

乱流燃焼騒音特性の計測と二次燃料噴射による乱流燃焼制御 Measurements and Controls of Turbulent Combustion Noise by Additional Fuel Injection

東京工業大学大学院 宮内, 店橋
航空宇宙技術研究所 崔
海上技術安全研究所 岸, 井亀, 平岡, 春海, 岡

1. はじめに

安定な超希薄燃焼を実現し, 高効率・低環境負荷燃焼器を開発するには, 希薄予混合燃焼の際に問題となる燃焼騒音や振動燃焼等を予測し, それらを制御することが重要となる. 本研究では, 東工大, 航技研及び海安研共同で, モデル燃焼器における乱流燃焼騒音特性の計測と二次燃料噴射による燃焼騒音及び燃焼振動の制御手法を確立することを目的としている. 前年度から継続して行っている直接数値計算による反応性乱流における音の発生機構に関する研究から, 化学反応に伴う発熱がある場合, Lighthill の音源項のエントロピー成分が支配的であり, Reynolds stress 成分と粘性成分の寄与は小さいことが明らかにされている. さらに, 主音源となるエントロピー項は発熱量変動と良く一致することが明らかにされている. このようなことから, 本研究では, モデル燃焼器における発熱量変動などを詳細に計測し, それらと乱流燃焼騒音との関連を明らかにすること, また二次元燃料噴射により発熱量変動を制御し, 乱流燃焼騒音及び振動燃焼を抑制することに重点をおいて研究を行う.

2. 乱流燃焼騒音特性の計測

海安研のモデル燃焼器において, 乱流燃焼騒音の基本特性の計測を行った. 計測の結果, 排気系の予測共鳴周波数とほぼ一致する周波数に音圧レベルのピークが現れており, 排気系との共鳴により燃焼騒音が発生していることを明らかにした. また, 当量比が 0.37 程度で音圧レベルがピークを示す周波数が 60Hz 付近の共鳴モードから 100Hz 付近の共鳴モードへと移行し, この変化が 5%程度の僅かな当量比変化で生じることを明らかにした.

本研究では, 上述のような燃焼騒音の制御を試みるが, その前に燃焼騒音を支配する要因を詳細に検討し, 各要因の特性を明らかにしておく必要がある. ここでは, 特に, 火炎上流における乱流特性について詳細に検討した. 従来, 海安研のモデル燃焼器では, 上流側での乱流特性を特に制御しておらず, 主流での乱流強度, 特に流れ方向速度成分の変動強度が極めて大きな値を有していた. この乱流強度と燃焼騒音との関係を明らかにするために, 上流部に格子幅の異なる整流格子を設置して実験を行った. 格子挿入による整流効果により, 主流の速度変動は未挿入時の 50%以下にまで低下し, これは格子幅には大きく依存しない. 図 1 は整流格子を挿入した場合の燃焼騒音と当量比の関

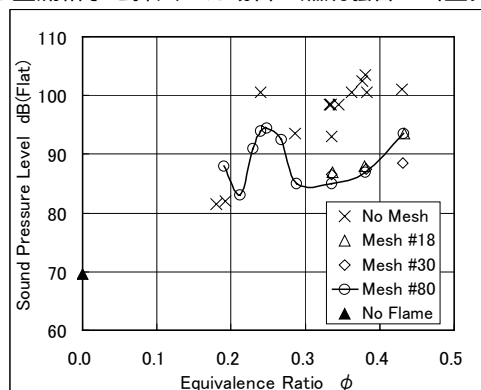


図 1 整流格子と燃焼騒音の関係

係を示している. 整流効果により, 最大で 15dB 程度音圧レベルが低下しており, 燃焼器内の流れの整流が全般的に燃焼騒音を低下させる方向に働くことがわかる. これは, 乱流変動の低下に伴い, 主音源のエントロピー項を支配する発熱量変動が低下したためであると考えられるが, その詳細を明らかにするには PLIF 等による火炎帯の詳細な計測が必要と考えられる. また, 整流効果により, 前述の当量比 0.37 程度で観察された当量比による共鳴モードの変化は生じない. しかし, 音圧レベルは未だ共鳴モードでピークを示しており, その制御が重要となる. さらに, 図 1 に示したように, 当量比 0.25 付近で音圧レベルが急激に上昇する. このような特異性を制御することも安定な希薄燃焼技術確立の上で重要となると考えられる. 今後は, 燃料をメタンに変更し, 高速応答制御弁などを用いた流量変動制御を行う予定である. この際, 燃料流量変動と圧力変動の関係を明らかにし, 燃料流量制御による振動燃焼制御の可能性を検討する.

3. 二次燃料噴射による乱流燃焼制御

東工大ではモデル燃焼器としてスワールバーナを作成し, 海安研のモデル燃焼器とともに, PLIF 等による熱発生率分布等の計測結果や直接数値計算結果に基づいて, 二次燃料噴射による乱流燃焼制御を行う. PLIF に関しては, 東工大, 航技研, 海安研, 東電大の 4 機関の共同で, 計測手法を確立するための基礎研究を行っている.

二次燃料噴射により乱流燃焼制御を行うには, 燃料噴射弁の特性を十分検討する必要がある. 図 2 は耐熱温度 60℃, 応答時間 1ms, 供給圧力 0.2MPa, 許容周波数 200Hz, 供給電圧 24VDC の電磁弁を使用した場合の噴射ノズル後流 20D (D: ノズル出口径) における速度変化を示している. この電磁弁を用いた場合, 80Hz までは, 流体制御弁として使用可能である. それ以上の駆動周波数では流体制御効果は失われることが明らかになった. 今後は, 供給電圧の大きな他の電磁弁の基本特性を明らかにするとともに, それらを作成中のスワールバーナに取り付け, 二次燃料噴射による乱流燃焼制御を行う予定である. また, PLIF/PIV による速度・CH 濃度など同時計測により, 二次燃料噴射と発熱量変動との関係を明らかにする.

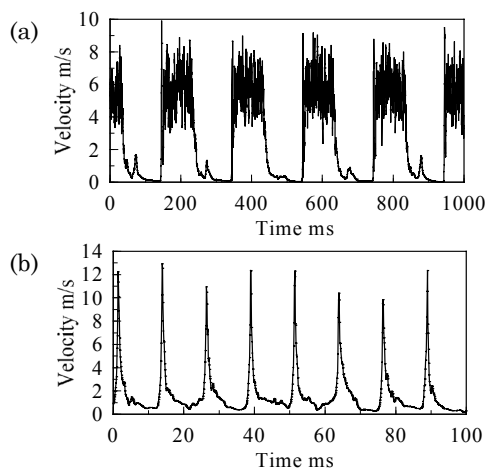


図 2 制御弁後流での速度変化((a): 5Hz, (b):80Hz)