

多物理シミュレーションによる燃料型TPV発電装置の設計

Design of fuel-type thermo-photovoltaic power generator by multi-physics simulation

NEC IoTデバイス研 ○角野雅芳, 渋谷明信, 眞子隆志

NEC Corporation. ○M. Sumino, A. Shibuya, T. Manako

E-mail: m-sumino@bq.jp.nec.com

はじめに 燃料型熱光起電力 (F-TPV) 発電は、静音性、可搬性、燃料多様性に優れている。希土類元素を含むセラミックは、高い熱安定性と熱放射の波長選択性により、F-TPV に適したエミッタ材料である。しかし焼結体セラミックの熱伝導率が数 W/mK と低いために、エミッタの温度分布は火炎形状を反映し、不均一になりやすい。出力と効率を向上させることを目的に、火炎により加熱されたエミッタの温度分布を高温かつ均一にする装置設計を行った。

装置構造 図1に計算に用いた F-TPV の構造 (回転対称モデル) と温度分布を示す。直径 5mm のガス管に流速 76m/s で導入されたシingas (CO : H₂ : N₂=0.4 : 0.3 : 0.3mol) は、管内で乱流化し、周囲の燃焼用空気 (0.9m/s) と混ざり、長さ 53cm、外径 7cm の管状エミッタの内部で燃焼し火炎を形成する。ガス管内の流れには $k-\omega$ 乱流モデル、燃焼には総括反応モデル (化学種 6 種) と渦散逸モデルを用いた。PV 背面の熱伝達係数を 90W/m²K に仮定し、エミッタと PV 素子間の相互放射強度は多波長帯のラジオシティ方程式を解いて求めた。図2に示すように Er 添加セラミックエミッタの熱放射スペクトルは、放射率 0.05 の灰色体放射を含むと仮定した。有限要素法シミュレータ COMSOL5.2 を用い、流体、化学反応、伝熱、放射の連成計算を行った。

計算結果 ガス管、エミッタ、石英管、支持体などの配置と構造を最適化し、完全燃焼させた。石英管により排ガスがエミッタを保温するため、比較的均一な 1200°C~1300°C のエミッタ温度が得られた。図3に PV 表面での放射強度分布を示す。比較的均一な 0.38~0.54W/cm² の有効放射強度を得た。PV 素子温度は

57°C~66°C、出力は 722W (@ PV 変換効率 47%)、加熱効率を除外した発電効率は 25.1% であった。この燃焼解析はアンモニア等の新燃料 TPV 装置の設計にも適用できる。

Fig.1 F-TPV structure and temperature distribution

Fig.2 Supposed emission spectrum of Er doped ceramic emitter、Fig.3 Calculated radiation distribution on PV

