耐火造中層共同住宅火災実験

Fire Test in Fire-resistive Apartment Building

横山久磨尾**
高本清紀*
辻英機*
千葉博*
佐々木孝一*

This report deals with the fire test in a fire-resistive, mid-rise apartment building made with the following purposes:

1. Examination of the initial stage of fire
2. Examination of fire spread to upper floors and next door
3. Examination of flashover phenomena
4. Measurement of density of smoke and gas
5. Measurement of atmospheric pressures in rooms

As a result of the test, we confirmed the existence of many problems involved in a fire of a mid-rise, fire-resistive apartment building in regard of fire extension, evacuation of occupants and others.

1. はじめに

耐火造共同住宅は，各住戸が耐火的に区画されているため火災の延焼に対して強い構造であるところから，法令に基づく消防用設備等の緩和措置がとられている。

しかし，これら共同住宅の火災は数住戸に及ぶ延焼火災になる可能性をひめていることも多く，その理由として，床・壁体の工事穴の埋戻し不完全または開口部の開放等により，上階及び隣戸への延焼経路になることが挙げられる。

このようなことから，過去にも数多くの実験が行われているが，火災はどの一つをとっても同一の状況を示さない。したがって，それらの中から普遍的な事象を見い出していくためには，さらに実験を積み重ねることにより基礎資料を集積することが何よりも重要である。

このたび，当研究所は東京都住宅局から取壊し予定の耐火造共同住宅を火災実験用として提供されたのを機会に，上に述べた趣旨に基づき，火災性状に関する実験を実施したので，その内容を報告する。

**西新井消防署長　*第一研究室

2. 実験目的

本実験の目的は次のとおりである。

(1) **火災初期の状況**

火点室4.5畳間の押入れ下段に着火した火源の成長過程及び火災の拡大状況を調べる。

(2) **上階及び隣戸への延焼状況**

火点室において拡大した火災が，開口部及びたて穴区画を経路として上階及び隣戸へ延焼していく状況を調べる。

(3) **フラッシュオーバー現象**

火災が成長し，中期から最盛期に移る段階で生じるフラッシュオーバーの現象を調べる。

(4) **煙・ガス濃度，圧力の状況**

煙濃度，ガス（酸素，一酸化炭素，二酸化炭素）濃度及び室内圧力の経時変化を調べる。

(5) **簡易型火災警報器（煙式）及び都市ガス警報器の作動状況**

現在市販されている簡易型火災警報器（煙式）（以下「簡警器」という。）及び都市ガス警報器の実火災での作動状況を確認する。

3. 実験日時及び場所

昭和58年10月5日（水）11：00～11：30

東京都江東区豊州五丁目2番地
耐火造共同住宅

4. 実験建物の概要

(1) 実験棟

実験棟は耐火造共同住宅四階建（建築面積370 ㎡）であり，その主要な構造は次のとおりである。（写真1参照）

基礎……現場打コンクリート造
壁体……プレキャストコンクリート造
床……プレキャストコンクリート造

写真1　実験棟（南側）

(2) 実験住戸

実験に使用した住戸は，床面積が35 ㎡で，居室が6畳間及び4.5畳間から構成されている通称2Kとよばれる構造である。

天井及び内壁はコンクリートの表面にモルタルを塗布したのみで可燃性の内装材は使用されていない。

また，6畳間及び4.5畳間の開口部は，それぞれ引き違い形式の鉄サッシュガラス戸（厚さ3㎜）及び鉄サッシュガラス窓（3㎜）であり，玄関は鉄扉（たて180 cm×よこ80 cm，厚さ24㎜）である。さらに住戸内各室の境には長さ55 cmのコンクリート製垂れ壁が設けられている。（図1参照）

5. 実験条件

(1) 火災荷重

火災荷重は，本実験の想定世帯構成（夫婦及び子供2人）及び過去の同種の火災実験を参考として，単位面積当りの総荷重を42.3 kg（固定荷重16.3 kg，積載荷重26.0 kg）とした。（図1及び写真2，写真3参照）

また，上階及び隣戸のベランダには，布団及び衣類を乾した。（写真1参照）

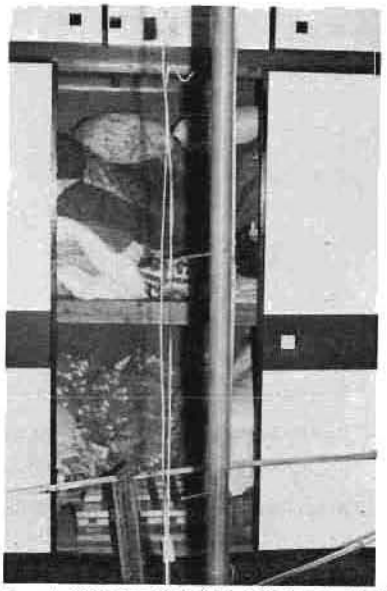

写真2　火災荷重配置状況（火災住戸4.5畳間）

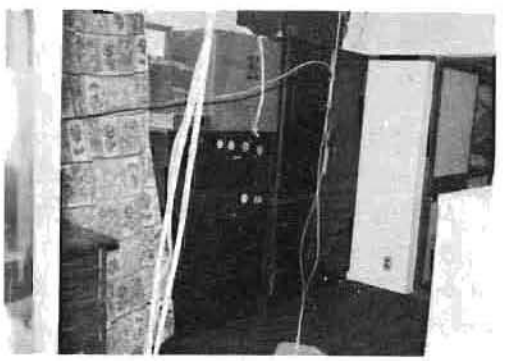

写真3　火災荷重配置図（火災住戸6畳間）

(2) 開口条件

開口条件は，10月初旬という季節，午前11時という時刻及び快晴という気象に基づき，次のように定めた。

ア．火災住戸

(ア) 6畳間のガラス戸を1/4（45 cm）開放する。

(イ) 4.5畳間のガラス窓及び障子を1/2（90 cm）開放する。

(ウ) 6畳間と4.5畳間の境のふすまを1/3（80 cm）開放する。

(エ) 玄関扉は全開とする。ただし，簡警器（煙式）が作動するまでは閉鎖する。

イ．直上階

(ア) 6畳間のガラス戸は閉鎖し、レースカーテンをつける。

(イ) 4.5畳間のガラス窓及び障子を1/2(90cm)開放し、開放部にカーテン(防炎処理)をつける。

(ウ) 玄関扉は閉鎖する。

ウ 3階及び4階

(ア) 6畳間のガラス戸は閉鎖する。

(イ) 4.5畳間のガラス窓及び障子を1/2(90cm)開放し、開放部にレースカーテンをつける。

(ウ) 玄関扉は閉鎖する。

(3) 点火位置及び方法

点火位置は4.5畳間の西側押入れ下段とし、

図1 火災住戸及び火災荷重配置図

ふすまを1/3(80 cm) 開放した。

点火方法は，杉クリブ (2×3×60 cm) を6本づつ6段積み (計36本) にし，これにメチルアルコール1 ℓ を散布して点火した。

6. 測定項目

(1) 気象及び含水率

気象は火災住戸南西の方向約30mの位置で計測し，地上1mの位置で温・湿度を，地上2.5mの位置で風向風速を測定した。

木材の含水率は，実験開始2時間前から火災住戸の各構造部材及びたんす，机等積載荷重のそれぞれについて測定を行った。

(2) 温　度

温度はクロメル・アルメル熱電対 (0.65 mm φ ガラスウール被覆) を用いて測定した。各測定点の配置は図2～図3で示す。

(3) 圧　力

火災による室内圧力の変化及びフラッシュオーバーを調べるため，火災住戸6畳間の西側壁体に穴をあけ，銅パイプ (内径8 mm) を貫通し室内圧力を測定した。(図2及び図3参照)

(4) 煙濃度

火点室4.5畳間からの煙の拡大状況を調べるため，下記の箇所に煙濃度計を設定した。(図2～図3参照)

台所の鴨居……1点

玄関の内側……1点

各階階段室……各1点 (計4点)

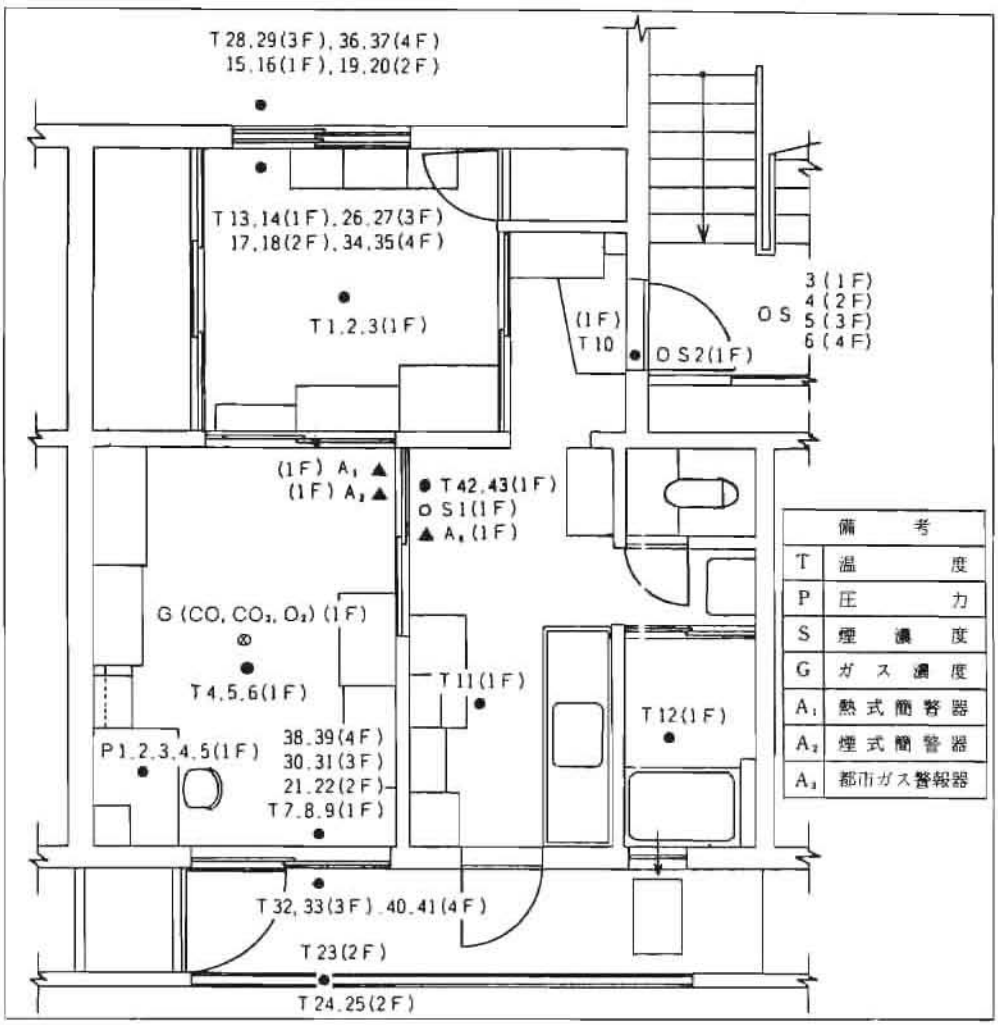

図2　計測点配置図

図3　計測点配置図（立体）

(5) ガス濃度

火災による室内の酸素，一酸化炭素及び二酸化炭素濃度の経時変化を調べるため，6畳間の中央（高さ150cm）の位置に銅パイプを設定し，ポンプの吸引により採取ガスを測定器に導入した。（図2参照）

(6) 簡易型火災警報器及び都市ガス警報器

簡警器（煙式）及び都市ガス警報器の実火災での作動状況を確認するために台所の鴨居に各1基を設定した。（図2参照）

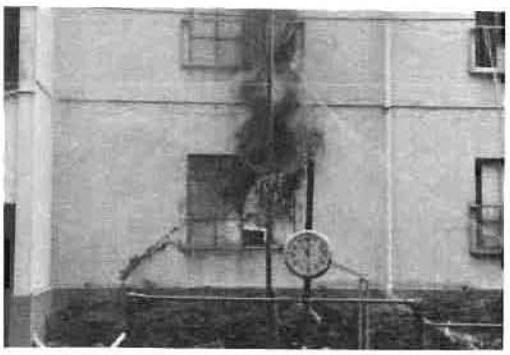

写真4　直上階への火炎の伸び（2分）（北側）

7. 測定結果及び考察

(1) 火災住戸における火災の延焼状況

ア．4.5畳間（火点室）の拡大状況

西側押入れの下段に組まれている点火用クリブに点火した直後から，その周囲に積載されている布団及びふすま，続いて押入れ上部の布団へと燃え移り，点火30秒で火災は天井に達している。点火40秒では天井モルタルが剥離落下し，1分では押入れの全体が炎に包まれている。

点火2分では燃焼が一段と激しくなり，東南東1.2m/Sの風がベランダ側から吹き込んでいることと4.5畳間北側ガラス窓が90cm開放されていることから，火炎がガラス窓の開放部から噴出し，2階ガラス窓中段にまで伸びている。（写真4参照）

点火2分30秒に玄関扉を開放すると濃煙及び熱気が排出され，6畳間の室内圧力は0.4mm Aqから0.2mm Aqに降下している。

4.5畳間の室内温度は玄関扉の開放後も上昇を続け，3分にはピークである924°Cに達し，その後増減を繰り返しながら800°C～900°Cの状態を保ち4.5畳間は火災の最盛期へと移行している。（図4参照）

この火災の拡大は通常の火災に比べ速く，その原因として次の事項が挙げられる。

(ア) 4.5畳間北側ガラス窓及び6畳間のベランダ側ガラス戸がそれぞれ90cm及び45cm開放されていたため，空気の供給が充分であったこと。

(イ) 風向風速が1.2m/Sで，風がベランダ側ガラス戸の開放部から吹き込み，燃焼を助長したこと。

(ウ) 点火2分30秒に玄関扉を開放したこと

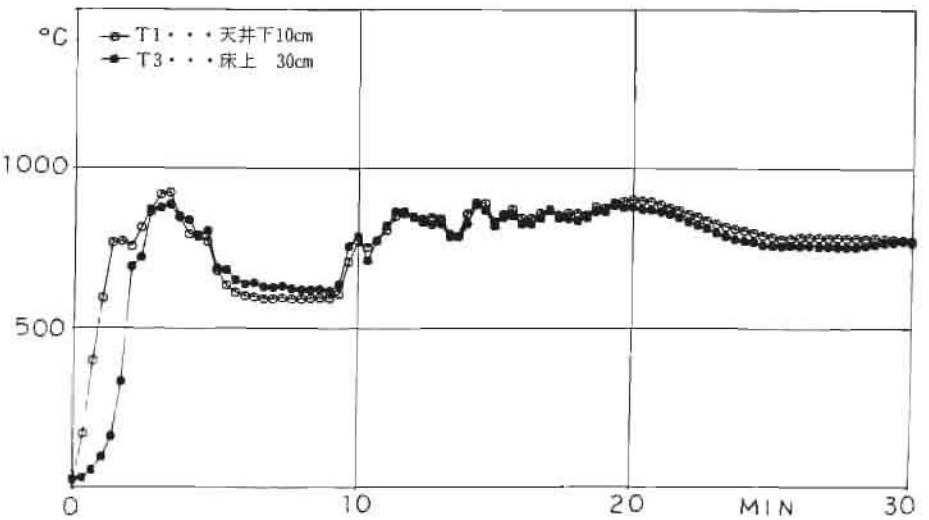

図4　温度測定結果（火災住戸4.5畳間）

により煙煙が排出されかつ空気の流通路がさらに拡大したこと。

イ　5階間の拡大状況

点火1分10秒に火災は5畳間天井に達し、1分30秒には天井モルタル剥離落下している。

また、点火3分頃から煙が天井に滞留をはじめ、2分には室全体に充満し、目視及び映像による状況把握は不可能になっている。

酸素濃度は点火前20.6％であったが、2分には0％となり、反面一酸化炭素及び二酸化炭素濃度が急速に増加し、計測器の測定限界である5％及び10％を超えこの状態が18分まで継続している。(図5参照)

一方、5畳間の室内圧力は点火と同時に上昇をはじめ、室開扉の開放時、一時的に降下したものの、4.5階間の燃焼の拡大にともなって再上昇している。また、5畳間ガラス戸の開放部には中性帯が発生している。

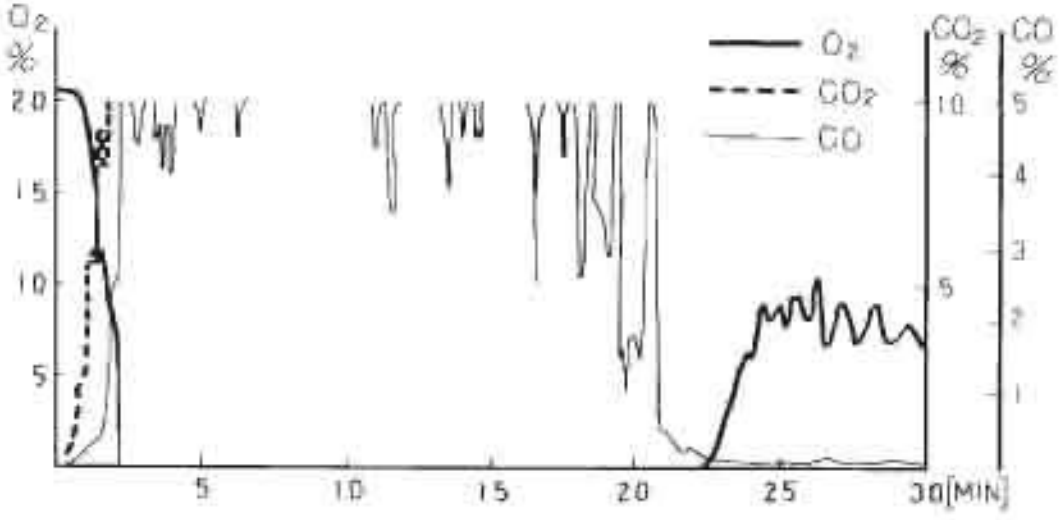

図5　ガス濃度測定結果

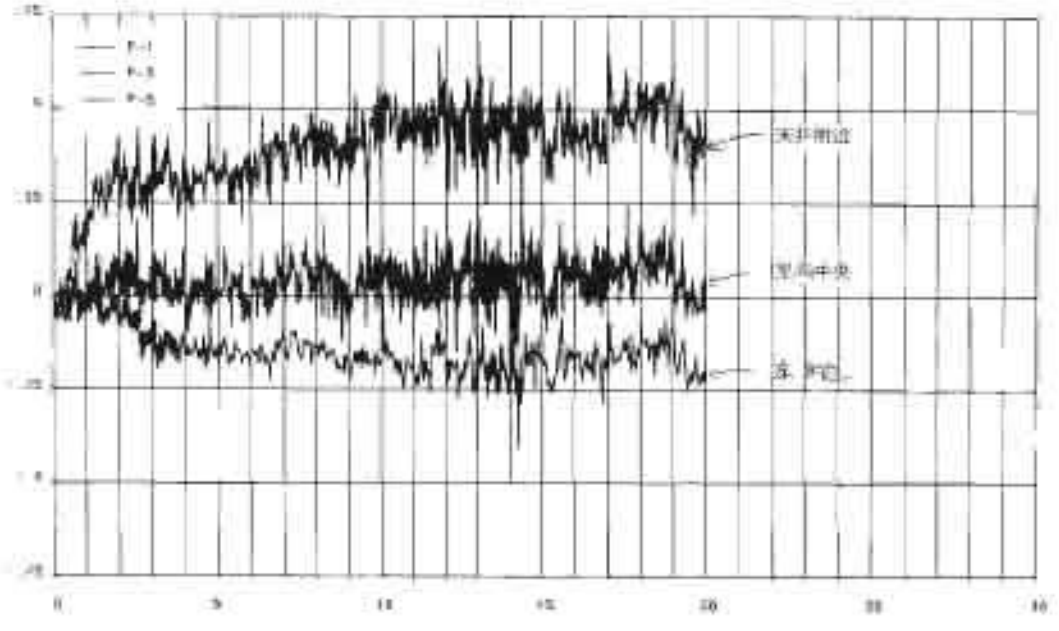

図6　圧力測定結果

（図６参照）

６畳間は，９分までは濃煙のため室内の状況把握は不可能であったが，その後室内下部の煙が排出され，室内東側のたんす及びテレビの燃焼が視認されている。点火９分の床面附近の温度は250℃に急上昇している。（図７参照）

６畳間の燃焼はその後，床面伝いに西側へ拡大し，点火16分には西側のたんす及び机等に着火し，20分には室内が全面火炎に包まれている。

これらのことから，火点室4.5畳間から６畳間へ延焼した時間は点火９分であると推定される。

昭和52年に実施した「プレキャスト・コンクリート建物火災実験」では，火点室から隣室へ延焼した時間は点火３分であり，この建物の天井が全て木質であったことが早期に延焼した原因とされている。今回の建物は，天井スラブの表面にモルタルを塗布しているだけであったので，点火１分10秒に火炎が６畳間天井に進入しているにもかかわらず延焼しなかった。

(2) 上階及び隣戸への延焼

ア．北側ガラス窓からの延焼

火点室4.5畳間の火災は，点火２分にはガラス窓開放部から噴出し２階ガラス窓の中段にまで伸び，２階はカーテン及び障子が変色をはじめている。

点火３分以後，火炎は２階ガラス窓下端以上に伸びることはなかったが，放射熱及び熱気等によりカーテン及び障子は炭化の程度を強めている。（写真５参照）

しかし，２階ガラス窓周辺の可燃物は着火することなく２階室内へは延焼していない。

この理由として，次のことが考えられる。

(ア) 火炎が長時間２階ガラス窓周辺の可燃物に接触しなかったこと。

(イ) 火災初期ではカーテンが放射熱及び熱気を遮ぎり，木材の着火温度まで温度が上昇しなかったこと。

(ウ) カーテン及び障子がくん焼を続け炎上しなかったこと。

(エ) ２階ガラス窓周辺には可燃物が少なかったこと。

さらに，２階4.5畳間の天井モルタルが剝離落下している。火炎は天井に接触していないので，放射熱のみによってもモルタルが剝離することが確認された。

３階及び４階の北側ガラス窓内側の温度はともに100℃以下である。（図８参照）

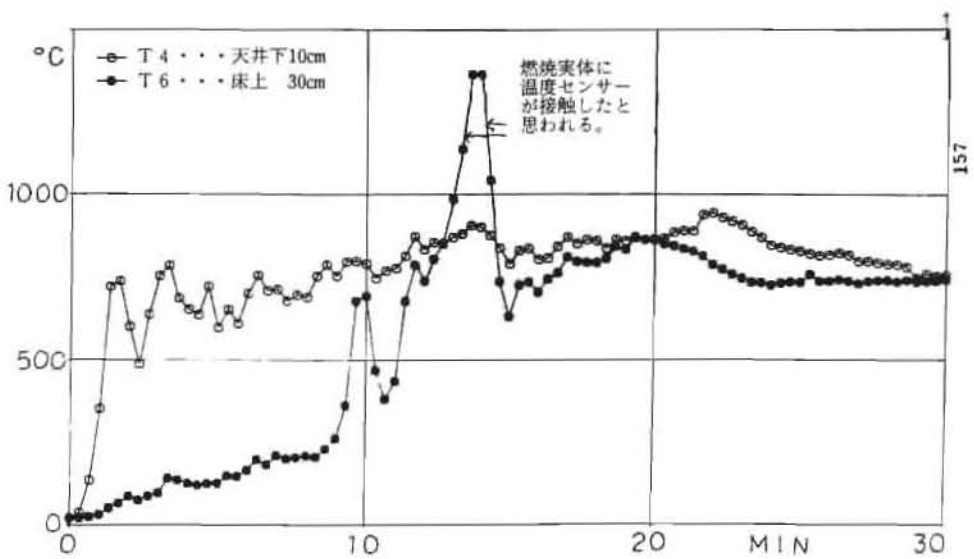

図７　温度測定結果（火災住戸６畳間）

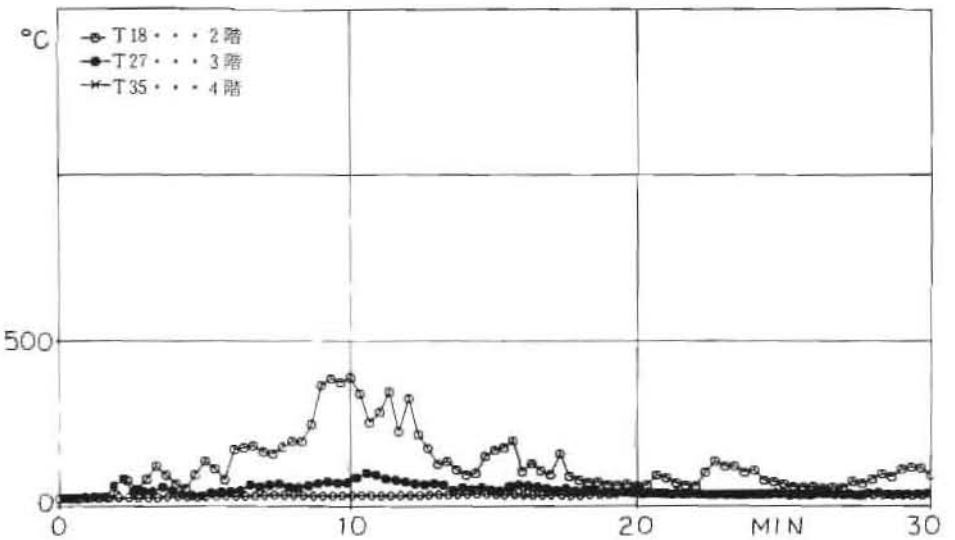

図8　温度測定結果(上階4.5畳間)

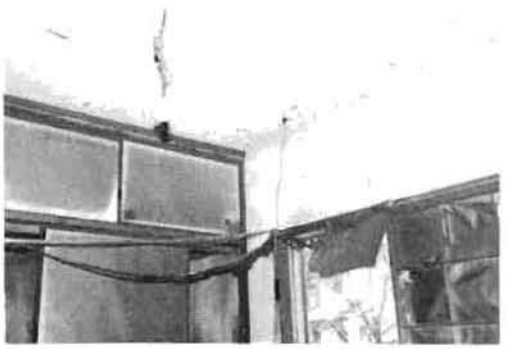

写真5　直上階4.5畳間の状況(北側)

写真6　直上階6畳間の状況(南側)

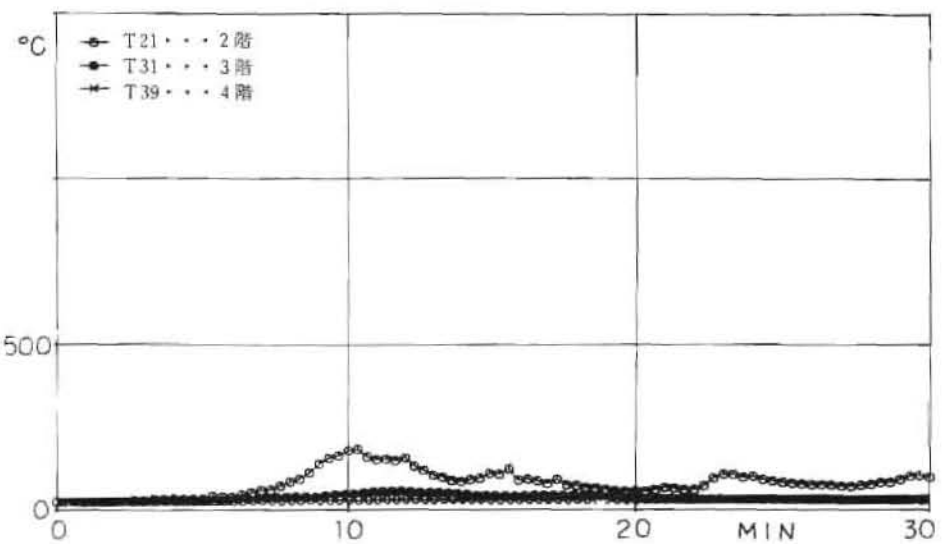

図9　温度測定結果(上階6畳間)

イ．ベランダ側からの延焼

2階ベランダの温度は点火19分まで100°C以下であり，20分に火炎がベランダに伸び布団の一枚に接炎したが炎上せずくすぶっている。

22分には，2階ベランダのダンボールが炎上し，そのため附近の布団が着火炎上している。

2階6畳間室内の温度は，実験終了時まで200°C以下であり木材の発火温度に達していないが(図9参照)，ガラス戸につけられたレースカーテンの一部が収縮し，かつガラスが破損している。(写真6参照)

3階の布団は媒が付着しているが着火はしていない。

また，3階6畳間室内の温度は実験終了時まで100°C以下である。(図9参照)

4階の布団は，1枚が点火28分に炎上しているが，これは火の粉によるものと考えられる。また，4階6畳間室内の温度は実験終了時まで50°C以下である。(図9参照)

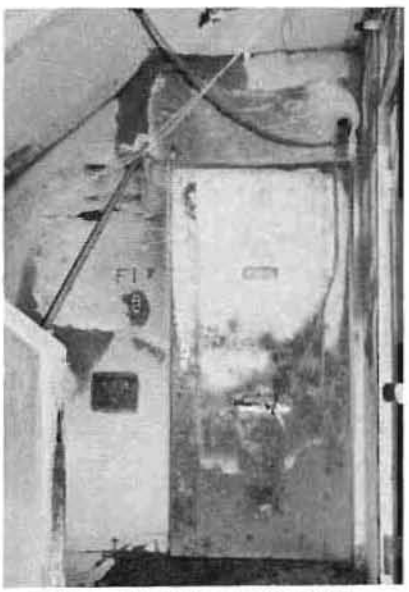

写真7　隣戸玄関扉の焼き状況

このように各階ベランダ側室内の温度が低くかった原因は，ベランダの張り出し効果により火炎及び熱気が直接ガラス戸へ吹きつけなかったこと及びガラス戸を閉鎖していたことによって，熱気及び火の粉の流入を防止できたことであると思われる。

ウ．隣戸への延焼

火点室の煙は，玄関扉を開放すると同時に大量に噴出し，また3分からは火炎も噴出をはじめ隣戸の玄関扉に吹きつけたが，鉄扉の表面塗装を焼きしたに留まり室内へは延焼していない。(写真7参照)

写真8　火災住戸床スラブ貫通部

このことから，隣戸の居住者が玄関扉を開放したままで避難すれば隣戸内への延焼は必至である。したがって，避難の際は住戸の扉を必ず閉鎖する必要がある。

エ．配管系からの延焼

2階台所の水道及び排水管は，床スラブを貫通し1階の台所へ下っている。

また，浴室及び便所の水道及び排水管は，壁体を貫通し階段室に集中している。配管は全て鋼管が使用され貫通部は完全に埋め戻しが施されているので，配管系からの延焼はない。(写真8参照)

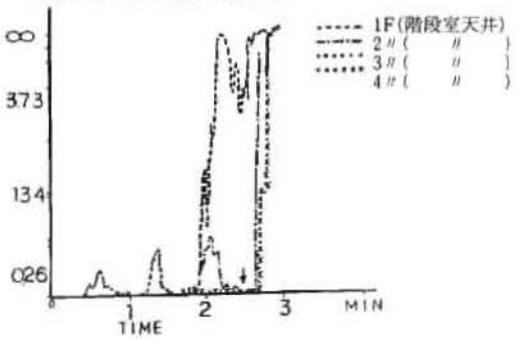

図10　煙濃度測定結果

(3)　フラッシュオーバー

一般に，フラッシュオーバーは可燃性ガスが室内に滞溜し，このガスが燃焼するに必要な酸素が供給され，かつ着火源があるときに発生する。

本実験では顕著なフラッシュオーバーは発生していない。その原因は，火災住戸の天井及び壁体に可燃性材質が使用されていないため，比較的可燃性ガスの発生が少なく，かつ開口面積を広くとったため，可燃性ガスが屋外へ流出し室内の滞溜ガスが少なかったためであると考えられる。

(4) 階段室からの避難

2階階段室は，玄関扉の開放とほぼ同時に濃煙が充満し，3階及び4階の階段室はそれぞれ7分及び9分で煙が充満している。(図10参照)

点火3分からは火災住戸玄関から火炎が噴出し，5分には2階階段踊場にまで伸び，この状態が20分まで続いている。

点火10分30秒には1階階段の壁体モルタルが剝離し，18分20秒には2階及び3階の階段室の壁体モルタルの一部も剝離落下している。

これらのことから，上階の居住者が階段室を使って避難することは不可能であると思われる。(写真9参照)

(5) 煙式簡易型警報器及び都市ガス警報器

ア．煙式簡警器

本器は不動作点が煙濃度（減光率）2.5%/mで5分以内，動作点が20%/mで1分以内という規格になっている。本実験では点火1分2秒に発報し，そのときの煙濃度は5.3%/mであり規格内で作動している。

イ．都市ガス警報器

都市ガス警報器は漏洩した都市ガスを検知し警報を発することが本来の使用目的であるが，火災時に発生する可燃性ガスを検知することによって火災警報器としての活用について検討するため測定を行ったものである。

本実験では都市ガス警報器を台所の鴨居に設置し作動状況を確認した。

その結果，点火46秒に発報し，この時のCO濃度は0.05%であった。

8. ま と め

(1) 本実験の特徴

ア．4.5畳間及び6畳間の天井・壁体は可燃性の材質でなかったこと，両室の間には55cmの垂れ壁があったこと及び6畳間から4.5畳間へ外気が流れていたこと等により，6畳間への延焼が遅延した。

イ．天井壁体に可燃性の材質を使用していないこと及び開口面積が広かったこと等により，比較的可燃性ガスの蓄積が少なく顕著なフラッシュオーバーが発生しなかった。

ウ．隣戸との界壁は完全に区画され，配管による床スラブ及び壁体貫通部は完全に埋め戻しがなされていたので，隣戸及び上階への延焼はなかった。

エ．火災住戸ベランダ側から噴出した火炎は，ベランダの張り出し効果により直上階の住戸内へ延焼はしなかった。

オ．2階ベランダに乾していた布団及びダンボールは，接炎し炎上したが量が少なく，かつベランダの幅が110cmと広いことから住戸内へ延焼はしなかった。

カ．火点室北側ガラス窓から噴出する火炎は，直上階北側ガラス窓中段まで伸びたが，カーテンがくん焼し障子が黒く変色したのみで室内へ延焼はしなかった。

キ．火災住戸の燃焼を30分間継続させたが，隣戸及び上階の住戸内には延焼しなかった。

ク．火の粉が飛び四階のベランダに乾していた布団に着火した。

ケ．火災住戸及び直上階の天井モルタル並びに階段室の壁体モルタルが熱により剝離落下した。

コ．玄関扉の開放により濃煙及び火炎が激しく噴出し階段からの避難は不可能となった。

(2) 消防対策上への提言

前(1)の特徴から消防対策として，次のこと

写真9 階段室の状況(北側)

が考えられる。

ア．各種配管はすべて不燃材を使用し，床スラブ及び壁体貫通部は完全に埋め戻しを施こす。

イ．ベランダ及び開口部周辺に可燃物を集積することは，上階への延焼危険を発生させ，かつ避難の障害となる。

ウ．玄関の扉は自動閉鎖装置をつけ，火炎及び煙の噴出を抑制する。また，自動閉鎖装置は常時機能するように維持する。

エ．上階の窓等開口部は，火の粉及び熱気等が流入し延焼する惧れがあるので閉鎖する。

オ．火災住戸に濃煙が充満しているときは，開口部を開放するとフラッシュオーバーが惹起することがある。

カ．天井・壁体モルタルは火災の熱により剝離落下するので，火点接近及び屋内進入に際しては十分配慮する。

キ．この建物の構造では，階段室から避難することが不可能となることがあるので，ベランダから隣接住戸へ避難できる二方向避難の措置を講じておく。

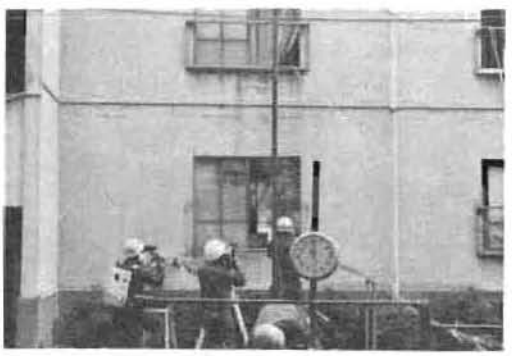

写真10　北側1分

写真11　南側1分

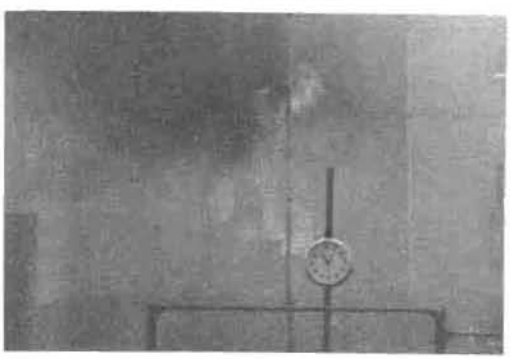

写真12　北側5分

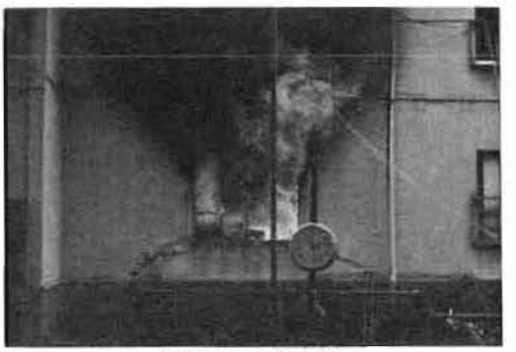

写真13　南側5分

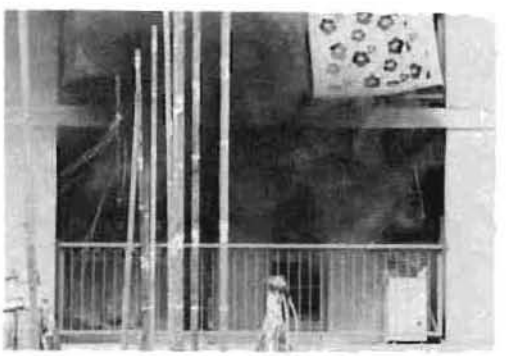

写真14　北側12分

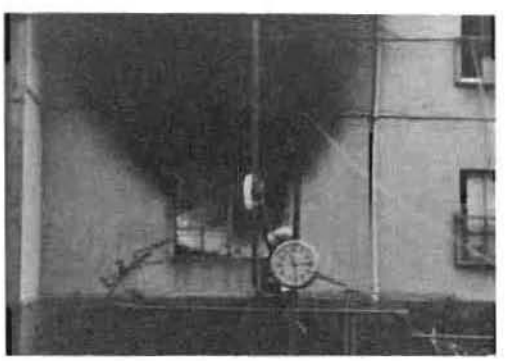

写真15　南側12分

写真16　北側15分

写真18　北側22分

写真17　南側15分

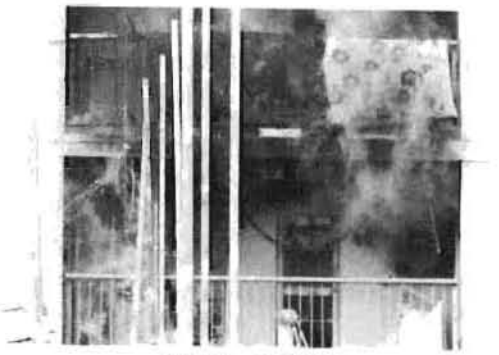

写真19　南側22分

本実験において，以上の結果が得られたので建築同意・立入検査及び消防活動並びに関係業界・住民指導等に際して十分な活用を望むものである。

最後に，北側及び南側の火炎の状況を写真10～写真19で示す。

9．むすび

本実験は，自治省消防庁消防研究所と消防科学研究所の各研究室が合同実験とそれぞれのテーマを持ち寄り参画したものであり，そのテーマの一部を掲載しました。実験に際して深川消防署の御協力を戴き，ここに感謝の意を表します。

参考文献

1) 北原覚一：木材物理
2) 消防用語事典：全国加除法令出版
3) 神　忠久：消防研究所報告
4) 川越・長谷見：第10回安全工学シンポジュウム予稿集
5) 東京消防庁消防科学研究所：プレキャストコンクリート住宅火災実験結果報告書
6) 浜田　稔他：改訂　建築学大系21巻
7) 東京消防庁火災予防対策委員会：東京海上ビル火災実験報告書