

UDC 621.45.034:
614.7:
551.5

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-324

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)

田丸 卓・鈴木邦男・山田秀志
堀内正司・下平一雄・石井浅五郎

1977 年 1 月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

項 目	担 当 者
設 計	田 頭 健,* 中 野 静 嘉,* 長 門 侃*
実 験 計 測	中 野 静 嘉,* 畠 山 忠 利,* 宇 良 宗 光* 佐 藤 武,* 市 原 密 男,* 笠 川 純*

* 石川島播磨重工業株式会社

目 次

1. まえがき	1
2. 燃焼器と試験方法	2
2.1 燃焼器試験装置	2
2.2 供試燃焼器	3
鈍頭部と空気量配分	4
鈍頭部冷却構造	4
噴射管形状	6
内側, および外側ライナ	7
燃料供給ノズル	8
2.3 燃焼器試験法	8
2.4 ガス分析法	9
3. 試験結果	10
3.1 AS-25 の試験結果	10
3.2 AS-21 ~ 26 の試験結果	12
3.2.1 空燃比にたいする燃焼効率特性	12
3.2.2 圧力損失特性	14
3.2.3 燃焼器出口温度分布	16
3.2.4 出口温度不均一率	17
3.2.5 遮熱板温度	17
3.2.6 噴射混合気濃度	18
3.3 燃焼器出口ガス分析結果	20
3.4 燃焼器内部流れ模様	25
4. 検 討	27
5. ま と め	30
参考文献	31
付 録	31

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)

田 丸 卓**・鈴木 邦 男**
山 田 秀 志***・堀 内 正 司**
下 平 一 雄**・石 井 浅五郎**

概 要

第1報(NAL TM-297)に報告した新形式燃焼器のうち、高性能、低公害の燃焼器として発展性の有望なAS-2形について、いくつかの設計要素を変えた数種類のセクタ燃焼器模型、AS-20系、を製作し燃焼試験を行なった。その結果、これらの燃焼器の特性が明らかとなり、豊富な設計資料が得られた。また燃焼器の窒素酸化物排出に関し、新しい評価法を提案した。

1. ま え が き

通商産業省工業技術院では、昭和46年度から大型工業技術研究開発制度の一つとして「航空機用ジェットエンジンの研究開発」を主宰している。

これを支援するために、当所では、ファンエンジンFJR 710の各要素、ならびにその全体性能の一層の向上を図る研究を行なっている。

昭和50年度に終了したその第一期の開発では、エンジンの燃焼器として圧力噴射弁と空気旋回器(スワラ)を用い、一応の性能を得ることができた。

しかし、それを更に低公害、省エネルギーの高性能エンジンとして発展させてゆくためには、その燃焼器の混合気形成方式、燃焼方法などに根本的な改善が必要と思われる。

われわれは現在、新しい形式の混合気形成方式を採用した燃焼器について研究を行なっている。

いま航空用ガスタービンエンジンの排気成分のうち排出規制がなされているものは、排煙、窒素酸化物、および不完全燃焼成分である一酸化炭素と未燃焼炭化水素である。

窒素酸化物の大巾な低減については、燃焼器の形状、形式、作動条件などを、根本的に変えない限り、現在のところ、実用上有効な対策や手段は知られていない。

一方、煙、および未燃焼成分の低減については、現在

の実用型燃焼器の基本設計を大きく変更せずに改善することが可能であると考えられている。たとえば、これらは、一次燃焼領域の空燃比の制御、壁面冷却空気の流れの制御、あるいは燃焼領域の最適設計を行なうことにより、ある程度の成果が期待できる。

目的とする燃焼器の研究、開発に関して、われわれは、それに必要な資金、人員、期間、設備、取付けるエンジン、および利用可能な設計技術などを勘案して、とりあえず、窒素酸化物以外の有害排気成分低減を主目標とすることにした。窒素酸化物の低減については現用の外筒、主たる構造を大巾に変更せずに実現できる範囲内で、これに努力することにした。

まず、排煙の抑制には二つの手段を講ずることができると。ひとつには、燃焼領域内での煙の発生を抑制すること、他は、発生した煙、すなわち固体炭素成分を燃焼させてしまうことである。後者については、他の未燃焼成分の低減と同手段、すなわち燃焼を完全に行なわせることと同じである。

煙の発生抑制のためには、前報¹⁾にも述べたように、燃焼室内の高温領域内に局所的にも燃料過濃領域をつくらなければならないことが必要である。

その目的のため前報では4形式の試作燃焼器による常圧燃焼試験をおこない、その結果を報告した。

それら供試燃焼器のうち、AS-2形は、構造が簡単な上、諸種の燃焼器特性がすぐれていることから、目的に合った有望な燃焼器へ発展させ得る可能性を秘めていると予想される。この形式は燃焼室外に設けた空気の通路

* 昭和51年9月22日 受付

** 原動機部

*** 航空機公害研究グループ

(空気ダクトと称する)へ燃料を供給し、気流のせん断力によって液体燃料を微粒化し、混合気を形成するものである。この混合気は鈍頭部内部に渦を形成し保炎をおこなう。

ここでは、その形式を採用したセクタ燃焼器模型を製作し、その性能について試験を行なった。

まず、AS-2 の燃焼試験の結果混合気噴射方向が燃焼器性能に重要な影響を与えることを知ったので、混合気噴射管の位置、方向の異なる呼称 AS-21~26 の 6 種のセクタ燃焼器を製作した。そのうち、AS-25 については、燃料ノズル、ライナ空気孔などを変えてその影響を調べた。他の AS-21, 22, 23, 24, および 26 については同一条件で燃焼試験をおこない、それぞれ性能比較を行なった。また AS-21, 23, および 24 については、燃焼器出口においてガス採取をおこない、各種排気成分の分析を行なった。

非燃焼時に、木綿ストリーマによる燃焼器内の流れの測定も行ない、上記の試験結果の解析、検討に役立てた。

この開発段階では、燃焼器として最も重要な燃焼性能に重点を置き、それに及ぼす設計要因を把握することにとめる。また、排気特性、耐熱性などについては、まず本形式燃焼器におけるそれらの特性を理解し、もし必要なら改良の方法を検討することにする。

記 号

A_{\min} [mm ²]	最小通路断面積
D_0 [mm]	鈍頭部冷却孔直径
$EI(i)$ [成分 i の g 数/燃料 1 kg]	成分 i の排出指数 ($i=THC$; CH_2 換算: $i=NO_x$, NO_2 換算)
n	全体空燃比
n_c	ガス分析より求めた空燃比
P_1 [atg]	燃焼器入口静圧
q_c [kW/m ²]	遮熱板冷却熱量
T [K]	温度
U_r [m/s]	最大断面平均風速
w_a [kg/s]	空気流量
w_f [kg/s]	燃料流量
x	無次元出口円周方向距離 後視左側壁, $x=0$; 右側壁, $x=1$
X_i	成分 i のモル分率
X_n [mm]	インピンジング冷却孔ピッチ
y	無次元出口半径方向距離 タービン翼根側, $y=0$; 翼端側, $y=1$
Y_n [mm]	インピンジング冷却孔ピッチ

Z_n [mm]	鈍頭部壁と遮熱板間距離
δ_t	出口温度不均一率 $\delta_t = \frac{T_{\max} - T_2}{T_2 - T_1}$
η_b [%]	燃焼ガス温度から求めた燃焼効率
η_c [%]	ガス分析によって求めた燃焼効率
θ	無次元温度 $\theta = \frac{T - T_1}{T_2 - T_1}, \quad \theta_s = \frac{T_s - T_1}{1150 - T_1}$
ϕ	全圧損失係数
ϕ_c	ガス分析による当量比
ϕ_p	噴射管噴流混合気当量比
添 字	
1	燃焼器入口
2	出口
d	空気ダクト
f	燃料
M	主燃料
P	着火用燃料
S	遮熱板

2. 燃焼器と試験方法

2.1 燃焼器試験装置

使用した燃焼器試験装置は、当所原動機部缶形燃焼器試験設備の一部である。

使用部分の系統図を図 1 に示す。

空気源は、150KW 電動送風機でこれは供試燃焼器と、その空気予熱用燃焼器の両者へ空気を供給する。それら両系統の空気共それぞれ、電動ボール弁によって流量を制御することができる。また、それぞれ JIS にもとづく薄刃オリフィス流量計によってその流量の測定が行なわれる。

供試空気予熱用燃焼器は、圧力噴射弁とスワローを具備した缶形燃焼器で、その燃焼時は、炎検出器が炎を検知し制御台上にランプ表示をする。

予熱燃焼器から出た高温の燃焼ガスは、チューブ式熱交換器を通して 試燃焼器用空気を加熱した後、建物外の排気ダクトへ排出する。

これらの空気系統により供試燃焼器用の空気として 1 kg/s の空気量を 300~650 K の任意の温度に設定して供給することができる。

燃料は、予熱燃焼器、供試燃焼器ともに Jet A-1 を使用した。共通の加圧ポンプ、圧力調整器を経た燃料は、それぞれニードル調整弁によって手動で必要な流量に調

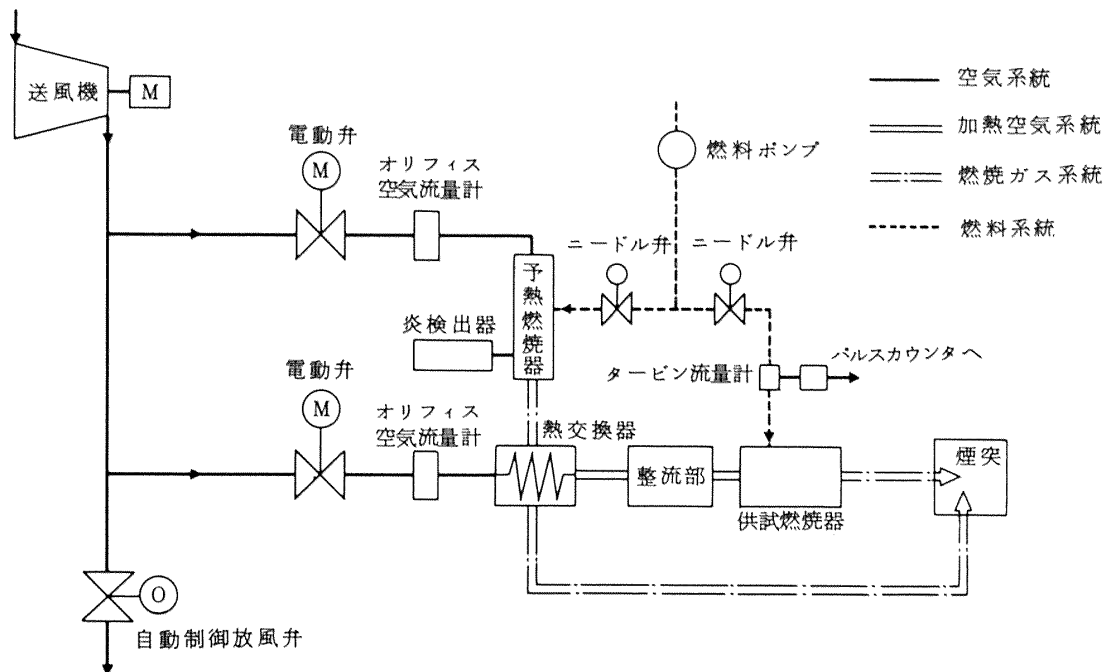


図1 実験装置系統図

整できる。

供試燃焼器側へ供給する燃料の量は、タービン式流量計によって計測した。使用したタービン流量計は、Cox Instrument社のModel LF6-00、およびLF6-1で、使用燃料流量に従いいずれか一方に切換えて使用した。

燃焼器入口ではCA熱電対によって空気温度と、水銀マノメータによって入口空気静圧を測定した。

燃焼器出口側では、素線径0.67mmの4点式クシ形CA熱電対5本により出口燃焼ガス温度を測定した。

なお、燃焼器の一つ(AS-25.6)を試験した高圧試験装置については、航技研ニュース²⁾を参照されたい。

2.2 供試燃焼器

供試燃焼器取付状況を図2に写真で示す。その写真中、最も左の円筒部は、保温材に包まれた空気整流部であり、その右が接続管で、流路断面を正方形から燃焼器入口で要求される扇形へと変形させている。燃焼器外筒部には手前側側面にだけ40×140mmの石英ガラス観察窓が設けてある。燃焼器外筒の出口側には、水冷ジャケットのついた計測ダクトがある。写真では、その上部に熱電対の5本のステイと、下部に冷却水用ホースが見えている。

供試燃焼器の主軸を通る断面を図3に示す。圧縮機からの空気は、図の左から流入する。その供給空気の一部は、内筒鈍頭部上部に設けられた空気ダクトに入り、その入口で噴射された燃料と混合気をつくる。その混合気は空気ダクト終端、すなわち燃焼室内に開口した混合気噴射管（以降、噴射管と略称）から遮熱板内面に向けて

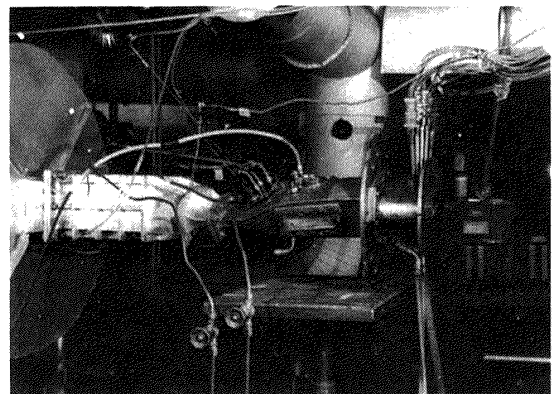


図2 供試燃焼器外観

噴出する。この噴射管の位置と方向の異なるものについて、以下に述べるようにAS-21～26と呼称する。なおAS-25については、燃料ノズルや、ライナ空気孔の一部を盲にして試験をおこなったので、それらの変更をしたものについては、AS-25.1、25.2のように端数をもって区別した。

供試燃焼器内筒鈍頭部には、多数の細孔があけてありこれらを通る空気により遮熱板をインピンジング冷却する。鈍頭部下部にもうけたガイドプレートは、主流へ垂直な向きのインピンジング冷却孔からも鈍頭内部へ空気導入ができるようにもうけてある。ただしAS-25系列の試験ではこれを取りつけていない。

次に主要部の設計の詳細について述べる。

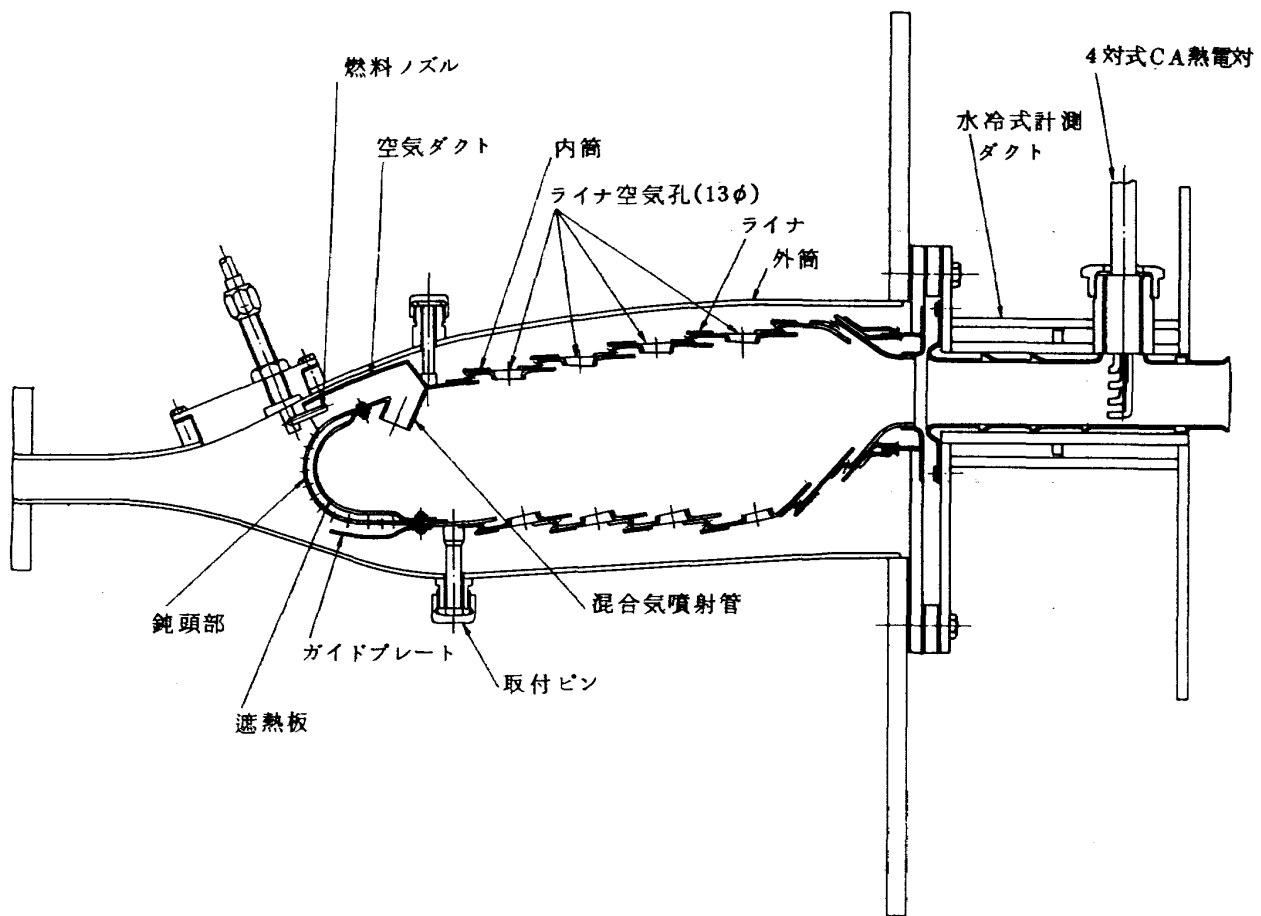


図3 供試燃焼器断面図

鈍頭部と空気量配分 全体空気量のうち、空気ダクト通過空気量（噴射空気と略称）と、鈍頭部遮熱板のインピンジング冷却に使用した空気量（鈍頭冷却空気と略称）を除いた量が2分されて、それぞれ内、外ライナを通過するよう鈍頭部の位置、および形状を定めた。

すなわち、鈍頭部内側から第1列空気孔にわたる領域を一次燃焼領域と呼ぶことにすると、供給燃料量の全量がここに与えられるのでこの設計点空燃比を10以上となるよう噴射空気と鈍頭冷却空気量を外筒デフューザ部断面積比で見積った。はじめ、噴射空気と主燃料が設計点空燃比50で空燃比10となるとすれば、噴射空気量は全体量の20%である。

鈍頭冷却空気量は余り多くないと考え、鈍頭部によって分けられるデフューザ流路断面積比は外側/内側=6/4とした。なお、その基準とした流路断面は内筒、外筒間の最狭部で、デフューザ始点からの軸方向、それぞれ、160、および167mmの位置である。

図面製作上、最終的に決定した値は、アニユラ模型の値相当で、空気ダクト入口付近の外側通路断面積が $19,590\text{ mm}^2$ であり、そのうちの空気ダクト入口総面積が $6,144\text{ mm}^2$ である。1個の空気ダクト入口は $14\text{ mm} \times$

13.7 mm とした。内側通路断面積は、ガイドプレート先端で最も狭く、 $13,800\text{ mm}^2$ となった。

鈍頭部冷却構造 鈍頭部内部は、噴射管からの噴流、および循環流の燃焼によって加熱される。そこでこの部を二重構造とし、インピンジング冷却を行なうこととした。

すなわち、鈍頭部に小孔を多数あけ、そこを通過した空気が内側に設けた遮熱板を冷却する構造とした。この方法では、非強度部材である遮熱板を十分薄くして熱伝達特性を向上することができ、かつ冷却用空気が直接保炎部分へ流入することを防ぐことができる。

インピンジング冷却のための設計値は、Kercherによる関係式⁸⁾から次のように定めた。

冷却孔直径 D_0 : 2 mm

ピッチ X_n, Y_n : 5 mm

二重壁間隔 Z_n : 3.5 mm

冷却孔総数（セクタ模型） 700個

また遮熱板は、AS-25では図4の(a)に示す形状のものをを用いた。AS-21~26では図4の(b)に示すものをを用い、かつ、鈍頭部下部から冷却孔へ空気が全圧を利用して流入できるよう図3に示すガイドプレートを設けた。

図4(a)と(b)の主な相異点は、遮熱板をインピンジング

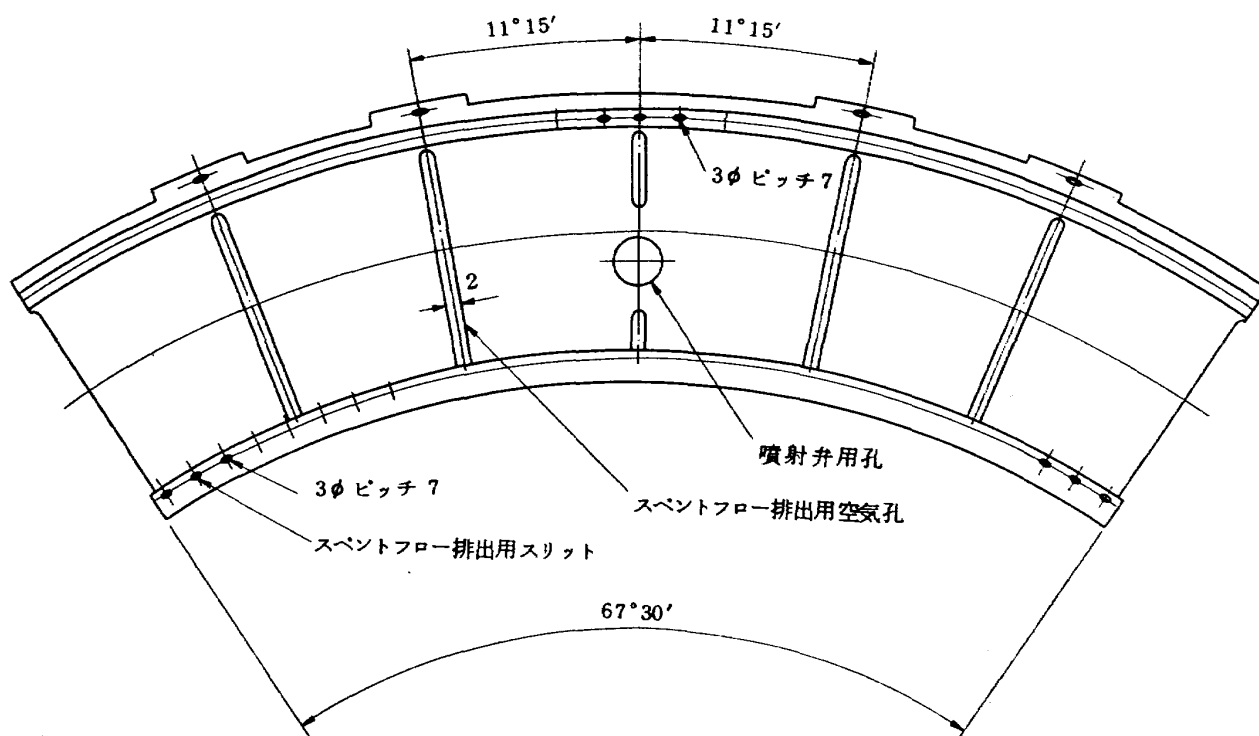


図4(a) AS-25で用いた遮熱板

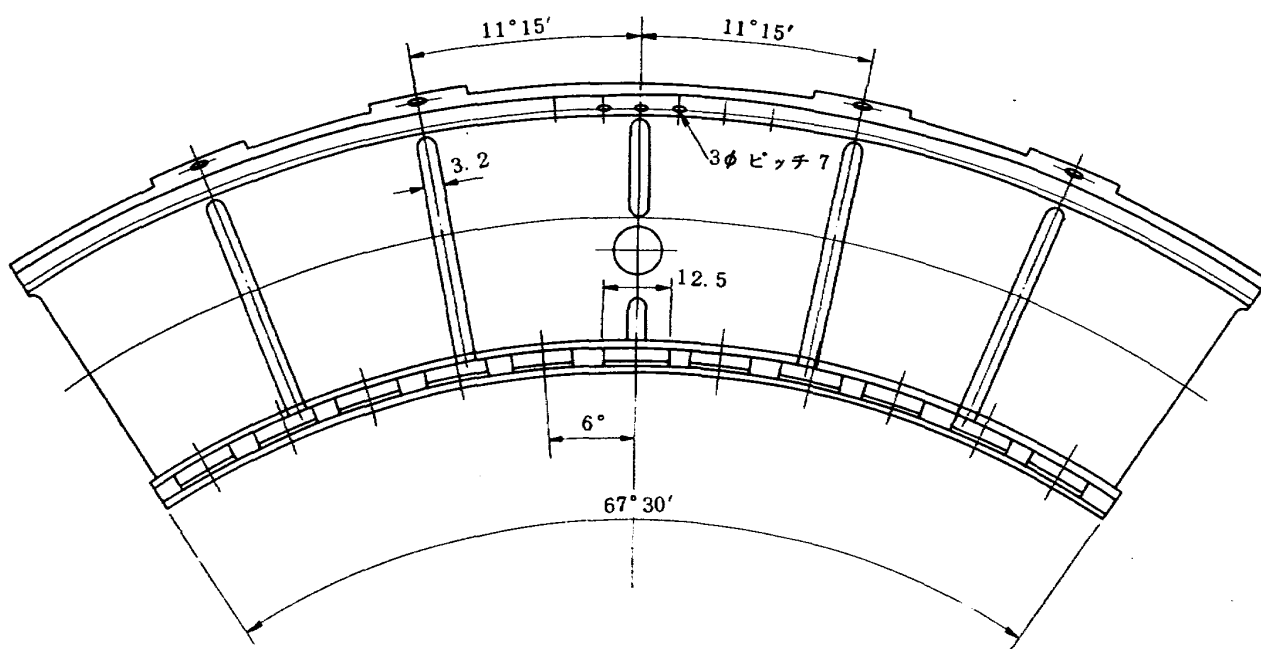


図4(b) AS-21 ~ 26 で用いた遮熱板

冷却をした後の空気を排出するためのスリット巾を(a)では2mmであったものを(b)では3.2mmに広げている。また、(a)で下部(内側)に設けてあったピッチ7mm,直径3mmのスベントフロー流出孔を,(b)では,軸方向8mm,円周方向12.5mmの四角穴,11個にかえてある。この変更によりスベントフロー流量が増加し,遮熱板の

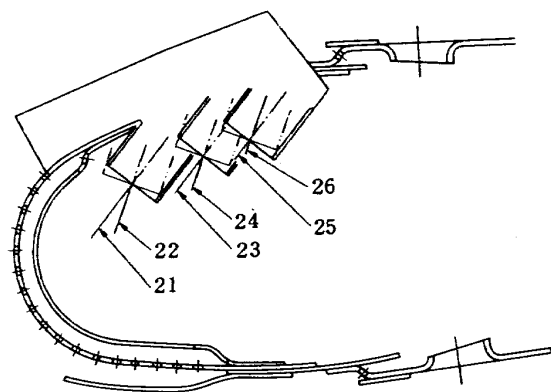


図5 AS-21,22,23,24,26 燃料噴射管位置

表1 鈍頭部開口部面積

燃焼器種類	AS-25	AS-21~26
鈍頭部全冷却孔面積	2200	2200
遮熱板全開口部面積	1590	2080
スリット部	1120	1440
スベントフロー 逸出孔	470	640

(単位: mm²)

冷却効果を向上することができた。

それらの開口面積比較を表1に示す。

なお, 遮熱板は厚さ1mmのハステロイXで製作した。

図4(b)の遮熱板ではその温度を計測するため, AS-25の噴射管中心軸延長上の遮熱板上に外径1mm, インコネルシース CA熱電対を2箇所, およびそれらの中間点スリット近傍に1箇所溶接した。

噴射管形状 燃料を微粒化し, 混合気をつくり, かつ, 保炎のための循環流を形成する噴流を導く噴射管として, 出口部が一边14mmの正方形のものを, セクタ模型にたいし円周角にして11°15'のピッチ間隔で6本設けた。

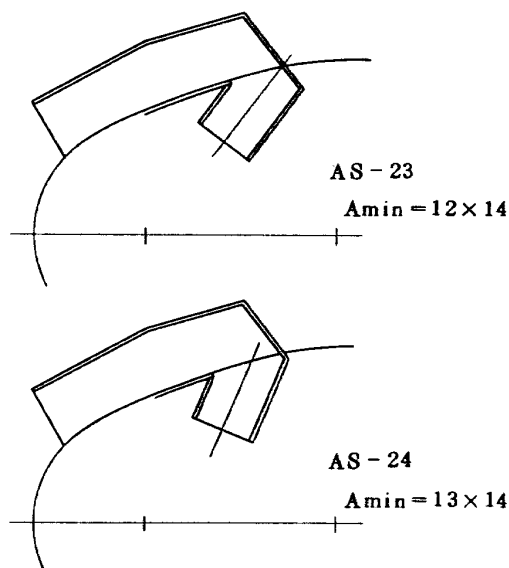


図6 (b)

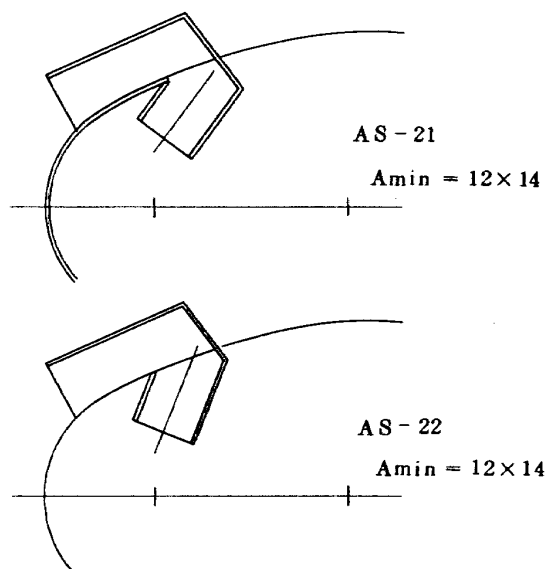


図6 (a)

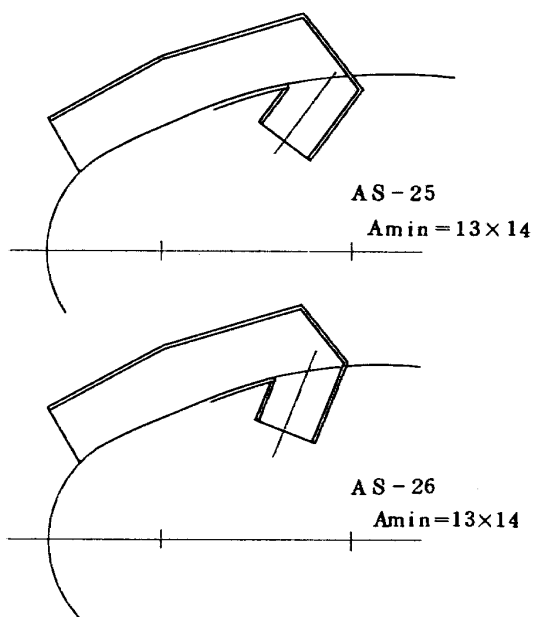


図6 (c)

その噴射管開口部の位置と角度の異なる模型を6種類製作した。それらの呼称をAS-21, 22, 23, 24, 25, および26とする。図5にそれぞれの噴射管出口の位置, および方向を比較して示す。

上述の供試燃焼器種類のうち, 奇数番号のついた燃焼器の噴射管出口方向は, 主軸方向と 53° の角度をなしている。偶数番号のそれは, 68° である。

すなわち, 奇数番号の燃焼器噴射管は主流にたいしてより鋭角で逆方向噴射をする。

また, AS-23と24の噴射管出口中心は, 同一位置にあり, 21と22のその対応点は, それより11mm上流側に, 25と26では, 17.5mm後流側にある。

上記各供試燃焼器の空気ダクトから噴射管に至る通路は, 等断面積通路であることを目標としたが, 鈍頭と外筒との間隙, 余裕などの関係から, 最小通路断面は, 図6に示すようにAS-21~23では $12 \times 14 \text{ mm}^2$, AS-24~26では $13 \times 14 \text{ mm}^2$ となった。

また, 奇数グループの通路曲り部最小断面部は, 偶数

グループのそれよりも絞られた形となった。

なお, 各燃焼器の空気ダクトの一つには, 全圧, および静圧を測定できる内径2mmの管が取付けてある。これによって空気ダクトを通過する空気流量を求めることができる。

内側, および外側ライナ 図7に供試燃焼器のひとつ, AS-22の内筒部を示す。

AS-21~26に用いた内側, および外側ライナ, 側板部などは, すべて共通である。

ライナ空気孔は, 燃焼器主軸(扇形中心)を相似の中心とした配置で, 外側, および内側にそれぞれ直径13mmのものを24個ずつあけてある。その配列は空気ダクトと同一軸上に, 軸方向に4列, 円周方向に6列である。

また, ライナ面を膜冷却するために, 主流方向に数え, 内外ライナそれぞれ6列の冷却スリットが設けてある。このスリットには, ピッチ6.75mmで直径3mmの冷却

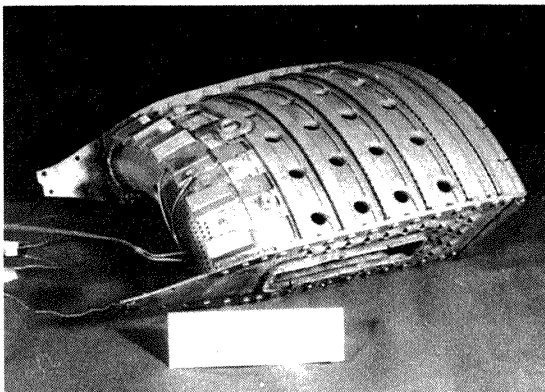


図7 燃焼器AS-22の内筒

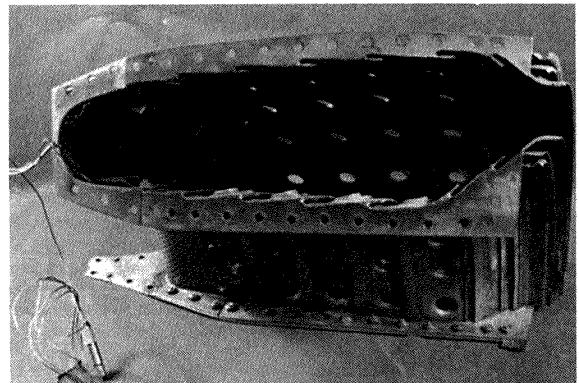


図9 AS-24の内筒内部

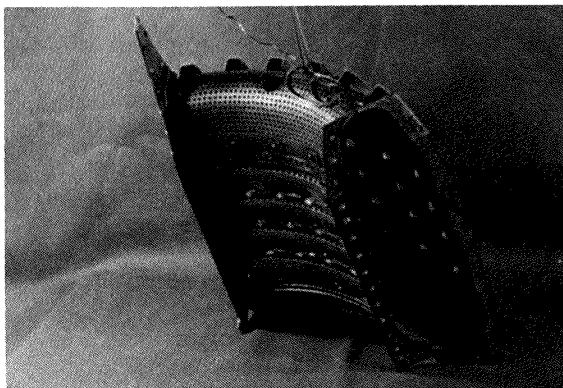


図8 AS-24の内筒の外観

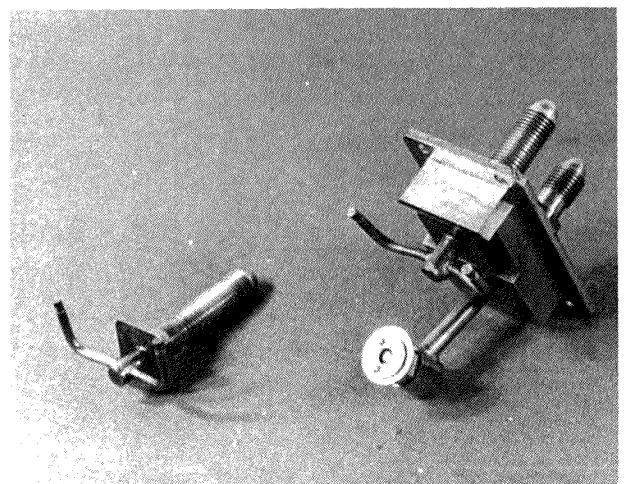


図10 燃料供給ノズル(右は着火用噴射弁付)

孔がもうけてある。これらの細孔は、内、外ライナにそれぞれ 186 個、および 274 個あって、その全開口面積は、上記 13mm の空気孔全開口面積 6371mm^2 の約 $\frac{1}{2}$ の 3252mm^2 となった。

後述のように AS-25.2 では外側ライナの最も上流側の空気孔列（第 1 列空気孔と呼ぶ）の 6 個を盲にした。また、AS-25.3, 25.4, および 25.6 では内側ライナの第 1 列空気孔を盲にした。

図 8 と 9 に鈍頭部、遮熱板、および内、外ライナを組立てた写真を示す。AS-25 系以外ではこれらに加えて鈍頭下部（内側ライナ側）にガイドプレート进行している。燃料供給ノズル 燃料ノズルは、外観を図 10 に示したものである。

主燃料ノズルは、先端が二股になっていて、1 組の燃料ノズルによって、二本の空気ダクト内に燃料を供給することができる。

その先端部の構造を図 11 に示す。図 11 の(a)は AS-25.4 において比較のために試みたもので、それ以外は、すべて(b)のものを主燃料ノズルとして使用した。

図 11 の(a)では、燃料を空気ダクト内の気流と同方向に噴出させる。燃料を気流微粒化させるために、気流との相対速度を大きくする必要があり、メータリングオリフィス後の噴出口内径はできるだけ大きいことが望ましい。この場合は 1mm としている。

図 11 の(b)では、燃料を空気ダクト内気流にたいして直角方向へ噴出する。噴出口は数多いことが燃料の分散上、望ましいが、閉塞や不均一化のおそれがあるので本試験用としては、空気ダクト内で上側（外側）および下側に向けて噴射する 1 本あたり 2 孔のノズルとした。

着火用の燃料ノズルは、図 10 の右側に示すように主燃料ノズルと同一座に取付けられている。

この着火用燃料ノズルは噴霧角 60° の渦巻式圧力噴射弁で、前報の AS-0 形などで用いたものと同一である。

2.3 燃焼器試験法

各供試燃焼器について次のような設定条件のもとに燃焼試験を行なった。

燃焼器入口空気温度： $T_1 = 320, 450, 600$ [K]

最大断面平均風速： $U_r = 16, 19, 22$ [m/s]

空燃比： $n = 50, 70, 90, 110$

これらの燃焼条件は、FJR 710/10 のうち本試験装置で可能な試験条件で、かつ、それぞれの作動因子の影響が把握できるような範囲をえらんである。

なお、着火用噴射弁は、着火のときのみ用い、上記設定条件での計測時は主燃料ノズルからのみ燃料を供給している。

計測は、次の諸項目について行なった。

- i) 燃料流量
- ii) 燃料温度
- iii) 燃料圧力（主、副）
- iv) 空気流量
- v) 入口空気温度
- vi) 入口空気静圧
- vii) 空気ダクト全圧
- viii) 空気ダクト静圧
- ix) 遮熱板温度（3 点）
- x) 出口ガス温度（20 点）

そのほか観察窓を通して、過熱箇所、燃料の微粒化模様と分散、壁面の燃料による濡れ具合、火炎の色、分布、伸び具合、乱れの状況、噴射管からの噴流の向き、火炎安定性、ライナ上への煤の付着などにつき注目して観察を行なった。また、必要に応じて写真撮影を行なった。

以上の計測値、および 2.4 に述べるガス分析値の整理

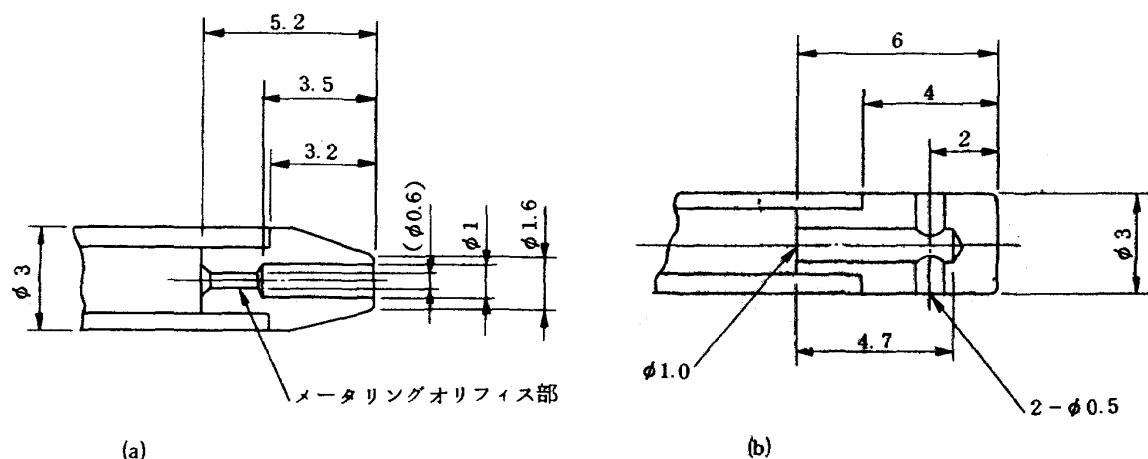


図 11 主燃料供給ノズル先端

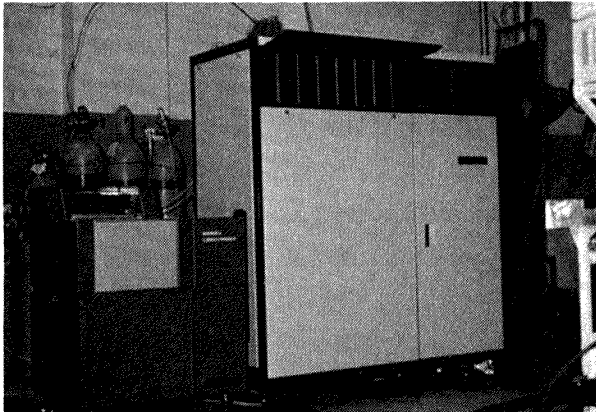


図12 ガスタービン排気ガス測定位置 MEXA 2000 N

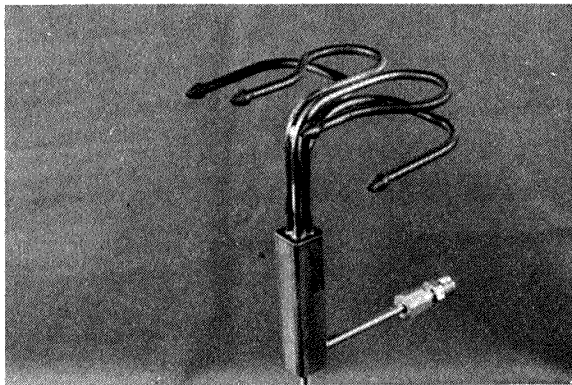


図13 排気ガス採取管

法は、前報¹⁾あるいはTM-301⁴⁾と同一の定義式を用いている。

それらのうち、燃焼器出口無次元温度 θ については燃焼器出口半径方向巾を1とした無次元半径方向位置 y 、または、円周方向模型扇形角を1とした出口円周上位置 x の任意の点での温度 T にたいして

$$\theta = \frac{T - T_1}{T_2 - T_1}$$

を用いたが、遮熱板無次元温度については、遮熱板の材質であるハステロイXの耐熱温度を1150 K と考え、遮熱板実測温度 T_S にたいし

$$\theta_S = \frac{T_S - T_1}{1150 - T_1}$$

とした。

燃焼器出口でのガス採取と分析値整理法については次節、2・4に記す。

燃焼試験結果の解析に役立てるため、非燃焼時の流れ模様をTM-301と同様の方法で行なった。

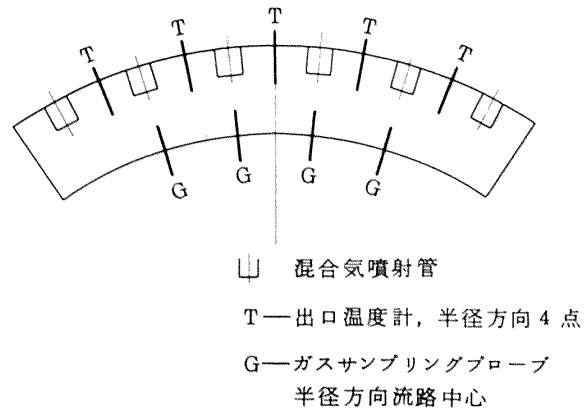


図14 出口温度計とガス採取管の噴射管に対する位置

2・4 ガス分析法

供試燃焼器AS-21,23,および24について計測ダクト直後において排気ガス採取をおこない図12に示すガスタービン用排気ガス分析装置MEXA 2000N(堀場製作所製)にて分析した。

ガス採取管は、図13に写真で示すような空冷4分岐ステンレス管である。採取口は内径2.5mmで、計測ダクト出口半径方向中心円周上の4点、それぞれ出口温度計測用クシ形温度計5本の中間位置にある。

計測ダクト出口側から見た噴射管、熱電対、およびガス採取口の位置関係は図14に示すようである。

これら4点で採取されたガスは、1本の管へと合流し加熱テフロン管で輸送される。この試料ガスはまず加熱フィルターを通り、約10mの加熱テフロン管および10mの加熱ステンレス管を通して前処理装置(加熱フィルター)に送られ、つづいてMEXA 2000Nに供給される。試料ガス輸送のための加熱管は370 K~410 Kの温度に保つようにした。

MEXA 2000 Nにおける各成分の分析方法は次のごとくである。

一酸化炭素(CO) 濃度: 非分散形赤外分析法

二酸化炭素(CO₂) 濃度: 非分散形赤外分析法

酸素(O₂) 濃度: 磁気式

窒素酸化物(NO, NO_x) 濃度: 化学発光式

未燃焼炭化水素(THC) 濃度: 水素炎イオン化検出法

得られた分析値の処理方法はTM-301に示したものとほぼ同様である。ただしMEXA 2000Nによって得られるガス濃度はTHC, NO, およびNO_xが水分を含んだ、いわゆるウェットベースの濃度で得られ、CO, CO₂, およびO₂が水分を除去したガス組成割合、すなわちドライベースの濃度で得られる。

したがって次の関係から水蒸気濃度を求め、補正を行った。

まず $X_i(C)$, および $X_i(H)$ で、それぞれ炭素原子, および水素原子換算表示をした成分 i のモル分率濃度を示すと, 水蒸気濃度 X_{H_2O} は, それらとつぎのような関係にある。

$$\begin{aligned} & \left\{ (1-X_{H_2O}) \sum_i X'_i(C) + \sum_i X_i(C) \right\} h \frac{M_C}{M_H} \\ &= (1-X_{H_2O}) \sum_i X'_i(H) + \sum_i X_i(H) + 2X_{H_2O} \end{aligned} \quad (1)$$

ここで, 濃度を示す記号にプライム (prime) のついたものはドライベースでの濃度, それ以外のものはウェットベースのものである。また h は燃料中の水素と炭素原子の含有量の比, 0.1667 である。 M_C, M_H は, それぞれ炭素と水素の原子量である。

MEXA 2000 N では, $X'_i(C)$ として CO , および CO_2 , $X_i(C)$ として THC , $X_i(H)$ として THC が得られるから, (1) 式にこれらを代入して X_{H_2O} を求める。 THC は CH_2 換算とすると,

$$X_{H_2O} = \frac{k(X'_{CO} + X'_{CO_2}) + (k-2)X_{THC}}{k(X'_{CO} + X'_{CO_2}) + 2} \quad (2)$$

ここで

$$k = h \frac{M_C}{M_H} = 0.1667 \times \frac{12}{1} = 2.0004$$

したがって, (2) は十分な精度でつぎのように表わせる。

$$X_{H_2O} = \frac{X'_{CO} + X'_{CO_2}}{X'_{CO} + X'_{CO_2} + 1} \quad (3)$$

3. 試験結果

最初に, AS-25 について燃料ノズル, ライナ空気孔盲の影響などを試験した結果について記す。

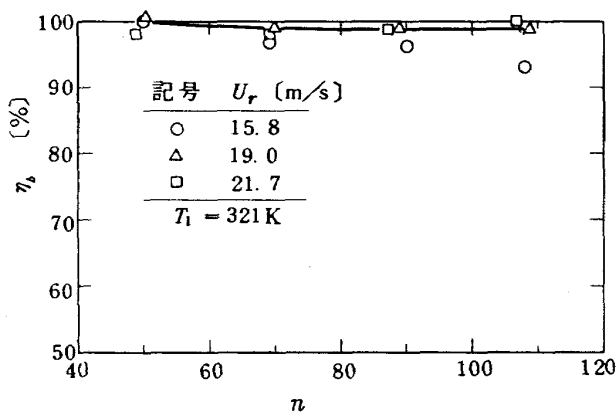


図15 AS-25.1の燃焼効率特性

その後, AS-21, 22, 23, 24, および 26 について, ほぼ共通の試験条件で行なった結果を, 比較しながら示す。

また, AS-21, 23, および 24 についての燃焼器出口排気ガス分析の結果について記す。

最後に, それらの特性に大きく影響を与えている燃焼器内流れ模様について, 常温, 非燃焼時に調べた結果を記し, 次章での検討に備える。

3.1 AS-25の試験結果

まず燃焼器 AS-25 について, 入口空気非加熱の状態で行った設計因子をかえて試験した。

まず原形である AS-25.1 の燃焼状態は, 次のごとくである。

燃焼室内の火炎の様子は, 主として空燃比に依存している。すなわち, 空燃比が 90~110 程度のときは, 鈍頭内部は, 青炎であり, 噴射管以降の火炎はごく短い。空燃比が低下するにしたがってこの部の火炎が伸長し, やや黄炎となってくる。燃焼器内部の火炎の乱れは, 従来の圧力噴射弁とスワラを用いたものに比べ非常に強い。空燃比が 50 付近では, 10 Hz 程度の振動燃焼をおこす。火炎の色などから判断して, 一次燃焼領域内での燃料過濃が原因と考えられる。

この燃焼器の空燃比 n に対する燃焼効率 η_b を図 15 に示す。

図 15 によれば, 通常, 燃焼器に要求される作動空燃比範囲の 50~120 では, 十分高い燃焼効率特性を示している。この場合の全圧損失係数を, 図 16 に示す。CO10 での実測値が $T_2/T_1 = 2.5$ で $\phi = 35$ 程度であるから,⁵⁾ AS-25.1 の全圧損失係数は, ほぼ同等の値である。

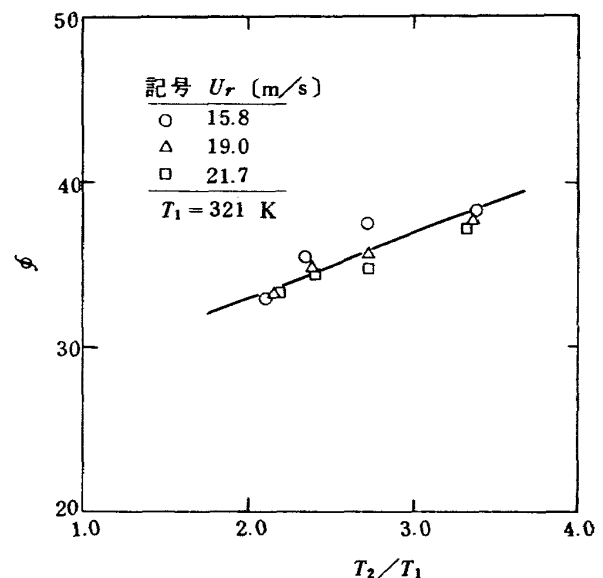


図16 AS-25.1の全圧損失係数

また、燃焼器出口半径方向無次元温度分布も図17に示すように、空燃比等に余り依存せず比較的等温の分布を示している。

次にライナ空気孔の燃焼性能への影響を調べるため、外側、あるいは内側ライナの第1列空気孔(最も上流側の並び)を閉じてみた。それらの燃焼器呼称を、それぞれ25.2, および25.3とする。

同一燃焼条件で、上記3種の燃焼器の燃焼器効率を比較すると、図18のようになる。

外側ライナ第1列空気孔を閉じたAS-25.2の場合には、燃焼効率の低下がおき、ことに空燃比が小さく高負荷となるに従ってそれが著しい。これは、噴射管からの混合気は燃焼しながら遮熱板に沿って外側ライナ側に流れるが、この間の新気導入が不充分であるため十分に反応が完了せず、ライナ空気孔列間を素通りして排出されてしまう部分があるためとみられる。

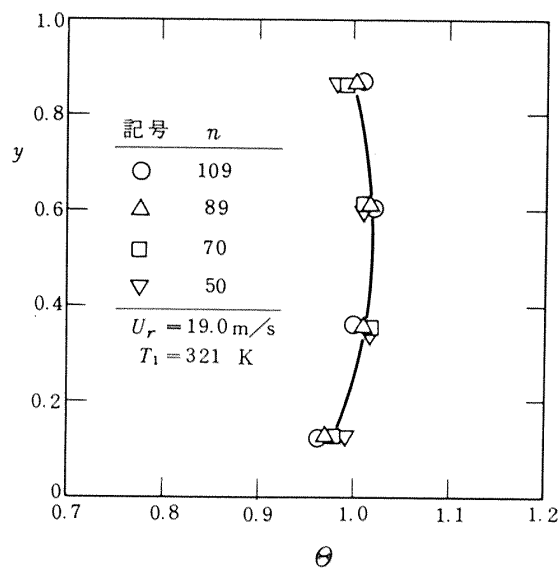


図17 AS-25.1の出口温度分布

内側ライナ第1列空気孔を盲にしたAS-25.3の場合には、空燃比が大きい条件では原形より高い燃焼効率を示すものの、空燃比が小さくなるに従って、燃焼効率の低下をきたしている。

とくに、空燃比が50付近では、一次燃焼領域に燃料過濃に基因する10Hz程度の低サイクル不安定燃焼現象がおきた。その火炎状態の観察からは遮熱板付近の保炎性が原因とみられる。

そこでAS-25.4では、一次燃焼領域へ新気を導入するために鈍頭部外側、噴射管同士の間位置へ8mmのキリ穴を孔けた。この結果、図19の記号△で示す特性のように、低空燃比側でも燃焼効率の低下を示すことなく、十分な性能を発揮することがわかった。

なお、以上の燃焼器では、主燃料供給ノズルとして図11の(b)に示した先端を有するものを使用した。ここで、燃料噴射方向の差異をみるためAS-25.4の燃焼器へ、図11の(a)に示した燃料ノズルを使用してみた。その比較が図19である。これによると、気流と同方向へ燃料噴射をおこなうと燃焼効率にして3~7%の低下を示す

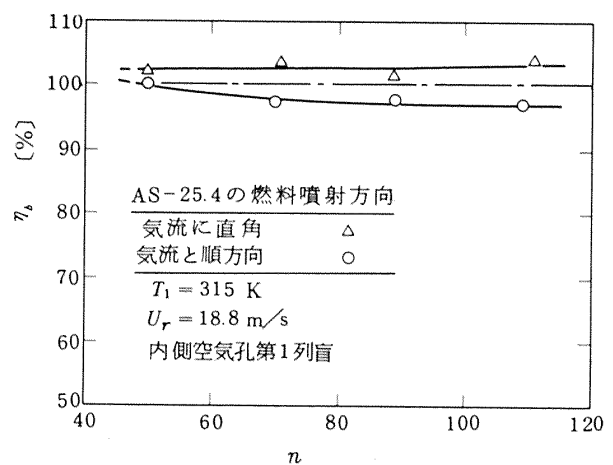


図19 空気ダクト内への燃料噴射方法の違い

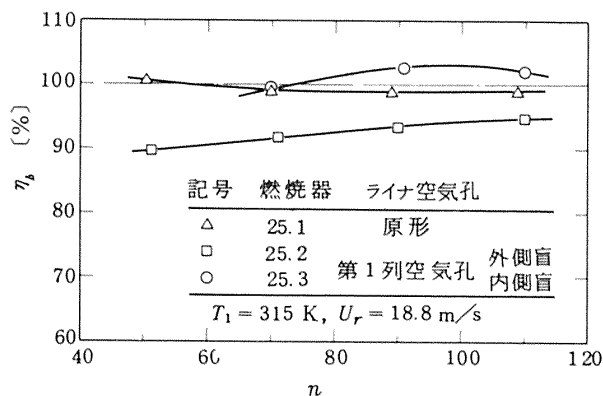


図18 ライナ空気孔盲の影響

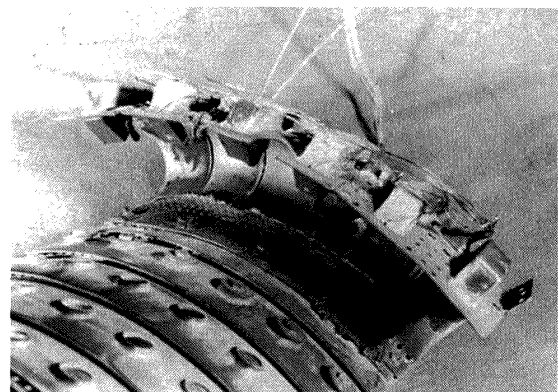


図20 AS-25.6の遮熱板焼損状況

ことがわかった。

したがって燃料ノズルとしては図 11 の (b) がすぐれて
いると判断し、以降の試験には、これを使用した。

次に、呼称 AS-25.6 燃焼器にて、高圧燃焼試験を行
なった結果について述べる。

AS-25.6 が AS-25.4 と異なる点は、燃料噴射弁と
して燃料吐出量の多い高圧用のものを用いていること
にある。これを燃焼器入口空気圧力 9.8 ata、燃焼器入口
温度 587 K、空気流量 3.37 kg/s、空燃比 92.5 で試験
した結果、図 20 に示すように遮熱板の焼損と、噴射管内
側部の焼損がおきた。

遮熱板の焼損部は、鈍頭部インピンジング冷却孔の開
口部が、気流にたいし平行になる場所であるので、空気
の導入が十分でなく、この部の遮熱板過熱がおきたもの
と考えられる。

なお、測定した排煙濃度は、Bacharach 排煙濃度指
数にして 1 程度であった。

3.2 AS-21~26 の試験結果

噴射管の位置と角度の異なる燃焼器 AS-21, 22, 23,
24, および 26 についての燃焼試験結果を示す。

ここに用いたライナは、CO10 相当の 4 孔型である。
AS-25.4 で試みた噴射管間の 8mm キリ穴は設けていな
い。

3.2.1 空燃比にたいする燃焼効率特性

燃焼器 AS-21 の結果を図 21 に示す。

入口空気温度 T_1 が 320 K 付近のときには、空燃比 n
が大きくなると燃焼効率 η_b の低下がおこる。 $n \geq 100$
では燃焼器出口からみて最も左側の部分に火炎が存在せ
ず微粒化した燃料液滴が飛散している。 n が 50 付近で
は、遮熱板内は黄炎の混在した青炎、噴射管より後流側
では黄炎となっている。 T_1 が 450 K 前後では、遮熱板
内側は常に青炎である。 n が 110 のときにはこの付近に

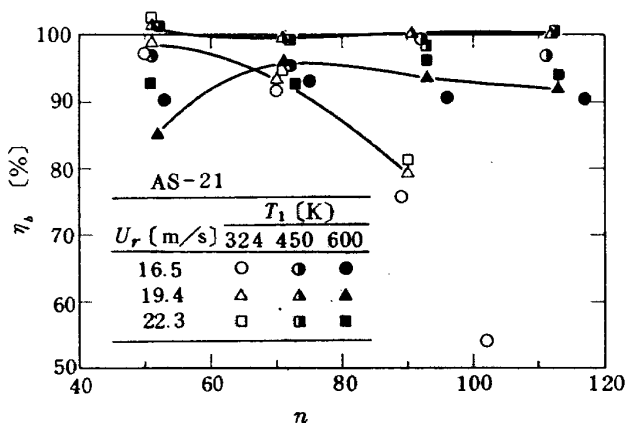


図 21 AS-21 の燃焼効率特性

のみ青炎が存在する。 n が 90 では、その青炎がやや伸
びて、噴射管直後程度、 n が 70 では第 1 列空気孔付近
までである。 n が 50 では燃焼器内に強い乱れの薄い黄
炎が満ちる。

T_1 が 600 K では、ほぼ 450 K の場合と類似してい
るが、 n が 50 付近での噴射管以降の火炎はやや濃い黄炎
である。

T_1 が 450 K、および 600 K の場合の燃焼効率は図 21
にみるように空燃比に余り依存せず一定の値を示す。そ
の図からは 600 K の場合の燃焼効率が 450 K の場合のも
のより低い結果を示しているがこれは後述するように燃
焼ガス温度測定技術の影響が多分に現われている可能性
がある。詳しくは、第 4 章で検討する。

燃焼器 AS-22 の結果を、図 22 に示す。

前のものと同様、 T_1 が 320 K 付近では、 n 大きく
なるに従って著しい燃焼効率の低下がおきる。 T_1 が 450 K
あるいは 600 K の場合には、比較的平坦な燃焼効率を示
す。AS-21 と比較すれば、 n が小さい側での η_b はや
や劣る傾向にある。

火炎の色、燃焼状況はほぼ前者と類似している。ど
ちらかといえば、この $n = 50$ の場合遮熱板内側の青炎は
白色を増し不透明となり、燃焼領域の黄炎はより濃い黄
橙色となっていてすすの発生が多い。

燃焼器 AS-23 の結果を図 23 に示す。この場合には、
設定条件の全範囲にわたって良好な燃焼を行なう。

なお、燃焼効率の値が、100 % を数%越えているのは、
燃焼ガス温度を計測する温度計の位置と、出口温度分布
の相対関係が影響した結果である。これの詳しい検討は
後述する。

本燃焼器の場合、前二者の場合同様、噴射管以前はほ
とんどの状況で青炎燃焼をしているが、それより下流側
は n が 70 ないし 50 付近では、かなりの黄炎、ないしは

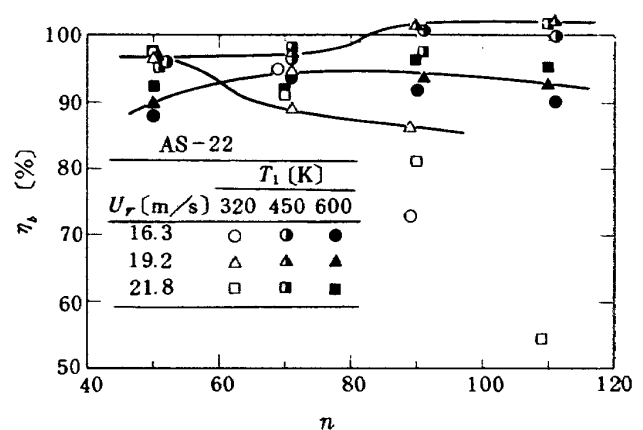


図 22 AS-22 の燃焼効率特性

輝炎の発生をみる。ことに入口空気温度が高い程、その傾向は著しい。

この燃焼器は図23に示された燃焼効率特性の点からいえば、今回燃焼試験結果を示したAS-25を除く21から26の燃焼器中最も良好である。

燃焼器AS-24の結果を図24に示す。これはAS-21や22と同様、 $T_1 = 320\text{K}$ の場合、 n が大きくなるにつれて燃焼効率の低下がおき、 $n = 110$ 付近では吹消えてしまう。しかしそれらの両者と比較して $n = 50$ 付近の燃焼効率は最も良好で、ほとんどAS-23に匹敵する。

T_1 が450K、あるいは600Kの場合には、AS-23にわずかに劣る程度で、実際には遜色ない十分な性能である。

この燃焼器の燃焼状態は、今回試験した諸燃焼器のうちでは最も安定した均質な火炎を呈した。すなわち、ほとんどの作動範囲で均質な青色炎燃焼を行ない、他の燃焼器の場合、黄炎化する $T_1 \geq 450\text{K}$ 、 $n = 50$ 付近でもわずかに黄色がかった青紫炎を示した。

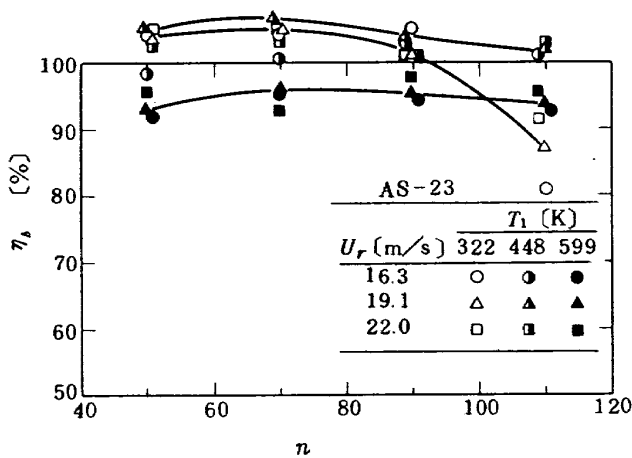


図23 AS-23の燃焼効率特性

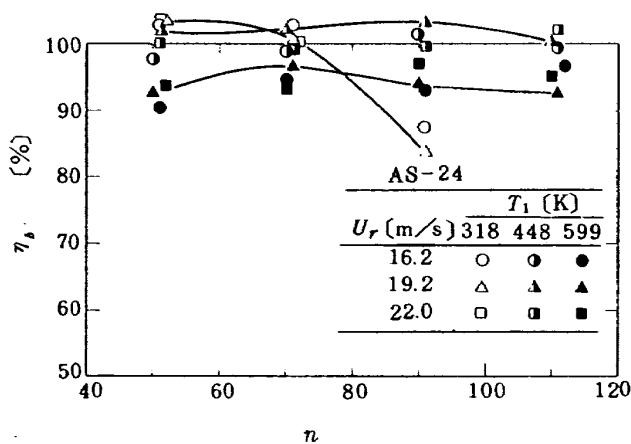


図24 AS-24の燃焼効率特性

燃焼器AS-26の結果を図25に示す。この燃焼器の性能は、図25からも判明するように、今回試験した燃焼器中、最も劣っている。 $T_1 = 320\text{K}$ 付近では、 n が70以上のとき吹き消えがおき、燃焼を持続できない。

$T_1 = 450\text{K}$ または600Kの条件でも、 $n = 50$ 、あるいは $n = 110$ の付近で燃焼効率が95%、あるいは95%以下の貧弱な特性となっている。燃焼状態をみても、燃焼器の両端などに局所的に黄炎が存在したりして良好な燃焼状況とはいえない。その大きな原因として、噴射管からの混合気噴流が、遮熱板の下部四角孔列にまともに衝突していることが観察上明らかであった。この結果、燃焼がおこなわれるべき混合気が遮熱板四角穴から噴出した空気によって冷却、または稀釈されてしまう。また、これらの流れの干渉によって、遮熱板に沿って流れ、保炎用の渦を形成すべき流れが十分な強さでなくなる。これら流れの様相については3・4に示す。

入口空気温度にたいする燃焼効率として、最も高負荷な $n = 50$ で各燃焼器を比較したものを図26に示す。こ

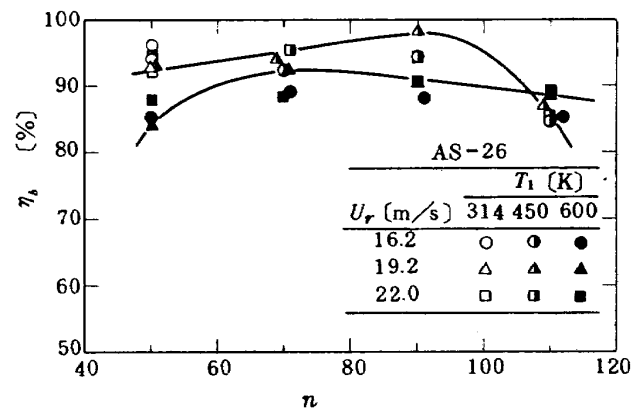


図25 AS-26の燃焼効率特性

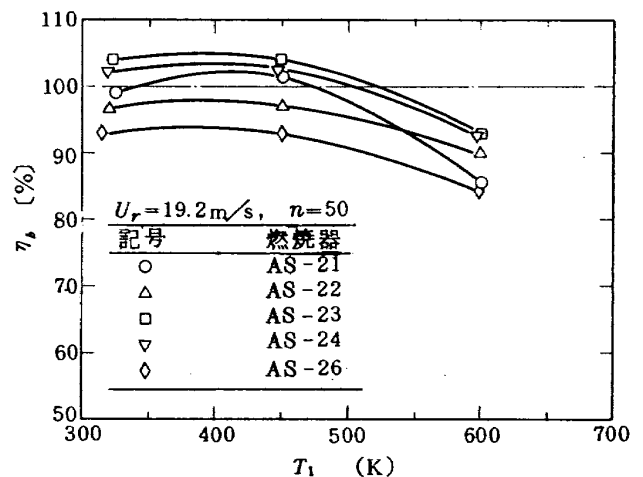


図26 各燃焼器の入口空気温度に対する燃焼効率

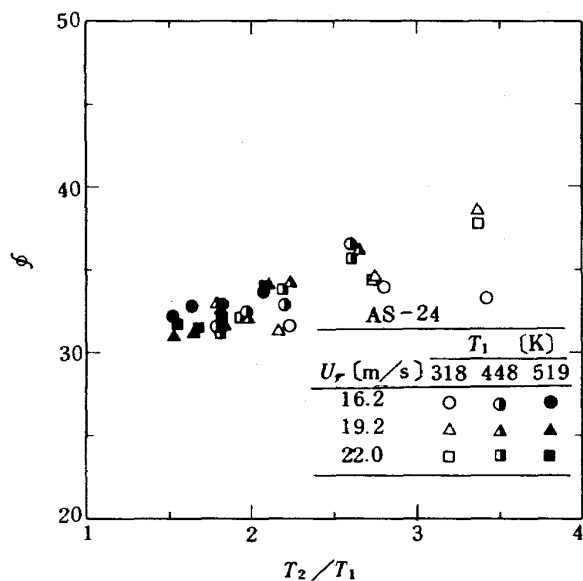


図 27 AS-24 の全圧損失係数

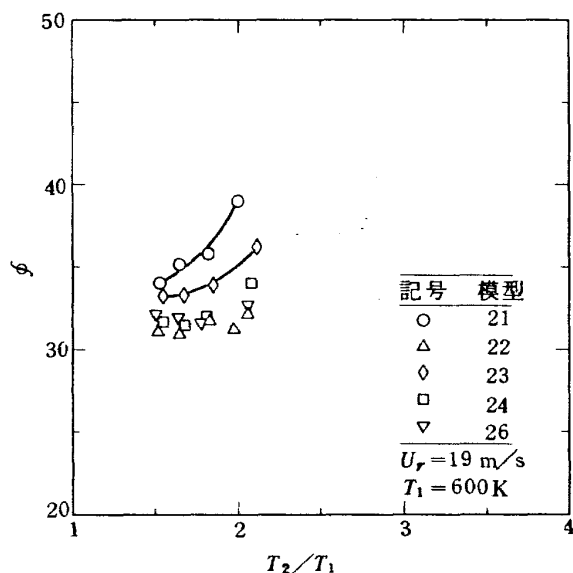


図 28 各燃焼器の全圧損失係数比較

れによると AS-23 と 24 が最もすぐれた燃焼効率特性を示している。

3.2.2 圧力損失特性

燃焼器 AS-24 の出口、入口ガス温度比にたいする全圧損失係数 ϕ は、図 27 のようである。設計点では $\phi = 45$ と見積っている⁰⁾ ので、作動圧力の影響を無視できるものとする、これは、十分小さい値である。

他の燃焼器についても、AS-24 とほぼ同様の傾向を示す。風速の影響は、ごく少ない。入口空気温度が上昇するとやや全圧損失係数は増加する。

設計点条件に最も近い $U_r = 19 \text{ m/s}$ 、 $T_1 = 600 \text{ K}$ の条件で、各燃焼器の全圧損失係数を比較すると、図 28 のようになる。この図によると、AS-21 や 23 の ϕ の値

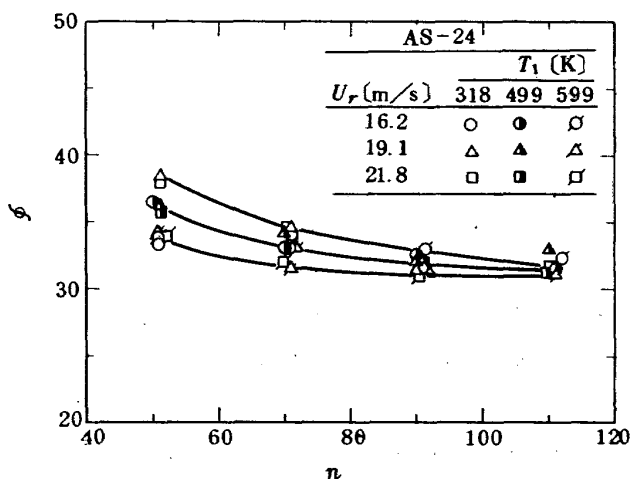


図 29 AS-24 の空燃比に対する全圧損失係数の変化

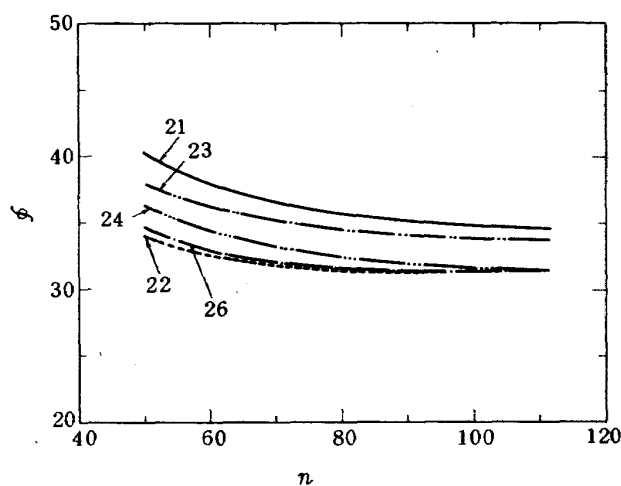


図 30 全体空燃比に対する全圧損失係数

表 2 空気ダクト内空気流量

燃 焼 器	w_{ad}/w_a [%]
AS-21	13.7 ~ 14.6
22	12.2 ~ 13.3
23	12.7 ~ 13.3
24	14.2 ~ 14.8
25.2	12.9 ~ 14.5
26	13.7 ~ 14.8

が比較的、 T_2/T_1 の上昇に伴って急な増加を示している。これは、噴射管の主流となす角度が大きな因子となっていると判断される。

次に、全圧損失係数を、全体空燃比 n にたいしてプロットしてみると図 29 のようになる。この図から全圧損失係数の T_1 への依存性は、空燃比が小さいときに大きいことがわかる。また、 T_1 が高いときほど全圧損失係

数は空燃比への依存性が減少する。

他の燃焼器についても図29と同様の傾向がみられる。それらの比較を図30に示す。この図によると、21や23の形では空燃比の大きな範囲でも、他のものより大きな

全圧損失係数を示している。また、全般に、 n が小さくなる程、その値は増加する。

空気ダクトを通る空気の流量の割合は、表2に示す値であるが、それと、全圧損失係数との関連は余り明確ではない。

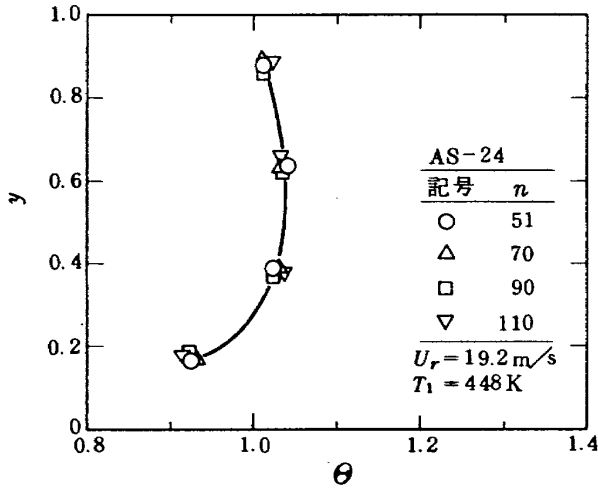


図31 出口半径方向温度分布

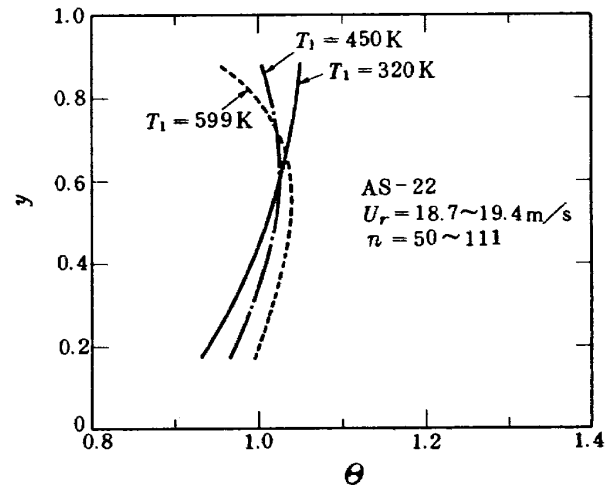


図34 AS-22の出口半径方向温度分布

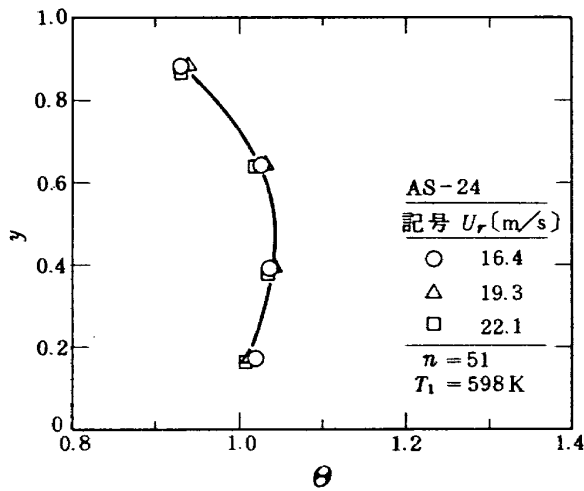


図32 出口半径方向温度分布

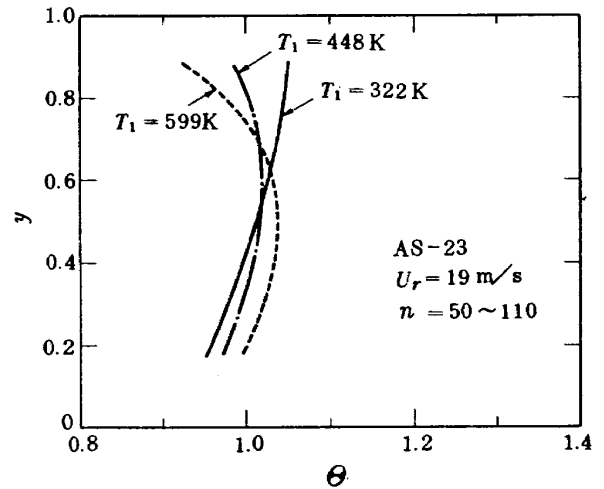


図35 AS-23の出口半径方向温度分布

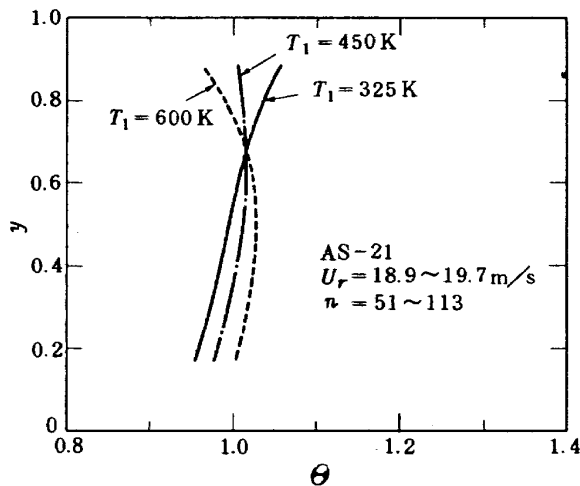


図33 AS-21の出口半径方向温度分布

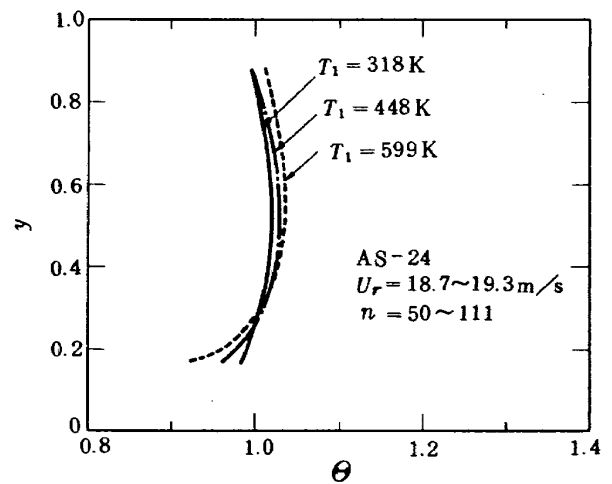


図36 AS-24の出口半径方向温度分布

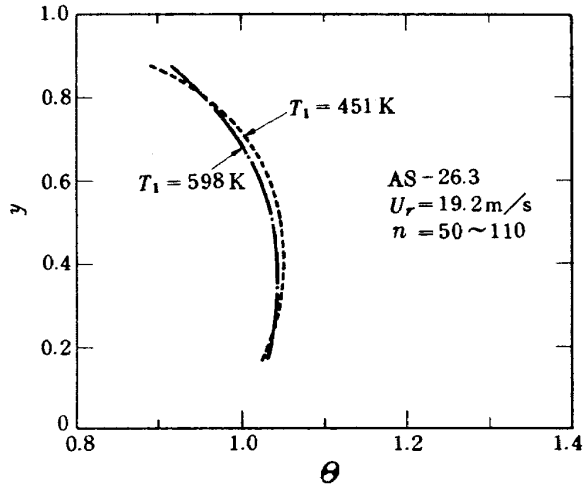


図 37 AS-26 の出口半径方向温度分布

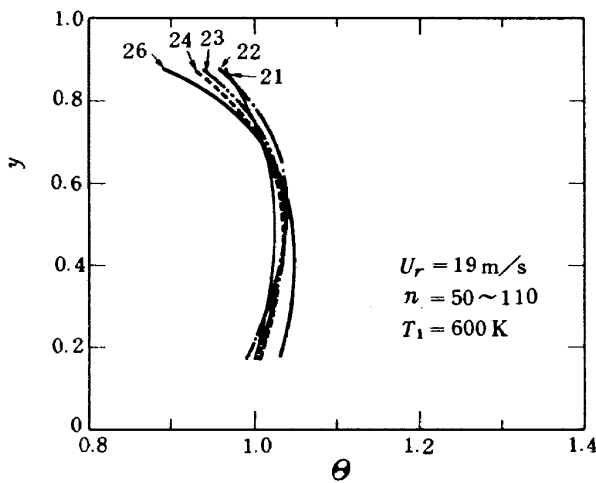


図 38 各供試燃焼器出口半径方向温度分布の比較

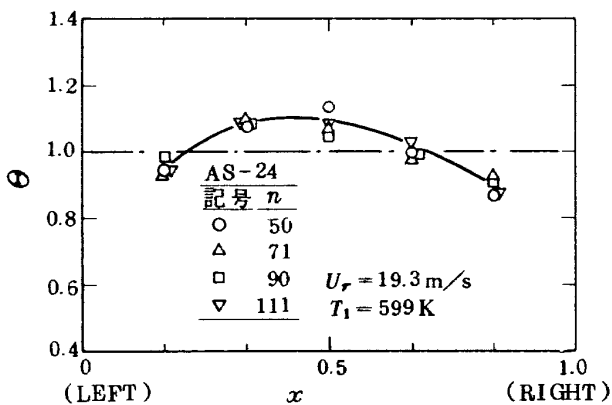


図 39 AS-24 の出口円周方向温度分布(後視)

3.2.3 燃焼器出口温度分布

燃焼器出口における温度分布を無次元温度によって比較してみる。

以下の半径方向の分布において、燃焼器出口のタービン翼根側端部を $y=0$ 、翼端側端部を $y=1$ とする無次元

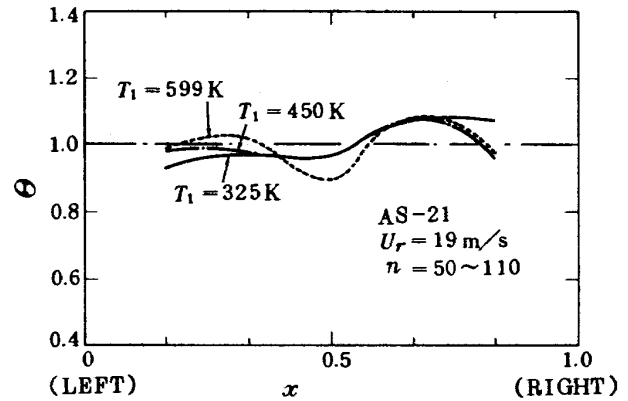


図 40 AS-21 の出口円周方向温度分布

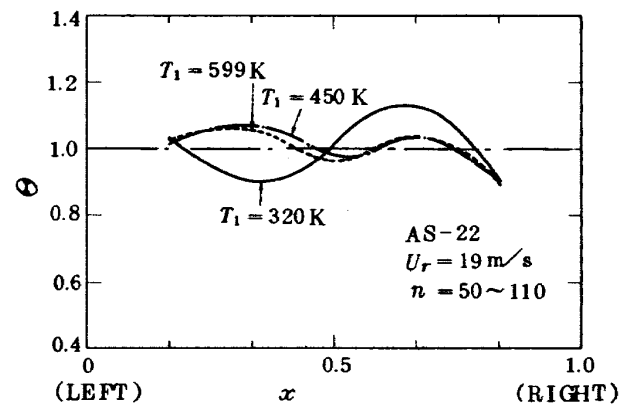


図 41 AS-22 の出口円周方向温度分布

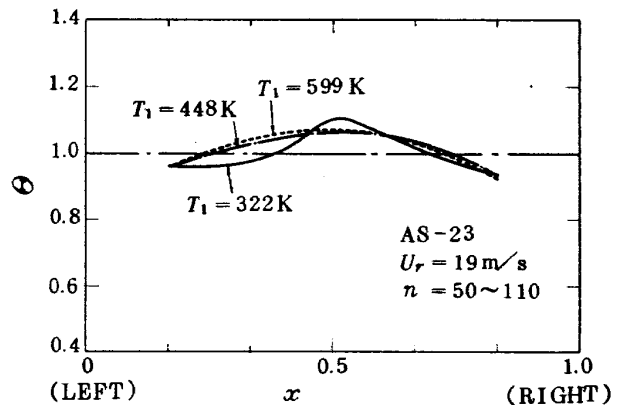


図 42 AS-23 の出口円周方向温度分布

元半径方向位置を用いた。また円周方向分布をみるときは出口側からみて平均円周上に沿って左側面を $x=0$ 、右側面を $x=1$ とする無次元座標を用いた。

各燃焼器について、同一入口空気温度である限り、無次元出口温度分布形は、空燃比、あるいは風速が異なってもそれぞれ変化しない。その模様を、図 31 と 32 に例示する。

入口空気温度 T_1 が上昇すると、AS-21~23では、そ

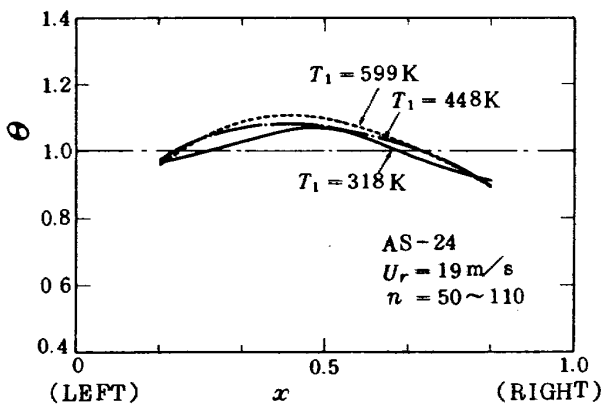


図43 AS-24の出口円周方向温度分布

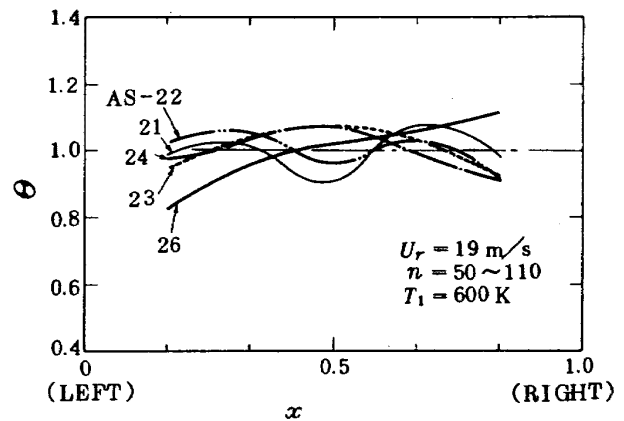


図45 各燃焼器の出口円周方向温度分布

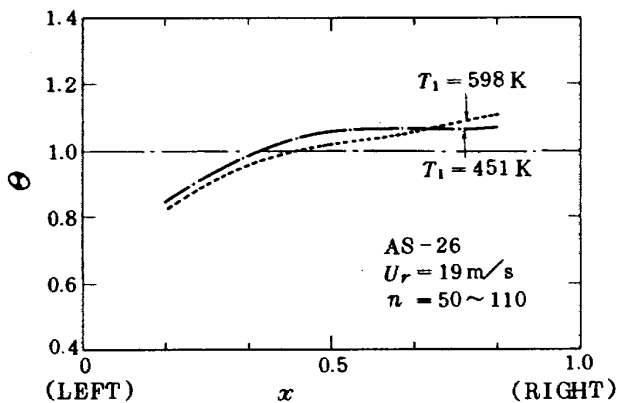


図44 AS-25の出口円周方向温度分布

それぞれ図33～35に示すように翼端側で温度低下をきたし、中央部付近で温度上昇がおきる傾向にある。ところがAS-24と26の場合には、図36と37に示すように余り入口空気温度上昇による変化がみられない。

同一条件で各燃焼器の出口半径方向温度分布を比較すると図38のようになり、それぞれあまり大きな差はない。

円周方向温度分布についても半径方向温度分布の場合同様空燃比、風速によってはほとんど分布形に変化がない。図39にAS-24の場合で、空燃比を変えた場合の例を示す。

各燃焼器について、入口空気温度の異なる場合の円周方向温度分布を調べてみると、図40～44のようになる。これらの分布形の違いは主として一次燃焼領域の燃焼状況に原因すると判断される。すなわち、一般的に入口空気温度の低いときには変化が大きく局所的な炎ののびがあることを示している。

同一燃焼条件で、燃焼器同士の円周方向温度分布形を比べてみると、図45のようになる。噴射管位置が最も前方にあるAS-21と22では、馬の背状に中央がくぼん

でいる。噴射管出口が中間位置にあるAS-23と24では、中央に頂点のあるなだらかな山状をなしている。AS-26では、右上りの傾斜となっている。これは左側に設けている観察窓付近の冷却空気が大きな影響を与えたためであろう。

3.2.4 出口温度不均一率

空燃比 n に対する出口温度不均一率を、各燃焼器についてみると、それぞれ図46～50のようになる。

それらによると、AS-21や22で $T_1 = 320\text{ K}$ 付近のとき、大きな n になるにしたがって δ_t が増大する。

しかし実際には、 n が大きな場合、温度上昇 ($T_2 - T_1$) が少ないので燃焼器機能上は支障ない。

むしろ、図50のAS-26の場合、 n が50のときに、 δ_t が0.15～0.28となるのは注意を要する。

AS-21～24の場合は、 T_1 が450 K、または600 Kで δ_t が0.15以下の十分低い値である。

なお、CO10では設計点において $\delta_t \leq 0.2$ を目標としている。

3.2.5 遮熱板温度

燃焼器入口空気温度条件変化にたいする遮熱板の温度実測値は、各燃焼器について図51～55に示すごとくである。図中、#1はスリット近傍、#2は噴流衝突付近の温度指示である。なお、測定計器の上限が873 Kであったので、それ以上の温度値は測定できなかった。

図51～55の結果によると、入口空気温度の上昇にたいし、遮熱板上限値は、ほぼ比例して上昇している。図51,52のAS-21および22の場合、 $T_1 = 450\text{ K}$ の付近がやや低い上昇率を示しているが、図53以降では、そのAS-23の場合同様、直線的に遮熱板の温度が上昇している。図54,55にみるように、AS-24と26の遮熱板では、 $T_1 = 600\text{ K}$ の場合、その温度が900 K以上となる。

遮熱板温度は、燃焼状態や燃焼領域によって影響を受

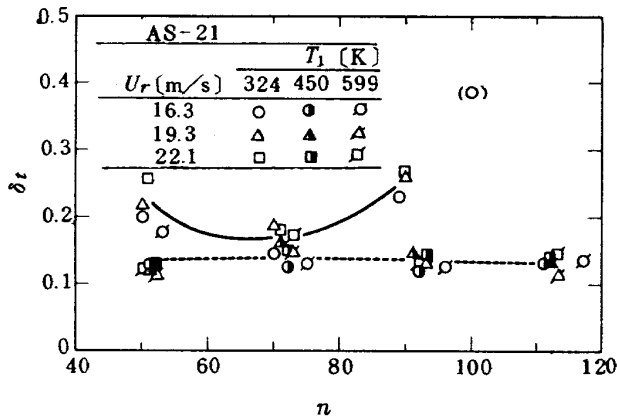


図 46 AS-21 の出口温度不均一率

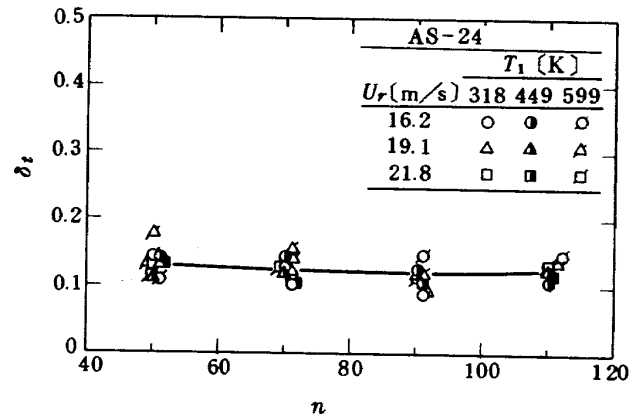


図 49 AS-24 の出口温度不均一率

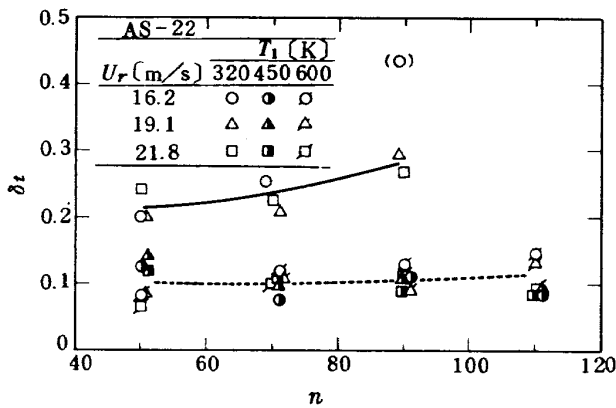


図 47 AS-22 の出口温度不均一率

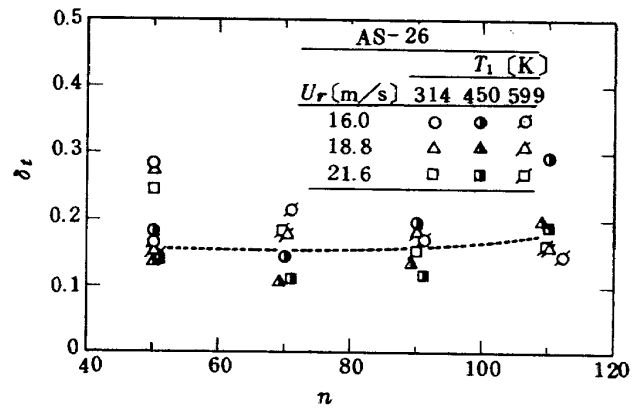


図 50 AS-26 の出口温度不均一率

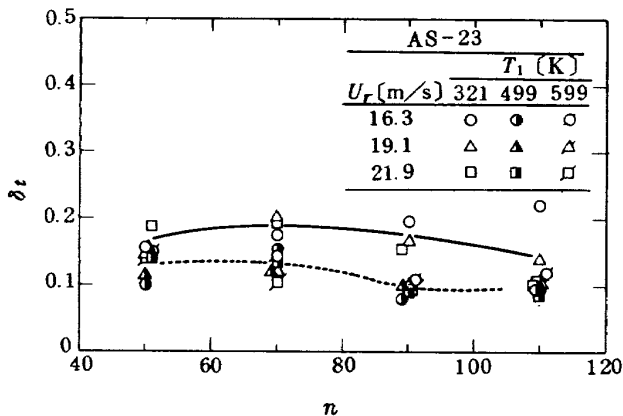


図 48 AS-23 の出口温度不均一率

るので、とりあえずそれを空燃比に対して点をとって、みたものが図 56～60 である。これらの図の縦軸は、遮熱板耐熱温度を 1150 K とした無次元化温度 θ_s である。

図 56～58 によると AS-21～23 では、空燃比が大きい場合に、遮熱板温度上昇が大きいことを示す。これは観察上からも予想されたことである。

すなわち、空燃比の大きい場合、火炎の長さが非常に

短く、一次燃焼領域のみが実際の燃焼領域である。それより下流側には余り火炎が存在しない。ところが空燃比の小さな場合には、 T_1 が低いとき遮熱板が燃料液滴によって濡らされている。 T_1 が高い場合でも比較的燃料過濃とみられる青白色の火炎が遮熱板付近にあり、遮熱板は余り高温とはなっていない。

AS-24 と 26 の場合を示した図 59 と 60 には $T_1 = 600$ K の上限値が、計器限界を越したために示されていない。しかし、 T_s の最大値が、図 54、および 55 の上限を示した直線延長上にあるとみなすと、AS-24 と 26 では、それぞれ $T_s = 1100$ K、および 950 K となり、したがって図 59 と 60 に推測値として示したように $\theta_s = 0.91$ 、および 0.64 となる。

3・2・6 噴射混合気濃度

空気ダクト入口部近傍にとりつけた全圧、および静圧管によって測定した空気ダクト内を流れる空気流量と、供給燃料量とによって噴射管から噴出する混合気濃度を求めることができる。

実際には、燃料が遮熱板に衝突する位置でも完全に気化していないこと、遮熱板スリットから冷却スベントフローの流入があること、さらには後流側から逆流成分があ

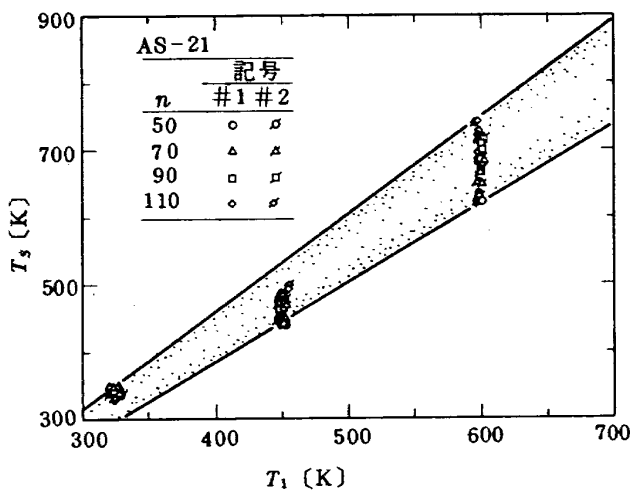


図 51 AS-21 の入口空気温度にたいする遮熱板温度

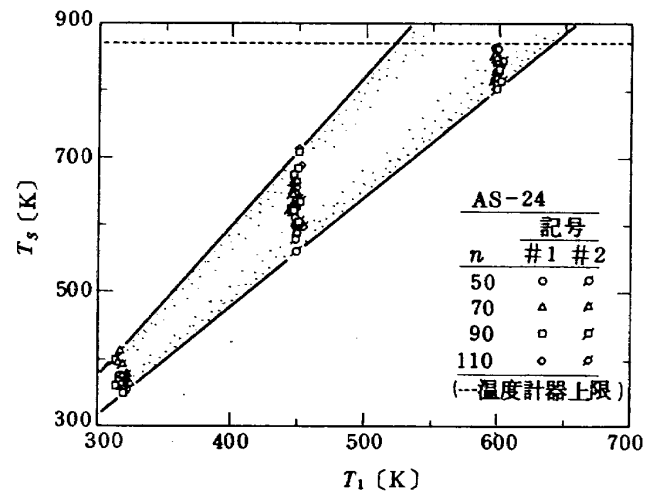


図 54 AS-24 の入口空気温度にたいする遮熱板温度

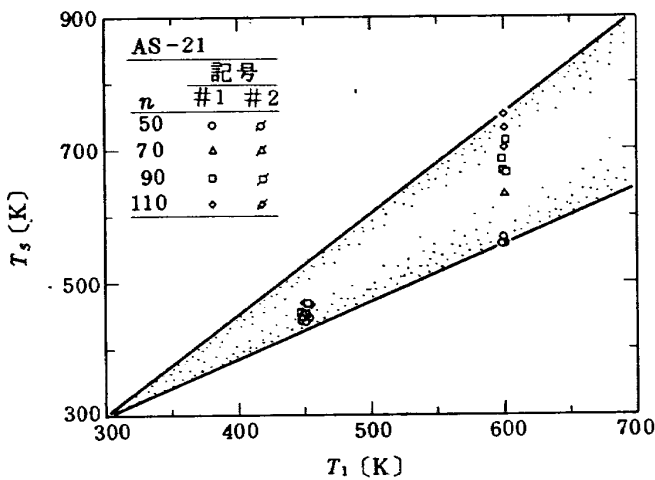


図 52 AS-22 の入口空気温度にたいする遮熱板温度

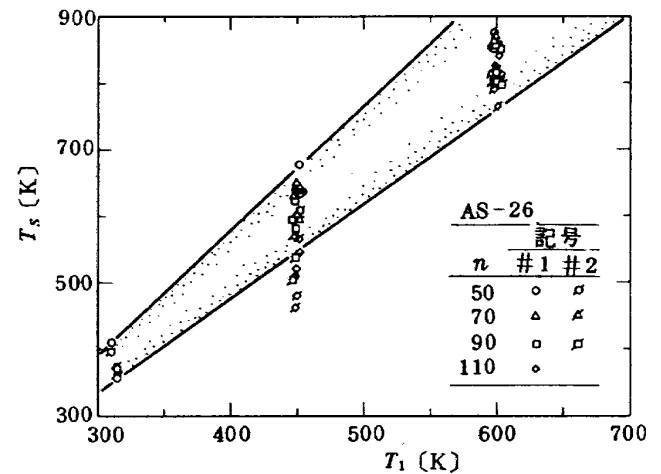


図 55 AS-26 の入口空気温度にたいする遮熱板温度

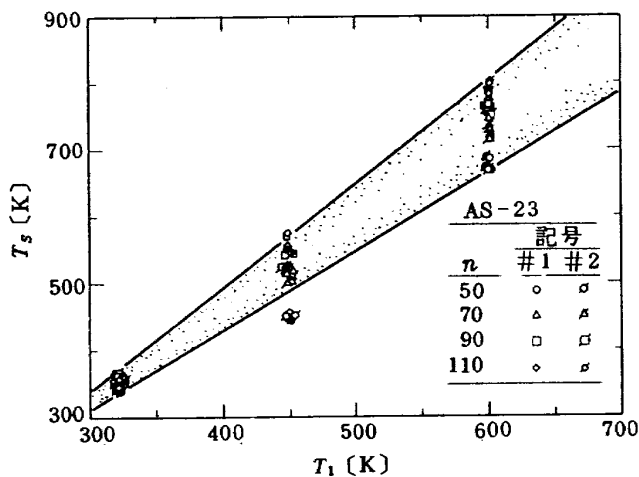


図 53 AS-23 の入口空気温度にたいする遮熱板温度

るなどのため、噴射管混合気濃度を求めても正確な一次燃焼領域混合気濃度はでないが、それを推定する目安にはなる。

まず、空気ダクトを流れる空気流量割合は、表 2 にも示したように、燃焼器の種類に依存し燃焼条件に余り依存せずほとんど一定である。なお、そのために噴流速度は、50～90m/s と入口空気温度の高い程大きくなる。もし燃料が空気ダクト内ですべて気化したとしてその混合気濃度をみると次のようになる。図 61 に AS-24 の場合を例示する。これによると、作動空燃比範囲のほとんどにわたって、理論当量比以上の燃料過濃噴流であることが分かる。ちなみに $n=50$ の噴流混合気空燃比はこの場合 7.4 である。

図 62 にその燃焼器の噴流混合気濃度を、比較して示す。AS-22 と 23 がやや燃料過濃側の値であるが、その他は AS-24 とほぼ同様である。

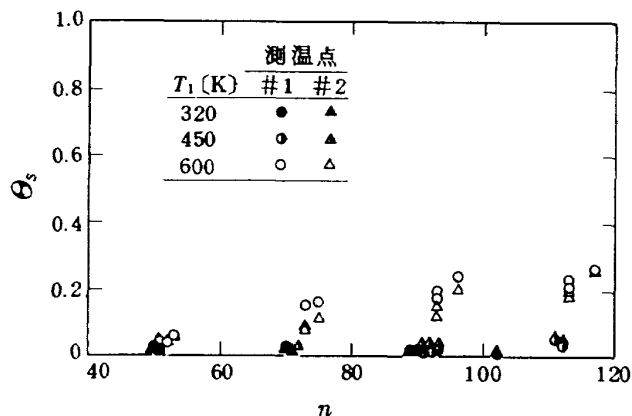


図 56 AS-21 の無次元化遮熱板温度

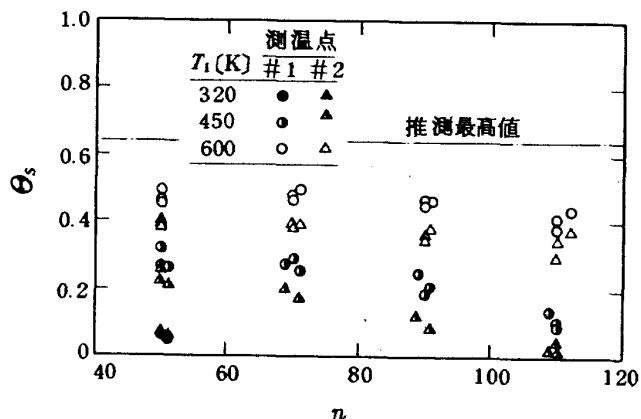


図 60 AS-26 の無次元化遮熱板温度

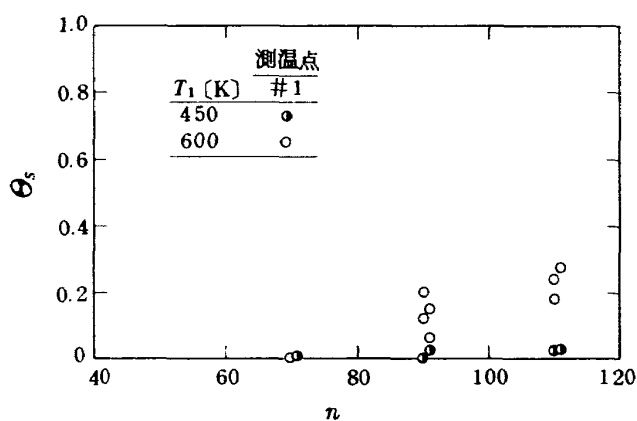


図 57 AS-22 の無次元化遮熱板温度

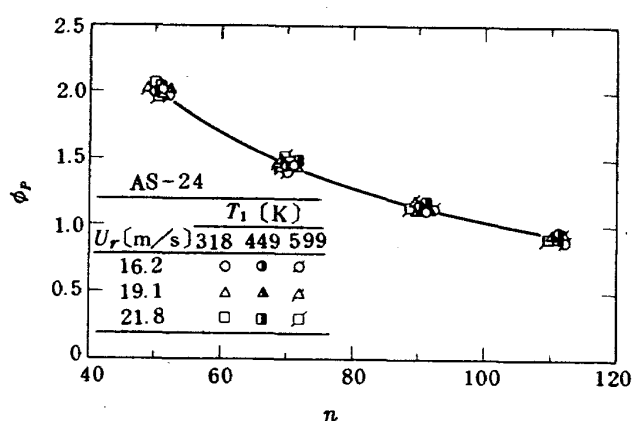


図 61 噴射管混合気濃度

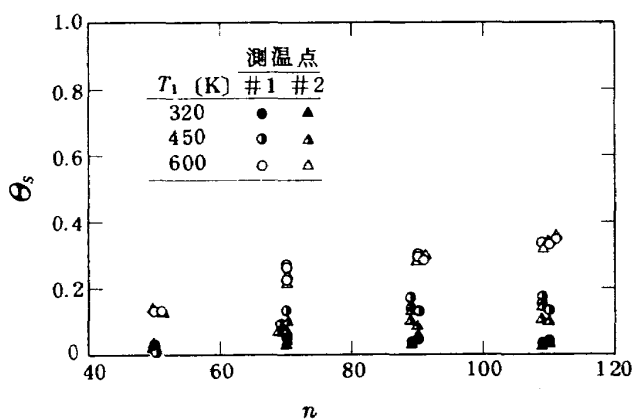


図 58 AS-23 の無次元化遮熱板温度

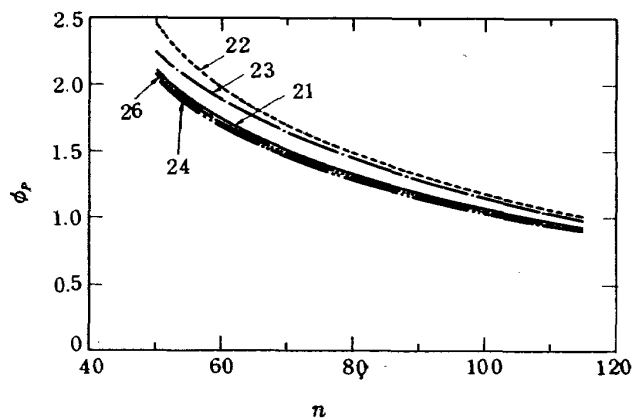


図 62 噴流混合気濃度の比較

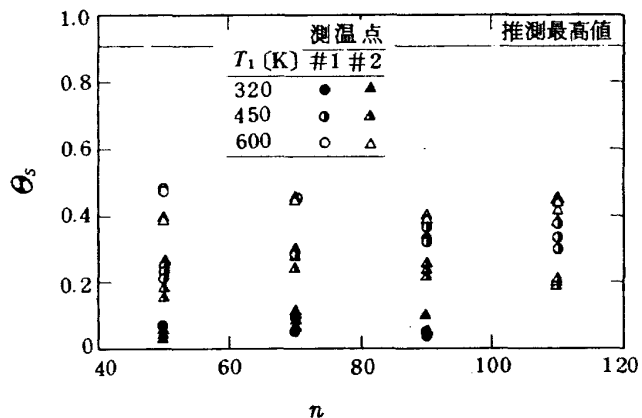


図 59 AS-24 の無次元化遮熱板温度

3.3 燃焼器出口ガス分析結果

燃焼器出口（正確には計測ダクト直後）で採取した燃焼ガス进行分析して得られた、空燃比 n_c と、燃焼効率 η_c の関係を AS-21, 23, および 24 について、それぞれ図 63, 64, および 65 に示す。それらの図によれば、燃焼効率 η_c は、入口空気温度が 450 K 以上では、98 % ないし 99 % を越える値である。

AS-23 と 24 では、 $T_1 = 320$ K のとき、前者が n_c が 60 より小さくなると η_c の低下をみるのに反し、後者ではかえって 98 % 程度までの向上を示す。

これらの実験でガス分析値による空燃比 n_c は供給し

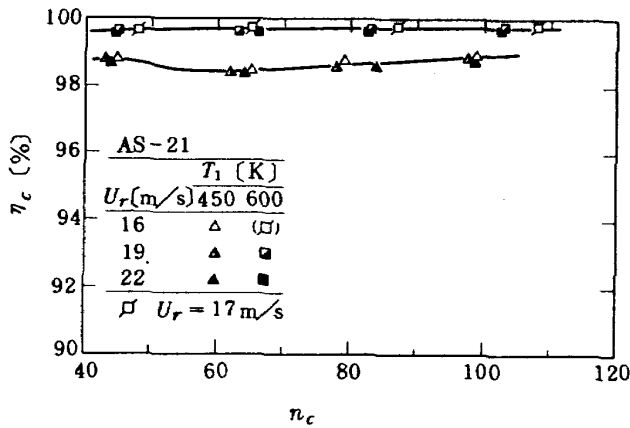


図63 AS-21のガス分析から求めた燃焼効率特性

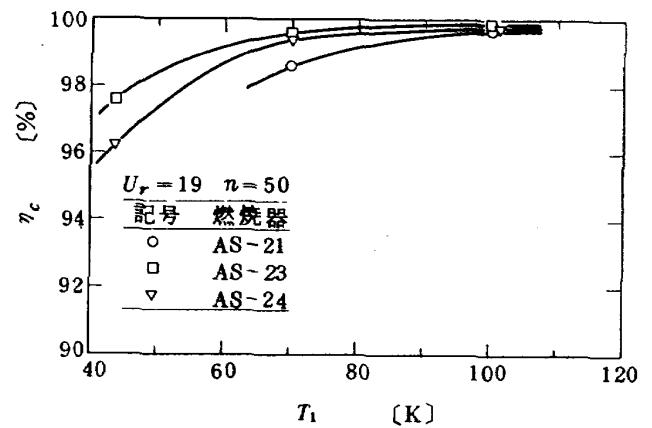


図66 ガス分析結果による燃焼効率の入口空気温度に対する傾向

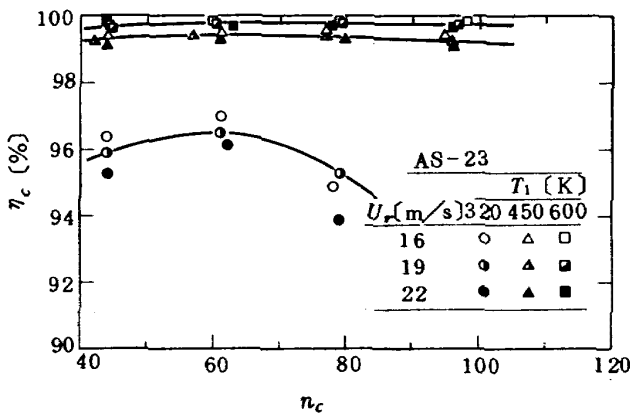


図64 AS-23のガス分析から求めた燃焼効率特性

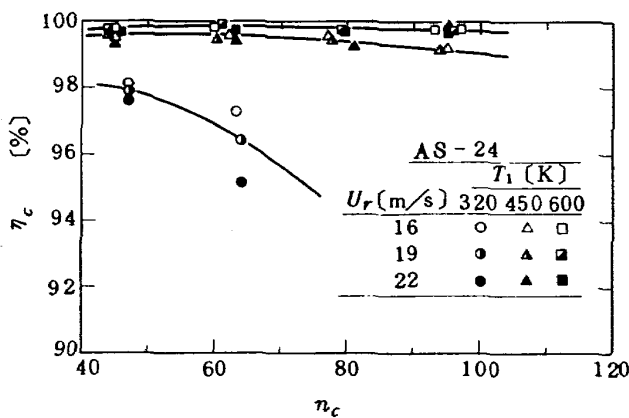


図65 AS-24のガス分析から求めた燃焼効率特性

た空気と燃量の量による空燃比 n にたいして 85% 程度に小さい値である。これは、ガス採取位置での空燃比は、全体空燃比 n より小さく、したがってこの付近は、局所的に燃料濃度が高いことになる。

入口空気温度にたいする燃焼効率 η_c の傾向を比較すると図 66 のようである。

図 66 によると、AS-21, 23, あるいは 24 のいずれの燃焼器の場合も、入口空気温度が上昇すれば、それに伴って η_c は上昇し 100% に漸近する。

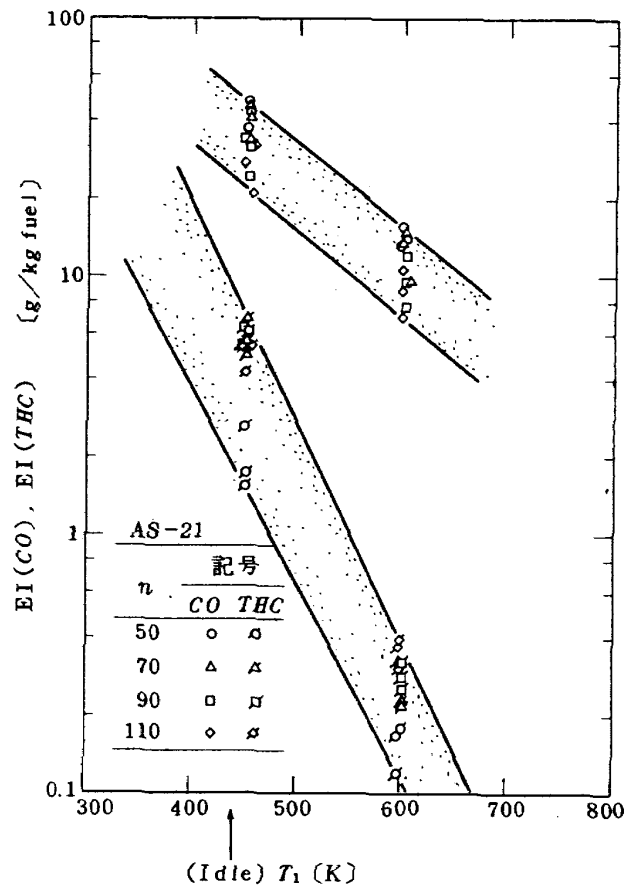


図67 AS-21のCO, およびTHCの排出指数

不完全燃焼排出成分である一酸化炭素と未燃焼炭化水素の排出指数を、それぞれ $EI(CO)$, $EI(THC)$ として入口空気温度にたいして示すと、AS-21, 23, 24 の燃焼器にたいして、図 67, 68, および 69 のようになる。これらによると、いずれの燃焼器も入口空気温度の上昇に伴う THC の排出指数の減少が著しい。

これらの実測値を、Lipfert⁷⁾ が実機燃焼器の排気に関して整理して求めた値と比較してみると、図 70 のようになる。今回のデータは、作動圧力上昇の影響が入って

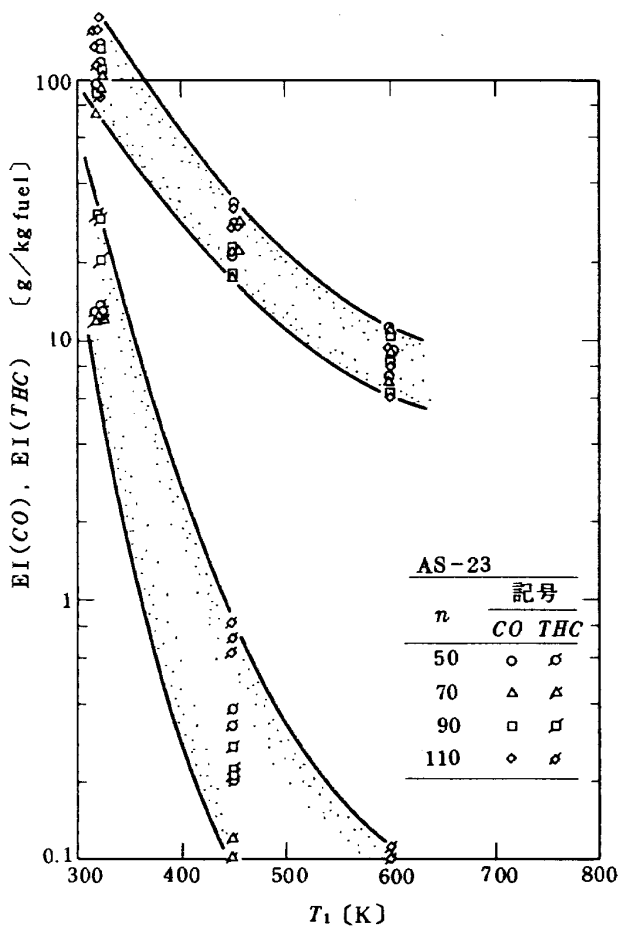


図 68 AS-23 の CO, および THC の排出指数

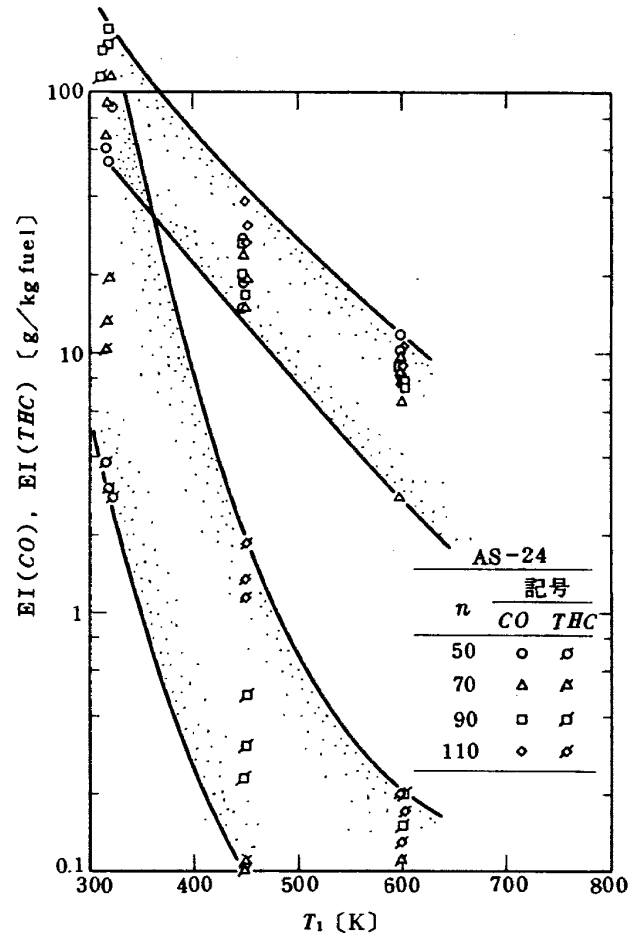


図 69 AS-24 の CO, および THC の排出指数

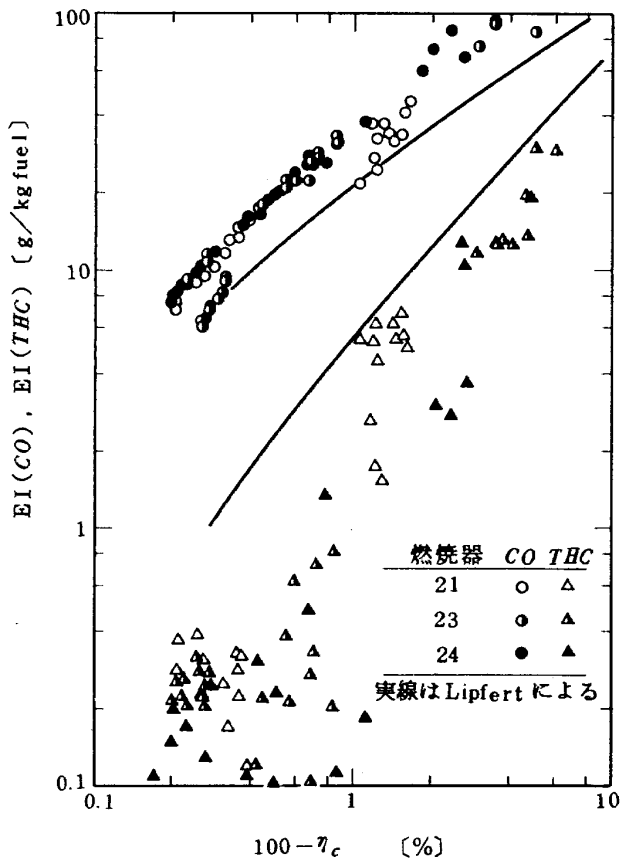


図 70 CO および THC の排出傾向

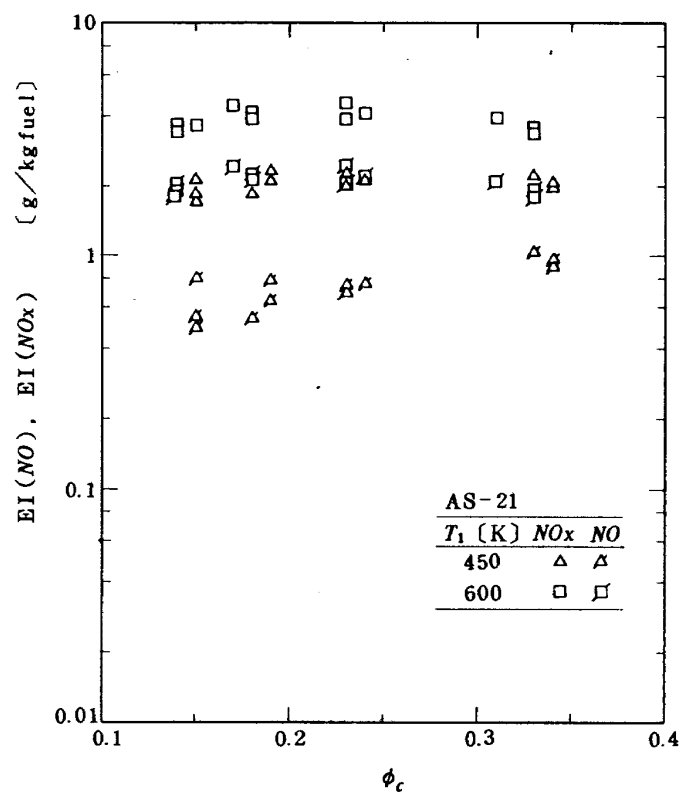


図 71 AS-21 の窒素酸化物排出傾向

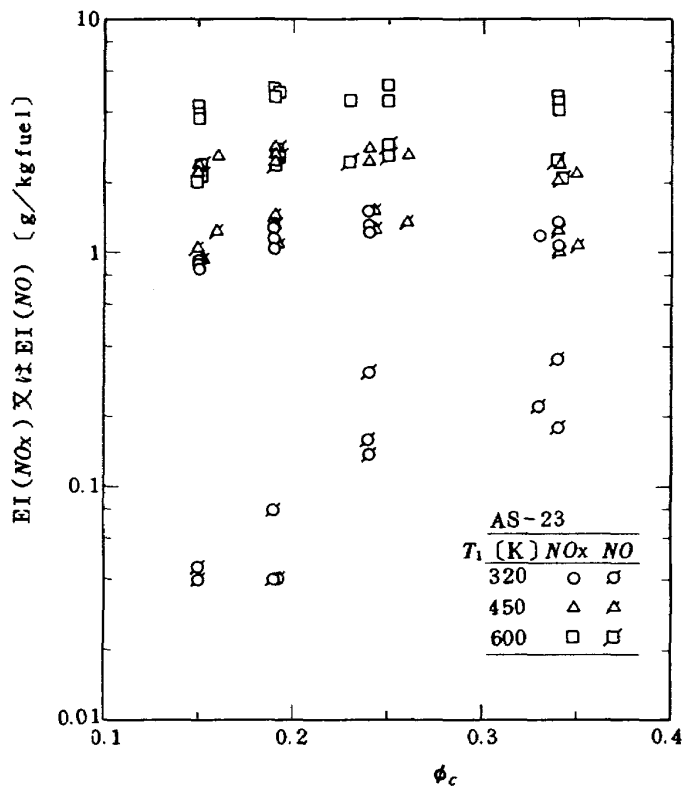


図72 AS-23の窒素酸化物排出傾向

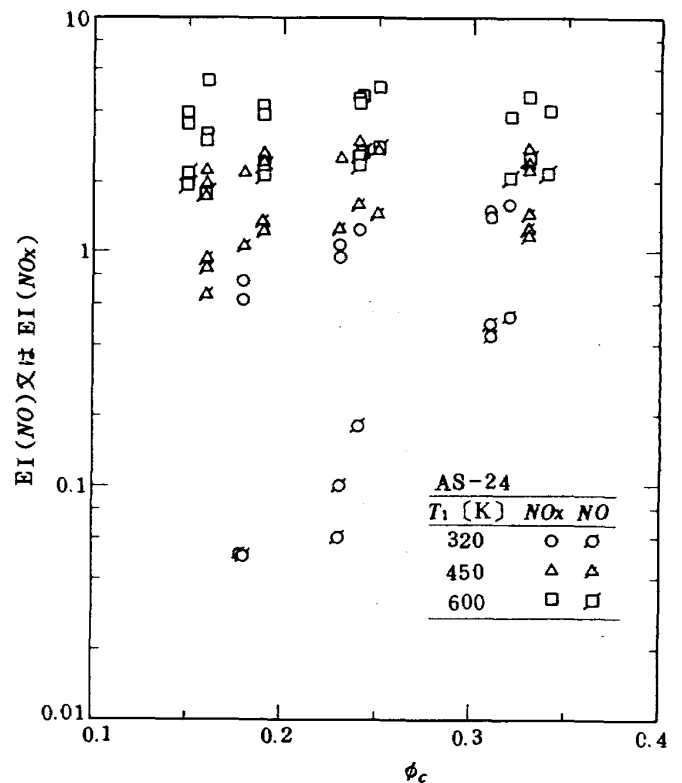


図73 AS-24の窒素酸化物排出傾向

いないが、この図でみる限り、同一燃焼効率の場合、いずれの燃焼器の場合も CO が多く、 THC が少ない傾向を示している。

窒素酸化物の生成は、燃焼の際の混合気濃度、反応時間、燃焼温度に密接な関係がある。

AS-21, 23, および 24 の排ガス中の窒素酸化物排出指数を空燃比 n_c によって求めた当量比 ϕ_c に対して表わしたものが図 71, 72, および 73 である。これらの結果からみると、入口空気温度 T_1 が 450 K あるいは 600 K の場合には、混合比濃度 ϕ_c の所要範囲における窒素酸化物排出指数の変化は、ほとんどない。ところが $T_1 = 320$ K のときには、ことに NO の排出指数が ϕ_c の小さな値ほど小さな値となる。

一方、風速 U_r の影響については、図 74 に AS-24 の場合を例示するが、 $U_r = 16$ から 22 m/s に増加しても窒素酸化物排出指数の減少はごく僅かしかない。

しかし、一般には、燃焼器特性や窒素酸化物排出指数は、入口空気温度 T_1 や風速に依存する傾向にある⁴⁾のでその排出指数を T_1/U_r にたいして表わしてみると、図 75 のようになる。同図で実験点群の平均として実線をひいた。これによると NO あるいは NO_x の排出指数は T_1/U_r への依存性は高いものの、これによってデータの傾向や、パラメータ依存を調べるにはややばらつきが大きすぎる。

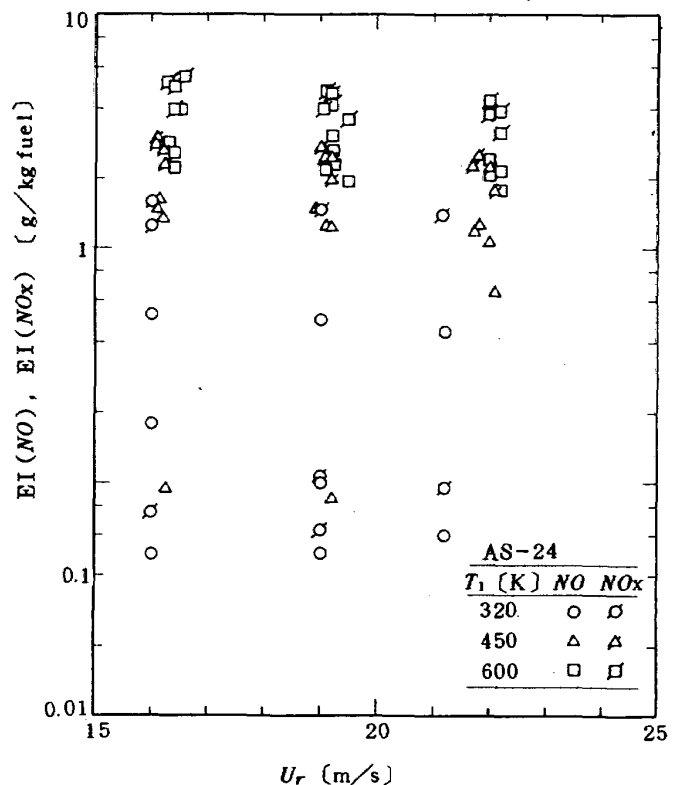


図74 風速にたいする窒素酸化物排出傾向

次に、 NO , NO_x の排出指数を未燃焼排出成分と同様、 $100 - \eta_c$ にたいして表わしてみると、図 76 のようになる。

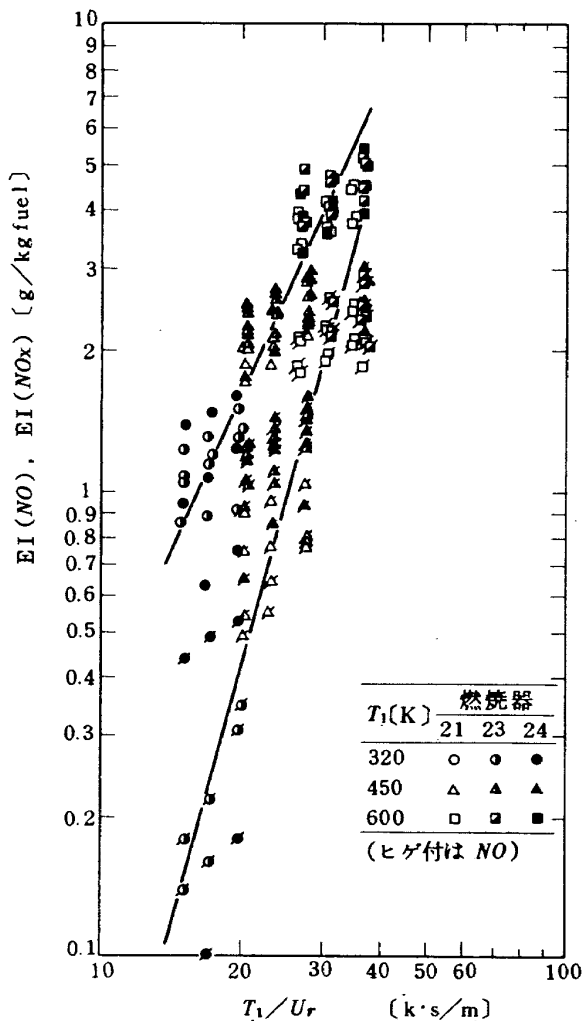
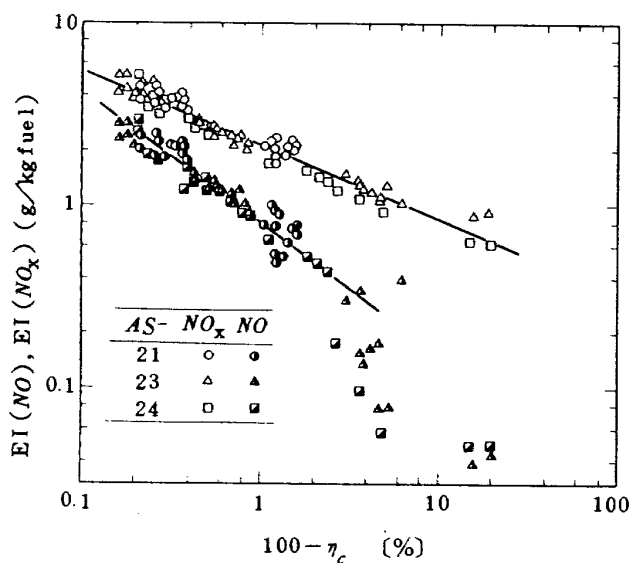
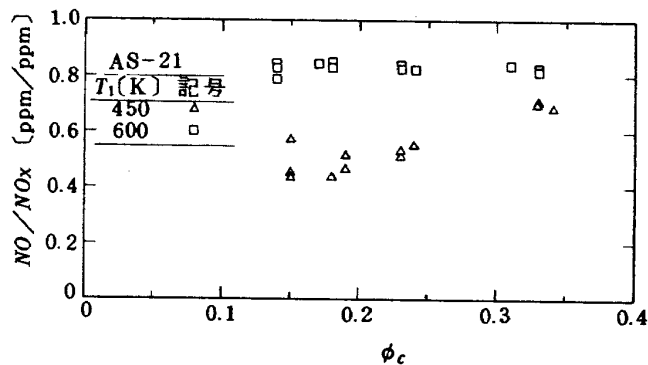
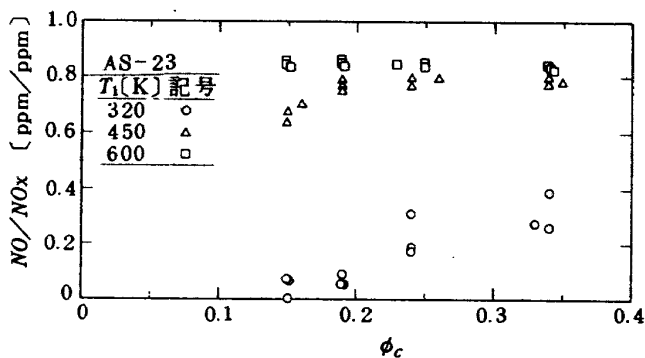
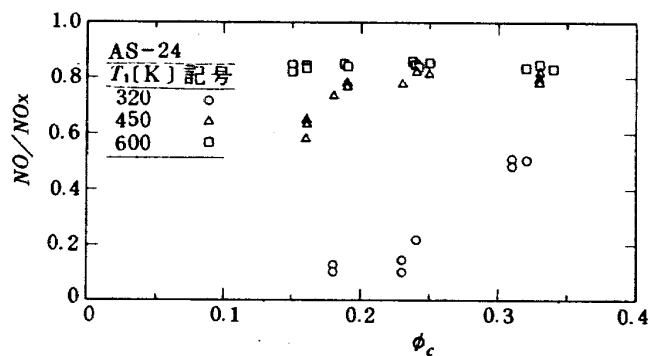
図 75 窒素酸化物排出の T_1/U_r に対する依存性

図 76 窒素酸化物の排出傾向

図 76 によると燃焼器の種類, T_1 , n_c , U_r などにかかわらず NO, あるいは NO_x の排出指数はそれぞれ対数スケール上で比較的ばらつきの少ない直線に沿った傾向

図 77 AS-21 における NO/NO_x 図 78 AS-23 における NO/NO_x 図 79 AS-24 における NO/NO_x

を示している。

なお, 得られた窒素酸化物のデータにおいて, 一酸化窒素 NO が全窒素酸化物 NO_x のうち, どれほどの割合を占めるかを示したものが図 77, 78, および 79 である。これらの図によると, $T_1 = 600$ K では NO/NO_x がほぼ 80~86% である。 T_1 が低下するほど, この値が減少し, かつ当量比 ϕ_c が小さいほど小さくなる。

NO/NO_x の値は, 実際の採取ガスの値が, 採取管ないしは分析機器によって影響を受けたものか本研究によっては明らかに出来ない。そこで上記のように値を提示したにとどめる。

3・4 燃焼器内部流れ模様

初めに、主軸を含む燃焼室内断面全面について流れ模様を AS-24 について測定した結果を図 80 の (a)(b) に示す。その他の燃焼器については、主として一次燃焼領域のみに差異があるものと考え、この付近についての結果を図 81 ~ 85 に示す。

図 80 (a) は燃焼器 AS-24 の噴射管、ライナ空気孔などを含む断面の流れ模様である。これによると燃焼時の観察と一致して噴射管からの噴流は比較的垂直に遮熱板下部へ衝突する。遮熱板凹部には定常な渦が形成されている。また噴射管から、第 1 列空気孔までの領域には比較的乱れた渦流が多い。それより下流側は、空気孔からの導入空気はあるが、ほぼ燃焼器出口に向う流れが大勢を占める。

図 80 (b) は同一燃焼器の噴射管や空気孔列の中間の断面における流れ模様である。前図で示した渦の影響とみ

られる一次燃焼領域内渦流をのぞいて、ほとんどが、出口に向う流れである。

図 81 に示すものは AS-21 の流れ模様である。この場合の特徴は、次の点である。噴射管出口近傍の流れが、概ね、遮熱板に向い、噴射管中間部での流れがそれと拮抗している。AS-24 の場合のように、遮熱板に沿う流れや、それと噴射管噴流によって形成される渦はほとんどみられない。噴射管以降の流れは、上に凸の弧を描きながらも、ほぼ、後流方向に向いた流れが支配的である。

同じ燃焼器の噴射管の中間位置断面である図 81 の (b) を参照すると、AS-21 の場合、遮熱板スリット、下端四角孔などからの気流が流れ模様の様相に大きく影響していることがわかる。

総じて、この AS-21 は、他の今回試験した燃焼器中最も渦の形成が少ないものである。

図 82 (a), (b) に示すものは AS-22 の流れ模様である。

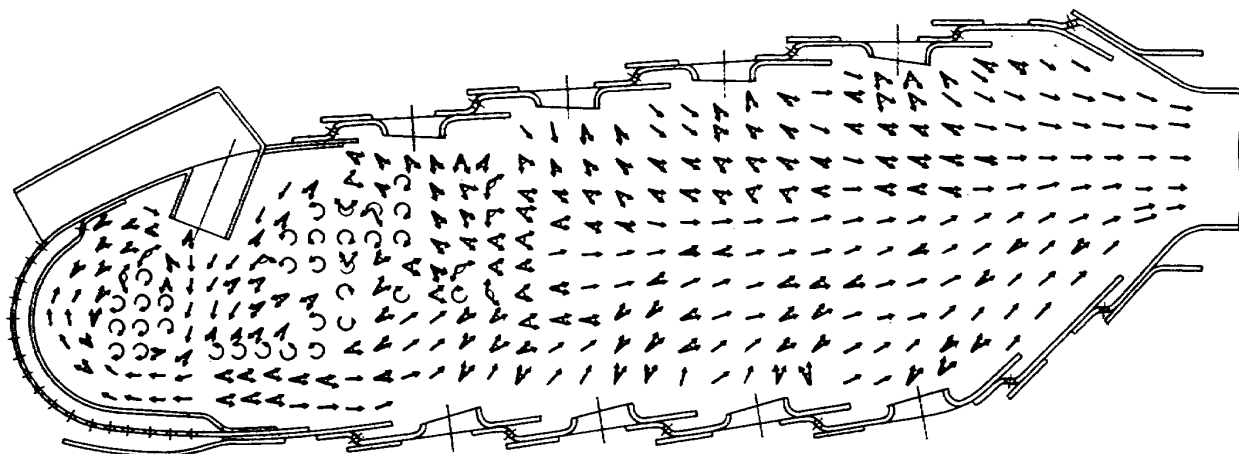


図 80(a) AS-24 の噴射管を含む断面の流れ模様

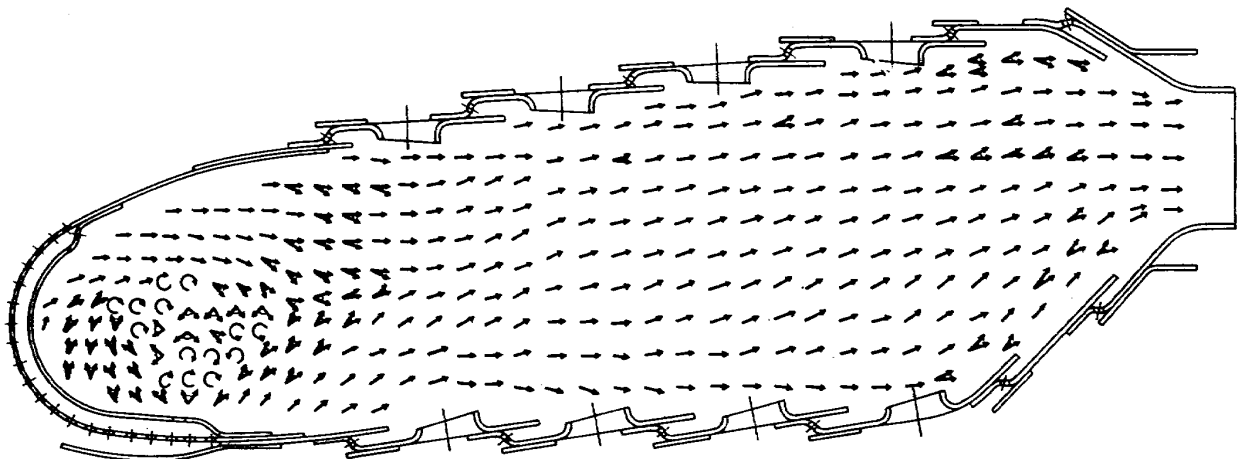


図 80(b) AS-24 の噴射管中間位置断面における流れ模様

図 82 (a) によれば、噴射管下部に渦、または大きな乱れが存在する。この図には現われていないが、遮熱板表面ごく近傍には、図 80 同様面に沿う流れが薄いながらも存在すると考えられる。

また、この燃焼器の場合には、AS-21 と異なり噴射

管直後 30mm 程度までの流れは、下向である。

図 83 の(a) と(b) に示す AS-23 の流れ模様は、前出 AS-24 のものにかかなり似ている。ただ、噴射管からライナ第 1 列空気孔に至る領域で、AS-24 がかなり複雑な、渦と乱れの流れ模様を示しているのに反し、AS-23

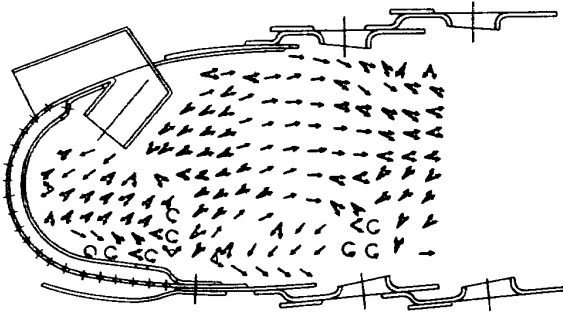


図 81 (a) AS-21 の流れ模様

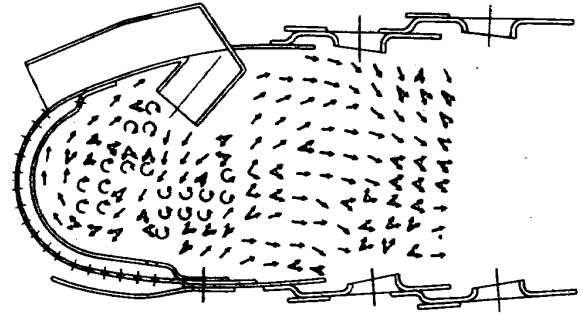


図 83 (a) AS-23 の流れ模様

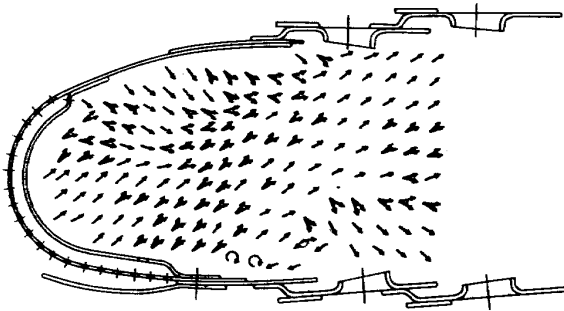


図 81 (b) AS-21 の流れ模様

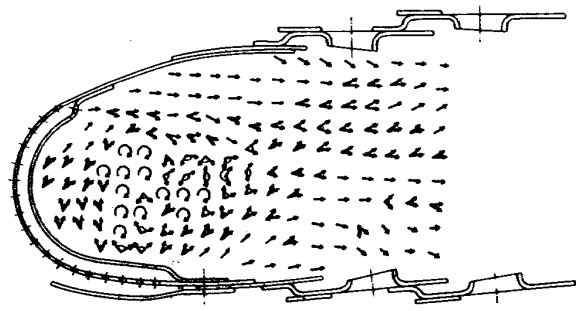


図 83 (b) AS-23 の流れ模様

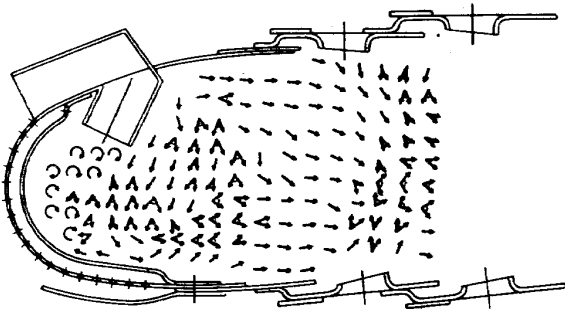


図 82 (a) AS-22 の流れ模様

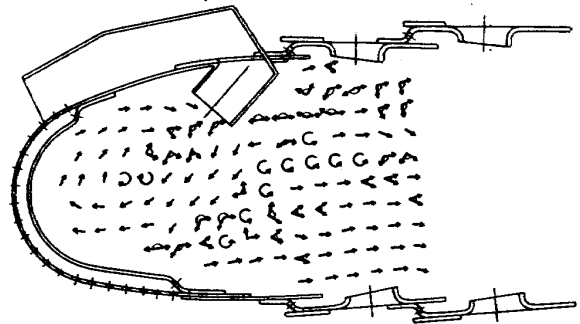


図 84 (a) AS-25 の流れ模様

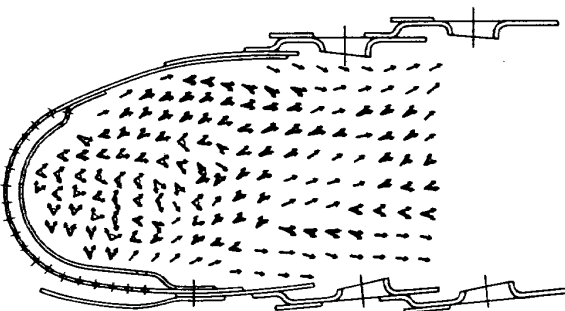


図 82 (b) AS-22 の流れ模様

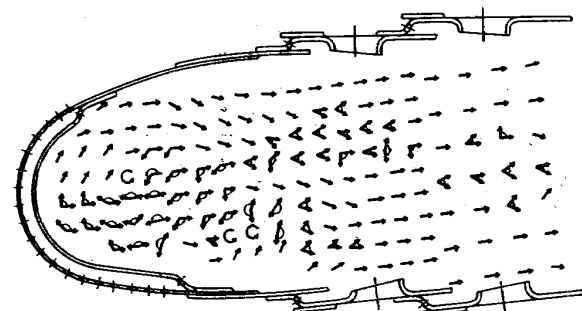


図 84 (b) AS-25 の流れ模様

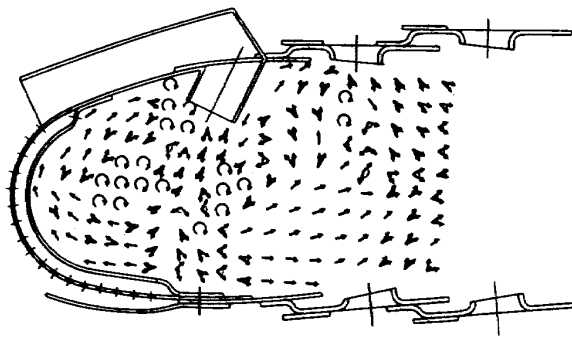


図 85(a) AS-26 の流れ模様

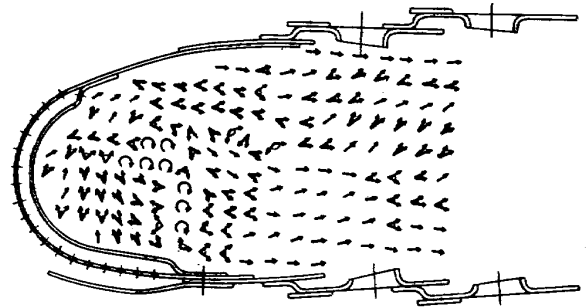


図 85(b) AS-26 の流れ模様

の場合には、噴射管噴流の直後に渦が存在しているにすぎない。

図 84 の(a)と(b)に示す AS-25 の場合には、噴射管近傍からの流れは外側(下流側)へ偏って鈍頭内側下部へ入るものの、比較的噴射管の向きに従った流れであり、また、それが遮熱板に沿って流れ、鈍頭内部に明らかな渦流を形成している。噴射管中間位置では比較的乱れの多い流れとなっている。

図 85 の(a)と(b)に示すのは、AS-26 の流れ模様である。この場合注目すべきことは、噴射管からの噴流が丁度遮熱板下部四角孔開口部に衝突していることである。このために一部の噴流は、その四角孔からの空気と混合して下流側に流出している。

この燃焼器の場合、遮熱板と噴射管噴流とでできる渦は、AS-24 同様安定したものであるが、噴射管より下流側の渦は、極めて小さく保炎用には不十分なものと推定される。

全体として、各供試燃焼器の流れを比較してみる。噴射管が前方にあって遮熱板に近いほど、噴射管噴流は噴射管軸方向よりも下流側へ噴射する傾向にある。AS-21, 23 など奇数番号の燃焼器の場合、噴射管外縁部付近の流れが噴流と反対方向へ逆行している。また AS-24 を除けば噴射管とライナ第 1 列空気孔との区間の流れは、比較的一方向流となっている。

4. 検 討

まず最初に、燃焼効率などの計測精度について検討する。次に空気ダクトへの流入空気量配分、インピンジング冷却など、初期設計値と、試験結果の比較、最後に、総合的に、AS-21～26 燃焼器に対する比較と評価、検討を行なう。

図 23 や 24 において 100% を越える燃焼効率結果が得られている。また、入口空気温度 T_1 に対する燃焼効率の変化をみた図 26 と 66 の場合、傾向が逆である。すな

わち、出口ガス温度測定より求めた燃焼効率 η_b の場合は、 $T_1 = 600\text{ K}$ に近くなると低下を示すのに反し、ガス分析結果による燃焼効率 η_c は、 T_1 が上昇するに従って 100% に漸近する傾向を示している。これは η_b の計測が適確ではないと判断されるので以下に検討してみる。

燃焼効率 η_b を正しく求めるためには、空気流量 w_a 、燃料流量 w_f 、燃焼器入口、および出口気体温度の測定値が正しいことが必要である。

空気流量測定は、JIS による薄刃標準オリフィスを使用している。その流量校正を均一風速断面についてピトー管を使用しておこなったところ 0.5 kg/s 以上の流量範囲で誤差は $\pm 0.7\%$ 以内であった。

燃料流量は、タービン式流量計を使用しているが、これも天秤と時計にて使用燃料を用いて検定した結果、使用した校正曲線式に 0.5% 以内の精度で一致している。

熱電対は、検定済みのもの、あるいは数年以前に購入したものについては前者と比較校正したものを、標準起電力で検定した自動平衡式温度指示計器に接続して用いた。その結果、最高温度 650 K 付近で絶対値にして $\pm 4\text{ K}$ 程度の誤差であることがわかった。

温度指示計器の最小目盛は 10 K でありこの程度の誤差は許容範囲内である。

その他の温度計測であり得べき系統誤差としては、熱電対自身のふく射効果と、燃焼器出口の流れのもつ温度分布の影響である。

前者については、出口ガス温度の高いときはふく射損失により数%～十数%の効率低下の原因となり得る。しかし 900 K 以下の出口温度でも η_b が 100% を越えている点があることから、この影響がすべてとはいえない。

後者については、図 14 に熱電対の円周方向位置を示したように、これらが噴射管中間位置であることから局所的に高温の排気部分を測定した可能性がある。たとえば、蒸発管を使用した燃焼器⁴⁾では、噴射管から噴射された

燃料は、その噴出口同士の間で高濃度となった。また、噴射管中間の流れは、図 80 (b) の流れ模様測定結果からもわかるように、ライナ空気孔からの影響を比較的うけないで、燃焼器出口まで流出する。燃焼時、燃焼器後方からの観察によっても、熱電対のある噴射管中間位置は、より多い青炎、あるいは輝炎の存在がみられる。そこで、熱電対の設置位置では、それらの中間位置よりも高い温度の燃焼ガスが流出していると考えられる。

図 24 において $T_1 = 600 \text{ K}$ の場合に η_b が低下したのは、 T_1 が高い場合、燃焼反応が短い領域内で終り、出口付近では比較的均一な温度分布の燃焼ガスとなってしまったことと考えられる。したがって、このときの η_b の値の方が真の値に近く、 T_1 が低いときの η_b の値はやや高めと予想される。

一方ガス分析値から求めた燃焼効率 η_c の場合には、一般にいわれるように入口空気温度上昇にともない η_c の向上となっており大よそ妥当な傾向と思われる。しかしこの場合でも、測定した空燃比が設定値の 86~90 % となっていて、燃料割合の多い部分でガス採取をしている。これは採取位置が出口側からみて、図 14 に示すように空気孔列の後流部にあたるとはいえ出口での中心円周上にあるため、ライナ冷却空気の多い周辺部では逆に、燃料稀薄となる。

このように η_c は、局所的には、混合気の燃焼の度合、完了度を示すのには合理的であるが、燃焼器出口ガス全体についての分析をおこなっていない今回の値の場合、燃焼器全体の特性を正確に表わしているとはいえない。

何らかの方法でガスを混合させ、平均化した値をとることなどは今後検討すべき計測上の問題であろう。

次に空気量の配分など設計見積り値と、実測値とについて検討する。

まず、空気ダクトへの流入空気量割合は、燃焼器外筒デフューザと鈍頭部間の通路面積を基準に配分を定めたが、表 2 にも示したように、試験条件範囲では、入口空気温度、風速、あるいは空燃比によらず全体空気量にたいして一定という結果となった。これは初めてとった空気量配分に対する方針が正しかったことを立証している。

ただし、その量に関しては差異があって、予定した空気ダクト通過空気量割合が 20 % であったのにたいし、実測されたものは AS-21~26 の燃焼器で、それぞれほぼ一定の値で、12.2~14.8 % の範囲にあった。この原因として、鈍頭部にて遮熱板のインピンジング冷却用の空気消費を初め考慮しなかったこと、空気ダクトー噴射管系の流動抵抗が、それ以降のライナ空気孔などのものより大きかったことなどが考えられる。

設計の段階では、鈍頭内部の全圧が不明のため鈍頭部表面にけたインピンジング冷却用細孔からどの程度空気を導入できるか不明であった。しかし、空気ダクト部の全圧と静圧の測定できたことによりこれを通しての空気流入量が明らかになったので、鈍頭部冷却孔からの流入空気量も、その開口部面積によって以下のように推定できる。

今回の鈍頭部開口部では、遮熱板の開口部が鈍頭部冷却孔総面積より小さく、これによって空気流量が制約されるものと考ええる。すなわち、鈍頭部から燃焼室内に流入する空気量は、空気ダクト内を流れる空気量と、遮熱板開口部面積/空気ダクト入口面積に比例するとする。そうすると、たとえば AS-24 では、空気ダクト内空気流量が全体空気量の 14.2~14.8 % (表 2) なので、表 1 を参照すると、

$$\begin{aligned} \text{鈍頭部冷却空気量} &= (14.2 \sim 14.8) \times \frac{2080}{1150} \\ &= 25.7 \sim 26.8 \quad [\%] \end{aligned}$$

となる。

このうち、鈍頭内部の燃焼に寄与できる空気は、噴射管からのものと、遮熱板スリットからの空気のみであると考えられ、これは、

$$\begin{aligned} \text{遮熱板スリット通過空気量} &= (14.2 \sim 14.8) \times \frac{1440}{1150} \\ &= 17.8 \sim 18.5 \quad [\%] \end{aligned}$$

である。

したがって、一次燃焼領域で燃焼に関与する空気量の割合は、空気ダクト空気流量と遮熱板スリット通過空気量を加え、32~33.3 % であると推定される。

この値からすると、全体空燃比 50 の状態で、一次燃焼領域では空燃比 16 程度となるが、実際の燃焼状態の観察から判断すると、これよりずっと燃料過濃で、むしろ噴射管混合気濃度程度で燃焼している様子である。

いずれにしても、上述推定の空気量が空気ダクトを含めた鈍頭部から流入していると考えられこれが図 80 (a) に示されている流れ模様において、ライナ空気孔からの噴流の貫通度が不十分である点などに影響がある。

次に遮熱板の耐熱性に関して検討する。

初め AS-25 の試験を行なったが、その際用いた遮熱板には、温度測定用の熱電対を取付けていなかった。また、この試験の時点では、入口空気加熱用の系統が未完成であったため、この遮熱板に関する温度特性は明らかでない。しかし、入口空気温度 300 K、圧力 9.8 ata の燃焼試験で、その一部が焼損した。その原因は焼損部のインピンジング冷却空気が鈍頭冷却孔を通して十分な量流入しなかったためであると判断した。

そのため、AS-21～26においてはガイドプレートを用い、かつスベントフロー排出をよくするため遮熱板開口面積を増大し遮熱板下部への冷却効果を期待した。その結果、図56～60にみるように、遮熱板は耐熱温度と仮定した1150K以下となった。

このうち、AS-24と26については、他のものより遮熱板温度が非常に高いが、これは、図80や85の流れ模様図をみれば明らかのように、噴射管からの流れが、スベントフロー排出のための遮熱板下部四角穴の付近に衝突している。このため、遮熱板背面での冷却用空気の効果的流れが妨げられ、遮熱板温度の上昇をきたしたものである。

なお、AS-21～26の遮熱板測定結果は、燃焼器入口空気条件が常圧のものであるが、これがFJR710/10の作動線¹⁾に沿う変化をしたときも冷却効果が更に向上する方向にあることがKercherの実験式⁸⁾により確かめられる。

図86は燃焼器入口空気温度をパラメータにして遮熱板の温度 T_s が上昇したときに、どの程度熱量の除去ができるかをKercherの式によって求めたものである。この図によると大気圧条件下では、入口空気温度を高めると、やや冷却能力が低下するが、作動条件に沿って入口空気温度と圧力が同時に上昇すると、空気の物性値と質量流量増加のために冷却能力が向上することがわかる。

したがって、常圧下設計点相当の入口空気温度の条件で過熱、焼損しない遮熱板であれば、設計点の作動条件下では、4倍以上の冷却能力を発揮する筈である。

一方、作動条件に応じた燃焼状態における火炎から遮熱板への熱伝達は、正確な推定が非常に困難であり、今後の研究課題である。

次にAS-25を含むAS-21～26の燃焼器の特性を検討する。

AS-25は、試験時点で供給空気加熱設備が未完成であったので入口空気条件が常圧で、 $T_1 = 320\text{K}$ の場合の結果のみ示してある。この条件で、空燃比範囲50～110を90%以上の燃焼効率を維持して燃焼するものは、AS-25以外にない。

一般に、入口空気条件が高温、高圧になるほど燃焼性能が向上するので、常温、常圧で高性能を発揮する燃焼器は、十分に発展性があり、有望である。

ただし蒸発形燃焼器のあるものでは、入口空気温度が高まると燃焼効率が低下するものがある。その場合、一次燃焼領域内が燃料過濃となっているので、適当な量の空気を導入することによってそれを改善できる。⁸⁾

AS-25.1でみられた一次燃焼領域燃料過濃の傾向は、

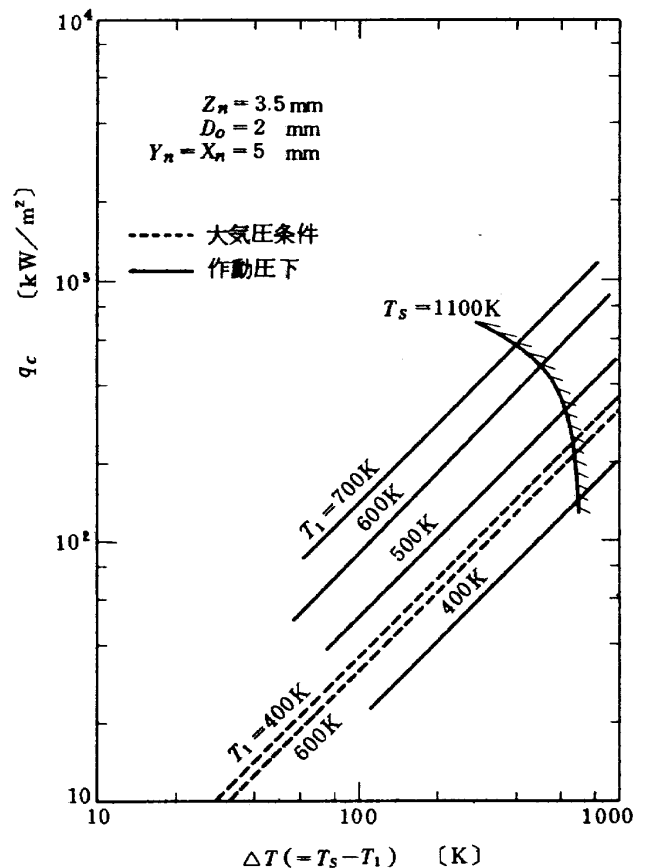


図86 遮熱板に対するインピンジング冷却能力

AS-25.4, および25.6において空気ダクト中間部に設けた直径8mmの空気導入孔によってやや緩和された。

AS-21～26においては、遮熱板スリット巾を3.2mmに広げたことにより、低空燃比域での燃焼状態改善ができた。ただし今度は逆に、AS-23以外の燃焼器では、空燃比の大きい場合の燃焼効率低下、もしくは火炎の吹き飛びが起きた。したがって、この遮熱板スリットの明け方には十分な注意が必要である。

今回のAS-25系を除くAS-21～26の燃焼試験の結果、燃焼効率、燃焼の安定性、圧力損失、出口温度分布などから優劣を判断するとすれば、AS-23,24などが最良のものとなろう。しかしAS-24と26の噴射管流は、遮熱板下部の四角穴からのスベントフローとの衝突があり、相互に不利な影響をもたらしている。このため、これらの流れの向きをうまく制御した設計を行えば、これらの噴射管位置も他に劣らぬ性能を発揮できる燃焼器となる可能性がある。

最後に、ガス分析をした結果について検討してみる。

図70において、Lipfert⁷⁾のまとめた通常の燃焼器の結果よりも、本燃焼器の結果が、COが高く、THCが低い結果となったのは、ガスの採取が、上下ライナ、あるいは両側側壁から比較的離れた位置のガスを採取したた

めであろう。

出口温度や未燃成分、あるいは後に述べる窒素酸化物排出においても燃焼器出口の正確な平均値を得るためには、何らかの特別の手段を講ずる必要がある。

窒素酸化物の生成、排出に関しては、混合気の当量比、反応温度、滞留時間などが重要な因子であるが、実際の燃焼器では、これらを正確に測定することが非常に困難である。また、試験燃焼器で、それらを測定したとしても、局所的な値をどう全体の性能と結びつけるかが問題である。

そこでここで新しい試みとして燃焼効率 η_c にたいする NO_x 、あるいは NO_x の排出指数として関連づけてみた。その結果、図 76 に示したように、 T_1 , U_r 、あるいは ϕ_c など整理した場合よりも明確な傾向を示すものとなった。

この結果によると、AS-21, 23, および 24 いずれも同一の傾向を示し、空燃比、風速などの違いは軽微である。またこれら窒素酸化物の排出は燃焼効率が 100 % に近づくに従って増加するという注目すべきことになる。

しかし実際には、ライナ壁に沿って排出された出口ガスは局所の燃焼効率としてはかなり低い値と予想され、したがって窒素酸化物の排出にも上限がある。

Lipfert⁷⁾ は、現用エンジンの NO_x 排出指数を、燃焼器入口空気温度に対してまとめ、図 87 に実線で示すような値を得ている。

図 76 により、簡単のため NO_x の排出は η_c にのみ依存すると考えると、たとえば AS-23 は、入口空気温度にたいして図 66 のような η_c を示すので、図 87 では破線で示した値となる。

実際のエンジン作動条件では圧力の影響があるので、これより NO_x 排出が増加する可能性がある。それと同時に前述のように燃焼器排出ガス全体の平均とした場合には、 η_c はかなり低下する可能性もある。

これらの燃焼条件による変化、あるいは、採取ガスの分析値と、全体の性能との関係などについては今後検討してゆく問題である。

いずれにしても、本実験結果によると燃焼効率 η_c が、99.8 % から 99.0 % に低下するだけで、 NO_x の排出指数が半減するのは興味深いことである。

AS-21, 23, および 24, の燃焼器の排出傾向は、燃焼の状態からみると大きな差があるにもかかわらず、図 76 でほとんど同一となった。

化学反応論の立場から、 NO または NO_x の排出が T_1 , U_r , または P_1 に依存し、かつ燃焼効率 η_c もそれらに依存することが明らかである。しかし各種の燃焼器にた

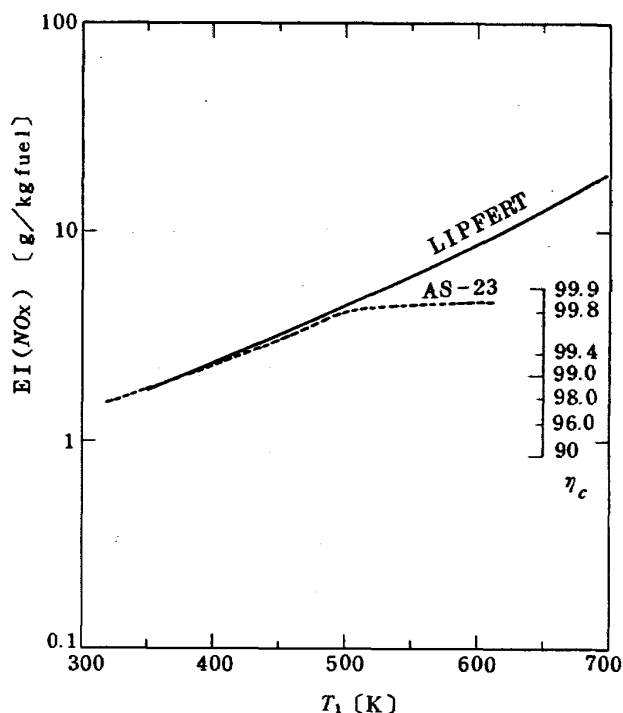


図 87 燃焼器 AS-23 の入口空気温度に対する NO_x 排出傾向

いする窒素酸化物の排出を考えると、燃焼状態がどうあっても T_1 , U_r , P_1 は任意に設定できるのに反し、 η_c はその燃焼器の燃焼状態をより直接的に反映するので、窒素酸化物排出を検討するには、より妥当なパラメータと考えられる。

今後、各種の燃焼器についてこれらを比較しさらに各作動因子の影響を加味した普遍的な関係を求めてゆくことが課題である。

5. ま と め

前報で有望性を認められた新形式燃焼器 AS-2 を発展させたセクタ形燃焼器模型 AS-21 ~ 26 を製作、燃焼試験をおこなった。その結果、実用型燃焼器を設計するための有用な資料が得られた。

以下にその主要な点を列記する。

1) 空気ダクトなど燃焼器内部への空気量配分は、各通路断面積、要素開口面積などの幾何学的形状で、ある程度決めることができる。

2) 一次燃焼領域の燃焼状態は、噴射管混合気濃度の影響がつよい。

3) 鈍頭部の冷却は、二重構造としインピンジング冷却をすると効果がある。

4) 遮熱板のスリット、スペントフロー排出部など開口部の設計は保炎、冷却効果にとって非常に重要である。AS-20 系の場合、3.2 mm 以上のスリット巾は好まし

くない。

5) 遮熱板の設計, もしくはその燃焼性能との関連を知るために燃焼室内のフローパタン測定は有益な資料となる。

6) 燃料の空気ダクト内噴射方向は, 気流にたいし順方向よりも直角方向がよい。

7) 試験燃焼器のうち AS-23, 24, または 25 などが充分高性能で満足な燃焼器特性を示す。

8) 本形式の燃焼器では, 内側ライナ空気孔第1列は燃焼性能に及ぼす影響が軽微である。

9) 燃焼器出口での温度測定, ガス採取は局所的値を示す可能性があり全体性能に対しては誤差が生じる。したがって全く異なった燃焼器同士の比較を行なうには注意を要する。

10) NO , あるいは NO_x の排出と η_c とは密接な関連がある。 n や U_r の影響はごく少ない。

11) NO , あるいは NO_x の排出は, η_c の向上に従って増加する。

以上, AS-20 系の燃焼器に関し, 今後, 更に高性能の燃焼器へ発展できる可能性を示す資料が得られた。

今回は, 装置の都合で高圧環境下の試験が余りできなかったが, 他の実機例からもこのように気流微粒化, 予混合の燃焼器は, 有害排気成分の排出が少ないという資料⁹⁾があり, 更に実用化形へ発展させていくことが妥当と思われる。

なお, 文献⁴⁾および今回のガス分析値計算法は, 航空機公害研究グループ, 斉藤隆技官によるものである。

参 考 文 献

- 1) 田丸卓, 鈴木邦男; 新形式ガスタービン燃焼器の研究(第1報, 常圧性能試験), 航技研資料 TM-297 (1976/4)
- 2) 鈴木邦男, 西尾健二; 航技研ニュース 第172 (1973/9)
- 3) Kercher, D.M., Tabakoff, W., "Heat Transfer by a Square Array of Round Air Jets Impinging Perpendicular to a Flat Surface Including Effect of Spent Air," Trans. ASME. Jour. Eng. Power, Vol.92, (1970)p.73
- 4) 田丸卓, 鈴木邦男, 相模滋, 桜沢義男, 山田秀志; 燃料蒸発管に関する研究(V) — 高圧形箱形燃焼器の特性 — 航技研資料 TM-301 (1976/3)

- 5) 鈴木邦男, 石井浅五郎; 高圧燃焼器の研究(II) — 先行試験用アニュラ形燃焼器模型(CC10)の実験結果 — 航技研資料 TM-242 (1973/6)p.18
- 6) 鈴木邦男, 石井浅五郎; 高圧燃焼器の研究(I) — 先行試験用アニュラ形燃焼器の設計 — 航技研資料 TM-254 (1974/4) pp.1-16
- 7) Lipfert, F.W., "Correlation of Gas Turbine Emissions Data", ASME Paper 72-GT-60, (1972/3)
- 8) 田丸卓, 鈴木邦男; 燃料蒸発管に関する研究(IV) — 蒸発管付箱形燃焼器の特性 — 航技研資料 TM-282 (1975/8) pp. 1-21
- 9) ICAO 航空機エンジン排気ガス研究会サブグループ報告書, 運輸省航空局 (1976/7)

付 録

次に表示するものは, 本文で使用了各燃焼器試験結果の詳細値である。

本文中に記述しきれなかった試験条件, 計測値などについて参考となろう。

使用記号については, 次の如くである。

表題に燃焼器名称を, たとえば AS-25.1 の場合, (CC 30 S TYPE = 25.10) と示す。

DATE	: 実験月日
RUN	: 試験設定順序
P1	: 入口空気静圧 [ata]
T1	: # 温度 [K]
WA	: 供給空気流量 [kg/s]
WF	: 供給燃料流量 [kg/s]
N	: 空燃比
T2	: 出口燃焼ガス平均温度 [K]
DT	: $T_2 - T_1$
TRR	: T_2/T_1
DT	: 出口温度不均一率
ETAB	: 燃焼効率 [%]
UR	: 最大断面平均風速 [m/s]
FAI	: 全圧損失係数
DPR	: 全圧損失率
T2(TIP)	: 無次元化出口温度 (タービン翼端側)
T2(2)	: #
T2(3)	: #
T2(HUB)	: # (タービン翼根側)
URP	: 空気ダクト内気流流速 [m/s]
WAPR	: 空気ダクト通過空気割合 (6本合計)

ADVANCED TYPE SECTOR (CC30S TYPE= 25.10)														PROGRAM (6) : 750627						
DATE	RUN	P1	T1	WA	WF	N	T2	DT	TRK	DT2	ETAB	UR	FAI	DPR	T2(TIP)	T2(2)	T2(3)	T2(HUB)	FIEX	DPEX

8.01	1	1.038	316.	0.5079	0.0047	108.	666.	350.	2.11	0.077	93.2	15.9	33.0	0.044	0.997	1.029	1.009	0.966	29.6	0.039
8.01	2	1.065	318.	0.5038	0.0056	90.	749.	431.	2.35	0.114	96.1	15.8	35.5	0.046	1.001	1.021	1.008	0.970	31.3	0.041
8.01	3	1.073	319.	0.5056	0.0073	69.	866.	547.	2.72	0.158	96.7	15.8	37.5	0.048	0.988	1.021	1.005	0.986	33.2	0.043
8.01	4	1.084	320.	0.5082	0.0102	50.	1081.	761.	3.38	0.226	100.2	15.7	38.3	0.049	1.001	1.028	1.000	0.971	36.0	0.046
8.01	5	1.069	320.	0.6059	0.0055	109.	688.	368.	2.15	0.068	99.0	19.0	35.2	0.061	1.011	1.019	1.003	0.967	30.8	0.056
8.01	6	1.077	321.	0.6077	0.0068	89.	764.	443.	2.38	0.122	98.8	19.0	34.7	0.063	1.005	1.018	1.009	0.968	32.7	0.060
8.01	7	1.087	321.	0.6102	0.0087	70.	875.	554.	2.73	0.158	98.8	18.9	35.7	0.065	0.992	1.010	1.015	0.983	33.4	0.060
8.01	8	1.104	321.	0.6136	0.0122	50.	1080.	759.	3.36	0.215	100.6	18.7	37.7	0.067	0.986	1.011	1.017	0.986	35.9	0.064
8.01	9	1.081	322.	0.6987	0.0066	107.	702.	380.	2.18	0.093	100.1	21.8	33.3	0.078	1.017	1.014	1.001	0.967	31.5	0.074
8.01	10	1.091	323.	0.7004	0.0080	87.	775.	452.	2.40	0.127	98.7	21.7	34.4	0.080	1.008	1.010	1.010	0.972	32.5	0.076
8.01	11	1.102	323.	0.7058	0.0103	69.	883.	560.	2.75	0.196	97.9	21.7	34.8	0.080	1.000	1.007	1.016	0.978	33.0	0.076
8.01	12	1.126	323.	0.7110	0.0144	49.	1075.	752.	3.33	0.237	97.9	21.4	37.3	0.084	0.987	1.003	1.018	0.992	35.9	0.081

ADVANCED TYPE SECTOR (CC30S TYPE= 25.20)														PROGRAM (6) : 750627						
DATE	RUN	P1 (AJ)	I1 (K)	WA (KG/S)	WF (KG/S)	N	T2 (K)	DT (K)	TRR	DT2	ETAB (%)	UR (M/S)	FAI	DPR	T2(TIP)	T2(2)	T2(3)	T2(HUB)	FIEX	DPEX
9.05	1	1.054	313.	0.4979	0.0046	108.	675.	362.	2.16	0.117	96.1	15.5	32.3	0.041	1.012	1.018	1.010	0.960	30.2	0.038
9.05	2	1.059	313.	0.5070	0.0056	90.	751.	438.	2.40	0.074	97.9	15.7	33.3	0.043	1.010	1.021	1.007	0.962	31.3	0.041
9.05	3	1.067	314.	0.5037	0.0073	69.	842.	528.	2.68	0.096	92.0	15.5	36.4	0.046	1.012	1.020	1.010	0.957	35.0	0.045
9.05	4	1.078	314.	0.5093	0.0102	50.	1006.	692.	3.20	0.111	90.5	15.5	38.5	0.049	1.001	1.030	1.001	0.967	36.9	0.047
9.05	5	1.065	314.	0.6061	0.0055	110.	663.	349.	2.11	0.071	94.7	18.7	33.1	0.060	1.014	1.016	1.008	0.962	31.3	0.057
9.05	6	1.072	314.	0.6094	0.0068	90.	731.	417.	2.33	0.100	93.3	18.7	34.2	0.062	1.014	1.014	1.011	0.961	32.0	0.058
9.05	7	1.082	314.	0.6148	0.0087	71.	828.	514.	2.64	0.098	91.7	18.7	36.1	0.065	1.022	1.018	0.991	0.969	33.4	0.060
9.05	8	1.099	314.	0.6189	0.0122	51.	992.	678.	3.16	0.119	89.7	18.5	38.4	0.068	1.006	1.006	1.015	0.973	34.6	0.062
9.05	9	1.074	314.	0.7028	0.0065	108.	666.	352.	2.12	0.076	93.1	21.5	32.6	0.076	1.013	1.013	1.008	0.965	30.5	0.072
9.05	10	1.085	314.	0.7059	0.0080	88.	739.	425.	2.35	0.092	93.3	21.4	34.1	0.079	1.019	1.017	1.003	0.961	32.0	0.074
9.05	11	1.099	315.	0.7099	0.0103	69.	836.	521.	2.65	0.118	91.1	21.3	35.8	0.082	1.009	1.015	1.003	0.973	32.5	0.075
9.05	100	1.035	310.	0.5001	0.0305	16.	273.	20.	0.88	5.000	-1.5	15.7	30.8	0.041	1.000	1.000	1.000	1.000	29.4	0.039
9.05	200	1.035	311.	0.6026	0.0305	20.	273.	20.	0.88	5.000	-1.8	19.0	30.5	0.057	1.000	1.000	1.000	1.000	28.8	0.054
9.05	300	1.036	311.	0.6921	0.0305	23.	273.	20.	0.88	5.000	-2.1	21.8	30.9	0.074	1.000	1.000	1.000	1.000	29.0	0.070

ADVANCED TYPE SECTOR (CC30S TYPE= 25.30)										PROGRAM (6) : 750627									
DATE	RUN	P1 (AT)	I1 (A)	WA (KG/S)	N	T2 (K)	DT (K)	TRK	DT2	ETAB (%)	UR (M/S)	FAI	DPR	T2(TIP)	T2(2)	T2(3)	T2(HUB)	FIEX	DPEX
9.08	1	1.049	313.	0.5061	0.0047	109.	681.	368.	2.17	0.088	98.4	34.3	0.045	1.001	1.020	1.020	0.960	34.2	0.045
9.08	2	1.053	313.	0.5039	0.0057	89.	764.	451.	2.44	0.065	100.0	34.8	0.045	0.998	1.023	1.014	0.965	34.1	0.045
9.08	3	1.054	313.	0.5080	0.0072	70.	881.	568.	2.81	0.074	101.6	31.9	0.042	1.009	1.025	1.009	0.958	30.5	0.040
9.08	4	1.060	313.	0.6095	0.0055	110.	690.	377.	2.21	0.060	102.0	33.9	0.063	1.013	1.018	1.005	0.965	32.7	0.060
9.08	5	1.065	313.	0.6077	0.0067	91.	767.	454.	2.45	0.068	102.5	34.3	0.062	1.008	1.019	1.006	0.966	32.7	0.059
9.08	6	1.078	313.	0.6105	0.0087	70.	873.	560.	2.79	0.089	99.7	36.8	0.066	1.011	1.020	1.004	0.966	34.6	0.062
9.08	7	1.071	314.	0.7003	0.0065	107.	699.	385.	2.23	0.074	101.9	33.5	0.078	1.014	1.027	0.996	0.962	31.5	0.074
9.08	8	1.082	313.	0.7054	0.0080	89.	773.	460.	2.47	0.075	101.8	34.8	0.081	1.014	1.021	1.003	0.962	33.0	0.077
9.08	9	1.095	313.	0.7094	0.0103	69.	882.	569.	2.82	0.107	100.1	36.1	0.083	1.011	1.014	1.004	0.972	33.9	0.078
9.08	100	1.027	305.	0.5018	0.0305	16.	273.	20.	0.90	5.000	-1.3	31.6	0.042	1.000	1.000	1.000	1.000	35.0	0.046
9.08	200	1.027	305.	0.6036	0.0305	20.	273.	20.	0.90	5.000	-1.6	31.0	0.058	1.000	1.000	1.000	1.000	29.4	0.055
9.08	300	1.024	306.	0.6946	0.0305	23.	273.	20.	0.89	5.000	-1.8	31.2	0.076	1.000	1.000	1.000	1.000	29.5	0.072

ADVANCED TYPE SECTOR (CC30S TYPE= 25.40)														PROGRAM (6) : 750627									
DATE	RUN	P1	T1	WA	WF	N	T2	DT	TRR	DT2	ETAR	UR	FAI	DPR	T2(TIP)	T2(2)	T2(3)	T2(HUB)	FIEX	DPEX			
----- (K) (KG/S) (KG/S) (K) (K) (M/S) -----																							
9.09	1	1.057	315.	0.6023	0.0054	111.	697.	382.	2.21	0.068	104.4	18.8	34.1	0.062	0.984	1.008	1.013	0.995	32.6	0.059			
9.09	2	1.064	315.	0.6059	0.0068	89.	772.	458.	2.45	0.078	101.7	18.8	34.9	0.064	0.988	1.014	1.008	0.990	33.3	0.061			
9.09	3	1.078	315.	0.6127	0.0086	71.	890.	575.	2.83	0.065	103.8	18.8	37.3	0.068	0.989	1.011	1.008	0.992	35.3	0.064			
9.09	4	1.097	315.	0.6140	0.0122	50.	1083.	768.	3.44	0.103	102.4	18.5	40.3	0.071	0.988	1.006	1.007	0.999	37.9	0.067			
9.09	5	1.067	315.	0.6041	0.0071	85.	818.	503.	2.60	0.337	107.6	18.7	34.9	0.063	0.980	1.015	1.011	0.994	34.6	0.062			
9.09	6	1.071	315.	0.6051	0.0078	77.	882.	567.	2.80	0.505	110.8	18.7	34.9	0.063	0.965	1.000	1.020	1.015	35.3	0.063			
9.09	7	1.076	316.	0.6091	0.0086	71.	924.	608.	2.92	0.492	110.5	18.8	35.9	0.065	0.972	1.010	1.009	1.009	36.6	0.066			
9.09	8	1.069	315.	0.6084	0.0075	81.	826.	511.	2.62	0.171	104.1	18.8	35.7	0.065	0.989	1.014	1.008	0.989	34.0	0.062			
9.09	9	1.073	315.	0.6069	0.0083	73.	893.	578.	2.83	0.390	107.5	18.7	35.7	0.064	0.985	1.007	1.004	1.004	35.3	0.063			
9.09	10	1.078	315.	0.6094	0.0090	67.	953.	638.	3.03	0.509	110.5	18.7	35.6	0.064	0.961	1.011	1.013	1.016	35.9	0.065			
9.09	11	1.082	315.	0.6094	0.0095	64.	942.	627.	2.99	0.185	103.5	18.6	37.9	0.068	0.985	1.006	1.012	0.996	36.6	0.065			
9.09	12	1.086	316.	0.6151	0.0102	60.	1001.	685.	3.17	0.440	107.1	18.8	37.5	0.068	0.969	1.001	1.019	1.011	37.2	0.067			
9.09	13	1.056	315.	0.6027	0.0055	109.	677.	362.	2.15	0.058	97.2	18.9	33.4	0.061	0.994	1.014	1.022	0.970	32.6	0.060			
9.09	14	1.065	315.	0.6073	0.0068	89.	755.	440.	2.40	0.086	97.9	18.8	35.3	0.064	1.000	1.011	1.002	0.986	34.0	0.062			
9.09	15	1.076	315.	0.6091	0.0087	70.	864.	549.	2.74	0.089	97.5	18.7	37.1	0.067	1.009	1.024	1.013	0.954	34.6	0.062			
9.09	16	1.095	315.	0.6132	0.0122	50.	1072.	757.	3.40	0.140	100.4	18.5	39.5	0.070	0.997	1.009	1.000	0.995	37.2	0.066			
9.09	100	1.023	308.	0.5006	0.0305	16.	273.	20.	0.89	5.000	-1.4	15.8	30.7	0.041	1.000	1.000	1.000	1.000	29.4	0.039			
9.09	200	1.023	311.	0.5992	0.0305	20.	273.	20.	0.88	5.000	-1.8	19.1	30.5	0.058	1.000	1.000	1.000	1.000	28.8	0.055			
9.09	300	0.537	292.	0.1293	0.0007	172.	273.	20.	0.93	5.000	-7.7	7.4	325.6	0.104	1.000	1.000	1.000	1.000	335.1	0.107			

ADVANCED TYPE SECTOR (CC305 TYPE= 21.20)															PROGRAM (9) : 760209	
DATE	RUN	T1 (K)	P1 (AT)	WA (KG/S)	N	T2 (K)	DT (K)	TRR	DT2	ETAB (%)	UR (M/S)	FAI	DPR	URP (M/S)	WAPR (%)	
2.04	1	323.	1.051	0.5094	0.0050	102.	539.	216.	1.67	0.386	54.1	16.4	34.0	0.047	64. 14.0	
2.04	2	323.	1.060	0.5075	0.0057	89.	665.	342.	2.06	0.228	75.5	16.2	35.9	0.048	61. 14.0	
2.04	3	323.	1.072	0.5126	0.0073	70.	838.	515.	2.59	0.146	91.6	16.2	38.5	0.052	62. 14.4	
2.04	4	323.	1.087	0.5142	0.0102	50.	1053.	730.	3.26	0.199	97.2	16.0	41.9	0.055	60. 14.0	
2.04	5	324.	1.073	0.5988	0.0067	90.	680.	356.	2.10	0.261	79.2	19.0	37.1	0.067	72. 14.4	
2.04	6	326.	1.087	0.6044	0.0086	70.	846.	520.	2.60	0.187	93.1	19.0	38.3	0.069	72. 14.3	
2.04	7	325.	1.109	0.6068	0.0120	51.	1064.	739.	3.27	0.216	98.9	18.7	42.1	0.073	71. 14.4	
2.04	8	325.	1.081	0.6889	0.0077	90.	691.	366.	2.13	0.266	81.4	21.7	35.1	0.081	81. 14.4	
2.04	9	327.	1.104	0.6982	0.0099	71.	853.	526.	2.61	0.179	94.9	21.7	38.1	0.087	79. 14.1	
2.04	10	327.	1.134	0.7010	0.0138	51.	1088.	761.	3.33	0.257	102.6	21.2	41.8	0.092	78. 14.2	
2.04	11	455.	1.049	0.3643	0.0033	111.	797.	342.	1.75	0.133	96.9	16.6	35.3	0.036	63. 14.1	
2.04	12	451.	1.050	0.3662	0.0040	92.	873.	422.	1.94	0.119	99.3	16.5	34.8	0.035	63. 14.1	
2.04	13	451.	1.054	0.3645	0.0051	72.	959.	508.	2.13	0.125	95.1	16.4	36.9	0.037	62. 14.2	
2.04	14	450.	1.061	0.3658	0.0072	51.	1151.	701.	2.56	0.130	96.8	16.3	39.0	0.038	62. 14.2	
2.04	15	448.	1.056	0.4360	0.0039	112.	801.	353.	1.79	0.132	100.1	19.4	35.3	0.049	69. 13.4	
2.04	16	450.	1.057	0.4335	0.0048	91.	880.	430.	1.96	0.146	100.4	19.4	34.8	0.048	72. 13.9	
2.04	17	451.	1.065	0.4395	0.0062	71.	986.	535.	2.19	0.163	99.4	19.5	37.4	0.052	71. 13.7	
2.04	18	451.	1.075	0.4418	0.0086	51.	1178.	727.	2.61	0.123	101.4	19.4	39.2	0.054	73. 14.1	
2.04	19	451.	1.062	0.5001	0.0044	112.	803.	352.	1.78	0.141	100.6	22.3	35.3	0.063	81. 13.9	
2.04	20	448.	1.065	0.5041	0.0054	93.	859.	411.	1.92	0.143	98.3	22.2	35.2	0.063	81. 13.8	
2.04	21	450.	1.073	0.5061	0.0070	72.	974.	524.	2.16	0.151	99.3	22.3	36.6	0.065	83. 14.1	
2.04	22	449.	1.088	0.5100	0.0098	52.	1169.	720.	2.60	0.130	101.5	22.1	39.4	0.069	82. 14.1	
2.04	23	598.	1.046	0.3303	0.0029	113.	908.	310.	1.52	0.114	91.7	19.8	34.1	0.037	78. 14.6	
2.04	24	600.	1.049	0.3305	0.0035	93.	979.	379.	1.63	0.130	93.6	19.8	35.3	0.039	78. 14.6	
2.04	25	598.	1.051	0.3307	0.0046	72.	1086.	488.	1.82	0.148	95.2	19.7	35.9	0.039	78. 14.7	
2.04	26	600.	1.057	0.3297	0.0063	52.	1192.	592.	1.99	0.204	85.5	19.6	39.0	0.042	75. 14.2	
2.04	27	597.	1.043	0.2864	0.0024	117.	893.	296.	1.50	0.136	90.5	17.2	34.7	0.029	66. 14.2	

*** (CONTINUED) ***

PROGRAM (9) : 760209

ADVANCED TYPE SECTOR (CC30S TYPE= 21.20)

DATE	RUN	T1 (K)	P1 (AT)	WA (KG/S)	WF (KG/S)	N	T2 (K)	DT (K)	TRR	DT2	ETAB (K)	UR (M/S)	FAI	DPR	URP (M/S)	WAPR (K)
2.04	28	600.	1.045	0.2866	0.0030	96.	959.	359.	1.60	0.124	90.7	17.3	35.2	0.029	66.	14.2
2.04	29	600.	1.046	0.2891	0.0039	75.	1062.	462.	1.77	0.131	93.1	17.4	34.9	0.030	66.	14.1
2.04	30	598.	1.047	0.2849	0.0034	53.	1211.	613.	2.03	0.117	90.1	17.1	34.5	0.028	66.	14.3
2.04	31	598.	1.050	0.3794	0.0034	113.	916.	318.	1.53	0.147	94.3	22.7	34.1	0.048	85.	14.1
2.04	32	600.	1.051	0.3797	0.0041	93.	990.	390.	1.65	0.136	96.4	22.7	33.8	0.048	85.	14.1
2.04	33	600.	1.056	0.3784	0.0052	73.	1072.	472.	1.79	0.150	92.7	22.6	35.2	0.049	85.	14.2
2.04	34	598.	1.064	0.3795	0.0074	51.	1246.	648.	2.08	0.119	92.7	22.4	37.7	0.052	85.	14.2

PROGRAM (9) : 760209

ADVANCED TYPE SECTOR (CC30S TYPE= 22.20)

DATE	RUN	T1 (K)	P1 (AT)	WA (KG/S)	WF (KG/S)	N	T2 (K)	DT (K)	TRR	DT2	ETAB (K)	UR (M/S)	FAI	DPR	URP (M/S)	WAPR (K)
2.17	1	318.	1.048	0.5015	0.0056	89.	649.	331.	2.04	0.436	72.7	16.0	25.6	0.034	52.	12.4
2.17	2	318.	1.067	0.5076	0.0073	69.	855.	537.	2.69	0.256	95.1	15.9	32.1	0.042	52.	12.3
2.17	3	318.	1.082	0.5134	0.0102	50.	1048.	730.	3.30	0.199	97.0	15.8	36.0	0.047	51.	12.2
2.17	4	319.	1.067	0.5972	0.0067	89.	708.	389.	2.22	0.294	85.8	18.7	31.1	0.055	59.	12.1
2.17	5	320.	1.075	0.6021	0.0085	71.	818.	498.	2.56	0.211	89.0	18.8	31.6	0.057	59.	12.1
2.17	6	320.	1.097	0.6074	0.0121	50.	1048.	728.	3.27	0.199	96.7	18.6	34.8	0.061	59.	12.1
2.17	7	321.	1.053	0.6809	0.0063	109.	526.	205.	1.64	0.621	54.3	21.8	28.3	0.066	68.	12.2
2.17	8	321.	1.073	0.6875	0.0077	90.	685.	364.	2.13	0.270	81.0	21.6	30.4	0.070	67.	12.2
2.17	9	321.	1.087	0.6901	0.0099	70.	833.	512.	2.60	0.224	91.0	21.4	31.3	0.071	67.	12.2
2.17	10	322.	1.116	0.6956	0.0138	50.	1056.	734.	3.28	0.242	97.6	21.0	34.8	0.076	66.	12.2
2.17	11	450.	1.049	0.3615	0.0033	111.	804.	354.	1.79	0.083	99.7	16.3	31.6	0.031	54.	12.4
2.17	12	452.	1.051	0.3617	0.0040	91.	883.	431.	1.95	0.115	100.7	16.3	31.2	0.031	54.	12.4
2.17	13	448.	1.053	0.3644	0.0051	71.	964.	516.	2.15	0.076	96.5	16.2	31.8	0.031	54.	12.3

*** (CONTINUED) ***

PROGRAM (9) : 760209

ADVANCED TYPE SECTOR (CC305 TYPE= 22.20)

DATE	RUN	T1 (K)	P1 (AT)	WA (KG/S)	WF (KG/S)	N	T2 (K)	DT (K)	TRR	DT2	ETAB (%)	UR (M/S)	FAI	DPR	URP (M/S)	WAPR (%)
2.17	14	452.	1.060	0.3713	0.0072	52.	1136.	684.	2.51	0.127	95.9	16.6	33.8	0.035	54.	12.1
2.17	15	449.	1.053	0.4339	0.0039	111.	810.	361.	1.80	0.091	101.9	19.4	31.0	0.043	64.	12.5
2.17	16	449.	1.056	0.4314	0.0048	90.	886.	437.	1.97	0.108	101.6	19.2	31.3	0.043	64.	12.6
2.17	17	451.	1.060	0.4350	0.0061	71.	972.	521.	2.16	0.097	97.1	19.4	32.0	0.044	64.	12.5
2.17	18	451.	1.068	0.4389	0.0066	51.	1148.	697.	2.55	0.143	96.6	19.4	33.2	0.046	64.	12.4
2.17	19	452.	1.058	0.4897	0.0045	110.	815.	363.	1.80	0.076	101.8	21.9	30.9	0.054	71.	12.4
2.17	20	448.	1.060	0.4962	0.0054	91.	866.	418.	1.93	0.089	97.7	22.0	30.8	0.054	71.	12.3
2.17	21	448.	1.067	0.4947	0.0070	71.	977.	529.	2.18	0.106	98.0	21.8	32.0	0.055	70.	12.3
2.17	22	448.	1.079	0.5015	0.0098	51.	1132.	684.	2.53	0.191	95.1	21.8	34.4	0.059	70.	12.2
2.17	23	600.	1.045	0.2725	0.0024	111.	908.	308.	1.51	0.147	90.0	16.4	32.3	0.025	59.	13.3
2.17	24	601.	1.045	0.2704	0.0030	90.	983.	382.	1.64	0.131	91.8	16.3	31.3	0.023	59.	13.4
2.17	25	600.	1.047	0.2727	0.0039	71.	1088.	488.	1.81	0.122	93.6	16.4	31.2	0.024	59.	13.3
2.17	26	599.	1.049	0.2709	0.0054	50.	1226.	627.	2.05	0.083	87.6	16.2	32.6	0.024	55.	12.6
2.17	27	600.	1.047	0.3197	0.0029	110.	920.	320.	1.53	0.133	92.5	19.2	31.1	0.032	66.	12.8
2.17	28	599.	1.048	0.3221	0.0036	91.	987.	388.	1.65	0.091	93.5	19.3	31.1	0.032	66.	12.7
2.17	29	599.	1.051	0.3223	0.0046	71.	1094.	495.	1.83	0.108	94.6	19.3	31.8	0.033	66.	12.7
2.17	30	599.	1.053	0.3209	0.0064	50.	1239.	640.	2.07	0.085	89.8	19.1	32.1	0.033	62.	12.1
2.17	31	601.	1.051	0.3681	0.0034	110.	931.	330.	1.55	0.097	95.2	22.1	31.9	0.043	72.	12.2
2.17	32	600.	1.052	0.3683	0.0041	90.	1004.	404.	1.67	0.110	96.4	22.0	31.6	0.042	72.	12.2
2.17	33	601.	1.053	0.3686	0.0053	70.	1088.	487.	1.81	0.102	91.9	22.0	31.2	0.042	72.	12.2
2.17	34	600.	1.059	0.3694	0.0074	50.	1261.	661.	2.10	0.063	92.4	21.9	32.1	0.043	71.	12.2

ADVANCED TYPE SECTOR (CC30S TYPE= 23.30)													PROGRAM (9) : 760209			
DATE	RUN	T1 (K)	P1 (AT)	WA (KG/S)	WF (KG/S)	N	T2 (K)	DT (K)	TTR	DT2	ETAB (K)	UR (M/S)	FAI	DPR	URP (M/S)	WAPR (K)
2.06	1	317.	1.044	0.5074	0.0046	110.	617.	300.	1.95	0.219	80.9	16.2	33.4	0.045	54.	12.7
2.06	2	319.	1.053	0.5079	0.0057	90.	786.	467.	2.46	0.186	105.1	16.1	34.8	0.047	54.	12.7
2.06	3	319.	1.061	0.5095	0.0073	70.	901.	582.	2.83	0.175	104.1	16.1	36.7	0.049	54.	12.7
2.06	4	319.	1.076	0.5121	0.0102	50.	1098.	779.	3.44	0.154	104.1	15.9	40.5	0.053	54.	12.7
2.06	5	320.	1.053	0.5947	0.0054	110.	643.	323.	2.01	0.138	87.1	18.9	33.6	0.061	64.	12.8
2.06	6	322.	1.064	0.5978	0.0067	90.	773.	451.	2.40	0.166	101.2	19.0	34.8	0.063	63.	12.6
2.06	7	322.	1.076	0.6004	0.0086	70.	905.	583.	2.81	0.202	104.6	18.8	36.6	0.066	63.	12.8
2.06	8	323.	1.094	0.6046	0.0120	50.	1102.	779.	3.41	0.155	103.9	18.7	38.9	0.069	63.	12.8
2.06	9	323.	1.064	0.6851	0.0063	109.	663.	340.	2.05	0.102	91.6	21.8	33.4	0.078	71.	12.7
2.06	10	323.	1.078	0.6888	0.0077	89.	774.	451.	2.40	0.152	101.0	21.6	34.9	0.080	71.	12.7
2.06	11	323.	1.093	0.6919	0.0098	70.	905.	582.	2.80	0.194	104.9	21.4	36.2	0.082	70.	12.7
2.06	12	323.	1.114	0.6974	0.0138	51.	1106.	783.	3.43	0.187	105.2	21.2	37.7	0.084	70.	12.7
2.06	13	448.	1.037	0.3578	0.0033	109.	813.	365.	1.81	0.096	101.4	16.2	34.0	0.033	57.	13.1
2.06	14	448.	1.039	0.3577	0.0040	89.	893.	445.	1.99	0.079	102.6	16.2	34.9	0.034	57.	13.1
2.06	15	448.	1.041	0.3581	0.0051	70.	996.	548.	2.22	0.103	100.5	16.2	34.0	0.033	57.	13.1
2.06	16	448.	1.049	0.3592	0.0072	50.	1176.	728.	2.63	0.099	98.3	16.1	37.9	0.037	57.	13.1
2.06	17	448.	1.044	0.4254	0.0039	109.	813.	365.	1.82	0.094	101.3	19.1	34.7	0.047	65.	12.7
2.06	18	448.	1.046	0.4259	0.0048	89.	899.	451.	2.01	0.098	103.8	19.1	34.7	0.047	65.	12.7
2.06	19	449.	1.052	0.4269	0.0061	69.	1033.	584.	2.30	0.120	106.9	19.1	35.5	0.048	65.	12.7
2.06	20	449.	1.061	0.4286	0.0086	50.	1215.	766.	2.71	0.115	103.9	19.0	37.9	0.050	64.	12.7
2.06	21	449.	1.049	0.4894	0.0044	110.	817.	368.	1.82	0.084	103.2	22.0	34.1	0.060	73.	12.7
2.06	22	450.	1.053	0.4908	0.0054	90.	884.	434.	1.97	0.089	101.1	22.0	34.6	0.061	73.	12.7
2.06	23	450.	1.060	0.4922	0.0070	70.	1009.	559.	2.24	0.133	103.5	21.9	35.4	0.061	73.	12.7
2.06	24	449.	1.073	0.4950	0.0098	51.	1193.	744.	2.66	0.140	102.6	21.7	38.1	0.065	73.	12.7
2.06	25	601.	1.031	0.2716	0.0024	111.	916.	314.	1.52	0.119	92.1	16.6	33.8	0.026	60.	13.3
2.06	26	599.	1.033	0.2716	0.0030	91.	990.	391.	1.65	0.109	94.5	16.5	34.3	0.026	60.	13.3
2.06	27	598.	1.034	0.2720	0.0039	70.	1098.	500.	1.84	0.119	95.5	16.5	34.3	0.026	59.	13.3

*** (CONTINUED) ***

*** (CONTINUED) ***

PROGRAM (9) : 760209

ADVANCED TYPE SECTOR (CC305 TYPE= 23.30)

DATE	RUN	T1 (K)	P1 (AT)	WA (KG/S)	WF (KG/S)	N	T2 (K)	DT (K)	TRR	DT2	ETAB (%)	UR (M/S)	FAI	DPR	URP	WAPR (%)
2.06	28	599.	1.038	0.2721	0.0054	51.	1249.	650.	2.09	0.151	91.9	16.5	36.9	0.028	59.	13.3
2.06	29	599.	1.034	0.3189	0.0029	110.	924.	325.	1.54	0.105	93.8	19.4	33.3	0.035	70.	13.3
2.06	30	599.	1.035	0.3191	0.0036	90.	998.	399.	1.67	0.099	95.3	19.4	33.4	0.035	69.	13.4
2.06	31	600.	1.038	0.3195	0.0046	70.	1107.	507.	1.85	0.120	96.2	19.4	34.1	0.036	69.	13.3
2.06	32	600.	1.044	0.3199	0.0064	50.	1265.	665.	2.11	0.148	93.0	19.3	36.4	0.038	69.	13.4
2.06	33	600.	1.038	0.3672	0.0034	109.	933.	333.	1.56	0.104	95.8	22.3	33.5	0.046	78.	13.1
2.06	34	600.	1.041	0.3675	0.0041	90.	1010.	410.	1.68	0.091	97.9	22.2	34.1	0.046	78.	13.2
2.06	35	600.	1.042	0.3679	0.0053	70.	1092.	492.	1.82	0.104	92.6	22.2	33.8	0.046	78.	13.2
2.06	36	598.	1.049	0.3683	0.0073	50.	1277.	679.	2.14	0.141	95.8	22.0	35.4	0.047	77.	13.2

PROGRAM (9) : 760209

ADVANCED TYPE SECTOR (CC305 TYPE= 24.30)

DATE	RUN	T1 (K)	P1 (AT)	WA (KG/S)	WF (KG/S)	N	T2 (K)	DT (K)	TRR	DT2	ETAB (%)	UR (M/S)	FAI	DPR	URP	WAPR (%)
2.10	1	313.	1.058	0.5157	0.0056	91.	698.	385.	2.23	0.089	87.5	16.0	31.6	0.043	62.	14.4
2.10	2	316.	1.070	0.5176	0.0073	71.	884.	568.	2.80	0.104	102.9	16.0	34.0	0.046	62.	14.4
2.10	3	316.	1.078	0.5200	0.0102	51.	1079.	763.	3.42	0.110	102.9	16.0	33.3	0.044	61.	14.4
2.10	4	318.	1.064	0.6038	0.0066	91.	688.	370.	2.17	0.093	83.6	18.9	31.3	0.057	73.	14.7
2.10	5	318.	1.083	0.6079	0.0086	71.	875.	557.	2.75	0.123	100.7	18.7	34.6	0.062	72.	14.7
2.10	6	319.	1.105	0.6131	0.0120	51.	1074.	755.	3.37	0.131	102.1	18.6	38.6	0.068	72.	14.7
2.10	7	320.	1.098	0.6977	0.0099	71.	875.	555.	2.74	0.113	100.2	21.3	34.5	0.078	81.	14.7
2.10	8	322.	1.127	0.7075	0.0138	51.	1084.	762.	3.37	0.129	103.4	21.2	37.8	0.084	77.	13.9
2.10	9	450.	1.047	0.3621	0.0033	111.	804.	354.	1.79	0.109	99.7	16.3	31.5	0.031	63.	14.2
2.10	10	450.	1.049	0.3606	0.0040	90.	888.	438.	1.97	0.126	101.6	16.2	32.4	0.032	63.	14.3
2.10	11	449.	1.052	0.3608	0.0051	70.	986.	537.	2.20	0.144	99.0	16.1	32.9	0.032	62.	14.3

*** (CONTINUED) ***

PROGRAM (9) : 760209

ADVANCED TYPE SECTOR (CC305 TYPE= 24.30)

DATE	RUN	T1 (K)	P1 (AT)	#A (KG/SLKG/S)	N	T2 (K)	DT (K)	TRK	DT2	ETAB (K)	UR (M/S)	FAI	DPR	URP (M/S)	WAPR
2.10	12	448.	1.060	0.3641	0.0072	50. 1163.	715.	2.60	0.140	97.9	16.1	36.5	0.036	62.	14.3
2.10	13	451.	1.053	0.4306	0.0039	110. 809.	358.	1.79	0.123	100.3	19.3	32.9	0.045	74.	14.3
2.10	14	447.	1.055	0.4323	0.0048	91. 890.	443.	1.99	0.120	103.3	19.2	32.0	0.044	74.	14.4
2.10	15	448.	1.062	0.4298	0.0062	70. 1005.	557.	2.24	0.121	102.2	19.0	34.2	0.046	74.	14.5
2.10	16	448.	1.071	0.4354	0.0086	51. 1189.	741.	2.66	0.113	102.3	19.1	36.2	0.049	73.	14.3
2.10	17	449.	1.056	0.4949	0.0044	111. 811.	362.	1.81	0.116	102.4	22.1	31.3	0.055	83.	14.3
2.10	18	450.	1.060	0.4938	0.0054	91. 877.	427.	1.95	0.106	100.0	22.0	32.1	0.056	83.	14.4
2.10	19	448.	1.068	0.4964	0.0070	71. 982.	534.	2.19	0.105	99.4	21.8	33.8	0.058	83.	14.4
2.10	20	449.	1.081	0.4989	0.0098	51. 1175.	726.	2.62	0.135	100.4	21.7	35.7	0.061	83.	14.4
2.10	21	598.	1.043	0.2733	0.0024	112. 912.	314.	1.53	0.146	91.9	16.4	32.2	0.025	66.	14.8
2.10	22	601.	1.044	0.2730	0.0030	91. 986.	385.	1.64	0.147	93.1	16.5	32.8	0.025	66.	14.8
2.10	23	599.	1.045	0.2709	0.0039	70. 1097.	498.	1.83	0.131	94.8	16.3	32.9	0.025	66.	15.0
2.10	24	598.	1.048	0.2739	0.0054	51. 1239.	641.	2.07	0.146	90.5	16.4	33.7	0.026	66.	14.9
2.10	25	601.	1.044	0.3225	0.0029	111. 919.	318.	1.53	0.137	92.8	19.5	31.0	0.033	75.	14.4
2.10	26	600.	1.045	0.3187	0.0036	90. 995.	395.	1.66	0.122	94.0	19.2	31.2	0.032	75.	14.6
2.10	27	598.	1.048	0.3229	0.0046	71. 1102.	505.	1.84	0.140	96.9	19.3	31.6	0.033	75.	14.4
2.10	28	598.	1.049	0.3231	0.0046	71. 1094.	496.	1.83	0.138	95.1	19.3	32.9	0.034	75.	14.4
2.10	29	598.	1.053	0.3215	0.0064	50. 1259.	661.	2.10	0.188	92.6	19.1	34.1	0.035	75.	14.5
2.10	30	600.	1.048	0.3706	0.0034	110. 929.	329.	1.55	0.132	95.4	22.2	31.7	0.043	86.	14.4
2.10	31	598.	1.049	0.3710	0.0041	90. 1003.	405.	1.68	0.123	97.4	22.2	31.5	0.043	85.	14.4
2.10	32	598.	1.052	0.3695	0.0053	70. 1089.	491.	1.82	0.129	93.5	22.0	32.0	0.043	85.	14.5
2.10	33	599.	1.059	0.3704	0.0071	52. 1248.	649.	2.06	0.192	94.2	22.0	34.0	0.045	85.	14.5

PROGRAM (9) : 760209

ADVANCED TYPE SECTOR (CC305 TYPE= 26.30)

DATE	RUN	T1 (K)	P1 (AT)	WA (KG/S)	N	I2 (K)	DT (K)	TTR	DT2	ETAB (%)	UR (M/S)	FAI	DPR	URP (M/S)	WAPR (%)
2.16	1	310.	1.078	0.5162	0.0102	50.	1034.	724.	3.34	0.282	96.1	15.6	35.9	0.046	57. 13.7
2.16	2	314.	1.096	0.6064	0.0121	50.	1015.	701.	3.23	0.275	92.7	18.2	37.0	0.064	70. 14.6
2.16	3	317.	1.114	0.6987	0.0138	51.	1012.	695.	3.19	0.246	92.5	20.9	36.2	0.079	79. 14.6
2.16	4	449.	1.044	0.3592	0.0033	110.	754.	305.	1.68	0.293	84.7	16.2	31.4	0.031	63. 14.3
2.16	5	449.	1.047	0.3591	0.0040	90.	858.	409.	1.91	0.195	94.3	16.1	31.8	0.031	63. 14.4
2.16	6	449.	1.051	0.3596	0.0051	70.	955.	506.	2.13	0.144	92.4	16.1	33.6	0.033	63. 14.4
2.16	7	451.	1.058	0.3604	0.0072	50.	1142.	691.	2.53	0.182	93.8	16.1	36.1	0.035	62. 14.3
2.16	8	451.	1.048	0.4263	0.0039	109.	766.	315.	1.70	0.198	86.9	19.2	31.3	0.042	70. 13.6
2.16	9	449.	1.051	0.4268	0.0048	89.	876.	427.	1.95	0.109	98.2	19.1	30.8	0.041	72. 14.0
2.16	10	451.	1.055	0.4278	0.0062	69.	968.	517.	2.15	0.107	94.0	19.2	31.6	0.043	72. 14.0
2.16	11	451.	1.066	0.4301	0.0086	50.	1134.	683.	2.51	0.137	92.7	19.1	35.2	0.047	71. 14.0
2.16	12	449.	1.051	0.4908	0.0045	110.	755.	306.	1.68	0.190	85.2	22.0	30.6	0.034	82. 14.1
2.16	13	447.	1.056	0.4916	0.0054	91.	850.	403.	1.90	0.118	94.2	21.8	31.3	0.034	81. 14.1
2.16	14	449.	1.063	0.4963	0.0070	71.	965.	516.	2.15	0.113	95.4	22.0	32.1	0.036	83. 14.3
2.16	15	450.	1.074	0.4955	0.0098	51.	1137.	687.	2.53	0.140	94.4	21.8	34.0	0.038	83. 14.4
2.16	16	601.	1.043	0.2729	0.0024	112.	891.	290.	1.48	0.143	85.1	16.5	34.2	0.026	66. 14.8
2.16	17	599.	1.043	0.2729	0.0030	91.	965.	366.	1.61	0.173	88.0	16.4	33.1	0.025	66. 14.9
2.16	18	599.	1.044	0.2731	0.0038	71.	1064.	465.	1.78	0.214	89.0	16.4	33.2	0.025	66. 14.9
2.16	19	599.	1.046	0.2734	0.0054	50.	1208.	609.	2.02	0.165	85.3	16.4	32.6	0.025	66. 14.8
2.16	20	598.	1.044	0.3200	0.0029	110.	904.	306.	1.51	0.159	88.5	19.2	32.5	0.034	75. 14.5
2.16	21	600.	1.044	0.3200	0.0036	90.	980.	380.	1.63	0.180	90.5	19.3	31.3	0.032	75. 14.5
2.16	22	598.	1.046	0.3204	0.0046	70.	1087.	489.	1.82	0.176	92.5	19.2	30.8	0.032	75. 14.5
2.16	23	598.	1.051	0.3215	0.0064	50.	1202.	604.	2.01	0.158	84.1	19.2	33.8	0.035	75. 14.5
2.16	24	600.	1.047	0.3702	0.0034	110.	908.	308.	1.51	0.160	89.2	22.2	32.1	0.044	83. 14.0
2.16	25	601.	1.048	0.3667	0.0041	90.	984.	385.	1.64	0.154	91.5	22.2	31.9	0.043	86. 14.5
2.16	26	600.	1.050	0.3689	0.0053	70.	1067.	467.	1.78	0.185	88.4	22.1	31.5	0.042	86. 14.5
2.16	27	597.	1.055	0.3697	0.0074	50.	1227.	630.	2.06	0.144	87.9	21.9	32.6	0.043	85. 14.5

*** EXHAUST GAS ANALYSIS RESULTS ***

COMBR TYPE = AS- 21.20

PROGRAM(10): 760209

SERIES NO.	RUN	N	T1 (K)	CO2 (%)	CO (PPM)	O2 (%)	THC (PPM)	FAI	EI(CO) (G OF POLY./KG FUEL)	EI(THC) (G OF POLY./KG FUEL)	EI(NO) (G OF POLY./KG FUEL)	EI(NOX) (G OF POLY./KG FUEL)	ETAC (%)
7602.04	11	99.	455.	2.0	219.0	17.4	112.5	0.15	21.09	5.42	0.80	2.14	98.94
7602.04	12	79.	451.	2.5	311.9	16.6	160.0	0.19	24.17	6.20	0.78	2.32	98.79
7602.04	13	65.	451.	3.0	533.0	15.7	217.5	0.23	33.82	6.90	0.76	2.29	98.49
7602.04	14	45.	450.	4.3	847.7	13.5	118.5	0.33	37.37	2.61	1.03	2.26	98.83
7602.04	15	98.	448.	2.0	285.1	17.3	110.0	0.15	27.32	5.27	0.55	1.87	98.80
7602.04	16	78.	450.	2.5	414.2	16.6	165.0	0.19	31.72	6.32	0.64	2.11	98.59
7602.04	17	62.	451.	3.1	687.2	15.5	182.5	0.24	41.74	5.54	0.76	2.12	98.43
7602.04	18	43.	451.	4.5	1001.9	13.3	81.0	0.34	42.84	1.73	0.96	2.07	98.79
7602.04	19	99.	451.	2.0	333.1	17.3	93.0	0.15	32.01	4.47	0.49	1.72	98.77
7602.04	20	84.	448.	2.3	415.9	16.8	132.5	0.18	34.15	5.44	0.54	1.87	98.62
7602.04	21	64.	450.	3.0	726.6	15.6	160.0	0.23	45.52	5.01	0.70	2.02	98.39
7602.04	22	44.	449.	4.4	1083.2	13.4	70.5	0.34	47.28	1.54	0.90	2.01	98.70
7602.04	23	103.	598.	1.9	88.2	17.4	7.9	0.14	8.87	0.39	1.90	3.67	99.75
7602.04	24	83.	600.	2.4	118.6	16.7	8.0	0.18	9.61	0.32	2.28	4.19	99.73
7602.04	25	63.	598.	3.1	222.2	15.4	10.5	0.24	13.65	0.32	2.22	4.12	99.64
7602.04	26	45.	600.	4.3	313.7	13.5	8.0	0.33	14.06	0.18	1.96	3.61	99.64
7602.04	27	108.	597.	1.8	66.9	17.5	7.0	0.14	7.05	0.37	2.08	3.77	99.79
7602.04	28	87.	600.	2.3	89.9	16.9	6.6	0.17	7.63	0.28	2.46	4.46	99.79
7602.04	29	65.	600.	3.0	151.2	15.6	7.1	0.23	9.70	0.23	2.50	4.55	99.74
7602.04	30	48.	598.	4.1	277.5	13.9	7.4	0.31	13.05	0.17	2.12	3.90	99.67
7602.04	31	103.	598.	1.9	104.4	17.4	6.2	0.14	10.47	0.31	1.84	3.80	99.71
7602.04	32	83.	600.	2.4	147.9	16.6	6.3	0.18	11.97	0.25	2.15	3.88	99.68
7602.04	33	66.	600.	3.0	225.5	15.6	6.7	0.23	14.52	0.22	2.11	3.92	99.63
7602.04	34	45.	598.	4.3	349.1	13.5	5.5	0.33	15.62	0.12	1.80	3.38	99.61

END OF DATA

```
COMBER TYPE = AS- 21.20
RUN ENO (PPM) E
```

RUN	ENO(PPM)	ENOX(PPM)	THC(PPM)	CO(PPM)	CO2(%)	O2(%)	T1(C)
111.00	7.75	13.50	112.50	223.50	2.05	17.75	182.00
112.00	9.37	18.25	160.00	350.00	2.55	17.00	178.00
113.00	11.25	22.00	217.50	550.00	3.13	16.25	178.00
114.00	21.87	31.20	118.50	887.00	4.55	14.12	177.00
115.00	5.40	11.87	110.00	291.00	2.05	17.70	175.00
116.00	7.80	16.75	165.00	425.00	2.57	17.00	177.00
117.00	21.25	182.50	710.00	1300.00	3.25	16.00	178.00
118.00	50.87	29.50	81.00	1050.00	4.70	13.95	178.00
119.00	4.75	10.87	93.00	350.00	2.04	17.70	178.00
120.00	6.14	13.87	132.50	426.00	2.39	17.20	175.00
121.00	10.50	19.62	160.00	750.00	3.14	16.12	177.00
122.00	19.25	28.00	70.50	1134.00	4.58	14.05	176.00
123.00	17.62	22.25	7.85	90.00	1.97	17.75	325.00
124.00	26.20	31.50	8.00	121.50	2.46	17.07	327.00
125.00	33.70	40.80	10.50	229.50	3.25	15.87	325.00
126.00	40.80	49.00	8.00	328.00	4.52	14.15	327.00
127.00	18.43	21.75	7.05	68.20	1.88	17.85	324.00
128.00	27.00	32.00	6.60	92.00	2.35	17.25	327.00
129.00	36.30	43.20	7.15	156.00	3.13	16.12	327.00
130.00	42.00	50.50	7.35	289.50	4.30	14.45	325.00
131.00	17.10	20.62	6.20	106.50	1.97	17.72	325.00
132.00	25.80	29.20	6.27	151.50	2.45	17.00	327.00
133.00	30.50	37.00	6.70	232.50	3.10	16.12	327.00
134.00	31.50	46.00	5.25	365.00	4.52	14.12	325.00

*** EXHAUST GAS ANALYSIS RESULTS ***

COMBR TYPE - AS- 23,30

PROGRAM(10): 760209

SERIES NO.	RUN	N	T1 (°)	CO2 (%)	CO (PPH)	O2 (%)	THC (PPH)	FAI	EI(CO)	EI(THC)	EI(NO) (G OF POLY./KG FUEL)	EI(NOx) (%)	ETAC (%)
7602.06	1	98.	317.	1.6	1444.4	17.9	3250.0	0.15	137.80	155.03	0.04	0.92	80.97
7602.06	2	78.	319.	2.4	1140.7	16.7	787.5	0.19	86.99	30.03	0.08	1.30	94.86
7602.06	3	61.	319.	3.1	1262.6	15.5	400.0	0.24	75.68	11.99	0.31	1.51	96.97
7602.06	4	44.	319.	4.3	2220.5	13.6	595.0	0.34	96.19	12.89	0.35	1.37	96.39
7602.06	5	99.	320.	1.6	1620.2	17.8	2375.0	0.15	155.87	114.24	0.04	0.89	84.64
7602.06	6	79.	322.	2.3	1418.9	16.7	525.0	0.19	110.09	50.37	0.04	1.15	95.28
7602.06	7	61.	322.	3.1	1567.7	15.6	415.0	0.24	94.46	12.50	0.16	1.31	96.47
7602.06	8	44.	323.	4.2	2666.6	13.7	575.0	0.33	116.96	12.61	0.22	1.20	95.90
7602.06	9	99.	323.	1.7	1854.8	17.7	1800.0	0.15	178.41	86.57	0.00	0.86	86.90

• CONTINUE •

PROGRAM(10): 760209

*** EXHAUST GAS ANALYSIS RESULTS ***

COMBR TYPE = AS- 23.30

SERIES NO.	RUN	N	T1 (K)	CO2 (%)	CO (PPM)	O2 (%)	THC (PPM)	FAI	EI(CO) (G OF POLT./KG FUEL)	EI(THC) (G OF POLT./KG FUEL)	EI(NO) (G OF POLT./KG FUEL)	EI(NOx) (G OF POLT./KG FUEL)	ETAC (%)
7602.06	10	79.	323.	2.3	1682.3	16.7	775.0	0.19	129.50	29.83	0.04	1.05	93.85
7602.06	11	62.	323.	3.0	1800.4	15.6	405.0	0.24	109.08	12.27	0.14	1.23	96.13
7602.06	12	44.	323.	4.2	3223.0	13.6	637.5	0.34	138.64	13.71	0.18	1.08	95.27
7602.06	13	95.	448.	2.1	240.8	17.3	13.5	0.16	22.30	0.63	1.24	2.59	99.40
7602.06	14	77.	448.	2.6	239.5	16.5	5.8	0.19	18.00	0.22	1.47	2.86	99.55
7602.06	15	61.	448.	3.3	290.1	15.4	4.0	0.24	17.39	0.12	1.51	2.87	99.57
7602.06	16	44.	448.	4.5	492.6	13.5	17.5	0.34	21.45	0.38	1.26	2.39	99.45
7602.06	17	96.	448.	2.1	293.7	17.3	15.5	0.15	27.46	0.72	1.05	2.38	99.27
7602.06	18	77.	448.	2.6	301.9	16.5	5.5	0.19	22.78	0.21	1.31	2.62	99.43
7602.06	19	57.	449.	3.5	405.2	15.1	3.1	0.26	22.76	0.09	1.36	2.61	99.45
7602.06	20	42.	449.	4.6	676.5	13.1	16.0	0.35	28.21	0.33	1.11	2.17	99.29
7602.06	21	96.	449.	2.1	342.7	17.3	17.5	0.15	32.22	0.82	0.92	2.20	99.14
7602.06	22	80.	450.	2.5	355.8	16.6	7.0	0.19	27.79	0.27	1.19	2.42	99.31
7602.06	23	61.	450.	3.3	469.0	15.4	3.5	0.24	27.91	0.10	1.24	2.46	99.32
7602.06	24	44.	449.	4.5	782.6	13.4	9.4	0.34	33.71	0.20	1.03	2.05	99.17
7602.06	25	98.	601.	2.1	64.6	17.3	2.3	0.15	6.16	0.11	2.36	4.23	99.84
7602.06	26	79.	599.	2.6	83.8	16.6	1.9	0.19	6.44	0.07	2.80	5.05	99.84
7602.06	27	60.	598.	3.3	120.3	15.3	1.8	0.25	7.07	0.05	2.89	5.18	99.82
7602.06	28	44.	599.	4.5	167.9	13.4	1.8	0.34	7.31	0.04	2.47	4.48	99.82
7602.06	29	97.	599.	2.1	82.8	17.3	2.1	0.15	7.86	0.10	2.16	3.90	99.80
7602.06	30	79.	599.	2.5	107.3	16.6	1.7	0.19	8.29	0.06	2.57	4.60	99.79
7602.06	31	60.	600.	3.3	155.7	15.3	1.5	0.25	9.18	0.04	2.59	4.73	99.78
7602.06	32	44.	600.	4.5	210.5	13.4	1.6	0.34	9.12	0.03	2.23	4.07	99.78
7602.06	33	96.	600.	2.1	98.4	17.3	1.7	0.15	9.26	0.08	2.04	3.72	99.77
7602.06	34	78.	600.	2.6	134.4	16.5	1.4	0.19	10.20	0.06	2.39	4.34	99.75
7602.06	35	63.	600.	3.1	177.2	15.5	1.3	0.23	10.99	0.04	2.46	4.45	99.73
7602.06	36	44.	598.	4.5	253.5	13.4	1.4	0.34	11.05	0.03	2.06	3.76	99.73

END OF DATA


```

*** INPUT DATA ***
COMBER TYPE = AS- 23.30
RUN      ENO(PPM)  ENOX(PPM)  THC(PPM)  CO(PPM)  CO2(%)  O2(%)  T1(C)
1.00      0.44      5.90      3250.00  1470.00  1.63    18.25    44.00
2.00      0.94     10.37     787.50  1170.00  2.43    17.12    46.00
3.00      4.80     15.37     400.00  1305.00  3.23    16.05    46.00
4.00      7.50     19.25     595.00  2325.00  4.48    14.25    46.00
5.00      0.40      5.60     2375.00  1650.00  1.68    18.12    47.00
6.00      0.53      5.00     525.00  1455.00  2.40    17.15    49.00
7.00      2.55     13.25     415.00  1620.00  3.18    16.10    49.00
8.00      4.60     16.62     575.00  2790.00  4.35    14.30    50.00
9.00      0.04      5.45     1800.00  1890.00  1.71    18.05    50.00
10.00     0.48      8.30     775.00  1725.00  2.57    17.15    50.00
11.00     2.20     12.37     405.00  1860.00  3.13    16.10    50.00
12.00     4.00     15.25     637.50  3375.00  4.38    14.20    50.00
13.00     12.50     17.00     13.50   246.00  2.15    17.68    175.00
14.00     16.25     23.20      5.80   246.00  2.67    16.95    175.00
15.00     23.50     29.20      4.05   300.00  3.37    15.95    175.00
16.00     27.00     33.40     17.50   516.00  4.49    14.10    175.00
17.00     10.50     15.50     15.50   500.00  2.12    17.68    175.00
18.00     16.25     21.10      5.50   310.00  2.65    16.95    175.00
19.00     22.62     28.30      3.10   420.00  3.60    15.65    176.00
20.00     24.87     31.70     16.00   710.00  4.88    13.78    176.00
21.00      9.10     14.25     17.50   350.00  2.10    17.68    176.00
22.00     14.25     18.85      7.00   365.00  2.55    17.07    177.00
23.00     19.37     25.20      5.50   485.00  3.37    15.90    177.00
24.00     22.40     29.00      9.40   820.00  4.70    14.00    176.00
25.00     23.12     27.00      2.25    66.00  2.10    17.70    328.00
26.00     34.00     40.00      1.90     86.00  2.62    17.00    326.00
27.00     46.00     53.70      1.80   124.50  3.45    15.80    325.00
28.00     53.00     62.60      1.80   175.80  4.71    14.05    326.00
29.00     21.25     25.00      2.10     84.50  2.10    17.65    326.00
30.00     31.00     36.20      1.65   110.10  2.60    17.00    326.00
31.00     41.00     48.80      1.50   161.10  3.44    15.85    327.00
32.00     48.00     57.20      1.60   220.50  4.73    14.00    327.00
33.00     20.25     24.05      1.74   100.50  2.12    17.62    327.00
34.00     29.40     34.80      1.45   138.00  2.65    16.95    327.00
35.00     37.00     43.70      1.34   183.00  3.25    16.05    327.00
36.00     44.20     52.50      1.43   265.50  4.70    14.05    325.00

```

*** EXHAUST GAS ANALYSIS RESULTS ***

COMBR TYPE = AS-24,30

PROGRAM(10): 760209

SERIES NO.	RUN	N	T1 (K)	CO2 (%)	CO (PPM)	O2 (%)	THC (PPM)	FAI	EI(CO)	EI(THC)	EI(NO)	EI(NOx)	ETAC (G OF POLY/KG FUEL)	ETAC (%)
7602.10	1	82.	313.	2.0	1819.3	17.3	2850.0	0.18	145.57	114.02	0.05	0.75	84.99	
7602.10	2	83.	316.	3.1	1104.0	15.7	340.0	0.24	68.17	10.50	0.18	1.24	97.30	
7602.10	3	47.	316.	4.1	1335.4	13.9	185.0	0.32	61.34	3.79	0.53	1.60	98.14	
7602.10	4	82.	318.	1.9	2188.5	17.4	3800.0	0.16	175.46	152.34	0.05	0.63	80.34	
7602.10	5	64.	318.	3.0	1482.5	15.7	425.0	0.23	92.73	13.29	0.10	1.08	96.42	
7602.10	6	47.	319.	4.1	1608.9	14.0	130.0	0.31	74.72	3.02	0.49	1.48	97.90	
7602.10	7	64.	320.	2.9	1861.2	15.8	625.0	0.23	117.24	19.69	0.06	0.95	95.19	
7602.10	8	47.	322.	4.0	1896.2	14.0	120.0	0.31	88.02	2.79	0.44	1.39	97.60	
7602.10	9	95.	450.	2.1	287.8	17.3	29.0	0.16	26.65	1.34	0.94	2.27	99.22	
7602.10	10	77.	450.	2.6	221.5	16.5	8.1	0.19	16.75	0.31	1.35	2.63	99.57	
7602.10	11	62.	449.	3.2	261.2	15.5	3.7	0.24	15.77	0.11	1.60	2.98	99.61	
7602.10	12	45.	448.	4.4	426.2	13.6	3.2	0.33	18.90	0.07	1.47	2.74	99.54	
7602.10	13	94.	451.	2.1	337.6	17.2	24.5	0.16	31.02	1.13	0.85	1.99	99.14	
7602.10	14	77.	447.	2.6	265.9	16.5	6.2	0.19	20.04	0.23	1.22	2.42	99.49	
7602.10	15	60.	448.	3.3	338.3	15.3	3.3	0.25	19.98	0.10	1.45	2.72	99.51	
7602.10	16	44.	448.	4.5	343.8	13.4	2.4	0.33	15.04	0.05	1.24	2.41	99.63	
7602.10	17	95.	449.	2.1	416.0	17.2	40.0	0.16	38.43	1.85	0.65	1.73	98.89	
7602.10	18	81.	450.	2.4	336.5	16.7	12.0	0.18	26.71	0.48	1.05	2.18	99.31	
7602.10	19	63.	448.	3.1	387.4	15.6	2.8	0.23	24.12	0.09	1.27	2.49	99.41	
7602.10	20	45.	449.	4.3	616.8	13.4	1.9	0.33	27.40	0.04	1.17	2.26	99.33	
7602.10	21	97.	598.	2.1	82.3	17.2	4.3	0.15	7.76	0.20	2.20	3.97	99.79	
7602.10	22	93.	601.	2.1	82.2	16.6	4.4	0.16	7.46	0.20	3.01	5.44	99.79	
7602.10	23	60.	599.	3.3	111.9	15.3	3.8	0.25	6.59	0.11	2.84	5.09	99.83	
7602.10	24	45.	598.	4.4	180.7	13.6	3.1	0.33	8.07	0.07	2.52	4.55	99.80	
7602.10	25	96.	601.	2.1	96.0	17.2	3.6	0.15	9.00	0.17	1.93	3.58	99.77	
7602.10	26	79.	600.	2.5	99.4	16.5	3.8	0.19	7.67	0.15	2.31	4.18	99.80	
7602.10	27	61.	598.	3.3	46.9	15.3	2.2	0.24	2.80	0.07	2.59	4.63	99.93	

* CONTINUE *

PROGRAM(10): 760209

*** EXHAUST GAS ANALYSIS RESULTS ***

COMBR TYPE = AS- 24,30

SERIES NO.	RUN	N	T1 (K)	CO2 (%)	CO (PPM)	THC (PPM)	O2 (%)	THC (PPM)	FAI	EI(CO) (G OF POLY./KG FUEL)	EI(THC) (%)	EI(NO) (%)	EI(NOX) (%)	ETAC (%)
7602.10	28	61.	598.	3.3	141.0	15.3	2.2	0.24	8.40	0.06	2.55	4.62	99.79	
7602.10	29	44.	598.	4.5	239.1	13.3	2.0	0.34	10.28	0.04	2.17	4.00	99.75	
7602.10	30	95.	600.	2.1	113.1	17.1	2.9	0.16	10.45	0.13	1.76	3.23	99.73	
7602.10	31	79.	598.	2.5	116.9	16.5	1.9	0.19	8.99	0.07	2.14	3.85	99.78	
7602.10	32	63.	598.	3.2	159.8	15.4	1.7	0.24	9.84	0.05	2.37	4.32	99.76	
7602.10	33	46.	599.	4.3	264.0	13.6	1.7	0.32	11.88	0.04	2.06	3.78	99.71	

END OF DATA

*** INPUT DATA ***

COMBR TYPE = AS- 24,30

RUN	ENOX(PPM)	THC(PPM)	CO(PPM)	C-O2(%)	O2(%)	T1(C)
1.00	0.60	2850.00	1860.00	2.05	17.70	40.00
2.00	2.70	340.00	1140.00	3.15	16.20	43.00
3.00	10.75	165.00	1395.00	4.32	14.50	43.00
4.00	0.60	3800.00	2235.00	1.90	17.80	45.00
5.00	1.55	425.00	1530.00	3.05	16.25	45.00
6.00	9.90	130.00	1680.00	4.25	14.60	46.00
7.00	0.95	625.00	1920.00	2.97	16.35	47.00
8.00	8.90	120.00	1980.00	4.22	14.60	49.00
9.00	9.50	29.00	294.00	2.14	17.65	177.00
10.00	16.62	8.10	227.40	2.65	16.95	177.00
11.00	24.75	30.00	270.00	3.35	16.00	176.00
12.00	31.00	37.60	446.00	4.60	14.20	175.00
13.00	8.60	24.50	345.00	2.15	17.60	178.00
14.00	15.13	6.20	275.00	2.65	16.90	174.00
15.00	22.87	28.00	350.00	3.41	15.85	175.00
16.00	26.40	33.50	360.00	4.67	14.08	175.00
17.00	6.60	11.37	40.00	2.12	17.60	176.00
18.00	12.37	16.75	12.00	2.50	17.07	177.00
19.00	19.00	24.32	345.00	3.22	16.10	175.00
20.00	24.50	31.00	400.00	4.50	14.00	176.00
21.00	21.75	25.60	84.00	2.11	17.57	325.00
22.00	31.00	36.50	84.00	2.13	16.93	328.00
23.00	45.00	52.60	115.80	3.44	15.80	326.00
24.00	52.60	62.00	189.00	4.98	14.20	325.00
25.00	19.18	23.25	98.00	2.12	17.55	328.00
26.00	28.00	33.00	102.00	2.60	16.95	327.00
27.00	40.50	47.20	48.50	3.39	15.85	325.00
28.00	40.00	47.20	145.80	3.39	15.85	325.00
29.00	47.20	56.70	250.50	4.75	13.90	325.00
30.00	17.82	21.25	115.50	2.15	17.50	327.00
31.00	26.00	30.50	120.00	2.60	16.90	325.00
32.00	36.00	42.70	165.00	3.26	15.95	325.00
33.00	42.80	51.20	276.00	4.52	14.20	326.00

航空宇宙技術研究所資料 324 号

昭和 52 年 1 月 発行

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