

ビル防災特集

ビル防災設備のシステム化	61
火災感知器の原理と特性	66
非常用排煙ファン	73
非常用照明設備	78
防災用の非常電源設備	82

ビル防災設備のシステム化

Systematization of Accident Prevention Facilities for Buildings

With an overall economic boom as a background, major cities in Japan are growing horizontally as well as vertically with construction of high-rise buildings and underground shopping centers on an unprecedented scale, but behind this bright picture of prosperity, chances of fire and other accidents threatening the lives of citizens are increasing. Under this situation the Construction Standard Law and the Fire Defense Law are undergoing revisions from the standpoint of respecting human life more than anything else, and along with this trend requirements on the provision of fire and other accident prevention facilities for buildings are becoming much more exacting.

The authors, in their study for systematizing accident prevention facilities for buildings to meet safety requirements better, discusses the concept of systematization and problems involved.

青野正躬* *Masami Aono*

中谷 勇* *Isamu Nakatani*

1 緒 言

経済発展に伴う都市構造の高密度化は、ビルディングの大規模化、高層化および地下深層化によって象徴される。

技術革新によるこのような建築物の具現化は、人類の福祉向上に大いに貢献している反面、従来予想もされなかった災害現象の複雑化、困難性が倍加され、大災害を誘発する要因を秘めてきている。

現在の防災設備の歴史は、「消防法」、「建築基準法」などの法令によってつちかわれてきたといっても過言ではない。これら法令も建築物の質的变化に対応して、単なる財産保護を目的とした耐火構造化重点主義より、人命尊重（避難誘導の確保など）への方向へと改正されてきた。法とともに発達してきた防災設備は、法の運用面において、単に経済的要請から法の精神を十分生かすことなく、単機能的活用の範囲でしか施設運用されていない。

このため、火災現象の複雑さが、加速されている実情に立った場合、各防災設備の機能向上のための改良、開発もさることながら、各防災設備の有機的な結合によって相乗効果を図ろうとするシステム化に期待されるのは当然の理と言えよう。現在、防災設備のシステム化は、まだその緒についたばかりに過ぎず、ここで述べる内容は、主としてビルにおける火災を中心とした、防災設備のシステム化の考え方について概説するものである。

2 現防災設備の問題点

建築物の防災対策、すなわち安全性はその建築物が有している構造、設備、その他物理的条件によってのみ定まるものではなく、その使い方、すなわち維持管理形態によって大きく左右されるものである。現在建築されている建物は、その用途、規模、構造、そこに収容される人々の性格などが千差万別であり、おのずと物理的条件、維持管理的条件が異なり、それぞれのギャップが防災対策の欠陥となって現われてきている。

防災設備をとり巻く環境は、これらが複雑にからみ合っていて実際に施設、運用されているが、種々の事情によって多くの問題が残されている。以下、二、三の問題点について整理記述する。

2.1 法規面より見た問題点

法の精神そのものは、時代の変遷とともに改正され福祉社会の維持向上を目ざして、その義務設置の範囲が拡充されてきている。しかし、千差万別な建物に適応させるため、画一的な規定になっている。このため実際の運用にあたっては、法は最低基準として定められているに過ぎないという観念を忘れ、その精神を十分理解して実施されている例が少ないということである。建物によっては、その建物の特殊性から法以上の基準で防災設備をする必要が多々あり、法基準に融合した補強設備の配慮がぜひとも必要である。

一方、オーナーから見た場合、義務設置の拡張は経済的負担を大きくすることにつながる。より確実に安全性の高い防災設備を導入促進させるためには、積極的なオーナーに対する財務上、あるいは税法上の各種優遇措置を実現することがぜひ必要である。

2.2 火災研究より見た問題点

火災研究も、計測通信技術やコンピュータの発達によって急速に進歩し、研究内容もしだいに基礎的な問題の解明に向かって進められている。火災研究の領域は、複雑多岐にわたる燃焼物を対象として、その発生、火災伝搬、火災挙動（火災荷重、フラッシュオーバー現象など）、火煙成分、火災制御、パニック心理などに関する問題を実験的、理論的に解明して行かなければならず、現在まだ学問的な体系化が緒についたばかりに過ぎない。

火災研究の困難性は初歩的な火災実験にある。実物大ビルにおける火災実験の困難さは、物理的に大きな障害となっている。しかし複雑な火災現象を解明するためには、実物大ビルの火災実験がぜひ必要であり、火災実験によってその現象

* 日立製作所通信機事業部

をあらゆる角度からとらえ、各段階の現象を単純化したうえで、火災というものを理解することができるわけである。

火災研究は、物理学、化学、力学、工学、心理学などあらゆる分野の学問を駆使して取り組まれているが、研究に対する歴史はまだ浅く多くの課題が残されている。本質的な防災対策は、これらの研究成果によってはじめて確立されるものであるが、災害の発生はそれを待ってはくれない。しかし、いくらからでもこの火災研究の遅れを補う手段として、当面の防火設備のシステム化が考えられてきている。

2.3 防災設備より見た問題点

防災設備は建築構造的防火措置のうえに立って、それを補うものとして設備されるものである。このような観点から現行防災設備の問題点を整理して見ると、

- (1) 火災経過に対応した設備計画の配慮不足
- (2) 関連設備との連携的配慮不足

などがあげられる。

2.3.1 火災経過に対応した設備計画の配慮不足

火災は発生→確認→警報→避難誘導→拡大防止→消火といった流れで経過するが各設備はそれぞれの時点で迅速、的確に作動、運用できるものでなければ防火の意味をなさない。緊急時における各防災設備の円滑な作動、運用を確保するためには、被災者の心理的な動揺、少ない防災要員で対処することを十分考慮してその設備の機能面に反映させる必要がある。設備例の多くは異常発生の情報集取、表示、確認、判断および制御の手段が各設備ごとに分散され、かつ操作性の面でも人間工学的配慮が欠けているため、総合的な形で正しい判断、操作および確認に時間がかかり、火災の延焼拡大を促進させる結果を招いている。

機械に置き換えられる機能は極力機械に持たせ、人間の負担を軽減することが重要である。人間が行っていた機能を機械に持たせることは、各防災設備の有機的な結合によって、ある程度実現可能である。このようなわずかな工夫が防災対策上大きな効果をもたらすものである。

2.3.2 関連設備との連携的配慮不足

建物には防災設備のほかに多くの設備が設置されている。一般にビル機械設備と言われる受変電、電力設備、空調、冷暖房設備(冷凍、ボイラを含む)、給排水設備、エレベータおよびエスカレータ設備などは防災面から見た場合、災害発生源の対象として、また災害時における非常運転への切替えなどによって、防災処置を援助する役割を果たす対象として重要な位置にあると言える。しかしビル機械設備自体は、防災的観点から設計製作されているものは少なく、また施設計画の段階においても同様である。現状のビル機械設備では、種類の運転状況の監視や異常検出を行なっているが、これらの情報を防災情報に翻訳して防災設備に取り込み、相互に連携を持たせた形で運用することによって、より高度な防災対策が可能となる。

特に、火災時における空調設備のダンパ開閉制御を火災報知設備や防排煙設備と連動させることにより、延焼拡大防止や避難時間の延長を図るなど大きな効果を発揮する。

3 システム化の考え方

3.1 システムの基本構想

現状の防災設備の機能と社会的要請のうえに立って、システム化に期待されるところを系統的に整理すると図1に示すとおりとなる。同図に示す目標の設定理由としては、

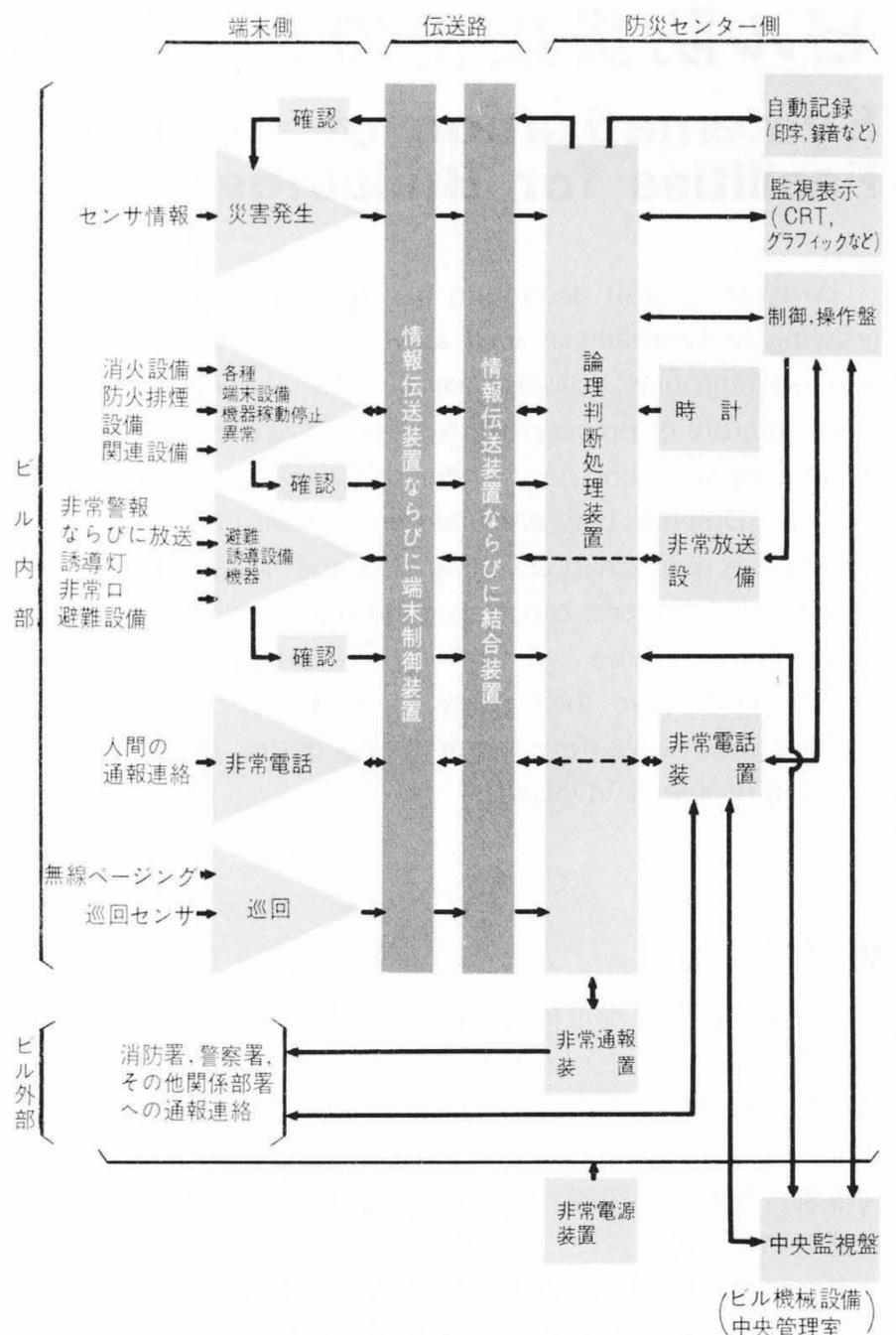


図1 システム化要請の背景とその目標設定 防災システムのニーズとその目標との関係を示す。

Fig. 1 Relation between Needs and Target for Accident Prevention System

(1) 信頼度の向上

現在の防災設備の多くは、単一現象をとらえて判断の根拠として操作、確認がなされているため、設備作動の確実性の低さやむだな動作を行なう可能性が多い。このため連動作動することが困難となり、どうしても人間の確認、判断に依存することとなる。信頼度の向上によって自動連動の幅が広がる。

信頼度向上の要素としては、系統的に二重、三重系で情報収集を行なったうえで判断、確認を自動的に行ない、より確実性を増すこととおよびこれと併用して機器本来の動作安定度を増すことが考えられる。

(2) 省力化

情報量の増大と質的な高度化要請に伴い機械に依存することは増す一方である。また、これら機械を運用する人間の技量は高いものが要求される。このような条件で省力化を実現する手段は、自動化、集中化によるほか合理的な運営はあり得ない。自動化、集中化は人間の負担を軽減し、それによって生ずる余力で人間が本来行なうべき仕事を完全に遂行し、より迅速で確実な防災措置が可能になる。

(3) 災害処理体系の確立

火災の進展経過にそって各防災設備を円滑に動作させるた

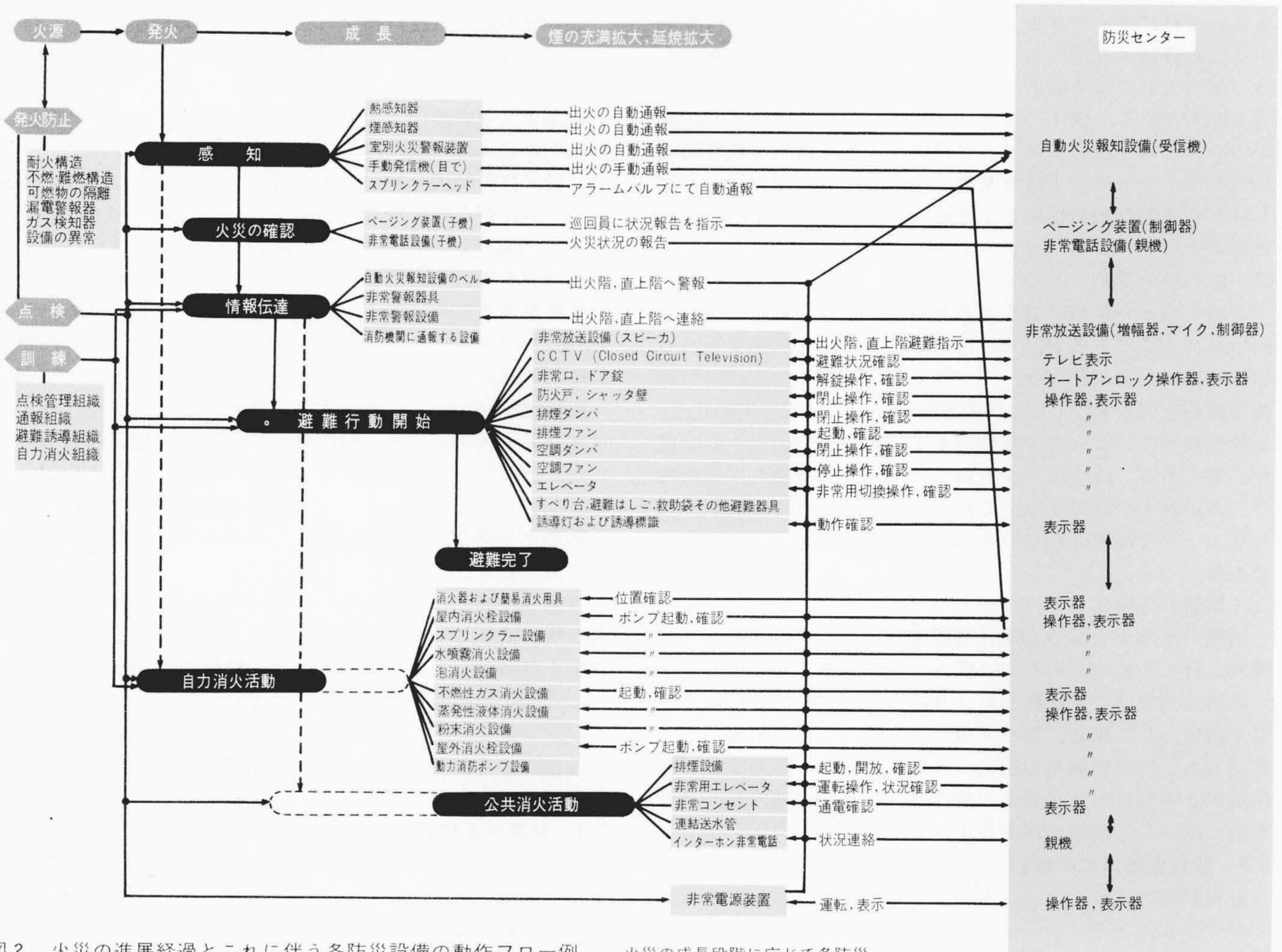


図2 火災の進展経過とこれに伴う各防災設備の動作フロー例 火災の成長段階に応じて各防災設備はいかに動作すべきかの関連性を示す動作フローの一例である。

Fig. 2 Example of Flow Chart for Accident Prevention on Facilities Operating at Fire

めには、防災システムの動作フロー、すなわちソフトウェアを確立する必要がある。火災の各段階の処理を明確にするとともに省力化によって少ない陣容をカバーするためのバックアップ体制を十分考慮する必要がある。

各目標を達成させるにあたり重要なことは、システムの基本機能を明確にすることである。防災システムの具備すべき基本機能を掲げると、

- (1) 火災の早期発見と確認
- (2) 通報と連絡（内部、外部）
- (3) 居住者に対する避難誘導と関連設備の操作確認
- (4) 初期消火設備と関連設備の操作確認および本格的消火の援助
- (5) 消・防火設備と関連設備の異常ならびに稼(か)動状況の監視
- (6) 防災センターの情報判断処理

などがある。これらの基本機能は火災進展経過にそって、円滑に行なわなければならない、その動作フローの一例は図2に示すとおりである。

以下、そのシステム化の3本柱とも言うべき「信頼度向上」、「省力化」および「災害処理体系の確立」を骨子に、具体的なシステムの基本機能を織り混ぜてその主眼点を解説することとする。

3.2 情報検出方法の検討

(1) 情報内容の精度向上

防災設備にかかわる必要情報の種類を示すと表1のようになる。同表に掲げた情報の種類は単一情報を分析したものであるが、表に示すように人命尊重を第一とする防災対策において被災者に関する情報収集はゼロである。これは人間の流動検出手段のむずかしさから実施されていない訳であるが、今後のシステム開発上大きな課題となるであろう。

情報内容の精度向上の要素としては第一にこれら単一情報そのものの精度を上げることである。これはセンサ自体の信頼度向上の問題であり、一朝一夕に高信頼度のセンサを開発することはできない。しかし将来の課題として、動作安定度の高いアナログ量を検出するセンサを開発することに期待がかけられている。アナログセンサは煙や熱の変化量の検出であり、各測定時点において空調設備、排煙設備その他消火設備等々災害に応じて適切な制御情報を任意に抽出することができ、1個のセンサで多目的な利用が可能となる。現時点ではアナログセンサの開発は伝送技術面および経済性の点で実現性は乏しい。第二としては現火災感知器の問題点として急激な環境変化(温度上昇・低下、風圧の変化など)が生ずると火災でなくとも火災である旨の情報を発することである。このような欠点を防止する方法として、温度と煙の二つの火災

現象を同時にとらえてはじめて火災発生認識に立つことである。これによって非火災報による混乱を減少させ、精度向上による各防災設備への自動連動の範囲を広げることができる。第三としては各設備の連動の達成はその情報の精度に大きく左右される。表1では単一情報にとどまっているが、実際のシステムを組むにあたってはこれら単一情報を複合的に加工して、その検索手段を常時一定時間間隔で総合的に監視し、判断確認制御の根拠をより確かなものへとする配慮が必要である。

(2) 伝送路の節約

きめの細かい情報収集をするためには多種多量のセンサが使用される訳であるが、その情報をセンターへ伝送するための伝送路にもまた膨大なケーブルが必要となる。これら伝送路の節約を図る手段として各警戒区域ごとに情報を集約化し、信号変換装置によって多量情報を1回線で同時伝送する配慮が必要である。防災センター側ではこれを変復調し、判断処理、表示および制御する。これらの技術的手段は、通信やコンピュータで採用されている技術分野で十分実現できるものである。

(3) 情報の標準化

情報の標準化を図る意味は判断確認処理表示などをより合理的に行なわせるためぜひ必要となる作業である。センサからの異常情報は、感知性能によりその区域に限定されるが対処を前提とした場合、警戒区域に置き替えて情報処理する必要がある。特に情報量の増大、多様化した場合、センサの動作限界と兼ね合わせ各設備の動作フローと十分検討し、ソフト的に確立した情報の標準化を図る必要がある。

3.3 監視制御方式の検討

監視制御方式のパターンをあげると次のように分類することができる。

- (1) 中央監視, 中央制御方式 (防災盤による中央監視制御……集中化)
- (2) 中央監視, 中央制御, 端末割込制御方式 (現場操作のみ割込み可能)
- (3) 中央監視, 端末制御方式 (監視は中央, 操作は現場)
- (4) 中央監視, 端末制御, 中央割込制御方式 (中央から割込

制御が可能)

システム化の目標に掲げた省力化, すなわち具体的には集中化, 自動化をとり, どの程度配慮するかによって上記4方式のうちいずれを採用するかが決まる訳である。いずれも監視機能面では中央監視で集中化を前提としており, 制御機能面ではそのビルの状況に応じて選択する必要があるだろう。

一般に自動制御を前提とする場合, (1)の方式が望ましいがシステムに弾力性を持たせる場合は(2)の方式が望ましいと言えよう。(3)および(4)については防災システムの精度評価と経済性の面を考えて選択すべきものと言えよう。

監視制御を容易にする主眼点は, 第一に情報の標準化であり, 第二には生(なま)の情報を抽出表示するのではなく人間が最終判断確認に必要な結果, 情報を抽出表示することである。

監視機能については表示方法に依存することが多々あり, 現在防災システムで多く採用されているのが地図式表示であるが, 技術的な面から見るとCRT (Cathode Ray Tube) やプリンタなどの導入によって表示記録機能の高度化と機器の小形化を図り, 重要度に応じた対処表示を実現すべきであると言える。

制御処理機能については, 非常時における複雑な処置を極力機械に置換させて処理スピードを上げるとともに, 人間の負担を軽減することになり, 論理判断処理技術が基礎となってくる。論理判断処理装置にはすぐコンピュータが思い浮かぶが, コンピュータ導入にあたっては経済性, 信頼性の面で十分検討する必要がある。また汎用機を活用するか, 専用機を導入するかについても十分検討する必要がある。

3.4 システム構成上の配慮事項

防災システムの基本機能をもとに概念的なシステム構成をすると図3のようになる。このシステム構成上次の点について特に配慮することが肝要である。

(1) 機器異常の検出ならびに点検機能

災害発生を監視ならびに制御する各設備の機器異常については, 災害の重要性から考え災害発生と同じレベルで監視する必要がある。各設備の機器が故障していて災害を大きくしたり, 二次災害を招来することもあるため, その復旧を極力短縮できるようあらかじめシステム的な機能配慮が必要である。

表1 防災設備にかかる必要情報の種類 対象区分ごとに必要な情報種別を示したものである。

Table 1 Kinds of Necessary Information on Accident Prevention Facilities

区分 対象設備 情報種別	火災発生源	消防火設備	関連設備	被災者	通報連絡 (内部・外部とも)	巡回
	火災感知器 漏電警報器 ガス漏れ感知器 その他センサ	初期消火設備 避難誘導設備 防排煙設備 本格消火設備	空調設備 エレベータ 非常電源 その他	現在なし	火災発信機 非常電話	現在なし
種類	○	○	○	● (社員, 訪問者 などの種類)	○	×
位置	○	○	○	● (何階に いるか)	○ (送, 受の区 別をする)	● (巡回順路 も含む)
変化量	●	×	×	● (人数, 流動方向)	×	×
起動	○	○	○	×	×	●
停止	×	○	○	×	×	●
障害	○	○	○	● (救助要請)	○	●
時間	●	●	●	●	●	●

注: ○=現在導入されている必要情報
●=防災上必要であるが現在導入配慮されていない情報
×=情報不要

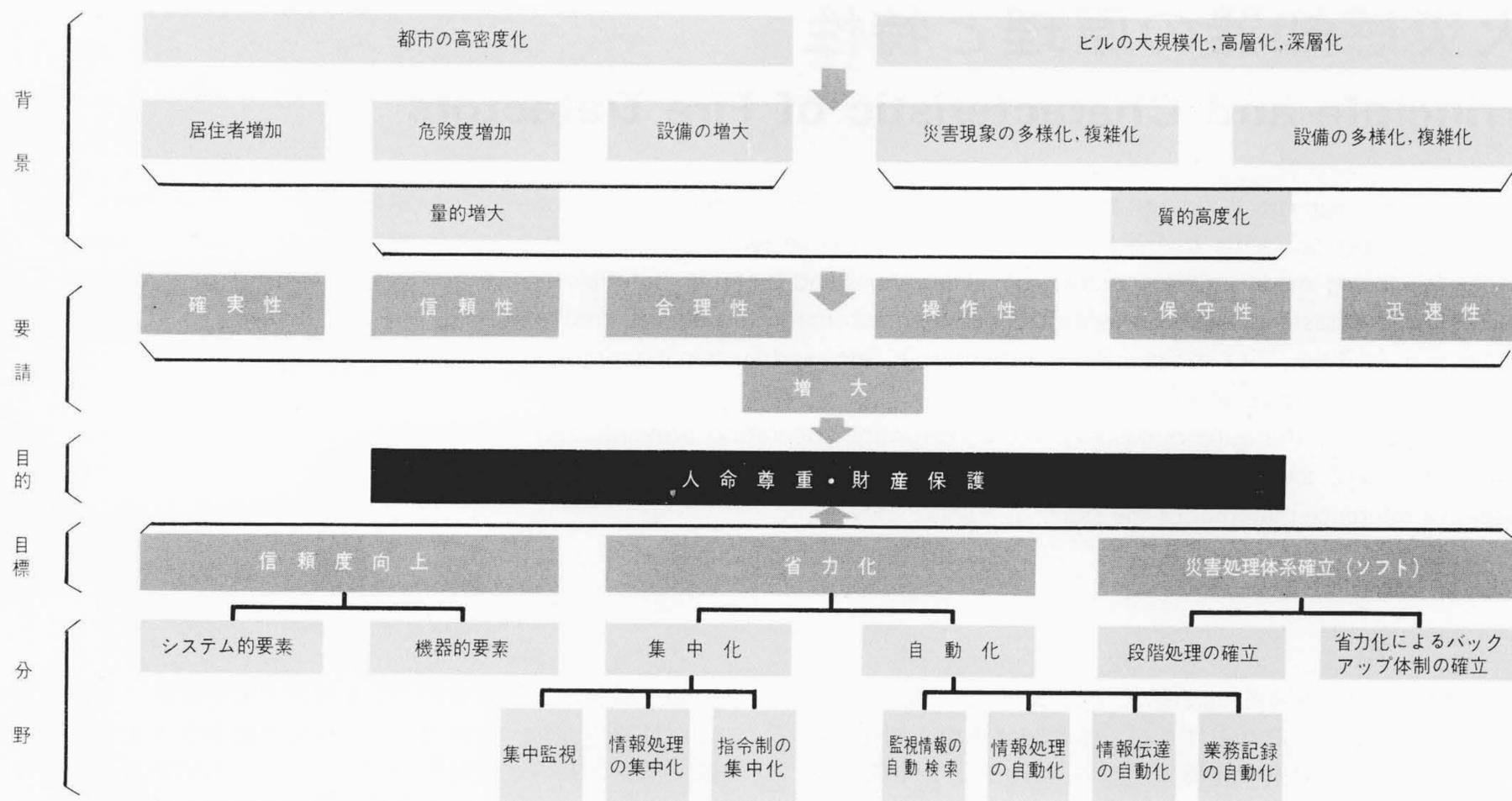


図3 防災システムの概念構成図 防災システムの基本機能をもとに構成した概念図である。

Fig. 3 Conceptual Diagram for Accident Prevention Facilities

また日常の点検を容易にすることによって、障害率の低減を図る必要がある。回線の常時自動監視や防災センター側の制御操作盤から各機器の折返し動作確認、復旧試験、ランプチェック機能などを配慮すべきである。

(2) 人間の確認情報のバックアップ

災害の拡大状況の確認の点ではまだ人間に依存部分が多々ある。現場状況を電話連絡によって防災センターに報告する際においても、極力音声連絡のみの機能で満足することなく、非常電話に災害の程度に応じて分類したスイッチを設け、それを操作することによってハード的に、確実な情報を同時に伝えこの情報をもとに非常通報の自動化を図り、人間の確認情報をさらにバックアップする配慮が必要である。

(3) 予防情報の配慮

防災対策の終局の目的は予防にあるとあって過言ではない。火災に発展する以前の危険状態を常に監視する配慮が必要である。経済的に許される範囲でこれらの状態情報の収集に努め、要確認情報としてソフト的に処理パターンを確立する必要がある。

(4) サブシステムの系統化

総合防災システムをより運用しやすいものにする一つの手段として、サブシステムを系統だてて構成することがある。

サブシステムの構成例を掲げると、

- (1) 火災感知系……火災報知設備、漏電警報器、ガス漏れ感知器、その他予防情報センサ
- (2) 初期消火系……自動スプリンクラー、並ポンプ、泡（あわ）消火設備、不燃性ガス消火設備、粉末消火設備、水噴霧消火設備
- (3) 避難誘導系……非常放送設備、誘導灯、非常照明、非常口解錠、避難設備、非常用エレベータ
- (4) 防火排煙系……排煙ファン、排煙ダンパ、防煙垂壁、スモークタワー、空調給・換気ファンならびにタンバ防火戸防火シャッター

- (5) 本格消火系……消防ポンプ、屋内消火栓（せん）設備、屋外消火栓設備、連結送水管、非常コンセント

- (6) 通報連絡系……押しボタン式火災発信機、非常電話設備、自動通報装置

- (7) 防災センター系……論理判断処装置、監視表示装置、制御操作盤自動記録装置、非常電源装置

- (8) 非常用電源系……非常用発電機（商品名：サンパワー）、非常用蓄電池（商品名：エマーパワー）、耐火電線

これらの各サブシステムは、統一された警戒ブロック単位に災害の各段階に応じた処理パターンで、円滑に動作するよう有機的な結合を図る必要がある。またビルの実情に応じて任意のサブシステム構成が選択できるように配慮する必要がある。

4 結 言

本来ビル防災システム化の目的は、機能の高度化、高信頼化、経済性、性能評価など総合的に追求すべきものであり、さらに、システム化を論ずるときは、公害対策を含めた地域防災システムの一環として、また総合ビル情報管理システムの一環としての位置づけならびに、建築構造的防災措置の分野まで考察すべきであるが、本稿では、ビル防災設備に限定し、そのシステム化要請の背景とシステム化における諸問題について述べた。

防災問題は、現在あらゆる方面の課題が山積している状態であり、筆者らは今後関係各位のご指導とご支援を仰ぎ、さらに具体的なビル防災設備のシステム化実現に努力する所存である。

参考文献

- (1) 水越義幸：「建築基準法令上の防火設計基準」建築知識（昭47-11月増刊）
- (2) 今出、和泉：「高層ビル防災システムとその周辺問題」電気学会雑誌 Vol. 93, No. 6 (6/'73)