

消煙機に関する研究試作について

平野 昌 明*
島 光 男*

1. は し が き

火災時の消防活動を阻害する様々な要因の中に煙の問題がある。

最近における都市の様相は、建物の高層化地下街化など大規模施設が増加し、内装にも新建材を取り入れた建築物がめだち、石油類等の危険物の使用が増えたため、一たん火災になると大量に発生する煙が充満して視程が阻害され消防活動上効果的な注水、人命の検索、救助および避難誘導等に困難をきたし大きな惨禍をもたらしている。消防活動の成否は、いかにこの煙を処理するかにある。

当研究所第二研究室においては、自治省消防研究所からの委託により、消煙に関する研究の一環として消煙剤の研究を行なっているが、このようなことから第三研究室では、大規模かつ苛酷な条件下で実火災に供し得る消煙装置の必要性が強く望まれ消煙機の研究試作を行なうことになった。

本機は、濃煙を消煙もしくは抑制する方法として、消煙剤の研究に基づき、煙霧粒子を落下沈着せしめる方法（水をベースとした薬剤の散布により煙の粒子を凝集沈着させ、遠心力によって粒子を落下せしめる）を採用することとしたので、消煙剤水溶液を噴霧状にし火災室の全域に散布する構造とした。

本機の試作により消煙および煙の抑制効果などの一連の関係を研究するとともに、大規模な建物火災、油火災等の消火用機器として、また有毒ガスの中和剤散布用機器としての実用性等についても研究し、消防活動の能率化を図るものである。

2. 構造の概要

本機は、水または薬剤水溶液を微細な噴霧状にし火災室の全域に放射して、消煙および消火等を効果的に実施しようとするもので、その構成は、薬剤水溶液を散布する噴霧発生機構、散布範囲を可変する放射旋回機構、これを遠方で操作する遠隔制ぎよ機構、放射反動力による本機の移動、転倒を防ぐ放射安定機構、お

よび消煙剤等の薬剤を放射水に混合させる薬剤混合機構等からなる。(第13図の構造図参照)

(1) 噴霧発生機構について

消煙、消火効果を高める条件として微細な噴霧が要求される。これを充足するものとして集水器、旋回ふ仰導管からなる本体部の先端に回転接手に曲管を介して4個の展開式ノズルからなる噴霧ヘッドを設け、これを薬剤放射時の反動力によって回転させつつ、噴霧散布し得る構造とした。したがって拡散放射された噴霧は、回転作用によりさらに微粒化されつつ噴霧散布し、かつ散布の均等分布化を促進させる機構である。なお噴霧展開角度、ノズル偏向角度(第7図参照)の可変が可能で放水射程、放射量、噴霧幅等の放射性能を調整でき得る。

(2) 放射旋回機構について

噴霧を火災室内の全域に散布するものとして、集水器上部に本体を構成する旋回導管を介してふ仰導管を設け、これに連結する復動式水圧シリンダーの旋回ふ仰機構により噴霧の散布範囲を容易に操作できる構造とした。また噴霧放射量を制ぎよし効果的な散布を行なうためのものとして、旋回導管元部に玉型弁を設け、これに連結する復動式水圧シリンダーの作動により放射が行なえる構造とした。したがって噴霧散布範囲は旋回、ふ仰導管の作動機構により行なわれ旋回左右各45°、ふ仰0~75°まで可動する。

(3) 遠隔制ぎよ機構について

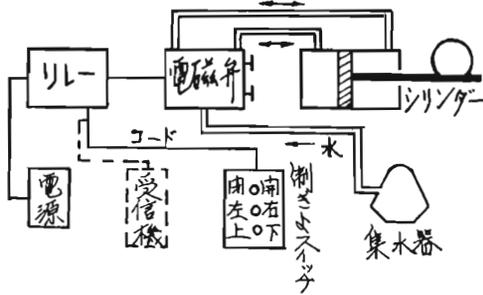
火災室外の離れた位置から、噴霧の散布範囲を自由に操作が行なえるものとして、新たに4方口電磁弁(第2図参照)を開発し、有線式制ぎよにより電磁弁を介して、放射圧力水の一部を水圧シリンダーへ配分することにより行なう機構とした。その主な構成は、旋回ふ仰導管に連結する水圧シリンダーに圧力水を配分する電磁弁とこれを遠方で制ぎよするリレー、ケーブルおよび制ぎよスイッチからなる。これらの電源として小容量のバッテリーを積載した。なおリレー部に受信機を接続すれば無線による制ぎよが可能となる。(第1図参照)

(a) 電磁弁

本機の電磁弁は、復動式水圧シリンダー用として4

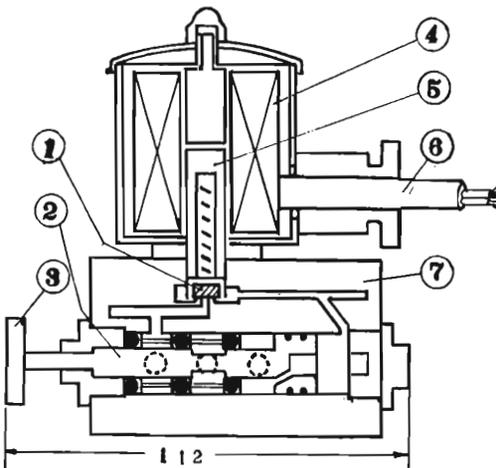
* 第三研究室

第1図 遠隔制ぎよ系統図



方向を有し小電力により作動し高圧力に耐える。その機構は電流を通じてソレノイドに加勢し、内部鉄心を電磁化しその吸引力を利用してパイロット弁を開閉する。パイロット弁を通じてスプールに加勢した圧力水の全圧差によってスプール自体を移動させ、主通路を開き旋回ふ仰等の各シンジターに圧力水を配分するものである。細部の構成は本体、スプール、パイロット弁、手動コックおよびソレノイド等からなる。(第2図参照)

第2図 電磁弁



- 1 パイロット弁
- 2 スプール
- 3 手動エック
- 4 ソレノイド
- 5 移動鉄心
- 6 コード
- 7 本体

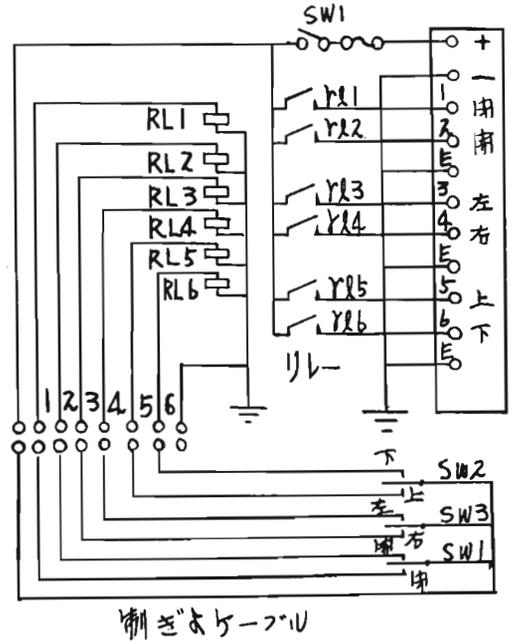
消費電力は12V 250MAで自動車用の小型バッテリーを電源に用いたが、電気系統の故障に際しても手動コックの操作により噴霧散布が可能である。

(b) 遠隔制ぎよ装置

遠隔制ぎよ方式には、無線および有線の2通りがあ

る。電磁弁を制ぎよする方法として作動の確実な有線式を採用した。構成は、8芯キャブタイヤコードに制ぎよ用スイッチを設け、他端はコンセントを介して消煙機のリレーに接続される。制ぎよスイッチは旋回2点(左、右)、ふ仰2点(上、下)、放射2点(開閉)、の計6点制ぎよで構成され、制ぎよスイッチの倒立により旋回、ふ仰等の同時3点制ぎよが可能である。(第3図参照)、消費電流は12V 100MAである。

第3図 遠隔制ぎよ装置



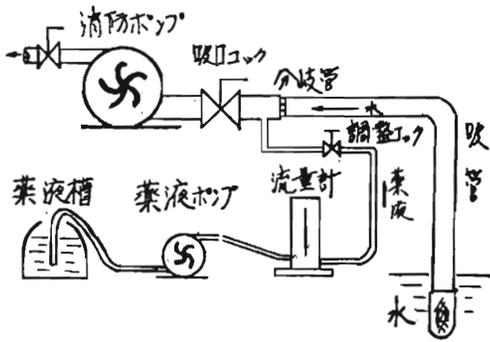
(4) 放射安定機構について

本機は、消防隊が容易に活用できるものとして、可搬構造とし搬送重量の軽減をはかった。したがって放射時の反動力によって本機の移動、転倒を招来する恐れが生じた。このためのものとして、本体部を設置する支持台内に放射時、自動的に充水できる帆布製の水タンクを設け安定した放射が行なえる構造とした。(第13図参照)なお水タンクに自動的に充水する弁は、フロートの作用により主弁を開閉し、常に一定の範囲内に水位を自動的に保てる構造である。

(5) 薬剤混合機構について

普通ポンプ車により大量の薬剤を連続的に放射水に混合しうるものとして、ポンプの吸口側を分岐し、薬剤を強制的に吸口側へ送り混合を行なう機構とした。その細部構成は、薬剤を強制的に送る小型のポンプ、流量調節を行なう流量計と調整弁、吸口側を分岐する分岐金具および薬液タンク等からなる。(第4図参照)

第4図 薬液混合機構



(6) その他

本機を積載し、搬送するものとしての台車は、鋼製フレームに二輪のソリットタイヤを装着し、前方にT型の引手と前後の4個所に固定脚を設けた箱格車型の台車である。なお本機を積載した状態でも噴霧散布が行なえる。

3. 諸元性能

(1) 本体

- (a) 本体の大きさ 全巾……590%
全長……875%
全高……860%
- (b) 本体重量 搬送時……140kg
- (c) 旋回、ふ仰範囲および作動時間
旋回、(左↔右)各45°、約4秒
ふ仰、(水平↔仰角)0~75°、約5秒
- (d) 加重用タンク容量……145l
- (e) 放射性能

ノズルの種類	放射圧力	放射量	射程	備考
ニードル径33φ	10 kg/cm ²	1,400 l/min	25m	放射圧力 10 kg/cm ²
" 29.5φ	"	1,800 "	30 "	

- (f) 運用放射圧力 7~10kg/cm²

(2) 遠隔制ぎよ装置

- (a) 電磁弁規格
消費電流……DC12V250MA
口数……4.方向
- (b) 制ぎよリレー規格
消費電流……DC12V100MA
制ぎよ数……6点(右, 左, 上, 下, 開, 閉)

(3) 混合装置

- (a) 混合ポンプ

吐出量……500l/min(圧力3 kg/cm²の時)
エンジン出力……4.5PS(常用)

- (b) 流量計計測範囲……5~150l/min
- (c) 混合率調整範囲……0~8%
- (d) 薬液タンク容量……1,200l

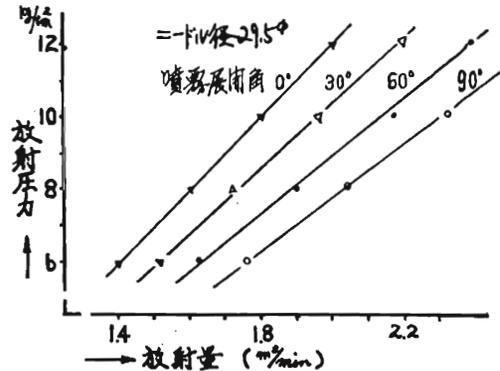
4. 放射性能実験の概要

本実験は、放射量、射程等の放射性能、噴霧ヘッドの回転、遠隔制ぎよ操作等の構造上の性能および薬剂混合状況等の本機を運用するに必要な基礎資料を得る実験を主体に行なった。

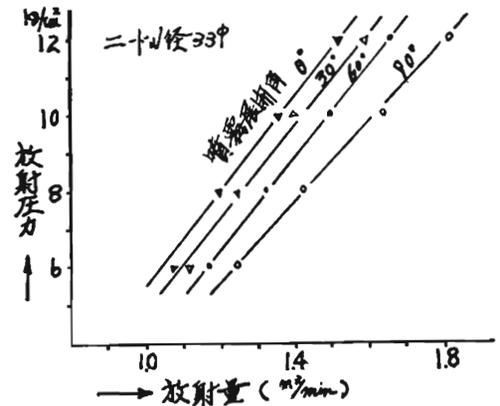
(1) 放射量の測定試験

放射中の本機の集水器内部圧力を放射圧力として、2種類のノズル(展開式噴霧ノズルのニードル径33φ、29.5φ)について、噴霧展開角度を0°、30°、60°、90°と変えたときの放射量を流量計により測定した。その結果を第5、6図に示す。

第5図 放射量

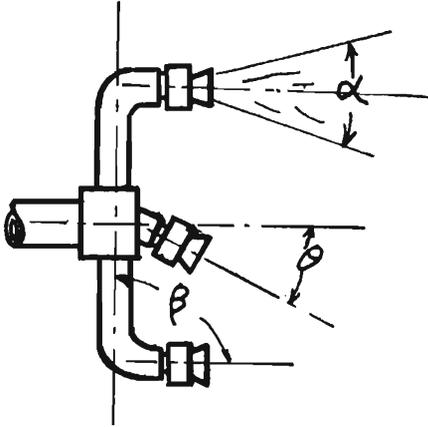


第6図 放射量



※ ニードル径：水流をノズル内部にて拡散させる
衝突板の最大径（第13図参照）

第7図 噴霧ヘッド

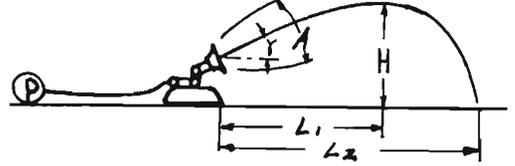


α 噴霧展開角 β エルボ角
 θ ノズル偏向角

(2) 射程測定試験

放射角度を30°に設定し、噴霧展開角度を0°、30°、60°、90°とかえ、さらにノズル偏向角度を0°、10°、20°、（第7.図参照）とかえたときの射程、噴霧幅、

第8図 射程測定要領



A 噴霧幅 r 放射角
 L_1 有効射程 L_2 最大射程 H 高さ
最大高さ等について第8図の要領により、角度計および写真により測定した。その結果を第1表に示す。

(3) 噴霧ヘッドの回転測定試験

ノズル偏向角度を10°、20°、と変えた時の放射反動力によって生ずる噴霧ヘッドの回転を周速計により測

第1表 放射性能試験成績表

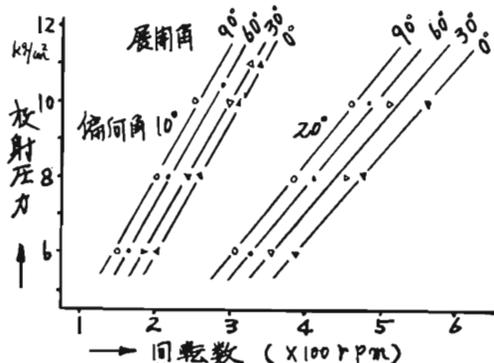
偏向角 θ	展開角 α	放射圧力 kg/cm^2	ポンプ圧力 kg/cm^2	放射量 l/min	最大射程 $L_2\text{m}$	有効射程 $L_1\text{m}$	最大高さ $H\text{m}$	噴霧幅 $A\text{m}$	回転数 RPM
0°	0°	8.0	8.9	1,600	34.4	21.0	9.9	1.3	回転停止
		10.0	11.0	1,190	35.7	22.5	12.0	"	"
	30°	8.0	8.9	1,600	25.9	18.5	8.4	2.7	"
		10.0	10.8	1,800	29.8	20.9	10.6	"	"
	60°	8.0	8.7	1,640	22.5	15.6	7.5	3.8	"
		10.0	10.8	1,820	25.0	17.5	8.8	4.0	"
90°	8.0	9.1	1,710	22.5	15.6	8.0	"	"	
	10.0	11.1	1,950	24.2	16.9	8.7	"	"	
10°	0°	8.0	8.8	1,590	28.8	16.2	7.5	2.7	271
		10.0	10.8	1,770	31.8	20.2	9.9	3.1	312
	30°	8.0	8.8	1,600	26.8	16.2	8.0	3.6	250
		10.0	10.8	1,790	29.8	19.5	9.7	4.0	296
	60°	8.0	8.9	1,640	22.5	16.5	7.0	4.5	217
		10.0	11.0	1,850	24.2	18.1	8.8	"	280
	90°	8.0	8.9	1,690	19.7	16.0	8.0	5.4	202
		10.0	11.0	1,910	23.2	18.0	8.0	"	250

偏向角 θ	展開角 α	放射圧力 kg/cm ²	ポンプ圧力 kg/cm ²	放射量 l/min	最大射程 L ₂ m	有効射程 L ₁ m	最大高さ Hm	噴霧幅 Am	回転数 RPM
20°	0°	8.0	8.9	1,610	25.0	13.9	6.6	2.7	480
		10.0	11.0	1,820	33.2	16.5	7.9	8.3	561
	30°	8.0	9.1	1,640	25.0	17.5	8.2	4.0	457
		10.0	11.0	1,820	31.8	20.2	9.9	"	508
	60°	8.0	8.8	1,650	26.0	16.0	7.6	"	413
		10.0	11.0	1,850	28.8	18.0	8.1	"	483
90°	8.0	9.0	1,680	25.0	16.5	8.1	4.5	386	
	10.0	11.0	1,900	26.8	17.0	8.1	4.8	462	

定した結果を第9図に示す。

運用範囲内における最高回転数は 561RPMであった。

第9図 放射圧力と回転数の関係



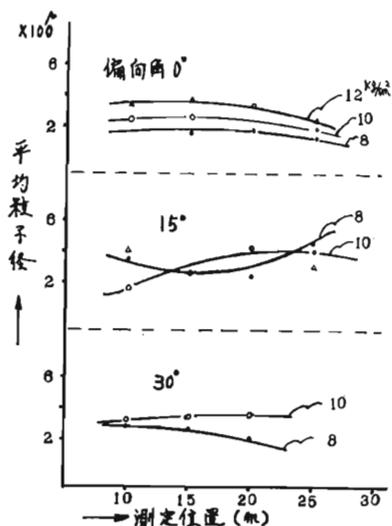
(4) 噴霧粒子測定試験

噴霧の放射方向に約5mおきに測定点4箇所を定め、アルミ粉末を塗布した受水盤面上に降着した噴霧粒子の直径を実測し、噴霧の平均粒子径を算出した。その結果を第10図に示す。なお噴霧粒子の測定は、コロジオン皮膜を形成したガラス板の上面にアルミ粉末を塗布した受水盤を、噴霧中に約0.5秒露出させた後、乾燥させ写真撮影し雨滴状に記録されたアルミ粉末塊の直径を実測し、次式の長さ平均値により噴霧の平均粒子径を求めた。

$$D = \frac{\sum di \cdot ni}{N}$$

D : 平均粒子径 (ミクロン)
 N : 噴霧粒子数
 di : 噴霧粒子径 (ミクロン)
 ni : di の粒子数

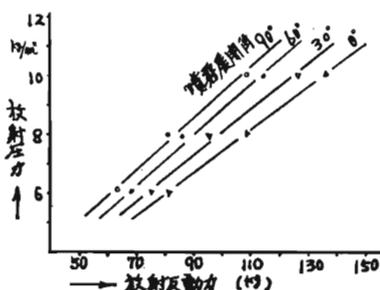
第10図 噴霧平均粒子径



(5) 放射反動力の測定試験

本機の放射安定限界を確認するため、回転十字管の延長線上に反動力測定用荷重計を取付け、噴霧展開角度を、0°、30°、60°、90°に変えたときの反動力を測定した。その結果を第11図に示す。

第11図 放射圧力と反動力の関係



(6) 旋回ふ仰時間の測定試験

放射範囲の可変に要する旋回、ふ仰時間を測定した。その結果を第2表に示す。

第2表 作動所要時間 (秒)

放射圧 力kg/cm ²	旋 回		ふ 仰	
	左→右	右→左	上→下	下→上
6.5	5.6秒	5.0秒	5.0秒	6.0秒
8.0	4.0	4.5	4.0	5.0
10.0	3.0	3.8	3.4	5.0

5. 考 察

(1) 放射性能について

本機に用いた展開式噴霧ノズルの特性として、噴霧展開角度、ノズル偏向角度の調整が可能である。その結果として最大射程は30m以上を記録し、噴霧放射としては比較的長射程が得られた。またノズル偏向角、噴霧展開角を大きくするにしたがい射程は次第に短くなる反面放射量、噴霧幅等は大きくなる傾向が認められた。(第1表参照)したがって火災対象物に応じて放射量、射程、噴霧幅等を変え得ることが判明した。

本研究の主目的である消煙範囲は、放射性能表から推して概むね床面積400m²(放射圧力10kg/cm²展開角度30°のとき、最大射程30m有効射程20m前後)とその上方8m位までの火災室の全域に放射できる性能を持つものと予測され、大規模な対象物に対しても十分活用できかつ普通ポンプ車1台でも運用できる実用性を持つことが認められる。

(2) 噴霧ヘッドの回転と噴霧散布について

大量に噴霧放射でき、かつ実用に供し得る程度の長射程が得られる噴霧発生機構として、展開式の噴霧ノズルを採用した。このノズル欠陥として噴霧粒子がスプレー(粒子直径500μ以上)程度と粗く、またニードルをノズルの中心に有するため噴霧散布が中空現象を程する。これらの欠陥を補足し噴霧の微粒化と散布の均等分布化等を促進させるためのものとして、噴霧ヘッドを回転させる機構とした。

噴霧ヘッドの回転は、ノズル偏向角、放射圧力に比例し2次曲線状に増加し、最高回転600rpm以上を示した。

噴霧ヘッドの回転が放射水におよぼす効果としては、棒状放射を行なっても遠心作用により噴霧化される傾向にある。さらに放射された噴霧の微粒化の傾向についても僅少ではあるが効果が認められた。

噴霧ヘッドの回転による効果は、噴霧微粒化のほ

か、噴霧の散布についても噴霧が流束となって放射され、散布が均等分布化し空間にむらなく散布される効果が認められた。

なお噴霧ヘッド回転時の平均噴霧径はフォグ程度の300~400μの範囲内にあるものと実測された。

測定位置別による噴霧粒子は、フォグ程度の範囲内にあり、どの位置に於ても大差なく全体に平均した噴霧が得られているものと推測される。(第10図参照)

放射圧が噴霧に与える影響としては、放射圧力の上昇に伴ない不安定な状態で噴霧粒子が大小し、本測定範囲内に於ては、放射圧力上昇による微粒化の傾向は認められなかった。したがって本機のノズルでは、噴霧の微粒化をはかるため放射圧力を高めることは無意味と推測される。

(3) 放射安定限界について

放射反動力は、放射圧力、放射量に比例し増加するが、噴霧展開角を可変できる本機のノズルは、放射分力の相殺によって放射量が増加しても実質的反動力は減少する傾向にある。実験によれば噴霧展開角90°では、棒状放射時の約20%の減少が認められた。

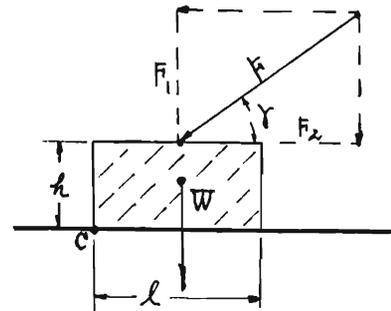
本機の放射安定限界はこの反動力によって限定される。その限界は $S = F \cos \gamma$ によって示される。

$S > F \cos \gamma$ (安定), $S < F \cos \gamma$ (移動)

S : 摩擦力 ($W + F_1$) K

K : 摩擦係数 (コンクリート面で約0.6)

第12図 放射時の分力図



F : 放射反動力 W : 消煙機重量(285kg)

F_1 : 垂直分力 h : 高さ

F_2 : 水平分力 l : 幅

γ : 放射角

本機を移動するに要する力は、水平分力 F_2 によってなされ、 $S > F_2$ の範囲内であれば安定した放射が行なえることになる。水平分力 F_2 が最大となす放射角 0° の場合の放射安定性を推測してみると、放射反

動力 $F=163\text{kg}$ (放射圧力 $12\text{kg}/\text{cm}^2$), 消煙機重量 $W=285\text{kg}$, 摩擦係数 $K=0.6$, とすれば 8kg の僅少の差によって, $S>F$, (安定の状態)となり, 本機の移動が行なわれない状態にあるものと予測される。放射実験によれば, 最高反動力が得られる上記の状況に於て (放射圧力 $12\text{kg}/\text{cm}^2$, 放射反動力 163kg)あらゆる方向へ放射を行なったが移動, 転倒は認められず安定した放射が行なえた。しかし本機的一端に外力を加えると容易に移動できる状態にあった。したがってコンクリート面に設置した場合, 放射圧力 $12\text{kg}/\text{cm}^2$ 付近が放射限界と推測される。

本機の転倒性については,

水平方向では

$$S=(W+F_1)K \dots\dots\dots ①$$

C点に関するモーメント

$$F_2=\frac{l}{2h}(W+F_1) \dots\dots\dots ②$$

放射反動力 F を次第に大きくした 場合①, ②式のどちらかを先に満足させるかにある。

$$K>\frac{l}{2h} \text{ (転倒)} \quad K<\frac{l}{2h} \text{ (すべる)}$$

本機の場合, $l/2h$ が1より小さくなることはない, したがってすべりのみによって放射限界が求められる。

(4) 薬剤の混合について

消煙剤, 消火剤等を散布水に混合させるには各種の方法がある。既存の普通ポンプ車により大量の薬剤を連続的に混入させるものとしてポンプ吸口側を分岐し, 薬剤を強制的に送り散布水に混入させる機構により解決した。実験によれば流量計測範囲内に於て, 混合率8%まで確実に混合が行なわれることを確認した。しかし薬剤の性質による流量係数の変化を考慮する必要がある。例えば, 比重0.98, 粘度8cp程度の液体について測定して結果, 流量係数が0.905となり, 約10%の薬剤流量の減少が認められた。

6. あとがき

本機は, 実火災に対応し得る消煙装置として試作したものである。したがって消煙に要求される諸条件を充足するものとした。その主たる条件は, 噴霧の微粒化, 散布の均等化および火災室の全空間への散布化等である。

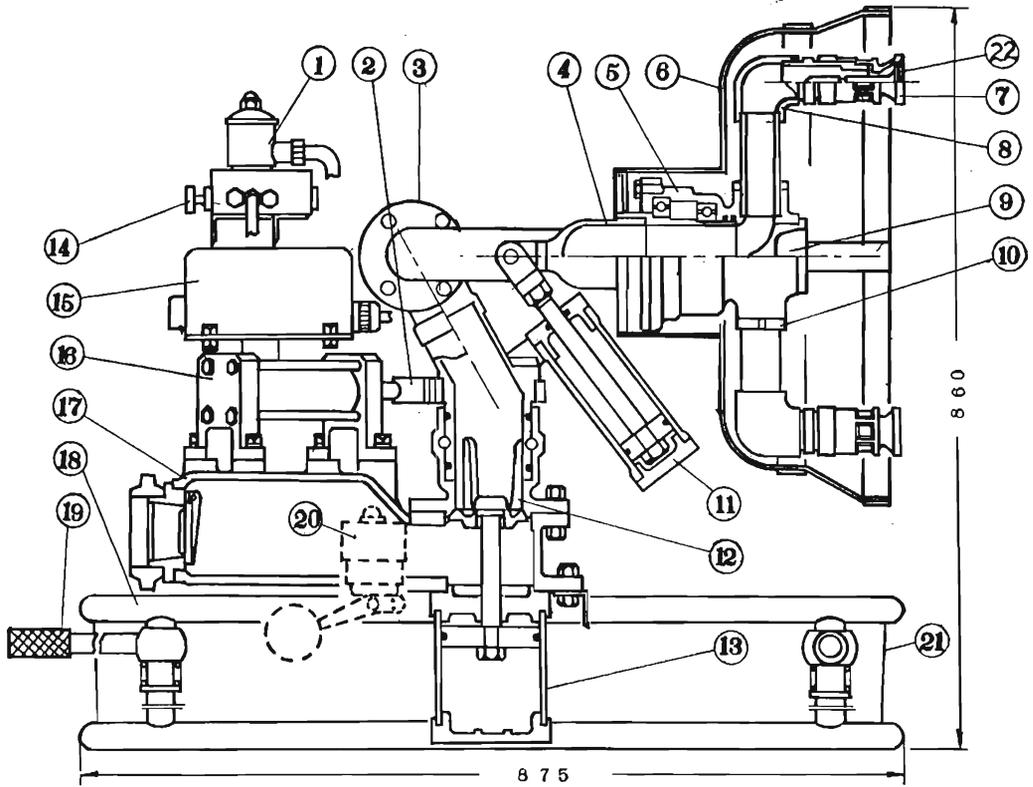
噴霧の微粒化および散布の均等化に対しては, 展開式噴霧ノズルの使用と, 放射時の反動力によって回転する噴霧ヘッドにより行ない, 火災室全域への散布に対しては, ふ仰旋回導管の可変機構により行なうものとした。

実験結果としては, 噴霧の平均粒子径はフォグ程度の噴霧がえられ, 同時に噴霧ヘッドの回転作用により僅少ではあるが微粒化の傾向と噴霧散布の均等分布化の傾向もみられた。加えて噴霧展開角, ノズル偏向角の可変により30m以上の射程が得られ, 火災対象物に応じて放射性能が可変でき, かつ遠隔操作によって, また電気系統の故障に対しても手動操作により, 放射範囲を容易に可変できる実用性を持つ消煙機として充分満足すべき結果が得られたものと推測する。

薬剤の混合については, 既存の普通ポンプ車による連続的に大量の薬剤の混合を可能とした。

消煙実験については, 今回実施するまでに至らなかったが, 噴霧散布を主とした一連の実験から, 実火災に対する応用も可能と予測される。しかしながら今後検討すべき事項も多くある。噴霧粒子が微細なほど消煙, 消火効果が高められることから, 実用性を失わない範囲で噴霧発生機構の改良, および可搬重量の軽減, 遠隔制ぎよ装置の耐熱, 耐水性等の諸問題が残されているが, 各種の一連の実験から本機の改良, および運用等に必要な基礎資料を得ることができ, 一応実火災に対応し得る消煙機の試作を完了した。なお本機の最終目的である消煙剤による実効的な効果の確認については, 今後機会をとらえ実施し報告する予定である。

第13図 消 煙 機 構 造 図



- | | | |
|-------------|--------------|------------|
| 1 電磁弁 | 9 旋回十字管 | 17 集水器 |
| 2 旋回用ラックギヤー | 10 ロックナット | 18 支持台 |
| 3 旋回ふ仰導管 | 11 ふ仰シリンダー | 19 取手 |
| 4 双導管 | 12 放水停止弁 | 20 自動停水位水弁 |
| 5 ベアリングケース | 13 放水停止シリンダー | 21 加重タンク |
| 6 フード | 14 手動コック | 22 ニードル |
| 7 噴霧ノズル | 15 制ぎよりレ | 番号 品名 |
| 8 エルボ | 16 旋回シリンダー | |