

静電消煙機の開発について (その1)

加 藤 勝 文*
島 光 男*

1. ま え が き

地下街、高層、その他の耐火建築物では、火災時に発生する煙のため避難あるいは消防活動が阻害される。特に煙は行動に決定的な影響を及ぼすため、その危険性が常に論じられているが、有効な消煙方法は確立されていない。火災あるいは煙に対する防災対策として、建築基準法も改正され、一定規模以上の新築ビルには排煙設備の設置が義務付けられたが、既存あるいは小ビルにはその設備がなく、煙による大きな災害が発生している。

当研究所でも過去に、化学的あるいは機械的に煙を処理する方法について研究をおこなってきたが、具体化するに至っていない。今回の静電気を利用した消煙は、室内に浮遊する煙粒子を高圧の静電気でイオン化し、建物の天井、壁、床などに吸着させようというものである。この方法自体はコットレルの集塵方法として古くから知られており、特に目新しいものではないが、これを火災現場に持込み、火災時の煙の消煙に利用しようというのはまったく新しい試みである。

まだ継続研究中であるが、静電消煙の可能性と、消防隊用の実用機について見通しを得ることができたので、「その1」として静電消煙の機構及び概要、「その2」に試作した実用型消煙機について記述する。

2. 静電消煙の機構

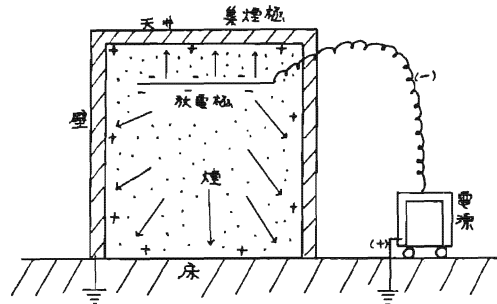
静電消煙の概略は、第1図に示すように直流高圧発生装置からマイナス100~200KVを取り出し、これを放電極線とする。一方、電源装置のプラス側を大地にアースさせるので、建物の天井、壁、床など構造物全体がプラス電位になる。室内に浮遊する煙粒子はマイナス放電極線による電界の影響を受けてマイナスに帯電し、イオンの流れとなってプラス極である天井、壁、床などに吸着されていく。その結果室内に浮遊する煙粒子の数は減少し、煙濃度が低下する。

3. 実験方法

(1) 居室内の消煙

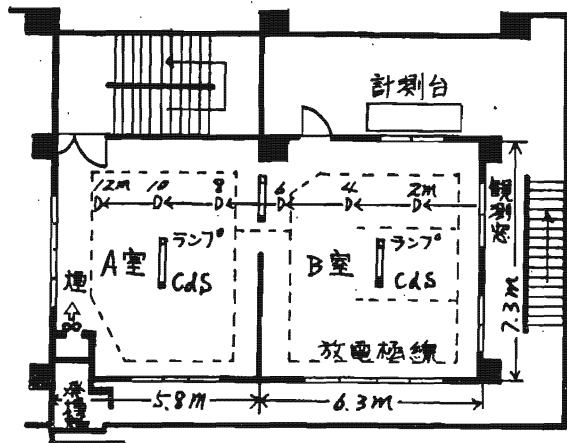
* 第三研究室

第1図 静電消煙機構の概略図



消煙実験は、東京消防庁訓練塔4階の、第2図に示す面積88㎡、容積280m³の実験室を使用し、実大規模でおこなった。煙も実火災時のものに近似させるため、木材、化粧合板、プラスチックなどを1階の発煙炉で燃焼させ、発生した煙を4階の実験室に送入し、実火災時の煙濃度と同程度に調整して消煙をおこなう。

第2図 消煙実験室



1回の実験で使用する燃料は、木材約20kg、化粧合板あるいはプラスチック類約5kgで、実験室内の煙濃度をC₁1.5~2.0程度に調整して実験する。

電極線の設置は、基礎的な実験では4階実験室に径0.5mmのステンレス線を、壁面から0.7m、床面から

1.6m離して、第2図の点線に示すように周壁にそって張る。しかし、このような電極線の設置方法では実用性に欠けるので、将来の実用化に必要な資料を得るため電極線の設置を簡略化した場合の消煙性能などについても実験した。

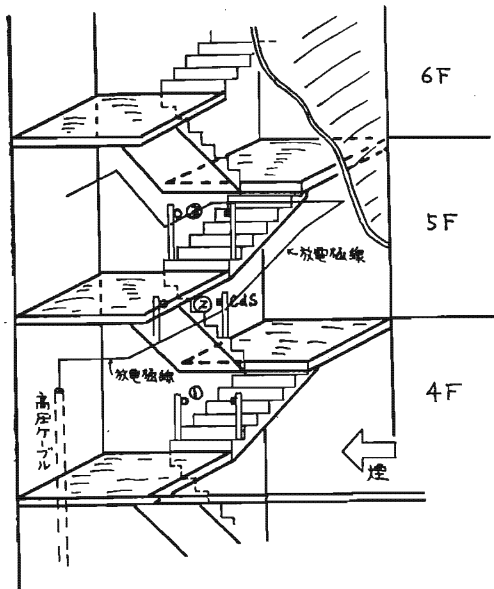
(2) 階段室内の消煙

火災時の煙は、廊下、階段を流れて上層階あるいは横方向へ拡散し、これが避難あるいは消防活動上極めて大きな障害となる。特に階段を上昇する煙の危険性については多く論じられているので、階段の途中で消煙し、煙が上昇拡大していくのを防止することの可能性について実験した。

実験室は訓練塔4階から5階に至る屋内階段を使用し、煙は居室内の場合と同様の方法で発生させて階段室に送入する。

電極線は0.5mm径のステンレス線を第3図に示すように階段のスロープと平行に天井約70cmの位置に張って実験した。

第3図 階段室実験要領図



(3) 煙濃度の測定

消煙性能の指標となる煙濃度の測定は、CdSセルを各室内中央(A, B室中央)と、A, B室境界の3ヶ所に設置し、煙濃度を次式から減光係数すなわちCs値で求めた。

$$C_s = \frac{1}{l} \log_2 \frac{I_0}{I}$$

Cs : 減光係数

l : 光源と受光部の距離

I₀ : 無煙の場合の起電力

I : 煙の介入した場合の起電力

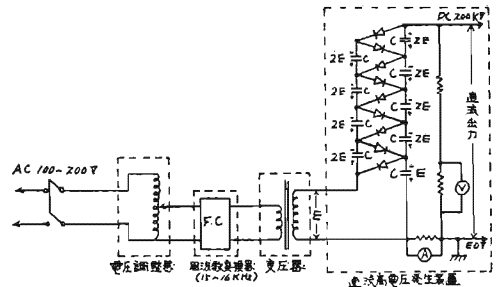
又、室内に標識を置き、窓外からこれを肉眼で観測する方法でもおこなった。

階段室の煙濃度の測定も、CdSセルを4階昇口、4.5階中間舞場、5階昇口の計3ヶ所に設置し、階段の煙上昇と消煙の状況を測定した。

4. 電源装置

消煙実験に使用した電源装置は、最大電圧200KV、電流5mAの高電圧発生装置を使用している。その概略は第4図に示すように、商用周波数の低圧を周波数変換器で15KHzの高周波に変え、変圧器で10KVに昇圧する。この10KVの電圧を整流器とコンデンサーを組合せた高周波コッククロフト回路を使って直流の高電圧に変換し、出力電圧として取り出す。なを電圧の調整は入力側の電圧調整器でおこなう。

第4図 高電圧発生装置のブロックダイアグラム

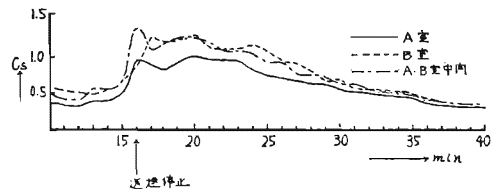


5. 実験結果とその考察

(1) 居室内の消煙実験

実験結果をCs濃度で比較するため、先ず煙の自然減衰曲線を求めた。第5図は実験室に煙を送入し、ダンパーを閉じて煙の進入を止め、自然放置した場合の煙の自然減衰曲線である。この場合室内に充満したCs1.5程度の煙が、Cs0.3すなわち10m程度の見透しを得られる迄に回復するのに約30分を要している。

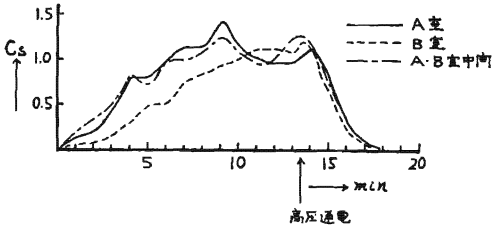
第5図 自然放置による煙の減衰



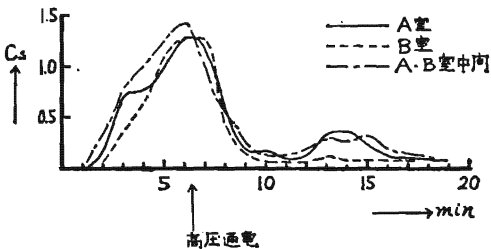
同様に煙を充満し、第2図の点線で示した位置に放電極線をセットし電圧200KV、電流5mAを印加して消煙すると、第6図のとおり3分弱でCs1.5の煙がCs=0まで減衰し、室内はほぼ清浄な状態に回復する。

次に煙を充満し、消煙開始後も 25m³/min の割合で送煙しながら上記と電圧、電流値とも同一条件で消煙した結果が第7図である。これを見ると消煙開始後の煙の減衰曲線は第6図の場合と類似して、Cs0.3程度までは急激に減衰するが連続送煙のままであるから煙濃度が完全に0までは回復しきれない。

第6図 消煙曲線



第7図 消煙曲線



上記の結果を見透し距離に直すと、一般に Cs 値と見透し距離 D との関係は次式で表わされるから

$$D = 2.5 / C_s$$

D : 見透し距離

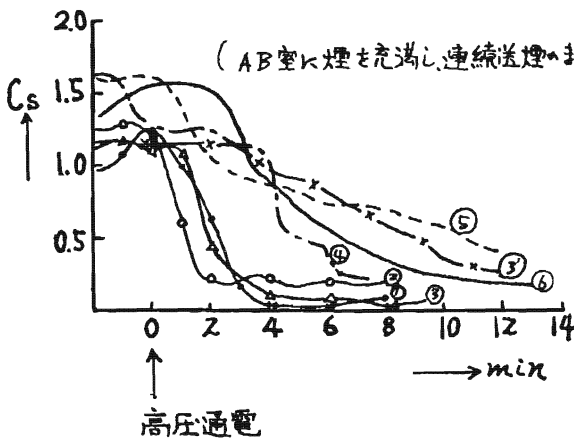
Cs : 減光係数

消煙開始前 Cs 1.5、視界 1.7m のものが消煙により約 2~3 分で Cs 0.3 すなわち視界 10m 程度に回復することになる。この程度まで視界が回復すれば、避難あるいは消防活動など、煙のために障害となる多くの問題が解決できる。以上のとおり静電気による消煙は、実験結果から判断して、印加する電圧、電流値、あるいは電極線の設置位置、などを考慮すれば高性能の消煙性能が期待できる。

前記したデータは静電消煙の可能性を追求するために、作業性などを無視しておこなった実験の中から抽出したものであるから、この結果だけで実用性を論じるのは早計である。さらに実用化を考慮しながら、放電極を簡略化したものなどについて実験をおこなった。その代表的なものをグラフ化したのが第8図である。

この結果から判断すると、グラフ④及び⑥の A、B 室を通して放電極線を一本セットする方法が、消煙性能あるいは放電極線の伸展作業も比較的容易で実用性もある。この実験の電流、電圧値は、グラフ④が 190KV、1.5mA であるのに対し、⑥は 100KV、0.6mA と少ないが消煙性能に大差はない。ということは 300m³ 程度の部屋では 100KV の電圧でも充分消煙が可能であるといえる。又使用電圧を 100KV まで低下させれば、絶縁性、あるいは安全性などの点で格段に有利になる。

第8図 電極線の張り方と消煙曲線



測定室 ①、②、④、⑥は A、B 室中間
③は A 室
⑤、⑦は B 室

記号	電極線の張り方	電圧・電流
①		50~130KV 0.6~5.9mA
②		135~190KV 5mA
③△ ③x		150KV
④		190KV 1.2~1.5mA
⑤		90~180KV 0.2~2.2mA
⑥		100KV 0.6mA

消煙に要する電力量については、第8図の⑥の曲線を例にとると、 $C_{s1.5}$ が $C_{s0.3}$ に減衰するに要した電力量は、

$C_{s1.5} \rightarrow C_{s0.3}$
 所要時間 420sec
 処理煙量 280 m^3
 付加電力 100KV \times 0.6mA = 60W/sec
 $\therefore 60W/280m^3/420sec = 90W/m^3/sec$

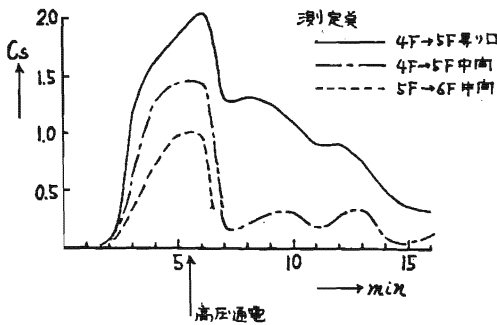
となり、これは一般にコットレルの集塵装置の電力量が、1 m^3/sec の煙道ガスに対して0.4~0.8kW/secといわれているものの数分の1であり、非常に高い集塵効率であるといえる。

以上の結果から300 m^3 程度の部屋の煙を消煙するには、100KV、0.5~1.0mA程度の消煙機を設備すればよいことになり、さらに大規模な部屋あるいは消煙時間を短縮する必要がある場合には、その面積に応じて消煙機を増加すればよい。

(2) 階段室の消煙

階段室の消煙も居室内同様良好な結果が得られた。実験はあらかじめ設備した放電極線に電圧195KV、電流4mAを印加すると、階段室内の $C_{s1.5} \sim 2.0$ の煙は第9図に示すように短時間に消煙される。さらに特記すべきは、連続して階段室に煙を圧送しているにもかかわらず、階段を上昇する煙は中途ではほぼ完全に消煙され、ほとんど上層階へは上昇せず、上層階の安全性が確保されることである。

第9図 階段室消煙曲線



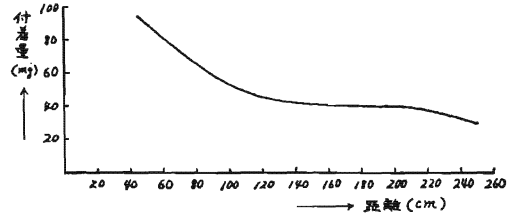
(3) 放電極及び集煙極間の距離

放電極に対する集煙極となる壁体などとの保有空間距離は、消煙効率に最も影響する電界の強さが距離の2乗に反比例して減衰するので、印加電圧が同じであれば電極間の距離は近い程効果的であるといえる。しかし、近過ぎると空中放電を起こす危険があり、又その距離は電流容量との関係から当然制約を受ける。静電消煙をおこなう上においてこの距離の取り方は、直接消煙性能に影響する重要な事項である。

200KV印加時における極間距離と集煙量の関係を

求めたのが第10図である。実験結果から100cm程度までが最も効率よく、200cm以上の距離では急激に集塵効率が低下することがわかる。安全性と消煙効率を勘案すると70~100cmの範囲内が最良である。

第10図 極間距離と集煙量



5. ファン式消煙機の基礎研究

ビーム式消煙機は超高圧を取り扱っているのでその絶縁対策に高度の技術を要する。したがってさらに低圧での消煙の可能性を追求するためにファン式消煙機についても研究をおこなってきた。

ファン式消煙機は小口径の筒を30~40本たばねる方法であるが、その試作に必要な円筒の径、印加電圧、電流値など基礎データを求める必要がある。実験結果を第11図に示す。このデータを基礎資料として、ファン式消煙機の形状、あるいは印加電圧、電流値、電源装置の容量などの設計資料としている。

その内容については「その2」の項で詳報する。

6. あとがき

今回の研究は、静電気を利用した消煙というまったく新しい問題についてその可能性を追求したもので、この項で述べたのは、そのほとんどが基礎研究の圏を出ない。今後は実用化を考慮しながら研究開発をおこなっていかねばならないが、その問題は次項に記述する。

特に今後基礎的な問題点として留意しなければならないのは、高電圧を使用することによる安全対策と絶縁性の確保、および消煙後に残るCOその他の有害ガスの問題である。

安全性に対しては現在鋭意研究中で、次項にも述べるとおり安全装置を取り付ける予定である。有害ガスについては現時点では除去は不可能で、現在実施中の実験でも常時0.5%程度のCOを検知しており、高電圧を印加してもその濃度に変化は生じない。しかし火災による危険要素のうち、最大の問題である視程障害だけでも解決できれば大きな前進である。ガスの除去については将来の課題としていきたい。

第11図 円筒径と電圧、電流特性

