

延焼する室内に対する効果的な放水方法の検証

(間接消火の放水方法)

根本 昌平*, 山越 靖之**, 楠本 直樹***, 町井 雄一郎**

概要

消火活動においては、火災室の熱気及び障害物等により直に燃焼物に放水できない場合、早期の内部進入及び延焼の防止を図るため、開口部から火災室に対して霧状の水を放水することで火災室内の熱環境を改善させる間接消火という方法がある。

本検証は、開口部から直に放水できない位置に燃焼物を配置した火災室を設定し、霧状の水を放水した場合の火災室内の温度変化等について放水方法を変えてそれぞれ測定した。

その結果、効果的な放水方法に関する基礎的なデータを得ることができた。

1 はじめに

間接消火とは、消火活動において、火災室の熱気及び障害物等により直に燃焼物に放水できない場合、早期の内部進入及び延焼の防止を図るため、開口部から火災室に対して霧状の水を放水することで火災室内の熱環境を改善させるために行う消火方法である。

消防隊が使用するガンタイプノズルは、開閉ハンドルによる放水の開始又は停止、流量切替ダイヤルによる4段階の放水流量の調節、噴霧角度調整ヘッドによる棒状放水及び噴霧放水の切替えが可能である(写真1)。

また、噴霧放水では、衝突板の周囲の回転くし歯に水流があたることで回転くし歯が回転し、霧状の水が放射される(写真2)。



写真1 ガンタイプノズル



写真2 噴霧放水の様子

本検証では、東京消防庁の消防隊に配置されているガンタイプノズルのうち製造会社及びノズル元圧の仕様が異なる4種類のガンタイプノズルで実験を行った。また、実験は、火災室内及び燃焼物付近の温度変化について、放水条件ごとに把握することを目的に行った。

2 実験期間及び場所

平成27年1月27日から平成27年3月17日まで
東京消防庁消防技術安全所燃焼実験棟

3 実験

(1) 実験設定

ア 火災室

使用した火災室(内寸:幅3300mm、奥行3600mm、天井高2100mm)は、鉄骨造であり、内壁及び天井は、軽量気泡コンクリート板(厚さ50mm)にステンレス板(厚さ0.6mm)を貼り付けた構造である。

正面には、左右に扉がある開口部(幅1710mm、高さ1850mm)が1箇所設けられているが、実験では、燃焼物への着火時以外は右側の扉を常時閉鎖して行った。

また、火災現場で存在する直に放水できない位置の燃焼物を再現するための障害物として、火災室内の開口部付近に軽量気泡コンクリート板の壁(幅1000mm、高さ2000mm、厚さ50mm)を設置した(図1、図2)。

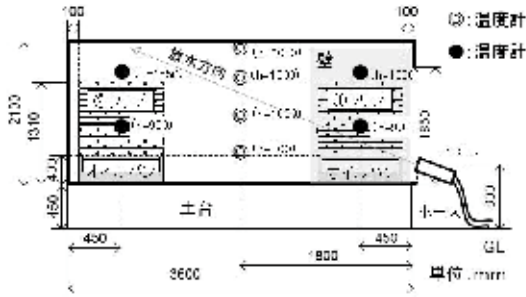


図1 立面図

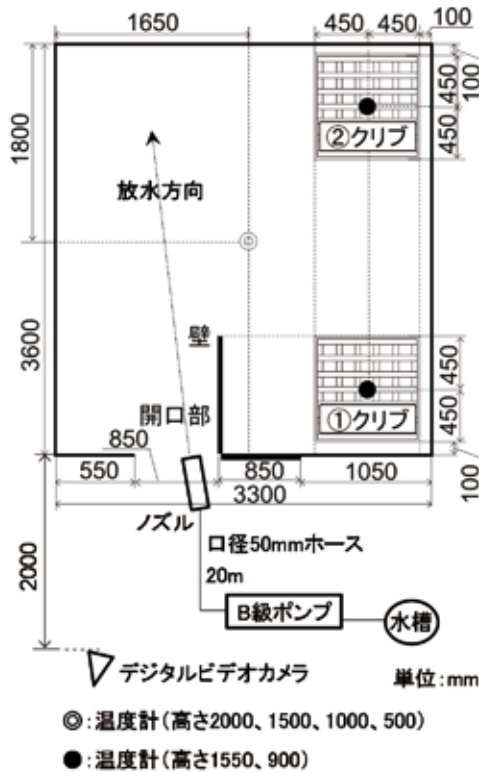


図2 平面図

イ 燃焼物

燃焼物は、火災室内全体が火炎で満たされる状態となるように、クリブ（消火器の技術上の規格を定める省令（昭和39年9月17日自治省令第27号）に基づく普通火災に対する消火能力単位2の模型）を図1、図2及び写真3に示すとおり2か所設置した。

なお、写真3は、開口部の右側扉を開放している。



写真3 燃焼物等

ウ 測定

測定項目、測定位置及び測定機器について表1、図1及び図2に示す。測定は、火災室中央の温度（4点）、①クリブ中央の温度（2点）及び②クリブ中央の温度（2点）について行った。

また、デジタルビデオカメラにより、ノズル後方から開口部の状況について撮影した。

表1 測定項目等

測定項目	測定位置	測定機器
温度	火災室中央高さ 2000mm	シース型K熱電対 (シース外径1.6mm、素線径0.32mm) (JIS C1605規格品)
	火災室中央高さ 1500mm	
	火災室中央高さ 1000mm	
	火災室中央高さ 500mm	
	①クリブ中央高さ 1550mm	
	①クリブ中央高さ 900mm	
開口部の状況	ノズル後方	デジタルビデオカメラ

エ 放水体系

放水体系は、図1及び図2に示すように水槽に部署したB級ポンプから口径50mmホースを1本延長し、筒先にはガンタイプノズルを取り付けた。

オ 放水方法

放水は、実験者がガンタイプノズルの先端を火災室開口部の垂直面に合わせ、火災室の床面からの高さが約350mm（地面からの高さが800mm）の位置で保持し、火災室左奥の天井面に向けて20秒間放水した。

(2) 実験方法

ア 実験条件

実験は、表2に示すガンタイプノズルを使用し、表3に示す放水条件で行った。

放水形状が噴霧の場合の放水展開角度は、80度とした。また、流量切替ダイヤルは、当庁の消防隊において耐火造の建物火災で使用される値の、230ℓ/分又は240ℓ/分に設定した。

実験1と実験2、実験3と実験4では、ガンタイプノズルの製造会社による違いを比較するため、異なる製造会社のものとした。

実験1及び実験2については、ノズル元圧を仕様圧力にして放水した場合を確認するため、0.5MPa型ガンタイプノズル（ノズル元圧の仕様が0.5MPaのガンタイプノズルをいう）でノズル元圧を0.5MPaとして放水した。

同様に、実験3及び実験4についても、ノズル元圧を仕様圧力にして放水した場合を確認するため、0.7MPa型ガンタイプノズルでノズル元圧を0.7MPaとして放水した。

なお、実験5及び実験6については、それぞれ放水形状又は回転くし歯の作動の有無による違いを確認するため、実験1と同じノズル番号及びノズル元圧の組合せとした。実験5は、比較として放水形状を棒状とし、実験

6は、放水展開角度により回転くし歯が作動しないことが見られることから、回転くし歯の効果を確認するため回転くし歯が作動しないように固定して放水した。

表2 使用したガンタイプノズル

ノズル番号	ノズル元圧の仕様	流量切替ダイヤル設定値	製造会社
1	0.5MPa	125, 240, 345, 450 ℓ/分	A社
2	0.5MPa	110, 230, 360, 470 ℓ/分	B社
3	0.7MPa	115, 230, 350, 475 ℓ/分	A社
4	0.7MPa	110, 230, 360, 470 ℓ/分	B社





			
ノズル1	ノズル2	ノズル3	ノズル4

表3 放水条件

実験番号	ガンタイプノズルの番号	流量切替ダイヤルの位置	ノズル元圧	放水形状
実験1	1	240	0.5MPa	噴霧
実験2	2	230		
実験3	3	230		
実験4	4	230		
実験5	1	240	0.5MPa	棒状
実験6	1	240	0.5MPa	噴霧 (回転くし歯を固定)

イ 実験手順

実験は、図3に示す手順で行った。

(時間経過 (分' 秒")) (内容)

0' 00"	【着火】 ①クリブ、②クリブの順で、オイルパンの自動車ガソリン(400ml)を助燃剤として燃焼させ、開口部右側の扉を閉鎖する。
↓	
3' 00"	【放水】 着火から3分後、クリブの燃焼が定常状態となったのを確認し、表3に示す実験条件で20秒間放水する。
↓	
3' 20"	【開口部閉鎖】 放水後、速やかに火災室開口部を2分間閉鎖する。
↓	
5' 20"	【開口部開放】 火災室開口部を開放し、火災室内部、①クリブ及び②クリブの様子を1分間観察する。
↓	
6' 20"	【測定終了】

図3 実験手順

4 実験結果

(1) 火災室の状況

表4に実験1から実験6における「放水直前(2' 55")」、「放水(3' 15")」、「開口部開放(6' 15")」時の火災室開口部の状況を示す。

放水直前(2' 55")は、すべての実験において、火災室開口部の上部から火炎及び黒煙が噴出していた。また、放水(3' 15")は、実験1から実験4及び実験6において、開口部から白煙が噴出し、実験5において、若干の火炎及び黒煙が噴出していた。

表4 火災室開口部の状況(デジタルビデオ)

	放水直前 (2' 55")	放水 (3' 15")	開口部開放 (6' 15")
実験1			
実験2			
実験3			
実験4			
実験5			
実験6			

各実験の測定終了時の①クリブ及び②クリブの燃焼状況について、表5に示す。

表5 測定終了時の①クリブ及び②クリブの燃焼状況

実験番号	①クリブ	②クリブ
実験1	消火	消火
実験2	消火	燃焼中
実験3	消火	燃焼中
実験4	消火	燃焼中
実験5	燃焼中	消火
実験6	消火	燃焼中

(2) 火災室中央の温度

実験1から実験6までの火災室中央の温度変化について、図4から図9に示す。

着火から放水までの間の温度は、すべての実験において、同様な傾向で推移した。また、放水直前の温度は、すべての実験において、高さ2000mm、1500mm、1000mmは650℃から800℃の間であり、高さ500mmは200℃から400℃の間であった。

放水の間の温度は、実験5の高さ2000mmを除き、降下する傾向で推移した。

開口部閉鎖の間の温度は、すべての実験において、一旦上昇した後、降下する傾向で推移した。

開口部開放の間の温度は、実験2から実験6において、高さ500mmは、一旦、200℃付近から100℃付近まで降下した後、上昇する傾向で推移した。一方、実験1は、降下する傾向で推移した。

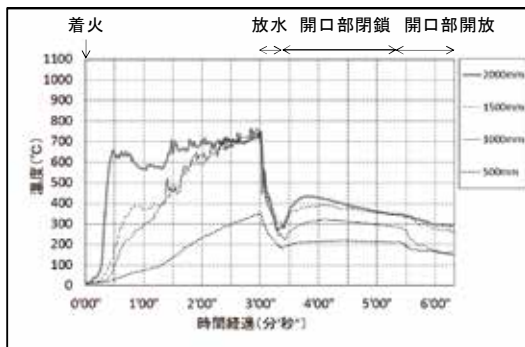


図4 実験1

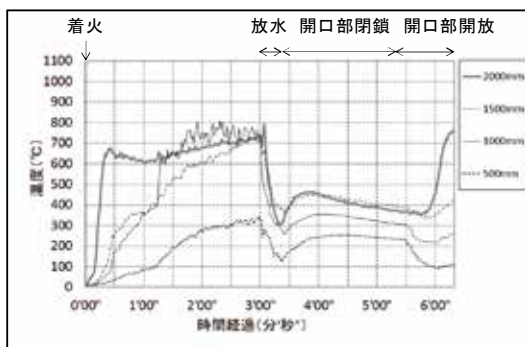


図5 実験2

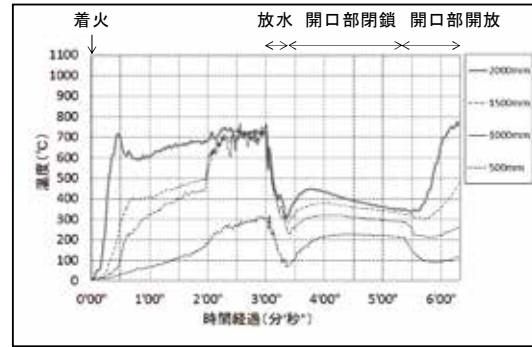


図6 実験3

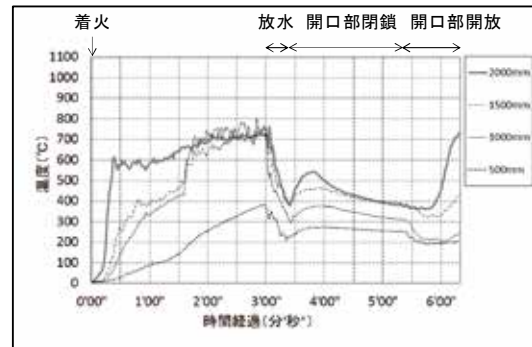


図7 実験4

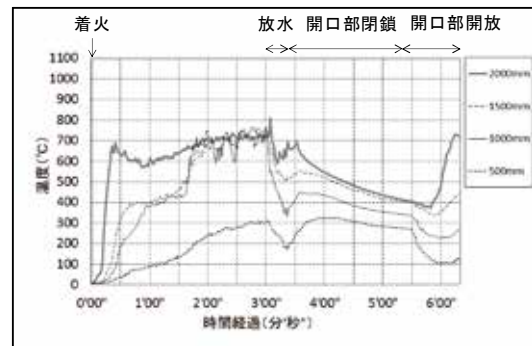


図8 実験5

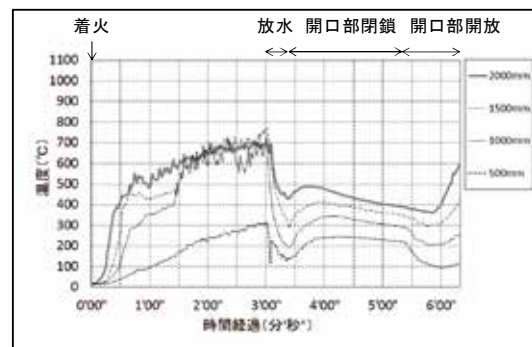


図9 実験6

(3) ①クリブ及び②クリブの付近の温度

①クリブ及び②クリブの付近の温度変化について、図10から図15に示す。

着火から放水までの間の温度は、すべての実験において、同様な傾向で推移した。また、放水直前の温度は、すべての実験において、高さ900mmは800℃以上であり、高さ1550mmは600℃から800℃の間であった。

放水の間の温度は、実験5①クリブ高さ1550mm、①クリブ高さ900mmを除き、降下する傾向で推移した。

開口部閉鎖の間の温度は、すべての実験において、一旦上昇した後、降下する傾向で推移した。

開口部開放の間の温度は、実験2から実験6において、降下した後、上昇する傾向で推移した。一方、実験1は、降下する傾向で推移した。

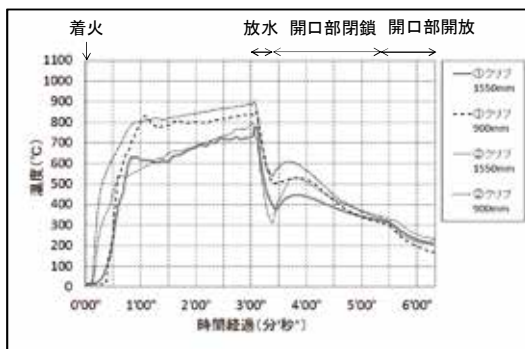


図10 実験1

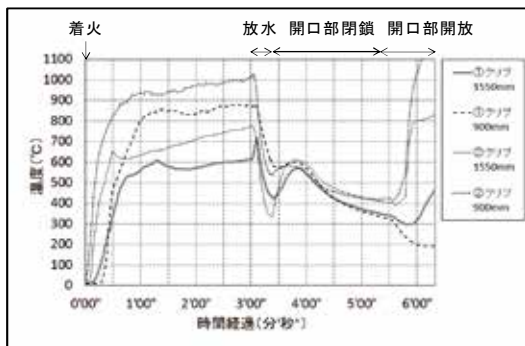


図11 実験2

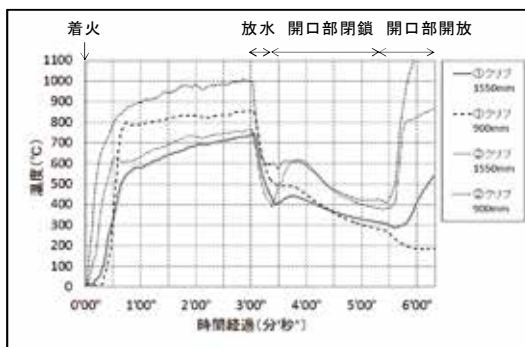


図12 実験3

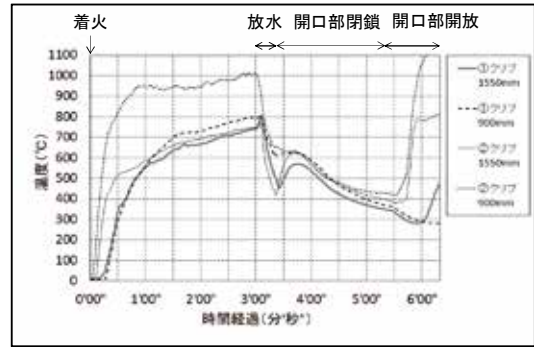


図13 実験4

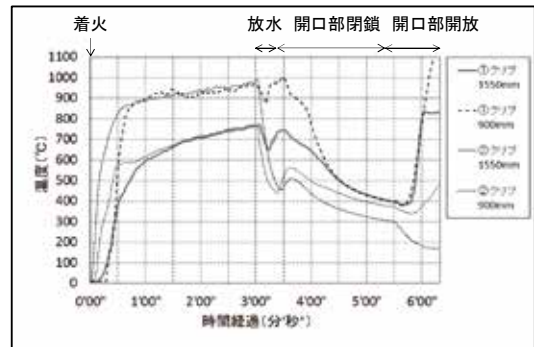


図14 実験5

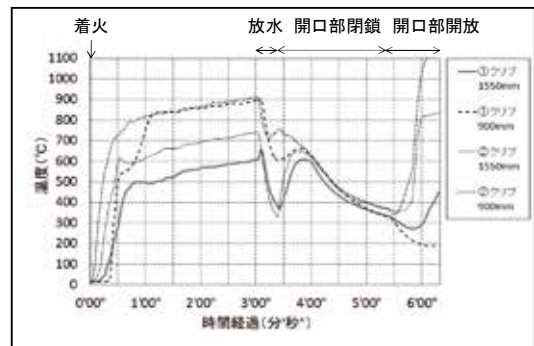


図15 実験6

5 考察

(1) 火災室開口部の状況について

火災時に発生する煙には、材料の熱分解生成ガスが冷却、凝縮した液体微粒子系の煙と、火炎中で生成する遊離炭素を主成分とする固体微粒子系の煙がある。前者は、粒子径の大小と成分により紫から白、黄色などに呈色する。これに対して、固体系の煙は燃焼の結果として生じる炭素の凝集体であるため黒色を呈する¹⁾。実験5以外は、霧状の水を放水したことで、効率的にクリブの熱分解生成ガスが冷却及び放水による水が気化され、白煙が発生したと考えられる。一方、実験5は、棒状の水を放水したことで、霧状の水を放水した場合ほどクリブの熱分解生成ガスが冷却及び放水による水が気化されなかったため白煙が発生しなかったと考えられる。

(2) ノズル元圧の仕様による違いについて

0.5MPa型ガンタイプノズルでノズル元圧を仕様圧力として放水した場合と、0.7MPa型ガンタイプノズルでノズル元圧を仕様圧力として放水した場合の火災室中央の温度については、実験1(図4)と実験3(図6)及び実験2(図5)と実験4(図7)をそれぞれ比較すると同様の傾向を示した。

同様に、①クリブ及び②クリブの付近の温度については、実験1(図10)と実験3(図12)及び実験2(図11)と実験4(図13)をそれぞれ比較すると同様の傾向を示した。

また、実験1と実験2、3、4の測定終了時のクリブの燃焼状況に差が生じている。その要因として、放水流量の差が考えられるが、実験1の放水流量(240ℓ/分)に対し、実験2、3、4の放水流量(230ℓ/分)とその差は4.3%とわずかであるため、直接の影響を与えているとは考えにくい。その他の要因によるものと考えられるが、本検証では明らかになっていない。

これらのことから、ノズル元圧の仕様の違いにより、火災室の温度、クリブの付近の温度、測定終了時のクリブの燃焼状況に大きな差はないと考えられる。

(3) 放水形状の違いについて

霧状で放水した場合と棒状で放水した場合の火災室中央の温度については、実験1(図4)と実験5(図8)を比較すると、放水の間は、実験5のほうが高さ2000mm、高さ1500mm、高さ1000mmの温度降下が緩慢であった。同様に、①クリブ及び②クリブの付近の温度については、放水の間は、実験5のほうが温度降下が緩慢であった。

霧状で放水した場合は、火災室内に外の冷たい空気が放水により巻き込まれて流入したとともに、霧状の水が効率的に高温の気体、燃焼物等を冷却し、気化したことにより、火災室中央の温度並びに①クリブ及び②クリブの付近の温度に差が現れたと考えられる。

また、測定終了時の①クリブ及び②クリブの燃焼状況については、実験1は①クリブ及び②クリブが消火した。一方、実験5は①クリブが燃焼し、②クリブが消火した。霧状で放水した実験2、実験3及び実験4では、①クリブが消火し、②クリブが燃焼していたことを勘案すると、今回の実験では、測定終了時のクリブの消火に放水形状による大きな差はなかったと考えられる。

これらのことから、棒状で放水した場合は、霧状で放水した場合に比べて、外の冷たい空気が放水により巻き込まれ難いため火災室内に流入し難いこと、また、放水の大部分が塊状の水であるため霧状の水に比べて気化潜熱による高温の気体や固体の冷却が効率的でないことから、火災室内の温度及びクリブ付近の温度を降下させる効果が低いと考えられる。

(4) 回転くし歯の作動について

回転くし歯を作動させた場合と固定して作動させない場合の火災室中央の温度については、実験1(図4)と実験6(図9)を比較すると、放水の間は、実験6のほうが高さ2000mmの温度降下が緩慢であった。同様に、①クリブ及び②クリブの付近の温度については、放水の間は、実験6のほうが①クリブ1550mm、①クリブ900mmの温度降下が緩慢であった。

回転くし歯を作動させない場合、放水の内部は霧状とならず円錐状の空洞となり、また、水の粒子を比べると粗く、気化潜熱による高温気体の冷却が効率的でないことから、火災室内及び燃焼物を冷却させる効果が低くなると考えられる。

(5) ガンタイプノズルの製造会社による違いについて

A社のガンタイプノズルで放水した場合と、B社のガンタイプノズルで放水した場合の火災室中央の温度については、仕様圧力で放水した実験1(図4)と実験2(図5)及び実験3(図6)と実験4(図7)をそれぞれ比較すると同様の傾向を示した。同様に、①クリブ及び②クリブの付近の温度については、実験1(図10)と実験2(図11)及び実験3(図12)と実験4(図13)をそれぞれ比較すると同様の傾向を示した。

これらのことから、製造会社の違いにより、火災室の温度、クリブの付近の温度、測定終了時のクリブの燃焼状況に大きな差はないと考えられる。

6 まとめ

(1) ノズル元圧の仕様の違いにより、放水の間の火災室の温度及びクリブ付近の温度推移に大きな差は確認できなかった。

また、測定終了時のクリブの燃焼状況についても大きな差は確認できなかった。

(2) 棒状で放水した場合は、霧状で放水した場合よりも、外の冷たい空気が火災室内に流入し難いこと、放水の大部分が塊状の水によるため気化潜熱による冷却が効率的でないことから火災室内の温度を降下させる効果が低くなると考えられる。

(3) 回転くし歯を作動させない場合は、放水の内部は霧状とならず円錐状の空洞となるため、また、水の粒子を比べると粗く、気化潜熱による高温気体の冷却が効率的でないことから、作動させた場合よりも火災室内の温度を降下させる効果が低くなると考えられる。

(4) ガンタイプノズルの製造会社の違いによる火災室の温度、クリブ付近の温度及び測定終了時のクリブの燃焼状況に大きな差は確認できなかった。

7 おわりに

今回の検証では、1箇所の開口部を設けた火災室を設定して、ガンタイプノズルの各放水条件における間接消火の効果を確認したところ、回転くし歯については、作

動し始める放水展開角度が製造会社により異なるが、回転くし歯を作動させて放水することが効果的な間接消火につながるといえる。

[参考文献]

- 1) 「安全工学協会編：安全工学講座 1 火災、海文堂、1983、p89」
- 2) 「岡崎ほか4名：ガンタイプノズルのノズル圧力と放水量の関係について、消防技術安全所報、45号、p23、平成20年」

Study on Effective Water Discharge Methods to Prevent the Spread of Indoor Fires (Water Discharge Methods for Indirect Fire Suppression)

Shohei NEMOTO*, Yasuyuki YAMAKOSHI**, Naoki KUSUMOTO***,
Yuuichirou MACHII**

Abstract

If water cannot be discharged directly onto burning items during firefighting operations due to hot air or obstacles in the burning room, an indirect fire suppression method—with water mist applied through an aperture into the burning area—can improve the thermal environment of the indoor fire, thereby preventing the fire from spreading with firefighters entering the fire scene earlier.

During the study, burning items were placed in the position where water could not be directly applied through an aperture on the scenario of an indoor fire, making it possible to measure variables regarding the changes in the temperature of the room after mist water was discharged in a varied manner.

Fundamental data was then acquired regarding effective water discharge methods.