

静電消煙機の開発について (第6報)

消防隊用可搬型消煙機

上 野 宰*
島 光 男**
斎 藤 正 己**
樋 口 正 義**
池 辺 昇 一**

1. ま え が き

中高層建物、地下室火災では、煙のために火災防ぎよが非常に困難な状況になっており、「煙さえなければ、もっと視程が得られたら」という現場の声があり、これに答えるため、静電気を利用して煙粒子を吸着消煙する方法の開発研究を数年前からすすめてきた。このたび、消防隊の進入を容易にするため火災現場の建物内に持込んで消煙する可搬型静電消煙機が完成したので、その構造概要および実用実験の結果を報告する。

2. 構造概要、原理

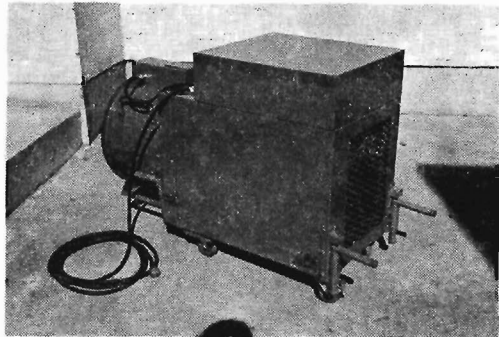
試作した消防隊用の可搬型静電消煙機は、火災の現場に容易に搬送できる型式で、実用上の取扱い、保守、安全性を配慮した高性能のものを目標に開発したものである。消煙機主要部の構造は、消煙電極部、高電圧発生器、送風部から構成され、消煙電極部はタングステン線とアルミ板を交互に配列したユニットが風洞内に装置されており、その電極線と電極板の間に9.5KV (20mA)の直流電圧がかかっている。消煙電極ユニットは吸気側に帯電ユニット、排気側に消煙ユニットが設定されている。

消煙の原理、機構については、煙が充満した室内に消煙機を設定して稼働させると、後部の送風機によって煙が消煙機風洞内に吸込まれ、消煙電極部を通過する間に帯電粒子となって電極板に吸着される。また、帯電した一部の煙粒子は浮遊する他の煙粒子と結合、凝集し、天井、壁体に付着したり、床に沈殿したりする。このように室内の煙は消煙機内を何回か通過、循環しながら消煙される。

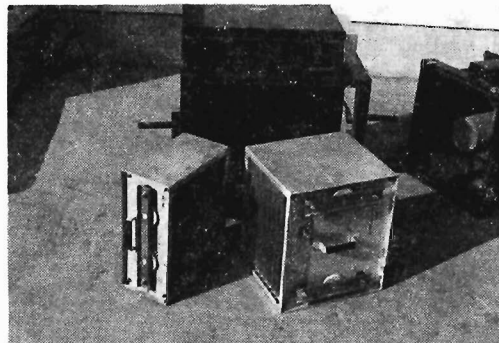
第1表 消煙機諸元

入 力 電 圧	単相交流100V, 50Hz消費電力700W
消煙電極電圧	直流9.5KV (負極性) 電流20mA
高電圧発生器	AC, DCコンバーター方式
送風機型式	プロペラファン, 羽根直径376mm
処 理 風 量	53m ³ /分 消煙効率80%
外 型 寸 法	幅430×奥行960×高さ675mm
重 量	72kg 3人ないし4人搬送

写真第1 消煙機外観



写真第2 消煙機内部



* 第三研究室長

** 第三研究室

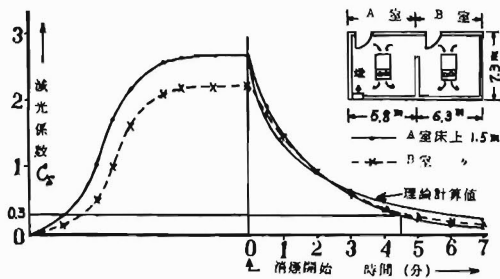
3. 消 煙 性 能

(1) 消防訓練塔で行った消煙実験

写真第1に示す消煙機について、室内に充満した煙（継続して煙の発生、進入がない場合）に対する消煙性能を把握するため、消防訓練塔4階の実験室に木材、合成樹脂の燃焼煙を充満させ、消煙実験を行った。

消煙機2台を床面積88㎡、天井高3.2m、容積280㎡の実験室A・B各室の中央床上に設定し、連合運転した結果、第1図に示すとおり室内に充満した濃度が減光係数で $C_s=2\sim3$ 、見透し距離が約1mの煙に対し、消煙開始後、約4～5分で $C_s=0.3$ すなわち、約10mの視程が得られた。

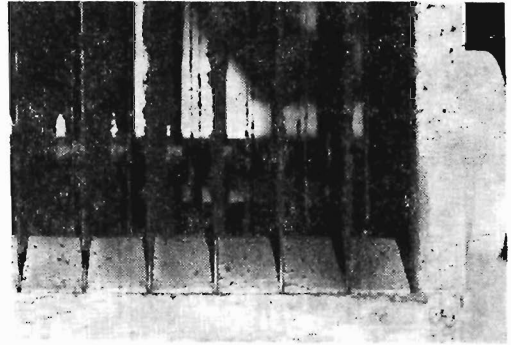
第1図 消防訓練塔消煙実験



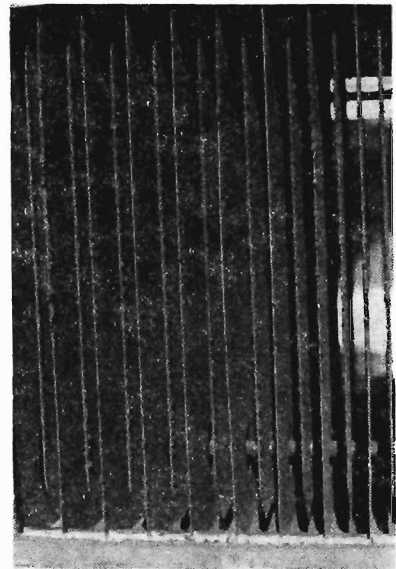
(2) 富国生命ビルで行った消煙実験

実火災の煙に対する消煙効果を確認するため、富国生命ビルにおいて継続して発生、進入煙を伴う場合の消煙実験を行った。実験は第2図に示すよう各室床面積40㎡、容積約120㎡程度の事務所として区画された建物の316号室を火災室とし、ここに木材50kg、塩化ビニル19kgを燃焼させ、火災室から廊下をへだてた部屋に $C_s=2\sim3.5$ の煙が充満し、かつ、 $C_s=2.5$ の煙が毎分約16㎡流入している状態で消煙機を部屋の中央床上で運転した結果、運転開始後、約7分で床上1.5mでは $C_s=3$ が $C_s=1$ に、床上0.75mでは $C_s=2$ が $C_s=0.7$ に低下した。第3図は消煙機を設定した309号室の煙濃度の降下状況と消煙機を設定しない308号室の煙濃度を示したもので、時間経過に対する両室の C_s を比較することにより消煙効果がわかる。第4図は火災室、廊下消煙機を設定した室内の温度上昇を示したもので、点火6～8分経過後、最高温度に達し、火災室で800～900℃火災室前の廊下で100～500℃、消煙機を設定した室内は50～150℃であった。

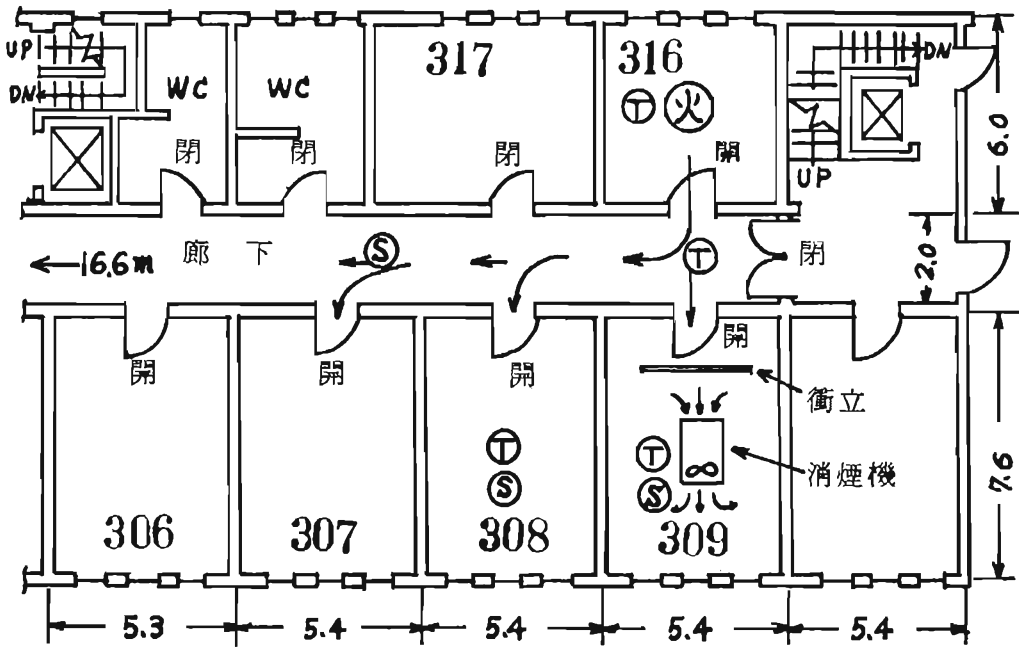
写真第3 帯電極の煙粒子の吸着状況



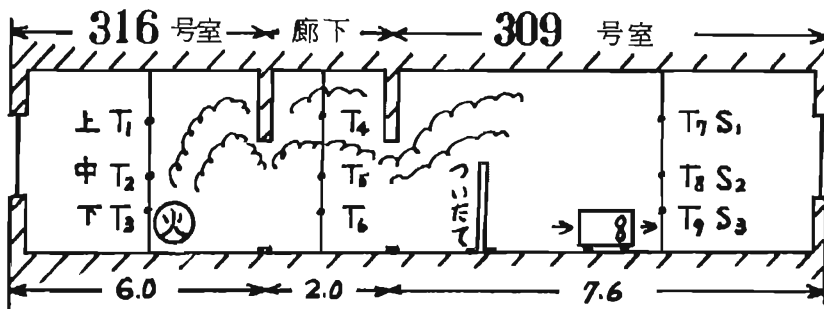
写真第4 消煙極の煙粒子吸着状況



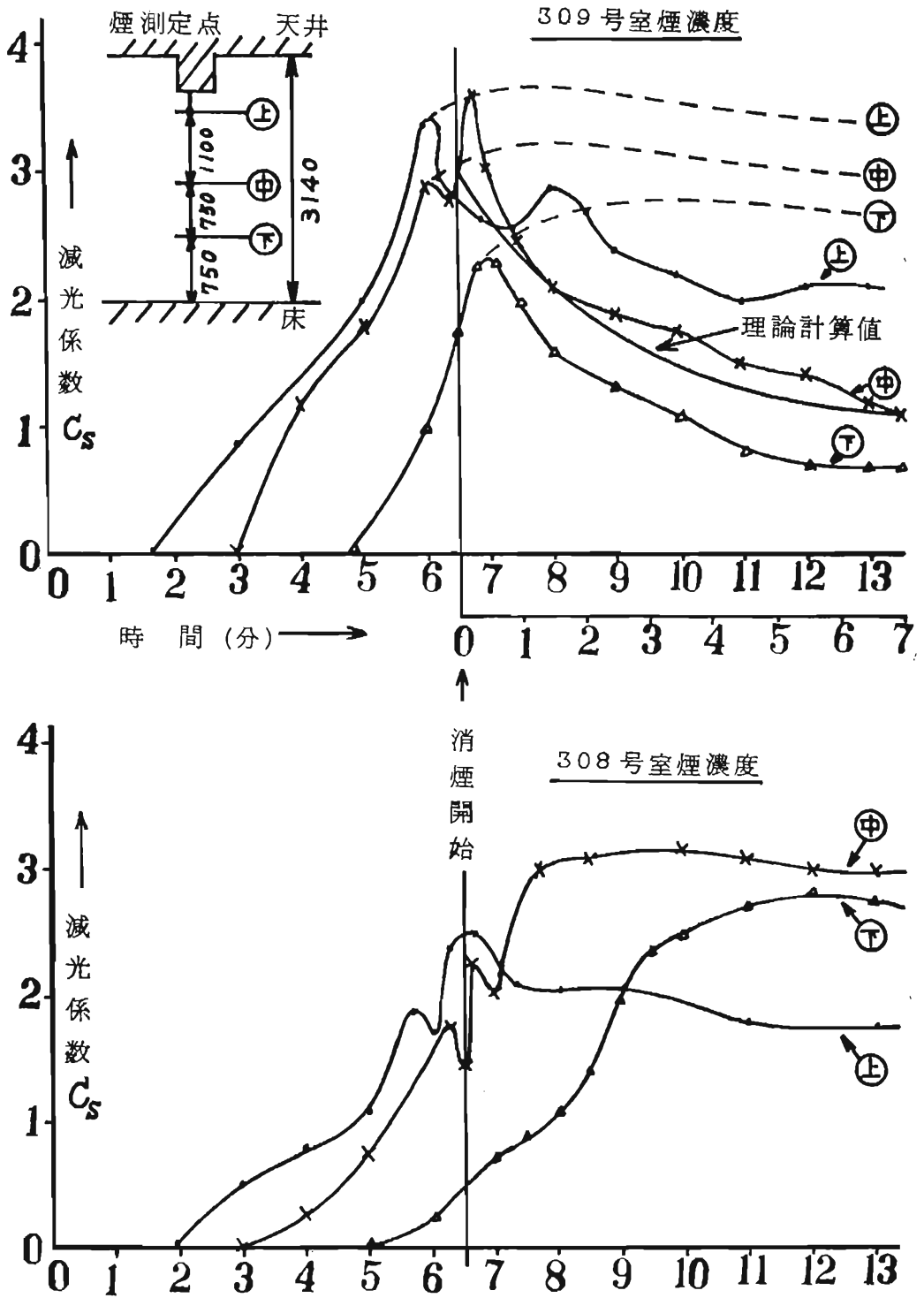
第2 富国生命ビル消煙実験



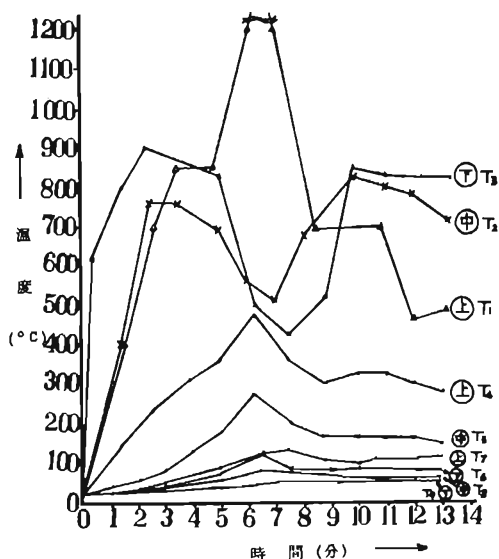
(火) 火災室 (T) 温度測定点 (S) 煙濃度測定点



第3図 富国生命ビル消煙実験



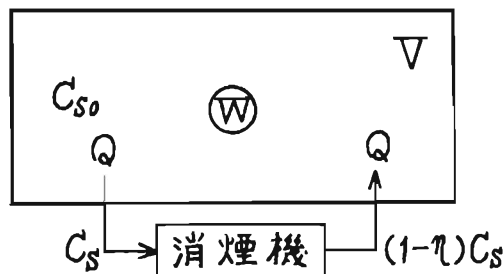
第4図 火災室、廊下304号室温度



4. 消煙効果の理論解析

煙室内に消煙機を設定して消煙効果を得る場合の理論解析を行い、数式によって消煙効果を算出すると次のようになる。

第5図



煙室容積： $V(\text{m}^3)$

発煙速度： $W(C_s \times \text{m}^3/\text{分})$

消煙機処理風量： $Q(\text{m}^3/\text{分})$

消煙効率： η

消煙機稼動前の煙室内減光係数： C_{s0}

消煙機稼動開始 t 分後の煙室内減光係数： C_s

第5図によって容積 V の室内に処理風量 Q 、消煙効率 η の能力をもつ消煙機を設定し、 $W(C_s \times \text{m}^3/\text{分})$ の継続発生煙のある室内を消煙した場合を考えてみると、今、消煙機を稼動し、時間 dt 間における室内煙濃度の変化を dC_s とすると、室全体としての煙濃度変化は

$$V \cdot dC_s = (1 - \eta) C_s \cdot Q \cdot dt + W \cdot dt - C_s \cdot Q \cdot dt \dots (1)$$

$$= -\eta \cdot C_s \cdot Q \cdot dt + W \cdot dt$$

$$\frac{V \cdot dC_s}{dt} = -\eta \cdot C_s \cdot Q + W$$

$$C_s - \frac{1}{\eta \cdot Q} \cdot \frac{dC_s}{dt} = -\frac{\eta \cdot Q}{V}$$

上式を積分すると

$$\int_{C_{s0}}^{C_s} \frac{1}{C_s - \frac{W}{\eta \cdot Q}} \cdot dC_s = - \int_0^t \frac{\eta \cdot Q}{V} \cdot dt \dots (2)$$

$$\log e \frac{C_s - \frac{W}{\eta \cdot Q}}{C_{s0} - \frac{W}{\eta \cdot Q}} = -\frac{\eta \cdot Q}{V} \cdot t$$

$$\frac{C_s - \frac{W}{\eta \cdot Q}}{C_{s0} - \frac{W}{\eta \cdot Q}} = e^{-\frac{\eta \cdot Q}{V} \cdot t}$$

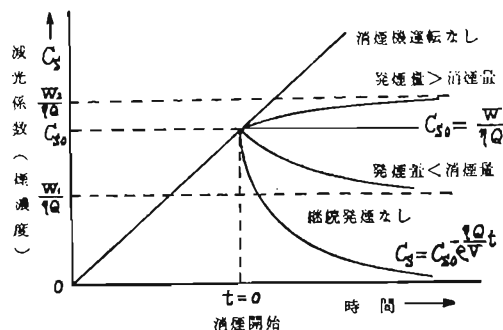
消煙効果によって降下する煙濃度、すなわち、時間経過 t に対する減光係数 C_s は

$$C_s = C_{s0} e^{-\frac{\eta \cdot Q}{V} \cdot t} - \frac{W}{\eta \cdot Q} e^{-\frac{\eta \cdot Q}{V} \cdot t} + \frac{W}{\eta \cdot Q}$$

$$= C_{s0} e^{-\frac{\eta \cdot Q}{V} \cdot t} + \frac{W}{\eta \cdot Q} \left\{ 1 - e^{-\frac{\eta \cdot Q}{V} \cdot t} \right\} \dots (3)$$

結局、煙が発生または流入する部屋の中で消煙機を稼動した場合の時間経過 t に対する減光係数 C_s の一般式は(3)式によって表わされる。

第6図



第6図は(3)式に示す発煙量、消煙量、消煙機の処理風量、効率等と消煙効果の関係を図示したものである。

消防訓練塔および富国生命ビルで行った実験条件を(3)式に代入して時間 t と減光係数 C_s の関係を算出した結果、第1図、第3図に示す理論計算値による曲線のとおりであり、ほぼ実測値と一致するものであった。

計算には次の数値を使った。

消防訓練塔で行った実験では

$$Q=53\text{ m}^3 \quad \eta=0.8 \quad V=140\text{ m}^3 \quad C_{s0}=2.7 \quad W=0$$

富国生命ビルで行った実験では

$$Q=53\text{ m}^3/\text{分} \quad \eta=0.8 \quad V=120\text{ m}^3 \quad C_{s0}=3$$

$$W=2.5 \times 16 = 40\text{ C s m}^3/\text{分}$$

発煙速度 W は第3図の308号室⑤の曲線から推察すると、 $W=40\text{ C s} \cdot \text{m}^3/\text{分}$ （3分間で 120 C s m^3 ）すなわち、消煙開始時点に309号室には、 $C_s=2.5$ の煙が $16\text{ m}^3/\text{分}$ 流入していたとみることができる。

5. 結 論

火災の際に建物内の煙を処理する方法として、従来から行われているものには、排煙車等の送風装置による吸気あるいは送気排煙、噴霧放水あるいは高膨張泡による排煙、消火などがある。

静電消煙機による方法がこれら従来の方法と相違する点は、排煙車等による吸気、送気排煙が建物の開口

条件によってその効果が著しく左右されるのに対し、消煙機による方法は室内の空気を外部と換気することなく、室内に浮遊する煙粒子だけを除去し、視程を回復できることである。

消防活動には、まず視程を得ることが先決であるが消煙機による方法では、現在のところ室内の燃焼生成ガスを除去することはできないので、運用に当って、室内進入隊員は呼吸保護器の装着が必要である。

本機の開発については、消煙電極、高電圧発生器等の新規な技術開発によって小型軽量化をはかり、一応、可搬型として運用できるものにまとめたが、今後、実火災における運用の結果に基づいてさらに検討していく予定である。

なお、消煙機によって煙を処理する方法は、まったく新たな消防戦術であって、消煙機の特長を生かした運用技術の研究も今後の課題であると思われる。