

## 地下施設火災における煙対策に関する研究（その2）

### Study of the Smoke Spread in Underground Fire Tests Model(Series 2)

平 沢 正 己\*

稲 村 武 敏\*

杉 田 直 樹\*

#### 概 要

縮尺模型による火災実験を行なう場合、現実の火災現象を十分に再現するよう実験条件を設定することが必要である。そのため、実大建物の火災荷重および換気量等、ならびに実大火災実験における燃焼継続時間および開口部寸法等について調査を行い、火災時に予測される発熱量等を求めた後、1/10縮尺模型の規模への換算を行なった。その結果、次のようになった。

地下施設で火災が発生した場合には、空調の停止や換気ダクトのダンパー作動等により密閉空間に近い状態となり、また、地上の建物のような窓ガラス破壊による外気流入が発生しないため、地上の建物より小さい発熱量となる場合が多いと予測される。文献調査及び実大実験の調査結果から、実大実験等のための想定発熱量は、1000kW程度を標準として考えるのが適当であり、この規模の火災を模型実験で再現するには、燃焼させるLPGの量は毎分約1.9リットルとなる。

The fire phenomenon on the 6th or more floor under the ground are not familiar to fire fighters.

The fire load and the ventilation volume were surveyed in some buildings, burning continuation time was monitored and the size of openings were measured in the building which was used for the test and the related data was collected from literature so that the caloric value at the time of fire can be estimated.

The underground space gets nearly airtight and the caloric value is estimated to be around 1,000 kW which is relatively small to that of the fires on the ground. Because the air conditioning system and the dampers of the ventilation duct stop airflow and there is little airflow from outside when a fire breaks out in the underground structure.

When the underground structure is reduced to one-tenth scale model, the corresponding caloric value is attainable by burning 1.9 liter L.P.G per minute.

#### 1 はじめに

現在、模型実験により地下施設で火災が発生した場合の煙流動性状について、特性の把握、対策の検討を行なっているが、平成5年度は、昨年度までの基本的な形状の実験模型による基礎研究の成果を踏まえ、より具体的な避難対策、消防活動対策等を検討するために、新たに現実の施設に近い形状で、縮尺1/10の実験模型を製作した(図1-1、1-2)。そして本実験模型による研究を進めるにあたり、現実の建物の火災荷重や実大火災実験における発熱量等について調査を行ない、この結果に基づき模型実験を実施する際のいくつかの条件設定について考察した。

\*第一研究室

#### 2 実大実験等の調査結果

##### (1) 実大建物の火災荷重

壁、天井、建具等の固定可燃物と収納されている積載可燃物が燃焼した場合に相当する発熱量を、同じ発熱量の木材の量に換算したものが等価可燃物量であり、これを火災区画の面積で除した値が火災荷重である。

一般的な事務所の固定可燃物量および積載可燃物量は表1、2のように調査されている。

事務所建物の場合、固定可燃物量は約18kg/m<sup>2</sup>、積載可燃物量は約22kg/m<sup>2</sup>、従って火災荷重は40kg/m<sup>2</sup>程度である。なお、その他の例として百貨店の売場等、他の用途の部屋も参考に掲げるが、事務所建物と同程度の数値である。

##### (2) 実大火災実験の発熱量等

火災の発熱量は、主に次の二つの要素によって決定

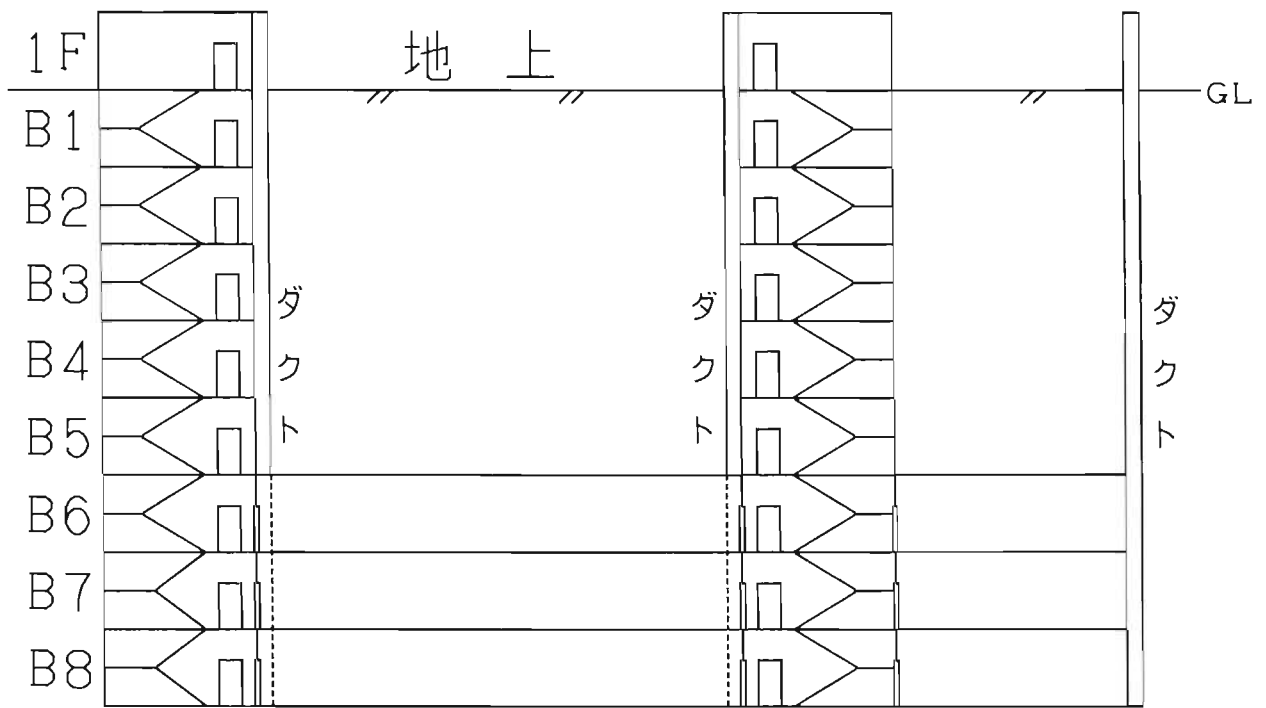


図1-1 実験模型概要図（立面図）

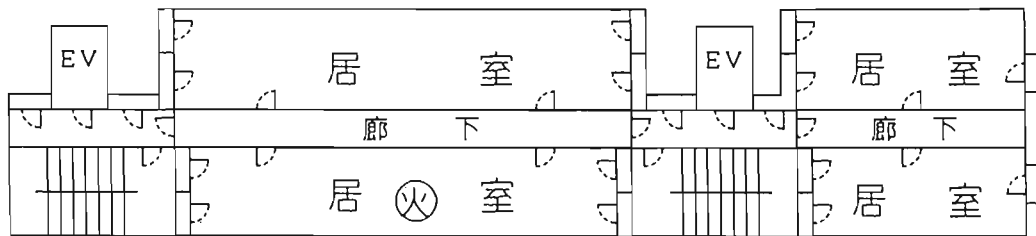


図1-2 平面図（地下6階～8階）

される。

- ① 火災区画内の可燃物の表面積
- ② 火災区画の換気量

可燃物の表面積によって発熱量が支配されるのは、焚火のように十分な酸素供給が行なわれる場合であり、耐火建築物火災では火災区画の換気量で発熱量が制限される傾向が強い。地下施設内の部屋で予想される主な換気の形態を列挙すると次のようになる。

- ① 出入口からの自然換気
- ② 空調による換気
- ③ 排煙

本来は、部屋や階段室の出入口扉には自動閉鎖装置があり、空調等のダクトには火災時に遮断するための

ダンパーが設けられているため、火災が発生した区画は外気の流入がなくなり火勢が抑圧され、他の区画への煙の漏出がほとんどないことは、既報（文献6）のとおりである。

また、火災室を排煙する場合については、発熱量は増加するものの煙拡散の危険性はむしろ減少するものと考えられる。

従って、本研究を進めるにあたり、施設の防火防煙性能の一部が不測の事態により機能を発揮しない場合を主として想定することになる。

以上のことから今回、検討を進める基本的な条件として、火災区画の出入口から自然換気が行われるものとして発熱量等を考察することにした。

表1 建築物の固定可燃物量  
(文献1)

調査対象物 (事務所)	可燃物量 (kg/m <sup>2</sup> )
①	19.0
②	15.5
③	19.0
④	15.0
⑤	25.5
⑥	20.0
⑦	13.0
⑧	16.5
⑨	24.0
⑩	23.0
⑪	14.0
⑫	14.2

表2 建築物の積載可燃物量

建築物種類	部屋用途	積載可燃物量 平均(kg/m <sup>2</sup> )	文献
事務所	事務室	21.3	2
	〃	23.0	3
	設計・研究室	26.3	3
	会議室	6.5	2
	〃	4.4	3
	図書室	73.7	3
電話局	事務室	27.0	4
	調整室	25.2	5
	試験室	14.9	5
百貨店	売場	21.9	3

この点については、使用する実験模型の居室は、あまり広い想定の実験模型ではなく、火災室以外の居室から火災室への空気流入があまり期待できないため、階段を通じて空気が流入する形態をとることになる。そして、次の段階として、ダクトのダンパー閉鎖不良等の場合を想定した、さらに発熱量の大きな状況へ検討対象を展開する計画である。

地下施設について検討を進める参考として、表3に地上の耐火建築物で行った実大火災実験数例を掲げるが、換気量によって燃焼速度が支配されている場合、文献1によれば火災最盛期の火災室の可燃物の燃焼速度は、近似的に次式のようになるとされている。

$$R = (5.5 \sim 6.0) A \sqrt{H}$$

R：燃焼速度(kg/min)

A：開口面積(m<sup>2</sup>)

H：開口高さ(m)

この燃焼速度式による発熱量を表3「換気量からの発熱量計算」欄に掲げる。

また、実大火災実験の際に火災室内にあった可燃物量をもとに、最盛期の継続時間内にそれらの量の大半が燃えつきると仮定した場合の発熱量も試算し、その結果を表3「可燃物量からの発熱量計算」欄に掲げる。しかしながら、実際には最盛期をすぎてもまだ可燃物のかなりの残存が認められるのが通例であり、従ってこの欄の値はきわめて危険側の立場で算出したものである。

木材の発熱量についてはいくつかの値が求められているが、計算にあたり比較的大きい値である4.5

Mcal/kgを採用した。なお、1kW=860Kcal/hである。この結果、表3の可燃物量で制限される発熱量と換気量で制限される発熱量を比較し、小さい方の値を掲げてみると1400~2200kW程度である。ただし、この値は火災区画外へ噴出するガスが燃焼した場合の熱量も含んでおり、これを差し引いた火災区画内の発熱量はおよそ60パーセントと見るのが妥当とされているため、火災区画内の発熱量は1000kW程度(880~1300kW)となる。

換気についてさらに制約を受ける地下施設の場合は、地上建物で検討した発熱量を超えることはないと思われる、今後、実験を進める際の標準的な発熱量として採用する予定である。

(3) 現行の法令に掲げられている空調等の換気量および排煙設備の排煙量の例

換気量(東京都建築安全条例第73条の24)

30m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・h)以上

排煙量(建基令第123条~第126条)

240m<sup>3</sup>/分(特別避難階段附室)

120m<sup>3</sup>/分以上で床面積1m<sup>2</sup>につき1m<sup>3</sup>/分以上(居室)

### 3 相似則適用の検討

フルードモデルによる相似則は次のように表されている。

表3 実大火災実験における火災荷重と燃焼時間

実施年月	名称	火災室面積 (m <sup>2</sup> )	開口部 ため×よこ(m)	主な燃焼物 (木材換算 kg)	最盛期時間 (分)	可燃物量からの発熱量計算	換気量からの発熱量計算	推定される火災室内発熱量
S 59.3	東村山	20.25	1.8×0.45	864	15以上 途中消火	13563~9042kW	1877kW	約1100kW
H 3.1	チサンホテル	8	1.95×0.8	154	17	2844~1612kW	3762kW	約1300kW
H 4.5	消防学校2寮	13.8	0.9×1.0	335	4以上 途中消火	26294~11686kW	1474kW	約880kW

(注1) 木材の発熱量は、4.5Mcal/kg

(注2) 「推定される火災室内発熱量」は、可燃物量又は換気量から求められる発熱量のうち、小さいほうの値の60パーセントとした。(燃焼せずに室外に流出する可燃性ガスの分を差し引いた。)

#### 4 まとめ

長さ	$L_0 : L_m = 1 : a$
速度	$V_0 : V_m = 1 : a^{1/2}$
時間	$t_0 : t_m = 1 : a^{1/2}$
発熱量	$Q_0 : Q_m = 1 : a^{5/2}$
換気量	$V_0 : V_m = 1 : a^{5/2}$
温度	$T_0 : T_m = 1 : 1$
圧力	$P_0 : P_m = 1 : 1$

これにより、前(2)、(3)の値を実験模型(縮尺1/10)に適用すると次のようになる。

発熱量(Q) :  $(1000kW) \times (1/10)^{5/2} \approx 3.16 (kW)$

L P G 量 :  $Q \times 14.33 (kcal/分) / 24 (kcal/l) \approx 1.9 (l/分)$

最盛期時間 (L P Gを燃焼させる時間)

:  $(15 \sim 20) \times (1/10)^{1/2} \approx 5 (分)$

居室の換気量と排煙量 :

居室換気量 = 居室面積  $\times 30m^3/h \cdot m^2$ 以上

居室排煙量 = 居室面積  $\times 1m^3/分$ 以上 (120m<sup>3</sup>/分以上であること)

模型規模では

模型排煙量 = (居室換気量または居室排煙量)  $\times (1/10)^{5/2}$

階段附室の排煙量 :

階段附室排煙量 = 240m<sup>3</sup>/分以上

模型規模では

模型排煙量 =  $(240m^3/分) \times (1/10)^{5/2} \approx 0.76 (m^3/分)$

地上施設では、窓ガラス等の熱破壊による外気流入は予想されないため、火災区画にあるドア等の、開口部寸法で発熱量が制限されてしまう。地上の建物火災の検討にしばしば使われる発熱量は3000~5000kWという値であるが、地下施設では基本的な発熱量としては1000kW程度とするのが適当と思われる。

なお、このように推定された発熱量はあくまで限られた条件で適用されるものであり、強制換気が継続して行われる場合や扉の開放状態が異なる場合などを想定して、熱量のさらに大きいものと小さいものの二方向に実験計画を拡げ、空調・換気の影響、避難行動・消防活動に伴う防火戸開閉の影響等について調査する予定である。

#### 5 参考文献

- 1 日本火災学会編：火災便覧 (1984)
- 2 日本鋼構造協会編：耐火建築物設計における標準可燃物の基準に関する研究報告書 (1970)
- 3 日本建築センター編：建築構造等の基準原案調査研究報告書 (1973)
- 4 日本鋼構造協会編：データ通信局舎等の積載可燃物量に関する調査研究報告書 (1971)
- 5 通信建築研究所編：電話局舎の可燃物量調査研究報告書 (1974)
- 6 東京消防庁消防科学研究所編：消防科学研究所報第28号 (1991)「ホテルの客室を利用した火災実験」