

ポット形バーナの全自動制御機構の諸特性

General Characteristics of Full Automatic Control System of Oil-fired Vaporizing Burner

三 森 貞 夫* 横 山 精*
Sadao Mimori Akira Yokoyama

要 旨

最近、セントラルヒーティングシステムが脚光をあび、燃料として灯油を使用する家庭用の温水機、暖房機が普及しつつある。

ポット形バーナは安価で騒音が低いので、家庭用温水機の燃焼装置として最も適している。しかしわが国では、近年までポット形バーナを使用した温水機、暖房機の据付け実績が少なく、着火操作や消火操作が複雑であったため、また使用者やサービス関係者の不慣れな点もあり、誤操作などによる問題が少なくなかった。したがって操作性の良い全自動制御機構を備えた燃焼装置を開発することが必要であった。

筆者らは操作の簡易化と安全性の向上を主眼として検討を進めた結果、従来のポット形バーナの燃焼制御機構では得られないすぐれた特性を有する全自動制御機構を開発することができた。本稿はその方式、特性について報告するものである。

1. 緒 言

ここ数年の日本経済の発展にともなう、わが国においても、欧米先進国に見られるような生活環境の改善が行なわれるようになり、そのため石油系燃料(灯油、軽油、重油)を使用した家庭用温水機、暖房機の需要の増加が目だっている。燃焼装置としては特に、安価で騒音が低いポット形バーナを採用したものが多数生産されるようになっている。その構造は主としてアメリカで作っているポット形バーナの原形を模倣したものが大部分であり、着火方式は手着火によるものが大部分であった。このようなポット形バーナは据付けの仕様が悪いと良好な燃焼が得られず、また、使用者が不慣れであると逆火を起こしたり異常燃焼を起こす場合があり、また、着火操作や消火操作が複雑であったため、誤操作などによる問題が少なくなかった。したがって操作が簡単で安全性の高い着火装置および燃焼制御装置を開発することはぜひとも必要なことであった。筆者らは、先に開発した灯油燃焼用高性能ポット形バーナ⁽¹⁾に対してそれに適合した着火方式および燃焼制御方式に新規な構想を採り入れて、定常燃焼(高燃焼)、過渡特性および安全性を著しく向上した、操作の簡単な全自動制御機構を開発した。

このポット形バーナの全自動制御機構は、現在、日立ファミリーボイラ、日立スペースヒータ、日立オイルファーンネスおよび日立温風暖房機に装着し、販売されているが、スイッチ一つの操作で運転、停止ができるようになっているので好評である。

2. ポット形バーナと燃焼制御機構について

2.1 ポット形バーナの概要

石油系燃料を使用した家庭用温水機、暖房機に使用しているバーナには、蒸発式と噴霧式がある。前者の中には、心を使用するもの、ポット形およびウォールフレイム形などが含まれ、後者には噴霧ノズルを使用するガンタイプおよび霧化用カップを使用するロータリ形などが含まれる。これらのバーナの中で、ポット形バーナは燃焼時の騒音がきわめて低く、それ自身の構造が簡単であるばかりでなく、送風や送油などの機構も簡単で 10,000~30,000 kcal/h の燃焼熱量を得る家庭用灯油燃焼用バーナとして最も適している。

ポット形バーナおよびその一部の制御機器は、アメリカにおいては 1930 年代に開発されており、西欧においてもやはり古くからポット形バーナを使用した温水機、暖房機が製作されている。これらのバーナは、外周壁に燃焼用空気を導入せしめる小穴を設けた構造

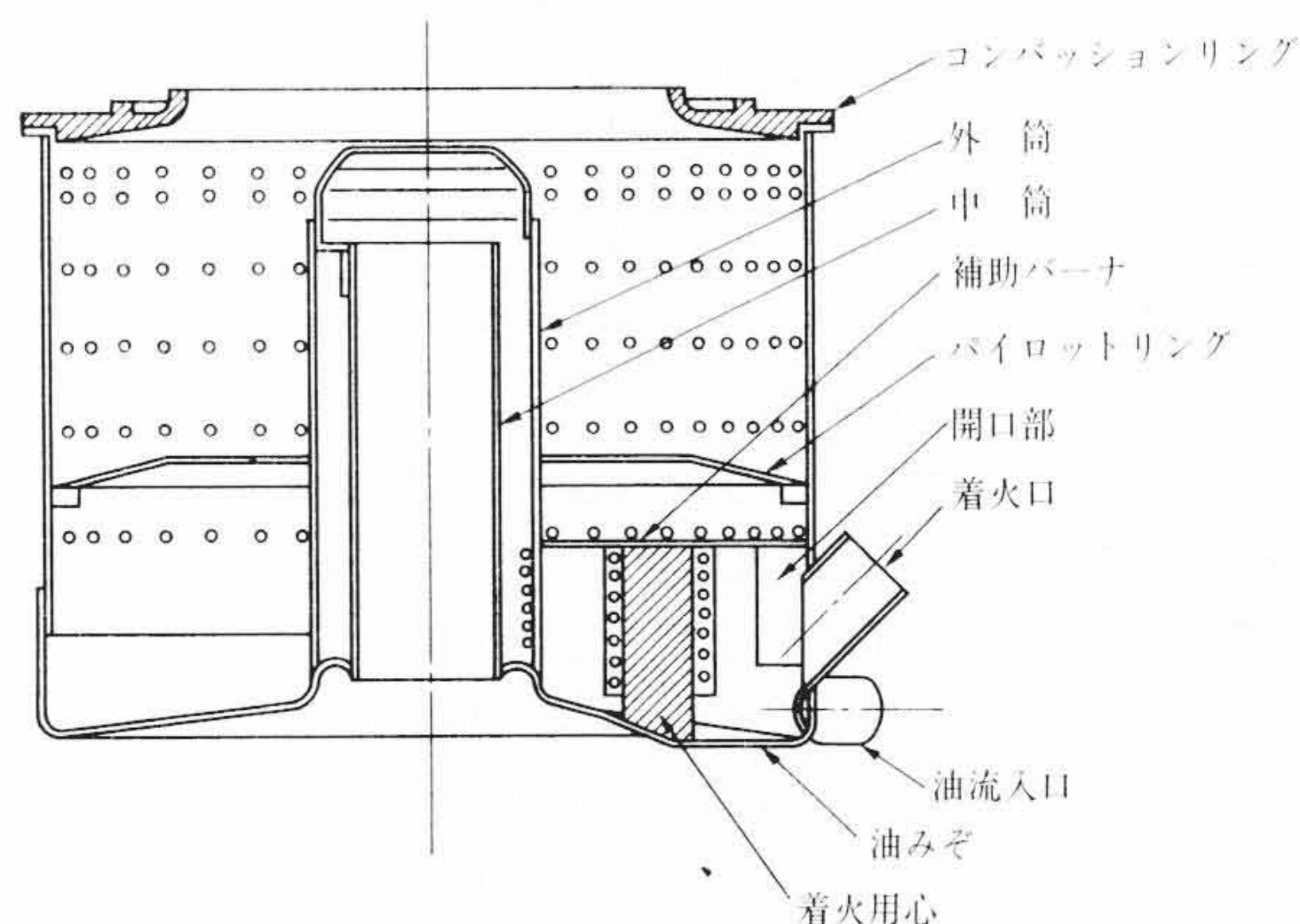


図1 ポット形バーナの縦断面構造

のものが大部分であり、その構造には昔も現在も大きな変化はない。ポット形バーナは、理論によって作られたものではなく、実験的に種々の改良を重ねて、灯油を燃焼するのに最も適したように作られたものである。

わが国では、ポット形バーナは戦前から作られていたが、温水機や暖房機の燃焼機として本格的に採用されるようになったのはごく最近のことである。従来わが国で温水機、暖房機に使用されているポット形バーナは、大部分が原形をアメリカのそれに依存していたが、その燃焼性能は必ずしも満足できるものではなかった。日立製作所では燃焼用空気の混合配分などを主眼として検討を進めた結果、燃焼油量、供給空気量の許容範囲が大きく、高燃焼、低燃焼、燃焼過渡特性の良いバーナを開発した⁽¹⁾。このバーナは、着火棒などによる手動着火方式、タイムスイッチ、着火ヒータなどによる半自動着火方式、あるいは本稿で報告する全自動着火方式などのあらゆる制御方式のもとで用いることができるものである。開発したポット形バーナの縦断面構造は図1に示すとおりである。

2.2 ポット形バーナの燃焼制御機構

ポット形バーナを温水機に使用する場合には、水温が一定温度に到達したならば燃焼を中止し水温が下がったとき再び燃焼を開始する断続制御方式と、ごく少ない油量(低油量)で種火を維持し水温が下がったとき再び高燃焼に切り換える切換制御方式とがある。前者は着火、燃焼を繰り返すので着火装置、着火制御装置、油量制御装置、安全装置などの複雑な制御装置が必要であるため、近年までわが国はもちろんのこと、アメリカ、西欧においてもその全体の制御機器の開発がほとんど行なわれていなかった。これに対し、後者の

* 日立製作所柳井工場

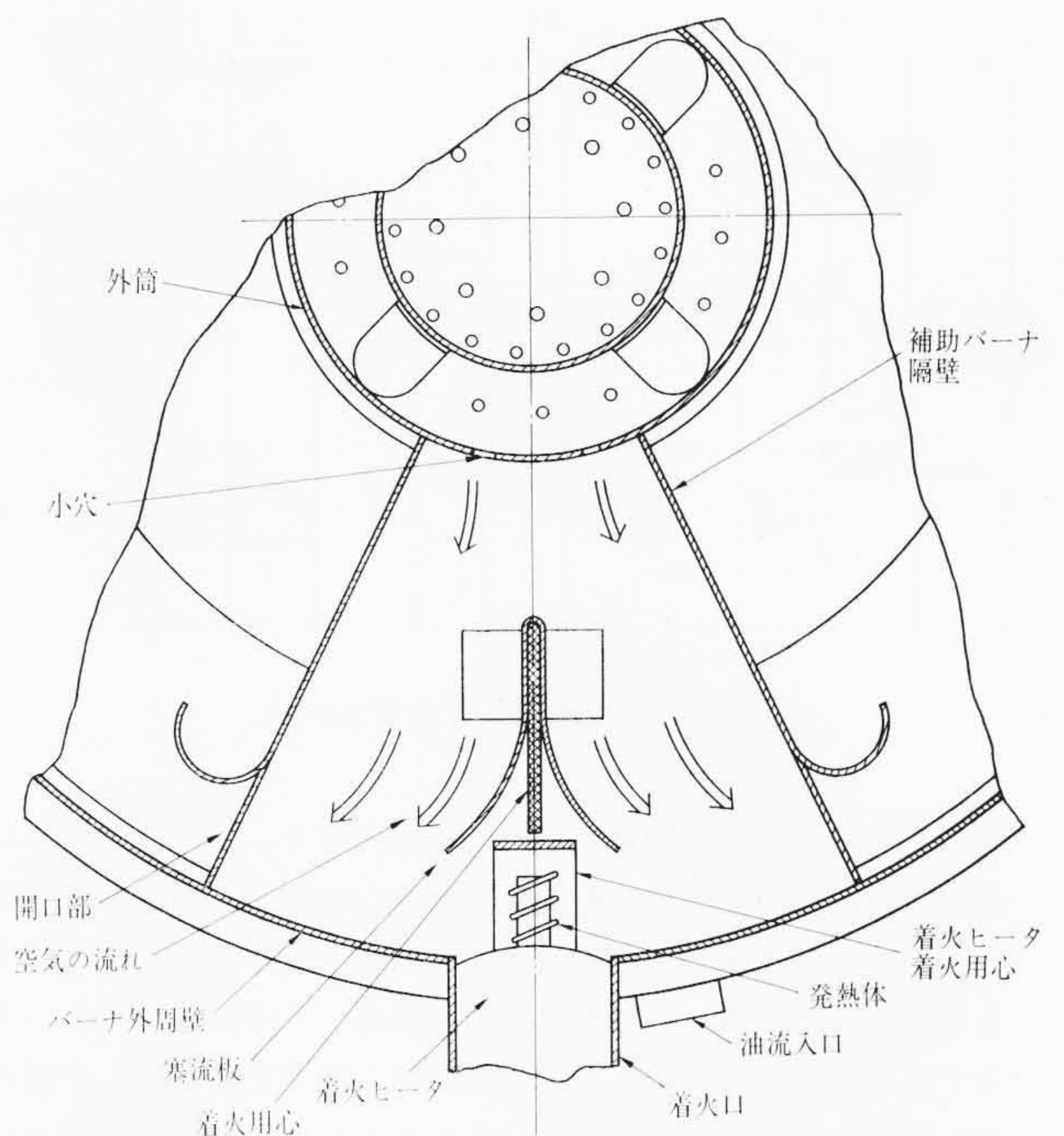
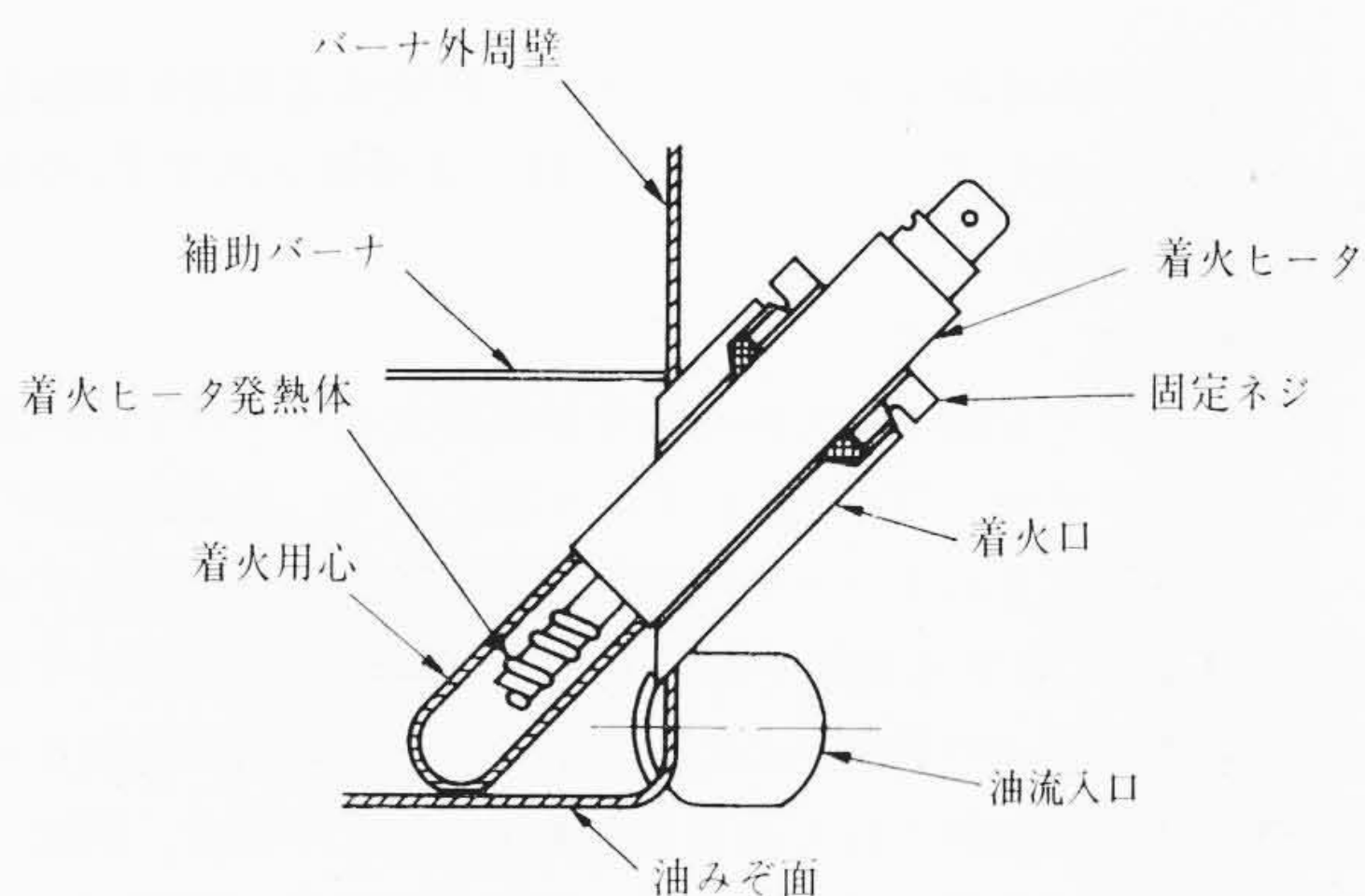
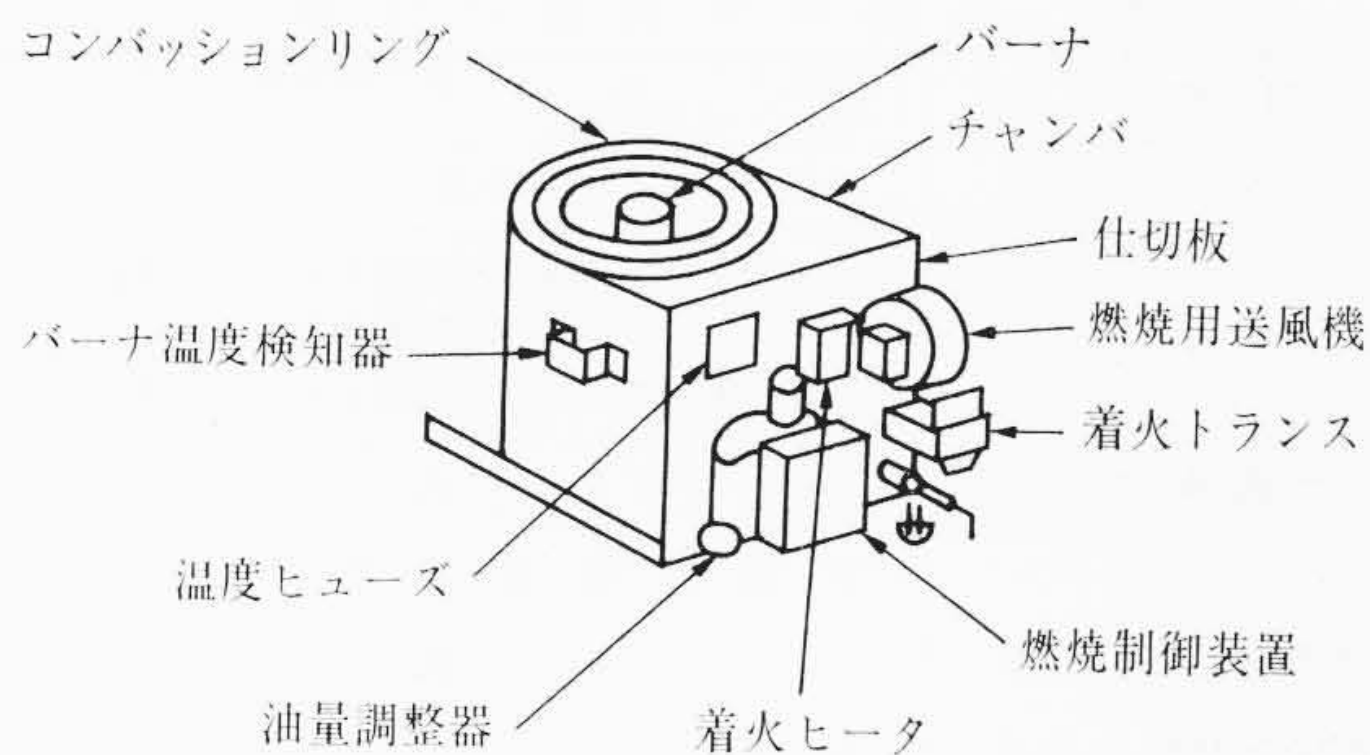


図4 着火ヒータ取り付け横断面形状

場合は種火を維持する方式で、火を消すことなく、温度調節器によって油量調整器を制御し、低燃焼油量と高燃焼油量とを切り換えることにより燃焼を制御する方式であるから、着火装置、油量制御装置のみで装置が簡単であるため、欧米でも広く用いられており、従来のわが国のポット形バーナの燃焼制御機構もほとんどこの方式が用いられていた。しかし、後者の切換制御方式は種火を維持するため着火、消火時の遠隔操作が困難で、また油量調整器の操作などの一連の着火、消火時の取扱方式が前者と比較して複雑であった。これに対し前者の断続制御方式は着火、消火時の遠隔操作が可能で、着火制御装置などの働きによりワンタッチによる全自動制御ができるので取扱方法が簡単で、また安全性の高い機構とすることができる。そこで筆者らは、今後ポット形バーナの燃焼制御に多用されると考えられる断続制御方式について、安価ですぐれた特性を有する全自動制御機構の開発を行なった。

3. 開発した全自動制御機構

ポット形バーナの全自動制御機構を使用した燃焼機ユニットを図2に示す。これは、前述のポット形バーナ、これを囲んで燃焼用送風機を有するチャンバ、前方の仕切板を介して油量調整器、自動着火装置および燃焼制御装置などを取り付けたもので、製品本体との着脱が簡単にできる構造となっている。

3.1 開発の要点

ホット形バーナは最初に着火する際に灯油の引火点が高いためじゅうぶんな加熱を行ない灯油を蒸発させてから着火することが必要である。また着火当初の小さな火炎から定常燃焼火炎に移行して行く過渡の特性が電源電圧、周囲温度、給油量などの変動により安定を欠く場合があること、および着火操作、消火操作の方法が比較的複雑なため使用者の不慣れによる誤操作があることなどから、操作方法の簡易化を行なって安全性の向上を図ることが望まれ、装置を全自動化する必要があった。そこで、全自動化実現のため次の二点について実験検討を行ない、全自動制御機構を開発した。

(1) 自動着火装置

(2) 燃烧制御装置

3.1.1 自動着火装置

燃焼機の自動着火方式には、低電圧ヒータ着火法、ライン電圧ヒータ着火法、高電圧放電着火法、ガス着火法などが考えられるが、筆者らは低電圧ヒータ着火法を採用した。これは着火装置として安全で、ガス着火のように別燃料を必要とせず、かつ比較的安価であり、ポット形バーナの自動着火装置としては最適の方式であると考えられる。すなわちこの着火ヒータは、図3のようにバーナの着火口から補助バーナ内にそう入され、着火ヒータ先端の着火用心がバーナ油みぞ面に密着するように固定ネジにより固定されている。着火時、灯油は油流入口からバーナ油みぞ部に流入し着火ヒータ先端の着火用心に吸い上げられ、着火ヒータ発熱体により加熱されて蒸発し着火する。ヒータの電流は後述する制御回路のタイマーの作動により着火後自動的に切れるようにしてあるので、無理がなく使用できる。

3.1.2 燃烧制御装置

ポット形バーナの燃焼制御には、次のような点を留意した。

(1) 着火の際、着火ヒータ部がじゅうぶんに加熱されないうちに灯油を一度にバーナ内に送り込むと、灯油の蒸発したガスと空気の混合状態が悪化するとともに着火ヒータの温度が低下し、着火性能に悪影響をおよぼす。すなわち、着火性能を安定化させるためには熱とガスと空気についてじゅうぶんな考慮が必要で、この熱とガスと空気のバランスがとれる燃焼装置によって初めて完全な自動着火方式となる。多くの実験を行なった結果、空気は図4に示すように外筒下部の小穴から外周壁に向かって供給され、左右に分岐して、この分岐線上に着火用心を取り付けた塞流板を設けている。この塞流板により、外周壁の着火口に設けた着火ヒータ先端の発熱体は着火時空気によって冷却されぬよう、かつ適宜な空気量の配分ができる構造を考案することができた。この構造のものでは、着火操作後60秒以内に着火が可能となった。

(2) 着火後ただちに、連続的に高燃焼に必要な大量の灯油をバーナ内に送り込むと、通常の構造のバーナでは蒸発量よりも

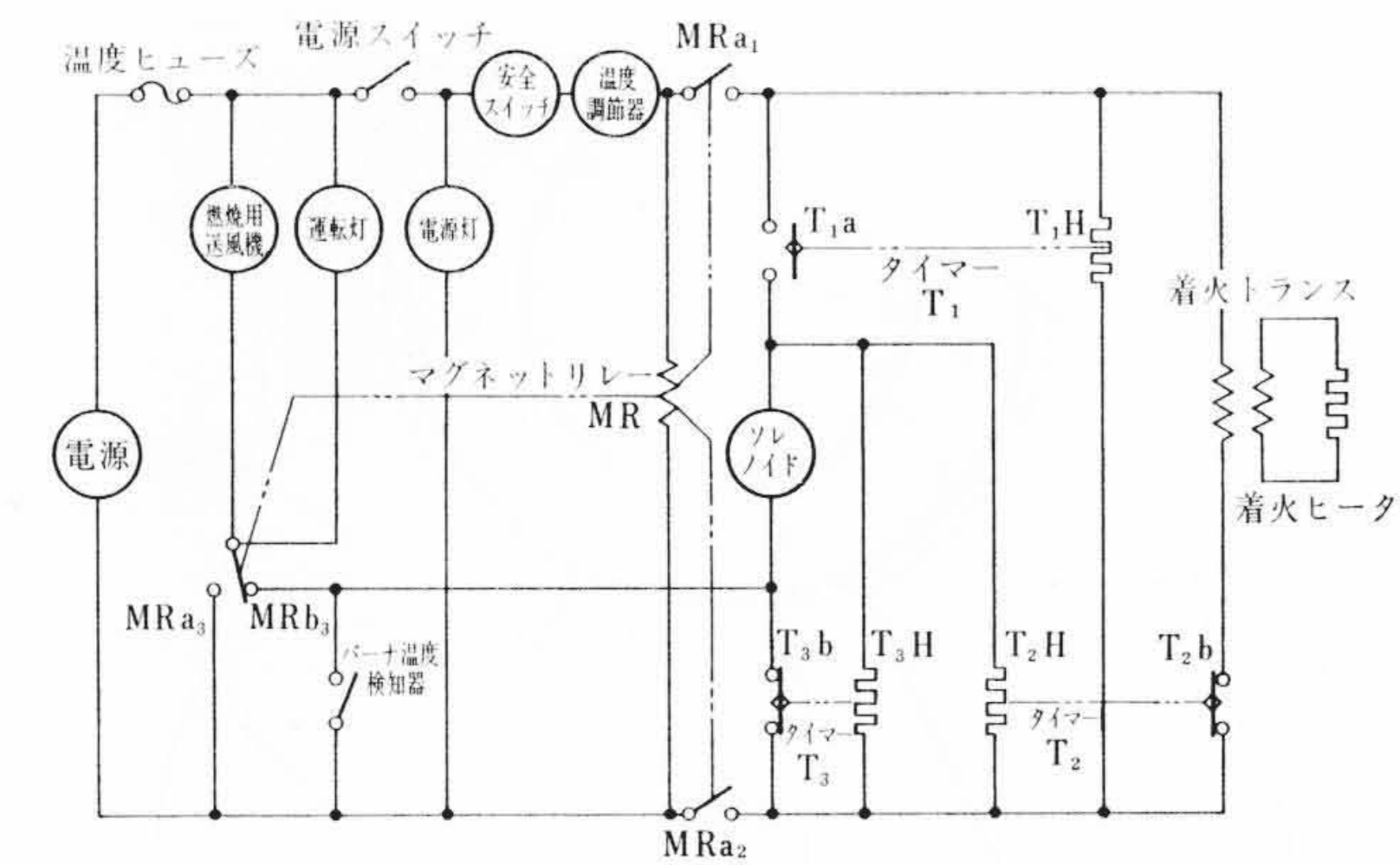


図5 全自動制御機構の電気回路

流入量のほうが多く熱量不足のため消火する。また、着火した火炎が逐次広がっていく時間に適合しない供給を行なうと黒煙を発生する。すなわち、バーナの加熱特性をじゅうぶん考慮することが必要である。この燃焼装置においては、着火によって生ずる熱は油みぞにはいってくる灯油の蒸発をうながし、着火用心を中心として左右対称にしかも上下方向に均一に配列された外筒下部小穴と塞流板により、補助バーナ内で半径方向に向かって一様に空気を流入させることができるので油みぞの表面で蒸発する灯油と空気の混合が均一になる。また、補助バーナの隔壁は外筒からバーナ外周壁に向かってるので燃焼によるガスの体積膨張に対して抵抗とならず、着火以後の燃焼をかく乱することなく安定した火炎を得ることができ、急速なバーナの加熱が行なわれる。

(3) 消火するために灯油の流入を停止する際、同時に送風機を停止させるとバーナ内に残留した灯油および油量調整器よりの微量の流出油が燃えつきるまで黒煙を発生する。したがって、灯油が燃えつきるまでの一定時間燃焼用送風機を運転させ、燃焼用空気をバーナに送り込む必要がある。

以上の点を考慮して、前記のような着火特性、加熱特性の良いバーナ構造に適した燃焼制御装置を考案したが、次に述べる制御方式との組合せにより、バーナの良い特性と相まって、電源電圧および周囲温度の変動に対しても着火および燃焼過渡特性の良い燃焼装置とすることができる。

3.2 制御方式

3.2.1 制御回路

開発したポット形バーナの全自動制御機構の電気回路を図5に、また、その仕様を表1に示す。これは、3個の遅延タイマー、1個のバーナ温度検知器、1個のマグネットリレーを組み合わせたもので、これらの働きにより燃焼装置の運転、停止は電源スイッチの操作のみでよく、温度調節器の働きにより自動的に断続運転ができる。

3.2.2 制御のシーケンスについて

燃焼制御のシーケンスは次のとおりである。

(1) 運転開始以前

運転以前には、マグネットリレーMRは作動せず、この各接点はB接点にあり、タイマーT₁の接点は開放、タイマーT₂およびT₃の接点は閉、バーナ温度検知器の接点は開放状態にある。

(2) 初期作動

熱交換器内部が冷却されている場合、温度調節器は閉回路で電源スイッチを閉とすれば、電源灯が点灯し、マグネットリレーMRが作動し、この各接点MRa₁、MRa₂は閉、MRb₃はMRa₃に切り換えられる。これによって着火トランスに通電され、着火ヒ

表1 燃焼制御装置の仕様

燃 焼 制 御 方 式	遅延タイマー、バーナ温度検知器によるシーケンス制御
定 格 電 圧 お よ び 周 波 数	AC 100 V 50/60 Hz
遅 延 タ イ マ ー	着火ヒータ予熱時間制御用タイマー T ₁ 着火ヒータ通電停止時間制御用タイマー T ₂ 初期燃焼油供給時間制御用タイマー T ₃
バ ー ナ 温 度 検 知 器	バイメタル式
マ グ ネ ッ ト リ レ ー	3 極 双 投 接 点 形
熱交換器異常加熱防止装置	バイメタル式
燃焼機異常加熱防止装置	温 度 ヒ ュ ー ズ
消 費 電 力	8 W

ータの発熱体が赤熱を開始する。また、燃焼用送風機が回転を始め、運転灯が点灯する。さらに、T₁Hにも通電されてT₁の遅延動作が開始する。

(3) 着 火

電源スイッチを閉にしてから数十秒後着火ヒータの予熱が進行した時点でタイマーT₁の接点T₁aが閉となり、油量調整器のソレノイドに通電されてバーナに給油(初期燃焼油と称する)する。同時にT₂H、T₃Hにも通電され、T₂、T₃の遅延動作が開始する。やがて着火ヒータの着火用心に吸い上げられた灯油が着火ヒータ発熱体によって加熱されて蒸発し着火する。この場合、前記バーナ構造のため着火用心の油吸上量、灯油の蒸発量、補助バーナ内の空気流入速度および空気量のバランスが最適なので数秒で着火する。着火用心で燃えることによって生じた熱はバーナの底面を加熱するので、流入してくる灯油の蒸発をうながし、外筒から補助バーナ内に流入する空気と適度に混合して、すすの発生が少ない安定な良い燃焼を行なう。火炎は補助バーナの開口部からバーナ外周に沿って吹き出すように燃焼し、バーナ底面、バーナ外周壁およびパイロットリングを加熱する。この初期燃焼油の燃焼によってバーナは予熱され、定常燃焼に移る準備がなされる。すなわちバーナの近辺に設けられたバーナ温度検知器がバーナの熱によって加熱し始める。

(4) タイマーT₂、T₃の作動

タイマーT₁の接点T₁aが閉となってから一定時間経過後、タイマーT₂の接点T₂bが開放する。このため着火トランスの回路が遮断され、着火ヒータへの通電が停止する。また、さらに一定時間経過後タイマーT₃の接点T₃bが開放する。このため油量調整器のソレノイドへの通電が停止し、バーナへの給油が中断する。バーナの予熱は初期燃焼油の燃焼によって引き続き行なわれている。このタイマーの作動時間はバーナの特性によって異なるが、特に過渡特性が安定する値を選ぶ必要があり、前記形式の過渡時間の短いバーナが必要であることがわかった。

(5) 定常燃焼への移行

バーナへの給油は中断されているが、バーナ内に残留している初期燃焼油の燃焼によってバーナの加熱がじゅうぶんに行なわれて定常燃焼の準備が完了したころ、バーナ温度検知器のバイメタルの加熱が進行して作動し、その接点が閉となる。このため油量調整器のソレノイドに再び通電されてバーナへの給油が再開され、本格的定常燃焼に移行する。この過程はバーナの加熱特性が良好であることから短時間に完結し、所要時間は約5分である。

(6) 運 転 停 止

熱交換器内部が所定の温度に上昇して温度調節器が作動するか、または電源スイッチを開放すると、マグネットリレーMRが非励磁に戻り、この各接点MRa₁、MRa₂は開放、MRa₃はMRb₃に切り換わる。このため油量調整器のソレノイドへの通電が停止



注1 斜線部はその機器が作動状態あるいは燃焼状態を示す。
2 T₂b, T₃bの作動状態とは接点が「開放」の状態である。

図6 燃焼制御のシーケンス

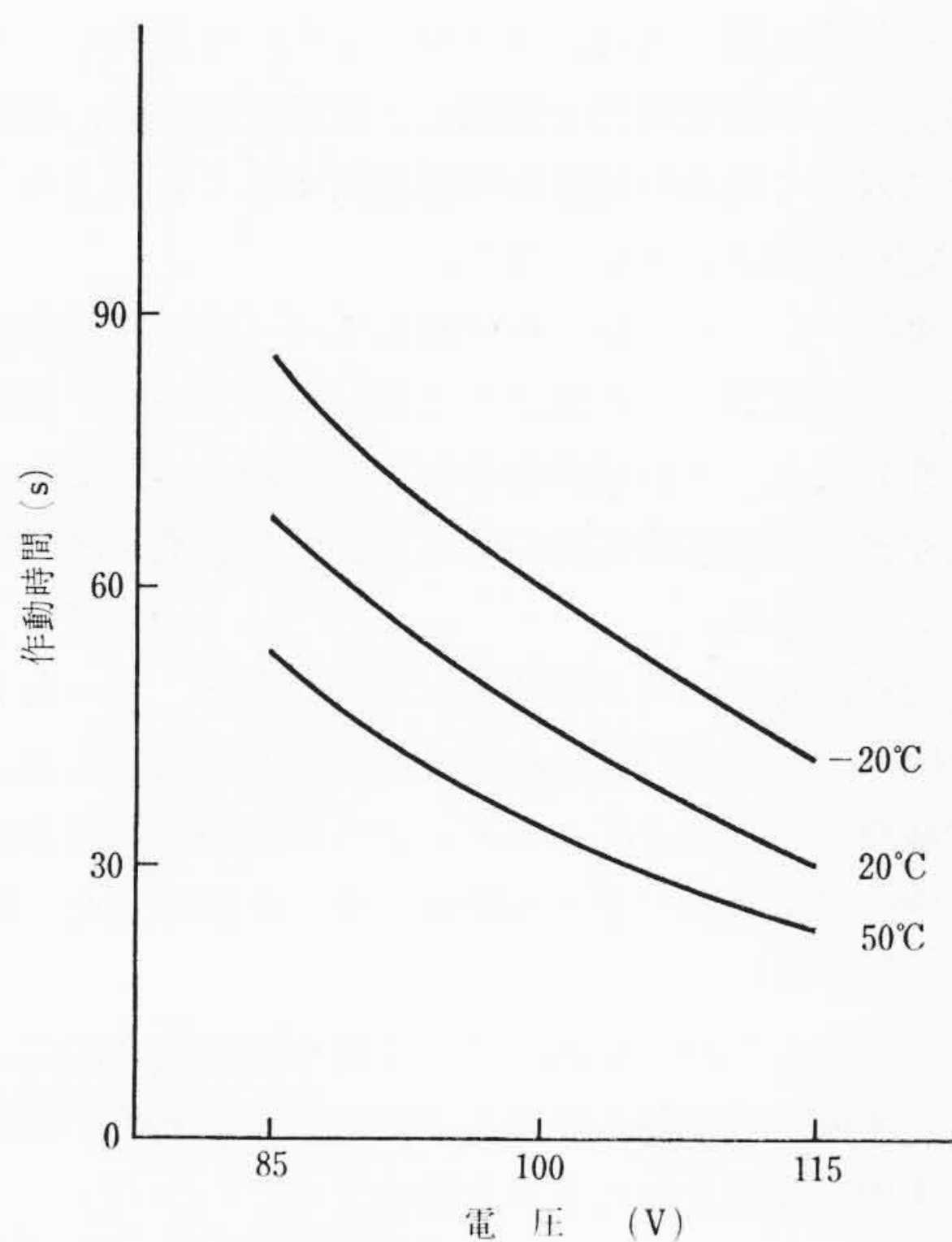


図7 電圧変動、温度変化による
遅延タイマーの作動時間特性

し、バーナへの給油が停止する。ただし、燃焼用送風機はバーナ温度検知器の接点が作動している限り引き続き回転を続け、バーナ内に残った灯油を燃焼させる(残燃焼と称する)ための空気を供給する。一方、タイマー T₁, T₂, T₃ の T₁H, T₂H, T₃H への通電が停止し、遅延動作が始まる。一定時間経過後、バーナの燃焼火炎が消滅する以前にタイマー T₁, T₂, T₃ の接点 T₁a, T₂b, T₃b が初期の状態に復帰する。数分後に火炎が消滅しバーナの温度が降下するため、バーナ温度検知器のバイメタルが冷却してその接点が開放する。これにより燃焼用送風機が停止し、運転灯が消灯してすべての運転が完了する。

(7) 再 運 転

熱交換器の温度が降下した場合、または電源スイッチを再投入した場合には、前述(2)の初期作動を繰返すが、バーナが前記の燃焼熱によって多少予熱されているのでバーナ温度検知器は短時間で作動し、油量調整器のソレノイドの一時遮断時間が短縮されるか中止されて定常燃焼への移行が促進される。

以上に述べた燃焼制御を図に表わすと図6のようになる。この機構は以上のように、着火時電源スイッチを閉にすると確実に着火し、短時間で自動的に定常燃焼に移行し、停止時も電源スイッチを開放したのち燃焼機内がじゅうぶん冷却されて燃焼ガスを排

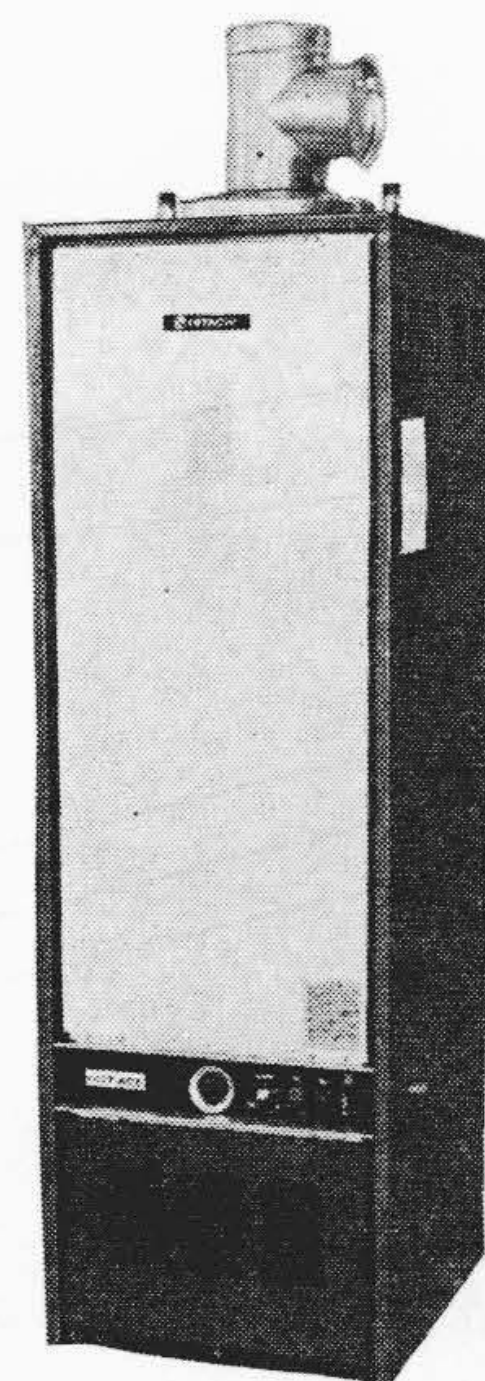


図8 BO-210形日立ファミリーボイラ外観

出してから完全に停止するので、次の着火が安全かつ容易であり、比較的簡易な制御装置により自動的にかつ安全に作動する燃焼制御装置である。

4. 全自動制御機構の性能

4.1 遅延タイマーの性能

制御回路構成部品のうち、遅延タイマーの作動時間特性は、電源電圧の変動および周囲温度の変動に対して、タイマーの自動補償特性により、燃焼装置の着火および過渡特性に適合するように決定された。図7は遅延タイマーの作動時間特性を示したものである。

ポット形バーナを使用した燃焼装置においては、電源電圧の低下および周囲温度の低下によって着火時間が長くなることは宿命であるとともに、一方、バーナ予熱に要する初期燃焼油量は周囲温度に影響され、低温時において多量の灯油を必要とする。これに対して、低電圧、低温時には遅延タイマーの作動時間を大にして着火ヒータの予熱時間および通電時間を延長することによって着火の安定をはかるとともに、初期燃焼油量を多量に供給してバーナの子熱を促進し、高電圧、高温時には遅延タイマーの作動時間を小にして着火ヒータの通電時間を短縮し、これによって着火ヒータを無理なく使用することができる。

以上のように、この制御装置の遅延タイマーは電源電圧および周囲温度の変動に対するタイマーの自動補償特性を応用したもので、電動機を使用した時計式タイマーによる制御方式では満足できないすぐれた制御特性を有するものである。

4.2 実 用 性 能

開発したポット形バーナの全自動制御機構の製品への適用例として、BO-210形日立ファミリーボイラへ組み込んだときの実用性能について述べる。図8はBO-210形日立ファミリーボイラの外観である。

4.2.1 BO-210形日立ファミリーボイラ組込燃焼制御特性

図9は開発した制御機構をBO-210形日立ファミリーボイラへ組み込んだときの燃焼制御特性を着火時間と定常燃焼移行時間について電源電圧および周囲温度との関係で示したものである。これによって明らかなように、着火時間は電源電圧および周囲温度によって変動するが、低電圧、低温時においても確実に着火し、高電圧、高温時には着火時間が短いので着火ヒータへの通電時間を短縮して着火ヒータを無理なく使用できるようになっている。また、定常燃焼への移行も確実に進められる。周囲温度が

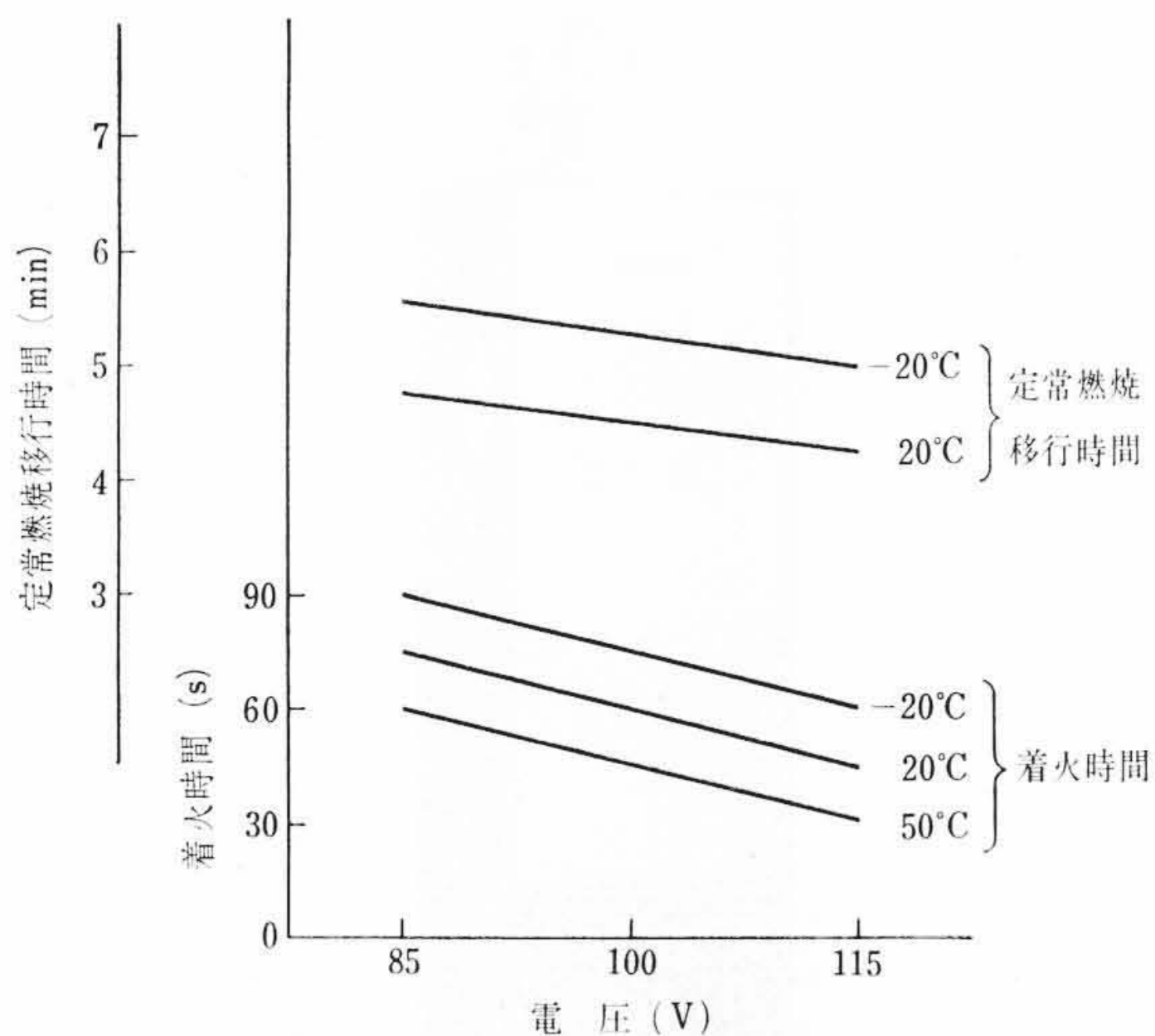


図9 BO-210形日立ファミリーボイラ組込燃焼制御特性

50℃付近においては着火後、バーナの子熱が促進されるためバーナ温度検知器の作動がタイマー T_3 の作動より早くなり、給油を中断することなくそのまま定常燃焼へ移行することができる。

4.2.2 BO-210形日立ファミリーボイラ組込燃焼過渡特性

図10は開発した制御機構をBO-210形日立ファミリーボイラへ組み込んだときの燃焼過渡特性を示したものである。

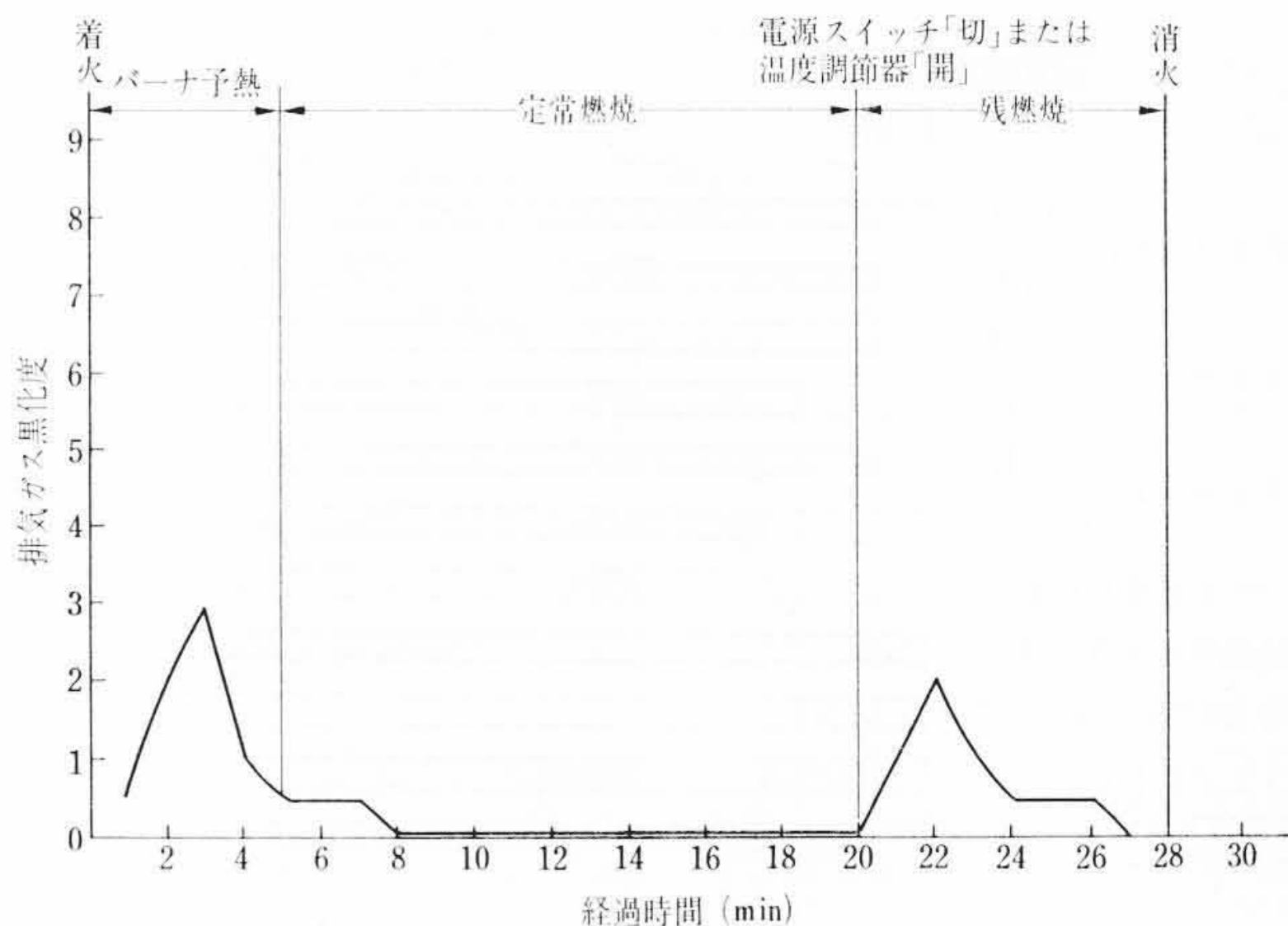
燃焼の良否の判定方法には、種々の方法があるが、最も広く用いられている方法は排気ガスの黒化度を調べる方法である。この方法によると目に見えない程度のすすを発生する燃焼の領域でも燃焼の良否の判定が可能である。実用化されている測定器のうち代表的なものにアメリカの Bacharach Industrial Instrument Co. のスモークテスト⁽²⁾⁽³⁾がある。本試験の測定に使用したものは上述のスモークテストである。

図10に示すように着火からバーナ予熱、電源スイッチ「切」または温度調節器「開」から消火へ移行する残燃焼の過渡期でも黒化度2～3であり良好な燃焼性能を示している。

5. 結 言

温水機または暖房機の燃焼機として使用されているポット形バーナに関し、すぐれた特性を有する燃焼制御機構を開発することができた。その方式、特性について述べたが、結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 着火および消火操作は通常電源スイッチの操作のみでよく、また、遠隔操作も可能な機構で、取扱方法が簡単で安全性の高い機構とすることができた。



(定常燃焼油量 53 cc/min の場合)

図10 BO-210形日立ファミリーボイラ組込燃焼過渡特性

- (2) 着火性能に関しては、タイマーを用いて着火ヒータの予熱時間および通電時間を制御し、電源電圧変動、周囲温度変動に対して巧みな補償作用を利用することにより、着火の安定性を図ることができた。
- (3) 着火後、いったん給油を中断してバーナの子熱を行ない、バーナ温度が一定の値まで上昇したのちバーナ温度検知器の作動によって再給油を行なう方式をとったため、電源電圧変動、周囲温度変動に対して良好な燃焼過渡特性を得ることができた。
- (4) 着火時、着火ヒータが断線した場合など、万一なんらかの原因により着火しないか着火後消火した場合には、バーナ温度検知器の働きによりバーナへの給油が中断されてバーナ内の多量な油だまりが防止でき、次の着火、運転に支障を与えない。
- (5) 燃焼中なんらかの原因によって消火した場合には、やがてバーナ温度検知器が検知して給油回路を遮断するため、バーナ内の多量な油だまりを防止する。

開発されたポット形バーナの全自動制御機構は、現在 BO-210 形日立ファミリーボイラ、SH-200 形日立スペースヒータ、OF-80 形日立オイルファーネス、および HP-20-2 形日立温風暖房機などに採用され販売されている。

参 考 文 献

- (1) 本田，横山，吉田，松村：日立評論 50，517 (昭 43-6)
- (2) Underriter's Laboratoris' Standard 296 (1959)
- (3) Commercial Standard CS 101 (1962)