

研究評価委員会
「部素材の代替・使用量削減に資する技術開発・実証事業」(事後評価) 分科会
議事録及び書面による質疑応答

日 時 : 2022 年 10 月 27 日 (木) 10 : 00 ~ 17 : 10

場 所 : NEDO 川崎 23 階 2301/2302/2303 会議室 (オンラインあり)

出席者 (敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長	中村 崇	福岡県リサイクル総合研究事業化センター	センター長
分科会長代理	大森 賢次	日本ボンド磁性材料協会	専務理事
委員	中島 謙一	国立環境研究所 資源循環領域 国際資源持続性研究室	主幹研究員
委員	中野 正基	長崎大学 工学部 工学科 電気電子工学コース	教授
委員	宮越 昭彦	旭川工業高等専門学校 物質化学工学科	教授

<推進部署>

林 成和	NEDO 材料・ナノテクノロジー部	部長
日高 博和	NEDO 材料・ナノテクノロジー部	統括主幹
依田 智	NEDO 材料・ナノテクノロジー部	統括研究員
原 謙治(PM)	NEDO 材料・ナノテクノロジー部	専門調査員
吉村 公彦	NEDO 材料・ナノテクノロジー部	主査
五十嵐 彩那	NEDO 材料・ナノテクノロジー部	主任
小澤 奈央	NEDO 材料・ナノテクノロジー部	職員(総括G)

<実施者>

尾崎 公洋	産業技術総合研究所・磁性粉末冶金研究センター	研究センター長
杉本 諭	東北大学 大学院工学研究科	教授
桜田 新哉	株式会社 東芝 研究開発センター	シニアフェロー
榎木 勝徳	東北大学 多元物質科学研究所	助教
度會 亜起	愛知製鋼株式会社 未来創生開発部 EV モーター開発グループ	グループ長
米山 夏樹	株式会社 IHI 技術開発本部 技術基盤センター 物理・化学グループ	主査
袖子田 竜也	株式会社 IHI 技術開発本部 技術基盤センター 物理・化学グループ	主査
太田 聖子	株式会社 IHI 技術開発本部 技術企画部 企画推進グループ	主査
三木 健	産業技術総合研究所・極限機能材料研究部門	主任研究員
成田 弘一	産業技術総合研究所・ゼロエミッション国際共同研究センター	研究チーム長

<オブザーバー>

山本 晃平	経済産業省 製造産業局 金属課	課長補佐
岡田 周祐	経済産業省 製造産業局 金属課	係長

<評価事務局>

森嶋 誠治 NEDO 評価部 部長
緒方 敦 NEDO 評価部 主査
木村 秀樹 NEDO 評価部 専門調査員

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
 - 5.2 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し
 - ・研究開発項目 ①(テーマA)
「重希土類を使用しない高性能磁石等の開発」
 - ・研究開発項目 ①-1(テーマB)
「重希土類を使用しない小型超高速回転モーター駆動システム用磁石の開発と動作実証」
 - ・研究開発項目 ②(テーマC)
「低品位レアアースを利用した機能性材料の開発」
 - 5.3 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 研究開発項目 ①「重希土類を使用しない高性能磁石等の開発」
 - 6.1.1 研究開発項目 ①-2
「重希土類を使用せず、供給途絶懸念のあるレアアースの使用を極力減らす、又は使用しない高性能磁石材料を探索するための新しい磁石開発手法の開発」
 - 6.1.1.1 研究開発項目 ①-2-1(テーマA2)
「データ駆動による高鉄濃度準安定系磁石材料の開発」
 - 6.1.1.2 研究開発項目 ①-2-2(テーマA1)
「高鉄濃度希土類磁石化合物における相平衡とプロセス技術開発」
 - 6.1.2 研究開発項目 ①-1(テーマA3)
「重希土類を使用しない小型超高速回転モーター駆動システム用磁石の開発と動作実証」
 - 6.2 研究開発項目 ①-1(テーマB)
「重希土類を使用しない小型超高速回転モーター駆動システム用磁石の開発と動作実証」
 - 6.3 研究開発項目 ②(テーマC)「低品位レアアースを利用した機能性材料の開発」
 - 6.3.1 研究開発項目 ②-1(テーマC1)
「低品位レアアースの高品位化に資する改質技術の開発」
 - 6.3.2 研究開発項目 ②-2(テーマC2)
「低品位レアアースの触媒等材料への代替利用技術の開発実証」
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
 - ・開会宣言 (評価事務局)
 - ・配布資料確認 (評価事務局)
2. 分科会の設置について
 - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
 - ・出席者の紹介 (評価事務局、推進部署)
3. 分科会の公開について

評価事務局より行われた事前説明及び質問票のとおりとし、議事録に関する公開・非公開部分について説明を行った。
4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より行われた事前説明のとおりとした。
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
推進部署より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。
 - 5.2 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し
 - ・研究開発項目 ①(テーマA)
「重希土類を使用しない高性能磁石等の開発」
実施者より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。
 - ・研究開発項目 ①-1(テーマB)
「重希土類を使用しない小型超高速回転モーター駆動システム用磁石の開発と動作実証」
引き続き実施者より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。
 - ・研究開発項目 ②(テーマC)
「低品位レアアースを利用した機能性材料の開発」
引き続き実施者より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。
 - 5.3 質疑応答

【中村分科会長】 ご説明いただきありがとうございました。これから質疑応答に入りますが、技術の詳細については次の議題6での取扱いになるため、ここでは、主に事業の位置づけ、必要性、マネジメント及び公開セッションにおける開発成果、実用化に向けた取組について議論を行います。それでは、事前にやり取りをした質問票の内容も踏まえまして、何かご意見、ご質問等はございませんか。

大森様、お願いします。

【大森分科会長代理】 日本ボンド磁性材料協会の大森です。議論は後ほどさせていただきとし、少しコメントをいたします。今回のテーマに関して、私は磁石関係しかよく分からないものの、それぞれのテーマ

そのものは意義のある形で進められているという印象です。なかなか想像していなかったような良い成果も出ており、良かったものと思います。以上です。

【中村分科会長】 ありがとうございます。では、中島様お願いします。

【中島委員】 ご説明ありがとうございます。これら技術群をNEDO事業により主導・牽引していくことは非常に意義が高いことを実感いたしました。その上で、全体的な部分として質問及び確認をさせていただきます。資料4ページの事業の実施背景のところ、「予期せぬ危機に対し、部素材の供給途絶リスクを解消するためにサプライチェーンの強靱化に資する技術開発等が必要である」と明言されております。個々の研究開発としては、それぞれ目標を設定され、それが達成されていることを実感できるのですが、一方で、それぞれで少し想定されている時間軸が何か違う部分もあるような気がいたしました。ですので、この事業全体として、例えば供給途絶リスクを解消する社会像、あるいはサプライチェーンの強靱化が達成された社会像としてはいつ頃を目指されているのか。そして、皆様がそこに対し、どのぐらいのものを意識されているかというところでご説明いただきたく思います。

【NEDO 材ナノ部_依田】 NEDO 材料・ナノテクノロジー部の依田から説明をいたします。もともとこのプロジェクトの立てつけは、先ほど弊部の原からも説明のあったように、他プロジェクトで先行しているモータープロジェクト、リサイクルプロジェクトに対する補完というのは言い過ぎですが、そこでカバーできていない部分をカバーするという位置づけになります。おっしゃるとおり、社会像もテーマによっては、若干ばらつきがあるのはしょうがないところで、まずは先行するプロジェクトでカバーできていなかった部分をカバーしたという背景があったこととしてご理解いただけますと幸いです。その上で、例えば先行するモータープロジェクト、こちらについては2030年時点でレアアースの使用量を減らし、モーターを社会実装するというようになっております。基本的に、磁石関係の技術は若干方法論においてモータープロジェクトでの不足部分を踏まえてプランをしているため、少し未来的な話なっていますが、そういうところで、他のモーターの開発に関しては、そのあたりに歩調を合わせているものとなります。リサイクル事業についても、他部署の担当になりますが、2030年、2035年頃の社会像を見ているところです。いずれにしろ、レアアースの問題においては、弊機構でも10年以上前から取り組んでいる非常に息の長いプロジェクトになります。10年前の「レアメタルショック」、そして昨今の「コロナショック」、また、最近は新たに「ロシア、ウクライナ問題」もあり、非常に長い課題として取り組んでいる次第です。以上となります。

【中島委員】 ありがとうございます。

【中村分科会長】 ほかにございますか。宮越様お願いします。

【宮越委員】 旭川高専の宮越です。磁性体のA2、A3のところでお伺います。まずA2において、サマリウム鉄、窒化物系でニオブ・ボロンを入れると保磁力が非常に上がった。そしてA3においては、硫化が水素介在によって非常にレベルが上がったというお話しでした。これは後のところで出てくるかもしれませんが、特許化したほうがいい技術とノウハウとして秘匿するもの、もしくは公知の事実化の実装をするかといった戦略的な部分としてのご見解を教えてください。

【東北大学_杉本】 ニオブ、ボロンに関して、A1の杉本より回答をいたします。ニオブ、ボロンと組織構造に関しては、既に2021年に1件、東北大学と東芝様との共願にて特許申請をしてニオブ、ボロンの効果をうたっております。また、もう1点ですが、我々のTbCu₇相はA2と異なり、A2の方はサマリウム、鉄、窒素と窒素を使う方法であるのに対して、我々の方法は窒化することなく、ニオブ、ボロンの添加でそのままアモルファスからTbCu₇相を出現させて磁石化するという方法です。多分、TbCu₇相を利用するという点で同じように思われるかもしれませんが、工程は違っております。以上です。

【東芝_桜田】 東芝の桜田です。ただいま杉本先生からご説明のあったとおりですが、1点だけ補足をいたします。特許にする部分とノウハウにする部分に関して、これは資料にもあるように、材料組成、組織

構造といった面は積極的に権利化をしていく方針です。それに対し、実現するための製造プロセスについて、もちろんその一部においても当然特許に記載は必要ですが、細かい製造条件や運転条件といったところは、製造上のノウハウとなる場合がございます。以上です

【中村分科会長】 今のご回答はA1に関するものかと思いますが、多分その他においても方向性は一緒かと思えます。基本的に特許を取ってしっかりと押さえなくてははいけません。特に組成特許においては非常に明確ですから、これは当然特許としてしっかりと扱う必要があります。しかし、プロセス特許というのは、なかなか難しいところもあります。そうでありながらも、このあたりについても随分と皆様よく検討をされるようになったという印象を今回の内容から実感いたしました。何でも特許にすればいいというものでもないというのが、しっかりと浸透したというところでしょうか。もっと言えば、ある意味日本の技術というのは、その非常に細やかなプロセスのノウハウが使えるといったところが最大の力になるように思えます。もちろん、それを展開するために基本特許は絶対重要であり、それを押さえなくてははいませんが、実際に物をつくるときのそういった細かいところをノウハウで押さえるという部分が非常に重要でしょうし、一言余計に言わせていただくと、産業としてそれを行う際に、できればその産業を日本に置いていただきたい。それごと海外に出てしまうというのは、少しこれまで失敗しているような気がいたします。

それでは、ほかにご質問等がございますか。中野様お願いします。

【中野委員】 長崎大学の中野です。テーマCに関して少し教えてください。NEDO様の事業ということで、エネルギー削減等に関連のあるような内容も一つポイントではないかと思って伺っていました。例えばC1のケースであれば、こちらの材料調達において、今話題になっているパワーエレクトロニクス関連の内容との絡みでこの研究が推進されているのだらうと勝手に理解をしております。また、C2に関してはガソリンエンジン車用の自動車排ガスということで、どちらかと言えば、自動車は今、ほかのテーマとの関連においても電動化のところでのイメージを持つところでしょうか。そういったところから、テーマCにおけるエネルギー関連の視点として少し伺いたく思います。

【産総研_三木】 C2担当、産総研の三木です。自動車に関しては、おっしゃるとおり今、電動化ということで、PHEV、バッテリー駆動の自動車推進が盛んに行われていますが、いろいろな電池材料の資源問題等があり、加速はしているものの、すぐに全てがBEVになるわけではないと考えておるところです。資料5に自動車の世界の保有台数予測というグラフがございますが、電動化をし、その割合がどんどん増えていくものの、その中でもハイブリット、PHEV等ということで、内燃機関を積んだ自動車がまだまだ活躍していく場があるだろう。そういったところで、ガソリンエンジンを積んだところにはもちろん自動車の排ガス触媒が必要となります。ですので、そういった意味からも、まだまだ三元触媒の活躍する場があるものとする次第です。

【中野委員】 ありがとうございます。

【産総研_成田】 C1担当、産総研の成田です。パワーエレクトロニクスというのは、研磨剤でそれを製造するといった意図のところでしょうか。

【中野委員】 すみません、私が勝手に想像をしているところになりますが、シリコン材料の研磨剤ということで、この先そういった観点から何かエネルギーとの関連があるのかというお話しなのかと考えた次第です。

【産総研_成田】 出口としてはそういったところに広がる可能性はあると思います。ですが、本事業ではそこまで突っ込んだところはなく、サプライチェーンの強靱化、多様化というところになります。特定の国以外の材料では、全く基準を満たしていないという状況であることから、そちらよりも、いろいろな多様化という部分にポイントを置いて研究を遂行いたしました。その結果の出口として、いろいろとそういうものに材料が安く安定的に作製できる場所につながる可能性はゼロではないと考えます。

回答になっているでしょうか。

【中野委員】 ありがとうございます。私が勝手なことを申し上げているのかもしれませんが、NEDO 様の事業であるため、実施されているご本人もそうですが、NEDO 様側もエネルギー関連との話に結びつけて成果報告書を出されると、非常に国民に対してアピールになるのではないかと考えまして、発言させていただきました。どうもありがとうございました。

【NEDO 材ナノ部_依田】 依田から少し補足をいたします。ご指摘のように、成田先生のご研究は非常に幅広い分野に適用できるポテンシャルを持っていると考えます。また、先ほども少し申しましたように、もともとこれはモータープロジェクトが母体にございました。そちらのほうで、レアアースをどうやって回収するか。本当に今、現状は特定国からの輸入に頼り切っており、その上、使った後も全部返すという話になっております。そういった脆弱性が、今後、省レアアースのモーターを開発していく上では大変なネックになってくると考えます。そういう背景を基に、この技術も、広い意味になりますが、モーターの省エネルギー、省電力化につながってくるものという観点で、そういった位置づけを NEDO としてはもちろん持っておる次第です。

【中野委員】 今の説明でよく分かりました。いわゆる希土類の抽出という部分も、将来的にはそういうモーター用の材料の希土類も踏まえてご研究をされたということで理解をいたします。

【NEDO 材ナノ部_依田】 我々としてはそのように考えております。

【中野委員】 ありがとうございます。

【中村分科会長】 ほかにございますか。大森様お願いします。

【大森分科会長代理】 大森です。今のところに少し関連しまして、C1 のところで伺います。要するに国内での分離精製は困難である。その大きな理由は、ここにあるような大量の有機溶剤の使用、それから多大な装置設置面積の問題ということで、今回のこれを行われることによって、日本の中でかなり可能になるような話にすぐに進むものなのか。それとも、コスト的に中国などといったところに頼らざるを得ないのか。そのあたりのところでのご見解を伺います。

【産総研_成田】 産総研の成田です。まず、今回用いた装置は、日本初として共同実施者が開発したものになります。それが国内でたくさん導入されて実用化が始まっており、国内で行うには非常にこの装置は有望であると考えます。また、今回行ったところに、今お示ししているページの①に塩酸系での抽出分離といったところがございます。これは、硝酸性窒素の排水処理が今かなり規制の厳しくなっている状況において、塩酸系でまずやってみるという、一つすごくチャレンジングな部分です。硝酸で行うと、実はセリウムの価数を変えられるため分離が非常に容易になります。そこをきちんとハードルを上げて、しっかりとやりましょうというのが一つのテーマです。そのため、この装置や今回の結果というのはかなり期待を持てるところですが、それがすぐにどうかと言えば、やはりこの高いハードルを用いているため、ここをまずいかにクリアしていくかということになります。これは先ほど言いましたように、回収率を上げるという部分になりますが、そのあたりがしっかりとできれば装置や分離剤は非常に有望ですから、かなり実用性は高いと考えておる次第です。

【大森分科会長代理】 ありがとうございます。

【中村分科会長】 正直言いまして、希土類の精製というのは、皆様ご存じのとおり、数十年前までは日本が一手に引き受けていた産業です。それが、なぜ某国に行ってしまったのかということをよく理解していただきたく思います。ある意味、あそこが最初にやったときには、結構いろいろなプロセスにおける環境負荷をあまり気にしないでやったところがコストに非常に響いておりました。それで、はっきり言えば、その部分の産業が日本では厳しくなったのでしょうか。また、最近ではリサイクルを進めなくてはいけないということが世界的な流れになったのですが、実は肝腎要の精製、分離のところをほとんど外注してしまったという状況になっており、国内技術ではなかなか行えなくなったのが、物すご

く大きなモチベーションではないかと理解しているところです。そういう意味では、先ほど成田様が言われたように、硝酸が塩酸になったというところで、皆様、そんなものかと思われるかもしれませんが、環境負荷的にこれは物すごい影響があります。本当にこれができれば画期的ではないでしょうか。そういう意味では、エマルジョンフローということも重要ですが、エマルジョンフローではなくて、この全体プロセスとしてそういったことができるようになるところにすごく付加価値があります。そういったご理解をしていただくとよいのではないかと考えている次第です。エマルジョンフローだけでなくいろいろなやり方が多少あるのですが、その一つとして、とにかくそれができればということだと思っております。もう一度こういう分野が世界的に見直されているところで、実は日本だけでなくアメリカも強力にいろいろとやっており、これまでほとんど気にしてこなかった欧州の企業も非常に盛んにこういう分野を検討しているのが現状であると理解しております。

それでは、私から1つ伺います。非常に期待しているのですが、A2のところ、データ駆動型の最適化開発技術としてプロセスインフォマティクスとマテリアルインフォマティクスをうまく組み合わせたような形で展開されているといったところで、この展開をされる時の考え方として、こういうことを展開する技術を持った会社を例えば大学に置き、そこから発進されるのか。それとも、独立した企業にするのか。もしくは、純粋にここはオープンにしていられるのかといった、そのビジネスモデル的なところでのご見解を教えてください。

【産総研_尾崎】 産総研の尾崎です。ビジネスモデルをつくり込むという意味では、オープンクローズ戦略は常日頃考えなくてはいけないのですが、これは、実はいろいろとどこまでをオープンにしてどこをクローズにするのかというのが各社様においてそれぞれ異なります。我々の取組は、まずは産総研の中で少し仕組みをつくる。まずベーシックな仕組みをつくっておいて、そこから企業様と連携するということで、それぞれの企業様に特化した改良を行う。プログラムの改良も含めてですが、データの扱いにおいても、そのデータを産総研の中に入れるのか、企業様だけでやっていただくのか、プログラムを提供する等々といったことも含めまして、それぞれの企業様に応じた形で個別に対応することをまず取り組んでいる状況です。ですから、こういうモデルだというものはまだ確実にはできておりません。そのあたりを現状は個別対応でやっているところです。

【中村分科会長】 私の質問の趣旨としては、個別対応になることは重々理解できており、その個別対応を、例えば産総研様の中でベンチャーをつくられてそこで行われるといったことがあり得るのか。もしくは東北大学様と組まれて大々的に行われるといったところの考え方という意味合いで伺いました。個別でやらなくては絶対に進みません。それはもう絶対だと考えております。

【産総研_尾崎】 それは、少し大きな話になるかと思いますが、産総研全体でそういう仕組みをつくることは今考えてはいます。ただ、公開の場ではあまりそういう話ができませぬので、非公開の場でお話をさせていただいてもよろしいでしょうか。

【中村分科会長】 特段、中身のお話しというわけではなく、方向性としてどちらを目指されるのだろうかと思ひ、発言をさせていただいた次第です。

【産総研_尾崎】 そういう意味では、いわゆる産総研全体もあれば、我々の研究センターの取組もあります。そういう仕組みづくりは考えているところです。

【中村分科会長】 ありがとうございます。ほかにごありますか。

それでは、質問がないようですので、以上で議題5を終了といたします。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【中村分科会長】 ここから議題 8 に移ります。これから講評を行います。発言順序については、最初に宮越委員から始まりまして、最後に私、中村ということで進めてまいります。

それでは、宮越様よろしく申し上げます。

【宮越委員】 それでは、講評をさせていただきます。私は特に C のテーマを重点的に見させていただいたのですが、非常に短期間で難しい技術を実用化まで持っていきこうというところがよく伺えました。この技術というのは、環境技術立国になったときの主要な技術ですし、レアアースが使えなくなったということで、それに代わる技術をやはり日本が代表で世界に先駆けて行うべきだと考え、この場に臨んでおりました。ただ、やはり難しい技術ですから、うまくいったこと、失敗したことを次につなげる。そのうまくいかなかったことも、次にやられる方々にしっかり引継ぎをされながら新技術開発を目指していただきたく思います。以上です。

【中村分科会長】 ありがとうございます。それでは、中野様よろしく申し上げます。

【中野委員】 長崎大学の中野です。私はテーマ A と B を中心にいろいろと勉強をさせていただきました。各テーマそれぞれに目標を掲げられ、1 年半という短い期間の中ですばらしい成果を上げられていることに感銘をした次第です。特にテーマ A1 は、私も磁石のいろいろな材料を取り扱っておりますが、この短い期間で、バルク材料でこれだけの保磁力をこの組成で出してくるということは驚くべき成果だと思います。さらにテーマ A3、こちらは材料開発から実際のモーターに組み上げていったという成果で、予想に反してうまくいかなかった点多かったと思いますが、ある程度の成果は得られたものと考えております。各テーマで難しかった点は多々あったと思いますが、特にうまくいかなかったことに関して、何かそういった側面からも今後いろいろと議論をしながら続けていけると、またきっと良い成果が出てくるのではないのでしょうか。そういった面も含めて本日は勉強になりました。ありがとうございました。

【中村分科会長】 ありがとうございます。それでは、中島様よろしく申し上げます。

【中島委員】 国立環境研究所の中島から講評をいたします。私自身は、サプライチェーンに内在するようなリスクといったものを念頭に、今回の中でも上げられていたサプライチェーンの強靱化とその技術の社会実装という点について少し関心を持ちながら拝見しておりました。20 世紀に入り、爆発的な増大傾向を示した資源利用、この 100 年間で、ストックベースで 20 倍にもなったと言われていますが、この先もその増大を示すことは、私が研究しているマテリアルフローの分野においても言われています。この事業では、サプライチェーンの強靱化を念頭に、例えば今、対応が不可欠である脱炭素化・カーボンニュートラルの実現に欠かせない磁性材料やモーターの開発、さらには機能性材料の開発に取り組みされており、非常に短い実施期間での研究開発にもかかわらず、サプライチェーンの強靱化への期待が大きく高まったと感じております。特に、磁性材料、モーター等の開発においては、材料の DX 化を

牽引するようなテーマ A2 グループでの成果に加え、環境制約下での資源が求められる中、A3 のようにつくる上での省資源化、資源効率の向上を期待させるような技術も含まれており、サプライチェーンの強靱化に加えて資源利用に伴う、ほかに生じる可能性のある負の側面の緩和・解消にも貢献する可能性が期待できると感じました。また全体を通して、各研究開発項目の中には、それぞれのテーマで十分な達成に至らなかった点ももしかしたらあるのではないかと承知するところですが、これらについては、課題や失敗学ではありませんが、失敗の原理なども含めて知の蓄積として情報を残す。うまくいった成功体験だけでなく、そういったものについての知識にも期待をしております。きっとそれがまた次の開発等につながっていくのではないのでしょうか。以上です。

【中村分科会長】 ありがとうございます。それでは、大森様よろしく申し上げます。

【大森分科会長代理】 大森です。私は A テーマと B テーマを中心に今回評価をさせていただきました。議論の中でもいろいろ発言をいたしました。A1 の $TbCu_7$ タイプで新しい材料が出来たということ、これは磁石に携わっている者からすると、すばらしい成果だったと言えます。これを、実際にもう少し安定してボンド磁石としてまず使えるようにする。それから、さらにそれを高密度化して、もう少しフルのデンシティーでもって磁石特性が出るようにする。このあたりにぜひ期待しております。そして、A2 では、なかなか難しい開発プロセスではあるのですが、そういう今世の中にあるいろいろな方法を新しいこういう材料開発の中に取り込んで進めるという意味では、少し頑張ってみて試みられているものと思います。これが、現実にも物をつくるためのプロセスになるようにぜひ頑張ってください。そして A3 のモーターですが、これもボンド磁石を実際に使ってモーターとして機能するようなものが現実に今出来たわけです。ただ、まだ耐熱性の問題等々、解決しなくてはいけない部分もいろいろと残っているかと思いますが、さらに実際に向けて、これでもって車が走るようなことを期待して頑張ってください。それから B テーマについては、実はちょっとこのプロセス開発について心配なところもありました。今回コンマ 5 mm という非常に薄い板状のもので開発を進められていますが、そのあたりが本当にこの開発において合っているのだろうか。そういったあたりもよく考えられながら進められるとよかったですのではないかと思います。ぜひ今回の成果をきちんとまとめられて、次につなげていっていただきたいと思います。以上です。

【中村分科会長】 ありがとうございます。それでは最後に、本日の分科会長を務めました中村より講評をいたします。まず補正予算で非常に短期間において、これだけ良い成果が上げられていることは大変すばらしい限りです。実施された方々に対して敬意を表します。私、こういう評価分科会の分科会長をさせていただくことは間々あるのですが、今回は比較的安心をしてこの役に就かせていただいております。比較的長いプロジェクトもある中、これだけ短い間でよくここまでそろえられたというところで、本当に関心をいたします。

個々に関して言えば、それはいろいろとあるのだと思います。ただ、やはり磁石の研究において日本が強いというところをもう一度感心させていただいたのは、非常に良かったと言える点です。よく言われるように、計算科学、インフォマティクス技術を使って開発をしようということで、今回完全に磁石をそこまで持っていくというのはなかなかできなかったと思うのですが、そういう方向が出たということ自体が大変良いことではないでしょうか。そして、実はそこが日本の強かった点でもあるのです。その現実的な対応を、日本のメーカーとそれをサポートされる大学の先生方、もちろん国研の方々も含めてすごく強かった部分ですから、もう一度そのあたりはしっかりスクラムを組んでいただきまして、他の追従を許さないような磁石大国をつくっていただけたらと思います。大げさに言うと、

今回その芽が出たのではないかという気持ちです。また、Cテーマに関して言えば、私は逆に言うとも専門ですのでよく分かります。そのため、もう少し頑張りどころもあったような気もしないわけではありませんが、大変難しいものなのです。特にピーカーテストで行えるものと実際のプロセスで行うものとのバランスを取ること、フローのバランスを取るとするのは非常に難しいことがあり、その点では100%ではなかったかもしれませんが、めどが立ってきているということですし、新しい抽出剤の開発の方向もいろいろ出されています。なおかつ、本日良かったと思った点は、C1とC2であまり連携がないのかと思っていたところが、そうでもない。見方によっては、あれはすごく良い組合せだったということがよく分かりました。逆に言うと、推進部のほうでもう一度そういうストーリーもきちんとつくられれば、あれはあれですばらしい形になるように思いました。特に、昨今いろいろ言われているサーキュラーエコノミーという点から考えると、非常にリーズナブルであり合理的な位置づけになるかと思えますので、その点もぜひ協調をしていただければありがたいです。以上になります。

【緒方主査】 委員の皆様、ご講評を賜りまして誠にありがとうございました。それでは、ただいまの講評を受けまして、推進部の林部長より一言賜りたく存じます。よろしく願いいたします。

【NEDO 材ナノ部_林部長】 それでは、材ナノ部の林より一言申し上げます。まず、本日長い間、実施者の方々も含めて、ご説明及び質疑応答に対応していただきまして誠にありがとうございました。また、委員の先生方から大変温かい講評も頂戴いたしました。まだ未達な目標もあったものの、もともとかなり高い目標であったと理解いただけたことと思います。あわせまして、それに向けて出たある意味失敗と言えば失敗、これを、未達の原因として分かっているものは知識としてしっかり残すべきというご示唆、ご指摘も頂戴したところです。これは、私たちにとって、あるいは今回研究に臨んでくださった皆様においても非常に力強いお言葉であったと受け止めております。また、先ほどのCプロジェクトにおいて、少しストーリーテリングが足りておらず誠に申し訳ございませんでした。「大変良い組合せであった」というお言葉を中村分科会長からいただきましたが、私どものほうでも、少し説明ぶりについて改めることとし、宿題とさせていただく所存です。

本日、これで全体としての閉会を迎えますが、実施者の方におかれましては、大変長い間にわたりまして、お待ちいただく時間もございましたが大変ありがとうございました。委員の先生方におかれましては非常に長い時間ご議論を交わしていただいたことに御礼を申し上げます。以上です。

【中村分科会長】 ありがとうございました。それでは、以上で議題8を終了といたします。

9. 今後の予定

10. 閉会

配布資料

- 資料 1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 2 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料 3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
- 資料 4-1 NEDOにおける研究評価について
- 資料 4-2 評価項目・評価基準
- 資料 4-3 評点法の実施について
- 資料 4-4 評価コメント及び評点票
- 資料 4-5 評価報告書の構成について
- 資料 5 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料 6 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料 7-1 事業原簿（公開）
- 資料 7-2 事業原簿（非公開）
- 資料 8 評価スケジュール

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

「部素材の代替・使用量削減に資する技術開発・実証事業」

(事後評価)分科会

質問票

資料番号 ・質問箇所	ご質問の内容	回答		委員 氏名
		公開 可	説明	
【A1】 6-1 P5	微細粒子を熱処理し、Nb, B の濃縮が生じたとありますが、これは何が生成したのでしょうか。また、それは安定相？なのでしょうか。	公開 可	メルトスパン法によって作製された急冷薄帯は、アモルファス相から構成されていますが、その後の熱処理によって Sm, Fe, Co を構成元素として含む TbCu7 相が微細析出してきます。この析出過程において TbCu7 相に用いられない Nb と B が粒界に吐き出されていき、熱処理時間が長くなるにしたがって粒界部に濃縮されていきます。したがって粒界部はアモルファスの状態であると考えています。	中村 崇
【A2】 6-1 A-2 P7	全更新型と階層型のモデル作成の違いがどのようにコスト削減につながっているのでしょうか。	公開 可	全更新型は既存データに新たなデータを追加して全データで一から計算し直すため計算コストがかかります。階層型にすると既に計算したモデルに対して追加データの計算で済むため、全体的な計算量が少なくなることになり、計算コストが下がります。	中村 崇
【A2】 6-1 A-2 P11-12	熱プラズマ法を用いたハイスループト粉末製造ではチャンバー内の場所で得られる結晶相が異なっています。これは製造条件でどこまで制御可能で、かつ各結晶相の粒子の使い道はそれぞれあるのでしょうか。	公開 可	この研究テーマのコンセプトは一度に多成分の粉末を作製することで、場所に依存して異なった結晶の粉末ができることを良としております。均質な粉末製造を目的にする場合は、製造条件をそのように適正化すると、制御は可能ですが、この手法は本質的に組成がばらつく要素を有しております。材料にも依存するため、定量的にどこまで制御可能かと	中村 崇

			<p>いう表現は一概には言えませんが、蒸気圧や融点が比較的近い元素で構成されている材料は、均質化が可能です。各結晶相の磁気特性を調べることで、組成と磁気特性のマップが作り出せ、例えばAIデータとして活用することを想定しております。</p>	
【A2】 資料7-2 テーマA 2	<p>図5でBrとHc_jの予測値と実験値の関係が示されているが、予測値とはどのようにして得たのか？</p>	公開可	<p>図5はニューラルネットワークアルゴリズムを用いて、組成データやプロセス条件データなどと磁気特性の関係を学習させ、その学習結果に対して、新たな組成データやプロセス条件を入力して計算した結果を予測値としています。</p>	大森賢次
【A2】 資料7-2 テーマA 2	<p>図6でも上記同様、予測値はどのようにして求めるのか？</p>	公開可	<p>図6は取得した実験データを基に、ベイズ最適化手法を用いて、予測値を計算しております。</p>	大森賢次
【A2】 資料7-2 テーマA 2	<p>図14の実験結果と数値計算結果の関係を教えてください。どのような意味があるのか？</p>	公開可	<p>図14の実験結果と数値計算結果は直接視覚的に比較が可能です。特に、(a)と(c)は室温での結果ですので直接比較可能です。ここで数値計算は混合気体が初期状態として与えられています。従って、計算で得られた組成分布は、非常に理想的で最も狭く得られます。実験結果と数値計算を比較することで、数値計算では考慮していない、蒸発過程や原料供給と揺らぎによる影響を分離することができます。</p> <p>(b)は1600Kでのプロセス途中でのスナップショットです。これにより、Ni-Cuの合金系においては必ず液滴を経由するために、均質な合金を作製することができることを示唆しています。</p>	大森賢次
6-2 B-1 P12	<p>Brや保持力が不足していますが、改善の方法があれば教えてください</p>	公開可	<p>圧延プロセスをもちいて磁気異方化させる場合は既存設備の改造では</p>	中村崇

	い。		なく新規圧延機と磁気異方化装置をセットで新規設計し雰囲気下で一連のプロセスを行うことなどで Br と保持力が改善する可能性がございます。	
資料 7-2 テーマ B1	表 1.2-1 で示されている定格試験の条件を教えてください 熱静定となっているが何度になっているのか教えてください	公開可	報告書記載「B-3-1-5 試験方法」にある試験 回転数 50krpm 85krpm 91krpm 100krpm 2 回) と順番に負荷し、各回転数 10 分間 保持することで評価試験を行いました。熱静定の温度は、モータ内の各部において約 40~70°C となります。	大森賢次
資料 7-2 テーマ B1	図 A-1-2-6 で緻密度、残留磁束密度、保磁力の関係が示されている。Br と Hcj の関係がトレードオフになったという結果であるが、高密度になるとなぜ保磁力が低下するのか? 結晶粒の増大?	公開可	高密度化することによって、保持力が低下する主な理由は、保持力発現に必要な主相に対する粒界の体積比が減少するためとなります。	大森賢次
資料 7-2 テーマ B1	図 A-2-1 の使い方を教えてください	公開可	説明が悪く、大変申し訳ございませんでした。図 A-2-1 の左図は電磁場解析のモデル図です。図 A-2-1 の右図は電磁場解析ソフト J-Mag Designer を用いて行った磁極間の磁束密度の結果です。縦軸は磁束密度、横軸は磁極間の距離です。	大森賢次
資料 7-2 テーマ B1	図 A-2-2 の具体的な設定を教えてください	公開可	均一磁場を発生させるには想定より大きな電流を要する着磁器の必要性が電磁場解析を通して判明しました。それゆえ当初よりもコイル・電源の巨大化が想定され、熱対策も考えると IHI 所有の圧延機に大幅な改造の必要が明らかになりました。そのため 図 A-2-2 については概念設計のみを行い詳細な設定までは検討しておりません。	大森賢次
資料 7-2 テーマ B1	図 1-1-1-2 で接着層厚と絶縁抵抗の関係を示しているが、スプレー塗に比べて刷毛塗りが高いが、ぬ	公開可	今回使用した接着剤は比較的高粘度の仕様です。刷毛塗りでは高粘度の接着剤であっても塗りムラなく施工	大森賢次

	りむらの影響はないのか？		でき、均一な絶縁層 による高い絶縁抵抗が得られております。一方スプレー塗りで低粘度化のため希釈剤を混合しております。希釈剤の揮発やス プレームラによって均一な絶縁層が得られ ず、一部接触する箇所や気泡を嚙んでしま ったため絶縁抵抗が低下したと推定しています。	
資料 7-2 テーマ B1	表 B-1-2-1-1 の 7mm 3 枚積層で、絶縁試料の厚さが短絡試料のものに比べて薄いのはなぜですか？	公開 可	ご指摘の件、絶縁試料と短絡試料の厚みの 違いは、積層する磁石の各厚みにバラツキ があるためです。本報告書の鉄損比較評価 への影響はございません。ご指摘ありがとうございました。	大森 賢次
資料 7-2 テーマ B1	B-1-2-2 加工成型磁石の計算結果で鉄損の周波数依存性を求めているが、磁束密度を 0.01T としたのは印加磁界の問題ですか？それとも何か特別な意味があるのでしょうか？ 積層効果で全鉄損に占める渦電流損失の割合が減少していると表現しているが、磁石の厚さが薄くなれば渦電流損失が小さくなるのはこれまでわかっていたことではないでしょうか？	公開 可	ご指摘の通り「磁束密度を 0.01T とした」 のは印加磁界の都合です。そのため励磁コ イルに電流を印可する電源容量に基づいて 計測磁束密度を決定しております。「磁石の厚さが薄くなれば渦電流損失が小 さくなる」のは仰るとおりです。今回は高 速回転モータに用いる積層磁石の基礎データを取得する目的で B-1-2-2-2 の実測値を 取得いたしました。	大森 賢次
資料 7-2 テーマ B1	表 B-3-1-6-1 で不釣り合いのデータを示しているが、素人ですのでよくわかりません。詳しく教えてください。	公開 可	不釣り合いは、回転中心に対する重心のず れを意味しますが、重心のず れは軸方向に 一様とは限りません。そのため、特定の位 置（今回は図 B-3-1-4-2 の赤矢印の位置） に不釣り合いを集中させた場合の不釣り合い量と周方向位置に対応する位相を示した 結果が表 B-3-1-6-1 となります。言い換え ますと、データに示された位置において、 データに示された質量を除去すれば、不釣 り合い	大森 賢次

			<p>が無くなり静止状態でバランスが取れた状態になることを意味します。位相 $1 \sim 4$ (単位角度$^\circ$)、質量 $1 \sim 4$ (単位 mg) とあるのは、各運転の前後に計測の回数を意味しています。ここでロータが遠心力により変形、破損した場合、周方向および軸方向に一樣に変形、破損する可能性は低く、重心の位置にずれが生じると考えられます。本試験の結果、スピンテスト前後で不釣り合いに変化がなかったことから、ロータ内部で変形や破壊が起きている可能性は低いと判断しました。説明不足していたことを深くお詫びします。</p>	
<p>資料 7-1 ページ(V-41) 図 A-1-2-6</p>	<p>Sm-Co (1-5 系磁粉) の焼結、圧延、プレス工程により重希土類を使用しない高抵抗・希土類系磁石の開発に関する本研究は、難しいプロセスを工夫しながら、モータ応用を視野に入れた素晴らしい材料開発テーマだと確認できます。その中で、Sm-Co (1-5 系磁粉) を使用されており、焼結直後 (積層前) の試料の磁気特性に興味を持っております。</p> <p>残留磁気分極の関係から、市販の Sm-Co 系焼結磁石は、2-17 系が中心と思われます。仮に、1-15 系の焼結磁石を積層なしで活かす領域などお考えでしたらご教示ください。積層型にした際に樹脂等の利用で耐熱性に限界が生じるものと思ひ、あえて単層の焼結磁石のご質問をさせていただきました。</p> <p>なお、市販材は 1-5 系がメインといった内容は、本質問者の浅い知識ですので、間違っております</p>	公開可	<p>本プロジェクトで最も苦労しました SmCo (1-5 系磁粉) の焼結、圧延、プレス工程により重希土類を使用しない高抵抗・希土類系薄型磁石に興味をもって頂き誠にありがとうございます。お尋ねの「1-5 系の焼結磁石を積層なしで活かす領域」については、可能性があるかもしれないと思っております。専門家の先生のご指導を仰ぎたい所存でございます。</p>	中野正基

	たらこの時点でご指摘ください。			
【C2】 6-3 C-2 全体	新しいセリアの高純度品を使い触媒能に効果的なのわかりましたが、アルミナ添加でカバーする場合、コスト的にどうですか。	公開可	<p>現行の実用触媒においては、セリア系担体に貴金属を担持した触媒とアルミナ系担体に貴金属を担持した触媒を同量混合してハニカム担体にコーティングして使用されております。本研究では、純度の低いセリア原料を使用したセリア系担体触媒の触媒性能低下をアルミナ担体触媒への少量のセリア添加による触媒性能向上により補うことができることを実証しました。アルミナ担体へのセリア少量添加は、貴金属担持工程において、貴金属塩水溶液等に硝酸セリウム等添加し、共含浸により貴金属と同時にセリアを担持することができ、調製プロセスの工程が増えることはなく、添加するセリウム原料も少量のため、大幅なコスト増は無いと考えております。例えば、本研究で作製しましたハニカム触媒の場合、触媒担持量100gの内、アルミナ担持触媒は50gであり、アルミナ担体にセリアを3%添加として硝酸セリウムの必要量と価格（市販試薬品）から計算されるコスト増は40円程度となります。</p>	中村 崇