

消火活動における消火剤の有効性に関する研究

(その3. 実大建物火災消火実験1)

渡邊 茂男*, 齋藤 仁**, 篠原 雅幸***, 赤坂 浩****, 坂本 利行*****

概 要

本実大建物火災消火実験は、本研究その1で報告した基礎消火実験の結果を踏まえて実火災の場合の消火効果を検証するため、取壊し予定の都営村山住宅(メゾネット型住宅)の2階部分を燃焼させ、フォグガンを用いて水や消火剤により消火を行い、消火に及ぼす諸要因についての結果を報告するものである。

これらの結果から、次のことが明らかとなり、消火剤の活用による消火活動への有効性を確認できた。

- (1) 放水量は、消火剤を使用することにより、水だけの場合の約1/2に抑えることができると考えられる。
- (2) リン酸塩類系消火剤のハイパーウェットAと界面活性剤系消火剤のフォスチェック及びジェットフォーム3の消火効果は、実践面においてはほぼ同程度であると考えられる。
- (3) 消火剤の使用により放水時間の短縮、放水開始後の黒煙の噴出量の減少、黒煙の噴出時間及び消炎までの時間の短縮等が可能となり、消防活動を容易にするとともに水損防止に著しく効果的であると考えられる。

1 はじめに

本実験は、消火活動における消火剤の有効性に関する研究(その1.基礎消火実験1)の結果を踏まえ、実火災での適応性を検証するため、取壊し予定の都営村山住宅(メゾネット型住宅)の2階居室を燃焼させ、フォグガンを用いて消火剤により消火活動を行い、消火活動への有効性を確認した。

2 実験日等

2.1 実験日

平成12年9月19日及び9月20日



写真1 実験棟の状況

2.2 実験場所

実験場所は、東京都武蔵村山市緑ヶ丘1460番の都営村山住宅(写真1参照:取壊し予定56棟)で、1棟は6～

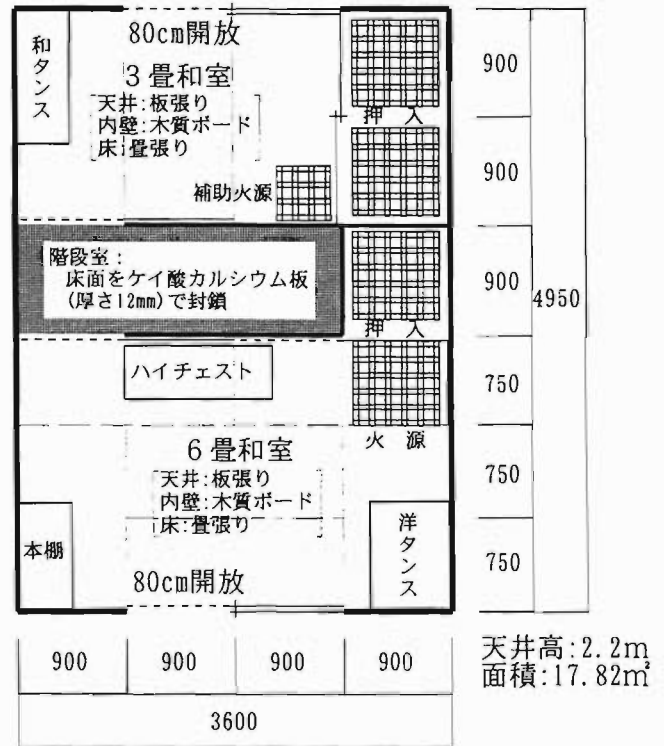


図1 燃焼室内の状況

* 第一研究室 ** 志村消防署 *** 玉川消防署 **** 東村山消防署 ***** 第三消防方面本部

8戸からなる準耐火造メゾネット型でそのうち207号棟1戸、214号棟2戸、215号棟1戸の計4戸とした。

表1 燃焼物

燃焼物		収容物
6 畳和室	火源	1単位クリブ(W73×D73×H73)×1
	助燃材	ガソリン0.5リットル
	洋タンス(W91×D60×H182)	クリブ(W75×D45×H135)×1
	ハイチェスト(W120×D45×H150)	クリブ(W90×D30×H90)×1
	本棚(W91×D45×H182)	クリブ(W75×D30×H135)×1
3 畳和室	押入内	1単位クリブ(W73×D73×H73)×1
		布団2セット
	補助火源	0.5単位クリブ(W57×D57×H57)×1
	助燃剤	ガソリン0.3リットル
和室	和タンス(W120×D45×H150)	クリブ(W90×D30×H90)×1
	押入内	1単位クリブ(W73×D73×H73)×2
		布団4セット

表2 消火剤

品名	主成分	カタログ濃度 (%)	実験使用濃度 (%)
水	—	—	—
フォスチェック	界面活性剤	0.1～1.0	0.3
ジェットフォーム3	界面活性剤	3.0	0.3
ハイパーウエットA	リン酸塩類	3.0以上	3.0

3 実験設定等

3.1 燃焼室

燃焼室は、図1に示すとおり、棟内の1戸分の2階部分(17.82 m)で、中央の階段を挟んで一方が6畳間和室、もう一方が3畳間和室の2室からなっている。

建物構造は、壁体はコンクリートパネル、屋根はコンクリートパネルにアスファルト防水仕上げであり、内装は木質系ボードの内壁、普通合板製の天井で、床は畳張りであった。

なお、開口部の開放は6畳間和室及び3畳間和室の窓の各々片側とし、また、下階との空気の流通及び下階への延焼の影響を防ぐため1、2階部分を区画するため階段を水平にケイ酸カルシウム板(厚さ9mm)で封鎖した。

3.2 積載荷重等

実験1～実験4が同じ火災荷重及び配置とし、実験1～実験4のそれぞれを比較するために積載荷重を同一荷重、同一容積、同一材料で火災荷重を設定した。この時の内装材を除いた積載火災荷重は26.0kg/m²であった。

なお、燃焼物は、表1のとおり、火源としてのクリブ、家財としてのタンス及びハイチェスト等の模擬家具並びに布団等とし、図1に示すとおり配置した。

3.3 火源

火源については、6畳間に設置した火源用クリブと3畳間に設置した補助火源用クリブのそれぞれの下にオイルパンを設置し、それぞれガソリン0.5リットル、0.3リットルを入れた。

4 実験方法

4.1 概要

実験は、準耐火造建築物のメゾネット住宅である都営村山住宅内の1戸の2階部分に火源となるクリブやタンス等の模擬家具を配置し、助燃材であるガソリンに点火しクリブを燃焼させた。

予備実験から室内全体が火炎に包まれ燃焼が最盛期となる点火7分後に、フォグガン1線で屋外から放水を開始し、その後第1線、第2線の順で屋内に進入して家具等に放水して消火した。

この時の放水量、室内温度、室内の燃焼生成ガス等の発生量、開口部からの放射受熱量等を測定した。

なお、消火は、赤熱部分が無くなり、放水終了後5分間に再燃しなかった時点で消火終了とし、その後の残火処理に伴う放水は測定に含めないものとした。

4.2 放水器具等

(1) 放水器具

実験に使用した放水器具はフォグガンであり、その仕様は、放水形状がフォグ40度、放水圧力1.0MPa以上の時、毎分180リットル以上の放水量である。

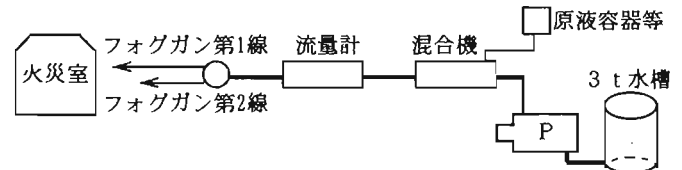


図2 放水体系

(2) 消火剤

実験に使用した消火剤は、表2に示すとおり、基礎消火実験で水と比較して、消火効果のあった界面活性剤系の普通火災用フォスチェック及び油脂火災用ジェットフォーム3並びにリン酸塩類系のハイパーウエットAの3種類であり、本実験での使用濃度は、フォスチェック及びジェットフォーム3を0.3%、ハイパーウエットAを3%とした。

(3) 消火剤の混合方法

消火剤の混合は65mmホースの途中に設けたF社製F-100Pの混合機により行い、その仕様は、混合濃度を0%、0.1%から6.0%まで0.1刻みで調整できるものである。消火剤の混合の系統図は、図2のとおりである。

4.3 簡先配備

消火実験用簡先は、2名1組の隊員により編成される第1線及び第2線とし、実験用ポンプ車から65mmホース(途中に混合機及び流量計を設置)を1線延長し、燃焼室の1階増築部分付近で二又媒介金具により40mmホース2線(フォグガン使用)として増築部分の屋根上に吊上げて延長した。

また、警戒簡先として、支援ポンプ車から65mmホースを1線延長し、50mmホース2線に分岐して、東側及び西側の隣室2階にそれぞれ吊上げて延長し、燃焼室からの延焼に備えるとともに、消火のため待機中の簡先担当者等の援護のための注水を実施した。

4.4 点火方法

点火は、前3.3のオイルパン内のガソリン0.5リットル、

0.3リットルに同時に着火して行った。

4.5 消火方法

消火はフォグガン第1線及び第2線で行い、点火7分後に第1線が1階増築部分の屋根から6畳間和室内に放水を開始し、屋内進入が可能になった時点で内部進入して、6畳間和室内を消炎させた後、中央の階段踊場まで進入して3畳間和室内に放水し、さらに3畳間和室内の家具等に放水し消炎させ、残り火(赤熱含む)を消火した。

第2線は、第1線が3畳間和室に進入すると同時に、6畳間和室に進入し、6畳間和室内の残り火の消火を行った。

その時の消火手順は、図3のとおりである。

また、消火作業は、室内全体に赤熱部分が無くなり、放水終了後5分経過しても再燃しなかった時点で終了した。

4.6 測定項目と測定機器

測定項目は、消火終了までの放水量、点火から消火終了までの6畳間及び3畳間の室内温度などの温度(24点)、6畳和室内の燃焼生成ガス等の発生量(1点)、開口部からの放射受熱量(2点)について行うとともに、この時の燃焼、消火状況等を撮影した。

測定には、次の機器等を使用し、設定位置は、図4に示したとおりである。

ア 放水量

放水量は、K社製の電磁流量計を用いて測定した。

イ 温度測定機器

室内中央付近の温度は、K熱電対(JIS C 1602 規格品、素線径：0.65mm)で測定し、これ以外のクリブの中心温度、開口部の温度等は、シース型K熱電対(JIS C 1605 規格品、シース外径：1.6mm、素線径：0.3mm)で測定した。

ウ ガス分析機器

O₂、CO、CO₂の測定には、M社製 OXYGEN METER、F社製 Infrared Gas Analyzer を使用した。

エ 放射受熱量測定器

放射受熱量の測定には、熱流束計(M社製、最大放射受熱量 2.0W/cm²)を用いた。

オ データ収録器

データは、ノートパソコン(N社製 PC9801N)とスイッチボックス(T社製 DL-9060)を使用してインターバル 3秒で収録した。

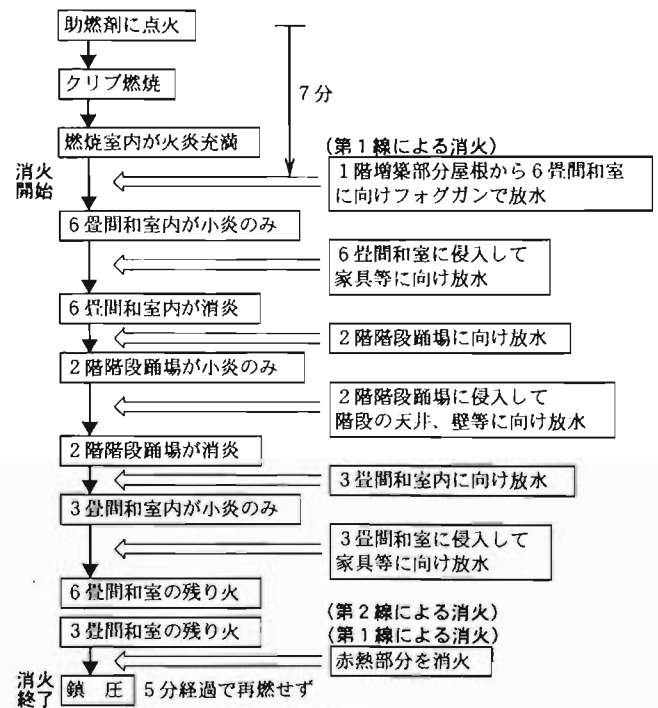


図3 消火フロー

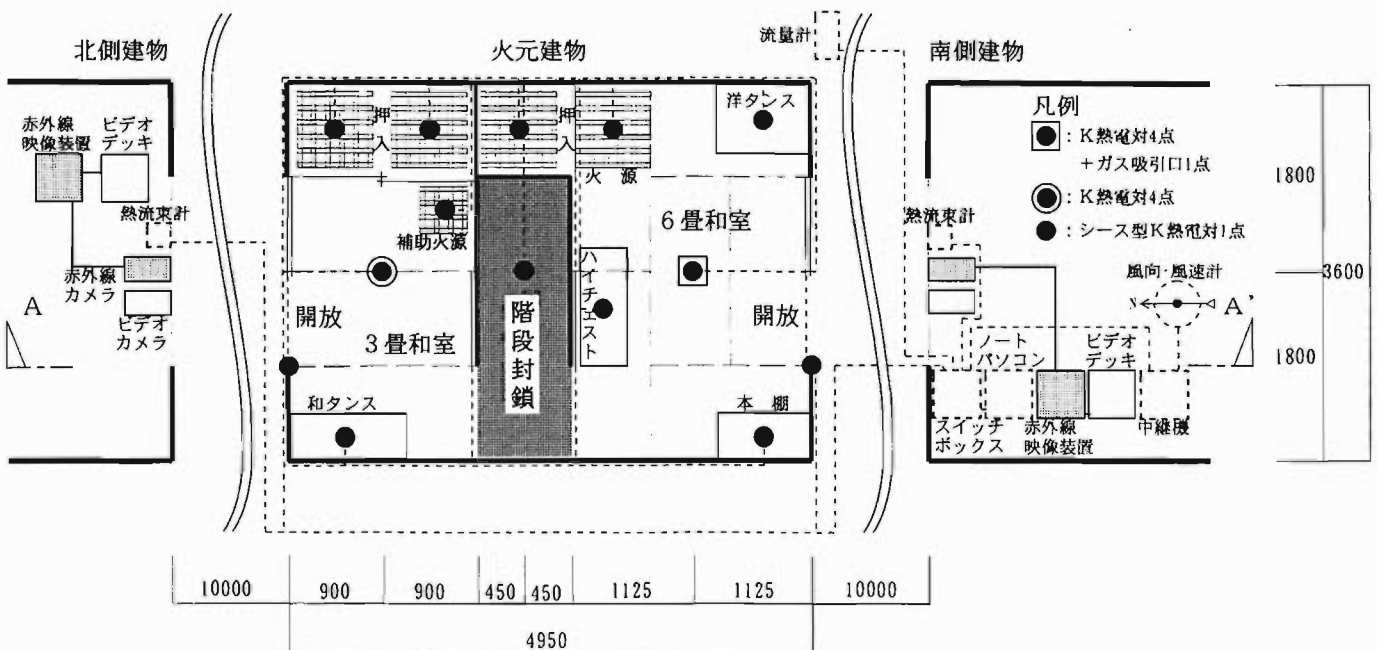


図4 測定機器等の配置図(平面図)

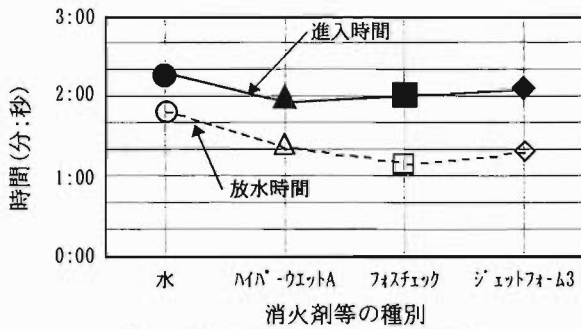


図5 6 畳間進入時間と放水時間

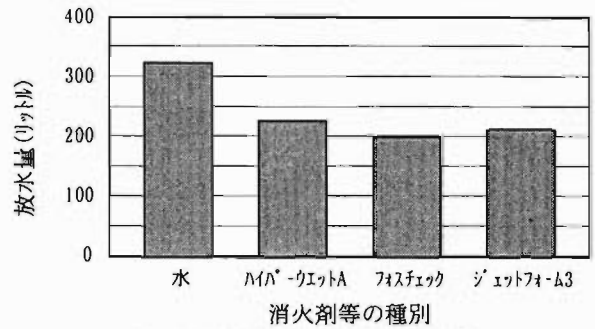


図6 6 畳間進入までの放水量

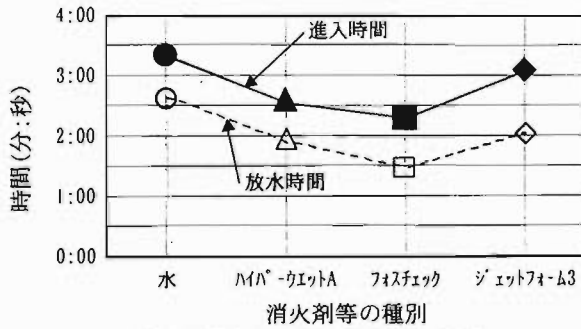


図7 3 畳間進入時間と放水時間

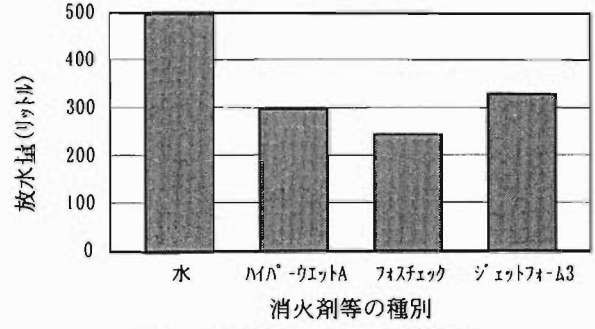


図8 3 畳間進入までの放水量

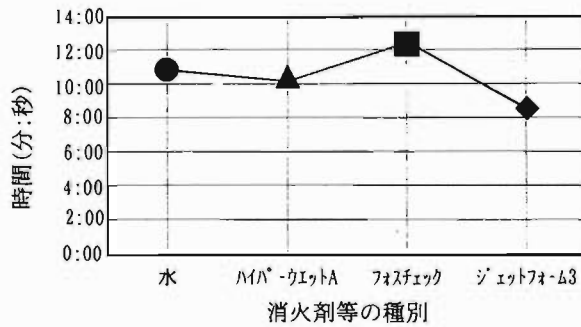


図9 消火活動時間

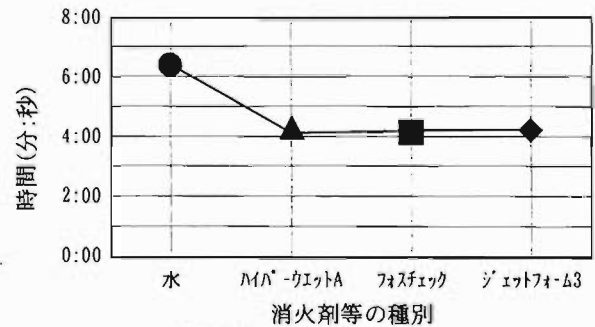


図10 全体放水時間

カ 撮影機器等

燃焼状況、消火状況等は、デジタルビデオカメラ、赤外線映像装置を用いて撮影した。

5 実験結果

5.1 消火活動状況

(1) 第1線の6畳間進入時間と放水量

第1線が6畳間に進入するのに要した時間は、図5のとおり、水だけの場合は2分18秒と若干長くかかったが、フォスチェック(2分1秒)、ジェットフォーム3(2分5秒)、ハイパーウエットA(1分56秒)であり、大きな差はみられなかった。

しかし、第1線が6畳間に進入するまでの放水時間をみると、水だけの場合は1分48秒と長く、フォスチェック、ジェットフォーム3及びハイパーウエットAの場合は1分9秒、1分18秒、1分21秒であり、水と消火剤では明らかな差が見られたが、消火剤の違いによる差はほとんど見られなかった。

また、第1線が6畳間に進入するまでの放水量は、図

6のとおり、実放水時間と同様に、水だけの場合は324リットルで、フォスチェック(199リットル)、ジェットフォーム3(211リットル)、ハイパーウエットA(225リットル)と比較して100リットル以上多く使用した。

(2) 第1線の3畳間進入時間と放水量

第1線が放水開始から3畳間に進入するまでに要した時間は、図7に示すように、水とジェットフォーム3はそれぞれ3分20秒、3分5秒と遅く、フォスチェックとハイパーウエットAはそれぞれ2分18秒、2分33秒と早く、2つのグループに分けられたが、第1線が放水開始から3畳間に進入するまでの放水時間をみると、水が2分39秒と最も長く、次いでジェットフォーム3とハイパーウエットAがそれぞれ2分3秒、1分54秒と長く、フォスチェックが1分27秒と最も短く、進入時間とは若干異なった傾向を示していた。

また、第1線が3畳間に進入するまでの間の放水量は、図8に示すとおり、実放水時間と同様に、水だけの場合は496リットルで、ジェットフォーム3(330リットル)、ハイパーウエットA(297リットル)と比較して約170~200リットル以

上多く、フォスチェック(245 リットル)と比較すると約 250 リットル多く使用した。

(3) 消火活動時間と全体放水時間

消火活動時間は、図 9 のとおり、ジェットフォーム 3 (8 分 36 秒)、ハイパーウエット A (10 分 9 秒)、水 (10 分 51 秒)、フォスチェック (12 分 30 秒) の順で長くなったが、これは実際に放水している時間のほか、放水を中断して室内の残火状況を確認する時間を含んでいるため不確定な要素が大きく、また本実験では放水量を比較することを優先して実施したため、この時間の多少についてはあまり参考とならないと思われる。

しかし、全体放水時間についてみると、これは放水量と特に関係あるものであり、図 10 のとおり、フォスチェック、ジェットフォーム 3、ハイパーウエット A が 4 分 10 秒前後とほぼ同じであったのに対して、水は 6 分 24 秒とこれより 2 分以上長く放水していたことから、実質的な活動時間は消火剤を使用することにより水の約 2/3 程度まで短縮することが可能であると思われる。

(4) 放水量

放水は、いずれの実験においても放水開始から 25 秒後に一旦停止し、約 20 秒間内部状況を確認した後から再放水を開始し、断続的に放水した。この時の放水量は、図 11 に示すように、最初の 25 秒間の放水量は、消火剤の種類に関係なく、80 リットル前後であり、放水開始 1 分 15 秒まで消火剤の種類による差はみられず 155 リットル前後まで増加したが、それ以降は、燃焼状況により水と消火剤の使用量の差が大きく変化していた。

その結果、総放水量は、水が最も多く 995 リットルであり、フォスチェック、ジェットフォーム 3、ハイパーウエット A は、それぞれ 455 リットル、547 リットル、481 リットルとほぼ同じで、水と比べて 46%~55% の量であった。

なお、床面積 17.8m² に対する単位面積あたりの放水量は、水が 56.0 リットル/m²、フォスチェックが 25.6 リットル/m²、ジェットフォーム 3 が 31.0 リットル/m²、ハイパーウエット A が 27.1 リットル/m² であった。

5.2 燃焼室内の温度

燃焼室内の温度は、開口部も含めて 24 点計測したが、3 畳間押入内クリブと階段室の温度以外の温度は 4 実験ともほぼ同じ傾向を示した。従って、同じ傾向を示した各室の温度変化と、異なった温度変化がみられた階段室及び屋外からの注水で最も死角となる 3 畳間押入内の北側クリブの温度変化について述べる。

(1) 6 畳間の中央高さ 150cm 付近の温度

6 畳間の中央高さ 150cm 付近の温度変化は、図 12 に示すとおり、水より 3 種類の消火剤の方が消火開始直後 (概ね 2 分程度) までの温度の降下が若干早いだがそれ以降は大きな差は見られずほぼ同じ傾向を示した。

(2) 3 畳間の中央高さ 150cm 付近の温度

3 畳間の中央高さ 150cm 付近の温度変化は、図 13 のとおり、差はほとんど見られず同じ傾向を示した。

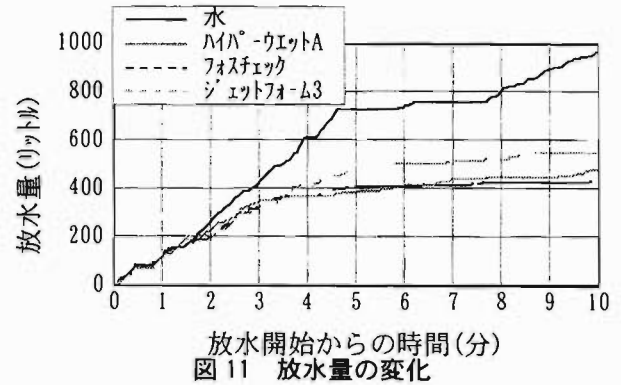


図 11 放水量の変化

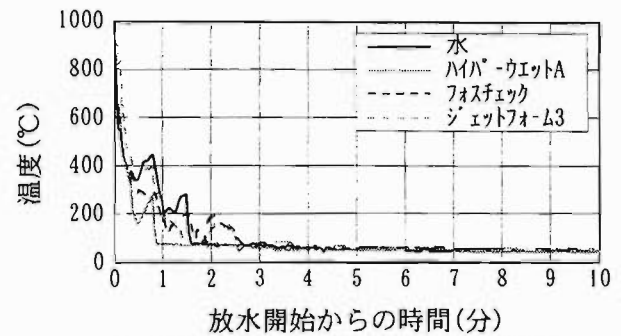


図 12 6 畳間中央付近 (H150cm) の温度変化

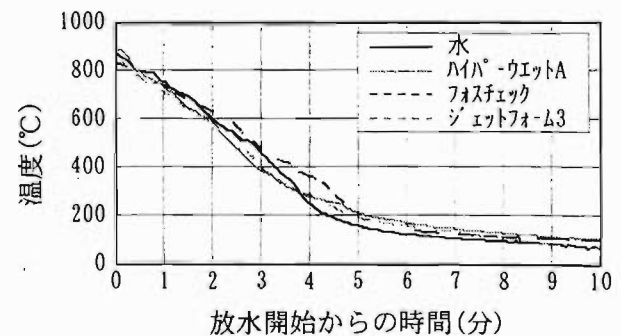


図 13 3 畳間中央付近 (H150cm) の温度変化

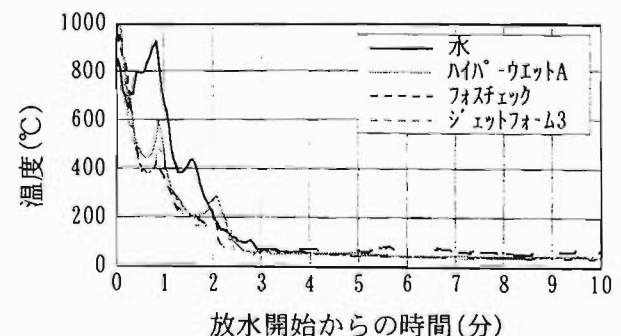


図 14 階段室中央付近 (H150cm) の温度変化

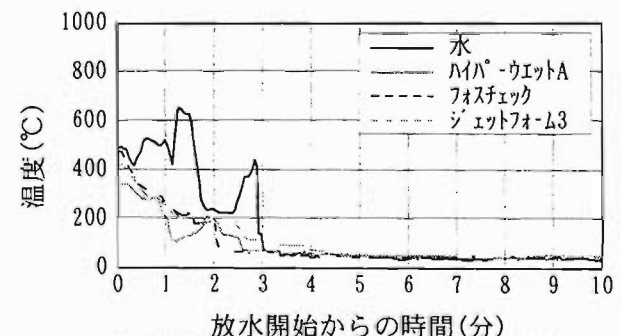


図 15 3 畳間押入内の北側クリブの温度変化

(3) 階段室の中央高さ 150cm 付近の温度

階段室の中央高さ 150cm 付近の温度変化は、図 14 のとおり、水の場合だけが放水により一時的に低下したが 25 秒間の放水終了後に直ちに放水開始前の温度まで急上昇したのに対して、消火剤を使用した場合は、一旦放水を停止した時に若干温度上昇したが、それ以降はほぼ同様に温度が低下し、類似した傾向を示した。

(4) 3 畳間押入内の北側クリブの温度

3 畳間押入内の北側クリブの温度変化は、図 15 のとおり、水の場合は放水を開始してもしばらくの間はほぼ上昇傾向を示し、その後降下した後に一度大きく上昇してから急激に低くなったのに対して、消火剤を使用した場合は、いずれも放水によりほとんど温度が上昇することなく低下し、類似した傾向を示した。このことは、前(3)と併せ、消火剤による火勢抑制効果が何らかの関係で働いているものと思われる。

5.3 燃焼室内の燃焼生成ガス等の発生量

6 畳間中央の高さ 150cm 付近の O_2 、 CO 、 CO_2 の 3 種類の測定結果は次のとおりであった。

(1) O_2 濃度

O_2 濃度は、放水直前は 1.1~1.3% と低下しておりそれ以後の変化は、図 16 のとおり、水の場合は放水開始時から放水と放水停止に応じて上昇と低下を繰り返しながら徐々に回復したのに対して、消火剤を使用した場合は、最初の放水により急激に上昇し、ほぼ同じ傾向を示した。

(2) CO 濃度

CO 濃度は、放水直前は 6~12% 程度でそれ以降の変化は、図 17 に示すように、 O_2 濃度の変化と対称的に推移し、水の場合は放水と放水停止に応じて上昇と低下を繰り返しながら徐々に低下したのに対して、消火剤を使用した場合は、放水により急激に低下し、ほぼ同じ傾向を示した。

(3) CO_2 濃度

CO_2 濃度は、放水直前は 19% 程度でそれ以降の変化は、図 18 のとおり、 CO 濃度の変化と同様に、水の場合は放水と放水停止に応じて上昇と低下を繰り返しながら徐々に低下したのに対して、消火剤を使用した場合は、放水により急激に低下し、ほぼ同じ傾向を示した。これは、前(1)、(2)とともに 3 消火剤による早期の火勢抑制効果によるものと思われる。

5.4 隣棟建物の放射受熱量

6 畳和室及び 3 畳和室の開口部に対面する約 10m 離れた隣棟建物において放射受熱量を測定した結果は次のとおりであった。

6 畳和室側建物における放射受熱量は、図 19 のとおり、水や消火剤の違いによる差は見られなかったが、3 畳和室側建物における放射受熱量の変化をみると、図 20 のとおり、水の場合は 3 種類の消火剤と比べて、一旦放水を停止した時に急激に上昇し、激しく燃焼してい

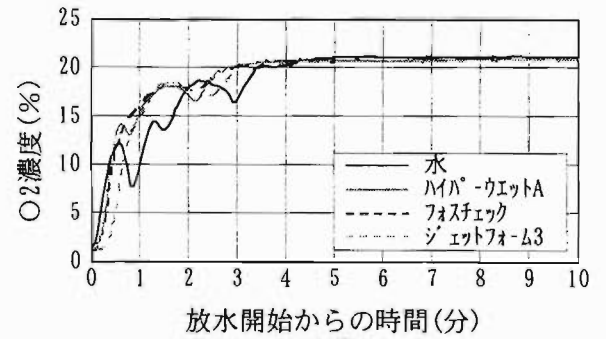


図 16 O_2 濃度の変化

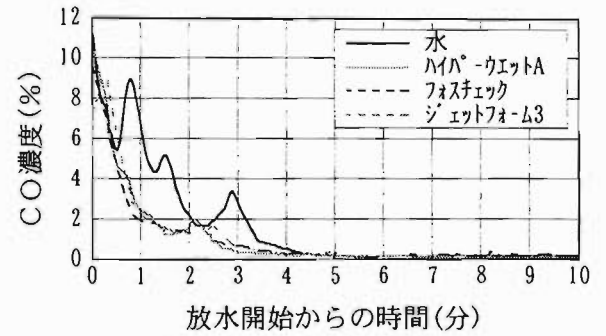


図 17 CO 濃度の変化

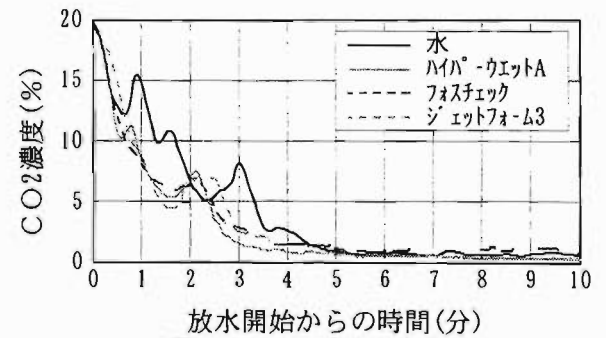


図 18 CO_2 濃度の変化

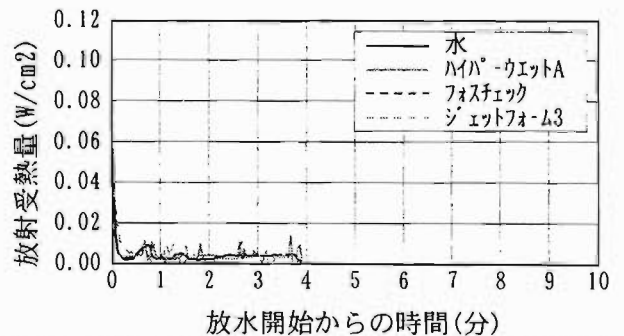


図 19 距離 10m 付近 (6 畳和室側) の放射受熱量の変化

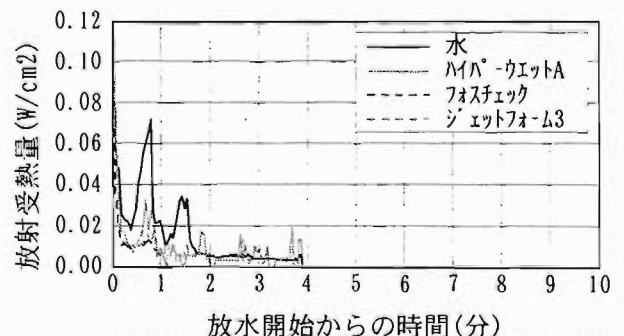


図 20 距離 10m 付近 (3 畳和室側) の放射受熱量の変化

ることを示しており、燃焼抑制効果が働きにくいことを示している。

6 まとめ

(1) 消火状況についてみると、消火剤を使用した場合は水だけの場合と比べて消火開始後の黒煙の噴出量が少なく、噴出時間が短く、また消炎するまでの時間(火勢抑制時間)も短くなった。

(2) 放水時間は消火剤を使用することにより約 2/3 に短縮され、また放水量についてみると、水と比べて 46%～55%の量であった。

(3) 室内に進入するまでの温度変化についてみると、直接水がかかった 6 畳間と 3 畳間の室内温度では、水と消火剤との間に明らかな差はみられなかったが、間接的に少量の消火水がかかったハイチェストの陰の階段室、注水の死角となった 3 畳間押入の温度の降下状況は消火剤による影響と思われる。

(4) 室内の O_2 濃度の回復状況や CO 、 CO_2 の濃度の低下状況は、水と比べて消火剤を使用した方が明らかに早かった。

(5) 燃焼に伴う放射受熱量変化は、水単独と比べて消火剤による火勢抑制効果によるものと思われる。

以上のとおり、水と比べて消火剤を使用することは、燃焼抑制効果及び再燃防止効果があり、放水量の低減化が図られ、消防活動を容易にするとともに、水損防止に著しく効果的であると考えられる。