

スワール火炎における予混合燃焼と拡散燃焼の比較

鈴木和雄、五味光男、下平一雄、黒澤要治、山本武、吉田征二（航技研）

1. はじめに

本研究の目的は、ガスタービン燃焼器において、広い作動範囲で安定にかつ高燃焼効率を保持しつつ NO_x を低減することができる燃焼方法を確立することである。最も有力な燃焼方法として予混合希薄燃焼を検討しているが、高温高压化に伴う自己着火や逆火の問題、さらに安定作動範囲が狭いなど克服すべき点が多い。ここでは予混合をすることにより火炎構造がどのように変わるのかを調べるために、ガスタービン燃焼器で広く採用されているスワール流れを用いた火炎について、燃料ガスの供給方法を変えて予混合燃焼と拡散燃焼の2方式の火炎を形成し、燃焼時での流れ場と成分濃度分布とを計測してその火炎構造を比較した。この結果、 NO_x の生成、 HC の残留濃度分布などにおける予混合燃焼と拡散燃焼との相違、さらにこれらと燃焼器内部流れ場との関係が実験的に明らかになった。同時に、実機に近い燃焼流れ場へのPIVやPLIFなどの光学的計測法の適用にも成功し、火炎構造の実験的解明に有力な手法が得られた。

2. 研究の概略

試験装置は、図1に示すように2個のスワラ、十分な予混合が得られるように混合促進板を有する予混合管、光学計測を可能にするための4側壁が石英ガラスである燃焼室から成る。

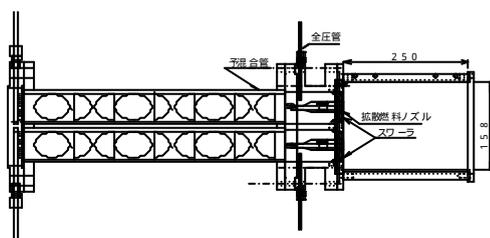
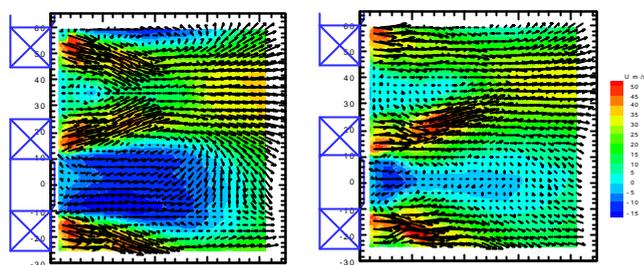


図1 試験装置

予混合燃焼にする場合には、予混合管の上流で燃料ガス（メタン）を噴射し、予混合管にて空気と十分混合させ、スワラから燃焼器内に流入させる。拡散燃焼の場合には、スワラの中心の細孔から燃料を噴射させ、スワラからは空気のみ供給される。

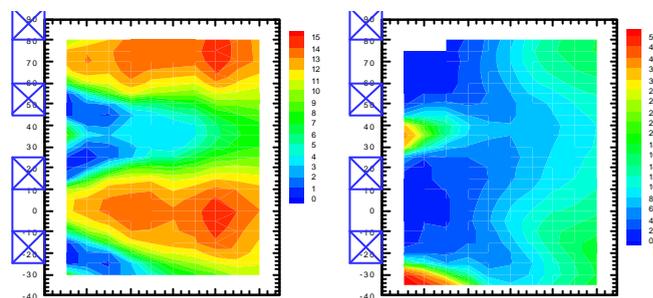
燃焼時における速度場の比較を図2に示す。スワールの中心を通る断面内での2次元速度場であるが、逆流領域の形成に顕著な違いがある。予混合燃焼の場合には、逆流速度も大きくかつ逆流領域も広い。高温既燃ガスの再循環がしっかりと行われている。



(a) 予混合燃焼 (b) 拡散燃焼

図2 燃焼時での速度場

図3に、両燃焼方式での NO_x 濃度分布を示す。明らかな特徴が表れている。予混合燃焼においては、スワラすぐ下流の再循環領域において NO_x 濃度が高くなるが、短い距離でその濃度は極大となり空間的に均等になりながら低くなる。これに対して拡散燃焼では、再循環領域では相対的には高くなく、その下流域で徐々に増加してゆく。しかしその絶対値は大きく、高い NO_x 生成が見られる。拡散燃焼では燃料と空気の燃焼器内



(a) 予混合燃焼 (b) 拡散燃焼

図3 NO_x 濃度分布

混合が不可欠で、再循環領域が火炎形成よりも可燃混合気の形成に使われて、その下流で燃焼領域となることが分かる。これは酸素消費分布にも明確に表れている。そのため燃焼器を長くすることが要求され、耐久面からも不利な点となる。また、耐久面から本来火炎を形成したくないスワラ間の空間に小さな火炎が形成される現象も観察される。

3. まとめ

このように、流れ場と成分濃度分布を実験的に計測し、相互に関連づけて解析することで、どんな流れを燃焼器内部に形成させ、燃料をどのように供給すれば低 NO_x で安定した燃焼が得られるかの基本的なデータが得られ、同時に燃焼器総合評価試験を併行させることで、実用化技術への展開を可能にする。

