

非常用排煙ファン

Emergency Fan

Hitachi Smoke Discharging System is available with three types of drive; i.e., motor drive, motor and engine drive, and engine drive, and uses three different types of emergency fans. Through extensive experiments and analysis, the authors confirmed that these fans are fully capable of fulfilling their function of discharging smoke in a high temperature environment when fire breaks out in the building. As to the axial fan to be used for discharging smoke from a single room the authors analyzed the heat prevention method for its built-in motor, and as to the propeller fan with a step higher wind pressure, experiments were conducted on its heat resistance by applying high temperature gas. In the case of the multi-blade fan, fan bearings which should be exposed to high temperature air flow were subjected to high temperature tests. The results of these experiments are given in the article. The article also gives a flow chart which was compiled based on the recent amendment to the Construction Standard Law concerning the countermeasures for smoke. This chart as well as another data, the standard of necessary fan capacity and construction, will serve as a guide when discussing installation of emergency fans.

永島敏雄* Toshio Nagashima

阿部正博** Masahiro Abe

1 緒 言

消防庁などの最近の調査によれば建築物の火災による死亡の原因は、一酸化炭素による中毒が最も多く、約60%近くの割合を示している。次が火傷(やけど)によるものであるが、この中には一酸化炭素中毒によって失神し、火傷したものが含まれていると推定されるから、ビル火災における煙がいかに恐るべきものかがわかる。火災による災害防止のためには煙対策を最重要視して考えなければならぬわけである。

このような状況に対処するため、「建築基準法」の改正が行なわれ(昭和46年1月施行)、劇場、ボーリング場など多数人の集まる特殊建築物および3階以上の延べ面積500m²を越える建築物などについては窓が十分にとれない場合、排煙設備の設置が義務づけられた。

日立製作所ではこれらの需要に応ずるため、従来からの送風機技術の基礎の上に、排煙用として検討工夫を加え、小容量から大容量に至る各種の排煙ファンを製作している。これらのファンは、煙感知器、熱感知器などと連動される回路に組み込まれ、火災発生時に商用電源、予備電源、あるいはエンジンなどにより高温の煙を30分以上継続して排煙するものである。

通常の用途に用いられるファンに比べて、高温ガスを扱うために耐熱性が要求されるので、排煙ファンには特殊な工夫が施されている。

本稿は、「建築基準法」と排煙システムについて説明した後、各形式の排煙ファンに関して耐熱性能の問題を述べたものである。

2 「建築基準法」と排煙ファン

排煙設備設置基準が「建築基準法」施行令126条の2によ

って定められている。図1は、ある建築物について、排煙設備が必要か否かをわかりやすくフローチャートにまとめたものである。このフローチャートの第一番めに出てくる特殊建築物とは、同施行令第115条の2によって次のように定められている。

法に定める特殊建築物

- (1) 劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場、その他
- (2) 病院、ホテル、旅館、下宿、共同住宅、寄宿舍、養老院、その他
- (3) 学校、体育館、その他
- (4) 百貨店、マーケット、展示場、キャバレー、カフェー、ナイトクラブ、バー、舞踏場、遊技場、その他

また排煙機については、「建築基準法」施行令第126条の3において次のように定められている。

排 煙 機

- (1) 排煙機の容量(風量): 床面積1m²につき1m³/minただし、
最小 120m³/min
最大 1,000m³/min

ただし、二以上の防煙区画部分に係る排煙機にあっては、それら防煙区画のうちの最大のものの床面積1m²につき2m³/min以上とする。

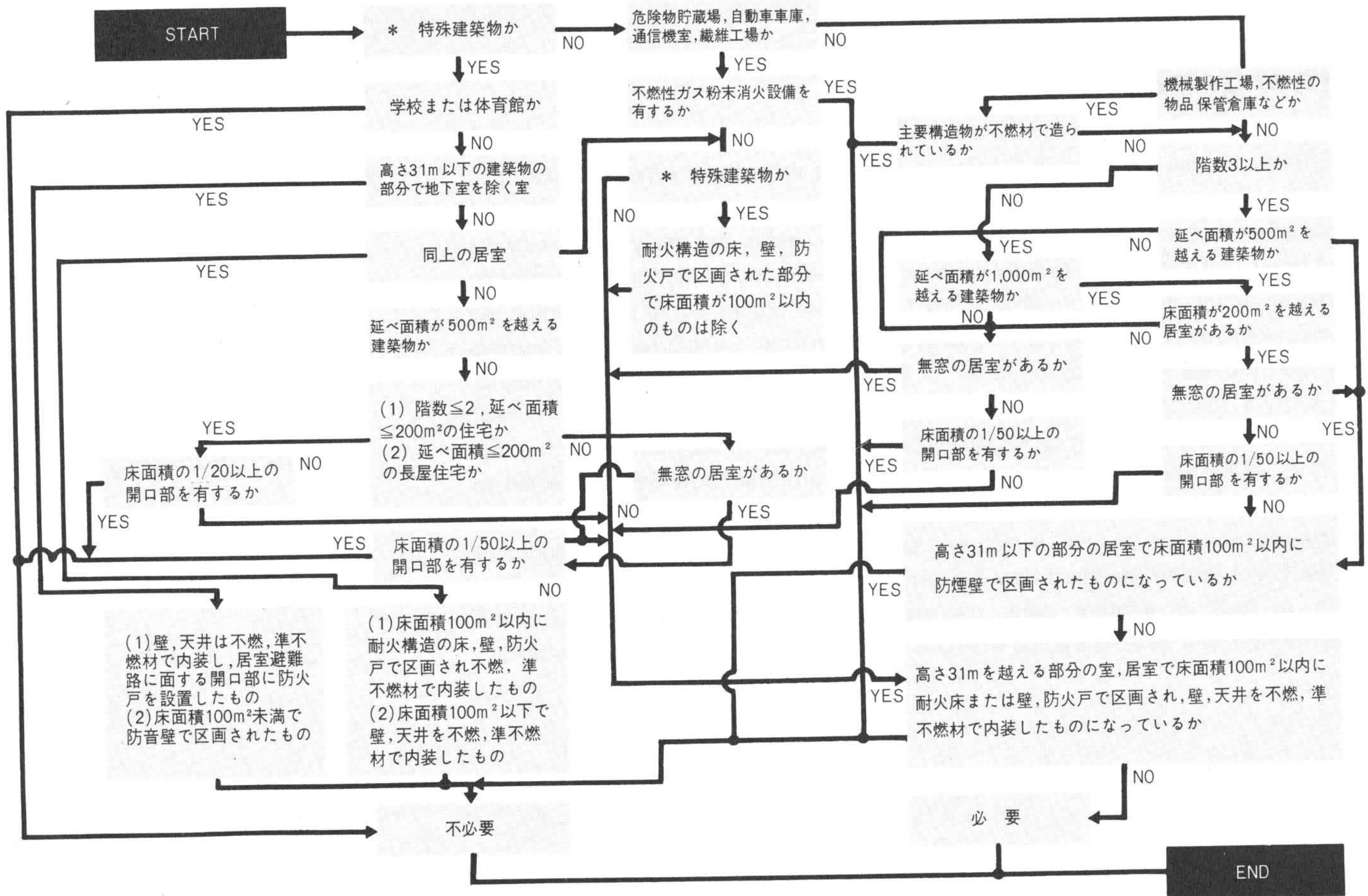
- (2) 構造: 排煙が直接モートルに触れないこと。
- (3) 時間定格: 火災発生後、30分間使用可能であること。
- (4) 電源: 電動式の場合は予備電源を用意すること。
- (5) 起動は排煙口の開放と同時に行なうこと。

これらの法令において、排煙ファンの耐えるべき温度については、まだ規定がない。

ビルの規模、内容、ダクトの状況、排煙ファンの設置場所

*日立製作所川崎工場

**日立製作所習志野工場



注：*本文2.参照

図1 排煙設備の要否決定のフローチャート 建築物に対して、法に定められた排煙設備を
設置する必要の有無を判別するフローチャートである。

Fig. 1 Flow Chart to Introduce Emergency Fan

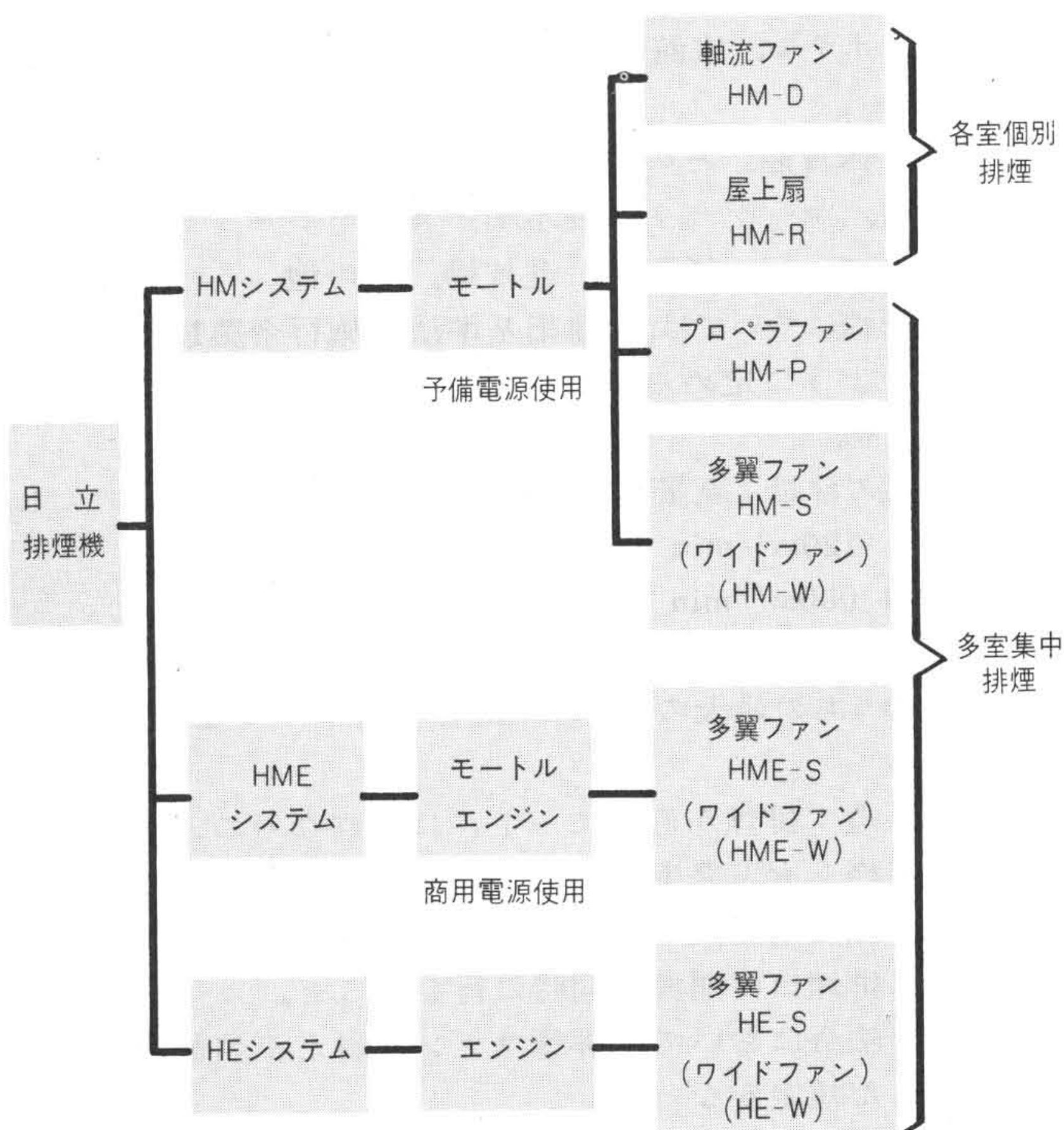


図2 日立排煙機の種類 各排煙システムとそれに使用される機種および
用途を示す。

Fig. 2 List of Hitachi Emergency Fan

などによって、煙の温度はかなり変化するものと思われる。

建設省の見解として140~200℃という値が示されたことがあるので、これを最低の目安として一応の参考にしている。

3 日立排煙システム

火災の発生→確認→警報→排煙・避難・誘導→消火に至る一連の緊急事態に対処するトータルシステムのうち、ここでは排煙に関するサブシステムについて述べる。

図2に示すように日立製作所の排煙機は3系統に大分類できる。第一は予備電源によってモートルを駆動するHMシステム、第二は商用電源によってモートルを駆動し、それが停電した場合はエンジンに切り替えて排煙ファンを回すHMEシステム、第三はエンジンによってファンを駆動するHEシステムである。これらはまたファンの容量によって一室のみを排煙するものと多数室をまとめて排煙するものとがある。

図3は排煙システムの一例を模型的に図示したものである。(a)はHMシステムのうち、軸流形排煙ファンを用いた場合を示している。

煙感知器が煙の発生を検知すると制御ボックスの指示により排煙ダンパが開き、同時に予備の発電機が駆動してファンを回す仕組みである。また(b)はエンジン駆動の排煙機の場合で、煙感知器よりの信号によって排煙ダンパが開きエンジンが起動して多翼ファンあるいはワイドファンを回すシステムである。

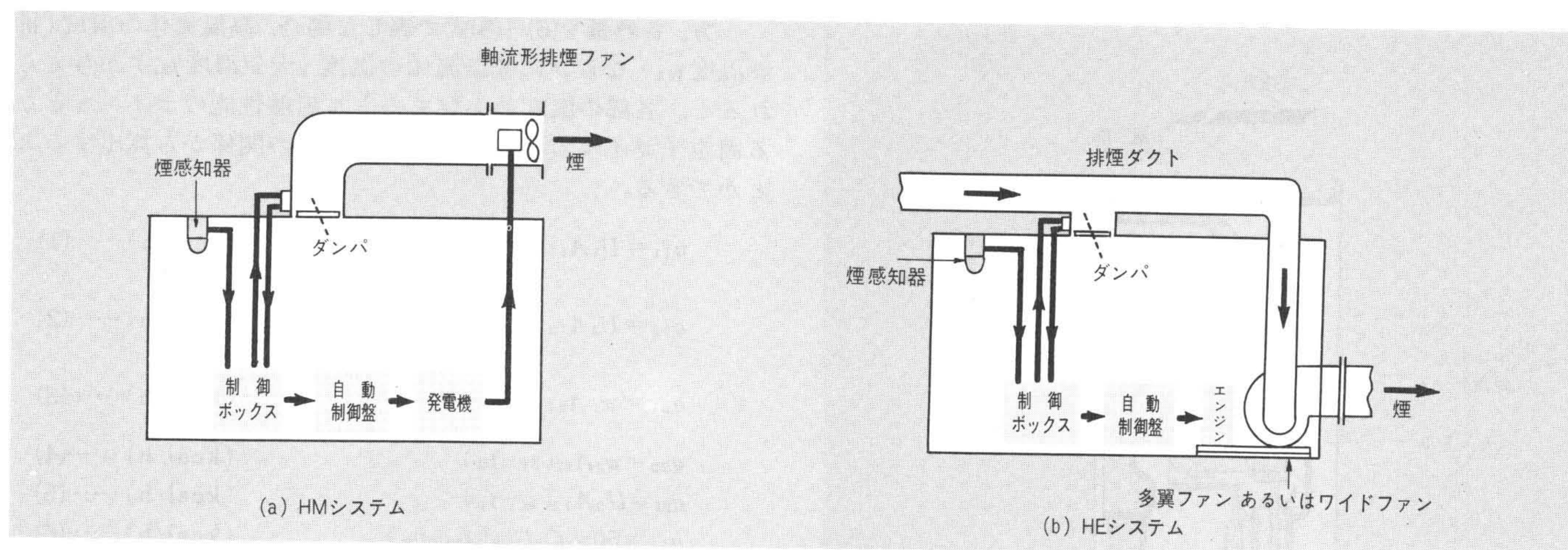


図3 排煙システムの一例 モートル駆動形およびエンジン駆動形排煙システムを模型的に示す。

Fig. 3 Schemata of Smoke Protection System

4 軸流形排煙ファン

4.1 仕様

排煙機としては一般には大規模な集合排煙方式がとられ、大容量機種のシロッコファンが多く使用されている。しかし一方、最近の建築物の多様化に因ずるためには、性能および寸法的な面から排煙機は数多くの機種が要求され、建築物の規模および外観などによっては、局所排煙方式で済む場合が多々あるため、安価な小容量機種の排煙機も要求されている。

日立軸流形排煙ファンは、これに因じて開発されたものでモートル部を熱保護カバーでおおい、空気しゃ断を行なう新しい構造を採用することによってモートル部に耐熱性を持たせた小容量機種排煙機である。

単室排煙に多く採用されているこのファンは、その使用状態による圧力損失から、風圧を10mmAq前後とし、その風量によって羽根車径を40～100cmの5機種に設定している。(図4)

建築物の多様化により、風量-風圧性能のみならず、寸法や外観的な面からも採用機種が選定されることにより、表1に示すように、その風量性能によっては、「建築基準法」施行令126条の3で規定されている排煙機の所要風量：120～1,000 m³/minに対し、2～3台の排煙用ダクトファンをあてて、同時に運転させる方式をとる場合もでてくる。

4.2 構造

排煙機は、火災発生時に人間の避難行動が確保できるよう、火災時の排煙温度で30分間以上、異常なく継続して運転することが必要である。排煙温度については、現在法的に具体的な数値が公示されておらず見解がまちまちであるが、軸流

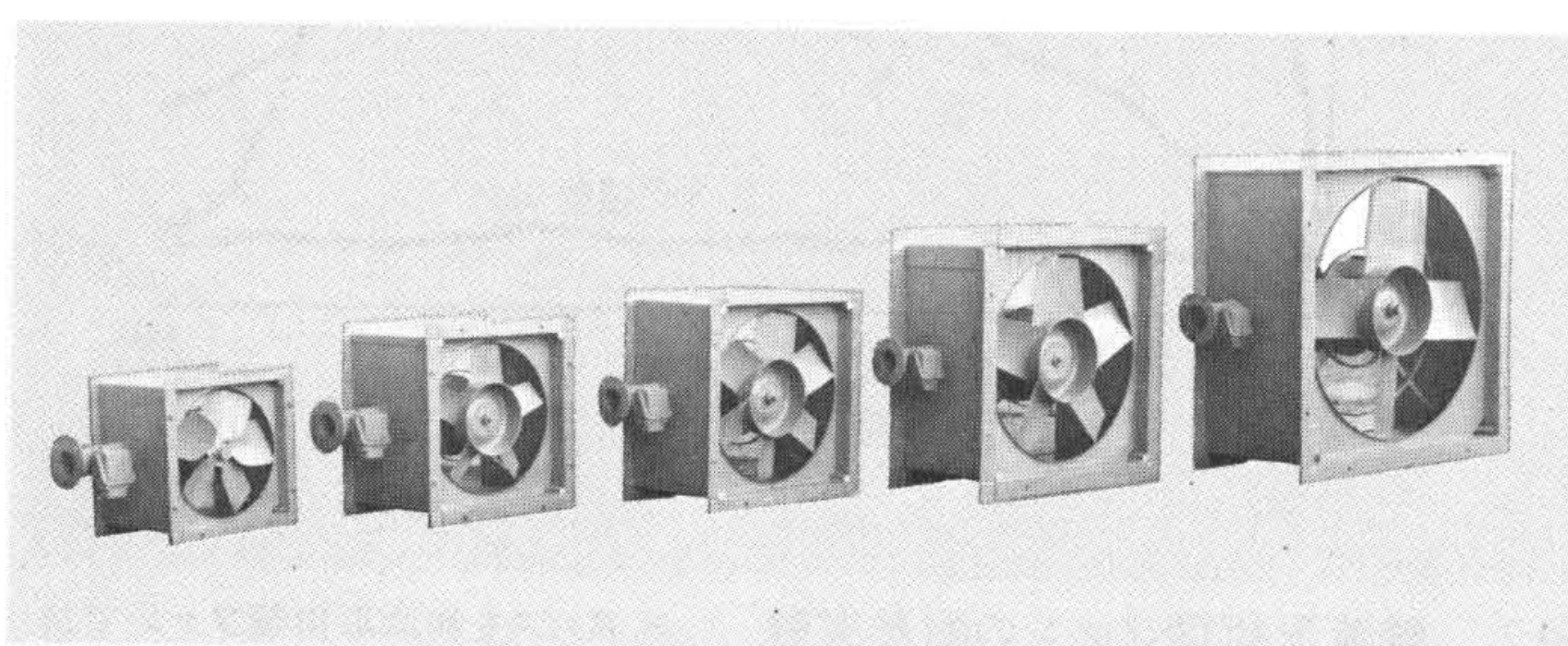


図4 軸流形排煙ファンのシリーズ 軸流形排煙ファンの全機種を示す。

Fig. 4 Lineup of Axial Emergency Fan

表1 軸流形排煙ファンの仕様 軸流形排煙ファンの機種および風量、風圧などの仕様一覧表を示す。

Table. 1 Specifications of Axial Fan

型番	羽根径 (cm)	出力 (kW)	相数	電圧 (V)	周波数 (Hz)	風量 (m ³ /min)	静風圧 (mmAq)
SF-404-02	40	0.2	3	200	50/60	35/ 50	8/10
SF-504-075	50	0.75	"	"	"	100/120	"
SF-606-075	60	0.75	"	"	"	110/140	"
SF-756-15	75	1.5	"	"	"	200/230	"
SF-1008-22	100	2.2	"	"	"	300/350	10/15

形排煙ファンの場合には、その設置状況から木材の着火温度付近である260～300℃とも言われている。

また、構造について「建築基準法」では、耐熱性能を持たせる目的から、排煙機のモートル部分が直接排煙に接触しないこととしている。

日立軸流形排煙ファンは、以上の基準に基づき、図5に示すような、排煙とモートルとを空気しゃ断する方式を採用した構造である。これは、有圧換気扇の周囲に角形風胴を設け、モートル部を熱保護カバーでおおうとともに、冷却風胴を設けた簡単な構造のものであり、羽根車の回転によって生ずる負圧により、冷却風を取り入れ、モートルおよびリード線と高温の排煙を空気しゃ断するものである。また、リード線は耐火電線（日立電線株式会社製FR-8）を採用するとともに、端子箱は防水構造となっている。

なお、軸流形排煙ファンとしては、H種絶縁モートル形、ベルト駆動形などが考えられ、一部で使用されているようであるが、前者は高温の排煙が直接モートルに接触するためにモートルの耐熱性能が問題であり、後者はベルトの耐熱性能、ベルトの劣化、ゆるみなど問題があるものと考えられる。

4.3 耐熱性能

排煙ファンの耐熱性能を図6の解析モデルによって示すと次のようになる。

高温流体（流量 Q_1 ）は断面①より温度 t_{11} で流入し、低温流体（流量 Q_2 ）と熱交換を行ない、断面③を温度 t_{12} で通過する。

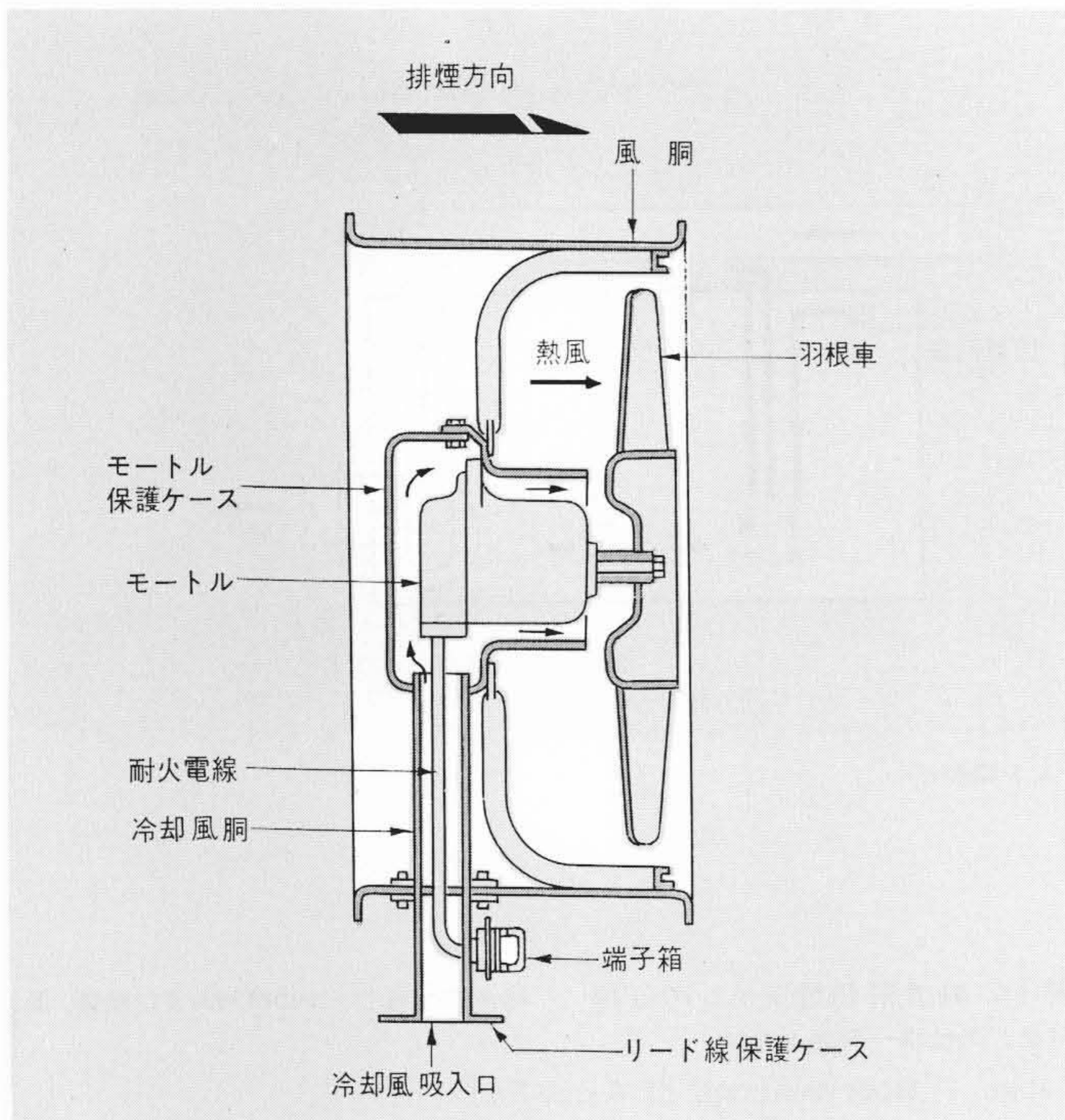


図5 軸流形排煙ファンの構造 軸流形排煙ファンの構造説明図を示す。
Fig. 5 Construction of Axial Emergency Fan

低温流体は断面②より温度 t_{21} で流入し、モートルおよび高温流体と熱交換を行ない、断面③を温度 t_{23} で通過する。断面③より後方では高温流体と低温流体は合流し、温度 t_{13} で排煙ファン外に放出される。高温流体の流量 Q_1 に比較して、低温流体の流量 Q_2 が小さいので $t_{11} \div t_{12} \div t_{13}$ とし、流体各部の平均温度を算術平均温度とし各部の熱量を表わすと、(1)～(5)式で表わされる。

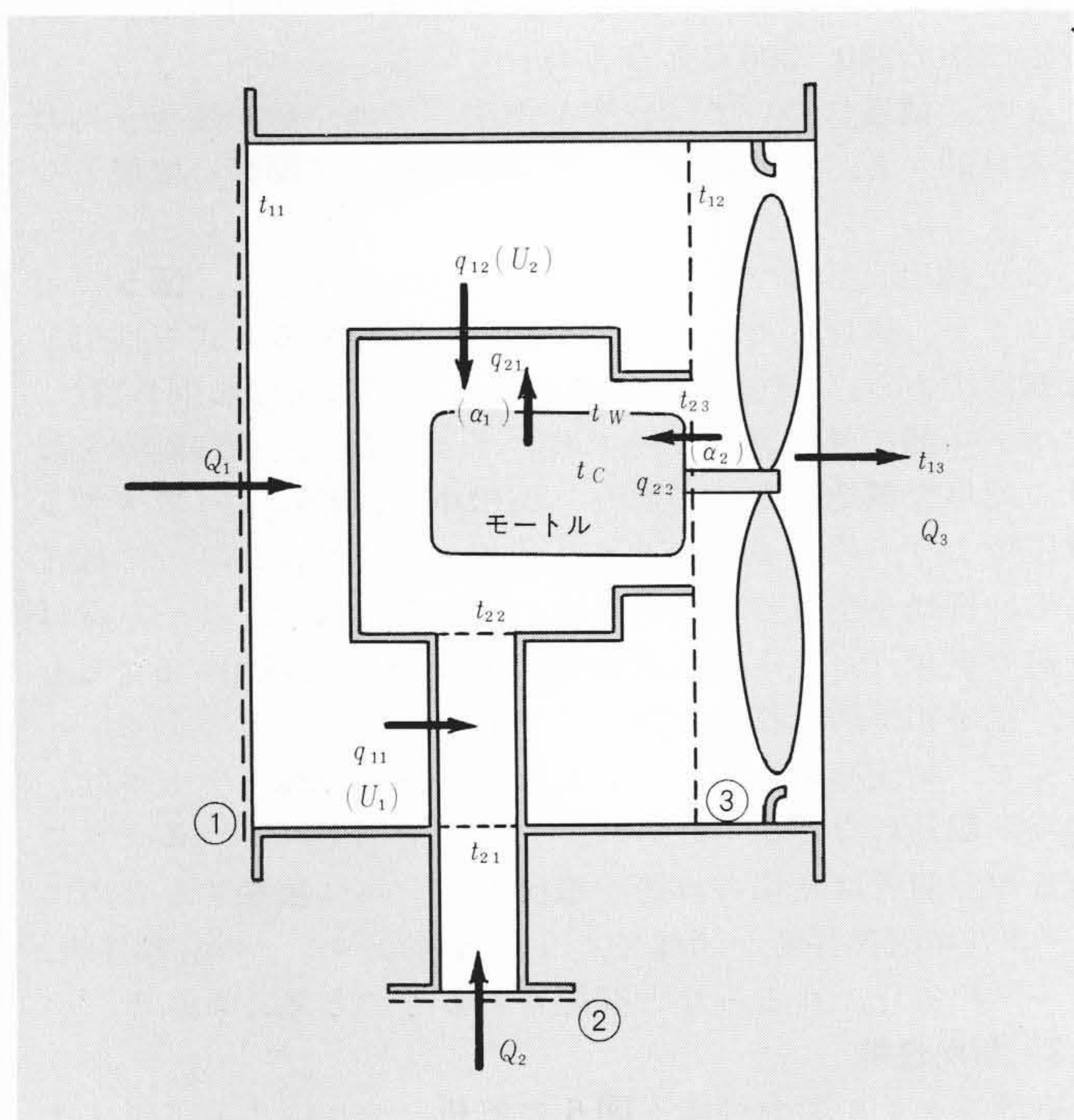


図6 熱の流れモデル 軸流形排煙ファンの熱に関する解析に用いたモデルを示す。
Fig. 6 Model of Heat Transfer for Axial Fan

一方、各熱量を(6)～(8)式で表した場合、高温流体の温度(排煙温度 t_{11}) ならびに低温流体の温度(大気温度 t_{21}) が与えられると、各部の温度およびモートル耐熱性能のポイントとなる固定子コイルの温度 t_C は、(1)～(8)式の関係から算出することができる。

$$q_{11} = U_1 A_{11} \left(t_{11} - \frac{t_{21} + t_{22}}{2} \right) \quad (\text{kcal/h}) \cdots (1)$$

$$q_{12} = U_2 A_{12} \left(t_{11} - \frac{t_{23} + t_{23}}{2} \right) \quad (\text{kcal/h}) \cdots (2)$$

$$q_{21} = \alpha_1 A_{21} \left(t_W - \frac{t_{22} + t_{23}}{2} \right) \quad (\text{kcal/h}) \cdots (3)$$

$$q_{22} = \alpha_2 A_{22} (t_{11} - t_W) \quad (\text{kcal/h}) \cdots (4)$$

$$q_{21} = U_3 A_{12} (t_C - t_W) \quad (\text{kcal/h}) \cdots (5)$$

$$q_{11} = 60 \gamma_3 Q_2 C_{P3} (t_{22} - t_{21}) \quad (\text{kcal/h}) \cdots (6)$$

$$q_{12} + q_{21} = 60 \gamma_4 Q_2 C_{P4} (t_{23} - t_{22}) \quad (\text{kcal/h}) \cdots (7)$$

$$q_{21} - q_{22} = 860 \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) W \quad (\text{kcal/h}) \cdots (8)$$

ここに、

$q_{11}, q_{12}, q_{21}, q_{22}$: 各部において伝わる熱量(kcal/h)

U_1, U_2, U_3 : 各部の平均熱貫流率(kcal/m²h°C)

α_1, α_2 : 各部の平均熱伝達率(kcal/m²h°C)

$A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}$: 各熱量が通過する面積(m²)

$t_{11}, t_{21}, t_{22}, t_{23}$: 流体の各断面での温度(°C)

t_W : モートルハウジング(わく)の温度(°C)

t_C : モートルの固定子コイルの温度(°C)

C_{P3}, C_{P4} : 各部流体の定圧比熱(kcal/kg°C)

η : モートル効率(%/100), W : モートル出力(kW)

γ_3, γ_4 : 各部の流体の比重量(kg/m³)

なお、排煙ファンの耐熱性能試験結果は、図7に示すとおりである。

以上のような、理論解析により、モートルと高温排煙をしゃ断する方式を採用することによって耐熱性を持たせたこの新しい構造原理については、現在、実用新案出願中である。

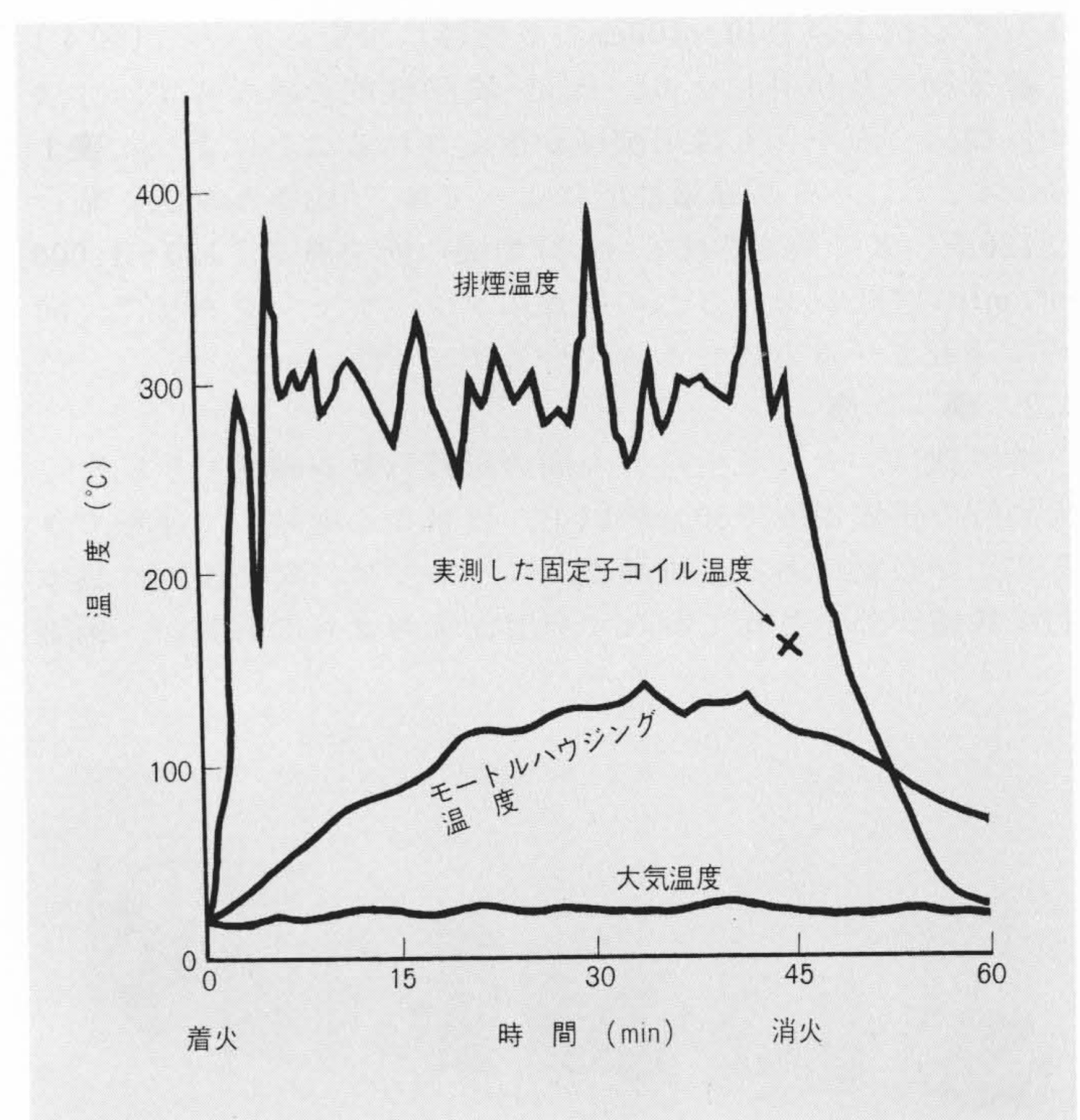


図7 軸流形排煙ファンの耐熱実験 高温ガスを軸流形排煙ファンで排出した場合の各部の温度を測定した結果を示す。
Fig. 7 Experimental Result of Axial Fan

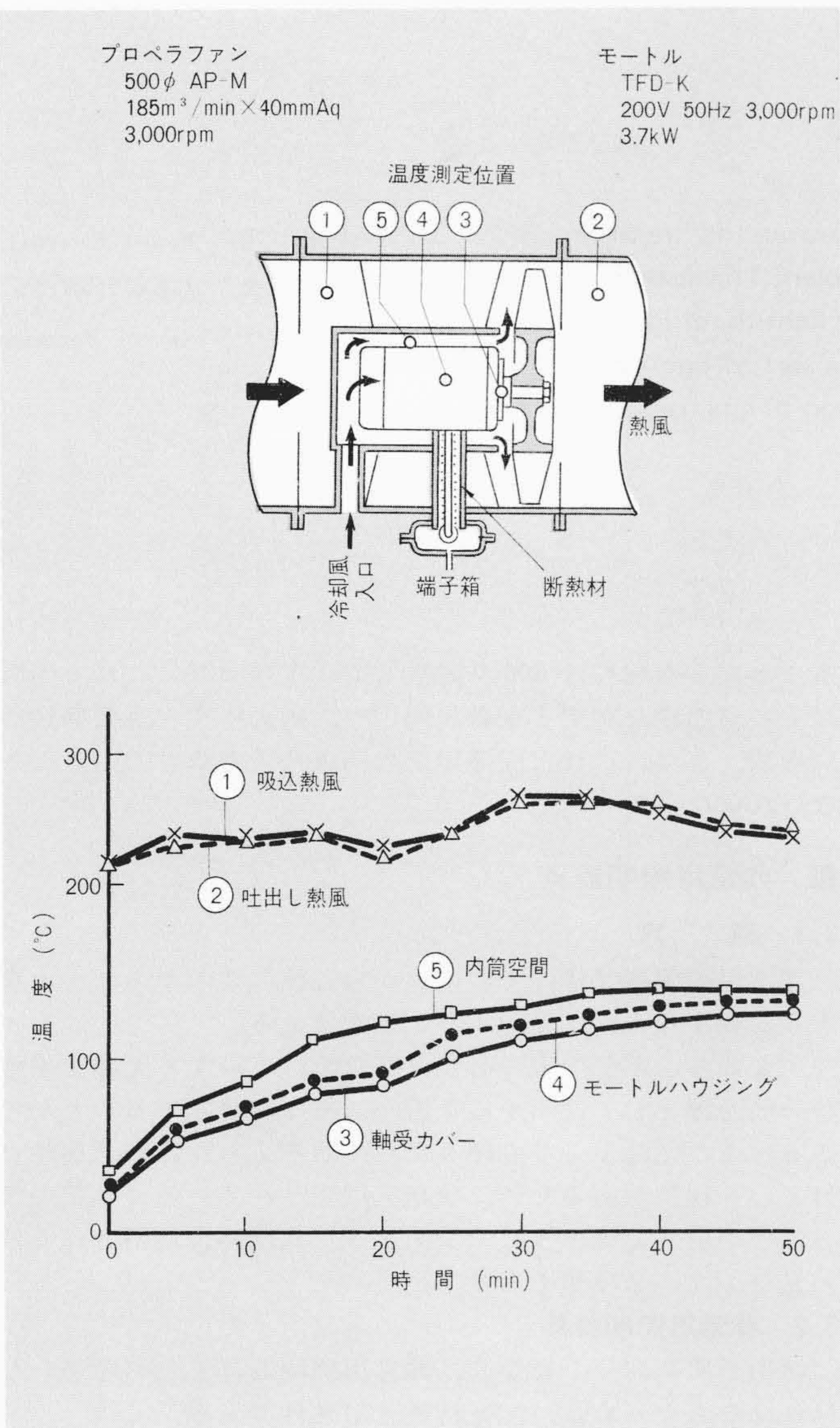


図8 排煙用プロペラファンの耐熱実験 高温ガスを排煙用プロペラファンで排出した場合の各部の温度を測定した結果を示す。

Fig. 8 Experimental Result of Emergency Propeller Fan

5 排煙用プロペラファンの耐熱性能

前述の軸流形排煙ファンよりも高い圧力が出て多室集中排煙が可能なものに排煙用プロペラファンがある。図8の上側に示すように、モートルを防熱用の内筒に入れその空間に外部より冷気を自動的に吸入して、モートルを冷却する構造である。このファンに試験用ダクトを通して高温の熱風を送り耐熱実験を行なった。その結果は図8に示すとおりである。約250℃の熱風が通っているにもかかわらず、モートル部は約120℃に保たれ、法で決められた30分を経過しても異常のないことを確認した。

6 排煙用多翼ファンの耐熱性

多室集中排煙に用いられるファンは、多翼ファンおよびワイドファンである。多翼ファンは所要風圧が20～100mmAqの場合に、ワイドファンは80～200mmAqの場合にそれぞれ用いられる。

これらには、3で述べたように、モートル・エンジン両用形ファンとエンジン駆動形ファン(図9)がある。

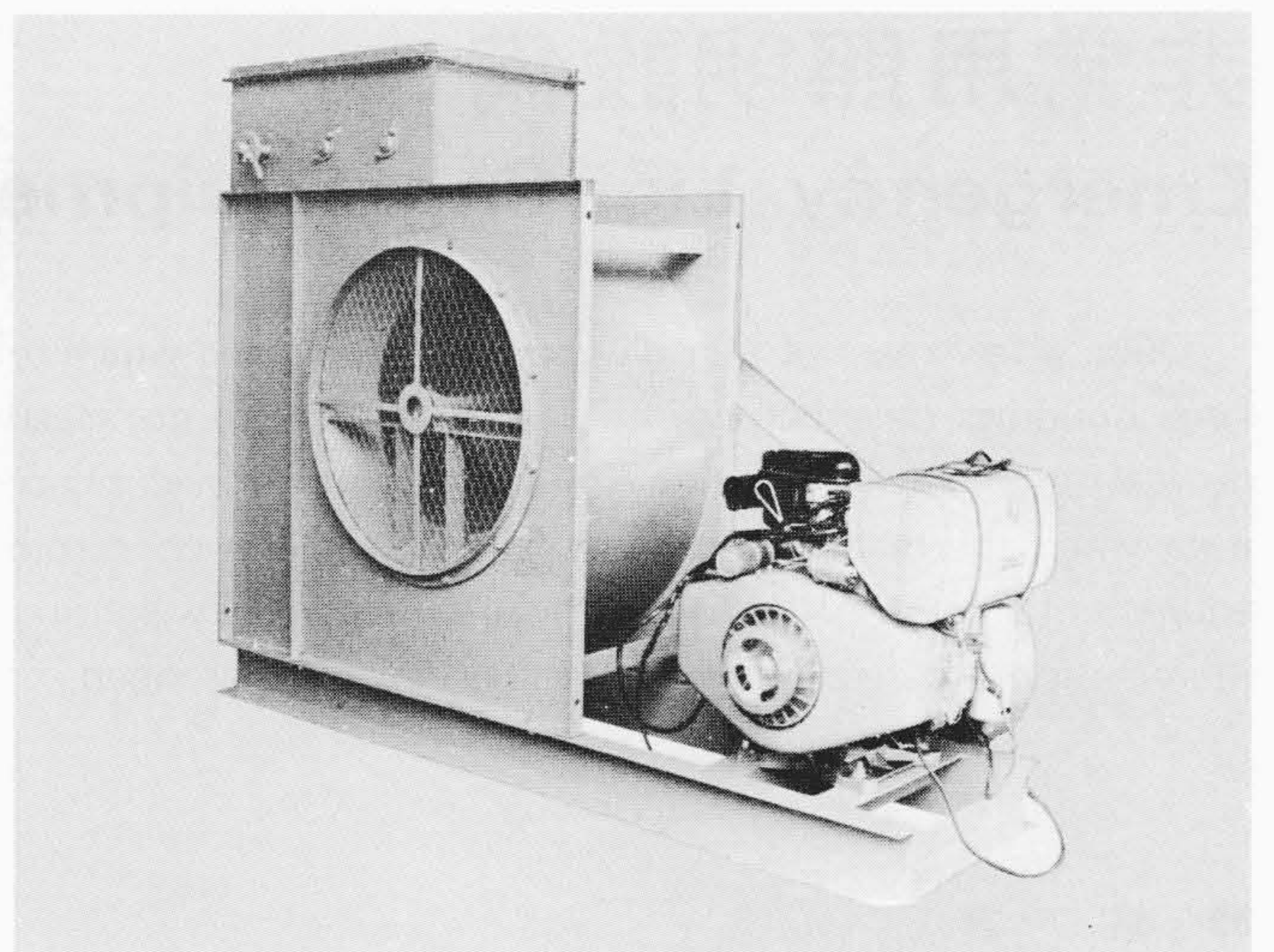


図9 エンジン駆動形排煙ファン エンジン駆動形排煙ファンの写真を示す。

Fig. 9 Emergency Fan Driven by Engine

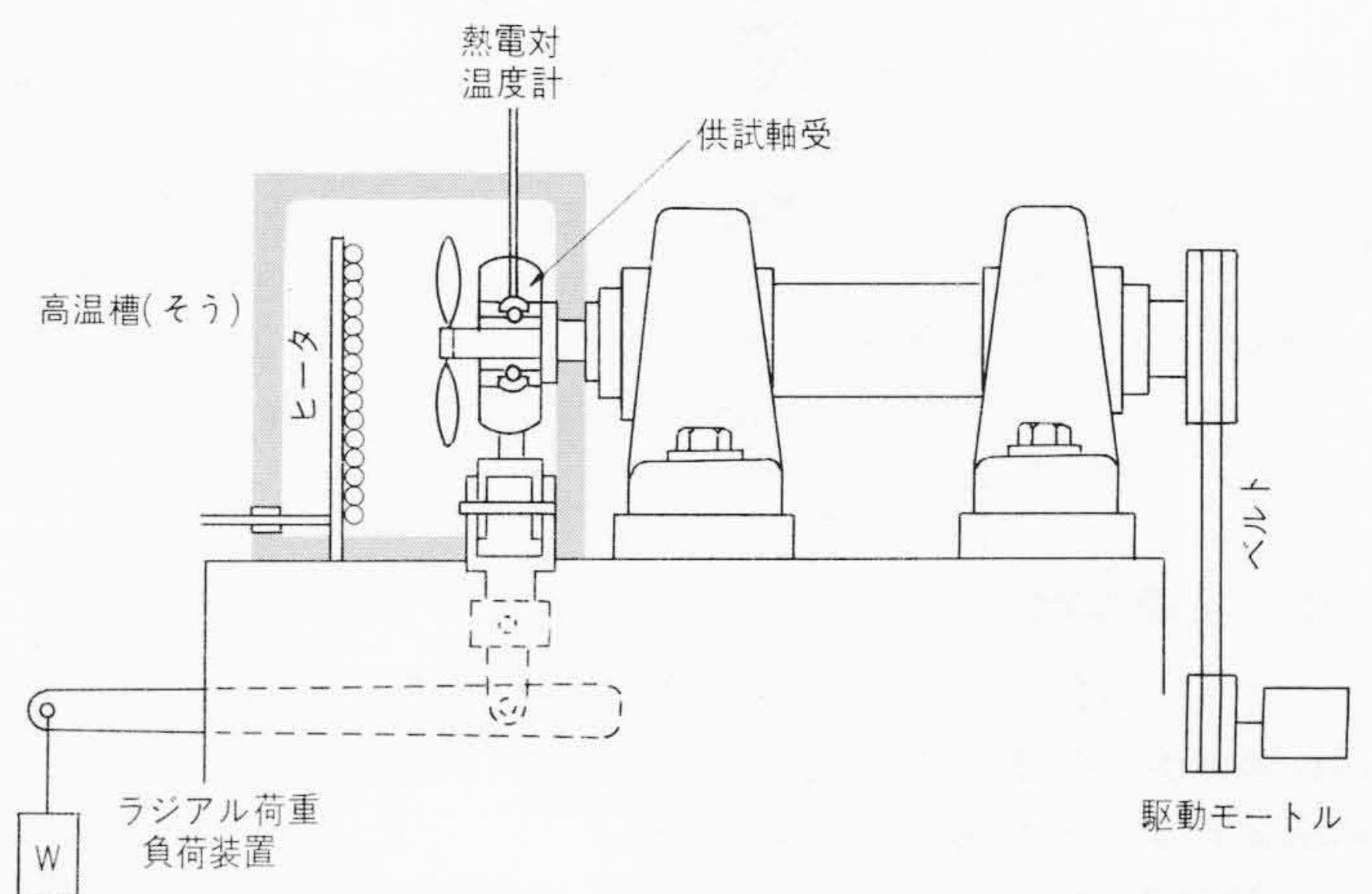


図10 軸受の耐熱実験 多翼ファンおよびワイドファンの軸受耐熱実験装置を示す。

Fig.10 Testing Devices of Bearing for Emergency Fan

容量としては最小120m³/min、2.2kWから最大1,000m³/min、30kWの範囲をカバーし、約40種類の標準仕様が準備されている。これを駆動するエンジンは、N社、F社、Y社のガソリンあるいはディーゼルエンジンである。

さて排煙用多翼ファンのモートルは、ファンの外にあるため温度的には全く心配はない。高温が問題になる部品は、ファン吸込口に位置して羽根車を支持している軸受のみである。

そこで、軸受メーカーA社の協力を得て、図10に示すような実験装置により軸受の耐熱性を調べた。その結果、260℃の高温に耐えて3～4時間は大した支障なく運転を続けうることを確認した。

7 結 言

軸流形排煙ファン、排煙用プロペラファンおよび排煙用多翼ファン(あるいはワイドファン)のそれぞれについて、耐熱性能などに関する開発を行ない、「建築基準法」に適合する排煙ファンのシリーズを完成することができた。これらのファンは、建築の多様化に伴って生じてくる各種の要求に対し、十分対応することができるものと考えている。