

# 灯油燃焼用高性能ポット形バーナの開発

Development of Oil-fired Vaporizing Burner

本	田	寿	一*	横	山	精*
			Juichi			Akira
			Honda			Yokoyama
吉	田	貞	夫*	松	村	帝
			Sadao			Kimio
			Yoshida			Matsumura

## 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ため、家庭用温水機の燃焼機として最も適している。しかしわが国では、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、使用者やサービス関係者の不慣れな点がある。欧米で実用されているポット形バーナをそのまま使用したのでは良好な燃焼を期待することはむずかしい。したがって燃焼油量、供給空気量の許容できる範囲を拡大し、低燃焼でもすすの発生しない性能の良いバーナを開発する必要を生じた。

筆者らは、燃焼用空気混合配分を主眼として検討を進めた結果、従来のポット形バーナでは得られないすぐれた燃焼性能を有するポット形バーナを開発することができた。本稿はその構造、燃焼性能について報告するものである。

## 1. 緒 言

最近、わが国においても石油系燃料（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。燃焼機としてはポット形バーナを採用しているものが多くなってきており、その構造は主として欧米で製作されているバーナの原形に依存したものが大部分である。アメリカでは、現在までに約2,500万台<sup>(1)</sup>のポット形バーナを生産しているが、これらのバーナは良好な燃焼を行なう諸条件の範囲が狭く、決して満足できるものではない。ポット形バーナを使用する場合は高油量燃焼（高燃焼）が良好でしかも許容できる諸条件の範囲が広く、種火を残す方式の燃焼では低油量燃焼（低燃焼）時にもすすの発生しないことがとくに必要である。さらにわが国ではポット形バーナを使用した燃焼機の普及が遅く、使用者、サービス関係者は、バーナの取り扱い、保守の経験が少ないので、使用条件が多少変動しても良好な燃焼を行なうバーナ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、ポット形バーナの構造形状に新規な構想を採り入れて高燃焼、低燃焼性能を著しく向上し、その使用範囲の広いバーナを開発した。

この種のバーナを使用した機器は現在、日立ファミリーボイラ、日立スペースヒータ、オイルファーンエスの名称で販売されている。

## 2. 開発について

### 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は、蒸発式と噴霧式があり、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、構造が簡単であり、送風や送油などの機構が簡単で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。

アメリカにおいては、1930年代にポット形バーナおよびその御制御機器を開発しており、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、暖房機を製作している。ポット形バーナは、

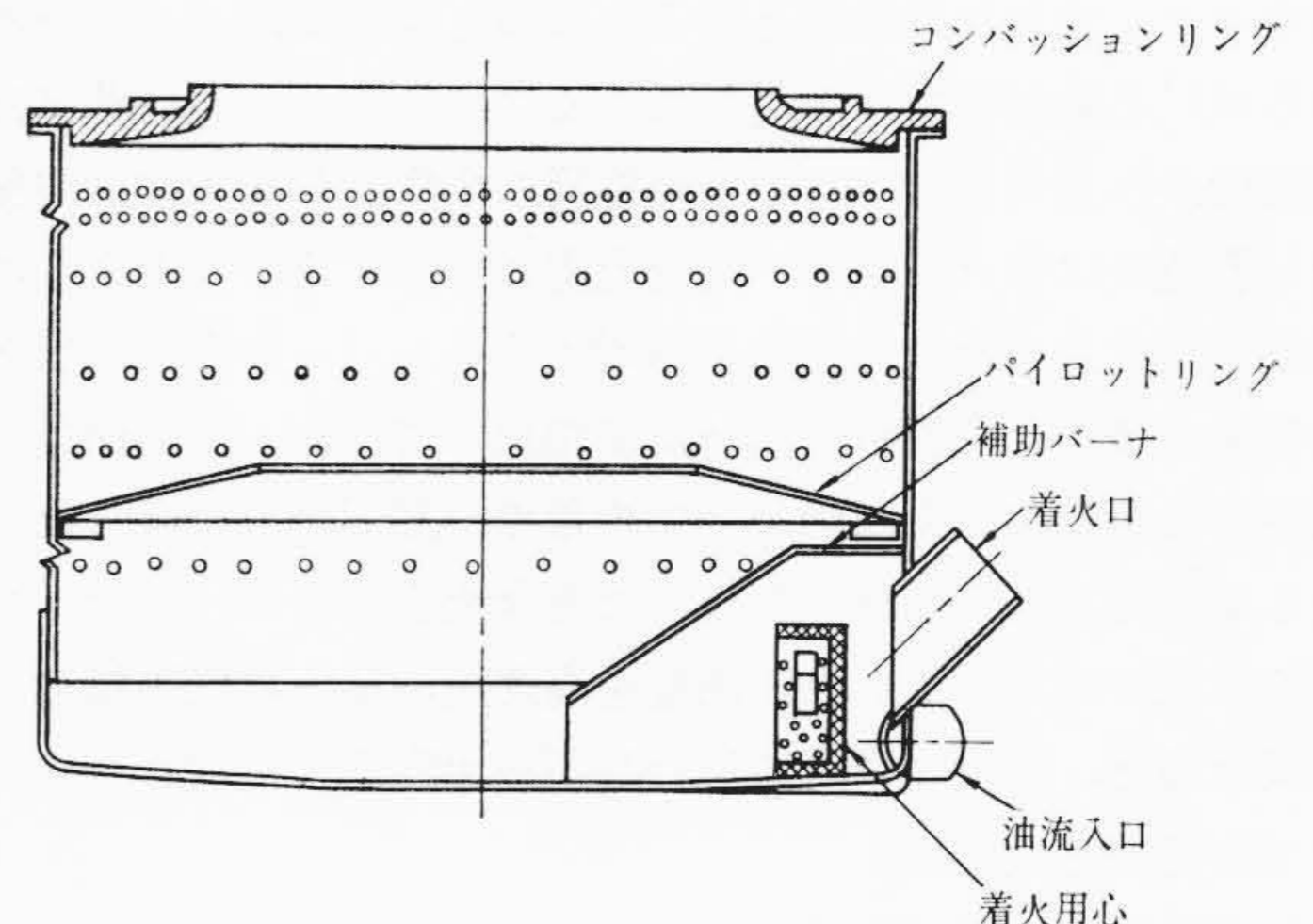


図1 従来のバーナの断面構造

理論によって作られたものではなく、実験的に灯油を燃焼するのに最も適したように作られたもので、その構造において現在も大きな変化はない。わが国で使用しているバーナは、原形をアメリカのものに依存しているので燃焼性能は満足できるものではない。

ポット形バーナを温水機に使用する場合は、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方式と、ごく少ない油量で種火を維持し水温が下がったとき再び高燃焼にする切換制御方式とがある。前者は燃焼、点火を繰り返すので点火装置、油量制御装置、着火制御装置、安全装置などの複雑な装置が必要であるのに対し、後者の場合は、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ために、装置が簡単であり欧米でも広く用いている。この場合重要なことは、高燃焼性能と、低燃焼性能がいずれも良好ですすを発生しないことであって、ポット形バーナの開発はこの良好な燃焼範囲を広げ安定な燃焼を得るために必要である。このため筆者らは、高燃焼時の空気と燃料蒸気の混合配分が適正であり、低燃焼時には高燃焼用空気に影響されない補助バーナの形状に検討を加え、低燃焼から高燃焼へ移行する過渡時にも良好な燃焼を行なうバーナの構造を見いだすため検討した。また火炎の形状を整え、光輝燃焼炎が得られるようなバーナの開発を行なった。

### 2.1.1 従来のポット形バーナの構造概要

図1に従来のポット形バーナの基本構造を示す。図に示すようにポット形バーナは燃料が蒸発する底面と燃焼用空気をバーナ内

\* 日立製作所柳井分工場

\*\* 日立製作所栃木工場



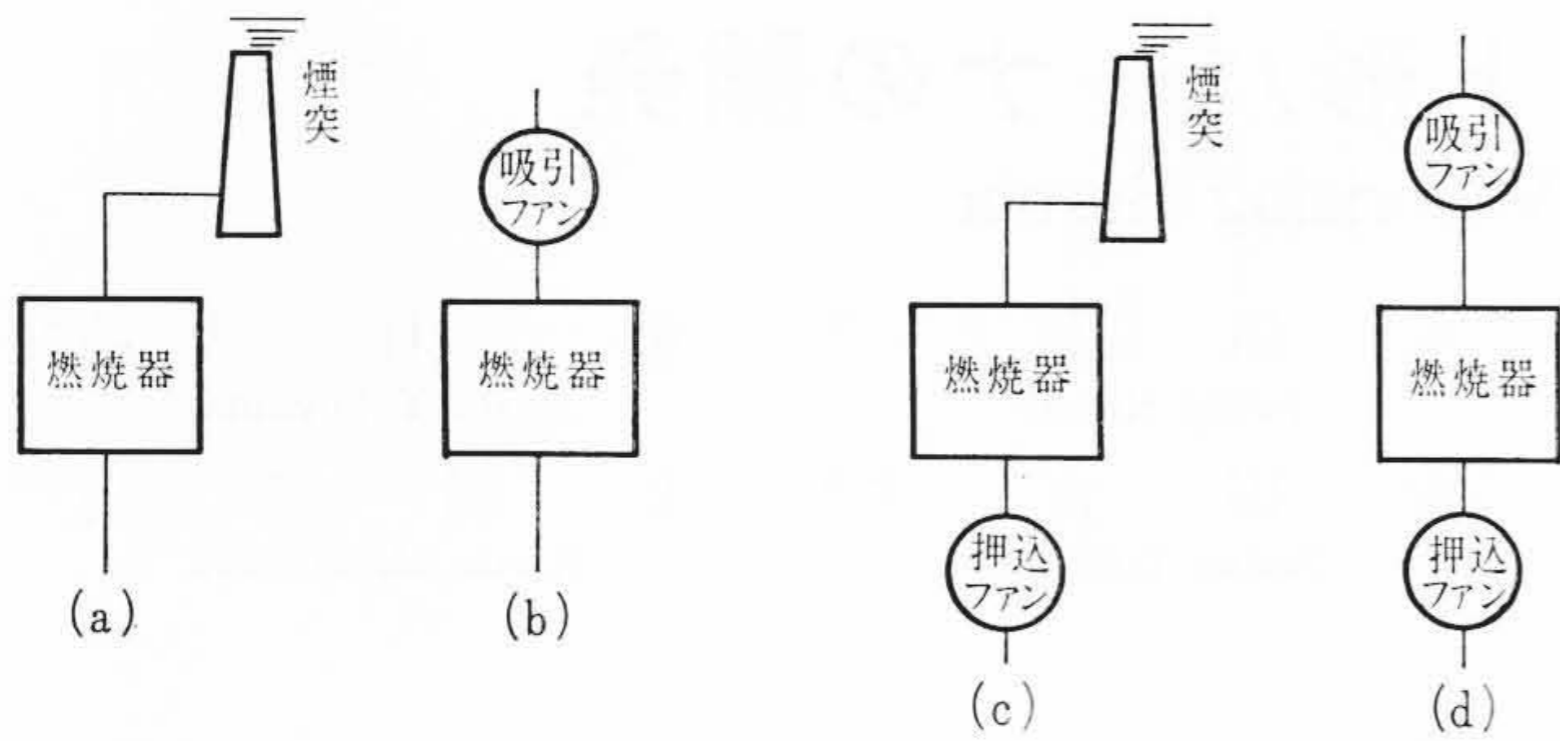


図2 通風方式

に導入する多くの小穴を備えた外周壁とからできている。底面の外周部には燃料を供給する油流入口を設け、バーナの間と上部には燃焼反応を制御するパイロットリングおよびコンバッションリングが設けてある。またバーナ底面には低燃焼用の補助バーナが付加してある。

### 2.1.2 従来のポット形バーナの燃焼

まず、バーナの底面に少量の油を供給しこれに点火する。着火後、若干の時間が経過するとバーナ底面はより多量の燃料を蒸発できる熱量を保有するようになるので、高燃焼油量をバーナに供給すると、大きな燃焼炎となる。このとき空気はバーナ下部外周からはいる量だけでは不足してくるので蒸発した燃料蒸気はバーナ底面から上昇しながらバーナ外周の小穴から流入する空気と混合し燃焼炎は徐々にバーナ内を上方に移行する。このようにして燃焼炎が大きくなり燃焼油量が増大するとバーナ底部に伝えられる熱量が多くなり燃料の蒸発量が増加していく。供給油量によって定まる蒸発に必要な熱量と燃焼量の一部が燃料蒸発のための熱として還元され平衡状態を保ったとき火炎はコンバッションリングの位置で安定する。供給油量を高燃焼油量から低燃焼油量に切り換えると、燃焼は下方に移行しバーナ底部に付加した補助バーナでの燃焼となる。

### 2.2 開発の目標

従来のポット形バーナにおいては、燃焼用空気はすべてバーナ外周壁にあけた小穴から供給されるため、燃焼油量、バーナ内外の圧力差（以下バーナドラフトと呼ぶ）が変動した場合に燃焼に必要な空気が過不足したり混合不良になったりして良好な燃焼を行なう範囲はきわめて狭いものであった。また低燃焼用補助バーナの性能も燃焼油量、バーナドラフトの変動に対して十分なものではなかった。

上述のように従来のポット形バーナは高燃焼、低燃焼ともに良好な燃焼を行なう燃焼油量およびバーナドラフトの範囲が狭いので、バーナ製作上のバラツキで性能も著しく異なるものであった。このため据付け時には排気筒の材質、直径、高さなど細かい点まで使用条件を制御せざるを得なかった。そこでポット形バーナの開発に当たっては次のような目標を掲げた。

- (1) 高燃焼油量として20~60 cc/minの範囲において、良好な燃焼が可能であり、かつ、これを保証できる空気量の範囲ができるだけ広いバーナであること。
- (2) 低燃焼油量として2~4 cc/minの範囲において、すすの発生しない燃焼が可能で、かつ、許容できるバーナドラフトの範囲ができるだけ広いバーナであること。
- (3) 低燃焼から高燃焼への移行、あるいは高燃焼から低燃焼の切り換えの場合などその過渡燃焼時にすすの発生が少なく安定するまでの時間が短いこと。

上述の目標の中で良好な燃焼とは、火炎がバーナ上部に安定し、火炎直上のガス温度が高温で、排気ガス中にすすがなく、炭酸ガス濃度が適切な範囲内にあるような燃焼を意味する。

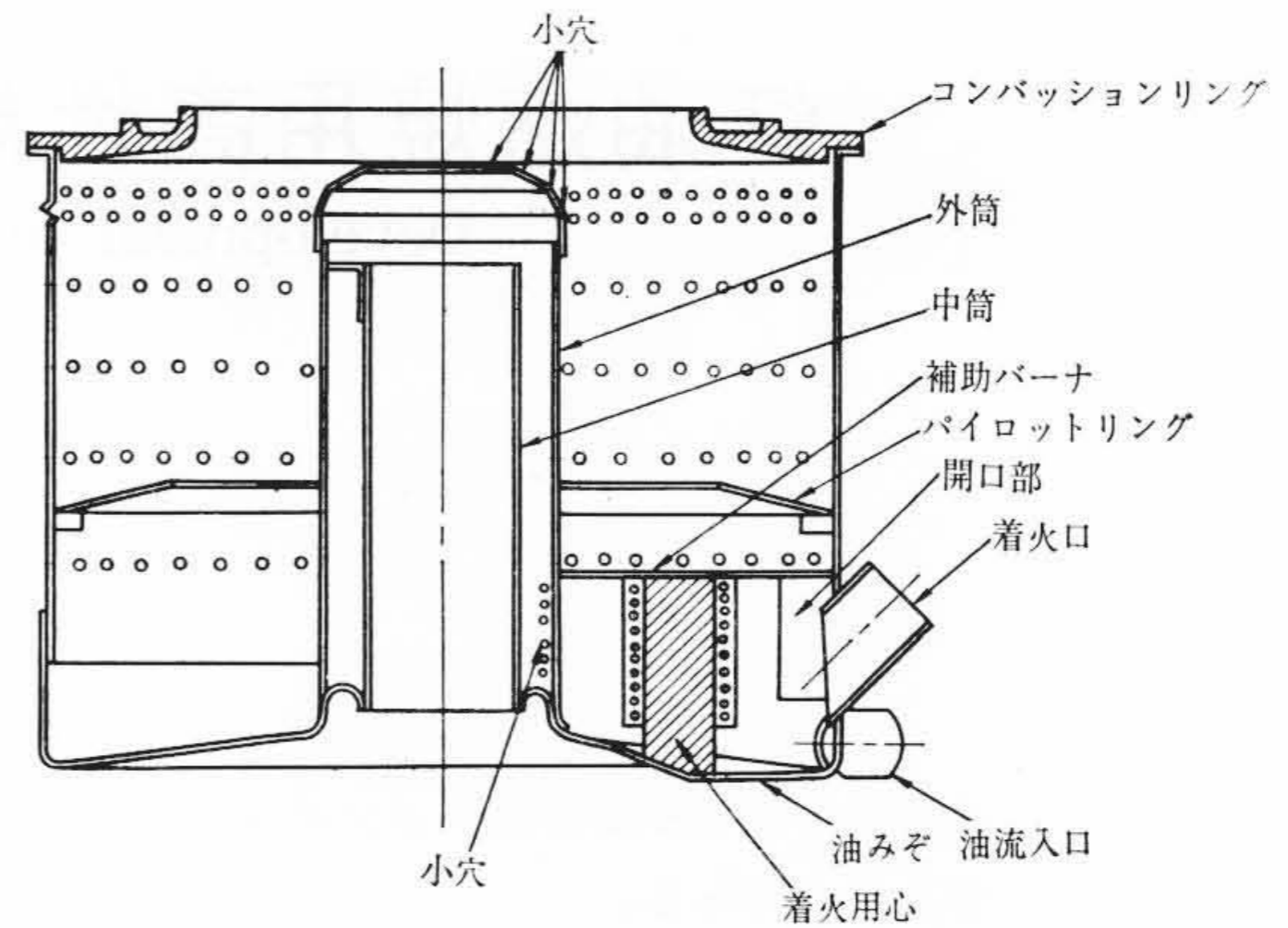


図3 開発したバーナの断面構造

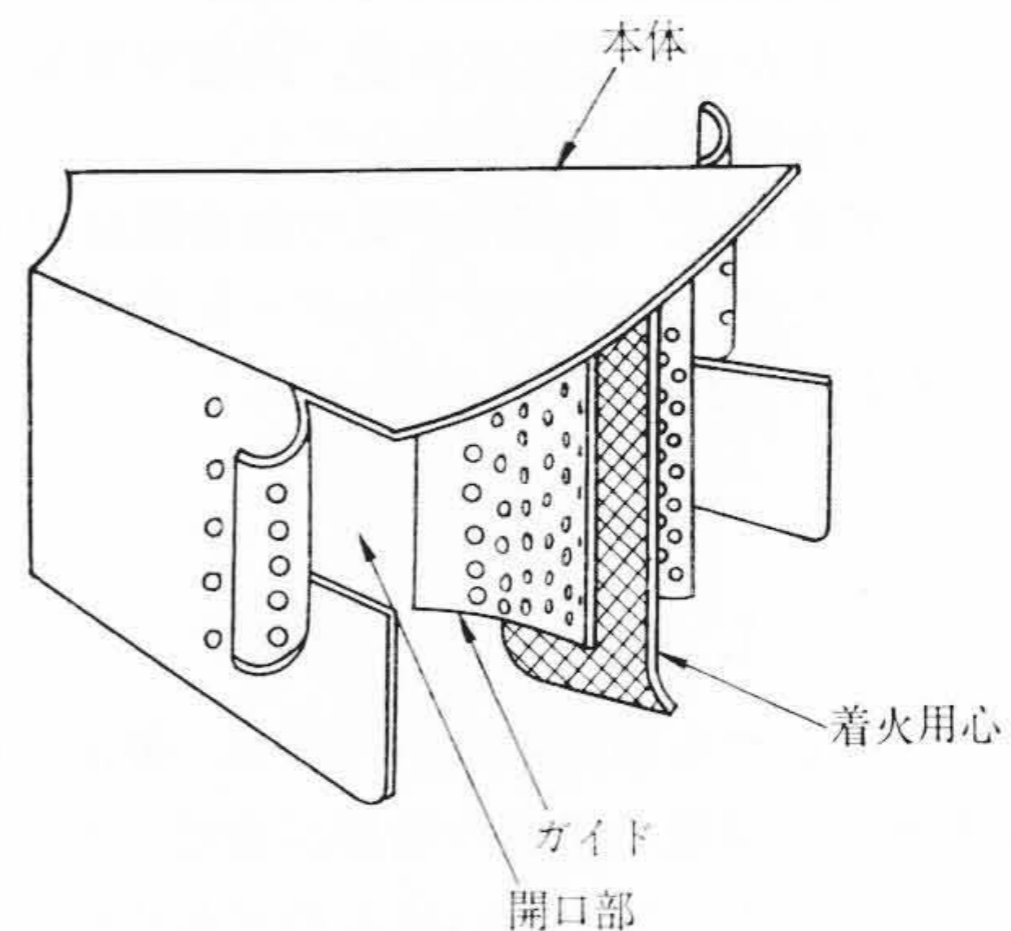


図4 補助バーナの形状

これらの目標において、燃焼に最も大きく影響する条件は燃焼用空気量を左右する通風条件である。一般に、バーナを含む通風システムの構成は大別して図2に示すような4方式となる。ポット形バーナにおける燃焼は、燃焼室内の圧力を適切な値に設定することが必要である。実験では最も一般的でしかも通風が比較的安定し得る(c)の通風方式をとるところを前提とした。

### 3. 開発したポット形バーナ

開発したポット形バーナの縦断面構造を図3に、また低燃焼用補助バーナの形状を図4に示す。図3に示すようにバーナ底面中央に筒を設けこの筒のまわりにさらにもう一つの筒をかぶせたもので、外側の筒上部には、火炎底面近傍に空気を供給する小穴がある。補助バーナは、外側の筒とバーナ外周壁に接しており空気は外側の筒下部に設けた穴から供給されるものである。補助バーナ内には着火を容易にする着火用心を取り付けた。上述のような構造にすることにより従来の構造のバーナでは得られなかったすぐれた性能のバーナを開発することができた。

#### 3.1 開発の要点

2.2に述べた目標を達成するバーナを開発するためには燃焼油量およびバーナドラフトが変動しても、バーナ自身でその変動に適応できるような構造を見いださなければならない。この観点から次の3点についてとくに実験検討を行ないバーナの構造、寸法を定めた。

- (1) 高燃焼用空気の導入方法
- (2) 低燃焼用空気の導入方法
- (3) 一次および二次空気の配分方法

#### 3.1.1 高燃焼用空気の導入方法

従来のポット形バーナにおいて、燃焼用空気はバーナ外周壁からのみ供給するので燃焼油量、バーナドラフトが変動した場合は、燃焼火炎の形状、大きさが著しく変化する。これは燃焼用空気の過



不足とこれに基づく混合不良によって生ずるものである。すすを発生するような不良燃焼の場合は火炎の中央部分でとくに空気量不足の傾向がある。したがって火炎の中央部に十分な空気を供給できる構造を考案した。すなわち、バーナ底面中央に穴を設け円筒形の筒を溶接し、ここから火炎の底面近傍に空気を供給した。多くの実験結果、この筒の空気を供給する開口部の位置、方向および開口面積などが火炎形成に重要な要因であることがわかった。これらの点を考慮してバーナ中央部に設けた円筒の上部に傾斜面を有するふたを取り付け、傾斜面を含む上面に、中心に対象な小穴をあけた。小穴の位置、小穴のあいている傾斜面の角度、小穴の面積と数などを最良の条件になるよう選ぶことにより高燃焼に対する燃焼用空気量を適切な範囲にし、すす発生がなく炎の形状を整えることができた。

3.1.2 低燃焼用空気の導入方法

従来のポット形バーナにおいては、油流入口付近に設けた補助バーナに外周の数個の小穴から空気を供給し、補助バーナの内部から開口部に至る間で低燃焼を行っていた。この場合は燃焼油量およびバーナドラフトがわずかに変動してもすすを発生する不安定な燃焼に移行しやすかった。従来の補助バーナの原形を生かしたものでは満足できる性能は得られず、構造および空気の導入方法を根本的に変更した。すなわち、高燃焼用空気を供給するために設けた外側の筒下部に小穴をあけ、円筒とバーナ外周壁の間をバーナ底部に四分円状に仕切る隔壁で形成する補助バーナを設けた。補助バーナ内で蒸発する燃料は円筒下部の小穴から補助バーナ内に供給する空気と混合して補助バーナ内あるいは外周壁近く設けた開口部で燃焼する。多くの実験により円筒下部に設ける小穴の寸法、数および補助バーナの寸法形状を最良の燃焼ができるように定めた。

3.1.3 一次および二次空気の配分法

これまでに高燃焼および低燃焼用の空気の導入方法について述べたが、高燃焼時においては、円筒下部の小穴と外周壁の下方の小穴から流入する空気は、蒸発した燃料蒸気と混合して可燃性の混合ガスになるよう作用するいわゆる一次空気である。これに対して円筒上部および外周壁上方の小穴から流入する空気は直接発火燃焼を行なう二次空気である。しかるに、低燃焼時においては、円筒下部の小穴から流入する空気は一次および二次空気として作用し、また外周壁の小穴から流入する空気はすべて二次空気として作用する。このように燃焼油量によって同一の空気供給用の小穴から流入する空気の作用が異なるので、各小穴からの空気の配分が燃焼に重要な影響を及ぼすことになる。筆者らは、円筒部およびバーナ外周壁から流入する空気の配分をいかに設定するかについて実験を進め、高燃焼、低燃焼の両者とも良好な燃焼を得る最適仕様を定めた。

3.2 開発バーナによる燃焼

3.2.1 着火過程

バーナへの着火は、着火口より行なわれる。着火後適当なバーナドラフトを与えることによって補助バーナの火炎は、補助バーナおよびバーナ底面を加熱するようになる。

3.2.2 高燃焼

高燃焼に移行する過程で従来のバーナと開発したバーナの最も異なる点は、パイロットリングより下部の混合域の状態である。

従来のバーナは、外周から層流となるように空気を供給するのに反し、開発したバーナでは、外側の下部から補助バーナに流入する空気と、バーナ外周からの空気とで規則正しい旋回流を作り、燃焼蒸気と空気の混合を強制的に行なうものである。パイロットリングの下の混合気は、未燃焼のまま上昇し、バーナ外周から流

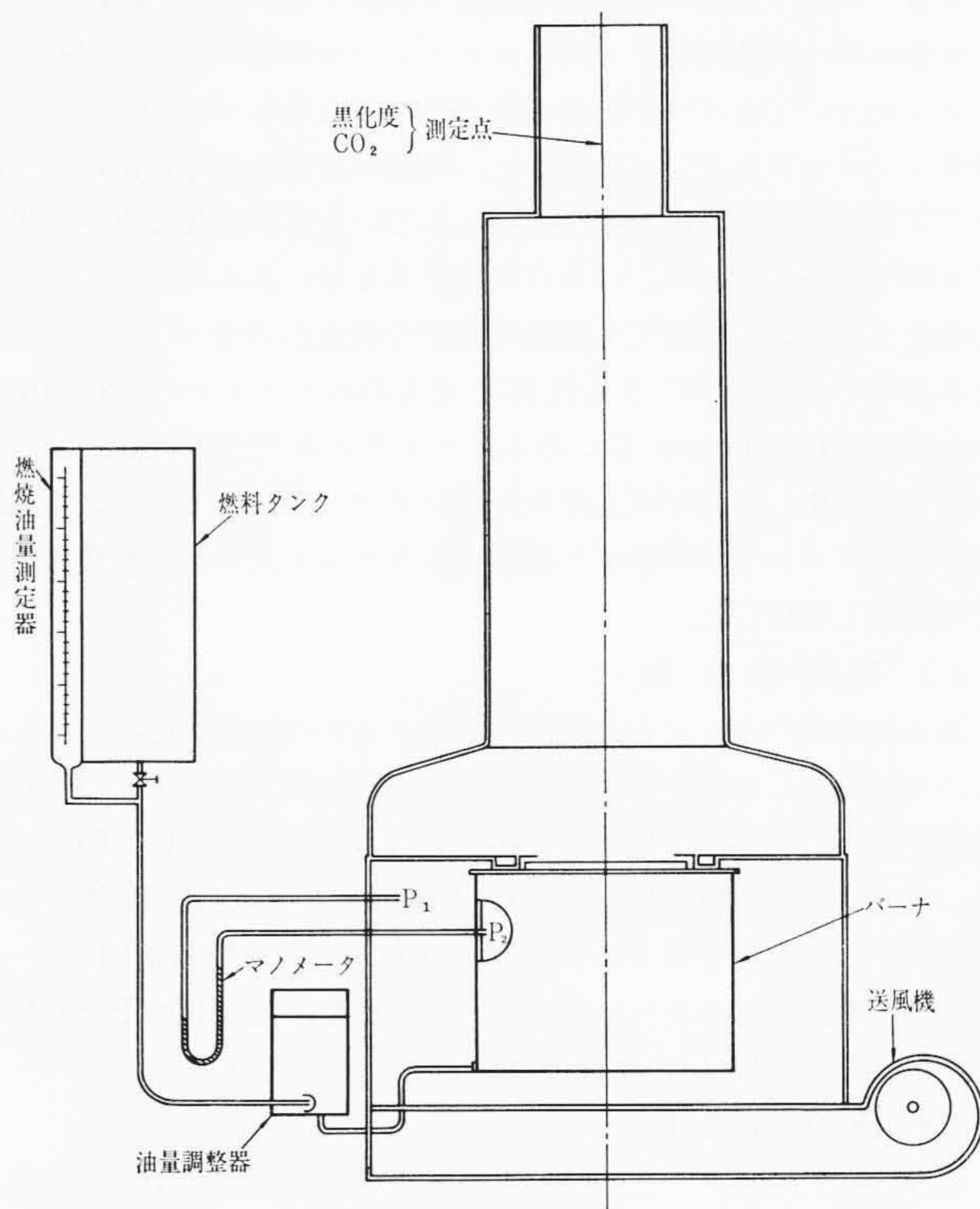


図5 バーナ試験装置

入すると空気と逐次混合希釈され、コンパッションリング部ではバーナ外周からの空気と外側の筒上部からの空気によって高温で光輝ある燃焼を行なう。安定した高燃焼状態では火炎の放射熱とバーナの伝導熱により、バーナ底面に流入する燃料を連続的に加熱蒸発する。蒸発した燃料蒸気は一次空気と混合して、水酸基、アルデヒド基、パーオキシド基などを生じ<sup>(2)</sup>、バーナ最上部の穴から流入する二次空気により短時間で燃焼を完結し、燃焼油量と供給油量が常に平衡して安定な燃焼を続ける。

バーナドラフトを一定にして燃焼した場合外側の筒上部から供給される空気は、燃焼油量が少ないうちは筒の最外列の小穴から流入する分が燃焼用空気として作用する。燃焼油量が多くなるにつれて中心部に近い穴からの空気も燃焼用空気として作用するようになる。このため、従来のバーナでは得られない広範囲にわたって良好な燃焼を行なうことができる。着火から安定燃焼に移行する過渡燃焼時にも良好な燃焼性能を示す。

3.2.3 低燃焼

開発したバーナの低燃焼炎はバーナ外周に近い補助バーナの開口部からバーナ外周壁に沿って流出するので、補助バーナ、バーナ外周壁および底面を加熱し、燃料を蒸発するのに十分な熱量を常時維持することができる。したがって、低燃焼から高燃焼に切り換えて多量の燃料をバーナ底面に供給した場合でも底面が高温になっているので、初期の蒸発がきわめてすみやかに行なわれ良好な過渡特性を示す。また低燃焼は燃焼油量やバーナドラフトの大きさによって補助バーナ内部に取り付けた心での燃焼から補助バーナ側面の開口部に至る間での燃焼によって適応するので、従来のバーナでは得られない広範囲の燃焼油量、バーナドラフトの変動に対して、すすの発生がきわめて少ない良好な燃焼を行なうことができる。

4. 開発したポット形バーナの性能

4.1 バーナの試験装置

従来のバーナおよび開発したバーナ試験装置は図5に示すとおり



である。燃焼用空気の供給は電動機で駆動する多翼送風機により、また空気量の調整はファン吸込口のダンパで行なわれた。バーナドラフトについてはバーナ内外の圧力差（図において $P_1, P_2$ の差）を傾斜マンノメータを用いて測定した。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<sup>(3)(4)</sup>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。また空気過剰率は排気ガス中の炭酸ガス濃度をオルザット式ガス分析装置<sup>(5)</sup>により測定し算出した。

4.2 高燃焼性能

図6は従来のバーナおよび開発したバーナの高燃焼性能を示したものである。この図から明らかなように、開発したバーナの性能は燃焼油量が広範囲に変化しても排気ガスの黒化度が低い。図7は開発したバーナの実験結果をまとめ、燃焼油量、空気過剰率、黒化度の関係を示した燃焼特性である。黒化度0で燃焼し得る範囲はA—A線とB—B線にはさまれる領域であり、また黒化度3以下で燃焼するならばその領域はC—C線まで広げることができる。

4.3 低燃焼性能

図8は従来のバーナと開発したバーナの低燃焼性能を燃焼油量と黒化度の関係で示したものである。従来のバーナの場合、5.0 cc/min以上の燃焼油量において黒化度はやや低い値となるが、5.0 cc/min以上では低燃焼油量としては発熱量が大きすぎる。これに対して開発したバーナでは2.0~3.0 cc/minで黒化度は0であり、燃焼油量が1.5~4 cc/minの範囲でも黒化度は3以下である。

4.4 過渡燃焼性能

図9は着火から高燃焼、高燃焼から低燃焼へ移行するときの時間経過と黒化度の変化を示したものである。低燃焼から高燃焼、高燃焼から低燃焼へ移行する過渡期に黒化度は3~4となるが時間がきわめて短いので実用上は問題にならない。

4.5 燃焼ガスの温度分布

図10は燃焼油量48 cc/min 空気過剰率1.3の場合の燃焼室内の温度分布を示したものである。火炎は光輝炎で温度は1,250°C以上の高温である。火炎が光輝炎であるので熱交換器と組み合わせた場合には、放射熱を有効に利用できる。火炎形状は整った菊花状であり高温ガスが図に示すとおり冷却壁面まで均一に接触している。

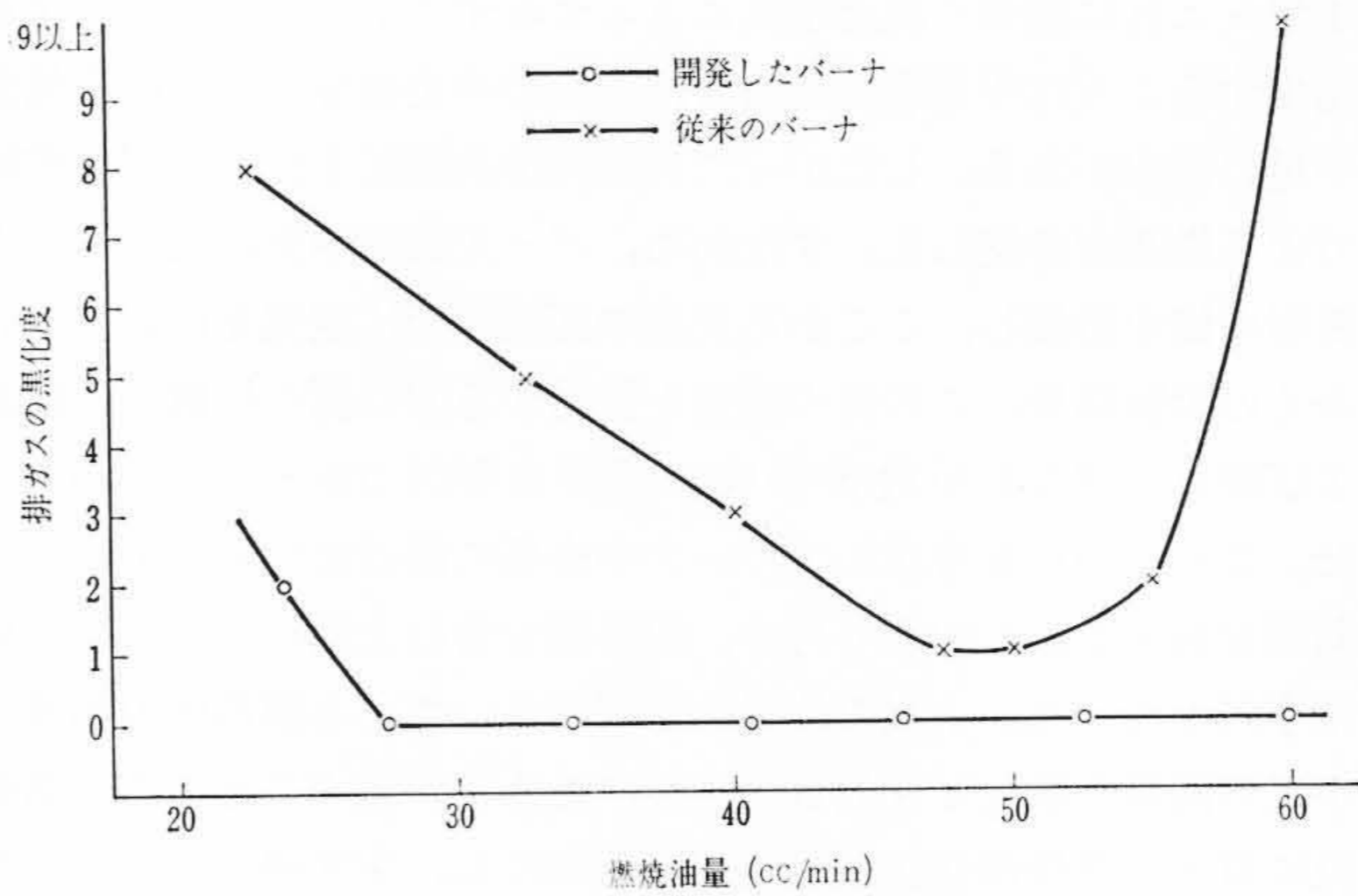


図6 ポット形バーナの高燃焼性能

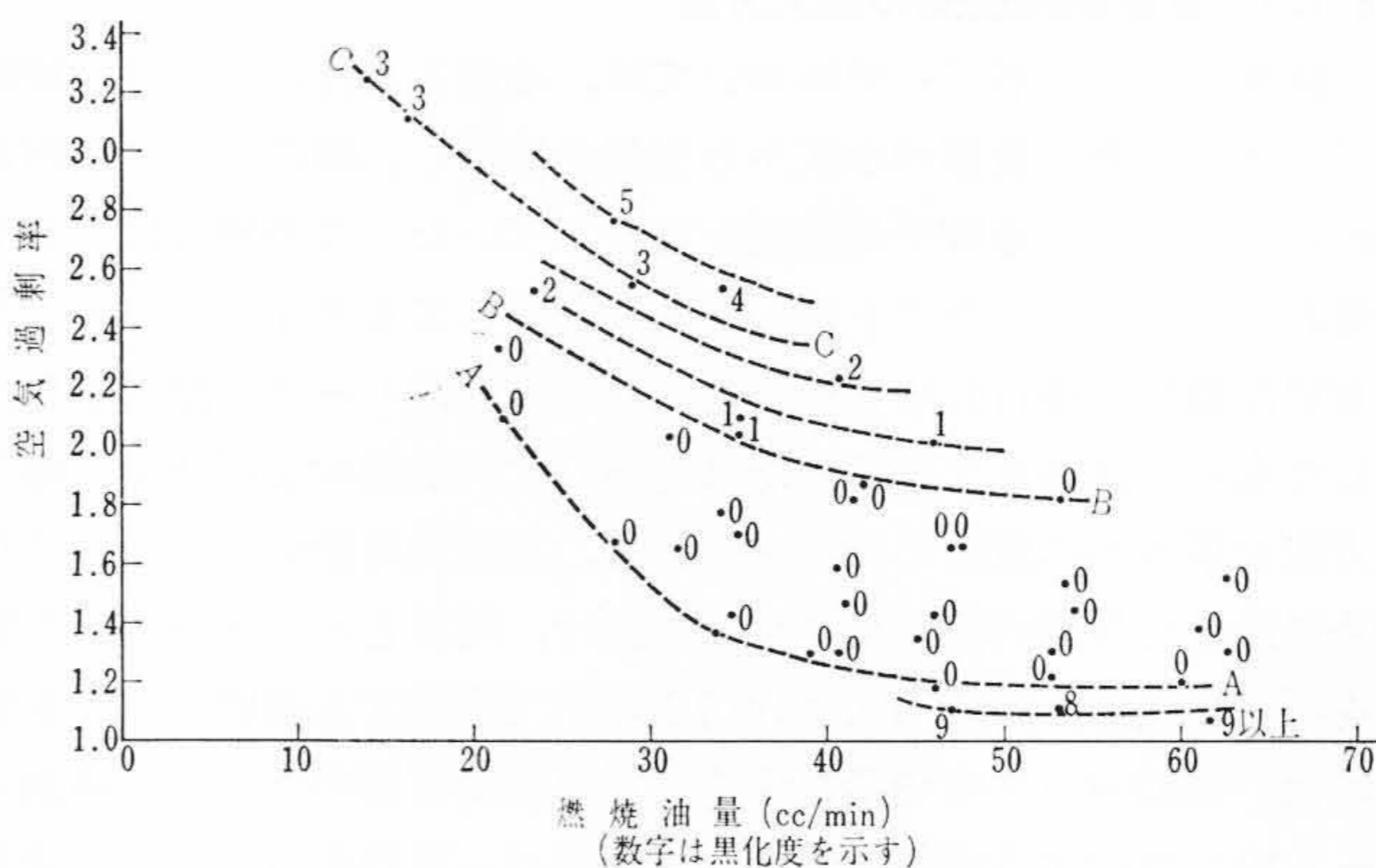


図7 開発したバーナの燃焼特性

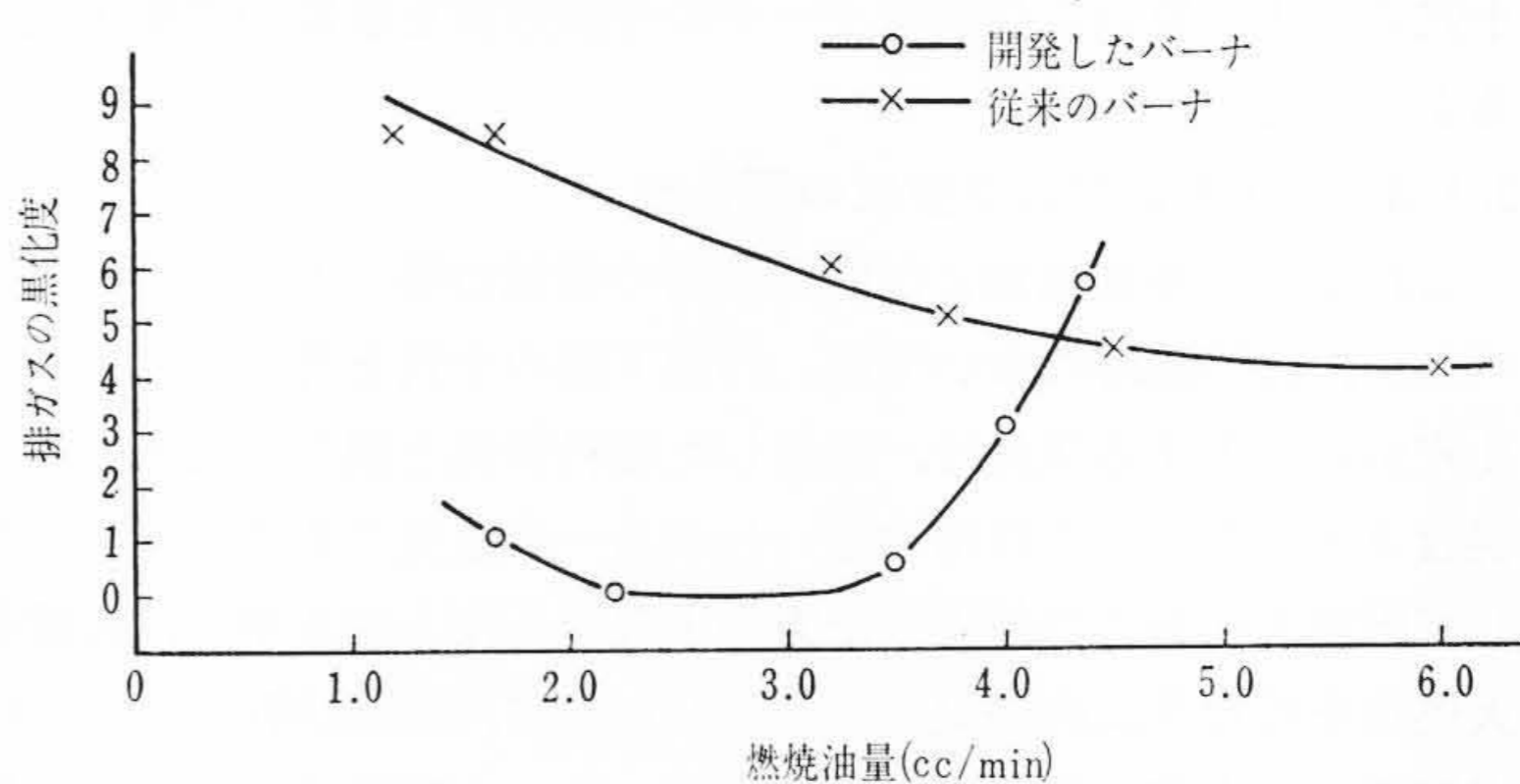


図8 ポット形バーナの低燃焼性能

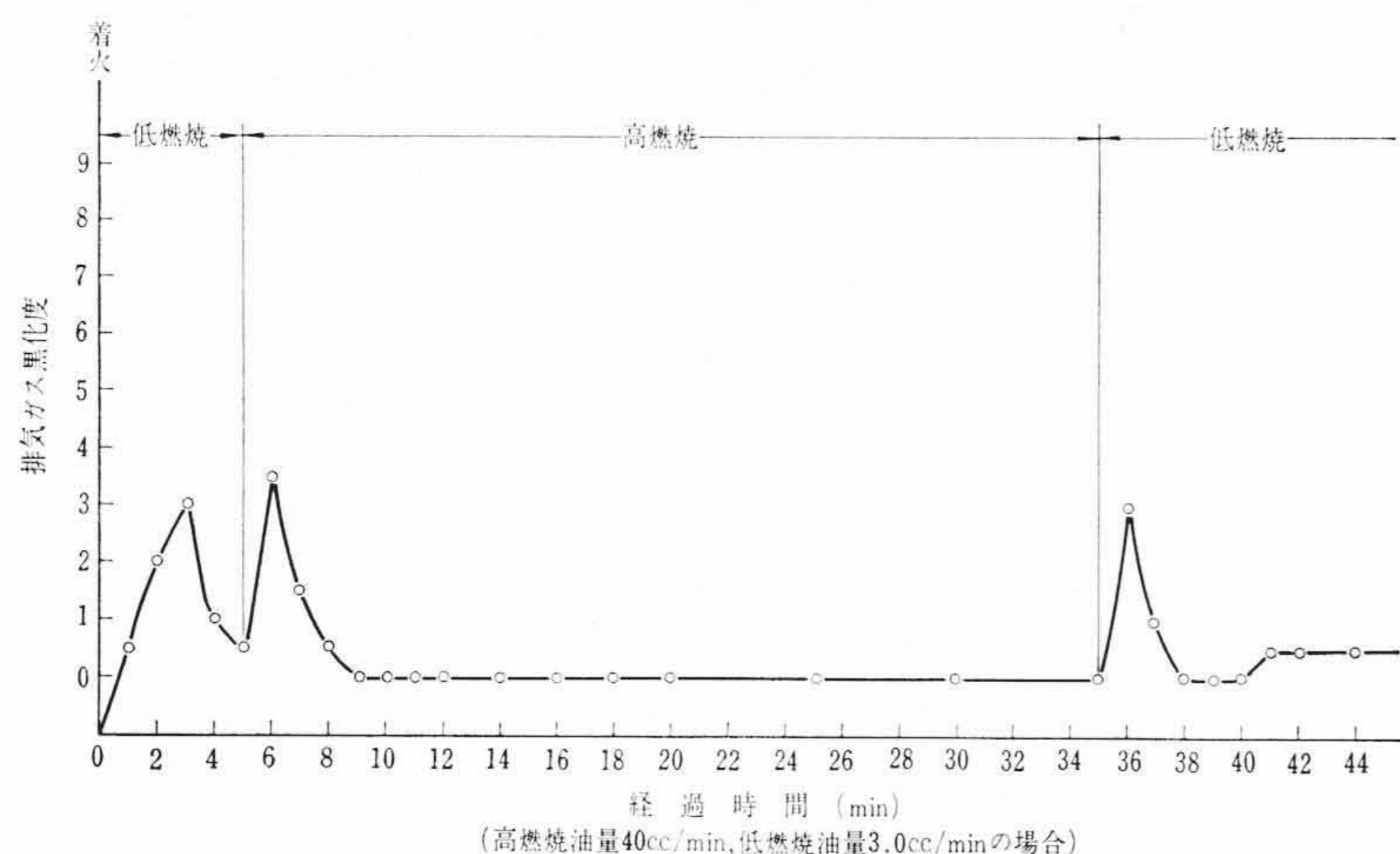


図9 開発したバーナの過渡特性

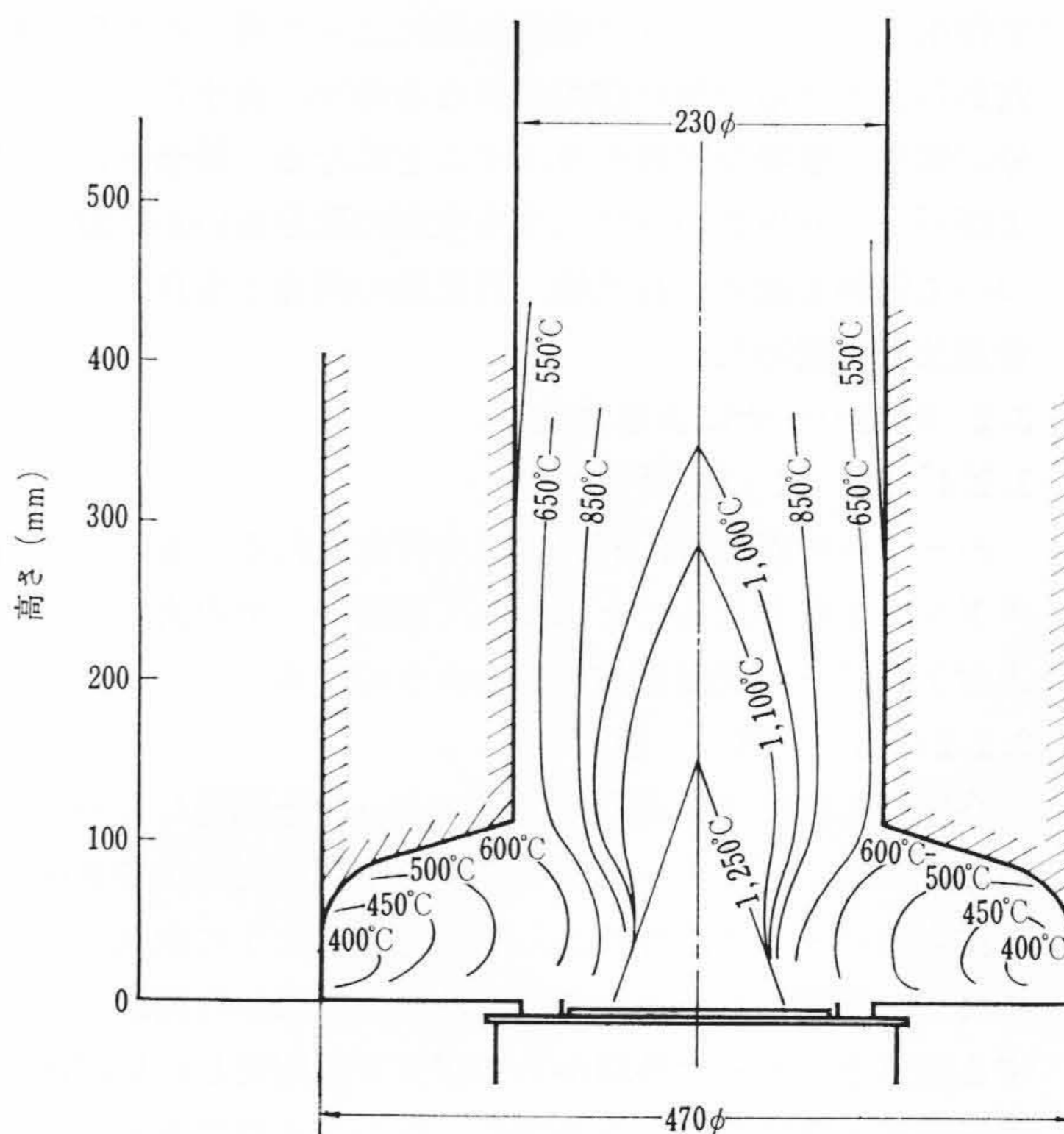


図10 燃焼ガスの温度分布

(燃焼油量48cc/min. 空気過率1.3の場合)



5. 結 言

温水機または暖房機の燃焼機として使用するポット形バーナに関し、従来のバーナでは得られなかったすぐれた燃焼性能を有するバーナを開発することができた。その構造、燃焼性能について述べたが、結果を要約すると次のとおりである。

(1) 高燃焼において燃焼油量、供給空気量の許容できる範囲の広いバーナを得ることができた。

すなわち、排気ガスの黒化度を0で燃焼しうる領域は、燃焼油量において20~60 cc/min, 空気過剰率は1.2~2.4の広範囲にわたっている。

(2) 低燃焼を行なう補助バーナに関しても、従来のバーナに比較してすすの発生がきわめて少なく、燃焼油量および供給空気量の許容できる範囲の広いものを得ることができた。

(3) 低燃焼から高燃焼へ移行する場合、その移行時間が短く、

すすの発生がきわめて少ない良好な過渡特性を備えている。

(4) 燃焼炎としては、1,250℃以上の整った菊花状光輝炎を得ることができた。温水機や暖房機の熱交換器と組み合わせた場合、放射熱を有効に利用できる。

終わりにポット形バーナの開発に際して、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 森竜太郎氏に衷心より感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) A SERVICEMAN'S HANDBOOK ON VAPORIZING OIL BURNERS by INSTITUTE OF APPLIANCE MANUFACTURERS
- (2) Fuels and Combustion: Smith and Stinson Mc GRAW-HILL BOOK COMPANY INC. (1952)
- (3) Underriters' Laboratoris' Standard 296 (1959)
- (4) Commercial Standard CS 101 (1962)
- (5) ボイラ便覧: 日本ボイラ協会 (1959)



新 案 の 紹 介



登録実用新案 第812171号

中 村 穆・近 藤 肇

ロ ー ラ コ ン ベ ヤ の 荷 卸 し 装 置

この考案は後続する箱体の移動を阻止する機構と、所望の箱体をコンベヤの側方に押し出す機構とからなり、ローラコンベヤ上を押し合せて移動している複数の箱のうち、所望の箱を抜き取ってコンベヤの側方に荷卸しする装置に関するものである。

ベルクランク7、連結棒8を介して駆動ローラ3の表面の下方から上方に押し上げられて、箱体の移動を阻止する阻止棒5を作動させるカム6のカム軸19はスプロケット軸18に連結されている。そのスプロケット軸に固着したスプロケット12、14には押し出しわく11を取り付けたチェーン16、17がかけられている。

したがって、スプロケット軸18を回転すれば、押し出しわく11はコンベヤの上面を横断して右行し、さらにスプロケット13、15を通過してコンベヤの下面を通過して右行しコンベヤの周囲を循環する。よって、コンベヤのB部分にある箱体Xはローラ2上を長手方向にすべってコンベヤ側方のY位置に荷卸しされる。

この考案によれば、後続箱体の移動を阻止棒によって阻止している間に、押し出しわくによってコンベヤB部分の箱体を荷卸しすることができるので、円滑に荷卸しを行なうことができる効果がある。(野村)

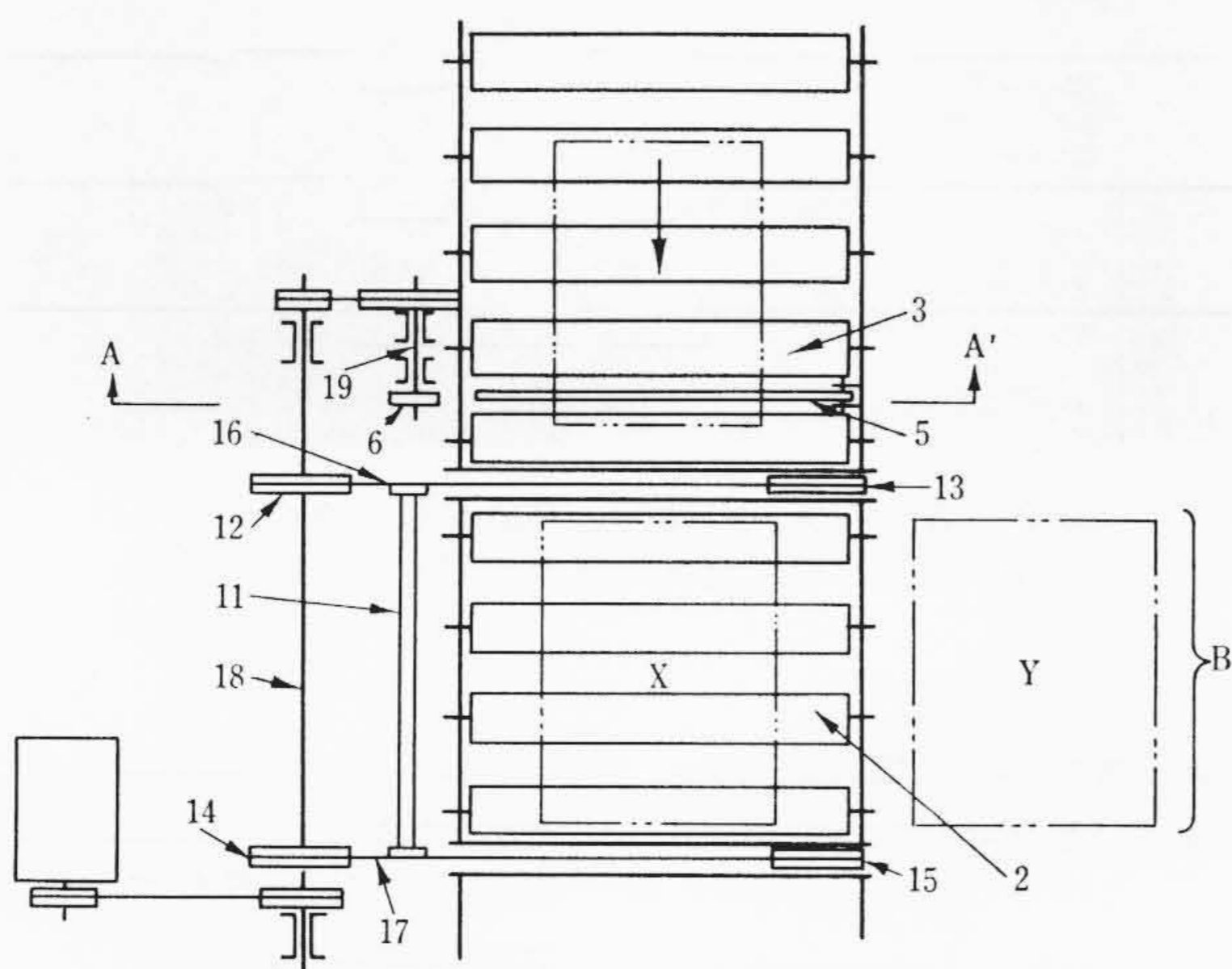


図 1

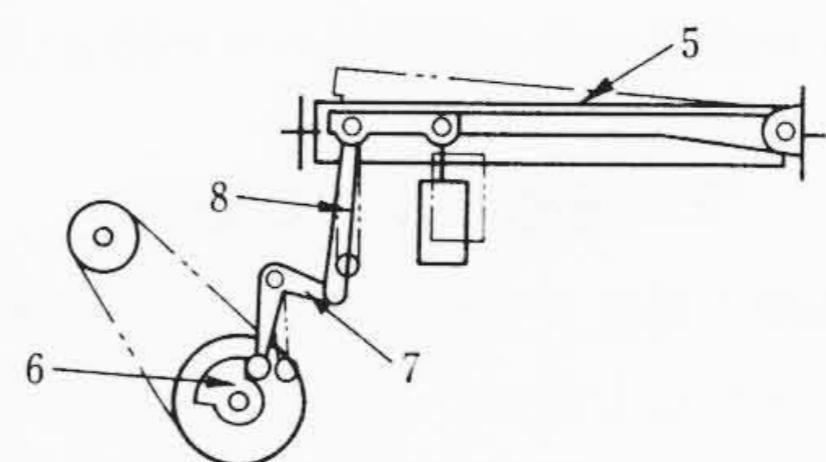


図 2

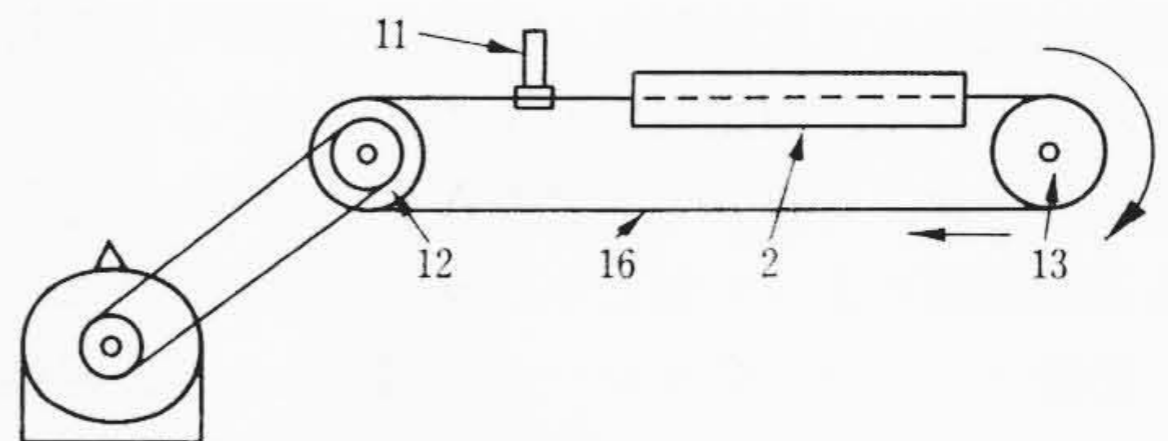


図 3