

## BCPを念頭においた最近の防災システム

Recent disaster prevention system that placed the BCP in mind

報告者 三浦 慎司 能美防災(株), 大橋 篤男 (株)コーアツ

キーワード：事業継続計画・電気火災・早期検知・設備保護・コストダウン

Key Word: Business Continuity Plan, Electrical fires, Early detection, Equipment protection, Reduce costs

### 1. はじめに

近年の国内社会は災害や事故で被害を受けた場合、取引先などとの重要業務が中断せず、中断しても可能な限り短期間で再開することが求められています。このような社会背景の中、各企業はBCP（事業継続計画）の策定を行い対応し始めています。

火災に着目すると、一般事務所には人命・財産を守り、初期消火・避難誘導を可能にさせるために、消防法に従い自動火災報知設備や各種の消火設備が設置されています。しかし、企業の中核機能を担っているサーバー室等の通信施設、または電気室での火災は、事業継続に大きな影響を与えるため、更なる対策が必要です。

本稿ではこのような重要施設において、初期検知により損害を最小限に抑え早期復旧を可能とさせる火災対策として『火災予兆検知システム』および、消火による二次被害を少なくし、環境破壊（地球温暖化・オゾン層破壊）要因がゼロの窒素ガス消火設備において、コストダウンを踏まえた最新技術『2分放出システム』を紹介します。

### 2. 空調の影響による火災性状の違い

電気／通信／情報設備を収容する電気制御室（サーバールームなど）は、被害時の社会的影響が大きいことから、一般の施設よりも一層の早期火災検知が求められます。

しかし、機器の小型／高密度化、あるいは収容する部屋の省スペース化による機器の密集設置に伴い、機器を冷却するために常時大量の空調 airflow が室内を循環している場合が多く、これが早期検知・早期対応を著しく困難にしています。

このため、循環空調などによる airflow の影響がある場合は、火災により発生した煙の展開挙動が大きく異なることから、それに応じた検出方法を考慮する必要があります。

#### (1) 一般の室内（循環空調がない施設）

一般の室内における火災初期の煙は、燃焼により発生する熱気流によって上昇し、時間経過とともに天井面に煙層を形成して濃度を高めながら水平展開します（写真1）。

したがって、一般の室内での火災検知は、天井面に消防法で定める煙感知器（2種感度：10%/m）を一定面積ごとに配置する方法が最も経済的かつ効果的であるといえます。



写真1 一般室内の煙状況

(2) サーバルームなど（循環空調がある施設）

一方、サーバルームなどでは常時循環空調による気流が存在しているため、発生した煙は天井面に煙層を形成することができず、空調気流で希釈・拡散されながら室内を循環し、室内全体に充満します（写真2）。

したがって、天井面に設置した煙感知器が作動する時には、すでに高濃度の煙や有毒ガスが室内全体に充満し、早期対応には手遅れの状況になっていることが予想されます。



写真2 サーバルームなどの煙状況

このように空調気流の影響を受けるような施設で火災を早期に検知するためには、以下に示すような機能を持った検知システムが必要となります。

- ① 空調気流を十分に考慮した監視位置で、警戒エリアの空調気流を多点で監視するシステム
  - ② 濃度が希釈される空調気流中の煙を有効に検出する感度を持つシステム
- これらの機能を持ったシステムとして、「火災予兆検知システム」があります。

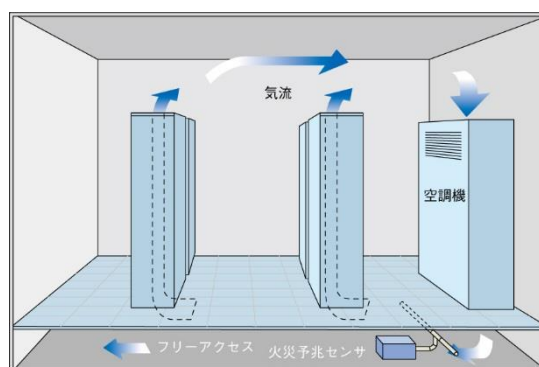
### 3. 火災予兆検知システムの紹介

#### 【システムの概要】

「火災予兆検知システム」は、空調気流が常時循環し、煙が希釈される施設、あるいは、火災の予兆を検出し、初期対応が求められる重要施設など、従来の煙感知器では早期の検出が困難な施設に適用される初期火災検知システムです。

また、このシステムは監視エリアを1点で監視するスポット型のセンサとは異なり、監視エリアの空気を多数の吸引孔を設けたサンプリング配管を通じて、常時超高感度の煙センサ内に導き（サンプリングエア）、エリア全体の平均濃度を監視します。

サーバルームなどにおける空調設備による気流と設置例を第1図に示します。



第1図 空調設備による気流と設置例

## 【システム構成】

### (1) 小規模エリアや装置内などの監視

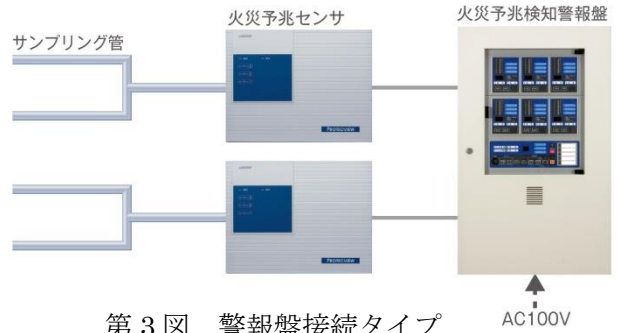
センサと警報機能（表示操作／移報）を一体化した「スタンドアロンタイプ」の火災予兆センサとサンプリング配管で構成されます（第2図）。



第2図 スタンドアロンタイプ

### (2) 小規模エリアから大規模エリアの監視

「警報盤接続タイプ」の火災予兆センサとサンプリング配管、および最大20台までのセンサ情報を一括管理する専用の火災予兆検知警報盤で構成されます（第3図）。



第3図 警報盤接続タイプ

## 【システムの特長】

### (1) 感度

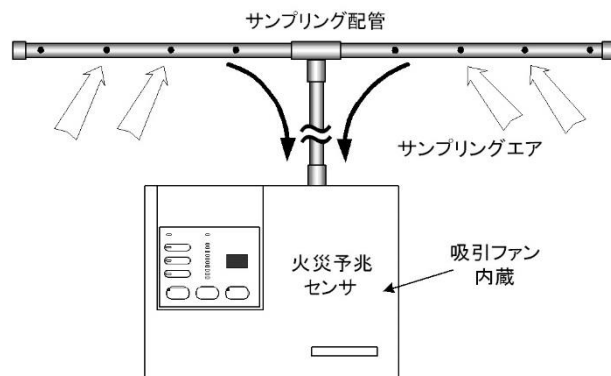
火災予兆センサは、超高感度から一般感度まで広いレンジで検出可能です（減光率煙濃度 0.001～20%/m）。消防法で定められた2種感度の煙感知器（公称作動濃度：10%/m）に比べ、10,000倍の検知感度を持っており、警報は0.01%/mから出力可能です。これにより、循環気流中の濃度の薄い煙を早期に検出し、室内で初期対応ができます（写真3）。



写真3 火災予兆センサ発報時の室内煙状況

### (2) 監視方法

空調による循環気流に乗って展開する挙動の不安定な煙を確実に検出するため、監視エリアを多数の吸引孔を持ったサンプリング配管ネットワークで監視します（第4図）。

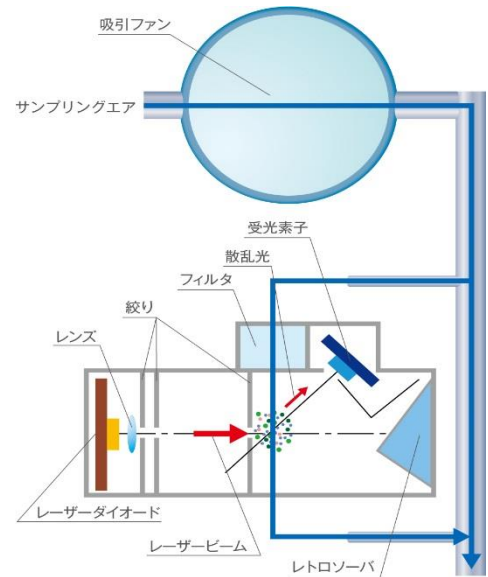


第4図 火災予兆センサ 監視イメージ

### (3) 検出方式

煙を検出する検知部にレーザーダイオードを使用し、煙粒子による散乱光の総出力量を検出する方式を採用しているため、燻焼によって生じる煙（白煙）から有炎燃焼によって生じる微小粒子の煙（黒煙）まで、幅広い粒子径の煙を高感度で検出することができます。

また、レーザー出力が常に一定になるように自動制御を行うと共に、フィルタおよびバイパス流路機構による検知部汚損対策を強化したことにより、長期間にわたって高精度の検知を維持することが可能です（第5図）。



第5図 火災予兆センサ 検出部イメージ

### (4) 吸引能力

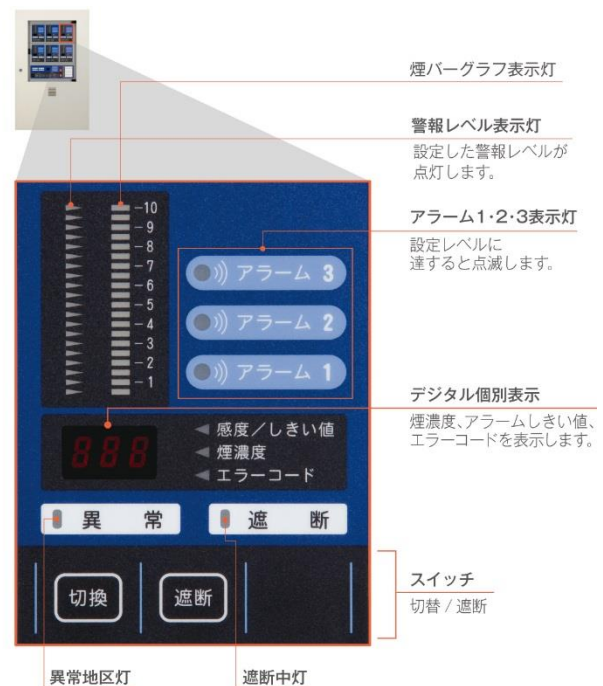
火災予兆センサに内蔵されている吸引ファンは、特殊な大流量ターボ型ファンを採用しているため、循環気流による高風速下での監視や、サンプリング配管総延長が100m以上（200～300m<sup>2</sup>）となる施設の監視も容易に対応できます。

また、火災予兆センサは吸引量を常時監視しており、万一吸引孔の目詰まりなどにより吸引量が減少したり、サンプリング配管の損傷により吸引量が増加したりするような場合には、その旨を示す故障表示を行います。

### (5) 環境濃度のモニタと警報レベル

火災予兆検知警報盤には監視エリアの環境濃度がリアルタイムでバーグラフ表示されると共に、デジタル数字でも表示されるため、現在の監視エリアの状況を容易に確認することができます（第6図）。

また、感度範囲内で警報レベル（アラーム1～3）を自由に設定でき、設置環境条件あるいは設置先の運用条件に適した警報システムを構築することができます。



第6図 ディスプレイユニット（表示操作部）

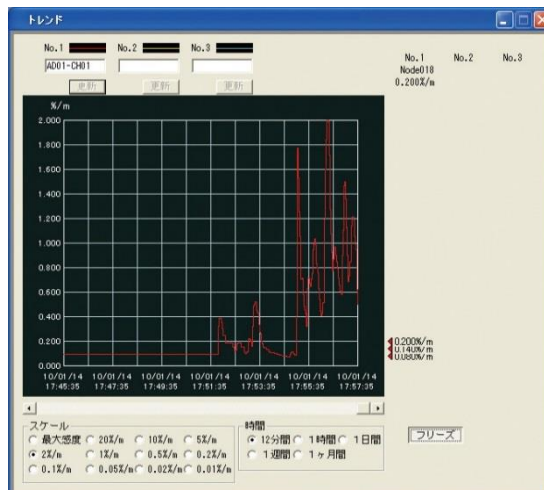


(6) 便利なデータ処理機能

① イベントログ機能

センサごとに最大 18,000 件のイベント（煙警報および警報レベル、故障警報および故障内容、一定以上の変化があった場合の煙濃度値など）を保存することができます。

このデータをパソコンで処理し、イベントリストおよび煙濃度の経時変化を示すトレンドデータ（第 7 図）などを作成することにより、システム管理が容易になります。



第 7 図 煙濃度トレンド画面

② 環境モニタリング機能

ある一定期間（最大 1 ヶ月）の監視エリアの環境濃度をモニタし、バックグラウンドデータを収集することにより、比較的空気が汚れている環境でも有効に監視できる警報レベルを設定することが可能になります。

【新センサの開発】

最近では、さらに機器の小型／高密度化、あるいは収容する部屋の省スペース化が進み、コンテナ式のサーバールームおよび電気室など、より小規模かつ重要な施設が増えてきています。このような小規模施設（50 m<sup>2</sup>以下）を対象とし、従来のセンサ機能を一部限定することによりコストダウンを図ったスタンドアロンタイプ（小型）も商品化されております（写真 4）。

また、火災予兆センサ発報後の発煙箇所を探索するための補助ツールとして、ポータブルタイプのセンサも開発されております（写真 5）。



写真 4 スタンドアロンタイプ(小型)



写真 5 ポータブルタイプ

## 【設置対象施設】

今回紹介した「火災予兆検知システム」は、特殊な空調設備がある施設のほか、火災が起こると復元が困難な施設、事業継続のために重要な施設（設備）にも、早期検知により被害を最小限に抑えられることから、採用されるケースが増えています。

<特殊な空調設備がある施設>

・データセンタ ・サーバールーム ・クリーンルーム ・通信機械室 ・受配電施設 など

<復元が困難な施設>

・美術館 ・博物館 ・文化財 など

<その他>

・ラック倉庫 ・半導体製造装置 など

## 4. 電気制御室（サーバールーム・電気室など）の消火設備

電気制御室（サーバールーム・電気室等）や通信機器室等の電気設備を設置する区画に固定式の消火設備を設置する場合、ガス系消火設備が古くから採用されています。ガス系消火設備はその名が示す通り、消火剤に気体を使用した消火設備で、スプリンクラー設備を代表とする水を消火剤として使用する水系消火設備に比べて、設備への二次被害（主に水損）が少ないというのが特徴です。

電気制御室には建物全体の制御を行うための重要な設備が設置されており、また近年のデータセンタ等のサーバールームでは事業者のみならず顧客の情報も扱うため、仮に火災が発生した場合に設備の休止期間が長くなると被害は甚大なものになることが予想されます。そのため、こういった用途に設置する消火設備には、消火性能だけでなく、消火後に迅速に設備の復旧ができることが求められ、設備保護・早期復旧に優れているガス形消火設備が最も適した消火設備と言えます。

### (1) 種類

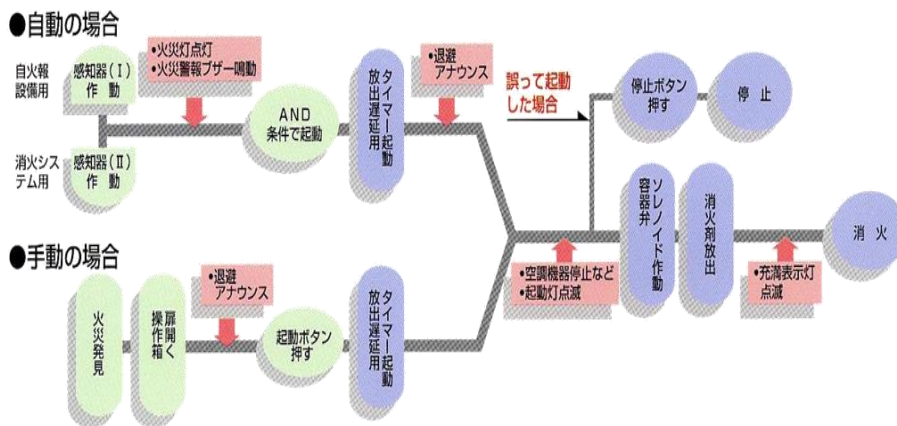
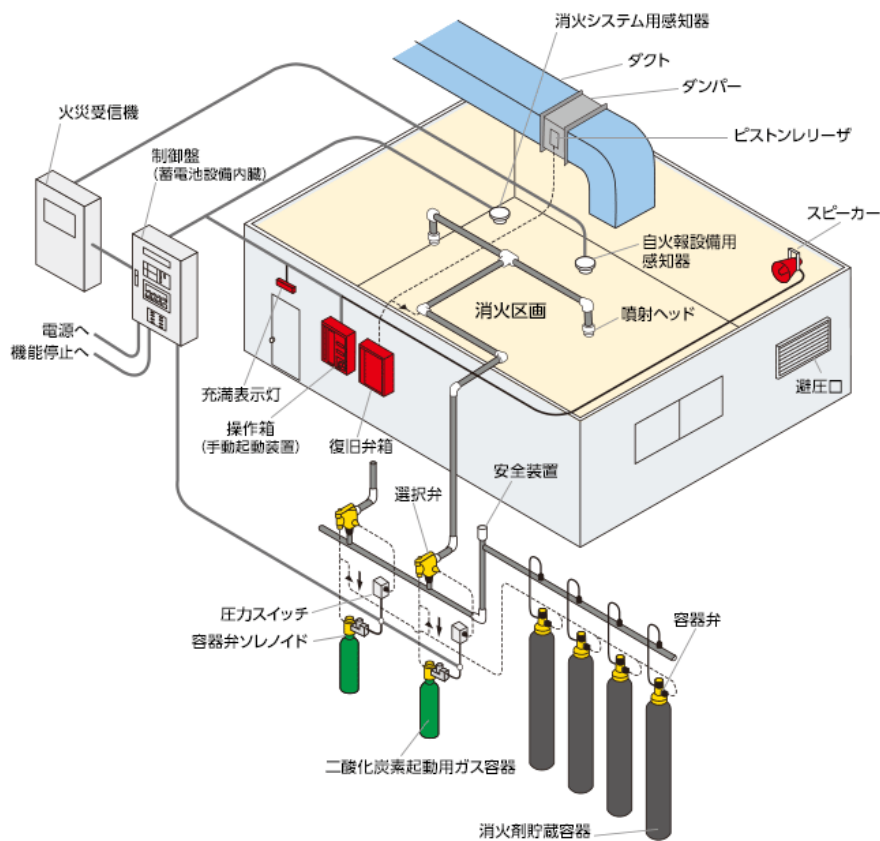
ガス系消火設備は消防法では不活性ガス消火設備（消防法施行規則第十九条）とハロゲン化物消火設備（消防法施行規則第二十条）の2種類に大別されています。両者の違いは名称が示す通り消火剤の違いによるものですが、これはそのまま消火原理の違いと言い換えることができます。不活性ガス消火設備の消火原理は、閉鎖された空間内の空気の一部を不活性な気体と入れ替えることにより空間内の酸素濃度を相対的に低減させ消火する低酸素消火です。ハロゲン化物消火設備の消火原理は、消火剤の燃焼反応に対する負触媒作用により、燃焼の連鎖反応を断ち切り消火する化学消火です。現在消防法で規定されている消火剤の種類を表1に記します。

表1 ガス系消火設備の消火剤

	消火剤名	技術基準（消防法施行規則）の制定年	備考
不活性ガス消火設備	二酸化炭素	1961年(S36)	最初期の消火剤
	窒素	2001年(H13)	ハロン代替として開発された消火設備
	IG-55		
IG-541			
ハロゲン化物消火設備	ハロン 1301	1974年(S49)	オゾン層破壊物質のため現在生産禁止
	ハロン 1211		
	ハロン 2402		
	HFC-23	2001年(H13)	ハロン代替として開発された消火設備
	HFC-227ea		
FK-5-1-12	2010年(H22)	最新の消火剤	

## (2) 設備概要

ガス系消火設備の基本的な設備構成を当社の消火システムNN100（窒素ガス消火設備）を例に解説します。システムを構成する機器は、制御盤、起動装置の操作箱及び火災感知器、退避警報用のスピーカ、窒素ガス消火剤貯蔵容器、貯蔵容器を開放するための窒素ガス加圧容器、放出区画を選択するための選択弁、選択弁及び窒素ガス加圧容器を開放するための二酸化炭素起動用ガス容器、消火剤を区画内に均一に拡散させるための噴射ヘッド、消火剤放出後の立入禁止警告としての充満表示灯等です。加えて、建物側の設備として、吸気・排気口等の開口には消火剤放出時に閉鎖するダンパ、消火剤放出後に消火剤及び燃焼ガスを排出するための排出装置、消火剤放出時の区画内の過度の圧力上昇を防止するための避圧ダンパ等が必要になります。また、システムの動作フローを第8図に示します。なお、システム構成は消火剤の種類・メーカーによって若干の違いはありますが、基本的な構成及び動作はNN100の場合とほとんど同じです。



第8図 設備の構成、動作フロー

### (3) 比較1「安全性」

表2に代表的な消火剤の安全性の比較を示します。ガス系消火設備で使用する消火剤のうち二酸化炭素は空気中の濃度が3%以上になると人体に悪影響がみられるようになり、10%を超えると死亡事故につながる危険な状態になります。二酸化炭素消火設備の場合、消火剤放出後の区画内の二酸化炭素濃度は30%を超え非常に危険な状態となり、過去には誤放出が原因の死亡事故も発生しています。また、消火剤放出時には区画全体が霧でつつまれたような状態になり、視界が遮られるため、避難するのも困難になります。ハロゲン化物消火剤は消火剤そのものの危険性は低く、法令で規定されている量を区画内に放出した場合は、危険な状態にはなりません。但し、火災時には消火剤自体の熱分解生成物として、フッ化水素等の有害な物質が生成されます。また、放出時の視界も二酸化炭素同様悪くなります。窒素ガスは、法令で規定されている量を区画内に放出しても危険な状態にはならず、また、消火剤自体から有害な熱分解生成物が発生することはありません。加えて、消火剤放出時の視界も非常に良好であり、避難の妨げとなることもありません。窒素ガス消火設備はガス系消火設備の中で最も安全なものと言えます。

表2 消火剤別安全性の比較

消火剤	不活性ガス消火剤		ハロゲン化物消火剤			
	窒素	二酸化炭素	HFC-227ea	HFC-23	FK-5-1-12	ハロン1301
消火剤自体の人命への安全性	安全	危険	安全	安全	安全	安全
放出中の視界	良好	悪い	悪い	悪い	悪い	悪い
分解ガス	なし	なし	HF	HF	HF	HF・Br

### (4) 比較2「環境性」

表3に消火剤別の環境性の比較を示します。オゾン層破壊係数はハロン1301が10で、その他の消火剤は0です。ハロン1301はフロンガス同様オゾン層破壊物質に指定されており、現在では新たな製造が停止されています。ハロン1301以降に開発された消火剤は、ハロンの生産停止を受けての代替として開発されたものですので、オゾン層破壊係数が0であることが大前提となっています。次に地球温暖化指数は窒素が0、二酸化炭素及びFK-5-1-12が1、ハロン1301、HFC-227ea、HFC-23では1,000を超える非常に高い数値を示しています。また、大気残存年数では、窒素、FK-5-1-12を除く消火剤が非常に高い数値を示しています。表からわかるように、環境特性においても窒素ガスが最も優れていることがわかります。

表3 消火剤別環境性の比較

消火剤	不活性ガス消火剤		ハロゲン化物消火剤			
	窒素	二酸化炭素	HFC-227ea	HFC-23	FK-5-1-12	ハロン1301
オゾン層破壊係数	0	0	0	0	0	10
地球温暖化指数	0	1	35,80	14,200	1	7,140
大気残存年数	—	120年	38.9年	222年	7~14日	65年



### (5) 比較3「設備規模」

表4に、消火剤別の設備規模（当社比）の比較として、容器の本数、主配管径、必要避圧開口面積を示します。比較の条件は、消火剤放出区画を電気室とし、区画容積を500m<sup>3</sup>、主配管長を約50m、消火剤放出区画の許容圧力を1,000Pa、避圧ダクトの長さを30mとして試算しています。表において窒素ガスを他と比較すると容器本数では最も多くの本数が必要となり、主配管径では、二酸化炭素、ハロン1301よりも太い配管が必要になります。また、必要避圧開口面積も2番目に大きな面積が必要になります。表からガス系消火設備の中で窒素ガス消火設備の設備規模が比較的に大きくなる事がわかります。

表4 消火剤別設備規模の比較

消火剤	窒素	二酸化炭素	ハロン1301	HFC-227ea	HFC-23	FK-5-1-12
容器本数	13本	8本	3本	6本	6本	7本
主配管径	50A	40A	32A	80A	80A	80A
必要避圧開口面積	2,148cm <sup>2</sup>	—	—	1,744 cm <sup>2</sup>	4,233cm <sup>2</sup>	1,318 cm <sup>2</sup>

### (6) 窒素ガス消火設備の課題

窒素ガス消火設備は安全性及び環境性において他のガス系消火設備よりも優れている事はあきらかであり、安全でクリーンな消火設備として、国内で高い評価を得ております。一方設置するためには、避圧ダクト及び配管スペースの確保や設置にかかるコスト増が計画時の課題となっています。また、既存の二酸化炭素、ハロン1301からリニューアルするに辺って、必要とされる配管サイズが既存の消火設備よりも大きく、既存配管の流用が期待出来ないことが、リニューアルを妨げる一因となっています。こうした課題を解決するために、当社では窒素ガス消火設備の販売を開始してからの20年間、コストダウン、設備規模の低減に重点を置いた技術の開発を続けております。次に紹介する、2分放出システムは当社が取り組んでいるコストダウンの最新技術です。

## 5. 2分放出システムの概要

ガス系消火設備では、必要な消火剤量を規定時間内に区画内に放出するよう消防法で定められており、窒素ガス消火設備の場合、消防法施行規則第十九条第2項第三号ロで、「消火剤の量の十分の九の量以上の量を、一分以内に放射できるものであること」と定められています。従って、通常の窒素ガス消火設備の場合、消火剤の放出時間は1分です。2分放出システムはこの放出時間を2分に延長したシステムです。なお、2分放出システムと従来の1分放出システムとの相違点は放出時間のみで、使用する機器は従来の機器をそのまま使用することが出来ます。

### (1) 期待される効果

窒素ガス消火設備の設計は、対象となる区画に必要な消火剤の量を算出することから始まり、消火剤量が決まると必要な容器の本数も決まります。次に算出した消火剤量と規定された放出時間から、単位時間当たりの放出量すなわち流量を算出します。流量が決まると必要な配管のサイズ、避圧開口面積が決まり設備の凡その規模が決まります。2分放出システムでは、放出時間が1分から2分に延長されるため、流量の値は半分になります。流量が半分になることにより期待される効果を解説します。

(a) 必要避圧開口面積の低減

二酸化炭素、ハロンを除くガス系消火設備は、消防法施行規則で防護区画内の圧力上昇を防止するための措置を講じるように規定されており、通常は、区画に避圧のための開口を設けることで対応します。当該開口はダクト等を介して屋外に通じており、消火剤放出時に空気を屋外に逃がし、室内圧が許容室内圧力以上に上昇する事を防ぎます。なお、避圧口にはレリーフダンパ等が設置され、消火剤放出後の消火剤の漏洩を防止する措置がとられています。

避圧開口の大きさは、放射される消火剤の流量、許容室内圧力、ダクト長等により決まり、消火剤流量が大きくなればなるほど、必要避圧開口面積も大きくなります。2分放出システムでは必要とされる流量が通常の場合の半分になるので、1分放出の場合よりも避圧口面積を低減する事が可能になり、通常の場合の約60%に低減する事が期待出来ます。

(b) 配管サイズの低減

ガス系消火設備では噴射ヘッド部の放射圧力が消防法施行規則で定められた値以上になるように配管を設計する必要があります。窒素ガス消火設備の場合噴射ヘッド部の圧力は1.9MPa以上と規定されています。配管内に流体が流れると流体と管壁との間に摩擦による圧力損失が生じ、流体の圧力は末端に行くほど低下します。摩擦による圧力損失は流体の流速が大きくなるほど増加しますので、流量に対して配管径が小さすぎると流速が大きくなり、結果、圧力損失が過大になり、噴射ヘッド部で規定の圧力が得られなくなります。従って、配管は流量に応じて圧力損失が大きくなり過ぎないような適性サイズを選定する必要があります。流量値の増減とともに配管サイズが増減します。2分放出システムでは必要とされる流量が通常の場合の半分になるので、1分放出の場合よりも細い配管を使用する事が可能になり、通常の場合の配管サイズから1~2サイズダウンする事が期待出来ます。

(2) 2分放出システムの設備規模

2分放出システムの設備の規模を試算した結果を表4に付け加えます。試算した結果2分放出システムの場合、従来の1分放出システムに比べ配管は50Aから32Aにサイズダウンでき、必要避圧開口面積も2,148cm<sup>2</sup>から1,151cm<sup>2</sup>と1分放出システムから大幅に低減することができています。

表5 消火剤別設備規模の比較（2分放出追記）

消火剤	窒素		二酸化炭素	ハロン1301	HFC-227ea	HFC-23	FK-5-1-12
	1分放出	2分放出					
容器本数	13本	13本	8本	3本	6本	6本	7本
主配管径	50A	32A	40A	32A	80A	80A	80A
必要避圧開口面積	2,148cm <sup>2</sup>	1,151cm <sup>2</sup>	—	—	1,744 cm <sup>2</sup>	4,233 cm <sup>2</sup>	1,318 cm <sup>2</sup>

6. 2分放出システム採用のための条件

2分放出システムは、消防法に規定されている放出時間と異なる消火設備であることから、消防法第十七条第1項で規定されている通常用いられる消防用設備等ではなく十七條第3項で規定されている特殊消防用設備等として扱われます。本システムで設計・設置するためには、個別の物件毎に総務大臣の認定を受ける必要があります。認定を受けるためには、あらかじめ登録検定機関（（一財）消防設備安全センター）による性能評価を受ける必要があります。申請に要する期間はおよそ3ヶ月です。

弊社では、2分放出システムの特殊消防用設備等の大臣認定を2013年8月に日本で初めて取得しました。当該物件では、その性能評価において、複数の火災モデルに対して放出時間を2分以内に延長しても通常の窒素ガス消火設備と同等の性能を有することを、消火時間、区画内温度および燃焼生成物についての検証実験を行い確認されました。なお、当該物件では、防護区画を通常の不燃区画から防火区画に変更することにより、耐火性能の向上をはかり安全性を高める措置が取られています。2分放出システムは現在まで4件の実績があります。

## 7. おわりに

コンピュータ制御による自動化やサーバーによる情報管理／通信システムの整備が急速に進む中、災害発生時のシステムダウンが社会全体に及ぼす影響は計り知れません。

近年、企業の社会的責任（CSR：Corporate Social Responsibility）の高まりからも、事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）の策定が重要な課題になっています。火災を予兆段階から早期に検知し、被害を最小限に抑えられる火災予兆検知システムや、火災まで至ってしまった場合においても、より安全で確実な消火をおこなう窒素ガス消火設備が、BCP対策としても役立つことを期待します。