

超高層ビルにおける防災制御システム

Development of Control System of Fire Accident Prevention for Skyscraper

超高層ビルを構成する諸設備部門のうち、システム制御の対象になるものとして、一般に、防災設備、受配電自家発電設備、空調衛生設備などが挙げられる。

これらの各設備部門は、それぞれ独立した制御システムを持ち、互いにあまり関連がなかったのであるが、それらを一つのシステム体系として制御するようになったのは、制御用小形電子計算機の出現によるところが大きい。こうした技術的開発を必要とした社会的背景としては、超高層ビルの出現により、制御の対象となる設備機器の数が増え、またその構成が複雑化するとともに、ビルの機能をフルに発揮させるためには、従来のように各部門単位で制御するのでは、その要求が満足されないばかりか、経済的にも不利であるという事情があったことはいうまでもない。その結果、ビル全体を一つのシステムとして考え、それぞれの部門はこれをサブシステムとして位置づけ、中央制御方式による集中管理が行なわれるようになった。

本稿では、国際通信センタービル納めの防災制御システムを例にとり、防災制御システムでの災害処理機能の確立、合理的なシステム構成、信頼性の向上などの問題について記述した。

豊田武二* Toyoda Takeji
斉藤 博** Saitô Hiroshi
松本善信* Matsumoto Yoshinobu

1 緒 言

最近の超高層ビルに代表される大規模・大容量ビルで、制御システムの重要性は非常に大きなものになっている。すなわち、監視制御の対象となる設備機器の種類及び点数が非常に多く、かつその内容が極めて複雑多岐にわたっているため、全システムとしての総合的な最適制御や火災、又は停電など非常事態が発生した際の迅速な制御を行ない、更には運転及び保守の自動化や省力化が可能で、しかも装置として小形化されたものが要求されている。

超高層ビルでの制御システムは、図1に示すように主に三つのサブシステムにより構成されている。これらのサブシステムの機能は次に述べるとおりである。

(1) 受変電設備制御サブシステム

安定した電源を確保するための受変電設備及び自家用発電機設備の監視と制御

(2) 空調・衛生設備制御サブシステム

快適な環境維持を目的とする空調・衛生及び給排水設備の監視と制御

(3) 防災設備制御サブシステム

居住者の生命・財産の安全確保のための防災設備機器の監視と制御

これらのサブシステムを統合制御するものとして、計算機(HIDIC 350二重系形)を導入した中央監視制御システム¹⁾を開発し国際通信センタービル(以下、KDDビルと略す)に納入した。本稿は、この中の防災制御システムについて記述する。

最近のビル火災などの都市災害による人的・物的被害の増大は著しいものがある。更に、ビルの高層化や地下深層による都市構造の高密度化は、居住者と設備の集約化をもたらし、万一災害が発生した場合、予想外の大惨事を誘発する危険を内蔵している。このため、各種防災設備の機能向上と開発が進

められているが、更に各設備の有機的結合による相乗効果を得る目的で、そのシステム化²⁾が要求されている。また、ビルにおける防災対策は、構造や設備によるばかりでなく、維持管理形態によっても大幅に改善されるため、防災制御システムは、特に超高層ビルでは重要なポイントの一つになっている。

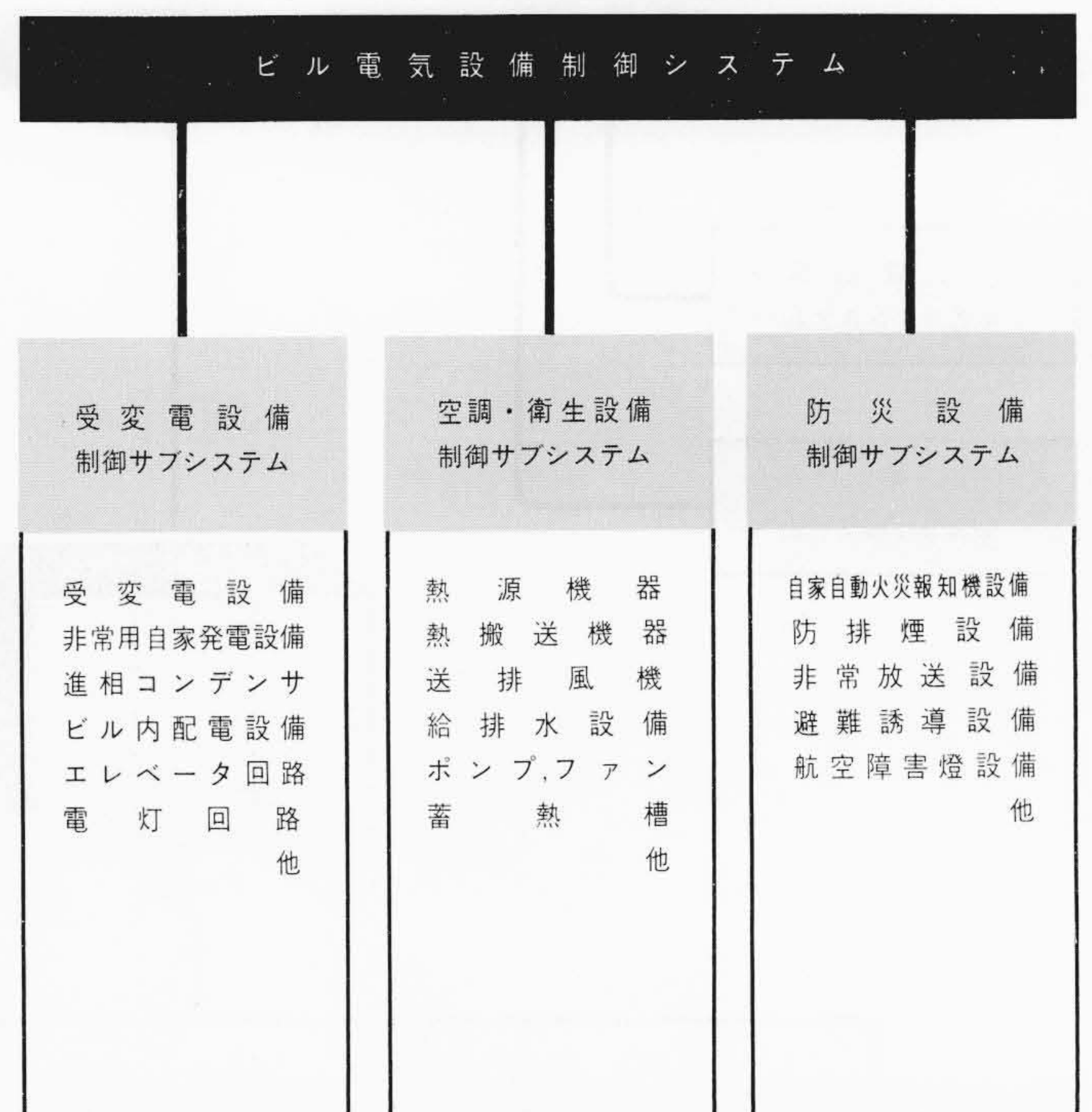


図1 ビル制御のサブシステム構成 ビルにおける制御システムの構成を示す。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所機電事業本部

2 防災制御システムの構成

2.1 電子計算機の導入

前述したように、超高層ビルの制限システムは、(1) 受変電設備制御、(2) 空調・衛生設備制御、(3) 防災設備制御の三つのサブシステムを中心に構成される。各サブシステムの目的と基本方針及び関連度は、表1に示すとおりである。

表1 基本方針とサブシステムの関連 各サブシステムでの制御の目的と実現の基本方針に対しその関連度を示す。

目 的	基 本 方 針	サブシステムとの関連		
		受変電	空調衛生	防 災
省 力 化	設備運転の自動化	◎	◎	◎
	監視の自動化			
省エネルギー化	設備の高効率運転	◎	◎	△
	各種の最適制御			
	予測制御			
安全性の確保	防災・防犯対策の充実	◎	○	◎
	停電復時処理の徹底			
居住性の向上	空調などの最適制御	△	◎	△
運転の容易化	運転の自動化			
	機器の連動化	◎	◎	◎
	マン マシン性の向上			
	監視効率の向上			
保守の容易化	運転データの一括管理			
	統計処理	◎	◎	○
	入出力仕様の統一			
信頼性の向上	バックアップ対策	◎	◎	◎

注：◎＝強い関連 ○＝中位の関連 △＝弱い関連

すなわち、ビルの制御システムでは、各サブシステムに対して共通に制御できる中央処理装置を導入することにより、関連の強い事項に対しては特に徹底した管理を行なうことができるから、それぞれのサブシステムが個別に制御装置を設ける場合に比べて、いっそうその効果が大きい。

特に、超高層ビルでは、表2に示すように、一般のビルに比べて監視制御システムの制御点数の数が圧倒的に多い。そ

表2 監視制御システムの制御点数の例 制御、表示、計測の入出力点数の実例を示す。

分 類	内 容	制 御 点 数		
		A ビル	B ビル	KDD ビル
受変電 自家発電	制御	110	90	460
	表示	150	150	470
	故障	180	200	1,000
	計測（アナログ）	880	90	130
	計測（パルス）	30	20	40
空調衛生	制御	210	460	860
	表示	320	550	590
	故障	360	680	570
	計測（アナログ）	380	500	640
	計測（パルス）	160	20	30
防 災	制御	150	—	370
	表示	60	300	1,600

注：点数は概略値を示す。

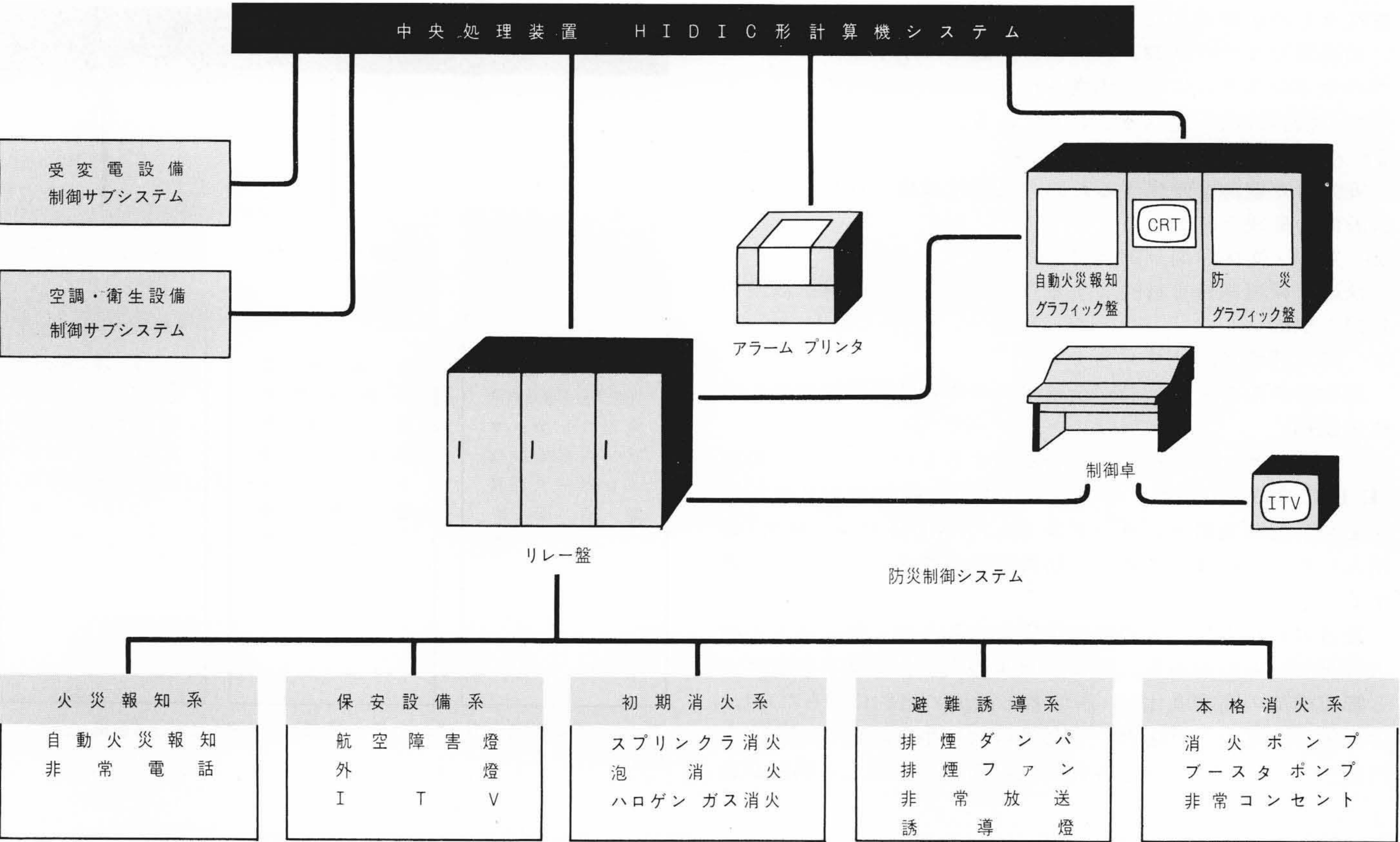


図2 防災制御システムの構成 防災監視制御装置としての防災制御システムの構成を示す。

ここで、表1に示す目的と基本方針を達成するためには、制御用計算機を中央処理装置に組み込んで、前述のサブシステムを共通に制御することが超高層ビルの制御システムとして最適であり、また不可欠なものとなる。

以上の点から、ビル制御システムでの計算機の導入は、ビル制御の総合的効率の点から三つのサブシステムに対し共通に設けられており、防災制御システムの場合でも防災専用として設けられるのではない。すなわち、それぞれのサブシステムでは主にハードウェアの面における最適性・経済性の追求にポイントがおかれ、一方、計算機では、主にソフトウェアによる最適性・経済性が追求されることになる。

2.2 防災制御システムの構成

防災制御システムは、本来、火災防災を主な目的とするもので、地震など大規模な自然災害に対しては、これを二次的に対処することにとどめるのが普通である。図2に防災制御システムでの監視制御装置の構成及び防災機器の種類について示す。防災機器は表3に示すように分類されるが、その点数は非常に多く、KDDビルの場合には25種、6,400点にも及んでいる。

KDDビルの場合、これら多数の防災機器を監視制御する防災監視制御装置には、図2に示すように全システム共通の中央処理装置であるHIDIC 350制御用計算機システムを採用している。また、その主要構成機器には、計算機利用により災害発生場所、災害の範囲及び機器の活動状況を表示するブラウン管式表示器(以下、CRTと略す)、動作故障記録を行なうアラームプリンタ、CRTとともに集中監視を行なう自動火災報知グラフィック盤及び防災グラフィック盤、更に有線工業テレビジョンを用いたITV監視盤、防災機器の操作を行なう制御ディスク、計算機や防災機器からの信号の取りまとめ及び一部の論理回路を構成する小形継電器を主体とするリレー盤などがある。図3にKDDビル納めの防災監視制御装置を示す。なお、防災監視制御装置～防災機器間の制御ケーブルは、ケーブル事故の際に影響を受ける範囲を少なくするため個別に行ない、いわゆるケーブル本数の低減のための信号伝送装置は用いていない。

表3 防災機器の分類 防災機器の用途と代表機種に対し目的別に分類した。

使用時期	分類	用途	代表機種
平常時	保安設備系	平常時の保安の確保	航空障害燈
			外灯
			ITV
非常時	火災報知系	火災の早期発見	自動火災報知機 非常電話
	初期消火系	被害の最小化	スプリンクラ消火 泡消火 ハロゲン化物消火 CO ₂ 消火
	避難誘導系	避難の安全	排煙ロダンパファン 非常放送 避難誘導灯
	本格消火系	消防隊活動	各種消火ポンプ 非常コンセント



図3 防災監視制御装置の例 KDDビル納めの防災監視制御盤を示す。

3 システムの機能

3.1 システムに対するニーズと手段

防災制御システムの特長は、全体が保護装置としての機能を持つ必要のあることである。図4に防災制御システムのニーズとその手段のフローを示す。防災制御システムに対する

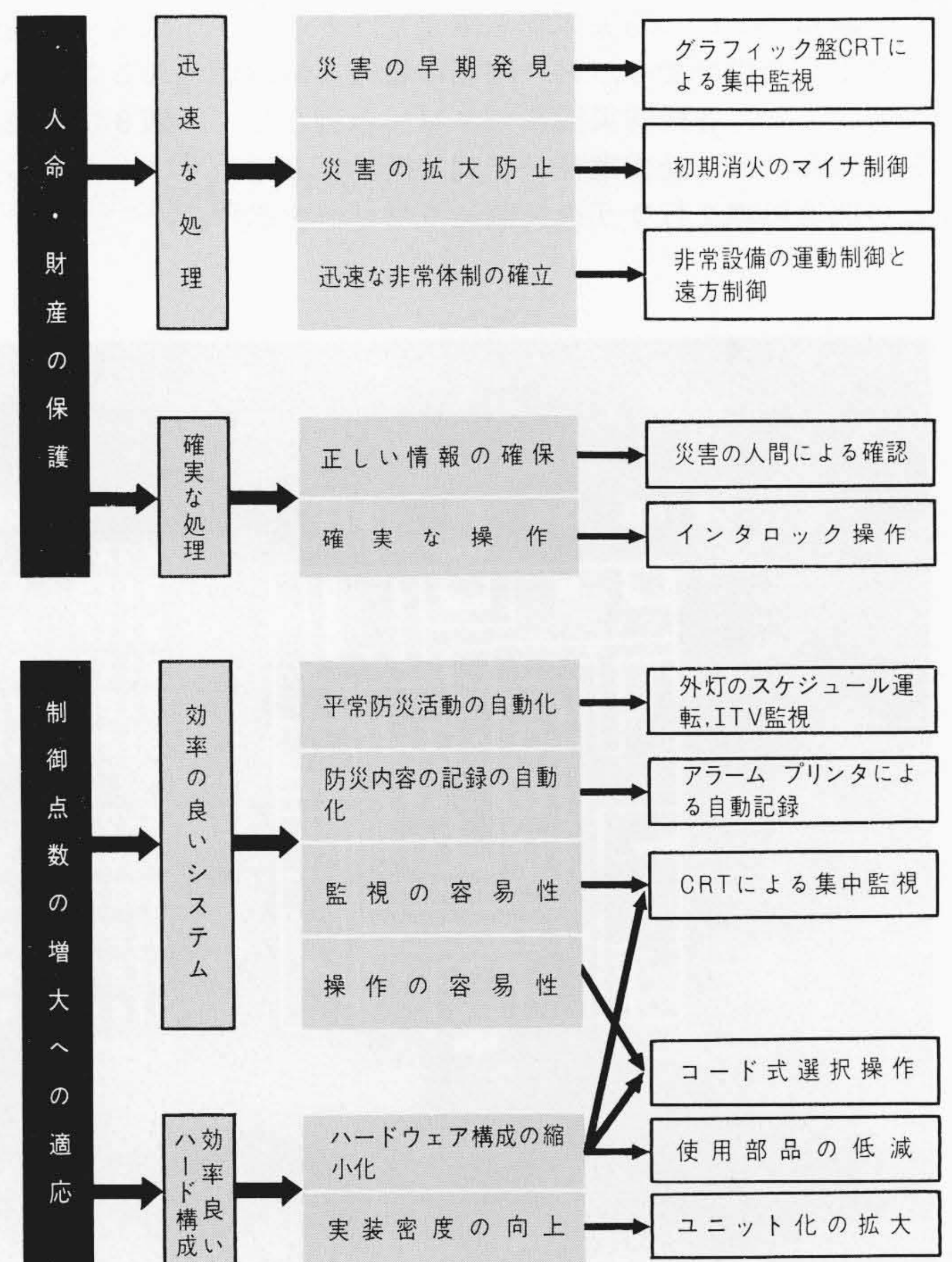


図4 防災制御システムのニーズと手段へのフロー 基本的ニーズから対応手段に至るまでのフローを示す。

基本的ニーズは、人命・財産の保護のための迅速確実な処理と、制御点数の増大に対する効率の良い処理システム実現の2点である。このニーズを達成するため、主に次のような手段がとられている。

- (1) 災害の早期発見や監視を容易にするため、グラフィック盤及びCRTを採用する。特に、計算機利用によるCRTにおける情報の集約化により、火災の範囲や排煙状態、消火活動などの状況把握を容易にし、監視効率の向上を図る。図5にKDDビルに設置された防災CRTの画面の一例を示す。
- (2) 迅速な非常体制の確立については、防災機器の連動化、機器操作の系統化、単一化などにより、制御及び操作方式の効率化を図る。
- (3) 誤報による誤動作を防止するため、火災割込み操作の際の人間による一挙動動作を条件とし、操作の確実性の向上と、特にハロゲンガス消火の際の安全確保を図っている。
- (4) 防災機器の操作及びCRTへの画面呼出しにはコード式選択操作方式を用い、操作の容易性及び制御ディスクの縮小化を図っている。

3.2 防災フローと機能

具体的な火災処理の例として、図6に火災発生から排煙までのフローを示す。フローでの処置は、同図の①～⑧の順になるが、ここに示すように防災制御システムでの監視と操作の流れは、図7に示すようにループを組んで種別単位に系列化している。また、表4に防災制御システムの監視制御機能を示す。

防災制御システムは、図8に示すように防災設備以外の設備とも関連があるから、受変電制御サブシステム及び空調・衛生設備制御サブシステムと緊密な協調をとり、ビル全体として調和のとれた防災体制を確立し、どのような状態で火災が発生した場合でも、常に確実に最適な処置がとれることが必要である。各種防災機器のフローの例として、図8に火災発生確認の後、受変電及び空調・衛生など他のサブシステムとの関連処理を行なう火災割込みフローを示す。

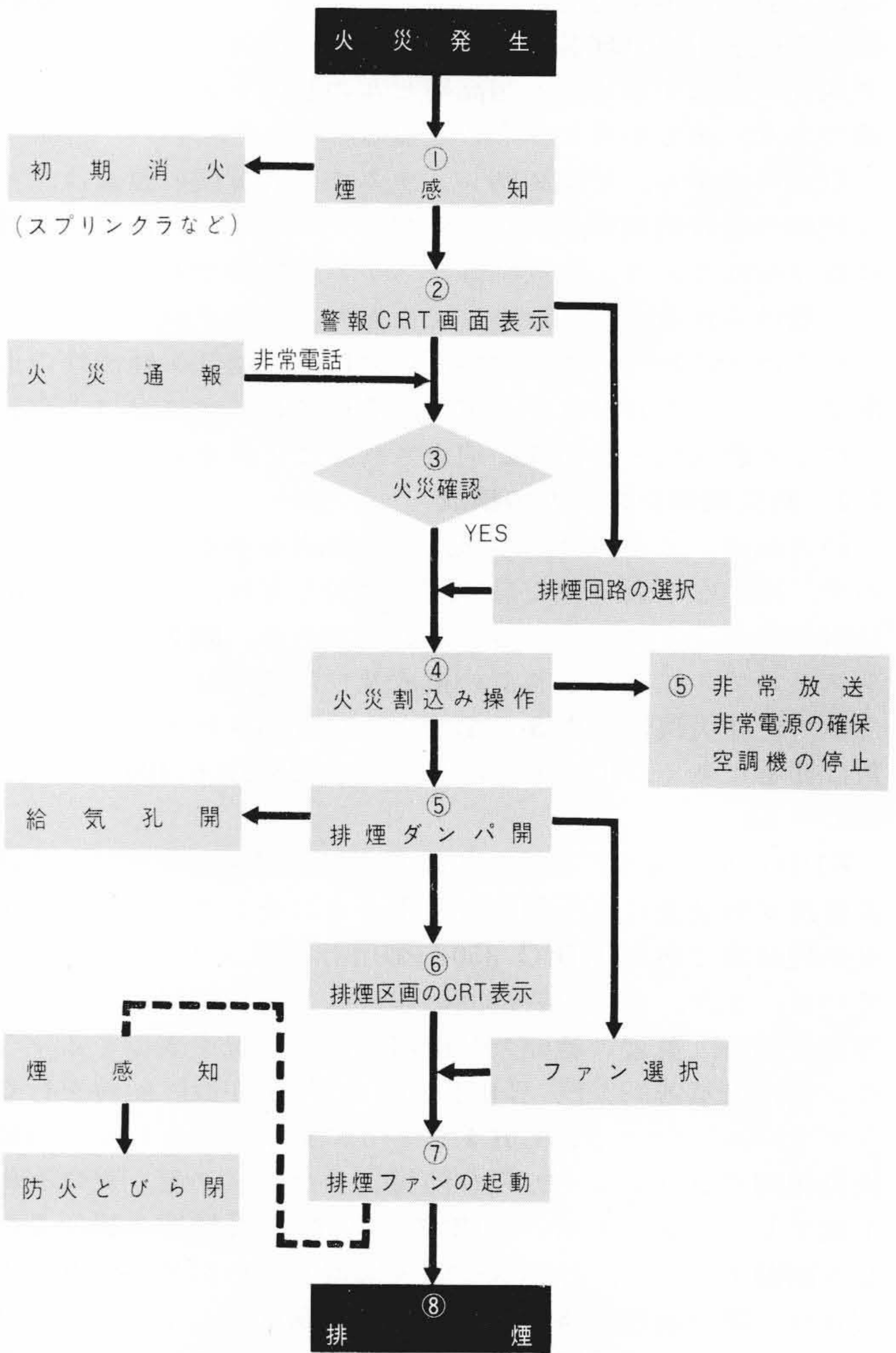


図6 排煙フロー 火災発生から排煙に至るまでの検知、確認、制御指令及び排煙に至るまでの制御の流れを示す。

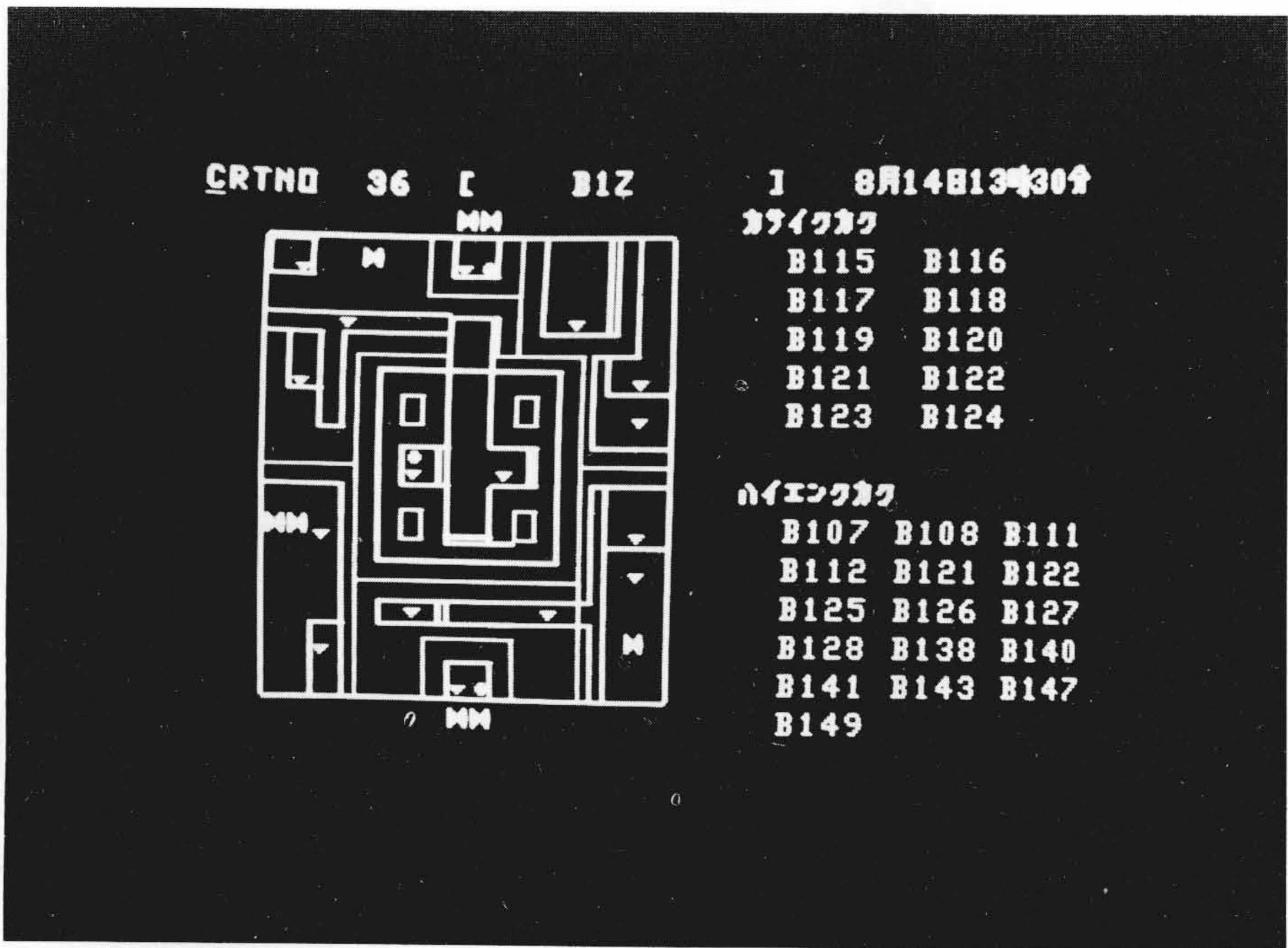


図5 防災CRTの画面例 KDDビル納め防災監視制御盤における防災CRTの画面例を示す。

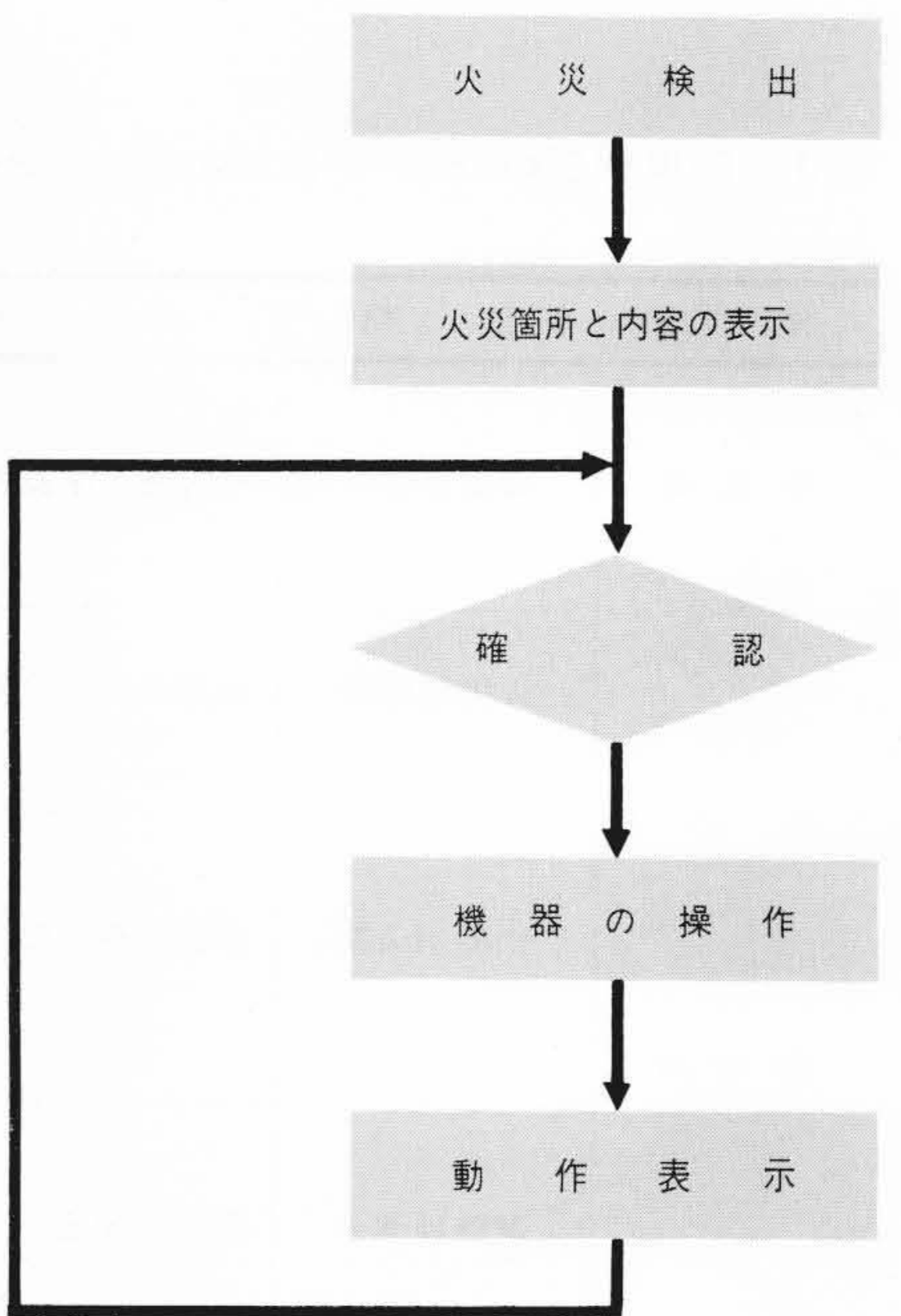


図7 監視と操作のフロー 火災が発生してから、機器の動作と表示確認に至るまでの基本的なフローのパターンを示す。

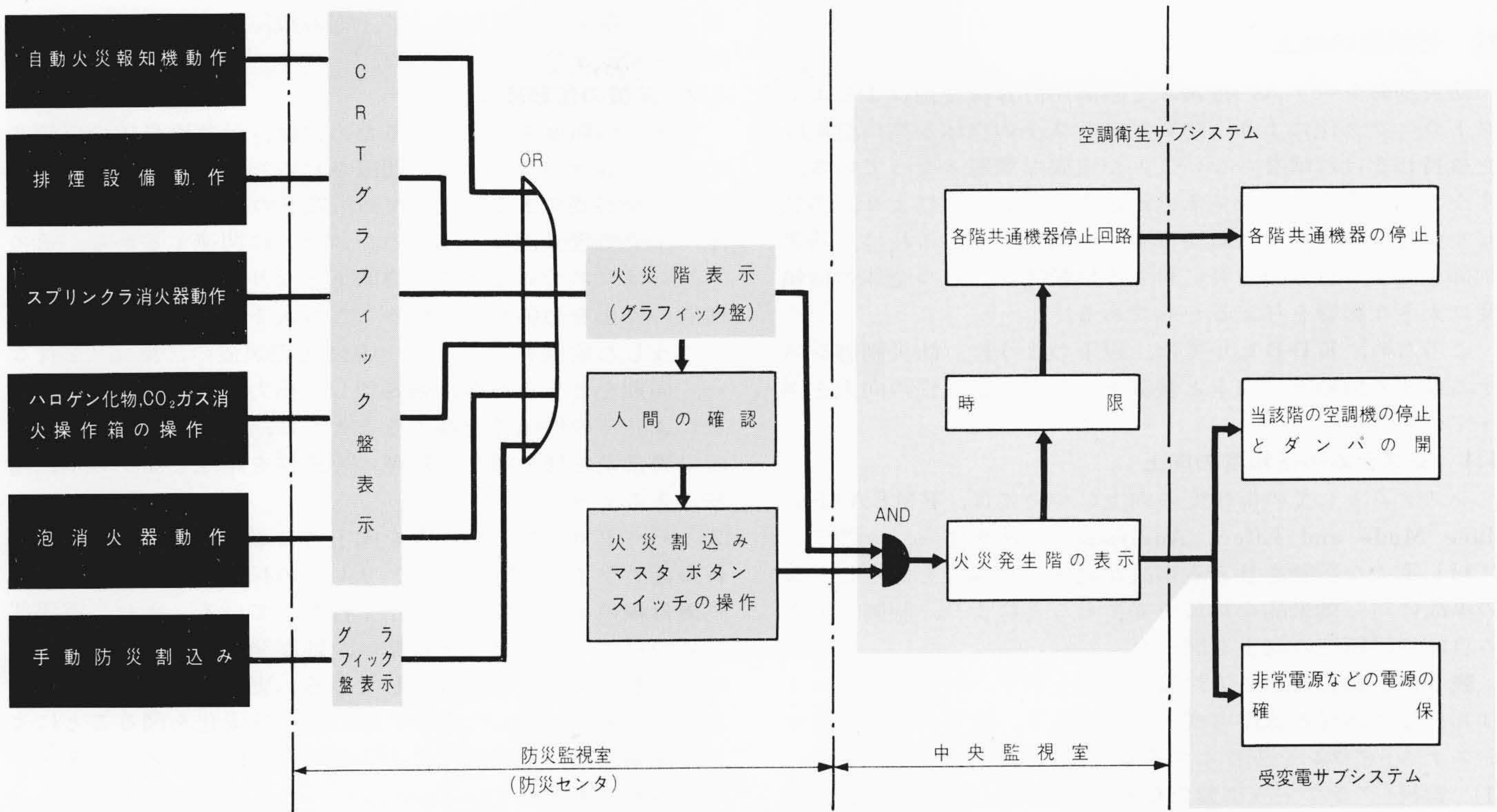


図 8 火災発生割込みと他システムへの関連 火災が発生し確認後の火災発生割込みに対し、受変電及び空調・衛生などの他のサブシステムへの関連を示す。

表 4 防災制御システムの機能一覧 KDDビルでの防災制御システムの機能を系統別に示す。

系 統	内 容	操 作							監 視			印 プ ア リ ラ ン ー 字 タ ム	備 考
		現 場 手 動	中 央 手 動	現 場 連 動	中 央 連 動	制 御 ス ケ ジ ュ ー ル	制 御 火 災 割 込 み	火 災 割 込 み	盤	グ ラ フ ィ ッ ク	C R T		
火 災 報 知 系	自動火災報知				●		○	○	○	○	○		
	非常電話	○	○		○			○				○	
	非常通報器		○									○	
	手動火災割込み						○						中央手動割込み
初 期 消 火 系	スプリンクラ消火器				●		○	○	○	○		○	
	スプリンクラ ポンプ	○	○		○			○	○			○	
	泡消火器	○					○	○	○	○		○	
	泡消火ポンプ	○	○					○	○			○	
	ハロゲンガス消火	○	○				○	○	○			○	
避 難 誘 導 系	非常放送		○		○								
	排 煙 設 備	給排気ファン	○	○			○			○	○	○	
		排煙口ダンパ	○	○	○		○			○	○	○	
		給気口ダンパ	○	○	○		○			○	○	○	
		防火とびら	○		○		○			○	○	○	
		外気取入窓	○		○		○			○	○	○	
	避難誘導灯												
本 格 消 火 系	非常コンセント	○									○	○	電源トリップ表示
	ブースタ ポンプ	○	○						○			○	
	補給水槽								○			○	
	室内消火ポンプ	○							○			○	
保 安 設 備 系	通信機室サイド コア	○	○								○	○	
	防犯とびら	○							○			○	
	機器搬入とびら	○							○			○	
	航空障害灯	○	○								○	○	
	直流分電盤	○									○	○	
	外燈	○	○			○					○	○	電源トリップ表示
その他	ITV			建 物 周 辺 監 視									
"	エレベータ運行監視								○			○	

4 信頼度の向上

防災制御システムの複雑化と制御用計算機使用によるエレクトロニクス化により、防災制御システム自体が高い信頼度を維持しなければならないことが重要な課題となっている。すなわち、防災制御システムが確立されることにより、当該ビルの防災に対する信頼度は著しく向上する。これは、防災制御システム自体の防災に対する信頼度が、ビル全体の信頼度に大きな影響を与えるからである。

このため、KDDビルでは、以下のように、防災制御システム自体の信頼度の向上と装置そのものの信頼性の向上を図っている。

4.1 システムの信頼度の向上

システムとしての信頼度の向上については、FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) 手法を用い、システムに対し重大な影響を与える事故が発生した場合を想定し、この事故に対し効果的な対策を立てることにより、制御システム自体の信頼度の向上を図った。

表5にFMEAによる対策と効果を示す。対策のポイントは冗長性の確保と操作方式の改善であり、以下の方法によりシステムダウンを少なくするようにしている。

- (1) 監視(グラフィック盤とCRT)、操作(中央と現場)、制御(自動と手動)の各動作について2系列化を採用し、一方がダウンした場合でも健全側がバックアップできるようにした。
- (2) コード式選択操作の系統化により、グラフィックパネル及びCRT表示と容易に対応できるようにし、操作の迅速化と誤操作の防止を図った。
- (3) 人間による割込み操作などのインタロックを採用し、誤報による誤操作の防止を図った。
- (4) 排煙のマイナ制御及びファン、ポンプの連動運転など制御の自動化、連動化を行ない、確実性と迅速性の確保を図った。
- (5) 中央と現場との制御電源を分割し、また中央では更に用

表5 FMEAによる対策と効果 FMEA手法により想定事故に対する対策とその効果を示す。

No.	想定事故	対策	効果
1	火災報知系の誤発報が多い	連動制御に対する人間による確認割込みのインタロック	不要な人心混乱の防止
2	CRTの表示ダウン(計算機の停止)	グラフィック盤による火災区画、表示など表示の2系列化	火災監視の高信頼度化
3	連動制御不能	中央個別単独操作可能	迅速な防災機能の維持
4	遠方制御不能	現場単独操作	防災機能の維持
5	排煙区画の排煙動作不能	排煙のマイナ制御付加	避難場所の確保
6	ミス操作	コード式選択操作監視(グラフィック盤CRT)との対応割込みインタロック	操作の確実性の確保
7	制御電源ダウン	電源機能ごとの分割、場所ごとの分割	電源事故の波及拡大の防止

途ごとの電源分割を行なって、電源故障の際影響の波及する範囲を局限するように努めた。

4.2 装置の信頼度向上

装置の信頼度を向上させるためには、計算機自体の信頼度の向上と各サブシステムに使用されるハードウェアの信頼度の向上が必要である。そのため、以下のような方法をとった。

- (1) 中央処理装置はすべてのシステムに関連するから、そのダウンはシステム全体の能力低下となり、場合によっては全機能の停止を余儀なくされることもある。

こうした危険を防ぐため、中央処理装置の二重化¹⁾を行ない、同期をとりながら併列処理し、出力信号の両系の比較照合によりその信頼性を高めるとともに、片系ダウン時には瞬時に異常系を切り離し、処理の連続性を確保しながら単独運転に入るようにした。

- (2) ハードウェアの信頼度を向上させるため、信頼度の高い長寿命のワイヤスプリングリレーの採用や電源などの共通制御母線のループ化と二重化を行なっている。また、重要部品については耐震試験を行ない、地震発生時に誤動作せず、確実に動作することを確保している。更に、装置としての入出力仕様を統一化して回路の類似化と簡素化を図ることにより、構成部品点数の低減による信頼度の向上とメンテナンスの容易化を図っている。

5 効果と特長

- (1) 非常時の処置につき迅速確実な監視制御を行なうので、ビル全体の信頼度の向上と省力化が可能となる。
- (2) 受変電及び空調・衛生のサブシステムと計算機を共有することにより、ビル全体の総合制御が容易となり、効率の良い防災制御システムが実現できる。
- (3) CRTの採用により、超高層ビルでの防災グラフィック盤を大幅に縮小させることができ、また、膨大な点数の情報に対する監視効率が向上し、火災の早期発見と確認に大きく貢献した。
- (4) コード式選択操作により、制御点数が増加したにもかかわらずコンパクト化ができ、操作が容易となった。
- (5) 装置としての入出力仕様の統一により、メンテナンスが容易になるとともに、将来の増設・変更も容易にできるようになった。

6 結 言

以上、KDDビルの防災制御システムを例に、超高層ビルでの防災監視制御装置を主体として防災制御システムについて記述した。今後、ビルがますます超高層化、大容量化していくためには、居住者の生命と財産確保が絶対に必要であることから、信頼度の高い防災制御システムの確立がその条件となる。そのため、今後は防災制御システムの信頼度がビル自体の信頼度を大きく左右することになろう。

既に、超高層ビルの防災制御システムは、先に記述した信頼度の向上策を実施しているが、マイクロプロセッサを含めたエレクトロニクス化で、いかに安定した高い信頼度を確保するかが今後の大きな課題であると考える。

参考文献

1) 豊田, 松本, 斉藤:「超高層ビル向け電子計算機制御による中央監視制御装置」, 日立評論, 57, 591 (昭50-7)
2) 青野, 中公:「ビル防災設備のシステム化」, 日立評論, 55, 1029 (昭48-10)