

1. 緒言

マイクロガスタービン発電機は蓄電池に代わる小型軽量・高出力な電力供給源として期待されており、作業用ロボットのような従来の内燃機関の枠を超えた様々な用途に活用しようとする試みが広く行われている。小型化による問題点としては燃焼器の体積に対する表面積の相対的増加による熱損失の増加、燃焼器内の燃焼ガスの滞在時間の減少などによる火炎安定性の低下が挙げられる。火炎安定性の向上を図るために保炎器などを使用することが多い。保炎器は後流における速度の減少により吹き消えを抑制し、物体後方に生じる渦と再循環領域の作用により高温の燃焼ガスと未燃の循環ガスとの交換が絶えず行われることにより火炎は安定する。そこで本研究では小型燃焼器内に保炎器を設置した流れ数値シミュレーションを行い、再循環領域の形成に対する流速の影響を検討した。

2. 解析方法

本解析では、図1に示す小型燃焼器(幅10mm、高さ40mm)内の空気流れを対象とし、燃焼器底面のスリット(幅1mm)より空気が所定の流速 v_{in} で供給される保炎器は幅3mm、高さ1mmであり、空気供給スリットの上方の高さ2mmの位置に設置されている。本解析では2次元等温流れとし、燃焼反応を考慮していない。式(1)-(3)に解析に用いた基礎式を示す。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

境界条件として壁面また保炎器表面は non-slip 条件、燃焼器出口において Neumann 条件を与えた。式(2)、(3)の空間項の離散化には対流項に対してはベキ乗法、拡散項に対しては2次精度中心差分を、時間項の離散化にはオイラー陽解法を用いた。速度場と圧力場のカップリングには SIMPLE 法を用いた。

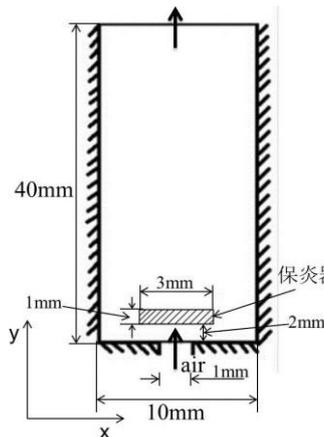


図1 解析対象

解析条件	
噴出速度 v_{in}	1.0~2.0 m/s
時間刻み幅 Δt	1×10^{-2} s
計算ステップ数	1×10^5 steps
x方向分割数	18
y方向分割数	69

3. 実験結果および考察

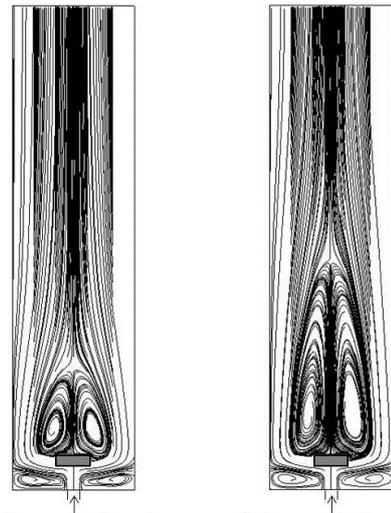
図2は流速1.0 m/sと2.0 m/sの場合における燃焼器内の流線図を表す。どちらも保炎器の後方に再循環領域が形成され、(a)と(b)を比較すると再循環領域の大きさが約2倍になっている。

図3に再循環領域長さと流速の関係を示す。流速が増加するにつれて再循環領域長さは大きくなる。

未燃混合気が再循環領域を通過する時間を τ_r 、未燃混合気の流速を U_r 、再循環領域の長さを L とすると式(4)で表すことができる。

$$U_r = L / \tau_r \quad (4)$$

式(4)より混合気の着火遅れ時間が τ_r より大きくなると火炎が吹き消えると考えられる。したがって、解析により得られた τ_r と未燃混合気の着火遅れ時間を比較することにより、火炎の安定性を予測できると考えられる。



(a) $v_{in}=1.0$ m/s (b) $v_{in}=2.0$ m/s

図2 各流速における燃焼器内の流線

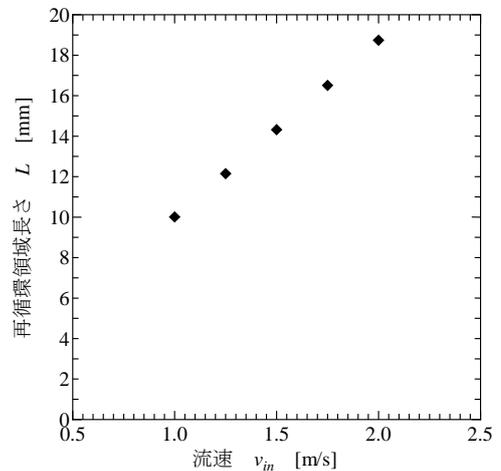


図3 各流速での再循環領域の長さ