

## フラッシュオーバーに関する研究 (第6報)

Study of the Flashover (Series 6)

國 本 由 人\*  
 武 田 松 男\*\*  
 大神田 郁 夫\*\*

## 概 要

フラッシュオーバーの発生に関しては、6畳間の約3分の1の縮尺の模型燃焼室を使用した燃焼実験から、開口部から噴出する煙の温度からある程度その発生時期を予測できることを既に示したが、今回は、可燃性ガスセンサーによる発生予測の可能性をさぐるとともに、従来の倍の広さの部屋の模型(縮尺は1/3で同じ)で燃焼実験を実施し、フラッシュオーバーの発生状況を把握した。

その結果、可燃性ガスセンサーは、酸素濃度が数%以下になると、センサーの出力低下するなど、フラッシュオーバーの発生予測手段に用いるには問題が多いこと。また、模型での燃焼実験では、室内の延焼経路の違いにより、室内各部の温度上昇の状況は異なるが、フラッシュオーバー発生直前の火災室内温度は、内部で活動することも、室内に進入することも困難な状況になっていることが分かった。

After a series of fire tests and analysis, it had become possible to roughly predict the outbreak of a flashover through the temperature of the smoke emitted from an opening.

As the next step, it had been tried to forecast the outbreak by using a flammable gas sensor and fire tests were made to seize the circumstances before a flashover in a larger space.

The findings were as follows.

1. The flammable gas sensor would not be suited for the analysis of fire gases when the concentration of oxygen is less than 5 or 7 percent.
2. A fire could not uniformly raise the atmospheric temperature of the space in a larger compartment. But the temperature was so high that no one could stay there.

## 1. は し が き

フラッシュオーバーに関しては、6畳間の約3分の1の規模の燃焼室を使用した燃焼実験から、既に前報までの研究において、開口部から噴出する煙の温度からある程度その発生を予測できる可能性の高いことがわかっている。

今回、温度以外のフラッシュオーバーの発生を予測する方法として、ガスに注目し、比較的安価で簡便で信頼性が高いとされている可燃性ガスセンサーを利用することの可能性をさぐるとともに、12畳間の約3分の1の規模の燃焼室を使用して、より大きい部屋のフラッシュオーバーの発生状況

を把握するための燃焼実験を実施したので、その結果を報告する。

## 2. 実 験 方 法

## (1) 実験装置

実験装置は、前報と同じ燃焼室を1室単体または2室接続して使用した。図1に2室接続した場合(12畳間の約1/3、内法寸法：間口1750×奥行1130×天井高750mm)の構造を示した。1室の場合(6畳間の約1/3、内法寸法：間口850×奥行1130×天井高750mm)、図1の右側半分を使用した。

各実験とも内装は、天井・壁・床の6面に施した。

開口部は、基本形状を扉の場合、幅280×高さ560mm、窓の場合、幅280×高さ280mm(下端の床

\*装備部装備工場 \*\*第一研究室

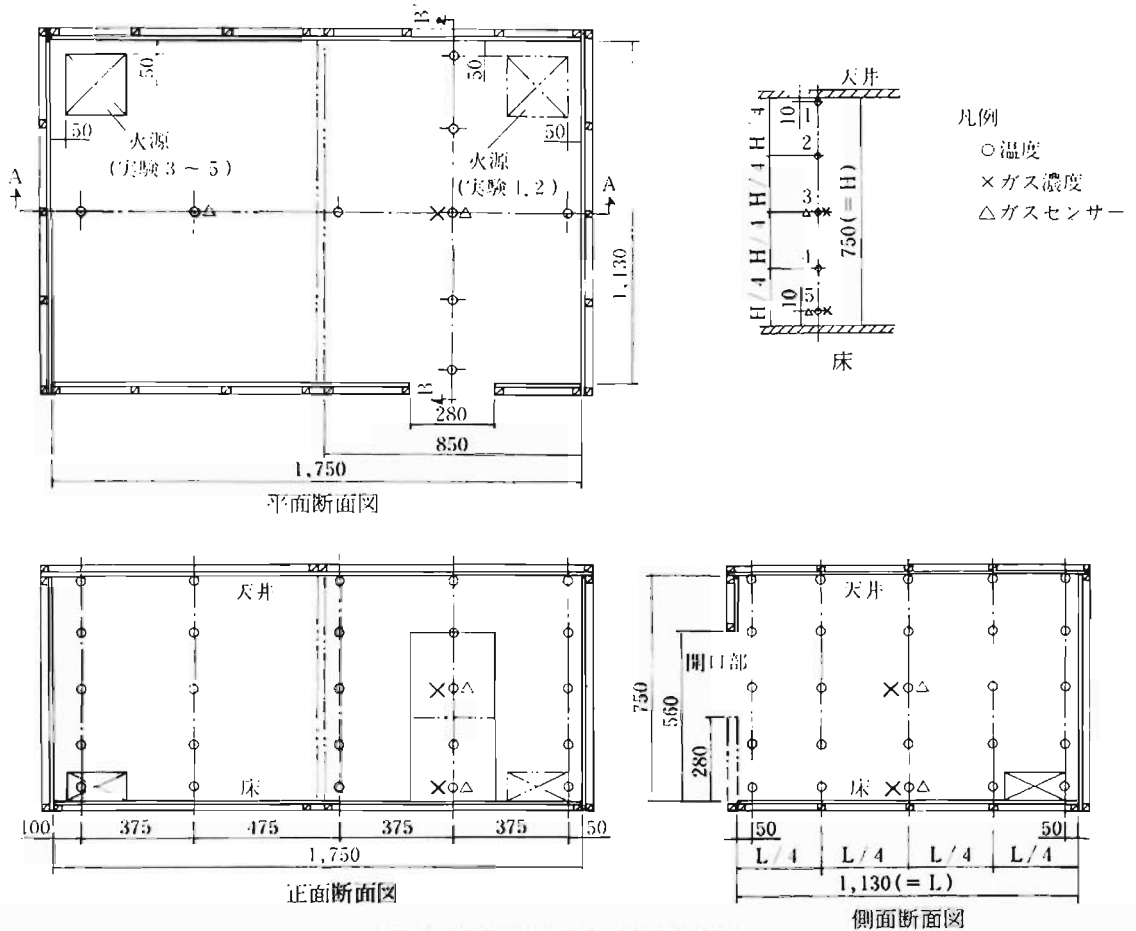


図1 燃焼室の構造および測定位置

面からの高さ280mm)とし、開口部に設けた両開き戸で開口幅を変えた。

(2) 実験条件

実験条件は、表1に示した。

(3) 点火方法

点火は、前報と同じ方法で行った。

(4) 計測

測定項目及び測定方法を表2に、また、各測定点の位置を図1に示した。

温度は、直接データ集録機(YHP3497A)で読み取り、またガス濃度は、燃焼室から燃焼ガスをポンプで連続して吸引して、ガス分析計に導き、分析値をデータ集録機で読み取った。

可燃性ガスは、実験1・2ではガス濃度測定のため燃焼室から吸引したガスをガス分析計に導入する直前で分岐してガスセンサーに導き、また、実験3では、燃焼室内に直接ガスセンサー

表1 実験条件

実験番号	燃焼室数	内装材	収容物数	開口部形状	開口幅
1	1	普通合板 5.5mm	5	窓	2/3
2					
3					
4	11		扉		
5					

\*燃焼室の1・2は、それぞれ6畳間・12畳間の約1/3の規模  
\*収容物は点火用クリブ(20×20×200mmの杉材25本を5本づつ5段併桁状に組んだもの)と同じものを使用した。

表2 測定項目および方法

測定項目	測定方法	測定範囲
室内温度	シース型熱電対 (K線、シース径 1.6mm)	
ガス濃度	ガス分析計 (光明理化 MDU-9000) O <sub>2</sub> : ガルバニ電池式 CO、CO <sub>2</sub> : 非分散型赤外線式	O <sub>2</sub> : 0~25% CO、CO <sub>2</sub> : 0~40%
可燃性ガス	接触燃焼式ガスセンサー CO、CH <sub>4</sub> 、H <sub>2</sub>	

を取付けて、その出力をデータ集録機で読み取った。

データは、3~5秒間隔で読み取り、これをパーソナルコンピュータ(YHP332)で記録し処理した。

### 3. 結果および考察

#### (1) ガスセンサーによる測定

図2に火災室中央天井高の1/2の位置における各種ガスセンサーの出力と、ガス分析計で測定したCOガス濃度の変化を示した。

COガスセンサー出力は、点火後7分30秒過ぎのCO濃度の急増に伴い、急激に増加する。しかし、8分過ぎにCO濃度が4%に達した頃からCO濃度が増加し続けているにも関わらず、センサー出力は低下し始め、その後、COガスセンサーの出力は、CO濃度の増減とは逆の傾向を示すようになる。

このようなガスセンサーの出力とCOガス濃度の関係は、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>ガスセンサーについても同様な傾向が見られた。

ここで、図3にCOガスセンサー出力とO<sub>2</sub>濃度の時間的変化の様子を示した。

COガス濃度が増加しているにもかかわらず、ガスセンサー出力が低下し始めた8分10秒以降を見ると、ガスセンサー出力とO<sub>2</sub>濃度の増減は同じ傾向を示している。

今回の実験で使用したガスセンサーは、接触燃焼方式ガスセンサーと呼ばれる形式のもので、可燃性ガスが、ガス検出素子(触媒処理した白金線)の表面に接触すると触媒作用によって燃焼し、このときの発熱によって白金線の抵抗値が変化する原理を利用している。

このようなガスセンサーの検出原理からする

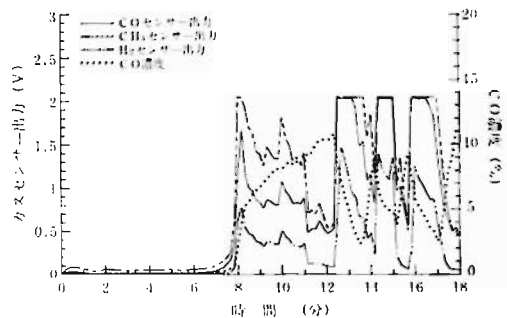


図2 各種ガスセンサー出力とCO濃度の変化 (実験1)

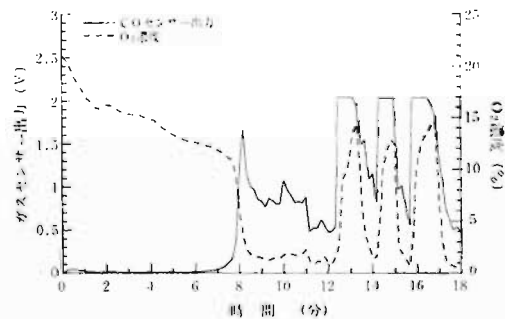


図3 COガスセンサー出力とO<sub>2</sub>濃度の変化 (実験1)

と、COガス濃度が高くてもガスセンサー出力が低下する現象は、雰囲気中のO<sub>2</sub>濃度が低いため、ガス検出素子部で燃焼させるのに必要なO<sub>2</sub>が不足し、燃焼が十分に行われなくなることによる。そのため、CO濃度が高くともO<sub>2</sub>濃度が低い場合には、検出素子部での燃焼(ガスセンサーの出力)がO<sub>2</sub>濃度に支配されるようになると考えられる。

消防学校の学生寮で実施した大規模の火災実験において、火災室内からポンプで吸引採取したガスのガス分析計で分析したCO濃度・O<sub>2</sub>

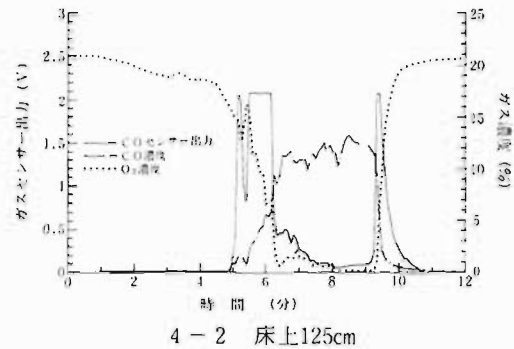
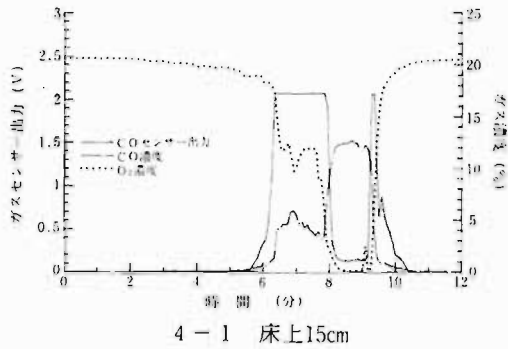


図4 COガスセンサー出力とCO・O<sub>2</sub>濃度の変化

濃度とガスセンサー出力の変化を図4に示した。

この実験では、点火後4分15秒ころから天井に着火し始め、4分40秒には火災室内に煙が充満し、窓から火災室内の様子の確認ができなくなった。5分50秒過ぎから約10秒間一時的に火炎を噴出し、8分0秒にフラッシュオーバーが発生して、連続的に火炎を噴出した。8分50秒過ぎに消火を開始している。

5分50秒過ぎの一時的に火炎が噴出する直前のガスセンサーの出力状況は、床上125cm(天井高の1/2)の位置では飽和し、床上15cmの位置で

は感知し始めた直後である。また、8分の連続的な火炎噴出直前の状況は、床上15cmでは飽和し、床上125cmの位置では、CO濃度が10%を越えているにもかかわらず、ガスセンサーの出力が極端に低下している。

この結果から分かるように、ガスセンサーの出力は、一酸化炭素濃度が2～3%で飽和し、酸素濃度が7～5%以下になると、一酸化炭素濃度が高いにもかかわらず、センサーの出力は減少し、正常な値を示さなくなる。

このように火災室内のガスを可燃性ガスセン

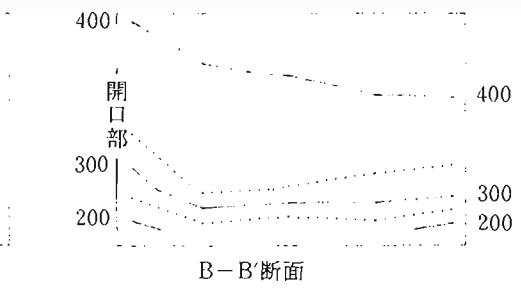
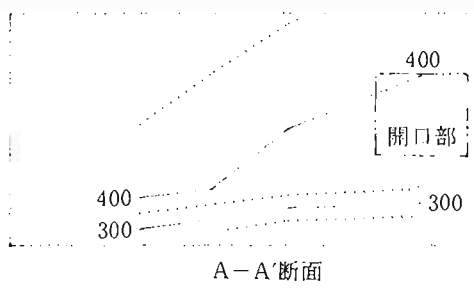


図5 火炎噴出15秒前の火災室内温度分布 (実験3、開口部：窓)

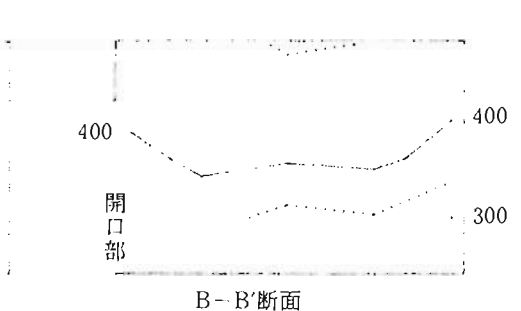
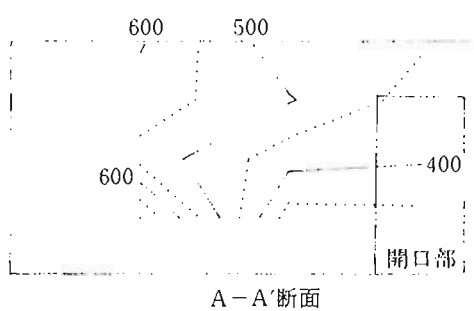


図6 火炎噴出15秒前の火災室内温度分布 (実験4、開口部：扉)

サーで計測した場合、酸欠状態では、指示値(センサー出力)が小さくても、高濃度の可燃性ガスが発生している可能性があり、フラッシュオーバー発生予測手段としての可燃性ガスセンサーの使用は、障害が大きいがわかる。

(2) 部屋規模が大きい場合のフラッシュオーバーの発生状況

ア フラッシュオーバー発生前の火災室内の温度特性

図5～7に火炎噴出直前の火災室内温度の様子を示した。

実験4、5(開口部の形状：扉、図6、7)は、同じ条件でありながら、フラッシュオーバー発生前の室内の温度分布がかなり異なっている。これは、部屋が広く点火源を部屋の一番奥の隅に配置したため、開口部までの延焼経路の違いによるものと考えられる。すなわち、実験5では、点火源のクリブから主に奥壁側に延焼拡大したのに対し、実験4では、クリブから左側壁の方に燃え広がったことによると考えられる。

このように大きい部屋では、火源からの延焼拡大の経路により室内各部位の温度上昇の様子が大きく異なることがわかる。

しかし、いずれにしても、火炎噴出前の火災室内温度は、開口部側中央天井高(H)の1/4の高さ(H/4)の位置において、既に300°Cを越え、また、開口部においても上端部で400°C、H/4の位置でも350°Cを越えるなど、火炎は確認できなくとも、既に、室内で活動することはもちろん、室内に進入できる状態ではないことが分かる。

また、実験3(開口部の形状：窓、図5)の場合、明瞭なフラッシュオーバーが発生しなかったが、この場合も火炎噴出前の火災室内の状況は、既に、室内で活動できる状態ではないことが分かる。

なお、図8にフラッシュオーバー発生1分後の室内の温度分布を示した。開口部付近は、550～650°Cと温度が高く、盛んに燃えているが、他の部分、特に開口部から離れた火源側の室内は、400～500°Cと温度が低く、この部分では、内部の可燃物は加熱されて、盛んに分解ガスを放出しているものの、くん焼状態で燃焼しきらずに内部に多量に可燃性ガスが蓄積していると考えられる。このような状況下で、火源側の部屋にある扉等を開放すれば、室内に外気が入り込み、急速に燃焼拡大し、

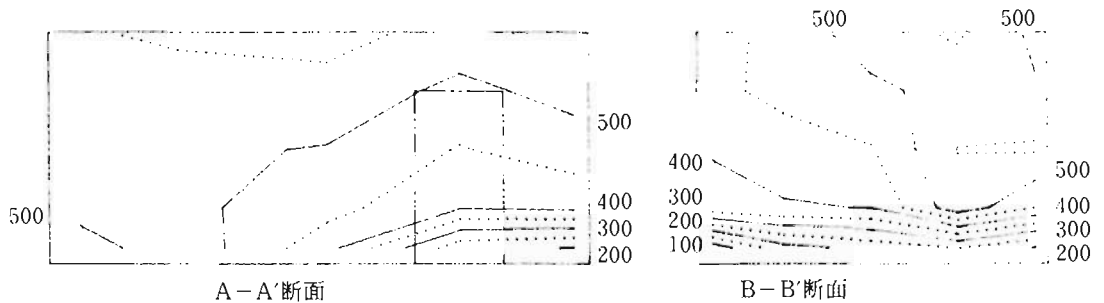


図7 火炎噴出15秒前の火災室内温度分布(実験5、開口部：扉)

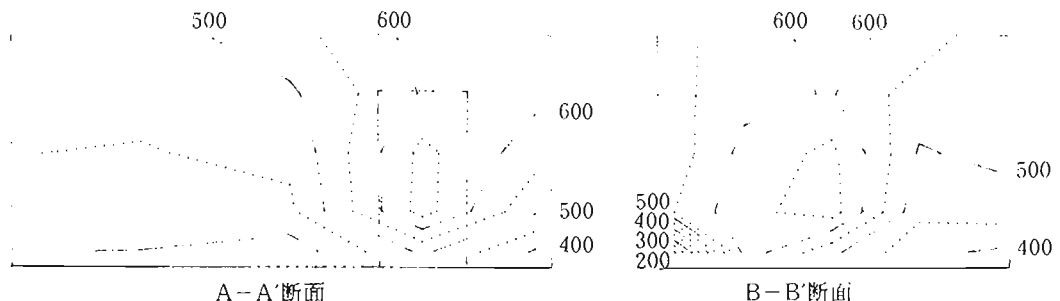


図8 フラッシュオーバー発生1分後の火災室内温度分布(実験5)

炎を吹き出す可能性もあると考えられる。

イ 開口部全閉から開放した場合の火炎噴出  
フラッシュオーバーに関する研究(その2)で、開口部を閉鎖状態にしたのち開放した場合、開口部開放後、火炎噴出までの時間が早い程、大きい火炎が噴出し、また、開放後火炎噴出までの時間が長くなると小さい火炎の噴出になることが確認され、火炎が水平方向へ1m以上も噴出するものは、開口部開放後数秒で発生していることが示されている。

しかし、今回の実験では、開放から40秒も経過した後、燃焼実験棟の鉄製扉を揺るがす程の火炎を噴出することが確認された。

これは、部屋が大きくなると開口部から進入した外気が火災室内の可燃性ガスと混合し、燃焼範囲に入る濃度の混合ガスを形成するための時間がかかることによるものと考えられる。

この結果から、大きい部屋の場合、扉を開放後しばらくの間(20~30秒)火炎が噴出しないから安全であるとは言い切れず、その後、大規模な火炎が噴出する可能性のあることを心に留めておく必要があると思われる。

#### 4. ま と め

- (1) 可燃性ガスセンサー(接触燃焼式)は、センサーの飽和するガス濃度が低く、また、酸素濃度が数%以下の状況下では、センサーの指示値(出力)が、正確な値を示さなくなることから、火災現場におけるフラッシュオーバー発生予測手段としての活用は困難な面が多い。
- (2) 12畳程度の広さの部屋では、室内の延焼経路の違いにより、室内各部の温度上昇は異なる。

しかし、いずれにしてもフラッシュオーバー発生直前の火災室内は、既に開口部付近においてさえ活動困難な状況となっている。

#### 5. あとがき

前報までの結果及び本報からも分かるように、フラッシュオーバー発生前、火災室内は既に熱的に活動することはもちろん、室内に進入することも無理な状況となっている。このことから、フラッシュオーバーにさらされる危険を回避する方法としては、室内に充満する煙、あるいは、開口部から噴出する煙の蓄熱状態(温度)をしらべること

が最も簡単な方法であると考えられる。

なお、今回の実験では、フラッシュオーバーの際、充満する濃煙の中に発生する炎をいち早く探知するため、炎(紫外線)センサーの活用も試みたが、模型燃焼室では、開口部から燃焼部位までの距離が短く、濃煙の層が薄いため、点火から火炎噴出までの間、常に炎を感知している状況となった。今後、実火火災実験を実施する際に、その活用性について検討してみたい。

#### 6. 参 考 文 献

- (1) 消防科学研究所報 25号(昭和63年)
- (2) 「消防学校第二校舎火災実験報告書」  
：東京消防庁 (平成4年9月)