

住宅用温風暖房機の開発

Development of Domestic Oil Furnace

五月女 要* 横山 精*
Kaname Saotome Akira Yokoyama

要 旨

近年、わが国における住宅用セントラルヒーティングの普及はめざましいものがある。現在は給湯のできる温水セントラルヒーティングが主流を占めているが、今後は設備費、経費の安価な温風セントラルヒーティングが急速に伸びるものと思われる。

そこで今回、住宅用の温風セントラルヒーティング機器として、灯油を燃料とした温風暖房機「日立オイルファーネス」OF-100形を開発した。

OF-100形の特長は次のとおりである。

- (1) バーナは蒸発式ポット形で独特の機構を有しているため、定常燃焼までの燃焼立上り時間が短く、着火後約4分で温風が得られる。
 - (2) 全自動運転機構を採用しており、運転スイッチの「入、切」のみで操作ができる。
 - (3) 用途に応じて直吹き専用、ダクト専用、直吹き兼ダクト用の三とおりの使用ができる。
- 本稿は日立オイルファーネスの仕様、構造および性能についてその概要を紹介するものである。

1. 緒 言

わが国では、こたつ、ストーブによる局所暖房が長い間行なわれてきたが、経済の発展と生活の向上により、欧米なみのセントラルヒーティングが足早に普及しつつある。その主流は温水セントラルヒーティングである。しかしながら、温風暖房機とダクトを組合わせた温風セントラルヒーティングは、設備が簡単で工事費が安く、燃料などの経費も安いこと、暖房立上りが早いこと、凍結などの心配がなく酷寒地にも使えることなどが高く評価され、関心が高まっている。アメリカではセントラルヒーティングの大半はこの温風セントラルヒーティングシステムで占められている。

温風暖房機は、わが国でも各種生産されているが、そのほとんどが業務用であり、一般住宅に向けた容量の小さい、しかもダクトによるセントラルヒーティングのできる温風暖房機は皆無にひとしかった。

日立製作所では、さきに住宅用温風暖房機として灯油を燃料とする「日立オイルファーネス」OF-80形およびOF-120形を発売し、温風セントラルヒーティングの先鞭(べん)的役割をはたしている。温風暖房機はバーナ熱交換器、送風機および制御機器などからなり、その心臓部はバーナである。一般にバーナは据付条件、とくに燃焼ガスを排出する排気筒の工事によって、その燃焼性能の受ける影響は大きい。燃焼性能の変化によって生ずる現象はすすの発生が代表的なものである。すすの発生は、それが堆積(たいせき)すると燃焼性能の悪化を招きクレームの要因となるばかりでなく、熱交換器のすす掃除をひんぱんに行なう必要が生ずる。そこで、万一、燃焼不良によってすすが発生しても燃焼ガス通路への堆積が少なく、また掃除が容易に行なえるような熱交換器構造をもった「日立オイルファーネス」OF-100形を開発した。

2. 住宅用温風暖房機の条件

一般住宅のセントラルヒーティングに使用する温風暖房機は、工場や事務室などに使用するものと異なり、制約された条件が要求される。今回OF-100形を開発するにあたっては次の点に考慮を払った。

- (1) 操作が簡単であること。

暖房機の操作は家庭の主婦をはじめ製品知識に乏しい人が行なうので、調整を必要としたり、操作部分が多いと、誤操作を招きやすく、機器の正常な運転を阻害する。そこで暖房機の操作は運転スイッチ一つの「入・切」操作だけで行なうのが理想的である。

OF-100形では、ポット形バーナに画期的な燃焼の自動制御機構を採用し、運転スイッチのワンタッチ操作による運転が可能である。

- (2) ダクト施工のできる機能を有すること。

セントラルヒーティング機器としてはダクト施工のできる必要の条件である。使用条件によってダクト専用、直吹き専用あるいはダクト、直吹き兼用の三とおりの場合があり、それぞれの用途に応じて簡単な操作で変更できることが望ましい。OF-100形には、直吹き用グリルを取りはずすことなく、上述の三方式に容易に変更できる構造を採用している。

- (3) 小形で、占有床面積が小さいこと。

温風暖房機は専用の機械室に据付けるのが理想的であるが、一般住宅には機械室を設けることがまだ普及していない。そこで据付場所として居間やダイニングキッチンが当てられているが、生活スペースをより広くするためにも占有床面積はできるだけ小さくしなければならない。また据付場所によって左右勝手があり、壁埋込設置も考慮する必要がある。

OF-100形ではキャビネット前面に操作および保守面を集中させて据付けの柔軟性を大きくするとともに、たて形として、占有床面積の縮小を図っている。

- (4) 安全性が高いこと。

温風暖房機は燃焼機器を内蔵しているから火災に対する安全性が重要である。誤操作、据付不良、機器の故障などあらゆる場合にも安全に停止する機構が必要である。OF-100形には不着火保護装置、油い出防止装置、停電保護装置などのほか、熱交換器過熱防止装置(安全サーモ)を採用して安全性の向上を図っている。

- (5) 保守サービス性がよいこと。

燃焼機器の特殊性として、一般の家庭電器のように故障するまで使い、こわれたら修理してもらおうという考え方ができない。

機器を常に最良の状態に保ち、性能をじゅうぶん発揮して最も経済的に使用するためには、定期的な保守が必要である。また、

* 日立製作所柳井工場

表1 「日立オイルファーンレス」OF-100形の仕様

形式	OF-100
外形寸法	高さ 1,335×幅 420×奥行 550 mm
放熱量	10,000 kcal/h
燃料消費量	白灯油 1.74 l/h
制御方式	蒸発式ポット形
温風送風機	バーナサーモ、タイマによる自動着火 両吸込形多翼送風機
風量	11 m ³ /min
機外有効静圧	5 mmAq
接続ダクト寸法	205×205 mm
接続排気筒外径	106 mm
電源	A. C, 100 V, 1φ 50/60 Hz
消費電力	130/160 W 50/60 Hz
重量	60 kg

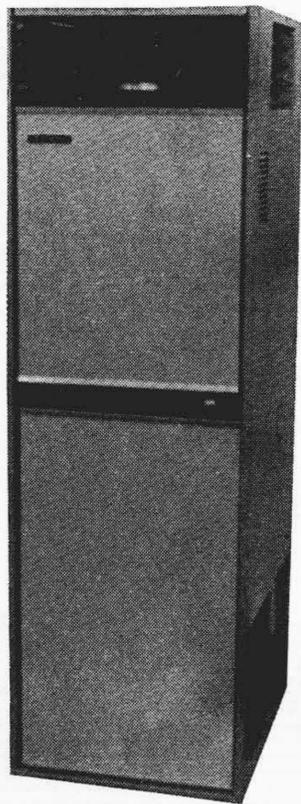
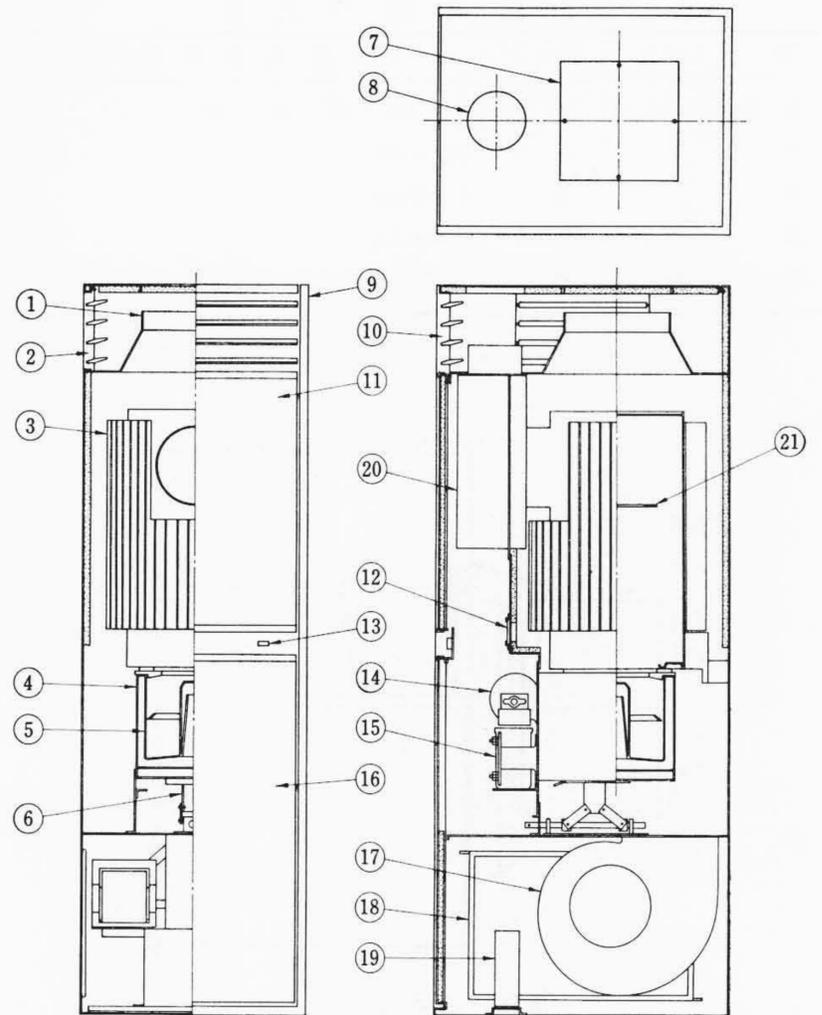


図1 「日立オイルファーンレス」OF-100形



- ① ダンパー
- ② 温風吹出口
- ③ 熱交換器
- ④ バーナユニット
- ⑤ バーナ
- ⑥ バーナ押上装置
- ⑦ ダクト接続口
- ⑧ 排気筒接続口
- ⑨ キャビネット
- ⑩ 温風吹出口
- ⑪ 上部カバー
- ⑫ のぞき窓
- ⑬ 運転スイッチ
- ⑭ バーナ送風機
- ⑮ 油量調整器
- ⑯ 下部カバー
- ⑰ 温風送風機
- ⑱ エアフィルタ
- ⑲ コントロールボックス
- ⑳ 排気継手
- ㉑ パツフル

図2 「日立オイルファーンレス」OF-100形の構造

万一故障したときの修理が容易でなければならない。OF-100形では特に保守サービス性を検討し、燃焼機構のユニット化と本体前面から保守サービスできる構造を採用している。

3. 仕様

開発した「日立オイルファーンレス」OF-100形の仕様は表1に、また、その外観ならびに構造は図1、図2に示すとおりである。

3.1 熱交換器

最も単純な形状で、熱応力に強い単一円筒形を採用している。熱交換器内のパツフルは水流実験によって、最も熱効率のよい形状寸法のもので、パツフルの着脱が容易な構造となっている。

3.2 バーナ

バーナには蒸発式ポット形バーナを採用している。バーナの構造は図3に示すとおりである。イグニッションパツフルにより、着火性能を安定させるとともに着火から安定燃焼までの着火立上り時間の短縮を図っている。

3.3 バーナユニット

前記バーナに燃料供給機構、燃焼空気供給機構、着火装置などを組み込んで一体にまとめたもので、キャビネットへの着脱が容易で、燃焼の安定化、保守性の向上に役だっている。

3.4 送風機

ダクト施工に必要な静圧を有し、さらに静粛な運転音となるよう特に検討を加えたもので、その仕様は表2に示すとおりである。図4はその構造を、図5は空力特性を示したものである。基本設計寸法

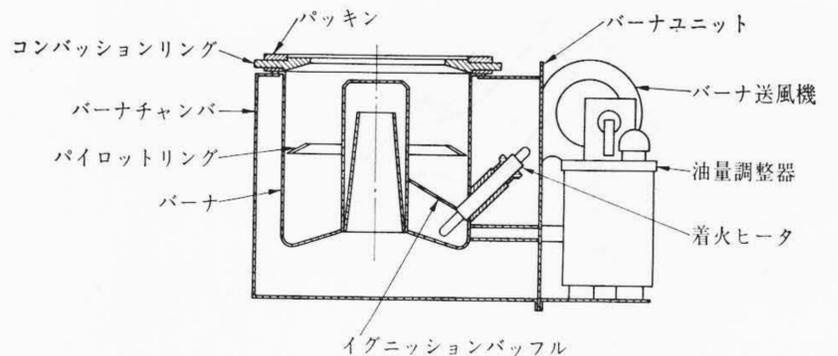


図3 バーナ部分の構造

には従来の研究に基づいた最適設計値を用いている。空力特性に対して騒音の低い両吸込式多翼形を採用し電動機とランナを直結方式とした。

電動機をケーシングのベルマウス部に固定し、ベルマウス吸入空気によって冷却する。

3.5 制御機構

温風暖房機の制御機構には、(1)燃焼制御、(2)送風制御、(3)安全制御などの制御機構が必要である。

ガンタイプバーナの燃焼制御、送風制御にはバーナリレーやコンビネーションコントロールなど市販の制御機器を用いるが、ポット形バーナ用には市販の制御機器がみられない。これは着火→定常燃焼、定常燃焼→消火の過渡時間が長く、一般性のある制御機器として完成することがむずかしいことによる。

住宅用温風暖房機に対しては操作の簡便さが重要な点であるた

表2 送風機の仕様

形式	両吸込多翼形
動力伝達方式	電動機直結
ラ ナ	155φ×150
風量	11 m ³ /min
風圧	13 mmAq
電動機	EFNO-KP 4極コンデンサラン

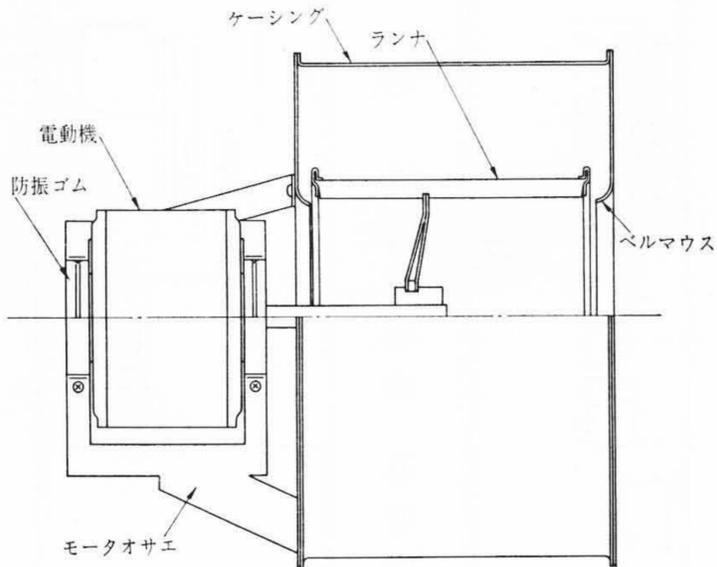


図4 送風機の構造

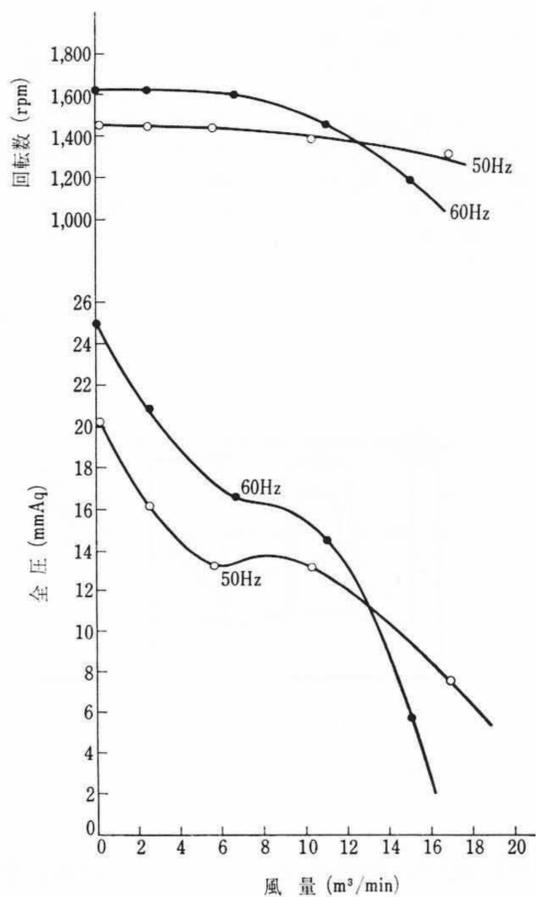


図5 送風機の空力特性

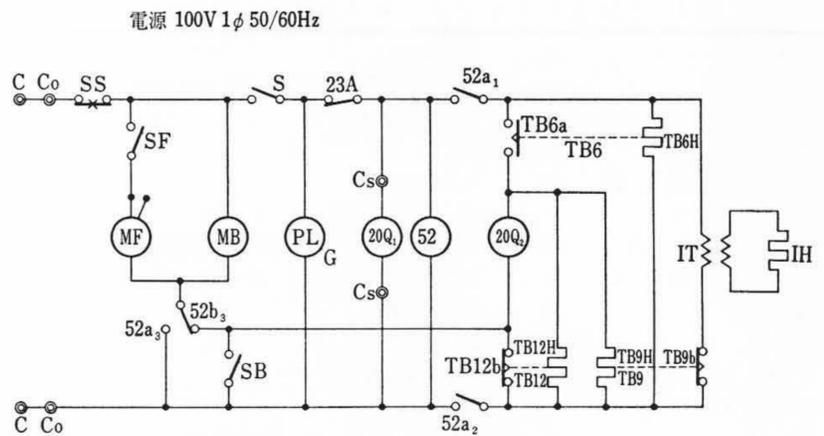
め、従来のようなマッチによる点火、油量調整による室温調整などの操作を必要としない完全な自動運転が必要である。そこでポット形バーナの制御機構として、画期的なバイメタルタイマによる全自動制御機構⁽¹⁾に送風制御と安全制御機構を組合わせた機構を採用した。図6はその回路図を示し、図7は制御機器の動作説明図である。

3.6 安全制御機構

本機には、(1) 不着火保護装置、(2) 停電時保護装置、(3) 過熱保護装置を内蔵している。

(1) 不着火保護装置

万一着火しない場合、灯油の供給を停止し、灯油の越流を防止



記号	名称	記号	名称
20Q ₁	電磁有	52a ₁ , 52a ₂	マグネットリレー接点
20Q ₂	油量調整器ソレノイド	52a ₃ , 52b ₃	
23A	ルームサーモ	TB (TB6, TB9, TB12)	
SB	バーナサーモ	TB6H, TB9H	タイマーヒータ
SF	ファンサーモ	TB12H	タイマー接点
C	電源コンセント	TB6a, TB9b	
Co	試運転用コネクタ	TB12b	
Cs	電磁弁用コネクタ	S	運転スイッチ
IH	着火ヒータ	PL	運転灯
IT	着火トランス		
MB	バーナ電動機		
MF	送風器電動機		
52	マグネットリレー		
SS	安全サーモ		

図6 電気回路図



図7 動作説明図

するもので、バーナサーモと油量調整器のソレノイドがその主要機器である。バーナサーモはバーナに取り付けてあり、バーナの予熱を感知して、油量調整器ソレノイドを作動させ、定常燃焼用の灯油をバーナに供給するはたらきをなすものである。万一、着火しない場合は、定常燃焼用灯油を供給しないので、バーナ内には初期燃焼用油がたまっているだけで、いったん運転スイッチを切ってから再始動しなければ着火動作にはいらない機構を採用している。

(2) 停電時保護装置

停電の場合、安全に燃焼を続けるか、完全に消火することが要求される。本機では、燃料供給配管路中に電磁弁を設け、油量調整器のソレノイドとともに、停電の場合灯油の供給を二重にシャ断し、安全に消火するようになっている。

(3) 過熱保護装置

熱交換器の過熱現象は温風送風機の風量減少によって起こる。風量減少の要因はエアフィルタ詰り、ダクト系通風抵抗の増大、温風送風機故障などである。このうちエアフィルタ詰り、ダクト

抵抗増大による風量減少に対しては燃料の供給を停止すればよく、温風送風機故障による場合は電源をしゃ断して、燃料の供給停止と温風送風機電動機の停止が必要である。これら二つの保護動作を本機ではバイメタル式の安全サーモで行なっている。すなわち、安全サーモによって風量減少による熱交換器の過熱を感知し、電源をしゃ断する。安全サーモは手動復帰式としてあるから反復作動を防止している。

3.7 ダクト施工方式

温風暖房機はその用途によってダクト専用、直吹き、ダクト兼用および直吹き専用の三つにおりに使い分けられる。従来のダクト施工可能な温風暖房機では直吹きを行なう場合、直吹き用プレナムチャンバを本体に取り付ける構造となっている。本機においては、直吹き使用を標準仕様として、直吹き用プレナムチャンバは本体と一体構造である。ダクトを接続しなければ直吹き用とし、またダクトを接続した場合は本体の温風吹出し口の操作により、ダクト専用あるいはダクト兼、直吹き用と容易に使い分けができる構造を採用している。

3.8 燃焼性能と排気筒仕様

小形の灯油燃焼機については燃焼性能に関する権威ある規格は皆無にひとしく、わずかに JIS でばい煙濃度をリンゲルマン 1 以下と規定しているだけである。したがって外国の規格を参考にして排ガス中の黒化度 (Bachrach Industrial Instrument の Smoke Tester による Smoke No.) を 3 以下とした。なお、黒化度 3 の排ガス中のばいじん量は約 13 mg/Nm^3 であり、昭和 46 年 6 月に改正された大気汚染防止法関係の基準 (ただし、家庭用などの小容量のものは除外されている) をはるかに下回るものである。

排気筒についての一般の認識はうすく、燃焼に関するトラブルの原因は排気筒による場合が多い。そこで、排気筒の高さは 3 m を目標とし、ほかの諸元も厳格に定めて据付け指導を実施する一方、製品にはドラフトレギュレータを付属させて、スタックドラフトが -7 mmAq までは $-0.5 \sim -2 \text{ mmAq}$ に自動調節できるようにしてある。これとともに燃焼機構としては、スタックドラフトが $-0.5 \sim -2 \text{ mmAq}$ の範囲で排ガスの黒化度が 3 以下になるよう目標を定めた。

3.9 騒音性能

住宅用機器として常時運転する温風暖房機は、特に静粛であることが要求される。騒音低下の方法として、一般にしゃ音、吸音のほか音源そのものの改善があるが、温風暖房機では空気を扱う特殊性により、完全なしゃ音、吸音構造を採用することが困難である。OF-100 形には音源の一つであるバーナに騒音の最も低いポット形バーナを採用するとともに、温風送風機の低騒音化を検討し、運転騒音の目標値を騒音レベルで 55 dB(A) 以下とした。

4. 性 能

4.1 燃 焼 性 能

図 8 は定常燃焼時の電源電圧変動に対する排ガスの黒化度と空気過剰率を示したものである。空気過剰率は排ガス中の炭酸ガス濃度を測定し、これから計算したものである。図 7 によれば電源電圧が 85V から 115V の範囲で空気過剰率は 1.4~1.9 の範囲にあり、黒化度は 3 以下を満足している。またスタックドラフトに対して、黒化度と空気過剰率の関係を示したものが図 9 である。燃焼油量を一定とすれば空気過剰率、黒化度は一定の関係になり、スタックドラフトが $-0.5 \sim -2 \text{ mmAq}$ の範囲で黒化度 3 以下の仕様を満足することがわかる。

4.2 着火立上り性能

ポット形バーナではバーナの子熱が必要である。バーナの子熱は

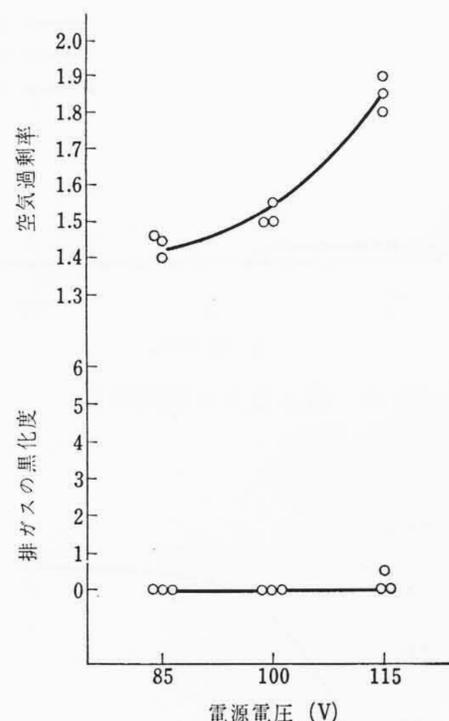


図 8 定常燃焼時の燃焼特性

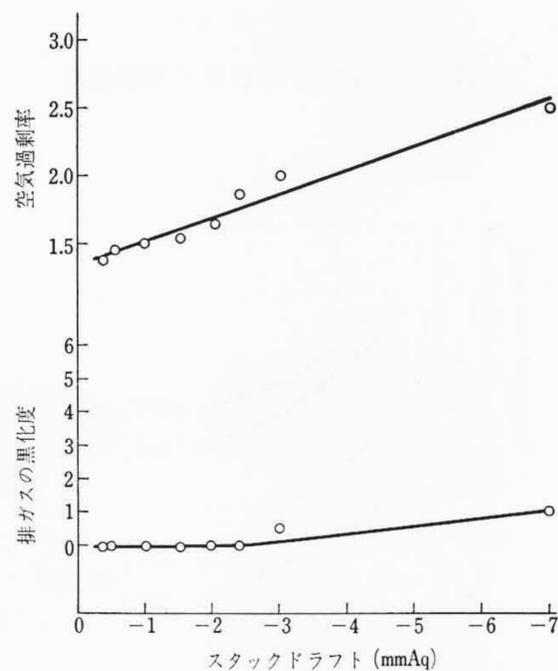


図 9 スタックドラフトに対する燃焼特性

着火直後の燃焼熱によって行なわれ、バーナの底部がじゅうぶんに予熱されて灯油の蒸発量と供給量が平衡したときから定常燃焼域にはいる。

予熱過程では灯油の蒸発量が供給量より少ないため、バーナの底部に一時油溜(たま)りを生じ、定常燃焼移行後に溜油が一時に蒸発燃焼する。

この際すすを発生したり、熱交換器の過熱を招くことがある。

そこで、油溜りを防ぐ方法として、定常燃焼時より少ないパイロット油量を予熱時に供給し、予熱が完了してから定常油量を供給する方法がある。しかし、本機のような自動運転制御を行なうには制御機構が複雑になる欠点がある。そこで、本機においては、着火および予熱に必要な初期油量を着火時に供給し、着火および予熱の完了時に定常油量を供給する方法を採用している。また、バーナ内にイグニッションバッフルを設けて予熱時間の短縮を図っている。その結果を示したものが図 10 である。一般のポット形バーナではパイロット燃焼によって 5~10 分間の予熱を必要とするが、このバーナでは、着火後 4 分で定常燃焼に移行する。また図 11 に示すように、熱交換器は一時的な過熱もなく良好な着火立上り性能を有している。

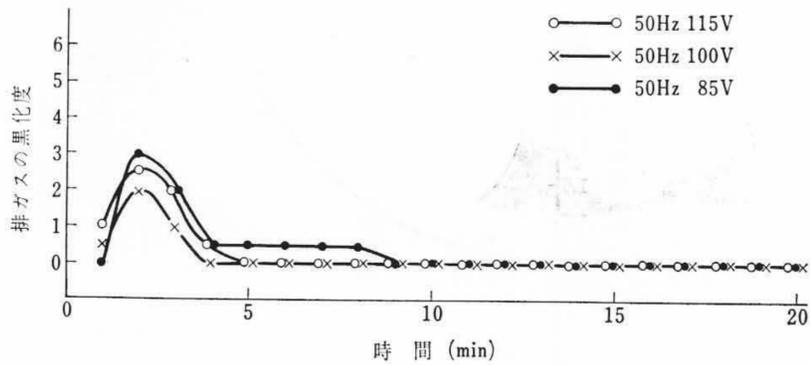


図10 着火立上り燃焼特性

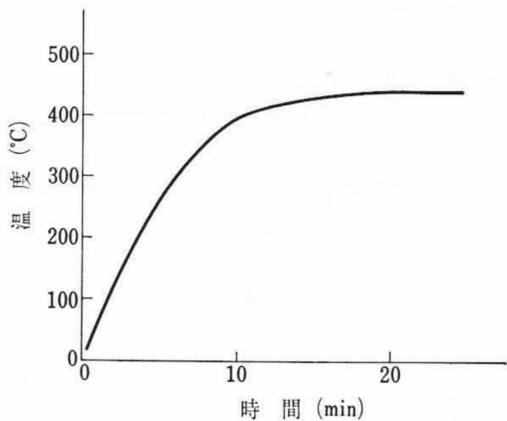


図11 着火立上り時の熱交換器温度

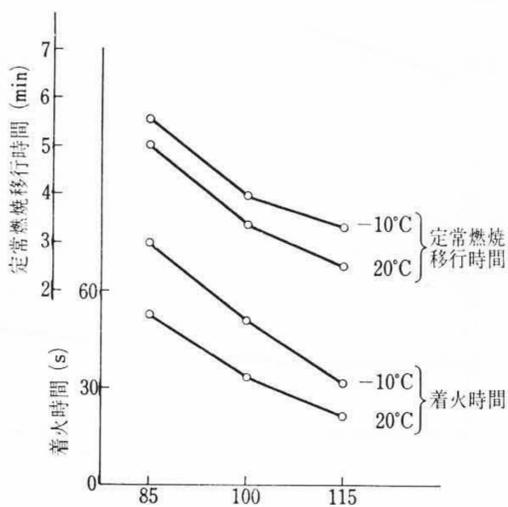


図12 着火特性

4.3 着火性能

図12は着火時間と定常燃焼移行時間の特性を電源電圧と周囲温度によって表わしたものである。

本機のようにパイロット燃焼を行わず、自動運転制御を行なうものでは運転開始時およびルームサーモスタットによる断続運転ごとに着火ヒータによる着火動作を繰り返し行なう。この着火動作繰り返し数は本体の設置状況、負荷によって異なるが1日に数十回に及ぶことがある。したがって外的な条件に影響の少ない確実な着火動作が必要である。図12から明らかなように着火時間は電源電圧および周囲空気温度によって変動するが、低電圧、低温状態においても確実に着火し定常燃焼への移行も確実に行なわれる。

4.4 暖房能力と熱効率

図13は暖房能力と熱効率を示したものである。灯油の発熱量は性状によって若干の差があるが、ここでは低位発熱量 10,400 kcal/h, 比重 7.85 により計算してある。また熱効率は、排ガス中の炭酸ガス濃度と排ガス温度を測定し、排ガスの保有熱量を求めてそれから計算されたものである。

熱効率は電源電圧によって若干の影響を受け、電源電圧が大きいほうがいくらか低い傾向を示している。これは空気過剰率の影響に

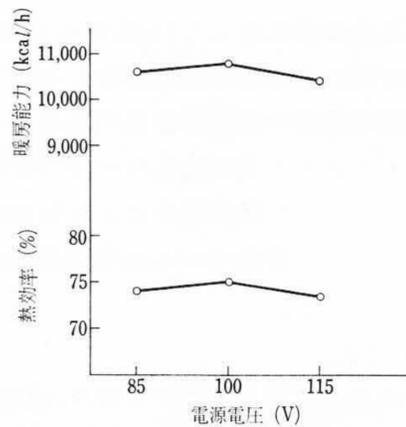


図13 暖房能力および熱効率

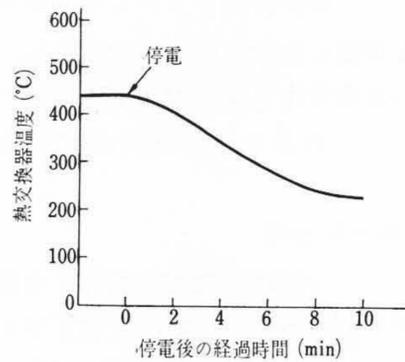


図14 停電特性

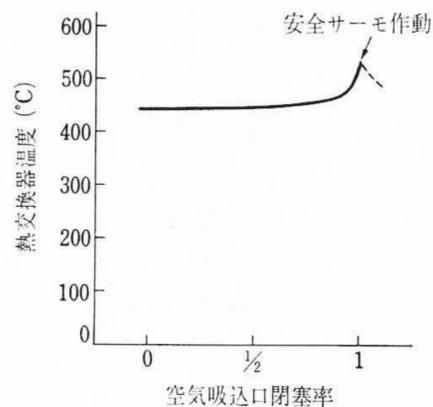


図15 空気吸込口閉塞による安全サーモ作動特性

よるものである。またスタックドラフトによってもわずかに影響があり、スタックドラフトが小さいほうが熱効率は高い。しかし、スタックドラフトが $-0.5 \sim -2 \text{ mmAq}$ の範囲では差は5%程度である。

4.5 安全性能

図14は停電時の安全性を熱交換器温度の変化によって示したものである。停電により、燃料の供給が停止するとともに、バーナ送風機、温風送風機が停止する。バーナの燃焼はバーナ内の残油によって継続するが燃焼空気がじゅうぶん供給されないで、すす発生が多い層流炎となる。燃焼量は急減するから、温風送風機が停止しても熱交換器の温度は下降する。停電後の燃焼継続時間は約5分である。

次にエアフィルタ詰りを想定した空気吸込口閉塞による熱交換器温度と安全サーモ作動特性は図15に示すとおりである。空気吸込口を全閉するまでは熱交換器温度の上昇はゆるやかである。これは熱交換器の寿命にきわめて有利な特性である。エアフィルタが万一詰っても全閉になるまでは熱交換器の温度上昇が小さいので実使用に支障ない。全閉状態ではただちに安全サーモが作動して運転を停止する。

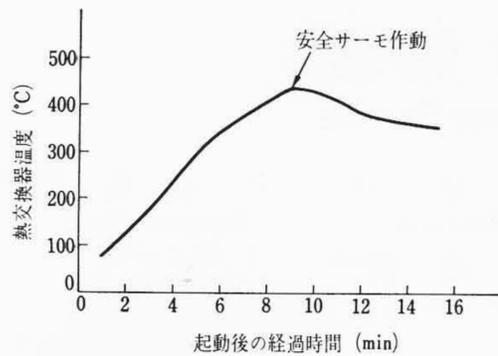


図 16 温風送風機故障時の安全サーモ作動特性

温風送風機故障の場合の熱交換器温度と安全サーモの作動特性は図 16 に示すとおりである。送風機の故障は機械的なロックによる場合と電動機の故障による場合があり、機械的ロックの場合は電動機の温度上昇が問題となる。図 16 から、送風機が故障の場合、安全サーモは起動後 9 分で作動し、安全に停止する。また 10 分間のロックによるコイルの温度上昇は 115 度以下であり、電動機を焼損するおそれはない。なお、この特性は起動時よりロックさせた場合であるが、定常運転状態よりロックさせた場合でも異常なく安全に運転を停止し、安全性能は満足すべきものであることがわかる。

4.6 騒音特性

図 17 は OF-100 形の直吹き運転時における騒音の周波数分析結果を示したものである。測定は無響室内で行われ、本体の前方 1 m 床上高さ 1 m の点での測定である。これから明らかなように、運転騒音は、バーナ騒音と送風機騒音から成り、150 Hz 以下の低周波域ではバーナ騒音が大きく、それ以上の周波数域では送風機騒音が大きい。

バーナ騒音はバーナ送風機による機械的な騒音と燃焼騒音に大別できる。低周波音はこのうち燃焼騒音の成分である。燃焼部は燃焼室およびキャビネットにより三重にしゃへいされているが、燃焼用空気入口、排気ガス出口(排気筒)に開放されているため、しゃ音の効果は小さい。特に低周波域騒音の漏えいが大きいと考えられる。次に送風機騒音であるが、OF-100 形の送風機は両吸込多翼形について特に低騒音化の検討を行ない開発したものである。空力特性の増大に伴い騒音も大きくなるので、一方においてキャビネット送風通路の通風抵抗の減少を図り必要風圧の低下を実施し、騒音の増大を防止した。ファンケーシングのノーズ間隙(かんげき)は騒音に対する影響が大きく、最適値が見いだされているが、本機ではファンケーシング内の渦による騒音を検討し、従来より若干小さな値を採用しており、周波数特性では 200~500 Hz の範囲の音圧レベルが高

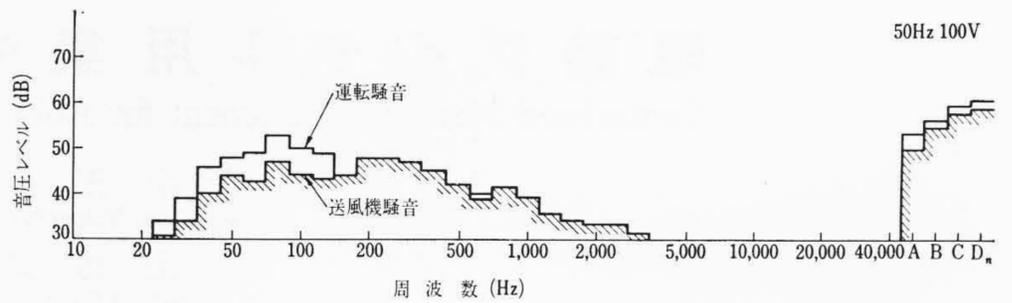


図 17 運転騒音の周波数特性

い。これらはランナの構造およびランナと電動機の直結構造に起因するもので、電源周波数によって若干変動する。騒音レベルは 50 Hz で 53 dB(A)、60 Hz で 52 dB(A) となり、55 dB(A) 以下を満足している。

5. 結 言

以上、日立製作所で開発した灯油を燃料とする住宅用温風暖房機「日立オイルファーン」OF-100 形について、構造、性能の概要を述べたが、本機の特長を要約すると次のとおりである。

- (1) 暖房能力 10,000 kcal/h の灯油を燃料とする住宅用温風暖房機として、本機は取扱いの簡便さ、ダクト施工可能など市場の要求を満たす製品である。
- (2) 全自動運転制御機構を採用したので、操作が容易である。
- (3) バーナに設けたイグニッションパッフルにより着火から定常燃焼までの時間が短縮され、約 4 分で定常燃焼に移行する。
- (4) 定常燃焼時の燃焼性能はスタックドラフト $-0.5 \sim -2$ mmAq、電源電圧 85~115V の範囲で空気過剰率は 1.4~1.9 の範囲にあり、排ガスの黒化度は 3 以下で安定した性能を示している。
- (5) 熱効率は約 75% である。
- (6) 運転騒音は 150 Hz 以下の周波数域の燃焼音とそれ以上の周波数域の送風機音からなり、騒音レベルは 52~53 dB(A) である。
- (7) 熱交換器温度を感知する安全サーモにより、エアフィルタ詰り、送風機故障の場合にも安全に運転を停止することができる。
- (8) 着火性能は電源電圧、周囲空気温度により変動するが、85~115V、 -15°C において確実に着火する。

参 考 文 献

- (1) 三森, 横山: 日立評論 51, 472 (昭 44-5)