

研究評価委員会
「二酸化炭素原料化基幹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10月2日(水) 9:30~17:00

場 所 : WTC コンファレンスセター 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	田中 庸裕	京都大学大学院	工学研究科	分子工学専攻	教授
分科会長代理	石谷 治	東京工業大学	理学院	化学系	教授
委員	上宮 成之	岐阜大学	工学部	化学・生命工学科	物質化学コース 教授
委員	古南 博	近畿大学	理工学部	応用化学科	教授
委員	増田 隆夫	北海道大学大学院	工学研究院	応用化学部門	化学工学分野 教授
委員	松村 晴雄	株式会社旭リサーチセンター	調査研究部門	シニア・フェロー	
委員	吉田 朋子	大阪市立大学	複合先端研究機構	人工光合成研究センター	副所長 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
山本 祥史(PM)	NEDO	材料・ナノテクノロジー部	主査
佐川 雅一	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>

瀬戸山 亨(PL)	三菱ケミカル株式会社	Science & Innovation Center	エグゼクティブフェロー
堂免 一成(光触媒 TL)	信州大学	特別特任教授、東京大学	特別教授
武脇 隆彦(分離膜 TL)	三菱ケミカル株式会社	Science & Innovation Center	フェロー
辰巳 敬(合成触媒 TL)	東京工業大学		名誉教授
濱田 秀昭	人工光合成化学プロセス技術研究組合		理事長
佐藤 裕之	人工光合成化学プロセス技術研究組合		専務理事
西見 大成	人工光合成化学プロセス技術研究組合		技術部長
伊藤 一馬	人工光合成化学プロセス技術研究組合		管理部長
堤内 出	三菱ケミカル株式会社	Science & Innovation Center	研究員
山田 太郎	東京大学	工学系研究科	特任上席研究員
工藤 昭彦	東京理科大学	理学部第一部	応用化学科 教授

<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 二酸化炭素資源化製造プロセス技術開発
 - 6.2 ソーラー水素等製造プロセス技術開発
 - 6.2-① 光触媒や助触媒等の研究開発
 - 6.2-② 水素分離膜等の研究開発
 - 6.2-③ 光触媒及び水素分離モジュール化技術等の研究開発
 - 6.3 成果の実用化に向けた取組及び見通し
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。

【田中分科会長】 技術の詳細については議題6で扱いますので、ここでは主に事業の位置付け、必要性あるいはマネジメントについて議論します。ただ今の説明に対して、ご意見、ご質問等お願いします。

【増田委員】 非常に分かりやすく、勉強になりました。世界全体の物質収支を考えると、今回のCCU (Carbon dioxide Capture and Utilization : CO₂回収有効利用) はとても素晴らしいと思います。しかしながら、供給源としてCO₂が必要です。火力発電を含めた所からCO₂が発生したり、従前のリファイナー等でのエネルギーを使ったり、いろいろな化学品製造においてもCO₂が出るなどのプロセスがあります。炭素だけでも、CO₂だけでも良いですが、バランス、規模感、従前のものに対してどのぐらいのサイズになるかも、つけ加えていただきたい。

【瀬戸山PL】 その話は午後にしようと思っていました。日本の化学産業の場合、現在の売り上げは約42兆円で、利益は約14兆円です。日本の総CO₂排出量が13億トン程度かと思えます。そのうちの1億トンのCO₂を削減する場合、今、NEDOが行っているようなプロジェクトの目標でも、CCS (Carbon dioxide Capture and Storage : CO₂回収・貯留) の単価は2円から4円ぐらいになっています。1円という話もあります。仮に2円とすると、1億トン減らす場合に幾らかかるかという2000億円で、先ほどの14兆円の利益から見ると、一部です。CCSとCCUとは多分切り離せると思います。例えば化学産業が14兆円のうちの10%、1兆4000億円の利益があった場合、税金として利益の一部をCCSの運転資金に回すという考え方をすると、ケミカルを作る分はCCUとしての規模はそれほど大きくなくても、効果的にCO₂を減らすやり方に間違いなくなるはずで、あるいは水素自動車の場合も同様です。国内では、水素の価格は海外に比べ高い状況です。その値差も利益として考え、一部をCCSに回すという考え方もできます。ですから、国内でいえば、化学産業全体でのCO₂排出量はオンサイトでは3000万トンまでいきません。燃焼を含めたCO₂排出量としてみると8000万トンを超えますが、実際にオンサイトで出てくるのは、それほど多くありません。そのうちの一部を回すだけでも、十分な売り上げ規模になるはずで、製鉄や火力発電所から出るCO₂はあまりきれいではありませんが、一番負担が軽い、もう少しきれいなCO₂をベースにして、それを多少精製して、ソーラー水素を組み合わせると、さらに規模が拡大できると思います。世界に向けてこんな方法があると、日本が発信することができるのではないのでしょうか。

CCUに関しては、世界中ではコンクリートにCO₂を埋めるといった話があります。ケミカルの用途は、誰も効果的な提案ができていません。われわれのプロジェクトは、ソーラー水素を利用すれば効果的な戦略が打ち出せるという主張をしています。CO₂を有効に利用するということをビジネス的な観点から含めて、合理的に説明することができるのではないかという発信をするべきだと考えています。

【田中分科会長】 必要性や位置付けといった意味では、非常に素晴らしいお答えだったと思います。

【松村委員】 特許をたくさん出願し、成果が出ていると思います。知財について、2つ質問があります。分離膜の製造方法は知財にしにくい、しないほうが良い、といったことがあります。そういう部分は実施者に判断をまかせているのか、話し合いの場が設けられているのか、教えてください。

【佐藤専務理事】 知財に関してのマネジメントとして、発明小委員会を設けています。その中で、発明の内容をノウハウとすべきか、出願すべきかを判断しています。オープンにしていないものは、厳密に分かれています。

【松村委員】 もう1つ、NEDOのプロジェクトは、例えば5社程度で共同出願することがあります。公平性という意味では良いと思いますが、あとで権利を行使する、譲渡するときに問題になると思っています。これは1社で出すこれは共同出願にするという判断は、どのように行っていますか。

【佐藤専務理事】 発明の届けのときに判断しています。5社で出すことはまずありません。多くて組合の2社、あとは大学といった共同出願が多い。出願のときに、共同出願契約を結んで、各出願人の持ち分を決めています。そういう部分で縛りを付けています。

【石谷委員】 実用化戦略の部分についてです。実用化するとなると、国内なのか国外なのかということがあります。一番関係するのは堂免先生の水素発生の部分で、どの程度の面積が必要かという話になってきます。見せていただいた図のような比率でいけるのでしょうか。1億トンのCO₂を処理する場合、相当な面積になるでしょう。実用化のアウトプットとして、国内、国外についてはどのように考えていますか。

【瀬戸山PL】 国内はあくまで技術実証だと思っています。この研究には2つのフェーズがあり、CO₂削減の価値を最大化する・儲かる、という仕組みを作るのが最初です。2つ目のフェーズは海外の展開です。これはCO₂削減の量を最大化することです。これは化学プラントや燃料に応用していく話になっていくと思われます。国内で事業を行う場合は、これも午後の部で紹介しますが、大体3ヘクタールの面積だと年間100トンのソーラー水素を作ることができます。100トンという量は、FCV (Fuel Cell Vehicle : 燃料電池自動車) 2万5000台フル充電相当です。これだけの面積で、国内であれば、社会に水素を供給するという意味では、十分なインパクトがあると思います。現実的な国内のパイロットプラントという位置付けができると思っています。

海外について言いますと、面積は数十平方キロなどあります。先ほど1億トンと言ったのは、CCSとして埋める量で、実際に（化学原料として）使う量は、そう必要ではありません。せいぜい1000トンレベルのCO₂削減が（CCUで）できると、そこから出てくる利益で、CCSに回すことになります。1億トン分の面積というのは、それに該当しません。あくまでケミカルプラントの大きさと考えています。詳細については、午後に説明します。

【石谷委員】 分かりました。もう1つありましたが午後に回します。

【田中分科会長】 波及効果のところ、水素ステーションの燃料電池へのという話がありました。IEA (International Energy Agency : 国際エネルギー機関) のほうをワールドワイドに見ると、フューエルセルの車というのは、ほとんどないという現状です。ですから、やめなさいというわけではありません。日本ではまた違うかもしれませんが、その可能性についてどう考えていますか。本プロジェクトとは、少し異なりますが、お聞かせください。

【瀬戸山PL】 田中先生はEV (Electric Vehicle : 電気自動車) を担当されていますから、そういう質問が出るのは当然だと思います。現在の二次電池の性能だと、世界的に大規模普及するだけの量が確保できないことがはっきりしてきていると思います（必要な鉱物資源の産出量の限界の問題です）。欧米系の自動車会社がEVと言っていたのが、少しトーンダウンしているのは先生もご存じかと思う。そういう状況の中で、将来的に見ていくと、水素のほうにまだ目があるのではないかということで、いろいろなプロジェクトが関わってきています。特にEU系の化学企業においてはサーキュラーエコノミーの中で、水素をどう考えるかは、これも午後に話しますが、興味があるので一緒に取り組んでほしいという話はたくさんあります。そういった状況です。

【田中分科会長】 分かりました。私が思っていたのとは、とても違います。

【瀬戸山PL】 ここ2年ほど、かなりその辺が動いている感じです。

【吉田委員】 実用化に向けた具体的取組の中で、社会実装として前倒しできる部分もあるという説明がありました。特にどのような取組について、そういうことを思っているのか、教えてください。

【瀬戸山PL】 STH (Solar-to-hydrogen conversion efficiency : 太陽光-水素エネルギー変換効率) 10% をプロジェクトの当初の目標と決めました。その後、経済計算すると、海外の場合には5%でも経済性が出る可能性が結構あります。今の目標より低い性能でも多分経済性を出すことができます。分離膜にしても、研究をしている人は、回収率100%に近いことを考えます。ところが、もともとは水ですから、回収率90%でも分離膜ユニットが安くなれば、そのほうがかえって経済性が出ます。そういうことで、全体の製造コストを安くすることができるのではないのでしょうか。最後のオレフィン合成に関しては、すでにメタンとCO₂を使うようなプロセスで幾つか工業化されています。その中で、私たちの成果をはめこんでいって、まず人工光合成の前段階を作っていくということで、幾つものことから社会実装できるのではないかと考えています。実際にいろいろな企業と共同開発を進める段階まで来ています。

【古南委員】 オレフィンを作るという目的がありますが、例えばシェールガスやメタンなど原油由来でないプロセスも当然あるでしょう。その辺のエネルギーのベースが変わったときに、このプロジェクトは柔軟に対応できるのかを教えてください。

【瀬戸山PL】 午後に説明しますが、コンパティビリティ (互換性) という言葉で表現できると思います。メタンとCO₂、メタンと水、CO₂とソーラー水素から作るというのは、特にメタノールを作る工程あるいはメタノールからオレフィンを作る工程は技術の互換性があるので、そういうことを目指しているというのが一つ。もう一つは、ソーラー水素のコスト設定そのものが、2030年頃のIEAの予測で出ている原油およびエネルギー等価の天然ガスから作った改質水素の値段と同等のソーラー水素を作ることを前提にしているのです。当然、目標が達成できれば経済性はあります。中東の場合には化石資源が世界で一番安い。北米のシェールよりもサウジの天然ガスが一番安いのです。人工光合成をベースとした場合でも、償却が完了すると明らかに中東でも化石資源のそれに対応できるという数字は一応出すことはできています。

【田中分科会長】 細かい話をして申し訳ありませんが、最初に発表した6頁についてです。内容に関しては、縦軸が対数表示になっています。対数にしないで普通にやったほうが、とても伸びがあるように見えて良いと思います。できたら、次は対数ではないものでお願いします。

【山本PM】 横軸に10年間の年度をとっています。本プロジェクト、10年ものの各中間目標を入れた資料とし、前回の中間評価の資料に上書きしたものですから、こういう形になりました。次の機会には、縦軸をリニアスケールにしたものに対応します。

【瀬戸山PL】 それもそうですが、堂免先生が1980年ぐらいに始めたときは、量子収率で0.1%に満たなかったということがあります。0.1に満たなかったものが100まで来たということは対数目盛で表したほうがはっきりします。そういう側面が確かにあるのではないかと思います。

【石谷委員】 CO₂と水素からメタノールを作ることと、CO₂を一度COにして水素と反応させることをお考えかと思えます。本音では、どちらになりますか。

【瀬戸山PL】 プロジェクト内でも意見が割れるかもしれませんが、社会実装を考えれば、CO₂と水素をCOと水素から成る合成ガスに一度変えてからメタノールに変換するという技術が、メタンから合成ガスを作りこれをメタノールに変換するという現行ルートに、まず先に乗ります。ですから、それを先に進めたほうが良いと私は思います。式で書くと、CO₂と水素からのほうが一段で書けてきれいに見えます。それは事実ですが、実際に経済計算をしてみると、ほとんど同じという数字になります。両方の検討を行っています。

【田中分科会長】 (プロジェクトの) 後段の5年延びたほうについては、そのとき (の中間評価分科会) も私は委員でした。あのとき、2つ考えていることがありました。1つは、 H_2 と CO_2 からダイレクトにオレフィンができれば良いということが当然ありました。ただ、その後の話を聞いて、メタノール経路がとても面白いとことに納得しました。後段のほうは、ソーラー水素を作るところと、ある意味、違うものがあります。違うものというのは、1つの流れの中ではありますが、それだけでも単独で面白い技術であるということです。そちらのほうを別技術として、単独で出すという考えは、この構想の中にはありませんか。

【瀬戸山PL】 そういうふうにしないと事業になっていかないと思っています。これも午後説明しますが、 CO_2 と水素からはオレフィンを作る、 CO_2 と空気からアンモニアを作れます。両方とも反応分離という概念で、同じようにソーラー水素を大量に消費できるようなターゲットになります。まず先に社会実装をして、ソーラー水素が来るのを準備して待っているという状況を作るのがこのプロジェクトの最終目標達成のための大きな要素になるのではないかと思います。

【田中分科会長】 よく分かりました。オンデマンドのオンサイト、アンモニア、それからオレフィンということですか。

【瀬戸山PL】 日本でもこれを行うと、他のプロジェクトも含めて、喜ぶ人がたくさんいると思います。

【石谷委員】 将来に向けての話をお聞きます。この規模で進めようとする、水が大変なのではないかと思えます。場所を考えると、乾燥地帯のような所に施設を作るのが理想的ですが、地球環境の問題もあります。水を使うことは、現在の試算に盛り込まれていますか。

【瀬戸山PL】 試算には入っています。年間20万トンのオレフィンを作った場合、1日に使用する量は小学校のプール、25メートル掛ける15メートル掛ける深さが1メートル程度を使い切るほどの量です。これは一般的な海水淡水化のプラントのスケールの数十分の1程度の大きさになるので、設備としてはとても小さいです。どのぐらいのエネルギーを使うかについても、それほど大きくありません。海水淡水化のコストについてはさほど大きなインパクトは持っていません。もう1つ、東レさんにしても、他の会社にしても、日本の企業は淡水化事業を相当行っているということがあります。このプロジェクトと併せて、海外に出ていくときの日本の一つの武器になるという考え方ができると思います。

【上宮委員】 目標を達成するための1つの鍵がスケールアップで、特に水素酸素分離を光触媒とモジュール化するという事です。これまでの説明では、どのようなモジュールを作るかという話が出てきませんでした。現在は公開の場ですから、ご説明は結構ですが、もう既に検討、設計を始めていますか。

【瀬戸山PL】 検討を進めています。水分解パネル、水分解モジュールという言い方をすると、大きく2種類に分けられます。1つは大気圧で水分解をする場合です。もう1つは微加圧で水を分解するという場合で、結構プロセスが変わります。この2つについて、前段の大気圧系に関しては、東大の集中研を中心に検討しています。後段の微加圧系に関しては、三菱ケミカルと産総研を中心に検討を進めています。微加圧系についても、どのように爆発混合気の爆発を回避するかという流路設計、選択膜を組み合わせた分離ユニット、それらをどのように組み合わせてプロセスを構成するかということに取り組んでいます。常圧系については、午後に堂免先生が動画を含めて、こういうことを行っているという最新情報をお見せします。両方とも併せて検討を進めています。理想的には一番安くするには大気圧系のほうになるでしょうが、間違いなくそれで行けるという保証は現状ではありません。この2つのモジュール開発を並行して、バランスをとりながら研究活動を進めているという現状です。

【増田委員】 午後に聞くべき内容でもよろしいですか。C4オレフィンで、ブタジエンはどうですか。

【瀬戸山PL】 ブタジエンまではもっていきません。ブタジエンについては、酸化脱水素でブタジエンに

もっていくような技術は既に日本でも中国でも開発済みなので、そちらにもっていくれば良いという考え方をしています。基本的に1-ブテン、2-ブテンをどのように作るかという話にもっていくことになっています。

【増田委員】 蒸留塔がない化学プラントというのは、夢のような話です。実際、分離、精製でおおむねプロセスの7、8割のエネルギーを使ってしまう、その部分がなくなるのは、非常に魅力的です。100%なくなるというのは難しいけれども、それを目指すのが本来の姿だと思っています。不純物を除くという部分が出てくると思いますが、膜も含めて、その点については何か考えていますか。

【瀬戸山PL】 このプロジェクト外でもガス分離はいろいろと行っていますが、不純物が出て大変です。そういう部分があるので、どこまでできるかははっきりとこの場で言い切ることはできません。先行して事業化しているPV (pervaporation : 浸透気化) 膜では、蒸留との組み合わせでPVを入れる形のほうが、はるかに経済性が出るという試算もあります。この場合でも既存のプロセスの一隅をそれでまかなうという考え方をするのが最初のステップでだと思います。

【増田委員】 外からは目立たなくすることはできるということですか。

【瀬戸山PL】 そう思います。

【古南委員】 知財に関する質問です。堂免先生の研究室は多国籍の研究者が所属していて、そのおかげもあって、非常に多彩な光触媒を開発されています。外国の研究者が技術を持ち出すという可能性はありませんか。

【瀬戸山PL】 それはもちろん覚悟しています。光触媒の材料構成そのものというより、新材料を発見する群グループの他、作り込みの群も結構あります。作り込みの部分の本当にレアな部分、先ほどのMやNと書いたものが3%を超えたあたりから先はノウハウになると思います。そういうことを行っているのが1つです。もう1つ、光触媒パネルは分離膜ユニットと一体です。良い光触媒を作っても、一段法触媒では水素/酸素が安全に分けられないというトラップをかけています。分離のほうでトラップをかけて、光触媒で勝手に動けないような仕組みを作るということをこのプロジェクトの中では心掛けています。

【堂免TL】 確かに海外からの研究者、ポスドクには非常に優秀な人がいて、このプロジェクトに非常に貢献してもらっています。ただ、彼らに関わっている部分は、光触媒材料そのものの開発をしている部分をかなり含んでいます。実用化していく場合には、きょうの午後にもお話ししますが、大規模化さらに分離システムが必要です。その部分は、海外からのポスドクは今のところ、全く関わっていません。そういったノウハウが抜けるということは今のところは心配ないと思います。国に帰ったポスドクの動向を見ても、現在、そこまで進めようという国はないと思っています。

【松村委員】 太陽光というのは変動が大きくて、特に夜は全く使えません。長期で安定的に運転しなければならぬ化学プロセスとは、少し合わない気がします。その辺は大きなタンクを作れば良いということかもしれませんが、どのように考えていますか。

【瀬戸山PL】 プロジェクトの最初の段階、2年目ぐらいから言い続けていますが、恐らくスマートグリッドというタイプになると思っています。天然ガスベースのプラントと組み合わせるという形で、ベースは天然ガスです。CO₂削減についても、100%ソーラー水素と組み合わせるというものではありません。メタンベースでできたCO₂を全部原料に変えて、相応するソーラー水素と組み合わせるバランスをとると、メタン由来の化学品とCO₂とソーラー水素から製造した化学品のバランスは約3対1になります。そういうバランスの中で考えていくのが、最も合理的ではないかと考えています。

【田中分科会長】 他のご意見、ご質問はありますか。ないようでしたら、予定の時間になりましたので、次の議題に移りたいと思います。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【田中分科会長】 議題8「まとめ、講評」です。吉田委員から始めて最後が私ということで講評します。それでは、吉田委員、よろしくお願いします。

【吉田委員】 本日は非常に素晴らしい成果で、ひとつひとつを分かりやすく説明していただき、ありがとうございました。今回初めて委員になりましたが、この研究開発の学術的、社会的、経済的位置付けがよく理解できました。また、コメントの中に堂免先生と瀬戸山先生の意見が合わないと言われるところもありましたが、私から見ると産官学の良いところの連携がととてもとれていました。良いテーマになっていると思いました。この研究テーマは、分離膜と触媒の開発を2つの軸として化学工学や材料工学、触媒化学の非常に多岐に渡る視点から取り組んでいます。そのため、当初の目的以上に、例えば量子収率100%のものができるなど、非常に良い結果が出ていると感じました。今は学術的アプローチと社会実装のアプローチが両方とも良いように進んでいます。今後は例えばもっと学術的に極めたいけれども、コストの面で折り合いをつけられないといけないなどといった問題が出てくるかと思います。そのバランスをとりながらも、非常に面白い研究なので、ぜひ極めていただきたいと思いました。

【松村委員】 今日はどうもありがとうございました。2040年ぐらいから、中国やフランスでガソリン車はもう売らないという話が出ています。ガソリンを作らなくなると、ナフサが出てこないのではないかと、日本の関係者はどうするのかと思っていたら、今でも日本で必要なナフサの6割は輸入しています。中東では2050年ぐらいまではナフサを増産するらしいので、買ってあげれば良いという話になってしまいます。それはそれとして、日本は化石資源がないので、こういうプロジェクトはとても大事だと思います。特にタイミングとしても、まだ余裕があるときに開発しておくということです。瀬戸山さんの話だと、だいぶ近くに実現するそうですが、私はまだかかるのではないかと思います。なるべく早く要素技術を固めていって、実際のプロセスにしていってほしいと思います。

【増田委員】 本日は勉強できました。ありがとうございました。全体的に、非常に合理的で、特にプロジェクトリーダーおよびそれを支えるチームリーダーとの役割がはっきりしていました。それぞれの所がきちんと目標を持って着実に進んでいるということで、感銘を受けました。再生可能エネルギーを使うときは、いろいろと問題が出てきます。特に電気にしましょうといっても、結局電気のグリッドに余裕がないことがあります。特に北海道などは、ほとんどオーバーフローしているので、再生可能エネルギーをどのように運ぶのかという話がいつも問題として出てきます。そしてまた、水素キャリアにしたら良いのではとなると、輸送や貯蔵はどうするのかという技術が問題になります。1回でも事故を起こすと、成熟した技術ではなくなってしまいます。完成したケースと成熟したケースは全く違うということがあります。ヒューマンエラーが出てくるような技術というのは、やはり問題があるという形です。それが、再生可能エネルギーのいろいろな問題が顕在化していると思います。そうした観点から、今回の人工光合成には輸送、貯蔵という問題があります。先ほどの水素、酸素の混合ガスのところは、うまく対応されています。水素キャリアに関する問題が、ほとんどないというのが素晴らしいです。オンサイトで全部それを使ってしまっ、特に化学エネルギーといいながらも、そのもの自身が

オレフィン等というものになっているということで、1粒で2度おいしい、良い方法だと思っています。ぜひ、超速な展開を願っています。

【古南委員】 きょうは非常に素晴らしい成果を丁寧に説明していただき、ありがとうございます。勉強になりました。位置付けやこのプロジェクトの必要性に関しては、よく理解できました。とても説得力のある説明でした。瀬戸山さん、堂免先生、武脇さん、辰巳先生が持ち味を発揮されて、それぞれのテーマで高い成果が得られているという印象を受けました。瀬戸山さんの高い統合力には、非常に感銘を受けました。これからも、そのリーダーシップを常に発揮していただきたいと思っています。複合的な技術、テーマをうまく組み合わせられているということで、人的交流も高いのではないのでしょうか。ここから新しい予想外の成果も出てくるのではないかと期待しています。そして、若い技術者、研究者が生まれつつあるというのも、中年を少し超えた者にとっては、うれしく感じています。彼らがまた次の新しい事業も背負ってもらえるという感触を持っています。非常に良い形でプロジェクトが進んでいると思っています。

【上宮委員】 二酸化炭素を原料化するということでしたが、従来の石油化学から天然ガス化学に移りつつあるということです。さらに将来的には再エネを使った炭素循環化学に変わっていくというシナリオがよく分かりますし、それに対して必要な技術開発も明示されていて、非常に勉強になりました。触媒の面でも、分離膜の面でも、この8年間で驚くべき進歩があるということもよく分かりました。ただ、あと2年間の最終目標に対して、私は分離膜等に取り組んでいますが、なかなかチャレンジングな目標で、1桁あげるといのはかなり大変だと思います。本当に期待しています。また、反応分離に興味を持って取り組んできました。水素製造は今のところ立ち止まっているので、この反応分離プロセスが実現したらと非常に期待しています。世界のリーダーシップをとって、反応分離の点でも進んでもらいたいと思っています。

【石谷委員】 まさに世界トップレベルの研究を聞かせてもらい、非常に楽しかったです。私も人工光合成を行っています。そこでの意識と世間の意識が一致してきているというか、世間のほうが、われわれより先に心配しはじめているような状況です。そういう意味で、このプロジェクトは非常に重要な内容だと最近特に思うようになりました。同じようなプロジェクトが韓国やアメリカで進められています。私見ですが、うまくいっていません。少なくとも世間が求めているようなレベルになっていません。日本でも、かつてサンシャイン計画があって、そのときは期待を裏切ってしまったという形です。これは本当に役に立つと示していただいているのは、非常に重要なことです。逆にNEDOが設定した目標があって、それを無理して達成する必要があるのかということがあります。それがかえって研究を遅くさせているのではないかという気もしています。日本だけでなく世界にとっても重要な研究なので、あと2年といわずにその先も含めた支援をNEDOに考えていただけたら、非常に良いと思います。これからもがんばってください。

【田中分科会長】 分科会長が最後に講評となっていて、言うことがなくなって困っています。皆さん、素晴らしいことを発言されました。今回のプロジェクトは、世界でも稀有なプロジェクトです。ソーラー水素を作って、それを分離して、さらに合成ガスを作ってメタノール合成をして、オレフィンを作り分けるという非常にイノベティブな仕事です。石谷先生からのお話にもあったように、そのときどきに設定された目標値があって、当然、それはクリアされています。100%クリアするのは非常に重要なことかもしれませんが、もっと重要なのは目標値が絶対的に達成できるというものを世の中に知らしめることです。偶然出てきたチャンピオンデータを出したというのではなく、もっと膨らませていくということが重要ではないかと思えます。8年目で、あと2年少しですが、最後に瀬戸山さんがいろいろなことを言われました。例えばメタンとCO₂から何とかして作ってしまっ、最後はオレフィンまで水素で進めれば良いではないかという話もありました。また、アンモニアをオンサイトで作るという

話もありました。これとは直接関係ありませんが、8年目から9年目という最後のフェーズに向かって、次の未来に対して何をすべきかサジェストしている研究ではないかと思います。もちろん、このプロジェクトが最終目標に向かっていくのは非常に重要なことですが、それと同時に次のことを示唆しておられます。きょう集まっているNEDOの評価する側の先生もそうでしょうが、次のプロジェクトを考える非常に重要なヒントになるのではないかと考えています。いずれにしても、あと2年半ですのでがんばって、世界初のプロジェクトをぜひ成功に終わらせていただきたい。今日はどうもありがとうございました。

【福永主査】 委員の先生がた、どうもありがとうございました。ここで推進部長およびプロジェクトリーダーから一言あればいただきたいと思います。

【吉木部長】 委員の皆さま、今日1日、議論いただきまして、ありがとうございます。このプロジェクト自身の成果はいろいろ出てきています。今年になって、G20への展示もありましたし、先週はカーボンリサイクルの国際会議で、展示とプロジェクトリーダーからの発表もありました。いろいろ注目されている中ですので、このあと2年半、この成果をどのように社会実装していくかという点を考えていかなければいけないと思います。LCAに関してもそうかもしれません。どう見せるかということをしかり進めていきたいと思いますので、これからもコメントやご意見等、よろしくお願ひします。

【瀬戸山PL】 今日1日、ありがとうございます。日本の人工光合成の御大、井上晴夫先生は、人工光合成は駆伝であると言われていています。技術はまだ時間がかかるからずっとつないでいて、最後を目指してくださいと言われていています。私と堂免先生、辰巳先生は、駆伝をする気はありません。マラソンだと思っています。堂免先生にふらつきながらでもよいので、42.195キロを走ってもらおうと思っています。私に取り組んでいるCO₂の資源化は先生が走るための道路整備です。整備されていない道は、先生も走りにくいので、そういったことを2030年、2035年までにかけて進めていくことだと思っています。現状は数年前には想像がつかないぐらい、私たちに追い風が吹いてきています。書いているシナリオそのものは10年前に書いたものと、ほとんど変わっていません。しかし、技術が進歩することで、どのようなビジネスモデルを考えるか、どのような戦略で進めるかという具体的な肉付けができています。このあと2年3カ月ありますが、その間にそういった準備をしながら、社会実装に向けた次のプランを考えています。今日は評価委員という立場の方、企業の方、大学の方もおられます。社会実装につなげて、私どもに協力してくださることは大歓迎ですので、いろいろな場で議論させていただければありがたいです。これを進めていかなければ、日本は世界の中で良い立場、発信できる立場にならないと思っています。今後、日本が世界で自慢できるような技術に仕上げていきたいと思っていますので、ぜひ皆さんのご協力をお願いしたいと思っています。

9. 今後の予定

10. 閉会

配布資料

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

以上