

## 研究評価委員会

### 「高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業」(中間評価) 分科会 議事録

日 時 : 2019年7月3日(水) 9:30~17:05

場 所 : WTC コンファレンスセンター Room B  
(世界貿易センタービル 3階)

出席者(敬称略、順不同)

#### <分科会委員>

分科会長 大和田 秀二 早稲田大学 理工学術院 創造理工学研究科 地球・環境資源理工学専攻  
教授  
分科会長代理 松野 泰也 千葉大学大学院 工学研究院 都市環境システムコース 学部コース長  
教授  
委員 柴田 浩幸 東北大学 多元物質科学研究所 材料分離プロセス研究分野 教授  
委員 柴山 敦 秋田大学大学院 国際資源学研究科 資源開発環境学専攻 教授  
委員 筒井 一就 株式会社グリーンサイクルシステムズ 製造部 部長  
委員 松八重 一代 東北大学大学院 環境科学研究科 先進社会環境学専攻 教授

#### <推進部署>

田中 秀明 NEDO 環境部 部長  
阿部 正道(PM) NEDO 環境部 主任研究員  
藤江 潤二 NEDO 環境部 主査  
山田 裕臣 NEDO 環境部 主査  
山根 淳史 NEDO 環境部 主任

#### <実施者>

大木 達也(PL) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー環境領域・環境管理研究部門  
総括研究主幹  
古屋仲 茂樹 国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー環境領域・環境管理研究部門  
資源選別プロセス研究グループ グループ長  
成田 弘一 国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー環境領域・環境管理研究部門  
資源精製化学研究グループ グループ長  
大石 哲雄 国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー環境領域・環境管理研究部門  
主任研究員  
山田 宏志 佐藤鉄工株式会社 環境 エネルギー部 部長  
浦出 陽子 株式会社リーテム サステナビリティ・ソリューション部 部長  
矢板 毅 日本原子力研究開発機構 物質科学研究センター 副センター長  
田畑 奨太 DOWAエコシステム株式会社 環境技術研究所 所長  
室田 忠俊 株式会社三徳 開発部 開発部長

<評価事務局>

梅田 到 NEDO 評価部 部長

塩入 さやか NEDO 評価部 主査

福永 稔 NEDO 評価部 主査

## 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
  - 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廃製品自動選別技術開発
  - 6.2 研究開発項目②廃部品自動選別技術開発
  - 6.3 研究開発項目③-1 高効率製錬技術開発 (高精密金属イオンサイズ認識分離技術)
  - 6.4 研究開発項目③-2 高効率製錬技術開発 (濃縮系少量材料の高効率製錬リサイクル技術)
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、分資料の確認
  - ・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に基づき評価事務局より説明。
  - ・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
  - 評価事務局より資料2及び3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの詳細説明」及び、議題7.「全体を通しての質疑」を非公開とした。
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資料4-1~4-5に基づき説明した。
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  
引き続き、推進部署より資料5に基づき説明が行われた。

5.3 質疑応答

推進部署からの5.1および5.2の説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

【大和田分科会長】 それでは、議論に入りたいと思いますが、技術の詳細については議題6で行いますので、ここでは主に本事業の位置づけ、必要性、マネジメントについて議論したいと思っております。

それでは、ただいまの説明につきまして、どうぞご質問、ご意見等をお願いいたします。

【柴田委員】 ご説明ありがとうございます。東北大学の柴田です。研究開発マネジメントのアウトカム目標のところで、最終的に年間1,000億円相当の金属資源を新たに資源化するということですが、今のご説明だと、この1,000億円の内容は議題6になってしまうのかもしれませんが、ばらばらになった部品を資源と位置づけて、それを1,000億円で誰かが引き取ってくれるという理解でよろしいのでしょうか。

【阿部PM】 この1,000億円のはじき方ですが、現在、海外に輸出されているミックスメタルが一定量ありまして、それが日本国内で再資源化されていない。それが再資源化されたらこれぐらいの新たな市場を得られるだろうという試算ですので、そういう観点で出した数字ということです。

【柴田委員】 そうしますと、この事業で実際に出てくるであろう部品が個別にあるわけですよね。そういうのをもし積み上げたらという試算をされているわけではないということになるのでしょうか。そこがもうミックスメタルというご説明ですか。

【阿部PM】 そういった試算もやっています。例えば、小型家電に限定して、現状の小型家電の回収量に由来とれていない有用金属まで回収できたらどれぐらいになるかといった試算もありますが、本日はその数字は出していません。

【大和田分科会長】 その関連質問ですが、基本的にできたからといって売れるわけではないのです。そのあたりのライフサイクルシミュレーション的な、いわゆるサプライチェーンをどうやって築いていくか、そのあたりのお考えがあれば伺いたいのですが。

【大木PL】 アウトプットとして表明できるようなものは検討中で、まだないのですが、一つは、我々が保証として欲しいと思っているのは、これは後半のところでもお話することになるかもしれませんが、まず選別技術について、今までは、レアメタルをとる、例えばタンタルコンデンサをとるとかいうと、タンタルコンデンサ専用ラインをつくってしまうのです。そうすると、タンタルの値段が高いときはそれを動かしますが、安くなると動かさなくなる。磁石もそうです。そのように、今までやっていたレアメタルなどは新しいラインを設けることによってコストをかけて回収するということなのですが、今我々が考えているのは、どうせ人手はかかからない、電気代しかかかからないので、ターゲットからとれるものはとりあえず全部回収しておきましょうと。その回収されたものについて、今、DOWA エコシステムさんにご協力いただいて、製錬の受け取り条件がどういうものになるのかということをお調べいただいております。つまり、逆有償ということはないので、幾らかはわからないが、製錬が受け取ってくれるのだということで資源化の保証を担保しようとしています。つまり、その受け入れ条件をクリアするような産物として回収するということ。

もう一つは、これはどこから切り出せばいいのかというのは難しいのですが、我々の技術が将来的に展開していくには、情報をどうやって流通させるかとか、物をどうやって集めてくるかとか、あるいはロジスティクスの観点、コストの観点からなるべく移動距離を少なくするにはどうしたらいいとか、そういうことは一応シナリオのようなものを描いておりまして、技術が孤立しないように、社会に

導入したときにどういうシステムを組めば合理的に回るであろうというようなシナリオの検証は、まだそれほど大々的にはやっていないのですが、この技術を導入する保証として検討を進めているところです。

【大和田分科会長】 わかりました。

基本的にこの事業が成立したとき、恐らく全国規模でやることになると思いますが、そのときの全体の、昨今の流れから言うと、CO2削減にどうつながるのかということと、コスト削減にどうつながるのかという2点はある程度シミュレーションをしっかりとやっておいたほうがよろしいかと思います。

そのほかはいかがでしょうか。

【筒井委員】 ご説明ありがとうございました。

私の質問ですが、非常に長い期間のプロジェクトになるのですが、その間に回収する製品の価値はどんどん落ちていくと思うのです。家電製品で言いますと、例えば回収したもののモーターは従来は巻線銅だったのですが、どんどんアルミ化が進んでいるとか、プラスチックの比率が非常に大きくなっているとかありまして、スマホとかそういう製品についてはライフサイクルが短いので、そういう傾向、要するに回収物の価値がなくなっていくような傾向は、家電製品よりももっと早いのではないかという気がするのですが、その辺の評価はされているのでしょうか。

【大木 PL】 先ほどご紹介しましたが、製品データベースをつくってありまして、製品の中に入っている金属価値がどのように変動していくのかというのを見てみますと、例えばスマートフォンは10年前に出始めたころに比べたらかなり金の量が減っているとか、確かに価値は落ちているのです。ただ、ある意味下げどまりかなというところまでは来てありまして、回収するものの総価値は上がりませんので、我々が強いてできるとすると、今まで銅製錬に持って行ってしまっただけで回収されなかったレアメタルを分けて回収することによって、その分も価値として認めていただくということは一つあると思います。

もう一つは、このプロジェクトの目標ではありますが、リサイクルプラントを極力無人化していく。今、我々は、このプロジェクトの中では選別工程だけは無人化しようと、つまり手選別、手解体を一掃しようということですが、将来的にはもっと前後の工程も省人化していこうということで、コスト削減で競争力をつけていくしかないのかなと考えているところです。

【柴山委員】 貴重なお話をありがとうございます。わかりやすく聞かせていただきました。

私、柴山からも幾つか質問させていただきたくて、最初の柴田先生の質問にも関係するのですが、今回、自律型のリサイクルプラント、大きな選別能力を持つプラントになるかと思うのです。この開発が進んだ後の社会実装とかアウトカムに近い姿だと思うのですが、産総研さんとか今回の事業体の中で使おうとされているのか、それともリサイクラーさんとか家電メーカーさんも含めたプラントさんに使ってもらうための装置として実用化を進めていこうとされているのか、要は事業実体をどのような構想で描かれているのかということをもっと聞かせていただきたい。中間ですから今の段階でいいと思うのですが、お願いいたします。

【大木 PL】 PL というか実施者を代表して申し上げますと、実施者側でできることとすると、一つは技術開発をしてそういう装置を世の中に送り出すということで、そのために開発者として佐藤鉄工さんに入ってくださいとあります。開発して一番最初に使うプレイヤーとしては、我々の中では大栄環境さんやリーテムさんのようなところを想定しておりますが、これはもともと広く普及することを目指すものだと思っていますので、そういったところで実績をつくっていった暁には、さまざまなリサイクラーさんに導入していただく。あるいは、今回はサンプルとして小家電4品目ということでやっていますが、当然将来は拡張して行って、さまざまなリサイクル対象についても無人化ができる、あるいは高度な金属回収ができるようなシステムに応用していく、その一つの突破口として考えておりますので、我々プレイヤーの中で抱え込むつもりはなく、ただ、少なくとも我々プレイヤーの中では実用化の

プランを持たなければいけないという意味で進めているところであります。

【柴山委員】 よくわかります。

そうすると、例えばプラントとかにかかるとか全体の費用も抑えなければいけない。センシングもいろいろなものをユニットで使ったりして高いプラントになるとちょっとどうかなというのもあるので。いずれはそういった評価もされるということになるのですか。

【大木 PL】 はい。これはまだ開発段階ですので、実際にどれだけかかるかというのを積み上げていく。しかも、我々が認識できるのはコストですが、ビジネスとなると当然もうけを上乗せして販売するのが実売価になりますので、実際の販売が幾らになるかというのを今の段階で推定するのはなかなか難しいのですが、欧州製のこういったプラントを丸々提供するようなシステムは、私が知る限り、7億とか10億とか、あるいはその後もメンテナンス費用として定期的に支払い続けるようなシステムだと聞いております。一応当初の漠とした目標ですが、7億の半分ぐらい、3億5,000万ぐらいでこのシステムができれば非常に競争力のあるものになりますし、こういった情報を国産の企業がグリップすることによって次の開発もしやすくなるような環境をつくれるのではないかということで、最終的には佐藤鉄工さんとかとも相談しなければいけません、どのぐらいの販売額になるかというのは断言できませんが、目標としては欧州製よりも安くということ掲げてやっているところです。

【柴山委員】 今、大木リーダーから説明があつて、いろいろな製品に使えるようにという話もありましたが、今のスマホとかの対象ではなくて、ここに掲げられている2035年の売上予測なんかが出てくると、そのころにはもっと小型のものとか腕時計型のウェアラブルとかがいっぱい出てくると思うのです。将来はそういったものにも応用できるプラントを想定して、この5年の段階では限りがあるかもしれませんが、そういったことも一応考えたプラント設計をしていくということですか。

【大木 PL】 まさにそうでした、発表の中でも申し上げたように、誤解がないようにと思うのですが、今サンプルとしてターゲットとしている4品目だけにしか使えない装置をつくらせているわけではなくて、あくまでもこれをサンプルとして広く応用できるような装置の概念あるいは自動化のアルゴリズムを構築しているという認識ですので、将来、我々だけではないかもしれませんが、これに追従してくださるような企業さんが現れるとか、あるいは大学、さまざまな研究機関がこういったことを今後展開していくことによって、さまざまなターゲットとかさまざまな目的のリサイクルプラント、我々としては21世紀型のとりたいと思っているのですが、物理選別技術開発を国内で促進することによって展開を図ると同時に、本当はSUREアカデミーのところでも申し上げたかたのですが、世界が日本をまねするような技術開発を、ぜひ、ここで養っていきたいと思っているところです。

【柴山委員】 最後に一つだけ。この質問は次の議題6の技術に近いのかもしれませんが、サブテーマというのですか、研究項目①と②は製品であったり部品であったりということで、バルク体を主に見ておられるところがあると思うのですが、③は元素であったりイオンであったりということで、非常に小さなものを相手にされている。その間に、例えば溶かすとか、製錬の工程になるのですが、1クッションあると思うのです。そこは特に扱われない形になるのですか。

【大石主任研究員】 物によりますが、例えば熔融塩電解では、物理選別で磁石の形で回収できればそのまま投入できます。もちろん磁石にも種々のコーティングがあるので、物によって剥離工程などは必要です。ただ、テーマ①、②からどういうものが出てくるかは現状わかりませんので、今後検討していく予定です。

【大和田分科会長】 そのほかにかがでしょうか。

【松八重委員】 ご説明ありがとうございます。

廃製品の自動選別において参照される資源価値データベースというものがよくわからなかったのですが、グラフを拝見しますと、ほぼ金だよねというところが見えてきてしまうと思うのです。例えば先

ほどおっしゃられましたタンタルとか将来的に調達が懸念されるようなものは、必ずしも価格としてそんなに大きなものを占めないと思うのですが、それでもターゲットにするというのは多分そういうことだと思うのです。意識としてはわかっているのですが、そういった資源価値データベースは何を参照するかによってターゲットは変わってくると思うのです。現状では資源価値データベースというのは、何か商用のデータベースとか国際マーケットの資源価格といったものを参照しておられるのでしょうか。

それから、もしかしたらそれに関連するのかもしれないのですが、再委託で行われております環境影響の算定を可能にした成果というのがどのように反映されているのか。もしかしたらこのあたりに今の資源価値データベースのあたりに反映されるのかなと考えているのですが、現状ではそれがどこに反映されているのか、再委託として既に動いていらっやると思うのですが、どのように反映されているのかということについてお伺いさせていただければと思います。

【大木 PL】 資源価値データベースについては後ほど担当の古屋仲から解説していただきますが、基本的には、今、私のところではリサーチ研究と呼んでいるのですが、トランスフォーマブル選別システムというところで最後の製錬原料化が決まってきます。その原料化をするときに、まずどういう組成のものであれば売れるかということと、それが入り口に対してどのぐらい出てくるのか、あるいは日本国の人口に対してどれだけ小家電が排出されるのか、どのぐらいの拠点数があったときにどのぐらい移動距離があるのかというシナリオを立てるためのベースとなる、言い方が不正確かもしれませんが、ソフトウェアをつくっている段階です。先生がおっしゃったような個別のデータを入れ込んで評価をするというのは、実は後年度に行うことになっております。ですので、今この段階でつくっているソフトウェアの情報は具体的にはリンクしていない状況です。ただ、我々が後期にこれを完成させて実用化するまでの段階では、そのオペレーションは、そのつくったソフトウェアで評価した結果を反映した形でハードウェア技術を社会導入していこうというプランになっておりますので、今の段階での反映というのは残念ながらなくて、あるいはでき上がったものがどの程度の完成度かによって、例えばLCA評価も当然変わってくると思いますし、回収金属の割合も変わってくると思いますので、それがわかった段階でそういう評価をできるようなシステムの開発を進めているという段階です。

【古屋仲グループ長】 資源価値データベースの件ですが、これは製品を手解体して基板を取り出した後、金属部品、大型の部品等を含めて全ての部位の重量を計測して元素分析するものです。元素の価格で表現しますと金が大半を占めてしまうのですが、重要なのは製品が含有する全ての金属元素の重量を押さえているということです。どの製品を何台処理したらこの元素が重量でこれくらい集まっているはずだというような判断ができるものにしたということです。ですので、価格というのはあくまで一つの指標と考えています。ただ、価格につきましても、データベースの運用上は、今回は2012年度の資源価格が高騰した時期の元素価格をベースにまとめていますが、その辺はユーザさんが自由にその時々の元素価格を反映できて、リアルタイムの情報で評価できるようなデータベースを今つくっているとお考えいただければと思います。

【松八重委員】 ありがとうございます。

もう一点、SURE アカデミーは非常にすばらしい取り組みだと思ひまして、人材育成も含めて社会への導入促進を行うというのは非常に重要なことだと思っております。この運営なのですが、これはNEDOプロとして取り組んでおられるのでしょうか。これは否定的な意味ではなくて、むしろそういったものを含んでいるということはずごくすばらしいことだと思っております、技術開発だけでこれだけできましたというや、単に論文発表をすとか新聞に載るといったことだけではなくて、アウトリーチ、実際にそれが導入される先の人たちにあらかじめ技術の進展について情報をシェアするというような取り組みをプロジェクト期間中に行っているのはすばらしいと思うのですが、こういった運営

についてはどのようにNEDO プロの予算内といたしますか、そういったところで取り組んでおられるのかということをお教えいただけますか。

**【大木 PL】** SURE アカデミーについては、残念ながらNEDO プロの予算は使っておりません。SURE コンソーシアムというコンソーシアムの中の予算で運営しております。ただ、そもそもこのSURE コンソーシアムでビジョンを構築し、こういった技術が必要だろうということを養って、実はこの産学メンバーもSURE コンソーシアムの会員の皆さんとやって今回のNEDO プロの公募に対して提案させていただいたという経緯がありまして、まさにこのNEDO プロで検討しているような装置開発目線の研究を今後発展させていくためにはどういった視点から考えたらいいかとか、従来の教科書ではここは載っていませんでしたが、こういうことをこのようなアプローチで解決することが将来必要ですということを、我々NEDOの参画機関のプレイヤーだけではなくて、多くの皆様にご理解いただいて考え方の普及を図っていくことによって、先ほど委員の先生からご指摘がありましたとおり、このプレイヤーに閉じるのではなくて、将来日本のこういった技術の発展に寄与することの突破口という位置づけになればと思っています。

**【松八重委員】** ありがとうございます。

これは産総研ではなくてNEDOのマネジメント側に向けてかもしれませんが、SURE コンソーシアムでやっていますというのではなくて、むしろNEDO プロの中でこういったものを進めるべきではないかと思しますので、ぜひ、その点についてはマネジメントのほうから、これからほかのプロジェクトも含めてご検討いただければと思います。

**【阿部 PM】** ありがとうございます。

まさにおっしゃるとおりでして、NEDO プロジェクト自身、広報活動も含めて広く知っていただくような活動は当然やっていくべきだと考えておりまして、NEDO はNEDOのマネジメントの中でもそういったことをやっていく所存ではございます。

**【大和田分科会長】** ありがとうございます。後半は大変いい議論ができたと思います。実は私もその点は質問しようと思っておりましたが、ぜひ、よろしく願いいたします。

そのほかはいかがでしょうか。

**【松野分科会長代理】** 1点だけ、今ここで質問していいのか、後ほどの技術のところでも質問していいのか迷う次第ですが、一応シェアということで。

先日産総研つくばを見学させていただきました。本日もご説明をありがとうございます。

先日は、製品の自動判別と選別を見せていただきました。その際、お時間がなかったのか、高効率製錬の見学はなかったのですが、今回、高効率製錬のほうは大変画期的な技術をご説明いただきまして、大変興味深く拝見させていただきました。

ターゲットなのですが、実用化を鑑みて三徳さんもいらっしゃるということで、ネオジムとディスプロシウムとの分離に注力されるのか、それとももう少し幅広く元素をやられるのか、そのスタンスを教えてくださいたいのですが。

**【成田グループ長】** おっしゃるとおりで、ネオジムとディスプロシウムが磁石の主要成分ですので中心になると思いますが、それ以外に、③-1の高効率製錬ではプラセオジムとネオジム、あとディスプロシウムとテルビウム、これらの割合が変わっているのが混ざっていると、なかなかリサイクルしにくくなりますので、これはかなりチャレンジングなのですが、そういう隣り合ったネオジムとプラセオジム、ディスプロシウムとテルビウム、その相互分離も狙っております。ネオジムとディスプロシウムの分離はもちろん必要と考えています。

**【松野分科会長代理】** その場合、事業相手はどこになるのでしょうか。お答えできる範囲で。

**【成田グループ長】** 事業先には、希土類の製造業者で今関連いただいているところを中心に考えておりま



す。

【大和田分科会長】 そのほかにかがでしよう。

今のことと関連もあるのですが、この事業は当初は小型家電が対象で、その中のレアメタルが一つのターゲットになっていたと思うのですが、今お話をいろいろ伺っていくと、例えば物理選別のところでは、基本的には小型家電だけではない、全ての廃棄物に対して、全てとは言いませんが、ある程度の製品となって出てくる廃棄物に対してはかなり有効なプロセス開発が行われていると思うのです。そこもそうですし、今のご質問についてもそうですが、今開発されていらっしゃるそれぞれの技術が、今後小型家電とかレアメタルの範疇を超えてどの程度の広がりを持っていくと、それぞれの担当の中で思っているかを伺いたいと思います。

【古屋仲グループ長】 研究開発項目①のソータ関連の装置ですが、詳しくはこの後の非公開セッションでご説明しますが、基本的には画像認識の精度を高めて、いろいろなものを分類して、さらにデータベースと連携しながら特性に応じた選別を行うというようなシステムです。ディープラーニングが最近非常に盛んになっていますが、基本的な分類能力は非常に高いものがありますので、今回の4品目に限らず、小型家電の対象範囲をどこまで広げるかというのはこれからの検討課題ですが、まだまだ余裕はあると思っています。

もう一つは、素材の選別に関しても、プラスチックとかアルミといったものも画像認識でできる部分はかなりあるのではないかと。例えばももとの製品の外観を保持しているような状態で粗選別をしようとか、現状の選別工程の一部分に選別機単体として入れるというのは検討の余地があると考えております。そういったことで、広がりという面ではまだ十分余地はあるのではないかと思います。このプロジェクトの範疇外になるかもしれませんが、そのような用途も視野に入れながら開発しているという状況であります。

【大木 PL】 研究開発項目②はバルク選別のところですが、①のソータは割と最近の技術、特に機械学習ソータは本当にごく最近急に発展してきた技術ですが、②は既に相当な装置が世界中で動いているわけです。私の希望的な考えではありますが、もしそういったものを全て自律制御、コンピュータ制御にできるようになったときに効率化が図れるということであれば、ありとあらゆる選別工程に対してこの概念を導入し得るのではないかと、極端に言えば天然鉱山の制御もコンピュータ制御しようということに発展し得るのではないかと考えております。いい比喻かどうか分かりませんが、ガソリンエンジン車みたいなものは50年前から走っているわけですが、今走っているガソリンエンジンは相当コンピュータ制御で効率化が図られております。同じようなことが物理選別でもできるのではないかなと。そうしたときに、生産性の改善とか、できれば現場の効率が上がるだけでなく、そういう技術が日本のエンジニアリング企業によって生まれていって、一つの大きなビジネスとして発展するということも踏まえて拡張できたらおもしろいと思っていますし、少しずついろいろなところで情報を使ったら何ができるかということを考えているような傾向がありますので、ぜひ、このタイミングで、世界に先駆けて日本がさまざまな選別装置の自律制御、自動制御をできるような技術ベースをつくりたいということで、今のところは将来的にはさまざまな選別にターゲットを拡張できると考えているところです。

【成田グループ長】 ③-1の精密相互分離は、今回はすごく基礎的なところなのですが、希土類元素の相互分離は各元素の中でも最難関のもので、何とかこの原理を押さえ、しっかりとした理論を構築することで、ほかの金属、特に価数が同じでイオンサイズが近くて分離が難しいというものがありますので、その辺にこの原理を適用できるように拡張したいと考えています。この後お話ししますが、いかに分離するイオンサイズの境界を動かすかといった研究もこのテーマの中でやっていますので、将来的には対応可能な金属をふやしていきたいと考えています。

【大石主任研究員】 ③-2 に関しましては、熔融塩中で分離能を持たせることがこの研究の核となります。

今回のプロジェクトの中では、前半は希土類のみを対象としていますが、後半ではほかの元素への展開もメインの課題の一つとして挙げています。例えば高融点金属など、熔融塩の得意とする元素群への展開は今後詳細に検討していく予定です。

【大和田分科会長】 ありがとうございます。

前半の物理選別のところは皆さんも把握しやすいと思います。私の見解で言うと、大木さんもよくご存じのように、現状のプロセスで言うと、破碎機とか選別機とか高効率のものをしっかりつけている日本企業は残念ながら産業としては持っていないというのが一番の弱点だと思うわけです。それは欧米で持っているかという、米は抜いておいて、ヨーロッパではかなり大きなメーカーが出てきている。ただし、彼らも狙っていることはほぼ同じようなことなのです。ただ、それをどう日本で先駆けてやっていくか。コンセプト自体はみんながそうやりたいというものを描いていらっしゃると思いますが、その具体化ができていないというのが世界的な現状だと思っていて、それをいかにいち早くこの NEDO プロで確立していくかが非常に重要だと思いますので、ぜひ、いい成果を期待したいと思います。

それから、後半のほうでは、詳細は議題 6 でやりますが、手法開発の部分、もしかするとその中から出てくる手法が今後の製錬技術を変革する可能性すらあるのではないかと期待しているのですが、そのあたりはいかがですか。

【大石主任研究員】 大分先の話にはなりますが、そのような期待も持っております。熔融塩電解に高度な分離能を持たせることは難しく、従来技術で希土類磁石を処理しても希土類のミクスチャーとしてしか回収できません。そのために多段の工程を経て分離して、きれいになった状態でようやく熔融塩電解で回収している。本プロジェクトの手法では、これを単一工程で達成することを狙っています。これがさらに他の元素にも展開できるとなると、製錬分野への展開、あるいは例えば超硬工具などの他の元素のリサイクルを大幅に省力化する、そういった事を心の中では大いに期待して研究開発しております。

【成田グループ長】 分離剤の開発についてお話ししますと、ほとんどの技術が 1960 年代から 1970 年代に確立されていて、マイナーチェンジはあるにしても、そのときのチャンピオンの分離剤が現在も使われているというのが現状ですので、何とか半世紀ぶりにすごいものをつくりたいという気持ちで取り組んでおります。

【大和田分科会長】 ありがとうございます。

もちろん現在も日本の製錬技術は世界に誇るべきようなプロセス、システムを持っていて、製錬技術自体も小さな改善はどんどん行われてきていますが、そろそろ抜本的な改善が起こってもいいころかなと思っておりまして、そういう意味ではこの技術開発に非常に期待したいと思います。

そのほかに何かありますでしょうか。

では、もう少し、あと 2 つほど質問させてください。

まず一つは、大体リユースとかリサイクルの概念というのは、通常リユースと考えると、部品をそのまま使っていくまじょうとか、製品のメンテナンスは当然そうですが、リサイクルというのは基本的には元素のサイクルと言ってもいいかもしれません。ただ、その中間的な概念が今まではなかったような気がするのです。それは何かというと、素材としての機能を生かす循環というものを新たな概念として展開していくのはどうだろうかと思っています。例えば今の場合には磁石の中のそれぞれの元素を元素ごとに分けるというのがあります。これは難しい技術であることはよくわかっていますが、例えば磁石そのものを磁石素材としてどうリユースしていくか。「素材としてのリユース」という言い方をしているかどうかわかりません。まだこういう言葉はないと思いますが、いろいろな意味で素材

というのは基本的に単一の元素でできているわけではないので、複合化した素材の機能をそのまま生かすような資源循環というものが少し考えられるのかなと最近少し思っているのですが、その点はいかがでしょう。

時間がないので、もう一つ最後に聞きます。これは採択審査委員会のところでも、それからワークショップのところでも非常に議題になりましたが、なぜこれをやるのかというと、基本的には動静脈産業の一体化をしたいという最終目標があると思います。先ほどエコデザインの話も出ましたが、こういったプロセスが開発されたときに動脈側にどうフィードバックしていくのか、そのあたりの計画とかお考えをお聞きしたいと思います。

この2点です。

**【大木 PL】** 最初の点については、実は我々、前の NEDO プロで一つ、残念ながら商業稼働が継続しているかどうかは微妙なところですが、実用化事例がありまして、蛍光体の蛍光ランプをリサイクルするという技術開発を行いました。管径 38mm 蛍光灯の蛍光体のレアアースをレアアースとして戻すのではなく、実は私のほうの関西センターの調査で、使えなくなった蛍光ランプというのは蛍光体が劣化しているのではなくて汚れているのです。これをきれいに洗って、しかも色の調整がしやすいように RGB をある程度の比率で回収するという……

**【大和田分科会長】** 済みません、難しい質問をしておいて申しわけないのですが、あと 2 分弱なので、よろしく願います。

**【大木 PL】** わかりました。

ということで、蛍光材料として使えるということに取り組んだことがあります。

今回なかなかターゲットとしてできていないのは、基本的にさまざまなメタルに対して対応できるということで、メタルごとに機能の度合いとか材料の回し方が違うので、どうしても個別案件になってしまうのです。今回の NEDO プロジェクトの中ではまず製錬に回そうということですが、先生がおっしゃったようなもう少し内側の循環というのは、当然これから順次考えていくべきだと思っております。それはコンソーシアムの中でもやっているということです。

後半は何でしたっけ。

**【大和田分科会長】** 動静脈産業のフィードバック。

**【大木 PL】** これは我々もコンソーシアムの中でこれまでいろいろ議論してまいりましたが、結局動脈から情報をいただくのがなかなか難しかったというのは、情報がリサイクラーさんに入ってもなかなか高度化に直結しない、見える形にならないというのがあって、どちらが先かわからない、ニワトリと卵の話になってしまったのですが、我々としては、情報さえあればこれだけ低コスト化ができる、これだけ高度化できるというのを静脈産業から見せることによって動機を促そうというのがあります。

もう一つ、コンソーシアムの中で情報連携タスクフォースというのを立ち上げて、どうやったらどこから情報を得られるかというのを模索しているところですが、現実の導入はなかなか難しく、例えば、今度マイクロプラスチック憲章とかいろいろありますが、そういう世界的な動向の中から動静脈の連携が促されるというのも一つの方法かなと思っております。

**【大和田分科会長】** ありがとうございます。

恐らくいろいろな概念が新たにつくれると思いますので、ぜひ、その点に留意していただければと思います。

では、委員の皆様、ありがとうございました。ほかにもご意見、ご質問はあろうかと思われませんが、予定の時間が参りましたので、次の議題に移りたいと思います。

(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

【大和田分科会長】 それでは、ほぼ最後の議題になりますが、議題8「まとめ・講評」ということであります。

松八重委員から一言ずつお願いしたいと思います。

【松八重委員】 本日は、長時間にわたりいろいろご発表いただき、ありがとうございます。こういった都市鉱山の活用というお話はよく聞く話ですし、自分自身もそういったところに近いところで仕事をしておりますが、技術的なところでの下支えといいますか、日本というか、もしかしたら世界かもしれませんが、技術の第一線のお話を伺えたことは私としても非常に勉強になりましたし、皆様のご尽力に感謝したいと思っております。

その上で、技術者としての矜持といいますか皆様の強い思いを感じつつ、私自身は社会科学を背景としておりますので、技術のイノベーションは非常に重要ではありますが、社会的な意味でのイノベーションというのもこういった技術を導入する上ではますます重要なのだろうといったところは非常に感じる次第です。

先ほど大木さんのところでもコメントさせていただきましたが、つくる側の方たちともう少し密な意見交換といいますか、情報共有といいますか、そういったものがあればこの手の話はもっとうまく進むのではないかという思いは非常に強くて、技術開発を否定するわけでは全然ないのですが、自然鉱石と違って人工物ですので、作り込んでいるところには既に情報があるはずで、ですので、そういったところについてはもう少しうまく、SURE コンソーシアムとかはもしかしたら既にそういうことをやっておられるのかもしれないですが、お互いの情報共有と、これはもしかしたら技術と対話するだけではなくて、官側で、例えば回収した資源を活用するところで働きかけをすることで、そこに戻すのだから情報を提供しろとか、3年たったら CAD の図面を公開しろ、公開しろとまでは言わないですが、コンソーシアムの中で共有しろとか、そういった働きかけはこういったお話をするには重要なかなと感じた次第です。NEDO のプロジェクトとしてそこまではというところだと思うのですが、そのような働きかけを、今度はNEDOさん、管理側の話として、ぜひ、進めていただければというところで

す。あとは、評価の話がこれから進むと思うのです。私自身はむしろそちらに感心があるのですが、二酸化炭素の排出でこんなところを見ていると仕方がないだろうなというところもありますので、リスクとか、あるいは価格の話は確かに重要な指標ではあると思うのですが、つくったところと将来的に排出される際の需要の関係などというのはなかなかわかりづらいところもありますので、そう考えたときに、上工程で今後懸念されるリスクみたいなものは早めにデータとしてきちんと整備しておいて、どこをメインのターゲットとして回収を強めるべきなのかというような議論がないと、ただやみくもに分ける、そのために技術開発に専念しろというのは余りにも無茶振りだなといったところがあります。これは産総研で技術開発をしておられる皆様方へのコメントというよりは、むしろ管理側の話であったり、自分自身の仕事に関する反省といいますか、今後の指針を感じた次第であります。

以上です。

【筒井委員】 本日は一日ありがとうございました。

2つ申し上げたいのですが、一つは、私は長いこと家電リサイクルにかかわっておりまして、親会社から、AIを取り入れろとか、古屋仲さんのお話にもありましたeファクトリーはどうだとか、そういうことをしょっちゅう言われるわけです。ですが、正直なところ、そういうことが余り取り入れられておりません。家電リサイクルというのはメーカーが義務としてやっておりまして、我々はBグループに所属しておりますので、5社集まって、例えばいろいろなデータベースをつかって本来もっと効率的なリサイクルができるはずなのですが、正直なところでできていないです。なので、本日は、メーカーでもない皆さんがこうやってデータベースづくりに果敢に挑戦されて、そういうものを共用化しようとしているのには非常に感心しました。敬意を表したいと思います。

もう一つは、物理選別のところでトランスフォーマブル選別システムとか、あるいは後半は製錬のお話があったのですが、あれは多品種小ロットの考え方だと思うのです。実は動脈のほうでは10年以上前から多品種小ロットというのは言われておりまして、そういう生産方式を取り入れているわけです。昔は量産といいますとコンベアを引いて何台も同じものをつくっていたのですが、もうそんなやり方はメーカーはやっていなくて、セル方式といいますと多品種小ロットで効率よくやるということを動脈側では取り入れているのです。実はこれもリサイクル側では全然できていなくて、本日お話を聞いて、そうだな、こういうことをもっとリサイクル側は取り入れていかないとけないかなとつくづく感じたということで、本日は勉強になることが多かったです。どうもありがとうございました。

【柴山委員】 それでは、私からも一言、講評というのですか、コメントさせていただきます。

まず、今回の大きなテーマである資源循環システムは、私自身も一研究者といいますか、その一翼といいますか、担当している者として、やるべきことはイメージがあっても、この分野を網羅的に研究していくというのは現実的にはなかなか手が出せないのです。どこまで解決すべきかというイメージがそれぞれあります。ただ、その部分を、今回4グループで、大木プロジェクトリーダーの牽引のもとにマテリアルの技術開発を進めておられたり、ソフト、ハードにかかわらず研究を進めておられる点には敬意を表したいと思います。

本日聞かせていただいた中間評価としては、順調に進んでいるのかなど。それぞれの目標もステージゲートに沿った形で進めておられるようですし、コメントとして後でつけさせていただきますが、改めて見ると、今後への期待も持っているということも含めてこれからも研究を進めていただきたいと思います。最終的にはこういった開発プロジェクトは社会に実装化されての価値だと思いますし、役割を果たすべきプロジェクトだったという評価になると思いますので、社会へのインパクトとか波及効果、可能であれば経済性の評価とか将来展望、将来構想もしっかり描いてこの後の研究を進めていただきたいと思っております。

私は技術的なスタンスで見ているので、この分野なり世界を革新できるようなものを生み出していただければと思っています。そういった面では、今後の期待とともに、ぜひ、頑張ってくださいというエールを送って言葉としては閉じたいと思います。

もし研究上での課題なんかがあれば、今はコンソーシアムの一員ではないにしても、いろいろところで研究を進めている方がおられると思いますので、たまにはそういった方を頼ったりして、ぜひ、日本が目指すべき資源循環システム、しかも高効率な世界を描くためにどうすればいいかという大きな旗印のもとに進んでいただければと思っています。

以上です。

【柴田委員】 本日はどうもありがとうございました。個々の技術は非常にユニークなものを開発されていて、今後が楽しみだなと思って聞かせていただきました。

一言コメントを述べさせていただきますと、リサイクルの絵を描くとぐるっと丸い絵を描いて回り

ますというように描かれるのですが、本日ご指摘のように、動脈と静脈があって、実はその中の個々のテーマというか項目はつながっていないというのが皆さんの共通認識かと思います。その中でも、本日の物理選別の部分は、回収されたものが部品になるというところで、そこがつながり始めた。そして、最後に静脈と動脈をつなげるのは製錬の部分ですので、先ほど資源戦略的なお話もありましたが、その部分コストをいかに抑えた形で、かつ日本国内でどう実現できるのかというところが、リサイクルというものの一番重要なところであり、かなめではないかなと思っておりますので、ぜひ、その部分で実用化に向けてさらに研究が発展することを非常に期待しております。

以上でございます。

**【松野分科会長代理】** 本日はお疲れさまです。

本事業は、国が進めなければいけないことを、NEDOさんがスポンサーとなって、産総研さんがリーダーとして進められている大変すばらしいことであるのは疑いもないことだと思います。

先ほど申し上げたかったことは、前半の分別と解体と分離の話はもう待たなしの話で、目の前に装置があって非常に成果が見えやすい。だからいつも大木さんと古屋仲さんが注目されているところがあると思うのですが、後半の製錬の話は、私自身も製錬をやっている身として、非常に難しいテーマで、非常にリスクも高い中頑張られているということで、私としては個人的に成田さん、大石さんが進められていることは強く応援したいと思っております。

**【大和田分科会長】** それでは、最後になりますが、一言申し上げたいと思います。

個々の技術は、これまで何となくざっと理解はしていましたが、具体的なお話を聞いて非常に重要な技術開発だと改めて感じたというのが一つであります。

ただ、個々のコメントの中でも少し触れてきましたが、この開発技術は家電とかレアメタルだけに限ったものではないと考えていて、より対象を広げることを考えたときに、これはこの期間の中でやるべきということではありませんが、この期間の中で、近い将来、より対象を広げた場合にどんな分野の方々の協力、サポートが必要なのか、あるいは協働することが必要なのかということのを少し考えながら、後半はプロジェクトを実施していただきたい。恐らく次のフェーズがあると思っておりますので。

もう一つは、松八重先生もコメントしておられましたし、筒井さんも感想を述べておられましたが、動脈産業とどうタイアップしていくのかというのはやはり一つのキーなのです。大木さんが説明されたように、これは間違いなく、静脈産業のこういったシステムがきちんとしていなければ動脈産業は目も向けていないというのが現状なわけです。いろいろな動脈産業側のリサイクル部隊は、我々の意見、こういったプロジェクトにも非常に同調してくれるのですが、デザイン側は果たしてそれをどう思っているかということ、ほとんど180度違うところを向いてしまっているわけです。だから、このプロジェクトがそれを打破するきっかけになると私は考えております。

ただ、その中で一つ懸念なのは、基本的には動脈産業側が全てCAD図面を持っているわけです。そうすると、個々の製品を逆工場的なプロセスをつくって自動化が行われていくといったときに、果たしてこのプロジェクトの位置づけをどう考えるか。どう考えるかというのは、もちろん否定的なわけではなくて、このプロジェクトはこのプロジェクトで非常に重要なのですが、個々にやって競争するのではなく、お互いに共同して、メーカー側は自分のメーカーでつくったものしかできないわけですが、果たしてそういう状況でいいのかどうかということです。そういう意味では、お互いの協力が非常に重要なと思っております。

それから、最初に申し上げたように、より対象を広げるというのは、残念ながら今はレアメタルの需要が低くなってきてしまって価格も落ち込んでいるという状況の中で、このプロジェクトの位置づけは何なのかと考えたときに、されどレアメタルなわけです。私はいろいろなところでその話をしてい

ますが。やはりレアメタルだよねというからには、本日は担当者がいらっしやらないということでしたが、各元素についての資源リスク評価、こういった元素が途絶したときにどれだけ日本の産業は被害をこうむってくるのか、これはそんなに簡単なことではないです。ただ、それは非常に重要なことだと思っていて、素人ですが、多分こういう評価は日本しかできないと思います。というのは、海外はデータベースがないですから。幸運にも日本はそういうデータベースがある程度そろっているんで、アメリカなんかやっているような、いい加減とは言いません、定性的なリスク評価ではなく、定量的なリスク評価をきちんと出して、レアメタルは実はこんなに影響があるよというようなことを明らかにするということも重要かと思えます。

以上です。

【福永主査】 ありがとうございます。

ここで推進部長及びPLから一言あればいただきたいと思えます。

【田中部長】 環境部長の田中です。

本日は、長時間にわたって中間評価に参加いただきまして、また貴重なさまざまなコメントをいただきまして、ありがとうございます。

先ほどの各委員の先生方からの全体のコメントを聞きまして、このプロジェクトの重要性を改めて認識したところでありますし、加えていろいろな期待もいただいたということでありまして、そういう意味では責任も重いということも感じているところであります。

我々としては、本日お示したように、今回の中間評価の際には目標を設定していて、その中間目標についてはおおむね達成していると思っているところでありますが、この後は最終目標に向かってしっかりと取り組んでいく必要があると思っているところであります。その際には、このプロジェクトは前半の選別と後半の製錬と、大きく分けると2つあるのですが、そこも大木PLのもと連携させながら、NEDOとしても全体がうまくいくようにしっかりマネジメントして取り組んでいきたいと考えております。

その中でも、先ほどいただいたコメントには幾つか非常に大事な点があると思っております。まず動脈と静脈の連携をもう少しやる必要があるのではないかと。これは全くそのとおりでありまして、我々もずっとそこが課題だと思っているところであります。今回のプロジェクトの中でも、そこは研究開発の4番目、来年度からやっていくところに入っているところでありまして、プロジェクトマネージャーの阿部からも申し上げましたが、そこはまだ固まっていないのです。今、関係者、経産省も含めて相談しておりますので、どういうことをやっていったらいいのかというのを、このプロジェクトで得た知見等も踏まえながらしっかり検討していきたいと考えております。

あと、社会実装しないと意味がないというご指摘もいただきましたが、それは全くそのとおりであります。NEDOとしてもこのプロジェクトをやっているというのは、今回いろいろな企業の方に参加していただいているので、一定の成果として実用化という意味ではできると思いますが、それだけにとどまっては意味がないと思っております。それがどんどん広がっていく、大木先生から世界にという部分もあるとおっしゃっていただきましたが、そういうところもにらみながらやっていく必要があると思っております。

さらに、それをなるべく早くということも大事かと思っております。これも大木先生から、パーツとしてできる場所があったらやったらいいのではないかとというご指摘もありましたが、そこは私もそうかなと思っております。できる場所があれば、全体ができなくても早めに社会実装していくということも大事かと思っておりますので、そういうところも含めながら検討したいと考えております。

あと、リサイクルを考えていくと、技術だけではできない部分があるということは我々もわかっているところでありまして、この点は、このプロジェクトと一緒にやっている経産省とも、制度面の関係

等も含めてどういう形でやるのが一番いいのかということを経営的に検討していきたいと考えております。

すみません、全てのコメントに答えていないと思いますが、いずれにいたしましても、NEDOとしては、このプロジェクトのアウトカム目標、数字は1,000億と書いていてなかなか大きな目標ですが、これに向けてしっかり取り組んでいきたいと考えております。ですので、本日出席の委員の先生方を初め関係者の皆様方におかれましては、引き続きいろいろな点からご支援、応援をいただけるとありがたいと思っております。

以上です。

**【大木PL】** 本日は、長い時間いろいろご指導いただきまして、ありがとうございました。

まず実施者側としては、特にハードウェア技術開発を中心にやっている、本日も紹介したものの実用化に向けて邁進していく所存であります。

また、ご助言の多くは、これを社会に導入するときはどうするのか、動静脈の連携をどうするのかという点で、これはもともとの予算が経済産業省4課合同提案ということで、非常に多面的な問題を解決することをそもそもの目的としていたり、あるいは、たまたま我々がコンソーシアムをつくって非常に融合的な取り組みをしやすい体制を背景にしているということもあります。今後はNEDOさんと共同していきながら、こういった大きな枠組みについてどうやって取り組んだらいいのかというのは、今我々がやっている枠組みの中でやり切れるかどうかは別として、継続して検討していったら、早期に世界に誇れる資源循環システム、社会システムと技術がきちんと融合した日本らしいスタイルを見せたいけるような一つの突破口として、このNEDOプロの成功をお約束したいと思っております。

本日はどうもありがとうございました。

**【大和田分科会長】** それでは、以上で議題8を終了したいと思います。

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 今後の予定

以上