室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

火炎の燃焼・熱伝達特性に関する研究(第2報)：小型過給ボイラでのガス燃焼実験について

メタデータ	言語: jpn
	出版者: 室蘭工業大学
	公開日: 2014-07-30
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 媚山, 政良, 水野, 忠治
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3750

火炎の燃焼・熱伝達特性に関する研究

(第2報，小型過給ボイラでのガス燃焼実験について)

媚 山 政 良・水 野 忠 治

A Study on the Charactristics of Combustion and Heat Transfer of a Flame

(2nd Report, Experimental Investigation of the small Supercharged Boiler with Gas Fuel)

Masayoshi Kobiyama and Chuji Mizuno

Abstract

A supercharged boiler has been adopted in few cases in spite of its great advantages, because there are very few studies on the characteristics of combustion and heat transfer of the supercharged boiler and the safty design cannot been performed. In this paper, the characteristics mentioned above were investigated with a small vertical cylindrical supercharged boiler and with gas fuel. The experiments on the heat transfer and combustion were performed with the diffusion and pre-mixed flames and with various kinds of pressures in the combustion chamber, inlet air velocities, swirl angles, excess air factors and burners.

1. 緒　　言

炭化水素系燃料の反応速度は雰囲気圧力により強く影響を受ける。加圧雰囲気下での燃焼は内燃機関に多くの例がみられるが，この燃焼方式は定常火炎にも適応でき，たとえばボイラに適応すると燃焼室熱発生率を高め，燃焼室の小形化に役立つとともに，低カロリー稀薄燃料の燃焼にも適する。しかし，加圧雰囲気下における定常火炎の燃焼・熱伝達特性に関する研究は，過剰空気が多く，また火炎から燃焼室側壁への熱伝達を阻止する形態で利用するガスタービンの燃焼室における例がある程度で，ボイラのように低過剰空気雰囲気下において燃焼を行ない，火炎からの熱伝達を積極的に利用する立場からの基礎的な研究報告例[6, 8]は，応用例[1~5), 7]を除き少ない。したがって，本報では定常火炎用加圧燃焼器を用い，加圧雰囲気下での燃料の燃

焼・熱伝達特性を明らかとし，その利用に必要な資料を得ることを試みる。

まず，本報では小型の過給ボイラを用いプロパンガスを燃料として行なった実験の結果を示す。過給ボイラは燃焼室を加圧し，燃焼速度を高めるとともに，火炎および燃焼ガスの放射率を増大させ，単位体積当りの燃焼量の増加を図り過給を行なうものである。その作動状態，構造からみると過給ボイラは通常のボイラとガスタービンの中間的存在であり，ボイラのもつ熱出力の大きさ，ガスタービンのもつ動力出力の大きさおよび起動性の良さ，また両者がともに持つ広範囲の燃料を使用しうるなどの長所を受け継いでいる反面，大容量とするには大きな耐圧構造物を必要とするなどの短所も有している。したがって，過給ボイラは都市に近接した中規模の熱／動力原動所，あるいは船舶の主機として適しており，また移動式の熱／動力原動所としての利用も可能であり，さらにガス・蒸気複合サイクルの主機として用いると原動所の熱効率の改善に大きく役立つことが知られている。

過給ボイラは古くには Verox ボイラ，ス号缶，新しくは船研1号缶，2号缶などがあり，とくに船舶の主機として用いる試みが多くなされてきた。しかし，とくに古い試作例等ではボイラの蒸発管の過熱や制御系統の不備などにより大きな事故を招いた例が少なくない。これは，通常のボイラが小容量のものから発達し，その各段階で設計資料が蓄積され，安全策が講じられて行ったのに対し，過給ボイラでは中規模のものから試作が始まり，炉内圧の変化による燃焼および熱伝達特性の変化など基礎的な現象の把握が不十分であり，よりどころとする熱設計上の資料が不足していたことに起因しているものと考えられる。したがって本報では基本的な燃焼室形状を有する小型円筒過給ボイラを製作し，プロパンガスを燃料として，入口空気流に旋回角を与えたときの特性変化，空気過剰係数の違いによる影響を調べ，またバーナの種類を変え，部分予混合火炎を用い，燃焼・熱伝達特性の改善を試みたのでその結果を示す。

記　号

G_a:	空気流量	kg/h	$t_{g,ex}$:	燃焼室出口ガス温度	°C
G_{a-I}:	一次空気流量	kg/h	v_{O_2}:	排ガス中の残存酸素量	v/v
G_{a-II}:	二次空気流量	kg/h	z:	燃焼室軸方向距離	mm
G_{fu}:	燃料流量	kg/h	α:	空気旋回角	deg
P:	炉内圧	ata	λ:	空気過剰係数	
q_{in}:	燃焼室熱発生率	kcal/m^{3}h	η_c:	燃焼効率	
q'':	壁面熱負荷	kcal/m^{2}h	η_{cc}:	燃焼室受熱割合	

2. 実験装置および実験方法

装置全体図を図1に，バーナ部以外の供試ボイラの断面図および主要要目を図2に示す。火炉本体は立型円筒形で，バーナタイル，放射伝熱部，バッフルおよび対流伝熱部より構成されており，バーナタイルの中央にプロパンガス（市販 LPG C_3H_8：94％，CH_2 (C_2H_4)：0.1％，$CHCH_3$ (C_3H_6)：1％，i-C_4H_{10}：1％，n-C_4H_{10}：1％）を燃料とする上向きバーナを有している。

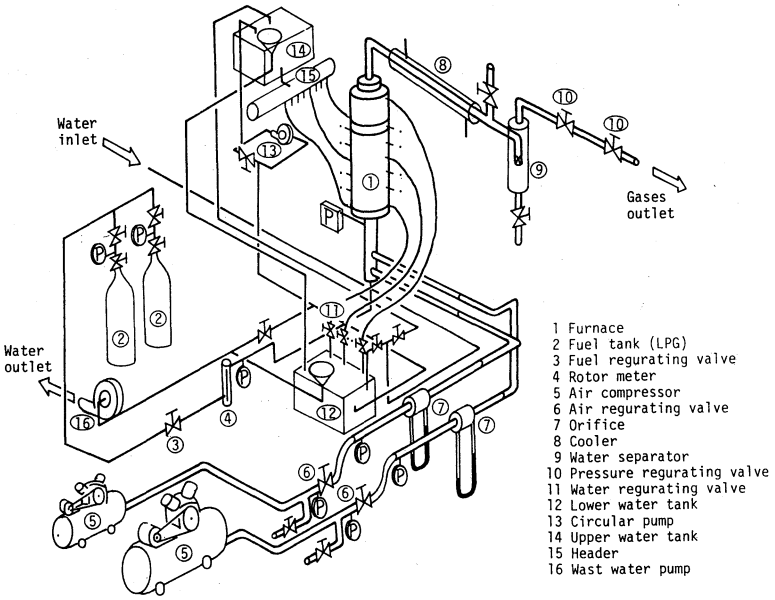

図1　装置全体図

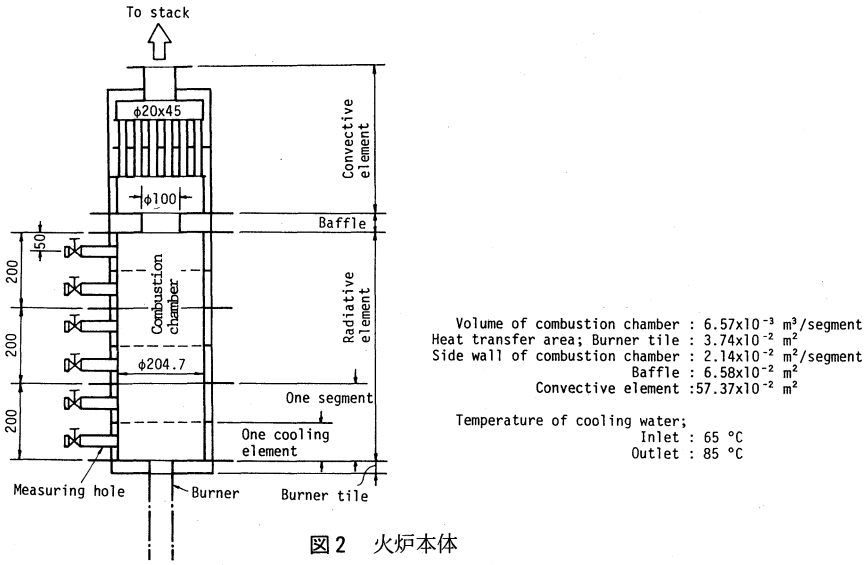

図2　火炉本体

炉の外壁は二重管構造で図2に示す冷却系を構成しており，燃焼室側壁は二つの冷却系から一つのセグメントを構成し，このセグメントを積み重ねることにより燃焼室の容積を変化することができる。炉内への給気には往復動式空気圧縮機を単機ないしは複数機並列に用い行ない，炉内圧は煙道に設置した弁の開閉により調整している。また，予混合燃焼を行なう場合には燃焼用一次空気，二次空気は各々独立した空気系統により供給している。本実験ではおもに燃焼側の現象に着目しているため，冷却水系統は温水ボイラとした。炉壁を冷却した後の温水はヘッドタンクへ送り，そこで冷水と混合した後，再び炉の冷却に用いている。なお，冷却水の温度は新たに加える冷水の量と，循環水流量を変えることにより制御している。

ボイラの運転は，燃料流量測定用ロータメータ，空気流量測定用オリフィスの圧力による指示変化をあらかじめ計算機にプログラムしておき，炉内圧を少しずつ変化させ，系の諸量を計測，計算し，各種バルブの操作を繰返し行ない，目的とする設定条件に漸近させて行く方法を採っている。なお，系は煙道ガス温度，冷却水入口，出口温度が一定となったとき定常とみなし測定を行なった。ここで，過給ボイラを用い行なう実験における操作量と測定量を表1に示す。

壁面の熱負荷分布は，分割した各冷却系統の冷却水の温度と流量より求めた。なお，燃焼室側壁およびバーナタイル上での受熱量の和と供給熱量との比を燃焼室受熱割合と名付ける。燃焼室出口でのガスの温度測定には図3に示す吸引温度計 (Pt-PtRh 20%) を用い，図2に示す

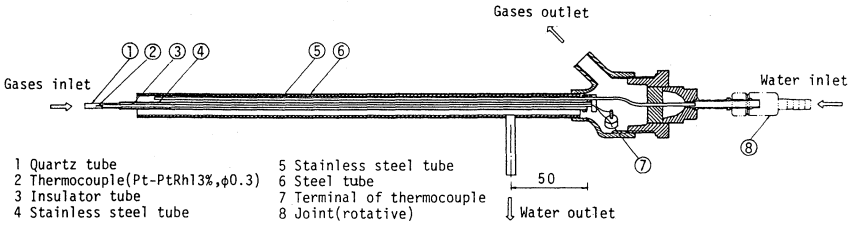

図3 吸引温度計

表1 過給ボイラでの操作量と測定量の関係

manupulated variable	controlled value (phenomenon)	typical measured quantity	
pressure in combustion chamber →	change of burning velocity →	length of flame →	gas temperature at outlet of combustion chamber
mixing condition of air and fuel →	generation of soot →	concentration of soot →	combustion efficiency
	change of heat transfer velocity →	profile of heat absorption rate at wall →	total heat absorption rate at wall faced to combustion chamber

炉側壁に設けたバッフルに最も近い測定孔を通し炉内半径方向中心部へねじ送りし位置決めを行なった。その他の点での温度測定にはシース入り CA 熱電対を用い，また圧力測定には歪ゲージ式指圧計およびブルドン管を用いた。煙道ガスはバッフルから 50 mm 上方，中心部で採取しその成分の分析には，ガスクロマトグラフィ（充填剤：モレキュラシーブ 5 A）を用いた。なお，燃焼効率 η_c は煙道ガスに含まれる残存酸素量 v_{O_2} と空気過剰係数 λ の次に示す関係から求めた。

$$\eta_c = \frac{0.21 - v_{O_2}}{1 - v_{O_2}} \frac{\lambda}{0.21}$$

3. 入口空気流の旋回角および空気過剰係数による影響

加圧時の低過剰雰囲気下における拡散燃焼では，空気と燃料の混合を，大気圧下での燃焼におけるよりも十分行なわなければ，炉内圧の上昇に伴う燃焼速度の増加が不完全燃焼を招く一因となる。本章では，空気と燃料の混合を促進する一つの方法として，入口空気流に対し旋回を与えることを試み，熱伝達，燃焼特性の変化を調べた。さらにこの結果をもとに空気過剰係数の影響も調べた。

3.1 実験装置および実験条件

本章の実験ではセグメントを 3 個重ね，燃焼室の長さを 600 mm とした。

3.1.1 空気旋回角を変える場合　バーナ部を図 4 に示す。入口空気流に対する旋回角 α は同図の旋回羽根の角度を変え（$\alpha = 0°, 30°, 60°, 75°$，ただし $\alpha = 0°$ の時には羽根を置かない）行なう。炉内圧 P は燃焼効率 η_c が極端に低下しない範囲で $P = 1.03 \sim 3.03$ ata とする。また燃料流出 G_{fu} は燃焼室出口ガス温度 $t_{g,ex}$ の最高値を 900 °C 程度以下とするため $G_{fu} = 1.00$ kg/h とし，空気過剰係数 λ を λ を変化させた実験より得られた最も適切な値 $\lambda = 1.10$ とする。

3.1.2 空気過剰係数を変える場合　図 4 に示すバーナ部を用いる。ただし，旋回羽根の角度は上記の条件下における実験結果より $\alpha = 75°$ とする。各炉内圧に対し代表空気過剰係数 λ を $\lambda = 1.1$ とし，この時燃焼室出口ガス温度 $t_{g,ex}$ が約 900 °C 前後に保持できる燃料流量を与え測定を行なう。なお，空気過剰係数は実験の容易さから燃料流量を変えることにより変化させる。

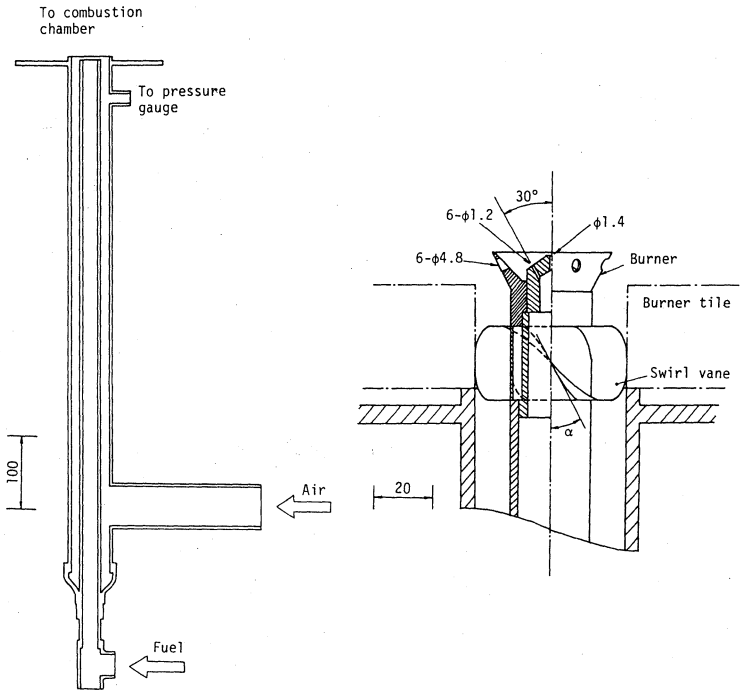

図4 拡散火炎用導管およびバーナ

3.2 実験結果および検討

3.2.1 空気旋回角を変える場合

(a) 燃焼効率　図5に旋回角 α による燃焼効率 η_c の変化を示す。$\alpha=0°$ を除き，炉内圧 $P=1.53$ ata 付近で各旋回角とも高い燃焼効率を示している。また，この条件下では $\alpha=60°$ が各炉内圧に対し最も高い η_c を示している。

(b) 燃焼室出口ガス温度　図6に燃焼室出口ガス温度 $t_{g,\ ex}$ を示す。α が大きくなるにつ

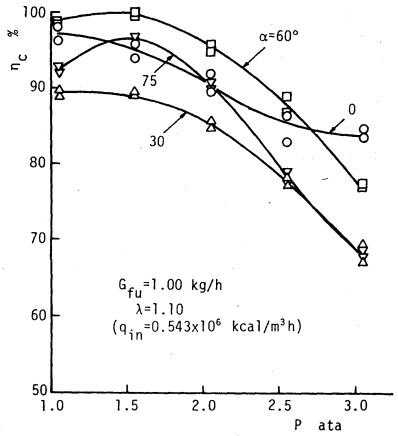

図5 空気旋回角 α による η_c の変化

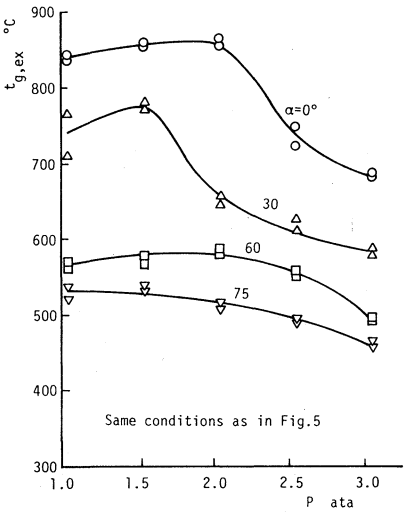

図6　空気旋回角 α による燃焼室出口ガス温度 $t_{g,\,ex}$ の変化

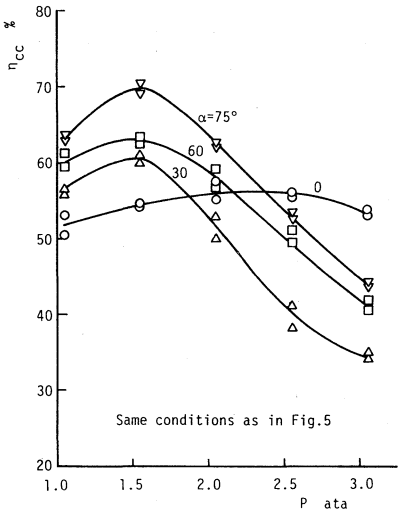

図7　空気旋回角 α による燃焼室受熱割合 η_{cc} の変化

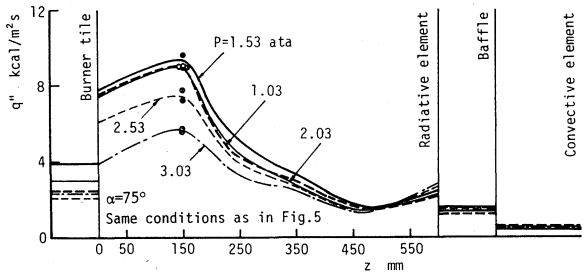

図8　壁面熱負荷分布

れ $t_{g,\,ex}$ は低下の傾向を示す。これは火炎の空気旋回流による短炎化によるものである。また，$t_{g,\,ex}$ は燃焼効率と燃焼室内での壁面熱吸収量により変化するが，圧力に対する傾向は図5に示す燃焼効率に依存し，$t_{g,\,ex}$ の絶対値に対しては後述する図7の燃焼室受熱割合に依存している。

(c) 燃焼室受熱割合　図7に施回角 α による燃焼室受熱割合 η_{cc} の変化を示す。本実験範囲内では $\alpha=75°$, $P=1.53$ ata のとき最も高い η_{cc} を示している。なお，$\alpha=75°$ における燃焼効率 η_c は $\alpha=60°$ におけるよりも低いが，不完全燃焼により生ずる煤が火炎および燃焼ガスの放射率を上昇させ熱伝達速度を増加させているものと考えられる。したがって，小型軽量化を図る過給ボイラの熱設計では，とくに燃焼面および熱伝達面からの総合的な検討が必要とされるとともに，輝炎化傾向の強い低質燃料は過給ボイラにとって有用な燃料であることがわかる。

(d) 旋回角 75° における壁面熱負荷分布　ボイラの小型軽量化の目的から，本実験範囲では旋回角 $\alpha=75°$ を最も適した旋回角であるとみなし，その壁面熱負荷 q'' の分布を図8に示

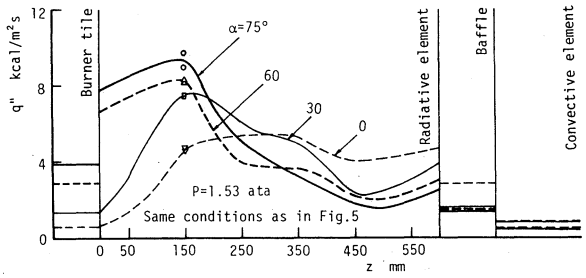

図9　壁面熱負荷分布

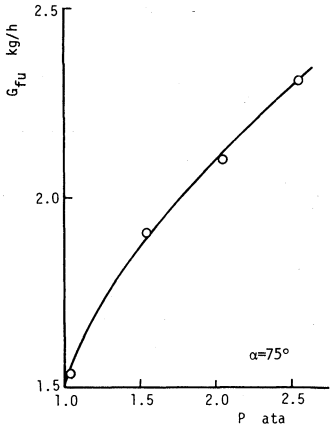

図10　空気過剰係数 $\lambda=1.10$ のもとで燃焼室出口ガス温度が約 900°C となる燃料流量 G_{fu}

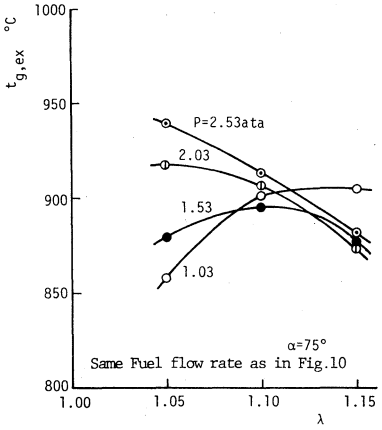

図11　空気過剰係数 λ と燃焼室出口ガス温度 $t_{g,\,ex}$ の関係

す。炉内圧によらず $z=150$ mm 近傍で最大の熱負荷を示し，また炉内圧に対しては全般に燃焼効率に比例した受熱量となり，その傾向はバーナ側で顕著である。

(e) 炉内圧 1.53 ata における壁面熱負荷分布　　結果を図9に示す。入口空気流に与えた旋回角 α の増大により火炎の短炎化が促進され，バーナ側の熱負荷 q'' の値が高くなっている。またバーナタイルの熱負荷の旋回角による変化は大きく，旋回角を増大することにより伝熱面として有効に利用されることがわかる。

3.2.2　空気過剰係数を変える場合

(a) 燃料流量および燃焼室出口ガス温度　　3.1.2 で述べたように空気過剰係数 $\lambda=1.1$ を各炉内圧力での代表値とし，燃料流量 G_{fu} を燃焼室出口ガス温度 $t_{g,\,ex}$ が約 900°C となるように定めた。その結果を図10に示し，また空気過剰係数 λ の変化に伴う燃焼室出口ガス温度 $t_{g,\,ex}$ の変化を図11に示す。後述する燃焼効率の圧力上昇に伴う低下を加味しても，加圧による燃料流量の増加，すなわち過給の効果が認められる。

(b) 燃焼効率　　図12に空気過剰係数 λ および炉内圧 P による燃焼効率 η_c の変化を示す。η_c は $\lambda=1.1$ 付近で高い値を示している。また，η_c は $P=1.53$ ata 付近までは高い値を示すが，

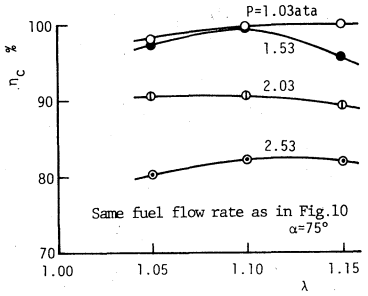

図12　空気過剰係数 λ と燃焼効率 η_c の関係

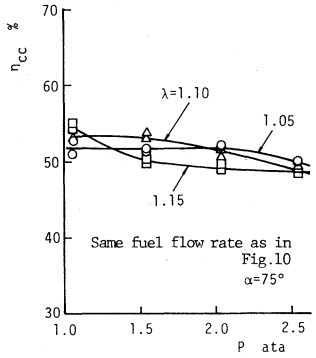

図13　空気過剰係数 λ と燃焼室受熱割合 η_{cc} の関係

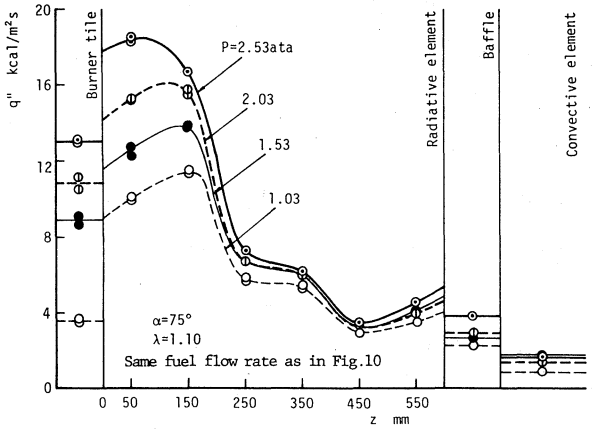

図14　炉内圧 P と壁面熱負荷分布 q'' の関係

それ以上 P が上昇すると低下する。

(c) 燃焼室受熱割合　図13に燃焼室受熱割合 η_{cc} を示す。炉内圧 P および空気過剰係数に強い依存性を示さず $\eta_{cc}=60\%$ 前後の値を示し，炉内圧の上昇に伴う燃焼室内での受熱量の増加，すなわち過給量の増加を示している。言いかえると P を高めることにより G_{fu} を増しても η_{cc} を高い値に維持できるということで，これは過給ボイラの特長の一つである。

(d) 壁面熱負荷分布　空気過剰係数による壁面熱負荷 q'' の分布の変化の全体的な傾向はあまり顕著には表われなかった。したがって，ここでは図12の結果からも明らかな適正な空気過剰係数 $\lambda=1.1$ を例に，炉内圧すなわち過給の程度による q'' の分布を図14に示す。炉内圧 P の上昇に伴い燃料流量 G_{fu} を増すことが可能であり，また火炎の短炎化および放射性により，おもにバーナ側で熱負荷の上昇が表われていることがわかる。

4. 部分予混合燃焼時の特性

本章では，加圧時の燃焼状態の改善策の一つとして部分予混合火炎を用いることを試み，一次空気量（予混合量）を変化させ燃焼・熱伝達特性の変化を調べた。また，火炎の短炎化かつ半径方向への広がりを図るためバーナを改良し，高圧，高負荷燃焼時の燃焼・熱伝達特性の改善を試みた。

4.1 実験装置および実験条件

前章の結果をもとに，燃焼室の出口側の側壁の熱負荷を高め，燃焼室熱発生率の増加を図るためセグメントを2段とし，炉長を400mm に短縮した。一次空気は燃料と予混合を行ないバーナから炉内へ供給し，二次空気は火炉入口において旋回羽根により旋回を与え供給する。また，空気過剰係数 λ を $\lambda=1.10$ とし，一次空気 $G_{a\text{-I}}$ と二次空気量 $G_{a\text{-II}}$ との和 G_a を一定とする。

4.1.1 ガンタイプバーナを使用する場合 図15にガンタイプバーナおよび導管を示す。空気旋回羽根は図4に示す旋回角 $\alpha=75°$ のものを用いた。燃料流量は一次空気量を零としたとき燃焼室出口ガス温度 $t_{g,\,ex}$ が約950°C前後となる

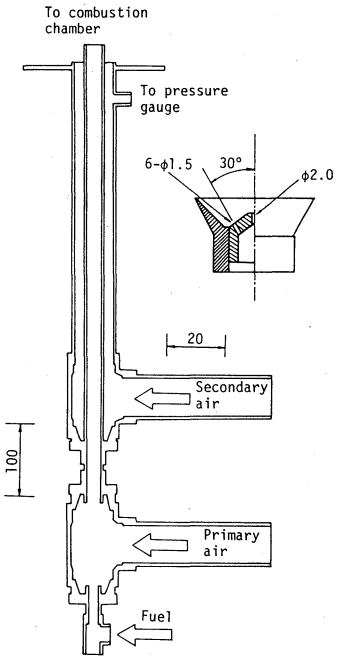

図15 部分予混合用導管およびガンタイプバーナ

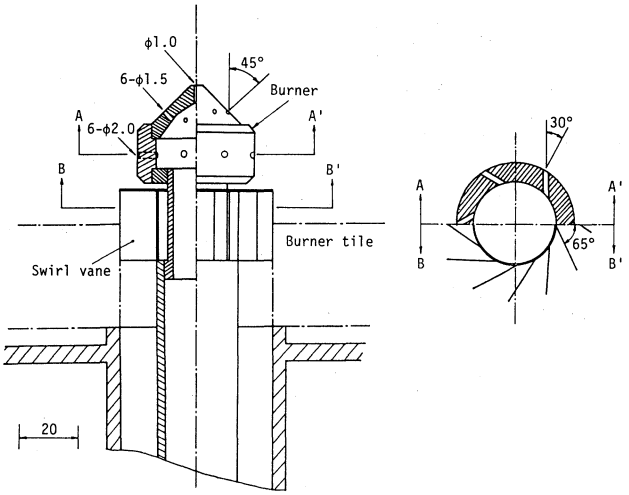

図16 部分予混合用改良型バーナ

ように定めた。

4.1.2　改良型バーナを使用する場合　図16に改良型バーナと入口空気流旋回羽根を示す。改良型バーナでは，ガス噴出口を垂直方向，45° 方向および水平方向に設け，火炎の垂直方向への短炎化および水平方向への拡大，すなわち火炎の浮力を考慮し，短円筒形の火炎を作り，用いることを試みた。燃焼用空気の供給方式は，ガンタイプバーナ使用時と同一とし，また燃料流量はガンタイプバーナ使用時の結果との比較のため低負荷時には同一燃焼量を用い，また高負荷時には燃焼室出口ガス温度 $t_{g,ex}$ が約 950°C となるように設定した。

4.2　実験結果および検討

4.2.1　ガンタイプバーナによる特性

(a) 燃焼室出口ガス温度　図17に炉内圧力 P による燃焼室出口ガス温度 $t_{g,ex}$ の変化を一次空気量 $G_{a\text{-I}}$ を変数として示す。なお，燃料流量 G_{fu} は同図中に併記してある。また，同図の結果のように多量の一次空気 $G_{a\text{-I}}$ を供給すると吹き消えを起し，安定な燃焼状態を保持できなかった。炉内圧 P によらず，$t_{g,ex}$ はほぼ同一の $G_{a\text{-I}}$ において最高値を示している。これは後述の一次空気量の増加による不輝炎化による燃焼状態の改善と，それに伴う放射熱伝達速度の低下による結果である。

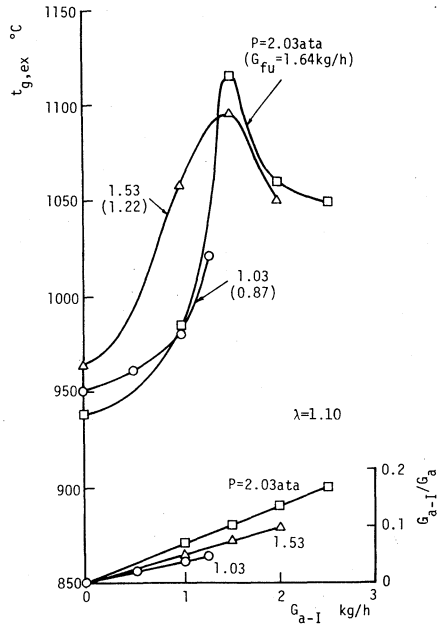

図17　空気過剰係数 $\lambda=1.10$ のもとで燃焼室出口ガス温度 $t_{g,ex}$ が約 950°C となる燃料流量 G_{fu} と部分予混合用一次空気流量 $G_{a\text{-I}}$ が $t_{g,ex}$ に及ぼす影響

(b) 燃焼効率　図18に燃焼効率 η_c を示す。各炉内圧に対し η_c が最大値をとる一次空気量 $G_{a\text{-I}}$ が存在し，バーナの噴出速度がほぼ同一の値となっている。しかし，炉内圧が高くなるにつれ η_c の最大値は低くなっている。

(c) 燃焼室受熱割合　図19に燃焼室受熱割合 η_{cc} を示す。一次空気量 $G_{a\text{-I}}$ の増加により η_{cc} は若干の減少傾向を示し，また炉内圧 P の上昇によっても減少する。しかし，P=1.03 ata と 1.53 ata では η_{cc} は50％以上の値を得，しかも両者には大きな差異はないことから，過給による性能の向上がわかる。

(d) 壁面熱負荷分布　図20，21に一次空気量 $G_{a\text{-I}}$ による壁面熱負荷分布の変化を炉内圧 P（それに伴い燃料流量 G_{fu} も変化）をパラメータとして示す。熱負荷の最大値は z=150mm 近傍で現われ，炉内圧および一次空気量に対し影響されていない。しかし，バーナ側の伝熱面は過給されると高い熱負荷を示すが，z=50mm およびバーナタイル上におけるその値は一次空気量の影響，すなわち火炎の不輝炎化による影響を強く受けている。

4.2.2　改良型バーナによる特性　本項の実験は，実用面での観点からバーナを改良し，燃焼効率の改善とバーナ側での熱負荷の増大から過給ボイラの特徴を引き出すことを試みたものである。したがって，炉内圧を 5.03 ata まで高め多くの実験を行なったが，ここでは前項

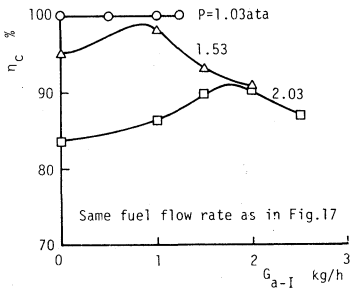

図18　一次空気量 $G_{a\text{-I}}$ と燃焼効率 η_c の関係

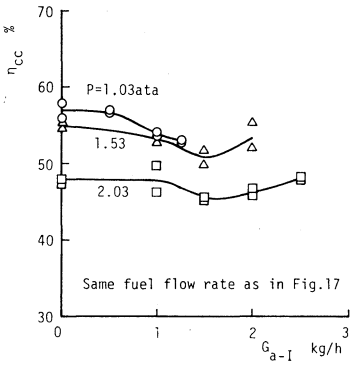

図19　一次空気量 $G_{a\text{-I}}$ と燃焼室受熱割合 η_{cc} の関係

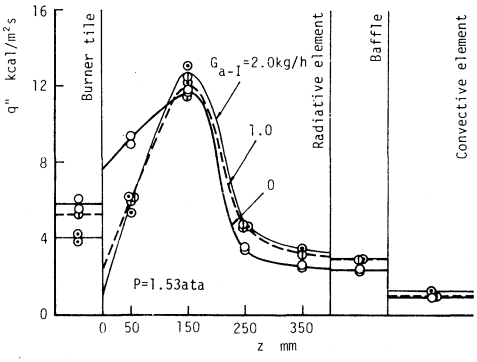

図20　一次空気流量 $G_{a\text{-I}}$ と壁面熱負荷分布 q'' との関係

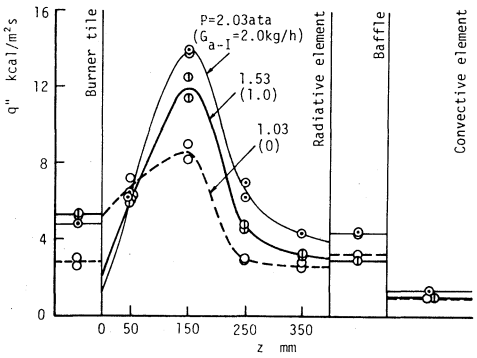

図21　炉内圧 P と壁面熱負荷分布 q'' との関係

での結果との比較および高圧力下での実用的な範囲での結果を例示するため，おもに熱負荷分布に着目し示す。

図22，23に大気圧下および低圧下での熱負荷 q'' の分布を一次空気量 $G_{a\text{-I}}$ をパラメタとして示す。また，図24には高圧下での例を示す。いずれも図中に燃焼室出口ガス温度 $t_{g,ex}$，燃焼効率 η_c および燃焼室受熱割合 η_{cc} を併記してある。図22，23の結果と図21の結果を比較すると，本項での実験の方が燃焼効率は改善され，またバーナ側での熱負荷がかなり高く，また平坦化されていることがわかる。さらにバーナタイルでの熱負荷での熱負荷も高く，燃焼室出口側での熱負荷が低下し，燃焼室出口ガス温度も低いことから図16に示す本項でのバーナを用いると燃焼室熱発生率すなわち過給を高めることができる。

図24に示す高圧下での結果のうち，一次空気量 $G_{a\text{-I}}=3.0$ kg/h の場合の結果は，同図中に示す他の条件下での結果や，図18に示す比較的高圧下での結果よりも著しく燃焼状態が改善され燃焼室受熱割合も高い値を示している。なお，燃焼室熱発生率は艦艇用ボイラ程度であり，燃焼室が小形で，火炎の体積に比較し冷却面積が広い試験用ボイラとしてはかなり高性能な性能を

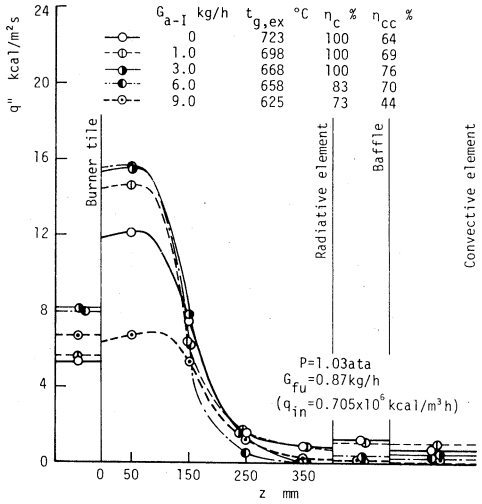

図22　一次空気流量 $G_{a\text{-I}}$ と壁面熱負荷分布 q'' との関係（改良型バーナ）

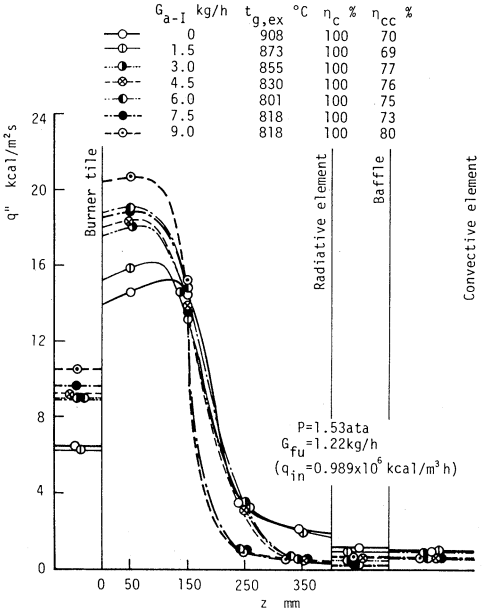

図23　一次空気流量 $G_{a\text{-I}}$ と壁面熱負荷分布 q'' との関係（改良型バーナ）

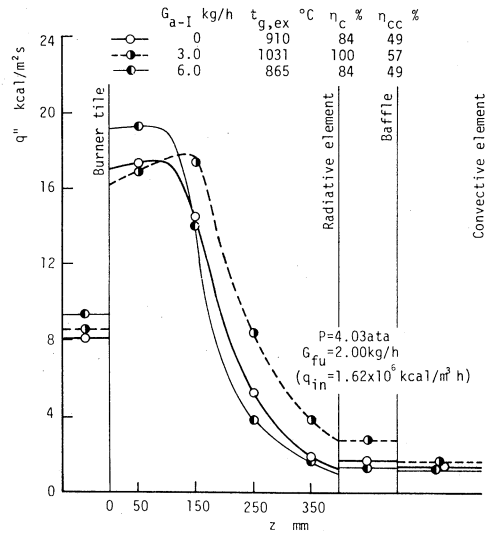

図24　一次空気流量 $G_{a\text{-I}}$ と壁面熱負荷分布 q'' との関係（改良型バーナ）

得ているものと思われる。

5. 結　　言

本報ではガス（プロパンガス）を燃料とした小型過給ボイラの燃焼・熱伝達特性に関する実験結果を示した。得られたおもな結果は次のとおりである。

（1）炉内圧の上昇により得られた反応速度の増加は，燃料と空気との混合が不十分なとき不完全燃焼の直接的な原因となる。このため，良好な燃焼状態を保つには大気圧下での燃焼以上に燃料と空気の混合を促進する必要がある。

（2）火炎から伝熱面への放射熱伝達量を増すには火炎を放射性化，すなわち輝炎として用いることが有効であるが，これは煤の発生，すなわち燃焼効率の低下を要求することとなり，実用化を目的とした実験ではとくにこの点に留意する必要がある。

（3）拡散燃焼下での壁面熱負荷は炉内圧を高め，過給を行なうとバーナ側でとくに高くなり，バーナタイルも有効な伝熱面として利用することができる。また，熱負荷の分布は大気圧下の燃焼で得られる分布に似ている。

（4）予混合火炎の逆火による危険性を考慮して，燃焼状態の改善に部分予混合火炎を用いることを試みた。ガンタイプバーナを用いた実験では，燃焼効率の改善はみられたが，壁面熱負荷は火炎基部の不輝炎化により局所的に高い値をとり，必ずしも良好な結果は得られなかった。しかし，短円筒形火炎を作るため用いた改良型バーナでは，バーナタイル側で平坦な熱負荷分布を得ることができ，また燃焼状態を良好に保ったまま，高圧，高負荷，すなわち過給度を高めることができた。なお，熱負荷の分布は大気圧下でのそれに似ている。

以上，過給ボイラの燃料としては必ずしも適しているとは言難い輝炎化傾向の強いプロパンガスを燃料として実験を行ない，その燃焼・熱伝達特性を明らかとしてきたが，実用的には次のことに留意すべきである。

（1）火炎の放射性化，すなわち輝炎化は過給ボイラの燃焼室を小形化する上で重要である。このため，高い燃焼効率を要求されない低質化石燃料の利用が有利である。また，加圧による燃焼速度の増加は低カロリー燃料の利用を可能にしている。

（2）加圧下ではとくに燃料と空気の混合を良くする必要があり，バーナ部の改良はその一つの代表的な方法であるが，ほかに燃料の物性的な性質の改善や副燃焼室を設けるなどの燃焼室形状の再考やバーナ配置についての検討も必要である。

（3）本報ではとくに言及していないが，空気圧縮機は吐出圧力が高圧になるに従い，単位

圧力を上昇させるのに必要な動力は減少する。したがって，過給ボイラでは高圧下での若干の圧力損失を許して対流伝熱量の増加を図る方法を採ることができる。また，燃焼用空気を圧縮し用い，低過剰空気雰囲気下で燃焼を行なうため，火炎の高温化が可能であり，放射熱伝達速度の増加のためこの特徴を利用することができる。

（4）低過剰空気雰囲気下での加圧燃焼は優れた特徴の他に欠点も有している。もし，設計上大気圧下での温和な化石燃料の燃焼が許されるのであれば，あえて複雑な補機と制御を必要とする本研究でのべた加圧燃焼方式を採用する必要はない。しかし，中規模の容量で高い熱発生率や早い起動性を要球される場合およびガス・蒸気複合サイクルを効率よく構成する場合などにおいては過給ボイラはその目的に適したボイラの一つである。

本報での研究は昭和52年度から54年度にわたり，多くの方々のご助言とご協力を得て行なわれたものであり，とくに，船舶技研　玉木恕乎，本学　榎清，本学卒業生　松田英司，松村道隆，奥山悟，川辺秀明，六田勝男，及川充の諸兄に対し謝意を表す次第である。なお，本研究で必要とした費用の一部は昭和53年度文部省科学研究費を用いた。

（昭和58年5月20日　受理）

文　　献

1) 舞鶴海軍工廠報告，「ス号缶に関する一連の報告」，(昭13～17).
2) Fritz, W. A. Jr. and Choen, L., Trans. ASME (Ser. A), (1963-10), 302.
3) Silberring, L., Sulzer Technical Review, 3 (1965), 133.
4) 玉木，日本機械学会第261回講演会資料，(1966-6)，89.
5) 玉木・涌坂・長内，船舶技術研究所発表前刷-7，(昭41-11)，127.
6) 玉木・涌坂・長内，船舶技術研究所発表前刷-8，(昭42-5)，113.
7) 一色・玉木・涌坂，火力発電，19-4 (昭43-4)，328.
8) 玉木・ほか4名，日本機械学会論文集（第2部），36-281 (昭45-1)，111.