

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」(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11月15日(火) 9:30~18:00

場 所 : NEDO川崎本部(ミューザ川崎) 2301~2303 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 正治 京都大学 化学研究所 教授
分科会長代理 徳永 信 九州大学 大学院理学研究院 化学部門 触媒有機化学研究室 教授
委員 関根 均 DIC株式会社 生産統括本部 生産技術部 部長
委員 仲 章伸 倉敷芸術科学大学 生命科学部 生命科学科 教授
委員 福岡 淳 北海道大学 触媒科学研究所 教授
委員 宮地 克明 日本肥糧株式会社 取締役社長
委員 山口 健一 日本政策投資銀行 企業金融第1部 課長

<推進部署>

林 成和 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 部長
尾畑 英格 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
関口 貴子 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 主査
小澤 奈央 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 職員

<実施者>

佐藤 一彦(PL) 産総研 触媒化学融合研究センター 研究センター長
深谷 訓久(SPL) 産総研 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
中島 由美子 産総研 触媒化学融合研究センター ケイ素化学チーム 研究チーム長
五十嵐 正安 産総研 触媒化学融合研究センター ヘテロ原子化学チーム 上級主任研究員
熊井 浩 コルコート技研株式会社 部長
石原 吉満 昭和電工株式会社 基礎化学品事業部 川崎事業所開発部 マネージャー
名取 伸浩 昭和電工株式会社 情報電子化学品事業部 ファイン製品部マーケティンググループ
マネージャー
中沢 浩 大阪公立大学大学院 理学研究科 特任教授
神谷 昌宏 北里大学 理学研究科 講師
下嶋 敦 早稲田大学大学院 先進理工学研究科 教授
海野 雅史 群馬大学大学院 理工学府分子科学部門 教授
大洞 康嗣 関西大学 化学生命工学部 化学・物質工学科 教授
真島 和志 大阪大学大学院 薬学研究科医療薬学専攻 特任教授
劔 隼人 大阪大学大学院 基礎工学研究科物質創成専攻 准教授
吉田 勝 産総研 触媒化学融合研究センター 副研究センター長
田村 正則 産総研 触媒化学融合研究センター 総括研究主幹

崔 準哲	産総研 触媒化学融合研究センター 総括研究主幹
中村 功	産総研 触媒化学融合研究センター 固体触媒チーム 研究チーム長
松本 和弘	産総研 触媒化学融合研究センター 触媒固定化設計チーム 研究チーム長
永縄 友規	産総研 触媒化学融合研究センター ヘテロ原子化学チーム 主任研究員
谷田部 哲夫	産総研 触媒化学融合研究センター ヘテロ原子化学チーム 主任研究員
竹内 勝彦	産総研 触媒化学融合研究センター 触媒固定化設計チーム 主任研究員
関口 章	産総研 触媒化学融合研究センター 招聘研究員
山下 浩	産総研 触媒化学融合研究センター ヘテロ原子化学チーム テクニカルスタッフ
八木橋 不二夫	産総研 触媒化学融合研究センター ヘテロ原子化学チーム テクニカルスタッフ
清水 政男	産総研 触媒化学融合研究センター シニアスタッフ
島田 広道	産総研 特別顧問
濱田 秀昭	産総研 名誉リサーチャー
片岡 祥	産総研 化学プロセス研究部門 化学システムグループ 研究グループ長
Nguyen Thuy	産総研 化学プロセス研究部門 化学システムグループ 主任研究員
中村 勉	信越化学工業株式会社 主席技術員
野田 大輔	信越化学工業株式会社 研究員
大森 和弘	昭和電工株式会社 研究開発部 スタッフマネージャー
李 建燦	昭和電工株式会社 川崎事業所・開発部・ガス製品開発G マネージャー
柳井 隆之	昭和電工株式会社 融合製品開発研究所 副所長

<オブザーバー>

高橋 和暉	経済産業省 製造産業局 素材産業課 係長 (革新素材企画)
寒川 泰紀	NEDO 技術戦略研究センター 研究員

<評価事務局>

森嶋 誠治	NEDO 評価部 部長
木村 秀樹	NEDO 評価部 専門調査員
小林 道忠	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
 - 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 研究開発拠点の説明
 - 6.2 プロジェクト全体の研究開発成果
 - 6.3 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
 - 6.4 研究開発項目①-2 砂からの有機ケイ素原料製造プロセス技術開発
/Q 単位構造中間原料からの有機ケイ素原料製造技術の開発に関する研究開発成果
 - 6.5 研究開発項目②-1 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-炭素結合形成技術に関する研究開発成果
 - 6.6 研究開発項目②-2 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-酸素結合形成技術に関する研究開発成果
 - 6.7 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
 - 6.8 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5-1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
実施者より資料5-2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 での取扱いとなるため、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、ご質問等があればお願いいたします。

徳永様、お願いします。

【徳永分科会長代理】 九州大学の徳永です。全体的に非常に適切な中間評価であり、それに対するご対応であるとか、加速等々いろいろとされてきたものと思います。その上で少し特許に関して教えてください。資料 5-1 の 26 ページでは、いろいろと特許の出願等を適切にされてきて、実際に特許化もされているものと理解いたしますが、外国出願であるとか、例えばこれが重要な成果である場合に、海外に成果を取られないようにという部分での対策はどうされているのか。また、具体的な出願国といったところであるとか、そのあたりについてお答えできる範囲で構いませんので伺えたらと思います。

【産総研_深谷 SPL】 SPL の深谷よりお答えいたします。佐藤 PL からありましたように、全 200 数十件のうち外国出願したものは全てではありません。重要と考えられるもの、研究開発項目の中で基本出願であると思われるものについて PCT 出願を進めています。出願国は、おおむね米国、中国、ヨーロッパです。アメリカにはダウケミカルなど日本にとっての重要な競合相手の企業があるところに加えて、ヨーロッパのドイツなどはケイ素産業が非常に強いですし、中国にもたくさんの新興のケイ素メーカーがごございます。主には、先ほど挙げたように、アメリカ、ヨーロッパ、中国を外国出願先として重要なものにしています。ヨーロッパは、ドイツが多いものの、物によってはフランスといったところへも出願しています。企業と一緒にやったものについては、途中途中で企業にもご意見を伺いながら出願国の選定をしております。

【徳永分科会長代理】 ありがとうございます。

【中村分科会長】 それでは、宮地様お願いします。

【宮地委員】 日本肥糧の宮地です。1 点目の質問は徳永先生からのものと同じものでしたが、資料 5-2 の 12 ページにあるように、PCT 出願が初期の頃は 2 年遅れて出されており、その後はあまりという印象でしたが、もちろん出願には費用もかかりますから、そのあたりに関しては恐らく初期の頃のほうに基本的な特許は押さえられているものとして今のご回答から理解をいたしました。

また、実用化を目指した類似の R&D が当初なかったということで、そのあたりに関して、非常にエ

エネルギーとか資源の確保ということでは昨今とても成果につながるような視点で捉えられているのですが、当初なぜそういう視点がなかったのか。特に海外に関して、当然、競争相手にもなるはずですので、海外だとそういう原料の心配がないであるとか、海外だと価格が安くて入手がしやすいのに対して日本だとそのあたりがリスクであるとか、そういった視点があるのかどうか。そして、その後、特許としていろいろ押さえているとは思いますが、海外での研究動向として何か新しい情報はあるのかどうか。このあたりの観点について伺いたく思います。

【産総研_深谷 SPL】 深谷からお答えをいたします。おっしゃるとおり、全くないというのは不自然ではないかというのはご指摘のとおりでございます。海外の動向は、NEDO 事業になる前の2年間、経済産業省の直執行時代がありまして、そのときに調査をされています。「ない」という意味は、経済産業省やNEDO から見る外国企業が、大きなお金を投じて国家プロジェクトとして米国やヨーロッパでやられているものが、その時点においてはなかったという分析をしているところによるものです。

その一方で、個別のところでは大学の先生などが主導するものは、やはり承知しているものはあって、例えばケイ素産業が盛んな国のドイツでは、Norbert Auner 教授が金属ケイ素の論文などを結構だされています。フッ化物を経由するため、我々とは違うアプローチではありますが、そういう取組をされています。Auner 教授は大分ご高齢でありますから、徐々に下火になって、現在はあまり深くはやられていないと承知しているところです。また、アメリカでも Richard M. Laine 教授が、シリカから TEOS をつくる反応のベンチャー企業をつくられていたところがございます。これは国家プロジェクトというよりは Auner 教授先生と同様、独自の取組ではありますが、非常に優れた技術だということで、私たちもそれとの比較でどうなのだろうかということベンチマークしながらやっていました。ただ、最近の技術検討委員会の中で情報をいただいたのですが、Laine 教授もそのベンチャー企業を畳むような方向なので、最後まで頑張り続けているのはこの有機ケイ素プロジェクトであるかと思えます。

近年の動向としては、私たちも非常に苦労をした研究開発項目①-2 での Si-O を Si-H、Si-C に変換するところは、真島先生が学問的なアプローチですけれども水素ガスを還元剤にして触媒スクリーニングするなど非常にたくさんの努力をしていただいたのですが、フランスの研究グループから同じような成果が Angewandte Chemie 誌に、ちょうどプロジェクトが終わった直後ぐらいに発表をされたところです。他にもアメリカの研究グループからも発表されるなど、シリカから TEOS になるとかアルコキシシラン化合物にできるということが波及して、その先をやってみようというところが少しずつ増えていますが、まだ学問的なところで企業が大々的に乗り出すという動きはございません。現状は、こういう動きが増えてきているものと分析しております。

【宮地委員】 ありがとうございます。そういう意味でも、特許出願戦略は非常に重要かと思えました。

【中村分科会長】 それでは、福岡様お願いします。

【福岡委員】 北海道大学 触媒研の福岡です。私は前半のほうの省エネルギー効果についてお尋ねいたします。資料5-1の11ページ目で、省エネルギー効果が2030年で44万kL/年となっておりますが、つまりこれというのは目標になるのでしょうか。それというのは、9ページ目の経産省の概算要求の資料、成果目標のところ令和12年度に1,658万tCO₂/年という目標が書かれているため、このプロジェクトでもCO₂排出削減が目標になっているのだろうか。それとも、目標にはなっていないけれども、ただ、ここにそれだけの効果が見通されるという位置づけで書かれているものなのではないでしょうか。そのあたりが少し理解できておらず、教えていただきたいと思えます。

【NEDO 材ナノ部_山田 PM】 数値目標として設定されておりませんが、期待できる効果として試算を行っているところです。成果目標は、目指すところで、これを指標に進めるという取り組み方になります。

【福岡委員】 そうすると、このプロジェクトにおいては、これはこれで、今回で終わったからということで、それで、このままいくと2030年で44万kLという意味になるのですよね。

【NEDO 材ナノ部_山田 PM】 そのとおりです。

【福岡委員】 その 1,658 万 tCO₂/年を割り算すると 2.6%なのですが、ちょっと経産省の方ではないからあれかとも思うのですが、1,658 万 tCO₂/年というのは、そうすると経産省のほうで達成をしないといけない目標になっているのか。そして、その責任を取らないといけないということなのでしょうか。

【NEDO 材ナノ部_山田 PM】 あくまでも試算です。

【福岡委員】 試算ということで、それは努力目標ということですよ。

【NEDO 材ナノ部_山田 PM】 そのとおりです。

【福岡委員】 その意味で、その努力目標に向かって、これがどのくらい寄与しているかというところでの数字だとは思いますが、先ほどの佐藤 PL の発表のほうでも、後半部分に今後の実用化を含めてこれを続けていくというわけですから、そういう部分を含めての寄与であるとの理解で合っているでしょうか。

【NEDO 材ナノ部_山田 PM】 そのご理解で合っております。

【福岡委員】 それで 2030 年での数字ということですが、よくこういう数字は見るので、人工光合成もあるだろうし、フローもあるのでしょうか、そういう意味で 1,658 万 tCO₂/年を割り算すると 2.6%ということなので。化学産業全体と書かれていますので、どういう位置づけになるのかというのを少し考える上で、もしこれが目標であるのであればお尋ねしたいと思ったのですが、努力目標だということで承知いたしました。ありがとうございます。

【NEDO 材ナノ部_山田 PM】 ありがとうございます。

【中村分科会長】 それでは、関根様お願いします。

【関根委員】 DIC の関根です。ご説明ありがとうございました。まず、資料 5-2 の 2 ページ目のところで、スケールアップに関して工業化に資するのが 1kg というお話があったのですが、一般的に企業ですと、なかなか 1kg というと逆にまだまだ小さいスケールで、やはり、その上のベンチ、パイロットという最低でも 100L 程度をイメージしてしまうのですが、1kg の妥当性に関してのご見解を伺いたく思います。

【産総研_深谷 SPL】 関根様のおっしゃるとおりで、企業であれば、まだまだ小さいスケールだという認識は持っております。研究所と大学を中心とするプロジェクトでございますが、プロジェクト開始時点の最初はミリグラム、グラムのスケールから始まったところでした。企業の皆様が最後 100L ぐらいのスケールをやるときに、研究所でどこまでのスケールアップをしておけばそこにつながるのか、企業につなげるための前段階、準備段階のスケールアップとして 1kg ができていれば、企業でその次のエンジニアリング的なことを考えていけるという議論の中でこの目標が設定された次第です。

【関根委員】 承知いたしました。まだ 1L ぐらいですと、当然ながら加熱源が随分生産場面とは違ってくるでしょうか。また、反応容器中のミキシング、混合状態もかなり違ってくると思います。そのことを考えると、やはり若干少ないのではないかというイメージがあったのですが、おっしゃるようにミリグラムスケールから 1kg といったところを考えると、そのところのブレークスルーはかなり大きいところがありますから、そのところの成果は確かなものとして、それをうまく活用しながら実機のほうへと反映をしていけば確かに実用化は可能とも思います。そのところは少し今後の課題の一つと考えるところですので、またそこにおいて展開があればぜひフィードバックをしていただけたらと思います。

そして、先ほどもあったように特許の考え方のところでは、資料 5-2 の 12 ページにおいて、相当数の特許を出願されていて、恐らく成立したものとまだ出願請求中のもの等いろいろあるかとは思いますが、恐らく基本特許があり、その下に用途特許、プロダクト・バイ・プロセスのようなものがあるのか

も分からないのですが、この特許ポートフォリオをどのように考えてこの特許群を築き上げていき、いわゆるシリコン、シロキサン全体の絵を考えながら特許網を築き上げてきたのか、築き上げていこうとしているのか。もしそのコンセプトがありましたら、教えてください。

【産総研_深谷 SPL】 後ほどプロジェクトで構築しようとしているマテリアルフローをお示しいたしますが、このプロジェクトでは、SiO₂を出発原料にして、フロー工程ごと、一つ一つの要素技術ごとに基本特許を出願しています。これがプロジェクト前半の出願になります。まず一つ一つの工程を押さえていくということです。これ以外には、特に研究開発項目②-2は新材料を出すところがありますので、その出口側につながっていくところを取れるものは物質、化合物で取ろうということを目指しています。しかし、完全に新規性を担保できない場合には、プロダクト・バイ・プロセスのような形で定義するというような場面もありました。その一つ一つのマテリアルフローの中で、「ここを押さえよう」というポートフォリオをつくり、その後、出口側からアプローチをして出願をするというようなことを INPIT の専門家にお越しいただき出願戦略を立てていったという流れになります。

【関根委員】 分かりました。なかなか産総研様独自で実施をするというのは難しいと思いますから、当然ながら企業がそれを、実際に実施権を得ながら、もしくは買取りをしながら、そののところが社会実装していくのが重要ではないでしょうか。その知財に基づいた社会実装への戦略というものが今後重要になってくるといいますし、そこも含めて、このプロジェクトの意義であるとか、そういった特許というものは本当に武器になると考えます。そののところが非常に強いものであり、公に認められたというものになりますので、そういった中での強みとして社会に実装をしていき、それが大きな実となることに期待いたします。

それで、また少し質問が変わるのですが、資料5-2の29ページのところで、これは今GI基金のほうに波及効果ということで展開をされようということだと思えます。これというのは、実際にCO₂は確かに使用するのですが、その後、TEOSとかジシロキサンにしていって、それをまた戻す工程におけるCO₂の逆に使用量というのを考えた場合に、カーボンニュートラルよりもカーボンを逆に増やして出してしまう。そういったようなマイナス面が出てくるのかどうか、非常に興味のある内容ですので、その観点について教えていただけたらと思います。

【産総研_深谷 SPL】 私の担当ですので、お答えをいたします。まさに関根様からご指摘いただいたところが、次のGI基金のプロジェクトの本当に鍵でありポイントになっているところです。CO₂は使うのですが、プロセス全体で、やればやるほど減るか、カーボンネガティブになるかということ、やはりそうはならないと思っています。ただ、現行技術のホスゲン法でカーボネートやウレタンをつくられているものよりも投入エネルギーをいかに減らすか、CO₂排出原単位をいかに減らすかです。現行技術よりも増えてしまえば、さすがに意味がなくなりますので、まずホスゲンを出発原料にしたときの最終製品の投入エネルギーと、もともとホスゲンは高エネルギーですので比較的しやすいものから始まっている投入エネルギーと、CO₂をスタートにしたときの投入エネルギーを同じにすると、ちょうどホスゲン分とCO₂を使う分の差分をメリットにできるため、そこを開発目標としてやっているところです。

【関根委員】 分かりました。ホスゲン法でのCO₂をカーボンニュートラルにするだけでも非常にインパクトが大きいと思いますので、そういった意味での期待度は大きいですし、非常に面白い技術だと思います。ぜひ成し遂げてください。私からは以上です。

【産総研_深谷 SPL】 どうもありがとうございました。

【中村分科会長】 今の質問に関連するところとして、資料5-1の26ページにも結構特許の戦略について記載がありますので、こちらも確認をしていただけたらと思います。ありがとうございました。

それでは、山口様お願いします。

【山口委員】 政策投資銀行の山口です。福岡先生のご質問とも関連しますが、資料5-1の11ページ、13ペ

ージあたりのところで伺います。もともとの基本計画ですと13ページがアウトプット目標で、11ページに書かれている省エネ効果がアウトカム目標として書かれていたという理解です。ご説明の中で、今回アウトプット目標については達成できたというお話があったように思いますが、11ページの目標について進捗管理等をされている中で、そこの距離感が近づいているのかどうかなど、そういった議論というのはなされたのでしょうか。

【NEDO 材ナノ部_山田 PM】 アウトカム目標については、昨年度、「有機ケイ素の市場価格と国内外における将来ニーズという調査」を行い、プロジェクトの成果が当初目標に対してどれだけ近づいているのかという試算を行いました。具体的に何パーセントまで近づいているのか、どういう課題があるか等については試算内容を確認しているところです。この調査は、三菱ケミカルリサーチに委託をしましたが、産総研でもアウトカム目標に対する試算を行っていますので、それらを相互に比較しながら効果の確認している段階です。

【山口委員】 分かりました。ありがとうございます。また、これは宮地委員の質問とも関連するかと思いますが、念のためもう一つ確認をさせていただきます。資料5-1の21ページ、22ページの研究開発の進捗管理の説明部分になりますが、先ほどの話の中で、外部の技術動向なども見ながら比較をされて見られていたということでした。この技術検討委員会の中で、外部の技術動向や外部環境の変化というのは都度都度議題として上げられていたのか。どういった形で外部の環境変化を委員会の中で見られていたかについて教えてください。

【NEDO 材ナノ部_山田 PM】 技術検討委員会での主な議題は、研究開発の進捗管理とプロジェクトの方向性になります。プロジェクトの方向性は、主に技術の研究開発の方向性で、どのようにして進めていったら実用化ができるのかを議論します。例えば、サンプル供給を行うにも、単に「サンプルがあります。どうですか」というのではなく、サンプル提供する場合には、「サンプルがどういう物性であるかということを含めて提示すべきだ」等のご指摘を頂戴することで、研究開発の方向性を決めていきます。中間評価で頂戴したコメントについても、先ほどご説明をした内容を進めてきました。外部状況については、予算要求の過程、あるいはNEDOの中での指摘事項を委員の皆様、あるいは実施者の皆様にご説明をして、PLやSPLとの議論も実施計画書に反映しながら取り入れてきた経緯がございます。

【山口委員】 分かりました。ありがとうございます。

【中村分科会長】 それでは、仲様お願いします。

【仲委員】 倉敷芸術科学大学の仲です。資料5-2の27ページのところで伺います。プロジェクトの定義として実用化の考え方では達成であると。1kgのスケールでサンプル提供ということで達成になっていますが、やはりNEDOのプロジェクトですから、最終的に工業化をして実用化というように考えるべきかと思います。また、資料上部に5つの技術が並んでいます。例えばテトラアルコキシシラン製造技術というのは、方法論としては結構確立されていると思うのですが、今回、具体化をした技術ということでスケールアップに臨まれているとのこと、どういうところに障壁があるのだろうかと思ひまして、差し支えない範囲で伺えたらと思います。

【産総研_深谷 SPL】 詳しい詳細は午後のセッションで説明をさせていただきたく思いますが、仲先生のおっしゃるとおり方法論としては確立できたと思っています。午後にコルコートと一緒に発表をいたしますが、残された課題は資料5-2の3ページの記載とご指摘の内容のとおりです。スケールアップをしたと言っても企業がやるレベルではないため、我々がこの事業で開発した小型ベンチを、ここからコルコートで大型のパイロットとしていきます。方法論、原理として分かったものを大型化でいかに再現性を取っていくか、よりブラッシュアップをして良くしていくかというところが一つの課題です。また、生産コストとか、投入エネルギーがきちんと見合うものになっているかどうか。私たちがやっているスケールではきちんと算出できているが、大きくしたときに同じようにワークするかを確認して

いくというのもセットで課題となります。

コルコートは金属ケイ素を輸入して、国内でTEOS等を製造する事業をしていますが、金属ケイ素ではなく、できれば国内のSiO₂を使いたいという意向があります。いろいろな可能性があるのですが、工業的かつ安定的に入手可能なSiO₂をどのように選定して、どのぐらいの汎用性があるかを今後確認していく。つまり原料の選定ということがもう一つ今後の課題になってくるものと考えています。

【仲委員】 ありがとうございます。よく分かりました。

【中村分科会長】 ありがとうございます。それでは、京都大学 化学研研書の中村から少し伺います。今、コルコート様での実用化に向けたお話がございました。そのTMOS、TEOS、TPOS、これが今コルコート様でどれだけつくられていて、国でどれぐらいつくられていて、それがどのぐらいのビジョン、スパンで置き換えられていくものとして考えられているのでしょうか。もしかすると企業秘密に当たるところであれば、価格等は結構ですし、差し支えない範囲で伺えるとありがたいです。

【コルコート技研_熊井】 コルコートの熊井よりお答えいたします。実際の具体的な数値を出すことは非常に難しいところがございます。

【中村分科会長】 数値を出すことが難しいのですね。分かりました。それでは、もう一つ伺いますが、アメリカのベンチャー企業でシリカからつくられているというお話があった中で、ベンチャー企業ということは恐らく特許を出されていると思うのですが、今回の基本特許、テトラアルコキシシランをつくる方法というのは、ある意味シンプルであり、ノウハウとかが多いかと思うところです。これが例えば米国の特許に抵触しないかなどといったところは、どのような観点で進めてこられたのでしょうか。

【産総研_深谷 SPL】 ご質問の趣旨として、抵触しないかどうかというのは、出願されているものに対する我々の技術がという理解で合っているのでしょうか。

【中村分科会長】 合っております。

【産総研_深谷 SPL】 承知いたしました。アプローチが違います。我々の基本出願が特許として認められているかどうか、抵触しているかどうかには該当すると思っております。基本出願で我々がやりたいと思っている権利範囲は審査で通っています。アプローチが違うため、そこは大丈夫と考えています。

【中村分科会長】 分かりました。例えば大きな会社等であれば、後から訴訟とか何かいろいろあると大変かと思ひまして伺った次第です。あと最後に、「二酸化炭素の化学産業における排出量が」という話がよくあるのですが、これも経産省であるとか国全体の方針としてそういうことを言わないといけないのは分かるのですが、例えば人間活動の全体1年間で放出される二酸化炭素の量というのは多分300億tとかそういったレベルになると考えます。例えばそういうものに対してどういったことがというものを言ったり書いたりというのは、あまりしてはいけない部分になるのですか。

【NEDO 材ナノ部_林部長】 今の点については、私から少しお答えをさせていただきます。現在、様々なCO₂削減政策というものが取られており、皆様の日々の生活であるとか、車をいかに省エネルギーにするかという問題が様々な側面から行われています。私どもは、主に材料とナノテクノロジーを対象事業としています。化学分野を産業の相手にしている私どもの部隊としては、化学産業を省エネルギーにしていく方針で進めています。今回は化学の力で省エネルギーにするという、化学プロセスを行っていますが、そのほかに私どもはバイオの力を使って省エネルギーにできないかといったことも行っています。既にご存じの先生もおられました、人工光合成で太陽光も使った触媒の力で省エネルギーにできないかということもやっているところです。こういう様々なアプローチを取るあくまでも一つとしてご理解いただけたらと思います。それを踏まえて、全体をどうするかというのは、私が語るには残念ながら力不足となってしまいますが、皆様の生活でも対応していかなくてはいけないところを、化学産業は少ないからいいということではなく、全体の一つとして化学産業をやっていかなくてはならないと考えている次第です。

【中村分科会長】 なるほど。また、砂からこういったことをやるというのは、例えば環境であるとか自然に対してもいろいろな影響を与えることができると思うのです。例えば人間活動の300億t、その50倍ぐらいが海洋や土壌で吸収、排出をされているという中で、例えば砂からシラン原料をつくるということを進めていく中で、その砂というのも結構川から運ばれてくるのですよね。海のところに。これがいろいろと防波堤であるとか防潮堤等々を造ることによって砂自身がたまらないような状態になっている。そういう意味では、こういうプロジェクトを大きく推し進めることで、自然環境の連関、森から海からといった部分にもポジティブな影響を与えて、さらに二酸化炭素の吸収量といったものを拡大もしくはコントロールをしていくといったこともできるような非常に面白いテーマだと感じました。化学の中の視点で、化学でできることというのも大事だと思いますが、もっと外に打って出てもよいのではないのでしょうか。

【NEDO 材ナノ部_林部長】 ありがとうございます。私どもの事業は、様々な波及効果を持つものだと思います。シリカは我々の身の回りにも広く分布をするものです。例えば火成岩がございしますが、これはCO₂を吸収する材料で風化をしていくと段々と分解をしていくのですが、分解をしていく途中でCO₂を吸収してシリカができます。これからは、地球再生プロセス全体の大きな流れの中で、これを使い切ったらどうなるのかという環境エコ評価をしっかりとしなくてはなりません。中間の金属ケイ素を経由しなくても製造できるシリコン材料の概念をお認めいただいたことは大変ありがたいです。

【中村分科会長】 ありがとうございました。それでは、時間がまいりましたので以上で議題5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

【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。その発言順序につきましては、最初に山口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、山口様よろしく申し上げます。

【山口委員】 政策投資銀行の山口です。本日はありがとうございました。まず全体として、エネルギーの問題、経済安全保障、資源の確保といった観点で非常にやるべき話であり、社会的意義の高いものを行われていることとして強く感じました。また、チャレンジングな取組をされている部分もありまして、まさにNEDO様がやられるべき事業であるという思いも強くございます。また、これまで進められてきた中身を伺う中では、「中間評価を踏まえて」という発言も非常に多かったですでしょうか。それというのは、途中での意見を踏まえながら、あるいは取捨選択もしっかりとされながら進めてきた研究マネジメントとしての表れだと感じますし、成果もしっかりと出されていました。意義・進め方・成果の3つと

して非常にすばらしい限りです。

あとは、ここから先というところでしょうか。今後の期待も込めまして、やはり社会実装に向けてしっかりと取組を、民間も含めて進めていければと思うところです。その観点としては大きく2つありまして、1つは原料の確保というところで、もみ殻を中心にどのように原料を確保していくかというのが大きな論点になるでしょうか。重々ご認識はされていることと思いますが、そこはしっかり進めていただく必要性を感じます。またもう一つとして、いろいろな人と組んでいく必要があるということで、ユーザー企業様の声やニーズをしっかりと吸い上げながら、ユーザー企業様としっかり組みながら進めていくことを意識していく。これは今後の期待ということでお願いをできればと思っている点です。以上になります。

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

【宮地委員】 日本肥糧の宮地です。皆様、一日お疲れさまでした。今、山口様からもありましたように、途中でテーマを思い切って中止されて、資源を集中するといった形で進められているなど、非常に効率的に2014年度から展開をされてきたものとして受け止めております。また、今日のお話を伺い、しっかり成果は出ているものとして理解いたしました。まず1点目として、砂からTEOSなどといった化合物をつくるという中で、本来は砂という部分が注目されるべきですが、今回もみ殻、藁ということで非常に世の中としては余っている廃棄物でありますから、それをしっかりと利用する観点としては大事だと感じております。また、2014年に立ち上がった頃には、このように海外からの資源が入ってこないリスクというものをあまり認識されていなかった中にもかかわらず、ここまで来ているということは非常に特筆すべき着眼点で進められてきたのではないのでしょうか。また、「農工連携」というものもありましたが、私、農業に携わる企業として少しでも日本の農家様が元気になるような利用方法ができれば一番うれしく思うところです。あと、いろいろな反応触媒が使われた様々なタイプの化合物に関しては、私も前職として日産化学にいた頃、シーズ志向で全く新しい世の中にないような化合物を展開しようとしたものの、なかなか難しい点が多かったというところで痛感をいたします。そして、これも山口様が言われたように、今、化学メーカー様、材料メーカー様と組んでいろいろと検討をされているとは思いますが、さらに川下の例えば半導体メーカー様など、本当に最終ユーザー様のところと連携をし、彼らがどういうものをニーズとして持っているのか、将来どういうウォンツを、「こういうものがあつたらいいな」と思っているところをしっかりと捉えて今後進めていくことが非常に大事ではないかと思えます。非常に今後も期待をしておりますので、ぜひよろしく願いいたします。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、福岡様よろしく申し上げます。

【福岡委員】 北海道大学の福岡です。プロジェクトの目標があつて、それらの達成度が全て「○」あるいは「◎」に至っており、目標どおりに進められたのが良い点だと思います。私は大学の人間でありますから、今日は、技術的もしくはサイエンス的な側面から聞かせていただきましたが、特に印象に残っているのは、やはり砂からアルコキシシランをつくるという点でしょうか。それから反応法も含めて非常に特徴があるので、これは強い印象を受けており、良い反応であつたと受け止めている次第です。またもう一つ、シラノールのところで、これは新材料につながるものだと思いますし、非常に発展が期待されるものではないかと思っておりますし、ヒドロシリル化反応では、いろいろと触媒を調整するという苦労も聞かせていただきまして、やはり触媒開発というのは大変なものであると感じました。

そして、今後は実用化に向けていろいろなプロジェクトが行われていく中で、そちらの方向に重点が置かれるとは思うのですが、私としてはここで出たサイエンスの芽をきちんと伸ばしていくという側面を持っていただけたらと思っております。若い人たちもこのプロジェクトにたくさんおられるようですから、そういう人たちが「自分で開発をした」と言えるような触媒技術に、オリジナルな触媒技術になってほしいと感じます。もちろんそういうことも計画されていることと思うのですが、その点をぜひお願いしたいと思います。以上です。

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

【仲委員】 倉敷芸術科学大学の仲です。本日は、非常に面白く興味深い話をお聞かせいただきましてありがとうございました。研究成果に関しては目標を達成されており、申し分ないと私は思っています。これからは、本格的な実用化に向けてどう取り組んでいくかというところですが、今一番実用化に近いように思われるのがテトラアルコキシシランの製造技術となるでしょうか。皆様から言われているように、それをサプライチェーンの問題であるとか、省庁の横断した交渉などを行われて、なるべく早く実現してほしいと思っています。NEDOのプロジェクトはこれで終わりますが、追跡調査というものもあるようですから、ぜひとも成功させていただきたいと思う次第です。また、私はケイ素関係の研究をやっていますので、これが起爆剤といいますか、「ケイ素分野の盛り上がり」と思っていますので、期待をしております。どうも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、関根様よろしく申し上げます。

【関根委員】 DICの関根です。本日は、一日お疲れさまでした。一日お話を伺いまして、当然最初に事業の実施背景とその目的が立てられるわけですが、そこのところをしっかりとやられていて、成果をきちんと出されているところが非常に印象に残っています。特に、研究開発項目の①と②の両方について、物を製造するという立場からメスを入れていただいて技術開発をしていただいたというところが、ただ単に研究だけに終わらず、それを社会実装していくのだというところの成果として大きく出ていたものとして感じています。砂からこういった有機ケイ素というところのコンセプトは非常に面白いですし、今後カーボンニュートラルが叫ばれる中、やはり金属ケイ素に頼らないといった新しいものづくり、そういったゲームチェンジ、パラダイムシフトを起こす可能性がある。そういったポテンシャルを持つ技術開発を十分されているということに改めて今日感じることができました。本当にありがとうございました。

そして今後、当然ながら社会実装といったまたハードルが待っているかとは思いますが、これまで培った技術、経験した失敗もそうですが、経験をしたことは、恐らく事業化のところにも大きく結びついていくはずですが、また、その礎にもなっていくと思いますので、これまでの研究開発といったところを、本当に我々企業としても後押しをしながら、真の社会実装、カーボンニュートラルへの貢献、もしくは、そのゲームチェンジというところを一緒に実現していきたいと考えております。今後またこういった大きな塊感を持ったコンソーシアムなりプロジェクトといったところでの参画ができれば、そういうところにもぜひお声がけをいただければと思います。本当に今日は一日どうもありがとうございました。以上です。

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

【徳永分科会長代理】 九州大学の徳永です。今日は皆様お疲れさまでした。私はこちらの分科会に二度出席をしておりますが、いろいろなプロジェクト、いろいろなテーマとして、それらが非常にうまくいったテーマもあれば、中くらいというテーマもあったわけなのですが、いわゆる基礎研究的な大学などでもやられているような研究のテトラアルコキシシランからのヒドロシランやSi-Cボンド形成などといったところでもいろいろな面白い成果が出ておりました。また、ヒドロシリル化の触媒反応でも固体触媒でできるようになっているなど、いろいろな新しい触媒が開発されていたでしょうか。基礎研究の学会発表で聞いているような成果としても大変興味深いものがたくさんあったという印象です。また特筆すべき点として、多くの反応でキログラムスケールでの実施をされていて、今世の中に出ている有機化学の論文とかでは「頑張って1gでやりました」というレベルが多いところが、100gでもなくキログラムで出来ている例が非常に多かったというのが大変説得力を感じさせられました。確かに最初の原料をどのように調達するかといった問題等ではありますが、非常にたくさんの途中の反応、加硫のところの反応でもすごく面白い成果が多々あったと思いますので、この8年間におけるNEDOの研究としては大変充実したものと言えるのではないのでしょうか。どうも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した。それでは最後に、本日の分科会長を務めました京都大学の中村より講評をいたします。皆様、今日は一日本当に非常に密度の高い分科会におかれまして、大変お疲れさまでした。私は結構初期の段階からこのプロジェクトの評価には関わらせていただいておりますが、その中では正直「これはどうなってしまうのだろうか」というときもございました。そういうコメントを以前にさせていただいたこともあったのですが、今日の成果を伺った中では全てにおいて目的を達成した成果を得られているということで、佐藤PLや推進部の方々が巧みにハンドリングをされたこともそうですし、成功したプロジェクトであると感じた次第です。

また、そのプロジェクトの在り方、今日いろいろな議論があったかと思いますが、もう1点すばらしかったと言える点が、ケイ素というものを素材に取られて、そういう物質の流れというのでしょうか、何かそういうものをもう一度見直す機会になったのではないかと思います。例えばケイ素が今回のキーワードですが、ほかの制限元素も、リンや窒素であるとか、鉄というのも生物にとっては実は制限元素であるわけで、炭素もそうですし、そういったいろいろな元素のつながりであるとか、それが社会はどのように流れているのかというのを改めて考えさせられ、それを把握していくという、何か次のそういう時代を想像させられる。そういうようなプロジェクトになっていくのではないかと考えさせられました。

また、少し話がそれますが、2004年頃に私は中村栄一先生のところにおりまして、後の「元素戦略」というものを発案したのですが、あれというのはNEDO様、通産省様、文科省もやられましたが、ちょっとコンパクトになってしまったイメージがあるのです。それが今回社会とのつながりを含めた元素の流れというものを感じされたところが良かったところとして思います。そういう意味でも砂にもチャレンジをしていただいて、もみ殻も各地域で使っていただく。また、もっとほかにもいろいろな資源があると思いますのでそれらを活用する。そうすると、またもしかするとケイ素を戻さなくてはいけないということにもなってくるわけで、そういう意味でのLCAを、ただ全体で終わるのではなく、さらにそれが循環していくという、何かそういったところまで近未来に広がっていただけたらと感じているところであり、本日は大変感銘を受けた次第です。ありがとうございました。

【小林専門調査員】 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。ただいまの講評を受けて、推進部の林部長及び佐藤PLより一言ずつ賜りたく存じます。

それでは、まず林部長からよろしくお願いたします。

【NEDO 材ナノ部_林部長】 材ナノ部長の林でございます。本日はお忙しい中、長時間にわたるご議論をいただきましたことに御礼を申し上げます。誠にありがとうございました。中村分科会長には、長い間このプロジェクトを見ていただきまして、正直なところ、後からまいりました私がこのようなことを口にするのも恐縮なところもございますが、少しお話をさせていただければと思います。

本プロジェクトは、ケイ素という元素に着目して、物質の流れを考えながら作っていくもので、元素のつながりとしては、ケイ素-炭素、ケイ素-ケイ素、ケイ素-水素など、いろいろな組合せを追及したからこそ完成できた事業だと思います。原料確保について先生方からご指摘いただきましたが、評価は継続していきますので、この点は今後もフォローしていく所存です。また、砂やもみ殻について一つ二つのご提案をいただいたところですが、ケイ素はあちらこちらに存在する元素です。私の過去の経験から申しますと、廃棄物になったものを運搬するのは非常に大変なところがございます。それをさらに有価物に分けると、悪さをする人がいることもあります。なるべく運ばないほうがよいのではないかとはいいつつも、LCA との両立をいかにしていくかについては考えていかなければなりません。

産総研を中心に大学の先生方が非常に多くのサイエンスに関わる研究を進められたことも大きいと考えます。それぞれが、反応の過程とか新たな触媒の開発も含めて、新たな発明に近いことが行われたことは非常に大きいと思っています。これを本当の社会につなげていくことは、企業の皆様をはじめ、我々としてもぜひ進めて参りたいと思いますので、今後とも見守っていただければ幸いです。少し長くなりましたが、改めまして、本日は皆様、誠にありがとうございました。

【小林専門調査員】 ありがとうございました。それでは、佐藤PL よろしく願いいたします。

【産総研_佐藤PL】 皆様、今日は本当にありがとうございました。また10年間本当にお世話になりました。

10年前を思い起こすと、私はもともとケイ素化学を東北大学で研究していたのですが、アカデミアと産業界があまりマッチしていなかったように思っていたことがあります。アカデミアも産業界もケイ素が非常に強いので、これを掛け算にしたらすごいことになるのではないかとということで、ケイ素を提案させていただきました。当時、人工光合成がCO₂なので、こちらはSiO₂だというのがありました。また、10年あれば何でもできるだろう、派手なことをしたほうがよいだろうと思い、「砂から服を作る」とか、「シラノールはまだやっていないだろう」ということを言い、皆様が必死についてきてくださり、非常に優秀な方々、アカデミアの先生方にすごく協力をさせていただきました。

思い返せば、触媒化学融合研究センターができて10年、このプロジェクトとともにいるようなものです。この間に、学生も含めて多くの人材が育ちましたが、産総研の職員が一番育ったのではないかと私も思います。今日お話をした、深谷、中島、五十嵐は、このプロジェクトとともに育ったと感じます。NEDO プロジェクトで企業を意識しながら基礎もやる。社会のことも考える。非常に育ったと思います。もう私がここにいなくても、何とかなる今日の会議だったと思います。現在、精密合成プロジェクトの集中研を触媒化学融合研究センターにおいています。産総研がと言うのはおこがましいですが、NEDOのご支援もいただきながら、人を育てて、アカデミアと産業界のハブになるように進めたいと思います。先生方からは非常にすばらしいご意見をいただきました。その都度の修正をしながらプロジェクトがここまで来たところがあります。この有機ケイ素プロジェクトは終わるものの、先生方には引き続きご協力をお願いできればと思います。どうも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した。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 5-1 プロジェクトの概要説明資料
～ I.事業の位置づけ・必要性、II.研究開発マネジメント～（公開）
- 資料 5-2 プロジェクトの概要説明資料
～ III.研究開発成果、IV.成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し～（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。

「有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発」

(事後評価)分科会

質問票 (公開内容の質問と回答)

資料番号 ・ご質問箇所	ご質問の内容	回答		委員氏名
		公開可/ 非公開	説明	
3.2-37	アルコキシシランの水素化分解反応では、27%収率が報告されている。この反応がより良好な結果を達成できる可能性を示唆する数値と思われる。報告書を見るとそれほど多数回、多種類の触媒、多種類の条件で検討したようには見えないが、実際の検討状況と、この変換反応の潜在的な可能性について教えて頂きたい。	公開可	報告書に記載はありませんが、購入可能な触媒前駆体および配位子の組み合わせだけでなく、所望とする触媒能を示すことが期待される触媒種を 20 種類以上は別途合成し、反応を検討しましたが、27%以上の収率は得られていません。ご指摘の反応の機構解析を行うと、錯体に対して量論的に反応が進行した後、一部の錯体の分解物が数%だけ水素化体を生成する結果が示唆されています。以上の検討より、触媒サイクルの構築は困難と判断いたしました。	徳永分科 会長代理
3.2-54	アルコキシシランの水素化ホウ素ナトリウムによる還元では、比較的良好な収率が達成されており優れた成果と考えられる。一方、化学量論量のハロゲン化アルキルが必須となってお	公開可	ボランを還元剤として用いれば可能となります。これは、水素化ホウ素ナトリウムとアルキルハライドとの反応により、ボランを系中で発生させていることによります。	徳永分科 会長代理

	り、この点が欠点となり得る。反応機構上、やむを得ないのかもしれないが、ハロゲン化アルキルフリーで実現できる可能性はないのでしょうか？			
3.2-89	トリメチルアセトキシシランからの脱炭酸によるテトラメチルシランの合成反応では、反応条件や活性炭を中心とした触媒などの検討で、かなりの努力の跡を伺うことができ、また収率も24%と目標値に近い数値を達成できている。一方で、選択性は目標値の50%よりやや低い数値に留まっている。今後、この反応の選択性を改善できる可能性があるとするれば、どのあたりの検討になるのでしょうか？	公開可	テトラメチルシランの低い選択性は、反応生成物の6割以上を占めるトリメチルシラノールとジシロキサンの副生に起因します。これらの副生成物は、本成果資料の反応機構で記述したとおり、トリメチルアセトキシシラン原料に対して、Si-O結合切断（脱炭酸）ではなく、C-O結合切断が進行するために生成すると考えられます。これまでに我々は、これらの副生成物の生成量は、様々な酸強度および酸量を有するゼオライトの種類に大きく依存することを見いだしているため、Pd/Cや活性炭、グラフェンといった有効触媒への第2、第3成分の添加による触媒表面の酸塩基特性の制御（付与）が結合切断の選択性に大きく関与する可能性があると考えています。	徳永分科 会長代理
3.2-89	トリメチルアセトキシシランからの脱炭酸によるテトラメチルシランの合成反応においてパラジウム触媒の検討を行っている。選択性を上げるひとつの方向性として、600℃以下では	公開可	本研究では、様々な担持金属種と担体の組み合わせた担持金属触媒を検討した結果、Pdと活性炭の組み合わせが最も有効であることを見いだしてきました。したがって、	徳永分科 会長代理

	触媒作用があるとしている担持パラジウム触媒やその他の担持金属触媒の可能性があると思われるがいかがでしょうか？ またパラジウムの粒子径や酸化状態に関して、触媒活性との関連は見られたでしょうか？		上記のご質問・回答とも関連しますが、Pd/C 触媒をベースとした改良により、可能性は十分にあると思います。しかし、これまで、本触媒の最適化や反応条件の最適化に関する検討までしか至っておらず、Pd の粒子径や酸化状態等のキャラクタリゼーションについて不十分でありますので、今後、触媒の構造や電子状態との相関を明らかにし、活性サイトに関する知見等を得ることによって、触媒改良に対する指針を立てながら触媒設計をしていくことが重要であると考えています。	
3.3-1	200 数十件の特許の出願実績が記載されています。このうち、特許化や審査請求をする予定のおおよその件数はどのくらいになるでしょうか？ 3.2-489 には 100 件までのデータはありますが、大体この 2 倍程度になる見込みでしょうか？	公開可	本プロジェクトの特許出願については、ほぼ全てのケースで特許化に向けて審査請求する方向で検討しています。200 数十件の出願実績件数は、優先権主張の原出願や外国出願の際の分割など、全ての出願手続きを積算した数字で、3.2-489 のデータはこれらのパテントファミリーを親出願でまとめた分析なので、数値が異なっています。	徳永分科 会長代理
資料 7-1・ 3.2-11	表①-1-2 で、TMOS の収率が他と比べて良くないですが、これは Disiloxane 生成の割合が多いということでしょうか？	公開可	TMOS の場合においても Disiloxane 生成の割合が極端に多いという傾向はみられませんでした。TMOS が他と比べて低収率なのは、MeOH の沸点が低く、親水的である	仲委員

			ため、液相から気相を経由して脱水部まで移行できる水の量が他のアルコールよりも少なくなるため、と推定しています。	
資料 7-1・ 3.2-11	他の ROH との反応もそうですが、disiloxane が残ってくる理由が知りたいです。すべて、monosilane になってもいいような気がします。monosilane と disiloxane の間に平衡のようなものがあるのでしょうか？	公 開 可	monosilane と disiloxane の間に平衡があり、生成割合はその平衡によって支配されています。	仲委員
資料 7-1・ 3.2-11	これらの反応は、硫酸のような酸触媒でもいくような気がします。試されたことはありますか？	公 開 可	酸系触媒を検討したところ、SiO ₂ の分解よりも、アルコール同士の脱水によってエーテルが生成する反応が支配的になる、という結果でした。	仲委員
資料 7-1・ 3.2-51	表①-2-2-1 で、トリフェニルホスフィンオキシドを用いてもある程度の収率が出ていますが、表①-2-2-3 以降は、HMPA を使用しています。実用化を考えるとトリフェニルホスフィンオキシドの方が良さそうな気がします。HMPA を使用した理由をお聞かせ下さい。HMPA の使用は、現在の社会において実用化可能なのでしょうか？	公 開 可	実装化の段階では、企業と連携して試薬の選定が必要となることが想定されます。企業の製品ラインナップによって用いる試薬は変わるため、収率が良かった HMPA を用いて表を作成しています。	仲委員
資料 7-1・ 3.2-138 およ び 3.2-148	塩化アリルのヒドロシリル化において、全く反応しなかった Ru 触媒が、アリルエーテルのヒドロシリル化においては一番活性であったという結果でした。その原因が分かれば教えてい	公 開 可	現段階で原因は不明です。	仲委員

	ただきたいです。			
資料 7-1・ 3.2-164	アミンを共存させるとケトンのヒドロシリル化が促進されますが、アミンはどこに効いているとお考えですか？	公開可	(iminobipyridine)FeBr ₂ (以後[Fe]Br ₂ と略す) は、NaBHET ₃ と反応して真の触媒活性種である 14 電子錯体である[Fe]となります。これにヒドロシランの H-SiR ₃ が酸化的付加して[Fe](H)(SiR ₃)錯体となり、この Fe-H 結合に O=CR ₂ の O=C が挿入して [Fe](OCHR ₂)(SiR ₃)錯体が生成し、その後 OCHR ₂ と SiR ₃ が還元的脱離してヒドロシリル化生成物 (R ₃ SiOCHR ₂) ができますが、アミン共存すると Fe に配位して還元的脱離を促進すると考えています。より詳細は <i>ChemPlusChem</i> , 2019 , <i>84</i> , 1094 をご参照下さい。	仲委員
資料 7-1・ 3.2-206	モデルのアルケンのヒドロシリル化において、高収率のために 6 当量のヒドロシランが必要とのことでした。その理由が触媒活性種の形成に関与しているからとの記載があります。大スケールのヒドロシリル化では、ほぼオクテン：ヒドロシラン=1:1の条件で反応しています。大スケールでの反応では、触媒の状態がモデル反応とは違っているとお考えでしょうか？	公開可	本反応においては、(安定な) DMF 保護金属ナノ粒子から一部 DMF を解離させて、活性面を露出させて触媒として用いております。ヒドロシランは反応基質のみならず、触媒活性種を発生するためにも必要な反応剤と考えております。そのため、小スケールの反応の際には、用いるヒドロシランの量が相対的に少ないため、多めの (6 当量) のヒドロシランを加えてナノ粒子触媒の活性化を効率的に行っております。一方、大ス	仲委員

			ケール反応の場合には加えるヒドロシランの量も多いため、ナノ金属触媒を活性化するために、過剰にヒドロシランを加える必要はありません。触媒の状態はスケールに依らず同じであると考えております。	
資料 7-1・ 3.2-239	オルトケイ酸を単離されたことは本当に凄いことだと思います。オルトケイ酸を原料として、Q8H8 を合成する試みはされていますか？	公開	オルトケイ酸を原料とした Q8H8 の合成は検討しておりません。もちろんオルトケイ酸は重合することが可能ですので、何かしらの構造規定剤のようなものを用いたりすれば、オルトケイ酸から選択的に Q8H8 を合成することも可能かもしれません。	仲委員
資料 7-1・ 3.2-315	配列が制御されたオリゴシロキサン <small>の</small> 合成も大変面白いと思いますが、これらの化合物は、実際にこういうことに使えるということがあれば教えていただきたいです。	公開	現時点で明確な応用先があるわけではありませんが、どのような配列構造でも合成できるため、材料開発の基盤となる技術です。本技術をもとにシリコン材料の構造と物性との相関を明らかにすることができれば、今後新規のシリコン材料を開発する上での指標が得られますので、材料開発時間の短縮に貢献できるものと期待しています。	仲委員
3.2-27 以降	①-1 : CSTR 装置で脱水塔を通すことにより TEOS 収率が上がるが 65%に留まる。この流通系の条件検討によりさらなる収率向上は可能か。	公開	CSTR 装置に至る前のバッチ装置検討の結果から、アルコール/SiO ₂ 比、反応温度・圧力、反応時間等の条件によって、さらなる収率向上は可能と考えています。	福岡委員

3.2-34 以降	①-2: 多種の化合物を合成しているが、合成目標となる化合物を決める指針はあるか。	公開可	ヒドロシランでは、ヒドロシリル化を経由してシランカップリング剤に誘導できる化合物、アルキルシランでは、メチル体として、シリコーンオイルやゴムの原料に誘導できる化合物など、用途を考慮して指針としております。	福岡委員
3.2-187 以降	②-1: は調製条件により Fe ナノ粒子の粒子分布を変えることは可能か。もし可能なら、粒子径によりヒドロシリル化の反応活性・選択性は変化するか。もし変化するなら、その反応機構的な説明をいただきたい。	公開可	本法 (DMF 保護法) で合成できる粒子の粒子サイズは 2 – 5 nm であり、現状粒子分布が異なる金属ナノ粒子の合成はできておりません。Fe 以外の他の金属を用いても同様な粒子径のナノ粒子を生成することから、DMF 分子は 2 – 5 nm サイズの金属ナノ粒子に対して最も安定な保護剤として機能していると考えられます。そのため粒子径が異なる金属ナノ粒子を合成するためには、DMF 以外の保護剤を用いる必要があると考えています。	福岡委員
同上	②-1: Fe および Co ナノ粒子は再使用実験で活性低下を示している。Fe の場合には粒子サイズの変化がみられない。では、活性低下の原因は何か。	公開可	反応過程において Fe ナノ粒子上の保護分子である DMF の「一部」が反応基質であるアルケンや (ヒドロシラン由来の) シロキサン分子との置きかわることによって触媒活性を低下させていると考えます。Fe ナノ粒子は保護分子の DMF からの電子供与によって還元状態となっていることを XPS	福岡委員

			分析から確認しています。本反応ではバルクの酸化鉄触媒では反応が進行しないことから、(保護分子である) DMF から Fe ナノ粒子への電子供与が触媒活性を高める重要なファクターであると考えます。	
同上	②-1: Fe ナノ粒子と Pt ナノ粒子の混合による触媒で活性を示し、合金微粒子が生成していると示唆している。では、最初から Fe-Pt 合金ナノ粒子を作ったらよいと思われるがいかか。混合ナノ粒子の温度刺激性は興味ある現象であるが、100℃で反応後に 60℃や室温まで温度を下げると、混合ナノ粒子が得られるのか、または合金ナノ粒子が得られるのか。	公開可	最初から Fe-Pt 合金ナノ粒子を合成しても同様な結果が得られていることを確認しています。本実験で Fe ナノ粒子と Pt ナノ粒子の混合による触媒で検討を行っている理由は、Fe:Pt 比の検討が行いやすいからです。また、本系では 100℃以上で反応させることによって、高活性な合金微粒子が生成します。すなわち、60℃での反応においては活性合金微粒子触媒が生成せず、反応は進行しないが、一旦、100℃で反応させ、反応後の触媒を回収再利用することによって 60-80℃程度の比較的低温で反応が進行することを確認しています。	福岡委員
資料6-3 3P	原料となる供給体制が課題と認識されていますが、このページにある金属 Si に見合う原料がソースとして確保できるめど(調査)は実施済ですか?	公開可	農業副産物(もみ殻燃焼灰等)や、産業副産物を中心として、サプライヤーと接触しながら、調査を継続中です。	宮地委員
5P	全体を通してですが、用途により中間体原料などの純度が大きく変わってきますが、各用途の	公開可	純度は、今後さらに検証が必要なポイントと考えておりますが、基本的には精製手段	宮地委員

	使用に耐えうる純度の把握と本研究での到達レベルは如何でしょうか？		については現行製造法での技術が流用できると考えています。	
11P	細かい質問ですが収率の違いは何に起因しているのでしょうか？反応性でしょうか？TBOS 以外は原料でしょうか？	公開可	アルコールの種類により、目的物の平衡収率が異なっている点と、反応プロセスの中で液相から気相を経由して脱水部まで移行できる水の量が異なる点が収率の違いに影響を与えております。	宮地委員
12P	産業副産物が純度、TEOS%も最も高く、数字だけ見るとこれがベストのように思えますが何か課題があるのですか？合成石英製造の際に発生する副生物量でしょうか？合成石英も輸入でしょうか？	公開可	検討したものは、合成石英製造時に発生した副産物です。合成石英は輸入物、国内製造両方ありますが、今回使用した副産物は国内製造の過程のものをサンプルとして入手して検討しました。	宮地委員
17P	微量金属が現行品と有意差がないことはわかりますが純度はどうでしょうか？99%以上の数字が見えますが用途によっては十分なものもあるし、不足な部分もあるように思えます（上記5P 質問にも関連）	公開可	5P 質問で回答の通り、純度は、今後さらに検証が必要なポイントと考えておりますが、基本的には精製手段については現行製造法での技術が流用できると考えています。	宮地委員
18P	スケールアップの課題は？検討済ですか？	公開可	1 kg スケールまで本プロジェクトの中で検証しました。今後さらに大型ベンチ・パイロットスケールの検討を進めながら、さらなる課題の抽出を進め、その解決を行って実用化を検討していく計画です。	宮地委員
23P	SiO ₂ 源の供給安定性や集積方法が気になります。海外のバイオエタノール（麦わら使用）プ	公開可	ご指摘のように、実施者の LCA の解析でも、例えばもみ殻燃焼灰を長距離輸送して	宮地委員

	ラントでは大畑作地域にプラント建設例はありますが、日本ではなかなか難しいとも考えます。物流費（CO2 排出含めて）、マイナスになる場面があると思いますが如何でしょうか？		しまうと、コスト的に不利になることが解っており、生産拠点の近隣で収集する事が必要との認識です。他の産業との連関も想定しながら、燃焼灰だけでなく産業副産物など複数の SiO2 源などを組み合わせて使用できることが望ましいと考えています。	
資料6-4 13P	本結果は実験データとしては理解致しますが、具体的な用途イメージで検討されているものでしょうか？Fが多く入っていることによる原料としてのメリットなどを想定しているのですか？	公開可	まずは反応が進行する基質を探索して、原理実証からスタートするための検討となります。Fが多く入っていることによる原料のメリットなどは想定しておりません。	宮地委員
17P	Q 単位原料に対して選択性、収率向上のめど方向性はありますか？	公開可	当初、Pd などの貴金属が触媒種として必須と考えておりましたが、プロジェクトの終盤に、金属無しでもカーボンの表面が触媒として機能する事が新しくわかりました。この知見をベースに反応機構の解明も進め、メカニズムに基づいた新たな選択性の高い触媒を進めて行くことを方向性として考えています。	宮地委員
資料6-8 5P	いろいろと詳細な解析をされていると思いますが、例えば 8,969 件の時系列的な解析がされていれば流行りなどわかると思いますが如何でしょうか？	公開可	この特許出願動向の調査では、企業とプロジェクトの出願状況の特徴の比較のみで、時系列的な流行などの解析は行っておりません。	宮地委員

以上