

**研究評価委員会**  
**「環境調和型プロセス技術の開発／②フェロコックス技術の開発」 (終了時評価)**  
**分科会 議事録及び書面による質疑応答**

日 時 : 2023 年 11 月 20 日 (月) 13 : 30 ~ 18 : 35

場 所 : NEDO 川崎 23 階 2301, 2302, 2303 会議室 (オンラインあり)

**出席者 (敬称略、順不同)**

<分科会委員>

分科会長	河瀬 元明	京都大学 大学院工学研究科 化学工学専攻 教授
分科会長代理	埜上 洋	東北大学 多元物質科学研究所 プロセスシステム工学研究部門 環境適合素材プロセス研究分野 教授
委員	大場 康英	山陽特殊製鋼株式会社 技術企画管理部 技術企画グループ 技術企画グループ長
委員	角田 雄亮	日本大学 理工学部 物質応用化学科 准教授
委員	佐々木 宏一	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 環境ユニット 上級スペシャリスト
委員	武部 博倫	愛媛大学大学院 理工学研究科 教授
委員	林 幸	東京工業大学 物質理工学院 教授

<推進部署>

萬木 慶子	NEDO 省エネルギー部 部長
鈴木 淨博	NEDO 省エネルギー部 統括主幹
武田 行生 (PM)	NEDO 省エネルギー部 特定分野専門職

<実施者※メインテーブル着席者のみ>

佐藤 道貴 (PL)	JFE スチール株式会社 スチール研究所 主席研究員
庵屋敷 孝思	JFE スチール株式会社 スチール研究所 製鉄研究部 主任研究員
拝司 裕久	JFE スチール株式会社 技術企画部 主任部員
穴戸 貴洋	神戸製鋼所 技術開発本部 開発業務部 高砂試験室 室長
奥山 憲幸	神戸製鋼所 技術開発本部 機械研究所 資源プロセス研究室 研究首席
安室 元晴	神戸製鋼所 技術開発本部 企画管理部 技術企画室 シニアプロフェッショナル
酒井 博	日本製鉄株式会社 プロセス研究所 製鉄研究部高炉・脱炭素研究室 研究第三課 課長

<オブザーバー>

川村 伸弥	経済産業省 製造産業局 金属課 金属技術室 室長
富永 和也	経済産業省 製造産業局 金属課 属技術室 課長補佐
中野 希海	経済産業省 製造産業局 金属課 金属技術室 係員

<評価事務局>

三代川 洋一郎	NEDO 評価部 部長
山本 佳子	NEDO 評価部 主幹

佐倉 浩平 NEDO 評価部 専門調査員  
對馬 敬生 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 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋
  - 5.2 目標及び達成状況
  - 5.3 マネジメント
  - 5.4 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 プロジェクト全体
  - 6.2 フェロコークス製造中規模設備での製造技術実証
  - 6.3 一般炭、低品位原料使用時の製造技術
  - 6.4 実高炉でのフェロコークス長期使用、効果検証
  - 6.5 新バインダー強度発現実証
  - 6.6 フェロコークス導入効果の検証
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（評価委員、評価事務局、推進部署）

【河瀬分科会長】 京都大学の河瀬です。専門は化学工学であり、特に反応工学においてエネルギー関係や材料合成関係の研究をしております。今日はどうぞよろしくお願ひいたします。

【埜上分科会長代理】 東北大学の埜上です。専門はプロセスシステム工学であり、鉄鋼に限らず、金属製錬プロセスのシミュレーション等を行っております。本日はよろしくお願ひいたします。

【大場委員】 大場と申します。私は山陽特殊製鋼に新卒で入社し、その後、弊社におきまして製鋼の製錬、特殊鋼の製錬と鑄造に関わるプロセスの研究に従事してまいりました。今、研究所のほうから別のグループに移動しておりますが、私の専門としては製錬と鑄造でございます。よろしくお願いいたします。

【角田委員】 日本大学の角田と申します。専門は、木質タールの有効利用と廃プラのリサイクルなどの研究になります。どうぞよろしくお願いいたします。

【佐々木委員】 日本エネルギー経済研究所の佐々木です。専門は、地球温暖化の政策と省エネルギーの政策を主に研究しております。本日はよろしくお願いいたします。

【武部委員】 愛媛大学の武部です。専門は非鉄製錬、鉄鋼製錬、特に高温を利用したプロセスであり、よりフォーカスしますと、スラグあるいはガラスの高温融体の物性などを測っております。よろしくお願いいたします。

【林委員】 東京工業大学の林です。専門は鉄鋼製錬などの高温プロセスであり、特に高温の材料物理化学を行っております。よろしくお願いいたします。

### 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」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資料4-1から4-5に基づき説明した。

### 5. プロジェクトの概要説明

#### (1) 意義・社会実装までの道筋、目標及び達成度、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、その内容に対し質疑応答が行われた。

【河瀬分科会長】 ありがとうございました。

ただいまより、ご意見、ご質問等を受け付けます。それでは、大場委員お願いします。

【大場委員】 フェロコークスの製造技術の確立が大きな課題であり、30t/dayの小規模から、今回のプロジェクトでは300t/dayの中規模に拡大された際に降雨であるとか、設備のトラブルもあったかと思えます。その設備トラブルで、中規模に拡大するときに敷地が狭かったとか、箱物を積み上げるなどいろいろ仕様を変えられたところがあったと思うのですがけれども、その結果、実際に今回のプロジェクトの中で発生したトラブルというのは、事前にいろいろ想定されていたことが実際に起こってしまったのか。それとも、うまくいくと思っていたけれども、実際にやってみると次々とトラブルが発生してしまったというところだったのか。その事前見通しについて伺います。

【武田 PM】 30t/dayの川崎の設備を造ったということで、そのときも相当設備トラブルは発生したようでした。その辺の対策は、今回の中規模設備で取りましたし、操業上のノウハウも随分と蓄積され、それにより今回の実証設備に臨んだということですが、予測できなかったところが、敷地が300tということでもかなり大型の設備になりました。それで搬送のスペースが取りにくく、60mぐらいまで上げなくてはいけないということになりまして、機械的な搬送装置を使いました。通常、鉄鋼業ではベルトコンベアで搬送するというのは普通なのですが、機械的なバケットコンベアであるとか、そういったものを使ったということです。通常は問題ないと思うのですが、先ほど説明しましたとおり、降雨による原料の水分が上がると、鉄鉱石は粘度が上がりますので、それによって詰まってしまうなどといったトラブルが起こったというのが一番大きなところですね。雨対策を取るというのは一つあるのですが、実際に

これをスケールアップして実高炉に実用化する際には、もともとの鉄鋼業で一般的なやり方でスペースを取って、そういう実績のある搬送方法に持っていければ問題は解決すると考えております。

【大場委員】 ありがとうございます。今のところに関連しまして、JFE 福山が設備をいろいろ改善に向けて検討を進めているとお伺いしたのですが、もし 2 号機を造るとなったら、今の設備からは全くがらりと変わったような設計になりそうということですか。

【武田 PM】 これは、基本的には変わることはないと思います。この実証設備を基にして、それでスケールアップをしていくということになると思います。ただ、敷地は少し要るのですが、プラント周辺の整理ができればスペース的な問題はクリアできるのではないかと考えております。

【大場委員】 ありがとうございます。今回この中規模設備でトラブルのことを結構取り組まれていることの記載があったのですが、どの部分の設計が狙いどおりうまくいっていて、そのままその方向性でいけているかというのが読み取りにくかったのですが、承知いたしました。

【河瀬分科会長】 ありがとうございます。少し関連しまして、プロジェクトマネジメントについてお伺いしたいのですが。トラブルがあったときの対応策というのは JFE スチールにお任せだったのか、それともこのプロジェクトチームで何かアイデアを出し合うようなことができたのか、そのときのことを教えていただけませんか。

【武田 PM】 実証設備を主にやっていらっしゃるのは JFE スチールですので、対策の第一義は JFE スチールに立ててもらいましたが、先ほどのマネジメントでご説明したとおり、定期的には実施者様も年 3 回の会議を催していますし、我々も年 3 回から 4 回、技術検討委員会を開き、そこで逐一報告をしていただいております。トラブル内容も我々、技術検討委員に展開されながら進めてきたということで、その委員会の中で解決案のアイデアが出ることもございましたので、協力してやってきたところです。

【河瀬分科会長】 分かりました。ほかはいかがですか。埜上会長代理、お願いします。

【埜上分科会長代理】 私もマネジメントの部分で伺います。中型の設備と言いつつ、実際に見せていただくだけでも大きな設備であって、やはりトラブルが出てくるというのは、事前にある程度織り込み済みだったと思うのですけれども。今日のお話ですと、技術面でいろいろトラブルがあったということですが、プロジェクトとしてちょうど中間が終わって実際に物が動き始めてというところは、コロナと完全に重なっている時期だと思うのですが、もしそういったことがなければ、もっとキャッチアップできていたのか、あるいは技術面でそこまで難しかったのかというのはいかがでしょう。

【武田 PM】 ちょうど建設の終点の頃が一番コロナは厳しかったと思います。設備を造って試運転の要員においてメーカーからそういう技術者を呼ぶことがうまくできないなど、そういうことで少し苦勞をされて試運転期間が延びるといった大変さがあったと聞いておりますが、設備仕様に関してはそれほど変えていないと思いますので、早く試運転がうまくいき、早くトラブルが分かったのではないかとすることは言えると思いますが、降雨の影響というのは予測ができなかったものと考えております。

【埜上分科会長代理】 少し技術的な面のキャッチアップが予想より大きかったということでしょうか。

【武田 PM】 そのようになります。

【埜上分科会長代理】 また別件になりますが、60 ページの海外の技術動向の調査ですけれども、こちらを行われたのが結構プロジェクトの初期の頃だと思うのですが、この時期からですと、やはりパリ協定があり、グラスゴー合意がありという、世間的にも非常にカーボンニュートラルがここ二、三年で強く盛り上がっているところだと思うのですが。そういったところで、いろいろ漏れ伝えてくることによると、中国はかなり劇的な政策を打ち出しているようなところもあるようですので、そのあたり、海外に今後技術移転をするとか、そういったことに対する方針の変更ということはないと思うのですが、把握状況の変化みたいなものは現状いかがでしょうか。

【武田 PM】 おっしゃるとおり、2018 年から 2019 年度にやっています、この後に劇的な変化がありまし

た。やるタイミングとしては少し早過ぎたというのは正直ございますが、政策、海外展開については基本的にそれほど変わらないと思っております。中国は分からないところがあるのですが、インドはこれから鉄鋼需要が伸びていきますし、高炉もまだ出来るのではないかとということで、これについては変わっておりません。それから、下のほうのCO<sub>2</sub>の政策についても、この調査時点よりもさらに加速されたということで、これについては加速して考えていかなければいけないというところがございます。

【埜上分科会長代理】 海外に打って出るとなると、なかなかいろいろとハードルであるとか種々やらなければいけないと思うのですが、ぜひこの技術の利点をうまく宣伝をして展開できることを願っております。以上でございます。

【河瀬分科会長】 状況認識や目標設定についていかがでしょうか。佐々木委員お願いします。

【佐々木委員】 今私も同じことを思っています、かなり温暖化政策が厳しくなってきたという環境の変化の中で、この技術をどうやって今後展開していくのか。つなぎの技術という位置づけで捉えていらっしゃるのか。一方、「COURSE50」といったところも入っていきますので、このあたりの技術の組合せ、CCSも含めたところでの方向性として、少し方向転換があるのか、現状のままをお考えなのかという点をお聞きできればと思います。

【武田PM】 今GI基金において、水素還元製鉄や大型電炉の導入が進められていますが、完全に水素還元製鉄になってしまうとやはり高炉はなくなってしまいますので、これはもうフェロコークス技術の出る幕ではないということは自明の理ですから、その技術が普及するまでのトランジション技術であるということはそうだと思います。ただし、各社の取組を見ていると、やはり日本製鉄等でも高炉を残して、それから「COURSE50」や「SUPER COURSE50」を使いながらやっていくという政策もありますし、JFEスチールでもカーボンリサイクル高炉ということで、高炉を残すような政策でやられていることを認識しております。そうしたところで、ある程度高炉が残っていくということであれば、このフェロコークスの技術もまだその間は使えるのではないかと考えております。この技術を磨き上げ、省エネルギー効果と経済効果もございますので、そのようなものに活かしていけたらと考えております。

【佐々木委員】 それから経済効果のところなのですが、トランジション技術という位置づけにすると、結構設備寿命が短くなってしまわないのでしょうか。要は、投資対効果が減ってしまうのではないかとということについて、今頂いているデータとしては、恐らく運用時のコークスの削減が主な効果だと思うのですが、投資という視点、全部の経営という視点で見たときにその設備寿命をなるべく長く使いたいということと、カーボンニュートラルとの組合せといいますか、整合性といったところはどうにお考えですか。

【武田PM】 設備については、トランジション技術と捉えた場合でもかなりの期間使うのではないかとということで、一応2040年の水素還元製鉄やカーボンリサイクル高炉については2035年という数字が出ており、開発技術が出来上がるというところがその時点ですが、それから普及をしなければいけないので、普及するまでにまだかかるのではないかと考えます。その間使い続けるということを踏まえれば、今から考えてもかなりの期間使える技術ではないかと考えております。また、経済効果280億円というものは、これは2017年の開発の開始時点で試算した数字でございますが、それがあれば、かなり短い期間で償却できるのではないかと考えておりますので、その点はGIの開発が実現したとしても、その期間で十分採算の合う技術だと考えております。

【佐々木委員】 ぜひ、実用化を頑張ってくださいと思います。よろしく願いいたします。

【河瀬分科会長】 そういう意味では急がないといけない技術ですね。ほかはいかがですか。角田委員、お願いします。

【角田委員】 アウトプット目標の達成状況の新規バインダーについて、非常に達成度がよくできていて、二重丸があるなどほかのところと比べるとかなり良好に進んだという印象を受けました。アウトカムの

ほうには特に記載がないのですが、こちらについてはどういった導入が検討されているのかをお聞かせいただけますでしょうか。

【武田 PM】 この新規バインダーを開発したという当初の理由が、フェロコックス技術が普及し、多くの高炉に普及して使われるようになった場合に、既存のバインダーが不足してくることが分かっており、それに対応する技術ということでこの開発を入れました。いつ頃から明確に不足してくるといのは、はっきり分らないのですが、やはり多分 2030 年の 5 基とかそういう時点ではまだかもしれませんが、どんどん普及していくに伴って必要とされる技術だということで考えております。いつからといのを明確に今回記述することはできなかったのですが、将来この技術が普及してきたときには必ず必要になっていきますので、そういう意味では非常に開発意義があったと考えております。

【角田委員】 分かりました。ありがとうございます。もう一点お願いします。アウトカムの達成までの道筋について、もう少し解像度を上げてお聞かせいただきたいのですが、課題①、②が今検討しなければならないこととして挙がっております。ただ、2030 年のアウトカムに向けて CO<sub>2</sub>削減効果 82 万 t、CO<sub>2</sub>で年間達成するということが目標になっております。つまり、検討しなければならないのですが、後ろは詰まっている状況です。新設するにはやはり時間も必要であるので、この課題①、②をどのぐらい目標を目途に考えていって、新設をどのぐらいからスタートすれば目標が達成できそうかというようなもくろみであるのでしょうか。あとは業界として、5 基導入を目指すということであるので、どういった会社であるとか、例えば海外展開があるとか、そういったところの情報をお聞かせいただけないでしょうか。

【武田 PM】 現在 2023 年で、もう 2030 年まで 7 年しかないというということで、現状は主力となる JFE スチールで FS を行っているところでございますが、特にこの課題①が達成できなかったことに対しては、目標値も明確になっております。課題①については、急ピッチで進めているというところです。課題②については、これは今の開発期間中に問題点として出てきたということで、具体的な取組としてはこれからになると思いますが、これについても 7 年しかないというので、特にフェロコックスの製造設備だけではなく、還元性の良い原料の焼結工程であるとか、そういったものも影響しますし、高精度の分布制御技術ということは、これは高炉の投入方法にも関係をしていきますので、やはり高炉側、焼結機側、原料側の技術開発も必要だということで、これはもうちょっと時間がかかるかと思いますが、すぐにできるものはすぐに行い、それから検討をこれから進めなければいけないものを順番といいますか、積極的にやっていく中でも大きく 2 つに分けております。そして、2030 年に最終目標を達成するための課題抽出や技術開発を進めていきます。

【角田委員】 業界の感触といいますか、フェロコックスに対する業界での取扱いというところでは、どのようになっていますか。

【武田 PM】 各製鉄会社とも状況がいろいろあるみたいで、原料の購入の仕方であるとか、おのおの輸入している石炭、その辺の銘柄の問題は少し調整が必要だということで、まずは今やっている JFE スチールの高炉を実現してということで、それから展開していくという形になると思います。

【角田委員】 基礎固めが重要ということですね。

【武田 PM】 そのとおりでございます。

【角田委員】 分かりました。ありがとうございます。

【河瀬分科会長】 ほかにいかがですか。林委員お願いします。

【林委員】 中規模設備の開発ということで、今回、残念ながら降雨の影響のためにうまくいかなかったということですが、先ほどこの点に関しては従来の高炉技術を使って解決ができるというお話だったのですけれども、今後もこういった集中豪雨などは起こり得ることですので、何か今後この原料を湿らせない、あるいは乾燥させるなどそういった対策は取られようとしているのでしょうか。

【武田 PM】 現状といえますか、普通は野積みになってしまいますが、今回の中規模設備では、事業期間の終わり頃でしたが、テントのようなものを張って雨を防ぐというような対策は取りました。製造したフェロコックスを高炉に持っていくときには仮置き場が必要になるのですが、その仮置き場を屋根つきのものにするなど、そういう対策は取るべきだと思います。それから雨に弱いというのは分かりましたが、ただ、機械的な搬送方式が全く使えないということもないと思うのです。今回のトラブル事例を教訓にするといえますか、そういう対策を取っていますので、それが逆に言えばノウハウになりますので、その辺の対策を取ったものであれば、水分値が高くなっても搬送に支障はないといったところもございませう。その辺を加味し、降雨対策をする、逆に雨に強い機械的な搬送装置をつくるというような両面の対策で対応していきたいと考えています。

【林委員】 ありがとうございます。あともう一点、この10%のCO<sub>2</sub>の削減には、いわゆる焼結鉱RIの75まで上げたものを使い、周辺のほうにも精度よく分布させる必要があるというのは非常に大きな知見だったと思うのですけれども、どうしても焼結鉱がそういうよいものを大量に手に入れられないというときに、例えばフェロコックスを周辺部のところに入るとか、そういうような新たな方法というのでも検討されるのでしょうか。

【武田 PM】 もちろん原料側の工夫がどうしても必要になっていきますが、ない場合はそういった分布制御の検討は当然やっていくということで、ご理解いただいでよろしいかと思ひます。

【林委員】 ありがとうございます。

【河瀬分科会長】 ほかに、いかがですか。では、河瀬からよろしいでしょうか。例えばスライド32などで、フェロコックスを3分の1入れるという設定にされましたよね。実際やってみると、それが課題達成に丸をつけられなくなった理由になってしまったと思うのですけれども、これが10%や20%だったら結構できましたという結論だったのではないかと思うのです。この3分の1を置き換えるというのにどれほどの根拠があったのかという最初の目標設定についてお伺ひしたいのですが、なかなか合理的に決められないので、エンジニアのセンスでざっくりとでも仕方はないと思うのですけれども。

【武田 PM】 やはり最初に決めたのはざっくりになってしまいますが、30t/dayの2009年から2012年に行った開発で、一応43kg/tの装入で3%程度の削減効果があったということで、単純にこれを直線で引いて延長していったところが元になっております。ですが、今から考えますと直線的に下がっていくとは限らないということの考えが少し足りなかった面はございませう。

【河瀬分科会長】 むしろ逆に、これで想定してやったらトラブルが見つかり、課題がはっきりしてよかつたとは思っているのですけれども、やはり最初はそういうものですね。分かりました。ほかにいかがでしょうか。佐々木委員、お願いします。

【佐々木委員】 まだ決まっていなかもしれないけれども、先ほどの海外展開という話の中で、これは海外でのクレジット化みたいなものは何か検討されているでしょうか。

【武田 PM】 現状はまだ検討していません。今は、2030年に向けた設備改装など、そういった技術の対応に注力しなければいけないところだと思います。それで2030年近くになって国内5基に目途がついたという段階で、次は海外といった話が出てくるのではないかと個人的には思っております。まだ今時点で海外展開というのは具体的なことは検討されていないというところでございます。

【佐々木委員】 分かりました。ありがとうございます。ぜひ海外にも展開していただければと思います。よろしくお願ひいたします。

【河瀬分科会長】 武部委員、お願いします。

【武部委員】 1点伺ひます。石炭を今後も使っていかなければならないと思うのですけれども、その原料炭は世の中の事情としては変わると思ひますが、そのあたりで今後確保の見込みを見通せているのでしょうか。



【武田 PM】 それは製鉄会社によって状況が違うと思うのですが、ある程度見通しは立っているのではないかと私は考えております。

【武部委員】 ありがとうございます。

【河瀬分科会長】 ほかにいかがですか。大場委員、お願いします。

【大場委員】 フェロコックスをつくるというのも課題ですが、出来たものを使うというのが一番の課題だと思います。そういった、出来たものを使うところでも、いろいろ想定と違うようなところがあって、最終的にシミュレーションの結果がいろいろご報告されているのですけれども、そのシミュレーションを実現し、そのめどが立たないと2号機、3号機といった企業の設備投資につながっていかないと思うのですが、どれくらいの期間で10%削減までフェロコックスを高炉に投入できる技術を確立できるという見通しでしょうか。

【武田 PM】 今、JFE スチールが中心になってFSをやっておりますが、多分いきなり多量に入れることはせずに、実際の高炉にテストでは30 kg/tの割合で入れましたが、そのように入れていって、だんだん炉の状況を確認しながら増やしていくということになると思います。ですから、初めから3分の1を入れるのではなく、30 kg/tの実績はありますので、そこから始めていき、徐々に割合を増やしていくという話になると思います。少し時間はかかるものと、高炉の様子を見ながらになると思います。

【大場委員】 分かりました。ありがとうございます。

【河瀬分科会長】 では最後に、もう一度河瀬から伺います。今回3件ほど大学に採択を出しておられ、スライド77等にシミュレーション結果を実験の実験にフィードバックしてうまくいったというご紹介をいただいたのですけれども、シミュレーションで例えばもっと量を増やすというような定性的な結果が出てきたのか、それとも具体的にこの数字は幾らにすればよいといったところまで大学から伝えられてきたのか、どちらになりますか。

【武田 PM】 今後のシミュレーションに関しましては、実際に使うときに攪拌をしまして、その攪拌の仕方もあるのですが、実際にどのくらいの時間だったら完全に混ざるのかということは問題で、攪拌時間をどれくらいにしたらよいのかが分からなかったということで、これをシミュレーションで行い、一応時間を見いだしております。ですから、混ぜるものはもう決まっている、それから容器も4,000Lというのも決まっている。変えられるのは攪拌羽の形状や攪拌の時間であり、その辺をシミュレートしてこれを出したということでございます。

【河瀬分科会長】 分かりました。それでは時間となりましたので、以上で議題5を終了いたします。皆様どうもありがとうございました。

(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

【林委員】 本日はありがとうございました。現在種々行われているCNにおいては水素ありきが前提となっ

ており、いかにCO<sub>2</sub>排出量を削減するかといったことを行われているわけですが、このフェロコークスはそういうものが前提ではなく、今ある既存のものでどこまでCO<sub>2</sub>排出量を削減できるのかを追求しているのがすごくよいところです。例えば新バインダーを開発することや、被還元性の高い焼結鉱を造っていき、あるいは炉頂ガスを循環させる、あるいは均一に分布させるといった技術の積み重ねで10%と、CO<sub>2</sub>の排出量を削減できる可能性を見いだしたというのは非常に意義深いプロジェクトであったと思っています。これから実機に向けてはまだ解決すべき問題があり、採算性であるとか、個々の企業で行っていくであるとか、今回の実機化においてはJFEが中心となり、そこに日本製鉄、神戸製鋼がどれだけ実機化した場合には利益を得るのかといったところも考えていくことになると思うのですが、ぜひとも前向きに取り組んでいただけたらと願っております。以上です。

**【河瀬分科会長】** ありがとうございます。続きまして、武部委員お願いいたします。

**【武部委員】** 本日はご説明ありがとうございました。非常に多くの方が関わりながら、素材に関してここまで大きなプロジェクトを実施なされ、コロナ禍や悪天候、操業トラブル等いろいろ困難があった中で、今回のようにしっかりとした成果を出されたことに対して敬意を表したいと思います。ご苦労さまでした。また、新しいフェロコークスという原料を取り入れて大型プラントを立ち上げられたということも非常に価値があると思いますし、やはりカーボンニュートラル2050年ということで、先ほどもお話があったように、いきなり水素と行きがちなのですが、そのトランジットなところでこのプロジェクトを進めるというのは本当に意味があることだと思います。一般の方も含め、最終的な脱炭素というものにどう日本が変わっていくのかは、いろいろな方が興味を持っていると考えます。ですから、このプロジェクトというのがどんどん進んでいくこと、そして表に宣伝していくことが重要なのではないかと思います。また、私も、ものづくりの研究をしているのですが、素材であるとか、材料の特性であるとか、機能ということにどちらかという目が行きがちなのですが、どうつくるかというものづくりの一番川上のところ、そこが非常に重要だと思いますし、この金属鉄鋼、この素材一番基幹となるところで、こういう新しい展開が続けられているということは本当に意味があることだと思いますので、次の世代の方たちも巻き込みながらぜひ継続していただきたいと思います。ありがとうございました。

**【河瀬分科会長】** ありがとうございます。続きまして、佐々木委員お願いいたします。

**【佐々木委員】** 皆様、特に事業を実施された方は大変苦勞をされたと思いますが、ありがとうございます。先ほど2006年からというお話もありましたし、かなり資金的かつ時間的なことも投入されていますので、ぜひ今回の成果を活かし、実際の実機の導入に向けて引き続き頑張ってくださいと思います。また、鉄自身はまだまだこれから生産が必要だと思いますので、そこに向けて、いきなりゼロカーボン、製造でゼロというのはあり得ませんので、そのトランジションの効果としてもこのフェロコークスは非常に期待できると思いますし、国内での目標、さらにはもっと進んで海外で展開することで日本が貢献していく余地はまだあるのではないかと期待を込めて、お願いをしたいと思います。以上です。

**【河瀬分科会長】** ありがとうございます。続きまして、角田委員お願いいたします。

**【角田委員】** 本日はご説明ありがとうございました。いろいろと聞いていまして、やはり固体を扱うことの

難しさであるとか、製鉄業は非常に操作が多岐にわたっていて、コークスをつくることから最終的に鉄を得る高炉のところまで非常に様々な技術がかみ合わさっている。それでいながら、フェロコークスの効果を最大限に発揮させようという努力は素晴らしいものがあると思いました。また、アウトカムへの達成までの道筋も示していただきましたが、やはりこの課題を解決しなければいけないというところの非常に納得感がありましたし、バインダーが得意な神戸製鋼様、フェロコークスを実施されている JFE 様、シミュレーターを提供なさった日本製鉄様といった 3 社がうまく組み合わさってこのフェロコークスの実証が行われたと感じました。非常に最終的なシミュレーターの結果も目標を達成するという結果が出ていますので、今回終了時評価ということではありますが、今後も継続してぜひ検討いただければと思います。以上です。

**【河瀬分科会長】** ありがとうございます。続きまして、大場委員お願いいたします。

**【大場委員】** 本日はプロジェクトを取り組まれた皆様、資料のご準備ですとか丁寧なご説明をどうもありがとうございます。NEDO の皆様も大変ご準備において苦勞をされることが多かったと思いますけれども、どうもありがとうございました。今回のプロジェクトというのは、CN の次世代の製鉄所までの移行技術ということをおっしゃられていましたけれども、2030 年までに 5 基という計画ですが、今後存続する高炉には必須の技術になっていくかもしれないですし、周辺の技術との連携ですとか課題もいろいろ多いと思いますが、そのあたりを整理されてスケジュールを詰めて進めていただければと思います。私も鉄鋼メーカーに勤務している者として、CN というのがすごく迫ってきているというのは仕事をしていて感じます。ユーザーとの関わりとかもいろいろあるのですけれども、将来的にお客様が商品に「CO<sub>2</sub>何グラム」と表示するような時代がすぐ近くまで来ている。そういった打診もお客様からありますので、自動車メーカーも電気自動車にシフトしていくことを宣言されていますし、CN というのは絶対来るとは思うのですけれども、今回の技術を存続する高炉必須の技術に向けて進めていただければと思います。本日はありがとうございました。

**【河瀬分科会長】** ありがとうございます。続きまして、埜上会長代理お願いいたします。

**【埜上分科会長代理】** まずは、このプロジェクト後半でコロナに見舞われた中でも着々と仕事を進められ、終了成果に結びつけたことに関しまして、実施者の皆様、NEDO も含め敬意を表したいと思います。このフェロコークスのプロジェクトというのは、今日一日の中で何度か話が出てきていますけれども、「トランジションの技術だ」と説明を受けておりますけれども、IEA の試算によれば、どんどん新しい技術が進んだとしても 2050 年で 30%、それが進まないときであれば 60% くらいは高炉転炉法の鉄が必要だという試算も出ておりますので、それを考えればトランジション技術といっても、「2050 年までだ」というのではなく、きちんとその先にもつながっていく技術だと考えておりますので、ぜひそういう息の長いところで、いかにすれば、これを長いこと役立てることができるのかという視点でさらに開発を進めていただけたらよいと思っております。あともう一件、このプロジェクトが「COURSE50」とタイアップしてフェロコークスということで、水素とフェロコークスというのは原理的に相反するところもあるというお話ですが、やはりフェロコークスというのは、高炉の中の状況をコントロールする一つの手段にもなり得るのではないかと思いますので、ぜひ、水素とフェロコークスをあまり切り分けずに、様々な検討を進めていただき、フェロコークスだけの高炉を実現するというのも必要なことだと思うのですが、要素技術としてまた使っていくところも視野に入れながら、今後も実機化に向けて検討を進めていただきたいと思います。私からは、以上でございます。

【河瀬分科会長】 ありがとうございます。それでは最後に私、河瀬からになります。10年後か30年後か分かりませんが、人類は次のエネルギー革命を迎えます。太陽光発電が普通になり、プライマリーエナジーはゼロ円になってしまう時代が来るわけです。今、人類はカーボンをCO<sub>2</sub>に換えてエネルギーを手に行っているわけですが、それがなくなる。しかしながら、鉄鉱石を還元するためにカーボンを使っている製鉄はやはりCO<sub>2</sub>を出すことになり、セメント産業もそうです。エネルギーのためにCO<sub>2</sub>を出しているのではない産業のCO<sub>2</sub>エミッションがこれからますます責められることになっていくのだと思います。そういう意味で、この技術はやはり大切だと思いますし、今回、高炉3社がそれぞれ得意な技術を持ち寄ってこのようなプロジェクトを進めてこられたのは本当に有意義だったと思います。中間評価のときに、「オールジャパンでプロジェクトを組んでいるのだが、中身は単に分担しているだけで連携できているのか疑問だ」といったコメントも出たのですが、今日のお話を伺っていると、進捗報告するプロジェクトメンバーの会議、あるいはプロジェクトマネージャーの入った会議、あるいはアドバイザーボードからの意見を聞くというようなことをかなり頻繁にやられ、年に四、五回の情報交換をされている。また、今日の中で、どこかの課題に応じてほかのメンバーが計画を変えるというような実例についてもお伺いしました。かなり連携もきちんできたほうだと思います。

委員の皆様のコメントがとてもポジティブだったので、ちょっと意地悪なことをあえて言うのならば、例えば全体の数値シミュレーションの結果を受けて、最初のフェロコックス製造の条件が変わるといほどの大きな情報のリサイクルというのは難しいのだと思いました。これは仕方がないところですが、並列で開発していきますから、シミュレーション結果が出るのも最後、それに対応して何かしろと言われても無理というのはもちろんなのですが、何かそういうことがもう少しできたかもしれない。それから、もう一つ強く思ったのが、これはもう商用化間近ではないかといったところです。よくこの手のプロジェクトの最終の評価に参加させていただくと、まだまだこれから課題は山積みだとか、本当に商用化をする気があるのかといった感じの報告を聞くことも多いのですが、今日の話はもう三、四年あれば工場を建てますというレベルまで来ていると感じました。そういう意味でもうまくいったほうだと思います。さらにもう一つ、この自己評価書類の中で実施項目の2つにバツをつけられたというのが、今回とても印象深いことでした。私自身のプロジェクトでもそうですが、「これをやります。この目標を達成します」といって、やはり丸をつけたくなるものですが、やればできることをやっても仕方がないです。本当に作業が残っているだけであれば、各社自分たちのコストでやるでしょうし、やはり何かチャレンジングな課題があるからこそNEDOが支援する意味があると思いますので、今回やられてうまくいかなかったことも発見されて、ここに最後の課題が残っているというのをはっきり示されたのはむしろよかったことだと私は評価しています。以上、思ったことを述べさせていただきました。これから先に何かお役に立てればと思います。皆様、今日はどうもありがとうございました。

【對馬専門調査員】 ありがとうございます。それでは、推進部長から一言よろしく願いいたします。

【萬木部長】 推進部署であります、省エネルギー部の萬木より、一言ご挨拶をさせていただければと思います。河瀬分科会長、埜上分科会長代理をはじめ、委員の皆様におかれましては長時間にわたるご審議、活発なご議論、また今後に向けての期待を込めたコメントをいただきましたことは私どもの大変励みにもなります。本当にありがとうございました。また、本日は大変貴重なご意見、ご示唆をいただいたものと認識しております。本事業は2017年度から6年間にわたって実施されましたけれども、総額約200億円、NEDOの2分の1の助成があったとはいえ、事業者の皆様におかれましては100億円近い費

用を負担された事業でございます。各事業者の皆様におかれましては、この費用を社としてどのように回収していくのかということで、今後も引き続きの研究開発に注力されていくものと理解しております。アウトカム達成にあたっては2つの大きな課題がございましたけれども、2030年の温室効果ガス46%を削減、それから2050年にカーボンニュートラルを目指すという我が国の目標を鑑みますと、この技術の成果を継続的に検証し、成果の最大化を図っていくとともに、「早く社会実装をしていく必要がある」という委員の先生方からのご発言もありましたけれども、トランジション技術だからこそ早期に実装をしていく必要があって、そのためにもまずは300t/dayで5基を設置することが当面の目標になっているかと思えます。しかしながら、この社会実装するにあたって120%のものを提供するという今日の日本ブランドの信頼性を確立してきたやり方では、スピード感を求める昨今、時すでに遅しにもなりかねないという危機感も一方でございます。公開セッションにおいてPMの武田の説明にもございましたけれども、今後の普及展開先としてインドや中国、特にインドにおいては、「2040年までには石炭が重要なエネルギー源になり続ける」ということを石炭省の大臣が発言しております。インドの低品炭の品質が今回のフェロコックスに適切なものかは今の段階では分かりかねますけれども、日本での技術開発、それと海外の普及展開への活動を並行して行っていく必要もあるのではないかと感じております。「言うは易し」と感じられている方もいらっしゃると思いますが、本日の委員の先生方からのご意見も踏まえ、私どもNEDOといたしましては、引き続き事業者の皆様の研究開発をフォローし、事業者の方々共に、そして必要に応じて支援を行いつつ、社会実装につなげていければと思っております。改めまして、委員の先生方、また実施者の皆様におかれましては、本日は長時間にわたり、お疲れさまでした。本当にありがとうございました。

【河瀬分科会長】 ありがとうございました。それでは、議題8を終了といたします。

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における技術評価について
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
番号なし	質問票（公開 及び 非公開）

以上

研究評価委員会

「環境調和型プロセス技術の開発／②フェロコックス技術の開発」（終了時評価）分科会

質問・回答票（公開）

資料番号・ご質問箇所	質問	委員名	回答	公開可/非公開
資料5, p.2	プロジェクト全体として①と②のシナジー効果が見込める構成なのか。	基上分科会長代理	p.2「プロジェクトの概要」は、NEDOが環境調和型プロセス技術の開発として①と②の二つのテーマを実施したいことであり、シナジー効果が見込めるとは記してはございません。フェロコックスと水素吹込みの組み合わせについては、ご質問の通りにより多くの可能性は考えられますが、原理的には相反するものになるため、更なる検討をすることは現状考えておりません。	公開可
資料5,p.3	アウトプット目標においてフェロコックス比を33%と根拠は何か。	基上分科会長代理	P98に示すように、前PJ(2009～2012)において、フェロコックス原単位43kg/tの条件で、約3%の省エネ効果が検証されました。本PJではこの効果がフェロコックス多量装入時にも継続すると仮定して、フェロコックス由来のCO <sub>2</sub> 比がフェロコックスの1/3にまで外挿できるとしたら、省エネ効果10%が達成できると期待したことが、33%の根拠となります。	公開可
資料5,p.3	出口戦略において2030年代中頃までの実高炉適用を5基と設定しているが、プロジェクト策定時と比較してCNに向けた諸施策の推進強化および各社設備集約が進んでいる先の展望として変更は無いのか。	基上分科会長代理	p.18アウトカム達成までの道筋に記載しておりますように、まずは中規模設備において社会実装に向けて課題①と課題②をクリアにすることが大前提となっております。また、プロジェクト策定時は、CN関連の施策は御座りませんが、本フェロコックスPJはあくまでCN技術(Super-COURSE50やシャフト炉)による水素還元製鉄)が完成するまでのランジション技術(通常高炉が上記製鉄プロセスへの置き換わりが完了するまでの期間)という位置付けでございます。	公開可
資料5,p.41	原料の絞り込みについて、原料選択の理論・方法に関して将来的な原料動向を踏まえた知見の一般化は出来ているか？	基上分科会長代理	フェロコックスは、非結晶質と原料炭の中で溶融軟化性の低い石炭、2銘柄の組合せとなっております。溶融軟化性の低いものは従来の測定方法では、違いが分からないため(それくらい溶融性が低いものでなければ乾留時に融着します)。JFE独自の測定方法により微細な溶融性に明確な違いを与えることが可能となりました。その手法を原料選択に反映させています。	公開可
資料5,p.42	実高炉への長期安定試験が当所計画通りの期間を達成できていないが、フェロコックス装入による低温化および還元材比低下は高炉プロセスの駆動力低下を意味し、操業変動への耐性の低下・操業の難しさにつながるかと予想されるが、長期安定操業への見通しは立っているか？	基上分科会長代理	低還元材比操業は、フェロコックス装入有無にかかわらず操業変動の耐性、難しさは同等、すなわち、溶融温度の低下や炉頂での水分凝縮、Zn付着などの問題には出現するものと思われず。しかし、ご指摘のように、フェロコックス長期試験に基づきフェロコックスに特有の現象を把握すること(例えば粉化に伴う通気悪化の程度など)はできていませんので、今後、長期試験により課題を把握しつつ、その解決に努めたいと考えています。	公開可
資料5,p.79	落下衝撃の緩和のため搬送経路内にストーンボックスの設置がなされたが、衝撃緩和の一方、経路内の移動速度は低下するため搬送量が大きくなると搬送効率の制約となり得る。中規模から実機へのスケールアップを見据えた検討はなされているか。	基上分科会長代理	p.18アウトカム達成までの道筋に記載しておりますように、中規模設備において社会実装に向けて課題①と課題②をクリアにすることが大前提となっております。スケールアップという点では、設備高さを抑え、ベルト引き回しを考慮した設備配置を検討することにより、運搬によるトラブルを抑えられる可能性はございますが、実機規模の設備仕様検討は今後の課題となっております。	公開可
資料5, p.23	省エネ10%の効果10%について、フェロコックス製造で消費するエネルギー込み込みでどうか。フェロコックス1500t/d製造時のフェロコックス製造に必要なエネルギーとCO <sub>2</sub> 排出量はどれくらいでしょうか。	大場委員	省エネ10%の定義は製鉄工程にInputされるエネルギー(殆どは石炭です)の削減量で定義しています。削減後のInputエネルギーで製鉄工程で使用する全てのエネルギー(フェロコックス製造も含む)を削っているため、省エネ10%の中に含まれることとなります。1500t/d時の必要エネルギー等の検討はできていません。300t/d設備を単純に5基並列するのではなく、設備によってはスケールアップできる可能性があります。このような設備仕様を検討することが今後の課題となっております。	公開可
資料5, p.72	30t/dのベルトプラントから300t/dの中規模設備に拡大したことで、設備的・技術的にどのような条件が変化してリアルに繋がっているのでしょうか(30t/dでは30日間連続操業できたのに300t/dでは100t/dに留まっています)。1500t/d実現に向けた技術的課題と実現性はいかがでしょうか。	大場委員	京浜300t/dプラントは、50mx80mの敷地に建設しました。福山300t/dプラントの1/2の敷地に1/10スケールのプラントです。原料の搬送は、ベルトコンベアでの運搬が大半で垂直コンベアを使用していたのは、成型物を乾留炉炉頂に送り込む部分のみで高さも30m程度でした。福山300t/dプラントは、敷地の狭さからベルトを引き回すことが出来ず、箱ものを上へ積み上げる構造となっております。これによりベルトコンベアやスクリーナー等での搬送を差さるを得ない状況となり、トラブルが頻発しました。さらに、京浜では屋根付き原料置場が隣接しておりまして、生産量が少ない300t/dでは十分に備蓄ができ、降雨による(原料水分率)による腐りや閉塞)がクワンタムがかりませんでした。更なるスケールアップという点では、設備高さを抑え、ベルト引き回しを考慮した設備配置を検討することにより、運搬によるトラブルを抑えられ、また、配合層のような貯留槽を設けることで降雨影響も抑制出来ると考えられます。	公開可
資料5, p.100	実機でのデータは3%削減まで(p.85)で、3%～11%の範囲は高炉シミュレーターの解析ですが、実績に対して外挿範囲が大きいのと感じます。中間あたりの条件(例えば6%削減)で実機で検証ができればいいと思いませんか？	大場委員	p.85の省エネがターゲット10%の検証の実機データは、京浜300t/dプラントでの実機データとなります。実績に対して外挿範囲が大きいのことですが、仰る通りです。300t/dの生産量では高炉は1台稼働して炉頂試験に臨みましたが、京浜の高炉はフェロコックスを投入できる設備がなかったため、製造したフェロコックスを千葉までダンプ輸送し、屋根付きの倉庫(降雨による再酸化防止のため)に2000t留置しました。その際、貯留可能な量(自火報・保有空地など)での試験ということでも3%程度に留まった次第です。6%程度での試験に関して、300t/dの福山プラントで、5000t以上の備蓄が必要となり、製品置場も含め今後の課題となっております。	公開可
資料5 p.24	事業化に際して、エネルギーを補填するため付帯インフラ(LNG供給等)の整備が前提となります。これはCO <sub>2</sub> 削減効果を打ち消すことになるのでしょうか。また、このエネルギー補填によって発生するCO <sub>2</sub> 量は、アウトカム目標の「CO <sub>2</sub> 削減効果 82万t-CO <sub>2</sub> /年」の算出に含まれるのでしょうか。	角田委員	公開資料5、P85の右下図に示すように、モデル製鉄所は製鉄工程と下工程から構成されることとなります。製鉄工程の省エネの考え方は、製鉄工程にInputされるエネルギー(主として石炭)がどのくらい減ったかで評価しますが、製鉄所の省エネは、InputエネルギーとMake-upエネルギーの和がbase条件に対してどの程度減ったかで評価しています。ここで、Make-upエネルギーとは、製鉄工程の省エネによる下工程への供給エネルギーの減少分を外部からのエネルギー供給によって補填するということです。付帯インフラ(LNG供給等)はこのMake-upエネルギーの供給インフラという意味になります。従って、製鉄所の省エネは製鉄工程単独の省エネ効果と比べて当然減りすることになります。	公開可
資料5 p.42	省エネ目標を達成するためには様々な対策技術(比還元性アップ、装入物分布適正化、炉頂ガス循環等)を導入することが前提となります。これらの対策を実際に導入することは可能と考えているのでしょうか。実機導入に当たっては検証する時間が必要と推察しますが、アウトカム達成時期までに導入が見通しがあるのか、お聞かせください。	角田委員	比還元性アップ、装入物分布適正化については、現状の操業技術の延長線上にあり、実現できる可能性は十分であると判断されますが、炉頂ガス循環技術はCOURSE50の要素技術であるものの、まだ完成した技術ではございませんので、現実的な操業にすぐに適用できるかという点では難しい条件と言わざるを得ません。	公開可
資料5 p.59 指摘事項6, p.85	中間評価結果への対応の中で、効果検証となるシミュレーションの予測精度を上げる工夫について、フェロコックス装入量30kg/tに追加して45kg/t以上の水準を実施する計画について言及されています。しかしながら、効果検証(p.85)の評価前提には組み込まれていません。組み込まれなかった理由をお聞かせください。	角田委員	フェロコックス装入原単位30kg/tを計画通り実施。1回目の悪化炉装入連続は約2週間留まりましたが、操業上の課題が明らかとなりました。通気性改善のための高精度分布技術の開発が必要と考えております。	公開可
資料5 p.92	新規固形バインダーおよび液体バインダーの商業化に向けた計画はいつから実施する予定でしょうか。いずれのバインダーも強度が向上しており、アウトカム目標に合わせて実施することが望ましいと思っておりますが、いかがでしょうか。	角田委員	固形バインダーはアスファルトピッチ(石油精製副産物(ASP))代替、液体バインダーはソフトオイルピッチ(コークス炉副産物(GOP))代替として開発中です。両バインダーの実用化は、フェロコックスの実用化時期、その時期における既存高炉の逼迫状況と価格を考慮しながら検討すべきと考えています。	公開可
公開資料5 28ページ 費用対効果	本ページの情報として、プロジェクト費用の総額とアウトカムについて記載がありますが、事業化された場合(フェロコックス製造設備や高炉の改造等の事業化した場合の追加・改修設備)の投資額は、おおよそどの程度の金額が想定されますか？事業化の際の投資判断では、今回提示されたアウトカムと事業化の投資額の費用対効果が一つの判断要素と考えられます。	佐々木委員	p.18アウトカム達成までの道筋に記載しておりますように、中規模設備において社会実装に向けて、課題①と課題②をクリアにすることが大前提となっております。課題①では効率や稼働率向上のための設備改造等が必要ですが、本中規模設備において、効率や稼働率が上がらなかった最大の要因の一つが湿った原料粉(石炭、鉱石)の物流能力(粉の切り出し、輸送)にありましたので、これに対応した設備改造(すなわち、設備高さを抑え、ベルト引き回しを考慮した設備配置等)にすることが必要と考えています。事業期間終了後、自社開発として課題解決に取り組んでおります。	公開可
公開資料5 28ページ 費用対効果	費用対効果に関連して、事業化した場合の設備はどれだけの期間、利用することを想定できるのでしょうか。当然、故障や部品寿命等でも部分的な交換・改修は行われると考えますが、事業化の投資判断では、検討が行われる要素と考えます。	佐々木委員	p.18アウトカム達成までの道筋に記載しておりますように、まずは中規模設備において社会実装に向けて課題①と課題②をクリアにすることが大前提となっております。また、プロジェクト策定時は、CN関連の施策はございませんでしたが、本フェロコックスPJはあくまでCN技術(Super-COURSE50やCR高炉、シャフト炉)による水素還元製鉄)が完成するまでのランジション技術(通常高炉が上記製鉄プロセスへの置き換わりが完了するまでの期間)という位置付けでございます。	公開可

公開資料5 88、100ページ フェロコックス導入効果の検証	国プロジェクトを達成できる条件として、Fの条件を満たす操業条件であれば目標を達成できる可能性が示されているが、Fの操業条件は事業化した場合に、現実的な条件と理解して良いでしょうか。シミュレーションの条件設定上では可能であるが、現実の操業においては、非常に難しい条件である可能性もあると考えられるため。	佐々木委員	Fの条件は、鉄鉱石の被還元性の改善(R155→75)、ガスの還元ポテンシャルアップのための装入物分布の改善および炉頂ガス循環技術を導入したうえでのシミュレーションです。鉄鉱石の被還元性の改善、装入物分布の改善については現状の操業技術の延長線上にあり、実現できる可能性は十分であると判断されていますが、炉頂ガス循環技術はCOURSE50の要素技術であるものの、まだ完成した技術ではないと見做すので、現実的な操業にすぐに適用できるかという点は難しい条件と言わざるを得ません。	公開可
公開資料5 60ページ 情勢変化への対応	本プロジェクトの成果のさらなる先を見据えると、海外での導入・普及による貢献が期待されているが、2050年のカーボンニュートラルが議論されている現状では、できるだけ早い時期での海外展開が求められます。また特にインドでは、低品位炭が産出されるため、フェロコックスの活用ポテンシャルが見込まれるが、海外の石炭品質状況に応じた対応は可能な設備となっていますか。海外での展開を速やかにするための戦略・課題等の検討は行われていますか。	佐々木委員	フェロコックスは、非粘結炭と原料炭の中でも溶融軟化性の低い石炭、2銘柄の組合せとなっています。その中でも原料炭は、溶融軟化性が低いものを使用し、乾留時に成型物同士が融着しないように製造しております。溶融軟化性の低いものは従来の測定方法では、違いが分からないのですが、JFE独自の測定方法により微弱な溶融性に明確な違いを与えることが可能となり、その手法を原料選択に反映させています。また、石炭粉砕機も硬い石炭系には2台、柔らかい石炭系には1台配置しており、海外展開時にも柔軟な対応が可能となっております。	公開可
公開資料5 74ページ 製造技術実証	今回のプロジェクトでは、中規模設備の開発までが行われたが、事業化においては、より大きな面積が必要となりますか？事業化として導入する製鉄所(5つ程度)の個別条件により、利用可能面積は異なっていると考えられますが、事業化の制約とならないでしょうか？もし、制約となるのであれば、対象製鉄所が絞られてしまいか、面積の制約を少しでも回避する技術開発も必要ではないでしょうか。	佐々木委員	京浜30t/dプラントは、50mx80mの敷地に建設しました。福山300t/dプラントの1/2の敷地に1/10スケールのプラントです。原料の搬送は、ベルトコンベアでの運搬が大半で垂直コンベアを使用していたのは、成型物を乾留炉炉頂に送り込む部分のみで高さも30m弱でした。福山300t/dプラントは、敷地の狭さからベルトを引き回すことが出来ず、箱ものを上へと積み上げる構造となっております。これによりバケットコンベアやスクレーパー等の搬送を差さるを得ない状況となり、トラブルが頻発しました。更なるスケールアップという点では、設備高さを抑え、ベルト引き回しを考慮した設備配置を検討することにより、運搬によるトラブルを抑えられると考えられます。敷地面積が事業化の制約となる可能性も考えられ、実規模の設備仕様検討は今後の課題となっております。	公開可
公開資料5 18、64、65ページ アウトカム達成	また、本プロジェクト終了後の取り組みで得られた技術や知見は、本プロジェクト全体の参加者で共有されるのでしょうか。	佐々木委員	具体的な操業に関する細かな部分、シミュレーションの中身など各社のノウハウ的な部分は開示されておりませんが、成果報告の場である技術検討委員会や研究会において情報を共有しております。	公開可
公開資料5 3ページ ROIイメージ	事業化において、設計・製造・据え付け・運転支援などの分担について、本プロジェクト参加者で既に合意されているのでしょうか。	佐々木委員	ROIイメージは、フェロコックスを開始する以前に参画予定企業で合意した内容でございますが、事業化における具体的な役割分担につきましては、本日のスコア外でございます。事業化するかどうかは、個社での評価(省エネ、CO2削減や経済性等)や個社の事情(敷地、インフラ等)を勘案して判断されることとなります。	公開可
資料5-8ページ	事業背景で2019年度(開始直後)の統計データを載せているが、最新情報はどこまで把握しているのか？プロジェクト終了時の現在の状況は？	武部委員	本日の開始は2017年度でございます。当初、開始直後の統計データとしては、鉄連の報告書「鉄鋼業の地球温暖化対策への取組 低炭素社会実行計画実績報告 2017年2月15日」に掲載の2015年度データを使用しております。 <a href="http://www.jist.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/documents/4-1tekkow20170215.pdf">http://www.jist.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/documents/4-1tekkow20170215.pdf</a> 今回使用しているデータは、鉄連の報告書「地球温暖化対策への取組状況についてカーボンニュートラル行動計画(低炭素社会実行計画)報告 2022年3月」に掲載の2019年度データであり、現状報告されている最新データです。 <a href="http://www.jist.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/documents/4-1tekkow20180207.pdf">http://www.jist.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/documents/4-1tekkow20180207.pdf</a> 本エクセル資料の「日本の転炉鋼エネ効率比較」タブには、上記2015年度、2019年度に加えて2010年度のデータも併せて示しますが、2010年度から2019年度に至る過程でほとんど順位に変動はございません。従って、2023年度現在も、順位に大きな変動はないものと推察いたします。	公開可
資料5-19ページ	公開/非公開とする製造・使用技術及び操業(運転)技術の切り分けについてより具体的に説明頂くことは可能か？	武部委員	製造面では、一般的に周知の技術に関してはただ単にフェロコックスに応用したいという点で公開しておりますが、ノウハウ的な技術、例えば混練・成型に関する操業条件などは非公開としております。	公開可
資料5-23ページ	原料確保の見込みは十分か？十分に見込まれているのか。あるいは諸事情により大きく変化する可能性があるのか。	武部委員	フェロコックスは、コークス伊と異なり非粘結炭と原料炭の中でも溶融軟化性の低い石炭、2銘柄の組合せとなっています。溶融軟化性の低いものは従来の測定方法では、違いが分からないため(それくらい溶融性が低いものでなければ乾留時に融着します)。JFE独自の測定方法により微弱な溶融性に明確な違いを与えることが可能となりました。その手法を原料選択に反映させています。コークス伊に使用する石炭と品位がことなるため、原料確保が大きく変化する可能性は低いと考えます。	公開可
資料5-30ページ	2009~2012、2017~2022年度のNEDOプロジェクトの研究結果が今回のフェロコックス技術にどのように活かされているのか？	武部委員	29ページ、「アウトプット目標の設定及び振興(前身事業等)」に記載しておりますように、先導的研究ではフェロコックスプロセスに関する要素技術の開発を実施、革新的製鉄プロセスでは各プロセスの研究を実施し、今回の中規模設備に反映させております。	公開可
資料5-40ページ	現時点では100t/dに留まるという点だが、30ページ記載の2017~2022年度の300t/dの実証試験での課題が活かされたうえで今回の結果となったのか。前プロジェクトとの整合性及び今回の進捗性は？	武部委員	今回の事業期間、6年間となりますが建設に約3年半かかっており、実操業は2年間となります。過去のナショナル成果は、個々の技術に反映させて参りましたが、京浜パイロットの10倍という設備において想定外の課題も新たに出現して参りました。特に原料の搬送という点が最も苦労したところです。京浜30t/dプラントは、50mx80mの敷地に建設、福山300t/dプラントの1/2の敷地に1/10スケールのプラントです。原料の搬送は、ベルトコンベアでの運搬が大半で垂直コンベアを使用していたのは、成型物を乾留炉炉頂に送り込む部分のみで高さも30m弱でした。福山300t/dプラントは、敷地の狭さからベルトを引き回すことが出来ず、箱ものを上へと積み上げる構造となっております。これによりバケットコンベアやスクレーパー等の搬送を差さるを得ない状況となり、トラブルが頻発しました。また、ボリュームという点では降雨の影響が大きな課題となり、近年の集中豪雨等に対応できなかったという点は今後の課題です。	公開可
資料5-42ページ	フェロコックスの作り溜めとあるが、現在の製造方法で作り溜めするだけでよいのか？新しい技術開発が必要なのか。	武部委員	ここでは、装入原単位のことを対象としております。原単位30kg/てでありは現有設備能力が活かされれば、高炉への直送が可能ですが、設備トラブル、降雨等により連続操業が出来なかったため、搬送製品が途切れないように作り溜めという操業を行なったということになります。ただし、作り溜めだけでは製品の置き場ある程度必要となり、装入原単位にも限界が出て参りますので、現在は新たな技術開発というよりは、能率を上げるための設備改造を行っております。	公開可
資料5-43ページ	新しいバインダーが開発されたとのことだが、この成果は今後のアウトプット目標達成に対して、どのように位置付けているのか？	武部委員	NEDO事業におけるアウトプット目標は達成したと考えています。一方で今後のこと(例えば商業化に向けた計画などは、フェロコックスの実用化時期、その時期における既存バインダーの逼迫状況と価格を考慮しながら検討すべきと考えています。	公開可