

## 文部科学省事業 【工・文06】

### エネルギー源・資源の多様化に向けた革新的触媒技術の開発

○元素戦略プロジェクト

○（参考）触媒材料に係る研究（文部科学省 及び 科学技術振興機構）

○総括

# 元素戦略プロジェクト

平成26年度予定額 : 2,019百万円  
(平成25年度予算額 : 2,392百万円)

## 【背景】

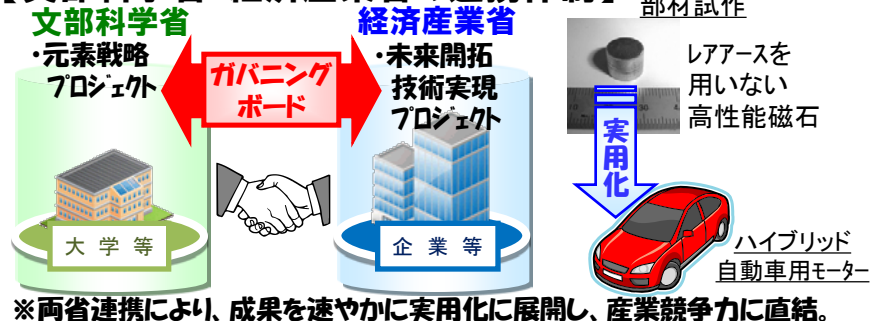
- レアアース等の希少元素<sup>※</sup>の供給を輸入に頼る我が国は、世界的な需要の急増や資源国の輸出管理政策により、**深刻な供給不足**に直面。<sup>※</sup>ハイブリッド自動車のモーターに用いられる高性能磁石などの先端産業を支える部材や、社会インフラを支える高強度材に不可欠。
- 東日本大震災を契機として、円高の進行にレアアース等の調達制約も加わり、**供給網(サプライチェーン)の中核を担う素材・部品分野**等において、生産拠点を日本から海外に移転する動きが活発化しており、**産業の空洞化**が加速する恐れ。

## 【概要】

- 「元素戦略」:物質・材料の特性・機能を決める元素の役割を解明し利用する観点から材料の創成につなげる研究。
- 我が国の資源制約を克服し、産業競争力を強化するため、**希少元素を用いない、全く新しい代替材料**を創製。
- 産業競争力に直結する材料領域を対象に、代表研究者の強力なリーダーシップの下、**物質の機能を支配する元素の役割の理論的解明から新材料の創製、特性評価までを、拠点を中核として形成する共同研究組織の連携・協働**によって一体的に推進。
- 文科省・経産省間で設置する「ガバニングボード」で、プロジェクト間の緊密な連携(成果の実用化に向けた研究開発、産業界の課題に対する科学的深掘り、知的財産・研究設備の活用促進等)を確保し、**基礎から実用化まで一貫通貫の研究開発**を推進。

(※総合科学技術会議が主導する戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)との連携を検討中)

## 【文部科学省・経済産業省の連携体制】



## 科学技術イノベーション総合戦略(平成25年6月7日閣議決定)

### (5)革新的構造材料の開発による効率的エネルギー利用

#### ①取組の内容

この取組では、炭素繊維等炭素系材料、マグネシウム、チタン等金属系材料、革新鋼板等の新材料開発、部材特性に適した設計及び接合技術等を研究開発する。これら高機能材料を、エネルギー消費の大きな輸送機器等に適用し、機器の軽量化や長寿命化による省エネルギー効果の向上を図る。この取組により、エネルギーの効率的な利用と、国際展開をねらう先端技術を有する社会を実現する。【文部科学省、経済産業省】

## 元素戦略運営統括会議 事業全体の運営を監督(指導・助言、評価等)



### 代表研究者

#### 電子論グループ

基礎科学に立脚した、**新機能・高機能な材料の提案**

**材料創製グループ**  
「電子論グループ」の提案を取り入れつつ、目的とする機能を有する**新材料の作製**

#### 解析評価グループ

新材料の**特性の評価、問題点の検討及び更なる課題の提言**

#### ・材料領域(拠点設置機関):

- ①磁石材料(物質・材料研究機構)
- ②触媒・電池材料(京都大学)
- ③電子材料(東京工業大学)
- ④構造材料(京都大学)

・事業期間:10年(H24年度~)

3つのグループ(歯車)が一体的に推進



※代表研究者の下に各グループの若手研究者が結集し、共同で研究活動を実施する異分野協働研究拠点を形成

## 元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>の狙い

- 革新的な材料開発に資する**新規基礎科学分野を開拓する**とともに、**周期表を広く見渡し元素の持つユニークな機能を発掘**することで、**希少金属代替材料等の新材料を創製**。
- 自然体では協働が進みにくい材料創製と電子論について、拠点形成という枠組みによって強力な連携を図る**。
- 世界最高性能を誇る、スパコン、放射光施設、中性子施設などの先端解析手法を駆使**。
- 拠点においては、異なる専門分野を持つ若手研究者が日々アイデアと問題意識をぶつけあい、切磋琢磨しながら、原理説明から材料創製、機能実証までの異なる段階に属する複数の課題に並行して取り組む**。

# 各材料領域における取組内容

## 磁石材料(物質・材料研究機構)

### 代表研究者

広沢 哲

(磁性材料ユニット 特別研究員)



磁石の性能に与える元素の役割を基礎物理に遡って解明することにより、ハイブリッド自動車の駆動モーター等に用いられている現在の最高性能を有する希土類(レアアース)永久磁石\*と同等の性能を有する磁石を、希少元素を用いることなく作成することを目指す。

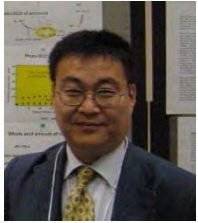
※ハイブリッド自動車のモーターに用いられるネオジウム(Nd)磁石には、高温下においても磁石性能を維持するため、ジスプロシウム(Dy)が添加されているが、我が国はそのほぼ全量を中国から輸入。

## 触媒・電池材料(京都大学)

### 代表研究者

田中 庸裕

(工学研究科 分子工学専攻 教授)



今日の環境産業やエネルギー産業に欠かせない触媒及び二次電池の部材について、固体及び気体/液体との間での元素の複雑系反応を基礎科学と実験化学の緊密な連携を通じて解明することにより、触媒及び二次電池に対する元素の機能を予測し、貴金属や希少元素\*を用いない代替材料の開発を目指す。

※パソコン、携帯電話等のバッテリーに用いられるリチウム(Li)イオン電池や、自動車の排ガス浄化装置に用いられる白金(Pt)触媒は、我が国が輸入に頼る希少元素が不可欠。

## 電子材料(東京工業大学)

### 代表研究者

細野 秀雄

(フロンティア研究機構 教授

(応用セラミックス研究所兼任))



エレクトロニクス産業を支える電子部材(半導体、透明電極・伝導体、誘電体等)を中心として、幅広い材料分野に有効な新しい材料科学を、基礎物理、計算科学、先端解析技術の協働により構築して、希少元素や環境負荷の高い元素\*を用いない代替材料の開発を目指す。

※液晶ディスプレイの透明電極にはインジウム(In)、半導体にはガリウム(Ga)、ヒ素(As)等が使用されている。

## 構造材料(京都大学)

### 代表研究者

田中 功

(工学研究科 材料工学専攻 教授)



材料の「強度」(変形への抵抗)と「靱性」(破壊への抵抗)といった相反する性質を基礎科学の段階から解明することで、社会基盤を支え、安心・安全に不可欠な構造材料において、現在大量に使用されている希少元素\*を抜本的に削減した代替材料の開発を目指す。

※高強度材に用いられるニオブ(Nb)、耐熱鋼に用いられるモリブデン(Mo)、耐食めつきに用いられる亜鉛(Zn)などは、その消費量の9割以上が構造材料である。

# 元素戦略運営統括会議

主査	村井 眞二	奈良先端科学技術大学院大学 特任教授
主査代理	澤岡 昭	大同大学 学長
	長我部 信行	株式会社日立製作所中央研究所 所長
	鈴木 茂樹	プライムアースEVエナジー株式会社 副社長(元トヨタ自動車(株)常務執行役員)
	田中 一宜	独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター 上席フェロー
	玉尾 皓平	独立行政法人 理化学研究所 研究顧問 グローバル研究クラスタ長
	福山 秀敏	東京理科大学 副学長
	前田 正史	東京大学 理事・副学長
	三島 良直	東京工業大学 学長

## 【趣旨】

「元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>」の実施に当たり、事業全体の運営について必要な検討を行う。

## 【検討事項】

(1) 運営統括会議は、次に掲げる事項について検討を行う。

- ① 事業全体の推進方策に関すること。
- ② 各材料領域の共同研究組織における運営方針・研究計画の確認及び活動の進捗と成果の評価に関すること。
- ③ 新たな研究アプローチの導入や知的財産権の取得・活用など、必要な助言、指導に関すること。

(2) 運営統括会議の構成員は、運営統括会議への出席のほか、日頃から共同研究組織の活動状況等の把握に努めるとともに、新たな研究アプローチの導入等の面で積極的な支援に努める。



# 文部科学省・経済産業省ガバナリングボード設置状況

**磁石材料・高効率モーター 平成24年11月6日～**

## 関連プロジェクト

### ○文部科学省

- ・元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>(磁石材料)

### ○経済産業省

- ・未来開拓研究プロジェクト(高効率モーター)

**触媒材料・人工光合成 平成25年3月27日～**

## 関連プロジェクト

### ○文部科学省

- ・元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>(触媒・電池材料)
- ・戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発(ALCA) 太陽電池および太陽エネルギー利用システム

### ○経済産業省

- ・未来開拓研究プロジェクト(革新的触媒)

**蓄電池 平成25年4月23日～**

## 関連プロジェクト

### ○文部科学省

- ・元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>(触媒・電池材料)
- ・戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発(ALCA) 次世代蓄電池研究加速プロジェクト

### ○経済産業省

- ・未来開拓研究プロジェクト 先進・革新蓄電池材料評価基盤技術開発 (蓄電池材料評価基盤技術開発プロジェクト)

**構造材料 平成25年11月25日～**

## 関連プロジェクト

### ○文部科学省

- ・元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>(構造材料)

### ○経済産業省

- ・未来開拓研究プロジェクト(革新的構造材料)

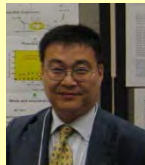
※総合科学技術会議が主導する戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)との連携を検討中

# 元素戦略プロジェクト（触媒・電池材料領域）

## 代表研究者

田中 庸裕

（工学研究科 分子工学専攻 教授）



今日の環境産業やエネルギー産業に欠かせない触媒及び二次電池の部材について、固体及び気体／液体との間での元素の複雑系反応を基礎科学と実験化学の緊密な連携を通じて解明することにより、触媒及び二次電池に対する元素の機能を予測し、貴金属や希少元素※を用いない代替材料の開発を目指す。

※パソコン、携帯電話等のバッテリーに用いられるリチウム(Li)イオン電池や、自動車の排ガス浄化装置に用いられる白金族(Pt, Pd, Rh)触媒は、我が国が輸入に頼る希少元素が不可欠。

## 研究目標(触媒材料領域)

- 自動車排ガス浄化触媒などに用いられている**白金族元素(PGM:Pt, Pd, Rh)ナノ粒子**の機能を解明し、PGMの大幅な使用量減量ならびに代替元素触媒の開発を行う。  
※世界のPGM需要量のうち、60%が自動車触媒に用いられる。
- PGM使用量超減量は**大幅なコスト削減**に加え、燃料電池、工業触媒への応用が見込まれる。※我が国は自動車触媒に年間約40トンのPGMを使用。Pd 2万米ドル/kg。
- 活性向上、アロイ効果の解明と担持ナノ粒子の理論構築、触媒長寿命化を推進し、**2017年(事業開始6年目)を目処に現行PGM使用量の1/10までの減量を目指す。**

### 触媒、二次電池に求められる性能

- ✓ 反応効率・出力向上 → 界面活性化
- ✓ サイクル特性・寿命 → 反応耐久性
- ✓ 高エネルギー密度化 → 新機能物質設計

触媒技術、二次電池の基礎科学を深め、日本の強みを更に強化。

## 研究開発の体制

Naイオン電池、汎用元素革新触媒に係る技術シーズ

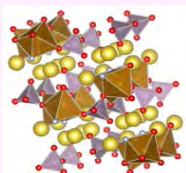
経済産業省プロジェクト、産業界へ

運営統括会議 → ガバニングボード

材料創製

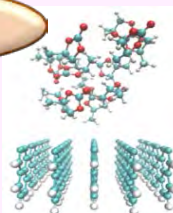
解析・評価

電子論



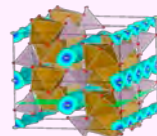
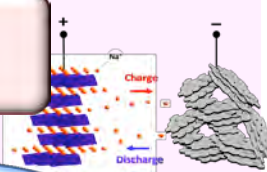
量子状態理論による新機能物質設計

界面反応シミュレーション



インターカレーション解析

最先端分子動力学



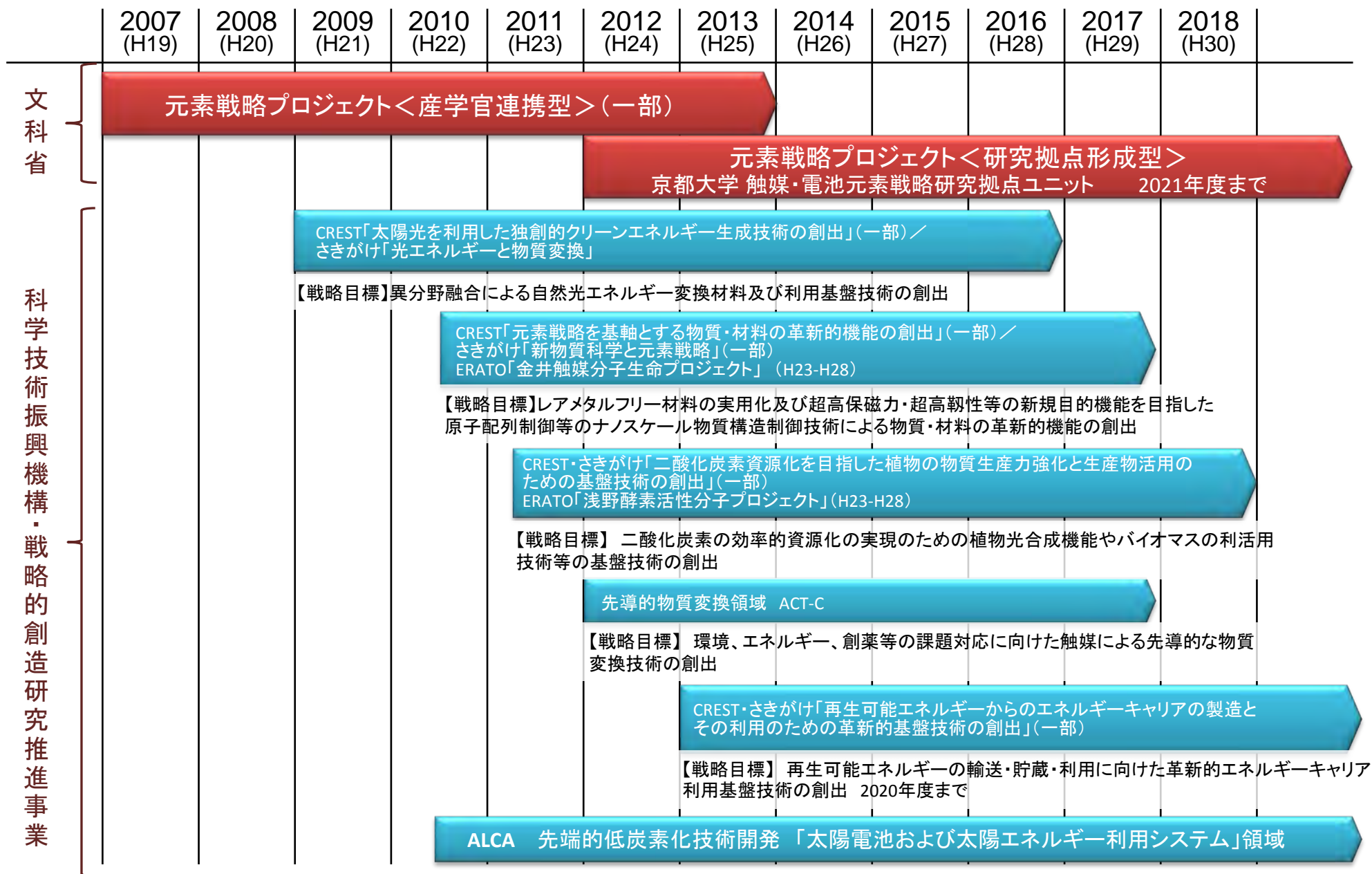
## 分野ごとの主な取組状況

分野	主な研究課題	要素研究の連携先
電子論	固体・分子理論整合 分子反応の会合頻度 有限温度下での計算	独ハイデルベルグ学 米ミシガン州立大学
解析・評価	分子ダイナミクス解析 界面電子状態解析 マルチスケール構造解析	オーストラリア シドニー大学
材料創製	表面展開ナノ粒子創製 気相・液相設計 多価反応物質設計	スイスEPFL

## 触媒・電池研究を取り巻く国際環境

欧米	基礎研究は盛んだが、市場は未成熟
中韓台	猛攻勢を掛けており、日本を凌ぐ局面もあり

# (参考) 触媒材料に係る研究 (文部科学省 及び 科学技術振興機構)





# 総括

触媒は、我が国においてノーベル賞を排出するなど基礎科学で大きな強みを持つ分野であると同時に、産業界においても大きな市場を構え、基礎から生まれる革新的な技術シーズを積極的に取り入れる風土があると言われている。

一方で、一口に触媒と言っても、石油からプラスチック等の化成品を作り出す化成品製造触媒、自動車排ガスを浄化する環境触媒、太陽光を受けて化学反応を誘起する光触媒、生体内で行われる酵素触媒など、その分野は多岐に渡り、学術的にも異なる体系となっていることが少なくない。

更なる革新を目指すためには、これら多彩な触媒の技術を俯瞰し、普遍的な学理と個々の出口機能を見定めつつ、それぞれの連携、融合を通じて新たな技術を創出することが必要であり、様々な分野の成果を関連付け、それぞれを支える基盤的な学問分野を強く協働させる事＝「横の連携」とともに、繋がりあった成果の全体の方向性を社会に確実に向けるために、出口成果へのつながり＝「縦の連携」を構築していかなければならない。

平成24年度の元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>開始以来、「横の連携」による画期的な基礎研究成果の創出は着実に成し遂げられている。これに加えて、今後「縦の連携」を強化することによって、幅広い成果を社会に還元していく。

※多くの材料開発に共通であるが、時間・コスト短縮という産業界からの要求に応えるため、多様で膨大データを駆使して諸問題の解決を目指すマテリアルズ・インフォマティクス等の新たな手法を活用することも今後の課題である。