

高性能ガンタイプバーナの開発

Development of Oil-fired Gun-type Burner

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

要 旨

液体燃料(石油)を使用する家庭用セントラルヒーティングが普及するにつれて、ポットタイプバーナによる小形温水ボイラおよび温風暖房機以外に、ガンタイプバーナを採用した熱出力 30,000 kcal/h 以上の本格的製品の開発が強く要求されている。

従来のガンタイプバーナは、竹ほうきのような火炎形状で燃焼用空気を多量に必要とする燃焼のものが多く、このような燃焼は、排気ガスによって生ずる通気力の変動、燃焼用空気量の変動により振動燃焼が生じやすい欠陥を持っている。

使用者が燃焼機の専門家でない家庭向けに適用するためには、従来のバーナの性能を一段と改良する必要がある。

本研究は、ガンタイプバーナに関して、ノズルから噴霧した燃料油滴と燃焼用空気との混合に関して新しい考え方を導入して検討の結果、小形球状火炎を形成するすぐれた燃焼性能の熱出力 40,000 kcal/h および 70,000 kcal/h のバーナ 2 機種を開発した。

1. 緒 言

近年、欧米先進諸国の一般家庭においてみられるように、わが国においてもセントラルヒーティングを行ない快適な住宅を得ようとする傾向が家庭に浸透し、燃料として石油(白灯油)を使用する温水ボイラおよび温風暖房機が急速に普及しつつある。

従来、石油燃焼機は石油ストーブに代表される心上下式のスリーブタイプバーナおよび蒸発式のポットタイプバーナが家庭用として、重油燃焼炉に代表される噴霧式のガンタイプバーナおよびロータリタイプバーナが営業用、工業用として使用されてきた。しかし、スリーブタイプ、ポットタイプバーナは燃焼量が少ないので、本格的なセントラルヒーティングにおいては熱量的に不足し、不適当の場合が多い。また、ガンタイプ、ロータリタイプバーナは家庭用として使用するには燃焼量が過大であり不適当であったが、ガンタイプバーナの燃焼油量を決定するノズルの加工技術が進歩し、家庭用として最適出力のノズルを安価に量産することが可能になり、かつ経済性、保守性にすぐれた白灯油が簡易に入手できるようになり、家庭用灯油燃焼ガンタイプバーナが広く採用されつつある。しかし一般のガンタイプバーナの性能は、燃焼用空気を多量に必要とする比較的低級な燃焼のものが多く、またボイラに採用した場合は燃焼炉を耐火レンガで築く必要があるなどの欠陥をもっており、家庭用として適当なものが少ない。

筆者らは、このガンタイプバーナの燃焼方式に関して究明を行ない、燃焼用空気の空気流れに着目して新規な構想により、従来その例をみない独特な形状をしたバーナを開発した。

2. ガンタイプバーナの構造および性能に関する考察

2.1 概 要

ガンタイプバーナは古くから工業用バーナとして広く利用され、特に欧米においては約 30 年ほど前から家庭用バーナとして使用されている。わが国においても、家庭用セントラルヒーティングが普及するとともに、熱出力 20,000 kcal/h 以上の温水ボイラおよび温風暖房機の燃焼機として広く使用されつつある。

この種のバーナは油に、普通は $6 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$ の高圧を加え、(家庭で広く使われる灯油を燃焼する場合は 7 kg/cm^2 が標準である)

* 日立製作所柳井工場

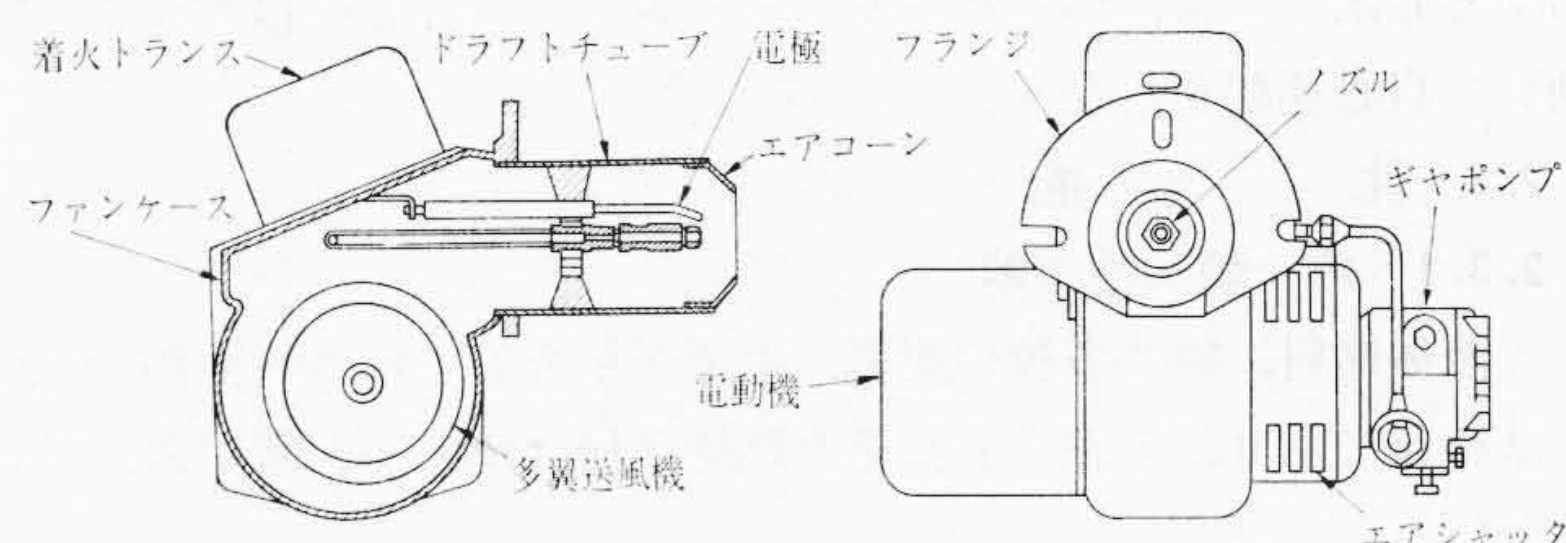


図1 ガンタイプバーナの構造図

ノズルの小孔から噴霧させ、ノズル周囲を流れる燃焼用供給空気と衝突混合させて、微細な油滴として燃焼させる。

このガンタイプバーナの特長は、

(1) 応答速度が速い

着火、消火に至る応答速度が速く、ほかの形式のバーナに比較して瞬時に安定燃焼状態または消火状態に移行することができる。

(2) 完全自動運転が可能である

わが国の家電製品として普及するために必要な条件である「取り扱いが簡単」および「ワンタッチシステム」を達成できる。

(3) 安全装置が完備している

電氣的、機械的各種安全装置が完備しており、事故に対して万全な処置が自動的に行なわれる。

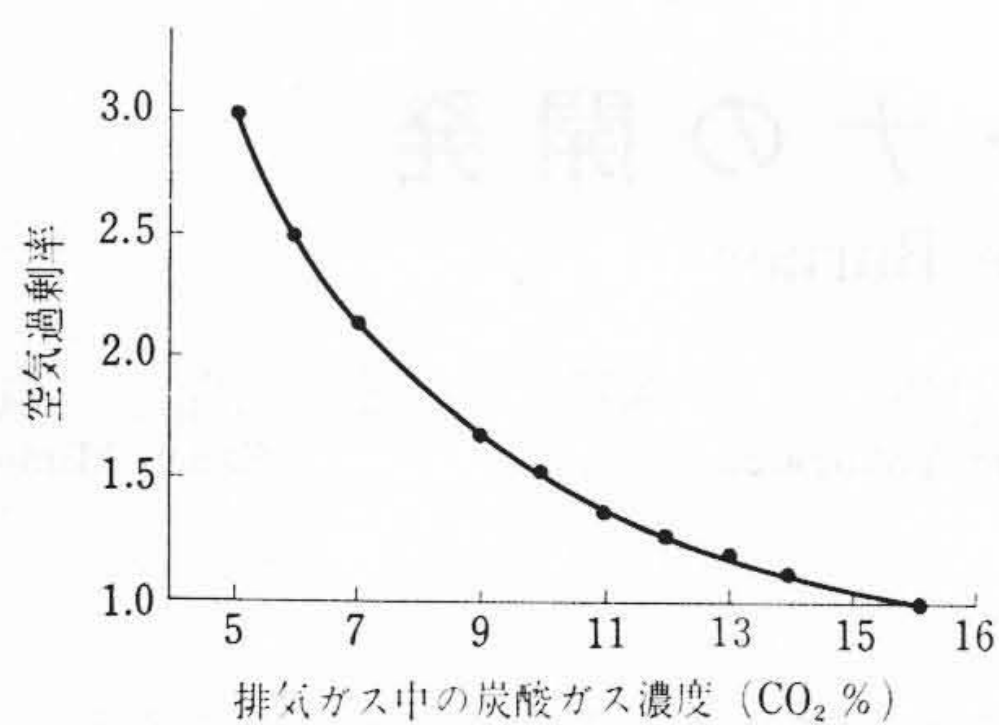
これらの長所があるため、今後ますます多く採用されるようになると思われる。

2.2 構造および動作

熱出力 30,000~50,000 kcal/h 程度の標準的なガンタイプバーナの構造の概略は図1に示すとおりである。

燃焼用空気を供給する多翼送風機は電動機に直結している。空気吸込口から吸い込まれた空気はファンケース、ドラフトチューブを通してドラフトチューブの先端に設けてあるエアコーン部でひねられ、ノズルから噴霧した油と混合して、燃焼炉内に送りこまれる。この燃焼に必要な空気量の調節は空気吸込口部に設けてあるエアシャッターの開閉によって行なわれる。

燃料を供給するギヤポンプは電動機とゴム製のフレキシブルカップリングにより結合され、電動機の始動と同時に回転をはじめ、燃料タンクより油を吸引して加圧する。加圧された油はノズルの細孔の先端から微細な油滴になり噴霧する。

図2 CO₂%と空気過剰率

ドラフトチューブ内のノズルの前部に放電電極を設け、トランスにて10 kVに昇圧した高電圧を油の噴霧中で放電させて着火を行なわせる。この放電はガンタイプバーナの燃焼運転中連続放電させる形式と着火時および消炎時のみ短時間放電させる形式とがあるが、わが国においては、ほとんど後者の形式を採用している。

ガンタイプバーナは通常燃焼制御装置としてバーナリレーまたはイグナイトリレーと称するマグネットリレー、バイメタルタイマを主体とするボックス形の制御装置を付属する。バーナリレーはそれぞれの検出装置、たとえば火災を監視するCdS光電セル、温度を検出する温水サーモ、煙道サーモ、ルームサーモなどの信号により作動し、自動運転を行なう。

2.3 性能

2.3.1 燃焼性能

液体燃料、特に多数の炭素、水素が結合している石油類の燃焼は複雑であり、現在はまだその燃焼機構はほとんど解明されていない。

灯油の分子式は C_nH_{2n+2} ($n=8\sim 18$)で表示される高分子パラフィン系炭化水素を主成分とするものであり、一般には $C_{10}H_{22}$ 相当のものであるといわれている。この灯油を燃焼させる場合、一般にまず気体に変換する。ガンタイプバーナの場合では、ギャボンプにより灯油を加圧し、ノズルから噴射することにより微細な油滴として表面積を拡大し、周囲を流れる高速空気流れにより微粒化し、火炎の熱エネルギーを吸収して気化する。気化した油蒸気は供給空気と混合し、燃焼中の火炎の放射熱を受けて高温になり、空気中の酸素により漸次分解し、高級アルコール、アルデヒドなどを形成すると同時に縮合多環炭化水素を形成する。次に二次空気により白赤色光を発しながら燃焼し、最終的に炭酸ガスと水蒸気になって全燃焼を完了する。しかし、一次および二次空気不足の条件のもとで、あるいは灯油蒸気と空気との混合がじゅうぶん行なわれない状態で灯油を燃焼すると一般にススと称される分子量数万の縮合多環炭化水素を形成する。

したがって従来のガンタイプバーナにおいてススの発生しない完全燃焼を行なうためには、灯油が理論的に完全燃焼するのに必要な空気量よりも2~2.5倍の空気（空気過剰率2~2.5）を燃焼室に送り込む必要がある。しかしこの場合は余分な空気は燃焼室内で暖められ、高温の排気ガスとなって熱を運びさり、有効熱量の損失となる。

以上の理由により余分の空気をなるべく少なくして、灯油中の炭素、水素を完全燃焼させ、排気ガス中の炭酸ガス(CO₂)の含有量を多くする必要がある。理論空気量により燃焼したときのCO₂%は燃料を構成している可燃元素の種類と必要酸素量および空気中の酸素含有量により算出できる。図2は灯油燃焼の場合のCO₂%と空気過剰率の換算図を示したもので、灯油の場合、CO₂%の最大値は普通15.5%である。

燃焼に影響を与える要因として、前述の空気過剰率以外に燃焼

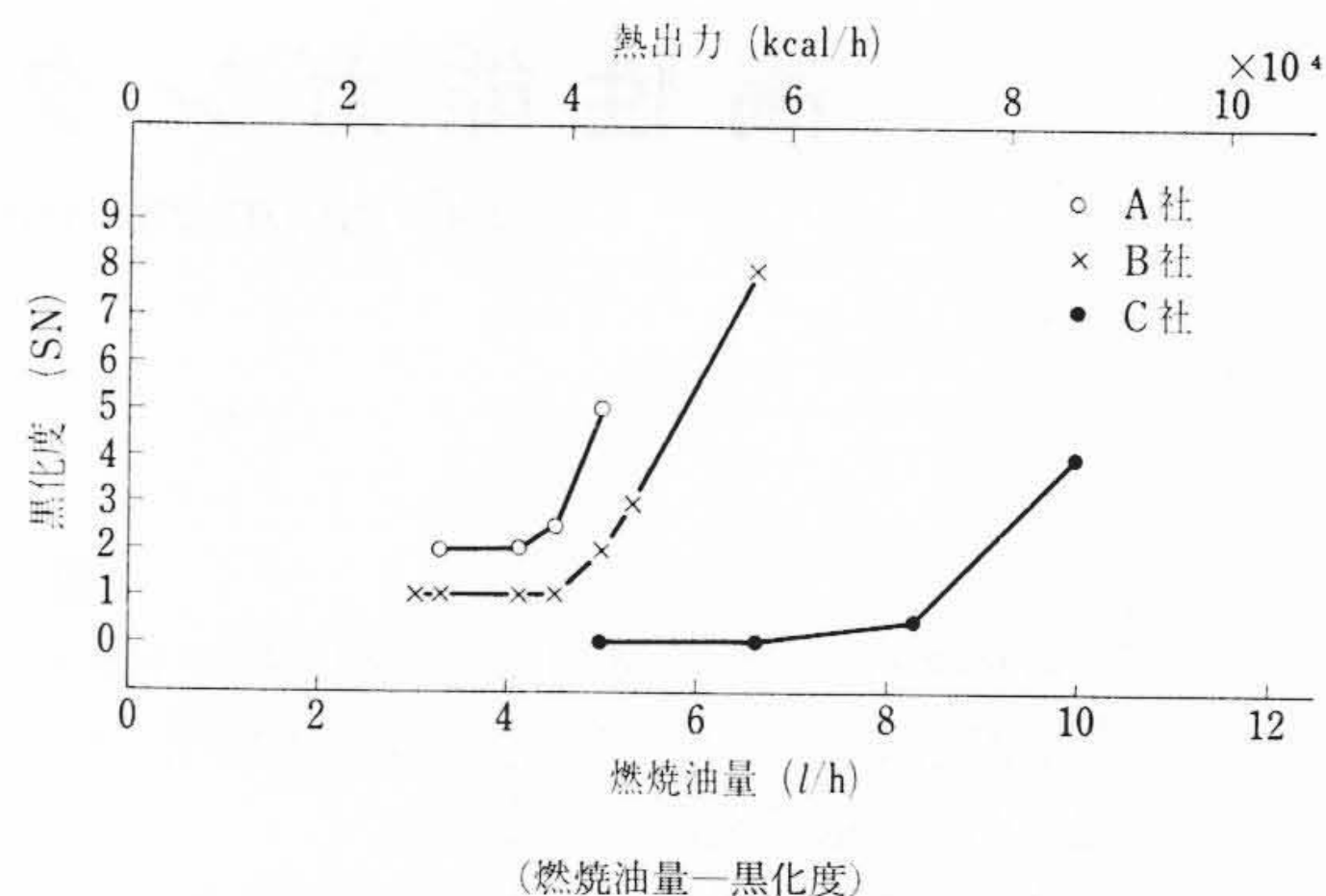


図3 ガンタイプバーナの燃焼性能

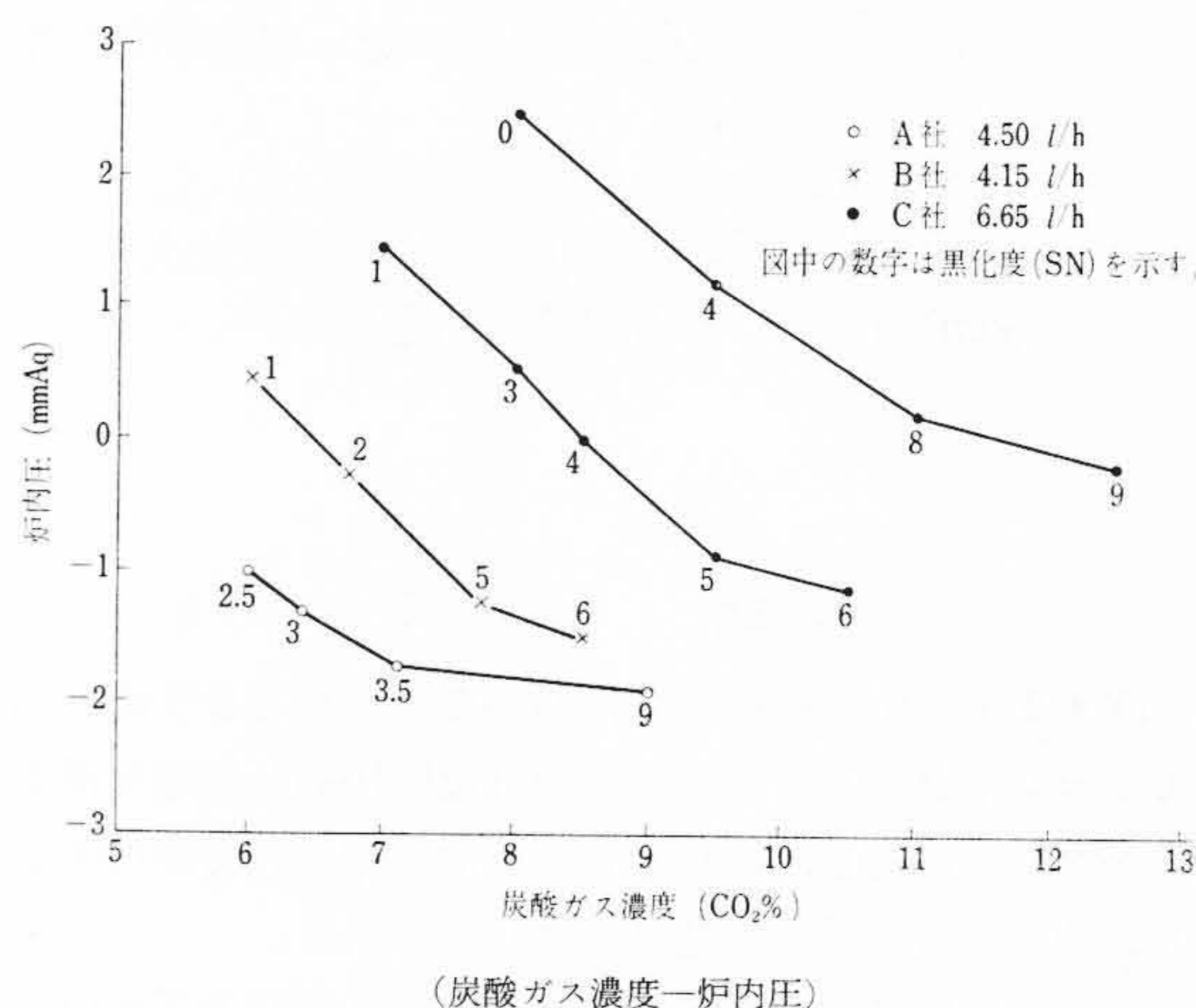


図4 ガンタイプバーナの燃焼性能

する場合、すなわち燃焼炉内の圧力（炉内圧または炉圧）、温度がある。

炉内圧は大気圧との差を水柱 mmAq に換算して呼称する。炉内圧が高い場合は燃料と空気の混合ガスの燃焼速度が増加し、燃焼は良好になる傾向がある。したがって単に燃焼のみを検討する場合は、炉内圧は高いほうがよいが、炉内のガスが燃焼炉の外に漏れるおそれがあるため、家庭用小形ボイラまたは温風暖房機にバーナを組み込む場合は炉内圧は0~2 mmAqで使用するよう設計するのが普通である。

次に燃焼する場合の温度および形状が噴霧油滴の蒸発速度、燃焼速度の増加および炉内の高温ガスの流れに影響を与え、燃焼の良否を大きく左右する。したがって燃焼機の燃焼特性に合わせた燃焼炉を有する製品を設計することが望ましい。

近時製品の小型化による燃焼炉の縮小、小形温水ボイラにおいて燃焼空間の周囲を水冷壁でとりまくウォータージャケット方式の採用など、燃焼に対し悪条件の方向へ進みつつあり、火災の小型化とともに水冷壁燃焼炉においても完全に燃焼するバーナが要求されている。

国内外の代表的なガンタイプバーナの燃焼性能を示すと図3、図4のようになる。

燃焼試験炉としては耐火レンガで築いた JIS B8404 に規定される試験炉を用いた。燃焼の良否の判定はアメリカ Bacharach Industrial Instrument Co. のスモークテストによって行なわれた。これは一定量の排気ガスをろ紙を通じて採取し、このろ紙に付着したススの量を比較する方法である。ススの付着しない状態を黒化度 (S. N.) 0 とし、黒く付着した状態を黒化度 9 として 10 等分して表示する方法である。黒化度と燃焼状態との関係は表1

表1 黒化度と燃焼性能

黒化度 No.	燃 焼 状 態
0	非常に良好
1	非常に良好 炉やボイラ面にススは付かずもし付いていても非常に少ない。
2	良 好 炉やボイラ面にはほとんどススは付かずある程度付いていても燃焼ガス温度上昇には関係ない。
3	かなり良好 炉やボイラ面にかなりススが付いているので1年に1回以上掃除の必要があり。
4	不 良 炉やボイラ面にかなりススが付いているので掃除をときどきする必要あり。また炉の出口部分も調べる必要あり。
5	非常に悪い 炉やボイラ面に多くのススが付いている。暖房シーズンには数回掃除の必要あり。
6	極度に悪い 炉やボイラ面に非常に多くのススが付いている。ススの掃除とともに排気筒の損傷も調べる必要がある。

に示すとおりである。

各バーナとも燃焼性能は CO_2 6~8% においてほぼ使用に耐える黒化度3以下の燃焼を行なう。しかし灯油燃焼用バーナとして理想である10~12%, 炉内圧0~-1 mmAqにおいては、供試機Bがほぼ6以上で、ほかの2機は燃焼させることができない。また各バーナとも図示測定点以上に炉内圧を高くすると振動燃焼、吹き消えを生じ、安定した燃焼を行なわせることができない。

2.3.2 火炎の安定性

燃焼性能についてはスス発生の有無以外に火炎の安定性と形状を検討する必要がある。特に、燃焼反応は油滴の蒸発、空気の急激な膨張を伴う3次元流れであり、理論的に解明することは不可能であるので、火炎の形状、構造を観察し、検討を加えることが重要な手段である。

火炎の安定性に対して最も影響を与える要素は、図5に示す火炎の発生位置である。従来のバーナにおいては、この発生位置はエアコーンより30~80 mm離れた領域に生ずる。油滴と空気の混合ガスがノズルの先端部より流出する速さと前方の火炎が混合ガスの中を伝播(でんぱ)しノズル側に近づく燃焼速度が等しくなった場合に安定した火炎が生ずる。この火炎の発生位置がドラフトチューブの先端より離れすぎると、燃焼条件のわずかな変動に対して発生位置が大きく移動し、振動燃焼、脈動燃焼の原因となる。また、発生点が極端に近づく場合および先端に密着した場合は、ドラフトチューブの焼損、ノズルの加熱変形およびつまりなどの不良燃焼となる。

図6は一般に採用されておるガンタイプバーナのドラフトチューブ先端の形状を示したものである。

(a) 現在はほとんど使用されていないが、最も単純な形式であ

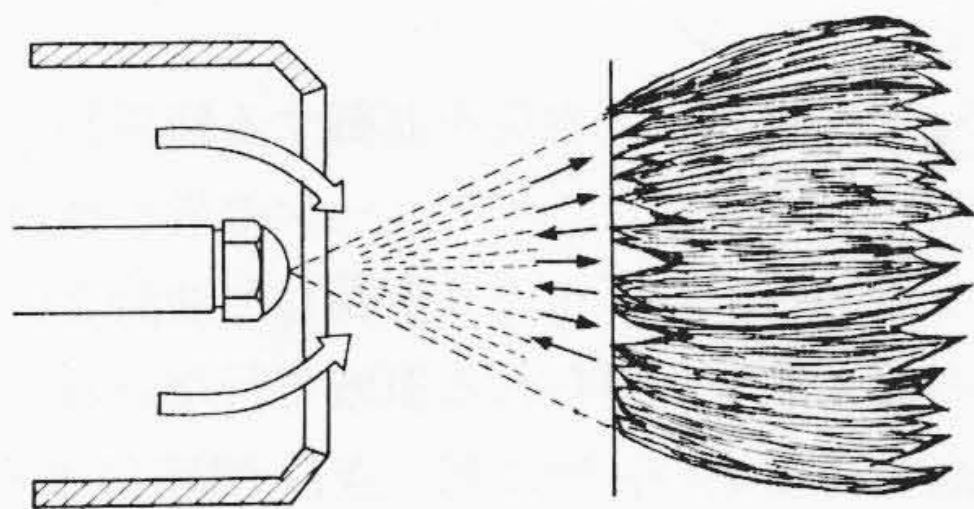


図5 火炎の発生位置

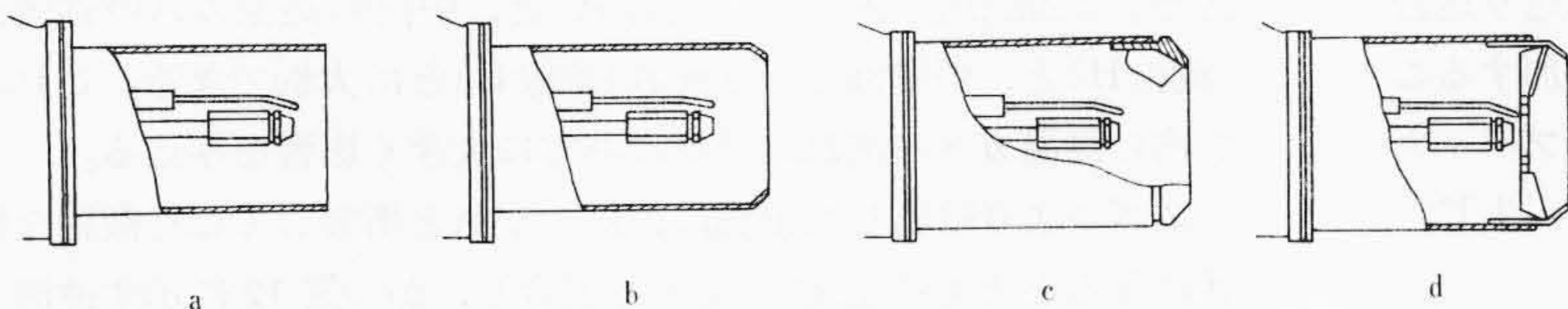


図6 エアコーンの形状

る。油滴と空気の混合が悪く、ドラフトチューブ内の軸方向風速を大きくすると火炎が吹き飛び、燃焼性は悪い。

(b) (a)のドラフトチューブの内壁に近い部分を流れる空気が、油滴との混合に関与しない欠点を改良した形式である。ドラフトチューブの先端を絞り、風速を増加させることと、混合について若干改良されているが、火炎発生点が離れてしまう欠点がある。現在は小形の簡易ガンタイプバーナに採用しているにすぎない。

(c) ドラフトチューブの先端にエアコーンと称する供給空気をひねるための羽根を内面に付けた鋳鉄製のリングを装置した形式である。空気を旋回させ、混合を改良した点は前二者にない特長があり、性能も改善されているが、空気に旋回を与えるのはドラフトチューブの内筒壁にそった空気流れのみであり、ノズル近傍の流れは回転運動が与えられない欠点がある。しかしこの形式は現在世界中で広く採用されている。

(d) 空気流れにさらに旋回を与え、かつ流れを乱して渦流を作る方法としてドラフトチューブ内に旋回翼を設けた形式で、比較的新らしい方法である。供給空気は旋回し火炎の発生位置は前者と比較するとエアコーン部に近づくが、燃焼性能に大きく影響を与える油滴との混合において最も重要なノズル周囲を流れる空気は旋回せず、かつ噴霧油滴が旋回翼の内周側にあたるなどの問題点がある。

2.3.3 火炎の形状

図7はガンタイプバーナの代表的な火炎形状を示したものである。

ガンタイプバーナを装置する製品の燃焼炉の形状、構造、燃焼出力などにより、火炎形状は要求される形が異なる。われわれが検討しておる燃焼炉の壁面が、熱交換器の伝熱面になる水冷壁形燃焼室を採用する小形温水ボイラ、またはパッケージ形小形温風暖房機においては、火炎は、可能なかぎり小形に、形状を球形に近くし、高温の白色火炎にすることが必要である。かかる点から検討すると図7に示すようなほうき状火炎はじゅうぶん満足できる火炎ではない。

2.4 ま と め

従来のタイプバーナの燃焼に関する問題点を要約すると次のようになる。

- (1) 黒化度3以下で燃焼できる範囲はきわめて狭く、概略 CO_2 8~10% 以下、すなわち空気過剰率 1.88~1.53 以上においてのみ可能である。
- (2) ドラフトチューブ軸方向平均風速を増加すると、燃焼は良くなるが、この場合燃焼火炎がエアコーン部から離れ、振動燃焼、吹き消え燃焼が発生するおそれがある。
- (3) エアコーン、旋回翼の形状を改良することにより若干の向上が期待できると考えられるが、ノズル近傍を流れる空気流れは旋回せず、空気と油滴との混合に必要な速度および



図7 ガンタイプバーナの火炎

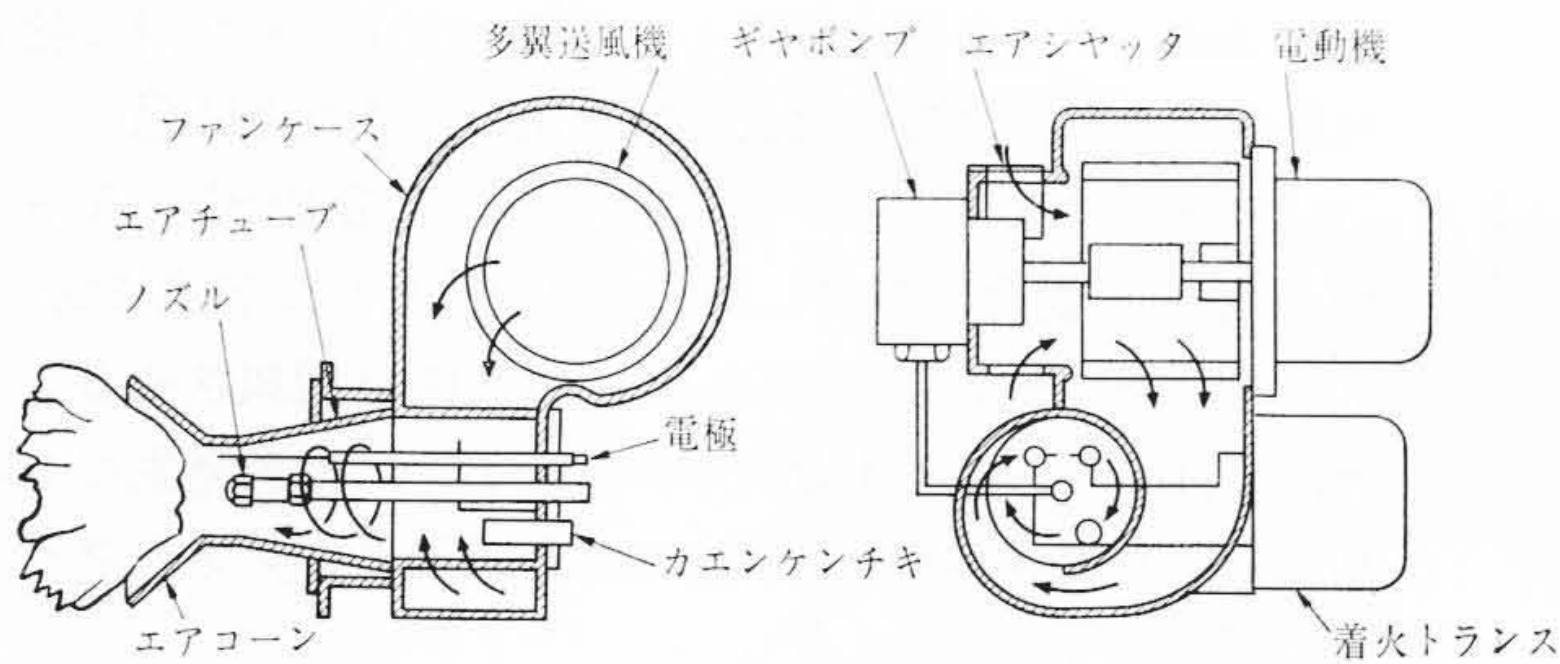


図8 開発したガンタイプバーナ構造

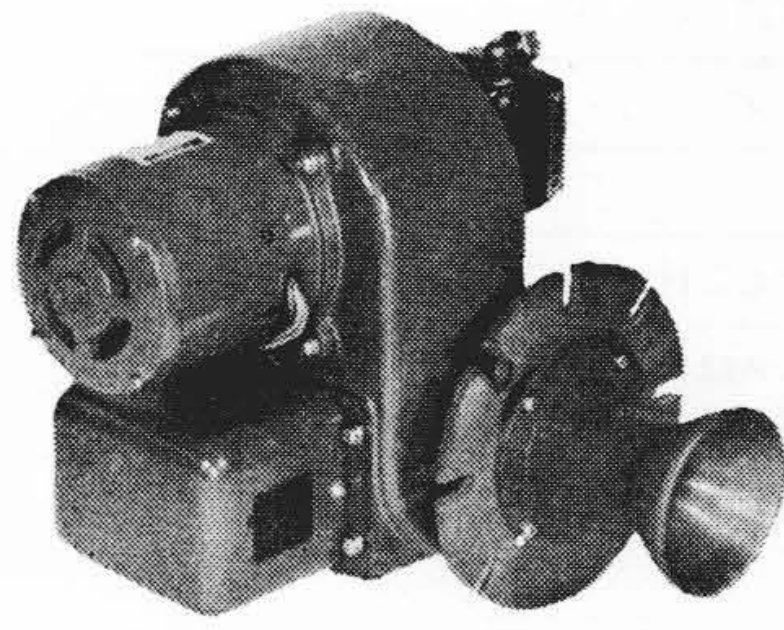


図9 開発したガンタイプバーナ

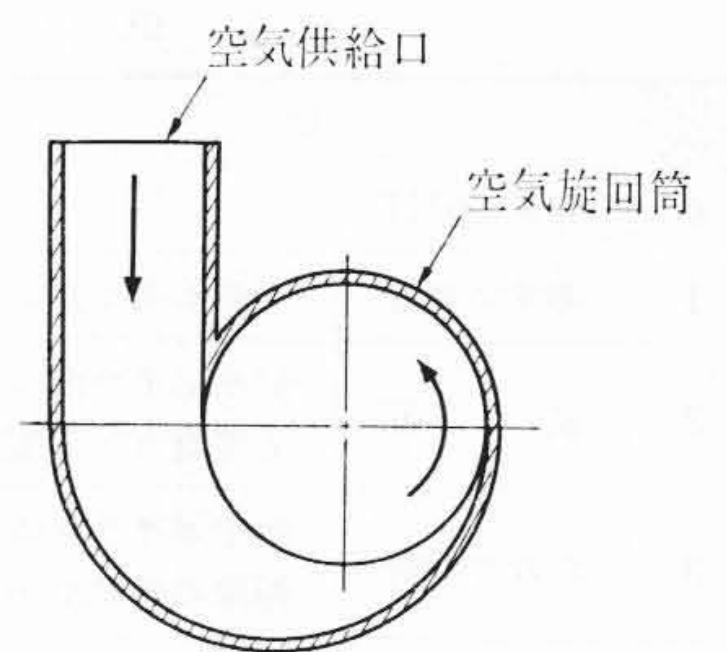


図10 サイクロン式空気旋回装置

渦流が得られず、混合をじゅうぶん行なわせるため増速させると軸方向速度が大きくなりすぎ、火炎の吹き飛びが生ずる。

- (4) 火炎の形状は、水冷壁形燃焼炉に採用するのには不適当なほうき状火炎であり、火炎の大きさもわれわれの要求どおりのものが得られない。
- (5) ガンタイプバーナの燃焼性能を向上させるためには、ノズルから噴霧した油滴をできるだけ急速に短時間でじゅうぶんな量の空気と混合させ、均一な可燃ガスを形成すること、および燃焼火炎をエアコーン部に近づけて安全を図る必要がある。

3. 開発したガンタイプバーナ

3.1 開発目標

前章に述べたように従来のガンタイプバーナの燃焼は家庭用燃焼機の性能としては満足すべきものではない。そこで新形バーナの開発にあたって次のような目標を掲げた。

- (1) 一般家庭のセントラルヒーティング用燃焼機として最適と考えられる熱出力 40,000 kcal/h および 70,000 kcal/h のガンタイプバーナを開発する。
- (2) 排気ガス中の CO_2 10~12% において良好な燃焼が可能であること。
- (3) (2)の条件において黒化度は2以下なること。
- (4) 燃焼炉内圧を +1~2 mmAq に変動した場合、安定燃焼を行ない、かつ炉内圧 0~1 mmAq において(1)、(2)の条件を満足すること。
- (5) 火炎形状は小形球形火炎であること。炉内圧、供給空気の変動により振動燃焼、吹き飛びのない安定した燃焼を行なうこと。火炎の燃焼負荷率は CO_2 10% において 1.0×10^7 kcal/m³ h 以上なること。

3.2 開発したガンタイプバーナの構造

開発目標を達成しうるガンタイプバーナを製作するため、バーナの各構成要素について検討を行ない、次に述べるような独特な構造をしたガンタイプバーナを開発した。構造は図8に、外観形状は図9に示すとおりである。

以下、要点について述べる。

3.2.1 燃焼空気の供給

従来のバーナは、多翼送風機によってドラフトチューブ内に送り込まれた空気をチューブ内で旋回させず、チューブにそった平行流となすことにより軸方向空気速度を均一化させ、次に、先端のエアコーンおよび旋回翼により旋回させ、燃焼室内に送り込む形式を採用している。ノズル周囲を流れる空気速度を増加することにより燃焼性能は向上するが、現在の形式のガンタイプバーナでは、燃焼性能の向上点まで増速すると火炎の吹き飛びが生じ、不安定燃焼になる。

そこで、供給空気を高速旋回させ、ノズルより噴霧された油滴

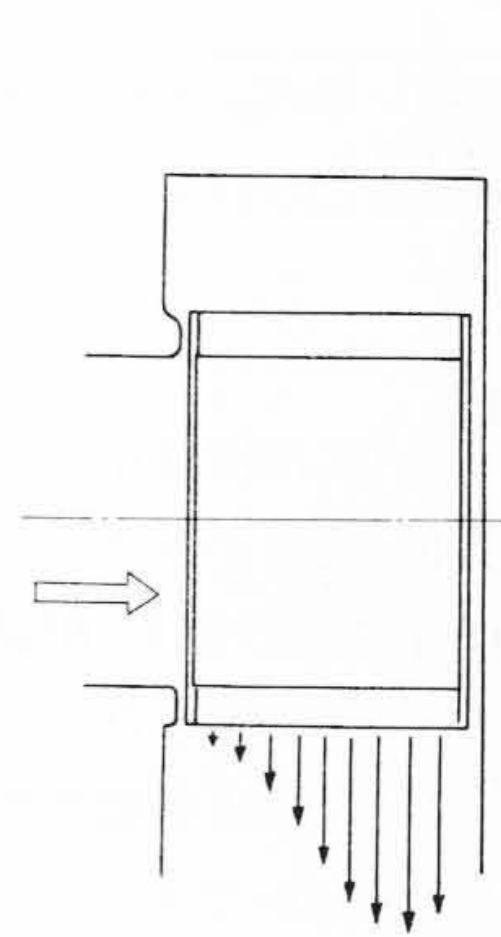


図11 吹出部の風速分布

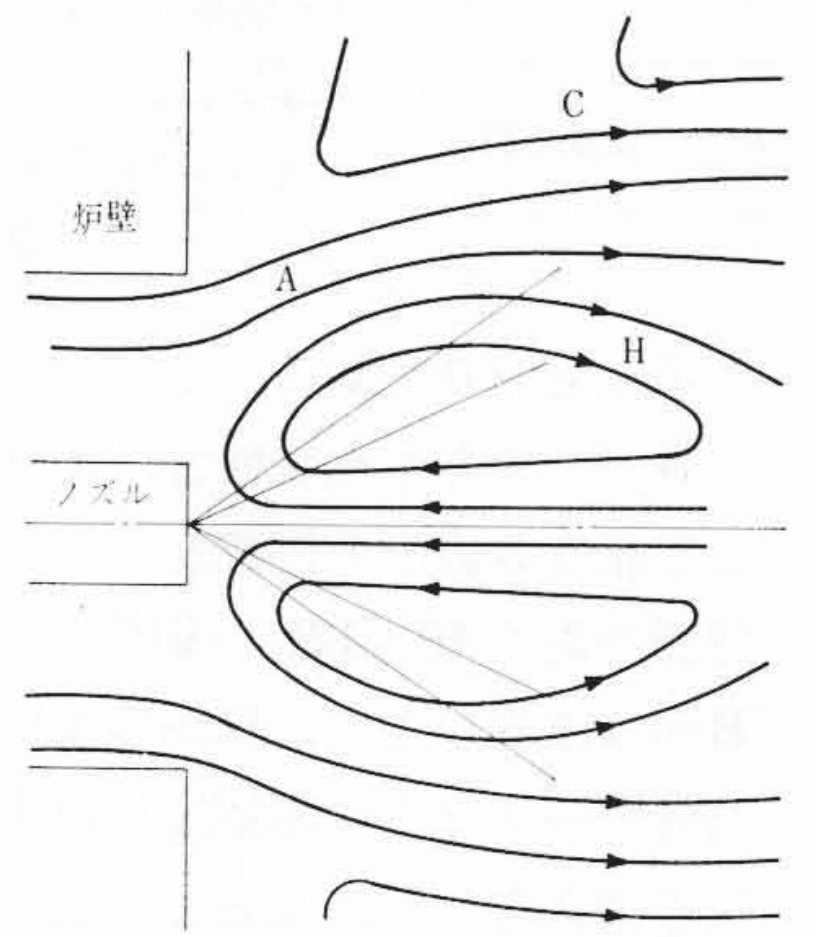


図12 炉内のガス流れ

との混合を迅速かつ均一化させることにより燃焼性能を向上させ、旋回流れの中心部の負圧を利用し、高温ガスを逆流させることにより火炎の安定を図った。

空気を旋回させる方式として図6(d)に示した旋回翼形式を取り上げ、検討したが、ノズル周囲を流れる空気は旋回せず、かつこの部分の軸方向風圧が高く、高温ガスの逆流層を形成させることが困難であった。次に、工業用の機械的集じん装置として広く採用されている高速旋回を用いたサイクロンに着目し、図10に示すような最も単純なサイクロンの適用を検討した。

空気旋回筒に流入する空気速度分布、増速部の断面縮小率、旋回気流壁の角度などを中心に形状、寸法を検討し、次に、多翼送風機から吹き出す空気の速度が図11に示すような分布をしていることに着目し、先に記した図10の空気旋回室とダクトを用いずに直結した。

3.2.2 エアチューブ

旋回気流筒に接続して空気を燃焼室に導く方式として、先細り円すい管(エアチューブ)を採用した。このエアチューブにより、空気流れの増速、圧力回復および気流の軸心に対する偏よりの修正を図った。

3.2.3 エアコーン

エアチューブに接続して燃焼を制御する鋳鉄製の末広がり円すい管(エアコーン)を設けた。エアコーンの最小径部がノズルの先端になるよう設計し、ノズルより噴霧した油滴と供給空気との混合が、流れの最大速度が得られる領域で行なわれるようにした。ノズルには高負荷燃焼の目標に基づき、噴霧角度 80° の中空円すい形噴霧パターンを持つホローコーンノズルを採用した。

図12は燃焼炉内の高温ガスの流れを簡略化して示したものである。燃焼用空気の流れ(流線A)と、炉内の高温ガスの逆流層(流線H)と、炉壁面を沿う流れ(流線C)とに大別できる。これら炉内の高温ガスの流れは燃焼に非常に大きく影響を与える。

ノズルより噴霧した油滴は、供給空気と衝突してごく微細な霧状になるとともに急速に空気と混合し、かつ図12に示す逆流する高温ガスと混合して気化し短時間に可燃ガスになる。

表2 開発バーナの主要仕様

機 種	GB-2	GB-3A	GB-3B
項 目			
熱 出 力 kcal/h	15,000~45,000	30,000~90,000	
標準ノズル (油量-噴霧角度)	1.4-80°	2.5-80°	
燃 料 ポ ンプ	ギヤポンプ 2パイプシステム	ギヤポンプ 2パイプシステム	
電 動 機	125W 1φ2pKR	125W 3φ2p	125W 1φ2pKR
着火トランス 1次電圧/ 2次電圧	100 V/10 kV	100 V/10 kV	100 V/10 kV

注：ノズルの項の油量は GPH（ガロン/時）を表わす。

火炎の形状を決定する要因は、油滴の大きさ、油質、空気との混合状態、供給空気の旋回状態などであるが、特に大きな要因として、図12に示す炉壁面に浴う流線Cのガス流れがある。

このガス流れが安定して形成されない場合は、火炎は旋回流の遠心力と燃焼による急激なガス膨張のため、軸方向と直交する面に放射状に飛び散り、いわゆる朝顔形火炎を形成し、開発目標の一つである小形球状火炎を得られない。そこで壁面を沿う流れの助長および高温逆流層の助長、油滴と供給空気との混合空間の形成を目的として末広がり円すい管のエアコーンを設けた。

エアコーンの形状寸法およびノズルの噴霧角度とパターンを変更することにより、燃焼の目的、燃焼炉の形状、要求される火炎の形状に対して、同一バーナにおいてそれぞれの要求に合った燃焼を行なわせうることができる。

4. 開発したガンタイプバーナの性能

4.1 仕 様

前章の結果に基づき開発したガンタイプバーナの主要仕様を表2に掲げた。

4.2 燃 焼 性 能

バーナの燃焼性能の良否を判別するには、燃焼可能油量と黒化度との関係が必要である。図13はこれを示したものである。試験条件はバーナのエアシャッターおよび排気筒のダンパを全開して燃焼した場合のデータである。

GB-2形において5.2 l/h (出力45,000 kcal/h) 以下、GB-3形において12 l/h (出力100,000 kcal/h) 以下の場合、排気ガス中の黒化度0以下であり、燃焼出力および黒化度において当初の開発目標を満足した。

各バーナの設計最適油量に相当する標準ノズルを使用し、エアシャッター、排気筒ダンパを調整して炉内圧、CO₂%を変えた場合の燃焼性能は図14、図15に示すとおりである。図中の測定点に付けた数字は黒化度を、太線2-2は黒化度2で燃焼可能な範囲を示している。

GB-2形、GB-3形ともに炉内圧0~-1 mmAq、CO₂ 10~12%において黒化度は0であり開発目標である黒化度2以下を完全に満足している。

また黒化度2以下で燃焼しうる範囲は、炉内圧-0.5 mmAqの場合、GB-2形においては12.5%、GB-3形においては13.5%以下と従来のバーナに比較して非常にすぐれた燃焼性能をあらわしている。

なお図中A点よりCO₂%の増加に伴って炉内圧が低下する測定線はバーナのエアシャッターを全開より閉じてゆき空気量調整を行なった場合のデータであり、炉内圧が増加する測定線は排気筒のダンパを閉じる場合のデータである。

4.3 火 炎 形 状

供試バーナの火炎形状を示したのが図16である。

写真の縮尺率は図7に示す従来のバーナと同一である。ほうき状火炎と比較して、球状小形火炎であり、旋回流による火炎中央部の

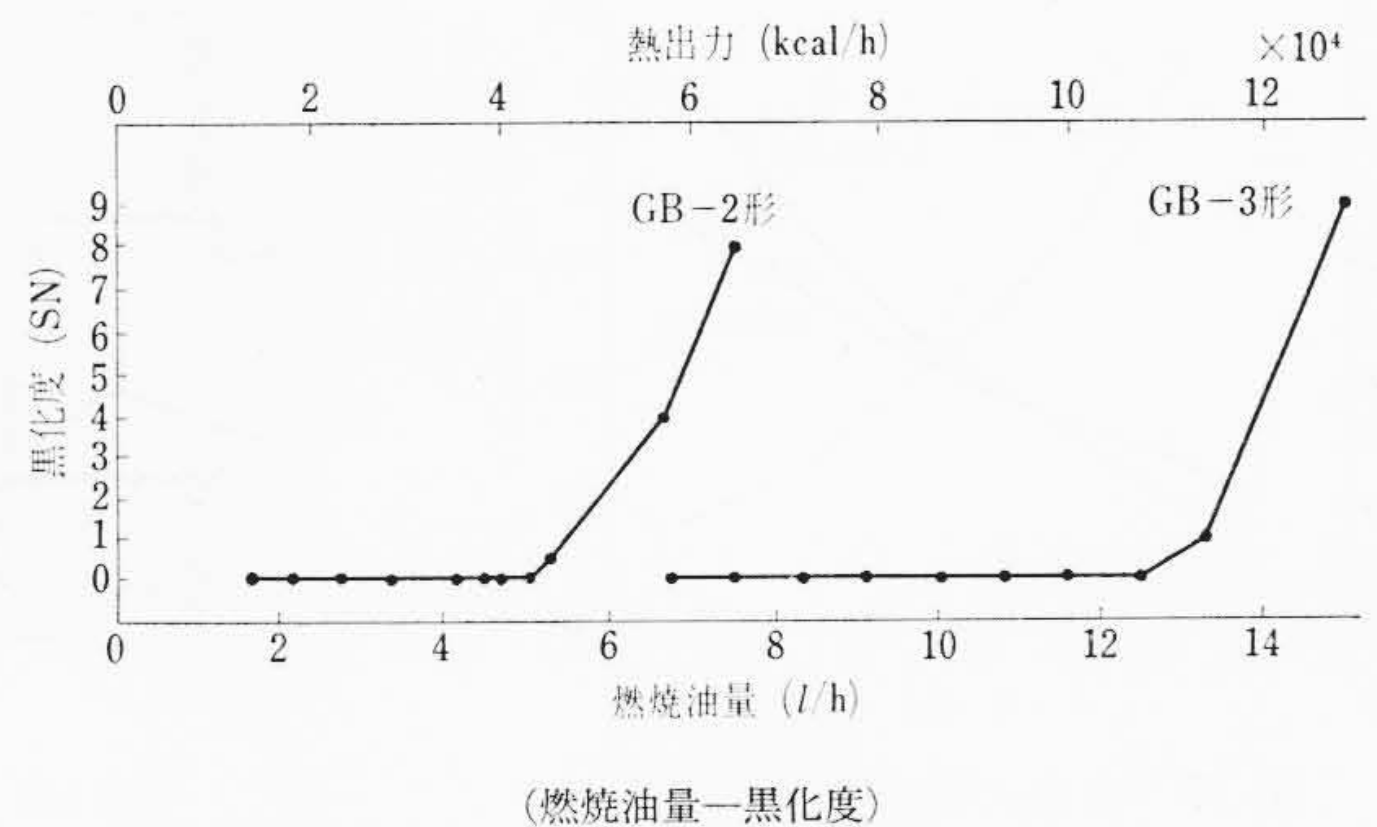


図13 燃 焼 性 能

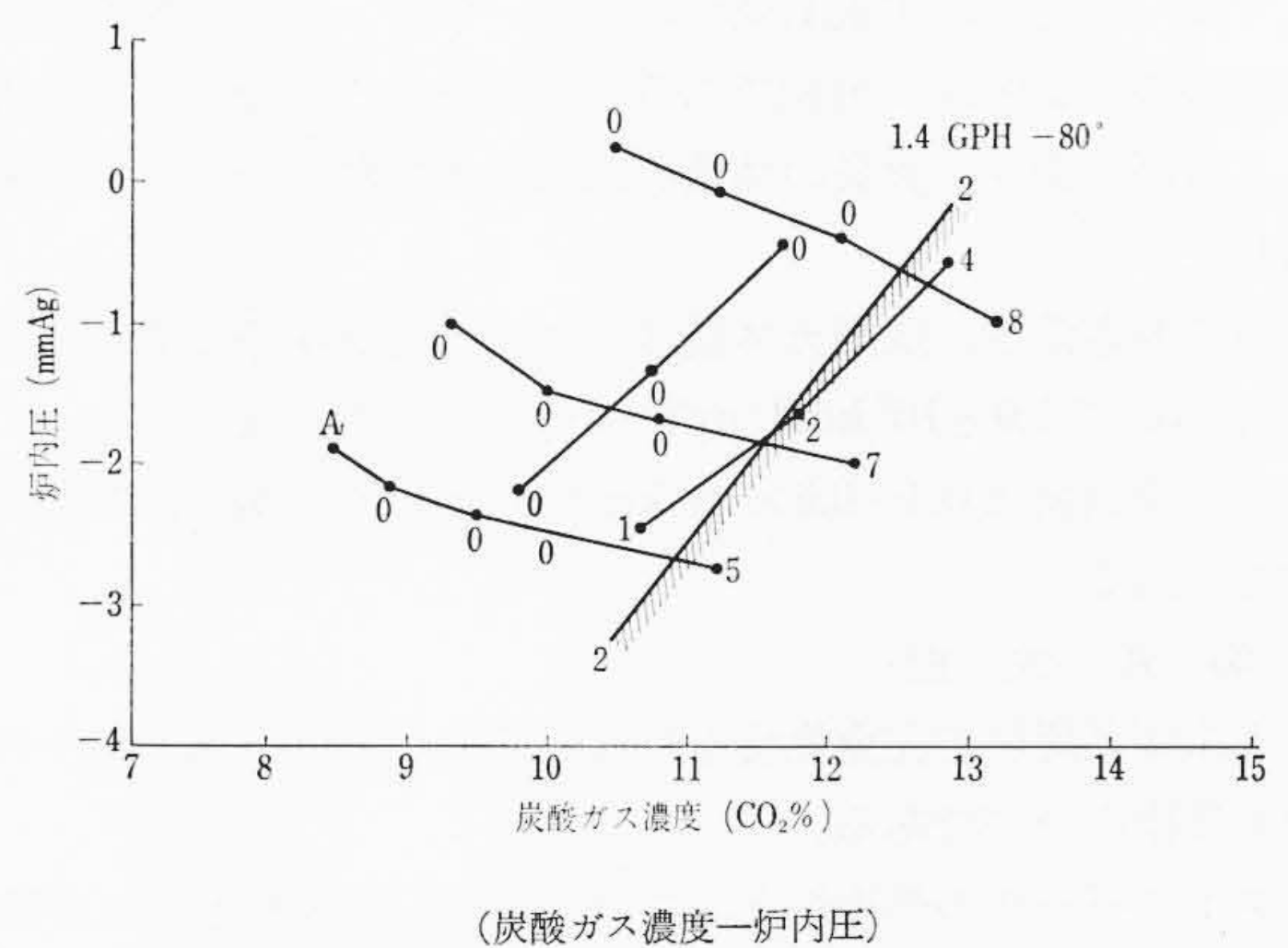


図14 GB-2形燃焼性能

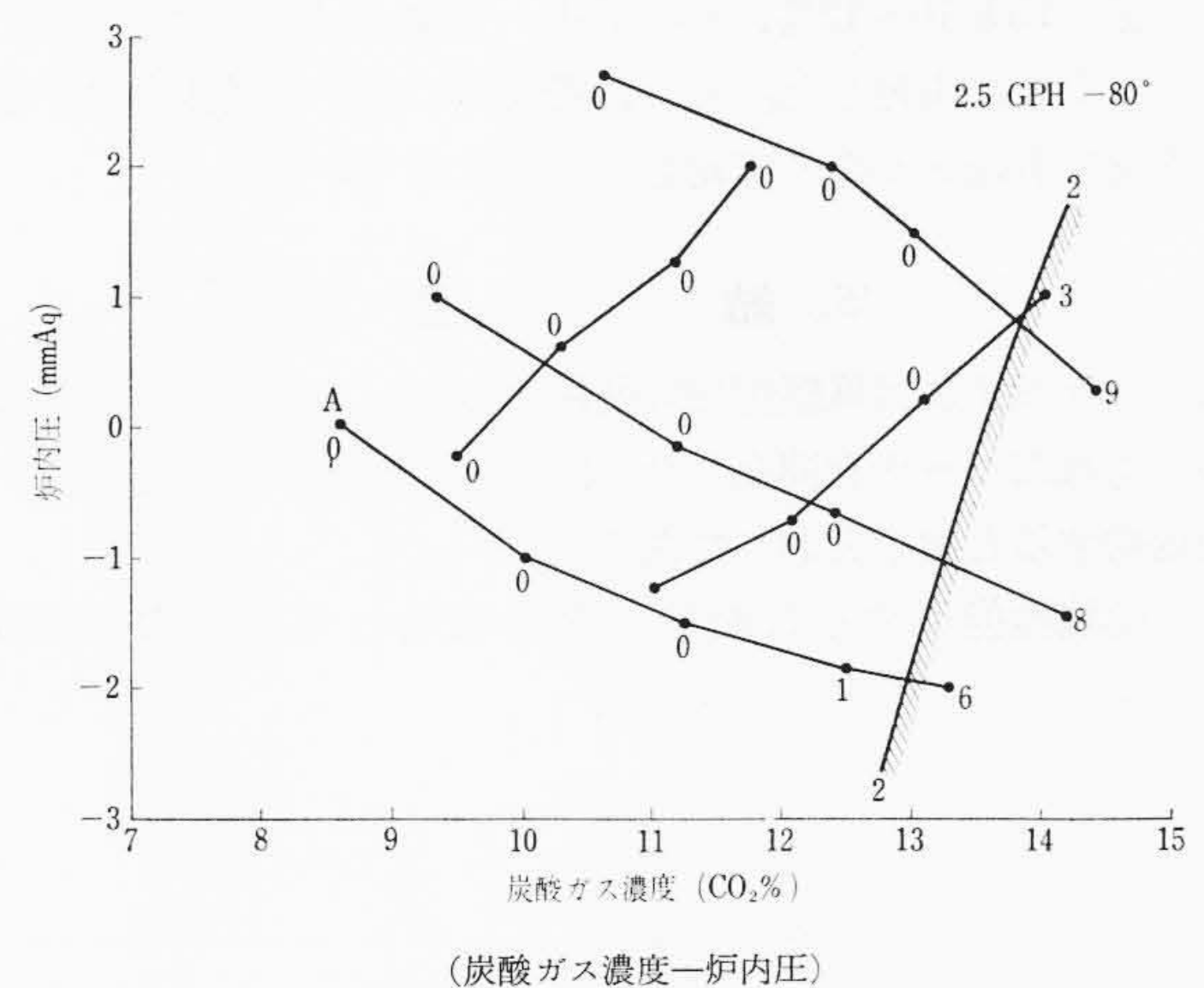


図15 GB-3形燃焼性能

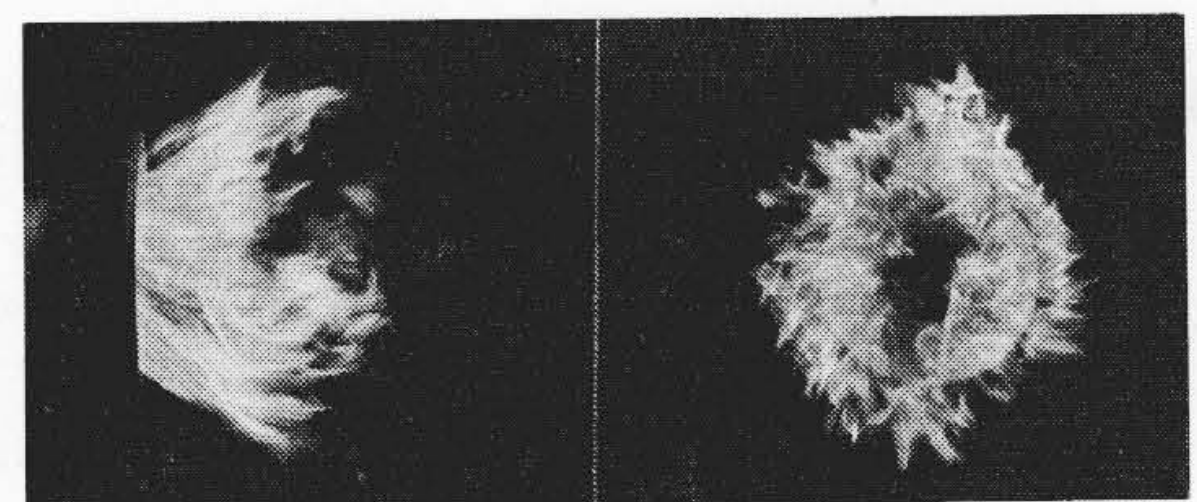


図16 開発したバーナの火炎形状

逆流層が形成されているのが明りょうに判別できる。また火炎の頭部がエアコーン内に保持され安定した位置に形成されておるため、炉内圧の急激な変動、空気量変化に対して振動燃焼、吹き消えなどのおそれのない安定した燃焼を行なっている。

4.4 燃 焼 負 荷

GB-2形バーナにおいて、1.4GPH-80°ノズルを使用し、試験炉中

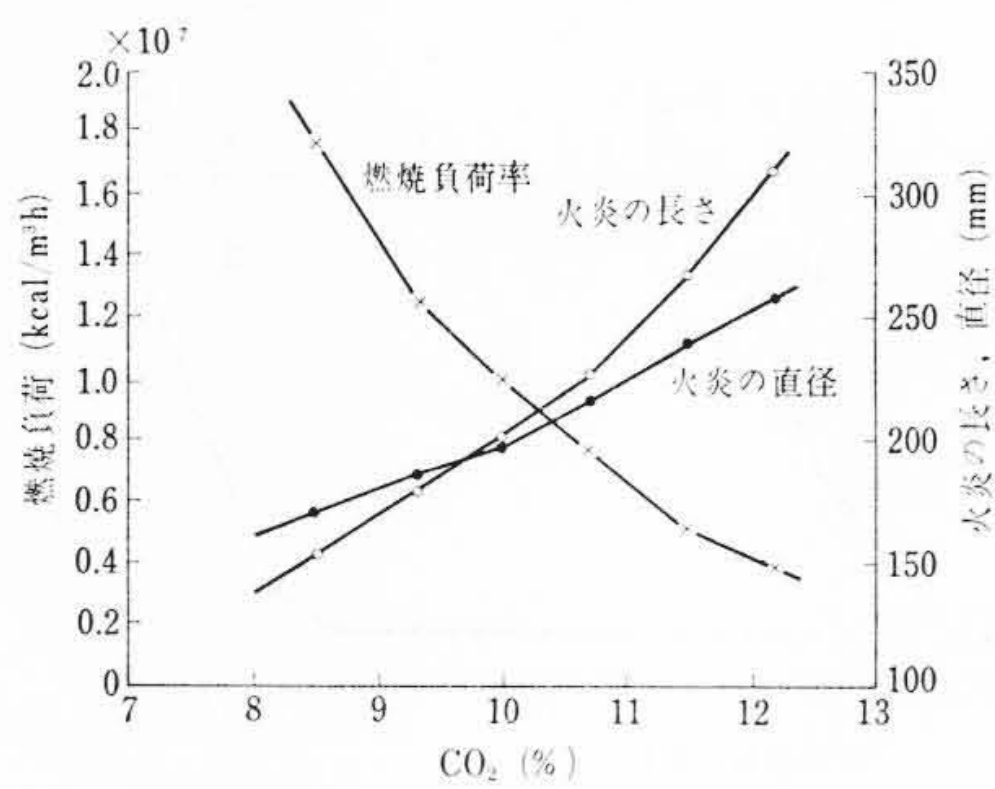


図17 火炎の燃焼負荷率

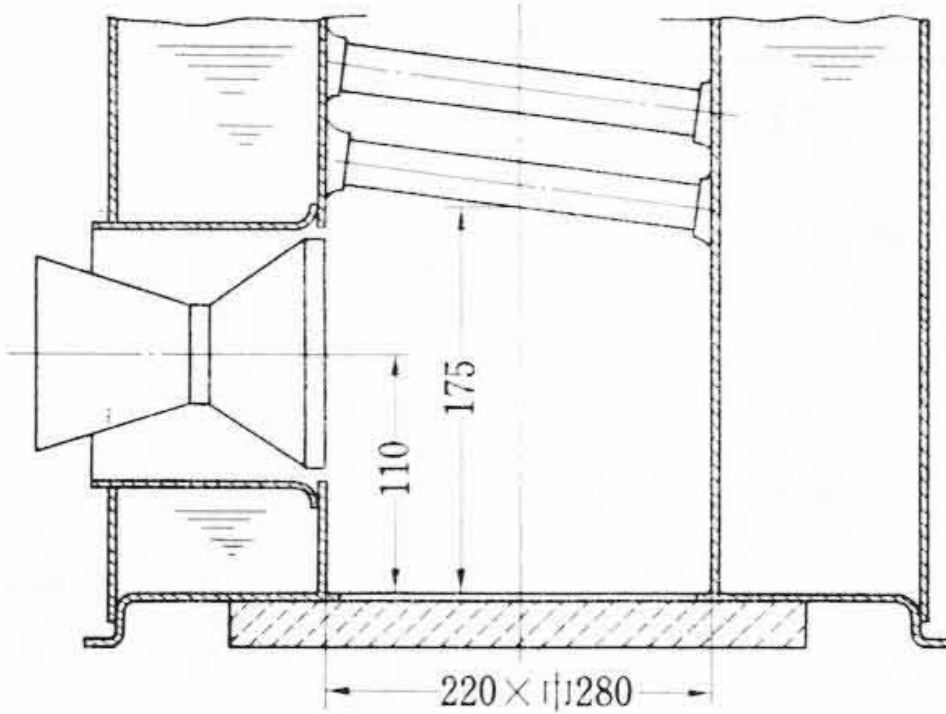


図18 水冷壁燃焼炉の形状

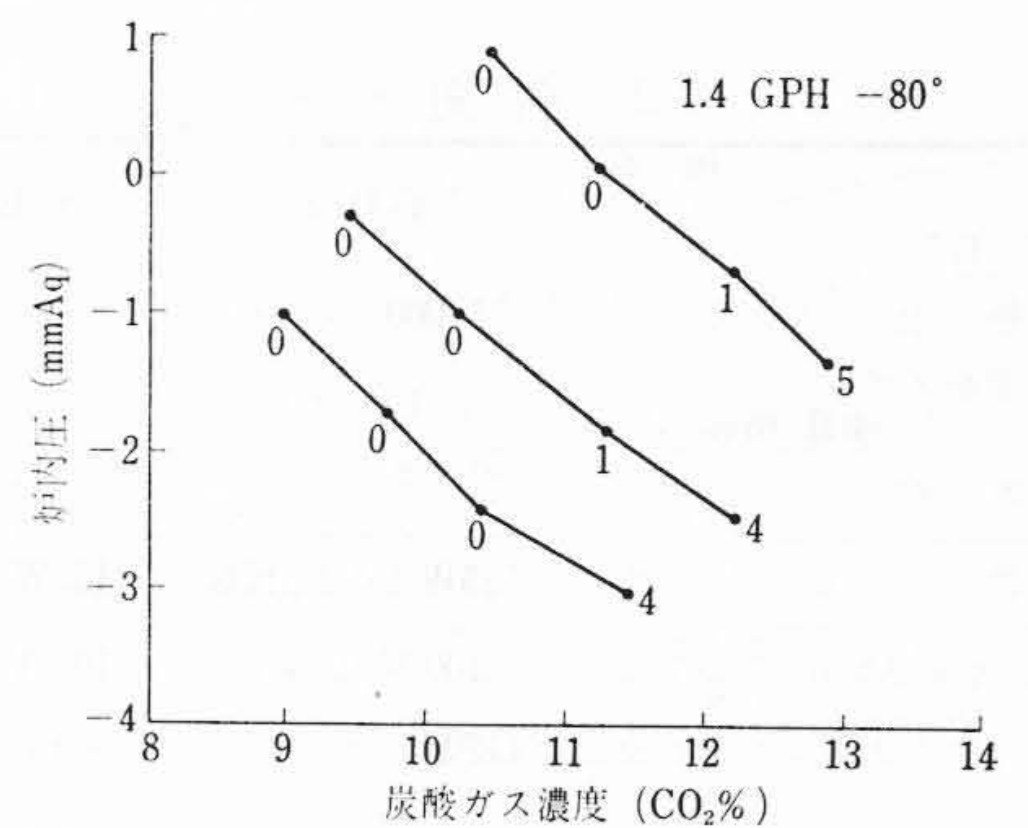


図19 水冷壁における燃焼性能

で燃焼した場合の火炎の燃焼負荷率を図17に示した。

火炎寸法の測定は、主観的要因が大きいので、火炎の燃焼負荷率を正確に求めることは不可能であるが、飛炎の先端をのぞいて火炎の長さと直径を測り、火炎の体積を求めて燃焼熱量を割り、負荷率を算出した。

ガス中の酸素濃度、炭酸ガス濃度により燃焼負荷率は異なるが、CO₂ 10%において 1.0×10^7 kcal/m³hを得た。なお従来のガンタイプバーナの燃焼負荷は $0.4 \sim 0.6 \times 10^7$ kcal/m³h程度であり、2倍の高負荷燃焼である。

4.5 実用性能

小形水冷壁燃焼炉で完全燃焼を行ないうることは、本バーナの重要な開発目標の一つである。

ガンタイプバーナの燃焼炉としては、最も不利と考えられる図18に示すような長方形をした燃焼炉を試作し、実験を行なった。

実験結果は図19に示すとおりである。

目標性能「CO₂ 10~12%, 炉内圧 0~-1 mmAqにおいて黒化度2以下」を完全に満足した。また、着火時における過渡燃焼、振動および異常騒音などがなく安定した燃焼を得ている。

5. 結 言

温水ボイラおよび温風暖房機に使用するガンタイプバーナとして性能のすぐれたバーナを開発した。開発したバーナの性能に関する結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 燃焼性能がすぐれた独特な形状をした熱出力 15,000~

45,000 kcal/h (GB-2形), 30,000~100,000 kcal/h (GB-3形)のガンタイプバーナを2機種開発した。

- (2) GB-2形, GB-3形ともに設計仕様である「炉内圧 0~-1 mmAq, CO₂ 10~12%において黒化度2以下」を完全に満足した。

黒化度2以下で燃焼しうる範囲は、炉内圧 -0.5 mmAqの場合 GB-2形においては12.5%, GB-3形においては13.5%以下と従来のバーナに比べてすぐれた性能を得た。

- (3) 火炎の燃焼負荷率はCO₂ 10%において 1.0×10^7 kcal/m³hであり、火炎形状を小形球状火炎とすることができた。
- (4) 小形水冷壁燃焼炉において完全燃焼し得た。本バーナを温水ボイラに採用する場合に燃焼炉形状を水冷壁伝熱面にすることが可能であり、熱交換器形状を小形かつ単純にすることが可能になった。

終わりに臨み、本研究にあたり、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 竜太郎氏および新井治男氏に感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) J.H. PERRY: Chemical Engineer's Handbook McGRAW-HILL
- (2) STEINER: Oil Burners FUELOIL & OIL HEAT
- (3) SMITH AND STINSON: Fuel and Combustion McGRAW-HILL
- (4) 秋田, 篠原: 油燃焼装置 日刊工業新聞社
- (5) オイルヒーティング総論 日本暖房機工業会

Vol. 30

日立造船技報

No. 4

目 次

■ 論 文

- ・配管系応力計算の電算化
- ・船尾船橋楼の振動
- ・細長船に対する波浪中船体運動方程式の検討

- ・鋼製高橋脚を有する橋りょうの耐震設計について
- ・斜張橋の還元法による解析および構造特性について
- ・立円筒形加熱炉における熱効率および受熱分布

………本誌に関する照会は下記に願います………

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町60 郵便番号 554