[2] 石油コンビナート地域の長周期地震動特性のピンポイント把握のための実務的手法を開発し、長周期地震動の短距離空間較差をもたらす地下構造中の支配的要因を解明することを目的としている。

イ サブテーマ「泡消火技術の高度化に関する研究」

石油タンク火災や流出油火災時の消火対応としては、泡消火が最も有効であるが、その泡消火過程は、燃料の種類、泡の投入方法、泡消火薬剤の種類、泡性状が関与する極めて複合的な現象であるため、泡消火性能の定量的な評価は、極めて難しく、大規模石油タンク火災等に対する詳細な消火戦術や、より効率的な泡消火技術の開発まで至っていないのが現状である。また、国際的動向により、泡消火時の環境負荷低減も考慮しなければならず、早期火災鎮圧および環境負荷が低いフッ素フリー泡消火薬剤における適切な使用方法等の課題が残されている。

本研究では、これまで検討を続けてきた、フッ素含有およびフッ素フリー泡消火薬剤の泡性状に対する消火効率の検討に加え、石油タンク内の油種の違いや泡の投入方法、また石油タンク火災規模に対する、各消火効率の検討も併せて行い、フッ素フリー泡消火薬剤代替時の泡供給率を定量的に示すことを目的としている。

ウ サブテーマ「化学物質の火災危険性を適正に把握するための研究」

化学物質の火災を予防するためには、多岐に及ぶ化学物質の火災危険性を適正に把握し、火災予防・被害軽減対策を立案しておくことが重要である。しかしながら、消防法等を含む従来の火災危険性評価方法では、加熱分解、燃焼性、蓄熱発火及び混合等に対する危険性評価が困難で不十分な場合がある。

本研究では、化学物質および化学反応について、現在把握できていない火災危険性を明らかにするために、適正な火災危険性評価方法を研究開発することを目的とする。熱量計等を用いて得られる温度及び圧力等を指標として、分解、混合及び蓄熱発火危険性を定量的に評価する方法を検討し、開発する。また、燃焼速度、燃焼熱及び発熱速度等を指標とした燃焼危険性を評価する方法を研究開発する。

(4) 火災予防と火災による被害の軽減に係る研究開発

我が国における火災件数は年間5万件前後で推移し、死者数は年間1,500人を超える被害となっている。火災による被害の軽減のためには、建物からの出火防止や出火建物からの逃げ遅れの対策、特に自力避難困難者の出火建物からの迅速な避難が重要である。これらのことを踏まえ、次の二つのサブテーマを設け、5年間の計画で研究開発を行っている。

ア サブテーマ「火災原因調査の能力向上に資する研究」

効果的に火災を予防するためには、消防機関が火災原因を調査し、その結果を予防対策に反映していくことが必要である。しかしながら、火災現場では経験的な調査要領に基づくことが多く、静電気着火や爆発、化学分析等のように専門的な知見や分析方法を必要とする分野では、消防機関が利用可能な技術マニュアルの整備がなされていない。このことから、有効な火災予防対策が行えるよう、[1]着火性を有する静電気放電の特性の把握、[2]不良部品、不適切な取り扱いによる電気火災発生危険性の分析、[3]火災現場での試料の採取・保管方法及びデータ解析手法に関する指針の作成、[4] 煤の壁面付着状況の観察に基づく煙の動きの推定、[5] 火災現場における爆発発生の判断指針に関する技術マニュアルを作成することを目的とした火災原因調査能力の向上に関する研究開発を行っている。

イ サブテーマ「火災時における自力避難困難者の安全確保に関する研究」

火災における人的被害を軽減するためには、火災が発生した建物からの迅速な避難が必要であり、特に、自力避難困難者が在館するグループホームなどの施設においては、建物個々の構造や設備、在館者の状態に応じ、きめ細かく避難対策を講じていくことが重要である。これら施設における自力避難困難者の安全確保のために、火災時避難計画の策定に資する避難方法の分析や避難介助行動、避難を補助する機器の開発を目的とした研究開発を行っている。

3. 火災原因調査等及び災害・事故への対応

(1) 火災原因調査及び危険物流出等の事故原因調査等

ア 火災原因調査及び危険物流出等の事故原因調査等の実施

消防防災の科学技術に関する専門的知見及び試験研究施設を有する消防研究センターは、消防庁長官の火災原因調査及び危険物流出等の事故原因調査（消防法第35条の3の2及び第16条の3の2）を実施することとされており、大規模あるいは特異な火災・危険物流出等の事故を中心に、全国各地においてその原因調査を実施している。また、消防本部への技術支援として、原因究明のための鑑識^{*1}、鑑定^{*2}、現地調査を消防本部の依頼を受け共同で実施している。

平成26年度から平成28年度^{*3}に実施した火災原因調査等は第6-3表のとおりである。また、平成27年度に行った鑑識は82件、鑑定は65件である。

主な原因調査は次のとおりである。

平成26年5月に兵庫県の姫路市沖で発生した船舶火災（死者1名、負傷者4名）においては、消防本部からの要請を受けて、現場調査の技術的支援を行った。

平成26年9月に愛知県内の製鐵所で発生した石炭塔の爆発火災（負傷者15名）においては、消防庁長官の自らの判断による火災原因調査を行った。

平成27年5月に神奈川県内の簡易宿泊所で発生した火災（死者11名、負傷者17名）においては、消防庁長官の自らの判断による火災原因調査を行った。

平成27年10月に広島県内の飲食店で発生した火災（死者3名、負傷者3名）においては、消防庁長官の自らの判断による火災原因調査を行った。

平成28年4月に秋田県内の合板製造工場で出火し、工場約18,000m²を焼損した火災に関して、現地消防本部の依頼により、火災原因調査を行った。

平成28年5月に三重県内の伊勢志摩サミット開催地域に入るためのチェックポイントにおいて、手荷物検査のためのX線検査装置から発生した火災では、現地消防本部の鑑識支援の依頼を受け、サミット期間内であるため即時調査官を派遣し、焼損物件の鑑識作業を実施した。

平成28年6月に神奈川県内の原油を貯蔵している49,000kL屋外タンク浮き屋根上部で出火したものの。出火当時は定期点検作業中であり、現地消防本部の依頼により出火原因についての調査を行った。

第6-3表

火災原因調査及び危険物流出等の事故原因調査の現地調査実施事案一覧（平成27年度及び平成28年度^{*3}調査実施分）

No.	調査区分	出火日 (発災日)	場 所	施設名称等	概 要	現地 出向者数
1	依頼調査	H26. 5.29	兵庫県姫路市	船舶火災	原油タンクの錆落とし作業中に発生した火災で、死者1名、負傷者4名が発生した。	17人
2	長官調査 (主体調査)	H26. 9. 3	愛知県東海市	新日鐵住金(株) 名古屋製鐵所火災	石炭塔内に石炭を貯蔵していた炭槽において黒煙が発生し、その後爆発し、多数の負傷者が発生した。負傷者15名。	23人
3	長官調査 (主体調査)	H27. 5.17	神奈川県川崎市	簡易宿泊所火災	木造の簡易宿泊所2棟が全焼し、死者11名、負傷者17名が発生した。	23人
4	長官調査 (主体調査)	H27.10. 8	広島県広島市	飲食店火災	木造2階建ての飲食店が全焼し、死者3名、負傷者3名が発生した。	11人
5	依頼調査	H28. 4. 5	秋田県秋田市	工場火災	合板製造工場において、製品乾燥装置から出火し、工場18,000m ² が焼損した。	4人
6	依頼調査	H28. 5.25	三重県伊勢市	X線検査装置火災	伊勢志摩サミットの手荷物検査を実施しているX線検査装置から発生した。	4人
7	依頼調査	H28. 6.24	神奈川県横浜市	屋外貯蔵タンク火災	49,000kLの屋外タンク定期点検中に、何らかの原因により、タンク浮き屋根上で着火し火災となった。	6人

(備考) 長官調査(主体調査)：消防庁長官の主体的判断による調査
 長官調査(要請調査)：消防本部等から消防庁長官への要請に基づく調査
 依頼調査：消防本部等から消防研究センター所長への依頼に基づく調査
 自主調査：消防研究センターの自主的調査

* 1 鑑識：火災の原因判定のため具体的な事実関係を明らかにすること
 * 2 鑑定：科学的手法により、必要な試験及び実験を行い、火災の原因判定のための資料を得ること
 * 3 平成28年度分は、平成28年10月13日現在

イ 火災原因調査及び危険物流出等の事故原因調査の高度化に向けた取組

近年の火災・爆発事故は、グループホームや個室ビデオ店のような新しい使用形態の施設での火災やごみをリサイクルして燃料を製造する施設での火災、あるいは、機器の洗浄を行うなどの非定常作業時の火災、燃焼機器、自動車などの製品の火災など、複雑・多様化している。また、石油類等を貯蔵し、取り扱う危険物施設での危険物流出等の事故や火災発生件数は増加傾向にあり、危険物施設の安全対策上問題となっている。

このような火災・事故を詳細に調査し、原因を究明することは、火災・事故の予防対策を考える上で必要不可欠であり、そのためには、調査用資機材の高度化や科学技術の高度利用が必要である。

このため消防研究センターでは、走査型電子顕微鏡、デジタルマイクロスコップ、X線透過装置、ガスクロマトグラフ質量分析計、フーリエ変換型赤外分光光度計、X線回折装置などの調査用の分析機器をはじめとして、研究用の分析機器も含めて、観察する試料や状況に応じて使用する機器を選択し、火災や危険物流出等事故の原因調査を行っている。さらに、従来の研究や、調査から得られた知見を取り入れ、更なる原因調査の高度化に向けた取り組みを行っている。

また、消防法改正により、平成25年4月から、消防本部は火災の原因調査のため火災の原因であると疑われる製品の製造業者等に対して資料提出等を命ずることができることとなった。消防本部の依頼を受け消防研究センターで実施する鑑識・鑑定では、電気用品、燃焼機器、自動車などの製品に関するものが増えており、これらの火災原因調査に関する消防本部からの問い合わせにも随時対応しており、消防本部の火災原因調査の支援のため、設備や体制の整備を図っていくこととしている。消防研究センターでは、高度な分析機器を積載した機動鑑識車を整備しており、火災や危険物流出等事故の現場で迅速に高度な調査活動が行えるようにするとともに、鑑識・鑑定の支援においても活用している。

(2) 災害・事故への対応

消防研究センターでは、火災原因調査及び危険物流出等の事故原因調査に加え、災害・事故における消防活動において専門的知識が必要となった場合に

は、職員を現地に派遣し、必要に応じて助言を行うなど消防活動に対する技術的支援も行っている。また、消防防災の施策や研究開発の実施・推進にとって重要な災害・事故が発生した際にも、現地に職員を派遣するなどして、被害調査や情報収集などを行っている。

災害・事故における消防活動に対する技術的支援としては、平成28年4月に熊本地震による土砂災害において、職員を現地に派遣し、上空からの斜面の状況を確認するなどして消防隊員の活動時の安全確認に関する技術的助言を行った。

研究開発に係る災害・事故の調査としては、東日本大震災に関して、平成26年度においても継続的に現地調査を行っている。

4. 研究成果をより広く役立てるために

消防研究センターでは、研究開発によって得られた成果を、全国の消防職団員をはじめとする消防関係者はもとより、より広く利活用されるよう次の活動を行っている。

(1) 一般公開

毎年4月の「科学技術週間」にあわせて、消防研究センターの一般公開を実施している。平成28年度は4月22日に実施した。

一般公開では、実験施設等の公開、展示や実演による消防研究センターにおける研究開発等の紹介を行っている。平成28年度は、東日本大震災の課題を踏まえて取り組んでいる研究開発をはじめ、合計15（実演6、展示9）の公開項目を設けた。

(2) 全国消防技術者会議

全国の消防の技術者が消防防災の科学技術に関する調査研究、技術開発等の成果を発表するとともに、参加する他の発表者や聴講者と討論を行う場として昭和28年（1953年）から「全国消防技術者会議」を毎年開催している。63回目となる平成27年度の会議は、11月25日及び26日の2日間、都内で開催した。

会議では、1日目に特別講演と「消防防災研究講演会」を、2日目に研究発表会を開催する構成とし併せて「平成27年度消防防災科学技術賞」の表彰式及び受賞作品の発表を行った。

（3）消防防災研究講演会

消防研究センターの研究成果の発表及び消防関係者や消防防災分野の技術者や研究者との意見交換を行うため、平成9年度（1997年度）から「消防防災研究講演会」を開催している。この講演会では毎年特定のテーマを設けており、19回目となる平成27年度の講演会は「木造密集地域での火災と安全への備え」をテーマとして、平成27年11月25日に全国消防技術者会議の中で開催した。

（4）調査技術会議

消防研究センターでは、消防本部が行った火災及び危険物流出等事故に関する事故事例や最新の調査技術を互いに発表する「調査技術会議」を開催している。この会議は、調査技術や行政反映方策に関する情報を共有して消防本部の火災調査及び危険物流出等事故調査に関する実務能力を全国的に向上させることを目的としており、会議で発表された調査事例は、年度末に取りまとめて消防本部に配付し、情報共有を図っている。この会議は、年間5回程度開催している。平成27年度は、東京、札幌、名古屋、仙台、大阪、熊本の6都市で開催し、火災事例発表が計36件、危険物流出等事故事例発表が計6件行われた。

（5）消防防災科学技術賞（消防防災機器等の開発・改良、消防防災科学論文及び原因調査事例報告に関する表彰）

消防防災科学技術の高度化と消防防災活動の活性化に寄与することを目的として、消防職団員や一般の方による消防防災機器等の開発・改良及び消防防災に関する研究成果のうち特に優れたものを消防庁長官が表彰する制度を平成9年度（1997年度）から実施している。平成21年度から、従来の募集に加えて、優秀な原因調査事例についても表彰の対象として募集を行っている。また、平成26年度から制度名が、「消防防災機器等の開発・改良、消防防災科学論文及び原因調査事例報告に関する表彰」から「消防防災科学技術賞」へ変更された。

平成27年度は93作品の応募があり、選考委員会による選考の結果、24の受賞作品（優秀賞21編、奨励賞3編）が決定され、11月25日の全国消防技術者会議の中で、表彰式及び受賞者による受賞作品の発表が行われた。

（6）施設見学

消防研究センターでは、消防職団員や市町村の防災担当者に限らず、小中高の児童・生徒や大学生、自治会・防火協議会などの構成員など、多くの方に実験施設や研究成果を見学してもらっている。平成27年度は合計で64件1,777名の見学があった。

【 競争的資金における研究開発等 】

消防庁では、平成15年度に「消防防災科学技術研究推進制度」（競争的資金制度）を創設して以来、研究成果の実用化を進めるため制度の充実を図ってきた。平成18年度からは、PD（プログラムディレクター）、PO（プログラムオフィサー）を選任し、類似の研究開発の有無等を含め、研究内容についての審査を行うなど、実施体制を充実・強化するように努めてきた。公募に係る研究課題は、当初、消防防災全般としていたが、「テーマ設定型研究開発」枠の設定（平成18年度）、「現場ニーズ対応型研究開発」枠の設定（平成19年度）、消防機関等に所属する者の研究グループへの参画義務化など、より実用化に結びつく研究が実施されるよう、公募方針を随時見直している。さらに、平成26年度からは「科学技術イノベーション総合戦略」等の政府戦略を踏まえた重点研究開発目標を達成するための研究開発を募集する「重要研究開発プログラム」を設定するなど、一層の実用化に向けて本制度の充実を図っている。また、これらの研究の成果について、消防防災科学技術研究開発事例集による成果報告やフォローアップの実施など、本制度により進められた研究開発がより有効に活用されるよう努めている。平成28年度の新規研究課題については、外部の学識経験者等からなる「消防防災科学技術研究推進評価会」の審議結果に基づき、政府方針や消防防災行政における重要施策等を踏まえ、9件を採択した。また、平成26年度、平成27年度からの継続課題についても上記評価会の評価審議結果に基づき7件採択している（第6-4表、第6-5表）。本制度では、これまでに117件の研究課題が終了し、数々の研究成果が得られている。特にこれまで3件の研究課題が産学官連携推進会議において産学官連携功労者表彰（総務大臣賞）を受賞しており、また、成果の製品化や施策への反映などの活用が行われている。

第6-4表 採択研究テーマ名一覧

(平成28年度)

平成28年度採択の新規研究課題（9件）
・ 運搬・消火支援を行う自律消防ロボットの開発
・ 大規模林野火災におけるドローンとリアルタイムGIS活用による対応の効率化と安全性向上
・ ファーストエイドの標準教育プログラムと、大規模イベントでの応急救護体制確保の指針の研究開発
・ 地域包括ケアシステムにおける高齢者救急搬送の適正化及びDNAR対応に関する研究
・ 車椅子用避難器具の研究開発
・ 地域多機関連携を基盤とする放射線災害現場対応研修・訓練手法の開発
・ リアルタイム火災延焼動態システム構築に資するシミュレーション基盤に関する研究開発
・ 感温性自己発泡型無機素材を利用した新規消火剤の研究開発
・ ヘリコプター映像活用支援システム
平成27年度採択の継続研究課題（4件）
・ 航空消火に効果的かつ安全な再燃防止薬剤の高精度投下システムを実運用するための研究開発
・ 緊急度判定体系の市民への普及・利用促進ツールの開発
・ クラウド型救急医療連携システムの研究
・ 大規模災害発生時における隊員の活動食と補給食の実用化に向けた検証
平成26年度採択の継続研究課題（3件）
・ 市街地における大規模人間行動シミュレーションによる災害時に発生し得る極端現象の解明とその対処の検証
・ 小規模な社会福祉施設等に適した簡易な自動消火設備の研究開発
・ AE法による保温材撤去不要の供用中配管CUI検査・評価技術開発

第6-5表 応募件数、採択件数等の推移

(各年度)

年 度	応募件数	採択件数	継続件数	予 算
平成15年度	131件	16件	—	2.0億円
平成16年度	64件	12件	12件	3.0億円
平成17年度	75件	11件	18件	3.7億円
平成18年度	47件	9件	15件	3.5億円
平成19年度	38件	9件	17件	3.1億円
平成20年度	44件	13件	13件	2.9億円
平成21年度	65件	12件	13件	2.8億円
平成22年度	47件	9件	19件	2.5億円
平成23年度	45件	6件	10件	1.6億円
平成24年度	33件	12件	7件	2.1億円
平成25年度	28件	5件	13件	1.8億円
平成26年度	26件	4件	10件	1.5億円
平成27年度	22件	6件	6件	1.4億円
平成28年度	29件	9件	7件	1.3億円

(備考) 消防庁まとめにより作成

消防機関の研究等

消防機関の研究部門等においては、消防防災の科学技術に関する研究開発として主に消防防災資機材等の開発・改良、消防隊員の安全対策に関する研究、救急及び救助の研究、火災性状に関する研究など、災害現場に密着した技術開発や応用研究を行うとともに、火災原因調査に係る原因究明のための研究(調査、分析、試験等)、危険物に関する研究が行われている。消防機関の研究部門等は個々に研究を行うだけでなく、東京消防庁をはじめ、札幌市消防局、川崎市消防局、横浜市消防局、名古屋市消防局、京

第6-6表 消防機関の研究部門等の概要

(平成27年度)

消防本部名	定員（人）	主な試験研究（備考1）
札幌市消防局	4	②④⑤
東京消防庁	43	①②④⑤⑦
川崎市消防局	3	(備考) 2
横浜市消防局	5	①④⑦
名古屋市消防局	6	①⑤⑥
京都市消防局	5	①③⑤
大阪市消防局	10	①③⑤
神戸市消防局	3	⑤⑧
北九州市消防局	3	①

- (備考) 1 ①一般の火災研究
 ②救急及び救助の研究
 ③危険物に関する研究
 ④消防防災資機材等の開発研究
 ⑤火災原因究明及び鑑識等の調査研究
 ⑥普及啓発手法に関する研究開発
 ⑦消防隊員の安全対策に関する研究開発
 ⑧消防部隊活動等に関する研究
 2 平成27年度の研究実績なし

都市消防局、大阪市消防局、神戸市消防局及び北九州市消防局の9消防機関においては、毎年度「大都市消防防災研究機関連絡会議」を開催するなど、消防防災科学技術についての情報交換・意見交換等を行っている（これらの研究部門等の概要は、第6-6表のとおり）。

【 消防防災科学技術の研究の課題 】

消防庁における当面の重点研究開発目標を踏まえ、消防防災科学技術の研究開発について、着実に成果を達成するとともに、研究開発の成果について、技術基準等の整備や消防車両・資機材の改良等、消防防災の現場へ適時的確に反映していくことが、これまで以上に求められる。

消防防災科学技術の研究開発の推進に当たっては、消防防災科学技術の必要性の増大、対象とする災害範囲の拡大を踏まえ、消防研究センターは言うまでもなく、消防機関の研究部門の充実強化が必要である。また、関係者の連携については、関係府省、消防機関等行政間の緊密な連携はもとより、大学、研究機関、企業等との連携も更に推進していくことが必要であり、そうした連携の推進を図るためにも、消防防災科学技術研究推進制度の、より一層の充実

が必要である。

研究成果を地震・津波、火災等の災害現場における消防防災活動や防火安全対策等に利活用するためには、研究成果の公表、具体的な活用事例等に関する情報共有化のより一層の推進が必要であり、特に消防研究センターの情報発信機能を、より強化することが重要である。

火災の原因調査や危険物流出等の事故原因調査も、火災や流出事故の予防にとって重要な消防の業務である。近年、製品に関連する火災をはじめ、原因調査に高度な専門知識が必要とされる事例が増加しており、製品の火災原因調査については、平成24年6月に消防機関の調査権限の強化を図る消防法が改正されたことを踏まえ、科学技術を活用した原因調査技術の高度化を更に図っていくことが必要である。