

第2回「レアメタル・レアアース等の
代替材料・高純度化技術開発」
プロジェクト事後評価検討会
資料1

第1回「レアメタル・レアアース等の代替材料・高純度化技術開発」事後評価検討会
議事録（案）

1. 日 時 平成26年10月17日（金） 9：30～12：15
2. 場 所 経済産業省本館9階西8共用会議室
3. 出席者

（検討会委員）〔敬称略・五十音順、※は座長〕

大森 賢次	日本ボンド磁性材料協会 専務理事
※岡部 徹	東京大学生産技術研究所 教授
織山 純	一般社団法人新金属協会 専務理事
小池 磨	一般社団法人日本チタン協会 専務理事
中村 守	独立行政法人産業総合技術研究所 サステナブルマテリアル研究部門長

（研究開発実施者）

度會 亜起	愛知製鋼株式会社 電磁品開発部 主査
坂手 宣夫	マツダ株式会社 先端材料研究部門 構造材料研究 主幹研究員
原田 久	ヤマハ発動機株式会社 エンジンユニット コンポーネント統括部 材料技術部 触媒技術開発グループリーダー
坂本 弘之	プライムアース EV エナジー株式会社 第1技術部 開発1グループ グループ長
川岸 弘享	堺化学工業株式会社 無機材料事業部 営業部 東京営業課
田栗 裕輔	日本ハードメタル株式会社 技術部 次長
金橋 秀豪	株式会社神戸製鋼所 チタン本部 主任研究員
荒池 忠男	株式会社大阪チタニウムテクノロジーズ チタン製造部長
深澤 英一	東邦チタニウム株式会社 技術開発本部 本部長

（事務局）

藤井 法夫	製造産業局非鉄金属課 希有金属室長
平野 奈美	製造産業局非鉄金属課 係長

（評価推進課）

加藤 二子	産業技術環境局産業技術政策課技術評価室 係長
小木 恵介	産業技術環境局産業技術政策課技術評価室 技術評価専門職員

4. 配布資料

- 資料1 「レアメタル・レアアース等の代替材料・高純度化技術開発」事後評価検討会
委員名簿
- 資料2 研究開発評価に係る委員会等の公開について
- 資料3 経済産業省における研究開発評価について
- 資料4 評価方法（案）
- 資料5 「レアメタル・レアアース等の代替材料・高純度化技術開発」の概要

資料6 評価用資料
資料7 評価報告書の構成（案）
資料8 評価コメント票
質問票

参考資料1 経済産業省技術評価指針
参考資料2 経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準
参考資料3 高機能新合金構造材料開発プロジェクト事前評価報告書

5. 議事

（1）検討会メンバー紹介

座長、委員、事務局、オブザーバーの紹介が行われた。

また、検討会開催に先立ち、座長から以下のコメントがあった。

- ・本施策を含む一連のレアアース対策によってレアアース価格が下がったので、効果的な施策であった。
- ・企業の知的財産や経営戦略を公表しない必要はあるが、レアアース省資源・代替材料の開発技術を有しているというレアアース生産国に対する情報発信という意義をレアアース対策の戦略的な観点を意識して欲しい。
- ・世界の多くの施策は、欧米が先駆けているが、レアアース対策は日本が世界に先駆け、欧米が追随している点でも本施策の意義は高い。

（2）評価検討会の公開について

事務局から、資料2により、評価検討会の公開について説明がなされた後、本評価検討会で扱われる事業は知的財産権の保護等が必要であることから検討会を非公開とし、配付資料・議事要旨等は公開出来ない部分は非公開としつつも、原則公開とすることが了承された。

（3）評価の方法等について

事務局から、資料3、4、7、8により、評価の方法等について説明がなされ、了承された。

（4）プロジェクトの概要について

事務局及び実施者から、資料5並び6により「レアメタル・レアアース等の代替材料・高純度化技術開発」の概要について説明があり、以下の質疑応答がなされた。

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

（1）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

- ・大森委員：無負荷状態で誘起電圧定数の低下率が0.3%となっているが、一度、負荷をかけて元に戻したらこういう結果だったということか。普通は何回かチェックする必要があるが、1回だけの実験結果をどのように考えているのか。
- ・実施者：現状は開発フェーズの段階で、今回の結果は1回だけ最大トルクの負荷をかけ、その後、また戻して評価した結果をグラフに載せている。当然、信頼性は重要

であるので、連続的に高負荷をかけた後にどの程度減磁するのかについて、モーターメーカーに調査を依頼している。現時点では極端に磁力が落ちるという話は聞いていない。実際の実用化においてはそこが重要になるため、モーターメーカーに評価をして頂きながら共同開発を行っている。

- ・大森委員：リラクタンストルクを使い、工夫して良い結果がでていますが、効率を含め、現状の焼結と比べた場合どのレベルにあるのか。
- ・実施者：モーターメーカーでの開発は終盤段階にあると聞いている。温度が上がってこないというボンド磁石のメリットをどこまで出せるか、それによる強みをどういう形で次世代モータに反映させて開発ができるか、がポイントと考えている。
- ・中村委員：ボンド磁石の温度が上がらないということだが、軟磁性材料であるケイ素鋼板の方から熱が伝わってくるのではないのか。現状ではハイブリッド自動車用のIPM モータの場合、の温度は大体 180℃くらいなのであるが、温度の測定はしていないのか。
- ・実施者：温度はモーターメーカーで評価してもらっているため、自分達では測定していない。モーターメーカーでの冷却技術も進んできている。我々の磁石を用いることにより、モーターメーカーが想定している温度に対して、さらに 10℃くらい下げることが可能であり、そこでマージンが出るのではないかと考えている。本当にマージンがでるのか、本当に 10℃下げられるのかというところが競争力のポイントになると考えている。
- ・岡部座長：ボンド磁石は非常に良いものだと思う。形状自由度があり設計マージンも大きい。素材を 100%有効活用でき、ジスプロシウムも使わない。頑張って世に打ち出して欲しい。

(2) 自動車駆動モータ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

- ・大森委員：粒界拡散磁石を 1 mm に切ったときにも保磁力は維持出来ているのか。
- ・実施者：維持出来ている。
- ・岡部座長：ハイブリッド自動車と電気自動車のどちらを想定して作られたのか。
- ・実施者：今回はハイブリッド自動車モータ用を想定して解析モデルを作成し確認したが、電気自動車にも適用可能。
- ・岡部座長：現状、ハイブリッド自動車や電気自動車に使われている磁石は大体 1kg 程度か。その場合、磁石のうち何%がジスプロシウムか。
- ・実施者：磁石は多いものだと 1kg 程度は使われており、ジスプロシウムの占める割合は従来だと 5～10%程度だが、開発した技術を使うとそれが半分程度に減る。

(3) 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、ロジウム低減技術開発用設備導入

- ・岡部座長：自動車に比べたら白金の重量が少ない理由はなぜか。
- ・実施者：ハニカムサイズが違う。自動車の場合は直径 100mm、長さ 120～130mm。バイクだと直径 35mm、長さ 30mm 程度。
- ・岡部座長：これに関しては、そんなに頑張ってもランタン、セリウムを削減する必要は無いと思う。むしろ対象によっては積極的に使用してほしい。レアアース使用量を

減らすことは重要だが、本件については、戦略上、積極的に減らさなくても良いと思う。

(4) レアアース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

- ・大森委員：新仕様の極板材料と従来材料との違いについて説明して欲しい。
- ・実施者：従来品は極板材料中のレアメタル等の分散状態が非常に悪く、使用量が多くなっていたが、レアメタル等を高分散化できる技術を確認できたため、現状の使用量に対して大幅にレアメタル等の使用量を削減することができた。レアメタル等を高分散化できる技術は基礎研究の段階で開発しており、事業化するにあたり、今回、補助金を用いてこれらの実用化工程を検証した。
- ・大森委員：今回の補助金を実用化の工程の中でどのように活用したのか。
- ・実施者：基礎研究で仕様を確認することができたので、補助金を使って実際の商品サイズの電池モジュールを工程で試作し、その電池性能について 2013 年から約 1 年間かけて要求性能、工程での量産適合性の確認を実施し、問題ないことを確認した。

(5) ガラス研磨用酸化チタン

- ・大森委員：酸化チタンに酸化セリウムを担持させるため、どのような工夫を行ったのか。
- ・実施者：弊社は酸化チタンメーカーなので、チタン表面にシリカやアルミナを被覆するノウハウが元々あった。酸化セリウムのガラス研磨作用における表面反応は判っていたので、表面だけ酸化セリウムにすれば効果が得られるだろうと考え、これまでのノウハウを使って研究を実施した。
- ・大森委員：補助金で購入したものはあるか。
- ・実施者：研磨評価のための非接触表面形状測定機や研磨試験器を購入した。
- ・大森委員：従来からそういう仕事はしていなかったのか。
- ・実施者：我々は酸化チタンメーカーなので、これまで加工助剤というビジネスを全くやっていなかった。そのため、一から機械を揃えなければならなかった。
- ・中村委員：酸化チタンのルチルやアナターゼに酸化セリウムを被覆したものは、価格的には殆ど同じくらいでできるのか。
- ・実施者：ルチルとアナターゼの値段は殆ど変わらない。酸化セリウムはだいぶ暴落しているので品質で差別化していかなければならない状況。

(6) 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グステン・コバルトの使用量削減

- ・中村委員：炭化ケイ素の vol%はどのくらいになるのか。
- ・実施者：開発材としてつくったものは重量で 5%程度入れたと仮定すると、ボリュームで 20%くらいの添加量。
- ・岡部座長：普通の超硬材市販品だとコバルトはどれくらい入っているのか。
- ・実施者：用途によって含有量は違うが、通常は 5~10 数%程度。
- ・岡部座長：コバルトはバインダーとして入っていると考えて良いか。
- ・実施者：仰るとおり。
- ・岡部座長：炭化ケイ素もバインダーとして入れているのか。
- ・実施者：仰るとおり。

- ・岡部座長：コバルトを使わないことは非常に魅力的だが、コバルトを使わないことは技術的に難しいのか。
- ・実 施 者：バインダレス超硬の固相焼結といわれるカテゴリーからいうと、炭化ケイ素を入れることで焼結性が良くなるが、通常超硬合金（コバルトバインダー）と比較した場合は液相焼結との違いがあるため、その点からいうと非常に難しい。
- ・岡部座長：コバルトと炭化ケイ素を置き換えるのではなく、コバルトを少量入れるというのはどうか。
- ・実 施 者：そのケースについて試してみたが、コバルトやニッケルといった金属と炭化ケイ素が反応してしまい、逆にマイナスの効果になってしまった。炭化ケイ素だけを入れることで焼結性がアップした。
- ・中村委員：硬くはなるけれど、靱性があがらないということか。
- ・実 施 者：仰るとおり。丸棒工具として硬さの方を重点的に考えていたので、そちらについてできるだけ良い性能を持たせられるような形で研究を進めてきた。
- ・中村委員：あまり靱性を要求しない使い方もある。
- ・大森委員：従来の超硬合金と比べて劣る点は靱性くらいか。
- ・実 施 者：現状はそのとおり。あとは緻密化するというところで難しくなる。
- ・岡部座長：頑張った場合、どのくらいで実用化できるのか。
- ・実 施 者：三点曲げ試験のところで2ギガを超えない1.5からくらいのところ。超硬だと4ギガ前後。
- ・岡部座長：この技術は色々な事業を使ってチャレンジするのがいい。

(7) 金属材料製造に係る研究開発事業

- ・岡部座長：どんな溶解方法で実現しようと考えているのか？
- ・実 施 者：工業的なチタン溶解炉を考えている。
- ・岡部座長：普通に溶解して何故こうなるのか。
- ・実 施 者：るつぼからの抜熱量を磁場による溶湯攪拌の流れで制御しながら必要な温度まで持って行くとそうなる。
- ・岡部座長：トータルの熱投入量は増えるのか。
- ・実 施 者：磁場の効果で増やすことは出来る。
- ・岡部座長：1インゴットを製造する際の熱投入量すなわち消費エネルギーは増えるのか。
- ・実 施 者：消費エネルギーとしては磁場をかける電気量程度であるが、溶解に要する電気量の方が圧倒的に大きいため、誤差範囲と推定している。
- ・岡部座長：それでこのように溶湯が広くなるのであれば素晴らしい。
- ・織山委員：磁場で攪拌しているのか。シリコンの場合は磁場で反応を止めるのだが。
- ・実 施 者：こちらは積極的に攪拌する。溶湯の中で流れを起こすことにより、溶湯温度をできるだけ均一にしたい。
- ・織山委員：どのように磁場をかけるのか。
- ・実 施 者：直流と交流があり、どちらの場合も磁場の効果を計算できる。
- ・岡部座長：これは他では行われていないのか。
- ・実 施 者：文献ベースで見たことは無い。チタン業界では、スターラーと呼ばれるるつぼに巻いたコイルに電流をかけて磁場を発生させて溶湯を攪拌することは行わ

れているが、弊社方式は文献ベースで見たことはない。

- ・岡部座長：だからそれを先端と呼んでいるのか。
- ・実 施 者：仰るとおり。
- ・小池委員：補助金は攪拌設備に使用したのか。
- ・実 施 者：攪拌設備も含むが、それを稼働させるために必要な電源や周辺設備などに使用した。
- ・中村委員：組織制御はできるのか。
- ・実 施 者：磁場や溶湯の攪拌速度の制御での可能性はあると思われるが、その観点で検討していない。

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

(8) 金属素材製造における技術開発

- ・小池委員：原料改質技術の開発は供給元との共同開発か。
- ・実 施 者：そのとおり。今回の技術開発は主に日本側で技術開発を行い、供給元に働きかけた。日本側からアドバイスすることで、合理的なやり方ができた。
- ・小池委員：このように開発した原料は、御社だけでなくどこに売っても良いのか。
- ・実 施 者：基本はどこに売っても良い。我々は先行して技術開発を行ったので、若干有利と考えている。全チタン産業に効いてくる開発となっている。
- ・岡部座長：塩化炉の後に出てくる塩化物廃棄物は、低品位鉱石を使用すると増えるのか。
- ・実 施 者：増える。増えることに対して何も対策しないと低品位鉱は使えない。
- ・岡部座長：低品位鉱は安く買うことができるが、その処理費が上がることで設備負担が大きくなってしまわないのか。
- ・実 施 者：如何に設備負担をかけずに処理費を下げていくのが大事。
- ・岡部座長：御社の技術であれば、今回の目標値程度の低品位鉱は利用できるのか。
- ・実 施 者：技術的には問題なし。利用率は価格も考慮して決めていく。
- ・岡部座長：高品位鉱が安価になった場合には高品位鉱を用いるが、高品位鉱の価格が再度高騰してきた際には低品位鉱を用いることが出来る、ということか。
- ・実 施 者：仰るとおり。我々が低品位鉱を使える技術を持っていることが非常に重要。技術を持っていることが、鉱石価格が高くない条件になっている。
- ・岡部座長：今のポイントは重要。不味い飯でも食べることができる、ということを示したプロジェクト。今は銀シャリばかり食べているが麦飯でもいいける、だから値段を上げられない、ということである。
- ・小池委員：承認次第では商業用の航空機用のスポンジチタンとしても使えるのか。
- ・実 施 者：実際に、きちんとデータを示して承認を頂いている。

(9) 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

- ・岡部座長：選択塩化反応が起こっている時の酸素ポテンシャルはどのくらいか。熱力学的検討は行っていないのか。
- ・実 施 者：反応するかしないかという計算はしたが、酸素ポテンシャルの計算は行っていない。
- ・岡部座長：チタンは酸化チタンまでは変化しているのか。スラグに含まれている亜酸化チタンが完全に消滅したものなのか、それとも未だ亜酸化チタンが残っている

状態の酸化チタンなのか。

- ・実 施 者：酸化させるとピュアな酸化チタンになっている。
- ・岡部座長：亜酸化物が一切存在しないのであれば、酸素ポテンシャルはかなり高い。そのためかなり発熱したのだろう。
- ・実 施 者：メーカーによって亜酸化チタンの含有量が相当違う。中国あたりはカーボンを使いすぎているためか亜酸化チタンの含有量がかかなり多い。我々は亜酸化チタンの形で閉じ込められているエネルギーを一部利用して熱源にしているというイメージ。
- ・岡部座長：もし、予備酸化で酸化チタンの純度を上げずに塩素を投入した場合はどうなるか。
- ・実 施 者：亜酸化チタンが一部塩化し、酸化チタンのロスが生じてしまう。
- ・岡部座長：御社の場合は塩化チタンをそのまま使えるから良いという話ではないのか。
- ・実 施 者：追加して一緒に処理してしまえば良い。
- ・岡部座長：発生した塩化鉄に酸素を投入して塩素を回収するのは、熱力学的には簡単なことのように思えるが、設備的には量が増えても簡単にできるのか。
- ・実 施 者：今は 70 径でやっているが、操業で出てくる量を考えると多分 1m 径になる。それを外熱で暖めるところが難しいため、何らかの方法で内熱を利用することが必要になる。
- ・岡部座長：御社の技術であれば、どのサイズであっても塩化鉄に酸素を投入すれば普通にもれなく塩素を回収できるだろう。塩素が微量に残って赤鉄鉱みたいなのができるかもしれないが。
- ・実 施 者：塩素を回収する技術は既に 40 年前に確立している。
- ・岡部座長：その気になれば安物の原料をドンドン使えるということか。
- ・実 施 者：ただし、最後に発生する膨大な廃棄物の処理が課題。
- ・岡部座長：チタン鉱石は落ち着きつつあるが、こうした技術を有することで生産側との価格交渉力が向上する意義は大きい。

(5) 今後の評価の進め方について

事務局から、「資料8 評価コメント票（評点シート含む）」について説明があり、評価コメント票の提出期限を平成26年10月31日とすることを確認した。

また、第2回の評価検討会については、評価コメントを取りまとめた後に詳細を連絡することになった。

(6) 閉会

以上