

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-260

高圧形セクタ燃焼器模型の実験 (I)

鈴木邦男・斎藤隆
石井浅五郎・山田秀志

1974年8月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

項 目	担 当 者
実験計測	佐々木康之 [*] ， 佐々木宣卿 [*] 田頭 健 ^{**}

* 川崎重工業(株)

** 石川島播磨重工業(株)

高圧形セクタ燃焼器模型の実験 (I)*

鈴木 邦 男**
斎藤 隆**

石井 浅五郎**
山田 秀 志**

概 要

高圧燃焼器の箱形分割模型を製作し、大気圧状態の燃焼実験を行なった。模型は、J R系エンジンの燃焼器の場合と同様、うず巻噴射弁とそのまわりにスワラをおく形で、これ以外の構造的因子の影響を調べることを目的とした。スワラ、ライナ空気孔位置などをかえた各種の実験を行ない、供試燃焼器模型の特性を求め、J R系燃焼器で得た資料との比較を行なった。

1. はしがき

高圧力比ガスタービンの燃焼器(以下、高圧燃焼器と呼ぶ。)についての設計資料を得るため、箱形燃焼器模型を試作し、大気圧燃焼実験を行なった。

高圧燃焼器の特質としていくつかの事柄が考えられるが、¹⁾エンジンアイドル条件程度までを考えると、高圧燃焼実験を行なわなくても役立つ資料が得られるので、今回、次の因子を取上げて大気圧実験を行ない、これまでのJ Rシリーズのエンジンの燃焼器との相違点を明らかにすることを目的とした。

- (1) ライナ壁面冷却空気量増加の燃焼性能に及ぼす影響を調べること。
- (2) ライナ空気孔面積減少の影響を調べること。
- (3) 冷却スリットにより、制限されたライナ空気孔位置の影響を調べること。
- (4) ライナ寸法の違いの影響を調べること。

2. 箱形燃焼器模型の設計

エンジンとしてスラスト6,000kg級のファンエンジンを想定し、これからアニューラ形燃焼器の主要寸法を求めた。¹⁾ここでは、この部分模型として、燃焼器断面を製作の容易さから矩形とし、燃料噴射弁3個を並べる形を採用した。両側の側壁には覗窓をつけ、このまわりに水冷管を溶接して、熱変形を防止した。

2.1 燃料噴射弁

燃料噴射弁は、これまでJ Rシリーズのエンジンで用

いたものと同様、デュアルオリフィスのうず巻形とした。この噴射弁：呼称CC10の流量-圧力特性を図1に示す。この実験の最大燃料流量時の燃料圧力は、約 $P_f = 10 \text{ kg/cm}^2$ と、実際の使用条件時にくらべて低い値になるが、大気圧燃焼では、せいぜいエンジンアイドル条件程度までしか推定できず、このとき実機でも燃料圧力は低い、ということから、ほぼ妥当と考えられる。うず巻噴射弁を用いた理由は、実験目的の一つとして、J Rシリーズのエンジンの燃焼器との噴射弁以外の相違点の、燃焼性能に及ぼす影響を求めることを考えたことによる。ただし、燃料マニホールドは、J Rシリーズのように燃焼器内部におさめず、燃焼器ケーシングの外部につけることとした。これは、実機の場合、燃焼器入口温度が高くなり、燃料マニホールドを高温空気流中にさらすと、燃料の熱分解やベーパーロックの発生が考えられ、燃料マニホールドを外部に出すからである。

2.2 スワラ

この燃焼器の設計点空燃比を $n = 56.1$ とし、一次燃焼領域の空燃比を $n_p \geq 12$ とおくと、一次燃焼領域に流入させる空気量の割合は、21.4%以上となる。一方、スワラから流入可能な空気量割合は、JR100形スワラの保炎性能の実績から推定すると、図2に示すように、最大断面平均風速 $U_r \approx 20 \text{ m/s}$ 以下で21.4%以上が流入できることになる。この燃焼器の場合、設計点風速をいくらかとるか特に制限はないが、実例などから一応、 $U_r \approx 20 \text{ m/s}$ とする。すなわち、一次燃焼領域に必要な空気全量をスワラから流入させるものとし、スワラとしてJR100燃焼器のものと、ほぼ同一寸法のものを用いる。

2.3 ライナ

ライナ空気孔の代表径は、空気孔からの噴流貫通距離がライナ幅の $\frac{1}{2}$ 以上になるよう13mm ϕ とした。この空気孔を主流方向に4個、燃料噴射弁1個につき、上側ライナ、下側ライナに各2列、合計48個相当になるよう考える。この場合、空気孔面積は約63 cm^2 になる。ライナ壁冷却スリット開口面積は、全開口面積の30%、スワラはJR100のものそのまま3個分、約20 cm^2 の開口面積とする。これで全ライナ開口面積は約117 cm^2 となり、全圧損

* 昭和49年4月18日受付

** 原動機部

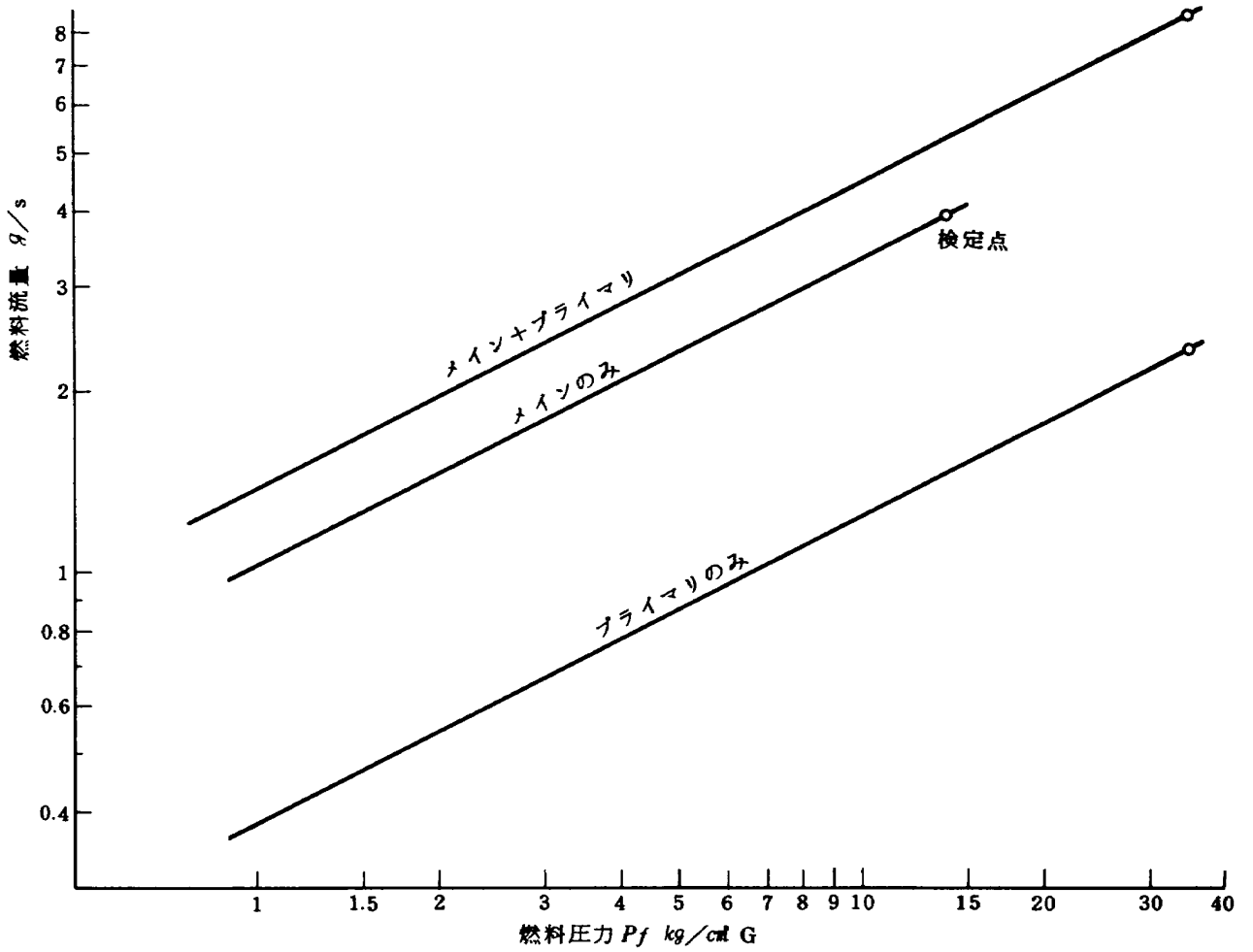


図1 CC10燃料噴射弁の流量-圧力特性(噴射弁1本あたり)

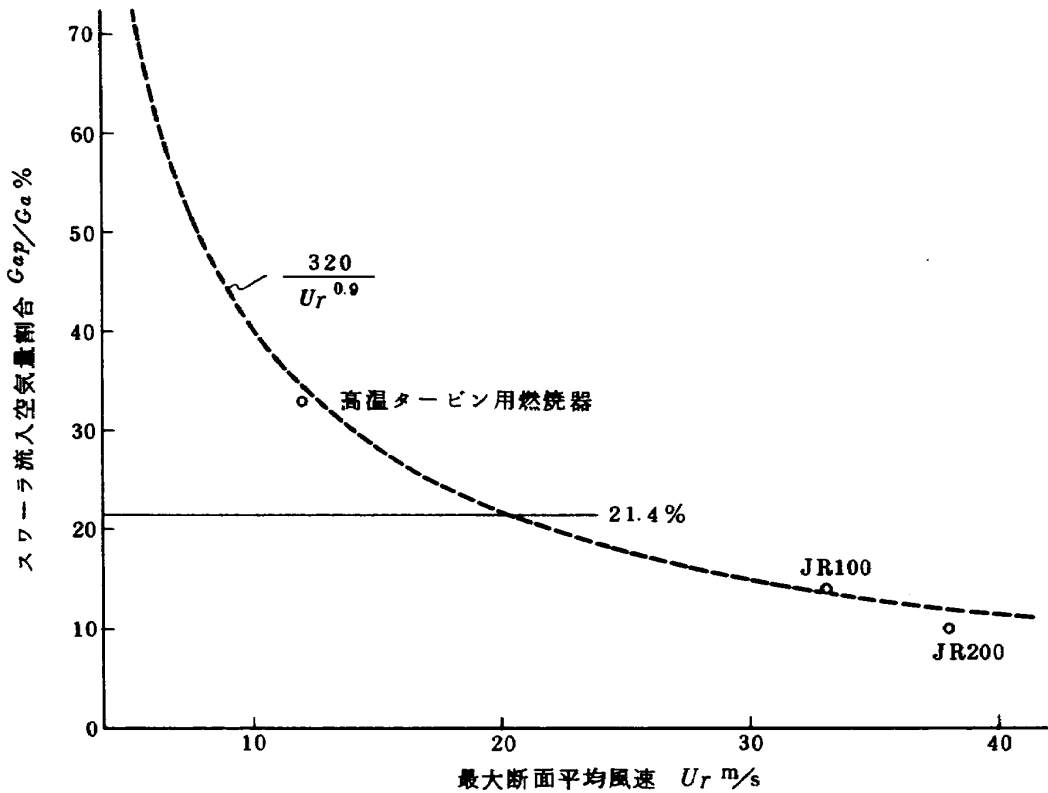


図2 スワローラから流入可能な空気量の推定

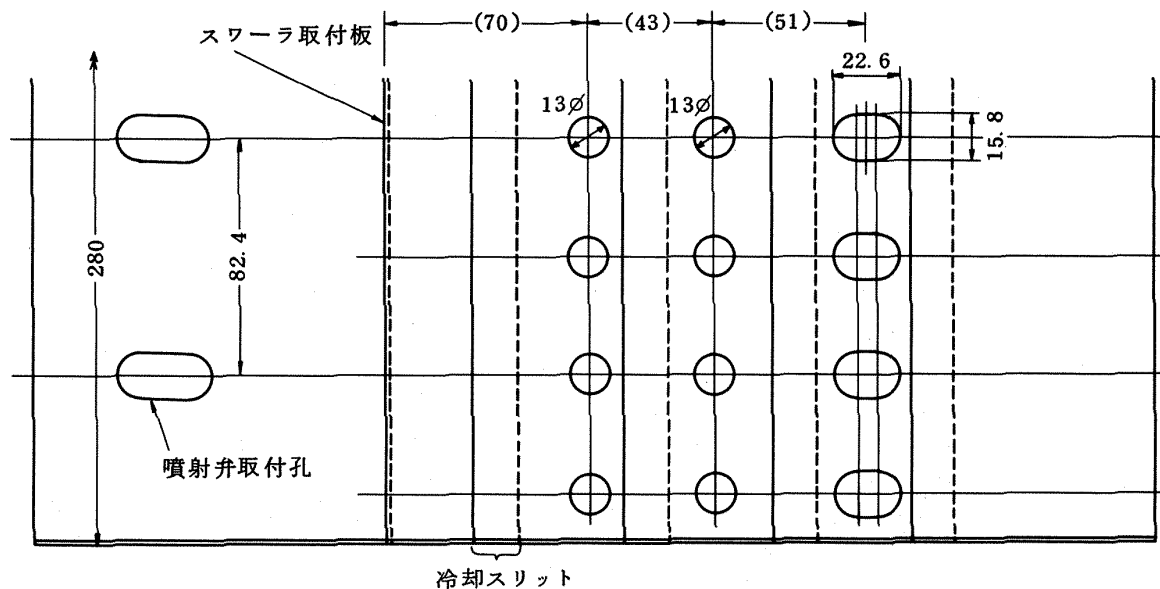


図3 ライナ原型 (CC10S-1) の空気孔配置

失係数は $\phi = 30 \sim 35$ になると推定される。

スワーラ取付面から第1列空気孔までの距離は、70mmとスワーラ標準径55mm ϕ に対し1.27倍にとった。これは、スワーラ下流側にできる循環流領域をあまり乱さず、デリケートな調整を省くことを考慮したためである²⁾。実際に空気孔を主流方向に4個並べてみると、ライナ長さが充分と推定される値³⁾より大分長くなったため、下流側の空気孔2個分を1個にまとめ長円形の希釈空気孔にした。ライナの空気孔配置を図3に示す。

ライナ壁冷却スリットは開口部高さを2mmとし、この部分でライナ板をビス止めして組立てる構造とした。開口部高さは、スペーサの厚みをかえることにより変更可能である。

ライナの支持は、下流側にフランジをつけて行ない、上流側の空気通路には燃料噴射弁のステム以外にじゃまもののない形とした。

ライナ組立状態を図4に、燃焼器全体の様子を図5および図6に示す。このライナをCC10S-1と呼ぶ。図6

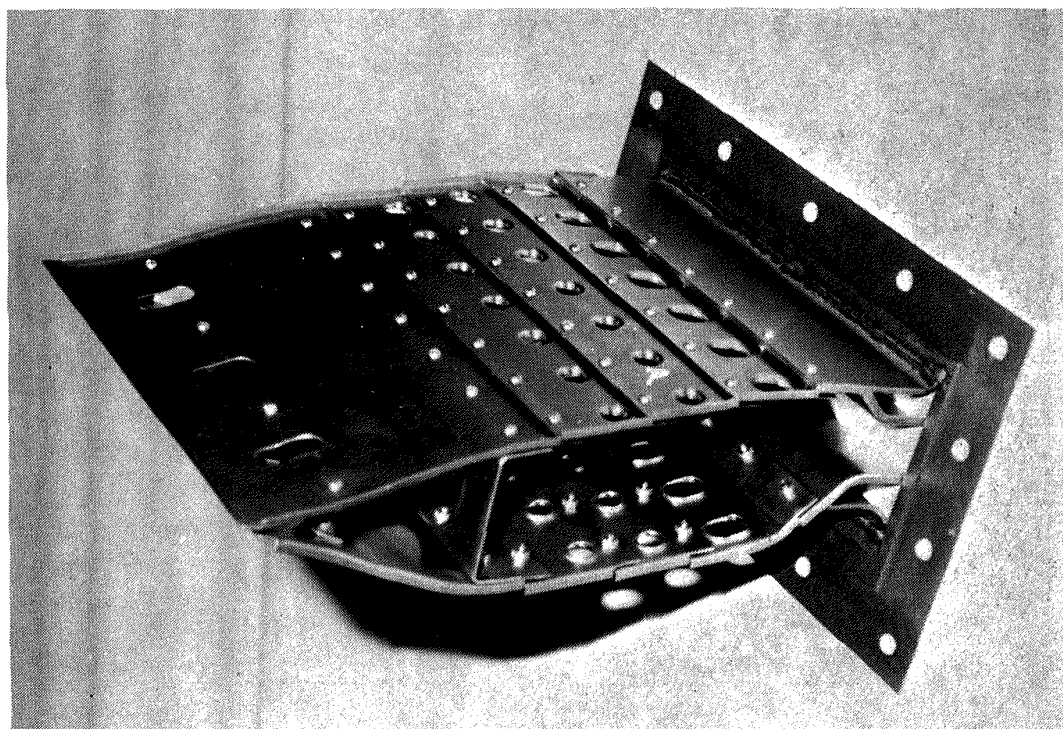


図4 原型 (CC10S-1) のライナ組立状態

(a)の右側から燃焼器入口ダクト(一部のみ見える), 燃焼器ケーシングおよび出口計測ダクトである。燃焼器ケーシングの側壁に2個の覗き窓と冷却水管がみられる。図6(b)は, 側壁を取外し, ライナ取付状態を示したものである。

3. 実験装置および実験条件

3.1 実験装置

燃焼実験は, 当所原動機部の缶形燃焼器試験設備の常圧試験系で行なった。これでは, 次の条件を出すことができる。

燃焼器入口空気圧力:	0.35 kg/cm ² G (最高)
燃焼器入口空気温度:	30~50℃または100~250℃
空気流量:	2 kg/s (最大)
燃料圧力:	100 kg/cm ² G (最高)
燃料流量:	250 kg/h (最大)

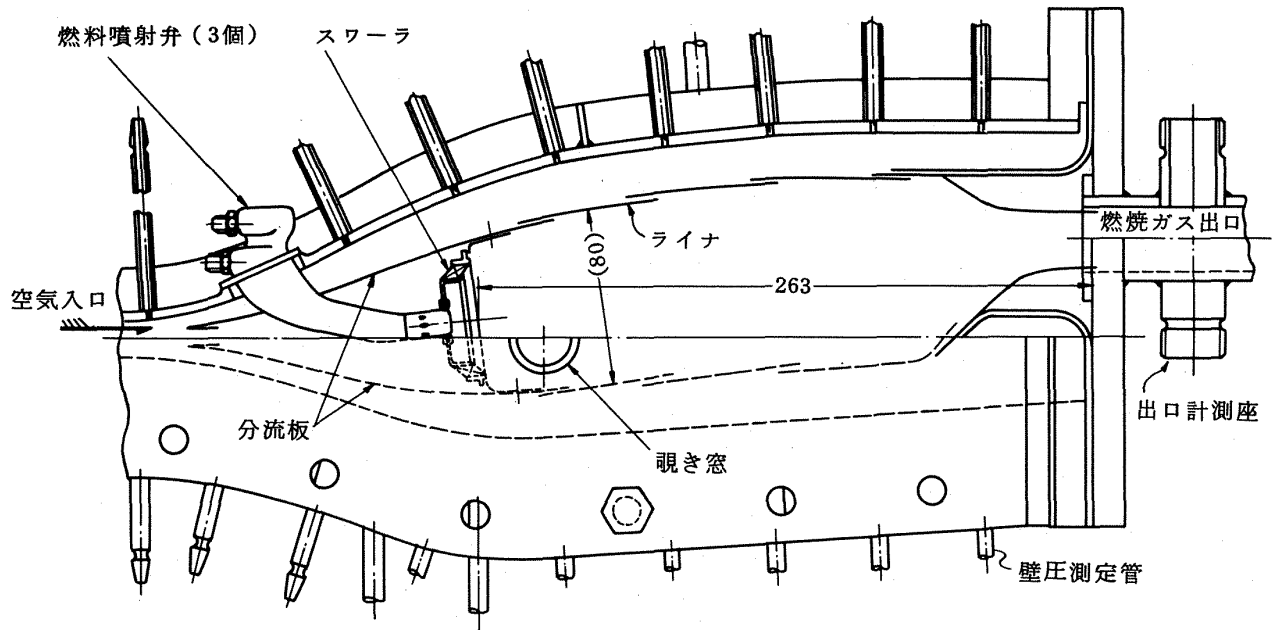


図5 箱形燃焼器模型概要図

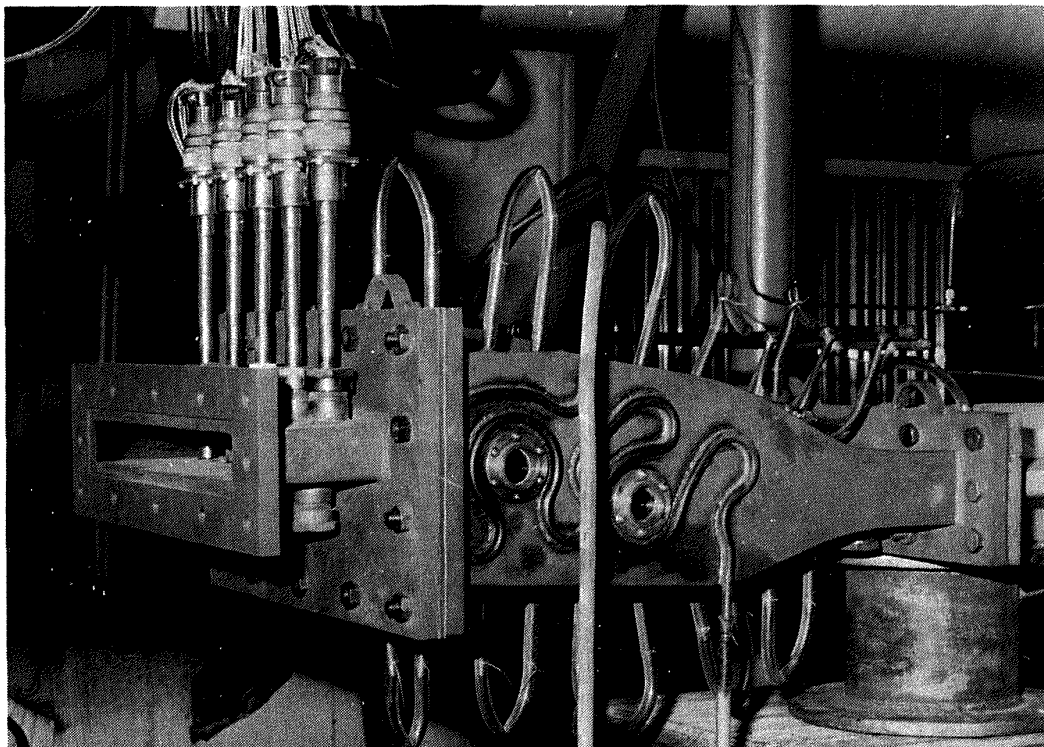


図6(a) 燃焼器模型の外観-1

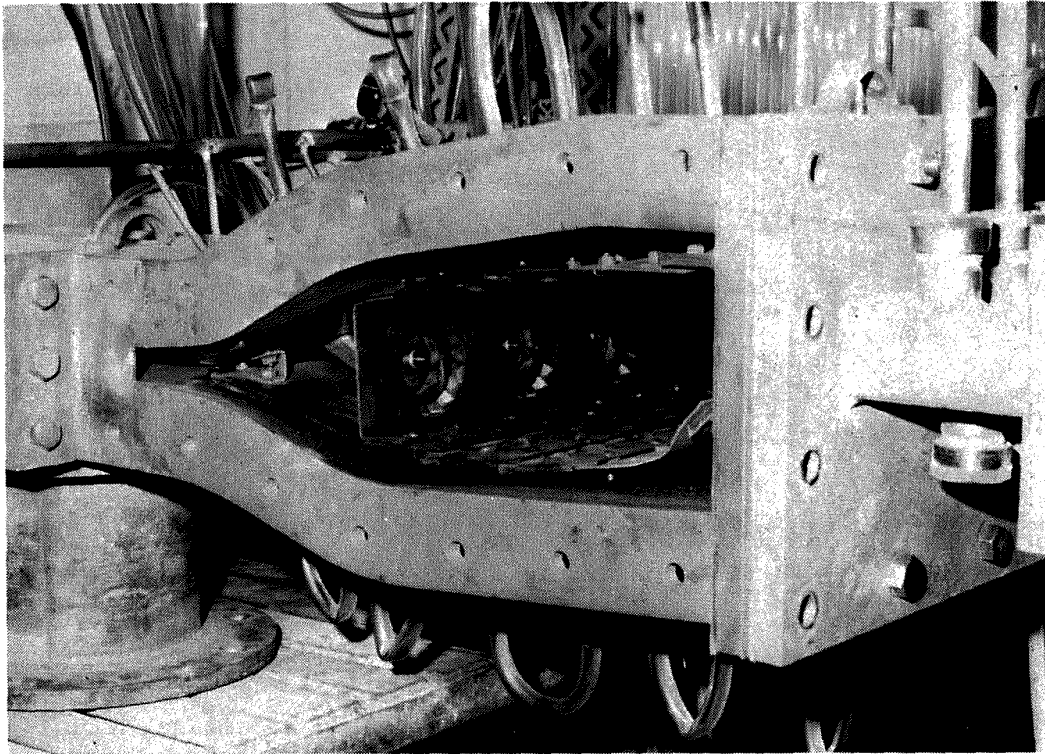


図 6 (b) 燃焼器模型の外観 - 2

空気源の圧縮機出口温度は、約55℃で、これより温度を低下させるには冷却水による空気冷却器を用い、反対に高めるには、実験用空气中に燃料を噴射し、燃焼させる予熱燃焼器を用いる。燃料には、供試燃焼器と同一のジェット燃料を用いる。

3.2 実験条件

この実験は、次の範囲で行なった。

燃焼器入口空気温度	: 30 ~ 50℃ および 200 ~ 220℃
最大断面平均風速	: 14 ~ 32 m/s
空燃比	: 53 ~ 140

燃料には、主にジェット燃料Jet A-1を用いた。計測は、オリフィスによる空気流量、ピストン流量計による燃料流量測定のほか、燃焼器部分で入口全圧、入口温度各1点、出口温度CA熱電対(0.75mmφ、先端露出)、上下方向(半径方向に対応)4点、横方向(円周方向に対応)5か所の20点を測定した。出口全圧を測定していないため、全圧損失率および全圧損失係数はでていないが、計算による推定はできる。

非燃焼時の流れ模様の測定では、風速を高めるとストリーマ支持システムが振動して観察できなくなるので、最大断面平均風速を $U_f \sim 7 \text{ m/s}$ 程度に押えた。それでもレイノルズ数は十分に大きく、問題ないものと推定される。

4. 実験結果

4.1 燃料噴射弁の試験結果

燃焼実験に用いた燃料噴射弁は、デュアルオリフィス形りず巻噴射弁で仕様はアニュラ形燃焼器に用いたものと同じの呼称CC10である。⁴⁾噴霧角の設計値は $\alpha_f \cong 92^\circ$ であるが、実際には使用条件で変化する。この噴霧角は、燃焼器内部の燃料の分布に影響するものであり、資料の検討上必要なものであるため、各種の使用条件について噴霧角の測定を行なった。この試験系統図を図7に示す。CC10噴射弁は、元来、メイン、プライマリノズルとも燃料噴射用のものであるが、いずれかのノズルから空気を吹出した場合も試験した。⁵⁾この吹出し空気量の測定はしなかったが、主流の空気量に比べ、きわめて少ないと推定される。図8は、メインノズルから燃料を噴射し、プライマリノズルから空気を吹出した場合と止めた場合の比較である。空気を止めた場合の噴霧角は、 $\alpha_f = 100 \sim 110^\circ$ と大きい。プライマリノズルから空気吹出しを行

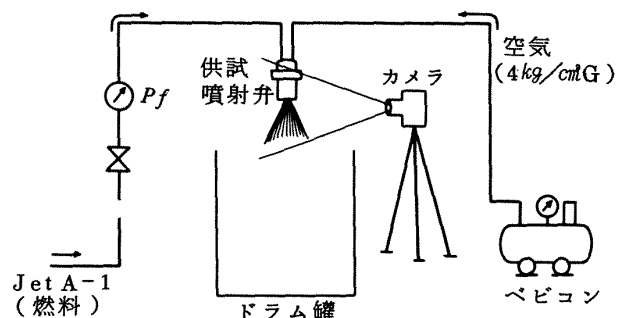


図 7 燃料噴射弁噴霧角測定試験系統図

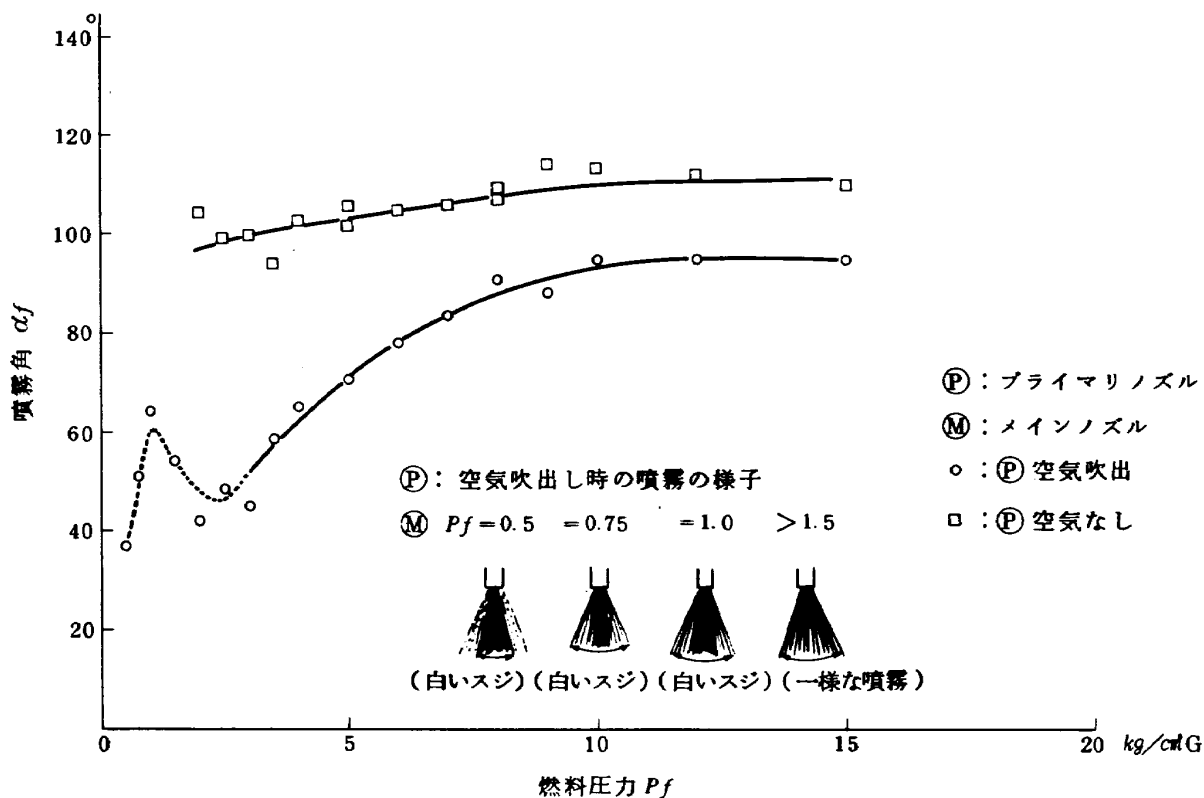


図8 CC10噴射弁の噴霧角-I

なると、噴霧角は減少し、燃料圧力の高いとき $\alpha_f \cong 95^\circ$ になる。燃料圧力の低いときは、噴霧角がいちぢるしく減少するほか、ノズルからの空気による燃料の微粒化がみられる。

図9は、プライマリノズルから燃料を噴射し、メインノズルから空気を吹出した場合と止めた場合の比較である。空気を止めた場合の噴霧角は、 $\alpha_f \geq 110^\circ$ と大きく、燃料圧力を高めるといくぶん減少する傾向にある。空気吹出しを行なうと、燃料圧力のごく低い範囲を除き、 $\alpha_f \cong 90^\circ$ になる。

以上のことから、空気吹出しにより、噴霧角のコントロール(減少させること)のできる事が判明した。ただし、吹出し空気の影響も同時に現われることになる。

同時に測定した他の噴射弁の結果を図10~図15に示す。いずれもデュアルオリフィスのうず巻噴射弁である。XJ(JR0)噴射弁は初期のアヌラ形燃焼器の実験⁶⁾に用いたもの、JR100噴射弁はJR100エンジンに用いたもの、CC20-2噴射弁はFJR710/10エンジンに用いたものと同形である。各噴射弁は構造的にいずれも同様であるが、ことなつた傾向を示し、これから、噴霧角の使用条件による変化は、相当にデリケートなものであることがわかる。

4.2 流れ模様の測定

燃焼器内部の流れ模様は、燃焼性能や出口温度分布に

大きな影響を及ぼしている。文献によると、非燃焼時の流れ模様でも有用とされているので、空気流のみの状態で測定した⁷⁾流れ模様の観察には、ストリーマを用いた。ストリーマには、長さ約7mmのもめん糸を用い、これを手芸用ビーズまたは細い銅管に糊付し、虫ピンを通して自由に回転できる形にした。図16にストリーマの概要を示す。ストリーマは、その回転軸を燃焼器の主流に直交する水平方向(図5の紙面と垂直方向)とし、ステムをトラバース台に取付けて燃焼器下流側から挿入した。燃焼器は、ストリーマ観察のため、側壁を透明プラスチック板におきかえ、ストリーマの向きをおもに二次元的に求めた。

ライナCC10S-1原型にスワラとして55mm ϕ /43mm ϕ 盲付を取付けたときの測定結果を図17および図18に示す。図17は、スワラ中心断面の測定結果で、スワラによる循環流領域がみられる。この循環流は、上下対称でないが、対称ならずはできにくいようである。第1列目のライナ空気孔からの空気噴流は、ライナ中央で衝突し、一部は循環流にのって上流側に戻っているとみられる。しかし、大部分は下流に流れている。第3列目の希釈空気孔の噴流の貫通度は、出口温度分布の均一化に対し、充分とみられる。図18によると、スワラ中間位置では、上流側で壁面付近に逆流が生じていることがみられる。スワラ取付面付近の複雑な流れを除くと、

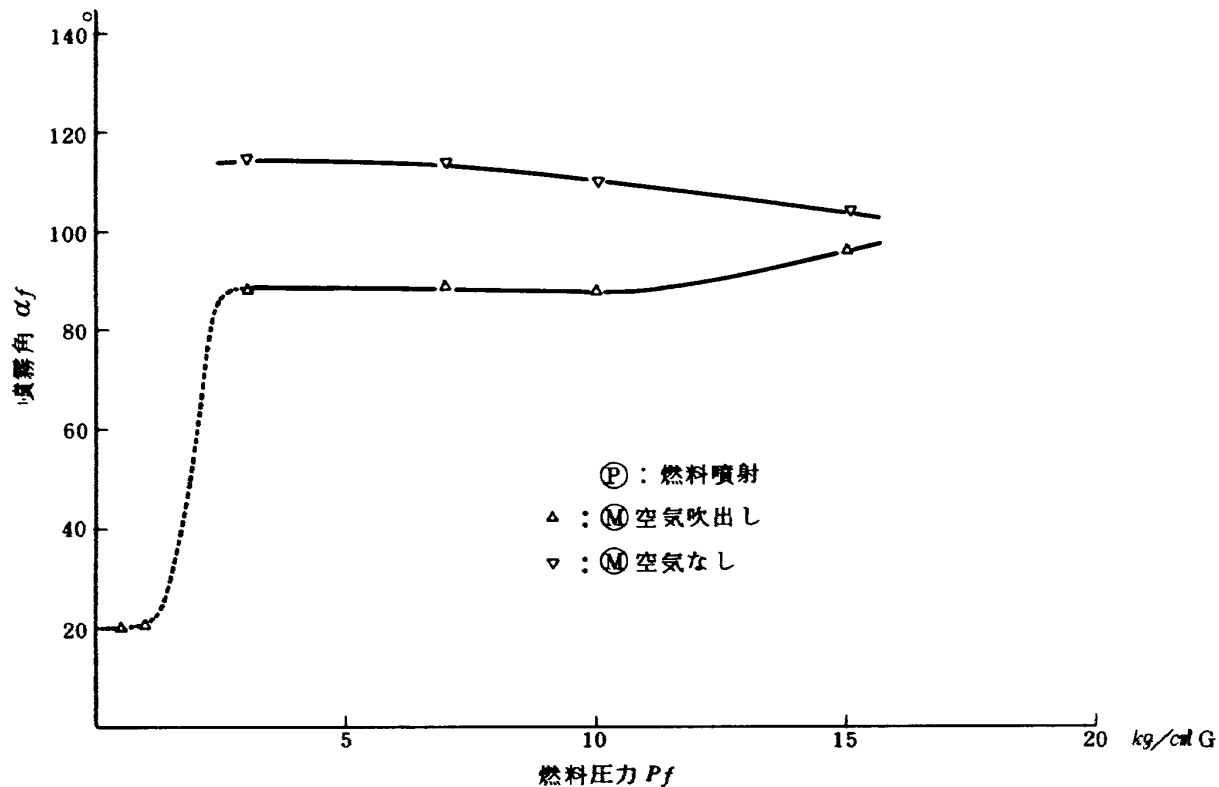


図9 CC10噴射弁の噴霧角-II

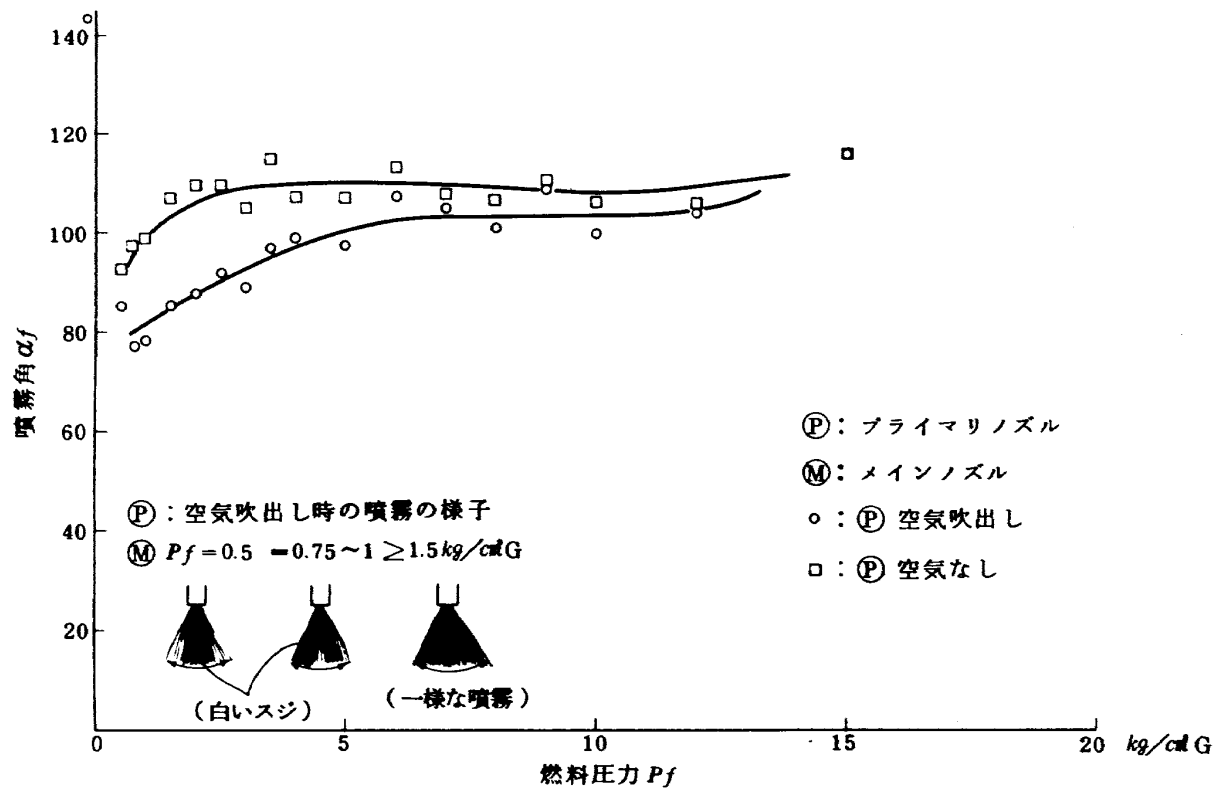


図10 XJ (JR0)噴射弁の噴霧角-I

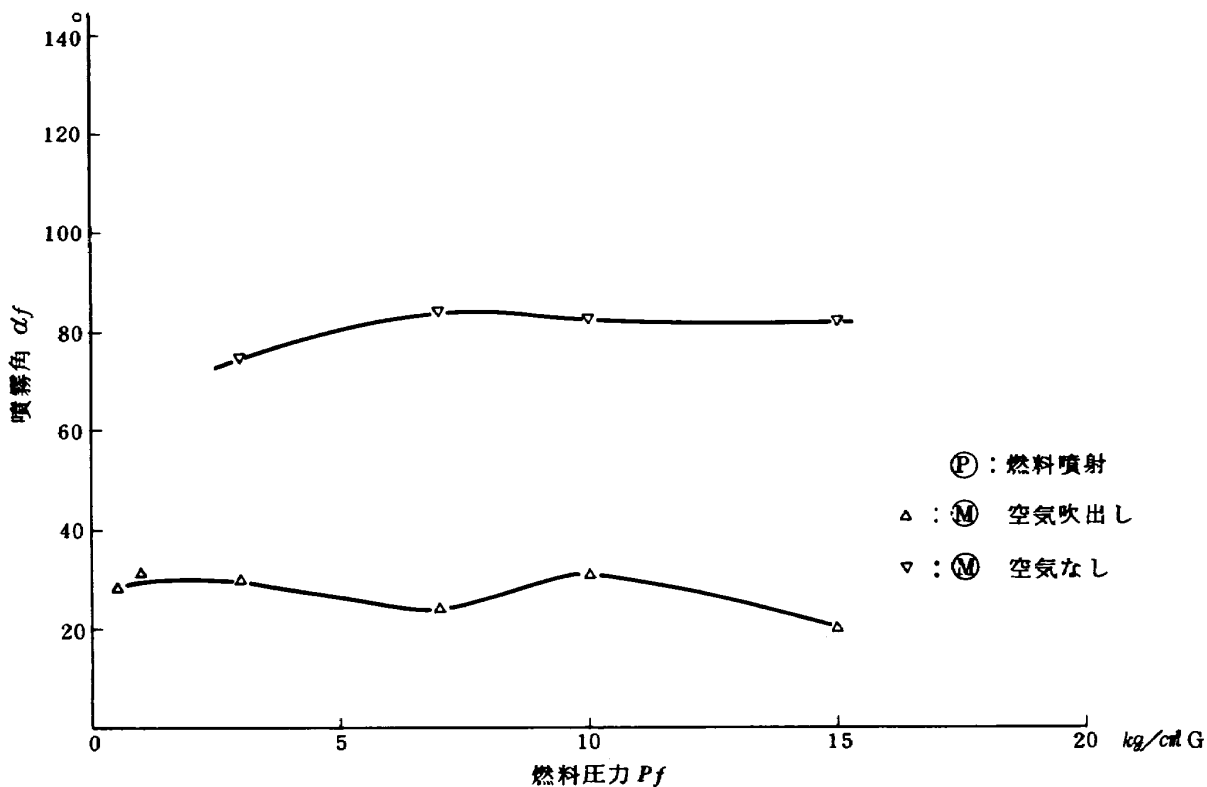


図 1 1 XJ (JR0) 噴射弁の噴霧角-Ⅱ

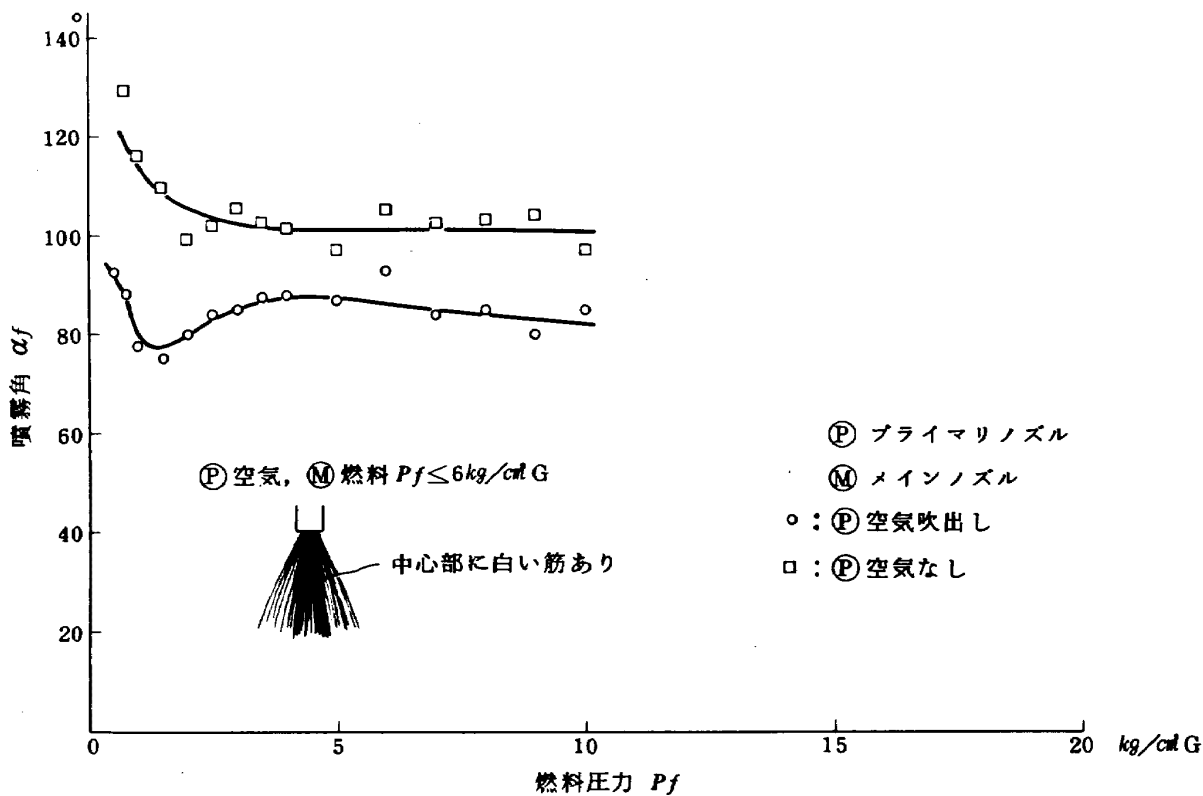


図 1 2 JR100 噴射弁の噴霧角-Ⅰ

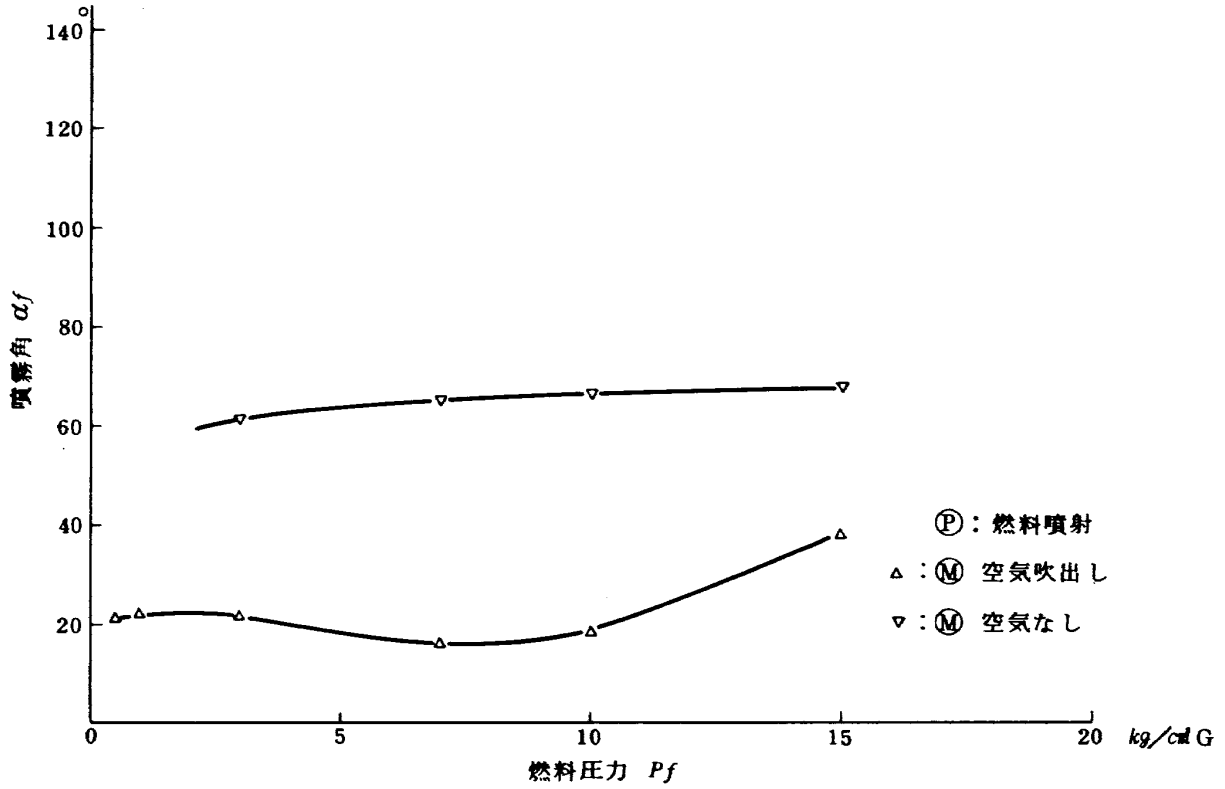


図13 JR100噴射弁の噴霧角-II

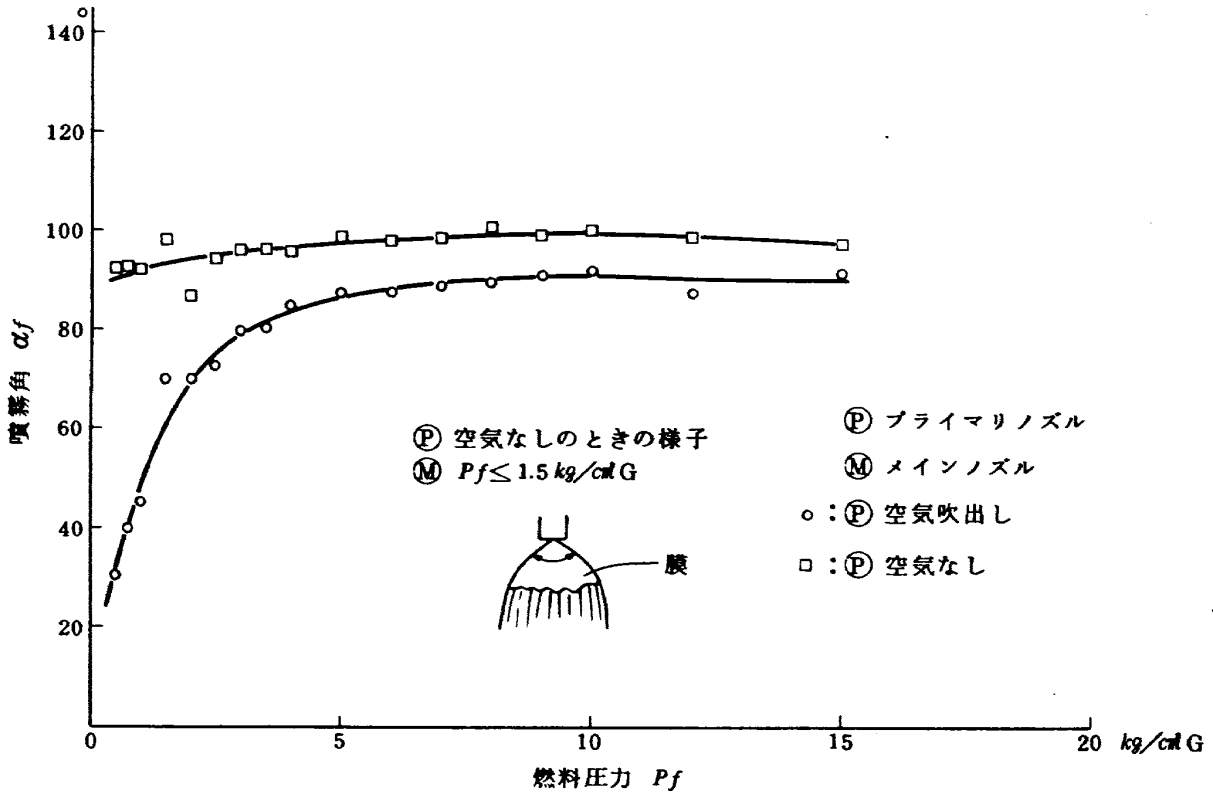


図14 CC20-2噴射弁の噴霧角-I

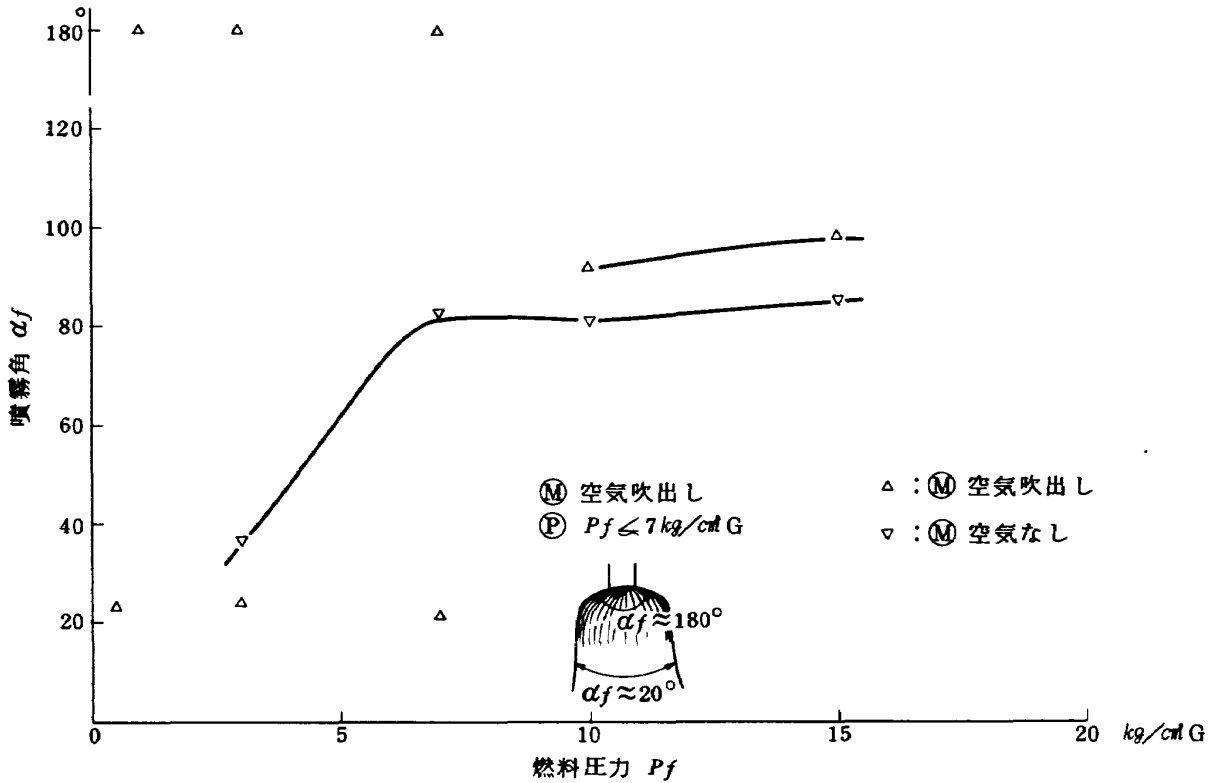


図 15 CC20-2 噴射弁の噴霧角-II

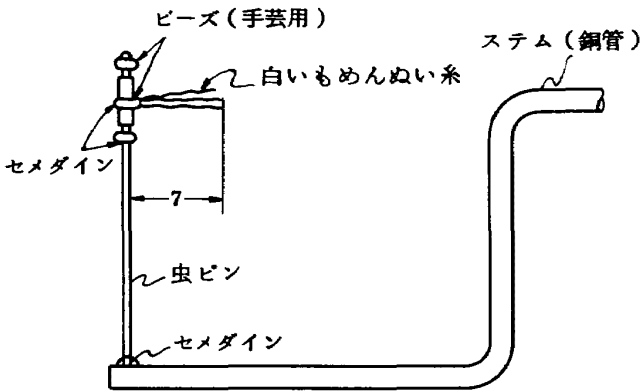


図 16 流れ模様測定用ストリーマ

比較的単純な流れで、図17の結果に近い。

ライナ空気孔の横方向位置（アニュラ形の円周方向に対応）を半ピッチずらしたもの、後記のCC10S-2、の測定結果を図19-図22に示す。スワラは、CC10S-1の場合と同一の55mm ϕ /43mm ϕ 盲付である。図17と図19を比較してみると、スワラ取付板からライナ第1列空気孔までの間の循環流領域内の流れ模様と相当な差のあることがわかる。図22の第1列空気孔部分のライナ中央から空気の吹出ている様子は、流れの三次元性に基くもので、上、下ライナの空気孔からの噴流がライナ中央で衝突し、横方向（図22の紙面に垂直方向）に流れるた

めであろう。

4.3 予備的な燃焼実験の結果

4.3.1 燃焼器原型 (CC10S-1) の性能の概要

原型の燃焼実験の結果を図23および図24に示す。図23中の実験点の記号の違いは、再現性を調べたものである。この初期の実験の場合、都合により燃料としてジェット燃料JP-4を使用した。Jet A-1とJP-4の差異は、この実験条件では、ほとんどないものと推定される⁸⁾。全圧損失は、測定値からの計算によると、全圧損失係数にして $\phi=30\sim32$ とほぼ予想通りの値になった。火炎長さは、最大断面平均風速 $U_f=15\text{m/s}$ 付近のとき、空燃比 $n=58$ でライナ長さ一ぱいになる程度である。

排気中の NO_x 濃度を化学発光式 NO_x 濃度計で測定した結果を図25に示す。図25には、これから算出した排出指数も合せて示した。

4.3.2. 原型の性能とJ Rシリーズの燃焼器の性能との比較

JR100燃焼器の代表的な燃焼効率特性を図26に示す。図23と比較すると、その傾向の差異が明らかである。この理由として、次の2つが考えられる。

- (1) 一次燃焼領域の燃料噴霧の衝突する付近のライナ壁面上に冷却空気を多く流すことにより、衝突した燃料の蒸発・燃焼が妨げられて、特に空燃比が大き

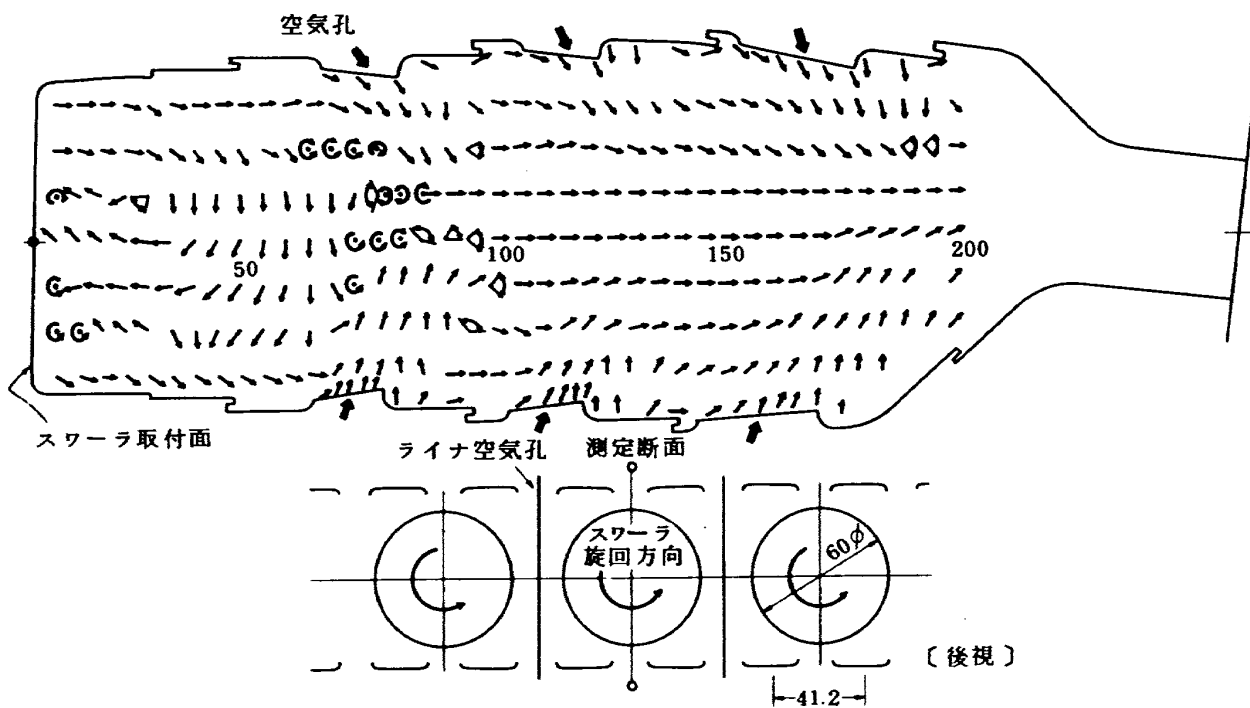


図17 ライナ内部の流れ模様(CC10S-1)~I

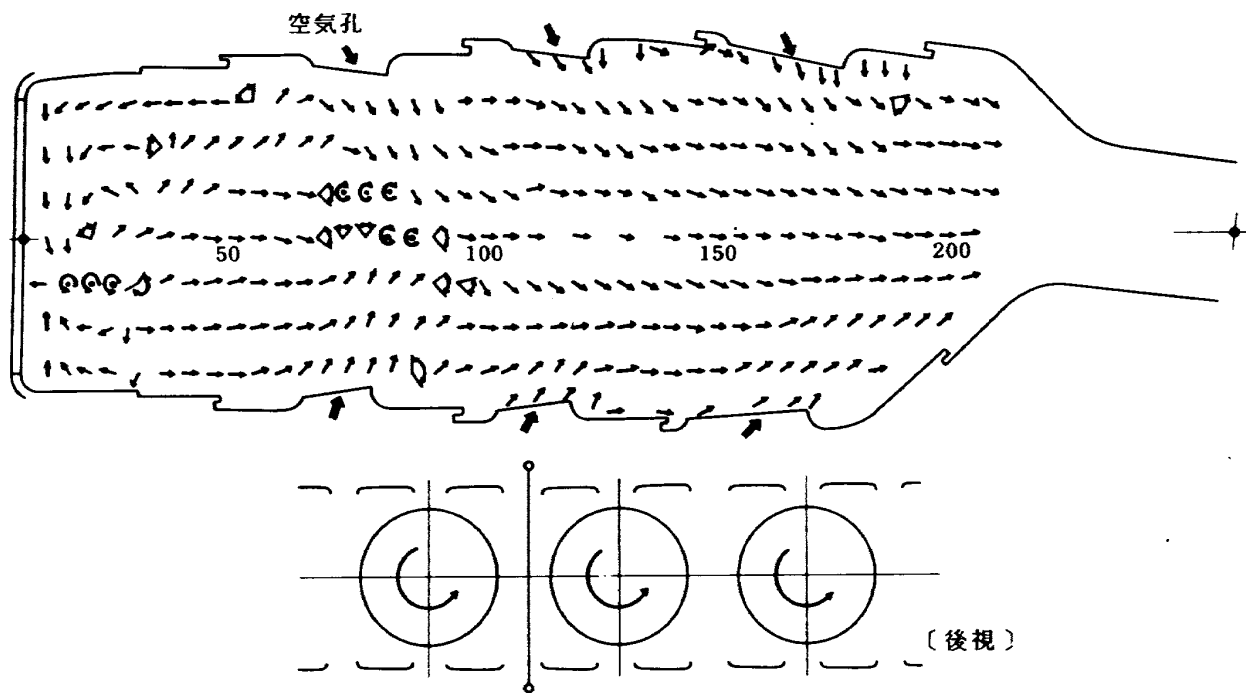


図18 ライナ内部の流れ模様(CC10S-1)~II

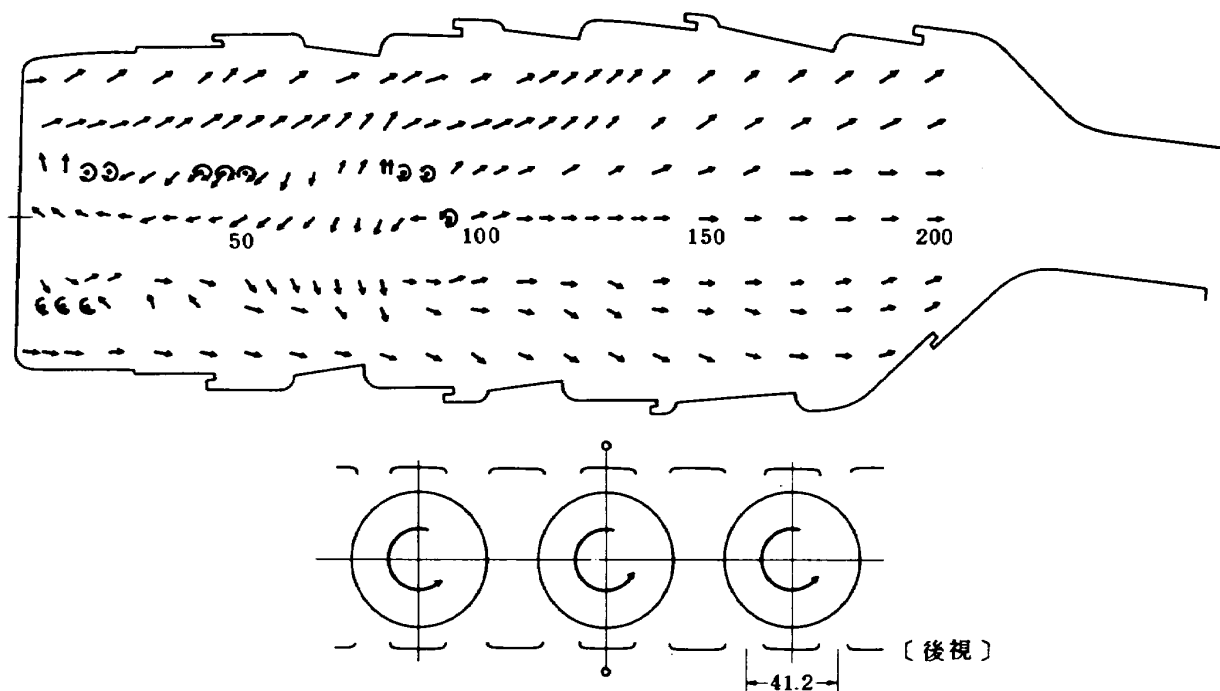


図 19 ライナ内部の流れ模様 (CC10S-2) ~ I

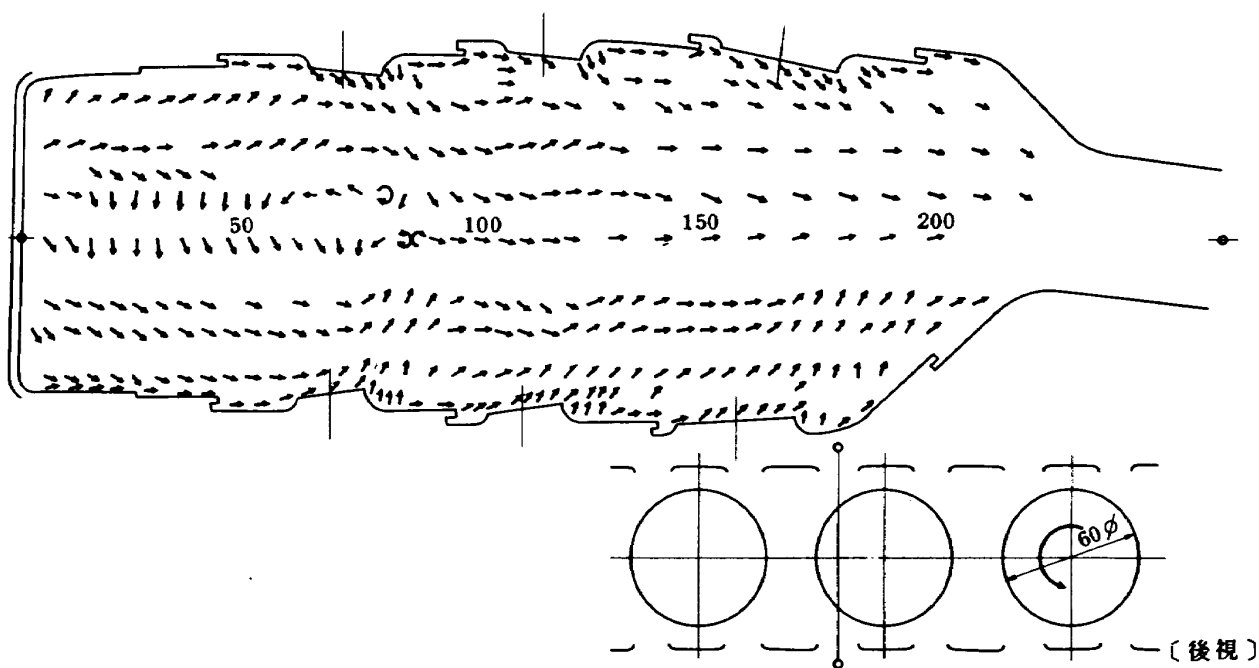


図 20 ライナ内部の流れ模様 (CC10S-2) ~ II

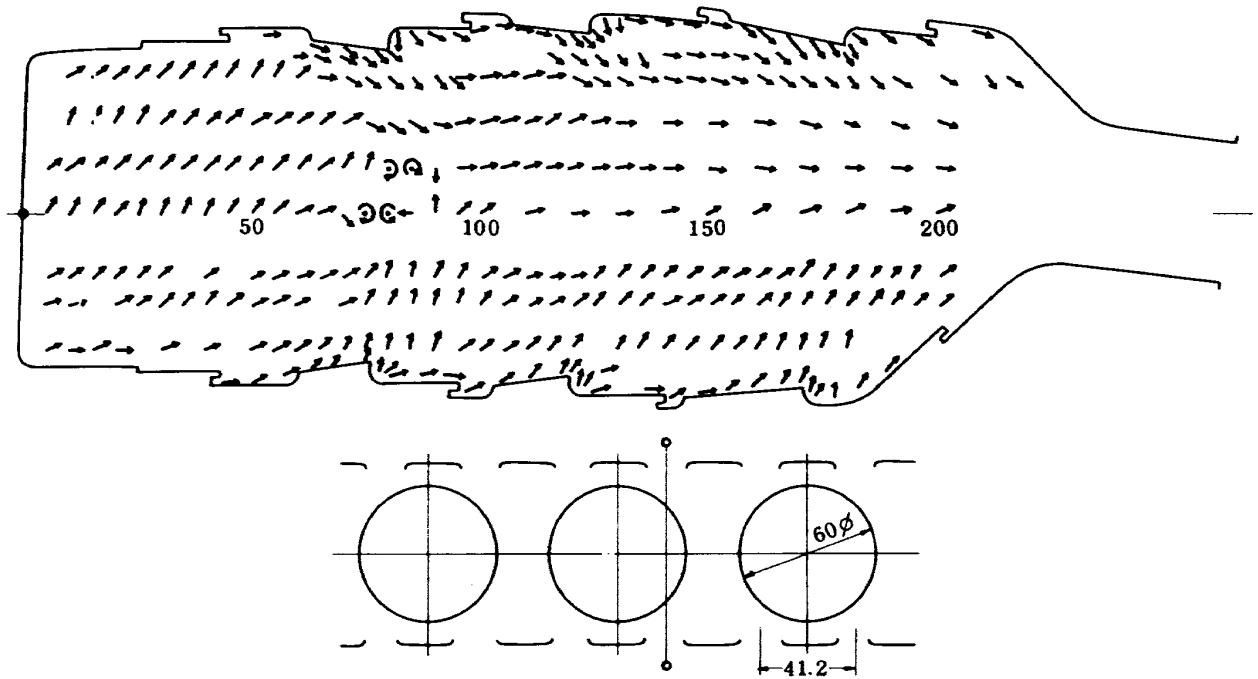


図 2 1 ライナ内部の流れ模様 (CC10S-2) ~ III

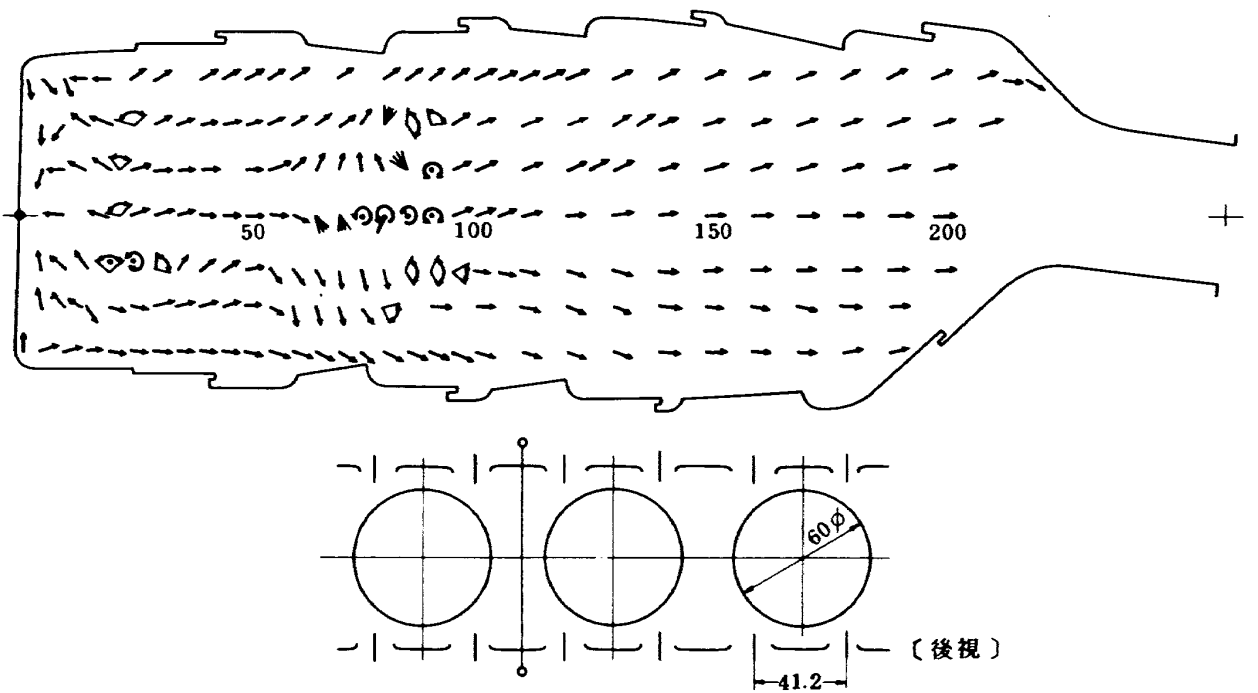


図 2 2 ライナ内部の流れ模様 (CC10S-2) ~ IV

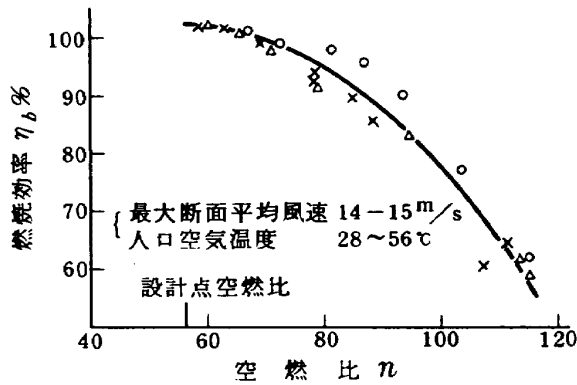


図 23 高圧形燃焼器原型の燃焼効率特性

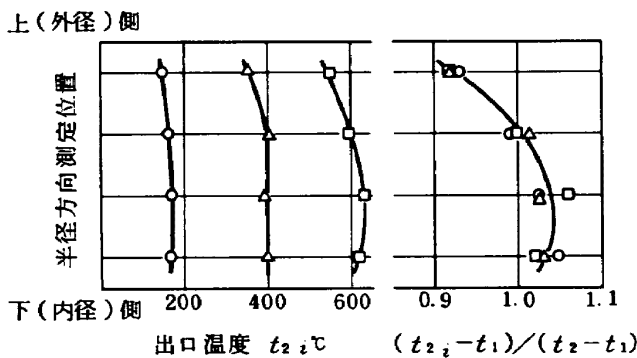


図 24 高圧形燃焼器原型の半径方向出口温度分布

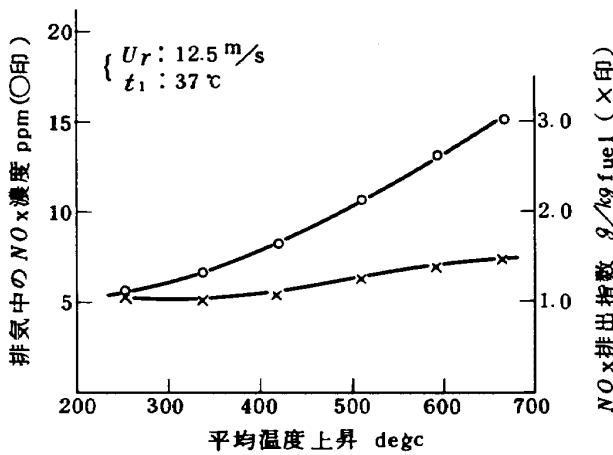


図 25 高圧形燃焼器排気中の NOx 測定例

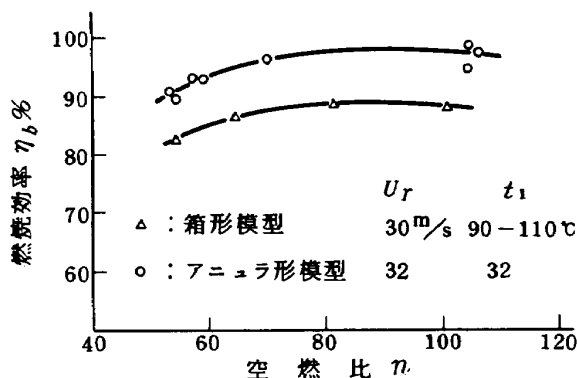


図 26 JR100 燃焼器の燃焼効率特性

く火炎長さの短い状態で、燃焼効率が低下する⁹⁾

(2) JRシリーズの燃焼器に比較してスワラ開口面積比が大きく、空燃比の大きなき、一次燃焼領域が燃料希薄になりやすい。

これらの影響を調べるため、極端な場合として、スワラ旋回羽根を板で盲し、開口面積 0 の状態で試験した。この結果を図 27 に示す。図 27 の傾向は図 26 に近く、上記

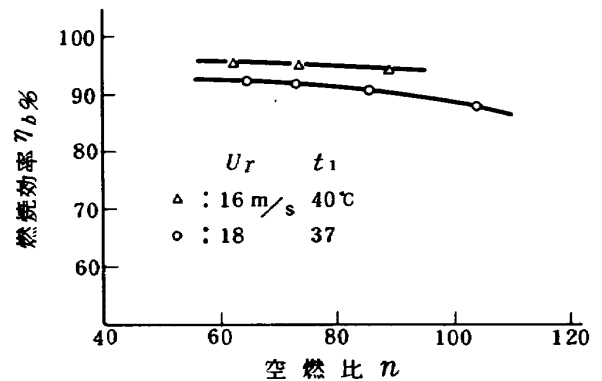


図 27 高圧形燃焼器スワラ盲時の燃焼効率特性

(2) の影響は相当に大きいと推定される。ただし、スワラ盲のような状態では、空燃比の小さな範囲の燃焼効率が低下し、また、入口空気圧力の高くなったとき、燃料噴霧の粒径減少とその貫通距離の減少から燃料噴射弁近傍が燃料過濃になり、排気中の煙の増加が心配される。しかし、最適なスワラは、もっと小さなところにあるとみられる。

上記の、スワラ盲の実験を行なった際、出口温度分布が変化するため、さらにスワラ 57 mm φ を取付けて実験し、これらの影響を調べた。結果を図 28 に示す。これだけでは系統的な傾向はわからないが、スワラの種類によって出口温度分布のかわることは明らかで、一次

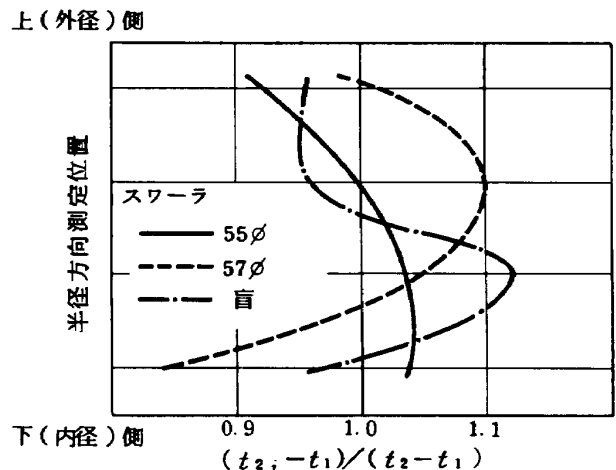


図 28 高圧形燃焼器スワラによる出口温度分布の変化

燃焼領域の温度分布形の影響が燃焼器出口まで残っていることを意味する。すなわち、CC10S-1ではライナ空気孔からの噴流の混合促進をはかる必要がある。混合特性をきめる一つの因子として空気孔からの空気噴流流速が考えられるが、これは燃焼器を流れる空気の体積流量 Q_a と全ライナ開口面積 A_{ht} の比に比例する。この実験状態の $U_r = 18 \text{ m/s}$ 時の値とJR100燃焼器の設計点状態を比較して表1に示す。 A_{ht} として、燃焼器最大断面積 A_t との比をみると表1から明らかなように、高圧形燃焼器ではJR100燃焼器のそれにくらべて小さな値をとり、全圧損失係数 ϕ が増加しているが、空気孔から流入する空気流速(表1の Q_a/A_{ht} の比較)は、JRより小さく、この点からは空気孔面積が小さいとはいえない。しかし、全圧損失率 $\Delta P/P_1$ を低く押える必要上、噴流流速を高めることには制限がある。他の一つの因子として、ライナ空気孔配置も重要なものであるが、流れ模様の測定結果からみると、これは、ほぼ妥当であろう。

以上の結果から判断すると、いくつかの問題点を含ん

でいるようではあるが、一応、実用的意味をもつ高圧燃焼器模型と考えられ、以下、これを用いて各種の実験を行なった。

4.4 CC10S-1の実験結果

4.4.1 最大断面平均風速の効果

スワラに標準の55mm ϕ /43mm ϕ 盲付を用いたものと全部盲にしたものの2種類について、最大断面平均風速をかえたときの燃焼効率特性の変化を図29に示す。標準のスワラ付では、風速を高めたときのほうが効率が高くなるのに対し、スワラ盲のときには逆の傾向を示す。以前の実験でもこのような傾向がみられたが、¹⁰⁾高圧形燃焼器の場合でも、スワラによる高負荷燃焼時の性能改善が明らかである。

出口温度分布は、スワラ盲のときには風速によって変化するが、スワラ55mm ϕ 付のときには変化しなかった。

4.4.2 入口空気温度の効果

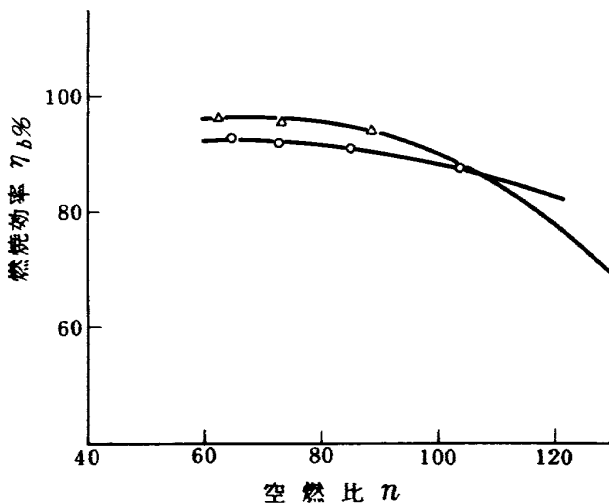
予熱燃焼器に着火して入口空気温度を高めると、次の

表1 高圧形燃焼器とJR100燃焼器との比較

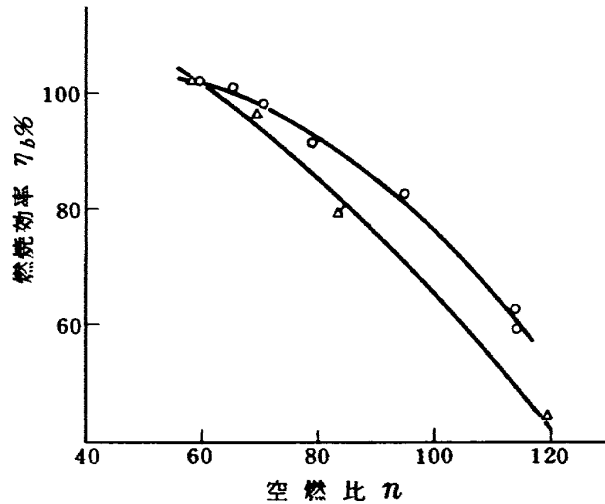
	U_r m/s	A_{ht}/A_t	Q_a/A_{ht} m/s	ϕ (実測)	$\Delta P/P_1$ (実測)
高圧形燃焼器	18	0.426	4.14	30-32	~0.045
JR100燃焼器	33	0.575	5.74	18-12	~0.08

No U_r (m/s)
 ○ 7034S~7038S 17.6~18.4
 △ 7040S~7043S 15.6~16.4
 スワラ 全盲, 16-1.5 ϕ キリ
 分流板入口幅 2mm

No U_r (m/s)
 ○ 7048S~7054S 19.5~20.1
 △ 7055S~7058S 15.4~16.0
 スワラ 55 ϕ 16-1.5 ϕ キリ
 分流板入口幅 2mm



(a) スワラ盲



(b) スワラ 55 ϕ 付

図29 最大断面平均風速の燃焼効率に及ぼす影響

ような変化が観察される。

- (1) 火炎長さが短くなる。
- (2) 鮮やかな輝炎から、一次燃焼領域で赤褐色のやや透明な火炎、二次燃焼領域でうすい青色炎にかわる。
- (3) ライナ壁面上に衝突して流れる燃料の量が減少する。

この実験では、予熱燃焼器使用時、供試燃焼器入口温

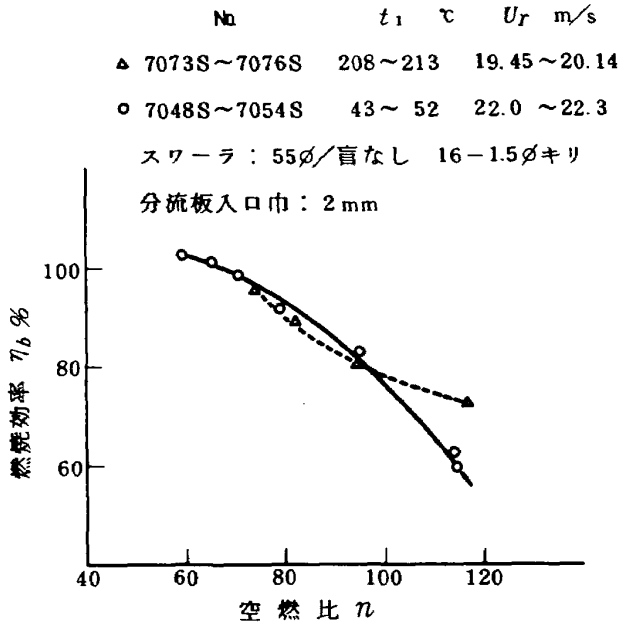


図 30 入口空気温度の効果

度を約 200 °C に設定した。実験結果の例を図 30 に示す。空燃比 100 以上で燃焼効率が向上しているが、これ以外に入口温度の影響はみられない。なお、出口温度分布にも本質的な変化はみられなかった。

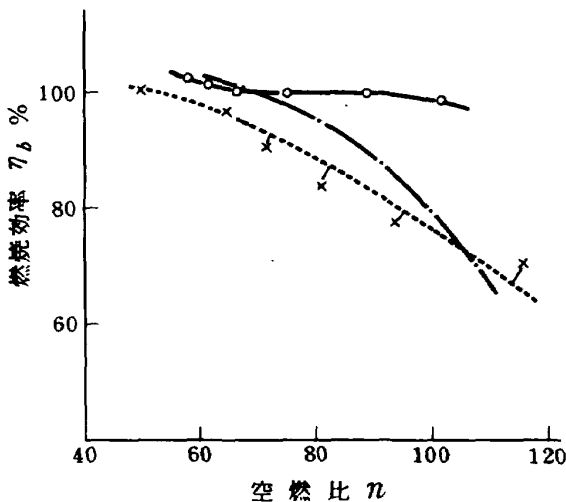
4.4.3 分流板入口幅の効果

この燃焼器模型の場合、分流板入口面積とスワラ開口面積を比較すると、分流板入口のほうが狭く、スワラから流入する空気量は、実際には、分流板入口で制限される形になっている。

計画では、分流板入口幅は 3.5mm、すなわち、スワラ開口面積の約 1/2 としたが、この影響を調べるため、分流板入口幅を 2mm、4mm とかえて実験した。予熱なし、ありの各場合について得た結果を図 31~図 33 に示す。図 33(a) によると、分流板入口幅を広げることにより、空燃比 n の大きなところの燃焼効率の低下することがみられる。しかし、同図(b)に示すように、予熱をすると、分流板入口幅の燃焼効率特性に及ぼす影響は少くなる。図 32 は、出口温度分布が分流板入口幅によって、どのようにかわるか示したものである。本質的な変化はない、とみてよい。図 33 は出口温度不均一率への影響を示したものである。予熱なしのときには、分流板入口幅を広げることにより、不均一率は大きくなるが、予熱ありのときには、逆の傾向を示す。分流板入口幅をかえること、すなわち、スワラから流入する空気量の、燃焼効率や出口

記号	分流板入口	No	P_1	U_T
—○—	2 mm	7001S~7006S	1.15~1.18	22~22.7
---x---	4 mm	7012S~7017S	1.15~1.18	19~19.8
—x—	3.5 mm	予備実験		14~15

スワラ：55φ43φ盲付、16-1.5φキリ
ライナ：CC10S-1

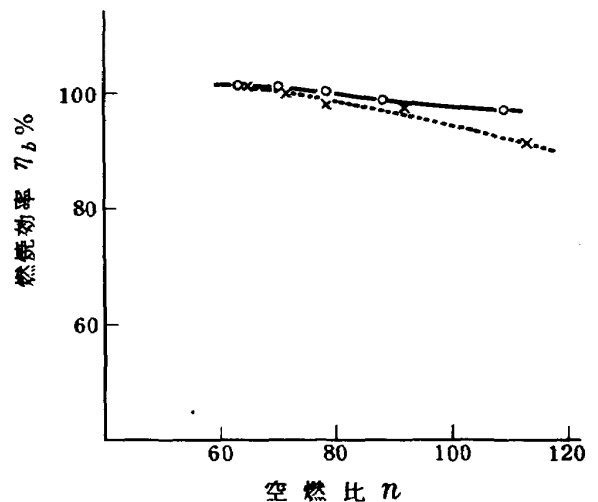


(a) 予熱なし

(予熱燃焼器使用)

記号	分流板入口	No	P_1	U_T
—○—	2 mm	7007S~7011S	1.18~1.21	28.9~32.6
---x---	4 mm	7018S~7022S	1.2~1.24	28.3~28.6

スワラ：55φ 43φ盲付、16-1.5φキリ
ライナ：CC10S-1



(b) 予熱あり

図 31 分流板入口幅の燃焼効率に及ぼす影響

記号	分流板入口	Nb	P_1	U_r
—○—	入口巾 2mm	7005	1.173	22.0
-x-x-	入口巾 4mm	7016	1.178	19.2

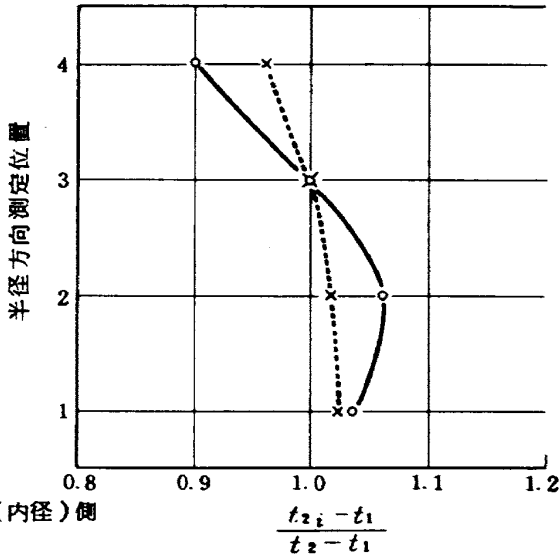
スワラ：55φ43φ盲付，16-1.5φキリ
ライナ：CC10S-1

(予熱燃焼器使用)

記号	分流板入口	Nb	P_1	U_r
—○—	入口巾 2mm	7011	1.207	28.9
-x-x-	入口巾 4mm	7022	1.237	28.4

スワラ：55φ43φ盲付，16-1.5φキリ
ライナ：CC10S-1

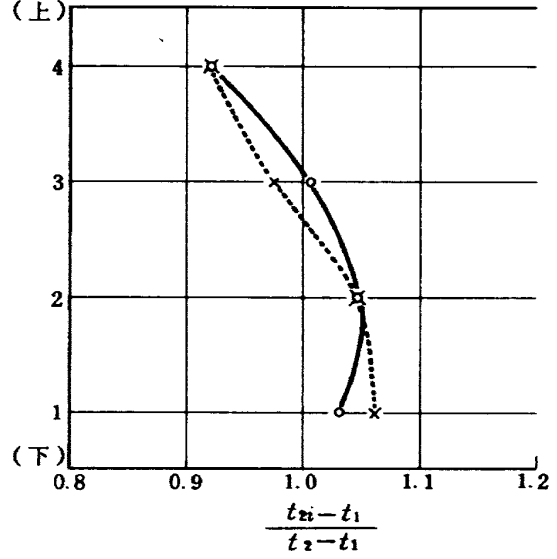
上(外径)側



下(内径)側

(a) 予熱なし

(上)



(下)

(b) 予熱あり

図 3 2 分流板入口幅の出口温度分布に及ぼす影響

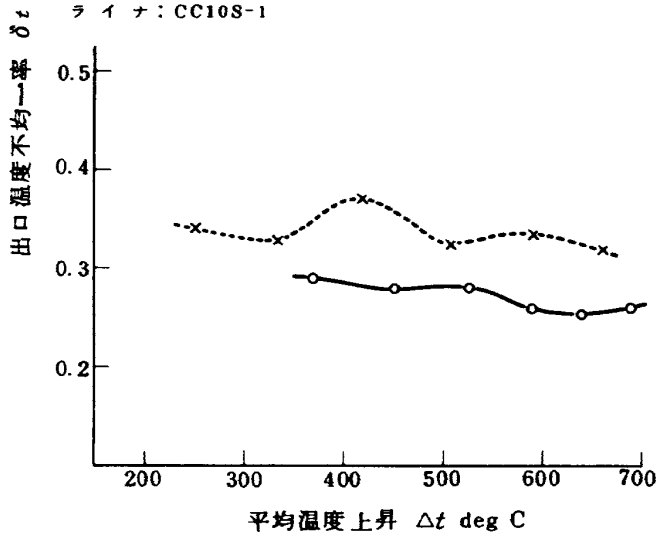
記号	分流板	Nb	P_1	U_r
—○—	入口 2mm	7001S~7006S	1.15~1.18	22~22.7
-x-x-	入口 4mm	7012S~7017S	1.15~1.18	19~19.8

スワラ：55φ43φ盲付，16-1.5φキリ
ライナ：CC10S-1

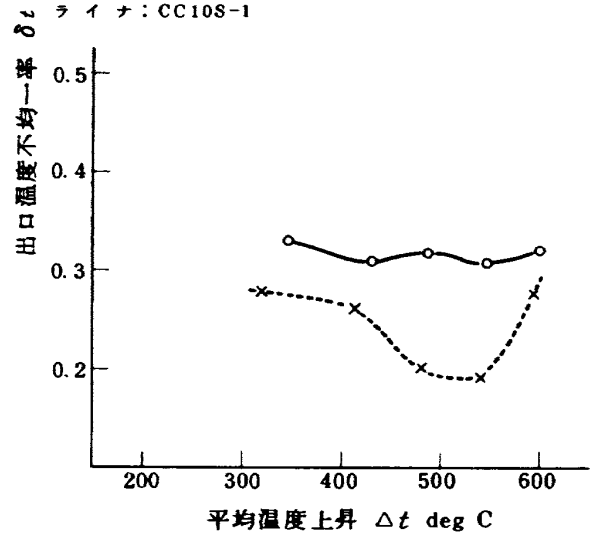
(予熱燃焼器使用)

記号	分流板	Nb	P_1	U_r
—○—	入口 2mm	7007S~7011S	1.18~1.21	28.9~32.6
-x-x-	入口 4mm	7018S~7022S	1.2~1.24	28.3~28.6

スワラ：55φ43φ盲付，16-1.5φキリ
ライナ：CC10S-1



(a) 予熱なし



(b) 予熱あり

図 3 3 分流板入口幅の出口温度不均一率に及ぼす影響

温度不均一率に及ぼす影響は、入口空気温度によって変化することがわかる。

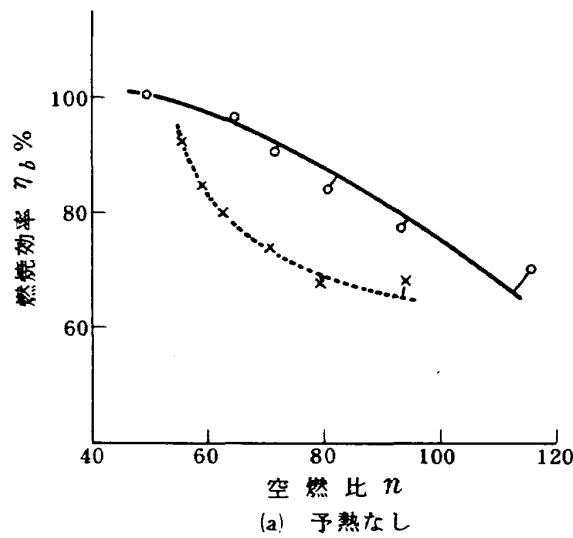
4.4.4 スワーラの効果

スワーラとして 55mm ϕ /43mm ϕ 盲付の標準形のほかに 55mm ϕ 盲なし, 57mm ϕ /43mm ϕ 盲付および全部盲の計 4 種の場合を実験した。

図34および図35は、スワーラの燃焼効率に及ぼす影響を調べたものである。図34によると、スワーラ 55mm ϕ /43mm ϕ 盲付と 57mm ϕ /43mm ϕ 盲付の比較では、55 ϕ のほうがすぐれている。この差は、予熱した場合のほうが少ない。図35は、55mm ϕ /43mm ϕ 盲付, 55mm ϕ 盲なし, および全盲の場合の比較である。図中、スワーラ全盲の

記号	スワーラ	No	P_1	U_T
—○—	55 ϕ 43 ϕ 盲	7012S~7017S	1.15~1.18	19~19.8
---x---	57 ϕ 43 ϕ 盲	7023S~7028S	1.19~1.20	19.2~21.2

分流板：入口巾 4mm
ライナ：CC10S-1



(予熱燃器使用)

記号	スワーラ	No	P_1	U_T
—○—	55 ϕ 43 ϕ 盲	7018S~7022S	1.2~1.24	28.3~28.6
---x---	57 ϕ 43 ϕ 盲	7029S~7033S	1.21~1.23	27.5~28.1

分流板：入口巾 4mm
ライナ：CC10S-1

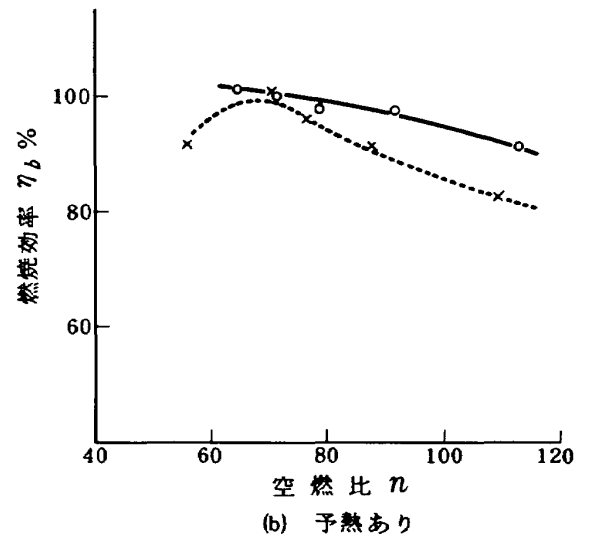


図 3 4 スワーラの燃焼効率に及ぼす影響 (1) - 55 ϕ /43 ϕ 盲付と 57 ϕ /43 ϕ 盲付の比較

記号	スワーラ	No	P_1	U_T
○	55 ϕ 43 ϕ 盲	7001S~7006S	1.147~1.179	22.0~22.7
△	全盲	7034S~7038S	1.146~1.167	17.6~18.4
×	55 ϕ	7048S~7054S	1.151~1.186	19.45~20.14
備考	分流板入口幅 2.0mm, ライナ：CC10S-1 予熱なし			

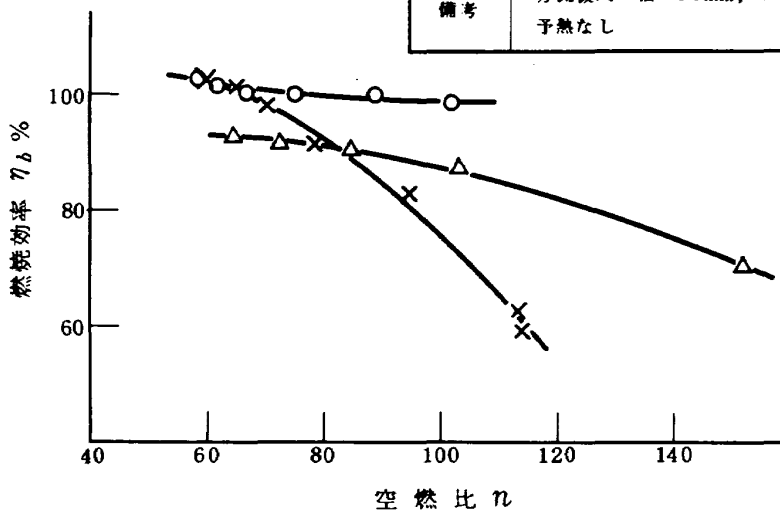


図 3 5 スワーラの燃焼効率に及ぼす影響 (2) - 55 ϕ スワーラ 43 ϕ 盲付と盲なし, および全盲の比較

場合の最大断面平均風速は、他のものより低くなっているが、図29から、風速を他の例の値まで高めると、燃焼効率にはさらに低下すると予測される。スワラ 55mm ϕ 盲なしの結果は、J Rシリーズの燃焼器で得た、空燃比の小さな範囲で燃焼効率の低下する傾向¹¹⁾と逆である。これから、スワラ盲付の効果は、ライナ幅とスワラ外径との関係によってかわると推定される。

以上の結果では、スワラとして 55mm ϕ /43mm ϕ 盲付がもっとも適している。

スワラの出口温度分布形に及ぼす影響は、図28のようなものであった。

スワラの出口温度不均一率に及ぼす影響を図36および図37に示す。スワラ 55mm ϕ と 57mm ϕ 、いずれも 43mm ϕ 盲付の比較では、55mm ϕ のほう不均一率が小さく、すぐれている。55mm ϕ /43mm ϕ 盲付と盲なし、全盲の比較では、全盲 \rightarrow 55 ϕ 盲なし \rightarrow 55 ϕ /43 ϕ 盲付の順に不均一率が小さくなる。この結果でも55mm ϕ /43mm ϕ

盲付が、もっとも良いといえる。

4.5 CC10S-2の実験結果

ライナ空気孔と燃料噴射弁の相対位置として、CC10S-1は、横方向(円周方向に対応)に空気孔中心と噴射弁中心が一致する形のものであるが(図3)、実機への適用を考えると、ライナ止めピンや点火プラグの円周方向位置を空気孔中心と合せないよう、かつ噴射弁中心とも合わないようにすることが望ましく、この点から空気孔中心を $\frac{1}{2}$ ピッチ横方向にずらした形のライナをCC10S-2として製作した。これについての燃焼実験結果を以下に示す。

4.5.1 最大断面平均風速の効果

スワラに 55mm ϕ /41.5mm ϕ 盲付、56mm ϕ /43mm ϕ 盲付およびスワラ全部盲にしたものの3種類について得た結果を図38~図40に示す。

ここで、図38から図40までの実験点のうち、燃焼効率が100%を超えているもののあることについて検討して

記号	スワラ	予熱	No.	P_1	U_T
—○—	55 ϕ 43 ϕ 盲	なし	7012S~7017S	1.15~1.18	19 ~19.8
—X—	57 ϕ 43 ϕ 盲	なし	7023S~7028S	1.17~1.2	19.2~21.2
---○---	55 ϕ 43 ϕ 盲	あり	7018S~7022S	1.2 ~1.24	28.3~28.6
---X---	57 ϕ 43 ϕ 盲	あり	7029S~7033S	1.21~1.23	27.5~28.1

分流板入口幅 4mm
ライナ: CC10S-1

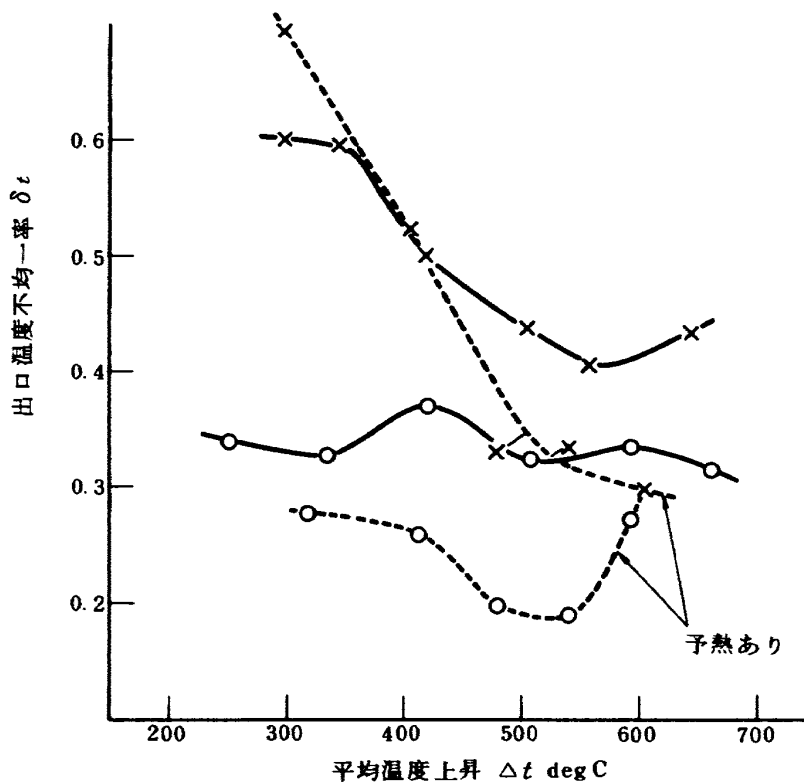


図36 スワラの出口温度不均一率に及ぼす影響 (1) 55 ϕ /43 ϕ 盲付と 57 ϕ /43 ϕ 盲付の比較

記号	スワーラ	No	P_t	U_r
○	55φ43φ盲	7001S~7006S	1.147~1.179	22.0~22.7
△	全盲	7034S~7038S	1.146~1.167	17.6~18.4
×	55φ	7048S~7054S	1.151~1.186	19.5~20.1
備考	分流板入口幅 2mm, ライナ: CC10S-1 予熱なし			

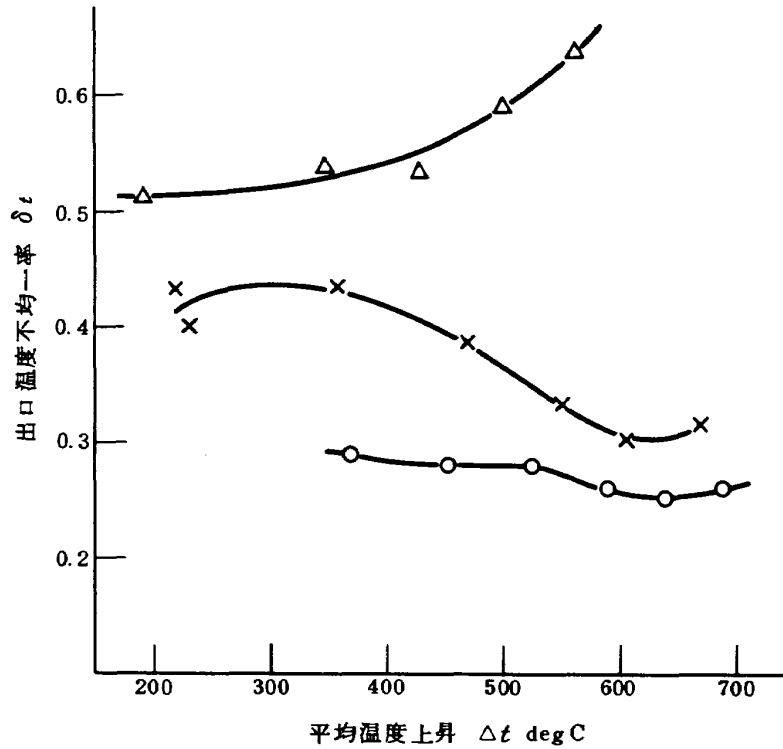


図 3 7 スワーラの出口温度不均一率に及ぼす影響 (2) - 55φ/43φ盲付と盲なし, 全盲の比較

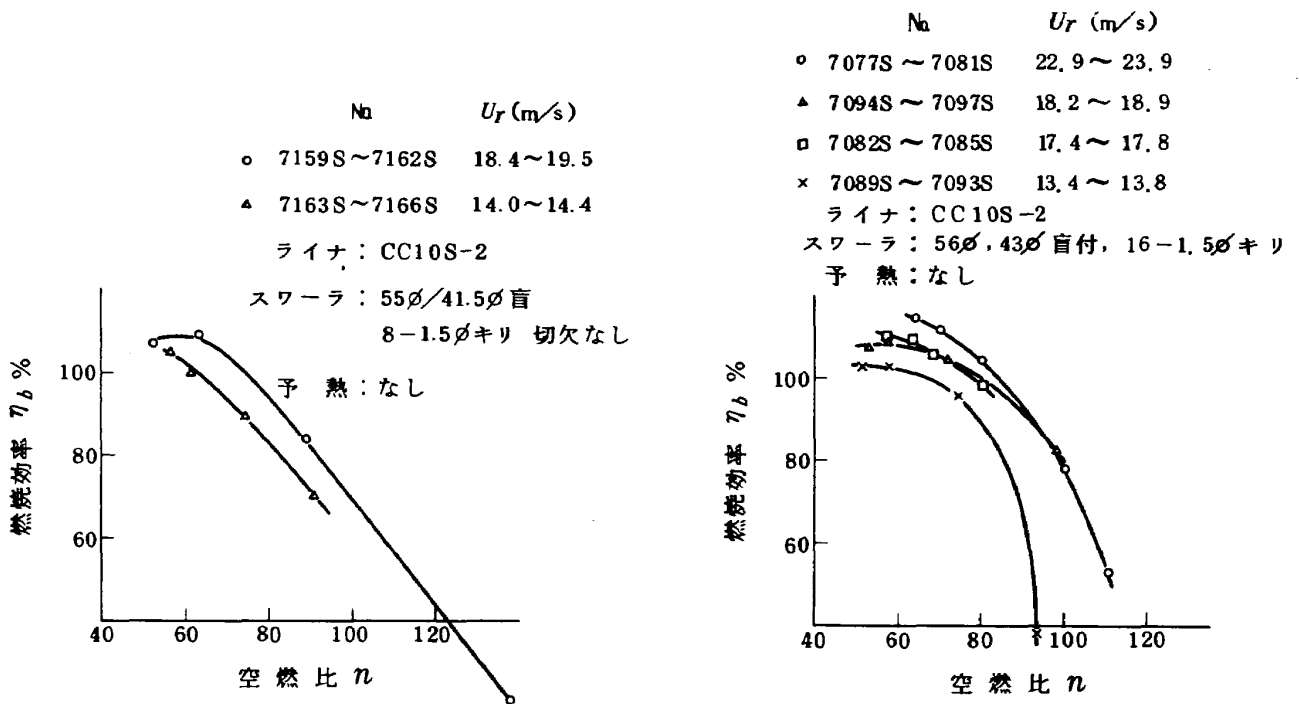


図 3 8 最大断面平均風速の燃焼効率に及ぼす影響 (1)

図 3 9 最大断面平均風速の燃焼効率に及ぼす影響 (2)

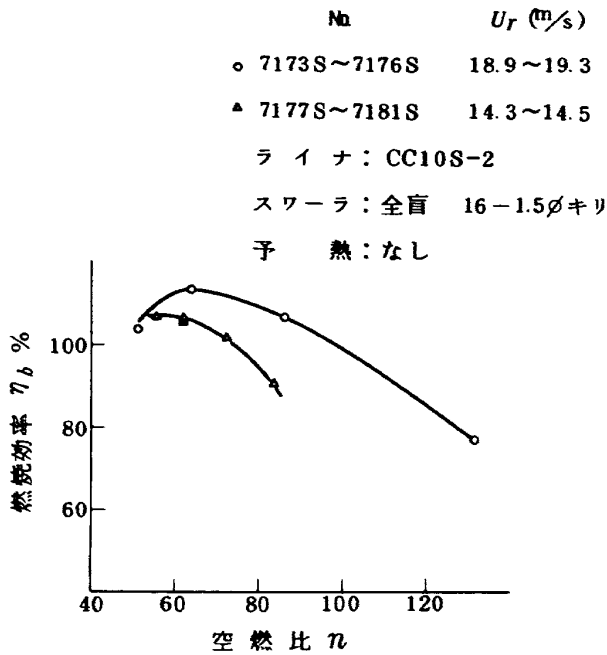


図40 最大断面平均風速の燃焼効率に及ぼす影響(3)

みる。

燃焼効率 η_b の計算は、次式によった。

$$\eta_b \% = \frac{(1+n) i_2 - n i_1}{H_u} \times 100$$

ここに、 n : 空燃比 G_a kg/s / G_f kg/s

i_2 : 燃焼器出口の算術平均温度の燃焼ガスの
エンタルピ kcal/kg

i_1 : 入口空気のエンタルピ kcal/kg

H_u : 燃料の低位発熱量 10,250 kcal/kg

流量の測定誤差は、空気側1%, 燃料側1.5%程度で大きなものではなく、問題は出口温度測定にある。これは、出口温度のばらつきの大きい場合ほど精度が低下し、これまでの経験から推定すると、燃焼効率高めの方に出るようである。出口温度のばらつきの一つの指針として、出口温度不均一率を求めたものを図41および図42に示す。出口温度測定計器としてフルスケール1,000℃のものをを用いたため、これから算出される不均一率値以上にはならず、この限界も図に記入した。両図からみると、平均温度上昇600degC以上で、ピーク温度が1,000℃以上になり、ばらつきの大きなことがわかる。この原因として、実験後期にて、燃料噴射弁内部が磨耗し、噴霧の不均一の生じていたことが考えられる。このため、実験結果の絶対値についての信頼性には欠けるところがあるが、同時期に実験した場合、傾向のかわるほどではないと判断して実験を進めた。

図38から図40までの結果では、いずれも風速の大きなきのほうが、燃焼効率が高くでている。スワラ全部

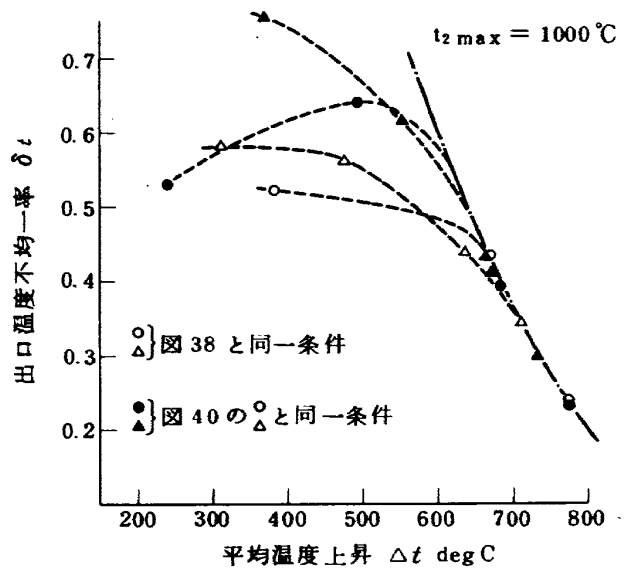


図41 最大断面平均風速の出口温度不均一率に及ぼす影響 (1)

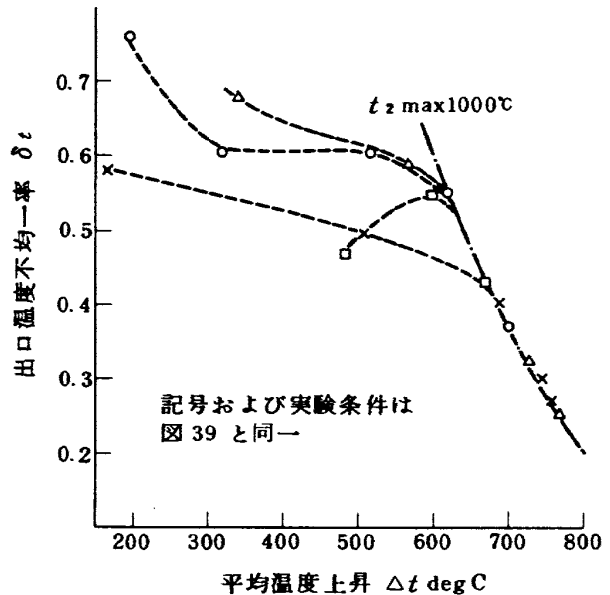


図42 最大断面平均風速の出口温度不均一率に及ぼす影響 (2)

盲の場合も同様な傾向を示し、CC10S-1で得た結果とことなっている。この理由は明らかでないが、いずれにしてもライナ空気孔横方向(円周方向に対応)位置をかえたことによる流れ模様の変化に基くもので、この影響はあるといえる。なお、風速の出口温度分布形に及ぼす影響として、風速の大きなきのほうが、分布の一樣になる傾向を示すが、顕著なものではない。

4.5.2 入口空気温度の効果

CC10S-2の場合もCC10S-1で得た結果と同様、入口空気温度を40℃程度から200℃程度まで高めても燃焼効率、出口温度分布ともほとんど影響が現われなかった。

	No	U_T	n	スワラ
○	7096S	18.3	57.8	56φ43φ盲, 16-1.5φキリ
△	7160S	18.4	63.4	55φ41.5φ盲, 16-1.5φキリ
×	7174S	19.1	64.3	全盲, 16-1.5φキリ

	No	U_T	n	スワラ
○	7092S	13.6	57.9	56φ43φ盲, 16-1.5φキリ
△	7163S	14.0	61.3	55φ41.5φ盲, 16-1.5φキリ
×	7179S	14.3	61.7	全盲, 16-1.5φキリ

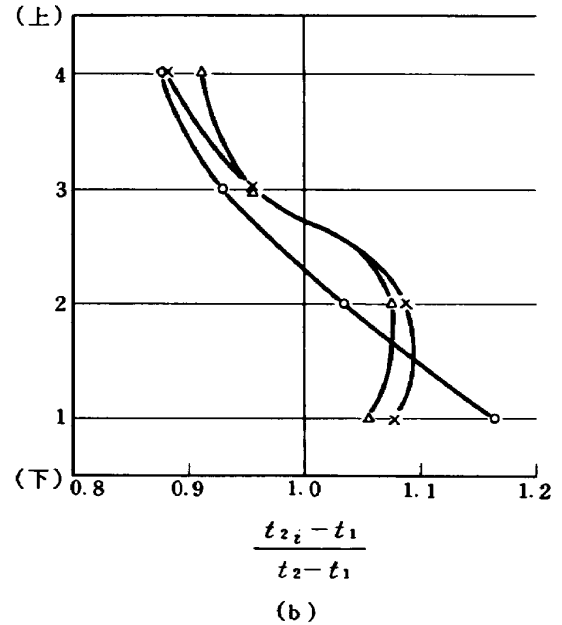
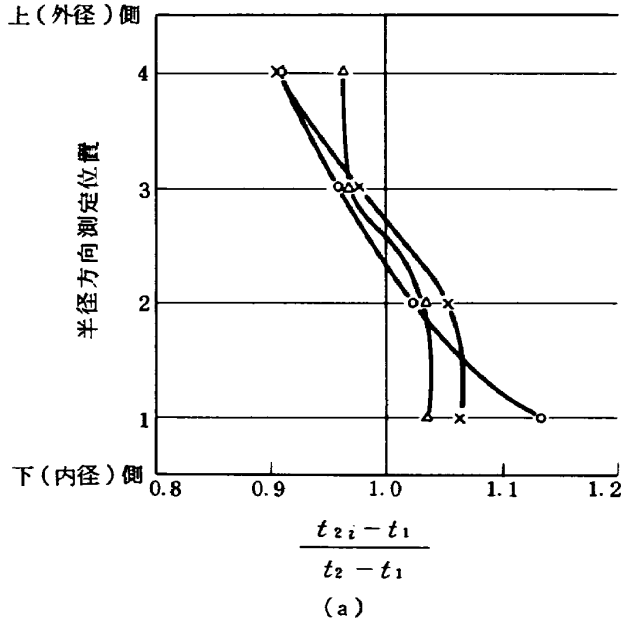


図 4 3 スワラの出口温度分布へ及ぼす影響

4.5.3 スワラの効果

図38および図39で比較すると、スワラ 55mmφ/41.5mmφ盲付と 56mmφ/43mmφ盲付では、ほぼ同一の性能になる。図40のスワラ全部盲の場合は、スワラ付の場合よりむしろ燃焼効率が低い。図41および図42の出口温度不均一率で比較すると、あまり大きな差はないが、スワラ 55mmφ がもっとも良く、次が56mmφ、ばらつきの大きなのが全部盲、の順になる。

スワラによる出口温度分布の変化を図43に示す。スワラ 55mmφ/41.5mmφ盲付と 56mmφ/43mmφ盲付とはあまり差はないが、55mmφ のほうがいくぶんフラットに近い。スワラ全部盲では、下(内径)側の温度が高くなっている。いずれも所要の分布形とは、大分違うが、一様化ということの一つの見方とすれば、スワラの適否は、出口温度不均一率の場合と同じになる。

4.5.4 燃料噴射弁(プライマリノズル)から空気を吹出した効果

燃料をメインノズルのみから噴射し、プライマリノズルから空気を吹出した場合を実験した。これは、燃料流量の少ないときの微粒化促進、噴霧角の調整および噴射弁近傍への空気の供給などの効果を考えてものである。実験結果を図44および図45に示す。図44の燃焼効率の特性は、前出の結果とこととなっているが、これは、プライ

	No	◎より空気	U_T m/s
○	7096-7103S	あり	13.2-13.9
△	7100-7114S		18.4-19.2
●	7104-7107S	なし	13.4-12.7
▲	7115-7116S		18.6-19.3

スワラ: 56φ/43φ盲, 8-1.5φキリ, 8-2.5φキリ
 ライナ: CC108-2
 t_1 : 29-44°C
 ◎のみ Jet A-1

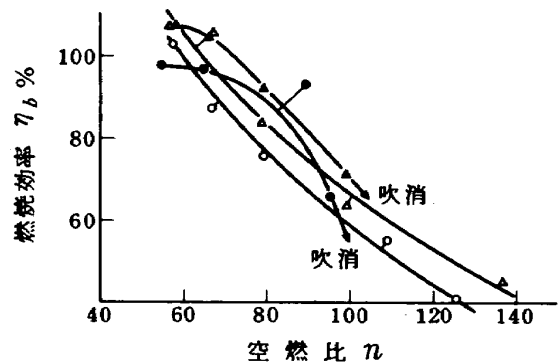


図 4 4 プライマリノズルから空気を吹出したときの燃焼効率

マリノズルからの燃料噴射の有無に基くもので、メインノズルのみでは、噴霧粒径が大きく、特に空燃比の大きな範囲の燃焼効率低下がいちぢるしい、という傾向の現れたものである。

火炎の観察によると、空気吹出しの効果は明らかにあり、燃料噴射弁近傍の火炎状態の改善がみられたが、全

	№	②より空気	U_f m/s	n
○	7105 S	なし	13.5	65.0
●	7102 S	あり	13.7	66.4
△	7116 S	なし	18.7	66.8
▲	7113 S	あり	18.6	67.2

スワラ : 56 ϕ /43 ϕ 盲, 8-1.5 ϕ キリ, 8-1.5 ϕ キリ 8-2.5切欠
 ライナ : CC10S-2
 $t_1 = 35 \sim 44^\circ\text{C}$
 ◎のみ Jet A-1

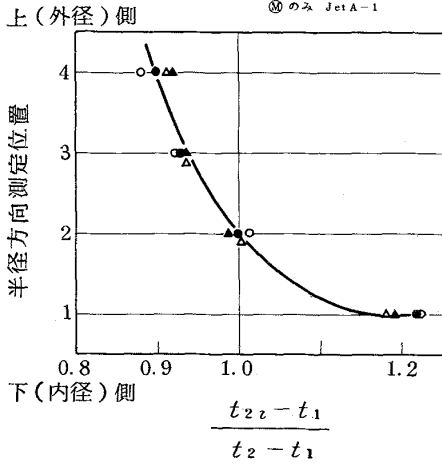


図 4 5 プライマリノズルから空気を吹出したときの出口温度分布

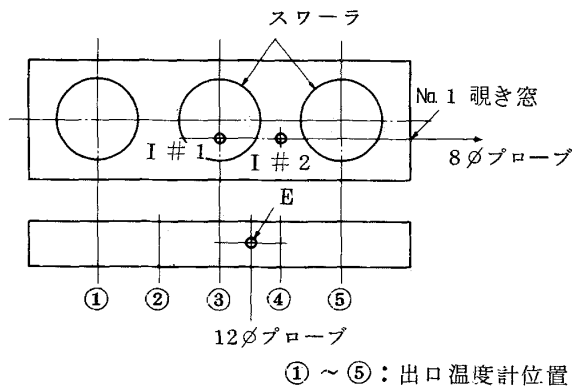


図 4 6 分析用ガス採取位置

体性能としては、吹消え点の改善以外に、効果は現われていない。図45の温度分布の形は、スワラ全部盲のときの形に近くなっている。この分布形に及ぼす空気吹出しの効果、風速をかえた影響は、全くない。

4.5.5 NO_x の測定結果

排ガス組成に関して、高圧燃焼器では、特にNO_x が問題になると予想され、これを対象にガス分析を行なった。分析ガス採取位置は、燃焼器内部(I)と出口(E)の2か所である。I-位置は、図5に半分ほど見える覗き窓位置で横(円周)方向にスワラ中心位置(#1)とスワラ中間位置(#2)に設定した(図46)。E-位置は、出口温度測定断面の、スワラ中心から1/4ピッチずれた位置である。ガス採取プローブは、I-位置に外径8mm ϕ のステンレス水冷管、E-位置に外径12mm ϕ のステン

レス水冷管のものを用いた。サンプリング系は、テフロンチューブで接続し、加熱はしてない。

分析計には、NOおよびNO_xの測定に柳本製作所製化学発光式窒素酸化物濃度測定器、NO₂の測定に堀場製作所製のNDUV、O₂の測定にServomex社の磁気式酸素計を用いた。

標準のスワラ 55mm ϕ /43mm ϕ 盲付を用いたときの結果を図47~図49に示す。実験点が少なく、またデータがばらついているため詳細な検討はできないが、次のような傾向をみる事ができる。

- (1) 最大断面平均風速 $U_f = 14 \text{ m/s}$ と 19 m/s の差は少ない。
- (2) 燃焼器内部(測定位置 # 1 について)では、NO₂ より NO のほうが多いが、出口では反対にNO₂ のほ

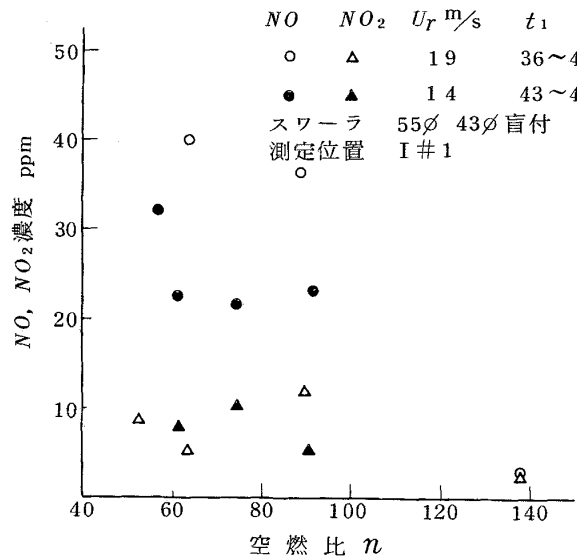


図 4 7 燃焼器内部のNO_x 濃度 - I

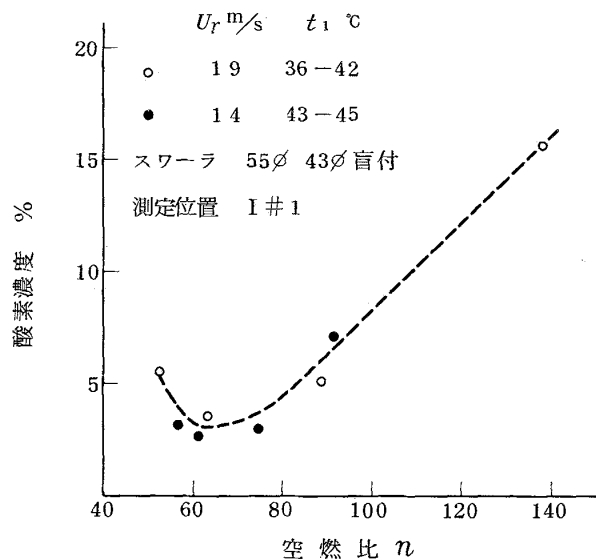


図 4 8 燃焼器内部の酸素濃度 - I

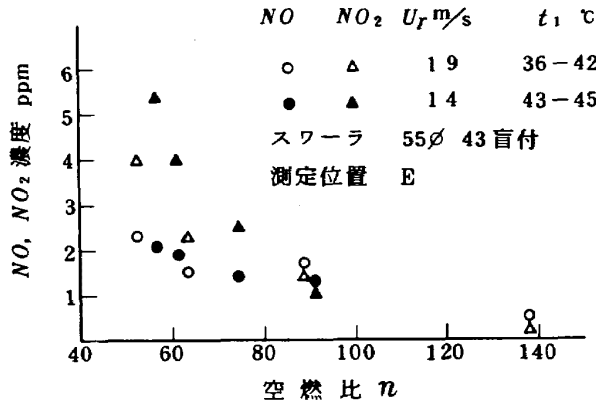


図 4 9 燃焼器出口の NO_x 濃度 - I

うが多い。

- (3) NO_x は、空燃比増加とともに減少する傾向をもつ。
- (4) NO_x を $NO + NO_2$ として予備実験結果の図25と比較すると、このデータのほうが NO_x は少ない。
- (5) 図48から、空燃比 $n = 60-70$ 付近に残留酸素濃度の最少値がみられる。

上記(4)の理由は明らかでないが、ライナ空気孔位置の修正程度の事柄でも NO_x 濃度の変化のあることがわかる。(5)の理由として、最少値を示す空燃比より小さなところでは、局所的に燃料過濃になって不完全燃焼を起こす(酸素消費効率の低下)ためとみられる。¹²⁾ この酸素濃度最少値が3%程度と予想より大きな値になっている理由として、流れの乱れが大きく、ある瞬間は酸素濃度0のガス、ある瞬間は不完全燃焼による残留酸素を含むガスが交互に流れ、この平均値をとったためというかたちで説明できる。

図50-図52は、スワローラ全部盲の場合の結果である。燃焼器内部の NO_x 濃度は、スワローラ付の場合と大差ない。燃焼器出口の NO_x 濃度の傾向は、スワローラ付の場合と似ているが、値はいくぶん低めである。図51の酸素濃度は、図48といちぢるしく異っている。すなわち、スワローラ全部盲の場合のほうがスワローラ付の場合より残留酸素量が多い。この原因として、次の事柄が考えられる。

- (1) スワローラ全部盲のとき、スワローラ付のときから流れ模様が変化して、一次燃焼領域に多量の空気が流入するため。
 - (2) 燃料噴射弁噴孔近傍の流れ模様が変化して、燃料噴霧の分散が変化するため。
 - (3) 燃料過濃による不完全燃焼が起きているため。
- このうち、(1)は常識では考えにくい。(3)が起きているとすると、温度低下に基づく NO_x の減少がみられるはずであり、また、出口側で測定した燃焼効率の低下が現われる

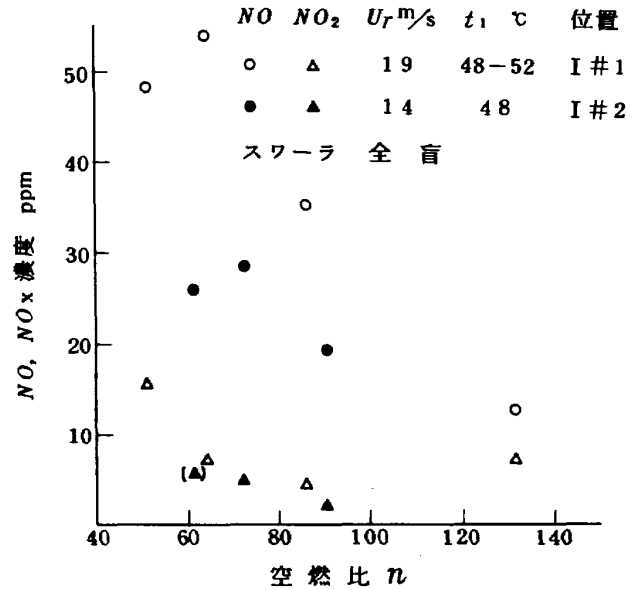


図 5 0 燃焼器内部の NO_x 濃度 - II

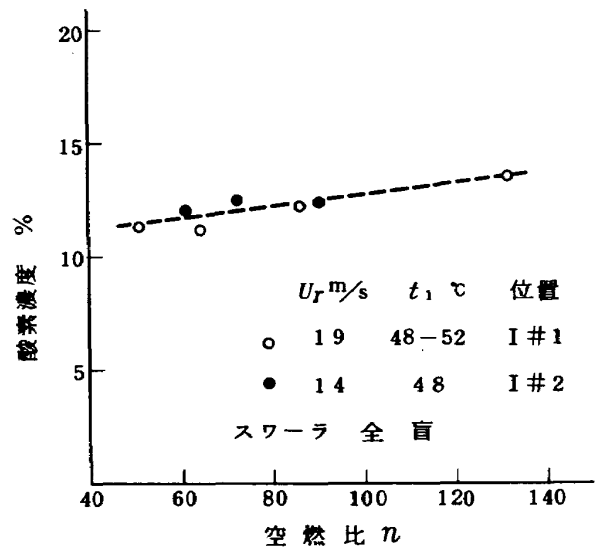


図 5 1 燃焼器内部の酸素濃度 - II

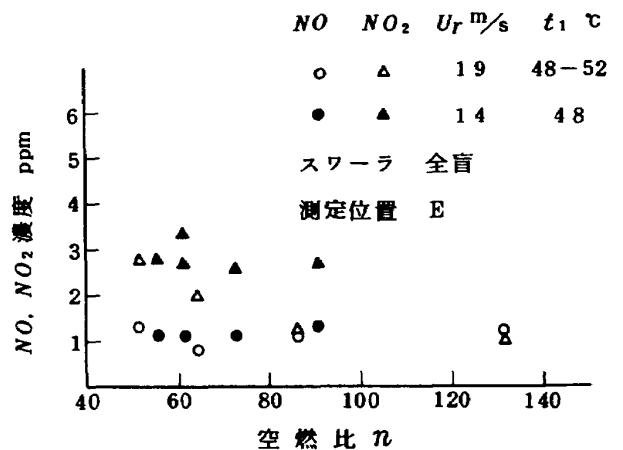


図 5 2 燃焼器出口の NO_x 濃度 - II

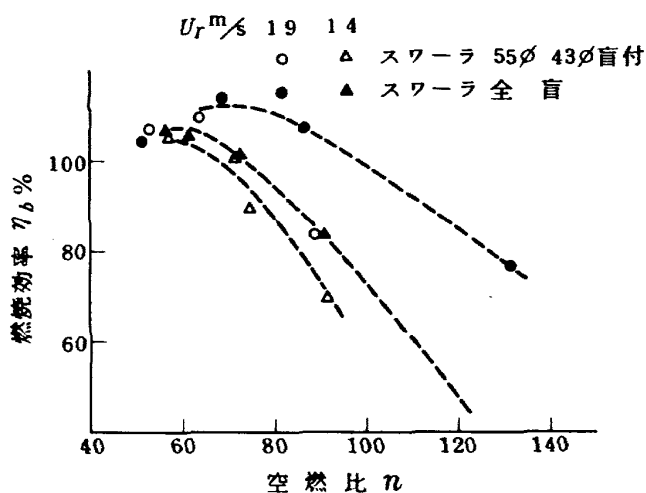


図53 NOx測定時の燃焼効率特性

はずである。図47と図50の比較および図53によると、その傾向は全くなく、燃焼器内部計測位置で不完全燃焼が起きているとは考えられない。そこで、(2)による実質的な空燃比増加と判断するのが適当なようである。

NOx測定結果一覧表を付表2に示す。

4.6 CC10S-3~5の実験結果

ライナ第1列空気孔の主流方向位置の影響を調べるため、第1列空気孔中心がスワラ取付板から70mmの位置にある原型から、約7.5mm上流側に移したものと下流側に移したものを実験した。第2列目の空気孔も、第1列目と同様に移動させた。希釈空気孔は、都合によって

CC10S-1を流用したため、主流方向位置はかわらず、その上流側の空気孔と1/2ピッチ横(円周)方向にずれた形になった。このため、ライナ名称を空気孔主流方向位置原型についてCC10S-3とし、上流側へ移動させたものを10S-4、下流側へ移動したものを10S-5とした。

4.6.1 流れ模様の測定

ライナCC10S-4にスワラ 55mmφ/43mmφ 盲付を用いたときの結果を図54~図57に示す。ライナCC10S-5に同一のスワラを用いたときの結果を図58~図61に示す。図54と図58では、一次燃焼領域内の流れ模様に大差ないが、図55と図59では空気孔位置の差に基くちがいが明らかに現われている。図56と図60では、スワラ近傍は同一であるが、第1列空気孔部分で空気孔位置のずれに相当するちがいがあ。図57と図61を比較するとスワラ近傍にすでに差異がみられる。ライナCC10S-3については、CC10S-2と大差ないものとみて測定を省略した。

4.6.2 燃焼特性

CC10S-3~5の燃焼効率特性を図62および図63に示す。空気孔位置を上流側へ移したCC10S-4は、燃焼効率が低めである。CC10S-3とCC10S-5の差はほとんどない。強いて判断すれば、CC10S-3のほうが良いといえようか。出口温度分布を図64に示す。これはいずれのライナの場合も同一である。

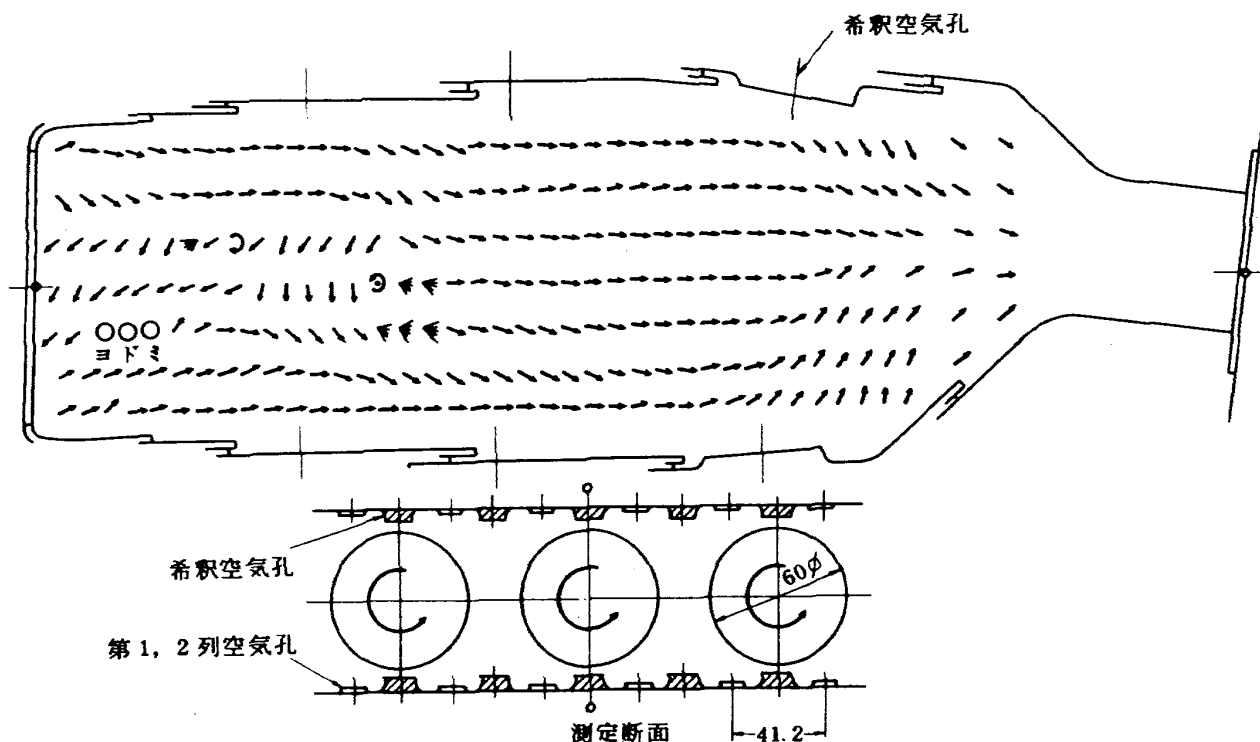


図54 ライナ内部の流れ模様(CC10S-4)-I

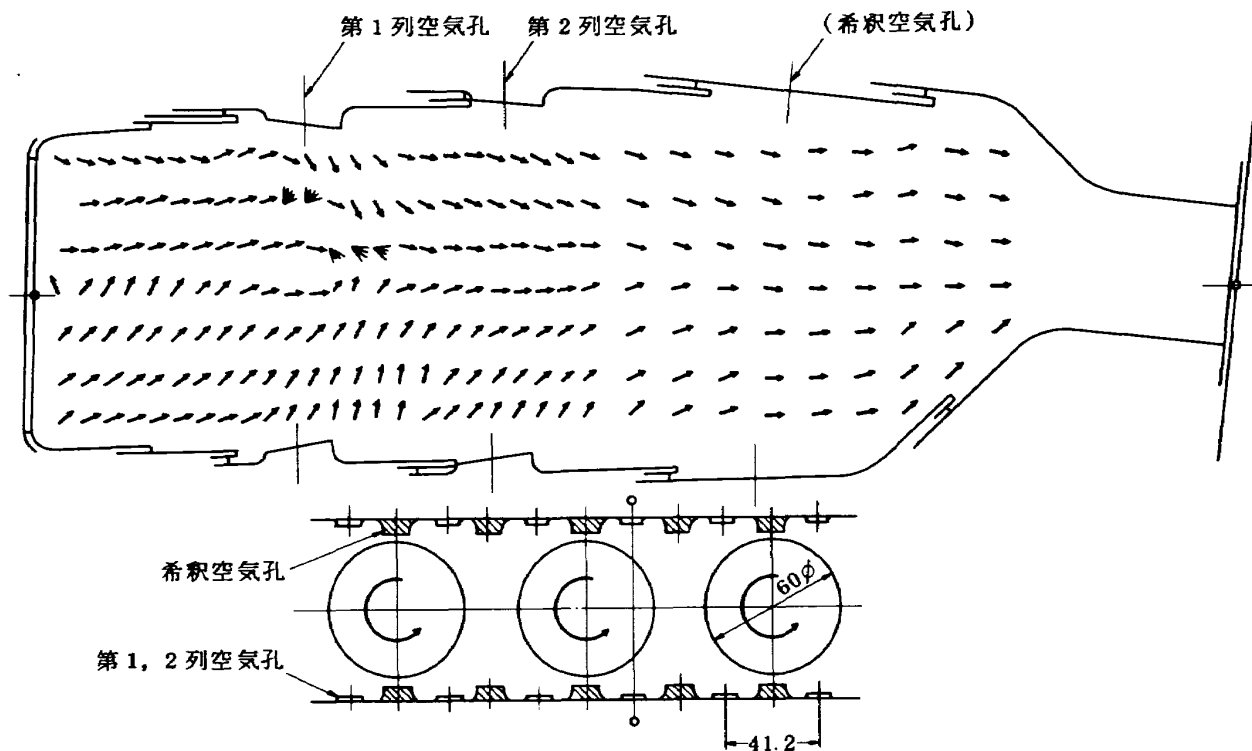


図 5 5 ライナ内部の流れ模様 (CC10S-4) - II

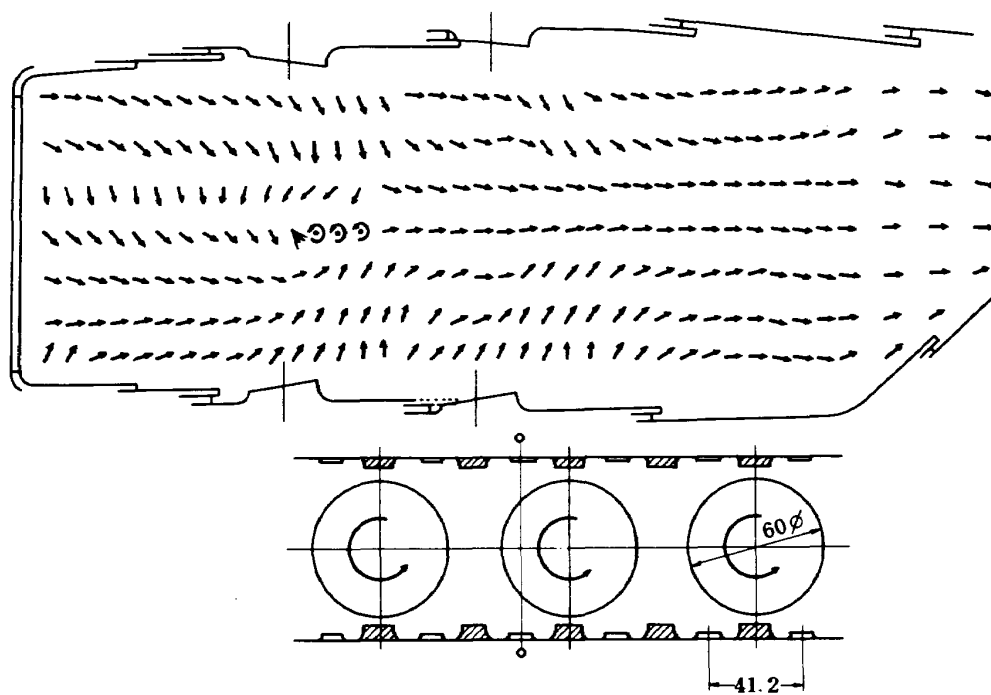


図 5 6 ライナ内部の流れ模様 (CC10S-4) - III

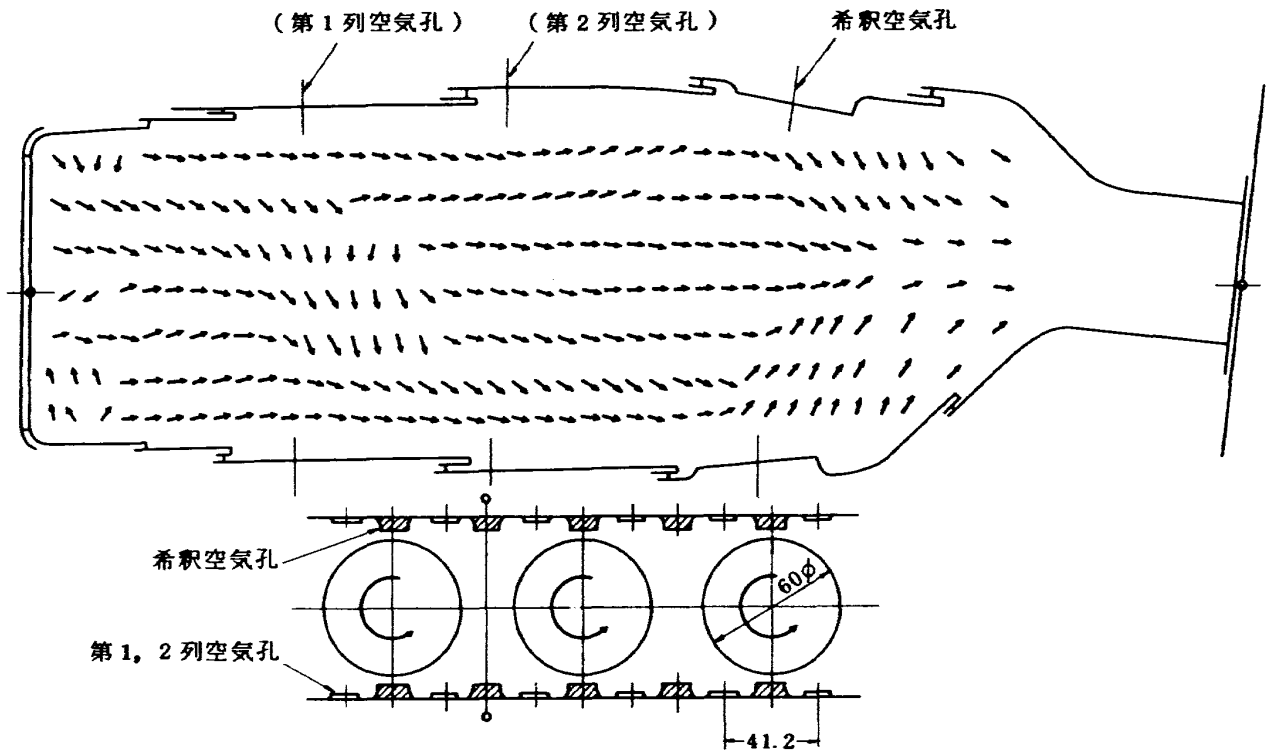


図57 ライナ内部の流れ模様(CC10S-4)-IV

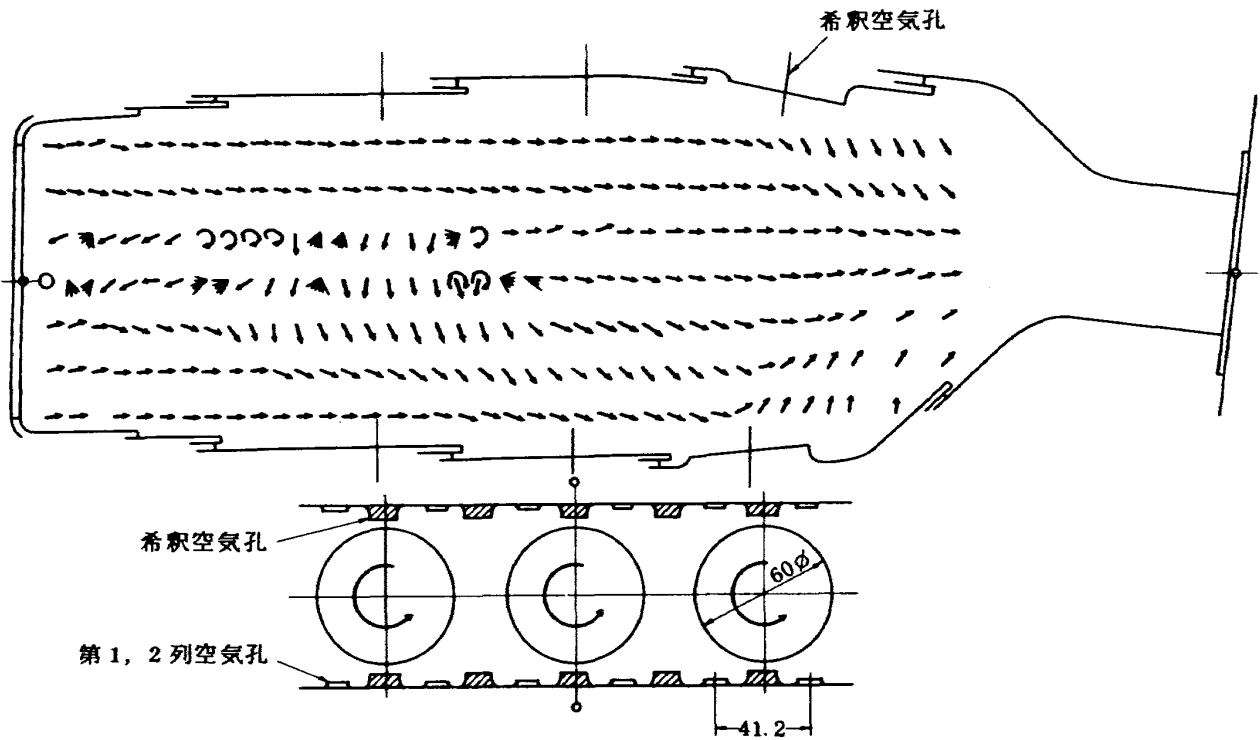


図58 ライナ内部の流れ模様(CC10S-5)-I

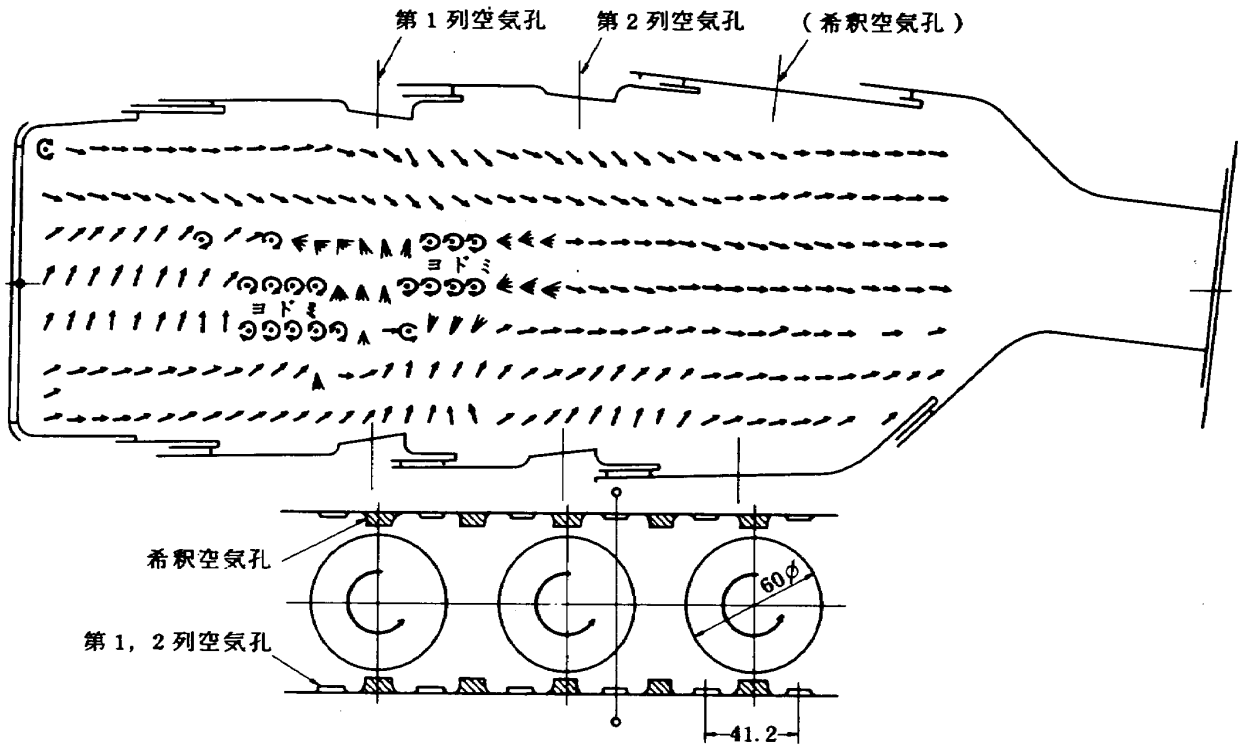


図 5 9 ライナ内部の流れ模様 (CC10S-5) - II

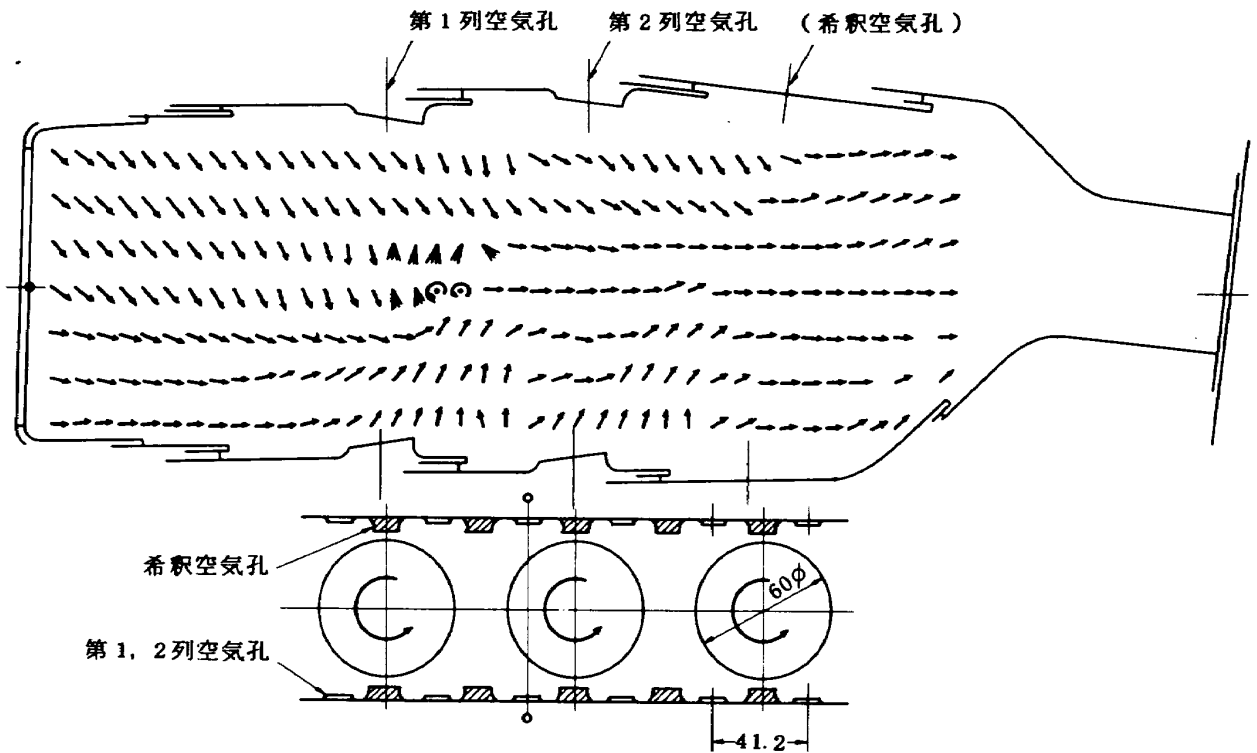


図 6 0 ライナ内部の流れ模様 (CC10S-5) - III

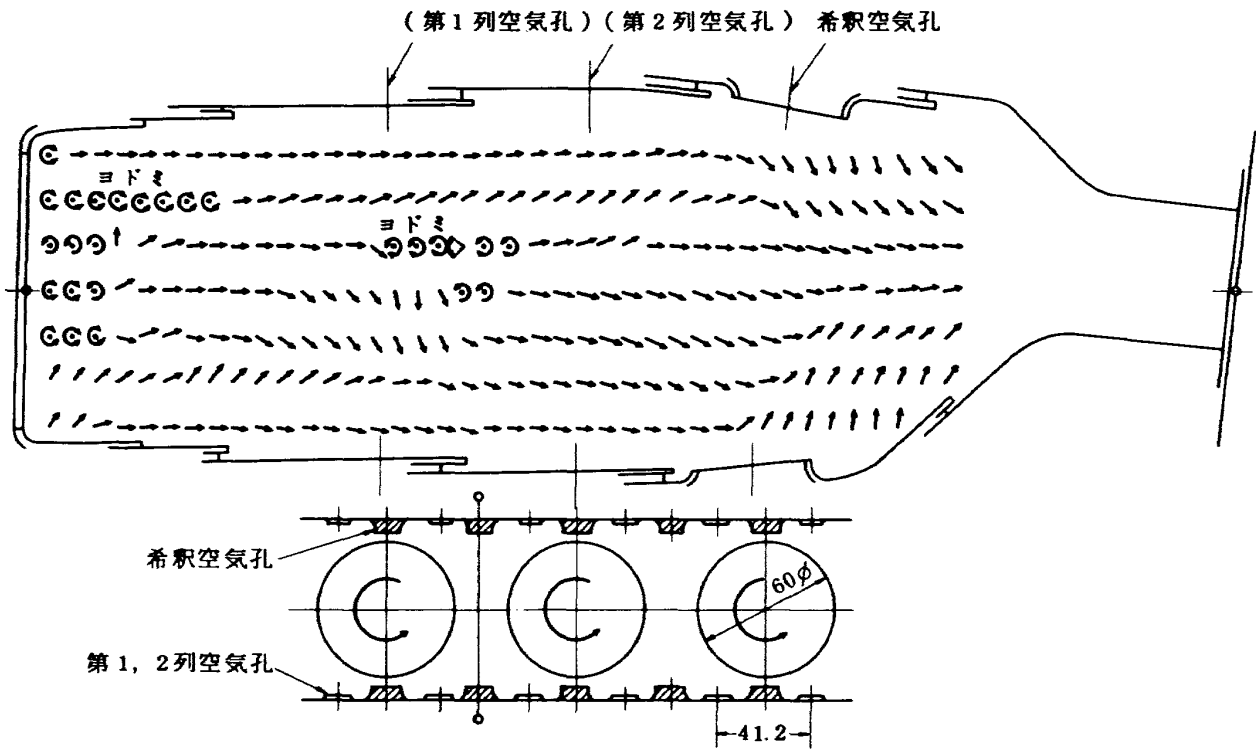


図 6 1 ライナ内部の流れ模様 (CC10S-5) -IV

スワラ : 55φ43φ盲 24-1.5φキリ, 8-2.5切欠

- CC10S-3 ライナ 第1, 2列空気孔軸方向位置原型
- △ CC10S-5 ライナ " " 下流へ7.5mm移動
- CC10S-4 ライナ " " 上流へ7.5mm移動

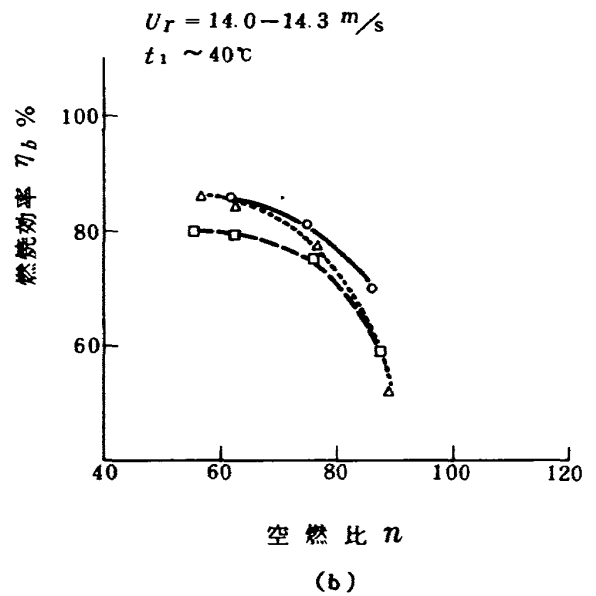
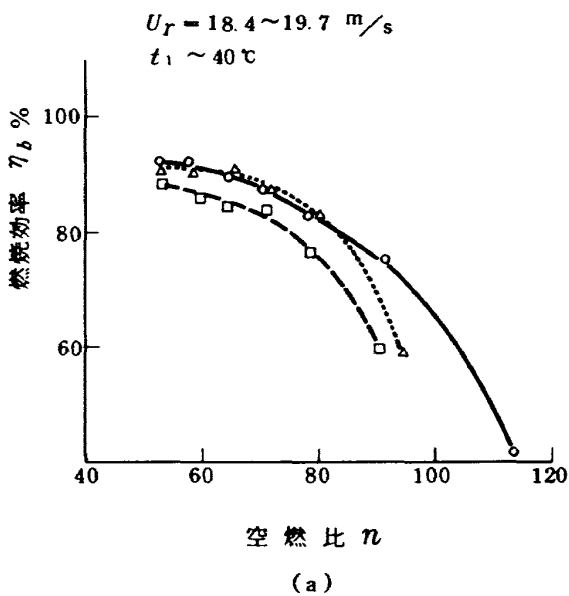


図 6 2 ライナ空気孔位置の燃焼効率へ及ぼす影響 (1)

スワローラ : 55φ/43φ盲 24-1.5φキリ, 8-2.5 切欠

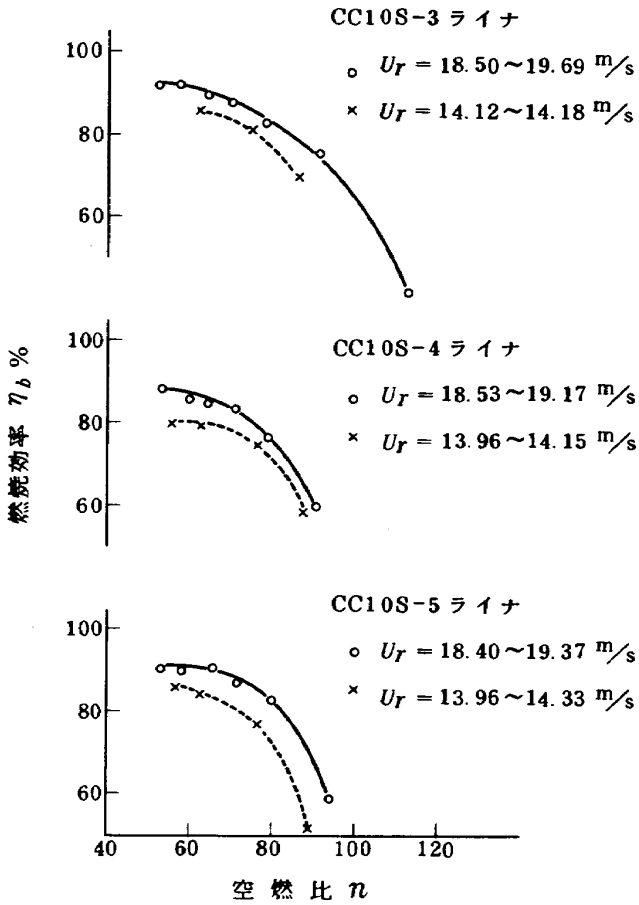


図 6 3 ライナ空気孔位置の燃焼効率へ及ぼす影響(2)

スワローラ : 55φ/43φ盲 24-1.5 キリ, 8-2.5 切欠

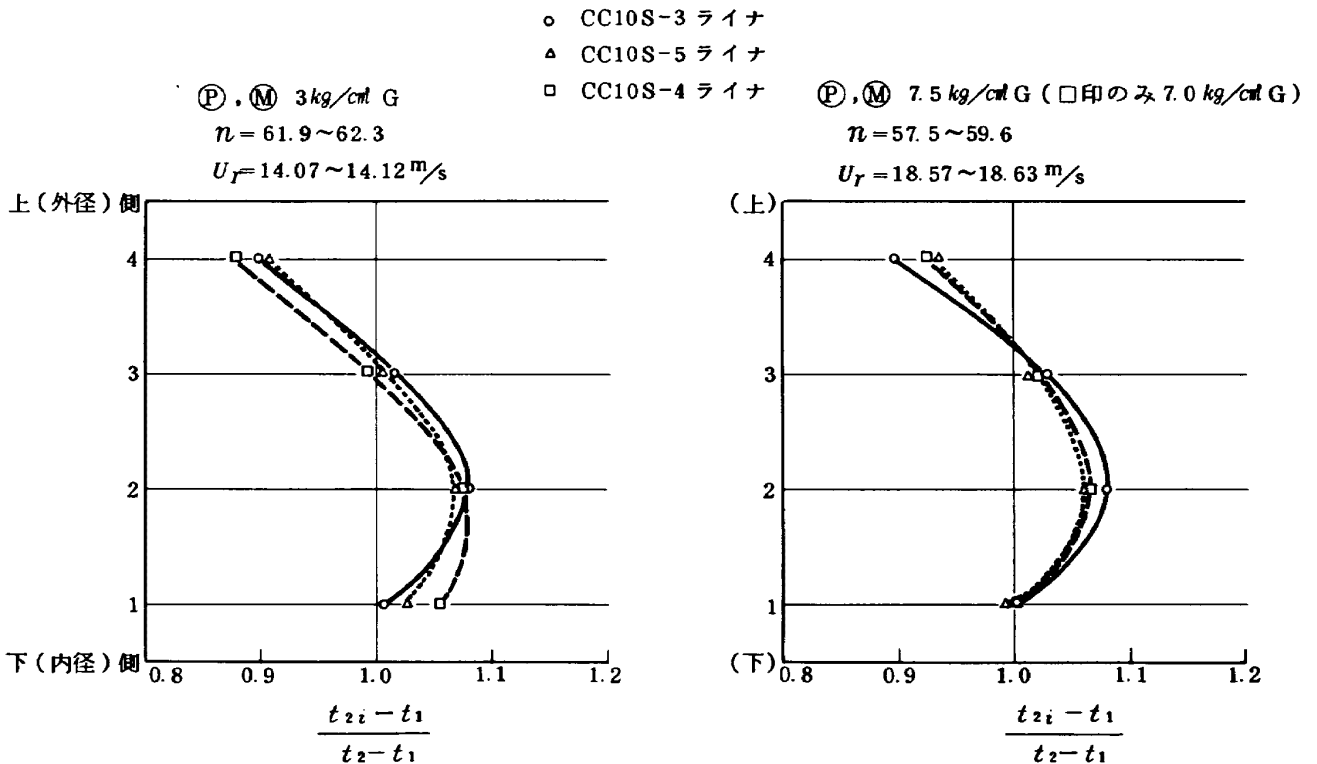


図 6 4 ライナ空気孔位置の出口温度分布へ及ぼす影響

5. 結果のまとめ

高圧燃焼器の箱形模型を製作して、大気圧燃焼実験を行なった。その結果、次の事柄が判明または推定された。

- (1) 燃焼効率特性は、JR シリーズのエンジンの燃焼器のものとなり、効率の最良値が空燃比の小さな側にでた。これは主に、スワローラの開口面積比を大きくとったためとみられる。
- (2) 予熱燃焼器を用い、入口空気温度を約40℃から200℃程度まで高めてみたが、燃焼効率その他の特性に及ぼす効果は少なかった。
- (3) 分流板入口幅をかえ、スワローラから流入する空気量をかえた影響は、入口空気温度によってかわる。
- (4) スワローラ単独特性の燃焼効率に及ぼす影響は、ライナ幅の大小によってかわる。実験したスワローラのうちでは、燃焼効率や出口温度分布、出口温度不均一率からみて55mmφ/43mmφ盲付がもっとも適している。
- (5) スワローラをかえると出口温度上下方向(半径方向に対応)の分布形がかわる。
- (6) ライナ空気孔を横方向(円周方向に対応)に½ピッチずらしたものは、燃料噴射弁のまよりから確度の高い比較はできなかったが、流れ模様の変化から燃焼効率特性に差異が生ずる。また、この空気孔位置によって、スワローラの影響度が変化した。

- (7) ライナ第1列空気孔の主流方向位置には最良の箇所があり、原位置または、この少し下流側位置付近が最良であった。これはスワロー有効外径55mmの1.3倍ほどスワロー取付位置からはなした箇所になる。
- (8) プライマリノズルから空気を吹出すことの効果は、空燃比の大きな、燃料噴射圧力の低い範囲にはあるが、その他では少ない。
- (9) NO_x の排出は、絶対値として少なく、 NO より NO_2 のほうが多い。
- (10) 燃焼器内部(一次燃焼領域内)の NO_x 測定によると、少くとも測定箇所では、 NO が多く NO_2 が少ない。 NO_x は空燃比減少とともに増加する。
- (11) NO_x の排出は、ライナ空気孔配置やスワローなどによって複雑に変化し、 NO_x と同時に他の成分も測定しないと充分な検討ができない。

6. 謝 辞

終りにあたり、燃焼器模型の設計および初期の燃焼実験に協力された当時東海大学学生の上原理人、秦雅夫両君に感謝の意を表わす。

7. 文 献

- 1) 鈴木邦男, 石井浅五郎; 航空用ガスタービンの高圧形燃焼器の予備実験, 航技研資料 TM-228 (1972-7)
- 2) 大塚貞吉, 鈴木邦男, 相波哲朗, 石井浅五郎, 広瀬健樹; 高負荷燃焼器の一次燃焼領域の研究, 航技研報告 TR-143 (1967-10)
- 3) 鈴木邦男, 田丸卓, 堀内正司, 斎藤隆; ガスタービン燃焼器, 航技研報告 TR-208 (1970-9)
- 4) 鈴木邦男, 石井浅五郎, 山中国雍, 長門侃二; 高圧燃焼器の研究 I - 先行試験用アニューラ形燃焼器の設計, 航技研資料として発表の予定。
- 5) D. Briehl and L. Papathakos; Use of an Air-Assist Fuel Nozzle to Reduce Exhaust Emissions from a Gas-Turbine Combustor at Simulated Idle Conditions, NASA TN D-6404 Aug. 1971.
- 6) 大塚貞吉, 鈴木邦男, 松本宏, 石井浅五郎, 広木強, 山中国雍; 高負荷燃焼器(アニューラ模型)の実験結果, 航技研資料 TM-44 (1964-12)
- 7) 大塚貞吉, 福田広, 相波哲朗; 高負荷燃焼器の箱形模型による実験(Ⅱ), 航技研報告 TR-126 (1967-2)
- 8) 鈴木邦男, 石井浅五郎; 高圧燃焼器の研究(Ⅱ) - 先行試験用アニューラ形燃焼器模型(CC10)の実験結果 - , 航技研資料 TM-242 (1973-6)
- 9) T. Durrant; The Control of Atmospheric Pollution from Gas Turbine Engines, SAE Paper 680347 (1968).
- 10) 大塚貞吉, 福田広, 相波哲朗; 高負荷燃焼器の箱形模型による実験, 航技研報告 TR-118 (1966-10)
- 11) 大塚貞吉, 鈴木邦男, 石井浅五郎, 山中国雍; 超軽量ジェットエンジン試作1号機(JR100)の燃焼器(Ⅰ), 航技研資料 TM-68 (1965-11)
- 12) 大塚貞吉, 斎藤隆, 堀内正司, 本間幸吉, 宮坂彰; ガスタービン用缶形燃焼器における燃焼領域のガス組成と燃焼状態, 航技研資料 TM-166 (1969-11)

8. 記号

N_o	: 実験番号	
P_1	: 入口全圧	kg/cm ² abs
G_a	: 空気流量	kg/s
U_r	: 最大断面平均風速	m/s
t_1	: 入口温度	℃
t_2	: 出口温度	℃
Δt	: 平均温度上昇	$t_2 - t_1$ degC
δt	: 出口温度不均一率	$(t_2 \text{ max} - \overline{t_2}) / \Delta t$
T_2/T_1	: 出口/入口温度比	°K/°K
$\Delta P/P_1$: 全圧損失率	
ϕ	: 全圧損失係数	$\Delta P / \frac{1}{2} \rho_1 U_r^2$
η_b	: 燃焼効率	$\frac{(n+1)i_2 - ni_1}{H_u} \times 100\%$
n	: 空燃比	G_a/G_f
P_f	: 燃料噴射圧力	kg/cm ² P: プライマ・ノズル M: メイン・ノズル

分流板入口幅 2mm, スワローラ 55φ/43φ 盲付, ライナ CC10S-1

No.	P ₁	G _a	U _r	t ₁	t ₂	Δt	δ _t	T ₂ /T ₁	ΔP/P ₁	φ	η _b	η	P _f	
													P	M
7001 S	1.147	0.681	22.4	45	413.5	368.5	0.289	2.16	—	—	98.46	108.1	2.0	2.0
7002 S	1.154	0.687	22.7	49	499.3	450.3	0.279	2.40	—	—	100.18	88.8	3.0	3.0
7003 S	1.161	0.677	22.3	50	574.0	524.0	0.279	2.62	—	—	99.85	75.2	4.0	4.0
7004 S	1.165	0.676	22.2	50	638.0	588.0	0.259	2.82	—	—	100.36	66.7	5.0	5.0
7005 S	1.173	0.676	22.0	51	689.0	638.0	0.252	2.97	—	—	101.06	61.5	6.0	6.0
7006 S	1.179	0.683	22.2	51	737.0	686.0	0.259	3.12	—	—	102.75	57.9	7.0	7.0
7007 S	1.180	0.675	32.1	203	550.5	347.5	0.329	1.73	—	—	96.94	108.5	2.0	2.0
7008 S	1.186	0.674	32.3	208	637.3	429.3	0.309	1.89	—	—	98.59	87.8	3.0	3.0
7009 S	1.196	0.682	32.6	213	700.3	487.3	0.317	2.00	—	—	100.40	78.3	4.0	4.0
7010 S	1.203	0.685	32.5	212	758.5	546.5	0.305	2.13	—	—	100.95	69.8	5.0	5.0
7011 S	1.207	0.682	28.9	213	813.5	600.5	0.319	2.24	—	—	101.32	63.1	6.0	6.0

分流板入口幅 4mm, スワローラ 55φ/43φ 盲付, ライナ CC10S-1

No.	P ₁	G _a	U _r	t ₁	t ₂	Δt	δ _t	T ₂ /T ₁	ΔP/P ₁	φ	η _b	η	P _f	
													P	M
7012 S	1.153	0.721	19.8	32	284.0	252	0.341	1.83	—	—	70.36	115.9	2.0	2.0
7013 S	1.157	0.709	19.6	35	370.3	335.3	0.327	2.09	—	—	77.21	93.3	3.0	3.0
7014 S	1.165	0.713	19.7	37	458.5	421.5	0.371	2.36	—	—	84.00	80.8	4.0	4.0
7015 S	1.172	0.707	19.5	38	545.8	507.8	0.323	2.63	—	—	90.27	71.5	5.0	5.0
7016 S	1.178	0.701	19.2	38	631.5	593.5	0.334	2.91	—	—	96.61	64.7	6.0	6.0
7017 S	1.183	0.695	19.0	39	701.3	662.3	0.315	3.12	—	—	100.78	59.9	7.0	7.0
7018 S	1.203	0.695	28.6	203	521.8	318.8	0.277	1.67	—	—	91.02	113.2	2.0	2.0
7019 S	1.215	0.688	28.3	208	612.3	413.3	0.261	1.84	—	—	97.28	91.98	3.0	3.0
7020 S	1.226	0.696	28.5	211	690.0	479.0	0.198	1.99	—	—	97.60	78.9	4.0	4.0
7021 S	1.230	0.695	28.46	212	752.8	540.8	0.189	2.11	—	—	99.97	71.1	5.0	5.0
7022 S	1.237	0.695	28.36	213	807.5	594.5	0.273	2.22	—	—	100.96	64.9	6.0	6.0

分流板入口幅 4 mm, スワロー 57φ/43φ盲付, ライナ CC10S-1

No.	P_1	G_a	U_r	t_1	t_2	Δt	δt	T_2/T_1	$\Delta P/P_1$	ϕ	η_b	n	Pf	
													P	M
7023 S	1. 171	0. 706	19. 6	38	336	298	0. 601	1. 96	—	—	68. 1	93. 4	3. 0	3. 0
7024 S	1. 172	0. 696	21. 2	41	385	344	0. 596	2. 09	—	—	67. 4	79. 0	4. 0	4. 0
7025 S	1. 177	0. 693	19. 4	42	460	418	0. 502	2. 33	—	—	73. 8	70. 5	5. 0	5. 0
7026 S	1. 181	0. 681	19. 2	45	549	504	0. 438	2. 58	—	—	80. 0	62. 5	6. 0	6. 0
7027 S	1. 192	0. 696	19. 3	47	604	557	0. 406	2. 74	—	—	84. 4	59. 0	7. 0	7. 0
7028 S	1. 196	0. 693	19. 4	47	690	643	0. 435	3. 01	—	—	92. 2	55. 3	8. 0	8. 0
7029 S	1. 209	0. 673	27. 9	206	506	300	0. 697	1. 63	—	—	82. 8	109. 1	2. 0	2. 0
7030 S	1. 218	0. 666	27. 5	208	613	405	0. 523	1. 84	—	—	91. 8	87. 9	3. 0	3. 0
7031 S	1. 224	0. 670	27. 8	212	691	479	0. 332	1. 99	—	—	96. 1	76. 6	4. 0	4. 0
7032 S	1. 229	0. 684	28. 1	211	752	541	0. 334	2. 12	—	—	100. 3	70. 2	5. 0	5. 0
7033 S	1. 234	0. 670	27. 5	212	819	607	0. 298	2. 25	—	—	91. 9	56. 1	6. 0	6. 0

分流板入口幅2mm, スワローラ全高, ライナCC10S-1

No.	P ₁	G _a	U _r	t ₁	t ₂	Δt	δt	T ₂ /T ₁	ΔP/P ₁	φ	η _b	η	P _f	
													P	M
7034 S	1.146	0.661	18.4	33	226	193	0.513	1.63	-	-	70.7	152.3	1	1
7035 S	1.154	0.644	18.0	35.5	383	347.5	0.537	2.13	-	-	87.6	103.5	2	2
7036 S	1.158	0.639	17.9	37	466	429	0.534	2.38	-	-	90.5	85.1	3	3
7037 S	1.163	0.638	17.9	38	539	501	0.591	2.61	-	-	91.6	72.6	4	4
7038 S	1.167	0.630	17.6	39	604	565	0.639	2.81	-	-	92.6	64.7	5	5
7039 S														
7040 S	1.118	0.559	16.4	40	260	220	0.500	1.70	-	-	68.9	130.3	1	1
7041 S	1.126	0.559	16.3	40	457	417	0.463	2.33	-	-	94.1	88.9	2	2
7042 S	1.131	0.550	15.9	40	555	515	0.485	2.65	-	-	95.2	73.4	3	3
7043 S	1.135	0.543	15.6	40	643	603	0.551	2.93	-	-	96.0	62.3	4	4
☆ 予熱燃焼器あり														
7044 S	1.167	0.572	24.8	210	459	249	0.55	1.52	-	-	87.3	139.2	1	1
7045 S	1.172	0.572	24.6	210	617	407	0.52	1.84	-	-	98.5	95.0	2	2
7046 S	1.176	0.562	24.4	215	725	510	0.48	2.05	-	-	101.9	76.8	3	3
7047 S	1.182	0.557	24.2	219	> 778	> 559	> 0.41	> 2.14	-	-	>	65.5	4	4

分流入口幅 2 mm, スワローラ 55φ/43φ 直付, ライナ CC10S-1

No.	P_1	G_a	U_r	t_1	t_2	Δt	δt	T_2/T_1	$\Delta P/P_1$	ϕ	η_b	P_f	
												P	M
7048 S	1.151	0.696	19.98	43	261	218	0.431	1.69	-	-	59.7	2.0	2.0
7049 S	1.152	0.698	20.00	43	273	230	0.400	1.73	-	-	62.8	2.0	2.0
7050 S	1.162	0.698	20.14	48	405	357	0.434	2.11	-	-	83.3	3.0	3.0
7051 S	1.169	0.681	19.68	50	519	469	0.386	2.45	-	-	91.6	4.0	4.0
7052 S	1.173	0.676	19.50	51	601	550	0.335	2.70	-	-	98.6	5.0	5.0
7053 S	1.182	0.689	19.80	52	657	605	0.302	2.86	-	-	101.4	6.0	6.0
7054 S	1.186	0.679	19.45	52	719	667	0.316	3.05	-	-	102.5	7.0	7.0
7055 S	1.101	0.517	15.96	52	209	157	0.484	1.48	-	-	44.7	1.0	1.0
7056 S	1.111	0.517	15.80	52	435	383	0.326	2.18	-	-	79.5	2.0	2.0
7057 S	1.118	0.517	15.70	52	597	545	0.345	2.68	-	-	96.8	3.0	3.0
7058 S	1.124	0.508	15.38	52.5	721	668.5	0.313	3.05	-	-	102.3	4.0	4.0
☆ 予熱燃焼器あり $P_f = 2.5$													
7059 S	1.136	0.517	22.91	209	463	254	0.500	1.53	-	-	77.4	1.0	1.0
7060 S	1.141	0.516	22.79	209	657	448	0.330	1.93	-	-	101.1	2.0	2.0
7061 S	1.148	0.518	22.96	214	733	519	0.524	2.07	-	-	97.5	3.0	3.0

分流入口幅 2mm, スワローラ 55φ/43φ 盲付, ライナ CC10S-1

No.	P ₁	G _a	U _r	t ₁	t ₂	Δt	δt	T ₂ /T ₁	ΔP/P ₁	φ	η _b	n	P _f	
													P	M
7062 S	1.13	0.684	20.2	46	174	128	0.63	1.40	-	-	49.3	161	1	1
7063 S	1.13	0.670	19.9	48	280	232	0.43	1.72	-	-	60.5	107.9	2	2
7064 S	1.14	0.669	19.8	50	434	384	0.39	2.19	-	-	85.1	89.7	3	3
7065 S	1.15	0.679	20.0	52	527	475	0.34	2.46	-	-	92.8	78.1	4	4
7066 S	1.13	0.677	20.6	55	206	151	0.61	1.46	-	-	76.9	152.1	1	1
7067 S	1.13	0.677	20.5	55	293	238	0.45	1.73	-	-	64.4	111.9	2	2
7068 S	1.14	0.665	20.0	56	446	390	0.38	2.19	-	-	85.7	88.5	3	3
7069 S	1.15	0.676	20.1	56	538	482	0.36	2.47	-	-	94.6	78.3	4	4
7070 S	1.16	0.671	20.0	58	617	559	0.31	2.69	-	-	99.0	69.0	5	5
7071 S	1.16	0.670	19.9	58	684	626	0.28	2.89	-	-	102.1	63.2	6	6
7072 S	1.17	0.670	19.9	58	742	684	0.29	3.07	-	-	102.2	58.8	7	7
☆ 予熱燃焼器あり														
7073 S	1.11	0.492	22.3	208	456	248	0.54	1.52	-	-	72.8	116.6	1	1
7074 S	1.13	0.492	22.0	210	626	416	0.90	1.86	-	-	89.5	82.1	2	2
7075 S	1.13	0.493	22.1	213	700	487	0.62	2.00	-	-	95.7	74.0	2.5	2.5
7076 S	1.13	0.493	22.2	213	548	335	0.99	1.69	-	-	80.9	93.7	1.5	1.5

スワロー 56φ/43φ盲付(改2), ライナCC10S-2

No	P ₁	G _a	U _r	t ₁	t ₂	Δt	δ _t	T ₂ /T ₁	ΔP/P ₁	φ	η _b	P _f	
												P	M
7077 S	1. 219	0. 881	23. 6	40	358	318	0. 604	2. 016	-	-	77. 8	4. 0	4. 0
7078 S	1. 260	0. 876	22. 9	42	741	699	0. 371	3. 219	-	-	114. 3	10. 0	10. 0
7079 S	1. 249	0. 874	23. 1	43	661	618	0. 549	2. 956	-	-	111. 8	8. 0	8. 0
7080 S	1. 239	0. 872	23. 3	44	559	515	0. 604	2. 625	-	-	104. 5	6. 0	6. 0
7081 S	1. 206	0. 866	23. 9	45	241	196	0. 760	1. 616	-	-	52. 9	2. 0	2. 0
7082 S	1. 134	0. 605	17. 4	39	523	484	0. 469	2. 551	-	-	98. 0	3. 0	3. 0
7083 S	1. 145	0. 608	17. 4	41	641	600	0. 548	2. 911	-	-	105. 3	4. 0	4. 0
7084 S	1. 153	0. 621	17. 8	43	712	669	0. 430	3. 117	-	-	109. 5	5. 0	5. 0
7085 S	1. 157	0. 621	17. 7	43	778	735	0. 302	3. 326	-	-	110. 0	6. 0	6. 0
☆ 予熱燃焼器使用 (P)のみ 2.6 atg													
7086 S	1. 164	0. 609	23. 7	160	542	382	0. 584	1. 882	-	-	94. 5	2. 0	2. 0
7087 S	1. 180	0. 609	25. 6	201	669	468	0. 526	1. 987	-	-	99. 3	3. 0	3. 0
7088 S	1. 185	0. 603	25. 3	203	774	571	0. 396	2. 200	-	-	104. 4	4. 0	4. 0

スワローラ 56φ/43φ 盲付(改2), ライナ CC10S-2

No.	P_1	G_a	U_r	t_1	t_2	Δt	δt	T_2/T_1	$\Delta P/P_1$	ϕ	η_b	η	P_f	
													P	M
7089 S	1.120	0.478	13.4	28	774.5	747	0.302	3.48	-	-	102.9	53	0	8.0
7090 S	1.096	0.480	13.8	29	194.2	165	0.581	1.55	-	-	38.0	93.9	1.2	1.2
7091 S	1.111	0.477	13.7	32	538.9	507	0.495	2.66	-	-	95.5	74.9	2.1	2.1
7092 S	1.119	0.476	13.6	33	721.8	689	0.404	3.25	-	-	102.9	57.9	3.3	3.3
7093 S	1.129	0.480	13.7	35	792.9	758	0.273	3.46	-	-	102.8	52.0	4.3	4.3
7094 S	1.163	0.674	18.9	39	378.9	340	0.680	2.09	-	-	82.3	98.1	2.5	2.5
7095 S	1.179	0.674	18.7	39	605.5	567	0.590	2.82	-	-	104.0	72.3	4.4	4.4
7096 S	1.194	0.670	18.3	39	765.0	726	0.324	3.33	-	-	108.8	57.8	6.8	6.8
7097 S	1.201	0.669	18.2	39	807.1	768	0.251	3.46	-	-	107.3	53.5	8.0	8.0

スワローラ56φ/43φ盲付(改2), ライナCC108-2

N _σ	P ₁	G _a	U _r	t ₁	t ₂	Δt	δt	T ₂ /T ₁	ΔP/P ₁	φ	η _b	n	P _f	
													P	M
7098 S	1.084	0.457	—	26	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.7
7099 S	1.083	0.454	13.2	29	162.6	133.6	0.542	1.442	—	—	41.2	125.4	0	1.2
7100 S	1.091	0.473	13.9	33	242.6	209.6	0.560	1.685	—	—	55.2	109.0	0	2.1
7101 S	1.097	0.468	13.7	33	417.1	384.1	0.632	2.255	—	—	75.8	79.3	0	3.3
7102 S	1.106	0.472	13.7	35	555.5	520.5	0.585	2.690	—	—	87.1	66.4	0	4.8
7103 S	1.115	0.471	13.6	35	725.5	690.5	0.398	3.242	—	—	102.7	57.6	0	7.0
7104 S	1.115	0.470	13.7	39	733.7	694.7	0.383	3.227	—	—	97.6	55.0	0	7.0
7105 S	1.105	0.456	13.5	40	619.4	579.4	0.640	2.851	—	—	96.1	65.0	0	4.8
7106 S	1.098	0.458	13.7	40	457.4	417.4	0.677	2.334	—	—	93.0	89.8	0	3.3
7107 S	1.092	0.447	13.4	40	323.4	283.4	0.853	1.905	—	—	65.7	95.3	0	2.1
7108 S									—	—			0	1.2
7109 S	1.133	0.666	19.2	40	86.6	46.6	0.361	1.149	—	—	19.4	170.3	0	1.5
7110 S	1.139	0.666	19.2	41	177.6	136.6	0.457	1.435	—	—	45.0	136.8	0	2.5
7111 S	1.148	0.661	18.9	41	298.9	257.9	0.566	1.821	—	—	63.4	99.5	0	4.4
7112 S	1.163	0.668	18.9	41	462.1	421.1	0.684	2.341	—	—	83.4	79.0	0	6.8
7113 S	1.173	0.661	18.6	42	651.3	609.3	0.556	2.934	—	—	105.0	67.2	0	9.8
7114 S	1.186	0.661	18.4	42	762.6	720.6	0.329	3.288	—	—	106.9	57.0	0	13.0
7115 S	1.186	0.665	18.6	44	752.6	708.6	0.349	3.235	—	—	107.3	58.3	0	13.0
7116 S	1.177	0.665	18.7	44	653.9	609.9	0.567	2.924	—	—	104.7	66.8	0	9.8
7117 S	1.162	0.660	18.9	45	504.7	469.7	0.671	2.445	—	—	92.1	79.8	0	6.8
7118 S	1.154	0.668	19.3	45	337.4	292.4	0.847	1.919	—	—	71.2	99.4	0	4.4

Ⓟ 空気あり

Ⓟ 空気なし

Ⓟ 空気あり

Ⓟ 空気なし

分流板入口幅 2 mm, スワローラ 55φ/41.5φ 盲 8 - 1.5φ キリ, ライナ CC10S-2 (NOx 計測)

No.	P ₁	G _a	U _r	t ₁	t ₂	Δt	δt	T ₂ /T ₁	ΔP/P ₁	φ	η _b	n	P _f	
													P	M
7159 S	1.190	0.684	18.57	36	814.8	778.8	0.238	3.52	—	—	107.0	52.5	9.5	9.5
7160 S	1.167	0.660	18.43	39	709.0	670.0	0.434	3.15	—	—	109.2	63.4	6.0	6.0
7161 S	1.147	0.674	19.21	40	421.3	381.3	0.521	2.22	—	—	83.7	88.7	3.1	3.1
7162 S	1.121	0.664	19.50	42	103.3	61.3	0.680	1.20	—	—	20.8	138.0	1.2	1.2
7163 S	1.095	0.464	14.00	43	680.8	637.8	0.438	3.02	—	—	100.5	61.3	3.1	3.1
7164 S	1.102	0.474	14.25	44	754.5	710.5	0.346	3.25	—	—	105.0	56.9	3.8	3.8
7165 S	1.091	0.473	14.39	45	522.0	477.0	0.562	2.50	—	—	89.5	74.6	2.15	2.15
7166 S	1.083	0.462	14.18	45	357.5	312.5	0.584	1.98	—	—	70.1	91.1	1.4	1.4
7167 S	1.101	0.443	20.04	203	580.5	377.5	0.449	1.79	—	—	88.6	90.8	1.3	1.3
7168 S	1.110	0.443	19.86	203	738.8	535.8	0.338	2.13	—	—	105.6	74.8	1.95	1.95
7169 S	1.116	0.443	19.75	203	830.5	627.5	0.270	2.32	—	—	106.7	63.6	2.8	2.8

スワロー：全盲，16-15φキリ ライナ CC10S-2 (NOx計測)

No.	P ₁	G _a	U _T	t ₁	t ₂	Δt	δt	T ₂ /T ₁	ΔP/P ₁	φ	η _b	P _f	
												P	M
7170 S	1.113	0.450	20.11	203	584.5	381.5	0.539	1.80	—	—	94.4	1.3	1.3
7171 S	1.118	0.447	19.93	204	699.0	495.0	0.487	2.04	—	—	101.1	1.95	1.95
7172 S	1.124	0.446	19.75	203	821.0	618.0	0.290	2.30	—	—	104.5	2.7	2.7
7173 S	1.210	0.675	18.96	52	825.5	773.5	0.226	3.38	—	—	104.2	9.5	9.5
7174 S	1.184	0.671	19.07	49	733.0	684.0	0.390	3.12	—	—	113.5	6.0	6.0
7175 S	1.162	0.655	18.89	48	543.5	495.5	0.639	2.54	—	—	107.1	3.1	3.1
7176 S	1.147	0.661	19.32	48	288.3	240.3	0.527	1.75	—	—	76.7	1.4	1.4
7177 S	1.096	0.473	14.50	48	419.5	371.5	0.755	2.16	—	—	83.4	1.5	1.5
7178 S	1.102	0.472	14.36	48	600.5	552.5	0.614	2.72	—	—	101.6	2.25	2.25
7179 S	1.109	0.472	14.29	48	712.0	664.0	0.434	3.07	—	—	105.7	3.1	3.1
7180 S	1.108	0.473	14.32	48	718.0	670.0	0.421	3.09	—	—	106.7	3.1	3.1
7181 S	1.112	0.472	14.25	48	782.5	734.5	0.296	3.29	—	—	106.9	3.8	3.8

分流板入口幅2mm, スワローラ55φ/43φ盲付, ライナCC10S-4,-5

No.	P ₁	G _a	U _r	t ₁	t ₂	Δt	δt	T ₂ /T ₁	ΔP/P ₁	φ	η _b	Pf	
												P	M
7182 S	1.181	0.712	19.37	34.5	293.7	259.2	0.565	1.84	—	—	59.2	3	3
7183 S	1.199	0.698	18.82	36.0	455.6	419.6	0.578	2.36	—	—	83.0	4	4
7184 S	1.208	0.698	18.75	37.5	526.6	489.1	0.559	2.57	—	—	87.7	5	5
7185 S	1.218	0.700	18.67	38.0	584.1	546.1	0.531	2.76	—	—	90.6	6	6
7186 S	1.230	0.701	18.57	38.5	644.9	606.4	0.493	2.95	—	—	90.2	7.5	7.5
7187 S	1.237	0.697	18.40	39.0	701.9	662.9	0.450	3.12	—	—	90.7	9	9
7188 S	1.107	0.435	14.33	39.5	280.4	240.9	0.572	1.77	—	—	51.8	1.5	1.5
7189 S	1.114	0.482	14.15	39.5	445.8	406.3	0.542	2.30	—	—	77.3	2	2
7190 S	1.121	0.482	14.07	40.0	576.5	536.5	0.461	2.71	—	—	84.6	3	3
7191 S	1.130	0.482	13.96	40.0	634.1	594.1	0.414	2.90	—	—	86.3	3.7	3.7
7192 S	1.181	0.692	19.17	40.0	311.0	271.0	0.373	1.87	—	—	59.7	3	3
7193 S	1.197	0.692	18.96	41.0	434.0	393.0	0.351	2.25	—	—	76.5	4	4
7194 S	1.209	0.691	18.78	41.5	509.0	467.5	0.445	2.49	—	—	83.1	5	5
7195 S	1.215	0.692	18.73	41.5	564.0	522.5	0.452	2.66	—	—	84.8	6	6
7196 S	1.224	0.693	18.63	42.0	608.0	566.0	0.436	2.80	—	—	85.9	7	7
7197 S	1.237	0.696	18.53	42.0	685.0	643.0	0.369	3.04	—	—	88.0	9	9
7198 S	1.104	0.474	14.15	42.0	317.0	275.0	0.338	1.87	—	—	58.7	1.5	1.5
7199 S	1.113	0.475	14.05	42.0	440.0	398.0	0.377	2.26	—	—	75.1	2	2
7200 S	1.122	0.481	14.12	42.5	544.0	501.5	0.357	2.59	—	—	79.4	3	3
7201 S	1.132	0.480	13.96	42.0	609.0	567.0	0.275	2.80	—	—	80.0	3.8	3.8

ライナ: CC10S-5

ライナ: CC10S-4

分流板入口幅 2mm, スワローラ 55φ/43φ 盲付, ライナ CC10S-3

No.	P ₁	G _a	U _r	t ₁	t ₂	Δt	δt	T ₂ /T ₁	ΔP/P ₁	φ	η _b	n	P _f	
													P	M
7202 S	1.163	0.701	19.69	39.5	192.6	153.1	0.401	1.49	—	—	41.6	113.3	2	2
7203 S	1.184	0.691	19.16	41.0	376.0	335.0	0.424	2.07	—	—	75.2	91.6	3	3
7204 S	1.197	0.691	19.00	42.0	466.0	424.0	0.469	2.35	—	—	82.5	78.3	4	4
7205 S	1.205	0.690	18.87	42.0	538.0	496.0	0.472	2.57	—	—	87.5	70.2	5	5
7206 S	1.214	0.690	18.74	42.5	590.0	547.5	0.444	2.74	—	—	89.2	64.3	6	6
7207 S	1.223	0.690	18.63	43.0	567.0	624.0	0.431	2.97	—	—	92.0	57.5	7.5	7.5
7208 S	1.234	0.690	18.50	43.5	720.0	676.5	0.402	3.14	—	—	91.8	52.4	9	9
7209 S	1.106	0.473	14.18	44.0	374.0	330.0	0.352	2.04	—	—	69.7	86.0	1.5	1.5
7210 S	1.110	0.474	14.13	43.5	477.0	433.5	0.448	2.37	—	—	80.9	74.9	2	2
7211 S	1.124	0.480	14.12	43.5	586.9	543.4	0.324	2.72	—	—	85.3	61.9	3	3

付表2 NO_x 測定結果

実験番号 No.	測定位置	NO ppm	NO _x ppm	NO ₂ ppm	O ₂ %	摘要
7130 S	E	1.4	7.9	6.2	15.5	
"	I #1	32.0	11.3	5.0	7.5	
7131 S	E	1.6	5.3	3.5	16.3	
"	I #1	23.5	16.7	3.3	6.8	
7132 S	E	1.6	5.7	2.5	16.7	
"	I #1	16.5	18.7	2.0	6.5	
7133 S	E	0.6	2.0	2.2	17.3	
"	I #1	2.2	2.5	3.0	6.5	
7134 S	E	1.0	3.6	2.0	17.7	
"	I #1	11.1	21.9	4.5	6.3	
7135 S	E	0.9	3.8	1.1	18.2	
"	I #1	11.5	19.3	6.0	7.0	
7136 S	E	1.5	8.2	4.5	15.1	
"	I #1	35.0	14.0	4.7	8.3	
7137 S	E	0.8	6.9	5.7	15.2	
"	I #1	22.4	20.6	4.3	8.5	
7138 S	E	0.9	(6.2)	3.3	16.7	
"	I #1	22.6	22.4	3.2	8.8	
7139 S	E	0.8	(4.6)	3.5	15.5	
"	I #1	21.2	15.1	7.0	9.9	
7140 S	E	0.9	5.4	1.8	16.0	
"	I #1	17.9	15.4	1.8	10.6	
7141 S	E	1.0	4.5	1.7	16.3	
"	I #1	13.4	11.4	1.7	11.5	
7142 S	E	0.9	3.6	2.0	14.6	
"	I #1	9.9	7.6	2.6	12.8	
7143 S	E	0.8	3.1	1.3	11.8	
"	I #1	測定不能	測定不能	2.6	13.5	
7144 S	E	0.4	1.9	5.3	14.8	
"	I #1	3.3	3.1	scale out	6.1	
7145 S	E	0.4	1.6	2.2	14.9	
"	I #1	1.9	1.7	scale out	7.0	
7146 S	E	0.3	1.5	5.2	15.2	
"	I #1	1.6	1.5	(61.3)	7.3	
7147 S	E	0.3	1.4	3.0	15.4	
"	I #1	1.9	1.5	3.2	7.5	
7148 S	E	0.3	1.3	4.0	15.9	
"	I #1	1.0	1.0	不安定	7.4	
7149 S	E	0.7	5.0	2.8	16.5	
"	I #1	22.8	16.2	scale out	10.0	
7150 S	E	0.8	4.5	2.0*	17.0*	*印流量少
"	I #1	18.0	12.0	2.2*	11.4*	
7151 S	E	0.9	5.3	3.0	16.5	
"	I #1	27.8	4.4	4.0	14.8	

付表2 NO_x 測定結果(つづき)

実験番号 No.	測定位置	NO ppm	NO _x ppm	NO ₂ ppm	O ₂ %	摘要
7152 S	E	1.2	(7.5)	5.0	15.1	
"	I #1	38.5	8.0	17.0	13.5	
7153 S	E	0.95	(7.2)	5.0	15.5	
"	I #1	33.5	9.0	scale out	14.2	
7154 S	E	0.7	(6.2)	3.0	16.2	
"	I #1	28.5	8.7	3.5	14.7	
7155 S	E	0.7	(5.8)	2.5	16.4	
"	I #1	23.2	7.2	15.5	15.4	
7156 S	E	0.7	4.7	2.3	16.7	
"	I #1	21.2	6.6	3.6	15.7	
7157 S	E	0.6	3.5	3.0	17.0	
"	I #1	15.0	3.7	(59)*	16.4	*印流量少
7158 S	E	0.5	3.5	2.1	17.4	
"	I #1	6.7	1.7	11.5	17.6	
7159 S	E	2.3	—	4.0	15.3	
"	I #1	—	—	8.6	5.5	
7160 S	E	1.5	6.7	2.3	16.0	
"	I #1	39.9	1.2	5.3	3.5	
7161 S	E	1.7	3.5	1.4	17.8	
"	I #1	36.4	19.9	12.0	5.1	
7162 S	E	0.5	1.2	0.2	19.9	
"	I #1	2.9	3.7	2.5	15.6	
7163 S	E	1.9	6.3	4.0	15.6	
"	I #1	22.5	39.9	8.0	2.7	
7164 S	E	2.1	8.0	5.4	14.8	
"	I #1	32.0	測定不能	測定不能	3.1	
7165 S	E	1.4	5.0	2.5	17.1	
"	I #1	21.8	37.8	10.2	3.0	
7166 S	E	1.3	3.7	1.0	18.1	
"	I #1	23.5	14.5	5.5	7.1	
7167 S	E	0.5	7.7	4.9	15.9	
"	I #1	23.5	32.2	5.0	4.2	
7168 S	E	1.2	12.3	6.8	15.1	
"	I #1	50.8	—	5.1	2.1	
7169 S	E	2.0	15.4	8.4	14.2	
"	I #1	50.7	—	3.0	1.7	
7170 S	E	1.7	11.1	5.7	16.0	
"	I #1	35.4	—	(12.2)	7.5	
7171 S	E	1.0	12.0	5.8	14.8	
"	I #1	32.5	22.4	3.8	9.6	
7172 S	E	2.9	19.3	10.0	13.2	
"	I #1	61.5	31.2	7.5	8.0	
7173 S	E	1.3	8.1	2.8	13.8	
"	I #2	48.0	—	15.7	11.3	

付表2 NO_x 測定結果(つづき)

実験番号 No.	測定位置	NO ppm	NO _x ppm	NO ₂ ppm	O ₂ %	摘要
7174 S	E	0.8	6.8	2.0	15.1	
"	I #2	53.8	22.6	7.2	11.2	
7175 S	E	1.1	3.9	1.2	16.7	
"	I #2	35.3	18.5	4.6	12.2	
7176 S	E	1.2	2.5	1.0	18.1	
"	I #2	12.5	6.8	7.2	13.5	
7177 S	E	1.3	3.1	2.7	17.3	
"	I #1	19.2	12.3	2.0	12.3	
7178 S	E	1.1	4.7	2.6	16.2	
"	I #1	28.7	14.2	5.0	12.5	
7179 S	E	1.1	5.7	2.7	15.5	
"	I #1	26.0	—	(5.8)	12.0	
7180 S	E	1.0	5.1	3.3	15.5	
"	I #1	—	—	—	—	
7181 S	E	1.1	6.1	2.8	15.0	
"	I #1	—	—	—	—	

航空宇宙技術研究所資料 260号

昭和 49 年 8 月 発行

発行所 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺町 1880
電話武蔵野三鷹(0422)47-5911(大代表)〒182
印刷所 株式会社 共 進
東京都杉並区久我山 4-1-7(羽田ビル)
