

レアメタル・レアアース等の代替材料・高純度化技術開発  
事後評価報告書  
(案)

平成27年2月

産業構造審議会産業技術環境分科会  
研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

## 事後評価報告書概要

プロジェクト名	レアメタル・レアアース等の代替材料・高純度化技術開発			
上位施策名				
事業担当課	製造産業局 非鉄金属課			
<p><u>プロジェクトの目的・概要</u></p> <p>我が国の経済基盤を根底から支えるレアメタル・レアアース等の金属資源の安定確保対策を早急に実施することは、我が国の製造業の事業環境に関する安全保障を確保する上で不可欠である。</p> <p>今般、次世代自動車や風力発電の普及に伴い、中国への一国依存度が高いジスプロシウムの需要ポテンシャルの高まりが顕在化していることに加え、新興国における消費量の急増に伴い、チタン等のレアメタルについても事業環境が激変している。</p> <p>このような近時の環境変化に緊急的に対応する観点から、価格高騰や一国依存等による供給リスクが高いレアメタル・レアアース等について、企業等によるレアメタル・レアアース等の使用量削減・代替材料技術開発及び低品位鉱石の高純度化のための実用化研究及び実証研究、試作品製造又は性能・安全性評価を目的とした設備等の整備及び研究開発に対する平成24年度補正予算における補助事業として、磁性材料、触媒、蓄電池向けのレアメタル等の使用量削減・代替材料の開発及びチタンを念頭に低品位鉱石の利用拡大に資する研究開発の2テーマに対し、直接補助を実施した。</p> <p><u>A. レアメタル等の使用量削減・代替材料開発に資する研究開発事業（7事業）</u></p> <p><u>B. レアメタル等の低品位鉱石の利用に資する研究開発事業（2事業）</u></p>				
予算額等（補助（補助率：1／3））				（単位：千円）
開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成24年度 （補正予算）	平成25年度	—	平成26年度	愛知製鋼(株)、(株)大阪チタニウムテクノロジー、(株)神戸製鋼所、堺化学工業(株)、東邦チタニウム(株)、日本ハードメタル(株)、プライムアースEVエナジー(株)、マツダ(株)、ヤマハ発動機(株)
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
300,000	—	—	300,000	198,220

## 目標・指標及び成果・達成度

### (1) 全体目標に対する成果・達成度

#### **A. レアメタル等の使用量削減・代替材料開発に資する研究開発事業**

7事業中5事業において設定目標を達成している。具体的には、使用量削減技術開発5事業のうち4事業は当初の設定目標を達成できたが、1事業のみ目標値を達成することができなかった。また、代替材料開発2事業についても、1事業が当初実施を予定していた試作品での評価試験の一部を事業期間内に終了出来なかった。

しかしながら、削減目標を一部達成出来なかった2事業も基礎研究では目標達成の目処が得られているため、引き続き実用化研究を行っており、全体としては、おおむね良好な成果が得られていると考えられる。

#### **B. レアメタル等の低品位鉱石の利用に資する研究開発事業**

2事業ともに設定目標を達成している。

事業目的	採択企業	補助事業名称	事業内容	要素技術	目標・指標	成果	達成度
レアメタル等の使用量削減・代替材料開発に資する研究開発事業	(1) 愛知製鋼株式会社	DyフリーNd系ボンド磁石活用によるEVモータ実用化技術の開発	ジスプロシウムフリーネオジム系異方性ボンド磁石活用によるEVモータの実用化	DyフリーNd系異方性ボンド磁石を活用したモータ設計及び基本性能の評価検証	Dy使用量をゼロに抑えたNd系ボンド磁石を活用した50kW以上のEVモータの設計・試作	Dy含有Nd系焼結磁石に比べ、DyフリーNd系異方性ボンド磁石の形状等の工夫、およびモータ設計の工夫により同等のモータ性能を達成	達成
	(2) マツダ株式会社	自動車駆動モーターに用いる省ジスプロシウム型永久磁石の実用化に向けた研究開発事業	自動車用駆動モータ用の省ジスプロシウム型永久磁石の実用化	粒界拡散による省ジスプロシウム型ネオジム磁石の磁気特性の把握及び耐熱性検証	ジスプロシウム使用量を50%に低減	ジスプロシウム使用量の67%削減、高温駆動におけるモータ性能の耐熱性は従来磁石比同等	達成
	(3) ヤマハ発動機株式会社	排ガス規制に使用するセリウム、ランタン、ネオジム、ジルコニウム、パラジウム、白金、ロジウム低減技術開発用設備導入	二輪車向け排ガス触媒に使用するセリウム、ランタン、ネオジム、ジルコニウム、パラジウム、白金、ロジウム低減技術の開発	排ガス浄化触媒を構成するウオウジューコート及び触媒材料の高機能化・最適化	2015年におけるレアアース・レアメタル使用量を2012年比で50%削減	実車による排ガス浄化性能評価の結果、従来品と同等以上の排ガス浄化性能を確保しつつも、製品1個あたりのレアアース量を53%削減	達成
	(4) プライムアースEVエンジニアリング株式会社	レアメタル削減に資するハイブリッド自動車用ニッケル水素電池の実用化研究	ハイブリッド自動車用ニッケル水素電池の実用化	極板材料を削減したNi水素電池の性能評価	実用化に向けた試作品の性能評価を行い、Ni水素電池に使用されているレアメタル等を低減	製造条件の適正化によりNi水素電池に使用するレアメタル等の使用量を低減	達成
	(5) 堺化学工業株式会社	ガラス研磨用酸化チタン	ガラス研磨用酸化チタンによる酸化セリウムの削減	酸化セリウム被覆酸化チタンの研磨効率改善及び研磨後のガラス表面粗さ改善	セリウムの使用量を90%削減	セリウムの使用量を90%削減することはできず、現場で使用されている研磨剤のストリーク濃度(5%)における研磨効率は、市販品の88%と目標値の90%に届かなかった。研磨後のガラス表面粗さについては、酸化チタンの結晶形をルチルからアナターズに変更することで改善できた。	一部達成
	(6) 日本ハードメタル株式会社	切削工具におけるWC-SiC系超硬合金の実用化研究によるタンクステン・コバルトの使用量削減	超硬合金の実用化研究によるタンクステン、コバルトの使用量削減	秋田大学及び秋田県産業センターが開発したWC-SiC系超硬合金の実用的焼結技術の確立	a) Co未使用のWC-SiC系超硬合金の無加圧焼結における緻密化、焼結助剤・添加剤の検討を行い、一連の製造工程技術を確認 b) 実工具での評価試験を行い、工具としての適正を検証	超硬合金における一連の製造工程を確立することはできたが、実工具を作製する段階で、開発品の硬度が予想以上に硬く、チップ形状の工具は作成・評価することができたものの、丸棒工具は作成に時間がかかってしまい、事業実施期間内に丸棒工具の評価を実施することができなかった。	一部達成
	(7) 株式会社神戸製鋼所	金属材料製造における技術開発に係る研究開発事業	先端溶解技術の実用化・実証研究	錆肌改善技術及び成分均一化技術と先端溶解技術の組合せによる最適化	従来溶解技術と比較して約8%の歩留向上によるレアメタル使用量の削減、及び生産性の向上	従来溶解技術と比較して歩留向上による約8%のレアメタル使用量削減と生産性向上を可能とする最適な設備仕様を設計	達成

<p>レアメタル等の低品位鉱石の利用に関する研究開発事業</p>	<p>(8)株式会社大阪チタニウムテクノロジーズ</p>	<p>金属材料製造における技術開発</p>	<p>低品位鉱石の高純度化及び低品位鉱石を実用するための技術開発及び最適化</p>	<p>原料改質技術の開発及び塩化炉操業技術の開発</p>	<p>低品位鉱石混合比率60%以上の条件で a) 鉱石中阻害元素濃度平均0.2%以下、廃棄物放射線量0.14μGy/h以下 b) 操業条件最適化、廃棄物削減、炉壁劣化防止</p>	<p>左記条件で以下を達成 a) 鉱石中の阻害元素濃度0.2%以下、廃棄物放射線量0.14μGy/h以下。 b) 安定的にTiCl4を生成しつつ、操業不良の低減および放射性廃棄物の低減可能な操業条件を求めた。炉壁劣化防止についてシミュレーションが抑制が可能となる最適な操業条件を見いだした。</p>	<p>達成</p>
<p>(9)東邦チタニウム株式会社</p>	<p>環境調和型低品位チタン鉱石のアップグレード技術開発</p>	<p>環境調和型低品位チタン鉱石のアップグレード</p>	<p>① 選択塩化法によるチタンスラグのアップグレード技術開発 ② チタン製錬塩化工程の廃棄物処理プロセス技術開発</p>	<p>① TiO2品位80～90%のチタンスラグを高品位チタン鉱石(TiO2品位92%以上)にアップグレードする ② チタン製錬塩化工程(TiCl4製造)で発生する副生不純物塩化物中の塩素と、未反応原料(酸化チタン、コークスなど)を回収し再利用する</p>	<p>① チタンスラグ(TiO2品位84%)を用いて、選択塩化法により、塩化反応試験(流動層)をしたところ、目標TiO2品位92%以上にアップグレードできた。 ② 不純物塩化物を加熱酸化させ、酸素と反応(酸化焙焼)することで、連続的に効率よく塩素を回収できることが確認できた。未反応原料のチタン製錬塩化工程への再利用は、経済性の面などから困難であるため、今後、未反応原料の有価物化を検討する。</p>	<p>達成</p>	

## (2) 目標及び計画の変更の有無

変更なし。

### <共通指標>

要素技術	論文数	論文の被引用度数	特許等件数(出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
ガラス研磨用酸化チタン	0	0	0	1	0	0	0
計	0	0	0	1	0	0	0

### 評価概要

#### 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

##### **A. レアメタル等の使用量削減・代替材料開発に資する研究開発事業**

今後、普及が期待されるハイブリッド車、電気自動車のモータや蓄電池等の分野での需要拡大が見込まれているレアメタル等の希少金属の確保は、製造業の競争力確保に必須であるものの、これらのレアメタル等は供給源が限定されている。産出国の輸出政策に左右されない事業環境の確立を目指すため、その使用量削減・代替材料開発に関する研究開発事業を国の事業として実施することは妥当である。

個別プロジェクトの使用量削減効果そのものは量的なインパクトは小さいかもしれないが、本プロジェクトに代表される使用量削減・代替材料開発に関する日本の企業の取り組みは、レアメタル等の産出国に与えた技術的・心理的な影響も大きく、日本の資源セキュリティを強化する上で、重要な役割を果たしている。

一方、レアメタル等は必要とする元素が単独で採掘されることはないため、一緒に採掘された他元素の需要拡大を推進する技術開発が必要である。他元素に需要がなければ、必要なレアメタル等に価格が転嫁されてしまうという新たな問題が発生する。

##### **B. レアメタル等の低品位鉱石の利用に資する研究開発事業**

国内航空機産業の育成は重要な産業政策の一つであり、航空機に不可欠な金属チタン製品の競争力確保は重要課題である。資源の寡占状況を緩和して、資源価格高騰等のリスクを低減する技術として、低品位鉱石等の利用を可能とする技術を開発したことは、チタン鉱石の価格安定化に寄与し競争力の確保・向上に資するため、国の事業として実施したことは妥当である。

将来、再び高品位鉱石の価格高騰や供給障害が生じた場合であっても、低品位の鉱石を利用できる技術力を示すことは、日本の資源セキュリティを強化する上で、重要な役割を果たしている。

そのため、低品位鉱石資源についての情報収集、権益確保についての検討も並行して進めることが望ましい。

## 2. 研究開発等の目標の妥当性

### A. レアメタル等の使用量削減・代替材料開発に資する研究開発事業

レアメタル等の使用量削減・代替材料開発に資する研究開発のうち、Dy フリーNd 系ボンド磁石を使用した高効率 EV 用モータ開発、省 Dy 型永久磁石の実用化、排ガス触媒に使われるレアアースおよびレアメタル削減技術、CeO<sub>2</sub> を削減可能にした TiO<sub>2</sub> へのコーティング技術、金属素材製造技術の 6 事業は、具体的な数値目標を設定しており、適切かつ妥当である。

一方、ニッケル水素電池の実用化研究については、目標が定性的であり具体性が無く、WC-Co 超硬合金については有効な技術が開発されておらず、かつ開発材料の特性について数値目標が示されていない。

### B. レアメタル等の低品位鉱石の利用に資する研究開発事業

レアメタル等の低品位鉱石の利用に資する研究開発 2 事業は、現状分析から目標とする具体的な数値まで適切に設定できており、また、達成すべき水準も満たされているため妥当であり、問題点や改善点は見当たらない。

## 3. 成果、目標の達成度の妥当性

### A. レアメタル等の使用量削減・代替材料開発に資する研究開発事業

7 事業のうち 4 事業においては、目標値あるいは目標を上回る成果を達成しており、その評価方法についても具体的・定量的であり妥当である。目標を一部達成できなかった 2 事業も事業を通じて今後の研究開発の方向については目処をつけており、概ね成果は得られている。

7 事業のうち、目標を達成したとする 1 事業については、目標の達成度を示す測定指標も無く、成果に対する客観的な評価は困難である。

### B. レアメタル等の低品位鉱石の利用に資する研究開発事業

低品位のチタン原料鉱石等の利用を可能とする技術は、原料供給リスクを低減できる優れた試みであり、得られた成果は優れたものが多く、目標の達成度は妥当である。ただ、時間が充分でなく、製錬における廃棄物処理工程と選択塩化工程の統合は、机上検討の段階に留まったことは残念である。

## 4. 事業化、波及効果についての妥当性

### A. レアメタル等の使用量削減・代替材料開発に資する研究開発事業

研究課題毎に事業化・波及効果のばらつきがあるものの、概ね事業化の目処は立っている。全体としてはレアメタル等の使用量削減に寄与しつつ、今後成長が期待される分野においてコストダウン、高品質化による競争力の強化に繋がる波及効果が大いに期待され、将来的に実用化される可能性がある技術もいくつかあると思われる。

一方、事業化に向けた検討は行われているが、企業としての事業化及び事業の範囲について戦略的な決定を行う必要があるケースがあった。

## **B. レアメタル等の低品位鉱石の利用に資する研究開発事業**

事業化できるかどうかは、チタン鉱石の価格や需給によって決まるので不明であるが、既に実用化の目処は立っており、利用拡大に向けてのシナリオも明確である。低品位鉱石の利用を可能とする技術が事業化できれば、利用できる埋蔵資源量が増え、資源価格の上昇を抑制できる効果が期待できるので、企業判断での早期の事業化が期待できる。

一方、製錬会社や鉱山会社と切り離された状態で、需給動向と資源会社の意向がチタン鉱石の供給・価格を決める状況では、波及効果は明確にできない。

## **5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性**

### **A. レアメタル等の使用量削減・代替材料開発に資する研究開発事業**

本事業の実施期間において7事業とも概ね目標とした成果を上げており、研究開発計画および実施体制・運営といったマネジメントは適切かつ妥当であったと思われる。今回の実証・実用化研究により事業化が推進されれば、レアメタル等の使用量削減・代替材料への切り替えによる費用対効果は大きいと思われる。

一方、良好な成果が得られたことから、適正かつ妥当な事業資金が配分されたと考えられるが、予算に比べて異常に成果が多く、補助金がどのように使われて有効であったかという情報が必要である。

### **B. レアメタル等の低品位鉱石の利用に資する研究開発事業**

本事業の実施期間において2事業とも概ね目標とした成果を上げており、研究開発計画および実施体制・運営といったマネジメントは適切かつ妥当であったと思われる。今回の実証・実用化研究により事業化が推進されれば、低品位鉱石の利用拡大に伴う費用対効果は極めて大きいと思われる。

一方、判断材料として、低品位チタン原料資源の可採資源量と分布に関する情報の提示が欲しかった。

## **6. 総合評価**

### **A. レアメタル等の使用量削減・代替材料開発に資する研究開発事業**

本事業は産官学が連携して日本が世界に先駆けて立ち上げ、現在は、欧米が追随する形で取り組んでいる画期的なプロジェクトの一つであるため、政策的意義は非常に高く、国の事業として実施したことは高く評価したいが、事業化については状況の変化もあるので、成果は検証された **Contingency plan** として評価すべきものと位置づけられる。

短期間で効率的に研究開発が進められており、レアメタルの使用量削減に資する多くの研究成果が得られた。個別プロジェクトの使用量削減効果そのものは量的なインパクトは小さいかもしれないが、本プロジェクトに代表される使用量削減・代替材料開発に関する日本の企業の取り組みは、中国等のレアメタルの供給者に与えた心理的な影響も大きく、日本の資源セキュリティを強化する上で、重要な役割を果たしている。

一方、一部の事業で開示拒否を表明している場合には補助金の交付を考え直す必要がある。

また、代替品の開発は世の中の状況が刻々と変わり余り意味がなくなるといった状況が生じた場合に

は、その位置付けを見直して進めることが重要である。

## **B. レアメタル等の低品位鉱石の利用に資する研究開発事業**

結果的に資源の価格が低下したため、低品位鉱石を利用する重要性は低下したが、将来また、高品位鉱石の価格高騰や供給障害はかならず生じると思われる。チタンの casting プロセスにおける廃棄物を含む未利用資源の利用に関わる技術開発に取り組み、着実に成果を挙げたことは、資源の有効利用、供給リスク低減の両面で有効な技術の開発が実施されたという政策的意義は非常に高く、国の事業として採択されたことについて高く評価したい。いざとなれば低品位の鉱石も利用できるという技術力を示すことは、日本の資源セキュリティを強化する上で、重要な役割を果たしている。

今後の実用化・事業化による波及効果が大いに期待されるが、研究実施期間が充分で無く、事業化に向けた検討が中途半端になった可能性があるケースがあったこと、低品位資源の利用技術と具体的な資源開発・権益確保の検討とのリンクが見えなかったことは少し残念である。

## **7. 今後の研究開発の方向等に関する提言**

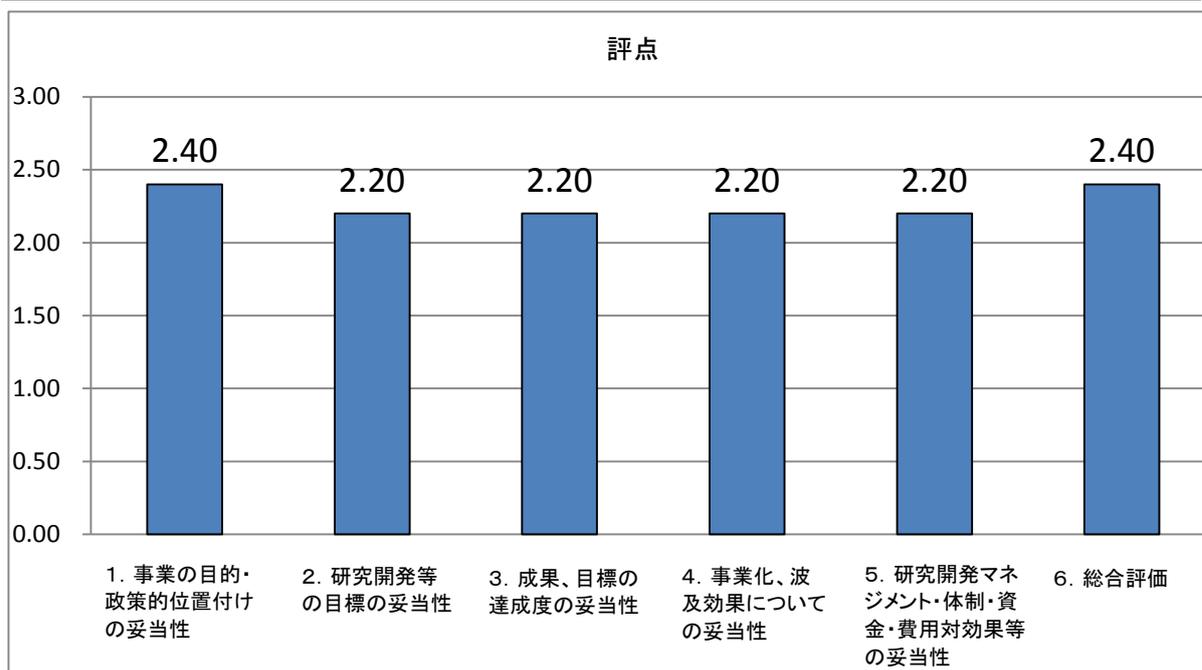
- ・ 特定国に依存度が高いものを利用した材料の場合には、相手国との関係悪化によって大きな影響を受けることになる。資源保全・環境保全という観点からも、日本がトップランナーとして取り組み世界をリードすべき技術開発テーマである。今後も、レアメタルの使用量削減・代替材料開発、低品位鉱石を利用する新技術の開発は、産官学が連携して長期的な視点で取り組んでいくべき課題である。
- ・ 我が国のものづくりは品質が第一優先であり、他国の追随を許さない高コスト競争力強化につながる、品質、高機能化につながる技術開発を継続実施して頂きたい。
- ・ レアアースは材料の特性向上には極めて有効な元素であるため、各元素をバランスよく利用できる新しいレアアースの材料開発がベストである。

## 評点結果

### 評点法による評点結果

(レアメタル等の使用量削減・代替材料開発に資する研究開発事業 テーマA)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.40	3	2	2	3	2
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	3	2	2	2	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	3	2	2	2	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	2	2	2	3	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.20	2	2	2	3	2
6. 総合評価	2.40	3	2	2	3	2



## 評点法による評点結果

(レアメタル等の低品位鉱石の利用に資する研究開発事業 テーマB)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.40	3	2	2	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.40	2	2	2	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.40	3	2	2	3	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	2	2	2	3	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.40	2	2	2	3	3
6. 総合評価	2.60	3	2	2	3	3

