

ISSN 0452-2982

UDC 621.452:

621.43.056

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-450

箱型燃焼器CC61Bの実験結果

堀内正司・石井浅五郎・田丸卓

DP-55

1981年11月

航空宇宙技術研究所

NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

項 目	担 当 者
計 測 装 置	西 尾 健 二*
実 験 計 測	北 原 一 起**, 中 越 元 行**

* 原動機部

** 川崎重工業(株)

箱型燃焼器CC61Bの実験結果*

堀 内 正 司** 石 井 浅五郎*** 田 丸 卓***

1. 概 要

ターボファンエンジン FJR/600 用燃焼器開発に関連して行なった箱形燃焼器模型（呼称 CC 61 B）の実験結果について報告する。エンジン搭載燃焼器の開発資料を得るため、既報の環状燃焼器（60 H）を模した箱形燃焼器模型 CC 61 B を用いて、燃焼器内へ流入する空気量を調整する空気孔の位置、大きさ、および燃焼器入口空気流速分布の変化等、組合せを変えて約 50 種類の実験を行なった。ライナ焼損防止用孔を有する燃焼器改良案および一連の実験における燃焼器性能を示すと共に燃焼器入口風速分布が出口温度分布へ与える影響等、幾つかの資料を得た。これらの結果は、開発エンジン用燃焼器ライナ #601 ~ #604, #606 ~ #609 設計の基礎資料となった。

2. まえがき

通商産業省・工業技術院が主宰する大型工業技術開発制度の一つに「航空機用ジェットエンジンの研究開発」がある。これに関連して、航空宇宙技術研究所では昭和 51 年度より始まった第 2 期ターボファンエンジン・FJR 710/600 の各要素機器の開発研究を行なっている。

これまでエンジン用燃焼器の開発は、次の様な順序を繰返すことにより行なってきた。

- (1) 箱形燃焼器模型により燃焼実験を重ね、大気圧において、着火性能、保炎性能等基本的な設計性能を満足する燃焼器形状の決定。
- (2) 箱形燃焼器模型実験により得られた燃焼器形状を基に、常圧セクタ燃焼器模型の製作および

実験、並行して高圧環状燃焼器模型の製作および実験を行ない、設計性能を実現するための問題点およびその改良箇所を決定する。

- (3) 問題解決のための燃焼器改造案を決定する。

改造案は大気圧における箱形燃焼器模型実験により特性を求めて提案されるが、この時に多くの試行錯誤による実験を必要とする。

箱形燃焼器模型（呼称 CC 61 B）は、高圧環状燃焼器模型（CC 60 H）¹⁾ を基準として、燃料噴射弁 4 個を有しアウタライナ、インナライナを平行にした部分燃焼器模型で、エンジン運転および CC 60 H 実験と並行して、上記(3)に関係する燃焼器の改良実験を行なった。

ライナ各部を容易に改造出来る平行形燃焼器の特性を生かし、燃焼器内へ流入する空気量を調整する空気孔の位置、大きさおよび燃焼器入口空気流速分布の変更等の組合せにより約 50 種類の実験を行ない、ライナ焼損防止用孔を有する燃焼器改造原案を得た。加えて一連の実験における燃焼効率、出口温度不均一率、圧力損失係数を示すと共に、出口温度計測の変動、入口風速分布の変化による出口温度分布への影響、ライナ焼損防止用孔の冷却効果等を抽出し、比較検討したので報告する。

これらの資料は、開発エンジン用燃焼器ライナ #601 ~ #604, #606 ~ #609 の設計に際し燃焼器特性変化の方向性を示す指標等としての基礎資料となった。

3. 使用した記号

A_R ; ケーシング基準断面積 (428.4 cm²)
 A_h ; ライナ空気孔面積
 A_l ; ライナ最大断面積 (285.6 cm²)
 N ; 空気燃料比 (w_a/w_f)

* 昭和 56 年 9 月 16 日 受付

** 航空機公害研究グループ

*** 原動機部

P_1	；入口空気全圧 (kg/cm ² abs)
P_2	；出口平均全圧 (kg/cm ² abs)
ΔP	；全圧損失 (= $P_1 - P_2$; kg/cm ² abs)
T_1	；入口空気温度 (K)
T_2	；出口燃焼ガス平均温度 (K)
ΔT	；平均温度上昇 (= $T_2 - T_1$, deg)
u_R	；基準断面平均風速 (m/s)
w_a	；全空気流量 (kg/s)
w_{aBo}	；外径側抽気流量 (w_a に対する %)
w_{aBi}	；内径側抽気流量 (w_a に対する %)
w_f	；燃料流量 (kg/s)
δ_t	；出口温度不均一率 ($= \frac{(T_{2i})_{\max} - T_2}{\Delta T}$)
η_b	；燃焼効率 (%)
ϕ	；全圧損失係数 ($= \frac{\Delta P \times 10^4}{\frac{1}{2} \rho_1 u_r^2}$)
σ	；標準偏差
θ	；無次元化温度 ($\frac{\Delta T_i}{\Delta T}$)，ここで半径方向の温度分布を示す場合には ΔT_i は周方向の平均値とする。
添字	
1	；燃焼器入口
2	；燃焼器出口
i	；インナ側，温度計測等の各点を示す。
o	；アウト側

4. 実験装置

燃焼実験を行なった試験装置は，当所原動機部の缶型燃焼器試験設備²⁾の常圧試験系統である。この装置は次の条件にて実験することが出来る。

供試燃焼器入口空気圧力	最高 1.3 kg/cm ² (abs)
供試燃焼器入口空気量	最大 0.8 kg/sec
供試燃焼器入口空気温度	常温～330°C
使用燃料	JP-4, JP-1, 灯油等

5. CC61B 燃焼器模型

呼称 CC 61 B は，ライナ本体として箱形燃焼器模型 CC 60 B の実験により良好な燃焼性能を示した CC 60 B-14 を対象とし，環状燃焼器模型 CC 60 H¹⁾を製作すると同時に，先行又は平行して燃焼特性変化を求めるために CC 60 H 相当箱形燃焼器模型とし

て製作した。

実験する燃焼器はライナー孔を大きくしたり，分流板の交換等を行うため，実験番号毎に異なる燃焼器として CC 61 B-1 から CC 61 B-53 まで番号を付してある。

1 ライナ原型(61B-1)

図 1 に空気流れ方向の断面を示すようなケーシング，燃料噴射弁，分流板，スワラ，アウトライナー，インナライナー，アウト抽気部，インナ抽気部よりなる実験部を示す。

61B シリーズの特徴は

- 1) 段付急拡大デフューザ(ダンプド デフューザ)
- 2) 鈍頭形分流板
- 3) ライナ，ケーシング断面積比 $A_l/A_R=0.67$ ，ライナ空気孔，ケーシング断面積比 $A_h/A_R=0.146$
- 4) 圧力損失率 $\Delta P/P_1=4\%$
- 5) 圧力損失係数 $\phi \div 61 \sim 66$

である。特に ϕ は，これまでの一般的燃焼器では最も大きい値に属する。

分流板およびライナーの一部は交換を容易にするためビス止めとした。

6. 実験内容

6.1 実験条件

エンジンの燃焼器入口作動条件に近いこと，および常圧力での燃焼実験において代表的燃焼状態が得られるように，主として次の条件で燃焼実験を行なった。

燃焼器入口空気全圧	P_1 = ほぼ大気圧
燃焼器入口空気温度	$T_1 \cong 127, 327^\circ\text{C}$
燃焼器基準断面平均風速	$u_R = 12.4, 14.2 \text{ m/s}$
空燃比	$N \cong 50, 75$
使用燃料	灯油

6.2 燃焼器模型の組合せ

実験は入口風速分布の変化の他に分流板の形状変更，空気孔の変更等の組合せにより模型を変更し，燃焼器名称 CC 61 B-1 から CC 61 B-53 まで実験した。

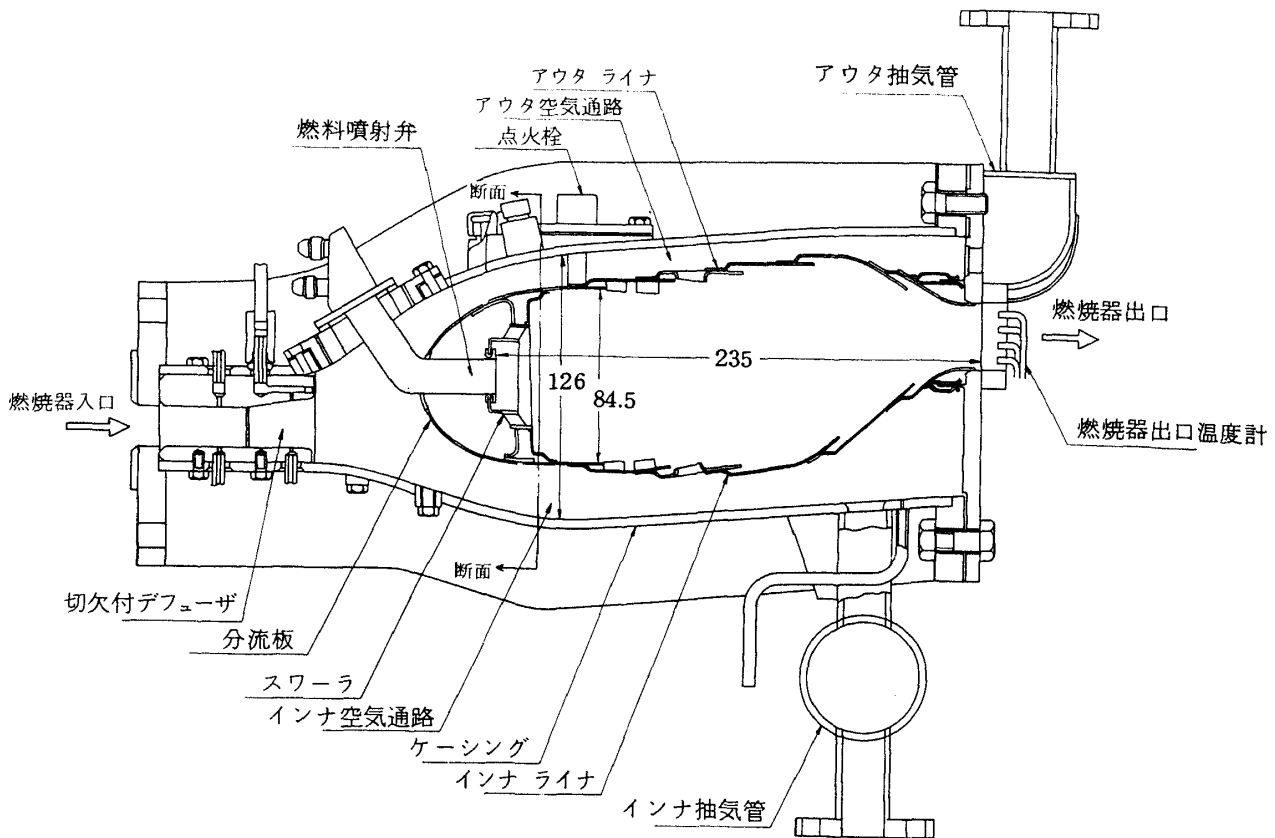


図 1-1 A 箱形燃焼器模型実験部

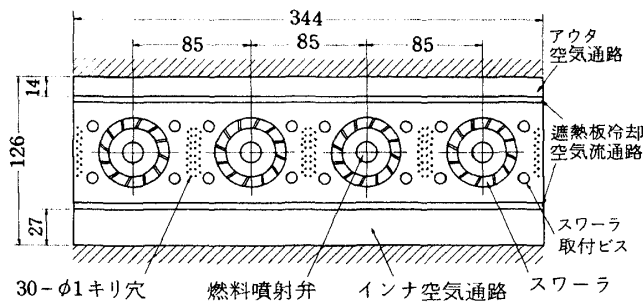


図 1-1 B 箱形燃焼器模型 (後視断面)

これらの種類を付表 1 に示す。燃焼器ケーシングは全て図 1 に示すものを用いた。分流板孔、ライナ孔を付表 2、付図 1、2 に示す。燃料噴射弁は $\angle 600$ 、 $\angle 10$ 共にデュアルオリフィス式であるが、主としてプライマリ側を用いた。

7. 実験結果

7.1 燃焼器出口温度の再現性

燃焼器出口温度計測を行う目的の一つは出口温度分布を得て、エンジンにおいて燃焼器の後に取付けられるタービンから要求される温度分布³⁾との適合

性の判定を行うことである。また、開発のための実験データから燃焼器模型条件の変更に対応する出口温度変化を抽出整理して示す事が今後の燃焼器研究に有用であると考えた。これまでの開発実験では出口温度測定において同一場所を温度センサーを変えて計測する事は稀であったが、ここでは、各実験毎に 28 点又は 60 点の場所で異なる温度センサーで 2 回測定を行なっている。温度センサーは前報告¹⁾に示したものを使用している。出口形状と温度測定点は図 2 に示し、見易いように径方向に比率を拡大したものを同図中に示した。測定点は半径方向 (縦方向) 4 点、周方向 (横方向) 燃料噴射弁の間を 4 分割、または 8 分割になるように温度センサーを周方向に移動して測定している。

同一場所を異なるセンサーで測定する際に、同一温度を示さない要因は、

- (1) 測定系がセンサー先端 (約 0.5mm 径の球状) の回りを流れるガス温度が時間的に変動している、時間的平均値としての温度を示さない。
- (2) 2 回の測定間に燃料の増減、風速の増減によ

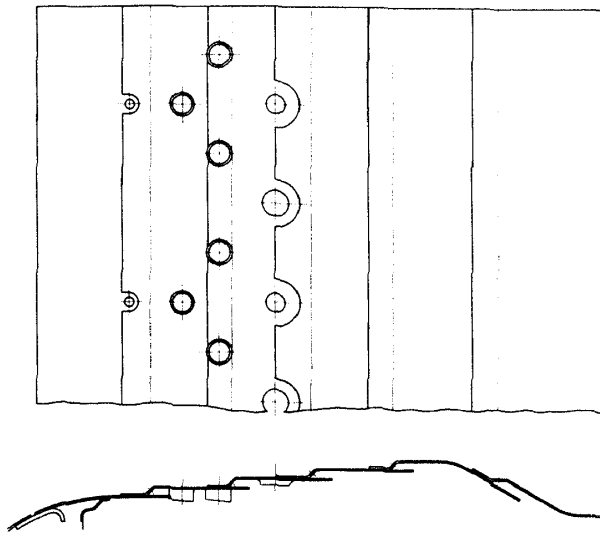


図 1-2 CC 61B-1 アウタライナ

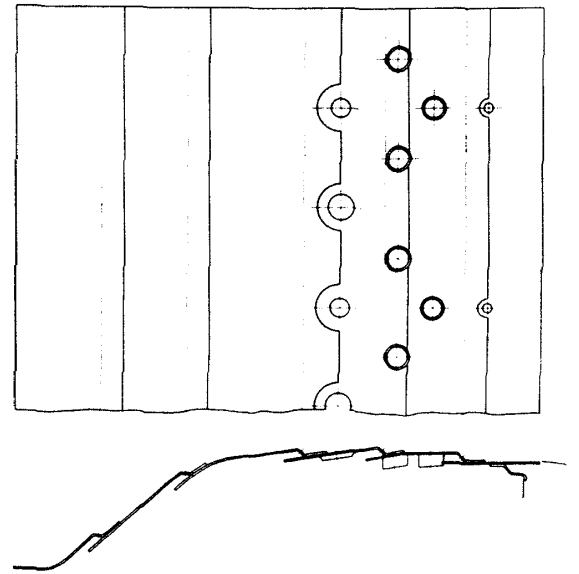


図 1-2 CC 61B-1 インナライナ

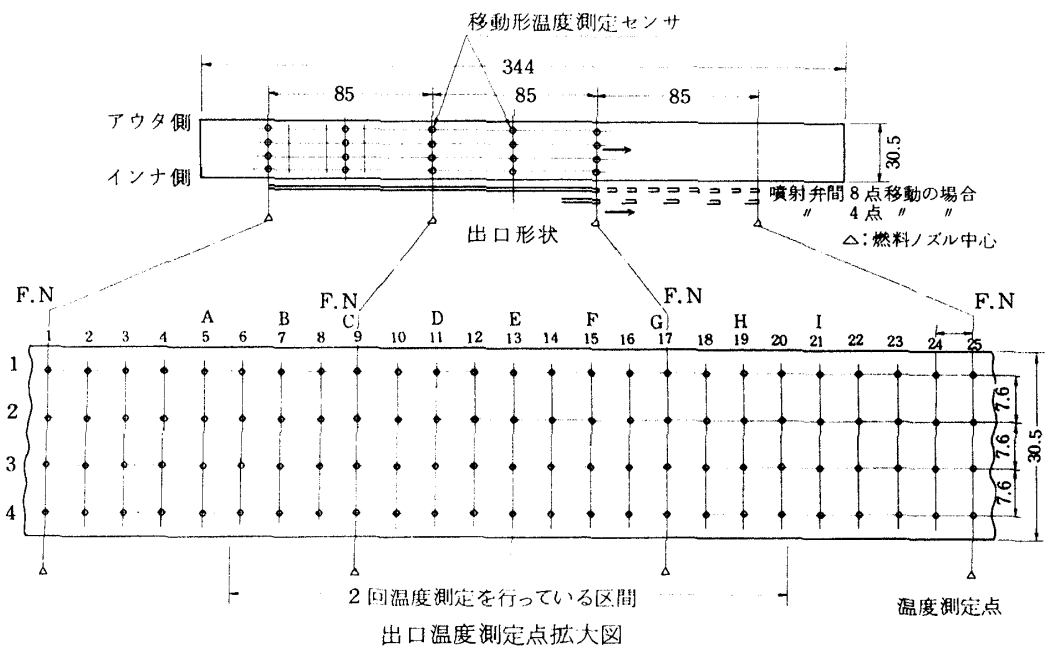


図 2 燃焼器出口形状と温度測定点

りガス温度が変わる。

- (3) 2 回目の測定の時に、センサー先端位置が支持部温度歪などにより変化し、少し異なる場所を測定してしまう。

等が考えられる。これら要因の内、空気燃料比の変化については、温度測定毎に測定した空気燃料比を基に補正を行った。

出口温度測定の再現性を表す指標として、2 回測定したデータについて次式で得られた値 DT_i の標準

偏差を求めた。

$$DT_i = \frac{(\Delta T_{i(1)} - \Delta T_{i(2)})}{\Delta T_{i(1)}}$$

ここで $\Delta T_{i(1)}$ は 1 回目測定時の出口測定温度と入口温度の差、 $\Delta T_{i(2)}$ は 2 回目測定時のものである。約 50 回の実験、約 24 点での σ (標準偏差) は 0.027 であった。このことから、二つの実験の出口温度を比較する図においては、温度差の変化の目安として、 2σ に近い値 (0.05) を基準として等高線を描いた。

後で図示するように出口温度はアウタライナとインナライナ近傍で温度勾配が大きい。図2左端に示した測定場所並び毎に標準偏差を示すと

$$\sigma_1 \div 0.029, \sigma_2 \div 0.018, \sigma_3 \div 0.025, \sigma_4 \div 0.051$$

となり温度勾配の大きな場所は偏差が大きい事が示された。

7.2 燃焼器再組立による出口温度分布の変化

同一燃焼器を用いて、ほぼ同じ条件で実験を行っても、その時々燃焼器の組上り状態、燃焼器入口空気温度、大気湿度の変化など組立実験毎に、少しずつ状態が変わるため燃焼器出口温度分布(正確には燃焼器温度上昇分布)が変化する。ここでは、ライナーに孔明け加工など行わず、実験条件も合せて行った実験での出口温度分布の違いを示す。(図3)

出口温度分布図は燃焼器および実験条件が上部に示されている。上部右端の DT は次式によるものである。

$$DT_i = \frac{(\Delta T_{(1)i} - \Delta T_{(2)i})}{\Delta T_{(1)i}}$$

DT ; DT_i の平均値

(61B-4)-(61B-10)	$T_1 = 399$	$T_1 = 401$	$DT = -0.0755$
	$U_R = 12.4$	$U_R = 12.4$	$\sigma = 0.1712$
	$N = 75$	$N = 75$	
	$\Delta T = 383$	$\Delta T = 406$	

(61B-4)-(61B-10)	$T_1 = 599$	$T_1 = 601$	$DT = -0.0285$
	$U_R = 14.2$	$U_R = 14.2$	$\sigma = 0.0705$
	$N = 50$	$N = 50$	
	$\Delta T = 582$	$\Delta T = 598$	

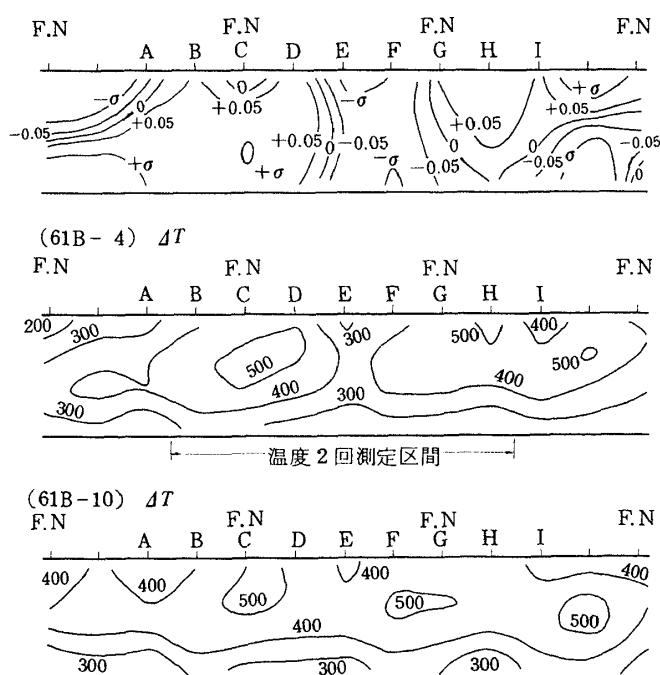


図3-1 燃焼器再組立による変化

σ ; DT_i の標準偏差

上段図の数字は DT_i , V を示す。中, 下段図中の数字は燃焼器出入口温度差 (ΔT_i) を示す。F.N は燃料噴射弁位置を示す。

始めの二つは、空燃比が 75 と 50 の場合であり、共に温度分布はほとんど変化していない。75 の方が左右の端で差が出ているが、燃焼器左右壁面の影響を受けていると考えられる。Na 11 と Na 33 の実験では右方の壁の影響の他に、Na 33 のインナー側温度が周方向(横方向)に平坦でないのが見られる。燃焼器内前方で火炎形状が少し変化した時にも同様な分布の変化が見られた。原因を明らかに出来なかったが、火炎分布の変化の他に火炎が(高温空気の流れが)後方空気孔から流入する冷却流により分割される領域で、偏りが生ずることも一因と考えられる。ここではアウタライナ側でも高温部のずれが見られる。実験 Na 46 と Na 48 では図3の他のものに比べ壁面の影響を受け易い左右端の分布も差がほとんどなかった。

箱形ライナとスワラの組合せによる燃焼器では、スワラからの流れによりアウタライナ側で周方向

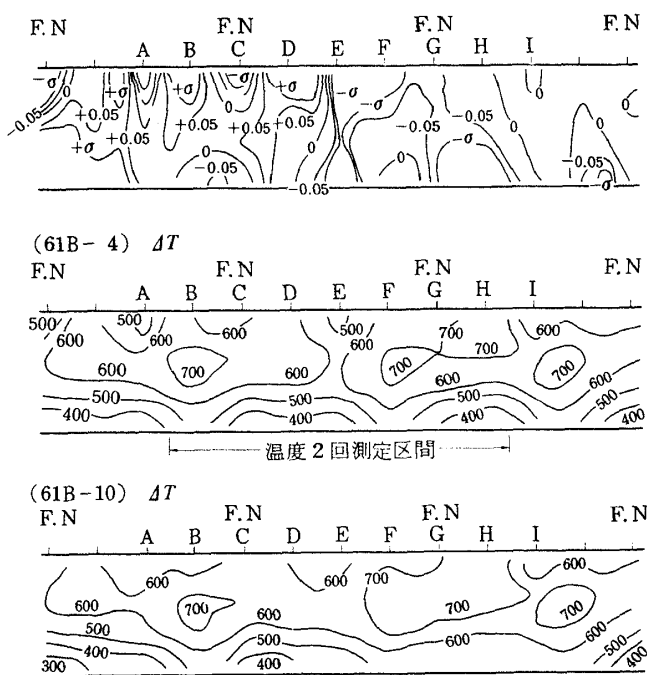


図3-2 燃焼器再組立による変化

(61B-11)-(61B-33) $T_1 = 605$ $T_1 = 602$ $DT = 0.0214$
 $U_R = 14.2$ $U_R = 14.2$ $\sigma = 0.1213$
 $N = 50$ $N = 50$
 $\Delta T = 653$ $\Delta T = 637$

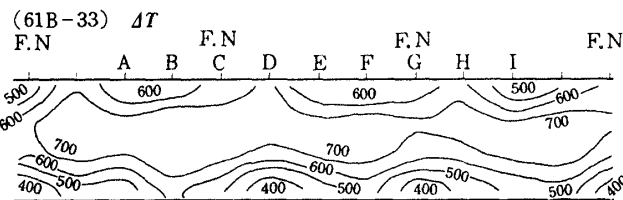
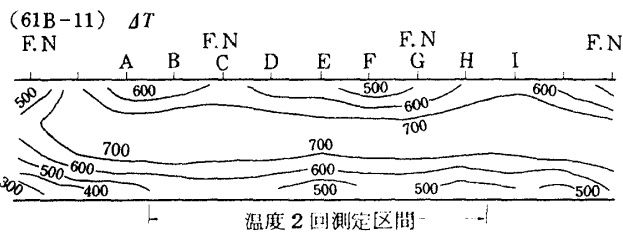
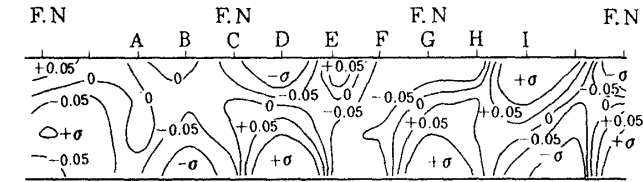


図3-3 燃焼器再組立による変化

(61B-46)-(61B-48) $T_1 = 602$ $T_1 = 602$ $DT = 0.0056$
 $U_R = 16$ $U_R = 16$ $\sigma = 0.0711$
 $N = 50$ $N = 50$
 $\Delta T = 634$ $\Delta T = 626$

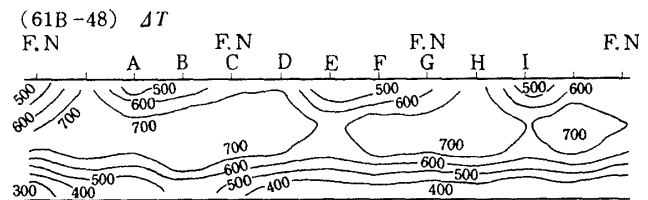
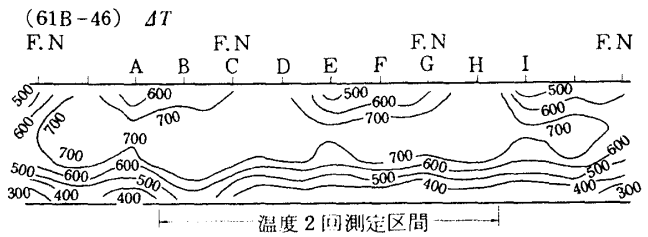
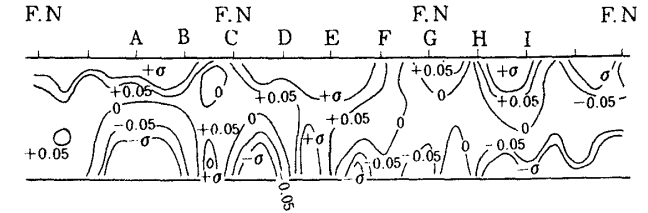


図3-4 燃焼器再組立による変化

左向きに流れ、インナ側では右向きの流れが出来るため左右壁面に流れが衝突して、流れと火炎がアニュウ形式燃焼器の様に連続せず、流れと燃焼状態が中心部分と壁面付近では大きく変る。なおここでは燃焼器後流より見て左回りのスワールを想定して説明している。この実験においても燃焼器出口温度の計測は図2に示すように、左右壁面近傍では行っていない。温度計測された領域においても、なお左右端の方で壁面の影響と思われる温度分布の変化が見られる。この状態を単純化して見るために、周方向温度分布の極大・極小点の比較の一部を図4に示す。

- (1) 中央部と壁に近い部分を比較すると、極大点と極小点を示す周期にずれが見られる。
- (2) 極大点の方が、極小点より周期的一致が少ない。

ことが分かる。(1)は壁面による影響と考えられる。(2)は極小点を決める原因が燃焼領域(高温発生部)より後方にある空気孔から流入する空気によるものであるため、壁面による流れの影響を受けにくいものと考えられる。

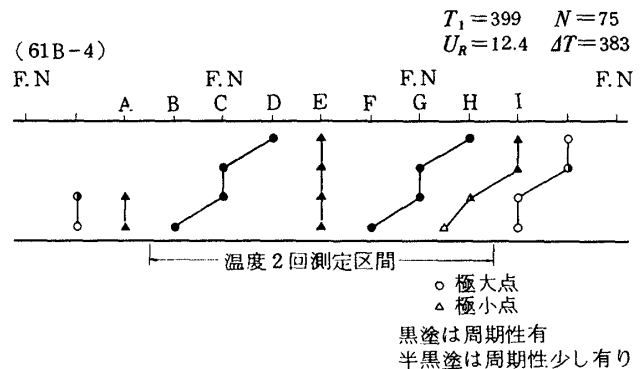


図4 燃焼器出口周方向極大、極小点

燃焼器再組立により出口温度分布が大きく変化した場合は、いずれも壁面近くの分布変化が大きい。これは壁面からの空気漏洩があること、燃焼状態が変化しやすい事が考えられる。また燃焼効率が悪く(80%未満)、燃焼器内に火炎が少なく見える燃焼器では、組立による燃焼効率の変化が多かった。入口空気温度 127°C、空燃比 75 の条件での 61B-4 と 61B-10 実験の比較では、燃焼効率に約 5% もの差があり、この設定条件近くで燃焼状態が敏感に対応するように考えられる。

周方向に燃料噴射弁一区間毎に分割して燃焼効率

を算出すると概して左の区間は効率の低下が見られる。

これらのことから出口温度分布に関する検討は、これ以後図2に示した「2回温度測定を行なっている区間」を主な対象とする。

再度、燃焼器再組立による出口温度分布の変化を検討してみると、中央部で σ 以上の偏差領域の多い場合は図3-2, 3, 4である。この内で図2-2, 4は変化の標準偏差が0.07以下であるから、絶対的变化は少ないものとする。図2-3は片方の33ライナ近傍の温度分布が平坦でないこと、および高温部と低温部にずれが在ることである。この様な違いは燃焼器改造の影響の項でも現われており、改造を重ねた燃焼器のためライナ冷却孔盲等の不完全さなどにも原因があると思える。

7.3 燃焼器改造の影響

設計性能を目標として、原型燃焼器模型の改造を行ないつつ実験を重ねて燃焼器の開発を進めて来たが、改造を重ねた燃焼器において、ほぼ設計性能を満足した時に、この改造燃焼器をモデルとして新しい燃焼器を製作すると、モデルとした燃焼器の空気孔の流量係数、止めビス、ナットの突起、ライナ接目や盲板の不完全さなどにより、流れの変化があって両方の燃焼器の間で燃焼状態が異なる事が在る⁴⁾

61B-11(改造を重ねたモデル燃焼器)と61B-4(新生燃焼器)のライナ相異点を図5, 6に示す。61B-11は61B-4に比べ全圧損失率(ϕ)が約10%低く燃焼効率⁵⁾は10%高い。内部火炎観察では図7に示すようにライナ壁に沿う火炎が長く、ライナ前半部で火炎が濃く見えている。着火部分も不安定でなく、スワラ外側にも時々火炎が見られた。61B-4では火炎の色は淡く見え、スワラ内側火炎付着部も少し不安定である。

燃焼器出口温度分布の比較を図8に示す。空燃比75では61B-11の方が中央部全体に高温になっているが、中央での分布はほぼ5%差の中に入っている。一方空燃比50において、61B-11は周方向に平坦な温度分布を示し、61B-4のインナライナ側では燃料噴射弁間隔の周期性が見られ、温度差の分布では61B-11の方がアウトライナ側で温度が高くなっている

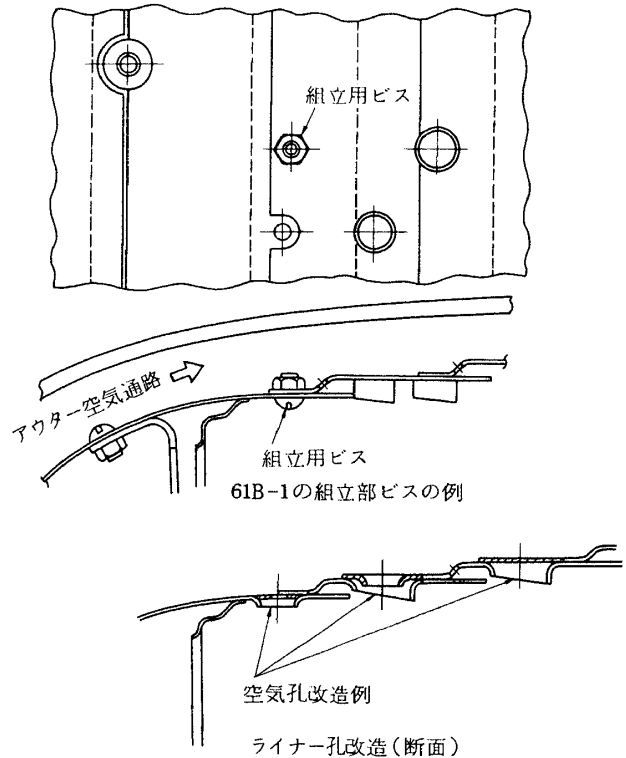


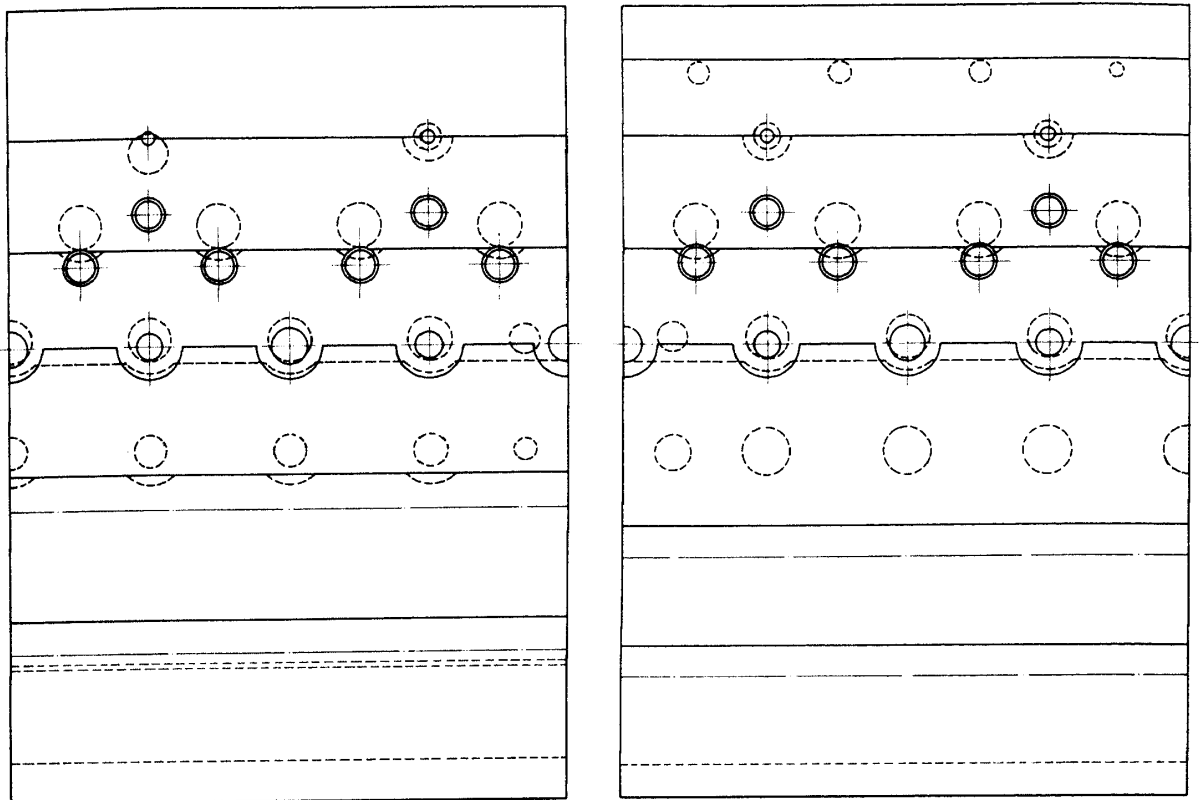
図5 改造燃焼器ライナーと新生燃焼器ライナーの例

のが分る。

模型の改造を行ないつつ、燃焼器の改良実験を進める方法は、実験の経済性および燃焼器改良性能把握の迅速性から重要なものであるが、改造を重ねる事による燃焼器の変形および空気孔の流量係数の変化等が燃焼性能を変える大きな要因となる。また保炎部などにおいては、流れの微少な変化が鋭敏に作用して、燃焼性能を大きく変えている。これらの変化を現わすには燃焼器出入口の物理量の表示の他に、内部火炎状態の観察表示や、着火部の部分的な流れの変化を把握出来る様な計測およびその蓄積が必要であろう。

7.4 入口全圧分布の影響

模型燃焼器においても研究開発途上のエンジンにおける燃焼器入口全圧分布に合わせて実験を行ない燃焼性能を得ることが望ましいこと、およびエンジンにおいても周方向、作動条件によって全圧分布が変化することから、図9に示す燃焼器入口全圧分布の異なる四つの条件で実験を行なった。障害物の圧力損

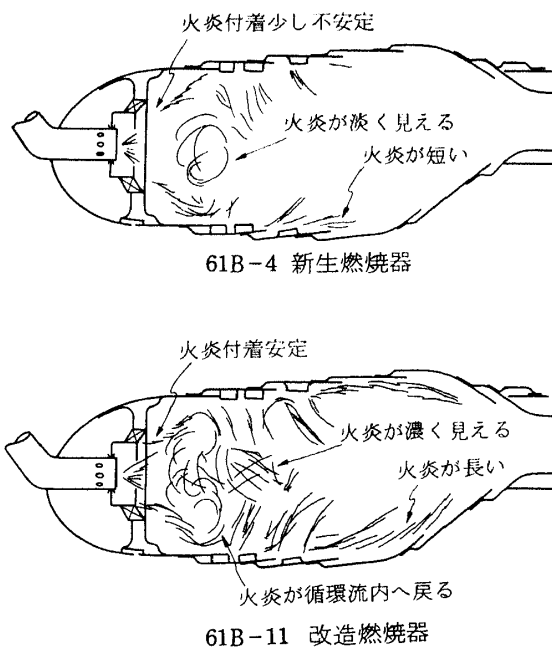


61B-11 (アウタ ライナ)

61B-11 (インナ ライナ)

(点線は盲にした空気孔を示す。)

図 6 改造燃焼器ライナーの例



61B-4 新生燃焼器

61B-11 改造燃焼器

図 7 内部火炎の状態

失については、実験に主として用い、エンジンの条件に最も近い全圧分布形が得られた 6mm ピンに針金を 4 重に渡した障害物を付けた場合の全圧損失係数のみ測定した。他の障害物については燃焼器と組合せた圧力損失から推定し、最大全圧値と共に図中の表に示している。全圧分布の違いによるアウタ側、インナ側の抽気差圧を無次元表示して表 1 に示す。

入口全圧分布形(1)と(2)で行なった実験の出口温度分布の全体的形はほぼ同じようである(図10-1)。61B-1の分布中Eのインナ側に 200 deg が表れて、インナ側が低温になっている様にも見えるが、61B-13の実験より燃焼効率で 6% 程度低下していることから考えると半径方向(縦方向)の温度分布変化はあまりないものと考えられる。出口温度差の分布では半径方向よりも周方向 F の場所の差が大きい事が見られるが、原因ははっきりしない。

入口全圧分布形(1)と(3)の時の比較を図10-2に示す。両方の燃焼効率の差も 2% 程度であり、出口温度分布もほぼ同様であるが、差の分布図では、中心部に

(61B-4)-(61B-11) $T_1 = 399$ $T_1 = 318$ $DT = -0.1885$
 $U_R = 12.4$ $U_R = 12.4$ $\sigma = 0.2486$
 $N = 75$ $N = 75$
 $\Delta T = 383$ $\Delta T = 449$

(61B-4)-(61B-11) $T_1 = 599$ $T_1 = 605$ $DT = -0.1354$
 $U_R = 14.2$ $U_R = 14.2$ $\sigma = 0.166$
 $N = 50$ $N = 50$
 $\Delta T = 582$ $\Delta T = 653$

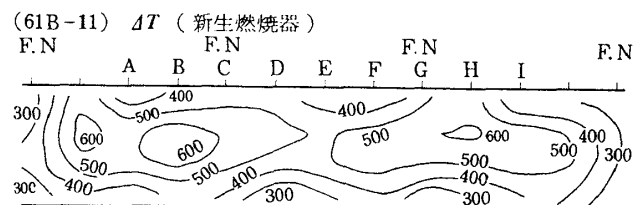
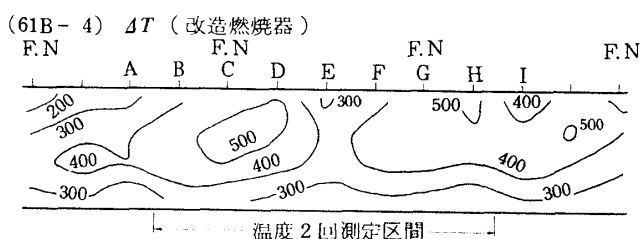
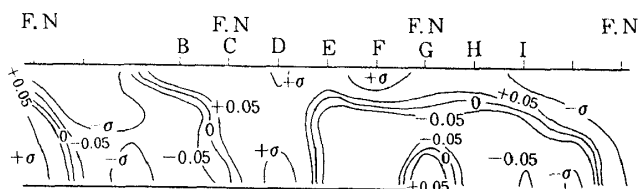


図 8-1 燃焼器改造の影響

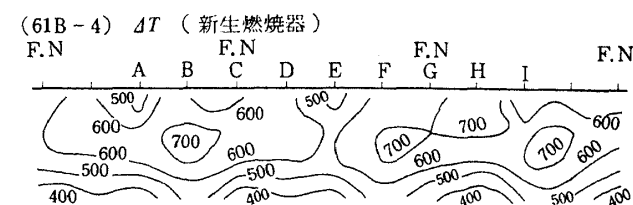
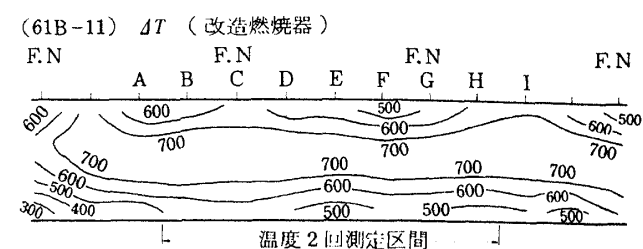
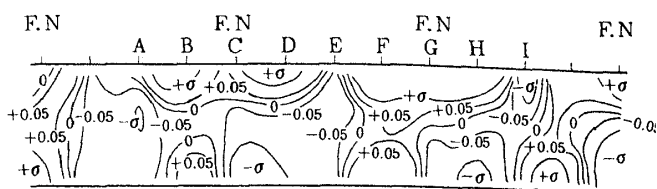


図 8-2 燃焼器改造の影響

分布形	記号	障 害 物	最大全圧 P_{1i}/P_1	ϕ
1	×	なし	1	0
2	○	φ6 高さ 10.5 ピン*	1.028	13
3	△	φ6 高さ 10.5 ピン 針金 4 重	1.053	40
4	□	高さ 10 mm 板	1.150	198

* ピンのピッチ 11.46 mm

#007 E/G 結果

N_2 (rpm)

----- 11380 (2 箇所)

———— 13602 (1 箇所)

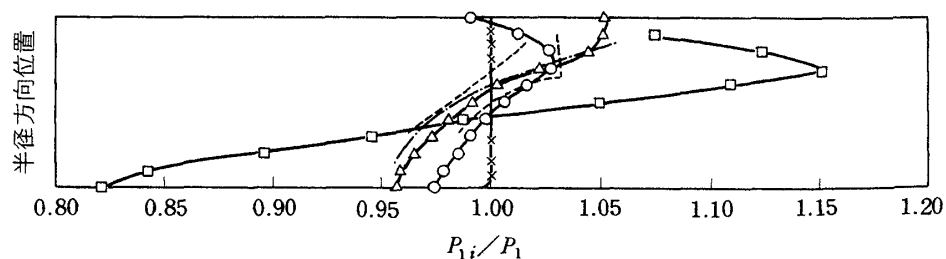


図 9 燃焼器入口全圧分布

表 1 無次元抽気差圧 (燃焼器出口全圧規準)

(* 損失が大きくなっている。)

	入口全圧分布形			
	(1)	(2)	(3)	(4)
アウト側	0.0232	0.0254	0.0270	0.0314
イン側	0.0230	0.0213	0.0217	0.0280*

において、入口全圧分布形(3)のイン側の温度が高いことが示されている。これは入口障害物による全圧分布の影響であろう。最も差の大きい所は燃料噴射弁のイン側である。

入口全圧分布形(4)の出口温度分布は他の場合と比べて非常に異っている (図10-3) イン側の温度が高くなった事は認められたが、周方向燃料噴射弁間隔の周期性が見られず、抽気差圧の変化も他の場合と異っていて燃焼器内の流れが大きく変わったものと考えられる。しかし中央部での燃焼効率は、入口全圧分布形(1)の場合より5%程度良くなっていた。

$$\begin{array}{lll}
 (61B-4)-(61B-13) & T_1 = 399 & T_1 = 404 & DT = -0.0694 \\
 & U_R = 12.4 & U_R = 12.4 & \sigma = 0.1480 \\
 & N = 75 & N = 75 & \\
 & \Delta T = 383 & \Delta T = 406 &
 \end{array}$$

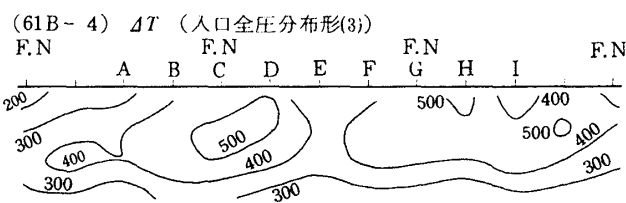
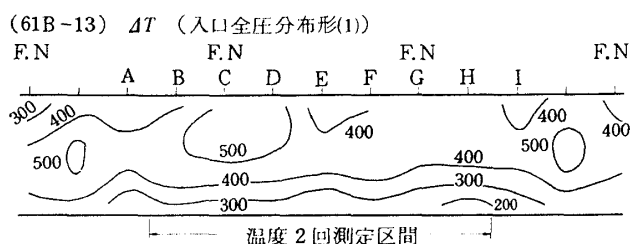
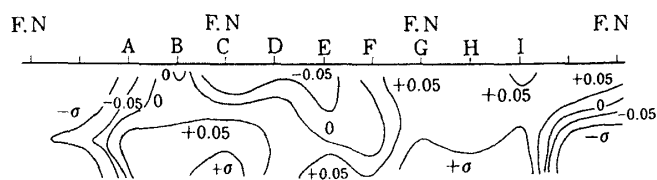


図10-2 入口全圧分布の影響

$$\begin{array}{lll}
 (61B-1)-(61B-13) & T_1 = 399 & T_1 = 404 & DT = -0.1022 \\
 & U_R = 14 & U_R = 14 & \sigma = 0.1216 \\
 & N = 75 & N = 75 & \\
 & \Delta T = 373 & \Delta T = 406 &
 \end{array}$$

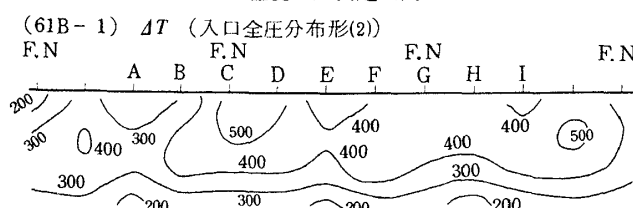
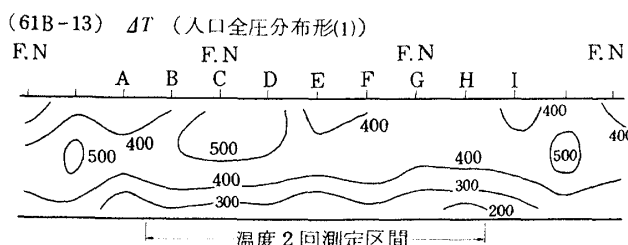
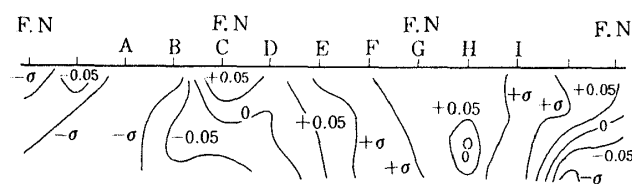


図10-1 入口全圧分布の影響

$$\begin{array}{lll}
 (61B-9)-(61B-13) & T_1 = 400 & T_1 = 404 & DT = 0.0024 \\
 & U_R = 12.4 & U_R = 12.4 & \sigma = 0.2164 \\
 & N = 75 & N = 75 & \\
 & \Delta T = 414 & \Delta T = 406 &
 \end{array}$$

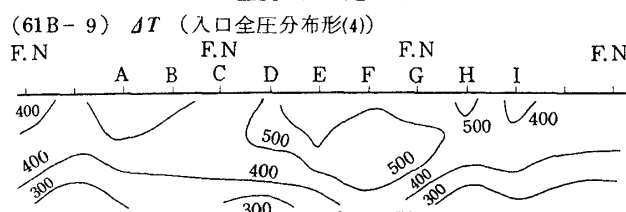
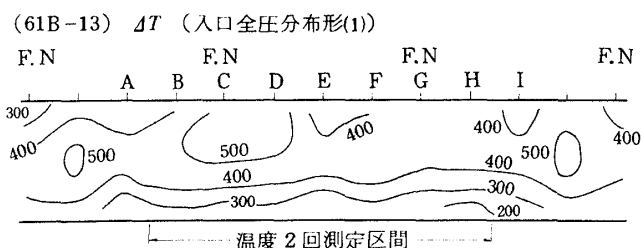
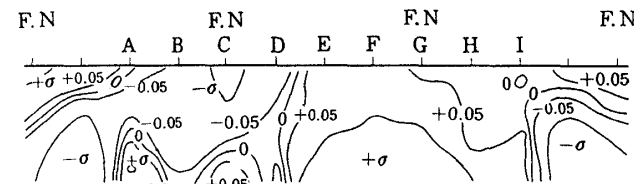


図10-3 入口全圧分布の影響

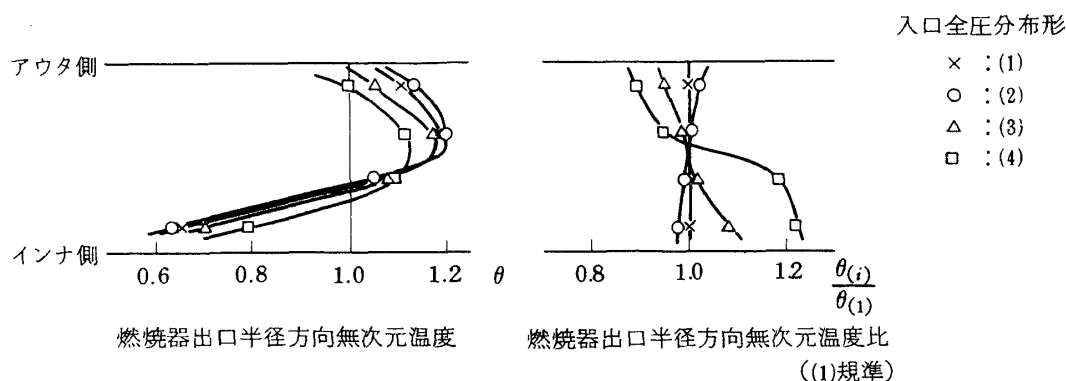


図11 燃焼器入口半径方向風速分布による出口半径方向温度の変化

中央部出口温度の周方向平均温度上昇を無次元化して図11に示す。またそれらが入口全圧分布形(1)を基準として半径方向での変化も示した。分布形(1)と(2)はほとんど変わっていないが、(3)から(4)へとインナ側の平均温度が上昇するのが明らかになった。

7.5 分流板形状の影響

前項で示したように、エンジンに組込まれた時、燃焼器入口全圧分布の最高点が外径側に寄っている。入口全圧分布の片寄りによる影響を除くため、これまでに分流板形状を変更して実験を行なって来たが、^{1,4)}当実験は分流板先端が最も外径側に寄った（内径側に空気が入り易い）ものを行なった。分流板の比較を図12に示す。

燃焼領域の火炎観察では、変化は認められなかったが、出口温度分布の比較ではライナ近傍周方向温度の凹凸が、分流板B形を用いた時に少なくなった（図13）。これは温度差の分布においてF位置のアウト側とインナ側の値によって推定出来る。図示した領域全体（出口温度測定全点）の無次元温度差の

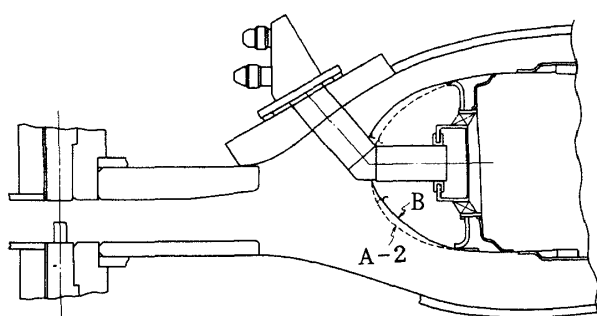


図12 分流板形状

標準偏差が0.067程度であることから、分流板A-2からBへ変更した時の出口温度分布に与える影響は少ないものと考えて良い。中心部出口半径方向無次元温度の比較では、分流板Bを用いた時に全体的な温度場はインナ寄りとなったが、インナライナ面は冷却が強化された形となった（図13-2）。

7.2項で箱形ライナ（平行ライナ）とスワラの組合せによる燃焼器の左右壁面の影響についてふれたが、壁面による影響のない中央部においても、アウトおよびインナライナ部の一定部分に高温領域

(61B-34)-(61B-35)	$T_1 = 600$	$T_1 = 602$	$DT = -0.0091$
	$U_R = 14.2$	$U_R = 14.2$	$\sigma = 0.0665$
	$N = 50$	$N = 50$	
	$\Delta T = 625$	$\Delta T = 628$	

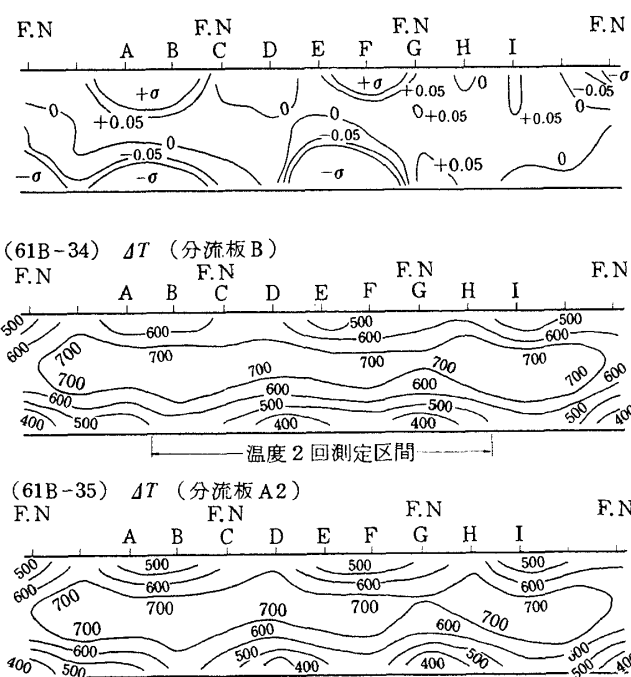


図13-1 分流板形状の影響

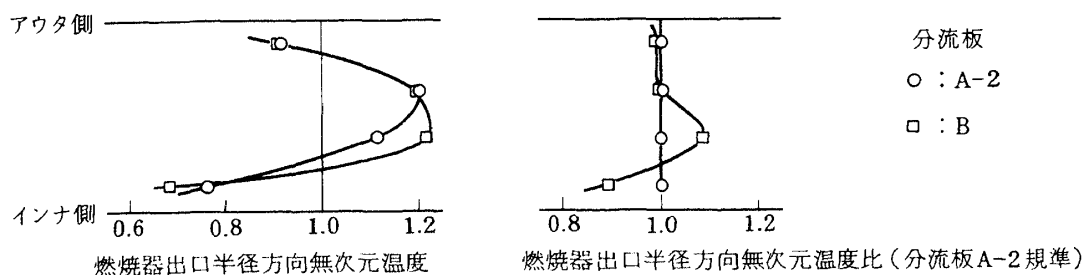


図13-2 分流板形状と出口温度分布

が表われる。ライナ孔の改造等により周方向温度が一様になるよう改善されて来ると、図13の下図に示される様なB点のインナ側（燃料噴射弁の左下）およびD点のアウタ側（同噴射弁右上）に高温部分が特徴的に表われる。これは、アニュラ形燃焼器でも表われるもので、エンジン搭載燃焼器においても、ライナ焼損し易い場所となっている。分流板Bによって、インナ側の焼損し易い場において DT_i 6%程度であるが噴射弁の周期で温度低下が有った事は特記すべき事である。

分流板に明ける孔形状を変更して幾つかの実験を行なったが（付図1）、火炎の偏りおよび出口温度分布の改善はほとんど得られなかった。

7.6 燃料噴射弁の影響

燃料噴射弁を当燃焼器開発用（FJR 710/600）からFJR 710/10用噴射弁に変更して影響を調べた。空燃比50の条件における噴射弁特性の主な違いは、噴霧平均粒径が/10では 40μ 、/600では 72μ （推

定計算値）となることである。^{3,5)} 入口温度600 Kで N が50の条件では表2に示す様に効率の変化は少ない。分流板孔形状の異なるライナで出口温度分布を比較した場合も、同様な傾向を示した。その一部を図14に示す。中心部インナライナ側で61B-37（/10噴射弁使用）実験では、同方向温度が61B-36（/600噴射弁使用）実験よりわずかに平坦になっている。温度差の分布ではD部が半径方向に様な温度変化を示し、/10使用の方が高い温度を示した。この部分の状態は61B-33と-38実験の比較にても表われたが、周方向の周期性が乏しい事から、C位置の/10噴射弁の噴霧特性の違いにより表れたものであろう。

$$\begin{array}{llll}
 (61B-36)-(61B-37) & T_1 = 601 & T_1 = 602 & DT = -0.0144 \\
 & U_R = 14.2 & U_R = 14.2 & \sigma = 0.1049 \\
 & N = 50 & N = 50 & \\
 & \Delta T = 626 & \Delta T = 635 &
 \end{array}$$

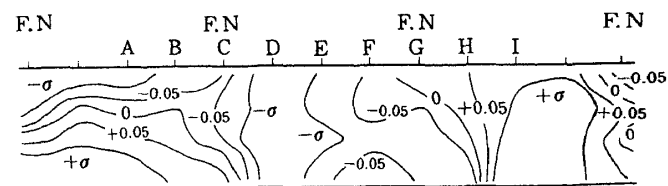


表2 燃料噴射弁による燃焼効率の相違
燃焼効率(%)

入口温度	空燃比	燃焼器	燃料噴射弁	
			/10	/600
400 K	75	37	94.3 %	
		36		82.8 %
		38	94.0 %	
		33		86.3 %
600	50	37	90.3 %	
		36		87.8 %
		38	89.4 %	
		33		89.4 %

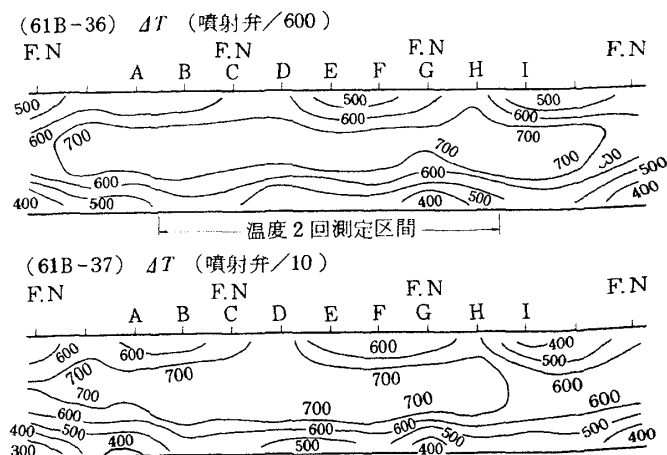


図14 燃料噴射弁の影響

空燃比 75 の燃焼効率では噴射弁の違いの影響が大きく、 $\nearrow 10$ 噴射弁の方が 6~8% の効率上昇を示した。このことは、61B-33~43 までの燃焼器（アウト、インナライナが同形）では空燃比 75、入口空気温度 400K との条件で、主として噴霧粒径を小さくする事により効率向上を得られることを示している。

7.7 ライナ焼損防止用冷却孔の効果

高圧環状燃焼器模型の実験およびエンジン運転試験の結果、インナライナの斜線部分（図 15）の温度上昇が激しく、焼損の恐れが判明したため、この場所でライナ焼損防止用冷却孔の効果について実験を行ない、セクタ燃焼器および高圧環状燃焼器模型に適する冷却孔案を決めることとした。

冷却孔による冷却の評価は、対象ライナー部の温度降下を直接測定することが最も望ましい方法であるが、燃焼器組立の不都合および時間的制約もあって、出口温度分布および対象ライナ部金属表面の変色により冷却効果を評価した。

図 15 に示すように直径 2.5 mm の孔 6 個所と 4 mm の孔一個所を明けて予備試験を行ない効果が認められたため、燃料噴射弁周期で周方向 4 個所に孔を明けた。出口温度の差の分布図では、壁面の影響の少ない F 部インナ側が冷却されている事が確かめられる。しかし A B 部間のインナ側では高温部が、移動した形で残っている（図 16 参照）ことから、冷却空気孔を増加することとした。61B-53 の実験では直径 2.5 mm 冷却孔を燃焼噴射弁方向へ 2 個追加した。出口温度分布は図 20 の様にインナ側の温度の高い部

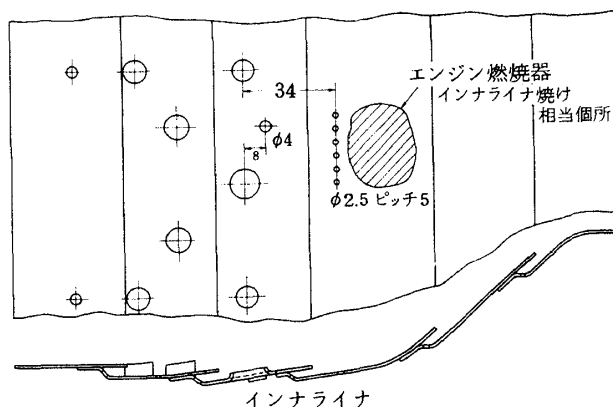


図 15 インナライナ焼損防止用冷却孔 (61B-46)

$$\begin{array}{lll}
 (61B-44)-(61B-46) & T_1 = 603 & T_1 = 602 & DT = -0.0009 \\
 & U_R = 14.2 & U_R = 14.2 & \sigma = 0.1248 \\
 & N = 50 & N = 50 & \\
 & \Delta T = 634 & \Delta T = 634 &
 \end{array}$$

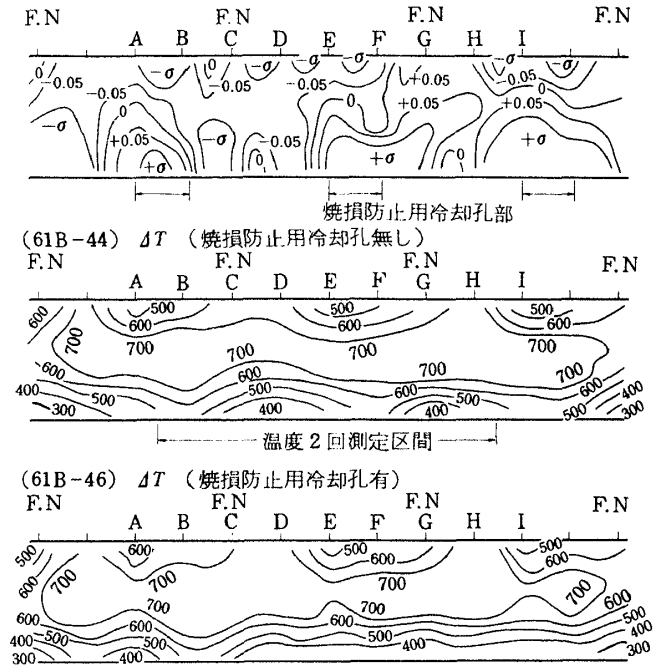


図 16 ライナ焼損防止用冷却孔の効果

分は除かれた。これまで温度上昇が大きかったライナ対象部は、実験終了後の観察では特に変色しないので、ライナ温度も上昇しなかったものと推定された。しかし燃焼中の観察では対象ライナ部に燃料が時々衝突しているものが在るので、高圧燃焼器を考慮すると冷却孔面積を増加することが望ましい。

7.8 着火条件範囲

FJR 710/20 燃焼器から FJR 710/600 燃焼器へ、エンジン推力増加に伴ない燃料流量も増加し、燃料噴射弁の容量が大きくなっている³⁾。燃料噴射弁の形式は変更していないが、容量増加による着火燃圧の低下および燃料噴霧粒の粗大化が着火特性に影響する事が考えられた。FJR 710/600 燃料噴射弁の外観および噴射弁ノズルチップを冷却するためのシュラウド空気用通路の概要を図 17 に示す。FJR 710/10 燃料噴射弁も同様である。これら噴射弁の特性は既報に示されている^{3,5)}。点火栓は JR-100 エンジンを用い⁶⁾、後視右側から二つ目の燃料噴射弁中心軸上で、ほぼ噴霧半角度 45° で噴霧粒子が衝突するアウトライナ位置に取付けてある。

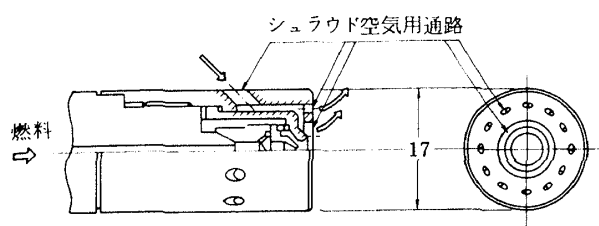


図17 燃料噴射弁先端

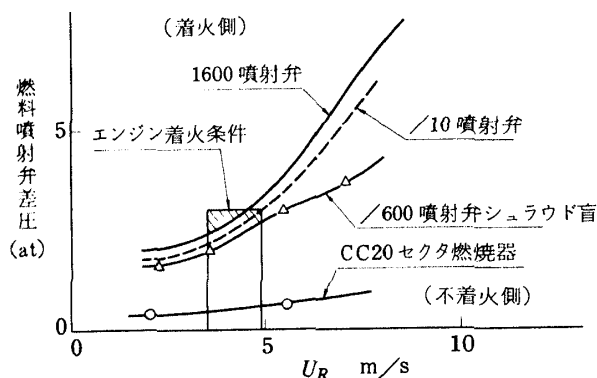


図18 着火特性

付表に示す61B-4燃焼器により、代表風速を2～10 m/s までの間で行ない、風速を一定として噴霧燃料差圧を上昇して、着火時の燃料圧力、流量を記録した。

図18で実線は／600 噴射弁を使用した時である。破線は／10 噴射弁を使用した時であるが、共に丸印で示したCC20 セクタ燃焼器 (FJR710/20 相当燃焼器) の着火特性値より噴霧燃料差圧を上昇せねば着火しない。斜線で示されたエンジン起動・着火時の推定燃焼器基準風速および燃料流量の条件と少し重なる程度である。／600 燃料噴射弁のシュラウド空気通路を盲にすると噴霧角度は少し拡大するよう

に観察され、着火特性も三角印で示す様に少し改善されることから、点火栓近傍に達する噴霧粒子を増加することにより着火特性の向上が期待される。

エンジンでの着火性能は箱形燃焼器模型の着火性能より良い傾向にあるが、着火現象はバラツキが大きいことから、今後の性能向上が必要である。この実験では着火領域の確認にとどまった。

7.9 改良燃焼器原案

ライナ焼損防止用冷却孔の実験 (7.7 項) により、大気圧実験においては、焼損個所の温度降下が得られた。高圧燃焼時を考慮して61B-51 (付図参照) 実験により冷却孔を約2倍にしたものも行なったが出口温度分布から観察して、良い結果が得られなかった。61B53 ライナを61B形式の改良最終燃焼器原案として、ライナ開孔面積等、ライナ形式、燃焼性能、出口温度分布を表3, 4, 5, 図19, 20, 21に示す。

燃焼効率は92%以上を示し、ライナー焼損もほとんどないものと考えられる。圧力損失は設計時には4%を目標にしているが、61B-53における圧力損失係数約61は圧力損失率5%に相当する。この1%の差は高圧形環状燃焼器の実験による空気孔変更のための余裕となる。出口温度不均一率は0.4～0.67を示しているが、高圧燃焼時には燃料噴霧粒子も微小となり、これまでの経験では小さくなる。点火栓の後流で出口温度が上昇するなどの対策は今後の実験で必要となろう。着火特性については61B-53で実験を行なって7.8項に示した特性と同様な事を確認した。

表3 61B 実験における改良燃焼器の性能 (61B-53)

燃 焼 器 入 口 条 件				燃 焼 効 率	圧力損失係数*	出 口 温 度 不 均 一 率
温 度	圧 力	風 速	空燃比			
382K	1.12 ^{ata}	13.0 ^{m/s}	66	94.3%	56	0.59
403	1.14	14.0	77	94.1	56	0.48
414	1.16	15.0	76	92.3	57	0.64
459	1.13	14.8	79	93.6	56	0.67
602	1.13	16.1	53	93.4	61	0.42

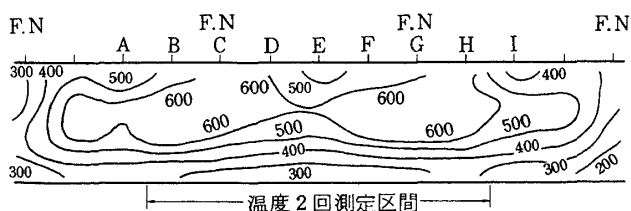
(* 入口風速分布付与ピンの損失を除く)

表 4 61B-53 ライナ仕様

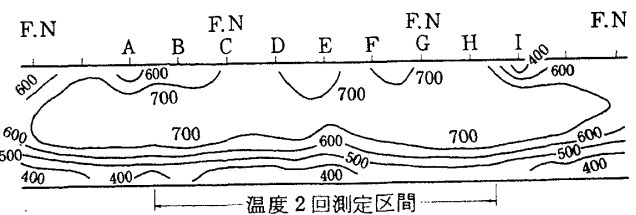
(* 噴射弁断面分除く)

名 称	孔 径	個数	面 積	小 計	合 計
分流板 A-2	26 ^{mm}	4	* 12.2 ^{cm²}	12.2	
スワ ー ラ	外 48 内 37				
アウトライナ					
空気孔第 1 列	4	4	0.5		
2	8	4	2.0		
3	9	8	5.1		
4	11	3	2.9		
	8	4	2.0	12.5	
冷却孔第 1 列	2.7	61	3.5		
2	2.7	61	3.5		
3	2.7	61	3.5		
4	1.8	30	0.76		
5	0	0	0	11.26	
インナライナ					
空気孔第 1 列	4	4	0.5		
2	8	4	2.0		
3	9	8	5.1		
4	11	3	2.8		
	8	4	2.0		
	4	4	0.5		
	2.5	32	1.6	14.5	
冷却孔第 1 列	2.7	61	3.5		
2	2.7	61	3.5		
3	2.7	30	1.8		
4	3	30	2.1		
5	0	0	0	10.9	61.36

(61B-53) ΔT $T_1 = 403$
 $U_R = 14$
 $N = 75$
 $\Delta T = 486$

図19 CC61B-53 ΔT 分布

(61B-53) ΔT $T_1 = 602$
 $U_R = 16$
 $N = 50$
 $\Delta T = 664$

図20 CC61B-53 ΔT 分布

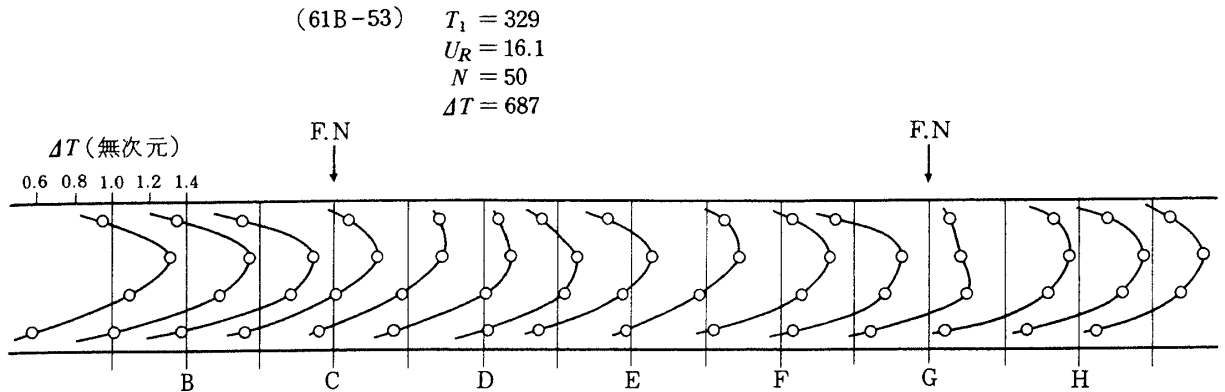
図21 61B改良燃焼器出口中央部半径方向 ΔT 分布

表5 61B-53 燃焼器特性面積および比

名 称	記号	面 積	比
ケーシング基準面積	A_R	428.4 cm^2	
ライナ最大断面積	A_l	285.6	
ライナ出口面積		103.7	
ライナ孔面積	A_h	61.36	
アウトライナ孔面積	A_{ho}	23.76	
インナライナ孔面積	A_{hi}	25.4	
A_l/A_R			0.667
A_h/A_R			0.143
A_{ho}/A_h			0.387
A_{hi}/A_h			0.414
$A_h/(A_R - A_l)$			0.430

8. 実験結果のまとめ

環状燃焼器(60H)相当箱形燃焼器模型CC61B-1を原型とし、燃焼器内へ流入する空気量を調整する空気孔の位置、大きさ、および燃焼器入口空気流速分布の変化等約50の組合せについて、大気圧燃焼実験を行なった。全圧損失係数、出口温度不均一率および燃焼効率を示すと共に条件変化に伴う出口温度分布の変化について検討を行ない、次の事柄が判明した。

(1) 出口温度の測定について

出口温度約2000点を異なる温度センサーで測定し標準偏差0.019を得た。このことから5%以上の温度差を有する時に、明らかに変化があるとした。またア

ウタライナ側からインナライナ側へ4分割した場合の標準偏差は、0.021, 0.013, 0.018, 0.045であり、温度勾配の大きい場所の標準偏差は大きい。

(2) 燃焼器再組立による出口温度分布の変化

当箱形燃焼器模型は4個の噴射弁を付けている。左右壁面に近い2個の噴射弁の代表する領域は、左右壁面の影響と考えられる流れの変化などで、燃焼状態が変り易い。壁面の影響の少ない中央部噴射弁2個の代表する領域では、出口において高温部と低温部の周方向のずれが再組立時の変化として表われる。燃焼効率の低い状態(80%未満)では5%の差が表われた。

(3) 燃焼器改造の影響

特に開発実験においては実験を進めて行く時に、燃焼器の各要素を改造する。また要素の変化を容易にするために、ナットとビスで組立式とする。これらにより、同一仕様寸法燃焼器として実験を行なったものが、異なる結果を得ることがある。この実験の例では、圧力損失係数が10、燃焼効率10%および内部火炎の変化が見られた。しかし出口温度分布の変化は少なかった。燃焼器改造の影響を少なくするためには、空気孔の流量係数が変化せぬよう改造することが必要である。また現状では、内部火炎状態の観察およびその表示が影響を記録するために必要であろう。

(4) 入口全圧分布の影響

4つの異なる入口全圧分布により実験を行ない出口温度分布を比較した。一様な全圧分布と他の3つの分布はいずれもアウト側の全圧が大きく、最大全圧を平均全圧で除した値は、(1)1, (2)1.028, (3)1.053,

(4) 1.15 である。一様分布(1)と(2)の条件では半径方向温度分布の変化はほとんど変化しない。(1)と(3)の比較では、インナ側温度が(1)に比べ8%上昇し、アウト側は5%下降した。(4)の全圧分布では燃焼状態の変化が大きく、出口温度分布も他の三つに似ていない。インナ側温度が(1)に比べ22%上昇し、アウト側は10%下降した。*

(5) 分流板形状の影響

分流板形状を変えて、インナ側に空気を入り易くしたものと比較した。燃焼効率および出口温度分布に大きな変化は無かった。開発研究を進めている、平行ライナーとスワールの組合せによる燃焼器形式でライナ温度が過上昇し易い場所が有る。この場所はインナライナにスワール流が衝突する場所およびその後流であるが、この領域に相当する出口温度が分流板の変更により7%程度低下している事が認められた。

(6) 燃料噴射弁の影響

燃料噴射弁を変更した時の主な違いは平均粒径の違いである。空燃比50の条件では出口温度分布にあまり差がなく、燃焼効率にもほとんど差がなかった。空燃比75、燃焼器入口空気温度400 Kの条件では、現用/600 燃料噴射弁の平均噴霧粒径を72 μ から/10の噴射弁を用いて40 μ に小さくする事により8%程度燃焼効率が向上した。

(7) ライナ焼損防止用冷却孔

インナライナの一部に焼損の恐れが生じたため幾回かの実験を行ない、冷却対象壁部分毎にその前流に直径4 mm孔1個所、直径2.5 mm孔8個所を明ける事により焼損防止が出来た。この確認は出口温度分布と壁面金属表面色の変化によって行なった。このライナ焼損防止孔明け案を基に、セクタ燃焼器模型および高圧環状燃焼器模型実験をへてエンジン燃焼器に適用されている。

(8) 着火条件範囲

エンジン始動・着火条件近傍に合せて着火実験を行なった。燃料流量および燃焼器基準断面風速共に着火に対する余裕が少ない結果である。着火時の観察では点火栓近傍に噴霧粒子を増加することにより、着火性能向上の方向が推定された。

(9) 改良燃焼器原案

一連の実験により燃焼器の改良を進めて、燃焼効率92~95%を得た。インナライナ焼損対策を行ないライナ部の焼けを無くし、出口温度もインナ側を均一に出来た。着火特性および出口温度不均一率は引き続き改善の必要があるが、これら特性の確認を行ない得た。圧力損失は5%程度であり1%の余裕をもっている。

以上の結果は、開発途中の50種類の組合せの実験結果、計測結果から原因と結果が判別可能な事柄および結果が大きく変化する様な場合等をまとめたものである。燃焼器からの抽気による影響⁴⁾など変化の少ないものは特に比較せず付表の実験の組合せの覧に要素の変更または条件の変更をして実験した事を記した。

参 考 文 献

- 1) 田丸 卓, 鈴木邦男, 堀内正司, 石井浅五郎, 斉藤 隆, 下平一雄, 山田秀志, 小倉五郎, 黒沢要治: FJR710/600 エンジン燃焼器設計のための環状および箱形燃焼器による要素試験, 航技研資料 TM-385 (1979/6), 限定配布.
- 2) 航空技術研究所原動機部: 航空技術研究所のターボ・ジェットエンジン要素試験設備, 航技研報告 TR-24 (1962/2).
- 3) 鈴木邦男: 高圧形環状燃焼器模型(呼称CC60H)の設計, 航技研資料 TM-356 (1978/7), 限定配布.
- 4) 鈴木和雄, 石井浅五郎, 田丸 卓, 西尾健二: セクタ燃焼器による実験研究—出口温度分布—, 航技研資料 TM-402 (1980/1), 限定配布.
- 5) 鈴木邦男, 石井浅五郎: 高圧燃焼器の研究(Ⅳ)—アニュラ型燃焼器模型(呼称CC20-2)の実験結果—, 航技研資料 TM-292 (1976/2), 限定配布.
- 6) 大塚貞吉, 鈴木邦男, 石井浅五郎, 山中国雅: 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 (1965/11), 限定配布.

付表 1 実験条件の組合せ (アウタ, インナ

燃 焼 器 61B-	入口全圧 分 布 形	分 流 板 形	分 流 板 孔 *					噴 射 弁			ス ワ ー ラ 径
			丸孔径	C	D	E	F	/600	/10	シュラウド 孔	
1	2	A-2	26					○			48
2	2	A-2		○				○			48
3	2	A-2					○	○			48
4	3	A-2	26					○	○	盲	48
5	3	A-2	26					○			48
6	3	A-2	20					○			48
7	3	A-2	20					○			48
8	3	A-2					○	○			48
9	4	A-2	26					○			48
10	3	A-2	26					○			48
11	3	A-2	26					○			48
12	3	A-2	26					○			48
13	1	A-2	26					○			48
14	3	A-2		○				○			48
15	3	A-2	22					○			48

ライナは付表、付図参照、*付図1 参照)

実 験 目 的	実験観察および結果
① CC 60 B タイプとの比較 ② アニュラとの出口温度分布の比較	効率が低い。スワラ周方向に火炎の片寄り。 高温部の位置が異っている。
分流板空気取入孔の形状、面積を変えて η_b の向上と 火炎の片寄りを改善する。	火炎の片寄り若干改善された。アウト側火炎長い。 効率が低い。
火炎の片寄りと η_b を改善する。	ほとんど変化なし。
1. 入口風速分布の違いがおよぼす出口温度分布お よびその他の性能を見る。	着火テストも行なう。他はほとんど変化なし。
スワラのサーキュレーションゾーンに空気の流入 を減し火炎温度を上げ燃焼効率を良くしたい。	燃焼効率は2～5%上昇
CC 61B-5 のスワラリサーキュレーションゾーン に空気流入をより少なくしさらに効率を上げたい。	輝点多い。燃焼効率10%程度下る。噴霧角広がる。
効率向上	燃焼効率下る。ブルー炎多くなる。
効率向上	燃焼効率低い。
入口風速分布を大きく変えた時、出口温度分布はど の様になるか (E/6, T6 の分布と比較)	出口温度分布変化なし。
CC 61B-4 の再現性を見る。	燃焼効率5%上昇
CC 60B-14 の燃焼効率、 ϕ その他 CC 41B-4 との相 違点の確認をする。	火炎長くなる。効率10%上昇。火炎は濃い。
CC 61B-11 のスワラカラー面は噴射弁先端に合っ ていたが、その他 CC 61B-1～10 までは約1.5mm噴 射弁が上流側にひっこむ状態で組立てられていたの で、11より噴射弁を1.5mm前方へ移動して性能を見 る。	効率その他は変わらない。
入口全圧分布フラットにおける燃焼性能出口温度分 布を調べる。	効率と出口温度分布はほとんど変わらない。
1. 出口温度分布 2. 追加工により ϕ の低下 3. ϕ の低下でリーサーキュレーションゾーンに空気 の流入低下、貫通度の変化による燃焼効率 を調べる。	1. 変らず 2. 不 明 3. 変らず 輝点多し。アウトに火炎長し。
CC 61B-14 と同様にライナ後方第4列付近に空気孔 を開けてスワラのリサーキュレーションゾーンに 空気の流入を少なくし効率のアップを目標にした。 同時に出口温度分布の変化を見る。	燃焼効率低下(7%)，出口温度分布変化なし。

付表 1 実験条件の組合せ (アウタ, インナライ)

燃 焼 器 61B-	入口全圧 分 布 形	分 流 板 形	分 流 板 孔 [*]					噴 射 弁			ス ワ ー ラ 径
			丸孔径	C	D	E	F	/600	/10	シュラウド 孔	
16	3	A-2	26					○			48
17	3	A-2		○				○			48
18	3	A-2	26								48
19	3	A-2	26					○			48
20	3	A-2			○			○			48
21	3	B			○			○			48
22	3	B			○			○			46
23	3	B			○			○			48
24	3	B			○			○			48
25	3	B			○			○			48
26	3	B			○			○			48
27	3	A-2	26					○			48
28	3	A-2			○			○			48
29	3	A-2			○			○			48

ナは付表，付図参照，*付図1 参照）（続き）

実 験 目 的	実験観察および結果
第2列8 ϕ 空気孔が燃焼効率に大きな影響を与えているのではないかという事から第2列を後方に移動し，循環流領域の安定化，当量比の増加に供う効率の向上を狙う。	燃焼効率上昇，アウタ側火炎長い，出口温度アウタ側上昇。
CC61B-16においてスワーラの上下に流入分布があると認められた為スワーラに平均的に空気を入れて燃焼効率のアップをはかった。	ほとんど変らない。
貫通の減少による循環流内当量比の増加によって火炎温度の上昇，燃焼効率の向上を図る。	アウタとインナに火炎少く中央部に強い輝炎あり。燃焼効率変らず。
各空気孔からの空気貫通距離が小さくなってきたので室内筒を削った状態で，循環流領域への空気導入を図り燃焼効率の変化を見る。	変化なし
スワーラに平均に空気を入れて火炎のかたよりをなくしたい。	変化なし
分流板を変えインナ，アウタの空気の配分を変えて火炎の状態を見る。	効率は変化なし
48 ϕ スワーラと46 ϕ スワーラとの違いを見る。	変化なし
スワーラの中心に貫通度を良くした空気を入れ全体的にはスワーラのリサーキュレーションゾーンに空気を少なくしたと同時にCC61B-14で追加加工した4 ϕ を盲にして燃焼効率向上し，また出口温度分布を見る。	変化なし
スワーラの回転方向に空気を入れ火炎の状態を良くし燃焼効率向上をはかる。	燃焼効率変らず
スワーラ後視左側下面に輝炎が伸びるのでその領域への空気導入を図った。	スワーラ中間 輝炎がアウタ寄りとなる。スワーラ右下に火炎なし。
燃料噴射弁の影響をチェック。	噴射弁相互交換。変化なし。
<ul style="list-style-type: none"> 4列目空気孔を盲にして火炎の quench 効果を遅くし燃焼効率の向上を図る。 庶熱板をセグメントタイプから一枚板タイプに変効しスワーラ中間の隙間の影響を見る。 	火炎長くなり，燃焼効率少し上昇した。出口温度分布少し変る。アウタ側 4列孔部で火炎が切れる。
CC61B-27のインナ，アウタ分流比を変えて比較する。	出口温度 スワーラ中間インナ側上昇。燃焼効率下る。
CC61B-28ではインナのみ第4列を盲して quench 効果を弱くしてインナ側の火炎が伸びたのでアウタ側も同様に第4列盲にして同様の効果を狙う。	出口周方向温度分布が噴射弁周期となる（-28では空気孔周期），燃焼効率同じ。

付表1 実験条件の組合せ(アウト, インナライ)

燃 焼 器 61B-	入口全圧 分 布 形	分 流 板 形	分 流 板 孔*					噴 射 弁			ス ワ ー ラ 径
			丸孔径	C	D	E	F	/600	/10	シュラウド 孔	
欠番	3	A-2									
31	3	A-2			○			○			48
32	3	A-2			○			○			48
33	3	A-2			○			○			48
34	3	B			○			○			48
35	3	A-2			○			○			48
36	3	B				○		○			48
37	3	B				○			○		48
38	3	A-2	26						○		48
39	3	A-2	26						○		48
40	3	A-2	26					○		盲	48
41	3	A-2	26						○	盲	48
42	3	A-2	26						○	1/2盲	48
43	3	A-2	26					○			

ナは付表，付図参照，*付図 1 参照）（続き）

実 験 目 的	実験観察および結果
欠 番	
スワラ中間部の火炎干渉域への空気導入によりその領域のリーン化を狙い，火炎の伸びの制御をする。	インナ側 淡いブルー炎多く短い。アウト側スワラ中間部輝炎長い。
31ではインナ側の火炎の制御はなされたが，アウト側では火炎の伸びが観察されたので，アウトにも同様に $\phi 6$ 孔を設けた。	第 4 列空気孔 $\phi 11$ 後方ライナ焼け。
アニュラ型 #601 ライナの燃焼状態は CC 60 B タイプに近いのではないかという推定から，CC 60 B 型式を導入し，燃焼試験を行い諸性能を測定した。	燃焼効率 10% 上昇。出口温度周方向空気孔周期，ライナ中間部は濃いブルー炎となる。
プライマリ領域の火炎片寄りの防止。	燃焼効率 T_1 400 K， $N 75$ の時 8% 低下，その時アウト側輝炎増加。
分流板形状の相違による性能への影響	燃焼効率 5～10% 低下。
34に対して分流板入口孔面積を増加。	燃焼効率上昇 —34 と同程度。
CC 61B-36 以前は噴射弁を 710/600 用を使用していたが粒子が 710/10 より大きいのではないかと推定した。その確認をする。	燃焼効率 T_1 400 K の時 10% 上昇。燃料蒸発強くブルー炎。
燃料ノズルの違いによる性能への影響。	出口温度分布は平滑になった。61B-33 に比し T_1 400 K で効率 6% 上昇。
CC 61B-12～32 は一般に η_b が低いので Fvel Nozzle の影響があれば顕著に現われると予想される。	燃焼効率 61B-32 に比し T_1 400 K で 5% 上昇。
710/10 用の噴射弁で実験をした（CC 61B-37～39）時は $T_1 = 400$ K 付近で η_b が高かった。その為噴射弁のシラウドエアが η_b その他に大きく影響しているものと推定し，シュラウドエア盲にして確認。	T_1 400 K， $N 75$ で火炎不安定。吹消えあり。
CC 60 B 型式のライナでは噴射弁のシラウドエアの影響はどうか（CC 61B-40 との比較）。	火炎不安定により条件設定出来ず。
噴射弁のシラウドエアを完全になくした時には非常に不安定な燃焼であった。その為今回シラウドエアの量がどこまで燃焼に影響するかを見る。	T_1 400 K， $N 75$ の時 10%， $T 600$ K， $N 50$ で 4% 効率低下。
CC 60 B 型式ライナを再度実験して火炎の状態を再確認する。	61B-33 と変らず。

付表1 実験条件の組合せ(アウタ, インナライ

燃 焼 器 61B-	入口全圧 分 布 形	分 流 板 形	分 流 板 孔*					噴 射 弁			ス ワ ー ラ 径
			丸孔径	C	D	E	F	/600	/10	シュラウド 孔	
44	3	A-2	26					○			48
45	3	A-2	26					○			48
46	3	A-2	26					○			48
47	3	A-2	26					○			48
48	3	A-2	26					○			48
49	3	A-2	26					○			48
50	3	A-2	26					○			48
51	3	A-2	26					○			48
52	3	A-2	26					○			48
53	3	A-2	26					○			48

ナは付表，付図参照， *付図1 参照） （ 続き）

実 験 目 的	実験観察および結果
<p>出口温度分布半径方向でHUB. TIPにスリットからの冷却空気がどのように影響をあたえるか。 インナ側の冷却空気量を増加させている。</p>	<p>ほとんど変らず。</p>
<p>インナライナの一部分に追加工してその部分だけで温度を計測して温度分布が変わったならばそのならびに同加工をふやす（ライナ壁冷却効果を見る）。</p>	<p>出口温度分布，スワール左インナ側が低下（孔の効果有り）。</p>
<p>CC61B-45の結果が予想どおりだった。そこで同加工法をふやし全点の温度分布を調整する。</p>	<p>ライナ冷却の効果あり。予想の出口温度分布となる。</p>
<p>抽気をしないことによる性能変化を調べる。</p>	<p>抽気なしの実験を行う。ほとんど変らず。</p>
<p>CC61B-46の再現性チェック。</p>	<p>61B-46 の再現性あり。</p>
<p>点火栓フェアリング，ストラットによる燃焼状態，出口温度分布等の変化を見る。</p>	<p>フェアリング，ストラット後部温度上昇あり，プライマリ燃焼領域の変化はない。</p>
<p>点火栓フェアリングの有無が出口温度分布にどの様に影響するか。</p>	<p>点火栓フェアリングはずす。ストラット有り。影響少ない。</p>
<p>実機アニュラに於ける点火栓部近傍の状態を再現し，その影響を観察し，火炎の伸び，高温化の防止のための空気孔の効果について調べる。 U_rの相違による温度分布等性能への影響を調べる。</p>	<p>点火栓フェアリング付ける。ストラット有り。空気孔の効果あり。</p>
<p>点火栓部外のストラットの影響を把握する。</p>	<p>点火栓フェアリングはずす。ストラット有り。影響少ない。</p>
<p>ライナ焼け防止孔追加による効果。</p>	<p>ストラット有り。孔効果あり。</p>

付表 2 CC61B 空気孔寸法

(φ:孔直径, 単位mm×個数) 1/5

61B	呼 称		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	分 流 板	呼 称												
		開口形状												
ア ウ タ ラ イ ナ	空 気 孔	第 1 列	φ4×4											
		第 2 列	φ8×4											
	第 3 列	φ9×8												
	第 4 列	φ11×3, φ8×4												
	冷 却 小 孔	第 1 列	φ2.7×61											φ2.7×30 0
第 2 列		φ2.7×61												
第 3 列		φ2.7×61												
第 4 列		φ2.7×61												
第 5 列		φ3.5×61												
イ ン ナ ラ イ ナ	空 気 孔	第 1 列	φ4×4										φ2.7×30 φ3×30 0	
		第 2 列	φ8×4											
	第 3 列	φ9×8												
	第 4 列	φ11×3, φ8×4												
	冷 却 小 孔	第 1 列	φ2.7×61											
第 2 列		φ2.7×61												
第 3 列		φ2.7×61												
第 4 列		φ2.7×61												
第 5 列		φ3.0×61												

付表2 CC61B 空気孔寸法 (続き)
 (φ: 孔直径, 単位mm × 個数) 2/5

61B	呼称	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
分流板	呼称			A-2							B	
	開口形状			C	φ22	φ26	C	φ26		D		
アウタ ライナ	第1列		φ8×4			0			φ8×4			
	第2列											
	第3列											
	第4列			φ11×3, φ8×4 φ4×8	φ5×8 φ11×3, φ8×4 φ4×8	φ10×8, φ6.5×4		φ5×16 φ11×3, φ8×4 φ4×8				
	第1列											
インナ ラ イナ	第2列											
	第3列											
	第4列	φ2.7×61										
	第5列	φ3.5×61										
	第1列		φ8×4			0			φ8×4			
インナ ラ イナ	第2列											
	第3列											
	第4列			φ11×3, φ8×4 φ4×8, φ4×31	φ5×8 φ11×3, φ8×4 φ4×8, φ4×31	φ10×8, φ6.5×4		φ5×16 φ11×3, φ8×4 φ4×8, φ4×31				
	第1列											
	第2列											
インナ ラ イナ	第3列											
	第4列	φ2.7×61										
	第5列	φ3×61										
	第1列											
	第2列											
インナ ラ イナ	第3列											
	第4列	φ2.7×61										
	第5列	φ3×61										
	第1列											
	第2列											

付表 2 CC61B 空気孔寸法 (続き)

(φ: 孔直径, 単位 mm × 個数) 3/5

61B	呼 称	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34
分流板	呼 称					A-2					A-2	B
	開口形状					φ 26	D				φ 26	D
ア ウ タ ラ イ ナ	空 気 孔	0 φ 6×4						φ 10×8 φ 6×8 φ 6×8		φ 6×3 φ 10×8	φ 4×4 φ 8×4 φ 9×8 φ 11×3, φ 8×4	
	第 1 列											
	第 2 列											
	第 3 列											
	第 4 列											
イ ン ナ ラ イ ナ	冷 却 小 孔										φ 2.7×30 0	
	第 1 列											
	第 2 列											
	第 3 列											
	第 4 列											
イ ン ナ ラ イ ナ	空 気 孔	φ 6×4 φ 5×16 φ 11×3, φ 8×4 φ 4×8	φ 5×4, φ 4×4	φ 5×4, φ 4×8 φ 10×4, φ 8×4 φ 6.5×4		φ 5×16 φ 4×8 φ 4×31		φ 5×4, φ 4×4 φ 10×8 φ 6×8 φ 6×8	φ 6×3 φ 10×8		φ 4×4 φ 8×4 φ 9×8 φ 11×3, φ 8×4	
	第 1 列											
	第 2 列											
	第 3 列											
	第 4 列											
イ ン ナ ラ イ ナ	冷 却 小 孔										φ 2.7×30 φ 3×30 0	
	第 1 列											
	第 2 列											
	第 3 列											
	第 4 列											

付表 2 CC 61 B 空気孔寸法 (続き)
 (ϕ : 孔直径, 単位 mm \times 個数) 4/5

61B	呼 称	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
分 流 板	呼 称	A-2	B	B	A-2			A-2				
	開口形状		E	E	$\phi 26$			$\phi 26$				
ア ウ タ ラ イ ナ	第 1 列					0		$\phi 4 \times 4$				
	第 2 列					$\phi 6 \times 4$		$\phi 8 \times 4$				
	第 3 列					$\phi 10 \times 8, \phi 6.5 \times 4$		$\phi 9 \times 8$				
	第 4 列					$\phi 6 \times 8$ $\phi 6 \times 8$		$\phi 11 \times 3, \phi 8 \times 4$				
	第 1 列 第 2 列 第 3 列 第 4 列 第 5 列					$\phi 2.7 \times 61$ $\phi 3.5 \times 61$		$\phi 2.7 \times 30$ 0			$\phi 1.8 \times 30$	
イ ン ナ ラ イ ナ	第 1 列					$\phi 5 \times 4, \phi 4 \times 4$		$\phi 4 \times 4$				$\phi 11 \times 3, \phi 8 \times 4$ $\phi 4 \times 1, \phi 2.5 \times 6$
	第 2 列					$\phi 6 \times 4$		$\phi 8 \times 4$				
	第 3 列					$\phi 6 \times 3$ $\phi 10 \times 5$ $\phi 12 \times 3$		$\phi 9 \times 8$				
	第 4 列					$\phi 6 \times 8$ $\phi 6 \times 8$		$\phi 11 \times 3, \phi 8 \times 4$				
	第 1 列 第 2 列 第 3 列 第 4 列 第 5 列					$\phi 2.7 \times 61$ $\phi 2.7 \times 61$ $\phi 3.0 \times 61$		$\phi 2.7 \times 30$ $\phi 3 \times 30$ 0			$\phi 3.5 \times 61$	

付表 2 CC61B 空気孔寸法 (続き)

(φ: 孔直径, 単位 mm × 個数) 5/5

61B	呼 称		46	47	48	49	50	51	52	53
	分 流 板	呼 称								A-2
		開口形状								φ 26
ア ウ タ ラ イ ナ	空 気 孔	第 1 列						φ 4×5	φ 4×4	φ 4×4
		第 2 列						φ 8×3, φ 5×1	φ 8×4	φ 8×4
		第 3 列								φ 9×8
		第 4 列								φ 11×3, φ 8×4
	冷 却 小 孔	第 1 列								φ 2.7×61
		第 2 列								φ 2.7×61
		第 3 列								φ 2.7×61
		第 4 列								φ 1.8×30
		第 5 列								0
イ ン ナ ラ イ ナ	空 気 孔	第 1 列								φ 4×4
		第 2 列								φ 8×4
		第 3 列								φ 8×4
		第 4 列	φ 11×3, φ 8×4 φ 4×4, φ 2.5×24					φ 11×3, φ 8×4 φ 4×4, φ 2.5×32 φ 4×5, φ 2.5×36	φ 11×3, φ 8×4 φ 4×4, φ 2.5×24	φ 11×3, φ 8×4 φ 4×4, φ 2.5×32
	冷 却 小 孔	第 1 列								φ 2.7×61
		第 2 列								φ 2.7×61
		第 3 列								φ 2.7×30
		第 4 列								φ 3 × 30
		第 5 列								0

付表 3 CC 61 B の実験値

(* 入口風速調整ピン損失を含む) 1/8

試験デー 番号	実験番号	T_1 (K)	P_1 (kg/cm ²)	w_a (kg/s)	w_a BO (%)	w_a BI (%)	w_f (g/s)	N	U_R (m/s)	η_b (%)	$\Delta P/P_1^*$ (%)	ϕ^*	ΔT (°)	δ_t
790118	01-0021	300	1.1567	0.7860	5.00	7.40	6.726	102.4	14.2	59.3	8.9	76.1	248	0.50
	01-0031	399	1.0917	0.4857	5.47	8.02	5.470	76.8	12.4	72.3	4.9	73.2	382	0.66
	01-0041	486	1.0968	0.4629	5.54	8.05	3.874	103.2	14.3	68.9	5.5	75.0	469	0.65
	01-0111	486	1.1042	0.4609	5.84	8.58	7.461	52.9	14.1	74.8	5.6	78.7	526	0.46
	01-0051	502	1.0651	0.3766	5.75	8.33	4.179	77.4	12.4	71.4	4.0	74.5	354	0.63
	01-0061	598	1.0568	0.3165	5.96	8.64	3.399	79.5	12.5	69.7	3.5	76.4	328	0.58
	01-0071	602	1.0753	0.3641	6.11	8.93	5.802	53.3	14.2	80.8	4.6	79.4	567	0.42
	01-0081	603	0.0741	0.3657	5.88	8.60	5.892	53.1	14.3	69.3	4.6	78.3	447	0.41
790119	01-0201	602	1.0750	0.3651	5.86	8.59	5.883	53.1	14.3	57.3	4.7	80.3	391	0.63
	01-0091	635	1.0984	0.3748	6.26	9.09	6.035	52.6	15.1	81.6	5.1	81.3	541	0.34
	01-0101	644	1.0850	0.3461	5.82	8.45	2.825	105.0	14.3	76.2	4.3	78.0	268	0.52
790122	02-0011	402	1.1118	0.4919	5.54	7.95	5.569	76.4	12.4	74.9	4.9	74.1	395	0.47
	02-0021	599	1.1076	0.3790	6.19	8.91	5.963	54.0	14.3	80.1	4.8	81.1	537	0.33
	02-0031	634	1.1132	0.3769	6.25	8.92	6.035	53.0	15.0	78.9	5.3	85.7	525	0.29
	02-0111	329	1.0838	0.4152	4.60	7.16	3.749	97.7	8.8	43.9	3.2	79.2	182	0.41
	03-0011	401	1.1114	0.4938	5.49	8.01	5.515	77.4	12.4	63.7	5.1	75.8	325	0.43
	03-0021	607	1.1066	0.3777	6.33	9.04	6.116	52.3	14.5	80.1	4.8	81.0	528	0.37
	03-0031	635	1.1113	0.3838	6.21	8.84	6.080	53.6	15.3	82.1	5.2	80.6	543	0.33
790124	04-0011	399	1.1320	0.5028	5.53	7.88	5.659	76.9	12.3	75.1	6.8	102.8	381	0.50
	04-0021	599	1.1231	0.3854	6.23	8.69	6.116	53.6	14.3	81.0	6.4	106.8	574	0.33
	04-0031	633	1.1323	0.3916	6.07	8.63	6.197	53.9	15.3	80.1	7.0	109.8	535	0.31

付表 3 CC61B の実験値 (続き)

(* 入口風速調整ピン損失を含む) 2/8

試験データ 番号	実験番号	T_1 (K)	P_1 (kg/cm ²)	w_a (kg/s)	w_a BO (%)	w_a BI (%)	w_f (g/s)	N	U_R (m/s)	η_b (%)	$\Delta P/P_1^*$ (%)	ϕ	ΔT (°)	δ_t
790125	05-0011	397	1.1369	0.5101	5.65	8.07	5.721	76.9	12.4	80.5	6.8	100.7	411	0.55
	05-0021	603	1.1275	0.3848	6.47	9.01	6.179	52.6	14.4	82.9	6.4	100.8	565	0.44
790125	06-0011	401	1.1421	0.5067	6.05	8.79	5.668	76.1	12.4	70.0	7.7	115.8	360	0.31
790125	07-0011	399	1.1404	0.5096	5.83	8.49	5.748	76.0	12.4	61.4	7.7	113.8	318	0.37
790125	08-0011	400	1.1343	0.5027	5.78	8.22	5.694	75.9	12.3	62.7	7.2	109.1	325	0.41
790129	04-1001	288	1.0521	0.0919	4.85	7.35	0.565	142.7	1.8	1.0	0.2	112.2	0	—
790130	09-0011	400	1.2705	0.5639	5.32	7.84	6.358	77.0	12.4	82.4	17.6	263.1	415	0.29
790131	10-0011	401	1.1292	0.5012	5.52	7.78	5.596	77.7	12.4	80.8	6.7	99.8	403	0.39
	10-0021	601	1.1196	0.3838	6.28	8.57	6.008	54.4	14.4	83.9	6.2	103.1	572	0.34
	11-0011	398	1.1247	0.5048	5.41	7.67	5.703	76.9	12.4	84.1	6.2	92.1	440	0.41
	11-0021	605	1.1156	0.3795	6.14	8.48	6.349	51.0	14.4	89.9	5.8	98.1	612	0.30
	11-0101	601	1.1223	0.3948	5.85	8.17	5.632	60.3	14.7	91.6	6.3	100.2	550	0.28
790202	12-0011	403	1.1205	0.4900	5.42	7.72	5.650	75.3	12.2	81.0	6.6	101.2	409	0.47
	12-0021	602	1.1126	0.3778	6.33	8.68	6.206	51.7	14.3	82.9	6.3	106.6	557	0.30
	13-0011	404	1.0925	0.4817	5.35	7.99	5.533	75.4	12.4	82.4	4.0	59.7	425	0.48
	13-0021	602	1.0873	0.3680	6.12	9.00	5.946	52.5	14.2	83.2	3.8	66.1	563	0.32

付表 3 CC 61 B の実験値 (続き)
(* 入口風速調整ピン損失を含む) 3 / 8

試験デ-タ 番号	実験番号	T_1 (K)	P_1 (kg/cm ²)	w_a (kg/s)	$w_a BO$ (%)	$w_a BI$ (%)	w_f (g/s)	N	U_R (m/s)	η_b (%)	$\Delta P / P_1^*$ (%)	ϕ *	ΔT (°)	δ_t
790205	14-0011	399	1.1330	0.5027	5.39	7.63	5.694	76.8	12.3	81.0	6.2	93.0	409	0.53
	14-0021	602	1.1276	0.3854	6.26	8.53	6.197	53.0	14.4	85.3	6.0	100.0	571	0.46
790206	15-0011	399	1.1089	0.4931	5.41	7.66	5.650	75.9	12.3	64.2	6.1	92.1	332	0.59
	16-0011	399	1.1127	0.4977	5.40	7.45	5.766	75.2	12.4	79.7	6.2	92.7	417	0.80
790207	16-0021	600	1.1103	0.3775	6.13	8.34	6.134	52.6	14.2	86.9	6.4	108.3	589	0.45
	17-0011	401	1.1184	0.4919	5.38	7.50	5.605	76.4	12.3	75.4	5.8	88.5	387	0.84
790207	17-0021	601	1.1162	0.3810	6.13	8.44	6.295	51.7	14.3	86.0	5.8	98.2	594	0.40
	18-0011	401	1.1227	0.4978	5.27	7.22	5.784	75.3	12.4	82.1	6.1	91.5	429	0.58
790208	18-0021	599	1.1171	0.3819	6.00	8.14	6.152	53.3	14.3	86.5	6.0	100.7	585	0.48
	19-0011	403	1.1203	0.5013	5.17	7.09	5.838	75.3	12.6	79.0	5.7	82.9	411	0.47
790209	19-0021	606	1.1137	0.3810	5.99	8.08	6.340	51.6	14.5	86.8	5.4	90.4	602	0.29
	19-0031	605	1.1096	0.3768	5.42	7.41	4.027	81.6	14.3	76.8	5.3	89.4	349	0.49
790209	21-0011	400	1.1251	0.4958	5.23	7.28	5.766	75.2	12.2	69.5	5.7	86.3	358	0.51
	21-0021	599	1.1208	0.3811	6.11	8.22	6.322	51.6	14.2	84.9	5.5	93.9	592	0.35
790213	21-0031	601	1.1279	0.3990	5.73	7.77	5.623	61.4	14.8	83.9	6.0	94.7	497	0.40
	22-0011	402	1.1190	0.4922	5.23	7.26	5.793	74.4	12.3	72.2	5.7	87.1	374	0.39
790213	22-0014-1	398	1.1222	0.4932	5.27	7.44	5.739	75.0	12.2	77.5	5.9	90.4	403	0.29
	22-0021	604	1.1155	0.3801	6.12	8.28	6.484	50.2	14.4	84.3	5.7	95.5	601	0.33
790213	22-0024-1	608	1.1177	0.3769	6.06	8.34	6.448	50.0	14.3	80.9	5.8	99.0	577	0.23

付表 3 CC61B の実験値 (続き)

(* 入口風速調整ピン損失を含む) 4/8

試験デ-タ 番号	実験番号	T_1 (K)	P_1 (kg/cm ²)	w_a (kg/s)	$w_a BO$ (%)	$w_a BI$ (%)	w_f (g/s)	N	U_R (m/s)	η_b (%)	$\Delta P/P_1^*$ (%)	ϕ	ΔT (°)	δ_t
790213	23-0011	401	1.1231	0.5025	5.31	7.42	5.748	76.3	12.5	79.1	6.2	90.3	408	0.59
	23-0021	604	1.1141	0.3758	6.20	8.35	6.466	49.7	14.2	84.7	5.8	99.3	605.	0.52
	23-0021-1	603	1.1176	0.3806	5.93	8.11	6.439	50.8	14.3	69.4	6.0	101.2	491	0.51
	23-0024-1	601	1.1171	0.3825	5.93	8.14	6.439	51.0	14.4	76.8	5.9	98.5	540	0.35
	23-0031	638	1.1249	0.3861	5.97	8.15	6.430	51.6	15.3	86.1	6.5	102.6	590	0.48
	23-0041	368	1.0920	0.3944	4.83	7.22	6.448	53.8	9.3	81.3	3.8	93.8	578	0.29
790214	24-0011	401	1.1122	0.4923	5.32	7.29	5.650	76.2	12.3	74.7	5.9	89.2	384	0.45
	24-0111	398	1.1147	0.4970	5.11	7.30	5.659	76.9	12.4	65.2	6.1	90.8	333	0.44
	24-0021	603	1.1063	0.3739	6.08	8.20	6.098	52.6	14.2	85.9	5.7	97.5	585	0.35
	24-0211	604	1.1065	0.3726	5.91	8.10	6.080	52.7	14.2	70.8	5.7	98.1	484	0.37
	25-0011	400	1.1057	0.4930	5.33	7.48	5.632	76.3	12.4	75.0	6.0	88.8	380	0.38
	26-0001	404	1.1081	0.4908	5.40	7.51	5.596	76.4	12.4	62.7	6.2	91.5	322	0.36
790215	27-0011	402	1.1042	0.4940	5.41	7.41	5.623	76.6	12.5	92.7	6.2	91.4	474	0.47
	27-0121	397	1.1045	0.4915	5.31	7.40	5.605	76.5	12.3	92.9	6.0	90.5	472	0.31
	28-0011	401	1.1061	0.4946	5.46	7.62	5.632	76.3	12.5	82.9	6.4	94.8	424	0.54
	28-0131	399	1.1060	0.4938	5.37	7.55	5.641	76.2	12.4	83.7	6.3	93.2	428	0.28
	28-0021	603	1.1001	0.3757	6.32	8.52	6.268	51.0	14.4	82.5	6.3	105.9	582	0.50
	29-0011	403	1.1098	0.4917	5.51	7.75	5.703	74.8	12.4	75.5	6.0	89.0	393	0.41
790216	29-0021	603	1.1060	0.3778	6.37	8.69	6.206	51.7	14.4	78.9	6.0	100.7	556	0.39

付表 3 CC61B の実験値 (続き)

(* 入口風速調整ピン損失を含む) 5/8

試験デー 番号	実験番号	T_1 (K)	P_1 (kg/cm ²)	w_a (kg/s)	w_a BO (%)	w_a BI (%)	w_f (g/s)	N	U_R (m/s)	η_b (%)	$\Delta P/P_1^*$ (%)	ϕ	ΔT (°)	δ_t
790219	30-0011	400	1.1014	0.4883	4.88	6.62	5.802	74.5	12.3	81.0	5.1	76.5	423	0.40
	30-0021	603	1.0950	0.3742	5.66	7.36	6.286	51.8	14.4	82.2	4.9	82.4	566	0.25
790219	31-0011	400	1.1146	0.4998	5.45	7.66	5.757	75.4	12.5	79.4	6.3	91.5	407	0.39
	31-0021	600	1.1056	0.3766	6.37	8.71	6.134	52.1	14.2	80.8	6.0	101.4	557	0.42
790220	32-0011	399	1.1232	0.5024	5.42	7.62	5.686	76.8	12.4	81.1	5.9	87.7	412	0.43
	32-0021	602	1.1155	0.3790	6.24	8.48	6.206	52.1	14.3	82.4	5.6	96.1	567	0.28
	32-0211	602	1.1188	0.3811	6.01	8.28	6.215	52.6	14.3	85.3	5.9	99.6	582	0.31
	32-0221	603	1.1173	0.3788	6.01	8.36	6.215	52.2	14.3	77.1	5.8	99.5	531	0.24
790221	33-0011	402	1.1142	0.4946	5.42	7.51	5.829	74.2	12.5	86.3	5.8	86.3	452	0.53
	33-0111	403	1.1196	0.4991	5.35	7.46	5.784	75.2	12.5	80.9	6.2	92.3	419	0.50
	33-0021	602	1.1091	0.3769	6.12	8.27	6.107	52.8	14.3	89.4	5.7	97.6	597	0.30
	33-0031	413	1.1328	0.5241	5.23	7.42	6.017	76.1	13.3	95.5	7.0	93.9	480	0.47
790222	34-0011	402	1.1225	0.5000	5.43	7.52	5.820	74.8	12.4	80.5	5.9	88.0	421	0.37
	34-0021	600	1.1165	0.3785	6.40	8.53	6.134	52.5	14.2	87.5	5.8	99.5	590	0.36
790222	35-0011	402	1.1221	0.4974	5.39	7.59	5.659	76.5	12.4	82.5	6.1	90.6	412	0.39
	35-0021	602	1.1135	0.3763	6.20	8.39	6.116	52.5	14.2	87.5	5.6	97.2	590	0.27
790222	36-0011	403	1.1257	0.4979	5.44	7.73	5.703	75.8	12.4	82.8	6.3	94.9	425	0.36
	36-0021	601	1.1162	0.3811	6.29	8.47	6.089	53.4	14.3	87.8	5.9	98.9	586	0.32

付表 3 CC61B の実験値 (続き)

(* 入口風速調整ピン損失を含む) 6 / 8

試験データ 番号	実験番号	T_1 (K)	P_1 (kg/cm ²)	w_a (kg/s)	w_a BO (%)	w_a BI (%)	w_f (g/s)	N	U_R (m/s)	η_b (%)	$\Delta P/P_1^*$ (%)	ϕ *	ΔT (°)	δ_t
790226	37-0011	402	1.1162	0.4971	5.57	7.33	5.703	75.9	12.5	94.3	6.1	90.6	482	0.50
	37-0021	602	1.1068	0.3759	6.37	8.15	6.089	52.8	14.3	90.3	5.8	98.9	626	0.33
790227	38-0011	400	1.1033	0.4898	5.44	7.63	5.524	77.1	12.3	94.0	5.9	89.0	474	0.51
	38-0021	416	1.1194	0.5155	5.43	7.61	5.883	76.1	13.3	92.1	7.1	94.8	488	0.52
	38-0061	600	1.0968	0.3761	6.10	8.44	6.053	52.1	14.2	89.4	5.8	99.9	604	0.31
790227	39-0011	401	1.1027	0.4893	5.44	7.57	5.712	74.5	12.4	85.4	6.1	91.4	446	0.32
	39-0021	601	1.0944	0.3690	6.32	8.64	6.035	52.0	14.1	84.3	5.8	100.9	581	0.28
790228	40-0011	603	1.0914	0.3685	6.20	8.42	6.089	51.7	14.2	81.3	5.5	94.3	564	0.28
790301	42-0011	402	1.1083	0.4935	5.39	7.44	5.703	75.4	12.5	80.2	6.1	91.0	412	0.48
	42-0021	605	1.0996	0.3731	6.28	8.44	6.134	51.9	14.3	86.8	5.7	97.6	599	0.38
790305	43-0011	399	1.1252	0.5003	5.41	7.54	5.721	76.1	12.3	86.1	5.9	88.5	440	0.45
	43-0021	603	1.1169	0.3785	6.16	8.45	6.206	52.1	14.2	86.3	5.6	95.5	593	0.40
790306	44-0011	401	1.1161	0.4976	5.45	7.57	5.721	75.6	12.4	88.5	5.9	88.1	464	0.54
	44-0021	603	1.1075	0.3763	6.21	8.32	6.152	52.3	14.3	89.5	5.6	94.8	615	0.44
790308	45-0011	595	1.1067	0.3759	6.23	8.26	6.170	52.1	14.3	90.2	5.3	89.4	618	0.35
790308	46-0011	398	1.1174	0.4970	5.41	7.44	5.677	76.3	12.3	85.8	6.0	89.7	442	0.69
	46-0021	602	1.1090	0.3767	6.18	8.28	6.134	52.5	14.3	86.5	5.6	96.1	586	0.53

付表3 CC61Bの実験値(続き)

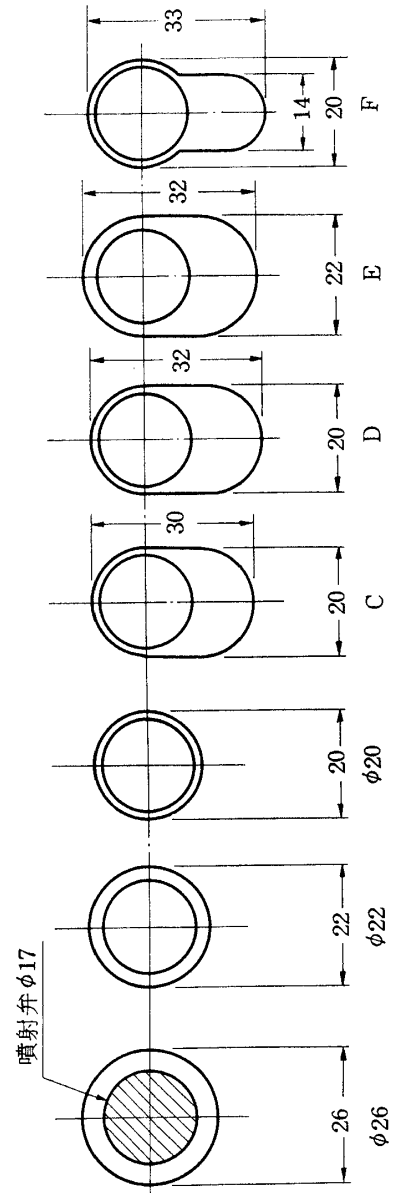
(* 入口風速調整ピン損失を含む) 7/8

試験データ 番号	試験番号	T_1 (K)	P_1 (kg/cm ²)	w_a (kg/s)	w_a BO (%)	w_a BI (%)	w_f (g/s)	N	U_R (m/s)	η_b (%)	$\Delta P/P_1^*$ (%)	ϕ	ΔT (°)	δ_t
790309	47-0011	296	1.0363	0.0912	4.25	6.40	0.565	144.1	1.8	-6.5	0.2	90.2	-23	-0.60
790312	47-0011	402	1.0949	0.3903	0.00	0.00	5.255	74.3	10.0	70.5	4.1	95.5	367	0.82
	47-0021	400	1.1372	0.5077	0.00	0.00	6.735	75.4	12.4	87.7	6.5	96.5	452	1.04
	47-0031	602	1.1044	0.3283	0.00	0.00	6.510	50.4	12.5	85.5	4.8	107.0	596	0.45
	47-0041	603	1.1273	0.3848	0.00	0.00	7.631	50.4	14.4	90.0	6.2	103.8	640	0.40
					NON	BLEED	TEST							
790312	48-0011	400	1.1236	0.5001	5.30	7.43	5.686	76.8	12.4	90.7	6.1	90.6	459	1.47
	48-0021	602	1.1129	0.3793	6.20	8.36	6.232	52.0	14.3	93.9	5.6	95.3	642	0.43
790322	49-0011	402	1.1151	0.4960	5.30	7.28	5.650	76.8	12.5	77.6	6.0	88.8	391	0.73
	49-0021	603	1.1085	0.3756	6.11	8.18	6.179	52.1	14.2	92.1	5.7	97.9	629	0.39
790326	50-0011	401	1.1182	0.4941	5.43	7.42	5.686	75.7	12.3	78.7	6.0	90.0	406	0.58
	50-0021	603	1.1087	0.3756	6.24	8.23	6.107	52.6	14.2	91.4	5.5	93.7	624	0.40
790329	51-0011	401	1.1448	0.5831	5.05	7.06	6.376	80.4	14.2	96.3	7.0	79.6	467	1.33
	51-0021	600	1.1071	0.3765	5.80	7.84	6.250	52.0	14.2	92.9	5.0	84.8	642	0.38
	51-0031	602	1.1322	0.4326	5.68	7.68	7.084	52.5	16.1	94.8	6.6	88.7	647	0.35
790330	52-0011	401	1.1394	0.5701	5.29	7.29	6.475	77.0	14.0	90.7	8.2	94	455	0.53
	52-0021	602	1.1263	0.4294	6.03	8.03	7.031	52.5	16.0	89.2	7.5	102	607	0.90

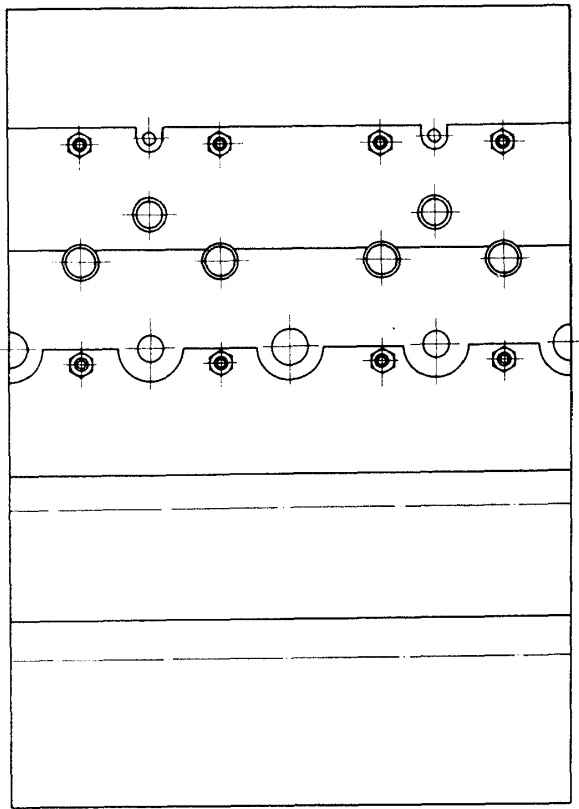
付表 3 CC61B の実験値 (続き)

(* 入口風速調整ピン損失を含む) 8/8

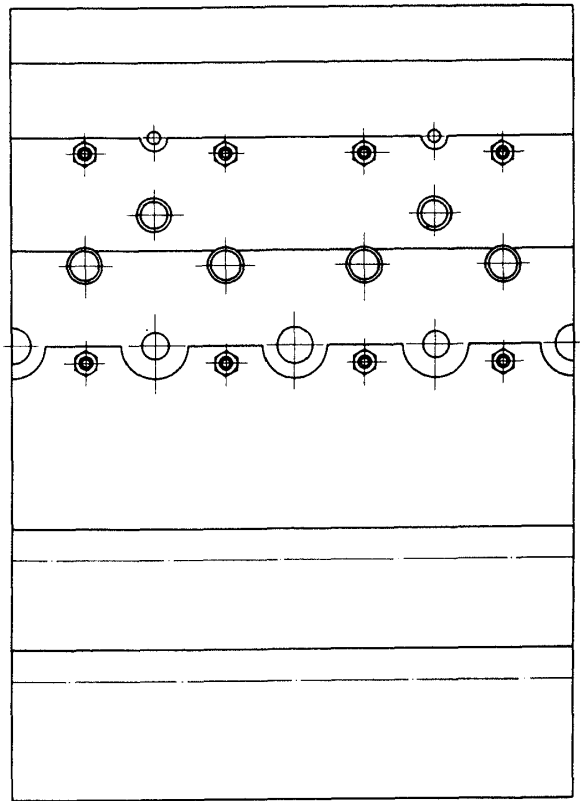
試験データ 番号	試験番号	T_1 (K)	P_1 (kg/cm ²)	w_a (kg/s)	w_a BO (%)	w_a BI (%)	w_f (g/s)	N	U_R (m/s)	η_b (%)	$\Delta P/P_1^*$ (%)	ϕ	ΔT (°)	δ_t
790403	53-0011	382	1.1241	0.5456	5.31	7.51	7.165	66.4	13.0	94.3	7.0	96	550	0.59
	53-0021	403	1.1398	0.5710	5.27	7.43	6.510	76.6	14.0	94.1	8.2	96	476	0.48
	53-0031	414	1.1585	0.6071	5.27	7.40	6.950	76.3	15.0	92.3	9.3	97	468	0.64
	53-0041	459	1.1338	0.5215	5.36	7.47	5.793	78.5	14.8	93.6	7.9	96	450	0.67
	53-0051	602	1.1269	0.4324	5.90	8.17	6.968	53.3	16.1	93.4	7.6	101	623	0.42



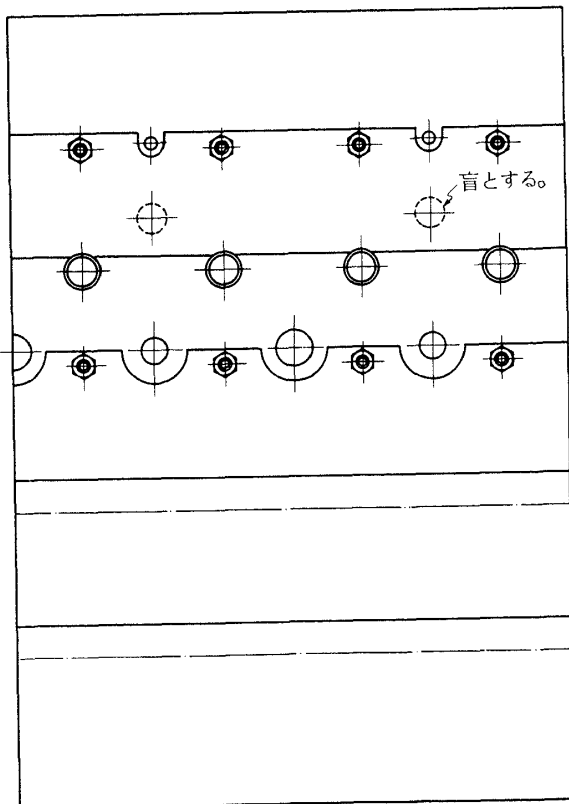
付図 1 分流板孔形状



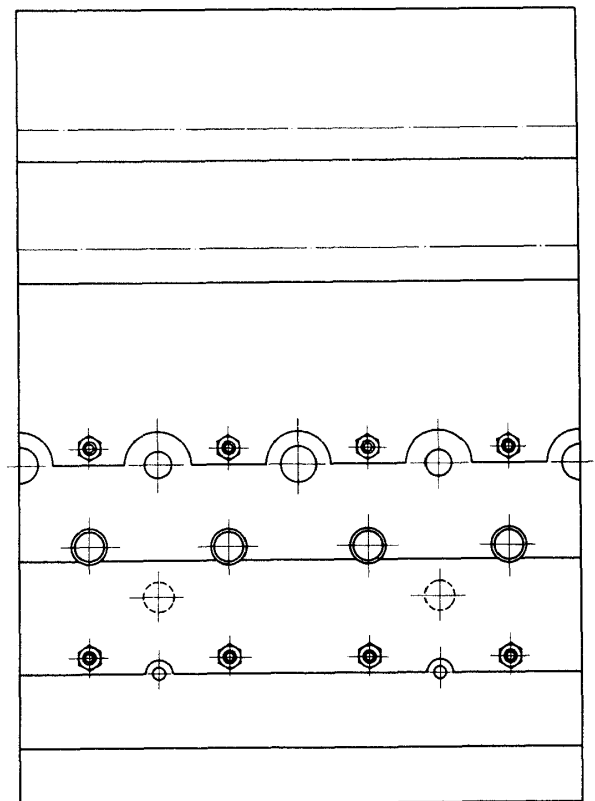
付図2-1 61B-1, 2, 3, 4, 7, 9, 10, 12, 13 の空気孔 (アウター)



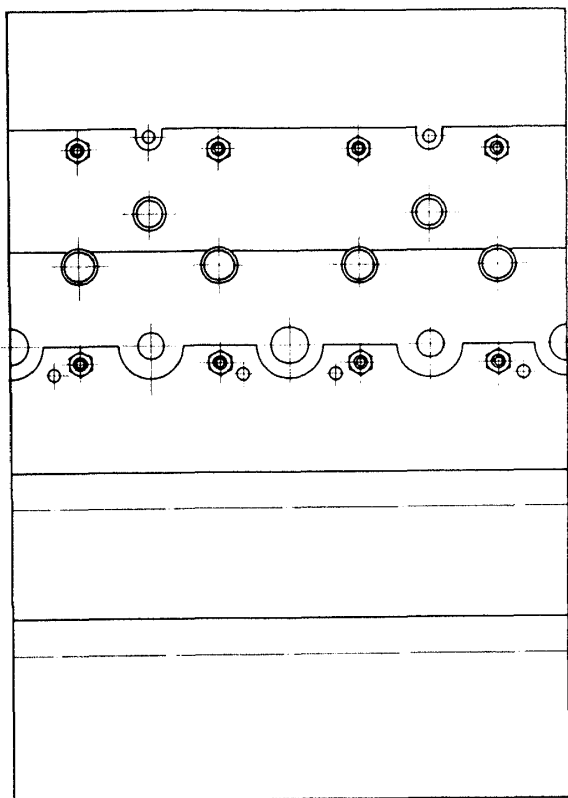
付図2-1 61B-1, 2, 3, 4, 7, 9, 10, 12, 13 の空気孔 (インナー)



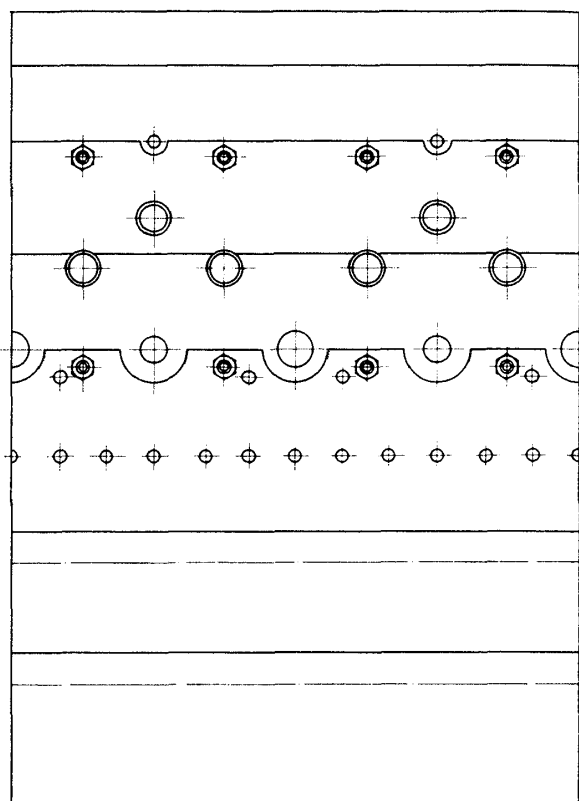
付図2-2 61B-5, 6, 8 の空気孔 (アウター)



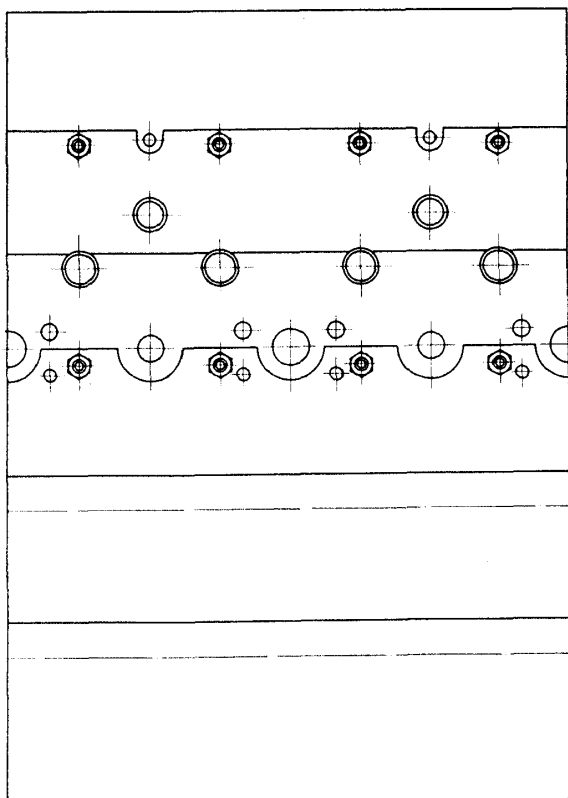
付図2-2 61B-5, 6, 8 の空気孔 (インナー)



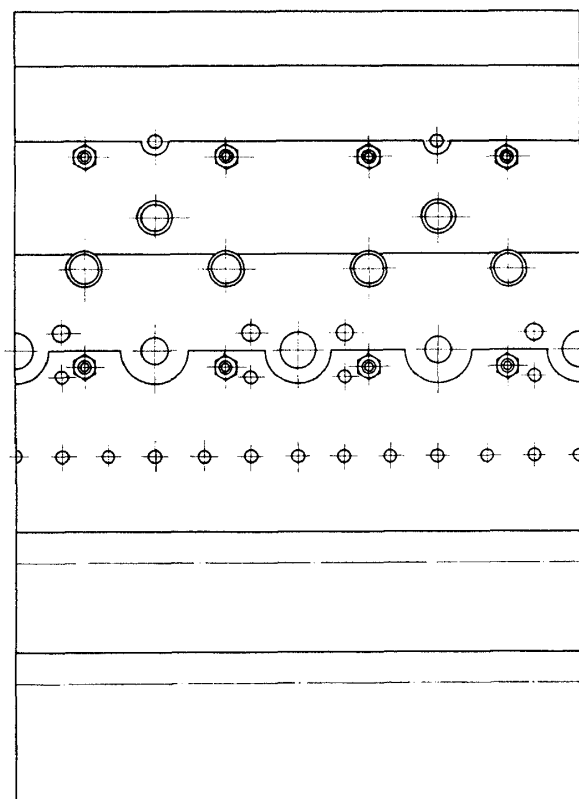
付図2-3 61B-14の空気孔(アウター)



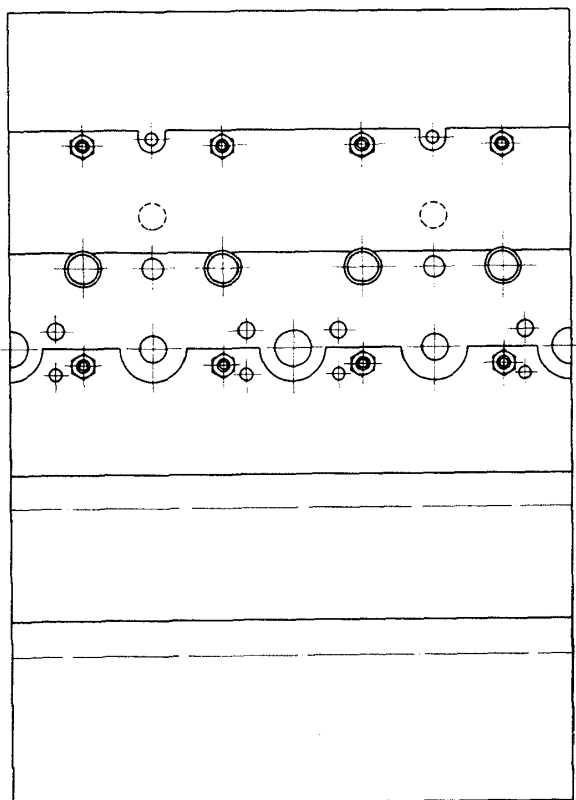
付図2-3 61B-14の空気孔(インナー)



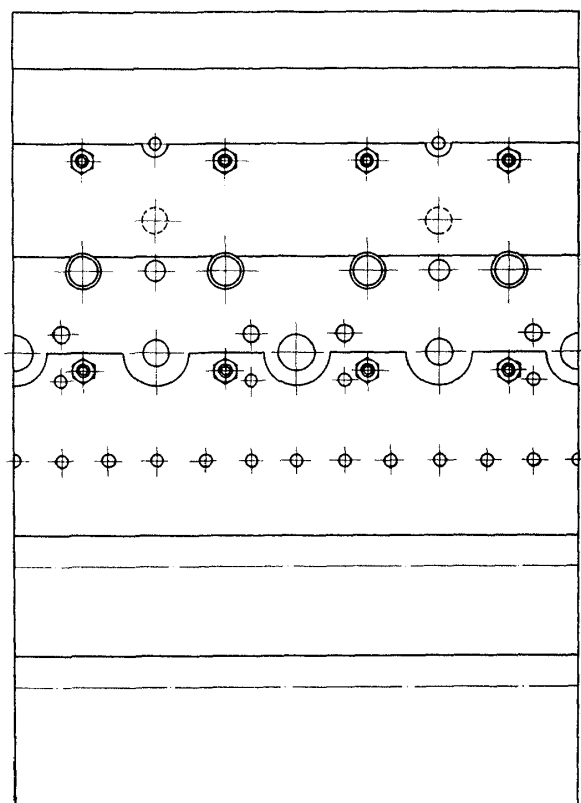
付図2-4 61B-15の空気孔(アウター)



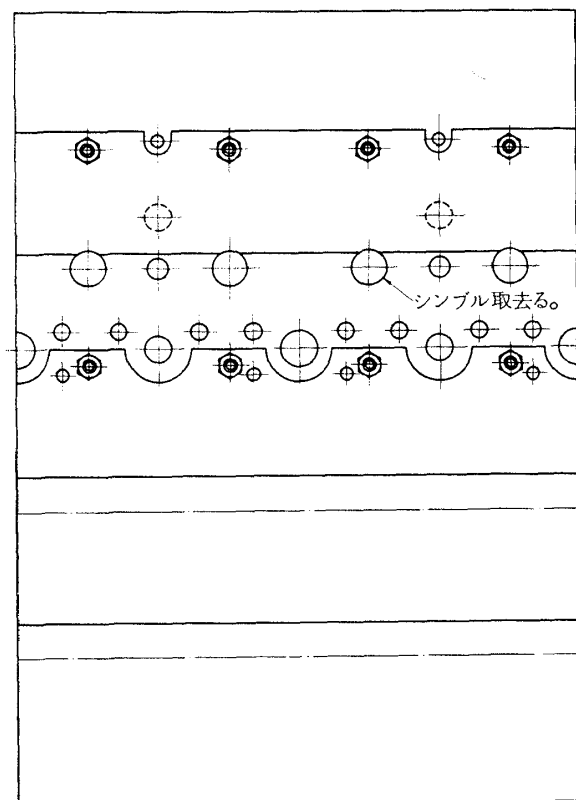
付図2-4 61B-15の空気孔(インナー)



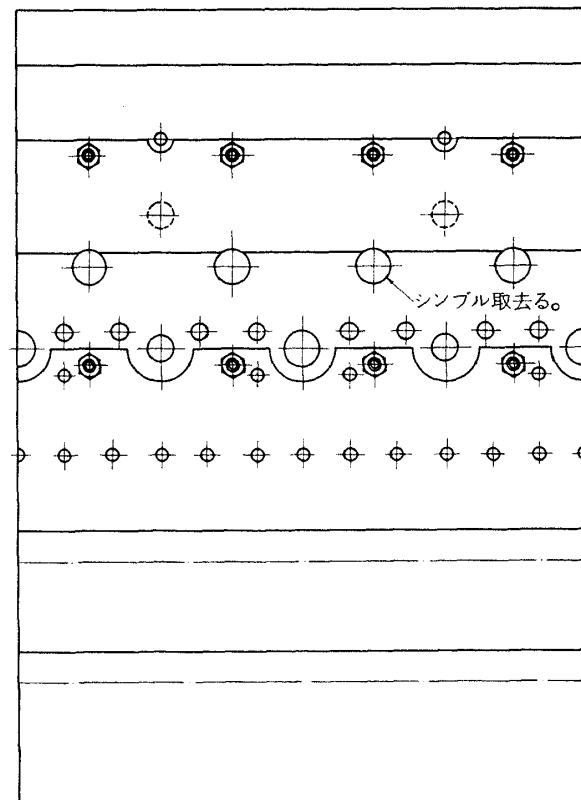
付図2-5 61B-16, 17 の空気孔 (アウター)



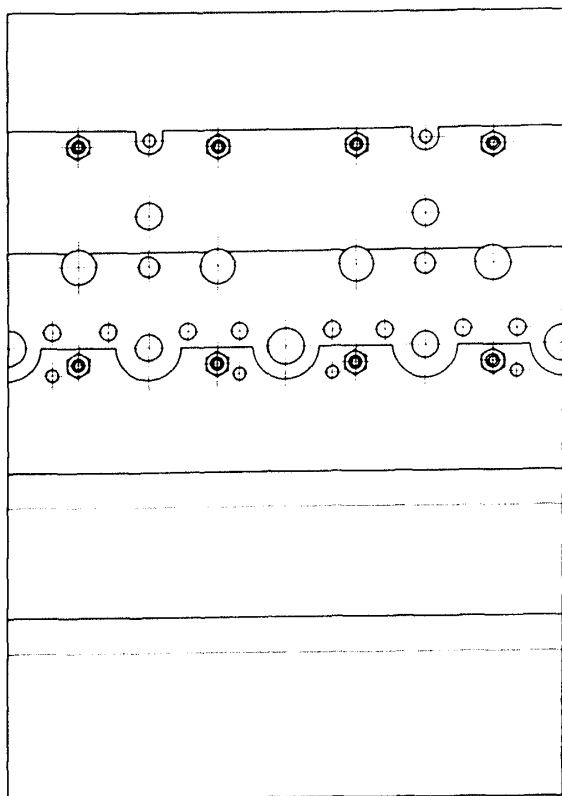
付図2-5 61B-16, 17 の空気孔 (インナー)



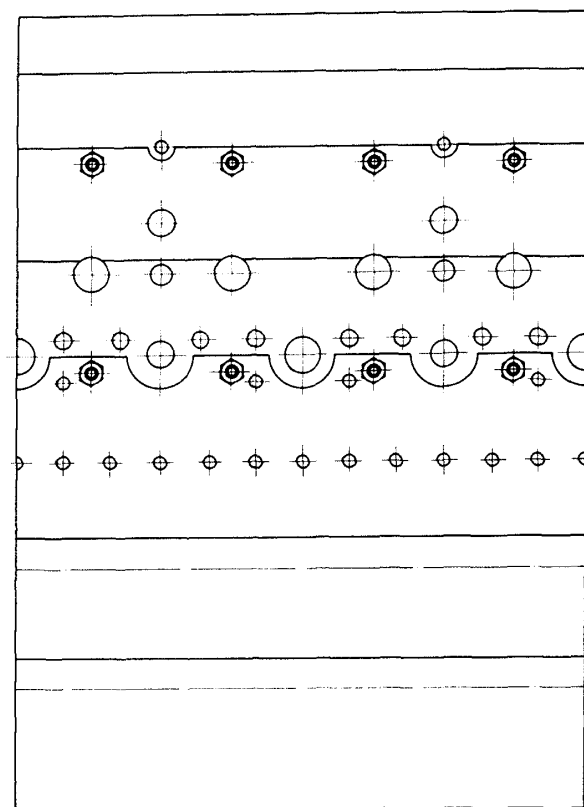
付図2-6 61B-18 の空気孔 (アウター)



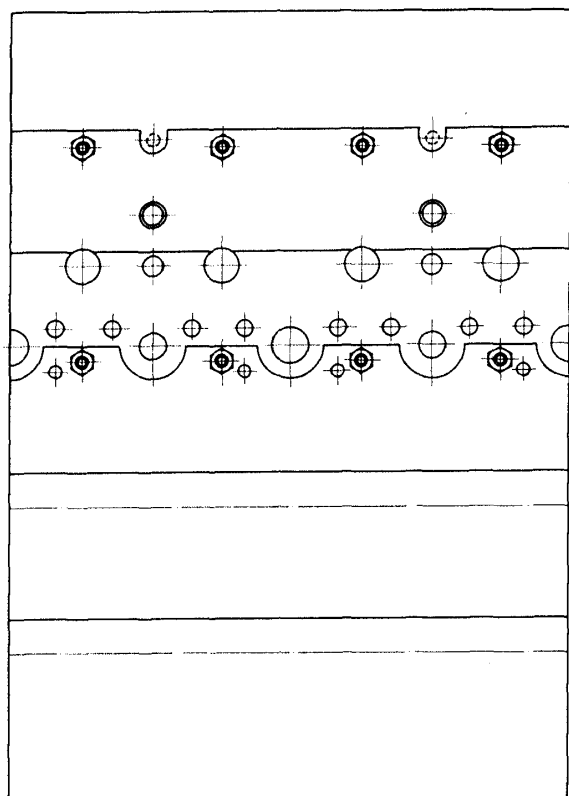
付図2-6 61B-18 の空気孔 (インナー)



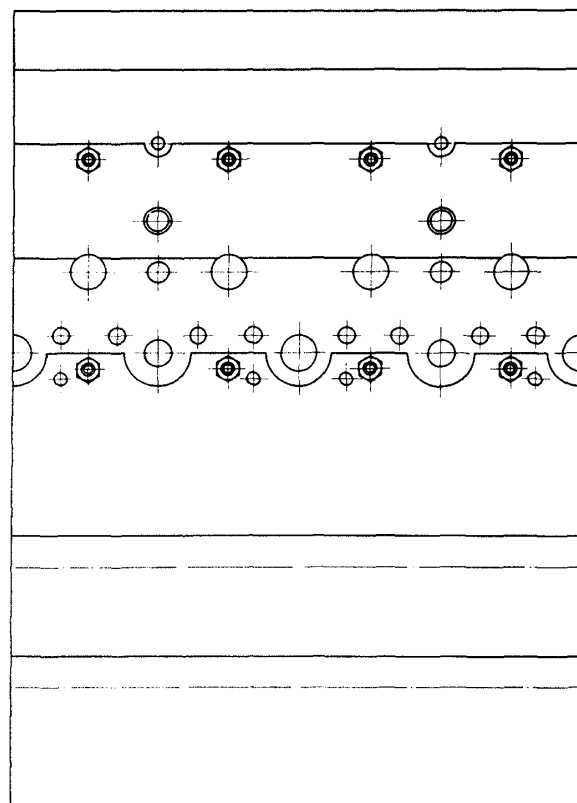
付図2-7 61B-19, 20, 21, 22 の空気孔
(アウター)



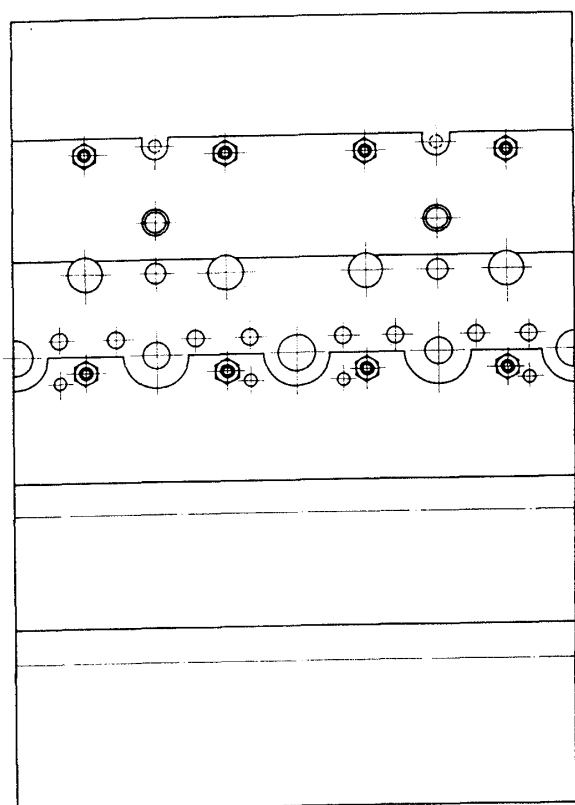
付図2-7 61B-19, 20, 21, 22 の空気孔
(インナー)



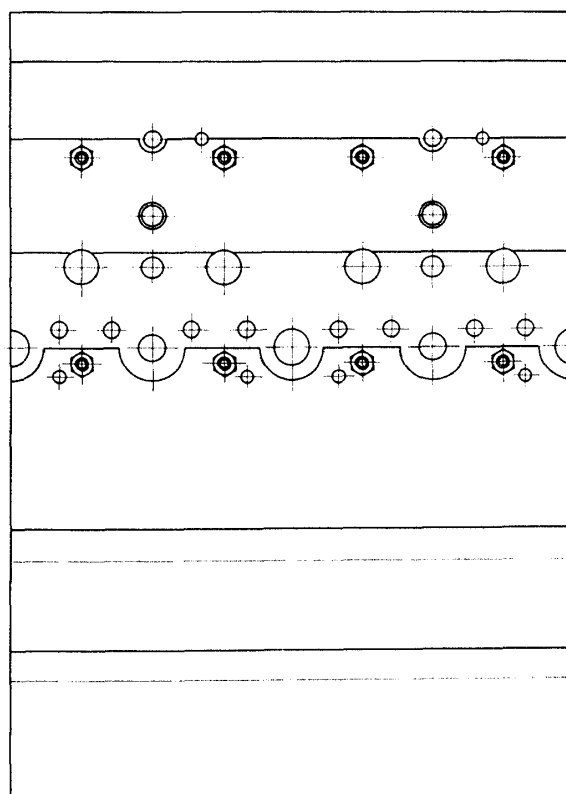
付図2-8 61B-23 の空気孔 (アウター)



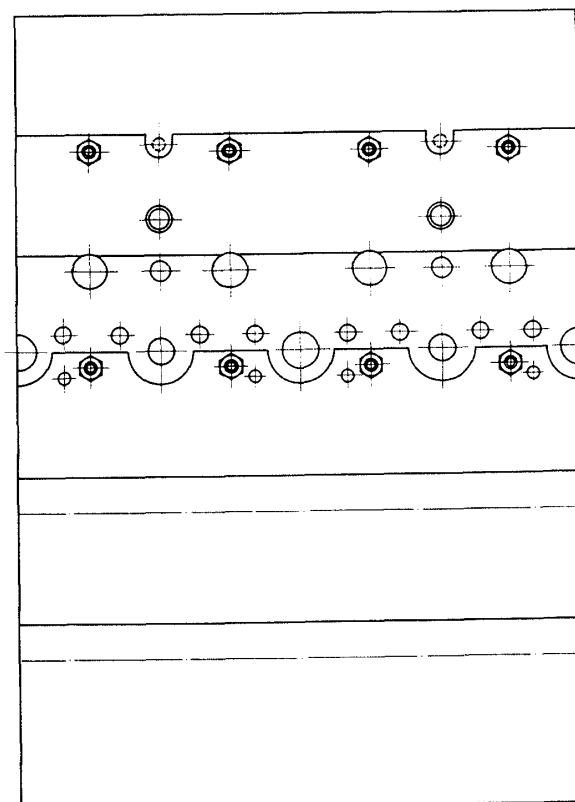
付図2-8 61B-23 の空気孔 (インナー)



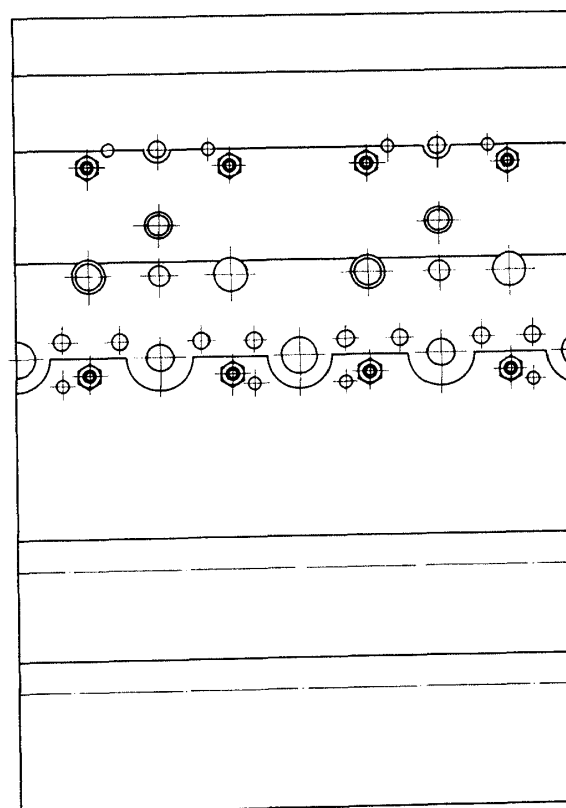
付図2-9 61B-24 の空気孔 (アウター)



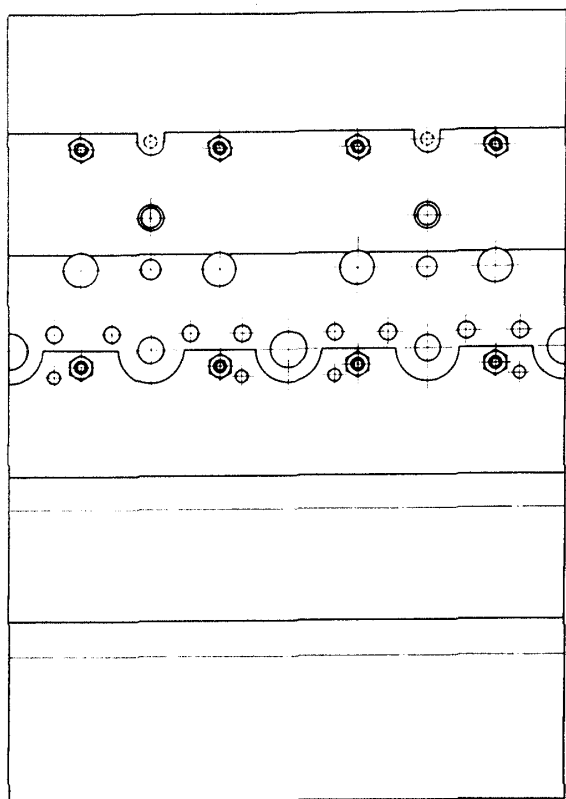
付図2-9 61B-24 の空気孔 (インナー)



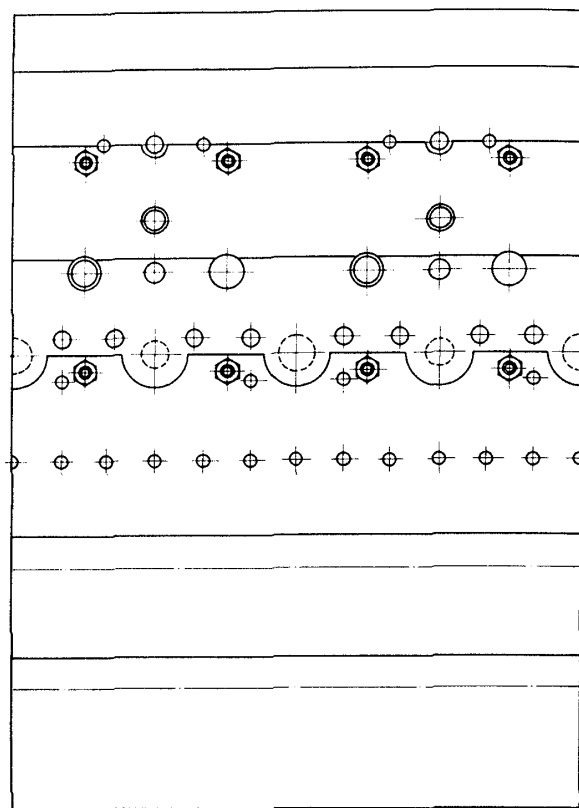
付図2-10 61B-25, 26 の空気孔 (アウター)



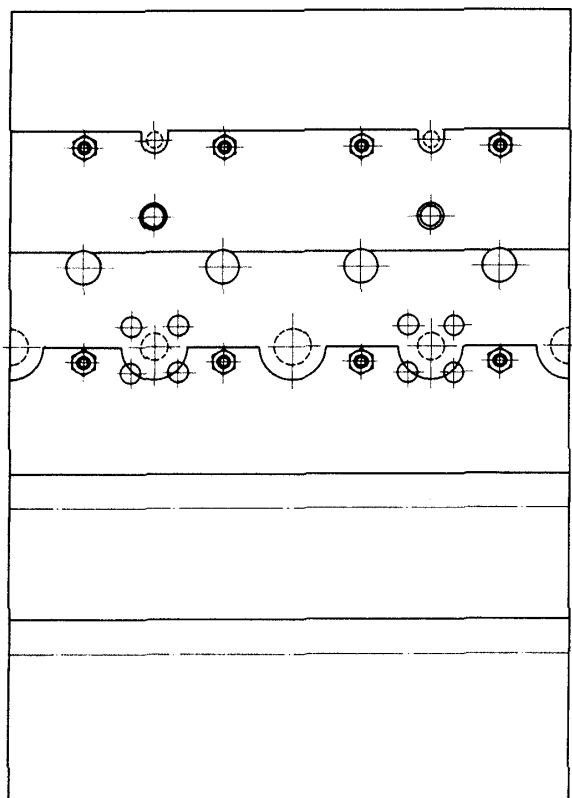
付図2-10 61B-25, 26 の空気孔 (インナー)



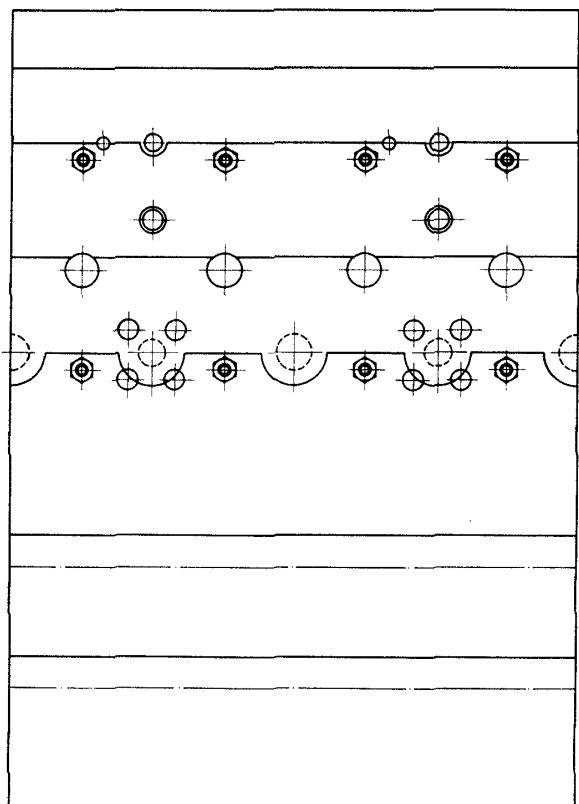
付図2-11 61B-27, 28 の空気孔 (アウター)



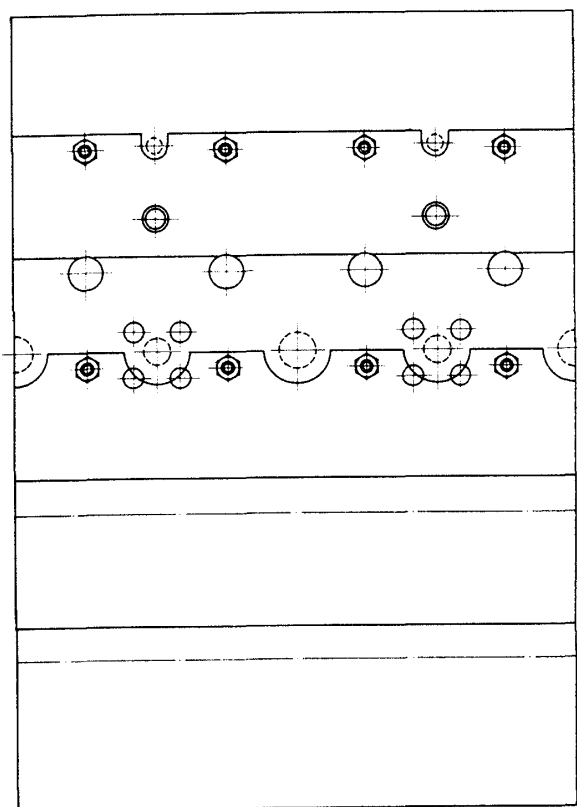
付図2-11 61B-27, 28 の空気孔 (インナー)



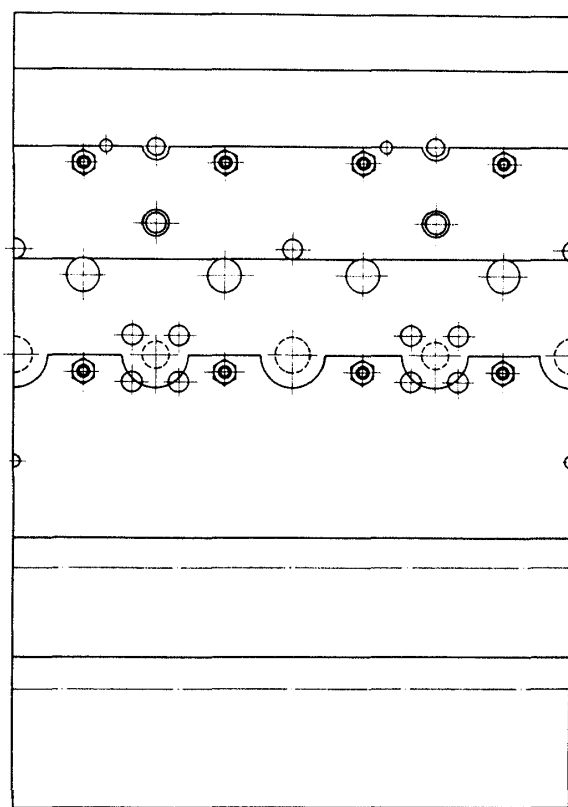
付図2-12 61B-29 の空気孔 (アウター)



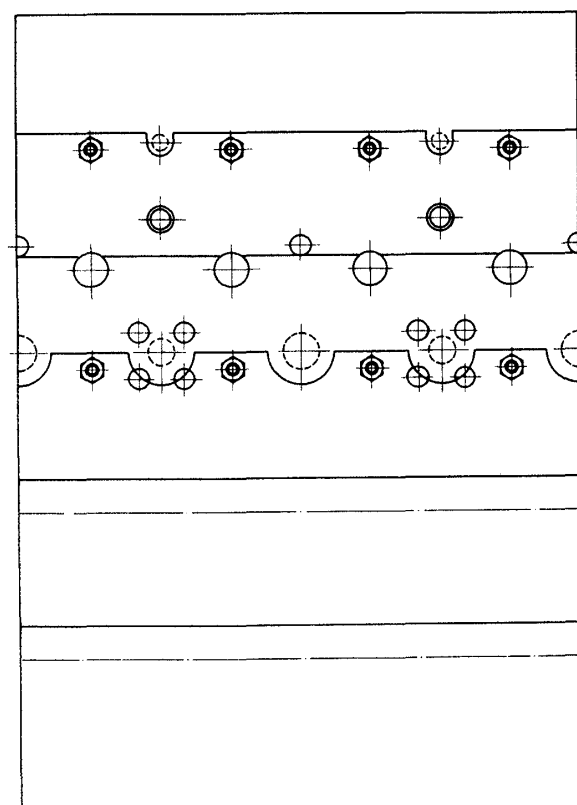
付図2-12 61B-29 の空気孔 (インナー)



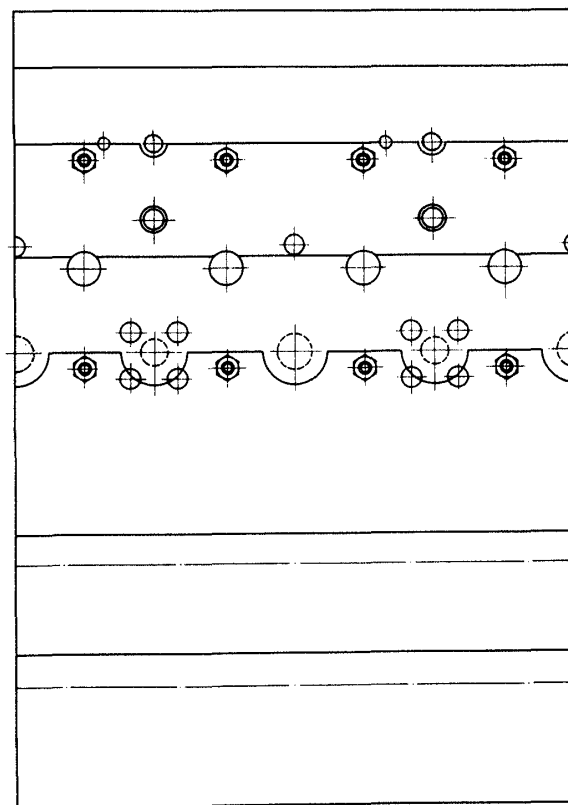
付図2-13 61B-31の空気孔(アウター)



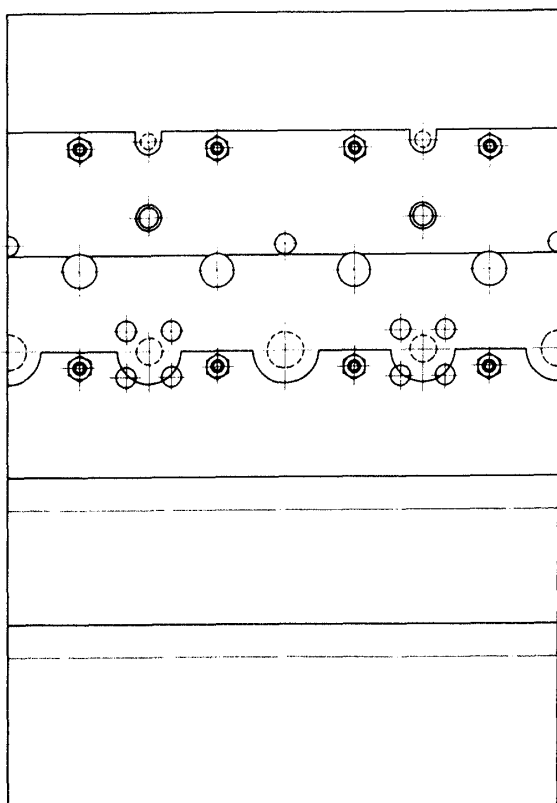
付図2-13 61B-31の空気孔(インナー)



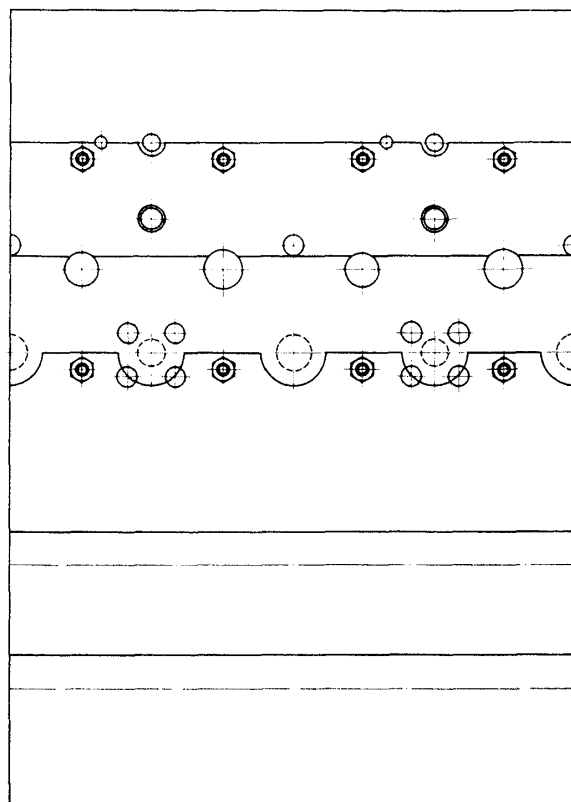
付図2-14 61B-32の空気孔(アウター)



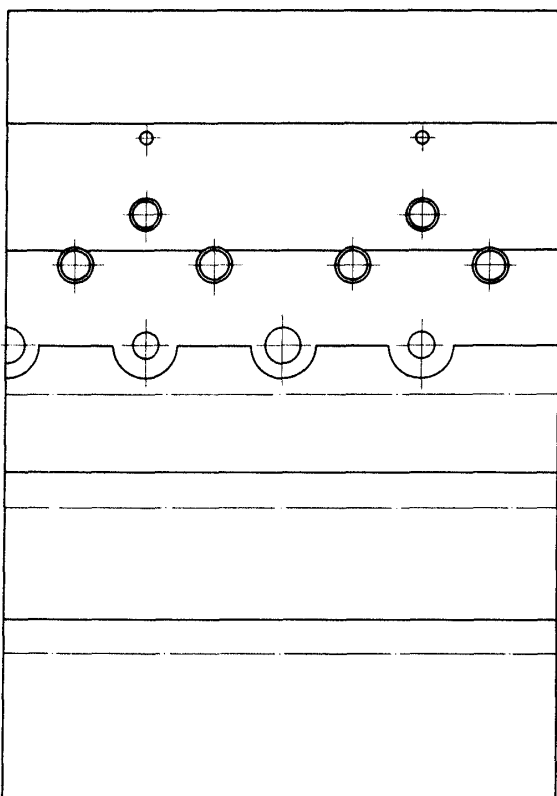
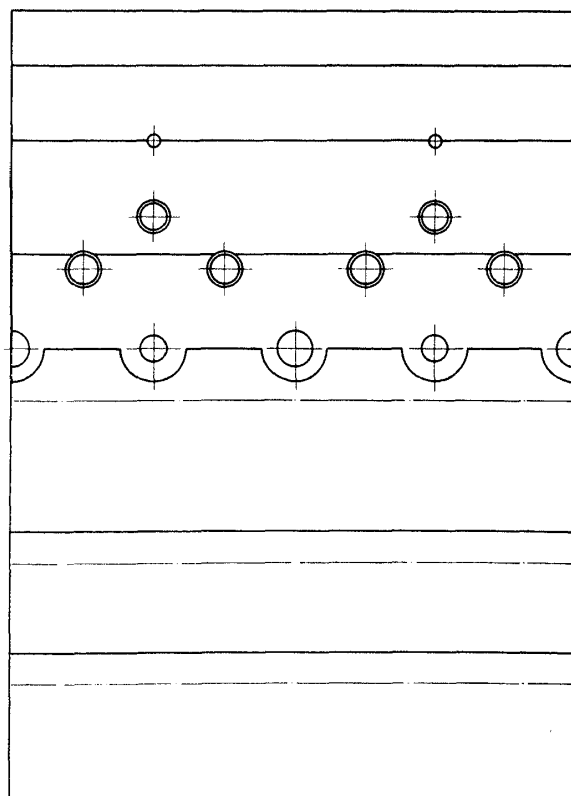
付図2-14 61B-32の空気孔(インナー)

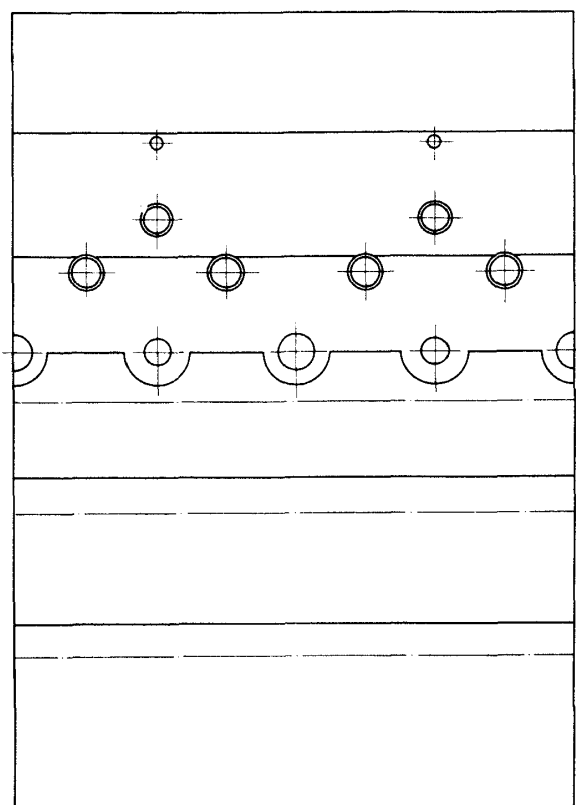


付図2-15 61B-39,40 の空気孔 (アウター)

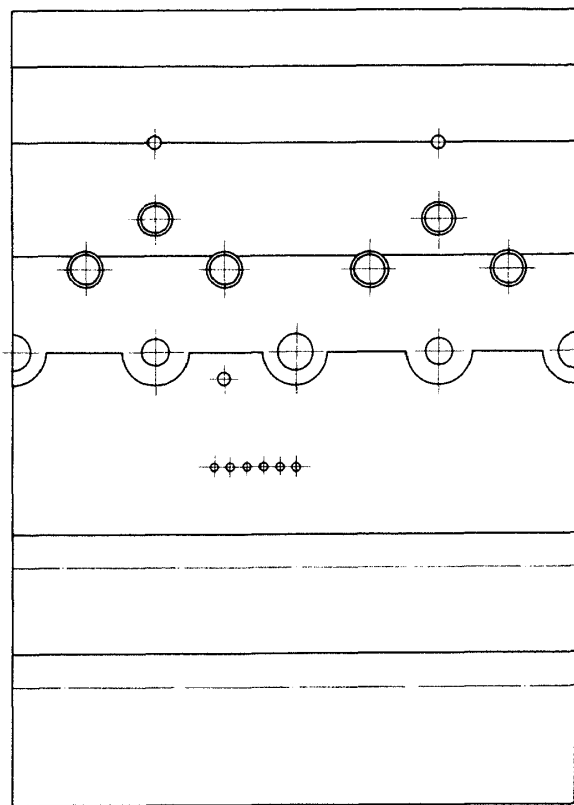


付図2-15 61B-39,40 の空気孔 (インナー)

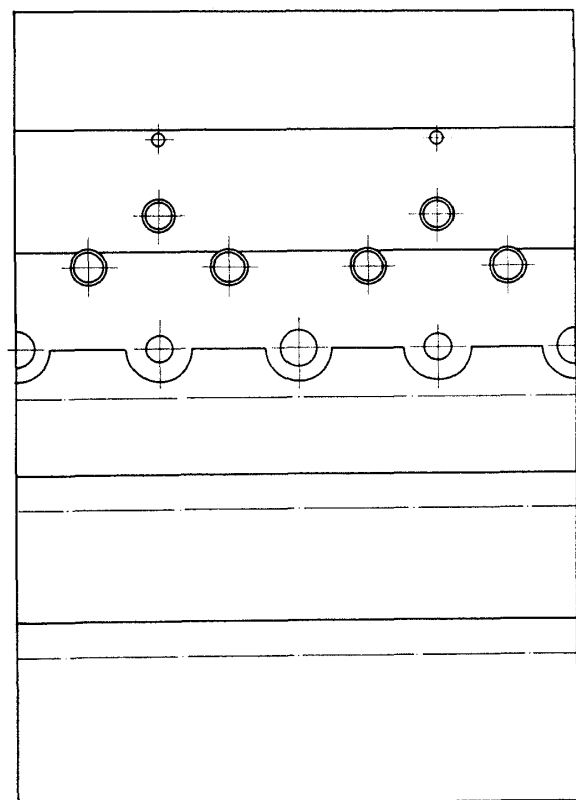
付図2-16 61B-11,33,34,35,36,37,38,41,42,43,44
の空気孔 (アウター)付図2-16 61B-11,33,34,35,36,37,38,41,42,43,44
の空気孔 (インナー)



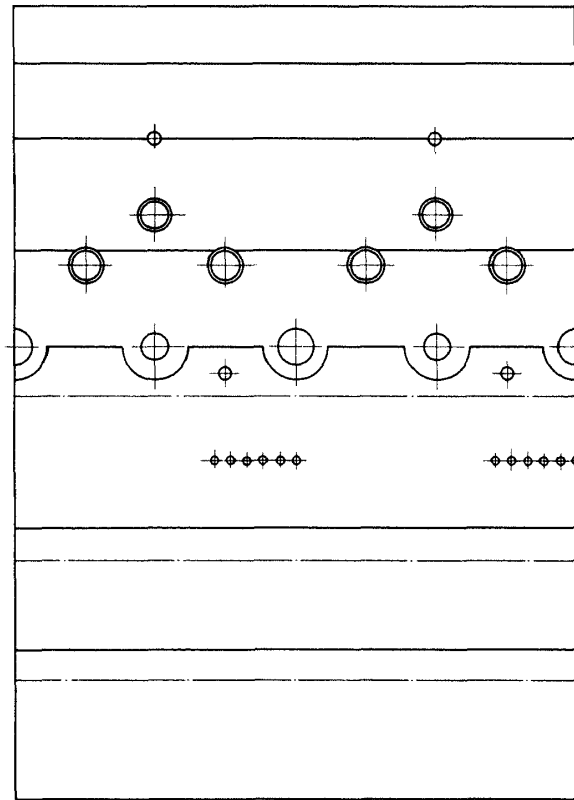
付図2-17 61B-45 の空気孔 (アウター)



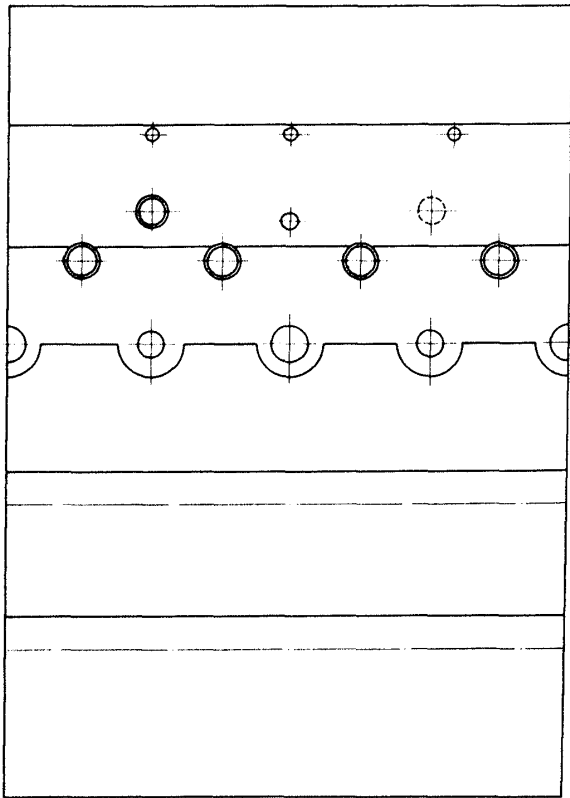
付図2-17 61B-45 の空気孔 (インナー)



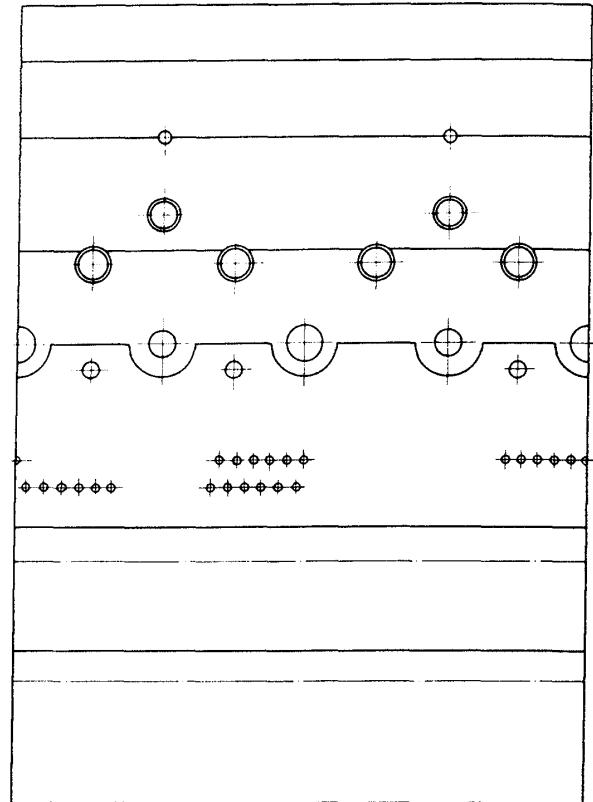
付図2-18 61B-46,47,48,49,50,52 の空気孔
(アウター)



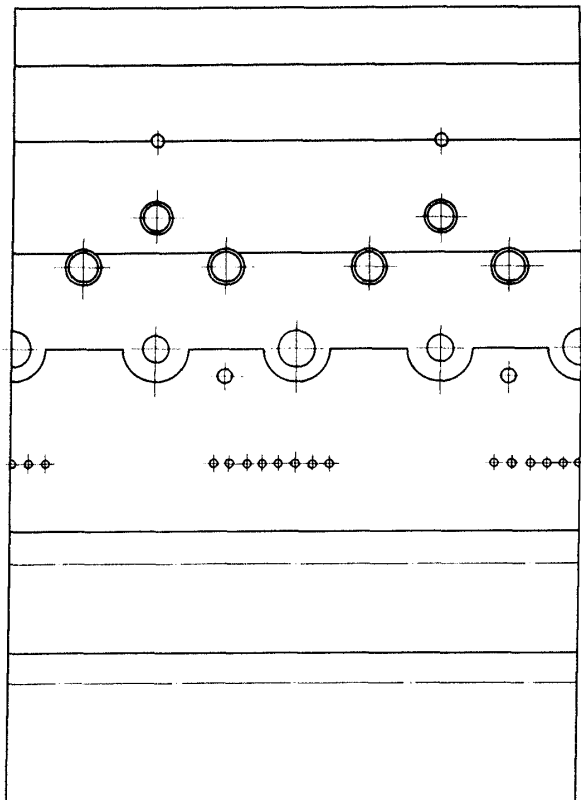
付図2-18 61B-46,47,48,49,50,52 の空気孔
(インナー)



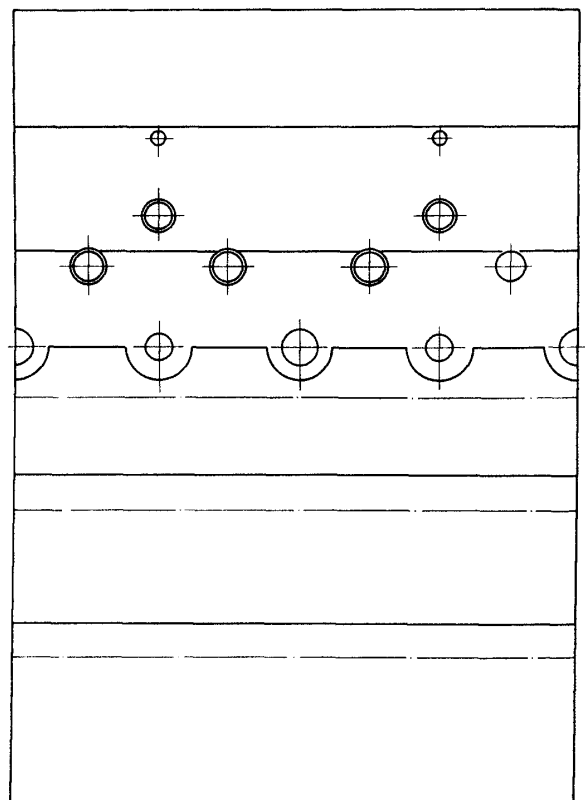
付図2-19 61B-51の空気孔(アウター)



付図2-19 61B-51の空気孔(インナー)



付図2-20 61B-53の空気孔(アウター)



付図2-20 61B-53の空気孔(インナー)

航空宇宙技術研究所資料450号

昭和56年11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5-6-17

Printed in Japan