

フラッシュオーバーに関する研究 (その8)

共同住宅を使用した実大火災実験

Study of Flashover (Series 8)

Fire Tests in an Apartment

平 沢 正 己*
 武 田 松 男*
 大神田 郁 夫**
 齋 藤 仁*

概 要

フラッシュオーバーに関する研究の一環として、バックドラフト発生までの火災の進展状況及び煙・火炎の噴出状況を把握するため、共同住宅の1住戸を使用して実大規模火災実験を実施した。

実験は2回実施したが、ともにバックドラフトは発生しなかった。その原因は、酸素が欠乏し有炎燃焼からくん焼状態になると、火災室内の温度が急速に降下して、火源付近を除き室内の可燃物が熱分解に必要な温度を維持できなくなり、分解ガスの発生が止まったことによると考えられる。

As an extension study of flashover, fire tests were made in an apartment to study the development of fire and the spurt of flame and smoke in the process of backdraft.

Tests were made twice, but there were no outbreaks of backdraft. The reasons were as follows.

- 1 The temperature of burning materials in the fire room fell rapidly when the flame combustion was suspended by the oxygen deficiency.
- 2 Then the room became not hot enough to maintain the required temperature for pyrolysis.

And the supply of gaseous products of pyrolysis was stopped, which meant to hinder the outbreak of backdraft.

1 はしがき

バックドラフトは、火災に必要な酸素の供給が断たれ、過剰な熱分解生成物が充満している区画内に酸素が流入した時に発生する燃焼現象であり、フラッシュオーバーと同様に火災現場で活動する消防隊員が遭遇する可能性のある最も危険な現象といえる。

バックドラフトに関しては、過去に6畳の約3分の1の小型燃焼室を使用し、性状の把握と発生危険を予測するための実験を実施してきたが、実大規模の実験では、未だその発生を確認していなかった。

今回、共同住宅を使用して実大規模の火災実験を実施する機会を得たので、火災発生後に酸素不足からくん焼状態になった火災室の開口部を開放した時にバックドラフトが発生するか否か、及び発生した場合の煙・火炎の

噴出状況を把握することを目的に実験を実施した。

実験は、締め切られた無人の住戸内で火災が発生した場合と、初期消火に失敗した居住者が開口部を全て閉鎖して避難した場合に、それぞれ現場到着した消防隊が窓を開放したことを想定して2回実施した。

2 実験日及び実験場所

平成6年7月28日

武蔵野市緑町二丁目3番

住宅・都市整備公団 武蔵野緑町団地 11号棟

3 実験建物及び住戸の概要

(1) 実験建物

鉄筋コンクリート造4階建(耐火構造)
 共同住宅(32世帯)

(2) 実験に使用した住戸

実験に使用した住戸の概要を表1に、また、実験住

*第一研究室 **北多摩西部消防署

戸の平面図を図1に示した。

なお、実験実施時には、各和室の天井及び壁に厚さ20mm×幅90mmの木柵を45～60cm間隔に取り付け、その上にそれぞれ厚さ5.5mm及び9mmの普通合板を張り、内装を施した。

また、窓ガラスの熱による破損防止のため、6畳間の窓の最上段および4.5畳間のガラス窓の内側全面に珪酸カルシウム板（厚さ5mm）を張った。

表1 実験住戸の概要

間取り	2DK（4.5畳、6畳、台所・食事室）		
床面積	38.3㎡		
天井高	2.3m		
バルコニーの張出し	1m		
内部仕上げ	天井・壁	モルタル表面にプラスター塗り	
	床	和室	畳（4.5畳間は窓際が一部板張り）
		DK	板張り（実験1） 板張りの上にリノリウム仕上げ（実験2）
開口部	玄関扉	鉄製片開き扉	
	窓	木枠の引違い窓 普通板ガラス（厚さ3mm）パテ止め	
		4.5畳	幅122cm×高さ127cm （窓下端の床面からの高さ約47cm） ガラス窓の内側に障子
		6畳・DK	幅170cm×高さ174cm（掃き出し窓）
間仕切り	各室の仕切りは全てふすま 垂れ壁（深さ約55cm）部分は、各和室間が鉄筋コンクリート、6畳間と台所間が板ガラス、4.5畳間と玄関の間がふすま		

4 実験条件

(1) 収容可燃物

収容可燃物としてたんす、ファンシーケース、ふとん、テーブル、いす等を配置した。（図1）

(2) 開口条件（図1）

ア 実験1

点火後、直ちに外気に面する全ての開口部を閉鎖した。室内が酸欠によりくん焼状態となった時点で6畳間の窓を1枚開放（開口幅約85cm）した。

屋内は、4.5畳間と6畳間の間のふすま及び6畳間と台所間のふすまをともに2枚開放（開口幅約170cm）した。

イ 実験2

点火から天井着火に至るまでの間、6畳間の窓を1枚（開口幅約85cm）開放し、天井に着火した時点で閉鎖した。室内が酸欠によりくん焼状態となった時点で再び6畳間の窓を1枚開放した。

屋内の開口条件は、実験1と同じである。

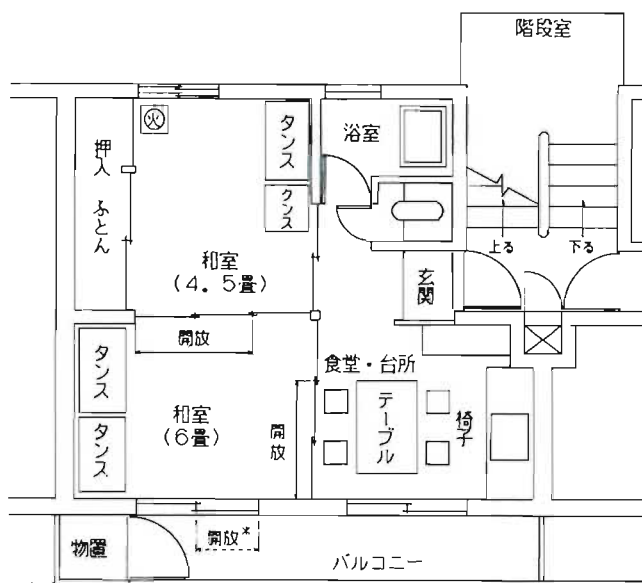


図1 実験住戸の平面図

（家具類の配置、開口条件、点火位置も兼ねる）

(3) 点火源及び点火方法

点火源は、杉材（20mm×20mm×600mm）を12本づつ井桁状に5段積み（合計60本）にし、最下段の隙間にメタノール500ccを含浸させたインシュレーションボード（厚さ10mm×幅15mm×長さ600mm、11本）を挿入し、これに点火した。

なお、点火源と壁及び押し入れのふすまとの距離は、10cmとした。（図1）

5 測定項目及び測定方法

測定項目及び測定方法を表2に、各測定位置を図2に示した。

表2 測定項目および測定方法

測定項目	測定方法	測定点数
雰囲気温度	ガラス被覆熱電対（K線、線径0.32mm）	36点
天井面温度	シート状熱電対（K線、厚さ0.125mm）	3点
ガス濃度	ガス分析計（光明理化MDU-9000）	5点
	O ₂ : ガルバニ電池式 CO、CO ₂ : 非分散型赤外線式	
床面受熱量	水冷式熱流束計（メドサーム 64-2 -20） または（メドサーム 64-0.5-20）	2点

* 熱電対は、長時間高温にさらされ被覆が損傷するのを防ぐためセラミックウール断熱材等で保護した。

表3 火災の進行状況

3-1

実験1

経過時間	火災の状況
2分30秒過ぎ	・4.5畳間の窓の障子、押入れのふすまに着火し、火災は急速に拡大する
3分45秒	・室内に煙が充満し、室内は全く見通せなくなる ・窓周囲の隙間から薄い煙が僅かに漏れ出す
20分00秒	・6畳間の窓1枚開放（開口幅約85cm）
20分16秒	・火源付近に炎が立ち上がったが、周囲への燃焼拡大は認められない ・開口部上部からは薄い白色の煙が静かに流れ出す
23分35～40秒	・点火室（4.5畳間）の炎が急速に拡大し、煙の発生量、開口部からの黒煙の噴出量が急増する
26分過ぎ	・4.5畳間と6畳間の境付近の床上に炎が見え始める
26分44秒	・6畳間床付近に炎が広がり、直後に窓から炎を噴出する
27分55秒	・消火開始

3-2

実験2

経過時間	火災の状況
3分25秒	・4.5畳間窓の障子、押入れの襖に着火する
3分40秒～4分	・天井に着火する
4分15秒	・開放されていた窓を閉鎖する （完全に閉鎖することができず、窓と窓枠との間に幅数cmの隙間ができた）
4分25秒	・室内に煙が充満し、室内の見通しが全くきかなくなる
10分15秒	・6畳間の窓1枚を開放する ・開放された窓から緩やかに煙が流れ出し、室内の燃焼状況には全く変化が見られない
17分過ぎ	・火源付近に炎が立ち上がり始める
20分30秒	・黒煙の流出が急激に増加する
23分00秒	・火源付近に炎が確認される
27分03秒	・6畳間床上の炎が急速に拡大し、窓から炎を噴出する
29分20秒	・消火開始

* 実験1、実験2ともに6畳間及び台所の窓ガラスは、消火作業のため破壊するまで落下せずに残った。

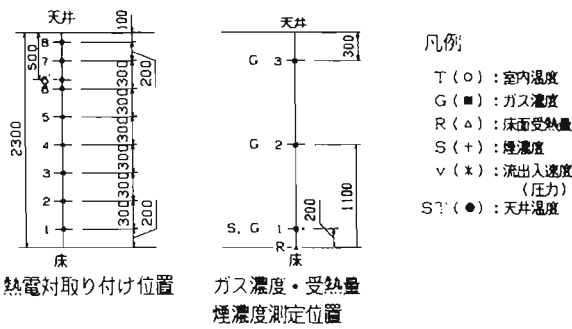


図2 測定位置

温度は、データ集録機(YHP3497A)を用い、集録速度20点/秒、集録間隔3秒で読み取り、パーソナルコンピュータ(YHP332CMA)で記録・処理した。

ガス濃度は、実験住戸内に銅パイプを設置して、燃焼ガスをポンプで連続的に吸引・採取し、ガス分析計に導き、床面受熱量とともにデータロガー(TEAC DL9060)及びパーソナルコンピュータ(NEC PC9801n)を用い、集録間隔2秒で読み取った。

6 結果

(1) 気象

	実験1	実験2
実施時間	11時00分 ～11時30分	13時10分 ～13時45分
天気	晴れ	晴れ
気温	30.4℃	31.4℃
風向	北～西北西	北西～北北東
風速	2.2～0.9m/sec	1.5～2.5m/sec

(2) 火災の進行状況

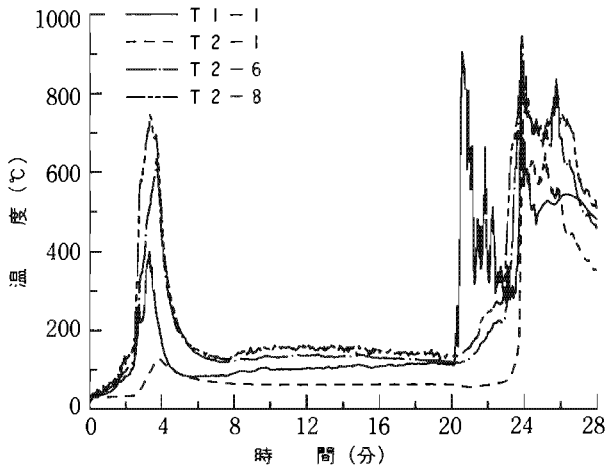
火災の進行状況は、表3に示した。

(3) 温度 (図 3、4)

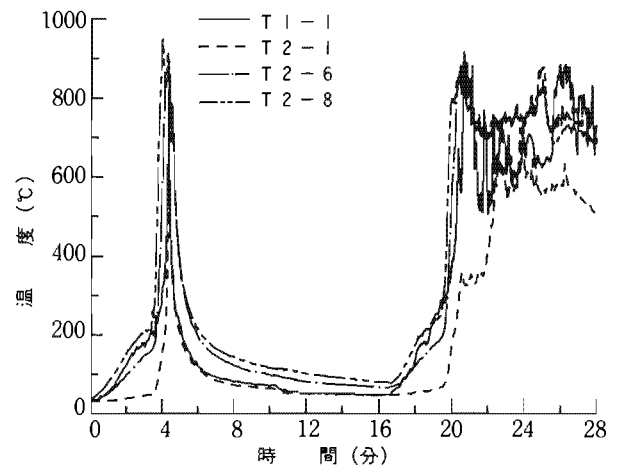
ア 実験 1

(イ) 火災住戸内温度及び天井面温度は、火源から周囲のふすま・障子に燃え移った直後から急激に上昇し、

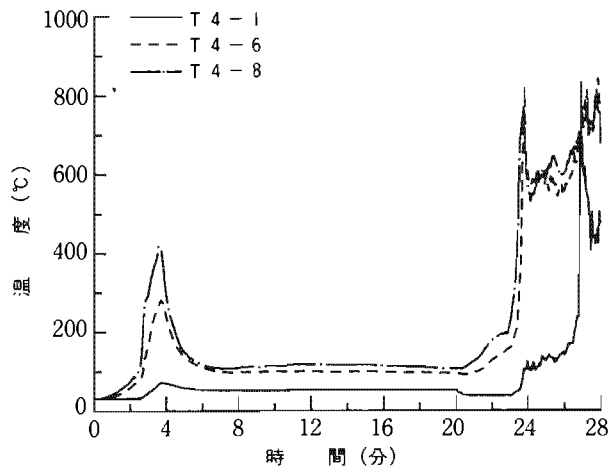
点火後 3 分 30~40 秒には、室内中央天井下の温度は出火室 (4.5 畳間) で 600~750°C、6 畳間で 300~400°C、天井面温度は出火室で約 650°C、6 畳間で約 150°C に達した。



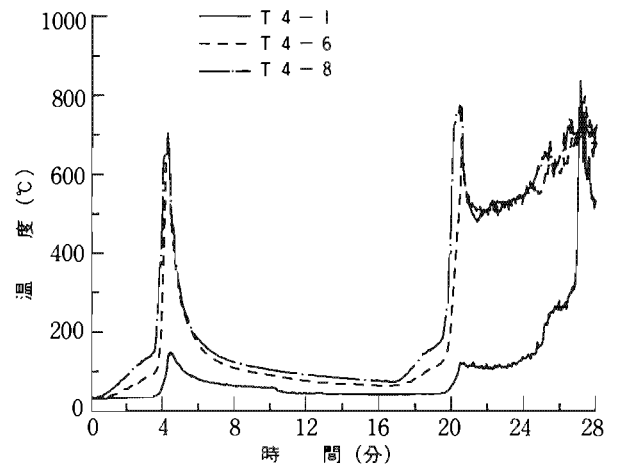
3-1-1 出火室 (4.5 畳間)



3-2-1 出火室 (4.5 畳間)

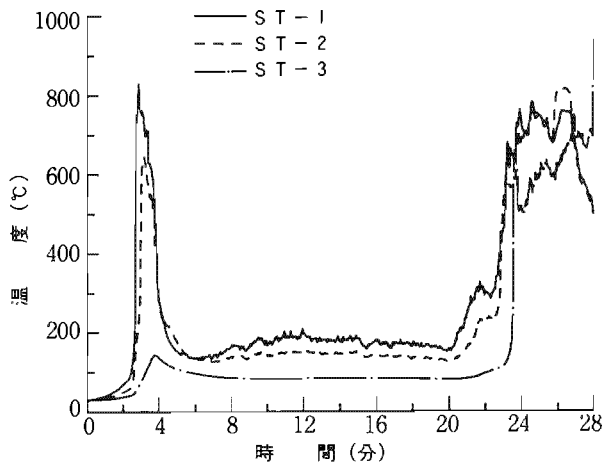


3-1-2 6 畳間
3-1 実験 1

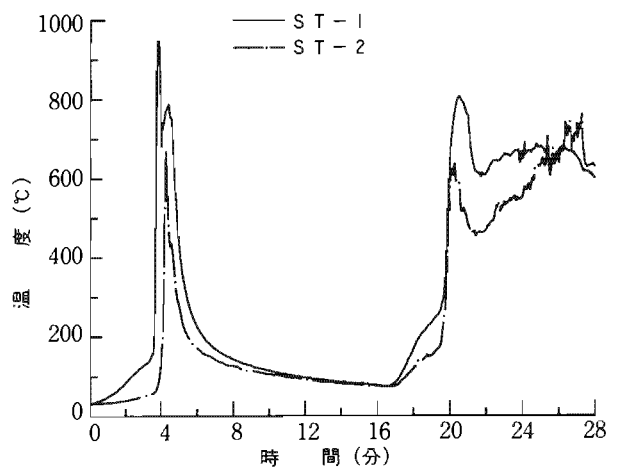


3-2-2 6 畳間
3-2 実験 2

図 3 室内温度の変化



4-1 実験 1



4-2 実験 2

図 4 天井面の温度変化

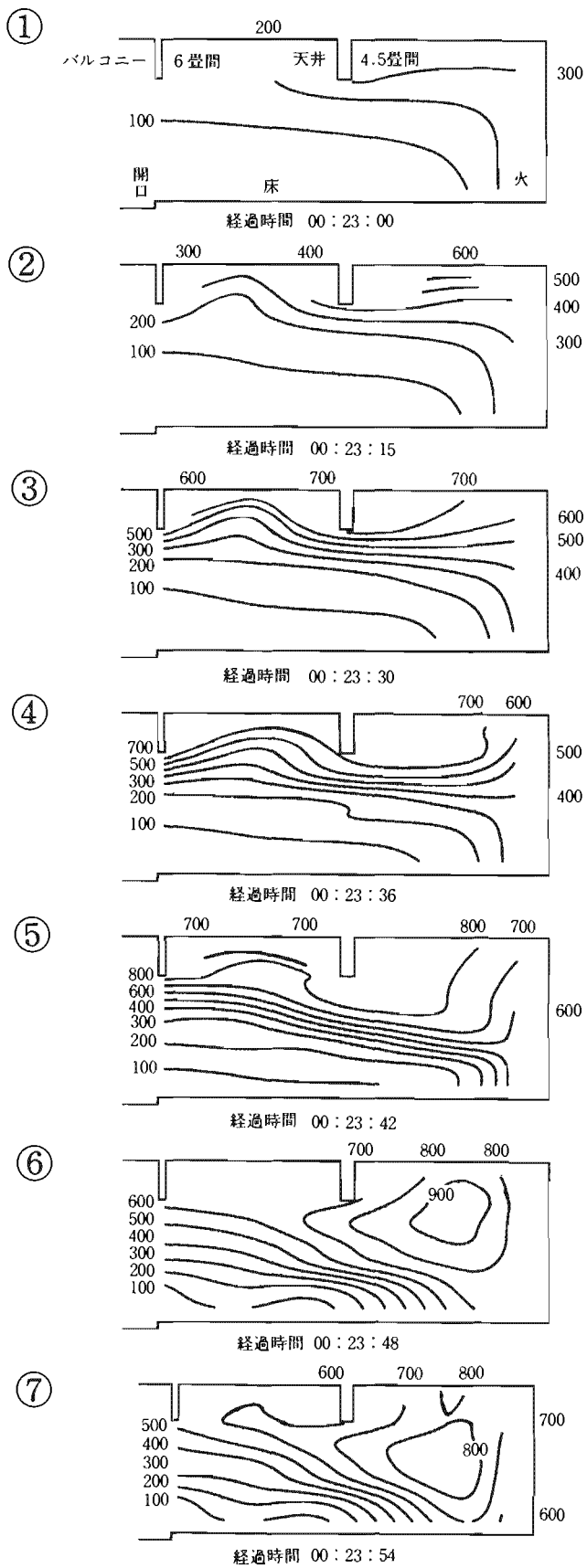


図5 出火室(4.5畳)のフラッシュオーバー発生に伴う火災住戸内温度分布の変化(実験1)

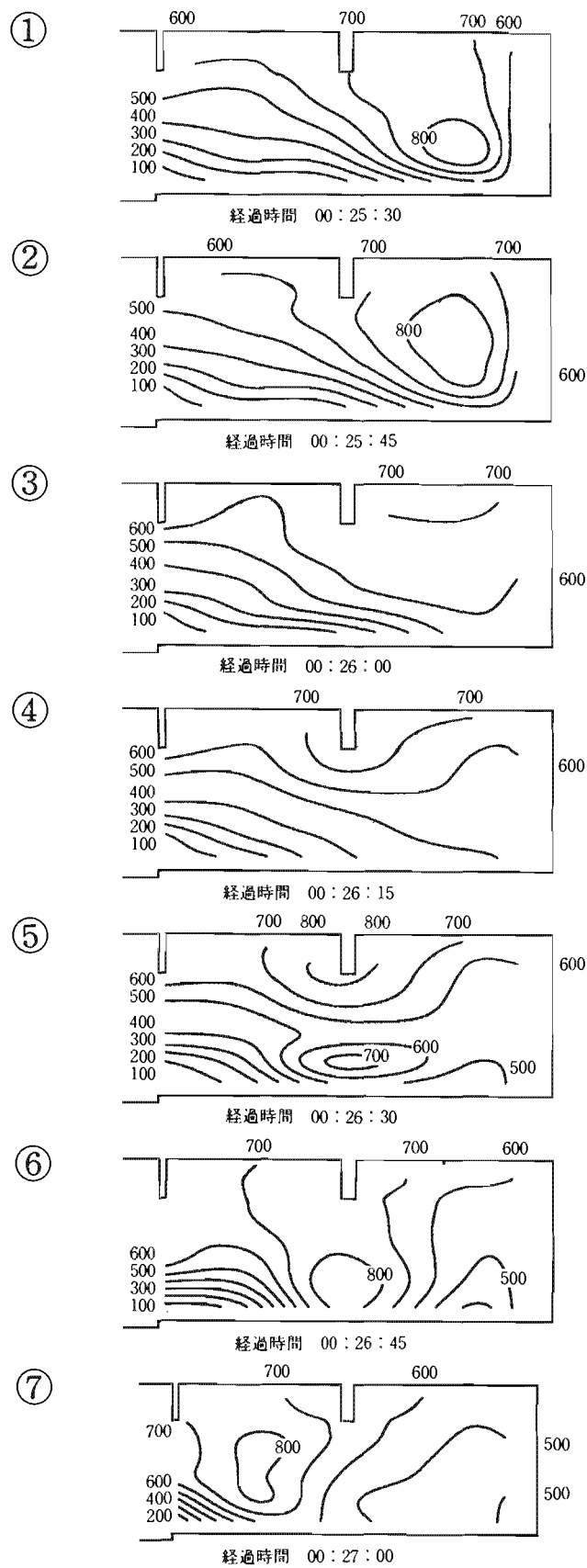


図6 6畳間窓からの火炎噴出に伴う火災住戸内温度分布の変化(実験1)

しかし、酸素の欠乏により火勢が急速に衰えたため、温度も急速に低下し、点火後5分には天井下方の温度は出火室で約200°C、6畳間で約150°Cまで下がった。

くん焼継続時の室内中央天井高の3/4の位置における温度は、出火室で130~140°C、6畳間では約100°C、床上20cmの位置の温度は出火室で約60°C、6畳間では約50°Cであった。また、天井面の温度は、火源直上で約200°C、出火室中央で約150°C、6畳間では約100°Cであった。

(イ) 6畳間の窓を開放した直後、火源直近の床上20cmの位置では、火源での炎の立ち上がりにより急激な温度上昇が認められた。

しかし、周囲へ燃焼拡大しなかったため、室内の他の位置では急激な温度上昇は見られなかった。

(ウ) 窓を開放すると、室内下層部を外気が流入するため、各室の床から床上約50cmまでの高さの温度は、10~15°C低下した。

(エ) 窓開放後3分40秒~50秒(点火後23分40秒~50秒)にかけて出火室(4.5畳間)で急激な室内温度の上昇を示した。この時期、4.5畳間内の温度は、単室火災でフラッシュオーバーが発生した場合と同様に、天井付近の高温部分が急速に部屋全体に拡大しており、この時点が4.5畳間のフラッシュオーバーと考えられる。(図5)

(オ) 6畳間の窓からの火炎の噴出は、燃焼部位が4.5畳間から6畳間に移動する過程で、4.5畳間と6畳間の境付近の床面が燃え出す時期に発生し、その後数秒で6畳間全体が炎に包まれる状況となった。

火炎噴出後、6畳間はほぼ全体が700~800°Cの温度となったが、4.5畳間は400~600°Cまで低下した。

(図6)

イ 実験2

(ア) 火災室の温度は、火源から周囲のふすま・障子に燃え移り、火勢が拡大した時から急激に上昇し、天井着火後の窓を閉鎖する直前には、出火室内温度は天井下で800~900°C、床付近では300°C、天井面温度は700~800°Cに達した。また、6畳間でも上部高温層温度は650~700°C、天井面温度は約650°Cに達した。

(イ) 点火後4分過ぎに6畳間の窓を閉鎖すると、火勢が急激に衰えて室内温度は低下した。くん焼状態になると室内温度は出火室で60~150°C、6畳間で50~120°Cとなった。また、天井面温度は、窓を再び開放する直前の点火後10分には、出火室、6畳間ともに約100°Cまで低下した。

(ウ) 窓の開放により各室の床付近の温度は10~20°C急

速に低下した。

(エ) 窓開放後も、炎の立ち上がりや燃焼拡大に伴うような急激な温度上昇は認められず、点火後約17分まで室温・天井面温度の降下が続いた。

(オ) 点火後約17分過ぎに、再び火源付近に炎が立ち上がった後は、その時点を出火として窓が開放されている部屋で発生した火災が、成長する場合と同様な成長過程をとった。

(4) ガス濃度 (図7)

ア 実験1

床付近の酸素濃度が17~16%に低下した時点で火勢が衰え始めた。

くん焼時のガス濃度はほぼ一定の値を保ち、出火室では、床上20cmの位置で酸素約15%、一酸化炭素1%、二酸化炭素4~5%、また、天井下では酸素約13%、一酸化炭素約1.5%、二酸化炭素約7.5%であった。

窓を開放して外気が流入すると、床付近の酸素濃度は約21%まで急激に増加し、一酸化炭素・二酸化炭素濃度はほぼ0%まで減少した。その後、天井下及び天井高の1/2の位置でも同様に酸素濃度は増加し、一酸化炭素・二酸化炭素濃度は減少した。

イ 実験2

窓を閉鎖する直前の火災室中央部のガス濃度は、床上20cmの位置で酸素約20%、一酸化炭素及び二酸化炭素1%以下、天井下で一酸化炭素約1%、二酸化炭素約13%であった。

窓を閉鎖した10数秒後には、床付近でも酸素濃度は約6%まで低下、一酸化炭素・二酸化炭素濃度はそれぞれ約4.5%、約13%まで上昇し、窓の閉鎖により、火災室内が急激な酸欠状態になったことを示した。その後は、数cm開いていた窓の隙間からの換気により、徐々に酸素濃度は増加し、一酸化炭素・二酸化炭素濃度は減少した。

点火後10分15秒の窓の開放直後は、実験1と同様酸素濃度は急上昇し、一酸化炭素・二酸化炭素濃度は急激に減少した。

(5) 床面受熱量 (図8)

ア 実験1

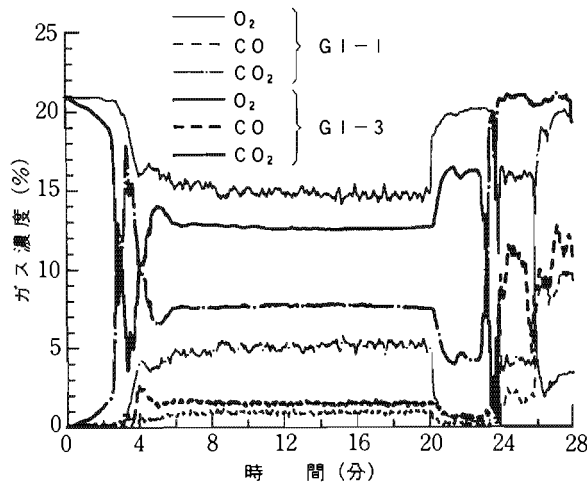
出火室では、燃焼が拡大した時期から急激に上昇し、点火後約3分30秒に約0.9W/cm²のピーク値に達した。その後、燃焼の衰えに伴い急激に減少し、くん焼継続時には、0.08~0.09W/cm²の状態が継続した。窓の開放直後、流入した外気の冷却作用によりわずかな(約0.05W/cm²)放熱が認められた。

燃焼が拡大した23分38秒には2W/cm²に達し、出火室でフラッシュオーバーが発生したと考えられる

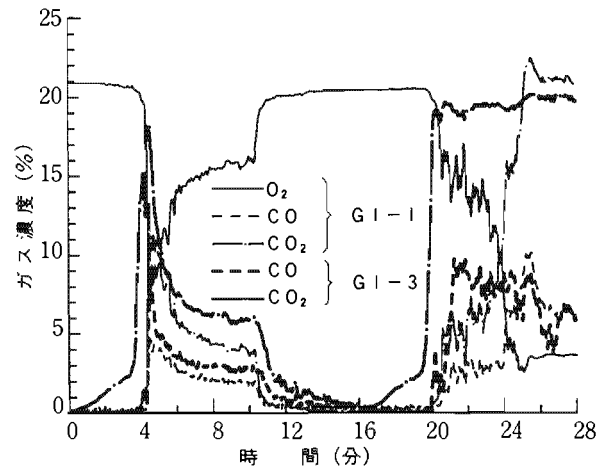
23分40秒過ぎには一時的に最大 $6.5\text{W}/\text{cm}^2$ 以上（計測器のレンジオーバーのため測定不能）となり、完全に火に包まれた24分以降は $4\sim 6\text{W}/\text{cm}^2$ となった。

燃焼の主体が6畳間に移った26分以降は約 $3\text{W}/\text{cm}^2$ 、火炎噴出後は $2\text{W}/\text{cm}^2$ と減少している。

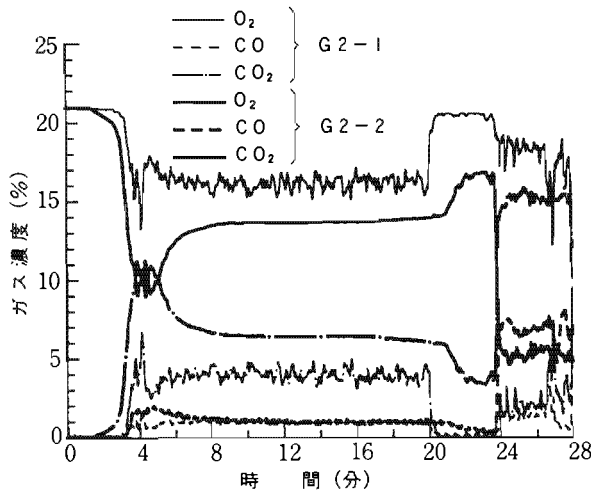
6畳間では、障子・ふすまに着火後の燃焼拡大時



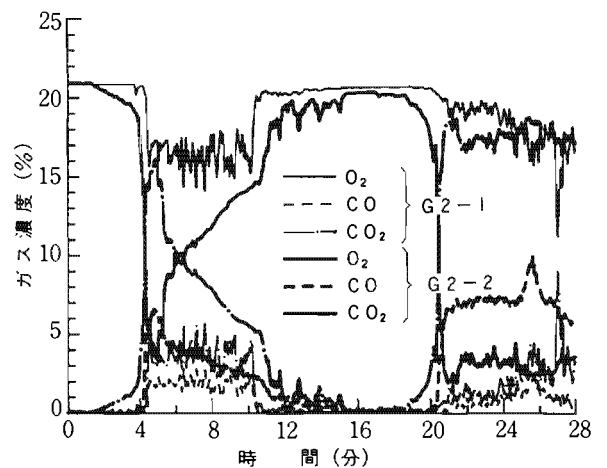
7-1-1 出火室(4.5畳間)



7-2-1 出火室(4.5畳間)

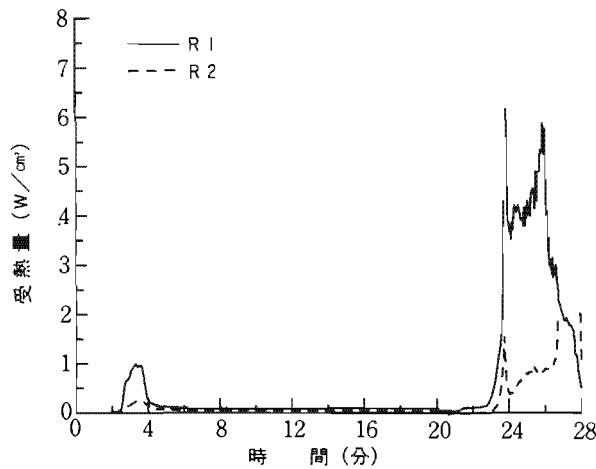


7-1-2 6畳間
7-1 実験1

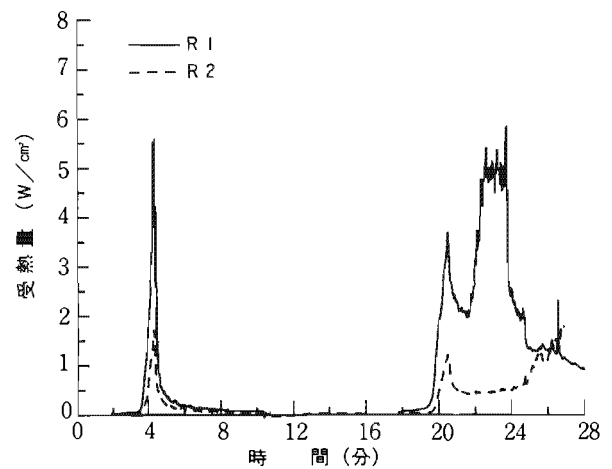


7-2-2 6畳間
7-2 実験2

図7 火災住戸内のガス濃度変化



8-1 実験1



8-2 実験2

図8 床面受熱量の変化

に約0.25W/cm²のピーク値をとり、くん焼継続時には約0.05W/cm²の状態が保たれ、窓開放後約2分間は放熱（最大0.03W/cm²の放熱）状態となった。

4.5畳間のフラッシュオーバー発生時には約1.5W/cm²に達した。その後、火炎噴出直前の26分38秒には約1.8W/cm²に達し、床付近の炎の拡大に伴い急激に増加し、測定不能（2W/cm²以上）となった。

イ 実験2

4.5畳間では、ふすま、障子に着火後の点火後3分30秒頃から急激に増加し、窓を閉鎖した直後の4分18秒～20秒にかけて6.5W/cm²以上のピーク値を示した。くん焼時には0.08～0.09W/cm²となった。

6畳間では、ふすま・障子に着火後の燃焼拡大時に約1.7W/cm²のピーク値をとり、くん焼継続時には約0.04～0.02W/cm²となった。

7 考 察

(1) バックドラフトの発生について

実験1、実験2ともにバックドラフトは発生しなかった。実験1では、窓を開放した数秒後に火源付近に炎が立ち上がったが、周囲へ燃焼拡大せず、火源付近だけの燃焼に留まった。また、実験2では、窓を開放した後、数分間も火災室内は何ら変化が認められなかった。

閉め切られた部屋の開口部を開放した際に、バックドラフトが発生するためには、開放前に火災室内に可燃性ガスが蓄積している必要があり、この可燃性ガスは、火災で発生した熱により火災室内の可燃物が熱分解を起し発生すると考えられる。

今回の実験では、室内の可燃物は、内装材・収容物ともに木材が主体であった。木材は、180～200°Cで熱分解が始まり可燃性ガスを放出し始め、260～300°Cで急激な分解が始まるようになると言われていた。

今回、バックドラフトが発生しなかった原因は、①酸素が欠乏して有炎燃焼が終了した後、くん焼状態になると、室内の可燃物の温度が急速に低下し、熱分解温度に達している火災住戸内の可燃物は、わずかに火源直上の天井面だけとなり、住戸内の可燃物のほとんどが80～180°Cで熱分解温度に達していなかったこと。②有炎燃焼が終了した後の熱分解温度に達している範囲が少ないため、熱分解ガスの発生速度が小さく、燃焼範囲に達する濃度の可燃性ガスが室内に蓄積しなかったことによるものと考えられる。

どのような状況下で、酸欠状態になった後も可燃物が熱分解を続け、燃焼範囲に入る濃度に達する程の多量の分解ガスを放出するのか、今後、更に検討を要す

るが、くん焼による可燃性分解ガスの発生・蓄積の実例として、次のような実験報告がある。

『フォームラバーマットレスのブロック(1片40cm×40cm×10cm厚さ)を2段重ねて内容積1.41m³の四角な鋼製箱にセットし、ブロックの上に煙草の火を置き、断熱をよくするため小片を煙草の上にかぶせるように置いた。容器前面は、半透明のポリエチレン膜で覆った。くん焼後20分で煙が充満し、背後の壁は目視できないほどになった。32分後ブタンガスの小火炎を箱の内部へ挿入したところ爆発し、ポリエチレンの膜が破れ、残った試料が燃焼した。』

このような事例を考慮すると、酸欠状況下におけるくん焼時の可燃性分解ガスの発生・蓄積の過程は、次のように考えられる。

有炎燃焼継続時に形成された炭化物の無炎燃焼や、可燃物のくん焼により発生した燃焼熱が、可燃物内の熱伝導により燃焼領域周囲の未燃部分に伝えられて、未燃焼部分が加熱され温度上昇し、熱分解を起し分解ガスを発生する。

この場合、熱分解速度（分解ガス放出速度）が小さいため、室内に高濃度の可燃性ガスが充満するためには長い時間を要し、区画の気密性が良いことが必要と考えられる。また、燃焼速度（発熱速度）が小さいため、室温はそれ程高くない事も考えられる。

なお、図6に見られるように、実験1では、6畳間（開口側の部屋）でフラッシュオーバーが発生し、窓から火炎を噴出した後の4.5畳間（出火室）内の環境は、室内温度が400～600°C、室内の酸素濃度が0～3%となっている。このことから、4.5畳間内では可燃物の熱分解が盛んに行われているものの、酸素不足から分解ガスが燃焼しきらずに、大量に室内に蓄積しているものと考えられる。このようなことから、もし、この時期に4.5畳間の外気に面する扉や窓を開放すると、大量の酸素を含む外気が室内に流入して、室内に充満しているガスが急速に燃焼し、バックドラフト発生時に見られるファイアーボールに至らないまでも、火炎を吹き出す可能性があると考えられる。

(2) フラッシュオーバーの発生について

実験1で出火室内は、点火後23分過ぎに天井に着火すると一気に部屋全体に炎が拡がり、フラッシュオーバーの発生に至っている。これは、くん焼継続時に、火災室内可燃物が100～200°Cに予熱された状態であったため、着火後急速に火炎が伝播・拡大したものと考えられる。

過去の火災実験結果では、天井着火からフラッシュオーバーの発生までは、しばらく（2、3分～数分）時間があつたが、今回の実験のように、火災が成長す

る前に室内可燃物が予熱された状態にあると、着火後急速に燃え広がる場合があることから、目前の燃焼の程度は同じようでも、その時点までの火災の経歴によりその後の火災の成長速度が大きく異なることに注意を払う必要があると言える。

フラッシュオーバー発生前に開口部から流出する煙の温度は、過去の単室を使用した実験結果では、500～600°Cに達していることが確認されているが、今回のように連続した部屋をもつ住戸の奥の部屋でフラッシュオーバーが発生する場合でも、発生前、開口部から噴出する煙の温度が、500～700°Cに達していることが確認された。

なお、噴出する煙の温度は、わずか10～20秒の間に200から600、700°Cまで上昇しており、流出する煙の温度が低くても開口部の前にいることが、非常に危険であると言える。

開口側の部屋のフラッシュオーバーの発生に関しては、模型実験結果では、奥の部屋（火元側の部屋）から開口側の部屋に延焼してくると急速に室内に火災が広がるということが確認されている。今回の実験では、26分過ぎに4.5畳間（火元側の部屋）と6畳間（開口側の部屋）の境付近の床が燃えだし、その20～30秒後には6畳間で急速に火災が拡大し室内が炎で包まれており、模型実験と同様な結果が得られている。

このことは、火災室に隣接し未だ燃えていない部屋に進入した際、その部屋に延焼してきたことに気付いた時には、既に脱出が不可能になる危険性がありうることを示しており、煙が充満している部屋に進入する場合には、そのことを念頭において行動する必要があると言える。

なお、実験2では、窓開放後の燃焼拡大時に押入れの床が燃え抜けたためか、明瞭なフラッシュオーバーの発生は確認できなかった。

8 まとめ

- (1) 今回の実験ではバックドラフトが発生しなかったが、その直接的な原因は、酸欠により有炎燃焼が止まり、火災室内の温度が急速に低下し、火源付近を除き、室内の可燃物が熱分解に必要な温度を維持できなくなり、分解ガスの発生が止まったことによると考えられる。
- (2) 連続した部屋の奥で火災が発生した場合、濃煙のため住戸内に全く炎が確認できなくても、奥の部屋では盛んに燃えているおそれがある。
- (3) 火災室に隣接し熱気層ができていない部屋では、火災室との境付近の床面まで延焼してくると、急速に火災が広がる危険がある。

- (4) 開口部の閉め切りによる火災の抑制効果は、非常に大きく、火災が成長し天井に着火した後でも閉め切るにより、火災の拡大を抑制できる。

なお、火災が拡大した部屋の開口部を閉鎖する場合には、閉まり切る直前に、火災室内の圧力が急激に上昇し、隙間からの吹き出しが強くなることに注意する必要がある。

- (5) 閉め切られた部屋で火災が発生し、酸欠によりくん焼状態となっている室内は、一酸化炭素が短時間室内にいただけで生命が危険となる濃度に達している。

9 あとがき

バックドラフトの発生は、閉め切った室内にいかにか可燃性ガスが蓄積するかが問題となるが、過去における一連の模型実験においては、室内を最盛期まで燃焼させ、その後開口部を閉鎖して、余熱により室内可燃物の熱分解を促し、可燃性ガスを発生させていた。しかし、実火災においては、その様な状況設定は不自然となるため、今回の実験においては、無人の時に火災したとの想定で最初から密閉した状態、また、初期消火に失敗し天井着火したため窓を閉めて避難したとの想定で、天井着火後密閉状態にした実験を実施した。ともに、くん焼状態になると急速に温度が低下したため、バックドラフトは発生しなかった。

密閉状態で可燃性ガスが室内に蓄積するための要因は、燃焼物の種類・量、区画の大きさ・気密性・断熱性等の条件が複雑に絡み合っていると考えられ、今後は、実火災で発生した事例で燃焼物・室の形態等詳細に分析し、その発生過程（可燃性ガスの発生・蓄積過程）を把握して行く予定である。

終わりに、本実験の実施に際し、建物を提供していただいた住宅・都市整備公団の方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1 日本火災学会編「火災便覧（新版）」、共立出版（昭和59年）
- 2 内藤「燻焼火災から爆発へ発展した災害例と爆発現象」、災害の研究16（1985）
- 3 「フラッシュオーバーに関する研究（その4）」消防科学研究所報、28号（平成3年）