

マイクロガスタービン排出ガスの 固体酸化物形燃料電池への適合性検討

環境材料科学研究室 07327485 石塚 五朗
指導教員 佐藤 一則

【緒言】

固体酸化物燃料電池(SOFC)の動作温度は約 600℃以上であり、メタンをはじめとする様々な燃料を用いることが出来るが、始動時の加熱や保温が必要である。一方、マイクロガスタービン(μGT)も様々な燃料を用いる事が出来るが発電効率が約 30%以下と低く、800℃前後の排出ガスと小型化に伴う未燃焼ガス成分の有効利用が課題となっている。μGT 排出ガスを SOFC 動作の熱源と、未燃焼物質を燃料として利用が可能であれば、発電用の新エネルギーとして効率良く活用できる。しかしこれまで μGT や μGT の燃焼器からの排出ガス温度と排出ガス成分の関係は明らかでなかった。そこで本研究では既存の 28 kW 級 μGT、および μGT 燃焼器のそれぞれについて、燃焼状態に応じた排出ガスの成分分析と排出ガス温度の測定を行い、この結果に基づいて、μGT 排出ガスの SOFC への適合性を検討した。

【実験方法】

始めに既存の μGT 排出ガス中の燃料残留成分を調べるため、都市ガス(13A)を燃料とする 28 kW 級 μGT (タクマ TCP30HG)の無負荷運転時に排気口から排出されたガスを採取し、四重極質量分析計(Quadrupole Mass Spectrometer(QMS), Extrel MAX300-LG Gas Analyzer)で排出ガスの成分分析と熱電対を用いて排出ガス温度の測定を行った。既存 28 kW 級 μGT の概略図を図 1 に示す。この μGT では熱交換器通過後のサンプリングのため、μGT 燃焼器再現装置を用いて直挿形空燃比計(HORIBA MEXA-730λ)と QMS により燃焼器出口(点火装置からの距離 265 mm)、試験部上部(同 570 mm)地点の 2 か所の排出ガス成分分析と、熱電対を用いて燃焼器出口、試験部入口(同 470 mm)、試験部上部、試験部(840 mm)の 4 か所の排出ガス温度測定を行った。μGT 燃焼器再現装置の概略図を図 2 に示す。μGT 燃焼器再現装置は圧縮空気を 15 g/s 一定で供給し、設定温度に応じて都市

ガスの流量を自動制御する。排出ガスは試料採取装置を製作しサンプリングを行った。

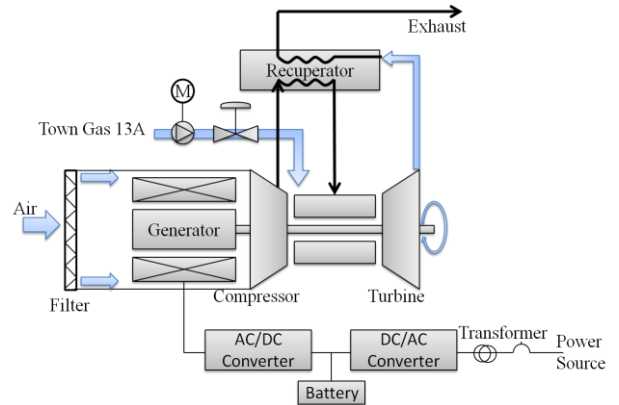


図 1 28 kW 級 μGT 概略図

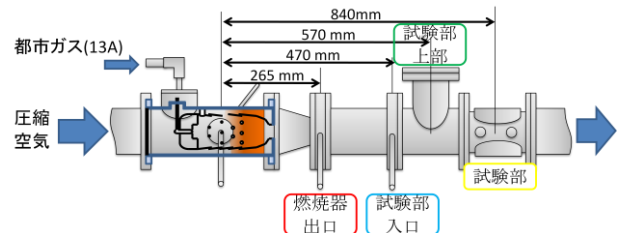


図 2 μGT 燃焼器再現装置概略図

【実験結果及び考察】

都市ガスは地域や時期で成分が異なり、明らかでないため、QMS を用いて本実験で用いた都市ガス組成を測定したところ、メタン、エタン、プロパン、窒素がそれぞれ 88.07、9.27、1.64、1.02 vol%であり、理論酸素濃度等の計算に用いた。

28 kW 級 μGT 排出ガスの熱交換器通過後の温度は約 110℃であった。未燃焼成分はメタンとエタンが合せて約 0.176 vol%であった。

測定を行った μGT 燃焼器再現装置の設定温度 600℃~1000℃での当量比φは 0.21~0.34 と希薄な燃焼であった。μGT 燃焼器再現装置からの排出ガス温度を測定したところ、どの設定温度でも設定温度箇所である試験部入口が最も高く、設定温度が高温になるにつれ、下流側の燃焼器出口温度との差が広がった

ことから、燃焼器出口後も燃焼が持続していると考えられる。 μ GT 燃焼器再現装置での直挿形空燃比計による排出ガスの酸素濃度測定結果を図 3 に示す。供給された都市ガスが完全燃焼したと仮定した際の酸素濃度を理論酸素濃度とする。燃料増加に伴う設定温度上昇により酸素濃度は減少し、理論酸素濃度よりも高い酸素濃度が測定された。これにより燃料成分の一部が完全燃焼していない事が示された。QMS による排出ガス成分分析結果でも燃焼器出口、試験部上部共に、酸素濃度が空燃比計による結果と一致し、設定温度上昇につれて水蒸気と二酸化炭素は増加した。未燃焼ガス成分のメタンが含まれており、高温になるにつれてその存在量が減少した。これらのことから、設定温度が低温であるほど未燃焼成分が存在し、燃焼器出口後も燃焼が持続していると考えられる。

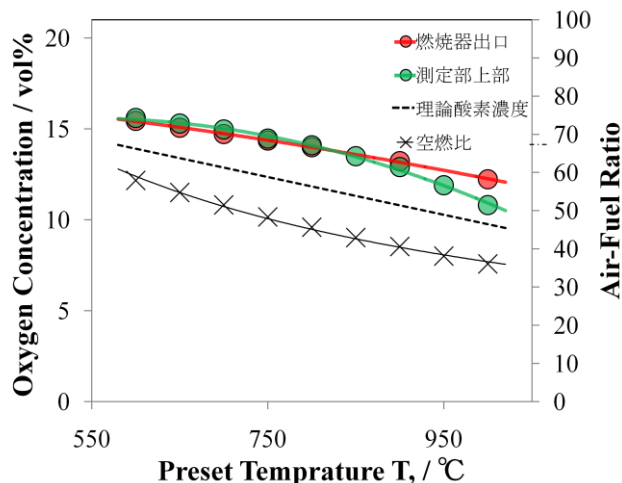


図 3 μ GT 燃焼器再現装置 酸素濃度測定結果

設定温度が低温であるほど未燃焼ガス成分が多く、希薄燃焼のため酸素は十分に供給されていることから酸素不足による不完全燃焼は考えられないにも関わらず、未燃焼成分が存在している理由として次の様に考察した。 μ GT 燃焼器の概略図を図 4 に示す。1つは燃焼器内の壁面近傍の薄い層に残存していると考えられ、次に火炎の壁面衝突による消炎が考えられる。また、燃焼器内における燃焼ガス成分の滞在時間減少により、燃焼反応が完了する前に希積領域での大量の空気投入により、消炎したと考えられる。これらが組み合わさり、不完全燃焼でなく、未燃焼成分が存在していると考えられる。

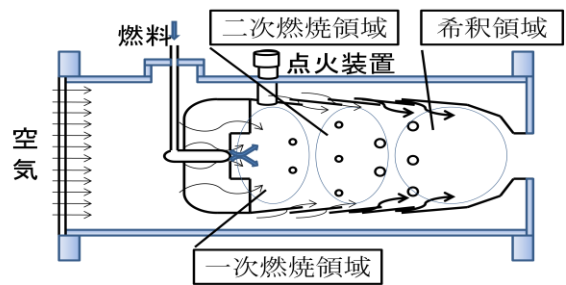


図 4 μ GT 燃焼器概略図

【結論】

μ GT 燃焼器の燃焼設定温度が低い程、未燃焼燃料成分が存在し、燃焼器出口後も燃焼が持続している。 μ GT 燃焼器内での火炎の壁面衝突や燃焼領域滞在時間減少に伴う消炎効果により、希薄燃焼状態でも未燃焼成分が発生すると考察した。都市ガス 13A を燃料として使用した μ GT の燃焼状態に応じた排出ガス成分と温度の関係を明らかにし、SOFC 動作に必要な条件検討を行った。

【参考文献】

日本機械学会 編、“燃焼の設計-理論と実際-”、オーム社、(1990)。