

ガンタイプノズルとフォグガンの消火特性の検証

玉越孝一*, 根本昌平*, 飯田明彦*, 千葉博**

概要

本検証は、消火を直接消火と間接消火に分類し、ガンタイプノズルとフォグガンによる流量設定ごとの消火特性を把握するため、約8畳の区画において冷却効果の測定を行い、以下の結果を得た。

- 1 直接消火では、ガンタイプノズル及びフォグガンの各流量設定において、燃焼物体は100℃程度となり、冷却効果は同程度である。
- 2 間接消火では、ガンタイプノズル（ノズル元圧0.7MPa）の流量切替ダイヤル230、360での使用でフォグガン（ノズル元圧1.5MPa）レバー3、レバー4と同程度の冷却効果である。

1 はじめに

本検証は、ガンタイプノズルとフォグガンの消火特性を把握し、その結果を消火戦術（消火方法）に活用しようとするものである。

消火効果は、区画の大きさ、燃焼物の量により変化するものであるが、本検証では8畳程度の大きさの中で検証していくこととする。

2 消火について

本検証では、消火を以下の2つに分類する。実際の消火活動では、火災室内に放水すれば、直接消火と間接消火が同時に起こっており、その1つの効果だけで消火活動を行っているものではない。（図1参照）

(1) 直接消火

放水した水が、燃焼している部分（有炎現象が存在する部分）に直接かかったところの消火。

(2) 間接消火

燃焼している部分（有炎現象が存在する部分）にかかった水が湯気等になり、その湯気等がかかったところの消火。

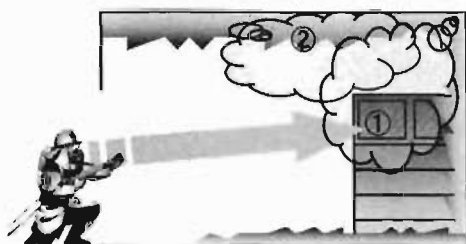


図1 消火イメージ図

3 消火効果について

この検証では、以下に示す日本火災学会監修の「火災と消火の理論と応用」（東京法令出版）に記載されている事項を基に消火効果について検証を行う。

「消火するための条件や方法は、燃焼の4要素（酸素・可燃物・熱エネルギー・連鎖反応）を考えればよい。すなわち、燃焼を構成している4つの要素のうちどれか1つでも欠ければ燃焼を継続することはできない。よって4要素のうち1つ以上を取り去ることで、消火できることになる。」

「消火剤である水で重要な点は冷却作用にあり、燃焼中の可燃物の温度を引火点以下に冷却することで、燃焼はとまり冷却できる。」

「現実の消火現象は、人為的操作を燃焼体に施すものであり、ここでは、物理、化学的要因以外にも燃焼停止の要因が付与される。この最たるものは、機構的要因によるものである。消火原理の複合的な総和が人為操作によって作用させられる結果である消火速度と、既に消火された領域の再燃速度との競合関係で全体の消火が決定されている事実である。」

「実火災では、操作要因型の機構が全体を支配しており、燃焼及び消火を定量的に取り扱うためには、実火災の燃焼及び消火のメカニズムについての数値的な処理方法の開発が重要である。」

以上のことを踏まえ、熱エネルギーをとることによって生じる燃焼物体の冷却効果を、直接消火と間接消火について測定する。

また、放水による区画への影響を測定、観察することに加え、消火活動全体での消火特性について検討する。

4 実験について

(1) 目的

以下に示す効果を測定、観察することを目的とする。

- ア 直接消火による冷却効果
- イ 間接消火による冷却効果
- ウ 直状放水及び噴霧放水の区画内への影響の観察

(2) 日時等

ア 日時

平成18年12月15日～12月21日

イ 場所

東京消防庁 消防技術安全所内燃焼実験棟

(3) 使用設備・器具等

ア 実験室

実験室は、縦3.6m×横3.3m×高さ2.15mの鉄骨造で、壁・床・天井はALCにステンレス板を貼り付けたものを使用した。



写真1 全景



写真2 内部

イ 放水器具

(ア) ガンタイプノズル

ガンタイプノズルは、流量切替ダイヤルにより、4段階（毎分115・230・360・475L）に放水量調節ができ、噴霧角度調整ヘッドにより、直状放水及び噴霧放水が可能である。（写真3、表1参照）



写真3 ガンタイプノズル

表1 流量と到達距離（カタログ参照）

流量切替ダイヤル	ノズル元圧	直状放水到達距離
	0.7MPa	水滴到達距離
115	115ℓ/分	30m
230	230ℓ/分	40m
360	360ℓ/分	48m
475	475ℓ/分	50m

※放水ノズルの仰角は32度（カタログ値より）

(イ) フォグガン

フォグガンは、切替レバーごとに5段階に放水流量・形状が設定されている。（写真4、表2参照）



●切替レバー

写真4 フォグガン

表2 流量、形状及び最大射程（新・消防機器便覧参照）

レバー	形状	ノズル元圧	最大射程 仰角30度
		1.5MPa	
1	直状	55ℓ/分	18m
2	噴霧	95ℓ/分	20m
3	噴霧	164ℓ/分	21m
4	噴霧	192ℓ/分	24m
5	直状	211ℓ/分	34m

(4) 実験概要

ア 実験設定

図2実験室平面図、図3実験室立面図に示すように、実験室内に2単位クリブを2個設置する（以下、開口部から見て、右側のクリブを「右クリブ」、左側のクリブを「左クリブ」という。）。

実験は、右クリブに放水し、右クリブに設置されている温度計（熱電対）により直接消火の冷却効果（(1)目的ア）を、左クリブに設置された温度計（熱電対）により間接消火の冷却効果（(1)目的イ）を測定し、左クリブ全体の消火状況から、区画内への影響を観察する。（(1)目的ウ）

使用する2単位クリブの木材に、温度計を、表面及び内部に図2、3に示す●印の位置に設置した。

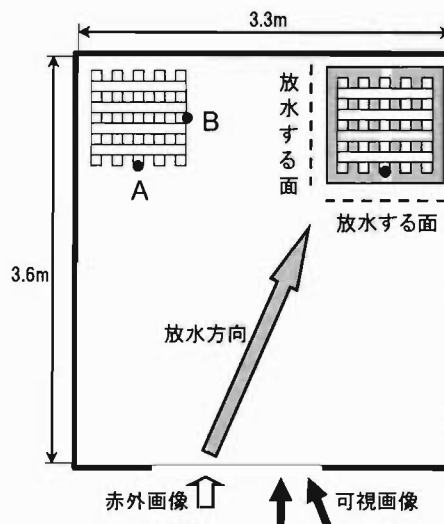


図2 実験室平面図

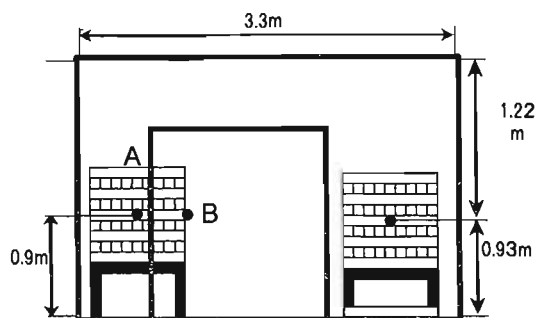


図3 実験室立面図

イ 温度計の設置方法

熱電対は、2単位クリブの中央に位置する木材に、図4のように、シース熱電対を表面（実験結果では、「0mm」と表示する）及び内部（実験結果では、「7.5mm」, 「15mm」と表示する）に設置した。

内部へは、ドリルで穴をあけシース熱電対を埋め込んだ状態に設置した。

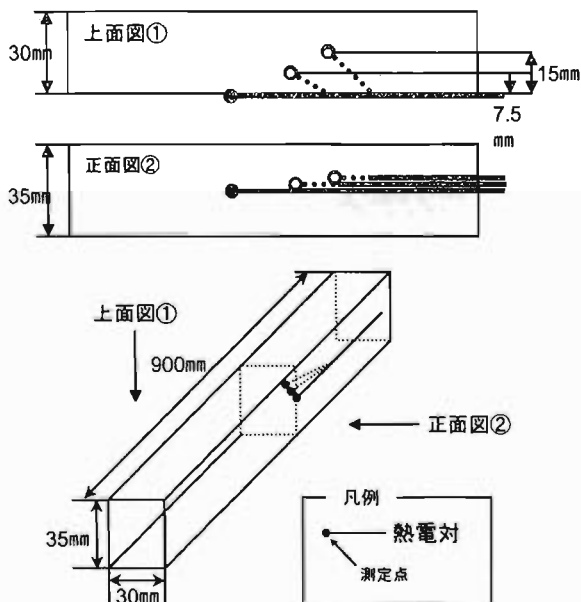


図4 木材に埋め込んだ熱電対の位置

ウ 放水条件

実験は、使用ノズルの標準的な設定方法から、以下に示す10種類の設定により行った。

ガンタイプノズルは、ノズル元圧を0.7MPaに設定し、直状放水（流量切替ダイヤル115・230・360・475）と噴霧放水（流量切替ダイヤル115・230・360・475）の計8種類、フォグガンは、ノズル元圧を1.5MPaに設定し、噴霧放水（レバー3・レバー4）の計2種類の条件により実験を行った。なお、ガンタイプノズルの噴霧放水時の噴霧角度調整ヘッドは9ラッチとした。

以下、各放水条件を示す場合は、ガンタイプノズルの場合、「ガンタイプノズル（形状・流量切替ダイヤル）」フォグガンの場合「フォグガン（レバー数）」とする。

エ 放水時間

放水は、放水流量の差が実験結果に反映されるように、時間で設定し、図2に示すように右クリブの放水者が面する2面の各面に2秒、計4秒行った。（表3参照）

表3 放水時間

ガンタイプノズル(直・噴)		フォグガン	
流量切替ダイヤル	秒	切替レバー	秒
115	4	レバー3	4
230	4	レバー4	4
360	4		
475	4		

オ 実験手順

右クリブの下に設置したオイルパンに水をはり、0.5Lのガソリンを注ぎ、ガソリンに着火後（写真5）、左右のクリブが燃焼しているのを確認（写真6）、ガソリンに点火してから3分後に放水を開始（写真7）、その4秒後に放水を停止（写真8）、点火から4分後に実験を終了した。（表4参照）

表4 実験手順

経過	項目	写真
0:00	ガソリンへ点火	写真5
~	左右クリブの着火確認	写真6
3:00	放水開始	
	~	写真7
3:04	放水停止	
~	再燃状況の確認	写真8
4:00	実験終了	



写真5 ガソリン着火

写真6 放水前



写真7 放水中

写真8 放水停止後

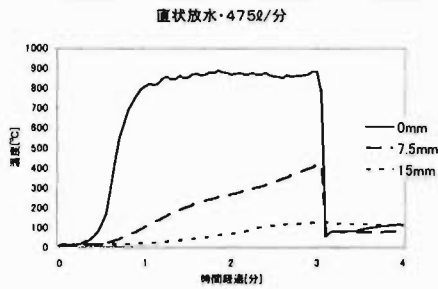
5 実験結果

(1) 直接消火の冷却効果

ア 温度

表面に設置した温度計（0mm）は、放水した水が直接当たることもあり、100℃以下となった後、左クリブの再燃状況等により温度上昇が認められるものがある。

内部（7.5mm及び15mm）は、放水条件によらず、放水直後に急激な温度低下があり、約100℃を維持している。（グラフ1・表5参照）



グラフ1 ガンタイプノズル（直・475）

表5 各放水条件における温度

①ガンタイプノズル

流量調整ダイヤル	115	230	360	475
直状				
噴霧				

②フォグガン

切替レバー	3	4
噴霧		

イ 赤外線画像

表面温度は赤外線により測定を行った。放水開始10秒後では、約100～200℃を示している。（表6参照）

表6 放水開始10秒後の状況

①ガンタイプノズル

流量調整ダイヤル	115	230	360	475
棒状				
噴霧				

②フォグガン

切替レバー	3	4
噴霧		

ウ 可視画像

放水開始60秒後の画像からは温度計を設置した面での再燃は確認されなかった。（表7参照）

ガンタイプノズル（直状・115、噴霧・115、噴霧・230）及びフォグガン（3、4）は、右クリブの裏面に再燃が確認される。井桁状に組まれたクリブの裏面は、放水した水が届き難く、特に噴霧放水は、放水した水の勢いが小さいため裏面に再燃現象が確認される傾向にある。

表7 放水開始60秒後の状況

①ガンタイプノズル

流量調整ダイヤル	115	230	360	475
直状				
噴霧				

②フォグガン

切替レバー	3	4
噴霧		

以上のことから、直接消火により放水した水が直接かかったところでは、木材の温度が木材の引火点である260℃より十分低い100℃程度となると考えられる。

8畳程度の区画内への直接消火では、ガンタイプノズルおよびフォグガンとも同程度である。

(2) 間接消火の冷却効果

ア 温度・再燃状況

表面に設置した温度計（0mm）では、最大約400℃の温度降下を示すものもあるが、すべての放水条件において、すぐに再燃する。（表7参照）

以下のグラフは、各実験の放水する直前の温度で一番高い値と各実験の放水する直前の温度の差を各実験ごとの測定値に足し、直前の温度で一番高い値を1とした場合の各温度を数値化し時間系列に並べたものである。

① ガンタイプノズル

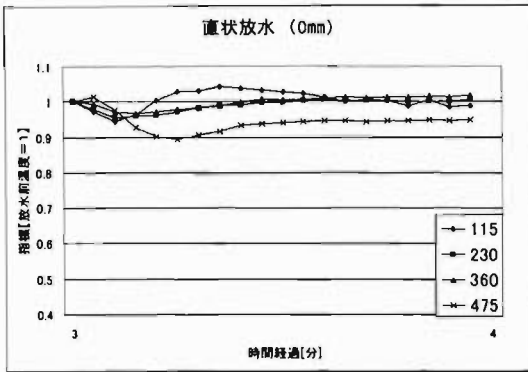
表面に設置した温度計（0mm）で比較すると、測定位置Aでは、直状放水はダイヤル115から360までは、同じ程度の温度降下が、475はそれより大きい温度降下が見られた。噴霧放水は、ダイヤル475を除き、放水流量

が多くなるに伴って、温度降下が大きくなっている。

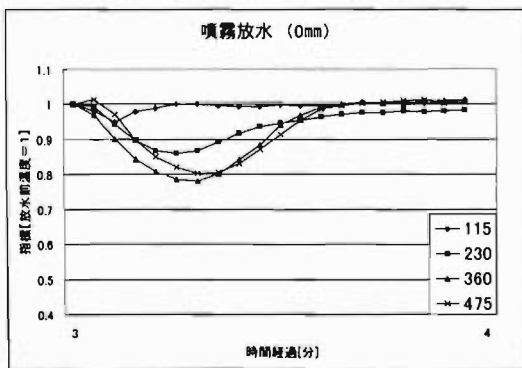
測定位置Bでは、噴霧放水のダイヤル475を除き、直状放水、噴霧放水とも放水流量が多くなるに伴って、温度降下が大きくなる。(グラフ2~7参照)

② フォグガン

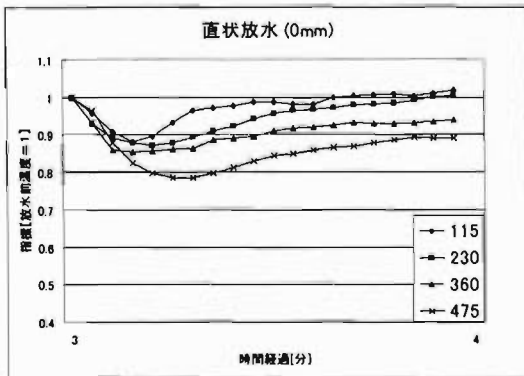
放水流量が多い方が、温度降下の影響が大きくなる傾向がある。



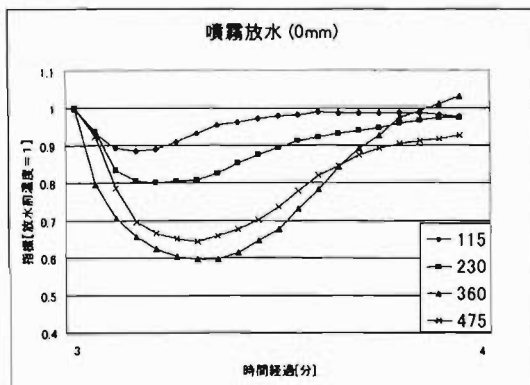
グラフ 2 測定位置 A 直状放水



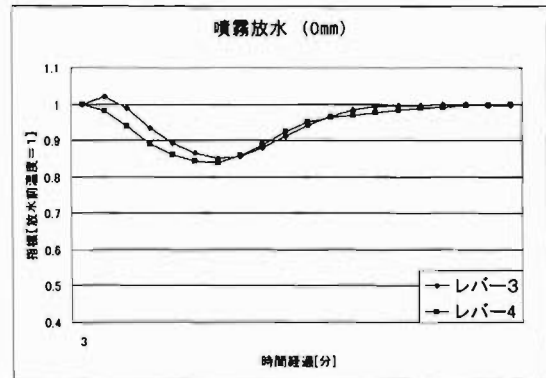
グラフ 3 測定位置 A 噴霧放水



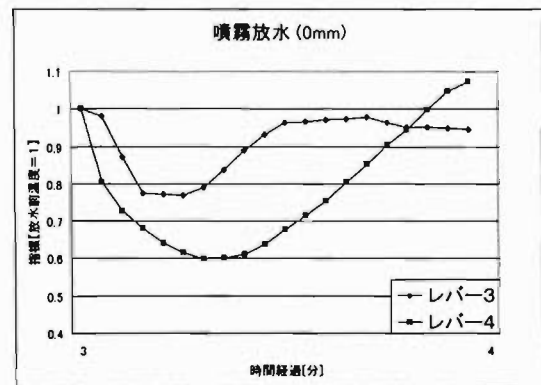
グラフ 4 測定位置 B 直状放水



グラフ 5 測定位置 B 噴霧放水



グラフ 6 測定位置 A 噴霧放水



グラフ 7 測定位置 B 噴霧放水

以上のことから、全体として、放水流量が多いほど、間接消火での冷却効果が高く、直状放水は噴霧放水に比べ冷却効果が低いと考えられる。

各ノズルを噴霧放水で比較した場合、測定位置 A、Bとも、フォグガン(3)が、ガンタイプノズル(噴霧・230)と同等以上の冷却効果があり、フォグガン(4)が、ガンタイプノズル(噴霧・360)と同程度の効果が認められることから、ガンタイプノズル(噴霧・230、噴霧・360)での使用は、フォグガン(3、4)と同程度の冷却効果がある。









(3) 直状放水及び噴霧放水の区画内への影響

ア 開口部における火炎の吹き出し


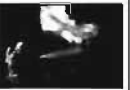
噴霧放水は、流量が大きくなるにつれて、開口部における火炎の吹き出しが大きい。直状放水は噴霧放水に比べて小さく、流量の変化によっても違いは見られない。

表10 開口部付近の状況（放水開始1秒後）

①ガンタイプノズル

放水流量 タイプ	115	230	360	475
直状				
噴霧				

②フォグガン









放水流量 タイプ	3	4
噴霧		

イ 左クリブの消火状況



直状放水は放水流量の違いによる消火範囲の変化が見られないが、噴霧放水では放水流量が大きくなるに伴って、クリブの消火範囲が大きくなり、区画内への消火の影響が大きいと考えられる。（表11参照）

表11 左クリブの消火状況（放水開始5秒後）

①ガンタイプノズル

放水流量 タイプ	115	230	360	475
直状				
噴霧				

②フォグガン

放水流量 タイプ	3	4
噴霧		

5 考察

- (1) 直接消火は、放水流量に関係なく燃焼物体が約100℃程度になることから、水に対する消火効率だけを考えれば、流量が少ない方が、無駄水が少なく、消火する効率が大きいと考えられる。
- (2) 間接消火は、直接消火より冷却能力が低い。間接消火は、水蒸気等になった水が、区画全体に広がるため、燃焼物体へ到達する水量が少なく、消火能力が低いと考えられる。
- (3) 火災室全体が炎に包まれている状態とした時、直状放水では、開口部での火炎の吹き出しが少ないと考えられるが、噴霧放水では火炎の吹き出しが大きく、特に放水

流量が多い場合は、大きな火炎の吹き出しが考えられる。

- (4) 噴霧放水では、区画内への間接消火の影響が大きく、多い放水流量で消火することにより、一旦、区画内の燃焼を抑えることできる。

6 まとめ

消火活動全体から消火特性を考えると、実際に炎を消すために必要な放水流量は、比較的少なくても可能である。したがって、多い放水流量の場合は、常に消火に寄与していない水があることを認識し、放水を停止し、区画内の燃焼部分を確認し、再度放水するなど、無駄水を少なくするように配慮する必要があり、間接消火の部分は、再燃することも考慮し、再び放水する準備が必要である。

また、放水流量・形状を状況によって上手に使い分け、区画内の熱環境を変化させ、活動し易い環境を作り出しながら、消火活動を行なうなど、人為的要素を加味して、全体の消火効率を考えていくことが必要である。

7 参考文献

- 1 火災と消火の理論と応用 日本火災学会監修 東京法令出版
- 2 火災便覧 新版 日本火災学会編
- 3 消防科学研究所報第39号「屋内天井に反射させた場合の散水分布について」高井啓安・渡邊茂男・根本昌平・富田功

Experiment on the Fire-Extinguishing Properties of Gun Nozzles and Fog Guns

Koichi TAMAKOSHI*, Shohei NEMOTO*, Akihiko IIDA*, Hiroshi CHIBA**

Abstract

In this experiment, we divided the fire extinguishment system into direct and indirect extinguishing methods and measured the cooling effect on burning materials in a compartment of approximately 13 m² for each method with different flow settings for gun nozzles and fog guns. Results provided the following:

1. For direct fire extinguishment, the temperatures of the burning materials rose to approximately 100 degrees Cand the level of fire extinguishing effect was about the same regardless of the flow settings of the gun nozzles and fog guns.
2. For indirect fire extinguishment, the fire extinguishing effect of the gun nozzles (nozzle source pressure of 0.7 MPa) was about the same as that of the fog guns (nozzle source pressure of 1.5 MPa) when the flow adjusting dial of the gun nozzle is set to 230 or 360 and the fog gun is set to Lever 3 or Lever 4.