

少量水による消火効果について

EFFECT OF THE FIRE FIGHTING BY A LITTLE WATER

鈴木 唯一郎****
 島 光 男***
 村上 利 章*
 脇 賢**
 熊倉 孝 行*
 奥原 明**
 高橋 一 久**

概 要

中性洗剤容器や牛乳パック等、一般家庭内にある水または水と同程度の冷却効果のある液体を使い、消火実験をすることにより、極めて初期の火災における消火効果を把握することを目的とした。

消火容器として4種、着火物として5種を選定し、それらを組み合わせた実験を33回実験した。その結果、コップや牛乳パック等のように手で振り上げて水を掛けるものよりも、洗剤容器や水袋にみられるもので、放水口径が小さく、しかも両手で圧迫して放水する容器の方が、少量水で有効に消火することができた。

また、各容器の放水特性を知るため、上記実験とは別に、垂直面に放水してその形状を確認した。その結果、放水方法及び口径による違いで、放水形状に大きな差がでることがわかった。

Using several kinds of small sized receptacles filled with a little water ready in the home. we experimented, for the purpose of confirming an effect of extinguishing fire at the first stage.

We picked out four type of extinguishing fire receptacles and five type of an combustibles and reached the following conclusion.

1. The water bag and the sythetic detergent receptacle which had small calibers were more surpassing than the glass and the milk-pack.
2. The receptacles exerted pressure upon by both hands for water drainage were more surpassing than which were swung up by single hand.

1. はじめに

火災初期における消火には、一般に三角バケツ等の簡易消火用具や消火器が有効であり、その性能も良く知られている。しかし、さらに初期の段階の火災において、簡易消火用具や消火器の必要性を感じるまでに至らないとき、または手元にそれらが無い場合、火災に遭遇した者は、水または水と同程度の冷却効果のあるものを使用し、消火を試みるであろう。

現在まで、小さな火に対しどの程度の水が有効

なのか、その限界はどこにあるのかを検討した研究はなかった。

本件では、家庭内にある各種容器を用い、火災初期における少量水による火勢抑制効果を解明することを目的とした。

2. 実験計画

(1) 実験概要

ア 一般家庭居室を見立てた実験セット内で、各着火物を燃焼させ、炎が一定規模に拡大した時期に、消火者が消火容器を使い消火する実験（以下「本実験」と言う。）を行った。

*第一研究室 **第三研究室 ***装備部管理課
 ****予防部予防課

イ 消火容器の水を、壁に散布した時の拡散状況を見るための実験（以下「放水実験」と言う。）も行った。

(2) 実験要因

ア 消火容器

消火容器は、(ア)の選定要件を満たすものとして、(イ)の選定物件を選定した。

(ア) 選定要件

- a 家庭内にあるもの。
- b 常時水、または水と同程度の消火効果のある液体が収納してあるもの。
- c 婦女子でも容易に搬送可能な大きさ及び重さ。

(イ) 選定物件（写真1）

- a コップ（200cc）
- b 中性洗剤の容器（600cc）
- c 牛乳1ℓパック（1000cc）
- d 水袋（2000cc）



写真1 消火容器

イ 着火物

着火物も同様に、(ア)の選定要件を満たすものとして、(イ)の選定物件を選定した。

(ア) 選定要件

- a 一般家庭にあるもの。
- b 着火物・立ち上がり材・延焼媒体となりやすいもの。
- c 繰り返し再現実験が可能なもの。
- d 水で消火可能なもの。

なお、最近の家庭内火災において、特にてんぷら油による火災が多くなっているが、今回の消火容器の中身は水・液体であり、これらを掛けるとかえって火災が大きくなり、危険な状

態となる。したがって水で消火できないてんぷら油への着火実験は、今回除外した。

(イ) 選定物件

a クズカゴ（写真2）

金属製及びポリエチレン製の2種類のものを使用した。大きさは何れも、直径20cm、高さ29cm、内容量7600ccである。また、内部には可燃物として新聞紙等の紙類を入れた。



写真2 くずかご
（左がポリエチレン製、右が金属製）

b 襖（写真3）

一般の和室で使用されているもので、木枠組の両面に襖紙を張ったものと、団地等で広く出回っているダンボール紙3枚に襖紙を張りアルミ枠にはめ込んだものの2種類を使用した。大きさは何れも幅90cm、高さ180cmである。



写真3 襖
（左が木枠組製、右がダンボール紙製）

(4) 消火者

消火は慣れを防止するため、同一人が連続して行わないようにした。また、消火位置については、何ら危険を感じることなく接近できる位置で行うように、消火者自身に一任した。

(7) 測定項目

a 時間

ストップウォッチを用い、点火から消火までの時間を記録した。

b 温度

クズカゴの中央上端、襖及びカーテンの中央に設置した熱電対をペンレコーダーに接続し、点火から鎮火までの温度推移を記録した。

c 重量

バネ秤を用い、実験前に各着火物の可燃物重量を測定し、実験後においても十分乾燥させた後同様に測定し、記録した。

d 水量

メスシリンダーを用いて各消火容器に一定量の水を入れ、実験後にも同様に各消火容器内に残存している水量を測定した。

e 燃焼面積

実験前の可燃物の面積と実験終了後の未燃部分の面積を計ることにより、燃焼面積を測定した。

f 映像

ビデオカメラ2台を使用することにより、異なった位置から一連の状況を記録した。

また、写真カメラ1台により、点火前の状況・燃焼最盛期の状況・消火状況・消火直後の状況等を撮影した。

イ 放水実験

(7) 実験回数

実験回数は、消火容器毎に水の掛け方・距離を変化させて、合計10回実施し、組合せは表2のとおりである。

表2 放水実験組合せ表

放水器具	距離(m)	実験回数
コップ	1	2
	2	2
	3	2
洗剤容器	2	1
牛乳容器	2	1
水袋	2	2
合計		10

(4) 標的

コンクリートスラブ壁面の高さ100cmの位置に、20cm四方の柵目を縦・横6メッシュづつ、合計36メッシュ書き込み、標的とした。

(7) 放水容器

本実験における消火容器と同一とした。

(4) 放水者

本実験における消火者と同一とした。

(7) 測定項目

測定は、ビデオカメラ1台・写真カメラ1台を使用し、放水の前後の状況を記録した。

3. 実験結果及び考察

(1) 本実験

本実験実施結果は、表3のとおりである。なお、表中の消火結果・消火効果・不効果理由の判断基準は、図2による。

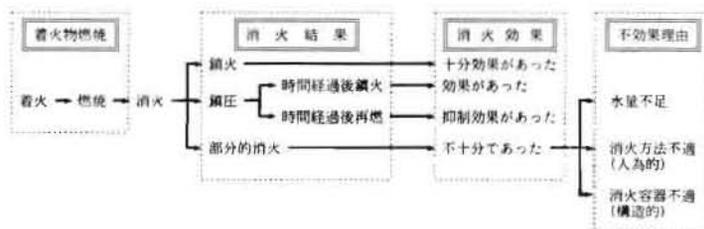


図2 消火効果判断断基準

表3 実験結果

着火物 (g)	消火容器 (cc)	実験回数※1	消火時間 (分秒)	最高温度 (°C)	消火回数	消火水量 (cc)	消火結果※2	消火結果※3	不効果理※4	燃焼面積 (10cm ²)	燃焼範囲 (%)	燃焼重量 (g)	消火面積※5 (cm ² /cc)	燃焼重量※6 (g/cc)	鎮火率※7 (%)
クスカゴ (金属製) 74 107 82	コップ 200	1	1'19	507	1	200	○	1		38	100	25	1.9	0.13	100
		2	1'58	428	1	200	○	1		38	100	19	1.9	0.10	
		/	/	/	/	/	200	/	/	/	/	/	/	1.9	
	洗剤容器 600	1	1'35	544	1	40	△	2		38	100	68	9.5	1.70	0
		/	1'37	493	/	40	/	/	/	38	100	37	9.5	1.70	66
クスカゴ (ポリ製) 335	コップ 200	1	1'25	384	1	200	○	1		38	100	29	1.9	0.15	100
		/	/	/	/	/	200	/	/	/	/	/	/	1.9	
	洗剤容器 600	1	2'03	612	1	280	○	1		38	100	74	1.4	0.26	100
		/	1'44	498	/	280	/	/	/	38	100	52	1.4	0.26	100
襖(ダンボール紙製) 3300	コップ 200	1	1'10	74	1	200	×	4	AC	702	431	300	/	/	0
					2	400	×	4	C						
		2	5'20	227	1	200	×	4	AC	1058	65	550	/	/	
					2	400	×	4	C						
		3	1'30	707	1	200	×	4	AC	1012	62	350	/	/	
					2	400	×	4	C						
	/	/	533	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	洗剤容器 600	1	1'20	67	1	214	○	1		561	35	150	26.2	0.70	100
		2	1'50	327	1	412	○	1		1058	65	550	25.7	1.03	
		/	/	313	/	/	/	/	/	/	/	/	26.0	1.02	
	牛乳パック 1000	1	1'30	69	1	999	○	1		468	29	250	4.2	0.25	66
					2	860	○	1		824	51	300	4.2	0.35	
		3	3'00	769	1	1000	△	3	B	1105	68	350	7.6	0.24	
2					1450	○	1		/						
/	/	/	/	/	1225	/	/	/	/	/	/	/	/		
水袋 2000	1	1'55	464	1	430	○	1		637	39	200	14.8	0.47	100	
				2	658	○	1		965	60	250	14.7	0.38		
	3	1'20	662	1	530	○	1		562	35	200	10.6	0.38		
				/	1'44	377	/	539	/	/	814	50	314		13.4
襖(木枠)	洗剤容器 600	1	0'55	84	1	550	○	1		765	51	200	13.9	0.36	100
		②	1'05	242	1	550	○	1		1186	78	250	21.6	0.46	
		/	/	/	/	550	/	/	/	/	/	/	17.7	0.41	

製)	牛乳パック 3800 3900 1000	1	0'40	79	1	560	○	1		1034	73	250	18.5	0.45	100	
		②	1'40	67	2	650	○	1		1034	73	150	15.9	0.23		
			0'50	118		605				1005	69	213	17.2	0.34		100
カ ー テ ン	コップ 200	1	0'42	60	1	200	×	4	AC	677	38	90			0	
					2	400	×	4	C							
		2	0'50	472	1	200	×	4	AC	1472	82	280				
					2	400	×	4	C							
						400										
		洗剤容器 600	1	0'40	81	1	282	○	1		864	48	115	30.6		0.41
	2		0'55	619	1	300	○	1		1613	90	307	53.8	1.02		
						291							42.2	0.72		
	牛乳パック 1000	1	0'40	209	1	1000	×	4	BC	864	48	47	7.3	0.04	0	
					2	1190	○	1								
		2	0'45	619	1	1000	×	4	BC	1472	82	265	8.4	0.15		
					2	1748	○	1								
				1469							7.8	0.10				
水袋 2000	1	0'42	690	1	1170	○	1		1519	84	290	13.0	0.25	100		
	2	0'30	683	1	1008	○	1		724	40	115	7.2	0.11			
		0'43	429		1089				1151	64	189	10.1	0.18		50	

- ※1 実験回数に○印があるものは、原液による消火を表す。
 ※2 消火結果欄で、○は「鎮火」、△は「鎮圧」、×は「部分消火」を表す。
 ※3 消火効果欄で、1は「十分な効果があった」、2は「効果があった」、3は「抑制効果があった」、4は「不十分であった」を表す。
 ※4 不効果理由欄で、Aは「水量不足」、Bは「消火方法不適(人為的)」、Cは「消火容器不適(構造的)」を表す。
 ※5 消火面積とは、消火水量1cc当たりの燃焼面積を表す。
 ※6 燃焼重量とは、消火水量1cc当たりの燃焼重量を表す。
 ※7 鎮火率とは、消火容器1杯で鎮火させることができた割合を表す。
 ※8 は、平均値を示す。

ア 着火物別の燃焼状況及び消火状況(目視)

(ア) クズカゴ(金属製)

a 燃焼状況(写真6)

点火後暫くは白煙を上げており、その後に炎をふきあげて燃焼するが、炎はさほど激しいものではなく、炎高さは20~30cm程度である。

b 消火状況

点火から平均1分44秒で消火に至っている。消火は、コップの場合何れも上方100cm程の位置から円を描くように万遍なく散布すると、1杯の水で鎮火できた。また、洗剤容器の場合は、

僅か40ccの水で鎮圧に至り、その後やや白煙を上げた後鎮火している。



写真6 クズカゴ(金属製)の燃焼状況

消火後、内部の焼き状況を見聞すると、上端に近い可燃物は炭火ないし焼失していたが、中央から下方にかけては未燃部分が多く残っている。これは、クズカゴの形状から内部に十分な酸素が供給されず、激しい燃焼を呈し得なかったものと推定される。

(イ) クズカゴ（ポリエチレン製）

a 燃焼状況（写真7）

ポリエチレン製のクズカゴは、初期のころは金属製のものと同様な燃焼状況を示したが、燃焼最盛期に至るとクズカゴ自身が溶融し燃焼した。

b 消火状況

コップで消火した実験では、クズカゴは溶融したが未だ激しい燃焼に至ってなかったため1杯の水で鎮火できたが、洗剤容器で消火した時はクズカゴ自身が激しく燃焼していたことと、溶融したポリエチレン片の影に火種が残ってしまったため、やや多い水量を費やしている。着火物がクズカゴ程度の大きさの場合は、コップ1杯の水で十分消火可能であり、洗剤容器を使用すればさらに少量の水でも可能であることがわかった。

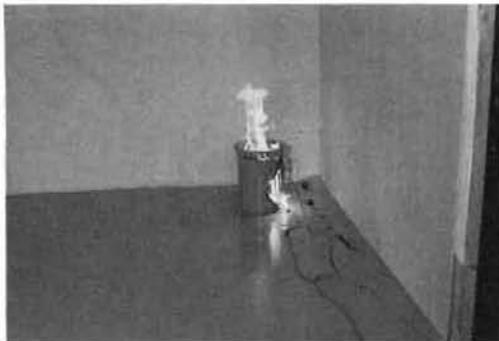


写真7 クズカゴ（ポリエチレン製）の燃焼状況

(ウ) 襖（ダンボール紙製）

a 燃焼状況（写真8）

下端に染み込ませたアルコールに点火すると、表面の襖紙がめくれ巻き込むように燃焼し、徐々に上方に拡大してゆく。しかし、下地であるダンボ

ール紙は燃焼しにくく、また燃焼してもあまり拡大せず、部分的に燃え抜けるような状況も見られた。

また、襖紙とダンボール紙との接着ノリ塗布のむらが見られ、ノリの多く使用されている箇所は、襖紙でさえ燃え上がらなかった。



写真8 襖（ダンボール紙製）の燃焼状況

b 消火状況

襖（ダンボール紙製）もクズカゴと同様、平均1分44秒で消火している。消火は、襖紙の表面積の1/3または2/3が燃焼している時期を捉えて行われた。消火者は何れの場合も、着火物から2m程度の位置で消火を開始し、火勢が弱まるにつれ徐々に接近するようになった。

コップの場合1杯では消えず、2杯でも部分消火するに止まった。襖は、広い範囲で燃焼しているため、狭い範囲しか飛散しないコップの水では部分的な火種がどうしても残ってしまう傾向にある。

洗剤容器の場合2回実施したが、燃焼範囲が1/3の時はほぼコップ1杯分の214ccで鎮火させている。また、燃焼範囲が2/3の時はコップ2杯分の412ccで鎮火させている。

牛乳1ℓバックでは、3回実施したうち2回までは1本以内で鎮火させることができたが、3回目については約1本半使用している。これは火面が大きかったこともあるが、容器自身が柔

らしく、強く握ることができないため、遠方へ正確に飛ばすことが難しいためと推定される。

水袋の場合、平均消火水量は539ccであり、牛乳1ℓパックの約1/2の水で、何れも鎮火させている。

(エ) 襖（木枠組製）

a 燃焼状況（写真9）

襖（木枠組製）の点火直後の状況は襖（ダンボール紙製）の場合と同じであるが、襖紙の内側に空気層があるため、炎の立ち上がりは速く、平均50秒で消火に至っている。また、内部の木枠組も部分的に燃焼しているがやや緩慢である。



写真9 襖（木枠組製）の燃焼状況

b 消火状況

前(ウ)で、燃焼面積が広いとコップの水では消火不能であることが分かっているためここでは省略し、洗剤容器と牛乳1ℓパックのみについて2回づつ実施した。

洗剤容器の場合、消火水はそれぞれ550cc使用しており、内容量600ccの容器としては、ほぼ限界に近い量を放出したことになる。もしこれ以上燃焼面積が大きい場合は、1本では鎮火に至らなかったものと推定される。また、牛乳1ℓパックでは平均605cc使用しており、洗剤容器に比べまだ残水に余裕が見られた。

中性洗剤や牛乳等の原液と水との比較では、データの数値上の差は見られ

ない。しかし、中性洗剤は水に比べ粘性が高く、遠方へ飛ばし難いという状況が見られた。

(オ) カーテン

a 燃焼状況（写真10）

カーテンの材質が化繊であり、表面積が大きいいため、下端に点火すると縮み上がる様な状態で激しい炎が一気に上方に拡大した。

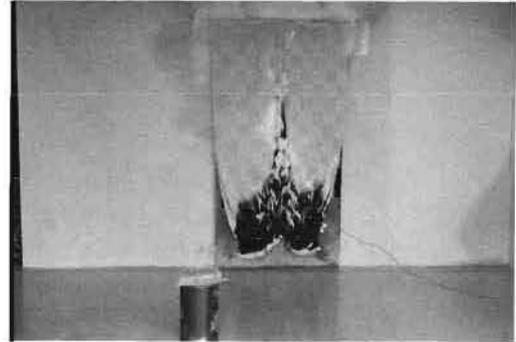


写真10 カーテンの燃焼状況

b 消火状況

点火から消火に至る時間はカーテンが最も短く、平均で43秒である。

消火は、各消火容器を2回づつ実施したが、コップは襖の場合と同様2回とも部分鎮火に止まった。

また、洗剤容器は平均291ccで鎮火した。これは他の消火容器に比べると、著しく少ない量であり、燃焼面積の広い火災の消火には洗剤容器が勝れている。

牛乳1ℓパックは、いずれも1本では鎮圧できず、平均1469ccの水を費やしている。各消火容器の中では最も多い量であるが、その理由は襖の場合と同様であり、ポリ袋・洗剤容器は、横に広く連続して放水できるのに対し、牛乳1ℓパックはコップと同様な縦に広く断続的な放水しかできない欠点がある。

また、ポリ袋は平均1089ccの消火水を使用している。

イ 消火結果のまとめ

(7) 消火結果

消火結果の状況を要約すると、表4のとおりである。コップを使用した消火は、上から撒水するクズカゴの燃焼では成功しているが、垂直な立上がり材に対しては全て失敗している。

また、牛乳1ℓパックによる消火もカーテンでは鎮圧できず、襪に対しては鎮圧または鎮火に至るまでに相当の水量を要している。その理由として、コップや牛乳1ℓパックの散布状況が縦長形状になるため、広い面積の消火には適していないためと推定される。

洗剤容器及びポリ袋は何れにも成功しており、少量水で横に幅広く散布する方法が有効である。

表4 消火結果

着火物 \ 消火容器	コップ	洗剤容器	牛乳容器	水袋
クズカゴ (金属製)	○	○	○	○
クズカゴ (ポリ製)	○	○	○	○
襪 (厚紙製)	×	○	○	○
襪 (木枠製)	×	○	○	○
カーテン	×	×	○	○

※ ○は鎮圧または鎮火
×は部分消火を表す。

(i) 消火効果

消火を開始して概ね鎮圧した場合でも、消火容器内に残水があれば鎮火まで至らしているため、鎮圧で止まった事例は少ないが、鎮圧後放置して再燃したものが1件、若干の白煙を上げた後鎮火したものが1件あった。

再燃したものの、それに至るまで十分な時間的余裕が見られたので、抑制効果は大であると推定される。

(ii) 消火不効果理由

襪やカーテンをコップで消火した実験は3回実施したが、何れも不成功となっている。コップ1杯200ccでは、幅広く散

布できないという構造的不適理由もあるが、水量不足も考えられる。しかし、コップ2杯400ccでは、他に洗剤容器が300cc前後で鎮火させていることを考え併せると、水量不足とは言えず、構造的不適理由のみによるものと推定される。カーテンを牛乳1ℓパックで消火したときにも不成功となっている。1000ccの水では水量不足とは言えず、散布方法不適及び構造的不適の相乗的理由によるものと推定される。

ポリ袋や洗剤容器が手で圧力を加えて飛ばす方式に対し、牛乳1ℓパックでは手で振り上げた勢いで飛ばさなければならぬ。そのため、容器自体に柔軟性があると強く握ることはできず、水を飛ばすという目的のためには不利となっている。

ウ 消火効率の検討

(7) 燃焼面積と消火水量の関係

燃焼面積と消火水量の関係をまとめたのが、図3である。

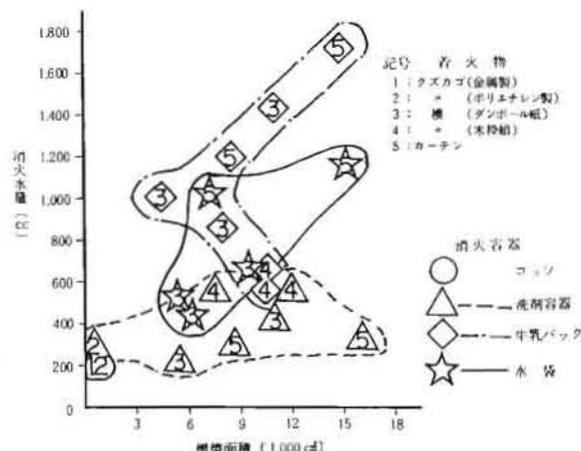


図3 燃焼面積——消火水量相関グラフ

ここでクズカゴの燃焼面積は、上端の水平面積とした。また、鎮火に至ったものだけを表した。

コップに関しては、クズカゴしか鎮火に至っていないので、特筆するものはない。

洗剤容器は総て1本で消火が成功しているため、最大でも550ccしか費やしていない。最も顕著な事例として燃焼面積

16000cm²を300ccで消火しており、少ない水量で消火できる消火容器の特性を有している。

牛乳1ℓパックでの消火は、各実験回数毎のバラツキが多い。しかし、襖（ダンボール紙製）とカーテンでは、燃焼面積と消火水量との間で比例関係が見られる。襖（木枠組）は2回実施しているが、燃焼面積が同一であるため、消火水量も近い数値を示している。また、前記洗剤容器の場合も襖（木枠組）では牛乳1ℓパックと近い値となっており、何れも500～600ccの消火水で消し止めている。このことから、今回の実験では襖（ダンボール紙製）とカーテンに比べ、襖（木枠組）は消火し易いという傾向が出ている。

水袋は、襖（ダンボール紙製）では400～600ccの消火水で成功しているが、カーテンでは約2倍の1000～1200cc費やしている。

この結果、洗剤容器は少量の水で小～大の燃焼火面を消火でき、次に水袋、洗剤容器の順となっている。

(イ) 単位消火水量当たりの燃焼面積及び燃焼重量の関係

単位消火水量当たりの燃焼面積及び燃焼重量の関係に着目してまとめたものが、図4である。

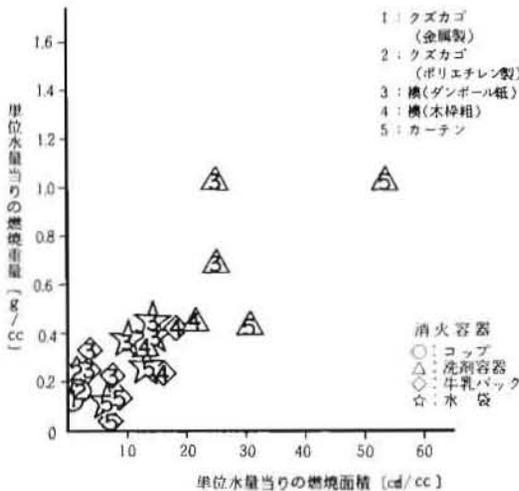


図4 燃焼面積——燃焼重量相関グラフ

これを見ると、コップ・牛乳1ℓパック・水袋・洗剤容器の順に水の有効利用度の順位付けが、そのまま容器の口の大きさの順位と同じであることが、注目に値する。

エ その他

消火容器による初期消火の限界をみるため、クズカゴを着火物として、襖・カーテン等を立ち上がり材として組み合わせたセットを作成し実験を行った。(写真11)

消火は天井の約半分まで炎が舐める状態となった時を捉え、2回実施した。

1回目は三角バケツ2杯で消火するに至ったが、2回目では火勢が1回目より



写真11 消火直前の状況

劣っていたにもかかわらず、コップ1杯・牛乳1ℓパック1本・洗剤容器1本を使用しても、消火できなかった。その後三角バケツを使用して、漸く鎮火させた。

オ 放水効果実験

(ア) 実験は、本実験を実施する前に、消火容器の違いによる散布状況を把握するために行った。

(イ) コップで1mの距離から標的に散布すると、狙った場所に水を掛けることができた。しかし、2mから3mへと距離を延ばすと水が届かなくなり、しかも狙った場所と違った所へかなりの量が飛び散ってしまった。また、水が塊となって数箇所に分散して掛かる傾向があるため、下方へ流れ落ちる量が多く、無駄水となっている。(写真12)

(ウ) 洗剤容器は、細い水で長時間連続的に放水できるため、広い範囲で正確に水を



写真12 コップで1mの距離からの散布状況

飛ばせる。しかし、全水量の9割しか放水できず、しかも容量自体が小さいので、放出可能水量は少ない。(写真13)



写真13 洗剤容器で2mの距離からの散布状況

(イ) 牛乳1ℓパックは、両手で下から勢いをつけてすくい上げるように放水するため、標的まで届かない水がかなり見られるが、絶対水量が多いため一様に散布することができた。しかし、真っ直ぐに遠くへ飛ばすためにある程度の要領が必要であり、消火者の慣れ不慣れによる影響が多いと推定される。(写真14)



写真14 牛乳パックで2mの距離からの散布状況

(オ) 水袋は絶対水量が多く、しかも洗剤容器に準じて口が小さいため、少量水づつ正確に遠くへ飛ばすことができた。しかし、両手で押迫させて水を飛ばす構造上残水が少なくなると放出しにくくなる傾向となった。(写真15)



写真15 水袋で2mの距離からの散布状況

(カ) 以上のことから、効果的に消火するためには、小口径で連続的にしかも絶対水量の大きいものがよいと思われる。

4. おわりに

これまで、本実験及び放水実験の実施結果、考察について述べてきたが、実験において使用した各消火容器とも、火災初期で着火物単体が燃焼し、燃焼範囲が狭い場合においては、一応の成果を収めることができた。

しかし、今回の実験と実火災との相違点を挙げると、

- (1) 実験セットは2面開放であり、煙・ガス・熱等が逃げてしまい恐怖感がない。
- (2) 消火容器が消火者のそばに準備されており、すぐに使用できる状態であった。
- (3) 消火者自身が火災の延焼拡大状況を見ており、安心感があった。

等があり、今回の成果がそのまま実火災でも発揮できるよう普段の心構えが必要である。

このことから一般家庭においては、火災の規模を見極め、消火の時期を失しないようにすることが望ましい。