

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-495

FJR710ファンジェットエンジンの排気流

関根 静雄 ・ 松田 幸雄 ・ 中山 普
吉田 晃 ・ 吉田 公則

1983年3月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

FJR710ファンジェットエンジンの排気流*

関根 静雄** 松田 幸雄** 中山 普**

吉田 晃** 吉田 公則***

1. ま え が き

一般にジェットエンジンは、安全作業範囲決定のため、エンジン後流の流れ場を明確にする必要がある。そのため昭和53年10月FJR710/20-5号機を用いてエンジン騒音試験¹⁾に引き続き、当所角田支所の屋外エンジン運転試験場においてエンジン排気流の測定を行った。本報はその結果について報告するものである。

尚、本報告は通商産業省工業技術院の大型工業技術研究開発制度に基づく「航空機用ジェットエンジンの研究開発」の内、エンジン騒音低減化の研究の一環として行ったものである。

2. 試験装置および計測装置

角田支所の屋外エンジン運転場は、エンジン運転架台廻りをアスファルト及びコンクリートで舗装しエンジン入口から排気側にかけて1/100の下り勾配の地形をなし、エンジン運転架台から下流60m以上は草地となっている。

エンジン中心が地上高2.5mに設計されたエンジン運転架台にFJR710エンジンを搭載し排気流の測定を行った。屋外エンジン運転場及び測定範囲を図1に、試験の状況の写真を図2に示す。

エアークレックは飛行高度25,000ft、飛行マッハ数0.75の条件の基に設計した実機タイプの開口

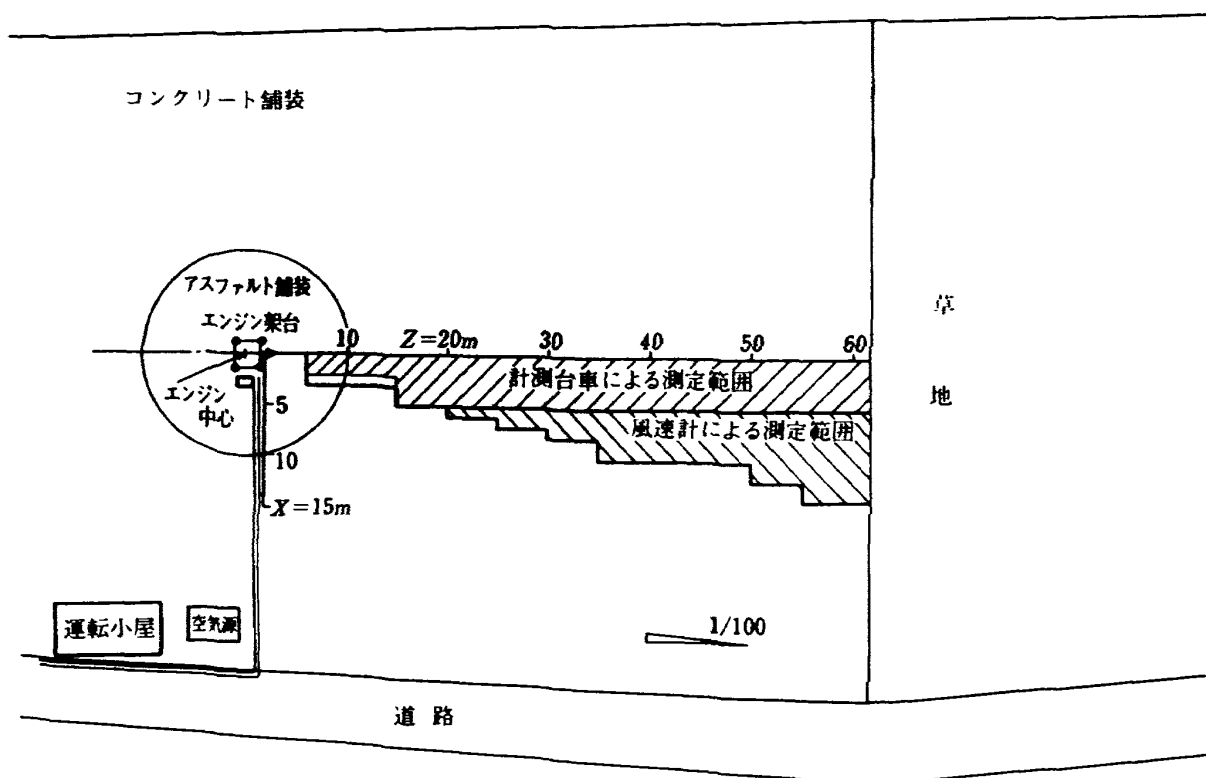


図1 屋外エンジン試験場地形

* 昭和57年11月15日受付

** 原動機部

*** 川崎重工業株式会社

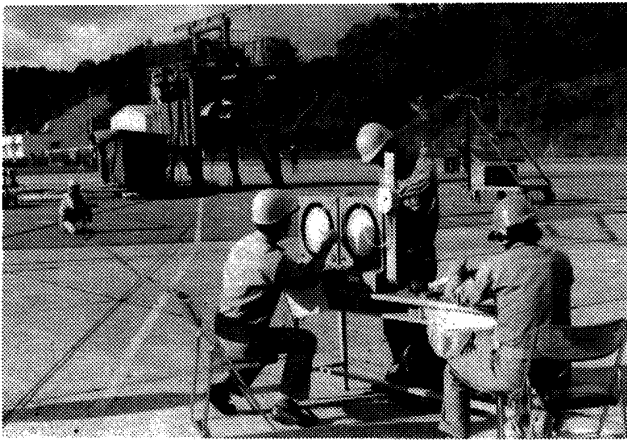


図 2 試験状況

端を飛行型のリップから地上運転用のベルマウスに取り替えたものを用い、バイパスダクトは分離流型でバイパスノズルは公称 108% (面積 0.257m^2) を使用した。コアノズルは従来型の公称 107% (面積 0.257m^2) ノズルと騒音試験用に製作したプラグノズル (ノズルスロート面積 0.258m^2) の二種類を用いた。図 3 に試験に用いた従来型ノズルとプラグノズルの断面を示す。

排気流の測定は速度分布及び温度分布について行った。速度分布の測定は全圧管と風杯一発電式風速計を用いた。又、温度分布の測定は集電ビジコン型赤外線カメラ装置²⁾ 及びアルメルークロメル熱電対温度計を用いた。

全圧管とアルメルークロメル熱電対温度計は、エンジン後方 20m の地点でエンジン中心と一致するように排気流計測台車に取付けた。図 4 に本計測に用いた全圧管及びアルメルークロメル熱電対温度計の取付状況を写真で示す。全圧管は気流の方向ずれによる測定のばらつきを少なくするため先端に 45° のフレアを付けて用い、又アルメルークロメル熱電対温度計は、同じく先端部にカバーを取付けて用いた。

エンジンと計測センサの位置、座標関係は、エンジン中心を原点とし、エンジン後方向へ Z 、エンジン後視左右方向へ X 、上下方向へ H 、エンジン中心から計測器までの距離を R とし $Z=0$ の点は騒音測定のマイクの位置決の原点を合せた。

座標系原点より見てエンジン位置は

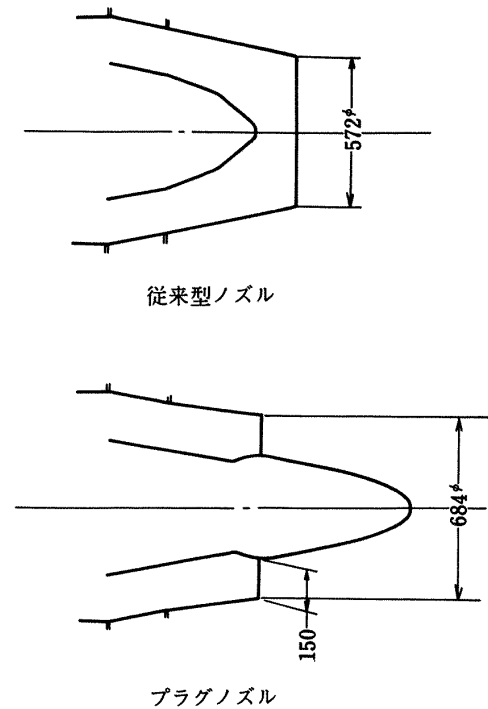


図 3 試験コアノズル寸法

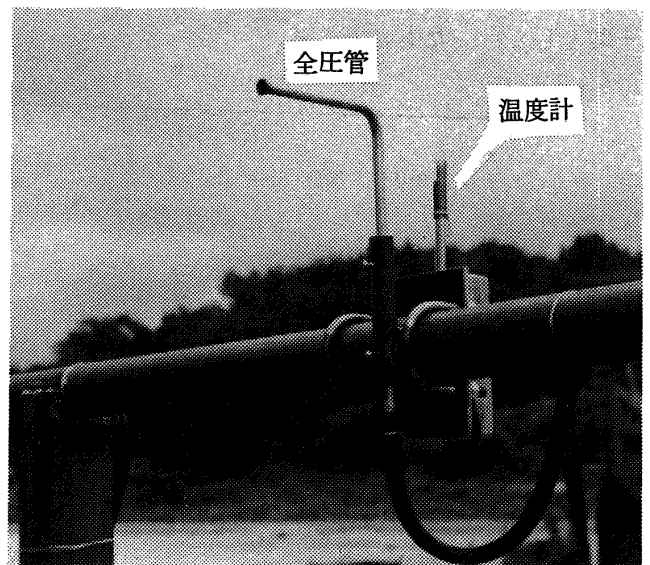


図 4 全圧管アルメルークロメル熱電対温度計

エンジン高	0m
バイパスノズル出口	$Z = 0.42\text{m}$
コアノズル出口	$Z = 1.40\text{m}$

となっている。図 5 に計測センサー位置座標を示す。

風杯一発電式風速計は比較的風速の遅い所で用い、測定はエンジン中心と一致する様 2.5m の高さの支柱に取付けて測定した。風速 5m/s 以下では風速計の出力が小さく高精度な測定は困難で、また支柱の

傾きによっても2~3m/s程度の差が認められた。全圧管による気流の測定は自然風や排気の流れの揺らぎもあって瞬間的な変動がかなりあり、メーターの振れは動圧で±10~40mmAq程度あった。このため測定は常に振れの中心位置で読み取った。しかし全圧30mmAq(風速約20m/s相当)以下ではメーターの読み取り誤差は大きい。図6に風杯-発電

式風速計の風速-出力電圧関係を図7に気流測定中の写真を示す。

集電ビジコン型赤外線カメラ装置は、ビデオレコーダーに録画したアナログ画像信号をカラー変換してモニタ上に温度分布として表示する装置で、図8に装置の構成図を示す。またアルメルクロメル熱電対温度計は非接地型を用いた。

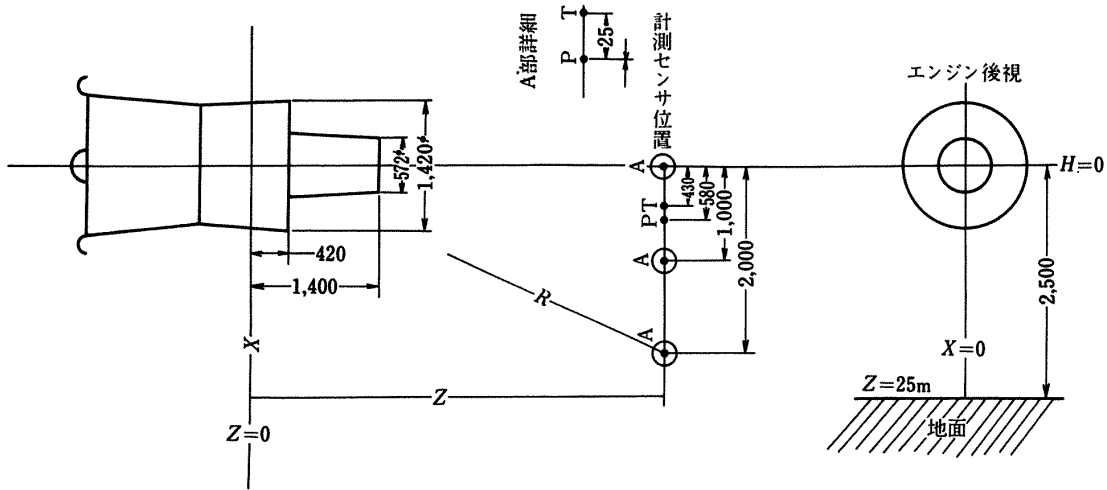


図5 計測センサー位置座標

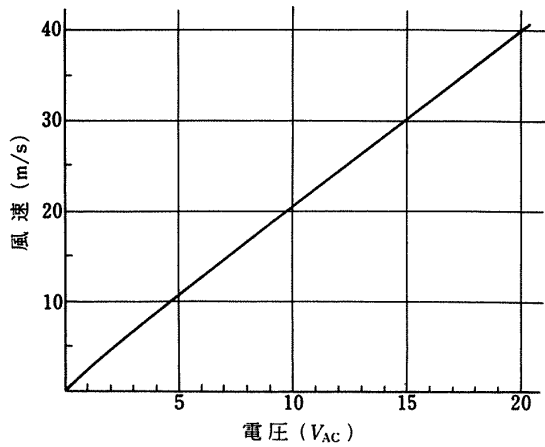


図6 風速-出力電圧

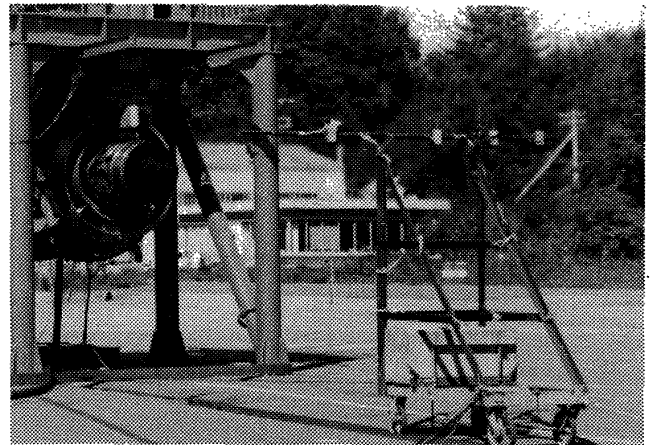


図7 排気流試験

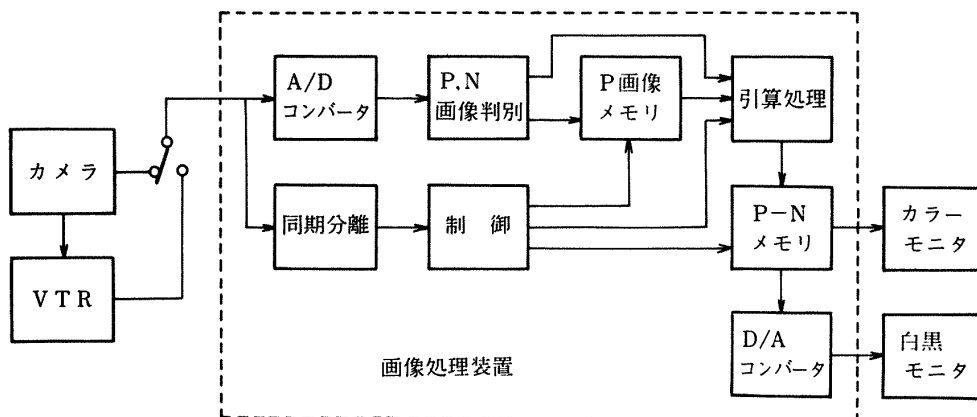


図8 集電ビジコン型赤外線カメラ装置の構成

3. 試験及び結果

排気流測定に用いたエンジンは、FJR710/20-5号機で排気流に関する性能として、図9に推力、図10、図11にエンジン出口の温度及び速度を示す。試験時の自然条件は、方向の一定しない風が5m/s

前後あり気温は13℃～20℃程度あった。

試験は、ファン回転速度 (N_1) でアイドル ($N_1 = 1720$ RPM) と 90% ($N_1 = 5310$ RPM) と 2種類で行なった。エンジン出口の流速と温度は、バイパスダクト出口及び低圧タービン出口に挿入した全圧管と熱電対温度計により測定した。排気流測定は、

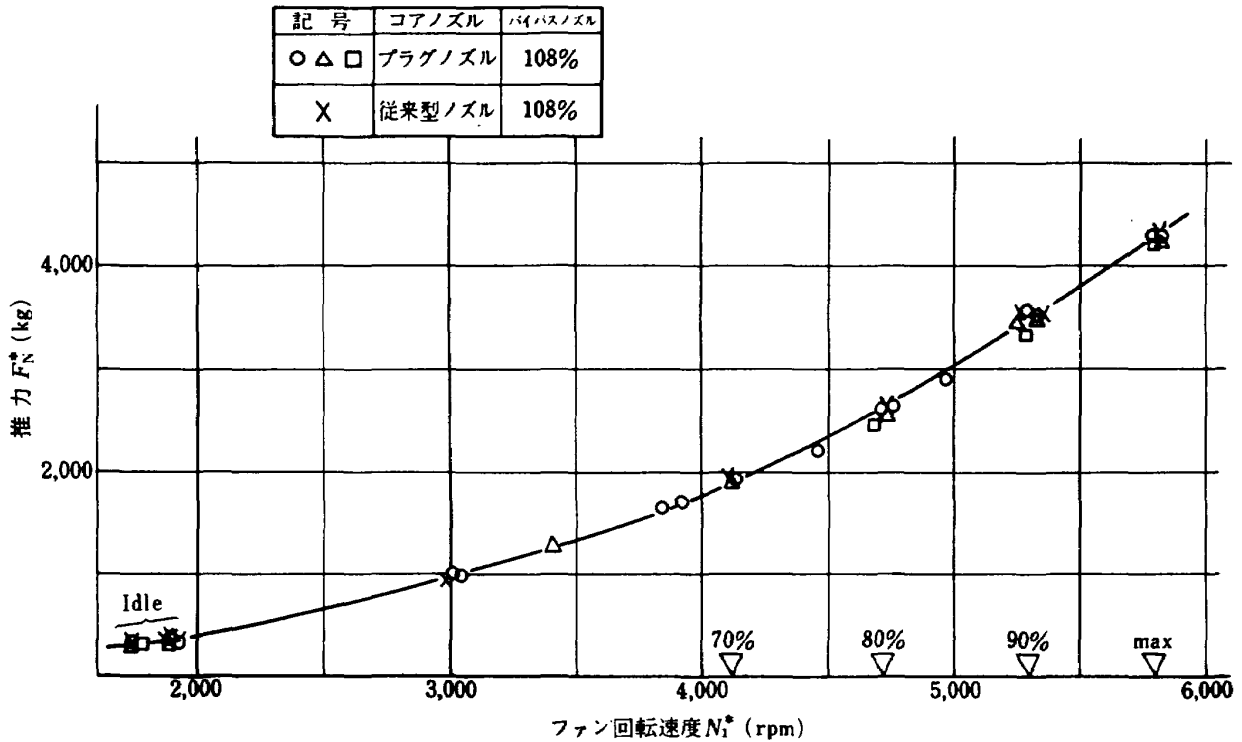


図9 ファン回転速度に対する推力

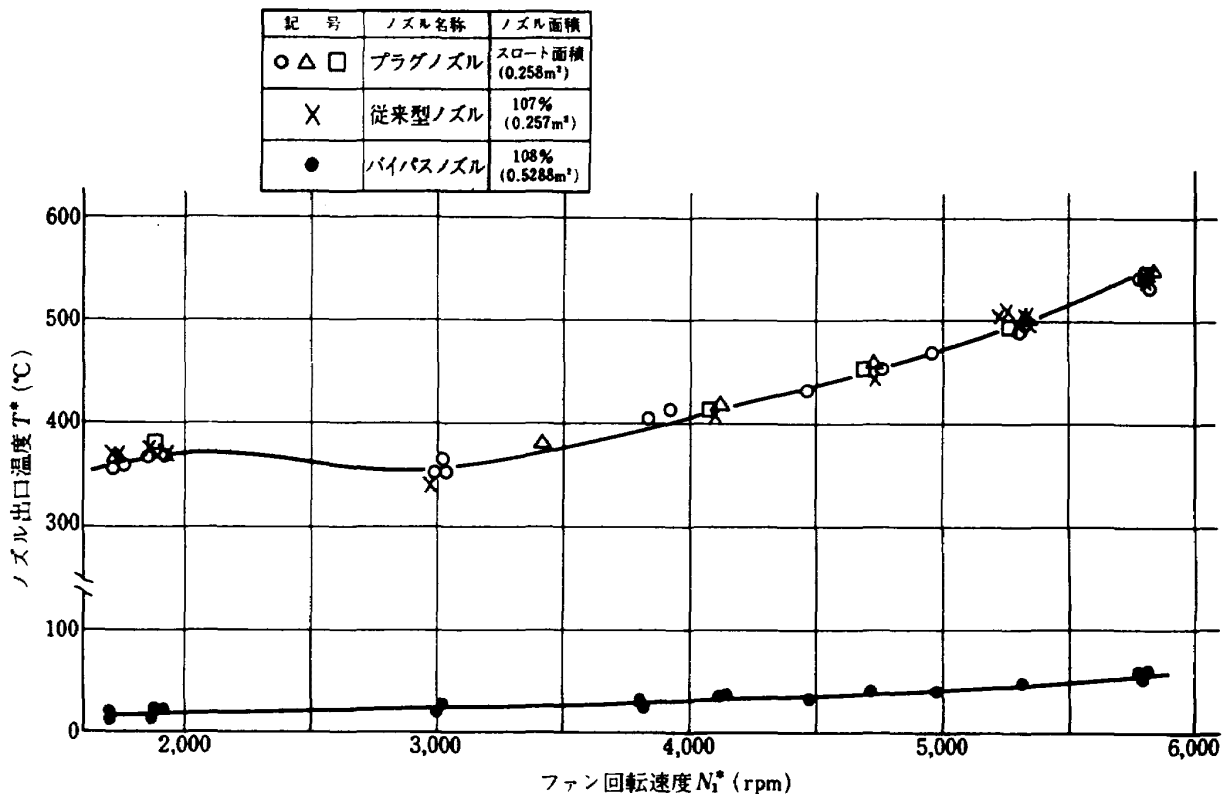


図10 ファン回転速度に対する排気ノズル出口温度

エンジン出口から後方 6m までの範囲の温度分布を集電ビジコン型赤外線カメラ装置で、ファン回転速度 (N_1) アイドル, 90% 以外に 70%, 80%, 最大時の 5 種類計測した。エンジン後方向 (Z 軸方向) 6m から 60m まではエンジン中心から横方向 (X 軸方向) 15m までの範囲を, 図 12 に示す各点を排気流計測台車に取付けた全圧管及びアルメルクロメル熱電対と風杯-発電式風速計を用いトラバースし流速及び温度分布を測定した。

全圧管による排気流測定は次式により流速を算出した。

マッハ数

$$M = \sqrt{\frac{2}{k-1} \left\{ \left(\frac{P_t + P_{ATM}}{P_{ATM}} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right\}} \quad (1)$$

音速

$$a = \sqrt{gkRT \left(\frac{P_t + P_{ATM}}{P_{ATM}} \right)^{\frac{k-1}{k}}} \quad (2)$$

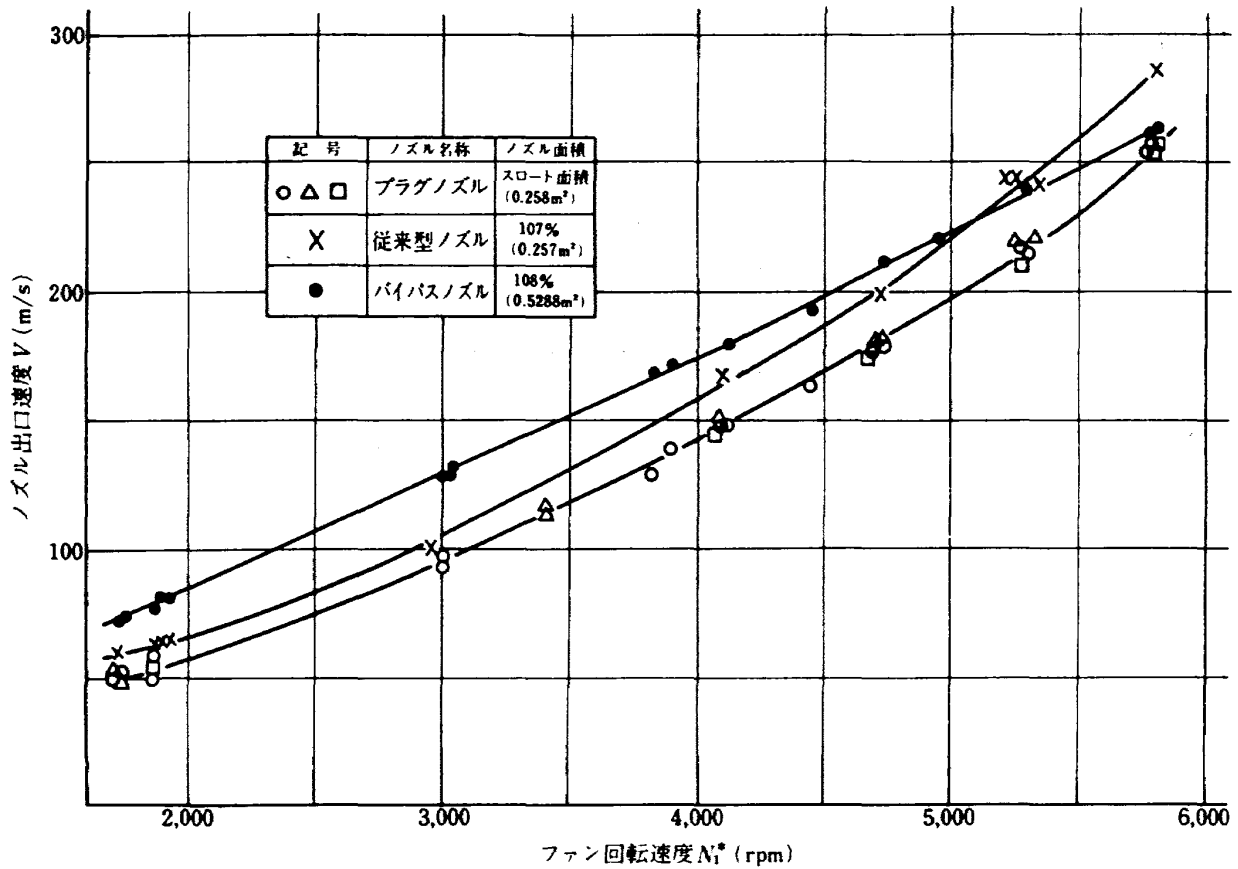


図 11 ファン回転速度に対する排気ノズル出口速度

- — 全圧管, 温度計による計測点
- ▲ — 風速計, 温度計

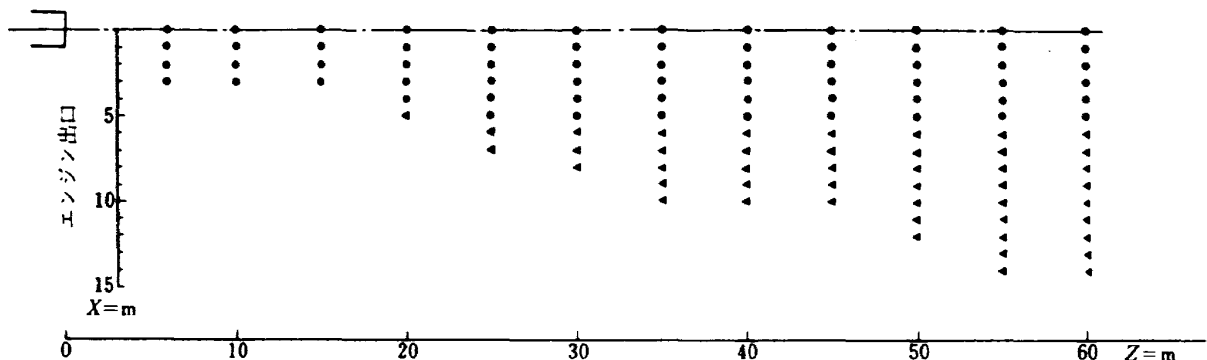


図 12 トラバース範囲

流 速

$$v = Ma$$

③

ここで, P_t ; 測定全圧 ($\text{kg}/\text{cm}^2 \text{G}$)

P_{ATM} ; 大気圧 ($\text{kg}/\text{cm}^2 \text{abs}$)

T ; 測定全温 (全圧管に最も近い位置の測定値 $^{\circ}\text{K}$)

g ; $9.8\text{m}/\text{s}^2$

R ; $29.27\text{kg}\cdot\text{m}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{K}$

k ; 1.4

図 13, 14, 15, 16, 17 に集電ビジコン型赤外線カメラ装置により測定した, エンジン出口から後方

6mまでのファン回転速度 (N_1) アイドル, 70%, 80%, 90%, 最大時の温度分布を示す。また図18にファン回転速度 (N_1) 90%時のエンジン中心線上における排気温度のZ軸方向の変化を示す。図 19, 20 にファン回転速度 (N_1) アイドル及び90%時のZ方向(軸方向)温度分布をR方向(半径方向)をパラメータにして示す。

図 21, 22 に同じくファン回転速度 (N_1) のアイドル及び90%時のZ方向(軸方向)流速分布をR方向をパラメータにして示す。

また, 図 23, 24 にはファン回転速度 (N_1) のアイ

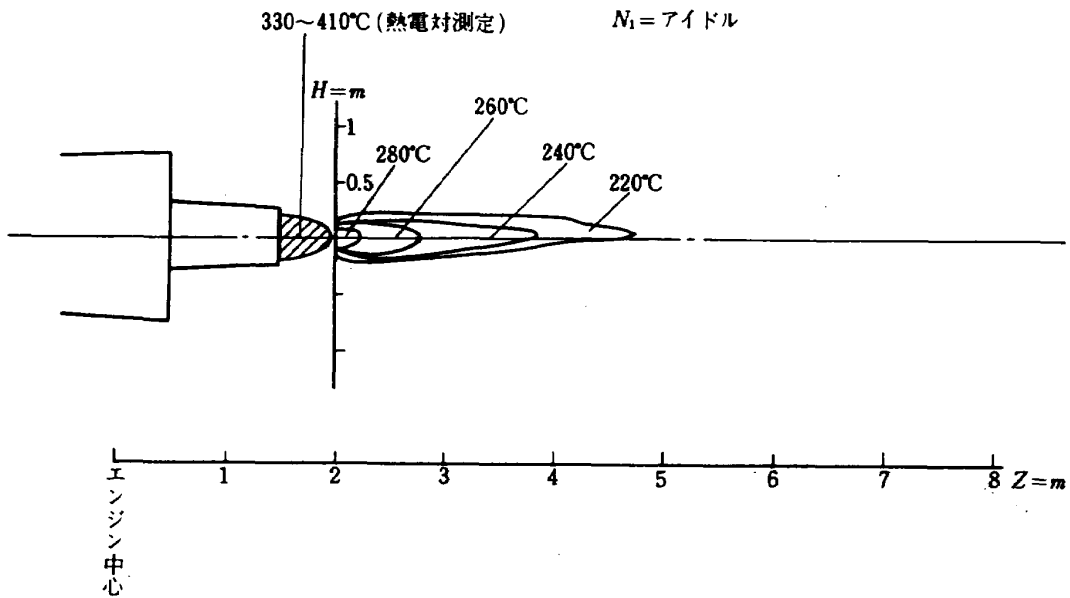


図 13 温度分布 (集電ビジコン型赤外線カメラ測定)

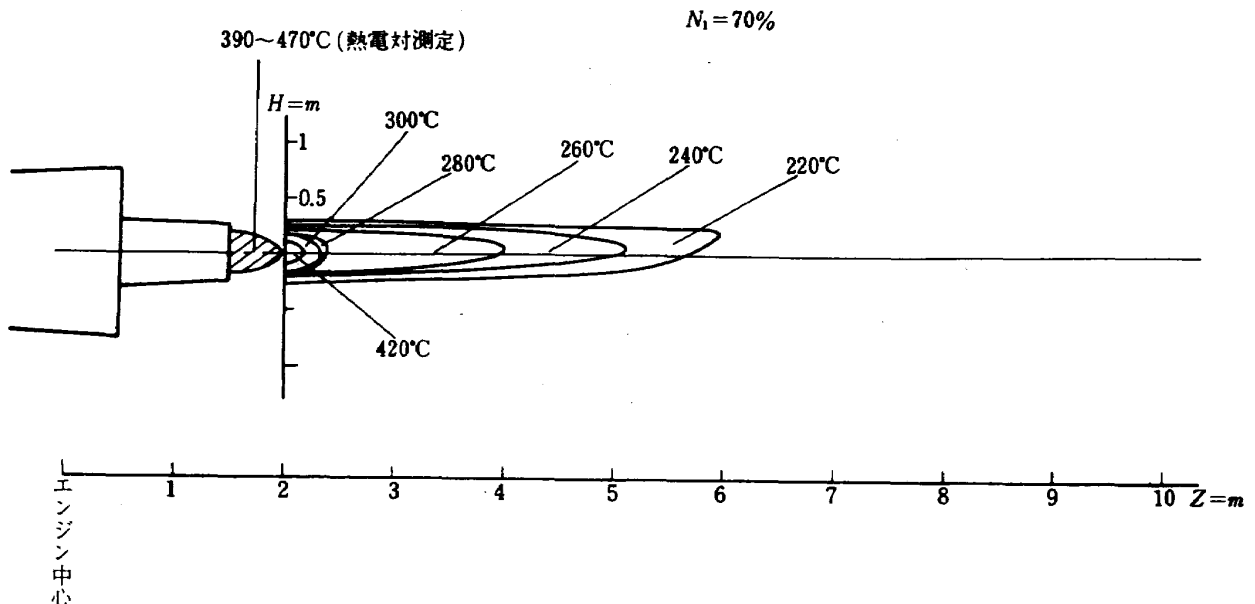


図 14 温度分布 (集電ビジコン型赤外線カメラ測定)

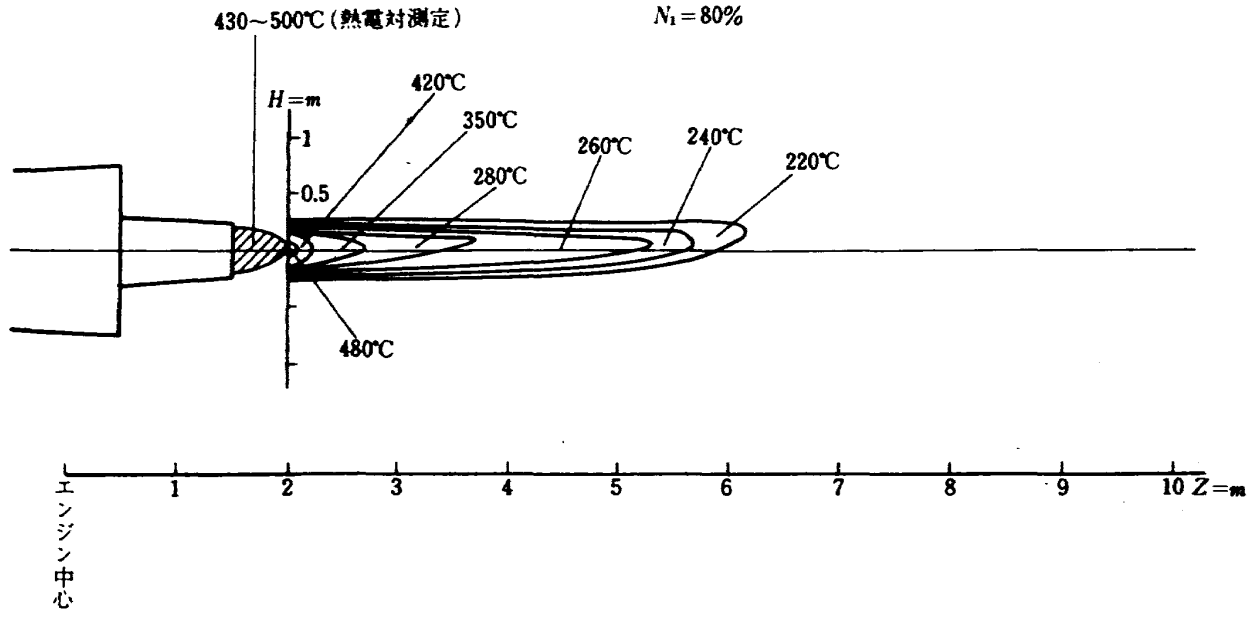


図 15 温度分布 (集電ビジコン型赤外線カメラ測定)

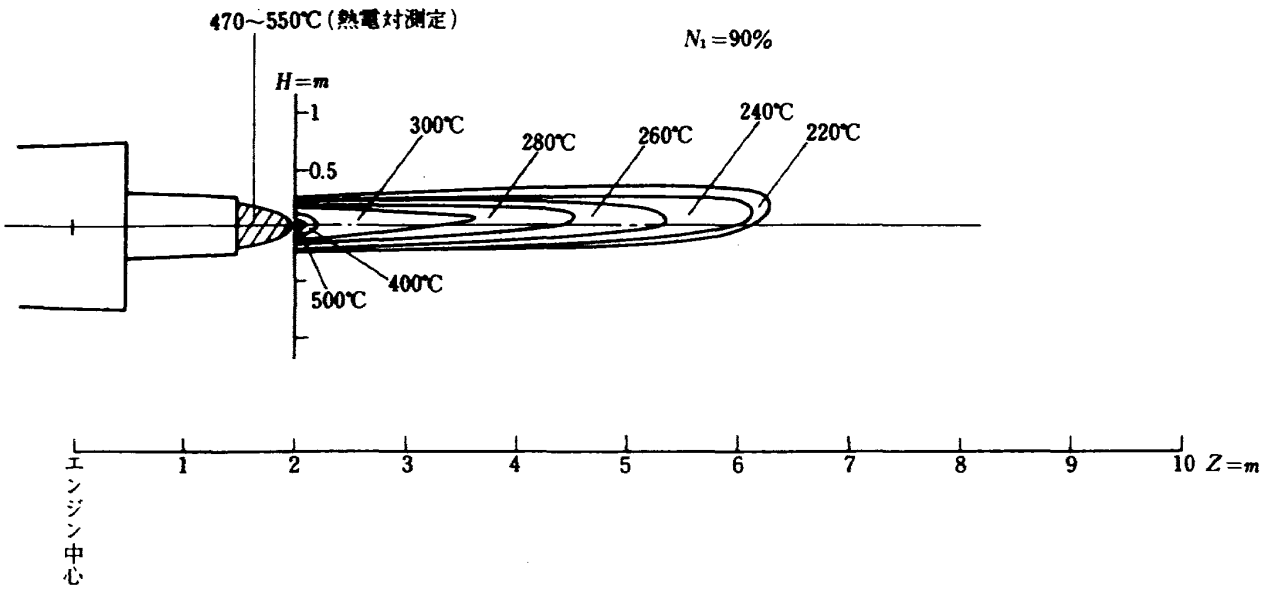


図 16 温度分布 (集電ビジコン型赤外線カメラ測定)

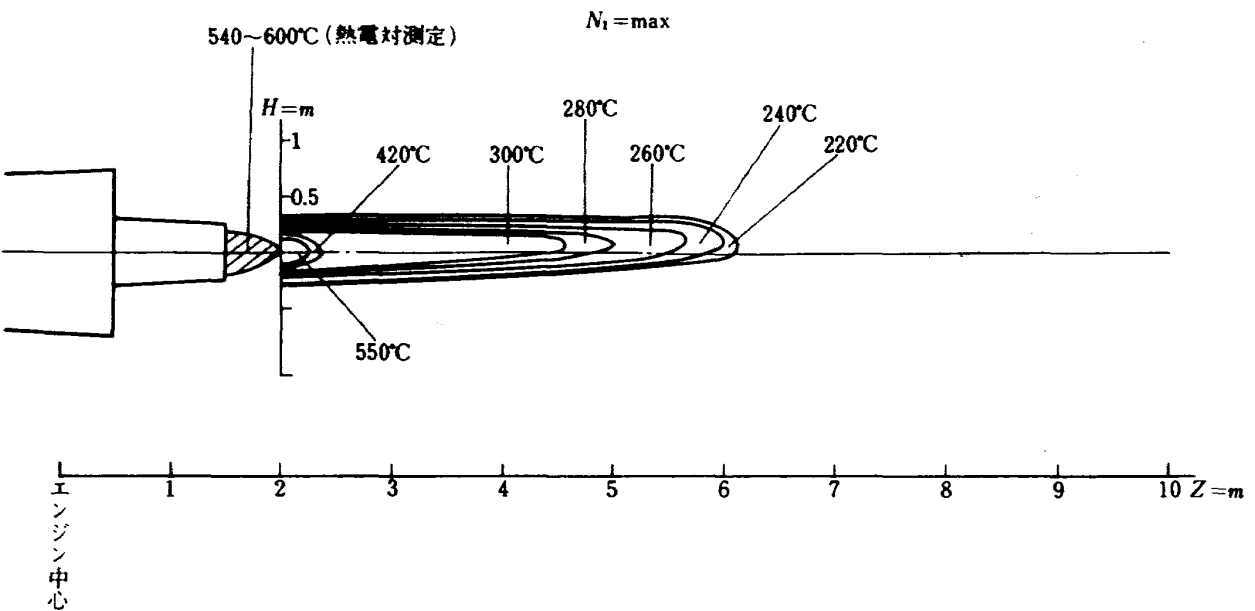


図 17 温度分布 (集電ビジコン型赤外線カメラ測定)

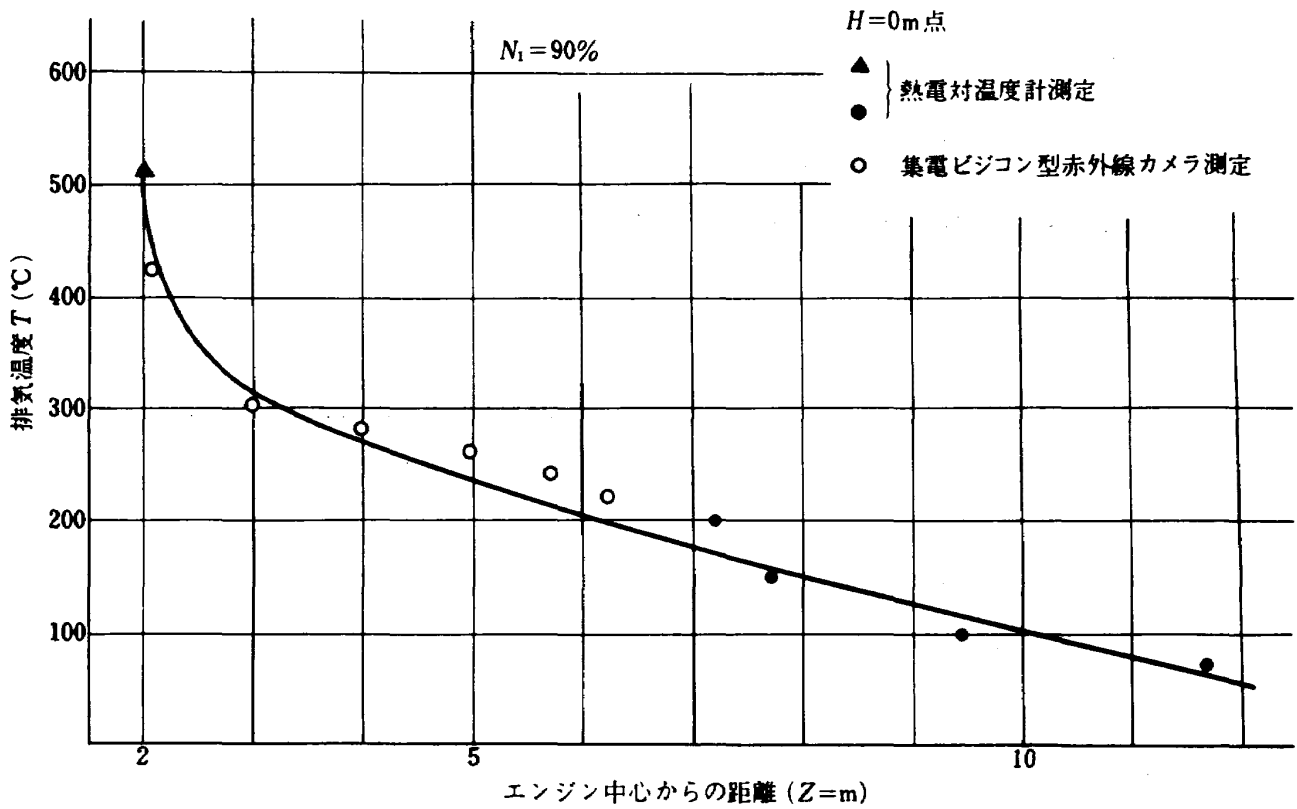


図 18 軸方向距離に対する温度変化
(集電ビジコン型赤外線カメラ装置測定)

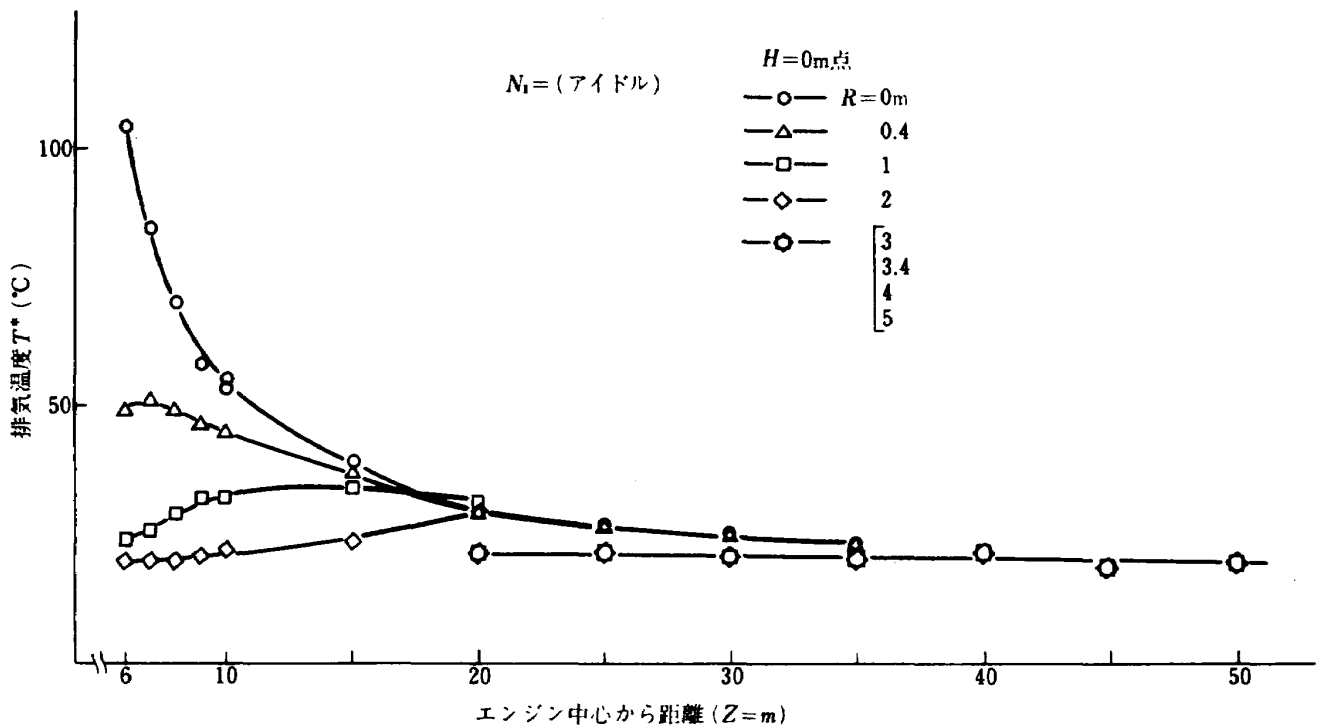


図 19 排気温度軸方向分布

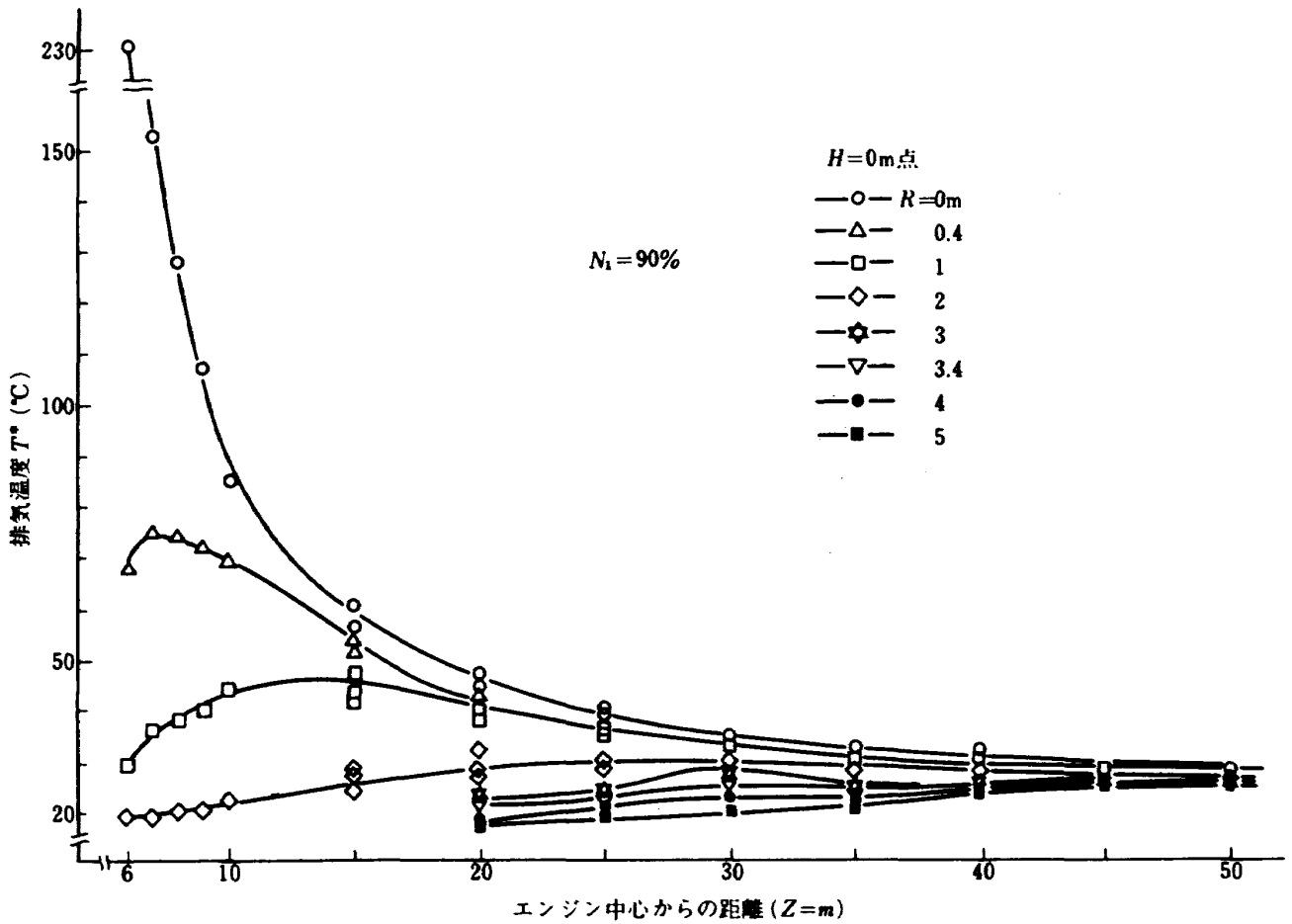


図 20 排気温度軸方向分布

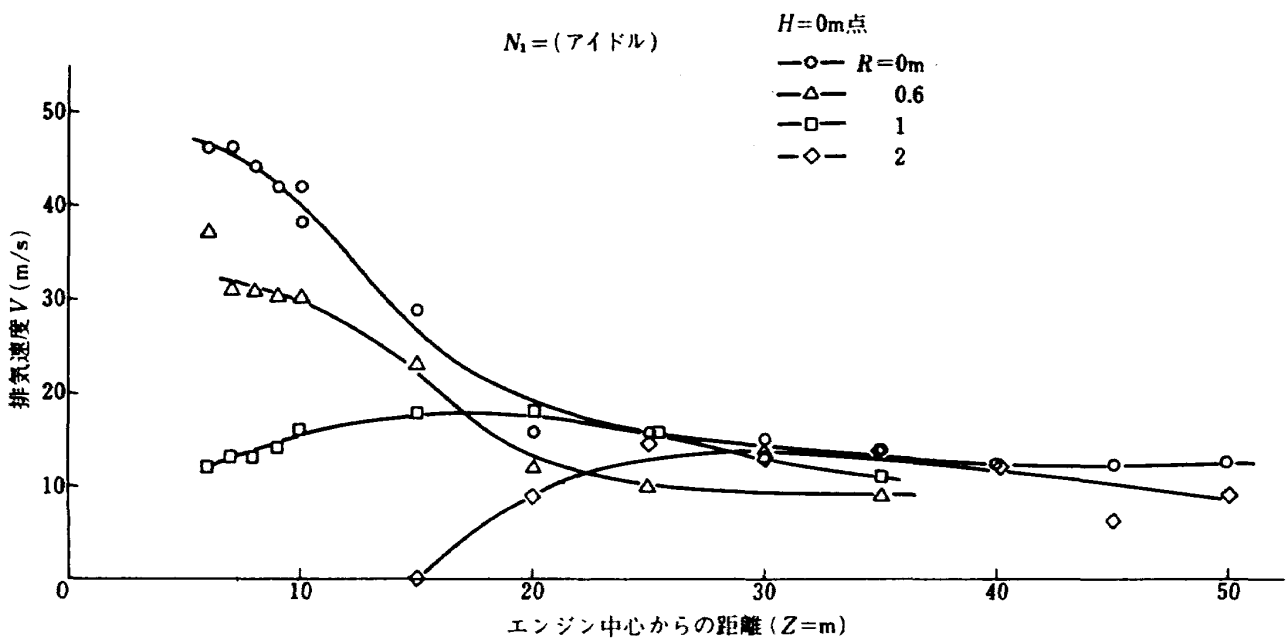


図 21 排気流速軸方向分布

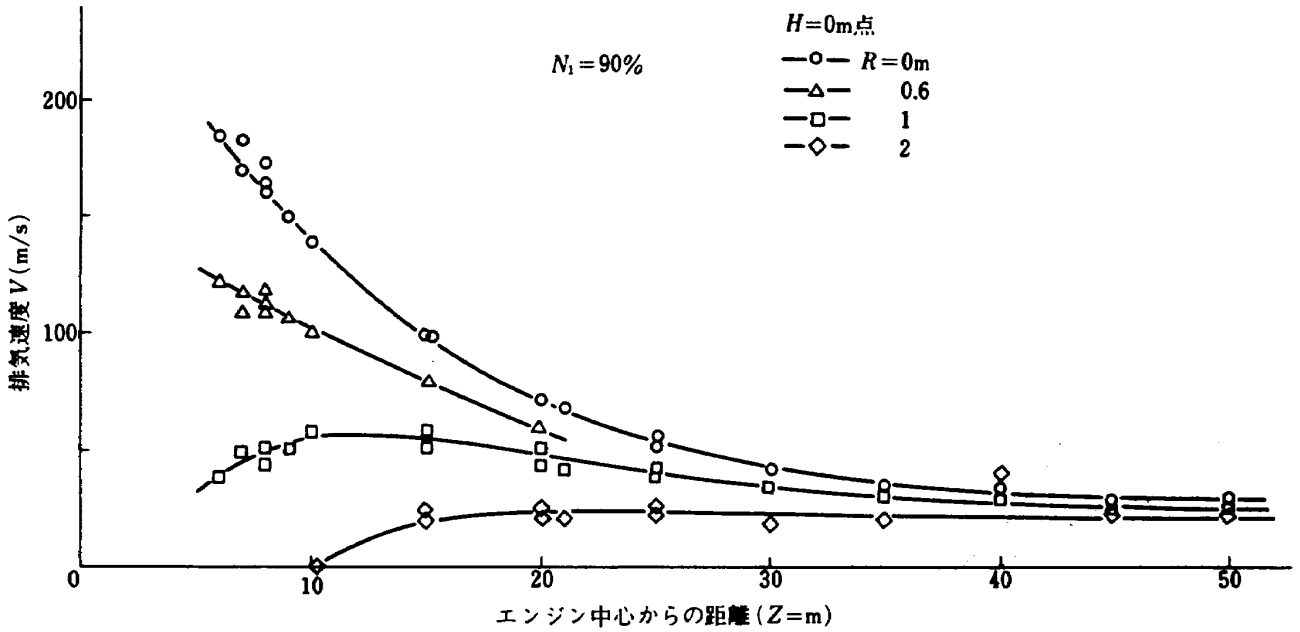


図 22 排気流速軸流方向分布

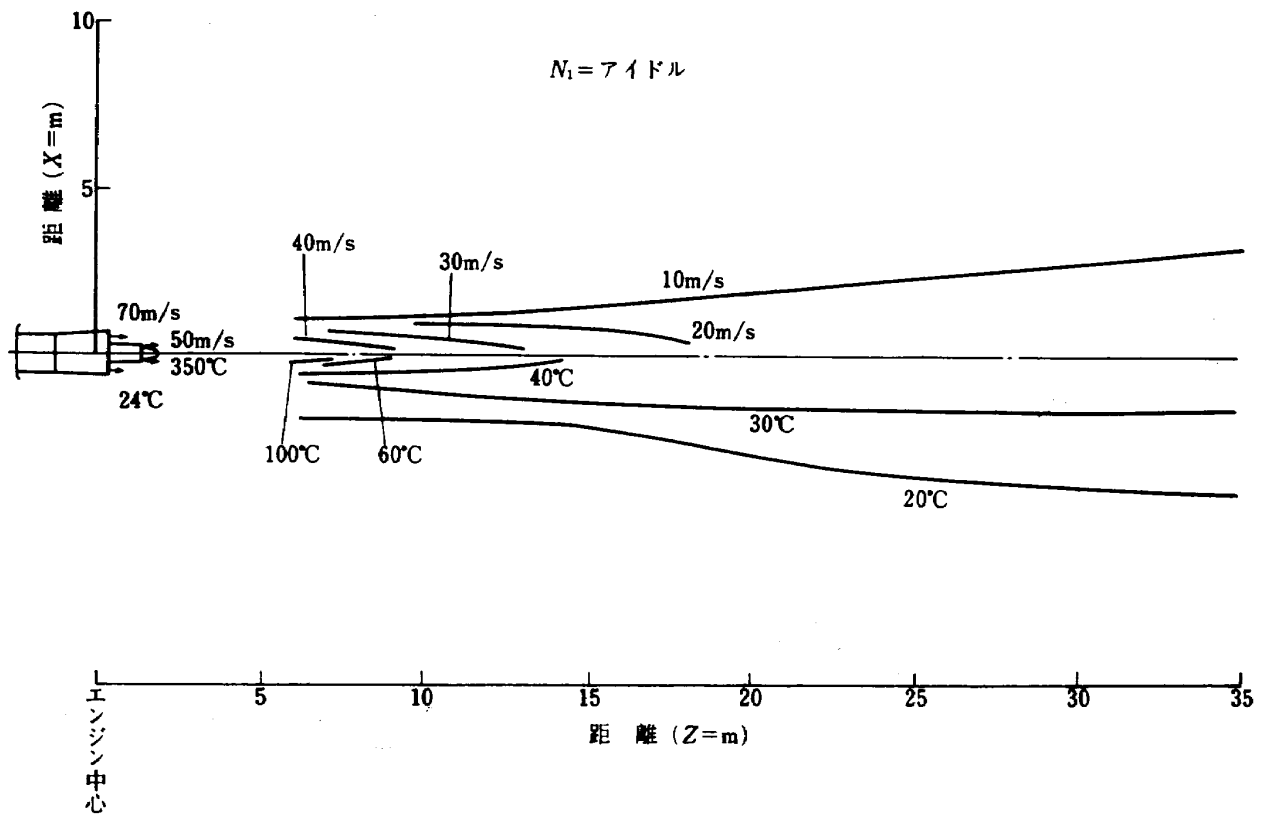


図 23 速度分布及び温度分布

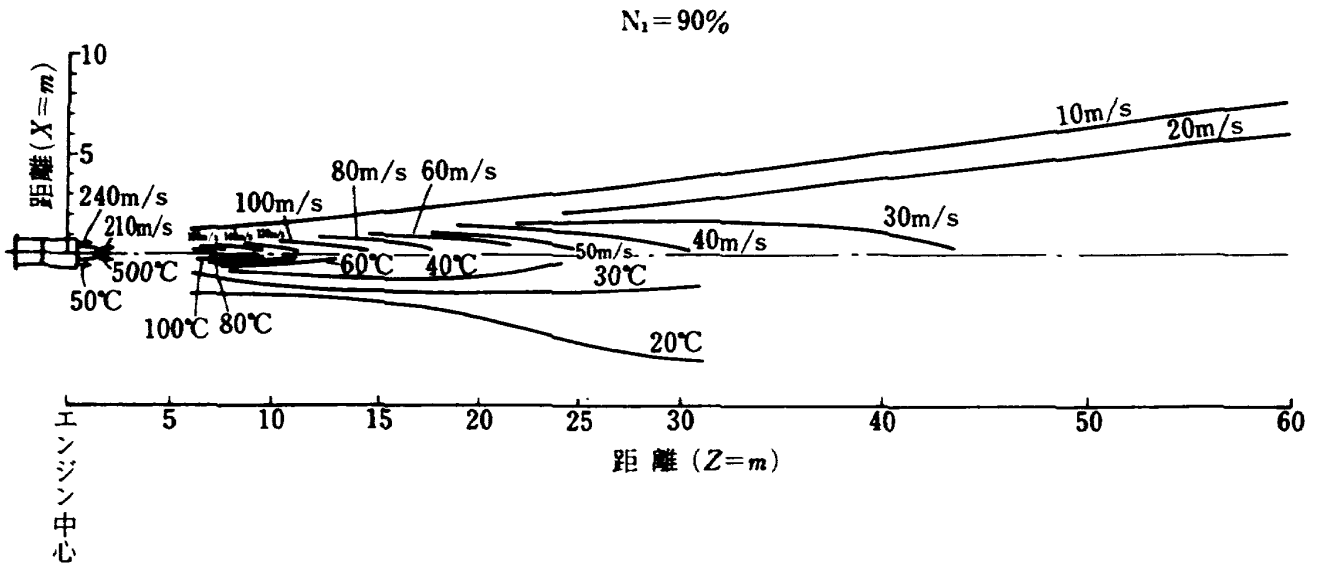


図 24 速度分布及び温度分布

ドル、90%時の速度コンタ及び温度コンタを示す。ここで温度はISO標準大気状態(15°C)に修正した値である。

以上の結果より、エンジン後流30mでは充分ミキシングされており、また排気の広がり角も非常に小さいことが判明した。

4. おわりに

以上の試験によりFJR710エンジンの排気流の状態を明確にすることが出来た。

尚、本試験にあたり以下の方々に御協力いただいた。

鳥崎航空機公害研究グループ総合研究官、
越沼技官、渡辺技官、武田技官、藤沢技官
石川島播磨重工業株式会社関係者一同。

文 献

- 1) 渡辺 実他；ファンエンジンFJR710/20の騒音測定試験(2) NAL TM-455 (1982/1)
- 2) 山香英三；ジェットエンジン排気ガス観測，測定結果ガスタービン学会誌(昭和53年12月)

航空宇宙技術研究所資料495号

昭和58年3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 株式会社三興印刷
東京都新宿区信濃町12三河ビル
