

戦略的創造研究推進事業 CREST  
研究領域「二酸化炭素排出抑制に資する革新的技  
術の創出」  
研究課題「高効率熱電変換材料・システムの開発」

## 研究終了報告書

研究期間 平成20年10月～平成26年3月

研究代表者：河本 邦仁  
(名古屋大学大学院工学研究科、教授)

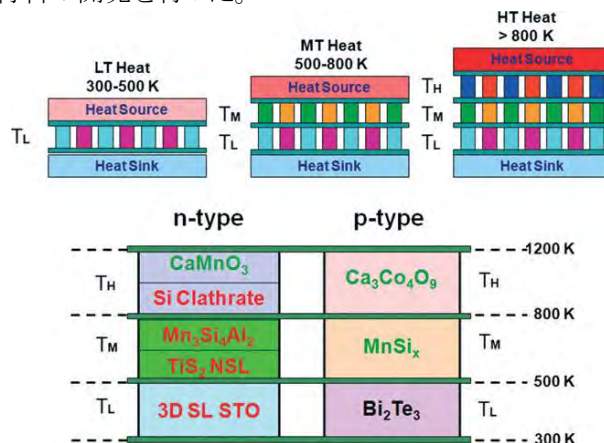
## § 1 研究実施の概要

### (1) 実施概要

河本チームは2つの研究課題、「高効率熱電変換材料の開発」と「熱電発電システムの開発」に取り組んだ。

#### 1. 「高効率熱電変換材料の開発」

名大G、産総研G、山口東理大Gが主に担当した。開発に当たって留意した点は、二酸化炭素排出抑制に資する材料開発を念頭に、将来的には太陽熱利用を想定して、(1)非希少及び無毒元素を組合わせた材料、(2)大気中で安定に使用できる材料を見出すことであった。広い温度範囲で高効率を示す材料はないため、本研究では室温以上の温度域を3つに分けて、低温、中温、高温域に適用できる高効率材料の開発を試みた。具体的には、主として下図に赤字で示す材料の開発を行った。



低温域～中温域用として 3D 超格子 SrTiO<sub>3</sub>と TiS<sub>2</sub>系超格子材料の開発を名大Gが行った。ビスマステルを代替可能な新材料の製造プロセスを世界に先駆けて開発するとともに、新概念に基づく TiS<sub>2</sub>/有機分子ハイブリッド超格子材料を世界に発信した。

中温域用材料の開発は産総研Gが担当し、大気中安定でしかも高い性能を示す新材料 Mn<sub>3</sub>Si<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>を発見した。この新材料を適用したモジュール作製も行い、中温用として極めて優れた n 型材料であることを世界に示した。

さらに高温域用材料の開発を山口東理大が担当して、Ba-Si-Al 系クラスレートが Si クラスレート系では世界最高性能を示すことを明らかにし、しかも大気中 600℃でも長時間安定作動することを実証した。

河本チームで開発した材料の熱電特性データに基づいて、北大Gが上記のカスケードタイプモジュールの効率計算を行ったところ、3 段モジュールで 10%、低温側 2 段モジュールでも 6.5% のエネルギー変換効率が可能なことが示された。さらに、材料性能を高めれば 3 段モジュールで 20%、2 段モジュールで 15% が可能になることを明らかにした。

#### 2. 「熱電変換システムの開発」

当初より太陽熱利用熱電変換システムの開発を目指して研究推進した。主に北大 G が中心にシステム概念設計と実証試験を行った。熱電変換システムに熱流体を流す際の熱伝達の問題、水レンズアレイの提案とそれによる太陽熱の効率的な集熱のためのシステム設計と実証試験等を行い、将来に向けて数多くの貴重な知見を得ることができた。

産総研 G は、新規開発したシリサイド材料を用いてモジュールを作製し、太陽熱発電システムへの適用を想定した試験検討を行って、周辺技術の問題解決にも成功した。

名大Gは、室温から 50℃程度の温度域で作動する太陽光・熱エネルギー同時変換システムを考案し、ハイブリッド太陽電池の有用性と新材料開発の必要性を明らかにした。

## (2) 顕著な成果

< 優れた基礎研究としての成果 >

### 1. 無機/有機ハイブリッド超格子材料の開発(名大 G)

概要:

量子閉じ込め効果が顕著な  $\text{TiS}_2$  モノレーヤ (Ti サルフェン) と低熱伝導有機分子層を交互積層した無機/有機ハイブリッド超格子の  $ZT$  が  $\text{TiS}_2$  バルク単結晶の約 3 倍に達することを発見した ( $ZT=0.21@300\text{K}\sim 0.28@373\text{K}$ )。世界に先駆けて提案したハイブリッド超格子熱電変換材料は極めて独創的で、大きなインパクトを与えている。(to be submitted)

### 2. n 型シリサイド材料の開発(産総研 G+名大 G+北大 G+山口東理大 G)

概要:

$600^\circ\text{C}$ 、空気中でも耐酸化性に優れ、太陽熱応用の温度域である  $200\sim 600^\circ\text{C}$  で良好な熱電性能を有する n 型  $\text{Mn}_3\text{Si}_4\text{Al}_2$  を新規開発した。また、p 型の  $\text{MnSi}_{1.75}$  と組み合わせたモジュール作製のため、接合形成技術を開発した。最高で  $3.2\text{kW/m}^2$  の出力密度を有するシリサイドモジュールを作製することができた。( *J. Appl. Phys.*, 2012)

### 3. n 型 $\text{Ba}_8\text{Al}_x\text{Si}_{46-x}$ クラスレート材料の開発(山口東理大 G)

概要:

資源量豊富で毒性が低い環境半導体シリサイドとして位置づけられる  $\text{Ba}_8\text{Al}_x\text{Si}_{46-x}$  クラスレートを合成し、その熱電特性の詳細を明らかにした。この系では世界最高値となる熱電性能  $ZT=0.4(900\text{K})$  を達成し、さらに実用面で重要な特性となる空気中での熱的安定性・耐酸化性が極めて優れていることを実証した。( *J. Mater. Sci.*, 2013)

< 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果 >

### 1. 3D 超格子 $\text{SrTiO}_3$ セラミックスの製造プロセス開発

3 次元超格子セラミックスを製造するため、ナノキューブ粒子の水熱合成 - Nb の表面ドーピング - 自己組織化粒子膜の作製 - 還元雰囲気焼成プロセスを開発した。得られる粒子膜は高導電率・大熱起電力を併せ持ち、室温  $\sim 80^\circ\text{C}$  で約  $6 \times 10^{-3} \text{ W/mK}^2$  と極めて高い出力因子を有することを実証した。企業と共同開発に向けた検討に入っている。(特願 2013-178408)

### 2. 世界最高変換効率の予言

北大グループは熱電モジュールの設計に関し、素子の形状、数、段数に関して基礎的な検討を行い、最適化を行うと、効率 19% も可能である設計方針を提示することが出来た。このような高い効率を示した例は従来無かった。( *J. Electron. Mater.*, 2013)

### 3. 熱電システム設計

熱電発電システムを海洋船舶の内燃機関外壁と海水温度差に応用したアイデアを計算で検討し、2013 年日本熱電学会欧文論文賞を受賞した。また、ビニールシートと水で太陽光を集熱するための水レンズを発案・設計し、70 倍まで集光できることを予言し熱電発電する場合に必要な熱電モジュールの特性・諸元を示した。( *Mater. Trans.*, 2011; *J. Electron. Mater.*, 2013)

## § 2. 研究構想

### (1) 当初の研究構想

研究開始時に目指した目標、研究計画・進め方の概要と達成状況を以下に箇条書きする。

#### 1. 量子ナノ構造熱電変換材料と薄膜デバイスの開発

ZT>1.5 を実現する量子ナノ構造内蔵型バルク熱電変換材料の創製を目指して、製造プロセスの開発を行うこととした。当初は SrTiO<sub>3</sub> のナノセラミックスを構築することを考えたが、研究開始後に 3D 超格子への止揚を着想しシミュレーションの結果、室温で ZT>1 が実現可能なことを突き止めた。その後、3D超格子セラミックスを構築するためのプロセス開発に専念し、様々なプロセスを検討する中からナノキューブ粒子の自己集合現象を利用する方法を編み出して、ビスマステルルよりも高い出力因子を発現できることを実証した。なお当初目指した薄膜デバイスの開発は、大量の熱を電気に変換する目的には適さないと判断して、研究開始直後に計画を中止した。

#### 2. 自然ナノ構造熱電変換材料とバルクモジュールの開発

廃熱量が多い温度領域 200~500°Cにおいて ZT>1.5 を発現可能な自然ナノ構造熱電変換材料を有する材料(Ca<sub>3</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9</sub> ベース)を、スピノーダル分解や結晶構造のミスマッチ等を利用した相分離により創製することを旨とした。しかし、当初考えていたほど簡単なことではなく、現在もまだ開発の努力を継続中である。ただ、この研究途中で高耐酸化性の新しい非酸化物材料を発見したので、研究の主力を新材料・モジュール開発にシフトして予想以上の成果を上げた。

#### 3. ナノ構造ラトリング熱電半導体とデバイス開発

高温で性能が高いゲルマニウム系 (Ge) クラスレートに替えて、資源量・コスト面で有利で毒性の低い元素からなるシリコン系 (Si) クラスレートを主力材料として、ナノ組織制御されたクラスレート半導体 (ナノコンポジット) の創製を目指した。当初、Si ナノ粒子を分散したナノ複合系の構築を試みたが、これも思ったほど簡単ではなく、途中で計画を変更して Si クラスレート自体の性能を組成調製により向上することとした。その結果、高温で耐酸化性に優れた世界最高性能の Si クラスレート熱電半導体の開発に成功した。

#### 4. 新型熱電変換システムの設計と評価・改良研究

北大Gがすでに提案している 2 流体を用いた新型熱電変換システムの利用効率を 10%まで上げることを目指して、流体力学及び伝熱工学的検討を通してシステム設計・試作を行うこととした。数多くのシミュレーション評価を行って検討し、新しいシステムの設計につなげた。

名大Gでは、太陽光・熱エネルギー同時変換システムの構築を目指して、色素増感 PV/熱電ハイブリッド太陽電池の構築を目指した。その結果、ビスマステルルからなる世界最高性能の熱電マイクロモジュールを用いれば、太陽熱の熱電変換を加えてトータルの光電変換効率を高めうことを原理的に実証した。

### (2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

#### ① 中間評価で受けた指摘や助言、それを踏まえて対応した結果について

中間評価以前に研究員の Dr. Wan が始めた TiS<sub>2</sub> 系自然超格子材料の研究は、中間評価で「テーマの絞込みに当たっては、低温領域 (~300°C) 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せよ」との助言を受けて無機/有機ハイブリッド材料への展開を目指す研究にシフトした。その結果、既述のとおり世界に先駆けた低温域用の新材料開発へと繋がった。

中間評価で「本研究課題の根幹は、あくまで高効率熱電変換材料の開発にあることを忘れないうでいただきたい。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。STO 系 3 次元超格子の熱電素子の実現に向けてブレークスルーを期待する」との指摘・助言を受けたので、無機粒子の合成・形態制御に造詣の深い党鋒博士を研究員として雇用し、それまでの研究を大きく前進させた。

結果的に、ナノキューブ粒子合成、ナノ粒子の自己集合化によるナノ粒子膜の形成プロセスが確立され、焼成したナノ粒子膜がビスマステルルなどより高い出力因子を持つことを実証することに成功した。

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。」との助言を受けた。その後、チーム内共同研究を推進して本新材料の性能向上を実現するとともに、大気中・中温域で世界最高性能の熱電モジュールの作製に成功した。

ハイブリッド太陽電池の開発については、中間評価で「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。今後の研究の具体的な方向性を提示していただきたい。」との指摘・助言をいただき。もともとこのハイブリッドデバイスにはビスマステルルを主材料にした世界最高性能の高価な熱電デバイスを用いているため、13%を超える変換効率を出したもののこのまま実用化できるものではない。さらに、熱電素子の形状・大きさの最適化により20%を超える変換効率が可能なこともシミュレーションで明らかにしたが、それでも不十分である。しかし、ビスマステルルと同程度の熱電性能を持つ安価・高信頼性材料を開発できれば、同様に安価な色素増感太陽電池との組み合わせで高い変換効率のハイブリッドデバイスが実現できると考えている。本研究は、低温域用熱電変換材料の開発のモチベーションとしてハイブリッドデバイス開発を目標に掲げている面があることを理解していただきたく、それに基づいて太陽光集光、気化冷却方式を適用してデバイス効率を上げる研究を後半に行った。

再生可能エネルギー源を用いた発電への適用を助言されたので、太陽熱をターゲットに検討を加えた結果、焦点可変型水レンズを提案するに至った。太陽高度が季節と時間により変動することからレンズの形状を変えて追尾するアイデアを提案した。現在、計算による模擬実験はほぼ完成し実証試験を繰り返している。

最後に、「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。」との温かい励ましの言葉をいただいた。本CRESTに参加している研究員、学生が日夜努力して多くの成果を上げてくれ、国際会議等で数多くの賞をいただいた。また、研究代表者自身も国内外の学会・国際会議等で多数の招待講演を行うとともに、この分野では最も権威ある国際会議 ICT2013(舟橋組織委員長、神戸)で Plenary talk を行った。さらに、H25 年春の紫綬褒章、日本熱電学会学会賞を受章(賞)した。

## ②上記以外で生まれた新たな展開について

熱流体を用いて熱源と離れた位置で発電することの有利性を当初考えていたが、内燃機関は熱流体が発熱しているのとらえて新しい発想を得た。すなわち火炎を用い、海水で冷却する発電システムの設計を行った。この様な高温火炎を用いた熱電発電の計算例は今まで無かった。

### § 3 研究実施体制

#### (1) 研究チームの体制について

##### ①「名古屋大学」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
河本 邦仁	名古屋大学工学研究科	教授	H20.10～H26.3
楠 美智子	名古屋大学 エコトピア科学研究所	教授	H20.10～H26.3
片桐 清文	名古屋大学工学研究科	助教	H20.10～H22.3
草壁 恭子	同上	研究補助員	H23.4～H26.3
Yifeng Wang	同上	研究員	H20.10～ H23.12
Ning Wang	同上	学振外国人特別 研究員	H20.11～ H22.11
Chunlei Wan	同上	研究員 助教	H20.11～H24.3 H24.4～H26.3
党 鋒	同上	特任准教授	H24.4～H25.6
Yaoshuai Ba	同上	大学院生	H20.10～H23.3
Jian Niu	同上	特別研究生	H20.10～H22.9
Ruizhi Zhang	同上	同上	H20.10～H21.9
Yulia Eka Putri	同上	大学院生	H22.4～H25.9
Nam-Hee Park	同上	同上	H22.4～H25.3
神谷 純平	同上	同上	H20.10～H22.3
藤波 恭一	同上	共同研究員	H21.1～H22.3
乗松 航	名古屋大学エコトピア科学研究所～工学研究科	助教	H20.10～H26.3
小柳津 教之	名古屋大学工学研究科	大学院生	H25.4～H26.3
山崎慎一郎	同上	同上	H25.4～H26.3
田村 拓也	同上	同上	H25.4～H26.3
伊藤 智裕	同上	同上	H25.4～H26.3
鶴田 一樹	同上	同上	H25.4～H26.3

根岸 良太	同上	同上	H25.4～H26.3
山本 真也	同上	同上	H25.4～H26.3
近藤 真美	同上	同上	H25.4～H26.3
斉藤 永宏	名古屋大学 エコトピア科学研究所	教授	H20.10～H26.3

#### 研究項目

- ・ナノ構造による低熱伝導化
- ・量子ナノ構造埋入の検討と高効率化
- ・太陽光・熱エネルギー同時変換システムの開発
- ・新材料の構造・物性評価

#### ②「産総研」グループ

##### 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
舟橋 良次	(独) 産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門	上級主任研究員	H20.10～H26.3
小菅 厚子	大阪府立大学 21 世紀科学研究機構 ナノ科学・材料研究センター	講師	H20.10～H26.3
浦田 友幸	(独) 産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門	テクニカルスタッフ	H21.4～H22.6
浦田 さおり	(独) 産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門	テクニカルスタッフ	H22.4～H22.6
岩崎 佳奈子	(独) 産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門	テクニカルスタッフ	H22.4～H22.6
松村 葉子	(独) 産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門	テクニカルスタッフ	H22.4～H26.3
エマニュエル ・コンベ	(独) 日本学術振興会	JSPS フェロー	H24.1～H26.3

#### 研究項目

- ・自然ナノ構造熱電変換材料の開発
- ・ナノ構造熱電変換材料を用いたバルクモジュール製造
- ・太陽熱利用熱発電システムの開発
- ・新材料の探索と素子化
- ・モジュールの耐久性向上

#### ③「山口東京理科大学」グループ

##### 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
阿武宏明	山口東京理科大学工学部	教授	H20.10～H26.3
白瀧律子	山口東京理科大学工学部	研究補助員	H21.4～H26.3
上野由紀子	山口東京理科大学工学部	研究補助員	H21.4～H21.8

中林 貴大	山口東京理科大学大学院 基礎工学研究科	M1～M2	H21.4～H23.3
外園 昌弘	山口東京理科大学大学院 基礎工学研究科	D3	H21.9～H23.3
永見 裕子	山口東京理科大学工学部	研究補助員	H23.9～H24.6

研究項目

- ・ナノ空隙ゲスト元素制御
- ・ナノコンポジットの創製
- ・熱電デバイス技術の開発
- ・新材料の探索と物性解析

④「北海道大学」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
鈴木 亮輔	北海道大学大学院 工学研究院	教授	H20.10～H26.3
秋山 友宏	北海道大学大学院 工学研究科	教授	H20.10～H23.3
沖中 憲之	北海道大学大学院 工学研究科	助教	H20.10～H23.3
木下 博嗣	同上	助教	H20.10～H22.1
木下 博嗣	同上	准教授	H22.2～H22.3
木下 博嗣	福島高等専門学校 機械工学科	教授	H24.4～H26.3
箱崎 英俊	福島高等専門学校 機械工学科	専攻科学生	H25.4～H26.3
佐々木 祐人	北海道大学工学部 応用理工系学科	学生	H20.10～H21.3
佐々木 祐人	北海道大学大学院 工学研究科材料科学専攻	大学院生	H21.4～H23.3
Min Chen	北海道大学大学院 工学研究科	日本学術振興会 来日研究員	H22.4～H22.9
藤坂 岳之	北海道大学工学部 応用理工系学科	学生	H22.9～H23.3
藤坂 岳之	北海道大学大学院 工学院材料科学専攻	大学院生	H23.4～H25.3
隋 洪涛	北海道大学大学院 工学院材料科学専攻	大学院生	H22.10～H25.1
夏井 俊吾	北海道大学大学院 工学研究院	助教	H25.4～H26.3
伊藤 圭太	北海道大学工学部 応用理工系学科	学生	H24.4～H25.3
伊藤 圭太	北海道大学大学院 工学院材料科学専攻	大学院生	H25.4～H26.3



#### 研究項目

- ・ 熱電発電モジュールの設計、そのモジュールを用いた発電とそのシステムの設計
- ・ 熱流体からの熱移動と熱電発電、熱移動の理論予測
- ・ 蓄熱体の応用、熱電材料の表面形状
- ・ 熱電材料のマイクロ組織観察
- ・ 太陽光を利用した熱電発電、太陽光の集熱

#### (2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

シリサイド材料において、精密な結晶構造解析、並びにバンド計算をフランスの CRISMAT 研究所と共同で開始する。また当該研究所ではマイクロ波焼成によるシリサイド合成も研究しており、 $\text{Mn}_3\text{Si}_4\text{Al}_2$  の合成についても共同で研究を行う予定である。また、シリサイドモジュールについては日本のプラントメーカーと太陽熱発電システムの開発に向けた予備試験を行っている。

## § 4 研究実施内容及び成果

### 4. 1 高効率熱電変換材料の開発(名古屋大学グループ)

#### 1. SrTiO<sub>3</sub>系バルク超格子材料の開発

ペロブスカイト型立方晶 SrTiO<sub>3</sub>(STOと略称)は本来絶縁体であるが、La や Nbなどをドーピングしてn型縮退半導体にすることができ、室温でビスマステルル系に匹敵する出力因子を発現する。しかし、熱伝導率が 10W/mK 以上と高いために、低い  $ZT$  (室温で約 0.08)しか示せない。ナノ粒子化を行えば、室温の熱伝導率を単結晶の約 12 W/mK から約 2 W/mK くらいまで 1/6 に低減でき、仮に導電率、ゼーベック係数をバルク単結晶の値に保つことができれば、 $ZT$ は 6 倍上げられ、0.48 @ 300 K 程度の値が得られる。しかし、熱伝導率を低減するだけではビスマステルルを超えることはできない。

$ZT$ をさらに向上するには、熱伝導率低減だけでなく  $Z$ に比例する出力因子( $S^2\sigma$ )を同時に増大してやらねばならない。それには、量子閉じ込め効果やエネルギーフィルタリング効果等を利用して電子輸送特性を上げてやる必要がある。名大グループでは過去に、STO 絶縁層(バリア層)と STO:Nb 半導体層(井戸層)を交互積層させて人工超格子を形成し、井戸層が4単位格子厚み以下の厚みになると導電率はほぼ変化しないでゼーベック係数のみが急激に増加することを突き止め、井戸層(2DEG 層)のみの性能を見積ると、 $ZT=2.4@300\text{ K}$  という極めて高い値が得られることを報告した。

本研究では、上記の発見に基づいて、低温(300-500K)で  $ZT>1$ を発現できるバルク熱電変換材料として、図 1(a)に示す3D 超格子セラミックスを着想し開発を試みてきた。粒子は La-STO ナノキューブ、粒界は Nb-STO の2次元電子ガス層(2DEG 層)からなる。粒径は 10 nm 以下、粒界 2DEG 層は STO の 1 単位格子に相当する厚みを理想構造としている。このモデル材料の  $ZT$ をポテンシャルバリア高さや粒内キャリア濃度の関数としてシミュレーションした結果、最適バリア高さにおける  $ZT$ が室温で1を超え、ビスマステルルを超える性能を示し得ることを発見した(図 1(b))

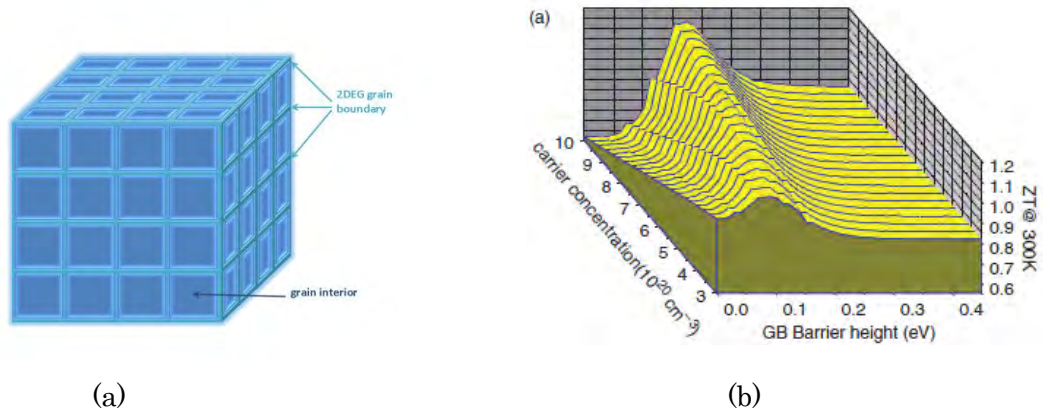


図 1 (a) 3D 超格子セラミックスの構造;粒子:La-SrTiO<sub>3</sub>、粒界:Nb-SrTiO<sub>3</sub>の2DEG 層;  
(b) 3D 超格子セラミックスの  $ZT$ と粒界バリア高さ及び粒内キャリア濃度の関係

酸化物材料を含めて最近開発された熱電変換材料は中温～高温で高い  $ZT$ を示すが、室温付近ではいずれもビスマステルルよりはるかに低い  $ZT$ しか示せないことを考えると、STO の“2DEG 層”は低温域(300-500K)の  $ZT$ を増大させるのに極めて有効なナノ構造であるといえる。バルクナノ材料は高温に曝すとナノ粒子が粒成長して性能を劣化させると考えられるので、低温域でしか使用できないが、ビスマステルルが抱えるさまざまな問題(資源、毒性、コスト、etc.)を鑑みると、3D 超格子 STO セラミックスはビスマステルルを超える(代替する)有望な材料になる。

本研究では、ボトムアップ法によってこれを実現するため、先ず La-STO ナノキューブを液相析出プロセスで合成したのちに、キューブ表面にNbを吸着し、さらにこれらを自己集合させて 3D 超格子を構築する戦略を立てて研究開発を行った。これまでに、オレイン酸などの capping agent を

用いて 10-20nm サイズの STO ナノキューブの水熱合成に成功するとともに、~15nm サイズの La ドープ STO ナノキューブの水熱合成にも成功した。

La ドープ SrTiO<sub>3</sub> ナノキューブを有機溶媒中に分散したのち、UV照射下で溶媒を蒸発させながらシリコン絶縁基板にナノキューブを自己組織的に集積して粒子膜を得、これを 1000℃、還元雰囲気中で焼結した粒子膜は(平均粒径~15 nm)、室温で  $ZT \sim 0.2$  を示すことを見出した。この値は同組成の単結晶の  $ZT = 0.08$  を大幅に上回るもので、単に粒径を 10~15 nm にしただけでも粒界フォノン散乱による熱伝導率が低減して高性能化できることが分かった。

さらに、Nb を La-STO ナノキューブ表面に導入して粒界を 2DEG 層にすることに挑戦するため、図 2 に示すプロセス戦略に基づいて 3D バルク超格子材料の構築を行った。その結果、上記と同様な熱処理プロセスで得られた粒子膜は、室温~80℃において高導電率と大熱起電力を示すことが判明した(図 3)。出力因子は、類似組成の STO 単結晶や上記の La-STO ナノ粒子膜に比べて 5 倍以上の高い値を示した。この値は、近年ナノ構造エンジニアリングによって得られた高性能材料(ピスマステル等の非酸化物材料)と比べても 2~3 倍程度の大きな値である(図 4)。熱伝導率については、数百ナノメートル厚の薄膜の測定法が未だ確立しておらず、信頼できる値が得られていないため  $ZT$  は不明である。

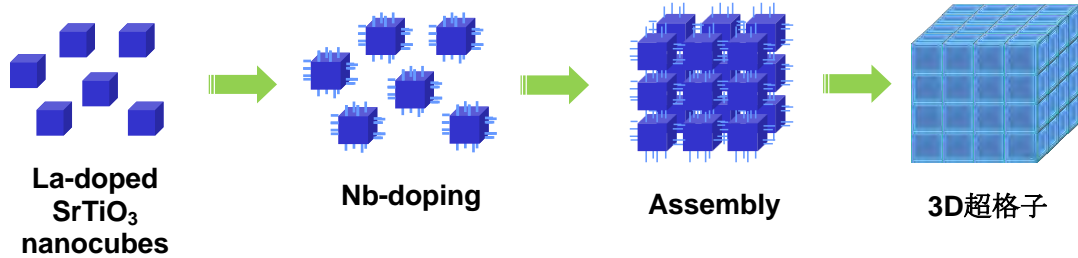


図2 3DSTO超格子セラミックスの合成プロセス戦略

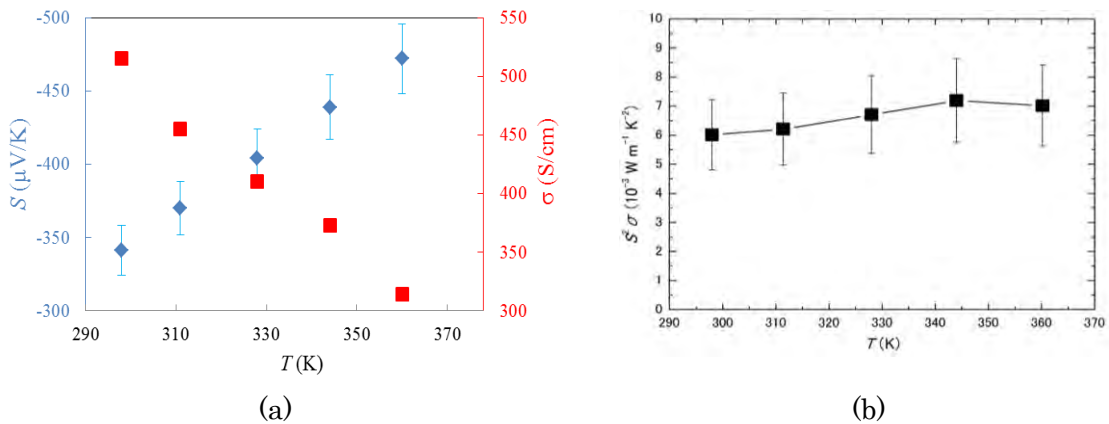


図3 STO ナノ粒子膜の(a)導電率+ゼーベック係数、(b)出力因子の温度依存性

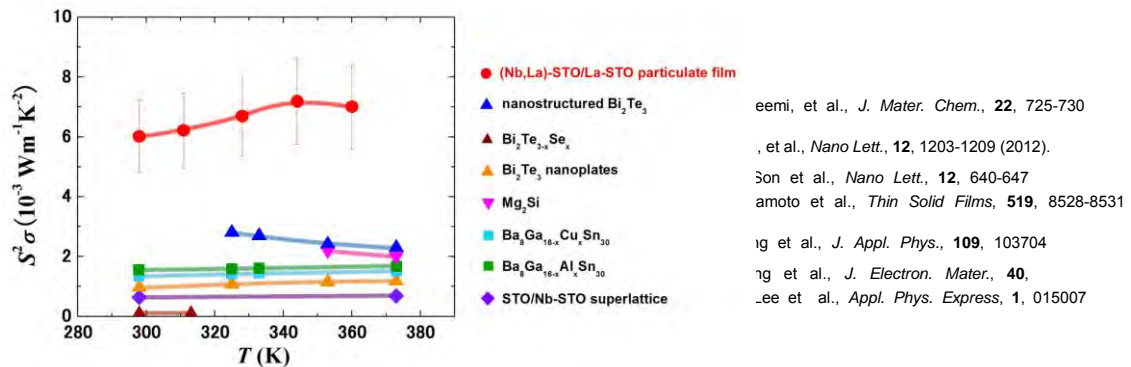


図4 出力因子の他材料との比較

## 2. TiS<sub>2</sub>系超格子材料

### (1) TiS<sub>2</sub>系ミスフィット層状硫化物(自然超格子)

TiS<sub>2</sub>はCdI<sub>2</sub>型の層状構造をとり、室温で出力因子がビスマステルルとほぼ同等の値を示す高導電性物質である。熱伝導率が高いため  $ZT=0.16 @ 300K$  と低性能に甘んじているが、電子系は相当良い性質を持っているので、フォノン系を制御して熱伝導率を上手く低減できれば、有用な熱電変換材料になり得る。

TiS<sub>2</sub>の層間は弱いファンデルワールス結合でつながっているため、層間に異なる物質をインターカレートすれば、界面フォノン散乱が増強されて熱伝導率が低下すると期待される。実際、層間にBiS, SnS, PbSなどをインターカレートしてミスフィット層状化合物に変えてやると、熱伝導率が大幅に低下する。

図5に(SnS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub>の熱伝導率をTiS<sub>2</sub>と比較して示す。面白いのは、(SnS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub>のcross-plane方向の格子熱伝導率がCahillの理論最低熱伝導率よりも低くなることである。MBEで作製した乱れた積層構造を持つWSe<sub>2</sub>において同様な現象が報告されているが<sup>21)</sup>、(SnS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub>でも積層秩序が乱れた構造を取り、これが理論値を下回る格子熱伝導率を与える原因になっている<sup>22)</sup>。

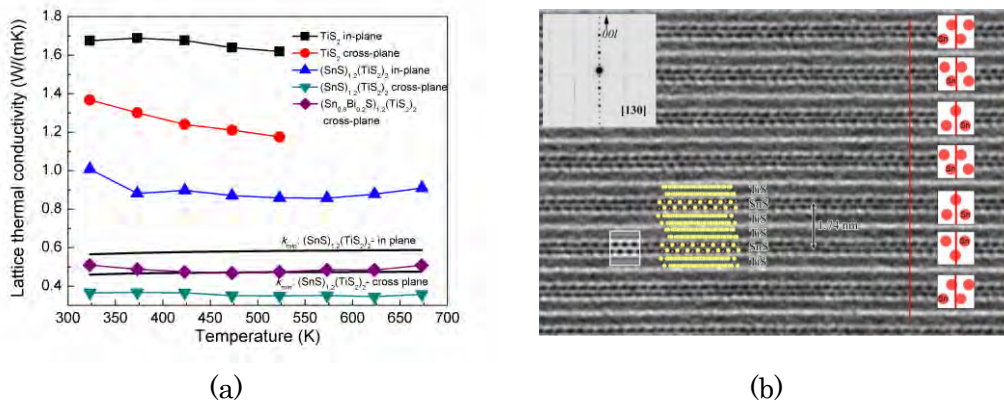


図5 (a) TiS<sub>2</sub>及び(SnS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub>のin-plane及びcross-plane格子熱伝導率  
(b) (SnS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub>の高分解TEM像

結果として、(SnS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub>の  $ZT$ はin-plane方向でTiS<sub>2</sub>を上回る値( $ZT=0.37 @ 700K$ )を示した。この値は硫化物材料の中では世界最高レベルである。しかし、これらのインターカレントはTiS<sub>2</sub>層へ電子供給をするドナー的な働きをするために、TiS<sub>2</sub>よりもキャリア濃度が高くなって導電率を高めゼーベック係数を減少させる。このキャリア濃度は、パワーファクター( $S^2\sigma$ )の最大値を与える値よりも高すぎ、また電子熱伝導率 $\kappa_e$ の増加にも大きく寄与するため、高 $ZT$ 化の妨げになる。

そこで、キャリア濃度を減少してパワーファクターを上げるため、各種元素のドーピングを試みた。対象物質は格子熱伝導率が極めて低い(BiS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub>とし、3価のBiサイトへ2価のCa, Srを置換固溶、また4価のTiサイトへ2価または3価の3d遷移金属を置換固溶した場合の熱電挙動を詳細に調べた結果、Cr<sup>3+</sup>をTiサイトに置換した場合にのみ高 $ZT$ 化が起こることを発見した。これは、Crの近傍にあるTiの3d軌道が共鳴状態をつくって伝導帯内に位置するフェルミ準位付近の状態密度を押し上げ、熱起電力を増加させる効果が最も効いているためであることが分かった。

### (2) 無機/有機ハイブリッド超格子

TiS<sub>2</sub>の層間は弱いファンデルワールス力で結合しているため、比較的簡単にへき開する。ちょうど、グラファイトをへき開していくと最後は1枚の炭素網面であるグラフェンになるのと同様に、TiS<sub>2</sub>もへき開してナノシート化することができる(図6)。我々は、この[TiS<sub>2</sub>]単層を”Ti Sulphene”(チタンサルフェン)と命名した。この電子構造から状態密度を計算したところ、図6に示すとおり伝導帯底付近の状態密度がバルク結晶のそれと比べてシャープに変化することを見出した。これは、[TiS<sub>2</sub>]単層の中で伝導電子が2次的に量子閉じ込め効果を受けることを示しており、ゼーベック係数が増加することを想像させる。実際、DFT(密度汎関数理論)を用いてボルツマン方程式を解

いて求めたゼーベック係数は、図 6 に示すように[TiS<sub>2</sub>]層の層数が減少するにつれて急増する。さらに、チタンサルフェンのフォノン分散を計算したところ、バルク結晶に比べて分散曲線が平坦化して熱伝導率が低下することも予測された。どれも実測はできていないが、チタンサルフェンがバルク結晶に比べて高い熱電性能を持つことが計算で示されたといつてよい。

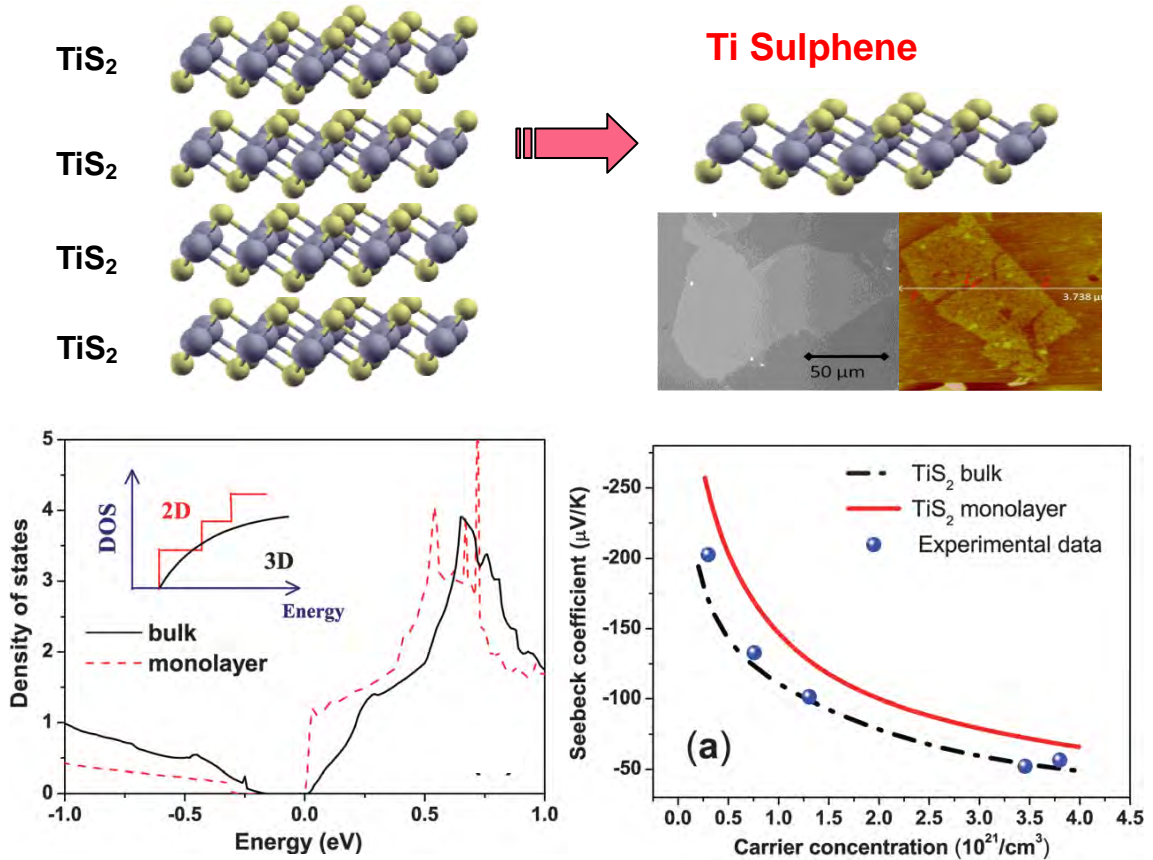


図 6 Ti sulphene における状態密度変化とゼーベック係数増大の様子

さらに、理論計算結果に基づいて TiS<sub>2</sub> 層の高い熱電性能を生かしたバルク材料を開発するため、TiS<sub>2</sub> の層間に有機分子をインターカレートした無機/有機ハイブリッド超格子の創製を試みた。もともと低熱伝導性かつ低導電性の有機分子を TiS<sub>2</sub> 層間にインターカレートすると、2つの効果が期待される。すなわち、電子とフォノンがともに TiS<sub>2</sub> 層内に閉じ込められ、ゼーベック係数の増大と熱伝導率の低減が図られて、トータルで高性能化が見込まれる。我々は、これまで数多くの有機分子のインタカレーションを試みてきたが、ほとんどの場合電子ドナーとして働く分子の挿入しかできず、キャリア濃度の増加に伴って導電率は増加するものの、ゼーベック係数の大幅な低下のため性能向上には繋がらなかった。しかし最近になって、インターカレーション後水溶液中で溶出処理を行うことによりゼーベック係数は若干下がるものの、熱伝導率がそれ以上に低下してトータルで高性能化することが分かった(表1)。こうして得られるハイブリッド超格子のZTは室温で 0.21、さ

表1 無機/有機ハイブリッド超格子の室温熱電特性

	structure	S [μV/K]	σ [S/cm]	κ [W/mK]	ZT @ 300K
TiS <sub>2</sub> Single X'tal	層状構造	-160	409	4.45	0.07
Hexylamine TiS <sub>2</sub> (DMSO)	TiS <sub>2</sub> /有機交互積層	-75	363	0.76	0.08
Hexylamine TiS <sub>2</sub> (Glycerin)	TiS <sub>2</sub> /有機交互積層	-75	534	0.83	0.11
Hexylamine TiS <sub>2</sub> (DMSO)(H <sub>2</sub> O)	TiS <sub>2</sub> /有機交互積層	-78	781	0.69	0.21

らに温度上昇とともに増加していき、100°Cで0.28という高い値を示すことを見出した。種々解析の結果、TiS<sub>2</sub>の2次元層内で電子の閉じ込めが生じて有効質量が増加していることから、フォノンの閉じ込めは確かに生起していることが判明した。熱伝導率は層と平行方向及び垂直方向であまり変わらないことから、期待したほどには起こらないことを明らかにした。また、ハイブリッド超格子のZTが適当な層間距離を持つときに最大になることを突き止めているが、有機分子の形状・サイズ及びその電子供与性等と深く関係しているため、今後さらに最適分子種の探索が必要であると考えている。

### 3. p型硫化物材料の創製

現在世界最高性能を誇るp型Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系材料を代替できる新p型材料の探索をH24年度に始めた。4配位のCuにおける3d軌道の結晶場分裂は価電子帯上端近傍の状態密度を増加させ、ホール有効質量の増大とそれに伴う熱起電力の増強をもたらすことに着目し、4配位Cu含有層とフォノンブロック層を交互積層した自然超格子材料の候補物質を、すでいくつか発掘した。

まず、次元性の異なる構造を持つ複合硫化物をいくつか探索し、それらの電子構造計算を行って価電子帯上端近傍の状態密度の高い物質を選択した。種々の方法で合成した試料の熱電特性を詳細に調べた結果、1次元トンネル構造を有するKCu<sub>7</sub>S<sub>4</sub>がZT=0.35@823Kという高い性能を持つことを見出した(図7)。これまで文献に報告されているp型硫化物の中では最高性能を示すもので、その発現メカニズムの解明とともに材料化に向けた研究に拍車がかかると期待される。

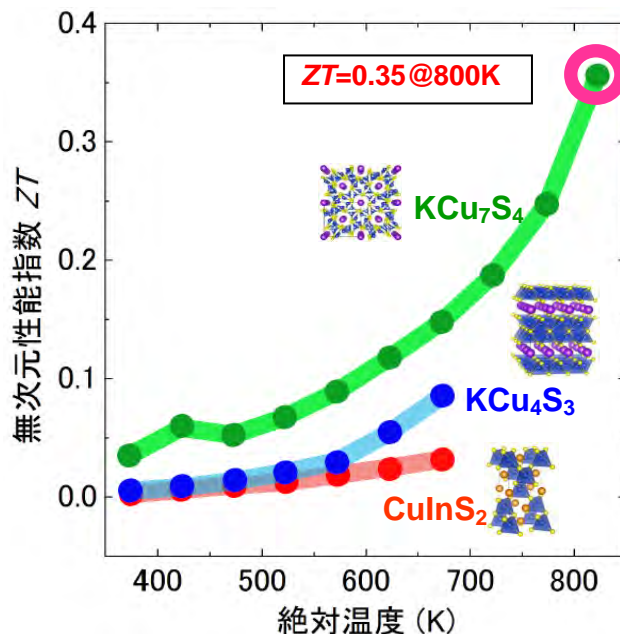


図7 4配位Cu含有複合硫化物の熱電性能指数

### 4. 太陽光・熱エネルギー同時変換システムの開発

広い波長範囲にわたる太陽光をできるだけ無駄なく利用するために、太陽電池(PV)と熱電モジュール(TE)を直接組み合わせたハイブリッドデバイスを考案した(図8(a))。色素増感太陽電池(DSSC)、選択光吸収膜(SSA)、熱電モジュール(TE)の3つのパーツを直接重ね、DSSCとTEを直列につないだデバイスである。このデバイスに太陽光が当たると、まずDSSCで紫外～可視光の一部が吸収されて光発電する。次いで、透明なDSSCを透過する残りの光(赤外線も含まれる)はSSAでほぼ95%吸収されて熱に変わり、TEの上部が加熱され、温度差が付与されて熱電発電する。こうして、太陽光発電と太陽熱発電を一つのデバイスで同時に行うことができるため、デバイス全体のエネルギー変換効率を増大し、高出力化が可能になる。自家製DSSCと市販SSA及びTEモジュール(ビスマステルル系材料を使用)を組み合わせたデバイスの発電出力評価(I-V

特性)を行った例を図 8(b)に示す。DSSC 単独ではエネルギー変換効率は 9%そこそこしかいかな

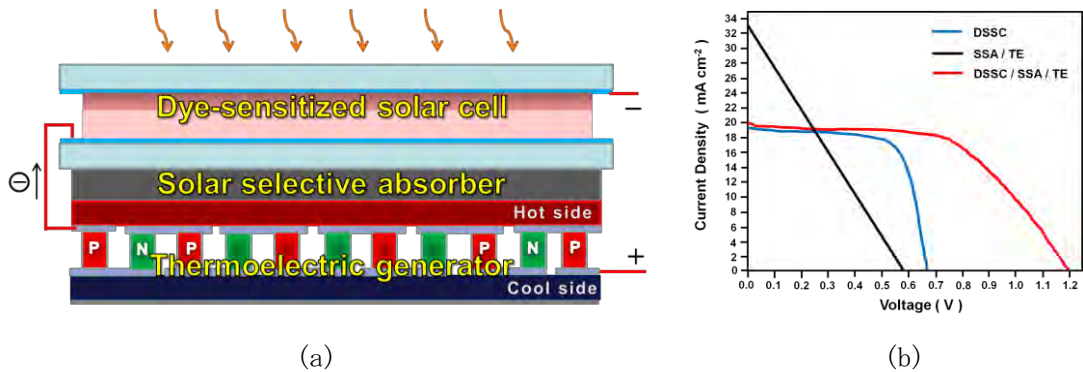


図 8 (a) DSSC/TE ハイブリッドデバイスの断面模式図と(b)擬似太陽光照射下での電流密度-電圧特性

いが、TE を直列につなぐことにより 13%を超すことができる。デバイスの作製は簡単で、多数並べて直列につなぐことによって相当程度の発電を行うことが可能である。

さらに効率よくエネルギー変換するために、二つの方法の適用を試みた。一つは太陽光をレンズ集光する方法、もう一つは熱電素子に大きな温度差を与えるために気化冷却法を適用した。集光には通常フレネルレンズを用い、気化冷却にはセラミックハニカムに浸透させた水を送風によって蒸発させる方法を採用した。その結果、図 9 に示すように大きな効果を得ることができ、市販の低性能熱電モジュールを用いて約 40cm<sup>2</sup>の面積でも光電変換効率 12%程度が可能であることを示すことができた。

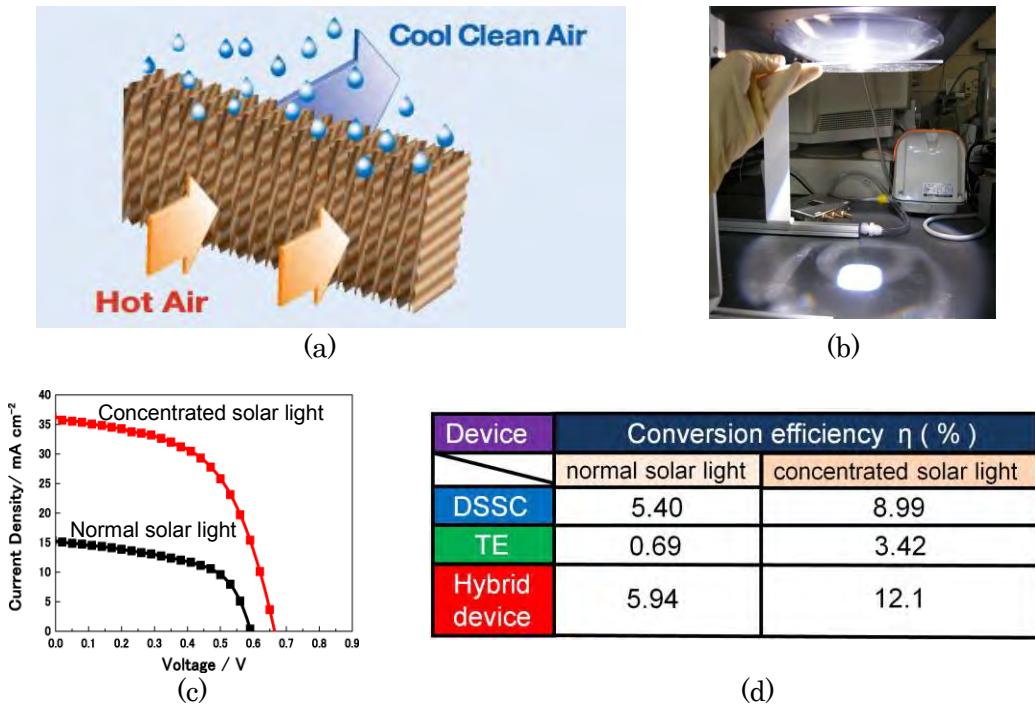


図 9 (a)気化冷却方式、(b)フレネルレンズによる集光、(c)電流密度-電圧特性、(d)光電変換効率

このデバイスをさらに高性能化とともに実用化していくためには、DSSC の性能・耐久性の向上もさることながら、TE の性能向上と低価格化が不可欠である。すなわち、ビスマステルル系材料に替わる新しい熱電変換材料を開発する必要がある。前述の 3D 超格子 STO セラミックスや TiS<sub>2</sub>/有機ハイブリッド超格子などが、ビスマステルルに替わる候補材料として今後さらなる検討が必要である。

## 4. 2 新規熱電変換材料の開発とモジュール製造技術の構築(産総研 舟橋グループ)

### 1. 自然ナノ構造熱電変換材料の開発

出発組成が  $\text{Co}_{1.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  の酸化物の熱電特性とナノ構造との関係を明らかにした。試料を  $1150^\circ\text{C}$  で加熱後、冷却速度を  $3\sim 50^\circ\text{C}/\text{h}$  及びクエンチで冷却することでデンドライト状の正方晶  $\text{Co}_{1.1}\text{Mn}_{1.9}\text{O}_4$  結晶の立方晶  $\text{Co}_{1.7}\text{Mn}_{1.3}\text{O}_4$  マトリックス中での分散状態を制御できることが分かった。冷却速度が速くなるに従い、小さなデンドライト相が多数分散するようになった(図 1(a))。これにより熱伝導度も低減した。更に焼成後、試料を高温状態の電気炉から室温に取り出すクエンチにより、デンドライト結晶内に多数の双晶が形成されることが透過型顕微鏡観察で明らかになった。この双晶もフォノン散乱には有効であった。更にクエンチはゼーベック係数の増加にも有効であった(図 1 (b))。酸素組成や生成相の分析から、この現象は低エネルギー電荷担体の散乱による可能性が高いと考えている。

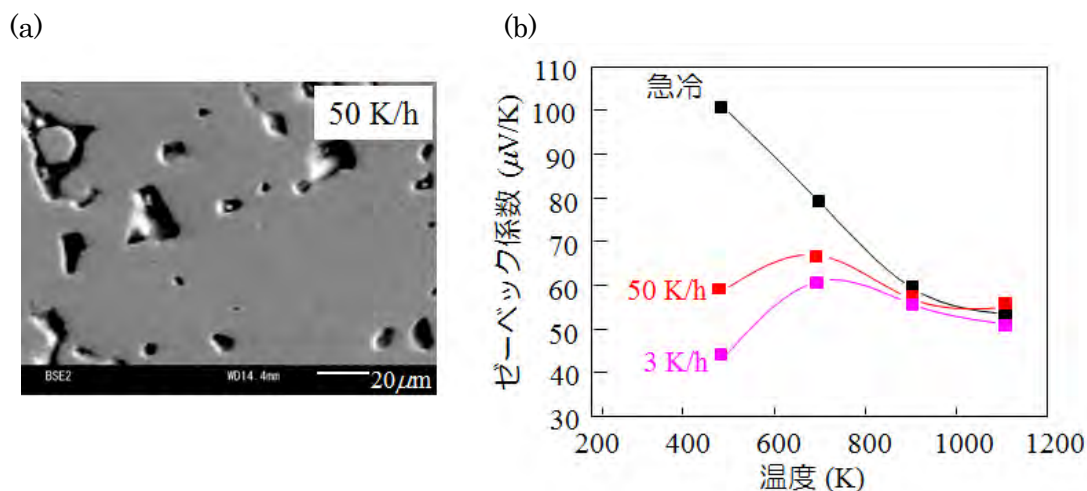


図 1  $50\text{ k/h}$  の速度で  $1150^\circ\text{C}$  から冷却した  $\text{Co}_{1.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  の走査型電子顕微鏡写真(a)と冷却速度が異なる  $\text{Co}_{1.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  のゼーベック係数の温度依存性(b)。

$\text{CaMnO}_3$  は高温でも電気特性は安定しており、n 型の熱電材料としての応用に期待が高まっている。しかし、熱伝導度が高く、 $ZT$  は精々  $0.1$  程度しかない。熱伝導度の低減には結晶粒径の微細化が重要と考えられる。そこで、瞬間気相合成法で作製した平均粒径が約  $50\text{nm}$  の原料粉末を用い  $\text{CaMnO}_3$  焼結体を作製した。微細組織を焼成条件により制御し、熱電特性との関係を明らかにした。その結果、平均粒径が  $20\mu\text{m}$  以下の焼結体試料では、 $100^\circ\text{C}$  及び  $800^\circ\text{C}$  において、平均粒径の減少により熱伝導度が低減することが分かった。一方、電気抵抗率は焼結密度が高いほど低くなった。瞬間気相合成法で作製したナノ粉末を用いた焼結体の  $ZT$  は、従来のマイクロサイズ粉末から作製した焼結体より  $800^\circ\text{C}$  において約  $2$  倍高くなった。

### 2. ナノ構造熱電変換材料を用いたバルクモジュール製造

本研究領域の目標である  $\text{CO}_2$  削減を実現するため、既存モジュールを用いた太陽熱発電の開発を試みた。用いるモジュールは酸化物モジュールとビスマス・テルルモジュールで構成されるカスケードモジュールである。基板寸法が、 $3\text{cm}$  角の酸化物及びビスマス・テルルモジュールを重ねたカスケードモジュールの発電出力を測定した。加熱にはプレート型電気ヒーター、冷却には  $20^\circ\text{C}$  の循環水を用いた。測定は空気中で行った。その結果、酸化物の高温側温度が  $900^\circ\text{C}$  の時、受熱面積当たりの出力密度は最高で  $7.8\text{kW}/\text{m}^2$  となった。しかし、ビスマス・テルルモジュールの高温部が  $200^\circ\text{C}$  を超えると出力が低下した。この測定後、ビスマス・テルルモジュールではアルミナ基板が素子から容易に剥離した。評価後、ビスマス・テルル素子の組成分析を走査型電子顕微鏡による特性 X 線分析で行ったところ、本来は素子に含まれていない  $\text{Sn}$  が検出された。このことは



電極形成に用いているはんだ成分であるSnが熱電素子へ拡散し、出力が劣化したことを示している。

酸化物とビスマス・テルルのカスケードモジュールは 200～600℃では変換効率が低く、太陽熱利用に最適のモジュールとは言えない。産総研グループが開発したシリサイド材料は 200～600℃の中温域空气中で良好な熱電性能を示す。そこで、 $\text{MnSi}_{1.75}$  と  $\text{Mn}_3\text{Si}_4\text{Al}_2$  のシリサイド材料を用いたモジュールの開発を行った。シリサイド材料は高温、空气中ではシリカなど不動態層を表面に形成するため、耐酸化性には優れている。しかし、モジュールを作製する場合、この電気絶縁体である酸化層を除去し、電極を形成することが必要となる。また、電極材料も高温、空气中で良好な耐酸化性を持たなければならない。そこで、高温まで耐久性がある Ni-B めっきによりシリサイド材料表面をメタライズし、銀ペーストを用い電極を形成し、シリサイドモジュールを作製した。用いた素子は n 型が  $\text{Mn}_3\text{Si}_4\text{Al}_3$ 、p 型が  $\text{MnSi}_{1.75}$  である。素子寸法は断面が 3.5x3.5mm、長さが 5mm である。アルミナ基板のサイズは 64.5 x 64.5mm で、素子対数は 64 対である。熱源に面ヒーターを用い、20℃の循環水により冷却し、発電性能を測定した。その結果、ヒーター温度が 600℃の時、10W の出力が得られた。受熱面積に対する出力密度としては 2.3kW/m<sup>2</sup> となった。

シリサイド材料を用いたモジュールの作製も、酸化物モジュールの作製同様、市販の銀ペースト材への添加剤と焼成条件の最適化により、電極での接触抵抗を低減することができた。これまでに得られたモジュールの出力密度は 3.9kW/m<sup>2</sup> と見積もることができ、従来の 2.3kW/m<sup>2</sup> よりも高い値となった。さらに、500℃、8時間後の発電出力の劣化が添加剤の無い場合が 13%減であったのに対し、最適な添加剤を加えた場合は 3%減となった。今後、添加剤の量、焼成条件のさらなる改良により、高温、空气中での耐久性を向上させる。またこのモジュールは真空中では高温側温度が 700℃であっても、三日間に渡る発電テストでも性能劣化が見られなかった。このことから、電極部の酸化や空气中での何らかの反応がモジュール性能劣化の原因となっていることが分かった。

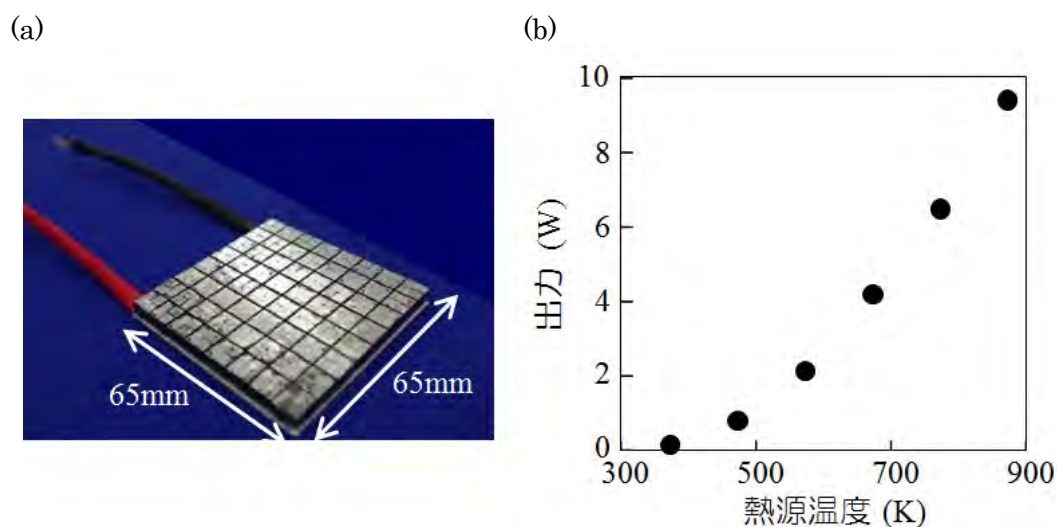


図 2 シリサイドモジュールの写真(a)と冷却速度が 20℃、熱源温度を変化させた場合のシリサイドモジュールの発電出力(b)。

また、シリサイドモジュールとビスマス・テルルモジュールのカスケードモジュールを作製した(図 3(a))。高温側の温度が 600℃の時、約 5.2W の出力を得ることができた(図 3(b))。ビスマス・テルルモジュールのみでは 200℃までしか用いることができず、また出力は 4.3W であったが、カスケード化することで、より高温での発電が可能となり、発電出力を約 20%向上することができた。

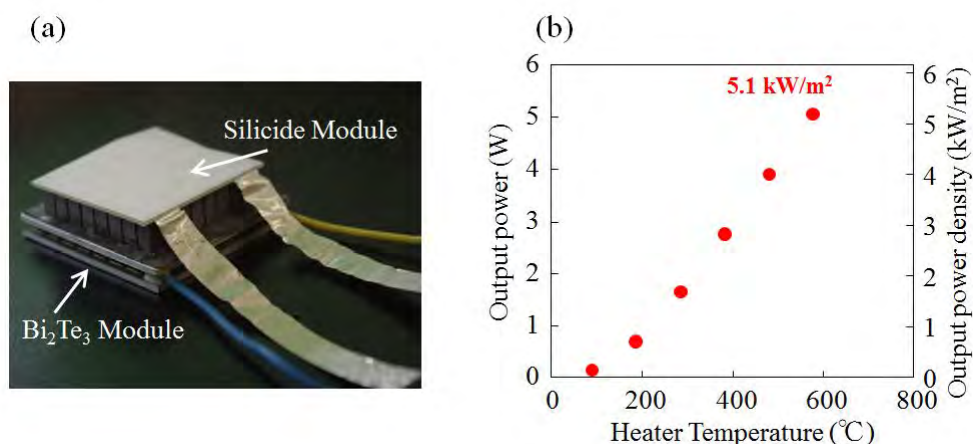


図 3 シリサイドモジュールとビスマス・テルルモジュールのカスケードモジュールの写真(a)と発電出力の高温側温度依存性(b)。

### 3. 太陽熱利用熱発電システムの開発

熱電発電を応用するに当たり、モジュールの高い変換効率は最も重要であるが、発電出力値を高くするためには、モジュールに流入する熱量を多くすることが重要である。そのためには、集熱技術を開発する必要がある。集熱部材には高い廃熱温度に耐えることと高い熱伝導度が要求される。本研究では灯油燃焼を用い、熱電モジュールへ熱を入力するための熱伝達技術を構築した。モジュールを燃焼ガスで直接炙るだけでは熱入力は不十分であり、集熱フィンが必要であった。また、フィン材質も耐火材よりも熱伝導度の高い鉄製フィンで燃焼ガスからモジュールへの高い熱伝達性能を確認した。

カスケードモジュールを用いた熱電発電ユニットのプロトタイプを製造した。モジュールサイズは酸化物、ビスマス・テルル共に 6.4cm 角である。4 セットのカスケードモジュールと集熱フィン、水冷槽から構成される発電ユニットを作製した。このユニットのガスバーナーを用い測定した発電出力は 49W で、2.6kW/m<sup>2</sup> の出力密度を達成した。また、複数のユニットを連結し、700W を超える発電実証に成功した。

### 4. 新材料の探索と素子化

上記したカスケードモジュールの発電効率は 200~600°C では、酸化物材料の  $ZT$  が低いことが原因で、高くない。そこで、この温度域で良い熱電性能を高めるためには、中温域で酸化することなく、高い  $ZT$  を示す熱電材料が必要である。産総研グループは n 型の熱電性能を示す  $Mn_3Si_4Al_2$  を開発した。電気抵抗率は 1mΩcm 程度と低いながら、ゼーベック係数は 100 μV/K を示した。熱伝導度が 4~6W/mK と高いため、 $ZT$  値は 500°C において 0.2 となった(図 4(a))。この材料の耐酸化性は良好で、600°C、空气中で連続して測定した電気抵抗率は二日後も変化することがなかった(図 4(b))。

$Mn_3Si_4Al_2$  の熱伝導度の低減を目指し、急冷凝固によるナノ構造制御と元素置換により試みた。急冷凝固については、試料融液を空冷した銅製ローラーに滴下することで、高温では 1000°C/秒での急冷が可能なメルトスピン法により試みた。しかし、試料の融点が高く、さらに熔融時に相分離が起こってしまい、 $Mn_3Si_4Al_2$  の急冷試料を作製することができなかった。熔解方法を改良することで、この問題は解決できると考えている。

最高で 0.2 である  $Mn_3Si_4Al_2$  の  $ZT$  の増加は必要不可欠である。そこで、ゼーベック係数や電気抵抗率の改善を元素置換により試みた。Mn の一部を 3d 遷移金属 (Ti、V、Cr、Fe、Co、Ni、Cu)、Al の一部を In、Ge で置換した試料を合成した。その結果、Mn を Cr で置換した  $Mn_{2.7}Cr_{0.3}Si_4Al_2$  で 300°C における  $ZT$  が 0.3 (無置換試料で 0.13) まで増加した(図 4(a))。さらに、また、Al を Ge で置換した  $Mn_3Si_4Al_{1.9}Ge_{0.1}$  では 500°C において  $ZT$  が 10% 増加し、0.22 となった。

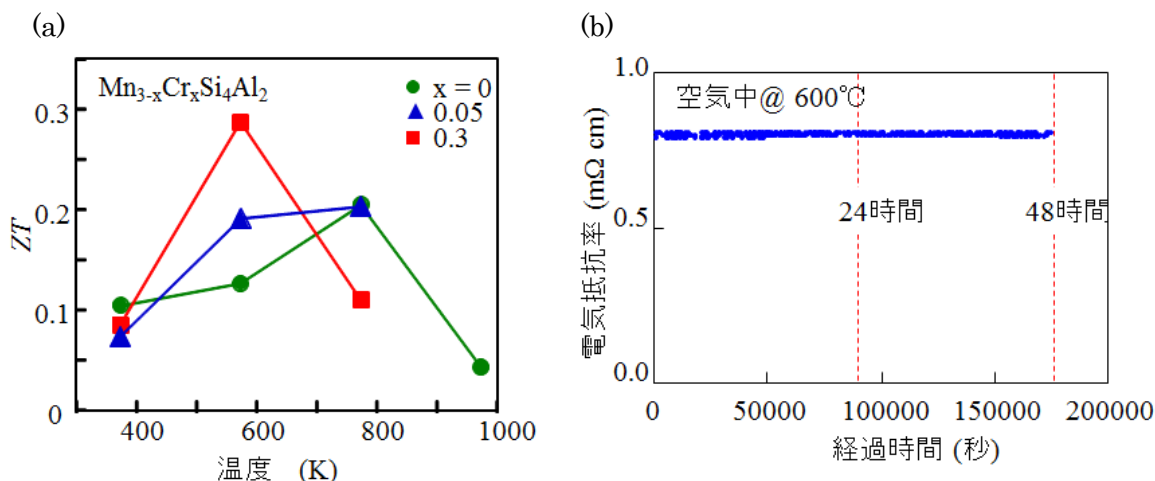


図 4  $Mn_{3-x}Cr_xSi_4Al_2$  の無次元性能指数  $ZT$  の温度依存性(a)と  $Mn_3Si_4Al_2$  焼結体の 600°C、空气中での電気抵抗率の経時変化(b)。

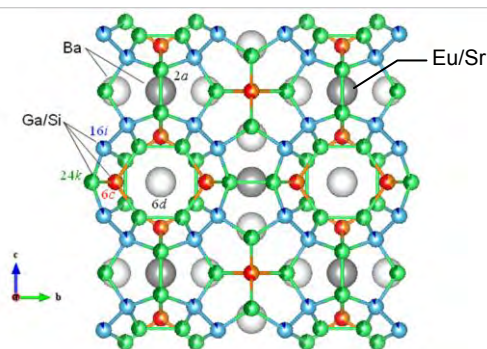
$Mn_3Si_4Al_2$  はアーク熔解時、最も融点の低い Al が Mn や Si の熔解により放出された酸素で酸化される。生成した  $Al_2O_3$  は合金中に固溶しないため、Al 組成が出発組成より少なくなり、またその減少量も制御することができない。そのため、同じ仕込み組成の試料でも、合成後の組成比は異なり、 $ZT$  の値も再現性が乏しく、体系的な研究が困難であった。そこで、原料として Mn-Al あるいは Si-Al 合金を用いたところ、Al の酸化が抑制され、高い再現性で熱電特性を得ることが可能になった。

#### 4. 3 ナノ構造ラトリング熱電半導体の開発(山口東理大グループ)

##### 1. ゲスト置換クラスレートの創製

アーク熔融法と放電プラズマ焼結法を併用した手法によって  $Ba_8Ga_{16}Si_{30}$  系クラスレートにおいて Ba ゲストを Sr および Eu ゲストで一部置換した  $Ba_{8-x}A_xGa_{16}Si_{30}$  ( $A = Sr, Eu$ ) 化合物を合成するプロセス条件を検討し、単一相化合物を合成する条件を見出した。

Sr および Eu ゲスト置換化合物の粉末 X 線回折・リートベルト解析から結晶構造の詳細を決定した。その結果、Sr および Eu ゲストは、ゲストサイトの 6d サイト(ホスト 14 面体中) および 2a サイト(ホスト 12 面体中) の二つのサイトの内、2a サイトを優先的に占有すること、Eu ゲスト置換の場合に 2a サイトにおける原子変位パラメータが増加することが判明した。リートベルト解析と EDX 組成分析の結果から、Sr と Eu の置換範囲は組成  $x = 1.8$  程度までであることがわかった。

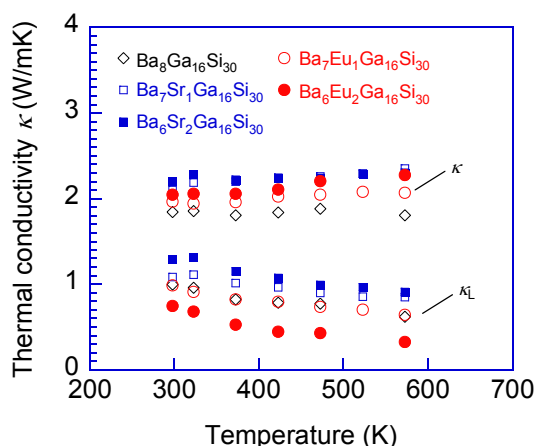


$Ba_{8-x}A_xGa_{16}Si_{30}$  ( $A = Sr, Eu$ ) 系クラスレートの結晶構造モデル

##### 2. ゲスト置換によるラトリング・フォノン物性への効果

$Ba_{8-x}A_xGa_{16}Si_{30}$  ( $A = Sr, Eu$ ) 系における格子熱伝導率は、Sr 置換では殆ど変化しないが Eu 置換では低下することが判明した。Eu ゲスト置換の場合、アインシュタイン温度 (2a サイトのゲスト

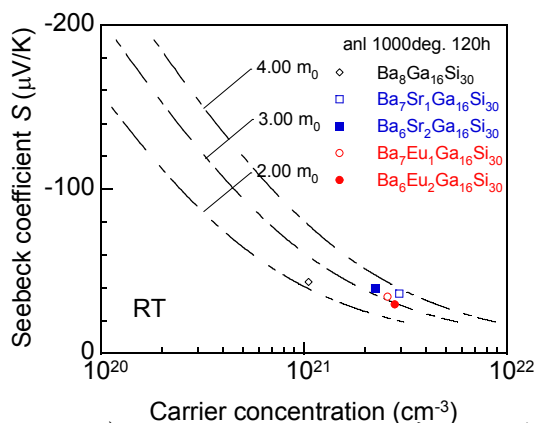
原子固有振動数が低下すること、フォノン平均自由行程がゲスト原子間距離程度であることなどが解析結果からわかった。したがって、Euゲスト置換によってフォノンの散乱が増強する可能性がある。そこで、ゲスト置換Ba<sub>8-x</sub>Eu<sub>x</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub>系における熱伝導の機構に関わる種々の物性パラメータ(デバイ温度、アインシュタイン温度、音速)を実験的に求め、Eu置換による格子熱伝導率の低減(フォノン散乱の増強)の効果に関して詳しく解析を行った。実験的に求めたパラメータ値を使い、種々のフォノン散乱メカニズム(混晶散乱、共鳴散乱、トンネル散乱、粒界散乱、電子・フォノン散乱)を取り入れた格子熱伝導率のモデル計算を行った。その結果、6dサイトのBaゲストのラットリング効果に加えて、2aサイトのEuゲストのラットリング効果がフォノンの共鳴散乱を増加させることがわかった。



Ba<sub>8-x</sub>A<sub>x</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> (A= Sr, Eu) 系クラスレートにおける熱伝導率と格子熱伝導率  
(Advances Sci. Tech., 74 (2010) 26-31)

### 3. ゲスト置換による電子構造への効果

ゲスト置換の効果を調べるために、Ba<sub>8-x</sub>A<sub>x</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> (A= Sr, Eu)系化合物におけるキャリア輸送特性(ゼーベック係数、キャリア濃度)を測定し、解析した結果、SrおよびEu置換共にBa<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub>系に比べてゼーベック係数が増加(有効質量が増加)する効果のあることがわかった。2つの空隙(6dサイトと2aサイト)の内、2aサイトのゲスト置換の場合は6dサイトと比べて空隙サイズが小さく、ゲスト原子のイオン半径も小さいので、ゲスト・ホスト間の相互作用(ゲスト・ホスト間距離・波動関数のオーバーラップ)が影響を受けて、それが電子構造(伝導帯底近傍のエネルギー一分散関係)に変化をもたらすものと考えられる。

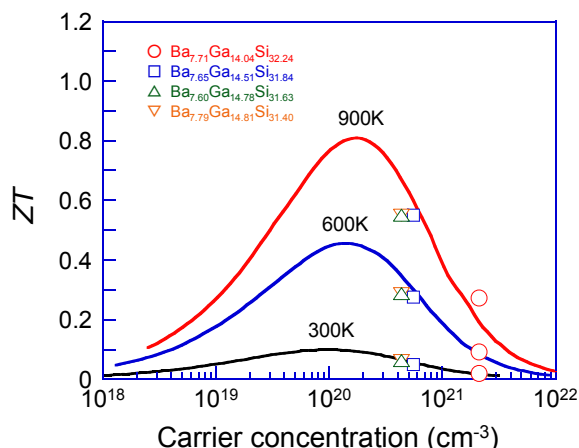


Ba<sub>8-x</sub>A<sub>x</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> (A= Sr, Eu) 系クラスレートにおけるゼーベック係数のキャリア濃度依存性  
(Advances Sci. Tech., 74 (2010) 26-31)

### 4. ホスト置換による熱電特性の最適化

本研究で見出した合成方法・条件により、Ba<sub>8</sub>Ga<sub>x</sub>Si<sub>46-x</sub>系において組成x = 15程度までホストSiをGa置換可能であることがわかった。Ga置換量によりキャリア濃度を制御することができ、ゼーベ

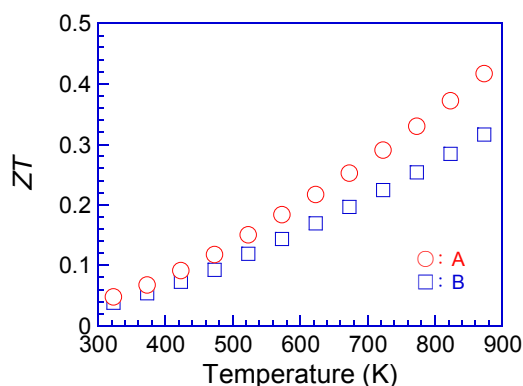
ック係数、電気伝導率、熱伝導率等の熱電特性のキャリア濃度依存性の詳細を明らかにした。なお、これらのデータは、ゲスト置換による電子構造への影響を比較・議論するための基礎データとなった。熱電性能指数  $ZT$  と密接に関わる有効質量、キャリア移動度、および格子熱伝導率のキャリア濃度依存性も実験的に明らかになった。このように実験的に求めた物性値から、これらの系において  $ZT$  向上のための最適キャリア濃度を見積もった。



$Ba_8Ga_xSi_{46-x}$ 系クラスレートにおける無次元熱電性能指数  $ZT$  のキャリア濃度依存性 (J. Solid State Chem., 193 (2012) 94–104)

### 5. 環境半導体 $Ba_8Al_xSi_{46-x}$ 系クラスレートの創製

$Ba_8Al_xSi_{46-x}$ 系クラスレートは、資源量豊富で毒性の低い元素から構成され高融点であるため、中・高温領域における材料として期待される。 $Ba_8Al_xSi_{46-x}$ 系クラスレートをアーク溶融法と放電プラズマ焼結法を併用して合成し、その熱電特性の詳細評価を行った。従来、 $Ba_8Al_xSi_{46-x}$ 系単結晶では組成  $x = 14$  程度までであり、単結晶の特性は金属的で熱電性能は低いことが報告されていた。それに対して本研究で見出した合成方法・条件により、Siホストを置換するAl濃度を  $x = 15$  程度まで高めることに成功した。その結果、この系においては最高値である熱電性能指数  $ZT \approx 0.4$  (900 K) を達成した。また、熱電特性の最適化において重要な物性量であるキャリア移動度、有効質量および格子熱伝導率を実験的に明らかにした。

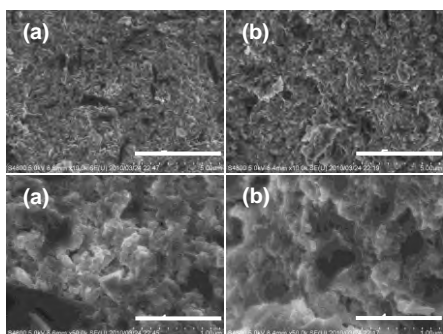


$Ba_8Al_xSi_{46-x}$ 系クラスレートにおける無次元熱電性能指数  $ZT$  のキャリア濃度依存性 (J. Mater. Sci., 48 (2013) 2846–2854)

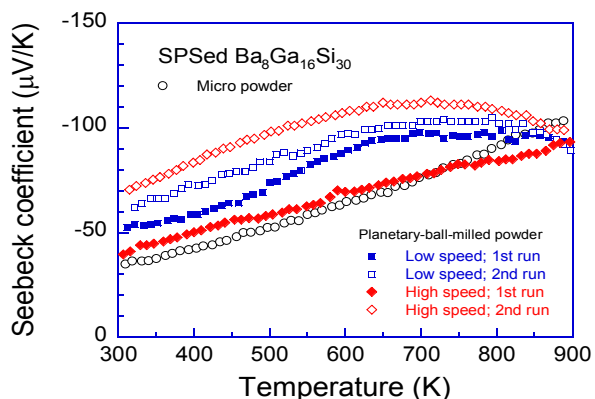
### 6. クラスレート・ナノコンポジットの創製

物理的手法により Si 系クラスレート化合物の微細化および半導体ナノ粒子作製のプロセスについて検討した。Si 系クラスレート化合物について物理的粉砕により微細化の条件を検討したところ、微細化が進むと分解することが判明した。そこで、クラスレート化合物の組成や粉砕条件の再検討を行った結果、コンポジットの母体として比較的分解が起こりにくい化合物組成を見出した。この化合物における粉砕条件の検討と微細化した粒子を用いてナノ組織制御した高密度焼結体を得る

ための放電プラズマ焼結条件を検討し知見を得た。一方、上記のクラスレートとコンポジットする半導体の物理的粉碎によるナノ粒子化を実施し、数 10nm～数 $\mu\text{m}$  のサイズをもつ粒子が得られた。しかし、十分に高密度のバルクを得るには粒子表面修飾や表面酸化防止などのプロセス条件を検討する課題が依然として残された。高い空孔密度と微細化による界面散乱の増加によると推察される熱拡散率の低下と電気伝導度の低下を伴うが、マイクロ粒子焼結体と比べて低温側でゼーベック係数が増加することを確認した。ゼーベック係数増加の原因としてキャリア密度の変化がないと仮定した場合、粒界表面ポテンシャル障壁によるエネルギーフィルタリング効果の可能性が示唆された。



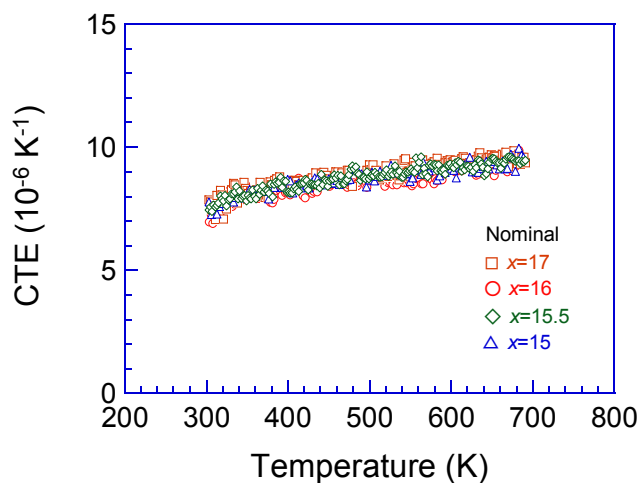
$\text{Ba}_8\text{Ga}_{16}\text{Si}_{30}$  ナノ焼結体の FE-SEM 像 ; SPS (480°C, 600 MPa, 2 min) (a) 低昇温速度 (10°C/min) (b) 高昇温速度 (40°C/min). (Mater. Sci. Engineering, 18 (2011) 142012)



$\text{Ba}_8\text{Ga}_{16}\text{Si}_{30}$  ナノ焼結体のゼーベック係数の温度依存性 ; SPS (480°C, 600 MPa, 2 min)、低昇温速度 (10°C/min) および高昇温速度 (40°C/min)

## 7. 熱電デバイス技術の開発

環境半導体  $\text{Ba}_8\text{Al}_x\text{Si}_{146-x}$  系クラスレートを熱電素子応用する上で重要となる熱膨張係数や弾性定数、熱的安定性、耐酸化性等を総合的に評価し、それらの特性を  $\text{Ba}_8\text{Al}_x\text{Si}_{146-x}$  系で初めて明らかにした。特に、実用面から空気中での試験の結果から、 $\text{Ba}_8\text{Al}_x\text{Si}_{146-x}$  系クラスレートが優れた熱的安定性・耐酸化性をもつことを確認した。耐酸化性試験において、バルク  $\text{Ba}_8\text{Al}_{15}\text{Si}_{131}$  試料を空気中で熱処理 (600°C–800°C, 0–480 時間) し、その前後の表面状態を X 線回折 (XRD), X 線光電子分光 (XPS), 走査型電子顕微鏡 (SEM)・エネルギー分散型 X 線分析 (EDX) 装置により観察・解析した結果、アルミン酸バリウムの酸化層が表面に形成されることが判明した。この表面酸化の機構は熱拡散であり、その活性化エネルギーは 201 kJ/mol (ダイヤモンド型結晶構造シリコンの熱酸化と同程度) であることがわかった。空気中の熱処理により表面は酸化するが、内部の組成は殆ど変化せず、空気中 600°C の熱処理前後において熱電特性は殆ど変化しないことも確認した。



$\text{Ba}_8\text{Al}_x\text{Si}_{146-x}$  系クラスレートにおける熱膨張係数 (J. Electron. Mater., 42 (2013) 2326-2336)

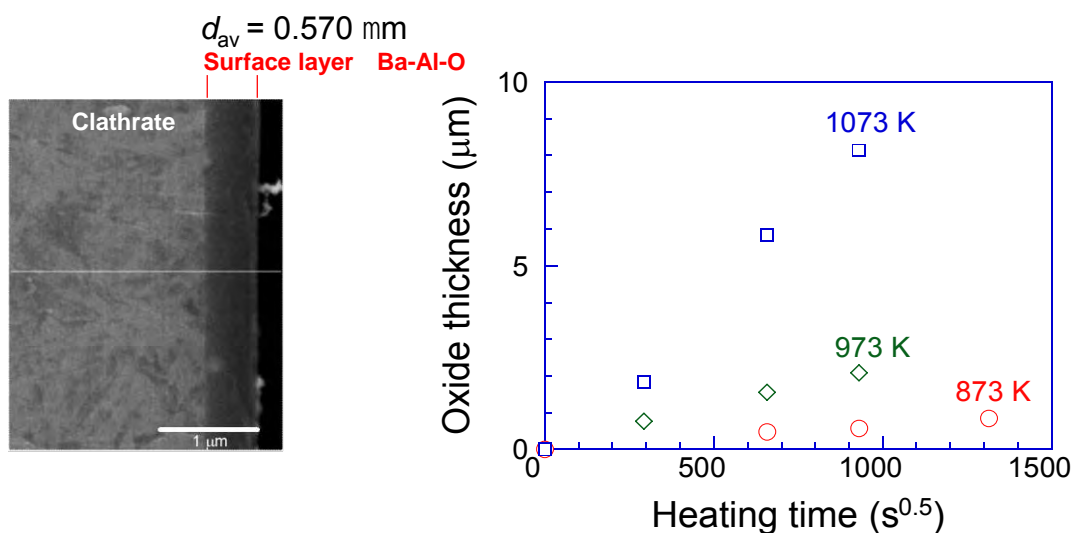
Ba<sub>8</sub>Al<sub>x</sub>Si<sub>46-x</sub>系クラスレートにおける音速と弾性定数 (同上)

Sample Nominal $x$	Sound velocity Longitudinal $v_L$ (m/s)	Sound velocity Transverse $v_T$ (m/s)	Young's modulus $E$ (GPa)	Shear modulus $G$ (GPa)	Bulk modulus $K$ (GPa)	Poisson's ratio $\nu$
$x=15$	6258	3636	108	43.5	129	0.245
$x=15.5$	6206	3594	106	42.6	127	0.248
$x=16$	6223	3584	105	42.1	127	0.252
$x=17$	6176	3557	103	41.2	124	0.252
Si [100]*	8430	5840	130	64	98	0.28
Ba <sub>8</sub> Ga <sub>16</sub> Ge <sub>30</sub> **	—	—	103.23	42.26	62.15	0.223
Sr <sub>8</sub> Ga <sub>16</sub> Ge <sub>30</sub> **	—	—	85.28	33.7	61.06	0.267
Ge [100]***	4870	3570	103	41	71.3	0.26

\* Ref. M.E. Levinshtein, S.L. Rumyantsev, in Handbook Series on Semiconductor Parameters, ed. By M. Levinshtein, S. Rumyantsev, M Shur, (World Scientific Publishing, Singapore, 1996), pp. 29–30

\*\*Ref. N.L. Okamoto, T. Nakano, K. Tanaka, H. Inui, J. Appl. Phys. 104, 013529 (2008)

\*\*\*Ref. L.E. Vorobyev, in Handbook Series on Semiconductor Parameters, ed. By M. Levinshtein, S. Rumyantsev, M. Shur, (World Scientific Publishing, Singapore, 1996), pp. 54–55



Ba<sub>8</sub>Al<sub>15</sub>Si<sub>31</sub> 酸化試験 (600°C、240 h)  
試料の SEM 表面観察例)

Ba<sub>8</sub>Al<sub>15</sub>Si<sub>31</sub> における熱処理時間  
と酸化膜厚との関係

(J. Electron. Mater., DOI: 10.1007/s11664-013-2887-2)

## 8. 追加事項

産総研 G で開発した Mn-Si-Al 系材料の粉末 X 線回折測定による結晶構造評価および熱電特性の評価を行った。Mn-Si-Al 系材料は高温領域で高い出力因子をもち、熱電特性も安定であることを確認した。

#### 4. 4 熱電発電モジュールの設計と指針の確立(北海道大学グループ)

##### 1. 熱流体を用いた熱電発電システムの設計

熱流体を用いた熱電発電システムの設計にあたり、熱電素子を介した熱交換による損失を考慮した現実的なモデルとその数学的解析解を示して、実用に役立つ設計指針を確立することを目的とした。特に最大出力を得るために必要な、熱電パネルの敷き詰め方、熱流体の流し方、熱電パネルの多層化による効率向上の可能性、を検討した。

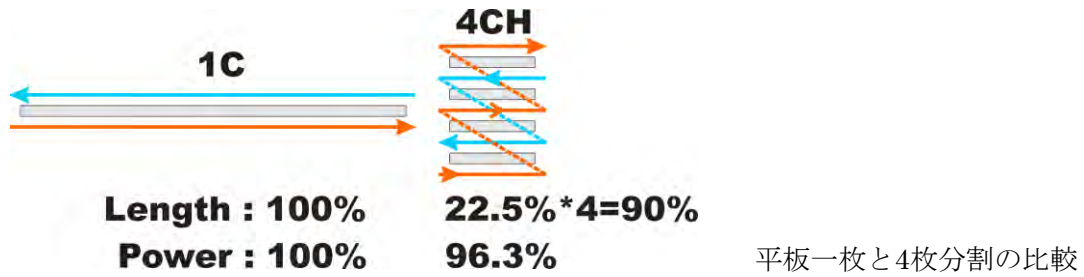
##### 1-A. 平板型熱電発電システムの理論的予測

温度の異なる非圧縮性熱流体が2種類あると仮定し、これらを多数の熱電素子の直列結合集合体である熱電パネルに沿って流すことを想定した。熱流体は熱の運搬媒体であるが、それ自体に熱容量を持つので可動の蓄熱体とも考えることが出来る。この熱流体を用いて熱電素子の集合体パネルに温度差を付与するとき、二つの流体を向流で流し、かつ熱電パネルを2枚(流路にして3段)に積層したシステムが最大出力であることを、伝熱工学を用いた数学モデルで解析解を示して明らかにした。最も簡単な場合は1層の向流の場合であり、無次元長さ $L$ を導入すると $L=1$ の場合に無次元出力は最大値 $1/16$ をとる。1層の並流の場合はずべてのパネル長さについて向流の場合に劣る出力しか得られない。パネルを多く用いると大きな発電出力を得ることが出来るが、あまりに多くのパネルを用いると、パネルを通過する熱交換により熱流体の温度差が小さくなること、および内部抵抗の増大によりパネル自身のジュール熱に発電量が消費されること、の2つの理由で発電能力が低下する。すなわち、すべてのシステムに最適なパネル長さが存在し、それに対応する最大発電量が定まる。本研究において2層の熱電発電パネルを用いる場合、独立な16通りのうち、3通りは1層の並流の場合と同等の発電能力を有し、その際に必要な熱電パネルの量も同一であった。これは熱電発電装置の設置面積を半分にすることが可能であることを示した。この様な系統的な研究例は従来無かった。

さらに熱電パネルを多層化して設置面積を少なくすることを目指し、多層の熱電発電パネルを設置し、その層間の流路に2種の熱流体を向流もしくは並流で流すシステムを検討した。例えば平板三枚型を検討した。可能な発電システムは多数に及ぶので、平板二枚型で得た指針である「温度の異なる熱流体は熱電パネルを挟んで流すべし」に従い、8通りについて計算した。当初もくろんだ、「流体を等分割して流路に流す」やり方ではその発電出力は平板二枚型のそれに及ばなかった。しかし、「流体を適切な比に分割して流路に流す」やり方を検討したところ、平板二枚型の出力と全く同一の出力が得られることが解った。またその際に必要な熱電パネルの量も同一であった。これは熱電発電装置の設置面積を $1/3$ にすることが可能であることに対応する。

解析解は無次元化することができ、20数種類の全てのモデルで、ある特定のシステム長さで最大の発電量を得ることを示した。このモデルを適用すれば熱流体を直列に流す発電と2分割で流す発電の出力は同値であった。すなわち、流路を工夫することで、平板一枚型、二枚型、三枚型のいずれでも同等の最大出力の発電システムが設計可能であることを証明した。たとえば、下図は4分割の例で、流体の節約のため流路を折り曲げて再利用すると熱電パネルは平板一枚に比べ90%の使用量で出力は最大となり、そのとき最大出力は平板一枚に比べ96.3%となることを示した。少ない材料使用量で大きな発電が可能となる。



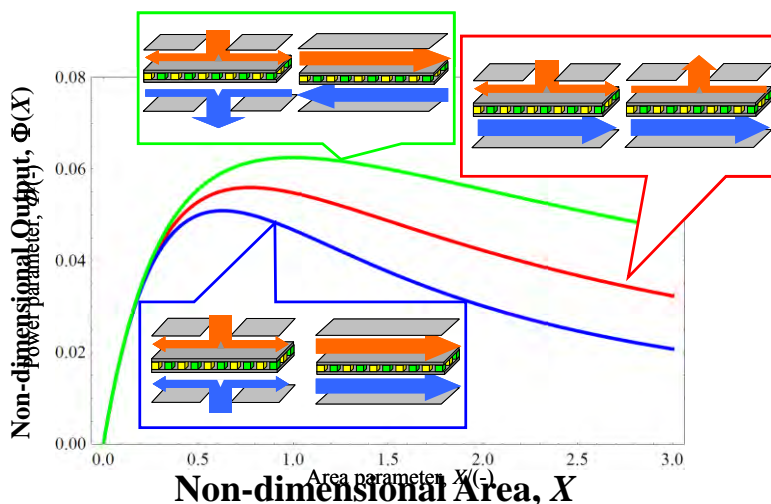


以上の解析では、理想的な断熱材を仮定しているが、そのような断熱材が入手できないとき、多層化は有効な省エネルギーシステムとなりうる。また本研究結果は、発電量を最大値に保ちつつ設置面積を最小にするための熱電発電パネルの面積を示している。流体の流す方向によらず、熱電パネルの総延長でなく、総面積が重要であることを明瞭に示した。

### 1-B. 平板垂直吹きつけの2次元熱流体挙動と熱電発電

熱電パネルに温度差を与えるため、従来検討例のない、垂直に熱流体を吹きつける場合を詳細に検討した。熱収支を考えて一次元の解析解を調査し、従来最も出力の高くなる並流による最大発電量とまったく同等の発電が、熱流体の導入方向にある条件を加えると可能であることを数学的に証明した。また流体を垂直に投入するときは、モジュール中央から導入するのが最適であった。ただし、垂直に熱流体を吹き付けると、実際の流れにおいては流れ方向が90度回転するので圧力損失が生じること、しかし、渦流の発生によって熱伝達係数の改善が期待できること、の得失が存在する。

この問題を更に詳細に検討するため、流体现象と伝熱現象を同時に解く有限要素法に基づく数値解析ソフトFLUENTを利用し、流体の流れと温度勾配を2次元でより定量的に把握した。例えば、流体のよどみ点をどの位置に置かによって熱伝達現象が変わりうることを見出した。ソフトに熱電現象解析機能を追加することによって、これら3つの現象を同時に理解できるようソフトを改良した結果、このような解析が可能となった。温度分布だけでなく圧力損失の見積もりや、渦流発生による熱伝達改善を検討した。



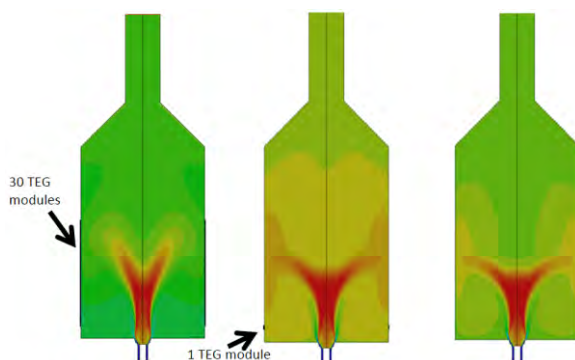
モジュール中央から流体を吹きつけるモデルで解析したモジュールの大きさ $X$ と無次元化出力 $\Psi(X)$ との関係 (*J.Electon. Mater.*, .41, (2012) 1766-1770)

### 1-C. 螺旋型発電モジュールの数値解析

螺旋状に熱流体を向流条件で流し、圧力損失のない発電方法を数値計算で検討している。数値計算に当たっては円筒座標系に変更する機能を新しく数値計算に付加し、基礎的な変数の効果を調査した。流体の混合効果よりもモジュール配置のシステム設計指針が重要であった。配置の方法と数値解の信頼性向上を試験した。

### 1-D. 船舶用内燃機関発電の数値解析

熱流体を用いて熱源と離れた位置で発電することの有利性を当初考えていたが、内燃機関は熱流体が発熱しているととらえて新しい発想を得た。すなわち火炎を用い、海水で冷却する発電システムの設計を行った。内燃機関の壁にバーナーの炎が当たることが最適になる熱機関が設計され、このような高温火炎を用いた熱電発電の計算例は今まで無かった。

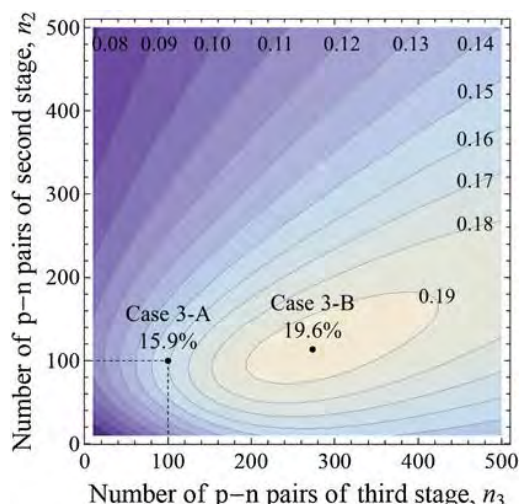


いくつかの燃料供給条件で解いた火炎とその周辺の温度分布 (Mater. Trans. 52, 8 (2011) 1549-1552. 日本熱電学会欧文論文賞)

## 2. 多段型モジュールの熱電発電量計算

カスケード状に多段の熱電素子を層状に積み上げた多段型モジュールを調査し、最適な発電条件を解析解で調査した。現在、本チームが研究目標としている材料の特性値が実現したならば900Kの温度差で効率19%が達成できる3段型カスケードモジュールの設計指針を2通りの解析解として得た。

さらに数値解で2段のカスケードまでシミュレーションして解析解の妥当性を確認した。なお個々の素子の形状因子も検討したが、材料物性の温度依存性を考慮してもその改善効果は小さいことがわかった。例えば素子を $\Pi$ 型ではなく、傾けた形状に組んだ場合、傾けるほど出力も効率も悪くなることが分かった。素子内部の電流の通り方と熱の通り方は共通するので、抵抗の大きな素子配置は望ましくない。



第一段の素子数 $n_1=100$ のとき、第2段と第3段の素子数 $n_2, n_3$ によって得られる効率の等高線図。 $n_2=n_3=100$ の従来設計では効率は15.9%であるが、 $n_2, n_3$ を最適化すると最大19.6%が得られる。(J. Electron. Mater., 42(7)(2013)1688-1696.)

### 3. 太陽光による熱電発電

震災の教訓の下に、再生可能エネルギー源である自然熱源である温泉や火山、太陽などの熱源を積極的に利用する熱電発電を考えるべきであると、軌道修正を行った。本研究では太陽熱を集中的に検討することとした。

#### 3-A 熱輻射条件の一般式導出

太陽光のように輻射伝熱が生じて熱電モジュールを加熱するとき、従来考えられていた温度差一定の条件は崩れ、熱流束一定の条件となる。熱電モジュールを太陽光に晒して発電する試みはいくつか知られているが、熱輻射を無視できない高温の場合は検討されていなかった。すなわち、解析が簡単な温度差一定の条件はもはや適用できないので、モジュールの出力を議論するためには新しい考え方が必要となった。この様な場合を計算した結果、熱輻射下にある熱電モジュールの出力を良好に近似した新しい解析解を見いだした。これにより、熱流一定の条件の下では、焦点位置から外れた位置に熱電素子をおく方が、熱輻射が低減でき熱が有効に電力に変換された。過度に集光したモジュールは高熱で破壊される可能性があること、またモジュールの設計に当たって素子の長さや大きさに最適化が必要であることを示した。

#### 3-B 太陽熱集光システムとしての水レンズの提案

太陽熱を利用した熱電発電システムが必要とされていることに鑑み、高価な鏡やレンズではなく、安価な水とビニールシートを用いた集光を考えることにした。これを水レンズと呼び、そのレンズについて、垂直入射の光路を計算と実験で検討し、水レンズの形状を可変に出来る操作条件を示した。熱流一定の条件を新しく導入した結果、焦点位置から外れた位置に熱電素子をおく方が、熱輻射を最小にするので、熱を有効に利用できる。垂直入射の光路を数値計算と実験で検討し、最適レンズの形状を示した。水量にかかわらず透明シートを水面で38度上向きに引っ張る条件が最適であることを示した。熱電モジュールを集光した光にさらして発電する場合には、熱輻射が無視できない温度に到達するので、例えば真空室に熱電モジュールを隔離するのが望ましい。さらに水レンズを用いた発電システムを自作し、その特性把握に努めたところ、集光比38.8が実現した。発電実験では集光比14.9で市販のBiTe系素子を用いて30mWの発電に成功した。



水レンズの試作1号機。太陽光が床パネルに焦点を結んでいる。

### 3-C 水レンズの高性能化

水レンズの優秀性に一つは、太陽高度の時間変化に伴ってレンズの形状を変えることで焦点距離を変えること無く集光できる可能性があることで、これを計算機実験によって証明した。幅10cmの半円筒形水レンズは計算上、1mm幅の焦点に80倍まで集光できることを示した。水量とビニールシートに与える張力を最適に制御すれば太陽高度が最も高くなる南中時刻で無くとも、良好な発電が可能であることを示した。世界各地の緯度に合わせて水レンズを設計することが出来る。

## §5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 1件、国際(欧文)誌 79件)

### A 名大グループ(国内(和文) 0件、国際(欧文) 43件)

A-1. R. Huang, T. Mizoguchi, K. Sugiura, H. Ohta, K. Koumoto, T. Hirayama and Y. Ikuhara, "Direct Observations of Ca Ordering in  $\text{Ca}_{0.33}\text{CoO}_2$  Thin Films with Different Superstructures", *Appl. Phys. Lett.*, **93**, 181907 (2008).

A-2. K. Sugiura, H. Ohta, Y. Ishida, R. Huang, T. Saito, Y. Ikuhara, K. Nomura, H. Hosono and K. Koumoto, "Structural Transformation of Ca-Arrangements and Carrier Transport Properties in  $\text{Ca}_{0.33}\text{CoO}_2$  Epitaxial Films", *Appl. Phys. Express*, **2**, 035503 (2009).

A-3. Kenji Sugiura, Hiromichi Ohta, Shin-ichi Nakagawa, Rong Huang, Yuichi Ikuhara, Kenji Nomura, Hideo Hosono, and Kunihiro Koumoto "Anisotropic carrier transport properties in layered cobaltate epitaxial films grown by reactive solid-phase epitaxy", *Appl. Phys. Lett.*, **94**, 152105 (2009). (DOI: 10.1063/1.3119631)

A-4. Yifeng Wang, Kyu Hyoung Lee, Hiromichi Ohta and Kunihiro Koumoto "Thermoelectric properties of electron doped  $\text{SrO}(\text{SrTiO}_3)_n$  ( $n = 1, 2$ ) ceramics", *J. Appl. Phys.*, **105**, 103701 (2009). (DOI: 10.1063/1.3117943)

A-5. W. Wunderlich, H. Ohta, and K. Koumoto "Enhanced effective mass in doped  $\text{SrTiO}_3$  and related perovskites", *Physica B Cond. Mat.*, **404**, 2202 (2009). (DOI: 10.1016/j.physb.2009.04.012)

A-6. A. Yoshikawa, K. Uchida, K. Koumoto, T. Kato, Y. Ikuhara and H. Ohta, "Electric-Field Modulation of Thermopower for the  $\text{KTaO}_3$  Field-Effect Transistors", *Appl. Phys. Express*, **2**, 121103 (2009). (DOI: 10.1143/APEX.2.121103)

A-7. Y. F. Wang, K. Fujinami, R. Z. Zhang, C. L. Wan, N. Wang, Y. S. Ba and K. Koumoto, "Interfacial Thermal Resistance and Thermal Conductivity in Nanograined  $\text{SrTiO}_3$ ", *Appl. Phys. Express*, **3**, 031101 (2010). (DOI: 10.1143/APEX.3.031101)

A-8. W. Norimatsu and M. Kusunoki, "Transitional structures of the interface between graphene and 6H-SiC(0001)", *Chem. Phys. Lett.* **468**, 52 (2009).

- (DOI:10.1016/j.cplett.2008.11095).
- A-9. R. Sasai, T. Morishita, W. Norimatsu, M. Yamamoto, A. Ichikawa and M. Kusunoki, "Novel Upgrade Recycling of Spent SiC Abrasive Powder to CNT Particles," *Journal of the Ceramic Society of Japan*, **117/7**, 815 (2009).
- A-10. W. Norimatsu and M. Kusunoki, "Formation process of graphene on SiC (0 0 0 1)", *Physica E*, **42**, 691 (2010). (DOI:10.1016/j.physe.2009.11.151)
- A-11. T. Maruyama, W. Norimatsu and M. Kusunoki, "Fabrication of a multi-layered carbon nanotube/SiC stack structure", *Physica E*, **42**, 767 (2010). (DOI:10.1016/j.physe.2009.12.003).
- A-12. Y. F. Wang, K. H. Lee, H. Hyuga, H. Kita, H. Ohta and K. Koumoto, "Enhancement of thermoelectric performance in rare earth-doped  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$  by symmetry restoration of  $\text{TiO}_6$  octahedra", *J. Electroceram.*, **24**, 76-82 (2010). [DOI:10.1007/s10832-008-9455-9]
- A-13. N. Wang, L. Han, H. C. He, Y. S. Ba and K. Koumoto, "Effects of mesoporous silica addition on thermoelectric properties of Nb-doped  $\text{SrTiO}_3$ ", *J. Alloys Compd.*, **497**, 308-311 (2010). [DOI:10.1016/j.jallcom.2010.03.049]
- A-14. C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang and K. Koumoto, "Low-Thermal-Conductivity  $(\text{MS})_{1-x}(\text{TiS}_2)_2$  ( $M = \text{Pb}, \text{Bi}, \text{Sn}$ ) Misfit Layer Compounds for Bulk Thermoelectric Materials", *Materials*, **3**, 2606-2617 (2010). [DOI:10.3390/ma3042606]
- A-15. K. Uchida, A. Yoshikawa, K. Koumoto, T. Kato, Y. Ikuhara and H. Ohta, "A single crystalline strontium titanate thin film transistor", *J. Appl. Phys.*, **107**, 096103 (2010). [DOI:10.1063/1.3407568]
- A-16. R. Z. Zhang, C. L. Wang, J. C. Li and K. Koumoto, "Simulation of thermoelectric performance of bulk  $\text{SrTiO}_3$  with two-dimensional electron gas grain boundaries", *J. Am. Ceram. Soc.*, **93**, 1677-1681 (2010). [DOI:10.1111/j.1551-2916.2010.03619.x]
- A-17. N. Wang, H. W. Li, Y. S. Ba, Y. F. Wang, C. L. Wan, K. Fujinami and K. Koumoto, "Effects of YSZ Additions on Thermoelectric Properties of Nb-Doped Strontium Titanate", *J. Electron. Mater.*, **39**(9), 1777-1781 (2010). [DOI:10.1007/s11664-010-1144-1]
- A-18. Chunlei Wan, Yifeng Wang, Ning Wang, Wataru Norimatsu, Michiko Kusunoki and Kunihiro Koumoto, "Development of novel thermoelectric materials by reduction of lattice thermal conductivity", *Sci. Technol. Adv. Mater.*, **11**, 044306 (2010). [DOI:10.1088/1468-6996/11/4/044306]
- A-19. K. Fujinami, K. Katagiri, J. Kamiya, T. Hamanaka and K. Koumoto, "Sub-10 nm strontium titanate nanocubes highly dispersed in non-polar organic solvents", *Nanoscale*, **2**, 2080-2083 (2010). [DOI: 10.1039/c0nr00543f]
- A-20. Y. Nagao, A. Yoshikawa, K. Koumoto, T. Kato, Y. Ikuhara and H. Ohta, "Experimental characterization of the electronic structure of anatase  $\text{TiO}_2$ : Thermopower modulation", *Appl. Phys. Lett.*, **97**, 172112 (2010). [DOI:10.1063/1.3507898]
- A-21. Ning WANG, Hongcai He, Yaoshuai BA, Chunlei WAN, and Kunihiro KOUmoto, "Thermoelectric Properties of Nb-doped  $\text{SrTiO}_3$  Ceramics Enhanced by Potassium Titanate Nanowires Addition", *J. Ceram. Soc. Japan*, **118**, 1088-1101 (2010). [DOI:10.2109/jcersj2.118.1098]
- A-22. C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang, W. Norimatsu, M. Kusunoki, and K. Koumoto, "Intercalation: Building a Natural Superlattice for Better Thermoelectric Performance in Layered Chalcogenides", *J. Electron. Mater.*, **40** (5), 1271-1280 (2011). [DOI: 10.1007/s11664-011-1565-5]
- A-23. T. Aoki, C. L. Wan, H. Ishiguro, H. Morimitsu and K. Koumoto, "Evaluation of layered  $\text{TiS}_2$ -based thermoelectric elements fabricated by a centrifugal heating technique" *J. Ceram. Soc. Japan*, **119** (5), 382-385 (2011). [DOI:10.2109/jcersj2.119.382]

- A-24. N. Wang, L. Han, H. C. He, N. H. Park and K. Koumoto, "A novel high-performance photovoltaic-thermoelectric hybrid device", *Energy Environ. Sci.*, **4**, 3676-3679 (2011). [DOI:10.1039/c1ee01646f]
- A-25. T. Mizuno, Y. Nagao, A. Yoshikawa, K. Koumoto, T. Kato, Y. Ikuhara, H. Ohta, "Electric field thermopower modulation analysis of an interfacial conducting layer formed between  $\text{Y}_2\text{O}_3$  and rutile  $\text{TiO}_2$ ", *J. Appl. Phys.*, **110**, 063719 (2011). [DOI:10.1063/1.3633217]
- A-26. C. L. Wan, Y. F. Wang, W. Norimatsu, M. Kusunoki and K. Koumoto, "Nanoscale Stacking Faults Induced Low Thermal Conductivity in Thermoelectric Layered Metal Sulfides", *Appl. Phys. Lett.*, **100**, 101913 (2012). [DOI: 10.1063/1.3691887]
- A-27. Y. E. Putri, C. L. Wan, Y. F. Wang, W. Norimatsu, M. Kusunoki and K. Koumoto, "Effects of Alkaline Earth on the Thermoelectric Properties of Misfit Layer Sulfides", *Scripta Materialia*, **66**, 895-898 (2012). [doi:10.1016/j.scriptamat.2012.02.010]
- A-28. K. H. Lee, H. S. Kim, S. I. Kim, E. S. Lee, S. M. Lee, J. S. Rhyee, J. Y. Jung, I. H. Kim, Y. F. Wang, and K. Koumoto, "Enhancement of Thermoelectric Figure of Merit for  $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$  by Metal Nanoparticle Decoration", *J. Electron. Mater.*, **41**(6), 1165-1169 (2012). [DOI: 10.1007/s11664-012-1913-0]
- A-29. J. Niu, P. X. Yan, W. S. Seo, and K. Koumoto, "Self-Assembled-Monolayers (SAMs) Modified Template Synthesis and Characterization of  $\text{SrTiO}_3$  Nanotube Arrays", *J. Nanosci. Nanotechnol.*, **12**(3), 2054-2058 (2012). [DOI:10.1166/jnn.2012.5188]
- A-30. J. Niu, P. X. Yan, W. S. Seo, and K. Koumoto, "Hydrothermal Synthesis of  $\text{SrTiO}_3$  Nanoplates Through Epitaxial Self-Assembly of Nanocubes", *J. Nanosci. Nanotechnol.*, **12**(3), 2685-2690 (2012). [DOI: 10.1166/jnn.2011.5676]
- A-31. R. Z. Zhang, C. L. Wan and K. Koumoto, "Titanium sulphene: two-dimensional confinement of electrons and phonons giving rise to improved thermoelectric performance", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **14** (45), 15641-15644 (2012). [DOI:10.1039/C2CP42949G]
- A-32. J. H. Zhou, F. Dang, C. L. Wan, T. Tamura, L. Miao and K. Koumoto, "Silicide/silicon thermoelectric nanocomposite templated from filled mesoporous-silica", *J. Thermoelec. Soc. Jpn*, **9** (2), 15-18 (2012).
- A-33. N. -H. Park, Y. F. Wang, W. S. Seo, F. Dang, K. Koumoto, "Solution synthesis and growth mechanism of  $\text{SrTiO}_3$  mesocrystals", *CrystEngComm*, **15**, 679-685 (2013). [DOI: 10.1039/c2ce26409a]
- A-34. Y. S. Ba, C. L. Wan, Y. F. Wang, W. Norimatsu, M. Kusunoki, and K. Koumoto, "Glass-like thermal conductivity of  $\text{Nd}_{2/3-x}\text{Li}_x\text{TiO}_3$  bulk ceramics with nano-chessboard superlattice structure", *Mater. Lett.*, **97**, 191-194 (2013). [DOI: 10.1016/j.matlet.2013.01.107]
- A-35. N.-H. Park, F. Dang, C. L. Wan, W. S. Seo, and K. Koumoto, "Self-Originating Two-Step Synthesis of Core-Shell Structured La-doped  $\text{SrTiO}_3$  Nanocubes", *J. As. Ceram. Soc.*, **1**, 35-40 (2013). [DOI: 10.1016/j.jasc.2013.02.004]
- A-36. Y. E. Putri, C. L. Wan, R. Z. Zhang, T. Mori, and K. Koumoto, "Thermoelectric Performance Enhancement of  $(\text{BiS})_{1.2}(\text{TiS}_2)_2$  Misfit Layer Sulfide by Chromium Doping", *J. Adv. Ceram.*, **2**(1), 42-48 (2013). [DOI: 10.1007/s40145-013-0040-6]
- A-37. Y. F. Wang, C. L. Wan, X. Y. Zhang, L. Shen, K. Koumoto, A. Gupta, N. Z. Bao, "Influence of excess  $\text{SrO}$  on the thermoelectric properties of heavily doped  $\text{SrTiO}_3$  ceramics", *Appl. Phys. Lett.*, **102**, 183905 (2013). [doi: 10.1063/1.4804372]
- A-38. H. Kozuka, H. Yamada, T. Hishida, K. Ohbayashi, and K. Koumoto, " $\text{Sr}_x\text{La}_{1-x}\text{MnO}_3$ : n-type oxides with phase stability at high temperatures in air", *J. Mater. Chem. A*, **1**, 3249-3253 (2013).
- A-39. R. Z. Zhang and K. Koumoto, "Grain Size Dependent Thermoelectric

- Properties of SrTiO<sub>3</sub> 3D Superlattice Ceramics”, *J. Electron. Mater.*, **42**, 1568-1572 (2013). [DOI: 10.1007/s11664-012-2324-y]
- A-40. Y. F. Wang, X. Y. Zhang, L. M. Shen, N. Z. Bao, C. L. Wan, N. H. Park, K. Koumoto, A. Gupta, “Nb-doped grain boundary induced thermoelectric power factor enhancement in La-doped SrTiO<sub>3</sub> nanoceramics”, *J. Power Sources*, **241**, 255-258 (2013).
- A-41. F. Dang, C. L. Wan, N. H. Park, K. Tsuruta, W. S. Seo, K. Koumoto, “Enhanced Thermoelectric Performance of Nanostructured SrTiO<sub>3</sub>: Self-assembled Film of Nanocubes”, *ACS Appl. Mater. & Interfaces*, **5**, 10933-10937 (2013). [dx.doi.org/10.1021/am403112n].
- A-42. N. Wang, H. J. Chen, H. C. He, W. Norimatsu, M. Kusunoki and K. Koumoto, “Enhanced thermoelectric performance of Nb-doped SrTiO<sub>3</sub> by nano-inclusion with low thermal conductivity”, *Sci. Rep.*, **3**, 3449 (2013). [doi:10.1038/srepo3449]
- A-43. Y. E. Putri, K. Koumoto, “Effects of transition metal substitution on the thermoelectric properties of metallic (BiS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub> misfit layer sulfide”, *J. Electron. Mater.*, in press. [DOI: 10.1007/s11664-013-2894-3, 2013]
- B 産総研グループ**(国内(和文) 0 件、国際(欧文) 14 件)
- B-1. R. Funahashi, S. Urata, T. Mihara, N. Nabeshima, and K. Iwasaki, “Power generation using oxide thermoelectric modules”, *Industrial Ceramics*, **28**, 227-233 (2008).
- B-2. A. Kosuga, K. Kurosaki, K. Yubuta, A. Charoenphakdee, S. Yamanaka, and R. Funahashi, “Thermal Conductivity Characterization in Bulk Zn(Mn,Ga)O<sub>4</sub> with Self-Assembled Nanocheckerboard Structures”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **48**, 010201-010203, (2009).
- B-3. A. Kosuga, Yuri Isse, Y. Wang, K. Koumoto, and R. Funahashi, “High-temperature thermoelectric properties of Ca<sub>0.9-x</sub>Sr<sub>x</sub>Yb<sub>0.1</sub>MnO<sub>3-δ</sub> (0 <x < 0.2)”, *J. Appl. Phys.*, **105**, 093717-1-09717-6 (2009). (DOI: 10.1063/1.3125450)
- B-4. A. Kosuga, K. Kurosaki, K. Yubuta, A. Charoenphakdee, S. Yamanaka, and R. Funahashi, “Solid-State Self-Assembly of Nanostructured Oxide as a Candidate High-Performance Thermoelectric Material”, *J. Electron. Mater.* **38**, 1303-1308 (2009). (DOI: 10.1007/s11664-009-0716-4)
- B-5. S. Horii, M. Sakurai, T. Uchikosi, R. Funahashi, “Fabrication of Multi-Layered Thermoelectric Thick Films and Their Thermoelectric Performance”, Funahashi, R. Suzuki, Y. Sakka, H. Ogino, JI. Shimoyama, K. Kishi, *Proc. 3rd Int. Conf. Electrophoretic Deposition: Fundamentals and Applications*, **412**, 1-296, (2009).
- B-6. R. Funahashi, S. Urata, and A. Kosuga, “Fabrication of High-Performance Thermoelectric Modules Consisting of Oxide Materials”, *Ceram. Eng. Sci.*, **29**, 51-62 (2009).
- B-7. S. Lemonnier, E. Guilmeau, C. Goupil, R. Funahashi, J. G. Noudem, “Thermoelectric properties of layered Ca<sub>3.95</sub>RE<sub>0.05</sub>Mn<sub>3</sub>O<sub>10</sub> compounds (RE = Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy)”, *CERAMICS INTERNATIONAL*, **36**, 887-891 (2010). (DOI: 10.1016/j.ceramint.2009.11.004)
- B-8. A. Kosuga, Y. Wang, K. Yubuta, K. Koumoto, R. Funahashi, “Thermoelectric Properties of Polycrystalline Ca<sub>0.9</sub>Yb<sub>0.1</sub>MnO<sub>3</sub> Prepared from Nanopowder Obtained by Gas-Phase Reaction and Its Application to Thermoelectric Power Devices”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **49**, 071101-1-071101-8 (2010). [DOI: 10.1143/JJAP.49.071101]
- B-9. J. He, YF. Liu, YF, R. Funahashi, “Oxide thermoelectrics: The challenges, progress, and outlook”, *J. Mater. Res.*, **26**, 1762-1772 (2011). [DOI: 10.1557/jmr.2011.108].
- B-10. A. Kosuga, R. Funahashi, and M. Matsuzawa, “Structure and Thermoelectric Properties of CaMn<sub>0.98</sub>Mo<sub>0.02</sub>O<sub>3</sub> Based Nanocomposites”, *Proc. of ECO-MATES*

2011, 1, 143-144 (2011).

- B-11. R. Funahashi, Y. Matsumura, H. Tanaka, T. Takeuchi, W. Norimatsu, E. Combe, R. O. Suzuki, Y. Wang, C. Wan, S. Katsuyama, M. Kusunoki, and K. Koumoto, "Thermoelectric Properties of n-type  $Mn_{3-x}Cr_xSi_4Al_2$  in Air", *J. Appl. Phys.*, **112**, 073713 (2012). [DOI: 10.1063/1.4755793]
- B-12. S. Baba, L. Huang, H. Sato, R. Funahashi, J. Akedo, "Room-temperature fast deposition and characterization of nanocrystalline  $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3$  thick films by aerosol deposition", *Conference Series (Proc. ECO-MATES 2011)*, **379**, 012011 (2012). [DOI: 10.1088/1742-6596/379/1/012011]
- B-13. S. Baba, H. Sato, L. Huang, A. Uryu, R. Funahashi, J. Akedo, "AD Process for Thermoelectric Material", *The proceedings of TICS 2012*, pp. 59~60 (2012).
- B-14. R. Funahashi, Y. Matsumura, T. Takeuchi, H. Tanaka, W. Norimatsu, E. Combe, R. O. Suzuki, C. Wan, Y. Wang, M. Kusunoki, and K. Koumoto, "New n-type Silicide Thermoelectric Material with High Oxidation Resistance", 2012 MRS Fall Meeting proceedings, *in press*

**C** 山口東京理大グループ(国内(和文) 1件、国際(欧文) 10件)

- C-1. K. Koga, K. Suzuki, M. Fukamoto, H. Anno, T. Tanaka and S. Yamamoto, "Electronic Structure and Thermoelectric Properties of Si-Based Clathrate Compounds", *J. Electron. Mater.*, **38**(7), 1427-1432 (2009). (DOI: 10.1007/s11664-009-0730-6)
- C-2 T. Nakabayashi, M. Hokazono, H. Anno, Y. Ba, and K. Koumoto, "Structural and thermoelectric properties of sintered silicon clathrates:  $Ba_6Eu_2Ga_{16}Si_{30}$  nominal composition", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 18 (2011)142008 (Online 8 June, 2011). [DOI: 10.1088/1757-899X/18/14/142008]
- C-3 R. Shirataki, M. Hokazono, T. Nakabayashi and H. Anno, "Preparation and characterization of planetary ball milled Si-based clathrates and their spark plasma sintered materials", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 18 (2011) 142012 (Online 8 June, 2011). [DOI: 10.1088/1757-899X/18/14/142012]
- C-4. Hiroaki Anno, Hiroki Yamada, Takahiro Nakabayashi, Masahiro Hokazono and Ritsuko Shirataki, "Influence of preparation conditions on thermoelectric properties of  $Ba_8Ga_{16}Si_{30}$  clathrate by combining arc melting and spark plasma sintering methods", *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 379 (2012) 012007 (Published online 7 August 2012), DOI: 10.1088/1742-6596/379/1/012007
- C-5. 阿武宏明, 白瀧律子, 外園昌弘:「アーク溶融法と放電プラズマ焼結法を併用して合成した  $Ba_8Al_{16}Si_{30}$  系クラスレートの熱電気的特性」, 紛体および粉末冶金, 第 59 巻, 4 号, 185-189(2012 年 4 月) DOI: <http://dx.doi.org/10.2497/jjspm.59.185>.
- C-6. H. Anno, K. Okita, K. Koga, S. Harima, T. Nakabayashi, M. Hokazono and K. Akai, "Effect of Europium Substitution on Thermoelectric Properties of Noble-Metal Silicon Clathrates with  $Ba_{8-x}Eu_xCu_ySi_{46-y}$  Nominal Compositions", *Materials Transactions*, Vol. 53, No. 7, 1220-1225 (2012). (Published June 20, 2012) DOI: 10.2320/matertrans.E-M2012816.
- C-7. Hiroaki Anno, Hiroki Yamada, Takahiro Nakabayashi, Masahiro Hokazono, Ritsuko Shirataki, "Gallium composition dependence of crystallographic and thermoelectric properties in polycrystalline type-I  $Ba_8Ga_xSi_{46-x}$  (nominal  $x=14-18$ ) clathrates prepared by combining arc melting and spark plasma sintering methods", *Journal of Solid State Chemistry*, Vol.193, 94-104 (2012). (Published September 2012; online 9 April 2012) DOI: 10.1016/j.jssc.2012.03.069.
- C-8. Hiroaki Anno, Masahiro Hokazono, Ritsuko Shirataki, Yuko Nagami, "Crystallographic, Thermoelectric, and Mechanical Properties of Polycrystalline



Type-I  $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$ -Based Clathrates”, *J. Materials Science*, Vol. 48, No. 7, 2846-2854 (2013). (Published online: 9 November 2012) DOI: 10.1007/s10853-012-6977-y.

C-9. Hiroaki Anno, Masahiro Hokazono, Ritsuko Shirataki, and Yuko Nagami, “Crystallographic, Thermoelectric, and Mechanical Properties of Polycrystalline  $\text{Ba}_8\text{Al}_x\text{Si}_{46-x}$  Clathrates”, *Journal of Electronic Materials*, Vol. 47, No. 7, 2326–2336 (2013) (Published online 20 February 2013, Published July 2013) DOI: 10.1007/s11664-012-2418-6

C-10. Hiroaki Anno and Ritsuko Shirataki, “Thermal stability and oxidation resistance of polycrystalline  $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$ -based clathrates, *Physica status solidi (a)* (Accepted 4 March, 2014, in press) DOI:10.1002/pssa.201300145

C-11. Hiroaki Anno and Ritsuko Shirataki, “Effect of Heat Treatment in Air on the Surface of a Sintered  $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$ -Based Clathrate”, *Journal of Electronic Material*, (Received July 13, 2013; accepted October 24, 2013, Published online 19 November 2013) DOI: 10.1007/s11664-013-2887-2

#### D 北大グループ(国内(和文) 0 件、国際(欧文) 13 件)

D-1. R.O.Suzuki and H.Kozasa, “Thermoelectric Properties of  $\text{Zr}_3\text{Mn}_4\text{Si}_6$  and  $\text{TiMnSi}_2$ ”, *Journal of Electronic Materials*, 2010, 387-392. <http://dx.doi.org/10.1007/s11664-009-1019-5>

D-2. R.O.Suzuki, "Multi-Layered Thermoelectric Power Generator", *Proceedings of CIMTEC 2010 - 5th Forum on New Materials, PART C*, ed. by Pietro VINCENZINI, Kunihito KOUMOTO, Nicola ROMEO and Mark MEHOS, *Advances in Science and Technology*, Vol. 74 (2010) pp 1-8. doi:10.4028/www.scientific.net/AST.74.1

D-3. Min Chen, Y. Sasaki, and R.O. Suzuki, “Computational Modeling of Thermoelectric Generators in Marine Power Plants”, *Materials Transactions*, Vol.52, No.8 (2011) pp.1549-1552. [<http://www.jim.or.jp/journal/e/52/08/1549.html>]

D-4. Junpeng Zhu, Junling Gao, Min Chen, Jianzhong Zhang, Qungui Du, L.A. Rosendahl, R.O. Suzuki, “The Experimental Study of a Thermoelectric Generation System”, *Journal of Electronic Materials*, Vol.40, No.5 (2011) pp.744-752. [DOI: 10.1007/s11664-011-1536-x]

D-5. Ryosuke O. Suzuki, Yuto Sasaki, Takeyuki Fujisaka and Min Chen, "Power generation using the fluids blown perpendicular to the TE panel", *Proc. IECON 2012 - 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*. 25-28 Oct., 2012, Ecole de Technologie Superieure de Montreal, Universite du Quebec, Montreal, Canada, The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Piscataway, NJ USA, (2012) 5877-82. doi:/10.1109/IECON.2012.6389123

D-6. Takeyuki Fujisaka and Ryosuke O. Suzuki, "Dimensional Optimization of Thermoelectric Modules for Solar Power Generation", *Proc. IECON 2012 - 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*. 25-28 Oct., 2012, Ecole de Technologie Superieure de Montreal, Universite du Quebec, Montreal, Canada, The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Piscataway, NJ USA, (2012) 5872-76. doi:/10.1109/IECON.2012.6389124

D-7. Ryosuke O. Suzuki, Yuto Sasaki, Takeyuki Fujisaka and Min Chen, "Effects of Fluid Directions on Heat Exchange in Thermoelectric Generators", *J. Electron. Mater.*, 41 (6) (2012) 1766-1770. [dx.doi.org/10.1007/s11664-012-2074-x](http://dx.doi.org/10.1007/s11664-012-2074-x)

D-8 Xiang-ning Meng, Wei-ling Wang, Miao-yong Zhu, Ryosuke O. Suzuki, “Deformation simulation of copper plates of slab continuous casting mold”, *Proc. 4th International Symposium on High-Temperature Metallurgical Processing*, Edited by Tao Jiang, Jiann-YangHwang, Phillip J. Mackey, Onuralp Yucel, and Guifen Zhou, TMS (The Minerals, Metals & Materials Society), Wiley, ISBN: 978-1-1186-0569-1 (2013) 411-416.

- D-9 Ryosuke O. Suzuki, Atsushi Nakagawa, Hongtao Sui, and Takeyuki Fujisaka "Thermoelectric Generation Using Water Lenses", *J. Electron. Mater.*, 42 (7) (2013) 1960-1965. dx.doi.org/10.1007/s11664-013-2483-5
- D-10 Takeyuki Fujisaka Hongtao Sui, and Ryosuke O. Suzuki "Design and Numerical Evaluation of Cascade-Type Thermoelectric Modules", *J. Electron. Mater.*, 42 (7) (2013) 1688-1696. dx.doi.org/10.1007/s11664-012-2400-3
- D-11 Ryosuke O. Suzuki and Takeyuki Fujisaka, "Optimization of Design in Cascade-Type Thermoelectric Module", Proc. Powder Metallurgy World Congress and Exhibition (PM2012 YOKOHAMA). Sept.23-27, 2012, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan, the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy (JSPM), (2012) 16E-S1-17."0463\_201211060004.pdf" in CDROM (ISBN:978-4-9900214-9-8).
- D-12 XiangNing Meng, Takeyuki Fujisaka and Ryosuke O. Suzuki, "Thermoelectric analysis for helical power generation systems", *J. Electron. Mater.*, published online. [dx.doi:10.1007/s11664-013-2768-8.pdf]
- D-13 Ryosuke O. Suzuki, Takeyuki Fujisaka, Keita O. Ito, Xiang-Ning Meng, Hong-Tao Sui," Dimensional Analysis of Thermoelectric Modules under a Constant Heat Flux", *J. Electron. Mater.*, accepted.

(2) その他の著作物(総説、書籍など)

A 名大グループ

1. 河本邦仁、“日本オリジナル酸化物熱電変換材料”、電気学会誌、**128**(5)、282-283 (2008).
2. 河本邦仁、“熱を電気に直接変換する夢の材料”、マテリアルインテグレーション、**21** (9)、41-49 (2008).
3. 太田裕道、河本邦仁、“酸化物熱電変換材料の開発動向”、セラミックス、**43**(11)、966-969 (2008).
4. 河本邦仁、“熱から電気を取り出す夢の材料”、技術士 **2008.12**、24-27 (2008).
5. (独) 科学技術振興機構編、“次世代エネルギー研究最前線—環境低負荷型社会の創設に向けて”、アドスリー、p.111-133 (2008). (分担執筆:河本邦仁)
6. 河本邦仁、“熱電変換技術の将来展望”、熱電変換技術ハンドブック、669-672 (2008).
7. 河本邦仁、“世界を震撼させる熱電変換材料のブレークスルーと今後の展望”、*Fine Ceramics Report*, **27**(3), 86-90 (2009).
8. 河本邦仁、“ナノ構造化が進む熱電変換材料”、*工業材料*、**57**(8), 27-32 (2009).
9. 河本邦仁、王一峰、張叡智、藤波恭一、“環境に配慮した熱電変換材料”、*未来材料*、**9**(8),12-20 (2009).
10. C. L. Wan and K. Koumoto, "Thermal conductivity reduction strategies for the development of high-efficiency thermoelectric materials", *Ceramic Data Book 2009/10*, **37**(91), 65-69 (2009).
11. 河本邦仁編、“無機機能材料”、東京化学同人、2009. (編著)
12. 河本邦仁、“高効率熱電変換材料の開発”、ケミカルエンジニアリング、**55**(1), 20-25 (2010).
13. 河本邦仁、“ナノ酸化物熱電変換材料の開発”、電子材料、**49**(1), 38-43 (2010).
14. 河本邦仁、“ナノ酸化物バルク熱電変換材料”、マテリアルステージ、**10** (4), 34-37 (2010).
15. Kunihito Koumoto, Yifeng Wang, Ruizhi Zhang, Atsuko Kosuga and Ryoji Funahashi, "Oxide Thermoelectric Materials: A Nanostructuring Approach", *Annu. Rev. Mater. Res.*, **40**, 363-394 (2010). (Invited Review Article)  
DOI:10.1146/annurev-matsci-070909-104521
16. 河本邦仁、王 一峰、王 寧、万 春磊、乗松 航、楠美智子、“熱電変換材料—ビスマス

- テルルを超える熱電セラミックスの開発”、セラミックス、**45(7)**, 533-537 (2010).
17. 河本邦仁、“酸化物系熱電変換材料の現状と将来～太陽光/熱電ハイブリッド発電デバイスの構築を目指して～”、*あたりあ*, **50(4)**, 152-154 (2011).
  18. C. L. Wan and K. Koumoto, “Misfit-layer Chalcogenides for Thermoelectric Materials”, *FC Report*, **29(2)**, 38-44 (2011).
  19. 王 寧、万 春磊、河本邦仁、“太陽光・熱ハイブリッド発電デバイス”、*Ceramic Databook*, **39**, 76-79 (2011).
  20. 河本邦仁、“太陽エネルギーハーベスティングを目指す熱電変換材料・デバイス”、*ケミカルエンジニアリング*, **57(2)**, 89-93 (2012).
  21. 日本熱電学会編纂、“熱電変換技術の基礎と応用—クリーンなエネルギー社会を目指して—”、シーエムシー出版、2011; 河本邦仁、「第 3 章 3D超格子 SrTiO<sub>3</sub> バルク材料」、p.98-102; 「第 6 章 熱電変換技術によるクリーンエネルギー社会へのインパクト—熱電ロードマップ—」、p.246-251.
  22. 河本邦仁、“私の自慢: 自然に学ぶ無機材料の低温合成”、*化学と工業*, **65-4**, 320-322 (2012).
  23. 河本邦仁、“太陽エネルギー社会の実現に向けて”、*CEM'S*, **53** (April), 2-3 (2012).
  24. 河本邦仁、“太陽エネルギーハーベスティングを目指す熱電変換材料”、*機能材料*, **32(4)**, 14-19 (2012).
  25. 党 鋒、朴 南姫、鶴田一樹、河本邦仁、“酸化物ナノキューブの合成とアセンブリング”、*セラミックデータブック 2012/13*, **40**, 47-50 (2012).
  26. K. Koumoto, R. Funahashi, E. Guilmeau, Y. Miyazaki, A. Weidenkaff, Y. F. Wang, and C. L. Wan, “Thermoelectric Ceramics for Energy Harvesting”, *J. Am. Ceram. Soc.*, **96**, 1-23 (2013). [DOI: 10.1111/jace.12076]
  27. C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang, Y. E. Putri, W. Norimatsu, M. Kusunoki, and K. Koumoto, “Layer-Structured Metal Sulfides as Novel Thermoelectric Materials”, in *Thermoelectrics and Its Energy Harvesting*, edited by D. M. Rowe, CRC Press, Boca Raton, USA (2012) p.4-1~11.
  28. 梶川武信、河本邦仁監修、“～熱電学シリーズ2～熱電材料と製造プロセス技術”、サイエンス&テクノロジー、2012; 梶川武信、河本邦仁「第 1 章 熱電変換の基礎と材料プロセス技術」、p.3-27; 河本邦仁、周建華「第 3 章熱電ナノ構造の形成プロセス 第 1 節ナノ構造の化学合成」、p.259-281.
  29. 鈴木雄二監修、“環境発電ハンドブック”、エヌ・ティー・エス、2012; 河本邦仁、万春磊、王 寧「第 12 章 色素増感太陽電池と熱電素子のハイブリッド発電」、p.271-277.
  30. 河本邦仁、“太陽エネルギー社会を築く熱電変換材料テクノロジー”、*FC Report*, **31**, 82-89 (2013).
  31. C. L. Wan, Y. F. Wang, Y. E. Putri and K. Koumoto, “Natural Superlattice Material: TiS<sub>2</sub>-Based Misfit-Layer Compounds” in *Thermoelectric Nanomaterials* edited by K. Koumoto and T. Mori, Springer Series in Materials Science 182, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013, pp.157-173 .
  32. R. Z. Zhang and K. Koumoto, “3D Superlattice Ceramics of SrTiO<sub>3</sub>” in *Thermoelectric Nanomaterials* edited by K. Koumoto and T. Mori, Springer Series in Materials Science 182, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013, pp.287-301.
  33. 名古屋大学大学院工学研究科材料バックキャストテクノロジー研究センター編、“太陽エネルギー社会を築く材料テクノロジー(I) —材料・デバイス編—”、コロナ社、2013年(責任編集及び第 2 章「熱電変換材料・デバイス」、p. 28-56 を執筆).
  34. 河本邦仁、“高効率熱電変換材料の開発とシステムへの応用”、*応用物理*, **82(11)**, 936-939 (2013).
  35. 河本邦仁、万春磊、“TiS<sub>2</sub> 系 2 次元超格子構造化合物の熱電性能”、*J. Soc. Inorg. Mater. Jpn.*, **21**, 3-5 (2014).

## B 産総研グループ

1. 舟橋良次、浦田さおり、“酸化物熱電システムの開発”、電気学会誌、128 (5)、296-298 (2008).
2. 舟橋良次、“熱電発電材料の実用化に向けて-新熱電時代の胎動-”、マテリアルインテグレーション、21 (11)、1-5 (2008).
3. 舟橋良次、“熱電モジュール概論”、熱電変換技術ハンドブック、367-370 (2008).
4. 舟橋良次、“酸化物熱電モジュールの製造技術”、熱電変換技術ハンドブック、406-408 (2008).
5. 舟橋良次、“耐久性”、熱電変換技術ハンドブック、464-468 (2008).
6. 舟橋良次、“熱電変換材料への期待”、機能材料、29 (2)、6-10 (2009).
7. 小菅厚子、舟橋良次、“自然ナノ構造酸化物”、機能材料、29 (2)、31-37 (2009).
8. 舟橋良次、“廃熱回収用熱電発電システム”、知財ふりずむ、7 (78)、199-203 (2009).
9. 舟橋良次、“熱電発電技術の現状と将来の展望”、エネルギー・資源、30 (4)、1-4 (2009).
10. 舟橋良次、小菅厚子、“熱電発電：ゼーベック効果を利用した温度差発電”、化学工学誌、73、(2009).
11. 舟橋良次、小菅厚子、“高温廃熱利用熱発電”、クリーンエネルギー、19、1-6 (2010).
12. 舟橋良次、“酸化物熱電素子による廃熱発電”、PETROTECH、33、729-733 (2010).
13. 舟橋良次、“高効率熱電発電システム開発の現状と今後の課題”、鉱山、63、25-31 (2010).
14. 舟橋良次、“廃熱回収用熱電発電システムの開発状況”、Ceramic Data Book、38、89-92 (2010).
15. 舟橋良次、“広い温度域で使用可能なカスケードモジュール”、熱電変換技術の基礎と応用-クリーンなエネルギー社会を目指して-、シーエムシー出版、145-151 (2011).
16. 舟橋良次、三上 祐史、“高効率熱電発電の実用化への挑戦”、月刊マテリアルインテグレーション、24、19-26 (2011).
17. 鈴木雄二監修、“環境発電ハンドブック”、エヌ・ティー・エス、2012; 舟橋良次「携帯機器への充電ストレスを解消する熱電発電」、p.151-156.
18. 舟橋良次、“広い温度域に対応する熱電発電技術の開発”、S & T 出版、pp. 139-154 (2013)
19. Ryoji Funahashi, Atsuko Kosuga, “Naturally Nanostructured Thermoelectric Oxides”, Thermoelectric Nanomaterials, Springer Series in Materials Science, Volume 182, pp. 353-363 (2013).
20. Ryoji Funahashi, Chunlei Wan, Feng Dang, Hiroaki Anno, Ryosuke O. Suzuki, Takeyuki Fujisaka, Kunihiro Koumoto, Development of Thermoelectric Technology From Materials To Generators, Advanced materials for clean energy (Ed. by Qiang Xu and Tetsuhiko Kobayashi, CRC Press, Taylor & Francis Group), 2014 *in press*.

## C 山口東京理大グループ

1. 阿武宏明、古賀健治、“クラスレート化合物の高温熱電特性”、熱電変換技術ハンドブック、107-122 (2008).
2. 阿武宏明、“ナノラトリング半導体 Nano-rattling Semiconductors”、機能材料、Vol. 29, No. 2, pp.17-24 (2009).
3. 阿武宏明、“ナノ構造制御によるクラスレート熱電変換材料の創製”、CERAMIC DATA BOOK 2009/10, 37(91), 70-73 (2009).
4. Hiroaki Anno, Takahiro Nakabayashi, and Masahiro Hokazono, “Effect of Strontium and Europium Substitutions on Thermoelectric Properties in Silicon-Based Clathrate Compounds,” Advances in Science and Technology, Vol. 74, (2010) pp. 26-31. [DOI: 10.4028/www.scientific.net/AST.74.26]
5. Hiroaki Anno, Masahiro Hokazono, Ritsuko Shirataki, Yuko Nagami, “Thermoelectric, Mechanical, and Thermal Properties of Polycrystalline Type-I

BasAl<sub>x</sub>Si<sub>46-x</sub> (Nominal  $x=15-17$ ) Clathrates”, Proceedings of the 2012 Powder Metallurgy World Congress & Exhibition (PM2012 YOKOHAMA) 16E-S1-9, (2012).

6. 阿武宏明:「環境に優しいシリコン・クラスレート熱電材料」, 金属, Vol. 83, No. 10, pp. 33-39 (2013. 10. 1)
7. H. ANNO and R. SHIRATAKI, “THERMAL STABILITY AND THERMOELECTRIC PROPERTIES OF SILICON CLATHRATES FOR WASTE HEAT RECOVERY”, Proceedings of the 24<sup>th</sup> International Symposium of Transport Phenomena (ISTP-24), (Tokyo University of Science, Yamaguchi), 946-951 (2013).
8. Hiroaki Anno and Ritsuko Shirataki, “Influence of Heat Treatment in Air on Thermoelectric Silicon Clathrate”, Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium of Inorganic Environmental Materials (ISIEM 2013), Renne, France, (2013) [Accepted for publication, in press]

#### D 北大グループ

1. 戸田信一、鈴木亮輔、吉川信治、“原子力発電設備の安全性向上への適用性検討”、熱電変換技術ハンドブック、571-578(2008).
2. 鈴木亮輔、田中大輔、“流体を用いた発電システム設計”、熱電変換技術ハンドブック、579-586(2008).

#### (3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 70 件、国際会議 88 件)

#### A 名大グループ (国内 36 件、国際 56 件)

1. Kunihiro Koumoto and Hiromichi Ohta, "SrTiO<sub>3</sub>-based superlattices for thermoelectric energy conversion", Materials Science & Technology 2008 Conference and Exhibition, David Lawrence Convention Center, Pittsburgh, Pennsylvania, 2008 年 10 月 5 日~9 日.
2. K. Koumoto, "High Thermoelectric Performance Generated from Nanostructures of SrTiO<sub>3</sub>-based Oxides", The 1<sup>st</sup> International Conference on Hybrid Materials and Processing (HyMaP2008), Busan (Korea), 2008 年 10 月 27 日. (基調講演)
3. K. Koumoto, "Nanostructure Design of Oxide Ceramics for Thermoelectric Energy Conversion", The 9<sup>th</sup> International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications (2008CMCEE), Shanghai (China), 2008 年 11 月 12 日.
4. K. Koumoto, "Quantum Nanostructure Design for Thermoelectric Oxide Materials", The 1<sup>st</sup> Asian Symposium on Processing Technology (ASPT2008), Wuhan (China), 2008 年 11 月 16 日.
5. K. Koumoto, "Nano Thermoelectrics for E<sup>2</sup> Technology", JAPAN NANO 2009, 東京ビッグサイト(東京)、2009 年 2 月 18 日.
6. K. Koumoto, "Nanostructured Strontium Titanate-based Oxides for Thermoelectrics", ECI Nonstoichiometric Compounds, Jeju (Korea), 2009 年 3 月 8 日~13 日.
7. K. Koumoto, "Recent Development of Nanostructured Thermoelectrics", フルラス国際シンポジウム、東京ビッグサイト、2009 年 4 月 8 日.
8. 河本邦仁、“熱電変換材料のブレークスルーと環境技術への展開”、国際セラミックス総合展示会セミナー、東京ビッグサイト、2009 年 4 月 9 日.
9. 河本邦仁、“酸化物熱電変換材料の研究現況と将来展望”、日本セラミックス協会東海支部大会、名古屋、2009 年 4 月 17 日。(特別講演)
10. K. Koumoto, R.Z. Zhang, Y.F. Wang and C.L. Wan, "Quantum Nanostructured Oxide Thermoelectrics", 8<sup>th</sup> Japan-France Nanomaterials Workshop, Tsukuba,

2009年6月15日-17日。

11. 河本邦仁、“CO<sub>2</sub> 排出抑制に向けた廃熱の再利用—最新の熱電変換技術と材料開発”、NPO 法人テクノ未来塾、名古屋、2009年7月11日。
12. K. Koumoto, "Nanostructuring of SrTiO<sub>3</sub> Ceramics to Enhance TE Performance", CRISMAT Workshop, Caen, France, 2009年7月22日。
13. K. Koumoto, "Novel Misfit-layered Sulfides for Thermoelectric Materials", 2<sup>nd</sup> TEP-CH Symposium on Novel TE Materials Devices and Applications, Dubendorf, Switzerland, 2009年7月24日。
14. K. Koumoto, "Quantum Nanostructured Bulk Thermoelectrics Based on Oxide Materials", CICC-6, Harbin, China, 2009年8月16日-19日。
15. K. Koumoto, "R&D Status and Challenges of Thermoelectric Materials", ACTSEA-2009, Taipei, Taiwan, 2009年10月31日-11月4日。(基調講演)
16. K. Koumoto, "Synergistic Nanostructuring Approach to Achieve High ZT in Bulk SrTiO<sub>3</sub> Ceramics", ISE 2009, Jeju, Korea, 2009年11月11日。
17. Yifeng Wang, Kunihito Koumoto, "A brief review of SrTiO<sub>3</sub>-based thermoelectric oxides: From single crystal to nanostructure", The 39<sup>th</sup> National Conference on Crystal Growth (NCCG-39), Nagoya University, Nagoya, Japan, 2009年11月12日。
18. C.L. Wan, Y.F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, "TiS<sub>2</sub>-based natural superlattices for bulk thermoelectric materials", The 26<sup>th</sup> International Japan-Korea Seminar on Ceramics, Tsukuba, Ibaraki, Japan, Nov. 24-26, 2009.
19. K. Koumoto, "Quantum nanostructured SrTiO<sub>3</sub> Ceramics for Thermoelectric Materials", 2<sup>nd</sup> Nagoya U-Tsinghua U-Toyota Motor Corp. Joint Symposium on Advanced Materials, Hainan, China, 2009年12月10日。(基調講演)
20. K. Koumoto, "Nanostructuring Approach to Explore High-Efficiency Thermoelectric Materials", 34<sup>th</sup> ICACC, Daytona Beach, USA, Jan. 24-29, 2010. (Plenary Award Lecture)
21. 河本邦仁、日本セラミックス協会セラミックス大学(CEPRO)、東京工業大学、2010年5月8日。
22. 河本邦仁、科研費「新学術領域研究」キックオフミーティング、東京大学、2010年9月24日。
23. 河本邦仁、名古屋駅前イノベーションハブ技術シーズ発表会、名古屋、2010年10月4日。
24. K. Koumoto, "Nanostructure Control to Enhance Thermoelectric Performance of SrTiO<sub>3</sub> and TiS<sub>2</sub>", 2010 MRS Spring Meeting, San Francisco (USA), 2010年4月5日-9日。
25. K. Koumoto, "Nanostructuring approach to improve thermoelectric performance of SrTiO<sub>3</sub>", ICT2010, Shanghai (China), 2010年5月30日-6月3日。
26. K. Koumoto, "Materials and Devices for Thermal-to-Electric Energy Conversion", CIMTEC2010 FNM, Montecatini Terme (Italy), 2010年6月13日-18日。
27. K. Koumoto, "Next-Generation Thermoelectric Materials and Devices", AMEC-7, Jeju (Korea), 2010年6月28日-7月1日。
28. K. Koumoto, "SrTiO<sub>3</sub>-based Thermoelectric Materials", ENSICAEN-CRISMAT Lab Seminar, Caen (France), 2010年7月16日。
29. K. Koumoto, "Next generation Thermoelectric Materials and Devices", Univ. of Rennes Seminar, Rennes (France), 2010年7月22日。
30. K. Koumoto, "3D Superlattice Ceramics of SrTiO<sub>3</sub> for Thermoelectrics", ICCPS-11, Zurich (Switzerland), 2010年8月29日-9月1日。
31. K. Koumoto, "3D Superlattice Ceramics of SrTiO<sub>3</sub> for Thermoelectrics", 3<sup>rd</sup>

- NTTH Joint Symposium, Sapporo (Japan), 2010 年 10 月 7 日-9 日.
32. K. Koumoto, "High-Efficiency Thermoelectric Materials for PV/TE Hybrid Systems", JST-MOST/CREST Joint Workshop, Jozean (Japan), 2010 年 10 月 9 日-11 日.
  33. K. Koumoto, "Nanostructuring Approach to Explore Novel Bulk Thermoelectric Materials", ENERMAT, Liverpool (England), 2010 年 11 月 2 日-3 日.
  34. K. Koumoto, "Novel Nanostructured Ceramics for Thermoelectric Conversion", ICC-3, Osaka (Japan), 2010 年 11 月 14 日-18 日.
  35. K. Koumoto, "High-Efficiency Thermoelectric Materials and Devices", KICET TE Seminar, Seoul (Korea), 2010 年 11 月 26 日.
  36. K. Koumoto, "Nanostructured Oxides and Sulfides for Thermoelectrics", Am. Phys. Soc. March Meeting, Dallas (USA), 2011 年 3 月 21 日-25 日.
  37. 河本邦仁、「21 世紀のセラミックサイエンス&テクノロジー」、日本セラミックス協会セラミックス大学(CEPRO)、東京工業大学大岡山キャンパス(東京)、2011 年 5 月 7 日
  38. 河本邦仁、王 一峰、万 春磊、巴 要帥、Yulia Eka Putri、王 寧、張 叡智、「太陽エネルギーハーベスティングのための新規熱電変換材料の開発」、第 24 回日本セラミックス協会秋季シンポジウム、北海道大学(札幌市)、2011 年 9 月 7 日
  39. 河本邦仁、「太陽エネルギーハーベスティングを目指す熱電変換材料の開発」、秋田県熱電セミナー、秋田県産業技術センター(秋田市)、2011 年 9 月 15 日
  40. 河本邦仁、「熱電変換材料・デバイス開発の最新動向」、日本セラミックス協会資源・環境関連材料部会講演会、ファインセラミックスセンター(名古屋)、2011 年 9 月 22 日
  41. 河本邦仁、「私の研究の Holy Grail」、早稲田大学講演会、早稲田大学大久保キャンパス(東京)、2011 年 10 月 7 日
  42. 河本邦仁、「太陽エネルギーハーベスティングを目指す熱電変換材料・デバイス」、東海コンファレンス、静岡大学浜松キャンパス(浜松市)、2011 年 12 月 1 日
  43. 河本邦仁、「化学的ナノ構造構築による熱電変換材料の創製」、日本化学会春季大会、慶應義塾大学日吉キャンパス(横浜)、2012 年 3 月 25 日
  44. K. Koumoto, Y. F. Wang, C. L. Wang, N. Wang, R. Z. Zhang, "Novel Thermoelectric Materials for PV/TE Hybrid Devices", CICMT 2011, San Diego(USA), April 5-7, 2011.
  45. K. Koumoto, C. L. Wan, Y. E. Putri, R. Z. Zhang, "Layered Sulfides for Thermoelectrics", Int. Discussion Meeting on Thermoelectrics and Related Functional Materials, Aalto University (Helsinki), June 15-17, 2011.
  46. K. Koumoto, C. L. Wan, Y. F. Wang, Y. E. Putri, R. Z. Zhang, "TiS<sub>2</sub>-based Layer Sulfides for Thermoelectrics", ECT 2011, Thessaloniki(Greece), Sept. 28-30, 2011.
  47. K. Koumoto, C. L. Wan, Y. F. Wang, R. Z. Zhang, N. Wang, W. S. Seo, R. Funahashi, R. Suzuki, H. Anno, "Novel Materials for Thermoelectric Solar Power Generation", ACTSEA2011, 2011, Kenting (Taiwan), Oct. 30 – Nov. 2.
  48. K. Koumoto, C. L. Wan, Y. F. Wang, R. Z. Zhang, N. Wang, W. S. Seo, R. Funahashi, R. Suzuki, H. Anno, "Novel Materials for Solar Thermoelectric Power Generation", JSPS-CNRS Thermoelectric Seminar, Winc Aichi (Nagoya), Nov. 9-10, 2011
  49. K. Koumoto, "Novel Thermoelectric Materials for Solar Energy Harvesting", PowerMEMS2011, Sejong Hotel(Seoul), Nov. 16-18, 2011
  50. K. Koumoto, "Nanomaterials for Thermoelectrics", G-COE International Symposium, Nagoya University (Nagoya), Nov. 28-30, 2011
  51. K. Koumoto, C. L. Wan, Y. F. Wang, R. Z. Zhang, N. Wang, W. Norimatsu, M. Kusunoki, R. Funahashi, R. Suzuki, H. Anno, W. S. Seo, "High-Efficiency Thermoelectric Materials Usable in Air for Solar Energy Harvesting", JST-MOST-CREST Joint Workshop, UESTC (Chengdu, China), Dec. 23-25, 2011
  52. K. Koumoto, C. L. Wan, Y. F. Wang, R. Z. Zhang, N. Wang, H. Lin, W. S. Seo, R.

- Funahashi, R. Suzuki, H. Anno, "Misfit Layer Chalcogenides for Thermoelectric Materials", Zing Solid State Chemistry Conference, Hesperia Hotel, Lanzarote (Canary Islands, Spain), Feb. 24-27, 2012.
53. K. Koumoto, "Thermoelectric Materials for Energy Harvesting", 1st Campus Asia Symposium, Nagoya University (Nagoya), March 13-14, 2012
54. 河本邦仁、「熱電変換材料・デバイスの現状と将来」、第 136 回電子セラミック・プロセス研究会、名古屋大学、2012 年 4 月 7 日
55. 河本邦仁、「21 世紀のセラミックサイエンス&テクノロジー」、日本セラミックス協会セラミックス大学(CEPRO)、東京工業大学大岡山キャンパス(東京)、2012 年 5 月 12 日
56. 河本邦仁、「ナノブロックインテグレーションによる熱電変換材料の創製」、日本セラミックス協会第 25 回秋季シンポジウム、名古屋大学、2012 年 9 月 19 日-21 日
57. 河本邦仁、「太陽エネルギー社会実現に向けた材料テクノロジーの開拓」、日本セラミックス協会第 25 回秋季シンポジウム、名古屋大学、2012 年 9 月 19 日-21 日
58. 河本邦仁、「熱電変換材料のナノブロックインテグレーション」、第 15 回熱・電気エネルギー技術シンポジウム、イイノホール(東京)、2012 年 10 月 4 日
59. 河本邦仁、「熱電変換材料・デバイス研究開発の最新動向」、電池材料研究会、ピュアリティまきび(岡山)、2012 年 11 月 7 日
60. 河本邦仁、「熱電変換材料の最新開発動向」、日本材料学会材料講習会、京都工芸繊維大学、2012 年 11 月 12 日
61. 河本邦仁、「未利用熱エネルギーから電気を取り出す熱電変換材料・デバイス」、未利用熱の有効利用に関する技術シンポジウム、ウイंकあいち(名古屋)、2012 年 12 月 3 日
62. 河本邦仁、「熱電変換材料・デバイスの最新研究動向」、日本セラミックス協会関西支部セミナー、大阪府立大学、2012 年 12 月 7 日
63. 河本邦仁、「太陽エネルギー社会の実現に向けた材料テクノロジーの開拓」、第 27 回JFCAテクノフェスタ、メルパルク東京、2013 年 1 月 28 日
64. 河本邦仁、「ナノ構造デザインによる熱電変換材料の創製」、日本セラミックス協会年会、東京工業大学大岡山キャンパス、2013 年 3 月 18 日
65. 河本邦仁、「熱電変換材料の最新研究動向」、電気学会全国大会、名古屋大学東山キャンパス、2013 年 3 月 20 日
66. C. L. Wan and K. Koumoto, "Thermoelectric properties of  $\text{TiS}_2$ -based inorganic/organic superlattice", MRS Spring Meeting, San Francisco (USA), April 8-12, 2012.
67. K. Koumoto, "High-Efficiency Thermoelectric Materials Usable in Air for Solar Energy Harvesting", CMCEE-10, Dresden (Germany), May 20-23, 2012. (Plenary Talk)
68. K. Koumoto, "Novel Thermoelectric Materials for Solar Energy Harvesting", ISIF2012, Hong Kong (China), June 18-21, 2012.
69. K. Koumoto, "Novel Thermoelectric Materials and Devices for Solar Energy Harvesting", AMEC-8, Penang (Malaysia), July 1-4, 2012.
70. K. Koumoto, "Highly-Efficient Thermoelectric Materials and Systems", NEA-JST Workshop, Singapore, Aug. 23-24, 2012.
71. K. Koumoto, "Titanium Sulphene: Nano-building Block for Superlattice Thermoelectrics", ICCCI-2012, Kurashiki (Japan), Sep. 2-5, 2012.
72. K. Koumoto, " $\text{TiS}_2$ -based Layer Sulfides for Thermoelectrics", IUMRS-ICEM2012, Yokohama (Japan), Sep. 23-27, 2012.
73. C. L. Wan and K. Koumoto, " $\text{TiS}_2$ -based superlattice TE material", JST-EPSRC, JST-MOST & CREST Joint Workshop on Thermoelectrics, Nagoya University (Japan), Oct. 2-3, 2012.
74. F. Dang and K. Koumoto, "Self-assembled particulate film of  $\text{SrTiO}_3$  nanocubes for TE generation", JST-EPSRC, JST-MOST & CREST Joint Workshop on Thermoelectrics, Nagoya University (Japan), Oct. 2-3, 2012.



75. C. L. Wang, T. Ito, N. Oyaizu, H. Sasaki, F. Dang, K. Koumoto, "Versatile TiS<sub>2</sub>-based organic/inorganic superlattices for thermoelectric energy conversion", 5<sup>th</sup> NTT Joint Symposium, Naha (Japan), Dec. 19-21, 2012.
76. F. Dang, N.-H. Park, K. Tsuruta, K. Koumoto, "Characteristics of La-SrTiO<sub>3</sub> Nanocubes and Their Self-assembled Film", 5<sup>th</sup> NTT Joint Symposium, Naha (Japan), Dec. 19-21, 2012.
77. K. Koumoto, C. L. Wan, "3D Superlattice Ceramics of Strontium Titanate for Thermoelectrics", MRS Spring Meeting, San Francisco (USA), April 1-5, 2013.
78. C. L. Wan, T. Ito, H. Sasaki, F. Dang, K. Koumoto, "TiS<sub>2</sub>-based Organic/Inorganic Superlattice – A Flexible Thermoelectric Material", PacRim8, San Diego(USA), June 2-7, 2013.
79. 河本邦仁、「太陽エネルギー社会を築く材料テクノロジー」、日本電子材料技術協会総会特別講演会、東京、2013年6月14日
80. K. Koumoto, "Recent Progress in Exploitation of High-Efficiency Thermoelectric Materials through Nanostructure Design", 32<sup>nd</sup> International Conference on Thermoelectrics (ICT2013), Kobe(Japan), June 30-July 4, 2013. (Plenary Talk)
81. 河本邦仁、「太陽エネルギー社会基盤材料・デバイス」、名古屋大学協力会講演会、名古屋、2013年7月27日
82. 河本邦仁、「熱から電気を生み出す夢の人工結晶—“熱電変換材料”」、テクノフェア・名大基調講演、名古屋大学、2013年9月6日
83. 河本邦仁、「熱電との出会いと Holy Grail」、第10回日本熱電学会学術講演会、名古屋大学、2013年9月8日-9日(特別講演)
84. 河本邦仁、「新しい熱電変換材料の開発とデバイス応用」、NIMS講演会、NIMS(つくば)、2013年9月11日
85. 党 鋒、「3D超格子構造による高性能熱電材料の開発」、NIMS講演会、NIMS(つくば)、2013年9月11日
86. 万 春磊、「Thermoelectric properties of TiS<sub>2</sub> nanosheet and TiS<sub>2</sub>/organic hybrid superlattice」、NIMS講演会、NIMS(つくば)、2013年9月11日
87. 河本邦仁、「ナノ構造デザインによる高効率熱電変換材料の開発」、未踏科学技術協会ナノ粒子・構造応用研究会第7回講演会、東京、2013年9月12日
88. 河本邦仁、「熱から電気を効率よく取り出す夢のセラミックス」、東海技術サロン講演会、名古屋、2013年9月13日
89. K. Koumoto, "Thermoelectric Materials and Devices for Solar Energy Harvesting", The International Symposium on Inorganic and Environmental Materials 2013 (ISIEM 2013), the University of Rennes, Rennes, France, October 27 (Sunday) – 31 (Thursday), 2013.
90. 河本邦仁、熱電変換材料研究 30年の歩み、第32回セラミックス基礎科学討論会、名古屋、2014年1月9日
91. K. Koumoto, High-Efficiency Thermoelectric Materials Composed of Non-rare & Non-toxic Elements, Univ. New South Wales Seminar, Sydney, Australia, February 7, 2014.
92. 河本邦仁、高効率熱電変換材料の開発とシステムへの応用、排熱発電コンソーシアム講演会、名古屋、2014年2月18日

## B 産総研グループ(国内 33件、国際 28件)

1. R. Funahashi, S. Urata, A. Kosuga, "Development of thermoelectric modules consisting of oxide materials and their application", Materials Science Technology 2008 Conference Exhibition, David Lawrence Convention Center, Pittsburgh, Pennsylvania, 2008年10月5日~9日(招待講演)
2. 舟橋良次、「廃熱から発電 ~酸化物熱電変換の現状~」、素材プロセッシング第69委員会、

- 東京大学、2008年11月6日(招待講演)
3. 舟橋良次、”高性能熱電変換材料の開発 ～廃熱から発電～”、未利用熱源からの新エネルギー創製技術研究会・分科会、JCII、2008年11月20日(招待講演)
  4. 舟橋良次、”熱電発電システムの構築と新たな酸化物材料の創製”、次世代スーパーコンピュータプロジェクトナノ統合拠点物性科学ワーキンググループ「新しい概念に基づく熱電材料とその物理」、東北大学金属材料研究所、2008年12月12日(招待講演)
  5. 舟橋良次、”酸化物熱電発電の実用化へ向けた研究”、秋田県熱電変換技術セミナー、秋田県産業総合技術研究センター、2009年3月23日(招待講演)
  6. R. Funahashi, “Oxide thermoelectric generation”, MRS Spring Meeting, San Francisco, USA, 2009年4月13日。(Tutorial Talk).
  7. R. Funahashi, S. Urata, A. Kosuga, Y. Matsumura, K. Iwasaki, T. Urata, “Properties and application of oxide thermoelectric modules”, Workshop on Relationship between (nano)structures and thermoelectric properties, Caen, France, 2009年7月22日。(Invited).
  8. R. Funahashi, S. Urata, Y. Matsumura, T. Urata, K. Iwasaki, E. Takeuchi, M. Kawai, and A. Kosuga, “Power generation and durability of oxide thermoelectric modules at high temperature”, 28th International Conference on Thermoelectrics, Freiburg, Germany, 2009年7月30日。(Invited).
  9. R. Funahashi, A. Kosuga, S. Urata, Y. Matsumura, T. Urata, and K. Iwasaki, “Oxide thermoelectric power generation”, 11th International Conference on Advanced Materials, Rio de Janeiro, Brazil, 2009年9月22日。(Invited).
  10. R. Funahashi, “Oxide thermoelectric power generation”, 2009 Thermoelectrics Applications Workshop, San Diego, USA, 2009年10月1日。(Invited).
  11. 舟橋良次、”廃熱の有効利用を可能にする熱電発電”、岡山県研究開発協同組合講演会、岡山市、2009年8月19日。(招待講演)
  12. 舟橋良次、”熱電発電による廃熱の有効利用”、化学工学会関西支部・和歌山地区共催セミナー「工場におけるエネルギーの効率利用」、和歌山市、2009年12月22日。(招待講演)
  13. 舟橋良次、”廃熱回収用熱電発電技術の開発動向”、近畿化学協会・エレクトロニクス部会第1回研究会、2010年5月13日
  14. 舟橋良次、”酸化物系熱電変換材料の高性能化とモジュール化”、R&D セミナー熱電変換材料の高性能化とモジュール開発、2010年5月26日
  15. 舟橋良次、”熱電発電モジュール～カスケードモジュールの開発と適用～”、技術情報センター、2010年7月8日
  16. 舟橋良次、”高効率熱電変換材料の開発”、日本鉱業協会、2010年7月30日
  17. 舟橋良次、”廃熱を直接電気に変える～熱電発電技術の動向～”、2010年度第3回低温協会関西支部講演会、2010年10月29日
  18. 舟橋良次、”棄てる熱から発電－実用的な熱電発電システム開発－”、京都工業会産学連携マッチング交流会、2010年11月26日
  19. R. Funahashi, S. Urata, T. Urata, Y. Matsumura, K. Iwasaki, and A. Kosuga, “Power generation of cascaded thermoelectric arrays”, MRS Spring Meeting, 2010年4月5日
  20. R. Funahashi, S. Urata, Y. Matsumura, K. Iwasaki, A. Kosuga, “Strategy for Thermoelectric Application”, CIMTEC2010, 2010年6月13-18日
  21. R. Funahashi, S. Urata, Y. Matsumura, and K. Iwasaki, “Power generation of cascaded thermoelectric systems”, 3rd International Congress on Ceramics, 2010年11月16-18日
  22. 舟橋良次、”廃熱を直接電気に変える”、KKフォーラム、産業革新機構(東京)、2011年5月13日
  23. 舟橋良次、”棄てる熱から発電－熱電発電の開発動向と産総研での取り組み－”、大阪

- 府工業協会 次世代エネルギーシステム研究会、産業技術総合研究所(池田市)、2011年5月20日
24. 舟橋良次、“熱電変換の基礎と材料モジュール化技術“、情報機構セミナー、総評会館(東京)、2011年7月13日
  25. 舟橋良次、“熱電変換材料および熱電変換システム“、平成 23 年度産総研技術紹介講演会、名古屋工業技術協会(名古屋市)、2011年9月5日
  26. 舟橋良次、“熱電変換材料のモジュール開発とシステム化技術“、秋田県熱電変換技術セミナー、秋田県産業技術センター(秋田市)、2011年9月15日
  27. 舟橋良次、“身近な熱を活かす熱電変換技術“、電子ジャーナル第 927 回 テクニカルセミナー、有明ワシントンホテル(東京)、2011年9月29日
  28. 舟橋良次、“高温領域における熱電素子とその応用について“、日本セラミックス協会 第 6 回フルラス記念先端セラミックスシンポジウム、有明ワシントンホテル(東京)、2011年10月12日
  29. 舟橋良次、“高温対応カスケードシステムの開発“、日本熱電学会第 13 回研究会、工学院大学(東京)、2011年10月19日
  30. 舟橋良次、“酸化物熱電素子の現状と展望“、科学技術交流財団 先端技術講演会、名古屋銀行協会(名古屋市)、2011年11月8日
  31. 舟橋良次、“熱電発電による未利用熱回収“、大阪工業協会見学会、産業技術総合研究所(池田市)、2011年11月15日
  32. 舟橋良次、“無駄に捨てられる熱を生かせ～熱電発電の技術の紹介～”、ものづくり基盤技術セミナー、京都工業会(京都市)、2011年11月18日
  33. 舟橋良次、“熱電発電技術の現状と材料の高性能化～無駄に捨てられる熱を生かせ～”、近畿化学協会エレクトロニクス部会第 3 回研究会、大阪科学技術センター(大阪市)、2012年1月17日
  34. R. Funahashi, “Development of Thermoelectric Generation System”, MRS Spring Meeting, San Francisco, USA, 8 April, 2011.
  35. R. Funahashi, “Thermoelectric generation system for wide temperature range”, EMRS Spring Meeting, Nice, France, 9 May, 2011.
  36. R. Funahashi, “Development thermoelectric generation, now and future”, Troisieme Cycle Seminar, Villars-sur-Ollon, Switzerland, 8 August, 2011.
  37. R. Funahashi, “Waste Heat Recovery Using Thermoelectric Oxide Materials”, Japan-France Joint Seminar, Nagoya, 10 November, 2011.
  38. R. Funahashi, “Thermoelectric Generation System For Wide Temperature Range, ECO-MATES 2011, Osaka, 30 November, 2011.
  39. R. Funahashi, “Development thermoelectric generation system”, Japan-Finland March Meeting, Nagoya University, Nagoya, 14 March, 2012.
  40. 舟橋良次、「身近な熱を活かす「熱電変換技術」～モジュール化技術や新材料を詳解～」、Electronic Journal 第 1399 回 Technical Seminar、東京お茶の水、2012年9月20日
  41. 舟橋良次、「熱電変換の進展と最新技術動向～基礎、材料、モジュール作製、熱電発電の今後～」、情報機構セミナー、東京大井町、2012年10月15日
  42. 舟橋良次、「熱電発電技術の現状～身近な廃熱の有効利用～」、新エネルギー関連産業セミナー、秋田市、2012年12月6日
  43. 舟橋良次、「熱電変換素子を用いた小型発電システム」、マイクロフレイムアレイ研究会第三回研究会、名古屋市、2012年11月13日
  44. 舟橋良次、「酸化耐久性の高い熱電発電ユニットの開発」、高分子同友会勉強会、大阪市、2013年2月21日
  45. 舟橋良次、「広い温度域に対応する熱電発電技術」、電気学会全国大会、名古屋市、2013年3月20日
  46. R. Funahashi, Y. Matsumura, H. Tanaka, T. Takeuchi, R. O. Suzuki, Y. Wang, W.

- Norimatsu, C. Wan, and K. Koumoto, "Oxidation resistant silicide thermoelectric materials", EMRS 2012, Strasbourg, France, 14 May 2012.
47. R. Funahashi, Y. Matsumura, H. Tanaka, T. Takeuchi, R. O. Suzuki, Y. Wang, W. Norimatsu, C. Wan, and K. Koumoto, "Thermoelectric Power Generation Using Ceramics", 10th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Application, Dresden, Germany, 21 May, 2012.
48. R. Funahashi, "Thermoelectric Power Generation in Wide Temperature Region", 4th International Congress on Ceramics, Chicago, USA, 17 July, 2012.
49. Ryoji Funahashi, "Effective use of waste heat by thermoelectrics", Powder metallurgy World Congress 2012, Yokohama, Japan, 16 October, 2012.
50. Ryoji Funahashi, "Thermoelectric Power Generation Over Wide Temperature Range", The International Conference on Energy and Environment-Related Nanotechnology 2012, Beijing, China, 22 October, 2012.
51. Ryoji Funahashi, "Research and development of thermoelectrics in Asia area", 3rd IAV Conference: Thermoelectrics, Berlin, Germany, 22 November, 2012.
52. Ryoji Funahashi, "Thermoelectric Power Generation Over Wide Temperature Range", MRS Fall Meeting, Boston, USA, 26 November, 2012.
53. R. Funahashi, Thermoelectric materials for middle temperature application, Electric Materials and Applications 2013, Orlando, USA, 24 January, 2013.
54. R. Funahashi, Y. Matsumura, E. Combe, F. Azough, R. Freer, "Thermoelectric materials for medium and high temperature application", The 15th Asian Chemical Congress, Singapore, 23 August, 2013.
55. 舟橋良次, "温度差で発電～棄てる熱から電気を起こす～", 第 15 回市民講座・エネルギーハーベスト(環境発電)、日本表面科学会関西支部主催、池田市、2013 年 8 月 3 日
56. 舟橋良次, "無機材料を用いた熱電発電の現在と展望", エネルギーハーベスティング最前線、日本化学会関東支部主催、東京お茶の水、2013 年 8 月 28 日
57. 舟橋良次, "未来の熱電発電", 第 13 回関西伝熱セミナー、日本伝熱学会関西支部主催、兵庫県神戸市、2013 年 9 月 6 日
58. "Development of new silicide thermoelectric devices", R. Funahashi, TEP-CH 2013: Synthesis and function of Thermoelectric materials, Duebendorf, Switzerland, 18th September 2013.
59. R. Funahashi, Y. Matsumura, R. O. Suzuki, S. Katsuyama, T. Takeuchi, E. Combe, "Development of silicide thermoelectric material and module", MRS Fall Meeting, Boston, USA, November, 2013.
60. R. Funahashi, "Mid- and High-Temperature Module with Environmental Friendly Materials", Workshop on Advanced Thermoelectric Materials and Modules, Tsukuba, 9<sup>th</sup> December, 2013.
61. R. Funahashi, "Development of oxide and silicide thermoelectric materials and modules", Special Symposium by Subcommittee for thermoelectric materials of the Korean Institute of Metals and Materials, Changwon, Korea, 6<sup>th</sup> February, 2014.

#### C 山口東京理大グループ(国内 1 件、国際 3 件)

1. 阿武宏明, "熱を電気に変える:熱電変換技術の紹介", 日本機械学会 RC248 研究分科会, 熱 WG, ((社)日本機械学会会議室), 2011 年 6 月 28 日.
2. H. Anno, M. Hokazono, R. Shirataki, and Y. Nagami, "Crystallographic and Thermoelectric Properties of Silicon-Based Clathrates Prepared by Combining Arc Melting and Spark Plasma Sintering Methods", JST-MOST & CREST The 2<sup>nd</sup> Sino-Japan Energy Materials and Devices Joint Workshop, Chengdu, China, December 24, 2011.
3. Hiroaki Anno, "Thermoelectric silicon clathrates", JST-EPSRC, JST-MOST & CREST Joint Workshop on Thermoelectrics, Nagoya University, October 2, 2012.

4. Hiroaki Anno, "Thermoelectric silicon clathrates", JST-EPSRC, JST-MOST & CREST Joint Workshop on Thermoelectrics, 2nd-3rd October, 2012, Nagoya University (2012.10.2).

**D 北大グループ**(国内 0 件、国際 1 件)

1. R.O. Suzuki, "Multi-Layered Thermoelectric Power Generator", CIMTEC2010 - 5th Forum on New Materials, Montecatini Terme (Italy), 2010 年 6 月 13 日-18 日.

② 口頭発表 (国内会議 95 件、国際会議 81 件)

**A 名大グループ** (国内 52 件、国際 37 件)

1. 佐々友章、宗 頼子、中西由貴、太田裕道、河本邦仁、"SrTiO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>:Nb 人工超格子の低温域における巨大 Seebeck 係数の起源"、平成 20 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会、名古屋工業大学(名古屋)、2008 年 12 月 6 日
2. 久米篤史、太田裕道、河本邦仁、溝口照康、幾原雄一、"パルスレーザ堆積法により作製した TiO<sub>2</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 単結晶ヘテロ界面の構造と熱電特性"、平成 20 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会、名古屋工業大学(名古屋)、2008 年 12 月 6 日
3. 吉川 陽、栗田大佑、太田裕道、旭 良司、増岡優美、野村研二、細野秀雄、河本邦仁、"ゲート絶縁膜/SrTiO<sub>3</sub> 結晶界面における電界誘起二次元電子層の巨大熱起電力"、平成 20 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会、名古屋工業大学(名古屋)、2008 年 12 月 6 日
4. 石崎章浩、杉浦健二、太田裕道、河本邦仁、"Sm ドープ CaMnO<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜作製と熱電特性"、平成 20 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会、名古屋工業大学(名古屋)、2008 年 12 月 6 日
5. Kenji Sugiura, Hiromichi Ohta, Yukiaki Ishida, Rong Huang, Yuichi Ikuhara, Kenji Nomura, Hideo Hosono, Kunihito Koumoto, "Metal-Insulator Transition Derived from the Ca-Arrangement in a Layered Cobaltate, Ca<sub>0.33</sub>CoO<sub>2</sub>", IUMRS-ICA (Symposium U), 名古屋国際会議場, 2008 年 12 月 10 日~11 日
6. Yifeng Wang, Kyu Hyoung Lee, Hiromichi Ohta, Kunihito Koumoto, "Thermoelectric Properties of Layered-Perovskite-Type Oxide, SrO(SrTiO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> (n=1, 2)", IUMRS-ICA (Symposium U), 名古屋国際会議場, 2008 年 12 月 10 日~11 日
7. K. Koumoto, H. Ohta, Y.F. Wang, "Quantum Nanostructure Design for SrTiO<sub>3</sub>-based Thermoelectric Ceramics", 33<sup>rd</sup> ICACC, Daytona Beach, USA, 2009 年 1 月 18 日~23 日
8. Y.F. Wang, K. Fujinami, R.Z. Zhang, K. Koumoto, "Nanostructuring of thermoelectric strontium titanate: Thermal conductivity of nano-grained SrTiO<sub>3</sub> ceramics", 28th International Conference on Thermoelectrics, Freiburg, Germany, July 26-30, 2009.
9. Yifeng Wang, Ruizhi Zhang, Yaoshuai Ba, Chunlei Wan, Ning Wang, Kyoichi Fujinami, Kunihito Koumoto, "Nanostructuring of SrTiO<sub>3</sub>-based bulk TE materials for improved performance", Thermoelectric society of Japan (The 6th Annual Conference), Miyagi, Japan, Aug. 10-11, 2009.
10. 藤波恭一、王一峰、張叡智、王寧、万春磊、河本邦仁、"Nb ドープ SrTiO<sub>3</sub> ナノ粒子セラミックスの熱電特性"、第 6 回日本熱電学会学術講演会、東北大学(仙台)、2009 年 8 月 10 日~11 日
11. N. Wang, Y. Ba, Y. Wang, C. Wan, K. Fujinami, K. Koumoto, "Effect of YSZ Addition on Thermal Conductivity of Nb-doped Strontium Titanate" 第 6 回日本熱電学会学術講演会、東北大学(仙台)、2009 年 8 月 10 日~11 日
12. R.Z. Zhang, C.L. Wang, J.C. Li, K. Koumoto, "Simulation of lattice thermal conductivity of nanocrystalline SrTiO<sub>3</sub> ceramics", 第 6 回日本熱電学会学術講演会、東北大学(仙台)、2009 年 8 月 10 日~11 日
13. C.L. Wan, Y.F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, "Ultralow lattice thermal

- conductivity in  $\text{TiS}_2$ -based natural superlattices for bulk thermoelectric material”, 第 6 回日本熱電学会学術講演会, 東北大学(仙台), 2009 年 8 月 10 日~11 日
14. Wataru Norimatsu, and Michiko Kusunoki, “Heat-release Application of the Carbon-nanotube/silicon-carbide Composite Materials Made From Used-SiC Abrasive Powders”, R’09 Twin World Congress, Nagoya University, Japan, 2009.9.15.
  15. Chunlei Wan, Yifeng Wang, Ning Wang, Kunihito Koumoto, “Ultralow lattice thermal conductivity in  $\text{TiS}_2$ -based natural superlattices for bulk thermoelectric material”, 日本セラミックス協会第 22 回秋季シンポジウム, 愛媛大学(愛媛), 2009 年 9 月 16 日~18 日
  16. 藤波恭一、張睿智、王一峰、王寧、万春磊、河本邦仁、”高性能熱電  $\text{SrTiO}_3$  セラミックスのナノ構造化-I”, 日本セラミックス協会第 22 回秋季シンポジウム、愛媛大学(松山)、2009 年 9 月 16 日~18 日
  17. Y.F. Wang, R.Z. Zhang, Y.S. Ba, N. Wang, C.L. Wan, K. Fujinami, K. Koumoto, “Nanostructuring for improving thermoelectric performance of strontium titanate ceramics – II”, The 22th Fall Meeting of The Ceramic Society of Japan, Ehime, Japan, Sep. 16-18, 2009.
  18. N. Wang, Y. Ba, Y. Wang, C. Wan, K. Fujinami, K. Koumoto, “Effects of Nano-oxide Addition on Thermoelectric Properties of  $\text{SrTiO}_3$  Ceramic” 粉体粉末冶金協会平成 21 年度秋季大会, 名古屋国際会議場(名古屋), 2009 年 10 月 27 日~29 日
  19. 王一峰、藤波恭一、張睿智、巴要帥、万春磊、王寧、河本邦仁、”Thermoelectric Properties of Nanostructured  $\text{SrTiO}_3$  Bulk Ceramics”, 粉体粉末冶金協会平成 21 年度秋季大会、名古屋国際会議場(名古屋)、平成 21 年 10 月 27 日~29 日
  20. 神谷純平、片桐清文、河本邦仁、”水溶性チタン錯体を用いたチタン酸ストロンチウムナノキューブの合成”, 粉体粉末冶金協会平成 21 年度秋季大会、名古屋国際会議場(名古屋)、2009 年 10 月 27 日~29 日
  21. C.L. Wan, Y.F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, “ $\text{TiS}_2$ -based natural superlattices fro bulk thermoelectric materials”, 粉体粉末冶金協会平成 21 年度秋季大会、名古屋国際会議場(名古屋)、2009 年 10 月 27 日~29 日
  22. Y. F. Wang, K. Fujinami, R. Z. Zhang, N. Wang, C. Wan, Y.S. Ba, K. Koumoto, “Thermal Conductivity Reduction in Nano-grained  $\text{SrTiO}_3$  Ceramic”, The 26<sup>th</sup> International Japan-Korea Seminar on Ceramics, Tsukuba, Ibaraki, Japan, Nov. 24-26, 2009.
  23. N. Wang, Y. Ba, Y. Wang, C. Wan, K. Fujinami, K. Koumoto, “Enhanced Thermoelectric Properties of Nb-doped  $\text{SrTiO}_3$  by Oxide Addition”, The 26th International Japan-Korea Seminar on Ceramics, Tsukuba, Japan, 2009 年 11 月 24 日~26 日
  24. 神谷純平、藤波恭一、片桐清文、河本邦仁、”水溶液プロセスによる  $\text{SrTiO}_3$  ナノキューブ粒子の合成とキャラクターゼーション”, 第 48 回セラミックス基礎科学討論会、コンベンションセンター(沖縄)、2010 年 1 月 12 日~13 日
  25. 王 一峰、神谷 純平、藤波 恭一、片桐 清文、河本 邦仁、”Thermoelectric properties of  $\text{SrTiO}_3$ -based nanostructured bulk ceramics”, 第 48 回セラミックス基礎科学討論会、コンベンションセンター(沖縄)、2010 年 1 月 12 日~13 日
  26. Y. F. Wang, Y. S. Ba, N. Wang, C. L. Wan, K. Koumoto, “Transport properties in nano-structured  $\text{SrTiO}_3$  thermoelectric ceramics”, 日本セラミックス協会 2010 年会、東京農工大学、平成 22 年 3 月 22 日~24 日
  27. C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, “A misfit layer compound  $(\text{SnS})_{1.2}(\text{TiO}_2)_2$  with unique crystal structure for thermoelectric application”, 日本セラミックス協会 2010 年会、東京農工大学、平成 22 年 3 月 22 日~24 日
  28. Chunlei Wan, YiFeng Wang, Ning Wang, Kunihito Koumoto, "Intercalation:

- building natural superlattice for better thermoelectric performance in layered chalcogenides", 第七回日本熱電学会学術講演会 (TSJ2010)、東京大学弥生講堂、2010年8月19日～20日
29. Qun Wang, Chunlei Wan, Yaoshuai Ba, and Kunihito Koumoto, "Organic-inorganic hybrid of polyaniline and titanium disulfide as novel thermoelectric material", 第七回日本熱電学会学術講演会 (TSJ2010)、東京大学弥生講堂、2010年8月19日～20日
30. Y. F. Wang, C. L. Wan, N. Wang, Y. S. Ba, J. Niu, K. Koumoto, "Effect of Nanostructuring and Grain-Boundary-Nb-doping on Thermoelectric Properties of SrTiO<sub>3</sub>", 第七回日本熱電学会学術講演会 (TSJ2010)、東京大学弥生講堂、2010年8月19日～20日
31. Y. F. Wang, C. L. Wan, N. Wang, Y. S. Ba, J. Niu, K. Koumoto, "Thermoelectric Effect of Grain-Boundary-Nb-doping in La-doped SrTiO<sub>3</sub> Ceramics", 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会、名城大学(名古屋)、2010年12月18日.
32. C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, "Thermoelectric misfit layer compounds (MS)<sub>1+x</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub> (M= Pb, Sn, Bi) with controlled in-plane lattice thermal conductivity", 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会、名城大学(名古屋)、2010年12月18日.
33. Y. F. Wang, C. L. Wan, Y. S. Ba, N. Wang, K. Koumoto, "Thermoelectric Effect of Nb-doped Grain Boundaries in La-doped SrTiO<sub>3</sub> Nanoceramics", 第49回セラミックス基礎科学討論会、岡山コンベンションセンター(岡山)、2011年1月11日-12日.
34. C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, "Thermoelectric misfit layer compounds (MS)<sub>1+x</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub> (M=Pb Sn Bi) with controlled in-plane lattice thermal conductivity", 第49回セラミックス基礎科学討論会、岡山コンベンションセンター(岡山)、2011年1月11日-12日.
35. Y. F. Wang, C. L. Wan, Y. S. Ba, N. H. Park, K. Koumoto, "Effect of grain boundary engineering by Nb-doping on thermoelectric performance of La-doped SrTiO<sub>3</sub>", 日本セラミックス協会年会、静岡大学浜松キャンパス(浜松)、2011年3月16日-18日.
36. C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, "Thermal conductivity mechanism of the thermoelectric misfit layer compounds (MS)<sub>1+x</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub> (M=Pb Sn Bi)", 日本セラミックス協会年会、静岡大学浜松キャンパス(浜松)、2011年3月16日-18日.
37. Y. F. Wang, C. L. Wan, N. Wang, Y. S. Ba, K. Koumoto, "Transport and thermoelectric properties of SrTiO<sub>3</sub>-based nanostructured bulk materials", 29th International Conference on Thermoelectrics, Shanghai, China, 2010年5月30日～6月1日
38. C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, "Misfit layer chalcogenides with natural superlattice structure for bulk thermoelectric materials", 29th International Conference on Thermoelectrics, Shanghai, China, 2010年5月30日～6月1日 (Best Scientific Paper Award)
39. Y. F. Wang, C. L. Wan, and K. Koumoto, "Quantum Nanostructured SrTiO<sub>3</sub>-based Bulk Thermoelectrics", AMEC-7, Jeju (Korea), 2010年6月28日-7月1日.
40. C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang, and K. Koumoto, "Intercalation: building natural superlattices for better thermoelectric performance in layered chalcogenides", AMEC-7, Jeju (Korea), 2010年6月28日-7月1日.
41. C. L. Wan, A. Aoki, H. Ishiguro, H. Morimitsu and K. Koumoto, "Thermoelectric

- natural superlattice material  $(\text{SnS})_{1.2}(\text{TiS}_2)_2$  consolidated by spark plasma sintering“, ICCPS-11, Zurich (Switzerland), 2010年8月29日-9月1日。
42. C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, "Effective Control of the In-plane Lattice Thermal Conductivity of the "Natural Superlattice" Materials  $(\text{MS})_{1+x}(\text{TiS}_2)_2$  ( $M = \text{Pb}, \text{Sn}, \text{Bi}$ )", JST-MOST/CREST Joint Workshop, Jozankei (Japan), 2010年10月9日-11日。
43. Y. F. Wang, Chunlei Wan, Ning Wang, Yaoshuai Ba, Jian Niu, Kunihito Koumoto, "Effect of Grain-Boundary-Nb-doping on Electrical Transport Properties of La-doped  $\text{SrTiO}_3$  Ceramics", JST-MOST/CREST Joint Workshop, Jozankei (Japan), 2010年10月9日-11日。
44. Y. F. Wang, C. L. Wan, N. Wang, Y. Ba, and K. Koumoto, " Role of Nb-doped Grain Boundaries in Nano-grained Thermoelectric Ceramics of La-doped  $\text{SrTiO}_3$ ", The 3rd International Congress on Ceramics (ICC-3)、Osaka International Convention Center (Grand Cube Osaka)、2010年11月14日~18日
- 45 . C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang, and K. Koumoto, " Low-Thermal-Conductivity  $(\text{MS})_{1+x}(\text{TiS}_2)_2$  ( $M = \text{Pb}, \text{Bi}, \text{Sn}$ ) Misfit Layer Compounds for Bulk Thermoelectric Materials", The 3rd International Congress on Ceramics (ICC-3)、Osaka International Convention Center (Grand Cube Osaka)、2010年11月14日~18日
46. Chunlei Wan, Yifeng Wang, Suguru Miyata, Kunihito Koumoto, "Thermoelectric properties of  $\text{TiS}_2$  nanosheet and  $\text{TiS}_2$ /Organic molecule superlattice", 第8回日本熱電学会学術講演会(TSJ2011)、北海道大学(札幌市)、2011年8月8日-9日
47. Yaoshuai Ba, Chunlei Wan, Yifeng Wang, Wataru Norimatsu, Michiko Kusunoki, Kunihito Koumoto, "Thermoelectric Properties of Nanostructured  $\text{Nd}_{2/3-x}\text{Li}_x\text{TiO}_3$ ", 第8回日本熱電学会学術講演会(TSJ2011)、北海道大学(札幌市)、2011年8月8日-9日
48. C. L. Wan, K. Koumoto, "Thermoelectric Properties of  $\text{TiS}_2$ -based Inorganic/Organic Superlattice", セラミックス総合研究会、山梨大学(甲府市)、2011年11月17日-18日
49. Yulia Eka Putri, C. L. Wan, Y. F. Wang, W. Norimatsu, M. Kusunoki, K. Koumoto, "Effects of Elemental Substitution on Thermoelectric Properties of Misfit Layer Sulfides  $(\text{BiS})_{1.2}(\text{TiS}_2)_2$ ", 第50回セラミックス基礎科学討論会、東京、2012年1月12日
50. Nam-Hee Park, Y. F. Wang, W. S. Seo, K. Koumoto, "Synthesis and Assembly Process of La-doped  $\text{SrTiO}_3$  Nanocubes for Thermoelectric Materials", 第50回セラミックス基礎科学討論会、東京、2012年1月12日
51. Yulia Eka Putri, C. L. Wan, Y. F. Wang, W. Norimatsu, M. Kusunoki, K. Koumoto, "Effects of Doping on Thermoelectric Properties of Misfit Layer Sulfides", 日本セラミックス協会年会、京都大学、2012年3月19日
52. Nam-Hee Park, W. S. Seo, K. Koumoto, "Growth Mechanism and Self-assembly Process of La-doped  $\text{SrTiO}_3$  Nanocubes by Selective Adsorption of Oleic Acid Molecules", 日本セラミックス協会年会、京都大学、2012年3月20日
53. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan, Yifeng Wang, and Kunihito Koumoto, "Thermoelectric Properties of  $(\text{BiS})_{1.2}(\text{Mg}_x\text{Ti}_{1-x}\text{S}_2)_2$  Misfit Layer Compounds", ECerS XII, Stockholm, Sweden, June 21, 2011.
54. Nam-Hee Park, Yifeng Wang, Kunihito Koumoto, "Preparation of Single-Phase  $\text{SrTiO}_3$  Nanocubes and Their Self-assembly for Thermoelectric Materials", ECerS XII, Stockholm, Sweden, June 21, 2011.
55. Chunlei Wan, Yifeng Wang, Kunihito Koumoto, " $\text{TiS}_2$ -based organic/inorganic



- superlattice as a thermoelectric material”, ICT2011, Traverse City, USA, July 21, 2011.
56. Yaoshuai Ba, Yifeng Wang, Chunlei Wan, Wataru Norimatsu, Michiko Kusunoki, Kunihiro Koumoto, “Nanostructured Oxide Thermoelectric Material  $\text{Nd}_{2/3-x}\text{Li}_{3x}\text{TiO}_3$  with Low Thermal Conductivity”, ICT2011, Traverse City, USA, July 21, 2011.
57. C. L. Wan, Y. F. Wang, K. Koumoto, “Low-Thermal-Conductivity Layered Metal Sulfides for Thermoelectric Energy Conversion”, CICC-7, Xiamen, China, Nov. 4-7, 2011.
58. Y. F. Wang, C. L. Wan, N.-H. Park, Y. S. Ba, K. Koumoto, “Thermoelectric Engineering of La-doped  $\text{SrTiO}_3$  Ceramics by Grain Boundary Nb-doping”, CICC-7, Xiamen, China, Nov. 4-7, 2011.
59. C. L. Wan, Y. F. Wang, K. Koumoto, “ $\text{TiS}_2$ -based Natural Superlattice Material for Thermoelectric Energy Conversion”, JSPS-CNRS Thermoelectric Seminar, Winc Aichi (Nagoya), Nov. 9-10, 2011
60. Y. F. Wang, C. L. Wan, N.-H. Park, Y. S. Ba, K. Koumoto, “Thermoelectric Engineering of La-doped  $\text{SrTiO}_3$  Ceramics by Grain Boundary Nb-doping”, JSPS-CNRS Thermoelectric Seminar, Winc Aichi (Nagoya), Nov. 9-10, 2011
61. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan, Yifeng Wang, Wataru Norimatsu, Michiko Kusunoki, Kunihiro Koumoto, “Influence of Alkaline Earth Substitution on the Thermoelectric Properties of  $(\text{BiS})_{1.2}(\text{TiS}_2)_2$  Misfit Layer Sulfides”, 28<sup>th</sup> Japan-Korea International Seminar on Ceramics, Okayama Convention Center (Okayama), Nov. 24-26, 2011
62. Nam-Hee Park, Won-Seon Seo, Yifeng Wang, Kunihiro Koumoto, “Growth Mechanism and Self-assembly Process of  $\text{SrTiO}_3$  Nanocubes”, 28<sup>th</sup> Japan-Korea International Seminar on Ceramics, Okayama Convention Center (Okayama), Nov. 24-26, 2011
63. C. L. Wan, Y. F. Wang, K. Koumoto, “ $\text{TiS}_2$ -based Natural Superlattice Material for Thermoelectric Energy Conversion”, NTTHU Joint Symposium, Chengdu, China, Dec. 21-23, 2011
64. Y. F. Wang, C. L. Wan, N.-H. Park, K. Koumoto, “Nb-coating and Grain-growth-controlled Reducing Treatment of La-doped  $\text{SrTiO}_3$  Nanoparticles”, NTTHU Joint Symposium, Chengdu, China, Dec. 21-23, 2011
65. 万春磊, 伊藤智裕, 佐々木仁嗣, 河本邦仁, “Thermoelectric property of  $\text{TiS}_2$  based inorganic/organic hybrid superlattice”, 日本熱電学会第9回学術講演会, 東京工業大学大岡山キャンパス, 2012年8月27日
66. Chunlei Wan and Kunihiro Koumoto, “Versatile  $\text{TiS}_2$  based inorganic/organic superlattice for thermoelectric energy conversion”, 日本セラミックス協会第25回秋季シンポジウム, 名古屋大学, 2012年9月20日
67. Chunlei Wan, T. Itou, H. Sasaki, K. Koumoto, “ $\text{TiS}_2$ -based organic/inorganic superlattice: a flexible thermoelectric material”, 第51回セラミックス基礎科学討論会, 仙台国際センター(仙台), 2013年1月10日
68. 党 鋒, 鶴田一樹, 朴南姫, 万春磊, 河本邦仁, “La- $\text{SrTiO}_3$  ナノキューブ自己組織化粒子膜の熱電変換特性”, 第51回セラミックス基礎科学討論会, 仙台国際センター(仙台), 2013年1月10日
69. 鶴田一樹, 党 鋒, 朴南姫, 万春磊, 河本邦仁, “Nb表面ドーブしたLa- $\text{SrTiO}_3$  ナノキューブの合成と自己組織化粒子膜の評価”, 日本セラミックス協会2013年会, 東京工業大学大岡山キャンパス, 2013年3月18日
70. 山本真也, 万春磊, 河本邦仁, “複合酸化物  $\text{La}_7\text{Mo}_7\text{O}_{30}$  と  $\text{K}_x\text{Ti}_8\text{O}_{16}$  の熱電特性”, 日本セラミックス協会2013年会, 東京工業大学大岡山キャンパス, 2013年3月18日
71. Chunlei Wan, Kunihiro Koumoto, “ $\text{TiS}_2$ -based organic/inorganic superlattice: a flexible thermoelectric material”, ICT2012, Aarlborg (Denmark), July 8-12, 2012

72. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan<sup>1</sup>, Wataru Norimatsu, Michiko Kusunoki and Kunihiro Koumoto, “Thermoelectric Properties of (BiS)<sub>1.2</sub>((Mg,Cr)<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>S<sub>2</sub>)<sub>2</sub> Misfit Layer Sulfides”, IUMRS-ICEM2012, Yokohama, Sep. 24, 2012
73. N. H. Park, C. Wan, W. S. Seo and K. Koumoto, “Assembly of La-doped SrTiO<sub>3</sub> Nanocubes for Thermoelectrics”, IUMRS-ICEM2012, Yokohama, Sep. 26, 2012
74. C. L. Wan, Hitoshi Sasaki, Tomohiro Ito, Feng Dang, Kunihiro Koumoto, “TiS<sub>2</sub>-based inorganic/organic superlattice: a new type of hybrid thermoelectric material”, ICT2013, Kobe(Japan), June 30-July 4, 2013.
75. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan, Wataru Norimatsu, Michiko Kusunoki, Tsunehiro Takeuchi, Ruizhi Zhang, Takao Mori, and Kunihiro Koumoto, “Effects of Chromium-doping on Thermoelectric Properties of (BiS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub> Misfit Layer Sulfide”, ICT2013, Kobe(Japan), June 30-July 4, 2013.
76. C. L. Wan, Hitoshi Sasaki, Tomohiro Ito, Feng Dang, K. Koumoto, “TiS<sub>2</sub>-based inorganic/organic superlattice: a new type of hybrid thermoelectric material”, 4<sup>th</sup> International Workshop on Thermoelectrics, Awaji, July 5, 2013.
77. F. Dang, K. Tsuruta, R. Z. Zhang, C. L. Wan, K. Koumoto, “High TE-performance of a self-assembled film of La-SrTiO<sub>3</sub> nanocubes with Nb-doped surfaces”, 4<sup>th</sup> International Workshop on Thermoelectrics, Awaji, July 5, 2013.
78. F. Dang, C. L. Wan, K. Koumoto, “Self-assembly Process to Construct 3D Superlattice Ceramics”, ICCPS-12, Portland(USA), August 4-7, 2013.
79. 伊藤智裕・佐々木仁嗣・近藤真美・万春磊・河本邦仁、「TiS<sub>2</sub>を用いた無機/有機ハイブリッド超格子の熱電性能」、日本セラミックス協会 2013 秋季シンポジウム、長野、2013 年 9 月 4 日-6 日
80. 小柳津教之・万春磊・河本邦仁、「液相プロセスによって剥離された TiS<sub>2</sub>二次元ナノシートの熱電特性」、日本セラミックス協会 2013 秋季シンポジウム、長野、2013 年 9 月 4 日-6 日
81. 万春磊, 伊藤智裕, 佐々木仁嗣, 近藤真美, 党鋒, 河本邦仁、「TiS<sub>2</sub>/有機ハイブリッド超格子における量子閉じ込め効果」、第 10 回日本熱電学会学術講演会、名古屋大学、2013 年 9 月 8 日-9 日
82. 山本真也, 万春磊, 河本邦仁、「ラットリング原子を持つ SrTi<sub>11</sub>O<sub>20</sub> の熱電特性」、第 10 回日本熱電学会学術講演会、名古屋大学、2013 年 9 月 8 日-9 日
83. 根岸良太, 田村拓也, 万春磊, 河本邦仁、「新規 P 型硫化物熱電材料の開発」、第 10 回日本熱電学会学術講演会、名古屋大学、2013 年 9 月 8 日-9 日
84. 山崎慎一郎, 万春磊, 河本邦仁、「太陽電池と熱電変換素子を組み合わせたハイブリッドデバイスの開発」、第 32 回セラミックス基礎科学討論会、名古屋、2014 年 1 月 9 日-10 日
85. 小柳津教之, 万春磊, 河本邦仁、「液相プロセスで剥離した TiS<sub>2</sub> ナノシートの熱電特性」、第 32 回セラミックス基礎科学討論会、名古屋、2014 年 1 月 9 日-10 日
86. 伊藤智裕, 佐々木仁嗣, 近藤真美, 万春磊, 河本邦仁、「TiS<sub>2</sub>を用いた無機/有機ハイブリッド超格子の熱電性能」、第 32 回セラミックス基礎科学討論会、名古屋、2014 年 1 月 9 日-10 日
87. 田村拓也, 根岸良太, 万春磊, 河本邦仁、「P 型硫化物半導体 Cu<sub>3</sub>BiS<sub>3</sub> の熱電特性」、第 32 回セラミックス基礎科学討論会、名古屋、2014 年 1 月 9 日-10 日
88. 根岸良太, 田村拓也, 万春磊, 河本邦仁、「新規 P 型硫化物熱電変換材料の開発」、日本セラミックス協会 2014 年会、慶應義塾大学日吉キャンパス、2014 年 3 月 17 日-19 日
89. 山本真也, 万春磊, 河本邦仁、「ラットリング原子を持つ SrTi<sub>11</sub>O<sub>20</sub> の熱電特性」、日本セラミックス協会 2014 年会、慶應義塾大学日吉キャンパス、2014 年 3 月 17 日-19 日

## B 産総研グループ(国内 16 件、国際 20 件)

1. A. Kosuga, K. Kurosaki, K. Yubuta, A. Charoenphakdee, S. Yamanaka, and R. Funahashi, “Thermal Conductivity Analysis of Self-Assembled Nanostructured

- Oxides”, IUMRS-ICA, 名古屋国際会議場、2008年12月10日～11日
2. R. Funahashi, “High Temperature Thermoelectric Conversion”, 33rd International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites, Daytona Beach, USA, 2009年1月18日～23日
  3. 小菅厚子、湯蓋邦夫、舟橋良次、”自己組織化ナノ構造酸化物 Co-Mn-O 系の熱電特性”、第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学、2009年3月31日
  4. A. Kosuga, and R. Funahashi, “Thermoelectric properties of polycrystalline  $\text{Ca}_{0.9}\text{Yb}_{0.1}\text{MnO}_3$  prepared from the gas-phase-reaction-derived nanopowder”, 28th International Conference on Thermoelectrics, Freiburg, Germany, 2009年7月30日.
  5. 小菅厚子、Y. Wang、湯蓋邦夫、河本邦仁、舟橋良次、”ナノ粒子  $\text{Ca}_{0.9}\text{Yb}_{0.1}\text{MnO}_3$  焼結体の熱電特性とデバイス特性”、第 6 回日本熱電学会学術講演会、仙台市、2009年8月11日。
  6. 小菅厚子、Yifeng Wang、湯蓋邦夫、河本邦仁、舟橋良次、”気相法により作製した  $\text{Ca}_{0.9}\text{Yb}_{0.1}\text{MnO}_3$  ナノ粒子焼結体の熱電特性”、2009年秋季第 70 回応用物理学学会学術講演会、富山大学、2009年9月。
  7. 舟橋良次、浦田さおり、浦田友幸、岩崎佳奈子、松村葉子、小菅厚子、”酸化物/ $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  カスケードモジュールの発電特性”、2010年春季第 57 回応用物理学関係連合講演会、東海大学、2010年3月。
  8. 馬場創、佐藤宏司、舟橋良次、明渡純、”エアロゾルでポジションによる熱電材料の高速成膜と低熱伝導率化”、第 7 回日本熱電学会学術講演会、2010年8月18-19日
  9. 舟橋良次、松村葉子、田中秀明、竹内友成、野村哲雄、”新規 n 型  $\text{Mn}_3\text{Si}_4\text{Al}_3$  系熱電材料の開発と発電特性”、春季第 58 回応用物理学関係連合講演会、2011年3月
  10. 田中秀明、竹内友成、松村葉子、舟橋良次、野村哲雄、”新規 n 型  $\text{Mn}_3\text{Si}_4\text{Al}_3$  系材料の組成及び微細組織が熱電特性に及ぼす影響”、春季第 58 回応用物理学関係連合講演会、2011年3月
  11. R. Funahashi, “Thermoelectric power generation using solar heat, JST-MOST Project & CREST- Koumoto Team Joint Workshop”, 2010年10月10-11日
  12. A. Kosuga, K. Yubuta, Y. Wang, K. Kurosaki, S. Yamanaka, K. Koumoto and R. Funahashi, “Microstructure Control of Nano Phase-Separated Co-Mn-O System and its Effects on Thermoelectric Properties”, 3rd International Congress on Ceramics, 2010年11月16-18日
  13. R. Funahashi, H. Tanaka, T. Takeuchi, “Thermoelectric generation system for wide temperature range”, The 1st International Symposium on Advanced Nanostructured Materials for Clean Energy (ANMCE 2011), 2011年3月9日
  14. 小菅厚子、舟橋良次、松沢美恵、” $\text{CaMn}_{0.98}\text{Mn}_{0.02}\text{O}_3$  をベースとしたナノコンポジット材料の熱電特性”、第 8 回日本熱電学会学術講演会、北海道大学(札幌)、2011年8月8-9日
  15. 馬場創、黄蘭、佐藤宏司、舟橋良次、明渡純、”エアロゾルデポジションによるビスマステルライド系厚膜の熱電特性”、第 8 回日本熱電学会学術講演会、北海道大学(札幌)、2011年8月9日
  16. 馬場創、黄蘭、佐藤宏司、舟橋良次、明渡純、”エアロゾルデポジションによるビスマステルライド系厚膜の熱電特性”、日本セラミックス協会 第 24 回秋季シンポジウム、北海道大学(札幌市)、2011年9月7日
  17. 田中秀明、松村葉子、竹内友成、井上貴博、舟橋良次、野村哲雄、”新規 n 型  $\text{Mn}_3\text{Si}_4\text{Al}_3$  系合金において微細組織構造が熱電変換性能に及ぼす影響”、日本金属学会 2011年秋期講演大会、宜野湾市、2011年11月7日
  18. 舟橋良次、松村葉子、田中秀明、竹内友成、鈴木亮輔、王 一峰、乗松 航、河本邦仁、”n 型  $\text{Mn}_3\text{Si}_4\text{Al}_3$  系材料の熱電特性と元素置換効果”、第 59 回応用物理学関係連合講演会、早稲田大学(東京)、2012年3月15日

19. R. Funahashi, H. Tanaka, T. Takeuchi, Y. Matsumura, T. Urata, S. Urata, K. Iwasaki, T. Nomura, Y. Wang, K. Koumoto, "Power generation of silicide modules for middle temperature range application", Int. Conf. Thermoelectrics 2011, Traverse City, USA, 18 July, 2011.
20. A. Kosuga, R. Funahashi, and M. Matsuzawa, "Structure and Thermoelectric Properties of  $\text{CaMn}_{0.98}\text{Mo}_{0.02}\text{O}_3$  Based Nanocomposites", ECO-MATES 2011, Osaka, Japan, 30 November, 2011
21. R. Funahashi, "Thermoelectric properties of  $\text{Mn}_3\text{Si}_4\text{Al}_3$  in air", JST-MOST & CREST Joint Workshop, Chengdu, China, 24 December, 2011.
22. E. Combe and R. Funahashi, 「Improvement of thermoelectric properties of  $\text{Bi}_{2.5}\text{Ca}_{2.5}\text{Co}_2\text{O}_x$  by bulk process method」、第9回日本熱電学会学術講演会、東京工業大学、8月27日
23. 舟橋良次、「レアメタルを用いない熱電材料の開発」、レアメタルシンポジウム@関西「エネルギー高度利用とレアメタル」、大阪科学技術センター、2013年3月4日
24. R. Funahashi, Y. Matsumura, H. Tanaka, T. Takeuchi, R. O. Suzuki, Y. Wang, S. Katsuyama, W. Norimatsu, C. Wan, and K. Koumoto, "Thermoelectric  $\text{Mn}_3\text{Si}_4\text{Al}_3$  alloy as a medium temperature material", The 31<sup>st</sup> International Conference on Thermoelectrics, Aalborg, Denmark, 9 July, 2012.
25. E. Combe, R. Funahashi, F. Azough, R. Freer, Q. Li, X. Shi, E. Guilmeau, "Improvement of thermoelectric properties for tin substituted indium oxide by bulk process method", The 31<sup>st</sup> International Conference on Thermoelectrics, Aalborg, Denmark, 11 July, 2012.
26. R. Funahashi, Y. Matsumura, T. Takeuchi, H. Tanaka, S. Katsuyama, Y. Wang, R. O. Suzuki, E. Combe, and K. Koumoto, "Thermoelectric properties of  $\text{Mn}_3\text{Si}_4\text{Al}_3$  alloy in air", IUMRS-ICEM 2012, Yokohama, Japan, 25 September, 2012.
27. E. Combe, R. Funahashi, F. Azough, R. Freer, Q. Li, X. Shi, E. Guilmeau, "Improvement of thermoelectric properties for tin substituted indium oxide by bulk process method", IUMRS-ICEM 2012, Yokohama, Japan, 26 September, 2012.
28. F. Azough, R. Freer, E. Combe, and R. Funahashi, "Crystal Structure and High Temperature Thermoelectric Properties of Mo Doped  $\text{CaMnO}_3$ ", IUMRS-ICEM 2012, Yokohama, Japan, 26 September, 2012.
29. R. Funahashi, Y. Matsumura, H. Tanaka, T. Takeuchi, W. Norimatsu, E. Combe, R. O. Suzuki, Y. Wang, C. Wan, S. Katsuyama, M. Kusunoki, and K. Koumoto, Thermoelectric Properties of n-type  $\text{Mn}_{3-x}\text{Cr}_x\text{Si}_4\text{Al}_2$  in Air, JST-EPSRC, JST-MOST & CREST Joint Workshop on Thermoelectrics, Nagoya, Japan, 2 October, 2012.
30. E. Combe, R. Funahashi, F. Azough, R. Freer, "Improvement of thermoelectric properties of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_x$  by bulk process method", JST-EPSRC, JST-MOST & CREST Joint Workshop on Thermoelectrics, Nagoya, Japan, 2 October, 2012.
31. R. Freer, F. Azough, E. Combe, R. Funahashi, S. Parker, "Understanding Oxide Thermoelectrics at the Atomic Scale: A Combined Experimental and Modelling Approach", JST-EPSRC, JST-MOST & CREST Joint Workshop on Thermoelectrics, Nagoya, Japan, 2 October, 2012.
32. R. Freer, F. Azough, S. Parker, M. Molinari, E. Combe, and R. Funahashi, "Transport Phenomena in  $\text{CaMnO}_3$ : A Combined Experimental and Modelling Approach", Electric Materials and Applications 2013, Orlando, USA, 24 January, 2013.
33. E. Combe, Y. Matsumura, R. Funahashi, F. Azough, and R. Freer, "Preparation of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_x$  devices through bulk process method for high temperature thermoelectric applications", The 32<sup>nd</sup> International Conference on Thermoelectrics, Kobe, 4 July, 2013
34. R. Funahashi, E. Combe, F. Azough, and R. Freer, "Development of silicide and oxide thermoelectric materials", 4<sup>th</sup> International Workshop on Thermoelectrics,

Awaji, 5 July, 2013.

35. T. Barbier, R. Funahashi, E. Combe, "Structural Analysis of a new Thermoelectric Material:  $Mn_{3-x}Cr_xSi_4Al_2$ ", 応用物理学会 2014 年春季学術講演会、相模原、2014 年 3 月 19 日
36. 舟橋良次、松村葉子、竹内友成、鈴木 亮輔、勝山 茂、山崎 慎一郎、河本 邦仁、「シリサイド系熱電モジュールの作製と発電特性」、応用物理学会 2014 年春季学術講演会、相模原、2014 年 3 月 19 日

### C 山口東京理大グループ(国内 15 件、国際 11 件)

1. 中林貴大, 外園昌弘, 立川博章, 阿武宏明, "ゲスト元素置換 Si 系クラスレート熱電半導体の作製と評価", 応用物理学会中国四国支部, 日本物理学会中国支部・四国支部, 日本物理教育学会中国四国支部, 2009 年度支部学術講演会講演予稿集(広島大学, 東広島キャンパス, 先端物質科学研究科), Bp1-4, p.47, (2009.8.1).
2. 外園昌弘, 中林貴大, 阿武宏明, "Type-I クラスレートの熱電特性に及ぼす遷移金属元素置換効果", 応用物理学会中国四国支部, 日本物理学会中国支部・四国支部, 日本物理教育学会中国四国支部, 2009 年度支部学術講演会講演予稿集(広島大学, 東広島キャンパス, 先端物質科学研究科), Bp1-5, p. 48, (2009.8.1).
3. 中林貴大, 外園昌弘, 立川博章, 阿武宏明, "ゲスト置換  $Ba_8Ga_{16}Si_{30}$  系クラスレートの作製とその熱電特性", 第 70 回応用物理学会学術講演会講演予稿集(富山大学, 五福キャンパス), 8p-ZK-4, p.235, (2009.9.8-11).
4. 外園昌弘, 中林貴大, 阿武宏明, "Ni 置換 Ge クラスレート化合物の作製とその熱電特性", 第 70 回応用物理学会学術講演会講演予稿集(富山大学, 五福キャンパス), 8p-ZK-5, p.236, (2009.9.8-11).
5. 阿武宏明, 外園昌弘, 中林貴大, "クラスレート半導体におけるゲスト・ホスト置換による電子構造および熱電特性の変調", 粉体粉末冶金協会講演概要集平成 21 年度秋季大会(第 104 回講演大会)(名古屋国際会議場 2 号館), 1-23A, p.35 (2009.10.27) .
6. 中林貴大, 外園昌弘, 阿武宏明, " $Ba_{8-x}Eu_xGa_{16}Si_{30}$  クラスレートの結晶構造および熱電特性の評価", 第 57 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集(東海大学, 湘南キャンパス), 19p-ZC-4, p.09-083 (2010. 3. 19).
7. 阿武宏明, "ナノ構造・組織制御による新規熱電材料の開発", 山口東京理科大学第7回先進材料研究所シンポジウム設立5周年記念講演, 山口東京理科大学大会議室, 2010年7月3日.
8. 外園昌弘, 中林貴大, 赤井光治, 阿武宏明, "遷移金属置換クラスレートの結晶構造精密化と熱電特性評価", 第 7 回日本熱電学会学術講演会(TSJ2010), 東京大学本郷キャンパス弥生講堂, 2010 年 8 月 18 日.
9. H. Anno, T. Nakabayashi, and M. Hokazono, "Effect of Strontium and Europium Substitutions on Thermoelectric Properties in Silicon-Based Clathrate Compounds", 5<sup>th</sup> Forum on New Materials, CIMTEC2010, International Conference on Modern Materials & Technologies, Montecatini Terme, Tuscany, Italy, 2010 年 6 月 16 日.
10. T. Nakabayashi, M. Hokazono, H. Anno, "Structural and Thermoelectric Properties of Sintered Silicon Clathrates:  $Ba_{8-x}Eu_xGa_{16}Si_{30}$  (A=Sr, Eu;  $x=0-2$ ) Nominal Compositions", JST-MOST Project & CREST-Koumoto Team Joint Workshop "Energy Materials and Devices to Reduce CO<sub>2</sub> Emission", October 9-11, 2010, Hokkaido, Japan, 2010 年 10 月 10 日
11. 阿武宏明, "熱エネルギーを直接電気に変える熱電発電技術", シリーズ先端講演会(第 6 回)「熱電発電技術の最近の展開とその応用」,(山口東京理科大学大会議室), 2011年7月1日.
12. 阿武宏明, 山田浩貴, 中林貴大, 外園昌弘, 白瀧律子, "アーク溶融と放電プラズマ焼結

- を併用して合成した  $\text{Ba}_8\text{Ga}_x\text{Si}_{46-x}$  (仕込組成  $x=14-18$ ) クラスレートの熱電特性”, 第 8 回日本熱電学会学術講演会 (TSJ2011), 北海道大学, 学術交流会館, 2011 年 8 月 8 日.
13. 阿武宏明, 白瀧律子, 外園昌弘, “アーク溶融法と放電プラズマ焼結法を併用して合成した  $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$  系クラスレートの熱電的特性”, 社団法人粉体粉末冶金協会平成 23 年度秋季大会 (第 108 回講演大会), 大阪大学コンベンションセンター, 2011 年 10 月 26 日.
  14. 阿武宏明, 中林貴大, 外園昌弘, “ $\text{Ba}_{8-x}\text{A}_x\text{Ga}_{16}\text{Si}_{30}$  ( $\text{A}=\text{Sr}, \text{Eu}$ ) クラスレートにおけるゲスト置換による結晶構造変調とその熱電物性への効果”, 第 22 回新構造・機能制御と傾斜機能材料シンポジウム <FGM2011>, 北九州国際会議場, 2011 年 9 月 9 日.
  15. Hiroaki Anno, “Semiconductor Silicon Clathrates for Thermoelectric Applications”, 山口東京理科大学第 12 回液晶研究所シンポジウム・第 9 回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム (International Workshop on Green Innovation), 山口東京理科大学大会議室・パルテール, 2012 年 3 月 12 日.
  16. 阿武宏明, 外園昌弘, 白瀧律子, 永見裕子, “アーク溶融と放電プラズマ焼結を併用して作製した  $\text{Ba}_8\text{Al}_x\text{Si}_{46-x}$  クラスレートにおける熱電特性の Al 組成依存性”, 2012 年春季 (第 59 回) 応用物理学関係連合講演会, 早稲田大学, 2012 年 3 月 17 日.
  17. Hiroaki Anno, Hiroki Yamada, Takahiro Nakabayashi, Masahiro Hokazono, and Ritsuko Shirataki, “Composition Dependence of Thermoelectric Properties in Polycrystalline Type-I  $\text{Ba}_8\text{Ga}_x\text{Si}_{46-x}$  (Nominal  $x=14-18$ ) Clathrates Prepared by Combining Arc Melting and Spark Plasma Sintering Methods”, 9<sup>th</sup> European Conference on Thermoelectrics, Thessaloniki, Greece, September 30, 2011.
  18. 阿武宏明, 白瀧律子, 「 $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$  系クラスレート焼結体の熱的安定性」, 2013 年 (第 60 回) 応用物理学学会春季学術講演会, 神奈川工科大学, 2013 年 3 月 27 日.
  19. Hiroaki Anno, Masahiro Hokazono, Ritsuko Shirataki, Yuko Nagami, “Thermoelectric, Mechanical, and Thermal Properties of Polycrystalline Type-I  $\text{Ba}_8\text{Al}_x\text{Si}_{46-x}$  (Nominal  $x=15-17$ ) Clathrates”, Powder Metallurgy World Congress & Exhibition (PM2012 YOKOHAMA), Yokohama, Japan, 16 October, 2012.
  20. Hiroaki Anno, Masahiro Hokazono, Ritsuko Shirataki, and Yuko Nagami, “Crystallographic, Thermoelectric, and Mechanical Properties of Polycrystalline Type-I  $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$ -Based Clathrates”, E-MRS 2012 Spring Meeting, Strasbourg, France, 2012, 14 May, 2012.
  21. Hiroaki Anno, Ritsuko Shirataki, “Thermal stability and oxidation resistance of polycrystalline  $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$ -Based clathrates”, E-MRS 2013 Spring Meeting, Strasbourg, France, May 27-31, 2013, Symposium C, [Oral, May 27, 2013].
  22. Hiroaki Anno, Ritsuko Shirataki, “Impact of heat treatment in air on thermoelectric properties of sintered  $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$ -based clathrate”, The 32nd International Conference on Thermoelectrics (ICT2013), June 30-July 4, 2013, Kobe, Japan, Book of Abstract, B4\_09, [Oral, July 1, 2013].
  23. Hiroaki Anno, “Development of Thermoelectric Silicon Clathrates”, 4th international Workshop on Thermoelectrics, July 4-6, 2013, Awaji Island, Hyogo, Japan, Book of Abstract, K2, [Oral, July 5, 2013].
  24. 阿武宏明, 白瀧律子: 「空气中熱処理による  $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$  系クラスレートの表面酸化と熱電特性への影響評価」, 第 10 回日本熱電学会学術講演会 (TSJ2013) 予稿集 (名古屋大学, 豊田講堂), S13-2, p.47 (2013.9.9) [Oral].
  25. 阿武宏明, 白瀧律子: 「空气中熱処理による  $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$  系クラスレートの表面酸化と熱電特性への影響評価」, 第 10 回日本熱電学会学術講演会 (TSJ2013) 予稿集 (名古屋大学, 豊田講堂), S13-2, p.47 (2013.9.9) [Oral].
  26. Hiroaki Anno and Ritsuko Shirataki, “Influence of Heat Treatment in Air on Thermoelectric Silicon Clathrate”, The International Symposium on Inorganic and Environmental Materials 2013 (ISIEM 2013), the University of Rennes, Rennes, France, E2-3-2, [Oral, October 30, 2013].

**D 北大グループ**(国内 12 件、国際 13 件)

1. R.O. Suzuki and Y. Sasaki, "Optimal fluid direction in the paths among thermoelectric multi-panels", 28th International Conference on Thermoelectrics, Freiburg, Germany, 2009 年 7 月 29 日
2. 佐々木祐人、鈴木亮輔、"多段式平板熱電発電システムにおける最適流路条件", 第 6 回日本熱電学会学術講演会, 東北大学(仙台市), 2009 年 8 月 10 日
3. 佐々木祐人, 鈴木亮輔, Min Chen, "流体を熱電パネルに垂直に吹きつけた発電のシミュレーション", 第七回日本熱電学会学術講演会(TSJ2010)、東京大学弥生講堂、2010 年 8 月 19 日~20 日
4. Min Chen, Y. Sasaki, and R.O. Suzuki, "Computational Modeling of the Thermal Regime of Thermoelectric Generators in Marine Power Plants ", 第七回日本熱電学会学術講演会(TSJ2010)、東京大学弥生講堂、2010 年 8 月 19 日~20 日
5. Min Chen, L.A. Rosendahl, J. Zhang, J. Zhu, J. Gao, and R.O. Suzuki, "Computational Modeling of Thermoelectric Generation in a Circuit Simulator", 29th International Conference on Thermoelectrics, Shanghai, China, 2010 年 5 月 30 日~6 月 3 日
6. R.O. Suzuki, "Multi-Layered Thermoelectric Power Generator", JST-MOST/CREST Joint Workshop, Jozankei (Japan), 2010 年 10 月 9 日-11 日.
7. 藤坂岳之、佐々木祐人、Min Chen、鈴木亮輔 "太陽熱を利用した熱電発電における集光比と素子寸法", 第八回日本熱電学会学術講演会(TSJ2011)、北海道大学学術交流会館、2010 年 8 月 8 日~9 日
8. 隋洪濤、藤坂岳之、鈴木亮輔 "水レンズを用いた熱電発電", 第八回日本熱電学会学術講演会(TSJ2011)、北海道大学学術交流会館、2010 年 8 月 8 日~9 日
9. 鈴木亮輔、佐々木祐人、藤坂岳之、Min Chen、"熱流体解析による熱電発電素子の加熱・冷却の改良", 第八回日本熱電学会学術講演会(TSJ2011)、北海道大学学術交流会館、2010 年 8 月 8 日~9 日
10. Yuto Sasaki, Ryosuke O. Suzuki, Min Chen, and Takeyuki Fujisaka, "Fluid Directions on Heat Exchange in Thermoelectric Generator" 30th International Conference on Thermoelectrics, Traverse City, Michigan, USA, 2011 年 6 月 17 日~6 月 21 日
11. R.O. Suzuki and T. Fujisaka, "Design of Cascade-type Thermoelectric Generation", China-Japan Energy Materials and Devices Joint Workshop, Chengdu, China, 2011 年 12 月 23 日~12 月 25 日
12. 伊藤圭太、藤坂岳之、鈴木亮輔, 太陽熱利用型熱電発電の特性評価, 平成24年度日本金属学会日本鉄鋼協会両北海道支部合同冬季講演大会(室蘭工業大学), 2013 年 1 月 24-25 日
13. 藤坂岳之、隋洪濤、鈴木亮輔, 数値解析による多段型熱電発電モジュールの最適化, 日本熱電学会学術講演会(東京工業大学), 2012 年 8 月 27-28 日
14. 隋洪濤、藤坂岳之、鈴木亮輔, 水レンズを用いる熱電発電シミュレーション, 日本熱電学会学術講演会(東京工業大学), 2012 年 8 月 27-28 日
15. Xiang-ning Meng, Wei-ling Wang, Miao-yong Zhu, Ryosuke O. Suzuki, "Deformation simulation of copper plates of slab continuous casting mold", 平成24年度日本金属学会日本鉄鋼協会両北海道支部合同冬季講演大会(室蘭工業大学), 2013 年 1 月 24-25 日
16. Ryosuke O. Suzuki, Takeyuki Fujisaka, Optimization of Design in Cascade-Type Thermoelectric Module, Powder Metallurgy World Congress and Exhibition (PM2012) (Yokohama, Japan), 2012 年 10 月 14-18 日
17. Ryosuke O. Suzuki, Thermoelectric Generation Using Water Lens To Concentrate Solar Heat, JST-EPSRC, JST-MOST&CREST Joint Workshop on Thermoelectrics (Nagoya Univ.), 2012 年 10 月 2 日

18. Takeyuki Fujisaka, Hongtao Sui, Ryosuke O. Suzuki, Design and Numerical Evaluation of Cascade-type Thermoelectric Modules, International Conference on Thermoelectrics 2012 (ICT2012) (Aalborg, Denmark), 2012年7月9-12日
19. Xiang-Ning Meng, Wei-ling Wang, Miao-yong Zhu, Ryosuke O. Suzuki, "Deformation simulation of copper plates of slab continuous casting mold", TMS 4th International Symposium on High-Temperature Metallurgical Processing, San Antonio, USA, 2013年3月6日
20. 伊藤圭太, 箱崎英俊, 木下博嗣, 鈴木亮輔, 太陽熱電発電への適用に向けた水レンズの検討、平成25年度日本熱電学会学術講演会(名古屋大学), 2013年9月8-9日
21. Xiangning MENG, 藤坂岳之, 伊藤圭太, 鈴木亮輔, Simulation of Thermoelectric Module with Parallelogram Elements、平成25年度日本熱電学会学術講演会(名古屋大学), 2013年9月8-9日
22. Ryosuke O. Suzuki, Takeyuki Fujisaka, Keita O. Ito, Xiangning Meng, Hongtao Sui, "Optimal Design of Thermoelectric Modules under Solar Radiation", International Conference on Thermoelectrics 2013 (ICT2013) (Kobe, Japan), 2013年6月30日-7月4日
23. Ryosuke O. Suzuki, Hong Tao Sui, Takeyuki Fujisaka, Keita O. Ito, and Xiangning Meng, Design of TE Generation under a Constant Heat Flux, JST-EPSRC& CREST, 4th International Workshop on Thermoelectrics (Awaji, Japan) 2013年7月4日-7月6日
24. Xiangning Meng, Takeyuki Fujisaka, Keita O. Ito, Ryosuke O. Suzuki, Structural optimization in  $\Pi$ -type thermoelectric module, IUMRS-ICAM2013, (Qiangtao, China) 2013年9月22-27日
25. Ryosuke O. Suzuki and Takeyuki Fujisaka, Optimization of Module Shape in Thermoelectric Power Generation, 2nd International Symposium on Inorganic and Environmental Materials (ISIEM2013), (Rennes, France) 27-31 Oct. 2013

③ ポスター発表 (国内会議 44件、国際会議 94件)

**A 名大グループ** (国内 20件、国際 50件)

1. A. Yoshikawa, D. Kurita, H. Ohta, K. Koumoto, R. Asahi, Y. Masuoka, K. Nomura and H. Hosono, "Electric-Field Induced Two-Dimensional Electrons in SrTiO<sub>3</sub>", The 6th Asian Meeting on Electroceramics [The 28th Electronics Division Meeting of CSJ], National Institute of Materials Science (NIMS, Sengen-site, Tsukuba), 2008年10月22日~24日
2. A. Kume, H. Ohta, K. Koumoto, T. Mizoguchi and Y. Ikuhara, "Thermoelectric Seebeck Coefficient of the PLD-Grown TiO<sub>2</sub>/SrTiO<sub>3</sub> Heterointerface", The 6th Asian Meeting on Electroceramics [The 28th Electronics Division Meeting of CSJ], National Institute of Materials Science (NIMS, Sengen-site, Tsukuba), 2008年10月22日~24日
3. Y-F. Wang, K. H. Lee, H. Ohta and K. Koumoto, "Crystal Structure and Thermoelectric Properties of Sr-site-rare earth- and Ti-site-Nb-doped SrO(SrTiO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> (n=1, 2)", The 6th Asian Meeting on Electroceramics [The 28th Electronics Division Meeting of CSJ], National Institute of Materials Science (NIMS, Sengen-site, Tsukuba), 2008年10月22日~24日
4. A. Kume, H. Ohta, and K. Koumoto, "Inferred response of transparent TiO<sub>2</sub>/SrTiO<sub>3</sub> heterostructure with two-dimensional electrons", The 25th International Korea-Japan Seminar on Ceramics, Kangung, Korea, 2008年11月19日~21日
5. Hiromichi Ohta, Tomoaki Sassa, Yoriko Mune, Yuki Nakanishi, Kunihito Koumoto, " Enhancement of the Seebeck Coefficient for the SrTiO<sub>3</sub>/SrTi<sub>0.8</sub>Nb<sub>0.2</sub>O<sub>3</sub> Superlattices at Low Temperature", IUMRS-ICA (Symposium U), 名古屋国際会議



場, 2008年12月10日~11日

6. Akira Yoshikawa, Daisuke Kurita, Hiromichi Ohta, Ryoji Asahi, Yumi Masuoka, Kenji Nomura, Hideo Hosono, Kunihito Koumoto, "Seebeck Coefficient of Electric-Field Induced Two-Dimensional Electron Gas in SrTiO<sub>3</sub>", IUMRS-ICA (Symposium U), 名古屋国際会議場, 2008年12月10日~11日
7. Atsushi Kume, Hiromichi Ohta, Kunihito Koumoto, "Structure and Thermoelectric Properties of the PLD Grown TiO<sub>2</sub>/SrTiO<sub>3</sub> single crystal heterointerface", IUMRS-ICA (Symposium U), 名古屋国際会議場, 2008年12月10日~11日
8. Akihiro Ishizaki, Kenji Sugiura, Hiromichi Ohta, Kunihito Koumoto, "High Temperature Thermoelectric Properties of Sm-Doped CaMnO<sub>3</sub> Epitaxial Films", IUMRS-ICA (Symposium U), 名古屋国際会議場, 2008年12月10日~11日
9. R.Z. Zhang, J.C. Li, C.L. Wang, K. Koumoto, "Simulation of thermoelectric properties of bulk SrTiO<sub>3</sub> with 2DEG grain boundaries", The 28th International Conference on Thermoelectrics, Freiburg, Germany, 2009年7月26日~30日
10. N. Wang, Y. Ba, Y. Wang, C. Wan, K. Fujinami, K. Koumoto, "Effects of YSZ Addition on Thermoelectric Properties of Nb-doped Strontium Titanate" The 28th International Conference on Thermoelectrics, Freiburg, Germany, 2009年7月26日~30日
11. C.L. Wan, Y.F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, "Thermal conductivity reduction of Titanium disulfide by building natural superlattice", The 28th International Conference on Thermoelectrics, Freiburg, Germany, 2009年7月26日~30日
12. N. Wang, Y. Ba, Y. Wang, C. Wan, K. Fujinami, K. Koumoto, "Effects of Potassium Titanate Addition on Thermoelectric Properties of Nb-doped Strontium Titanate", 日本セラミックス協会第22回秋季シンポジウム, 愛媛大学(愛媛), 2009年9月16日~18日
13. K. Fujinami, Y.F. Wang, N. Wang, C.L. Wan, R.Z. Zhang, K. Koumoto, "Thermoelectric Properties of Nanostructured Nb-Doped Strontium Titanate Ceramics", The 26th International Japan-Korea Seminar on Ceramics, Tsukuba, Ibaraki, Japan, Nov. 24-26, 2009.
14. J. Kamiya, K. Katagiri, and K. Koumoto "Preparation of Oxide Hollow Capsules Using SiO<sub>2</sub> Gel Particles as Templates", The 26th International Japan-Korea Seminar on Ceramics, Ibaraki, Japan, 2009年11月24日~26日
15. N. Wang, Y. Ba, C. Wan, K. Fujinami, K. Koumoto, "Effect of Oxide Addition on Thermoelectric Properties of Nb-doped SrTiO<sub>3</sub>", The Tsinghua University-Nagoya University-Hainan University-Toyota Motor Corporation Joint Symposium, Hainan, China, 2009年12月10日~11日
16. C.L. Wan, Y.F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, "Lattice thermal conductivity reduction for titanium disulfide by building natural superlattices", The Tsinghua University-Nagoya University-Hainan University-Toyota Motor Corporation Joint Symposium, Hainan, China, 2009年12月10日~11日
17. N. Wang, Y. S. Ba, C. L. Wan, Y. F. Wang, K. Koumoto, "Effects of Mesoporous Silica Addition on Thermoelectric Properties of Nb-doped SrTiO<sub>3</sub>", 日本セラミックス協会2010年会, 東京農工大学, 平成22年3月22日~24日
18. 青木知裕, 万春磊, 石黒裕之, 森光英樹, 河本邦仁, "遠心加熱法による層状チタン化合物熱電素子の作製と熱電特性", 第七回日本熱電学会学術講演会(TSJ2010), 東京大学弥生講堂, 2010年8月19日~20日
19. N. Wang, L. Han, H. C. He, Y. F. Wang, K. Koumoto, "Thermophotovoltaic hybrid device for photoelectric conversion", 29th International Conference on Thermoelectrics, Shanghai, China, 2010年5月30日~6月1日
20. T. Aoki, C. L. Wan, H. Ishiguro, H. Morimitsu and K. Koumoto, "Fabrication of

- layered  $\text{TiS}_2$ -based thermoelectric elements by using centrifugal heating method“, ICCPS-11, Zurich (Switzerland), 2010年8月29日-9月1日.
21. Yifeng Wang, Chunlei Wan, Ning Wang, Yaoshuai Ba, Jian Niu, Kunihito Koumoto, "Effect of Grain-Boundary-Nb-doping on Electrical Transport Properties of La-doped  $\text{SrTiO}_3$  Ceramics", 3<sup>rd</sup> NTTH Joint Symposium, Sapporo (Japan), 2010年10月7日-9日
  22. C. L. Wan, Y. F. Wang, N. Wang, K. Koumoto, "Effective Control of the In-plane Lattice Thermal Conductivity of the "Natural Superlattice" Materials  $(\text{MS})_{1+x}(\text{TiS}_2)_2$  ( $M = \text{Pb, Sn, Bi}$ )", 3<sup>rd</sup> NTTH Joint Symposium, Sapporo (Japan), 2010年10月7日-9日
  23. Y. S. Ba, N. Wang, C. L. Wan, K. Koumoto, "Thermoelectric Properties of Bi-doped  $\text{Mg}_2\text{Si}$ ", 3<sup>rd</sup> NTTH Joint Symposium, Sapporo (Japan), 2010年10月7日-9日
  24. N. H. Park, Y. F. Wang, J. Niu, Y. E. Putri, K. Koumoto, "Synthesis and Morphology Control of  $\text{SrTiO}_3$  Nanoparticles by Sol-precipitation Hydrothermal Method", 3<sup>rd</sup> NTTH Joint Symposium, Sapporo (Japan), 2010年10月7日-9日
  25. Y. E. Putri, Y. F. Wang, C. L. Wan, N-H. Park, and K. Koumoto, "Preparation of Misfit Layer Compounds,  $(\text{BiS})_{1.2}(\text{Mg}_x\text{Ti}_{1-x}\text{S}_2)_2$ , as Novel Thermoelectric Materials", 3<sup>rd</sup> NTTH Joint Symposium, Sapporo (Japan), 2010年10月7日-9日
  26. Y. S. Ba, N. Wang, C. L. Wan, K. Koumoto, "Thermoelectric Properties of Bi-doped  $\text{Mg}_2\text{Si}$ ", JST-MOST/CREST Joint Workshop, Jozankei (Japan), 2010年10月9日-11日.
  27. N. H. Park, Y. F. Wang, J. Niu, Y. E. Putri, K. Koumoto, "Synthesis and Morphology Control of  $\text{SrTiO}_3$  Nanoparticles by Sol-precipitation Hydrothermal Method", JST-MOST/CREST Joint Workshop, Jozankei (Japan), 2010年10月9日-11日.
  28. Y. E. Putri, Y. F. Wang, C. L. Wan, N-H. Park, and K. Koumoto, "Preparation of Misfit Layer Compounds,  $(\text{BiS})_{1.2}(\text{Mg}_x\text{Ti}_{1-x}\text{S}_2)_2$ , as Novel Thermoelectric Materials", JST-MOST/CREST Joint Workshop, Jozankei (Japan), 2010年10月9日-11日.
  29. T. Aoki, C. L. Wan, H. Ishiguro, H. Morimitsu, and K. Koumoto, "Fabrication of Layered  $\text{TiS}_2$ -based Thermoelectric Elements by Using Centrifugal Heating Method", The 3<sup>rd</sup> International Congress on Ceramics (ICC-3)、Osaka International Convention Center (Grand Cube Osaka)、2010年11月14日~18日
  30. N-H. Park, Y. F. Wang, J. Niu, Y. E. Putri, and K. Koumoto, "Synthesis of single-phase  $\text{SrTiO}_3$  nanocubes for thermoelectric materials", The 27<sup>th</sup> International Korea-Japan Seminar on Ceramics, Incheon (Korea)、2010年11月23日~26日
  31. Y. E. Putri, Y. F. Wang, C. L. Wan, N-H. Park, and K. Koumoto, "Misfit Layer Compounds,  $(\text{BiS})_{1.2}(\text{Mg}_x\text{Ti}_{1-x}\text{S}_2)_2$ , as Novel Thermoelectric Materials", The 27<sup>th</sup> International Korea-Japan Seminar on Ceramics, Incheon (Korea)、2010年11月23日~26日
  32. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan, Yifeng Wang, Wataru Norimatsu, Michio Kasunoki and Kunihito Koumoto, "Influence of Alkaline Earth Substitution on The Thermoelectric Properties of  $(\text{BiS})_{1.2}(\text{TiS}_2)_2$  Misfit Layer Sulfides", 第8回日本熱電学会学術講演会(TSJ2011)、北海道大学(札幌市, 2011年8月8日-9日)
  33. Nam-Hee Park, YiFeng Wang, Chunlei Wan, Won-Seon Seo, Kunihito Koumoto, "Synthesis and Self-assembly of La- $\text{SrTiO}_3$  Nanocubes for Thermoelectric Materials", 第8回日本熱電学会学術講演会(TSJ2011)、北海道大学(札幌市), 2011年8月8日-9日
  34. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan, YiFeng Wang, Wataru Norimatsu, Michiko

- Kusunoki, Kunihito Koumoto, “TiS<sub>2</sub>-based Misfit Layered Sulfides as Novel Thermoelectric Materials”, 第24回日本セラミックス協会秋季シンポジウム、北海道大学(札幌市)、2011年9月7日-9日
35. Nam-Hee Park, YiFeng Wang, Chunlei Wan, Kunihito Koumoto, Won-Seon Seo, “Growth Mechanism of SrTiO<sub>3</sub> Nanocubes”, 第24回日本セラミックス協会秋季シンポジウム、北海道大学(札幌市)、2011年9月7日-9日
36. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan, Yifeng Wang, Kunihito Koumoto, “Misfit Layer Sulfides, (Bi<sub>1-x</sub>AE<sub>x</sub>S)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, as Novel Thermoelectric Materials”, ICT2011, Traverse City, USA, July 21, 2011.
37. Nam-Hee Park, Yifeng Wang, Chunlei Wan, Kunihito Koumoto, “Synthesis and Growth mechanism of Single-Phase SrTiO<sub>3</sub> Nanocubes for Thermoelectric Materials”, ICT2011, Traverse City, USA, July 21, 2011.
38. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan, Yifeng Wang, Wataru Norimatsu, Michiko Kusunoki, Kunihito Koumoto, “Influence of Alkaline Earth Substitution on the Thermoelectric Properties of (BiS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub> Misfit Layer Sulfides”, JSPS-CNRS Thermoelectric Seminar, Winc Aichi (Nagoya), Nov. 9-10, 2011
39. Nam-Hee Park, Won-Seon Seo, Yifeng Wang, Kunihito Koumoto, “Preparation and Self-assembly of La doped SrTiO<sub>3</sub> Nanocubes for Thermoelectric Materials”, JSPS-CNRS Thermoelectric Seminar, Winc Aichi (Nagoya), Nov. 9-10, 2011
40. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan, Yifeng Wang, Wataru Norimatsu, Michiko Kusunoki, Kunihito Koumoto, “The Effect of Substitution on the Thermoelectric Properties of (BiS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub> Misfit Layer Sulfides”, NTTHU Joint Symposium, Chengdu, China, Dec. 21-23, 2011
41. Nam-Hee Park, Yifeng Wang, Won-Seon Seo, Kunihito Koumoto, “Assembly Process of SrTiO<sub>3</sub> Nanocubes for Thermoelectric Materials”, NTTHU Joint Symposium, Chengdu, China, Dec. 21-23, 2011
42. C. L. Wan, Y. F. Wang, K. Koumoto, “TiS<sub>2</sub>-based Natural Superlattice Material for Thermoelectric Energy Conversion”, JST-MOST-CREST Joint Workshop, Chengdu, China, Dec. 23-25, 2011
43. Y. F. Wang, C. L. Wan, N.-H. Park, K. Koumoto, “Nb-coating and Grain-growth-controlled Reducing Treatment of La-doped SrTiO<sub>3</sub> Nanoparticles”, JST-MOST-CREST Joint Workshop, Chengdu, China, Dec. 23-25, 2011
44. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan, Yifeng Wang, Wataru Norimatsu, Michiko Kusunoki, Kunihito Koumoto, “The Effect of Substitution on the Thermoelectric Properties of (BiS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub> Misfit Layer Sulfides”, JST-MOST-CREST Joint Workshop, Chengdu, China, Dec. 23-25, 2011
45. Nam-Hee Park, Yifeng Wang, Won-Seon Seo, Kunihito Koumoto, “Assembly Process of SrTiO<sub>3</sub> Nanocubes for Thermoelectric Materials”, JST-MOST-CREST Joint Workshop, Chengdu, China, Dec. 23-25, 2011
46. Nam-Hee Park, Yifeng Wang, Won-Seon Seo, Kunihito Koumoto, “Self-Assembly and Growth Mechanism of SrTiO<sub>3</sub> Nanocubes”, 12th Biomimetic Materials Processing Symposium, Nagoya University, Nagoya, Jan. 24-27, 2012
47. Nam-Hee Park, Won-Seon Seo, Feng Dang, Kunihito Koumoto, “Assembly Process of La-doped SrTiO<sub>3</sub> Nanocubes for Thermoelectrics”, 日本熱電学会第9回学術講演会, 東京工業大学大岡山キャンパス, 2012年8月27日
48. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan and Kunihito Koumoto, “Effects of Transition Metal Doping on Thermoelectric Properties of Misfit Layer Sulfides”, 日本熱電学会第9回学術講演会, 東京工業大学大岡山キャンパス, 2012年8月27日
49. Jianhua Zhou, Chunlei Wan, Takuya Tamura, Feng Dang, and Kunihito Koumoto, “Silicide/silicon Thermoelectric Nanocomposites Templated from Filled Mesoporous Silica”, 日本熱電学会第9回学術講演会, 東京工業大学大岡山キャンパス, 2012年8月27日

50. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan, Kunihito Koumoto, Michiko Kusunoki, Wataru Norimatsu, “Effects of Transition Metal Doping on Thermoelectric Properties of Misfit Layer Sulfides”, 日本セラミックス協会第 25 回秋季シンポジウム、名古屋大学、2012 年 9 月 20 日
51. Nam-Hee Park, W. S. Seo, F. Dang, C. L. Wan, and K. Koumoto, “Surface Doping of Nb on La-doped SrTiO<sub>3</sub> Nanocubes”, 日本セラミックス協会第 25 回秋季シンポジウム、名古屋大学、2012 年 9 月 20 日
52. 伊藤智裕、万春磊、佐々木仁嗣、河本邦仁、“TiS<sub>2</sub> を用いた無機/有機ハイブリッド超格子の熱電性能”、日本セラミックス協会 2013 年会、東京工業大学大岡山キャンパス、2013 年 3 月 17 日
53. Yulia Eka Putri, Chunlei Wan, Wataru Norimatsu, Michiko Kusunoki and Kunihito Koumoto, “Effects of substitution on The Thermoelectric Properties of (BiS)<sub>1.2</sub>(TiS<sub>2</sub>)<sub>2</sub> Misfit Layer Sulfides”, ICT2012, Aarlborg (Denmark), July 7, 2012
54. N. Oyaizu, C. L. Wang, K. Koumoto, “Two dimensional TiS<sub>2</sub> nanosheets prepared by a liquid-phase exfoliation method”, 5<sup>th</sup> NTT Joint Symposium, University of the Ryukyus, Dec. 20, 2012.
55. S. Yamazaki, S. Seike, K. Koumoto, ” Development of Photovoltaic/thermoelectric hybrid solar cell”, 5<sup>th</sup> NTT Joint Symposium, University of the Ryukyus, Dec. 20, 2012.
56. F. Dang, K. Tsuruta, R. Z. Zhang, C. L. Wan, K. Koumoto, “High TE-performance of a self-assembled film of La-SrTiO<sub>3</sub> nanocubes with Nb-doped surfaces”, ICT2013, Kobe(Japan), June 30-July 4, 2013.
58. Noriyuki Oyaizu, Chunlei Wan and Kunihito Koumoto, “Thermoelectric properties of liquid-phase exfoliated two-dimensional TiS<sub>2</sub> nanosheets”, ICT2013, Kobe(Japan), June 30-July 4, 2013.
59. S. Yamazaki, C. L. Wan, N. Wang, H. Lin, K. Koumoto, ”Evaporative cooling system for PV / TE hybrid solar cell”, ICT2013, Kobe(Japan), June 30-July 4, 2013.
60. Chunlei Wan, Ryouta Negishi, Takuya Tamura, Feng Dang, Kunihito Koumoto, “Novel p-type thermoelectric materials based on the structural unit of [CuS<sub>4</sub>] tetrahedron”, ICT2013, Kobe(Japan), June 30-July 4, 2013.
61. 鶴田一樹・党鋒・万春磊・河本邦仁、「Nb 表面ドーピングによる高熱電特性 La-SrTiO<sub>3</sub> ナノキューブ 3D 超格子の作製」、日本セラミックス協会 2013 秋季シンポジウム、長野、2013 年 9 月 4 日-6 日
62. 根岸良太・田村拓也・万春磊・河本邦仁、「新規 P 型硫化物熱電変換材料の開発」、日本セラミックス協会 2013 秋季シンポジウム、長野、2013 年 9 月 4 日-6 日
63. 田村拓也・根岸良太、万春磊、河本邦仁、「層状化合物 LaOCuS の熱電特性」、日本セラミックス協会 2013 秋季シンポジウム、長野、2013 年 9 月 4 日-6 日
64. 山本真也、万春磊、河本邦仁、「ラットリング原子を持つ SrTi<sub>11</sub>O<sub>20</sub> の熱電特性」、
65. 伊藤智裕・佐々木仁嗣・近藤真美・万春磊・河本邦仁、「TiS<sub>2</sub>を用いた無機/有機ハイブリッド超格子の熱電性能」、第 10 回日本熱電学会学術講演会、名古屋大学、2013 年 9 月 8 日-9 日
66. 小柳津教之・万春磊・河本邦仁、「液相プロセスによって剥離された TiS<sub>2</sub> 二次元ナノシート」の熱電特性」、第 10 回日本熱電学会学術講演会、名古屋大学、2013 年 9 月 8 日-9 日
67. S. Yamazaki, C. L. Wan, N. Wang, H. Lin, K. Koumoto, “Evaporative cooling system for PV / TE hybrid solar cell”, 6<sup>th</sup> NTT Joint Symposium, Guangxi University, China, Dec. 11-14, 2013.
68. T. Ito, H. Sasaki, M. Kondo, C. Wan, K. Koumoto, “Thermoelectric Performance of TiS<sub>2</sub>-based Inorganic/Organic Hybrid Superlattices”, 6<sup>th</sup> NTT Joint Symposium, Guangxi University, China, Dec. 11-14, 2013.
69. 鶴田一樹、党 鋒、万春磊、河本邦仁、「Nb/La-SrTiO<sub>3</sub> ナノ粒子膜の自己組織的形成による高熱電発電能の実現」、日本セラミックス協会 2014 年会、慶應義塾大学日吉キャンパス

ス、2014年3月17日

70. 近藤真美、万春磊、河本邦仁、「無機/有機ハイブリッド超格子のステージ構造制御による高熱電性能化」、日本セラミックス協会 2014 年会、慶應義塾大学日吉キャンパス、2014年3月17日

#### B 産総研グループ(国内 0 件、国際 16 件)

1. S Baba, R. Fang, H. Sato, R. Funahashi, J. Akedo, "High Speed Deposition and Thermoelectric Properties of Bismuth-Telluride Based Thick Films with Nanostructure by Aerosol Deposition Method", Japan-France Joint Seminar, Nagoya, 10 November, 2011.
2. S Baba, R. Fang, H. Sato, R. Funahashi, J. Akedo, "Fabrication and Thermal Conductivity of Bismuth-Telluride Based Thick Films by Aerosol Deposition", The 28th Japna-Korea International Seminar on Ceramics, Okayama, Japan, 24 November 2011.
3. S Baba, R. Fang, H. Sato, R. Funahashi, J. Akedo, "Thermoelectric Properties of Bismuth Telluride Based Thick Films by Aerosol Deposition", ECO-MATE 2011, Osaka, Japan, 29 November, 2011.
4. S Baba, R. Fang, H. Sato, R. Funahashi, J. Akedo, "Thermoelectric Properties of Bismuth-Telluride Based Thick Films with Nanostructure by Aerosol Deposition Method", 21th Academic Symposium of Japan MRS, Yokohama, Japan, 19 December, 2011.
5. S. Baba, H. Sato, L. Huang, A. Uryu, R. Funahashi, J. Akedo, "AD Process for Thermoelectric Material", 5<sup>th</sup> Tsukuba International Coating Symposium 2012, Tsukuba, Japan, 30 November, 2012.
6. S. Baba, H. Sato, L. Huang, A. Uryu, R. Funahashi, J. Akedo, "Room-temperature fast deposition and characterization of nanocrystalline  $\text{Bi}_x\text{Sb}_{2-x}\text{Te}_3$  thick films by aerosol deposition", The 29th International Korea-Japan Seminar on Ceramics, Daegu, Korea, 21 November, 2012.
7. S. Baba, H. Sato, L. Huang, A. Uryu, R. Funahashi, J. Akedo, "Fabrication and Characterization of  $\text{Bi}_x\text{Sb}_{2-x}\text{Te}_3$  thick films on Polyethylene Terephthalate Substrates by Aerosol Deposition Technique", IUMRS-ICEM 2012, Yokohama, Japan, 25 September, 2012.
8. T. Fukui, M. Matsuzawa, R. Funahashi, and A. Kosuga, "Effect of mixed grain sizes on the thermoelectric properties of  $\text{Ca}_{0.9}\text{Yb}_{0.1}\text{MnO}_3$ ", The 32<sup>nd</sup> International Conference on Thermoelectrics, Kobe, 2 July, 2013.
9. K. Nakai, M. Matsuzawa, T. Tachizawa, Y. Kubota, K. Kifune, R. Funahashi, and A. Kosuga, "Effect of In substitution on thermoelectric properties of  $\text{GeSb}_6\text{Te}_{10}$ ", The 32<sup>nd</sup> International Conference on Thermoelectrics, Kobe, 1 July, 2013.
10. E. Combe, R. Funahashi, T. Takeuchi, J. Hayashi, T. Matsuoka, F. Azough, and R. Freer, "Thermoelectric properties of n-type Bi-Sb alloys improved by post treatment after pulse electric current sintering", The 32<sup>nd</sup> International Conference on Thermoelectrics, Kobe, 2 July, 2013.
11. N. Kulwongwit, J. Roscow, F. Azough, R. Freer, E. Combe, and R. Funahashi, "Effect of stoichiometry on the microstructure and high temperature thermoelectric properties of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_y$  cobaltite", The 32<sup>nd</sup> International Conference on Thermoelectrics, Kobe, 1 July, 2013.
12. E. Combe, R. Funahashi, F. Azough, and R. Freer, "Preparation of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_x$  devices through bulk melt process", 4<sup>th</sup> International Workshop on Thermoelectrics, Awaji, 5 July, 2013.
13. Kazuki Nakai, Mie Matsuzawa, Takuya Tachizawa, Yoshiki Kubota, Kouichi Kifune, Ryoji Funahashi, and Atsuko Kosuga, "Effects of In Substitution on Thermoelectric Properties of  $\text{GeSb}_6\text{Te}_{10}$ ", JST-EPSRC& CREST, 4th International Workshop on Thermoelectrics

(Awaji, Japan) 4-6 July 2013

14. Tsubasa Fukui, Mie Matsuzawa, Ryoji Funahashi and Atsuko Kosuga, "Effect of Mixed Grain Sizes on the Thermoelectric Properties of  $\text{Ca}_{0.9}\text{Yb}_{0.1}\text{MnO}_3$ ", JST-EPSRC& CREST, 4th International Workshop on Thermoelectrics (Awaji, Japan) 4-6 July 2013
15. N. Kulwongwit, J. Roscow, F. Azough, R. Freer, E. Combe, R. Funahashi, "Effect of Stoichiometry on the Microstructure and High Temperature Thermoelectric Properties of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_y$  Cobaltite", JST-EPSRC& CREST, 4th International Workshop on Thermoelectrics (Awaji, Japan) 4-6 July 2013
16. T. Barbier, Y. Matsumura, E. Combe, and R. Funahashi, "Structural Analysis of a new Thermoelectric Material:  $\text{Mn}_{3-x}\text{Cr}_x\text{Si}_4\text{Al}_2$ ", EPSRC Thermoelectric Network Workshop, Manchester, UK, 26th, February, 2014.

### C 山口東京理大グループ(国内 19 件、国際 11 件)

1. 立川博章, 播磨宗史, 阿武宏明, "Ba<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> 系クラスレートの作製とその熱電特性の評価", 第 9 回液晶研究所シンポジウム・第 5 回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム, 山口東京理科大学(山陽小野田), 2009 年 3 月 9 日.
2. 播磨宗史, 立川博章, 阿武宏明, "Ba<sub>8</sub>Al<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> クラスレートにおけるゲスト元素置換および熱電特性", 第 9 回液晶研究所シンポジウム・第 5 回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム, 山口東京理科大学(山陽小野田), 2009 年 3 月 9 日.
3. H. Anno, K. Okita, S. Harima, T. Nakabayashi, and M. Hokazono, "Guest substitution and thermoelectric properties in silicon clathrate compounds", Book of Abstracts, 28th International Conference / 7th European Conference on Thermoelectrics (ICT/ECT2009), Freiburg, Germany (July 26-30, 2009), PT-116, p. 201.
4. 外園昌弘, 中林貴大, 阿武宏明, "半導体クラスレートの熱電特性に及ぼす遷移金属元素置換効果", 2009 年度応用物理学会中国四国支部, 若手半導体研究会講演予稿集(広島大学西条共同研修センター), (2009.8.1-2).
5. 外園昌弘, 中林貴大, 阿武宏明, "Ge 系クラスレート化合物の熱電特性に及ぼす Ni 置換効果", 第 6 回日本熱電学会学術講演会(TSJ2009)予稿集(東北大学, 青葉山キャンパス), PS-24, p.64, (2009.8.10-11).
6. 深本真史, 阿武宏明, 外園昌弘, 中林貴大, 戸嶋直樹, "ラトリング熱電半導体ナノコンポジットの検討", 第 6 回日本熱電学会学術講演会(TSJ2009)予稿集(東北大学, 青葉山キャンパス), PS-25, P65, (2009.8.10-11).
7. 中林貴大, 外園昌弘, 立川博章, 阿武宏明, "Ba<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> 系クラスレートにおけるゲスト元素置換と熱電特性", 第 6 回日本熱電学会学術講演会(TSJ2009)予稿集(東北大学, 青葉山キャンパス), PS-26, P65, (2009.8.10-11).
8. 染井吉野, 外園昌弘, 中林貴大, 阿武宏明, "クラスレート熱電半導体の粉末 X 線回折法による構造解析", 山口東京理科大学 第 10 回液晶研究所シンポジウム・第 6 回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム講演要旨集, P-32, p.36 (2010. 3. 10).
9. 國光進, 中林貴大, 外園昌弘, 阿武宏明, "シリコンクラスレートにおける希土類元素ゲスト置換と熱電特性の評価" 山口東京理科大学 第 10 回液晶研究所シンポジウム・第 6 回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム講演要旨集, P-33, p.37 (2010. 3. 10).
10. 中林貴大, 外園昌弘, 阿武宏明, 巴要師, 河本邦仁, "Ba<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> 系クラスレートにおけるゲスト元素置換と熱電特性", 第 7 回日本熱電学会学術講演会(TSJ2010), 東京大学本郷キャンパス弥生講堂, 2010 年 8 月 19-20 日.
11. 中林貴大, 外園昌弘, 阿武宏明, 巴要師, 河本邦仁, "ゲスト置換 Ba<sub>8-x</sub>A<sub>x</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub>(A=Sr, Eu; x=0-2)クラスレートの構造的および熱電的特性", 第 71 回応用物理学会学術講演会(2010 年秋季), 長崎大学文教キャンパス, 2010 年 9 月 15 日.
12. 外園昌弘, 中林貴大, 阿武宏明, "遷移金属元素置換クラスレートの結晶構造の評価", 第 71 回応用物理学会学術講演会(2010 年秋季), 長崎大学文教キャンパス, 2010 年

9月15日.

13. 福重良介, 中林貴大, 阿武宏明 “粉末X線回折リトベルト法によるクラスレート半導体の結晶構造解析”, 山口東京理科大学第11回液晶研究所シンポジウム・第8回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム, 2011年3月9日.
14. 山田浩貴, 中林貴大, 外園昌弘, 阿武宏明 “Ba<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub>系クラスレート半導体の合成プロセス条件検討と熱電気的特性の評価”, 山口東京理科大学第11回液晶研究所シンポジウム・第8回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム, 2011年3月9日.
15. 林貴大, 外園昌弘, 阿武宏明 “シリコンクラスレート半導体の熱電物性に及ぼすゲスト置換の効果”, 山口東京理科大学第11回液晶研究所シンポジウム・第8回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム, 2011年3月9日.
16. 中 亮二, 外園昌弘, 阿武宏明 “Ba<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Ge<sub>30</sub>系クラスレート半導体の熱・機械的特性の評価”, 山口東京理科大学第11回液晶研究所シンポジウム・第8回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム, 2011年3月9日.
17. 外園昌弘, 阿武宏明 “ゲルマニウム系クラスレート半導体の熱電気的特性”, 山口東京理科大学第11回液晶研究所シンポジウム・第8回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム, 2011年3月9日.
18. H. Anno, T. Nakabayashi, S. Kunimitsu and M. Hokazono, “Thermoelectric properties of silicon clathrates containing europium: Ba<sub>8-x</sub>Eu<sub>x</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> (x=0-4) nominal compositions”, 29<sup>th</sup> International Conference on Thermoelectrics (ICT2010), Shanghai, China, 2010年5月30日-6月3日.
19. R. Shirataki, M. Hokazono, T. Nakabayashi, H. Anno, “Preparation and Characterization of Planetary Ball Milled Si-based Clathrates Particles and Their Spark Plasma Sintered Materials”, JST-MOST Project & CREST-Koumoto Team Joint Workshop “Energy Materials and Devices to Reduce CO<sub>2</sub> Emission”, Hokkaido, Japan, 2010年10月10日.
20. Takahiro Nakabayashi, Masahiro Hokazono, Hiroaki Anno, Yaoshuai Ba, Kunihito Koumoto, “Structural and Thermoelectric Properties of Sintered Silicon Clathrates: Ba<sub>8-x</sub>A<sub>x</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> (A=Sr, Eu; x=0-2) Nominal Compositions”, 3rd International Congress on Ceramics (ICC3), Osaka, Japan, 2010年11月16日.
21. Ritsuko Shirataki, Masahiro Hokazono, Takahiro Nakabayashi, and Hiroaki Anno, “Preparation and Characterization of Planetary Ball Milled Si-based Clathrates and Their Spark Plasma Sintered Materials”, 3rd International Congress on Ceramics (ICC3), Osaka, Japan, 2010年11月16日.
22. K. Nakahara and H. Anno, “Analysis of Thermal Conductivity in Thermoelectric Silicon Clathrate System: A Study of Electron-Phonon Interaction”, 山口東京理科大学第12回液晶研究所シンポジウム・第9回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム, International Workshop on Green Innovation, 山口東京理科大学大会議室・パルテール, 2012年3月12日.
23. Hiroaki Anno, Hiroki Yamada, Takahiro Nakabayashi, Masahiro Hokazono, and Ritsuko Shirataki, “Influence of Preparation Condition on Thermoelectric Properties of Ba<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> Clathrate by Combining Arc Melting and Spark Plasma Sintering Methods”, ECO-MATES 2011, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, November 28-29, 2011.
24. 阿武 宏明, 外園 昌弘, 白瀧 律子, 永見 裕子, “Ba<sub>8</sub>Al<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> 系クラスレート焼結体の熱機械的特性”, 2012年(平成24年)秋季 第73回応用物理学会学術講演会, 愛媛大学・松山大学, 2012年9月12日.
25. 阿武宏明, 外園昌弘, 白瀧律子, 永見裕子, “Ba<sub>8</sub>Al<sub>x</sub>Si<sub>46-x</sub>系クラスレート焼結体の熱的および機械的特性”, 第9回日本熱電学会学術講演会(TSJ2011), 東京工業大学, 東工大蔵前会館, 2012年8月27-28日.

26. F. Yonezawa, R. Shirataki, and H. Anno, "Thermoelectric Properties and Guest-Host Interactions in Semiconductor Clathrates", 山口東京理科大学第 13 回液晶研究所シンポジウム・第 10 回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム, The 2nd International Workshop on Green Innovation, 山口東京理科大学, 2013 年 3 月 11 日.
27. H. Kurihara, R. Shirataki, and H. Anno, "Development of Thermoelectric Silicon Clathrate Elements for Energy Conversion", 山口東京理科大学第 13 回液晶研究所シンポジウム・第 10 回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム, The 2nd International Workshop on Green Innovation, 山口東京理科大学, 2013 年 3 月 11 日.
28. Hiroaki Anno, Masahiro Hokazono, Ritsuko Shirataki and Yuko Nagami, "Crystallographic, Thermoelectric, and Mechanical Properties of Polycrystalline  $\text{Ba}_8\text{Al}_x\text{Si}_{46-x}$  Clathrates", The 31st International & 10th European Conference on Thermoelectrics (ICT/ECT2012), July 9th-12th, 2012, Aalborg, Denmark, July 10, 2012.
29. H. Anno, A. Ujiie, R. Shirataki, M. Hokazono and Y. Nagami, "Examination of Preparation Condition and Thermoelectric Properties of Polycrystalline  $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$ -Based Clathrate", International Union of Materials Research Societies, International Conference on Electronic Materials (IUMRS-ICEM2012), 23(Sun)-28(Fri) September, 2012, Pacifico Yokohama, Japan, September 25, 2012.
30. T. Ueda, R. Shirataki, and H. Anno, "Effect of Host Substitution on Thermoelectric Properties of  $\text{Ba}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{30}$  Clathrate System: Examination of Co-doping", 山口東京理科大学第 14 回液晶研究所シンポジウム・第 11 回先進材料研究所シンポジウム・合同シンポジウム, The 3rd International Workshop on Green Innovation, 山口東京理科大学, 2014 年 3 月 10 日.

#### D 北大グループ(国内 5 件、国際 17 件)

1. 佐々木祐人、鈴木亮輔、"多段式平板熱電発電システムにおける最適流路条件", 平成 21 年度日本鉄鋼協会日本金属学会北海道支部合同サマーセッション, 室蘭工業大学(室蘭市), 2009 年 7 月 24 日
2. 鈴木亮輔、小笹寛武 "複雑な結晶構造を持つ三元系化合物  $\text{Zr}_3\text{Mn}_4\text{Si}$  および  $\text{TiMnSi}_2$  の熱電能", 平成 21 年度日本鉄鋼協会日本金属学会北海道支部合同サマーセッション, 室蘭工業大学(室蘭市), 2009 年 7 月 24 日
3. R.O. Suzuki and H. Kozasa, "Thermoelectric properties of low thermal conductive compounds:  $\text{Zr}_3\text{Mn}_4\text{Si}$  and  $\text{TiMnSi}_2$ ", 28th International Conference on Thermoelectrics, Freiburg, Germany, 2009 年 7 月 29 日
4. 佐々木祐人、鈴木亮輔、陳 旻、"流体を熱電パネルに垂直に吹きつけた発電のシミュレーション", 日本金属学会第 42 回秋季大会、北海道大学、札幌、2010 年 9 月 25-27 日
5. Y. Sasaki, Min Chen, and R.O. Suzuki, "Power generation using the fluid blown perpendicular to the TE panel", 29th International Conference on Thermoelectrics, Shanghai, China, 2010 年 5 月 30 日~6 月 3 日
6. Y. Sasaki, Min Chen, and R.O. Suzuki, "Simulations of Flat Panel TEG Systems Using Thermal Fluids", JST-MOST/CREST Joint Workshop, Jozean (Japan), 2010 年 10 月 9 日-11 日.
7. T. Fujisaka, Y. Sasaki, and R.O. Suzuki, "Radiation in Solar TE Power Generation", JST-MOST/CREST Joint Workshop, Jozean (Japan), 2010 年 10 月 9 日-11 日.
8. T. Fujisaka, H. Sui, and R.O. Suzuki, "Enhancement of Efficiency in Cascade-type Thermoelectric Generation", China-Japan Energy Materials and Devices Joint Workshop, Chengdu, China, 2011 年 12 月 23 日~12 月 25 日
9. Hongtao Sui, R.O. Suzuki, and T. Fujisaka, "Water lens for thermoelectric generation", China-Japan Energy Materials and Devices Joint Workshop,



- Chengdu, China, 2011年12月23日～12月25日
10. 鈴木亮輔、CO<sub>2</sub>ガスを炭素と酸素に分解する装置と技術、イノベーション・ジャパン2012(東京国際フォーラム)、2012年9月27日-28日
  11. Ryosuke O. Suzuki, Atsushi Nakagawa, Hongtao Sui, Takeyuki Fujisaka, Thermoelectric Generation Using Water Lens, International Conference on Thermoelectrics 2012 (ICT2012) (Aalborg, Denmark), 2012年7月9-12日
  12. Hongtao Sui, Takeyuki Fujisaka, Ryosuke O. Suzuki, Using water lens for thermoelectric generation, International Conference on Thermoelectrics 2012 (ICT2012) (Aalborg, Denmark), 2012年7月9-12日
  13. Takeyuki Fujisaka, Ryosuke O. Suzuki, Dimensional Optimization of Thermoelectric Modules for Solar Power Generation, The 38th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2012), Montreal, Canada, 2012年10月25-28日
  14. Ryosuke O. Suzuki, Yuto Sasaki, Takeyuki Fujisaka, Min Chen, Power Generation Using the Fluids Blown Perpendicular to the TE Panel, The 38th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2012), Montreal, Canada, 2012年10月25-28日
  15. 伊藤圭太, 箱崎英俊, 木下博嗣, 鈴木亮輔, 水レンズの集光を利用した熱電発電、平成24年度日本金属学会日本鉄鋼協会両北海道支部合同サマーセッション(室蘭工業大学), 2013年7月26日
  16. Xiangning Meng, Takeyuki Fujisaka, Ryosuke O. Suzuki, Thermoelectric analysis for a helical power generation system, International Conference on Thermoelectrics 2013 (ICT2013) (Kobe, Japan), 2013年6月30日-7月4日
  17. Keita O. Ito, Hongtao Sui, Ryosuke O. Suzuki, Light Concentration by Water Lens for Thermoelectric Generation International Conference on Thermoelectrics 2013 (ICT2013) (Kobe, Japan), 2013年6月30日-7月4日
  18. C. Lertsatitthanakorn, J. Jamradloedluk, and R.O. Suzuki, Electric Power Generation from Thermoelectric Modules Using a Solar Water Lens, JST-EPSRC& CREST, 4th International Workshop on Thermoelectrics (Awaji, Japan) 2013年7月4日-7月6日
  19. Xiangning Meng, Takeyuki Fujisaka, and Ryosuke O. Suzuki, Thermoelectric analysis of a helical power generation system, JST-EPSRC& CREST, 4th International Workshop on Thermoelectrics (Awaji, Japan) 2013年7月4日-7月6日
  20. Keita O. Ito, Hidetoshi Hakozaki, Hiroshi Kinoshita, Ryosuke O. Suzuki, Simulation of Water Lens to Use for Thermoelectric Generation, JST-EPSRC& CREST, 4th International Workshop on Thermoelectrics (Awaji, Japan) 2013年7月4日-7月6日
  21. Xiangning Meng, Takeyuki Fujisaka, Keita O. Ito, Ryosuke O. Suzuki, Thermoelectric analysis for a three-dimensional power generation system in helical, 2nd International Symposium on Inorganic and Environmental Materials (ISIEM2013), (Rennes, France) 27-31 Oct. 2013
  22. Keita O. Ito, Ryosuke O. Suzuki, 2nd International Symposium on Inorganic and Environmental Materials (ISIEM2013), (Rennes, France) 27-31 Oct. 2013

(4)知財出願

①国内出願(5件)

1. 出願番号:2009-002604

出願日:2009年1月8日

発明の名称:熱電変換材料およびその製造法

発明者:河本邦仁、藤波恭一

出願人:国立大学法人名古屋大学、(株)トクヤマ

2. 出願番号:2009-168400

出願日:2009年7月17日

発明の名称:チタン酸ストロンチウム焼結体及びその製造方法

発明者:河本邦仁、王一峰、藤波恭一

出願人:国立大学法人名古屋大学、(株)トクヤマ

3. 出願番号:2009-218355

出願日:2009年9月24日

発明の名称:複合酸化物ナノ粒子の製造方法

発明者:河本邦仁、片桐清文、神谷純平、藤波恭一

出願人:国立大学法人名古屋大学、(株)トクヤマ

4. 出願番号:2012-194488

出願日:2012年9月4日

発明の名称:n型熱電変換性能を有する金属材料

発明者:舟橋良次

出願人:独立行政法人産業技術総合研究所ユビキタスエネルギー研究部門

5. 出願番号:2013-178408

出願日:2013年8月29日

発明の名称:表面Nb含有La-STO立方体結晶粒子膜の製造方法

発明者:河本邦仁、党鋒、朴南姫、万春磊、鶴田一樹

出願人:国立大学法人名古屋大学

②海外出願 (0件)

なし

(5)受賞・報道等

①受賞

・Best Scientific Paper Award

受賞者: Chunlei Wan (Nagoya University)

論文名: Intercalation: building natural superlattice for better thermoelectric performance in layered chalcogenides

会議名: The 29<sup>th</sup> International Conference on Thermoelectrics (ICT2010)

日時・場所: 2010年6月2日、中国・上海

・2010年度応用物理学会優秀論文賞

論文名: Thermal Stability of Giant Thermoelectric Seebeck Coefficient for SrTiO<sub>3</sub>/SrTi<sub>0.8</sub>Nb<sub>0.2</sub>O<sub>3</sub> Superlattices at 900 K

著者名: Kyu Hyoung Lee, Yoriko Mune, Hiromichi Ohta, and Kunihito Koumoto

掲載誌: *Appl. Phys. Express*, **1** (2008) 015007

・2010年度自動車技術会大学院研究奨励賞

受賞者: 中林貴大(山口東京理科大学)

論文名: Si クラスレート半導体の熱電物性に及ぼすゲスト置換の効果に関する研究  
研究指導教員: 阿武宏明

- 第 15 回日本金属学会優秀ポスター賞  
受賞者: 佐々木祐人 (北海道大学)  
論文名: 流体を熱電パネルに垂直に吹きつけた発電のシミュレーション  
共同研究者: 鈴木亮輔、陳 旻
- 第 19 回日本金属学会・日本鉄鋼協会奨励賞  
受賞者: 藤坂岳之(北海道大学)  
受賞内容: 学業並びに研究業績の優秀なる学部生(各大学から1名推薦)  
卒業論文名: 太陽熱利用熱電発電の伝熱工学的最適化  
指導教員: 鈴木亮輔
- 北海道大学クラーク賞  
受賞者: 藤坂岳之(北海道大学)  
受賞内容: 学業並びに研究業績の優秀なる学部生(各学科から1名推薦)  
卒業論文名: 太陽熱利用熱電発電の伝熱工学的最適化  
指導教員: 鈴木亮輔
- The ITS Outstanding Poster Award  
受賞者: Yulia Eka Putri (Nagoya University)  
論文名: Misfit Layer Sulfides,  $(\text{Bi}_{1-x}\text{AExS})_{1.2}(\text{TiS}_2)_2$ , as Novel Thermoelectric Materials  
会議名: The 30<sup>th</sup> International Conference on Thermoelectrics (ICT2011)  
日時・場所: 2011 年 7 月 21 日, Traverse City, USA
- 日本セラミックス協会 第 24 回秋季シンポジウム 特定セッション優秀ポスター賞  
受賞者: Yulia Eka Putri (名古屋大学)  
論文名:  $\text{TiS}_2$ -based Misfit Layer Sulfides as Novel Thermoelectric Materials  
会議名: 日本セラミックス協会 第 24 回秋季シンポジウム  
日時・場所: 2011 年 9 月 9 日・北海道大学(札幌市)
- 日本セラミックス協会 第 24 回秋季シンポジウム 特定セッション優秀ポスター賞  
受賞者: 朴 南姫 (名古屋大学)  
論文名: Growth Mechanism of  $\text{SrTiO}_3$  Nanocubes  
会議名: 日本セラミックス協会 第 24 回秋季シンポジウム  
日時・場所: 2011 年 9 月 9 日・北海道大学(札幌市)
- Young Researcher Award  
受賞者: Yulia Eka Putri (名古屋大学)  
論文名: Influence of Alkaline Earth Substitution on the Thermoelectric Properties of  $(\text{BiS})_{1.2}(\text{TiS}_2)_2$  Misfit Layer Sulfides  
会議名: JSPS-CNRS Joint Seminar on Thermoelectrics  
日時・場所: 2011 年 11 月 9 日・名古屋
- Young Researcher Award  
受賞者: 朴 南姫(名古屋大学)  
論文名: Preparation and self-assembly of La doped  $\text{SrTiO}_3$  nanocubes for thermoelectric materials

会議名: JSPS-CNRS Joint Seminar on Thermoelectrics

日時・場所: 2011年11月9日・名古屋

- 日本熱電学会 研究奨励賞(ポスター発表の部)  
受賞者: Jianhua Zhou(名古屋大学)  
年月日: 2012年8月28日
  
  - 5<sup>th</sup> NTHH Joint Symposium Best Paper Award  
受賞者: 小柳津教之(名古屋大学)  
年月日: 2012年12月20日
  
  - 紫綬褒章  
受章者: 河本邦仁(名古屋大学)  
年月日: 2013年4月29日
  
  - 日本熱電学会学会賞  
受賞者: 河本邦仁(名古屋大学)  
年月日: 2013年9月9日
  
  - 日本熱電学会 欧文論文賞  
受賞者: Min Chen, Yuto Sasaki, Ryosuke O Suzuki  
論文名: “Computational Simulation of Thermoelectric Generators in Marine Power Plants”, *Materials Transactions*, **52**, No.8 (2011) pp.1549-1552.  
年月日: 2013年9月9日
  
  - 日本熱電学会 研究奨励賞(口頭発表の部)  
受賞者: 万 春磊(名古屋大学)  
年月日: 2013年9月9日
  
  - 日本熱電学会 研究奨励賞(ポスター発表の部)  
受賞者: 伊藤智裕(名古屋大学)  
年月日: 2013年9月9日
- ②マスコミ(新聞・TV等)報道
1. 河本邦仁、「邪魔者から新資源」、朝日新聞夕刊、平成21年1月7日
  2. 舟橋良次、「熱電変換装置を事業化」、電気新聞、平成21年1月27日
  3. 舟橋良次、「ひと読者・究極の家庭用発電目指して」、電気新聞、平成21年2月19日
  4. テレビ放映等(河本邦仁):  
「サイエンスZERO」、NHK教育、平成21年3月29日(日)00:00~00:35(28日(土)深夜)  
(再)4月3日(金)19:00~19:35  
概要:「減らせ! エネルギーロス~熱 再利用技術~」と題して、熱電変換をメインに蓄熱材料、振動エネルギー発電を含めて熱利用の原理や現状と将来を紹介。
  5. テレビ放映等(河本邦仁、舟橋良次):  
「サイエンスチャンネル」みんなの夢をかなえる科学 CREST のインパクト
  6. 産総研、名大、山口東京理科大、「理想の「熱電変換」目指して」、日刊工業新聞 15面、2010年11月8日
  7. 産総研、「廃熱 熱気「関西発再利用技術」」、朝日新聞夕刊1面、2010年11月18日
  8. 河本邦仁、「次は材料変換」、日刊工業新聞(科学技術・大学面)、2012年1月24日

- 9.日経産業新聞(河本邦仁)、“温度差発電の素子併用—太陽電池の効率5割向上”、2012年8月17日
- 10.日経産業新聞(名大、産総研)、“新材料で実用化近づく—熱電効果の利用”、2012年8月27日
11. KRY山口放送 番組名「スクープアップやまぐち」平成25年8月2日(金) 夕方6時15分～7時00分 特集企画「やまぐち最前線」  
CRESTで実施している研究を含む熱電発電技術に関して一般の方に向けた紹介

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

・経済産業省・文部科学省「未利用熱エネルギー活用技術開発事業」が採択され、産総研より研究委託を受けて本年10月に研究開始予定。

②社会還元的な展開活動

・2012年のJST-NEDO主催のイノベーションフォーラムに参加し、熱電発電の研究成果を報告したところ、カラー印刷350部のパンフレットと250枚の名刺が無くなった。

§6 研究期間中の活動

主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
H20年 10月4日	河本チームキックオフ ミーティング	名古屋大学	7名	CREST研究発足に際して、今後の研究計画を相談
H21年 3月 13日-14日	河本チームミーティング (1)	宇部市・宇部全日空ホテル	17名	H20年度の研究成果の発表と討論
H21年 9月3日	河本チームミーティング (2) 第1回勉強会	北海道大学 工学部材料 化学棟102 会議室	17名	熱電素子開発の東松剛氏の特別講演「PCMを組み合わせた輻射伝熱による熱電発電」
H21年 9月 2日-3日	河本チームミーティング (3)	北海道大学 工学部材料 化学棟102 会議室	16名	H21年度の研究成果の中間発表と討論
H22年 3月 26日-27日	河本チームミーティング (4)	産業技術総合研究所 関西センター	14名	H21年度の研究成果の発表と討論
H22年 10月 10日-12日	JST-MOST/CREST Joint Workshop (非公開)	北海道・ 定山溪	20名	JST戦略的国際科学技術研究交流事業(気候変動に関する日中共同研究)とCREST河本チームの合同ワークショップ。
H23年 3月 30日-31日	河本チームミーティング (5)	山口県 宇部市	13名	H22年度の研究成果報告とH23年度研究計画の議論

H23年 12月 23日-25日	JST-MOST/CREST Joint Workshop (非公開)	中国・成都 中国電子科 技大学	20名	JST 戦略的国際科学技術 研究交流事業(気候変動に 関する日中共同研究)と CREST 河本チームの合同 ワークショップ。
H23年 8月11日	河本チームミーティング (6)	北海道 札幌市 北海道大学	10名	H23年度の研究進捗報告と 中間評価に向けた準備
H24年 10月 2日-3日	JST-EPSRC, JST-MOST & CREST Joint Workshop on Thermoelectrics (非公開)	名古屋大学	20名	ST関連3プロジェクト合同ワ ークショップで招待講演を中 心に研究討論を行った。
H24年 8月29日	河本チームミーティング (7)	東京工業 大学	10名	研究進捗報告のためのミー ティング
H25年 5月 10日-11日	河本チームミーティング (8)	産業技術総 合研究所関 西センター	14名	H24度の研究成果報告と最 終年度に向けた研究まとめ の方針と計画を議論
H25年 7月 4日-6日	JST-EPSRC& CREST, 4th International Workshop on Thermoelectrics	兵庫県淡路 市、淡路夢 舞台国際会 議場	32名	JST-EPSRC および JST- CREST の合同として熱電 工学に関する情報交換の 合宿系の国際会議。チーム メンバー全員が成果発表。

## §7 最後に

[研究代表者・名古屋大学グループ]

本 CREST では、平成 19 年度まで行った CREST の成果を発展させることを主眼において、本来に使える高効率熱電変換材料の開発を目指すとともに、その先に来るべきモジュール・システムへ応用するために考えておかねばならない問題をクリアにして、新たなシステムの設計・開発を行うべく共同研究を行った。当初は、研究代表者の目指す方向が十分徹底されず一体感のないチーム研究であったが、新材料の発見や中間報告に対する総括・アドバイザーのご意見などが切っ掛けになって、チーム内共同研究が実質的に始まるとともに、各共同研究グループの役割分担がよりクリアになって個々の研究が深化・拡大し、多くの成果に繋がった。

研究費については、人件費と旅費に重点を置いた執行を行った。人件費は研究員、リサーチアシスタント、技術補佐員等の雇用に充て、特に若手の人材育成に注力した。旅費は国内外の学会・国際会議等で研究成果発表を積極的に行って情報発信するとともに、この分野を先導する著名な研究者との交流・情報交換を通じて CREST 研究の進展に反映させるのに使用し、有意義な成果を上げることができた。

材料研究とシステム研究が十分リンクした形で行えたとは必ずしも言えないが、互いの距離を縮めて研究協力度体制を作ることが必要であることを身をもって知ることができたことは、将来の研究開発に重要な示唆を与えたという意味で大きな成果であった。

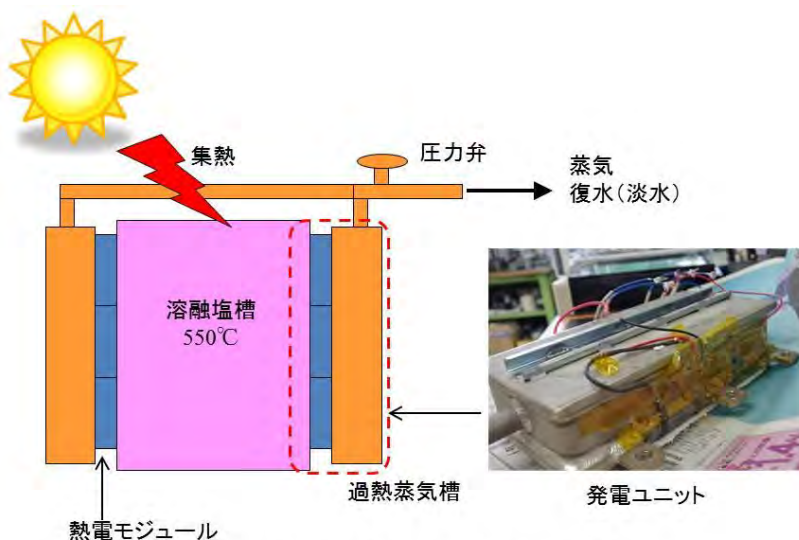




(低次元ナノ構造の効力を最初に提言 (JST-EPSRC&CREST 4<sup>th</sup> International Workshop した MIT Dresselhaus 教授と-ICT2013) on Thermoelectrics – 参加者集合写真)

[産総研グループ]

本研究開始時は CO<sub>2</sub> 削減に向けた熱電材料とモジュール、システム化という漠然とした目標しかなかった。共同研究が進むに従い、太陽熱利用した熱電発電技術を開発するという目的が具体的になった。産総研は太陽熱を用いた淡水化と発電を同時に行う熱電発電技術について東京工業大学の堀田善治教授から様々なご意見を頂き、それらを CREST 研究に取り入れた。その結果、太陽熱発電に適した中温域の材料が開発でき、年々性能を向上してきた。また集光、集熱技術やモジュールのカスケード化など熱電発電に必要な周辺技術の開発も進んだ。本研究領域の目標である CO<sub>2</sub> 削減へ向けた熱電発電の可能性を実証する一歩手前まで到達したと感じている。最終年度はこれらの総決算として太陽熱を用いた実証を行いたい。



太陽熱利用熱電発電淡水化装置

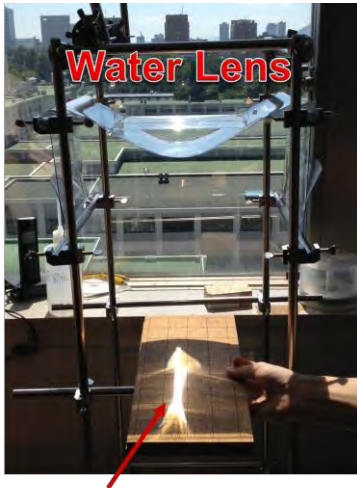
[山口東京理科大グループ]

高い目標を掲げて、その達成に向けて努力した。途中計画を見直し中断した項目や残された課題もあるが、国際的にも評価される新しい成果を上げることができたと考えている。当研究グループの規模は小さいものの、高いモチベーションをもち真摯に取り組む学生と研究補助員に恵まれ、地道ではあったが確かな研究成果を上げることができた。研究遂行のために研究費によって研究補助員を雇用できたことは大変意義大きく支援に感謝したい。また、多くの国際会議で成果を発表することができ、さらに世界的な研究者と情報交換・交流を通じて研究進展に反映することができた。CREST チームミーティングは、チームの研究推進の上で重要な役割を果たした。学会等ではできない深い議論を交わすことができ、そこでチームメンバーから刺激を受け、高い目標に挑戦する勇気もらい、研究へ反映させる意義深いものとなった。そのような素晴らしいチームで仕事できたことに感謝したい。



[北海道大学グループ]

当初は不可能とも思える高い目標を掲げてしまったが、修正しつつも国際的に評価される一定の成果を上げたと自負します。計算中心であったが、モチベーションを高く保つため、チームミーティングが良い刺激になり、深い議論をしてもらえた。チームで無ければ得られない経験であった。また学生たちと共にライバル意識も有り、多くの国際会議に参加できたことは大変良かった。



**集光された太陽光**

(試作した水レンズで太陽光を集光している様子)