

熱電変換の多様な活用に向けて

東京海洋大学 藤田 稔彦 Toshihiko FUJITA

Key Words: 熱電発電, 熱電冷却, コージェネレーション, エネルギーシミュレーション

はじめに

「高効率熱電変換システムの開発」プロジェクトでは、熱電変換モジュールおよびその応用システムについて当初の開発目標を達成しつつある。これを踏まえ、熱電変換システムをさらに広く普及させるためには、この技術の特徴を活かせるシステムや装置等を調査・検討し、適用の条件と効果を明らかにしておくことが重要である。

そこで、まず熱電変換システムについて、すでに実用化されているものから基礎研究の段階のものまで広範な事例調査を行ったので、その概要を紹介する。次に、熱電変換システムの適用先として特に有望視されているコージェネレーションシステム (CGS) について、熱電変換モジュール適用に関するエネルギーシミュレーションを行い、その適用効果などを検討したので、その概要を紹介する。

熱電変換システムの事例調査

(1) 熱電変換システム応用製品

熱電変換システムは、ゼーベック効果を利用した熱電発電とペルチエ効果を利用した熱電冷却の二つに大別される。本プロジェクトは前者を対象とした技術開発であるが、両者は原理的には表裏一体であり、技術開発課題も共通が多いので、両者を対象として調査を行った。表1に熱電発電および熱電冷却の製品その他の一覧を示す。

熱電冷却については様々な分野で多様な製品が実用化されている。これは、小型・軽量、騒音・振動なし、局所冷却・加熱が容易、応答性がよく精密制御が可能であるなど、その特徴を活かし市場ニーズに応えてきた結果といえる。

一方、熱電発電は太陽光のない宇宙用電源、僻地用の無保守電源として実績があるが、その他は民生用、運輸用、産業用ともに開発・試作または基礎研究段階のものが多く、実用化されているものはまだ少ない。

(2) 熱電発電の普及のために

熱電発電には従来の発電方式に対して次の利点があり、今後、本プロジェクトの成果である高効率熱電変換モジュールが市場に出ることにより、熱電冷却と同様に適用事例が増えていくと期待される。

小型の発電システムを構成でき、小規模高温の排熱を有効利用できる。

比較的低温の排熱でもそれなりの発電が可能で、電力として有効利用できる。

微小な電力ニーズに対して、適当な熱源があれば、電池に代わる電源となる可能性がある。

表1 熱電発電 / 熱電冷却の実用化の現状

熱電発電	崩壊熱など	惑星間探査機用電源 (RTGなど)
	燃焼熱	無線中継基地局電源
		パイプライン腐食防止用電源
		被災地緊急電源
		軍用可搬型電源
		モスキートマグネット (LPガス利用)
		ミニチュア発電器 (ろうそくラジオ)
		モバイル機器用マイクロジェネレータ
	燃焼排熱	大型トラックDE排ガス発電
		大型高速バスDE排ガス発電
		コージェネレーションDE排ガス発電
		小型廃棄物焼却炉煙道発電
		室内空気循環装置 (煙突利用)
	機器排熱	工業炉 (抵抗加熱式など) 排熱発電
		変圧器熱回収発電
プロジェクト熱回収発電		
コードレスファンヒータ		
体温	風呂釜温度制御装置	
	熱電腕時計	
その他	心臓ペースメーカ用電源	
	赤外線センサ	
熱電冷却	光エレクトロニクス	水素センサ
		光通信用半導体レーザ冷却
	電子デバイス	赤外線センサ冷却
		カロリメータ (レーザーパワー測定)
		コンピュータCPU冷却
		CCD冷却
	半導体製造プロセス	小型キャビネットクーラ
		ウエハ冷却用プレート
		循環水恒温装置
		薬液恒温装置
		電子恒温槽
		恒温湿エア供給装置
	理化学機器	熱電子ラ
		0 基準温度装置 (熱電対冷接点)
		除湿器
		恒温水循環装置
		冷却保管庫
		電子氷温インキュベータ
		培養器, 血液分析器, ヘモグロビン分析器
		露点計
		水蒸気濃度センサ
		熱伝導率測定センサ
	医療機器	医療用冷却パッド
		能動カテーテル (形状記憶合金と組合せ)
		人工心筋 (熱電運動素子)
	超伝導	高温超伝導体冷却
		電流リード
冷蔵・温蔵	小型冷蔵庫	
	可搬クーラ	
	食品保管庫 (ワインセラーなど)	
	厨房製品	
空調その他	恒温水循環装置	
	自動車用温度調節シート	
	快眠カプセル	
		ペルチエ式空気清浄機

注) 段階: 製品・実用化, 開発・試作, 基礎研究

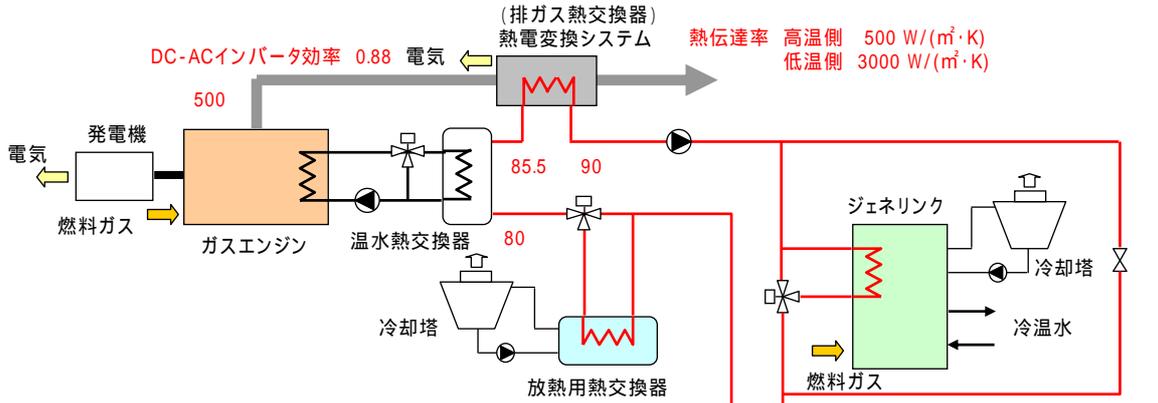


図1 検討対象システムの構成

コージェネレーションへの適用検討

近年、小規模分散電源の導入が産業・民生分野で進められており、今後拡大していくと予想される。この小規模分散電源では排熱の有効利用のためにCGSの形態をとる場合が多いが、その排熱のさらなる有効利用のために熱電変換技術の活用が期待される。以下に熱電変換モジュールを適用したCGSのエネルギーシミュレーションによる検討結果を紹介する。

(1) 熱電変換モジュールの特性

熱電変換材料の特性、熱電変換素子の形状・寸法、その他の構成要素の条件を仮定して、熱電変換モジュールの特性を推定した。この特性式により、高温側流体温度を200~650、低温側流体温度を30~90の範囲で与えた場合の熱電変換効率、発電量などを計算する。

(2) 適用対象システム

熱電変換システム(TEG)を組み込んだガスエンジンCGSの構成を図1に示す。

(3) 対象建物

年間を通じて給湯負荷のある病院と、ほとんど給湯負荷のない事務所の場合について検討した。

(4) シミュレーション結果

年間発電量などの計算結果

図2に事務所および病院における買電量、CGS発電量、TEG発電量、一次エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の計算結果を示す。CGSによる発電量の3.0%程度の電力をTEGにより増加できることが分かった。

モジュール個数の影響

熱電変換モジュールの個数(伝熱面積)と発電量および排ガス出口温度の計算例を図3に示す。

その他の検討結果

熱電変換システムの熱交換器部分と流体間の熱伝達率の改善が発電量に非常に大きく影響することを確認した。また、ガスエンジンの排ガス温度が500から550になった場合、発電量が約25%増える結果が得られた。

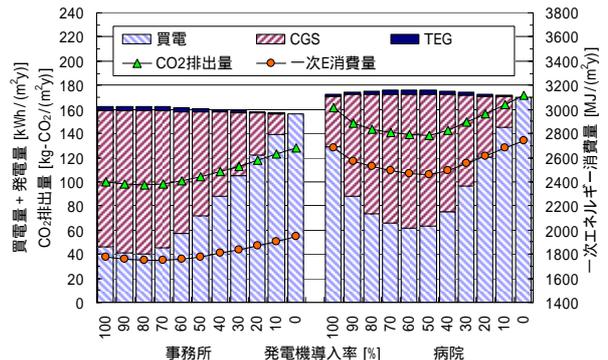


図2 年間、単位床面積あたりの発電量、一次エネルギー消費量およびCO₂排出量の計算結果

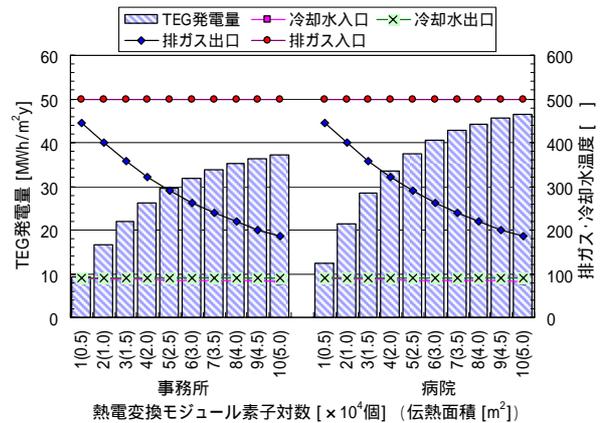


図3 熱電変換モジュールの個数の影響

参考文献: 藤田ほか, 熱電変換モジュールのコージェネレーションへの適用, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, 2005, pp.2021~2024.