

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 高効率熱電変換材料・システムの開発
2. 研究代表者： 河本 邦仁(名古屋大学 大学院工学研究科 教授)
3. 研究概要

本研究では、未利用エネルギーである廃熱を直接電気に変換することによりエネルギー利用効率を飛躍的に高め、化石燃料への依存度を低減することによって二酸化炭素排出削減に貢献するため、

- ①資源豊富で安価・無害・無毒な新しい高効率熱電変換材料の開発
- ②熱電モジュール・システムの設計・開発

の2つの研究項目を4つの共同グループで実施している。研究項目①では、酸化物系材料を用いた  $\text{SrTiO}_3$  (以下  $\text{STO}$  と略記) 系量子ナノ構造材料、硫化物系を用いた  $\text{TiS}_2$  系ミスフィット層状化合物、シリコン系材料を用いた  $\text{Si}$  クラストレートとシリサイド材料の高効率熱電変換材料の開発を進めている。研究項目②では、工業排熱及び太陽熱エネルギー利用発電システム、太陽光・熱エネルギー同時変換デバイス、熱流体解析に基づく太陽熱利用発電システムの設計開発を行い、熱電変換材料を廃熱回収・電力変換へ応用する道筋をつける。

### 4. 中間評価結果

#### 4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

熱電変換材料の開発では、大気中・中温領域 ( $\sim 600^\circ\text{C}$ ) で酸化されず安定な新規材料の候補として  $\text{Mn-Si-Al}$  系シリサイド化合物を見出し、今後の研究に新たな展開を提案している。また、結晶粒界を  $\text{Nb}$  ドープした2次元電子ガス層からなる  $\text{STO}$  系三次元超格子の提案を行っており、熱電性能の計算シミュレーションにより  $ZT$  が最高で 1.0 を超える可能性を明らかにしている。熱電モジュール・システムの設計・開発では、熱電素子を色素増感型太陽電池と組み合わせた新規ハイブリットシステムを試作してエネルギー変換効率 13.8% を検証し、熱電素子を使用した新たなシステム構成を提案している。また、学術的成果として、原著論文発表 41 件、口頭発表 72 件、招待講演 69 件と多数の成果が挙げられており、特許出願においても国内 3 件、海外 1 件と健闘している。

しかしながら、高効率熱電変換材料の開発では当初計画に対してやや遅れが見られる。特に、 $\text{STO}$  系三次元超格子の合成に関しては各種プロセスを検討中の段階であり、プロセス構築に目処が立っていない。また、熱電素子と色素増感型太陽電池とを組み合わせた新規ハイブリットシステムは、他の発電システム、例えば、よりシンプルなシステム構成で効率 20% を有するシリコン太陽電池と比較して、エネルギー効率とコストにおいてどのようなメリットがあるのか、今後どのような方向性でこのシステムの開発を進めていくのか、明確な研究戦略が提示されていないように思われる。

#### 4-2. 今後の研究に向けて

これまでの研究では、熱電変換材料よりも熱電モジュール・システムの設計・開発、つまり実用化展開を強く意識しすぎた内容となっているが、本研究課題の根幹は、あくまでも高効率熱電変換材料の開発にあることを忘れないでいただきたい。 $\text{STO}$  系三次元超格子の熱電素子の実証は本研究課題の中で非常に技術難易度が高いテーマであるが、熱電素子特性が試作・実証されれば、非常にインパクトの大きな研究成果となる。今後のブレークスルーを期待している。また、 $\text{TiS}_2$  系材料を用いたインターカレーション自然超格子材料の開発、 $\text{Mn-Si-Al}$  シリサイド材料開発等においては、今後も着実な研究推進により世界最高性能を有する熱電変換

素子をいち早く実現していただきたい。熱電素子と色素増感型太陽電池とを組み合わせた新規ハイブリッドシステムについては、今後の研究の具体的な方向性を提示していただきたい。

また、現在推進中の研究テーマの数が少し多いように見受けられる。研究期間後半では、研究進捗の様子を見ながら随時、テーマの絞り込みを行うべきである。テーマの絞り込みに当たっては、低温領域(～300℃)で動作する熱電変換素子の研究も加速いただくよう留意いただきたい。

#### 4-3. 総合的評価

石炭・石油・天然ガスなどの1次供給エネルギーの約2/3を未利用エネルギーである廃熱として分散された形で逃してしまっている現状で、固体デバイスを用いた熱電変換技術で廃熱を回収することによってエネルギー利用効率を可能な限り高めることが必須となっている。このような状況の中、研究代表者は戦略目標達成に貢献すべく、研究計画に従っておおむね順調に研究を推進させていると評価される。研究代表者が本分野の第一人者としてこの研究分野をリードする研究を進めることを期待している。