

UDC 621.452

# 航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-385

FJR 710/600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

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

1979年6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 <sup>*</sup> ，越沼 威 <sup>*</sup>
実験・計測	酒井規行 <sup>**</sup> ，遠崎良樹 <sup>**</sup> ，北原一起 <sup>**</sup> 中越元行 <sup>**</sup> ，藤田武志 <sup>**</sup>

\* 原動機部

\*\* 川崎重工業(株)

## 目 次

1. まえがき	1
2. 供試燃焼器	2
2.1 環状燃焼器 CC 60 H	2
ライナ	2
CC 60 Hの各種計測位置	12
2.2 箱形燃焼器 CC 60 B	15
3. 試験とその結果	21
3.1 CC 60 H	21
3.1.1 CC 50 Hとの比較	22
3.1.2 各ライナの燃焼器特性	23
燃焼効率	23
圧力損失	24
抽気圧	24
出口温度分布	25
出口温度不均一率	28
出口温度標準偏差値	29
3.1.3 排出特性	30
3.1.4 その他の計測値	31
入口風速分布	31
軸方向ケーシング壁静圧	31
肩部通路流れ	32
燃料噴射弁吐出量	33
3.2 CC 60 B	34
3.2.1 ライナの改造過程	34
3.2.2 試験結果の概要	35
圧力損失	35
出口温度分布	35
4. 検 討	36
4.1 CC 50 Hとの比較	36
4.2 温度計測と燃焼器特性	36
4.3 圧力損失	38
4.4 流れと燃焼器特性	38
4.5 排出特性	39
5. ま と め	39

# FJR 710/600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\*

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\*\*

## 概 要

ターボファンエンジンFJR 710/600の燃焼器設計資料を得るため原設計の形から実機ライナ仕様決定までに行った改良実験について記す。今回の試験での主要な改良点は、保炎性能、必要抽気量の確保、および出口温度分布などである。箱形模型を数多く改造・試験することにより、上記の改良をすすめ、ほぼ所要の特性を満足する燃焼器を得ることができた。

## 1. ま え が き

航空宇宙技術研究所では、通商産業省、工業技術院の主宰する大型工業技術開発のひとつ「航空機用ジェットエンジンの研究開発」に関連して、ターボファンエンジンFJR 710/600の燃焼器を研究、開発中である。エンジン全体の開発のスケジュール上、実機搭載用燃焼器の製作仕様決定期限は、1978年6月中旬に定められた。

本報告は、仮のケーシングを用いた第1次燃焼試験<sup>1)</sup>に引きつづいてFJR 710/600初号機の燃焼器設計仕様決定までに行った要素試験用燃焼器の改良試験、およびその後の確認試験の経過と結果について記す。

既報<sup>1)</sup>で述べた第1次燃焼試験では、使用するスワラの種類と、噴射弁のPCD(ピッチ円直径)を決定した。それらの結果ではライナ全体の基本的形状は、初期設計時に定めた燃焼器形状と較べ特に変更する必要が生じなかった。一方、改良を要する点、あるいはその後の試験に委ねる問題点として、主に次の3点が残された。

- (1) 保炎特性を改良すること。
- (2) 設計点で必要量の抽気が行えること。
- (3) 出口温度分布を要求値へ調整すること。

これらの改良は、主にライナ空気孔や鈍頭分流板形状、なかんずくスワラ空気取入口の位置、寸法、形状の改

善によって実現できる。しかし、これらの変更を環状模型にほどこし実験的改良を進めるには多額の費用と労力、それに時間を必要とする。そのため、その改良試験には環状模型のスワラ4個分の部分を噴射弁ピッチ円で展開した、いわゆる箱形模型を使用した。箱形模型による試験は、ほぼ大気圧付近の試験条件なので、改良の主な段階で適宜環状模型に結果を適用し比較検討を行った。

本報告で述べるように、最終的な仕様で改良した環状模型の試験結果は、上記3つの問題のうち、(1)と(2)をほぼ満足させることができることがわかった。(3)については、未だ不満足な結果である。一面では出口温度計測法の問題があって、今後の重要な改良事項のひとつである。

## 使用記号

本文中、ならびに図表、付録の図表中で使用した意味、定義は、次のとおりである。

### アルファベット文字

BSN	バツハラッハ煙濃度
CC 50 H	既報(TM-365)で試験した燃焼器総称
CC 60 B	箱形燃焼器総称
CC 61 B	抽気実行の箱形燃焼器
CC 60 H	環状燃焼器総称
CC 61 H	抽気実行の環状燃焼器

$f$  燃空比

$L_b$  燃焼器負荷率,  $L_b = (\eta_b \cdot w_f H_u) / (V \cdot P_4)$

ここで、 $H_u$ と $V$ は、それぞれ燃料低位発熱量、

\* 昭和54年3月29日受付

\*\* 原動機部

\*\*\* 機械技術研究所

\*\*\*\* 航空機公害研究グループ

(10220 kcal/kg)と、燃焼室内体積  
(0.02408m<sup>3</sup>)である。他の記号は下記参照。

$m$	メイン燃料
$M$	マッハ数
$n$	空燃比, $n = 1/f$
OGV	圧縮機出口ガイドベーン, 又はその相当位置, 詳細には TM-365 参照。
$p_b$	抽気ポート付近の静圧, $\text{kg/cm}^2$ *
$p_r$	プライマリ
$P_4$	燃焼器入口全圧, ストラット部で測定した半径 方向 4 点の全圧算術平均値, $\text{kg/cm}^2$
$P_5$	出口全圧平均値, $\text{kg/cm}^2$
$P_f$	燃料噴射圧, $\text{kg/cm}^2 G$
$r$	無次元化半径方向位置, $r = 0$ が内径側壁面
$R_{bi}$	全供給空気流量にたいする内径側抽気流量割合, %
$R_{bo}$	全供給空気流量にたいする外径側抽気流量割合, %
$T_4$	燃焼器入口空気温度, $K$
$T_5$	燃焼器出口ガス平均温度, $K$
$U_r$	代表断面 (0.1722m <sup>2</sup> ) 平均風速, $\text{m/s}$
$w_a$	供給空気流量, $\text{kg/s}$
$w_f$	燃料流量, $\text{kg/s}$ , または $\text{g/s}$
$x/l_c$	無次元化主軸方向距離

#### ギリシャ文字

$\Delta P$	燃焼器全圧損失, $\Delta P = P_4 - P_5$ , $\text{kg/cm}^2$
$\Delta T$	燃焼器温度上昇, $\Delta T = T_5 - T_4$ , $K$
$\Delta T_c$	燃料が完全燃焼したと仮定したときの, 燃焼ガ ス理論温度上昇値, $K$
$\delta_i$	温度不均一率, $\{( \text{出口温度計測値の最高値} )$ $- T_5\} / \Delta T$
$\eta_b$	出口温度測定に基づく燃焼効率, %
$\eta_c$	ガス分析値に基づく燃焼効率, %
$\theta$	燃焼器後視円周方向右回り角度, °
$\Theta$	無次元化温度, $\Theta = (T - T_4) / \Delta T$ , ここで $T$ は 任意位置での温度
$\Theta_{P.F.}$	無次元化出口温度分布函数, 4.2 項参照。
$\Pi$	無次元化圧力, $\Pi = (p - P_4) / \Delta P$
$\sigma_i$	出口温度標準偏差値, $\text{deg } K$
$\phi$	全圧損失係数, $\phi = \Delta P / r_a U_r^2 / 2g$ , ここで, $r_a$ と $g$ は, それぞれ, 空気の比重量と重力の加

\* 特記のない限り, 単位  $\text{kg/cm}^2$  は絶対圧力を示す。  
 $\text{kg/cm}^2 G$  は, ゲージ圧力を示す。

速度である。

## 2. 供試燃焼器

本報告に関する試験で使用した燃焼器試験装置は, 環  
状模型の場合, 環状燃焼器高圧燃焼試験装置<sup>2)</sup>であり, 箱  
形模型の場合には, 缶形燃焼器試験装置<sup>3)</sup>の一部である。

今回の試験に用いた環状燃焼器の総称を CC60H とい  
う。そのスワラ 4 個分, すなわち環状燃焼器の円周の  
4/16 を噴射弁ピッチ円にて展開した箱形模型を CC60  
B と総称する。

次に, それら各々について詳細に構造の説明を行う。

### 2.1 環状燃焼器 CC60H

供試環状燃焼器で, 特にライナを区別して示すとき  
には, 既報<sup>1)</sup> 同様ライナ名称を付記する。たとえば, ライナ  
呼称が 60.03 の時は CC60H/60.03 と記す。また,  
この場合 CC60H はケーシングに抽気管を取付けない状  
態を示し, 抽気管を取付け, 抽気を行った場合は CC61  
H と示して区別する。環状燃焼器高圧燃焼試験装置によ  
る通常の燃焼試験時の燃焼器取付状況は, 図 1 と図 2 の  
ようである。図 1 は, 供試燃焼器部分を上流側下部から  
仰ぎ見たものである。図 2 では, 燃焼器取付部を上方か  
ら見おろした場合で, 燃焼器内主流は, 図の下方から上  
方へ流れる。

燃焼試験装置への燃焼器取付模様と抽気管の取出構造  
を図 3 に主軸を含む断面図として示す。

内径側ケーシングより抽気された空気は, ケーシング  
先端部から内径 48mm の管によって, 試験装置ダクト外  
に取り出される。この管が主流を横ぎる部分には, 最大  
厚み 52mm のフェアリングがついていて下流への影響を  
最小としている。内径, および外径側から抽気された空  
気は, 直径それぞれ 32.0mm および 26.9mm のクリティ  
カル・オリフィスにより, メータリングされる。

抽気管付燃焼試験装置外観は, 図 4 と 5 に示す。図 4  
で右側(上流側), および左側(下流側)エルボ管付の  
配管が, それぞれ, 内径側, および外径側抽気取出管で  
ある。

ライナ

今回の環状燃焼器 CC60H の試験で使用したライナの  
種類は表 1 に示す 4 種である。同表中に外側, および内  
側ライナの基本的空気孔寸法を示す。各ライナにおける  
それら空気孔の配置は, ライナ 60.03 を除き, 図 6, 9 およ  
び 13 に示す。ライナ 60.03 の空気孔配置は, 既報<sup>1)</sup> に示し  
たように位置的には 60.05 と全く同一である。すなわち,  
主軸を含む断面で燃料噴射弁と同一面上に第 1, 3 および

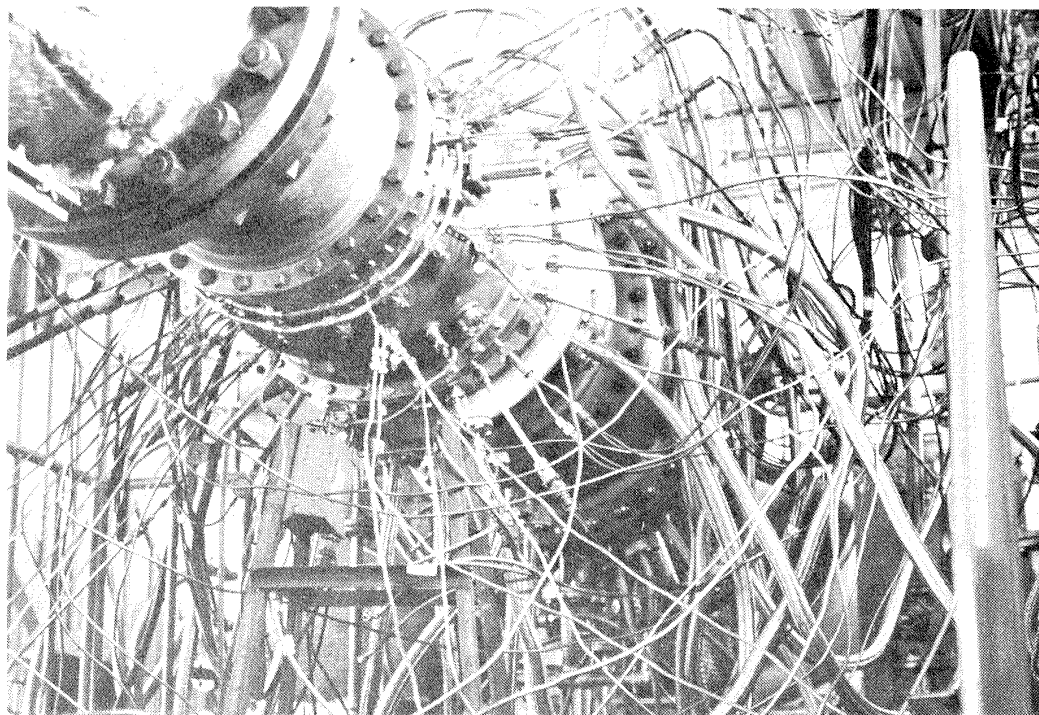


図1 燃焼試験時の外観

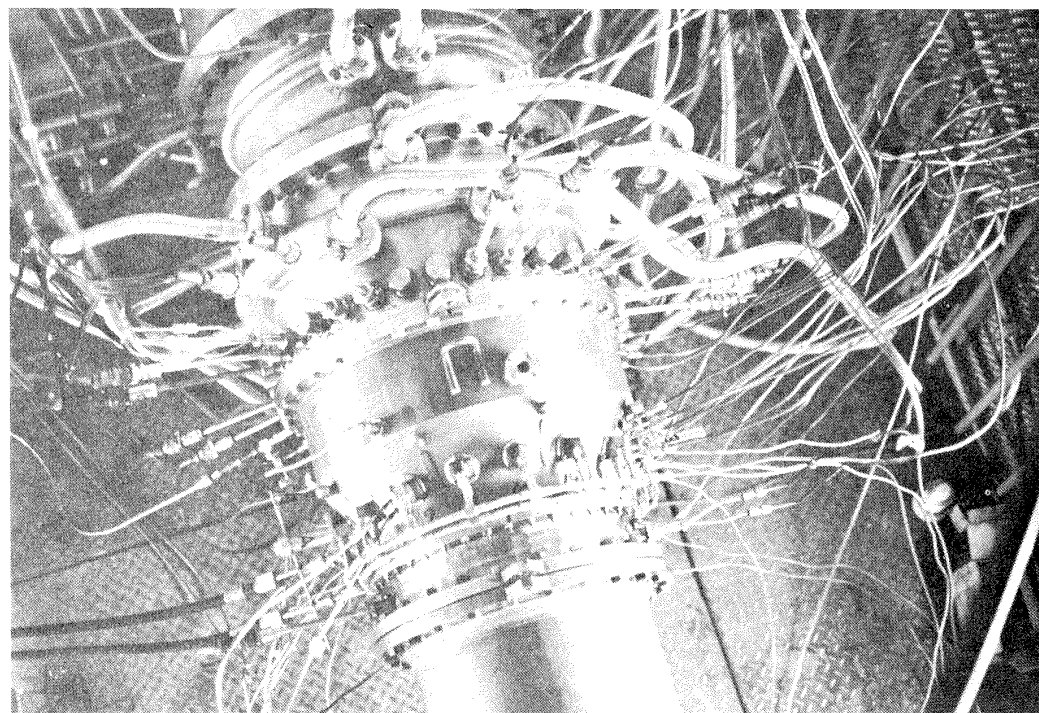


図2 供試燃焼器の装置への取付状態

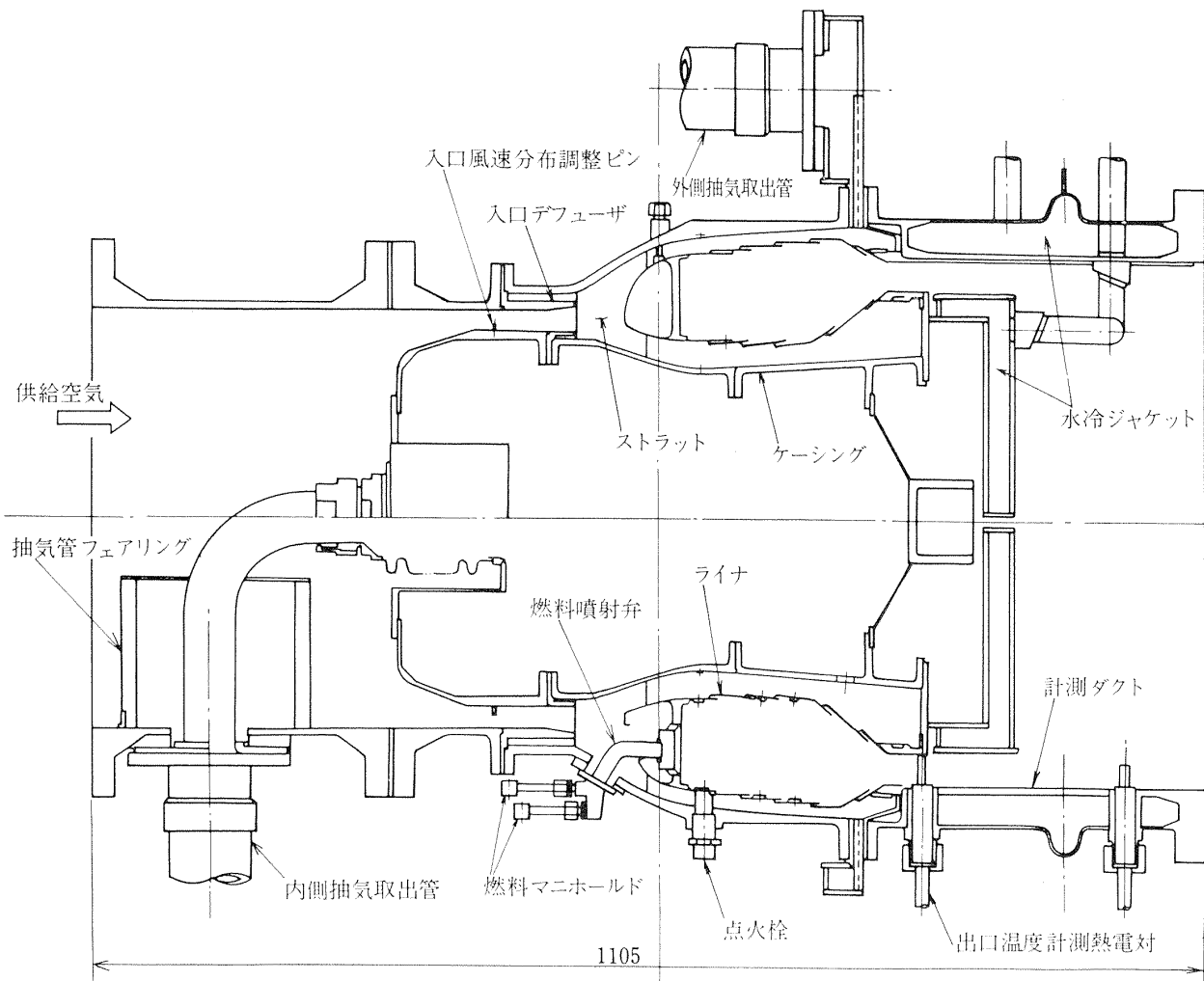


図3 環状燃焼器 CC 60 H 試験装置

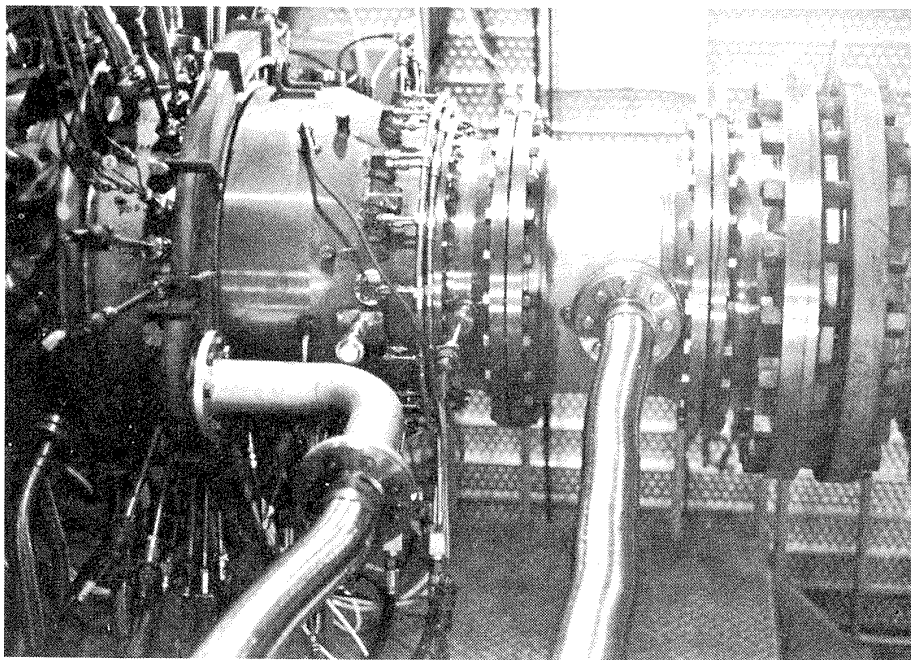


図4 抽気管取出し部の様子

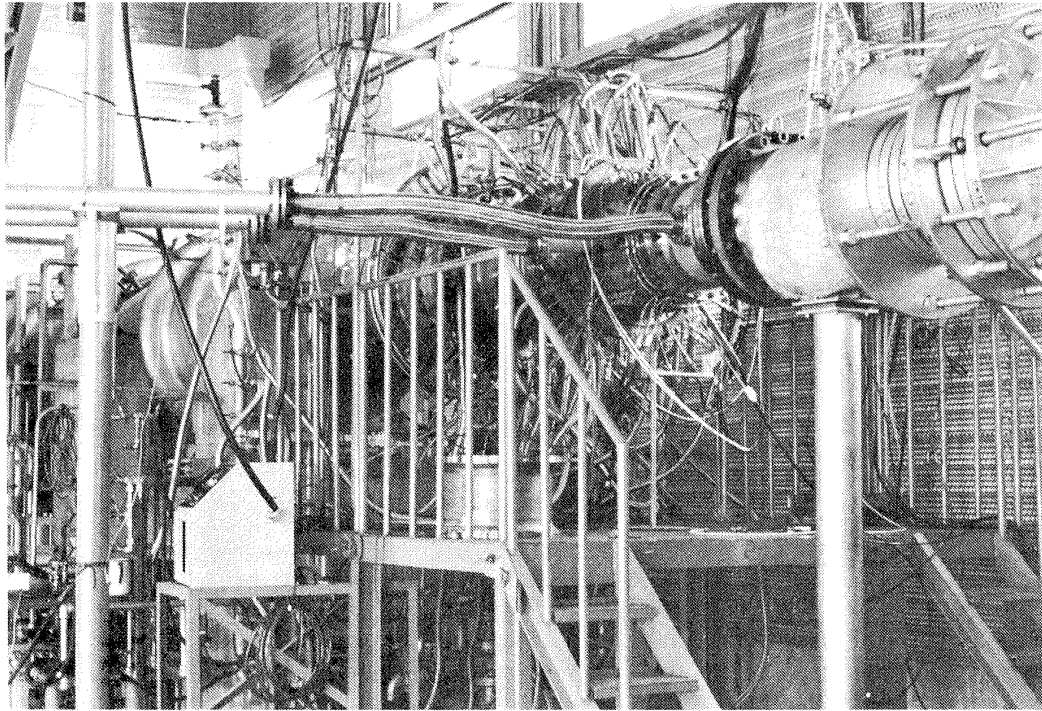


図5 抽気を行っている時の全体装置

表1 環状燃焼器 (CC 60 H) 試験に用いたライナの種類

ライナ部分名称	ライナ呼称			
	60.03	60.05	60.06	60.07
外側ライナ 空気孔	補助孔 (16個)			4
	第1列 (16個)	8	8	8
	第2列 (32個)	13	9	9
	第3列 (32個)	13	9	8/11*
	第4列 (32個)	10	7	0
内側ライナ 空気孔	補助孔 (16個)			4
	第1列 (16個)	8	8	8
	第2列 (32個)	13	9	9
	第3列 (32個)	13	9	8/11*
	第4列 (32個)	15	11	0
分流板	R5	R5	R19	丸頭形
	φ32	φ32	φ26	φ26
その他				冷却スリット 孔縮小

\* 直径8mmと11mmの空気孔を円周方向に交互にあけたもの (単位: mm)



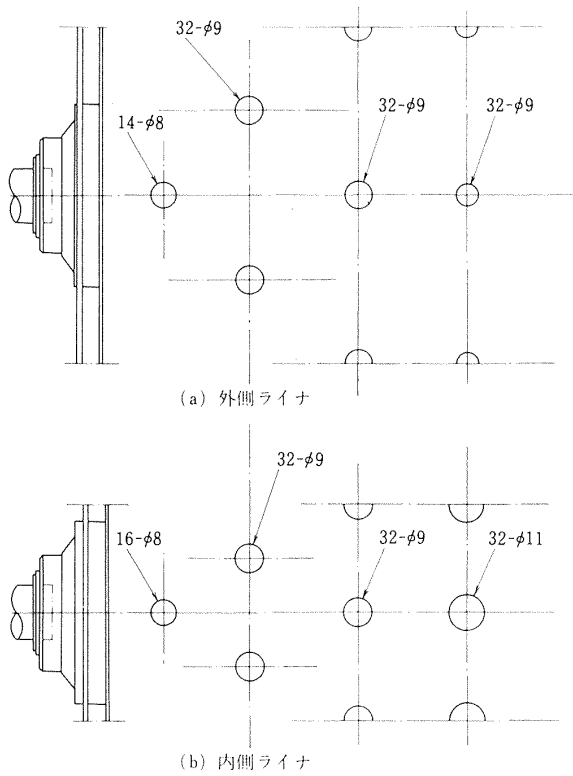


図 6 CC 60H/60.05 のライナ空気孔配置  
(内外ライナ共代表ライナ壁面で展開)

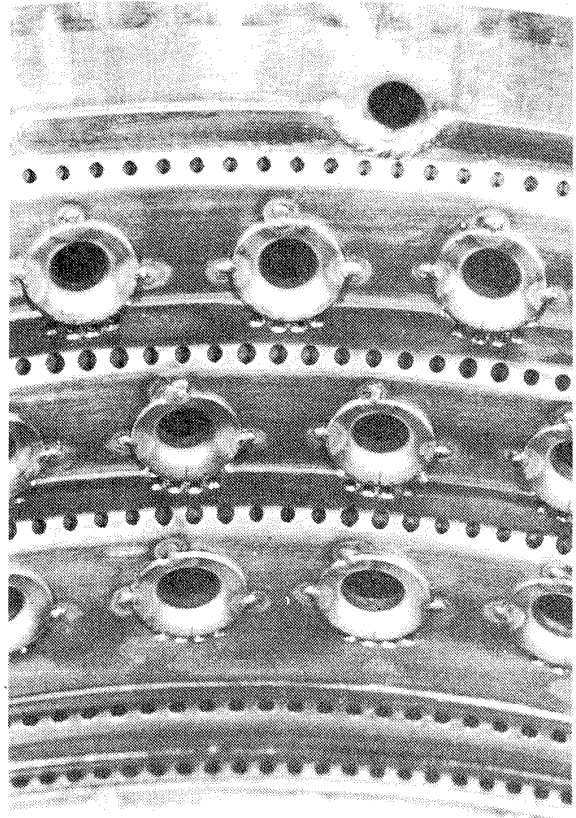


図 8 ライナ空気孔縮小加工状況

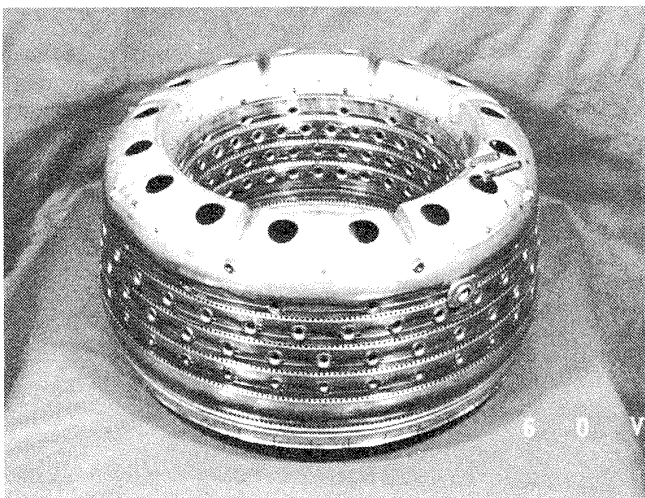


図 7 ライナ 60.05 の外観

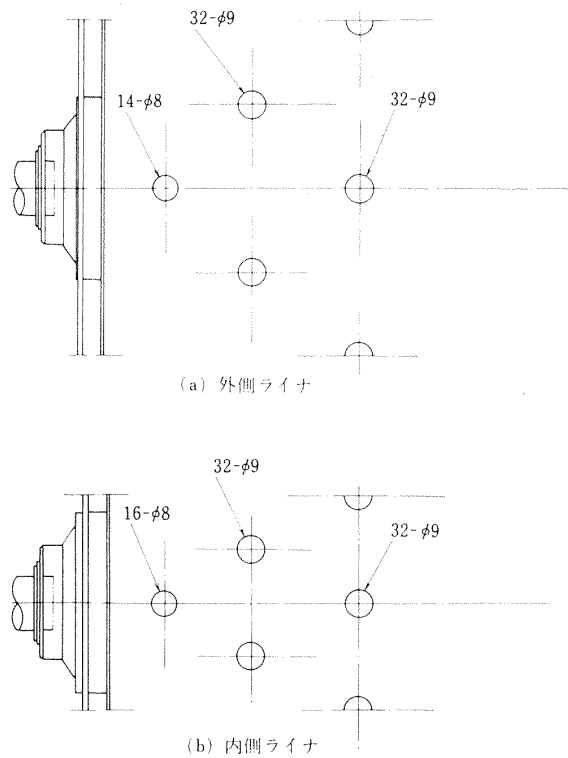


図 9 CC 60H/60.06 のライナ空気孔配置  
(内外ライナ共代表ライナ壁面で展開)

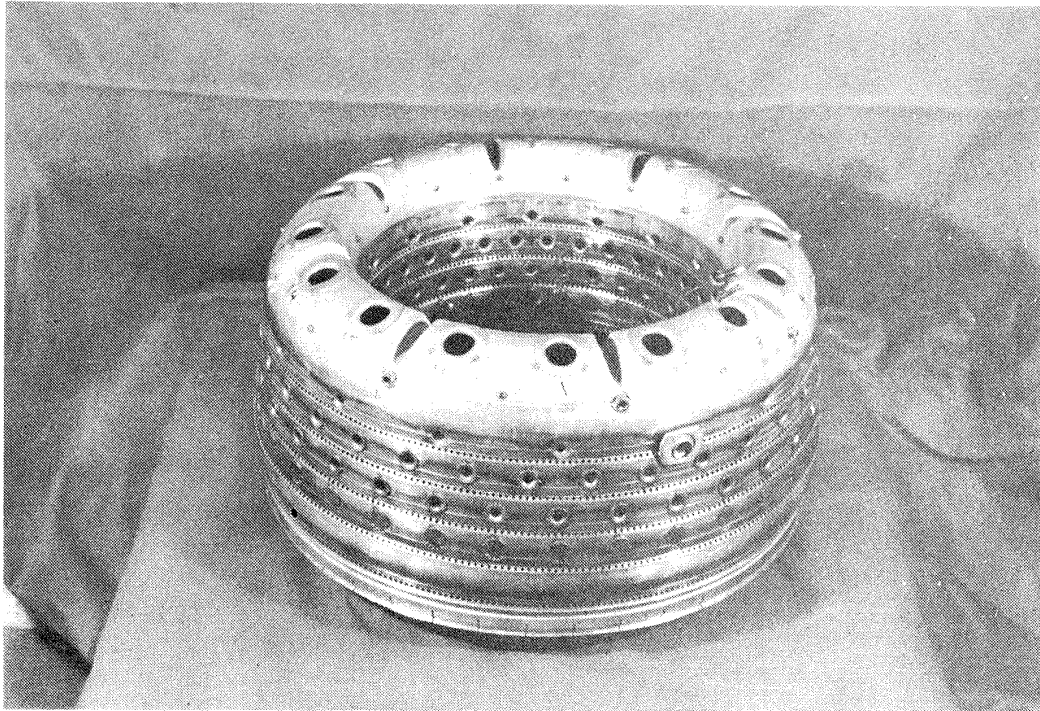


図 10 ライナ 60.06 の外観

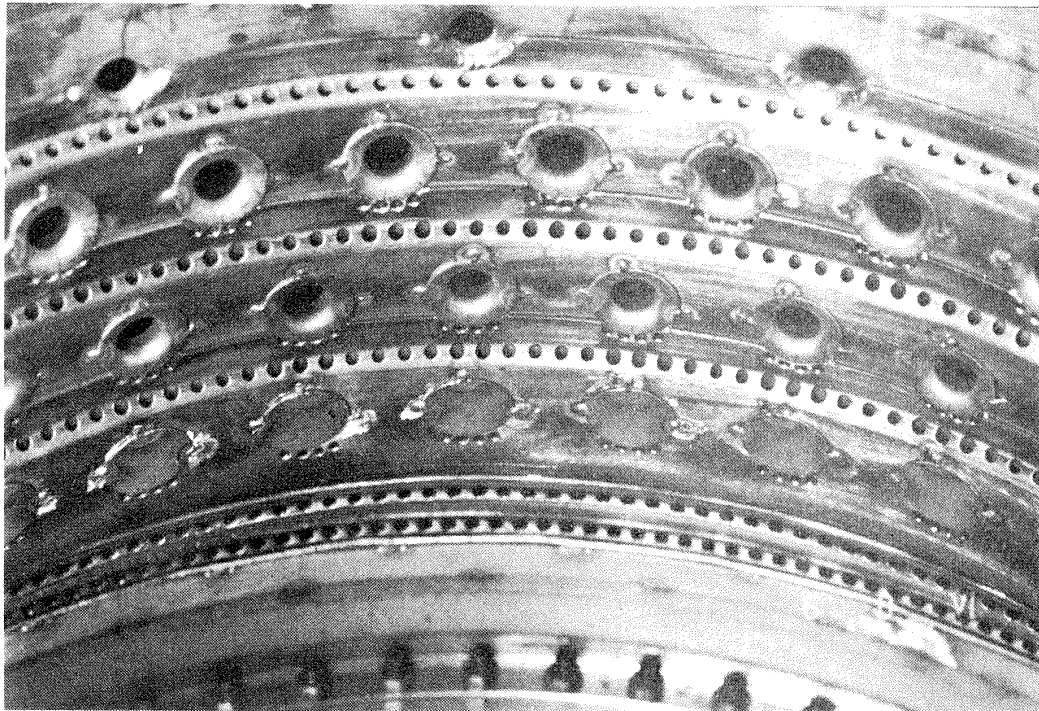


図 11 ライナ 60.06 の内側ライナ外観

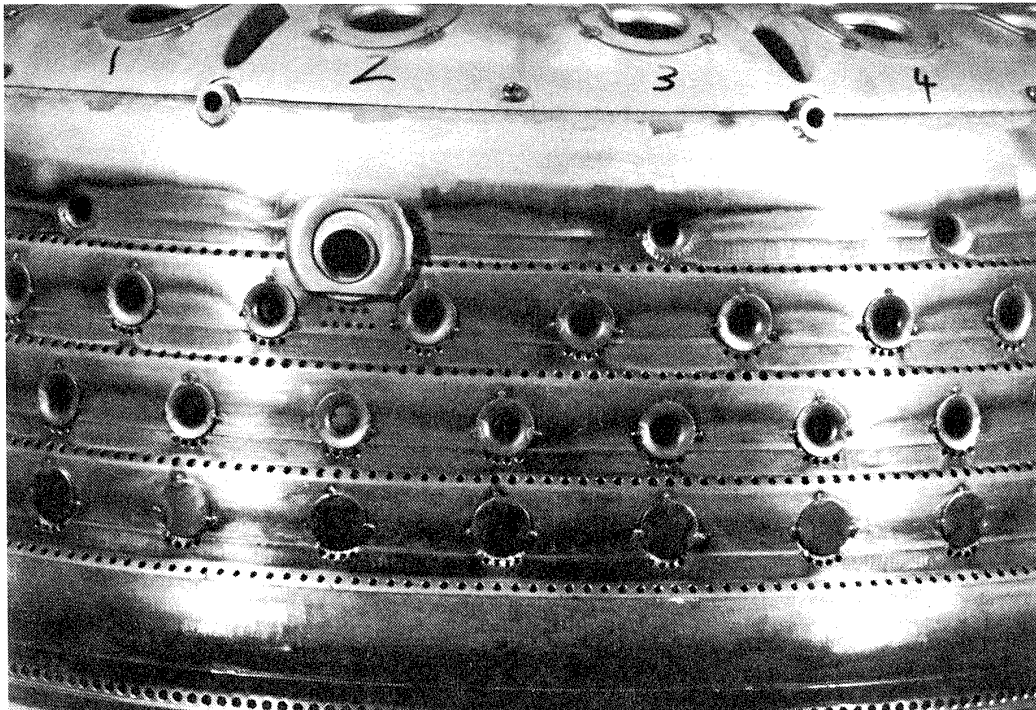


図 12 ライナ 60.06 の外側ライナ外観

4列の空気孔を有し、第2列目のものは、それより半ピッチ周方向にずらした千鳥位置にある。なお、図6.9および13などで、外側ライナ補助空気孔もしくは第1列空気孔の数が内側ライナのそれより少ないのは、点火栓取付の都合からきている。

ライナ 60.05 の外観とそのライナ空気孔を縮小加工した詳細部分をそれぞれ、図7と8に示す。

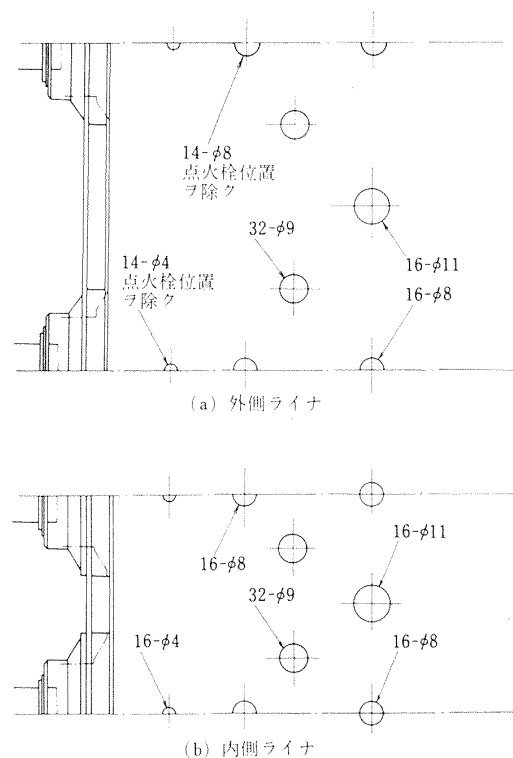
図9には、ライナ 60.06 の空気孔配置を示す。この場合、第4列空気孔を完全に閉じている。このライナ 60.06 の外観と、内側、および外側ライナの詳細はそれぞれ図10～12に示す。

ライナ 60.07 では、後述の箱形燃焼器試験結果をとり入れ図13に示すように、諸空気孔の位置、寸法、大きさを大巾に変更した。最も上流側には、原形の第1列空気孔の位置に直径4mmの補助空気孔を設けた。そして最初の直径8mmの第1列空気孔は、原形位置より22mm下流側へ移動させた。

ライナ 60.07 の全体外観を図14に内側ライナの空気孔詳細を図15と16に示す。

また、外側ライナの空気孔詳細を図17と18に示す。図16や18からわかるように、ライナ 60.07 の場合は、第1列、および第2列の空気孔に「案内筒」をつけた。

分流板形状は、後に述べる箱形模型による実験結果から決められたもので、環状模型では、呼称R5（原形）、R19、およびA2と呼ばれる三種の分流板を試験した。

図 13 ライナ 60.07 の空気孔配置  
(代表ライナ径で展開)

それらは図19に示すような分流板断面形で、曲率半径にして最も小さい部分の値が、それぞれ5, 19, および34.5mmの形状である。又、同図中左側の円は、直径17mmの燃料噴射弁に対する分流板、スワロー空気取入開

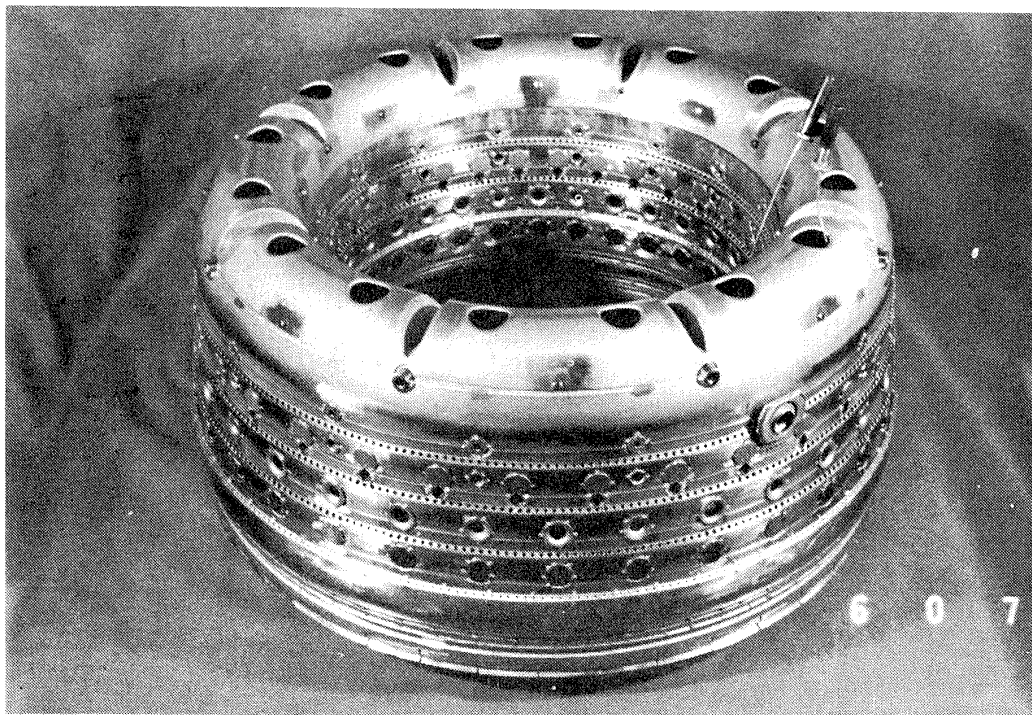


図 14 ライナ 60.07 の外観

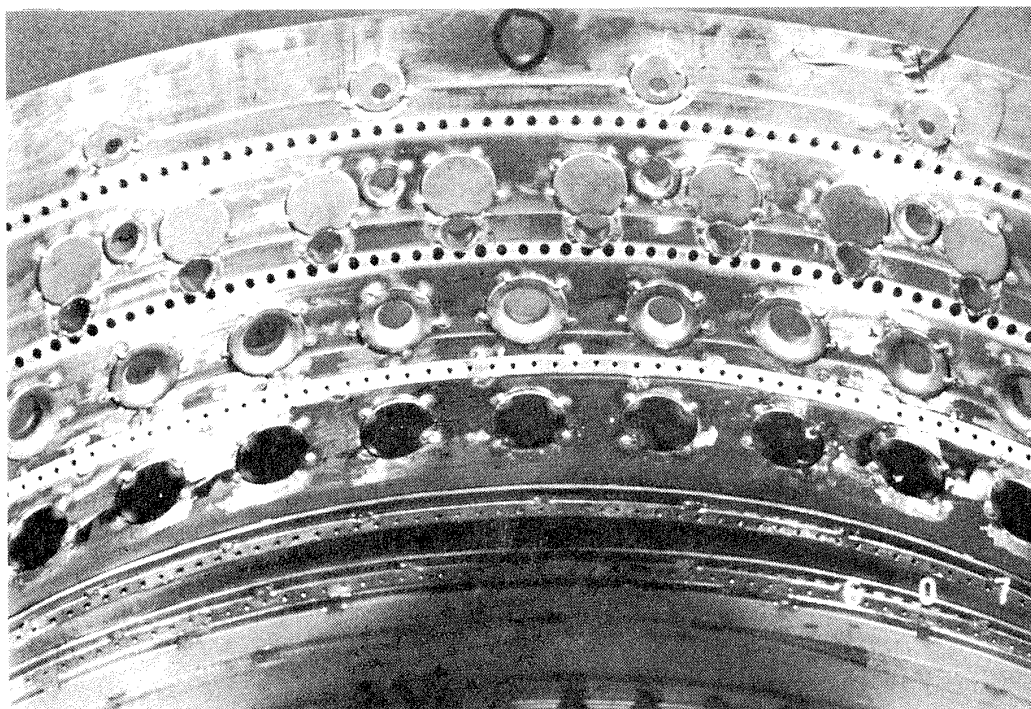


図 15 ライナ 60.07 の内側ライナ空気孔

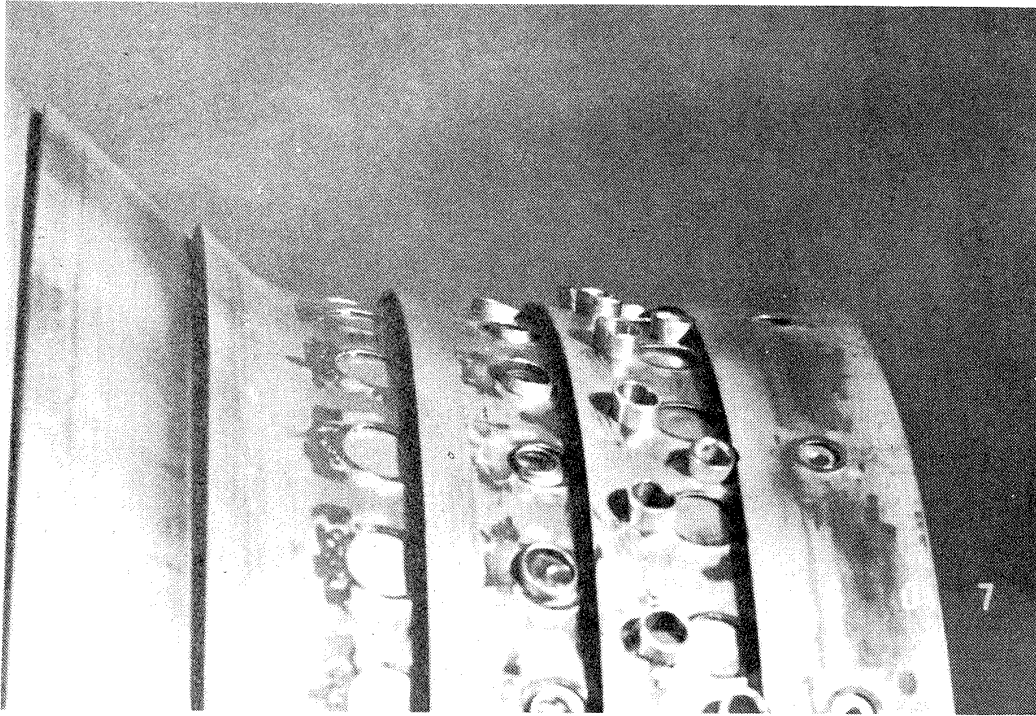


図 16 側方からみたライナ 60.07 の内側ライナ

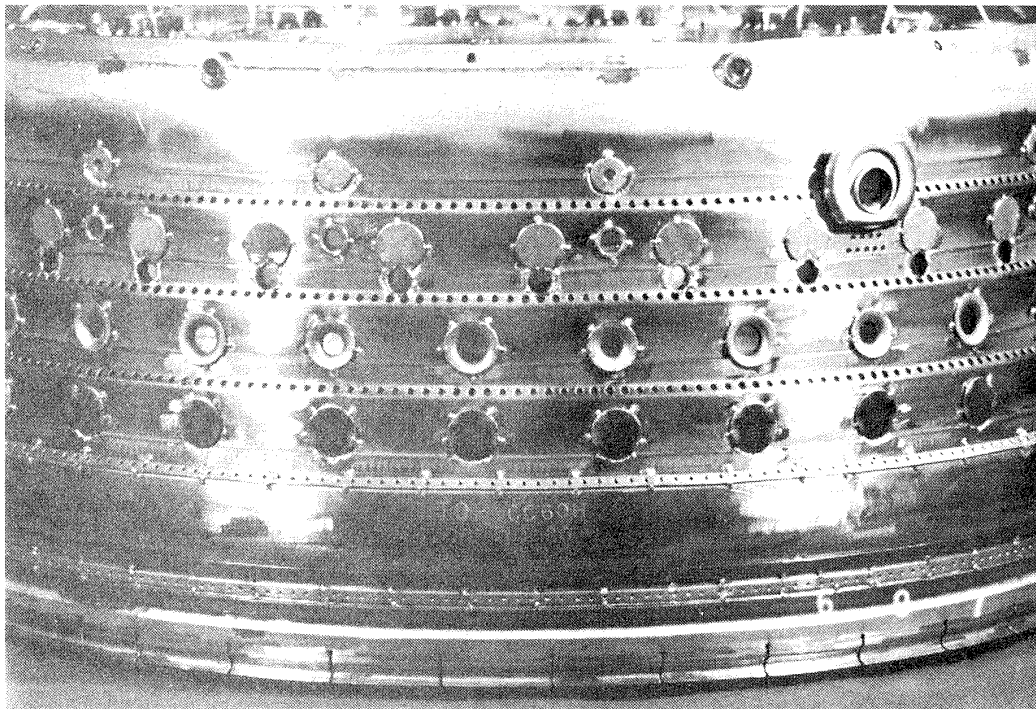


図 17 ライナ 60.07 の外側ライナ空気孔詳細

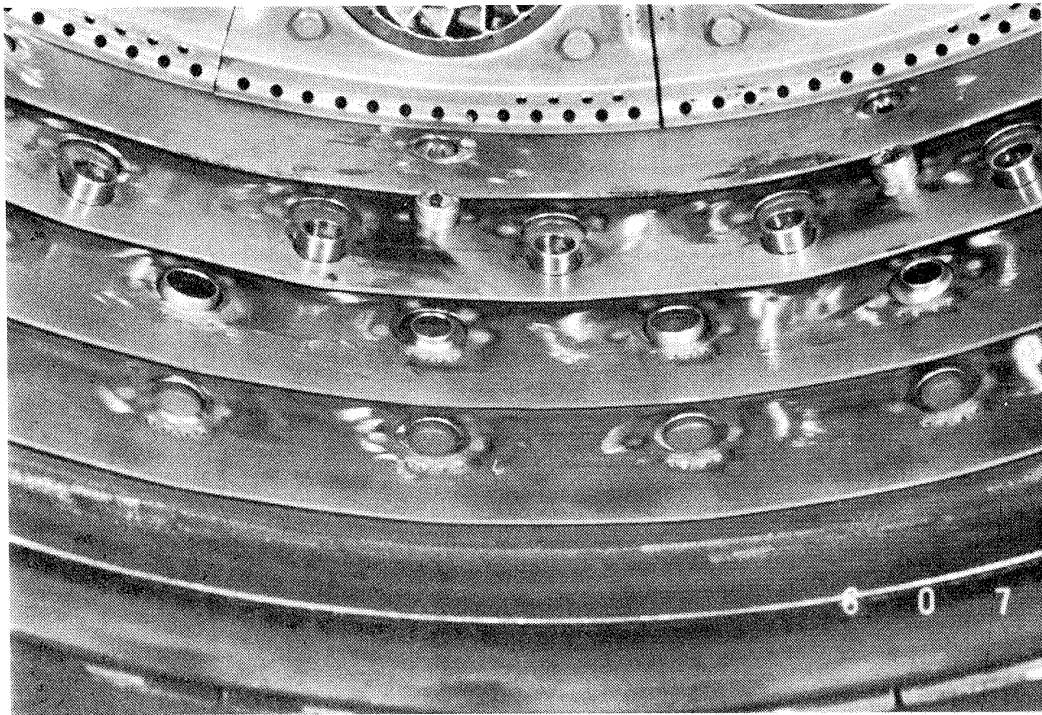


図 18 燃焼室側からみたライナ 60.07 の外側ライナ

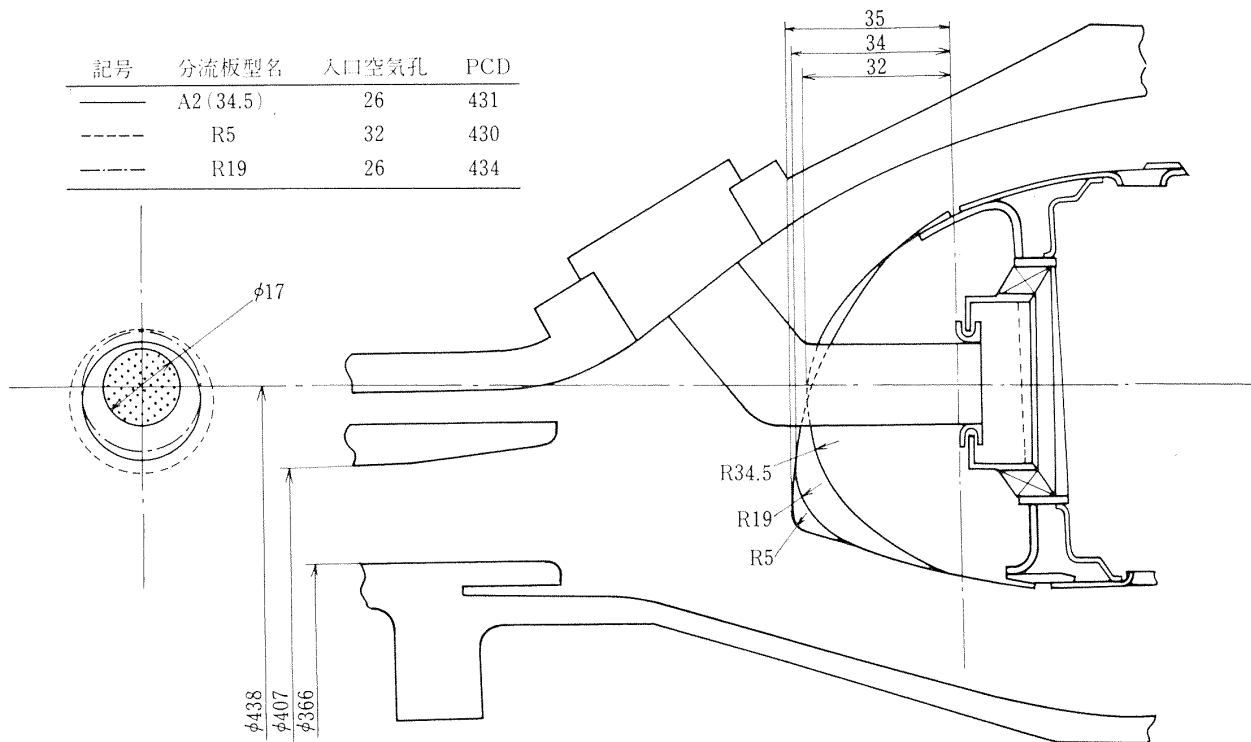


図 19 環状模型試験で用いた分流板の種類

口部の相対位置，形状を示している。

今回の一連の試験の結果の最終形状であるライナ 60.07 について，主軸を含む断面形状と主要寸法を図 20 に示す。

また，図 21 に各供試ライナの分流板を含む全開口面積の比較を示す。

CC 60 H の各種計測位置

実機の燃焼器入口では，圧縮機出口の流れに，半径方向の風速分布があることが知られている。CC 60 H のケーシングでは，実機の燃焼器入口での風速分布に近似させるため，入口部内径側ケーシングに直径 4 mm，高さ 7 mm のピンを 120 本植えている。その結果生ずる風速分布を図 22 に示すようなストラットに組み込んだ全圧

管によって計測している。

また，ライナ隔壁板付近とケーシングとの間の環状通路（以下「肩部」という）での風速を測定するために図 23 のように 3 点式全圧管を設けた。ただし相当部分のケーシング壁静圧測定は，圧力取出座の加工上の関係から全圧管取付位置より，スワローの 2 個分（45°）回転した当該位置となった。

そのほか，円周方向後視 TOP より  $\theta = 135^\circ$  の図 24 に示す位置で，ケーシング壁の主軸方向局所壁面静圧を測定した。これら測定点のある断面位置は，燃料噴射弁同士の間にあたる。

出口温度計測は，燃焼器ライナ後縁から 15mm の位置で 4 点式クシ形温度計 16 本を使って行った。円周方向

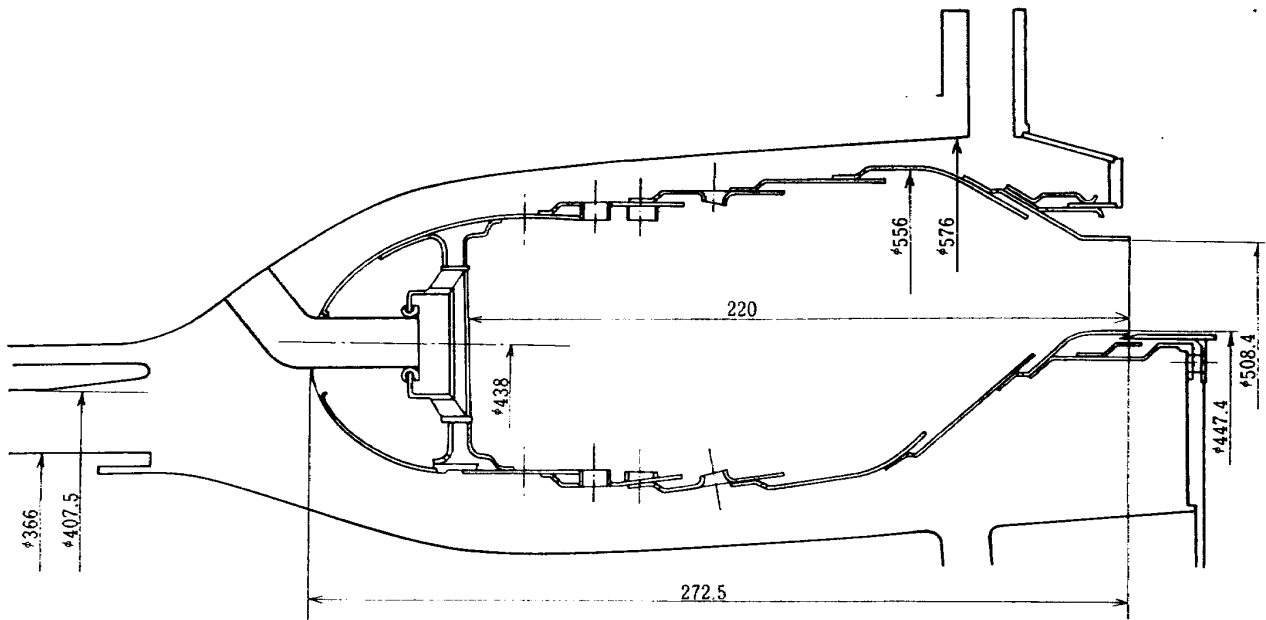


図 20 燃焼器 CC 60 H の断面図

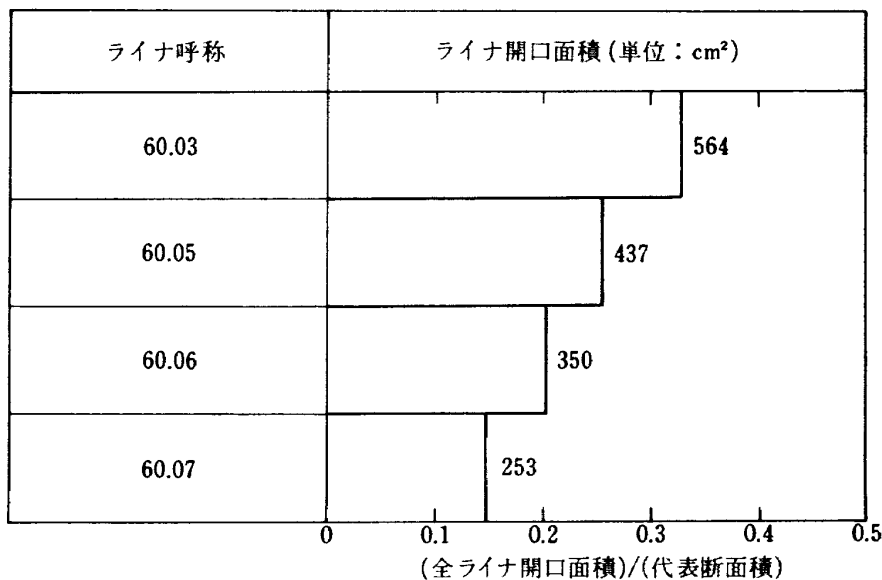


図 21 ライナ開口面積の変化

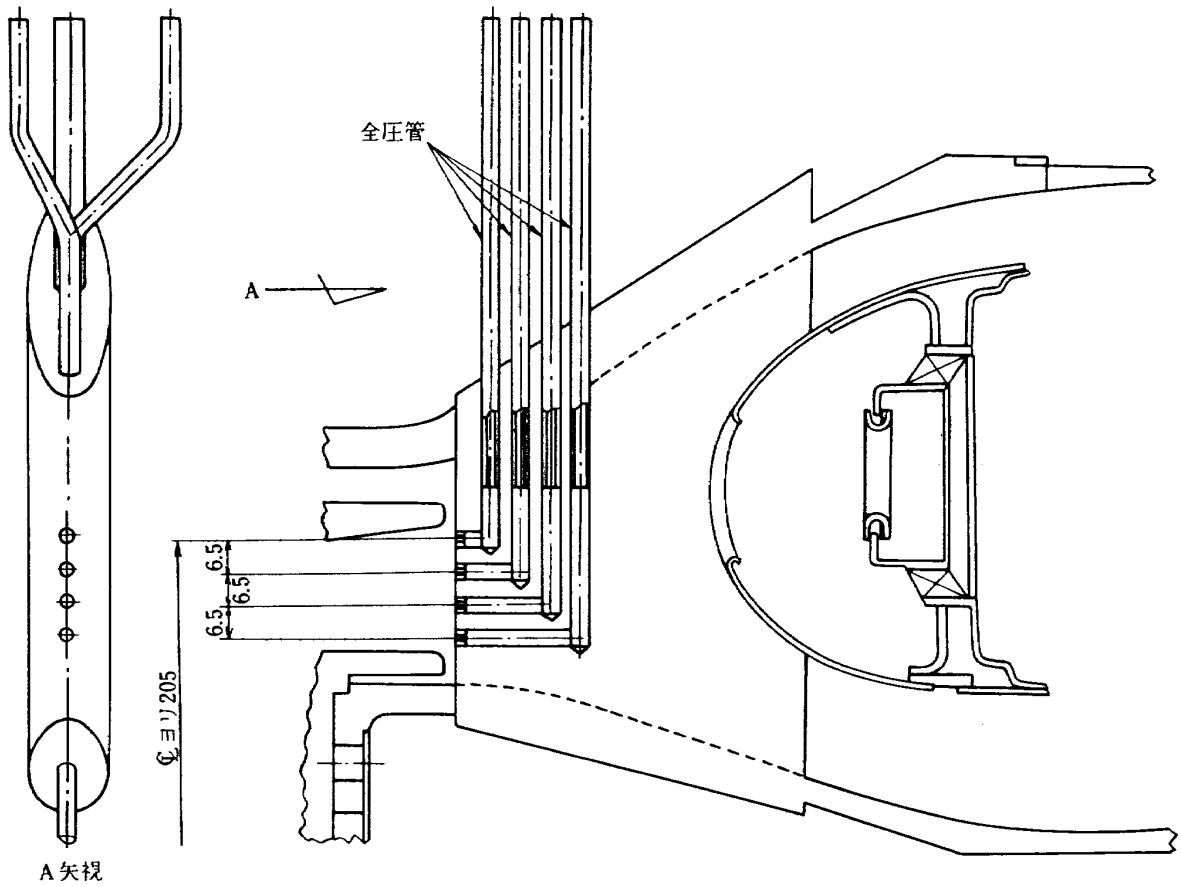


図 22 スラット前縁での全圧計測

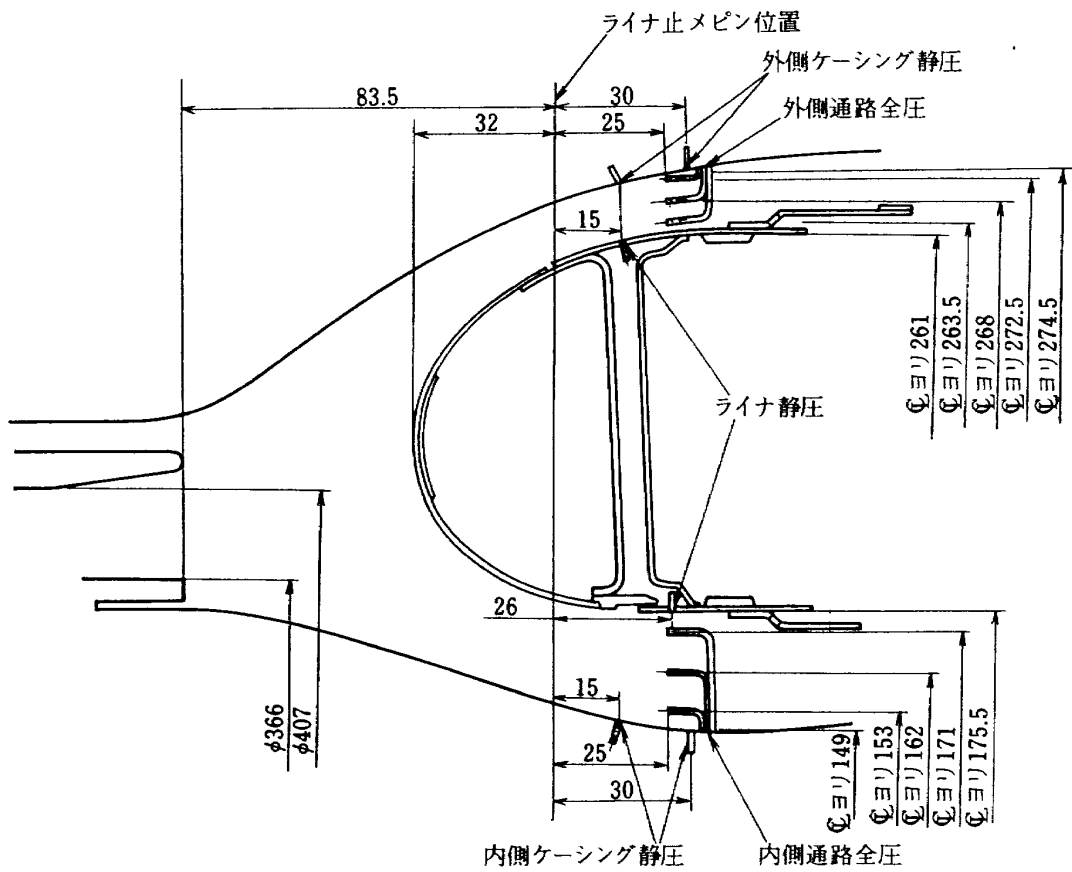


図 23 「肩部」圧力計測位置



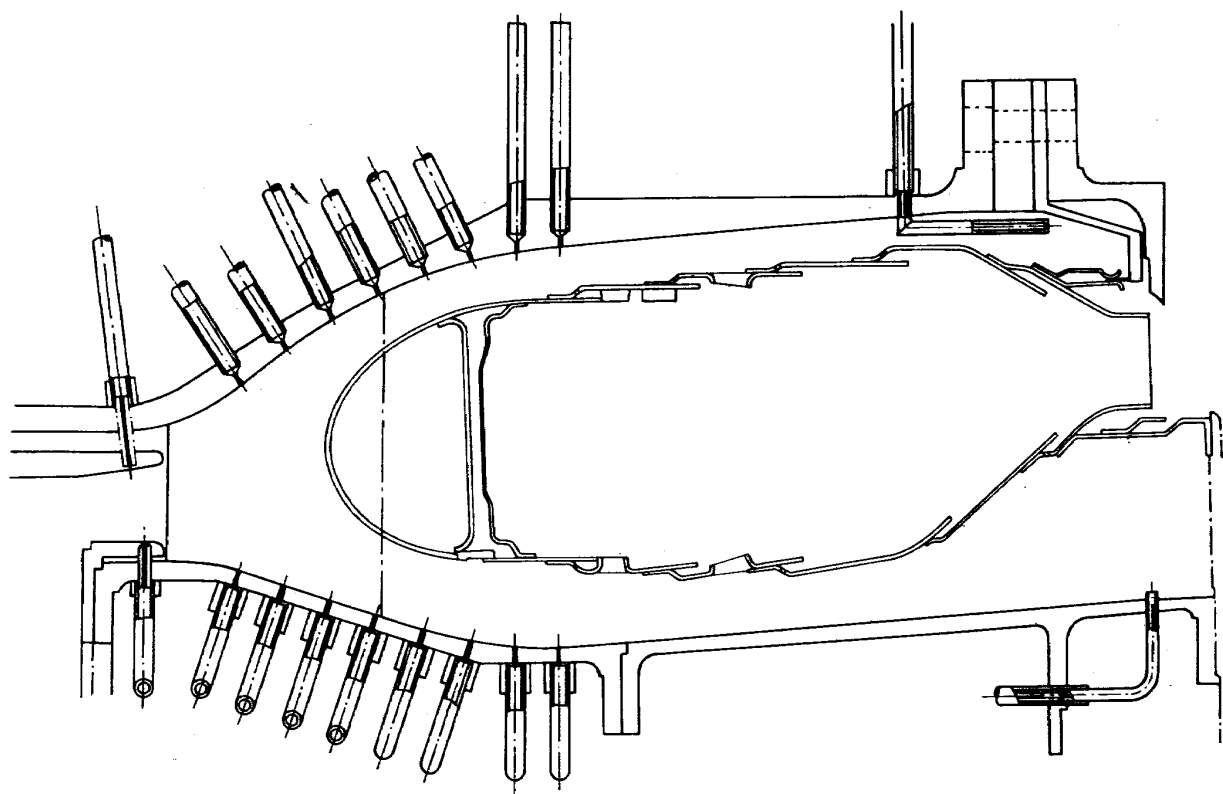


図 24 ケーシング壁静圧計測位置

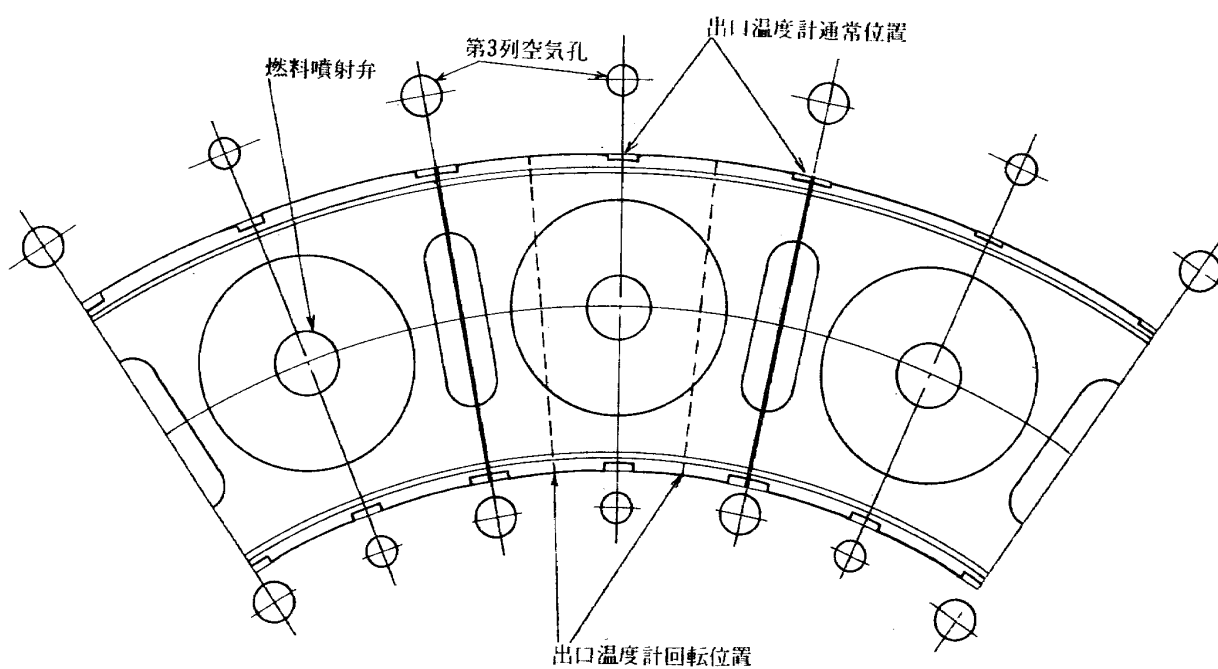


図 25 燃料噴射弁等位置にたいする出口温度計相対位置

の配置は、燃料噴射弁の下流と、それらの中間位置のそれぞれ8ヶ所である。

なお、この出口温度計の円周方向位置の影響を調べるために、出口計測座全体を回転させた燃焼試験も行った。そのときの熱電対の燃料噴射弁などに対する円周方向相対位置は、図25に示すように噴射弁をはさむ位置となっている。

燃焼器の諸構成要素と、以上の計測位置との円周方向相対位置関係を図26に模式的に示す。出口計測座を回転させたとき、その角度は $16^{\circ}52'30''$ である。

## 2.2 箱形燃焼器CC60B

箱形燃焼器は、CC60Hのスワラ4個に相当する部分を取り出し、そのピッチ円を二次元的に展開したもので、後視すると図27のようである。

この箱形模型は、内、外ライナの空気孔間隔が円周方向に同一になってしまったり、ライナの内径側、外径側へ流れる空気流量などに環状模型との差がでてくる欠点

はあるが、改造加工が手軽に出来ることや、内部の観察が容易に出来るなど大きな長所がある。

図28に、スワラ近傍の様子を示す。この付近の火炎の保持、流れの偏り、燃料噴霧とスワラ空気量の干渉状況を観察するには、箱形模型が最も容易である。

図29に箱形模型を側面から観た写真を示す。この図では、手前側の側壁板をとりはずしてある。

また、本模型では図30に示すように、出口に巾方向に42.5mm毎に並べた4点式クシ形熱電対を燃焼器出口を横切って移動させることにより、燃料噴射弁や空気孔との任意の相対位置で温度計測することができる。

図31に抽気を行いながら、燃焼実験を行っている様子を示す。抽気量は、抽気管の途中に設けたバルブを手動で開閉することによって加減した。

CC60Bライナの改造による種類は表2に示す。それら変更の前半では、おもに分流板を、後半では、空気孔開口面積と配置に重点をおいている。

箱形試験で試みた分流板は図32に示す環状模型相当の

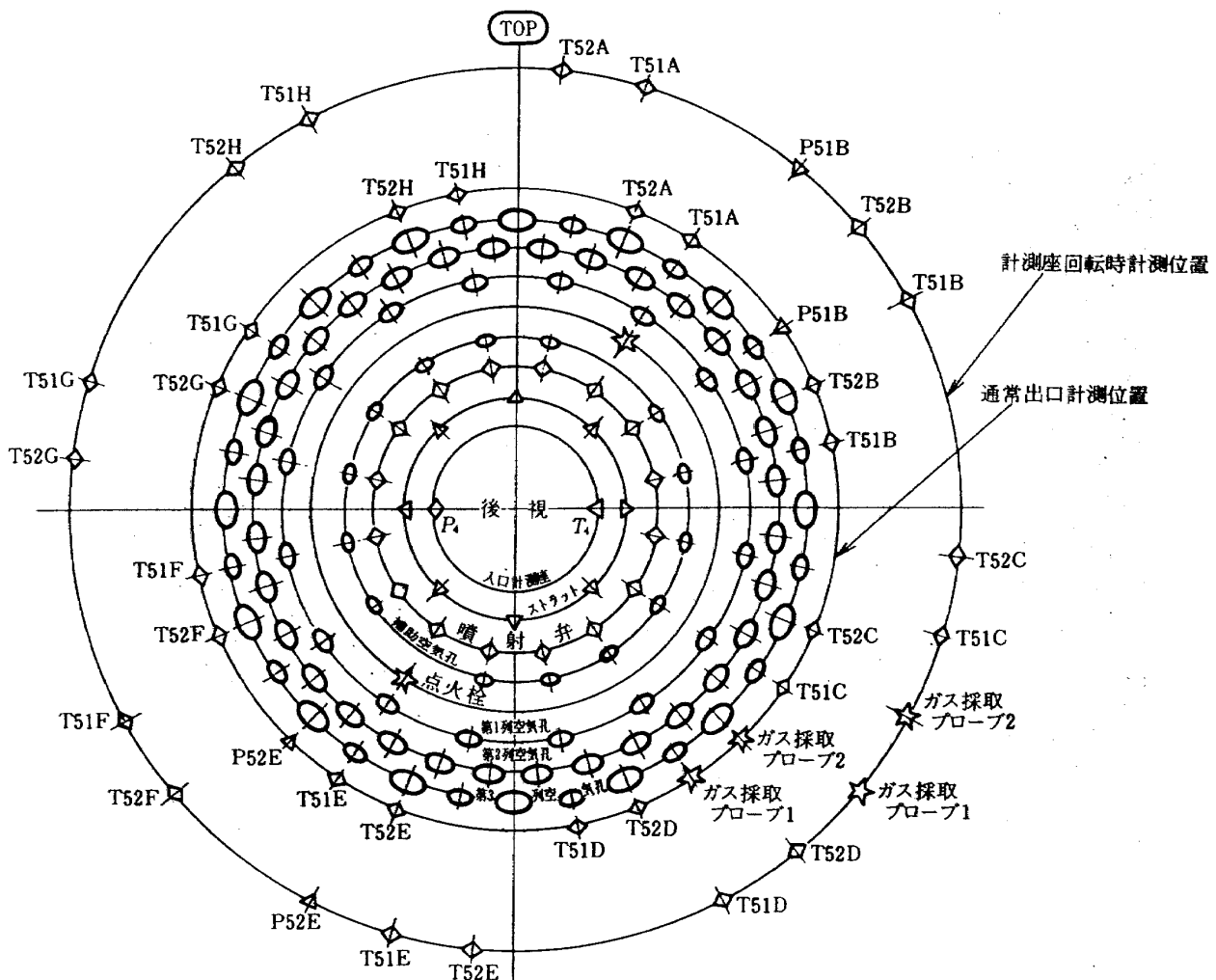


図26 諸計測位置の燃焼器構成要素に対する円周方向配置

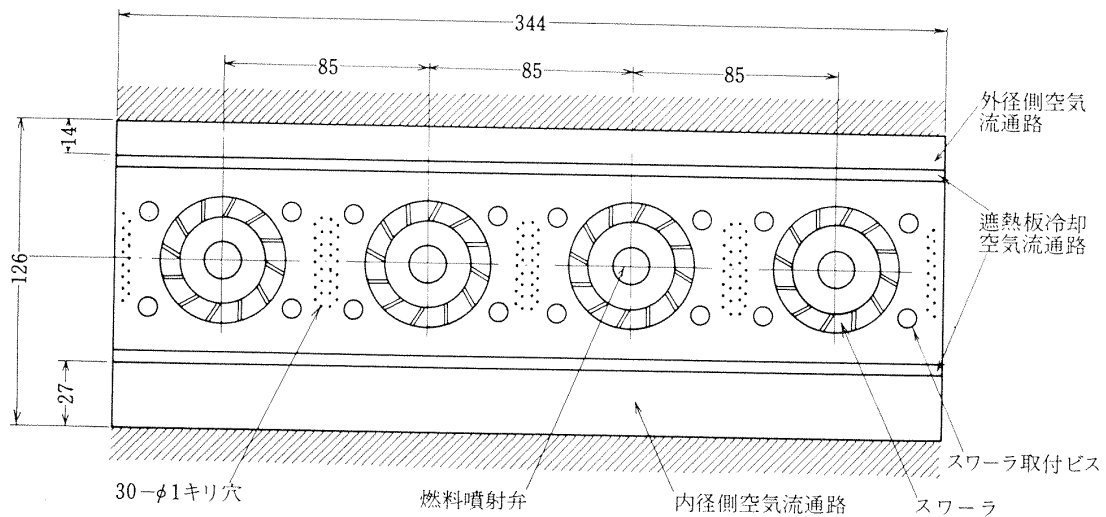


図 27 箱形燃焼器のスワール配列

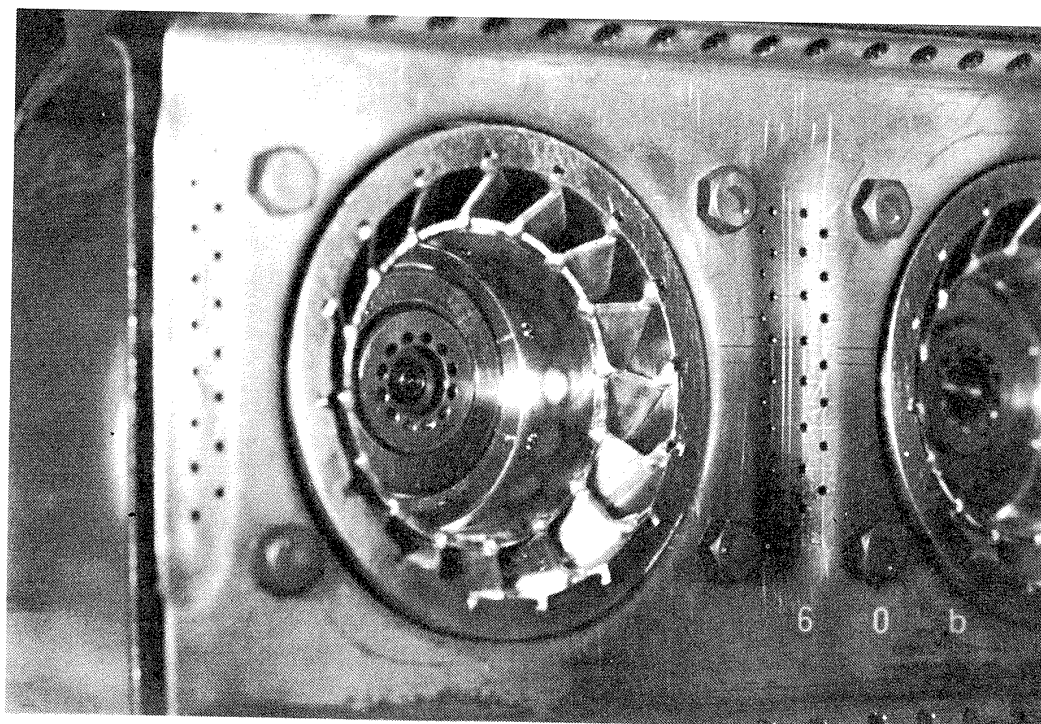


図 28 箱形燃焼器におけるスワール部分詳細

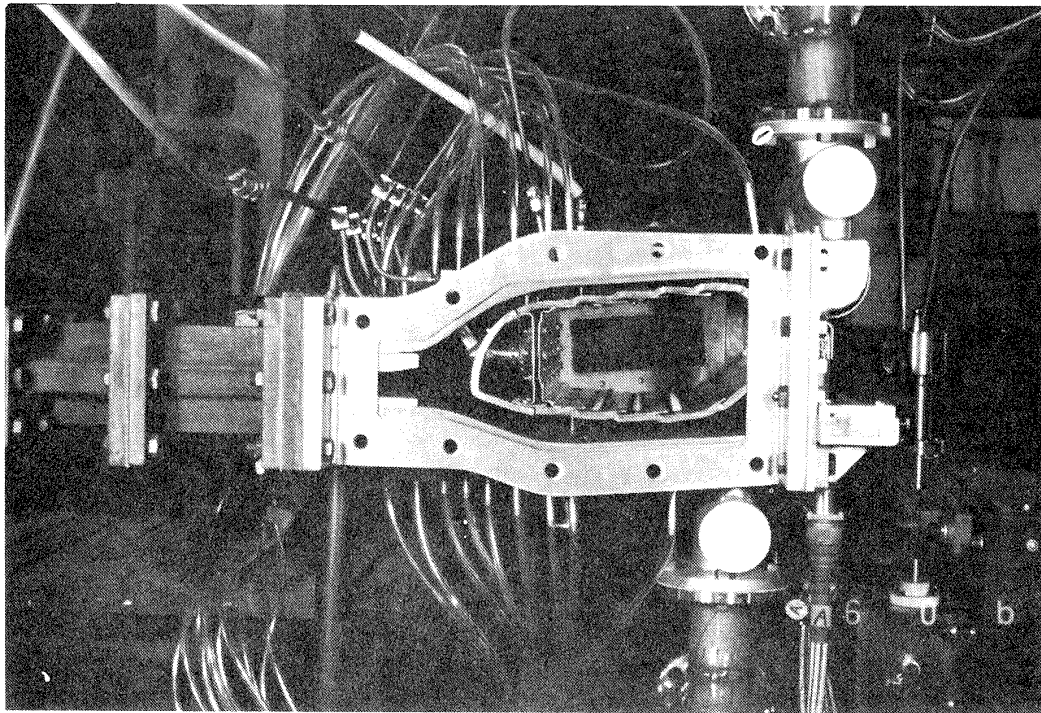


図 29 箱形燃焼器模型（側壁板はとりはずしてある）

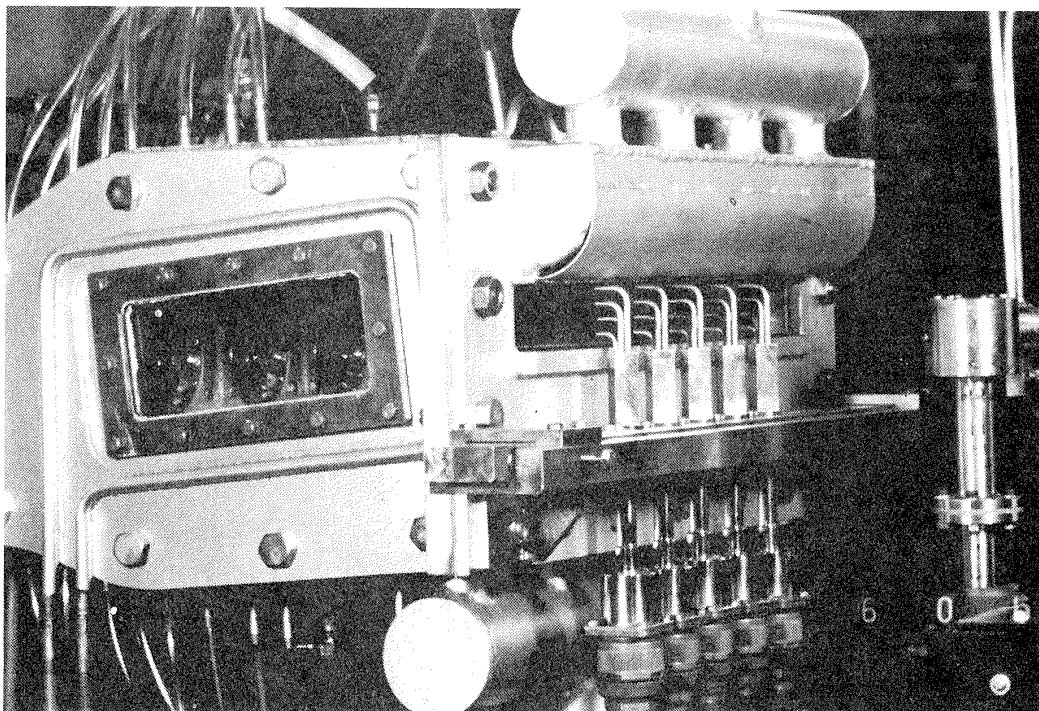


図 30 箱形燃焼器模型の出口温度計測部分

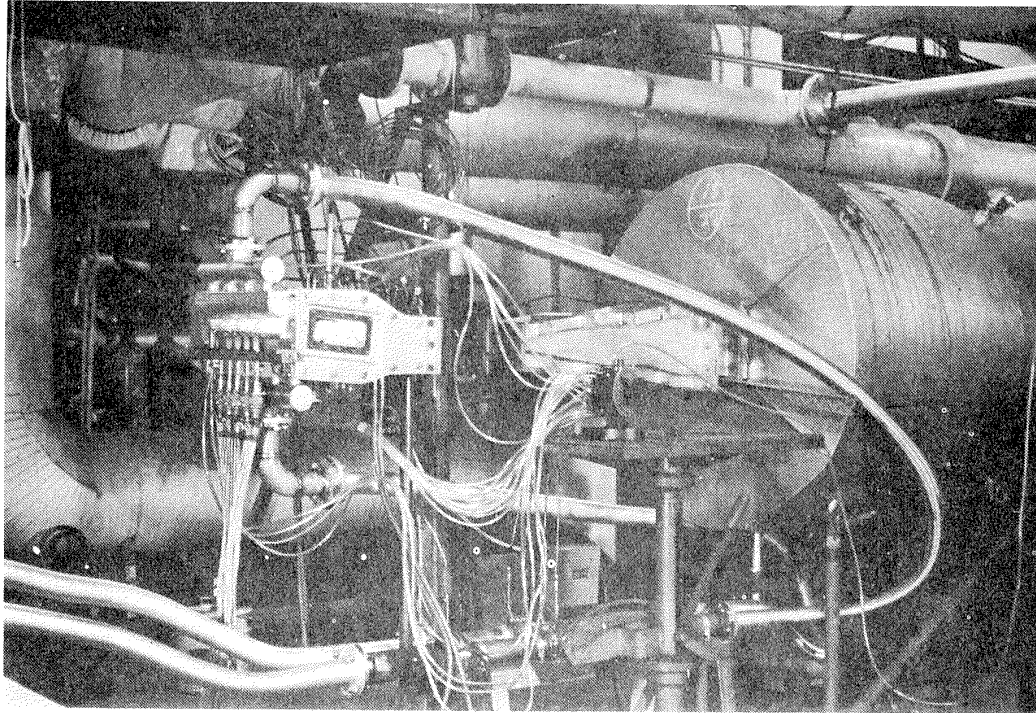


図 31 箱形燃焼器模型による燃焼試験の様様

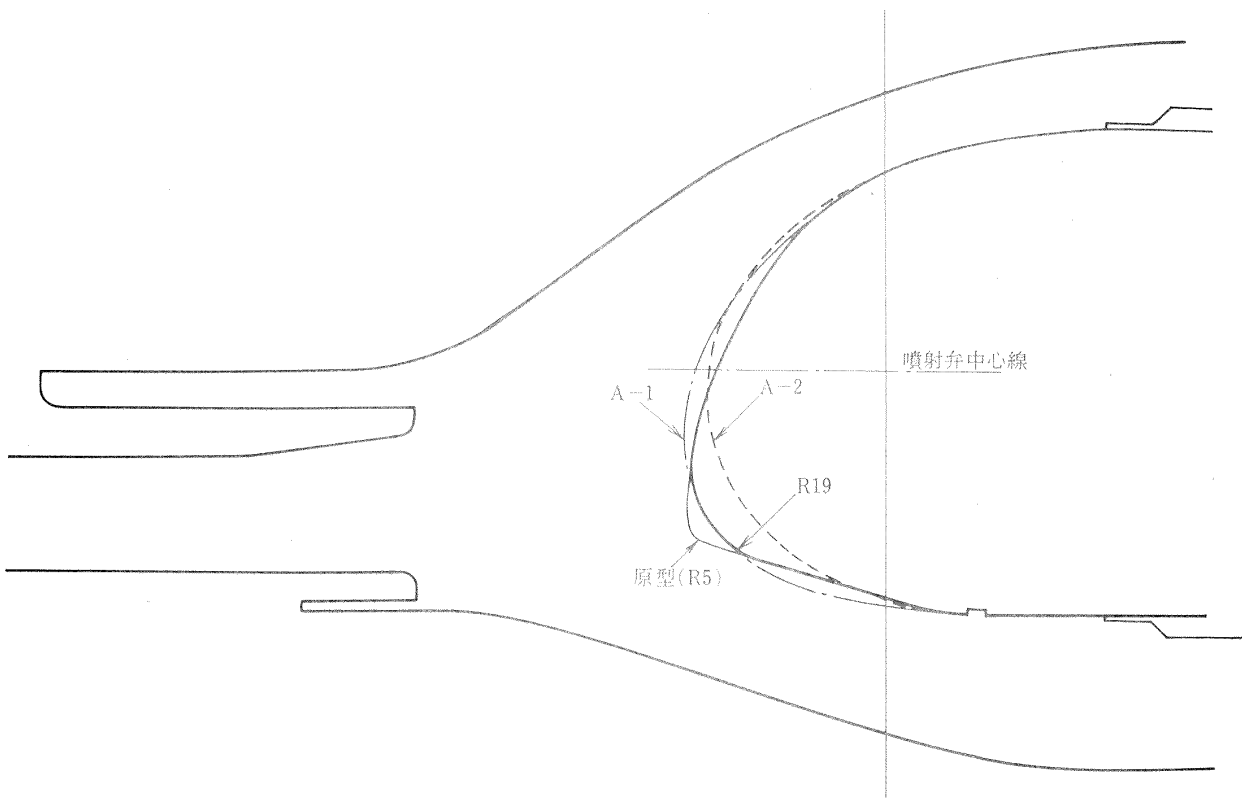


図 32 分流板形状

表2 CC60Bのライナ開口面積などの推移\*

\* 単位: cm<sup>2</sup>)

改修形呼称		1(原形)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
外側	分流通	R5	R19	A-1(φ26)	←	R19	A-1	A-2(φ28)	←	A-2(φ26)	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	開口面積	22.9	←	12.0	←	←	12.8	←	←	12.0	←	←	←	←	←	←	←	←	←
内側	冷却小孔	23.3	←	←	←	←	20.3	←	←	←	18.5	←	14.4	12.7	←	←	←	←	←
	補助	←	←	←	←	←	←	←	←	0.4	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	空第1列	1.5	←	←	←	←	←	←	2.0	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	第2列	10.6	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	第3列	10.6	←	←	←	←	←	←	←	←	←	5.7	5.5	6.6	6.0	7.6	6.8	←	6.0
第4列	6.3	←	1.3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
合計		52.3	38.0	36.2	34.9	←	31.9	←	32.4	←	31.1	31.8	27.4	26.8	26.2	27.8	27.0	←	26.2
内側	冷却小孔	23.3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	20.5	12.7	11.0	←	←	←	12.7
	補助	←	←	←	←	←	←	←	←	0.6	←	←	0.5	←	←	←	←	←	←
	空第1列	2.0	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	第2列	10.6	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	第3列	10.6	←	←	←	←	←	←	←	←	←	5.7	5.1	←	←	←	←	←	←
第4列	14.1	←	1.3	←	←	←	←	←	←	←	←	5.5	6.6	6.0	7.6	6.8	←	6.0	
合計		60.6	43.1	36.7	35.4	←	36.3	←	←	←	36.9	37.6	33.6	27.0	24.6	26.2	25.4	27.1	24.6
全開口面積		135.8	104.0	84.9	82.4	←	80.2	81.0	81.5	80.7	79.9	81.3	72.9	65.7	62.8	65.9	64.4	66.1	64.5
環状模型換算		543	416	339	329	←	321	324	326	323	320	325	292	263	251	264	258	265	258
全圧損失係数φ		64~69	70~75	69~83	←	73~81	70~79	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
抽気		←	←	69~77	62~72	←	←	63~72	64~70	63~69	64~70	64~74	70~77	71~80	73~83	73~85	73~85	←	78~83

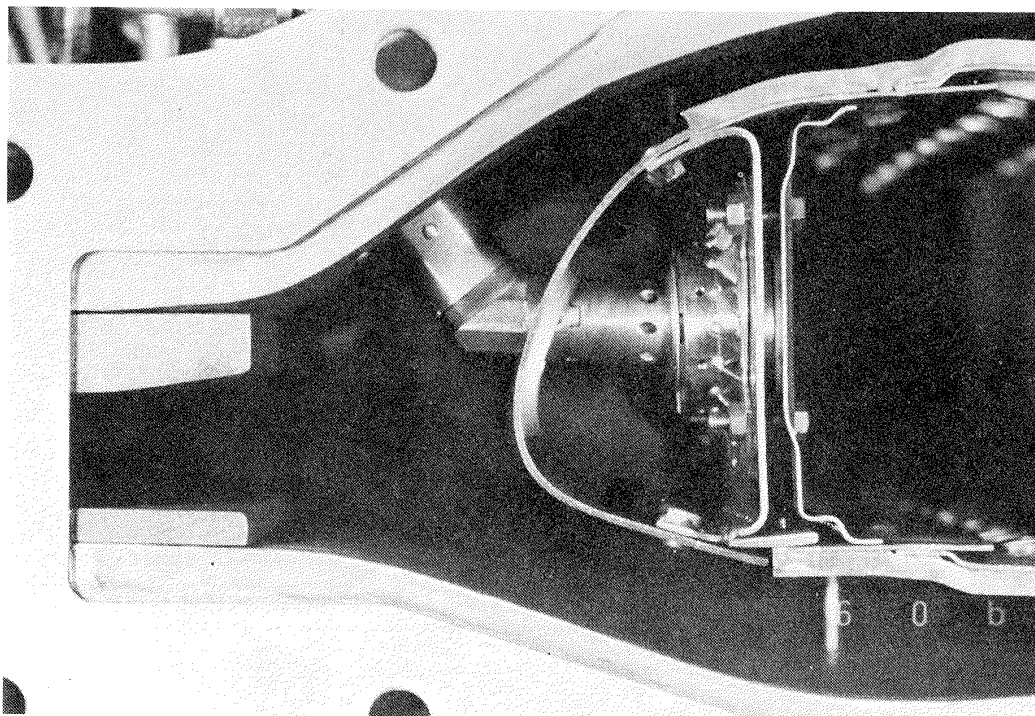


図 33 箱形模型における分流板 R 19

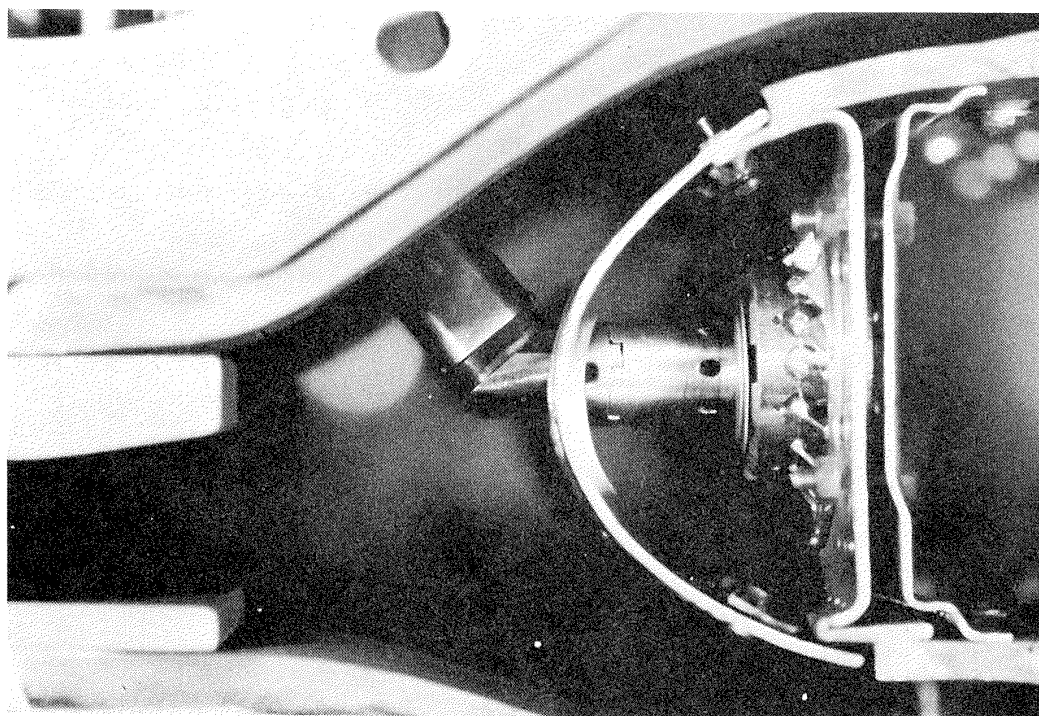


図 34 箱形模型における分流板 A - 2

R5とR19の他に、鈍頭部曲率半径が20.5mmのA-1、および前出A-2の4種である。ただし、A-2においては、開口部直径が28φのものとして試験し、後者のものを最終的に用いることにした。

分流板R19、およびA-2の取付状況を図33と34に示す。

### 3. 試験とその結果

CC60HとCC60Bの試験は、互いに相前後して行われ、お互いの結果を参照しながらそれぞれの改良を進めた。ここでは便宜上、はじめにCC60Hの試験とその結果を、つづいてCC60Bのそれらについて述べる。

なお、使用燃料はジェットA-1である。

#### 3.1 CC60H

表3にCC60H試験で使用したライナの種類、空気源、

試験の種類などについて記す。使用した装置は、環状燃焼器高圧燃焼試験装置<sup>2)</sup>であるが、試験データ番号780412、780511および780519のときは、付属の10,000kW圧

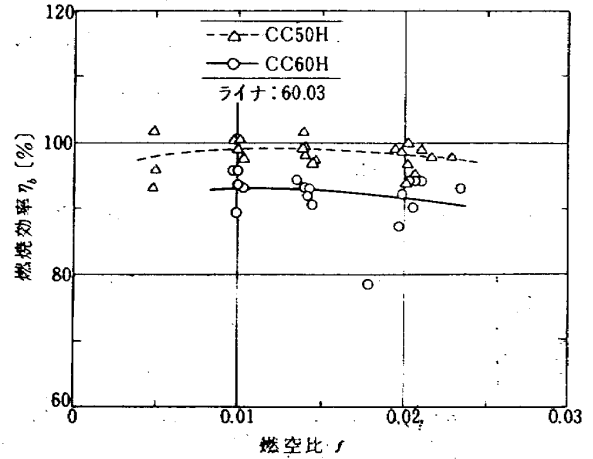


図35 燃焼効率の比較 ( $P_4 = 2.5 \sim 6.6 \text{ kg/cm}^2$ ,  $T_4 = 500 \sim 618 \text{ K}$ ,  $U_r = 15.1 \sim 17.3 \text{ m/s}$ )

表3 CC60H試験

使用ライナ	試験番号	空気源	抽気	備考
60.03	780412	3.7 MW	なし	CC50Hとの比較を目的
	780414	10 MW	なし	"
60.05	780426	10 MW	なし	ガス分析、ライナ開口比23%減、
	780511	3.7 MW	なし	通風テスト、ライナ開口比更に20%減、19R分流板
60.06	780515	10 MW	なし	
	780519	3.7 MW	あり	通風テスト
	780522	10 MW	あり	
	780612	10 MW	あり	
60.07	780804	10 MW	あり	ガス分析、ライナ開口比更に28%減、A-2型分流板
	780918	10 MW	なし	同上
	781113	10 MW	あり	同上、出口計測ダクト回転

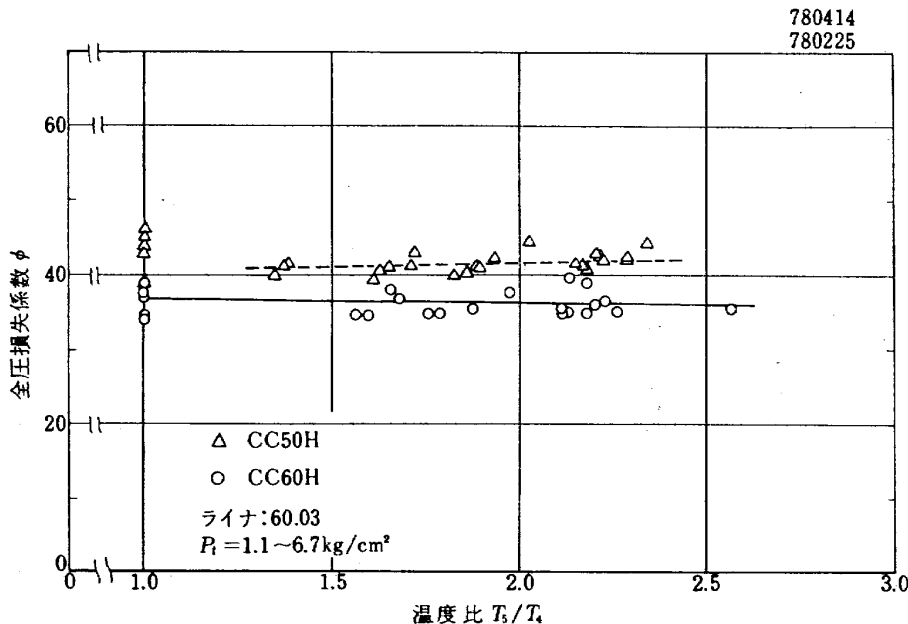


図36 圧力損失の比較



縮機を使わず、ジェットエンジン要素試験用空気源<sup>4)</sup>の 3,700kW 圧縮機 (最高圧力 3.1 kg/cm<sup>2</sup>) を用いた。

3.1.1 CC50H との比較

まず、ライナ 60.03 を使ったケーシング CC50H の結果と同一ライナを使った今回のケーシング CC60H の結果とを比較して見る。勿論、後者の場合抽気は行っていない。

図 35 にそれらの燃焼効率測定値の比較を示す。測定値のばらつきはあるが、燃焼器入口圧力の違いなどによ

る有意な相違は明らかでない。図 35 によると全体的に CC60H の場合は、燃焼効率  $\eta_b$  が 6 ~ 8 % 低い値を示している。なお、図 35 ~ 39 の各実験点条件・測定値は、TM-365、および本報告巻末の付表中、試験データ番号、それぞれ 780225 および 780414 の所に記載してある。

図 36 に両燃焼器の温度比  $T_5/T_4$  に対する全圧損失係数  $\phi$  の値を示す。CC50H の場合より CC60H の  $\phi$  は 5 程度低下している。この場合も入口圧力  $P_4$ 、 $T_5/T_4$  などに対する依存性はきわめて低い。

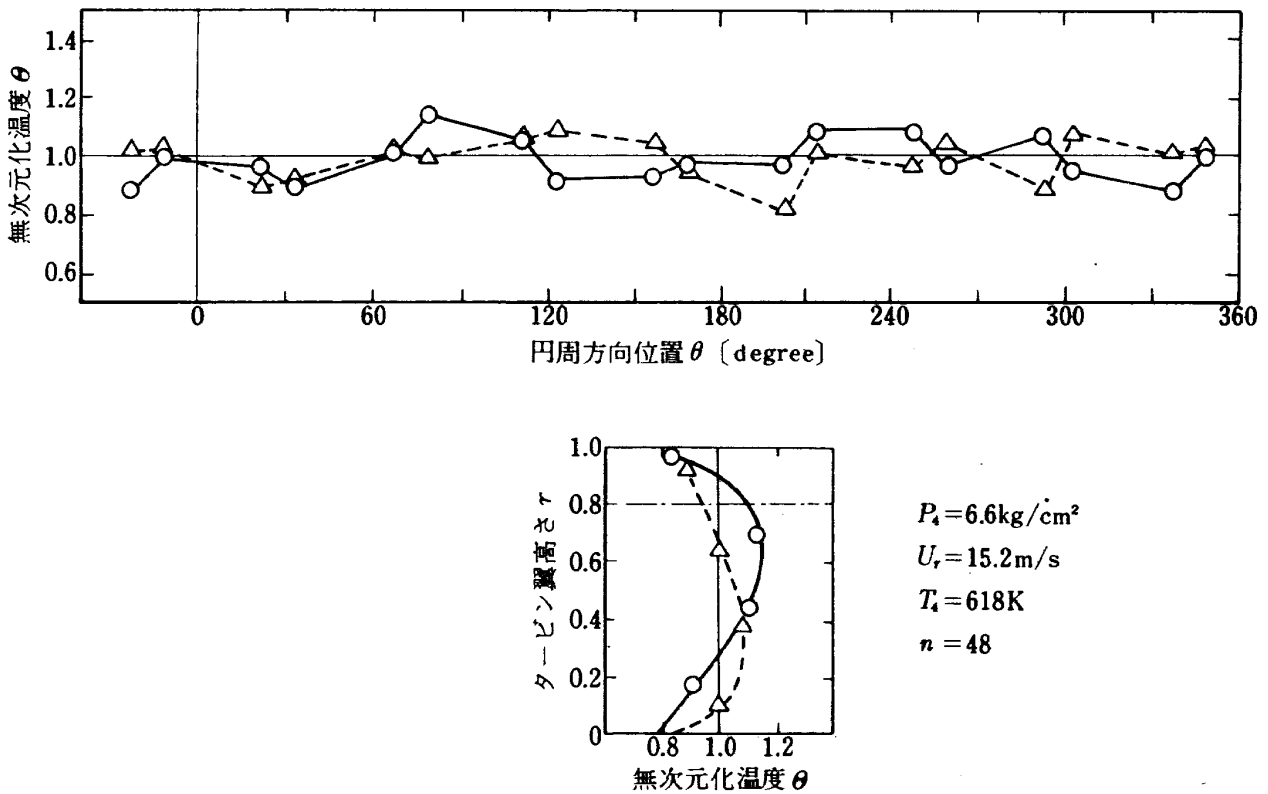


図 37 出口温度分布の比較 (記号は図 35 と同じ)

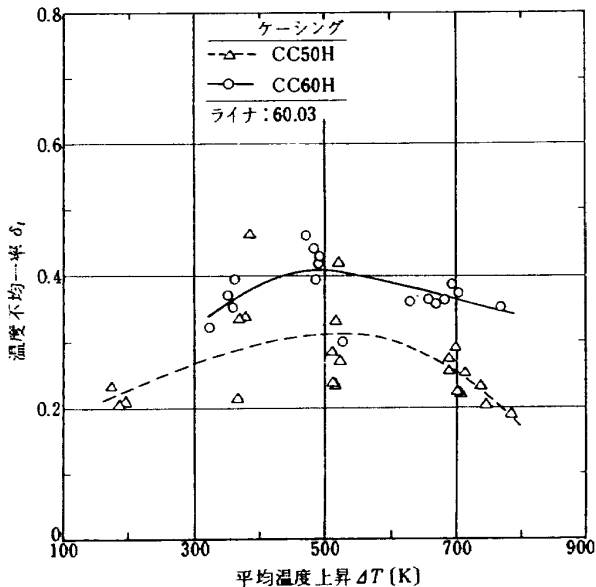


図 38 出口温度不均一率

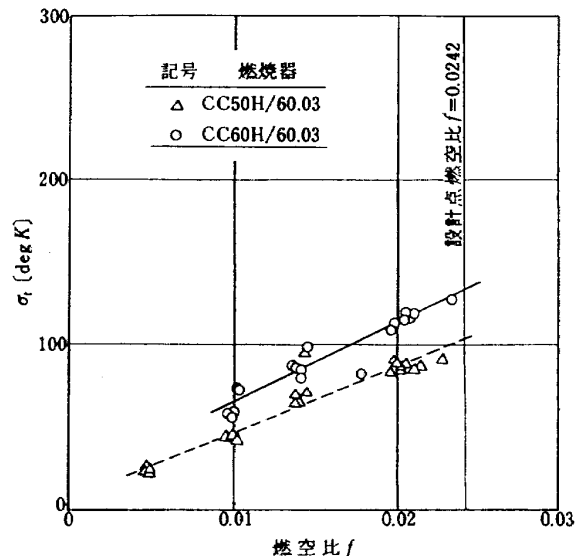


図 39 出口温度標準偏差値の比較

出口温度の円周、および半径方向の分布は図 37 のようである。円周方向には TOP 位置から、後視時計廻りにほぼ 80° 位置で CC 60 H がやや高い値を示すが、およそ両者共類似したレベルの分布である。半径方向の分布は CC 60 H が  $r = 0.8$  に近い位置にピークを持っていて、比較的望ましい形である。

出口温度測定値、温度不均一率  $\delta_t$  の比較を図 38 に示す。CC 50 H では、設計点温度上昇  $\Delta T = 796$  K で要求値の 0.2 付近の値を示していたが CC 60 H の場合には、0.35 程度に劣化している。CC 50 H の温度測定位置は、所定の箇所より 53mm ほど下流であったので、上の結果は、ある程度予想されていた。

温度測定値のばらつき具合は図 39 の温度標準偏差値の比較によると、設計点付近の燃空比で CC 60 H は CC 50 H より 25 K ほど増大している。

3.1.2 各ライナの燃焼器特性

ライナ 60.03, 60.05, 60.06, および 60.07 について、それぞれの燃焼器特性値を比較してみる。

なお、これらの出口計測は、「通常位置」で行ったも

のを比較するが、後に温度等の円周方向位置が、燃料噴射弁、その他の燃焼器構成要素との相対位置関係が密接であることが分かったので、計測座を回転させて計測し、その比較結果についても記述する。

燃焼効率

供試ライナそれぞれの、燃空比  $f$  にたいする  $\eta_b$  を図 40 ~ 43 に示す。これらの図によると、一般に供試圧力  $P_4$  が高いほど  $\eta_b$  も良好である。なお、グラフの右肩に示す数字は試験データ番号で、データの詳細な条件その他はそれらが該当する巻末の付表に載せてある。

図 42 には、抽気を行った場合の  $\eta_b$  特性も同時に示している。その場合、燃空比を求める空気重量流量は、供給全空気量から抽気空気量を減じた値を用いている。この図によると、抽気を行っている場合、高負荷燃焼側でやや  $\eta_b$  の低下が見られる。

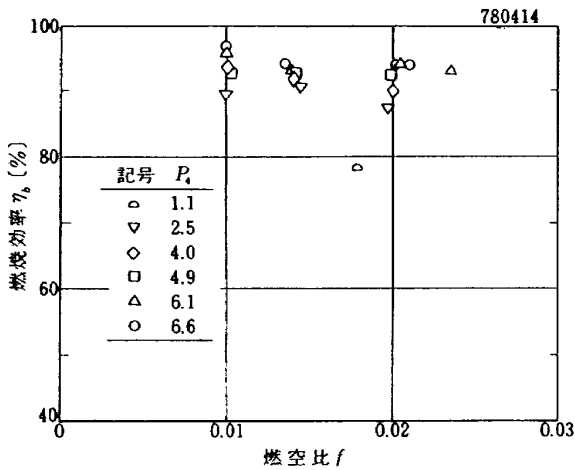


図 40 燃焼器 CC 60H/60.03 の燃焼効率特性

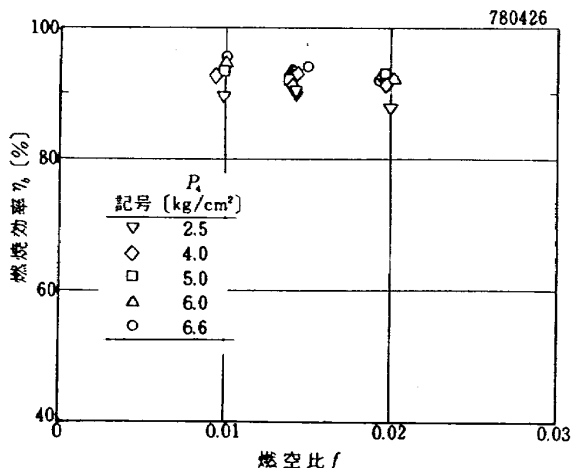


図 41 CC 60H/60.05 の燃焼効率特性

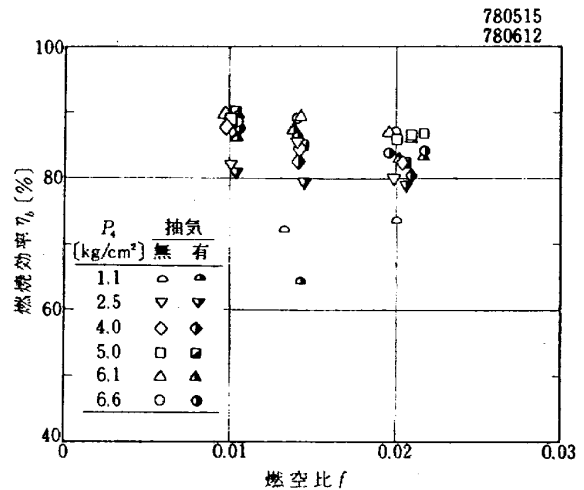


図 42 ライナ 60.06 の抽気有無による燃焼効率特性の比較

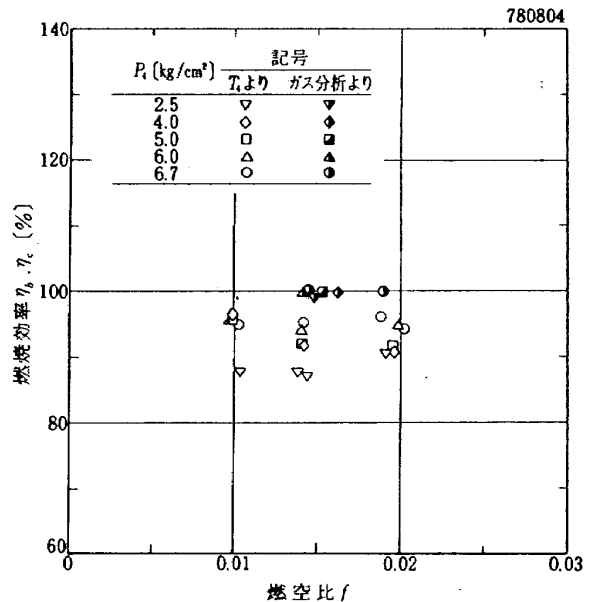


図 43 CC 61H/60.07 の燃焼効率特性

図 43 における半黒の記号点は同時に行った出口ガス採取に基づいて求めたガス分析値による燃焼効率  $\eta_c$  の値を示す。これでは、ほとんど 100% の値を示している。

次に、出口温度計の計測位置を全体に後視反時計方向に  $16^\circ 52' 30''$  だけ回転させて測定した結果を「通常」位置の場合の結果と比較して図 44 に示す。実験開始間もない最も低圧の  $P_4 = 2.5 \text{ kg/cm}^2$  の条件を除けば「通常」位置で 90 ~ 97% の燃焼効率が「回転」位置の場合には、同一条件で 103 ~ 112% にもなっている。

圧力損失

図 45 に抽気を行っていない場合のライナ 60.03, 60.05 および 60.06 の全圧損失係数  $\phi$  の比較を示す。

各ライナの  $\phi$  は、ライナ開口面積(図 21)の小さいほど大きい値を示す。 $P_4$  や  $T_5/T_4$  への  $\phi$  の依存性はきわめて小さい。

抽気を行った場合には、図 46 に示すように、 $\phi$  の値が低下する。なお、この  $\phi$  を計算する際用いた風速  $U_r$  は燃焼器入口全空気流量  $w_a$  に基づいて求めたものである。すなわち

$$U_r = \frac{w_a}{r_a A_r}$$

ここに  $r_a$  および  $A_r$  は、それぞれ燃焼器入口状態での空気比重量、および代表断面積 ( $0.1722 \text{ m}^2$ ) である。ライナ 60.07 の場合には、 $\phi$  の値は抽気を行った場合でも、かなり設計目標値に近い値となっていることがわかる。

抽気圧

抽気圧の評価をするため、次の新しいパラメータを導入する。

設計要求より内外抽気ポートでの圧力  $P_b$  は

$$\frac{P_b - P_5}{P_4} \geq 0.024 \quad (1)$$

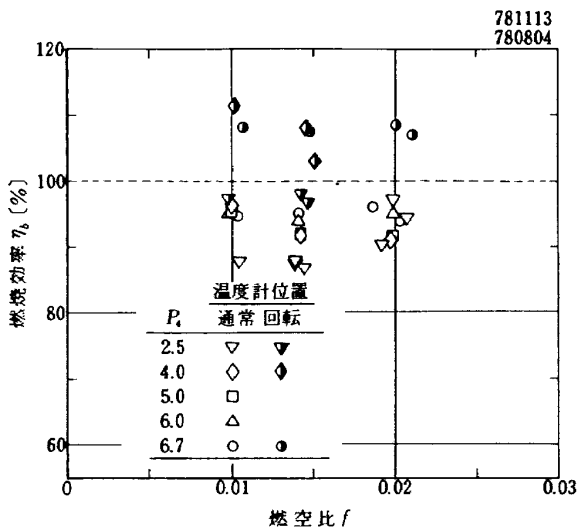


図 44 温度計位置の相違による  $\eta_b$  の違い (ライナ 60.07, 抽気有)

とされている。(1)式の左辺の分子は、分母に較べてきわめて小さいので、実験値として精度の良い比較がしにくい。そこで全圧損失率の要求

$$\frac{P_4 - P_5}{P_4} \leq 0.04 \quad (2)$$

との両式の左辺同士を除した無次元数

$$\frac{P_b - P_5}{P_4 - P_5} \equiv \Pi$$

を、抽気パラメータとして用いる。実際の実験計測上も、各圧力測定値は入口圧力を基準とした差圧計測に基づいている。

(1), (2)式の限界値として、両式の等号のみを考えると、

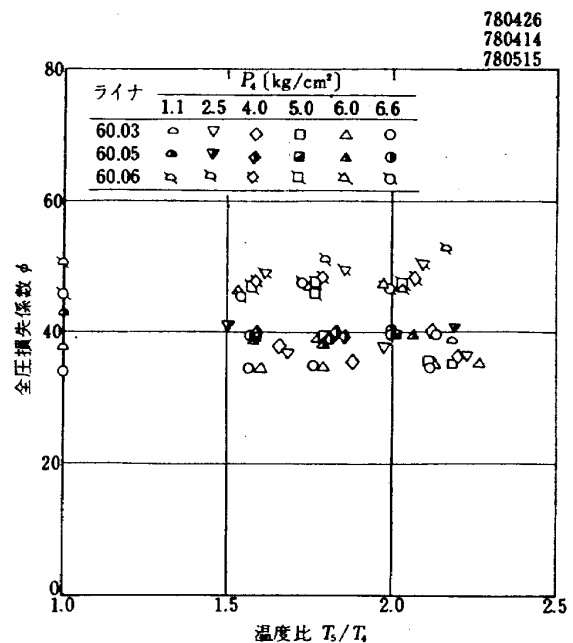


図 45 各ライナの全圧損失係数比較 (抽気なし)

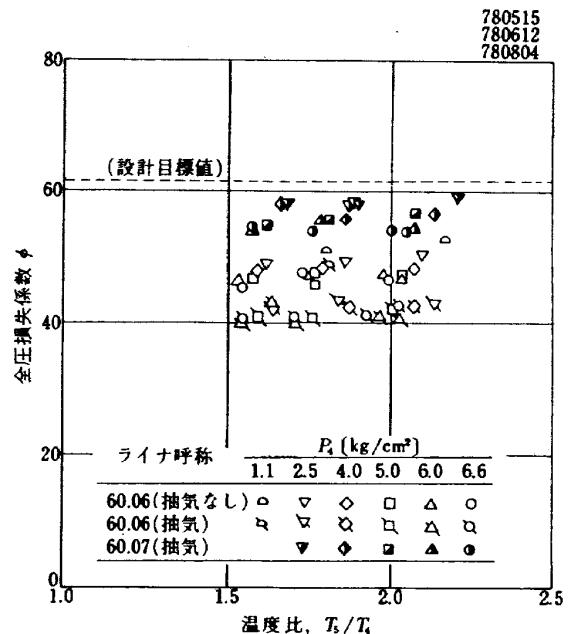


図 46 全圧損失係数と抽気

$\Pi$ の値は0.6となる。すなわち、 $\Pi \geq 0.6$ ならば条件(2)が正しいとき条件(1)を満足することになる。

ライナ 60.03 と 60.05 の  $P_4$  に対する  $\Pi$  の値を、それぞれ図 47 と 48 に示す。いずれも、抽気は行っていない時であるが、高圧になるにしたがって  $\Pi$  が低下してしまう。

図 49 では、ライナ 60.06 の抽気を行っている時と、そうでないときの場合を比較して示している。同図で抽気なしの場合は、ほぼ十分な  $\Pi$  値を示すが、抽気を行うと、 $P_4$  が上昇するにしたがって、目標値より低下してしまう。

図 50 に示すライナ 60.07 の場合には、抽気を行って

いても  $P_4$  の上昇に伴なり  $\Pi$  の低下もなく、十分抽気要求値を満足させ得る値となっている。

出口温度分布

各供試燃焼器の出口における円周方向、および半径方向無次元化温度分布を、図 51 ~ 54 に示す。この無次元化温度分布表示は、一般に入口圧力  $P_4$ 、代表断面平均風速  $U_r$ 、および燃空比  $f$  などの実験条件に余り影響されない。<sup>5),6)</sup>

一般に、燃料噴射弁の吐出量のばらつきは平均からの偏差にして 5% 程度のものがあるが、これと円周方向温度分布との相関はほとんど見られない。

図 51 の燃焼器 CC 60H/60.03 の場合は、円周方向で、80 ~ 110°、および 220° ~ 250° の間に高温の部分が存

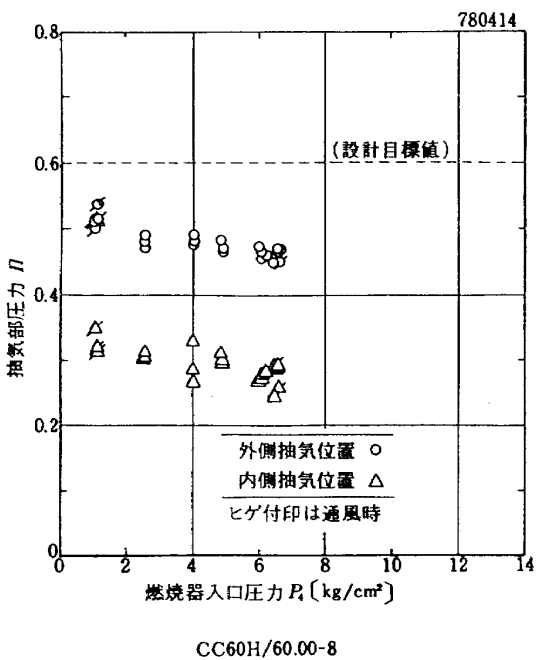


図 47 ライナ 60.03 の抽気位置での無次元化全圧値

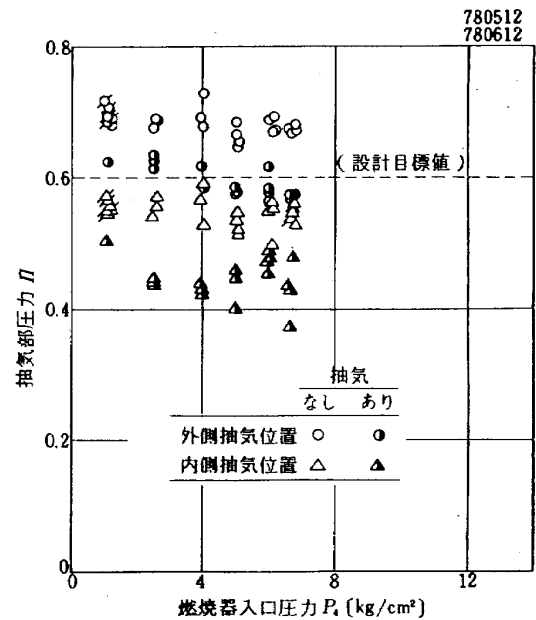


図 49 ライナ 60.06 の抽気部圧力

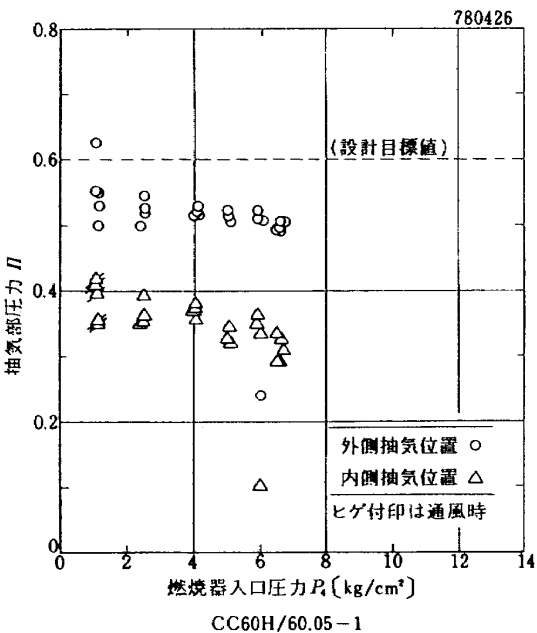


図 48 ライナ 60.05 の抽気部無次元化全圧値

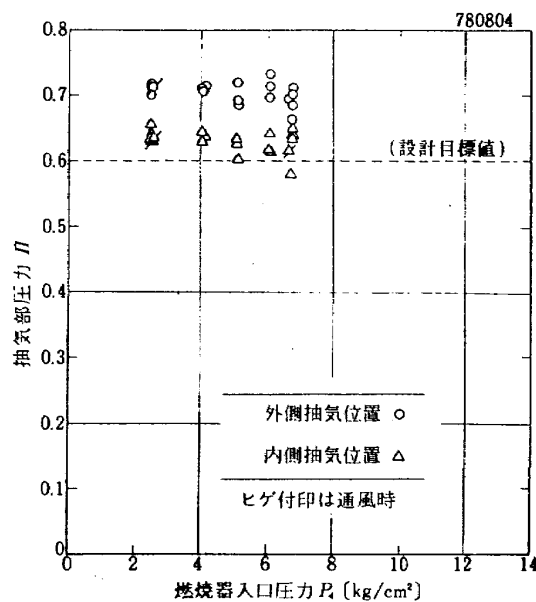


図 50 CC 61H/60.07-01 の抽気静圧

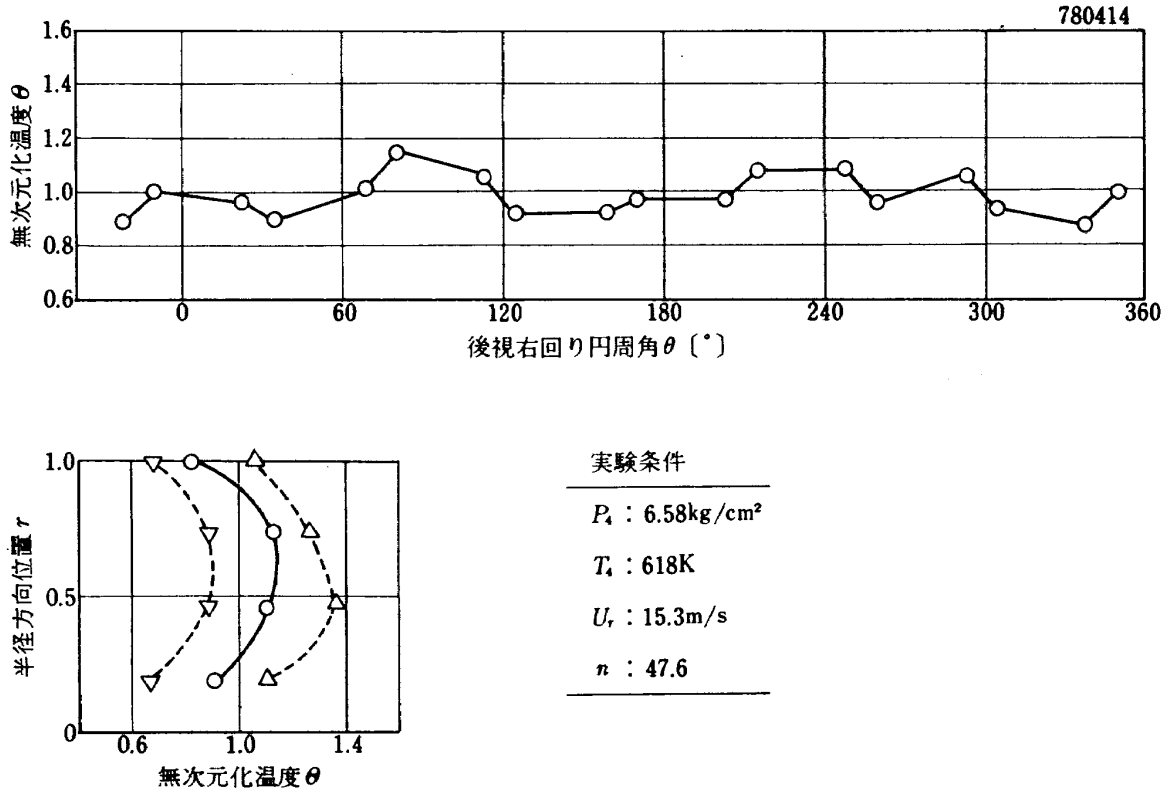


図 51 ライナ 60.03 の出口温度分布

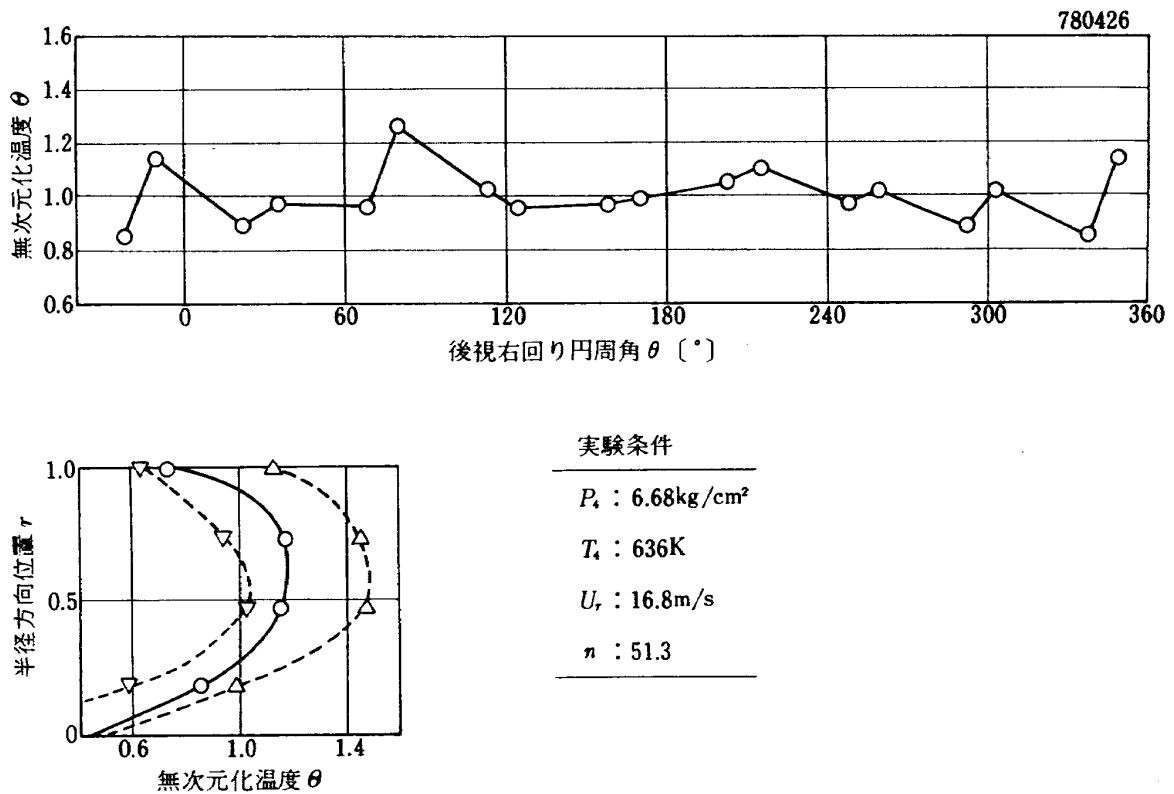
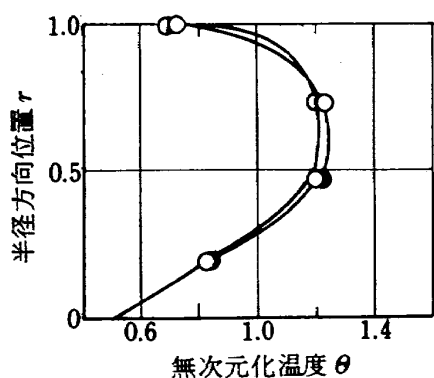
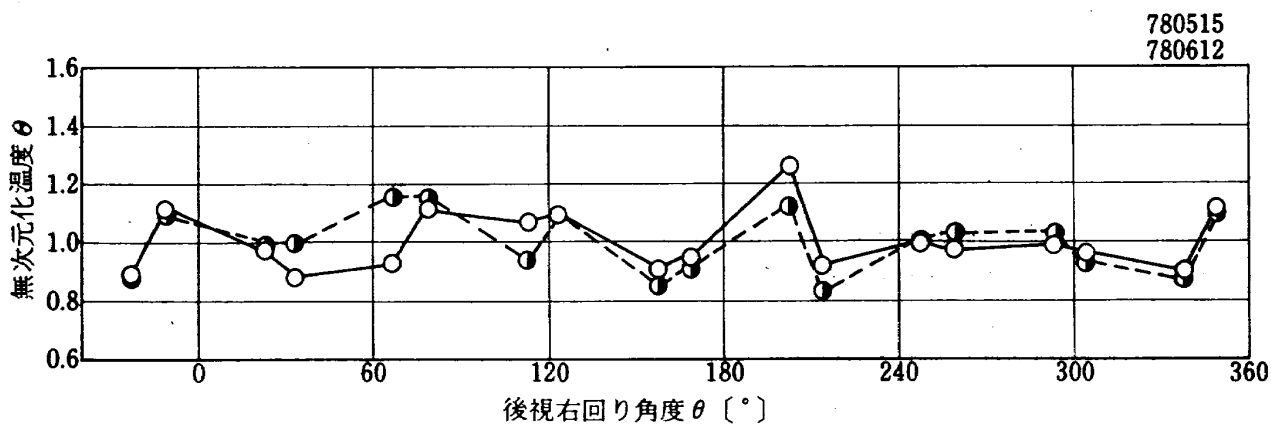


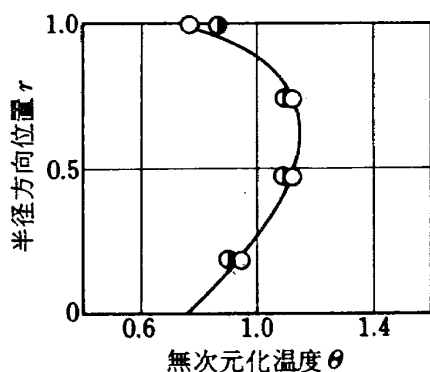
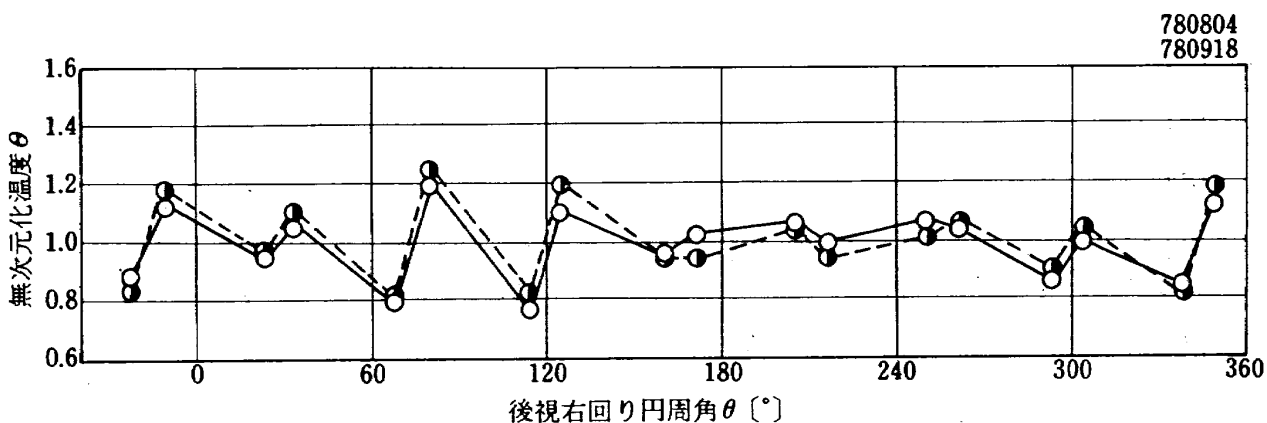
図 52 ライナ 60.05 の出口温度分布



実験条件

抽気	無	有
$P_4$ (kg/cm <sup>2</sup> )	6.81	6.61
$T_4$ (K)	631	635
$U_r$ (m/s)	16.2	16.3
$n$	50.2	46.1
図中記号	○	●

図 53 ライナ 60.06 の出口温度分布と抽気の影響



実験条件

抽気	無	有
$P_4$ (kg/cm <sup>2</sup> )	6.45	6.77
$T_4$ (K)	631	638
$U_r$ (m/s)	16.1	16.6
$n$	56.0	53.6
図中記号	○	●

図 54 ライナ 60.07 の出口温度分布と抽気の影響

在する可能性を示している。また、半径方向では、中央部分が最も高温である。

図 52 に示す燃焼器 CC 60 H/60.05 の場合は、80° の位置、もしくはそこと 110° の位置との間が最も高く、350° や 220° の位置が、それに次ぐ高温箇所となっている。半径方向分布はライナ 60.03 の場合と類似である。

図 53 と 54 には、それぞれライナ 60.06 と 60.07 について、抽気を行った場合と、抽気なしの場合とを比較して示す。それらの図によると、抽気の有無によっては、出口温度分布がほとんど変わらないことがわかる。

内側抽気を外部に取り出すフェアリング部 ( $\theta = 90^\circ$  の位置) に注目してみても、それに起因すると思われる温度分布の差異は、現われていない。強いて言えば、図 53 の  $\theta = 50^\circ$  付近に相異が現われており、スワラの旋回等に起因する全体旋回流 (ホワール) の影響で移動しているとも思われるが、図 54 のライナ 60.07 の場合には全くその相異が見られない。

図 54 では、160° から 260° の位置を除けば、つねに燃料噴射弁後方に相当する、30°, 80°, 125°, 305° および 350° などの点がそれぞれの噴射弁中間位置に相当する位置よりも高温になっている。

また、半径方向の分布で比較すれば、わずかではあるが図 54 の場合の方がより平均化されたガス温度分布を

示している。最高温度点は余り変わらず、 $r = 0.6$  付近である。

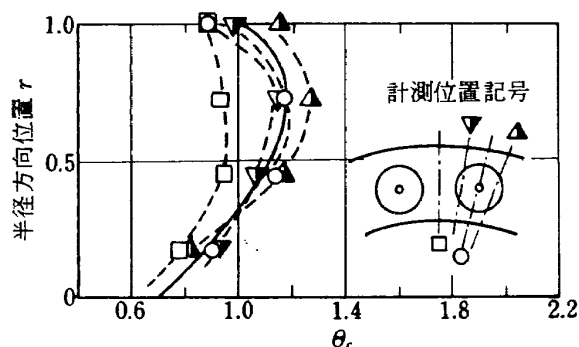
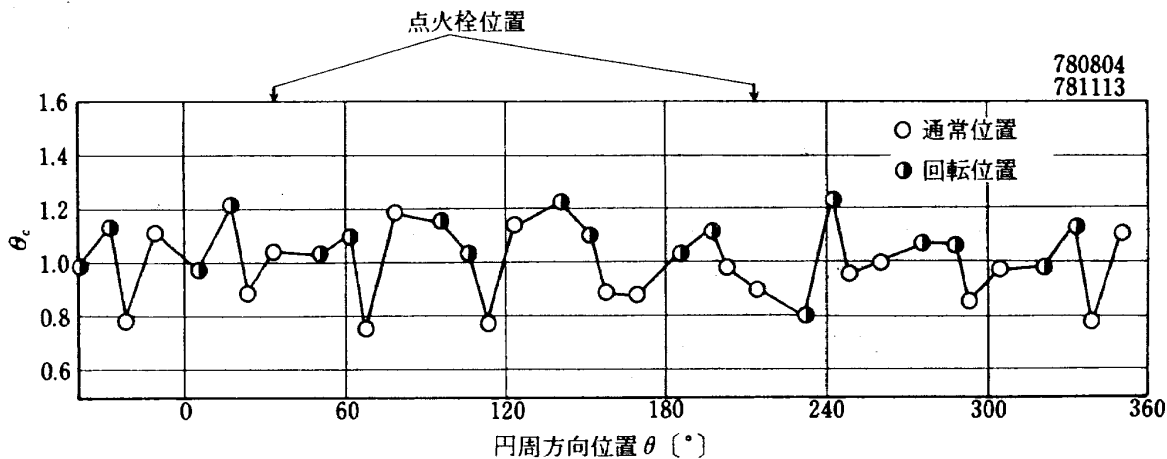
次に、出口温度計測位置を、回転させた場合の出口温度分布を図 55 に通常位置の場合と比較して示す。同図において、温度の無次元値  $\theta$  を求める際、平均温度上昇値  $\Delta T$  は、供給燃料が完全燃焼を行ったと仮定した計算に基づく温度上昇値を用いた。この結果によると、回転した計測位置では、ほとんどの計測点が、平均値  $\theta = 1$  をうわまわった値であることがわかる。

表 4 出口温度計半径方向平均位置

熱電対番号	内径壁からの距離	無次元位置
4	29.5mm	1.008
3	21.3	0.728
2	13.1	0.447
1	4.9	0.167

出口温度不均一率

各燃焼器の出口温度計測値の最高値を温度不均一率  $\delta_i$  によって比較すると図 56 のようである。ケーシングが異なり、したがって出口温度計測位置が 50mm 程下流にある CC 50 H/60.03 の場合を除けば、今回の供試燃焼器はいずれもかなり大きな  $\delta_i$  を示す。



計測条件	回転時	通常時
$P_i$ (kg/cm <sup>2</sup> )	6.68	6.75
$T_i$ (K)	609	637
$U_i$ (m/s)	16.7	15.7
$n$	50.1	49.6
$\Delta T_m$	762	668
$\Delta T_c$	707	709

図 55 温度計測位置を変えたときの出口温度分布

しかし、図 44 および 55 に示す結果から推察できるように、「通常位置」の出口温度計測は、比較的低い燃焼ガス温度をはかっている。同一ライン（60.07）を使用して、温度計測位置を回転させ計測したときの  $\delta_t$  と、通常位置で計測したときの  $\delta_t$  とを比較してみると、図 57 のようである。このとき、 $\delta_t$  算出の基準となる平均温度上昇値  $\Delta T$  は、図 55 と同様、供給燃料が完全燃焼したと仮定した温度上昇値にもとづく計算値を用いた。

図 57 によると、実測点のばらつきの度合から言って、

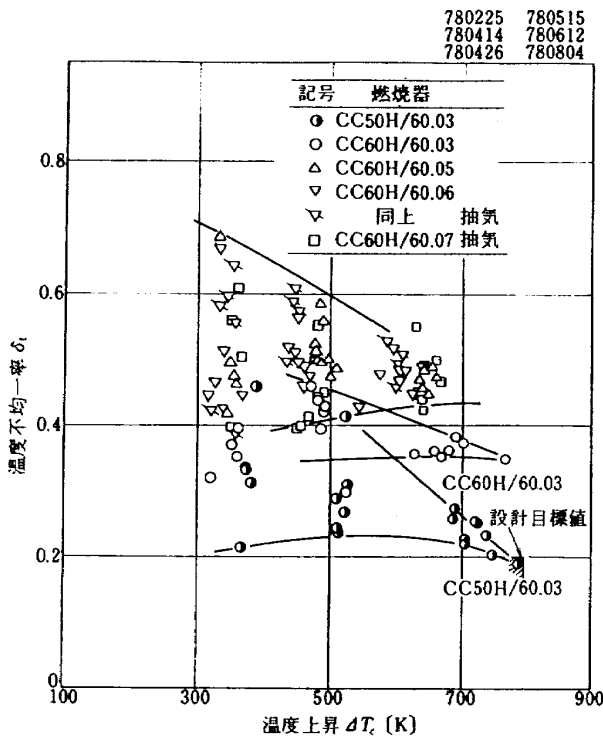


図 56 出口温度不均一率

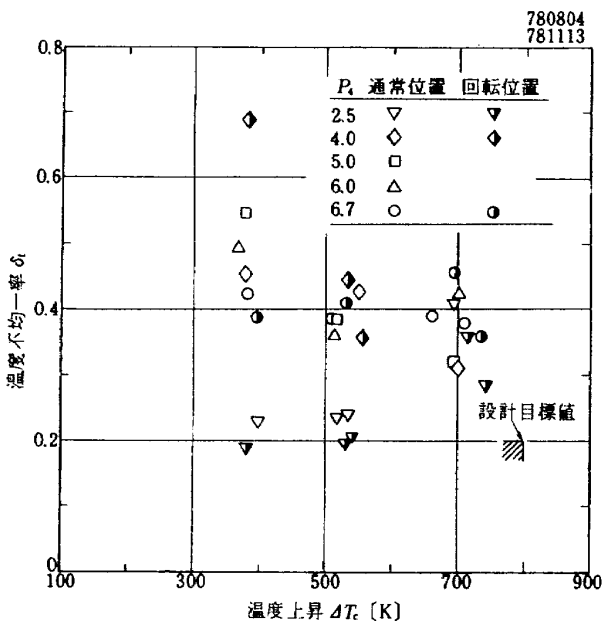


図 57 温度計測位置の違いによる温度不均一率値の相違

いずれの計測位置においても、 $\Delta T$  が大きくなった場合の  $\delta_t$  の収束値は大差ないものと判断される。

出口温度標準偏差値

上記の  $\delta_t$  は、計測温度値の最高温度値のみに注目したものであるが、計測温度値全般のバラツキを、あらわす出口温度標準偏差値  $\sigma_t$  についてみると、次のようである。

図 58 に、ライン 60.03 と、60.07 の  $\sigma_t$  を比較するが、それらはほとんど差がない。

ライン 60.07 について、抽気の有、無の両場合を比較してみても、図 59 に示すように、それらの  $\sigma_t$  は、ほとんど同じレベルの値である。これらは共に保炎状況、火炎の伸び等の傾向については、同等とみなせることを示唆している。

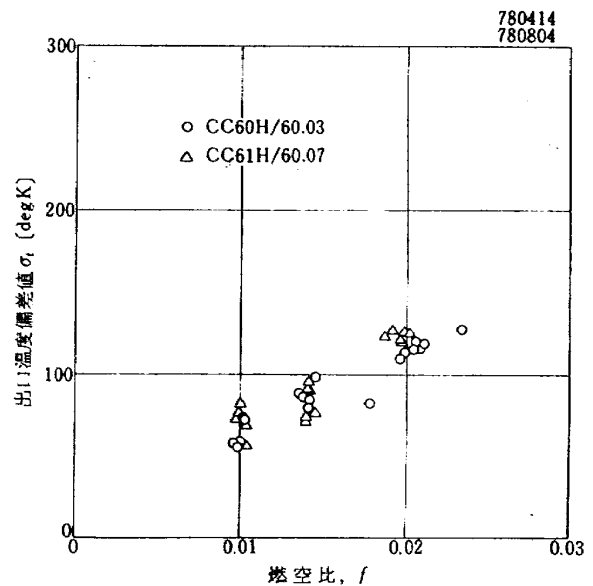


図 58 出口温度偏差値の燃焼器による違い

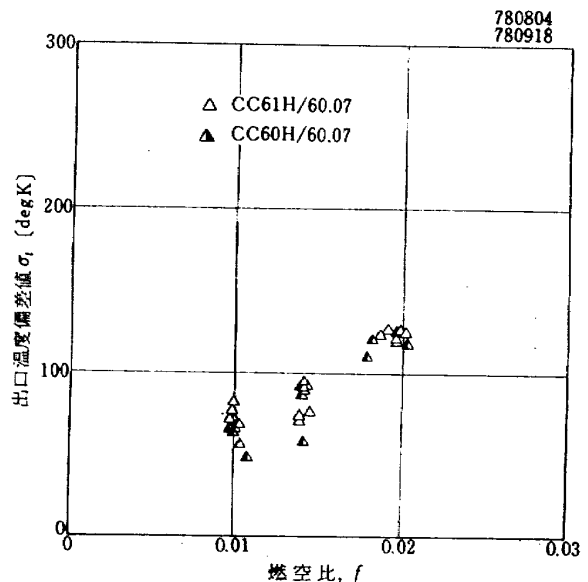


図 59 出口温度偏差値へ抽気の有無が及ぼす影響



3.1.3 排出特性

燃焼器 CC 61 H/60.07 の燃焼器 出口部で採取したガスの排煙濃度とガス分析の結果を、#12 ライナにおける要素試験結果と比較して示す。#12 ライナは、FJR 710/10 又は/20 エンジン用として製作した燃焼器ライナ 30 余個のうち、耐久性には問題があったものの最も排出特性の良好であったものである。

まず、図 60 に燃焼器入口圧力  $P_4$  に対する排煙濃度測定値を示す。この図によると、計測値の範囲内では供試燃焼器は #12 ライナを用いた燃焼器に勝ることも劣らない排煙測定値を示している。

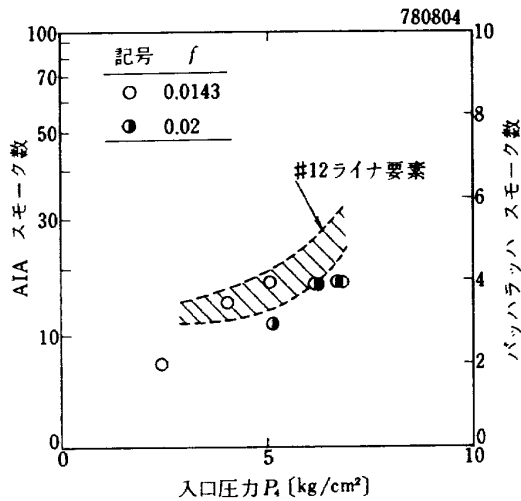


図 60 CC 61 H/60.07 の排煙計測結果

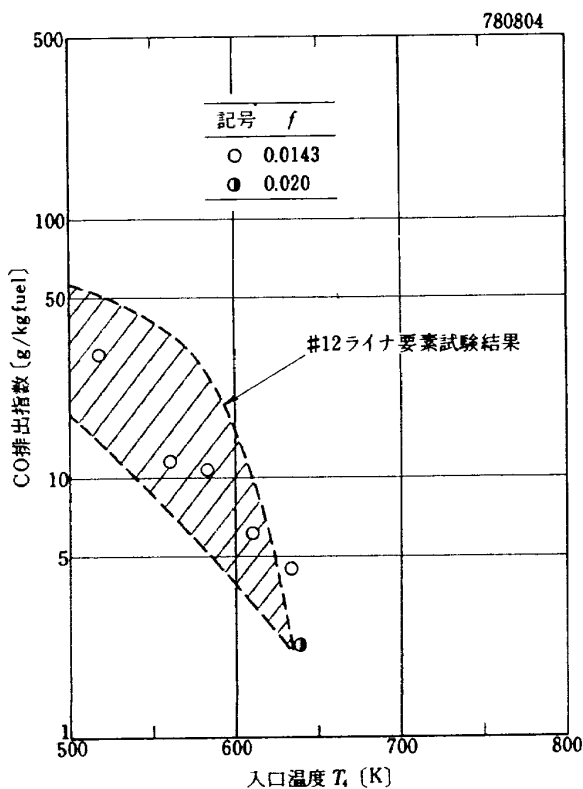


図 61 CC 61 H/60.07 の CO 排出特性

図 61 と 62 にそれぞれ、入口空気温度  $T_4$  に対する、一酸化炭素 (CO)、および未燃焼炭化水素 (THC) の排出指数を示す。これらの図によると供試燃焼器の排出は、#12 ライナの場合と同程度である。

図 63 には  $\text{NO}_x$  の排出指数を示す。この場合は、#12 ライナの結果と比較して、20 ~ 25 % 程度低い値を示す。ただし、これらの結果は、空気湿度などの補正は行っていない。

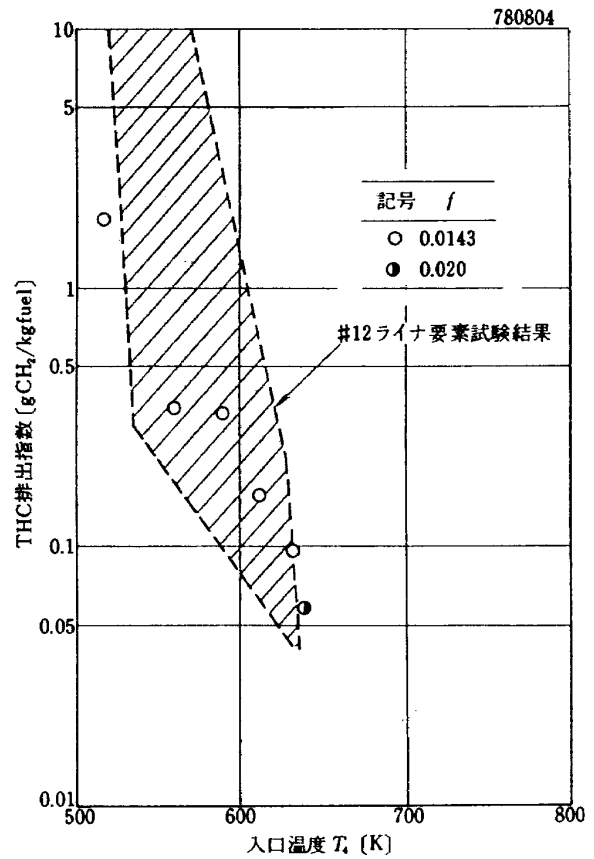


図 62 CC 61 H/60.07 の THC 排出

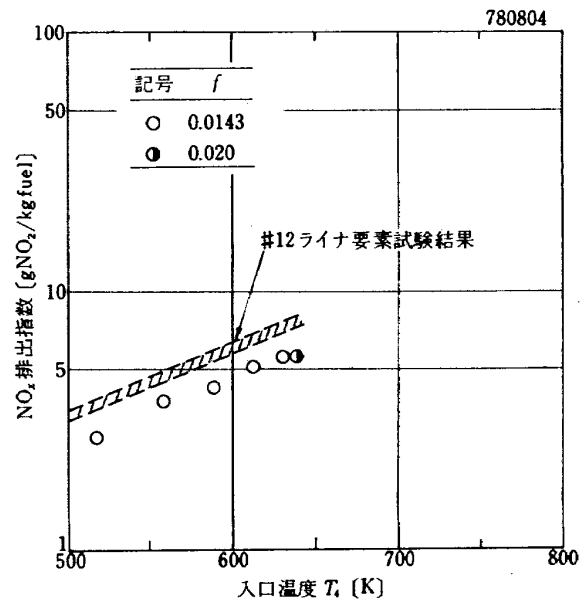


図 63 CC 61 H/60.07 の  $\text{NO}_x$  排出

3.1.4 その他の計測値

燃焼器の性能を表わすものではないが、燃焼器内の燃焼状況を判断するために重要ないくつかの計測値を示す。  
入口風速分布

図 64 にストラット前縁 (図 22 参照) で測定した全圧分布を示す。この結果は、 $P_4$  が大きいほど半径方向入口全圧値は、平均化されることを示している。ただ、本試験装置の特性上、高圧の場合ほど、 $T_4$  も高い。

入口風速分布をマッハ数で示すと図 65 のように各供試条件に殆んど相似の分布となる。ただし、この場合は各計測時に  $U_r$  が同一となるよう空気流量を調整しているため  $T_4$  などの影響をうけて各条件でのマッハ数レベルは異ってくる。

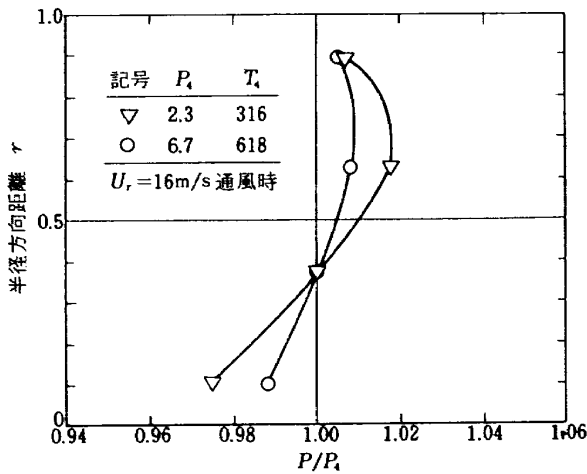
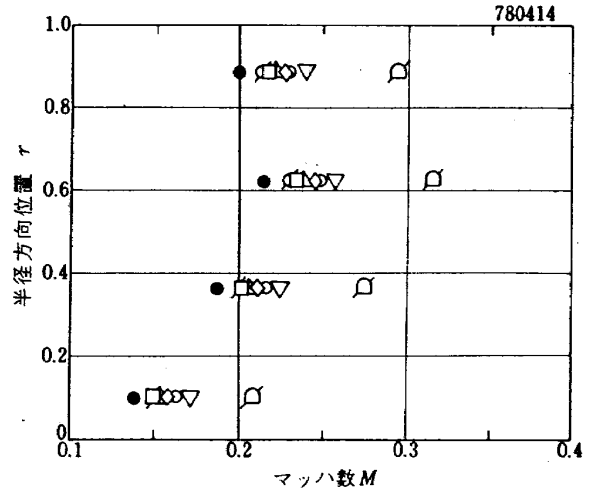


図 64 CC 60H/60.03 の燃焼器入口の全圧分布

軸方向ケーシング壁静圧

燃焼器 CC 60H/60.03 の通風時に、主軸方向のケーシング壁静圧を測定した。結果を図 66 に示す。測定位置



実験条件				
記号	$P_4$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$T_4$ (K)	$U_r$ (m/s)	$n$
○	6.61	615	17.4	74
●	6.58	618	15.3	48
◇	6.49	618	16.4	通風
△	6.20	604	16.7	72
□	4.90	582	16.1	71
◇	4.02	553	16.3	71
▽	2.53	506	16.1	69
◇	1.11	386	17.0	通風

図 65 燃焼器入口風速分布 (CC 60H/60.03, ピンφ 4 h 7 × 120)

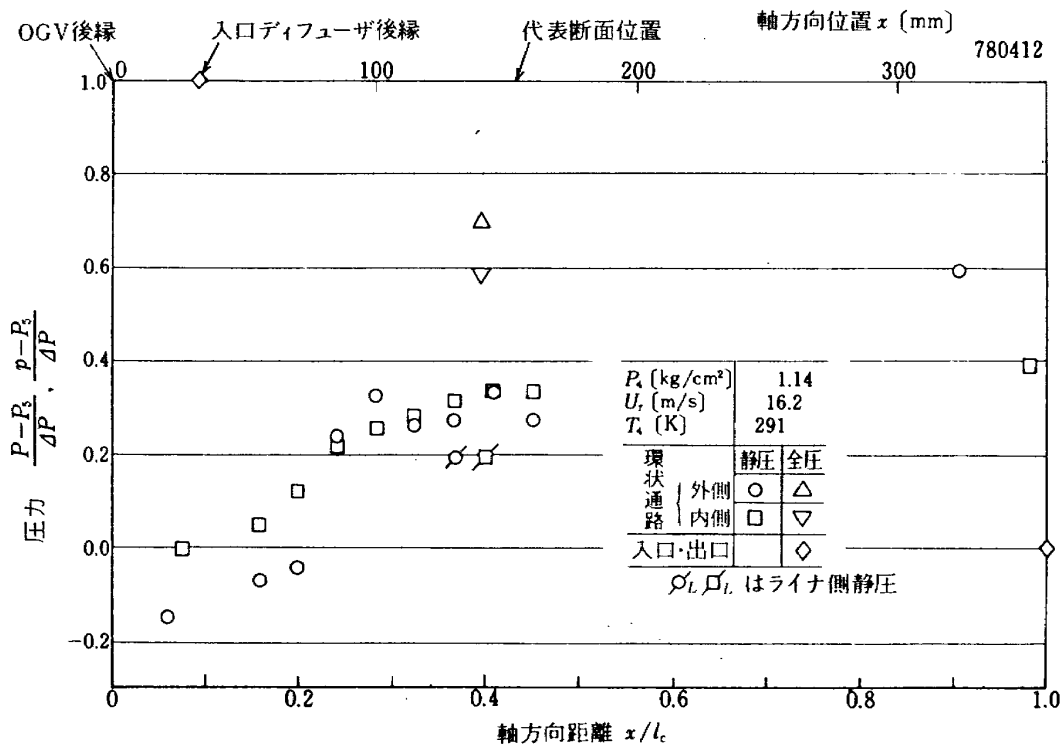


図 66 内外ケーシング壁面静圧の主軸方向変化

置は TOP より後視右回り 135° のスワラ中間に相当する断面である。図 66 では、たて軸に壁静圧と出口全圧の差を燃焼器圧力損失  $\Delta P$  で除した無次元値を目盛っている。ここで  $\Delta P$  は、ストラット前縁部全圧平均値から、出口全圧平均値を差引いた値である。

軸方向距離  $x/l_c = 0 \sim 0.2$  付近で、入口デフューザ部環状通路が外径側に拡大しているにもかかわらず、その部分の静圧が内径側の入口デフューザ部壁面静圧より低くなっているのは、風速分布調整用ピンの効果により、外径側の気流速度が大きく、内径側は流れの剥離等に基づく圧力回復がおこっているものと理解される。

デフューザ部分でのケーシング壁面静圧は、軸方向に入口デフューザから「肩部」付近まで比較的なめらかに圧力上昇しているが、外径側は、OGV 後縁から 70mm 程度の位置で、不連続的に圧力上昇をきたしている。この付近は、鈍頭部の先端が位置するため、これに衝突する流れの影響がでているものと思われる。

また、出口近く、抽気ポート付近での静圧値は、要求値が前述のように 0.6 であるので図 66 の場合、十分な値となっていない。このライナの場合には、実際に抽気を行うと、更にこの値が低下した。

肩部通路流れ

図 23 に示したように、隔壁板の外径側、および内径側のケーシングとライナ間の環状通路で、半径方向の全圧を計測している。この結果を図 67 に示す。同図のたて軸は、「(a)外側」の場合、 $r = 0$  はライナ壁面、 $r = 1.0$  は外側ケーシングの内壁面に相当する無次元値である。「(b)内側」の場合は、 $r = 1.0$  がライナ内径側壁面、

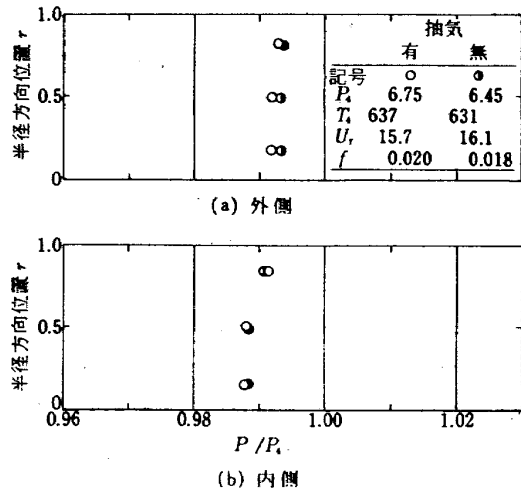


図 67 肩部通路全圧分布 (ライナ 60.07)

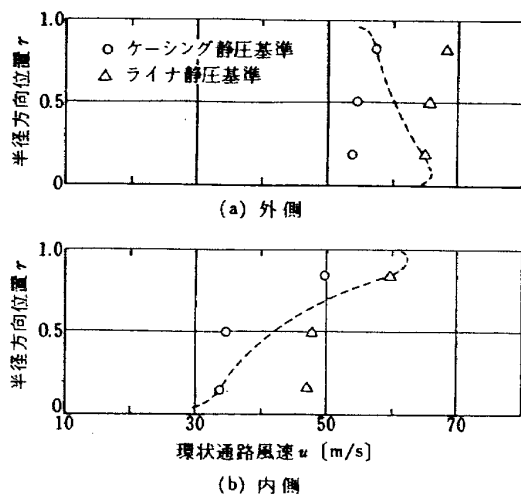


図 68 肩部環状通路風速分布 (ライナ 60.07 : 抽気あり,  $P_4 = 6.75 \text{ kg/cm}^2$ ,  $T_4 = 637 \text{ K}$ ,  $U_4 = 15.7 \text{ m/s}$ ,  $f = 0.020$ )

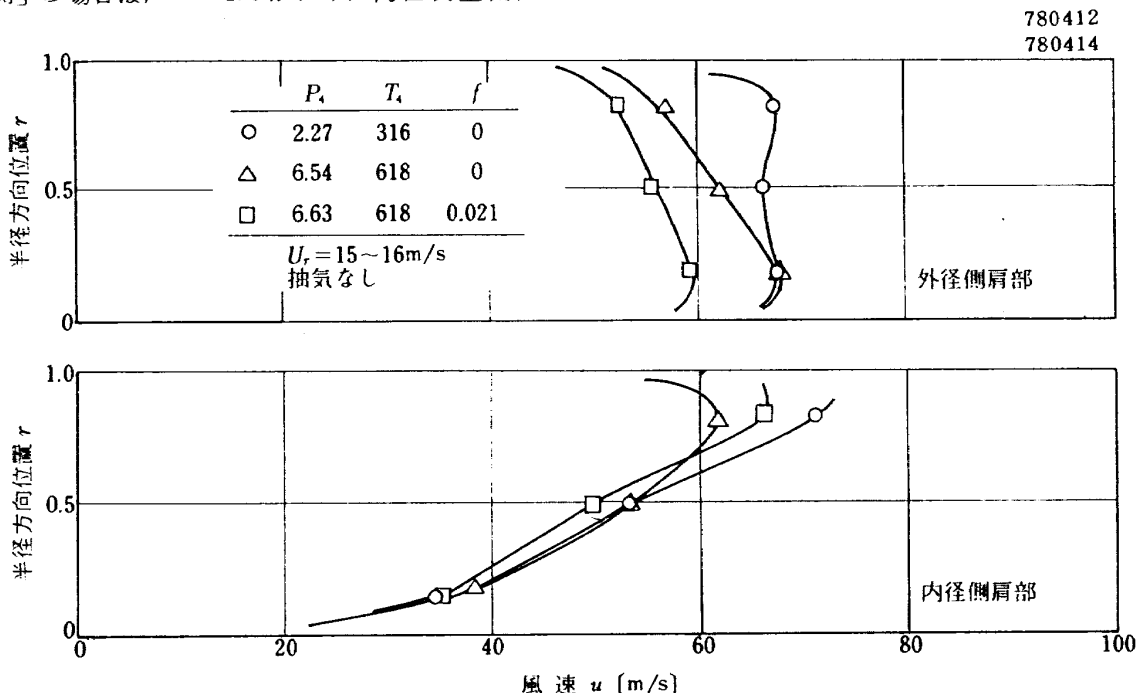


図 69 実験条件の違いによる肩部風速分布の違い (ライナ 60.03)

$r = 0$  が内側ケーシングの壁面に相当する。よこ軸  $P_4$  は、ストラット前縁で全圧を4点計測しているが、それらの算術平均値である。

この全圧分布は、 $f, U_r, T_4, P_4$  および抽気の有無によって、ほとんど変化しない。図67によると、外径側通路の方が断面上に平均化された流れとなっている。

さらに、この付近で測定したライナ壁面、あるいはケーシング壁面静圧をつかって、この通路部での気流速度を求めてみると、図68のようになる。この環状通路部でも、上記両静圧は若干異なる。そのため図68の二種の記号に示されるよう、どちらの静圧値を採用したかによって風速値が異なる。

かりに、ライナに近い側では、ライナ静圧を、ケーシングに近い側では、ケーシング静圧値を、真中の部分では、両者の平均値をとるものとする、この環状通路部での半径方向風速分布は図中に破線で示した形となる。この結果では、ライナ近傍で流れが加速される形となっている。

同様にして求めた環状通路部分の風速分布について各種パラメータの影響に注目してみる。

図69に示したライナ60.03の結果によると△印と□印は、測定条件に燃焼の有無の相異があるにすぎない。

この結果燃焼時には、外径側通路では、比較的流量が減少していることがわかる。また、同じ非燃焼時でも、入口圧力や温度が低い場合には外側環状通路の流れは比較的均一である。

各ライナにおける内外環状通路風速分布を比較してみると図70のようである。外径側通路については計測3点の平均風速は60m/s前後で、分布形としてはやはり、ややライナ側が加速されている分布を示す。内径側通路では、後期のライナになるにしたがい勾配の緩やかな風速分布となっている。

燃料噴射弁吐出量

円周方向出口温度分布を評価するために各燃料噴射弁の燃料吐出特性を全試験終了後に調べた。そのプライマリ、およびメイン吐出量、および噴霧角の実測値が図71である。吐出圧としては、環状模型試験で温度分布を得た条件に近い代表的条件、すなわちプライマリで10 kg/cm<sup>2</sup> G、メインで1 kg/cm<sup>2</sup> Gをえらんだ。

この結果から、メイン燃料の吐出量の円周方向のばらつきを図55の円周方向温度分布と比較したものが図72である。燃料吐出量は $\theta = 215^\circ$ 付近の噴射弁が平均より約5%少ない吐出量であるが、その影響は出口温度分布にあまり明確に表われてはいない。

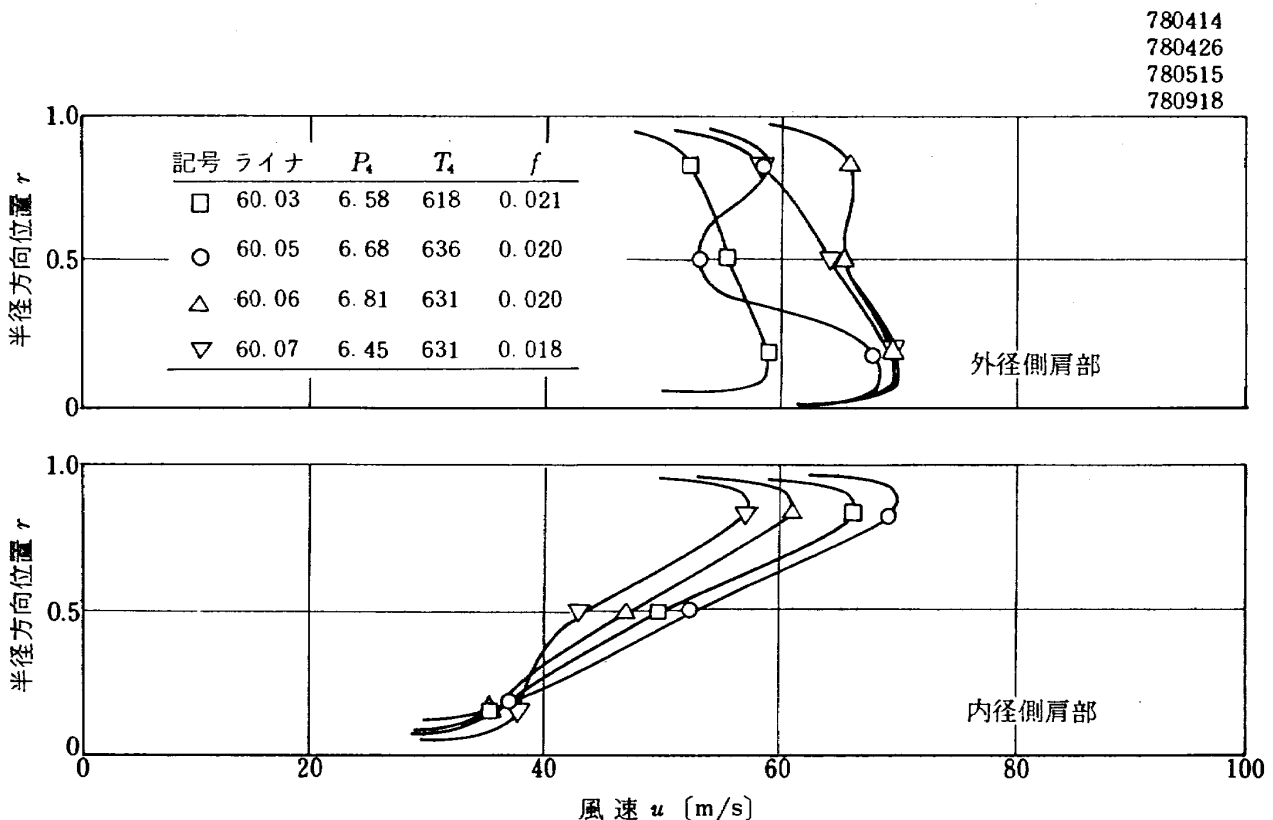


図70 ライナの違いによる肩部通路風速分布(抽気なし)

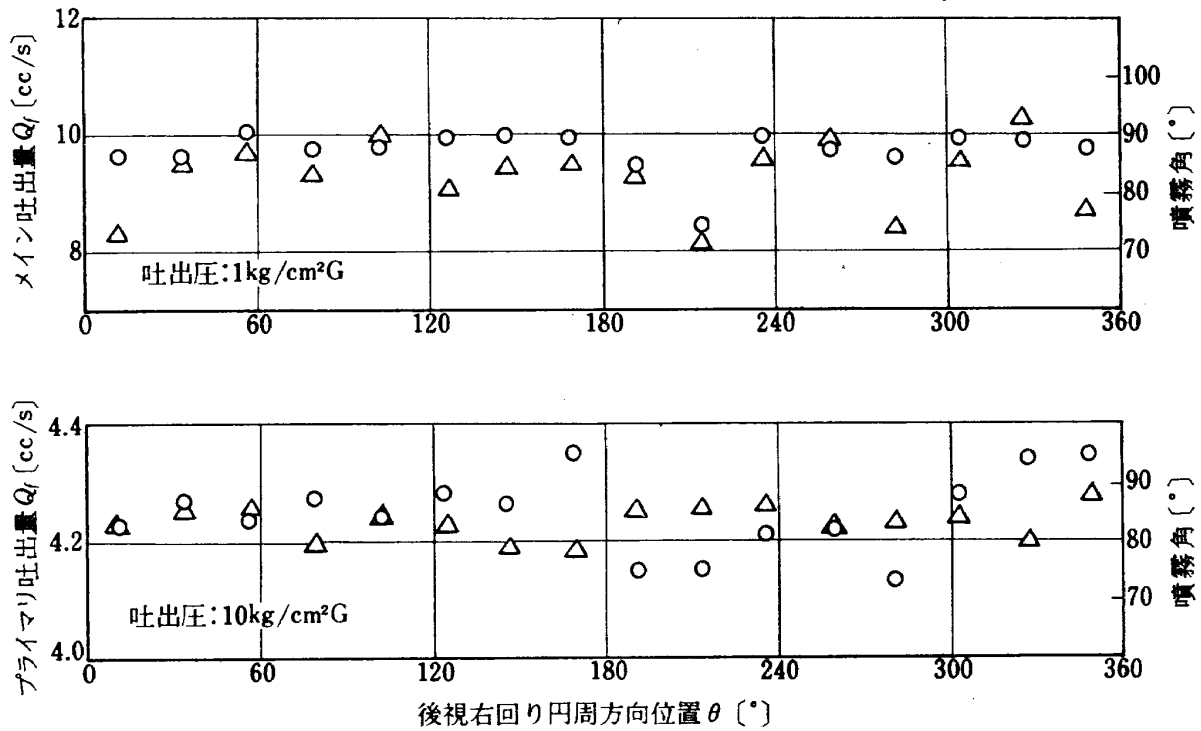


図 71 燃料噴射弁流量検定結果 (○-吐出量; △-噴霧角)

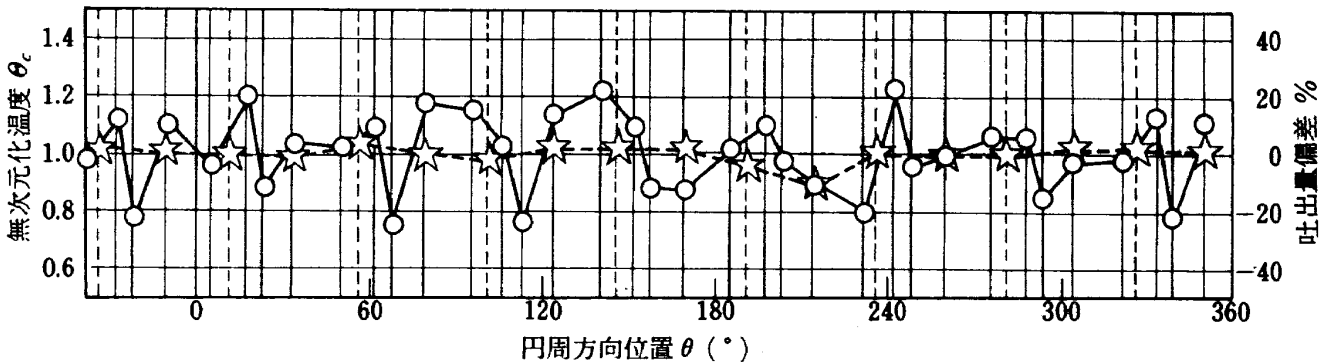


図 72 円周方向温度分布(図 55 の再掲)と燃料吐出量分布 (○-温度; ☆-吐出量)

### 3.2 CC 60 B

箱形燃焼器試験は、仮想される FJ R 710/600 エンジンの作動線に沿った入口空気温度  $T_4$ 、代表断面風速  $U_r$ 、および空熱比  $n(=1/f)$  の条件点で行った。その主な理由は保炎性能などには、これらのパラメータが最も大きな影響をもつことと、これまでの経験から入口空気圧力が実機などで増加する影響は、上記の試験結果得られた性能を更に向上させる効果を出すのでこの試験が性能確保上、安全側の試験であるからである。この試験は、燃焼器出口が大气開放で大气圧に近い燃焼条件なので、燃焼器の代表断面風速をエンジンの場合と同等とすると空気の質量流量は比較的少ない。したがって燃料噴射は少吐出量でも微粒化が十分となるプライマリ噴射のみを用いた。以下にライナの改造の経過と試験結果の概要を述

べる。各実験点における主要試験値は、巻末付録に表示する。

#### 3.2.1 ライナの改造経過

今回の一連の箱形燃焼器試験で、18 種の改造を行い燃焼試験を行った。それらの改造の一覧表を表 2 にまとめて示す。

CC 60 B-1 から 7 までは、スワラへの保炎状態改善に主点を置いている。すなわち、分流板形状、およびその開口部の位置、寸法がスワラへ流入する空気へ影響を与えるため、それらを変化させ、最も良好な保炎状態を示す改造と試験を行った。

7 以降は抽気を行い、その量を確保するため全圧損失係数の増大をはかった。

火炎の安定性には 8 で試みた第 1 列空気孔を後方へ移動することが有効であった。

更に9では第1列空気孔に案内筒をつけた。これによって、循環流域への新気導入が確保され、その安定性が増大した。

10および11では、もとの第1列空気孔位置に4.2φの補助空気孔を追加し、遮熱板近傍の燃焼改善をはかった。この結果をくみ、次の12で採用した空気孔形状配列が一応の保炎特性を与え、環状模型60.07の基本空気孔となった。

6で10%強のスリット空気孔面積低減をはかったがさらに9と12、13において、本格的にライナ冷却スリットの空気孔を盲し、全圧損失係数の増大と出口温度分布の調整をはかった。

14~18にかけては、出口温度分布の改善のため小規模の開口面積の調整を行い、その影響を調べた。

3.2.2 試験結果の概要

箱形模型試験の主要な目的のひとつは、スワラ近傍の保炎状態の改善であった。

初期の模型では、スワラによる保炎が充分でなく、特にスワラ外径側にその現象が著るしかつた。これは、分流板と隔壁板とによる空間に、ストリーマを挿入して気流の向きを見た結果、スワラへ流入する気流に著るしい偏りのあることが判明した。すなわち、図73の(a)に示すように、分流板開口部から流入した空気は、噴射弁筒部を斜めに沿ってスワラ外径側に流れる。

分流板形状を改善した図73(b)の場合では、分流板開口部から流入した流れの、より多くの部分が噴射弁の軸と平行に進み、スワラ全周へ流入する空気流は、かなり均等化されている。そのため、ライナ9以降では、所要の空燃比範囲でほぼ十分な保炎状態を保つことができるようになった。

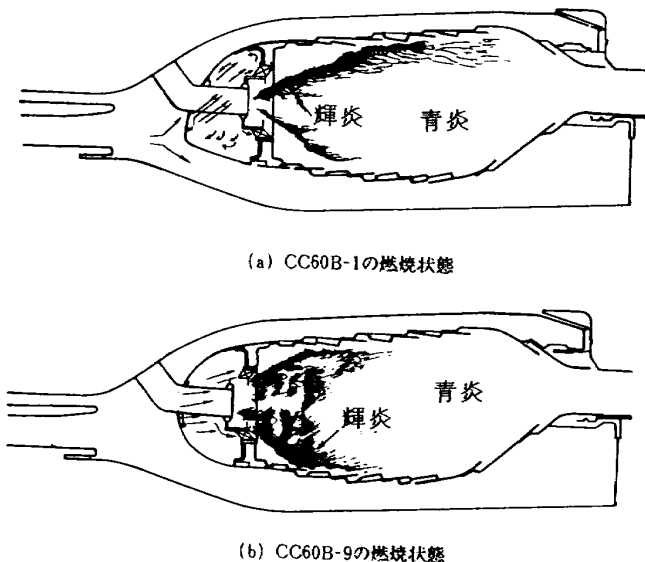


図73 箱形燃焼器模型での代表的燃焼状態

圧力損失

箱形模型における全圧損失係数φは、表2に概略の値を示したように、CC60Hの場合と比較して、かなり高い値を示している。

ライナ開口面積を、環状模型相当に換算しなおしてCC60Hのφと比較してみたものが、図74である。開口面積が小さくなった場合は、両模型のφの値は接近する。

箱形模型による開口面積の調整は、所要の抽気量割合が確保できるように実行した。

出口温度分布

箱形模型の中方向の温度分布、すなわち、環状模型の場合の円周方向に相当する方向での温度分布は図75に示すようである。

図75では、ライナ4種の例を示しているが、共通して、燃料噴射弁中間後方が最も低い値を示している。なお、図75の各実験点は、図31に示すクシ形温度計4点の計測値の平均値である。

図76には、箱形模型出口、上記4点の温度指示による分布、すなわち、環状模型にして、半径方向に相当する温度分布をそれぞれ相当する形態の環状模型の出口温度分布と比較している。この図によると、おおよそでは、同一の分布形とみなせる。

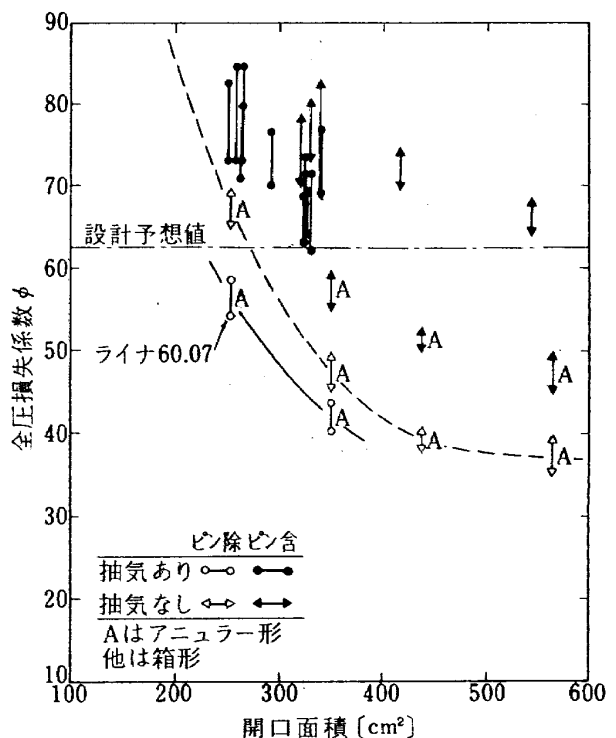
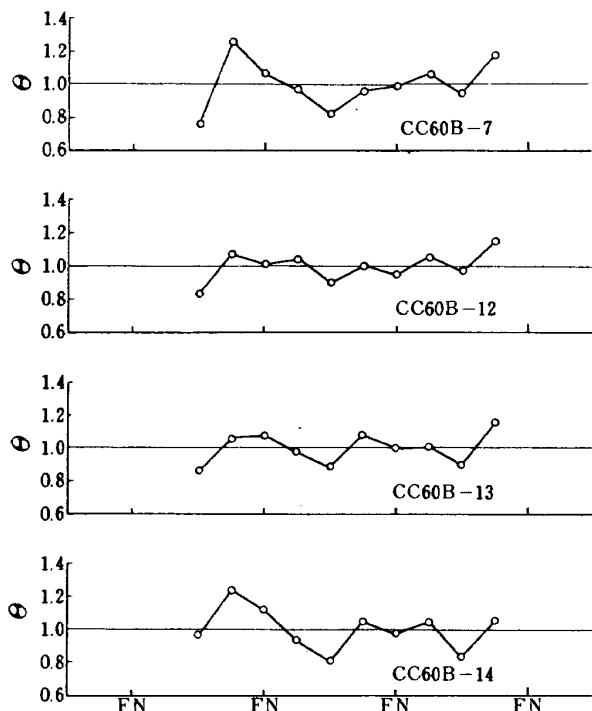
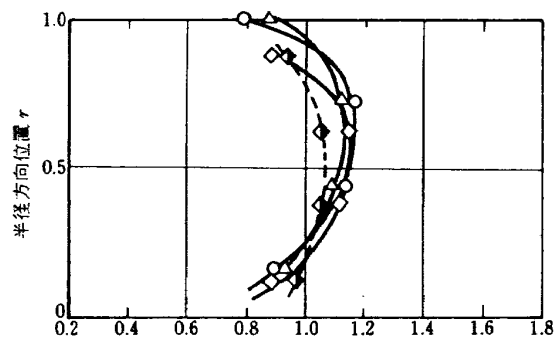


図74 CC60BおよびCC60Hの全圧損失係数比較

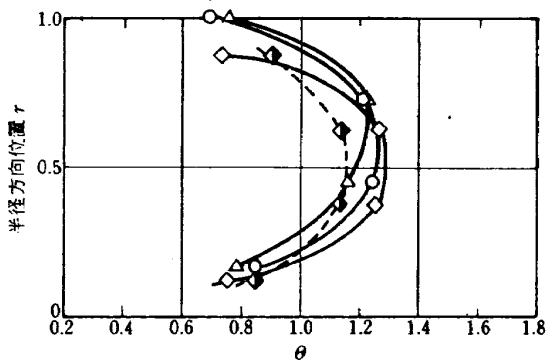


箱形燃焼器巾方向位置 FN: 燃料噴射弁下流位置  
 $T_4 = 635 \text{ K}$   
 $u_r = 17.1 \text{ m/s}$   
 $n = 50.1$

図 75 CC 60 B における周方向相当温度分布



(a) CC 60 H / 60.03 と CC 60 B - 1



(b) CC 60 H / 60.06 と CC 60 B - 5

記号	箱形	環状
噴射弁後方		○
中間	◇	△
1/2ピッチ点	◆	

図 76 環状模型と箱形模型による出口半径方向温度分布比較

## 4. 検 討

まず、前に報告<sup>1)</sup>した燃焼器 CC 50 H と、今回試験した燃焼器 CC 60 H の結果について比較検討する。

次に、今回の試験の結果得られた、出口温度分布の妥当性、圧力損失と抽気量、燃焼器内流れ、および排出結果の評価などについて検討する。

### 4.1 CC 50 H との比較

3.1.1 に示した結果は、燃焼器 CC 50 H と、CC 60 H の比較であるが、両者の場合、使用したライナは、共通の 60.03 である。

また、両ケーシングの形状的違いは、前報に記したように、外側ケーシングが CC 50 H の場合、燃焼器後部付近でわずかに細くなっているだけである。ことに入口デフューザは、全く同一のものを使用している。

したがって、CC 60 H で、抽気を行っていない場合、両者の燃焼器に結果の相違が現われたとすれば、次の事柄が原因として挙げられる。

- 1) 外側ケーシング後部形状の相違
- 2) 出口温度、圧力計測位置の違い
- 3) 製作誤差、組立上の寸法誤差

これらの原因が、どの程度結果に影響を与えているかを確実に知る追加実験は、時間的關係から行っていない。したがって、次のことは、経験的事実に基づく推定である。

上記 1) の影響は、内、外ライナ空気孔などから燃焼室稀釈領域へ流入する空気量の比率や貫通度を変え、圧力損失や出口温度分布形状に相違を生じさせる。

2) に基づく出口温度分布形状の変化については、出口温度計測位置が 53mm 違ったのみであるが、それは、その距離での混合と同時にその間のライナ出口通路面（正確には、ライナサポート部分）の冷却空気の影響も受けることを考える必要がある。

3) については、これまでの製作実績からみて、図面寸法同一部分の部品が、今回の両燃焼器の結果の差ほどになって現われるとは考えられない。

いずれにしても、上記のことを実験的に明らかにすることは、今回の試験では、装置的にも期間的にも出来なかった。

### 4.2 温度計測と燃焼器特性

半径方向の温度分布は、燃焼器出口にとりつけられた計測ダクトの然るべき箇所に挿入された 4 点クシ形温度計によって計測している。

計測ダクトの内壁面は、ステンレス製内張りによって遮熱されているが、これが燃焼試験のため若干の変形をきたしている。また、温度計や計測ダクトの個々の製作誤差等によって出口温度計測位置に、若干のばらつきが存在する。実際、60.07の試験(データ番号780918)終了後に、温度計測位置を実測したところ図77に示すような結果となった。そこで、温度計の位置としては、これらの実測値を平均した表4に示す値を用いた。

以前、ライナ60.05の燃焼試験(780426)後に測定した同様の温度計平均位置と、今回のライナ60.07の試験後の測定値との相違はたかだか2%であった。

表4の値からわかるように、熱電対4は、遮熱板表面と同一レベルにある。したがって、この示す温度は、燃焼ガス平均温度を代表する温度としては適当でない。通常位置での出口温度計測値は、この温度も含めて、単純平均値をとっている。したがって燃焼効率値 $\eta_b$ が一般に低目に算出されているのはこれが一因となっている。

燃料噴射弁にたいする温度計測位置別に半径方向温度分布を図55によって見てみると、次のようである。

燃料噴射弁中間位置は、概して低温である。また、スワラ後方の半径方向分布形に注目してみると、スワラにたいして後視右上と左下が高い傾向を示している。これは後視反時計方向に旋回しているスワラ旋回気流の影響が出口温度分布にまで及んでいると思われる。

次に、今回得られた温度分布形と、設計要求値との比

較をする。

出口温度分布の設計点における要求は

$$\left. \begin{aligned} T_4 &= 727 \text{ K} \\ T_5 &= 1523 \text{ K (平均)} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

であって

$$\delta_i = \frac{(T_{5i})_{max} - T_5}{4T} \leq 0.20 \quad (2)$$

$$\theta_{P.F.} = \frac{(T_5)_{80\%} - (T_5)_{20\%}}{T_5} = 0.08 \quad (3)$$

とされている。

(1)と(3)より

$$\theta_{P.F.} = \frac{(T_5)_{80\%} - (T_5)_{20\%}}{4T} = 0.153 \quad (4)$$

$(T_5)_{80\%}$ を定めた主旨から、この点を $(T_{5i})_{max}$ とする分布形を、二次曲線で近似すると

$$0.425(r-0.8)^2 = 0.153 - \theta_{P.F.} \quad (5)$$

となる。

式(5)の値を図示し、実測の温度分布(ライナ60.07)と比較すると、図78のようである。図中のせまい斜線の部分は、設計点における最高温度の許容範囲の30Kを無次元表示したものである。この範囲内に温度分布形をおさめることは明らかに実現不可能と思われる。

式(2)から、任意の分布上で $4T$ の20%の温度超過が許容されるものとするとその範囲は、図79の斜線のようである。これは、 $\Delta$ 印と破線で示された最高温度値の分

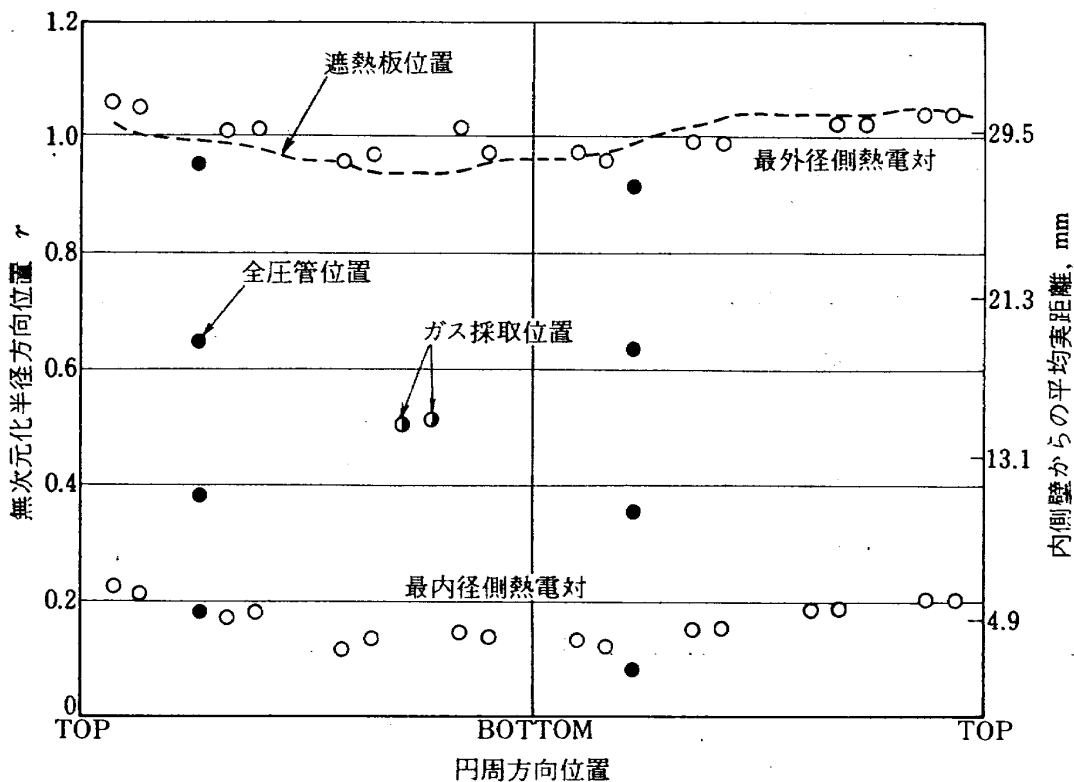


図77 出口温度計測半径方向実測位置



布が、この斜線範囲内に入ればよいことを意味し、ある程度の今後の燃焼器改良によって、この目標は達成可能であると思われる。

前述のように、出口温度計の円周方向計測位置としては、「通常位置」は燃料噴射弁の中間後方にあたり、比較的低い燃焼ガスを測定している。このため、この温度測定値にもとづいた燃焼効率値は、実際の値より低目にてている。

温度計測位置を回転した場合の燃焼効率の比較(図44)や、ガス分析値による燃焼効率 $\eta_c$ (図43)をみても、正しい燃焼効率値は、かなり100%に近いと推測される。ただしガス分析による燃焼効率も、半径方向にして、通路中央の1点からしかガス採取を行っていないので必ずしも正しい燃焼ガス平均値とは言えない。

#### 4.3 圧力損失

タービン翼等の冷却用空気量を確保するために、所要の圧力損失、ことに、抽気部入口と、燃焼器出口との間

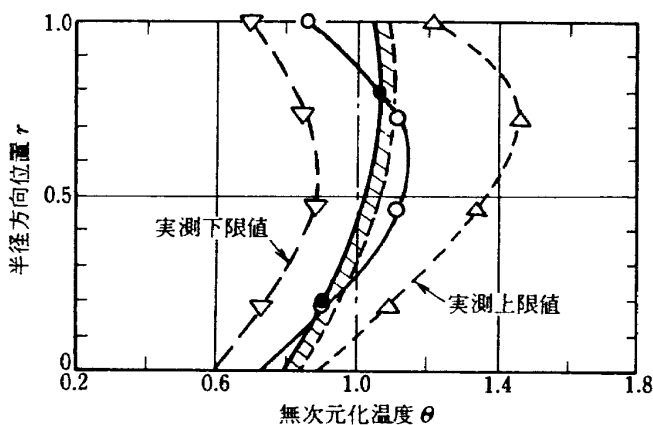


図 78 設計要求値とライナ 60.07 の出口温度実測値 (○-円周方向平均値; ●-設計要求値)

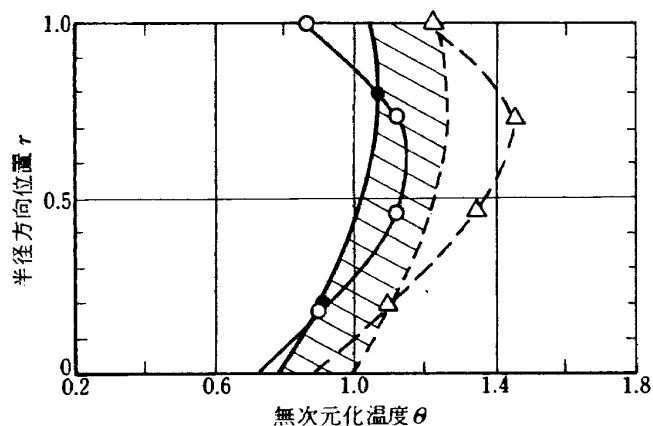


図 79 ライナ 60.07 の出口温度半径方向分布 (○: 円周方向平均値, △: 実測最高温度値, —: 要求値対応二次函数分布, ---:  $\delta_i = 0.2$  相当線)

に、圧力差を作ることが、今回の試験目標のひとつであった。

図 50 の結果から、全圧損失率が 4% のときは、十分抽気量が確保できることがわかった。ここで全圧損失率は、巻末付表(データ番号 780804)に示すように、圧力の高い実験条件では、抽気時にほぼ 4% となっている。抽気を行っていないときの全圧損失率は、やや高い値を示す。

今回の全圧損失率の調整と抽気量の確保には、箱形燃焼器の試験がかなり貢献している。

全圧損失の小さい燃焼器の場合には、デフューザやライナ内、外の気流通路断面形状、面積の異なる環状模型と箱形模型とでは、同等の開口面積ライナを用いても当然のことながら圧力損失値にかなりの相異がある。

ところが、図 74 からわかるように、ライナ開口面積を絞っていき、 $\phi$  の値が大きくなると、両模型の  $\phi$  の相異は少なくなってくる。これは、 $\phi$  がライナ外の通路断面積よりも、空気孔などの面積の及ぼす影響が増大したためである。

したがって、圧力損失の大きな燃焼器の場合には、より確実に、箱形模型試験の役割が評価できる。

#### 4.4 流れと燃焼器特性

FJ R710 エンジンの圧縮機出口風速分布については、ごく最近になってその実測データが示されるようになってきた。

圧縮機出口での風速分布は、実機が試運転段階に入らない限り、不明なので、当面、前述のようなピンを設けて、風速分布をつくり出し、その効果を確かめている。この風速分布形は、第 1 期エンジン FJ R710/20 などにおける全圧分布実測結果と、圧縮機要素 HC-20 の全圧分布試験データに基づいている。

今回の燃焼器にたいする風速分布の顕著な効果としては、入口デフューザ部の静圧測定値(図 66)からも推察できるように、この部分の流れが外径側壁面に沿って流れる。このことは、圧縮機からの主流が鈍頭部へ衝突する位置が、入口デフューザ通路の単なる形状的延長上ではなく、かなり外径側へ偏向した位置となる。このことは、後に、水流による透明模型可視化試験で確かめられることになるが、これが、初期の設計による分流板形状と、今回の試験で改良されてきた分流板形状の違いとなって表われている。

なお、燃焼器入口部での全圧分布形状は、そのまま実験値をプロットすると気流の静圧と温度の双方に影響されて本試験装置の場合、ことに都合が悪い。流れを等エ

ントロピーの理想気体と仮定すると、

$$\frac{P}{p} = \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2\right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \quad (6)$$

の関係があるので、マッハ数による分布形表示をすれば、静圧のみの関数となって具合が良い。ここで  $P$  は流れの全圧、 $p$  は静圧、 $\kappa$  は比熱比である。

肩部風速分布は、ライナ側が加速された形をしている。内径側肩部風速分布は、外径側とくらべ急な勾配となっている。この部の測定値によって、ライナ内側、および外径側環状通路を通る空気流量比を求めるのは、ストラット、および燃料噴射弁の存在と分布形の勾配の大きさから言って精度が十分でない恐れがある。

#### 4.5 排出特性

今回の要素試験結果で判断する限り、燃焼器 CC 61 H / 60.07 の排出は、かなり良好である。

すなわち、図 60 ~ 63 で # 12 ライナの排出と比較してほぼ同等の結果であるが、この # 12 ライナは第 1 期エンジン用ライナとしては異常とも言える低排出特性を示したものである。

したがって、使用した要素試験装置が、空気圧力にたいして、エンジン作動線上の相当圧力にたいする場合より高い空気温度となる特性<sup>6)</sup>が、本燃焼器の場合に大巾に寄与していることがなければ、実機に適用した場合にも、THC や CO の排出特性に期待が持てる。

窒素酸化物排出特性比較 (図 63) の際、湿度の補正を行っていない。これは、湿度にたいする窒素酸化物排出の依存性が明確でないという最近の報告<sup>8)</sup>があるため、これについての詳細な検討は別の機会にゆずる。

### 5. ま と め

ターボファンエンジン、FJR 710/600 に採用する燃焼器の仕様決定のために、要素試験を行い、ほぼ所要の性能を得ることのできる燃焼器設計資料を得た。

スワラ 4 個を採用した箱形模型と、実機採用燃焼器と同一寸法の環状模型を用いて、次の試験を重点的に行った。

- (a) 分流板形状、空気孔寸法、配列改善による保炎性能の改良
- (b) 実機での抽気量確保のため抽気部と、燃焼器出口部との圧力差の確立
- (c) 出口温度分布の改善

以上の項目で、今回の一連の試験・改良の結果、一応の成果は達成したが、(c) などについては、未だ完全に要求を満足させたとはいえない。

今の所、圧縮機出口風速分布の形状が明確に規定されていないので、今後実機運転が始まり、その実測データが得られるに従ってそれに応じた燃焼器側の調整を必要とすることが必要である。

今回の試験で得られた主な結果をまとめると、次のようである。

(1) 本報告で述べた最終ライナ 60.07 は、燃焼効率、圧力損失、抽気量、およびエンジン作動に必要な安定燃焼範囲などの点で、設計要求を満足させ得る。

(2) 圧力損失の十分に高いライナの場合、抽気は出口温度分布形状やその他の燃焼器諸性能へほとんど影響をおよぼさない。

(3) ライナの開口面積が小さい場合ほど、箱形模型の全圧損失係数は、環状模型のそれに近ずき、それら模型相互の気流通路の断面形状・面積の違いの差が少なくなる。

(4) 燃料噴射弁の吐出量は、噴射弁によって 5% 程の平均流量との差があるが、円周方向出口温度分布には、その顕著な影響は現われていない。

(5) 燃料噴射弁同士の間位置下流の温度は低目である。通常の出口温度計測位置は、比較的低い排出ガス温度のみを測定しがちである。タービン側へおよびホットスポット検出などの対策上は、今回試験の「回転」位置の方が安全側のデータを与える。

(6) 半径方向出口温度の最高温度の許容値「最高ピーク温度 + 30 K 以内」は、実際上無理である。

(7) 環状模型による要素試験での排出レベルは、第 1 期エンジン用燃焼器ライナのうち、最も良好な排出特性のものと比較し、同等の特性を示している。

以上、1978 年夏までに決定する必要のあった FJR 710/600 燃焼器の要素試験結果を報告した。

### 参 考 文 献

- 1) 田丸 卓, 鈴木邦男, 堀内正司, 石井浅五郎, 下平一雄, 小倉五郎, 黒沢要治: 高圧環状燃焼器模型 CC 50 H の試験結果, 航技研資料 TM-365 (1978/9), 限定配布
- 2) 鈴木邦男, 堀内正司, 松木正勝, 鳥崎忠雄: 環状 (アニューラ形) 燃焼器高圧燃焼試験装置, 航技研報告 TR-540 (1978/8)
- 3) 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)
- 4) 小倉五郎, 黒沢要治, 鈴木邦男: 航空宇宙技術研究所のジェットエンジン要素試験用空気源設備の

運転と保守, 航技研報告 TR-531 (1978/3)

- 5) 田丸 卓, 鈴木邦男, 山田秀志, 堀内正司, 下平一雄, 石井浅五郎: 新形式ガスタービン燃焼器の研究 (第2報, AS-20系セクタ燃焼器の特性), 航技研資料 TM-324 (1977/1), 限定配布
- 6) 田丸 卓, 鈴木邦男, 斎藤 隆, 山田秀志, 堀内正司, 下平一雄, 石井浅五郎, 小倉五郎, 黒沢要治: 新形式ガスタービン燃焼器の研究 (第5報, 環状燃焼器 AS 260), 航技研資料 TM-335 (1977/10), 限定配布
- 7) 鈴木邦男: 高圧形環状燃焼器模型 (呼称 CC 60 H) の設計, 航技研資料 TM-356 (1978/7), 限定配布
- 8) P. Donovan and T. Cackette; The Effects of Ambient Conditions on Gas Turbine Emissions - Generalized Correction Factors, Trans ASME, Vol. 100 (1978/10) pp. 640 ~

## 付 録

環状燃焼器 CC 60 H の実験値を, 付表 1-1 から 1-11 に示す。それらの中で, 実験番号 9000 番台は, 通風試験の結果である。また, 最上欄の記号と, それらの単位は, 本文中の記号表に示してある。ただし,  $w_f, P_f$ , および  $\Delta P/P_4$  は, それぞれ g/s, kg/cm<sup>2</sup>G, および % の単位で示す。

付図 1-1 から 1-8 には, CC 60 H の出口温度を, 各熱電対位置, およびその平均値の分布として示す。これらの図の熱電対の半径方向位置は, 本文 4.2 で言及した補正を行っていない。各熱電対 T51A, T52A 等の位置は, 図 3, 25, および 26 に示してある。また, 当該試験条件は, キャブション後尾に付記してある試験番号で, 付表より知ることができる。

箱形燃焼器 CC 60 B の実験値を, 付表 2-1 から 2-19 に示す。単位は, 付表 1 に準ずる。各表のキャブションで CC 60 B は, 抽気を行っていないもの, CC 61 B は, 抽気を行ったものを示す。

付図 2-1 から 2-15 には, 箱形燃焼器で試みた, 空気孔の種類と配置を示す。

付表1-1 CC60IL/60.03の実験結果(試験データ番号: 780412)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$U_r$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$w_f$	$f \times 10^3$	$\frac{P_f}{P_r}$	$T_3$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\sigma_i$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$	$L_b \times 10^{-7}$	BSN
9010	1.066	290	2.16	10.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	33.8	-	-	-
9020	1.137	291	3.65	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.2	37.5	-	-	-
9030	1.226	293	4.96	21.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.0	38.3	-	-	-
20	1.181	297	3.67	16.3	-	-	53.3	14.6	10.0	601	303	0.63	75	6.0	38.3	52	3.5	-
30	1.233	299	3.80	16.3	-	-	77.3	20.3	23.2	860	561	0.40	108	6.1	39.6	71	6.6	-
40	1.243	300	3.76	16.0	-	-	83.7	22.3	28.1	945	645	0.46	115	5.8	39.1	76	7.6	-
9040	2.151	313	7.81	20.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.6	37.4	-	-	-
9050	2.232	316	6.50	16.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.2	35.9	-	-	-
9051	2.232	314	6.52	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.3	35.4	-	-	-
9060	2.224	321	3.91	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.9	35.1	-	-	-

付表 1-2 C C 60 H/60.03 の実験結果 (試験データ番号: 780414)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$U_r$	$R_{b_0}$	$R_{b_1}$	$w_f$	$f \times 10^3$	$\frac{P_f}{P_r}$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\sigma_i$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$	$L_b \times 10^{-7}$ BSN
9010	1.051	317	1.19	6.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	39.0	-	-
9020	1.065	339	1.81	10.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	37.7	-	-
9030	1.101	369	2.44	14.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.7	37.8	-	-
9040	1.115	386	2.78	17.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.9	37.6	-	-
9050	1.172	405	3.34	20.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.1	39.5	-	-
10	1.128	445	2.27	15.8	-	-	40.4	17.8	5.6	0.0	970	0.30	83	3.8	38.9	79	4.2
50	2.523	497	4.64	16.2	-	-	45.7	9.8	7.8	0.0	837	0.32	56	3.4	36.8	90	2.4
60	2.533	506	4.56	16.1	-	-	65.7	14.4	11.1	0.0	998	0.43	99	3.4	37.7	91	3.5
70	2.557	513	4.69	16.6	-	-	92.0	19.6	11.0	0.0	1140	0.36	110	3.4	36.4	87	4.7
90	3.996	543	6.86	16.5	-	-	68.6	10.0	12.0	0.0	901	0.40	74	3.3	37.9	94	2.4
100	4.024	553	6.72	16.3	-	-	95.2	14.2	12.0	0.0	1038	0.40	81	3.0	35.6	92	3.3
110	4.030	556	6.26	15.3	-	-	128.6	20.5	12.0	0.3	1223	0.38	119	2.7	36.3	90	4.3
120	4.887	577	7.73	16.1	-	-	78.5	10.2	12.4	0.0	935	0.39	194	2.8	35.1	93	2.1
130	4.904	582	7.65	16.1	-	-	108.3	14.2	12.1	0.0	1065	0.42	212	2.7	35.5	93	2.9
140	4.868	590	7.78	16.7	-	-	153.9	19.8	11.6	0.6	1246	0.37	113	2.9	35.6	92	4.4
150	6.139	601	9.25	16.0	-	-	91.9	9.9	12.7	0.0	960	0.35	59	2.6	34.6	96	2.2
160	6.196	614	9.67	16.7	-	-	134.5	13.9	12.0	0.2	1083	0.44	85	2.8	34.7	93	3.0
170	6.092	606	9.51	16.7	-	-	193.1	20.3	12.1	1.2	1288	0.36	115	2.8	35.2	94	4.5
180	6.014	609	8.51	15.2	-	-	199.5	23.4	12.2	1.4	1373	0.35	128	2.3	35.2	93	4.6
190	6.445	615	9.59	16.2	-	-	91.7	9.6	12.8	0.0	962	0.37	58	2.6	34.4	97	2.1
200	6.609	615	10.58	17.4	-	-	142.6	13.5	12.1	0.4	1084	0.46	88	3.0	34.9	94	3.1
210	6.560	617	9.38	15.6	-	-	193.0	20.6	10.9	1.3	1305	0.38	116	2.4	35.2	94	4.2
220	6.580	618	9.20	15.3	-	-	192.7	21.0	10.9	1.3	1317	0.37	119	2.3	39.5	94	4.1
9060	6.633	619	12.42	20.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.1	34.4	-	-
9070	6.486	618	9.72	16.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.6	34.0	-	-

付表 1-3 C C 60 H/60.05 の実験結果 (試験データ番号: 780426)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$U_r$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$w_f$	$f \times 10^3$	$\frac{P_f}{P_r} m$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\sigma_i$	$\Delta P/P_s$	$\phi$	$\eta_b$	$L_b \times 10^{-7}$	BSN
9010	1.041	359	0.97	5.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	46.8	-	-	-
9020	1.056	381	1.63	10.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	39.6	-	-	-
9030	1.084	394	2.24	14.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8	41.1	-	-	-
9040	1.106	405	2.53	16.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.0	42.8	-	-	-
9050	1.156	416	3.21	20.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.6	43.4	-	-	-
30	2.435	498	4.61	16.7	-	-	45.6	9.9	7.9	841	343	0.44	72	4.0	40.7	90	2.4	-
40	2.486	519	4.46	16.4	-	-	63.9	14.3	11.7	1007	488	0.56	128	3.7	41.1	91	3.4	1.5
41	2.487	530	4.44	16.7	-	-	63.7	14.3	11.7	1013	483	0.59	127	3.8	41.1	90	3.4	1.5
50	2.471	538	4.22	16.2	-	-	84.5	20.0	11.6	1180	641	0.46	144	3.5	40.4	88	4.5	-
60	4.064	565	6.91	17.0	-	-	65.1	9.4	11.6	910	345	0.69	99	3.6	39.7	92	2.2	-
70	3.997	570	6.48	16.4	-	-	91.3	14.1	12.4	1055	484	0.52	42	3.3	39.8	91	3.1	-
71	4.034	577	6.36	16.1	-	-	91.2	14.3	12.4	1072	495	0.50	113	3.1	39.2	93	3.2	-
80	4.080	580	6.31	15.9	-	-	124.3	19.7	12.1	1228	648	0.46	148	3.0	40.1	91	4.2	-
90	5.046	594	8.01	16.7	-	-	79.6	10.0	12.3	944	350	0.49	90	3.2	39.4	93	2.2	-
100	5.018	597	8.07	17.0	-	-	112.8	14.0	12.0	1071	474	0.52	108	3.3	39.2	92	3.1	-
110	5.109	601	8.01	16.7	-	-	157.1	19.6	11.5	1254	653	0.49	153	3.2	39.6	93	4.3	-
120	5.935	612	9.02	16.4	-	-	90.2	10.0	12.9	966	354	0.48	81	3.0	38.9	94	2.1	-
130	5.980	615	8.90	16.2	-	-	126.6	14.2	12.5	1099	484	0.50	112	2.9	38.4	93	2.9	4.5
131	5.924	619	9.03	16.7	-	-	126.6	14.0	12.6	1097	479	0.50	112	3.1	39.0	93	3.0	4.0
140	6.043	620	8.78	15.9	-	-	176.8	20.1	11.7	1281	661	0.47	148	2.8	39.4	92	4.1	-
150	6.531	627	9.42	16.0	-	-	94.5	10.0	13.2	984	357	0.46	80	2.8	39.2	95	2.1	-
160	6.563	631	9.54	16.2	-	-	137.8	14.5	12.7	1130	500	0.48	115	2.8	38.9	95	3.0	4.0
161	6.540	633	9.26	15.8	-	-	137.8	14.9	12.7	1143	510	0.49	120	2.7	38.9	94	3.0	4.0
170	6.681	636	9.98	16.8	-	-	194	19.5	12.6	1277	641	0.48	146	3.1	39.5	93	4.0	4.0
171	6.635	637	9.99	17.0	-	-	193	19.3	12.6	1273	637	0.47	144	3.1	39.9	92	4.0	4.5

付表 1-4 CC 60 H/60.06 の実験結果 (試験データ番号: 780511)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$U_r$	$R_{b_0}$	$R_{b_i}$	$w_f$	$f \times 10^3$	$\frac{P_f}{P_r}$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\sigma_i$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$	$L_b \times 10^{-7}$	BSN
9010	1.044	290	1.29	6.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	54.2	-	-	-
9020	1.061	290	2.07	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	50.3	-	-	-
9030	1.114	290	3.10	14.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.2	50.5	-	-	-
9040	1.149	290	3.64	16.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.8	48.9	-	-	-
9050	1.237	293	4.78	20.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.9	49.9	-	-	-
9060	2.462	300	9.28	20.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.3	48.5	-	-	-
9070	2.479	304	7.57	16.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.2	46.3	-	-	-
9080	2.488	312	6.41	14.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.2	46.3	-	-	-
9090	2.479	315	4.42	9.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	46.5	-	-	-
9100	2.514	315	2.57	5.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	51.7	-	-	-

付表 1-5 C C 60 H/60.06 の実験結果 (試験データ番号: 780515)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$U_r$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$w_f$	$f \times 10^3$	$\frac{P_f}{P_r}$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\sigma_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$	$L_b \times 10^{-7}$ BSN
9010	1.049	366	0.97	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	58.0	-	-
9020	1.070	390	1.55	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.4	53.4	-	-
9030	1.101	408	2.15	14.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.3	50.7	-	-
9040	1.121	418	2.46	16.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.6	50.6	-	-
9050	1.170	432	3.06	20.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.2	51.0	-	-
10	1.137	459	2.29	16.3	-	-	30.4	13.3	3.2	0.0	827	0.44	90	5.2	51.3	72	2.9
11	1.152	469	2.27	16.3	-	-	45.3	20.0	7.8	0.0	1014	0.43	131	5.3	53.0	73	4.4
30	2.476	509	4.46	16.2	-	-	44.7	10.0	7.7	0.0	825	0.45	70	4.4	49.1	82	2.2
40	2.564	533	4.66	18.6	-	-	65.2	14.0	11.4	0.0	974	0.56	127	4.7	49.4	86	3.3
50	2.574	531	4.36	15.9	-	-	86.4	19.8	12.4	0.0	1108	0.48	148	4.2	50.5	80	4.1
70	3.995	558	6.56	16.2	-	-	64.4	9.8	12.4	0.0	887	0.66	98	3.9	47.9	88	2.1
80	4.001	563	6.61	16.5	-	-	93.8	14.2	12.3	0.0	1010	0.51	116	4.1	48.3	85	3.0
90	3.938	566	6.14	15.6	-	-	125.6	20.4	12.0	0.3	1174	0.47	158	3.6	48.2	82	4.0
100	5.008	584	7.68	15.8	-	-	77.5	10.1	12.2	0.0	925	0.51	95	3.5	46.9	89	2.1
110	5.061	591	7.82	16.1	-	-	109.9	14.0	12.0	0.1	1042	0.50	116	3.6	46.1	87	2.9
111	5.050	597	7.69	16.1	-	-	109.7	14.3	12.4	0.1	1056	0.46	116	3.6	47.7	87	2.9
120	5.070	599	7.68	16.0	-	-	154.0	20.1	11.7	0.7	1216	0.49	159	3.6	47.4	86	3.9
130	5.984	608	8.93	16.0	-	-	85.7	9.6	13.0	0.0	932	0.47	84	3.4	46.6	90	1.9
140	6.107	617	9.19	16.4	-	-	130.2	14.2	12.5	0.3	1082	0.48	118	3.6	47.2	89	2.9
150	6.140	622	9.22	16.5	-	-	179.7	19.5	13.1	1.0	1227	0.48	158	3.6	47.6	87	3.8
160	6.109	625	8.99	16.2	-	-	187.8	20.9	13.1	1.2	1266	0.49	167	3.5	47.1	86	4.0
170	6.705	627	9.21	15.2	-	-	94.6	10.3	13.0	0.0	967	0.42	85	2.9	45.4	88	1.9
180	6.773	629	9.89	16.3	-	-	139.6	14.1	13.1	0.4	1091	0.49	115	3.5	48	89	2.8
190	6.812	631	9.90	16.2	-	-	197.4	19.9	13.0	1.4	1253	0.45	159	3.4	47	88	3.8
9070	6.642	632	9.12	15.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	46	-	-



付表 1 - 6 CC 61 H / 60.06 の実験結果 ( 試験データ番号 : 780519 )

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$U_r$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$w_f$	$f \times 10^3$	$\frac{P_f}{P_r}$	$T_3$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\sigma_i$	$\Delta P / P_4$	$\phi$	$\eta_b$	$L_b \times 10^{-7}$	BSN
9010	1.025	305	1.13	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	50.5	-	-	-
9020	1.053	306	2.01	10.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	49.3	-	-	-
9030	1.091	306	2.80	13.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.2	47.3	-	-	-
9040	1.121	306	3.31	16.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.1	48.8	-	-	-
9050	1.202	308	4.41	20.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.3	50.0	-	-	-
9060	2.528	312	8.08	17.7	3.7	4.9	-	-	-	-	-	-	-	8.1	46.8	-	-	-
9070	2.507	323	7.09	16.2	4.1	5.5	-	-	-	-	-	-	-	6.4	45.7	-	-	-
9080	2.516	330	6.15	14.3	4.8	6.4	-	-	-	-	-	-	-	4.8	44.5	-	-	-
9090	2.566	335	4.28	9.9	7.0	9.5	-	-	-	-	-	-	-	2.1	41.7	-	-	-
9100	2.601	336	2.53	5.8	12.2	16.4	-	-	-	-	-	-	-	0.7	39.4	-	-	-

付表1-7 CC61H/60.06の実験結果(試験データ番号: 780522)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$U_r$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$w_f$	$f \times 10^3$	$\frac{P_f}{P_r}$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\sigma$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$	$L_0 \times 10^{-7}$	BSN
9010	1.037	332	1.06	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9*	49.3*	-	-	-
9020	1.056	385	1.59	10.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3*	47.5*	-	-	-
9030	1.105	405	2.49	16.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.4*	47.8*	-	-	-
9040	2.506	438	1.94	6.0	13.9	17.9	-	-	-	-	-	-	-	0.5	36.2	-	-	-
9050	2.544	457	3.19	10.1	8.4	10.8	-	-	-	-	-	-	-	1.6	40.2	-	-	-
9060	2.566	491	4.24	14.3	6.1	7.9	-	-	-	-	-	-	-	3.0	41.8	-	-	-
9070	2.586	504	4.70	16.2	5.4	7.0	-	-	-	-	-	-	-	4.0	43.6	-	-	-
9080	2.580	515	5.74	20.3	4.3	5.6	-	-	-	-	-	-	-	6.3	45.5	-	-	-
10	1.104	515	1.95	16.1	-	-	27.9	-	2.8	0.0	406	0.37	94	4.3	48.9	-	-	-
30	2.546	536	4.28	15.9	5.7	7.3	38.1	10.2	5.5	0.0	319	0.45	77	3.7	44.3	81	1.8	-
40	2.558	543	4.21	15.8	5.8	7.4	54.1	14.8	11.8	0.0	466	0.54	120	3.6	44.5	84	2.7	1.0
50	2.556	547	4.21	15.9	5.8	7.4	72.6	20.0	11.7	0.0	589	0.50	159	3.5	43.1	81	3.5	-
70	4.019	571	6.55	16.4	5.6	7.3	55.9	9.8	12.8	0.0	339	0.60	92	3.6	43.0	91	1.9	-
9090	4.040	572	6.36	15.9	5.8	7.6	-	-	-	-	-	-	-	3.2	41.9	-	-	-
9100	5.040	591	7.94	16.5	5.6	7.5	-	-	-	-	-	-	-	3.4	41.9	-	-	-
9101	5.009	602	7.91	16.8	5.6	7.4	-	-	-	-	-	-	-	3.4	42.0	-	-	-
9110	5.026	605	9.26	19.7	4.7	6.3	-	-	-	-	-	-	-	4.9	42.9	-	-	-
9120	5.078	605	4.69	9.9	9.6	12.8	-	-	-	-	-	-	-	1.1	37.7	-	-	-
9130	5.019	605	6.79	14.5	6.5	8.7	-	-	-	-	-	-	-	2.5	40.8	-	-	-
9140	5.077	604	2.88	6.1	15.7	20.9	-	-	-	-	-	-	-	0.4	32.6	-	-	-

\* 抽気量不明のため、不明な数値である。

付表 1-8 CC 61H/60.06 の実験結果 (試験データ番号: 780612)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_o$	$U_r$	$R_{b_o}$	$R_{b_i}$	$w_f$	$f \times 10^3$	$\frac{P_f}{P_r}$	$m$	$T_s$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\sigma_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$	$L_b \times 10^{-7}$	BSN
10	1.119	439	2.36	16.3	—	—	29.7	—	2.9	0.0	794	355	0.39	88	5.2*	49.0*	—	—	—
30	2.508	506	4.62	16.5	5.2	6.9	41.8	10.3	6.6	0.0	827	321	0.43	78	3.9	42.1	81	2.0	—
40	2.501	515	4.36	15.9	5.5	7.2	55.0	14.5	12.1	0.0	947	432	0.50	105	3.7	43.5	79	2.6	1.5
50	2.496	528	4.22	15.8	5.5	7.4	76.2	20.7	11.0	0.0	1123	595	0.52	152	3.6	43.1	79	3.6	—
70	4.030	561	6.47	15.9	5.7	7.5	58.8	10.5	12.6	0.0	916	355	0.56	93	3.3	42.3	89	2.0	—
80	4.027	565	6.50	16.1	5.6	7.4	79.8	14.1	12.5	0.0	1000	435	0.52	112	3.4	42.3	83	2.5	2.5
90	3.975	571	6.20	15.7	5.8	7.7	112.6	21.0	12.3	0.2	1180	609	0.51	151	3.2	42.6	81	3.5	—
100	5.028	587	7.85	16.2	5.7	7.6	69.8	10.3	12.4	0.0	935	348	0.64	103	3.2	41.0	90	1.9	—
110	5.008	592	7.67	16.1	5.8	7.7	95.3	14.3	12.3	0.0	1044	451	0.57	113	3.1	40.8	85	2.5	3.0
120	5.054	598	7.43	15.6	6.0	8.0	130.3	20.4	12.7	0.4	1200	602	0.46	150	3.0	42.1	82	3.2	—
130	6.001	620	8.60	15.7	6.0	8.1	75.9	10.3	13.2	0.0	952	332	0.58	95	2.8	40.0	86	1.7	—
140	6.040	622	9.20	16.8	5.7	7.5	109.1	13.7	12.9	0.1	1062	439	0.59	111	3.1	39.9	87	2.4	4.0
150	6.032	626	8.52	15.6	6.1	8.1	148.0	20.2	12.3	0.6	1227	600	0.49	150	2.8	41.1	83	3.1	—
160	5.997	627	8.70	16.0	6.0	8.0	161.2	21.6	11.9	0.8	1266	638	0.49	161	2.9	40.7	83	3.4	4.0
170	6.763	632	9.19	15.2	6.3	8.4	82.0	10.5	13.3	0.0	974	342	0.59	94	2.6	40.2	88	1.6	—
180	6.669	633	9.75	16.4	5.9	7.8	118.2	14.0	13.5	0.2	1078	445	0.61	111	3.0	40.7	86	2.3	4.0
190	6.582	634	9.53	16.2	6.0	7.8	160.5	19.5	12.7	0.8	1218	585	0.53	151	3.0	41.2	84	3.1	—
200	6.613	635	9.60	16.3	5.9	7.8	179.7	21.7	12.1	1.1	1278	643	0.50	162	3.1	42.4	84	3.5	4.0

\* 抽気量不明のため、不明な数値である。

付表 1-9 CC 61H/60.07 の実験結果 (試験データ番号: 780804)

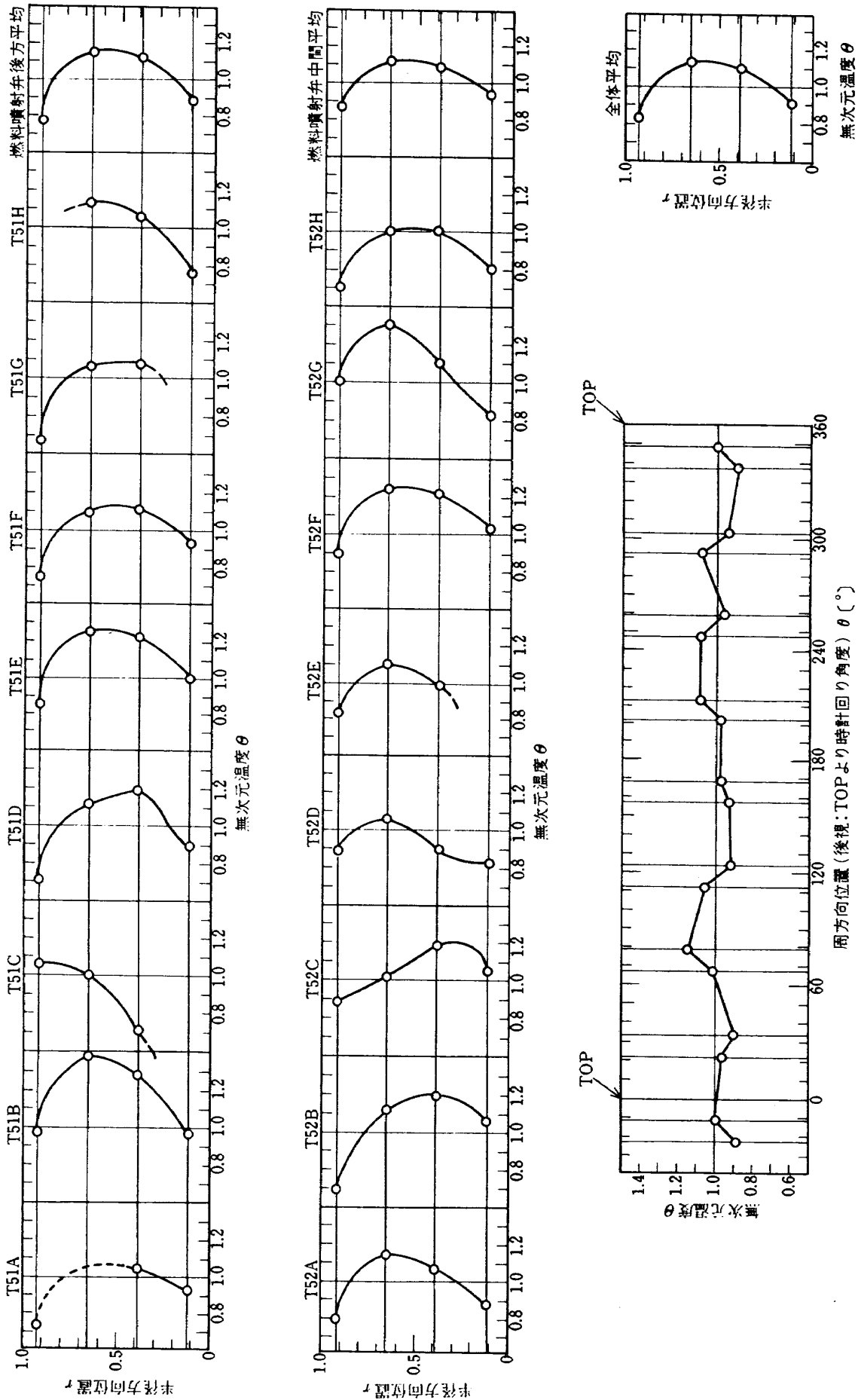
実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$U_r$	$R_{b0}$	$R_{b1}$	$w_f$	$f \times 10^3$	$\frac{P_f}{P_r}$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\sigma_t$	$\Delta P/P_A$	$\phi$	$\eta_b$	$L_b \times 10^{-7}$ BSN
9010	2.536	497	4.76	16.5	5.24	6.96	-	-	-	-	-	-	-	5.5	58.3	-	-
10	2.463	513	4.30	15.8	5.51	7.33	39.1	10.4	5.7	0.0	865	0.40	58	5.0	58.3	88	2.1
20	2.488	517	4.45	16.3	5.35	7.13	53.9	13.9	11.7	0.0	974	0.40	72	5.3	58.5	88	2.9
21	2.487	522	4.34	16.1	5.44	7.24	52.5	13.9	11.1	0.0	977	0.40	74	5.0	57.9	88	2.8
22	2.477	524	4.22	15.8	5.55	7.40	52.9	14.4	11.2	0.0	994	0.42	76	4.8	57.9	87	2.8
30	2.506	524	4.37	16.2	5.42	7.21	73.0	19.1	11.7	0.0	1156	0.55	128	5.1	59.0	91	4.0
40	4.038	552	6.82	16.5	5.48	7.29	59.1	9.9	10.9	0.0	916	0.51	78	4.8	56.1	97	2.1
50	4.017	559	6.39	15.7	5.79	7.70	78.5	14.2	11.8	0.0	1043	0.55	93	4.3	55.7	92	2.7
60	4.105	565	6.65	16.2	5.64	7.50	113.5	19.6	11.6	0.1	1207	0.44	119	4.6	56.6	91	3.8
70	5.076	583	8.01	16.3	5.72	7.59	69.2	10.0	12.7	0.0	942	0.61	82	4.3	54.7	96	2.0
80	5.098	588	7.97	16.3	5.74	7.64	97.4	14.1	12.6	0.0	1065	0.50	91	4.4	55.7	92	2.7
90	5.108	596	7.73	15.9	5.89	7.83	130.5	19.6	12.4	0.2	1237	0.43	121	4.2	57.0	92	3.5
100	6.049	612	9.08	16.2	5.87	7.81	76.4	9.7	12.7	0.0	961	0.56	73	4.1	54.0	96	1.8
110	6.067	614	8.94	16.0	5.96	7.91	108.2	14.0	12.4	0.0	1097	0.44	91	4.0	55.5	94	2.5
120	6.094	621	8.94	16.1	5.95	7.90	152.5	19.8	13.3	0.4	1286	0.50	126	4.0	54.3	95	3.6
130	6.700	630	9.58	15.9	6.08	8.06	84.3	10.3	13.2	0.0	992	0.50	70	3.8	54.3	95	1.8
140	6.750	634	9.82	16.3	5.95	7.89	118.9	14.1	12.9	0.0	1121	0.45	95	4.0	54.1	95	2.5
150	6.745	637	9.40	15.7	6.19	8.22	162.0	20.2	12.1	0.6	1305	0.47	125	3.6	53.9	94	3.4
160	6.772	638	9.96	16.6	5.86	7.77	160.4	18.7	12.2	0.6	1274	0.45	122	4.1	54.3	96	3.5
9020	6.651	640	9.32	15.9	6.15	8.18	-	-	-	-	-	-	-	3.7	53.2	-	-

付表 1-10 CC 60 H/60.07 の実験結果 (試験データ番号: 780918)

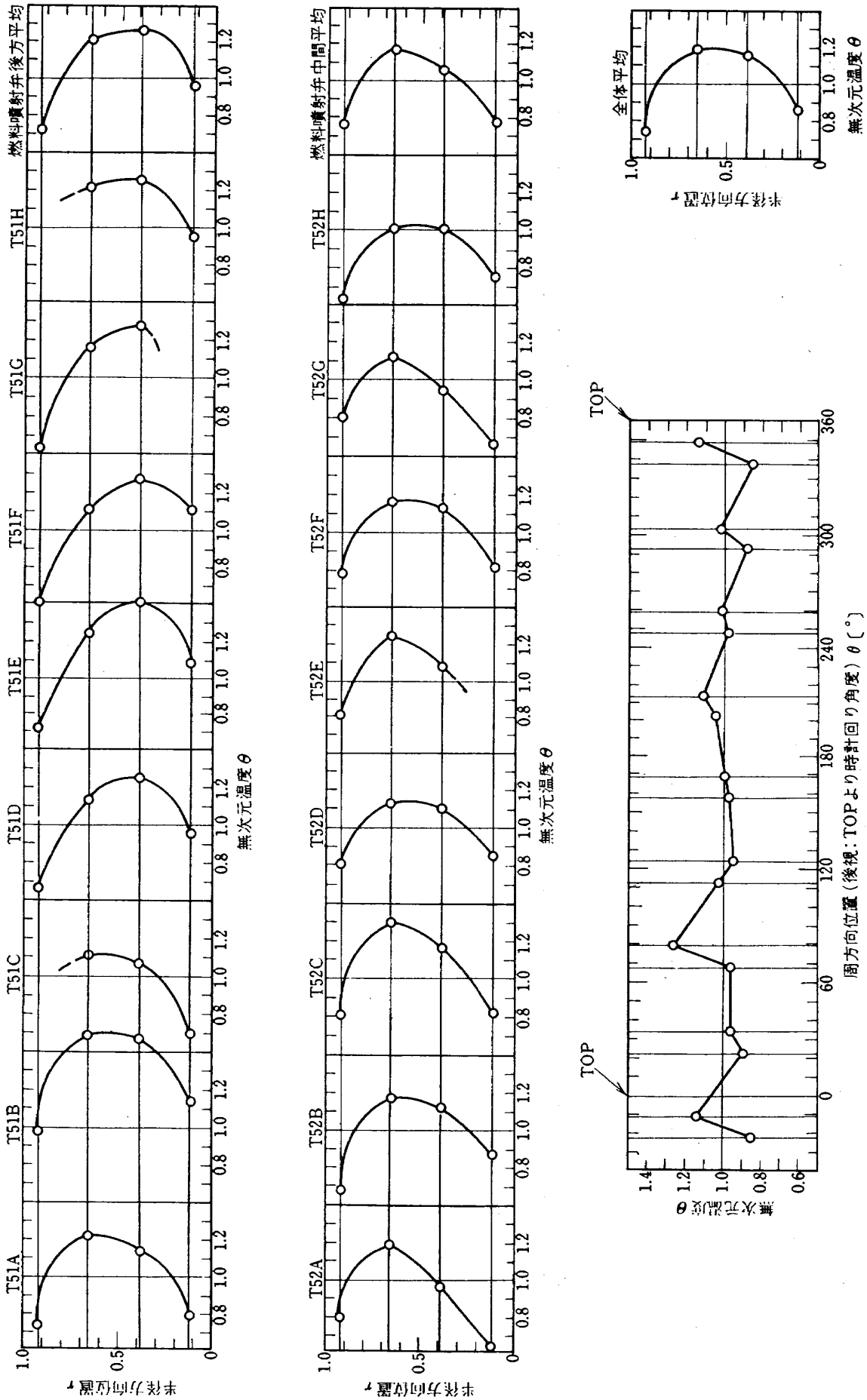
実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$U_r$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$w_f$	$f \times 10^3$	$\frac{P_f}{P_r}$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\sigma_i$	$4P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$	$L_b \times 10^{-7}$	BSN
9010	1.053	346	1.21	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.7	66.5	-	-	-
9011	1.047	359	1.01	6.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	68.0	-	-	-
9020	1.078	384	1.67	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.4	67.0	-	-	-
9030	1.113	397	2.18	13.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.7	68.4	-	-	-
9040	1.145	407	2.58	16.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.8	69.7	-	-	-
9050	1.216	421	3.26	20.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.8	71.3	-	-	-
9060	2.628	457	7.12	21.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.5	68.6	-	-	-
9070	2.675	491	5.39	17.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.4	67.8	-	-	-
9080	2.497	510	3.76	13.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.2	66.9	-	-	-
9090	2.449	511	2.84	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	66.4	-	-	-
9100	2.478	505	1.45	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	70.3	-	-	-
10	1.141	511	2.04	16.1	-	-	28.9	14.2	2.9	0.0	418	0.28	59	6.5	73.6	78	3.0	-
30	2.647	527	4.58	16.1	-	-	44.7	9.8	7.7	0.0	342	0.27	50	6.0	69.5	91	2.3	-
40	2.653	532	4.47	15.9	-	-	64.1	14.3	1.3	0.0	481	0.36	94	5.7	69.5	90	3.3	1.5
50	2.671	539	4.50	16.1	-	-	90.6	20.1	8.5	0.0	654	0.29	118	5.9	70.0	90	4.6	-
60	4.067	556	6.65	16.1	-	-	66.1	9.9	2.7	0.0	359	0.33	71	5.4	66.4	95	2.3	-
70	4.137	560	6.82	16.3	-	-	95.3	14.0	11.8	0.0	487	0.39	87	5.7	68.6	94	3.3	2.5
80	4.133	569	6.61	16.1	-	-	132.2	20.0	11.0	0.3	672	0.39	126	5.5	69.7	94	4.5	-
90	5.064	582	7.98	16.2	-	-	80.1	10.0	3.8	0.0	360	0.31	66	5.4	68.0	95	2.3	-
100	5.088	589	8.03	16.4	-	-	113.9	14.2	12.1	0.0	496	0.37	96	5.4	67.4	95	3.2	3.0
110	5.117	595	7.80	16.0	-	-	153.5	19.7	11.4	0.5	674	0.42	126	5.2	68.9	96	4.4	-
120	6.015	605	9.10	16.2	-	-	90.6	10.0	5.9	0.0	364	0.31	64	5.0	65.9	98	2.2	4.0
130	6.042	612	8.91	16.0	-	-	126.8	14.2	12.0	0.1	506	0.42	91	4.9	66.9	97	3.1	-
140	6.077	616	9.02	16.2	-	-	164.4	18.2	11.1	0.7	640	0.45	121	5.0	67.7	99	4.0	-
150	6.432	624	9.52	16.3	-	-	93.7	9.8	5.1	0.0	360	0.36	68	4.9	65.1	98	2.2	4.5
160	6.456	627	9.48	16.3	-	-	132.6	14.0	12.0	0.1	496	0.46	92	5.0	67.4	97	3.0	4.0
170	6.447	631	9.32	16.1	-	-	166.5	17.9	11.4	0.7	613	0.46	110	4.8	66.7	96	3.8	4.0
9120	6.369	632	9.08	15.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.6	65.9	-	-	-
9130	6.282	632	8.02	14.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.5	62.9	-	-	-
9140	6.143	632	5.59	10.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8	62.0	-	-	-
9150	6.061	631	3.28	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	63.9	-	-	-

付表 1-11 CC 61H/60.07 の実験結果 (試験データ番号: 781113)

実験番号	$P_1$	$T_1$	$w_a$	$U_r$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$w_f$	$f \times 10^3$	$\frac{P_f}{P_r} \frac{m}{m}$	$T_3$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\sigma_t$	$\Delta P/P_a$	$\phi$	$\eta_b$	$L_b \times 10^{-7}$	BSN
9011	2.563	437	5.48	16.5	4.93	6.37	-	-	-	-	-	-	-	6.4	59.2	-	-	-
9012	2.464	460	3.95	13.0	6.38	8.36	-	-	-	-	-	-	-	3.6	56.1	-	-	-
9013	2.523	483	4.90	16.6	5.08	6.67	-	-	-	-	-	-	-	6.0	59.9	-	-	-
10	2.553	515	4.57	16.3	5.34	7.02	39.4	9.8	5.7	0.0	881	0.22	48	5.4	59.7	97	2.3	-
20	2.542	522	4.36	15.8	5.52	7.29	54.1	14.2	11.5	0.0	1042	0.22	68	5.0	59.7	98	3.2	2.0
21	2.539	526	4.31	15.8	5.54	7.33	54.8	14.5	11.8	0.0	1051	0.25	72	4.9	59.7	97	3.2	2.5
30	2.566	531	4.45	16.3	5.40	7.13	77.0	19.8	12.0	0.0	1225	0.40	112	5.3	60.5	97	4.4	2.0
31	2.540	533	4.28	15.9	5.54	7.33	77.1	20.7	12.0	0.0	1235	0.36	104	4.9	58.9	94	4.3	2.0
40	4.056	558	6.73	16.4	5.53	7.31	59.0	10.1	10.7	0.0	982	0.52	95	4.0	48.0	112	2.5	-
50	4.061	563	6.47	15.9	5.72	7.57	81.1	14.5	12.0	0.0	1138	0.34	92	3.8	49.1	108	3.3	3.5
51	4.045	565	6.25	15.4	5.89	7.80	81.4	15.1	12.0	0.0	1137	0.32	86	3.7	50.1	103	3.1	4.0
130	6.623	602	10.50	16.9	5.53	7.32	97.2	10.6	9.2	0.0	1028	0.29	62	4.7	56.0	108	2.4	-
140	6.643	605	10.30	16.6	5.70	7.50	130.4	14.6	11.5	0.2	1177	0.31	90	4.5	56.0	108	3.2	5.0
150	6.674	609	10.40	16.8	5.60	7.43	180.2	19.9	11.7	1.0	1370	0.32	118	4.7	58.0	108	4.4	5.0
151	6.615	609	9.51	15.5	6.08	8.07	171.4	21.0	12.0	0.8	1397	0.27	114	3.9	56.1	107	4.2	-

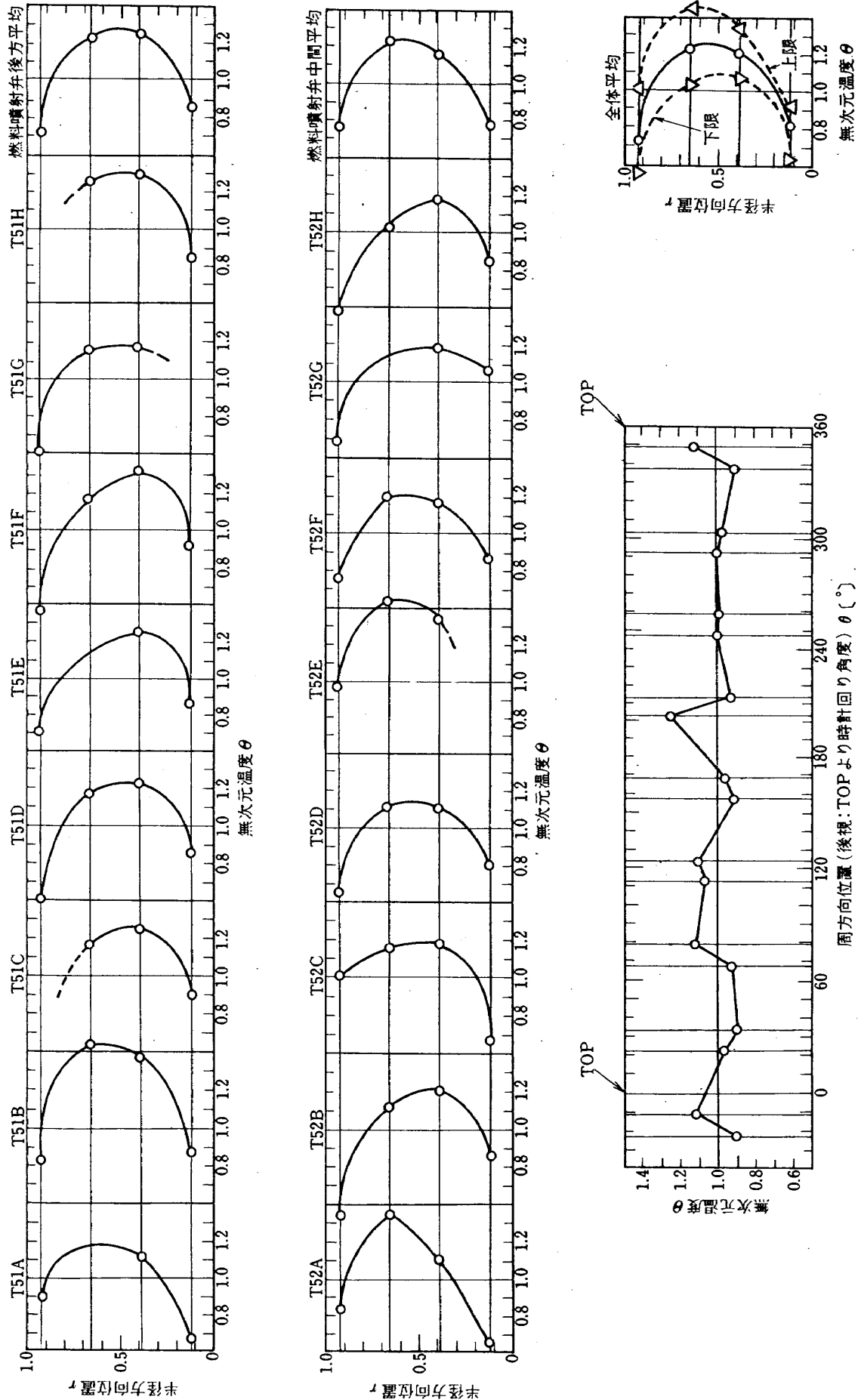


付図 1 - 1 ライナ 60.03 の出口温度分布 (試験番号 780414-220)

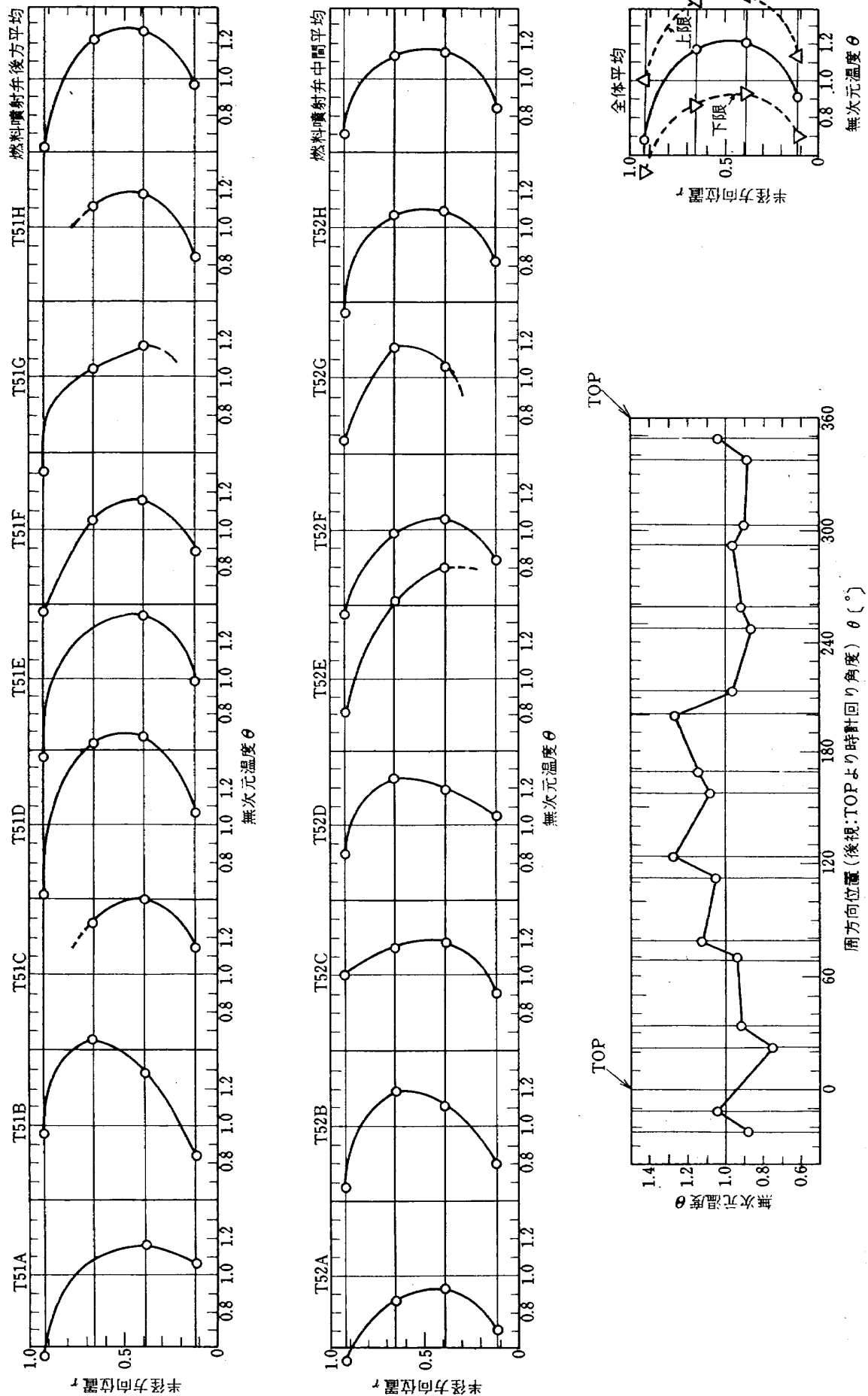


付図 1-2 ライナ 60.05 の出口温度分布 (試験番号 780426-170)

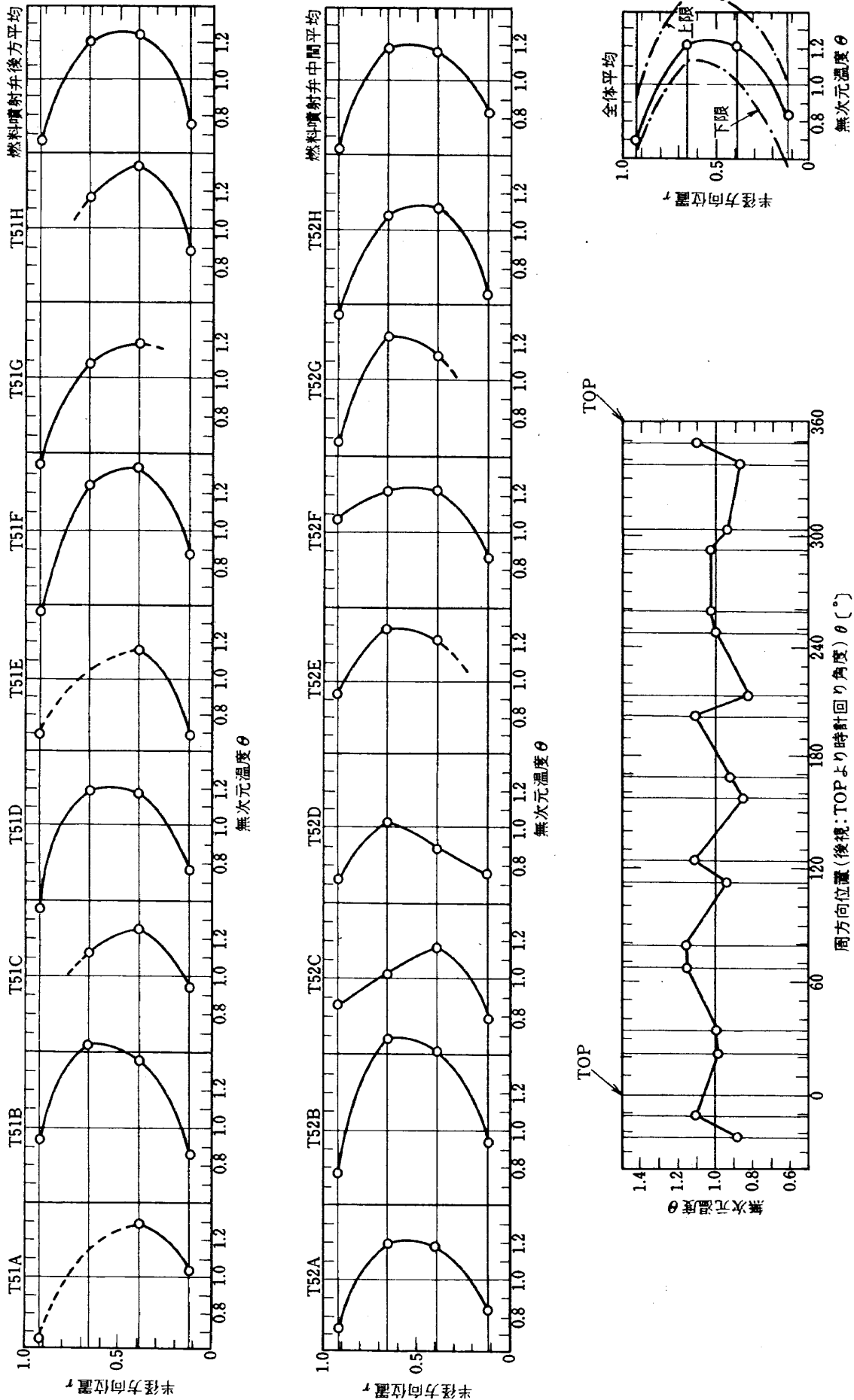




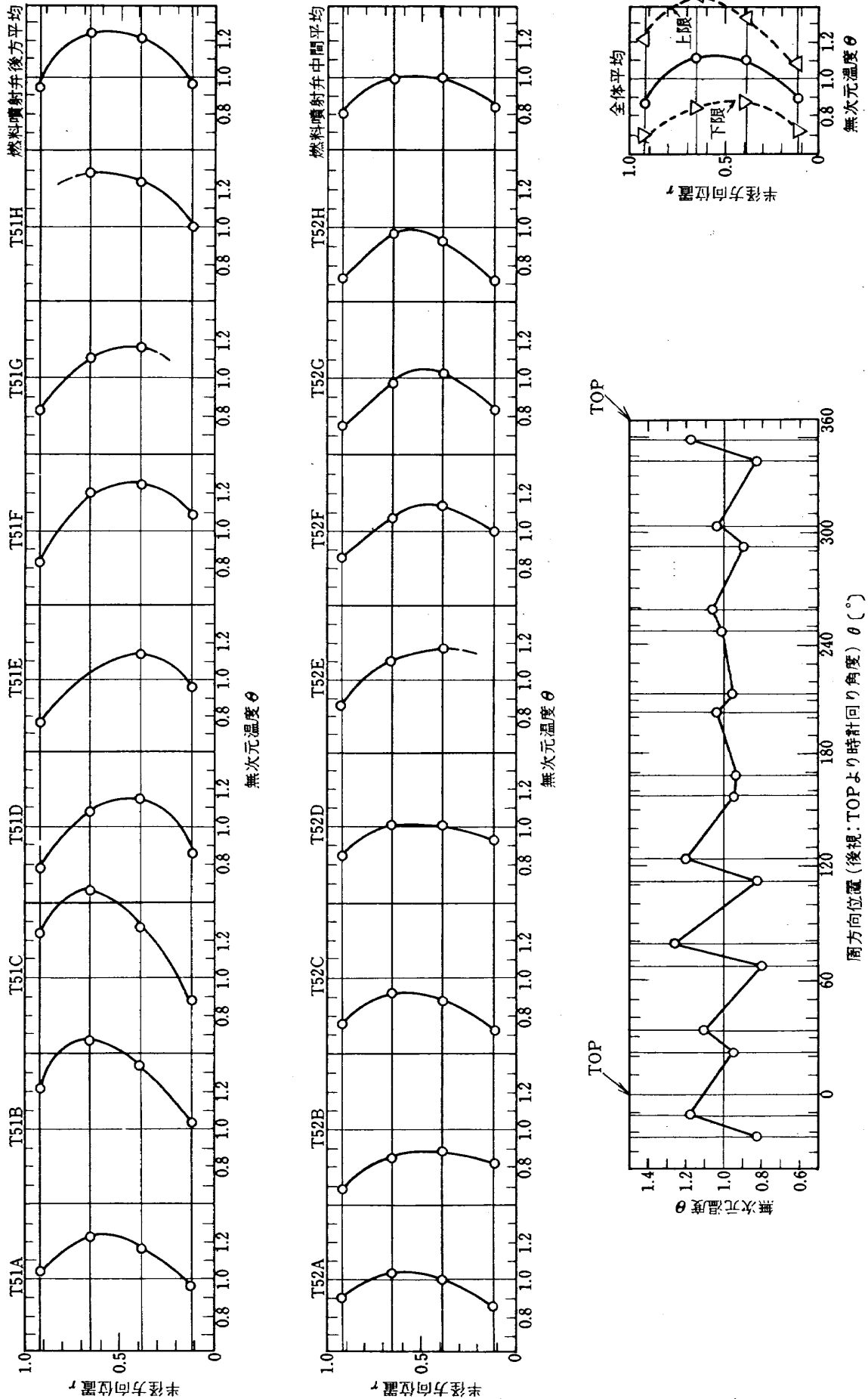
付図1-3 ライナ60.06の出口温度分布(抽気なし, 試験番号780515-190)



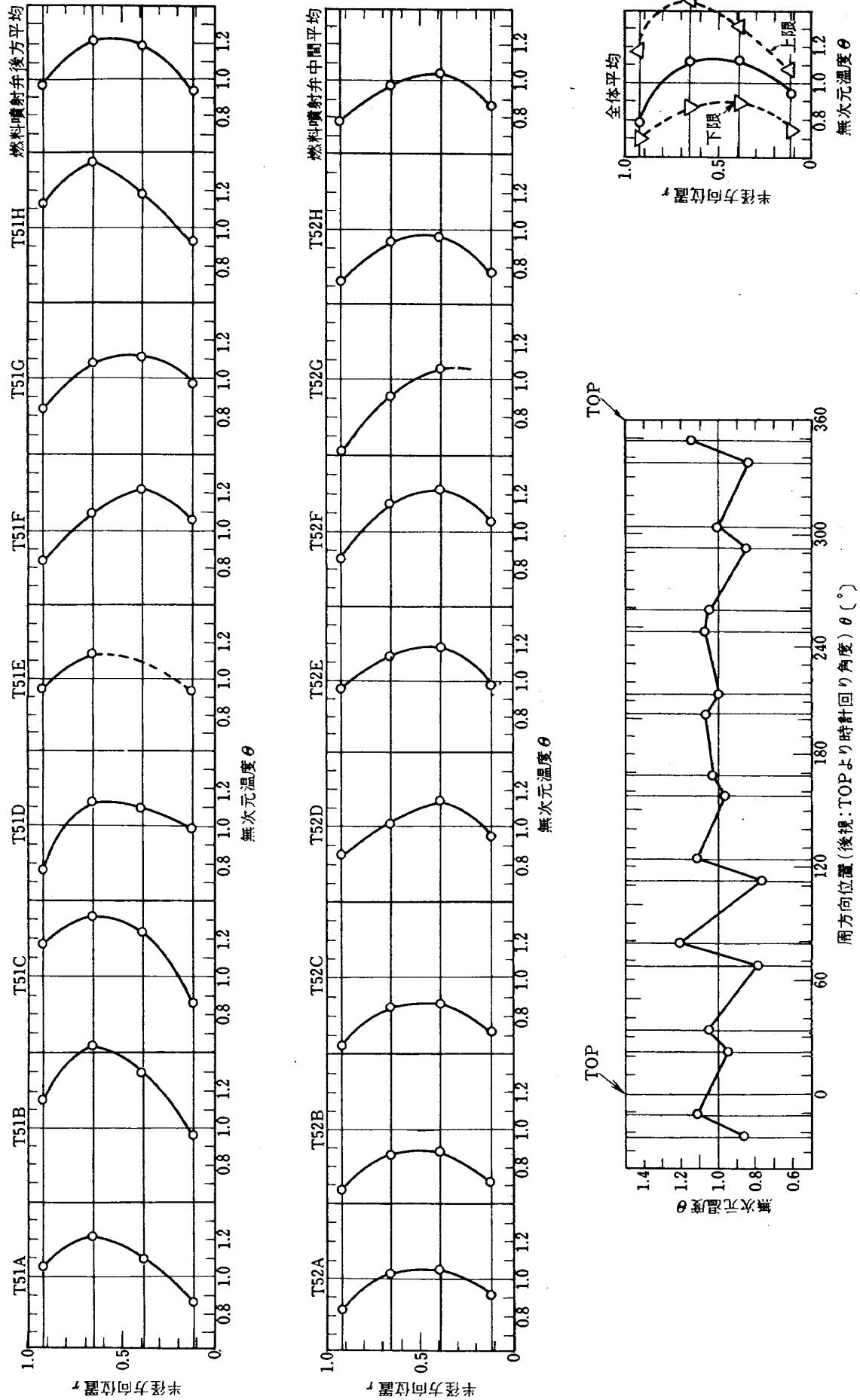
付図 1-4 ライナ 60.06 の出口温度分布 (抽気有, 試験番号 780522-70)



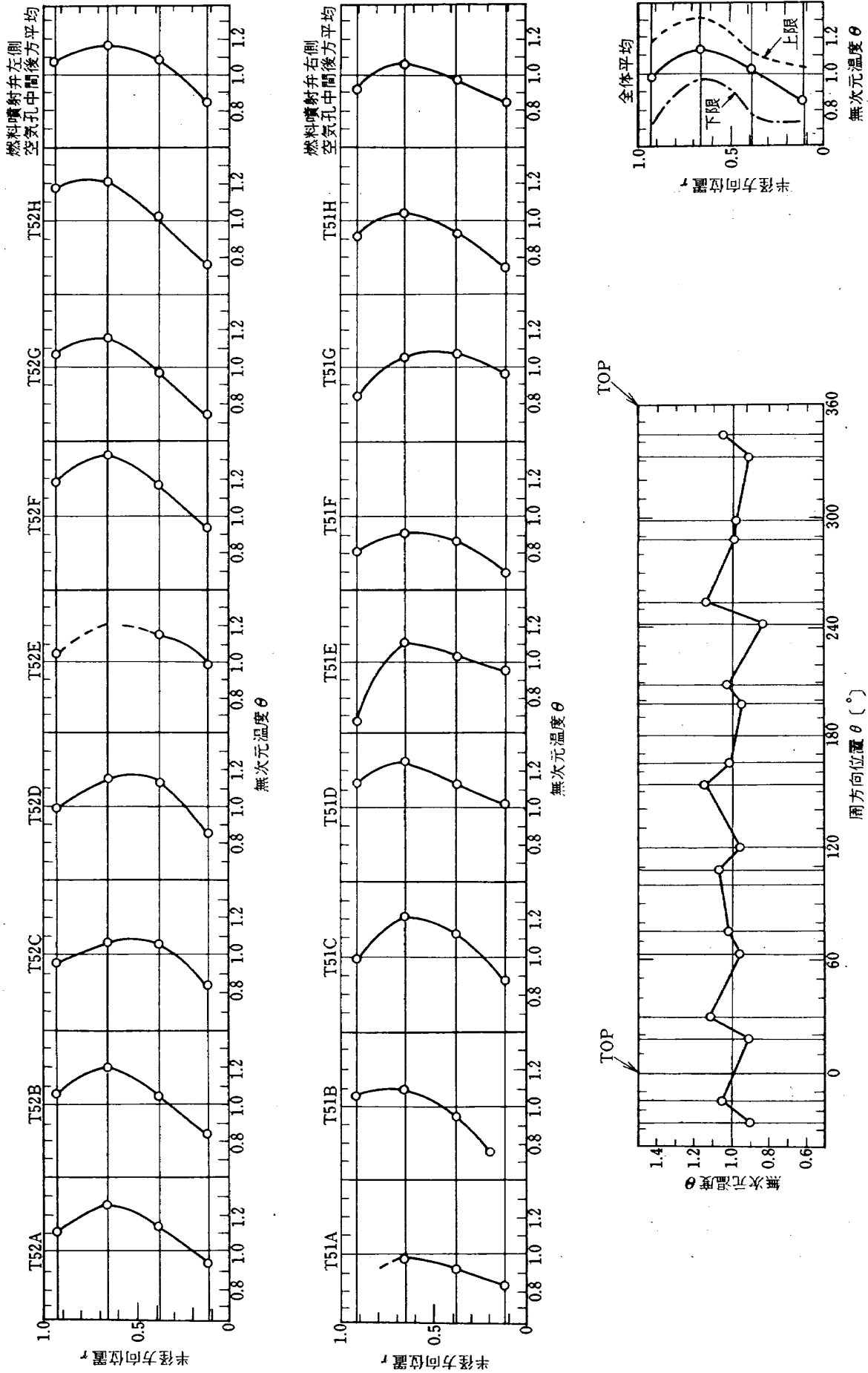
付図 1-5 ライナ 60.06 の出口温度分布 (抽気有, 試験番号 780612-200)



付図 1-6 ライン 60.07 の出口温度分布 (抽気ある場合, 試験番号 780804 - 150)



付図 1-7 ライナ 60.07 の出口温度分布 (抽気なし, 試験番号 780918-170)



付図1-8 ライナ60.07の出口温度分布(出口温度計側回転, 試験番号781113-150)

付表 2-1 CC 60 B-1 の実験値 (試験データ番号: 780424)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
01-0010	1.235	315	0.8527	-	-	15.2	11.89	14.1	531	216	0.33	12.9	101.8	38.5
01-0110	1.188	381	0.7077	-	-	15.8	10.79	15.4	565	384	0.39	9.5	83.1	64.5
01-0210	1.100	415	0.4824	-	-	12.7	6.35	13.2	732	317	0.28	4.5	66.4	61.7
01-0510	1.087	571	0.3686	-	-	13.5	5.76	15.6	1000	429	0.24	3.6	65.6	74.5
01-0520	1.087	574	0.3706	-	-	13.6	5.69	15.4	1039	466	0.27	3.6	64.6	82.3
01-0610	1.090	630	0.3549	-	-	14.3	6.90	19.4	1235	605	0.17	3.7	66.0	87.7
01-0620	1.090	625	0.3516	-	-	14.0	6.89	19.5	1183	558	0.20	3.8	69.4	80.3
01-0630	1.091	622	0.3550	-	-	14.1	6.86	19.2	1248	624	0.14	3.8	67.9	91.8

付表 2-2 CC 60 B-2 の実験値 (試験データ番号: 780424)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
02-0110	1.084	384	0.4313	-	-	10.6	6.70	15.5	862	478	0.37	3.5	69.0	79.5
02-0310	1.070	401	0.4294	-	-	12.5	5.65	14.1	823	368	0.42	4.2	70.8	72.5
02-0610	1.089	631	0.3502	-	-	14.1	6.89	13.2	1172	541	0.35	4.2	75.5	77.4
02-0620	1.090	635	0.3524	-	-	14.3	6.99	13.4	1265	630	0.19	4.2	74.4	89.8
02-0630	1.090	638	0.3524	-	-	14.4	7.01	13.7	1288	651	0.16	4.1	73.2	92.7

付表2-3 CC60B-3の実験値(試験データ番号: 780427)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_c$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
03-9020	1.077	305	0.5111	-	-	10.1	-	-	-	-	-	3.8	66.2	-
03-0110	1.087	374	0.4362	-	-	10.5	6.65	15.2	834	460	0.32	3.8	74.6	77.5
03-0120	1.083	359	0.4349	-	-	10.0	6.42	14.8	964	605	0.32	3.3	66.7	106.0
03-0320	1.092	448	0.4331	-	-	12.4	5.56	12.9	916	467	0.31	4.1	68.7	94.9
03-0310	1.093	456	0.4303	-	-	12.5	5.60	13.0	818	362	0.43	4.4	74.1	72.3
03-0610	1.096	641	0.3556	-	-	14.5	7.02	19.7	1153	512	0.37	4.7	83.1	73.0
03-0620	1.094	638	0.3564	-	-	14.5	6.99	19.6	1316	678	0.20	4.4	76.2	98.0
03-0611	1.095	631	0.3558	-	-	14.3	6.99	19.9	1163	532	0.35	4.6	81.9	76.0
03-0630	1.095	630	0.3571	-	-	14.3	7.10	9.9	1322	692	0.22	4.4	77.8	98.7
03-0631	1.088	628	0.3572	-	-	14.4	3.55	19.5	963	336	0.29	4.3	74.4	90.6
03-0632	1.095	632	0.3561	-	-	14.3	6.92	-	1311	679	0.22	4.4	78.2	98.9

付表2-4 CC60B-4の実験値(試験データ番号: 780501)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_c$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
04-0110	1.118	388	0.5435	4.7	6.5	13.1	7.41	15.4	865	477	0.34	-	74.0	80.3
04-0120	1.118	383	0.5492	4.7	6.6	13.0	7.48	15.8	1042	657	0.34	-	69.7	111.2
04-0130	1.117	383	0.5433	4.7	6.6	13.0	7.42	15.4	1068	685	0.31	-	67.9	117.0
04-0310	1.115	458	0.5070	4.4	6.2	14.5	5.94	13.1	843	384	0.44	-	78.1	76.2
04-0320	1.114	456	0.5068	4.5	6.2	14.5	5.91	13.1	949	493	0.38	-	69.2	98.9
04-0330	1.115	460	0.5055	4.5	6.3	14.5	5.97	13.2	979	519	0.31	-	69.3	103.1
04-0610	1.118	633	0.4350	4.6	6.3	17.1	7.44	19.2	1168	527	0.41	-	74.7	77.0
04-0620	1.120	635	0.4325	4.6	6.4	17.1	7.81	20.3	1200	564	0.37	-	76.8	78.5
04-0621	1.120	636	0.4365	4.6	6.3	17.3	7.60	19.6	1307	671	0.22	-	72.4	97.4
04-0630	1.118	636	0.4326	4.6	6.3	17.1	7.63	19.8	1185	549	0.36	-	74.9	78.1
04-0631	1.118	634	0.4307	4.6	6.4	17.0	7.60	19.8	1315	680	0.21	-	73.4	97.5
04-0632	1.120	633	0.4339	4.6	6.4	17.1	7.66	19.8	1298	665	0.25	-	74.7	95.1



付表 2-5 C C 61 B-4 の実験値 (試験番号: 780510)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_s$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
04-9020	1.070	298	0.5227	3.8	3.6	10.1	—	—	—	—	—	3.6	60.1	—
04-9040	1.138	303	0.8102	3.8	3.6	15.0	—	—	—	—	—	8.4	64.9	—
04-0110	1.098	378	0.5294	4.9	4.7	12.7	7.31	15.3	884	506	0.36	4.6	41.4	85.6
04-0120	1.099	379	0.5298	4.8	4.7	12.7	7.27	15.2	1049	670	0.39	4.2	56.9	115.7
04-0320	1.102	457	0.5118	4.9	4.6	14.8	5.88	12.7	982	524	0.41	4.8	58.0	108.2
04-0310	1.102	458	0.5087	4.8	4.6	14.7	5.85	12.7	864	408	0.37	5.2	62.5	83.1
04-0610	1.106	638	0.4226	5.6	5.3	17.0	7.06	18.8	1157	519	0.40	5.7	72.6	72.6
04-0630	1.108	636	0.4241	5.5	5.2	17.0	7.24	19.1	1299	664	0.21	5.6	70.7	98.3
04-0136	1.110	458	0.5108	4.8	4.6	14.7	5.95	12.9	994	536	0.40	5.5	66.7	109.4
04-9041	1.144	318	0.7805	3.8	5.7	15.1	—	—	—	—	—	8.8	70.4	—
04-0131	1.102	377	0.5362	4.8	7.4	12.8	7.10	15.1	1001	623	0.43	4.8	63.2	107.8
04-0111	1.104	382	0.5339	4.9	7.4	12.9	7.20	15.4	894	503	0.38	5.2	68.2	84.6
04-0311	1.108	460	0.5157	4.9	7.3	14.9	5.86	12.9	659	386	0.42	5.8	68.4	77.6
04-0331	1.108	458	0.5167	4.8	7.2	14.9	5.80	12.8	775	502	0.45	5.5	65.2	102.9
04-0631	1.107	633	0.4281	5.5	7.9	17.0	6.91	18.6	926	653	0.23	5.6	70.2	98.8
04-0611	1.106	640	0.4256	5.5	7.9	17.1	6.95	13.9	786	513	0.41	5.8	72.1	76.3
04-5011	1.105	638	0.4262	5.4	7.8	17.1	6.84	14.2	789	516	0.34	5.8	70.5	78.2
04-5012	1.106	636	0.4273	5.3	7.7	17.1	7.02	14.1	803	530	0.33	5.7	70.7	78.6
04-5013	1.107	635	0.4272	5.3	7.7	17.1	6.98	13.9	813	540	0.32	5.8	72.0	80.9
04-5014	1.107	635	0.4266	5.3	7.7	17.0	7.01	13.8	827	554	0.30	5.8	72.6	82.3
04-5015	1.106	635	0.4263	5.3	7.7	17.0	6.98	14.1	850	577	0.26	5.7	71.0	86.1
04-5016	1.106	632	0.4259	5.3	7.7	17.0	6.96	14.1	876	603	0.25	5.6	71.0	90.3
04-5017	1.107	635	0.4278	5.3	7.7	17.1	6.90	14.3	895	622	0.23	5.7	70.8	94.5
04-5018	1.107	637	0.4275	5.3	7.7	17.1	6.98	14.2	909	636	0.22	5.6	70.3	95.7
04-5019	1.107	636	0.4293	5.3	7.7	17.2	6.99	18.7	927	654	0.20	5.6	69.8	98.8

付表2-6 CC60B-5の実験値(試験データ番号: 780511)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{b1}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
05-9410	1.055	365	0.2524	-	-	6.1	-	-	-	-	-	1.3	75.1	-
05-9420	1.080	388	0.4007	-	-	10.1	-	-	-	-	-	3.3	73.6	-
05-9450	1.144	416	0.6291	-	-	15.9	-	-	-	-	-	8.1	76.6	-
05-9470	1.224	433	0.8159	-	-	20.1	-	-	-	-	-	13.5	82.8	-
05-9451	1.104	600	0.4085	-	-	15.5	-	-	-	-	-	5.4	77.8	-
05-0110	1.166	458	0.5945	-	-	16.3	8.19	13.8	916	458	0.54	7.8	77.3	87.1
05-0120	1.167	463	0.5947	-	-	16.4	8.21	13.8	1079	617	0.23	7.2	71.3	118.5
05-0410	1.172	470	0.5794	-	-	16.2	11.51	19.8	1088	617	0.43	7.9	81.0	84.0
05-0430	1.173	472	0.5782	-	-	16.2	11.48	19.8	1305	833	0.20	7.2	74.3	115.7
05-0610	1.176	628	0.4139	-	-	16.2	4.00	9.6	887	259	0.64	5.4	73.4	71.6
05-0620	1.117	626	0.4130	-	-	16.0	4.06	9.9	967	343	0.32	5.3	74.4	93.0
05-0611	1.121	628	0.4112	-	-	16.1	5.86	14.3	1037	408	0.35	5.5	77.2	78.4
05-0630	1.120	626	0.4098	-	-	16.0	5.86	14.4	1168	542	0.20	5.2	73.8	104.3
05-0612	1.128	632	0.4149	-	-	16.2	8.22	19.8	1180	549	0.37	5.8	80.9	77.9
05-0631	1.124	630	0.4060	-	-	15.8	8.19	20.2	1340	710	0.18	5.3	76.9	100.2
05-9010	1.049	301	0.3025	-	-	6.1	-	-	-	-	-	1.3	63.7	-
05-9020	1.084	303	0.5145	-	-	10.0	-	-	-	-	-	4.1	70.6	-
05-9030	1.145	303	0.7608	-	-	14.0	-	-	-	-	-	8.3	73.9	-
05-9050	1.194	303	0.9097	-	-	16.1	-	-	-	-	-	11.5	77.2	-
05-9060	1.224	303	0.9876	-	-	17.0	-	-	-	-	-	13.2	79.4	-

付表2-7 CC60B-6の実験値(試験データ番号: 780517)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{b1}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
06-9050	1.190	305	0.8923	-	-	15.9	-	-	-	-	-	10.9	75.1	-
06-0110	1.097	378	0.4468	-	-	10.7	6.91	15.5	897	518	0.41	3.7	70.5	86.7
06-0130	1.098	380	0.4465	-	-	10.8	7.00	15.9	1026	642	0.29	3.5	66.8	107.9
06-0310	1.100	456	0.4300	-	-	12.4	5.53	13.1	851	395	0.40	4.1	70.3	79.9
06-0330	1.101	457	0.4318	-	-	12.5	5.65	14.8	907	450	0.28	4.2	70.0	89.7
06-0610	1.103	635	0.3596	-	-	14.4	7.01	19.5	1201	567	0.33	4.5	78.9	81.8
06-0630	1.102	631	0.3546	-	-	14.2	6.99	19.7	1264	633	0.22	4.3	78.3	90.7
06-0611	1.114	628	0.4119	-	-	16.2	4.06	9.9	921	293	0.47	5.4	74.1	79.5
06-0631	1.112	627	0.4097	-	-	16.1	4.01	9.8	932	305	0.37	5.2	72.8	83.5
06-0612	1.121	629	0.4067	-	-	16.8	8.01	19.5	1219	593	0.31	5.5	79.1	84.8
06-0632	1.121	634	0.4084	-	-	16.1	8.07	19.8	1291	657	0.21	5.4	76.4	94.2

付表2-8 CC61B-7の実験値(試験データ番号: 780518)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{b1}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
07-9040	1.171	302	0.8925	3.8	5.6	16.0	-	-	-	-	-	10.2	69.0	-
07-0110	1.106	383	0.5298	4.9	7.4	12.8	7.24	15.6	891	507	0.40	4.8	64.6	84.3
07-0130	1.105	389	0.5305	4.9	7.3	12.7	7.14	15.3	1033	654	0.40	4.4	59.8	111.7
07-0310	1.109	461	0.5097	4.9	7.2	16.8	5.62	12.5	824	364	0.50	5.3	64.2	75.1
07-0330	1.108	457	0.5061	4.9	7.2	14.5	5.60	12.8	926	469	0.39	5.1	62.7	97.2
07-0610	1.114	641	0.4297	5.6	7.9	17.2	7.07	19.0	1177	536	0.39	5.8	72.0	79.3
07-0630	1.113	639	0.4344	5.4	7.9	17.4	7.01	18.6	1279	642	0.29	5.5	67.3	97.1

付表2-9 CC61B-8の実験値(試験データ番号: 780518)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
08-0110	1.105	382	0.5281	4.9	7.3	12.7	7.08	15.3	868	486	0.57	4.8	65.0	82.2
08-0130	1.105	378	0.5259	4.8	7.3	12.5	7.05	15.3	941	562	0.35	4.7	64.4	95.7
08-0310	1.113	455	0.5182	4.9	7.3	14.8	5.86	12.9	834	379	0.44	5.6	66.9	76.5
08-0330	1.114	458	0.5195	4.8	7.2	14.9	5.84	12.8	916	459	0.30	5.5	65.4	93.6
08-0610	1.115	634	0.4402	5.5	7.9	17.4	7.15	18.7	1143	508	0.36	5.8	69.8	76.0
08-0630	1.116	637	0.4376	5.4	7.8	17.4	7.04	19.6	1284	647	0.24	5.7	68.7	98.4

付表2-10 CC61B-9の実験値(試験データ番号: 780519)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
09-9040	1.154	303	0.8759	3.8	5.7	16.0	-	-	-	-	-	10.3	70.2	-
09-0110	1.089	383	0.5257	4.9	7.4	12.9	6.98	15.1	871	489	0.76	4.8	63.9	83.4
09-0130	1.090	383	0.5260	4.8	7.3	12.9	7.05	15.2	976	593	0.35	4.6	61.6	101.2
09-0310	1.093	461	0.5036	4.9	7.4	14.8	5.73	13.2	852	390	0.68	5.4	65.4	78.2
09-0330	1.093	457	0.5035	4.8	7.2	14.7	5.60	12.7	936	478	0.50	5.2	63.1	98.7
09-0610	1.094	630	0.4296	5.6	8.0	17.2	7.07	19.3	1143	512	0.48	5.5	68.3	75.3
09-0630	1.097	636	0.4290	5.4	7.9	17.3	7.02	18.9	1273	637	0.30	5.6	68.4	95.2

付表2-11 CC61B-10の実験値(試験データ番号: 780528)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
10-0110	1.099	379	0.5382	4.9	7.5	12.7	7.08	15.3	871	492	0.48	4.8	64.4	83.0
10-0130	1.099	380	0.5259	4.8	7.4	12.7	7.05	15.3	995	616	0.29	4.5	61.6	105.1
10-0310	1.102	457	0.5050	4.8	7.3	14.6	5.61	12.6	831	374	0.46	5.3	65.3	76.6
10-0330	1.102	457	0.5016	4.8	7.2	14.5	5.60	12.7	929	472	0.32	5.1	63.9	97.1
10-0610	1.105	634	0.4274	5.5	8.0	17.1	6.99	18.9	1173	540	0.35	5.5	69.2	79.9
10-0630	1.107	639	0.4250	5.5	8.0	17.5	6.96	18.9	1272	632	0.28	5.6	70.1	94.4

付表 2-12 CC 61 B-11 の実験値 (試験データ番号: 780522)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
11-0110	1.102	382	0.5346	4.9	7.4	12.9	7.25	15.5	893	511	0.45	4.9	65.1	85.4
11-0130	1.103	384	0.5339	4.8	7.4	13.0	7.18	15.6	996	612	0.28	4.7	62.3	104.3
11-0310	1.102	459	0.4998	4.9	7.4	14.5	5.66	12.9	850	391	0.45	5.3	66.0	78.7
11-0330	1.102	459	0.4998	4.8	7.2	14.5	5.63	12.8	929	470	0.48	5.1	63.9	95.8
11-0610	1.107	636	0.4292	5.5	8.0	17.2	7.16	19.3	1184	547	0.31	5.7	70.6	79.8
11-0630	1.108	635	0.4296	5.4	7.9	17.2	7.12	19.1	1262	627	0.32	5.6	69.8	92.6
11-0710	1.093	722	0.3583	5.7	8.4	16.5	7.10	23.0	1327	605	0.30	4.9	74.3	76.7
11-0730	1.091	725	0.3571	5.6	8.2	16.5	7.07	23.0	1403	679	0.25	4.6	70.6	86.8

付表 2-13 CC 61 B-12 の実験値 (試験データ番号: 780606)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
12-0110	1.103	381	0.5214	5.1	7.8	12.5	6.98	15.4	918	537	0.52	5.0	69.9	90.7
12-0130	1.103	379	0.5209	5.1	7.8	12.5	7.03	15.5	1021	643	0.48	4.8	67.3	108.5
12-0310	1.110	457	0.5106	5.1	7.7	14.7	5.60	12.6	875	418	0.48	5.8	70.8	86.3
12-0330	1.111	461	0.5071	5.1	7.7	14.7	5.69	13.0	950	489	0.46	5.7	70.6	99.5
12-0610	1.115	636	0.4375	5.8	8.5	17.4	7.13	19.0	1188	552	0.40	6.3	76.1	81.5
12-0630	1.115	627	0.4373	5.7	8.3	17.1	7.05	18.7	1265	638	0.34	6.1	75.4	95.9
12-0710	1.097	727	0.4326	5.9	8.6	16.7	6.88	22.2	1313	586	0.35	5.2	77.2	77.0
12-0730	1.098	728	0.4334	5.9	8.6	16.8	7.07	22.7	1415	687	0.27	5.1	76.1	88.7

付表 2-14 CC 61 B-13 の実験値 (試験データ番号: 780606)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
13-0110	1.108	380	0.5351	5.3	7.9	12.8	7.13	15.3	926	547	0.42	5.3	71.1	92.4
13-0130	1.108	379	0.5337	5.2	7.8	12.7	6.99	15.1	1001	622	0.42	5.2	69.6	107.7
13-0310	1.113	456	0.5095	5.3	7.8	14.5	5.62	12.7	881	425	0.37	6.1	75.0	87.0
13-0330	1.113	458	0.5097	5.3	7.8	14.6	5.67	12.9	933	444	0.41	5.9	72.4	96.9
13-0610	1.117	636	0.4330	5.9	8.5	17.2	6.76	18.2	1192	557	0.38	6.4	79.8	85.5
13-0630	1.116	633	0.4134	5.8	8.5	17.1	6.66	18.0	1260	626	0.24	6.3	78.9	97.7

付表2-15 CC61B-14の実験値(試験データ番号: 780607)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
14-0110	1.115	380	0.5373	5.3	7.9	12.7	7.15	15.3	843	570	0.35	5.3	71.8	96.6
14-0130	1.116	380	0.5362	5.3	7.9	12.7	7.12	15.3	926	653	0.32	5.2	69.9	111.8
14-0310	1.123	459	0.5238	5.4	7.9	14.9	5.84	12.8	688	415	0.43	6.2	73.5	91.5
14-0330	1.124	459	0.5243	5.3	7.8	14.9	5.85	12.8	770	497	0.33	6.2	73.3	101.3
14-0610	1.123	640	0.4368	6.0	8.6	17.3	6.94	18.6	839	566	0.36	6.4	78.4	85.5
14-0630	1.122	638	0.4317	5.8	8.6	17.1	6.96	18.8	915	642	0.31	6.2	78.0	96.3
14-0710	1.109	733	0.3690	6.2	8.9	17.0	7.17	22.9	901	628	0.28	5.6	81.3	80.6
14-0730	1.111	731	0.3676	6.1	8.9	16.9	7.11	22.7	966	698	0.25	5.6	83.3	89.6

付表2-16 CC61B-15の実験値(試験データ番号: 780608)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_i$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
15-0110	1.116	381	0.5331	5.3	7.9	12.7	7.13	15.4	794	521	0.62	5.2	70.1	87.6
15-0130	1.115	382	0.5250	5.2	7.8	12.5	7.16	15.7	885	612	0.33	5.0	69.1	101.9
15-0111	1.119	381	0.5407	5.1	7.8	12.8	7.08	15.1	799	526	0.59	5.4	71.4	90.4
15-0310	1.122	461	0.5080	5.3	7.8	14.5	5.73	13.0	698	425	0.60	5.9	73.6	85.4
15-0330	1.121	459	0.5062	5.2	7.8	14.4	5.65	12.8	741	468	0.30	5.8	72.9	95.3
15-0610	1.130	458	0.4436	6.0	8.5	17.4	7.49	19.8	846	573	0.38	6.0	79.1	81.9
15-0630	1.129	640	0.4389	5.8	8.5	17.3	7.42	19.7	902	629	0.31	6.4	78.8	90.3
15-0610	1.113	639	0.3625	6.1	8.8	16.6	7.00	22.7	869	596	0.32	5.6	85.2	76.8
15-0630	1.110	640	0.3630	6.1	8.7	16.6	6.99	22.6	925	652	0.25	5.3	80.0	84.6

付表2-17 CC 61 B-16の実験値(試験データ番号: 780608)

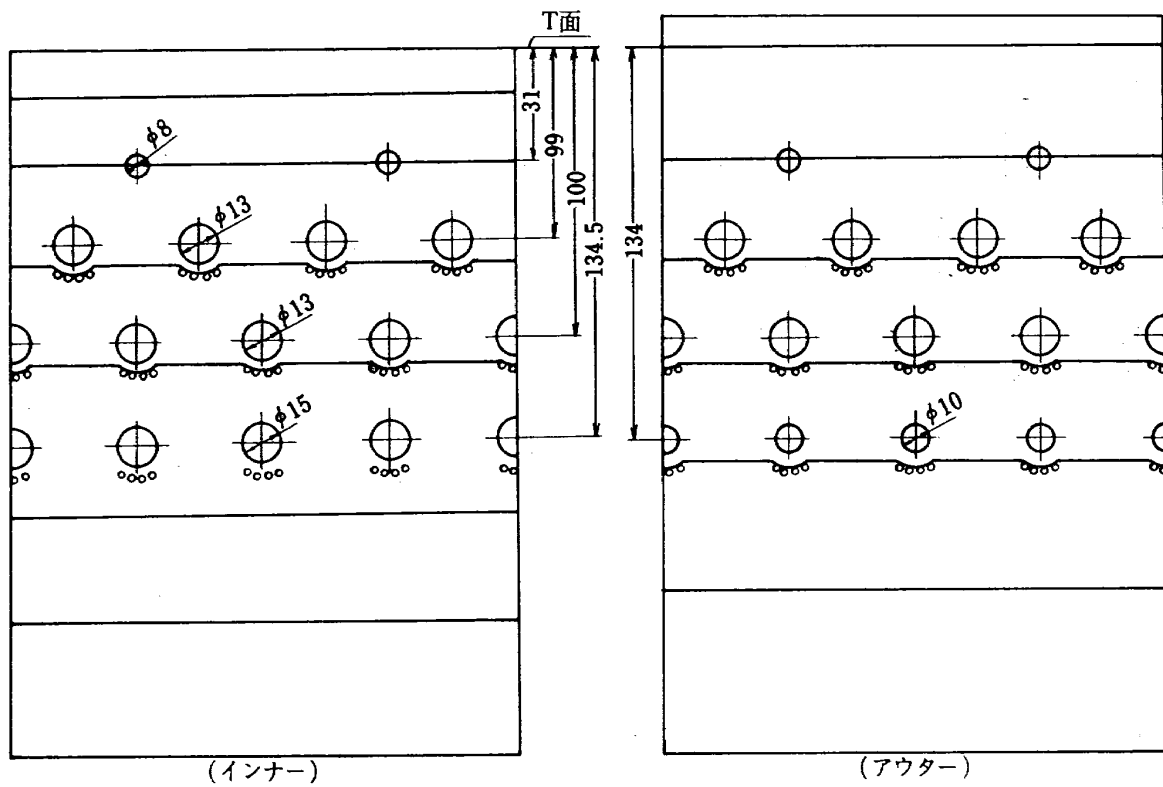
実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
16-0110	1.123	382	0.5400	5.3	7.9	12.8	7.27	15.5	973	591	0.51	5.3	71.4	99.2
16-0130	1.122	381	0.5385	5.3	7.9	12.8	7.25	15.5	1039	658	0.39	5.1	69.2	111.3
16-0310	1.128	459	0.5385	5.4	7.8	14.7	5.87	13.1	916	457	0.53	6.0	73.6	91.2
16-0330	1.128	460	0.5163	5.4	7.8	14.7	5.85	13.1	953	493	0.32	5.9	72.8	98.9
16-0610	1.131	636	0.4387	6.0	8.6	14.3	7.29	19.5	1222	581	0.36	6.4	78.9	84.2
16-0630	1.131	641	0.4395	5.9	8.5	17.2	7.27	19.5	1268	632	0.32	6.4	78.5	92.4
16-0710	1.117	736	0.3661	6.3	9.0	16.8	7.26	23.4	1367	631	0.31	5.7	85.0	79.3
16-0730	1.115	730	0.3688	6.2	8.8	16.8	7.25	23.1	1413	684	0.28	5.4	79.5	87.0
16-0110	1.130	458	0.5149	5.2	7.7	16.6	5.73	12.8	950	491	0.47	6.2	76.5	100.6
16-0130	1.130	457	0.5167	5.2	7.7	14.6	5.88	13.1	974	517	0.44	6.1	75.0	103.6

付表2-18 CC 61 B-17の実験値(試験データ番号: 780609)

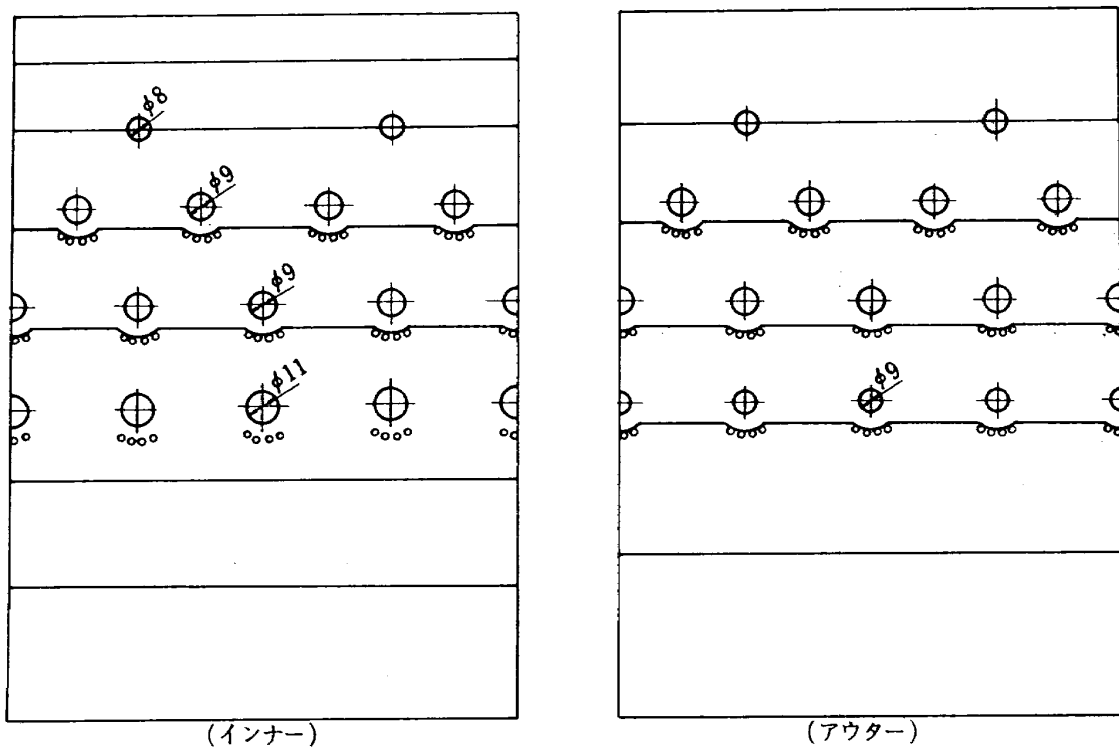
実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
17-0110	1.122	381	0.5414	5.4	8.0	12.8	7.32	15.6	957	576	0.53	5.3	71.4	96.1
17-0130	1.122	381	0.5404	5.3	8.0	12.8	7.34	15.8	1047	666	0.33	5.3	69.5	111.4

付表2-19 CC 61 B-18の実験値(試験データ番号: 780609)

実験番号	$P_4$	$T_4$	$w_a$	$R_{b0}$	$R_{bi}$	$U_r$	$w_f$	$f \times 10^3$	$T_5$	$\Delta T$	$\delta_t$	$\Delta P/P_4$	$\phi$	$\eta_b$
18-0110	1.128	382	0.5525	5.1	7.8	13.0	7.43	15.5	973	591	0.50	5.8	75.6	99.7
18-0130	1.128	378	0.5528	5.2	7.8	12.9	7.43	15.5	1030	651	0.47	5.7	74.3	110.4
18-0610	1.129	635	0.4330	6.2	8.0	17.0	7.06	19.2	1204	659	0.39	6.5	82.8	83.4
18-0611	1.131	636	0.4385	6.0	8.6	17.2	7.26	19.4	1234	598	0.34	6.6	81.4	87.0
18-0630	1.129	636	0.4352	5.9	8.6	17.1	7.21	19.4	1288	652	0.32	6.4	79.9	95.2
18-0631	1.126	635	0.4339	5.9	8.5	17.1	7.21	19.4	1092	656	0.32	6.1	77.0	95.6

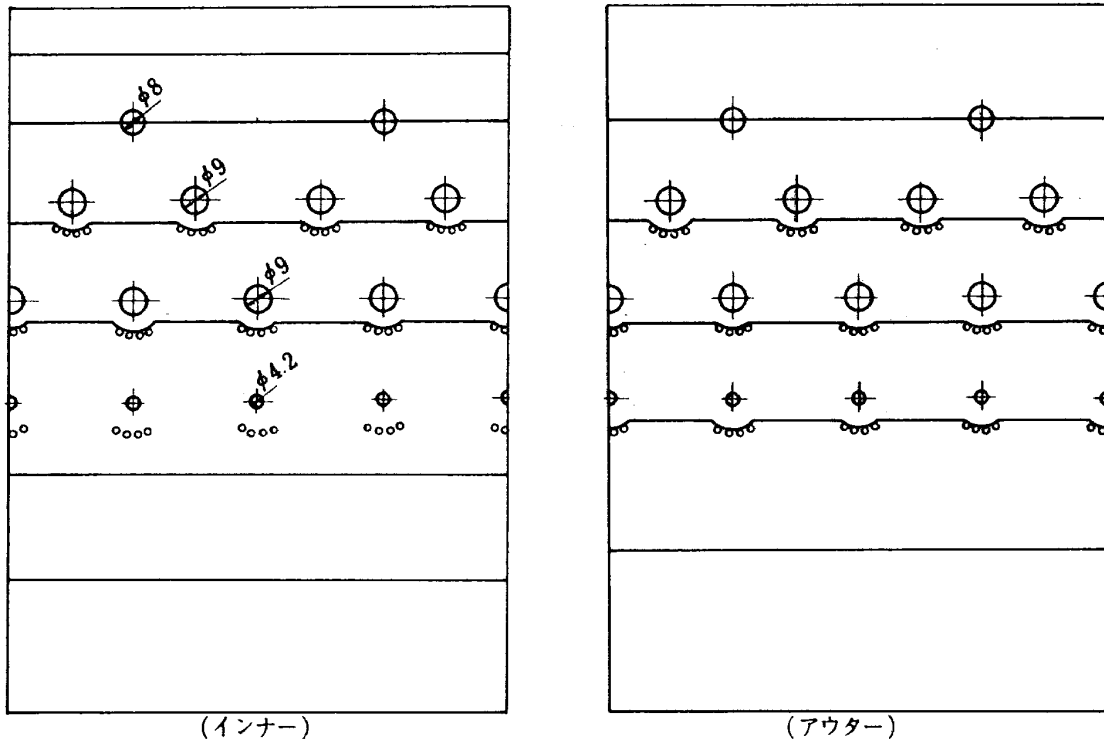


付図 2 - 1 CC60B-1 (原形) の空気孔配列

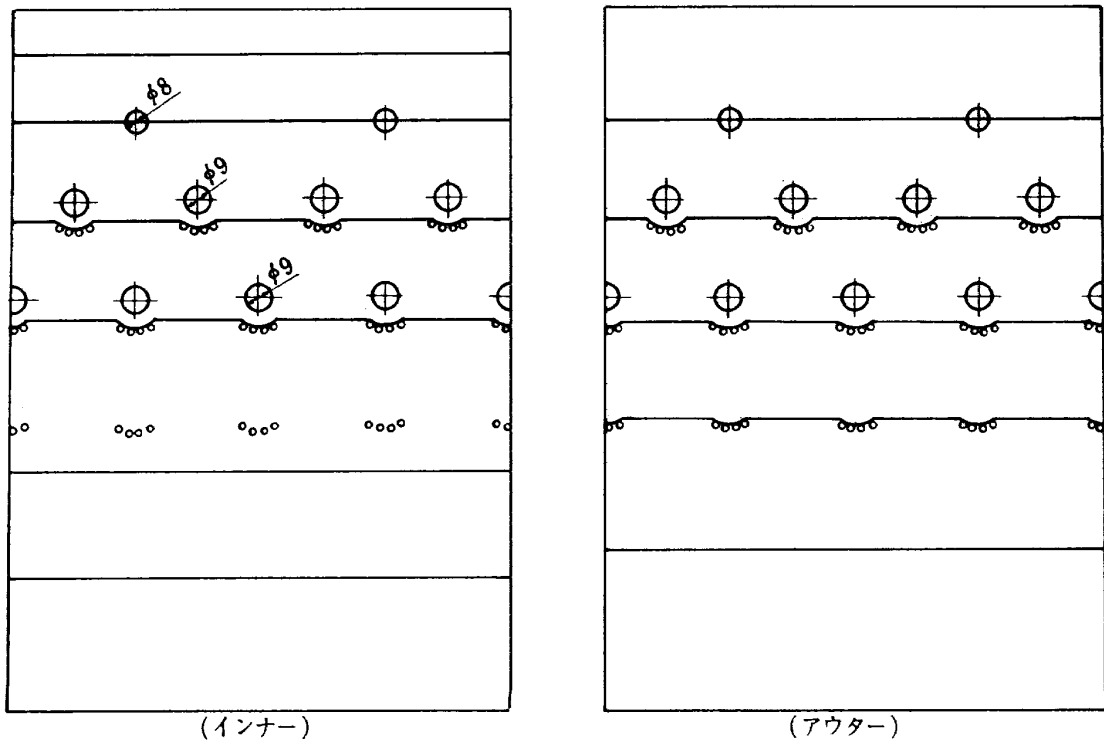


付図 2 - 2 CC60B-2 の空気孔

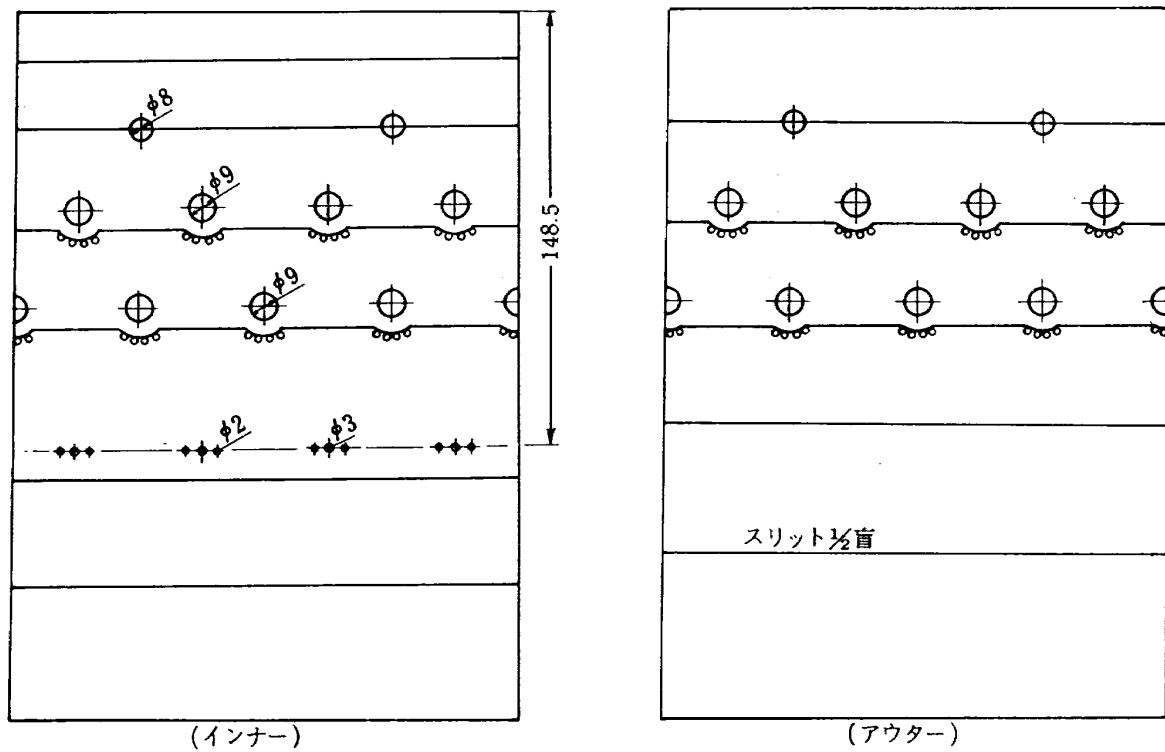




付図 2 - 3 CC60B-3 の空気孔

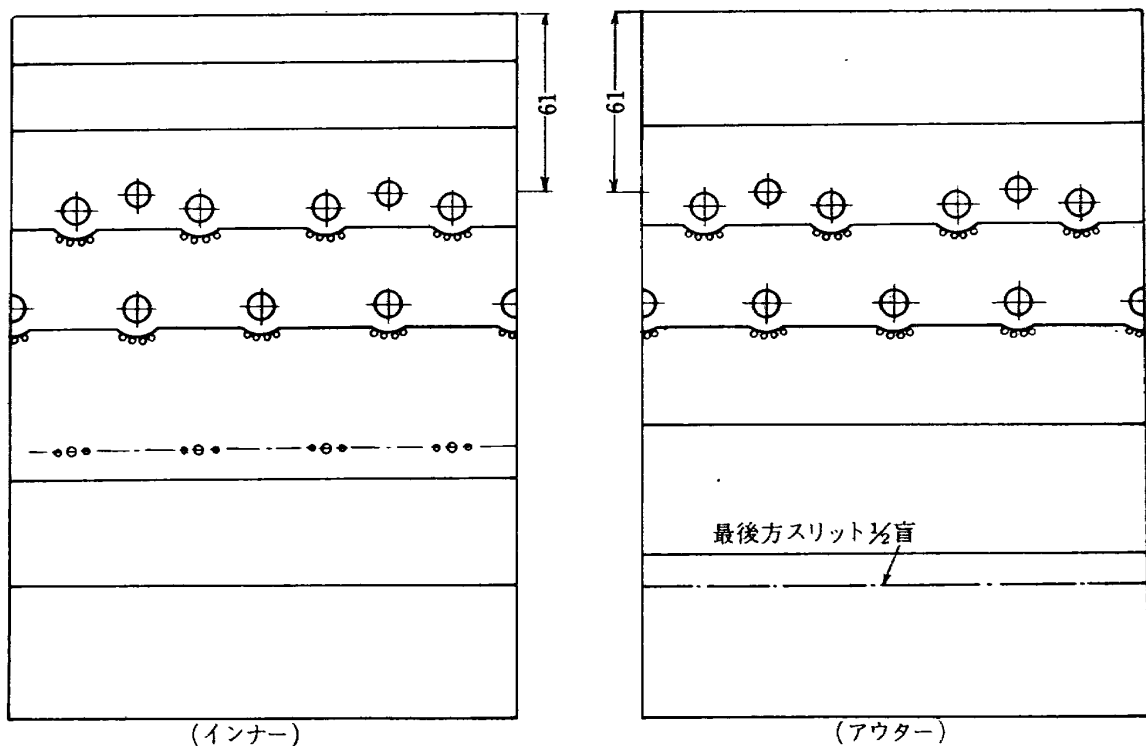


付図 2 - 4 CC60B-4 (分流板 A1 ( $\phi 26$ )) と CC60B-5 (分流板 R19) の空気孔

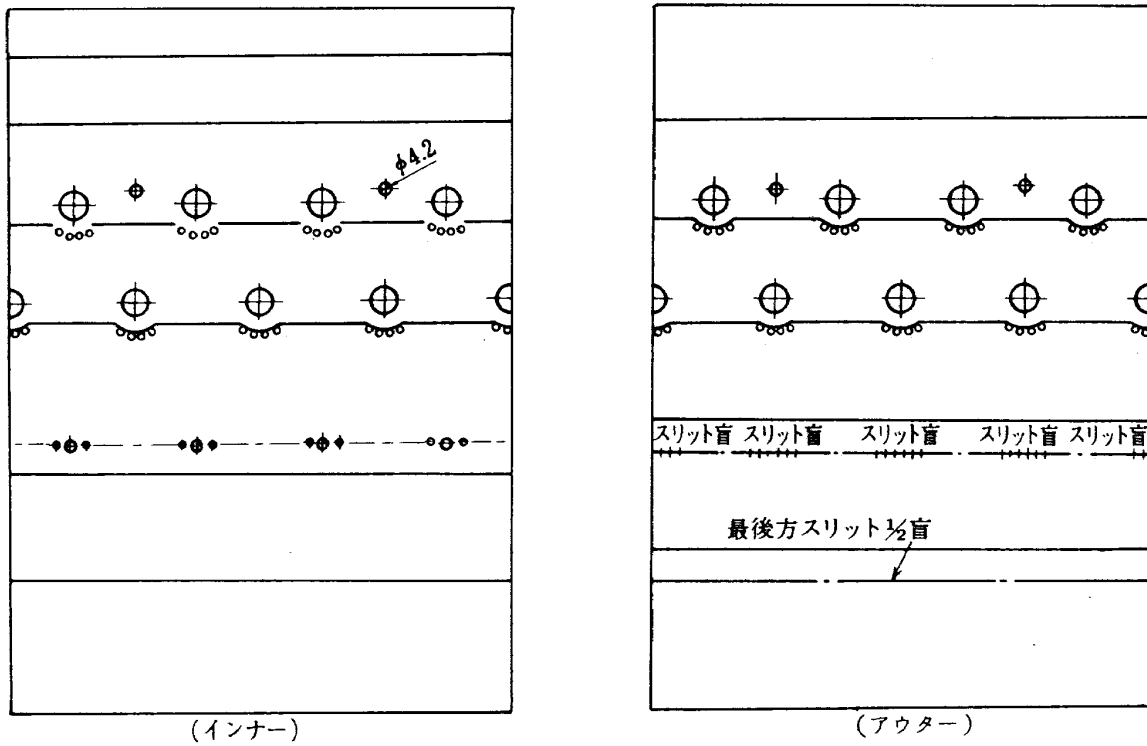


付図 2 - 5 CC60B-6 (分流板 A1, スワラー 46φ) と CC60B-7 (分流板 A2) の空気孔

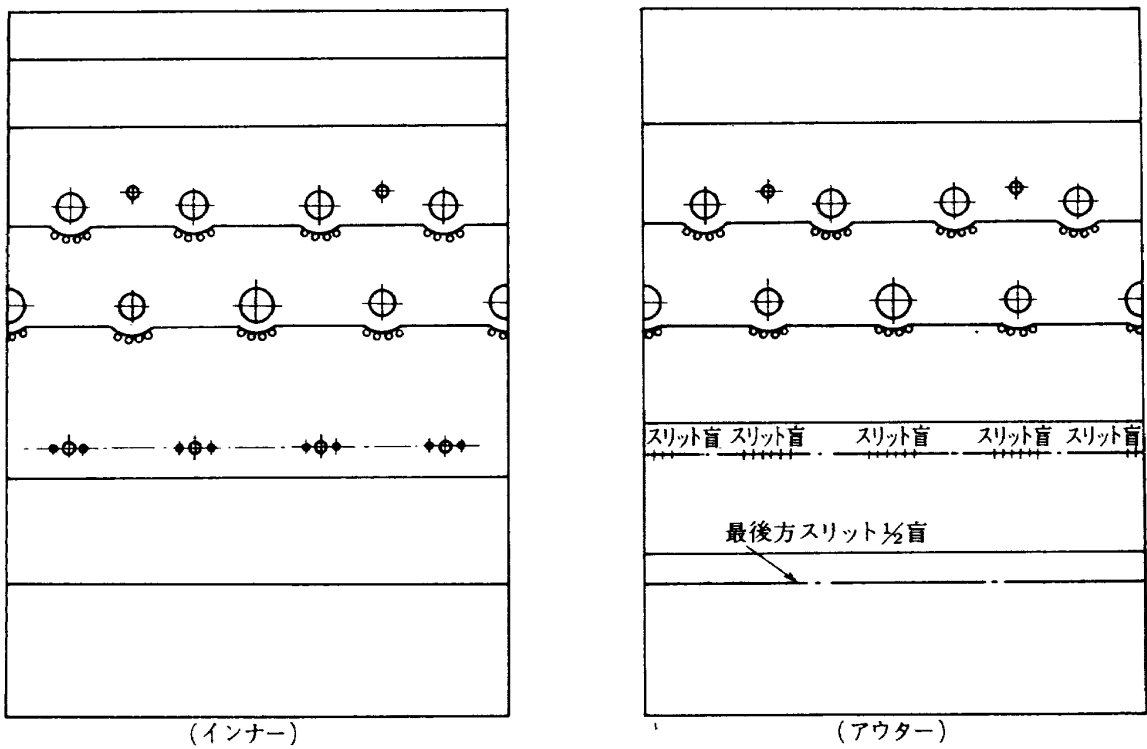
※CC60B-9は高さ8mmの案内筒を付ける



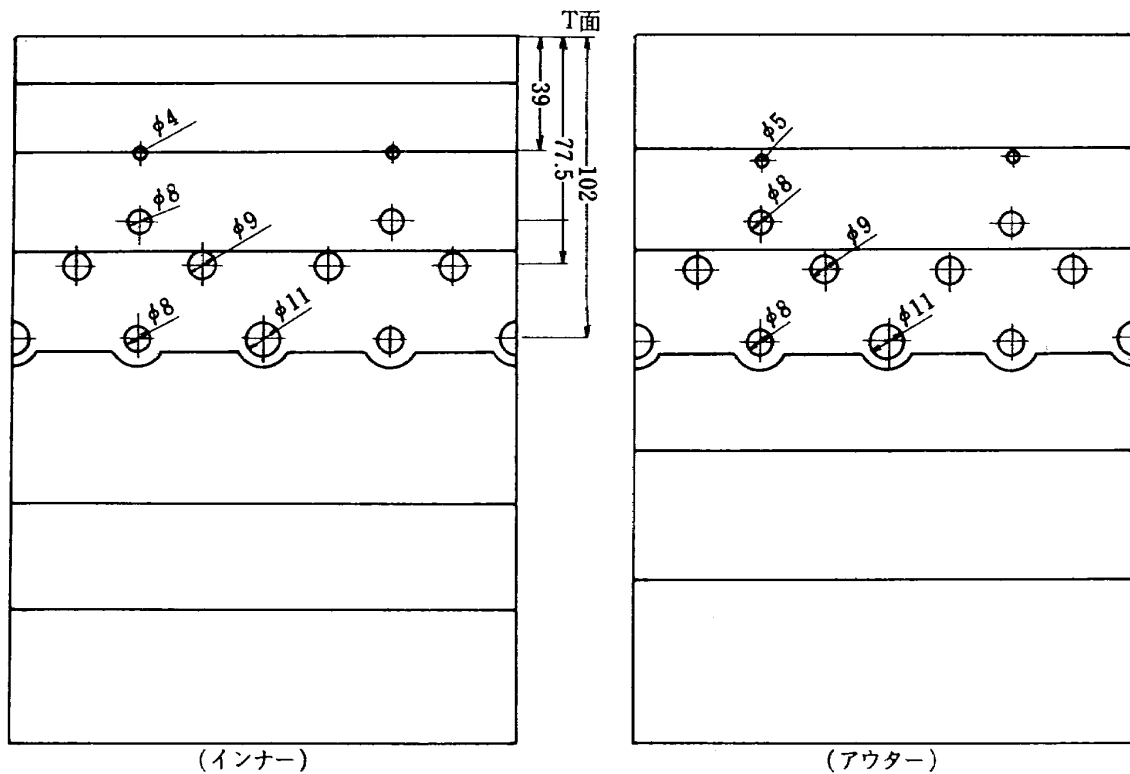
付図 2 - 6 CC60B-8 (分流板 A2, 空気取入孔 28φ) と CC60B-9 (空気取入孔 26φ) の空気孔



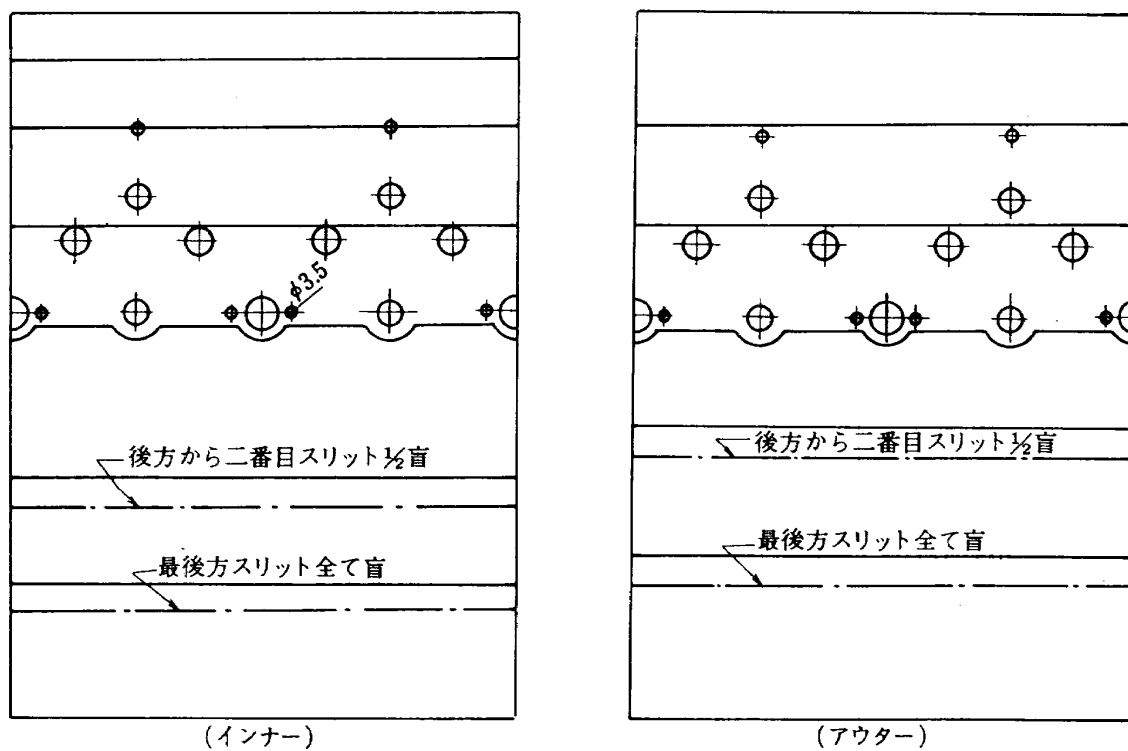
付図 2 - 7 CC60B-10 の空気孔



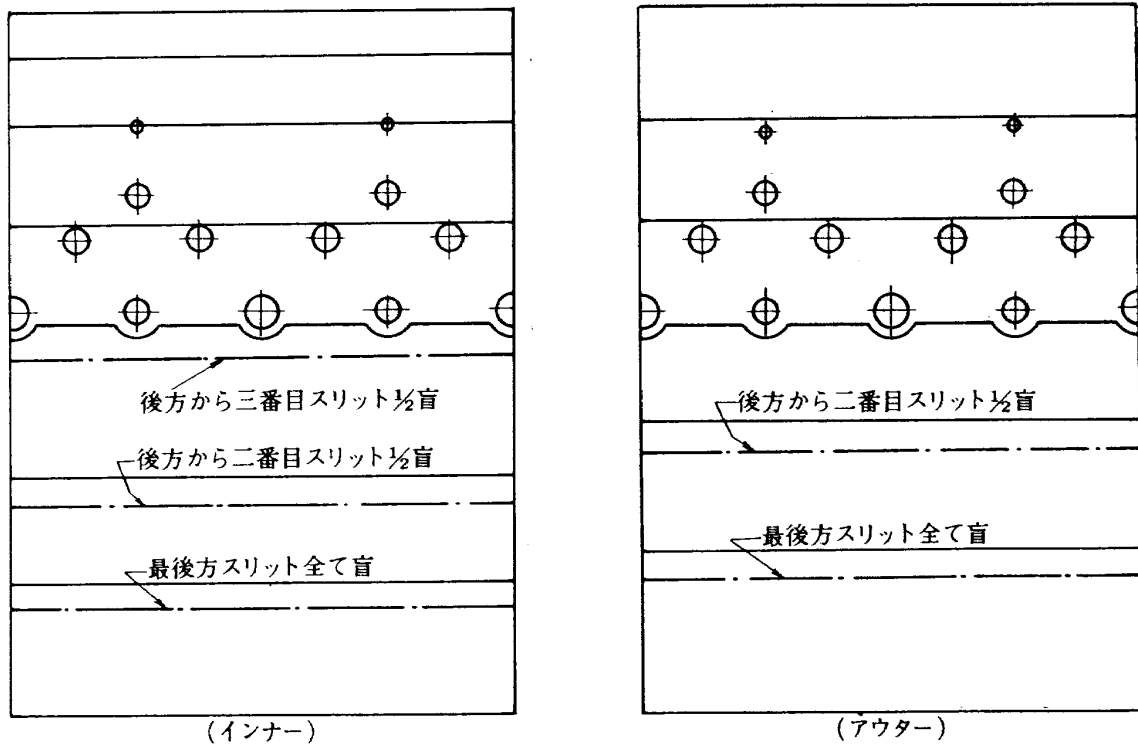
付図 2 - 8 CC60B-11 の空気孔



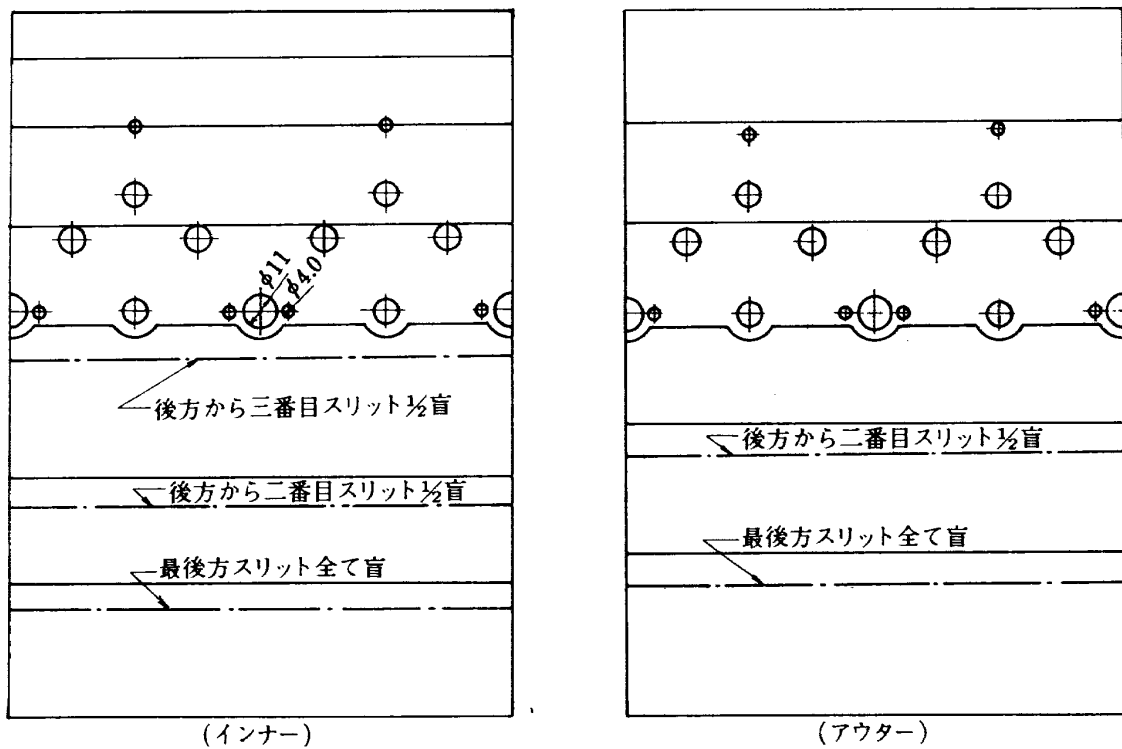
付図 2 - 9 CC60B-12 の空気孔



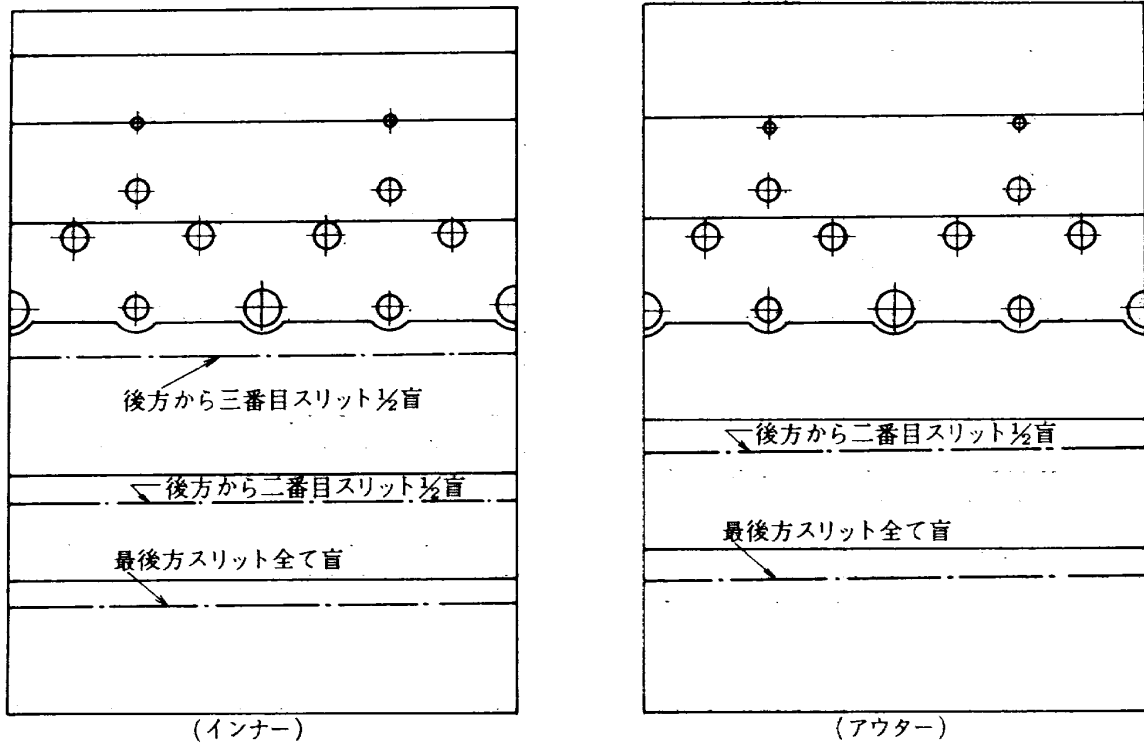
付図 2 - 10 CC60B-13 の空気孔



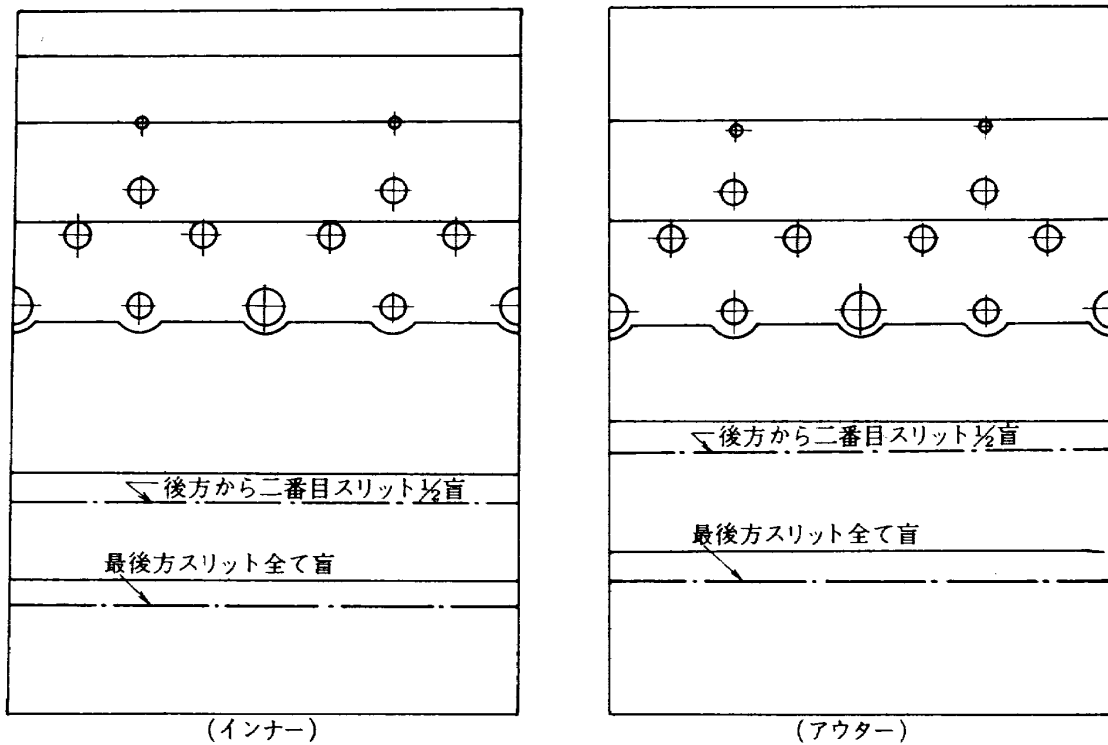
付図 2 - 11 CC60B - 14 の空気孔



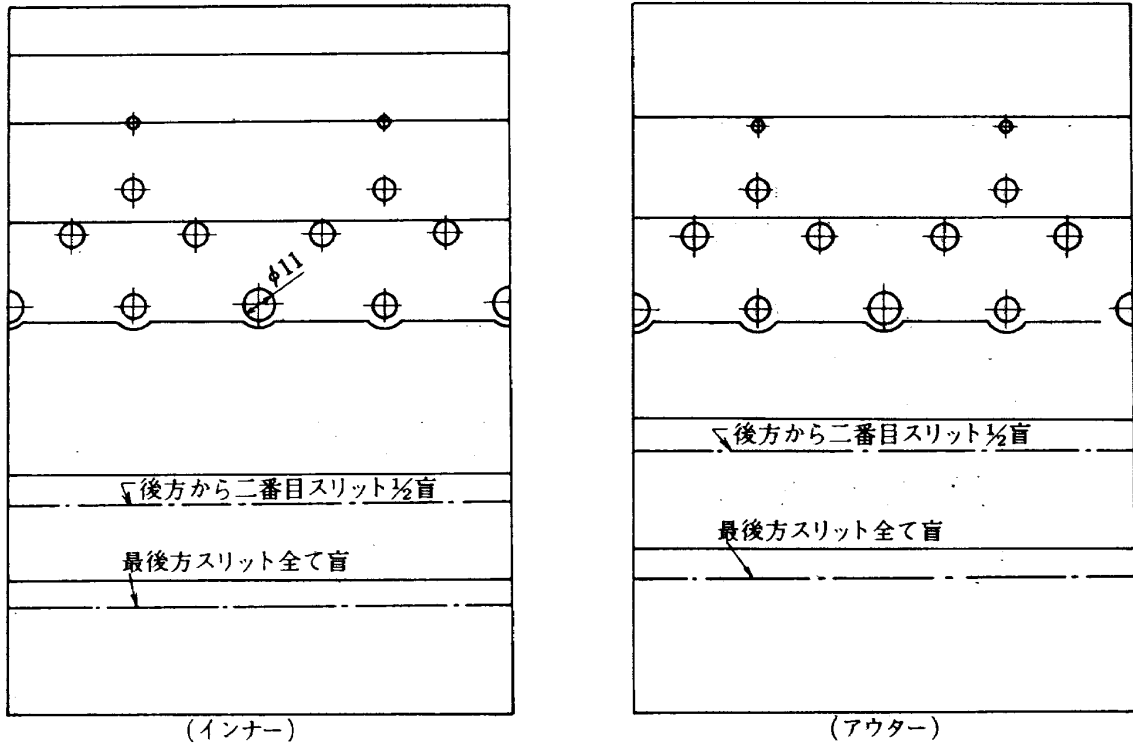
付図 2 - 12 CC60B - 15 の空気孔



付図 2 - 13 CC60B - 16 の空気孔



付図 2 - 14 CC60B - 17 の空気孔



付図 2 - 15 CC60B-18 の空気孔

---

## 航空宇宙技術研究所資料 385号

昭和54年6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 東京プレス  
東京都板橋区桜川2-27-12

---



