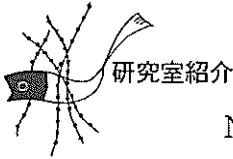


大阪大学大学院工学研究科原子力工学専攻核燃料工学領域



研究室紹介

山中伸介*

Nuclear fuel region, Department of Nuclear Engineering,
Graduate School of Engineering, Osaka University

Key Words : 熱電変換, 水素エネルギー, 量子エネルギー, ナノテクノロジー
Thermoelectric Conversion Materials, Hydrogen energy,
Quantum energy, nanotechnology

1. はじめに

私たちの研究室は、1957年に大学院が、その後1962年に学科が創設された原子力工学専攻に属している。原子力工学専攻は、原子炉工学領域、原子核機器学領域、原子炉物理領域からなる核エネルギー工学講座と原子核化学工学領域、原子炉材料学領域、核燃料工学領域からなる原子力材料工学講座の2つの講座からなる。発足依頼原子力産業の発展とともに、核分裂炉、核融合炉、放射線利用等原子力の平和利用を目的とした様々な分野での多彩な研究を行い多くの人材を養成してきた。またその他の学問分野との連携や広い学際性より原子力以外の様々な分野へ優秀な人材を排出し、国や地方自治体を始め民間企業とも連携し、積極的な社会貢献・産学連携を図ってきた。さらにその専門性から学内での核燃料物質の管理や国や自治体への技術アドバイザーとしての役割も果たしてきた。しかし、最近では原子力産業に対する不信感と原子力技術の就実とにより、志願学生の減少、原子力関連企業への就職率の低下などの現象を生じてきている。このような状況を鑑み、既存の学問の枠を越えて具体的なターゲットを環境の保全、経済の発展、エネルギーの確保にすえた問題解決型学問領域の創生するため、平成15年度から

は、学部学科目名称をエネルギー量子工学科目に改め、これまで培ってきた原子力工学の技術をバックグラウンドに、エネルギー・環境・バイオをキーワードにして研究の裾野を広げようとしている。またそれに前後して平成14年度から原子力工学専攻は本学産業科学研究所と連携し、21世紀COEプログラム「新産業創造指向インターナノサイエンス」にも参画、新たにナノテクノロジーに関する研究教育両面からさらなる展開を図ろうとしている。

本研究室の現在の体制は宇埜正美助教授、黒崎件助手、牟田浩明助手、寺柚和子事務補佐員、千賀正敏事務補佐員および学生(博士6名、修士11名、学部4名)である。5月からは新たに三浦彩美COE特任教員、小菅厚子COE特任教員が加わった。

2. 研究概要

当研究室では、上述の用にこれまでに培ってきた原子力工学の技術をバックグラウンドに、エネルギー・環境・バイオをキーワードとして、さらにナノテクノロジーを幅広く取り入れることで、その研究の裾野を広げようとしている。原子力工学からスピントロニクス技術とナノテクノロジーを融合することで、環境調和型大規模エネルギー源から人にやさしく身近なエネルギー源にいたるまで、幅広いエネルギー変換技術についての研究を実践しつつあり(図1)、主に以下の4つの分野を研究の対象とし、新規材料の開発・特性評価からデバイス・システム化に至るまでの一連の研究を非常に高いレベルで行っている。

- 熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換する熱電変換
- 環境にやさしく次世代エネルギー源として期待されている水素エネルギー



* Shinsuke YAMATAKA
1955年12月生
昭和56年・大阪大学大学院工学研究科
原子力工学専攻前期課程卒業
現在、大阪大学・大学院工学研究科・
原子力工学専攻、教授、工学博士(大
阪大学)、核燃料工学
TEL 06-6879-7904
FAX 06-6879-7889
E-Mail yamataka@nucl.eng.
osaka-u.ac.jp

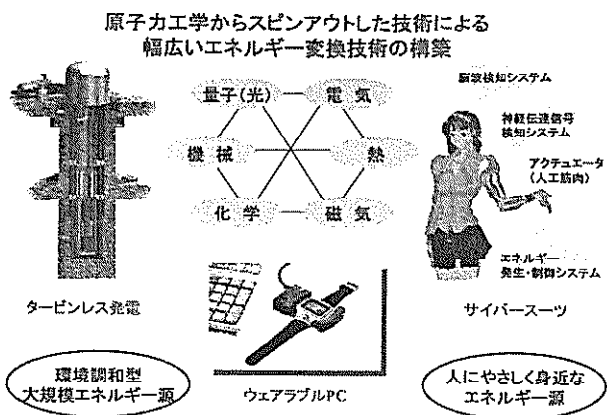


図1 本研究室の目指すところ

- 原子力工学や放射線工学の基盤となる量子エネルギー
- ナノテクノロジーのエネルギー変換材料研究への応用

ここでは、紙面の関係上、「熱電変換材料の開発」と「ナノテクノロジーのエネルギー変換材料研究への応用」について説明する。

(1) 熱電変換材料

固体の熱起電力(Seebeck効果)を利用して、熱を電気に直接変換する材料を熱電変換材料と呼ぶが、熱電変換材料を用いて発電するとCO_xや廃棄物を出さないクリーンな発電を行うことができることから、次世代のエネルギー技術として近年注目を集めている。熱電変換材料の性能は無次元性能指数ZTで表され、この値が大きいほど優れた材料であると言える。

熱電変換材料の性能を表す無次元性能指数ZTは、(ここで、S:ゼーベック係数、 σ :電気伝導率、 κ :熱伝導率、T:絶対温度)で示されることから、高性能な熱電変換材料には、大きなゼーベック係数と高い電気伝導率および低い熱伝導率が要求される。

本研究室ではこのような特徴を満たす可能性を持つ材料として、複雑構造化合物・酸化物材料・擬ギャップ系材料などに注目し研究を進めている。

特に格子熱伝導率をできるだけ低くするという観点から複雑構造化合物であるスクッテルダイト型化合物・シェブレル化合物・タリウムービスマス系化合物に注目してきましたが、ごく最近中温領域(400-600K)において焼結体としては世界最高性能を有する材料(Tl₉BiTe₆)の開発に成功しました。(図2)。

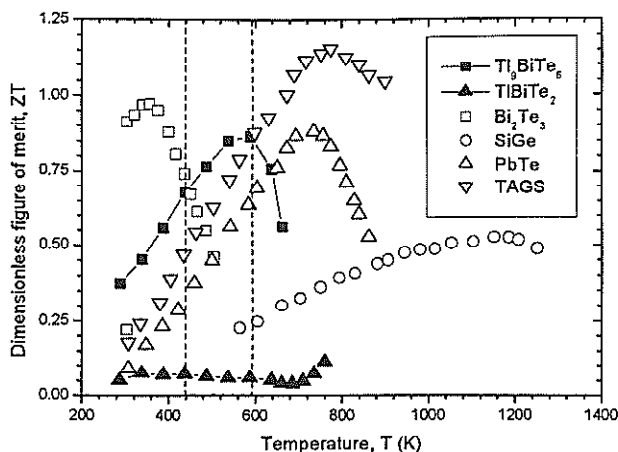


図2 Tl₉BiTe₆のZTの温度依存性

また酸化物は安価で環境にもやさしく、また高温においても高い安定性を示すことから、熱電変換材料に応用しようとする動きが近年活発になっており、例えばNaCo₂O₄やCa₂Co₂O₅などが高い性能を有することが発見されている。本研究室でもSrTiO₃に希土類元素を添加しキャリア密度を調整することで、n型の酸化物系材料として世界最高性能を実現した。(図3)

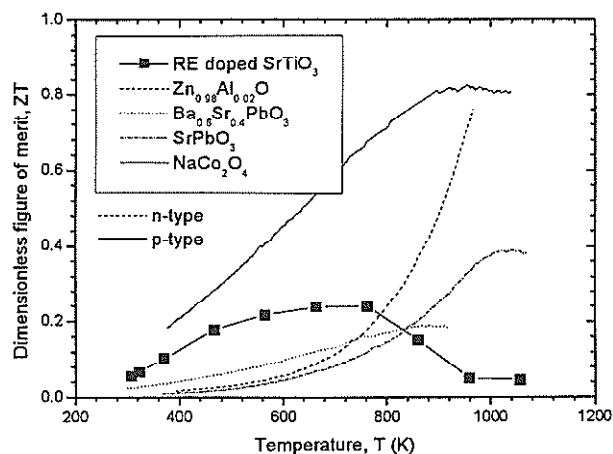


図3 各種酸化物材料のZTの温度依存性

- (2) ナノテクノロジーのエネルギー変換材料研究への応用

物質をナノサイズ(1ナノ=10⁻⁹)にすると、マクロなスケールでは観察されなかったナノスケールに特有の性質を示すようになる。本研究室では、ナノスケールでの構造や機能を制御することで新材料を設計したり、ナノスケールでの物性計測を通してバ

ルク材で観測された特異物性を解釈したりしている。
 本研究室ではごく最近、直径約200nm、厚さ約50 μmのナノホール貫通孔が、数cm²の面積にわたり規則的に配列するチタニアナノホールアレイの作成に世界で始めて成功した(特願2002-383495)。(図4)

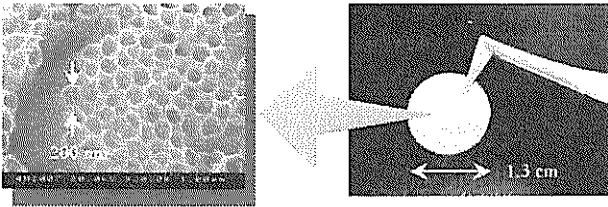


図4 酸化チタニアナノホールアレイの外観(右)と表面のFE-SEM観察像(左)(ピンセットで摘むことや超音波洗浄に対して十分な強度を有することは確認)

このチタニアナノホールアレイに代表される酸化チタニアナノホールアレイは、従来のナノ構造酸化チタニアとは異なり、非常に簡単な方法で、多種多様な酸化チタニアについて、バルク状のナノ構造材料が、短時間で作成できるという特徴を持っており、また産業化を見据えての大量生産も可能であると考えられる。酸化チタニアナノホールアレイの特徴をまとめると以下のような。

- シート状アレイの表面から裏面にむけて、各ナノホールが貫通していること。
- 非常に簡単な手法で短時間で再現性良く作成できること。また作成費用が安いこと。
- 酸化チタニアナノホールアレイの大きさ・形状から、貫通孔の孔径や壁面の厚さにいたるまで、その構造を自由に制御できる可能性があること。
- 多種多様な金属酸化物について同様の構造が作成できること。また適切な後処理を施すことで、窒化物や金属単体、さらには2種類以上の金属からなる複合酸化物についても同様の構造を作成できる可能性を有すること。

現在、チタニアだけでなく、ZnO、V₂O₅、SnO₂、Fe₃O₄などのナノホールアレイを作成し、熱電変換材料・発光素子・リチウムイオンバッテリー・ガスセンサーなどへの応用研究をすすめている。

3. おわりに

今後も低排出・高効率エネルギー源の開発をテーマに、エネルギー工学と環境工学の融合による新しい学問領域の創生し民間企業とも連携しながら、教職員・学生共々研究に励んでいきたい。

