

静電消煙機の開発について(第7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**

1. ま え が き

消防隊用の可搬型静電消煙機については、所報13号¹⁾に掲載したとおり2台実用配置されている。この消煙機を地下火災で運用した結果、良好な効果を得た事例がある。しかし、実用機として運用するためには、さらに小型軽量であることを、現地では要望している。これに答えるため、消煙性能を下げないように配慮し、消煙機の小型軽量化をすすめてきた。今回、従来の型より搬送取扱い等が容易な改良型消煙機を試作したのでその概要を報告する。

2. 改 良 点

消煙機を小型軽量化するためには、消煙の理論や機構を十分に解明する必要がある。しかし小電力で所期の消煙効果を得るため、消煙機の処理風量、電圧、電流、電極板の大きさ、電極間ピッチ等を良好な状態に整合することをキーポイントとして設計すれば小型軽量化が可能になる。

そこで、当室で現在まで行なった実験の結果、消煙効果の大部分は、煙粒子のイオン化にともなう凝集あるいは天井、壁等への付着であるということが明らかになってきた。従来試作した消煙機では、帯電極と消煙電極(集じん極)の両方が内蔵されていた。

しかし、実験の結果から集じん極を取除いても同じ消煙効果が得られるのではないかということになり、今回は帯電極のみを内蔵する消煙機を試作して性能の比較実験を行った。

3. 構 造, 諸 元

改良型消煙機は、現用の消煙機より長さが約40cm、高さが16cm短かく、重量が約 $\frac{1}{2}$ に軽量化されている。

* 第三研究室長 ** 第三研究室

写真1 改良型消煙機の外観

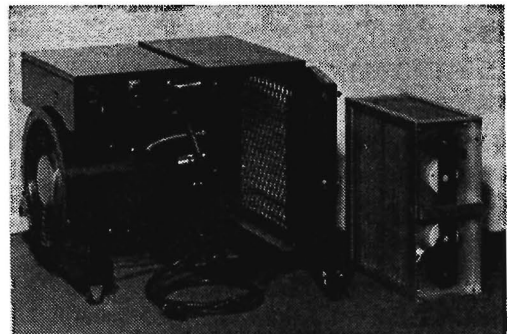


表1 改良型消煙機諸元

入力電圧	単相100V, 50Hz, 消費電力500W
電極電圧	直流9.5kV(負極性)電流10mA
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280mm
処理風量	52m ³ /分
外形寸法	430×563×514mm(W×L×H)
重量	42kg, 2人搬送

写真2 消煙前の煙粒子(400倍の顕微鏡撮影)

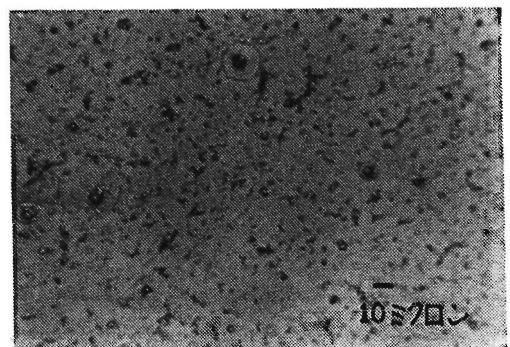
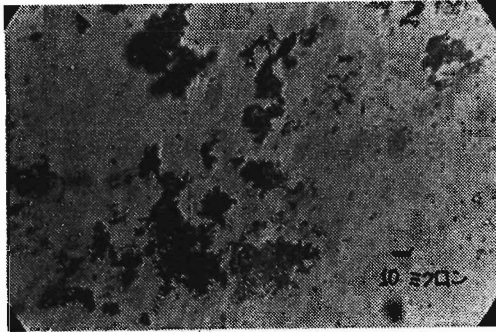


写真 3 消煙後の煙粒子 (400倍の顕微鏡撮影)



高圧電極の入力電流は、現用のものが20mAの容量であり、改良型は帯電極のみであるため10mAに減少しているため、高圧電源装置は従来より小型に設計されている。

4. 性能

性能実験は図1に示す訓練塔4階の室内容積135m³の実験室で、1回ごとに木材20kgと塩化ビニール5kgを1階の炉で燃焼して、その発生煙をファンで室内に吸入し十分に満たして行なった。

煙濃度の測定は、太陽電池と電球間を30cmはなし、光の透過率から減光係数で求めた。

この実験の結果を図2に示す。①は密閉した室内に充満した煙をそのまま放置した時の煙濃度の減衰であ

図1 消防訓練塔消煙実験室

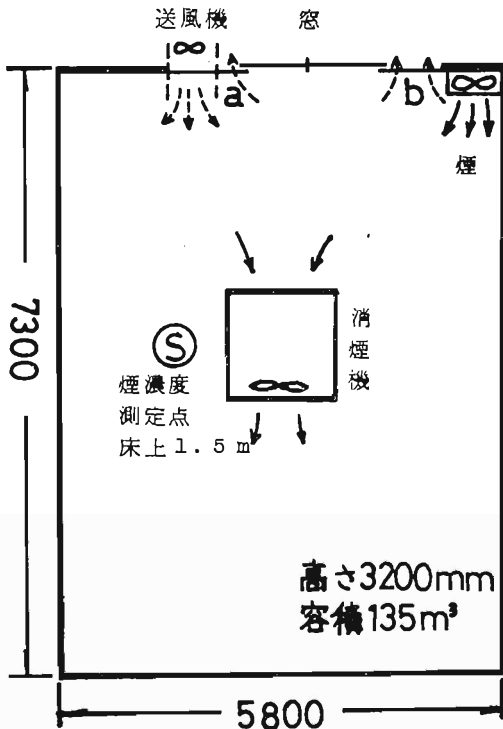


図2 消煙機、排煙機比較実験結果

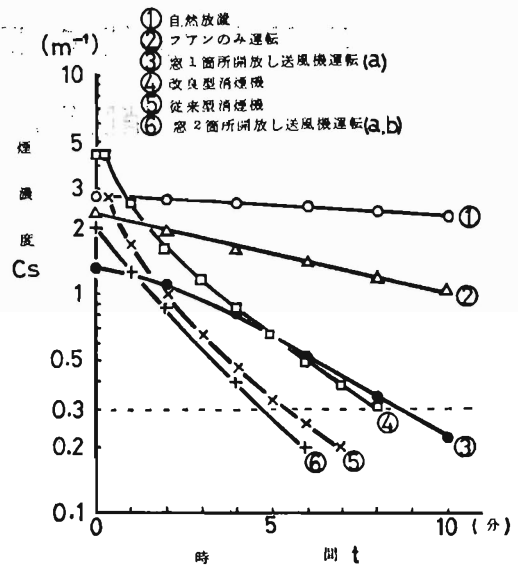
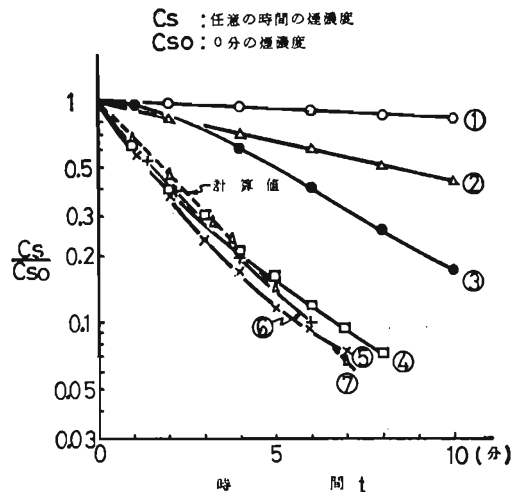


図3 消煙、排煙性能の比較



り、②は①と同じ条件で消煙機のファンだけを運転した場合である。③は図1に示すようにaの部分の窓を開放し(たて1,120mm,よこ870mm)ダクト径30cm,風量50m³/分の送風機で新鮮空気を室内に送風して排煙したもので、⑥は更にb部の窓も開放(たて1,120mm,よこ870mm)した時である。④は密閉室内で図1に示す位置に改良型消煙機を設置して、消煙運転したときの消煙特性で、⑤は従来型の消煙機を設置して行なったものである。

図3は図2の結果から煙濃度の初期値Cs₀を1として、各時間における煙濃度の減衰率をプロットして、お互いに比較したものである。

ところで送風機を使って室内の煙を理想的に排煙し

たとすると煙濃度 C_s は

$$C_s = C_{s0} e^{-\frac{Q}{V}t} \quad [m^{-1}]$$

ただし C_{s0} : 初期値 $[m^{-1}]$

t : 時間 $[分]$

V : 室内容積 $[m^3]$

Q : 排煙する風量 $[m^3/分]$

で示される。ここで $Q=52$, $V=135$, $C_{s0}=1$ として C_s を求めたものを図3の点線⑦で示す。

この図から送風機を使って理想的に排煙する場合よりも、同じ風量を送風できる消煙機を使って消煙した方が早く視程を得られることがわかる。

ところで、消煙機が視程を改善できる理由は、イオン化された煙粒子が次のように振舞うからである。

- (1) 室内の壁や天井に付着する。
- (2) 凝集し粒子径が肥大するため、減光係数が低くなる。
- (3) (2)で肥大した煙粒子の一部が沈殿する。

また、この場合消煙機を通過せず自由空間を浮遊する煙粒子も、恐らくイオン化された煙粒子の影響を受けイオン化されたのと同じように消煙される。そのため送風量が同一の場合、排煙するより消煙した方が早く視程を改善できるものと考えられる。

なお、(2)は減光係数 $C_s [m^{-1}]$, 自由空間を浮遊する煙粒子数 $[個/m^3]$ およびその時の煙粒子径 $r [m]$ から

$$C_s = \alpha \pi r^2 N^2$$

ただし α : 煙粒子の光の吸収特性

の式で極めて大まかなことが言える。たとえば上式で N が $1/1,000$ に減少すると r は最低10倍に増加するが、 C_s は $1/10$ に低下してしまう。すなわち、煙の重量濃度(単位体積当りの重さ)が変わらなくても、煙粒子の径が増加し、数が減少すれば、減光係数は低下する。

写真2, 3, 4, 5に消煙開始前後の煙粒子を示す。これからも明らかに煙粒子が凝集, 肥大する様子がわかる。写真6はイオン化した煙粒子が鉄製L型ア

写真4 消煙前の煙(チンダル現象)

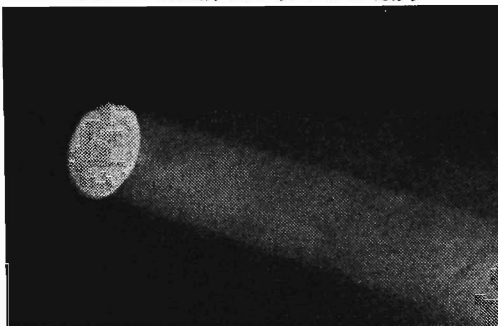


写真5 消煙中の煙

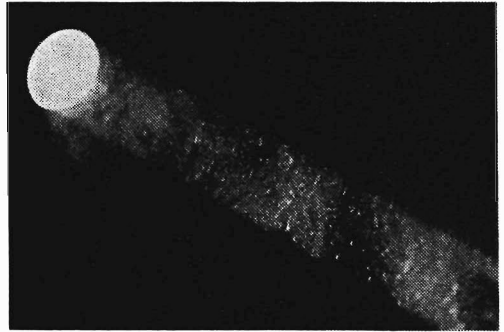
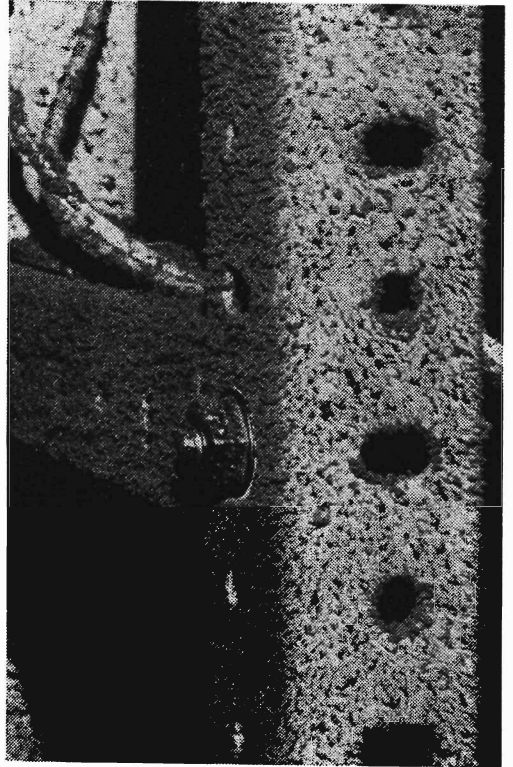


写真6 アングルに付着した煙粒子



ングルに付着している状況である。

また、従来型はほとんど集じん極に煙粒子が付着してしまいが、一部はそのまま通過する。そして、通過した煙粒子もイオン化されているため、改良型のときと同じように付着や凝集による消煙効果が現われる。このような理由で④と⑤の比較からわかるように従来型の性能の方がややよくなっている。しかし、 $C_s/C_{s0}=20\%$ 付近までの煙濃度の減衰に対しては、性能の差があまりない。

⑥の送風機による排煙は、室内の開口部が2箇所以上あれば、⑦の理想的排煙の場合とほとんど同じで、③の開口部が1箇所の場合は排煙されにくい。

以上からわかるように開口部が少なく自然換気がほとんど行なえない部屋で、消煙機を運転した場合の効

果は開口部が十分にある部屋を、消煙機と同一風量の送風機を使って排煙した場合の効果に匹敵する。

結局、改良型消煙機1台の能力としては、煙濃度 $C_0 = 4 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ の煙を充満した容積 $135 \text{ [m}^3\text{]}$ の室内を、消煙開始後約8分で煙濃度 $0.3 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ に降下させることができる。なお、多量の連続発生煙を伴う場合や規模の大きい火災の際には、現用機の時と同様に、数台の消煙機を連合運転する必要がある。

5. おわりに

静電消煙機の実用化を目標に開発研究をすすめてきた結果、消防隊が現場で運用できるものを具体化することができた。しかし設計上からみると改良型では、電極部、高圧電源部の小型軽量化は限界であり、さらに軽量化するためには、送風機自体を改良する必要がある。また消煙効率の向上を図るには、電極部の形状あるいは構成を改良し、電極板間のピッチを適正化し送風量を決定すればよい。

一般の集じん機と、当室の開発による消煙機が根本的に異なる点は、集じん機では内蔵する帯電極でイオン化したじんあいの80%以上を集じん極に付着するこ

とで集じんしている。一方、消煙機では内蔵する電極板に煙粒子を積極的に付着させるよりむしろイオン化したまま空中に放出する。そして、煙粒子の凝集現象あるいは建物構造物への静電的付着現象等の総合効果を得ることで消煙を行なっている。

煙で満された室内における消煙機の設定位置は、必ずしも中央に設定する必要はなく、実験の結果では、隅に置いた場合もほとんど同じ消煙効果が得られた。

この消煙機は、密閉室内等で視程を得るためには非常に有効である。しかし有害、有毒ガス等を除去できないので、消防隊員は、室内進入時に呼吸保護器を着装して行動する必要がある。

今後、今までの研究過程で得た静電技術を応用して、建物内で流動拡散する煙の制ぎょ方法等の研究もすすめていきたい。

参 考 文 献

- 1) 東京消防庁消防科学研究所報：1976年13号
P 46
- 2) 建築大系21：建築防火論 彰国社：昭和50年
P 96