

■ 技術報告 ■

家庭用燃焼機器の技術的発展

—省エネルギーと快適性の追求—

Technical Developments in the Home Use Burners for Saving Energy and Restraining the Pollution

野間口 有*

Tamotsu Nomaguchi

1 ま え が き

エネルギー資源の有限性、環境問題等々の問題点をかゝえながらも“燃焼”が我々の社会を支える最も重要なエネルギー獲得手段の一つであることはいまさらいうまでもなからう。原子力開発の推進や太陽熱利用などの自然エネルギー技術の開発に今後一段と拍車がかゝったとしてもここ当分は燃焼が最も重要な役割をになうというのが我国におけるエネルギーシステムの現実なのである。たとえ我々の家庭という場にかぎってみても事態はまったく同じである。家庭用エネルギー源としては電気、ガス（都市ガス、液化石油ガス）石油（灯油）が一般的であるが、この中でガス、石油といういわゆる化石燃料が占める割合はエネルギー需要量の7割にも達することは多くの調査資料の教えるところである。したがって、これら化石燃料を使用する燃焼機器の性能改善が我国のエネルギー事情に及ぼす影響はまことに大きいものがあるといえよう。かゝる事態を反映して家庭用燃焼機器の分野でも、省エネルギー・資源、さらに環境との調和の努力が積み重ねられてきたのである。本稿では、そのプロセスにおける技術的変遷について、著者らの経験を中心に述べたい。

2 強制給排気式ガス温風暖房機の開発

この暖房機は、燃焼用空気の供給、排気を送風機によって強制的におこなうとともに、燃焼ガスと室内空気との熱交換も送風機を利用して強制的におこなわせるタイプの暖房機¹⁾である（図-1参照）。表1はこの開発に当って、著者らが、従来の開放形ストーブや集中暖房装置と比較してこの暖房機が持つメリットを整理したものである。この表からもわかるように、セントラルヒーティングの快適さをきわめて低コストで実現できるものとして我国暖房機器市場に少なからぬイン

パクトを与えたのである。昭和45年ガス用が商品化されたのに続いて、石油用も開発され、今や暖房機器市場において確固たる地位を築いている。

開発における技術的ポイントは、燃焼と熱交換の面にあった。燃焼の問題は、ガス燃料を強制空気流中で安定に静かに燃焼させることのできるバーナの開発であった。低騒音性と二次空気との混合特性の良さに注目して多数の小炎口をもつバーナ（multi-port burner）形式とし、さらに炎口形状を安定性の高い形に工夫することによって新バーナの開発を可能にした。工業用としては、この種のバーナは珍しくないが、家庭用とすることには実に多くのやっかいな問題があった。その一つは、我国で使われているガス燃料としてはきわめて多くのガス燃料がある（全国で200社以上の事業所があり、ガス組成にもいくつかのタイプがある。）ということであった。図-2は強制空気流が管状バーナに

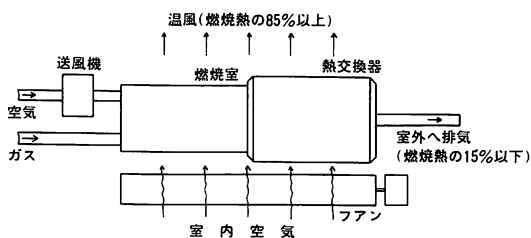


図-1 強制給排気式温風暖房機の構成

表1 暖房方式の比較

比較項目	開放形ストーブ	セントラルヒーティング	強制給排気式温風暖房機
室内空気汚染	CO、NO _x 汚染、酸欠の危険あり	なし	なし
室内温度分布	上方が高く、足元(下方)が低い	良し	良し
熱効率	100%。但し換気による熱放出あり	70%。他に補機動力大。zoning不可	85%以上 zoning可能
設備工事の難易	きわめて容易	時間を要し、コストも高し	排気工事のみ
安全性	火災、火傷の可能性あり	安全性高し	安全性高し

*三菱電機(株)応用機器研究所グループマネージャー
〒661 尼崎市南清水字中野80

おける火炎の安定性に及ぼす影響を調べた例であるが、このような基本的データの集積が問題解決の重要な決め手となった。

一方、熱交換の面においては、送風機のもつ高い圧力を利用して、熱交換部における熱伝達率を高くとり小形でしかも高効率の熱交換器を実現した。従来の自然対流を用いた給排気式暖房機（Natural Draught Balanced Flue 式）や瞬間湯沸し器等では熱効率率は70%程度であったが、この強制給排気式では85%以上を実現し、高効率時代の先導役を果すこととなったのである。

なお、著者らは、熱交換器を有しない、いわゆる開放燃焼式の温風暖房機もその後開発したが、これは強制給排気式が排気工事等の都合で設置しにくい場所での使用の便を考慮して開発したものである。温風機としての機能は備えているが、適宜換気を必要とすることはいうまでもない。

3 石油ガス化燃焼

石油（灯油）のいわゆるガス化燃焼が前章で述べた温風暖房機の石油版の普及に及ぼした影響も無視できない。石油の燃焼機器といえば、それまではガンタイプ、ポットタイプ、芯タイプのものがほとんどであったが、これらはいずれも、ガス機器とちがって、燃焼の開始、停止時あるいは定常燃焼時において煤や臭いを発生するという問題をもっていた。煤の問題以外にも、空気と燃料との拡散混合のために比較的大きな燃焼空間を設けてやる必要があり、機器設計上の制約となっていた。

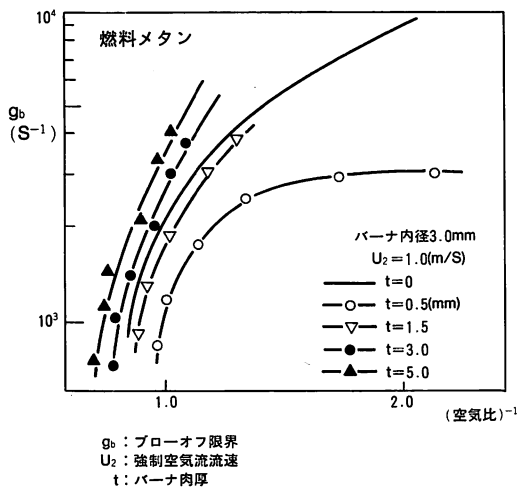


図-2 火炎の安定性の測定例

これらの問題を改善し、石油機器においてもガス機器におけるのと同じようなブルーフラーム燃焼を実現したのがガス化燃焼方式である。これは石油を予め気化し、これを一次空気と混合してから燃焼させる方式で、ジャーナリスティックな表現ではガス化燃焼といわれるが、技術的により正確に言うならば、石油の気化予混合燃焼というべきであろう。これと従来形の代表であるポット式燃焼とを比較したのが図-3である²⁾。紙面の都合で詳しい説明はできないが、ガス化燃焼では、燃料は必ずブンゼン炎における高温反応帯を通過するため燃焼が、他の形態に比べ、一様により完全に進行するものと考えてよい。表2は、著者らが調べた燃焼速度、活性化エネルギー、安定限界、消炎距離等の予混合炎の基本的な性質をまとめたものである。本表から、灯油の燃焼性はプロパンなどの飽和炭化水素類ときわめて類似したものであることがわかる³⁾。バーナの設計においてもプロパン燃料等とはほぼ同様な考え方で設計すれば十分であることが明らかとなった。

図-4は、著者らが開発した石油瞬間湯沸し機で、発熱量30,000 kcal/hr、熱効率85%である。高さ745 mm、幅370 mm、奥行き260 mmと、従来同能力のガス用に優

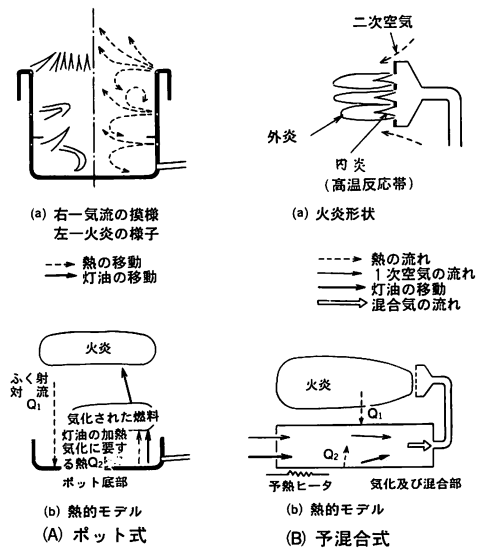


図-3 石油燃焼の形態

表2 灯油予混合燃焼特性

	燃焼速度 (cm s)	活性化エネルギー (kcal/mol)	消炎距離 (cm) (μ = 1.0, T ₀ = 510K)	安定限界 (S ⁻¹) (μ = 1.0, T ₀ = 510K)
灯油	8.0 · 0.325 × 10 ⁻³ T ₀ ² (T ₀ in K)	~ 41	0.05	blow-off 5600 flashback 1600
プロパン	10 · 0.342 × 10 ⁻³ T ₀ ²	~ 42	0.06	blow-off 5600 flashback 1700
メタン	7.1 · 0.354 × 10 ⁻³ T ₀ ²	~ 60	-	-

るとも劣らない小形化、高効率化を達成した。これは、まさにガス化燃焼のためバーナ部がコンパクトになり、かつ熱交換部もガス機器と同じフィンチューブの使用が可能になったためである。従来形の温水機では煤のつまりをさける必要もあって、熱交換器の燃焼ガス流路断面は、どうしても大きくとる必要があり熱交換効率を上げにくい要因となっていた。

図-4のバーナ部をもう少し詳しく示したのが図-5である。電熱で予熱された気化室に空気とともに石油をノズルより投入すると、先ず空気流によって燃料が微粒化され、ついで気化室の壁面で加熱される。この壁面は空気流によって常に掃気されているためきわめて薄い濃度境界層が実現し、燃料の気化が促進されることになる。燃料がノズルから離れてから炎口に達するいわゆる気化時間は0.1～0.2秒という短時間である。この気化時間の短いことが点火、消火時の未燃燃料成分の排出の抑制につながり、ガス化燃焼の実用化を可

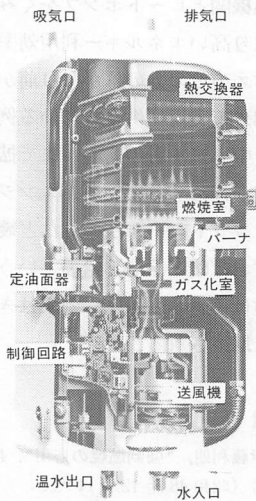


図-4 石油瞬間湯沸し機

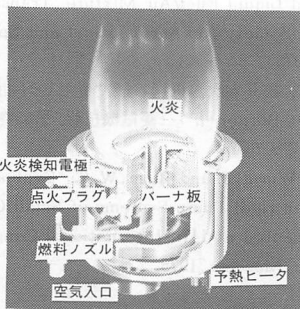


図-5 石油瞬間湯沸し機 (図-4) のバーナ

能にした⁴⁾。

このような石油ガス化燃焼の出現は、石油機器のレパートリーを大巾に広げ、上にあげた瞬間湯沸し機からテーブルコンロ⁴⁾に至るまで数多くの製品化に成功している。

4 省資源と快適性の向上を求めて

ひとたび製品が開発されると市場の評価を反映してよりよいものにしていくためにいくつかの技術の変遷を余儀なくされるが、その内容は、一口にいえば、快適性の追求と省資材(低コスト)化の追求ということになるようである。さきにあげた強制給排気式温風暖房機を例にとって若干その変遷のようすをふり返ってみよう。図-6は、その能力当りの重さの変化を追ってみたものである。開発当初に比べ、最近の機器は30%以上も軽くなっていることがわかる。運転騒音の低減や温度分布の改善や燃焼の改善(とくにNO_x排出量)など機器使用上の快適性は向上させつゝこのような軽量化が達成されていることは注目に値しよう。

快適性の向上の例として、この暖房機を使用した場合の室内温度の時間的変化を図-7に示す。初期のものに比べ、最近のものは精度よく室温がコントロールされ、制御のゆき過ぎ量が大きいがために使用者が感じる不快感を抑制できるようになっている。これはバーナの燃焼量を高、低、零と三段階に、負荷に応じて自

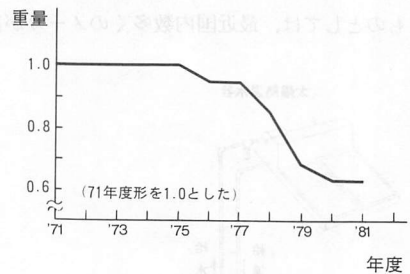


図-6 温風暖房機の軽量化

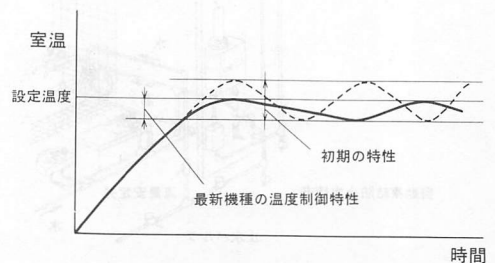


図-7 温風暖房機の室温制御特性

動的に制御する技術を導入したためであるが、最近では、エレクトロニクスの発展のためにこのような制御はきわめて容易におこなわれるようになってきているのである。このほか、火災検知、使用者の生活パターンに合せた運転制御等々の面でエレクトロニクス技術が盛んに利用されている。

快適性の追求はまた機器の多様化をうながすようである。暖房機分野では、温風機と冷房ユニットの結合形、床暖房機などが出現し、給湯機分野では風呂用から給湯用あるいは両者の兼用形にいたる数多くの機器が出現している。

5 新しい動き

第2次石油ショックを契機として省エネルギーへの要求はさらに切実な問題となってきた。単に機器単体の改良、改善にとどまらず、熱利用のシステム全体をみわたした上での省エネルギーの試みがなされるようになってきた。

このような動きの中でまず注目されるのが給湯機と太陽熱コレクターの結合タイプの出現であろう。これは、図-8に示すように、まず太陽熱によってある程度温められた水が給湯機によって所定のレベルにまで加熱されるという構成になっており、太陽熱の分だけ燃料が節約できることになる。機器のイニシアルコストは上がるが年間およそ30%程度の燃費節約は見込めよう。

さらに、本質的なエネルギー利用の高効率化をめざしたものとしては、最近国内数多くのメーカーが参加し

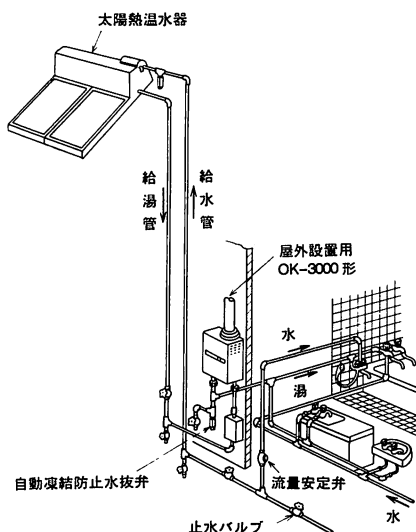


図-8 太陽熱温水機と湯沸し機 (OK-3000) の結合

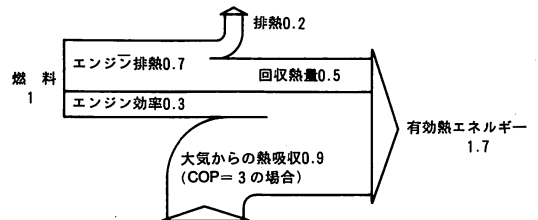
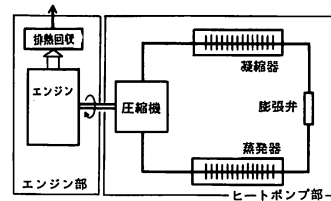


図-9 エンジン駆動ヒートポンプの構成とエネルギーフロー (数字は典型的な例)

て研究組合を結成し、開発が進められているガスエンジンヒートポンプ装置の開発であろう。図-9に示すように高効率の熱機関とヒートポンプをくみ合わせることによって、かなり高いエネルギー利用効率を得られることになる。考え方そのものはかなり前からあり⁵⁾、大形のものは国内外で実用に供されている例もあるが、これを家庭用、中小ビル用のレベルまで拡大しようという目的で研究が進められている。エンジンの燃焼改善、長寿命化、コントロール法確立など幾多の課題はあるが、成功すれば暖・冷房・給湯というエネルギー多消費分野における省エネルギー効果はきわめて大きなものになると期待される。

参考文献

- 1) 野間口有, 伊藤利朗, "強制燃焼の応用", 超高温研究 第10巻, 第4号 (昭和48年12月) 1~8.
- 2) 野間口有, 他4名, "気化予混合式石油燃焼技術とその応用", 三菱電機技報, 第53巻, 第10号 (1977) 672~675.
- 3) Nomaguchi, T. et al, "On the Combustion Properties of Gasified Liquid Fuel/Air Mixture" Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences 18 (1975), 55~63.
- 4) 野間口有, 松井安次, 根岸匡臣, "新しい灯油気化式燃焼機—Air Jet Burner—." 三菱電機技報, 第53巻, 第8号 (1979) 603~607.
- 5) 例えば, Wurm, J. and Rush, W. T. "Evaluation of Engine-Driven Heat Pump Systems of Small Capacities" Paper Presented at 14th International Congress of Refrigeration, Moscow, 1975.