

研究評価委員会
「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発」
④次世代火力発電基盤技術開発 7) CO₂有効利用技術開発」(事後評価) 分科会
議事録及び書面による質疑応答

日 時：2021年4月20日(火) 13:00～17:10

場 所：NEDO 川崎本部 2301/2302/2303 会議室(オンラインからも参加)

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 朝見 賢二 北九州市立大学 国際環境工学部 エネルギー循環化学科 教授
分科会長代理 中垣 隆雄 早稲田大学 理工学術院 教授
委員 齋藤 文 みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 グローバルイノベーション&エネ
ルギー部 エネルギービジネスチーム 課長
委員 水口 浩司 株式会社東芝 研究開発センター トランスデュース技術ラボラトリー 室長
委員 山中 一郎 東京工業大学 物質理工学院 応用化学系 教授
委員 吉田 範行 一般社団法人日本ガス協会 普及部長

<推進部署>

小林 出 NEDO 環境部 理事/部長
在間 信之 NEDO 環境部 統括調査員
阿部 正道 NEDO 環境部 主任研究員
布川 信 NEDO 環境部 主任研究員
谷村 寧昭 NEDO 環境部 主査
天野 五輪磨(PM) NEDO 環境部 主査
二関 洋子 NEDO 環境部 主任

<実施者>

坂西 欣也(PL) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域長補佐
若山 樹 株式会社 INPEX 再生可能エネルギー・新分野事業本部・技術本部 技術研究所 貯留層評価グ
ループ プロジェクトジェネラルマネージャー・シニアコーディネーター
泉屋 宏一 日立造船株式会社 開発本部 PtG 事業推進室 技術開発グループ長
倉本 浩司 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 エネルギープロセス研究部門 エネルギー変換プロ
セスグループ グループ長
紫垣 伸行 JFE スチール株式会社 スチール研究所 環境プロセス研究部 主任研究員
則永 行庸 名古屋大学 大学院工学研究科 化学システム工学専攻 教授
橋崎 克雄 一般財団法人 エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 部長
瀬下 雅博 公益財団法人 地球環境産業技術研究機構(RITE) 無機膜研究センター 主任研究員

<評価事務局>

森嶋 誠治 NEDO 評価部 部長

塩入 さやか NEDO 評価部 主査
佐倉 浩平 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 a) 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
 - b) 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し
- 5.2 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 高濃度 CO2 利用品製造プロセスの検討・評価
 - 6.2 CO2 分離回収・有効利用システムの検討・評価
 - 6.3 再生可能エネルギー併用 CO2 有効利用システムの検討
 - 6.4 CO2 有効利用トータルシステムとしての総合評価
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、分資料の確認
 - ・開会宣言 (評価事務局)
 - ・配布資料確認 (評価事務局)
2. 分科会の設置について
 - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
 - ・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

評価事務局より事前配布された資料のとおりとし、議題6.「プロジェクトの詳細説明」及び議題7.「全体を通しての質疑」を非公開とした。
4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より事前配布された資料のとおりとした。
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 a) 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。

b) 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し

引き続き推進部署より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

5.2 質疑応答

【朝見分科会長】 どうもありがとうございました。

それでは、事前にやり取りをした質疑応答も踏まえ、ご意見、ご質問等があれば、お願いします。
どうぞ。

【水口委員】 非常に素晴らしい技術開発だと思いましたが、一方で、天然ガスと同様の価格設定をするのは非常に無理があると感じています。CO₂ という安定なものからメタネーションをしてメタンをつくっても、どうしてもお金がかかります。また CO₂ の回収、さらに合成することにもお金がかかるため、例えば、ポリジェネレーションを行った場合であっても、非常に厳しいと思います。私としては、むしろグリーンガスとして、ここはプレミア価格にし、3倍程度の値段で売るべきだと思いますが、その辺りの目標設定についてはどうでしょうか。

【谷村主査】 まず、NEDO の分離回収等の技術開発についてはコストをできるだけ抑えていきます。また、使用側によって様々な利用方法があるため、メタンをどのように使用していくのか、単に燃料として使用する場合もあれば、化学原料として使用する場合もあり、さらに、そういった CO₂ をどのように回収していくか等もあります。ですので、まずはそれらを総合的に組み合わせていき、最適な経済性の精度をより上げていく必要があると思っています。

そして、グリーンエネルギーの部分でプレミアを付けていくことはご指摘のとおりですが、どちらかと言えば、営業の観点や社会的なインセンティブの付け方と関わってくるため、そういった実証開発を進めていく中で、付加価値をさらにアピールしながら、社会に反映させていく考えです。

【水口委員】 もう一点、スライド 44 ページの実用化に向けた具体的な取組ですが、再エネ価格が 1 円から 3 円を前提にしている割には 2025 年に既に CO₂ が 500t/d 程度の処理量となっているため、相当スケールの大きいプラントになりますよね。また現状として、2025 年には再エネ価格がまだ 1 円から 3 円に至らないと思うため、今のロードマップでは少し早すぎると感じます。もちろん 2025 年から 2030 年の間にその価格に至る可能性も考えられますが、その点いかがでしょうか。

【谷村主査】 そうですね。技術開発としては進めておくといった意味で、10,000m³ が実証スケールのため、そこに関しては技術的な確立は行っておきたいです。また、再エネ価格が合うかに関しては様々な議論があります。まず国内と海外のどちらで実施するかという観点もあります。そういった最適な再エネ価格のバランスを世界的に探索し、この事業としての在り方、実用化適用の在り方として考えていくべきと思っています。そういった意味では、国内や国内外を含めた最もよい組合せで取り組む相手を構築する部分も、技術確立と同時に進めていくことになると思っています。

【水口委員】 分かりました。ありがとうございます。

【朝見分科会長】 よろしいでしょうか。ほかにご質問ありますか。

どうぞ。

【齋藤委員】 ご説明ありがとうございました。

3点ありますが、まず1点目はスライド12ページの実施の効果についてです。恐らくこの事業をやる前には、こういった効果が考えられるといった想定をした上で進められたと思いますが、このCO₂の削減効果の年間約2,240万トンの部分はどのように試算をされたのか、その根拠もしくは方法を教えてください。

2点目は、スライド14ページ、16ページにわたるCO₂の分離回収の部分です。ここでは有効利用シ

システム検討評価を行っており、資料を見ると、石炭火力、製鉄、セメントということで化石燃料由来のCO₂をターゲットにしていると思いますが、ご紹介いただいた欧州のプロジェクト等では、バイオマス由来あるいはDAC、もともとカーボンニュートラルなCO₂を使ったメタネーションが中心になっていると思います。また、CO₂がカーボンニュートラルではないものを使用した場合、その排出の責任が利用者に行く可能性もあるため、カーボンニュートラルではない製品の市場が将来的にどうなのかという点も含めれば、もともと BECCS や DAC の部分も対象にしておくべきと考えるのですが、そこを取って除かれたものと予想しています。ですので、この部分における考え方をご教示いただきたいです。

3点目は、スライド24ページのPM/PLによる管理実績の部分です。ここでの委員会の開催期間については、1年当たりの回数、もしくは数年間における回数になるのか教えてください。以上です。

【谷村主査】 最初に、スライド12ページのCO₂の削減効果の導出ですが、基本的にはガスの消費量の10%を代替した場合が前提となります。それをCO₂からつくった場合で削減効果を逆算している形です。また、10%の根拠及び理由は、メタネーション等のガス利用事業の開始時に社会に適用するにはどの程度が妥当かを考えています。要は、いきなり100%が替わるとは考えられないため、市場のスタートアップとして考えた場合に対して、10%の量が妥当と検討しました。

【齋藤委員】 そうすると、10%であれば100億m³の天然ガスを使用し、普通の天然ガスであれば出てきたはずのCO₂が排出されず出てこず、この合成メタンはCO₂の排出量をゼロとして計算した場合になるのでしょうか。

【谷村主査】 それは、天然ガスを利用したときに燃える分も減らしているかということでしょうか。

【齋藤委員】 そうです。そこも含んでいるのか、それともLCA的にサプライチェーンで既存のLNGを日本に持ってきて燃やすところまでの100億m³の排出量と、今回、合成メタンをCO₂の回収をしてつくって燃やした場合の排出量との差分が2,240万トンなのか。それとも、合成メタンもゼロとしてメタンが今燃えている分だけ削減されると2,240万トンになるのかどうかです。

【在間総括調査員】 この当時は、まだLCA的にどこまでやるのか、また、メタン合成にどれだけのエネルギーが必要かという部分までは正確にできておりません。ですので、日本に入って来る予定の天然ガスがこれに代替することで入ってこなくなり、その分のCO₂が減っているという簡単に計算したものになります。

【齋藤委員】 分かりました。ありがとうございます。

【谷村主査】 次に2点目のご質問、スライド16ページの部分、このプロジェクトにおいて石炭だけを対象にしている点ですが、事業の開始時点における根本的な計画設計として、CO₂の排出においては石炭、あるいは火力がやはり最も大きいということで、まずそれをターゲットとしました。ですので、対象としては石炭火力がメインになっています。

また、委員ご指摘のとおり、バイオマス等の利用は当然考えられることで、むしろ今はそれが求められているという状況も認識しています。ですので、火力については、まずは出しているものを回収する、また、(CCUとしてのCO₂の)利用については政策でも求められているため、それと足すことでカーボンネガティブになる要素をさらに合わせ込んでいく、それが今後の検討課題だと認識しています。

3つ目の委員会の開催についてはこの事業の期間内においてです。もともと実施計画の中で、委員会を定期的に行うと記載しているため、それに則って行われています。

【齋藤委員】 そうすると、2回というのは2020年度から2021年度の間にかけての数になりますか。

【谷村主査】 2017年度から2021年度です。

【齋藤委員】 その4年少々の間における回数ですか。

【谷村主査】 そうです。

【齋藤委員】 分かりました。ありがとうございます。

【朝見分科会長】 よろしいでしょうか。それでは、ほかにありますか。どうぞ。

【中垣分科会長代理】 水口委員の意見とも少し重なります。スライド13ページの部分ですが、これはCO₂のほうの輸送の過程は入っていないわけですよね。コストには輸送にかかるものと分離回収にかかるものがあると思いますが、それらを幾ら程度として算定されているのでしょうか。多分、水素であれば50KWh程度で1kgの水素といったおおよその相場があり、そこから電力が幾らかということで大体的な上乗せができます。一方で、CO₂のほうもマテリアルなので、それをどこから持ってくるとなれば、ピュアなCO₂を準備する場合だとそれなりにコストもかかります。また、ロケーションが違えば輸送することになり、その当たりのコストをどのようにはじき出しているのかが知りたいです。

【谷村主査】 具体的な費用の中での輸送が入っているか等々を含め、後ほど非公開の箇所でも議論をさせていただきます。

【中垣分科会長代理】 分かりました。それからスライド39ページの部分です。これは燃料製造等も入っていますが、実質メタンとメタノールになっています。過去のNEDOのプロジェクトの整合性から考えると、クリーン・コール・テクノロジーをずっとやってきたわけですが、その先のオレフィンやアロマ（芳香族）のような化学品への変換はこの事業ではスコープに入っていないのでしょうか。

【在間総括調査員】 この事業の中ではメタネーションが大きな柱になっていますが、ここでのメタノールとは、要はCO₂分離回収のコストを下げるのは、それ自身を下げるのもありますが、結局CCSに沿ったものか、CCUに沿ったものかによって大きく変わってきます。そのときに、後段のものとして、メタノールを一例として上げて計算をしているものです。NEDOでは今、2020年からカーボンリサイクル事業を展開しており、その中には化学品や炭酸塩事業等もやっているため、オレフィン等に関しても、今はうちの事業にはなっていませんが、今後そういった展開をしていくことになると思っています。

【中垣分科会長代理】 最後に、スライド44ページ目のスケールアップの部分について、現時点がブルーだと思いますが、3つほど商用スケールという最終的なゴールがあります。ここを2つにするのではなく、3段階に刻むことに何か合理的な理由があるのでしょうか。または3分の2乗則的なもので外挿ができるような考えはありますか。

【谷村主査】 スケールアップの考え方については、例えば400m³の部分では、反応器としての検討を技術確立していく上で、熱の循環等を含めて最低サイズで400m³が必要です。まずそこを1段階にし、その後、（システム全体の）実証スケールとして10,000m³と置いています。その間が離れており外挿するのは難しいため、この程度の段階を置くことが必要になります。要は、この実証スケールの部分では、反応器だけではなくパイロットとしての全体運用を考えており、それぞれの400m³と10,000m³では対象とする目的が違うため、こういった設定をしている状況です。また、8m³については材料等の基本的な設計を行う部分であり、それぞれの目的に合ったスケールアップになっています。

【中垣分科会長代理】 ありがとうございます。

【朝見分科会長】 山中先生どうぞ。

【山中委員】 全体の話から、まずはメタネーションで非常にすばらしい結果が出ていることがよく分かりました。また、後ほど説明があるのかもしれませんが、その価格を考えた場合、今の時点で最もネックになり得る部分について、技術的な部分、あるいは大スケール化する際に問題点になり得る箇所、例えば小さなプラントで動かしたときには問題ないことが問題になる点など、現時点で分かっていることがあれば簡単に伺いたいです。

【谷村主査】 その点は、また個別の技術の中で説明をさせていただきます。

【山中委員】 分かりました。

【朝見分科会長】 ほかに、よろしいでしょうか。

それでは、私のほうから簡単な質問とコメントです。スライド45ページの実用化の見通しの部分で、最初の項目に天然ガスは云々と書いてあり、それに利用技術として対応できるとまとめています。これは公開資料になると思いますが、単純にここだけを見れば、メタンが駄目であるのにメタンをつくろうとしているようにも読めます。ですので、この表現は少し変更したほうがよい気がします。また、先ほど中垣先生の発言の中で、オレフィンの話がありました。NEDOのこの事業ではやっていないことはよく理解しましたが、以前、私も少し関わったNEDO内部の事業の人工光合成、その中でオレフィン合成をやっていたと思います。そこの関わり合いや切り分けについて、NEDOとしての全体像を見せてもらえたほうがよいと思いますが、いかがでしょうか。

【谷村主査】 1点目については、ご指摘のとおり、表現とアピールの仕方を修正し、対応したいと思います。

2点目の他の事業との関連については、この事業の成果が確定した段階において、前後のプロセス、特に今おっしゃったような後ろのプロセスで利用していくことに対して、どのように最適な構築ができるかを再度組み替えていき、その中で、(NEDOの他の事業と)必要な連携があれば併せていく対応を取っていきたいと思います。

【朝見分科会長】 よろしくお願ひします。

ほかに、よろしいでしょうか。それでは時間がまいりましたので、質疑応答はここまでとします。

(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

【朝見分科会長】 それでは、議題8. まとめ・講評です。

吉田委員から始めて、最後に私という順番で講評をいたします。それでは、吉田委員お願ひします。

【吉田委員】 このたびの技術開発の目的となっているCO₂を資源として利用してCO₂の削減に貢献すること、かつ既存インフラを活用していくという観点について、非常に重要だと思い共感をしています。また、この事業の実施期間中には、昨年の総理のカーボンニュートラル宣言をはじめとした大きな情勢の変化があったと思いますが、そういった中でこのテーマの重要性がますます高まったと感じています。そして、本日の議論の中では、コストの話が課題として上げられたと思います。一つご紹介として、都市ガス業界の中でも昨今、ボランティアなオフセット・クレジットではありますが、カーボンニュートラルLNGを輸入する事業者が幾つか出てきており、カーボンが環境に優しいという観点で、都市ガスをプレミアムつきで購入いただいているお客様が増えてきていることも事実です。また、特にメタネーションについては非常に興味を持っているところです。6月の最終目標に向け、今後も取組が進むものと伺いましたので、ぜひそれらが最終目標を達成すること、そして大型化、低コスト化といった様々な課題があるとは思いますが、それらがクリアすることを期待しています。簡単ですが、私からは以上です。

【朝見分科会長】 ありがとうございます。それでは次に、山中委員お願ひします。

【山中委員】 今日、カーボンリサイクルの次世代火力発電に関する成果を聞かせていただき、今のお話にもありましたが、既存のインフラを利用して推し進めていく案件と、将来を見通してしっかりと技術開発をまだまだしていかなければいけない案件、それらをしっかりと認識されながら事業が進んでいくことが望ましいと思いました。カーボンリサイクル、あるいはカーボンニュートラルと様々な言い方をしますが、CO₂の排出削減をとにかく抑えなければ、本当に地球がもたなくなる。これは多分、疑いようのない事実だと思います。石炭・石油いろいろな天然ガスが絡むにせよ、いきなりそれぞれゼロというのは不可能ですから、何に本当に可能性があるのかを並列的に推し進めていき、その中で有力なものを考えていく。やはりそういったことが必要だと思います。エネルギーのセキュリティに関して何か1つに決めてしまうことは非常に危険ですから、時間は20年、30年しかないとは思いますが、その辺は幾つかの有力な技術を、しっかりと長い目で開発していくことが重要だと感じています。以上です。

【朝見分科会長】 ありがとうございます。それでは次に、水口委員をお願いします。

【水口委員】 本日は、丁寧な説明をしていただき深謝申し上げます。恐らく2050年がカーボンニュートラル技術の最終目標になると思います。また、本技術は早期の実現としての位置付けで、脱炭素と言うよりも低炭素技術になるように思いますが、私はすごく重要だと思っております。今のロードマップは2030年になっていますが、ぜひ2025年にも実証していただきたい。もちろん商用機ではなくても良いので、実証で世界に向けてプレスリリースしていただき、日本の技術がここまで来ていることを発信してほしいです。何よりこれが発信されることによって、きっと日本の脱炭素技術が活性化すると思います。期待していますので、ぜひともよろしくをお願いします。

【朝見分科会長】 ありがとうございます。それでは次に、齋藤委員をお願いします。

【齋藤委員】 本日は、ご説明ありがとうございました。CO₂の有効利用技術開発に対し、掲げられている目標はほぼ達成できているということで、内容としては詳細な技術開発からエネルギーの全体像の検討まで、非常に有意義な内容でした。特にINPEXさんのメタネーションの設備は、後ほどVRを見ることを楽しみにしておりますが、規模的にもこれから大規模化が見込めるようなものであり、日本のCO₂の利用技術の高さがうかがえると感じ、今後に期待を持てる技術だと思っています。

また、先ほどまでも委員の皆様の話にありましたが、大きな社会変化として昨年10月に「カーボンニュートラルを日本も目指します」という宣言がありました。エネルギーのシミュレーションモデルをやられている方はよく理解していると思いますが、8割削減とニュートラル、ゼロを目指すことではとても解が違うもので、我々はこれから非常に大きな課題にチャレンジしていくことになります。今回の技術開発で、ステップがとても進んでいることはよく分かりましたが、今後はCO₂の起源、また、再エネや水素も無尽蔵にあるものではないため、そういった部分を社会全体でどのように最適に利用していくのか、日本にとって最も良いやり方とは何かを踏まえて考えていくことが課題だと思います。そのうちの1つのピースがこういった技術になっていくのではないのでしょうか。

ですので、カーボンリサイクルも、先ほど水口委員のお話にもありましたが、低炭素ということで今後これをより進めていき、脱炭素を目指さなければいけない時期に来ているのだと思います。今回の目標はCO₂削減に寄与する技術を確立するというものですが、今後はさらなる目標を立てて進めていく必要があると思います。また、特にCO₂を利用した製品を使う側がより厳しい目で見ていますと感じま

す。今、使う側の企業はスコープ1から3の削減を隅々までNGOなどに厳しくチェックをされ、すぐに批判をされ、投資家から様々な意見が出てくる時代です。ですので、そういった部分も踏まえ、今回、CO2の回収から利用までを一貫で見えていただいたと思いますが、それをさらに使う側の受容性まで含めて考えていき、社会全体としてどうあるべきかという観点での検討が必要だと思いました。いずれにしても、とても有意義な技術開発が進んでいると思うため、今後の事業により期待をかけて見ていきたいと思っています。本日はありがとうございました。

【朝見分科会長】 ありがとうございました。それでは次に、中垣分科会長代理をお願いします。

【中垣分科会長代理】 本日は、様々な技術をご紹介いただきありがとうございました。大分進んでいることは理解できましたが、その上で私からは3つの論点に絞ってお話します。1つ目は、やはりコストのところですが、アフォードブルとよく言いますけれども、妥当な価格があるのではないかと。そういう意味で、今の掘ってきた天然ガスと真っ向勝負でコスト的に戦うことは難しいと思います。これはCCUSでも議論がされているローハンギングフルーツの考え方ですね。今、天然ガスの随伴ですと、既にCO2分離化をしてついていますから、これに、例えばアンモニア製造等でもついているところがあるため、そういったゼロ円CO2を利用するのも一つの考え方です。コスト計算の部分も、私の知る限りでは日立造船さんと日本製鋼さん辺りがNEDOのプロジェクトで都市ガスとして100円、150円/Nm3程度のコストをはじめていた報告書があったと思いますが、それに比べれば随分と安いなと思います。そういった意味でも、NEDOのほうで国際的な技術経済的な分析をしていただき、こういった技術に日本の優位性があり、そして燃料価格についてのベンチマークの部分をきちんと示していただきたいと思いました。

2つ目は、よくジャストランジションとも言いますが、今日ご紹介いただいたものは既設インフラとの親和性が最も重要だと思っています。これは、都市ガスのパイプラインだけではなく、(火力プラントも新設で) つくったのなら20年、その動かす火力は使い倒しですね。それは、コンバインドサイクル発電、GTCCも同じなのですが、そういったところを見ると、混焼から専焼への流れは自然かなと思っています。水素、アンモニアだけではなく、そこにバイオマスもありますが、混入カーボンリサイクルのフレームも入れてほしいといった考え方にもなると思います。一方、備蓄の観点では、昨今LNGの逼迫もあり、あまり天然ガスは向かないような部分もあります。例えば、それがメタノールに変わっていく、場合によってはFT合成油にしてみる、そういったところが必要かなと思いました。

3つ目は、発電だけでは少々無理があるかなという部分で、よくセクターカップリングと言いますが、部門間連携をぜひ考えていただきたいと思いました。これは、IGCCなら、どちらかと言えば酸素吹きが向いていますし、それから今日、鉄鋼の話もありましたが、酸素高炉をJFEさんがやられていますから、そういったところから石炭を使ったところを、発電と鉄を造るだけではないガス化センター的な考え方ですね。そのようなところから、今日のお話にあったコ・プロダクションの部分、発電だけではなくてプラを造るとか、それから場合によっては燃料を造る、そういったところも併せて事業化してくと良いのではないのでしょうか。いずれにしても、カーボンリサイクルはランジションのところでは欠かせない技術なため、ぜひこの先も研究開発を続けていってほしいと思っています。以上です。

【朝見分科会長】 ありがとうございました。それでは最後に、私のほうから講評させていただきます。まず、皆様方のご努力に敬意を表します。非常によい技術が出来上がってきていると思います。特にメタネーションに関しては、本当は私も皆様と共にプラントを見たかったのですが、残念ながらコロナによって拝見できず、いつの日か見せてもらえたらと思っています。

現状をお聞きすると、安い水素が出来て、ピュアなCO2さえ手に入れば、ちゃんとメタンは出来ますよという状況に既に来ている気がします。ですので、そういった意味では、その技術開発に関しては非常に成功していると感じました。それから、メタノールをつくることも順調に開発が進んでいると思えますし、カーボンリサイクルの手段としては、やはりメタンとメタノールは有力な手段でしょう。技術開発の完成形が実用化になるものとは思いますが、そこへ向けて2030年と言わず、もっと前倒しでやっていってほしいです。

次に、カーボンニュートラルの問題が皆様から出ておられる、私も削減とゼロにすることは全く意味が異なると思っています。今の技術でやられているのは、大きく削減しよう、エミッションを減らすという非常に大切な取組だと思いますが、菅総理があのようなことをおっしゃったおかげで皆さんが大変苦勞をされているのだと思います。ですが、本当にニュートラルにするということは新たなものを入れてはいけないということであり、なかなかそのようなことはできません。私は、今向かっている方向は決して間違っていないと思いますが、その方向で進めながらも、本当にニュートラルにする方法を考えていく必要があると思っています。

最後は、質問の中でも出しましたが、NEDO内の他のプロジェクトとの連携をもう少し図っても良いように感じました。確かに事業者間では開発競争があるので、そこはある程度尊重する必要がありますが、プロジェクトが異なっても向かっている方向が同じケースに関しては、取り仕切るNEDOを柱として情報交換を密にさせていただけたらと思います。以上です。

【佐倉専門調査員】 ありがとうございます。それでは、オブザーバーでオンライン参加いただいている経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課の富永和也課長補佐から一言いただけますか。

【富永課長補佐（経済産業省）】 本日は長時間にわたる議論をありがとうございました。私から一言だけ申し上げますと、今日の議論で、まさしく私どもが普段から思っていることを皆様からも意見としていただき大変心強く思いました。

今でこそカーボンニュートラルという形で世の中が盛り上がってきていますが、この事業自体は、カーボンリサイクルといった政策的な取組が始まる以前、2017年当時から動き出している先取りをしていた部分があり、それで今こういった事後評価を迎えているものだと思います。皆様からいただいた意見、あらゆる技術を選択肢に、少しでも前倒しを、という話はまさしくおっしゃっておりです。かつアフォーダブルの考え方、セクターカップリングという社会実装をいかに見据え、具体化に向けて取り組んでいくことが「2050カーボンニュートラル」を達成するために必要な次のフェーズであり、今そこに来ているものだと思います。INPEXのメタネーション技術の進捗が進んでいること自体は大変感慨深く、うれしい状況ですが、やはり少しでも前倒しに社会実装をすることが我々にとっての願いでもあるため、引き続き皆様のご意見やお力を借りながら、こういった事業を進めていければと思っています。本日は大変ありがとうございました。

【佐倉専門調査員】 それでは、小林理事から一言お願いします。

【小林理事／部長】 本日は大変活発な議論をしていただきました。また貴重な意見も頂戴し、ありがとうございました。何度も指摘がありましたとおり、菅総理が「2050年カーボンニュートラルを目指す」と昨年の所信で明らかにされました。これは、もともと再生可能エネルギー、当時は新エネルギーという言葉方をし、いまだにNEDOの名前には残っているのですが、新エネルギー導入促進のための技術開発を進めるべくつくられたNEDOにとっては大変な追い風、ものすごい強風と捉えております。この期待

に応えることは大変な試練だと思っておりますが、それと同時にやる気も満ちている状況です。

他方、もちろん再生可能エネルギーはできるだけ導入していくわけですが、2050年のタイミングで火力発電をゼロにできるのかと言えば、先ほどの報告にもありましたが、日本の再エネポテンシャルあるいは原発による発電量、さらには負荷調整電源としての役割、これが電池だけで済むのだろうかという部分も含め、そう簡単な話ではないと我々としても考えています。また、鉄鋼業の話も出ましたが、NEDO 環境部ではゼロカーボンスチール、水素還元製鉄、こういったことも取り組んでおります。そのときには JFE さん、日本製鉄さん、神戸製鋼さんと一丸になってやっておりますが、では高炉をなくせるのかと言えば、そのための努力はしていても、今の段階でできると言い切るのはなかなか難しいのが正直なところですが。さらに、2030年のNDC、これはもう10年もないわけですが、これについても今のままで良いのかという話に関し、4月22日に気候変動サミットを主催するわけですが、さらには年末のCOP、これはイギリスが議長を務めるのですが、こうしたところに向け、2013年度比26%減というNDCについて、今のままで良いのかどうかについて様々な議論が行われています。いずれにしても、そういう動きを前提とすれば、日本の経済活動を通じて排出されたCO2、これはできるだけ回収して埋める、あるいは使う必要が生じます。本事業は、ご案内どおり回収するCO2を原料とし、再資源化する技術開発として2017年度からやっていますが、これは時代のほうが事業にシンクロナイズしたとも考えられます。バイオマス等との併用を含め、CO2排出の大幅削減、さらには非常にエキストリームなやり方をすれば、カーボンニュートラルの実現にも十分貢献できる技術として、NEDOとしては大変重要視しており、この点は経済産業省様も同様と伺っています。

今後の予定としては、ご指摘を踏まえ、早期のスケールアップ実証を通じて社会実装できるよう準備を加速したいと考えています。その際は、先ほども議論になりましたが、最適な高濃度CO2排出源との連携、あるいはメタン、メタノールを含む、またそれ以外を含む生成物の活用方法についてNEDOの行っている他の基盤技術開発とも連携しながら、さらに再エネ電力の需給状況等もしっかりと確認を行いながら事業を進めていくことになると思います。併せて、ご指摘いただいたCO2再生メタンのバリューをどのように事業家に対してコミュニケーションしていくかに関しても考えていき、そして世界に対する研究開発成果のアピールを、例えばカーボンリサイクル国際会議、これもNEDOが関わっていますが、こういったところとも通じながら、しっかりとアピールしていきたいと思っております。将来としては、最適立地を吟味しつつ、実際、再生可能エネルギーの値段は世界中で大きく変動するため、そういう意味で、広く世界展開を念頭に置きながら、地球規模でのネット・ゼロ社会の構築へ貢献したいと考えています。そういう技術としてしっかり育てつつも、早急に実装を目指して頑張っていきたいと思っております。本日の議論を踏まえ、今後のプロジェクトをより効果的に推進することを我々としても肝に銘じてまいりたいと思っておりますので、委員の皆様におかれましては、今後ともご協力のほどお願い申し上げます。以上です。

【朝見分科会長】 どうもありがとうございました。以上で議題8. を終了いたします。

9. 今後の予定

10. 閉会

配布資料

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

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／④次世代火力発電基盤技術開発 7) CO₂有効利用技術開発」
(事後評価)分科会

質問票

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	
資料 7・概要、 他	・ 本 PJ は CO ₂ 排出の大幅な削減に寄与する重要なものと理解しています。将来的にもベース電源として石炭火力が 26%を担うことを前提にして、これまで研究開発が進められてきています。しかし、菅政権が掲げた 2050 年カーボンニュートラルを達成するためには、化石資源の使用を停止しなければ原理的に不可能です。一般国民へ向けたこの点に対する説明が必要ではないでしょうか。	公開可	カーボンリサイクル技術などの活用を踏まえ 2050 年でのカーボンニュートラルを目指すとした菅首相の所信説明（令和 2 年 10 月 26 日）を受け、「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（令和 2 年 12 月 25 日）が策定されています。ここでは「火力+CO ₂ 回収」により、カーボンリサイクルを創出することとしています。このカーボンリサイクルにおいて CO ₂ は炭素循環における原料として位置づけられており、本 PJ では回収 CO ₂ からのメタネーションを通じて炭素循環に貢献できる技術開発を実施しています。また、本 PJ の成果が、CO ₂ を利用したメタネーションによりカーボンニュートラルに貢献できることを NEDO および実施者から記者会見やセミナー・講演会などの各種媒体を用いて国民の皆様が発信しております。	朝見賢二 分科会長
資料 5 の 12 頁 「CO ₂ の削減	・ CH ₄ の地球温暖化係数は 21~28 である。環境省の LCA の考え方では、ガスの漏洩	公開可	本事業においては、CO ₂ の回収から、メタネーション、ガス導管への注入に至るプロセスにおいてクローズな系で	水口委員

<p>効果」 資料5の45頁 のガス自体の 脱炭素化</p>	<p>を考慮して CO2 削減効果を出さないとい けないことになっている。漏洩率を考慮 した数字か？ ・欧州では、石炭火力から発生した CO2 から製造した燃料はグリーン燃料として認められていない。低炭素に成りうるが、脱炭素までは言えない。脱炭素であるためには、DAC か BECCS の CO2 が必須であるが、そこまで考慮したものか？</p>		<p>あり、漏洩の影響は極めて小さいと考えています。 欧州とは、エネルギー需給構造が異なるため、我が国独自、且つ国際的にも認められる制度設計が必要と考えています。 また、ご指摘のように、将来的には DAC/BECCS 由来の CO2 の利用も見込まれており、状況に応じて経済性評価に反映させ、様々なケースでの検討も組み入れることとします。</p>	
<p>資料5 P.12 CO2 削減効果</p>	<p>「国内の天然ガス年間消費量の 10%を CO2 と水素からの合成メタンで代替した場合」とあるが、10%の意味や根拠があればお聞きしたい。</p>	<p>公開可</p>	<p>本研究開発開始時の 2017 年において市場への投入初期での経済性を推慮するためにまずは、市場供給の 10%を合成メタンに置き換えることを前提として効果の試算を行いました。 その後、METI2050 在り方研の日本ガス協会やガス市室の目標値（2030-1%, 2050-90%）が設定されており、結果的にも妥当な試算範囲と考えております。</p>	<p>吉田委員</p>
<p>資料5 P.30 ① -2</p>	<p>「市場規模・CO2 固定化可能量を考慮するとメタネール合成が有望と結論づけた」とある。「メタン合成以外では」という事と理解したが、メタンとメタノールではそれぞれどのような利点と課題があるのかお聞きしたい。</p>	<p>公開可</p>	<p>メタノールは液体としての貯蔵ができ、液体燃料や化学用途として市場規模が多いという利点があります。 メタンは既存の天然ガス・都市ガスインフラを利用して気体のまま導入できる利点がある。本事業を始めとして大規模でパイロット的な設備検討も進展しています。 メタン、メタノール両方の課題として、再エネ電力や水素の安定供給が必要であることと、製造プロセスにおけるバランスの調整による低エネルギー化、低コスト化が課題となっています。</p>	<p>吉田委員</p>

<p>資料5 P.30 ① -3</p>	<p>C02 排出削減効果について、その帰属先別（C02 は排出者に帰属するのか、使用者に帰属するのか等）の内訳や考え方があればお聞きしたい。</p>	<p>公開可</p>	<p>今後の制度設計に関する議論であり、今後議論が必要な点と考えられます。最終的にはC02 排出削減に係る経済インセンティブはC02 の取引価格と一つ形で経済的に反映されるものと考えます。</p> <p>また、CCUにおけるLCA 評価ガイドラインは、欧州で先行しており、欧州の自国利益確保等の思惑に基づき、評価範囲、インベントリー分析、影響評価手法、解釈について定めているが、削減量の分配についてはISO14044 (2006)に依存しており、ここでも明確な記載はありません。</p> <p>本邦は、欧米とエネルギー資源（再エネ、化石を含む）賦存量やエネルギー需給構造等が大きく異なるため、本邦独自の制度設計、LCA 評価が必要である。今後INPEX がみずほ情報総研と共同で制度設計、Pre-LCA をCSIRO と実施予定です。</p> <p>参考1：“Techno-Economic Assessment & Life Cycle Assessment Guidelines for CO2 Utilization”, Technische Universität Berlin, RWTH Aachen University, etc.</p> <p>参考2：“Greenhouse Gas Accounting for CO2 Capture and Utilisation (CCU) Technologies - Greenhouse Gas Accounting Guidelines for CCU”, IEAGHG Technical Review 2018-TR01b, IEA Greenhouse Gas R&D Programme</p>	<p>吉田委員</p>
<p>資料5 P.31 ②-1 及びP.37</p>	<p>「C02 排出源ごとのC02 分離回収技術、C02 有効利用先との最適組み合わせを示した」とあるが、メタネーションに関するC02 排出源とC02 分離回収技術の最適な組み合わせはどのようにお考えかお聞きしたい。</p>	<p>公開可</p>	<p>C02 回収法と利用方法の例として地下貯留(CSS)などに用いる場合は99%以上の高純度のC02 回収が必要となります。一方、メタネーション用途においては触媒に影響を与えないことや導管注入純度を確保できるとの範囲内でそこまで高純度のC02 が要求されないと考えられます。このためメタネーションに適用するC02 分離回収技術については、想定されるC02 排出源のC02 分圧(濃度)、排ガス圧力、温度、規模等に応じて、ある程度選択が可能です。例</p>	<p>吉田委員</p>

			<p>えば、低濃度の排出源に対して、化学吸収法が最適であり、化学吸収法の場合、高濃度のCO₂を得ることができます。一方比較的高圧・高濃度の排出源に対しては膜分離法が最適であると考えられるが、高濃度のCO₂を得るためには、多段化、化学吸収法との併用等の対応によりコスト増となる可能性があります。</p> <p>これらのバランスをとり、メタネーション用として、99%より低い濃度のCO₂を適用した場合の合成反応への影響を評価することで、CO₂分離・回収～合成の一貫した最適化を目指しています。</p> <p>このようにまず排出源として、何を主眼とすべきにより最適なシステムが異なりますが、CO₂削減効果や回収にかかる経済的な観点から、今後も継続利用される火力発電など大規模、高濃度の排出源を優先的に対象とすべきと考えられます。分離法に関しては排出源に適した化学吸収法や膜分離で低コスト化が達成された方式に更新していくこととなります。</p>	
資料5 P.32 ③-1	<p>数値モデルの構築の成果は、今後の大規模実証へ展開できるものと理解してよいか。また、触媒活性のメカニズムは、反応器形状によって、変化するように思われるが、その点の見通しについてお聞きしたい。</p>	公開可	<p>数値モデル構築の成果は、大規模実証へ展開できます。本事業では、反応熱に対する活性挙動や不純物(H₂S等)の活性への影響といったメカニズムを解明しました。例えば反応器方式に応じて反応熱挙動(最高温度)≒触媒活性が異なるが、メカニズムを解明した成果や、解明の基になる実験装置構築、手法確立等技術を適用することが可能であり、他の形状の反応器のメカニズム解明も容易となるものと考えています。</p>	吉田委員
資料5 P.35	「電気料金は1～3円/kwh程度が事業性に	公開可	<p>再エネが大量導入され系統に送れない再エネ余剰電力が発生した場合を想定した料金において1～3円/kwh程度と</p>	吉田委員

	は必要」とあるが、このような電気料金となる蓋然性をどのようにお考えかお聞きしたい。		なる蓋然性を考えております。 メタネーションメタンの価格を相当安価に設定している（環境価値も加算してない）ため、必要とされる再エネ価格も低く抑える必要が出ております。 一方、太陽光、風力のような再エネは限界費用がゼロであるため、海外の再エネ（変動）価格は既にこのレンジに入ってきています。	
資料5 P.44	実用化に向けて段階的な大型スケールでの技術開発・実証を進めるとのことだが、各スケールでの設備能力(8→400→1万→6万m ³ /h)の考え方や必要性についてお聞きしたい。	公開可	将来の商用化スケールは、最低でも100万t-CO ₂ /y (=60,000 Nm ³ -CO ₂ /h)をメタネーション設備する規模が必要と考えており、発熱反応を伴うケミカルプラント等におけるスケールアップファクターを勘案し、段階的な技術開発が必要と考えている。スケールアップに関する具体的な考えとしては、以下の通りとなります。 1～8Nm ³ /h：触媒材料や素子構成の基盤技術開発 400Nm ³ /h：反応器の最小容量での検証システム 10000Nm ³ /h：熱バランス対応した実証システム 60000Nm ³ /h：商用スケール（実証システムの並列化）	吉田委員
資料5 P.44	2m ³ /hタイプはシェル&チューブ型、8m ³ /hはプレート型の反応器を採用されたと理解したが、今後の大型化（技術開発→実証→商用スケール）に向けた反応器形状の方針とその根拠、考え方についてお聞きしたい。	公開可	プレート型は、同じ熱交換型反応器であるシェル&チューブ型(S&T型)に比較して、熱面積を広く取ることが出来ます。このため、プレート型はS&T型に比べて低温環境で反応を進めることが可能となる点や、これによる触媒の熱劣化を防ぎ触媒寿命の伸張に期待できる点が確認されました。 一方、既存の多段断熱型反応器のとの比較においては、CAPEX/OPEXの違いや、回収排熱の温度や量に違いがある事	吉田委員

			から、導入地の熱需要等に応じて、反応器形状が決まると考えています。	
資料 7 P. 3-16 図 3.2.4-2	グラフの解説を頂きたい。特に水素投入量 12t/h あたりからエネルギー量が減少し、CO2 排出量も増加に転じて効果が出なくなっている点について、その理由などお聞きしたい。	公開可	<p>図中、</p> <p>①この変曲点は、石炭ガス化ガスのメタノール製造プラントへの分岐量が、40t/d、80t/d、130t/d と、いずれの場合も見られることがわかります。</p> <p>②一般にメタノール合成に必要な水素量は、以下の式により次の通りとなります。</p> $2\text{H}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ $3\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ <p>すなわち、CH₃OH を合成するのに必要な H₂ 量は、以下の式にて表せます</p> $[\text{H}_2] = 2[\text{CO}] + 3[\text{CO}_2]$ <p>これは、式を変形すると</p> $[\text{H}_2] - [\text{CO}_2] = 2[\text{CO}] + 2[\text{CO}_2]$ <p>すなわち、</p> $2 = ([\text{H}_2] - [\text{CO}_2]) / ([\text{CO}] + [\text{CO}_2]) = M \text{ 値と学術的に言われています。}$ <p>これより、CO₂、CO の組成が同じとき、その石炭ガス化ガスに電解装置から添加される水素量により反応場の様相が異なってきます。</p> <p>すなわち、</p> <p>A) 水素が少ないとき、2 以下の場合、はメタノールが優勢に合成されます。</p> <p>B) 水素が多いとき、2 を超えると、メタンが合成され始めます。</p> <p>メタンがこの変曲点を境に合成されはじめ、蒸留による分離ができなくなるために、下流のガスタービンに戻ってしまうので、CO₂ の排出量が増加に転じ、また、メタノールとして固定できなくなるために送電端出力+製造メタノ</p>	吉田委員

			ール熱量も減じた傾向になったと言う訳かと解釈しています。	
資料7 3-13 ページ	本試験の実施によってスケールアップに必要ななどんな知見が得られたのか具体的にご教示ください。	公開可	・8 Nm ³ -CO ₂ /h の規模において、従来の Shell & Tube 型反応器と比較して、Plate 型反応器では、最高温度の低減（約 100℃）、発熱挙動、高温高圧水に依る熱回収率等のデータの取得に加え、最適反応器選定において、コスト削減等に関する課題が抽出されており、これらの情報は、スケールアップ時のシステム設計に資する結果を得られています。	中垣分科 会長代理
資料7 3-15 ページ	ポリジェネレーションの熱供給について言及がないため、どのような供給形態を想定して計算しているのかご教示ください。	公開可	今回、メタノール製造時に発生する余剰熱（クーラーからの排熱）については、IGCC 側の廃熱回収ボイラ（HRSG）での回収熱に熱量加算させる形で、蒸気タービンの出力アップにつながる方向で簡易的手法により算入致しております。	中垣分科 会長代理