

新開発日立スペースヒータの諸特性

Features of Newly Developed Hitachi Space Heater

本田 寿一* 伊藤 克也* 千賀 茂明*
Juichi Honda Katsuya Itô Shigeaki Senga

要 旨

温水暖房器、灯油燃焼温風暖房器など、従来、事務所、商店などの業務用であった暖房器が、住宅用として見直され、住宅の暖房を目的とする製品が市場に出始めている。特に灯油を燃料とし、対流と放射の双方で採暖できるスペースヒータは住宅の新しい暖房方式として注目されている。

本文は、日立製作所で開発した熱出力8,400~12,000 kcal/hの灯油燃焼スペースヒータの仕様、構造、性能について述べたものであり、下記特長を有するものである。

- (1) バーナは蒸発式ポット形であり、独特の機構を有しているため、定常燃焼までの着火立ち上がり時間が短く、着火後約3分で温風が得られる。
- (2) 着火に、電気ヒータによる自動着火方式を採用しているため、操作が簡単である。
- (3) 本体前面には、放射窓を設け、灯油燃焼炎からの放射熱を直接得られる構造としてあり、暖炉と温風暖房機の二つの機能を兼ね備えている。
- (4) 熱効率は80%以上である。

1. 緒 言

暖房の方法を分類すると、蒸気、温水など熱媒を使用する間接暖房と、電気、灯油、軽油、石炭、薪炭などの発熱による直接暖房とがあり、さらに採暖方法によって、強制対流、自然対流および放射に分類することができる。

欧米では、風土や、資源によって、地域的に住宅暖房の燃料と採暖方法の組合せが決まっておき、各種の方法が雑居するという傾向は比較的少ない。わが国では、本格的に検討された歴史が浅く、しかも、技術、機器ともに輸入からスタートしているのが実状である。

このような現状の中で、最近特に注目されているのは、灯油燃焼による温風暖房方式である。欧米では温風による直接暖房機をスペースヒータと総称し、これをルームヒータ、フローファーネス、ウォールファーネスに細分⁽¹⁾しており、いずれも古くから使われている。わが国では、このうちの灯油燃焼のルームヒータをスペースヒータと称しており、燃料費が安いこと、取り扱いが簡単であること、据え付けが容易であることなどの利点が買われ、10,000 kcal/h 前後の温風暖房機の需要が増大している。

日立製作所では、熱出力8,400~12,000 kcal/hで、独自の機構を採用したスペースヒータを開発し好評を得ている。以下、この新開発スペースヒータの特性を中心に述べる。

2. おもな仕様

日立スペースヒータ SH-100W 形の仕様を表1に、また外観写真を図1に示す。

2.1 熱出力

家庭の居間、応接間など個室の暖房用としては、2,000~5,000 kcal/hの温水暖房機、灯油ストーブなどが普及しており、事務所その他の用途には、15,000 kcal/h以上のオイルファーネス（一般に温風暖房機と呼ばれている）が使われている。

したがって、現在最も不足しているのは、中間の容量、すなわち部屋の大きさが65 m²程度までに向く製品であり、熱出力10,000 kcal/h前後のものである。これを家庭に据え付けると、間仕切りの開放、階段の利用などによって、簡便に数室を暖房することが可能である。

* 日立製作所栃木工場

表1 日立スペースヒータ仕様

形 式	SH-100W
外 法 寸 法 (mm)	幅 705×高さ 776×奥行 400
外 装	高級仕上鋼板製合成樹脂塗料焼付仕上
バ ー ナ	蒸発式ポット形 (強制通風)
送 風 機	2 連多翼送風機
燃 料	白灯油 (JIS K2203 による1号灯油)
燃 料 消 費 量 (ℓ/h)	1.20~1.72
最 大 発 熱 量 (kcal/h)	15,000
熱 出 力 (kcal/h)	8,400~12,000
着 火 方 式	電気ヒータによる自動着火
接 続 排 気 筒	内 径 100φ
消 費 電 力	75/100 W 50/60 c/s (定常燃焼時)
電 源	AC 100 V 50/60 c/s
製 品 重 量 (kg)	75
付 属 品	ドラフトレギュレータ、排気筒継手、ベース、送風機用マウスリング (60 c/s用)

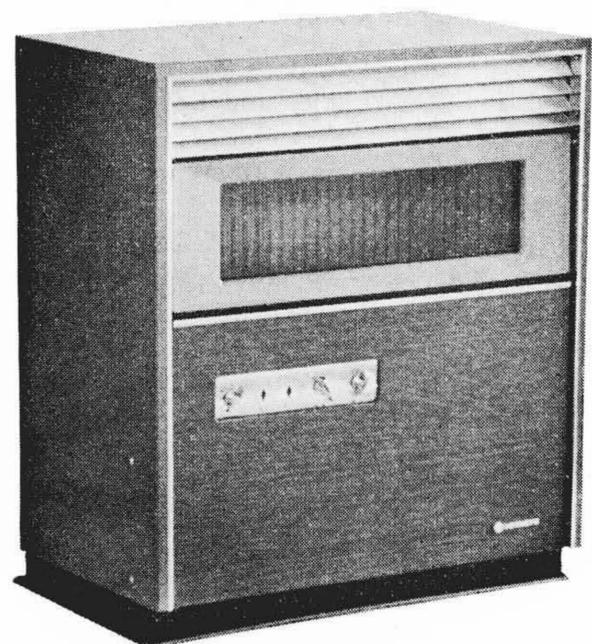


図1 日立スペースヒータ SH-100W 形

2.2 採暖方法

温風を吐出して室温を上昇させるほかに、放射熱で直接採暖することも可能な構造を採用した。

わが国では冬の着衣の関係から、暖房時の室温は欧米より、2~3°C低い20°Cが標準となっている。また、こたつ、火鉢、いろりなどで採暖してきた習慣があり、したがって、燃焼炎を直接見て放射

熱でも採暖できる構造とした。これにより特に家庭に据え付けた場合に、単なる視覚的な効果のほかに、生活習慣に合致する効果がある。

2.3 操作方法および着火直後の性能

スペースヒータでは、着火方法、着火直後の燃焼性能および消火方法が取り扱いを容易にするための重要な課題である。

特に着火直後の燃焼性能は、着火後温風が吐出するまでの時間を短縮するためにぜひ改善しなければならない。そこで、着火を電気ヒータによる自動着火として操作を簡略化し、着火直後安定燃焼に至る過渡時間を3分以下とするよう燃焼性能の改善を図り消火に対しては、給油停止の操作をすれば、送風機は消火後に自動停止する機構を採用した。

2.4 バ ー ナ

バーナに蒸発式ポット形を採用した。

日立製作所でファミリーボイラ用として開発した蒸発式ポット形バーナは、空気過剰率の広い範囲で安定した、しかも高性能の燃焼特性を示すすぐれたものであるが、スペースヒータ用としては着火から燃焼が安定するまでの過渡時間が3分以下になるように、さらに改良を行なったものである。

2.5 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等しく、わずかに JIS で排ガス中の未燃炭素量を 1g/m^3 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。

排気筒についての一般の認識は薄く、ファミリーボイラの据え付け指導の重点を、排気筒の認識を高めることにおいているが、それでも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3mを目標にし、ほかの諸元も厳格に定めて据え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 -5mmAq までは、 -2mmAq に自動調節できるようにした。これに伴って、燃焼機構としては、スタックドラフト $-0.5\sim-2.0\text{mmAq}$ の範囲で排ガス中の黒化度が3以下に維持できるよう目標を定めた。

3. 機 器 仕 様

3.1 熱 交 換 器

放射窓から直接放射する熱量と、対流熱伝達により、循環空気に伝えられる熱量との配分を約4:6にすることとし、全熱量、 $12,000\text{kcal/h}$ に対して、放射熱 $5,000\text{kcal/h}$ を設計値とした。

火炎の形状をコンバッションリングの内径を低面とする高さ200mmの円すいと仮定し、火炎温度を $1,000^\circ\text{C}$ として計算すると、放射窓の幅を500mmとすれば、前記設計値が得られることがわかった。これを予備実験で確認すると、火炎を包む熱交換器の内壁をアルミメッキ面として反射を助長すれば、放射熱は全熱量の45%となり、設計値に近い値を得ることができる。これをもとに、熱交換器の空気側表面積を 2.3m^2 とし、表面の熱反射と、耐熱性の双方から鋼板にアルミ溶融メッキを行なうこととした。

3.2 燃 焼 装 置

燃焼仕様を次のように設定した。

- (1) 燃 焼 油 量 20~29 cc/min
- (2) 空 気 過 剰 率 1.6~2.3
- (3) バ ー ナ ド ラ フ ト 2.5~3.0 mmAq

燃焼に必要な空気量は、灯油1kgの理論燃焼空気量 15.05kg/kg (灯油の炭素水素比を5.45とした) から $0.44\text{Nm}^3/\text{min}$ と求められる。

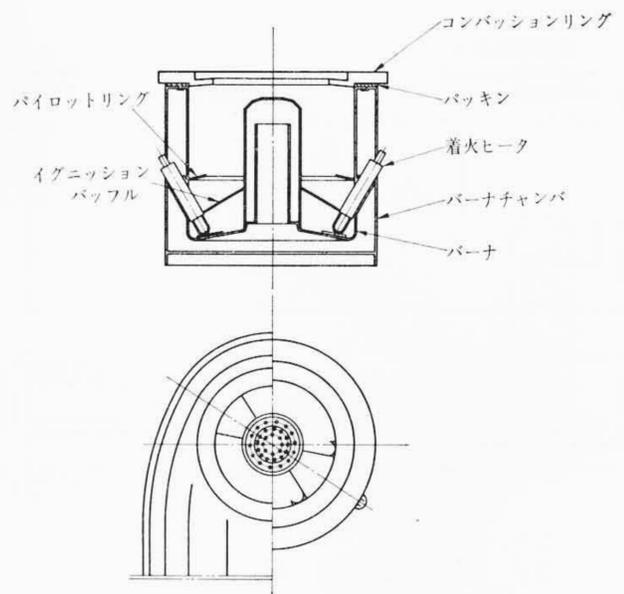


図2 バーナ部分の構造

バーナの構造は図2に示すとおりであり、燃焼油量に合わせて寸法を決め、新たにイグニッションパッフルと称する特殊構造を案出して、着火から燃焼が安定するまでの時間の短縮を図った。すなわち、着火用電気ヒータをイグニッションパッフル内にそう入し、この内部で着火させ、着火直後の小さな火炎で、まずイグニッションパッフルを集中的に加熱して燃焼油量を急激に増加させるとともに、イグニッションパッフルの外に出る火炎は、バーナの外周に沿って底面を加熱し、燃焼油量の増加をさらに促進するようにしたものである。この構造により着火立ち上がり3分以内という画期的な仕様の達成が可能になった。

3.3 排 気 筒

排気筒は、できるだけ短いことが望ましく、また火災に対する安全性および熱効率の点から排気筒入口におけるガスの温度はできるだけ低くすべきである。

前項で述べた燃焼仕様、および、熱出力仕様から算出すると、燃焼油量 29cc/min 、空気過剰率1.6のとき、排気筒入口のガス温度は室温に対して、 345 度高い温度となり、ガス量は $0.93\text{m}^3/\text{min}$ である。ドラフトレギュレータが作動して空気と混合したとき、排気筒入口における混合ガスの温度が 250°C まで低下すると仮定すると、混合ガス量は $1.12\text{m}^3/\text{min}$ となる。

スタックドラフトは、排気筒入口におけるガス温度と、出口付近の外気温度の差によるドラフトから、ガスの流動による圧力損失を差し引いて求められる。すなわち

$$\Delta P = \Delta P_t - \Delta P_f \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta P_t = 353H \left(\frac{1}{T_a} - \frac{\delta}{T_g} \right)^{(3)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta P_f = \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{L}{R} \cdot \frac{v^2 r_g}{2g} \dots\dots\dots (3)$$

- ここに、 ΔP : スタックドラフト (mmAq)
- ΔP_t : 温度差によるドラフト (mmAq)
- ΔP_f : ガスの流動による圧力損失 (mmAq)
- H : 排気筒の高さ (m)
- R : 排気筒の半径 (m)
- L : 排気筒の長さ (m)
- (トップの抵抗は直筒長さに換算して加えた値)
- T_a : 外気温度 ($^\circ\text{K}$)
- T_g : 排ガスの温度 ($^\circ\text{K}$)
- v : 排気筒内の排ガス速度 (m/s)
- r_g : 排ガスの比重量 (kg/m^3)
- δ : 排ガスの空気に対する比重
- λ : 排気筒のガスの流動に対する摩擦係数

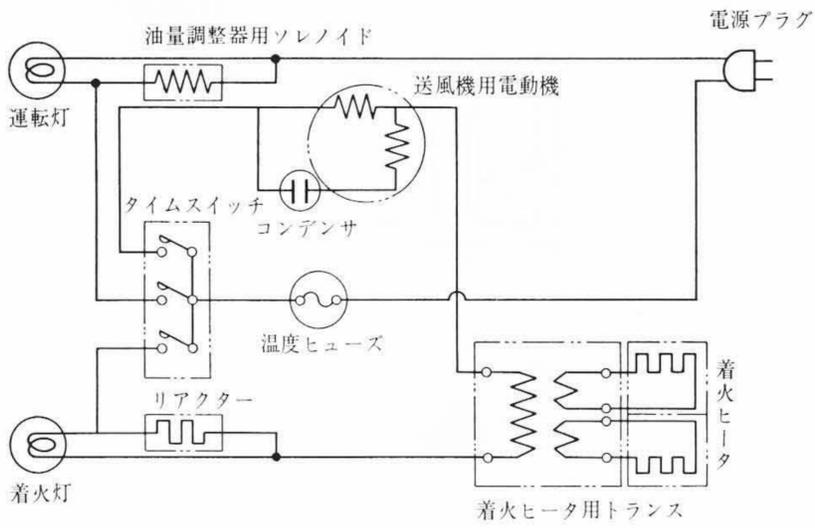


図3 電気配線図

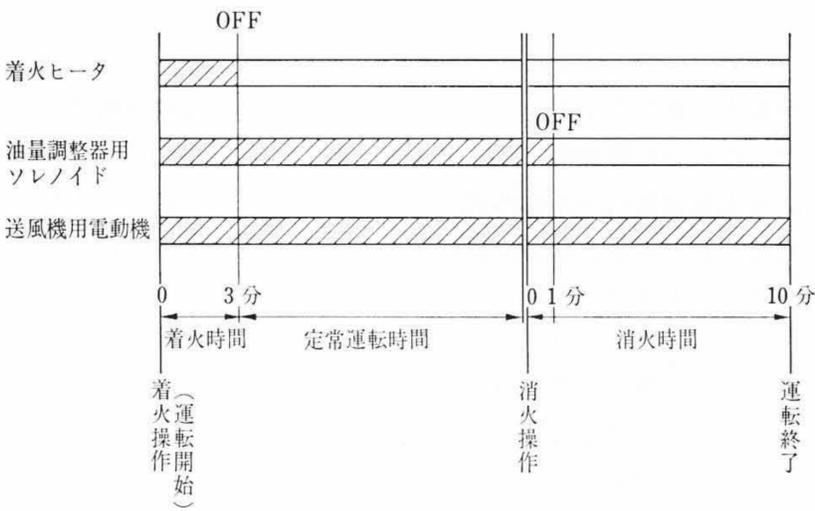


図4 運転動作説明図

排気筒内のガスの流れが $R_e \approx 5,000$ となるように、 R および v を決定して λ を求め、既出の諸元を代入すると、外気温度 10°C 、外気風速 0 のとき、 $H=3\text{ m}$ とすればスタックドラフトは 1.5 mmAq となり仕様を満足する。このときの排気筒径 ($2R$) は 100 mm である。

3.4 送風機

送風機は燃焼空気の送風用と、室内空気の循環用を1台で共用させることにした。

燃焼に必要な空気量は、前述のとおり $0.44\text{ Nm}^3/\text{min}$ である。

室内循環用空気量は、吐出空気温度を室温に対して 100 度上昇とし、放射窓から直接放射する熱量を除いた、吐出熱量を $7,200\text{ kcal/h}$ とすると、下式により 20°C において $3.5\text{ m}^3/\text{min}$ が求められる。

$$V = \frac{Q}{60r_a C_p \Delta t} \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 V ：所要風量 (m^3/min)

Q ：吐出熱量 (kcal/h)

r_a ：空気の比重量 (kg/m^3)

C_p ：空気の比熱 ($\text{kcal}/\text{kg}\cdot\text{deg}$)

Δt ：吐出空気と吸込空気の温度差 (deg)

前項で述べた排気筒内のガス流動による圧力損失と同様の計算により、熱交換器の通風抵抗を算出し、送風機の仕様を決定すれば、所要全風量は $4.0\text{ m}^3/\text{min}$ (20°C)、全圧は 6 mmAq である。これを満足する送風機として、羽根径 120 mm 、羽根幅 95 mm の片吸込多翼送風機を2連として、 $1,400\text{ rpm}$ で使用することにした。

3.5 操作機構と配線

図3は配線図、図4は動作説明図である。

操作機構の特長は、タイムスイッチを使用して、着火ヒータの通電時間、油量調整器の出口弁を開閉するソレノイドを制御している点にあり、この機構の採用によって、燃焼油量の調節を別にすれば、

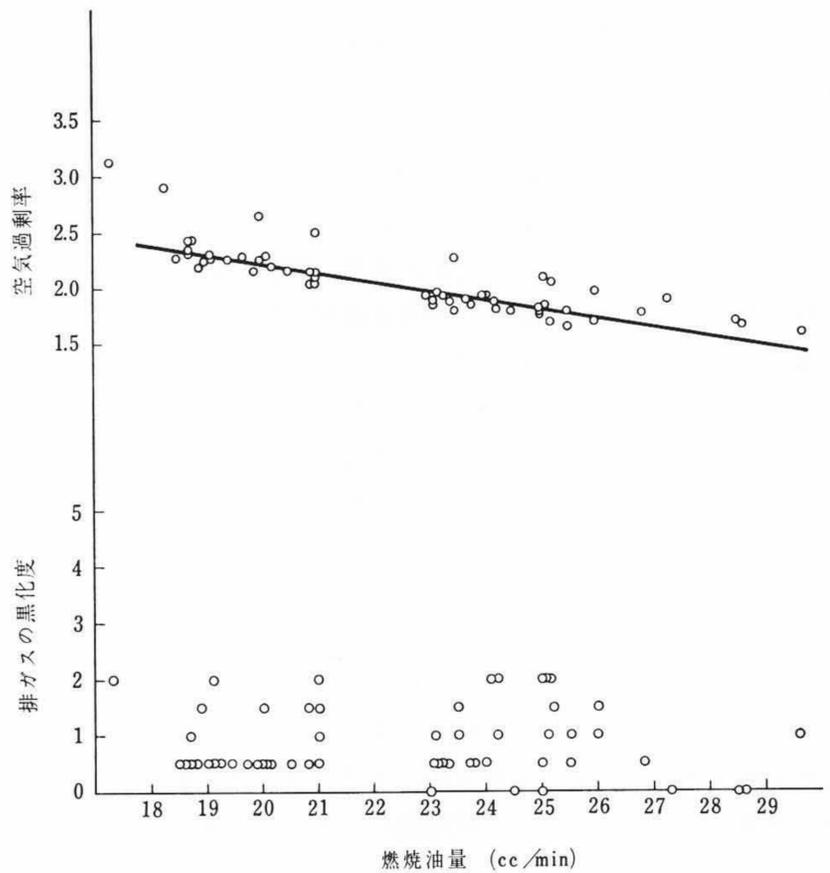


図5 燃焼特性

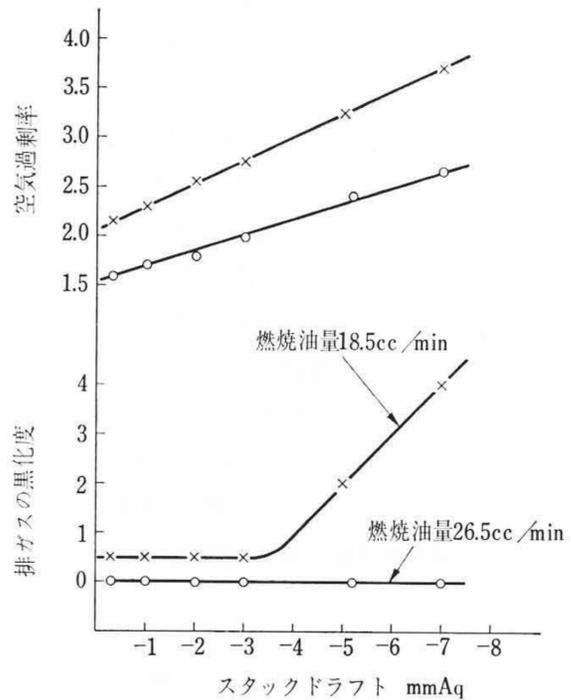


図6 スタックドラフトに対する燃焼特性

着火時は二つ、消火時は一つのツマミ操作だけですみ、操作が非常に簡単になる。

4. 性能

4.1 燃焼性能

図5は燃焼油量に対して、空気過剰率および排ガスの黒化度を示したものである。空気過剰率は排ガス中の炭酸ガス量を測定し、これから計算した値である。

図を参照すると、燃焼油量 $20\sim 29\text{ cc}/\text{min}$ の範囲で、空気過剰率は $2.2\sim 1.5$ の範囲にあり、黒化度は3以下を満足している。同じ油量に対して黒化度、空気過剰率ともに幅があるのは、スタックドラフトの影響である。この関係を明らかにしたのが図6であり、スタックドラフトに対して、同一油量のときの燃焼性能をプロットしてある。スタックドラフトと燃焼油量を一定にすれば、空気過剰率、黒化度ともに一定となり、スタックドラフトが -2 mmAq では黒化度3以下の仕様を満足することがわかる。

4.2 着火直後の燃焼性能

蒸発式ポット形バーナでは、バーナの子熱を必要とするため、着

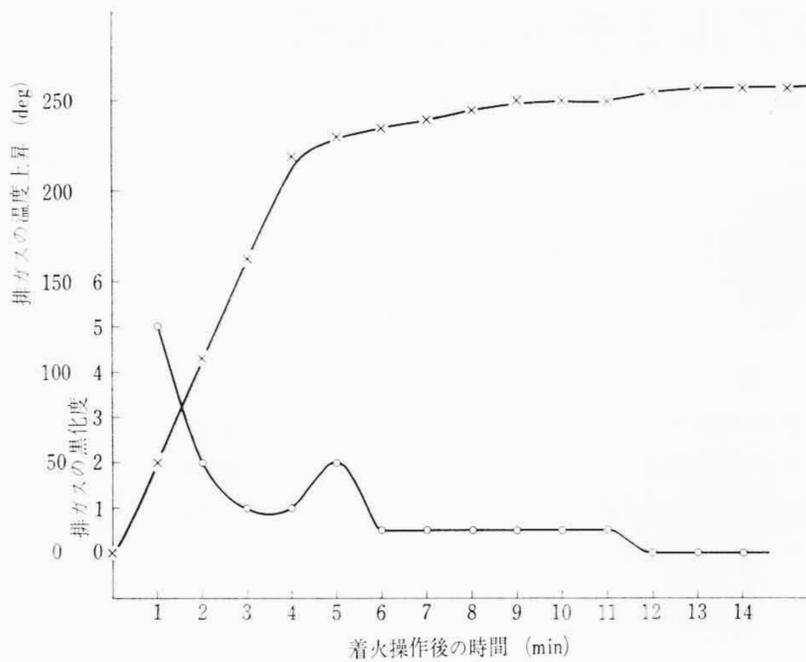


図7 着火直後の燃焼特性

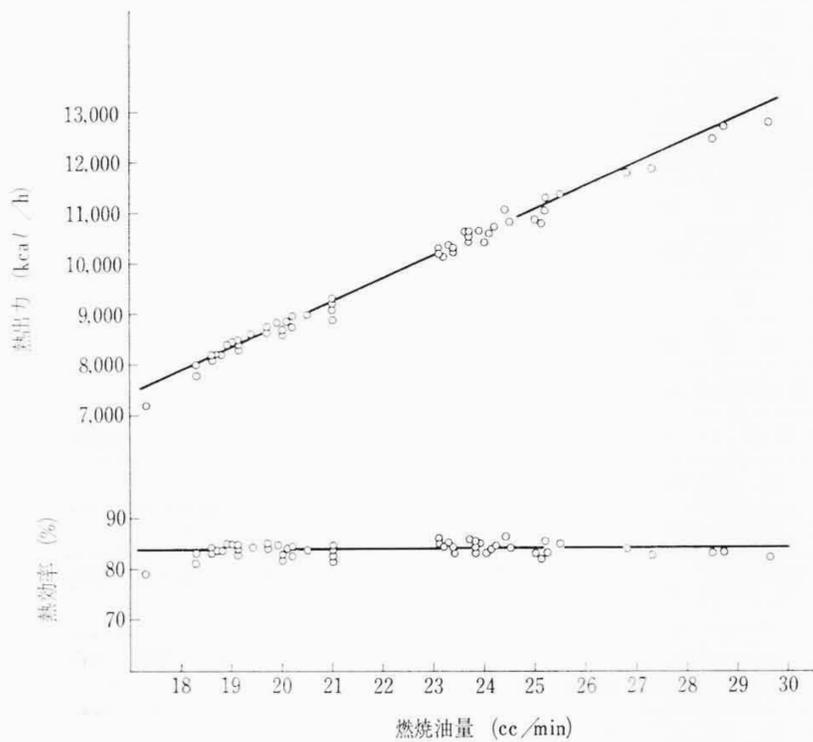


図8 熱出力および効率

火直後の燃焼が安定時に比べて悪いが、スペースヒータでは、イグニッションバップルの採用で着火直後の燃焼の改良を図った。その結果を示したのが図7である。黒化度が3を越えるのは約1分間であり、着火操作後3分で排ガス温度は160度上昇し、目標性能を満足している。一般の蒸発式ポット形バーナでは、パイロット燃焼を採用して5~10分バーナを予熱するが、パイロット燃焼中は、60度程度の温度上昇に過ぎず、定常燃焼油量に変えてから、約2分経過後に100度上昇する。これと比較すると、イグニッションバップルの効果が判然とする。

4.3 熱出力および熱効率

図8に熱出力と熱効率を示す。灯油の発熱量は、性状によって若干の差があるが、ここでは法定発熱量⁽⁴⁾をとり、11,060 kcal/kg 比重0.7901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、排ガスのスペースヒータ出口温度を測定し、排ガスの保有熱量を求めて計算した。

熱効率は燃焼油量にはほとんど関係ないが、燃焼油量が多いほうがいくらか高い傾向を示す。また、スタックドラフトにもわずかに影響があり、スタックドラフトが低いほうが効率は高い。しかし、-0.5~-2.0 mmAqの範囲では差は5%程度である。

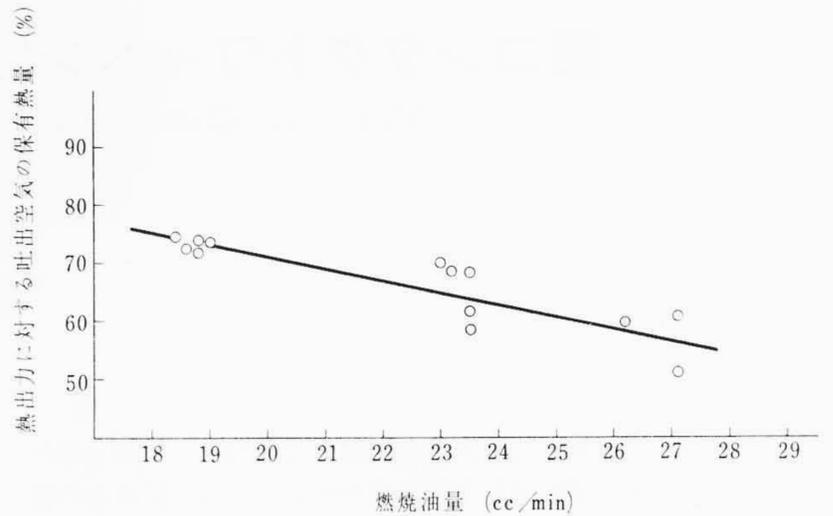


図9 熱出力に対する吐出空気の保有熱量の割合

4.4 放射熱と対流熱量の割合

ここにいう放射熱とは、放射窓から直接放射する熱量であり、対流熱量とは、空気に伝達し、室内循環空気の温度を上昇させる熱量である。放射熱量を直接測定することは困難であるので、吐出風量、吐出空気温度、吸込空気温度を測定し、前出の(4)式から対流熱量を計算し、図8の出力との差で求めてある。計算結果を図9に示す。

燃焼油量が減少すると対流熱量の割合が減少するのは、火炎が小さくなるためと、空気過剰率が大きくなって火炎温度が低くなるための影響と考えられる。

5. 結 言

以上日立製作所で開発した灯油を燃料とする温風暖房機スペースヒータについて、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) 熱出力8,400~12,000 kcal/hの灯油燃焼温風暖房機として、本機は燃料費の経済性、取り扱いの簡便さなど、市場の要求を満たす製品である。
- (2) 熱効率は燃焼油量の全範囲で80%以上である。
- (3) バーナに設けたイグニッションバップルは、着火から燃焼が安定するまでの時間を短縮するのに著しい効果があり、温風吐出までの時間が短い。
- (4) 安定時の燃焼性能は、スタックドラフト -0.5~-2.0 mmAq、燃焼油量20~29 cc/minの範囲で、空気過剰率が2.2~1.5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す。
- (5) 放射窓から直接放射する熱量は、燃焼油量27 cc/minにおいて、全熱出力の44%である。この割合は燃焼油量の減少につれて減少する。
- (6) 着火には、電気ヒータによる自動着火方式を採用しているので、操作方法は簡単容易である。

終わりに、このスペースヒータの開発に際して、終始有益な助言と指導を賜った日立製作所家電研究所、主任研究員 故 森電太郎氏に衷心より感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) ASHRAE Guide & Date Book. (Fundamentals & Equipment) 1966年版
- (2) UL 729 Oil-Fired Floor Furnaces CS 101-43 Flue-Connected Oil-Burning Space Heaters Equipped with Vaporizing Pot-Tipe Burners
- (3) 住宅の暖房設計 (日本建築学会設計々画パンフレット)
- (4) 灯油などの標準発熱量などの取扱いについて 国税庁通達 昭和40年8月