

延焼する室内に対する効果的な放水方法の検証

(フラッシュオーバーを抑制する放水方法)

清水 幸平*, 木田 哲夫*, 町井 雄一郎**

概 要

消防活動時におけるフラッシュオーバーの発生は、一気に可燃物が発火し急激に室内温度が上昇するため、活動隊員や要救助者の受傷事故につながるおそれがある。このことから、本検証では、放水時の安全性向上を目的とし、フラッシュオーバーが発生した火災室へ放水した際の火災室内及び放水位置の附室の熱環境について、放水展開角度ごとに確認した。

その結果、火災室内の温度降下については、霧状30°、霧状60°、棒状、霧状90°の順で顕著となった。これより、室内に到達した放水と巻き込み空気の流入が多い放水方法が有効であると考えられる。また、附室内の温度降下については、霧状60°、霧状90°が顕著であり、附室内の受熱量降下については、霧状90°が顕著であった。これより、水幕を形成し熱を遮断する放水方法が有効であると考えられる。

1 はじめに

消防活動時におけるフラッシュオーバーの発生は、一気に可燃物が発火し急激に室内温度が上昇するため、活動隊員や要救助者の受傷事故につながるおそれがある。これまでも、フラッシュオーバーとみられる急激な燃焼拡大により退路を断たれる等、活動隊員の受傷事例が確認されている。消火活動では放水隊員は、火災状況に応じて適切に放水方法を選択する必要があるが、フラッシュオーバーが発生した火災室へ放水した際の火災室内及び放水位置である附室の熱環境に関する調査は十分に行われていない。

このことから、本検証では放水時の安全性向上を目的とし、屋内進入時にフラッシュオーバーが発生した火災室に対して放水した際の火災室内及び放水位置である附室の熱環境について、放水展開角度ごとに確認した。

2 実験期間、場所

平成 29 年 12 月

消防庁消防研究センター大規模実験棟

3 フラッシュオーバーについて

フラッシュオーバーとは、室内の局所的な火災が、短時間に部屋全域に拡大する現象の総称であり¹⁾、室内で発生した火災が初期から最盛期へ移行する段階で急速に

拡大し、室内全体が炎に包まれる現象として知られている(図1)。また、その発生機構は、「局所的な火災によって熱せられた天井や煙層からの放射熱によって、局所火源そのもの、またはその他の可燃物が加熱され、急速に延焼拡大し全面火災に至る。」といわれている¹⁾。

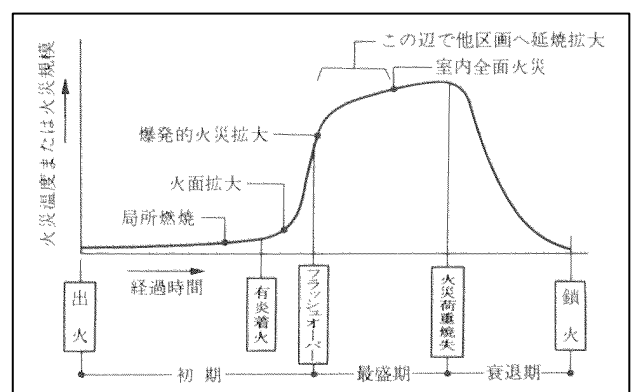


図1 建物火災の進展²⁾

4 実験設定

実験は、8畳程度の単一開口部を有する耐火区画に附室を設けたものを使用し、クリブを初期火源、合板を急激に延焼拡大する火災室内の可燃物に見立てて行った。予備実験により、フラッシュオーバー発生の有無及びそ

* 装備安全課 ** 防災安全課

の再現性について温度推移及び燃焼状況などから確認した。

(1) 火災室

使用した火災室（内寸：幅 3300mm、奥行 3600mm、天井高 2150mm）は、壁、天井、床が軽量気泡コンクリート製で、内装が全面ステンレス板である。火災室の開口部と接続する附室（内寸：幅 800mm、奥行 1500mm、天井高 2000mm）は、壁（火災室の扉を附室壁とした部分は耐熱ガラス）、天井、床が軽量気泡コンクリート（ALC）製である（図 2、図 3、写真 1、写真 2）。

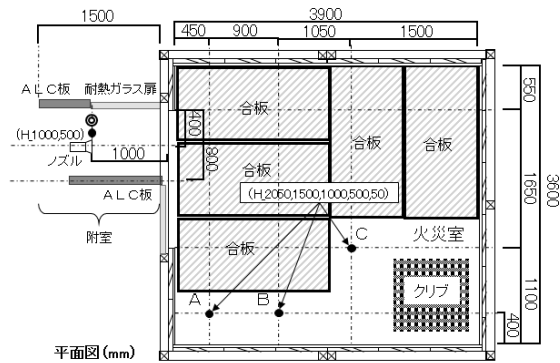


図 2 平面図

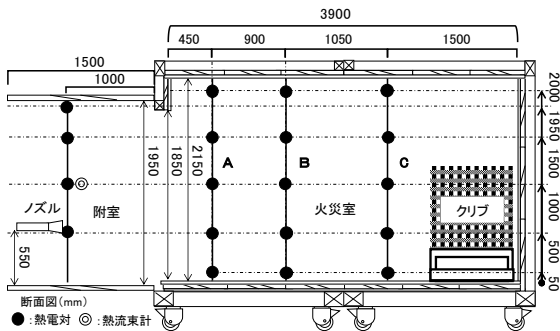


図 3 断面図

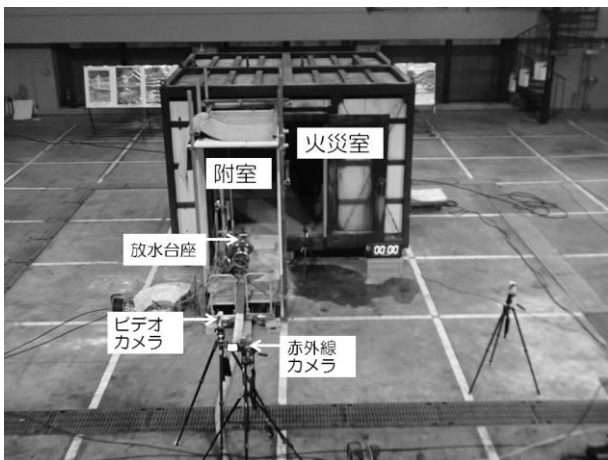


写真 1 実験エリア

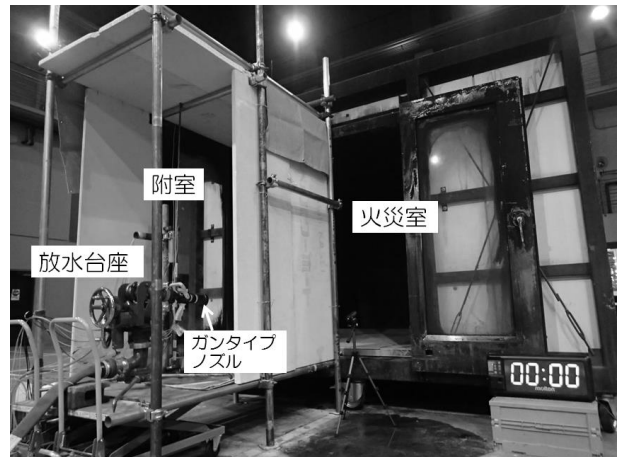


写真 2 附室の状況

(2) 燃焼物

初期火源として、クラブ（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 のクラブ）を火災室の隅に設置した。フラッシュオーバー時に発火する可燃物として、合板（縦 1820 mm、横 910 mm）5 枚を放水により床面に溜まった水が合板の燃焼に影響しないように鉄製アングルで火災室床面から約 2 cm 浮かせて床面に設置した（写真 3）。



写真 3 燃焼物

(3) 測定

測定に使用した機器を表 1 に示す。測定は、火災室内の温度（図 2 中、●印に設置した測定柱 A～C の高さ H=2050、1500、1000、500、50mm の位置、計 15 点）、附室内温度（図 2 中、◎印に設置した測定柱の高さ H=1950、1500、1000、500mm の位置、計 4 点）、附室内の熱流束（図 2 中、◎印に設置した測定柱の高さ H=1000、500mm の位置、計 4 点）について行った。また、ビデオカメラ及び赤外線カメラにより開口部正面（1 点）及び側面（1 点）から撮影した（写真 1、写真 3）。

表 1 測定機器

測定項目	仕様等
温度	名称：K熱電対 外径：素線径 0.32 mm
熱流束	名称：全熱流束計 測定レンジ：0-100kW/m ²

(4) 放水装置等

放水装置は、消火栓に部署したB級ポンプから口径65mm ホース 20mを2本延長し、電磁流量計、放水台座、ガンタイプノズル（仕様元圧：0.5MPa）の順に取り付けた。放水台座は、ガンタイプノズル先端が火災室開口部から水平距離100cm（床面からの高さ55cm）となる位置に設置した。ガンタイプノズルの仰角は、0°（水平）とした（写真1、写真2）。

5 実験方法

実験は、表2に示す放水条件のとおり、放水を行わない自由燃焼と4種類の放水形状（棒状、霧状30°、霧状60°、霧状90°）について、表3に示す実験手順で行った。

各実験に先立ち、各放水条件における火災室内への放水到達状況について確認した。燃焼物は、放水展開角度の設定による放水により内壁が濡れた状態の火災室で、実験開始10分前までにクリブ、合板の順で設置した。

表 2 放水条件

実験 No.	放水形状	ノズル仰角	放水流量
自由燃焼			
実験 1	棒 状	水 平	240L/分
実験 2	霧状 30°		240L/分
実験 3	霧状 60°		240L/分
実験 4	霧状 90°		240L/分

表 3 実験手順

時間経過 (秒)	内 容
0"	【着火】 オイルパン内の助燃材（ガソリン 0.5 L）に着火し、クリブを燃焼させる。
約 180"	【放水開始】 フラッシュオーバーが発生（高温層からの放射熱により床面の合板5枚が全て発火）し、床面直上（H_500 mm）の温度が700℃程度に達したことを確認し、表2に示す放水条件で放水する。
210"	【放水終了】

6 実験結果

放水展開角度の違いによる高さごとの火災室内の温度変化（図2中、A、B、C点の高さごとの算術平均値）のグラフを表4、放水展開角度の違いによる高さごとの附室内の温度変化のグラフを表5、放水展開角度の違い

による高さごとの附室内の受熱量変化のグラフを表6、放水開始までの火災室の状況（各実験）を表7、放水開始後の火災室の状況（棒状）を表8、放水開始後の火災室の状況（霧状30°）を表9、放水開始後の火災室の状況（霧状60°）を表10、放水開始後の火災室の状況（霧状90°）を表11、放水展開角度の違いによる火災室内の放水状況を表12に示す。なお、放水展開角度が霧状60°の場合は、フラッシュオーバー発生時期に若干の違いが見られたため、着火後193秒後に放水しているが、他の実験との比較のため、グラフ上は-13秒に着火し180秒に放水とした。

(1) 放水直前の火災室内の温度

H_2050mm、H_1500 mm、H_1000mm、H_500 mmにおいて、着火120秒後から急激に上昇し、放水直前は、各実験とも700℃以上となった（表4、表8）。

(2) 放水時の火災室内の温度

H_2050mm、H_1500 mmにおいて、放水時の温度降下は、霧状30°、霧状60°、棒状、霧状90°の順で顕著となった。

H_1000 mmにおいて、放水時の温度降下は、霧状30°と霧状60°に大きな差は見られなかった。続いて、棒状、霧状90°の順で顕著となった。

H_500mmにおいて、放水時の温度降下は、霧状60°、霧状30°、棒状に大きな差は見られなかった。霧状90°は温度降下が最も緩慢であった。

H_50mmにおいて、放水時の温度降下は、放水展開角度の違いによる大きな差は見られなかった（表4）。

(3) 放水直前の附室内温度

H_1950mm、H_1500 mmにおいて放水直前は、各実験とも600℃以上となった（表5）。

(4) 放水時の附室内温度

H_1950mmにおいて、放水時の温度降下は、霧状60°と霧状90°には大きな差は見られなかった。続いて、霧状30°、棒状の順で顕著となった。H_1500mmにおいて、放水時の温度降下は、霧状60°と霧状90°には大きな差は見られなかった。続いて、霧状30°、棒状の順で顕著となった（表5）。

(5) 放水直前の附室内受熱量

H_1000mmにおいて、熱流束値は着火120秒後から急激に上昇し、放水直前の熱流束値は、30 kW/m²以上であった（表6）。

(6) 放水時の附室内受熱量

H_1000mmにおいて、放水時の熱流束値の低下は、霧状90°では3～4 kW/m²まで低下し最も顕著であった。一方、霧状60°、霧状30°、棒状では5～10 kW/m²まで低下した（表6）。

(7) 放水開始後の附室の状況

放水開始後の附室内壁の温度低下は、霧状90°、霧状60°、霧状30°または棒状の順に顕著となった（表8、表9、表10、表11）。

(8) 放水展開角度の違いによる火災室内の放水状況
 ア 放水到達距離

棒状及び霧状 30° では、放水が火災室開口部対面の壁面に衝突し、周囲に散乱した。

霧状 60° では、放水が火災室開口部から火災室内 2～3 m 付近まで到達した。

霧状 90° では、放水が火災室開口部全体を覆いながら、火災室開口部から火災室内 1 m 付近まで到達した (表 12)。

イ 放水による火災室内の空気の動き

放水時、人が室内 (測定柱 B 付近) に立っていると、霧状 30°、霧状 60° では放水により風が感じられた。一方、棒状、霧状 90° では、風はほとんど感じられなかった。

表 4 放水展開角度の違いによる高さごとの火災室内の温度変化

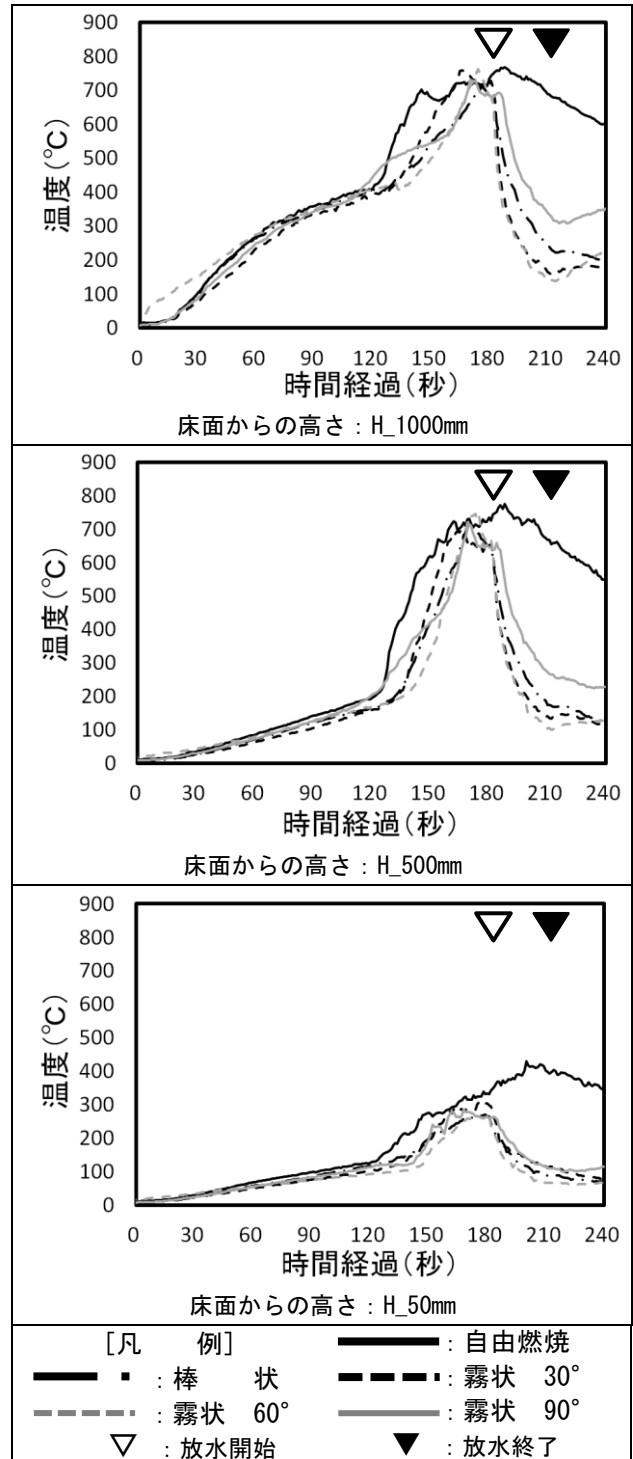
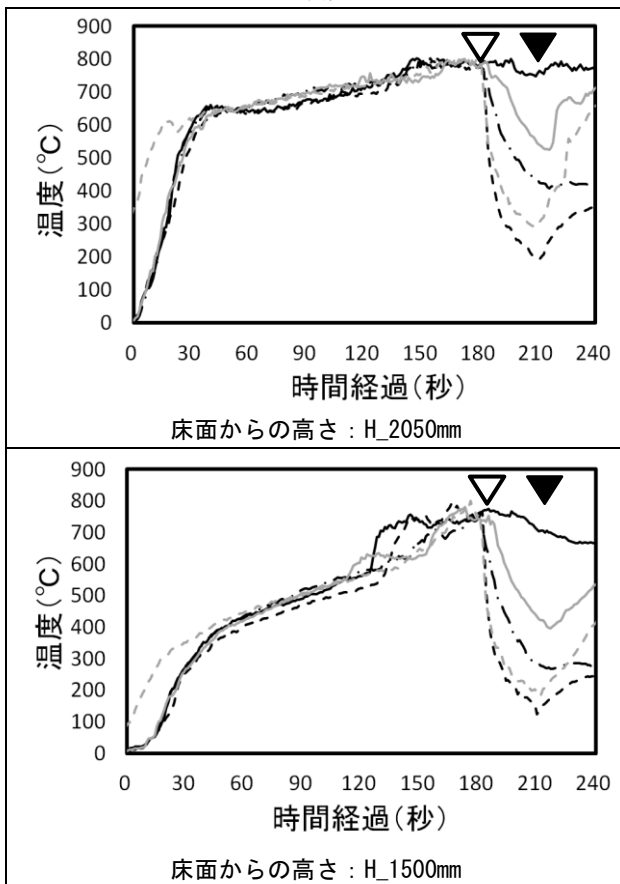
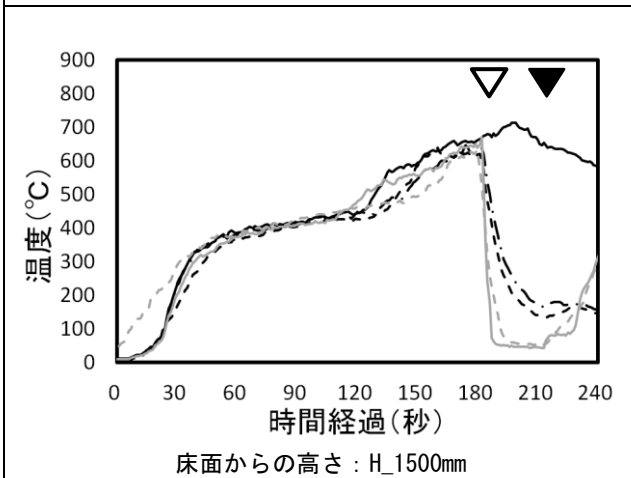
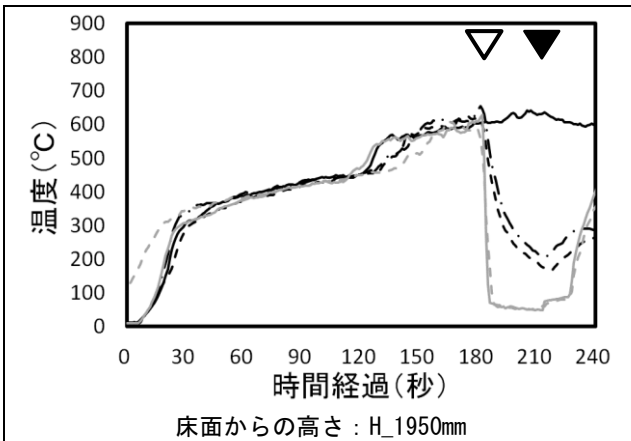


表5 放水展開角度の違いによる高さごとの附室内の温度変化



[凡 例]

— : 自由燃焼

· · · : 棒 状

- - - : 霧状 30°

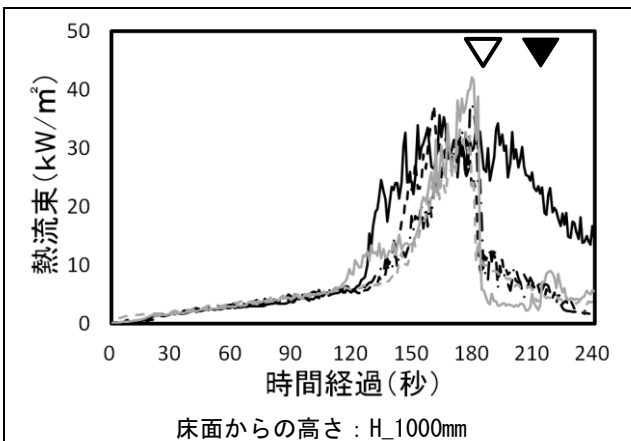
- · - : 霧状 60°

— — — : 霧状 90°

▽ : 放水開始

▼ : 放水終了

表6 放水展開角度の違いによる高さごとの附室内の受熱量変化



[凡 例]

— : 自由燃焼

· · · : 棒 状

- - - : 霧状 30°

- · - : 霧状 60°

— — — : 霧状 90°

▽ : 放水開始

▼ : 放水終了

表7 放水開始までの火災室の状況 (各実験共通)

	着火 120 秒後 (床未燃焼)	着火 180 秒後 (床燃焼中)
ビデオカメラ		
赤外線カメラ		

表8 放水開始後の火災室の状況 (棒状放水)

	放水 15 秒後 (195 秒経過)	放水 30 秒後 (210 秒経過)
ビデオカメラ		
赤外線カメラ		

表9 放水開始後の火災室の状況 (霧状 30°)

	放水 15 秒後 (195 秒経過)	放水 30 秒後 (210 秒経過)
ビデオカメラ		
赤外線カメラ		

表 10 放水開始後の火災室の状況（霧状 60°）





	放水 15 秒後（208 秒経過）	放水 30 秒後（223 秒経過）
ビデオカメラ		
赤外線カメラ		

表 11 放水開始後の火災室の状況（霧状 90°）







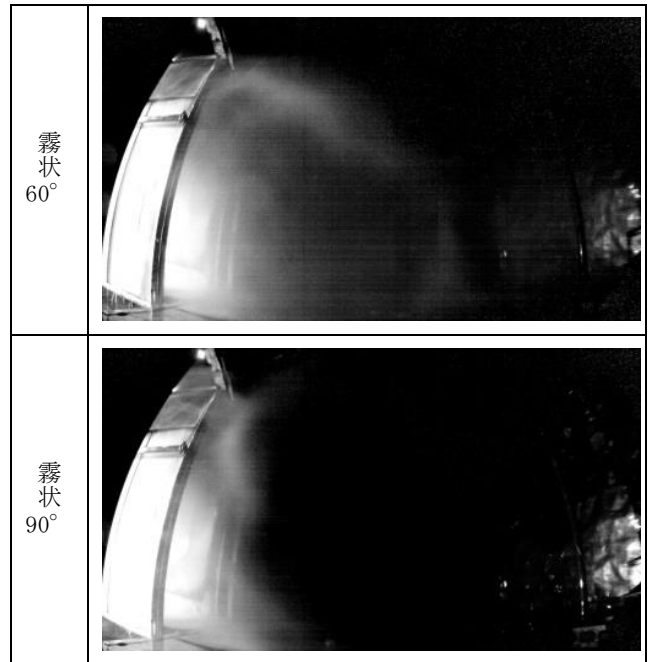
	放水 15 秒後（195 秒経過）	放水 30 秒後（210 秒経過）
ビデオカメラ		
赤外線カメラ		

表 12 放水展開角度の違いによる火災室内の放水状況

棒状	
霧状 30°	



7 考察

(1) 放水による火災室内の温度変化

火災室内の温度降下が顕著であった霧状 30° では、火災室内に到達した放水と巻き込み空気の入力が多いため、冷却効果が大きくなり、温度降下が顕著であったと考えられる。

火災室内温度の降下が小さかった霧状 90° では、室内に到達した放水と巻き込み空気の入力が少ないため、冷却効果が小さくなり、温度降下も小さかったと考えられる。

(2) 放水による附室内の温度変化

附室内温度の降下が顕著であった霧状 60° では、火災室内の温度降下が比較的大きいことから、火災室内の温度や火勢の低下及び放水時の水膜による火災室からの熱の遮断といった複合的な作用により温度が降下したと考えられる。

附室内温度の降下が顕著であった霧状 90° では、火災室内の温度降下が最も小さいことから、放水時の水膜による火災室からの熱の遮断が大きく影響し温度が降下したと考えられる。

(3) 放水による附室内の受熱量変化

受熱量の低下が最も顕著であった霧状 90° では、火災室内の温度降下が最も小さいこと及び附室内壁の温度低下が大きいため、放水時の水膜による火災室からの熱の遮断及び附室内壁の冷却が他の放水条件より大きく影響し、受熱量が低下したと考えられる。

その他の放水条件では、火災室内の温度や火勢の低下及び放水時の水膜による熱の遮断といった複合的な作用により受熱量が低下したと考えられる。

8 おわりに

- (1) 火災室内の温度降下については、霧状 30°、霧状 60°、棒状、霧状 90° の順で顕著となった。
- (2) 附室内の温度降下については、霧状 60°、霧状 90° が顕著であった。
- (3) 附室内の受熱量降下については、霧状 90° が顕著であった。

上記(1)～(3)より、フラッシュオーバー発生時に放水者周囲の温度及び受熱量の低下を目的とする場合、水幕を形成し熱を遮断する放水方法が有効であると考えられる。一方、火災室内の温度の低下を目的とする場合、室内に到達した放水と巻き込み空気の流入が多い放水方法が有効であると考えられる。

9 謝辞

本検証にあたり、消防庁消防研究センター大規模火災研究室長の田村裕之先生より多くの貴重な知見を賜りました。また、消防庁消防研究センターから実験施設の提供を頂いたことに感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 消防庁消防研究センターHP：[\(http://nrifd.fdma.go.jp/\)](http://nrifd.fdma.go.jp/)
最終閲覧 2018 年 2 月 27 日
- 2) 火災便覧第三版：日本火災学会編、p. 423

Study on Effective Water Discharge Methods to Prevent the Spread of Indoor Fires

—Water Discharge Methods to Suppress Flashover—

Kouhei SHIMIZU*, Tetsuo KIDA*, Yuuichirou MACHII**

Abstract

The flashover occurring during firefighting can cause injuries to firefighters and victims when combustibles ignite instantaneously and the interior room temperature rises rapidly. This study was conducted for the purpose of improving the safety of fire personnel during water discharge, and the thermal environment in the fire compartment where flashover occurred and the compartment from which the water was being discharged was confirmed for each water discharge angle.

The study findings indicated that the temperature drop in the fire compartment was conspicuous in the following order of water discharge types and angles: the diffused spray at 30°, the diffused spray at 60°, the straight stream or diffused spray at 90°. Therefore I can think spray method with a lot of spray which reached an interior and inflow of involvement air is effective. Regarding the temperature drop inside the compartment from which the water was being discharged, the diffused spray at 60° and the diffused spray at 90° were conspicuously effective, and the drop in the amount of heat in this compartment was remarkable when using the diffused spray at 90°. Therefore I can think spray method which forms a water curtain and blocks heat off is effective.

*Equipment Safety Section **Community Safety and Disaster Education Section