

REPORT OF FIRE RESEARCH INSTITUTE OF JAPAN

Serial No. 23

March 1963

# 消防研究所報告

通 卷 23 号

1963年3月

## 目 次

### 研 究

- ドライケミカル主成分および石油類と  
共存の場合の空気泡ドレネジについて……………新 居 六 郎……(1)
- 液体および固体燃料の拡散炎の  
構造について(英文)……………秋 田 一 雄……(5)
- 新型排煙機に関する研究(第1報)  
新型排煙機の性能……………中久喜厚, 守屋忠雄, 春名午夫……(9)  
難波信夫, 樋口忠, 中 村 昭
- 新型排煙機に関する研究(第2報)  
新型排煙機による排煙実験……………守屋忠雄, 中久喜原, 難波信夫……(15)

消 防 研 究 所

東 京 都 三 鷹 市

## REPORT OF FIRE RESEARCH INSTITUTE OF JAPAN

Serial No. 23

March 1963

### — Contents —

#### MEMOIR

Drainage of Air foam in case of coexistence with  
a Principal Ingredient of Dry Chemical Extinguishing  
Agents and with a Petroleum.....R. NII.....(1)

Structure of the Diffusion Flame of Liquid  
and Solid Fuels.....K. AKITA.....(5)

Studies on a New Type Exhaust Fan (I)  
Performance Test.....  
.....A. NAKAKUKI, T. MORIYA, U. HARUNA.....(9)  
.....N. NANBA, C. HIGUCHI, A. NAKAMURA

Studies on a New Type Exhaust Fan (II)  
Smoke-Drawing Tests.....  
.....T. MORIYA, A. NAKAKUKI, N. NANBA.....(15)

---

Published by

Fire Research Institute of Japan

700 Shinkawa, Mitaka, Tokyo, Japan

# ドライケミカル主成分および石油類 共存の場合の空気泡ドレネジについて

新 居 六 郎

(昭和37年12月17日受理)

## 1 緒 言

航空機火災等の消火の際、消火用空気泡とドライケミカルが併用されることがあるが、現在わが国で市販のドライケミカルの主成分は重炭酸ソーダであり、それに流動性付与のためステアリン酸金属塩を少量加えて処理されている。この市販ドライケミカルを空気泡と併用する場合、空気泡を破壊することは明らかな事実である。したがって消火の際現在市販されているドライケミカルは空気泡と併用できない。現在、アメリカ、西独等の欧米諸国では、空気泡と併用できるドライケミカルが既に市販されている。特にアメリカで

## 言

は、その市販品の試験結果<sup>1)</sup>についての報告がある。しかしドライケミカル主成分と空気泡が共存する場合空気泡性能にどのような影響をおよぼすかはまだ明らかでない。

本研究では、ドライケミカル主成分として原理的に有効と考えられる薬剤、重炭酸ソーダ、重炭酸カリ、炭酸カルシウム、第一磷酸アンモニウムと空気泡が共存する場合、さらにこれらと沸点が異なる3種の石油とが共存する場合、空気泡ドレネジにおよぼす影響についてしらべた。

## 2 実 験 方 法

容量1lのビーカーに空気泡5%溶液（西独製泡原液：商品名；Schaumgeist 36，基底物質；動物たんばく）を100 c.c.とり、これに重炭酸ソーダ、重炭酸カリ、炭酸カルシウム、第一磷酸アンモニウムの一定量（2，5，7，10，20 g）と沸点＝40—60，100—140，150—180℃の3種の石油の一定量（5，10，20 c.c.）をあらかじめ添加して、Fig. 1に示すような装置でかくはんし混合し、発泡させることにより、ビーカーにマークした目盛によりその発生泡量と一定時間間隔ごとにドレネジ量を25%ドレネジ時間まで測定した。上述の薬剤、石油の添加量の各組合せにつき各

2回実験を行った。なお発生泡の膨脹率と25%ドレネジ時間はその平均値をとった。

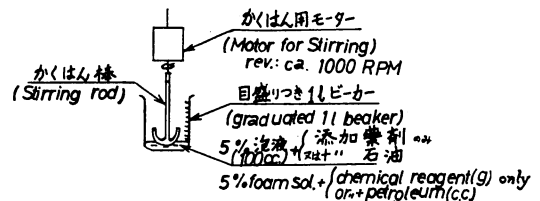


Fig. 1 実験装置  
(The experimental apparatus)

## 3 実 験 結 果

実験結果は Fig. 2～5 に示すとおりである。その結果を以下のように要約できる。

3. 1. 単にドライケミカル主成分のみを添加した場合（以下25%ドレネジ時間を25%時間と呼ぶ）

3. 1. 1 重炭酸ソーダ（発生泡の膨脹率：6.3～6.7）

添加量を増加するにつれ25%時間が単調に増大す

る。ドレネジに関する限り泡の性能はむしろ良好になる。

3. 1. 2 重炭酸カリ（発生泡の膨脹率：4.9～5.3）

添加量2gまでは25%時間は減少するが、2gで最小値となり、添加量2g以上では、25%時間は増大するが、添加しない場合よりドレネジ時間は減少する。

3. 1. 3 炭酸カルシウム（発生泡の膨脹率：

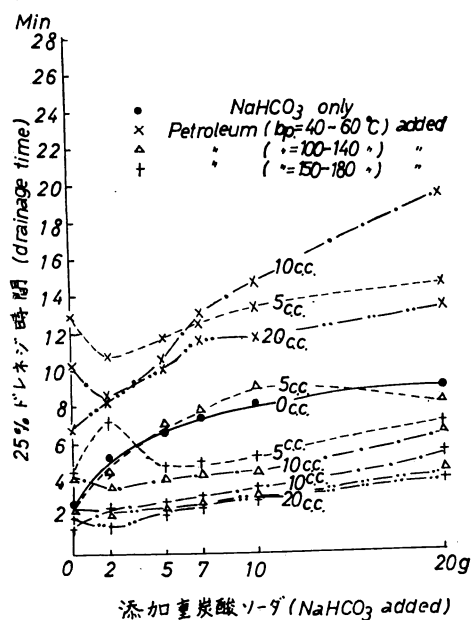


Fig. 2

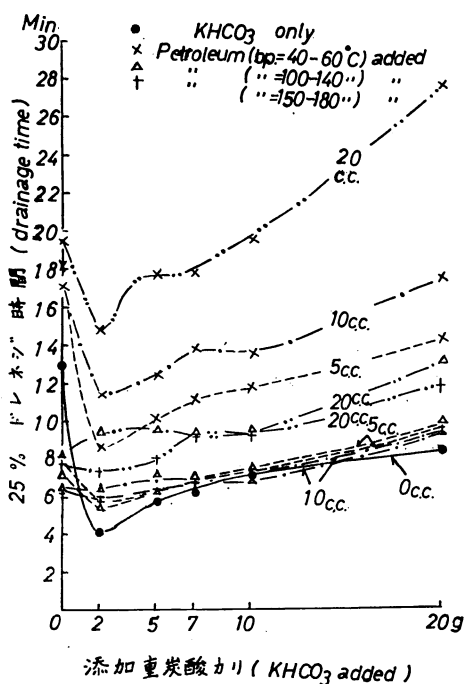


Fig. 3

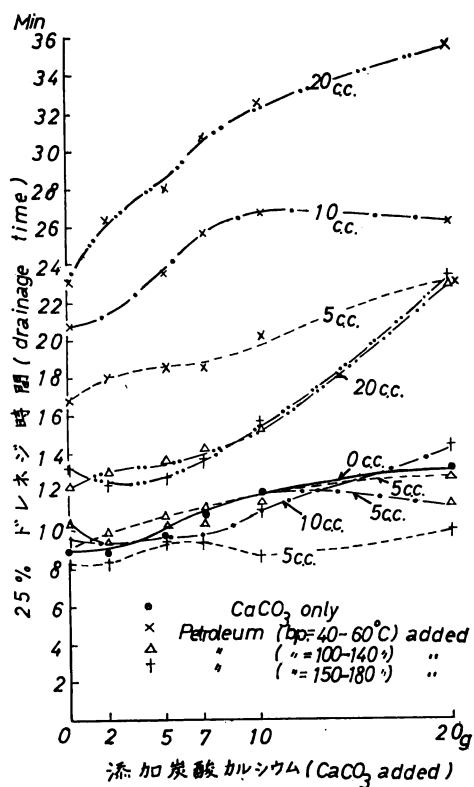


Fig. 4

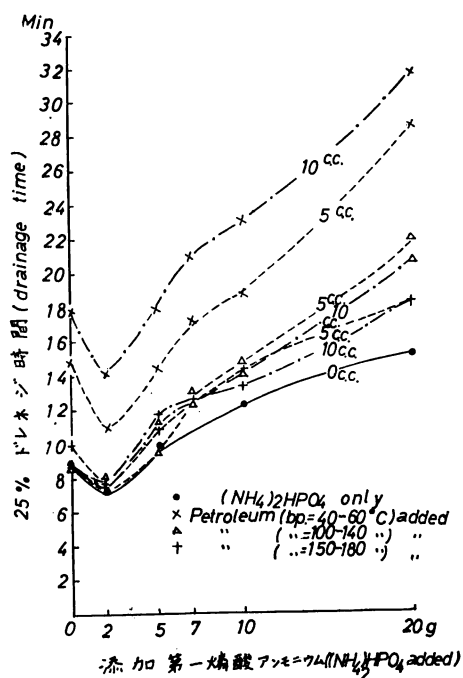


Fig. 5

6.8~7.2)

添加量の増大にともない、25%時間の増大割合は重炭酸ソーダの場合より小であるが、単調に増大する。

### 3. 1. 4 第一燐酸アンモニウム (発生泡の膨脹率: 7.3~7.5)

重炭酸カリの場合と同様、添加量 2 g までは25%時間は減少する。添加量 2 g 以上では、25%時間は単調に増加する。

### 3. 2 ドライケミカル主成分と石油を添加した場合

**Table 1** ドライケミカル主成分薬剤と石油を添加したときの発生空気泡膨脹率  
(The expansion ratio of the generated air foam in case of both additions  
of some chemical reagents and petroleum to the air foam solution)

添 加 薬 剤 (Chemical reagents added)	石油添加量 c.c.(Volume of petroleum added)	石 油 の 沸 点 °C (Boiling point of petroleum)		
		40~60	100~140	150~180
NaHCO <sub>3</sub> 添加量; 2, 5, 7, 10, 20 g (added amount in weight)	5	8.1~10.7	5.9~6.5	5.5~5.9
	10	8.0~9.3	5.6~6.8	5.6~5.9
	20	8.8~10.8	4.9~5.5	4.9~5.3
KHCO <sub>3</sub> 添加量; 2, 5, 7, 10, 20 g (added amount in weight)	5	9.7~11.0	7.8~8.5	7.5~8.0
	10	9.9~11.5	7.2~7.8	7.0~7.8
	20	11.4~13.5	7.0~7.7	6.5~7.2
CaCO <sub>3</sub> 添加量; 2, 5, 7, 10, 20 g (added amount in weight)	5	8.9~10.5	5.9~7.2	5.0~6.7
	10	9.6~11.3	5.5~6.9	5.7~7.0
	20	9.5~12.0	5.6~6.9	5.1~6.9
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 添加量; 2, 5, 7, 10, 20 g (added amount in weight)	5	8.5~10.1	7.2~7.7	7.1~7.5
	10	8.7~10.7	7.0~7.4	6.8~7.2

## 4 結

- B火災用の従来の型のドライケミカルが空気泡と両立しない原因は、主成分の重炭酸ソーダでなく、流動性を付与するため添加されたステアリン酸金属塩による。
- 25%ドレネジ時間のみに着目すれば、炭酸カルシウムと第一燐酸アンモニウムは空気泡と併用できるドライケミカルとして有望視できる。
- 石油を添加したすべての場合についていえることは、沸点 100°C 以上の石油と共存の場合の空気泡のドレネジは、沸点 60°C 以下の場合のそれにくらべて著しく大きい。
- この実験は空気泡ドレネジという空気泡性能を知る一つの量にのみ注目して行なわれたものであるから、これらの薬剤の実用上の優劣は、消火効果のほか、流動性能、貯蔵時の固化の有無、経済性等

沸点 60°C 以下の石油に対しては、25%時間は非常に増大する。したがって単位時間のドレネジ量も極めて小になる。沸点 100°C 以上の石油に対しては、重炭酸ソーダと炭酸カルシウムの場合、石油の添加量によっては、全く石油を添加しない場合に比べて25%時間は減少する。重炭酸カリと第一燐酸アンモニウムの場合、25%時間は全く石油を添加しない場合より常に大きい。発生泡の膨脹率については **Table 1** に示すとおりである。

## 論

により決めるべきである。したがって空気泡と両立できる有効なドライケミカルを実現させるため、今後上述の問題点についてさらに突込んだ研究が必要である。

なおこの研究は、筆者が昨年滞独中、カールスルーエ工科大学内消防研究所で行ったものである。この研究実施にあたり、種々の助言と援助をいただいた所長マグヌス博士ならびにフリードリッヒ博士はじめ同研究所職員諸氏に心から感謝申し上げる。

## 引 用 文 献

- 1) H. B. Peterson, et al. : *Naval Research Laboratory Report No. 4986* (1957)

## Drainage of air foam in case of coexistence with a principal ingredient of dry chemical extinguishing agents and with a petroleum

by R. Nii

(Received December 17, 1962)

Air foam and dry chemical extinguishing agents are used at the same time in some recent cases of aircraft fires. We cannot use in these cases an ordinary type of dry chemical powder for B-fire (the classification of fire in Japan), because the dry chemical powder, which consists of  $\text{NaHCO}_3$  as a principal ingredient and a metal stearate as an additional, breaks up faster air foam.

Some new types of dry chemicals, which are compatible with air foam, have been lately brought to market in U.S.A. and West-Germany. However, it is not clear, how much air foam is influenced by such a chemical reagent as  $\text{NaHCO}_3$  or  $\text{KHCO}_3$  or  $\text{CaCO}_3$  or  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , which is available for dry chemical extinguisher on an extinguishing principle, when it is mixed up homogeneously with a chemical reagent as mentioned above.

An experiment about drainage of an air foam of protein base (Schaumgeist 36) was made by the author in case of additions of those chemical reagents as mentioned above and some petroleum. The results differed in boiling point. (S. Fig. 1 for the experimental apparatus.)

The author is led to some conclusions from the result of the experiment as follows, as far as it concerns with 25% drainage time of the air foam used: (S. Fig. 2, 3, 4, 5 for the details.)

1. In case of some addition of  $\text{NaHCO}_3$  or  $\text{CaCO}_3$  or  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , but no addition of petroleum to the air foam solution, No decrease of the 25% drainage time is found except the case, where the added amount of  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  is 2 g in weight. The addition 2 g in weight gives only a little decrease on the 25% drainage time. Some addition of those chemical reagents, therefore, does not give no desirable influence on the air foam.

The cause, that a useful dry chemical extinguishing agent only for B-fire is not compatible with air foam, is owing not to  $\text{NaHCO}_3$ , but to metal stearate.

2. In case of both additions,  $\text{NaHCO}_3$  or  $\text{KHCO}_3$  or  $\text{CaCO}_3$  or  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  and a petroleum to the air foam solution, the author can point out as follows:

(a) The 25% drainage time in the case of some addition of a petroleum, which is less than  $60^\circ\text{C}$  at boiling point, is much larger than that of no addition of petroleum.

(b) In the case of both additions of an another petroleum, which is from  $100$  to  $150^\circ\text{C}$  or  $150$  to  $180^\circ\text{C}$  at boiling point, and  $\text{NaHCO}_3$  or  $\text{CaCO}_3$ , the 25% drainage time shows some decreases, in the other case of both additions of the same petroleum and  $\text{KHCO}_3$  or  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , the 25% drainage time shows some increases, in comparison with that of no addition of petroleum.

The chemical reagents,  $\text{CaCO}_3$  and  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  have a hopeful possibility of application as dry chemical powders compatible with air foam. This experiment was carried out in 1961 and. Forschungsstelle für Brandschutztechnik an d. T. H. Karlsruhe, West-Germany. The author wishes to express sincere thanks for the kindful instructions and helps of the director of the Forschungsstelle, Dr. G. Magnus, Dr. M. Friedrich and his coworkers at this opportunity.

## Structure of the Diffusion Flame of Liquid and Solid Fuels

by. K. Akita

(Received January 22, 1963)

In general, the flame usually appeared in a fire can be regarded as a open diffusion flame stabilized on the surface of liquid or solid fuels. This flames are different from the jet diffusion flame which has been studied by many investigators in that the flow rate of fuel gases supplied to the flame is very small. In this report, the structure of such flames of laboratory scale was studied by means of flame photography, flame spectroscopy, particle track technique and temperature measurement.

### Preparation of flames

Liquid fuels such as methanol, ethanol, acetone, amyl acetate, gasoline and benzene were

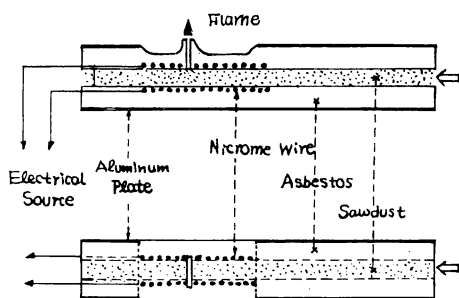


Fig. 1 A burner used for making the diffusion flame of wood and sawdust

burned in a cylindrical brass vessel of 23mm diameter or on the wick of a Hefner lamp. Wood and sawdust were pyrolyzed in an electrically heated porcelain tube shown in Fig. 1, and its products were kindled on a burner mouth having a rectangular cross section of 20mm×5mm. This burner was capable of adjusting the flame height by a change of the heating temperature. In the case of coal, the pure coal gas produced by a medium-sized generator was supplied to a circular burner of 12mm diameter, or a rectangular burner

of 30mm×4.5mm, with a low flow rate of 50c.c./min~300c.c./min and ignited by a pilot flame. These burner flames were considered to have the same structure as those on the surface of the solid fuels.

### Experimental methods and results

#### (1). Flame photographs through a ultra-violet filter.

In order to get a clear profile of blue part in the flame without a interference due to the intense radiation from a luminous part, the flames were photographed through a filter which allows only ultra-violet light ranging from 3000Å to 4000Å to pass, as was shown in Fig. 2. A set of results obtained by the flame on the surface of liquid fuels and on the burner of solid fuels, wood and coal gas, are given in Photo. 1.

From a careful observation of this photographs, it is easily found that the diffusion flame is composed of a outer blue sheath which is usually difficult to see and a yellowish luminous core surrounded with the blue part up to its tip, and that the blue radiation from the sheath is specially strong at the base of flame. Further the luminous core seems to be separated from the

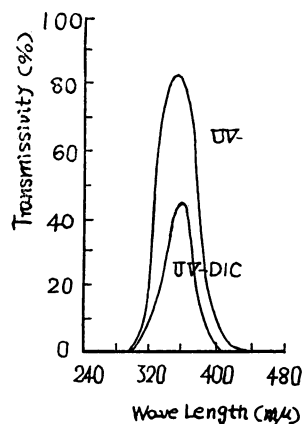


Fig. 2 Transmissivity of filters used in this experiment.

blue sheath by a narrow dark zone, and so the former can at least not be considered as a remains of the latter. This double structure is also shown in the direct photographs of flames coloured with sodium chloride (*Photo. 5*).

#### (2). Emission spectra of blue sheath

The spectra of the radiation from the blue sheath were observed by use of a quartz spectrograph and a panchromatic plate. The results for the flames of wood and coal gas are given in *Photo. 2*, with a spectrum of inner cone in a premixed flame of the same coal gas. According to the results, these spectrum composing of  $C_2^-$ ,  $CH^-$ ,  $OH^-$ , and  $HCO^-$  bands are so similar that it is difficult to discriminate between one another. It is understood, thus, that the blue sheath of these diffusion flames corresponds to the inner cone (reaction zone) of pre-mixed flame.

#### (3). Flame photographs based on scattered light

For the purpose of clarifying the structure of yellowish core where fine carbon particles emit visible and infrared radiations thermally, the flame of liquid or solid fuels was illuminated by a thin vertical beam (1mm width) of ultra-violet light from a high pressure mercury lamp, and then the light scattered by the carbon particles was observed photographically at the direction of right angle to the beam. Arrangement of experimental apparatus

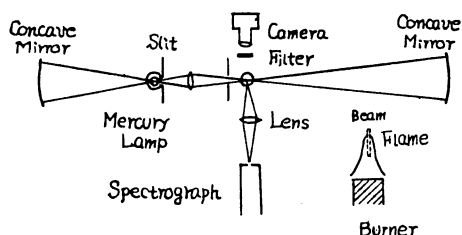


Fig. 3 An optical arrangement for the flame photograph based on scattered light.

and typical results of diffusion flame of coal gas added a quantity of benzene vapour for increasing its scattering intensity, are shown in *Fig. 3* and *Photo. 3* respectively. A spectrum of scattered mercury light obtained by a small spectrograph with a broad slit is also given in *Photo. 4*.

By this procedure, it is found that the luminous core of the flame is a hollow, and carbon particles exist only in the outside region close to the blue sheath. In particular, this tendency is remarkable in a sooty flame.

#### (4). Flow lines by particle track method

The flow lines in and around a short flame of coal gas were studied by the particle track method using the fine powder of magnesium oxide. A few photographs of the flame with particle tracks are given in *Photo. 5* with the one obtained by the pre-mixed flame of the same fuel. These photographs show that all the stream lines in the diffusion flame are directed to the flame tip without turning out at the surface of flame, and that a part of the surrounding air flow enters surely into the flame at the rim of burner.

#### (5). Temperature profiles in the flame.

The temperature profiles in the diffusion flames of liquid and solid fuels were measured by means of two optical methods; one is sodium line reversal method for the blue transparent



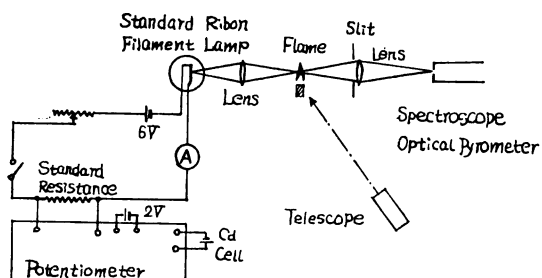


Fig. 4 Experimental arrangement used for determining the temperature of diffusion flame.

part, and the other is Kurlbaum method for the luminous part. The fuels used here are ethyl alcohol, amyl acetate, gasoline, wood and coal gas. The experimental arrangement is shown in Fig. 4. A corrected tungsten lamp with ribbon filament was used as light source, and a beam from the source was passed through a flame at the situation decided previously by a telescope. Three examples of the temperature profiles and a list of maximum temperature

of the flames are given in Photo. 6 and Table 1 respectively.

Table 1 Maximum temperature of diffusion flames

Fuels	Wood	Ethyl alcohol	Amyl acetate	Gasoline	Coal gas (80cc/min)*	Coal gas (220cc/min)*
Maximum flame temperature(°C)	1540	1570	1560**	1420	1620	1670

These results indicate that the temperatures of the blue sheath, particularly at its base and tip, are higher than that of the inside of flame, and that the temperature profile and maximum temperature of the flames are not much different from each other, regardless of the flow rate and the kinds of fuel.

### Consideration of results

In a usual diffusion flame such as that of a fuel jet, it has been believed that air diffuses in through all the surface of the flame.<sup>3)4)5)</sup> In this case of liquid or solid fuels, however, the air is led into the flame mostly at the rim of the fuel vessel. No evidence was shown by these experiments that the air diffused in through the side boundary. The fuel gas and the surrounding air seems to mix and begin to react mainly at this part, and next these gases ascend, forming a zone named blue sheath, along the outside of the flame. On the other hand, the rest of fuel gas ascends forward the tip of the flame without receiving any changes except that a part of the fuel gas closed to the sheath decomposes thermally and creates carbon particles. Then this flow of unburned fuel gas containing carbon particles, was distinguished from the outer reaction zone, and was called the luminous core for reason of emitting a yellowish radiation based on carbon particles.

Thus it becomes clear that the diffusion flame of liquid or solid fuels is made up of two zones which are entirely different in itself. The further considerations on each parts of the flame—the blue sheath and the luminous core—would also be useful to make clear the flame structure.

#### The sheath as a mixing and reaction zone

Using the concept of double structure, it is quite natural for the sheath regarded as a reaction zone, to emit the  $C_2$ , CH (3900Å band system), CH (4300Å band system), OH and

\* Value given in the parenthesis shows flow rate

\*\* Considering the difference of measuring method<sup>1)</sup>, it seems to be unimportant that this value was higher about 140°C than the one obtained by Hottel and Broughton<sup>2)</sup>.

HCO band radiations, which are usually appeared in the inner cone of hydrocarbon flames, and to have a maximum intensity at its base. A fact that temperature of the blue sheath and the tip of core is much higher than the other part, can also be interpreted by the same idea added the secondary burning of combustible products such as carbon monoxide and solid carbons. Moreover, through the result that the maximum temperature of coal gas flames shown in *Photo. 6* is greatly lower than the maximum value of 1945°C obtained from a pre-mixed flame of the same fuel, we can guess that the composition of fuel-air mixture in diffusion flame, even at the base of blue flame, would be much different from the stoichiometric ratio.

#### *The luminous core as a pyrolysis zone*

In a diffusion flame of small flow rate, carbon particles produced at the near surface of inner core are burned cut in a closed tip of the flame. Then no solid carbon appears in such a flames. But if the flow rate becomes larger than a critical value which seems to be determined by the fuel type and the burner condition, carbon particles begin to escape from the top of flame owing to an open structure of its flame tip. These carbon particles are successively grown up into soot as a result of coagulation, and visualized.

It is also of interest that a yellowish inner core decreases its luminosity with the decrease of the rate of fuel gas flow and at last it shows a peculiar appearance as hanging faintly in a center of the blue flame. As is stated above, since the temperature of flame is hardly changed by the flow rate of fuel gas, this result shows the luminous core scarcely plays a special role in keeping a stable flame.

#### **Summary and application to fire extinguishment**

According to the results obtained here, the behavior of the diffusion flame of liquid and solid fuels may be successfully explained by a concept of double structure made of an outer sheath in which a mixture of fuel gas and surrounding air reacts and an inner core in which the unburnt fuel flows being pyrolyzed partially at its outside part. Although the core emits a luminous radiation based on heated carbon particles, it is not so much important for the stabilization of flame as the sheath which controls the burning rate. In these flames, moreover, the diffusion process of fuel gas and/or air is not always essential as compared with the aerodynamical mixing process at the rim of fuel vessel or burner.

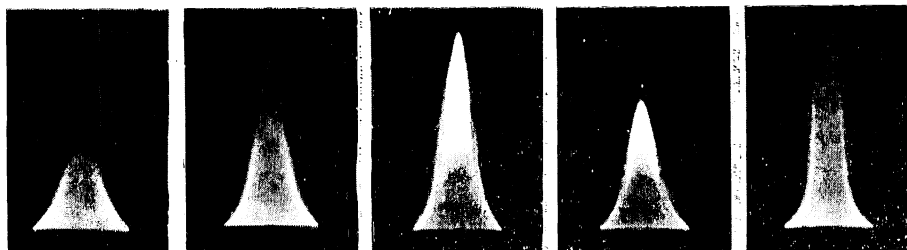
Thus, for the purpose of taking off the flame, it is most important to break down the fundamental functions of blue sheath, and hence one may arrive at a conclusion that fire extinguishing agent should be applied effectively to this special part of flames.

#### **References**

- 1) J. A. Sanderson, J. A. Curcio & D. V. Estes : *Phys Rev.* **74** 1221 (1948)
- 2) H. C. Hottel & F. P. Broughton : *Ind. Eng. Chem. (Anal. Ed.)* **4** 166 (1932)
- 3) S. P. Burke & T. E. Schuman : *Ind. Eng. Chem.* **20** 998 (1928)
- 4) K. Wohl, C. Gazley and N. Kapp : *Third Symposium on Combustion, Flame and Explosion Phenomena*, p. 288 (1949)
- 5) H. N. Powell : *Fifth Symposium on Combustion*, p. 290 (1955) et al

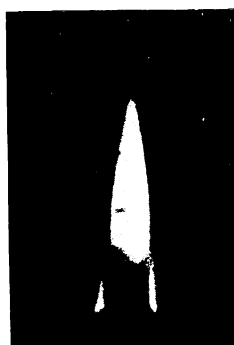
#### **An addition**

This report is a collective English abstract of papers published in *Bulletin of the Fire Protection Society of Japan* **10** 6 (1961) (in Japanese) and *Research of Combustion* **2**. 3 (1960) (in Japanese).

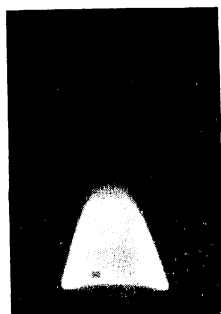


*methyl alcohol    ethyl alcohol    acetone    amyl acetate    benzene*

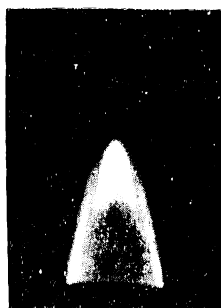
*a) Diffusion flames of liquid fuels*



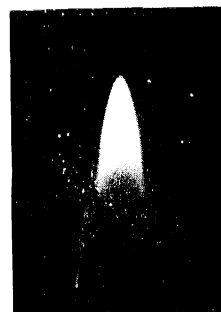
*b) Diffusion flame of wood*



*flame height : 9 mm*



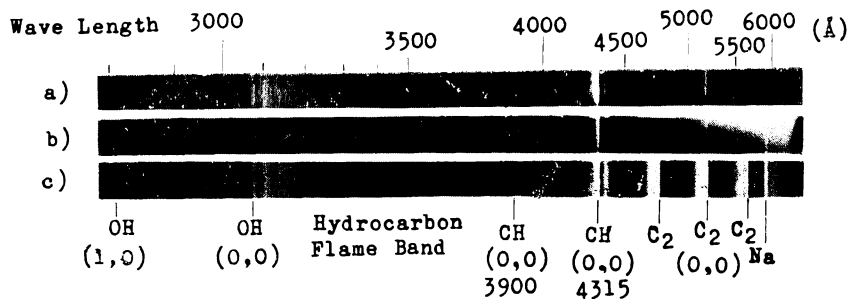
*flame height : 18 mm*



*flame height : 32 mm*

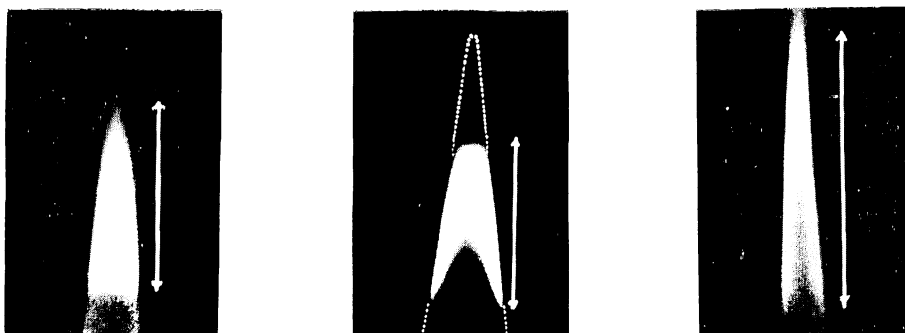
*c) Diffusion flames of coal gas*

**Photo. 1** *Flame photographs through a ultra-violet filter*

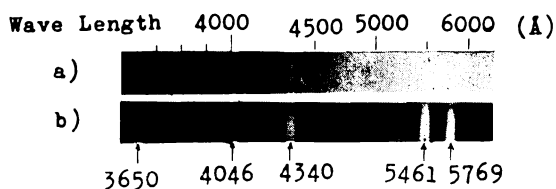


**Photo. 2** Emission spectra of diffusion flames

- a) Blue base of coal gas diffusion flame ; Exposure 10 hrs
- b) Blue base of wood diffusion flame ; Exposure 13 hrs
- c) Inner cone of coal gas pre-mixed flame ; Exposure 6 hrs



**Photo. 3** Flame photographs based on the light scattered by carbon particles. Left shows a upper part of unsooty diffusion flame of coal gas added a small amount of benzene vapour; middle a lower part of the same flame; right a sooty diffusion flame of coal gas. Also arrows show a range passing the primary light.



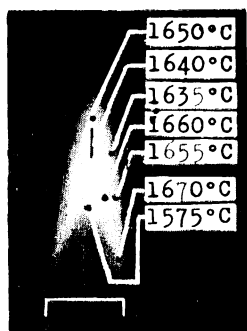
**Photo. 4** A spectrum of scattered mercury light

- a) Scattered light
- b) Primary mercury light



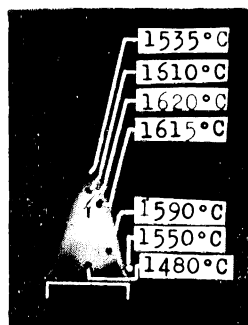
**Photo. 5** Photographs of diffusion flame with particle tracks.

Left and middle denotes a view of particle tracks in and around the diffusion flame of coal gas; right a view in the pre-mixed flame of the same fuel.

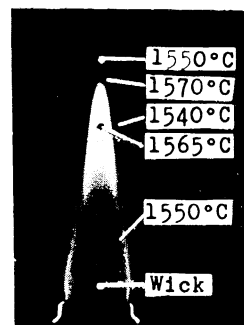


flow rate ; 210 cc/min

a) Coal gas flame



flow rate ; 80 c.c/min



b) Alcohol flame on wick

**Photo. 6** Temperature profiles in diffusion flame.

Values obtained by sodium line reversal method and Kurlbaum method are overlaped on the photographs of diffusion flame colored with sodium chloride.

# 新型排煙機に関する研究 (第1報)

## 新型排煙機の性能

中久喜 厚・守屋 忠雄・春名 午夫  
難波 信夫・樋口 忠・中村 昭

(昭和38年3月1日受理)

### 1 ま え が き

地下室等密閉された室内の火災においては、発生する煙、ガス、熱が室内に充満し、消火活動を妨害する。したがって、これらの煙等を屋外に排出してやる必要がある。排煙の方法には、建物の一部を破壊して行なわせる方法と機械的にやらせる方法がある<sup>1)</sup>。

機械的に排煙させる場合に、いわゆる排煙機が使用される。従来排煙機は自動車(排煙車)に搭載され、自動車走行用エンジンによって駆動される大型の

ファンである。排煙する場合には、ファン吸込口に排煙管を結合し、排煙管の先端を排煙しようとする室内に持ち込む。この排煙方法では排煙管内が負圧となるため、管がくびれたり、細くなったりして、摩擦損失が余りにも大きくなる欠点がある。

そこで、われわれは同じファン型式でも、新しい排煙方式の排煙機を試作完成し、ファンの性能を試験したので、その結果を報告する。

### 2 新型排煙機の排煙型式

われわれは一人でも楽に持ち運べるような軽量小型のファンを室内に持ち込み、これを高回転速度で回し、ファン吐出口に排煙管を結合して、煙を室外に導いてやる排煙方式を考えた。この方式だと、排煙管内は正圧となり、前節の述べたような欠点はなくなる。

ファンの動力源としては電気モータが考えられるが、それには電源の用意、モータまでの送電、モータ自身の重さ、ファンを高回転にするには増速装置が必要等実用上困難な問題がある。

そこで、われわれはファンの動力源をエアタービンとすることにした。これだと、小型軽量、高回転速度で回すことができる。エアタービンはブロワから消防用ホースのような可撓性の送気管を通して送られる圧縮空気で回せばよい。このような排煙方式にすると、送気管、排煙管のどの部分にも内圧が加わるようになるため摩擦損失は小さくなる。また、送気管には消防用ゴムホースを互換的に使用することができる等の利点もでてくる。

### 3 新型排煙機の構造と諸元

新型排煙機を実際に使用する場合には **Fig. 1** に示すような装置が必要である。われわれはこのような装置を作り排煙機ファンの性能を試験した。図中①は架台で手びき消防ポンプの架台を、②はエンジンでいすゞ DG32型というガソリン・エンジンを使用した。ブロワ③には適当なものなかったので実験用としてバドワース・ガスタービンの圧縮機部を使用した。送気管④には耐熱性麻ホースが使用され、直径 89mm、長さ 20m である。⑤は新型排煙機で、その吐出口に結合された排煙管⑥はネオプレン塗装の綿布にらせん状ワイヤが縫い付けてあり、直径は 300mm、1 本の長

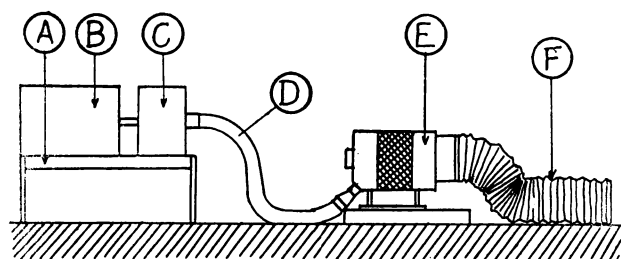
さは 5 m である。

新型排煙機の外観は **Photo. 1** に、その断面図を **Photo. 2** に示す。送気管から送られた圧縮空気は、**Photo. 2** 中のノズル②を通して、エアタービン①を回し、排気孔③から機外に吐き出される。

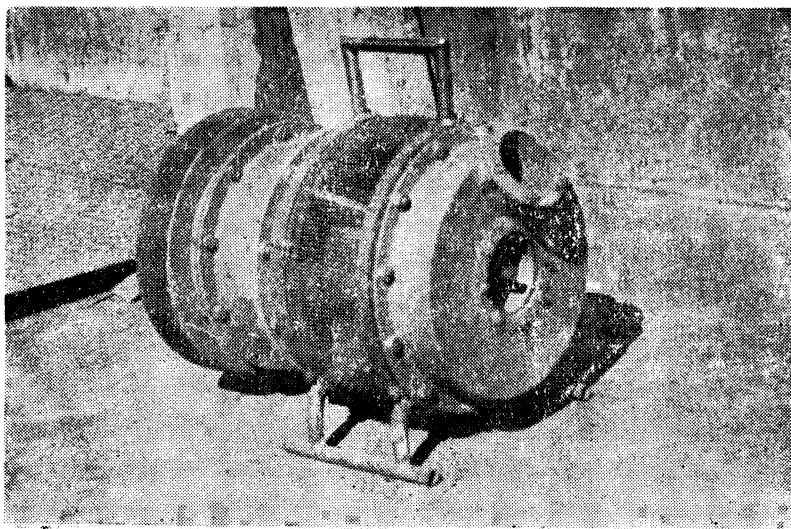
エアタービンと直結のファン④は、回転に伴ない、室内の煙を含んだ空気を吸気孔⑤より案内羽根を通して吸い込み、軸方向に吐き出す。

実験用ブロワ、送気管、排煙管等の外観を **Photo. 3, 4, 5** に示す。

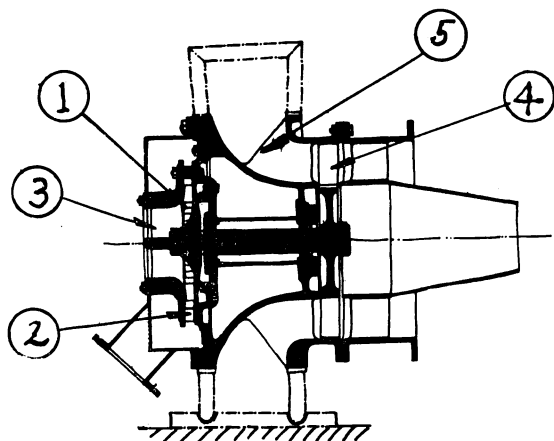
排煙機関係の主要諸元は **Table 1** に示すとおりである。



**Fig. 1** 実験用排煙装置  
(Smoke-drawing unit for experimental use)

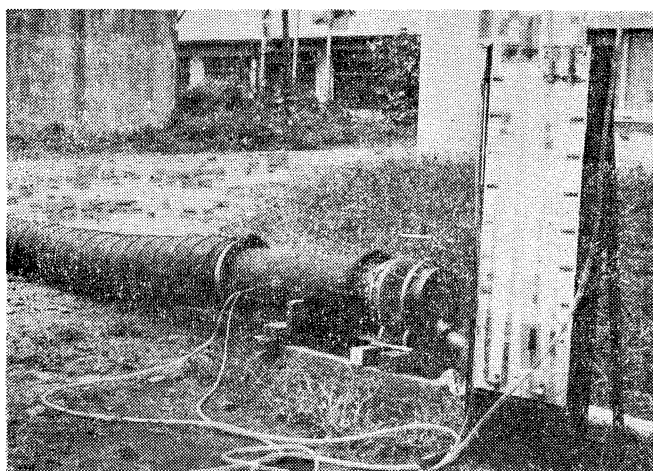


**Photo. 1** 排煙機外觀  
(External appearance of the exhaust fan)

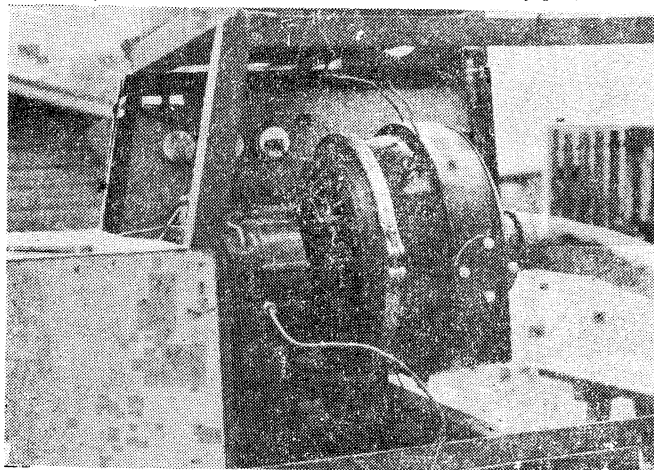


**Photo. 2** 排煙機断面図  
(Sectional view of the exhaust fan)

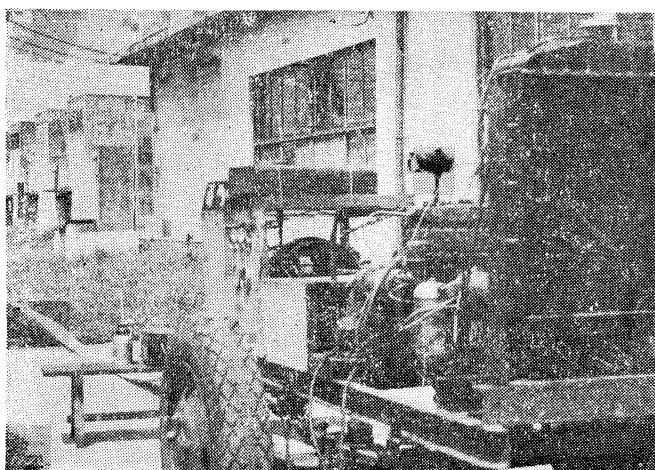
- ①エアタービン (Air-turbine)    ②ノズル Nozzle    ③排気孔 Exhaust port    ④ファン Fan    ⑤吸入孔 Air inlet



**Photo. 3** 排煙機, ダクト, 排煙管  
(Exhaust fan, steel duct and flexible air-pipes)



**Photo. 4** 実験用ブロワ, 送気管  
(Blower and air hose used for the experiment)



**Photo. 5** 車の上にまとめられたエンジンとブロワ  
(Engine and blower arranged on the frame of a car)



**Table 1** 排煙機関係主要諸元  
(Characteristics of the new type exhaust fan and its attachment.)

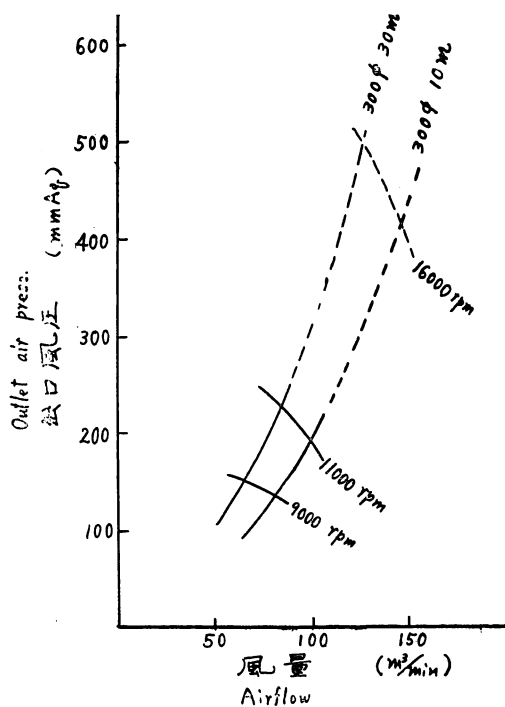
排煙機 Exhaust fan	ファン Fan	風量 Airflow 風圧 Outlet air press. 入力 Input	150 m <sup>3</sup> /min 420 mmAq 12.5 kW
	タービン Turbine	空気流量 Intake airflow 入口全圧 Inlet air press. 入口温度 Inlet air temperature	0.45 kg/sec 1.9 kg/cm <sup>2</sup> abs 70 °C
	回転数 Speed		16000 rpm
	総重量 Total weight		16 kg
ブロワ Blower	空気流量 Airflow		0.45 kg/sec
	出口圧 Outlet air press.		2.0 kg/cm <sup>2</sup> abs
	回転数 Speed		37500 rpm
エンジン Engine	出力 Power		70 HP/2500rpm

### 3 実験の概要ならびに結果

ブロワの構造上とさらにエンジンの出力不足のため、ブロワの回転速度を十分にあげることができなかった。ブロワの 31500rpm 位までの速度範囲で、新型排煙機ファンの性能を試験した。

排煙機ファンの吐出口に **Photo.3** にあるような直径 247mm、長さ 700mm の鋼製ダクトを取り付け、その先端に排煙管を結合し、排煙管の長さを変化させて試験した。ファン吐出口の全圧はダクト中間にピトー管をそう入して、また風量は排煙管の先端でオリフィスにより測定した。

試験の結果を **Fig.2** に示す。図中実線は実験値で、破線は推定値である。



**Fig. 2** 排煙機と排煙管の性能  
(Performance curve of the new type exhaust fan and the flexible air-pipes.  
real line : experimental value  
broken line : expected value)

#### 4 実験結果の考察

ブロワの回転速度を予定の 37500rpm まであげられなかったため、新型排煙機の設計点における性能を確かめることはできなかったが、**Fig. 2** の結果をみると、ほぼ満足できる性能を示すことが予想される。

本排煙機は設計点で  $150 \text{ m}^3/\text{min}$  の風量であるから、2 台 1 組にして使用すると  $300 \text{ m}^3/\text{min}$  となり現場の要求に応えられると思う。この点については第 2 報でふれる予定である。

#### 5 あ と が き

新型排煙機 2 台を 1 組にして使用するときの空気源として、既に富士重工 K.K. で 1 段のターボ・ブロワが試作完成されている。参考のためにこのブロワの外観を **Photo. 6** に、主要諸元を **Table 2** に示す。

新型排煙機の構想は火災学会第 7 部会でまとめられたものである。排煙機は富士重工 K.K. で実験用排煙装置は消防研究所でそれぞれ試作を担当し、さる昭和 36 年 7 月に完成した。

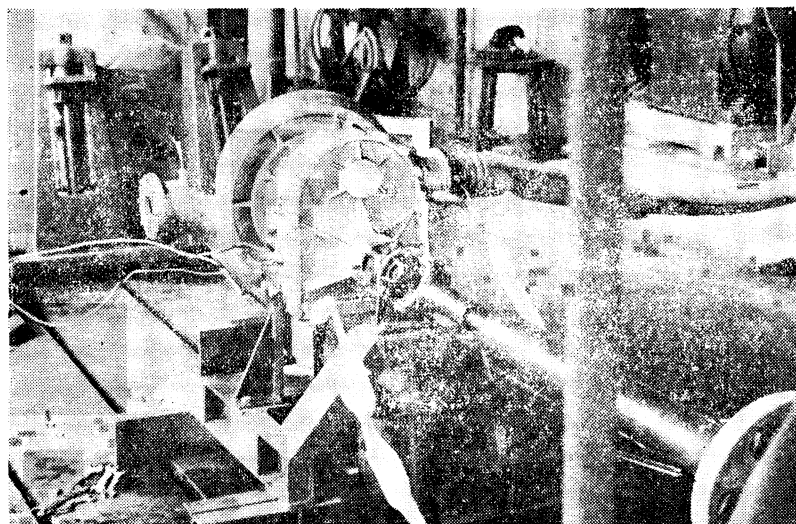
最後に、新型排煙機の試作に関係され協力された火災学会第 7 部会の各委員、富士重工 K.K. および消防研究所の方々に対し心から謝意を申し上げる。

#### 引 用 文 献

- 1) W. E. Clark ; Fire Engineering, 113, 302  
(1960)

**Table 2** 排煙機用ブロワ主要諸元  
(Turbo-blower characteristics)

駆 動 軸 回 転 数 Speed of the driving shaft	2600 rpm
主 軸 回 転 数 Blower speed	29000 rpm
風                      圧 Air press.	$2.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs}$
風                      量 Airflow	$0.7 \text{ kg/sec}$
入                      力 Input	100 HP



**Photo. 6** 排煙機用ターボ・ブロワ  
(Turbo-blower for the exhaust fan)

## Studies on a New Type Exhaust Fan (I)

### Performance Test

By A. Nakakuki, T. Moriya, U. Haruna  
N. Nanba, C. Higuchi, A. Nakamura

(Received March 1, 1963)

We made a new type exhaust fan which can remove smoke and gas from a structure at fire effectively. It is a fan rotating together with the air-turbine which is driven by compressed air sent from a blower through air-hoses.

The blower and its prime mover is set in outdoors and the fan is brought into the room. Smoke in the room is drawn through flexible air-pipes as in **Photo. 3** connected to the fan outlet. This fan has such merits as described below in comparison with old type fans.

- (1) portable weight (16 kg) and size ( $290\phi \times 485$ )
- (2) large airflow ( $150 \text{ m}^3/\text{min}$ )
- (3) small pressure loss throughout air-pipes

Using smoke-drawing unit as shown in **Fig. 1**, the performance of the exhaust fan was tested. Results are shown in **Fig. 2**.

# 新型排煙機に関する研究 (第2報)

## 新型排煙機による排煙実験

守屋 忠雄・中久 喜厚・難波 信夫

(昭和38年3月1日受理)

### 1 ま え が き

従来排煙機による火災現場および二三の排煙実験における経験によれば、排煙そのものにも相当に面倒な問題があることがわかっている。それは排煙を実施したときの室内の空気の流れが室の構造特に空気の流出入口の位置によって変化し、流入口と排煙口との相互の配置関係によっては、排煙があまり奏効しないようなこともあることである。

そこで著者らはこの新型排煙機を使って排煙実験を、排煙口の高さや排煙する室の空気流入口の大きさを二三変化させて行ない、煙の濃度の時間的な変化

を実測し、この結果を簡単な排煙理論と比較することにより、各実験における排煙効率の良否を調べ、あわせて排煙室内の煙の分布状態、室内大気の流動状態、最も効率のよい排煙口の位置等について推定を試みた。

第1報で述べたとおり、ブロワの風圧・風量が不足のため、新型排煙機を仕様点で動作させることができなかったが、もし新型排煙機を仕様点で動作させたとした場合に、排煙性能がどのようなことになるかについても言及した。

### 2 実 験 の 概 要

排煙機を実験室内において、発煙筒をもやし排煙実験を行なった。実験室の構造、煙濃度の測定装置の配置と構造および実験の条件をつぎに述べる。

#### 2-1 実験室の構造

実験室はコンクリート造で、その開口などの状況はFig. 1に示されるとおり、南側に扉①の筋違い扉があり、それと真向いの北側に開き扉②がある。その他はほぼ密閉状態にあるが、室の気密の状態は不満足である。扉②の上下に隙間があり空気の流出入は自由である。扉③の近傍の壁にも穴(約280 cm<sup>2</sup>)があり、天井には穴(約1040 cm<sup>2</sup>)が二つあり、これに板を押し付け、空気の流れを防いだが、実質的には420 cm<sup>2</sup>位の開口が残っている。

#### 2-2 煙濃度の測定装置の配置と構造

排煙に伴う煙濃度の時々刻々の変化をしらべるために煙濃度測定装置を使用した。その位置はFig. 1に示され、一つは室の中央の天井から1 mの高さに、もう一つは壁際で煙が吐き出されないうで残ると予想される位置の床土1 mにおかれた。排煙機の位置は種々変えて実験しなければならなかったと思うが、大体室の中央に固定し、高さを変化させて実験してみると

どめた。結果的にはこれで十分だったようである。

煙濃度測定装置としては、従来から筆者らの一人が採用している可視光線透過率測定装置を用いた<sup>(1)</sup>。すなわちFig. 2のように、一定光量の光を煙の空間を透して光電池で受光する。光電流は大体光電池の受光量に比例するから、光電流をよめば相対的に透過光量を知ることができる。いま煙のないときの受光量を $I_0$ 、煙のあるときのそれを $I$ とすると、透過率は $I/I_0$ である。煙のないときの透過率は1、煙が濃くなるほど透過率は減少する。この関係は次式で与えられる<sup>(2)(3)</sup>。

$$I/I_0 = \exp(-Sl) \dots \dots \dots (1)$$

ここに $S$ は煙濃度、 $l$ は光が通過する煙の厚さである。上式より

$$S = \frac{1}{l} (\log I_0 - \log I) \dots \dots \dots (2)$$

で $l$ を一定にすれば、同種の煙については、その濃度を比較することができる。

#### 2-3 実験の条件

実験室の中央に近く発煙筒をもやし、室密閉の状態、煙が室内に拡散するのを待った。煙は初め天井の方に一面に拡がるが、後次第に下降し室内の煙は濃度

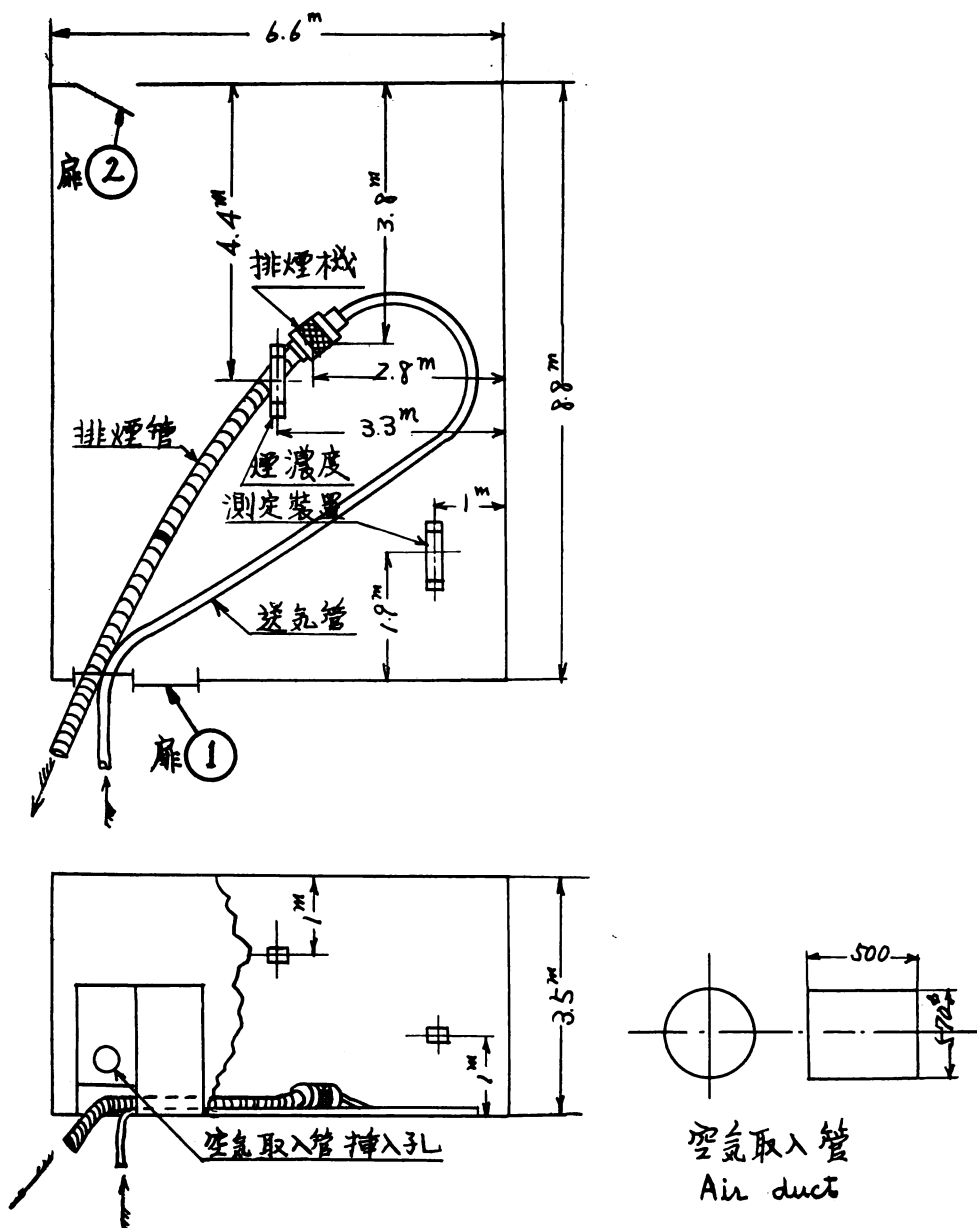


Fig. 1 実験室の構造 (Schematic view of the room where tests were performed)

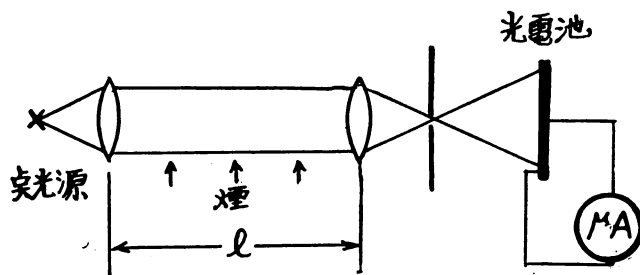


Fig. 2 煙濃度測定装置原理図 (Showing method of measuring smoke density.)

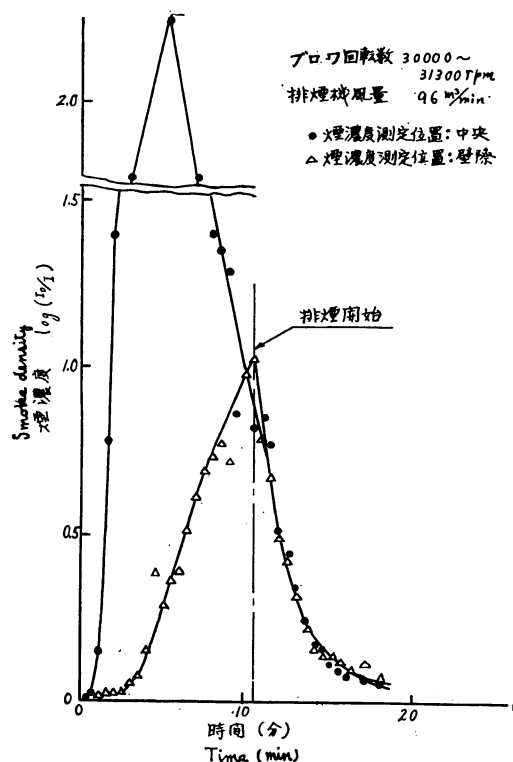


Fig. 3 排煙実験 (Exp. No. I-1)  
(煙濃度—時間関係)

(Smoke-drawing test—relation between smoke-density and time when all the openings of the room are closed.)

一様に近づく。その模様を Fig. 3 に示す。時間軸の原点は着火発煙開始にとる。室内の中央位置では煙濃度は急激に増大し、壁際では中央位置より大分遅れて増大するがいずれも発煙開始後10分～15分ではほぼ等しくなることがわかった。この結果から排煙機による排煙開始は発煙筒をもやし始めてから10分後に行なうことにした。

エンジンを始動し、所定の回転数に達し、定常排煙を始めるまでには約10～20秒を要する。排煙実験はエンジン所定回転数約 2000 rpm, したがってブロウ回転数約 30000rpm において行なった。

実験条件は次のとおりである。

室の密閉状態に応じて次の3とおりとした。

I 室を密閉

II Fig. 1 にあるような空気取入管を扉に挿入して他は密閉

III 扉①の片方1枚をはずして他は密閉

ただし、室の密閉状態は前記2—1に述べたとおりである。排煙機は Fig. 1 に示した平面位置で、床上、床上1 m、床上1.7 m の3とおりに変え、上記室条件と組合せにおいて実験を行なった。その組合せは Table 1 を参照されたい。

IV さらに次のような条件で排煙機を使わないで自然に排煙させた場合

1. 扉①の一枚をはずしたとき
2. 扉①の一枚と扉②を開放したとき

の排煙の状況をもしらべた。

Table 1 排煙実験結果 (Result of smoke-drawing tests)

Exp. No.		I-1	I-2	II-1	II-2	III-1	III-2
実験室の気密性 Air-tightness of the room		密 閉 Closed		空気取入管取付 Air duct set		片扉①開放 One door① open	
排煙機の床上よりの高さ Height of the exhaust fan from the floor(m)		0	1	0	1.7	0	1.7
エンジン回転速度 Engine speed (rpm)		2000 ~2090	2060	2015	2024	2010	2000
ブ ロ ヱ Blower	出口空気温度 Outlet air temperature (°C)			107 ~115	90~ 123.5	108 ~137	112 ~133
	出口空気圧力 Outlet air press. (kg/cm <sup>2</sup> )	0.60 ~0.75	0.75	0.71 ~0.72			
排 煙 機 風 量 Q Flow rate of the exhaust fan (m <sup>3</sup> /min)		96	92	95	86	99	88
K' (1/min)	中 央 At the centre	0.47	0.48	0.38	0.36	0.40	0.30
	壁 際 At the side of the wall	0.47	0.48	0.45	0.39	0.43	0.45
K' より求められる Q' Q' calculated from K' (m <sup>3</sup> /min)	中 央 At the centre	94	96	77	72	80	60
	壁 際 At the side of the wall	94	96	90	79	86	90
$\eta = Q'/Q$	中 央 At the centre	0.98	1.04	0.81	0.84	0.81	0.68
	壁 際 At the side of the wall	0.98	1.04	0.95	0.92	0.87	1.02

### 3 均一混合状態を保つときの排煙理論<sup>(4)</sup>

かつて筆者らの一人が行なった均一混合排煙現象の理論によれば、煙濃度が瞬間々々で室内いたところ一様である場合には

$$(-\Delta S/\Delta t)/S = -(\Delta V/\Delta t)/V = Q/V = K \cdots (3)$$

なる関係が成り立つ。ここで

$S$  : 時刻  $t$  における煙量

$Q$  : 排煙機風量

$V$  : 室容積

$\Delta S, \Delta V$  :  $\Delta t$  間にでて行く煙量および空気量

$K$  : 排煙定数

(3) 式より

$$g = S_0 \exp(-Kt) \cdots (4)$$

ゆえに(2)式により煙濃度の時々刻々の変化を測定しておけば、 $\log S$ は時刻  $t$  と直線関係にあることが(4)式により知られ、その直線の傾斜から  $K$  が

求められる。更に(4)式より室容積  $V$  が既知であるから、排煙機の風量  $Q$  も求まる。又逆に排煙機の風量が既知であれば

$$K = Q/V \cdots (5)$$

から  $K$  が求められるから煙濃度の時間的变化は(3)式より予想されるわけである。ただ以上の理論が適用されるのは瞬間々々で室内の煙濃度がいたところ一様である場合である。このような理想的な場合は果して実現可能かという問題もでてくるが、それは室内のいずれか一点の平均的な煙濃度変化の測定値を上述の理論式(4)にあてはめて  $K'$ ——煙濃度測定値より求めた  $K$  を以後  $K'$  とする——と(5)式より求めた  $K$  とを比較してみれば一応わかることで、理想状態に近ければ  $K$  と  $K'$  は一致するか、少なくとも近似するはずである。

### 4 実験結果

排煙機による排煙を開始してから室内の煙濃度の変化する状態を Fig. 3 に示す。煙濃度測定装置は室の中央と壁際の二箇所に設置したが、その二箇所での煙濃度の変化を一括して示す。これは Exp. No. I-1 の場合すなわち室密閉で排煙機を直接床上においた場合である。

これを煙濃度の対数と時間のグラフに書き直すと、Fig. 4 のように一本の直線になる。室の中央位置でも壁際でも煙濃度がいつも等しくなっていることは前節の理論がおおよそ適用できることを示し、したがってこの直線の傾斜から  $K$  の値を求めれば排煙機風量を算出できるわけである。 $V=200\text{m}^3$  であるから、 $K=0.471/\text{分}$  であれば

$$Q = 94 \text{ m}^3/\text{min}$$

となる。これは別にオリフィスにより求めた排煙機風量  $96 \text{ m}^3/\text{min}$  と大体一致する値であり、前節の理論の適用性と信頼性が確認される。

次に Exp. No. II-1 すなわち空気取入管を扉①にあげられた孔に挿入し他を密閉にした場合の結果を Fig. 5 に示す。この場合は室の中央位置と壁際での煙濃度が等しくならない。壁際の方が急激に煙濃度が小となっている。これは室内の下層の空気が上層よりも多く排煙機の方に吸い込まれるような空気の流れを生じているためと考えられる。瞬間々々で室内いたところ煙濃度が一様になっていないので、前節の理論が適用できないわけであるが、煙濃度の対数と時間と

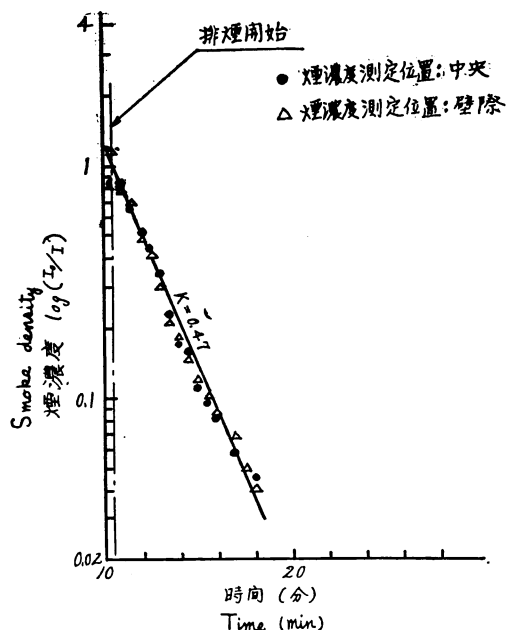


Fig. 4 排煙実験 (Exp. No. I-1)  
( $\log S-t$  関係)

(Relation between logarithmic value of smoke density and time when all the openings of the room are closed.)

の関係はよく直線関係を満足しているので、この直線の傾斜からみかけの排煙定数  $K'$  を求めておく。この  $K'$  の値は室全体の煙濃度が中央位置の煙濃度あるい

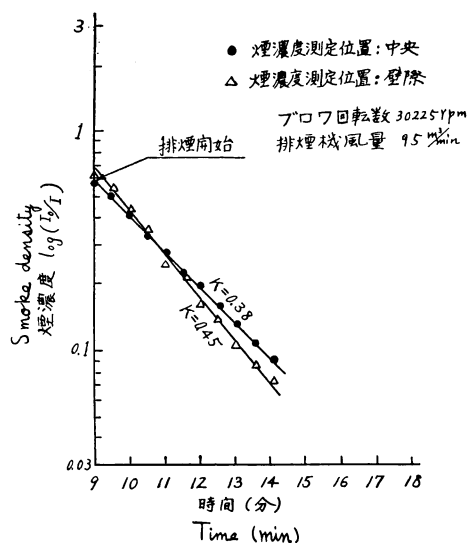


Fig. 5 排煙実験 (Exp.No. II-1)  
(log  $S-t$  関係)

(Relation between logarithmic value of smoke density and time when the air-duct shown in Fig.1 is set at the opening of the door ①)

は壁際での煙濃度にそれぞれの場合で等しくなったと仮定したときの値を示し、排煙の状態を知る一つの目安となると考えられる。 $K'$  の値は中央位置で0.38,

壁際で0.45, したがって(5)式より  $Q' = 76 \text{ m}^3/\text{min}$  (中央位置)  $Q' = 90 \text{ m}^3/\text{min}$  (壁際) ということになる。これらの  $Q'$  の値は排煙機風量ではなく、煙濃度の変化から計算して、室密閉の状態と比較するための排煙の程度を表わす値である。室内でこの  $Q'$  の値がさらに大きいところもあるかもしれない。例えば排煙口の近辺の小部分ではそうであろう。実際の排煙機の風量は前の実験同様オリフィスによる測定によると  $Q = 95 \text{ m}^3/\text{min}$  であり、前の実験と違い煙濃度理論よりの  $Q'$  は実際の風量よりいずれも小さくでる。

吸引方式の排煙の効率を

$$\eta = Q' / Q = K' / K$$

で表わし、これらの値を計算して Table 1 の最下欄に示しておいた。

排煙機を使わずに自然換気により排煙させた場合の結果を Fig.6 に示す。この場合、南より風速  $2 \text{ m/sec}$  の風が吹いていた。時刻20分から40分までの20分間は扉①の一枚だけをはずして他を密閉にした状態で放置した場合を、さらにその後の時刻では扉①の一枚と扉②を開放にした場合を示す。それぞれの場合の排煙定数  $K'$  および  $K'$  より求めた換気量  $Q'$  を Table 2 に示す。

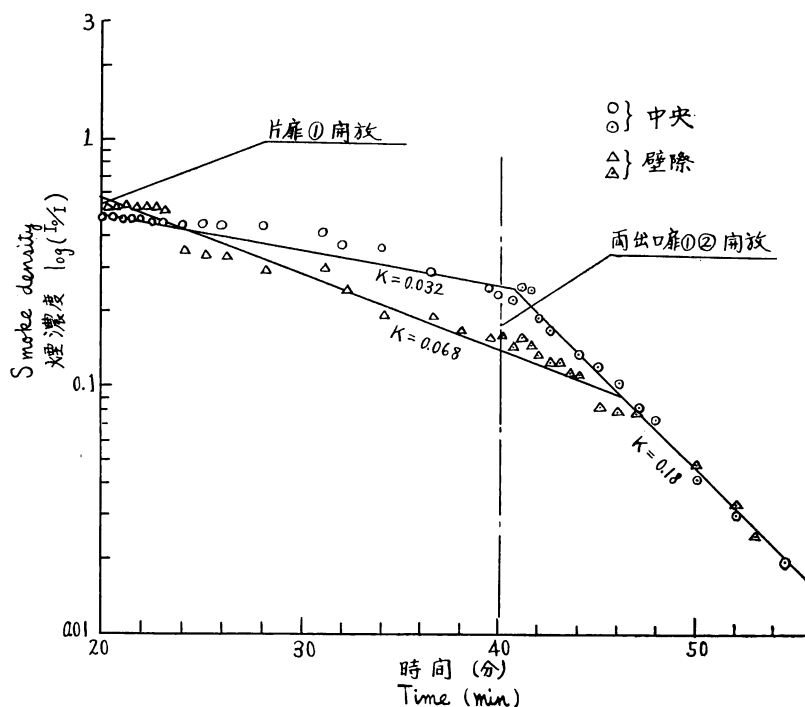


Fig. 6 自然換気 (Exp.No.IV) (Natural ventilation.)



Table 2 自然換気実験結果 (Experimental result of natural ventilation)

Exp. No.		IV	
		片 扉 ① 開 放 One door ① open	両出口扉①②開放 Two doors ①, ② open
$K'$ (1/min)	中 央 At the centre	0.032	0.18
	壁 際 At the side of the wall	0.068	0.18
$K'$ より求められる $Q'$ $Q'$ calculated from $K'$ ( $m^3/min$ )	中 央 At the centre	6.4	37
	壁 際 At the side of the wall	14	37

## 5 新型排煙機の排煙性能

今回の実験では、排煙機を仕様点で動作させることはできなかったが、もし仕様点で動作させて、今回使用した実験室の排煙を行なわせた場合の排煙性能について考える。仕様点において排煙機の風量は  $150 m^3/min$  であり、室容積は  $200 m^3$  であるから (5) 式より

$$K = 150/200 = 0.75 \quad (1/\text{分})$$

濃度一様を保ちながら排煙が行なわれれば、(4) 式が適用できるから

$$S = S_0 \exp(-0.75 t)$$

ここで、 $\log(S/S_0)$  と 排煙開始後の時間  $t$  との関係を図示すると Fig. 7 のようになる。

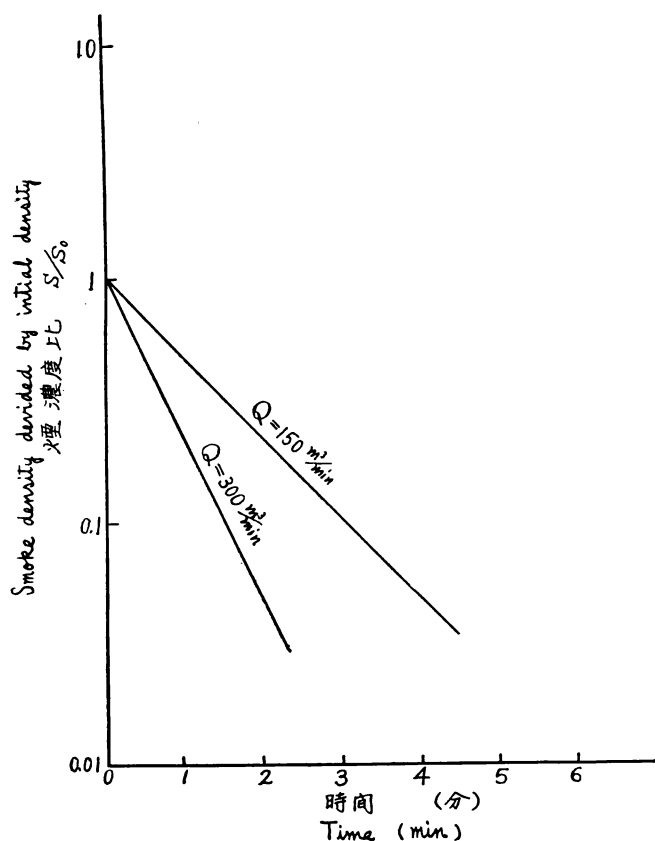


Fig. 7 種々の風量に対する煙濃度一時間関係  
(Time-smoke density relations for various  
flow rates of the exhaust fan.)

いま排煙開始時の煙濃度の  $1/10$  になるまでの時間を排煙の能力を比較する基準とし、これを排煙時間と名付けよう。風量  $150 m^3/min$  の場合の排煙時間は Fig. 7 から 3 分 6 秒であることがわかる。

新型排煙機は 2 台を 1 組にし、 $300 m^3/min$  の風量で使用するようになってくるが、この場合の  $\log S-t$  関係は前と同じく Fig. 7 に示されている。排煙時間は風量  $150 m^3/min$  の場合の  $1/2$  に短縮される。

今回の実験で室密閉の場合の排煙時間を求め、上記の二つの場合の排煙時間と併せて表示すると、Table 3 のようになる。

Table 3 排煙機風量と排煙時間  
Relations between flow rate of  
(the exhaust fan and smoke-drawing time)

風 量 Flow rate of the exhaust fan ( $m^3/min$ )	96 (Exp. No. 1 -1)	150	300
排 煙 時 間 Smoke-drawing time (min)	4.85	3.1	1.55

火災の場合の排煙は、必ずしも濃度一様を保ちながら行なわれるとは限らない

が、4節で述べた実験からもわかる通り、その排煙時間については大体、濃度一様排煙の場合の排煙時間から大体見当がつけられる。排煙を必要とするような建物構造の火災は多くの場合初期火災の経過が長時間を

要するから、この節の計算で示された排煙時間ならば200m<sup>3</sup>程度の室にはこの新型排煙機は十分役に立つと考えて宜しいと思う。

## 6 実験結果の考察

4節に説明した実験結果によると、今回の実験のような室密閉状態では、室内の煙は常に空間的に濃度一様とみなしても大して誤りないことがわかったが、どのような理由によるものか考えてみたい。空気中の煙の分子運動的な拡散速度がそれほど速いとは考えられないから、何か他の原因を考えねばならない。室内の空気中に、すきま風などが原因で自然的に存在する乱れによる渦動拡散も、その原因の一つであろうが、さらにつぎのようなことも濃度均一化に寄与しているのではなかろうか。前にもふれたように、室には割合多くの隙間が存在した。これらの隙間をふさぐことは不可能の状態にある。排煙機によって室内の空気を排出すると、室外からはこれらの隙間を通して新鮮な外気が流入する。これらの外気が室にある割合に多くの隙間から流入することになると、煙は室全体で平均的に薄くなり、室内の煙濃度は常にいたるところ一様に近くなる。隙間の大きさが小であれば、それだけ速い速度で奥行き深く外気が流入し、室内の煙濃度を速かに一様にするのを助長することになる。空気取入管を取り付けて排煙した場合は、室内に流入する空気の大部分が空気取入管を通して流入することになり、しかも遅い速度で流入するから、空気は室の中で局部的にしか煙と混合しないことになる。

排煙の効率 $\eta$ が室密閉の場合、空気取入管を取り付けた場合、扉①の一枚を開放した場合と順に悪くなっているが、これは室密閉の場合は、室内に入った外気は室内の煙濃度を一様にして、他の二つの場合より煙濃度の濃い空気が吸い込まれるためである。他の二つの場合には室内に侵入した外気が室の下層の煙を主に

薄める作用をし、排煙機は割合に煙濃度の薄い空気を吸込むことになる。このために本実験のときのような室密閉の状態の場合の方が排煙の効率はより良好になるものと思われる。さらにこのようなことから排煙口と空気流入口との配置関係を適当にえらび、流入空気と追いやられた比較的濃い煙を含む空気のみを排煙口に吸い込むようにすれば、排煙の効率はさらによくなり $\eta > 1$ になるような場合もあると考えられる。

火災現場における排煙は、本実験の場合のような密閉状態では行なわれない。むしろ空気取入管を取り付けた場合とか、扉①の一枚をはずした場合等がこれに近い。例えば地下室の排煙では、地下室に通ずる孔を少なくとも1箇所開けて、排煙機を室に入れ排煙しなければならぬ。このさい、室内に空気の流入する通路としては排煙管または送気管の周囲にある隙間が役に立つことになる。したがって良好な排煙を望むなら $\eta = 1$ になるよう、すなわち煙との混合程度のわるい流入空気が、そのまま排風されることなく、むしろ煙濃度の濃い空気の部分のみが排風されるよう、空気流入口に対して排煙機（排煙口）の位置をえらばねばならない。その位置としては筆者らは直観的に流入口とできるだけ離れたところ、できるだけ高いところが宜しいと考える。もっとも現実には不可能の場合が多いだろうが。

自然換気による排煙実験結果によると、壁際の方が割合速く煙濃度小となっているが、これは壁際の方が中央より測定器の位置が低く、室内に流入した空気が室の下層の煙を多く薄めて室外に排出させているためではないかと思われる。

## 7 むすび

新型排煙機を使用して排煙実験を行ない、排煙現象一般についてしらべた。排煙に使用された室には所々に小さな隙間が散在していた。室の密閉状態を変化させて排煙の効率を比較した結果、これらの小さな隙間以外を完全に密閉した場合が最も効率がよかった。これは室内の所々より流入する空気によって室内空気が適当に攪乱されて常に一様の煙濃度をもっているためであろうと結論された。一般にはこのような状態には

遠く、流入空気は煙と十分混合されないまま排煙されることが多く、排煙の効率はこのような場合（ $\eta = 1$ ）よりも大分低下するであろうことは我々の実験からも予想された。

しかし排煙口と空気流入口との配置関係を適当にえらび、流入空気と追いやられた比較的濃い煙を含む空気のみを排煙口に吸い込むようにすれば、排煙の効率は1よりも相当大きくなる場合も考えられる。

今回の実験では、排煙機を仕様点で駆動することはできなかったが、もし仕様点で駆動した場合容積 200 m<sup>3</sup> 程度の室の排煙には新型排煙機 1 台で十分であることが知られた。しかし実際にはもっと大きな室の排煙を要求されるので、さらに大風量の排煙機の出現が望まれる。

この研究を遂行するに当り、火災学会第 7 部会の委員の方々、および消防研究所の所長初め皆様様の御指導、御協力を得た。ここに厚く感謝する。

#### 引 用 文 献

- (1) 守屋忠雄, 石坂和嘉 : 消防研究所報告 1, 15 (1950)
- (2) 守屋, 味岡, 扇谷 : 昭和31年度春季日本火災学会学術講演会梗概集 p.24
- (3) 守屋, 扇谷, 小松 : 火災 6, 121 (1956)
- (4) 守屋, 堀内, 宮田 : 昭和34年度春季日本火災学会学術講演会梗概集 p.28

## Studies on a New Type Exhaust Fan (II)

### Smoke-Drawing Tests

By. T. Moriya, A. Nakakuki, N. Nanba

(Received March 1, 1963)

Using the new type exhaust fan described in **Part 1** of this series, several smoke-drawing tests were performed. The room used for the tests was reinforced concrete construction, and there were several small holes in the ceiling and in the wall. Smoke density was measured by means of light-transmissivity method. Next formula was found to be applicable when the smoke density was equal everywhere in the room during a test.

$$S = S_0 \exp(-Kt)$$

Where  $S_0$  and  $S$  is the smoke density at time  $t = 0$  and  $t = t$  respectively, and  $K$  is equal to  $Q/V$  where  $Q$  is flow rate of the exhaust fan and  $V$  is volume of the room. Tests were made varying sizes and situations of the openings of the room.

Efficiency of smoke-drawing is the best, when all the openings of the room are closed, with the exception of those above-mentioned small holes.

消 防 研 究 所 報 告      通 卷 23 号

昭 和 38 年 3 月 印 刷

編 集  
発 行

自治省 消防庁 消防研究所  
東京都三鷹市新川 700  
電話(0422)-3-6188,5213,9823

印 刷 所

株式会社 温 故 堂  
甲府市二十人町 44-45 番地