

フラッシュオーバー現象の解明

東京消防庁消防科学研究所

第一研究室

1. はじめに

建物火災の性状は、出火源、家具等の収容物の配置、建物の構造、開口部の位置及び開口率等の条件によって異なるが、これまでに実施した火災実験等において、フラッシュオーバー現象（以下「F・O」という。）の発生時期を見ると、5～10分の間に集中しており、この時間帯は消防隊が消防活動に着手する時間帯とほぼ一致している。

また、火災時にはF・Oを契機として室内が急激に燃焼し、建物全体へ急速に煙（ガス）が流動拡散する状況を呈し、これが避難及び消防活動を行う上での障害となっている。従来、この現象は当研究所に限らず他の防災機関等においても、まだ未解明な点が多く、概念的にしか把握されておらず、物理的内容も今日なお明確にされていない状況にある。このようなことから、当研究所では、F・O発生メカニズムを解明して有効な対策を樹立することを目的として、昭和61年度から10年計画で研究に着手したものである。

本報においては、当該現象解明に係る実験計画と、これまで実施した実験結果の一部について紹介する。

2. 研究計画の概要と進捗状況について

本研究は、研究期間として10年間を予定し

ており、この期間を3期に区分して進めているもので、その概要と現在の進捗状況は、次のとおりである。

(1) 第1期の概要

一般的な建物で使用されている内装材料を用いて、定性的にF・Oを発生させることができ、かつ、繰り返し実験が可能な模型燃焼室の開発と、当該模型燃焼室を用いて再現することができる燃焼現象の把握を行う。

(2) 第2期の概要

第1期において開発した模型燃焼室を用いて、内装材料の種別（不燃・準不燃・難燃・可燃物等）と厚さ及び組み合わせの変化、開口部の位置と開口率の変化等の条件を変化させた基本実験を行い、F・O発生に至る過程の室内温度分布・燃焼生成ガス等（主として、 CO ・ CO_2 ・ O_2 ）の濃度分布及び圧力変化等に関するデータを収集し、F・O発生メカニズムを解明する。

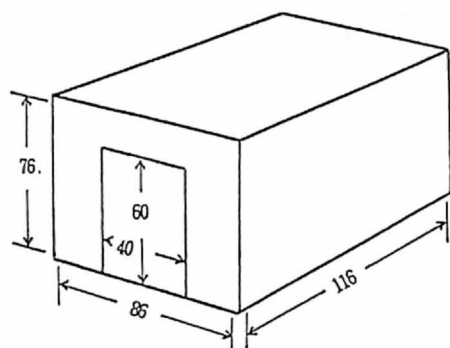
(3) 第3期の概要

第2期において把握した事項を、実大火災実験を主体として検証するとともに、F・O発生の予知、遅延、抑制方策について研究する。

(4) 現在の研究状況

現在までの研究状況は、第1期において定性的にF・Oを発生することが可能な模型燃

焼室を製作し、それを用いた燃焼実験を実施して、当該模型燃焼室で再現可能な現象の把握を行った。



〔単位：cm〕

図1 模型燃焼室内容積の寸法（内装材）

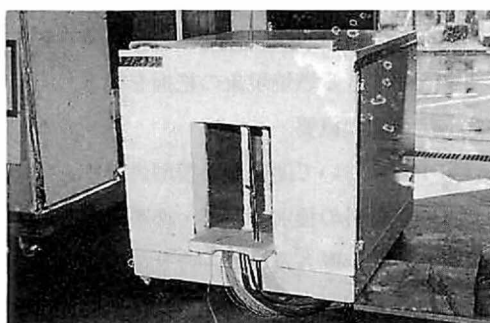


写真1 模型燃焼室の外観

現在の進捗状況は、第2期に入った段階で、内装材を全て可燃材料とした実験を行い、基本データを収集中である。

3. 模型燃焼室による燃焼実験概要

模型燃焼室による実験のうち、内装材を全て可燃材料（普通合板）とした、8回の実験結果について述べるが、本測定結果からは各測定項目について、定量化及び定性化されるまでには至らなかったが、今後の火災実験を推進して行く上での一指針を得ることができたので、その一部を紹介する。

(1) 模型燃焼室

模型燃焼室は、ALC板を鋼板で覆ったものを構造材とし、その内側に断熱材としてセラミックファイバーボードを貼ったものである。この模型燃焼室の外観・寸法等は、図1及び写真1に示すとおりである。

(2) 実験装置等

実験装置及び各測定点の配置状況は、図2に示すとおりである。

温度測定用の熱電対は、1本のポールに9点設置し、各熱電対の間隔は、中央部分は疎

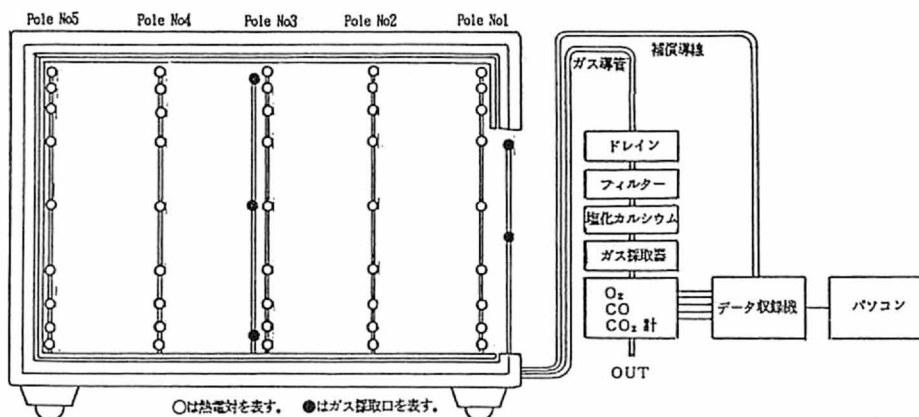


図2 実験装置及び各測定点の配置図

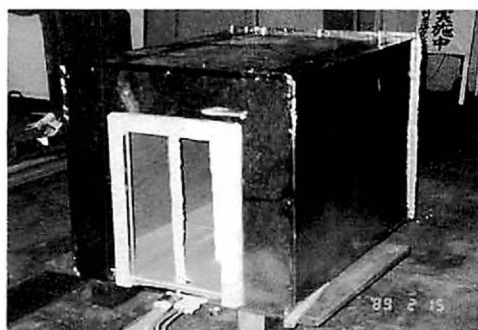


写真2 内装材補強状況

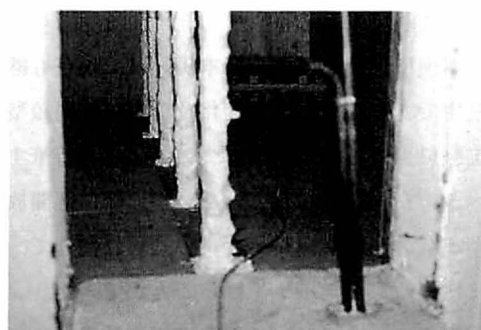


写真3 点火クリブ・温度測定柱配置状況

で、天井又は床に近くなるほど密になるように配置した。模型燃焼室内には、そのポールを等間隔に5本配置し、測定点の合計は45点とした。また、ガス採取口は室中央の上・中・下に各1点、開口部の上・中に各1点、合計5点設置し、それぞれの採取口ごとに酸素、一酸化炭素、二酸化炭素分析計に接続し、連続測定した。

(3) 内装材料

内装材料は、3・5・9・12mmの普通合板を用い、柱材として1cmの角材を使用して箱状にし、天井・壁・床を形成させた。

また、実験中に内装材が燃え落ちるのを防ぐため、ブリキ板で周りを囲い補強した。

この状況は、写真2に示すとおりである。

(4) 実験回数

実験回数は、各厚さの内装材ごとに2回、合計8回実施した。

(5) 開口条件

開口部の大きさは40×60cm、これは室内表面積の1/21にあたる。実験は、次の条件で実施した。

ア 開口部を全開放状態（以下「開口部開放型実験」という。）

イ 開口部を閉鎖状態から全開放状態とする（以下「開口部閉鎖型実験」という。）。

(6) 点火方法

燃焼室奥に井桁状に組んだ点火クリブ（20×20×250mm・6段重ね、合計36本使用）を配置し、下部の燃焼皿に助燃材としてアルコール10ccを点火直前に入れた。点火は、電気スパークにより行った（写真3）。

(7) 測定項目

ア 温度測定

F・O等の発生に至るまでの燃焼室内の温度変化、及び温度分布の変遷を把握するため、温度測定点を45点配置し、測定した（図2）。

イ ガス濃度測定

F・O等の発生に至るまでの燃焼室内、及び開口部から噴出するガス濃度変化を把握するため、ガス採取口を室中央部に3点、開口部に2点、合計5点配置し、それぞれの採取口ごとに酸素・一酸化炭素・二酸化炭素の3種類のガス濃度を測定した。

ウ 目視観測

延焼性状、F・O発生状況及び煙の挙動等の状況変化について目視観測した。

エ 映像記録

延焼性状、F・O発生状況及び煙の挙動等の状況を、開口部の正面と側面にビデオカメラ及びカメラを配置し、記録した。

4. 実験結果と考察

本模型燃焼室による基本実験は、現在も継続中であり、ガス濃度変化及び開口部閉鎖型実験における測定結果について、まだ特筆すべきデータは得られていないが、開口部開放型実験の温度測定結果と炎の推移に関して、ほぼ一致したデータを得ることができた。

本報においては、この温度測定結果と炎の推移に関して考察する。

(1) 炎最前線の推定方法

温度測定結果から炎最前線を判定する方法として、500℃の温度分布に着目した。

その理由は、目視観測の炎最前線領域と温度変化グラフの同時刻と比較した場合、両者が500℃の等温線とほぼ一致しているためである。また、この温度は木材の発火温度とほぼ一致している。

このことから燃焼室内が炎に包まれる様子は、500℃の等温線の変遷により推定することができる。ここでは、内装材として普通合板・厚さ9mmを使用した実験について、炎最前線推定方法の確立と傾向を模索した。

写真4と図3は、点火4分後の状況の長さ断面方向を示したもので、500℃の等温線は、天井上部から1/4程度にあることがわかる。また、写真5と図4は点火5分後の状況を示したもので、この時間の500℃の等温線は、天井上部から2/3に降下している。

(2) 各ポールごとの炎最前線

温度測定ポールのうち、一番下の熱電対から、最上部の熱電対までの高さを100%として、500℃の等温線がポールを横切る高さを、点火から時間経過とともにF・O発生直後まで表した。そしてNo1～No5までのポールについて、それぞれ500℃の等温線の挙動を同



写真4 点火4分後の燃焼状況

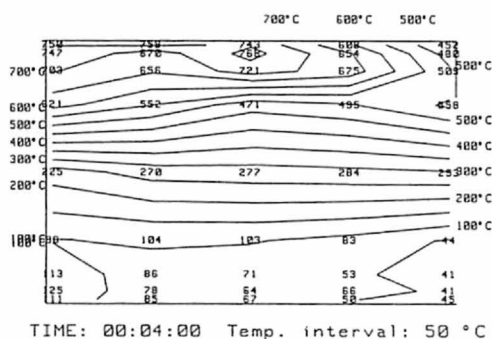


図3 点火4分後の温度分布



写真5 点火5分後の燃焼状況

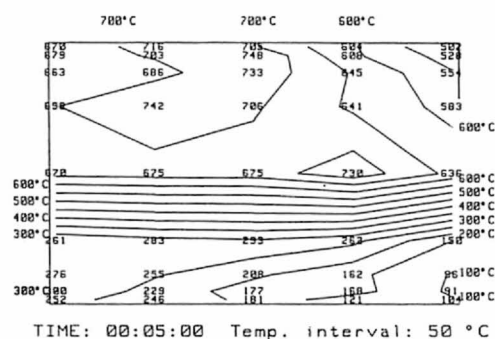


図4 点火5分後の温度分布

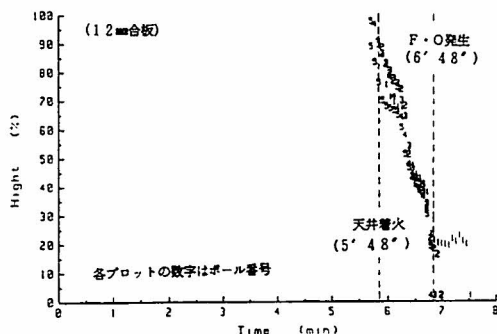


図5 No. 1～5 ボールの500℃等温線挙動

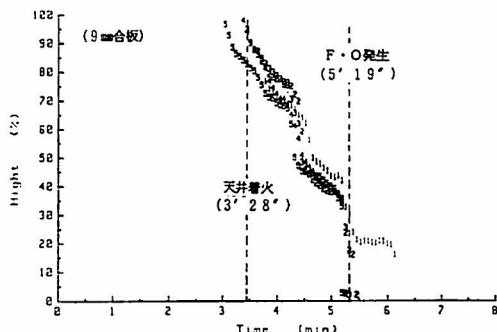


図6 No. 1～5 ボールの500℃等温線挙動

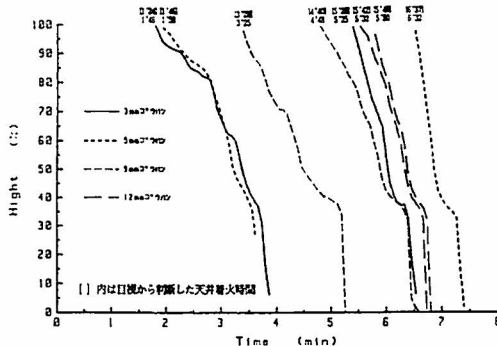


図7 No. 4 ボールの500℃等温線挙動

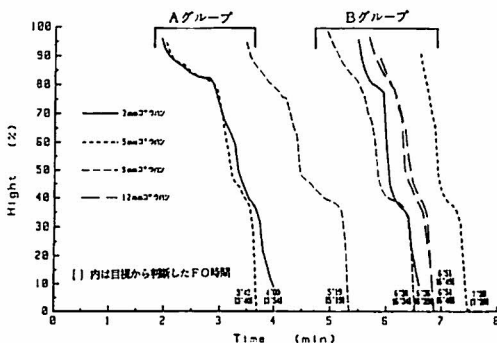


図8 No. 3 ボールの500℃等温線挙動

ーグラフ上にプロットしたものが、図5及び図6である。

図5・図6の結果、ほぼ同一直線上にプロットが集中し、燃焼室が炎に包まれる速度(天井から床面への燃焼降下速度)は概ね一定であることがわかる。そこで、No5のボールはクリブの燃焼熱の影響を受け易く、またNo1ボールは開口からの流入空気による影響を受けるため、これらのボールをはずしてみると、一層明確になる。ここで、目視から判断した状況と図5・図6の結果を照合すると、目視の天井着火はグラフのNo4ボールが100%ラインに現われた時間と一致している。

このことから各実験データ中よりNo4ボールのデータのみを抽出し、同一座標に全8回の実験結果を描かせると図7に示すようになる。また、No3ボールのデータのみを同一座標上に全8回の実験結果を描くと、図8に示すとおりとなる。

この結果から、最下端における時間と目視におけるF・O発生時間を比べると、極めて近いことがわかった。このことから、火災室内が濃煙で充満し、内部の状況判断が困難な場合、逆にグラフから数値化して、天井着火

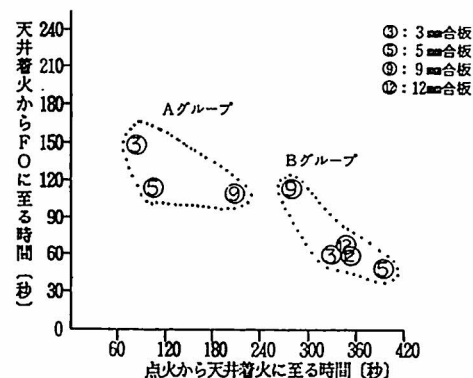


図9 点火～天井着火～F・O時間比較図

及びF・Oの時期を読み取る方法の一つとして用いることが可能である。また、図8のグラフの傾きに注目すると、天井着火の早いものの傾斜が緩い傾向（Aグループ）を示した。それを明確にさせるため、点火からF・O発生までの時間と、天井着火からF・O発生までの時間を比べたものが、図9である。

この図9中で、Aグループの天井着火が他

の実験と比べて著しく早い理由は、点火に失敗し、アルコールを補充しなおして再点火させたためで、クリブからの炎の立ち上がりが他の実験と比較して早かったことに起因しているものである。実火災でいえば、着火物の燃焼が初期の段階から激しいものと似ており、放射熱の蓄積が少ないため、F・O発生時間が遅くなる。BグループはAグループに

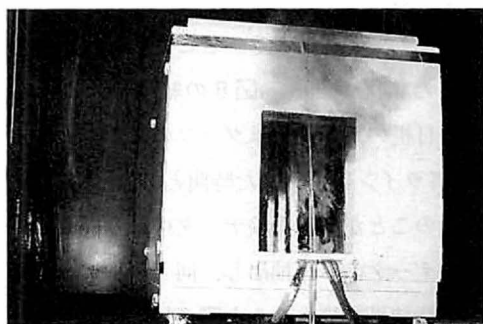


写真6 図10の燃焼状況（F・O発生31秒前）

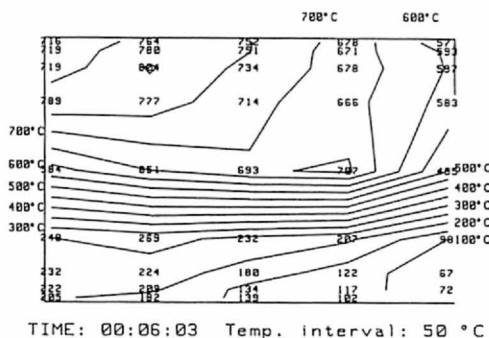


図10 点火から6分03秒後の等温分布

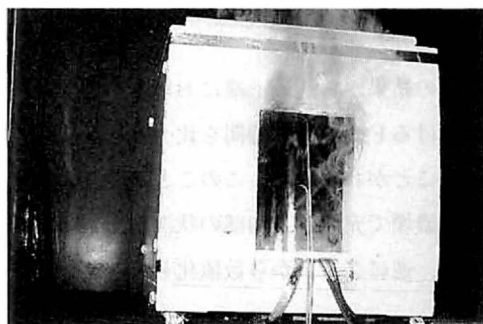


写真7 図11の燃焼状況（F・O発生時）

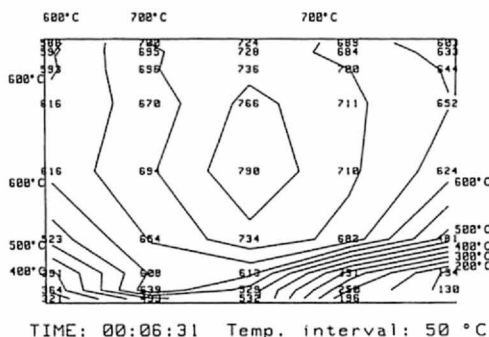


図11 点火から6分31秒後の等温分布

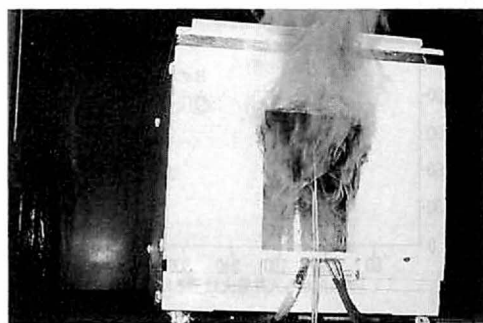


写真8 図12の燃焼状況（F・O発生29秒後）

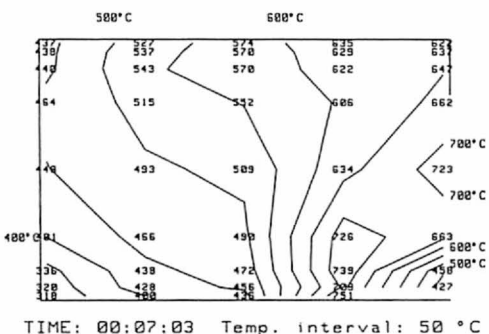


図12 点火から7分03秒後の等温分布

比べ、室内燃焼で発生した熱を徐々に時間をかけて内装材が蓄え、可燃性ガスが出易い状態となっている時に天井着火するため、放射熱を受けて一気に可燃性ガスが発生し、F・O発生を促進する傾向が見られた。

(3) F・O発生に至る等温分布の推移

いずれの実験とも同様な性状を示していることから、ここでは普通合板・厚さ9mmの実験結果を参考として示す（写真6～8，図10～12）。

5. おわりに

以上、当研究所におけるF・Oに関する研究の概要と、その実験結果の一部を紹介したが、今後も模型燃焼室を用いた実験を継続して、温度分布と同様に可燃性ガスの濃度と分布等に関する基本データを収集し、F・O発生メカニズム解明のための検証を行う予定である。

