

水幕による熱遮断実験結果について

上	野	宰*
島	光	男**
畠	山	一**
伏	見	英**
小	西	光雄**

1. はじめに

震災時など大規模火災の延焼防止,あるいは輻射熱や熱気流から避難路や避難場所を防護することは,消防対策として重要な問題である。特に火災規模が大きくなると,輻射熱,熱気流,飛火によってかなり遠方の建物等へ延焼拡大する。これらの消防対策として,延焼防止器材の開発や大量放水による水幕装置の開発などが行なわれているが,実際にどの程度の熱遮断効

果があるか今まであまり究明されていない状況である。今回,実火災規模の燃焼状況下で,水幕による熱遮断効果を測定する機会を得たので,その結果を報告する。

2. 水幕装置の機構及び性能

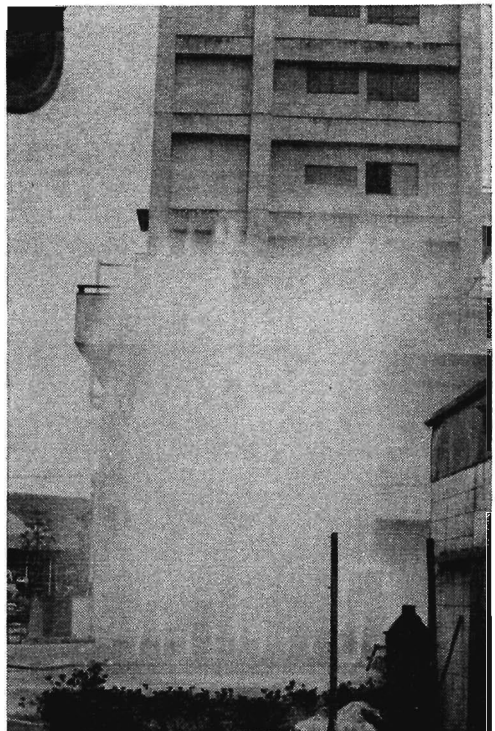
(1) 自動水幕装置

実験に使った自動水幕装置は,写真1に示すとおり以前から延焼防止用資器材として開発してきた装置の改良型である。この水幕装置は,放水方向が自動的に

写真1 自動水幕装置



写真2 固定水幕装置



* 第三研究室長 ** 第三研究室

表1 自動水幕装置の性能

ノズル 種 別	仰角 θ , 偏向角 α (deg)	流 量 Q (ℓ/min)	元 圧 力 P ₁ (kg/cm ²)	ノズル根 元 圧 力 P ₂ (kg/cm ²)	放 水 射 程 (m)		往 復 偏 向 時 間 T (sec)
					垂 直 方 向 H	水 平 方 向 L	
口 径 16mmφ ストレ ート	$\theta=45$	400	6.0	5.9	14.5 (16.5)	20	6.9
		500	10.1	9.5	18.0 (23.0)	20	5.6
		600	13.9	12.3	21.5 (24.0)	21	5.0
		700	18.2	17.3	24.0 (27.0)	22	4.2
		800	22.5	21.8	24.5 (28.5)	23	3.5
	$\alpha=35$	400	6.0	5.5	21.5 (24.0)	18	7.0
		500	8.1	8.0	22.0 (24.5)	19	5.5
		600	12.5	11.8	24.5 (28.5)	13	4.1
		700	18.4	17.0	25.0 (28.0)	20	3.5
口 径 25.4mmφ ストレ ート	$\theta=45$	400	2.1	2.0	8.0 (9.0)	23	13.2
		500	2.5	2.3	11.5 (13.0)	24	11.8
		600	4.9	4.2	14.5 (16.5)	25	10.0
		700	8.5	5.7	18.0 (20.0)	26	8.2
		800	9.6	7.0	21.5 (23.0)	25	7.5
		900	10.0	8.7	22.0 (23.0)	25	6.9
		950	11.0	9.6	25.0 (27.0)	19	6.2
	$\alpha=35$	400	2.1	2.0	13.0 (15.0)	15	13.0
		500	2.5	2.4	15.0 (16.0)	14	11.7
		600	5.0	4.1	16.0 (19.0)	15	9.9
		700	8.4	5.6	19.0 (21.0)	14	8.2
		800	9.4	7.0	22.0 (24.0)	13	7.5
		900	10.1	8.6	24.5 (26.5)	14	7.0
		950	11.0	9.7	27.5 (29.0)	14	6.1

※ 風向、風速は東または北東1.5m以下であり、射程は風の影響が見られる。

※ 放水射程欄中（ ）内の数値は、ノズルの偏向速度が設定偏向角度両端で一瞬、零となるために高く伸びた射程である。

扇状に偏向するもので、試作1号機（1975年9月 消防科学研究所報第12号 P30～36に掲載）のノズル偏向速度を速めて、単位面積当りの散水量を増し、散水粒子による熱遮断効果を良くするため改造をほどこした。試作1号機と機構上異なる点は、主ノズルの後方にある副ノズルからの放水流を直接、特殊な羽根車に衝突させ、歯車の回転を介してノズルを左右に偏向させるもので、放水射程、散水量、偏向時間等について

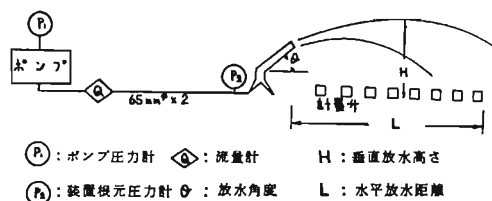


図 1 実験体形

表2 自動水幕装置の散水量, 散水分布量

仰角 θ 偏向角 α (deg)	放水量 Q (ℓ/min)	ノズル口径 16mmφ ストレート		ノズル口径 25.4mmφ ストレート	
		実測値平均散水量 (cc/min)	算定値平均散水分布 ($\ell/\text{m}^2 \text{ h}$)	実測値平均散水量 (cc/min)	算定値平均散水分布 ($\ell/\text{m}^2 \text{ h}$)
$\theta=45$	400	517.0	73.26	652.5	92.41
	500	467.5	63.60	804.5	101.28
	600	349.4	Δ 53.99	Δ 330.0	38.42
	700	428.8	63.24	978.0	115.60
$\alpha=35$	800	531.1	78.47	Δ 368.5	44.20
	900			861.0	95.20
	950			900.5	117.64
$\theta=70$	400	561.5	82.99	617.7	140.01
	500	750.5	98.12	693.5	138.68
	600	758.0	117.13	767.0	124.16
	700	686.5	101.45	881.0	187.20
$\alpha=35$	800			964.5	234.22
	900			977.5	195.50
	950			466.5	113.28

※ Δ 印は風の影響を受けている箇所

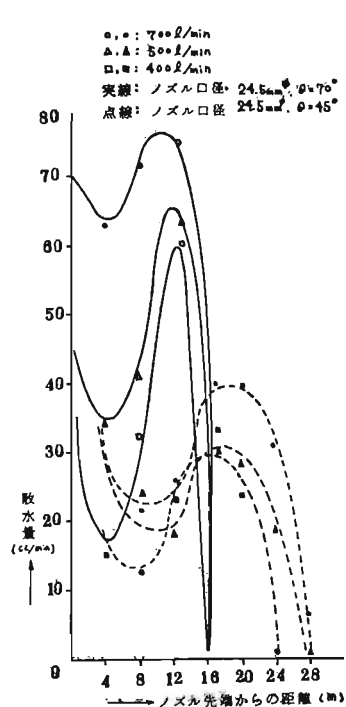


図2 放水距離と散水量

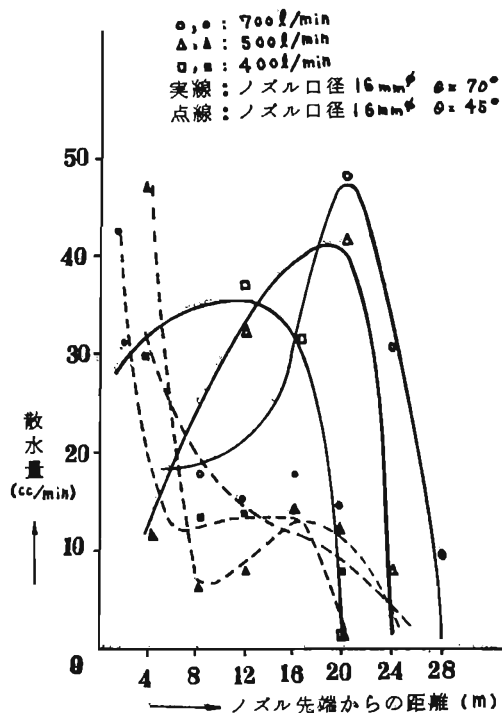


図3 放水距離と散水量

表3 放水流の各部分における輻射熱の遮断率

距離 ノズル圧 (kg/cm ²)	棒状放水中心での遮断率 (%)				放水中心から25cm離れた位 置での遮断率 (%)				放水中心から50cm離れた位 置での遮断率 (%)			
	0.8	1.0	1.25	1.5	0.8	1.0	1.25	1.5	0.8	1.0	1.25	1.5
測定高さ(m)												
1.9	45	43	46	44	22	20	22	21	—	1	—	—
3.1	42	40	38	41	27	27	38	25	—	—	—	20
4.9	81	49	51	44	2	2	12	12	—	—	—	4
5.8	32	61	60	58	—	1	52	46	—	—	—	10
7.0	—	11	69	64	—	—	2	—	—	—	—	5

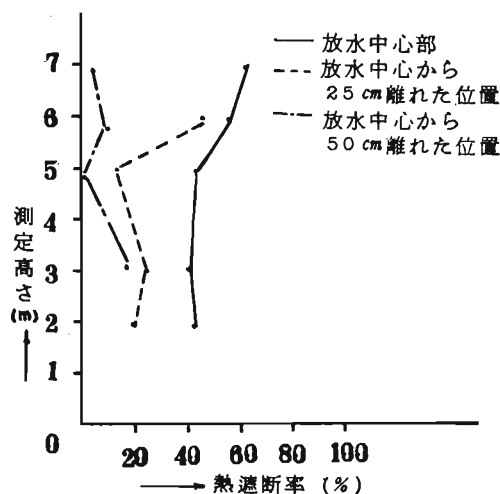


図4 ノズル圧力 1.5kg/cm² の各位置の熱遮断率

は、図1に示す方法で実測した結果、表1、2、図23のとおりである。単位面積当りの散水量については、装置から前方1m間隔に口径150mm、高さ100mmの円筒形計量升を置き、その口径と採取した散水量から計算した。表1、2から放水角度45度、偏向角度35度、放水量400ℓ/minの場合は、水平放水射程(約20m)との関係から散水総面積は約68㎡となり、平均73.26ℓ/㎡・hの散水量があることになる。

(2) 固定水幕装置

この装置は、水幕に関する基礎実験を行なうために試作したもので、その構造は写真2に示す通り、内径

65mm、長さ5.6mの鋼管に口径17mm相当の可変ノズルを50cm間隔で10個一列に固定し、主管路の両端に65ミリ消防ホースが結合できるようにしたものである。

この水幕装置の試作に当り、ノズル単位体の特性及び直上放水時の放水流各部の熱遮断率を測定した結果は表3、図3、4の通りである。測定方法は、天井高9.1mの実験室内で赤外線バーナー(シュバックバーナー)と輻射計を対向させて設定し、その中間位置で直上に放水させ、熱源となる赤外線バーナーと輻射計を上下に移動して計測を行なった。図4に示すように放水流の熱遮断率は高所の方が大きく無風時では各ノズルの放水量は200ℓ/min程度でも落下散水粒子により間断ない水幕を作ることができる。

3. 実規模火災における熱遮断実験

(1) 実験日時、場所、協力者

昭和52年8月30日 午前11時30分～午後1時30分
東京湾14号埋立地、東京都江東区新木場三丁目
南千石橋南西角地

実験協力 司令部、第1、第7方面本部、航空隊、
城東消防署、臨港消防署

(2) 実験方法

図5の通り軒高7.2m、建面積29.2㎡の木造2階建建物2棟及び廃材約8トンを高さ1.5mに積上げ(火災荷重約160kg/㎡)A、B建物の北側12mの地点で地上5mの位置に輻射計、建物と輻射計の間に自動水幕装置及び固定水幕装置を設け、風上側の廃材に点火し、建物全体に延焼した際に水幕を透過して輻射計に受ける熱量を測定した。なお、各水幕装置の概要諸元は次の通りである。



写真3 実規模火災における熱遮断実験

自動水幕装置		固定水幕装置	
放水偏向角度	65deg	水幕の厚さ	約1.5m
偏向往復時間	10sec	水幕の幅	約6m
放水量	700ℓ/min	全放水量	2000ℓ/min
放水角度	80deg	放水角度	90deg
放水射程	20m	放水射程	約9m
ノズル根元圧力	14kg/cm ²	ノズル根本圧力	6kg/cm ²
ノズル型式	21型可変	ノズル型式	MN式可変
放水流	棒状放水	放水流	やや噴霧状

4. 実験結果と考察

A建物、廃材点火後約2分30秒で燃焼が最盛期となり、自動水幕側に設定した輻射計は、この時点で10,377kcal/m²・hに達し、建物側面に取付けた熱電対温度計は950℃を示した。この後、建物は倒壊し熱量は、漸次減少したが、各水幕装置の時間経過に対する輻射計の受熱量は、図6及び表4の通りであり、自動水幕装置側の熱遮断率は最高で約26%、固定水幕装置側では46%～55%であった。

自動水幕装置は放水射程約20m、放水量700ℓ/minであり、水の粒子が落下する途中での遮熱効果を期待したが、装置の首振り周期に伴う輻射熱の減衰状況を示していることから棒状放水流による影響がより多くなっているものと思われる。

無風状態で自動水幕装置の放水による落下散水粒子が、仮に蒸発または粒子相互に結合せず、垂直に降下するとすれば、放水射程約20mからの落下では、偏向往復時間10secとガーギンガーによる水滴の落下速度との関係から粒径400μm程度のものが地上5m高さに

設定した輻射計の位置に達するものと推定される。

固定水幕装置の場合は、小口径ノズルの集合によって形成する放水量約9m、総放水量2000ℓ/minの水幕であり、この実験では、火面を完全におつう状態になったため、遮熱効果も比較的良好な結果となった。

5. ま と め

人間が耐えられる輻射熱は、直立した状態で火面に対する場合、3,440kcal/m²・hで2秒～6秒、1720kcal/m²・hで49秒～3分27秒であり、避難する時のように常に動きの伴う場合は、2000kcal/m²・h程度が長時間耐えられる限度であるといわれている。

今回の実験は、風速3.5m/s以下で、輻射熱を発する火面が実規模火災とはいっても比較的狭く、これに固定水幕装置によって大量放水を行なった状態でも約10分間2000kcal/m²・h以上の熱量を輻射計に継続して受けていることから、燃焼建物等に対向する距離が十数メートル程度で、広範な火面となる軒並火災のような場合は、一般的なノズルを使用した水幕装置を設置するだけでは、輻射熱の十分な遮断効果を期待することはかなり困難である。

高温の環境から人間が耐えられる雰囲気温度にまで下げるに必要な水噴霧粒子の散水量は、7.26ℓ/m²・h(1973年11月消防科学研究所報第10号P57～66に掲載の水噴霧による防護方法の研究参照)程度であり、自動水幕装置の場合、偏向角度35度、放水量400ℓ/minでも上記必要水量を十分に満足する散水量がある。従って、避難路、避難場所の確保または建物火災等の延焼防止のために、このような放水装置を使用する場合

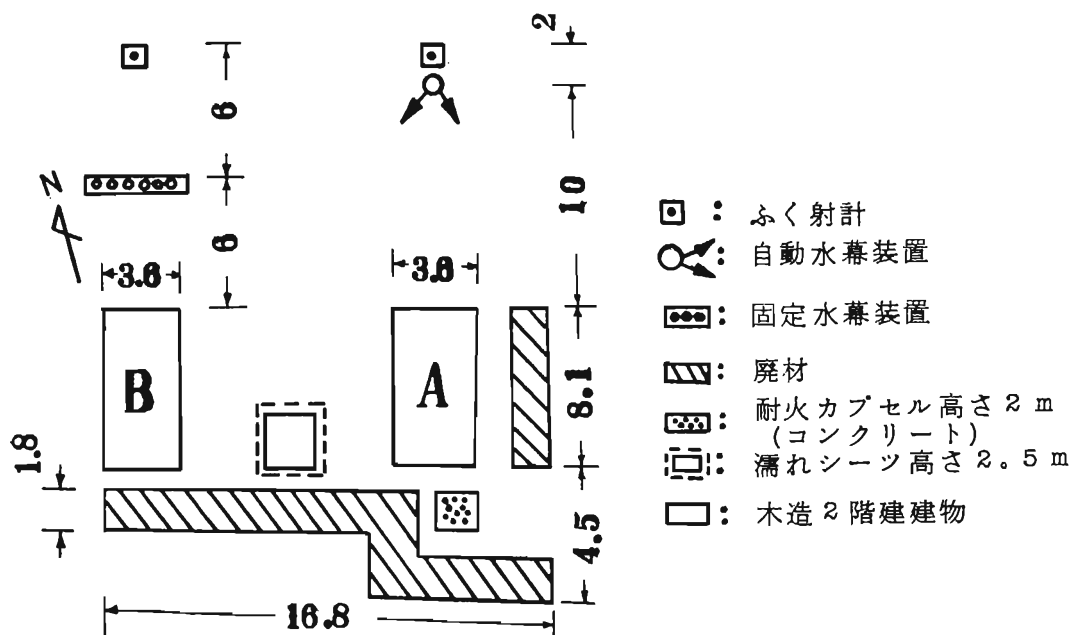


图5 火灾建物，水幕装置配置图（单位：m）

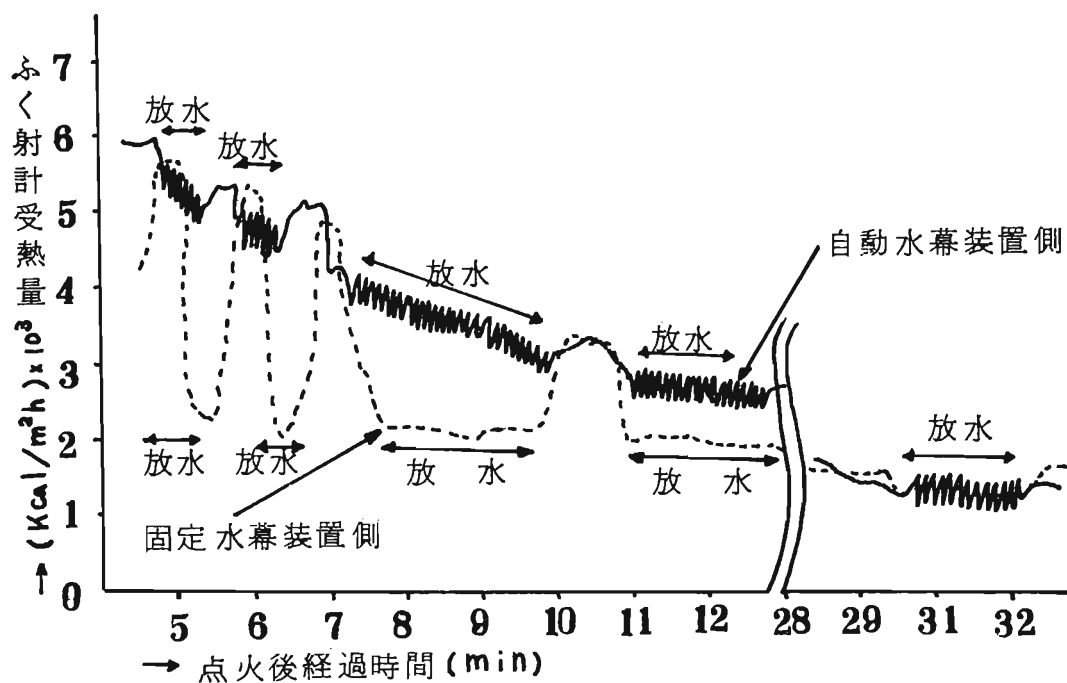


図6 各水幕装置側におけるふく射計の受熱量

表4 熱遮断実験結果

点火後経過時間 (分:秒)	ふく射計受熱量 (kcal/m ² h)	
	自動水幕装置側	固定水幕装置側
2:30	10377	—
3:50	—	2358(放水)
4:00	—	5283
4:20	—	2358(放水)
4:45	5975	—
4:50	—	5660
4:55 } — 5:20	最高 5346 (放水) 最低 4403	— 2138(放水)
5:30	5189	—
5:45	—	5189
5:50 6:15	最高 4701 (放水) 最低 4245	—
6:20	5031	1981(放水)
6:40	—	4874
6:43 } (7:10) } 9:50	最高 4276 (放水) 最低 2389	1981(放水)
10:10	—	3145
10:20	2987	—
21:20	1415	—
21:26 } 21:30	最高 1335 (放水) 最低 1022	—
23:40	1226	—
23:50 } 27:26	最高 1148 (放水) 最低 833	—
27:30	1022	—
28:40	—	1179
29:00 } 30:50	最高 905 (放水) 最低 761	959 864
31:30	—	959

※ 気象 天候, 晴, 気温29.5℃, 湿度52%

風向, 風速南東, 東南東 3 m/s~3.5m/s

※ 使用した輻射計 東京精工 REⅢ型

は燃焼物体, 延焼危険建物または避難する人に直接注水するか, 水噴霧粒子を散水させ, 冷却効果を得るような防ぎょ方法で活用する方が有利であると思われる。