

**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／⑤CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」**  
**(前倒し事後評価) 分科会**  
**議事録及び書面による質疑応答**

日 時：2020年10月2日（金）13：30～17：40

場 所：場所：NEDO川崎本部 2301・2302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	板谷 義紀	国立大学法人 東海国立大機構 岐阜大学 工学部 機械工学科	教授
		地方創生エネルギーシステム研究センター	センター長
分科会長代理	二宮 善彦	学校法人中部大学 工学部 応用化学科	教授
委員	赤松 史光	国立大学法人 大阪大学 大学院工学研究科 機械工学専攻	
		マイクロ機械科学講座 燃焼工学領域	教授
委員	石橋 喜孝	常磐共同火力株式会社 IGCC 事業本部	アドバイザー
委員	杉村 英市	電気事業連合会 技術開発部	技術開発部長
委員	巽 孝夫	国際石油開発帝石株式会社 再生可能エネルギー・電力事業本部	
		事業企画ユニット	テクニカルコンサルタント

＜推進部署＞

田中 秀明	NEDO 環境部	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
青戸 冬樹(PM)	NEDO 環境部	主任
荒川 純	NEDO 環境部	主査

＜実施者＞

牧野 尚夫(PL)	一般財団法人電力中央研究所	エネルギー技術研究所	研究アドバイザー
小林 誠	一般財団法人電力中央研究所	エネルギー技術研究所	研究参事
百合 功	一般財団法人電力中央研究所	エネルギー技術研究所	上席研究員
沖 裕壮	一般財団法人電力中央研究所	エネルギー技術研究所	上席研究員
梶谷 史朗	一般財団法人電力中央研究所	エネルギー技術研究所	上席研究員
高島 竜平	三菱重工業株式会社	総合研究所	主席プロジェクト統括
湯浅 厚志	三菱重工業株式会社	燃焼研究部	主席研究員
			(リモート参加)
藤井 貴	三菱パワー株式会社	エンジニアリング本部 プロジェクト総括部	グループ長

＜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 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 CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC (ガス化関連)
  - 6.2 CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC (ガス精製関連)
  - 6.3 CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC (GT 燃焼関連)
  - 6.4 CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC (全体システムおよび今後)
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があった。
  - ・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、既に資料2及び3に基づき各委員に事前説明を実施し、委員からの質問にも回答済みであるとの説明があった。議題6.「プロジェクトの詳細説明」、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

評価事務局より、既に資料4-1～4-5に基づき各委員に事前説明を実施し、委員からの質問にも回答

済みであるとの説明があった。

## 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

### 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

推進部署より資料5に基づき説明があり、その内容について質疑応答が行われた。

### 5.3 質疑応答

【板谷分科会長】 それでは、ただ今から、質疑応答の時間に入ります。既に幾つか事前の質問等を委員のほうから出されているかと思えます。その回答等も踏まえまして、ご意見、ご質問等をお願いできればと思います。新たに気が付いたことなどでも良いかと思えます。よろしくお願いいたします。

【二宮分科会長代理】 今回、47ページのところに書いてある2020年代後半には2000 t/dayの実証機の建設ということが技術確立の見通しとして書かれています。今後、2020年後半に作るとしたときに、現在の成果を踏まえて、行わなければならない研究開発の部分はどこになりますか。

【青戸PM】 44ページのスライドをご覧くださいと思います。今後、フェイズ3におきましては、ガスタービンの部分の開発要素が残っております。今回、燃焼器に関する部分の研究開発を行っていますが、このシステムはCO<sub>2</sub>リッチなガスが、ガスタービンに流れていくということで、その辺りの検証が一つ、残っております。これまで開発してきました要素技術と組み合わせ、一貫システムを構築して検証するといったステップも残っています。

【二宮分科会長代理】 一つは確かにガスタービンの部分が大きいかと思えます。もう一つ、乾式ガス精製の部分も、今回は連続運転時間を約70時間達成するなど、いろいろな試験をされたと思えます。それに対して、どのような乾式のガス精製に対する研究開発が必要と考えていますか。

【小林研究参事】 電中研の小林からお答えします。これまでの検討では、乾式ガス精製はスケールが小さいというのが実用化への最大のハードルでございます。これを大型化していくというステップが非常に重要になります。その際に、現状はベンチスケールの大きさですので、脱硫サイクル運転における熱的な収支がとれておりません。これをとれるようにするには、ある程度規模以上のスケールのパイロットプラントで検証を進めていく必要がございます。それ以外の要素的な技術に関しては、この後の非公開セッションでもご紹介しますが、ほとんどの課題をクリアしていると考えています。

【二宮分科会長代理】 どうもありがとうございました。

【巽 委員】 2件あります。1件は、15、16ページ辺りの国内外の研究の動向のところでは、Allam CycleはCO<sub>2</sub>削減に向けた一つの方策と思いますが、本プロジェクトのように石炭ガス化炉にCO<sub>2</sub>をリサイクルして、CO<sub>2</sub>回収を容易にする、そのシステム全体を対象として実際に実施しているプロジェクトは他国にもありますか。もう一つは、水蒸気ガス化でスチームを添加することは、広く言えば、GEのスラリーフィードのように、水蒸気が大量に入ってくるプロセスと技術的に競合するのではないかと思います。この点について教えて欲しいです。お願いいたします。

【梶谷 席研究員】 電中研の梶谷から回答させていただきます。ご指摘いただきましたGE炉、スラリーフィードですので、水が大量に入ってきます。ただ、水で入れるということになりますと、潜熱でかなり奪われてしまいます。今回、水蒸気でガス化反応を起こさせるという意味

では、その熱が使われなくなるということで、GE 炉の場合はあまり熱的な効率は良くないといったものになります。また、GE 炉以外にも酸素吹き炉の場合、高温になりますので、それを冷やすという意味で、水蒸気を入れるという取り組みがございます。しかし、今回のガス化炉は水蒸気を入れるという意味では同じかもしれませんが、入れ方を工夫して、効率を上げるというところが技術のポイントになります。

【巽 委員】 水蒸気の添加については、分かりました。CO<sub>2</sub>を全循環でリサイクルして、CO<sub>2</sub>分離なしで回収するというシステム全体についての動向はいかがでしょうか。ほかに類例はないとは思っていますが、その点についての見解を教えてください。

【沖上席研究員】 電中研の沖からご紹介させていただきます。先ほどご紹介いただきました、Allam Cycle は、ご紹介にもありましたように、現状では天然ガスを使ったシステムの検討段階にあります。将来的なプロジェクトとしては、アメリカには石炭火力へ本システムの適用を検討するという計画も、あるにはあるようですが、そのためには脱硫技術ですとか、さまざまな技術の開発が必要となってきます。天然ガスで Allam Cycle が動いたとあって、一足飛びに石炭に適用できるとは限りません。類似のものはあるでしょうけれども、先ほど小林も申しましたように、乾式ガス精製に関しては要素技術がかなり進んでいるという意味も含め、日本の本技術がリードしていると考えております。ただ、天然ガスであろうとも、いろいろなことが検討されているので、情報をよく見ながら、私たちのプロジェクトでも取り込めるものがあれば、積極的に見ていきたいと考えております。以上、アメリカで進んでいるものは天然ガスベースで、ある意味では、今、私どもが取り組んでいる石炭ガス化ベースの技術とは難度も含め、大きく異なると言って良いのではないかとということです。

【巽 委員】 今のお話で、天然ガスはよく分かりました。石炭ガスを使って、CO<sub>2</sub>を回すというのは世の中にないので、今回の技術というのは唯一と考えてよろしいですか。

【沖上席研究員】 はい。現状では、そうなります。

【巽 委員】 分かりました。続きになります。特許についてお聞きします。29 ページで、いろいろな特許を出しているということです。特許戦略についても、公開して良いものは特許で取り、秘匿をするものはクロードでノウハウとして進めましょうということです。これは、非常に良いと思います。個別の特許は、日本の最も得意とする部分です。CO<sub>2</sub>を回して行うシステム全体の特許というのは、何らかの形で押さえられているのでしょうか。もし、それがなくて、他所で押さえられてしまったら、全体的に実施できなくなるので、基本的な特許についての考え方を教えてください。

【沖上席研究員】 全体の特許については、このプロジェクトの申請をさせていただく前に電中研の所内研究の中で、関連するものについて出しています。

【巽 委員】 国際特許ですか。

【沖上席研究員】 国際特許も挙げております。

【巽 委員】 分かりました。それを聞いて安心しました。

【杉村委員】 素晴らしい技術だということで、将来に向けて、実証を行っていかねばいけないと思います。そうした中で、先ほどご説明がありました 44 ページに 2040 年までのロードマップを示した図がございます。技術によっては、早くから実用化希望があるだろうということで、その次の 45 ページに具体例が書いてあります。例えば、ここにある水蒸気ガス化の高効率化の絵を見ると、2020 年から 2025 年の間に矢印が入っています。既に目の前にある状態ですが、実装できるような状態に本当にあるのでしょうか。そうであれば、現在建設を進めているようなプラントもあると思います。その辺りへの展開も既に考えていらっしゃるかどうかをお聞か

してください。

【梶谷 席研究員】 電中研の梶谷からお答えします。ガス化の水蒸気を入れる技術に関しては、技術的には本プロジェクトにおいて確立されたと考えています。実際の大型の炉に導入していくことを考えますと、順を追って入れることが確実ではないかと思っております。現在、建設が進んでいるようなプラントにいきなり入れるというよりは、今後の大型プロジェクトの中で順次、導入していったって、実績を積んでいくということが現実的ではないかと考えています。

【杉村委員】 素晴らしい技術ですので、展開できるものから実績を積んでいったって、最終的には全ての要素技術が展開された形で実装されることを期待しています。目の前でCO<sub>2</sub>の削減や効率の向上について、非常に言われていますので、事業者としても展開できるものから速やかに展開できるような取組を行っていただければと思います。

【板谷分科会長】 では、板谷から少し質問させていただきます。先ほど、経済性評価についての説明がありました。従来型のCO<sub>2</sub>回収のIGCCとの比較は行っていますが、例えばオキシフューエル燃焼によるボイラーとの経済性評価等はいかがでしょうか。

【青戸 PM】 ご質問のありました酸素燃焼の微粉炭火力との比較については、プロジェクトの概要説明資料においては試算を行っておりません。

【沖上 席研究員】 補足をさせてください。電力中研の沖です。非公開セッションのほうで、関連のご紹介をさせていただきたいと思っておりますので、後ほどよろしくお願ひします。

【板谷分科会長】 分かりました。ありがとうございます。

【巽 委員】 今回のCCS技術の熱効率は非常に良いということですが、CCSに向けたCO<sub>2</sub>の純度というのはどうなっていますか。これは非公開セッションで説明されますか。それとも、今のセッションでよろしいですか。国際的にCCS用のCO<sub>2</sub>にはこういうCO<sub>2</sub>濃度が何パーセント、不純物としての可燃性ガスとか水素とか、他のものは何パーセント以下という制限があると思います。その辺り、いかがでしょうか。

【沖上 席研究員】 電中研の沖です。その辺り、非公開のセッションで関連情報をご紹介させていただければと思います。

【板谷分科会長】 では、その他よろしいでしょうか。では、このセッションにつきましては、これで終了とさせていただきたいと思ひます。

(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

【板谷分科会長】 それでは、引き続き、議題8の公開セッションに戻ります。まとめ・講評ということで、巽委員から始めて、最後に私の順番で講評ということで進めたいと思ひます。それでは、よろしいでしょうか。お願ひします。

【巽 委員】 新型コロナウイルスのこういう厳しい環境の中で、NEDOと電中研、三菱重工業他、

いろいろと準備していただきまして、きょうは非常によく理解することができました。特に長年、研究開発を行っている IGCC は CO<sub>2</sub> を循環することによって、さらに CCS という点で優位性が出てくるだけでなくコストダウンも期待できそうだという感触をつかみました。特に乾式ガス化の精製が難しい技術だと思っていましたが、きょうのお話を聞くと、かなり有望だということで認識を改めることができました。しかし、先ほどから議論されていますとおり、CCS がベースになっているものです。ロードマップ上、そして実際のニーズにおいてどのように進んでいくかという出口戦略に期待したいと思っておりますので、どうぞよろしくお願いいたします。以上です。

【杉村委員】 フェイズ 2 は順調に進んだということで、安心してお話を聞かせていただきました。また、今日聞いた技術の中で、全てがシステム一体とならなくても、要素ごとに既存の設備が展開できるというお話もありました。そういう準備が整ったものから、社会実装していくことを非常に期待しています。難しい技術開発ではありますが、非常に期待される部分もございますので、引き続き、研究開発に務めていただきたいと思っています。われわれ事業者としても、期待する部分が非常に多いですし、石炭はなかなか難しい部分もございますが、CO<sub>2</sub> の排出を抑制しながら、世の中のために活躍できるような設備を期待していますので、引き続き、よろしくお願ひしたいと思ひます。

【石橋委員】 私も長年石炭に取り組んできましたが、今が一番、アゲインストの風が吹いています。日本のエネルギー供給を考えると、簡単に諦めるわけにもいきません。これから CO<sub>2</sub> 削減という中で、CCS はなかなか見通しがたないと言ひながらも、これを旗印に石炭を続けていかなひと厳しいのではないかと思ひます。そういった状況の中で、CO<sub>2</sub> 回収型の IGCC という新しいアイデアでの研究開発はやらなければいけないことなのではないかと思ひます。ただ、私も今の IGCC にいろいろと取り組んでいますが、非常に難しい技術です。現在の IGCC ですら、これだけ難しいのに、さらに複雑になったときに、きちんと動くのかという不安がありますが、だからといって開発をやめるわけではありません。今、日本の既存の IGCC は日本には空気吹きと酸素吹きの両方がある、いろいろな知見が得られると思ひます。そこから分かっていることを反映して、分かっていることはしっかり検証して、次のステップに進めていくことが大切だと思ひます。これで分かったというのではなく、実際のプロジェクトをよく勉強しながら、より確実な技術にしていっていただければと思ひます。以上です。

【赤松委員】 皆さま方もおっしゃっているように、石炭火力発電は世界的には大きな問題があると言ひわれていますが、エネルギー資源の自給率が極端に低い日本にとっては非常に重要なエネルギー源であると思ひます。パリ協定をはじめ、日本がやろうとしていることに対して、はしごを外されているようなことばかりなので、こういう技術を世界的にアピールすることによって、日本の技術力を PR していただきたいと思ひます。現在の微粉炭火力も世界の発電効率ですが、ODA を通じて発展途上国に日本の微粉炭火力発電所を建設して当事国で削減した CO<sub>2</sub> の排出量を日本の CO<sub>2</sub> の排出量の削減量として認めていただくという二国間クレジットの提案も受け入れてもらえないということです。今回の技術についても現在の微粉炭火力の発電効率をはるかに凌駕して、さらに CCS にも有利だということで、この技術を世界的に PR していただきたいと思ひます。

【二宮分科会長代理】 特に今回、CO<sub>2</sub> 回収型の IGCC ということで、よく分からない点も、今日の説明で非常によく分かりました。IGCC で空気吹きでは、かなり実績をもってきていて、今後大事なのは乾式ガス精製が一つのキーポイントではないかと思ひました。きょうの説明を聞きまして、着実に進めていることが分かりました。今後、特に乾式ガス精製の部分をぜひ、本格的

な技術として実用化できるぐらいまで高めていただけると、本当にこのシステムができるのではないかと考えています。

もう一つ、ガスタービンの部分も大きな課題と思います。NEDOが進めて、皆さんが精力的に取り組まれて、2030年には何とか実用化できるという目途を立てるようなことをぜひ、お願いしたいと思います。

**【板谷分科会長】** では、最後に分科会長の板谷からコメントさせていただきます。実際にクローズドIGCC、要するにオキシフューエルでのIGCCということで、現状のIGCC単独でもまだほとんど実用化されていない中で、非常に複雑なシステムに一生懸命取り組んでいる点で評価できます。こういったコロナ禍の中で大変なところ、しかも前倒しの最終評価ということで、まだ最終結果まで至っていない部分もあろうかと思いますが、本年度中に目標を達成していただければと思います。

それから、このような石炭火力は現在、世論としては非常にアゲインストの風が吹いています。相当ネガティブな雰囲気が浸透している中では、石炭火力を進めようとするだけでなかなか受け入れてもらえない状況になってきているような気がします。日本としては、CCSあるいはCCUSを組み合わせたIGCCの技術を保有していることは、非常に重要ではないかと思っています。それと併せて、このような技術をできるだけ世界あるいは一般のかたがたにも分かりやすく周知していただくことで、今後の石炭火力に対する抵抗感の緩和につながれるように努力していただければと思います。ただし、CO<sub>2</sub>を回収しても、行き場がないと何ともしようがありません。日本の中では、貯留するにしても難しい状況です。ただし、先ほど、うまくEORの市場に乗れるのであれば、それが有価になる可能性があるとの説明を伺い、それならば実用化に向けては技術開発と並行してそのような市場開拓を推進することが必要と感じました。

もう一方で現在研究が進められているポリジェネレーションなどでの有価物の併産とCO<sub>2</sub>の有効利用、いわゆるカーボンリサイクルの技術開発も併せて、両輪で進んでいかないと、なかなか早期の実現は難しいのではないかと考えております。こちらは実施者というよりは、NEDOへのお願いになるかもしれませんが、CO<sub>2</sub>を処理してリサイクルする側の技術開発も並行して進めていただきたいと思います。

**【佐倉専門調査員】** 皆さま、貴重なご講評をありがとうございました。ここで、傍聴の経済産業省の方に一言お願いしたいと思います。経済産業省 資源エネルギー庁資源・燃料部 石炭課／カーボンリサイクル室の佐久間 孝博 技術一係長、お願いします。

**【佐久間係長】** 経済産業省石炭課の佐久間でございます。一言、述べさせていただきます。皆さま、本日は朝早くから大変ご苦労さまでございます。また、日頃、火力発電の高効率化やカーボンリサイクル政策の展開等に多大なご理解とご協力をいただきまして、ありがとうございます。

皆さまにご案内のとおり、弊省は昨年からはカーボンリサイクルに力を入れています。その近況を少しご報告させていただきます。ちょうど1カ月前に弊省の梶山大臣が広島県大崎上島を視察する機会がありました。そこでIGCCによる高効率化の現状と、カーボンリサイクルの可能性について、かなり理解いただき、こういった技術については支援していくというコメントがあったと聞いています。そういったこともありまして、この事業も含まれているカーボンリサイクル・次世代火力発電の技術開発事業の予算が本年は155億円でしたが、来年度の要求としては195億円と40億円近くを増額を弊省として要求することを決めて発表しております。この

CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発は、本年度で一区切りということで、皆さんにご報告いただいたとおり、かなり堅実な成果をいただいていると思います。各委員からご指摘がありましたとおり、CO<sub>2</sub>の出口、今後の社会実装に向けて、きちんと見ながら進めていかなければいけないと思っております。ご覧のとおり、この技術はCO<sub>2</sub>分離回収コストを1000円台と、かなりトップクラスの目標を掲げているものですが、その一步手前でポリジェネレーションというところもありますし、ご指摘のあったように部分的な社会実装というものもあるかと思っております。次のフェイズに向かうときに、こういった点も見据えながら、ユーザーのかたがたも巻き込みながら、ぜひ進めていただきたいと思っております。巻き込み方というの、いろいろあるとは思っています。参画していくということが一番良いかもしれませんが、そこまでいなくても、ヒアリングをしてコメントをいただいたり、成果を発表したりということも含めて、ユーザーをぜひ巻き込んで、この技術開発を進めていただければと思います。皆さん、これからも引き続き、よろしくお願いいたします。ありがとうございました。

【佐倉専門調査員】 佐久間様、どうもありがとうございました。推進部長から、一言いただけますでしょうか。

【田中部長】 NEDO環境部長の田中でございます。本日は本当に朝早くから長時間にわたりまして、委員の先生方におかれましては、この分科会にご参加いただき、貴重なご意見、コメント等をいただきまして、誠にありがとうございました。また、最後に経済産業省の佐久間係長からもコメントをいただきまして、お忙しいところありがとうございました。今日1日、私も朝からご一緒させていただきましたけれども、いろいろな先生方のコメントも踏まえて、このプロジェクトの個別の要素技術については、かなり成果が出ているという印象を受けました。また、そういったコメントをいただいたというふうに理解しております。そういった意味では、前倒しの事後評価という形になっておりますけれども、一定の成果が出て、評価をいただいたのではないかと思っております。

一方、最後の講評でもいろいろご指摘をいただいております。特にこのプロジェクトについては、今後、どのように社会実装につなげていくのかという部分に私も課題があると思っております。一方で、個別の要素技術については、かなり進展があるというところも踏まえて、できることから実装につなげていくという部分もあるのではないかとご指摘もいただきました。全く私もそのとおりではないかと思っております。技術の中には、乾式のガス精製、水蒸気添加ガス化など、いろいろありますので、早めに社会実装できる部分はないかという視点で、我々としても今後、取り組んでいきたいと思っております。また、このシステム全体という意味では、CCSがなければならぬという話もありました。それはもちろん、そのとおりです。外国を考えると、EORという出口もあります。国内でも経済産業省からもカーボンリサイクルという話がありましたが、CCSのみならず、カーボンリサイクルにもしっかり取り組んでいます。よりCO<sub>2</sub>の分離・回収ができる環境を整えるということも十分考えられますので、それもにらみながら、分離・回収を加えた形の今回のプロジェクト全体というところも実装に向けて、我々としても取り組んでいきたいと思っております。その中で、少し話が出ましたがポリジェネレーションなども、派生型というか、今回の成果を踏まえた次の取組として、しっかり取り組んでいきたいと考えています。NEDOとしては、大崎のプロジェクトやカーボンリサイクルなど、いろいろなプロジェクトを実施しています。全体を見ながら、今回のIGCCの成果をどのようにしたら、より良いものになって、社会実装に早くつながっていくかという点を意



識しながら、NEDOとしてのマネジメントという形で経済産業省とも協力しながら、しっかり進めていきたいと思っています。その中では当然、ユーザーも含むということも大事というのは、おっしゃるとおりでございますので、そういった点も十分意識しながら、引き続き取り組んでまいりたいと考えております。このプロジェクト自体は、本年度もまだあります。本年度の3月までの間に、着実に目標を達成できるようにしっかり取り組んでいきたいと思っています。いずれにいたしましても、引き続き、我々もこのプロジェクトを踏まえてしっかり取り組んでいきたいと思っておりますので、委員の先生方におかれましては、いろいろな点からまたご支援、ご協力いただきますと、非常にありがたいと考えております。本日はどうもありがとうございました。

【板谷分科会長】 それでは、議題8については、これで終了させていただきます。

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

資料番号 ご質問箇所	ご質問の内容	回答	委員名
資料 5, p. 3 ～8	商用化へ向けたロードマップは示されていますが、計画通り進まないとすればその最大の障害とそれをブレイクスルーする課題は検討されているでしょうか。または直近の石炭火力に対する世界の動向から、本ロードマップ見直しの必要性または商用化に向けた新たな戦略についての意見を伺えないでしょうか。	<p>CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC の実現に向けた最大の障害は、CCS の早期普及がまだ見通せない事です。その要因は、社会的受容性が必須であること、また、CCS の導入を促す政策的なインセンティブが現時点で無いことが考えられます。一方、2050 年までに温室効果ガス 80%削減を達成するためには、CCS の導入が不可欠です。CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC を活用することで CCS に伴う経済的なデメリットを低減することができます。</p> <p>本事業の成果については、産業用ガス化炉やポリジェネレーションシステムとして展開するなど、適用可能な技術から早期実用化を図るため、ロードマップの見直しを行っております。</p>	板谷分科 会長
資料 5, p. 11	Oxy-fuel IGCC の発電端と送電端効率の差が MHI 炉の CO <sub>2</sub> 回収ケースに比べて大きく見えますが、所内動力はアップするのでしょうか。それとも逆に言えば、従来型 IGCC による CO <sub>2</sub> 回収の有無で発電端効率の差異はどのように見積もられたのでしょうか。	<p>本プロジェクトで開発するシステム(Oxy-fuel IGCC)は、GT でも酸素を使用するため、従来の酸素吹きガス化 IGCC に比べても、酸素製造量が非常に大きくなり、それに要する所内動力も大きくなることから、所内率が高くなります。しかし、資料 5 p11 に示すように、本システムは発電端効率が非常に高いため、所内率が高くても目標の送電端効率が達成できる見込みです。</p> <p>なお、従来型 IGCC における CO<sub>2</sub>回収による発電端効率の差異はプラントメーカーの試算データです。</p>	板谷分科 会長
資料 5, p. 36	水蒸気添加時にはリダクタ部の温度が著しく低下しています。色分けのコンター図なので	資料 6-1p33 の左図は 3TPD 炉、右図は商用規模の解析であり、それぞれの炉壁からの熱吸収量が違いますので、両者の条件設定は	板谷分科 会長

	<p>定量的な値は不明ですが、全体的に 1000℃以下の低温で比較的均一化しており、水蒸気ガス化反応速度はかなり遅くなることが推察されます。このことから水蒸気添加ゾーンで一時的に反応進行後は極めてゆっくりとした反応速度でガス化が進んでいるように考えられます。しかし解析条件が一部異なるようなので、水蒸気添加以外は同一条件での解析データで比較するべきではないでしょうか。</p>	<p>大きく異なります。商用規模炉で水蒸気を添加し冷ガス効率を高める場合は、リダクタへの給炭比率を増やし、リダクタバーナ付近で一気に吸熱反応を進めることが有効と分かりました。なお、左図（3TPD 炉）は、「水蒸気添加以外は同一条件での解析データで比較」したものです。</p>	
全般	<p>水蒸気添加または無添加のいずれのデータかが不明な部分もあるので明確にしてください。</p>	<p>基本的に水蒸気に言及していない図は、水蒸気無添加のデータです。S/C は、水蒸気の添加量を示します。なお、資料 6-1、p11 の MN は水蒸気を添加しています（p10 参照）。</p>	板谷分科 会長
資料 5 11～13 ページ、 39 ページ	<p>CO<sub>2</sub> 回収型クローズド IGCC において、水蒸気添加ガス化による冷ガス効率、および送電端効率の向上のロジックについて。 ガス化炉の入口と出口の温度と組成、石炭の組成、ガス化炉出口のチャーの反応率に変化がないと冷ガス効率、および送電端効率の向上に結びつかないと思います。水蒸気の添加によって冷ガス効率、および送電端効率の向上するロジックを、もう少し丁寧に説明していただけませんか。酸素および CO<sub>2</sub> を水蒸気に置き換えることによる熱物性の効果でしょうか？</p>	<p>冷ガス効率向上の理由は、ご指摘頂いた通り酸素を CO<sub>2</sub> や水蒸気に置き換えるところにあります。ガス化炉では、酸素比が高いほど発熱反応が増えるので、冷ガス効率が下がります。CO<sub>2</sub> や水蒸気もガス化剤ですので、ガス化炉内を適切な温度に保ちながら CO<sub>2</sub> や水蒸気を酸素に置き換える（酸素比を下げる）運転条件を探索しました。 なお、水蒸気によるガス化反応速度は CO<sub>2</sub> によるガス化反応速度よりも速いため、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> ガス化でも水蒸気を添加することで、さらに高い冷ガス効率を得られる運転条件を探索することができました（相乗効果）。</p>	二宮分科 会長代理

<p>資料 5 14 ページ</p>	<p>乾式ガス精製において、水蒸気添加ガス化による水蒸気分圧の増加の影響はないと理解して良いのでしょうか？触媒上のコークスの生成を低減すると理解して良いですか？</p>	<p>先ず、水蒸気添加ガス化による水蒸気分圧の増大は、懸念される脱硫剤での炭素析出を抑制するための添加ガスを減らすことができ、発電システム全体では効率向上などの好ましい効果をもたらします。ご指摘の水蒸気分圧の増大による乾式ガス精製への影響としては、脱硫剤の硫化反応平衡に関して硫黄化合物の吸収反応を抑制する方向に働くほか、硫化反応の活性サイトに対する水蒸気的作用により速度論的な影響も考えられます。したがって、水蒸気添加ガス化により水蒸気分圧が相対的に増大することに伴う、脱硫プロセスの性能への影響はあります。具体的な条件での性能検証は行う必要がありますが、現状で想定されるガス組成から見て、反応器への脱硫剤の積み増しや反応器の切り替えスケジュールの調整などのプロセス運用で吸収できる範囲の影響と考えています。</p> <p>なお、水蒸気添加を行わない O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 吹きガス化炉を用いるクローズド IGCC であっても、実験的に割り出した炭素析出抑制に必要な燃焼排ガスの添加量は生成ガス量の 1 割程度です。これから考えて、水蒸気濃度の変化は 3.2 vol% から 6.7 vol% に約 3.5% 増加となりますが、これに伴う脱硫性能への影響は少ないことも実験的に確認できております。</p> <p>これらの結果から、開発した乾式脱硫プロセスを含む乾式ガス精製システムは、水蒸気ガス化および O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 吹きガス化のいずれのガス化炉にも対応可能なプロセスとして成立する柔軟性・許容度の高いプロセスとなっています。</p>	<p>二宮分科 会長代理</p>
<p>資料 5</p>	<p>NEDO が関与する意義ですが、石炭に対する世</p>	<p>IGCC は微粉炭火力に比べ発電効率が高いため、その分、ランニ</p>	<p>二宮分科</p>

4, 5, 17, 18, 19, 20, 21, 46 ページ	<p>界の動向からは、ランニングコストの高い IGCC が海外をふくめて開発コストを回収できるだけのプラントの数を建設できるのか、あるいは輸出／採用されるのか疑問が残ります。</p> <p>また、大崎クールジェンプロジェクトと CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC は、CO<sub>2</sub>回収、高効率、ポリジェネレーションシステムというコンセプトは同じ方向であり、同時に2つのガス化システムを開発する意義などを、今後、より丁寧に説明する必要があると思います。</p>	<p>ングコストは安くなります。また、イニシャルコストについても、プラント建設時における現地工事の比率が低いことから早期のコストダウンに期待ができます。</p> <p>大崎クールジェン型の IGCC は、IGCC に後から CO<sub>2</sub>分離・回収設備を追設可能であり、CO<sub>2</sub>回収が不要な場合には IGCC のみで高効率発電プラントとして運転することもできるため、CO<sub>2</sub>回収ニーズに対応する選択性を有しております。</p> <p>CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC (クローズド IGCC) は、「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」において、CO<sub>2</sub>分離・回収コスト 1,000 円台/t-CO<sub>2</sub> の非常に低コストな発電システムとして記載されており、将来的な CO<sub>2</sub>の大量消費に対して有効なシステムとなります。また、本事業で開発するガス化技術 (CO<sub>2</sub> 搬送や水蒸気添加ガス化) は、大崎クールジェン型の IGCC にも成果を反映することが可能です。</p>	会長代理
資料 5 40 ページ	<p>委託先として、電中研および6つの研究機関が含まれている。2019～2020 年度の論文数は6報のみである。現在、投稿中の論文数がわかれば教えていただけないでしょうか？</p>	<p>現在、2 通の論文を投稿中です。大型装置を使つての試験が主になっている事、および複数の研究機関で得た結果の慎重な比較の後に論文作成を進めようとしている事により、若干論文投稿が遅れ気味になっていますが、これから逐次投稿して行く予定です。</p>	二宮分科 会長代理
資料 5 38, 44, 45 ページ	<p>現時点の乾式ガス精製の連続時間が、68 時間で間違いないですか？この点から質問させていただきます</p>	<p>三菱重工工業株式会社 総合研究所の 50TPD ガス化炉と連携運転を行ったベンチスケールガス精製設備の最長運転時間は正確には 67 時間 30 分で、この間ハニカム固定床脱硫プロセスの 3 塔切替を連続して行い、3 塔すべての脱硫剤を各 6 サイクル運転できました。その中で検証できた事項や、実績と将来像についてご質問に回答させていただきます。</p>	二宮分科 会長代理

	<p>1. 乾式ガス精製の実用化に向けた信頼性検証において、どのような開発課題と目標があるのか、説明をお願いしたい。フェーズ3で、実証機として操業できるまでの連続運転（1年以上）を含めた技術開発を目指すのでしょうか？</p>	<p>・<u>開発課題と目標</u>：</p> <p>これまでラボ設備において、タールや炭化水素類を含まない性状の整った模擬石炭ガス化ガスによる性能評価を行ってきた乾式ガス精製用の不純物除去剤（ハロゲン化物吸収剤とハニカム脱硫剤）を実用プロセスに供するためには、プロセスの運転性の検証が最重要課題でありました。</p> <p>そこで石炭ガス化ガスの実ガスにより、実機相当の運転操作が可能なプロセスに組み込んで運転することにより、各不純物除去剤の性能を実証するに留まらず、運転操作性の面で特に重要となるハニカム固定床脱硫プロセスの連続塔切り替え運転を計画したものです。68 時間という、実機の運転時間（年間 8,000 時間）に比して圧倒的に短時間ではありますが、特に実ガス環境下で炭素析出の抑制を図りながら性能低下無く乾式脱硫プロセスの性能と運転操作性を検証できた点など、ラボ設備では成し得ないプロセスの実用性を検証することができました。これにより、スケールアップしたプロセスによる実証的な運転研究に進む基礎固めが出来たと考えています。</p> <p>今後は、乾式脱硫プロセスの熱的自立運転（再生行程の発熱反応で脱硫剤の温度を維持すること）が可能な、処理ガス量 80TPD ガス化炉相当の規模以上の設備での実証ステップを踏まえ、プロセスの大型化を進めることが必要となります。ご指摘の 1 年相当の運転には、各塔に仕込んだ脱硫剤の 500 サイクル以上の寿命を保証する必要があります。これに関しましては、電中研で進めてきた既往の自主研究で、脱硫剤の性能劣化</p>	
--	--	---	--

	<p>3. 空気吹き IGCC 関連の研究開発において、既に乾式ガス精製装置の長時間運転の実績はあるのでしょうか。</p> <p>4. 効率は多少犠牲にしても、現在、空気吹き IGCC で使用している湿式脱硫装置に設置して、CO<sub>2</sub>回収型クローズド IGCC システムを構築することを優先させるという構想はあるのでしょうか？</p>	<p>要因の解明、長期サイクル脱硫剤性能の評価手法の確立、炭素析出抑制条件の実験的な解明など、既得の基礎研究の成果に基づいて見通しが得られております。これに、今回の実ガス長時間運転の成果を踏まえて、改良型のハニカム脱硫剤のサイクル性能が安定化する、初期の数十サイクルの評価試験を行えば、問題なく実証ステップへ進めると考えています。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>空気吹き IGCC での実績</u>： 空気吹き IGCC の勿来パイロットプラント IGCC (200TPD 規模) において、3 方式の乾式ガス精製システムの比較が行われ、その中で電中研と三菱重工業株式会社が共同で開発した、固定床方式乾式ガス精製システムでは、ハニカム固定床脱硫プロセスを最長 765 時間 (約 1 か月) 運転した経験を有しており、そこで得られた多くの知見は本乾式ガス精製システムに関して将来実施すべきスケールアップ試験への礎となっています。</li> <li>・<u>湿式ガス精製による代替可能性</u>： 既存の IGCC に採用されている湿式ガス精製システムは、その実績と信頼性から運開間近の勿来と広野の IGCC にも採用されています。湿式ガス精製のクローズド IGCC への適用を想定した場合には、熱効率面での影響に加えて設備コストや運転コストにも目を向ける必要があります。 湿式ガス精製の場合、脱硫プロセスに必要な COS 変換器、生成ガス温度の昇降に伴う熱交換器、ガス洗浄水や湿式脱硫用の</li> </ul>	
--	--	---	--



		<p>吸収液を循環させるためのポンプなどが、乾式ガス精製に比べてプロセス構成が複雑となり補機数が大幅に増加する要因となります。このため、ガス精製設備本体の敷地面積は、乾式ガス精製システムに比べて 50～90%の増加が見込まれています。また、各反応器でダスト除去やガス洗浄に用いた洗浄水が排出されるので、それらの排水を処理するために、設備本体とは別に排水処理設備が必要となります。これらは、ガス精製設備コストの増大要因となり発電システムの経済性を減ずることとなります。</p> <p>また、湿式ガス精製は多種の不純物を同時に除去できるメリットがある反面、それらの不純物が混在する排水を処理して、環境に影響を与えないように放流するためには、多種多様な薬剤を用いて排水処理を行う必要があります、そこで必要となる薬剤ならびに汚泥などの廃棄物が多く排出されることとなります。それらの処理費用の負担は、設備本体を運転する際の COS 変換触媒や脱硫吸収液などの消耗品とは別に必要となるもので、これらが運転費の大幅な増大を招く要因となっています。</p> <p>さらに、CO<sub>2</sub> 回収の観点からは、湿式ガス精製には別の課題が生じます。既往の IGCC に採用されているアミン吸収法による湿式ガス精製は、硫黄化合物と二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を同時に除去するプロセスであり、運転温度は 40～60℃となることから生成ガス中の水蒸気 (H<sub>2</sub>O) も凝縮除去されることとなります。これは、生成ガス中の CO<sub>2</sub> および H<sub>2</sub>O をガスタービンでの作動流体として働かせてから水蒸気を凝縮させて CO<sub>2</sub> を回収すると</p>	
--	--	---	--

		<p>いう、CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC の基本構想から外れることとなり、システム構成や熱効率の面から技術的に適合しないことが課題となります。</p> <p>以上の要因を総合的に勘案すると、現状で湿式ガス精製を適用した場合の CO<sub>2</sub>回収型クローズド IGCC システムの熱効率ならびに経済性でのメリットは大きく損なわれることから、早期実用化のための中間ステップとしても技術的選択肢には入っておりません。</p>	
資料 5 11 ページ	CO <sub>2</sub> 回収型クローズド IGCC の発電端効率が、従来型 IGCC（回収なし）の発電端効率に比べてかなり高いが、これは CO <sub>2</sub> がガス化剤として働くために冷ガス効率が高くなることが要因と考えて良いか。	ご指摘の冷ガス効率向上も一因ですが、様々な要因が複合的に作用した結果、発電端効率が高くなったと考えております。この他に影響の大きい要因として、セミクローズド GT の採用による排熱損失の大幅な低減もございます。	石橋委員
資料 5 36 ページ	水蒸気添加で過熱蒸気を注入しているが、炉内はかなりの高温なので、もう少しエネルギーレベルの低い飽和蒸気や温水噴霧では問題があるか。	本検討では再熱蒸気を想定しましたが、蒸気系のバランスに応じて、必ずしも再熱蒸気でなくても構いません。ただし、潜熱は大きいため、液相での注入は冷ガス効率の観点から大きく不利となります。	石橋委員
資料 5 38 ページ	乾式ガス精製システムとして、脱硫工程以外にはハロゲン化物除去のみとしているが、湿式ガス精製では対策を取っているタール分について、乾式ガス精製では温度が高いまま通過するので問題にならないと考えて良いか。石炭火力においては水銀の排出も規制されているが、水銀対策を考慮する必要はないのか。	<p><b>【事業者】</b> <b>タール対策：</b></p> <p>タールや高位炭化水素を含む石炭ガス化ガスの実ガスによる運転が、副次的にそれらの炭化水素への乾式ガス精製システムの耐性の評価になりました。47 時間、68 時間の 2 回の運転のいずれにおいても、ハロゲン化物除去や硫黄化合物除去の性能に対するタール等の直接の影響は見られませんでした。</p>	石橋委員

		<p>実機における長期運転や、炭種ならびにガス化炉運転条件によるタール生成状況は一樣ではないため、乾式ガス精製システムにおいても何らかの対策が必要になる可能性はあります。現状で評価を進めているハロゲン化物吸収剤による精密精製の上流にはハロゲン化物の粗精製プロセスを導入することを提案しており、そのプロセス温度がタール凝縮を促進するため、結果として対策となることを想定しています。</p> <p>なお、タール対策に関しては発生量自体を抑制するという視点で、ガス化炉の運転条件の適正化を図ることなども必要であり、本プロジェクトで並行して進めているハロゲン化物の粗精製プロセスの具体化と同様に、発電システム全体でのタール対策を考慮した技術とすることを前提に適切なシステムを採用していく方針です。</p> <p><u>水銀対策：</u></p> <p>CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC においては、水銀対策の考え方は燃焼前対策と燃焼後対策の二つあり、それらの利害得失を見極めている段階にあります。燃焼前対策に用いる水銀除去剤については、再生可能な銅系の水銀除去剤を開発済みであり、そのプロセス構成も構築しています。燃焼後対策としては、在来の添着活性炭を用いることを想定しており、燃焼排ガスで実績がある事から直ちに実用プロセスに供することが可能です。いずれの方策をとるにしても、一般的には水銀回収量は他の硫黄化合物やハロゲン化物と比べて格段に少なく、適切なプロセス選定により環境基準を満足</p>	
--	--	--	--

		しながら、プラントを運用することは可能と考えております。	
資料5 39 ページ	従来型 IGCC で、水蒸気添加すると送電端効率が2ポイント程度上昇するとの評価であるが、そのためには冷ガス効率が4ポイント以上上昇する必要があると思われる。この解釈で良いか。 また水蒸気添加のために本来蒸気タービンで仕事をすべき水蒸気を抜き出しているが、そのパワーロスも考慮した上での評価か。	冷ガス効率と送電端効率の関係はご指摘くださいました通りで、資料6の118ページをご参照いただけましたら幸いです。 冷ガス効率向上によるガスタービンの出力上昇、水蒸気抽気による蒸気タービンの出力低下、低酸素比による酸素製造動力の低減、といった複合的な要因を評価した結果、送電端効率が向上する条件を見出しております。	石橋委員
資料5 45 ページ	水蒸気添加ガス化を既存のIGCCに適用する場合、改造範囲は、蒸気の取り出しと、蒸気の注入のみと考えて良いか。また蒸気の注入場所はどこを想定しているか。 ガス組成、チャー発生量等の運転条件が変化すると思われるが、運転に支障は出ない範囲か。	水蒸気はガス化炉のコンバスタに注入します。再熱蒸気の抽気を想定しましたが、二つ目のご質問の通り、取り出し位置は蒸気系のバランスから決定することになります。この他、酸素吹IGCCではチャー発生量が増加する可能性があり、チャー供給系の増強も必要と考えられます。 空気吹きIGCCでは、酸素吹IGCCほどの効率向上効果は見られないと考えられます。ASUやガスタービンの増強が必要となりますが、チャー発生量は同程度と考えています。	石橋委員