

自動火災報知設備の動向について

(一財)建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会

1 はじめに

本検討会では電気設備に関して太陽光発電、LED照明、定置用蓄電池などの電力系の新技術に関して報告しているが、今回は情報・通信系の自動火災報知設備について、その変遷と現状についての報告を行う。

火災による被害は、人命や財産を奪う甚大な規模になり得るものである。過去の例を見てみると、市街地の延焼による被災例として、昭和27年4月の鳥取大火、昭和36年5月の三陸大火、昭和51年10月の酒田大火と呼ばれる火災がある。また、昭和40年代後半から50年代には昭和48年の熊本市大洋デパート火災、昭和55年11月に発生した栃木県川治プリンスホテル火災や昭和57年2月に発生したホテル・ニュージャパン火災などの不特定多数の人が集まる大型建物の火災により、多くの人々が亡くなる火災が発生した。

最近では平成21年3月の群馬県渋川、平成22年3月の北海道札幌、平成25年2月長崎の高齢者グ

ループホームの火災により、高齢者の死亡者が相次いだことは記憶に新しい。

このように、近年の建築物は大規模・高層化が進む一方、その用途も多様化し建物内の構造も複雑化してきている。そのため、火災に対する危険性の要素は常に変化・増加していると考えられる。さらに、近年の火災による死者は、約2,000人前後（放火による自殺者数を除くと1,300人前後）で推移しており、その被害を最小限に抑えることが重要である。

火災による被害を抑制するために、昭和23年に消防法が施行された。消防関係法令は時代の移り変わりに対応するために、適宜改正が行われて現在の形になっている。主な自動火災報知設備に係る改正履歴としては、

- ・ H14要件に満たない特定防火対象物で屋内避難階段が2以上ないもの等への設置義務化
 - ・ H16一般住宅への住宅用自動火災報知設備の設置義務化
- などがある。

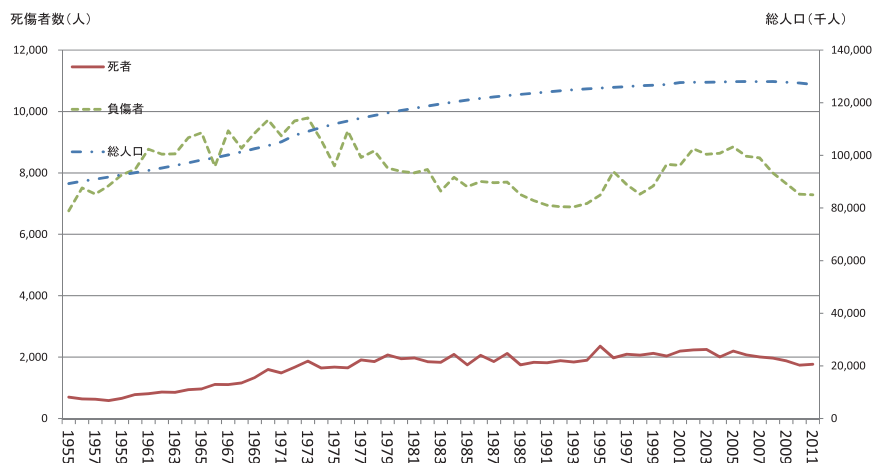


図1 火災による死傷者数と総人口の推移¹⁾

2 自動火災報知設備とは

消防法の施行により、消防用設備の規定が明確化されたが目的としては火災拡大の初期抑制、安全な避難支援、消防隊活動の支援などである。機能としては、

- ①火災の早期発見（報知）
- ②火災の早期抑制（鎮圧）

がある。

そして、“火災の早期発見”に必要な設備が、本稿で紹介する「自動火災報知設備」である。自動火災報知設備は、火災をいち早く検出し、建物内にいる人に報知することを目的とする。自動火災報知設備の構成としては、火災を自動で検出して火災信号を出す「感知器」、人が火災を発見した場合に直ぐに火災信号を出す「発信機」、また、感知器や発信機からの火災信号を受けて警報を発する「受信機」などがある。

2-1 火災の過程

自動火災報知設備の最大の目的は、火災の早期発見であるが、ここで火災の仕組みについて確認を行い、どのようなフェーズで何を対象にして検知をした場合、効果があるか検証したい。

平成25年度の消防白書によれば、住宅を除いた、防火対象物の用途区分の15項事務所及び16項のイ・ロ複合用途の被害を合計すると延べ面積115千㎡、損害額にして約58億円となる。また用途全体での出火原因を見ると放火、たばこ、コンロ、放火の疑いの順番となり、死者が含まれる場合の原因は逃げ遅れ（避難行動を起こしているが逃げきれなかったと思われるもの。一応自力避難したが、避難中、火傷、ガス吸引により、病院等で死亡した場合を含む。）、着衣着火（着衣に着火し、火傷[熱傷]あるいはガス中毒により死亡したと思われるもの。）などがある。耐火構造建築物に限った死因割合としては中毒・窒息及び火傷によるものが7割を占めた。

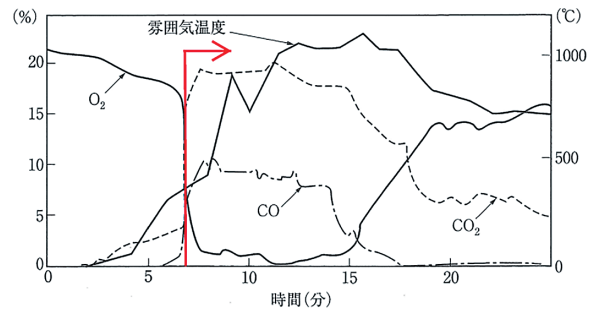


図2 室火災の模型実験で測定された温度、ガス濃度²⁾

図2に着火後フラッシュオーバー（室全体が火の海になる状態）に至るまでの、温度、ガスの変化を示した。火災の発生の初期段階の“くすぶった”状態から“発火”し、そこからフラッシュオーバーに至る部分に注目いただきたい。

6分前後の酸素濃度が急降下している以降がフラッシュオーバーの状態だが、燃焼している室内に一時的に酸素が供給されず酸素濃度が急減し不完全燃焼が発生する。それに伴い一酸化炭素等の有毒ガスが大量に発生する。ただこの時点で室内の温度は600℃～1,000℃に達し、普通の人間であれば180℃の周囲温度に30秒居た場合、大やけどを負うことから自動火災報知設備で検知すべきは火災初期の着火・着煙の挙動である。

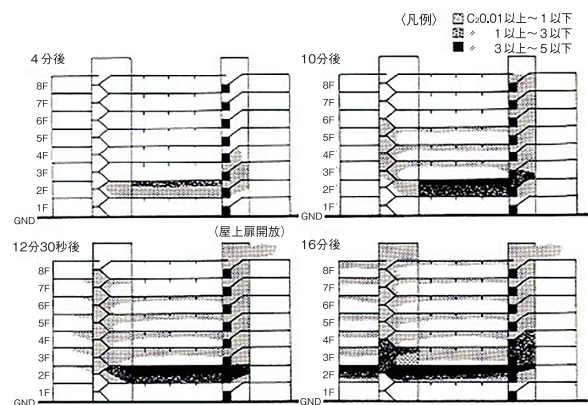


図3 耐火建築の煙の流動³⁾

図3に耐火建築の煙の流動について示した。耐火建築の煙の流れを見ると、その広がりから、初期の“煙”を感知することが重要であることが分かる。

2-2 感知器の原理

自動火災報知設備は初期火災を検知し、在室者を早期に避難させる目的があるため、火災初期の“煙”“熱”をどのように検知するかがシステムとしての力点である。以下に代表的な感知器の仕組みを示す。

●光電式スポット型感知器

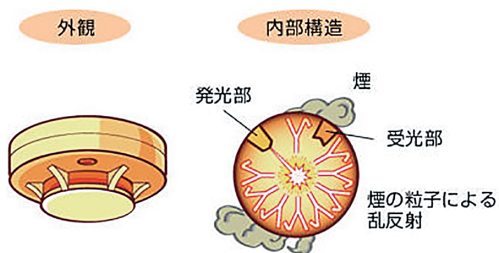


図4-1 光電式スポット型感知器の仕組み⁴⁾

光電式スポット型感知器は感知器の内部に煙の粒子が入ることにより、発光部からの光が煙の粒子で乱反射し受光部で検知される仕組みとなっている。動作感度としては感知器の種別（1種、2種、3種 数字が大きくなるに従い感度は鈍くなる）ごとに違い、一般的な居室及び避難経路に設置されるものは2種が使用される。火災の状況が進行し、より煙の濃度が高まった段階で、煙発生場所からの煙の侵入を防ぎ避難経路を確保するため、自動閉鎖設備（防火戸・防火シャッター）があるが、これらを自動閉鎖する感知器として3種（より感度が低い、故に誤作動しにくい）が使用される。

また非火災（火事ではない場合の持続性のない煙など）情報を除くため、感知器自体に“蓄積機能”を持たせ、煙が一定のレベルに達した時点で警報を発する型の感知器もあったが、昭和59年より、受信機の蓄積機能が制度化されたため、現在では非蓄積型が主に用いられている。

煙の濃度の測定方法は「消防法で定められた煙箱による測定方法」によるが、ここで機能基準の例を示す。

2種非蓄積型の場合15%/mの減光率の煙を含

む0.2～0.4m/sの気流環境で30秒以内に作動、同5%/mの減光率の煙を含む0.2～0.4m/sの気流環境で300秒以内に作動しないことが条件となる。

●差動式スポット型感知器

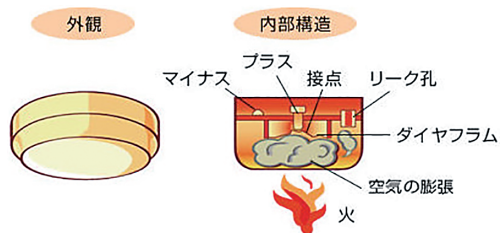


図4-2 差動式スポット型感知器の仕組み⁴⁾

差動式スポット型感知器は周囲の温度が上昇するに従い感知器内部の“室”内の空気が熱膨張する原理を利用して接点を閉じ、警報を発する仕組みとなっている。但し、暖房などのゆるやかな気温上昇などは“室”に空気を逃すリーク孔を設け、実際の火災との区別を行えるようにしている。

他にサーミスタ等の電氣的な原理による温度上昇検知センサーを使用した種類もある。

ここで使用頻度の高い2種差動式スポット型感知器の機能基準の例を示す。室温から分当たり15℃ずつ直線的に上昇する水平気流の環境で4分30秒以内に作動、分当たり3℃ずつでは15分以内は不作動の条件が必要となる。もしくは室温より30℃高い風速0.85m/sの垂直気流の環境では30秒以内に作動、15℃高い風速0.6m/sの同環境では60秒以内は不作動が条件となる。

●定温式スポット型感知器

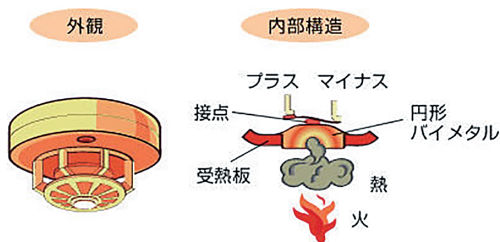


図4-3 定温式スポット型感知器の仕組み⁴⁾

定温式スポット型感知器は周囲の温度が上昇するに従い感知器の“バイメタル”（熱膨張率が異なる2枚の金属板を貼り合わせたもので温度により一定の変形があり）が変形し接点を閉じ、警報を発する仕組みとなっている。

一定の温度を動作指標としているため設置基準では、煙、差動の感知器が設置できないような、高温、塵埃・微粉・水蒸気が滞留、結露などが想定される場所に設置される。定温式の機能基準は例として1種75℃の場合93.75℃の風速1 m/sの垂直気流の環境で室温0℃では120秒、室温20℃では102秒以内に作動し、65℃の風速1 m/sの同環境では10分以内に作動しないことが条件となる。

なお、3種類の感知器の火災初期の検出感度は一般的に「光電>差動>>定温」の関係にある。

2-3 コスト検討

庁舎（主用途：事務室）を対象とし、消防用途区分としては15項となるため、1,000㎡～30,000㎡の物件より抽出を行った。

後程詳細は述べるが自動火災報知設備の全体コストに関連する伝送システム（P型、R型）の延べ面積との関連性について検証した。図5に164件（平均5,285㎡）の建築物の受信機仕様を示す。

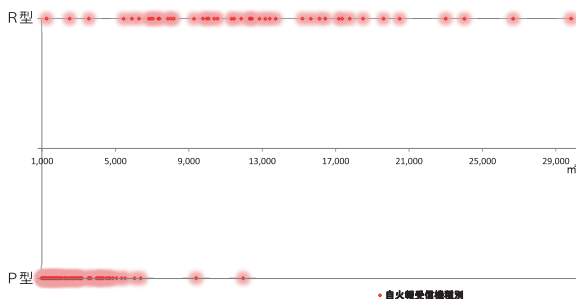


図5 建築物の延べ面積と自火報受信機の型式

小規模物件ではP型が主流だがR型も散見された。また5,000～6,000㎡がP型とR型のシステム

設計の境界値となった。

続いて5,500㎡未満、以上に区分し自動火報設備の工事金額について確認を行った。

図6は1,000～5,500㎡（120件）の主にP型システムが使用されている案件についての工事費割合（平均）である。

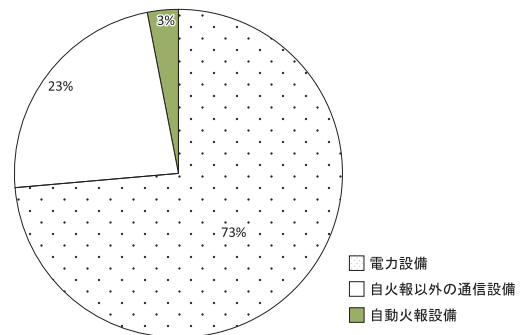


図6 全体電気設備工事金額に占める自動火報設備の割合（延面積 1,000㎡～5,500㎡）

同様に5,500～30,000㎡（44件）の主にR型システムが使用されている案件についても確認したが、自動火報設備が1ポイント増、自動火報設備以外の通信も1ポイント増と大差がないように見えた。しかし、㎡単価を比較すると後者が前者に比べて70%増の結果となった。

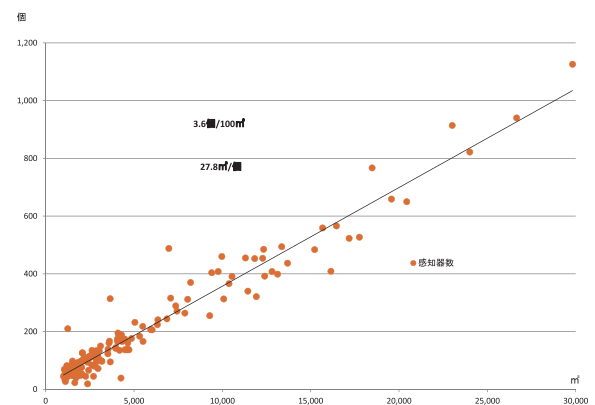





図7 延べ面積と感知器設置数

続いて設置されている感知器の個数の検証を行った。図7に延べ面積と感知器個数の関係をプロットし、相関関係を確認した。線形の相関が見られ3.6個/100㎡つまり27.8㎡に1個の割合で感知

表1 代表的感知器比較 (感知面積、材料価格)

スポット型感知器比較		
感知器種別	上限面積	材料価格比
光電式スポット型感知器 	150m ²	10.54
差動式スポット型感知器 	70m ²	1.77
定温式スポット型感知器 	60m ²	1.00

(天井高さ4m未満 耐火構造)

器が設置されている傾向が見られた。

次に代表的な3種類の感知器について材料価格による比較を行った。

先に述べた感知器1個当たりの設置面積27.8m²は、表1の感知上限面積が最少の定温式スポット感知器の面積の半分以下であることから、設置計画については個々の部屋の広さ、配置に関する制約(吹き出し口からの距離、照明等の天井配置器具との関係)によるものが大きいことが推測された。

続いて発注物件の公開数量に基づく感知器数の設置割合について考察を行った。対象建物としては庁舎及び宿泊施設8件をサンプル物件として、実施設計段階での感知器計画個数の比較を行った。

表1の感知器の材料価格比率より分かるように、材料単体で比較すると光電式感知器のコストが最も高い。本来火災の初期には着火前に“くすぶり”の状態が考えられるため、光電式感知器の設置が避難誘導上、有効に働くと考えられる。そのため設置基準では、避難経路(廊下、階段、前室など)については光電式感知器を設けることとなっているが、以外の部分については検出感度と

材料単価を考慮して差動式スポット感知器が設置されている。

図8に建物類型別に光電式感知器の設置割合の比較を行った。

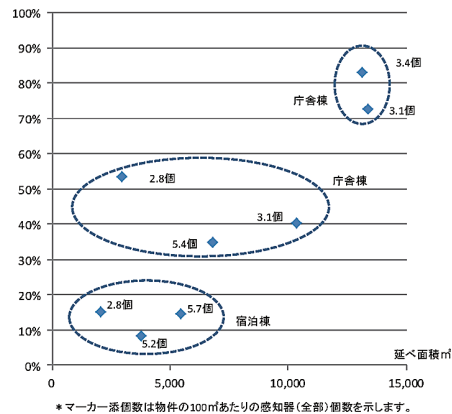


図8 光電式スポット型感知器の設置割合 (対象8件)

庁舎の事務用途部分(執務、研修+共用)については感知器総数の約4~5割が煙感知器となる傾向が見える。宿泊棟についてはワンルームの寝泊りする部屋が多数を占めるため煙感知器の割合が小さくなるかわりに、面積当たりの感知器設置数が増える傾向がある。また建物規模が大きくなった場合、地階、無窓階、11階以上の場所には光電式スポット型感知器の設置義務があるため、割合が増えると考えられる。同じく大規模物件では感度調整が可能なアナログ型感知器の使用が近年増えたため7~9割が煙感知器設置の案件も見られた。

2-4 伝達システム

自動火災報知設備のシステムは、感知器や発信機からの火災信号の受信方式によって、P型とR型に大別される。

P型火災受信機は、感知器や発信機の電気的な接点が閉じることにより、電流が流れるかどうかで火災信号を直接受信するもので、その性能に応じて1級と2級がある。R型の火災受信機は、感知器や発信機に中継器を取り付け、火災信号を固有番号(アドレス)情報に変換し、伝送信号(通

信)にて受信する仕組みである。因みにP型とはProprietary-typeの頭文字を、R型はRecord-typeのそれをとって表している。

設計者は消防法施行規則により、建物全体を警戒するために、基本最大600㎡を上限とし警戒区域を設定する。受信機ではその警戒区域ごとの警報信号を受け、初期はその警戒区域及び近傍のエリアに警報を発し避難誘導するシステムである。

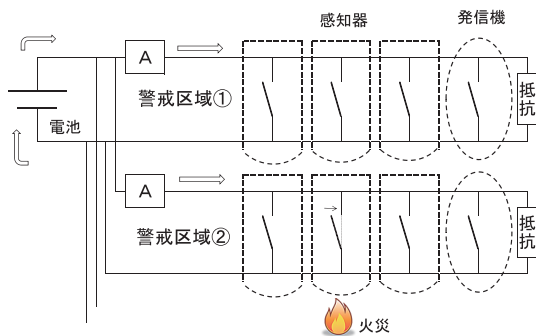


図9 P型システムの回路図例

P型システムは基本的なシステムで、火災に対する検知を各警戒区域ごとに感知器や発信機を設置し一回路ごとに行う。図9に示す回路図のとおり、感知器及び発信機は警戒区域回路ごと並行に接続され、終端抵抗により火災が検知されていない通常時は一定の電流が流れるようになっている(回路図は模式図のため、実際には回路補償装置等が組み込まれている)。

火災の場合、図9の例では警戒区域②の2番目の感知器が火災を検知し“接点”がONになり、受信機の警戒区域回路の電流が増大し警戒区域の火災検知となる。その後受信機が火災動作し、その警戒エリアの表示窓が点灯し、受信機の音響や地区ベルによる警報音で火災を知らせることになる。

●P型システムの特徴

P型システムは図9にも示したとおり、警戒区域ごとに1系統の配線が必要になってくる。また配線方法は「送り配線」と呼ばれる方法で、1個1個の感知器もしくは発信機に順送り配線を行

う。メリットとして途中で配線が切れた場合は、定電流が途絶え断線を知らせるフェールセーフシステムとなる。原理的には非常に単純だが、警戒区域が増えると配線数が増加し施工コストが増えるデメリットがある。

●R型システムの特徴

P型システムのデメリットを補う形でR型システムが誕生した。R型システムは、感知器や発信機の端末機器にアドレス(固有信号)を持たせて、個々に受信機と常時通信するシステムである。伝送される信号には感知器の位置・状態の情報が受信機からの求めにより、全警戒区域の全端末より個々に信号が返される仕組みである。基本伝送ラインには信号が順次送られるため、1対の配線で足りることになるが、伝送路は常に導通状態が要求されるため、P型システムとは異なり耐熱・耐火電線の使用が必要となる。

メリットは配線の単純化・個別端末の情報取得(P型と違い、どのエリアではなく、どの部屋のどの感知器がと情報が細分化される)、デメリットはシステムが小規模では費用対効果が得られないことである。一般的な建物規模としては10,000㎡以上の物件についてはR型システムが用いられることが多い。

2-5 進化するシステム

前節では伝送システムとして旧来のP型システム、新規のR型システムといった紹介をしたが、感知器自体もより機能が追認され、以下に述べるアナログシステムや自動試験機能、無線式システム等が誕生している。

●アナログシステム

アナログ型感知器は、その時々々の温度信号や、煙濃度信号を受信機に送信する。例えば、煙アナログ感知器であれば、受信機との伝送時に、煙濃度の信号を送信し、この信号を受信機で「火災レベル」か「正常レベル」か判断する。従来は感知

器個々に動作値を設け個別に火災確認を行ったものがより細やかな判断を可能にした。

通常のP型やR型システムでは、感知器の感度は感知器個々に決まっているが、アナログシステムでは、火災のレベルを受信機で変えることが可能なので、例えば喫煙場所などの煙感知器の感度を鈍めに設定したり、昼と夜で（時間的に）感度を変えることも可能となる（但し、消防法による設置場所の許容感度範囲内での調整）。また、火災レベルになる前の感度で、注意警報を出すことも可能で、より早い現場対応が可能となる。このように、アナログシステムは運用上のメリットが多く、R型システムでの主流となっている。一方で、コストは煙感知器を例にとると2～3割高めとなる。

●自動試験機能

自動火災報知設備は消防法上、定期的な点検義務がある。消防設備士等の有資格者が機器点検は半年に1回以上、総合点検は1年に1回以上行い不良個所があれば整備し、正常であったとしても報告書を作成し所轄消防へ提出することとなる。マンション等にお住まいの方は、押し入れの中の感知器まで点検業者が確認する作業に立ち会われた経験を持たれているかと思う。自動試験機能は、個別の感知器等の機能検査を定期的に受信機側からの確認する機能である。

現在では施設の長寿命化のための自動火災報知設備のリニューアル工事などが増えている。その際追加機能として、自動試験機能などを付加したい場合は、標準的に自動試験機能を搭載したR型システムに変更することが多いが、配線を耐熱電線に引き換える必要が生じコスト高となる傾向がある。

コスト縮減の要望に対し、P型システムに簡易な伝送機能を設け、自動試験機能を付加したP型自動試験機能付きシステムが開発されている。

●無線式自動火災報知設備

平成20年に消防法が改定され、無線式自動火災報知設備の技術的基準が初めて規定された。使用する電波は、電波法に基づく省電力セキュリティシステムの無線局が採用された。無線局の電波は、430MHz帯で、伝送できる情報量としては少ないものの、例えば無線LANなどの周波数(2.4GHz等)のものに対して、障害物による伝搬が比較的良好であり（遮蔽物の背面へ回り込みやすい）、周波数使用量も比較的少なく、混信の心配も少ないため伝搬の確実性を確保できる。

また、無線局の申請や免許が不要のため、設置上は容易である。この消防法の改定を受け、平成22年に最初の無線式自動火災報知設備が商品化された。これは法改正で既存遡及して設置義務が生じたグループホームなどの場合には居ながら改修が容易で、メリットは大きい。デメリットとしては機器コスト高、電池交換の必要性（現時点で10年周期）がある。

また、消防庁では従来消防用設備等に係る技術上の基準は、材料・寸法などを仕様書的に規定している内容が多かったが、新たな技術受け入れのため性能規定の導入を行い、技術開発の促進を行っている。一例を挙げると、審査基準が確立されていない特殊消防用設備等の自動火災報知設備の項目では、火災温度上昇速度を監視する機能を付加した防災システムなどが個別認定されている。

3 関連技術の動向

自動火災報知設備は消防法令のもとに設置される設備であるため、メーカーごとの独自性をうたい普及発展する一般的な電気設備（LED照明など）とは違う。

しかしながら、個々のメーカーでその防災関連技術を使い、特化したシチュエーションで火災の予兆を検知するシステムが開発されているので、

ここに一例を紹介する。

●画像処理煙検知システム⁵⁾



図10 画像処理煙検知システム

従来型の監視カメラ設備からの画像に、火災時に特有の煙の発生過程を、抽出可能な画像認識アルゴリズムを持った画像処理装置により火源が見えない、煙の拡散範囲が小さな火事の初期現象をとらえることを可能とした。

●火災予兆検知システム⁵⁾

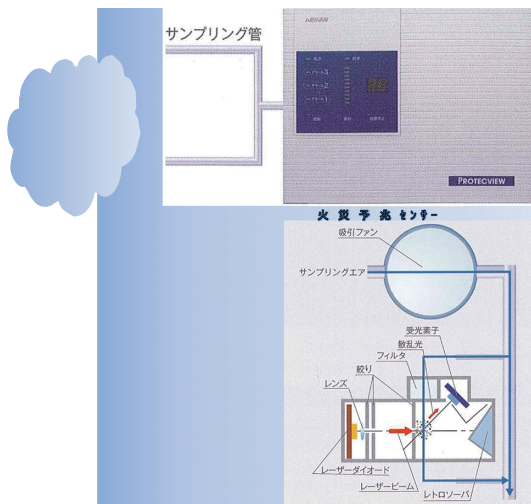


図11 火災予兆検知システム

吸引ファンにより取り込んだサンプリングエアを非火災警報の原因の塵埃等を除去し検知部でレーザー光による散乱光検知方式で微小煙粒子(0.1 μm)を超低濃度(0.001%/m)で検知可能とした。

4 まとめ

本報告では、自動火災報知設備の主に機能・技術要件について調査結果を述べた。『平成25年度消防白書』では、平成24年5月の広島県福山市におけるホテル火災(死者7名)などを踏まえて、延床面積300㎡以下のホテル・旅館などへの自動火災報知設備の設置義務化、認知高齢者グループホーム等へのスプリンクラーの設置基準強化など最近の火災を踏まえた防火安全対策が述べられている。

また防災設備メーカーを含めた関係者のワーキングでは、人口動態の変化に則し、今後も増える高齢者の立場にたった設備の検討・開発が進められている。

最後に本報告にあたり、能美防災株式会社殿より資料提供などの協力をいただいたことに感謝の意を表す。

(参考文献)

- 1) 総務省消防庁『平成25年版 消防白書』
- 2) (公社)日本火災学会編『はじめて学ぶ建物と火災』共立出版(株)
- 3) (財)東京連合防火協会編『火と煙と有毒ガス』東京法令出版(株)
- 4) (一社) 日本火災報知機工業会HPより
- 5) 能美防災(株)HPより