

静電噴霧による消煙実験結果 (第2報)

Results of Experiments on Smoke Removal
by Electrostatic Spray System (Series 2)

脇	賢*
神田	淳*
伏見	英**
関口	研***

Studies were about fundamental experiment on smoke-removal effect by electro static spray nozzle. We filled a room, which had a volume of 12 cubic meters, with smoke from smokecandle and smoldering of wood.

Then, we electrified waterspray with -30kv direct current voltage and played in to the smoke room for 5 minutes at $3.9\ell/\text{min}$ flowrate.

As a result of the experiment, we could remove 92~98 percent of the smoke in smoke concentration (Cs).

1. はじめに

静電噴霧ノズルによる消煙実験については、これまで容積 2m^3 程度の箱に充滿した煙に対して行ってきたが、さらに大きな室内の煙に対して、どの程度の消煙効果が得られるかを解明するため、煙実験室の容積を 12m^3 に拡大し、継続実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験項目

- (1) 静電噴霧ノズルの水噴霧放射特性の測定
 - ア 放射形状
 - イ 放水量
 - ウ 水噴霧粒子径
- (2) 消煙効果の測定
 - ア 煙の自然減衰
 - イ 単一水噴霧放射による消煙効果
 - ウ 帯電水噴霧放射による消煙効果

3. 実験期間及び実験場所

自昭和59年7月12日 至昭和60年4月19日
総合実験室, 電気実験室

4. 実験装置

実験装置全体は、図1のとおり煙室、ノズル、高電圧発生装置、送水用ポンプ、発煙炉、エアーコンプレッサー、煙濃度測定装置等から構成されている。

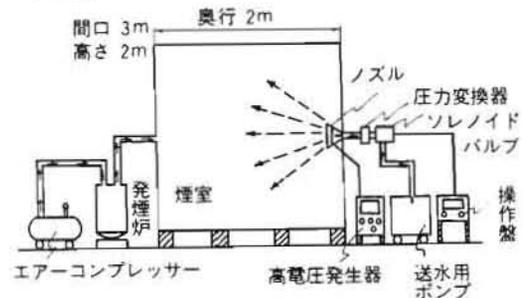


図1 実験装置概略図

(1) 煙室

煙室は、間口 3m 、奥行 2m 、高さ 2m で軽量アングルの骨材を使い、壁、床、天井部分には、すべて透明塩化ビニール板を張り、密閉構造とした。

(2) 静電噴霧ノズル

実験に使用したノズルは、図2に示すとおり口径 2.5mm の高圧噴霧ノズルに中空円錐状のナイロン樹脂製プロテクターを設け、その内面に直径 150mm ϕ の銅製円環状電極を設定した。一

*第三研究室 **試験講習所 ***杉並消防署

方、噴霧ノズル先端には、グランドピンが設けてあり、電極間に電界が構成される構造のものである。ノズルは、煙室の前面壁体中央部に穴をあけて貫通し、床上1.2mの位置で煙室中央に向けて噴霧が水平に放射されるように設定した。

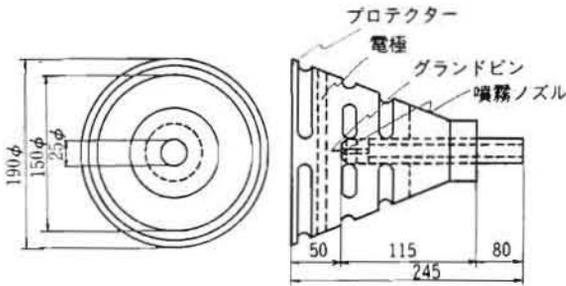


図2 静電噴霧ノズル

(3) 煙濃度計

煙濃度計は、図3に示すとおりCDSと白熱電球で構成する減光式濃度計を煙室の中央床上1.2mの位置に設定し、電圧に変換した減光値をペンレコーダーで記録した。

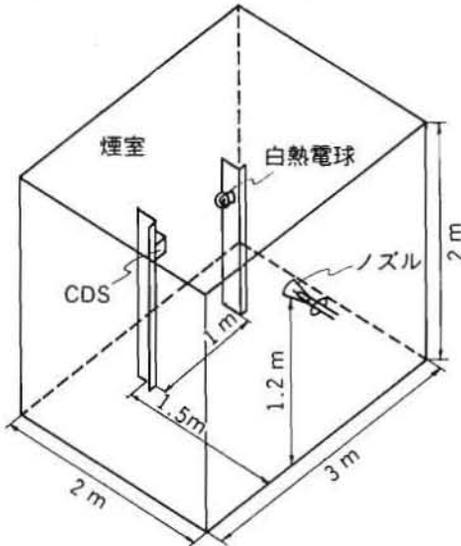


図3 ノズル、煙濃度計の取付位置

(4) 高電圧発生装置、送水用ポンプ、発煙炉、エアコンプレッサー

これらの実験使用器材については、第1報に掲載したものと同一のものを使用した。

5. 実験方法

(1) 煙の生成方法

実験に使用した煙は、薬剤量20gの発煙筒の煙と、木材(杉材)2kgの燻焼煙の2種類である。木材の燻焼煙については、木材を発煙炉へ入れガスコンロで加熱し、燻焼した煙をエアコンプレッサーで煙室に送り込む方法で行った。

(2) 静電噴霧ノズルによる放射特性の測定

フランジャーポンプで、ノズル圧力20kg/cm²まで順次上げ、噴霧の放射角度、放水量等を測定した。水噴霧粒子径の測定については、ノズル圧力20kg/cm²の単一水噴霧粒子及び印加電圧-30kvで放射した水噴霧粒子をコロジオンを塗布したスライドガラス上に捕集し、光学顕微鏡で写真撮影し、粒子径、粒子数の計測及び統計処理を行った。

(3) 消煙効果の測定

ア 煙の自然減衰

煙室に発煙筒1本(20g)を焚き、約3分間発煙させて煙を充満し、自然放置した状態で煙濃度減衰状況をペンレコーダーで自動記録した。また、木材の燻焼煙については、20~30分間煙室に送り込み、減光係数Csが3.2程度に上昇した時点で自然放置し、煙濃度の減衰状況を記録した。

イ 消煙効果の測定

静電噴霧ノズルによる消煙効果をみるために、煙室内に煙を充満させた後、水噴霧放射のみを行った場合の消煙実験と水噴霧放射時に-30kvの電圧を同時に印加した場合の消煙実験を行った。

6. 実験結果と考察

(1) ノズルの水噴霧放射特性

静電噴霧ノズルの水噴霧放射特性は、写真1、図4に示すとおり、ノズル圧力20kg/cm²で噴霧の展開角度は60°、放水量は3.9ℓ/min、放水射程は約3mで、ほぼ均一な微粒噴霧となっている。

(2) 煙の自然減衰状況

発煙筒の煙及び木材の燻焼煙を煙室内にCs=3.5及び3.2の濃度で充満させ、自然放置した結果、その減衰状況は、図5、図6に示すとおり、時間経過に対し煙濃度は、ほぼ一定の値を示し、殆んど減衰しない状況が認められた。

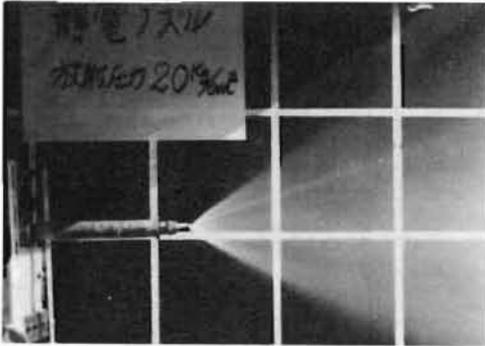


写真1 静電噴霧ノズルの水噴霧放射特性

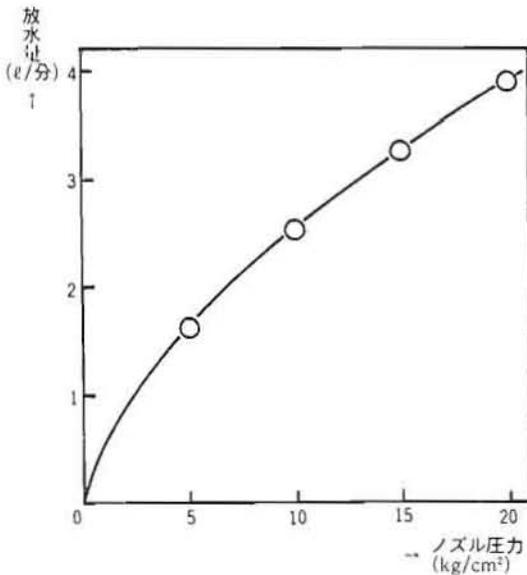


図4 静電噴霧ノズルの放水特性

(3) 消煙効果

発煙筒の煙に対する消煙効果については、図5に示すとおり水噴霧放射のみの場合Cs=3.5が5分後Cs=1まで降下した。これに対し、水噴霧放射と-30kvの電圧印加を同時に行った場合には、Cs=3.6がCs=0.3まで降下し、きわめて良好な消煙効果が得られた。最終的な消煙効率としては、無帯電水噴霧放射で71%、帯電水噴霧放射で92%を示した。

次に木材の燻焼煙に対する消煙効果については、図6に示すとおり水噴霧放射のみの場合Cs=3.3が5分後Cs=0.25まで降下した。これに対し、水噴霧放射と-30kvの電圧印加を同時

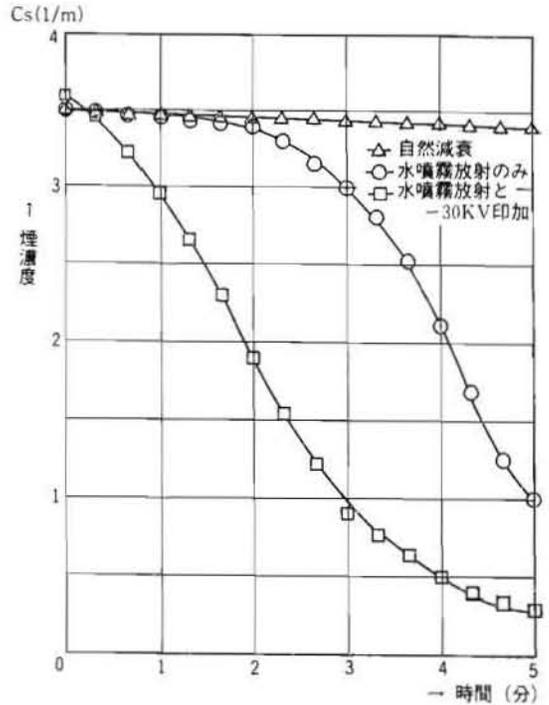


図5 発煙筒煙濃度～時間曲線

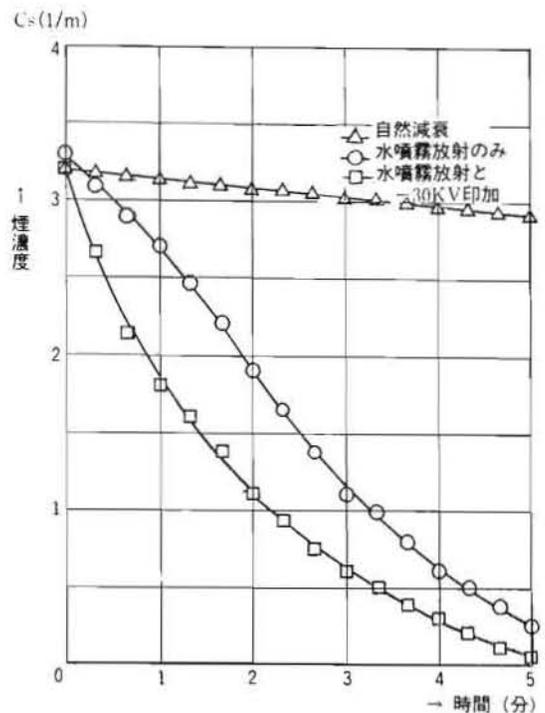


図6 木質煙濃度～時間曲線

に行った場合には、 $C_s=3.2$ が $C_s=0.05$ まで降下した。最終的な消煙効率としては、無帯電水噴霧放射で92%、帯電水噴霧放射で98%を示した。

以上の実験結果から発煙筒の煙より木材の煙焼煙の方が消煙しやすく、また、静電噴霧ノズルによる水噴霧放射を行うと、さらに良好な消煙効果が得られることがわかった。

(4) 水噴霧粒子径の測定結果

静電噴霧ノズルの水噴霧粒子の形状、大きさ、個数などの測定結果は、写真2及び表1に示すとおりである。ザウター平均粒子径として帯電水噴霧粒子径が $184\mu\text{m}$ であり、第1報の実験に使用したノズルよりやや粒子径の大きい噴霧を放射した。

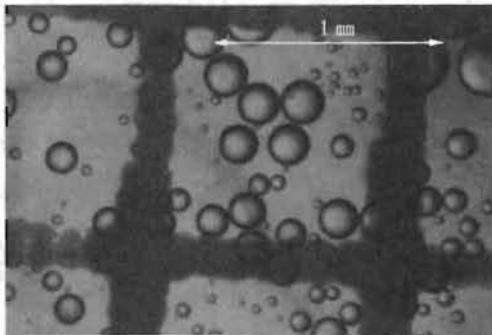


写真2 静電噴霧ノズルによる
帯電水噴霧粒子形状
(放水圧力 $20\text{kg}/\text{cm}^2$)

(5) 水噴霧放射後の煙粒子の観測結果

無帯電水噴霧放射の場合と帯電水噴霧放射の場合とでは、写真3、4に示すとおり煙粒子の大きさが異なっていることがわかった。写真は、それぞれの放射条件で5分間消煙を行い、その

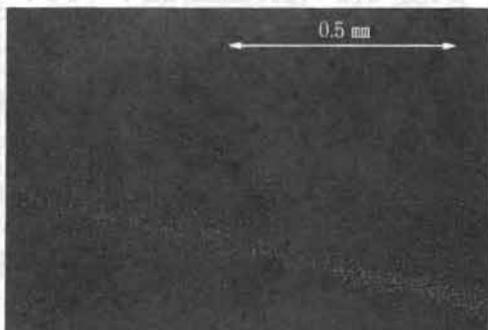


写真3 無帯電水噴霧放射後の残存煙粒子

表1 帯電水噴霧放射の粒子径計測結果

(単位： μm)

粒径 Rank (NK)	個数 (n)	代表径 (dk)	ndk ³	ndk ⁴
$0 < n_1 \leq 10$	3	5	75	375
$10 < n_2 \leq 20$	7	15	1575	23625
$20 < n_3 \leq 30$	27	25	16875	421875
$30 < n_4 \leq 40$	28	35	34300	1200500
$40 < n_5 \leq 50$	32	45	64800	2916000
$50 < n_6 \leq 60$	19	55	57475	3161125
$60 < n_7 \leq 70$	19	65	80275	5217875
$70 < n_8 \leq 80$	14	75	78750	5906250
$80 < n_9 \leq 90$	16	85	115800	9826000
$90 < n_{10} \leq 100$	9	95	81225	7716375
$100 < n_{11} \leq 110$	9	105	99225	10418625
$110 < n_{12} \leq 120$	5	115	66125	7604375
$120 < n_{13} \leq 130$	5	125	78125	9765625
$130 < n_{14} \leq 140$	8	135	145800	19683000
$140 < n_{15} \leq 150$	7	145	147175	21340375
$150 < n_{16} \leq 160$	10	155	240250	37238750
$160 < n_{17} \leq 170$	3	165	81675	13476375
$170 < n_{18} \leq 180$	12	175	367500	64312500
$180 < n_{19} \leq 190$	12	185	410700	75979500
$190 < n_{20} \leq 200$	11	195	418275	81563625
$200 < n_{21} \leq 210$	16	205	672400	137842000
$210 < n_{22} \leq 220$	7	215	323575	69568625
$220 < n_{23} \leq 230$	1	225	50625	11390625
$230 < n_{24} \leq 240$	10	235	552550	129778750
$240 < n_{25} \leq 250$	2	245	120050	29412250
$250 < n_{26} \leq 260$	6	255	390150	99488250
$260 < n_{27} \leq 270$	1	265	70225	18609625
$270 < n_{28} \leq 280$	1	275	75625	20796875
合 計	300	—	4840700	89465975

$$\text{ザウター平均値} = \Sigma ndk^3 / \Sigma ndk^2 = 184.82\mu\text{m}$$

後 1 時間放置し煙室に残存する煙粒子をスライドグラスに捕集し顕微鏡写真を撮影したものである。帯電水噴霧放射では、煙が凝集して粒子径が大きくなったものと考えられる。このことは当然煙濃度が低くなり、見透しが改善される時間も速くなる理由を裏付けけるものである。

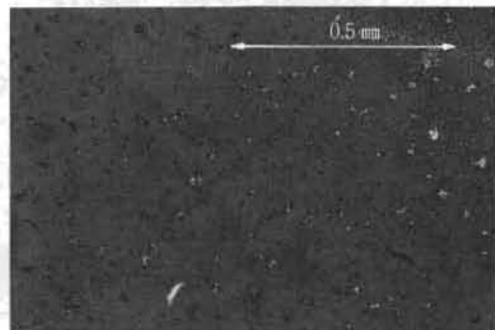


写真4 帯電水噴霧放射後の残存煙粒子

7. ま と め

今回の実験では、煙室の大きさが12m²で前回の6倍の容積となっている。また、使用ノズルの放水量は、前回のものが1.1ℓ/minであったが、今回のものは3.9ℓ/minで約3.5倍となっている。静電気を応用した水噴霧ノズルによって実大規模の消煙がどの程度可能であるかを解明するため、その基礎的な実験を行ったものであるが本実験に使用した程度のノズルでもかなり良好な消煙効果が

得られることがわかった。今後は、電源装置の小型化などが具体化できれば実用化の可能性も期待できる。

8. 参 考 文 献

- (1) 渡辺保, 最新静電塗装技術, 理工出版(1969)
- (2) 佐藤豪, 空気中での噴霧蒸発, P107, 液体の微粒化に関する講演論文集(1981)
- (3) 増田閃一, 静電気の基礎, 朝倉書店(1971)