

消防庁 消防研究センター

消防研究センター 危険性物質研究室長

岩田 雄策 Yusaku Iwata

1. はじめに

消防研究センターは東京都調布市にあり、同じキャンパスには消防大学校、日本消防検定協会および消防防災科学センターがある。消防研究センターのキャンパスには「鎌倉街道」の並木道が南北に通っている。鎌倉街道とは鎌倉幕府が開かれて以来、鎌倉と各地を結んだ中世の古道である。周辺には名刹深大寺があり、多摩川に注ぐ野川も流れていることなどから自然豊かな環境の中にある。

消防研究センターは、1948（昭和23）年に消防研究所として発足し、2001年に独立行政法人消防研究所となった。2006年に総務省消防庁消防大学校消防研究センターが設置され、現在に至っている。消防研究センターの組織図を図1に示す。センターでは火災に加えて地震、救急等を含む消防全般にわたる分野の研究を行い、行政等の要望に対応している。各研究室の主な研究は表1のとおりである。

2. 危険性物質研究室等の研究紹介

筆者の所属する危険性物質研究室は、大きく分けて次の三つの研究テーマに取り組んでいる。(1) 化学物質等の火災危険性評価に関する研究、(2) 消火技術に関する研究、(3) 火災原因調査に関する研究、である。ここで

は、危険性物質研究室で実施している研究内容および爆発に関する研究として特殊災害研究室で実施している(4) スプレー缶の内容物の爆発に関する研究を紹介する。

図1 消防研究センターの組織図

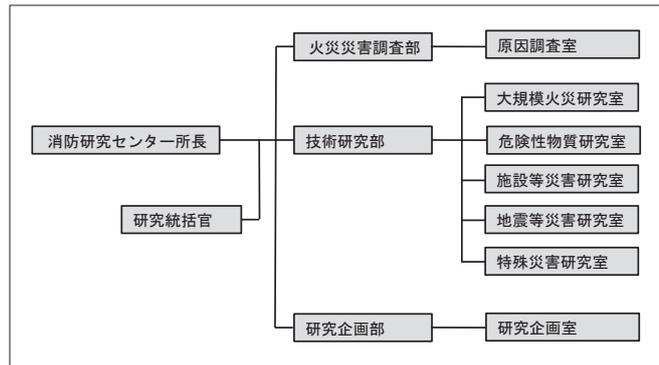


表1 消防研究センターの主な研究

研究室	主な研究
大規模火災研究室	<ul style="list-style-type: none"> 火災原因調査の高度化に関する研究 火災旋風の発生予測 超高齢・人口減少社会の火災発生予測と対策 放水や建物構造を考慮した火災シミュレーション技術 高層建築物の順次避難における避難順序算定方法
危険性物質研究室	<ul style="list-style-type: none"> 化学物質等の製造・貯蔵工程における火災危険性の評価方法の研究 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 火災原因調査の高度化に関する研究
施設等災害研究室	<ul style="list-style-type: none"> 石油タンクの地震被害予測高精度化のための研究 地下タンクの健全性診断に係る研究開発
地震等災害研究室	<ul style="list-style-type: none"> 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 消防力と消防水利の変化が延焼被害等に及ぼす影響の評価 自力避難困難者の避難に関する研究
特殊災害研究室	<ul style="list-style-type: none"> 救急搬送における感染症対応に関する研究開発 火災原因調査の高度化に関する研究 放水や建物構造を考慮した火災シミュレーション技術 火災状況に応じた消防隊の放水方法

(1) 化学物質の火災危険性評価に関する研究

化学物質の火災危険性を調べる測定機器として、表2に示す装置を組み合わせる研究を行っている。

現在、「化学物質等の製造・貯蔵工程における火災危険性の評価方法の研究」として貯蔵中の再生資源物質の自然発火危険性について研究を実施している。現状では総合的で適正な火災危険性評価手法がない木質ペレット等の再生資源物質に対して、火災を予防するために蓄熱発火危険性に関する評価手法の開発に取り組んでいるので紹介する¹⁾。

使用した熱量計のTAM (thermal activity monitor) の装置の概要を図2に、木質ペレットのTAMによる測定結果の一例を図3に示す。測定に使用した木質ペレットは実際に火災となった試料である。

図3において横軸は経過時間 (h)、縦軸は試料が発熱変化すると試料容器と標準試料容器の間に温度差が生じ、これを高感度熱流束計で検出した結果である。熱流束の単位は (mW/g) である。試料として木質ペレット 1 g に水を20%添加して用いた。周囲温度を30℃と50℃で測定を行った。TAMの測定結果によると水を添加しない木質ペレットはほとんど発熱しなかった (発熱量: 1.57~3.77 J/g)。それに対して水を含む木質ペレットは、ある一定時間を経て発熱することがわかる。これは微生物による発酵熱 (腐敗熱) である。また、発熱の最大値まで時間は30℃における時間より50℃における時間の

方が早い。50℃における発熱量は17.82 (J/g)、30℃における発熱量は16.19 (J/g) であった。既往の研究から経験的結果であるが、発熱量が10J/g以上で火災危険性が大きいことがわかっている。これより、水分を含む木質ペレットが大量に貯蔵された場合、木質ペレットは常温から微生物発酵によって発熱した後も温度上昇を続け、植物油等によって酸化発熱に移行し、自然発火に至ることが推定される。

(2) 消火技術に関する研究

石油タンク火災や流出油火災時の消火対応として、泡消火が有効であるが、その消火過程は、燃料の種類、泡消火剤の種類、泡性状 (起泡性、保水性、流動性) 等が関与する極めて複合的な現象であるため、より効率的な泡消火技術を提案するための研究を実施している²⁾。ここでは泡消火技術に関して液体燃焼中の消火剤 (泡) の挙動について実施した

図2 TAM (等温型高感度熱量計) の概要

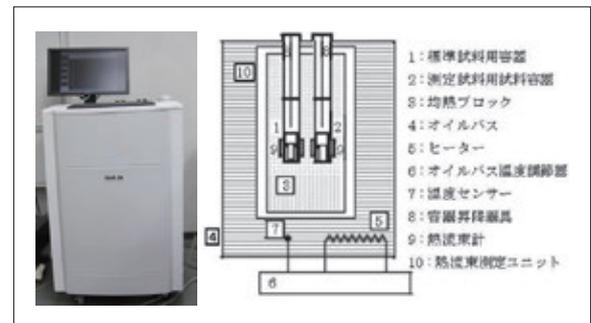


図3 TAMによる木質ペレットの測定結果

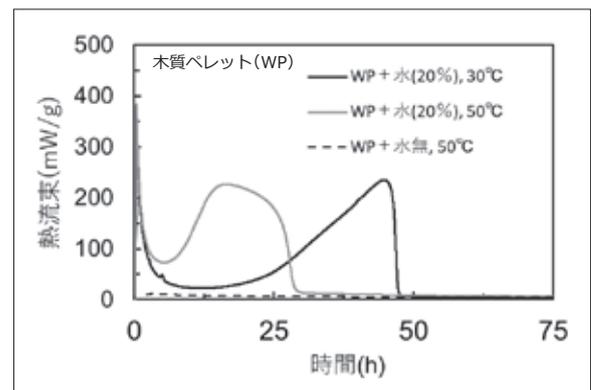


表2 化学物質の危険性評価に使用する機器

<ul style="list-style-type: none"> 熱重量 - 示差熱測定装置 (TG-DTA) 示差走査熱量計 (DSC) 圧力同時測定示差走査熱量計 (pDSC) 双子型高感度熱量計 (C80) 超高感度双子型熱量計 (MS80) 等温型高感度熱量計 (TAM) 小型反応熱量計 (CRC) 	<ul style="list-style-type: none"> 反応熱量計 自然発火測定装置 (SIT) 断熱型暴走反応熱量計 (ARC) 圧力追従式断熱型暴走反応熱量計 (APTAC) 示差式断熱型暴走反応熱量計 (DARC) 疑似断熱型反応危険性評価装置 (ARSST) ボンベ式熱量計
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

研究について紹介する。燃焼中の油面上の泡の挙動解析については、泡消火過程を可視化できるガラス製の観測窓をタンク側面と底面に取り付けたタンクを作製し、粘性付与水性膜泡消火薬剤の被覆面積や泡の厚さの解析を行った。燃料としてn-ヘプタンを使用した。なお、粘性付与水性膜泡消火薬剤とは耐アルコー性と泡の粘性を高めるため、フッ素系界面活性剤水溶液に多糖類あるいは類似物と、溶剤、不凍剤などが添加された消火薬剤である。

図4に粘性付与水性膜泡消火薬剤の消火実験における燃焼状況を示す。タンク横からの図5に示すように、燃料油液面を被覆した泡消火剤の上部に火炎が定在していることがわかる。図6に燃焼タンク下部から撮影した泡消火剤の被覆状況を示す。実験で得られた底面と側面からの画像を基に泡の被覆面積と泡の厚さを解析した結果、泡の被覆率が80%以上で、油面中心付近の見かけ泡厚さが25 mm以上確保される条件であれば、効果的な火炎抑制が可能であることが示唆された。言い換えると泡が燃料油液面の大部分を被覆しないと、被覆されていない部分からの可燃性蒸気の発生により燃焼を抑制できない場合があることを示している。

(3) 火災原因調査に関する研究

火災原因調査において灯油等の鉱物油の検

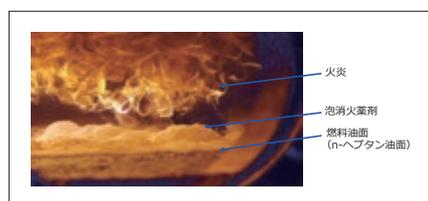
出が、原因究明のための重要な要素となる。火災原因調査に関する研究として、燃焼前後における灯油成分等の変化を調べて火災原因調査に資する知見を得るための研究を紹介する³⁾。図7に燃焼前後の灯油の成分変化を測定した実験の様子とガスクロマトグラフによる分析結果を示す。ステンレス製バットの上に綿製品（雑巾）を置き、灯油を散布して着火した。着火時に炎が広がり、炎周辺部分の綿が円形状に焦げはじめ、この焦げが同心円状に広がった。しばらくすると綿製品端部から灯油が染み出し、ステンレス製バットの上のしみとなった。自然鎮火後にこのしみの部分を拭き取ったものをガスクロマトグラフによって分析した。未燃焼の灯油と比較して燃焼後のガスクロマトグラムにおいてC8、C9ピークが消失し、ピークの分布の中央がC13の高沸点側に移行している。なお、灯油は多種類の炭化水素を含む混合物である。また、C_nは直鎖飽和炭化水素を表す。例えばC₈、C₉はそれぞれn-オクタン、n-ノナンであり、図7中ではC8、C9と表示している。

この現象は、燃焼後や加熱された灯油のクロマトグラムとよく一致した。綿製品から染み出したものは散布した灯油由来の液体であり、綿製品端部で留まり、熱によって軽質成分が揮発した結果、燃焼後の灯油と同様な変化を起こしたものと認められた。本研究において直接灯油が付着した位置とは異なる場所から燃焼による影響をあまり受けていないピーク強度の高いクロマトグラムが得られ

図4 消火実験における燃焼状況

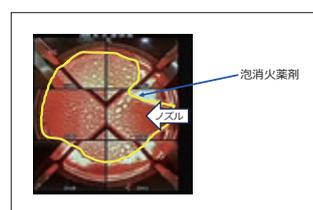


図5 燃料油面を泡消火薬剤が被覆している様子



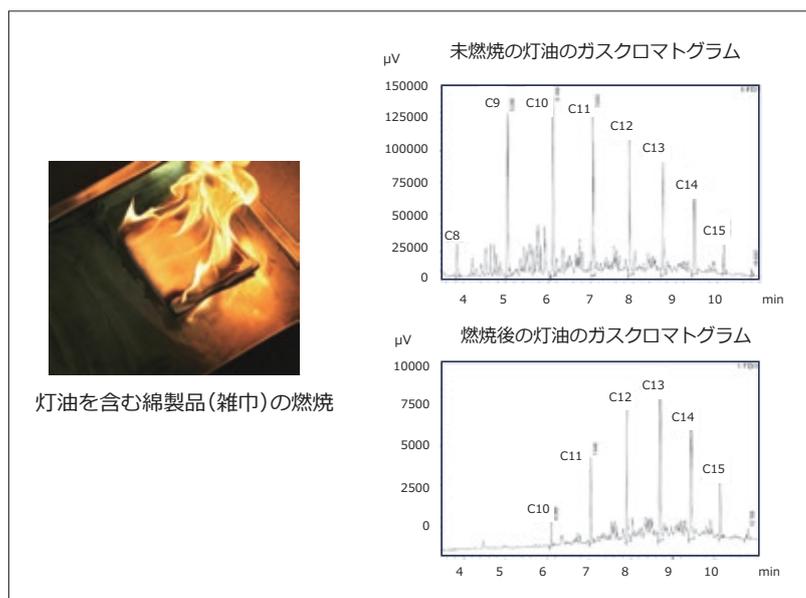
燃焼タンク横から撮影

図6 泡消火薬剤の被覆状況



燃焼タンク下部から撮影

図7 燃焼前後の灯油の成分変化を測定した実験の様子と分析結果



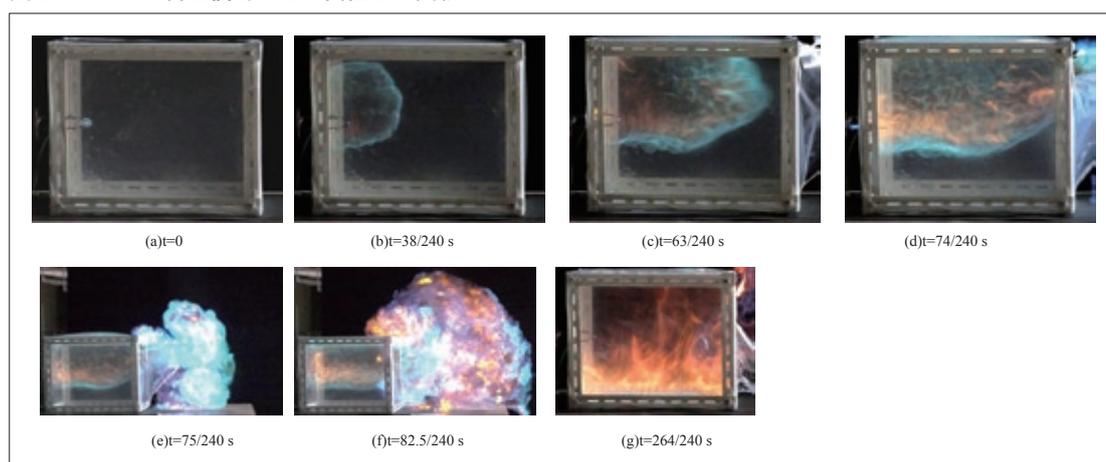
ることを実験的に示すことができました。このことは火災現場での試料の採取について出火の原因と考えられる場所だけでなくその近傍、特に下部でも鉱物油が検出できる可能性を示唆している。

(4) スプレー缶の内容物の爆発に関する研究

スプレー缶によりガス爆発が発生しうることの危険性を示すための資料等とするために、スプレー缶の内容物を使用したガス爆発に関する研究を紹介する。市販されている

種々のスプレー缶について、試作した実験装置を用いてスプレー缶の内容物の爆発実験を実施した⁴⁾。スプレー缶の内容物を密閉した区画内に噴射し、電気火花で着火したところ、火炎が伝ばする様子を撮影できた。実験における火炎伝ばの様子を図8に示す。使用したスプレー缶の内容物はヘアースプレー用のものである。図8(a) から (g) についてデジタルカメラで撮影した。電気火花着火装置に通電すると、着火し、図8(a) に示すように火炎が伝ばを始めた。この時の火炎伝ば速度は1 m/s 程度であった。火炎伝ばが進行すると、内圧が上昇し、プラスチックシートが外に向けて膨らんだ後、プラスチックシートがはがれ、開口部が形成された。開口部ができる前は図8(b) に示すように火炎は球状だったが、開口部ができると図8(c) に示すように火炎の先端が急に伸び始め、図8(d) から (f) に示すように火炎が外部に噴出した。この時、火炎伝ば速度は2 m/s 程度に増加した。図8(g) に示すように、火炎が噴出した後に底面上に約7 sの間、火炎が存在した。火炎伝ば後に底面上に火炎が存在した理由は、内容物に含まれた比較的沸点の高い可燃性液体が電気火花着火装置の通電前に気化せず液体として残り、伝ば火炎により着火したためと考えられる。

図8 スプレー缶を使用した火炎伝ばの実験



3. 消防研究センターの行事

消防研究センターでは毎年4月に一般公開を実施している。一般公開では消防研究センターにおいて行っている消防防災の幅広い研究および開発について、実演実験の実施および写真パネルの展示等により公開している。その中で危険性物質研究室ではここ数年、軽油の燃焼性状を実演している（図9）。軽油の燃焼において燃焼後半に火炎の高さが数倍高くなり激しい燃焼（ボイルオーバー現象）が観察される。この現象が起こると見学者の中で驚きの声が上がリ、関心も高い。また、消防機関との交流促進および消防防災技術の向上を図ることを目的として毎年全国消防技術者会議を開催している。この会議で全国各地の消防本部等により実施された火災原因調査事例、消防活動に関する研究・開発が発表され、全国の消防関係者によって情報交換が行われている。加えて、毎年消防研究センターの研究成果の普及および将来の研究ニーズの把握を目的として、消防防災研究講演会が開催されている。

なお、消防研究センターのホームページで、消防研究センターの研究紹介、講演会等の行事の他、刊行物についての情報等を公開しているのご参考にしていただければ幸いです⁵⁾。

4. おわりに

本稿では消防研究センターについて沿革、研究センター組織および研究内容の概要について説明した。また、危険性物質研究室等で実施された「化学物質の火災危険性評価に関する研究」、「消火技術に関する研究」、「火災原因調査に関する研究」および「スプレー缶の爆発に関する研究」について、解説を交えて紹介した。今後とも現場の消防活動を科学

図9 軽油のボイルオーバー実演実験



技術の面から支えていくと共に、安全で安心な社会を実現するために使命感を持って研究活動に取り組んでいきたいと思っている。

参考文献

- 1) 岩田雄策：高感度熱量計とガス分析を用いた再生資源燃料等の火災危険性評価方法，消防研究所報告，124，26-37，2018.
- 2) 内藤浩由：石油タンク火災時のフッ素フリー泡消火効率改善に関する検討，消防研究所報告，123，10-21，2017.
- 3) 佐藤康博，塚目孝裕，長谷川巧：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，130，33-42，2021.
- 4) 鈴木健：スプレー缶を使用したガス爆発実験について，消防研究所報告，127，15-23，2019.
- 5) 消防研究センターホームページ，2024. <http://nrifd.fdma.go.jp/>（参照日：2024年5月20日）.



東京工業大学総合理工学研究科修士課程修了。東京大学工学部から博士（工学）。自治省消防庁消防研究所に入所。現在、総務省消防庁消防大学校 消防研究センター技術研究部危険性物質研究室長。主に化学物質の火災危険性評価とその評価法に関する研究に従事。