

南極昭和基地第10居住棟の実大火災実験と  
マイクロフォグ消火設備の適用鈴木弘昭<sup>1</sup>・佐藤 寛<sup>2</sup>・三橋博巳<sup>3</sup>Full-scale fire experiment using the old living hut built in 1969 at Syowa Station,  
Antarctica and application of micro-fog fire extinguishing equipmentHiroaki Suzuki<sup>1</sup>, Hiroshi Sato<sup>2</sup> and Hiromi Mitsuhashi<sup>3</sup>

**Abstract:** Some buildings have been brought back from Syowa Station in Antarctica after 30 years of use. One was used to investigate the combustion properties of the fire retarded plywood which was used in the walls. Full-scale fire behavior/extinguishing tests were carried out using the compartment and a mockup lounge model for the study of application of water mist extinguishing equipment. A three-layer glazed window is effective to delay the time required for the glazing to be penetrated. The properties of the fire rated plywood have been kept without deterioration for 30 years. Application of water mist extinguishing equipment has turned out to be effective. The burning/extinguishing tests using the mockup full-scale compartment have shown that  $0.36 \text{ l/min}\cdot\text{m}^3$  of water supply to the water mist equipment is sufficient for effective extinguishing. Water mist is suggested as a chemical fire extinguishing agent for use in Antarctica where chemicals must not be kept.

**要旨:** 南極で30年の歳月を経た建物の構成材である難燃合板の防火性能の劣化を調査し、実物の個室を用いて、実大火災実験を行った。

一方、化学薬剤系の消火器は極力使用を避けるために、化学消火剤に代わって、水系のマイクロフォグ(ウォーターミスト)が居室火災に適用可能であることを検証した。

難燃合板は、建設省告示の表面試験を行った結果、難燃合板の判定基準値内に入り、“難燃合板”としての防火性能が確認された。個室を用いた実大火災実験では、3層のガラスの入った窓は室内外の温度落差を緩慢にさせるため焼け抜け難く、ドア下部のガラリの部分の開口だけでは窒息鎮火の傾向にあり、火災の拡大が起こり難い事が確認された。また、ラウンジを想定して、約 $28 \text{ m}^3$ の空間に、ソファに相当したウレタンを可燃物として用いて燃焼させ、マイクロフォグで消火実験を行った結果、 $0.36 \text{ l/min}\cdot\text{m}^3$ で消火させることが出来、水の貴重な南極では効果の高い消火設備として利用が可能であることが判明した。

<sup>1</sup> ヤマトプロテック(株). YAMATO PROTEC Corporation, 5-17, Shirokane-dai 2-chome, Minato-ku, Tokyo 108-0071.

<sup>2</sup> 武蔵工業大学. Musashi Institute of Technology, 28-1 Tamazutsumi 1-chome, Setagaya-ku, Tokyo 158-0087.

<sup>3</sup> 日本大学理工学部建築学科. Department of Architecture, College of Science and Technology, Nihon University, 8-14, Kanda-Surugadai 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8308.

## 1. はじめに

南極に、1957年に昭和基地が建設されて以来、途中中断を挟みつつも、近年では毎年約40人の隊員が越冬観測を行っている。

基地は低温で乾燥しており、特に室内は常時暖房しているため乾燥度が高く、火災が発生すると、延焼拡大し易い状況にある。

今回、1969年に建設された第10居住棟が持ち帰られ、経年変化による諸性能の劣化に関する試験を行うことになった。本報では耐久性調査の一環として難燃合板の防火性能の劣化の有無の調査を行い、これに合わせて、居住棟個室を使って火災性状を確認するとともに、少量水消火設備としてマイクロフォグ(ウォーターミスト)消火設備による消火の適用性調査のために実大規模の燃焼・消火実験を行った。

## 2. 基地の環境と防災設備

昭和基地は、大陸より少し離れた東オルグ島上に開設されている。

南極にある基地の中では比較的暖かく、風もそれほど強くない環境下にある。それでも、基地の年平均気温は $-10.5^{\circ}\text{C}$ 、年平均湿度は65%であり、年間280日程度は風速10 m/sを超える風が吹いている(国立極地研究所、1998)。

基地主要部は、管理棟、倉庫棟、発電棟、居住棟から構成されており、各棟は常時 $17^{\circ}\text{C}$ になるよう設定されている(国立極地研究所設営専門委員会、1999)。室内の湿度は40%程度であり、乾燥度が高いので火災が発生した場合、急激に延焼拡大し易い状況にある。また、外部に火炎が噴出すると、強風により、延焼速度を速める恐れがある。

基地内には、火災感知器が各棟に設置されており、消火設備として、全棟に各種消火器が配置され、管理棟にはスプリンクラ設備が設置されている。

消火器に充填されている化学薬品は、南極の立地環境上好ましくなく、消火活動は消火薬剤ではなく水にて行う事が理想的である。しかし、南極では、水は氷を溶かして作るため、製造および貯水能力の関係上貴重であるので、少量水で、消火効果の高い消火設備が望まれている。

## 3. 木質パネルの防火性能

居住棟建物の構造は高床式の木質パネルで構成されており、壁パネルの基準寸法は幅1 m、高さ2.4 m、厚さ10 cmである。壁の内部には発泡スチロール断熱材が充填されており、パネル両面には厚さ6 mmの難燃合板を用いて、外部側は#28のカラー鉄板を接着し、室内側は難燃剤混入の塗装仕上げとなっている。

本調査研究では、30年前の難燃合板の難燃性能の劣化の有無を調査することが一つの目的

であるが、劣化の有無を比較するための基準となる30年前当時の同材料の燃焼性のデータが保存されていないことと、この年(1969年)に防火材料の試験法の改正が行われ、難燃性評価の指標が異なっている事等の理由から、劣化の有無については言及せずに、現行(1998年)の試験法による“難燃材料”としての防火性能の有無の評価に留める事とした(鈴木, 1980)。ただし、当該材料は1969年の新基準に合わせて予め、“適合する防火性能”のものを使用した可能性が高い。なお、付言すると、この試験法も国際化の調和のため廃止となり、2000年度より新試験法が採用されることになった。

基地では居住性の面からは難燃合板の使用は好ましいが、低温で空気が乾燥しており、特に、室内は常時暖房しているため乾燥度が高く、万一、火災が発生した場合には延焼拡大が起り易い状況にある。したがって、火気の管理は勿論のことであるが、建物自体に防火性の高い材料を使う事も重要である。

#### 4. 難燃合板の難燃性能

##### 4.1. 試験体及び試験方法

第10居住棟に用いられた合板パネルの屋内面から3体、屋外側面から3体ずつ、22×22×0.6cmの大きさで採取し、市販の厚さ0.6cmの普通合板との比較試験について建設省告示による表面試験を実施した。

##### 4.2. 表面試験結果

試験結果を表1に示す。30年間実用に供した難燃合板ではあるが、屋内面・屋外面ともに発熱性・発煙性から見た難燃性能は現行(1998年)の基準値をクリアする値を示しており、防火性能は良好に保持されていることが判明した(鈴木, 1983)。

表1 難燃合板の表面試験結果(試験方法 建設省告示 表面試験)  
Table 1. The surface burning test result of fire rated materials and non-treated plywood.

試験体 判定項目	難燃合板(屋内)			難燃合板(屋外)			普通合板		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
排気温度	3'32"	3'32"	3'18"	3'34"	3'20"	3'26"	0'48"	1'02"	1'38"
≥3分	平均 3'27"			平均 3'26"			平均 1'09"		
温度時間面積	233.6	310.8	344.8	284.2	328.5	321.0	782.2	669.6	604.3
≤350	平均 296.4			平均 311.2			平均 685.4		
発煙係数	40.5	41.6	48.3	54.5	65.6	48.3	144.2	146.8	155.1
≤120	平均 43.5			平均 56.1			平均 148.7		

## 5. 居住棟個室の実大火災実験

### 5.1. 居住棟個室の概要

南極より持帰った居住棟の個室を再組立てし、実大火災実験に供した。

第10居住棟には、通路を挟んで個室が向かい合う形で10室あり、出入口部分を挟んでラウンジがある。居住棟の屋根および外壁は銅板で覆われており、室内の壁および天井は難燃合板で形成されている。個室は2350×1840×(H)2400mmの大きさで、外気側に閉鎖式の三層ガラス窓(室内側より、5+空気層6+3+空気層6+3mm)を1個所と、廊下側にドア1個所を有しており、ドア下部には、200×300mmの吸気口ガラリが設けてある。

室内には、タンスと書棚、ベッドが標準品として設置されており、天井面と書棚部には蛍光灯が設置されている。

実験は、このうちの一部屋分の個室を用いて行った。

### 5.2. 実験条件

#### (1) 開口部

ドア；合板フラッシュ戸(ドア下部の吸気ガラリは取り外した状態で、開口している)

#### (2) 着火源及び可燃物

軟質繊維板60×60×18mmにn-ヘプタン100mlを含浸させて着火源とし、個室のベッドから火災が拡大することを想定した。ベッドはウレタン(密度30kg/m<sup>3</sup>、発熱量20MJ/kg)を木綿シートでくるみ、この上に着火源を置き点火した。

#### (3) 測定項目

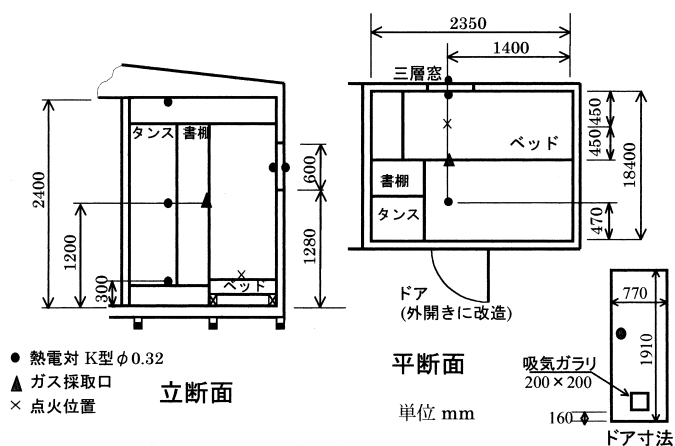


図1 個室の実大火災実験 測定位置図

Fig. 1. Dimensions of the compartment and measuring points for temperatures, and gases used in experiments.

室内温度，ドアからの噴出火炎温度，窓内外温度およびガス濃度等を測定した．図1に個室の平面図，断面図及び各測定点の位置を示す．

(4) 個室の構成部材の含水率

実験前に個室内の壁，ベッド等の含水率を測定したところ，壁 14.5%，ベッド 9.5%，棚 16.0%，タンス 8.5% であり，高乾燥や高湿度ではなく，通常 of 自然状態における範囲内であり，火災実験に差し支えない値であった．なお，南極における環境条件を日本国内で火災実験用に調節する事は現実的に不可能であるので，自然状態で養生した建物を火災実験に供した．

5.3. 火災実験の結果と考察

実験は，点火後にドアを閉じて室内の燃焼状況を確認した．個室の室内温度を図2に，窓ガラスの表面温度を図3に，また，室内の中心部における各種ガス濃度を図4に示す．

室内の温度は，点火後徐々に上昇したが，点火4分30秒後にピークとなり，その後，低下(窒息)傾向を示した．点火後6分以降は，天井の温度と床上 1200 mm の温度が，ほぼ同じ

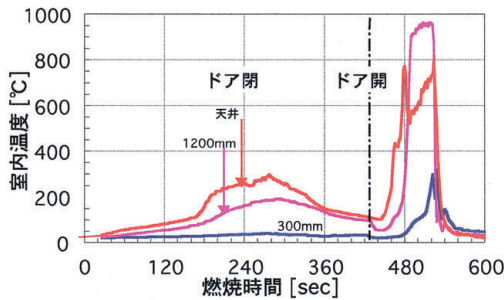


図2 室内温度

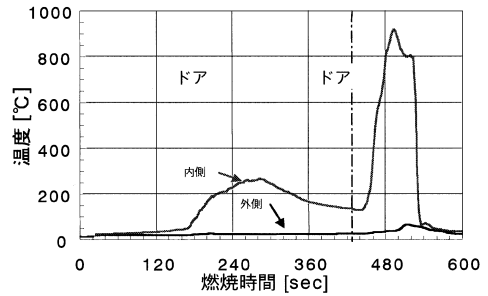


図3 三層窓の温度変化

Fig. 2. Temperature changes for open and closed doors.

Fig. 3. Temperature changes of the outside and inside glazings.

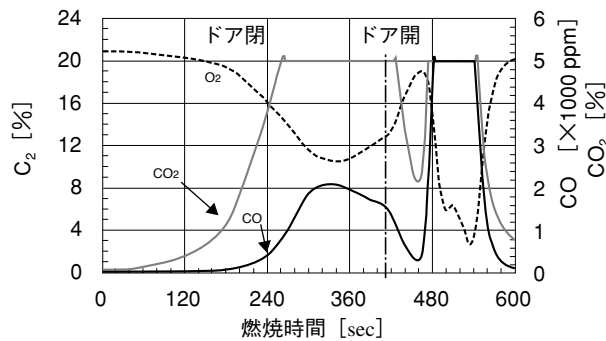


図4 室内のガス濃度

Fig. 4. Concentration changes of O<sub>2</sub>, CO and CO<sub>2</sub>.

程度になっていた。点火後7分にドアを開いた後、室内温度は急激な上昇を示し、フラッシュオーバーを起こした。ベッドと同じ高さの、床上 300 mm の温度は、ドアを閉じている間はほとんど変化せず、フラッシュオーバー後に上昇した。

酸素濃度は、点火4分30秒後に14%まで減少し、点火5分30秒後に10%程度になった後、増加傾向を示して、フラッシュオーバー時に再び急激な減少を示した。

実験後の室内の燃焼状況では、ベッド部のウレタンマットがほぼ全焼し、壁面、天井面およびドアの室内側は表面のみの燃焼程度であった。窓ガラスは室内側の2枚はひび割れていたが外部側の1枚は健全であった。これは、窓が三層構造になっていること、および、窓枠が木製であることにより、ガラスに掛かる熱ひずみ量が抑えられたためと考えられる。

## 6. ラウンジモデルにおけるマイクロフォグによる消火実験

マイクロフォグ(ウォーターミスト)による消火実験として、室内容積が個室より大きいラウンジを想定し、 $4000 \times 3000 \times (H) 2400$  mm の大きさで、約  $28 \text{ m}^3$  の部屋で行った。壁及び天井はケイ酸カルシウム板にて形成し、観測窓とドアで構成されている。ドアは、アルミ製  $800 \times 1800$  mm のものを取り付けた。

ソファを想定可燃物とし、大きさは、 $1600 \times 500 \times 100$  mm のウレタンマットを2枚、L字に組み、木綿のシーツを掛けたもので、重量は約  $5790 \text{ g}$  である。

ラウンジを想定した火災室の概要と燃焼・消火実験の実験条件を図5に示す。

### 6.1. 実験方法

実験は、ソファを室内中央部の窓寄りに設置し、ソファ中央部に  $n$ -ヘプタン  $100 \text{ ml}$  を含浸させた軟質繊維板に点火し、部屋隅に設置した定温式熱感知器(設定温度は  $70^\circ\text{C}$ 、バイメタ

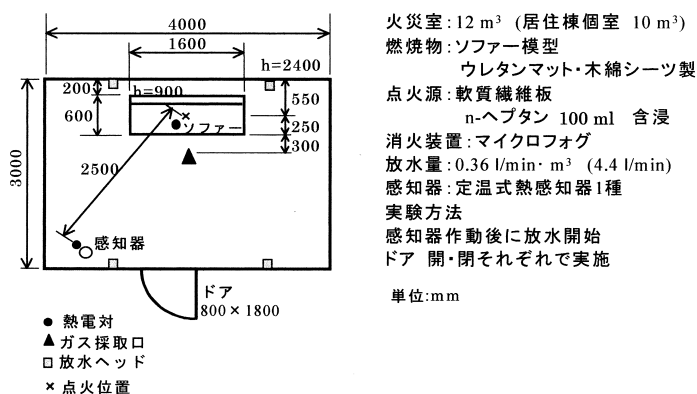


図5 ラウンジのモデル火災室 実験条件

Fig. 5. Plan of mockup model of a lounge, and conditions for experiments.

ルで駆動) の作動と供に、マイクロフォグを放射する方法にて実施した。ドアは、閉じた状態と開いた状態とで実験を行った。実験はドアの開閉、水量等の条件により、これを繰り返し行った。

マイクロフォグヘッドは、天井の壁沿いに向かい合う形で4個設置し、4個の合計放水量を0.18, 0.27, 0.36, 0.55 l/min・m<sup>3</sup>の各水量で行った。

計測は、天井面温度とソファ付近の酸素濃度について行った。酸素濃度は、ソファ座面と同じ高さで、点火位置より水平に550 mm離れた位置において測定した。

## 6.2. 実験結果

点火位置の直上の点より水平に2.5 mの位置(図5)にある熱感知器は、ほぼ4分30秒後に作動した。この位置はかなり遅く感知される。感知が早ければ実際の火災時には安全側になる。

個室の火災実験及びラウンジモデルの火災実験におけるそれぞれの天井面の温度変化を図

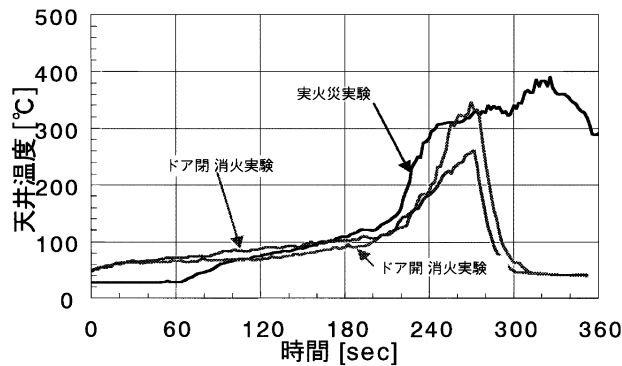


図6 個室及びラウンジモデル火災実験の天井温度比較  
 Fig. 6. Ceiling temperatures in the compartment, and the mockup model during the experiment.

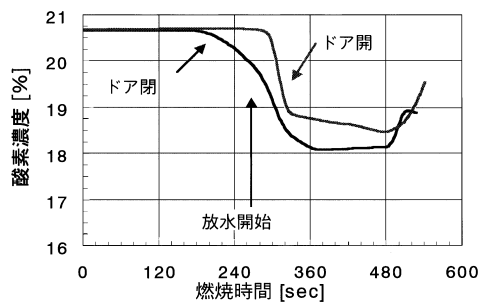


図7 ラウンジモデル実験における酸素濃度  
 Fig. 7. Oxygen concentration changes during tests with open and closed doors.



6に示し、ラウンジモデル火災実験時のドアの開閉の違いによる酸素濃度の変化を図7に示す。

天井面の温度は、放水開始後50°C程度まで減少し、マイクロフォグにより室内が十分に冷却されていることが分かる。放水開始後は、ドアの開閉による影響は見られず、マイクロフォグが、ドアの有無に依らず室内に充満し、室内温度を低下させて火勢を鎮圧している効果ははっきりうかがえる。

酸素濃度は、ドアを閉じている場合には、煙層の降下と共に相対的に低下した。ドアを開いている場合には、酸素計測部付近の空気が換気されるため酸素濃度の低下が顕著ではないが、マイクロフォグの放水後、天井付近の酸素の低濃度層と混在して急激な酸素濃度の低下を示した。いずれの場合も酸素濃度は、放水開始後18～19%程度で安定し、放水停止後には回復傾向を示した。

マイクロフォグ放水中室内側の圧力が高くなるため、火災室への酸素流入量が少ない事が分かる。ソファ上面では、0.36 l/min・m<sup>3</sup>の放水により、約30秒で平常温度近くまで低下している。

それぞれの実験において放水停止後、消火を確認した。

マイクロフォグの消火効果として、ドアを開いたままの状態での燃焼→放水→消火実験を繰り返して行って、放水量を変化させた時の放水量とその時の火源近くの温度の降下曲線から、S字型曲線の直線部分の傾きの値(°C/s)をとって放水量との関係をプロットすると図8が得られる。同様に、ドアを閉じた時の実験値を図8に加えた。図8中のプロットを近似的に曲線で結んだ時、この曲線が横軸に対して平行とみなせる部分では放水量の少ない値で消火が可能であることを意味している。従って、当該ラウンジの容積空間(約28 m<sup>3</sup>)では、0.36 l/min・m<sup>3</sup>程度で十分な消火効果があることが確認された。ソファの表面燃焼面積はドアの開閉による影響は差がなく、約9100 cm<sup>2</sup>(56.9%の燃焼)でほぼ同じであったが、焼失重量

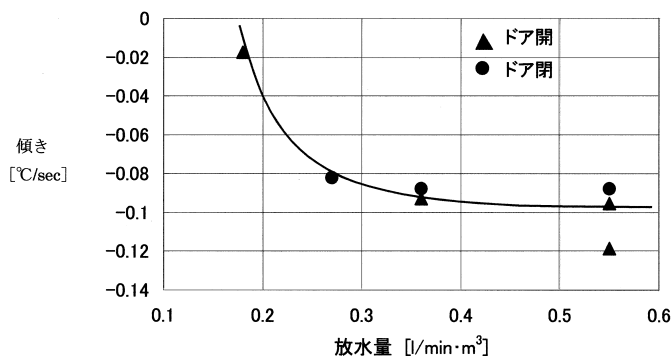


図8 火源付近温度の傾きと放水量の関係

Fig. 8. Temperature change rates during releasing mist vs. supplied water.



は、ドアを開いている時が、約 3660 g (63.2% の燃焼) で、閉じている場合は約 3440 g (59.4% の燃焼) と、約 3.8% 程少なかった。

### 6.3. マイクロフォグ消火実験の考察

ソファの焼損面積や各実験における温度、酸素濃度等、計測値が実火災レベルの誤差として見なせる程度の範囲内にあることから、マイクロフォグにより、表面燃焼系の火災に対して、消火効果が十分に期待できることが検証された。

この一連の実験を通して、マイクロフォグによる居室の消火は少量で十分な効果が期待できることが判明した。

## 7. ま と め

1) 昭和基地の居住棟の壁材から切り取った難燃合板は、30年の実用を経る間に結露や凍結がなかったと考えられ、難燃性能を十分に保持していることが判明した。

2) 居住棟個室を用いて実大火災実験を行ったところ、外気側との開口部の窓ガラスが3層であることから割れて脱落するのを遅らせるため、廊下側のドアを閉じる事により窒息・自然鎮火が期待できる。即ち、一旦ドアを閉じて、消火活動の準備を整えてからの対応が可能であることを示唆している。

3) 小空間では、マイクロフォグは開口の有無にかかわらず、表面燃焼系の火災に対して、少量で消火効果が期待できることが検証された。

4) 水の貴重な南極では、マイクロフォグ (ウォーターミスト) により効果的に消火ができ、化学薬剤消火器を使わなくても消火が可能である。また、ポータブルなマイクロフォグ消火器は機能性を増し、有効な手段となろう。

5) 粉末消火器は水系消火器が使えない時のためにのみ準備することが望まれる。

## 謝 辞

本実験・研究を行うに際し、ヤマトプロテック (株) 中央研究所の多くのスタッフならびに、武蔵工業大学建築学科の学生の協力を得ました。ここに厚くお礼申し上げます。

## 文 献

国立極地研究所 (1998): 基地要覧. 東京.

国立極地研究所設営専門委員会・建築分科会 (1999): 南極昭和基地居住施設の耐久性. 日本大学理工学部. 100 p.

鈴木弘昭 (1980): 防火材料及び防火材料の認定について. 建築防火, '80. 5, 7-17.

鈴木弘昭 (1983): 防火材料の耐久性試験方法. 昭和 58 年度建築研究所年報, 199-201.

(2001年7月16日受付; 2002年5月30日改訂稿受理)