

ビル防災システムの動向

Recent Trend of Firesafety Systems for Buildings

近年、日本経済の急速な発展に伴い都市が高密度化する一方、目覚ましい建築技術の進歩により、ビルの構造もますます複雑となり、巨大化・(超)高層化・深層化へと変ぼうしつつある。このようなビルで一度火災事故が起こると、その被害は単に物的なものにとどまらず、悲惨な人身事故につながるケースの多いことは、内外幾多の事例が示すとおりである。そこで、ビルの防災対策も、従来の耐火構造化重点から人命尊重を第一義とした防災システム化へと移行しつつあるのは当然のことといえよう。こうしたニーズに対応して、建築防災計画における定量的評価手法の導入、防災設備機器の機能向上と高信頼化、防災センタのマン・マシン性への配慮、災害時における人間の行動を十分に考慮した避難誘導方法など、多様な技術開発が進められている。本稿は、防災システムに密着するこれら最新の防災技術情報について、その概要を述べる。

橋爪仁志* Hashizume Hitoshi
小栗正裕* Oguri Masahiro
武井弘忠** Takei Hirotada

1 緒 言

近年続発した百貨店、雑居ビルなどの一連のビル火災事故により、中高層ビルの火災では、財産の損害もさることながら、多くの人命が直接危険にさらされるケースが多いことが明らかになった。このような事実を背景に社会的に防災意識がにわかに高揚し、「消防法」など関係法令の規制強化、防災技術の開発促進などのビル防災対策が強力に推進されるようになった。

最近のビル防災対策は、

- (1) 防火・避難に関する建築的な面
 - (2) 火災を早期に発見し、迅速確実に人々を避難させ、同時に的確な消火活動を行なうための感知、通報、警報、誘導、消火などの消防用設備機器
 - (3) 上記各項の適切な運営
- の3点をシステムとしてとらえようとする方向にある。また、建築防災計画においても、同じ観点に立って、災害時における人間の行動を重視し、建築空間、燃焼現象、人間の三つを総合的にとらえ、人間の安全を至上目標とするビル防災システムの樹立を志向している。

本稿は、ビル防災システムに直接結びつく最新の技術諸情報、すなわち、

- (1) 防災工学的体系に沿った建築防災計画法の確立
 - (2) 火災時のビル内群衆流動の解析と避難計画への適用
 - (3) 煙の流れの解析と防排煙計画への応用
 - (4) 防災センタの管理運用面を配慮した設備計画
 - (5) 火災感知器の誤(失)報対策
- などに関し、最近の開発動向などについて述べる。

2 法規制の動向

昭和50年度版消防白書は、社会経済の変ぼうに伴う防災問題の多様化に対処するための課題として、石油コンビナートの防災、大地震・火災対策、自然災害対策と並んで高層建築物、地下街などの防災対策を取り上げ、今後の防災体制の基本的方向の一つとして、人命安全に関する企業の社会的責任の強化と早急な安全体制の整備とを要請している。

表1 アメリカにおける高層ビルの法規制項目と改正時期 ニューヨーク市の法規制(昭48)が順次、他の諸都市(昭49~50)にも及んでいる。

都 市 名		ニュー ヨーク	ロスアン ゼルス	サンフラ ンシスコ	シカゴ
項 目					
必 要 シ ス テ ム 及 び 設 備	規制対象ビルの高さ(ft)	100以上	75以上	75以上	80以上
	ファイア コマンド センター	○	○	○	○
	放送・通報システム	○	○	○	○
	エレベータ システム (防災機能付加)	○	○	○	○
	ファイア アラーム システム	○	○	○	○
	スモーク コントロール システム	○	○	○	○
	非常電源設備	○	○	○	○
	スプリンクラ システム	○	○	○	○
	避難階段区画給気加圧 システム*	○	○	○	○
	防火区画の形成	○	—	—	○
	出入口防火・防煙とびら	—	○	○	○
	ヘリコプター発着場*	—	○	—	○
改 正 年 月		1973—10	1974—7	1974—10	1975—6

注：*は我が国の法規制にはないものである。

最近の火災事故を踏まえた昭和49年6月の「消防法」改正及びそれに続く関係政・省令などの改正では、火災による人命危険の高い百貨店、雑居ビルなどの特定防火対象物については、既存建築物であっても、スプリンクラ設備、非常電源設備などを遡及して設置しなければならないとしている。また、防火管理及び防災設備の検査・点検の義務規制が強化され、具体的な基準が示されている。

これは、災害危険度に応じて、現時点で実効性のある防災対策を確立しようとする社会的要請が、法不遡及の原則を大きく超えたと見るべきで、まさに画期的なことといつてよい。

一方、諸外国における法規制の動向をアメリカの高層ビルに例をとれば表1¹⁾に示すとおりである。同表によると、1970年のニューヨーク市のオフィスビルの火災に端を発して同市

* 日立製作所機電事業本部 ** 日立製作所戸塚工場

の規制が強化されたが、比較的短期間のうちに他の主要都市にも強い影響を与えていることが分かる。

アメリカにおける法規制は、各都市とも建築物の質的変化に対応して、単なる財産保護を目的とした耐火構造化重点主義から、人命の安全を最重点とした方向へと改正されており、確実に安全措置が図れる利用技術は果敢にこれを導入しようとする積極的な姿勢がうかがわれる。

3 ビル防災システムの現状と将来の動向

3.1 防災計画

率直にいえば、現在、建築計画にそのまま適用できる程度に災害の性状をとらえた防災工学ないし防災計画手法が確立されているとは言えない。建築の計画及び設計は各専門分野別に行なわれることが多く、防災計画は必ずしも体系だてて行なわれていないのが実情である。

このため、実際の防災計画は、「消防法」、「建築基準法」などの法規制を根拠とする手法で行なわれることが多い。しかし、これらの法規制は、もともと設計手法的、あるいは設計指針的な構成がとらえられていないこと、また、頻発する現実の災害に対応してしばしば改正が行なわれていることなどから、法令を基に防災計画を立案することは困難が多い。

こうした事情によって、最近では各建築物に要求される防火、避難の際の安全性を定量的評価方法によって可及的正確にとらえ、ビル防災システム計画を行なう試みが進められている^{2)~4)}。その一例として、**図1**にビル防災システムの計画手順を示す。

ビル防災システムの計画は、火災の発生及び拡大を防止する方法と、出火後の安全を確保しようとする方法の二つのサブシステムに大別される。このうち、火災の発生・拡大の防止対策は、危険の生起確率を低減させることで特に重要である。しかし、同図に示す出火確率 $P_f = 0$ あるいは消火確率 $P_0 = 1$ という保証は現実には得られないから、實際上、出火後の安全対策が不可欠となる。

火災発生後は、同図に示すように、煙の流れと人の行動の変化の過程の中で、図の右下の判定結果を“YES”として、居住者を安全に避難させ得る必要がある。この条件を満たすためには、ビル内各所の煙濃度の変化と居住者の避難所要時間を計算しなければならないが、その計算法としては、群集流動シミュレーション⁵⁾による手法などが有効であろう。

図2⁶⁾にアメリカにおける定量化した評価をもとにした防災計画の例を示す。この防災計画の前段階として基本計画書⁷⁾があり、所要システムの関係がきめ細かに体系づけられた形で示されている。同図は、この基本計画を展開して、期待し得る安全の程度などを明確にしたワーク シートの一例である。同図に示されているシートは、現在の技術レベルですべて整備できるものではないが、できるだけ定量化した評価をもとに、システムを体系づけて安全度を高めてゆこうとするものである。

3.2 火災覚知と通報

3.1の防災計画で述べた火災発生後の安全確保のシステムを信頼度、省力化、経済性などの面で効率よくするには、火災の覚知・通報システムを確立することが重要である。

表2に、現在、火災覚知、通報及び予防を分担する設備機器類を示す。ここで注目すべきは、人が介在しなければならぬ防災設備が多いことと、予知機能をもった防災設備が少ないことである。自動火災報知機といえども受信盤が感知器から警報を受けた場合、人が現場を確認することが慣習となっている。

このような場合、人の行動には限界があるので、火災発生など緊急の場合、早期対策が遅れる危険が大きい。アメリカでは人間が介在せずに発見・通報・消火の能力を持っているスプリンクラ設備が普及し、その信頼度は**96.2%**⁸⁾といわれている。我が国でも、この種高信頼度の防災設備機器の普及が切望される。

更に、防排煙システムでは、システムの安全度を高めるためには、煙感知器の信頼度を向上させることが不可欠の要件

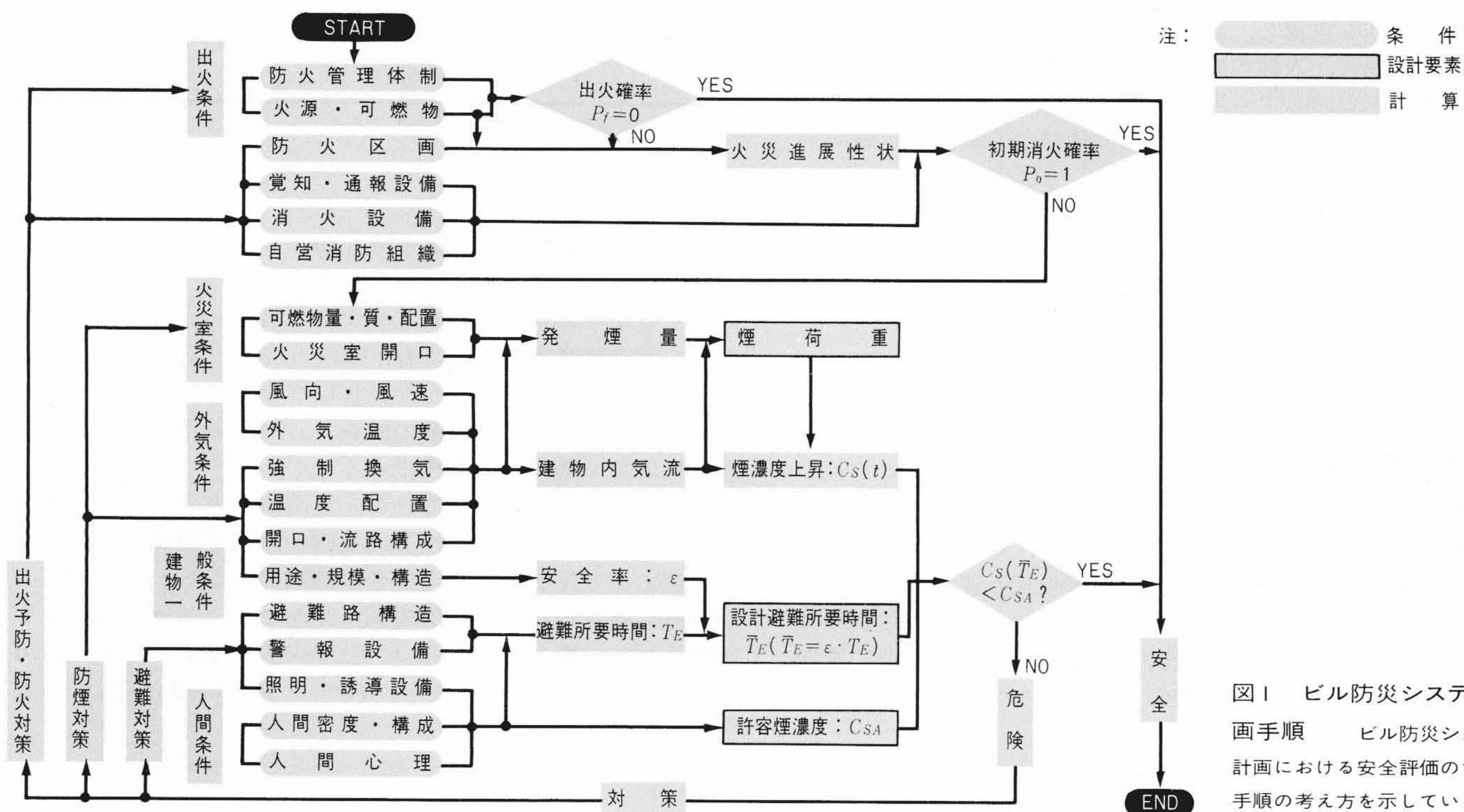


図1 ビル防災システム計画手順

ビル防災システム計画における安全評価のための手順の考え方を示している。

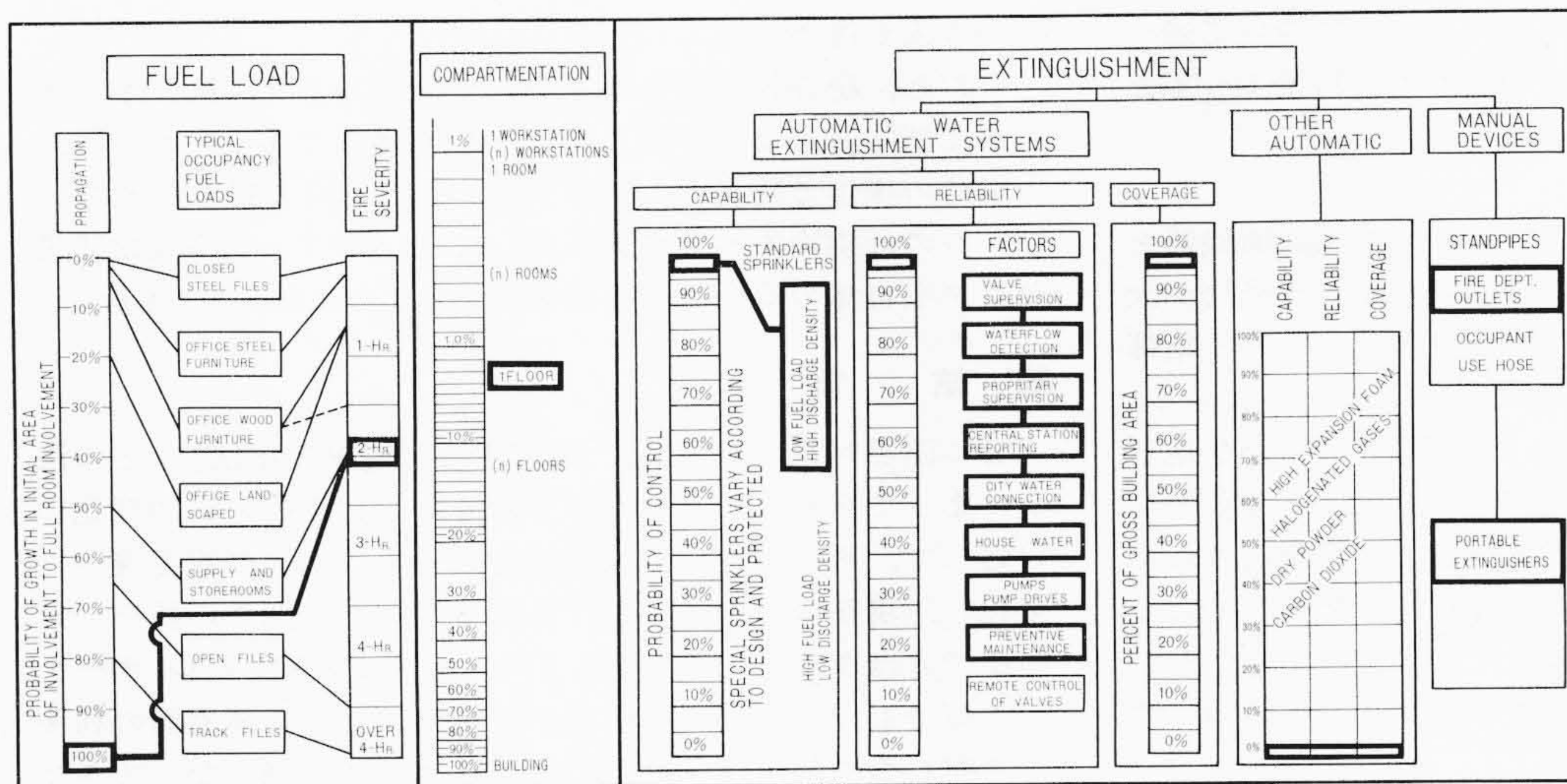


図2 防災システム ワークシート例 火災荷重・区画の水準と消火システム信頼度の検討結果を表示している。

となる。そこで、感知器の機能で最も重要な早期発見と信頼度の向上について、次に述べるような提案や実験が行なわれている^{9),10)}。

- (1) 熱(煙)感知器自体の誤(失)報対策
- (2) 煙、ガス濃度、温度などの量のトレンド監視、あるいは段階的監視による覚知確度の向上
- (3) 煙、ガス、温度などの異種感知器、あるいは同種感知器の組合せによる覚知確度の向上

これらの提案、又は実験を踏まえて、例えば、失報対策としては確認灯付煙感知器の開発、また、誤報対策として電氣的、構造的な改良が鋭意進められている。

次に予知機能については、最近の建物火災の出火原因別の損害額¹¹⁾から見て、付帯設備機器に予知機能を付加することが重視されている。このレベルの予知予防は、既に一部で実施されているものもあるが、センサの利用方法などにいっそうの工夫を加え、また全体システムとの関係を更に深める必要がある。

3.3 煙に対する安全避難対策

居住者を安全に避難誘導するためには、ビルの構造、用途に応じて次のような対策を講ずる必要がある。

- (1) 建物
避難階段、避難通路、非常出口、ゾーニング、安全区画、防火区画、採光
- (2) 収容物
可燃物制限、通路確保
- (3) 設備
防排煙、給排気、誘導灯、誘導標識、非常照明、非常放送、避難器具、救助器具
- (4) 啓蒙
訓練、掲示板、書類、巡視警備員
煙の進入を防ぎ、避難や救助活動を容易にするための手段

として、最近我が国でも給気加圧方式^{12),13)}が注目され始めている。アメリカでは、前記表2に示したように、1973年(昭和48年)10月ニューヨーク市で実施されて以来、高層ビルに対して避難階段区画の給気加圧方式の導入を義務づけている。ニューヨーク市の例では、既存の高層オフィスビルに対しても、煙を他に逃さずに排出するスモークシャフトを設置するか、又は避難階段区画を加圧するかのをいずれかを義務づけ、煙からの安全確保を図っている。

また、煙の流れを解析して効果的な対策に結びつける手法としては、建設省建築研究所における種々の実験がある³⁾。更に、NBS(National Bureau of Standards Washington, D.C.)の六フッ化硫黄(SF₆)を使った実際の建築物での実験結果が報告されており¹⁴⁾、順次実用の段階に入ってきている。

一方、ビル内の交通に不案内の不確定多数の人々をどのような経路を通して安全な場所に誘導するかは、流動的な人々の動きを的確にとらえ、かつ刻々に変化する火災状況に対応した避難方法をあらかじめ十分に研究し、検討しておかなければならない。

このひとつの評価方法として、最近シミュレーション^{15),16)}手法が提案されている。日立製作所は早くからこの問題に取り組んでいるが、避難誘導対策を立てるに当たり、あらかじめシミュレーションによって検討した避難経路のパターンを用意することは、

- (1) 火、煙、人々の動きをミクロ的に計測することは困難。
 - (2) ミクロな情報から最適の避難誘導方法を判断することは不可能。
 - (3) 避難誘導の指示はしばしば変更しないほうがよい。
- などの理由から、現実的で有効な方法といえよう。しかし、この方法による場合、当然のことながら、パターン上に予想外の障害が起こることもあり得るので、人が介在するバックアップ修正を考慮する必要があることは言うまでもない。

表2 予防・発見設備機器の分担 現状の設備機器を挙げたものであるが、人間の介在を要する防災設備が多い。また、予知機能を持った防災設備が少ない。

設備機器 区分	煙感知器	熱感知器	スプリンクラアラームバルブ	漏電警報器	手動発信機	非常電話	ページング装置	ガス検知器	CCTV (Closed Circuit Television)	巡回訓練(人)	建築構造
予防	予知	—	—	○	—	●	●	○	●	—	● (可燃物工事の情報等)
	予防	—	—	—	—	—	—	—	—	●	○
発見	○	○	○	—	●	●	●	—	●	—	—

注：○＝基本機能 ●＝人間の介在が必要

以上、煙に対する安全避難対策の動向の一端について述べたが、我が国では、これらを考慮して、前述の対策(1)~(4)を早急に整備する必要があると考える。

3.4 防災センタ

防災センタは、防災計画に基づいて設置した諸設備機器を集中監視・制御する防災システムの中核である。建築物が大規模・多様化した現在、管理の円滑化、災害時における指揮系統の一元化などのため、その必要がますます高まっている。

我が国では、高層建築物(高さ31mを超えるもの)及び地下街(床面積の合計1,000m²を超えるもの)は、「建築基準法」により中央管理室(防災センタ)を設置すべきことが規定されている。また、消防当局も従来より行政指導を行なっているが、最近では防災センタの重要性が認識され、ビルの用途、形態によっては、法規制外のビルであっても、建築計画の中で防災センタが設置される場合がある。

アメリカでは、表2に示すように、防災センタに相当するものをファイヤ コマンド センタ(あるいはステーション)と称しており、高層ビルにはその設置を義務づけている。ファイヤ コマンド センタの具備すべき機能は、都市により様でないが、概略次のように規定されている。

- (1) 放送など通報の管理パネル
- (2) 消防署員用送受話器の設置とその管理パネル
- (3) 火災感知の受信と警報表示パネル
- (4) エレベータ及び空調設備の監視制御パネル
- (5) 非常電話機
- (6) スプリンクラ放水監視パネル
- (7) 非常電源装置の監視制御パネル
- (8) 消防署員の活動容易場所に設置(入口、ロビーなど)

これらは我が国の最近の防災センタ計画と比べて、さほど違いはないが、(2)、(8)のように消防署員の消火・救護活動を円滑化することを主眼においたものを規定している点がユニークである。

また、我が国でも、いわゆるビル管理システムの一環として、空調衛生設備や電気設備などと並んで防災システムをとらえ、これらのサブシステムを集中化することによって、省力化、経済化を図ろうとする総合操作盤(図3参照)形式のセンタ設備が導入されつつある。既に、ビル管理システムに電子計算機が導入され活用されているが、防災の分野でも、信頼性、経済性、処理体系などが検討され^{12), 13)}、前述の避難誘導、給排気、防排煙、点検維持などの監視制御に電子計算

機の導入が進められている。

ただし、総合操作盤への集中化が急なあまり、操作が複雑難解で消防署員などが緊急時に正しく操作できないものや、火災時の操作で防災センタのプライオリティが確立されていないものは排除すべきである。また、バックアップ系及び防災センタ室自体の安全を図る必要のあることは言うまでもない。

4 結 言

ビル防災対策の歴史は、「消防法」、「建築基準法」などの法令によって培われてきたものであるが、建築物の質的变化に対応して、その重点が耐火構造化主義から人命尊重主義へと変化し、現在は災害時における建築空間と人間との結びつきの中で人命尊重を一義とする方向へ進んでいる。ビル オーナーの側でも、ビル防災の思考が浸透し、ビルの運用面の利便を考慮しつつ防災設備計画に対するニーズが強くなってきている。

ビル防災のシステム化とは、計画・設計・施工・運用・保守の一体化、つまり、オーナー・設計者・施工者・メーカーに共通する防災に対する思想の統一が必要であり、そのためにも明確な防災計画の樹立が望まれている。本稿で紹介した定量的手法に基づく防災システム計画は、まだ緒についたばかりで学問的領域における基礎データの積み上げと実技術への応用は、今後いっそうその深さを増していくものと思われるが、上述したような動向を積極的に採り入れ、ユーザーの期待にこたえるため、今後も鋭意研究を続けていく考えである。

参考文献

- 1) High Rise Buildings Code, (New York: 1973-10, Los Angeles: 1974-7, San Francisco: 1974-10, Chicago: 1975-6)
- 2) 建築学大系編集委員会編: 建築学大系21, 「建築防火論」(昭48-3)
- 3) 建築設備総合協会編: 建築の防火・排煙・消防設備(1)「防火・排煙設計編」(昭50-6)
- 4) 日本建築センター編: 建築防災計画指針(昭50-3)
- 5) 吉原ほか: 「ビル避難群集流のシミュレーション」日立評論, 58, 977 (昭51-12)
- 6) Firesafety Systems Seattle Federal Building: General Services Administration-Public Buildings Service (1974)
- 7) R.H.Jensen et al: "Goal Oriented Systems Approach to Building Firesafety", G.S.A.-P.B.S. (1974-11)
- 8) 米国防火協会編: "Fire Protection Handbook" (1976年版)
- 9) 今出: 「安全・防災システムと計画」, 東京電機大学出版局 122 (昭50-5)
- 10) R.W.Bukowski et al: 「Taguchi Semiconductor Gas Sensors as Residential Fire/Smoke Detector」N.B.S. (1976-12)
- 11) 日本火災学会編: 「建築防火教材」, 3, (昭51-4)
- 12) 日本技術経済センター編: 「最新のビル総合防災システム装置の開発・導入実例集」(昭50-1)
- 13) 熊野ほか: 「建築の防災対策」日刊工業新聞(昭51-9-9)
- 14) F.C.W.Fung et al: "Test and Evaluation of the Smoke Control Features of the Seattle Federal Building", G.S.A.-P.B.S. (1974-11)
- 15) 吉原ほか: 「待ち行列モデルによる避難シミュレーション」電気学会全国大会(昭50)
- 16) 和泉ほか: 「ビル防災システム」, 三菱電機技報, 50, 394, (1976-7)



図3 総合操作盤("HIFICS 500") ビル管理機能を持った防災盤の外観を示す。