

研究評価委員会
「有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発」(中間評価)分科会
議事録

日 時 : 2019年8月2日(金) 10:30~16:50

場 所 : WTC コンファレンスセンター Room A (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 飛田 博実 東北大学 大学院理学研究科 化学専攻 教授
分科会長代理 中村 正治 京都大学 化学研究所 元素科学国際研究センター 教授
委員 杉野目道紀 京都大学 大学院工学研究科 合成・生物化学専攻 教授
委員 関根 均 DIC株式会社 R&D 統括本部 生産技術センター センター長
委員 田中 規生 日産化学株式会社 専務理事 物質科学研究所 所長
委員 徳永 信 九州大学 大学院学研究院 化学部門 教授
委員 三浦 勝清 埼玉大学 大学院理工学研究科 物質科学部門 教授

<推進部署>

吉木 政行 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 部長
山野 慎司 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 主任研究員
山田 浩(PM) NEDO 材料・ナノテクノロジー部 主査
伊藤 真治 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 主査
田島 康平 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 主任

<実施者>

佐藤 一彦(PL) 産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター センター長
深谷 訓久(SPL) 産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター ヘテロ原子化学チーム 研究チーム長
中沢 浩 大阪市立大学 大学院理学研究科 教授
海野 雅史 群馬大学 大学院工学研究科 教授
黒田 一幸 早稲田大学 理工学術院 教授
大洞 康嗣 関西大学 化学生命工学部 教授
真島 和志 大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授
神谷 昌宏 北里大学 理学部 助教
石原 吉満 産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター ヘテロ原子化学チーム
特定集中研究専門員

<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 研究開発成果
 - 6.1.1 プロジェクト全体の研究開発成果
 - 6.1.2 研究開発項目①－1砂からの有機ケイ素原料製造プロセス技術開発 金属ケイ素を経由しないQ単位構造中間原料製造法の開発に関する研究開発成果
 - 6.1.3 研究開発項目②－3有機ケイ素原料からの高機能有機ケイ素部材製造プロセス技術開発 ケイ素－ケイ素結合形成技術に関する研究開発成果
 - 6.2 実用化に向けての見通し及び取組
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」および議題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の要点をまとめたパワーポイント資料に基づき説明した。

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

実施者より資料5に基づき説明が行われた。

5.3 質疑応答

5.1及び5.2の説明内容に対し以下の質疑応答が行われた。

【飛田分科会長】 ありがとうございます。技術の詳細につきましては議題6で扱いますので、ここでは主に事業の位置付け、必要性、マネジメントについて議論します。ただいまの説明に対しまして、ご意見、ご質問等、お願いします。

【関根委員】 特許は成果としてマネジメントされていると思いますが、PCTなどの、外国出願について、どういう国にどういうものを出していくのか、という方針を教えてください。

【佐藤 PL】 プロジェクトに入っている企業が、「この辺の国が大事」ということがあるので、そこは押さえていくことにしています。それと、産総研の中に知財の委員会があって、無制限に出すわけではなく、どの辺の国にどういう根拠でどのように出せばいいか、ということも含めて、我々の一存でこの国に出したいという話ではなく、企業が、ここに出さなければいけないというのを考慮して、産総研の中の審査を経て決めています。

【杉野目委員】 砂からケイ素の材料を作るというのは、従来技術ではどうして一旦金属ケイ素にするのか、ということをご昔からずっと感じていたので、非常にインパクトがありました。今回、このように特許や新しい技術開発がなされて、工業化できるような状況になったときに、日本がどのぐらい儲かるのか、世界全体のケイ素産業のあり方はどのように変わっていくのか。例えば値段が大幅に下がってみんなが使いやすくなるのか。ほかの国で実施している金属ケイ素からのプロセスは無くなって、全部これに置き換わるのか。見通しはどのようであり、どのぐらいのインパクトがあるのか。その概略を、今調査されていると思うので教えてください。

【佐藤 PL】 それは数値的には多分あると思うのですが、それ以外に、ケイ素の原料は90%が中国から輸入ということもあって、マイナス要因から言うと、もし仲が悪くなって止められたら終わりというのが一つあります。

それから、従来技術では、純粋な99.99%程度のSiO₂からカーボンを使ってアーク放電でやらなければいけない。日本国内では電気代が高いので産業がなくなった。これに対して、今回の方法ですと、品質の低いSiO₂あるいはもみ殻の燃焼灰とか、いろいろなところのケイ素原料を使えるということがあります。非公開セッションでも少し言いますが、ある商社が例えばそういったもみ殻を我々に供給するルートをつなぎたいという話もあります。

もう一つ言うと、今までケイ素というのは特殊な工業だったので、入っている企業が限られています。原料供給企業だと信越化学とか東レとか旭化成ワッカーなどですが、例えばいろいろなケイ素原料からケイ素材料ができるようになると、今までやっていなかった化学メーカーでも、ケイ素業界に入ってくられるということもあります。だからいろいろな広がりがあるのではないかと。もちろん、値段も安くなる。

ただ、現状のケイ素のプロセスがどこまで置き換わるか。そこは電気代とかCO₂排出とか、その辺との兼ね合いで決まってくるということもあります。

【杉野目委員】 日本全体の産業にとってメリットがあるのは間違いない話で、非常にこれは高く評価され

るべきだと思います。また、例えば中国のプロセスがどうなってくるのかということも非常に興味があって、それもあとで議論させていただきたい。

【徳永委員】 関連した質問ですが、純度が低いケイ素材料からいけるということで、珪藻土とかシリカ・アルミナ系とかからでもいけるのでしょうか。

【佐藤 PL】 これは深谷さんが詳しいのですが、いけますよね。収率は低いですが。

【深谷 SPL】 使うケイ素源によって反応がいきやすいもの、いきにくいものというのはあるのですが、基本的には様々なものを使うことができます。

【田中委員】 費用対効果に関して、(研究開発費) 26 億円を 10 年間でかけて、省エネにすると原油換算で 44 万キロリットル削減ということですが、これはこの技術で生み出されたものが、波及効果というか従来作られたものを置き換える割合で言うと、イメージとして、どれぐらい置き換わったことでこの量になって、それは 26 億円をかけたことで余りあるくらいに大きな効果なのか、その辺のイメージがつかみきれないので、教えていただきたい。

【山田 PM】 正確には前段、後段があって、これは後段の精密合成のところではなく、前段を算出するところの数値になります。直接変換のところ。従来の冶金プロセス、金属ケイ素を経由していくところに関して、この直接変換でできる省エネ量と差分を取った値を省エネの削減効果として出しています。それが CO₂ の排出削減量で、原油換算係数が入っているのですが、そこでの値です。

【田中委員】 要するに金属ケイ素経由でやっていたプロセスをゼロにして、こちらに全て置き換わった場合に、という数値ですね。

【山田 PM】 2030 年度で何%というのがあるのですが、確か半分ぐらいでした。全部が一気に置き換わるわけではないので、年次で順次変わっていくというところで、50%だったと思います。

【田中委員】 半分置き換わるとこれくらいの効果だと。

【深谷 SPL】 そうです。既存のプラントがいきなり全部壊れるわけではないのでそのまま作り続けますが、市場が伸びて、その市場が伸びた分をこの新しい技術が取っていったらという考え方で、概ね、先ほど山田 PM が説明されたシェアを考えたということです。

【関根委員】 環境に対しては、CO₂ の排出量で包括した形になっていると思います。一方、少し見方が変わるかもしれないのですが、ライフサイクルアセスメントとか、3R と言われる Recycle、Reduce、Reuse といった観点で見ると、バイオデグラダブル (生分解性) になるかどうかは別なのですが、もう少しトータルで見た時の製品のサイクルを考えて評価をしたほうが良いのではないかと。そういった取り組みはされていますか。

【山田 PM】 ライフサイクルアセスメントについては考慮しています。3R に関しては、いただいた意見を参考にしていきたいと考えます。

【三浦委員】 このプロジェクトが始まって 7 年間ぐらい経つということですが、その 7 年間にいろいろ技術開発が進んでいると思います。他の研究で得られた技術開発情報は、こちらのほうで集めて、それをこのプロジェクトに生かすというようなことはやっているのでしょうか。

【山田 PM】 NEDO の調査事業の中で、いわゆる研究開発の成果に関しては論文、学会発表のほうからデータを集めて、それを全員に紹介しています。特許に関しては、出ているターゲットとなる課題に関して、どういう特許の方針で特許請求をしているかといったところを、事業の中でフィードバックをかけているというのが現状です。

【三浦委員】 すみません、言い方が悪かったかもしれません。このプロジェクト以外でもいろいろなところでこういった研究開発をしているかと思います。その動向を探りながら研究目標を修正することはしているのでしょうか。

【山田 PM】 研究開発目標に関しては、出している (反応率と選択率が) 50%、50%、①-1 に関しては

70%、70%を目標にしている。②に関しては 80%、80%を目標にしている。世の中にある技術動向に関して、直接的に数値が対応するものではないと理解しているので、研究開発目標に関しては変えていない。実施する内容に関しては、動向を把握しながら考慮していくという内容になっています。

【深谷 SPL】 研究開発目標については、概ね山田 PM の説明の通りです。研究の課題について言いますと、特に先ほど PL が最後のほうで紹介した、関西大学の矢野先生が開発された「温度によって触媒活性が変わる触媒を見つけた」は、実は、研究開発動向というより、こういうニーズが非常に強いという産業界からの声が、NEDO の調査の結果で分かり、それを課題として追加して取り組んで成果が出たという事例です。

【三浦委員】 7年間の間にいろいろな研究開発がなされていると思いますが、その情報は逐次、把握しながらやっているということでしょうか。

【山田 PM】 そうです。2017 年度に一度やっている。その前が 2014 年度で調査事業を 2 度やって、フィードバックをかけながら進めています。

【佐藤 PL】 学会的なもの、論文的なものは、当然、我々にリアルタイムで入ってくるので、研究者の誰が何をやっているかはだいたい分かります。一番分かりにくいのは特許とかその辺、あるいは NEDO にしてもらったのはヒアリングです。企業に実際に行って、本当のことを言ってくださいというのでやってもらって、そういう情報は非常に役に立って、それに基づいて、ヒドロシリル化でもこの辺が難しいとか、ニーズがあるなどということは随時、取り入れています。あとは技術検討委員会の先生方のアドバイスもいただきながら進めています。

【徳永委員】 砂とかイネ科の植物から材料を取ってくる。バイオマス変換のところで時々問題になることとして、ボールミル等でバイオマス原料を粉砕する。そこにエネルギーがかかり過ぎて、コストにすごく響いてくるということをよく聞くのですが、そういった点は特に問題はないのでしょうか。

【深谷 SPL】 バイオ由来のイネ科の植物のところについてですが、もみ殻について言いますと、もみ殻そのものではなくて、もみ殻燃焼灰は焼いたそのままのフォームで、特に温度のコントロールとか焼き方には多少ノウハウが要るのですが、ボールミルによる粉砕とかは必要ありません。むしろ、もみ殻を焼く時にエネルギーが出ます。発熱反応で熱が出ますので、それを例えば発電に使うというようなことを NEDO の事業でやっていますので、費用で言いますと追加的な粉砕などは、もみ殻燃焼灰については必要ないということが分かっています。

【徳永委員】 砂のほうでも特にエネルギーは必要ないのでしょうか。

【深谷 SPL】 砂はどういう砂を使うかによって、おっしゃるとおり、ボールミル粉砕などが必要な事例もあります。

【中村分科会長代理】 ボリューム感と言いますか、CO₂ 換算とか市場換算はどれぐらいという話がよく出てくるのですが、実際、どれぐらいのシリコン材料を、どれぐらいの量の砂から作って世の中に供給していくのか。例えば日本でどれぐらいの砂が利用可能であるとか。朝日小学生新聞を見たら砂不足が記事になっていたりして、実際、そういうのを疑問に思っています。世界でシリコンが何万トン作られていて、その原料が、水晶か何か分からないですけど、それがどれぐらいで、どれぐらい置き換わるという量の感覚です。それが前から疑問で知りたい。情報がありましたら教えていただきたい。

【深谷 SPL】 砂不足は確かに一部では課題になっています。それはどちらかと言うと、高品位のスマホ向けなどの高強度のガラスが必要で、それには純度のいい珪砂が必要だということで、確かにその資源自体は奪い合いになっています。一方でこのプロジェクトに必要な珪砂は、そんなに高品位でなくても、そのあとの工程でテトラアルコキシシランの蒸留をしたりしてピュアにできるので、高品位のものではなくても大丈夫だと思っています。

全体のボリューム感は、国内市場を賄うのであれば、産業の中で出てくる産業副産物で、合成石英を

作るときに、合成石英にならなかった SiO₂源とかが使えることも分かっています。もみ殻は日本だと秋しか出てこないで、アジアから運んでくるとか、いろいろあると思いますが、全体の国内市場を賄う上では、多分国内にあるケイ素源で十分です。

本プロジェクトの中でも、青森県の夏泊半島にある岩を掘ったら、それが結構いけるというのが分かってきて、北海道の稚内地方にも珪藻土らしいのですが、相当な資源がある。コストが見合うかは分からないですが、資源量としては使えるものが相当あります。グローバルになるとちょっと分からないところがあるのですが、それでもアジアとかの二毛作でもみが出ているところは、どんどん燃やして化学プラントの燃料にしているところもあります。資源としては無尽蔵に近いぐらいケイ素は地球にありますので、不足することはないと考えています。

【中村分科会長代理】 聞き逃したのかかもしれませんが、何トンぐらい作るのですか。

【深谷 SPL】 金属ケイ素が、半導体用とか、このプロジェクトではスコープではないのも含めて、700万トンだったか、70万トンだったか、すみません、桁が1個ずれているのですが、そのぐらいです。SiO₂はSiが酸素の次に多いぐらいですので、資源としてはたっぷりあるということです。

【中村分科会長代理】 製品が700万トンですか。

【深谷 SPL】 金属ケイ素の生産量です。

【中村分科会長代理】 製品としてシリコンがどれぐらいかというのを知りたい。自然科学的には、量、マスのほうが大事と思うので、根元的に押さえておいたほうがよいと思います。

【深谷 SPL】 公開版の資料の12ページのところは重量ベースで、市場製品が最終製品に近いような書き方になっていますけれども、トン/年という整理の調査になっています。

【山田 PM】 2016年度の実績ですが、中国で76万8000トン、北米が43万4000トン、ヨーロッパが41万2000トンになっています。

【中村分科会長代理】 世界でだいたい二百数十万、さっきの数字からすると、日本がだいたい20万トンぐらいということですね。

【山田 PM】 そうです。

【田中委員】 研究開発項目で、①-3~①-5は中止という説明をいただいたが、それは、技術的にも壁が高すぎたからやめたとか、やめたことはむしろ正しい判断だったとか、要するに、力が及ばなかったのか、やってもしょうがないからやめてよかったということなのか、もう少し詳しく説明してください。

【山田 PM】 ①-4は、やってみて実用化への道筋が難しかったということです。やっても無駄というのは表現が悪いですが、これ以上進める必要性がないということです。①-3は、結果は得られたが、それを実用化にもっていくには人、もの、金を含めた更なるリソースが必要で、このプロジェクトの期間では終了しないという理由で、一旦、中止しています。①-5も、研究開発リソースの関係があります。どちらかと言うと新しい技術の探索という部分が入っているのですが、そこに関してもリソースを含めて、今の金額を含めたもので進めていくには難しいという理由で中止です。終了と中止という言葉を使い分けています。

【飛田分科会長】 項目①-1に関して、反応率と選択率は50%である必然性はなくて、70%に変更するというのですが、これは技術の改良とか最適化で、達成できる見通しがついたということでしょうか。

【深谷 SPL】 前回の中間評価で、(反応率と選択率が)50%、50%だと、今はもっと引き上げてみかけるのではないかというコメントをいただきました。開発を始める前は50%、50%でも本当にそこに到達できるのだろうかという思いでしたが、前回の5年目までの成果を評価委員の先生方が評価し、もっと高いところを目指したらよいのではないかというコメントをいただいたので引き上げて、プロセスや反応条件等の最適化や工夫によって、実際にそれが到達できているという現状です。

【飛田分科会長】 どうもありがとうございました。それでは、本議題に関する質疑を終了いたします。

(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

【飛田分科会長】 議題8「まとめ・講評」に移ります。三浦委員から始めて、最後に私という順番で講評します。それでは三浦委員からお願いします。

【三浦委員】 今回、いろいろな成果を聞かさせていただき、特にテトラアルコキシシランの合成法やポリシロキサン¹の精密合成に関して、非常に感銘を受けました。あと鉄触媒もこんなよいものが開発されているのだと、感銘を受けた次第です。

少しだけ批判的なことを言わせていただければ、やはり、砂から有機ケイ素化合物を作るということで、有機ケイ素というのは炭素とケイ素の結合ができてこそ有機ケイ素化合物だと思いますので、メチル基とケイ素の結合を効率的に作るような研究を、もっと集中的にやっていただきたいと思いました。

【徳永委員】 大変興味深く拝聴しました。私も評価される側を何度もやったことがあり、結構、厳しい評価をたくさんもらうことが多いです。自分でも研究をやっているのですが、10個ぐらいプロジェクトがあって、3つぐらいは結構うまくいって、3つぐらいは中ぐらいにうまくいって、3つか4つは全然うまくいかない。だいたい、そんなふうになると思います。そういった中で、実用化に向けて非常に有望な技術から、結果を見ると、これは本当にこの先うまくいくのかなというテーマまで、いくつかありました。多くの場合、なかなかうまくいきそうにないものでも、がんばってやっていると、何年かしたらものすごいブレークスルーでうまくいくということを、私も横目でいくつか見てきましたので、そういったことを期待したいと思います。

【田中委員】 評価委員として参加し、私自身、ケイ素の専門家ではないのですが、非常に勉強になりました。全体像としては、従来の金属ケイ素から始まるケイ素の化合物の流れを、砂からという、置き換えのような全体像を描かれている中で、確かにテトラアルコキシシランを作るところとか、シランからジシランを作るところは、本当に従来に取って代わるぐらいのインパクトを頂きました。ただ、砂からテトラアルコキシシランを作った先の、いろいろなところに置き換えていく道筋というのが、アカデミックレベルで言うと非常に興味深い反応があると思うのですが、まだそこをつなぐという意味ではちょっと弱いという感想を素直に持ちました。

それ以外にも、このプロジェクトから見いだされた反応でないと作り上げられない素材とか部材という芽が、結構ある気がしました。今までに取って代わるのではなくて、全く新しい分野や機能を作り出せる可能性も非常に強く感じることができました。

先ほどのテトラアルコキシシランから川下のところをもう少し力を入れていただきたいのと、新しい機能、素材、部材というところの期待感が高いという2点が、今日の感想です。

【関根委員】 このプロジェクトをお聞きし、成果という意味で形に残るものは、知財ではないかと考えています。企業として、実際、一緒に研究をしていく、もしくはこれから開発をしていこうという中で、こうしたしっかりした知財に守られた研究があると、非常に安心感があります。多いか少ないか

い影響を与えていると思います。私は基礎をやっているのです、その辺もこれからも最後まで続けていただきたいと思いました。

【福永主査】 ご講評ありがとうございました。推進部長およびPLのほうから、一言あればいただきたいと思います。

【佐藤PL】 今日は審査委員の皆さん、ありがとうございました。毎回、我々は分かったつもりでやっていますが、こういう場でいただいた意見は非常に参考になって、それにしなげがって我々は計画を変えるなど、真摯に対応いたします。

水素化とかヒドロシリル化は、一応、ボランとかを使えばいけるのでルートは通るのですが、それで通れば、評点としてはそちらのほうが〇かもしれないのですが、本音を言うと、水素でスパツといったらいいなという夢を描いているのです。どうしてもマイナスなところが目立ってしまうかもしれませんが、それは引き続き、必ずやるというふうに決めながらやっっていこうと思っています。

飛田先生がおっしゃったように、基礎、学術をおろそかにして実用だけやっていると、結局、ぐらついて枯れてしまうのです。広がっていかない。だから、アカデミアレベルの高い人たちともちやんとディスカッションしながら、企業の本音を聞きながら、やっっていくというマネジメントをしていると思っています。これからも引き続き、よろしく願いいたします。

【吉木部長】 今日は1日、いろいろ力強いコメントをいただきまして、ありがとうございます。このプロジェクトはあと2年半ということで、実用化の芽も見えてきた部分もありますけれども、まだまだ足りない部分もあると思います。我々としてもこの成果をもっと多くの人に知ってもらって、サプライチェーンを考えながら、是非とも実用化に向かって進んでいきたいと思っています。皆様方から今後もコメントをいただければと思いますので、よろしく願いいたします。

【飛田分科会長】 それでは以上で議題8を終了いたします。

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 今後の予定

以上