
高性能かつ高効率な熱電気変換材料の開発

研究代表者 理工学研究部（理学） 石川義和, 水島俊雄

(1) プロジェクトの背景・目的

希土類金属を含む強相関電子系物質は、フェルミ面近傍に状態密度の高い状態が形成されることが一つの大きな特徴である。このことにより新しい異常物性が発現し、熱電気現象に関しては、熱起電力が異常に大きいことが注目されている。

高効率な熱電気変換材料は、熱起電力が大きいだけでなく、電気伝導率が大きく、かつ熱伝導率が小さなことが条件である。従来の熱電気変換材料は電気伝導率の小さな半導体を中心に研究されてきたのに対し、強相関電子系物質は金属であることから電気伝導率が大きく高効率な熱電気変換材料の開発が期待できる。

我々は、特に種々の強相関電子系物質の中で巨大熱起電力を有する物質の探索を行い、低温ないし極低温で作動する新奇な省エネルギーデバイスの開発を行うことを目的として研究・開発を行ってきた。

(2) 研究成果

我々は希土類金属の中で、特に、クラマース2重項が原因であるとする巨大熱電能に注目し、種々の多くのセリウム金属間化合物の物質の熱電能を調査した。また、同様にフェルミ面近傍に状態密度の高い状態が形成されていると予想されているユーロピウムの化合物およびイッテリビウムの化合物についても多くの熱電能、比熱、電気抵抗等の測定を行った。その結果、低温で有効なデバイスとして、セリウムを含む金属間化合物とイッテリビウムを含む金属間化合物の対形成をしたデバイスが有効であることを見出した。我々の注目したセリウム金属間化合物は、低温で、正の巨大熱電能を有したイッテリビウム金属間化合物は負の巨大熱電能を有している。これらのなかであるイッテリビウム化合物は、実は、結晶学的にはかなり不完全であるにもかかわらず巨大な熱電特性を持つことを見出している。

本年度は、最近注目されているプラセオジウム化合物の熱電特性についても調査した。特に立方晶の結晶構造を有する一部のプラセオジウム化合物にフェルミ面近傍に状態密度の高い状態が形成されるとする研究がある。もしこれらが本当であれば熱電能にも反映して巨大熱電能が期待される。注目されている化合物も含めて2元ないし3元のプラセオジウム化合物の低温での熱電特性を調査した結果、今のところプラセオジウム化合物では熱電デバイスとして有効な化合物は見出されなかった。プラセオジウム化合物に関しては、フェルミ面近傍の問題が学会のトピックスになっているが、未だ基礎的研究段階のようである。

セリウムとイッテリビウムの対形成に関しては、デバイスの開発は試作段階でありまだ技術移転・企業化には至っていないが、学術的な成果は次項に示すように得られている。

(3) プロジェクト成果（特許，起業，技術移転等）

[特許出願]

なし

[論文発表]

1. Origin of weak ferromagnetism in $\text{Yb}_x\text{Fe}_4\text{Sb}_{12}$, relationship between weak ferromagnetism and filling ratio x , Tsuyoshi Ikeno, Akihiro Mitsuda, Toshio Mizushima, Tomohiko Kuwai, Yosikazu Isikawa, and Ichiro Tamura, J. Phys. Soc. Jpn. 76 (No. 2) (2007) 024708-1-7.
2. Universal Scaling in the Dynamical Conductivity of Heavy Fermion Ce and Yb Compounds, Hidekazu Okamura, Tatsuya Watanabe, Masaharu Matsunami, Tomohisa Nishihara, Naohito Tsujii, Takao Ebihara, Hitoshi Sugawara, Hideyuki Sato, Yoshichika Onuki, Yosikazu Isikawa, Toshiro Takabatake, and Takao Nanba, J. Phys. Soc. Jpn. 76 (No. 2) (2007) 023703-1-5.
3. Relationship between Quadrupole Splitting and Filling Ratio x in $\text{Yb}_x\text{Fe}_4\text{Sb}_{12}$, Ichiro Tamura, Tsuyoshi Ikeno, Toshio Mizushima, Yosikazu Isikawa, J. Phys. Soc. Jpn. 76 (No. 6) (2007) 065004-1-2.
4. Non-enhancement of thermoelectric-power coefficient of PrInAg_2 at low temperatures, Y. Isikawa, T. Ikeno, T. Sugihara, T. Kinoshita, T. Kuwai, T. Mizushima, J. Magn. Mater. 310 (2007) 289-291.
5. Possibility of Kondo effect in diluted EuPd_2Si_2 systems with constant lattice volume, T. Kuwai, H. Suzuki, T. Saitoh, T. Nambu, A. Mitsuda, T. Mizushima, Y. Isikawa, J. Magn. Mater. 310 (2007) e68-e70.
6. その他、平成19年度7編

(4)プロジェクト成果の応用・効果・構想（起業計画，市場での応用・効果，特許化構想）

本年度は特許、企業、技術移転に結びつく新しい成果がなかったが、現在調査している低温で作動するデバイスの有効性は確かであり特許化が可能であると考えている。更に、今までの経験をふまえた低温または極低温での熱電能測定技術や対作成されたデバイスとしての特性測定の方法に関しても、新しい特許が可能であると考えている。

(5)利用施設

- 極限環境先進材料評価システム、利用内容は極低温、強磁場下での電氣的・熱的材料評価、利用頻度は約14日/月
- 高出力・高分解能X線回折システム、粉末回折総合解析装置部、利用内容はCu-K α X線粉末回折による構造解析、利用頻度は約5日/月