

# 環境調和材料工学研究センター

## 年報 第1号 目次

---

巻頭言	1
<b>1. センター概要</b>	
センター活動の方針	3
センター組織	4
<b>2. 平成 25 年度タスクフォース研究課題</b>	
環境調和を考慮した新熱電変換材料の開発	5
希土類の特性を活かした高度なサステナビリティを有する材料およびプロセス開発	5
高効率な新規低温冷凍器用の希土類化合物材料の開発	6
鋳鉄・アルミニウムの溶湯処理に及ぼすレアアースの効果	6
構造依存希土類合金の開発と磁気熱量・熱弾性材料への展開	7
白樺由来 耐熱・透明バイオポリマー材料の開発	7
<b>3. 平成 25 年度の活動</b>	
タスクフォース研究	10
外部評価委員講評	27
講演会他	29
センター出版物	40
センター新聞記事	60
<b>4. 平成 25 年度研究業績一覧</b>	
論文	75
国際会議発表	77
国内学会発表	81
研究報告	93
共同研究、受託研究等受入実績	94
外部資金	94
特許又は実用新案出願	95

### 今こそ希土類研究

環境調和材料工学研究センター・センター長 平井伸治

環境調和材料工学研究センターは、平成22年3月に定められた本学の中期計画の中で大学が重点的に取り組む特定研究分野の一つである新産業創出分野を担い、さらにこの分野で国際水準の成果を達成するために平成25年10月に設置されました。大学の強み・特色・社会的役割を整理した本学のミッション再定義においても、本学の強みであるエネルギー、材料の領域を担う材料研究の拠点の一つに位置付けられています。



本センターにおける研究は、希土類を用いた材料研究に主眼を置き、希土類の用途拡大を目指した省エネルギー材料、エネルギー変換材料の研究を行っています。文明の利器を用いた人間の活動が未来永劫にわたり持続可能であるさまをサステイナブルと言いますが、このようなサステイナブル社会を実現させるために必要な材料の研究です。有害物質や地球温暖化ガスを排出せず、エネルギーをあまり使わない方法でも生産でき、寿命を終えた後はリサイクルできるような材料が必要になるでしょう。さらには、捨てられていたり、身近にあるエネルギーを電気に変換するような材料も必要になる筈です。本センターでは、このような材料の性能の向上に必要な希土類元素の役割を明確にし、有効利用を図ろうとする研究を行っています。希土類は「産業のビタミン」と呼ばれていることはご存知かと思います。ビタミンは、そもそも体の調子を整えるのに欠かすことのできない微量栄養素であり、体の中の働きは13種類のビタミンの種類毎に異なり、またその必要量を体内で作ることができないので、必要な量は食事やサプリメントで補う必要があります。希土類も材料の特性を整えるのに欠かせない微量元素であり、材料の中の働きは17種類の希土類の種類毎で異なり、必要な量を材料の作製時に加えますが、体内のビタミンと異なることは、私達が期待していた以上の特性が得られる場合があることです。

そもそも希土類の材料における役割を明確にしたり、有効利用を図ろうとする研究は、以前は、多くの大学や研究機関で盛んに行われてきました。しかし、希土類の供給が一旦停止すると、国が定めた元素戦略の名の下、多くの研究者は、希土類をあまり使わない材料（省希土類）や希土類の代わりになる材料（希土類代替）の研究に移って行ってしまいました。おまけに、希土類の安定供給を図ろうと希土類鉱山も再開されました。結果的に、皮肉にも軽希土類を中心に希土類の過剰供給を招いてしまいました。軽希土類の過剰供給は世界レベルであり、鉱山開発にもブレ

一キをかけるほどのものであり、今度は重希土類元素の確保に問題が起こり始めています。省希土類や希土類代替材料の開発が進むと、企業ではこの変更に膨大な設備投資がなされるため、容易には元の希土類を使っていた材料に戻ることはできなくなります。したがって、より価値が高い重希土類元素を十分確保するには、軽希土類元素を中心に有効に活用する必要があります。

このような背景において、希土類元素の役割を明確にし、有効利用を図ろうとする研究を頑なに推進してきた本センターの価値を誰もが認めない訳にはいかない状況になってしまいました。今では、国内唯一の希土類の有効利用に関する研究組織と評されることもあるほどです。平成 26 年 10 月には、本学初となる、企業から教育・研究振興のために寄附された資金や人材を活用し、希土類の有効利用に関する研究教育を行う寄附講座が開設されます。企業は、世界最高水準の希土類を全世界に供給している希土類のトップメーカーであり、本センターの研究に一層拍車がかかることは間違いないと考えています。

私達には、名実ともに国際水準の成果を生み出せるような希土類研究の拠点化が求められるばかりでなく、必ず達成させなくてはならないという使命があります。本学の中期計画の成果が問われる向こう 2 年間で正念場であると思います。

これからも、皆様のご支援、ご協力を賜れば幸いに存じます。

## 1. センター概要

今、人間の生産・消費活動と地球がもつ再生能力との釣り合いが取れた環境調和型社会の実現が求められています。資源の循環利用促進、省資源化、地球温暖化ガスの排出低減、未利用エネルギーの有効利用などの技術革新の実現に加え、既存産業間の新しい連携や生活様式の変革など、社会システムの改革も必要とされるでしょう。これらの課題に、室蘭工業大学も教育・研究機関としての特長を生かしながら取り組む必要があります。環境調和材料工学研究センター（愛称：ムロランマテリアは）、より良い未来につながる素材研究の拠点として役割を果たしていきます。

**センター名称：**

環境調和材料工学研究センター

**センター略称**

ムロランマテリア

### センター活動の方針：

1. 変動の拡大、資源供給の不安定化への対策として期待される環境負荷低減型の技術革新（グリーンイノベーション技術創出）
2. 未利用エネルギーの排出元である産業界と、その潜在的な利用者たりうる民生分野の間に立ちほだかる時間・場所・質・量の不一致を技術的に解消する、時空を超えたエネルギー利用技術の創出
3. 上記の技術革新、技術創出に基づく新産業創出
4. 国際的研究ネットワークの構築
5. 企業や一般市民、小中高生、本学学生を対象とした材料研究の啓蒙活動の推進

### センター組織：

当センターに運営組織、研究組織、評価組織を置く(図を参照)。

#### 運営組織

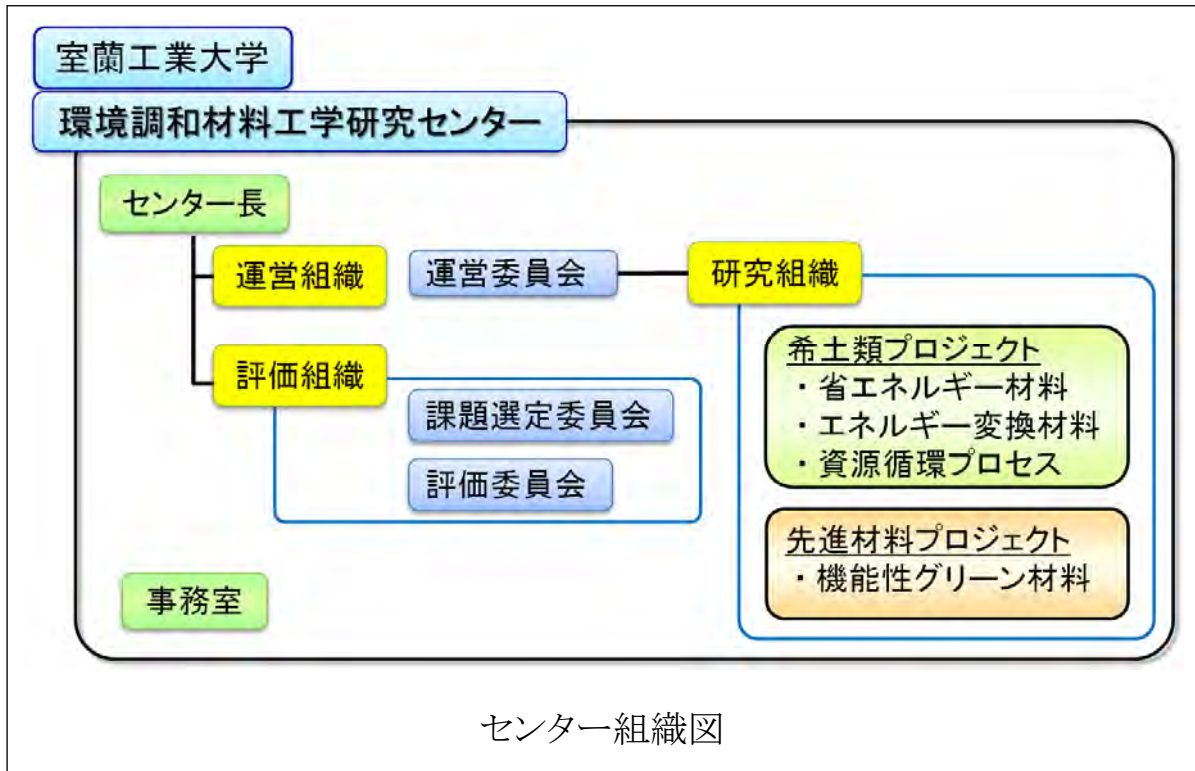
運営委員会は当センターの事業計画を立案・推進する。

#### 研究組織

タスクフォース型の研究体制を敷き、迅速な目的達成を目指す。希土類と先進材料の2つのプロジェクトを置き、それぞれへの応募課題から課題選定委員会が研究課題を選定する。タスクフォースにはリーダーを置く。タスクフォースの研究員は学内から募った教員、博士研究員に加え、客員教員や企業派遣研究員などで構成する。

## 評価組織

当センターの事業については、内部評価委員と外部評価委員で構成する課題選定委員会、評価委員会が評価を担う。



## 課題選定・評価委員 (学外)

- ・ (独) 産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究・・・所長/和田野 芳郎
- ・ (独) 電力中央研究所 材料科学研究所・・・理事/秋田 調
- ・ 大阪大学 基礎工学研究科附属極限科学センター・・・教授/清水 克哉
- ・ 大阪大学 大学院工学研究科 応用科学専攻・・・教授・現高分子学会会長/明石 満

## 2. タスクフォース研究課題

希土類プロジェクト 01	「環境調和を考慮した新熱電変換材料の開発」
--------------	-----------------------

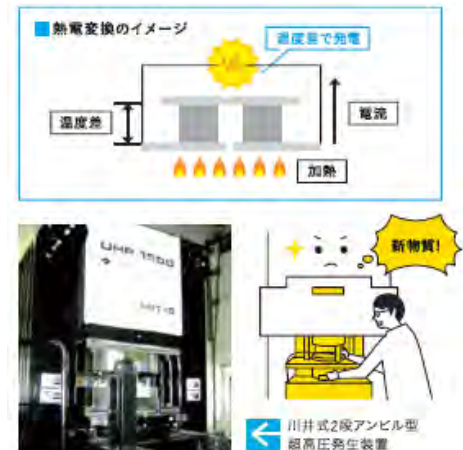
代表：関根 ちひろ

### 目的

熱電変換材料は熱エネルギーと電気エネルギーに直接変換できる材料で、廃熱を利用した度差発電に不可欠です。そして、この技術を普及させるために、材料の変換高率を大きく向上させることが課題となっています。本タスクでは、資源供給が安定していることと環境負荷が低いことを考慮しながら、優れた特性を持つ熱電変換材料の新物質探索を行い、次世代高効率熱電変換材料を開発することを目指しています。

### 計画

大型プレスを用いた高温高压合成法により、大気圧下では合成不可能である結晶構造、元素組成の新物質探索を行います。対象としている材料系は、ラットリング効果による格子熱伝導度の顕著な低減により熱電特性の向上が期待できる充填スクッテルナイト化合物などのカゴ状化合物です。また、本タスクでは、CS<sub>2</sub> ガス硫化と放電プラズマ焼結 (SPS) 法による希土類硫化物の作製、相転移を利用した結晶粒の微細化や自己ドーピングなどによる熱電特性の向上を目指しています。物質設計、物性評価の各段階において、計算機シミュレーションを積極的に活用し、迅速な研究を推進します。



希土類プロジェクト 02	「希土類の特性を活かした高度なサステナビリティを有する材料 およびプロセス開発」
--------------	---

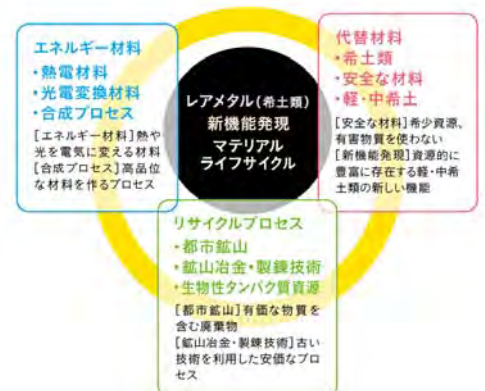
代表：葛谷 俊博

### 目的

希土類は、発光・磁性・電子材料として他元素にはない性質を示し、サステナブル社会の実現に必要な電気自動車やエネルギーデバイス等には欠かせない元素です。このタスクでは、レアメタル、新機能発現、マテリアルライフサイクルをキーワードに①エネルギー材料、②資源の供給安定性を考慮した代替材料の開発、③レアメタルを含む廃棄物リサイクルの研究に挑戦します。

### 計画

①価数揺動元素であるSm基のTh<sub>3</sub>P<sub>4</sub>型立方晶硫化物の熱電材



料を開発すると共に、新規な熱電特性が期待される立方晶希土類三二硫化物の単結晶を育成します。  
 ②低環境負荷かつ資源安定供給性に優れた $TiS_2$ や非化学量論組成 $TiO_2$ 、スタナイト型多元系硫化物熱電材料を開発し、それらを利用した太陽電池/熱電ハイブリットモジュールに展開します。  
 ③乾式製錬プロセスを駆使し、廃リチウム電池やニッケル水素電池、希土類磁石からレアメタルの回収を試みます。

**希土類プロジェクト 03 「高効率な新規低温冷凍器用の希土類化合物材料の開発」**

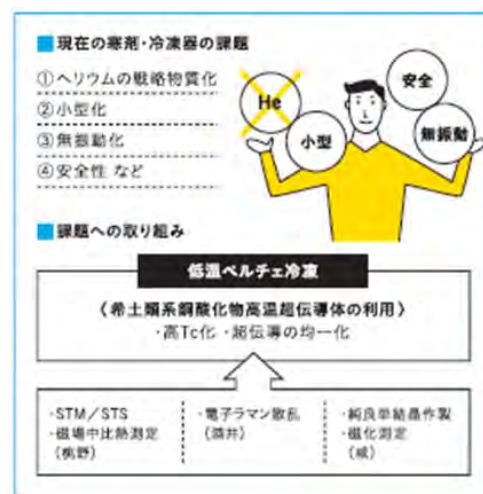
代表：酒井 彰

**目的**

近年、低温冷凍器の研究において、ヘリウムを使わない小型かつ無振動・無騒音な冷凍器を開発することが求められています。候補のひとつに「低温ペルチェ冷凍器」があり、これまでは主に液体窒素温度以上の低温発生のための研究がなされてきました。本タスクでは液体窒素温度で超伝導となる希土類銅酸化物高温超伝導体に着目し、これをペルチェ冷凍器に利用することで、液体窒素温度よりも温度を 20～30 程下げることが目指しています。

**計画**

銅酸化物高温超伝導体の超伝導は本質的に不均一であることが報告されています。低温ペルチェ冷却を有効に行うためには、均一性を上げることが課題となります。そこで、本タスクではまず、キャリア濃度を低濃度から高濃度まで変えながら単結晶を作製し、その実空間および運動量空間における超伝導の均一性を走査トンネル顕微鏡と電子ラマンの実験から調べます。この最適なキャリア濃度を有する超伝導試料と低温で比較的有効なペルチェ素子材料(BiTe 等)の組み合わせを探り、より冷却能力の高いものを開発していきます。



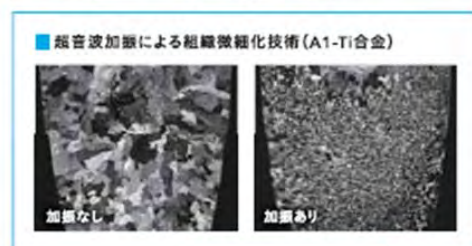
**希土類プロジェクト 04 「鉄・アルミニウムの溶湯処理に及ぼすレアアースの効果」**

代表：長船 康裕

**目的**

鋳造製品の製造において、溶解された溶湯は鋳型に注湯されるまでに様々な溶湯処理が行われています。球状黒鉛鉄の鋳造では Fe-Si-Mg 系の処理剤が広く使用されており、これは 1～3%のレアアース(RE)を含有しています。本タスクでは、RE 金属の含有量を最低限に抑えた処理剤、あるいは代替材料を試用した処理剤の開発について研究していきます。

**計画**



① 鑄鉄の溶湯処理における RE の効果に関する研究

Ce, La を主成分とする RE 金属の添加剤を鑄鉄の溶湯中に添加し、溶湯の熱分析、組織解析、組成分析およびチル化傾向試験を行います。

② RE を用いないアルミニウム結晶粒の微細化に関する研究

溶湯の電磁攪拌が、アルミニウム結晶粒の微細化に及ぼす効果を確認します。

代表：雨海 有佑

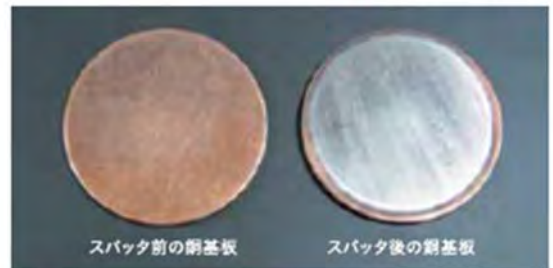
希土類プロジェクト 05	「構造依存希土類合金の開発と磁気熱量・熱弾性材料への展開」
--------------	-------------------------------

目的

これまで単結晶金属や構造不規則合金など、多様な構造を持つ希土類化合物および合金をチョクラルスキー法などにより開発してきました。低温での巨大熱容量や超伝導転移、多彩な磁気相転移といった特性もすでに見出しています。今後は多様な構造の希土類金属間化合物および合金を作製し、新規磁気熱量・熱弾性材料を開発し、特に使用温度領域を意識した蓄冷材、アクチュエーター（原動機）への展開を図ります。



← DC高速スパッタ法による合金の作製の様子  
↓ スパッタ法により得られたアモルファス合金



計画

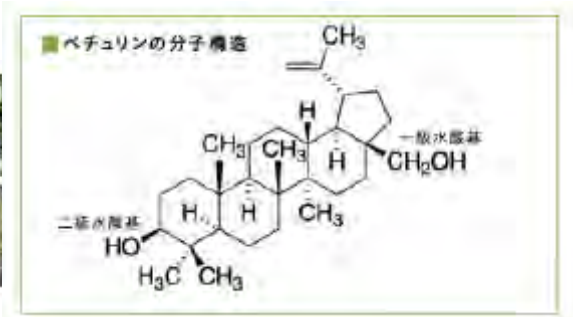
本タスクではまず、単結晶やアモルファス合金などの様々な希土類化合物および合金を作製し、基礎物理特性の評価を行います。特に注目しているのは、希土類金属のCeと遷移金属のMnで構成されたアモルファスCe-Mn合金です。この合金は、組成比によって、様々な温度で熱膨張係数が通常金属と比較して巨大な値を示します。この弾性異常を元素置換や電場・磁場・圧力などの調整により、温度領域（極低温～室温程度）の制御を試み、幅広い温度域でニーズに応じるアクチュエーターへの可能性を探ります。

代表：馬渡 康輝

目的

先進材料プロジェクト 01	「白樺由来」
---------------	--------

近年、高分子材料分野においては、従来の石油原料に代わって、ポリ乳酸に代表される天然物を原料とした開発が盛んになっています。それも、とうもろこしなどの食糧由来でなく、非可食バイオマス由来



の化合物を原料として活用することが渴望されています。そこで我々は、白樺を原料とする研究を行い、外樹皮に含まれるベチユリン (betulin) の効率良い抽出法と高純度化法を開発しました。このベチユリンは白樺が白色に見える要因物質で、外樹皮重量の約 30% を占めています。融点が 250℃ 以上と非常に



高い熱安定性を示すことから、優れた耐熱性と透明性を兼ね備えた新しい天然由来のバイオポリマーを得られることが期待できます。

### 計画

本タスクでは、ベチュリンが分子内に有する2つの水酸基(-OH)を活用し、これをジオール成分とするバイオポリエステル合成を検討します。その結果より、十分な強度や靱性を示すポリマーが得られる条件を確立するとともに、耐熱性を向上させるために必要な分子設計の指針を築きます。

