

高層および地下建築物の防煙対策

Smoke Proof Method for Highrise and Underground Buildings

星野 昌一*・岡山 誠二**・後藤達之助***

Shoichi HOSHINO, Seiji OKAYAMA and Tatsunosuke GOTO

建築規模の増大と高層化、地下深層化に伴う危険を防止するため、総合的な安全対策が要請されるので、避難路の整備と防煙による人命の安全を主目的とした防災対策を提案したものである。

1. 高層および地下建築の火災の特質と安全対策

最近の都市建築の特色は高層化と地下大規模化の傾向をたどっているが、多目的な大規模化した建物内で火災が発生すると、従来考えられなかった危険をかもし出す可能性がある。

特に最近指摘されている煙による中毒死の現象は、火災防止に対する考え方を大幅に変更しなければならないことを示している。従来、わが国では都市の大災害の実例が木造家屋の延焼によって引き起こされる集団火災であったために、建築が耐火構造にさえなれば、内部はどうやっても、木造よりは安心であるという考え方が支配的であった。

しかし、最近の耐火建築内の火災実例は、在来の手法による耐火建築が人命に対しては決して安全でないことを実証しているのである。一般に耐火建築内の火災は空気の流通が制限されるので密室火災となり、火災の拡大はゆるいから安全であると考えられていたが、最近の工法のように化粧合板、木造天井地下地、可燃性テックスなどの使用が盛んであることや、窓が全面硝子で巨大化しつつあること、また間仕切が少なくなり、大部屋式になっていることなどの影響で火災の拡大が意外に早いことがわかってきた。

また空調の発達は、巨大なダクトが水平のみならず鉛直方向にも貫通し、意匠上の要請から階段を区画されていない場所にとったり、大きい吹き抜け部分を作ったりするので、熱気流の上昇を容易にし、対流によって火熱があおられやすく、また煙の上昇が速く、人々の避難すべき階段室が煙の通路となるケースが非常に多くなっている。

これらの防止対策としてはつぎのような手段がとられなければならないであろう。

- 1) 内装の不燃化、特に火災の伝ば路となる天井部分、および壁の上半の不燃化をはかる。
- 2) 避難路となる廊下、広間、階段などと、一般部分との区画を強化して、煙の拡散を防止する手段をと

る。

- 3) 煙感知器、熱感知器などによる火災の早期発見と、通報、避難指示対策を強化する。
- 4) 発生した煙を避難路、特に上下交通線となる階段、エレベータ、エスカレータ、ダクトスペースなどに流入させない方策をとる。
- 5) 煙を早期に屋外に排出させる手段をとり、特にコア内に階段を設ける場合、階段前室に流入した煙を屋外に排出する排煙塔の設定や、前室または階段室加圧方式を採用する。
- 6) 逃げ遅れた人を救出するための非常脱出手段として、バルコニ、マンホール、タラップ、ゴンドラなどによる補助救出手段を採用する。
- 7) 特に多人数が集合する用途をなるべく高層部分に設けないようにする。

地下建築物はわが国のように地価が極端に高いところでは特に発達する可能性があり、公共広場、道路などの下層を利用した大規模な地下街の計画が出現しているが、火災発生危険の多い用途のものまで無批判に乱設している傾向があり、一度火災が発生したら、多数の人員が煙に巻かれ、大混乱を巻き起こす運命が待ち構えているものとみなければならない。

地下街の防災対策としては、つぎのような手段が考えられる。

- 1) 天井、間仕切、扉などすべての部分を下地まで完全に不燃化して火災の発生拡大を極度に押える。
- 2) 火災を局所にとどめて拡大させないために、迅速に降下するシャッターなどで区画し、各区画にスプリングクラーなどを設けて早期に鎮圧する。
- 3) 発生した煙を地下道から階段室に流入させないために、階段の反対側か、階段室入口の手前に十分な排煙口を設けて排出する。
- 4) 天井高(天井袋)をなるべく大きくとり、また階段室天井も高くして、煙の流動速度をへらし、またその降下時間をおそくして、混乱を避けるようにする。
- 5) 停電に備えて予備電源による避難誘導灯や誘導音声装置をつける。

* 東京大学生産技術研究所第5部

** 東京都庁

*** 小松化成 KK

- 6) 火災発生の可能性の多い用途や、特に人口密度の高い用途を制限する。
- 7) 用途、区画、内装などの変更を許可制とし、特に危険の多い用途への変更を禁止するほか、常時の管理体制と防火訓練を強化する。
- 8) 階段の配置、構造などを適正にし、階段または給気筒から新鮮空気が流入しやすいようにする。

以上のようにかなり徹底した安全対策をとらないと、地下街を大規模にとることの危険性はきわめて大きいものと考えらるべきである。

2. 防煙対策の基礎方針

煙による災害を防止するためには前述のような種々な対策が考えられるが、特に次のような点について技術基準を確立する必要がある。

A. 発煙量の抑制

燃焼に伴う発煙量の多い物質の使用制限が必要となってくるが、単位時間の発煙量（一定以上の濃度を持った分解生成物の量—通常減光係数 0.1 以上の部分）は

単位燃焼量当たりの発煙量×単位時間の燃焼量で求められるので、発煙量が多くても、燃焼速度の低い物質は有利となるし、その逆のときは危険となる。発煙しやすい物質と燃えやすい物質を組み合わせた使い方はもっとも不利となる。

その室の可燃物の分布状況によって、推定発煙量 (m^3/sec) を想定して、これに対する必要煙蓄積量 (天井袋+必要排煙量) を避難時間などから定める必要を生じる。一般に避難時間が大きく、発煙量が多ければ、それに見合う天井袋または排煙量が多くなければならないのは当然である。

発煙量の規制は、ある材料をある温度に強制加熱したときに出る煙量×煙濃度で示すのがよいという意見があるが、実火災の場合の内装材を対象とするときは、それが必ずしも実状にあわない。それは一部で起こった火災が、どの程度までどの位の早さで自己延焼してゆくかが大切な問題であり、自己延焼性のある材料は、局部加熱が全般加熱に拡大してゆくことになるので、単位面積からは少ない煙量であったにしても、広い面積に拡大すると結局全体の発生煙量が大きくなってしまふからである。

したがって、煙発生量の中には、自己延焼性の大小を組み込んで判断をすべきであり、小面積の試験体を均等加熱するやり方は実際の火災の危険度とは必ずしも一致しないことになりやすい。

一般にポリスチレン、ポリエステル、ポリウレタンなどは、自己延焼性があるとしても単位発煙量が大い傾向があるので危険性が大きく、塩化ビニルは 500°C 以下では自己消火性はあるが、発煙量は大きいので可燃材と組み合わせて使う場合は不利となりやすい。

まず内装材からの発煙は極力押える方向を打ち立てるべきであるが、その場合にも他の性能、たとえば断熱、吸音、軽量化などの利点が大きければ、これを全面禁止するわけにもゆかないので、ある程度の数量をしばって局所的に使うことを認め、また他の不燃材料の裏側にかくすなどしていくらかでも煙の発生を少なくする方向を實用化すべきであろう。

内装不燃化を特に推進すべき用途と場所としては、つぎのものがあろう。

- 1) 窓が無い窓からの排煙ができない室。
- 2) 地下または超高層部分など避難の万全をはかるために少なくとも避難路となる廊下や階段室、コアの内部などは極力不燃材に近い性能のものとし、その内部で火災が急激に伝ばしないようにする。
- 3) 常時火熱を使用する室で、内装に着火しやすい条件の室は極力不燃材を使うようにする。
- 4) 室面積が大きく不特定な人の人口密度の高い室は室内の急激なフラッシュオーバーを抑えないと、危険になりやすいので不燃化をすすめる必要がある。
- 5) 病院、収容所など人の行動の不自由が予想される室、就寝によって火災の発見がおくれるおそれの多い室などは、火災発生のおそれの公算をなるべく低下させる方法をとる。
- 6) 吹き抜け空間に面する室は一方所の煙が各階に上昇充満するおそれが多いので不燃化をはかる。
- 7) 貴重な書類や財貨を保存する室は火災の発生、拡大を押えるために不燃化する。

逆に不燃化を多少おこなってもよいと思われる室はつぎのような用途、条件の場合であろう。

- 1) 小さく防火区画されていて一方所の火災が拡大しないようにできる場合。
- 2) スプリングクラーなどの火災制圧設備があって火災発生のおそれの少ない室。
- 3) 常時水を扱う場所などで火災発生のおそれの少ない室。
- 4) 小規模または平家で避難が容易な室内。
- 5) 個人的な用途などで管理が十分ゆきとどく室。

B. 避難路の防煙排煙対策

発生した煙がその室からあふれ出て、避難路に流入することによって、避難が妨げられないように避難路を整備する必要がある。そのためには避難路となる廊下や階段の防煙のためにその室または避難路からの排煙を考えなくてはならない。

- 1) もっとも望ましいのは、煙を発生する室から直接煙を排出することであり、外気に面する窓やガラリなどを持っていればよく、排煙口はなるべく高い位置に設けるのがよい。またその室に煙を多く蓄積できることが望ましく、天井高または天井袋の厚さを深くするような設計がよい。

- 2) 各室と避難路の入口との間には避難上さしつかえない範囲でなるべく深い垂壁をとって、煙の降下までの時をかせぎ、できれば外側のランマなどを開いて外部に煙が排出するようにつくっておくことが望まれる。
- 3) 廊下はなるべく屋外に開放できる開口を持つようにし、流入した煙を有効に排出できるようにするのがよい。廊下には折れ曲がりをつけない方が避難上はよいが、やむを得ず曲がりをつける場合には、その付近に垂壁を設けてその部分から煙を排出できるように考えれば、その曲がりの存在が有効に働くことになる。直通する廊下でも途中にいくつか垂壁を設けて全体に拡散してゆく速度を弱めることも有効であろう。
- 4) 階段など重要な避難路は常時気密性よく閉じていて、非常時手押しだけで外開きできる避難扉を設ける必要がある。通常のシャッターのような機構では特にシャッターケース回りなどの通気性が多いので一時的には垂壁効果を発揮するが、階段など気圧差を生じる場合には長時間の安全は保たれない。ただ、階段室に前室を設け前室からの排煙が有効に行なわれれば前室の入口は、シャッターとしても十分に役立つことになる。ただこの場合には、くぐり戸付としておかないと逃げおくれた人のために不利となりやすい。
- 5) 前室に排煙口を設ける場合にはなるべく高い位置につけるのがよく、少くとも室高の 1/2 以上のところに全開口を持つようにする。
- 6) 前室の排煙効果をよくするためには、必ず階段室側から新鮮空気を導入できるように工夫し、階段室の開閉が十分コントロールできないおそれのあるときには、前室に専用の給気筒を設け、前室の下半に新鮮空気を導入できるようにするのがよい。
- 7) 外気に面する前室の場合にも、排出口を上半に、流入口を下半にとって煙の排出が円滑にさばけるように考慮するのがよい。
- 8) 排出煙量に見合う新鮮空気の導入が必要であり、過剰給気はかえって煙をかく乱する場合も起こるので、給気的位置については十分な注意が必要である。
- 9) 自然排煙の場合には、風向に支配されない形式のベンチレーター作用のある排煙塔を考慮し、排煙作用が浮力によって助長されやすい形式とすること。
- 10) 動力排煙の場合には非常電源と直結できるようにし、出火階に能率よく作動する形式のものとすること。万一動力が停止してもある程度効果的な排煙が可能な断面のものとすること。

C. 防煙区画の整備

従来の一律延面積 1,500 m² という考え方は、財産保

護的な考え方から定められたものであり、人命尊重の立場から再検討されなければならない。煙の流動速度は水平方向(通常 0.5~1 m/s)よりも、鉛直方向の方が大きく(通常 2~3 m/s)、また、温度差を生じると気圧差が大きくなり、上昇気流をうながすことになるので、すべてのタテシャフト(階段室を含む)を防煙的に区画する必要がある。この区画は気密性のよい開き戸形式のものとすることが必要であり、引き戸やシャッターでは不十分と考えられる(防煙性は 1~2 時間)。

水平方向の広大な面積が一時に煙で充満することを避けるため、同一階でも廊下やエレベーターロビーなどを守ることが望まれる。この区画はいわば補助的なもので、その階の避難が完了するまでの比較的短い時間の防煙性を発揮すればよいと思われる(たとえば 15 分位)。

これらの区画のほかに床や壁による本格的な区画はもちろん必要であるが、一般にコンクリートやモルタル塗壁のような湿式のものでは気密性が確保されやすいが、パネル式のようなユニット形式の乾式工法では接合部の気密性に注意しないと長時間の防煙を欠くものも多いとみなければならない。

窓などの開口部から屋外に排煙できる場合は、それほど高い気密性がなくてもよいであろうが、地下室のような密室火災の場合は、気圧差ができるので気密性をよくしないと危険なことが多いであろう。

初期の煙の流動防止を目的とした垂壁効果だけをねらう一時的な区画にはシャッターのようなものでも効果はあるが、なるべく早く降下することが望まれる(たとえば 100 m² の室で 5 m³/s の発煙量あれば 5 cm/s (または 3 m/分) 以上の降下速度が必要となる。)

3. 用途別防煙対策

建築物の用途によって可燃物、内装、区画などのあり方(表 1 参照)に差があるので、避難、防煙対策も変わってくるのは当然であり、一律の規制をすることは非常に無理を生じる。

A. 集会、娯楽用途

劇場、映画館、公会堂、演奏会場、キャバレーなどの不特定多数の用途のものでは、一般に人口密度が高く、区画を細分化することは不可能であり、一方客席部分と、その他の廊下や階段などと完全に区画することは可能であり、一般に天井が高く、可燃物量はそれほど多くない傾向がある。

したがって防煙対策としては壁面や天井を不燃化し、適当数の出入口を設けるだけで、十分避難の時をかせぎうるのが実状である。客用面積 200 m² 以下難燃材、500 m² 以下準不燃材、それ以上は不燃材とする案などもその対策として必要であろう。

出入口数が少なく、内装に燃えやすいものを使いやす

いキャバレーは特に危険率が高いので、地下室や高層部分に設けることは問題が多いといわなければならない。

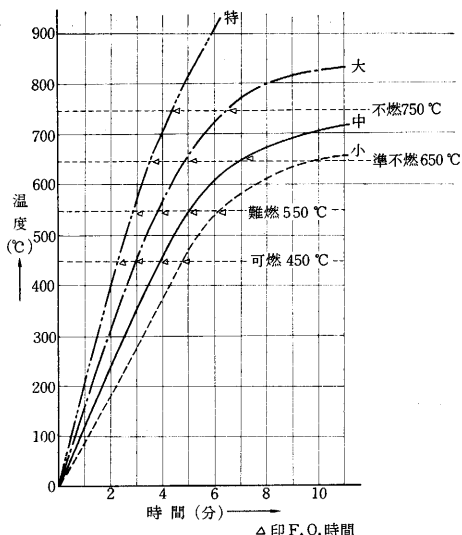
B. 就寝施設

ホテル、旅館、アパート、病院などの就寝施設は一般に火災の発見がおくれ勝ちであるから、廊下から避難階段までの避難路をなるべく長時間、煙からしゃ断できる構造しておくのがよいが、実際には空調のリターングリルなどを備えて防煙的には不完全な場合が多いだけに、各室の出入口で完全に締めることが考えられないので、別の避難対策が必要となるであろう。

すなわち、煙および熱の感知設備を充実して、早期に火災の発生を認知し、これを迅速、確実に各室に伝達し、衆知させる手段が必要となる。さらに避難の指示が徹底できる方法が望まれ、避難路を明確に認知できる表示の配慮が必要となる。

肢体不自由者の収容施設などでは特に徹底した内装の不燃化を励行するとともに、一カ所で発生した煙が他の場所に拡散してゆかないように各室の区画を完全にし、できれば避難しないでも安全性が守られるようにするのが理想であるが、やはり不用意な危険に備えて避難路もなるべく早期に屋外に面する開口をもった場所に導けるように考慮するべきである。

肢体不自由者の避難には多くの補助者を必要とする場合が多いので、これらの人員の確保、動員の手配も是非



室内の可燃物の状況に応じた内装材料のフラッシュオーバー時間を推定し図表化したもので、避難不可能となる時間を求めるための資料となるであろう。

図 1 可燃物別平均温度曲線とフラッシュオーバー時間

必要なことである。

C. 百貨店、マーケットの類および商店、事務所の類

この業態のうち、特に百貨店、マーケットの類は不特定多数の人員の混雑が予想され、しかも相当多量の可燃

表 1 内装制限案

区分	内 容	床 面 積 (m ²)					
		0	100	200	500	1000	1500 3000
特殊部分	1. 地 下	2 級		1 級		—	—
	2. 無 窓	3 級		2 級		1 級	—
	3. 高 層	2 級		1 級 (スプリンクラー)			
	4. 避 難 路	2 級					
	5. 階 段 室・安全区画	1 級					
用途区分	1. 就寝室 住宅、旅館、病院 (1類) (2類) (3類)	自 由	3 級	2 級	1 級	—	—
	2. 集 会 劇場、映画 (8類) (9類)		3 級	2 級	1 級 (スプリンクラー)		
	3. 商 業 商店、飲食店 (6類) (7類)	自 由		3 級	2 級	1 級	
	4. 業 務 学校、事務所 (4類) (5類)	自 由		3 級	2 級	1 級	
	5. 産 業 倉庫、工場、その他 (10) (11) (12)	自 由		3 級	2 級	1 級	

注：内装区分 1 級……15分 (760°C) 不燃相当 (下地とも)
 2 級……10分 (705°C) 準不燃相当 (発煙小)
 3 級……5分 (540°C) 難燃相当 (発煙中)

物を取扱い、かつ収納することにもなるので、内装の不燃化を徹底し火災の発生を極力押えるとともに、スプリンクラーなどの早期防火設備を充実することが望まれる。

百貨店は規模が巨大化し、火災発生に伴ってパニック的の混乱が予想されるので、多くの誘導要員（店員の訓練が必要）を配して避難誘導を円滑にする必要がある。

警報装置なども下手に利用すると混乱をまねくので、各ブロック毎に適切な指導のもとに各階の一時安全場所に誘導してから階段などを利用して避難させることが望まれる。

普通商店は在来百貨店と区別し、一般建築扱いかされてはいるが、実際にはスーパーマーケット、名店街、地下街などは百貨店的な規模となり、管理者が雑多な場合かえって混乱を大きくするおそれがあるので、規模によっては特殊建築物扱いしなければいけない。

各戸が別の経営単位のとときは原則として各戸ごとにある時間のしゃ断性が必要であり、地下街の場合は通路側もシャッターなどで区画することが望まれる。

飲食店などの集合体も商店以上の発火の危険性を持っている場合が多く、各店単位の区画とともに、共通な通路部分に早期に多量の火や煙を吹き出さない手当が必要となり、シャッターなどの設置が望まれる。

一般の事務所建築の場合には、出火の危険率はあまり高くないとみてよいであろうが、最近の事務所建築の実態は、ますます大規模化し、大室主義をとる場合が多いので、天井を可燃として全面的にフラッシュオーバーを起こす危険を高めるようなことがあってはならない。特に高層および地下の場合には、下地まで完全不燃化して着火の防止と、フラッシュオーバーの拡大を避けることが望ましい。

事務所でも専用事務所と貸事務所では管理の行き届き方がちがう場合が多く、前者の場合は比較的人口密度も低く、また書類などを不燃書庫などに収納することが望まれるが、可燃物が机上に山積した事務所も多いので、一律には扱うべきでないであろう。

D. 車庫、易燃物扱所

車庫や易燃物扱所は人口密度は低いが、一度出火する

と大量の易燃物の燃焼があるので、内装は完全に不燃化することが望ましく、発火を瞬時に押えられるような泡消火設備などを設けることが要望される。これらの部分は、できるならばなるべく小さく区画して損害を局限することが望ましいが、実際には車庫などは、かなり大きいものも認めざるを得なくなるので、地下や、特に高層の部分に設けるとき以外でも、特に大きいものは泡消火設備などを設けることが要望される。

E. 学校、幼稚園

学校は一般に多人数を収容しているので、なるべく不燃化をすすめる必要があるが、避難は比較的迅速に行なうるので廊下や階段を不燃化して避難路の安全を確保すれば、それほど厳しい内装制限をしなくてもよいはずであるが、一方このような用途のものでは不燃化がしやすい面もある。

肢体不自由者の学校や盲学校では、当然内装を厳重に不燃化して避難の困難さをカバーするようにしなければならない。

F. 工場

工場には極端に不燃的な建物で不燃的な用途のものもあり、また石油工場など発火の危険度の高い用途のものもある。火災の危険の多いものは当然区画や内装制限で危険度をカバーする必要があり、安全のものは区画を大きくしてもよいはずであり、一律 1,500 m² という定め方は当を得たものではない。工場は一般に天井が高く、天井袋が大きく排気も考えられていることが多いので、煙の発生に対する安全性は、それほど気にする必要が少ない場合が多い。

一方特に多量の煙を出すような用途のものもあるのでそれに適した排煙装置が必要となるであろう。

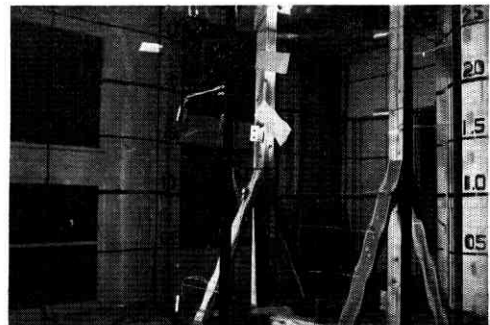
G. 体育館、屋内競技場

一般にこれらのものは、かなり大規模でも天井が高いので内部さえ不燃化していれば区画の必要はないものが多い。

ただ客席をもった体育館などの場合には区画などを設けにくい用途のものだけに内装の不燃化を励行し、避難幅などを整備する必要がある。（1968年1月25日受理）



地下街の排煙実験（池袋地下街）
煙は天井面に沿って拡大して行く。



高層建築のスモークタワー実験（大阪電々公社）
左は給気口、右は排煙口。