加圧排煙装置による排煙実験結果について

島　　光　男*
樋　口　正　義*
池　辺　昇　一*
小　西　光　雄*

1. まえがき

中高層建物では高分子材料で作られた建材やプラスチック製品の使用，持込等に伴い火災時に多量の煙および有害ガスが発生し，これが避難や消火活動を阻害して大事に至った事例が発生している。従来，排煙の方式としては，排煙車等にぎ装された低圧大風量の送風機または小型の可搬式送風機によって煙を吸出し，あるいは，新鮮空気の送入による押出し排煙が行なわれている。しかし，いずれも一長一短があり，現場ではさらに高性能な排煙器の開発が要望されている。
そこで，今回，航空機のジェット・エンジン始動用のガス・タービン・エンジンから抽気される高圧大流量の空気の利用に着目し，高圧空気流を半球状の内面に吐出することによって，高速で広角度の反射空気流を発生する排煙器を試作し，排煙性能実験を行なったので，その概要を報告する。

2. 排煙器の構造・原理

この排煙器は，まったく新たに考案試作したもので形状は図1に示すとおり，パイプ先端の空気吐出口にキャップ状のものを対向させて設定したきわめて簡単な構造のものである。

排煙器A・B（吸引用）は，送気管（65㎜φ）を窓枠等に支持具で取付け，先端を室内に挿入する構造のものである。送気管の右端から送られた空気は左端末で大気に開放され，キャップ内の円錐状突起部に衝突し，円弧部に沿って反射流となる。この空気流によって，キャップの細長い開口部から内面負圧部に煙を吸引し，窓から建物外に排出する。

排煙器C（吸引用）は，24個のエゼクターからなり

写真1　排煙実験の状況

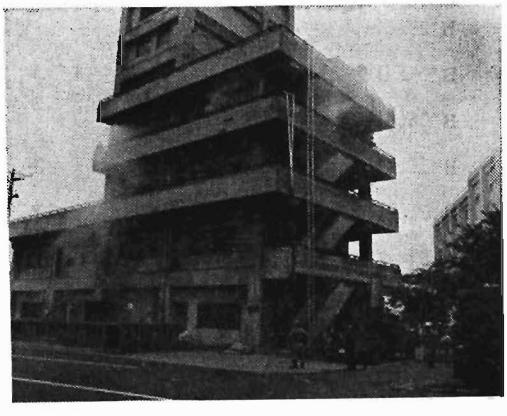
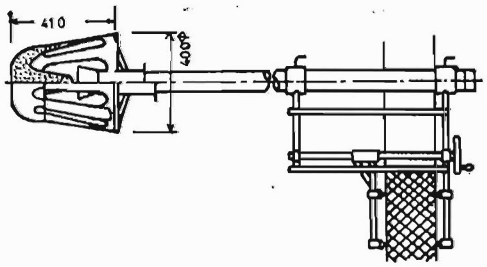


写真2　ガス・タービン・エンジンの外観

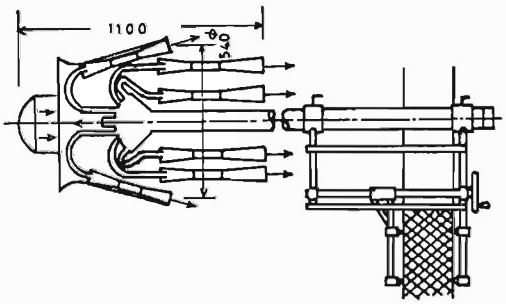
＊第三研究室

図 1　排煙器の構造

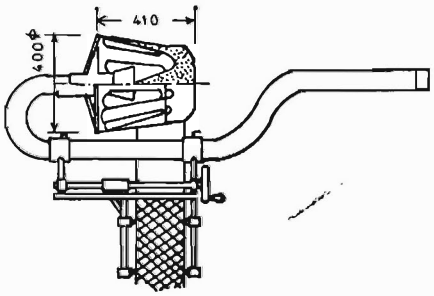
排煙器A・B（吸引用）



排煙器C（吸引用）



排煙器D（送気用）



外周に放射状に配置した8個のエゼクター以外はすべて平行に放射するように配置されている。エゼクターを出た空気は吐出空気の数倍に増量され高速で窓方向に煙を流動させる。放射状に配置されたエゼクター8個は室内空気の攪拌作用と排煙器への空気流を作り，煙を窓外へ排出する。

排煙器D（送気用）は，窓枠等に取付けた支持具上に送気用曲管を固定し，キャップを曲管の左端末に取付ける。送気管の左端末から吐出した空気は，吸引用の場合と同様に細長い開口部から周辺の空気を吸引しながら室内に空気を投射し，室内の煙を前方に急速に流動させる。

3.　ガス・タービン・エンジン

このエンジンは米国ザ，ギャレット・コーポレーション・エアリサーチ社製のもので，航空機地上支援用としてジェット・エンジン始動用の圧縮空気の抽出お

表 1　ガス・タービン・エンジン諸元

型式番号	GTCP 85—184	
寸　法	高さ708.7㎜×幅607㎜×長さ929.6㎜	
重　量	142 kg（乾燥状態）	
吐出空気量	155LB/min≒70.3kg/min≒27.4㎥/min	
空気圧	51 psia≒3.6 kg/cm²	
主軸回転数	42,000RPM	出力軸回転数 6000R.P.M.
定格出力	120 kVA	
使用燃料	白灯油 220 ℓ/h（負荷時）	

表 2　実 験 種 別

実験No.	測　定	排煙器設定条件		送気圧 kg/cm²	吐出圧 kg/cm²	煙（ケムゲン）
No. 1	風向・風速分布	排煙器Aで吸引	排煙器Bで吸引	0.6	0.25	
No. 2	煙　濃　度	〃　Aで吸引	〃　Bで吸引	〃	〃	4　本
No. 3	風向・風速分布	〃　Dで送気	〃　Bで吸引	〃	〃	
No. 4	煙　濃　度	〃　Dで送気	〃　Bで吸引	〃	〃	4　本
No. 5	〃	〃　Cで吸引	〃　Bで吸引	〃	〃	〃
No. 6	〃	〃　Aで吸引	窓一部開放	〃	〃	〃
No. 7	〃	〃　Dで送気	〃	〃	〃	〃
No. 8	〃	0.87m×1.12m 窓開放	Cで吸引	〃	〃	〃
No. 9	〃	窓一部開放	窓一部開放	自然換気		〃

（注）　実験No. 9は排煙器を設定せず，自然換気。

図 2　ガス・タービン・エンジンの構造

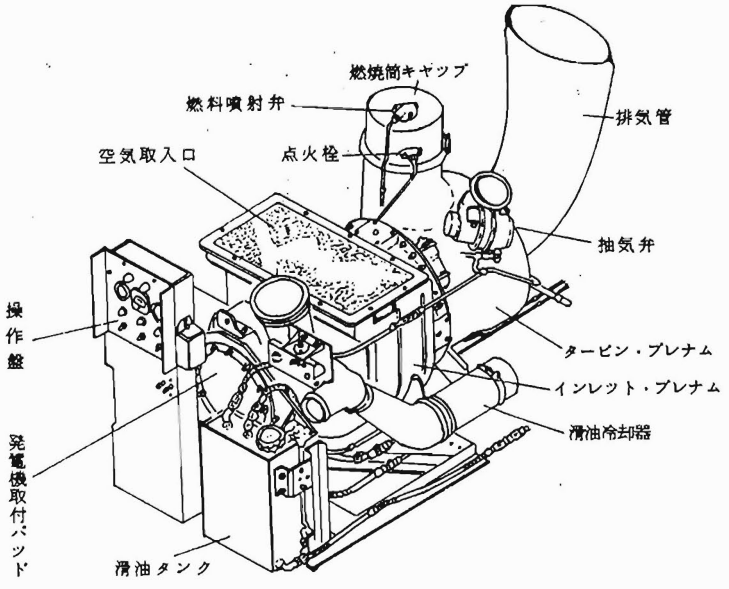


図 3　消防訓練塔 4 階実験室

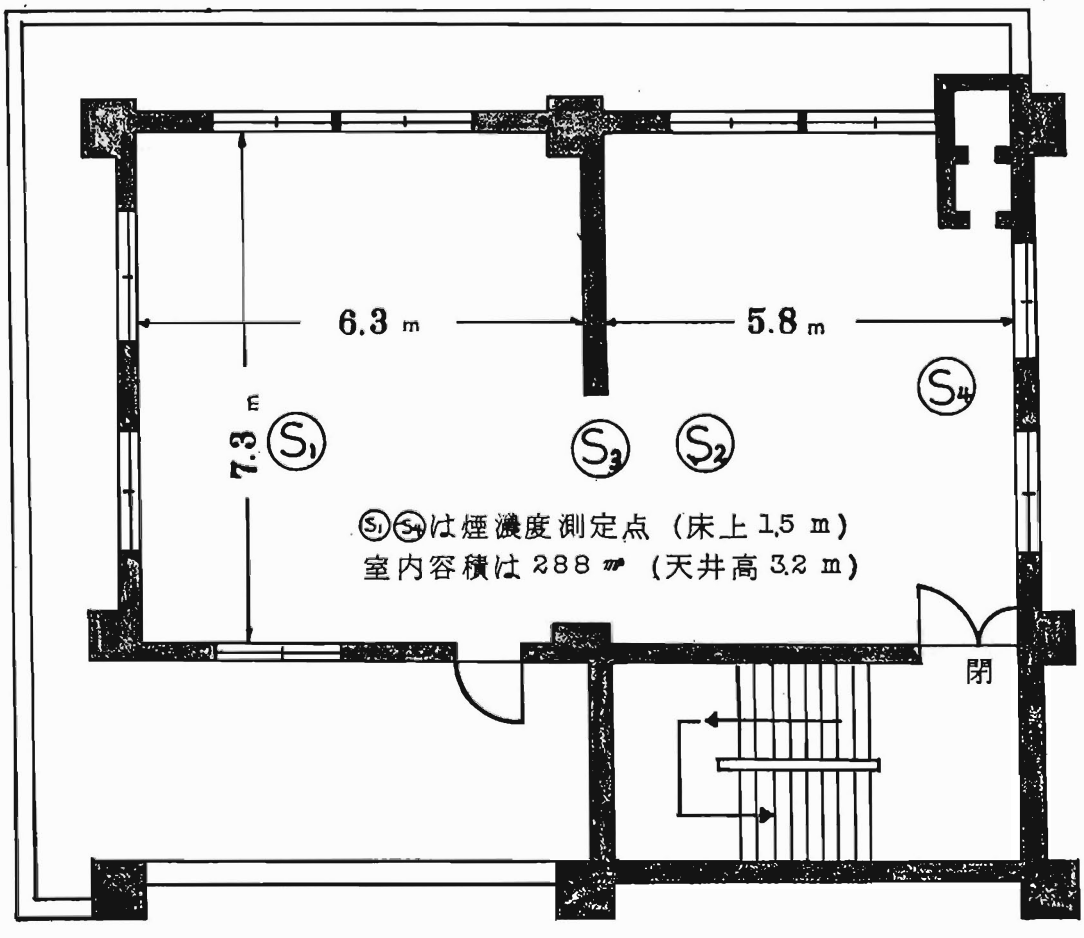
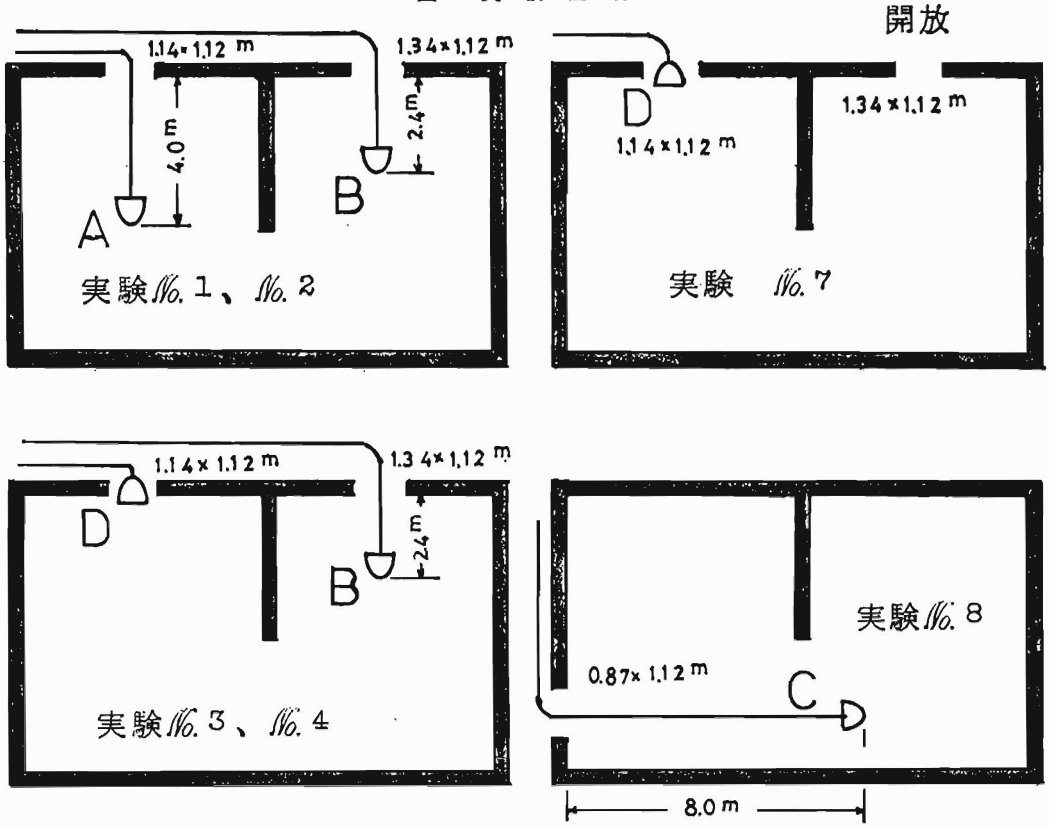


図4 実 験 種 別


1.14×1.12 m
1.34×1.12 m
4.0 m
2.4 m
A
B
実験 No. 1、No. 2
開放
D
1.14×1.12 m
1.34×1.12 m
実験 No. 7
1.14×1.12 m
1.34×1.12 m
D
B
2.4 m
実験 No. 3、No. 4
実験 No. 8
0.87×1.12 m
C
8.0 m
1.14×1.12 m
1.34×1.12 m
4.5 m
2.4 m
B
C
実験 No. 5
開放
開放
1.14×1.12 m
1.34×1.12 m
実験 No. 9
(自然換気)
1.14×1.12 m
開放
1.34×1.12 m
4.0 m
A
実験 No. 6

よび発電機を負荷できるように設計されている。諸元性能および構造は，表1，図2のとおりである。

簡単に機能を述べると，12V蓄電池で始動電動機により起動させると，主軸の回転数が35%（約14,700 RPM）に達するまで燃料管制装置から送られた燃料が，燃料噴射弁から噴射され，点火栓で着火し燃焼を開始する。これより自力運転に入り，定格回転まで10～20秒で達し，約30秒後には負荷がかけられる。空気取入口から入った空気は，遠心2段の圧縮機をへて，タービンプレナムにたまり，一部が燃焼に消費されるが，抽気弁から圧縮空気として取り出すことができる。

4. 実験の要領

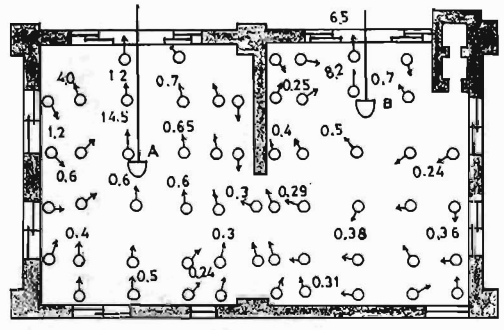
図1に示す吸引用排煙器（A・B・C），送気用排煙器（D）の4台を用い，消防訓練塔4階の室内容積288 m³の実験室に発煙筒の煙を充満させ，これを表2，図4に示す各種の排煙器設定条件で室内の風向，風速分布，室内圧力変化，煙濃度変化を測定し，排煙性能および排煙効果を比較した。排煙器への送気方法は，ガス・タービンから抽出した新鮮空気を2口に分岐し，付属の70mmφホースおよび65mmφアルミパイプによって約13m立上げ，排煙器1個当り約55m³/分の空気量が吐出するようにした。

風速分布は，排煙器の設定高さ（1.2m）床上でサーミスター風速計を使って測定し，風向は，各点に毛糸を下げて，その傾きを目視記録した。

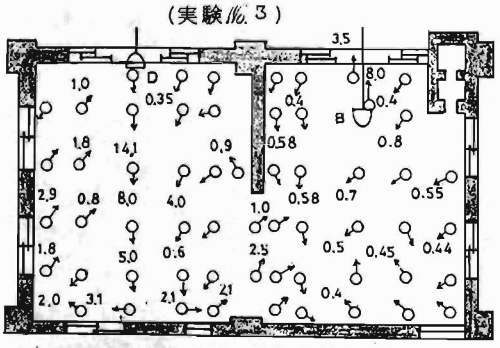
排煙効果については，図3に示す S_1～S_4 の4点における煙濃度（減光係数 C_s）を測定し，各排煙方式の効果を比較することにした。

図5　室内の風向，風速分布

（実験№1）



（実験№3）



風速の単位 m/sec　（床上約1m）

D 印排煙器

5. 実験結果

排煙器を設定した室内の風向風速分布測定結果は，（実験№1，№3の例）に示すとおりである。風速は排煙器直近で8～15m/s，全体的には0.4～1.0m/s程度である。風向は，排煙器から吹出した空気が壁体，床，天井に二次反射しながら煙を巻込み，室内全体として，給，排気の方向に空気流が形成されている。

室内圧力は，排煙器キャップ正面では10～25mmAqの差圧を生じている。

排煙器の設定条件や排煙器の種別による排煙効果の差異について実験した結果は，図6，図7に示すとおりである。排煙効果は，実験№4の場合が最も良く，減光係数 $C_s=2.3$ の煙が排煙によって3分後 $C_s=0.3$（見透し10m）以下になった。これは，過去に行った消・排煙実験等のデーターからみてもかなり良好な成績であり，給排気のバランスが良くとれているためである。排煙器Cについては，高速空気流によるエゼクター効果を期待して試作したものであるが，実験の結果からみるとあまり効果がなく，構造が簡単なA・B型の方が優れている。

排煙器の設定位置と排煙速度の関係については，1/20縮小模型で実験した結果，排煙器と窓等の開口部との距離が排煙速度に大きく影響することがわかった。

以上の実験結果を一般の排煙理論によって解析すると次のようになる。

減光係数 C_s は(1)式で表わされる。

$$C_s = C_{s0}e^{-Kt} \quad \cdots\cdots(1)$$

C_s：排煙開始 t 分後の減光係数（m^{-1}）

C_{s0}：排煙開始前の減光係数（m^{-1}）

K：排煙係数

t：排煙開始後の時間（分）

ここで，排煙係数 K は(2)式で表わされる。

$$K=\frac{Q}{V}\ (1/分) \quad \cdots\cdots(2)$$

Q：排煙器により窓等の開口部から排出される風

量（㎥/分）

V：室の容積＝288㎥

各排煙器設定条件ごとに室内の S_1～S_4 4点で C_s を測定し，その平均値を求め，これを(1)(2)式に代入して排煙係数 K，排煙風量 Q を算出すると表3のとおりになる。

排煙効果が最も良好な場合の K は0.59であった。

図 6　煙濃度変化（測定点 S_1）

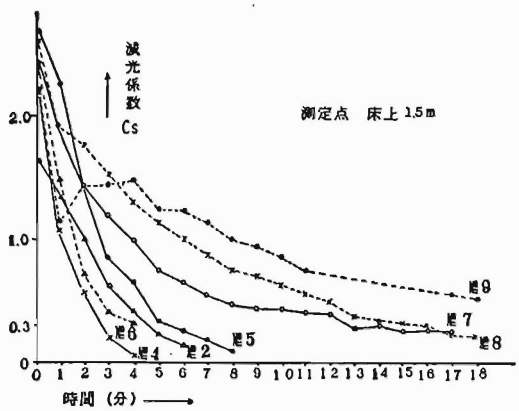


図 7　煙濃度変化（測定点 S_2）

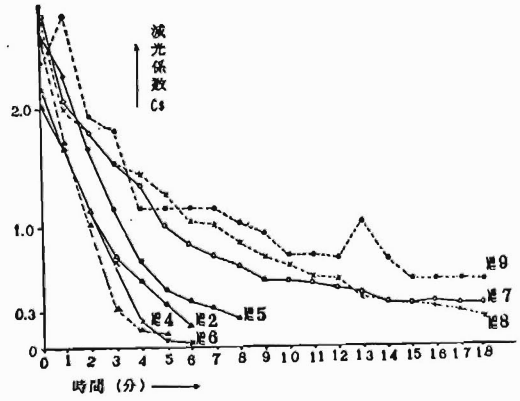


表 3　排煙係数と排煙風量の関係

実験 No.	排煙係数 K	排煙風量 Q(㎥/分)	排煙速度 順位
2	0.406	116.9	3
4	0.596	172.8	1
5	0.350	103.4	4
6	0.690	171.6	2
7	0.156	44.9	6
8	0.127	36.6	7

外気温度 21°C，室内温度 33.5°C。

文献によって排煙機等の実験データーをみると，内容積200㎥の室に排煙機風量96㎥/分の空気タービン式排煙機を設定して実験した場合，室内がほぼ密閉状態で，K=0.47，室に直径600㎜の円形の空気流入孔を設けた状態で K=0.38～0.45である。

今回行った実験の中で実験No.4，No.6などは，C_s 測定値から算出すると排煙風量が約170㎥/分になっている。これは，排煙器によって室外から送入される新鮮空気以外に高速気流に伴なって，かなり大量な新鮮空気が窓などから流入あるいは排出していることになる。

写真 3　室内の風向風速分布測定

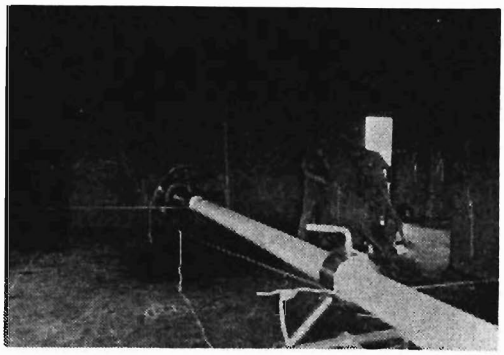
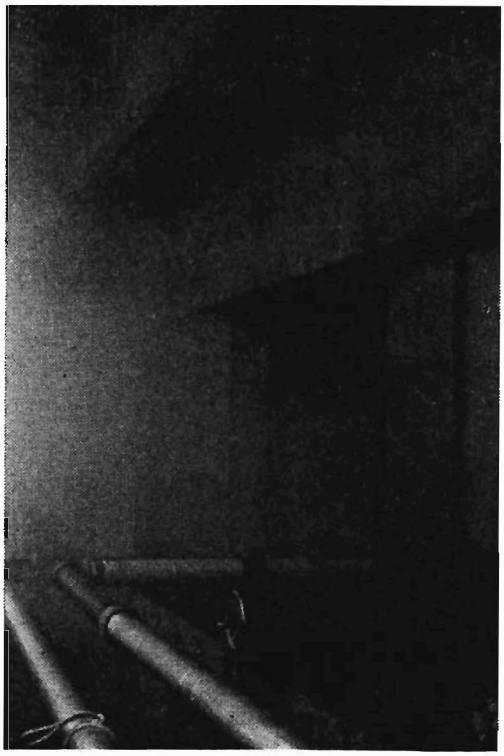


写真 4　排煙状況



6. おわりに

この排煙器の特長は，構造が非常に簡単であり，これを開口部から挿入または窓等に設定するだけの単純な作業で排煙することができる。また，細いエアー・ホース等で新鮮空気を要救助者に供給することも可能である。問題点は，現在のものが吐出空気の温度が高いこと。エンジンの音が高いこと。高価であることなどがある。今後現用の高圧タービン排煙車を使って，同様の排煙性能実験を実施する予定である。

おわりにこの実験を実施するに当り，御協力下さった株式会社島津製作所航空機器課篠原盛義氏ほか課員の皆さんに深甚なる謝意を表す次第である。

参考文献　火災　昭・41　中田金市編集．共立出版発行