

事務所の避難安全設計火源に関する研究

Design Fire Growth Model for Evacuation Safety Assessment in Sprinklered Office Buildings

佐藤 博 臣 栗岡 均 矢代 嘉郎¹⁾
掛川 秀史¹⁾ 笠原 勲²⁾ 池島 由華²⁾

要 約

2000年6月に建築基準法に性能規定が導入された。火災安全設計においても、可燃物を設計外力として避難安全性や耐火性能を評価する設計ルートが新設された。しかしながら、設計外力として国土交通省告示に例示された可燃物密度では、事務所ビル用途に限定しても、特に避難安全検証用設計火源としてプラスチック系可燃物の増大していることやスプリンクラー設備が普及していることなど現実を反映していない。そこで、事務所ビルの可燃物の実態と代表的な可燃物の燃焼特性把握、スプリンクラー設備の火災抑制効果把握の実験を行った。

目 次

- I. はじめに
- II. 事務所ビルの可燃物調査
- III. 代表的な可燃物の燃焼特性把握実験
- IV. スプリンクラー設備の火災抑制効果把握実験
- V. 今後の課題

I. はじめに

2000年6月に建築基準法に性能規定が導入された。火災安全設計においても、可燃物を設計外力として避難安全性や耐火性能を評価する設計ルートが新設された。

しかしながら、設計外力として国土交通省告示に例示された可燃物密度に基づく設計用火源には、事務所ビル用途に限定しても特に避難安全検証用設計火源として、1) パソコンや椅子などにプラスチック系可燃物の増大が反映していないこと、2) スプリンクラー設備の高い奏功率の現実が適正な評価方法や火災抑止効果に関するデータの不在の理由で反映されていないことが指摘される。

そこで、OA化の進んだ事務所ビルの可燃物の種類・配置・量などの実態とそこで得られた代表的な可燃物およびその組み合わせについての燃焼特性把握、ならびに実大配置の可燃物を用いたスプリンクラー設備の火災抑制効果把握の実験を行った。

本文では、調査結果のうち、特に今回の改正で新設された性能の避難安全設計の資料として活用することを目的とし、火災初期における事務所内可燃物の種類・配置・荷姿・量の実態とそれらの燃焼挙動やスプリンクラー設備の火災抑制効果を考慮した設計用火源を導く過程の研究成果について報告する。設計用火源の提案、それを設計に採用する場合の信頼性の実態や設置空間の影響などの基本的な要件についての調査結果は次回に報告する予定である。

II. 事務所ビルの可燃物調査

1. 調査の概要の意義

火災初期の燃焼挙動に関して、新しい建築基準法では、設計用標

準火源として発熱速度 Q を、可燃物の重量と表面積に係わって求める α と時間 t の2乗の関数 $Q = \alpha t^2$ の関数で表し、空間用途によって代表種類の α 値を規定している。しかし、実際の火災に寄与する可燃物は、事務所ビルに係わる空間に限定しても、業態など執務内容や机配置、机1個当たりの専有床面積の大小、OA化の進行状況などオフィス近代化の程度によって異なる。空間の利用実態を反映させたより合理的な安全設計を進めるためには、きめ細かな実態調査が重要であると考えた。既往の可燃物調査は、耐火設計のための可燃物重量や表面積に係わるデータが中心を占め、かつデータの分析も室空間の平均で表し、特に火災初期を支配する可燃物の種類・荷姿、配置などの情報をより細やかに表現する机単位など火災発生個所近傍の詳細なデータが不足している。

そこで、本調査では火災初期の燃焼に寄与する可燃物の実態についてできるだけ詳細に調査することとした。さらに、これらの調査を合理的に推進するための方法についても検討した。

可燃物調査は1999年7月～9月に都内の6棟の建物で計36区画(延べ面積8753.4 m^2)で行われた。このうち、執務空間は29区画(事務系執務室16区画、技術系執務室13区画)である。

2. 調査方法

事務所は技術系(主として個人単位で書類、資料を保有することの多い執務形態)・事務系(主として書類、資料を共有して書棚などに収納することの多い執務形態)など執務の業態や形態によらず、どの調査対象でも、調査区画内に利用者個人が占有する領域と共同で利用している領域が存在した。

そこで本研究では、調査区画を事務系・技術系と大別した上で、さらに執務空間(事務机を基準とし、机利用者が占有する領域)と共有空間(打合せ空間、ロッカー、キャビネット、コピー機等、共同利用を前提とした領域)に分けて調査し、空間単位(従前の表現に準拠)と新たに机回りの燃えやすさの表現を意図した机単位との2種類に分けてそれぞれ分析することとした。ここでは、可燃物重量や表面積などをこれまでの研究との連続性の関係から従来同様に以下のよう

に定義し、調査結果を整理した。

1) 清水建設技術研究所、2) 大成建設技術センター

キーワード：事務所ビル、避難安全性評価、
設計用火源、スプリンクラー設備、実大火災実験、
可燃物調査

・可燃物密度 (w_1')

可燃物の種類や収納状態を考慮せずに、室内の可燃物の総重量を床面積で除すことにより得られた値である。

・露出表面積

可燃物を直方体とみなして壁や家具に接している部分や不燃性家具に密閉されているものを除外した表面積である。

・火災荷重 (収納状態考慮) (w_2)

可燃物の発熱量はその種類だけでなく、形状、収納容器の種類、収納状態などによって異なる。このことを考慮し、個々の可燃物重量に所定の定数を乗じた値の和を床面積で除すことにより得られた値である。避難計画や煙制御設計用として初期火災の予測に活用。

・火災荷重 (収納状態考慮せず) (w_2')

プラスチック系可燃物の重量を木質系に換算した可燃物重量の和を床面積で除すことにより得られた値である。主として耐火設計用として盛期火災の予測に活用。

調査は、火災初期の可燃物の燃焼に対応するために家具や可燃物の量・材質以外に置かれ方や配置状況についても行われたが、ここでは燃料支配燃焼時の主要因である可燃物重量と可燃物の露出表面積を中心に紹介する。調査は以下の3とおりの方法で行なった。

①詳細法：調査区画内にある可燃物について寸法を巻尺、重量は台秤を用いて1個ずつ測定し記録する方法である。また、測定が困難なものについては、メーカー名、型番を記録し、調査後にカタログや同種の物品の密度から重量を算出した。②簡易法A：書類および書籍の重量に関しては、原則としてA4判とみなし、単位厚さ当たりの重量に測定厚さを乗じて算出した。調査結果から単位厚さ当たりの重量は書類で35kg/m、書籍で44kg/mを採用し、他に段ボールの単位体積当たりの重量として273kg/m³を採用した。また、パソコンやコピー機等の物品については詳細法と同様の扱いとした。

③簡易法B：執務空間では調査区画内の事務机を同一測定者の目視により、可燃物量に応じて3種類に分類し、各々、台数を記録しておくとともにその中の典型的な1台について簡易法Aの手順を用いて測定した。また、共有空間については簡易法Aと同様の手順で調査を行った。

3. 調査結果

(1) 可燃物の実態

(a) 結果の概要

事務系、技術系執務室の各空間の差は、上記のいずれの火災荷重で比べても10kg/m²程度であり、技術系執務空間の方が多かった。今回の調査結果では、オフィス空間はOA化が推進され、パソコン等OA機器が各机に配置されていたことに加えて、オフィス什器にプラスチック系可燃物が多用されるとともに、可燃性素材のパーティションも用いられていた。また、机単位の火災荷重 (机一台当たりの量で整理) は、空間用途別事務系で14.2~47.9kg/m²、技術系で20.5~85.1kg/m²で局部的に可燃物が集積していた。ここで机1台当たりの平均床専有面積は3m²であった。

(b) 可燃物密度

1982(昭和57)年建設省建築研究所が行った調査結果では、盛期火災時の設計外力を特定する立場で可燃物の諸因子を捉えている。そこで収納状況を考慮していない盛期火災用の算定法による火災荷重

も加えてTable 1とした。

今回の調査結果では、可燃物密度、収納を考慮した火災荷重、収納を考慮しない火災荷重といずれも過去の調査結果を大幅に上回っていた。その理由としては、過去の調査時はパソコン等のOA機器が少数しか存在していないが、現在では急激に情報化が進み、パソコンも個人で1台以上所有する傾向が強くなっていることが考えられる。ただし、OA機器内の不燃物と可燃物重量の割合が不明のため、ここではパソコンの重量の1/2を可燃物重量として取り扱った。すなわちパソコン1台あたりの重量が約30kgであるため、可燃物重量として1台あたり15kgを加算することとした。パソコン等のOA機器の導入に伴い、関連する周辺機器 (プリンター、MOドライブ等) が多く存在し、これらも可燃物量の増加に影響していると考えられる。OA機器の普及により、一見ペーパーレスが進み、全体として可燃物量が減るように思われたが、ペーパーレス化は進んでおらず、むしろ増加傾向にあった。しかし、それらの増加がそのまま初期火災危険に直結するとは考えられないことから、後述の具体的な配置による燃焼実験で火災危険への寄与を再評価することとした。

(c) 露出表面積

1982年調査では、換気支配型燃焼の支配因子である可燃物重量のみに着目し、露出表面積は算出されていない。一方燃料支配型燃焼も考慮する予測モデルへの対応として1993年に油野等の行った調査では事務系執務室2室のみの結果が表面積係数の形で示されている。これによると表面積係数は0.03~0.04[m²/kg]であり、本調査結果とほぼ同一の値であった。

Table 1 既往の調査結果との比較
(Comparison Between Previous Survey and ours)

執務室種類		1982年調査	本調査
事務系	w_1'	13.8~33.4 (24.9) [13.8~53.2 (29.3)]	18.3~48.4 (34.7)
	w_2	9.9~18.8 (14.0) [9.9~34.7 (17.1)]	6.0~31.3 (24.1)
	w_2'	14.4~34.9 (25.7) [14.4~54.2 (30.1)]	22.4~52.0 (38.9)
技術系	w_1'	30.0~41.0 (34.6)	36.8~78.1 (59.3)
	w_2	17.0~30.1 (22.3)	28.8~59.6 (45.7)
	w_2'	30.8~42.4 (35.6)	43.3~82.8 (65.6)

[]は広報関係2室を含めた値 (括弧内平均値 単位: kg/m²)

(d) 木質系可燃物とプラスチック系可燃物の比率

Table 2に調査を行った調査区画全体 (執務空間+共有空間) における全可燃物におけるプラスチック系可燃物の割合およびプラスチック系可燃物におけるOA機器類 (パソコン本体、モニタ、および周辺機器) の割合を示す。執務空間ではプラスチック系可燃物の利用は増大していた。収納状況を考慮した場合 (初期火災用)、技術系は30%程度、事務系は40%程度が、また収納状況を考慮しない場合 (盛期火災用) は事務系・技術系問わず概ね30%程度がプラスチック系可燃物であった。また、プラスチック系可燃物におけるOA機器類の割合は執務空間においては初期・盛期を問わず50%以上の割合であった。一方、共有空間では、技術系執務空間では約45%であるのに対して、事務系執務空間では約25%と小さくなっていた。

1982年調査では、全可燃物量に対するプラスチック系可燃物の

割合は最も多い場所でも5%程度であった。この調査時点では、プラスチック系可燃物は椅子やソファのシートやクッション材に限られていたが、今回の調査では、パソコンやその周辺機器がプラスチック系可燃物の大部分であった。

Table 2 プラスチック系可燃物の割合
(Rate of Synthetic High Polymer System Combustibles)

火災フェーズ	空間種別	事務系執務室		技術系執務室	
		割合1	割合2	割合1	割合2
初期火災	執務空間	44.8	50.6	32.6	57.6
	共有空間	39.9	27.4	28.2	45.5
	合計	42.0	41.0	29.1	57.1
盛期火災	執務空間	32.0	51.0	27.1	57.1
	共有空間	15.1	25.9	13.9	45.4
	合計	21.0	41.7	17.3	52.1

割合1:全可燃物中のプラスチック系の割合(%)
割合2:プラスチック系中のパソコン類の割合(%)

(e) 執務空間と共有空間

事務系、技術系を問わず、執務空間の可燃物量が多くなると、共有空間の可燃物量は小さくなる傾向が見られた。

(2) 可燃物調査の方法の比較

可燃物調査の方法としては詳細法(全数重量測定)、簡易調査法A(ファイルメータ当たりの重量をベースに換算)、同B(可燃物配置の混雑さについて調査区画を目視により3種類のレベルに分類し、それぞれの代表を簡易法Aによって重量計測して合計を推算)の3種類について検討した。

可燃物重量だけではなく、対象とする空間内部の可燃物の種類・配置や荷姿、収納保管の方法などのデータを効率的に収集するためには、局所的な火災拡大危険を評価するための机周辺を単位とする場合には簡易調査法Aが、また区画単位の火災危険を評価する際に利用するデータとして可燃物量を求める場合には簡易調査法A、Bが短時間に多数のデータを収集できる有効な方法であることを確認した。Fig.1に調査方法の精度比較を区画単位の可燃物重量と露出表面積について例示する。

4. まとめ

プラスチック系可燃物が増大した事務所ビルの可燃物実態を整理した。その結果今後の課題として、増加した個々の可燃物の配置を考慮した燃焼特性についての実験的な把握が必要と判断した。

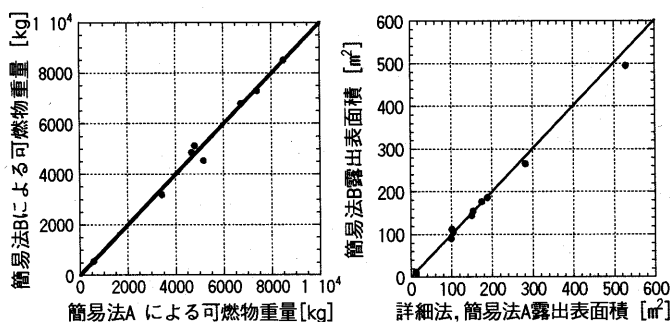


Fig. 1 調査方法精度比較(左:可燃物重量 右:露出表面積)
(Accuracy Comparison between Survey Methods
(Left:Combustible material Weight, Right:Surface Area))

本調査の結果、プラスチック系可燃物の増大を考慮し、執務空間内の可燃物表面積係数 Φ は、油野らの(1)式を修正し、(2)式を提案した。

$$\Phi = 0.54(W1)^{-2/3} \quad (1)$$

$$\Phi_{\text{eff}} = 0.86(W2)^{-2/3} \quad (2)$$

III. 代表的な可燃物の燃焼特性把握実験

1. 実験の目的

前節の可燃物調査に基づき代表的な家具について、家具単体の燃焼性状を把握する目的の単体可燃物燃焼実験(以降:単体実験)および机、椅子、パソコン、書類など机1台あたりの可燃物標準モデル(以降:机1ユニット)を燃焼させ、複合体としての燃焼特性を把握するための複合可燃物燃焼実験(以降:複合実験)を計39回実施した。

これは将来この種のデータ取得に際して、実物大の複合実験を行うことの金銭的な制限・困難さを解消する目的で、実物単体の実験結果から実際の利用状況での燃焼特性を推測できれば良いとの目論見で、同じ種類の可燃物を積み上げてその関連を検討したものである。

ここでは、そのうち複合体についての実験結果について報告する。

2. 実験概要

(1) 実験装置および測定項目

実験は東京理科大学火災科学研究所実験棟の燃焼実験装置で行い、酸素消費法により発熱速度の算出を行った。測定項目を以下に示す。

- ・温度
- ・気流速度
- ・ガス濃度
- ・重量減少
- ・放射熱量

(2) 実験条件

可燃物が複合した火源の初期拡大については、可燃物の量、種類、配置、着火源の種類・大きさ・継続性(エネルギー量)が支配因子になる。そこで、実態に基づき設定された可燃物重量の異なる大小2種類(複合A(大)、B(小)は技術系執務室の机1ユニットである)の机1ユニットの複合実験を実施した。実態調査によると机、椅子、パソコン等は多くの机に共通して存在しているため、机1ユニットあたりの可燃物量の差は基本的には書類・書籍量の違いである。例として複合Aの試験体配置状況をFig.2に示す。Table 3に実験に用いた試験体を示す。

(3) 着火源

本実験では、事務所火災の統計から判断して、たばこの吸い殻からゴミ箱内の可燃物に着火し、火災に至るシナリオを想定した。単体、複合実験ともにTable 4に示すゴミ箱を着火源とした。ゴミ箱への着火は固形アルコールを用いた。ゴミ箱内の詰物量は、可燃物調査を行った事務所のゴミ調査結果を参考に決定した。ゴミ箱の燃焼による発熱速度の最大値は約50kWであった。なお、着火源の位置は、単体実験ではTable 3

Table 3 複合実験試験体
(Composition of Test Specimen)

試験体種類	実重量(kg)		単体着火源位置
	複合A	複合B	
a 机	34.4	34.4	下
b 椅子 ¹⁾	7.0	15.2	下
c パソコン ²⁾	20.4	34.4	脇
d ワゴン	22.9	22.9	前面
e 電話	0.7	1.2	脇
f 書類・書籍	140.0	55.0	—
g ゴミ箱	0.5	0.5	—

Table 4 着火源
(Ignition Source)

容積	7.4リットル
重量	0.3kg
材料	ポリプロピレン製
詰物	ダンボール0.2kg
総重量	0.5kg

- 1) 肘掛:複合A-無、複合B-有
2) モニタ:複合A-15inch、複合B-17inch

に示す位置にゴミ箱を設置し、複合実験ではワゴン前面10cmにゴミ箱を配置し着火した。

3. 実験結果および考察

各試験体の単体毎の発熱速度を Fig.3 に示す。ワゴン以外は着火源の発熱速度を引いた結果である。ワゴンは天板や表面のコーティング材が燃焼した。椅子は着火後の火災成長は早く、肘掛けのある椅子の最大発熱速度は約800kWであった。パソコン本体およびモニター、机は着火源がゴミ箱程度では激しい燃焼に至らなかった。

Fig.4 に複合A, Fig.5 に複合Bの可燃物燃焼実験の発熱速度を示す。Fig.4 には複合Aの延焼過程についても併記した。

複合A実験では、ワゴン前面が火災で覆われ、椅子座面横に約330秒に延焼した(1)。その後パソコンに着火し(2)発熱速度は上昇を続けた(3)が、椅子の脚が融解し傾斜し(4)一旦発熱速度は減少した。椅子は燃焼を続け発熱速度はピークに達した。その後椅子は倒壊し(5)、1ユニットの燃焼も減衰に向かった。

複合Aと複合Bでは、最大発熱速度は可燃物総重量が少ない複合Bが大きい結果となった。複合Aと複合Bでは椅子肘掛けの有無が異なる。単体実験では肘掛けのある椅子の最大発熱速度は、肘掛け無しと比較し約2.6倍大きい。この差は、椅子の種類の違いによる。

また、Fig.4, Fig.5 には単体毎の発熱速度および単体毎の発熱速度を合計した結果を示す。この図には、単体実験で燃焼に至らなかった試験体(机、パソコン、書類、電話)は含んでいない。なお、単体合計の各試験体の着火時間は、複合実験で各試験体に延焼した時間を写真から読み取り決定した。同図より、単体合計の発熱速度の立ち上がりは複合と類似した結果となった。しかし、発熱速度のピーク値、総発熱量に差が生じた。この違いは、複数の可燃物が燃焼した場合、それぞれの燃焼体から相互に放射熱を授受した相乗効果による熱分解と燃焼の促進によるものと考えられる。

Fig.6 に複合Aの燃焼範囲と発熱速度の関係を示す。A区間の燃焼範囲はワゴンと椅子であり、ほぼワゴンと椅子の発熱速度の合計である単体合計の火災成長と類似している。パソコンは表面材やワゴンとの位置関係から椅子の燃焼が激しくなった時に着火した。これは単体合計の椅子のピークともよく一致する。書類・書籍へは机ユニット全体に火災が拡大した時点で延焼した。机1ユニット燃焼の成長段階では、ワゴン、椅子、パソコンのプラスチック系材料の燃焼が支配的である。

本実験の火災シナリオではワゴン→椅子→パソコンと順に延焼し、発熱速度の最大値は机1ユニット全体に火災が拡大した時点で現れた。単体実験データから机1ユニットの複合燃焼を推定する際には、可燃物の材料、位置関係にもよるが、今回の実験結果と延焼拡大経路の特徴を利用して、重ね合わせた実態を推定できることの可能性が窺われた。

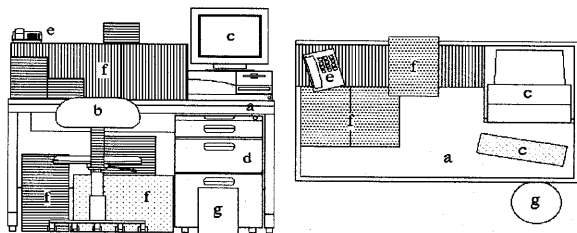


Fig.2 複合A試験体配置状況(左:立面図 右:平面図)
(Sample No.A Components Arrangement)

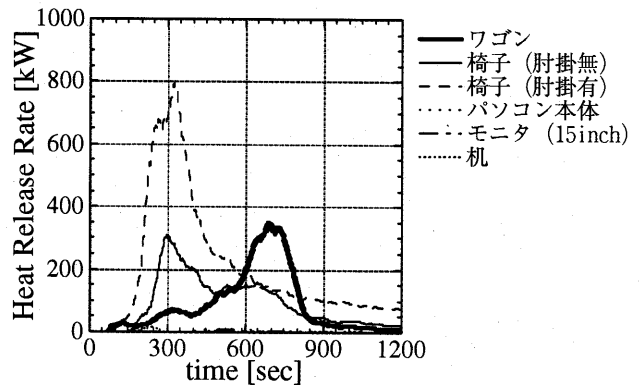


Fig.3 各試験体の発熱速度
(Heat Release Rate(Combustible Samples))

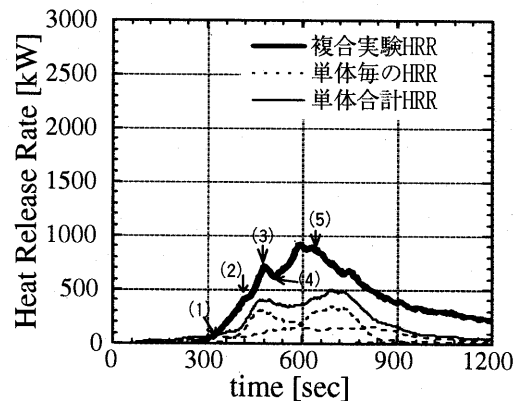


Fig.4 複合Aと単体毎の発熱速度
(Heat Release Rate(Sample No. A and Each Components))

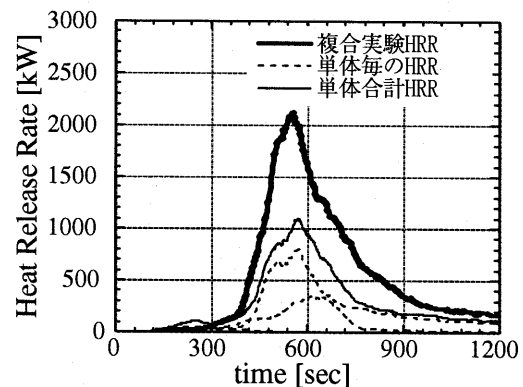


Fig.5 複合Bと単体毎の発熱速度
(Heat Release Rate(Sample No.B and Each Components))

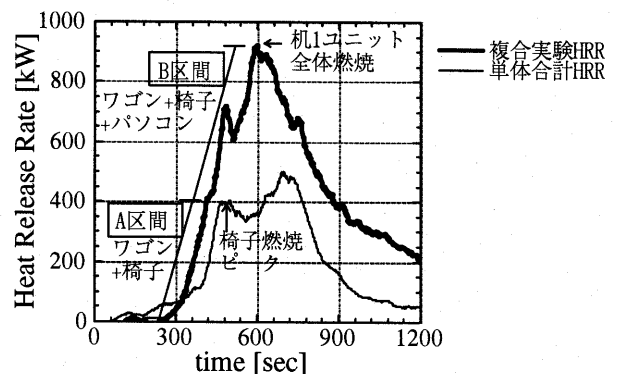


Fig.6 複合A燃焼範囲と発熱速度
(Heat Release Rate and Burning Area of Sample No. A)

4. まとめ

事務所机1ユニットの燃焼拡大の初期段階では、書類などの木質系可燃物よりもプラスチック系可燃物の燃焼が支配的であることが明らかとなった。単体実験データの重ね合わせについては、ワゴンと椅子が燃焼している段階の発熱速度は複合燃焼と類似した結果となった。今後は、単体実験で燃焼に至らなかったパソコンなどの試験体等についてさらに大きな外部放射を与える実験を行なう必要がある。

Ⅳ. スプリンクラー設備の火災抑制効果把握実験

1. 実験の目的

事務所ビルでのスプリンクラー設備の火災抑止効果を考慮した避難安全設計火源を構築するため、スプリンクラーヘッド作動時における複数の机が配置された現状の事務室空間での初期火災性状を把握することを目的としてnヘプタンや木材クリブでの基本延焼特性把握実験を含め、机4ユニットまでの燃焼・火災抑制効果確認実験を独立行政法人消防研究所内に構築した実験区画において計83回実施した。

2. 実験計画

(1) 実験区画

実験区画の概要をFig.7, Fig.8に示す。区画の南・西面は、鉄板、断熱材を積層した壁で構成されている。北・東面は、床面から高さ約1.4mの開口を設け、高さ0.9mの垂れ壁を設置した。南・西面に幅1.1m、高さ0.6mの排煙ダクトを設置した。区画内に、高感度型スプリンクラーヘッドを4箇所設置し、1箇所当たりの放水圧力は0.1MPa、散水量は80L/minとした。

(2) 測定項目・測定方法

酸素消費法により試験体の発熱速度を測定するため、ダクト内に排気ガスサンプリング管、熱電対、湿度計を設置した。 O_2 濃度、 CO 濃度、 CO_2 濃度の測定は、ガスを除湿処理した上で、分析機器への吸引、分析機器出力の時間遅れ(70秒)の補正を行なった。実験区画の中央および隅角部の軸上、およびスプリンクラーヘッド近傍の天井面に、シーstype K熱電対を設置し、実験区画内の温度を測定した。全ての測定データは、データロガーを介して、1秒間隔で記録を行った。

(3) 燃焼試験体

燃焼試験体は、実態調査に基づき、技術系・事務系の2パターンに分類し、執務空間の机ユニット単位で可燃物量と配置をモデル化して設定した。可燃物の構成をTable 5に示す。机、椅子等は、ABS等のプラスチック系材料を主とした製品を用いた。

実験条件をTable 6に示す。机4ユニットは、日本で最も一般的である対向式レイアウトとし、スプリンクラーヘッドからの水平距離が最も遠くなるよう、区画中央部に設置した。机1ユニットのケースは、机ユニットAの位置に机を配置した。

(4) 実験手順

収容物として0.2kg(0.1m×0.3m×13枚)の段ボール紙を含んだゴミ箱を出火源とした。メタノールを主成分とする固形燃料7.5g(燃焼時間約5分)を発火源とした。

スプリンクラー設備を作動させるケースでは、安全側の条件として、ヘッドの溶融により、ヘッドSP3のみを作動させた。放水継続時間は、20分間とした。燃焼ガスの測定を行なうために排煙機を起動し、30,000m³/hで区画内の排気を行った。

3. 実験結果・考察

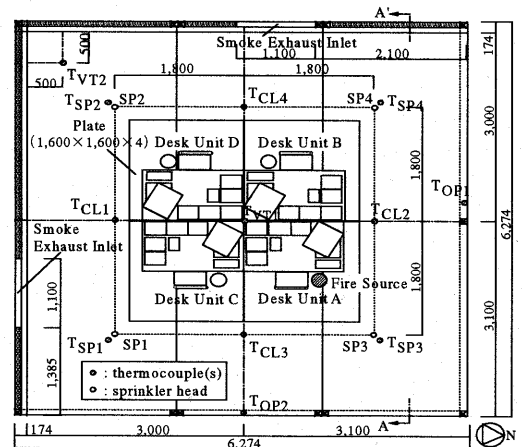


Fig. 7 実験区画平面図
(Plan View of Test Facility)

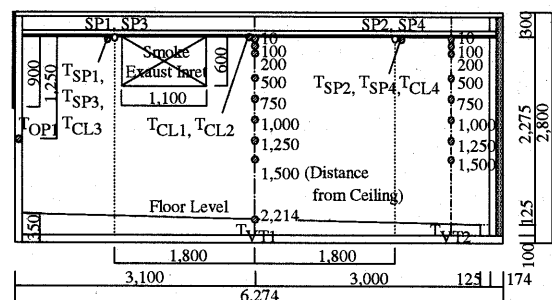


Fig. 8 実験区画断面図
(Section View of Test Facility)

Table 5 机1ユニットあたりの可燃物構成
(Items of Combustible Materials in Single Desk Unit)

可燃物の種類		技術系	事務系
a	事務机 (机幅: 技術系1.4m, 事務系1)	42.1	35.4
b	デスクワゴン	23.9	23.9
c	ローバック 事務用椅子	肘なし 肘あり	11.1 — 13.9
d	電話機	電話機	0.7
e	ゴミ箱		0.6
f	コンピュータ	デスクトップ型 ラップトップ型	11 — 3
g	キーボード		1.2
h	CRT (17インチ)		18
i	デスクパーティション (高さ0.45m)		8
j	書類 (A4紙)	机上 机下 ワゴン内	55 25 10 15
k	ダンボール箱 (書類含む)		30
合計		271.6	149.3

表中の数値は不燃部材を含めた総重量を示す。(単位: kg)

Table 6 実験条件 (Experiment Condition)

ケースNo.	机ユニット型	机ユニット数	スプリンクラー
2	事務系	4	×
4	技術系	4	×
6	事務系	4	○
8	技術系	4	○
12	技術系	1	×

各ケースでの発熱速度の時間変化をFig.9, Fig.10に、最大発熱速度、スプリンクラーヘッド作動時の発熱速度をTable 7に示す。

(1) 火災成長段階での燃焼性状

着火後、燃焼がピークに至る成長段階での発熱速度の時間変化を以下の式でモデル化し、最小二乗法により火災成長率 α を算出した。

$$Q(t) = \alpha(t - t_0)^2 \quad (3)$$

$Q(t)$: 発熱速度 (kW), α : 火災成長率 (kW/s²), t : 着火後の経過時間 (s), t_0 : 机・椅子への着火の時間遅れ(s)を示す。

算出結果をTable 7に示す。出火源から周辺可燃物に燃え移るまでの時間遅れは、可燃物の配置条件の影響を受けることから、ごみ箱から机・椅子に着火するまでの時間遅れを考慮した。 t_0 は、目視観察の結果をもとにケース毎に設定した。

火災成長率は、0.011~0.017で、可燃物量や机ユニット数等の実験条件の違いによるばらつきは少ない。本実験では、着火方法および着火物周辺の可燃物配置が同じ条件であったことが影響していると考えられる。なお、各実験終了後の目視観察では、書類は周辺部のみが燃焼して大部分が燃え残っていたのに対し、家具を構成するプラスチック系材料は、残余物が少なかった。これより、書類などの木質系可燃物量の違いは、初期段階での燃焼拡大にあまり寄与せず、プラスチック系可燃物の配置の影響が大きいものと判断できる。

(2) 自由燃焼時の最大発熱速度

事務系と技術系を比較すると、ピーク発熱速度の継続時間は、事務系に比べて技術系机ユニットの方が長い。これは、机上のデスクトップ型パソコンを介して、順次延焼拡大していく影響であると考えられる。

机ユニットが4ユニットに増えた場合、最大発熱速度は約20%増加し、ピーク発熱速度が約10分間継続する。発熱速度は、ユニット単体では椅子の燃焼最盛期で最大となり、複数ユニットではユニット2個が燃焼した時点で最大となる。今回の実験では、机4ユニットを配置したが、現実の事務所空間を対象とした場合は、机ユニットがさらに連続して配置された場合の机間の延焼拡大について検討する必要がある。

(3) スプリンクラー設備作動による火災抑制効果

ケース6, 8では、ヘッドの近傍温度が90~100℃に達した段階でスプリンクラー設備が作動し、最大発熱速度は概ね500kW以下となっている。ヘッド作動時点の燃焼範囲は、出火ユニットの椅子・ワゴン・キーボードであった。スプリンクラー設備が作動すると、最大発熱速度は作動時の発熱速度をやや上回るものの、出火したユニット内に火災を抑制することができる。ただし、直接散水できない机下では、スプリンクラー設備作動後も書類やワゴン天板等の燃焼が継続しており、約200kWに抑制された状態で燃焼が継続する。

4. まとめ

本節では、事務所の机レイアウトをモデル化した実大燃焼実験を実施し、可燃物条件、スプリンクラー設備作動などのパラメータが初期燃焼性状に与える影響を明らかにした。

今回の実験は、机レイアウトや着火方法、区画の換気条件等が限定されていたため、今後はこれらの条件が燃焼性状に与える影響について検討する必要がある。

V. 今後の課題

OA化が推進され、プラスチック系可燃物が増大している昨今の事務所ビルの可燃物配置など実態を調査し、それに基づいた代表

的な可燃物の実物による単体・複合燃焼実験ならびにスプリンクラー設備の火災抑制効果把握実験を行い、データの蓄積ができた。

今後はこれらの成果を実建物の合理的な設計に活用するため、避難安全設計用のスプリンクラー設備の火災抑制効果を考慮した設計用火源の提案を行なう予定である。

謝 辞

この研究は鹿島、清水、大成の三社共同研究で実施したものである。可燃物実態調査や単体燃焼実験は東京理科大学火災科学研究所への委託で実施した。また、複合体の実大燃焼・スプリンクラー設備の火災抑制効果把握実験は、三社と独立行政法人消防研究所、(株)能美防災、(株)ホーチキ6社の共同研究として推進した。

ここに、関係各位に謝意を表する次第である。

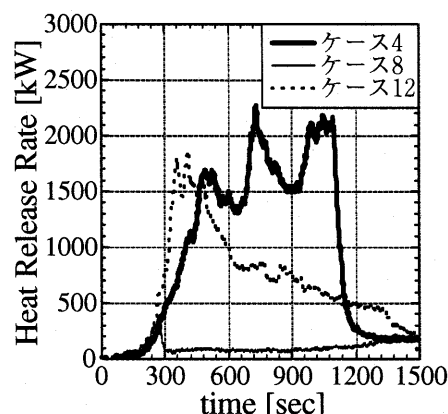


Fig.9 発熱速度 (技術系)
(Heat Release Rate (Engineering Desk Units))

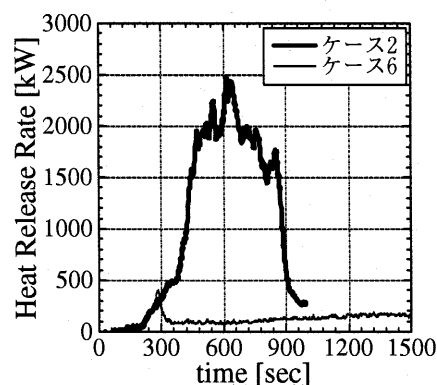


Fig.10 発熱速度 (事務系)
(Heat Release Rate (Clerical Desk Units))

Table 7 実験結果一覧
(Test Results)

ケース No.	着火時間 遅れ(秒)	火災成長 率(kW/s ²)	最大発熱 速度(kW)	スプリンクラー作動時の 発熱速度*(kW)
2	120	0.011	2476	—
4	120	0.012	2271	—
6	120	0.012	408	390 (281秒) [97.9℃]
8	120	0.017	378	290 (259秒) [90.1℃]
12	90	0.015	1870	—

* () 内の数値はスプリンクラー設備作動時間を示す。[]はスプリンクラー設備作動時のヘッド近傍温度 Tsp3を示す。