

## 簡易消火具等の初期消火効果に関する検証

真田 良仁\*, 飯田 明彦\*\*, 細谷 昌右\*\*\*

### 概 要

本検証では、市販されている簡易消火具等を用いて消火実験を行い、各製品の消火能力、操作性、安全性について確認することを目的とした。

計 10 種の簡易消火具等で消火実験を行った結果を比較すると、性能評定を受けている住宅用下方放出型自動消火装置が消火能力、操作性、安全性において優れているなど、それぞれの消火能力、操作性、安全性を確認することができた。

### 1 はじめに

初期消火の手段として消火器の使用を指導しているが、その他の手段として、エアゾール式簡易消火具も使用することができる。一般住宅においては消火器等が十分に設置されているとはいえない中で、様々な初期消火の手段を選択できる状況にある。

昨今、インターネットによる通信販売で多種多様な海外製の簡易消火具が入手しやすくなり、検定対象機械器具等及び自主表示対象機械器具等以外の簡易消火具（以下「簡易消火具等」という。）も流通している。これら簡易消火具等は、機能の点についても従来のものに比べて多様化し、単純に消火薬剤を放射したり、消火薬剤の入った容器を投てきする簡易消火具等だけではなく、火炎に触れた場合に自動作動し、消火薬剤が散布される消火機能を持ったもの、レンジフードに設置してガステーブル火災を警戒できるものも登場するなど、用途に応じた簡易消火具等が選択できるようになっている。しかしながら、これらの簡易消火具等の消火能力、操作性、安全性が把握されていないため、問い合わせ等の対応に必要な情報が不足している。

このことから、本検証では、市販されている簡易消火具等を用いて消火実験を行い、消火能力、操作性、安全性の視点から簡易消火具等の初期消火に対する実用性を評価することを目的とする。

### 2 消火実験

#### (1) 実験方法

##### ア 簡易消火具等

本検証では、表 1 に示す本体を投てきすることにより消火する消火具（以下「投てき消火具」という。）、内部の火薬が破裂することに伴い消火薬剤を飛散させる消火

具（以下「火薬破裂消火具」という。）、消火薬剤をスプレー放射して消火する消火具（以下「スプレー消火具」という。）、熱を感知し自動で消火する消火具（以下「自動消火装置」という。）について消火実験を行った。

##### イ 実験場所

消防技術安全所燃焼実験室内（6.5m×8.5m×高さ 8.5m）に 2 面が壁面、2 面が開放された高さ 2.5m の天井付実験スペース（図 1）を設置し、当実験スペース内で火災模型の燃焼を行った（図 2）。

##### ウ 火源

##### (ア) 普通火災火源

エアゾール式簡易消火具の技術上の規格を定める省令（平成 25 年 3 月 27 日総務省令第 26 号）の小規模普通火災用の火災模型（以下「普通火災火源」という。）を用い、燃焼皿にはノルマルヘプタン 300mL を入れ点火した（図 3）。なお、本火源は普通火災模型の 1/4 単位に相当し、概ね水バケツ 6 L で消火可能とされる可燃物量である。

##### (イ) 油火災火源

エアゾール式簡易消火具の技術上の規格を定める省令（平成 25 年 3 月 27 日総務省令第 26 号）の天ぷら油火災用の火災模型（以下「油火災火源」という。）を用い、ガスコンロ（5.23kW）により加熱・発火させた（図 4）。

##### (ウ) 住宅用 S P 火源

住宅用スプリンクラー設備及び住宅用火災警報器に係る技術ガイドラインについて（平成 3 年 3 月 25 日消防予第 53 号消防長予防課長通知）のクリブ火災用の火災模型（以下「住宅用 S P 火源」という。）を用い、燃焼皿（直径 12cm）にはノルマルヘプタン 50mL を入れ点火した（図 5）。

##### エ 消火方法

前ウの火源に対応する簡易消火具等を次の(ア)～(キ)に示

\*安全技術課 \*\*杉並消防署 \*\*\*第十消防方面本部

表 1 簡易消火具等の概要

簡易消火具等	認定等	形状寸法等	消火薬剤	適応火災	使用方法
ボール型 投てき消火具	なし	球状 直径76mm 塩化ビニル製容器	液体 (炭酸カリウム等・浸潤剤等) 0.2L	普通火災	投てきして容器を割り、消火薬剤が火源にかかることにより消火する。
ボトル型 投てき消火具 A	なし	ボトル状 直径65mm×高さ200mm 樹脂製容器	液体 (浸潤剤入り) 0.6L	普通火災 油火災※5 電気火災	投てきして容器を割り、消火薬剤が火源にかかることにより消火する。
ボトル型 投てき消火具 B	なし	ボトル状 83mm×70mm×高さ202mm ポリスリチレン製容器	液体 (塩化アンモニウム・炭酸塩・ リン酸塩) 0.8L	普通火災	投てきして容器を割り、消火薬剤が火源にかかることにより消火する。
火薬破裂消火具	なし※1	球状 直径150mm 構成材料：起爆用火薬、発泡 スチロール、外装フィルム	A B C 粉末消火薬剤 1.3kg	普通火災 油火災※5 電気火災	火災が触れると、3～10秒後に火薬とともに外装が破裂し、その際に飛散する消火薬剤と風圧により消火する。火源に投てき又は転がして破裂させたり、火災を警戒したい位置に予め設置する。
エアゾール式 スプレー消火具	有※2	エアゾールスプレー缶 直径65mm×高さ225mm	強化液 480g	普通火災 油火災 電気火災	窒素ガスにより蓄圧された容器内の消火薬剤を放射して消火する。
手動式 スプレー消火具	なし	ハンドスプレー型 直径65mm×高さ320mm	浸潤剤入り消火液 0.5L	普通火災	トリガー部を引くことによる圧力で消火薬剤を放射して消火する。
天井設置 自動消火装置 A	有※3	天井設置型 直径243mm×高さ216mm	第三種粉末 3.0kg	普通火災 油火災 防護面積 2㎡	火災を警戒したい場所の天井（2.5m以下）に設置する。熱感知ノズルが72℃以上になると、自動作動する。
天井設置 自動消火装置 B	なし	天井埋込設置型 282mm×282mm×高さ160mm	第三種浸潤剤入り水 3.0L	普通火災 油火災 防護面積 6㎡	火災を警戒したい場所の天井（4m以下）に設置する。熱感知部が72℃以上になると、自動作動する。
天井設置 自動消火装置 C	有※3	本体壁付 放出ノズル天井設置型 直径135mm×高さ610mm	強化液 3.0L	普通火災 防護面積 1㎡	火災を警戒したい場所の天井（2.5m以下）に導管を伸ばしてノズルを設置する。熱感知ノズルが62℃以上になると、自動作動する。
フード設置 自動消火装置	有※4	レンジフード内設置型 直径約45mm×長さ約530mm	強化液 0.55L	油火災	レンジフード内のコンロ直上に設置する。放出ノズルが96℃以上になると、コンロ部に消火薬剤を自動放出する。

※1 国内の認定等はないが、トルコ、マレーシア、カナダにおいて消火器として認可されている。 ※2 エアゾール式簡易消火具の自主表示制度適合品  
 ※3 住宅用下方放出型自動消火装置の性能評定取得品 ※4 住宅用フードファン付レンジ用自動消火装置の性能評定取得品 ※5 油が燃えている鍋には直接投げ込まない。

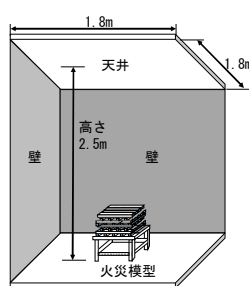


図 1 実験スペース略図

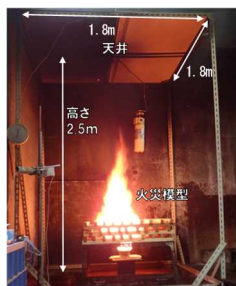


図 2 火源燃焼状況

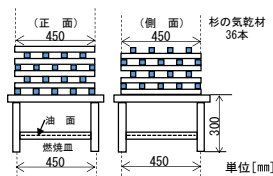


図 3 普通火災火源

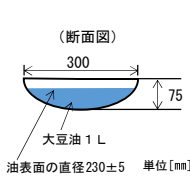


図 4 油火災火源

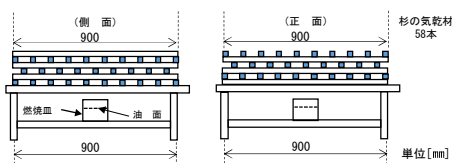


図 5 住宅用 SP 火源

す消火方法により消火を行った。

(ア) 円筒投入消火 (図 6)

普通火災火源に着火してから 3 分後、投てき消火具を距離 2.0m、高さ 3.0m の位置から金属製の円筒に投入、円筒を通して投てき消火具を火源に衝突させることにより、投てきを模擬して消火（以下「円筒投入消火」という。）を行った。

※ 投てき消火具の火源への衝突の再現性を求め、円筒投入消火を起用した。なお、衝突時の投てき消火具の速度は約 25 km/h（鉛直方向速度約 19 km/h、水平方向速度約 16 km/h）である。

(イ) 叩きつけ消火 (図 7、8)

普通火災火源に着火してから 3 分後、先端に投てき消火具又は火薬破裂消火具を取り付けた金属棒（長さ 2.0 m）を火源に対して振り下ろすことにより消火（以下「叩きつけ消火」という。）を行った。投てき消火具は火源に衝突させて容器を割ることにより消火薬剤を散布させ、火薬破裂消火具は火源の上に置き、接炎させて火薬を破裂させることにより周囲に消火薬剤を散布させた。

※ 円筒投入消火や通常の投てき（速度約 25 km/h での火源への衝突）では投てき消火具の容器が割れにくく、消火効果を発揮しにくいことから、効果的かつ確実に容器を割り、投てき消火具の最大の消火能力を確認するために叩きつけ消火を起用した。

(ウ) ボックス内消火 (図9、10)

ダストロッカーを模擬した窓付きの箱 (以下「ボックス」という。) の中に普通火災火源を入れた。普通火災火源に着火してから3分後、先端に火薬破裂消火具を取り付けた金属棒 (長さ2.0m) をボックスの窓から差し込み消火 (以下「ボックス内消火」という。) を行った。

(エ) スプレー消火 (図11)

a 普通火災火源

着火してから3分後、火源距離2.0mの位置から簡易消火具等の消火薬剤を放射して消火 (以下「スプレー消火」という。) を開始した。

b 油火災火源

油火災火源を油面高さ0.9mとなるように台上に設置した。ガスコンロで天ぷら油を加熱し、油温が400°Cになった時点で火源から距離2mの位置からスプレー消火を開始した。

(オ) 普通自動消火 (図12)

実験スペース中央の住宅用SP火源に着火炎上させることにより火源直上の天井に設置した簡易消火具等を作動させて消火 (以下「普通自動消火」という。) を行った。

(カ) キッチン消火 (図13)

油火災火源を油面高さ0.9mとなるように台上に設置し、壁際に配置した。ガスコンロで天ぷら油を加熱し、発火炎上させることにより、天井に設置している簡易消火具等を作動させ消火 (以下「キッチン消火」という。) を行った。なお、消火装置の壁からの設置距離は簡易消火具等それぞれの公称防護面積の一边の長さの1/2 (自動消火装置Aは0.5m、自動消火装置Bは1.2m) の位置に消火薬剤の放出口がある位置とした。

(キ) フード消火 (図14)

油火災火源を油面高さ0.9mとなるように台上に設置し、壁際に配置した。火源上部には排気運転したレンジフード (幅0.6m、排気量590 m<sup>3</sup>/h) を設置した。ガスコンロで天ぷら油を加熱し、発火炎上させることにより、フード内に設置した簡易消火具等を作動させ消火 (以下「フード消火」という。) を行った。

オ 熱流束及び温度測定

消火効果及び周囲、消火実施者への熱的影響を確認するため、次の測定を行った。

(ア) 熱流束測定

火源距離1.0m、床面から1.0mの位置でガーデン型全熱流束計 (レンジ: 0~100kW/m<sup>2</sup>) を用いて実験時の全熱流束を測定した。

(イ) 温度測定

火源から距離1.0m、床面から1.0mの位置では黒体スプレー (放射率0.94) を塗布したT型熱電対を使用し、火源部分と消火方法に応じた測定部分 (円筒投入消火、叩きつけ消火、スプレー消火及び普通自動消火の場合は火源の直上、ボックス内消火はボックス内天板、キッチン消火及びフード消火の場合は簡易消火具等の火災感知

部が設置してある部分) ではK型熱電対を使用し温度測定した。

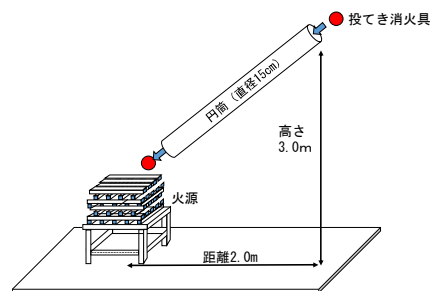


図6 円筒投入消火



図7 消火具の取付状況



図8 叩きつけ消火状況

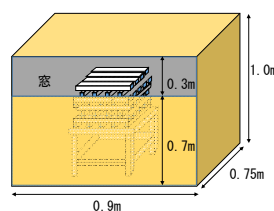


図9 ボックス寸法



図10 ボックス内消火



図11 スプレー消火

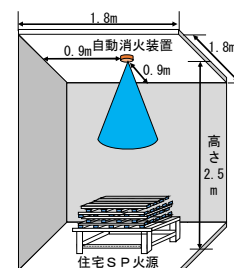


図12 普通自動消火

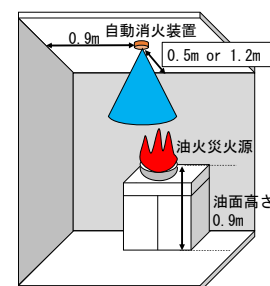


図13 キッチン消火

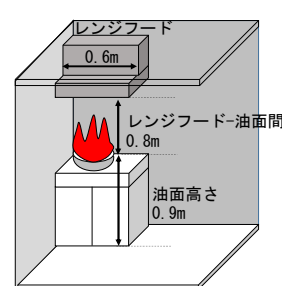


図14 フード消火

(2) 実験結果

消火実験の結果を表2に示す。他の簡易消火具等と比較して消火薬剤が少ないボール型投てき消火具（0.2L）、エアゾール式スプレー消火具（480g）及び手動式スプレー消火具（0.5L）については叩きつけ消火又はスプレー消火で複数個連続使用した。

表2 簡易消火具等の消火実験結果

消火具種別	火源	消火方法	消火可否
ボール型投てき消火具	普通火災火源	円筒投入消火	×
		叩きつけ消火1個	×
		叩きつけ消火2個連続	×
		叩きつけ消火3個連続	再燃(3分40秒後)
ボトル型投てき消火具A	普通火災火源	円筒投入消火	×
		叩きつけ消火	○
ボトル型投てき消火具B	普通火災火源	円筒投入消火	×
		叩きつけ消火	○
火薬破裂消火具	普通火災火源	叩きつけ消火	×
		ボックス内消火	○
	油火災火源	フード消火	×
エアゾール式スプレー消火具	普通火災火源	スプレー消火1本	×
		スプレー消火2本連続	再燃(2分20秒後)
	油火災火源	スプレー消火	○
手動式スプレー消火具	普通火災火源	スプレー消火1本	×
		スプレー消火2本連続	×
天井設置自動消火装置A	住宅用SP火源	普通自動消火	○
	油火災火源	キッチン消火	○
天井設置自動消火装置B	住宅用SP火源	普通自動消火	×
	油火災火源	キッチン消火	○
天井設置自動消火装置C	住宅用SP火源	普通自動消火	○
フード設置自動消火装置	油火災火源	フード消火	○

ア 投てき消火具

(ア) 円筒投入消火（普通火災火源）

3種類の投てき消火具はいずれも、火源に衝突後、容器の一部が割れ消火薬剤が火源に掛かった様子が確認され、火炎がやや抑制されたが、一時的に火炎が消えることもなく、投てきから2分後には火源は元の燃焼状態に戻っていた（図15）。

(イ) 叩きつけ消火（普通火災火源）

a ボール型投てき消火具は1個使用及び2個連続使用ではやや火炎が抑制されたが火炎が消えることはなく、火源が元の燃焼状態に戻った。3個連続使用では3分45秒後には再燃発火したが、叩きつけ後は赤熱部を残すものの一時的に火炎が消えた。

b ボトル型投てき消火具はA及びBのいずれも叩きつけ消火により、再燃が生じることもなく消火に成功した（図16）。

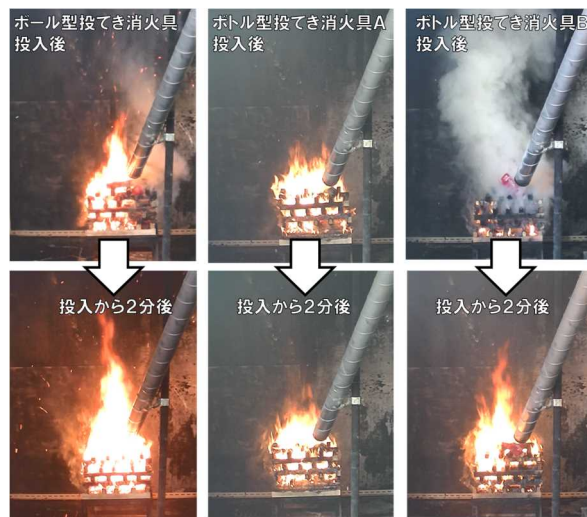


図15 円筒投入消火状況



図16 ボトル型投てき消火具の叩きつけ消火状況

イ 火薬破裂消火具

(ア) 叩きつけ消火（普通火災火源）

火薬破裂消火具が破裂後に火炎がやや抑制されたが、約2分後には元の燃焼状態に戻った（図17）。

(イ) ボックス内消火（普通火災火源）

a 火薬破裂消火具が破裂後、ボックス内に消火薬剤が充満し、火炎が消えて火源の温度も低下した（図18）。破裂から3分経過後にボックスの前面を開放したところ、火源に赤熱部の残存がなく、消火に成功したことが確認できた（図19）。

b 消火後、ボックスを確認すると、内側から貫通寸前の強い衝撃で何かが当たったと思われる痕跡が生じていた。ボックスの内壁には直径約4cmの円形の穴が確認できる。また、ボックス内に消火薬剤が固まったものと考えられる硬い白色固形物が発見された。この固形物は大きさ約4cmであり、ボックスの内側で確認した円形の穴の大きさ、形状と一致した（図20）。

(ウ) フード消火（油火災火源）

油が発火してから1分04秒後（油温419℃）に火薬破裂消火具が破裂し、消火薬剤が飛散したが、破裂の衝撃で油が飛散して火炎が拡大した。その後も火勢が弱まる様子がなかった（図21）。また、実験終了後の消火器による消火後、レンジフードの破損（フード部分の変形及びフィルター落下）が確認された（図22）。



図 17 火薬破裂消火具による普通火災火源消火状況



図 21 火薬破裂消火具によるフード消火状況

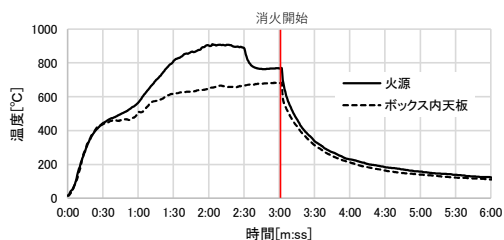


図 18 ボックス内消火時の温度変化



図 22 衝撃により破損したレンジフード



図 19 ボックス内消火状況



図 20 ボックスの損傷状況及び白色固形物

ウ スプレー消火具

(ア) エアゾール式スプレー消火具

a 普通火災火源

1本使用では火炎を抑制はできたが火炎を消すことはできず、放射終了から1分後には火源は元の燃焼状態に戻った。2本連続使用では、一時的には火炎を消すことができ2分以上再燃が生じなかった(図23)。

b 油火災火源

放射直後は消火薬剤の放射の勢いによる発火油の飛散や、瞬間的な火炎の拡大があり、火源距離1mの位置で熱流束及び温度の上昇が確認されたものの、放射開始から5秒後には火炎が消え、消火成功した(図24、25)。

(イ) 手動式スプレー消火具

1分間に75回のペースでトリガーを引いて火源に放射した。放射を開始してからも火勢が弱まる様子がなく、火源の温度もほとんど下がらなかった(図26、27)。2本連続放射でも放射が終了する時点では、1本放射の結果と同様に燃焼が進行したことから、火源の杉材がやせ細って崩れたことによる、火勢の弱まりが確認された。



図 23 一時的に火炎が消えた状況



図 24 油火災火源の消火状況

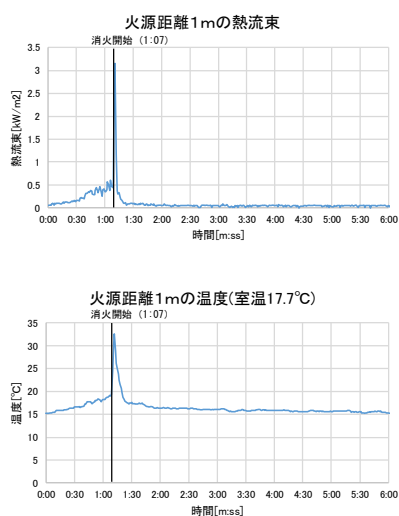


図 25 油火災火源消火時の熱流束及び温度変化



図 26 手動式スプレー消火具による消火状況

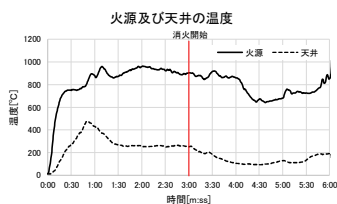


図 27 手動式スプレー消火具による消火時の温度変化

エ 自動消火装置

(ア) 普通自動消火 (住宅用SP火源)

天井設置自動消火装置A及びCはそれぞれ点火から3分28秒後及び3分00秒後、いずれも天井に火炎が到達する前には作動開始し、消火成功した。天井設置自動消火装置Bについても天井に火炎が到達する前の点火から2分50秒後に作動したが、火炎を消すまでに至らず、消火は失敗した。しかし、作動終了から3分経過しても、火源は作動直前のような燃焼状態にはならず、火源の燃焼がある程度抑制されていることが確認できる (図 28)。

(イ) キッチン消火 (油火災火源)

天井設置自動消火装置A及びBはそれぞれ油火災火源の発火から1分50秒後及び2分10秒後に作動し、いずれも消火成功した (図 29)。

(ウ) フード消火 (油火災火源)

油が発火してから1分05秒後 (油温410°C) にフード設置自動消火装置が作動した。消火薬剤が放射された直後は瞬間的に火炎が拡大したが、間もなく火炎が消え、消火成功した (図 30)。



図 28 自動消火装置による普通自動消火状況

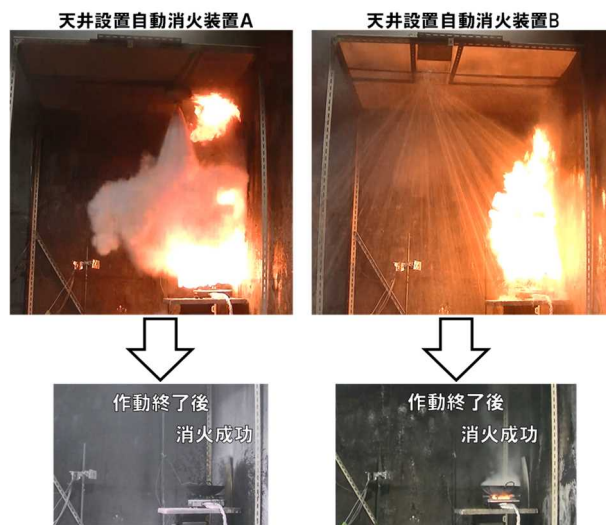


図 29 自動消火装置によるキッチン消火状況



図 30 自動消火装置によるフード消火状況

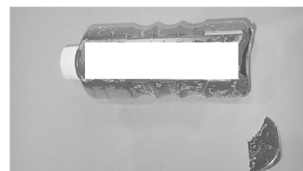


図 31 容器の一部が割れたボトル型投てき消火具



図 32 投てき消火具が火源に当たっても割れない様子



図 33 叩きつけ消火実施後のボトル型投てき消火具

### (3) 考察

#### ア 投てき消火具

##### ア) 円筒投入消火 (普通火災火源)

投てきを模擬した円筒投入消火では火炎の抑制効果は見られたが、いずれの投てき消火具も消火成功に至らなかった。その原因としては、容器が効果的に消火するように (全体的に) 割れないことにあると考えられる。投てき消火具が衝突により割れたとしても、容器の一部が割れたのみで消火薬剤が火源の一部に漏れ出すように少量ずつしか掛からない状況が円筒投入消火では確認された (図 31)。また、予備実験で投てきにより火源に投てき消火具を衝突させたが、図 32 のように火源に衝突しても割れなかった場合も多くあった。このことから、ただ火源に当たればよいと考えて軽く投げる程度の速度 (約 25 km/h) の衝突では火源全体に容器内全量の消火薬剤が掛かるように容器を割ることができないため、投てき消火具では消火ができないと考えられる。実際の火災では木材よりも脆い又は柔らかい火源は多くあるため、投てき消火具を衝突させても、埋没したりする等、効果的に消火するように容器を割ることは更に困難であると考えられる。

##### イ) 叩きつけ消火 (普通火災火源)

図 33 は叩きつけ消火をした際に割れた投てき消火具の容器である。叩きつけ消火では投てき消火具の容器を効果的に (全体的に) 割ることができるため、容器内の消火薬剤のほぼ全量を叩きつけ直後の一瞬で火源全体に散布することができたことにより、消火効果を高められたものと考えられる。消火薬剤の量が少ないボール型投てき消火具は 3 個連続使用しても完全な消火までは至らなかったが、ボトル型投てき消火具 B 及び C は容器を効果的に (全体的に) 割って消火薬剤を火源に満遍なく散布することができれば、普通火災模型 1/4 単位に相当する火源に対して消火できることが確認できた。

#### イ 火薬破裂消火具

##### ア) 叩きつけ消火 (普通火災火源)

火薬破裂消火具で普通火災火源を消火できなかったのは、火薬破裂消火具の消火薬剤が破裂時に全方位に飛散することにより、消火薬剤が火源に集中して掛からなかったことが原因であると考えられる。そのため、本実験条件のようにある程度開放的な空間にある火源には消火能力が発揮されにくいものと考えられる。

##### イ) ボックス内消火 (普通火災火源)

###### a 消火効果

ボックスの中では消火薬剤が破裂時に充満し、火炎を効果的に抑制することができたものと考えられる。火薬破裂消火具はボックスのような箱体、筐体のようなものを消火する場合は高い消火効果が得られるものと考えられる。

###### b 危険性

消火後にボックスに生じていた穴は、大きさと形状が一致していることから消火薬剤が固まった固形物が衝突して生じたものであり、火薬破裂消火具の破裂時と同時に固形物が勢いよく飛び出したことによるものと考えられる。火薬破裂消火具はインターネット上の製品紹介ホームページで手の上で破裂しても問題ないと謳っている。しかし、至近距離で衝突したとはいえ、石膏ボード (12.5mm 厚) が貫通しそうになるほどの衝撃で消火薬剤の固形物が飛び出したとあれば、人体に当たれば軽症では済まない負傷を被る危険があると考えられる。

なお、この消火薬剤の固形物は本検証で火薬破裂消火具の破裂実験を計 5 回実施した内 1 回の破裂実験 (ボックス内消火時) のみで見えられた。

(ウ) フード消火 (油火災火源)

a 消火効果

叩きつけ消火と同様に、火薬破裂消火具は破裂時に全方位に飛散することにより、消火薬剤が火源に集中して掛からないため、消火に必要な薬剤量が火源に掛からず、消火できなかったと考えられる。そのため、レンジフードに取り付ける方法では油火災に対して消火効果は少ないと考えられる。また、火薬破裂消火具破裂後、風圧等で油が飛散したことによる火炎の拡大が確認されたことから、延焼を拡大させる危険性も考えられる。

破裂後の状況を見ると、破裂と同時にレンジフードが破損する程度には破裂時の衝撃が確認されたため、前(イ)、bで前述した消火薬剤の固形物が飛び出さなくとも、手の上に乗せて破裂させても問題ないと言えるまでの安全性はないと考えられる。

ウ スプレー消火具

(ア) エアゾール式スプレー消火具

a 普通火災火源

2本連続使用した消火で火炎を一時的に消すことができたが、火源に赤熱部が残存し、再燃した。有炎燃焼を2分以上抑制したことから、一定の消火効果はあったと考えられる。しかし、側面から火源を撮った映像では、スプレー消火による放射の反対側に消火薬剤が掛かりにくく、赤熱部が残存していることが確認できることから(図34)、普通火災火源に対しては1方向からの放射では消火能力が発揮しにくいものと考えられる。

b 油火災火源

消火後の状況を確認すると油が酸化した様子が確認できる(図35)。これは消火薬剤の油に対する酸化作用によるものであり、油火災火源に対して消火能力が高く発揮された要因であると考えられる。一方で消火の際に油に消火薬剤が放射された勢いで油がやや飛散し、一時的に火炎の拡大が確認されたが、火源距離1mの熱流束は3kw/m<sup>2</sup>付近の値に瞬間的に上昇したのみであり、2m以上の距離(2~3mの距離から放射するよう製品に注意書きがある。)をとれば熱傷を負うほどの熱流束の上昇ではないと考えられる<sup>1)</sup>。そのため、発火した油が周囲にやや飛散することを考慮し、2m以上の距離を取り、発火した油による延焼拡大に配慮しながら使用するべきであると考察できる。

(イ) 手動式スプレー消火具 (普通火災火源)

消火効果がほとんど確認できなかった要因として、トリガーを引く動作一回の放射による消火薬剤の放射量が2.6mLと非常に少ないことが考えられる。1分間に75回のペース(実験実施者ができる限り速いペース)で放射したが、1回の放射量が少ないため、1分間の放射でも195mL(2.6mL×75回)とボール型投てき消火具1個分(200mL)の消火薬剤量にも満たない。放射量が少ないことにより、火源が冷却されず、燃焼を抑制する効果が発揮されなかったものと考えられる。



図34 エアゾール式スプレー消火具による普通火災火源消火状況



図35 鍋内の油が酸化した状況

エ 自動消火装置

(ア) 普通自動消火 (住宅用SP火源)

いずれの天井設置自動消火装置も天井に火炎が達する前に作動し消火を開始した。天井設置自動消火装置A及びCは消火成功したため、この2種については自動消火装置の作動により無人の状態であっても燃焼が拡大する前に確実な消火まで成功する可能性が高いと考えられる。

一方、天井設置自動消火装置Bは消火まで至らなかったが、火炎及び燃焼を抑制する効果が見られたことから、燃焼の拡大を防ぎ、火炎を抑制している間に、他の消火手段で確実に消火を実施するといった補助的な役割として使用できると考えられる。

(イ) キッチン消火 (油火災火源)

a 天井設置自動消火装置A

天井設置自動消火装置Aは消火に成功していたが、消火後の状況を確認すると鍋の油がほとんど無くなっていた。消火薬剤の放出の勢いで油が飛散し無くなったものと考えられるが、放出ノズルの設置位置を考慮すると壁側に油が飛散し、飛散した油は同時に消火しているため、延焼危険は少ないと考えられる。

b 天井設置自動消火装置B

消火後の状況を確認すると油が酸化した様子が確認できた。これは消火薬剤の油に対する酸化作用によるものであり、油火災火源に対して消火効果が高く発揮された要因であると考えられる。なお、天井設置自動消火装置Bは天井設置自動消火装置Aの作動時のように油の飛散した形跡は確認されなかった。

(ウ) フード消火 (油火災火源)

消火には成功していたが、作動開始直後には発火した油の飛散や火炎が拡大する様子が瞬間的に確認された。キッチン消火と異なり、フード設置自動消火装置はコン



口部分しか防護しておらず、その付近しか消火薬剤を放射しないため、防護していないコンロの周囲に可燃物があれば、瞬間的な火炎の拡大であっても、延焼拡大する危険性はあると考えられる。

### 3 投てき消火具に関する追加実験

#### (1) 投てき実験

消火薬剤全量が火源全体に満遍なく一度にかかればボトル型投てき消火具A及びBが高い消火効果を示すことが叩きつけ消火を行った結果から確認できた。その一方で、効果的に消火薬剤がかかるように火源に当たらなければ、投てき消火具の消火効果は発揮されないことも円筒投入消火の結果から確認できた。本検証を行う予備実験段階で、実際に人が簡易消火具等を投てきすることにより火源に衝突させて消火する実験を試みたが、火源に当たらず、全く消火能力が発揮できなかったことなども鑑み、火災時において狙った火源に投てき消火具が当たられるか確認し、投てき消火具の操作性を評価することを目的として投てき実験を行った。

#### ア 実験方法

##### ア) 投てき条件

着火していない普通火災火源（以下「的」という。）に対して距離 2.0m の位置から水（約 0.2L）を入れた球状の樹脂製容器（直径 10 cm）を投げた（図 36、37）。燃焼皿上では発煙筒を焚き、火災時の火煙を模擬した状態で実験をした（図 38）。

##### イ) 投てき者

当庁の 30～40 代男性消防吏員 12 名が 1 回ずつ投てきした。

##### イ 実験結果

12 名の投てき者が的に当たった位置を図 39 に示す。12 名中 4 名は的に当たらず、4 名が的の端や角の部分に当たった。的の中央付近に当たったのは 12 名中 4 名であった。

##### ウ 考察

投てき距離 2.0m の近距離であっても、12 名中 4 名、全投てき者の 1/3 が的（幅 45cm×奥行 45cm×高さ 28cm）に当たらず、4 名が的の端や角といった火炎の抑制効果もほとんど期待できない部分に当たった。このことから、成人男性の半数以上が投てき消火具を投てきしてもうまく火源に当てることができず、火炎の抑制をすることもできないと考えられる。

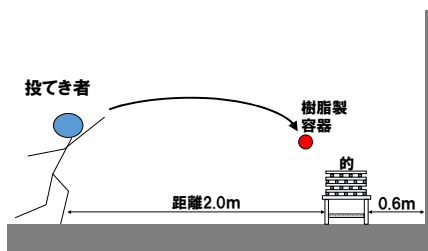


図 36 樹脂製容器の投てき実験状況



図 37 樹脂製容器



図 38 実験時の的



図 39 樹脂製容器が当たった位置

##### (2) 発火油への投入実験

投てき消火具は油火災には適用せず、適用できるとされている場合であっても、「油が燃えている鍋に直接投げ込まない」といった注意書きがされており、実質、天ぷら油火災には使用できないものがほとんどである。

投てき消火具を油火災火源に投入する実験を行い、本来使用してはいけない天ぷら油火災に対して投てき消火具を使用した場合の火源の状況とその危険性を把握することを目的とした。

#### ア 実験方法

##### ア) 簡易消火具等

2、(1)、アのボール型投てき消火具を用いた。

##### イ) 火源

油火災火源を実験スペースの中央に設置した。

##### イ) 投てき方法

2、(2)、ア、ア)の円筒投入消火と同様に金属製の円筒を通して高さ 3.0m、距離 2.0m の位置から投入した（図 39）。なお、油火災火源が発火し、油内温度が 400℃に達した時点で投入した。

##### イ) 熱流束及び温度測定

2、(1)、オの熱流束計及び T 型熱電対を火源から距離 1.0m、高さ 1.0m の位置に設置して全熱流束及び温度を計測した。

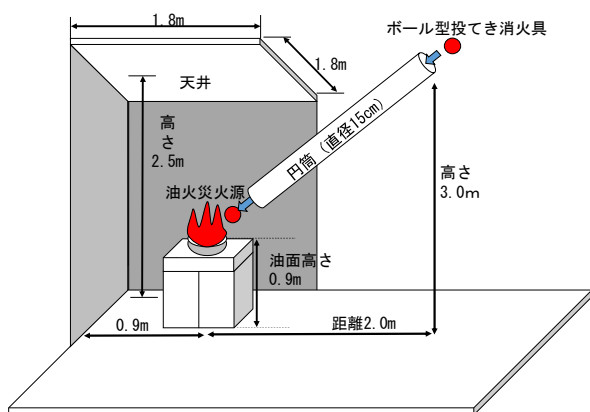


図 40 発火油への投入実験略図

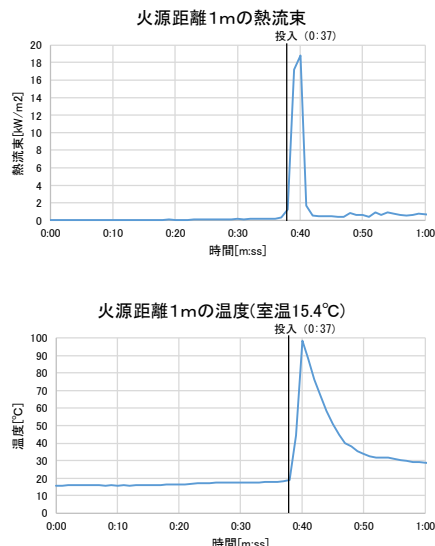


図 42 発火油への投入時の熱流束及び温度変化

ア 実験結果

(ア) 投入後の状況

油火炎火源にボール型投てき消火具を投入した状況を図 41 に示す。投てき直前は火炎高さが約 20cm 程度であったが、ボール型投てき消火具が投入された直後、発火した油が周囲（壁、床）に飛散し、火炎が拡大した状況が確認できる。投入から 1 秒後には高さ 2.5m の天井まで火炎が達し、実験スペースの床面（1.8m×1.8m）の奥側半分が炎に包まれる状況となった。約 3 秒の間、火炎が拡大していたが、その後、投入直前の状況と同様に鍋の中でのみ火炎が確認された。

(イ) 熱流束及び温度（図 42）

火源距離 1m の位置で、投入後の火炎拡大時に 2 秒間程度高い熱流束（約 19kW/m<sup>2</sup>）を示し、その後、2kW/m<sup>2</sup>以下の値を推移した。温度については、投入後に 98℃まで瞬時に上昇した後、急激に温度が低下し 6 秒後には 40℃以下に下がった。



図 41 発火油への投入状況

ウ 考察

(ア) 投入後の状況

天ぷら油火災が生じた鍋に投てき消火具を投入すると発火した油が周囲に飛散する。本実験ではコンクリートの床上で周囲に可燃物がない状況で実験をしたため、3 秒間程度の火炎拡大のみであったが、周囲に可燃物がある状況や低い天井の台所でこのような発火油の飛散、火炎拡大が生じれば、深刻な延焼拡大が予想される。

(イ) 熱流束及び温度

火源距離 1.0m での熱流束及び温度の上昇は数秒程度で一時的であったが、熱流束が 20kW/m<sup>2</sup>（4 秒未満で皮膚にⅡ度熱傷が生じる熱流束<sup>1)</sup>）近くまで上昇しており、温度も 100℃付近まで上昇したことから、接近して投入した場合は火炎に暴露せずとも熱傷を負う恐れがある。

4 各簡易消火具等の評価

2～4 により得られた結果・考察から各簡易消火具等の消火能力、操作性、安全性について表 3 に示す。

(1) 投てき消火具

投てき消火具は消火薬剤が全量一度に火源全体に満遍なく散布されるように容器を割る投てきをすることができればその消火能力は高いと考えられるが、火源に当てること、当たったとしても効果的に消火できるように容器が割れる可能性が低い。そのため、投てきによる使用では火災に対する実用性が低いと考えられる。また、誤使用で天ぷら油火災に投げ入れた場合、延焼拡大及び熱傷の危険がある。

(2) 火薬破裂消火具

本消火具の仕様書には投てきによる消火も可能であることが記載されているが、実際に投てきによる消火を試みたとしても、着火から破裂まで数秒の時間差があるため、火源の元でうまく火薬破裂消火具が留まっていることができないことが考えられた。火源を狙った投てき自

表 3 各簡易消火具等の消火能力・操作性・安全性

簡易消火具等	消火能力	操作性	安全性
ボール型 投てき消火具	・普通火災1/4単位※ <sup>1</sup> 相当の火源に対して、2個使用までは効果的に容器が割れても火災を消すこともできない。 3個使用で火源の有炎燃焼を一時的に抑制できる。	・投てきによる使用では火源に当たらない、又は当たっても消火効果が発揮できない可能性が非常に高い。	・誤使用により油火災に投てきした場合は延焼拡大及び熱傷危険がある。
ボトル型 投てき消火具A	・普通火災1/4単位※ <sup>1</sup> 相当の火源に対して、効果的に容器を割ることができれば消火できる。	・投てきによる使用では火源に当たらない、又は当たっても消火効果が発揮できない可能性が非常に高い。	・誤使用により油火災に投てきした場合は延焼拡大及び熱傷危険がある。
ボトル型 投てき消火具B	・普通火災1/4単位※ <sup>1</sup> 相当の火源に対して、効果的に容器を割ることができれば消火できる。	・投てきによる使用では火源に当たらない、又は当たっても消火効果が発揮できない可能性が非常に高い。	・誤使用により油火災に投てきした場合は延焼拡大及び熱傷危険がある。
火薬破裂消火具	・普通火災1/4単位※ <sup>1</sup> 相当の火源に対して、開放された空間では消火できないが、箱体の中のような閉鎖された場所では消火できる。 ・てんぷら油 1Lの火災※ <sup>2</sup> を消火できない。さらに破裂後に周囲への延焼拡大の危険性がある。	・火源を狙った投てきによる消火は困難であると考えられる。 ・箱体の中のように閉鎖された場所では事前に設置することで消火効果を発揮できる。	・誤使用により油火災に投てきした場合は延焼拡大及び熱傷危険がある。 ・破裂時に鉄製フードを变形させる衝撃がある。 ・消火薬剤の硬い固形物が飛び出す危険性がある。
エアゾール式 スプレー消火具	・普通火災1/4単位※ <sup>1</sup> 相当の火源に対して、1本使用では火災の抑制に留まるが、2本使用で有炎燃焼を一時的に抑制できる。 ・てんぷら油 1Lの火災※ <sup>2</sup> を消火できるが、周囲への延焼の危険性がある。	・容易に操作できる。	・油火災には発火油の飛散に対する配慮が必要である。
手動式 スプレー消火具	・普通火災1/4単位※ <sup>1</sup> 相当の火源の火災を一時的に抑制することもできない。	・容易に操作できる。	・本検証で行った実験では問題ない。
天井設置 自動消火装置A	・自動で住宅SP火源※ <sup>3</sup> 相当の火災の延焼拡大を防止、消火できる。 ・自動でてんぷら油 1Lの火災※ <sup>2</sup> を消火できる。	・自動で消火を行うため操作の必要がない。 ・設置は配線及び配管が不要であり、資格も要しない。	・火災に接近する必要がなく、自動作動するため安全である。
天井設置 自動消火装置B	・自動で住宅SP火源※ <sup>3</sup> 相当の火災の延焼拡大及び燃焼を抑制できるが、消火には至らない。 ・自動でてんぷら油 1Lの火災※ <sup>2</sup> を消火できる。	・自動で消火を行うため操作の必要がない。 ・設置は配線及び配管が不要であり、資格も要しない。	・火災に接近する必要がなく、自動作動するため安全である。
天井設置 自動消火装置C	・自動で住宅SP火源※ <sup>3</sup> 相当の火災の延焼拡大を防止、消火できる。	・自動で消火を行うため操作の必要がない。 ・設置は配線及び配管が不要であり、資格も要しない。	・火災に接近する必要がなく、自動作動するため安全である。
フード設置 自動消火装置	・自動でてんぷら油 1Lの火災※ <sup>2</sup> を消火できるが、周囲への延焼の危険性がある。	・自動で消火を行うため操作の必要がない。 ・設置は配線及び配管が不要であり、資格も要しない。	・周囲に可燃物が存する場合は延焼危険がある。

※1 普通火災1/4単位 : エアゾール式簡易消火具の技術上の規格を定める省令（平成25年3月27日総務省令第26号）の小規模普通火災用の火災模型（水バケツ6Lで消火可能とされる火源）  
 ※2 てんぷら油 1Lの火災 : エアゾール式簡易消火具の技術上の規格を定める省令（平成25年3月27日総務省令第26号）の天ぷら油火災用の火災模型  
 ※3 住宅SP火源 : 住宅用スプリンクラー設備及び住宅用火災警報器に係る技術ガイドラインについて（平成3年3月25日消防庁第53号消防長予防課長通知）のクリフ火災用の火災模型

体も「3 投てき実験」の結果から困難であると考えられるため、投てきによる操作性については困難であると考察した。また、破裂時の衝撃や消火薬剤の固形物の飛び出しについては人が至近距離で用いた場合、負傷する危険性があることも考慮すると投てきによる消火は困難かつ危険であると言える。

消火能力は普通火災火源及び油火災火源については開放的な空間ではほとんど消火効果がないが、ボックス内消火のように箱体の中では高い消火能力が確認された。投てきによる消火や開放的な空間における消火には向かないが、破裂時に消火薬剤が充満する程度の箱体（ダストストッカー、収納棚等）に事前に設置して自動消火する消火具としての使用は有効であると考えられる。

### (3) スプレー消火具

エアゾール式スプレー消火具について、普通火災火源に対しては有炎燃焼を一時的に抑制させる効果、油火災火源に対しては消火成功する消火効果が確認された。油火災への放射時に発火油が飛散した場合には油が飛散した箇所にも放射する等の使用上の留意事項はあるが、一般的なスプレー缶と同様の使用方法であり操作に迷いが

生じにくく、火源を狙って放射することも容易であるため、ある程度の消火能力と操作性が伴った、効果的な消火具であると考えられる。

手動式スプレー消火具について、一般的な霧吹きスプレーと同様の使用方法であり、操作は容易であった。しかし、普通火災 1/4 単位相当の火災に発展した場合は、一時的な火炎抑制もできないため、手動式スプレー消火具を使用せずに避難した方が良いと考えられる。

### (4) 自動消火装置

天井設置自動消火装置Bの住宅用SP火源に対する消火実験では消火成功までは至らなかったものの、全ての自動消火装置で高い消火能力を確認した。これらの本検証で使用した自動消火装置は全て取り付けに際して配管や配線の要がなく、資格も不要である。そして、取り付けが完了すれば自動で火災を感知して消火するため操作自体の必要がない。消火する範囲（防護範囲）が固定されているが、火災危険が高い箇所等（台所、寝室等）に取り付ければ、火災に対する有効性は非常に高いものであると言える。また、火災に接近して消火する危険を冒すこともないため（火災による受傷の原因は初期消火が最も多い<sup>2)</sup>）、安全性も高い。

## 5 おわりに

投てき消火具、火薬破裂消火具、スプレー消火具、自動消火装置の4つの消火具種別から計10種の簡易消火具等で消火実験を行った結果、以上のような消火能力、操作性、安全性を確認することができた。様々な手法により簡易消火具等を比較することができたため、今後新たな簡易消火具等が現れ、その初期消火に対する実用性を調査することとなった場合に本検証の評価手法及び結果をデータベースとして活用し比較することによって、初期消火に対する実用性を評価することが可能であると考えられる。

また、今回消火実験を行った簡易消火具等を比較すると自動消火装置が消火能力、操作性、安全性において高く評価ができ、特に天井設置自動消火装置A等の評定品については第三者機関から性能評定を受けているため、消火能力の保証がされている点でも優れているものであった。現在、火災による死者は消火活動及び避難が困難な高齢者が多くを占めており、死者が発生した世帯の中で半数以上を占める高齢者のみの世帯は今後も増加傾向である<sup>3)</sup>、<sup>4)</sup>。このような高齢化の中で、火災による死者を減らしていくためには、住警器のように火災を感知するだけでなく、消火まで実施できる自動消火装置の設置が強く望まれるものであることは自明である。自動消火装置は1個3万～4万円と他の簡易消火具等に比べて高価ではあるが、自動消火機能を有する消防用設備等の代表と言えるスプリンクラー設備が配管、配線、ポンプ、水源、資格を持った消防設備士による設置作業等を要することを考慮すれば、設置導入は比較的容易であり、その費用対効果は高いと思われる。今後、火災による被害を減少させていくために、一般家庭又はスプリンクラー設備の設置義務がない建物への自動消火装置の導入・普及が推進されることが望まれる。

## 6 まとめ

- (1) 市販されている計10種の簡易消火具等の消火能力、操作性、安全性について確認した。
- (2) 新たな簡易消火具等が市販された際に、本検証の評価手法及び結果をデータベースとして活用し比較することによって、その初期消火に対する実用性を評価できる。
- (3) 簡易消火具等の中でも性能評定を受けた自動消火装置は、容易に取り付けができ、自動で火災を感知・消火できること等の理由から、消火能力、操作性、安全性の点で評価できた。

## 7 謝辞

本検証にあたり、東京理科大学大学院の関澤愛教授から深いご見識による貴重なご助言を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。

## [参考文献]

- 1) James Randall Lawson : FIRE FACTS、NIST Special Publication、2009
- 2) 東京消防庁：令和3年版火災の実態、pp.144、2021
- 3) 東京消防庁防災部防災安全課：令和2年中住宅火災・放火火災の実態、pp.17、2021
- 4) 内閣府：令和3年版内閣府高齢社会白書、pp.10、2021

# Verification of the Initial Extinguishing Effectiveness of a Simple Fire Extinguisher and Others

SANADA Yoshihito\*, IIDA Akihiko\*\*, HOSOYA Masasuke\*\*\*

## Abstract

We conducted fire extinguishing experiments using commercially available simple fire extinguishing tools and others. The objective is to confirm each product's fire suppression capability, operability and safety.

We compared the results from ten simple fire extinguishers. It was found out that the performance-rated downward-released automatic fire extinguishing device for residential use was superior in extinguishing capability, operability and safety.

---

\*Safety Technology Section \*\*Suginami Fire Station \*\*\*The 10<sup>th</sup> Fire District Headquarters