

## 消煙装置における界面活性剤の結果

渡辺茂男・大橋朝夫・岡崎健志\*  
・木下勝晴\*\*・松嶋達也\*\*\*・鬼頭紀男\*\*\*\*

### The Effect of Interface Activation Substances in Smoke Removal

Shigeo WATANABE, Asao OHASHI, Kenji OKAZAKI\*,  
Katsuharu KINOSHITA\*\*, Tatsuya MATSUSHIMA\*\*\*  
and Norio KITOH\*\*\*\*

When fires occur in high buildings, inside tunnels, etc, the interior fills with smoke and it becomes impossible to see. To cope with such situations, a well known and widely applied remedy is to use a corona electric discharge to attract the smoke particles to the inner walls and absorb them there.

In the past the authors have shown how this smoke removing effect can be enhanced by improvements to sprinklers. In the present experiment they added interface activation substances to the water issuing from sprinklers and conducted tests to correlate the effect of these additives with the diameter of the water globules.

In the case of the improved sprinkler, it was found that the best results could be obtained with small water globules and a cationic active agents type of interface activation additive.

#### 1. まえがき

火災時に発生する「煙」の被害は、昭和47年11月6日に発生した福井県敦賀市の北陸トンネル火災（死者28名、重軽傷者 517名<sup>1)</sup>）あるいは昭和62年9月22日に発生した近鉄東大阪線、生駒トンネル火災（死者1名、軽症48名<sup>2)</sup>）などが知られている。しかし、これらと異なる事故が昭和58年 8月16日地下鉄東山線栄駅構内で発生した。この地下鉄火災では、完全装備の消防士 2名が「煙」に巻かれ、殉職するという不幸な出来事で、全国からも注目を集める事故となり、「煙対策」の重要性を示した。

火災時に発生する「煙」の研究はこれまで数例報告されているのみである<sup>3)</sup>。筆者らは現場からの要望により消煙装置開発のための基礎実験を行った。

研究では火災で発生する「煙」、「燃焼生成ガス」の被害低減のための実験ならびにフィールドでの実験を行う計画である。

これまで筆者らが実施した消煙の実験は①コットレル型の消煙実験、②界面活性剤を添加したスプリンクラーの消煙実験、③電圧印加型スプリンクラーの消煙実験、④静電誘導型スプリンクラーの消煙実験および⑤携帯用消煙器の試作実験である。

今回の報告ではコットレル型の消煙実験と界面活性剤を添加したスプリンクラーの消煙実験を中心に実験結果を報告する。

#### 2. コットレル型の消煙実験

この装置は気体中の固体（煙粒子）にコロナ放電

を使用し、人工的に電荷を与え、その後この粒子を電界中に送り、電気的に捕集する装置である。この装置はカリフォルニア大学のコットレル教授によって1907年に開発された。この装置の特徴は微小粒子も効率よく捕集できること。装置自体の保守も簡単にできること。消費電力量も少ないこと等の利点がある。しかし可燃性ガス中で使用する場合には着火することも考えられるので注意を要する。また火災現場では簡単に敷設し、使用できない等の欠点も存在している。

### 2・1 実験装置の概略

今回使用した実験装置を図1に示す。この装置の大きさは間口34cm、高さ120cm、奥行き60cmの合板製で、二つの壁面はスチール製に、他の二つの壁面は合板製になっている。スチール部分は地下街の軽量シャッターおよび防火扉を想定した構造とし、装置内部の煙濃度を観測するために10x10cmのガラス製窓を装置上部から20cm、55cm、90cmの3ヶ所に設置した。煙の濃度検出には、発光部にタングステンランプを、受光部には照度計を用い、照度変化を電流変化として記録した。放電線は装置の上部に60cmの長さのものを設置している。煙源として蚊取り線香6.1gを使用した。これは実験条件を常に一定にするために最も必要な条件でもある。

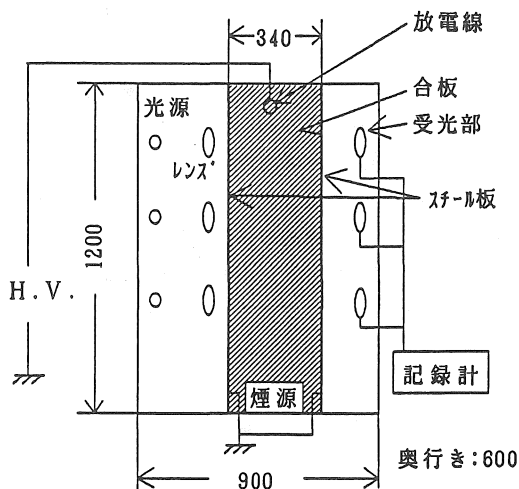


図1 実験装置

### 2・2 実験方法

煙源を着火した後(約13分経過後)装置内部の火が消え煙が十分に充満することを観測窓、照度計及び記録計で確認する。その後、装置上部に設置された放電線に高電圧を5秒~30秒間印加した。このとき観測される照度の変化をレコーダーで、電流の変化として記録した。実験開始前に装置内部で観測される最大照度は300(lx)であり、この値は照度計の電流100(mA)に相当している。

### 2・3 実験結果

実験装置の3箇所の窓で観測された照度の変化(電流の変化)を図2に示す。これらの結果を眺めるといずれの窓で観測された値はほとんど同じ傾向を示し、装置内部での煙の濃度が様に分布していることがわかる。

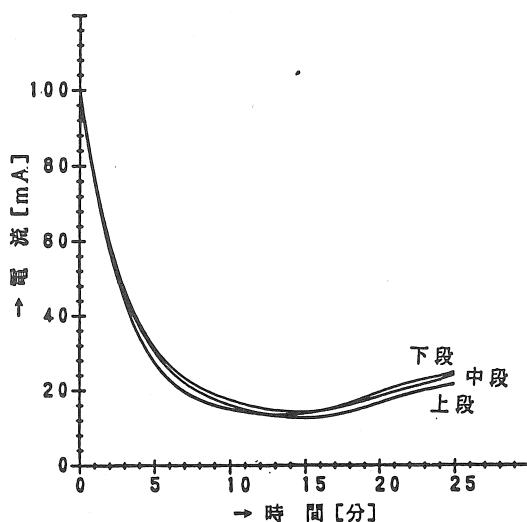


図2 3箇所の窓で観測された電流変化

放電線に直流10KVの電圧を印加したとき、記録計で観測される電流の変化を図3に示す。電圧印加後、約4分でほとんど煙の除去(壁面に吸着)されることがわかる。しかし照度計は完全に実験開始前の明るさに回復しない。この最も大きな原因は、観測用窓ガラスにも煙粒子が付着し、光の透過率が悪くなっているためと考えられる。

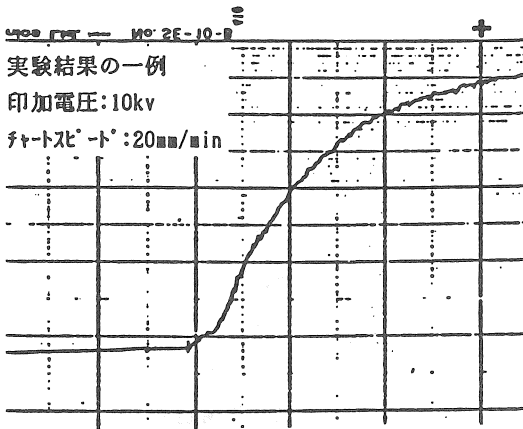


図 3 記録計で観測される電流変化

放電線に印加する電圧を 0, 2, 5, 10, 15KV と変えながら実験を行うと図 4 の結果が得られる。

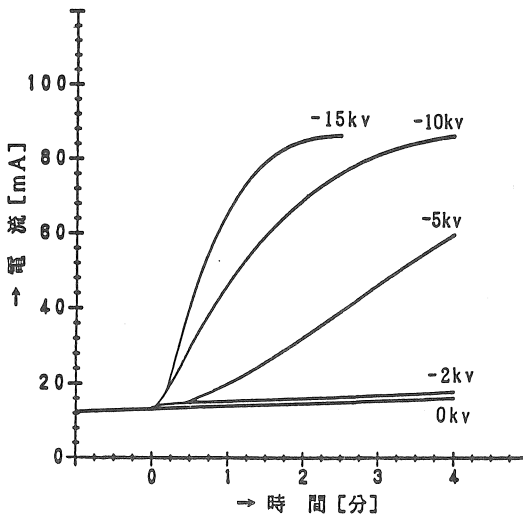


図 4 放電線による消煙効果

装置内部が最低の照度を示してから 4 分経過後（煙源着火から 17 分後）、放電線に電圧を全く印加しない場合には煙の濃度はほとんど変化しない。しかし 2KV 印加した場合にはわずかに効果がみられ、さらに 5KV 印加した場合には約 62% の照度回復がみられた。10KV 印加した場合には同一時間内でほぼ照度は 95% 回復する。15KV 印加した場合には半分の時間（2 分）で、ほぼ 95% の照度が回復できる。

### 3. 界面活性剤を添加したスプリンクラーの消煙実験

消煙装置としてはコットレル型のもので装置の保守面から眺めても、補集効率面から眺めても最良と思われる。しかし高電圧電源を備えていることから、火災現場では簡単に敷設できないという大きな欠点も存在していた。

筆者らは既設のスプリンクラーを改良し、消煙装置として利用した場合の消煙効果について実験を行った。この実験に使用したスプリンクラーはすでに地下街などで使用されているスプリンクラー装置そのものが消煙装置として使用できるという大きな利点がある。

#### 3・1 実験装置の概略

実験装置ならびに実験方法は図 1 と同様のものであるが、装置中央上部には改良されたスプリンクラーが設置されている。またこのスプリンクラーはノズル先端部を調整することで噴出水の粒子径を平均 0.423mm と 0.225mm に変えることができる。煙源も同様、蚊取線香 6.1g を用いた。

実験では煙源着火約 13 分後にスプリンクラーから水道水または水道水と界面活性剤の混合液を 5 秒間のみ噴出し、照度変化を観測した。

#### 3・2 噴出粒子径の差による消煙効果

水道水のみを噴霧した場合の消煙結果を図 5 に示す。結果は僅かな消煙効果のみしか得られなかった。また噴出時の粒子径も小さい方がわずかに消煙効果の良好なことが実験から認められた。

#### 3・3 界面活性剤の種類による消煙効果

今回使用した界面活性剤は（株）花王から提供を受けた 2 系統 7 種類のものである。この内、5 種類はイオン性のもの、2 種類は非イオン性のものである。今回使用した界面活性剤の化学構造を図 6 に示す<sup>4)</sup>。

実験した界面活性剤の中で、アニオン性界面活性剤（ラウリル硫酸ナトリウム）の消煙結果を図 7 に、カチオン性界面活性剤（アルキルベンジルジメチルアンモニウムクロライド）の消煙結果を図 8 に、両性界面活性剤（ラウリルジメチルアミノオキサイド）の消煙結果を図 9 に、ノニオン性界面活性剤（ポリオキシエチレンノニルフェニルエーテル）の消煙結

果を図10に示す。

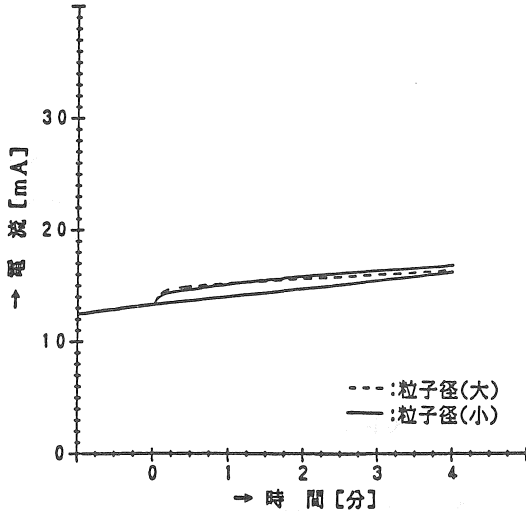


図 5 水道水による消煙結果

#### 4. 考察

コットレル型実験では煙をより短時間で取り除くために印加電圧の高いことが最も重要なファクターである。しかし火災現場での使用は、消煙の効率がよいにもかかわらず、敷設の難しさや高電圧の使用という大きなデメリットがあり、これらの点を解決しなければ使用することは難しいものと考えられる。

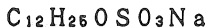
界面活性剤を添加したスプリンクラーではアニオ

##### アニオン性界面活性剤

ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム

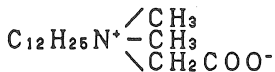


ラウリル硫酸ナトリウム



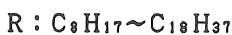
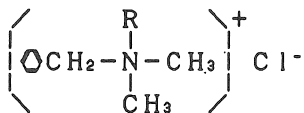
##### 両性界面活性剤

ラウリルジメチルアミノオキシサイド

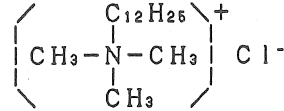


##### カチオン性界面活性剤

アルキルベンジルジメチルアンモニウムクロライド



ラウリルトリメチルアンモニウムクロライド



##### ノニオン性界面活性剤

ポリオキシエチレンラウリルエーテル



ポリオキシエチレンノニルフェニルエーテル



図 6 界面活性剤構造式

ン性、カチオン性界面活性剤とも化学構造式の中に、フェニル基を持つ種類のものの方が消煙効果のよい結果が得られた。ノニオン性のものについてはフェニル基を含んでいても、いなくても消煙効果に差は見られなかった。また最も消煙効果の良いものはカチオン性界面活性剤であった。これは一般に煙が負の電荷を持っていることも関係していて、噴出された水と煙は電気的な力の影響を受けて結合するものと考えれば理解が出来る。さらに水はもともと表面張力が 72.75dyn/cm (20℃) と大きな値を持っている<sup>5)</sup>。界面活性剤を加えると表面張力は30dyn/cm程度に低下し、ものを弾く力が低下すると同時に、水滴の中に煙が入り込みやすくなるためと考えられる。

これらの結果を眺めると、表面張力と消煙効果との間にも密接な関係が存在しているばかりでなく、

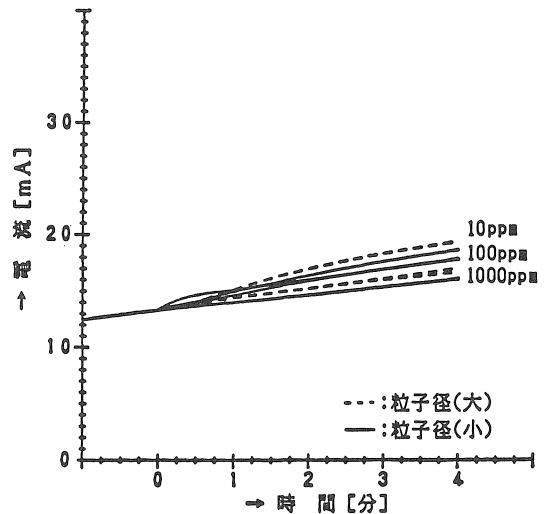


図 7 アニオン性界面活性剤の消煙効果

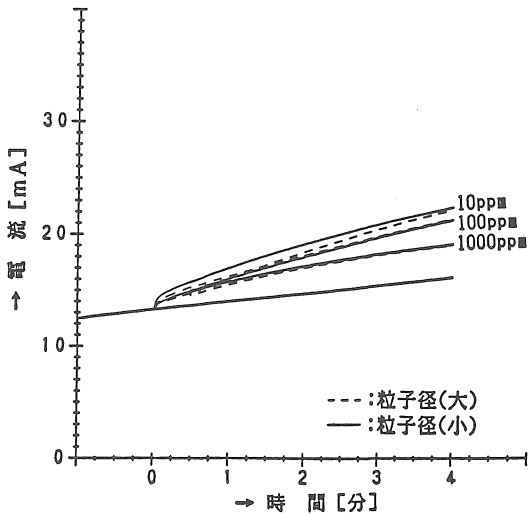


図 8 カチオン性界面活性剤の消煙効果

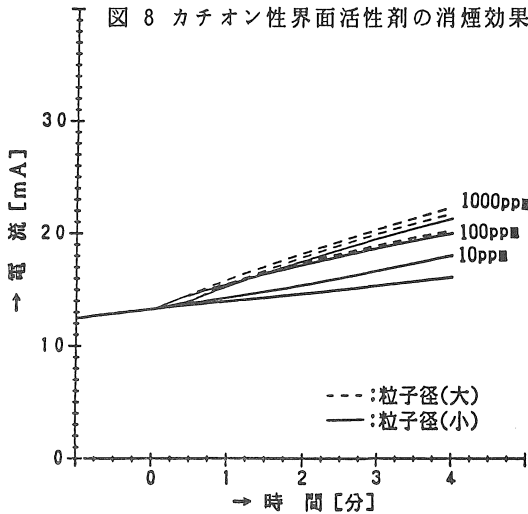


図 9 両性界面活性剤の消煙効果

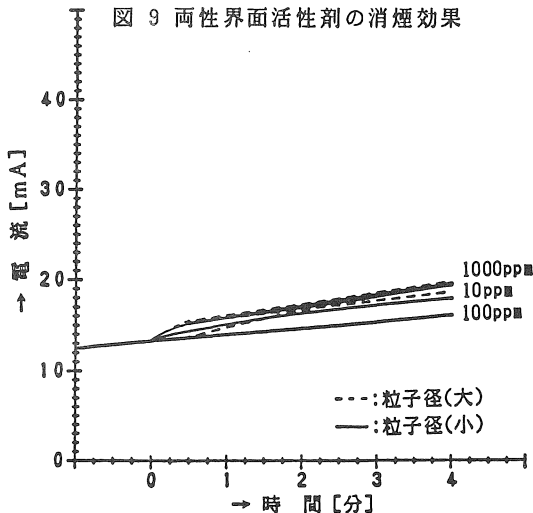


図 10 ノニオン性界面活性剤の消煙効果

水滴のもつ電氣的な力をも利用できれば消煙効果は飛躍的に増大するものと考えられる。

ここで報告した結果は研究室のみの測定値である。実際の火災に対してどの程度の消煙効果が得られるのか予測がつかない。しかし界面活性剤の添加は水の表面張力を減少させると同時に、水の流れを増す効果、あるいは燃焼物に対し『拡張ぬれ』または『付着ぬれ』を増す効果を持つことになる<sup>4)</sup>。したがってスプリンクラー水の中に界面活性剤を数 ppm オーダーで混入すればより消煙と消火の二つの効果が期待できることになる。

界面活性剤の種類、最適な混入濃度については今後さらに詳細な検討も必要である。しかし一つの目安として『添加濃度と表面張力の測定値』が参考になるものと思われる。この値は表面張力が最も低くなる濃度まで界面活性剤を加えればよいことを示している。一般に最適添加濃度は界面活性剤の種類によって異なるが、数 ppm から数百 ppm の間に存在している。

今回実施した実験は簡単なものであったが、実験室の結果ではスプリンクラー水の中に界面活性剤を混入すれば消煙効果の増す結果が得られた。界面活性剤の混入量は水 1<sup>ト</sup>に対し 1<sup>空</sup>~10<sup>空</sup>程度であり、添加する界面活性剤の価格は数十円程度である。これらを考慮すれば、煙霧災害防止のために界面活性剤を混入することが望ましいものと思われる。

終わりに、この実験を進めるに当たりご助言をいただいた自治省消防研究所 松原美之氏、応用化学科 太田洋教授に深くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 中日新聞：昭和47年11月6日 夕刊
- 2) 朝日新聞：昭和62年9月22日 夕刊
- 3) 増井：静電気学会誌 Vol.13, No.3, p.252-253, 1987
- 4) 花王技術レポート：p.11, 1983
- 5) 日本化学会編：化学便覧基礎編 p.610. 丸善, 昭和56年

(受理 平成2年3月20日)