

600 級熱源用カスケード型熱電発電 モジュールの開発

背景

熱電発電は、熱エネルギーから電気エネルギーへ直接変換が可能であることから、未利用熱エネルギーを有効活用できる技術として注目されている。当研究所では、工業炉、コジェネレーション機器などの600 級排熱用の鉛・テルル系(Pb-Te 系)素子(高温段)とビスマス・テルル系(Bi-Te 系)素子(低温段)を2段に積層したカスケード型熱電発電モジュールの開発を進めている。これまでに、カスケード型熱電発電モジュールに使用する素子の高効率化を図るとともに、モジュールを作製するための接合技術を開発した⁽¹⁾。今後、カスケード型熱電発電モジュールの実用化に向けて、同モジュールの発電特性(変換効率と出力密度)の評価や長期の電氣的・熱的安定性の確保が重要となる。

目的

熱電性能の向上を図るとともに実用的機械強度に留意したPb-Te 素子とBi-Te 系素子ならびに、当該素子を熱的に2段に積層したカスケード型熱電発電モジュールを開発する。

主な成果

開発したカスケード型熱電発電モジュールおよび当該モジュールを適用した熱電発電システム概念図を図1に示す。

1. モジュール用素子の開発

(1) 高温段用 Pb-Te 系素子

鉄などの金属粉の添加や仮焼など⁽²⁾によりモジュールとして必要な実用的機械強度を得るとともに、想定する温度領域である高温側500、低温側250において、無次元性能指数⁽³⁾の平均値として、p型0.33、n型0.56を得た⁽⁴⁾。

(2) 低温段用 Bi-Te 系素子

熱電性能の向上方策としてPbTeなどの化合物を添加する手法⁽¹⁾等を適用し、想定する温度領域である高温側250、低温側50において、無次元性能指数の平均値として、p型0.67、n型0.61を得た⁽⁴⁾。

2. モジュールの開発

上記素子をAg-Cu-In系低融点銀ろうなどによるモジュール接合の基礎技術⁽¹⁾を適用し、カスケード型熱電発電モジュールを開発した(図1)。当該モジュールのモジュール変換効率は熱源間温度差にほぼ比例して上昇後、飽和する傾向を示し、出力密度は熱源間温度差の2乗にほぼ比例して増加する傾向を示した(図2)また、熱源間温度差500において、モジュール変換効率として6%程度(出力密度:2kW/m²程度)が得られ、実適用されたモジュール⁽⁵⁾と比べて本研究により開発したモジュールは、同等レベル以上の性能を有している。

今後の展開

カスケード型熱電発電モジュールの電氣的・熱的安定性および熱電発電システムの経済性についての評価を行う。

- (1) 電力中央研究所研究報告 W02020 など、金属学会誌 66 [10], pp. 1063-1065(2002)
- (2) 特許出願予定

$$(3) \text{無次元性能指数}(ZT) = \frac{(\text{ゼーベック係数})^2}{(\text{電気抵抗率}) \times (\text{熱伝導率})} \times (\text{絶対温度})$$

- (4) モジュール用素子の素子変換効率：Bi-Te 系素子 5.7%相当、Pb-Te 系素子 3.4%相当
- (5) アメリカ(JPL)などにおいて人工衛星電源等用のモジュール変換効率は、3～6%程度。

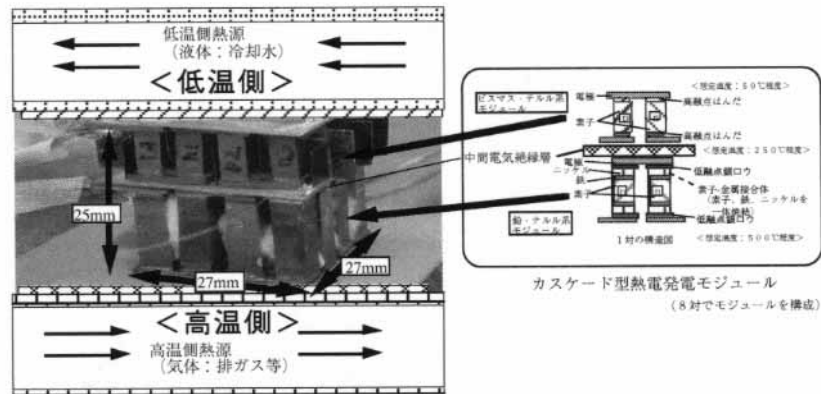


図1 カスケード型熱電発電モジュールと当該モジュールを適用した熱電発電システムの概念図

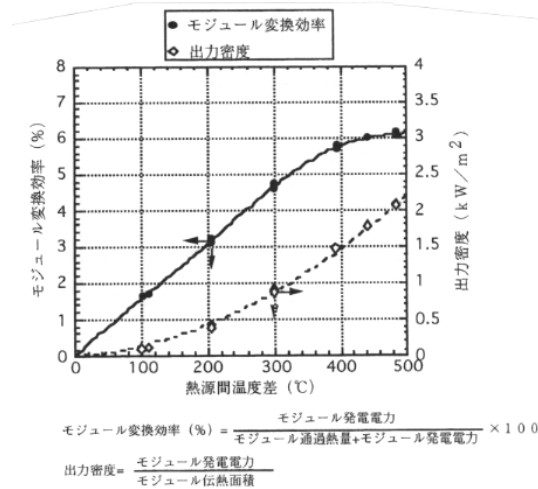


図2 カスケード型モジュールの発電特性

研究報告 W03022	キーワード：カスケード型モジュール、熱電発電、排熱利用、ビスマス・テルル、鉛、テルル
関連研究報告書	1. カスケード型熱電発電モジュール構築のための基礎検討、研究報告：W99004（平成11年11月） 2. カスケード型熱電発電モジュール接合技術の開発、研究報告：W02020（平成15年6月）
担当者	堀 康彦（横須賀研究所・エネルギー材料部）
連絡先	（財）電力中央研究所 横須賀研究所 事務部 研究管理担当 Tel. 046-856-2121(代) E-mail: yo-rr-ml@criepi.denken.or.jp

[非売品・不許複製] c 財団法人電力中央研究所