

簡易消火具等の性能検証に関する研究 (第1報)

宮島 敏光*, 森 充弘*

概 要

家庭内で発生した比較的初期段階でのぼや火災の消火を想定してクッション火災、くずかごの火災における簡易消火具等の消火実験を実施した。その結果、初期消火には片手で使える簡易消火具が有効であった。燃焼実体に向け一方向から放射する場合と 90° の範囲で移動しながら放射する場合の消火方法とし、消火剤使用量や放射形状に着目することで消火効果を検証した。クッション火災及びくずかごの火災程度なら十分消火可能であり、天井への延焼防止が可能である。

1 はじめに

住宅用防災機器等の普及については、当庁で住宅防火対策の推進項目の一つとして推進しているところであるが、最近、エアゾール式簡易消火具がテレビ放映やカタログによる通信販売等で取り扱われている。

独立行政法人国民生活安全センターにおいてエアゾール式簡易消火具(国産品7種、輸入品4種)についての商品テストが行われ、その結果、消火性能等に関し改めて日本消防検定協会による鑑定の有効性が評価された。

2 実験日時等

(1) 実験日

平成17年1月25,26,27,31日 2月1,2,4,8日

(2) 実験場所

消防科学研究所 燃焼実験室内

3 実験方法等

(1) 実験方法

実験室内に可燃物を設置し、着火させてからエアゾール式簡易消火具(強化液、浸潤剤入りの水、機械泡)又は家庭散水用ホースで消火する。消火方法は燃焼実体に向け一方向から放射する場合と90°の範囲で移動しながら放射する場合の2種類とする。

一方向から放射する場合の可燃物と放射ノズル先端との距離(以下、消火距離と言う。)は1.5m,1mとし、温度、映像、消火に要した時間である。消火に要した時間は消火開始から燃焼している可燃物から炎が目視できなくなるまでの時間とする。各簡易消火具等の放射方法については連続放射するものとする。完全消火の判定は消火剤の放射終了後あるいは放水後1分以内において残炎

が認められず、放射終了後2分以内に再燃しない場合とする。なお、実験はエアゾール式簡易消火具鑑定基準に準じている。

さらに、実験に使用したエアゾール式簡易消火具と同じ機種のものを全量放射した場合の消火前と消火後の重量、放射時間及び放射形状を測定する。

(2) 測定項目及び測定方法

ア 消火に要した時間(以下、放射時間と言う。)をストップウォッチで測定する。

イ 熱電対をデータロガーに接続し、温度の測定を行う。(点火時からの天井付近、床付近の温度)(図1参照)

ウ 燃焼の状況をCCDカメラ(3ヶ所)とビデオカメラで撮影、記録する。(図1参照)

エ 簡易消火具の消火前と消火後の重量を測定する。

(3) 実験に使用した測定器等

ア データロガー(KEYENCE THERMO PRO 3000)

イ 熱電対(アルメルクロメル熱電対)

ウ カメラ(小型CCDカメラ・ビデオカメラ)

エ 温度・湿度計

オ 重量計

(4) 実験に使用した可燃物

可燃物1 一辺の長さが1000mmの正方形で厚さが100mmのウレタンフォーム(質量約1.3kg)

可燃物2 内径280mm,高さ300mmの鉄製の円筒形くずかご内の新聞紙40枚(質量約240g)

(5) 実験に使用したエアゾール式簡易消火具(鑑定合格品)、家庭散水用ホース

実験に使用したエアゾール式簡易消火具(鑑定合格品)、家庭散水用ホースを表1に示す。

* 第三研究室

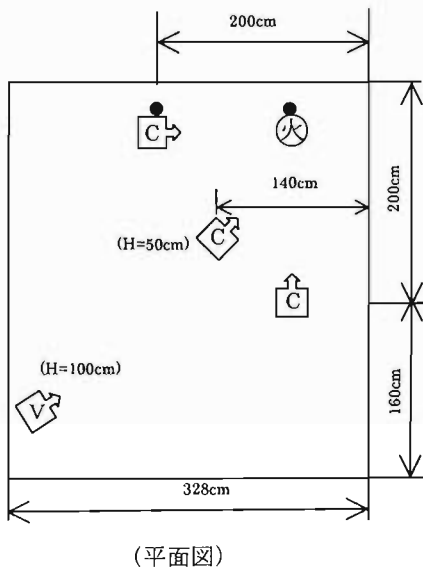
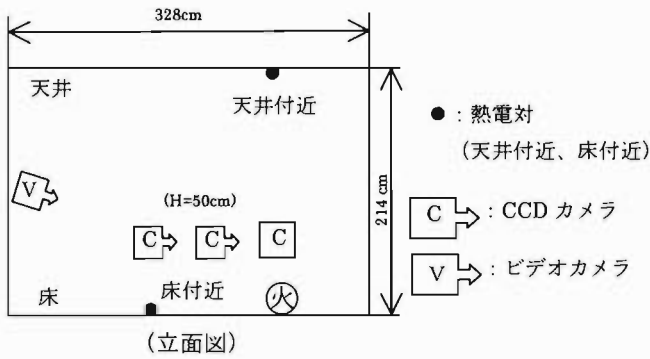


図1 測定器等配置

表1 実験に使用したエアゾール式簡易消火具、家庭散水用ホースの主な仕様

メーカー	消火剤	消火剤量	放射時間	放射距離
A社	水 (浸潤剤等入り)	440g	約 20 秒 (20℃)	2.5~3m (20℃)
B社	機械泡	約 400g	約 16 秒 (20℃)	3~5m (20℃)
C社	水 (浸潤剤等入り)	400g	約 33 秒	約 2m
D社	強化液	490g	約 12 秒	3m
E社	水	耐圧ホース 20m (内径 12mm) 材質: PVC		

※ E社: 家庭散水用ノズル付ホース

4 実験結果

(1) 実験1

ア 実験内容

可燃物1の中央部にヘキサメチレンテトラミン(質量約0.15g)で点火し、1分30秒経過してから消火した。この手順を一つの簡易消火具につき、一方向から放射する場合と90°の範囲で移動しながら放射する場合を3回ずつ実施した。



写真1 可燃物及び CCD カメラ位置

イ 実験結果

放射時間、簡易消火具の消火前と消火後の重量及び各点の温度は表2及び表3のとおりであった。

実験1のすべてで消火剤の放射終了後あるいは放水後1分以内において残炎が認められず、放射終了後あるいは放水後2分以内に再燃しなかった。

消火距離1mの場合の点火からの温度変化及び消火状況を、A社製簡易消火具で一方向から放射した場合1回目(図2)(写真2・3)と2回目(図3)で示す。

(2) 実験2

ア 実験内容

くずかごの中に、新聞紙40枚を1枚ごとに球状に丸めて均等に積み重ねた。メタノールを含ませた0.3gの脱脂綿を中央に投入し、点火し、3分間燃焼してから90°の範囲で移動しながら消火した。この手順を一種類の簡易消火具につき、3回実施した。

イ 実験結果

放射時間、簡易消火具の消火前と消火後の重量及び各点の温度は表4のとおりであった。

C社製以外の実験で表4のとおり消火剤の放射終了後あるいは放水後1分以内において再出火した場合は再度消火し、放射時間については合計した時間とした。放射終了後あるいは放水後2分以内に再燃しなかった。

消火距離1mの場合の点火からの温度変化及び消火状況を、B社製簡易消火具で移動しながら放射した場合1回目(図4)(写真4・5)と2回目(図5)で示す。

表2 実験1 (消火距離 1m) の放射時間、簡易消火具の重量及び各点の温度

メーカー	放射方法	実験回数	室温[°C] 湿度[%]	放射時間 [sec]	重量[g] (消火前)	重量[g] (消火後)	天井付近 温度[°C] (消火直前)	床付近 温度[°C] (消火直前)
A社	一方向	1回目	10	8.14	521.7	304.95	49.8	12.3
		2回目	30	5.69	521.7	356.67	131.7	17.0
		3回目		7.47	521.7	324.87	101	10.4
	移動	1回目		4.84	521.32	384.05	47.4	9.5
		2回目		3.24	521.34	427.16	66.2	9.8
		3回目		4.45	521.98	396.73	66.3	10.3
B社	一方向	1回目	6 60	3.46	525.44	417.09	61.6	10.1
		2回目		3.14	522.73	451.83	69.3	10.5
		3回目		4.60	526.76	411.72	107.9	11.4
	移動	1回目		4.46	524.34	393.08	88.5	11.9
		2回目		3.94	525.62	425.23	102.6	11.5
		3回目		6.10	524.55	377.55	94.9	12.1
C社	一方向	1回目		5.36	514.66	436.96	84.9	12
		2回目		5.66	515.24	427.39	72.7	10.2
		3回目		6.26	515.56	412.54	64.3	10.3
	移動	1回目		4.49	515.03	437.09	57	9.9
		2回目		5.55	515.03	421.37	60.9	10.7
		3回目		6.38	514.74	406.75	74.2	11.7
D社	一方向	1回目	6 41	3.26	526.79	482.11	50.6	10.9
		2回目		3.46	527.83	503.37	58	11.5
		3回目		3.91	527.71	437.84	82.8	13.6
	移動	1回目		3.59	526.07	451.25	84.1	12.9
		2回目		3.56	526.54	473.84	65.4	12.9
		3回目		2.78	527.72	496.34	59.7	12.7

※一方向とは一方向から放射した場合であり、移動とは移動しながら放射した場合である。(以下表3で同じ。)

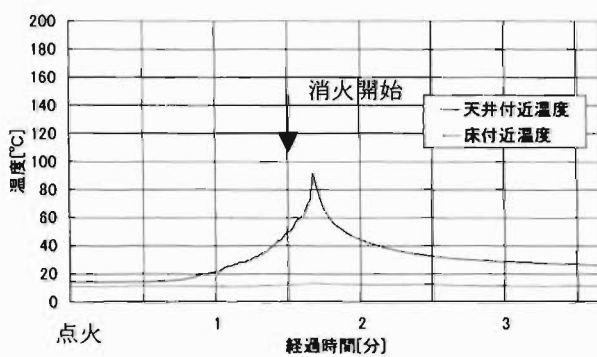


図2 実験1 (消火距離 1m) A社製簡易消火具で一方向から放射した場合1回目の温度変化

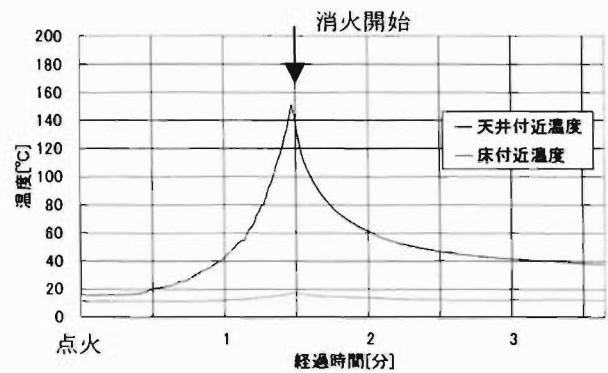


図3 実験1 (消火距離 1m) A社製簡易消火具で一方向から放射した場合2回目の温度変化

消火距離 1.5m の場合の点火からの温度変化及び消火状況については、前述の消火距離 1m のA社製簡易消火

具で一方向から放射した場合と類似した結果となったので省略することにする。

表3 実験1（消火距離 1.5m）の放射時間、簡易消火具の重量及び各点の温度

メーカー	放射方法	実験回数	室温[°C] 湿度[%]	放射時間 [sec]	重量[g] (消火前)	重量[g] (消火後)	天井付近 温度[°C] (消火直前)	床付近 温度[°C] (消火直前)	
A社	一方向	1回目	7 36	5.88	519.68	345.80	74.7	11.8	
		2回目		4.75	521.45	404.11	78.7	12.4	
		3回目		5.79	521.32	358.30	57.7	12.2	
	移動	1回目		5.51	523.19	365.54	65.6	14.4	
		2回目		5.54	520.85	370.56	71	15.2	
		3回目		4.94	522.69	376.45	83.8	15.5	
B社	一方向	1回目		7 36	3.16	526.27	434.72	50.7	12.9
		2回目			4.64	527.65	433.69	53.6	12.4
		3回目			2.55	525.49	459.41	46.1	11.9
	移動	1回目	3.96		524.03	396.75	79	16.3	
		2回目	3.67		525.45	425.21	73	14.5	
		3回目	3.36		525.80	411.35	68	14.2	
C社	一方向	1回目	7 21		6.26	515.16	420.62	43	12.2
		2回目			5.94	514.80	414.50	56.6	12.5
		3回目			8.14	514.70	387.88	71	13.6
	移動	1回目		5.71	514.86	425.71	55.5	11.6	
		2回目		5.00	514.51	433.10	54	11.4	
		3回目		2.70	515.82	446.63	39.5	11	
D社	一方向	1回目		7 36	2.10	627.80	492.15	63.5	13.9
		2回目			2.70	627.58	527.14	46.3	12.8
		3回目			2.54	626.63	503.68	41.8	13.4
	移動	1回目	7 21		2.75	627.70	539.33	44	11.5
		2回目			3.20	625.94	504.92	57.4	12.1
		3回目			2.75	627.79	528.63	53.4	12.3
E社	一方向	1回目	7 26		7.76	放水量	0.647[L]	76.5	13.6

※ E社の家庭散水用ノズルの流量は5[L/min]に設定した。Lはリットルとする。

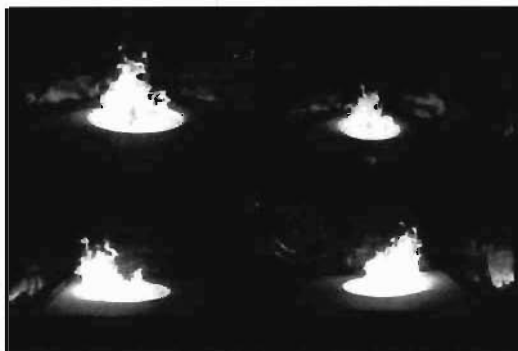


写真2 A社製簡易消火具で一方向から放射した場合1回目（消火開始直前）

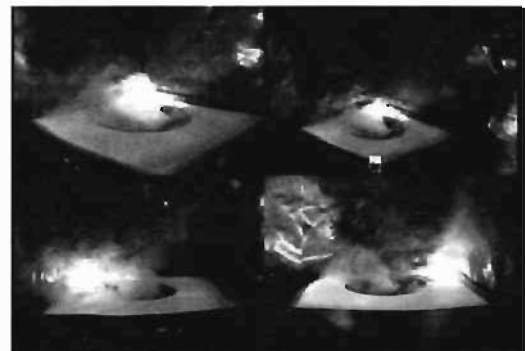


写真3 A社製簡易消火具で一方向から放射した場合1回目（消火開始2秒後）

(3) 簡易消火具の全量放射と放射形状
簡易消火具を全量放射した場合の消火前と消火後の重量、放射時間及び放射形状を測定した結果を表5、

写真6～9に示す。放射形状については放射開始4秒後の形状である。

表4 実験2（消火距離1m）の放射時間、簡易消火具の重量及び各点の温度

メーカー	実験回数	室温[°C] 湿度(%)	放射時間 [sec]	重量[g] (消火前)	重量[g] (消火後)	天井付近 温度[°C] (消火直前)	床付近 温度[°C] (消火直前)	
A社	1回目	9 31	11.22	523.30	122.70	34.6	11.5	
	2回目		15.62	523.21	161.27	35.5	12.3	
	3回目(再出火)		21.27	522.89	82.14	37.1	12.5	
B社	1回目		12.68	524.52	214.22	36.3	12.9	
	2回目(再出火)		17.60	525.91	127.75	31.3	8.3	
	3回目(再出火)		14.17	524.60	180.32	28.8	8.1	
C社	1回目		9 59	8.59	514.76	392.10	32.4	8.6
	2回目			8.94	514.57	384.20	33.4	8.5
	3回目			10.19	514.20	365.79	31.2	8.5
D社	1回目(再出火)	13.33		625.79	142.87	32.8	8.6	
	2回目	12.14		626.28	300.36	32.6	9.1	
	3回目	7.44		626.08	351.96	30.9	8.3	
E社	1回目(再出火)	14.57		放水量	1.457[L]	31.5	8.3	
	2回目	17.18		放水量	1.718[L]	33.2	8.3	
	3回目	10.14		放水量	1.014[L]	34.5	8.4	

※ E社の家庭散水用ノズルの流量は6[L/min]に設定した。

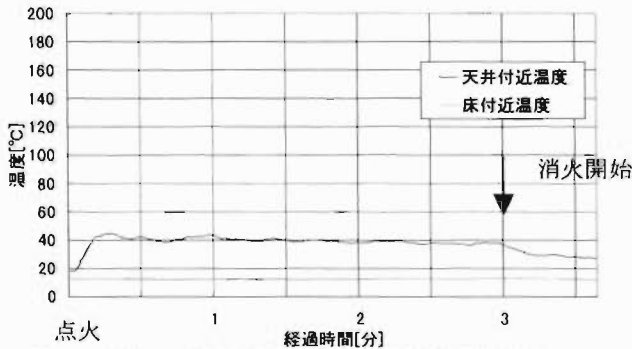


図4 実験2（消火距離1m）B社製簡易消火具で移動しながら放射した場合1回目の温度変化



写真4 B社製簡易消火具で移動しながら放射した場合1回目（消火開始直前）

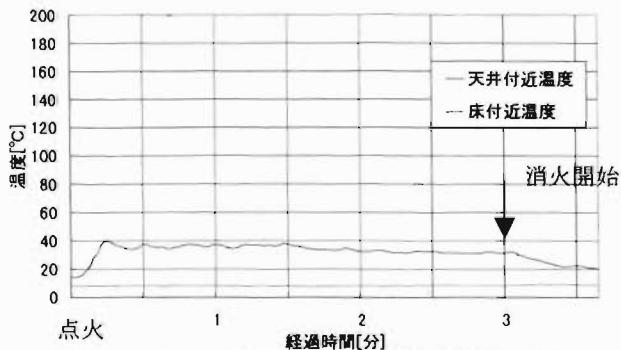


図5 実験2（消火距離1m）B社製簡易消火具で移動しながら放射した場合2回目の温度変化

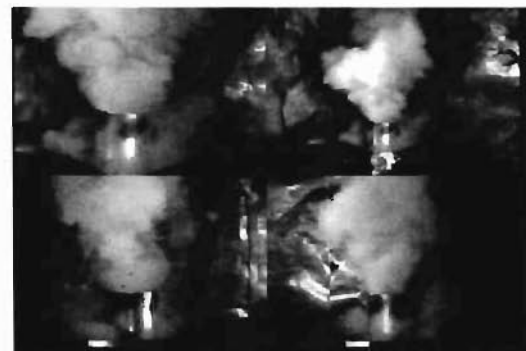


写真5 B社製簡易消火具で移動しながら放射した場合1回目（消火開始2秒後）

表5 簡易消火具の全量放射による重量と放射時間

メーカー	室温[°C] 湿度 (%)	重量[g] (放射前)	重量[g] (放射後)	放射 時間 [sec]
A社	12	519.96	82.21	23.74
B社		524.07	129.01	18.82
C社	35	514.12	130.32	34.34
D社		627.51	139.74	15.11



写真6 A社製放射形状 (放射開始4秒後)

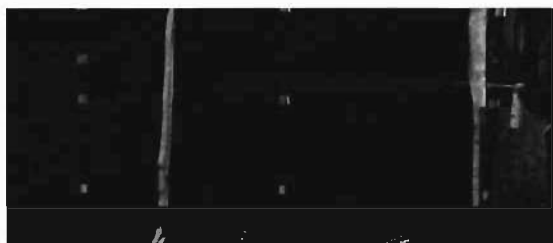


写真7 B社製放射形状 (放射開始4秒後)



写真8 C社製放射形状 (放射開始4秒後)

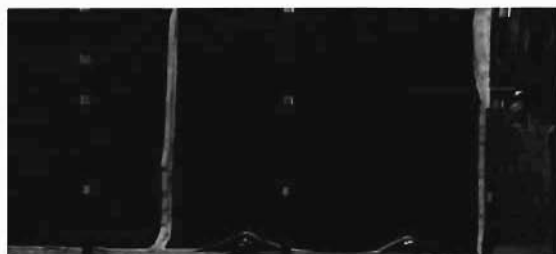


写真9 D社製放射形状 (放射開始4秒後)

5 考察

(1) クッション火災について (実験1)

消火距離 1m の場合において消火に要した放射時間と消火前と消火後の重量差から消火剤使用量について散布

図で示すと次の図6・図7のようになる。一方向から放射した場合と 90° の範囲で移動しながら放射した場合のいずれにおいても、簡易消火具の種類ごとにある程度まとまった分布になる。A社製について一方向から放射した場合の放射時間は5.69秒から8.14秒の範囲であり、消火剤使用量は165.03gから216.75gの範囲である。90°の範囲で移動しながら放射した場合の放射時間は3.24秒から4.84秒の範囲であり、消火剤使用量は94.18gから137.27gの範囲である。これらのことから、放射時間と消火剤使用量を比較すると、移動しながら放射した場合の方が放射時間は短く、簡易消火具の消火剤使用量が少ない傾向になっている。B社製、C社製、D社製については一方向から放射した場合と90°の範囲で移動しながら放射した場合の放射時間と消火剤使用量の違いは明確に表れていない。消火剤別ではD社製が他の簡易消火具と比べて放射時間の短い傾向であり、消火剤使用量は100g以下と少ない傾向で移動するしなにかかわらず消火効果は安定していた。写真6から写真9の放射形状を見るとA社製及びB社製はスプレー型で、C社製及びD社製はストレート型の放射形状である。D社製はC社製よりも棒状の勢いのあるストレート型である。使用されている消火剤はA社製は浸潤剤等入りの水、B社製は機械泡、C社製は浸潤剤等入りの水、D社製は強化液でA社製とC社製は同様な消火剤ではあるが放射形状で異なっている。

以上のことから水系の消火剤でスプレー型の放射形状ものは一方向からの放射ではなく移動して消火した方が消火効果がクッション火災と同様な火災において高くなると考えられる。また、泡系の消火剤や棒状に近い放射形状の簡易消火具については移動して消火しなくてもほぼ同じような消火効果が得られると考えられる。

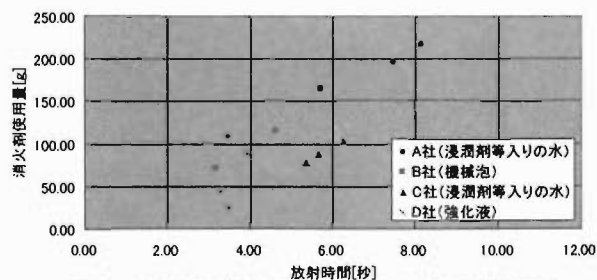


図6 一方方向から放射した場合 (消火距離 1m)
(クッション火災)

消火距離 1.5m の場合においても図8・図9に示すように、C社製について一方向から放射した場合は5.94秒から8.14秒の範囲であり、消火剤使用量は94.54gから126.82gの範囲である。90°の範囲で移動しながら放射した場合の放射時間は2.70秒から5.71秒の範囲であり、消火剤使用量は69.19gから89.15gの範囲である。C社製の一方方向から放射した場合と移動しながら放射した場合を比較すると、移動しながら放射した場合の方

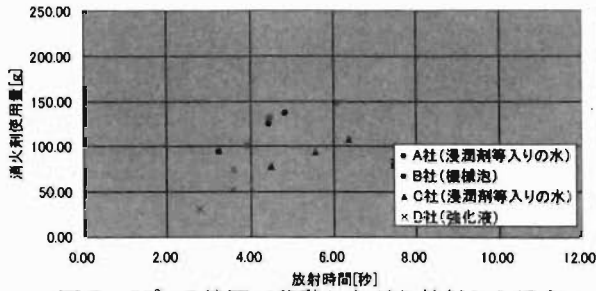


図7 90°の範囲で移動しながら放射した場合 (消火距離1m) (クッション火災)

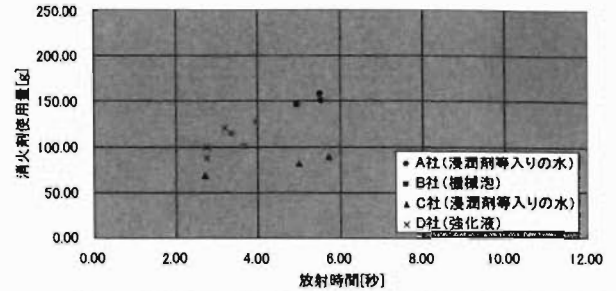


図9 90°の範囲で移動しながら放射した場合 (消火距離1.5m) (クッション火災)

が放射時間は短い傾向になっている。A社製、B社製、D社製は一方向から消火した場合よりも移動して消火した場合の方が放射時間、消火剤使用量についてそれぞれの簡易消火具ごとで安定した消火効果が得られ、今回使用した簡易消火具全体と比較しても放射時間、消火剤使用量はばらつきもなくほぼ一定の消火効果を得ている。消火距離1mと1.5mでは今回使用したすべての簡易消火具で安定した消火効果を得ているのは消火距離1.5mの移動した場合であることから、表1の仕様に基づいた放射距離は燃焼物のより近くから放射すれば消火効果が得られるのではなく、有効に効果的効率的に消火するには仕様の消火距離が適切であると考えられる。

消火剤別で放射時間を見るとD社製が放射時間の短い傾向である。前述の消火距離1mの場合のようにD社製は棒状の勢いのあるストレート型であるため今回のクッションから出火した火災の消火に効果的であったと考えられる。

今回のクッション火災では点火してから消火までの間で火点天井付近温度は14.3℃から151.5℃の範囲(図2・図3参照)であったので天井(高さ2.1m)の材質が木材と仮定しても木材の引火点(200℃以上)には至らない。このことから、簡易消火具の消火剤を燃焼実体に直接放射すれば消火可能である。床の温度は点火から

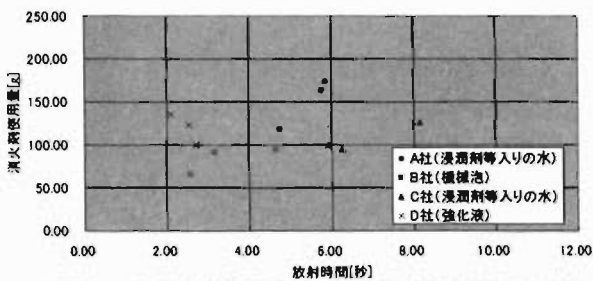


図8 一方向から放射した場合 (消火距離1.5m) (クッション火災)

消火開始及び実験終了まで11.1℃から17.4℃で変化はなかった。

消火剤使用量と全量放射した消火剤使用量を比較するとA社製は全量放射した消火剤使用量は437.75g、クッション火災消火(消火距離1m)に使用した消火剤量は一方向から放射した場合1回目216.75gで約49.5%使用さ

れ、移動しながら放射した場合1回目137.27gで約31.4%使用されている。同様に消火前と消火後の消火剤使用量は今回使用した簡易消火具ではすべて半分以下であった。(図10・図11参照)クッション火災であるならば1本の簡易消火具で消火するのに十分余裕があると考えられる。

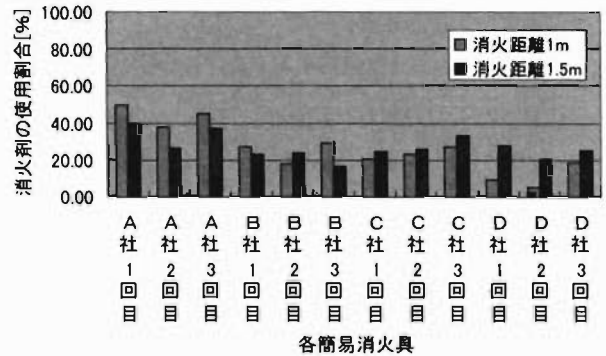


図10 一方向から放射した消火剤使用割合 (クッション火災)

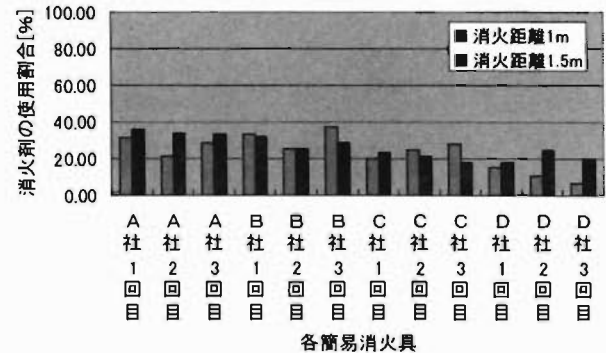


図11 移動しながら放射した消火剤使用割合 (クッション火災)

家庭用散水ホースと簡易消火具の消火効果等について比較すると消火距離1.5mで家庭用散水ホースを用いて一方向から放射した場合の放水量は0.647[L]で今回使用した簡易消火具の最大使用量は216.75g、家庭用散水ホースで散水した場合には簡易消火具で消火した場合の最大使用量216.75gの約3倍となり水損の可能性が高いと考えられる。水の入った1[L]用ペットボトルが1本あれば十分消火可能であると考えられるが、通常、家庭用散水ホースは台所等には延長されていないため、蛇口に接続するのも時間を要することになり、早期の消

火には簡易消火具の方が適しており、さらに消火剤が充てんされているため水で消火するには不適切な天ぷら鍋の火災などの他の火災に対しても消火効果がある。

このことから簡易消火具は初期の火災において水道水を使用するより少ない量で消火することができ、天ぷら鍋の火災にも対応していることから効果的、効率的な消火具であるといえる。

(2) くずかごの火災について (実験2)

消火距離 1.5m については、消火距離 1m より距離が増す分だけ、くずかごの円筒部分が消火の妨げになり消火不可能になる。

消火距離 1m の一方向から放射する場合においては、くずかごの形状が円筒であるために円筒部分が消火の妨げになり完全消火することはできなかった。完全消火の可能性は 90° の範囲で移動しながら放射した場合により検証した。90° の範囲で移動しながら放射した場合の放射時間と消火前と消火後の重量差から消火剤使用量について散布図で示すと図 12 のようになる。A 社製の試験で放射時間が 21.27 秒となった理由は消火後に火種が残り再出火したために再度放射したためである。

簡易消火具の使用法として仕様上、炎から 1.5m あるいは 2m 程離れた位置から放射するように容器に記載してあるが、くずかごの火災では火勢制圧は可能であるが簡易消火具の消火剤が燃焼実体に直接放射可能な消火距離に近づかなければ完全に消火することはできない。

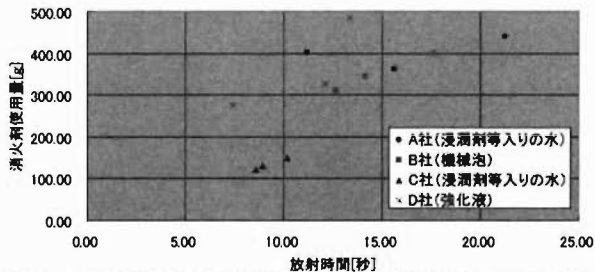


図 12 くずかごの火災を 90° の範囲で移動しながら放射した場合 (消火距離 1m) (くずかごの火災)

今回使用した簡易消火具の消火剤使用量と全量放射した消火剤使用量の比率から消火剤使用割合を比較すると、A 社製については全量放射した消火剤使用量は 437.75g、くずかごの火災の消火 (消火距離 1m) に使用した消火剤量は移動しながら放射した場合 1 回目 400.6g で約 91.5% 使用されている。同様に消火剤使用割合を比較すると図 13 のようになり消火剤の使用割合は実験 1 のクッション火災と比較しても多くなった。しかし、C 社製が他の簡易消火具に比べ消火剤の使用割合が実験 1 のクッション火災に比べ多くないのは、写真 6～9 の放射形状から考えると棒状のものが消火効果がスプレー状のよりもあるといえる。D 社製においても再出火した場合を除き 66.82%、56.2% とスプレー状のよりも消

火効果が得られている。A 社 3 回目、B 社 2 回目、B 社 3 回目、D 社 1 回目では消火後に火種が残り再出火したために再度放射したので消火剤を 100% 使用したものが多。くずかごの形状のように可燃物の周囲に遮蔽物があると完全に消火するためには消火剤を全量放射しなければ完全消火できない場合がある。

今回のくずかごの火災では点火してから消火までの間で火点天井付近温度は 14℃ から 45℃ の範囲 (図 4・図 5 参照) であったので天井の材質が木材と仮定しても木材の引火点 (200℃ 以上) には至らない。床の温度は点火から消火開始まで 7.7℃ から 13℃ の範囲であり、さらに実験終了まで大きな変化はなかった。このことから、簡易消火具の消火剤を燃焼実体に直接放射すれば天井に延焼する前に消火可能である。

家庭用散水ホースで移動しながら放射した放水量は 1.014～1.718[L] であった。水の入った 1[L] 用ペットボトルが 2 本あれば十分であると言えるが、実験 1 のクッション火災の時と同様、消火の開始までの準備する時間や水損を考慮すれば片手で簡単に使え、また、他の石油ストーブの火災、天ぷら鍋の火災などにも使用できる簡易消火具の方が有効である。

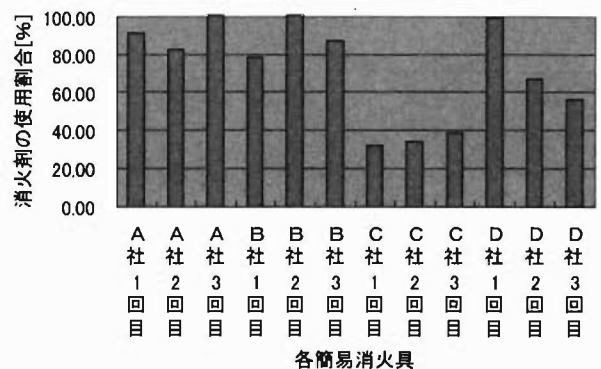


図 13 くずかごの火災を移動しながら放射した消火剤使用割合 (消火距離 1m) (くずかごの火災)

6 結論

- ・ クッション火災やくずかごの火災では棒状の勢いのあるストレート型の消火剤で消火すると安定した消火効果が得られる。
- ・ くずかごの火災では一方向から放射するのではなく移動しながら消火しなくては完全消火は困難である。
- ・ くずかごの火災では簡易消火具の消火剤が燃焼実体に直接放射できる消火距離に近づく必要がある。
- ・ クッション火災では消火剤使用量は全容量の半分以下で消火可能であるが、くずかごの火災では消火しにくい場合ため全量必要な場合がある。
- ・ クッション火災及びくずかごの火災程度なら十分消火可能であり、天井への延焼防止が可能である。

[参考文献等]

- 1) 長谷見雄二:「火事場のサイエンス」井上書院
- 2) エアゾール式簡易消火具の鑑定細則

A STUDY ON THE PERFORMANCE VERIFICATION FOR THE DEVICES SUCH AS SIMPLE EXTINCTION TOOLS (FIRST REPORT)

Toshimitsu MIYAJIMA*, Mitsuhiro MORI*

Abstract

For the small fires at a relatively early stage in the home, the extinction experiment of simple extinction tools and the likes was conducted in a fire with cushions and wastebaskets. As a result, the one-hand simple extinction tool was effective for the early stage extinction. The extinction method considers both the discharge from one direction at the "combustion substance" and the discharge with an experimenter's move within the range of 90°. The effect of extinction was verified by paying attention to the amount of the extinction agent used and the radiation shape. Those tools are enough to extinguish a fire with cushions and wastebaskets. Therefore, those tools are capable of avoiding small fires from reaching to the ceiling.

* Research Division3