

航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-118

高負荷燃焼器の箱形模型による実験

大塚 貞吉・福田 廣・相波 哲朗

1966年10月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

既 刊 報 告

TR-95	飛行機の縦の操縦特性に関する二三の考察 A Few Comments on the Longitudinal Handling Qualities of Airplanes	1965年11月 荒木 浩
TR-96T	A Generalized Functional Formalism for Turbulence	Dec. 1965 Iwao HOSOKAWA
TR-97	圧縮性と壁形状を考慮した軸流ターボ機械の作動円盤理論（I）—軸対称流れ— A Theoretical Investigation of the Compressible Flow Through the Axial Turbo-Machines (I) —Non-Swirling Fluids in Ducts—	1965年12月 藤井 昭一
TR-98	後退角 45°、アスペクト比 4.0 の薄い片持翼の遷音速フラッタ特性に及ぼすテーパ比の影響の実験的研究 Some Effects of Taper Ratio on the Transonic Flutter Characteristics of a Series of Thin Cantilever Wings Having a Sweptback Angle of 45° and an Aspect Ratio 4.0	1965年12月 中井 嘉一, 高木 俊朗 安藤 泰勝
TR-99	計器のよみやすさに関する研究 A Study of Dial Legibility	1966年2月 三好範子, 岡部正典 石川澄子
TR-100	回転翼の線型理論（III） —揚力線の方程式の解法— Linearized Aerodynamic Theory of Rotor Blades (III) —Method for Solving Lifting-Line Equations—	1966年2月 市川輝雄
TR-101	航空機の着氷気象条件について（I） Meteorological Conditions on Aircraft Icing (I)	1966年2月 古関昌次, 田寺木一 泉日出夫, 太田幹雄 峰岸正勝
TR-102	ロケット胴体をまわる超音速流の一近似解法（II）—迎角のあるとき— An Approximate Calculation for Supersonic Flow Past Bodies of Rocket Vehicles (II) —Linearized Flow with Attack Angle—	1966年3月 谷喬
TR-103T	Basic Consideration for Treating Non-Equilibrium Fluids —A Functional Approach to Non-Equilibrium Statistical Mechanics—	March 1966 Iwao HOSOKAWA
TR-104	翼幅方向に一様な揚力分布をもつ三次元後退翼のそり The Camber Distribution of a Spanwise Uniformly Loaded Subsonic Wing	1966年4月 河崎俊夫, 海老原正夫
TR-105	パイロットの心理的負担に関する研究（I） —操縦時の脈拍と呼吸の変化— A Psychological Study on the Mental Stress of Pilots (I) —Pulse and Respiratory Rate During Flight—	1966年4月 三好範子, 百名盛之 岡部正典
TR-106	遷音速における操縦面の逆効き On Reversal of Effectiveness of Control Surfaces in Transonic Flow	1966年5月 神谷信彦, 濑川晋策
TR-107	円錐型電磁衝撃波管内の流れ Ionized Flow in a Conical Shock Tube	1966年5月 松崎利一
TR-90T	The Shape of Mechanical Hysteresis Loop, Its Deformation Due to Stress Repetition and Resulting Increase in Flow Stress (Part 1. Experiment, Part 2. Theory for Torsion)	June 1966 Fujio NAKANISHI, Yasuo SATO & Fumio NAGAI

高負荷燃焼器の箱形模型による実験*

大塚貞吉**・福田廣**・相波哲朗***

Some Experiments on High Intensity Combustor with Partial Models

By

Teikichi OTSUKA, Hiroshi FUKUDA and
Tetsuro AIBA

The aim of this experiment is to develop the high intensity combustor for V/STOL aircraft gas turbines.

Experiments were carried out with the box-type combustors which seemed to be partial models of JR-100 engine. The features of different type models were compared each other based mainly on performance such as combustion efficiency, exit temperature profile, pressure loss, static pressure distribution, combustion intensity, etc. and the influence of several factors on their performance was discussed. It has been proved by these experiments that there are several conditions necessary for better high intensity combustors.

1. まえがき

当所原動機部では現在、試作した超軽量ジェットエンジンJR-100の運転試験を続行中であり、引き続きさらに推力重量比の大きなJR-200の試作を行なっている。

燃焼研究室では、これらのエンジンの燃焼器の設計資料を得るため各種の実験研究を行なっているが、燃焼器の箱型模型による実験結果をここにまとめて報告し、資料の一助としたい。

ジェットエンジンの燃焼器では、液体の燃料を燃焼させて高温の燃焼ガスを発生させているが、こ

* 昭和41年9月21日受付

** ロケット部

*** 原動機部

の中で起こる現象は複雑多岐にわたり、燃料の噴霧、燃焼反応および燃焼器内の流れなどの問題を含み、そのほかにも形状や材料等による機械的な問題がある。このような複雑な現象を含む燃焼器の性能を求めるにあたっては、相似則がまだ確立されていない現在、実寸の燃焼器模型による燃焼実験を行なう必要があるが、実寸のアニュラ型燃焼器模型（JR-100およびJR-200には高負荷燃焼に適したアニュラ型燃焼器が採用されている）を用いて燃焼実験を行なうことは、手数と費用がかかることはもちろん燃焼状況を十分観測しがたく、初めからこれを行なうことは得策ではない。むしろ比較的容易で観察も十分に行なえる分割模型あるいはほぼこれと同等な箱形模型による実験を、アニュラ型燃焼器模型による燃焼実験より先にあるいはこれに並行して行なうことが適當と考えられる。

箱型燃焼器模型で実験を行なう利点は、(i) アニュラ型の三次元模型より箱形の二次元模型のほうが、条件を種々変えて実験を行なうことが容易である、(ii)肉眼による内部観察の容易さ、(iii) 温度、圧力などの計測の容易さ、(iv)模型改造の容易さ、(v)可動部分を取り入れることができる、などである。一方、避けえない欠点としては、(i) 実機にこの結果を応用するとき、相似性がアニュラ型よりも劣る、(ii)二次元模型では側壁によるフローパターンの変化がある、(iii) 側壁により放熱と摩擦損失がふえる、などがある。

高負荷燃焼器としての面から箱形模型は以下のとおり考慮する必要がある。すなわち、燃焼器は小型軽量で大きな熱量の発生を要求されるので、燃焼器の容積を最大限に利用して燃料と空気の混合・燃焼・希釈を行なわせなければならないが、また圧力損失をできるだけ少なくし、出口温度分布を所要の形にし、振動燃焼を避け、しかも高い燃焼効率でなければならない。

極度に切りつめた長さと断面積の中で、内筒（ライナ）の形はどのようなものが上述の要求をより満たすか、という観点から数種類の形状の燃焼器を製作して比較検討を行なった。ここに行なった実験研究の結果を示す。

2. 実験装置

実験装置は当所原動機部の缶型燃焼器試験設備を用いた。図1にこの系統図を示す。

この装置は出口を大気解放で使用し、空気流量は0~2.8kg/s、入口温度はほぼ大気温度である。燃料にはジェット燃料JP-4を用い、その最大流量は260kg/hである。

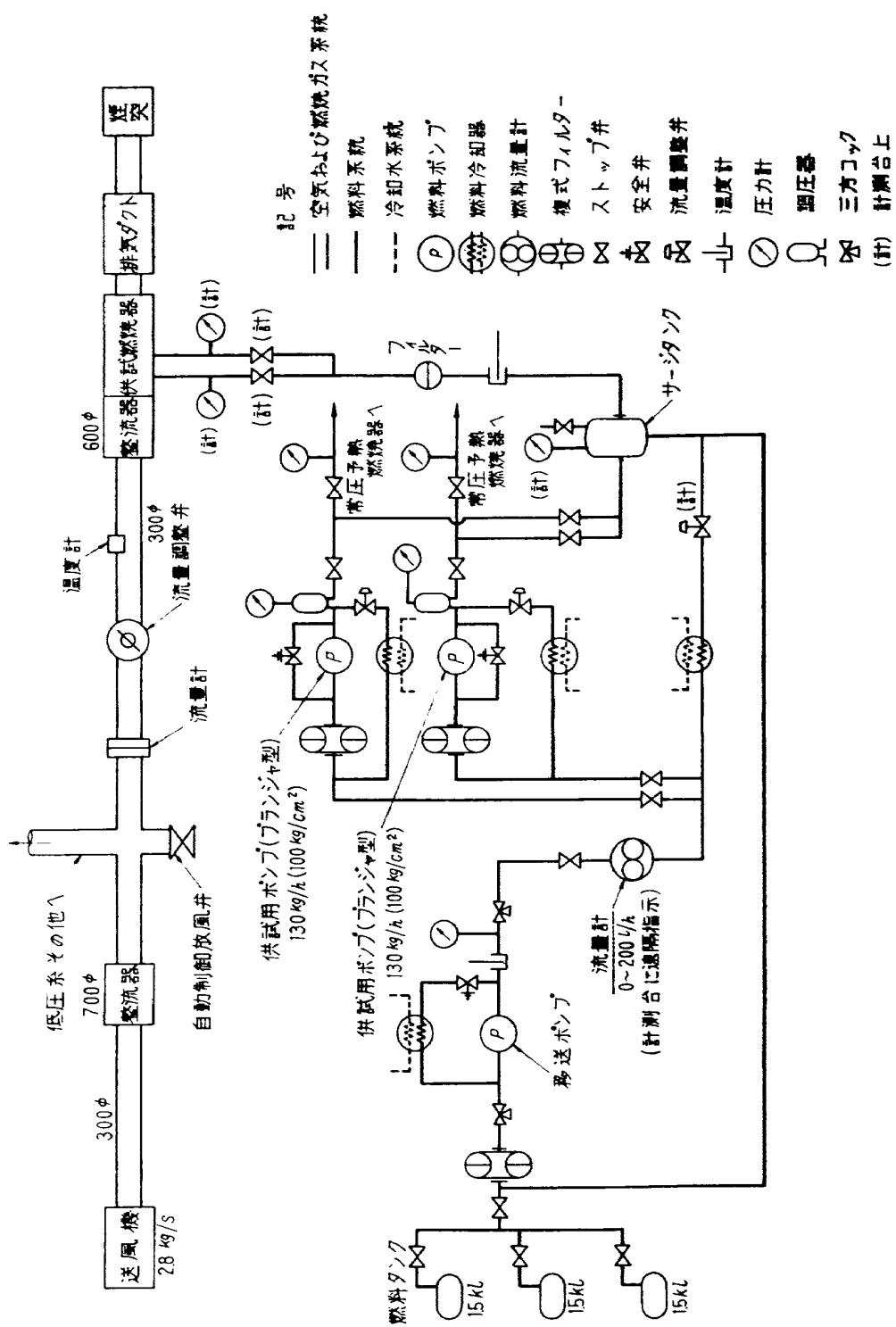


圖 1 試驗設備系統圖

3. 箱形模型

箱形模型は原型を超軽量ジェットエンジン JR-100 の燃焼器にとって二次元化したものである。¹⁾

JR-100 燃焼器（アニュラ型）の 16 個の噴射弁のうち箱型模型では図 2 に示すように 3 個分について噴射弁のピッチを基準にして展開製作してあり、ライナの空気孔はアニュラ型との幾何学的な関係に空気量の配分を考慮して、上下とも 6 列にしてあり、アニュラ型が外側空気孔 36 列、内側空気孔 24 列の配列であるのに比べて下側の列数の割合を増してある。燃焼器の空気の流れ方向はアニュラ型と同じで直流式である。図 3 に模型全体の構造の一例を示す。外筒の中に取換え可能なライナが組み込まれ、燃焼器入口、側壁、出口で圧力や温度を測ることができる。模型の外筒は 1 種類のみとし、隔壁板、ライナおよびスワーラを数多く製作して比較検討を行なった。

模型は隔壁板の形状によって A 型、B 型、C 型、D 型、E 型、AB 型の 6 種類に大きく分けられる。図 4～9 に隔壁板とライナを組み合わせて各型を示す。

図 4 の A 型は JR-100 エンジンに装備した型に準じ、隔壁板に 45° の旋回羽根角度をもつスワーラを取り付けたものを標準とする。変形として異なる羽根角度や大きさのスワーラや隔壁板に小さな空気孔をあけたものも採用した。

図 5 の B 型はライナの頭部を二重にし、隔壁板の上下の空気孔から適量の空気を流入させ一次燃焼領域中での燃焼の促進を図り、性能の向上をねらったもので、スワーラは使用していない。

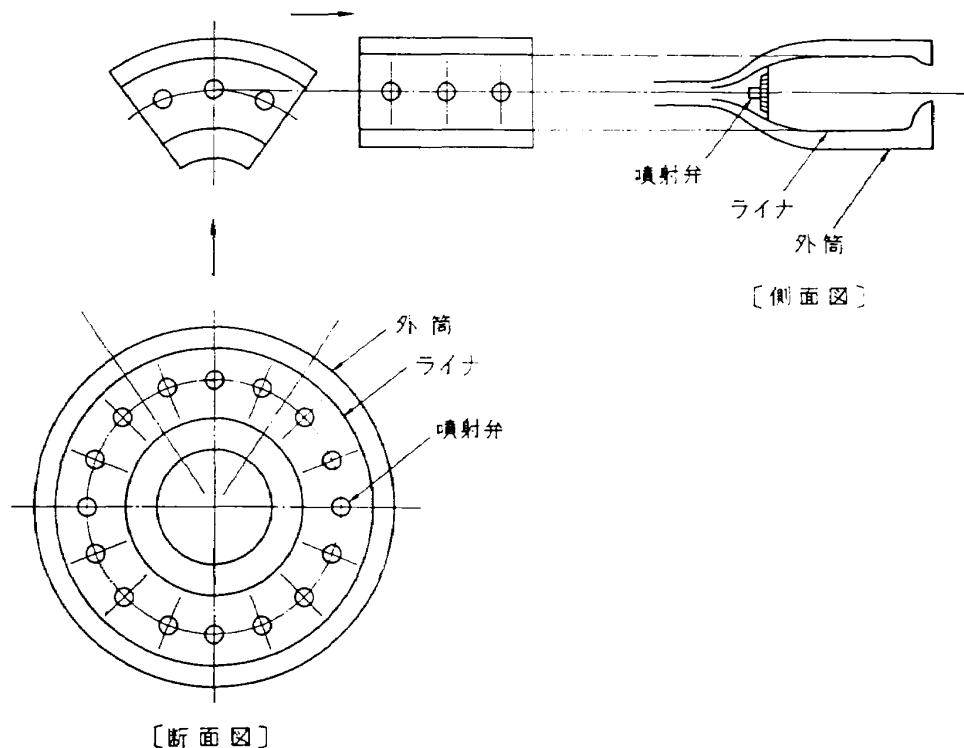


図 2 箱形模型

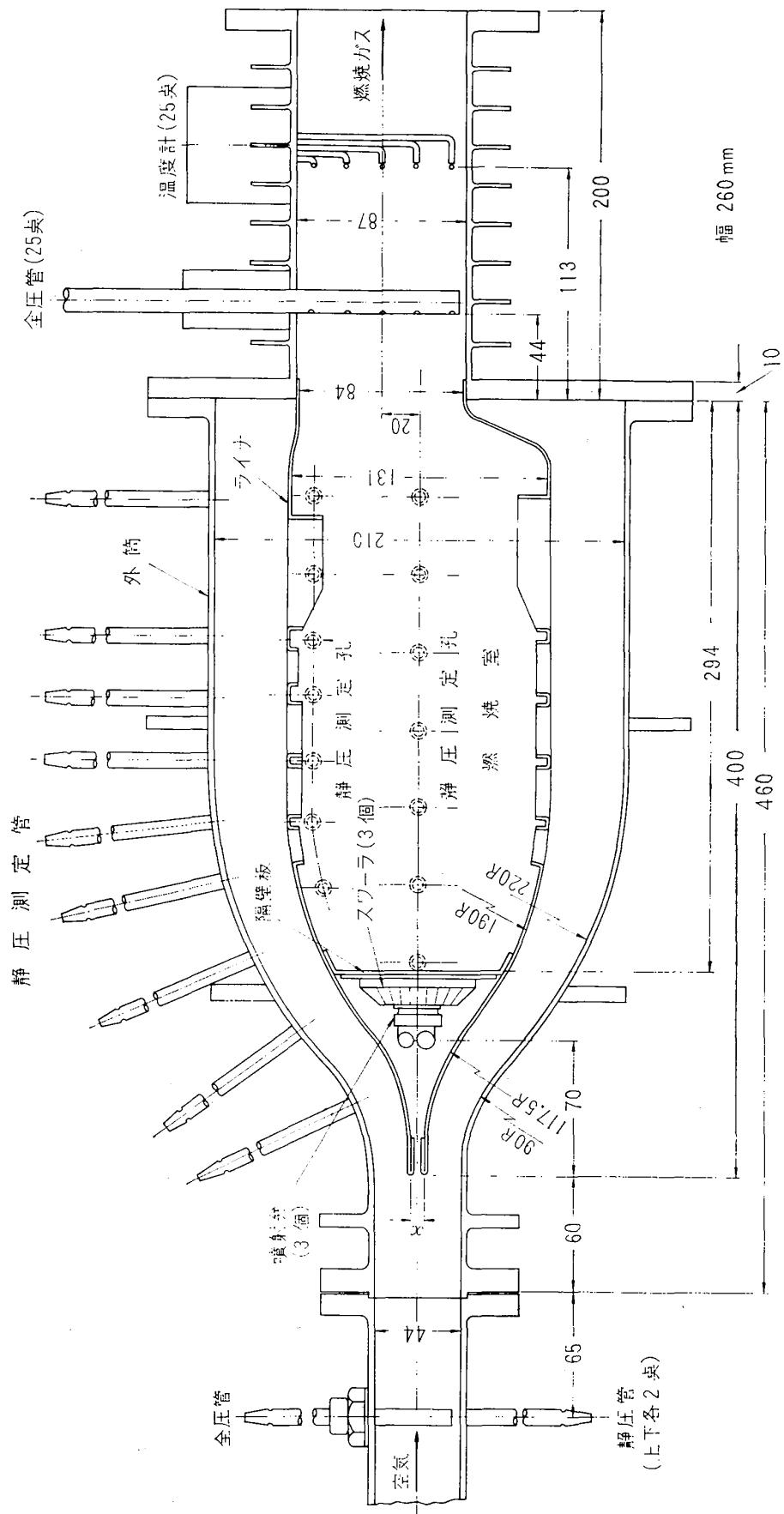


図3 箱形模型(隔壁板A-1 ライナI-1 スワーラS-1 の例)

A 型

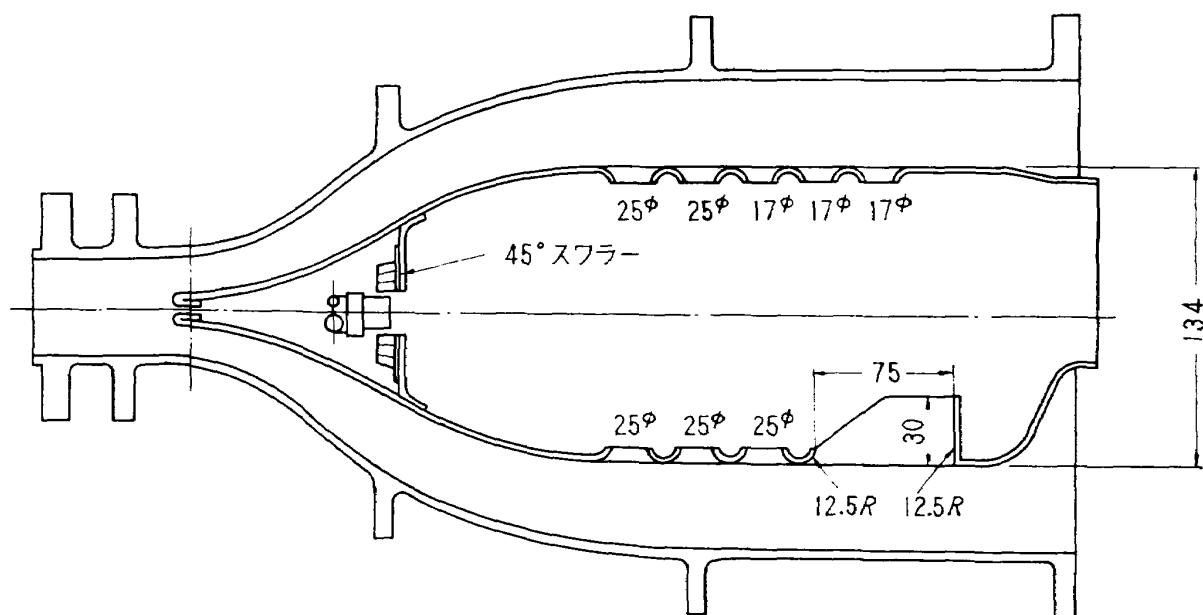


図4 隔壁板A-1, ライナI-2, スワーラS-1

B 型

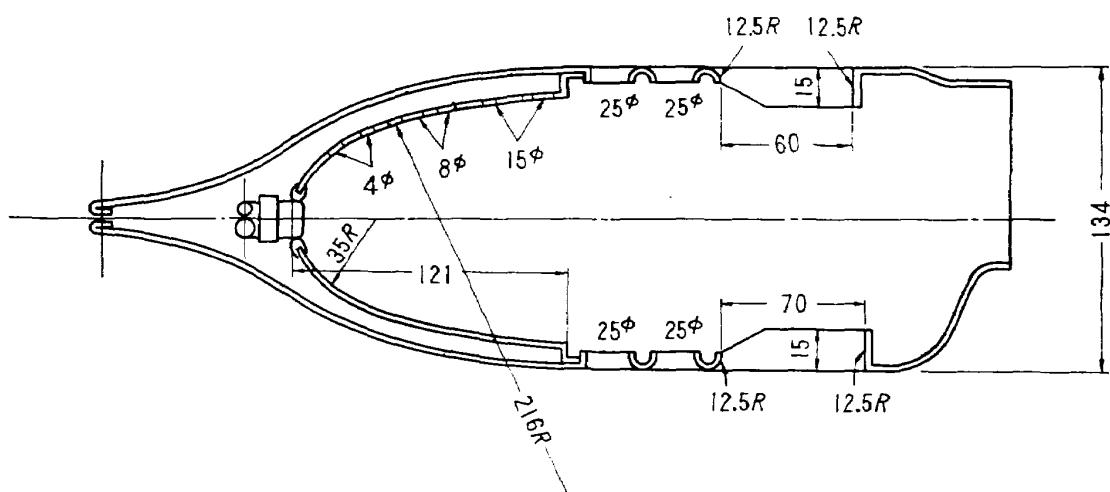


図5 隔壁板B-1, ライナII-1, スワーラなし

C 型

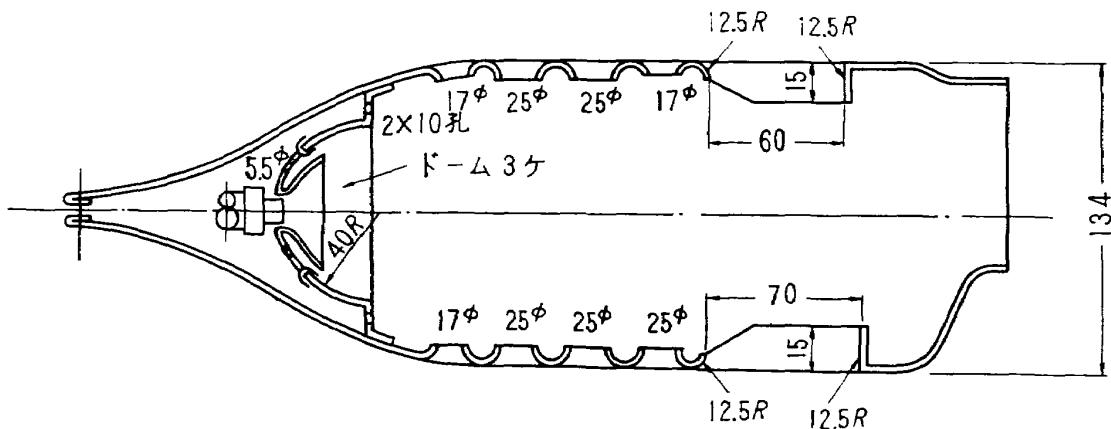


図6 隔壁板C, ライナI-1 スワーラなし

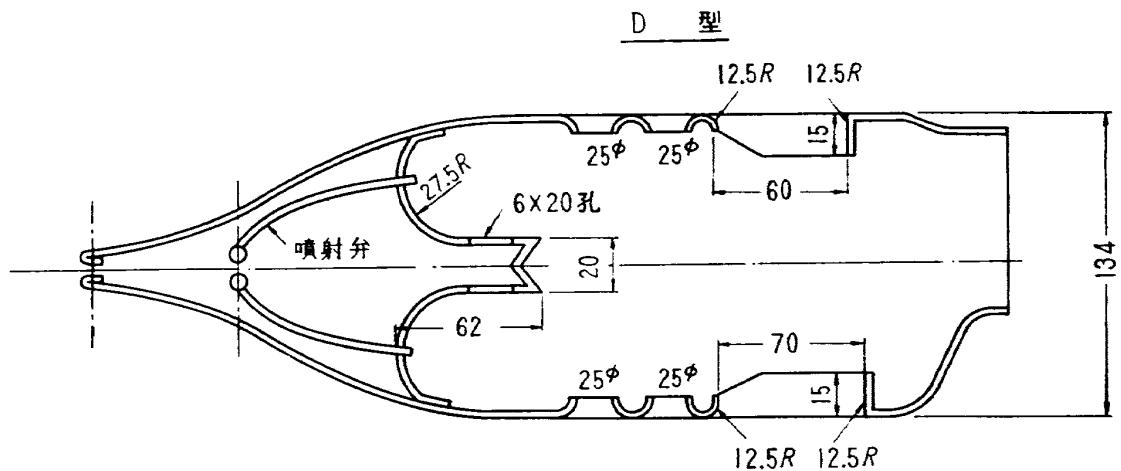


図7 隔壁板D, ライナⅡ-1, スワーラなし

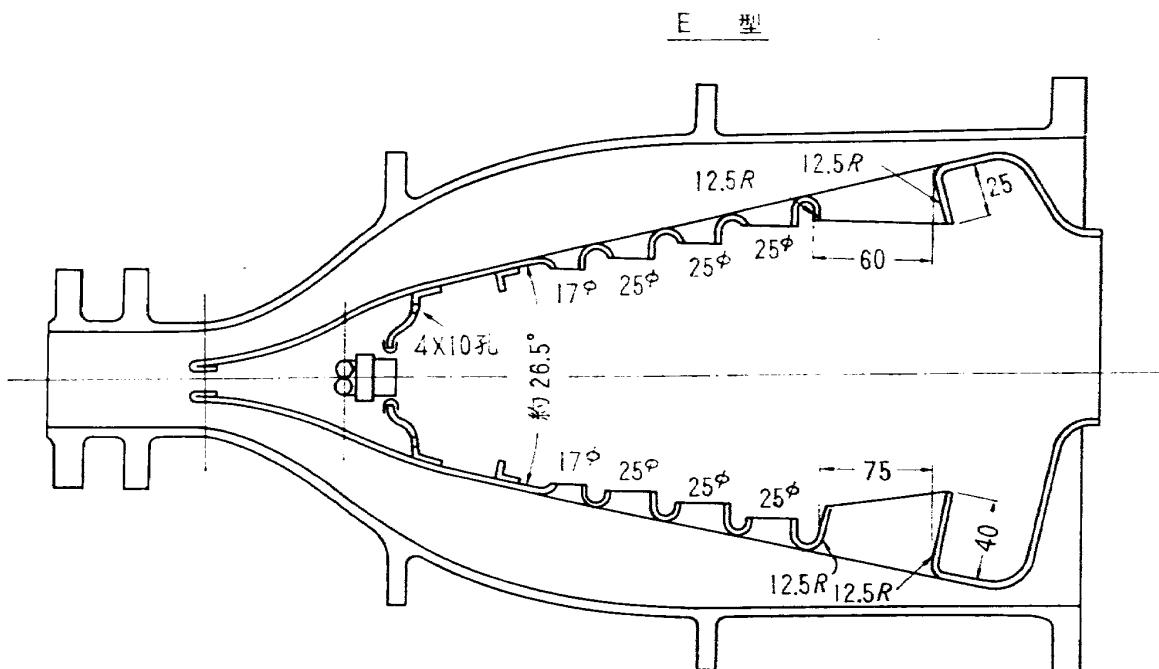


図8 隔壁板E, ライナⅢ, スワーラなし

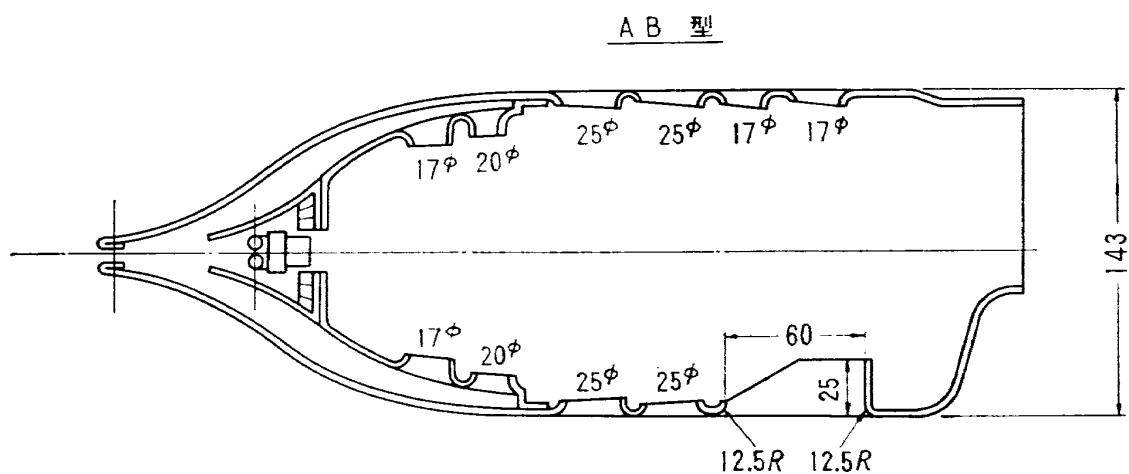


図9 隔壁板AB-1, ライナⅣ-1, スワーラS-1

図6のC型はA型のスワーラ部のところにJ-33エンジンに用いられたドーム型のものを小型にして取り付けたものである。

図7のD型は一次燃焼領域を複室にして、両室にできるうずの安定化を図ることによって性能向上をねらうとともに、両室への燃料供給量を調整して温度分布を整える試みをした。このため特殊な噴射弁を使用している。

図8のE型は適当な開き角度を持った末広がりライナを採用して圧力損失の低下を図ったものである。

図9のAB型はB型隔壁板にスワーラを取り付けた構造で、一次燃焼領域へ適当な量の空気を送り込むようになっている。

ライナは大きく分けてI型、II型、III型、IV型の4種類に区分できる。

I型、II型はライナ入口の形状が同じで空気孔の配列が異なっており、I型は隔壁板のA型、C型用に、II型は隔壁板のB型、D型用に使用される。III型は末広がり状で隔壁板のE型用に使用され、IV型はAB型用に使われI型、II型より幅が大きくなっている。

表1に、使用した隔壁板の種類をその特徴とともに示してある。A型、B型、AB型では隔壁板を改造して燃焼器の特性の改善を図った。

表1 隔壁板の種類(13種類)

記号	摘要	要
A-1	JR-100に対応した隔壁板A型の原型(図4参照)	
A-2-1	一次空気を増すため隔壁板の上下に4φの空気孔を計54個あけたもの(図12参照)	
A-2-2	A-2-1の隔壁板の孔をスワーラの旋回を妨げぬよう24個だけ盲にしたもの	
B-1	B型の原型(図5参照)	
B-2	空気の貫通度を良くするためシンプルをつけたもの(図10参照)	
B-3	燃料の噴霧が隔壁板に当たらぬよう形状を改めたもの(図10参照)	
B-4	B-3の8φの孔2列を盲にしたもの(図10参照)	
C	ドーム型の隔壁板(図6参照)	
D	複列の隔壁板(図7参照)	
E	末広がりライナに対応する隔壁板(図8参照)	
AB-1	JR-200に対応した隔壁板。ライナ内できさらに分流板を使って流れを分けたもの(図9、11参照)	
AB-2	AB-1のライナ内のスワーラ部により多くの空気が行くように分流板の中央部を広げたもの(図11参照)	
AB-3	ライナ内の分流板をはずしたもの(図11参照)	

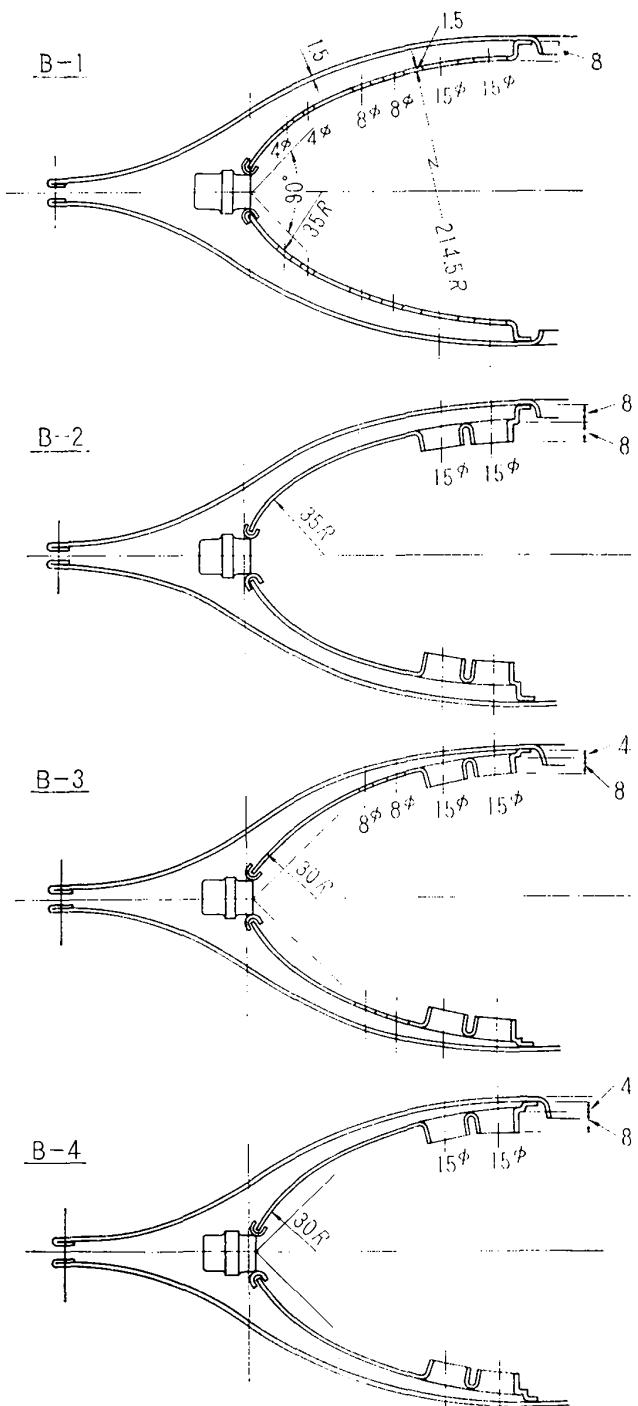


図10 B型隔壁板

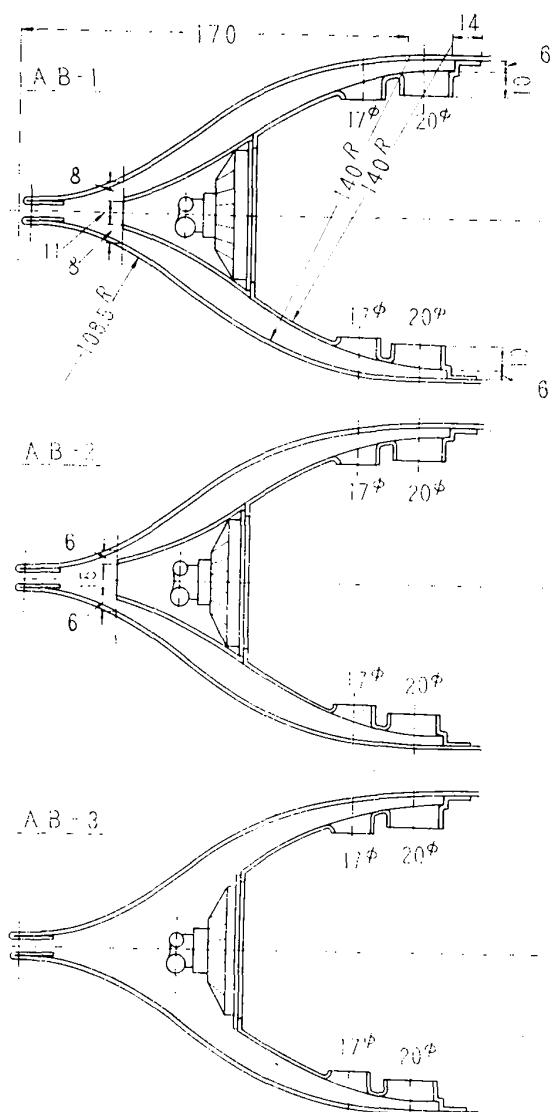


図11 A B型隔壁板

表2にライナの種類を示す。ライナの改造は燃焼効率と燃焼器出口温度分布の改善をめざして行なった。

表2 ライナの種類(8種類)

記号	摘要	要
I-1	空気孔の配列が上流側より上面17φ 25φ 25φ 17φ 25×60長孔 下面17φ 25φ 25φ 25×70長孔(図6参照)	
I-2	空気孔の配列が上流側より上面25φ 25φ 17φ 17φ 17φ 下面25φ 25φ 25φ 25×75長孔で下面のみ長孔を有する(図4参照)	
I-3	I-2の空気孔の配列に上面の下流側に6φの孔を1列、下面の長孔相互の間に7φの孔を5個加えたもの	
II-1	空気孔の配列が上流側より上面で25φ 25φ 25×60長孔 下面25φ 25φ 25×70長孔となっているもの(図7参照)	
II-2	II-1の25×60長孔を上流側30mmのみ直にしたもの	
III	末広がりライナ(図8参照)	
IV-1	JR-200に対応してライナの幅を広げたもの(図9参照)	
IV-2	IV-1の上面上流側25φの孔を17φに小さくして温度分布の改善を図ったもの	

図12～17に実際に用いた6種類の模型の写真を示す。AB型は外筒にライナを組み込んだ状態で示してある。

図18～20に供試燃焼器の外観を示す。

図18では、空気は図の左側から流れ中央部の燃焼器にはいり右側の出口全圧、出口温度測定部を通って燃焼ガスとして排出される。中央部左手前に見えるものは燃料噴射弁につながる燃料管、上部や出口測定部にビニールホースについているものが入口全圧、入口静圧、上面壁圧、出口全圧の測定管である。出口測定部に四角な箱についているものが出口温度計である。側壁には10mm厚の鉄板を用い、冷却用フィンを20mm間隔に取り付け、観察用石英丸窓を2箇所設けてある。

図19に反対側から見た状態を示す。側面壁圧測定管と出口温度計および出口全圧管の測定部が見える。図20に側壁をはずした状態を示す。

スワーラは外径55mm 内径37mm、旋回羽根の取付け角度45°、旋回羽根部の開口面積を面積割合で30%肩にしたものを標準型S-1として、外径、羽根の角度、肩の量を変えたものを別に4種類製作した。表3にそれらの使用したスワーラの種類を示す。図21は標準型スワーラの形状である。S-2、S-3は保炎用に8mm幅の板を取り付けているが、これは別途スワーラの試験で保炎効果が良好であったことによる。

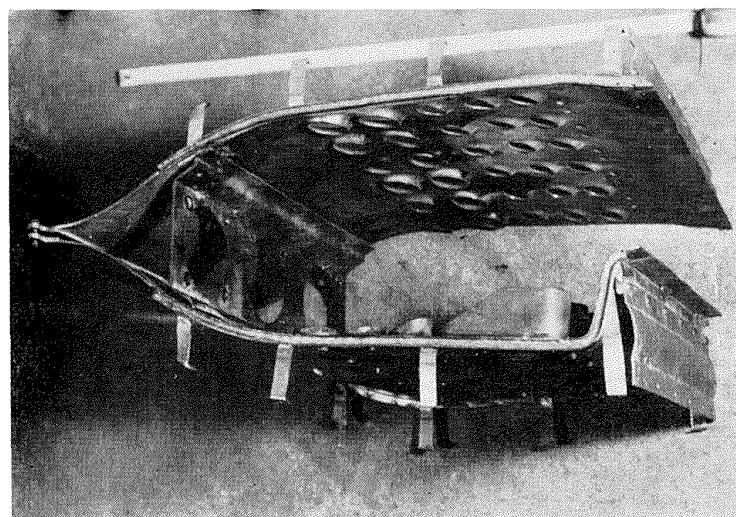


図12 A型 (隔壁板A-2-1, ライナI-3)

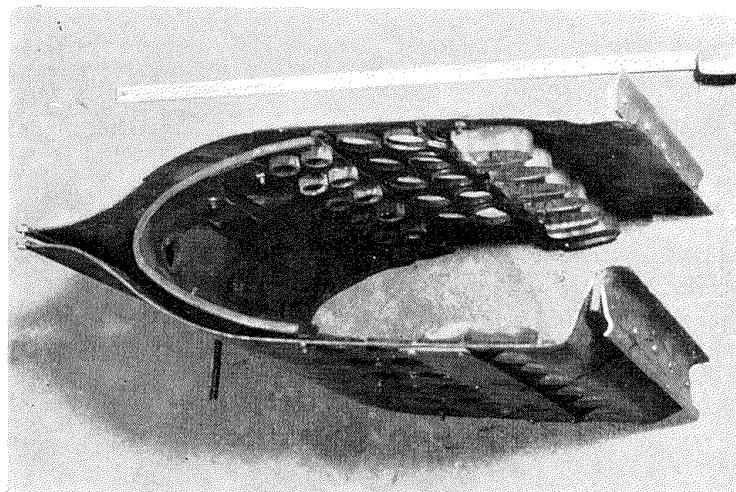


図13 B型 (隔壁板B-4, ライナII-2)

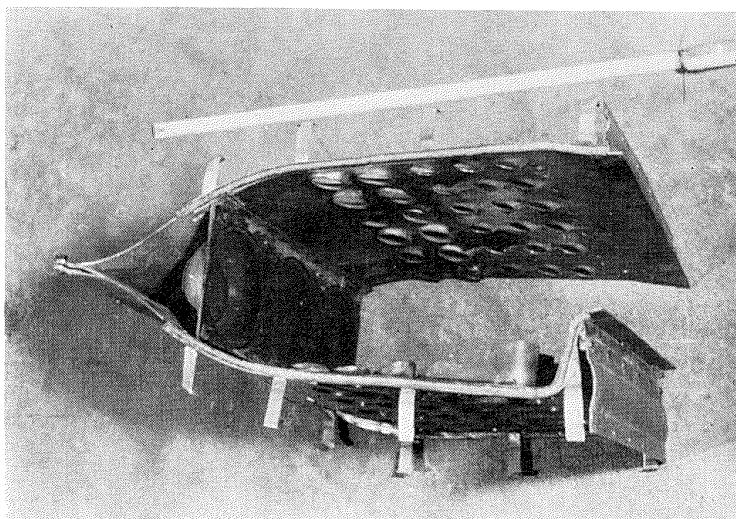


図14 C型 (隔壁板C ライナI-1)

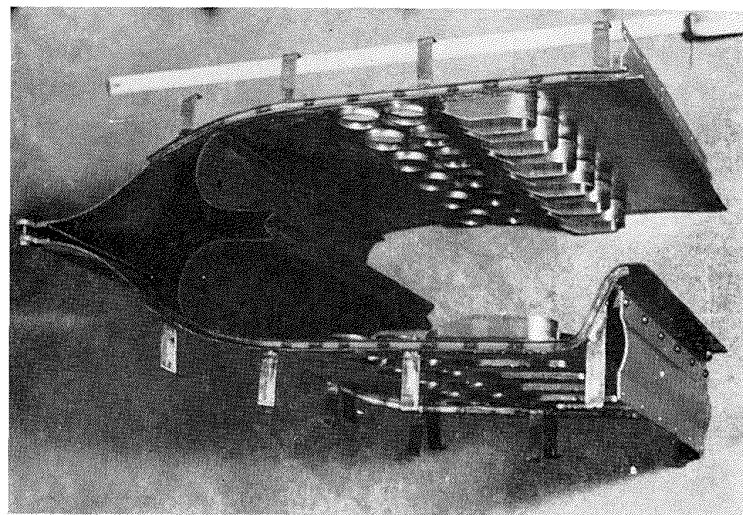


図15 D型（隔壁板D, ライナⅡ-1）

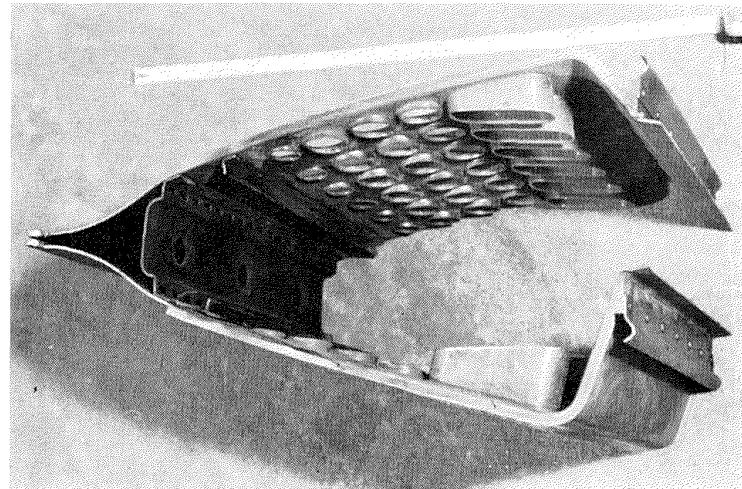


図16 E型（隔壁板E, ライナⅢ）

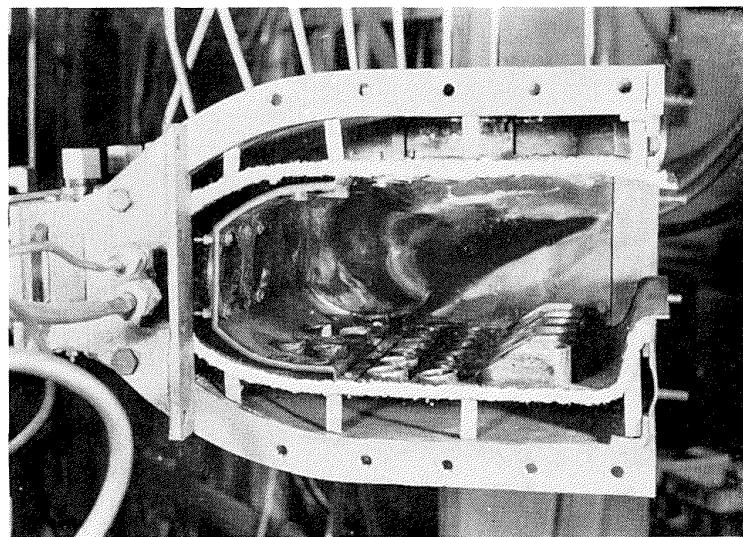


図17 A B型（隔壁板A B-1, ライナⅣ-1, スワーラS-1）

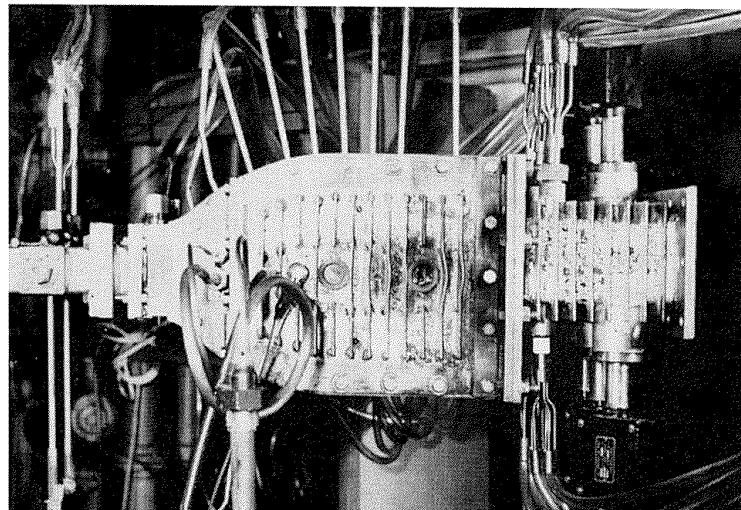


図18 供試燃焼器の外観

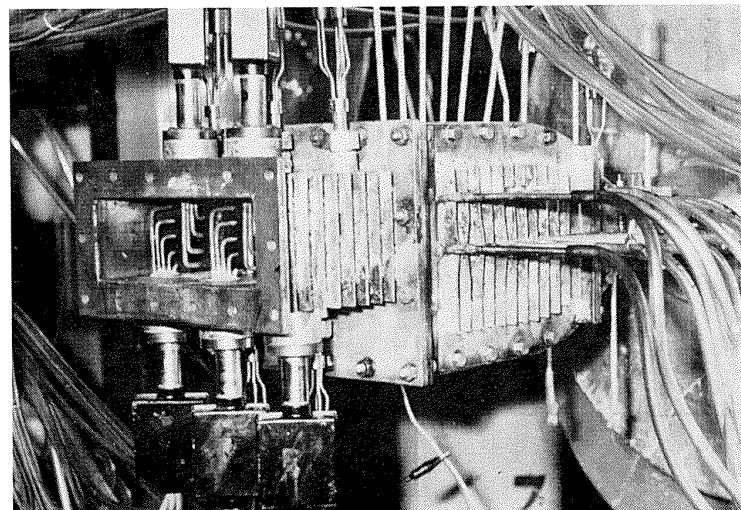


図19 供試燃焼器の外観

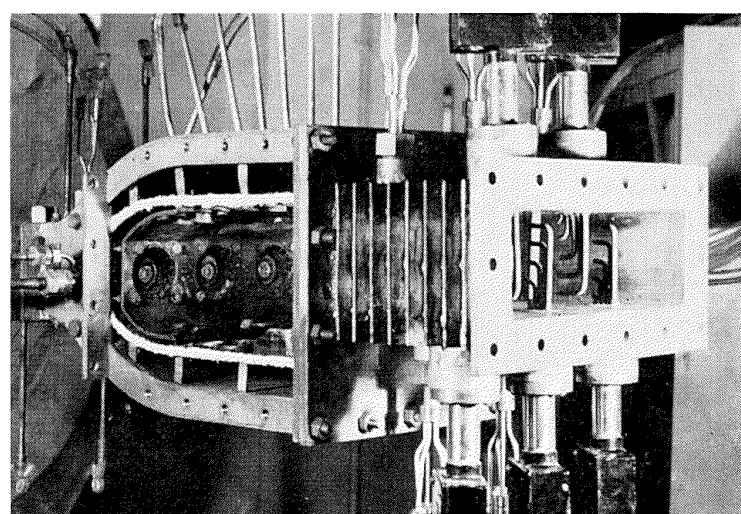


図20 供試燃焼器の外観

表3 スワーラの種類（5種類）

記号	摘要	要
S-1	コーン状、旋回羽根を軸方向に対し45°の角度で植込んだもの。外径は55mm 羽根の根元の部分に面積比30%の盲板を取りつけてある。標準型として最も多く使用。（図21参照）	
S-2	コーン状、羽根角度40°で植込み、保炎用に8mm幅の板を羽根の部分に半径方向に2箇所取り付ける。外径55mm	
S-3	コーン状、羽根角度45°で植込み、保炎用の8mm幅の板を2箇所に取り付ける。外径55mm	
S-4	コーン状、羽根角度40°で植込み、外径60mmで面積比17.7%の盲板を使用。	
S-5	コーン状、羽根角度45°で植込み、外径60mm面積比25%の盲板を使用	

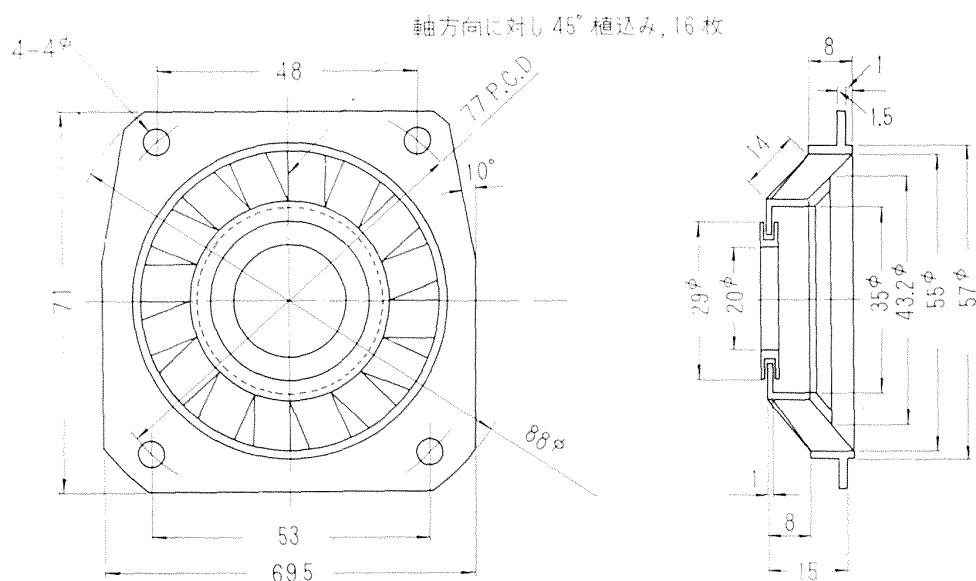


図21 スワーラ S-1

燃料噴射弁はA, B, C, E, ABの各型に対してはJR-100用のものを3個使用した。²⁾ 図22にその外観を示す。3個の燃料噴射弁の流量検定を数回行なった結果では、流量の偏りを

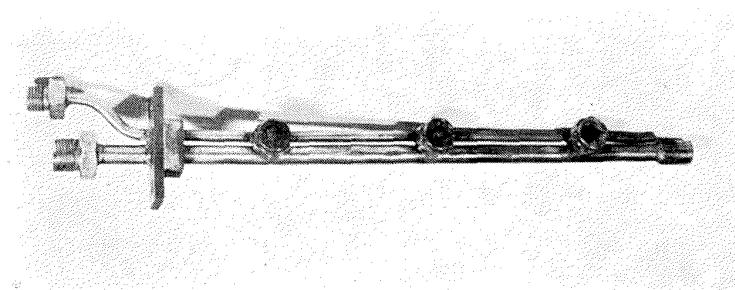


図22 燃料噴射弁

$$\frac{3\text{ 個の平均値} - \text{各個の値}}{3\text{ 個の平均値}}$$

で表わしたとき、偏りの量は(±)3%以内であった。

D型用の噴射弁は特別に製作したもので、図23にD型隔壁板と組み合わせてその外観を示す。

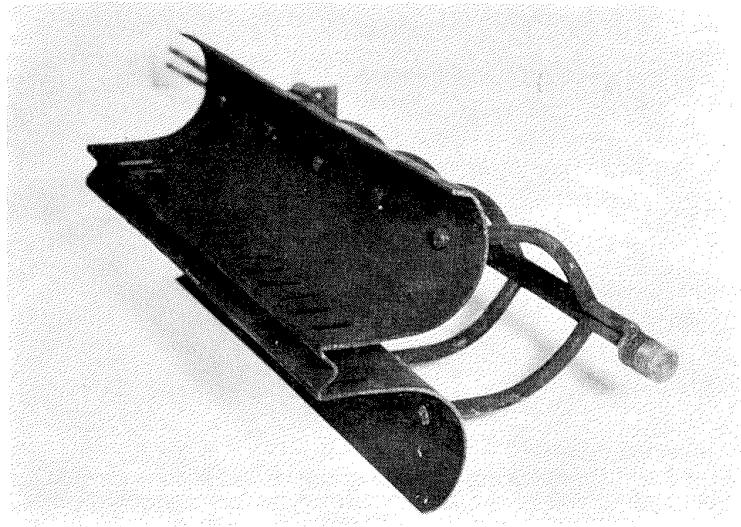


図23 燃料噴射弁 (D型)

燃焼器入口は上下幅44mm、左右260mmの矩形流路で上流に直径600mmの整流器があって、変形管により流入空気は二次元化されている。矩形流路上下間の速度分布の測定結果では、中央部30mmぐらいは平たんで上下の壁面近くでは下流の燃焼器の影響を受けて、速度の低くなる傾向が得られている。

4. 実験方法

実験は出口が大気圧状態で入口空気温度は予熱せず、ほぼ大気温度である。最大断面平均風速 U_c は 22m/s, 26m/s, 30m/s の 3 種類、空燃比 m_a/m_f は 55, 65, 80, 100 の 4 種類とした。燃料にはジェット燃料 JP-4 を用いた。³⁾

実験では各型についてライナ入口の面積を変えて一次燃焼領域へ流入する空気の量を調整することを行なった。そのため、ライナ入口の幅を図24のように x にとって重要な変数として扱った。またライナ入口の上下の位置は出口温度分布に影響するので、図25のように y で示し、 x と同様に扱った。 y の符号はライナ入口の中心が外筒の中心より上のときを(+), 下のときを(-)とした。 x と y は同一ライナに対して別別に調整できるような構造になっている。

実験で採用した隔壁板、ライナ、スワーラの組合せは表4に示すとおりである。A型は隔壁板とスワーラの影響を調べ、B型は隔壁板に重点を置いて改造し、その影響を調べた。C, D, E型は大きな改造を行なわず、 x や y の影響を調べた。AB型は隔壁板の内側分流板の影響をおもに調べ

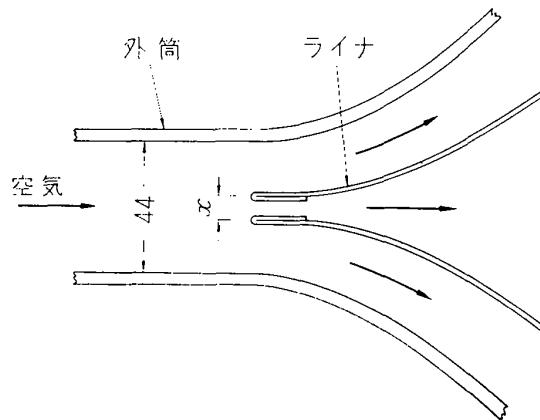
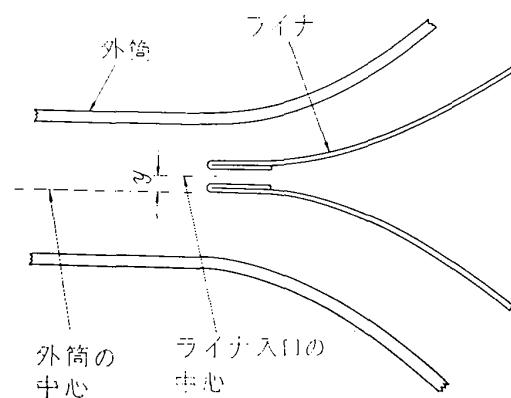
図24 x の表示図25 y の表示

表4 隔壁板、ライナ、スワーラの組合せ

型	隔 壁 板	ラ イ ナ	ス ワ ー ラ
A	A-1	I-1, I-2, I-3	S-1, S-2, S-3, S-4, S-5
	A-2-1	I-2, I-3	S-1
	A-2-2	I-2	S-1
B	B-1	II-1	なし
	B-2	II-1	なし
	B-3	II-1	なし
	B-4	II-1, II-2	なし
C	C	I-1	なし
D	D	II-1	なし
E	E	III	なし
AB	AB-1	IV-1	S-1
	AB-2	IV-1	S-1
	AB-3	IV-1, IV-2	S-1

ている。

測定は燃焼器入口側で

全 壓： 1 点

静 壓： 1 点

空気温度： 1 点

ライナ入口全圧：ピト一管で 5 点

ライナ入口静圧：ピト一管で 5 点

燃焼器壁面で

上面壁圧： 9点

側面上部壁圧： 7点

側面中央部壁圧： 7点

燃焼器出口側で

全 壓： 25点

全 温： 25点

について行ない、別に

空気流量

燃料流量

燃料噴射弁の圧力

を測定した。

燃焼器出口の温度測定に用いた熱電対はクロメル-アルメルの0.8mmφ線で、指示計器には横河電機製電子管平衡式EIM-22型温度計を用い、切換えスイッチの操作によって25点を測定している。

入口全圧測定には外径6mmで上流に向って1mmφの孔をあけた円管を用い、出口全圧管には外径が10mmのものを用いた。入口全圧管は1本で測定は1点、出口全圧管は5本で測定はおのおの5点ずつ計25点である。差圧の指示は水銀マノメータで行ない、大気圧との差が示される。

静圧は壁に1mmφの孔をあけてとり出し、水銀マノメータによって大気圧との差が示される。

空気流量と燃料流量はそれぞれ実験設備に組み込んだオリフィスと容量タイプの流量計によって測定し燃料噴射弁の噴射圧力はブルドン管式圧力計で測定した。

以上の測定から次の項目を求めた。

(1) 燃焼器入口全圧： P_{1t} kg/cm²abs

(2) 最大断面平均風速： U_c ，燃焼器入口状態の空気が最大断面積(0.0546m²)を平均して流れるとしたもの

$$U_c = 0.7991 \frac{m_a(t_1 + 273)}{0.0546 P_{1s} \cdot 273} \text{ m/s}$$

ここに

m_a : 空気流量 kg/s

t_1 : 入口温度 °C

P_{1s} : 入口静圧 kg/cm² abs

(3) 入口風速： U_1 ，燃焼器入口の風速

$$U_1 = 4.77 \times U_c \text{ m/s}$$

に相当する。

(4) 入口温度 : t_1 °C

(5) 出口平均温度 : t_2 , 各温度計指示値 t_{2i} に各温度計測温部を流れる燃焼ガス流量を考え合わせて平均したもの

$$t_2 = \frac{\sum_{i=1}^{25} P_{2di}^{1/2} (t_{2i} + 273)^{1/2} \Delta S_i}{\sum_{i=1}^{25} P_{2di}^{1/2} (t_{2i} + 273)^{-1/2} \Delta S_i} - 273 \quad ^\circ\text{C}$$

ここに

P_{2di} : 出口各点の動圧 (=出口全圧) kg/cm²

ΔS_i : i 番目の温度計の測定値を代表とする断面積 m²

(6) 出口温度不均一度 : δ_t , 出口温度の最高と平均値の差を平均温度上昇で割ったもの

$$\delta_t = \frac{(t_{2i})_{\max} - t_2}{t_2 - t_1}$$

(7) 全圧損失率 : k , 入口, 出口の全圧差を入口全圧で割ったもの

$$k = \frac{P_{1t} - P_{2t}}{P_{1t}}$$

ここに

$$P_{2t} = \left(\sum_{i=1}^{25} P_{2ti} \cdot \Delta S_i \right) / \sum_{i=1}^{25} \Delta S_i \quad \text{kg/cm}^2 \text{abs}$$

(8) 全圧損失係数 : ϕ , 入口, 出口の全圧差を最大断面平均風速の動圧で割ったもの

$$\phi = \frac{(P_{1t} - P_{2t}) \times 10^4}{1/2 \cdot \rho_1 \cdot U_c^2}$$

ここに

$$\rho_1 = \frac{1.293 \times 273 \times P_{1s}}{9.8(t_1 + 273) \times 1.0332} \quad \text{kg s}^2 / \text{m}^4$$

(9) 热負荷 : Q , 単位時間当りの発生熱量を燃焼器入口静圧の 1.8 乗とライナ有効容積で割ったもの (燃料の発熱量を 10,250 kcal/kg とした)

$$Q = \frac{10,250 \times m_f \times \eta_b \times \frac{1}{100} \times 3,600}{V_i \times (P_{1s})^{1.8}} \quad \text{kcal/m}^3 \cdot \text{hr} \cdot \text{Atm}^{1.8}$$

ここに

m_f : 燃料流量 kg/s

η_b : 燃焼効率 %

V_i : i 番目の型の燃焼室有効容積 m³

- (10) 燃焼効率： η_b , 燃焼器出口の燃焼ガスの平均エンタルピを求め、燃焼器入口空気のエンタルピとから求めたもの

$$\eta_b = \frac{i_2(m_a + m_f) - i_1 m_a}{10,250 \times m_f} \times 100 \% \quad (1)$$

ここに i_1, i_2 は入口および出口のエンタルピである。⁴⁾

- (11) 空燃比： λ

$$\lambda = \frac{m_a}{m_f}$$

- (12) ライナ内側流入空気量： m_{ac} , ピト一管で測定した動圧より求めたもの

$$m_{ac} = \sum_{i=1}^5 \Delta A_i [2g(P_{pti} - P_{psi})\gamma_i]^{1/2}$$

ここに

ΔA_i : i 番目のピト一管の測定値を代表とするライナ入口の開口面積 m^2

g : 重力の加速度 9.8m/s^2

P_{pti} : 各点のライナ入口全圧 $\text{kg/m}^2 \cdot \text{G}$

P_{psi} : 各点のライナ入口静圧 $\text{kg/m}^2 \cdot \text{G}$

γ_i : 各点の空気の比重 kg/m^3

- (13) その他

火炎の観察（燃え方、火炎の色、火炎の長さ、煙の発生程度、振動燃焼、など）

5. 実験結果および結果の考察

実験結果を表5（巻末）に示す。表5では隔壁板、ライナ、スワーラの各種類とライナ入口の x と y の値を主要パラメータとして分けてある。表5においては、最初各型に対する諸特性を示し、次いでB型の隔壁板を改造したものに対する結果とA型で隔壁板やスワーラを変えた結果を示し、最後にAB型について示してある。

以下代表的特性について図示し、検討を行なうこととする。図示した特性は、(1)燃焼効率、(2)出口温度分布、(3)圧力損失、(4)静圧分布、(5)熱負荷、(6)一次燃焼領域への空気流入割合、である。

5.1 燃焼効率

JR-100 エンジン用燃焼器の設計点は空燃比 $m_a/m_f = 55$ 、最大断面平均風速 $U_c = 34 \text{m/s}$ であり、設計点付近で燃焼効率が高く全体として効率に大きな変動のない型が望ましい。

5.1.1 A, B, C, D, E各模型の比較

図26と図27にA, B, C, D, E型の初期の各模型について、燃焼効率に対する空燃比、平均風速の影響を示してある。

図26は一定風速における空燃比の影響を示し、図27は一定空燃比における平均風速の影響を示す。図中燃焼器入口において、ライナ入口の中央部が全体に対して占める面積比を入口分流比 A_p/A_t として表わしてある。この A_p/A_t の値は図24の x の大きさで決まるもので $A_p/A_t = x/44$ で与えられる。

図26(a)と図27(a)に示すA型は燃焼効率が他の型と比較して高く、平均風速や空燃比によっても大きな影響を受けず、設計点付近で最高値を示すなど5種の型の中で最も良い傾向を示している。

図26(b)と図27(b)に示すB型は空燃比と平均風速によって燃焼効率が大きく変化し、その値も全般に低くなっている。風速が速く空燃比の小さい設計点付近では、燃焼効率が低い値になる傾向が示されている。

図26(c)と図27(c)に示すC型は燃焼効率の値および空燃比と平均風速による変動の程度が各模型の中間のところにあり、空燃比の影響は風速のおそいところでは良好な傾向であるのに対し、風速が速いと望ましくない傾向をもつ。平均風速による影響は設計点付近で燃焼効率の低下となって現われている。

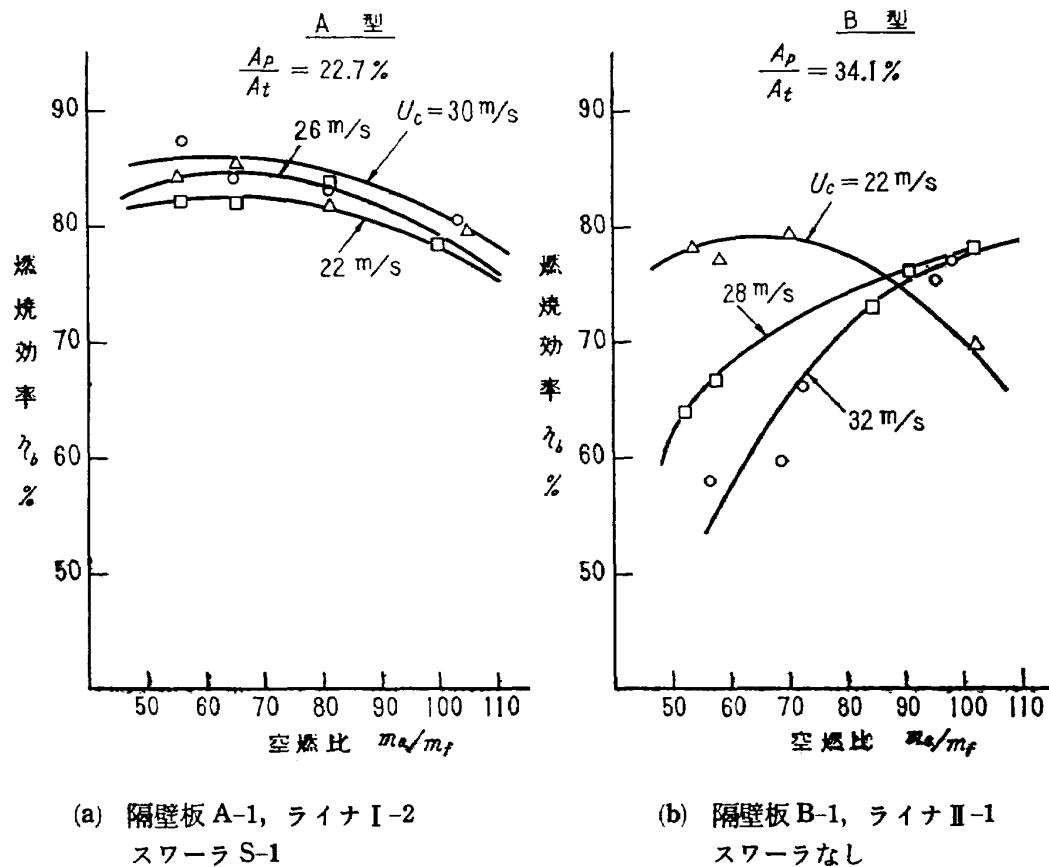
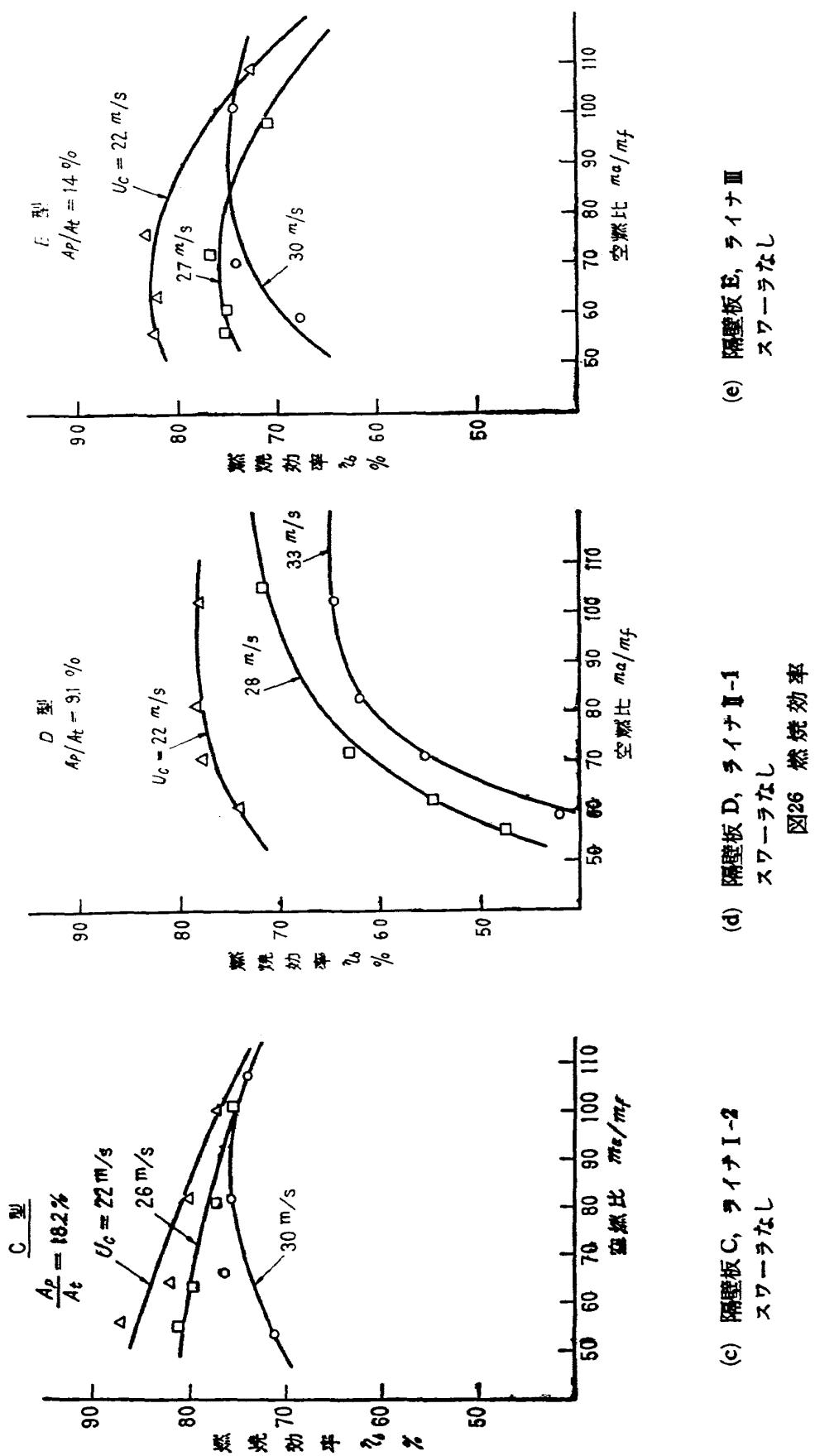


図26 燃焼効率



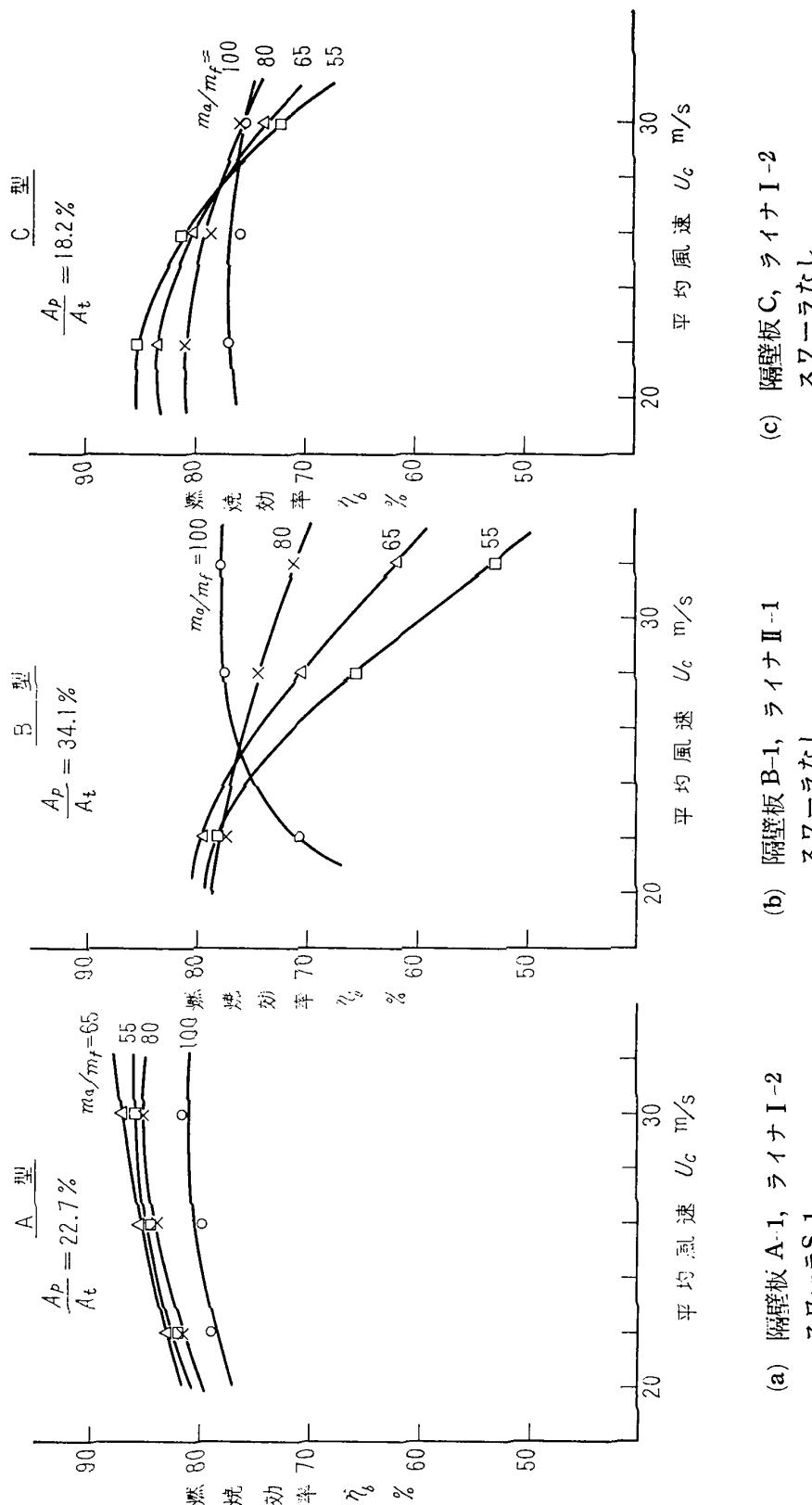


図27 燃焼効率

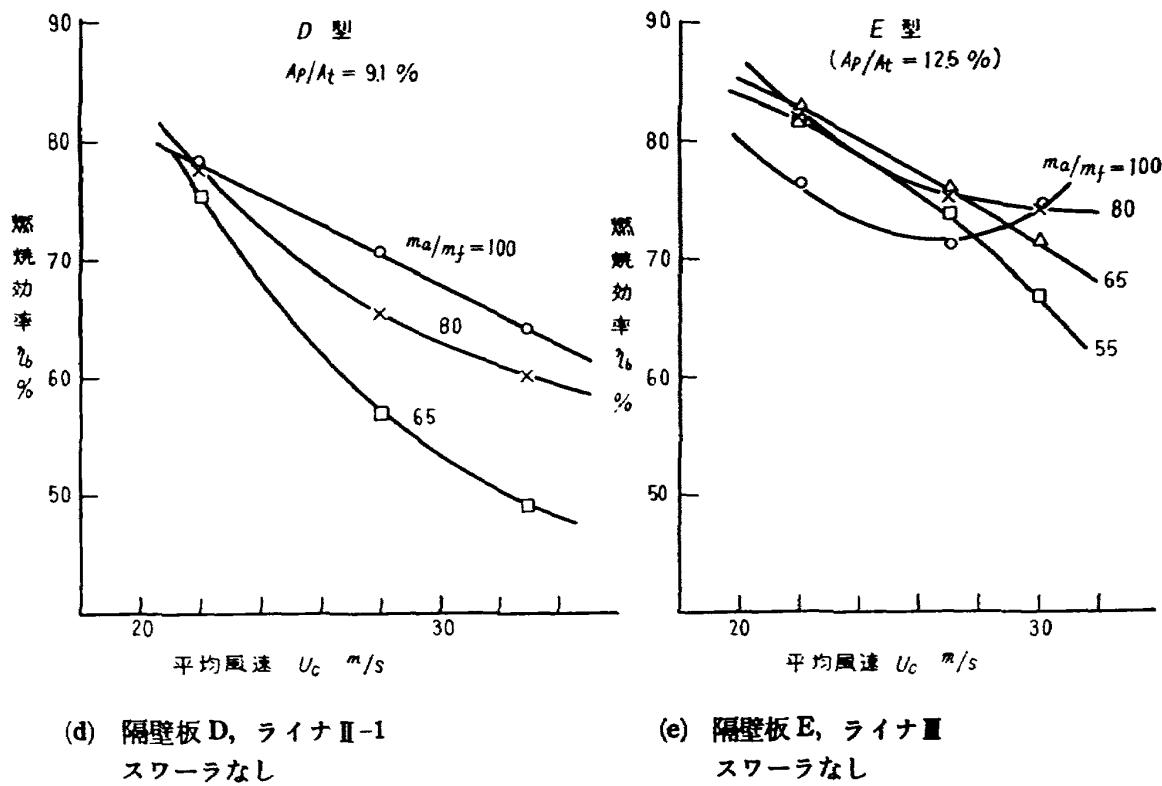


図27 燃焼効率

図26(d)と図27(d)に示すD型は燃焼効率の値が5種の型の中では最も低く、空燃比と平均風速による変動も激しく、設計点に向って燃焼効率の低下する傾向がはっきり示されている。

図26(e)と図27(e)に示すE型は燃焼効率の値および変動は中程度で、空燃比による変化は平均風速 U_c が30m/sのときに大きく、平均風速の影響については燃焼効率が設計点に向って低下する結果となっている。

図28に各模型の燃焼効率をまとめて示す。平均風速の低いところでは各型の間の燃焼効率の差は小さく、平均風速が速いとはっきり差異が現われ、A型の値が高く、D型が最も低く、B, C, E型は中間の値をとっていることがわかる。

図29~32に燃焼器入口分流比 A_p/A_t が燃焼効率に及ぼす影響を示す。入口分流比 A_p/A_t は燃焼器の一次燃焼領域への流入空気量に効いてくるため、燃焼効率にも大きな影響を及ぼしている。図中最も良い燃焼効率を示した入口分流比を表6の上段に、「ライナの上面」、「隔壁板」、「ライナの下面」の空気孔の開口面積比を表6の下段に示す。双方の間には表に示すような数値の対応が認められる。A型とC型は数値の対応が見られないが、これらの詳細については実際の空気流量の配分やフローパターン等の測定を行なってから検討したい。

図33に入口分流比が燃焼効率に及ぼす影響を各模型についてまとめて示す。図ではA型の燃焼効率が全般に他の型より高いことが示されている。

以上A, B, C, D, E各型に対する比較ではA型の性能の良いことが示された。

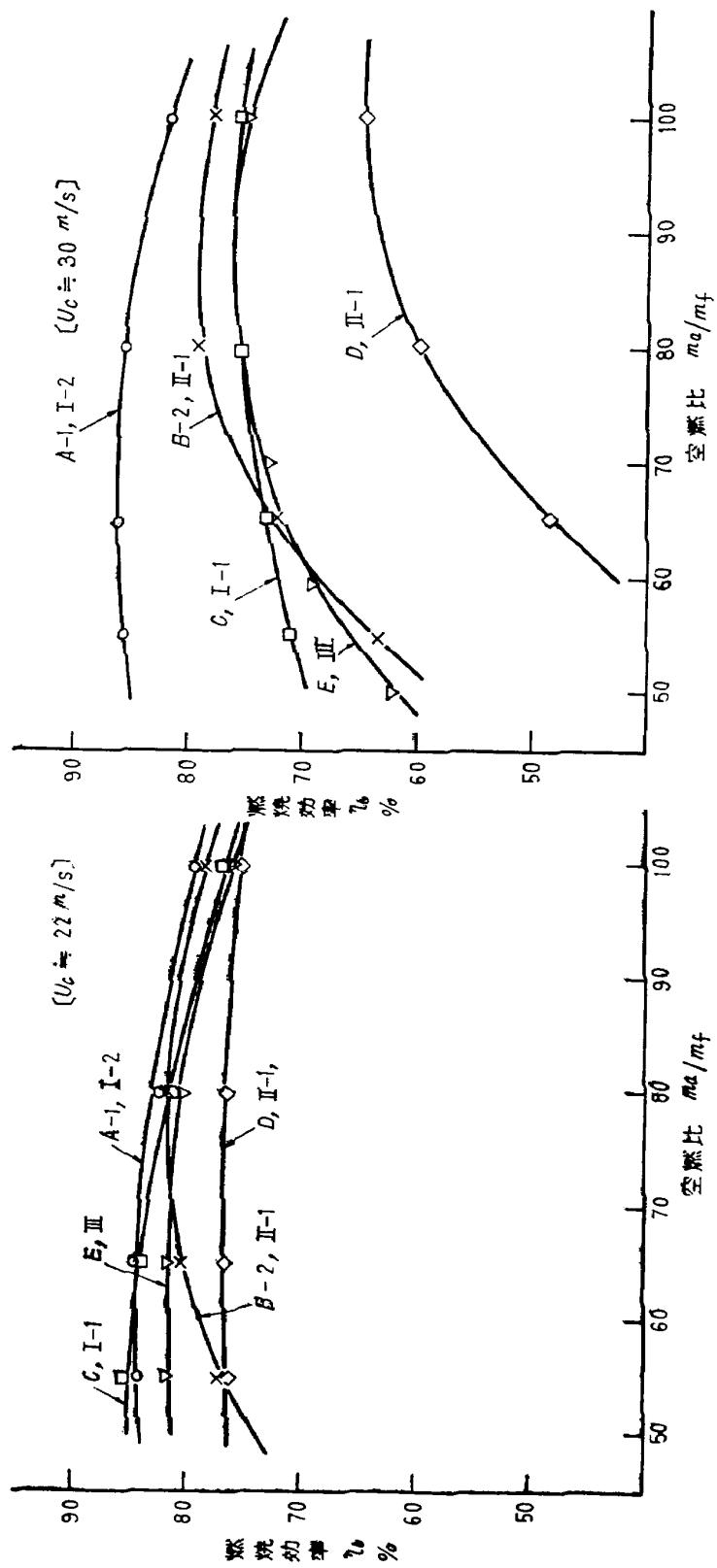


図28 燃焼効率—空燃比

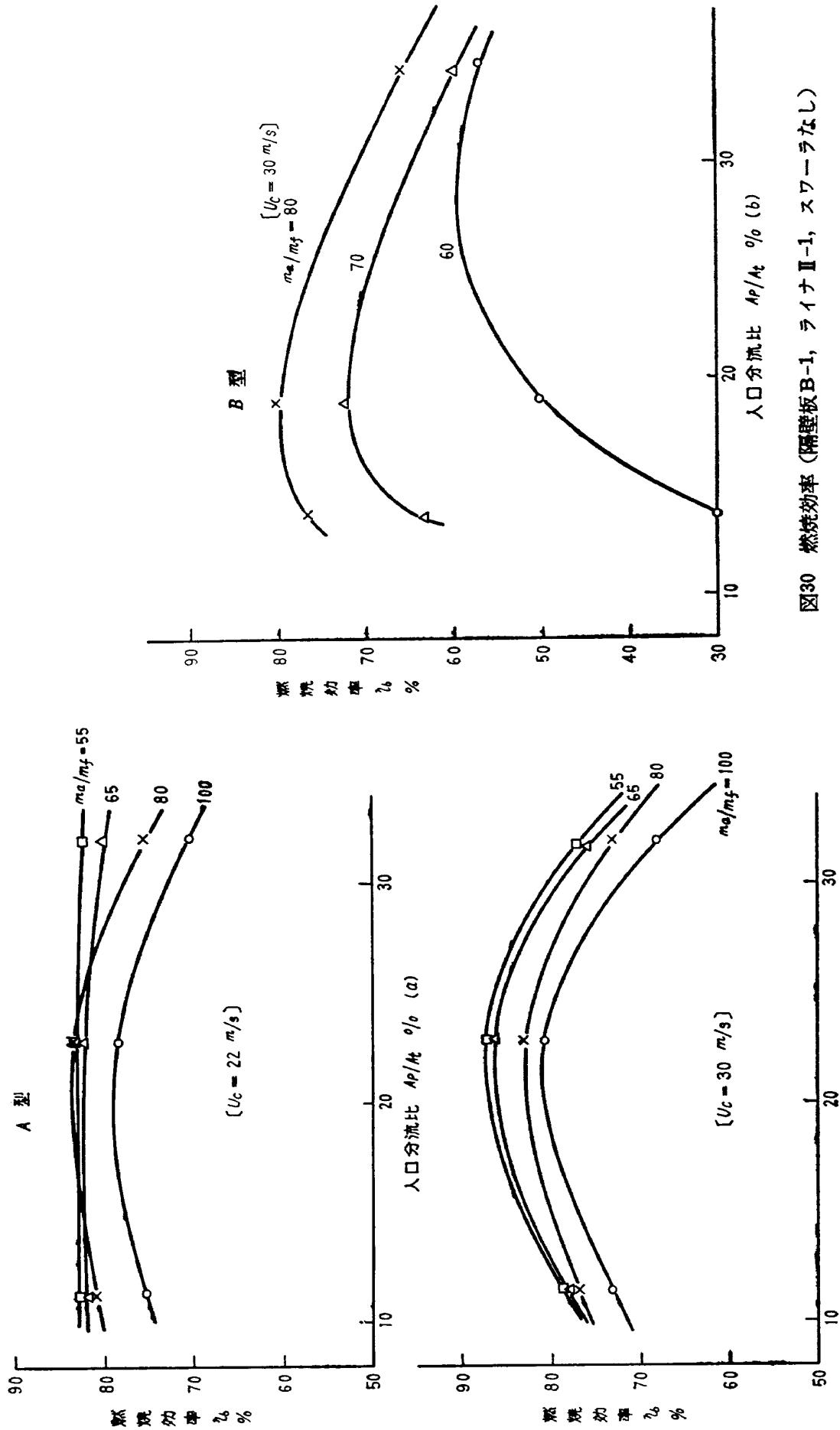


図30 燃焼効率 (隔壁板B-1, ライナII-1, スワーラなし)

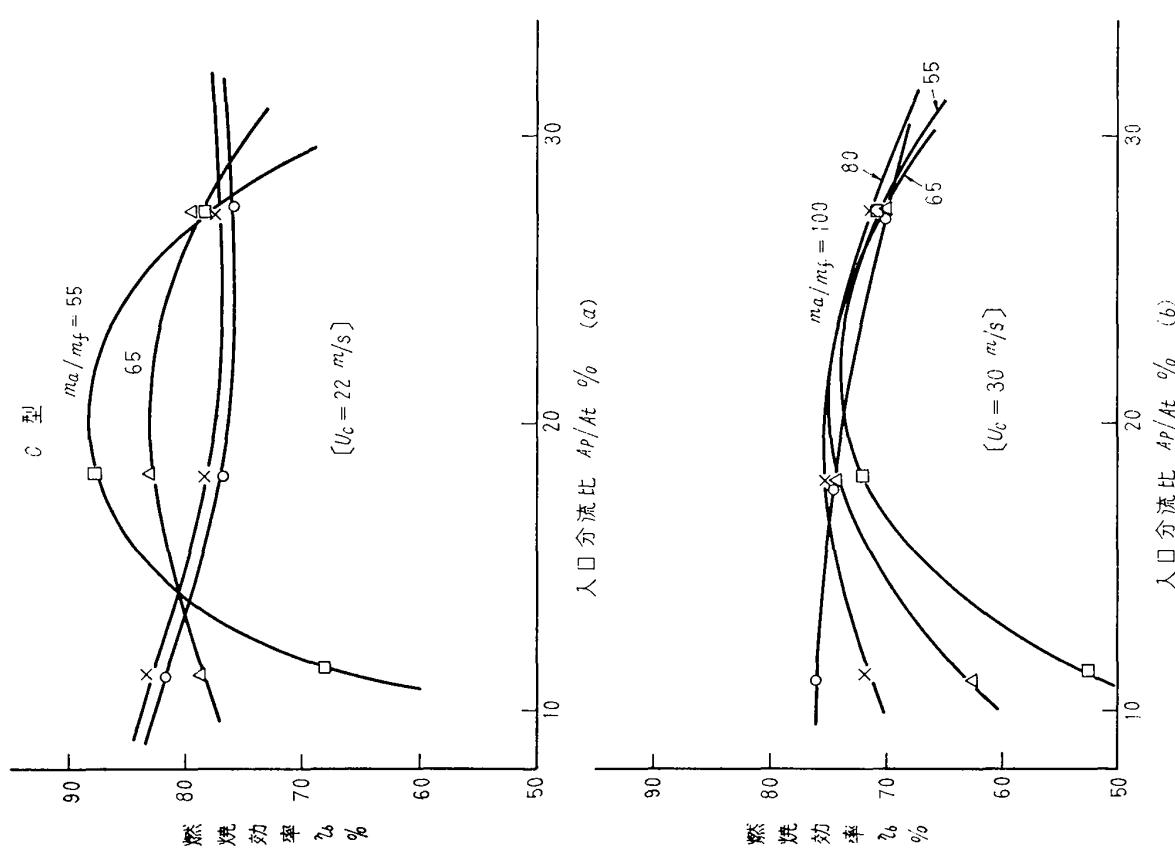


図31 燃焼効率 (隔壁板C, ライナI-1, スワーラなし)

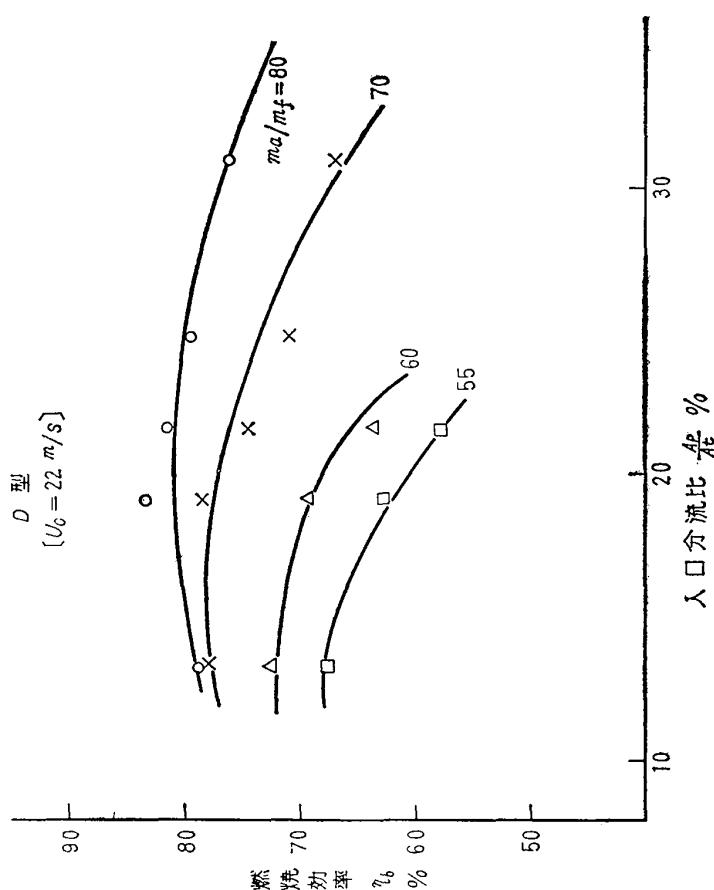


図32 燃焼効率 (隔壁板D, ライナII-1, スワーラなし)

表6 燃焼効率の良い入口分流比と空気孔面積との比較

(a) 最もよい燃焼効率を示した入口分流比 単位%

型	A型	B型	C型	D型	E型	AB型
上	26.5	37.8	33.9	42.4	—	22.7
中 心	20.4	20.4	20.0	10.2	—	27.3
下	53.1	41.8	46.1	47.4	—	50.0

(b) 空気孔の開口比

型	A型	B型	C型	D型	E型	AB型
ライナ	I-2	II-1	I-1	II-1	III	IV-1
ライナの上面	31.6	37.6	39.9	41.9	46.9	28.3
隔壁板	6.0	20.8	5.6	11.5	0.3	25.3
ライナの下面	62.4	41.6	54.5	46.6	52.8	46.4

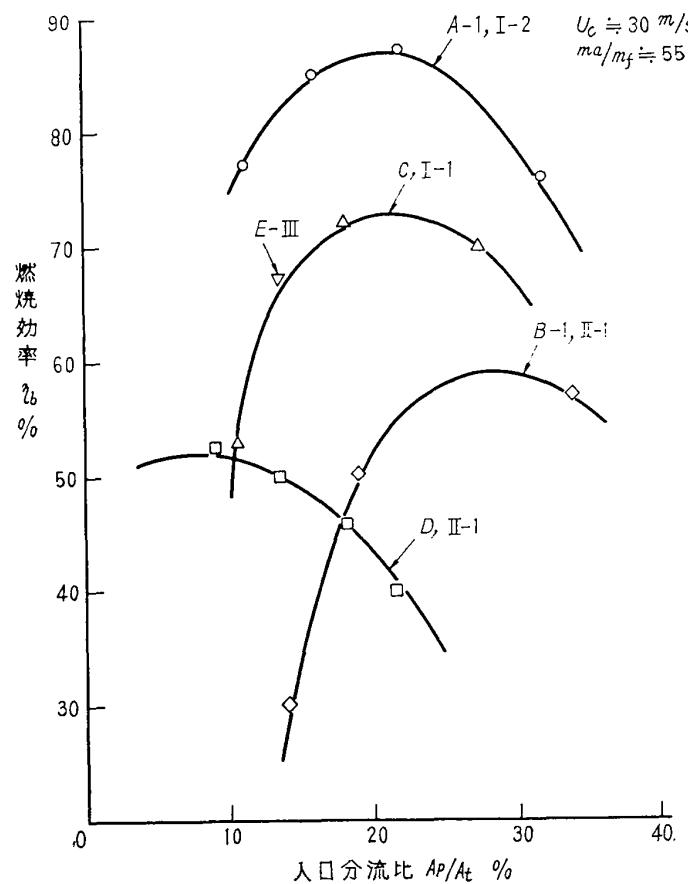


図33 入口分流比が燃焼効率におよぼす影響

5.1.2 AB型の燃焼効率

AB型は前記5種の中で最も高い燃焼効率を示したA型に、一次燃焼領域への必要空気量を確保しやすいB型の特徴を加えたもので、空燃比が小さいところでの効率の上昇をめざしている。

この型では内部分流板をはずして構造を簡単にした隔壁板AB-3を用いたとき良好な燃焼効率が得られた。その結果を図34に示す。図の上のほうからライナ入口幅 x を10mm, 12mm, 14.5mm

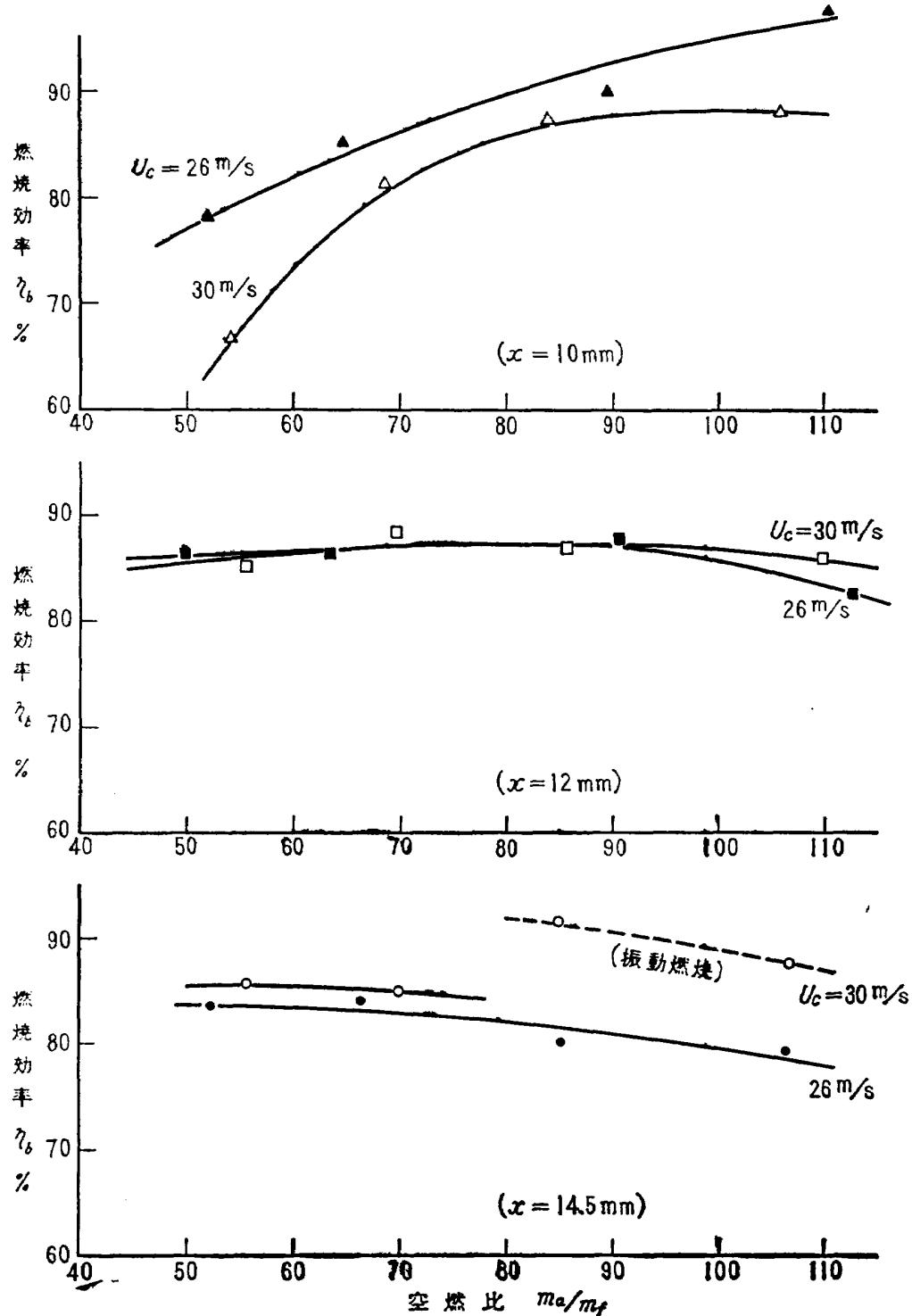


図34 燃焼効率—空燃比(隔壁板AB-3, ライナIV-2, スワーラS-1)

と変えた結果を示してある。

$x = 10\text{mm}$ では空燃比の小さな値のところで燃焼効率の急激な低下が認められ、その傾向は平均風速 U_c が 30m/s のほうで顕著になっている。 $x = 12\text{mm}$ では燃焼効率の値が高いのと同時に空燃比や平均風速による影響の小さいことが認められる。この χ の値はアニュラ模型の設計の基礎データとして採用された。 $x = 14.5\text{mm}$ では空燃比の値が大きくなると燃焼効率が低下する傾向をもつ。また、燃焼器においては振動燃焼の起こることがあるが、そのタイプには2種類あり、一方は空燃比の低いところで不安定な燃焼と燃焼効率の低下をもたらすもので、他方は空燃比の高いところで周波数の高い音を伴い安定な燃焼で燃焼効率の増加をもたらすものである。平均風速 U_c が 30m/s

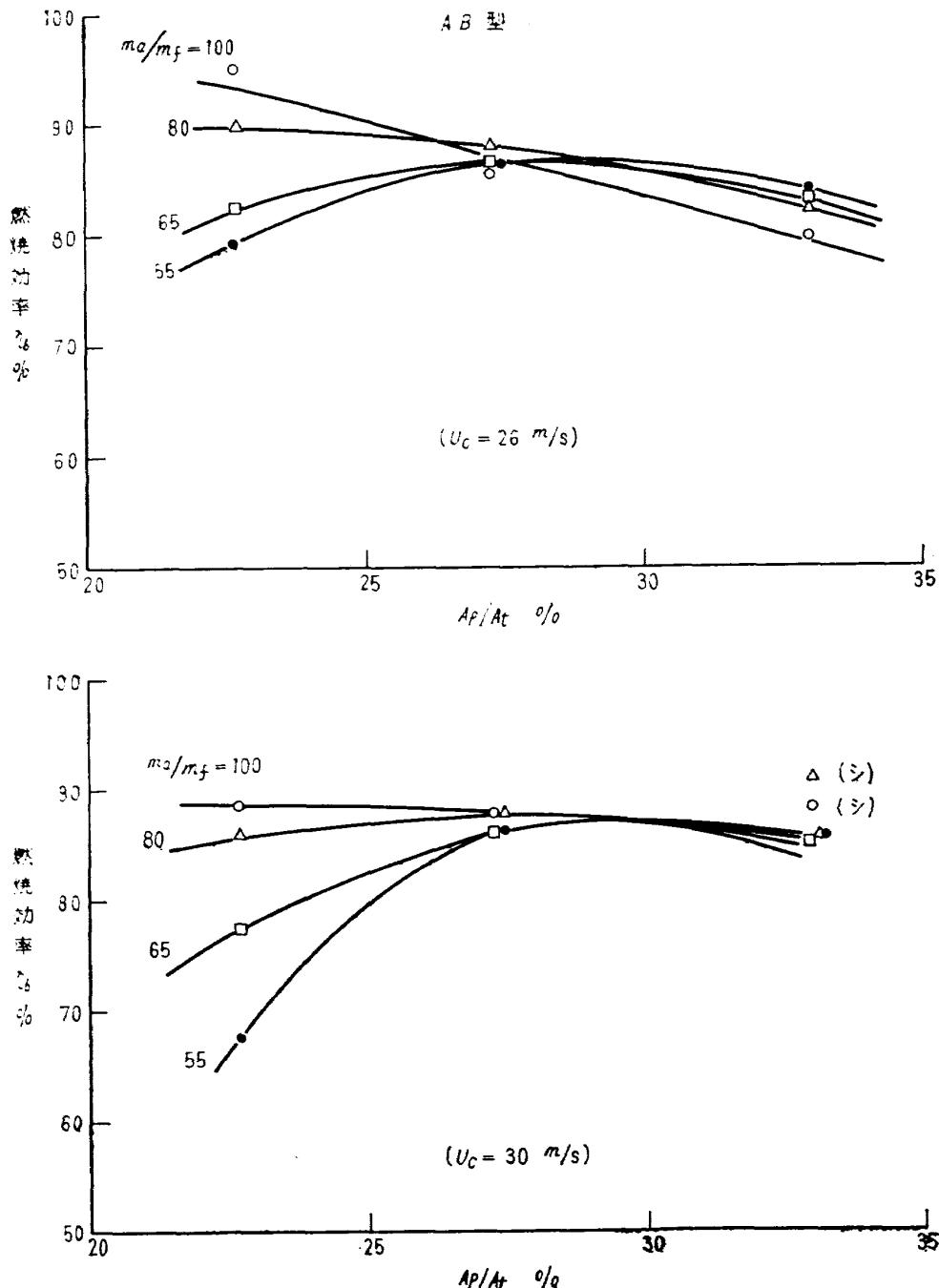


図35 入口分流比の影響(隔壁板AB-3, ライナN-2, スワーラS-1)

で空燃比の値が大きいところでは燃焼効率の上がるほうの振動燃焼が起こっている。しかし、空燃比による燃焼効率の変動の傾向は上述のものと一致する。振動燃焼は燃焼効率の上昇を伴う場合でも、構造強度に及ぼす影響、圧力損失の増加等を考えて避けなければならない。

入口分流比が燃焼効率に及ぼす影響を図35に示す。 $U_c=26\text{m/s}$ の図では A_p/A_f の値が小さいときと大きいときでは空燃比による燃焼効率の違いが逆転していることがわかる。 $U_c=30\text{m/s}$ でも同様な傾向を示すものと考えられるが、一部に振動燃焼が起こっているためはっきりした結果は示されていない。

一次燃焼領域への流入空気量をライナ入口でピトー管により測定し、一次燃焼領域での空燃比 (m_a/m_f) を算出して燃焼効率との関係を示したのが図36である。一次燃焼領域が理論空燃比 15.5

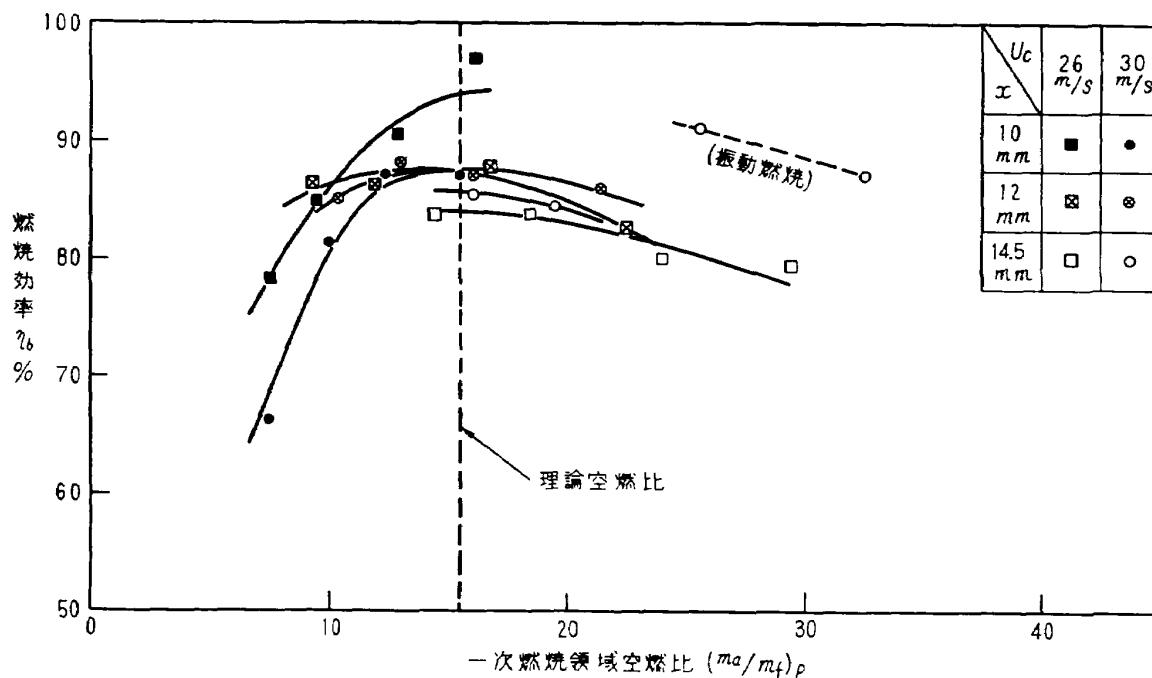


図36 一次燃焼領域空燃比-燃焼効率 (隔壁板A B-3, ライナIV-2, スワーラS-1)

に近いところでは燃焼効率が高く、理論空燃比から、はなれるとしだいに低下している。この傾向から、一次燃焼領域での空燃比は燃焼効率に支配的な影響を及ぼしているものと考えられる。⁵⁾

5.1.3 各模型に対する改良実験の結果

(a) A型の隔壁板の影響

A型の原型隔壁板 A-1 に対して隔壁板に4φの小さな空気孔をたくさんあけた A-2-1, A-2-2 型隔壁板を使って燃焼効率を求めた結果を図37に示す。図から燃焼効率に特別の変化のないことがわかる。したがって最も構造が簡単な A-1型を採用するのが妥当と考えられる。

(b) B型隔壁板のシンプルの影響

B型隔壁板の原型B-1とシンプルを付けたB-2型隔壁板の燃焼効率の比較を図38に示す。シンプ

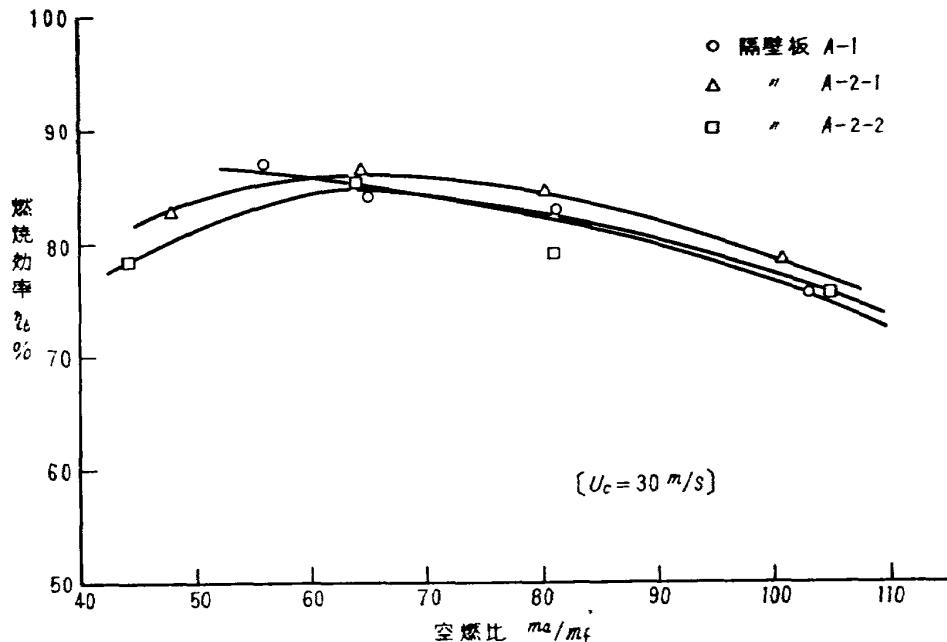


図37 燃焼効率とA型隔壁板の種類の関係
(ライナI-2, スワーラS-1, $x=10\text{mm}$, $y=+6.0\text{mm}$)

ルを付けると平均風速や空燃比による燃焼効率の変動の程度は小さくなっている。燃焼効率の値についてでは特別な上昇は認められない。

(c) スワーラの影響

A型でスワーラを換えて実験した結果を図39に示す。S-1型は標準型として採用したものであるが、最高の燃焼効率を示している。スワーラの半径方向に8mm幅の盲を取り付けたS-2, S-3型は保炎効果の点で改善が認められたけれど、燃焼効率は低下している。S-4, S-5型はスワーラの外径を大きくしたものであるが、空燃比の値の中ぐらいのところで燃焼効率の低下が大きく、全般的に標準型より低い値を示している。

5.2 出口温度分布

燃焼器出口の温度分布は円周方向に均一で、半径方向にはタービン翼の先端部がルート部より少し高温になる分布が強度上望ましいとされる（その程度は出口温度不均一度 $\delta_t = (t_{2\max} - t_2)/(t_2 - t_1) \leq 0.3$ で与えられる例がある）。

箱型模型はアニュラ型を二次元化してあるため、アニュラ型と同一寸法の空気孔でも箱型模型の項で示したごとくライナ下側でその数がふえており、下側から空気がはいりやすくなっている。また、噴霧燃料の分布や流れ模様も双方の間ではいくぶん異なっている。このため温度分布が実際に使われるアニュラ型と異なりやすく、実機にデータを適用する際にアニュラ型模型で得られた温度分布のほうが近似度が高くなることは避けられない。以下温度分布については定性的な検討を行なう。

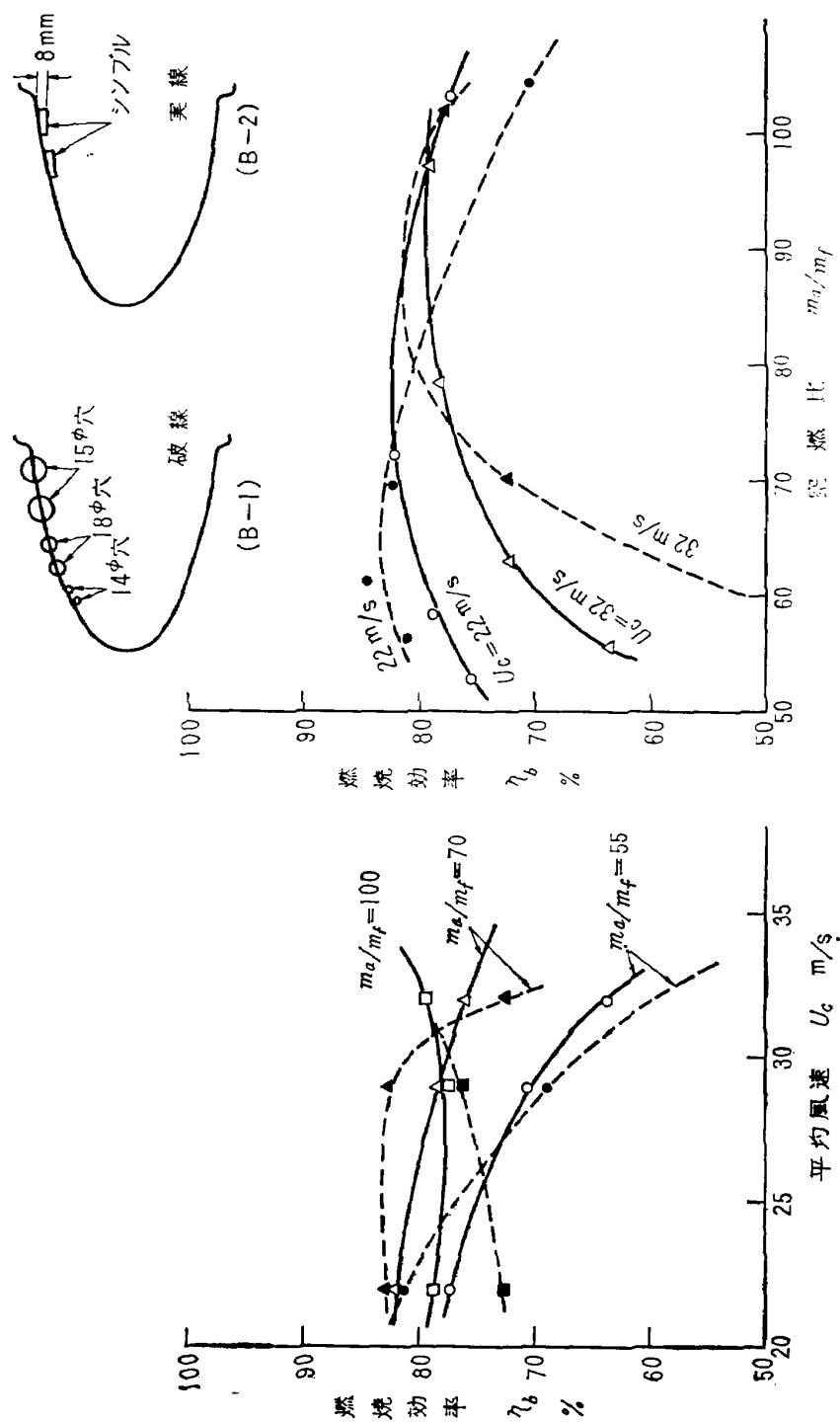


図38 隔壁板形状の影響 (B型)

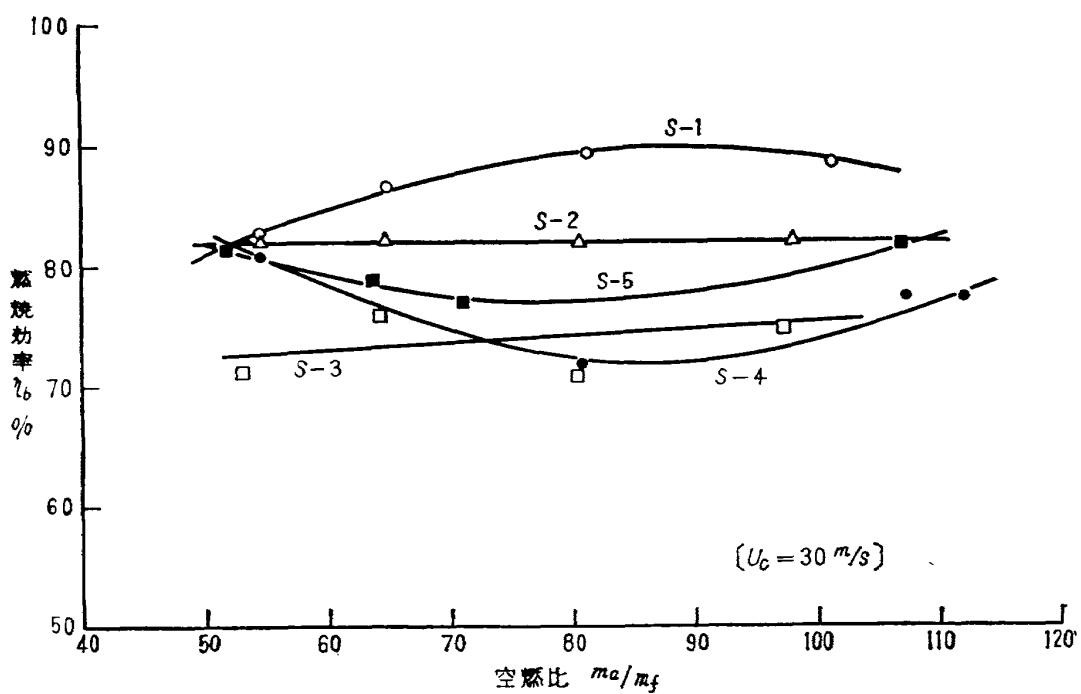


図39 燃焼効率とスワーラの種類の関係
(隔壁板A-1, ライナI-2, $x=10\text{mm}$, $y=+6.0\text{mm}$)

図40～45に実機の半径方向の温度分布に相当する箱型模型上下の出口温度分布を示す。

図40はA型の温度分布でライナ入口の中心が外筒の中心と一致して、図25に示す y の値が0のと

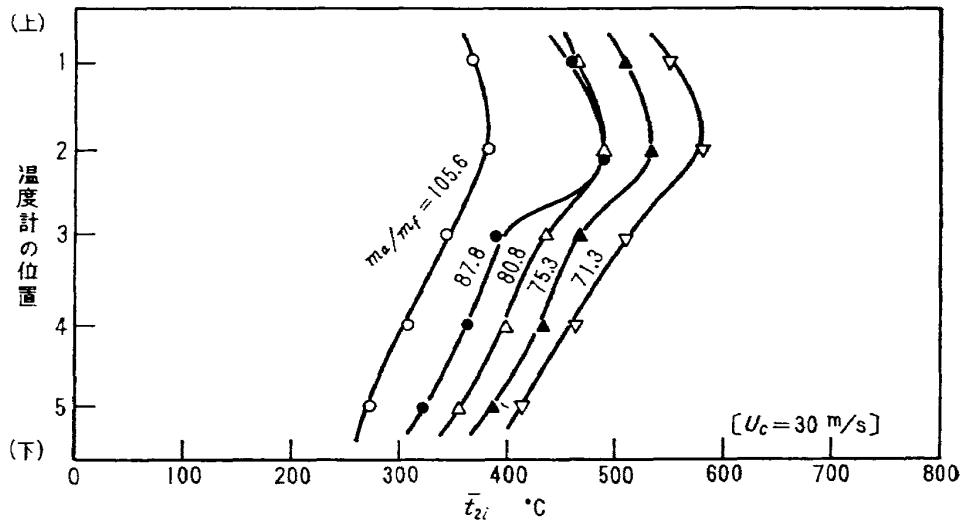


図40 温度分布 $y = 0 \text{ mm}$
(隔壁板A-1, ライナI-2, スワーラS-1, $x=7.0\text{mm}$)

きである。図41は y の値が $+6.8\text{mm}$ のときの温度分布である。図40, 41では各位置の温度は同じ高さ方向の位置の測定値5点を算術平均して示してある。温度分布は空燃比の値の小さいときほど高温側に移るが、分布の形は図42に示すように出口平均温度と各位置の温度の比の形で整理すると空燃比に関係なく一定の傾向になる。図42ではまた y の値が0から $+6.8\text{mm}$ に変わったことによ

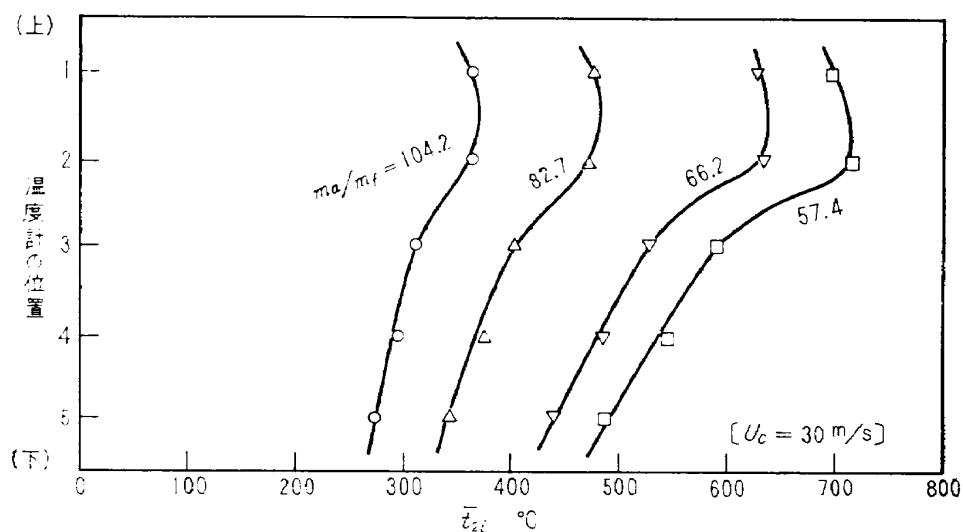


図41 温度分布 $y = +6.8\text{mm}$
(隔壁板A-1, ライナI-2, スワーラS-1, $x = 7.0\text{mm}$)

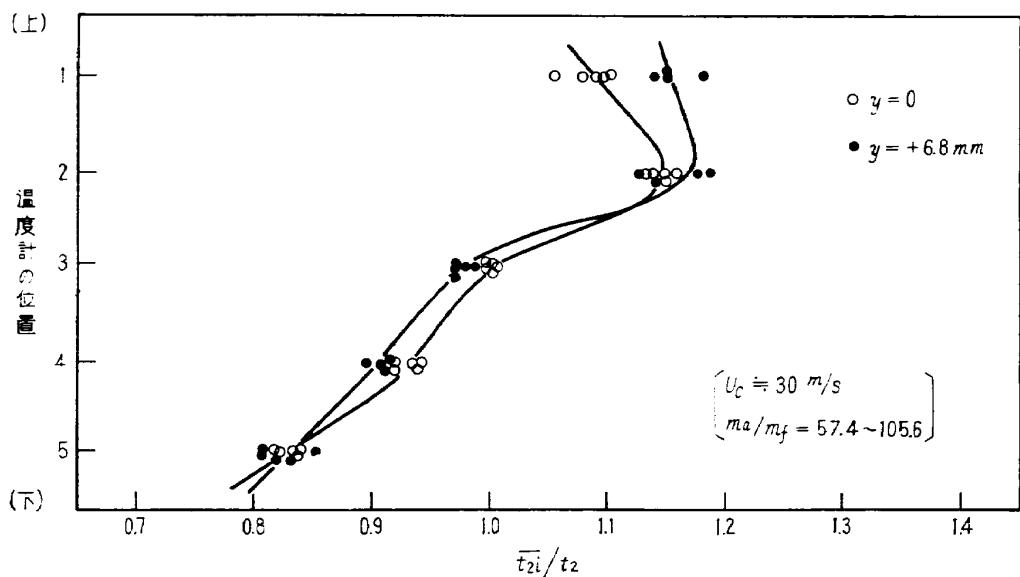


図42 温度分布

り最上部の温度上昇と下部の温度降下が明らかに認められる。この事実から出口温度分布の形は、隔壁板とライナの空気孔の構成による流れ模様や流れの貫通距離、ライナ入口の高さ、一次燃焼領域の温度分布等から決まるものと考えられる。 y の値を $+6.8\text{mm}$ に変えたことはライナ下側よりの空気流量を増し、上側のほうを減らして一次燃焼領域より流れてくる高温ガスを上側に押し上げる効果を生じ、また、希釈空気量が下側でふえ、上側で減ることも上側の温度を高める方向に向かわせるものと解釈される。

B型の温度分布はA型のように極端に上側の温度が高くなる分布が少なく、入口分流比で形が変わる傾向が得られた。この原因としては、表6に示すようにライナの空気孔の開口面積が上下では

ほぼ等しくなっていることやフローパターンの影響が考えられる。

C型の温度分布は上側が高く下側で低くなる望ましい形になっている。原因是B型で検討したのと同様に表6に示すようにライナ上下の空気孔の開口比が下側から空気がはいりやすい値になっていること、 y の値を+5.0mmや+6.0mmにとって実験を行なったためであると思われる。

D型の温度分布は入口分流比によって変わり、 x の値が小さいときは上側の温度が高く、 x が大きくなると中央部の温度が高くなり、燃焼器内部の様子の変わっていることが推測される。なお実験では噴射弁の上下の燃料流量を等しくして測定を行なってある。

E型のすべてのデータは中央部の温度が高く、上側と下側は双方とも低い温度のデータが得られた。これはライナが末広がり状で、ライナ空気孔からの流れの貫通度が小さいためと考えられるが詳細についてはフローパターンや燃焼器内部温度の測定を行なわないと検討できない。

A B型で内側分流板のあるときとないときの温度分布を図43～45に示す。図43は内側分流板があ

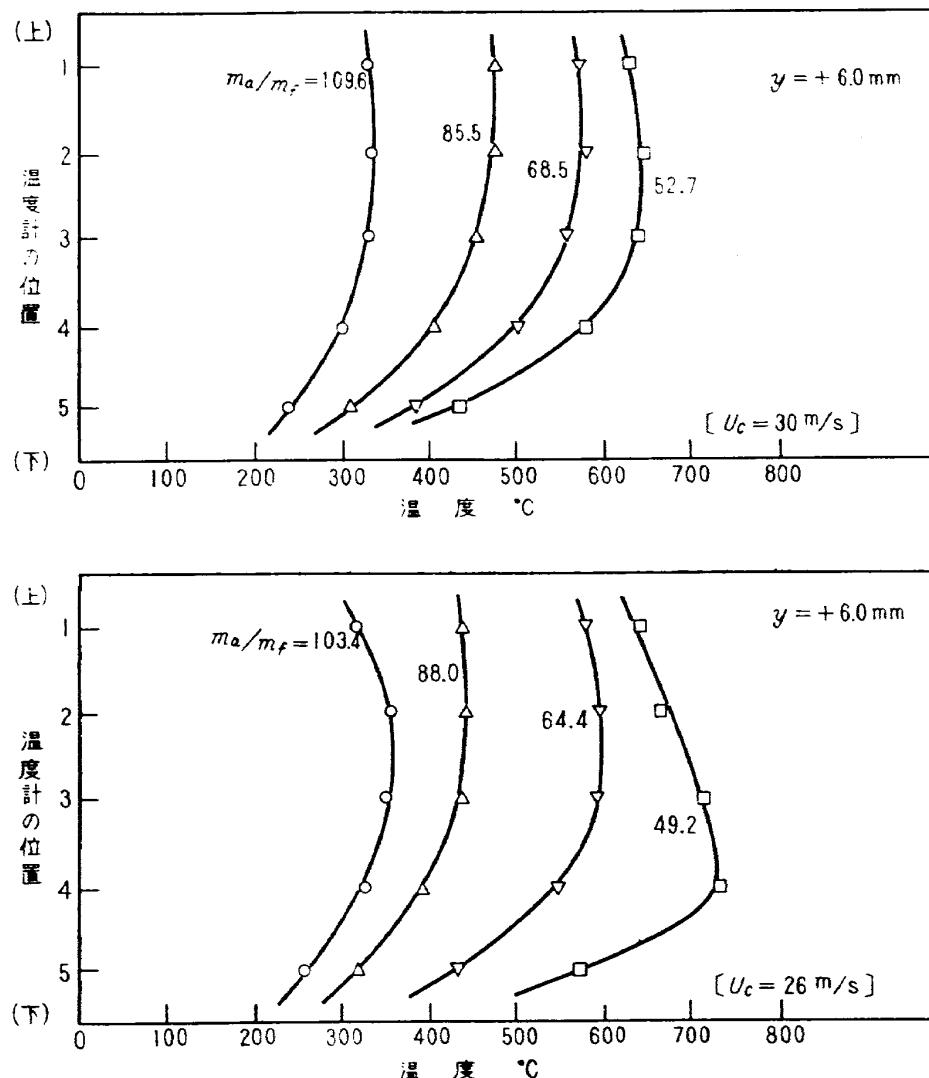


図43 出口温度分布 A B型

(隔壁板AB-2, ライナIV-1, スワーラS-1, $x = 10.0\text{mm}$)

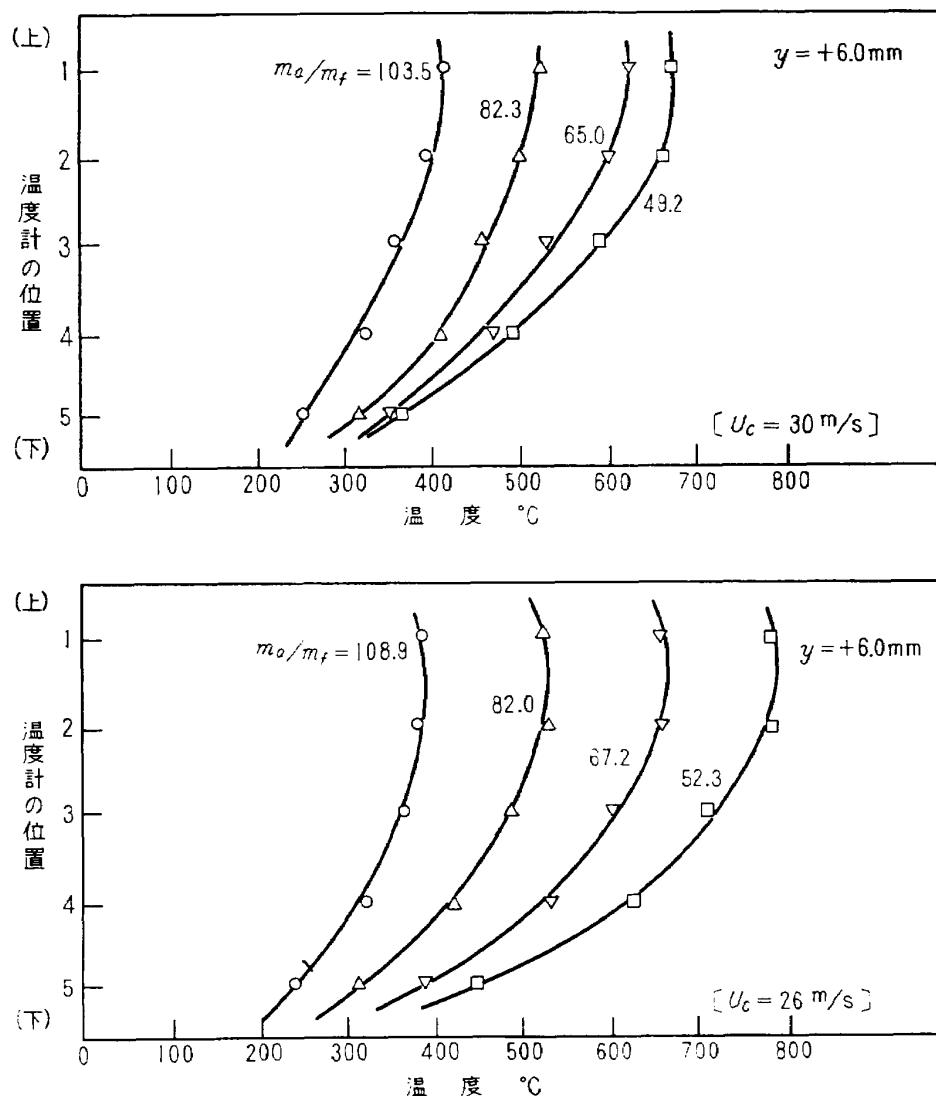


図44 出口温度分布 A B型
(隔壁板AB-3, ライナIV-1, スワーラS-1, $x = 10.0\text{mm}$)

るときで、上部より下部の温度が低くなっているが中央部の温度が高すぎる難点がある。図44は内側分流板のないときの温度分布で、良好な形が得られた。図45はライナの上部空気孔を 25ϕ から 17ϕ に上流側一列だけ小さくして、さらに温度分布の改善を図ったものである。図42と比較しても特別に改善された跡は認められず、この程度の空気孔の変化では変化量が不足であることを示している。

図46に出口温度の等温線を下流側から見た状態で示す。上側のほうが温度が高くなってしまい、左、中央、右の3箇所で高温の部分が存在している。これは噴射弁3個を使用したためであり、温度計のある位置まで流れても混合が十分には行なわれていないことを示す。

5.3 圧力損失

全圧損失係数 ϕ の変化を図47~51に示してある。

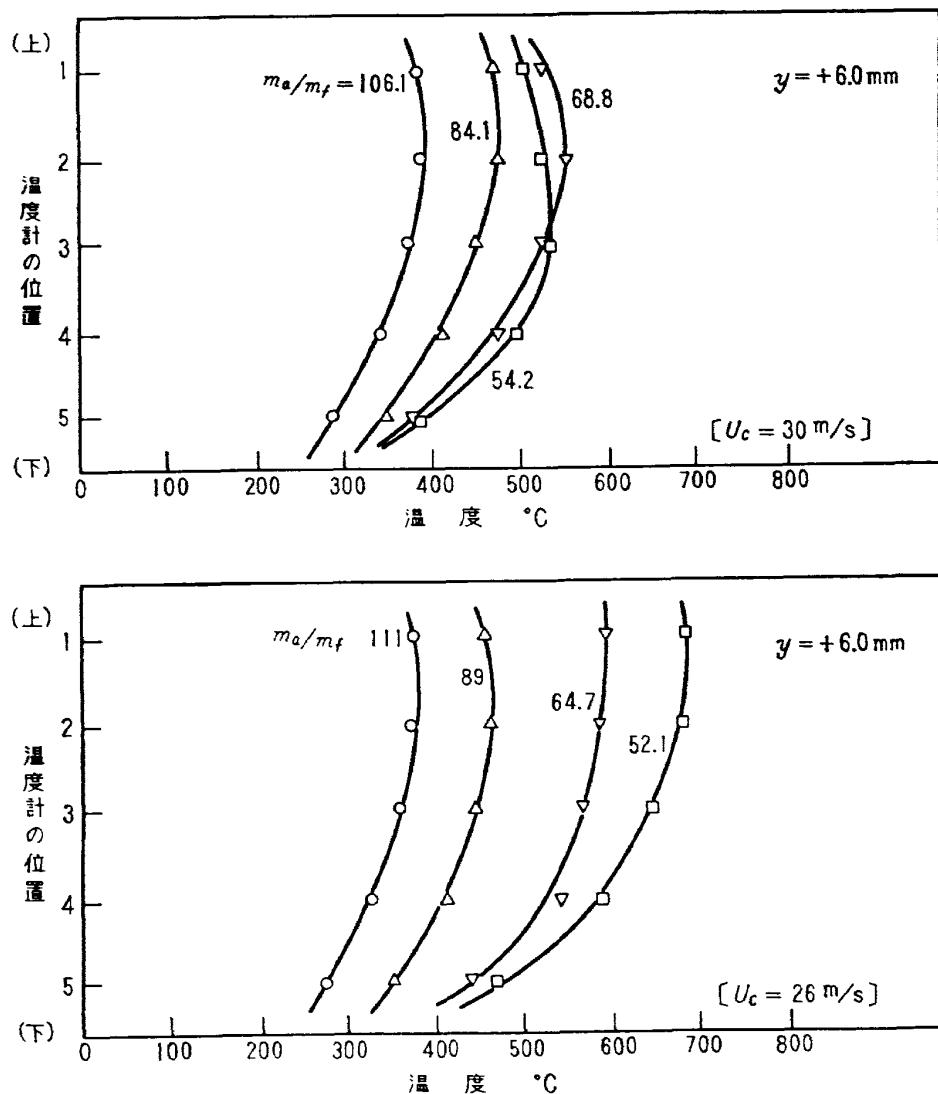
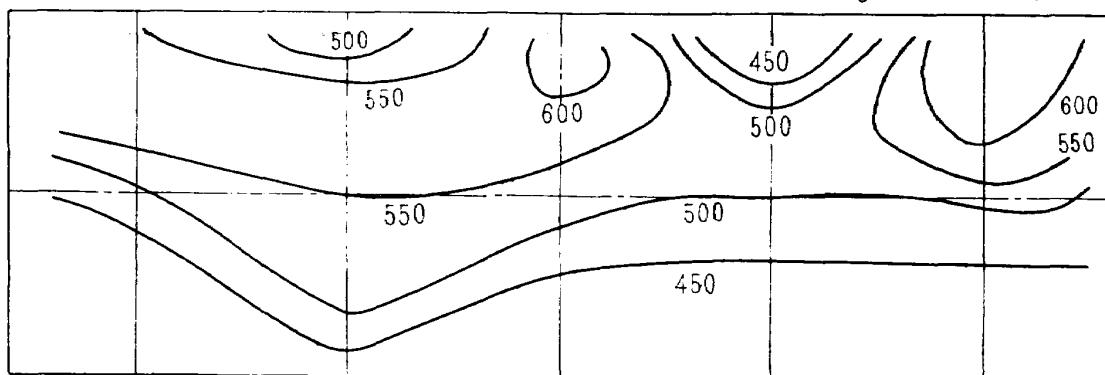


図45 出口温度分布 A B型
(隔壁板A B-3, ライナIV-2, スワーラS-1, $x = 10.0 \text{ mm}$)

図47は ϕ と入口および出口の絶対温度比 T_2/T_1 の関係をA型で $U_c=30\text{m/s}$ の場合について示す。図48はA B型について $U_c=30\text{m/s}$ の場合を示す。図から出口温度が高くなつて T_2/T_1 の値が大きくなると、全圧損失係数 ϕ の値も直線的に増加することが認められる。一般に燃焼による出口温度の上昇は出口流速の増加をもたらし、全圧損失を増すことになるが、これを燃焼抵抗と呼び、図に示した増加が対応している。図47と図48では入口分流比 A_p/A_t の影響が認められる。他の条件で整理した結果も同様な影響が認められている。図48で激しい振動燃焼を起こしたデータを同時にプロットしてある。他のデータに比較して全圧損失係数の大幅な増加が認められる。他の条件で振動燃焼が起きたときも同様な増加が認められる。

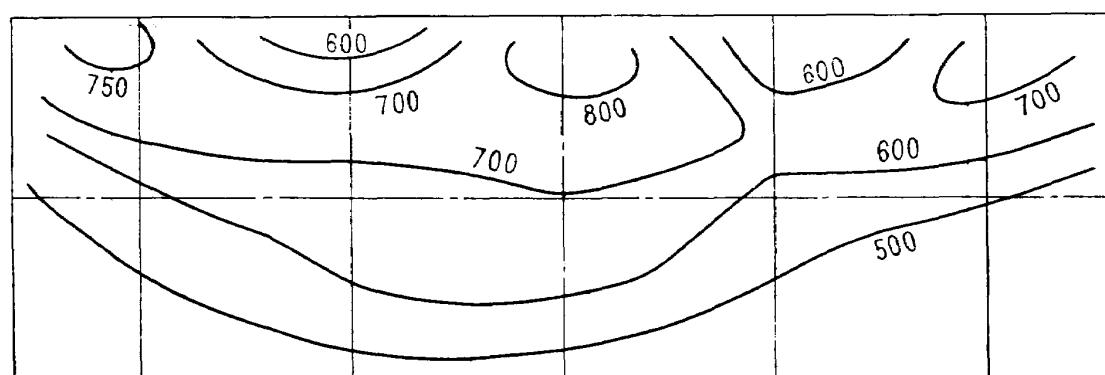
図49, 50に全圧損失係数 ϕ と入口分流比 A_p/A_t の関係を示す。図49では入口、出口温度比 $T_2/T_1 = 2.5$ にとってあり、図50ではD型で温度上昇が低かったため一部その値を2.0にとってある。同

$y = 0 \text{ mm}$ 単位 °C

(a)

 $U_c = 30 \text{ m/s}, m_a/m_f = 71.3$

隔壁板 A-1, ライナ I-2

スワーラ S-1, $x = 7.0 \text{ mm}$ $y = +6.8 \text{ mm}$ 単位 °C

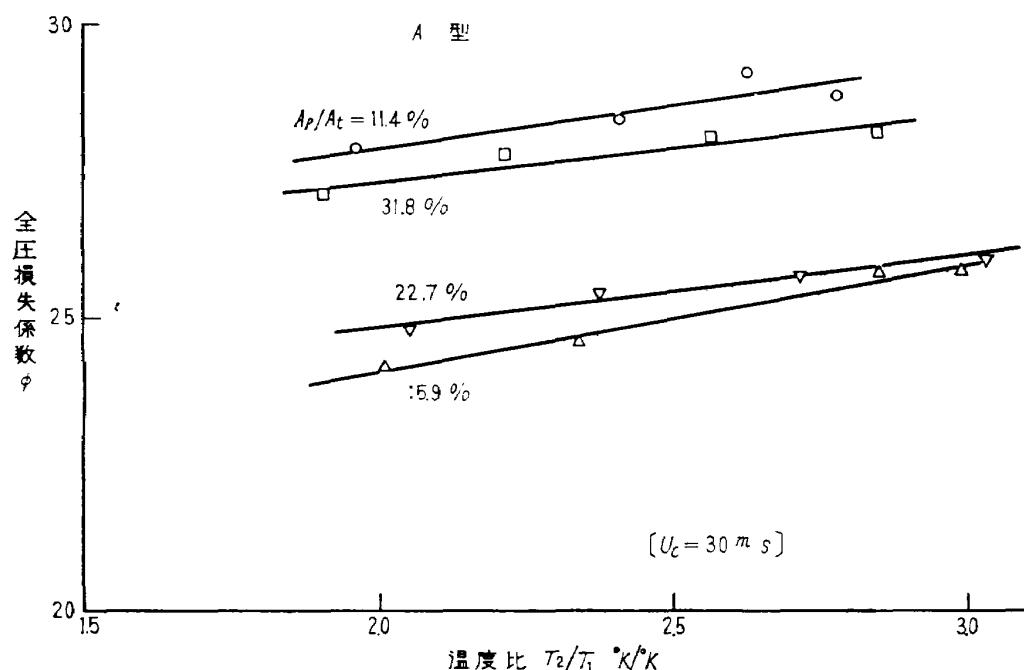
(b)

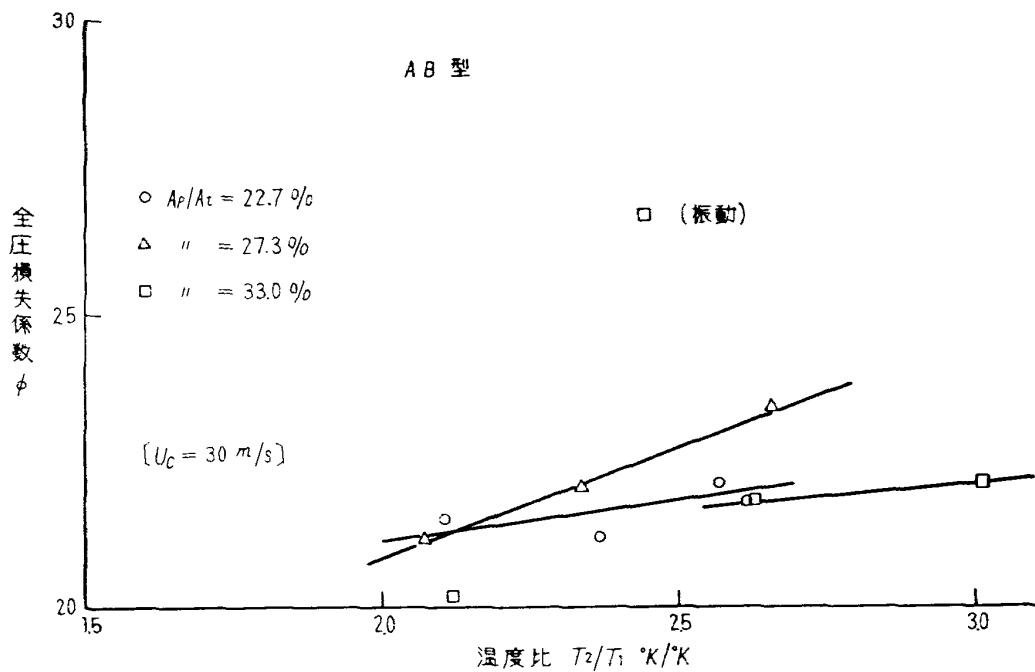
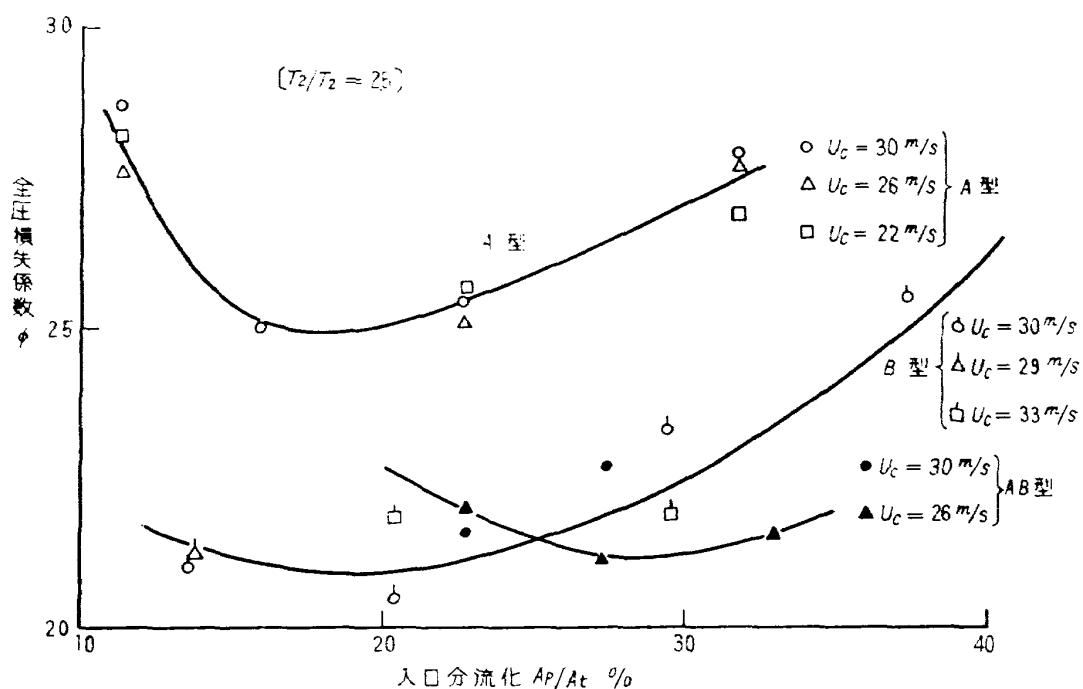
 $U_c = 30 \text{ m/s}, m_a/m_f = 57.4$

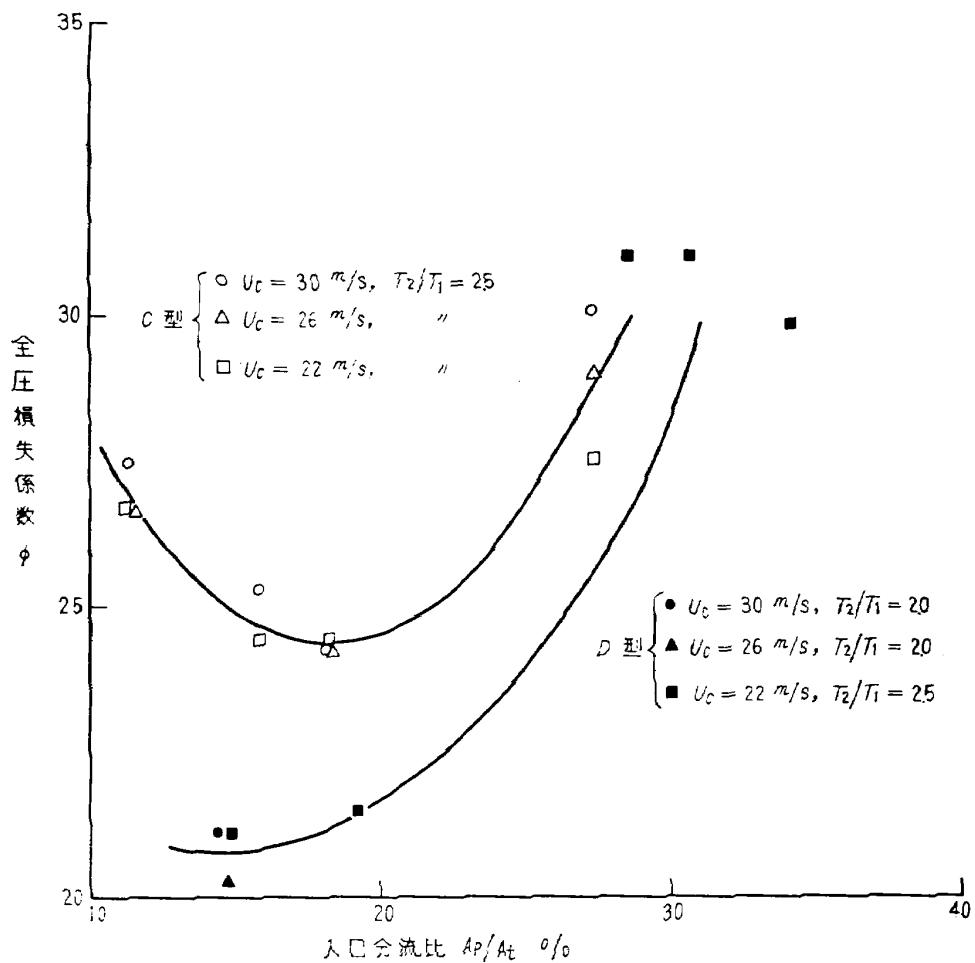
隔壁板 A-1, ライナ I-2

スワーラ S-1, $x = 7.0 \text{ mm}$

図46 出口温度分布

図47 $\phi - T_2/T_1$ (隔壁板A-1, ライナ I-2, スワーラ S-1, $y = +6.0 \text{ mm}$)

図48 $\phi - T_2/T_1$ (隔壁板AB-3, ライナIV-2, スワーラS-1, $y = +6.0\text{mm}$)図49 全圧損失係数 ϕ -入口分流比 A_P/A_t

図50 全圧損失係数 ϕ -入口分流比 A_p/A_t

一の温度比における全圧損失係数の比較は燃焼抵抗の変化の影響を取り除いて、燃焼器の形状に基づく抵抗変化を示すものと考えられる。図49, 50では ϕ の値が最小になる入口分流比 A_p/A_t が存在することを示している。最小の ϕ の値は A 型と C 型で大きく、B, D, および AB 型ではそれよりいくぶん低い値になっている。この最小の ϕ の値は燃焼器の形状抵抗の大きさと燃焼抵抗を合わせた値が最小であることを示すが、燃焼抵抗の影響をさし引いて、コールドフローでの抵抗のみを求めるとき A 型と C 型の値は大きくなる。

ライナは A 型と C 型で I 系列、B 型と D 型は II 系列を使っているが、双方の全空気孔の面積は I -1型 368 cm^2 、II -1型 298 cm^2 のように I 型のほうが大きい。空気孔の形状はほぼ等しいので、ライナによる圧力損失は II 系列のほうが大きくなるはずである。それにもかかわらず、全圧損失係数が II 系列のライナを使った B 型と D 型で小さくなっている。したがって、実験を行なった燃焼器で ϕ が最小のところでは隔壁板の形状が全圧損失係数に対してライナより大きな影響を及ぼしている。このことから、A 型と C 型で値が大きくなった理由を調べてみると、表 6 に示すように全空気孔面積に比べて隔壁板空気孔の面積が極端に少ない量になっており、流路の形状もスワーラで流れを旋

回させたり、ドームに流れが衝突するなど抵抗が大きくなるようなものである。

図51に平均風速 U_c が全圧損失係数 ϕ に及ぼす影響を示す。図から実験範囲内では全圧損失係数

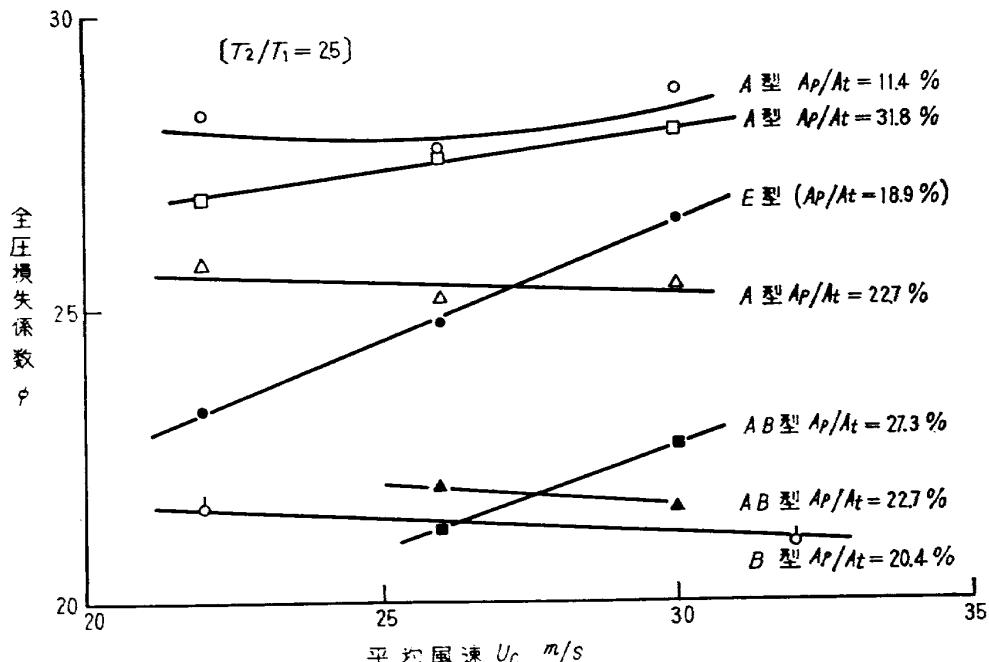


図51 全圧損失係数 ϕ - 最大断面平均風速 U_c

が急激に上昇するような傾向は見られず、流れが音速に達するような状態は起こっていないことを示す。平均風速の影響は一定でなく、型や分流比によって異なる傾向を示す。

5. 4 静圧分布

燃焼器の静圧を測定し、空気の流入量や内部の状態を明らかにする一つの手段とした。

ライナと外筒の間の静圧分布、燃焼器側壁中央と空気孔近くの壁の静圧分布の一例をA型の場合について図52に示す。同時に入口および出口の全圧も示してある。ライナと外筒の間の静圧は下流に行くに従って上昇している。流路面積の増加による静圧上昇とともに空気孔があることも静圧の上昇をもたらす。燃焼器側壁中央の静圧は上流側で一定の値を保ったのち、希釈空気孔より下流側で急激に低下している。他のライナでも静圧は希釈空気の流れ込む領域から下流側へ行くに従って急激に下がり、それより上流側ではほぼ一定の値を示している。したがって空気孔の前後に作用する圧力の差は下流側へ行くに従って大きくなっている。このため同一径の空気孔では下流側のほうが空気流入量の多いことが推測され、空気のみ燃焼器に流したときの流れ模様の観察結果でこれと同様な事実を観察している。

図53にE型における静圧分布を示す。他の型と違ってライナが末広がりになっているので、いったん流路の増加による静圧の回復が認められたのち、流路が狭められるために静圧の上昇が抑えられている。図52のA型の静圧分布と比較して空気孔の前後に作用する圧力差は明らかに少なくなっている。この事実は流れがスムーズに各空気孔より燃焼器に流入していることを示す。測定点①の1での静圧が④の静圧より大きくなっている現象はE型では他の平均風速、空燃比でも共通してい

る。この現象は空気孔の配列の方法によっては燃焼室より外側の流路であるディフューザ部へ燃焼ガスが流れ出す可能性を示し、B型や円環型の燃焼実験では一部にこのことを裏づける現象が認められた。³⁾

燃焼器のライナと外筒の間の流路は空気流速を下げるためディフューザになっている。ディフューザ入口より下流側へはしだいに静圧の上昇することが認められ正常な状態であることを示したがディフューザ入口の点では上流側静圧よりいったん静圧の低下する現象が各ライナで認められた。この現象はディフューザ入口の形状に起因しているものであることが図54に示すようにわかった。図54ではライナ先端より 125mm 上流における静圧を燃焼器入口における静圧、ライナ上側の最上

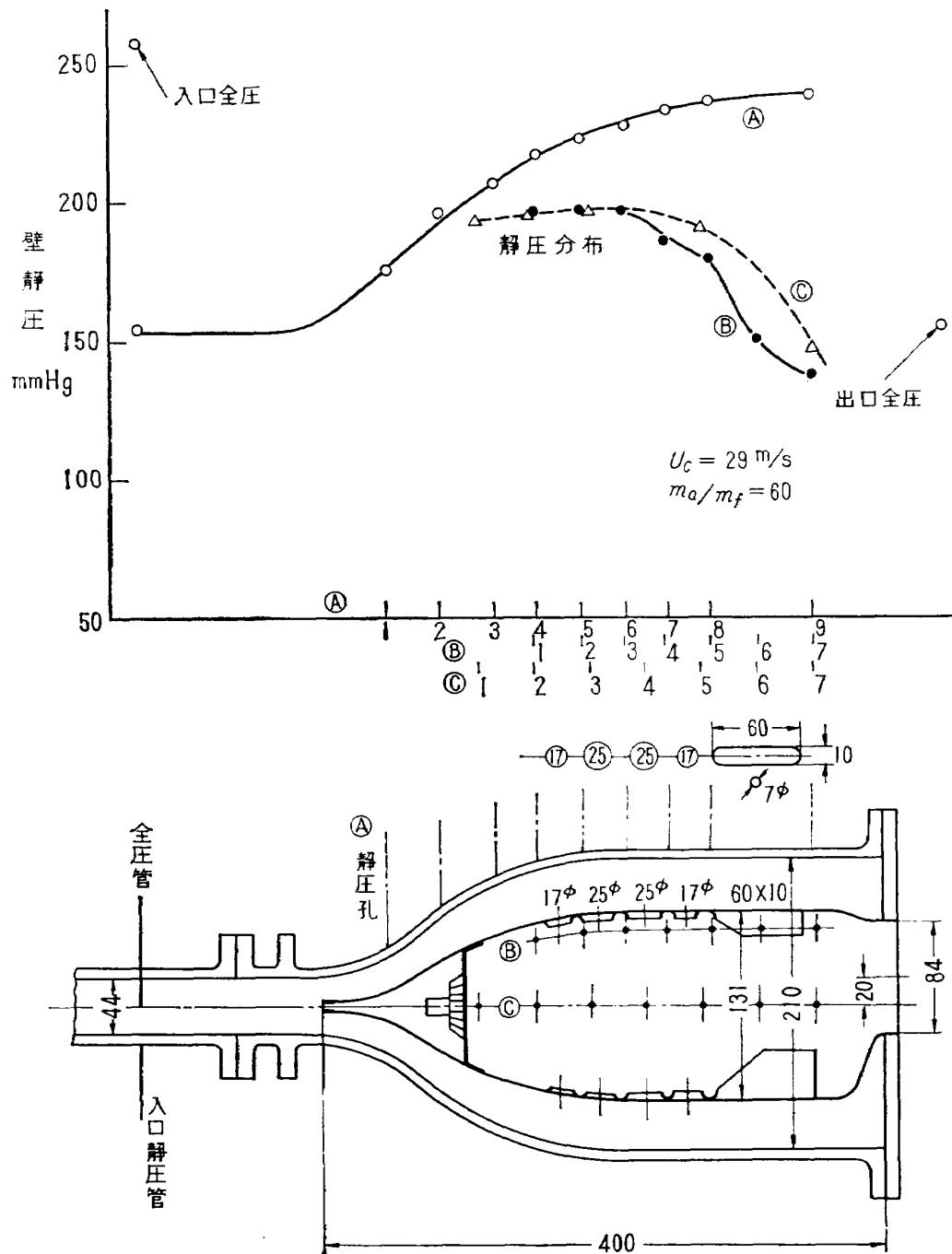


図52 静圧分布 (隔壁板A-1, ライナI-1, スワーラS-1)

流の静圧孔の静圧をディフューザ入口静圧とし、双方の間の差圧を ΔP_s として入口分流比との関係を示してある。図から各型とも入口分流比の値が18%前後で ΔP_s が(+)となってディフューザ入口でスムーズに静圧上昇の起こっていることがわかる。

A, B, C, D各型において、全圧損失係数が最小になる値は入口分流比が18%前後であり、ディフューザでスムーズな静圧上昇が行なわれる入口分流比と一致している。したがって燃焼器の形状に基づく抵抗を最小にするには、ディフューザ入口の形状を適当にとることが大きなポイントになる。

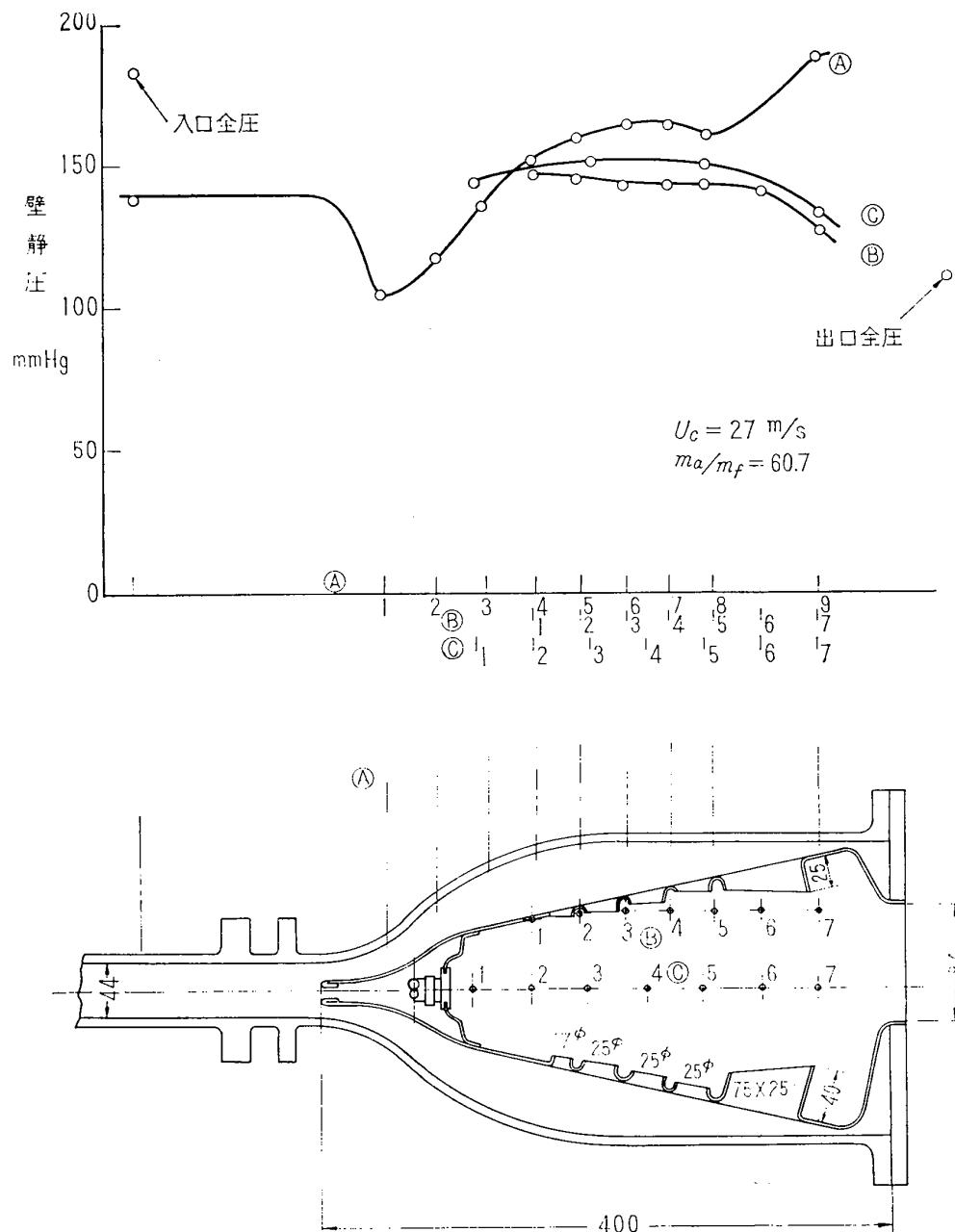


図53 静圧分布(隔壁板E, ライナIII, スワーラなし)

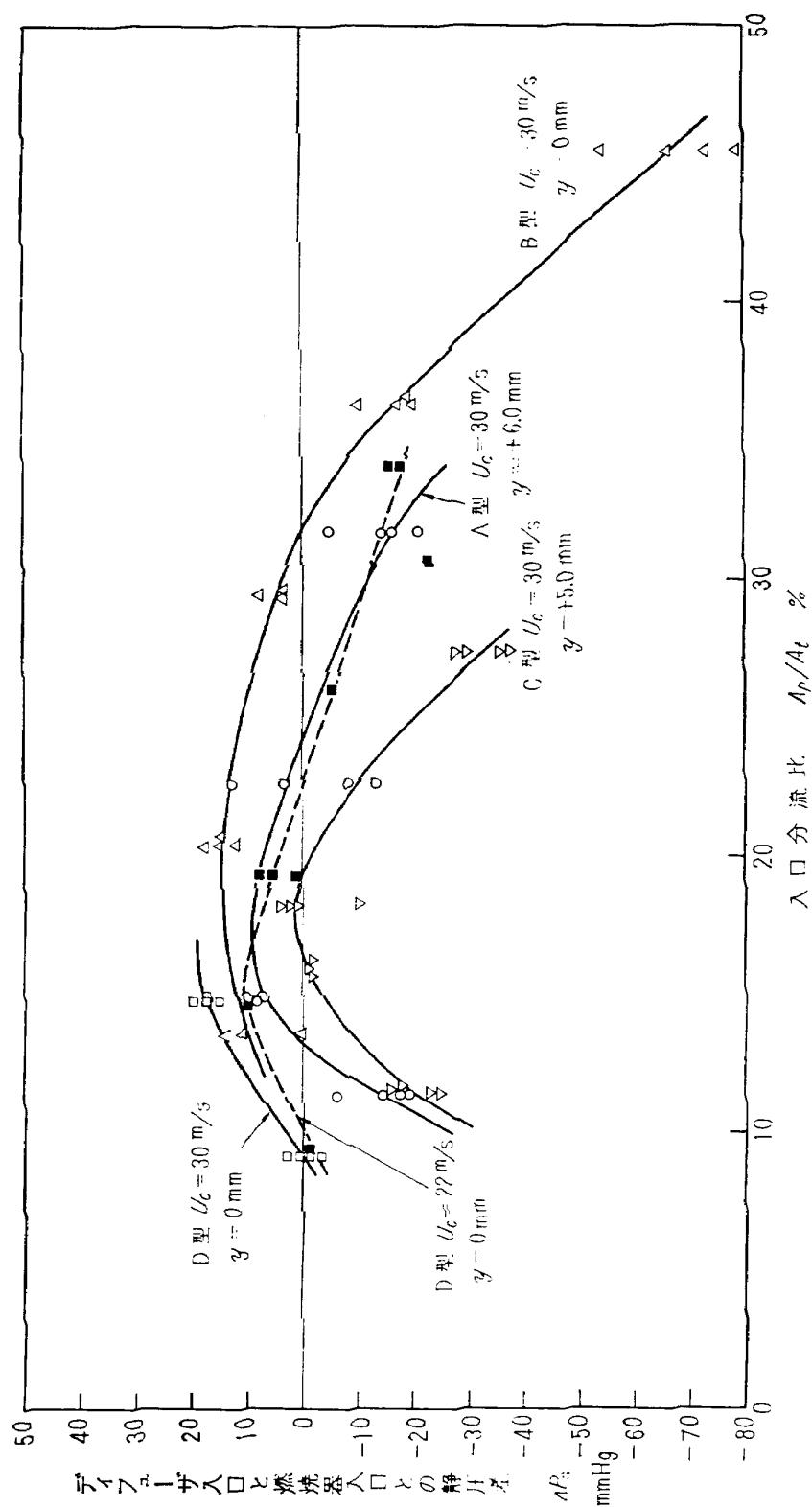


図54 ディフェューザ入口と燃焼器入口の静圧差-入口分流比

図54で ΔP_s が (-) になる領域が二つに分れているが、入口分流比の小さいほうで (-) になる理由としては、空気がライナ入口より中心部を通って一次燃焼領域に流れにくい状態になり、流路全体の中に bluff body を置いて流れを絞る形に近づくためであると思われる。入口分流比の値が大きいときはディフューザ入口の幅が狭くなっている流れを絞る形になり ΔP_s に (-) の値を生ずる。これらの状態になれば圧力損失の増すであろうことは明らかである。 ΔP_s の最大値は各型によって異なっているが、A型とC型では小さい。A型とC型の隔壁板は流れ抵抗の大きい形状であり、同一分流比に対してライナ入口より中央部へ流れる空気量が少なく、ディフューザ側の空気流速がより速いので ΔP_s の値が小さくなるものと考えられる。

5. 5 熱負荷

熱負荷の計算に用いた各型の燃焼室容積は

A型	0.00762	m^3
B型	0.00688	m^3
C型	0.00734	m^3
D型	0.00659	m^3
E型	0.00826	m^3
AB型	0.00796	m^3

であり、燃焼器入口静圧の最大値は大気圧に比べて A型 0.218kg/cm²、B型 0.197kg/cm²、C型 0.222kg/cm²、D型 0.101kg/cm²、E型 0.196kg/cm²、AB型 0.211kg/cm²だけ上昇した。

図55～60に各型の負荷強度 (loading intensity) Q/η_b と燃焼効率 η_b の関係を示す。⁶⁾ Q は熱負荷、 η_b は燃焼効率であるから Q/η_b は供給した燃料流量に比例する。図では入口分流比一定の条件のもとに記号を付けてあり、同一分流比に対し平均風速 U_t は 22m/s, 26m/s, 30m/s の 3 種類、空

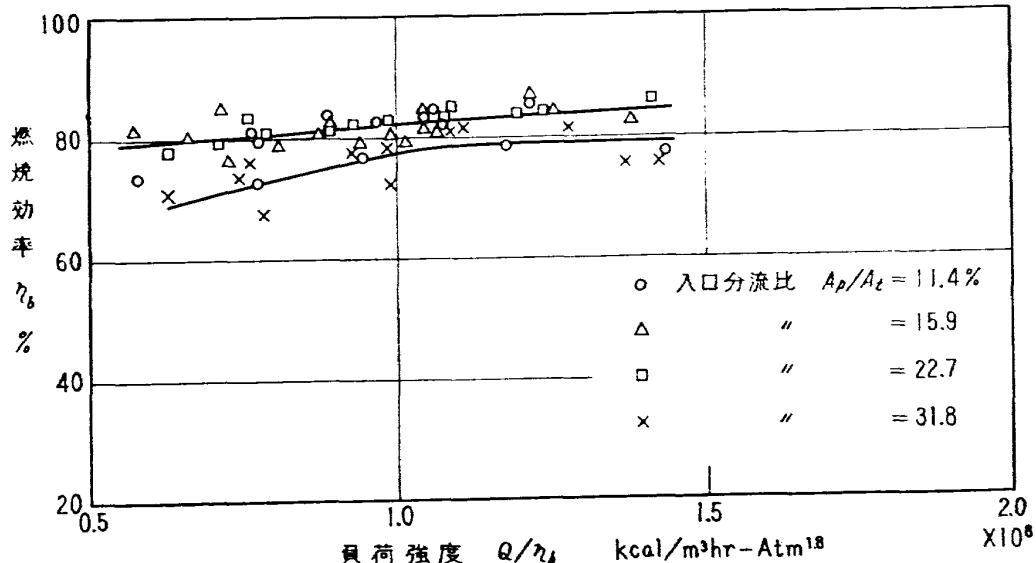


図55 負荷強度一燃焼効率 (A型)

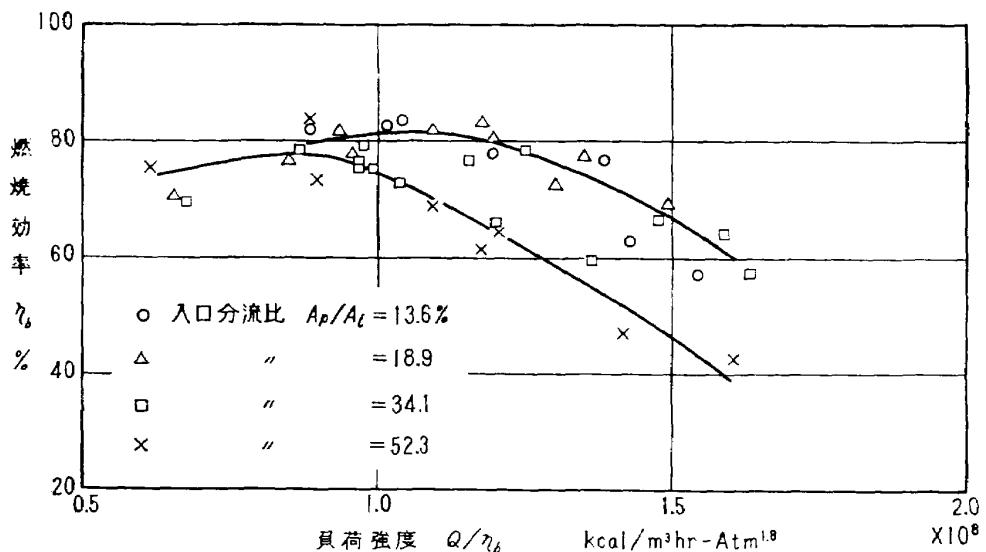


図56 負荷強度一燃焼効率 (B型)

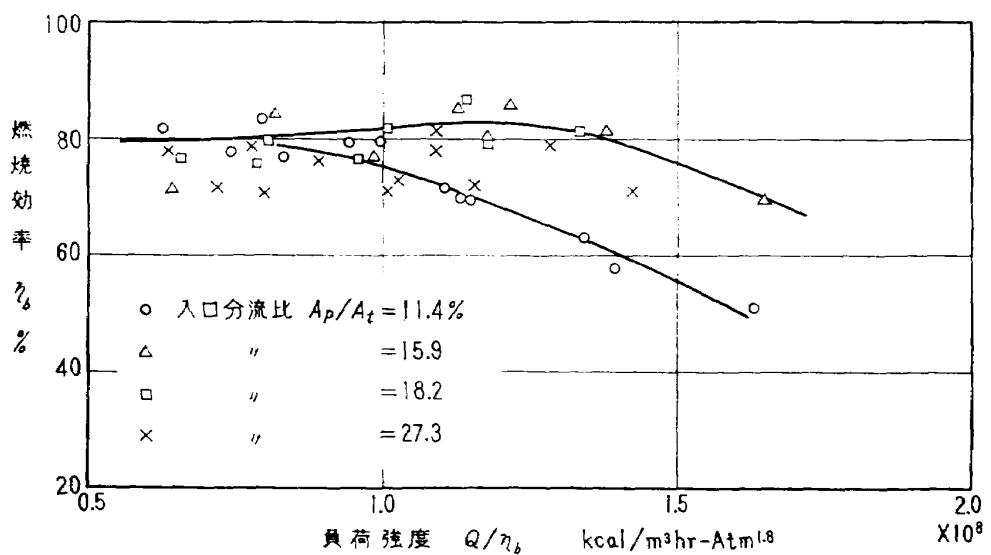


図57 負荷強度一燃焼効率 (C型)

燃比 m_a/m_f は 55, 65, 80, 100 の 4 種類が含まれる。

図55のA型では負荷強度の増加による燃焼効率の低下は認められず、まだ熱負荷をます余裕がある。入口分流比による影響は実験範囲内では小さく、A型は全般にわたって効率よくばらつきの少ない状態で燃えていることが確認される。

図56のB型では負荷強度を増すと燃焼効率の低下が認められ、入口分流比 A_p/A_t が 52.3% と大きい値のところでは、その傾向が最もはっきり示されている。他の分流比のところでも、負荷強度が大きく、平均風速の速くなる領域では燃焼状態の悪化していることが認められる。この燃焼効率の低下は燃料流量を増加させても熱負荷の上昇が得られなくなる実験結果と結びつく。

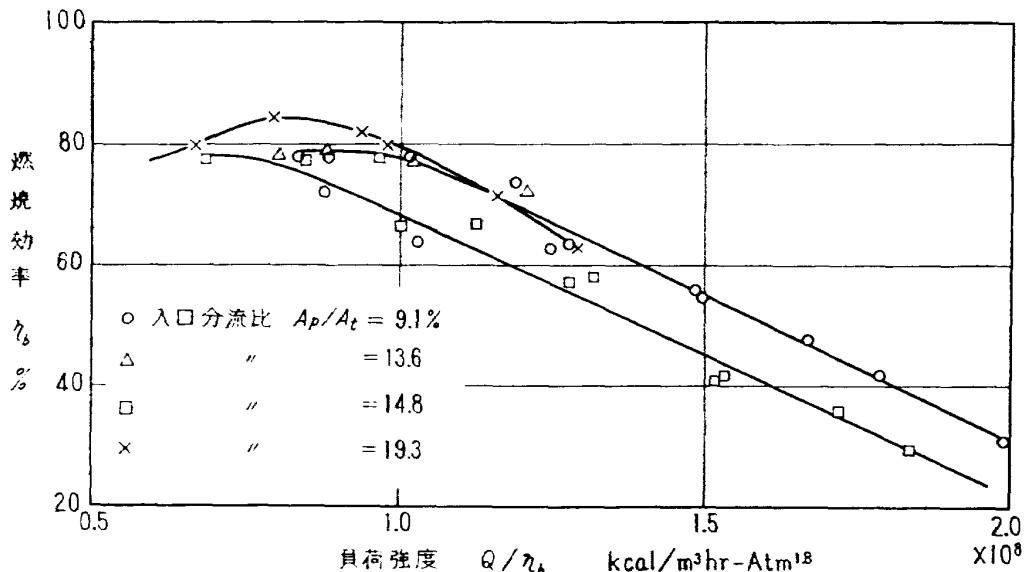


図58 負荷強度一燃焼効率 (D型)

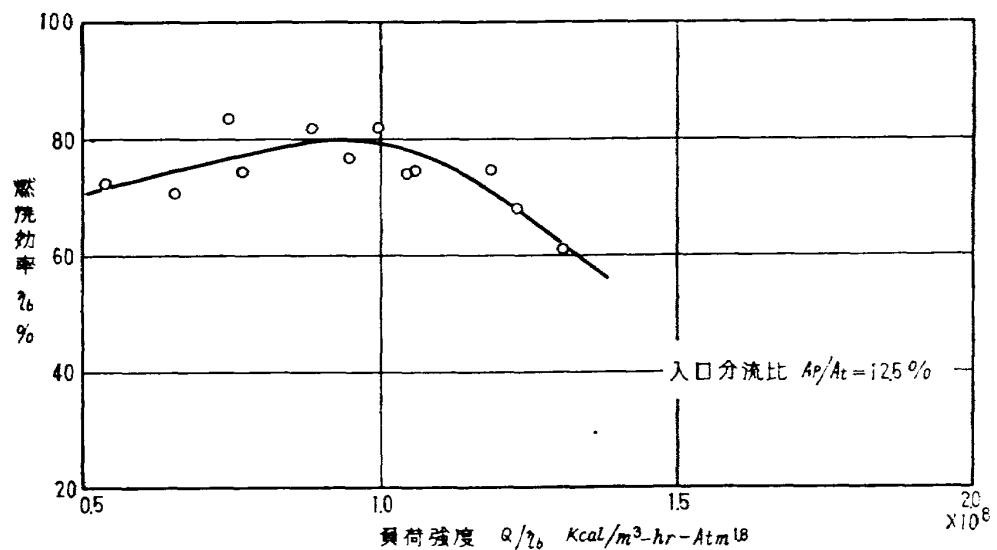


図59 負荷強度一燃焼効率 (E型)

図57のC型もB型と同様に燃焼効率の低下が負荷強度の大きいほうで現われ、入口分流比の小さい値のところで特にはっきり示されている。この型の最大熱負荷はB型より大きな値が得られている。

図58のD型は負荷強度の増加に伴う燃焼効率の低下が最も激しく、各型の中で熱負荷の最高値が最も低い結果を示した。原因としては燃焼器内の流れの様子の影響がその一つであると考えられる。

図59のE型はライナ入口の形状が一定であるので入口分流比の影響は示していない。負荷強度の大きいところと小さいところで燃焼効率が低下し、熱負荷は燃料流量の多いところで伸び悩みの傾向になる。

図60のA B型は入口分流比を適当にとればA型と同様に燃焼効率は低下せず熱負荷をさらに増せ

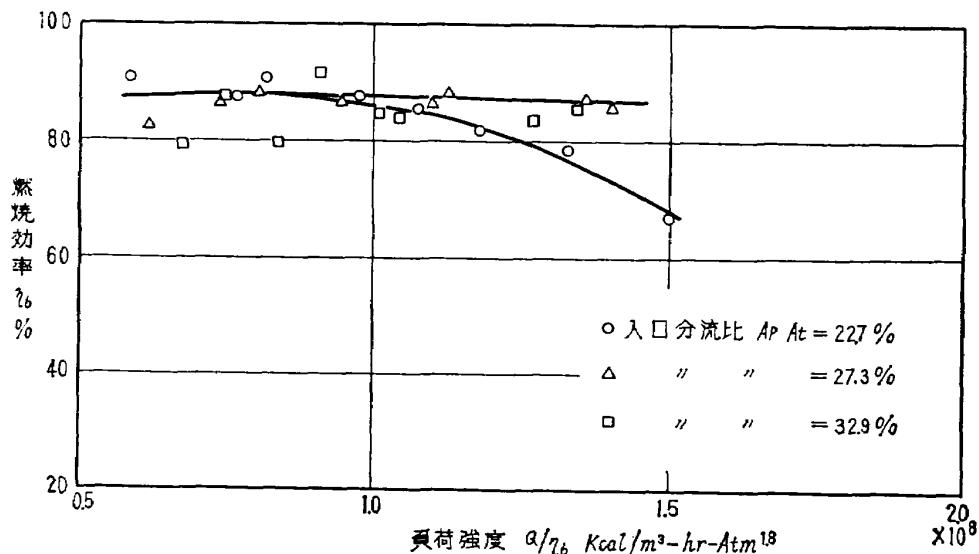


図60 負荷強度—燃焼効率 (A B型)

ることを示す。入口分流比が小さく負荷強度の大きいところでは燃焼効率が低下する。これは図36に示す一次燃焼領域での空燃化の値が小さく、燃焼効率の低下する点に相当している。

A型とA B型はスワーラを使い、双方とも熱負荷の上昇がまだ可能と見られることから、高負荷燃焼の達成にはスワーラの使用が有効な手段の一つであると考えられる。

5. 6 一次燃焼領域への空気流入割合

A B型についてライナ中央部への流入空気量をピト一管で測定した結果を以下に示す。

入口分流比 A_p/A_t の値を一定にすると、平均風速や空燃比によっても全空気流量に対する一次

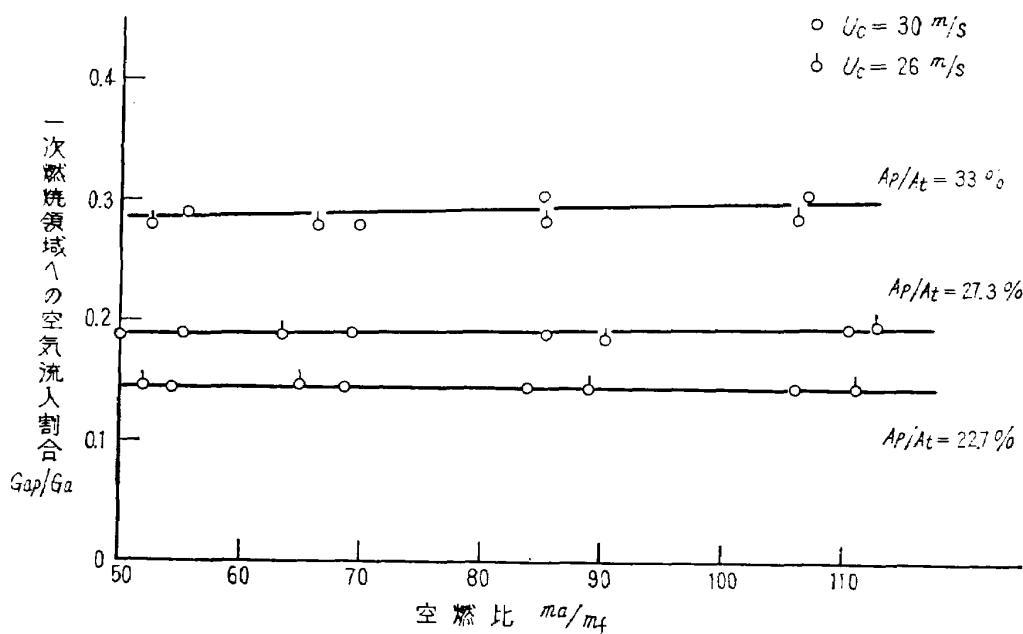


図61 一次領域への空気流入割合 G_{ap}/G_a —空燃比 m_a/m_f
 (隔壁板 A B-3, ライナ N-2, スワーラ S-1)

燃焼領域への流入空気量の割合はほとんど変わらない。その様子を図61に示す。

ライナの入口開口比 ($=x-3/38$) と一次燃焼領域への空気流入割合 G_{ap}/G_a の関係は図62に示す

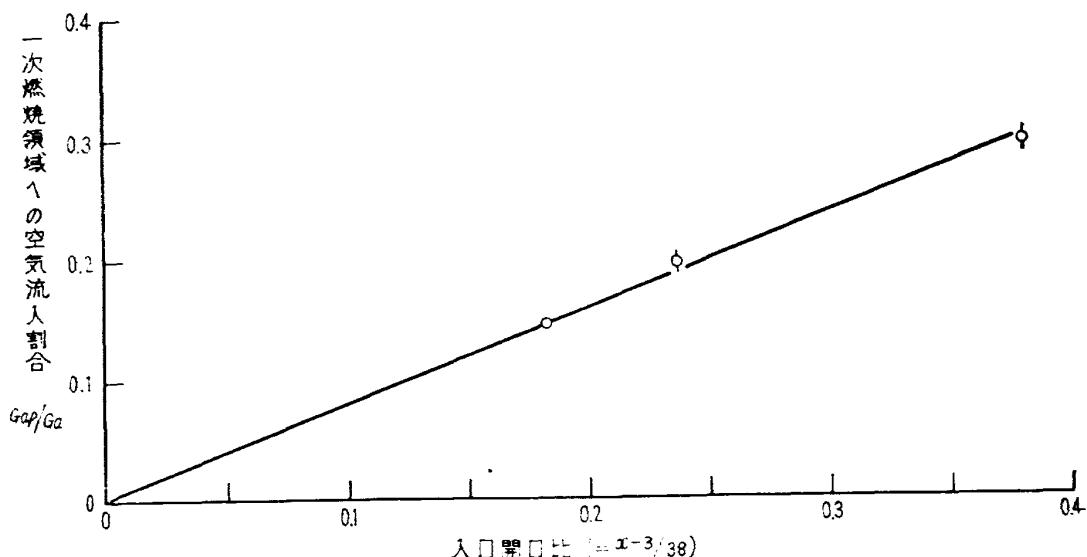


図62 一次領域への空気流入割合 G_{ap}/G_a 一入口開口比
(隔壁板AB-3, ライナIV-2, スワーラS-1)

ように空燃比、平均風速に関係なく1本の直線で代表される。したがってAB型では入口開口比を変えるだけで一次燃焼領域への流入空気量を変えることができる。しかもその量を一次的に全空気量から決めることができる。燃焼効率を高めるためには一次燃焼領域での空燃比が理論空燃比に近いことが望ましい点、この結果を応用して問題の解決に一步近づくことができる。他の型についても同様な測定を行なうことが今後の課題の一つである。

6. あとがき

以上述べてきたように超軽量ジェットエンジンJR-100とJR-200用燃焼器の基礎データを得るために、種々の形の燃焼器の箱形模型を製作して諸特性を求めた。

測定して得たデータは一括して表にして示すとともに、次の項目については図示して検討を行なった。

- (1) 燃焼効率
- (2) 出口温度分布
- (3) 圧力損失
- (4) 静圧分布
- (5) 熱負荷
- (6) 一次燃焼領域への空気流入割合

行なった多くの実験結果に基づいて採用したJR-100およびJR-200用燃焼器の型は、数種の試作

した燃焼器の中でも燃焼効率が高く、熱負荷も大きな値が得られ、温度分布も望ましい形となっている。また圧力損失最小の入口分流比と燃焼効率最大の入口分流比が一致した値になっているなど良好な型であることがわかった。

今後は燃焼器内温度分布、フローパターン、下面の壁圧、ガス分析による一次燃焼領域の調査、燃料の噴霧や混合状態の調査等を行なって、さらに解析を進める予定である。一方、燃焼器の形状を隔壁板、ライナ、スワーラ等について改良し、より高負荷で望ましい特性のものを求めるこも大きな課題である。

箱形模型を実際の燃焼器に相似したものにさせる条件についても定量的な検討が必要と考えられる。

なお本実験の計画に対しては燃焼研究室長鈴木邦男技官の技術的援助が、測定やデータ整理に対しては遠藤稔君の協力があった。

文 献

- 1) 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（アニュラ模型）の実験結果、航技研資料TM-44（昭和39）
- 2) 福田広、相波哲朗、松本宏、畠山金弥；ジェットエンジン用燃料噴射弁の特性試験、航技研資料TM-70（昭和40）「配布先限定」
- 3) 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（JR-100）の燃焼器（I）、航技研資料TM-68（昭和40）「配布先限定」
- 4) J. H. Keenan & J. Kaye ; Gas Tables, Wiley, (1954)
- 5) S. L. Bragg & J. B. Holliday ; The Influence of Altitude Operating Conditions on Combustion Chamber Design, AGARD Selected Comb. Problems (II), (1957) pp270—295.
- 6) S. Way ; Combustion in the Turbojet Engine, AGARD Selected Comb. Problems(II), (1957) pp296-327

表 5 の 摘 要 欄 説 明

摘要欄の記号は火炎長さおよび振動燃焼の有無を表わす。

1) 火炎長さ

L_0 : ライナの長さより短かい

L_1 : ライナの長さ一ぱい

L_2 : ライナの長さより長い

2) 振動の有無

—(無記号) : 振動なし

R_1 : ややあり, 限界付近

R_2 : 振動あり

表 5 各 型 の

実験番号 No.	入口全圧 $P_{1t} \text{kg/cm}^2$ abs	空気流量 $m_a \text{kg/s}$	入口風速 $U_1 \text{m/s}$	最大断面 平均風速 $U_c \text{m/s}$	入口温度 $t_1 {}^\circ\text{C}$	出口温度 $t_2 {}^\circ\text{C}$	平均温度 上昇 $t_2 - t_1 \text{degC}$
隔壁板A-1 ライナI-1 スワーラS-1							
					$x=7 \text{mm}$	$y=0 \text{mm}$	
8-1	1.210	1.74	120	25.2	24	326	302
-2	1.380	2.41	155	32.5	24	340	316
-3	1.410	2.39	148	31.0	24	463	439
-4	1.416	2.27	138	29.0	24	611	587
-5	1.416	2.25	135	28.3	24	657	633
9-1	1.188	1.63	114	23.8	23	318	295
隔壁板C ライナI-1 スワーラなし							
					$x=7 \text{mm}$	$y=0 \text{mm}$	
10-1	1.340	2.32	158	33.2	23	342	319
-2	1.380	2.31	144	30.3	23	486	463
-3	1.385	2.24	137	28.8	23	596	573
-4	1.384	2.26	140	29.3	23	562	539
-5	1.150	1.46	103	21.5	23	313	290
-6	1.172	1.47	101	21.2	23	476	453
-7	1.239	1.74	115	24.1	23	578	555
-8	1.259	1.75	114	23.9	23	632	609
隔壁板B-1 ライナII-1 スワーラなし							
					$x=8.3 \text{mm}$	$y=0 \text{mm}$	
11-1	1.337	2.33	153	32.1	23	340	317
-2	1.380	2.34	148	31.1	23	447	424
-3	1.173	1.50	101	21.3	23	304	281
-4	1.189	1.51	103	21.6	23	478	455
-5	1.205	1.53	103	21.6	23	556	533
-6	1.214	1.55	100	20.9	24	602	578
-7	1.257	2.00	135	28.3	24	333	309
-8	1.298	2.01	131	27.5	24	500	476
-9	1.313	2.03	131	27.4	24	539	515
-10	1.320	2.05	132	27.7	24	527	503
隔壁板E ライナIII スワーラなし							
					$x=5.5 \text{mm}$	$y=0 \text{mm}$	
12-1	1.349	2.32	148	31.0	21	322	301
-2	1.392	2.36	145	30.5	21	442	421
-3	1.404	2.38	143	29.9	21	473	452
-4	1.405	2.35	143	29.9	21	496	475
-5	1.130	1.98	131	27.4	21	314	293
-6	1.303	2.03	130	27.3	21	447.5	426.5
-7	1.288	2.05	130	27.3	21	507	486
-8	1.322	2.05	129	27.0	21	543	522
-9	1.164	1.50	104	21.8	21	294	273
-10	1.187	1.52	103	21.6	21	460	439
-11	1.195	1.54	103	21.6	21	534	513

実験結果

出口温度 不均一度 $t_2^{\max} - t_2$ $t_2 - t_1$	全圧損失 $\Delta P_t / P_{1t}$	全圧損失 係数 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 $Q \text{kcal/m}^3 \cdot \text{hr}$ Atm ^{1.8}	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a / m_f	摘要
0.522	0.079	22.0	0.515×10^8	80.5	110.0	
0.440	0.127	25.8	0.717	78.3	101.4	
0.401	0.143	29.1	0.880	77.7	71.2	
0.473	0.115	26.3	1.156	88.4	59.9	
0.445	0.113	26.9	1.166	86.9	53.4	
0.475	0.074	23.9	0.487	75.8	106.1	
<hr/>						
0.521	0.130	24.3	0.760	77.3	99.1	
0.296	0.126	26.6	0.942	80.3	70.0	
0.361	0.112	25.6	1.123	81.3	56.0	
0.392	0.114	25.4	1.147	69.9	50.8	
0.345	0.058	22.1	0.458	72.0	101.8	
0.247	0.062	24.7	0.693	84.7	75.8	R_1
0.352	0.083	26.1	0.963	85.6	60.7	
0.396	0.081	25.8	1.048	86.4	55.3	
<hr/>						
0.640	0.113	21.5	0.746	77.9	100.8	
0.439	0.113	22.9	0.945	72.4	69.9	
0.299	0.054	21.1	0.466	70.8	104.7	
0.385	0.057	22.1	0.763	81.3	72.2	
0.426	0.061	23.7	0.897	81.8	61.0	
0.385	0.061	25.3	0.968	80.7	55.3	
0.470	0.089	21.0	0.652	76.3	101.7	
0.406	0.090	22.5	0.983	83.3	70.4	
0.462	0.094	23.8	1.052	77.4	59.7	
0.291	0.094	23.3	1.034	69.1	54.8	
<hr/>						
0.395	0.126	26.0	0.568	74.0	100.7	
0.342	0.128	26.6	0.770	73.8	70.4	
0.405	0.119	25.5	0.831	67.6	59.1	
0.421	0.118	25.3	0.867	66.5	53.9	
0.451	0.111	24.7	0.461	70.6	98.3	
0.617	0.101	25.4	0.725	76.5	72.0	
0.491	0.076	18.7	0.785	74.5	60.7	
0.361	0.097	24.7	0.880	74.3	56.2	
0.465	0.060	22.8	0.385	72.6	109.0	
0.355	0.062	24.1	0.616	83.1	75.7	R_1
0.452	0.059	22.8	0.720	81.4	63.2	R_1

実験番号 No.	入口全圧 P_{1t} kg/cm ² abs	空気流量 m_a kg/s	入口風速 U_1 m/s	最大断面 平均風速 U_c m/s	入口温度 t_1 °C	出口温度 t_2 °C	平均温度 上昇 $t_2 - t_1$ degC
-12	1.114	1.56	104	21.7	21	592	571
隔壁板D ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x=6.5$ mm	$y=0$ mm		
13-1	1.160	1.49	104	21.8	21	300	279
-2	1.181	1.50	103	21.5	21	448	427
-3	1.186	1.51	103	21.6	21	444	423
-4	1.187	1.53	104	21.9	21	433	412
-5	1.247	1.96	133	27.9	21	312	291
-6	1.265	2.00	134	28.1	21	346	325
-7	1.261	2.01	136	28.5	21	292	271
-8	1.320	2.30	153	32.1	21	290	269
-9	1.321	2.34	157	32.9	21	250	229
-10	1.314	2.36	160	33.5	21	221	200
-11	1.310	2.38	161	33.9	21	210	189
-12	1.254	2.04	138	29.0	21	278	257
隔壁板D ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x=15$ mm	$y=0$ mm		
14-1	1.157	1.50	105	21.9	24	228	204
-2	1.188	1.51	103	21.5	24	430	406
隔壁板D ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x=13.5$ mm	$y=0$ mm		
14-3	1.184	1.51	102.5	21.5	24	410	386
隔壁板D ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x=11.5$ mm	$y=0$ mm		
14-4	1.174	1.50	103.5	21.8	24	430	406
隔壁板D ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x=8.5$ mm	$y=0$ mm		
15-1	1.151	1.48	105	22.0	24	331	307
-2	1.184	1.51	105	21.9	24	466	442
-3	1.174	1.53	105	22.1	24	487	463
-4	1.178	1.54	106	22.3	25	474	449
-5	1.163	1.49	104	21.9	25	416	391
-6	1.171	1.48	102	21.4	25	457	432
隔壁板D ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x=6.0$ mm	$y=0$ mm		
16-1	1.169	1.58	101	22.2	24	496	472
-2	1.163	1.50	105	21.9	24	462	438
-3	1.159	1.48	104	21.9	24	410	386
-4	1.149	1.48	105	22.0	24	330	306
隔壁板D ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x=4.0$ mm	$y=0$ mm		
17-1	1.191	1.53	104	21.8	22	513	491
-2	1.179	1.50	103	21.6	22	444	422
-3	1.159	1.50	104	21.8	22	396	374

出口温度 不均一度 $t_2^{\max} - t_2$ $t_2 - t_1$	全圧損失 $\Delta P_t / P_{1t}$	全圧損失 係 数 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 $Q \text{kcal/m}^3\text{-hr}$ Atm ^{1.8}	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a/m_f	摘要 R_1
0.445	0.067	23.7	0.816×10^8	81.9	56.0	
0.398	0.051	19.6	0.534	77.9	110.5	
0.475	0.053	20.7	0.749	77.9	73.3	R_1
0.347	0.055	21.4	0.753	66.9	63.0	R_1
0.359	0.056	21.2	0.761	58.0	55.4	R_1
0.340	0.082	20.0	0.653	77.9	109.0	
0.400	0.083	20.0	0.741	57.8	71.4	
0.569	0.086	20.3	0.630	41.2	61.0	
0.412	0.106	22.2	0.674	66.9	101.1	
0.485	0.116	21.2	0.610	40.3	70.4	
0.625	0.111	19.7	0.549	29.9	59.4	
0.694	0.110	20.1	0.533	25.1	52.3	
0.595	0.085	19.3	0.617	36.0	55.6	
0.422	0.066	25.0	0.362	67.8	136.0	L_0
0.355	0.071	27.9	0.707	77.9	77.2	L_0
0.399	0.077	30.2	0.668	74.2	77.2	L_0
0.539	0.064	24.6	0.718	77.9	77.2	L_0
0.352	0.054	20.3	0.532	79.5	105.9	
0.392	0.056	21.5	0.778	79.1	71.6	
0.362	0.057	21.2	0.820	70.9	60.8	
0.313	0.058	21.4	0.800	62.1	54.7	
0.430	0.056	21.4	0.667	84.3	86.9	
0.587			0.765	81.3	75.0	L_2
0.471			0.872	72.3	60.4	
0.665			0.800	78.6	71.2	
0.837			0.698	79.0	82.0	
0.959			0.554	78.1	103.3	
0.373			0.891	76.2	60.9	
0.461			0.651	75.8	71.6	
0.482			0.668	77.0	82.7	

実験番号 No.	入口全圧 P_1 , kg/cm ² abs	空気流量 m_a , kg/s	入口風速 U_1 , m/s	最大断面 平均風速 U_c , m/s	入口温度 t_1 , °C	出口温度 t_2 , °C	平均温度 昇 $t_2 - t_1$, degC
17-4	1.158	1.50	105	21.9	22	319	297
隔壁板D ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x = 3.0\text{mm}$	$y = 0\text{mm}$		
18-1	1.174	1.53	101	22.2	22	391	369
-2	1.163	1.51	105	22.1	22	347	325
-3	1.160	1.50	105	22.0	22	342	320
-4	1.150	1.50	105	22.1	23	282	259
隔壁板D ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x = 4.0\text{mm}$	$y = 0\text{mm}$		
19-1	1.190	1.54	101	22.1	21	505	484
-2	1.184	1.51	103	21.6	22	463	441
-3	1.171	1.50	104	21.8	23	410	387
-4	1.161	1.50	105	22.0	23	330	307
-5	1.273	2.04	137	28.8	23	364	341
-6	1.277	2.04	137	28.8	23	375	352
-7	1.274	2.03	136	28.5	23	376	353
-8	1.243	1.96	135	28.3	24	302	278
-9	1.323	2.36	160	33.6	24	245	221.5
-10	1.334	2.36	158	33.1	24	305	281
-11	1.338	2.35	156	32.7	24	340	316
-12	1.337	2.33	155	32.5	24	329	305
-13	1.324	2.31	155	32.6	24	282	258
隔壁板D ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x = 4.0\text{mm}$	$y = 0\text{mm}$		
20-1	1.195	1.55	106	22.1	22	—	—
-2	1.168	1.50	104	21.8	23	—	—
-3	1.340	2.36	158	33.0	24	—	—
-4	1.324	2.34	155	32.6	24	—	—
隔壁板B-1 ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x = 15.0\text{mm}$	$y = 0\text{mm}$		
21-1	1.161	1.49	106	22.2	25	300	275
-2	1.168	1.50	104	21.8	25	473	448
-3	1.194	1.52	104	21.9	25	543	518
-4	1.205	1.55	105.5	22.1	26	589	563
-5	1.350	2.32	153	32.0	26	343	317
-6	1.361	2.33	152	31.9	26	370	344
-7	1.379	2.34	151	31.6	26	431	405
隔壁板B-1 ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x = 23.0\text{mm}$	$y = 0\text{mm}$		
22-1	1.206	1.49	101	21.1	24	319	295
-2	1.212	1.49	101	21.1	26	440	414
-3	1.222	1.51	102	21.4	27	484	457
-4	1.229	1.55	104	21.8	28	494	466
-5	1.385	2.10	131	27.5	28	373	345

出口温度 不均一度 $t_2^{\max} - t_2$ $t_2 - t_1$	全圧損失 $\Delta P_t / P_{1t}$	全圧損失 係数 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 Qkcal/m ³ ·hr Atm ^{1.8}	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a/m_f	摘要	
						要	
0.682	—	—	0.533×10^8	75.3	103.1		
0.516	—	—	0.684	55.7	60.1	L_0	
0.766	—	—	0.597	58.8	72.1	L_0	
0.785	—	—	0.576	65.6	83.0	L_0	
0.850	—	—	0.469	67.3	106.0	L_0	
0.779	0.062	23.2	0.880	73.8	60.5	L_2	
0.791	0.060	23.3	0.788	77.8	70.4		
0.679	0.057	21.9	0.692	78.0	80.9	L_0	
0.741	0.056	21.1	0.648	77.9	101.7	L_0	
0.319	0.093	21.6	0.798	47.9	55.7		
0.420	0.093	21.5	0.818	54.7	62.1	L_0	
0.643	0.095	22.4	0.808	63.2	71.9	L_0	
0.619	0.090	21.6	0.632	71.9	105.0		
0.716	0.120	21.4	0.603	30.2	54.0		
0.690	0.118	21.7	0.747	41.9	59.2		
0.628	0.116	21.6	0.827	55.6	70.3		
0.525	0.117	22.1	0.775	62.2	82.7		
0.450	0.116	21.9	0.659	64.0	101.5		
—	—	—	—	—	54.9	入口全圧分布の測定	
—	—	—	—	—	79.6		
—	—	—	—	—	59.9		
—	—	—	—	—	83.0		
0.561	0.064	24.0	0.467	69.3	102.0	L_0	
0.249	0.054	20.7	0.768	79.2	70.7	L_0	
0.292	0.065	25.0	0.882	76.8	58.8	L_0	
0.295	0.067	25.3	0.977	78.4	54.8	L_2	
0.415	0.127	24.7	0.748	77.0	98.3	L_0	
0.827	0.126	24.7	0.813	59.6	69.3	L_0	
0.800	0.125	24.9	0.946	57.9	56.9		
0.965	0.092	37.7	0.463	75.0	104.2		
0.653	0.084	34.7	0.661	73.7	71.1	L_0	
0.565	0.088	35.7	0.748	68.4	59.4	L_1	
0.565	0.088	34.0	0.778	64.6	54.8		
0.855	0.160	41.0	0.738	83.3	97.4		

実験番号 No.	入口全圧 $P_1, \text{kg}/\text{cm}^2$ abs	空気流量 $m_a, \text{kg}/\text{s}$	入口風速 $U_1, \text{m}/\text{s}$	最大断面 平均風速 $U_c, \text{m}/\text{s}$	入口温度 $t_1, ^\circ\text{C}$	出口温度 $t_2, ^\circ\text{C}$	平均温度 上昇 $t_2 - t_1, \text{deg}\text{C}$
22-6	1.385	2.11	133	27.9	28	393	365
-7	1.381	2.14	135	28.3	28	350	322
-8	1.393	2.16	135	28.3	28	375	347
隔壁板B-1 ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x = 6.0\text{mm}$	$y = 0\text{mm}$		
23-1	1.242	1.26	137	28.8	28	356	329
-2	1.262	2.00	137	28.8	27	425	398
-3	1.276	2.02	137	28.7	27	469	442
-4	1.269	2.02	138	28.9	28	425	397
-5	1.324	2.29	155	32.6	28	375	347
-6	1.341	2.31	155	32.4	28	416	388
-7	1.320	2.31	156	32.8	28	402	374
隔壁板B-1 ライナⅡ-1 スワーラなし							
				$x = 15\text{mm}$	$y = 0\text{mm}$		
24-1	1.274	2.04	137	28.8	23	334	311
-2	1.290	2.07	138	28.9	25	386	361
-3	1.313	2.07	136	28.6	26	489	463
-4	1.313	2.06	135	28.4	26	518	492
25-1	1.274	2.05	138	28.9	23	357	334
-2	1.283	2.06	139	29.2	26	369	343
-3	1.348	2.31	153	32.1	27	342	315
隔壁板A-1 ライナⅠ-2 スワーラS-1							
				$x = 7.0\text{mm}$	$y = 0\text{mm}$		
26-1	1.32	2.21	147	30.9	25	326	301
-2	1.35	2.23	145	30.4	25	425	400
-3	1.39	2.24	140	29.3	26	578	552
-4	1.41	2.25	139	29.0	26	620	594
27-1	1.30	2.11	141	29.5	24	333	309
-2	1.34	2.20	143	29.9	25	428	403
-3	1.37	2.22	142	29.7	26	502	476
-4	1.17	1.46	103	21.6	26	343	317
-5	1.19	1.50	104	21.9	26	425	399
-6	1.19	1.52	105	22.0	26	510	494
-7	1.20	1.52	105	22.0	27	582	555
-8	—	1.80	127	26.7	27	330	303
-9	1.26	1.87	127	26.7	27	425	398
-10	1.29	1.90	126	26.5	27	525	498
-11	1.31	1.90	124	26.0	27	630	603
28-1	1.31	2.15	143	29.9	23	386	363
-2	1.33	2.20	143	30.0	24	462	438
隔壁板A-1 ライナⅠ-2 スワーラS-1							
				$x = 7.0\text{mm}$	$y = +6.8\text{mm}$		

出口温度 不均一度 $t_2^{\max} - t_2$ $t_2 - t_1$	全圧損失 $\Delta P_t/P_{1t}$	全圧損失 係 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 $Q \text{kcal/m}^3\cdot\text{hr}$ $\text{Atm}^{1.8}$	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a/m_f	摘要	
						要	
0.877	0.156	38.9	0.716×10^8	61.1	67.1	L_0	
1.175	0.159	39.0	0.661	46.7	57.7	L_1	
1.310	0.160	39.0	0.676	42.2	47.7	L_2	
<hr/>							
0.216	0.087	20.3	0.716	80.9	100.6	L_0	
0.206	0.087	20.3	0.867	83.2	84.4	L_0	
0.245	0.090	21.1	1.054	76.1	68.6	L_1	
0.281	0.092	21.5	0.872	56.9	57.2		
0.295	0.109	20.7	0.841	82.6	96.6	L_0	
0.250	0.111	21.2	0.921	77.4	80.8	L_0	
0.203	0.111	20.7	0.887	62.3	67.2		
<hr/>							
0.608	0.102	23.6	0.676	78.0	102.0	L_0	
0.632	0.102	23.6	0.791	66.0	72.8	L_1	
0.620	0.101	24.1	0.994	66.9	57.2	L_2	
0.634	0.098	23.5	1.020	64.0	52.7	L_2	
0.707	0.100	23.0	0.736	76.0	90.8		
0.445	0.102	23.4	0.755	72.9	85.0		
0.540	0.126	25.2	0.743	75.0	95.5		
<hr/>							
0.278	0.116	24.2	0.628	78.2	105.3	L_0 , —	
0.300	0.115	24.6	0.809	79.6	79.9		
0.338	0.113	25.8	1.061	84.8	60.4		
0.278	0.112	25.8	1.132	82.0	53.5	L_2 , R_1	
0.322	—	—	0.615	80.1	105.6	L_0 , —	
0.253	—	—	0.808	80.9	80.8	L_0 , —	
0.321	—	—	0.932	85.3	71.3	L_0 , —	
0.448	—	—	0.472	81.7	105.2	L_0 , R_2	
0.426	—	—	0.611	85.0	85.7	L_0 , R_1	
0.385	—	—	0.743	83.0	68.6	L_0 , R_1	
0.383	—	—	0.854	81.7	57.8	L_2 , R_1	
0.313	—	—	0.557	76.4	103.0	L_0 , —	
0.276	—	—	0.709	80.9	83.1	L_0 , —	
0.301	—	—	0.890	84.9	67.6	L_0 , —	
0.299	—	—	1.060	86.9	55.8	L_0 , —	
0.452	0.088	26.1	0.744	79.2	87.8	L_2 , R_2	
0.406	—	—	0.866	81.0	75.3		

実験番号 No.	入口全圧 P_{1t} kg/cm ² abs	空気流量 m_a kg/s	入口風速 U_1 m/s	最大断面 平均風速 U_e m/s	入口温度 t_1 °C	出口温度 t_2 °C	平均温度 上昇 $t_2 - t_1$ degC
29-1	1.29	2.13	143	30.0	24	333	309
-2	1.34	2.20	141	29.5	24	450	426
30-1	1.29	2.09	139	29.1	22	320	298
-2	1.34	2.20	143	30.0	24	415	391
-3	1.39	2.25	141	29.6	25	533	508
-4	1.41	2.26	139	29.1	26	607	581
-5	1.16	1.47	104	21.7	26	300	274
-6	1.19	1.50	104	21.9	27	432	405
-7	1.21	1.51	104	21.9	27	550	523
隔壁板A-1 ライナI-2 スワーラS-1				$x=5.0$ mm	$y=+6.0$ mm		
31-1	1.31	2.12	141	29.6	22	306	284
-2	1.35	2.19	142	29.8	25	445	420
-3	1.39	2.24	141	29.5	26	513	487
-4	1.40	2.24	141	29.5	26	535	509
-5	1.17	1.47	104	21.8	26	308	282
-6	1.18	1.47	103	21.5	27	436	409
-7	1.20	1.48	103	21.5	27	545	518
-8	1.20	1.48	101	21.3	27	616	589
32-1	1.24	1.79	120	25.2	22	346	324
-2	1.27	1.86	123	25.9	24	442	418
-3	1.30	1.90	124	26.0	25	532	507
-4	1.32	1.91	123	25.7	26	638	612
-5	1.221	1.52	99	20.7	26	631	605
隔壁板A-1 ライナI-2 スワーラS-1				$x=10$ mm	$y=+6.0$ mm		
32-6	1.301	2.11	142	29.7	26	341	315
-7	1.342	2.19	143	29.9	26	437	411
-8	1.382	2.24	142	29.7	26	535	509
-9	1.409	2.25	139	29.2	26	633	607
33-1	1.227	1.85	127	26.6	22	326	304
-2	1.251	1.85	126	26.4	26	433	407
-3	1.276	1.89	125	26.3	27	539	512
-4	1.302	1.90	124	26.0	28	623	595
-5	1.161	1.48	105	22.0	28	352	324
-6	1.181	1.49	105	22.0	28	442	414
-7	1.195	1.53	106	22.2	28	525	497
-8	1.210	1.54	106	22.2	28	602	574
隔壁板A-1 ライナI-2 スワーラS-1				$x=14.0$ mm	$y=+6.0$ mm		
34-1	1.291	2.09	141	29.5	24	290	266
-2	1.335	2.17	143	29.9	26	389	363
-3	1.371	2.22	142	29.7	27	493	466

出口温度 不均一度 $t_2^{\max} - t_2$ $t_2 - t_1$	全圧損失 $\Delta P_t / P_{1t}$	全圧損失 係 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 $Q \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{hr}$ $\text{Atm}^{1.8}$	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a/m_f	摘要 要
0.411	—	—	0.626×10^8	81.5	107.5	
0.428	—	—	0.854	85.5	80.8	
0.420	—	—	0.594	76.5	104.2	$L_0, \text{---},$
0.435	—	—	0.782	80.2	82.7	$L_0, \text{---},$
0.427	—	—	0.988	84.5	66.2	$L_0, \text{---},$
0.423	—	—	1.101	85.0	57.4	$L_1, \text{---},$
0.347	—	—	0.412	71.4	106.6	$L_0, \text{---},$
0.334	—	—	0.607	83.3	82.7	$L_0, R_2,$
0.363	—	—	0.789	90.5	68.8	$L_0, R_2,$
0.525	0.127	27.9	0.559	72.1	103.5	$L_0, \text{---},$
0.405	0.130	28.4	0.718	76.1	83.0	$L_0, \text{---},$
0.558	0.130	29.2	0.926	78.7	64.7	$L_1, \text{---},$
0.541	0.127	28.8	1.110	77.3	52.6	$L_2, R_1,$
0.592	0.070	27.3	0.426	73.1	105.8	$R_1,$
0.389	0.071	28.6	0.622	81.0	78.5	
0.434	0.071	28.8	0.800	82.5	61.6	
0.500	0.070	28.6	0.884	82.0	54.6	
0.382	0.093	27.3	0.575	79.7	98.3	$L_0, \text{---},$
0.378	0.096	27.2	0.744	83.6	79.9	$L_0, \text{---},$
0.430	0.101	28.2	0.893	84.3	65.7	$L_0, \text{---},$
0.494	0.099	28.4	1.041	85.6	55.4	$R_1,$
0.478	0.076	31.5	0.871	83.3	55.6	$R_2,$
0.887	0.112	24.8	0.629	80.5	103.3	$L_1, \text{---},$
0.788	0.116	25.4	0.817	83.2	81.5	$L_1, \text{---},$
0.472	0.115	25.7	1.004	84.1	65.1	$L_2, \text{---},$
0.465	0.113	26.0	1.230	87.0	56.1	—,
0.672	0.088	23.4	0.563	79.5	105.6	$L_0, \text{---},$
0.559	0.090	24.7	0.731	81.8	81.3	$L_0, \text{---},$
0.530	0.092	25.3	0.929	85.7	65.5	$L_0, \text{---},$
0.634	0.096	27.1	1.050	84.3	55.0	$L_0, \text{---},$
0.457	0.063	24.2	0.490	78.5	99.7	$R_1,$
0.503	0.069	26.6	0.633	83.9	81.7	$R_2,$
0.513	0.068	25.8	0.764	82.2	65.6	$R_2,$
0.467	0.072	27.3	0.878	82.1	56.0	$L_0, R_2,$
0.677	0.121	27.1	0.528	67.4	103.2	—,
0.637	0.126	27.8	0.725	72.8	80.8	—,
0.637	0.126	28.1	0.961	75.6	64.5	$R_1,$

実験番号 No.	入口全圧 $P_1, \text{kg/cm}^2$ abs	空気流量 $m_a, \text{kg/s}$	入口風速 $U_1, \text{m/s}$	最大断面 平均風速 $U_c, \text{m/s}$	入口温度 $t_1, ^\circ\text{C}$	出口温度 $t_2, ^\circ\text{C}$	平均温度 上昇 $t_2 - t_1, \text{degC}$
34-4	1.380	2.17	136	28.6	28	595	567
-5	1.229	1.82	127	26.6	28	330	302
-6	1.255	1.84	126	26.4	28	428	400
-7	1.276	1.86	124	26.0	28	525	497
-8	1.300	1.88	124	26.0	28	613	585
-9	1.158	1.47	105	22.1	28	315	287
-10	1.172	1.48	104	21.9	28	399	371
-11	1.191	1.52	105	22.1	28	526	498
-12	1.203	1.53	105	22.1	28	598	570
隔壁板C ライナ I-1 スワーラなし				$x = 12.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
35-1	1.302	2.10	133	28.0	22	295	273
-2	1.351	2.20	142	29.7	25	375	350
-3	1.381	2.23	141	29.6	26	447	421
-4	1.398	2.20	136	28.6	26	565	539
-5	1.234	1.79	121	25.5	26	306	280
-6	1.262	1.86	125	26.2	26	404	378
-7	1.297	1.89	124	26.0	26	502	476
-8	1.291	1.90	123	25.7	26	599	573
-9	1.173	1.48	105	22.1	26	310	284
-10	1.187	1.52	106	22.3	26	408	382
-11	1.206	1.55	107	22.5	26	483	457
-12	1.221	1.56	107	22.4	27	592	565
隔壁板C ライナ I-1 スワーラなし				$x = 8.0 \text{mm}$	$y = +5.0 \text{mm}$		
36-1	1.280	2.12	144	30.2	24	313	289
-2	1.318	2.20	146	30.6	25	404	379
-3	1.360	2.26	146	30.6	26	492	466
-4	1.355	2.19	141	29.6	26	561	535
37-1	1.209	1.81	126	26.5	23	326	303
-2	1.233	1.83	127	26.6	26	408	382
-3	1.261	1.87	126	26.4	27	523	496
-4	1.284	1.89	126	26.4	28	603	575
-5	1.152	1.47	106	22.2	28	339	311
-6	1.163	1.49	106	22.3	28	422	384
-7	1.184	1.52	107	22.4	28	533	505
-8	1.195	1.53	107	22.4	29	618	589
隔壁板C ライナ I-1 スワーラなし				$x = 5.0 \text{mm}$	$y = +5.0 \text{mm}$		
38-1	1.301	2.11	144	30.1	25	334	309
-2	1.331	2.17	147	30.8	26	409	383
-3	1.360	2.25	148	31.0	26	417	391
-4	1.325	2.19	147	30.9	26	340	314

出口温度 不均一度 $t_2 - t_1$	全圧損失 $\Delta P_t / P_{t1}$	全圧損失 係 数 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 $Q \text{kcal/m}^3\text{-hr}$ Atm ^{1.8}	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a/m_f	摘要	
						要	
0.591	0.118	28.2	1.082×10^8	75.8	52.2	L_2 ,	—
0.464	0.094	25.5	0.550	73.6	98.5	L_0 ,	—
0.455	0.098	26.9	0.717	77.6	77.7	—	—
0.534	0.098	27.8	0.877	80.9	64.6	—	—
0.577	0.097	27.6	1.029	80.9	54.0	—	—
0.383	0.068	25.5	0.443	70.8	100.0	—	—
0.420	0.069	26.5	0.574	75.6	81.8	L_0 ,	—
0.430	0.071	27.0	0.772	78.6	62.7	—	—
0.460	0.070	27.8	0.886	81.8	56.3	—	—
0.752	0.121	29.8	0.557	70.0	107.6	—	—
0.786	0.130	28.8	0.709	70.3	81.4	—	—
0.650	0.134	30.0	0.827	71.3	68.6	—	—
0.529	0.128	30.5	0.997	70.3	53.8	—	—
0.837	0.091	26.7	0.511	71.5	103.4	—	—
0.730	0.099	27.4	0.678	75.9	83.2	—	—
0.426	0.105	29.5	0.857	78.4	66.2	—	—
0.560	0.088	22.3	1.013	79.2	55.1	—	—
0.740	0.067	25.5	0.499	76.3	100.4	L_0 ,	—
0.687	0.069	25.5	0.610	78.3	82.4	L_0 ,	—
0.628	0.074	26.7	0.727	71.1	62.2	L_1 ,	—
0.519	0.078	28.9	0.879	80.2	57.3	L_2 ,	—
0.508	0.109	23.2	0.600	73.6	107.1	L_2 ,	—
0.464	0.114	23.8	0.801	75.5	81.5	L_2 ,	—
0.436	0.116	24.4	0.975	76.3	66.1	L_2 ,	—
0.485	0.112	24.8	1.099	71.2	52.6	L_2 ,	—
0.343	0.085	22.8	0.590	75.2	101.0	L_1 ,	—
0.320	0.088	23.9	0.731	76.3	80.5	L_1 ,	—
0.316	0.090	24.5	0.931	79.3	63.5	L_1 ,	—
0.343	0.091	25.0	1.081	81.0	55.1	L_1 ,	—
0.389	0.062	23.2	0.504	76.9	100.0	L_1 ,	—
0.360	0.063	23.6	0.639	79.6	81.5	L_1 ,	—
0.341	0.067	24.8	0.818	81.7	64.5	L_1 ,	—
0.394	0.080	29.7	0.989	86.8	56.3	L_1 ,	—
0.343	0.120	26.5	0.633	76.2	100.5	L_0 ,	—
0.316	0.124	26.0	0.790	71.3	75.4	L_0	—
0.353	0.130	27.2	0.799	57.3	60.1	—	—
0.510	0.127	26.5	0.830	50.9	52.2	—	—

実験番号 No.	入口全圧 $P_1, \text{kg}/\text{cm}^2$ abs	空気流量 $m_a, \text{kg}/\text{s}$	入口風速 $U_1, \text{m}/\text{s}$	最大断面 平均風速 $U_c, \text{m}/\text{s}$	入口温度 $t_1, ^\circ\text{C}$	出口温度 $t_2, ^\circ\text{C}$	平均温度 上昇 $t_2-t_1, \text{deg}\text{C}$
38-5	1.231	1.83	129	27.0	26	331	305
-6	1.248	1.85	128	26.8	26	426	400
-7	1.262	1.87	128	26.9	26	458	532
-8	1.276	1.90	129	27.1	26	474	448
-9	1.162	1.47	105	22.0	26	348	322
-9	1.173	1.49	105	22.0	26	445	419
-11	1.190	1.51	105	22.0	26	506	480
-12	1.197	1.51	105	22.0	26	530	504
隔壁板B-2 ライナⅡ-1 スワーラなし				$x=9.0\text{mm}$		$y=0\text{mm}$	
39-1	1.140	1.47	108	22.6	27	333	306
-2	1.165	1.49	106	22.2	28	501	473
-3	1.174	1.51	107	22.4	28	560	532
-4	1.185	1.53	107	22.5	29	588	559
-5	1.312	2.27	155	32.6	29	362	333
-6	1.336	2.29	154	32.4	29	431	402
-7	1.358	2.30	152	32.0	29	474	445
-8	1.369	2.32	152	32.0	29	483	454
-9	1.244	2.00	147	30.8	29	347	318
-10	1.270	2.02	139	29.2	29	442	413
-11	1.290	2.06	139	29.3	29	493	464
-12	1.301	2.08	139	29.2	29	528	499
隔壁板B-3 ライナⅡ-1 スワーラなし				$x=9.0\text{mm}$		$y=0\text{mm}$	
40-1	1.151	1.47	105	22.0	25	323	298
-2	1.171	1.51	106	22.3	27	417	390
-3	1.186	1.53	106	22.3	27	523	496
-4	1.198	1.54	106	22.3	28	597	569
-5	1.314	2.27	155	32.6	28	333	305
-6	1.340	2.31	154	32.4	28	406	378
-7	1.350	2.32	154	32.4	28	422	394
41-1	1.144	1.50	107	22.4	23	330	307
-2	1.158	1.53	109	22.8	25	421	396
-3	1.172	1.54	108	22.7	26	513	487
-4	1.186	1.54	108	22.6	27	587	560
-5	1.300	2.30	160	33.5	27	317	290
-6	1.321	2.35	159	33.4	27	386	359
-7	1.334	2.38	161	33.7	28	399	371
隔壁板B-4 ライナⅡ-1 スワーラなし				$x=9.0\text{mm}$		$y=0\text{mm}$	
42-1	1.152	1.49	106	22.2	25	368	343
-2	1.170	1.50	106	22.3	27	471	444
-3	1.186	1.51	106	22.3	28	556	528

出口温度 不均一度 $t_2 \max - t_2$ $t_2 t_1$	全圧損失 $\Delta P_t / P_{1t}$	全圧損失 係数 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 Qkcal/m ³ ·hr Atm ^{1.8}	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a / m_f	摘要	
						要	
0.357	0.095	25.3	0.573×10^8	77.5	103.5	R_1	
0.322	0.095	25.6	0.745	79.2	80.2		
0.267	0.098	26.4	0.802	69.9	65.6		
0.415	0.103	27.1	0.842	62.8	56.0		
0.642	0.067	25.4	0.509	81.1	102.7		
0.346	0.068	26.0	0.667	83.6	80.6		
0.373	0.071	27.0	0.785	79.2	65.5		
0.318	0.072	27.3	0.797	69.6	55.5		
0.382	0.055	20.2	0.537	77.2	102.8	L_1 , —	
0.252	0.060	22.4	0.824	82.2	69.3	L_2 , R_1	
0.263	0.060	22.4	0.944	78.8	58.1	L_2 , R_1	
0.254	0.063	23.2	1.002	75.4	52.6	L_2 , R_1	
0.339	0.112	21.2	0.811	79.1	96.6	L_1 , —	
0.259	0.112	21.7	0.970	78.2	77.9	L_1 , —	
0.261	0.113	22.0	1.051	72.3	62.8	L_1 , —	
0.291	0.115	22.6	1.079	63.5	55.2	L_1 , —	
0.340	0.092	19.1	0.710	77.5	100.1	L_1 , —	
0.273	0.094	21.8	0.917	78.7	76.3	L_2 , —	
0.274	0.094	21.5	1.031	76.8	65.9	L_2 , —	
0.255	0.096	22.1	1.107	71.5	56.4	L_2 , —	
0.376	0.053	20.2	0.514	75.3	102.3	L_0	
0.418	0.058	21.6	0.682	81.0	83.4	L_0	
0.377	0.057	21.3	0.860	82.4	66.3	L_1 , R_1	
0.304	0.060	22.5	0.977	78.2	54.6	L_1 , R_1	
0.449	0.109	20.6	0.736	77.0	101.9	—	
0.249	0.110	21.1	0.896	73.0	78.7		
0.223	0.112	21.5	0.934	66.1	68.1		
0.684	0.057	20.8	0.520	75.0	104.1	L_0 , —	
0.591	0.059	20.9	0.711	83.6	85.7	L_0 , —	
0.671	0.060	21.6	0.873	83.4	68.5	L_1 , —	
0.345	0.062	22.6	0.985	79.1	56.2	L_2 , —	
0.183	0.111	20.0	0.724	75.5	107.7	L_1 , —	
0.150	0.111	20.0	0.894	74.2	84.1	L_1 , —	
0.205	0.114	20.3	0.933	61.2	66.4	L_1 , —	
0.298	0.054	20.3	0.590	82.6	99.0	L_0 , —	
0.516	0.059	22.2	0.764	86.2	78.7	L_0 , —	
0.652	0.061	22.8	0.900	81.9	62.5	L_0 , R_1	

実験番号 No.	入口全圧 $P_1, \text{kg}/\text{cm}^2$ abs	空気流量 $m_a, \text{kg}/\text{s}$	入口風速 $U_1, \text{m}/\text{s}$	最大断面 平均風速 $U_c, \text{m}/\text{s}$	入口温度 $t_1, ^\circ\text{C}$	出口温度 $t_2, ^\circ\text{C}$	平均温度 昇 $t_2-t_1, \text{deg}\text{C}$
42-4	1.190	1.50	105	22.1	29	601	572
-5	1.311	2.25	155	32.6	29	351	322
-6	1.204	2.28	154	32.3	29	433	404
-7	1.211	2.30	155	32.6	29	405	376
隔壁板B-4 ライナⅡ-1 スワーラなし				$x=13.0\text{mm}$		$y=0\text{mm}$	
43-1	1.144	1.48	105	22.1	25	333	308
-2	1.165	1.51	106	22.2	27	442	415
-3	1.181	1.52	105	22.1	28	542	514
-4	1.190	1.53	106	22.2	28	583	555
-5	1.315	2.26	154	32.3	28	364	336
-6	1.350	2.28	148	31.1	28	452	424
-7	1.367	2.31	152	32.0	28	436	408
隔壁板B-4 ライナⅡ-1 スワーラなし				$x=16.0\text{mm}$		$y=0\text{mm}$	
44-1	1.365	2.28	150	31.4	29	430	401
-2	1.373	2.26	145	30.5	29	534	505
-3	1.380	2.23	143	30.1	29	535	506
-4	1.190	2.24	151	31.7	29	362	333
隔壁板B-4 ライナⅡ-1 スワーラなし				$x=20.0\text{mm}$		$y=0\text{mm}$	
45-1	1.165	1.46	103	21.6	26	347	321
-2	1.180	1.49	104	21.8	27	457	430
-3	1.198	1.52	105	22.0	28	532	504
-4	1.207	1.52	104	21.7	29	618	589
-5	1.356	2.26	150	31.5	29	262	233
-6	1.375	2.20	142	29.7	29	398	369
-7	1.375	2.17	140	29.3	30	467	437
-8	1.370	2.25	146	30.6	30	361	331
隔壁板A-2-1 ライナⅠ-2 スワーラS-1				$x=10.0\text{mm}$		$y=+6.0\text{mm}$	
46-1	1.280	2.09	144	30.2	28	325	297
-2	1.315	2.15	144	30.2	30	426	396
-3	1.370	2.22	143	30.0	30	540	510
-4	1.382	2.15	137	28.8	31	688	657
-5	1.214	1.79	127	26.6	31	320	289
-6	1.238	1.82	127	26.7	31	424	393
-7	1.263	1.85	127	26.6	31	528	497
-8	1.289	1.89	126	26.4	31	649	618
-9	1.151	1.45	105	22.0	31	298	267
-10	1.165	1.48	106	22.3	32	389	357
-11	1.182	1.51	107	22.4	32	497	465
-12	1.206	1.51	106	22.2	32	630	598
47-1	1.274	2.09	145	30.4	29	297	268

出口温度 不均一度 $t_2^{\max} - t_2$ $t_2 - t_1$	全圧損失 $\Delta P_t/P_{1t}$	全圧損失 係 $\Delta P_t/(\frac{1}{2}\rho_1 U_c^2)$	熱負荷 $Q \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{hr}$ Atm ^{1.8}	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a/m_f	摘要	
						要	
0.488	0.060	22.8	0.970×10^{-8}	76.7	53.4	L_1, R_2	
0.183	0.108	22.6	0.773	80.7	102.8	$L_0, -$	
0.215	0.120	20.9	0.947	79.5	79.8	$L_0, -$	
0.226	0.124	21.5	0.900	58.2	62.4	$L_0, -$	
0.364	0.053	20.1	0.547	77.6	101.3	$L_0, -$	
0.372	0.057	21.5	0.726	82.6	80.0	$L_1, -$	
0.230	0.060	22.8	0.854	83.8	64.3	L_1, R_1	
0.256	0.062	23.3	0.973	76.7	54.3	L_2, R_1	
0.346	0.112	21.6	0.816	82.1	99.3	$L_0, -$	
0.314	0.112	23.3	0.984	82.7	78.6	$L_1, -$	
0.365	0.118	23.2	0.958	65.2	63.9	$L_2, -$	
0.498	0.125	25.4	0.915	79.4	79.8	$L_0, -$	
0.368	0.116	24.8	1.117	79.4	62.4	$L_1, -$	
0.543	0.119	26.2	1.108	69.1	54.1	$L_2, -$	
0.520	0.143	25.6	0.775	80.6	97.8	$L_0, -$	
0.664	0.072	28.7	0.533	76.7	97.7	$L_0, -$	
0.600	0.074	28.8	0.717	83.3	78.4	$L_1, -$	
0.671	0.072	29.7	0.853	81.5	64.4	L_1	
0.649	0.074	29.4	0.990	81.0	53.6	$L_2, -$	
0.614	0.158	32.1	0.515	56.7	99.6	$L_0, -$	
0.792	0.161	36.2	0.786	70.1	76.4	$L_2, -$	
0.990	0.143	33.0	0.917	66.4	60.3	$L_2, -$	
0.747	0.156	33.2	0.732	45.1	54.5	L_2, R_1	
0.657	0.104	22.7	0.602	81.3	113.0	$L_0, -$	
0.691	0.108	23.4	0.791	79.6	81.8	$L_0, -$	
0.696	0.116	23.8	0.991	82.6	65.2	$L_1, -$	
0.808	0.107	25.5	1.231	83.5	49.4	$L_2, -$	
0.589	0.080	21.7	0.519	73.5	104.8	$L_0, -$	
0.639	0.089	24.3	0.711	78.7	81.0	$L_0, -$	
0.690	0.087	23.8	0.894	81.8	65.4	$L_1, -$	
0.763	0.090	24.8	1.113	87.6	55.2	$L_2, -$	
0.476	0.071	27.4	0.407	66.7	102.3	$L_0, -$	
0.549	0.059	22.0	0.553	75.5	84.5	$L_0, -$	
0.620	0.063	23.7	0.731	79.4	67.8	$L_1, -$	
0.535	0.068	26.0	0.924	86.8	56.6	L_2, R_2	
0.347	0.103	22.2	0.606	77.3	106.6	$L_0, -$	

実験番号 No.	入口全圧 P_{1t} kg/cm ² abs	空気流量 m_a kg/s	入口風速 U_1 m/s	最大断面 平均風速 U_e m/s	入口温度 t_1 °C	出口温度 t_2 °C	平均温度 上昇 $t_2 - t_1$ degC
47-2	1.191	2.16	145	30.4	30	426	396
-3	1.367	2.23	145	30.5	32	546	514
-4	1.370	2.14	138	28.9	32	672	640
-5	1.151	1.47	108	22.6	32	305	273
-6	1.164	1.49	108	22.7	32	382	350
-7	1.182	1.51	108	22.6	32	494	462
-8	1.201	1.52	107	22.4	32	604	572
隔壁板B-4 ライナⅡ-2 スワーラなし				$x = 9.0$ mm		$y = 0$ mm	
48-1	1.140	1.38	100	21.1	30	330	300
-2	1.153	1.41	103	21.6	32	400	368
-3	1.168	1.44	105	22.0	33	466	433
-4	1.179	1.45	104	21.9	33	556	523
-5	1.301	2.14	150	31.5	33	298	265
-6	1.320	2.18	151	31.8	33	329	296
-7	1.313	2.21	155	32.6	33	275	242
-8	1.309	2.21	157	32.9	33	242	209
隔壁板B-4 ライナⅡ-2 スワーラなし				$x = 16.0$ mm		$y = 0$ mm	
49-1	1.143	1.44	105	22.1	31	291	260
-2	1.160	1.47	107	22.4	32	409	377
-3	1.169	1.49	107	22.4	32	499	467
-4	1.188	1.49	106	22.3	33	572	539
-5	1.308	2.20	153	32.1	33	285	252
-6	1.320	2.24	154	32.4	33	297	264
-7	1.321	2.26	156	32.7	33	345	312
隔壁板A-2-1 ライナⅠ-2 スワーラS-1				$x = 10.0$ mm		$y = +6.0$ mm	
50-1	—	2.07	144	30.2	29	277	248
-2	—	2.14	145	30.4	32	416	384
-3	—	2.18	143	30.1	33	565	532
-4	—	2.09	135	28.4	33	707	674
-5	—	1.46	108	22.6	33	243	210
-6	—	1.47	107	22.5	33	321	288
-7	—	1.50	108	22.6	33	530	497
-8	—	1.50	106	22.3	33	630	597
隔壁板A-2-2 ライナⅠ-2 スワーラS-1				$x = 10.0$ mm		$y = +6.0$ mm	
51-1	1.278	2.06	144	30.2	31	347	316
-2	1.315	2.13	147	30.9	33	443	410
-3	1.358	2.18	147	30.8	33	557	524
-4	1.365	2.10	138	29.0	32	703	671
-5	1.152	1.46	107	22.5	33	315	282
-6	1.166	1.47	107	22.4	33	415	382

出口温度 不均一度 $\frac{t_2 \max - t_2}{t_2 - t_1}$	全圧損失 $\Delta P_t / P_{1t}$	全圧損失 係数 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 $Q \text{kcal/m}^3 \cdot \text{hr}$ Atm ^{1.8}	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a / m_f	摘要
0.692	0.128	24.8	0.794×10^8	80.6	82.3	$L_0, -$
1.079	0.121	26.0	1.046	82.7	65.3	$L_2, -$
0.669	0.105	24.9	1.214	81.0	49.3	$L_2, -$
0.274	0.074	22.3	0.416	67.7	103.5	$L_0, -$
0.380	0.064	23.7	0.545	72.4	84.4	$L_0, -$
0.728	0.067	24.8	0.730	77.8	67.7	$L_1, -$
0.868	0.071	26.9	0.877	81.4	57.0	L_2, R_2
0.533	0.064	27.2	0.496	69.0	93.3	$L_0, -$
0.149	0.067	27.3	0.599	67.0	75.1	$L_1, -$
0.171	0.070	27.5	0.740	67.5	61.8	$L_1, -$
0.123	0.072	28.4	0.887	68.0	51.7	$L_2, -$
0.215	0.127	26.2	0.629	62.1	94.3	$L_0, -$
0.189	0.130	26.4	0.696	56.1	76.2	$L_1, -$
0.343	0.134	26.0	0.595	37.1	61.4	$L_1, -$
0.412	0.132	25.5	0.522	28.2	53.7	$L_1, -$
0.419	0.069	26.6	0.447	63.2	98.7	$L_0, -$
0.321	0.072	26.9	0.655	74.2	78.5	$L_0, -$
0.302	0.069	25.8	0.808	75.8	64.6	$L_1, -$
0.386	0.077	29.3	0.839	67.1	54.0	$L_2, -$
0.337	0.131	26.0	0.607	61.7	97.8	$L_0, -$
0.447	0.137	26.8	0.641	51.9	78.6	$L_0, -$
0.337	0.136	26.0	0.753	49.3	63.2	L_1, R_2
0.456	—	—	0.597	75.3	105.3	$L_0, -$
0.297	—	—	0.777	77.7	80.7	$L_0, -$
0.263	—	—	1.033	85.3	64.1	$L_1, -$
0.360	—	—	1.279	78.6	44.5	$L_2, -$
0.414	—	—	0.330	51.6	99.6	$L_0, -$
0.292	—	—	0.450	58.5	81.4	$L_0, -$
0.413	—	—	0.786	83.7	66.5	L_1, R_2
0.553	—	—	0.926	85.7	56.2	L_2, R_2
0.484	0.108	23.7	0.624	78.4	100.9	$L_0, -$
0.591	0.111	23.8	0.854	84.8	80.4	$L_1, -$
0.636	0.113	24.4	1.071	86.5	64.5	$L_2, -$
0.592	0.105	25.0	1.265	83.3	48.1	$L_2, -$
0.550	0.060	22.6	0.432	67.6	98.7	$L_0, -$
0.589	0.062	23.2	0.581	76.4	81.6	$L_0, -$

実験番号 No.	入口全圧 P_1 kg/cm ² abs	空気流量 m_a kg/s	入口風速 U_1 m/s	最大断面 平均風速 U_c m/s	入口温度 t_1 °C	出口温度 t_2 °C	平均温度 上昇 $t_2 - t_1$ degC
51-7	1.182	1.50	107	22.4	33	514	481
-8	1.205	1.52	107	22.5	33	626	593
隔壁板A-1 ライナI-2 スワーラS-1							
				$x = 10.0\text{mm}$	$y = +6.0\text{mm}$		
52-1	1.289	2.07	143	29.9	28	356	328
-2	1.320	2.14	146	30.7	31	434	403
-3	1.353	2.20	147	30.9	32	521	489
-4	1.365	2.19	146	30.6	33	611	578
-5	1.227	1.80	128	26.8	33	354	321
-6	1.241	1.81	127	26.6	33	441	408
-7	1.268	1.83	125	26.3	33	550	517
-8	1.292	1.86	126	26.4	33	653	620
-9	1.176	1.44	104	21.7	33	396	363
-10	1.185	1.46	104	21.8	33	478	445
-11	1.260	1.50	105	22.0	33	428	395
-12	1.204	1.52	107	22.4	33	460	427
-13	1.195	1.51	107	22.4	33	544	511
53-1	1.282	2.07	141	29.6	29	349	320
-2	1.325	2.14	144	30.3	31	407	376
-3	1.357	2.20	147	30.9	32	480	448
-4	1.371	2.22	144	30.3	32	540	508
-5	1.228	1.82	128	26.8	32	341	309
-6	1.243	1.83	127	26.6	32	417	385
-7	1.270	1.84	126	26.4	32	504	472
-8	1.288	1.86	125	26.2	33	602	569
隔壁板A-1 ライナI-3 スワーラS-1							
				$x = 10.0\text{mm}$	$y = 6.0\text{mm}$		
54-1	1.285	2.08	140	29.3	29	387	358
-2	1.311	2.15	147	30.8	31	469	438
-3	1.349	2.19	146	30.6	32	557	525
-4	1.362	2.17	143	30.1	32	622	590
-5	1.212	1.81	129	27.1	32	339	307
-6	1.234	1.82	128	26.9	32	441	409
-7	1.261	1.85	128	26.9	32	557	525
-8	1.277	1.87	128	26.8	32	637	605
-9	1.145	1.47	108	22.7	32	332	300
-10	1.159	1.48	107	22.5	32	447	415
-11	1.172	1.51	109	22.9	32	517	485
-12	1.195	1.52	108	22.7	32	603	571
隔壁板A-1 ライナI-3 スワーラS-2							
				$x = 10.0\text{mm}$	$y = +6.0\text{mm}$		
55-1	1.269	2.08	145	30.4	29	370	341
-2	1.303	2.13	147	30.8	31	438	407
-3	1.343	2.19	146	30.6	31	536	505

出口温度 不均一度 $t_2 - t_1$ $t_2 \max - t_2$	全圧損失 $\Delta P_t / P_{1t}$	全圧損失 金系 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 $Q \text{kcal/m}^3 \cdot \text{ht}$ $\text{Atm}^{1.8}$	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a / m_f	摘要	要
0.640	0.066	24.6	0.742×10^8	80.7	67.3	$L_0, -$	
0.630	0.072	27.1	0.914	86.0	57.3	L_1, R_2	
<hr/>							
0.501	0.118	26.4	0.613	80.4	107.2	$L_0, -$	
0.636	0.118	25.6	0.809	80.9	81.4	$L_1, -$	
0.632	0.113	24.0	0.972	78.2	64.2	$L_1, -$	
0.847	0.115	24.8	1.126	74.6	51.3	$L_2, -$	
0.455	0.092	22.4	0.577	81.1	103.4	$L_0, -$	
0.586	0.089	24.5	0.725	81.9	81.5	$L_0, -$	
0.580	0.091	25.8	0.914	81.3	62.4	$L_1, -$	
0.721	0.095	26.6	1.079	83.7	53.6	L_1, R_1	
0.562	0.073	29.5	0.535	88.0	98.6	L_0, R_2	
0.566	0.071	28.5	0.664	89.4	81.1	L_1, R_2	
0.170	0.096	39.3	0.583	66.8	68.2	L_0, R_2	
0.539	0.073	27.8	0.648	62.1	57.8	L_2, R_2	
0.658	0.072	27.1	0.783	87.6	68.6	L_1, R_2	
0.644	0.108	24.2	0.634	84.1	107.1	$L_0, -$	
0.647	0.118	25.8	0.755	76.4	81.7	$L_0, -$	
0.692	0.109	25.4	0.900	73.2	65.1	$L_1, -$	
0.433	0.108	25.8	1.015	67.0	51.9	$L_2, -$	
0.286	0.084	22.7	0.560	82.5	108.1	$L_0, -$	
0.502	0.088	24.0	0.696	81.4	84.7	$L_0, -$	
0.521	0.091	25.5	0.843	77.2	65.1	$L_1, -$	
0.559	0.085	23.9	0.995	78.4	54.7	L_2, R_1	
<hr/>							
0.424	0.109	25.0	0.706	88.7	101.5	$L_0, -$	
0.505	0.109	23.1	0.900	89.2	81.7	$L_0, -$	
0.463	0.106	22.8	1.073	86.6	64.8	$L_0, -$	
0.455	0.109	24.3	1.187	82.7	54.3	$L_0, -$	
0.362	0.088	23.2	0.572	79.6	104.6	$L_0, -$	
0.438	0.087	23.5	0.756	83.9	81.6	$L_0, -$	
0.444	0.091	24.6	0.964	84.9	63.5	$L_0, -$	
0.435	0.085	23.2	1.103	84.3	54.2	$L_0, -$	
0.427	0.062	22.7	0.478	77.0	103.5		
0.502	0.063	23.4	0.655	84.2	81.3		
0.552	0.063	22.7	0.778	84.2	68.6	L_0	
0.484	0.061	22.8	0.919	84.7	57.8	L_0	
<hr/>							
0.411	0.105	22.6	0.700	82.0	98.5	$L_0, -$	
0.472	0.112	23.7	0.840	81.6	81.1	L_0, R_1	
0.513	0.111	23.9	1.028	82.0	64.9	$L_0, -$	

実験番号 No.	入口全圧 $P_1, \text{kg}/\text{cm}^2$ abs	空気流量 $m_a, \text{kg}/\text{s}$	入口風速 $U_1, \text{m}/\text{s}$	最大断面 平均風速 $U_c, \text{m}/\text{s}$	入口温度 $t_1, ^\circ\text{C}$	出口温度 $t_2, ^\circ\text{C}$	平均温度 上昇 $t_2 - t_1, \text{deg}\text{C}$
55-4	1.349	2.16	142	29.8	32	627	595
-5	1.212	1.80	129	27.1	32	333	301
-6	1.225	1.81	128	26.9	32	436	404
-7	1.251	1.85	128	26.9	32	550	518
-8	1.275	1.87	127	26.7	31	628	597
隔壁板A-1 ライナI-3 スワーラS-2				$x = 13.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
56-1	1.285	2.28	157	33.0	28	359	331
-2	1.316	2.13	146	30.6	31	427	396
-3	1.349	2.19	146	30.6	31	542	511
-4	1.352	2.12	140	29.5	32	597	565
-5	1.212	1.80	129	27.1	32	327	295
-6	1.230	1.81	128	26.9	32	425	393
-7	1.255	1.84	128	26.9	32	541	509
-8	1.281	1.86	127	26.6	32	609	577
隔壁板A-1 ライナI-3 スワーラS-3				$x = 10.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
57-1	1.271	2.07	146	30.6	30	342	312
-2	1.301	2.12	147	30.8	32	387	355
-3	1.345	2.17	146	30.6	33	505	472
-4	1.349	2.15	143	29.9	34	556	522
-5	1.212	1.76	125	26.2	34	331	297
-6	1.225	1.80	126	26.4	34	414	380
-7	1.258	1.83	126	26.4	34	502	468
-8	1.278	1.86	126	26.4	34	606	572
隔壁板A-1 ライナI-3 スワーラS-4				$x = 10.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
58-1	1.264	2.07	146	30.7	33	316	283
-2	1.298	2.12	148	31.0	33	388	355
-3	1.190	2.17	148	31.1	34	496	462
-4	1.209	2.18	146	30.7	34	591	557
-5	1.195	1.76	128	26.9	34	256	222
-6	1.215	1.80	130	27.2	34	351	317
-7	1.243	1.83	129	27.1	34	482	448
-8	1.262	1.86	129	27.0	34	589	555
隔壁板A-1 ライナI-3 スワーラS-4				$x = 7.8 \text{mm}$	$y = 6.0 \text{mm}$		
59-1	—	2.05	147	30.8	33	300	267
-2	—	2.12	150	31.4	34	377	343
-3	—	2.17	151	31.6	34	505	471
-4	—	2.15	146	30.6	35	623	588
-5	—	2.11	143	30.0	35	679	644
-6	—	1.78	—	—	35	251	216
-7	—	1.79	—	—	35	359	324

出口温度 不均一度 $t_2^{\max} - t_2$ $t_2 - t_1$	全圧損失 $\Delta P_t / P_{1t}$	全圧損失 係 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 $Q \text{kcal/m}^3\text{-hr}$ $\text{Atm}^{1.8}$	燃焼効率 $\eta_c \%$	空燃比 m_a/m_f	摘要 要
0.526	0.103	23.1	1.185×10^8	82.3	54.0	L_1 , —
0.389	0.093	24.8	0.564	77.0	104.0	L_0 , —
0.456	0.087	23.4	0.754	82.0	81.2	L_0 , —
0.463	0.065	17.7	0.954	82.6	63.6	L_1 , R_1
0.507	0.090	24.5	1.084	82.3	54.3	L_1 , R_2
0.578	0.114	20.9	0.724	86.3	107.4	L_0 , R_1
0.576	0.122	26.3	0.798	79.1	81.0	L_0 , R_2
0.548	0.117	25.1	1.023	82.7	64.8	L_1 , R_2
0.662	0.112	25.8	1.100	76.4	53.0	L_2 , —
0.542	0.090	23.8	0.542	74.6	102.9	L_0 , —
0.548	0.091	24.8	0.717	78.4	80.5	L_0 , R_1
0.538	0.091	24.6	0.926	81.0	63.3	L_0 , R_1
0.608	0.093	25.9	1.036	79.2	53.9	L_0 , R_1
0.650	0.103	22.0	0.648	74.9	97.6	L_0 , R_1
0.600	0.108	23.0	0.737	70.5	80.5	L_0 , R_1
0.604	0.107	23.2	0.96	75.8	64.2	L_1 , R_1
0.592	0.106	23.6	1.041	71.2	53.8	L_2 , R_1
0.721	0.082	23.0	0.532	73.5	101.1	L_0 , R_1
0.594	0.080	23.6	0.688	75.8	80.7	L_0 , R_1
0.627	0.084	23.5	0.827	72.4	61.8	L_0 , R_1
0.514	0.088	24.6	1.031	78.1	53.9	L_1 , R_1
0.724	0.102	21.8	0.681	77.5	107.4	L_0 , R_1
0.651	0.102	21.6	0.861	72.0	81.0	L_0 , R_1
0.695	0.120	22.7	0.983	75.9	64.8	L_0 , R_1
0.707	0.114	24.7	1.071	80.8	54.5	L_1 , R_1
0.874	0.079	21.3	0.543	56.5	102.9	L_0 , —
0.785	0.083	22.0	0.596	63.7	80.5	L_0 , R_1
0.632	0.092	24.7	0.845	71.6	63.3	L_0 , —
0.625	0.083	22.0	1.035	80.3	54.1	L_1 , R_1
0.730	—	—	0.558	62.2	95.0	L_0 , —
0.635	—	—	0.738	68.6	80.0	—
0.555	—	—	1.008	76.4	64.1	L_0 , —
0.174	—	—	1.235	80.6	53.0	L_2
0.500	—	—	1.363	81.0	46.7	L_2
0.873	—	—	—	53.6	101.6	L_0
0.639	—	—	—	64.7	80.2	—

実験番号 No.	入口全圧 $P_1, \text{kg/cm}^2$ ads	空気流量 $m_a, \text{kg/s}$	入口風速 $U_1, \text{m/s}$	最大断面 平均風速 $U_c, \text{m/s}$	入口温度 $t_1, ^\circ\text{C}$	出口温度 $t_2, ^\circ\text{C}$	平均温度 上昇 $t_2 - t_1, \text{degC}$
59-8	—	1.82	—	—	35	511	476
-9	—	1.84	—	—	35	685	650
隔壁板A-1 ライナI-3 スワーラS-4							
				$x = 14.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
60-1	—	2.05	—	—	35	316	281
-2	—	2.10	—	—	35	391	356
-3	—	2.17	—	—	35	485	450
-4	—	2.15	—	—	35	591	556
-5	—	1.78	—	—	35	296	261
-6	—	1.80	—	—	35	386	351
-7	—	1.82	—	—	35	506	471
-8	—	1.84	—	—	35	650	615
隔壁板A-1 ライナI-3 スワーラS-5							
				$x = 10.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
61-1	—	2.19	158	33.2	34	343	309
-2	—	2.10	148	31.0	35	473	438
-3	—	2.16	149	31.2	35	526	491
-4	—	2.12	143	30.0	35	647	612
-5	—	1.78	132	27.6	35	311	276
-6	—	1.79	130	27.3	35	392	357
-7	—	1.82	129	27.1	35	514	479
-8	—	1.85	128	26.8	35	677	642
隔壁板A-2-1 ライナI-3 スワーラS-1							
				$x = 10.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
62-1	1.274	2.08	142	29.8	34	296	262
-2	1.321	2.13	141	29.5	35	424	389
-3	1.365	2.18	139	29.1	35	555	520
-4	1.245	2.09	129	27.0	35	748	713
-5	1.157	1.47	104	21.8	35	254	219
-6	1.165	1.47	104	21.7	35	340	305
-7	1.185	1.51	105	22.0	35	472	437
-8	1.195	1.52	105	22.0	35	549	514
隔壁板AB-1 ライナIV-1 スワーラS-1							
				$x = 10.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
63-1	1.284	2.02	138	28.9	30	409	379
-2	1.350	2.16	142	29.7	31	528	497
-3	1.380	2.21	143	29.9	31	584	553
-4	1.395	2.17	134	28.2	31	680	649
-5	1.221	1.80	127	26.7	31	330	299
-6	1.245	1.82	126	26.5	31	455	424
-7	1.281	1.85	124	26.0	31	586	555
-8	1.315	1.89	123	25.8	31	699	668
-9	1.163	1.44	103	21.6	28	281	253
-10	1.185	1.50	105	22.1	28	431	403

出口温度 不均一度 $t_2^{\max} - t_2$ $t_2 - t_1$	全圧損失 $\Delta P_t / P_{1t}$	全圧損失 係 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 $Q \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{hr}$ $\text{Atm}^{1.8}$	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a / m_f	摘要	要
0.523	—	—	$\times 10^8$	75.4	62.7	L_1	
0.485	—	—	—	82.4	48.8	L_2	
0.797	—	—	—	66.2	95.1	L_0	
0.896	—	—	—	70.0	78.8		
0.968	—	—	—	71.9	63.5	R_1	
0.736	—	—	—	69.7	48.7	R_2	
0.800	—	—	—	65.3	102.1	L_0 , —	
0.852	—	—	—	69.8	79.9	L_0 , —	
0.922	—	—	—	73.2	62.1	L_1	
0.570	—	—	—	72.3	45.3	L_2	
0.540	—	—	0.695	81.7	106.9	L_0	
0.564	—	—	0.898	76.9	71.0	L_0 , R_1	
0.538	—	—	1.022	78.9	63.6	L_0	
0.503	—	—	1.248	81.4	51.5	L_1 , R_1	
0.540	—	—	0.522	69.6	102.4	L_0	
0.555	—	—	0.643	68.3	76.9	L_0 , —	
0.545	—	—	0.894	75.8	62.8	L_0 , —	
0.480	—	—	1.195	82.0	49.3	L_1 , R_1	
0.702	0.105	23.8	0.537	67.8	106.1	L_0 , R_1	
0.683	0.113	26.4	0.780	77.0	79.8	L_0 , R_1	
0.606	0.111	26.3	1.002	83.6	64.5	L_0 , R_1	
0.634	0.117	28.8	1.429	82.0	44.8	L_1 , —	
0.552	0.060	24.1	0.341	52.7	97.9	L_0 , —	
0.689	0.061	24.6	0.561	61.3	81.7	L_0 , —	
0.648	0.064	25.3	0.679	73.0	67.1	L_0 , R_1	
0.703	0.067	26.4	0.794	73.1	57.0	L_1 , R_1	
0.227	0.101	23.8	0.703	85.1	91.0	L_0 , R_1	
0.381	0.108	24.4	0.914	88.8	72.0	L_0 , R_1	
0.354	0.108	24.2	1.023	89.5	64.6	L_1 , R_1	
0.301	0.107	26.1	1.121	84.7	50.9	L_1 , R_1	
0.200	0.095	25.9	0.486	70.2	100.2	L_0 , —	
0.248	0.084	23.2	0.728	86.5	82.0	L_0 , R_1	
0.197	0.088	25.2	0.928	87.2	63.1	L_1 , R_1	
0.309	0.091	26.3	1.100	86.1	50.3	L_1 , R_1	
0.272	0.060	23.9	0.367	60.6	96.2	L_0 , —	
0.208	0.063	24.1	0.604	82.7	82.4	L_0 , R_1	

実験番号 No.	入口全圧 $P_1, \text{kg}/\text{cm}^2$ abs	空気流量 $m_a, \text{kg}/\text{s}$	入口風速 $U_1, \text{m}/\text{s}$	最大断面 平均風速 $U_e, \text{m}/\text{s}$	入口温度 $t_1, {}^\circ\text{C}$	出口温度 $t_2, {}^\circ\text{C}$	平均温度 上昇 $t_2 - t_1, \text{deg}\text{C}$
63-11	1.200	1.52	106	22.2	31	535	504
-12	1.219	1.53	104	21.9	31	634	603
隔壁板AB-1 ライナIV-1 スワーラS-1				$x = 15.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
65-1	1.279	2.04	142	29.7	31	346	315
-2	1.332	2.17	146	30.6	32	445	413
-3	1.365	2.21	145	30.4	32	540	508
-4	1.382	2.17	138	28.9	33	675	642
-5	1.152	1.48	107	22.5	33	326	293
-6	1.170	1.49	107	22.4	32	408	376
-7	1.185	1.52	108	22.7	32	501	469
-8	1.200	1.53	106	22.3	32	613	581
-9	1.215	1.80	127	26.7	32	336	304
-10	1.225	1.81	127	26.7	32	406	374
-11	1.266	1.83	126	26.4	32	540	508
-12	1.296	1.85	123	25.7	32	691	659
隔壁板AB-2 ライナIV-1 スワーラS-1				$x = 10.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
66-1	1.265	2.05	143	30.0	28	325	297
-2	1.320	2.19	147	30.9	29	438	409
-3	1.355	2.22	146	30.6	30	530	500
-4	1.381	2.24	144	30.2	30	598	568
-5	1.154	1.47	106	22.3	30	348	318
-6	1.168	1.49	106	22.3	30	433	403
-7	1.200	1.50	106	22.2	30	543	513
-8	1.203	1.54	106	22.3	30	628	598
-9	1.212	1.82	129	27.1	30	342	312
-10	1.224	1.82	128	26.9	30	427	397
-11	1.253	1.82	124	26.0	30	563	533
-12	1.290	1.85	122	25.6	30	677	647
隔壁板AB-3 ライナIV-1 スワーラS-1				$x = 10.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
67-1	—	1.74	—	—	27	359	332
-2	—	1.76	—	—	30	473	443
-3	—	1.82	—	—	31	584	553
-4	—	1.84	—	—	32	690	658
-5	—	2.05	—	—	33	372	339
-6	—	2.10	—	—	33	462	429
-7	—	2.20	—	—	33	533	500
-8	—	2.22	—	—	33	569	536
隔壁板AB-3 ライナIV-2 スワーラS-1				$x = 10.0 \text{mm}$	$y = +6.0 \text{mm}$		
68-1	1.202	1.84	131	27.5	27	357	330
-2	1.215	1.83	129	27.0	28	440	412

出口温度 不均一度 $t_2 \max - t_2$ $t_2 t_1$	全圧損失 $\Delta P_t / P_{1t}$	全圧損失 係 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 $Q \text{kcal/m}^3 \cdot \text{hr}$ $\text{Atm}^{1.8}$	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a / m_f	摘要	
						L ₀ , R ₁	L ₁ , R ₁
0.288	0.065	24.6	0.759×10^8	84.3	66.1	L ₀ , R ₁	
0.242	0.066	25.8	0.900	84.2	54.4	L ₁ , R ₁	
0.394	0.107	24.0	0.597	79.8	103.0	L ₀ , R ₁	
0.266	0.116	25.0	0.784	80.1	78.7	L ₁ , R ₂	
0.276	0.115	25.0	0.969	78.7	61.0	L ₂ , R ₂	
0.313	0.107	25.4	1.139	81.0	49.8	L ₂ , R ₁	
0.274	0.054	20.1	0.435	68.4	95.5	L ₀ , —	
0.247	0.060	22.6	0.564	72.6	77.2	L ₀ , —	
0.288	0.064	23.6	0.703	77.1	65.2	L ₁ , R ₂	
0.241	0.062	23.6	0.868	79.5	53.7	L ₂ , R ₁	
0.329	0.083	22.6	0.530	72.6	97.3	L ₀ , R ₁	
0.372	0.081	22.0	0.653	77.0	83.2	L ₀ , R ₁	
0.337	0.083	23.2	0.856	77.9	61.2	L ₁ , R ₁	
0.313	0.091	25.2	1.097	79.5	46.8	L ₁ , R ₁	
0.219	0.099	21.9	0.577	79.5	109.6	L ₀ , —	
0.266	0.104	21.7	0.832	90.1	85.5	L ₀ , —	
0.290	0.103	22.0	0.963	86.1	68.5	L ₁ , —	
0.349	0.105	23.0	1.073	76.2	52.7	L ₂ , R ₂	
0.258	0.054	20.7	0.476	76.2	96.7	L ₀ , —	
0.213	0.058	22.4	0.606	84.4	83.7	L ₀ , —	
0.372	0.060	22.7	0.769	79.5	61.0	L ₁ , R ₂	
0.264	0.061	23.0	0.893	83.1	54.6	L ₂ , R ₂	
0.330	0.079	20.6	0.554	79.1	103.4	L ₀ , R ₁	
0.285	0.077	20.6	0.701	86.5	88.0	L ₀ , R ₁	
0.252	0.078	22.2	1.029	93.3	64.4	L ₁ , R ₂	
0.410	0.082	24.0	1.083	82.1	49.2	L ₂ , R ₂	
0.328	—	—	—	84.4	103.5	L ₀ , —	
0.391	—	—	—	90.4	82.3	L ₀ , —	
0.474	—	—	—	90.8	65.0	L ₁ , —	
0.398	—	—	—	82.0	49.2	L ₂ , R ₁	
0.697	—	—	—	90.7	108.9	L ₀ , —	
0.559	—	—	—	86.8	82.0	L ₁ , —	
0.639	—	—	—	84.6	67.2	L ₂ , —	
0.767	—	—	—	70.9	52.3	L ₂ , R ₁	
0.291	0.082	20.8	0.532	90.4	111.0	L ₀ , —	
0.226	0.082	21.6	0.737	90.2	89.0	L ₁ , —	

実験番号 No.	入口全圧 $P_{1t} \text{kg/cm}^2$ abs	空気流量 $m_a \text{kg/s}$	入口風速 $U_1 \text{m/s}$	最大断面 平均風速 $U_c \text{m/s}$	入口温度 $t_1 {}^\circ\text{C}$	出口温度 $t_2 {}^\circ\text{C}$	平均温度 上昇 $t_2 - t_1 \text{degC}$
68-3	1.235	1.82	126	26.5	29	558	529
-4	1.262	1.87	127	26.7	29	623	594
-5	1.255	2.05	144	30.2	29	365	336
-6	1.294	2.17	149	31.3	29	445	416
-7	1.327	2.23	151	31.6	30	503	473
-8	1.324	2.23	150	31.5	30	520	490
隔壁板AB-3 ライナIV-2 スワーラS-1				$x=12.0 \text{mm}$	$y=+6.0 \text{mm}$		
69-1	1.258	2.07	144	30.2	27	347	320
-2	1.310	2.19	148	31.0	28	440	412
-3	1.361	2.24	147	30.8	28	539	511
-4	—	2.25	146	30.6	28	638	610
-5	1.205	1.85	132	27.6	27	329	302
-6	1.219	1.84	128	26.9	27	423	396
-7	1.252	1.86	126	26.5	27	566	539
-8	1.280	1.90	126	26.4	28	701	673
隔壁板AB-3 ライナIV-2 スワーラS-1				$x=14.5 \text{mm}$	$y=+6.0 \text{mm}$		
70-1	1.280	2.10	146	30.6	23	353	330
-2	1.355	2.21	144	30.1	24	456	432
-3	1.356	2.27	147	30.9	26	511	485
-4	1.379	2.26	143	30.0	26	627	601
-5	1.220	1.83	127	26.7	26	331	305
-6	1.235	1.84	127	26.7	26	404	378
-7	1.255	1.84	125	26.3	27	532	505
-8	1.282	1.89	124	26.0	27	646	619

出口温度 不均一度 $t_2 \max - t_2$ $t_2 - t_1$	全圧損失 $\Delta P_t / P_1 t$	全圧損失 係 $\Delta P_t / \frac{1}{2} \rho_1 U_c^2$	熱負荷 $Q \text{kcal}/\text{m}^3 \cdot \text{hr}$ Atm ^{1.8}	燃焼効率 $\eta_b \%$	空燃比 m_a/m_f	摘要
0.261	0.080	22.0	0.919×10^8	85.3	64.7	L_2 , —
0.236	0.085	23.1	1.040	78.1	52.1	L_2 , —
0.265	0.099	21.5	0.664	87.2	106.1	L_0 , —
0.245	0.104	21.2	0.853	87.4	84.1	L_1 , —
0.324	0.110	22.1	0.960	81.4	68.8	L_1 , —
0.220	0.108	21.8	0.999	66.6	54.2	L_2 , (空気燃料流量振動)
0.244	0.099	21.2	0.634	86.1	110.0	L_0 , —
0.255	0.107	22.1	0.821	86.8	85.5	L_0 , —
0.207	0.111	23.4	0.997	88.4	69.3	L_1 , —
0.241	—	—	1.195	85.4	55.1	L_2 , —
0.305	0.080	20.3	0.510	82.7	112.8	L_0 , —
0.246	0.078	20.6	0.706	88.0	90.2	L_0 , —
0.175	0.083	22.5	0.945	86.3	63.5	L_1 , —
0.180	0.083	22.6	1.170	86.4	49.8	L_2 , —
0.482	0.098	20.2	0.646	87.1	107.0	L_0 , R_2
0.788	0.123	26.7	0.828	91.3	85.0	L_1 , R_2
0.482	0.105	21.8	0.946	84.6	70.0	L_1 , —
0.447	0.102	22.1	1.147	85.4	55.7	L_2 , —
0.636	0.077	20.8	0.537	79.3	106.4	L_0 , R_1
0.556	0.079	21.4	0.664	79.8	85.3	L_0 , R_1
0.500	0.078	21.8	0.870	83.9	66.3	L_1 , —
0.467	0.082	22.8	1.061	83.8	52.6	L_2 , —

TR-108	二次元遷音速衝動タービン翼列の一実験 Some High-Speed Tests on Impulse Turbine Cascades	1966年6月 近藤 博, 義田光弘 山崎紀雄, 古川昇
TR-109	大型空気エゼクタの研究 A Study on the Large-Scale Air Ejector	1966年7月 藤井昭一, 五味光男 菅原昇
TR-110	電磁流体の非粘性境界層 Some Investigations on Inviscid Boundary Layer of Magnetohydrodynamics	1966年8月 井上建二
TR-111	T An Asymptotic Solution of the Nonlinear Equations of Motion of an Airplane	Aug. 1966 Hiroshi ENDŌ
TR-112	圧縮性と壁形状を考慮した軸流ターボ機械の作動円盤理論(Ⅱ) —円周速度のある流れ— A Theoretical Investigation of the Compressible Flow Through the Axial Turbo-Machines (Ⅱ) —Swirling Fluids—	1966年8月 藤井昭一
TR-113	地面近くでホバリングするヘリコプタ・ロータに関する実験 Experimental Study on the Ground Effect of a Model Helicopter Rotor in Hovering	1966年8月 幸尾治朗, 岡達一
TR-114	フライングテストベッドの高度制御システムの検討(Ⅰ) Analytical and Simulation Studies of the Height Control of the Flying Test Bed (I)	1966年8月 武田峻, 甲斐忠夫
TR-115	NAL-16ロケットの研究試作および飛しょう実験—D型およびIT型— Single-Stage Solid Propellant Rocket (NAL-16)	1966年8月 ロケット性能研究室
TR-116	50cm 極超音速風胴の計画と構造 Design and Construction of the 50cm Hypersonic Wind Tunnel at National Aerospace Laboratory	1966年9月 極超音速風胴建設グループ
TR-117	弾性振動方程式の差分解に関するエネルギー不等式 Energy Inequalities for the Difference Solutions of Equations of Elastic Vibration	1966年10月 三好甫

航空宇宙技術研究所報告118号

昭和41年10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
電話武藏野三鷹(0422)44-9171(代表)

印刷所 株式会社 東京プレス
東京都板橋区桜川2~27~12