

研究評価委員会

グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発／「有害な化学物質を削減できる、又は使わない革新的プロセス及び化学品の開発」・「廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発」

(事後評価) 分科会議事録

日 時：平成24年9月14日(金) 10:00～15:25

平成24年9月21日(金) 9:30～18:30

場 所：コンベンションホール AP浜松町 会議室B・C

出席者(敬称略、順不同)

分科会長 浅岡 佐知夫 北九州市立大学 国際環境工学部 特任教授
分科会長代理 吉田 潤一 京都大学 大学院 工学研究科 合成・生物化学専攻 教授
委員 稲永 純二 九州大学 名誉教授
委員 植山 正基 一般社団法人 日本化学工業協会 産業部 兼 技術部 部長
委員 薩摩 篤 名古屋大学 大学院 工学研究科 物質制御工学専攻 教授
委員 杉本 裕 東京理科大学 工学部 工業化学科 准教授 (9/21:欠席)
委員 永島 英夫 九州大学 先導物質化学研究所 分子集積化学部門 教授
委員 三宅 孝典 関西大学 環境都市工学部 エネルギー・環境工学科 教授

<推進者>

相楽 希美 NEDO 環境部 部長
海老根 強 NEDO 環境部 統括主幹
岩田 寛治 NEDO 環境部 主任研究員
石毛 悦子 NEDO 環境部 主査

<オブザーバー>

羽部 浩 経済産業省 化学課 機能性化学品室 研究開発専門職

<実施者>

魚住 泰広 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 分子科学研究所 教授 (PL)
小林 修 東京大学大学院理学系研究科 教授 (PL)
島田 広道 独立行政法人 産業技術総合研究所 研究環境安全本部 本部長 (PL)
石原 一彰 名古屋大学 大学院 工学研究科 化学・生物工学専攻 教授
森 雄一郎 東京大学大学院理学系研究科 グリーン・サステイナブル・ケミストリー社会連携講座 特任准教授
奥村 吉邦 昭和電工株式会社 研究開発センター 大分触媒グループ グループリーダー
五十嵐 威史 昭和電工株式会社 研究開発センター リサーチャー
柳生 大輔 昭和電工株式会社 研究開発センター 大分触媒グループ
沼田 好幸 日光ケミカルズ株式会社 那須事業所 技術グループ チーフ

赤塚 裕一 日光ケミカルズ株式会社 那須事業所 技術グループ

大野 桂二 和光純薬工業株式会社 試薬事業部 試薬開発本部 試薬研究所 所長

松澤 啓史 和光純薬工業株式会社 試薬事業部 試薬開発本部 試薬研究所

佐藤 一彦 独立行政法人 産業技術総合研究所 企画本部 総括企画主幹

清水 政男 独立行政法人 産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門精密有機反応制御グループ
主任研究員

今 喜裕 独立行政法人 産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門精密有機反応制御第3グループ
研究員

齋藤 信 昭和電工株式会社 技術本部戦略マーケティングセンター スタッフマネージャー

内田 博 昭和電工株式会社 研究開発センター コーポレートフェロー

大関 雄二 電気化学工業株式会社 新規材料研究部 主幹研究員

渡辺 淳 電気化学工業株式会社 新規材料研究部 グループリーダー

大橋 慶太 電気化学工業株式会社 新規材料研究部 研究員

笹川 巨樹 荒川化学工業株式会社 開発統轄部 技術事業開発部 筑波研究所 研究員

恵崎 陽一郎 荒川化学工業株式会社 開発統轄部 技術事業開発部 筑波研究所 主任研究員

浦田 泰男 JNC株式会社 研究開発本部 市原分室 PJリーダー

渡辺 健一 JNC株式会社 研究開発本部 主席研究員

<企画調整>

増山 和晃 NEDO 総務企画部 課長代理

<事務局>

竹下 満 NEDO 評価部 部長

三上 強 NEDO 評価部 主幹

松下 智子 NEDO 評価部 職員

中村 茉央 NEDO 評価部 職員

加藤 芳範 NEDO 評価部 主査

<一般傍聴者> 4名

議事次第

< 1日目 > 9月14日(金)

【公開セッション】

- 1.開会、分科会の設置、資料の確認
 - 2.分科会の公開について
 - 3.評価の実施方法
 - 4.評価報告書の構成について
 - 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／実用化・事業化の見通し
 - 5.3. 質疑
 - 6.プロジェクトの詳細説明
 - 6.1. 分子研G：高性能不均一触媒の開発と環境調和型化学プロセスの研究開発
 - 6.1.1. 錯体触媒を利用した水中不均一条件での精密化学合成法の研究開発（分子研）
 - 6.1.2. ナノ触媒を利用した水中不均一条件での酸素酸化反応の開発研究（分子研）
 - 6.1.3. エステル・アミド類の高効率・高選択的合成法の開発研究（名古屋大）
- 分子研Gの全体を通しての質疑

< 2日目 > 9月21日(金)

【非公開セッション】

非公開資料取り扱いの説明

- 6.2. 東大G：革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発
 - 6.2.1. アクア触媒によるアセトアルデヒド製造プラント排水中の希薄酢酸回収技術（東京大+昭和電工）
 - 6.2.2. 固定化触媒を活用する革新的水素化反応システム開発（東京大+日光ケミカルズ）
 - 6.2.3. グリーンプロセスのための高分子固定化金属触媒試薬の開発（東京大+和光純薬工業）
- 東大Gの全体を通しての質疑
- 6.3.産総研G：革新的酸化プロセス基盤技術開発
 - 6.3.1. 過酸化水素を用いた反応系の基礎研究（産総研）
 - 6.3.2. 多官能性基質の酸化技術開発（昭和電工）
 - 6.3.3. 高分子量基質の酸化技術開発（電気化学）
 - 6.3.4. 易加水分解性基質の酸化技術開発（荒川化学）
 - 6.3.5. 難酸化性基質の酸化技術開発（JNC）
- 産総研Gの全体を通しての質疑
- 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、その他
- 10.閉会

議事録

< 1 日目 > 9 月 1 4 日 (金)

【公開セッション】

1. 開会、分科会の設置について、資料の確認

- ・開会宣言 (事務局)
- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料 1-1、1-2 に基づき事務局 (加藤主査 NEDO 評価部) より説明。
- ・浅岡分科会長挨拶
- ・出席者 (委員、推進者、実施者、事務局) の紹介 (事務局、推進者)
- ・配布資料確認 (事務局)

2. 分科会の公開について

事務局より資料 2-1 及び 2-2 に基づき説明し、議題 6.2. 「東大 G : 革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発」、議題 6.3. 「産総研 G : 革新的酸化プロセス基盤技術開発」及び議題 7. 「全体を通しての質疑」を非公開とすることが了承された。

3~4. 評価の実施方法と評価報告書の構成について

評価の実施方法を事務局より資料 3-1~3-5、資料 4 に基づき説明し、事務局案どおり了承された。

5. プロジェクトの概要説明

推進者 (石毛主査 NEDO 環境部) ・実施者 (魚住 P L、小林 P L、島田 P L) より資料 5-1 及び資料 5-2-1~3 に基づき説明が行われた。

5-1. 事業の位置付け・必要性／開発マネジメントについて

5-2. 研究開発成果／実用化・事業化の見通しについて

5-3. 質疑

説明に対し以下の質疑応答が行われた。

【浅岡分科会長】 ただいまの説明に対しまして、意見質問等がありましたらお願いします。

技術の詳細については後ほど議題 6 で議論しますので、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の意見をお願いします。

【吉田分科会長代理】 今、分科会会長のべられたように、ここでは事業の位置付けが多分、一番重要だと思しますので、その点について質問したいと思います。

最初に説明された石毛主査のところで、13 ページの NEDO が関与する意義で、「社会的必要性が大」です。G S C の取り組みが非常に大事だということではわかるのですが、次の「研究開発の難易度が高い」については大学の間から見れば当たり前かもしれないのですが、やはり NEDO でやる時に、どうして研究開発の難易度が高いことが必要なのかをもう少し詳しく説明していただきたい。

【岩田主研】 説明のときにもふれたかと思いますが、G S C ということで、目指しているものが従来の製造技術の延長線にはないアプローチです。従来の化学産業というのは最初から、特に今、島田 P L からも説明がありましたように、複雑な構造の高機能物質の場合、多段階反応とか、そういったもの

を使うという化学量論的反応ということなのです。しかし、今回の場合は、最初から廃棄物を出さないとかの視点でやっていますが、もともとのシーズの一つはアカデミアが有している場合が多くて、それをアカデミアの貢献で触媒プロセスとして達成したとしても、今度は、それをクリーンとか、そういう形だけではなかなか付加価値に持っていきません。実際には実用化、事業化の視点を前倒しにして、この基盤技術開発の段階から実用化に持っていくためには、実際に早めにサンプルを提供できるような段階に持って行って、ポテンシャルがあるユーザーとの間ですり合わせします。特に電子部材などの場合には、必要になってきます。このような意味で「非常に実用化の開発が難しい面がある」と説明しています。

【吉田分科会長代理】 少しわかりづらく、もう少し整理してください。要するに、研究開発の技術的な難易度が高いということは、実用化するときのハードルも非常に高いということですね。だから、企業単独では難しいのだという論理でよいですね。論理がはっきりしていると、大学の人間は理解が非常に楽になります。

【岩田主研】 そのとおりです。

【浅岡分科会長】 ほかに意見等ありませんか。植山委員お願いします。

【植山委員】 そもそも論かもしれませんが、反応溶媒を水・アルコールということで、単純に考えれば、酵素を使えばいいという考えがありますが、今回、この種の触媒でのリアクションは、たまたまなのか、酵素はもう整理をされて従来技術という位置付けにされているのかを知りたいのが一点です。

もう一点は、いろいろ各開発の概要を説明されていますが、感想としては、用途がかなり特殊な製品あるいは機能材になっているので、それは出口としてはいいのかなと思うのです。しかし、一つの例としての酢酸エチルのような汎用的な製品のもの場合、開発研究はいいのですけれども、触媒が高価であるとなかなか出口に至らないといえます。G S Cとして付加価値、ないし評価でG S Cのラベルをつければ売れるということがないため、従来技術と比べてコストで負けてしまって、そこで止まってしまうことが往々にしてあるかと思うのです。その辺の全体的な考え方を聞かせてください。この2点が、質問です。

【岩田主研】 今の2点の質問のうち、最初のほうの酵素を使ったらとの話はバイオ的なアプローチということだと思うのです。これについては、N E D Oの中の縦割りの話をしては申し訳ないのですが、一応、バイオ技術みたいなどころについては別の部署で従来も対応しています。酵素は反応温度とか、酵素なりに得手不得手な部分があるので、それはそれが適した部分を別途、別の部でやっています。

つぎに、出口の物質等の整理ですが、これはスライド4ページで、4本柱でやっているという説明を致しました。今回のテーマは、どちらかというとい先ほど島田P Lからも説明があったように、いわゆる高機能材料ないしスペシャリティーケミカルというものに属し、量は少ないけれども高付加価値で複雑な構造を持っているものにターゲットを当てたわけですが、しかし、指摘があったようなもっと規模の大きなものでやるのは、例えば③のエネルギー削減などで石化です。ナフサなどのクラッキングをやっています。温度を下げて、エチレンとプロピレンの比率を触媒反応でもって、ある程度コントロールできるというプロジェクトを今やっております。したがって、そういった意味では、今回のプロジェクトは、ご指摘のとおり、まさに機能性材料のプロセスに焦点を当てたという位置付けになっております。

東大の小林先生から補足をお願いします。

【小林P L】 私どもの取り組んでいる酢酸エチルについて、少し補足します。

この水・アルコール系の触媒反応ですが、これは基本的に酵素ではできない反応です。この反応だけでなく、分子研の魚住先生の取り組んでいるクロスカップリング反応も酵素ではできない反応ですから、そこに意義があると考えています。

汎用性に関しては、例えば我々のグループの水素化は非常に汎用性がある反応です。可能性としては、例えばパラジウムカーボンにとって変われば、さらに非常に汎用性、波及効果もおおきくなると思います。

先程の酢酸エチルの価格ですが、現在、実際に実用化の見積り等をやっておりますが、ここでは特にこのグリーンでつくったから高く売るということではなくて、市場価格に合わせて計算をしております。

【浅岡分科会長】 ほかの委員の意見はありませんか。薩摩委員お願いします。

【薩摩委員】 資料の20ページに費用対効果が示されていますが、どういう形で計算したかについて説明願いたい。例えば、ターゲットとする、物質の市場が、今、これだけありますよという形で計算されたのでしょうか？どのような形で、この数字が出ているかを説明願います。

【石毛主査】 この数値は、試算の仕方がグループ毎にそれぞれ違っていますので、横に並べられるようなものではありません。分子研グループにつきましては、電子機器、ディスプレイの照明のELデバイス材料が、今回開発したTPDにすべて置き換わったとしたときに、2014年の市場規模想定を155億ドルと想定し、そのコストの1%を占めるという想定のもとに試算しています。東大グループ、産総研グループにつきましては、各企業が参加していますので、今回開発した製品を販売することで、各社が拡大すると予想する売上の増加分を各社が算出しまして、それを積算した値になっています。東大グループ、産総研グループに関しましては、製品ができた後の川下企業への波及効果や、その後の波及効果については、それ以上の算出が難しいので、今回の中には入っていません。将来的には、予想よりも、さらに高い効果を期待しています。

【薩摩委員】 成長が見込める分野の2014年時点を想定しているとの事ですが、その先には市場が拡大すれば、もっと大きくなる可能性もあるということですね。

【石毛主査】 はい。

【薩摩委員】 説明を了解しました。

【浅岡分科会長】 ほかには意見はありませんか。杉本委員お願いします。

【杉本委員】 勘違いがないように確認したいのですが、今話題に出た資料の26ページの助言の反映例についてです。確か先ほど、この会の冒頭に、分科会長から、事業化と実用化を分けて考えるという趣旨の説明があったと思うのですが、ここに記載されている「このプロジェクトの初年度に事業化に向け、より加速することという助言が来ている」とはどういう意味なのでしょう。

【石毛主査】 NEDOの執行としては1年目ですが、その前に経済産業省で1年やっていますので、プロジェクトとしては2年目に入ってから助言ということになります。

それまで各企業からの発表では、研究部門のみからの発表でした。「実用化に向けて、事業部との連携をより強化することによって、加速するように」という助言をもらっています。

【杉本委員】 もう一つ確認なのですが、この助言があったことに対して、その助言は、それを実現しなくてはいけないとかのオブリゲーションがあるのですか。例えば、産総研については、事業化に向けて加速することとありますが、加速できなかった場合はどういう位置付けになるのでしょうか。

【岩田主研】 これはあくまでNEDOの実施側の委員会、アドバイスをするという位置付けです。実

施できなければ、事後評価委員会で厳しい評価が下ると認識しています。企業として実用化、事業化に進む意思があるのであれば、そういうアドバイスをきちんと実行に移していくということです。

【杉本委員】 それでは最初の質問に戻ります。ここでの「事業化云々の加速」とあることと、今日の委員会の趣旨としての「事業化は評価に入れない」との矛盾がどうしても解消し切れないのですが。

【岩田主研】 このプロジェクトは、あくまでプロジェクト自体として正確に言うと、プロジェクトが終わった本年2月末までは、実用化技術の見込みが立つところまで行うこととなります。プロジェクトの中ではそうなのですが、その先について進まない、結局、そこまで到達しないという問題になります。ですから、事業化まで先に考えながら、そうした実用化に向けて、このプロジェクトの最後の締め段階は、どういうところに着地点を設けるのかを具体的に詰めていくこととなります。そのためには、前倒しに考えていく必要があるということとなります。ここに達しているレベル自体の実用化の目処をつけるということなのですが、そのためには早くから、何を事業化して、そのために実用化をいつの時点でやるのかという細かいターゲットを定めますという意味になっていると思います。

【杉本委員】 最後の確認です。そうすると、この場合の加速することということには、例えば具体的な年限設定はないと考えればいいのか。

【岩田主研】 そうです。この技術検討委員会の中では、研究開発部門だけで研究のペースを設定してやっていたのでは研究がなかなか効率的にいかない、事業化というところで、具体的な最終的な落としどころにしていくのかを定め、早めにそういった視点を取り入れてやっていくとのアドバイスということになります。

【杉本委員】 わかりました。

【相楽部長】 杉本委員の指摘について、先ほどの評価の軸のところ、実用化と事業化の区別がいま一つ、すっきりしなかったと私も感じていまして、その点での確認の質問と理解しました。

今の岩田主研からの説明のように、ここの運営管理の中でやっております技術検討委員会は、NEDO内部に外部の方からアドバイスをいただくという位置付けでの委員会です。先ほど評価部からの説明については、プロジェクトが終わった段階で、NEDOの推進部がやっている技術検討委員会とは別に専門家の方々に集まっていたいて、より第三者の厳しい目で見ていただくという評価です。その際に評価軸は、プロジェクトの範疇で、どこまでが達成目的だったかを明確にしなければいけないということで、今回は基礎基盤がもとの研究プロジェクトの性格ですので、そこについては事業化ではなくて、実用化の目処が立ったかどうかということまでがスコープです。そういう説明を評価部からしています。

それで、我々推進部でやっておりますアドバイス機能としての技術検討委員会では、先生方からいろいろな助言をもらうわけですが、特に、こういった最終的な評価の場にプレゼンテーションを行うに際して、どういった視点でいろいろな点を加速化して、より詰めていかなければいけないのかというご助言で、そういった意味で、ここで言っている事業化とか、実用化は、あまり文言としては区別をせずに、この場では当然、実用化までで評価をしていただくのですが、将来的には当然、事業化までスコープに入れているという意味での発言でした。特に、なぜこういった発言が出てきたかということ、研究開発部門だけでやっていると、社内でも事業化を事業部門がどう考えているのかということが、事業を推進している中で非常に問題になることがあります。そういった意味で、この技術検討委員会からは、事業化に向けてどういった手立てが組めるのかという指摘をもらっています。NEDOとしては、研究開発部門だけではなくて事業化をする事業部の人にも、その場に参加してもらって、

認識を持ってもらうことで事業化への道筋が、より前倒しできるのではないかと考えて、こういった対策をとりました。

島田先生、何か追加の説明があればお願いします。

【島田 P L】　　このところの趣旨は今、相楽部長が説明されたとおりののですが、事業化に向けて、より加速するとありますが、文章ではこういう表現になっておりますが、この検討委員会のメンバーは、御園生委員長以外すべて、民間の研究所の出身でして、特に中央研究所の出身の方から、「中央研究所だけでやっていると、いいものができたぞと事業部へ持って行くと、蹴り飛ばされることがよくある。早いうちから、事業部の人を混ぜたらどうか。それには会社の中で中央研究所から事業部へは難しいから、ぜひこういう検討会の委員会に出てきてもらったらどうか。あわせてアドバイスを聞いたらどうか。」との発言でした。ですから、このところは、「事業部の観点からすれば、こうしたほうがいいよ」みたいなことを言ってもらおうということも同時に、「事業部の人に、こういうことをやっているのだということをちゃんと訴えなさい」との位置付けのアドバイスで、大変役に立ちました。今回も事業部の方が何人か、来てもらえると思うのですが、それは非常にいいコミュニケーションだったと思います。

【小林 P L】　　一つだけよろしいですか。この助言は、厳しい意見も多かったのですが、非常に参考になりました。そこで、いつまでにやるかという期限は特に言われませんでした。ここにありますように検討会は年2回ありますので、そのときに言われたことを次回までにやっていないと、非常に注意を受けるのではないかとということで、基本的に、次の検討会までにやるということで理解していました。

【浅岡分科会長】　　ただいまの議論、よろしいですか。

次の議論をどうぞ。

【吉田分科会長代理】　　24ページの実施体制について伺いたいのですが、東大グループと産総研グループは集中研方式をとったことについてです。集中研方式をとるのはNEDOの方針としてとられたのでしょうか。

【岩田主研】　　先ほどの私の説明で触れましたように、このプロジェクトの採択時はMETIだったので、その提案の中で、アカデミアの技術シーズを各社へ伝える核となる集中研方式でやるのが非常に効果的な研究体制であるということアピールいただいたので、おそらく、こういった形で採択になっているといった面もあったと思います。

【吉田分科会長代理】　　もちろん個別に各企業がやる方式と集中研方式でやる方式の2種類があると思うのです。東大グループは基盤の技術を持っておられるので、それを活用するには集中研方式がふさわしいと思うのですが、集中研方式でやられたメリットとデメリットをお二人の P L から説明してください。

【小林 P L】　　東京大学のほうから説明をします。

この方式はわがグループ側が強く希望した結果です。実際、この方式は非常によく、メリットが非常に大きかったと考えています。それは近い場所に研究室があるということで、これは私の P L としてのやり方でもあるのですが、私は現場に行って触媒の色を見たりとか、例えば触媒が失活してしまったら、そのときの反応の様子を見てあれこれと研究者と議論するのが私の研究のスタイルです。これがもし実験室が遠くてなかなか行けない、それで報告書を紙でいただいて議論するのは随分違う。本郷キャンパスの中に作ってもらったことで、そういう意味で研究がすごく進んだと考えております。

それから、今も話がありましたように、技術が東京大学にあったということで、基礎と、企業化に一步進んだ基盤技術、これを共通に持った基盤研究室を東大に持つことによって、各企業の研究が、トントンと進めばいいのですが、必ず壁に当たるわけで、その壁に当たったときにすぐに問題を基盤研究室にフィードバックできる。問題を受け取った基盤研はある程度基礎に立ち戻って問題を解決し、企業側に返す。一つの企業で出た問題がほかの企業の問題にも共通するというのもありましたので、非常に密接な連携がとれました。このメリットは非常に大きかったと思います。特にデメリットについては感じませんでした。

【吉田分科会長代理】 企業間で牽制し合うというようなことはなかったでしょうか。

【小林 P L】 それは最初の参画企業を選ぶときに競合しないということをきちんと確かめましたので問題ありませんでした。各企業とも、非常に仲よかったと思います。

【島田 P L】 メリットにつきましては、まさに小林 P L の発言のとおりだと思います。ここで我々のところも、実は1社を除けば、触媒開発をほとんどやったことがないような会社でしたので、そこに触媒開発、特に、こういう少し複雑な系ですので、それは難しかったのではないかと思います。そういうところで産総研という土台があって、そこでできたことで随分進捗したと思います。

吉田分科会長代理の指摘の、その間のバッティングなのですが、一つは、やはり競合するようなことを持っている会社には最初から外した経緯が一つあります。それでも、相当程度は他社のことは気になりますので、ポスドクの人なんかもテーマごとにきっちり分けて、その間では技術の話はしないということも気をつけたことは事実です。

デメリットなのですが、プロジェクトの進行にはあまりなかったと思いますが、集中研をやると、産総研の研究員の負荷が非常に増えます。これは非常に強く感じました。やはり進捗は早くなる一方で、忙しくなるというか、かなりその分の仕事が増えてしまう。それが欠点だろうと思いますが、これはやむを得ないことと思っております。

【吉田分科会長代理】 わかりました。私が京大で集中研をやったときも、やはり京大のスタッフの負荷が物すごく増えてしまったというのは、デメリットというか、プロジェクトを進める上では大変だったということがありました。

【浅岡分科会長】 議論を次に進めます。

私からもコメントを一つします。①有害物質削減と②廃棄物削減が、このプロジェクトの目標、方向性だと思いますが、それに関して目標設定ないしは実施の効果をなぜ纏められないのかということが、私にとっては非常に不可思議です。20ページ目の実施の効果として、市場規模に対しての研究開発投資が費用対効果ということで、効果が市場規模で、費用が研究開発投資になっています。しかし、そうではなくて、実際には有害物をどの程度削減できたか、有害物削減ないしは廃棄物処理のコストをどの程度削減できたかということに対して技術評価をすべきではないかということです。その辺の値が出ていないのです。各プロジェクトの方が非常に技術レベルの高い開発を行って成果が上がっていると思うのですが、それを目標に対してまとめられていないというのは非常に残念です。追加でもいいですから、その辺の効果をきちんと予測してください。それが実用化への裏づけになるというのが私の考え方です。

化学プロセスの場合には、反応率、選択率だけではなくて、処理にかかる日数だけではなくて、装置規模が問題です。これぐらいの大きさの装置で1日当たり、これだけの処理ができるというのを、化学工学的な見地から推算してくださいというのがポイントです。

有害物削減、廃棄物削減に関しては、コストをかければ、現状の技術でも削減できるわけです。現状の技術で削減した場合と新たに開発された技術を使って削減した場合と、どれだけ効果が違うのかという点でまとめられると、いいプロジェクト成果のプレゼンテーションになるのではないかという気はします。

【植山委員】 今の分科会長のコメントにも関連するのですが、今の②の触媒を固定化し、リサイクルすることで実現することに関して、要するに固定化触媒という観点で開発されていると思うのですが、その場合、ライフが気になります。その辺の使用バッチ回数とか、どれぐらいバッチを重ねていくと活性が落ちてくるとか、そういう考察が全然なかったです。それも、これからなのか、もし検討されているのであれば、その辺も後でも説明願いたい。

さらには、もし失活した場合、その触媒を捨てるのか、あるいは何らかの方法で回収するのか。先ほどパラジウムカーボンの話がありましたが、パラジウムカーボンは、実際はパラジウムが高いので、業者でパラジウムを回収して、もう一度触媒として入れて、実際はリサイクルされています。そういうこともあるので、その辺の失活した触媒の先がどうなるのかということも、また後でも説明願いたい。

【魚住P L】 分科会会長の最初のご指摘について確認したいことがあります。例えば市場規模ではなくて、実際にどれだけ削減されたのかを具体的に示しなさいということですか。

【浅岡分科会長】 具体的にというのは、具体的に予測されることを示してくださいということです。

【魚住P L】 はい。それについてなのですが、例えば私のグループは先ほど10分間、プレゼンをした資料の中の6/13のところ、我々の製品で現状の技術を置き換えたときに、温室ガスが何万t相当のものが、その1割を削減できたとしても、1,700万tのCO₂換算の洗浄剤が実際に使われていて、その1割と換算しますと、もちろん170万tとしています。例えば、こういう数値をきちんと示すことでは足りませんか。

【浅岡分科会長】 それで十分なのですが、個別で出てくるのではなくて、全体をまとめるのが市場規模というよりもそういう観点からしてほしいという話であります。

【魚住P L】 わかりました。NEDOの推進部のまとめが市場規模になっていたのですが、我々、やっている実際のP Lの人たちは、市場規模というより、市場規模も気になりますが、実際に本当にグリーンな将来設計にどれぐらい役に立つのかを、このように気にしてやっていたつもりです。このようなことをきちんとNEDOに上げていって、その情報をNEDOで取りまとめていただければ、それがある程度の答えになるという理解でよろしいでしょうか。

【浅岡分科会長】 そうです。魚住P Lのこのページの記述は、従来どれだけ出ていて、その1割を削減する効果がありますとしっかりとしているわけです。ところが絶対値だけで示されている例もどこかにあったと思うので、要するに従来技術でこれだけ、それに対してどれだけ削減するかという話をしていたけるといいと思います。

【魚住P L】 この視点をもう少しきちんと整理すればよいということですか。

【浅岡分科会長】 はい。

【魚住P L】 わかりました。そのようにします。

【小林P L】 すごくよくわかりました。

今のその後の植山先生のご質問に関しては、今日ではなくて、個別に回答を用意しておりますので、そちらで答えたいと思います。

【浅岡分科会長】 稲永委員、お願いします。

【稲永委員】 このプロジェクトの難しいところだと思うのですが、合成方法論をやっておられますので、とにかく物が具体的にないといけません。これから、これをつくるのに、こういう方法でやると有害物質が出ませんよ、廃棄物が出ませんということが大事になります。そのコストパフォーマンスが本当は欲しいところですが、分科会会長の発言のように大事なところだと思うのですが、難しいのは、最終生成物がこれだと決まっていれば、それに合わせて最適な方法論が確立できるのですが、今の場合は、先に方法論があって、それをどういうふうに展開できるでしょうかという話の中身ですので、言われたようなことを出すのは実際やっておられる方は大変だろうと思います。そういうふうに感じました。

そういう意味では最終的には成功したようですが、実際にペイするためには、本当に意味のある最終生成物の設計が大事です。それをつくらないと意味がないこととなります。ですから、いくら、こういう物ができますよといっても、ほんとうにコストパフォーマンスがある方法でできますかというのが最終的に問われると思うのです。その意味では、常にフィードバックをしながらやっていかないといけないというところで、ぜひNEDOも、こういうプロジェクトへ先の長いサポートをお願いしたいと思います。

もう一点は、先ほど吉田分科会長代理からもありましたが、最初のスライドの24/31のそれぞれに下に書いてある再委託ということについてです。マネジメントの話ですが、この再委託というところを見ていて、私は非常にいいなと思いました。実際、スタートしてみて、いろいろな問題が出てくると思うのです。それに対して、あそこの研究室、あそこのグループは非常におもしろいことをやっているというときに、それをフレキシブルに取り込んで、意味のあるプロジェクトにするためには、そういうことが大事だと思うのです。その辺のマネジメントのやり方は非常にうまく、今回は取り組まれている、共同研究がうまくいっていると思います。マネジメントのやり方としては、NEDOとしての具体的な方針、とくに再委託に関してコメントが何かありますか。

【岩田主研】 再委託は、しっかりとした方針のもとに行われないと、安易にプレーヤーを増やしてしまうリスクも反面あります。特に最近の研究開発ですと、まさにこのプロジェクトもそうですが、できるだけ早期に技術開発の実用化の目処をつけることが求められています。しかし、先ほどの魚住PLのプレゼンの中にもあったように、名古屋大学でのプロジェクトでは、期間的には少し先のほうでより大きな効果が出てくるという、具体的には非常に有望な触媒の種をさらにリファインするプロジェクトです。これはMETIで、こういった再委託というフレームワークを作られたものを利用されたわけですが、そういった意味では、短期にもかかわらず、もう少し先の成果を狙ったものがきちんと進められたのでよかったと思います。

【稲永委員】 質問をし直しますが、どういうふうにして再委託先を選ばれましたか？これはプロジェクトリーダーからの提案ですか？

【岩田主研】 先ほどの魚住PLのご説明にもあったように、魚住先生の方でエステル化の部分をカバーできなかったのが、これを再委託へ持って行ったわけです。再委託は最初から、そういう提案としてMETIが採択したという位置付けです。

【稲永委員】 NEDOの中に、そういうシステムがもともとあり、プロジェクトリーダーがこういうふうにして再委託先をお願いしますと言えば、それを認められるようなフレキシビリティを持っているということですか？

【岩田主研】 いや、そうではなくて、公募で5件の提案があったということで、魚住 PL のご提案の中に、最初から我々が提案するプロジェクトでは、こういうふうにながしめ大学にこの部分を再委託して行いたい、という提案でして、そのところが当時の採択審査委員の方等から評価されたということだと思います。

【稲永委員】 そうすると、途中から入れたいということは無理ということですか。

【相楽部長】 NEDOのプロジェクト採択の仕組みのところを明確にすれば理解いただけるのかなと思います。プロジェクト採択のときは MITI の採択審査委員会を通しまして、その後、NEDO内部での部長会、契約助成審査委員会という機構内部での審査会を経て採択になります。基本的にはプロジェクトのテーマ設定を NEDO でした後、実施者の方々から、それを実現するにはどういった実施体制とテーマ構成でやるのが最適かというご提案書をもらいます。この提案書に基づきまして MITI の採択審査委員会で議論して、その結果を踏まえて、NEDO の中での部長会、契約審査委員会等に進んでいくということです。

再委託のところについては、基本的には実施計画で実施者の方々が、これが最適であるというフォーメーションで組んで持ってくるものが多くあります。その中で、先ほど岩田主研から説明したように、むやみやたらに増やしてしまうような状況もありますので、それが最適なフォーメーションであるかどうかという判断をNEDOのマネジメント側としてもしています。

また、途中で再委託先を増やせるかどうかは、複数年度でやっている研究については、その過程で、ぜひ外部の知見を、このプロジェクトの成果に反映していきたいという提案があれば、それを所定の手続ののちで実施計画の変更という形で再委託先を増やすこともマネジメントとしては可能になっています。そういう答えでよろしいですか。

【稲永委員】 はい、最後の部分が聞きたかったことです。

【浅岡分科会長】 もう一つ気になっていることがあります。上の委員会からのアドバイスということで、各企業の事業部からのフィードバックという話の中で、「企業化のため」という説明だったのですが、これは「実用化のため」だと思います、実質的には。皆さんのプロジェクトにとって、開発技術の実用化のシナリオとしては、必ずどこかでニーズ・商用化からのフィードバックが必要です。このプロジェクトはシーズ指向であって、それに対してニーズ、社会的要請、社会的に実施された場合に品質とか、生産性とか、そういう点から必ず要求が来て、それと開発成果がマッチしているかどうかという突き合わせをやるという意味で、そういう事業部との交流を進めなさいというアドバイスだったと思います。それはぜひとも実用化のシナリオの中に示しておいてください。個別企業での事業化は、このプロジェクトでは目標ではないと思います。単なる結果であって、その辺のところを理解してほしいというコメントです。

ほかに。三宅委員が発言されていないのですが、いかがですか。

【三宅委員】 一つは、20ページの費用対効果についてですが、この費用対効果の数字をどういうふうにながしめとしては見ているのかというのが一点です。

もう一つは、今回選ばれた3つのプロジェクトについては非常に成果が上がっているかなと判断しましたが、もともと5つあって、その5つのうちから3つを選ばれて、残りの2つについてどうだったのか、何が選ばれない理由だったのか、教えてください。

【岩田主研】 費用対効果につきましては、これは見積り自体が、分子研グループのものについては、基本的にEL照明等に置き換わったという想定で、わりと大胆な考え方なのですが、あと東大と産総研

は、それぞれ実用化を目指している企業の市場予測的なところから積み上げているので、控え目な数字なのですが、一応、先ほどの説明のスライドにもあったように、研究開発資金から見ますと、それなりに大きな効果があったと考えられると思っています。

【三宅委員】 それなりにというのは、2倍あればいいのか、5倍あればいいのか、10倍あればいいのでしょうか。

【岩田主研】 定量的な線、どれだけあればいいのかというのは特にNEDOとして設定しているわけではないのですが、そういった意味では定性的なのですが、投下した研究資金のわりに実際、これがどれだけ産業なり、国民の生活なりに影響するのかを考えますと、国民生活のほうは、先ほどの廃棄物削減効果とかのアセスメントをもう一回しないといけないのですが、それなりに大きな効果と言えるのではないかと思います。

それから、この採択自体は、NEDOも助言をしたのですが、METIで行ったのです。2つのうち1つは、先ほど議論にあったようなバイオ的なものだったのかなと思います。要は、このプロジェクトの効果のところをあまり狙っていなかったようなところがあったと思います。あと、もう一件については正確な記憶がないのですが、もし必要であれば、どういうものであったかは、また後で答えたいと思います。

【浅岡分科会長】 あと、永島委員が発言されていませんが、短い形でお願いします。

【永島委員】 最初に植山委員が質問されたことがちょっと気になっております。要するに一般的な技術としての完成度、それと個々の出口イメージ、そこはそれぞれ固有の問題があります。これは2段階に分けて技術としては評価しなければならないと思いますので、午後あるいは来週の説明のときに、全体の評価と個々の達成目標に対する評価というのを分けて説明してください。

【浅岡分科会長】 この議題を終了します。

6.プロジェクトの詳細説明

6.1. 分子研G：高機能不均一触媒の開発と環境調和型化学プロセスの研究開発

6.1.1. 錯体触媒を利用した水中不均一条件での精密化学合成法の研究開発（分子研）

魚住PLより資料6-1-1に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【浅岡分科会長】 質疑応答に移ります。吉田分科会長代理をお願いします。

【吉田分科会長代理】 基本的に、この事後評価は、基本計画に対してどれくらい達成したかをチェックするという意味もあると思うのです。基本計画を見ますと、研究開発項目①と②があって、2番目のところに廃棄物・副生成物を削減できるとあります。eファクターの大幅な削減が見込めることと取れます。先ほど途中で、少しだけeファクターの話ができました。なかなか難しいとは思いますが、eファクターがどれくらい削減できたのかを、今ここで言えますか。

【魚住PL】 言えません。言えない理由は、これらの化合物のeファクターの大きな部分は精製プロセスです。つまり、化学反応のプロセスももちろんなのですが、その後の精製プロセスの物すごさというか、それによってかなりの電力、熱を使っているところが製品の価格にはね返ってきている部分がありまして、そこはちょっとメーカーに聞いても、そのノウハウを開示してくれないのです。

【吉田分科会長代理】 では、例えば製造のところだけでもeファクターは言えますか。既存の製造法の

eファクターがこれぐらいで、この製造法のeファクターがどれぐらいかと言えますか。

【魚住PL】 製造のところだけのeファクターの計算は実際にはやっておりません。ただ、触媒に関しては回収できていますので、貴金属という部分のeファクターはゼロにしています。カップリングのときにハロゲンのごみが当然出ますから、そのハロゲンの部分はそんなに変わらなくなってしまい、eファクターは重さだけですので差が生じなくなります。

【吉田分科会長代理】 あと、例えば、使った水をどうするかとか、全部含まれてきますね。

【魚住PL】 水に関しては、これはほんとうにただの塩の溶けた水で、金属は漏出していませんので、普通に精製すれば、塩を除く精製だけで何度でも使えます。

【吉田分科会長代理】 そこも含まれますね。eファクターを言った以上は、やはりそれをちゃんと、ある程度の答えは出しておくのは重要と思います。

【魚住PL】 わかりました。

【吉田分科会長代理】 実は私も自分の合成についてあるところで新聞記者に聞かれて、答えられなかったのです。

【魚住PL】 プロセスに関するeファクターだけでもきちんと目を向けるようにしたいと思います。

【浅岡分科会長】 ほかに発言ありませんか。永島委員お願いします。

【永島委員】 触媒回収で、目標は10kgだとすると、再利用を前提にしていたかと思うのですが、それについて何も話がなかったのですがいかがでしょう。

【魚住PL】 今回は時間の制約があって示せませんでした。触媒はろ過によって簡単に回収することができ、それを繰り返し使うことについては、既に10回程度の繰り返しでは全然落ちないことを実験室レベルで確認しています。

今、実際にその触媒をフロー系のカラムに詰めて、フローでできるかというところを検証しつつあるところで、フロー系がうまく行き始めますと、さらにフローで100とか、1,000とかという回数ができるかどうかという検証ができるはずです。

【永島委員】 活性の問題というよりは、むしろ繰り返し再使用していくとき、PEG部分が切れてきたり、特にリンが流出すると、最終的には昇華精製が必要になってくるのではないかと考えます。そういう意味では金属のリーチングだけではなくて、Pや有機物のリーチングも見る必要があるのではないのでしょうか。

【魚住PL】 それは全くそのとおりです。それについてはきちんと検証しておりまして、実際に我々が見たところ、リンについても傷んでいないことは確認しております。PEGの部分について傷んでいるか、傷んでいないかまでは確認していないのですが、PEGが切れるという要素はあまりない条件であることは事実です。普通のコバレントボンドですので、水の中で煮ただけですので、そこが切れ出すことは通常はないと思います。あと、PEGに関して言いますと、生成物の純度、つまり使用に耐えるための純度に関しては、PEGのような軽いものと、それほど大きなダメージはなくて、むしろ金属が混じってくるのが最も忌み嫌われる部分ですので、その辺、一番重要な部分については間違いなくクリアしていると考えています。

【永島委員】 もう一つ、やはり繰り返し再使用に関する質問なのですが、これを空気中でろ過して回収するという手法をとっていくと、Pが酸化をされていくという過程が入ってきて、そこから来る触媒の劣化、すなわち本質的な触媒の劣化ではなくて、雑に取り扱うことなどの部分も出てくるかと思えます。

【魚住 P L】 いわゆる雑にゆっくりと空気中でろ過していたら、これはだめになるだろうというのは永島委員の推察のとおりです。基本的に我々は初期段階で、技術として確立するまでの間はグローブボックスの中で、きちんと嫌気性の条件、つまり酸素等のない条件で、取り扱っていました。その後、今、問題になっていますことは、これをフロー系にしてしまえば、酸素に触れる部分がなくなりますし、フロー系でやったほうが触媒の回収というか、再利用率をさらに上げることが間違いなくできます。そういうこともあって、今、フロー系での検証を次の課題と考えています。

【浅岡分科会長】 三宅委員お願いします。

【三宅委員】 リンにくっついているターシャリーブチルのところが、水系でリフラックスされていて、切れることはないのでしょうかというのが一つ目の質問です。

2つ目は、金属の溶出は、ここで1 ppm 未満と書いてあるのですが、これは濃度なので、ちょっとわかりづらい。生成物に対してどれぐらいであるとかの表現のほうが解かりやすい。どれぐらいの濃度で反応させるかによりまして、ppm は変わってきますので、わかりづらいと思うのですが、いかがでしょうか。

【魚住 P L】 1 ppm は非常にわかりにくい表現でしたので補足説明をします。これは最初に使った金属に対して、反応後に生成物側に最初に入れた金属量のどれぐらいが漏れ出てきたのかということを検証しています。当然、I C P分析するときは溶液に溶かして調べるわけですが、それは溶液に溶かした濃度がわかっていますから、絶対値として、この1 ccなら1 ccの検体の中に、どれだけ重さのパラジウムが入っていたのかは厳密に測定でき、そこから最初に投入した触媒に対して、どれだけのものがそこに出てきてしまったのかということを検知することができます。その過程で、最初に入れたものの1%はおろか、1 ppm さえも漏れ出せば、検知できるはずという条件で検査したにもかかわらず、検知できなかったということを表現しております。

最初の質問のリン上の置換基、tブチル基がほんとうに安定なのかということについてですが、tブチル基はtブチルホスフィンです。tブチルと、あとホスフオラスの結合というものは、特にこの条件で傷むことは実際ありません。それは実際、反応後に固体のリンのNMR等でリンのピークが実際が変わっていないかどうかということ、きちんと検証しています。tブチルの¹³C-NMRもとれるのですが、それはなくなって、どこかに行ってしまったら、わかりません。リンの上はtブチル基がなくなれば、tブチル基があるかないかで、リンのNMRの数値がシフトしますので、そこを見ている限り、変化がないということから、tブチルの切れ出しは、少なくとも分光学的に見る限りないと考えております。

【浅岡分科会長】 植山委員お願いします。

【植山委員】 基本的なことを質問します。この研究開発は、有機ELの素材を開発されているのではなくて、あくまでもG S Cのプロセスを開発されていると思うので、そういう観点から質問します。もしこの技術が無かったならば、TPDですか、これはどういう合成法になって、それはどういう有害な化学品というか、どういう有害なプロセスなのかをご説明してください。

【魚住 P L】 TPDの合成については、TPDあるいはホール輸送剤トリアリールアミン系に相当するものというのは幾つかの誘導体があって、その化合物ごとに若干ずつつくり方が違ってきます。ただ、基本的なつくり方としては、やはり炭素と窒素の結合をつくるのが基本となっていて、従来はパラジウム触媒での方法もあり、それでもやっているところもあります。また、銅触媒を使っている会社があります。銅触媒の場合は、さらに触媒量が多くて、1%とかではなくて、10%近いような

銅の触媒を用いて、炭素と窒素の結合をつくることを行っています。パラジウムの場合ですと、先ほど紹介しましたように、既存技術として、これらのリンを配位子とするパラジウム錯体であれば、炭素と窒素の結合を形成する触媒反応は知られております。知られているのですが、残念ながら、それらでは、これらのものは溶けてしまいますので、しかも有機溶剤で全部行います。反応条件が有機溶剤であること、そして、有機溶剤である限り、錯体が溶けてしまいます。例えば、これらの生成物の中に、まずろ過したら、パラジウムもリンも全部抜けるのですが、従来法では銅を使う系でも、パラジウムを使う系でも、まずこれを担持したときは、粗生成物の段階では最初に入れた金属はすべて、その粗生成物の中に入っているという段階からの精製になります。ですから、10%近い重さであれば、ほんとうに1対1に近いぐらいの銅が入っている、あるいは何割かを占めるぐらいの重さのパラジウムが入っている中から、それを ppm 以下まで除去するというプロセスが必要になります。そういう意味で、従来の方法論とは、いわゆるプロセスとして水ですから、有機溶媒として化石燃料でありますから石油由来のものを全く使わないとか、実際に水の中で回収・再利用できて、金属がむだにならないというだけではなく、生成物の純度という点で大きく優位性があると考えています。

【浅岡分科会長】 稲永委員お願いします。

【稲永委員】 今の質問にも関連するのですが、触媒の回収・再利用は、そういう意味では、このプロジェクトでは大事ということになります。ポリスチレンと PEG に乗ったホスフィンの開発は水中で使えるリガンドにオリジナリティーがあるということで、触媒の回収は、この場合ですと、パラジウムを含んだものの回収ということですか？

【魚住 P L】 はい、錯体の状態での回収です。

【稲永委員】 錯体の状態ですね。それがもちろん立体的にかなり保護されているので、特に水を使っている限りにおいてはよさそうな気がします。しかし、最初の質問にも関連するのですが、触媒の寿命、これはフロー系にすれば随分改善するとは思うのです。積極的に寿命がどれぐらいだということを出すことがもし可能であれば例えば1年間やっても大丈夫ですとか、そういうデータがあると良いと思います。酸素に対する安定性も含めてですが、それが一つの質問です。

また、この方法ですと、どうしても塩が出てきますね。HBr が出るのですが、それを KOH で中和すると KBr が出てくることになります。これに対し、最近、CH アクティベーションで水素が副生成物になるというのがありますね。この方法論をそっちのほうに展開できる可能性はありませんか？

【魚住 P L】 最初の質問、つまり触媒のライフタイム（寿命）ですが、回収・再利用そのものに関しては10回程度の回収・再利用で問題がないことを確認し、それ以上はフローでやろうということで、そちらにて行っています。ただ、どれぐらいストレージできるのかということでは、実際につい2~3カ月前に、これを一緒にやっている会社の方が、うちにストックしてあった触媒、冷蔵庫に入れてあった触媒を、これを使って別の反応に混ぜてみるよと使って、全然、それは問題がなく使えました。そのときに、別な反応で活性が落ちては困るというので、我々の経験の豊富なこの反応にまず試してみたところ、ずばり同じようなデータが出たので、1年程度、普通の瓶に入れて冷蔵庫に入れておくだけで、問題なく、それは錯体の状態で置いておけることを確認しています。

次の質問の CH アクティベーションの可能性については、これぐらい比較的ツルツルの骨格になると、正確にこの位置だけを CH アクティベートできるかどうかは、はっきりとは分かりません。それは実は均一系でもおそらくまだその壁は実は破れていません。このような CH アクティベーションの

位置をきちんと正確に、しかも両方同じ条件でということになると、なかなかまだ蓄積が、世界の化学のレベルがまだそこに至ってなくて、我々も当然、まだ足もとに及んでいないというのが現状です。ただ、可能性としては、それができたら非常に楽しい、非常にうれしいと感じます。

【稲永委員】 もう一点、追加なのですが、ICP分析だと、溶けないので可能かどうか分からないのですが、この場合ですとリンとパラジウムの相対比を出されて、何回も繰り返した後でも、その比が変わらないということであれば寿命に関して有る程度納得できると思うのです。もし可能でしたら、その比を出したらいいと思います。

【魚住PL】 わかりました。使用後のもののリンとパラジウムの比については、まだ検討してなかったと思います。使用前のものはもちろん元素分析として、すべて、その比率は出して、論文の中で報告しているのですが、使用後のものについてはNMR等でチェックしただけで、その比率をまだ見ていませんでしたので、それについては次に実際に10回ぐらい使ったのが出てきたときに、その機会を逃さず、検討したいと思います。

【浅岡分科会長】 薩摩委員お願いします。

【薩摩委員】 繰り返しの質問になるかもしれませんが、結局、金属の混入は昇華を必要としない程度まで抑えることができたかという質問が一点目です。

【魚住PL】 それは実際に、ここまでになりますと、昇華を必要なかどうかというのは、クライアントの実際のデバイスに持ち込んで、そのできたデバイスの寿命です。何カ月、光り続けていたかというところまで検証する必要があります。全く同じ構造だったけれども、既存のプロセスできれいに精製したやつは1年もったのに、おまえのところから納入されたこの化合物は半年で光らなくなったぞというようなことが出てきて初めて、やはり製造工程や精製工程にどこか問題があったのではないかということが出てくる場合があります。現在のところはICPのレベルで十分スペックを満たしているとは考えているが、実際の使用になると、クライアントが製品として長い間、それを使ってみるといところを通過しないと、ほんとうに同じだといところまでは断言できないというのが正直なところではあります。

【薩摩委員】 2つ目の質問ですが、私の専門が気相反応なので、この反応系のイメージがよくわからないのです。生成物は全部、水層に出てきて、簡単に分離できる。そのような反応系なのですか。

【魚住PL】 簡単に分離できるわけではありません。実は反応が終わった後に関しては、ごみとなるKBrはまだ水に溶けているので、後処理で、まずろ過します。そうしますと、KBrがほぼ除けて、水で洗えばそれが全部除けます。その後は、触媒の中に目的物が実は入っています。有機物同士ですから、触媒のビーズのマトリクスの中に絡んでいたり、ダメになってこびりついていたりしています。これを有機溶剤で洗っていたのでは、せっかく水中でやった意味がなく、グリーンではなくなります。実はこの化合物に関しては、最初、超臨界CO₂でやりましたが、それでも十分きれいに抽出できました。その後わかったことは、実は普通のKOHの水溶液には溶けないのですが、真水、純水は結構油を溶かす能力がありまして、熱純水、熱した純水で、この化合物が絡んだビーズを洗ってやりますと、ほぼ完全に（完全にといっても、結構ある程度の量は水に流しますが）、それで化合物が得られてくることが見えてきました。そこで現在は、反応が終わった後、ろ過して、KBrを除き、残ったビーズを熱純水で濯いで、出てきたこの化合物の入った水溶液を凍結乾燥で水部分を飛ばすという形で、この化合物を単離しています。

【薩摩委員】 わかりました。

【浅岡分科会長】 この説明でICP分析の検出限度以下という表現は不適切なので、具体的にICPの検出限界が、この物質に対して製品グラム当たり何ppmかを示して、それ以下という数値を示すことが必要です。

このことに絡んで、金属の漏出についてですが、さっきも説明があった2ppmは製品に対する漏出ですか。それとも系外への漏出ですか。どちらを議論されているかを明解にしてください。

【魚住PL】 系外です。製品の重さ当たりではありません。

【浅岡分科会長】 今の話ですと、ICPで測定しているのは製品を測定しているのではないのですか。

【魚住PL】 はい、もちろん。

【浅岡分科会長】 その辺の話、製品の品質の話とプロセス的な金属の固定化率の話は別だと思うのです。そこを分けて、記述してください。漏出の結果起こる問題は、一つは製品の品質にかかわる、寿命にかかわる金属の混入です。もう一つは、プロセスとして永続性があるかどうかです。

また、何項目かある最終目標は、それに対応する達成度という表現を本来はしてください。反応率、選択率、金属の漏出に関してはあります。しかし、触媒回収に関しては、定量的な表現になっていません。何%以上という数値で、99.999%でもいいですが、数値で示してください。「定量的」という表現は「全量回収したという100%」という意味だと理解されます。検出限界がある以上、ある数値を持っているはずで、それを示してください。また、「生産量100kg以上」の目標（/dayか何かわかりませんが）につて、それに対して想定したプロセスを確立されたかどうかという表現をしてください。以下も同じです。

【魚住PL】 同じことを言われると思いますが、以下は次のトピックスです。

【浅岡分科会長】 わかりました。

また、各年度の進行状況に応じて、目標の表現が22年度は違っています。この理由を教えてください。最終的によくわからなかったのが、ブレイクダウンとして、固定化錯体とナノ金属の触媒との2つの話が含まれていたと思うのですが、これは①の話ですか。

【魚住PL】 すべて①の話です。

【浅岡分科会長】 それでは、これの達成した目標は、どちらの技術で達成されたのか。また、22年度で開発する技術が少し変わっているように思うのですが、その関係を教えてください。

【魚住PL】 まず達成状況の数値に関しては、示しています。

特に金属漏出に関しては、なぜ生成物ベースでの重さでないかという質問ですが、そうではない理由は、今回は一応、基礎技術、つまり水中で回収できる技術の確立がNEDOの達成目標だったので、触媒から漏れ出していないことを証明することが第一義でした。最初に入れた触媒量のどれだけが漏れたかということを見えています。

【浅岡分科会長】 それだとたとえば回収率99.999%以上という表現になります。

【魚住PL】 触媒の回収は人によって違うと思うのですが、普通は不活性化された触媒でも回収できたら回収と呼ぶのかというのに対して我々はそうは思っていません。この触媒の回収というものは活性な状態で回収している。つまり、そのまま使えるという状態の回収です。

【浅岡分科会長】 そうすると、「目標値は80%」というのは何を意味しているのですか。

【魚住PL】 これはNEDOが設定した目標値ですから、我々が設定したのではなくて、こう設定されたものに対して我々は、ここまで行ったということです。これはNEDOの公募条件です。

【浅岡分科会長】 その目標は達成されたかどうかというのはどうなりますか。

【魚住PL】 我々は十分達成しました。この最終目標は、NEDOの公募条件にあった数字です。それに対して、我々は、例えばNEDOがこれを目標とみなさいといったところに対して、最初の段階で、結構いいところまで行けたと思ったので、2年目は、このままでは達成できるだろうけれども、コストが高いというので、2年目に我々はコストの低減も考えようということで、ポリスチレンポリエチレングリコールのみならず、バイオマスとか、モノリス触媒とか、もっと安価な担体も試したという途中経過です。つまり、この年度、我々は低コスト化も考え、この数値だけではなく値段も考えようという目標を自分たちで立て直して、それについてチャレンジしたのです。最終的には、ここはまだ完成していない技術ですので、PS-PEG という最初に提案した触媒で達成しています。その達成状況は、NEDOが最初に課した達成目標を超えて達成できていますので、そのとき、NEDOが触媒回収は例えばパラジウムチャコールのように、多少、パラジウムが傷んだり、消えたり、何かしても、何とか回収できればという形でおそらく提案したと思うのですが、我々は幸い、ろ過して回収するだけで、定量的には99%を超えて、そのままどこにも行っていないくすべて丸ごと回収できているという意味なのですが、丸ごと回収が実際にできたことをこちらに示しています。これは我々が立てた数字ではないので、こうなってしまったのです。

【浅岡分科会長】 いや、そうではなくて、触媒回収率100%という表現は定量的ではないので、「ほぼ100%」でもいいのですが、そういう表現にしてください。

【魚住PL】 99%以上とかにします。

【浅岡分科会長】 それと、一つだけわからなかったのは、バイオマス利用とモノリス触媒の位置付けです。開発の中での位置付けが最終目標達成に対してどういう作用をしたかが、ちょっと簡単には理解できませんでした。

【魚住PL】 最終目標達成に関しては、これはまだそれほど大きな貢献はしていません。ただ、実はこの高分子は結構、市販では高いので、これから先、実用化できますか、事業化できますかという質問が来たときに、それに対しては、さらに触媒のコストを下げる研究を既にスタートして、ある程度の基本的な知見を得ていますということをお答えすることができればと思って、その途中経過を少し示したのが、この位置付けです。

【浅岡分科会長】 22年度だけが達成度に対する表現方法が違って違和感があるので、そこをうまく統一してください。示した意図はよくわかります。いろいろな方法で、より効率の高い安価な廉価な触媒を模索したという努力は非常に買いますが、わかりやすい表現に直しておいてください。

【魚住PL】 わかりました。

【浅岡分科会長】 同じレベルの目標達成ではないのですから見直してください。

【魚住PL】 もう一回見直しますが、たしかNEDOが、公募の段階でというか、研究計画の段階で、年度ごとの目標値みたいなものをある程度、NEDO側が設定してしまっていて、それにたしかコストダウンみたいなものが入っていたような気がしたので、それに対応するように書いたと思います。この辺の数値は結構、最初の計画に入ってしまった数値なので、それを達成したことを示す形で、このような表現になりました。

【浅岡分科会長】 最後に吉田分科会長代理をお願いします。

【吉田分科会長代理】 今のところを確認したいのですが、この数値、達成目標は、基本計画の10ページ目の話なのでしょうか。数字のことなので、はっきりしておいたほうがいいと思うのです。基本計画の研究開発項目の②ですか。

- 【石毛主査】 今は①です。
- 【吉田分科会長代理】 ①ですか。①には、それは書いていません。
- 【魚住P L】 基本的には、例えばですが、7ページ目の達成目標のところに、例えば平成21年度は70%以上、70%以上の触媒プロセスをやるとなっています。
- 【吉田分科会長代理】 そうすると、そこには触媒回収率は書いていません。
- 【魚住P L】 確かにそこには書いていません。
- 【吉田分科会長代理】 ①のどこに書いてあるのかなと思ったのです。②には書いてあるのですね。研究開発項目の②に書いてあるのは今関係ないのですね。どこに最終目標を挙げてあるのかというのは確認しておいたほうがいいです。
- 【魚住P L】 基本的には、こちらに書いてあるのが、その原型になるのは間違いありません。
- 【吉田分科会長代理】 原型というか、基本計画が重要なので、それに従ってやるべきなのではないですか。
- 【魚住P L】 ただ、これはなぜかという、間違いなく、これが基本計画であることは間違いありません。それに対して、例えば、次のときにやりますが、上方修正済みという場合もあります。
- 【吉田分科会長代理】 それはいいのですが、例えば最終目標値というのが80と90とか書いてあります。それはいいのですが、金属溶出2 ppm以下とか、そんなことはどこに書いてありますか。
- 【魚住P L】 ppmまでは書いていないかもしれませんが。これは自分で勝手に、上方設定した数字かもしれません。というのは、上のハードルを設定する分にはいいだろうというのが僕自身にあります。
- 【吉田分科会長代理】 それはそのように事業原簿に記述すべきなのです、そもそも基本計画の目標は何だったのかをはっきりさせる必要があります。
- 【魚住P L】 わかりました。
- 【岩田主研】 ②にはあるのですが、おそらく実施計画か何かで、とにかく上乘せの目標になっています。
- 【魚住P L】 実施計画を出したときに、年度の頭に、技術検討委員会の方と勉強会があって上乘せの目標になっています。
- 【吉田分科会長代理】 ただ、基本計画が重要なので、私はそう聞いています。
- 【魚住P L】 基本計画に関しては、これは載っていないので、より以上のものを書いてあるかもしれません。
- 【吉田分科会長代理】 それから、「生産量は10 kg～数 t/day以上を想定し」と書いてあります。その部分は勝手に書いてありますね。
- 【魚住P L】 これは実は、このプロセスに関しては、10 kg～数 tというのが、とてもじゃないけれども、世界で必要としていない量なのです。
- 【吉田分科会長代理】 それは別にこの化合物を想定するからであって、基本計画では特定の化合物は書いていないのです。だから、それを想定して書いたのですね。
- 【魚住P L】 そのとおりです。
- 【吉田分科会長代理】 最終目標は正直に、もともとの基本計画を書くべきです。それで、実際やったのは、こうですとするのは構わないです。
- 【魚住P L】 ここは10 kg～数 tと書くということですね。
- 【吉田分科会長代理】 正直に全部、基本計画をコピーして書いてください。
- 【魚住P L】 先ほどのICPのことがよくわからなかったということもありましたが、これはプレゼン

なので、細かく書かずに、端的に書いていったので、ちょっと誤解があるものが残っているかもしれませんが、指摘のとおりです。

【浅岡分科会長】 時間も無いのですが、ただ、達成度100%との表現について、何を根拠に100%とか、次も議論になるでしょうが、120%とかにしていますか。100%という数字、これは反応率とか、そういうものを見ると、100%どころではないのではないですかという質問なのですが。何を基準に100%にしたのかということ、次のプレゼンでも、なぜ120%したかを説明してください。

6.1.2. ナノ触媒を利用した水中不均一条件での酸素酸化反応の開発研究（分子研）

魚住PLより資料6-1-2に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【浅岡分科会長】 では、質疑応答に移ります。永島委員お願いします。

【永島委員】 そもそも論になってしまうかもしれないのですが、パーオキシドテストは行いましたか。つまり、エチレングリコール等のエーテルの隣はフリーラジカル酸化を起こし製品劣化を起こすので、このプロセスに本当に酸素酸化を当てはめていいものかどうか。

【魚住PL】 それについては、エチレングリコールのみならず、実はポリスチレンのベンジル基も危ないのです。ラジカル酸化という意味で我々は結構、そこは気にして見えています。その結果わかったことは、過酸化水素的なものが完全に遊離して出てきます。それらは実はパラジウムで分解されて、すぐさま酸素になり、その速度が非常に速いので、当然、酸化反応なので過酸化物はできていると考えています。けれども、その有機過酸化物が酸化に行く分にはいいのですが、ほかにラジカル的なサイドリアクションを分子間で起こすというところになってくると、むしろそれが分解して、酸素になって逃げていくほうがメインのパスになります。パラジウムやプラチナによって過酸化水素は爆発的に分解しますから、そういうプロセスがかなり含まれますが、実際に見ている分にはベンジル基の酸化やエチレングリコール部分の傷みは今のところ見当たりません。

【永島委員】 基本的にそれが起こると製品が違ってくるわけですね。

【魚住PL】 触媒そのものが傷んでくるのは間違いありません。

【永島委員】 触媒は傷むでしょう。アミノ基が一番危ないです。むしろ問題となるのは製品のほうなのですが。

【魚住PL】 製品のほうは、製品できちんとそれは完全に有機物としては純度検定をしていますので、そこにはそういう過酸化物は混ざってきません。

【永島委員】 それがあるとケトンが出てきますね。

【魚住PL】 そのはずですよ。

【永島委員】 分かりました。

【浅岡分科会長】 ほかにありませんか。

【植山委員】 聞き逃したかもわからないのですが、この配布の資料の10ページの反応プロファイルは、大体100%近くに行くのは20時間ぐらいかかっているのですが、先ほどのフローでは1分ぐらいという話だったのです。これはどこがどう違うのですか。

【魚住PL】 ここで一旦、なぜ紹介したかという、触媒回収ができて、反応がうまくいって、これでNEDOの目標値を達成してしまうからです。反応率も他のものもです。たとえば反応率は99%

です。しかし、これでは実際に使いものにならないわけです。20時間も何十時間もかかっていたら使いものになりません。そういうことで、さらなる本当に紆余曲折の条件検討の後で、とうとう我々は最後に、このフローの系でうまくいったのです。というのは、圧力が60barぐらいに増えているのです。そこが全然違うわけです。これぐらい圧力をかけていくと、反応が圧倒的に速くなりまして、わずか1分程度のコンタクトで目的物になるところに最終的に至ったわけです。ここも条件をつかみ取るまでは、圧力を変える、温度を変える、フローのスピードは変えると、かなりの条件検討をやった結果、行き着いた先がこれということで、このような結果になりました。

【植山委員】 そうしますと、基本的な最初の図は、圧力がほとんど掛かっていないのですね。

【魚住PL】 常圧です。

【植山委員】 常圧ということですね。これは水中での酸化反応だから、水中での酸素の溶解度が律速になるから、そういう意味で反応が進んだということですね。

【魚住PL】 そうです。

【植山委員】 それで一つ、コメントなのですが、これは純酸素を使われているのですね。

【魚住PL】 はい。

【植山委員】 これは気をつけているかもわからないのですが、コメントとしては、装置の中の油分は純酸素を使う場合は禁油ですので、これから装置を大きくされる場合とかには十分気をつけてください。

【魚住PL】 分かりました。その辺は実はタレス社の技術者は、装置の専門家の方と、これは酸素でやるよということを前提で装置開発、オプティマイゼーションを一緒にやっているのです、その辺、我々は素人なのですが、プロが結構やっていて助かっています。

また先ほどの答えに追加なのですが、永島委員の質問の中のラジカル酸化というのは、バッチの場合は不都合なことが多いのですが、最終的に1分で行くと触媒に触らなくなってしまうので、おかしなサイドリアクションを抑えることに役立っているのではないかと考えています。つまり、バッチですと、反応が全部行くまでには最初にできたものも、途中経過のものも全部、その条件にさらされます。フローでやると、ほんとうに1分程度で、触媒にも酸素にも触れず、圧力もかからない常圧の状態、しかも温度が下がった状態で生成物が出てきますので、そういう意味で生成物に、そういう不都合なものが混じり込むことをかなり避けることに成功していると思います。

【永島委員】 逆に触媒は繰り返し再使用をしていると、今の範囲内では大丈夫だけれども、将来的にはやはり気をつけなければいけないということですね。

【魚住PL】 それはそのとおりだと思います。今のところ、まだ1週間程度、2,000回程度の回転なので、1年何万回というところまでは、まだ検証が進んでいません。

【浅岡分科会長】 吉田先生お願いします。

【吉田分科会長代理】 先ほどの植山委員の質問と関係するのですが、酸素は非常に危険だということで、昔、NEDOのプロジェクトでマイクロフローの酸素酸化をやったときも、燃焼はとまるのでマイクロの中では安全なのです。出たところが一番危ないので、その工夫を十分してくださいということです。特に大量合成の場合は非常に危ないと思うので、そこで急に薄めるとか、何かしないと。ただ薄めると、かえって危ないこともあるのです。そこが難しいところです。そのときにカラムの径とか、いろいろなことがきいてくるので、大量合成をするときには特に注意する必要があると思います。

それから、これもコメントなのですが、基本計画には、溶出金属回収率と書いてあります。これは

一応、溶出した金属を回収するという意味なので、それを読み替えて、こういうふうにしましたよということもどこかに書いておいたらいいと思います。

【魚住P L】 溶出してこなく、回収できていないので書いていません。

【吉田分科会長代理】 そうですね。そこはこういうふうに解釈して、こうしましたよということ、どこかに書かれたほうがいいと思います。

【浅岡分科会長】 三宅委員お願いします。

【三宅委員】 かなり技術的なことになるのですが、このマイクロリアクターを使ったときのアルコールのOHと酸素のモル比はどれぐらいでやっているのですか。

【魚住P L】 フロー系のモル比ですか。

【三宅委員】 といいますのは、酸素がどれだけ残るのかという安全性の面もありますし、酸素がたくさん残るとすると、パラジウム、白金が徐々に酸化を受ける心配もあるかなということもあります。結果にまとめられているコンバージョンとか、選択率はフローの系ですか。

【魚住P L】 はい。なるほど、モル比については考えたことがなかったのです。というのは、反応が終わった後、これは系中（圧力がかかった状態）から反応が終わって出てきた段階で、常圧常温に戻りますので、その段階では常圧常温の水の飽和酸素量にしかなく、つまり、それ以上のものは圧力がなくなつた途端、気体になって出て行ってしまいます。

【三宅委員】 出口はそのとおりかもしれないのですが、出口のときに余った酸素が出てきているかどうかですね。

【魚住P L】 出てきます。余った酸素はバブル（泡）として出てきます。

【三宅委員】 ということは、反応器の中では酸素がアルコールに対して必要量よりも多く入っているんですね。

【魚住P L】 それはそうだと思います。

【三宅委員】 それはどのぐらいでしょうか。

【魚住P L】 それについては、どれだけの量だったか、そこは圧力と酸素濃度ばかり気にしていて、絶対量の計算をしていません。気をつけて見てみたいと思います。

【三宅委員】 入口の酸素の供給量と入口のアルコールの供給量がモル比でわかれば、すぐわかるはずで

【魚住P L】 はい。そこを気にしていなかったのですが、今、手もとに実験ノートさえあれば、すぐにも計算できることなのですが、数字がすぐに出てきません。

【浅岡分科会長】 液のフローレートとガスのフローレートをきちんと示してください。

【魚住P L】 いいえ、圧力だけなのでガスのフローレートはないのです。ガスが、マイクロバブルというか、ナノレベルのバブルにスリットを通して、非常に細かいナノレベルのバブルになって溶け込んだ、いわゆる気液のエマルジョンみたいな状態になって、それがフローしていきます。

【浅岡分科会長】 その場合には酸素は後から供給しないのですか。

【魚住P L】 しないです。しないというか、流路の途中で吹き込むのです。

【浅岡分科会長】 吹き込む速度です。

【魚住P L】 速度はないです。圧力だけです。速度はありますが、速度は関係ないです。

【浅岡分科会長】 なぜですか。普通、トリクルのリアクターの場合には、ガスと液の存在比が固定床の触媒のリアクターの中での接触の問題で、化学工学的には非常に重要なのです。今の質問にも絡むの

ですが、ガス液比、60気圧ですからガスは60分の1の量になるのですが、それで反応器の中の空間比率を占めているかは必ず検討されるほうがいいです。

【魚住P L】 空間比率はもちろん出せますが、それはガスの流量ではなくて、ガスは圧でかけていて、それがナノバブルになって、気液のエマルジョンになった状態で一体になって流れていきますので、ガスだけのフローというのではないのです。気体だけの流量を出せるわけではありません。

【浅岡分科会長】 出口を絞られているわけではないですね。出口はオープンなのですね。だから、これはIN/OUTのガスがないから、基本的には反応で食われた分だけ酸素が入ると。そういうことですね。

【魚住P L】 そうです。食われた分ではない分は、オーバーフローして余分なガスとして出ていきます。

【浅岡分科会長】 では、出て行くはずですから、出口には圧力が発生して出て行くはずですから、充填された分の圧力損失分だけ60キロから食われて、残りの分がベントというか、出て行くはずですから、流量はあるはずですよ。

【魚住P L】 流量というか、ボリュームです。ボリュームは出せます。流速のことかと思ったので。

【浅岡分科会長】 いや、流速です。

【植山委員】 半径で割ったら流速になります。

【魚住P L】 それはそうです。それは別にどれだけ流路が長かったかというだけのことになってしまうのですが、流速がそんなに大事ですか。

【植山委員】 要するに、酸素のほうの選択率と収率も出したらどうかということです。

【魚住P L】 それは出せるのですが、流速という言葉で出すことには違和感があるのですが、相変わらず、酸素の流速は必要ですか。出せば出しますが、一体になって流れているので、酸素のバブルの流速は多分、液体の流速と一緒にではないですか。

【浅岡分科会長】 もう一つ、ダウンフローですか、アップフローですか。

【魚住P L】 下から上にです。それは普通の液体と同じ速度になります。

【浅岡分科会長】 液の連続相で、その場合には溶解律速とか、溶解になります。直接、触媒層にガスは接触しないことになります。わかりました。

【魚住P L】 もう既に、完全なガスフローではないです。

【浅岡分科会長】 稲永委員お願いします。

【稲永委員】 今の議論で、酸素ですが、これは将来的には空気に置き換えることは可能ですか。

【魚住P L】 可能だと考えています。というのは、これをバッチでやったときは、空気でもやっています。空気になると、やはり分圧が下がる分、反応が遅くなるだけで、空気中の開放でやってもバッチの場合はいまよくいきます。このフロー系も空気ボンベでやったら、ある程度のもんはできると思います。ただし、今は酸素でやっています。

【稲永委員】 コンタクトタイムを長くすればいいのですか。

【魚住P L】 はい、それだけで行けると思います。

【稲永委員】 これは非常にいい触媒だと私は思います。ポリエチレン系はK B rとか、そういうものが確かに取り込まれやすいですね。そうすると、先ほどの反応系でK C 1も、塩が副生成物として触媒系の中に取り込まれる心配があるということでしたが、この場合は塩を使っていないから、非常によろしいと思います。

【魚住P L】 前回のKですか。前回のKは、触媒のほうには絡んでくる、包摂する可能性はありますが、

それは水で洗えば、ある程度は触媒には、そのKC1が多少混じっても、そんなにダメージにならないですね。

【稲永委員】 わかりました。それは先ほどの話でした。

【浅岡分科会長】 杉本委員お願いします。

【杉本委員】 細かいことの確認と、質問をします。TONの計算の分母、分子は何ですか。

【魚住PL】 これはターンオーバーナンバーなので、パラジウムのモル数1（モル数で計算して、昔の言葉で言うとグラム原子ですか、金属ですから今はモル計算でいきますが）、パラジウム1モルに対して、2,500モルの生成物が得られたという計算です。

【杉本委員】 その2,500に至るまでの時間はどのくらいですか。

【魚住PL】 それは2,500に至るまでは、この場合は流速が遅いので、6日間です。

【杉本委員】 それで計算は合いますか。

【魚住PL】 それはここに基づいて、この触媒に対してできてきたものの例えば160gができたときに、そのモル数で割っていただきますとでます。

【杉本委員】 その6日間というのは、ずっと連続運転という意味ですか。

【魚住PL】 はい。

【杉本委員】 何かけたが合わなかったような気がしたもので。こちらの計算違いかもしれません。

もう一つが、これは基本的に水系の反応で、酸素は圧力をかけてということですね。それでここまですまくいくのは、基質がそれだけ親水性が高いからですか。

【魚住PL】 いえ、そうは思いません。

【杉本委員】 例えば単純にエーテル鎖のないような、もっと脂肪族鎖が長い単純アルコールでもうまくいくものなのでしょうか。

【魚住PL】 はい。そのほうがうまくいきます。最初の基本技術は、それでやっていたのです。このときに一番心配だったのは、むしろこの反応でうまくいくかのほうが心配でした。というのは、この技術の一番の根幹にある基本的な基礎化学概念が、これになりますので、高分子のマトリクスが水中だと有機物は水に溶けにくいので、この中にやってくると疎水性相互作用によって、自己濃縮されるので反応が行くのだ、行きやすいのだとなり、普通は行かない反応も行くようになります。

【杉本委員】 連続層だからという意味で聞いているのですが。

【魚住PL】 連続層でも同様だと思います。基本的にバッチでうまくいったものは、連続層だとさらにうまく行くことはあってもいかなことはありません。ですから、触媒そのものが水中でうまく行くことに関しては、反応単発で言うと、このもののほうが行きにくいのです。これは水に溶けやすいので、この中に入ってきませんから。ですが、連続層にする分には、このほうがやりやすいのは事実です。プラクティカルに。というのは、割りと均一になりますので、これが完全に油だと連続で回そうと思ったときに、流し込む水の中に有機の油を浮かせておくと、そこが均一にできなくて、非常にフローしにくいのですね。この場合、完全に均一のようなコロイダルな状態になったものでフローできますので、プラクティカルには、このものであったことがフロー系では得をしています。しかし、反応論としては、これは不利な反応です。

【杉本委員】 わかりました。

それで、ちょっと観点が変わりますが、先ほどの前の話で質問できなかったのもので、ここであわせて聞いておきますが、今回の話ですと、先ほど私が質問したように、時間的な観点が入っていたので

すが、最初の一つ前の話では、時間軸がどこにも出てこなかったですね。全部、効率で割り算した結果しかなかったの、今回のこういうような固定化触媒を使うことによって、時間軸で見たときには有利、不利というのはどの程度あるのでしょうか。

【魚住 P L】 前回のものに関しては、あの条件では反応時間としては約半日から 2 4 時間ぐらい、アミノ化にはかかります。もちろん触媒をもっと増やせば速くなりますが、それは金属を消費して、グリーンな方向に行きませんので、落とすところとして、触媒を減らした状態でやると、どうしても 1 2 時間から 2 4 時間ぐらいかかってしまいます。ですが、それが既存の反応方法では、3 時間で終わるものもありますし、やはり 2 4 時間程度かかる工程も知られています。既存のものに比べて不利か、有利かという、反応そのものでは、先ほどのアミノ化は、時間軸に関してはそれほど著しく有利というものではないと思います。

【杉本委員】 濃い液が混在していることによる、例えば拡散律速があるとか、そういうわけではなさそうということですね。

【魚住 P L】 ではないと思います。この反応は、普通に均一系でやるよりも水中のほう、不均一のほうが速いぐらいです。

【杉本委員】 わかりました。

【浅岡分科会長】 最後の質問を薩摩委員お願いします。

【薩摩委員】 一つコメントと一つ質問です。コメントは、3 ページにありますサマリーのところ、漏出濃度が①では 1 ppm、②では 0.1 ppm と書いてありましたが、これはおそらく同じ I C P ではかられているので、検出限界は同じではないかと思うのですが、おそらく数字は揃うものではないかと思っています。

【魚住 P L】 そうではありません。これは先ほど言いましたように、使ったメタルがどれだけ来たかです。出てきたものをはかって、1 cc の中にどれぐらいメタルがあったかを見て、そこから逆算します。ですから、出てきたサンプルをどんどん濃縮できれば、もっと精度が上がるのです。濃縮できるようなサンプルの量がたくさんとれたときは濃縮して、なるべく精度を上げるようにしますので、それで最初のものと同効数字のけた数が 1 個変わってくる場合があります。

【薩摩委員】 わかりました。

あと質問は、これだけ大きな分子が入るのですから、かなりポリスチレンはポーラスなものだと思うのですが、どのぐらいの細孔径を持ったものなのか。

【魚住 P L】 ポリスチレンそのものの細孔径については、特にそんなにポーラスではないです。エチレングリコールの長さがかなり長くて、物理的にポーラスというよりは、分子レベルでゆるゆるという状態です。いわゆるメソポーラスなポリスチレンが市販でありますね。穴が実際にあいているものですが。ああいうものではないです。どんなに顕微鏡で見ても、表面はツルツルしています。実際、両親媒性の面から、エチレングリコール側鎖のユニット数が 2 0 ぐらいでは全然足りなくて、3 5 ~ 7 0 ぐらいの間を幾つかやりましたが、3 5 以上 7 2 までは同じような反応性を示します。そして、架橋度がまた重要で、これはジビニールベンゼンで 1 % 架橋です。1 % 架橋でエチレングリコール側鎖がかなり長いというところにして、かなり柔らかいジェル状になっており、分子として緩いというところに、いろいろなものが入り込んできているのではないかと理解しています。

【薩摩委員】 分かりました。

6.1.3. エステル・アミド類の高効率・高選択的合成法の開発研究（名古屋大）

石原教授より資料 6-1-3 に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【浅岡分科会長】 質疑応答をお願いいたします。吉田先生お願いします。

【吉田分科会長代理】 今の出口イメージのところですが、非常にすばらしい結果ですが、その中で、真ん中に言われたカーボネートのエステル交換に関して、あの反応で思いつくのはポリカーボネートをつくる方法なので、普通はホスゲンを使うのですが、ホスゲンを使わないで、エチレンカーボネートから平衡に逆らって、反応蒸留しながら、どんどん平衡をずらしながら、フェノールを入れてという応用は考えたことがありますか。

【石原教授】 それも考えました。しかし、現在の触媒系では、ジメチルカーボネートとアルコールから、モノエステル交換しかできないです。

【吉田分科会長代理】 ジエステル交換はできないのですか。

【石原教授】 ジエステル交換にはもっと活性の強い触媒が必要です。

【吉田分科会長代理】 もちろん、すべてアップヒルなのですが、それに逆らって、反応蒸留して行って、平衡をずらしていくというのが今の旭化成の方法なのですね。そういうところに、これがよりいい触媒として適用できれば、アウトプットとしておもしろいと思ったのですが。

【石原教授】 2 段目はかなり遅いことは確認しております。あともう一つは、ランタンイソプロポキシドから 100 倍安価なものを使えるようになったとはいえ、それでもレアアースであることには変わらないです。このランタンの場合は、毒性が非常に低いことがわかっていますので、それでもメタルとしては高価ですから、医薬品系の中間体等のほうに活路を見出したいと考えています。

【吉田分科会長代理】 分かりました。

【浅岡分科会長】 ほかに発言はありませんか。植山委員お願いします。

【植山委員】 先ほどの出口の話なのですが、出口イメージがまだ定まっていないということと、それから冒頭お話をいただきましたスケールアップの件なのですが、話では、大学の研究だから、そこそこのスケールで、当初提示された 10 kg～数 t まで至らなくてもいいというのが初回の会合で話があったということなのですが、それは再委託だからですか。

【石原教授】 いや、そうではないです。

【植山委員】 そうではなく、NEDO からそういう話があったということなのですか。

【石原教授】 そのときは初回ですから、経産省の方のところに魚住 PL と一緒に我々が行って、このプロジェクトについての説明をうけるという機会が最初にありました。その中で、この最終目標に対する考え方としては、こういった最終目標について、我々大学とか分子研で行うにはちょっと現実的ではないということを伝えました。我々自身が、最終年度までに、これを達成するのではなく、そこへの道筋として、ほんとうに試験管でやるようなスケールではなくて、我々自身でできるだけスケールアップして、そのスケールアップする中での問題点を解決していきながら、最終的には企業で、そういったスケールアップへ持って行くような道筋を切り開いていくことができれば OK でしょうというような、それはある意味、口約束みたいなことなのではありました。

魚住 PL、そういう話でしたね。

【魚住 PL】 はい。

【石原教授】 そして、実際に毎年、年度初めに計画書を出すのですが、その目標もここに示したような

目標値でずっと認めてもらってやってきている経緯があります。

【植山委員】 それで、その表現の仕方なのですが、冒頭の2件のご説明のときにも議論があったかと思うのですが、もともとの前提というか、もともとの目標から途中で目標が変わったなら、これこれこういう理由で目標が変わったと。前提条件が変わりましたと。それで最終的にこうなりましたと。だから、評価はこうですと。そういう形にしないと、公募の事業なので、透明性という意味からもいけないとのコメントですが。

【石原教授】 その点は、我々に変更したつもりはなくて、申請書を出す段階から、自分たちでできないような1 tとか、数kgというような単位で実現しますという申請書はもともと書いていないのです。ただ、採択された時点で最終確認をさせていただきまして、我々の考えは認めていただいたと考えています。それは変更したということではなくて、解釈として問題はないと我々としては認識しているところです。

ここの基本計画のところの達成状況の中の文言につきましては、それに沿った書き方をしています。例えば、ページ数がわかりづらいのですが、研究開発成果の基盤技術のⅢ.1.1-1の、3ページ目というのですか。これは何と言ったらいいのですか。

【石毛主査】 3章の1の1の3ページです。

【石原教授】 そう言えば皆さん、おわかりになるのでしょうか。その例えば②というところに、スケールアップ実験では100 gスケール合成/回、200 gスケール合成/費用を達成したと書いてありますが、その最後のほうです。10 kg~数t/日以上も十分に可能だと考えていると。開発した触媒の工業製品化に向けて検討中で、技術移転を進めていると。これは、ここに掲げてあるNEDOの最終目標に沿って、達成状況を矛盾なく書いているつもりでいます。

【植山委員】 今の説明をされた触媒は全部、均一系ですか、固体ですか。

【石原教授】 均一系です。

【植山委員】 均一系で、触媒は溶解しているのですか。

【石原教授】 溶解しています。

【植山委員】 全部、均一系ということですね。

【石原教授】 均一系です。これは場合によっては、魚住 PL のところの技術を応用して固定化することも考えていたのですが、まずその段階の前に、できる限り触媒活性を上げて、触媒量を減らしたいという我々の思いがありまして、そちらの研究を優先的にやってきています。今後、場合によっては、魚住 PL と相談して、そういう固定化についても検討する必要があるれば、していきたいと思います。ただ、例えば最初のボロン酸においては、ターゲットがポリマーだったりしますと、むしろ今のままのほうがいいのかもかもしれません。

【浅岡分科会長】 永島委員お願いします。

【永島委員】 多分、今の話はターゲットが決まらなないと、そしてもう一つは機能性材料とか、医薬品とか、それぞれ全部、リクワイアメントが違うので、なかなか答えにくいと思うのですが、ここで実用化の見通しという評価項目が入っていますので、そうすると、例えば一般論として後半の話のヨウ素というのは、これはできれば使いたくないと。特にI⁻ですね。これは着色しますし、またヨウ素がなかなか抜けないことがあるので、例えば医薬品みたいな非常に高いもので、分離コストも高くてもよければ使えるけれども、もう少し安いときは臭素ないしは塩素が望ましいとか、そういう形で、ある程度の想定ターゲットに応じて、今後残された問題と今後やっていくべき問題を少し整理して提示

をしたほうがいいのですが。

【石原教授】 ヨウ素はできる限り使いたくないとなりますと大変ショックなのですが、塩素はやっていませんが、臭素については比較検討しています。場合によっては臭素のほうがいいときもあるのですが、少なくとも今回の件においては、断然、ヨウ素のほうが活性が高いということはあります。

ヨウ素については、できれば使わないほうがいいのですかね？ちょっとわかりませんが、私たちの立場から申しますと、他の元素、金属等に比べると、ヨウ素の産出量というか、保有量は日本は世界第2位ですし、そのほとんどが千葉で鹹水からとれるということで、日本が唯一と言っていいほどの資源の輸出国になっています。ヨウ素についてはです。そういったヨウ素技術を開発することは、我が国にとっては決して戦略上損にはならないことだと。そういう信念でやっているのですが、使わないほうがいいのでしょうか。

【永島委員】 発言は全く正しいのです。ですから、あくまでもどういうところに使うのかということによって、例えばなかなか、この試薬の I^- が除けないような製品の場合に、それが着色等で問題などときには、これは使わないほうがいいわけです。ですから一般論ですべて、 I^- を使ってはいけなくて、こういうところに関しては非常に強い点があって、こちらの点に関しては、やはり代替品が必要という分析も少しは必要なのではないかというコメントです。

【石原教授】 今のところ、ラボスケールにおいては、実際には、これは過酸化水素とか、ターシャリーメチルハイポオキシドを酸化剤に用いておりますので、テトラブチルアンモニウムヨウ化物を加えているのですが、着色はしません。ヨウ素は全部、亜ヨウ素酸とかのアンモニウム塩になっていますので、色もほとんどついていませんので、分離という意味でも、塩になっていますから、 I_2 のようなものが通常の条件では遊離してくることはないです。多分大丈夫だと思うのですが。

【浅岡分科会長】 稲永先生、お願いします。

【稲永委員】 今の質問とも関連するのですが、従来法との比較は出ていましたか？すばらしい触媒ですが、従来法と比べてのメリットを出していただくと、すごくいいのではないかと思うのですが。

【石原教授】 例えば、これは従来法がここにあるのですが、テトラカルボン酸に無水酢酸を過剰量用いて、過酷な条件で合成しているというのがあります。酢酸をその後、蒸留等で分けていくと。この酢酸もそのまま放っておけませんので、それを回収して何かに利用するというのであればいいのですが、非常に臭い化合物ですから適切な処理が求められます。

【稲永委員】 従来法はいろいろあると思うのですが、幾つか代表的なもの、例えば、それだったら触媒はなしということですか。

【石原教授】 これは触媒はなしです。酢酸無水物を入れまして、加熱して、そのまま分留するというような形になります。

それで、例えばこれは無理やりに何百℃という温度をかければ、蒸留しながら、これを単離することができます。しかしながら、こういったものが連結したようなテトラカルボン酸誘導体の場合は、分子量が大き過ぎて、蒸留と昇華等ができないという問題がありまして、それはポリイミド等を合成している企業との話でわかっていることなのですが、我々の方法が有効であることは認められています。

【稲永委員】 私が言いたいのは、先生が触媒のメリットとデメリット、まあ、デメリットはあまりないと思いますが、メリットをより明確に出す、何か表現があったらいいなと思ったということです。

中身はわかっております。

- 【石原教授】 メリットは水しか出てこないということですね。
- 【稲永委員】 メリットのの一つとして、これは均一触媒ということですが、触媒の回収・再利用というのは、今の時点ではできていないということでしょうか。
- 【石原教授】 触媒の回収・再利用は5回やりましたが、これは多分、繰り返しできると思います。
- 【稲永委員】 見ると、少しずつ落ちているのかなという気もしないではないのですが。
- 【石原教授】 これは実験誤差です。ここでは94%にいきなり落ちていまして、その後、98%になってきて、95%、93%になっています。これは93%から98%のあたりをうろろうろしていまして、これは単離収率ですので、決して徐々に劣化しているということではないと思います。
- 【稲永委員】 わかりました。もう一つ、最後ですが、ランタンのナイトレートを使っておられるのは個人的には非常にうれしいのですが、IV族は試されましたでしょうか。つまり、他の金属ではだめなのかということなのですが。
- 【石原教授】 ナイトレートがということですか。
- 【稲永委員】 対アニオンは何でもいいのですが。
- 【石原教授】 これは他の研究者の方が、もう10年以上前なのですが、アルコールを溶媒にして、メチルエステルをアルコリスするという条件で、さまざまなメタルのアルコキシドを触媒としてふったという論文があります。その中で、このランタンのイソプロポキシドが最も活性が高かったという論文がありまして、それをもとに研究をスタートしていますので、我々はランタン以外は試していません。
- 【稲永委員】 その論文はよく存じ上げております。
- それで、これはコメントですが、石原先生もご存じだと思いますが、最近、小笠原諸島ですか、日本領海内の5,000mぐらいの海底に、かなりのレアアースがあって、ランタンは特に埋蔵量が多いし、たくさんありますので、将来的には中国よりもはるかに多い埋蔵量があるということで、コスト面さえうまくいけば、安く大量に手に入るということで、先ほどのヨウ素の問題も似たような問題ですが、将来的には希土類は日本の強みになる可能性があると思いますので、今後もぜひ発展させていただければと思います。
- 【石原教授】 ありがとうございます。ほんとうにそうなるとうれしいのですが、こればかりはわからないので。ですから、現状だけ考えて、どのメタルがレアメタルなのかということに振り回されるのはどうかと思うのですね。昔、10年、20年前ですと、リチウムは全然問題なかったのですが、今はリチウム電池の普及によって、突然、リチウムがレアメタル化してしまっているということがあってありますから、経済等によって、何がレアメタルかも変わって来たりしますので、まあ、レアアースとは違いますが、いいものを取りあえず見つけていこうかなと思っております。
- 【浅岡分科会長】 時間も大幅に遅れていますので、どうしてもコメントをこの時点でというものがなければ、次の全体を通じてのほうに移りたいと思いますので、宜しくお願い致します。

○ 分子研Gの全体を通しての質疑

以下の質疑応答が行われた。

- 【浅岡分科会長】 それでは、分子研グループ全体を通じての質疑を10分予定しておりますので、この中で3研究アイテムを横串にしての意見をお願いします。永島委員お願いします。
- 【永島委員】 魚住 PL のフロー法は非常に期待をしているのですが、このプログラムの中では、ある部

分はフローは入らず、ある部分に関しては達成をされると。その達成した部分の中には、目標を書かれたときにはカートリッジぐらいまでと。あとはフロー系への展開という書き方をされたのですが、今、結果を見て踏み込まれると、これは装置の部分、それに助けられている部分も出てきていると思うのですが、どこまでをこの評価項目にして、今後、どういうところが今後の課題として整理をされるのか。その部分を少し明確にしたほうが良いということです。

あとは石原先生のところまで含めて、将来的に大きな目標ですね。そこに向けて、今のフローにどんどんしていくという方針であれば、個別の反応によって、装置のほうも違ってくると思いますので、そこに関する課題というものを整理するとどうなるのでしょうか。

【魚住 PL】 そのことは答えたほうが良いですか。まず、装置に依存しているのも結構あると。最初はカートリッジ化ぐらいというところを設定したけれども、それをもっと進んでいっているようだということで、確かに幸いにもカートリッジ化のみならず、それをフロー系に実際にシステム化できたので、そういう意味ではご評価されると非常にうれしいなどは思っているのですが、実際に装置に助けられている部分はあります。これは当然で、これは実は加速費でまさに導入した、やはり研究を進捗させるために、そういう装置を導入して、どんどん進捗を促すべきだということで、加速したところから、これは導入して、実際にどんどんやっています。

【吉田分科会長代理】 加速財源ですね。

【魚住 PL】 はい。研究を加速するような財源を持って、この装置を導入し、オプティマイズして、ここに至っていますので、実際に当初の目標はここまでだったと。でも、加速したおかげで、その上に行けたと。まさにそこを含めて、NEDOのプロジェクトの一部と考えています。

【永島委員】 これは、その評価に含まれるという解釈ですね。

【魚住 PL】 そうですね。当初の目標を超えています、ある程度含んでいただいて、僕は構わないと思います。というのは、NEDOの加速財源で、加速したおかげで、当初目標を超えたわけですから、NEDOのおかげということで評価していただければと思います。

【永島委員】 それでしたら、要するに触媒やカートリッジは達成できた部分と、機械が入ったことによる、その工夫によって達成された部分をもう少し明らかにするとわかりやすいのですが。

【魚住 PL】 機械はいろいろな機械がある中で、自分に合ったものを選んで買ってきたというのが基本です。

【永島委員】 いや、機械の種類じゃないです。システムを工夫すること、プロセスを工夫することによって達成できたこと。その問題点が明らかになるので、成果見通しのところに何が問題だったかというのが明らかになるということです。

【魚住 PL】 わかりました。

【浅岡分科会長】 このグループ全体を通じて、部分的には分子研に確立的基礎知見がない課題については名古屋大に再委託という表現になっていますが、いずれにしても、このグループ全体を通じて、きちんとした統一概念で研究開発に取り組んだという結果が必要だと思うのです。それで、前半の魚住 PL のところは、高機能不均一触媒という 1 つの技術ポイントがあるのですが、石原先生の部分に関して、これは環境調和型化学プロセスの研究開発に相当するのですか。後半部分のテーマ名は。その辺のことで、石原先生ではなくて、魚住 PL にプロジェクトリーダーとしての見解をきちんと報告書に示していただきたい。統一して「既存の技術に比べて、これだけ有害物、廃棄物が削減されました」というのを従来プロセスに比べてというポイントで整理していただきたい。なかなか難しい注文をつ

けているようですが、やはりNEDOのプロジェクトとしては、そういう観点のまとめが不可欠ではないかと思えます。

【魚住PL】 先ほども返事したCO₂換算でこれぐらい減ったという数値を出しているのよいですか。

【浅岡分科会長】 いや、そうではなくて、例えば石原先生の部分をどう表現するかも考えていただきたい。有害物を使わないとか、そういうポイントがあるのではないかと思うのですが。生産効率が上がるとか、選択性が上がるとか、そういう話です。何らかの視点で従来プロセスからどれだけ進歩したか。技術的に進歩したかという点が欲しいですというのが私の意見ですが。

吉田科会長代理お願いします。

【吉田分科会長代理】 同じことなのですが、今のことが出てくるのは、これが研究開発項目の何番の何々に当たるというのがはっきり書いていないです。プレゼンの資料に。基本計画の研究開発の何番のどこなのですか。

【魚住PL】 研究開発項目のですね。

【吉田分科会長代理】 はい。それがちゃんと書いてあると、これはこの研究ですよ、これはこの研究ですよというのがはっきりわかるかなと思うのです。そうしたら、それに対して目標もはっきりするし。基本計画に基づいてどの研究なのかというのがはっきりできます。

【魚住PL】 事業原簿のⅢ1.1-1とか、Ⅲ1.1-2ではなくてということですね。

【吉田分科会長代理】 そうです。

【魚住PL】 「そうです」というのは、そうだということですか。そうではないということですか。

【吉田分科会長代理】 基本計画に載っているのは、研究開発項目というのは①しかないのですよ。

【魚住PL】 後ろのほうです。

【吉田分科会長代理】 Ⅲとか、そういうのは事業原簿のⅢとか、そういうものです。事業原簿の最後に基本計画が載っています。

【魚住PL】 別添資料ですね。

【吉田分科会長代理】 別添資料の②-2です。その3ページ目に研究開発項目があります。委託事業と。これの①が有害な化学物質を削減できる、または使わない革新的プロセスと。②が廃棄物・副生成物を削減できる革新的な化学プロセス云々と。どちらなのかがはっきりしないのです。

【魚住PL】 それについては、私の発表の途中で常に示していたのですが。

【吉田分科会長代理】 途中ではなくて、まずタイトルに書かないといけません。

【魚住PL】 了解しましたが、NEDOの人と相談します。というのは、私たちがNEDOに提案したときに、これはNEDOが出した研究開発項目は、NEDOの公募要件なのです。

【吉田分科会長代理】 基本計画はずっと続くわけです。

【魚住PL】 わかります。わかりますが、それに対して我々は、例えば酸化反応であれば、この①は、水中で回収しようとか書いていない。②は酸化をやれと書いてある。水中で回収して酸化をやったらどっちなのだということで、両方にまたがるものがありますということ、こうやって常に今日のプレゼンでも、両方にまたがってしまっていることを示している。①と②の両方にまたがってしまうようなものが出てしまうのです。

【吉田分科会長代理】 そのときは、両方に書いてください。

【魚住PL】 わかります。わかりますが、それはNEDOが①と②と公募の前に、NEDOなりのお考えで切り分けられた。ところが実際の現場では、①も②も同時に達成してしまう成果が出てきたとい

うことなので、両方を書けと言われたら、両方書きますが、そういう状況です。

【吉田分科会長代理】 でも、それをしないと、要するに目標と達成がはっきりしないので、これはNEDOのプロジェクトの話だけなので、慣行的な話では全然ないのですが。

【魚住PL】 了解しました。それはNEDOの方と相談します。というのは、実はこれは予行演習をやったのですが、そのときに切り分けをしています、NEDOの方のご指導で、切り分けせずに発表しようということにしたのです。

【吉田分科会長代理】 そうですか。とにかく基本計画に基づいて発表してください。

【魚住PL】 発表の仕方についてはNEDOの指導ですので、NEDOの方に相談します。

【吉田分科会長代理】 そうしてください。

【相楽部長】 一言、一番初めにNEDOで研究開発マネジメントを発表させていただきました19/31ページのところに、今、魚住PLから話がありました基本計画①②と。確かにその点、実はどういう形でプレゼンテーションをしようかというのは議論になった上で、今日のような発表をしたという経緯ですが、東大グループと分子研グループについては、①と②にまたがるような研究内容と成果が出たとしました。

【吉田分科会長代理】 だから、それぞれのところにこれは①ですよ、これは②ですよというのを、それぞれのパーツパーツに分けても書いたらいいわけですよ。そうするとはっきりするのです。恣意的に目標を決めて、それで達成しましたみたいに思われるので、よくありませんよということです。

【浅岡分科会長】 今の20ページの内容は、これは取り組んだ内容ですね。基本計画と個別テーマの関係です。結果ではないです。成果に関して、この表が必要ですよということを指摘されているのだと思います。

【魚住PL】 いや、成果に対してではないですよ。

【浅岡分科会長】 その成果に対してです。

【吉田分科会長代理】 成果も全部、そうですね。それを切り分けて……。

【浅岡分科会長】 基本計画に対して、どのような成果が上がったかという関係がないということ、委員の方がいっていると思います。

【吉田分科会長代理】 わかりにくいですということです。

【浅岡分科会長】 植山委員お願いします。

【植山委員】 念押しですが、魚住PLはCO₂の話をよくされますが、この場合、CO₂は③のエネルギー削減のほうのアイテムであって、我々が知りたいのは、そのプロセスで、従来法はどういう有害物を使っていたとか、有害物が出ていたのかと。廃棄物が出ていたかなのです。それで今度開発されたプロセスは、その差として、どういうクリーンなものであるのかをアピールすればと思うのです。

【魚住PL】 では、パーフルオロカーボンなぜ有害なのですか。それは温暖化があるからでしょう。

【植山委員】 それはあくまでも最終製品ですね。

【魚住PL】 ええ、最終製品です。今、最終製品のことを言われたのかと思って。

【植山委員】 私の認識は、最終製品の議論ではなくて、その前の素材なり、原料なりで、例えば洗剤であっても、PFC以外にもいろいろ種類がありまして、PFCから、この界面活性剤に100%置き換わるとは言えないと思うのです。

【魚住PL】 言えないです。そんなことはだれも言っていません。

【植山委員】 私がやってほしいのは、従来は、その界面活性剤がどういう製法で作られていて、今回の

プロセスは、どこがどう違うのかというのを知りたいのです。

【魚住 P L】 従来法がない場合は？

【植山委員】 ない場合は難しいですね。

【浅岡分科会長】 従来法がない場合には、界面活性剤に代わる、フルオロカーボンですか、その害が除けたという表現を。

【魚住 P L】 それを定量的にしると先ほど発言されましたが。

【浅岡分科会長】 いやいや、定量的というのは、そういう有害物をゼロにするわけです、ある意味で。どの程度代替できるか、まあ、ゼロではなくても、半分ぐらいまでは、この技術で、この界面活性剤で洗浄可能ですよという見込みでもいいのです。要するに地球環境に対して有害な物をどの程度削減できたかという表現でもいいです。

【魚住 P L】 はい。そのときに、有害の指標というのは P F C、例えば年間 1 t 使っていたものがなくなりましたと言われても、パーフルオロカーボン (P F C) がどの程度有害だったかとか、どんなに有害だったのかという指標がないと、いくら P F C を削減しましたと言っても意味がないので、温暖化効果ガスとしての効果が C O₂ 換算でどのぐらいだったかを示すのが、そんなにおかしな指標でしょうか。

【植山委員】 いや、そういうわけではなくて、私にわからないのは、 P F C というのは、聞いた話によると、F 分としてのフッ素としての効果があって、例えば代替として、 N F₃ とかあるのですが、それもまた今度指定されようとしているのですが、そういうものと完全に界面活性剤に置き換わるというのは疑問を持っていて、もともと、このターゲットとされたものは、世の中にもともとあって、用途が増えたというものではないのですか。私はそういう認識だったのですが。

【魚住 P L】 はい、用途が増えたものです。ただ、用途が増えたときに、従来のものでは用途に満たないのです。汚くて。だから、クライアントが界面活性剤メーカーに、高純度な製品を納品してほしいと言っているわけです。しかし、高純度なものをつくる技術がゼロなのです。だから、従来法では、そもそもその純度のものがないので、従来法とどうですかと言われても、その従来法は汚いものをつくっていたので、それときれいなものをつくるものを比べて、おまへのところは効率はあまり上がっていないぞと言われても、これは困ってしまう。

【岩田主研】 その両面なのですね。 G S C のほうは、いわゆるプロセスイノベーションとマテリアルイノベーションとあって、製品のほうは、今、パーフルオロカーボンの C O₂ 削減効果のほうは、できた製品がどれだけ貢献するかということなのですが、先ほどから委員の方たちが言われているのは、このプロジェクトの第一の目的は、コンベンショナルな製造プロセスに比べて、この革新プロセスが、どれだけ廃棄物とか、有害物を使わないとか、出さないとかとなっていることなので。

【魚住 P L】 だから、従来法がない場合はどうするのと。

【岩田主研】 それで、その場合には、例えば類似の洗浄剤みたいなものが、従来、いろいろな金属を出したりしているわけです。そういったものと近似的に比べるのもあるでしょうし。

【魚住 P L】 いや、類似の機能ということで、類似のとなったら、 P F C と比べましようとなるわけですね。

【岩田主研】 いや、それは最終製品ですよ。カルボン酸型洗浄剤と比べることです。

【魚住 P L】 デバイスに使えるレベルのカルボン酸型洗浄剤なら二束三文でできます。

【岩田主研】 そういうものと比べることになると思います。

【魚住 P L】 それはボロ負けです。使えないプロセスですよ、こんなものは。評価はゼロですよ。製品の精度が違うのだから。

【浅岡分科会長】 だから、P F C と比べることになります。P F C の社会的使用量を減らすことに成功できたという表現で十分ではないですか。その P F C をわざわざ C O₂ に換算しなくても、一応、有害物の範囲として定義して、その有効な代替物を開発できたというのは十分社会に理解される成果だと私は思いますが。

【魚住 P L】 定量化しなくていいと。定性的な表現でいいと。

【浅岡分科会長】 どれぐらいの P F C の使用量がこれに変わるか。ないしは、こういうものの洗浄で、半導体工業とか電子工業が発展するとか、そういう表現でも構わないのではないかと思いますね。

【魚住 P L】 わかりました。

【植山委員】 ですから、そのところを、私は基本的には、P F C はドライ洗浄で、界面活性剤はウェット洗浄だと。洗浄の仕方が違うと思っていたのです。もし私の認識が違っていたら、その辺を明示していただければと思います。

【魚住 P L】 いや、ドライとウェットの差はありますが、それがなぜカルボン酸型アニオン性界面活性剤水溶液で置き換えられる可能性があるのかは、それはデバイス屋さんに聞かないとわかりません。彼らは絶対教えてくれない、そのノウハウを。どうやって使うの？ とか、どれぐらいのスペックが要るの？ と言っても、とりあえず高純度のものを下さいと言って、ほんとうに結構言わない、彼らは。その秘密のノウハウは。

【浅岡分科会長】 その辺が実用化の見込みだと思うのです。それは何とかうまく表現しないと、これ自身の評価の4項目目が、なかなか評価しづらいのではないかとというのが我々の意見なのです。

【魚住 P L】 4項目目というと、実用化への見込みですか。

【浅岡分科会長】 事業化ではなくて、実用化への可能性について、その点のある程度のレベルで示していただかないと難しいのではないかと考えています。

【魚住 P L】 了解しました。

【三上主幹】 あと、先ほどもちょっと基本計画と各プレゼン資料との関係については、我々事務局でまた調整をしまして、提示させていただく形にさせていただきます。

【魚住 P L】 事務局とだれが調整するのですか？ 私がですか？

【三上主幹】 我々がです。

【浅岡分科会長】 よろしいですか。では、本日の議事進行、大幅に遅れましたが、終了したいと思います。

< 2日目 > 9月21日(金)

【非公開セッション】

非公開資料取り扱いの説明

6.2. 東大G：革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発

6.2.1. アクア触媒によるアセトアルデヒド製造プラント排水中の希薄酢酸回収技術（東京大+昭和電工）

6.2.2. 固定化触媒を活用する革新的水素化反応システム開発（東京大+日光ケミカルズ）

6.2.3. グリーンプロセスのための高分子固定化金属触媒試薬の開発（東京大+和光純薬工業）

○ 東大Gの全体を通しての質疑

6.3.産総研G：革新的酸化プロセス基盤技術開発

6.3.1. 過酸化水素を用いた反応系の基礎研究（産総研）

6.3.2. 多官能性基質の酸化技術開発（昭和電工）

6.3.3. 高分子量基質の酸化技術開発（電気化学）

6.3.4. 易加水分解性基質の酸化技術開発（荒川化学）

6.3.5. 難酸化性基質の酸化技術開発（JNC）

○ 産総研Gの全体を通しての質疑

7.全体を通しての質疑

(非公開のため省略)

【公開セッション】

8.まとめ・講評

各委員から、以下の講評があった。

【三宅委員】 今回たくさんの報告のなかで、個別の報告については、非常にいい結果が得られていると思いました。ユニークなデータもあったと思います。

今回のターゲットにした化合物、製品というのは、どちらかというが高付加価値のファインケミカルズとか、スペシャリティ、あるいはスーパーファインとか、そんな表現もあったかもしれませんが、そういう化合物が取り上げていたので、過酸化水素とかを使っても十分競争できる検討が多かったかなと少し感じました。

それから、反応系としては、これはすごく強く感じたのですが、水と油の二相系をすごくうまく利用していると思いました。触媒を油のほうに取り込んで、そちらのほうで働かせるというのが大分あったと思うのですが、その辺の、従来ですと、むしろ水系だけとか、あるいは有機系、均一系を目指すようなところを、二相系を上手に利用されたという印象を持ちました。

それから、成果に係わることでありますが、事業化ではなくて実用化ということで私もよくわからなかったのですが、その技術で何とか物ができるのが実用化というのであれば、事業化とは場合によったら随分違うのかなというふうな、その辺は私自身少し割り切れていないところがあるんです。実用化できるかどうかという評価をしないではいけないのですが、全体的に思ったのは、比較対象とするような技術、その辺の記述が正確なのかなというのが少し良く分かりませんでした。

今、どちらかというとも基盤技術を作るということですので、なかなかプロセスの評価も難しいのだろうというふうには思ったのですけれども、何かあまりにも素晴らしい結果ばかり聞かせていただいたような気はするのですけれども、それがどこまで本当に捉えていいのかなというのは、私自身判断しにくいところがあったということです。

全体としては、皆さん非常に良い結果を出されたというのが私の評価です。

【永島委員】 講評といたしますか、まとめという意味でいいますと、全て素晴らしい基盤的な研究成果を持っておられて、それを展開しようとしていられると。そこに国の支援が必要である。これはそのまますぐに企業さんが受け入れられるものではなくて、ぜひ国のほうでバックアップをして大きな技術に育てようという観点では、レベルの違いはあったと思いますが、いいシーズを持たれて、よい努力をされているということに関しては、これは疑うことはないと思います。

ただ、先ほどの三宅委員の発言のように、事業化という具体的なターゲットがありますので、具体的なターゲットの成果があれば良いけれども、今回はあえて実用化の見通しというところで評価結果を書くということがございます。私は産総研のときに発言したのですけれども、このレベルであるとする、やはり普遍性、つまり、これからのこの成果の将来展開の部分をしっかり見ていく。これは事後評価か、将来の追跡評価もあるわけですから、そここのところでぜひ見ていくべきではないかと思います。

また、ある意味で出来るだけ社会に公表して、ここまでのことでこれだけのことがわかったので、これをぜひ波及効果としてみんな利用してほしいと、ここまで含めての評価をする工夫が必要なのかなと私は感じました。

【薩摩委員】 個々の研究につきましては、本当に皆さんよく頑張られて、少なくとも当初の目標が概ね達成されて、更に実用化の見通しがついた研究が幾つかあり、達成度はかなり高いと思います。先ほども言われましたように、今後の実用化の期待が大きいものについては、ぜひ、NEDOの支援をお願いします。

先ほど、基盤技術が本当にできたかとの話がありました。確かに特許の絡みで技術の公開が難しいのであれば、基盤技術としての成果の公表はやりにくいかもしれません。例えばこのプロジェクトからグリーン・サステイナブルケミカルプロセスの成功例が幾つか出て、今後こういった方向が国際競争力を高める上でも良いですよといういくつかのサクセスストーリーを、出していただくことが、また次のプロセスが出てくるモチベーションを高めるものと思います。そのような形でも、波及効果をより一層高めることに繋がるのではないかと思います。

【植山委員】 私も三人の委員さんと同じで、かなり素晴らしい研究内容もたくさんあって、非常に有意義だったと思っております。逆に言いますと、このままで終わってしまうのは非常にもったいない。要するに、各企業の方でということもなかなか難しいようなところもあるかと思っておりますので、今後、やはりNEDOといたしますか、国のほうで、新たな仕組みづくりというか、もう一度こういうプロジェクトを立ち上げるとか、そういうことが必要ではないかと思いました。

世界に目を向けますと、今、カーボンフットプリントといって、製品に対してCO₂どれだけというのは、経産省もいろいろ試行して、試行事業とかをやって、皆さんよくご存じだと思うのですけれども、今、さらに進んで、環境フットプリントというのがヨーロッパを中心にして動きつつあります。それにウォルマートとかも乗っかって、今後、製品をつくるのに、CO₂だけじゃなくて、廃棄物とか有害物質とかがこの製品をつくるのにどれだけ乗っかっているというのが表示される方向に、すぐというわけではないと思うのですけれども、そういう方向にあります。

そういう意味からも、各企業の意識づけというか、やっぱりまだまだ環境に目を向けて、そちらの方面に投資していく、研究開発していくというのは、企業も今、体力のないところもありますので、なかなか難しいところもあるので、やっぱり国を挙げてそういう意識づくりというか、モチベーションを上げていけたらと思いました。

これから我々、評価していくわけですがけれども、今、プロジェクトのいろいろの説明の中で、先ほど話が出たかも知れないですがけれども、初日も言いましたけれども、目標というのが、当初の目標はあったかもしれないですがけれども、途中で目標の積み上げとか、逆に緩くなったりとか、個々で目標が変わっていて、そういう説明だったので、最終目標の説明が多かったので、横にらみで全てを評価するときになかなか評価しづらいところがあります。やはり整理の仕方として、当初はこうであったけれども、こういうふうに変わっていったら、最終的に成果はこうでしたというような整理の仕方がほしかったというか、今後そういうふうにしてほしいと思います。

【稲永委員】 このプロジェクトはGSCとなっておりますけれども、テクノロジーも入って産官学でうまく協力できて、かなりのところまで達成されたプロジェクトであったと感じました。

ですが、最初に言いましたけれども、これは方法論というか、触媒の開発だったり、プロセスですね。それは必ずしもターゲットが決まらないことには、リファインといいますか、ポリッシュできないという部分がどうしてもありますので、どうしても具体的なターゲットが非常に大事で、しかもそのターゲットがインパクトのある、非常に大きな、ああ、こんなことができるという、それがGSCをやることによってこれだけ達成できたといえるような何か目玉になるターゲット化合物が欲しいと思いました。今からの研究で出てくるかも知れませんが、今後に向けた評価としては、何かドカンと目玉になるターゲットを見つけた方法論の開発が重要に思いました。どうしても方法論というのは演繹的ですので分散しがちですがけれども、最終的にまとめた形で大きく評価できるような化合物ができると、このプロジェクトの意味合いがものすごく大きくなると思いました。

それからもう1つは、技術検討委員会についてです。テクノロジーの重要性は岩田主研のほうがりさき説明されたのでおわかりになっているのですが、我々アカデミアから見てこれはおもしろいと思っいろいろなことを言いますが、実際それは役に立つのかという話になったときに、どうしてもテクノロジーが大事になります。テクノロジーのアドバイザーという意味合いで、技術検討委員会というのがどうもあるのではないかと初日の話を聞いていたのですが、その役割をもっと大きくできれば良いのではないかと印象を受けました。

それから、3点目です。今回は固体触媒というのが非常に多くて、不均一触媒系だったので、将来的には均一系触媒のほうがおそらく効率は良いはずなので、均一系触媒で、しかもリサイクルできるような、そういうシステムができるとよいと思いました。その際の問題点は、有機溶媒の削減です。これは途中で少し出ましたが、有機溶媒の大幅削減というのは今後ものすごく大きな課題の1つとしてクローズアップさらにされてくるのではないかなということを感じました。

【吉田分科会長代理】 このプロジェクトというのは、基本的にシーズから出発したプロジェクトであるということです。それでいい面も、逆によくはない面も出ていて、当然そう思います。でも、シーズとなった技術は非常にすばらしい技術で、そこから展開された技術も非常にすばらしいと思います。そういう意味では、アカデミアから見ると非常におもしろくてよいです。今もたくさんの委員が発言されたのですが、実用化という観点で、やはり工学的にまだまだ検討すべき課題がたくさんある。それでも、やはり実用化できそうな、ある意味で事業化まで行くとと思われる技術もたくさんありました。

グリーン・サステイナブル・ケミストリーなので、私もよく授業で言っているのですが、実験室で終わったら何もならない、やはり実際に社会に使われないとしょうがないと。そのためには、実際、事業化まで行かないといけませんが、特にこのプロジェクトでは、どちらかという、ファインケミカルズ、医薬とかそういった、一つ一つのプロセスは規模の小さいプロセスが多かったですね。それでも、ファインケミカル全体をまとめれば50%以上の廃棄物はそこから出るという話だったので大事なのですが、やはり数を増やすか、あるいはもう少し大きなプロセスに持っていくか、そういったことが必要かと思えます。そういう意味で、このプロジェクトに参加した企業以外の企業にこれをどう広げていくかというのが、多分NEDOとして、あるいは国としての課題かと思えます。

それから、これはアカデミアの問題もあるでしょうけれども、やはり実用化をやる場合にはどうしても工学が大事になってくるので、例えば化学ですから化学工学が大事になる。今回のアカデミアの人はみんな、合成化学。私も合成化学ですが、合成化学者と化学工学者との連携をこれからどうやっていくか。それはアカデミアの分野でもそうだし、それ以外の分野でもそうかもしれないですが、それに対してNEDOがどうコントリビューションできるのかということをもし考えていただければ有り難いです。これは我々も考えなければいけないことです。

それから、せっかくすばらしい成果も出ているので、それを社会にどう発信するかということのもやっぱり大事な問題だと思うのです。今、社会的に一般的に見れば、化学に対して必ずしもみんな、バックアップしよう、日本の化学はすばらしいとは思っていない面もあると思う。ですから、日本の化学の力、化学産業の力をどう社会にアピールするか。それによって、これから若い人たちをどう引きつけるか。若い人たちに日本の将来を担ってもらわなければいけないので、せっかく成果が出ているので、社会に対する発信をNEDOとしても考えたらと思えます。

【浅岡分科会長】 最後に私、分科会長として、取りまとめの講評を、私自身の意見も入れてさせていただきたいと思えます。

全体として、各委員がおっしゃったように、個別の成果は非常に上がっていると思えます。ただし、これ自身が、結局、環境と化学物質という関係において、もう少しアピールできる成果として示したほうが良いと思えます。そういう面では非常に成果が上がっていると思えます。

要するに、化学物質というか、有害な化学物質の使用量を減らす技術も開発されているし、使わない技術、廃棄物を低減する、反応の選択性を上げて副生物を削減できる技術、それが革新的かどうかというのは部分的にはちょっと疑問符がつくのですけれども、確実にそういう方向性で成果が上がっていると思えます。そういうことでは、そういう点できちんとこのプロジェクトの成果がまとめられるような状態だと思えますということが私の取りまとめです。

あとは、今後どうしていくかという方向性に関して、どなたかの委員の発言にもありましたけれども、そこを明確にやっぱり事後評価として方向性が出たという方向でまとめられるのがよいのではないかと思います。ある程度の方向性があるので、プレゼンテーションの問題のような気がします。

それともう1つ、講評とちょっと外れるかもしれませんが、これに参加されなかった日本の化学企業がいっぱいいます。それとの関係において、この成果をどのように国のプロジェクトの成果としてアピールしていくかというか、波及させていくかということも考えられたほうが良いのではないかと、その点がちょっと弱いような気がします。それがこのプロジェクトの成果に対する私の大体の感想及び総合的な評価になります。

それでは、私のまとめた意見に対して部分的に何か、個別の委員の方で追加意見等があればお聞きし

ますけれども、特にございませんか。

以上の講評でございますけれども、推進部長あるいはプロジェクトのリーダーから最後に何か一言等ございましたら、お願いします。

【島田PL】 いろいろなアドバイスはぜひこれから生かしていきたいと思います。なかなかこのプロジェクトは、4年間ということもありまして、確かに基盤技術、その辺を広げていって、それを大きな成果としたいという思いは持っていたのですが、若干言い訳みとなりますが、やはり二兎を追うと一兎も得られないのではないかと、そういう心配を、今から思えばし過ぎていたのかなという思いはあります。

やはりどうしても実用化、あと、事業化も、今回評価の対象ではないことでしたが、やはり事業化というのも技術検討委員会等の場で強く言われていてということもありまして、そちらのほうへ行ってちょっとやはり、特に取りまとめ方の面でうまくいかなかったことがあるかと思えます。ただ、佐藤共同研究者がちょっと申しましたように、産総研ではその辺は蓄積を十分していますので、これをぜひ幅広く日本の、このプロジェクトに参加しない企業という言葉がありましたけれども、そういう企業にも使えるようにしたいと思います。

【相楽部長】 それでは、私からも一言。2週にわたりましての非常に長時間の審議、誠にありがとうございました。非常に有益なご助言、プロジェクトの評価のみならず、まとめ方についても多くの示唆をいただいたと思っております。

それで、議論に出ました中で、NEDOとしての役割から考えたときに、国、その実施機関であるNEDOが課題を設定して、それに対して非常によいシーズを実施者の方々から提案いただいて、またそのシーズをどのように社会に還元していくかというプロセスにおいて、NEDOが引き続き力を発揮していければと考えております。

それから、化学分野につきましては、日本のノーベル賞の受賞者のほとんどは化学分野ということで、産業界においても非常に重要な分野だと我々も思っておりますが、やっぱり一般の人になかなか認知しにくい分野であるかなと。特に今回対象になっていたファインケミカルズ分野とかは、なかなか実感しにくいだけでも、実は心臓部分というか、そこを握っている部分だということで、この部分につきましては、化学の分野については、国としても、NEDOとしても、引き続きしっかり産業競争力、それから、アカデミアでのシーズの育成といったところに気を配って頑張っていきたいところだというふうに我々も認識しております。

最後に、委員方の意見の中で、他への波及効果というところは我々も非常に重要視をしています。委員からの指摘にもありましたけれども、NEDOの1つの良いところに、プロジェクトが終わった後も追跡調査といった形で、その技術が世の中にどういうふうに普及しているのかというのを把握した上で、いろいろなパンフレットとか、ホームページ公表とか、もしくは審議会とか、一般向けのシンポジウムでPRを行っていくことも可能です。

このプロジェクトで出てきた成果につきましては、2方面で、まず1つは特許化をしたということで、企業にとっては、参加企業は実現してほしい。それから、基盤部分については、今、島田先生からも話がありましたけれども、アカデミアの部分に基盤の部分が残っているということもありますので、そういったところで次の企業の参画をこの技術シーズに対しては促していける余地も残っているのではないかと考えております。

いずれにしても、この分野、それから、このプロジェクトの今後という意味で、NEDOとして

もしっかり支援をして、普及を図っていきたいと考えております。

【浅岡分科会長】 実施者側、ほかに発言はないですか、
では、これで分科会を終了させていただきます。

9.今後の予定、その他

10.閉会

配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 N E D O 技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について（案）
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 N E D O における研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について（案）
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票（案）
- 資料 4 評価報告書の構成について（案）
- 資料 5-1 事業の位置付け・必要性／研究開発マネジメント
- 資料 5-2-1 革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発（東大G）
- 資料 5-2-2 高機能不均一触媒の開発と環境調和型化学プロセスの研究開発（分子研G）
- 資料 5-2-3 革新的酸化プロセス基盤技術開発（産総研G）
- 資料 5-3 事業原簿（公開）
- 資料 5-4 事業原簿（非公開）
- 資料 6-1-1 プロジェクトの詳細説明資料（公開）錯体触媒を利用した水中不均一条件での精密化学合成法の研究開発
- 資料 6-1-2 プロジェクトの詳細説明資料（公開）ナノ触媒を利用した水中不均一条件での酸素酸化反応の開発研究
- 資料 6-1-3 プロジェクトの詳細説明資料（公開）エステル・アミド類の高効率・高選択的合成法の開発研究
- 資料 6-2-1 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）アクア触媒によるアセトアルデヒド製造プラント排水中の希薄酢酸回収技術
- 資料 6-2-2 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）固定化触媒を活用する革新的水素化反応システム開発
- 資料 6-2-3 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）グリーンプロセスのための高分子固定化金属触媒試薬の開発
- 資料 6-3-1 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）過酸化水素を用いた反応系の基礎研究
- 資料 6-3-2 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）多官能性基質の酸化技術開発
- 資料 6-3-3 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）高分子量基質の酸化技術開発
- 資料 6-3-4 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）易加水分解性基質の酸化技術開発
- 資料 6-3-5 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）難酸化性基質の酸化技術開発
- 資料 7 今後の予定

以上