

# CAFSによる延焼阻止効果の検証

木田哲夫\*, 玉越孝一\*, 渡邊茂男\*

## 概要

本検証は、圧縮空気泡消火システム（以下、「CAFS」という）によるドライ泡の延焼阻止効果を把握するため、常温および受熱時におけるドライ泡の付着性、耐熱性について合成界面活性剤泡消火薬剤（クラスB）（以下、「薬剤」という）を使用して行い、以下の結果を得た。

- 1 ドライ泡の壁面への付着性は薬剤濃度2%より1%の方が良好であった。
- 2 CAFSによるドライ泡の残存時間は、受熱量の増大に伴い短くなり、受熱量20KW/m<sup>2</sup>以上では2分以内で泡は消滅した。
- 3 隣棟壁面に対する延焼阻止効果の確認実験の結果、壁面に付着させたドライ泡が断熱効果を発揮した時間は、2分程度であった。

## 1 はじめに

CAFS（Compressed Air Foam System）は、水に一定割合の泡消火薬剤を混合した液体に、圧縮空気を注入し発泡させた状態で送水する装置である（写真1参照）。

泡質は、発泡倍率の違いにより発泡倍率の低いウェットから発泡倍率の高いドライまで設定が可能である。

ノズルは専用ノズルがあり、ストレートの口径は7/8インチ（約2.2cm）である（写真2参照）。

本検証は、このCAFSを使用し、火災建物の周囲にある建物に泡を付着させることによって、延焼阻止にどの程度効果があるのか把握した。



写真1 CAFS (A社製) 写真2 専用ノズル (B社製)

## 2 検証項目

本検証では、泡による延焼阻止効果を、物体に対する泡の付着性及び放射熱等に対する泡の耐熱性により評価した。なお、検証に使用した泡質は、付着性が高いとされるドライ泡とした。

### (1) 付着性の検証

本検証は、泡が壁面に付着した直後の形状、厚さを確認し、時間経過による泡の降下、消滅状況を確認した。

### (2) 耐熱性の検証

本検証は、コーンカロリメーターを用いて一定の熱を、水平に設置した泡に放射し続けることにより、泡の受熱量と消滅時間の関係を確認した。

### (3) 実火災を想定した断熱効果の検証

本検証は、合板を木造建築物の壁面等に見たて、この面に延焼を想定した熱を与える。この時の合板に付着した泡の降下、消滅状況を確認した。

## 3 ドライ泡の付着性の検証 (実験1)

### (1) 目的

垂直面及び天井面に付着させた泡の時間経過に伴う降下、消滅状況について確認し付着性を検証した。

### (2) 日時等

ア 日時

平成20年1月8日～1月31日

イ 場所

消防技術安全所燃焼実験棟前

### (3) 実験

実験は、表1に示す項目で実施した。

表 1 実験内容

項目	No.	実験内容
①垂直面への付着実験	実験1-1	薬剤濃度 2%によるベニア板への付着
	実験1-2	薬剤濃度 2%によるガラス板への付着
	実験1-3	薬剤濃度 1%によるベニア板への付着
	実験1-4	薬剤濃度 1%によるガラス板への付着
②水平面への付着実験	実験1-5	薬剤濃度 2%によるコンクリート天井面への付着
	実験1-6	薬剤濃度 1%によるコンクリート天井面への付着

ア 実験方法

(7) 垂直面への付着実験(実験1-1から実験1-4)

写真3に示す垂直面において、長時間保持できる泡の厚さを確認するため、予備実験を行った。その結果、垂直に立てた合板に5m離れた位置から泡を不均一に放射し、その後10分間放置した場合、泡が降下しなかった部分は、泡の厚さが30mm程度の部分であった。この結果から、付着厚さを30mmとして実験を行った。

写真3及び図1に示す垂直に立てた合板とアルミサッシに、5m離れた位置から面全体に泡を放射し、厚さ30mm程度付着させ、時間経過による泡の付着形状、降下、消滅の様子を、ビデオカメラにより撮影し観察した。

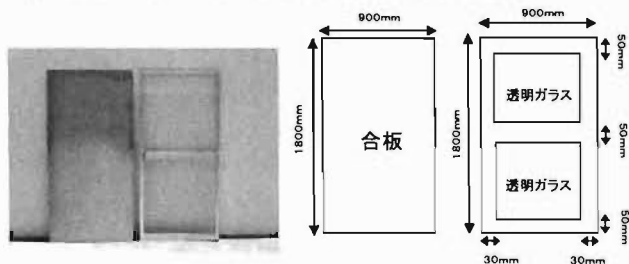


写真3 垂直面

図1 付着面

(イ) 天井面への付着実験(実験1-5から実験1-6)

写真4及び図2に示す地上3mの高さにあるコンクリートの天井面に泡を放射し、面全体に泡を付着させ、時間経過による泡の付着形状、降下、消滅の様子を、ビデオカメラにより撮影し観察した。



写真4 コンクリート天井面

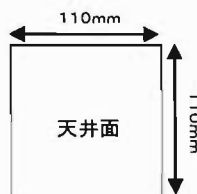


図2 付着面

イ 放射条件等

図3に示すように、3t水槽に部署したポンプ車から65mmホース1線10mをCAFSに延長した。そして、CAFSから40mmホース1線20mを延長し、先端に専用ノズルを取り付け、付着面に対し泡の厚さが30mmとなるよう放射した。なお、泡放射にあたりCAFSの設定条件は表

2のとおりである。

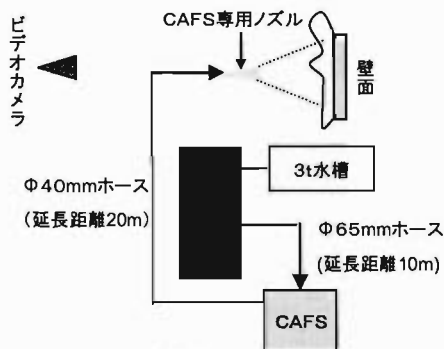


図3 筒先配置

表 2 CAFSの設定

設定項目	設定条件
発泡倍率	20倍程度
泡質	ドライ
使用薬剤	合成界面活性剤泡消火薬剤
薬剤濃度	1%、2%
使用したノズル	CAFS専用ノズル
CAFSからの送水量	毎分150ℓ
CAFSへの送水圧力	0.5MPa

(4) 実験結果

ア 垂直面への付着(合板、アルミサッシ)

時間経過による泡の付着状況を、写真5に示す。

(7) 薬剤濃度1%の場合

合板は、放射30分後に泡が降下し始め、壁面上部が露出した。

アルミサッシは、放射20分後に泡が降下し始めガラス面上部が露出した。30分後、さらに泡が降下しガラス面の露出が増加した。

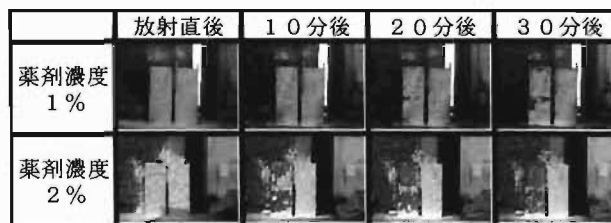
アルミサッシは合板に比べ、付着した泡の降下は早かった。

(イ) 薬剤濃度2%の場合

合板は、放射20分後に泡が降下し始め、壁面上部が露出した。

アルミサッシは、放射2分後に泡が降下し始め壁面下部が露出した。10分後、さらに泡が降下しガラス面の大部分が露出した。

薬剤濃度2%においても、アルミサッシは合板に比べ付着した泡の降下は早かった。



(各写真内 左:アルミサッシ 右:合板)

写真5 泡の付着状況

イ コンクリート天井面への付着

時間経過による泡の付着状況を写真6に示す。

(ア) 薬剤濃度1%の場合

放射10分後、泡の降下及び消滅により壁面が露出し始め、30分後の付着面積は放射直後の約2/3になった。

(イ) 薬剤濃度2%の場合

放射10分後、泡の降下及び消滅により壁面が露出し始め、30分後の付着面積は放射直後の約1/2になった。

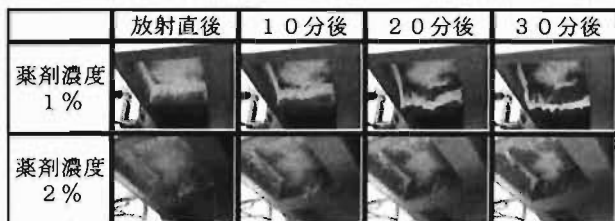


写真6 泡の付着状況 (コンクリート天井面)

(5) 考察

ドライ泡の付着性は、付着させる対象により異なる。ドライ泡（薬剤濃度1%）は、合板の壁面に対し30分程度付着させることができ、延焼経路となりやすい開口部に使用されるガラス等には、20分程度付着させることが出来ると考えられる。

4 ドライ泡の耐熱性の検証 (実験2)

(1) 目的

コーンカロリメーターを用いて、泡の受熱量と消滅時間の関係を確認し耐熱性を検証した。

(2) 日時等

ア 日時

平成20年1月8日～1月30日

イ 場所

消防技術安全所防火力実験室

(3) 実験

実験は、薬剤濃度1%及び2%の泡で行った。

ア 設定

実験は、写真7及び図4に示すとおり試料ホルダーに泡を厚さ30mmに設定し、コーンカロリメーターのヒーターから試料ホルダー内の泡に熱を放射し、泡の消滅時間を測定した。消滅時間は、熱の放射を開始した時点から、泡が消滅し試料ホルダーの底の一部が露出（目視）する時点までとした。

なお、試料ホルダーの様子は、CCDカメラ（T社製PEC-CM42）を用いて撮影し、デジタルビデオカメラ（S社製）で録画した。

イ 放射熱量

泡が受ける放射熱量は、表3のとおりとし、実験は各放射熱量につき5回ずつ実施した。

表3 放射熱量

ドライ泡への放射熱量	常温時, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100KW/m <sup>2</sup>
------------	--

ウ 実験に使用した泡

泡は、実験1と同様に作成し、プラスチック製容器（直径640mm、深さ700mm）に放射した泡を使用した。

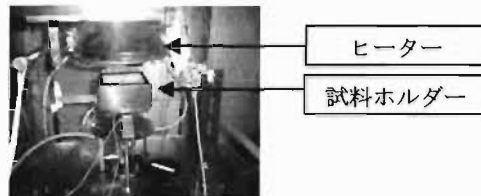


写真7 実験状況

(コーンカロリメーター：T社製CORNⅢ)

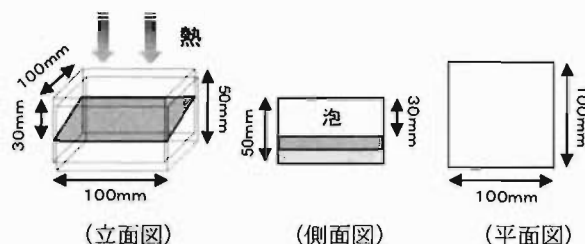


図4 試料ホルダー

(4) 実験結果

実験結果を図5に示す。図5は、泡への各放射熱量での泡の消滅時間を5回ずつ測定した結果を、グラフにプロットし、近似曲線を示したものであり、以下の結果を得た。

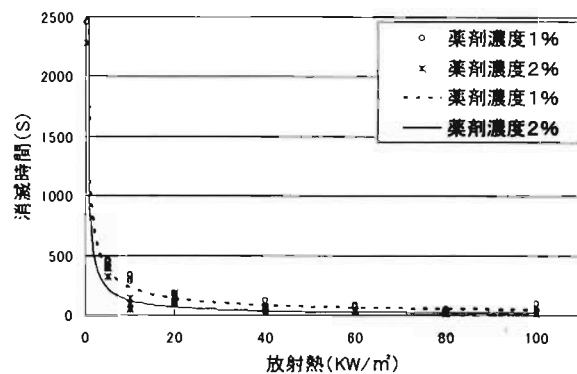


図5 泡への放射熱量と消滅時間の関係

- ア 泡は放射熱量が大きくなるにつれ、早く消滅した。
- イ 泡は、一般的な火災建物の開口部から3mの位置での放射熱量とされる20KW/m<sup>2</sup>の熱を与えると、2分程度で消滅した。
- ウ 泡の消滅時間は、薬剤濃度1%のほうが2%よりも長くなる傾向が見られた。
- エ 熱を与えず室内に放置した場合、泡は40分程度で消滅した。

(5) 考察

泡は放射熱量が大きくなると消滅時間は短くなり、隣接する火元建物から受ける放射熱量 (20KW/m<sup>2</sup>以上) では、2分以内で消滅すると考えられる。

5 突火災を想定した断熱効果の検証 (実験3)

(1) 目的

突火災を想定して合板に付着させた泡に対し、熱を与えたとき、泡による合板に伝わる熱の軽減効果を検証した。

(2) 日時等

ア 日時

平成 20 年 1 月 8 日～1 月 31 日

イ 場所

消防技術安全所 燃焼実験棟

(3) 実験

合板表面への付着条件は、表 4 のとおりとした。

表 4 実験項目

項目	付着条件
突火災を想定した実験	実験3-1 何も付着させない場合
	実験3-2 水を付着させた場合
	実験3-3 薬剤濃度 2% のドライ泡を付着させた場合
	実験3-4 薬剤濃度 1% のドライ泡を付着させた場合

ア 設定

図 6、図 7 及び写真 8 に示すように、燃焼室内に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 2 単位クリブ (以下、「クリブ」という) を設置し、燃焼させたときの放射熱が 20KW/m<sup>2</sup> となる位置 (クリブから 1 m 離れた位置) に、建物の壁面に見たてた合板を設置した。また、合板表面に温度計及び熱流束計を、裏面に赤外線映像装置を設置し、合板表面に実験 1 と同じ要領で付着させた泡の断熱状況を確認した。また、合板表面の様子は、CCD カメラにより撮影した。

合板への温度計及び熱流束計の設置状況を写真 9 に、合板への泡の付着状況を写真 10 に、各測定に要した機器等の仕様等を表 5 に示す。

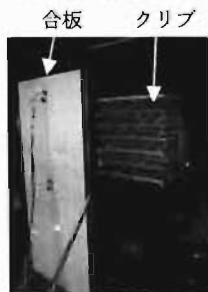


写真 8 設定状況

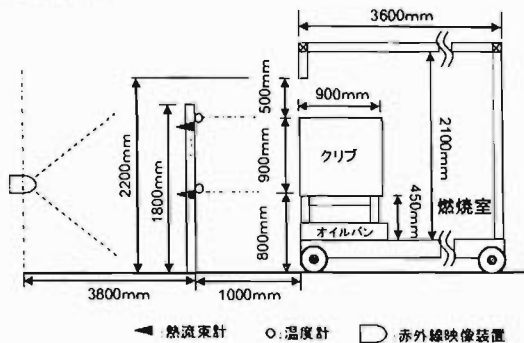


図 6 立面図

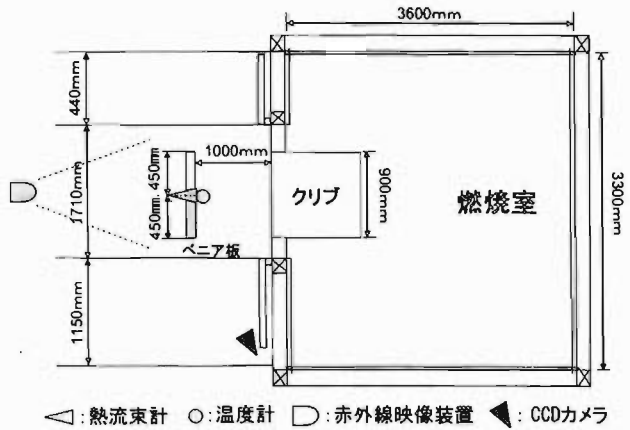


図 7 平面図

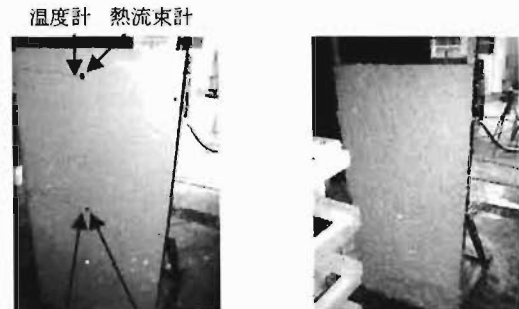


写真 9 合板表面



写真 10 付着状況

表 5 設定機材等

機材等	仕様等	測定条件
燃焼室	鉄骨造 室内幅3.3m、室内奥行き3.8m、室内高2.1m 正面開口部(幅1.71m、高さ1.85m)1箇所 内壁、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0.3mm)貼り	
クリブ	30mm × 35mm × 900mmの杉材144本、28段積み	
合板	厚さ0.9mm、縦1800mm × 横900mm	
温度計	シーエス熱電対(C社製)	図6.7に示すとおり
熱流束計	最大受熱量50KW/m <sup>2</sup> (M社製)	図6.7に示すとおり
赤外線映像装置	サーモレーザTH9100(N社製)	放射率0.9
CCDカメラ	PEC-CM42 82度(T社製)	図7に示すとおり
データロガー	E社製 ThermodacF	インターバル1秒で収録

イ 燃焼方法

図 6 に示すオイルパンにおいてガソリン 0.5 L を助燃料とし、クリブに着火させ燃焼させた。

ウ 付着方法

泡の付着は、実験 1 と同様に行った。また、水の付着は壁面全体に 4 秒間放水を行った。

エ 実験手順

実験の手順は、表 6 に示すとおりとした。

表 6 実験手順

経過	項目
	クリブ下に設置したオイルパンに水をはる。 合板にドライ泡等を放水する。
測定開始	オイルパンに0.5Lのガソリンを注ぎ着火する。
?	クリブの着火確認
	クリブの鎮圧
測定終了	実験終了

#### (4) 実験結果

##### ア 合板表面の温度

実験3-1~4の合板表面の温度と時間経過のグラフを図8、図9に示す。

##### (ア) 合板表面上部の温度

図8に示すとおり、薬剤濃度1%の泡を付着させた場合、測定開始から20秒間は大きな温度上昇はなかった。また、測定開始から80秒間は水を付着させた場合や付着なしの場合に比べ温度が低く推移した。

薬剤濃度2%の泡を付着させた場合、測定開始から30秒間は大きな温度上昇はなかった。また、測定開始から45秒間は水を付着させた場合や付着なしの場合に比べ温度が低く推移した。

薬剤濃度1%の泡を付着させた場合は、薬剤濃度2%の泡を付着させた場合に比べ、温度が低く推移した。

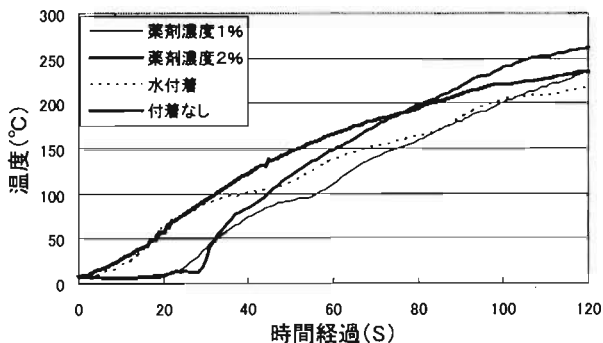


図8 合板表面上部の温度変化

##### (イ) 合板表面下部の温度

図9に示すとおり、薬剤濃度1%及び2%の泡を付着させた場合、水を付着させた場合や付着なしの場合に比べ温度が低く推移した。

薬剤濃度1%の泡を付着させた場合は、薬剤濃度2%の泡を付着させた場合に比べ、温度が低く推移した。

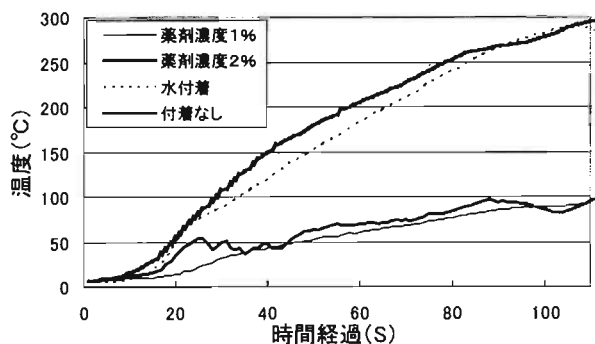


図9 合板表面下部の温度変化

##### イ 合板表面の受熱量

##### (ア) 合板表面上部の受熱量

図10に示すとおり、薬剤濃度1%の泡を付着させた場合、測定開始から20秒間は大きな熱流束値の上昇はなかった。また、測定開始から50秒間は水を付着させた場合

や付着なしの場合に比べ熱流束値が低く推移した。

薬剤濃度2%の泡を付着させた場合、測定開始から25秒間は大きな熱流束値の上昇はなかった。また、測定開始から30秒間は水を付着させた場合や付着なしの場合に比べ熱流束値が低く推移した。

薬剤濃度1%の泡を付着させた場合は、薬剤濃度2%の泡を付着させた場合に比べ、熱流束値が低く推移した。

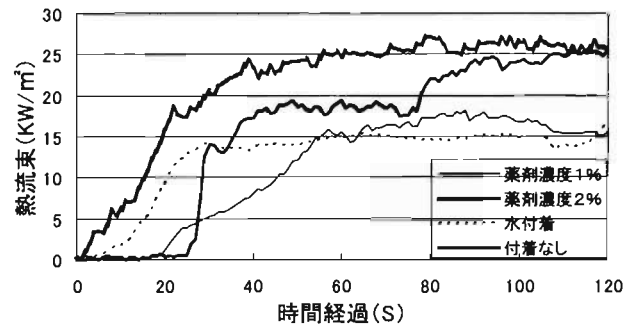


図10 合板表面上部の受熱量の変化

##### (イ) 合板表面下部の受熱量

図11に示すとおり、薬剤濃度1%の泡を付着させた場合、測定開始から110秒間は水を付着させた時や付着なしの時に比べ熱流束値が低く推移した。

薬剤濃度2%の泡を付着させた場合、測定開始から50秒間は水を付着させた時や付着なしの時に比べ熱流束値が低く推移した。

薬剤濃度1%の泡を付着させた場合は、薬剤濃度2%の泡を付着させた場合に比べ、熱流束値が低く推移した。

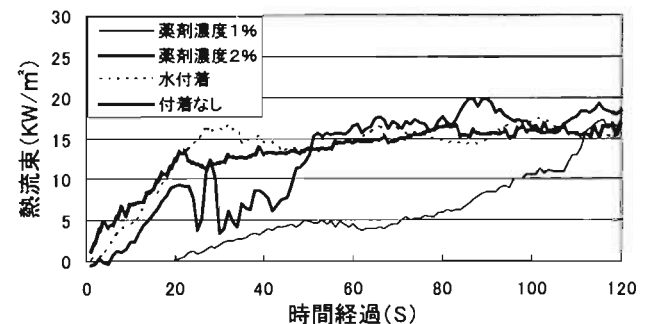


図11 合板表面下部の受熱量の変化

##### ウ 合板表面の状況 (可視画像)

実験3-1~4の合板表面の可視画像と時間経過を写真11及び写真12に示す。

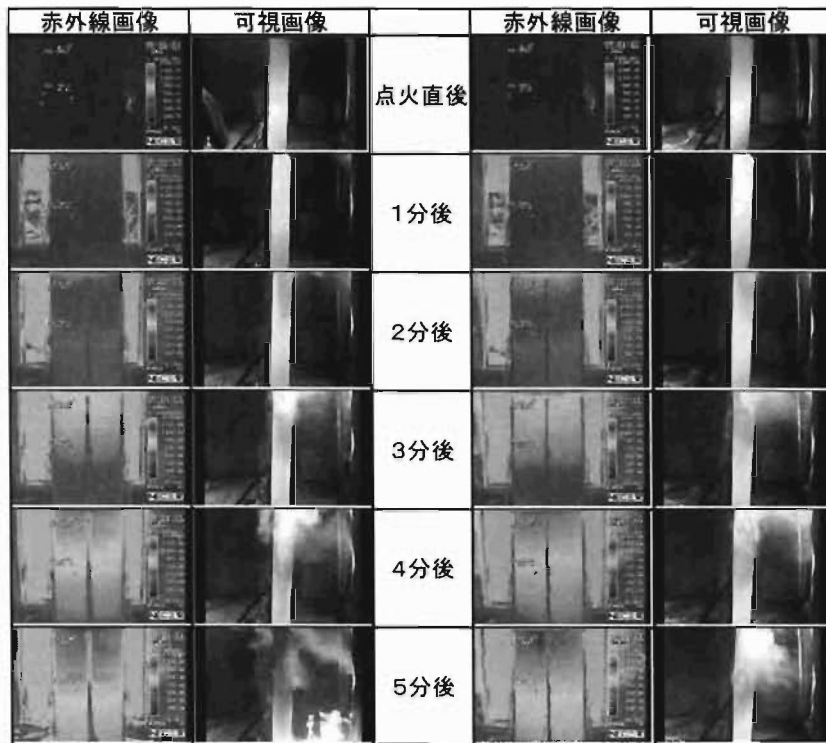
熱を受けた泡は、薬剤濃度2%の場合、着火から35秒で泡が降下し始め、68秒で合板上部に泡はなくなった。薬剤濃度1%の場合、着火から40秒で泡が降下し始め、108秒で合板上部に泡はなくなった。

##### エ 合板裏面の状況 (赤外線画像等)

実験3-1~4の合板裏面の赤外線画像と時間経過を写真11及び写真12に、合板裏面の上部(高さ:1700mm)と下部(高さ:800mm)における時間経過に伴う温度変化を図12及び図13に示す。

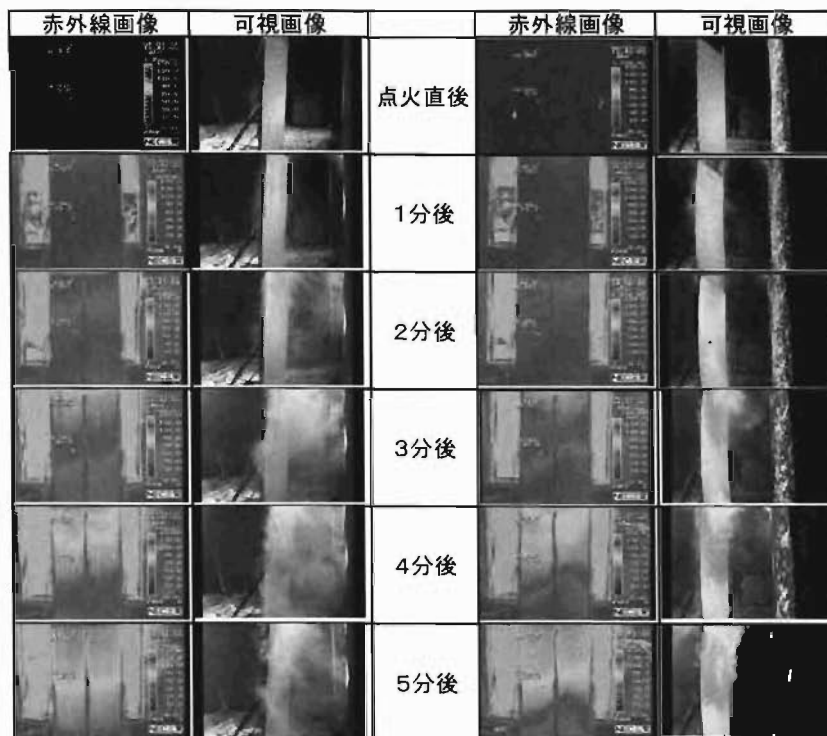
合板裏面の温度は、点火直後から、約 30 秒間は付着条件に関わらず温度が上昇している。これは、クリブの燃焼による燃焼実験棟内の温度上昇によるものと考えられる。また、測定開始から 7 分間の温度を比較すると、泡を付着

させた場合は、水を付着させた場合や付着なしの場合に比べ、温度が低く推移した。さらに、消火薬剤濃度 1% の場合は、消火薬剤濃度 2% の場合に比べ、温度が低く推移した。



(左：何も付着させない場合 右：水を付着させた場合)

写真 1 1 合板の可視画像と赤外線画像



(左：消火薬剤濃度 2% 右：消火薬剤濃度 1%)

写真 1 2 合板の可視画像と赤外線画像

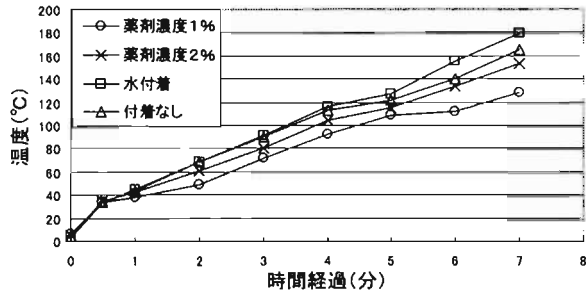


図 1 2 合板表面上部の温度変化

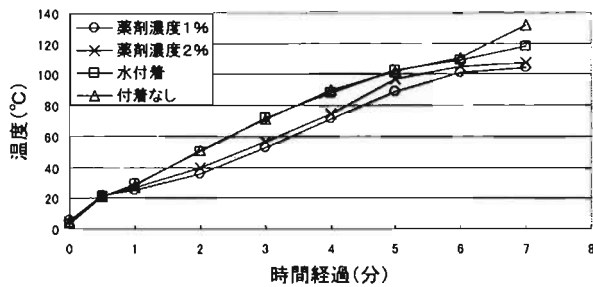


図 1 3 合板裏面下部の温度変化

(5) 考察

ア 熱を受けている壁面表面に、泡が付着している間は、水を付着させた時や付着なしの時に比べ温度及び熱流束値が低く推移したことから、断熱効果があったと考えられる。

イ ドライ泡を延焼阻止に使用した場合、水を延焼阻止に使用した場合より、延焼阻止効果が期待できる。

6 まとめ

- (1) ドライ泡の壁面への付着性は薬剤濃度 2%より 1%の方が良好であった。
- (2) CAFSによるドライ泡の残存時間は、受熱量の増大に伴い短くなり、受熱量 20KW/m<sup>2</sup>以上では2分以内で泡は消滅した。
- (3) 隣棟壁面に対する延焼阻止効果の実験の結果、壁面に付着させたドライ泡が断熱効果を発揮した時間は、2分程度であった。
- (4) ドライ泡による延焼阻止を考えると、水を延焼阻止に使用した場合よりも、効果が期待できるが、泡による断熱効果は2分程度であることから、継続的に泡を放射することを考え活動することが必要になってくる。

[参考文献]

- 1) 東京消防庁編 火災の実態 平成 19 年度
- 2) 日本火災学会編 火災便覧 新版

# Verification of the fire checking effect of CAFS

Tetsuo KIDA\*, Koichi TAMAKOSHI\*, Shigeo WATANABE\*

## Abstract

In this verification, a experiment is conducted on adherability, heat resistance of dry foam with chemicals, respectively, to understand the fire checking effect of CAFS. The following results are obtained.

1. 1% concentration of chemicals shows better adherability of dry foam on the wall surface than 2%.
2. Residual time of dry foam from CAFS shortens as the amount of heat received increases, and foam disappears within 2 minutes at 20KW/m<sup>2</sup> or more of heat receiving.
3. As a result of confirmatory experiment on fire checking effect on the wall of a neighboring building, the time during which dry foam adhered on the wall effective for insulation was as long as 2 minutes.