

総合科学技術・イノベーション会議 第113回評価専門調査会  
議事概要

日 時：平成27年11月17日（火）15：00～16：35

場 所：中央合同庁舎第8号館 623会議室（6階）

出席者：

委員： 久間会長、原山議員

天野委員、荒川委員、射場委員、上野委員、北村委員、庄田委員、  
白井委員、菱沼委員、福井委員、松岡委員、松橋委員

事務局：中川審議官、松本審議官、西尾ディレクター、上谷企画官、  
松下参事官補佐、高橋上席政策調査員

オブザーバー：

覚道課長（経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部石炭課）

榎本課長補佐（経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部石炭課）

相曾副社長（大崎クールジェン株式会社）

椎屋マネージャー（大崎クールジェン株式会社）

議 事：1. 国家的に重要な研究開発の中間評価結果（案）について

- ・「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業費補助金」  
（経済産業省）

2. その他

（配布資料）

資料1－1 中間評価結果（原案）

資料1－2 「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」（概要）

資料1－3 評価の調査に係る資料（経済産業省作成資料）

資料2 第112回評価専門調査会議事録（案）（委員のみ）

参考1 総合科学技術・イノベーション会議評価専門調査会名簿

参考2 総合科学技術・イノベーション会議が事前評価を実施した研究開発に対する中間評価の調査検討等の進め方について（平成27年8月25日評価専門調査会決定）

(机上資料)

- ・総合科学技術会議が実施する国家的に重要な研究開発の評価「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業費補助金」の評価結果（平成23年12月15日 総合科学技術会議）（冊子）
- ・国の研究開発評価に関する大綱的指針（平成24年12月6日 内閣総理大臣決定）（冊子）

議事概要：

【久間会長】 皆さん、こんにちは。本日は御多忙の中、御出席いただきまして、どうもありがとうございます。定刻になりましたので、ただいまから第113回評価専門調査会を開催いたします。

本日の議題は、議事次第に示してありますように、国家的に重要な研究開発の中間評価結果（案）について「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業費補助金」となっております。

それでは、まず事務局から配布資料の確認をお願いします。

【上谷企画官】 議事次第の裏面に配布資料の一覧をつけておりますので、それも御覧になりながら確認いただけますでしょうか。

まず、資料1-1、中間評価結果の原案です。資料1-2、今回対象となりました実証事業の概要、資料1-3、これは評価検討会で経済産業省から提出いただいた資料です。それから、資料2、これは委員限りでお配りしておりますが、前回112回の評価専門調査会の議事概要（案）です。

そのほか、参考1としまして、評価専門調査会の委員名簿、参考2としまして、中間評価の進め方についてというものをお配りしております。

冊子としまして、事前評価の評価結果と大綱的指針となっております。

【久間会長】 ありがとうございます。

今回の中間評価の対象は、経済産業省の「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業費補助金」です。評価検討会を設置し、2回にわたって調査検討を行っていただきました。本日は、評価検討会において取りまとめられた調査検討結果について御審議いただき、評価結果（案）を取りまとめたいと思います。取りまとめた評価結果（案）は、次回の総合科学技術・イノベーション会議本会議に付議し、審議決定いただくこととなります。

本日は、実施省である経済産業省にもオブザーバーとして御出席いただいております。

本日の審議の進め方ですが、まず、事務局から本件の検討の経緯を説明いただいた上で、評価検討会の松橋座長から評価検討会において取りまとめた評価結果原案について30分程度で御説明いただきます。その後、

評価専門調査会としての案の取りまとめに向けた討議を30分程度行いたいと考えています。

それでは、御説明をお願いいたします。

【上谷企画官】 まず事務局のほうから、資料1-1の21ページを御覧ください。ここに、参考3の審議経過を用いて簡単に御説明いたします。

9月15日の第112回評価専門調査会でもって本件の評価検討会を設置すること、それから進め方について御確認いただきました。また、経済産業省から事業の概要等の説明をしていただきました。

それを踏まえまして、10月6日と10月28日に評価検討会を2回行いました。この評価検討会では、経済産業省からいろいろ御説明を頂いて質疑応答し、御議論していただいたというような経緯でございます。

【久間会長】 それでは、松橋委員から御説明をお願いします。

【松橋委員】 それでは、私のほうから説明をさせていただきます。

ただいまご紹介のありました資料1-1の中間評価結果（原案）という資料を慎重を期して読みながら御説明をさせていただきます。

まず、2ページを御覧ください。

評価対象の名称、それから実施府省、経済産業省、実施期間及び予算額は、そこに書いてあるとおりでございます。

事業計画内容について、これは簡単に読みますが、本事業は、石炭火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>を大幅に削減するため、商用機の1/2～1/3スケールに相当するデモンストレーションスケールの実証事業により、高効率石炭火力発電技術である、「石炭ガス化燃料電池複合発電」と「CO<sub>2</sub>分離・回収」を組み合わせた革新的低炭素石炭火力発電の技術を確立し、商用スケールでの実用化を目指すものである。

本事業の実施期間は平成24年度から平成33年度までで、第1段階から第3段階で構成されています。第1段階では酸素吹石炭ガス化複合発電（IGCC）の実証、第2段階ではCO<sub>2</sub>分離・回収技術を組み入れたシステムの実証、第3段階では、これに燃料電池を組み込んだ石炭ガス化燃料電池複合発電システムの実証という3段階の計画になってございます。

なお、平成10年度～26年度にかけて、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による研究プロジェクトとして、「多目的石炭ガス発電技術開発（EAGLE）」が北九州市若松区の電源開発株式会社、今、J-POWERとっております、J-POWERの若松研究所において実施されております。EAGLEプロジェクトでは、本事業の1/8スケールのパイロットプラントを使った第1段階及び第2段階の技術的検討が行われてきました。本事業は、このEAGLEプロジェクトの成果を応用してスケール

アップし、さらにその問題点を改善して、商用機スケールの課題を抽出するとともに、Operation&Maintenanceの知見を収集することで、実用可能な技術として確立することを目指しているということで、実施研究機関が大崎クールジェン株式会社、これはJ-POWERと中国電力が50%ずつ出資した運営会社ということになります。

この事業につきましては、以前、平成23年12月、これは3ページの下半分のところですが、事前評価を行いました。その事前評価におきまして、酸素吹IGCCにCO<sub>2</sub>分離・回収技術及び燃料電池を組み合わせた複合発電システムを構築するというコンセプトは、我が国が目指すべき一つの方向であるというふうに評価されてきました。また、計画が具体化している第1段階については、実施の意義・必要性は高いものというふうに評価された。さらには、本事業による成果を確実に獲得し、その成果を広く社会に還元していくために、3つの指摘事項がありました。それは、①として、市場導入を念頭においた目標を設定する、②として、的確な計画の見直し、③として、将来の市場獲得に向けた戦略的な取組ということを付して、実施することが適切であるという評価を受けました。

一方で、第2段階、第3段階については詳細な計画が立てられておりませんでしたので、移行前に、他のプロジェクト等におけるCO<sub>2</sub>分離・回収技術や燃料電池の開発状況を十分に踏まえた上で、経済産業省における評価結果を基に、総合科学技術会議としても必要な評価を行うということにいたしました。

加えて、プロジェクト開始2年目には、事前評価のフォローアップを実施いたしました。

そういうことで、フォローアップでは、第1段階については概ね指摘事項に沿った対応が図られているものの、引き続き取り組むべきであるとされた事項については、確実に実施されるよう更なる対応を求めたということです。

2.3、2.4につきましては一般的なことが書いてございますので、省略をさせていただきます。

2.5で、5ページでございますが、研究開発成果に係る経済産業省の評価結果ということで、経済産業省におきまして、平成27年6月～8月にかけて、「経済産業省技術評価指針」に基づいて、外部有識者による当該事業中間評価検討会及び産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループにより、第1段階の中間評価と共に、第2段階移行前の評価を実施した。その評価結果は、2.5.1及び2.5.2に書いておるとおりでございます。

そこに書いているところ、2.5.1は、最後のところに書いてございますように、新興国をはじめとして、世界中で石炭火力に対してCO<sub>2</sub>排出量の低

減が求められている中、「石炭を高効率で利用することでCO<sub>2</sub>排出量を大幅に低減する技術開発を行っている」ということを社会一般に対して積極的に発信すべきという提言を受けてます。

それから、第2段階のCO<sub>2</sub>分離・回収技術の組入れについては、その妥当性は充分認められるというふうに評価を受けていますが、一方、革新技術創出のための基礎研究の持続的な実施、今後の技術革新を精査し必要に応じて取り込む柔軟な対応、できるだけ前倒しでの成果取得、知財戦略やマーケティング的視点の加味及び建設費の更なる低減等々が望まれるという評価を受けているということでございます。

これを考慮に入れまして、本評価専門調査会としての評価結果の原案でございます、3.、6ページからのところを御覧ください。

まず、3. 1のところにとどの部分でどういう評価をしているかということで、3. 2で事業全体の評価、3. 3で各段階、3段階と申し上げましたが、各段階の目標の達成状況と今後の進め方に関する指摘事項、3. 4ではマネジメント面の指摘事項についてまとめております。

まず、事業全体ということで3. 2のところを御覧いただきます。

特に下線をしたところは評価の結論に近いところでございますが、現時点までの進捗及び今後の実施計画を確認した結果、事業全体に関しては、概ね妥当な内容となっているものと評価できる、しかしながら、以下の事項に関しては、今後事業を進めるにあたり早急に解決すべき課題として経済産業省に対して指摘する、ということでございます。

3. 2. 1で実証事業成果の実用化というところでは、

本事業の直接的な目的は、石炭ガス化複合発電の技術を確立することです。特に酸素吹の石炭ガス化複合発電の技術を確立する、実証事業という出口一歩手前の事業であることに鑑みて、確立した技術を速やかに市場に投入する取組を一層加速するために、商用スケールの実用化を見据えた以下の課題に対応すべきである、ということで、まず(1)でございますが、酸素吹IGCCの優位性の確保ということで、第1段階の酸素吹IGCCでは、CCS、いわゆるCO<sub>2</sub>の回収、貯留というシステムですが、これを組み入れない単独の発電システム、単独のガス化複合発電システムになっております。それをそのものとしてCCSを組み入れる前のものを実用化するという意味では、高いガス化効率、それから、これは狭い意味でのガス化効率ではなくて、ガス化から発電に至るまでのトータル的な発電効率ということまで含めて考える必要があるわけでは、それから、高品位炭から低品位炭に至る幅広い適用炭種の広さ、③として、排ガス・排水処理の高度化、④として、産業用途への応用性などの点で海外のシステムに対して技術的な優位性の目標が設定されております。

「酸素吹 I G C C は、低品位炭に対応できることからランニングコストを低く抑えられるものの、一方でイニシャルコストが高いために、発電コスト面では微粉炭火力と同等と予測されている。」というのは、これは現状の値でございます。

「このため、酸素吹 I G C C の実用化にあたっては、前述の技術的な優位性に加えて、コスト面での優位性を確保するために、ガスタービンの更なる高温化や酸素製造コストの縮減などにより、発電効率のアップと発電コストの削減を実現する必要がある。」となっております。

現在、実証試験されるものの効率とコストという面、特に発電コストで見ますと、微粉炭火力と同等でございますが、本質的には、これの最大の特徴は何かというと、石炭を純酸素下で酸素雰囲気の中でガス化をしておりますので、空気吹のガス化と比べますと生成されるガスのカロリーが高い、1 ノルマル立方メートル当たりのカロリーが高いというのが大きな特徴になっております。現在実は空気吹の微粉炭火力はもちろんです、空気吹の I G C C というのも商用運転がなされて、幾つかのところからこれから売り込みの展開を図る段階に来ておるわけですが、酸素吹はまだその一手手前にあります。しかし、今申し上げたように、本質的には生成製されるガスのカロリーが空気吹のガス化よりは高いために、更なる高温化を図っていくと、そこに空気吹とは違う優位性が確立できるというわけです。ですから、今、ガスタービンの実証試験では、天然ガスを使ったものが1,700℃のガスタービンというのが国家のプロジェクトで実証実験されておりますが、こういったところまで I G C C もガスタービンを高温化していくということになると、ある程度より高温になりますと、酸素吹の I G C C でないと対応できないということになってまいりますので、そこまでいきますと、C C S がなくても、少なくとも効率面での大きな優位性というのが出てまいります。

そういったものと、ここに書いてあるように、酸素製造コスト等々の更なる縮減を図ることで、効率のアップだけではなくて発電コストの削減を目指す必要があるということで下線部に書いてあるということでございます。

7 ページの (2) に進みますが、C C S と組み合わせた酸素吹 I G C C の実用化についてというところでございます。

「石炭火力を取り巻く国際情勢は、2015年12月開催——これから例のパリで行われますC O P 21でございます——C O<sub>2</sub>排出削減の新たな枠組みが採択される見通しであり、また米国オバマ大統領による石炭火力新設に関する公的金融支援の抑制や、米国、英国、カナダ等において0.42～0.635 k g - C O<sub>2</sub> / k W h レベルのC O<sub>2</sub>排出上限が設定・検討されているなど厳しいものとなっている。」このレベルは、例えば超臨界とか超々臨界の現状の

非常に効率の高い石炭の火力発電でも、キロワットアワー当たりで言いますと0.8キログラム前後となっておりますので、率直に申し上げますと、IGCCにして更に高効率化しても、この0.42～0.635という、これがもし排出上限であると言われると、単なる効率化では非常に厳しい値であると言わざるを得ないわけです。したがって、事実上、CCSを備えない石炭火力発電所は建設が困難な状況になりつつあるという認識も我々としては持つておかなければいけないわけです。そうした意味から、国際的にはCCSを組み入れた石炭火力発電に対するニーズは強いと言って差し支えないと思います。

「酸素吹IGCCは、CCSとの相性がよい発電方式であり、CO<sub>2</sub>削減ニーズが高い国・地域への酸素吹IGCCの展開を見据えると、CCSの実用化は本事業成功の大きな鍵となる。」と書いてございます。これは、さっき申し上げましたように、ガス化のところで窒素を入れないで酸素でガス化しておりますので、ガス化された生成ガスがその中に窒素が少量しか含まれない、その状況におきまして、主にはCOと水素というのが主成分になってまいります。それが水蒸気を反応させるシフト反応というのがございまして、CO+H<sub>2</sub>OでCO<sub>2</sub>をつくり、そのH<sub>2</sub>OをH<sub>2</sub>にする、水素にかえる、こういう反応があります。これを使いますと、窒素が少量しか混じらない状況で非常に濃いCO<sub>2</sub>を含むガスができます。この濃いCO<sub>2</sub>を含むガスから物理吸収という方法でCO<sub>2</sub>を回収いたしますと、エントロピー的に考えても、ロスが少ない効率のよいCO<sub>2</sub>の回収ができるわけです。これが酸素吹IGCCとCCSとの相性がよいと書いてあることの意味でございます。

ですから、本質的に酸素吹IGCCとCCSは相性がいいんですが、「しかしながら、」と書いてあるところで、酸素吹IGCCから排出されるCO<sub>2</sub>の貯留については世界的にも実績はありません。我が国においても未だ技術が確立されているとは言えない状況にあります。本事業にはおいてはCO<sub>2</sub>の分離・回収までが対象であり、CO<sub>2</sub>の圧縮・液化・運搬・貯留については対象外ですが、CCSに取り組んでいる内外機関との情報交換が行われているということですが、

CCS、CO<sub>2</sub>の貯留につきましては、別途北海道におきまして国家プロジェクトが進んでおりますが、それとこの事業は直接はリンクしているわけではないということでございます。情報交換は当然のことながら行われています。

我が国が有する世界最先端の石炭火力技術を世界に普及させ、これにより世界全体のCO<sub>2</sub>排出量の削減に貢献するためには、CCSを組み入れた酸素吹IGCCの実用化が重要となります。そのため、別途実証試験及び調査が進んでいるCCS事業の成果等も踏まえ、CCSの技術確立のための具体的アクションを早急に実施すべきであるというふうに指摘をさせていただいております。

次に、8ページの3. 2. 2海外展開について御説明させていただきます。

(1) 海外展開戦略というところでございます。

海外における競争力を確保するためには一刻の猶予もない状況である。これは国際的な非常に激しい競争を行っておりますので、そういう国際情勢を踏まえまして、「経済産業省主導のもと、酸素吹IGCCと空気吹IGCCの棲み分けも含めた海外展開戦略を早急に立案し、官民あげて取り組んでいく必要がある。」というふうに申し上げております。

「例えば、相手国のエネルギー戦略の策定やインフラプロジェクトへの参画、人的・資金的支援ツールの提供など、相手国のニーズに応じて手段の組合せを変えるなどの柔軟な対応が必要である。また、ワンストップでの解決策の提供を目指す「E n e v o l u t i o n」イニシアチブを通じてIGCCやIGFCを含めた日本発の「質の高いインフラ」を世界に普及させるためのPR活動も必要である。さらに、インド、インドネシア、タイ、ミャンマー、オーストラリア、アジア開発銀行などの主要な国や機関とのネットワークを生かした政策対話や国際開発金融機関などとの連携による徹底的な案件の発掘と支援のパッケージ化の促進などの対応も必要である。」ということでございます。

ここに書いてあることは、エネルギー技術全般に言えることなのですが、特に、下線部に書いてございます空気吹IGCCについては、既に一部民間において海外との取組のFS等も進みつつある、こういう現状ですから、それに対してここに「棲み分け」と書いてございます。空気吹IGCCはどのように展開していくのか、それに対して酸素吹IGCCはどこに、どのように活かしていくのかという展開戦略が明確なものが必要になってくるということを御指摘させていただきます。

(2) 海外での事業採算性でございます。

火力発電のような社会インフラ事業の海外展開時においては、技術力以上に事業採算性が勝敗を分ける大きな要因になります。

国内での事業採算性については概算値レベルで検討されておりますが、海外での事業採算性については、イニシャルとランニング双方のコストターゲットとその実力値が現段階では十分に検討されておられません。ということで、海外での事業展開の可能性が明確なっておりません。

このため、海外展開の戦略作りの大前提として、海外での事業採算性についての具体的な検討を更に進めていくべきである、ということでございます。

海外は発電について入札になったり、非常に熾烈なコスト競争という状況がございますので、相当シビアな戦略を立てていかないと、なかなか太刀打ちできないということがあるのでこのような指摘をさせていただきました。

9ページ、3. 2. 3というところで、CCS技術の確立と知財戦略について

てでございますが、（１）ＣＣＳ技術の確立について。

本事業では、酸素吹ＩＧＣＣから発生するＣＯ<sub>2</sub>の分離・回収技術の確立という、ＣＣＳの前段までの技術を対象としております。ＣＣＳの後段、すなわちＣＯ<sub>2</sub>の圧縮、液化、運搬、貯留技術については、本事業では対象としておりません。

しかし、酸素吹ＩＧＣＣのメリットを最大限に生かすためには、運搬や貯留等のＣＣＳ全体の技術の確立する必要があり、商用機で年間数１００万トンと見込まれるＣＯ<sub>2</sub>回収量に対応できるＣＣＳについて、技術的な課題の解決に加え、海外競争力の観点から徹底したコスト削減を進め、これによって酸素吹ＩＧＣＣとＣＣＳを組み合わせたパッケージとして石炭ガス化複合発電技術を確立しておく必要があるという指摘でございます。

なお、ＣＣＳを海外へ展開する場合には、相手国の地理的・地質的状況、政治的、社会的、経済的状況によって、ＣＣＳに求められる能力や技術が大きく異なる可能性があることに留意がいるということで、同じＣＣＳをやる場合でも、例えば枯渇しつつある油田があつて、ＥＯＲと言われる石油の二次回収、三次回収でＣＯ<sub>2</sub>を突っ込むという場合もあれば、オイルメジャーのシュタットオイルがやっているようなスレイプナーという地中のいわゆる帯水層みたいなところにＣＯ<sub>2</sub>を入れておく場合もありますので、そういったとき地理的、地質的な状況、それから相手国がそれを受け入れるかどうか。それから、さらに経済状況も踏まえて、非常に複雑な問題を解きながらこれを展開していかなければいけないわけです。

（２）知的財産戦略でございますが、ＥＡＧＬＥプロジェクトの段階では４０件の特許を出願しております。そのうち６件の基本特許については中国や豪州などで海外出願をしております。また、知的財産は事業者のみならず設備メーカーが使用できる知財協定を結んでいます。さらに実証試験でＯ＆Ｍの最適化を追求し、成果をノウハウとして秘匿化することも計画しております。これは全部特許にして公開してしまうと、どうしても技術の漏えいということもあり、ガス化とか燃焼技術については、ある程度ノウハウとして秘匿化するということがまた重要であるという認識でございます。

海外競争力を確保するためには一刻も猶予がない状況であるということ踏まえると、海外とのパートナーシップとの構築や第３国による技術盗用への防衛策そういうことも含めまして、より具体的な知財戦略を早急に立案し、実行する必要があります。ということです。

３．３で各段階の目標の達成状況等ですけれども、１０ページ、３．３．１の（１）第１段階の目標と現在の進捗状況ということで、お話ししましたように、ＣＣＳのない第１段階（酸素吹ＩＧＣＣ）は、商用スケールの１／２～１

／3スケールのプラントを建設して、従来の石炭火力と同等以上の性能、運用性、経済性を目指すことを目標としています。この目標が実現されれば、世界最高性能の酸素吹IGCCが実現されるというふうに考えているということで、広島県の中国電力株式会社大崎発電所構内、これは大崎上島という島の中にありますが、実証プラント、発電出力が16万6,000キロワットというもので、これが今建設中で、主要機器の設置が終了し、配管と電装工事が進められている段階ということになっております。平成27年度中に受電と単体試運転が開始されまして、28年度に火入れを行い、総合試運転を行って、実証試験が開始される予定であるということです。

(2) 第1段階の位置付けですけれども、平成26年4月11日に閣議決定された「エネルギー基本計画」では、石炭は重要なベースロード電源の燃料として再評価され、また、CO<sub>2</sub>削減の手段として石炭火力の高効率化が必要とされています。石炭火力がベースロード電源とはいうものの、ほかの化石燃料と比べますと、キロワットアワー当たりのCO<sub>2</sub>が必然的に高いものですから、それに対する心配、懸念があるわけですね。ですから、少しでも高効率化してCO<sub>2</sub>を下げていかなければいけない。一方、COP21や欧米のエネルギー政策を踏まえますと、CO<sub>2</sub>の排出量が多い石炭火力に対して、先ほども申しましたが、国際世論の見方が厳しさを増しております。

これらの点から、海外の石炭火力発電よりも高い発電効率が得られ、CO<sub>2</sub>の分離・回収システムと相性の良い酸素吹IGCCに関する技術開発は、国内のエネルギー政策上のみならず海外展開を考える上からも極めて重要な位置付けにあるということには言えるということです。

酸素吹IGCCの空気吹IGCCに対する優位性ということで、既に述べましたように、空気吹IGCCは商用運転が始まっておりまして、海外展開もいろいろ民間が模索している段階に来ております。

ここに書いておりますように、現時点の発電効率は同等ということで、空気吹と比べまして酸素吹は本質的にはガスのカロリーが高いんですが、まだ高いガスのカロリーを十分に活かすほど高温のガスタービンでの運転をしておりませんので、現段階においては発電効率が同等という結果になっておるわけでございます。

先ほど述べましたように、ガスのカロリーが空気吹よりはるかに酸素吹のほうが高いので、ガスタービンの高温化をこのまま進めますと、いずれの段階からは酸素吹IGCCでなければ到達できない温度になってまいります。そうなりますと、酸素吹IGCCのほうが明らかに発電効率が高くなるという段階に入ってまいります。その効率の高さが今度は経済性の優位性に反映してくるはずである、こういう論理展開になってまいります。

そこまでがCCSのない場合で、さらにCCSをつけますと、さっきも申しました理由によってCO<sub>2</sub>の分離・回収のロスが少ないものですから、窒素の混じる空気吹IGCCよりもロスが少ない形でCO<sub>2</sub>を回収できるということで、ますます優位性が際立ってくるわけでございます。

「産業用途への応用について」というふうに書いてあるのは、これは発電ではなくて、例えば水素を利用するようなアンモニアの合成ですとか、あるいは更に言うと、そこから尿素肥料をつくるとか、そういうことになってまいりますと、やはり純水素をつくるところで酸素吹ガス化というのが有利になってまいるということでございます。

それから、11ページの第2パラグラフのあたりに書いてあるのは、こういった優位性はEAGLEプロジェクトで確認されているということと、例えばオーストラリアの褐炭のように、現状では低品位で自然発火性が高く、また水分が高いから輸送が困難であるというようなものもある。だけど、それは現地で酸素吹ガス化技術を応用することによって、現地で褐炭をガス化してシフト反応を行って水素化する。そして、そのCO<sub>2</sub>は適宜CCSで地中に貯留し、その水素を日本に持ってくるというような応用ですね、そういうことが今「オーストラリアやインドネシア」と書いてありますが、「日本への石炭輸出国、あるいは、他の国々への展開も意識した酸素吹ガス化技術のメリットを追求するための研究開発が進められている。」というのは、そういった応用が背景にあります。

経産省におきましては、酸素吹ガス化技術の持つこのような優れた特徴を活かせる用途を開拓するとともに、既に技術が確立している空気吹IGCCとの役割分担、棲み分けを含めた展開戦略を是非具体的に立案する必要があるという御指摘をさせていただいております。

11ページの(3)ですが、実証プラントの設計妥当性ということで、海外で先行している幾つかの国で石炭ガス化プラントがありますが、ガス化効率が低い、スラッキングといたしまして、ガス化炉はいろいろな形式がありますが、スラグを落としていくというところで、そこに詰まる、閉塞ということがありまして、運転時間が長くとれないという課題が発生しております。EAGLEプロジェクトでは、これらの課題を解決するための検証が行われて、今回の大崎クールジェンの実証プラントでは、そのEAGLEの知見が活かされて、スラッキングを防止するデザインがされているというわけです。ということですから、「ガス化炉の単なるスケールアップに留まらず、」第1段階の商用化を視野に置いて、燃料安定供給のための差圧式微粉炭・チャー搬送方式の採用、新しいガス化部温度監視方法の開発など各種改良設計を行っています。さらに、海外の類似技術に対する優位性を確認するための試験項目が検討されていると

ということで、実証プラントの設計内容は妥当なものとして評価しております。

(4) といまして、酸素吹 I G C C のイニシャルコストの縮減について。

第 1 段階の実証プラントは、商用機実現のための技術の確立及び O & M のノウハウの取得を最大の目的としているため、当該設計は必ずしも標準化されたものとはなっておりません。また、使用されている機器類も特殊品が多いことから、建設コストは高いものというふうになっております。

一方、商用機における建設コスト試算では、スケールアップ効果、設計の最適化、機器類の量産効果、プラントの海外発注等によるイニシャルコストの縮減に向けた検討が行われております。また、商用化に向けた技術的な検討を進め、平成 30 年頃に技術確立後、商用機の計画立案を目論んでいるということでございます。

「しかしながら、商用機の海外での競争力を確保するためには、現状の国際情勢を踏まえると、イニシャルコストの縮減に向けた取組を加速すべき」と書いておまして、必ずしもこれは現状のコストを標準化して、このぐらいまで安くなるという検討も必要ですし、逆に、バックキャストではほかの競争技術と対抗するためには、ここまで安くしなきゃいけないというところから目標設定をして、バックキャストして、だからここまでのコスト縮減が必要であるというシビアな検討もイニシャルコストの縮減に当たっては、海外展開ではやっていかなければいけないだろうというふうに考えます。

12 ページの (5) ですが、送電端効率の向上とランニングコストの縮減ということで、実証プラントでは、既に述べましたように、1, 300℃ 級ガスタービンを採用した場合の目標値で送電端効率 40.5% という値となっております。これに 1, 500℃ 級、これは既に天然ガスでは実現しているものがございますが、採用した場合は、世界最高水準に相当する送電端効率約 46% が実現可能というふうに見込んでおります。この点に関しては、EAGLE プロジェクトの成果をもとに、生成ガスの成分と発熱量が想定できること、また、発電効率を計算するためのガス化炉からガスタービン及び蒸気タービンに至るまでの熱サイクルを高い確度で推定できることから、目標として掲げている送電端効率の実現性は高いものと考えられる。また、商用機では更なるガスタービンの高温化による発電効率の向上も期待できるということで、ここは、かなり詳細な設計、ガスのカロリー、ガスの成分等を含めまして内容を見させていただいて、ここに書いてあるとおりの結論を出しております。

また、今申し上げましたように、ガスのカロリーからすると 1, 500℃ にとどまらず更なる高温は可能というのは、ガスの性状からすると十分可能であるということで、数字は挙げておりませんが、そうすることによって更に酸素吹 I G C C の優位性というのが出てまいるということは明らかかと思えます。

一方、送電端効率の向上のために、発電効率の向上と同様に所内動力の低減が重要な課題でございまして、現在、商用機の放熱、機器動力の低減及び効率的な機器の選定などによるランニングコストの縮減について検討が計画されているということなのですが、この所内動力の中で最も大きな割合を占めているのは酸素の製造です。これは、いわゆる空気分離といたしまして、空気中の窒素と酸素を分離して純酸素を製造するというプロセスなのですが、所内動力の半分以上をここに費やしているという現状がございまして、もちろんこれは酸素を製造するだけではなく、ガス化炉に吹き込むために加圧しておりまして、その加圧も含めた動力ということなのですが、これは空気吹 I G C C とは大きく異なる特徴となっております。したがって、この酸素製造に関する省エネというのはとても重要でございまして、我々も事業者とかなりこの点情報交換して、事業者のほうでも調査していただき、さらに、その「酸素製造装置メーカーと連携するなど、具体的な方策を立案すべき」というふうに書かせていただきましたが、ここが中心であるだけに、更に一層の省エネルギー、効率化を目指して努力をしてほしいということを書かせていただきました。

「石炭ガス化発電システムにおいて、発電効率及びランニングコストは、発電システムの優劣を判断するための最重要な指標の一つである。イニシャルコストと同様、海外での競争力を確保するために、高い送電端効率の追求及び更なるランニングコスト縮減のための取組を加速すべきである。」というふうにさせていただきました。

(6) O&Mの最適化検討のところでは、「実証事業における長期運転や保守・点検作業を通じて、部品交換頻度の最適化や運転効率の経時的な低下防止など、酸素吹 I G C C プラントの O&M の最適化を確立するとともに、そのノウハウを内在化している知的財産戦略は評価に値する。」というふうにさせていただきました。

14 ページを御覧いただいて、まだ第2段階、第3段階というのがあるんですが、第2段階につきまして、3.3.2の(1)を御覧ください。

既に述べましたように、最終的には高い発電効率を維持しながら、CO<sub>2</sub>を安定的に分離できる技術、回収効率90%以上、回収CO<sub>2</sub>の純度99%以上を検証することを目標としているということで、概念設計は終了し、平成28年度には詳細設計及び及びCO<sub>2</sub>分離・回収設備の建設を開始する。平成31年度からは、酸素吹 I G C C と組み合わせたCO<sub>2</sub>分離・回収の実証事業が実施される見通しです。

それで、CO<sub>2</sub>分離・回収プロセスのスケールの妥当性ということなのですが、実は、このCO<sub>2</sub>分離・回収につきましては、ここで酸素吹のガス化から発生COを全部CO<sub>2</sub>にするのではなくて、(2)にあるように、約17%を

シフト反応器に導入してCOをCO<sub>2</sub>に変換し、そして導入したガス中の炭素成分の90%をCO<sub>2</sub>として回収する計画となっているということです。

このCO<sub>2</sub>分離・回収システムは、他産業分野でスケールアップ技術が既に確立されているため、既往の知見を踏まえて、シフト反応器での放熱損失による影響を踏まえた最小サイズとして設計されているというのが理由でございます。

それから、また、商用スケールで発生ガスの全量処理した場合の発電効率やCO<sub>2</sub>の発生量などの特性は、設計上試算できているということ、加えて水素リッチ燃焼ガスになったときに、燃焼速度が変わってまいりますので、その燃焼特性の変化、それに対応した燃焼技術についても技術的に既に検討されているということで、このような設計になっております。

ということで、我々としては、CO<sub>2</sub>分離・回収システムのスケールについては、妥当なものというふうに判断しております。

(3) CO<sub>2</sub>分離・回収法の選定ですけれども、既に申し上げましたEAGLEプロジェクトで実施した検討結果を活用している。

それから、「具体的には、商用スケールにおける送電端効率の低下を化学吸収法では7.4pt、物理吸収法では6.4ptと推定し、送電端効率が1pt高くなる物理吸収法を選択している。」ということです。これは、さっき申しました酸素吹でガス化して、ある程度高圧のガスが出てまいりますので、その圧力を利用してシフト反応で濃いCO<sub>2</sub>をつくり、そしてCO<sub>2</sub>を回収するには圧力を利用する物理吸収法が有利であるということに基づいております。

「既存のIGCCにCCSを後付するケースとIGCCとCCSを同時に建設するケースを想定して、Sweetシフト」、これはH<sub>2</sub>Sを除去した後のシフト反応と、それから、それを除去する前の酸性のガスによる「sourシフト」の2種類のシステムを評価することを計画している。」ということで、商用化を見据えて、石炭ガス化IGCCにベストマッチなCO<sub>2</sub>分離・回収法を選定することが計画されていて、その対応については評価しているということです。

(4) CO<sub>2</sub>分離・回収システムのランニングコスト縮減ですけれども、このCO<sub>2</sub>吸収液による運転コストの低減など、CO<sub>2</sub>分離・回収コストの縮減に向けた実験が計画されていて、実証事業の段階で目標コストをCO<sub>2</sub>1トン当たり2,000円台、これ現状4,000円台というものを2,000円台という目標を掲げて計画をしていて、その点を評価しております。

「一方、COP21では、全ての国に対するCO<sub>2</sub>削減の義務化が見送られる公算が大きく、このままでは各国においてコストの面からCCS導入のインセンティブが十分に働かない可能性が高い。」と書いてございますが、一方で、

その削減の義務化とはまた違ういろいろな形で、それはさっき申しました石炭火力に対するファイナンスの規制であるとかいろいろな形で各国各地域ごとにこういった逆の削減のインセンティブが働いてくる可能性もございます。したがって、状況は複雑ですが、CCSの技術を展開するために、いずれにしても、「CCSのコスト削減の前提となるCO<sub>2</sub>分離・回収システムの徹底したコスト削減と回収したCO<sub>2</sub>の貯留方法の確立が喫緊の課題であり、課題解決に向けた取組を加速させる必要がある。」と指摘いたしました。

16ページを御覧いただきまして、もうあと2ページでございます。

第3段階でございますが、燃料電池です。これに更に燃料電池を加えて、燃料電池、ガスタービン、蒸気タービンでトリプルコンバインドサイクルというのを最終的には目指していくというのがこの事業の最終ゴールでございます。

(2)のところを読みますが、「石炭ガス化複合発電システムに組み入れる燃料電池は、導入ガスが水素リッチガスであること、一般的な燃料電池と比べて温度と圧力の面で運転条件が過酷であること、酸素吹IGCCの燃焼ガス中に燃料電池の被毒成分が含まれていることなど、多くの技術的課題があり、新たな技術開発が必要となっている。

このため、平成27年度より実施者の親会社である電源開発株式会社において、NEDO委託研究として「燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術要素研究」が別事業として開始され、「実セル被毒耐性評価試験」と「FC用ガス精製性能評価試験」が進められている。」ということです。

しかしながら、技術課題も多く、第3段階で燃料電池を組み入れてトリプルコンバインドにするためには、経済産業省において、燃料電池メーカーや設備メーカーと連携し、酸素吹IGCCへの燃料電池の組入れが実施できるよう研究開発を加速する必要があるということで、非常に難しい技術でございます。

(3)第3段階開始前の中間評価でございますが、これらの技術的課題の解決は、第3段階開始の大前提となることを踏まえ、事前評価時にも指摘している第3段階開始の前年度に実施する中間評価では、当該課題の取組状況を含め、第3段階の概念設計の妥当性について確認することとなっております。

最後の17ページにマネジメントの妥当性ということを書かせていただいておりますが、下線部の(2)だけ指摘事項を読ませていただきますが、本事業はあくまでもCO<sub>2</sub>の分離・回収までが対象であるものの、本事業が出口側の事業であることを踏まえると、運搬・貯留までも含めたCCS全体について、もう少し検討・評価をする必要があるのではないかと指摘ですね。このため、経産省での評価においては、実証事業そのものへのフィードバックにとどまらず、石炭ガス化複合発電の海外展開やエネルギー政策全般など、経産省の政策面へのフィードバックを行うことが重要であるということを指摘をさせて

いただきました。

ちょっと慎重を期して読むという形をとりましたので、若干長くなってしまったことをお詫びいたしますが、以上で一旦説明を終わらせていただきます。

【久間会長】 詳細に御説明いただきまして、ありがとうございます。

それでは、ただいまの評価結果原案につきまして、御意見、御質問等ありましたらお願いします。

【天野委員】 御丁寧な説明、ありがとうございます。

これを理解して評価するに当たりまして、一つ教えていただきたいんですが、今、日本の中で動いているCCS関連のプロジェクト、これはどちらかという事務局長さんのほうだと思えるんですけども、概略の内容と工程について教えていただければと思います。

【覚道課長】 今現在、CCSについては、実際にCO<sub>2</sub>を含むガスからCO<sub>2</sub>を分離・回収するような技術、これはこのプロジェクトが一つでありますし、その他別の方式による分離・回収の要素的な技術開発をやっているものがございます。それで、先ほど松橋座長からも御指摘のあった、このプロジェクトと並行して連携しつつ、CCS全体の評価をしないとイケないということで、一つは、北海道の苫小牧におきまして、実際にCO<sub>2</sub>を地中に圧入するプロジェクトというのが始まってございます。それから、もう一つは、日本の周辺というか日本の国内ですね、海洋部分も含めまして、そこでどれぐらいCO<sub>2</sub>の貯留のポテンシャルがあるだろうかということ、地質的な調査も含めまして調査をするプロジェクトというのが進んでございます。これが全体の概要でございます。

【天野委員】 それで、工程を知りたいんですけども。何となくやる順番が逆になっているようなイメージがちょっとあるんですけども。苫小牧は結果がいつごろ見えてくるんですしたっけ。

【覚道課長】 今申しました苫小牧の実証事業は、平成24年度から開始されておりまして、これが平成32年度までで進んでくるというものです。それから、ポテンシャルの調査を行うという事業につきましては、平成26年度から開始されまして、平成33年度までということで、その間に幾つか有望なサイトを見つけるということで進めてございます。

【天野委員】 そうしますと、このプロジェクトの第1段階が終わって第2段階の計画を立てるときには、苫小牧の結果ですとか全体的な市場の調査結果も含めたほうがよりいい内容になると思うんですが、その辺は整合性はあるんでしょうか。

【覚道課長】 そういう意味でいいますと、正に並行的に走っているような感じになってございますけれども、例えば苫小牧の圧入というのは、これから正

に始まらんとしているところですので、そういう意味で、そちらで得られた情報をしっかりと情報共有をさせていただいて、こちらのプロジェクトのほうも合理的に進められるようにするというのが肝要かと思っております、その部分は正に座長のからの御説明にありましたこの評価書でも御指摘いただいているところかと思っておりますので、その点についてはしっかりと情報共有しながら進めてまいりたいというふうに考えております。

【上野委員】 大変分かりやすい説明をどうもありがとうございました。

1点質問させていただきたいんですけれども、海外展開戦略が非常に重要であるということで、早急に立案をして官民挙げて取り組んでいく必要があるということが書かれていて、正に私も賛成なんですけれども、これまでにこのプロジェクトの成果に対してニーズ調査は行われているのかどうかというところ、その場合、どこにニーズが、どの辺りの国ですとかにニーズがあるのかということ、もし分かっていたら教えていただければ幸いです。

【久間会長】 これは経産省から回答してください。お願いします。

【覚道課長】 ニーズについては相手国にまで行って、いろいろ具体的なF/Sまでやっているという段階にはなっておりませんが、それぞれの国の状況等を踏まえて、ニーズの調査というのはしてございます。基本的には、やはり石炭火力を一つの当該国のエネルギーミックスの中で重要な電源として位置付けているところがまず一つ基準になってくるわけなんですけれども。具体的な国で申しますと、例えばインドネシアでは、まず、これから経済発展をしていく上で電力の確保というのは大きな課題になっていて、その中で非常に石炭火力というのは重要な電源に位置付けられているわけです。特に低品位の石炭が国内で多く採れるということから、このIGCCの技術への大きなニーズがあるのではないかと考えております。

また、ベトナムについても同じようにこれから経済発展をしていく中で、石炭火力への期待が大きいということで、これは必ずしもこのIGCCだけということではありませんけれども、石炭火力へのニーズが大きい中で、より高効率で新しい技術ということで、ベトナムもニーズが見込まれるところではないかというふうに考えています。それから、中国あるいはインドといった国もそれぞれ石炭火力へのニーズが高い国でありまして、その中でこのIGCCの技術への期待もあるというふうに考えています。

一方、先進国のほうでも、先ほどお話ありましたけれども、依然としてアメリカでも、いろんな厳しい規制はありますが、石炭火力というのは一定の役割が認められていまして、そうした中でこうしたIGCCとCCSを組み合わせたような技術というのは、アメリカでも非常に関心が高いということでありまして、アメリカもニーズがあるだろうと見ておりますし、オーストラリアにつ

いては既に、別の方式の石炭火力でありますけれども、CCSを組み合わせた実証事業を行った経験もあるということでありまして、オーストラリア、あるいはさらに、石炭火力からのCCSを実際にやり始めているカナダといった国先進国側ではこの技術の将来的な市場としてニーズが見込まれるのではないかというふうに考えております。

【久間会長】 IGCCとCCSを組み合わせたシステムを想定したマーケティングを行っているのですね。

【覚道課長】 そういうことをごさいます。

【久間会長】 先ほど松橋委員から話がありましたバックキャストすることが大事だと思います。トータルコストをしっかりと決めて、そのためにどれだけコンポーネントのコストを削減しなくてはいけないか、こういうところをしっかりとやっていただきたいと思います。

【庄田委員】 松橋委員の丁寧な御説明で、全く門外漢でございますけれども、このプロジェクトの意義と課題について理解ができました。

先ほど、アメリカが主導する公的なファイナンスに関して、CO<sub>2</sub>の削減目標を達成しない石炭火力発電についてはファイナンスをすべきでないという世界的な動きがあることを伺いましたが、そうするとやはり第2段階の、特に先ほどからお話が出ているCCSと組み合わせたものでないと、海外展開というのは非常に難しいのではないかという印象を持ちました。

併せて、先ほどの8ページに空気吹と酸素吹の棲み分けが必要だということが書いてありますが、新聞等によりますと、インドネシアで日本の技術を用いた超々臨界圧の起工式が行われたとのこと。超々臨界圧も含めて棲み分けを考えるべきではないかと思えます。その辺は前回の専門調査会で経産省のほうから高効率の技術全般の進み方の図をお示しいただきましたが、その図にある高効率技術全般の棲み分けなのかなと思えます。

それから、もう一つは、やはり日本で実用化されてない段階で果たして海外に話ができるものなのかどうなのか。そういう意味では、やはり時間軸が重要で、一体いつ日本で実用化されて、一定の商用化の実績を基にどれぐらいの時間軸でインフラ輸出の話が進むのかという質問です。

【久間会長】 松橋委員、お願いします。

【松橋委員】 前半のほうは私も若干関係しておるものですから、CCSがないと事実上難しいような規制というのは、アメリカの国内でもやっておりますし、ワールドバンクの金融機関であるIFCですとか、いろんな国際的な開発金融機関に対して、そういうファイナンスの規制を働きかけているという実態がございまして、ワールドバンクではそれが採用されていると聞いております。ADBでは僅差で否決されたということも聞いております。ですが、いろんな

国際金融機関に対してそういう働きかけがあるということは事実ですので、それに対する対応は考えていかなきゃいけない。ただし、それが絶対駄目かという、それもまたちょっと難しいところがあって、先進国でもCCSは難しい技術ですから、それを発展途上国に対するファイナンスにそういう規制を掛けることが果たして現実的なのかという、かなり批判もございます。

ただ、その中でいろんな賛否両論ある中で、少なくともCCSレディーという言葉があって、いつでもCCSを付けられるという、本当の規制になれば付けられますよという形にしておくことは、いろんな地域で石炭関係の発電技術が受け入れられる大きな要素になるのではないかとということも専門家の間では言われておりまして、そういう意味ではこの酸素吹のIGCCはCCSとのマッチングは非常に良くて、CCSレディーという形に非常に持っていきやすいものですから、メリットがあると思っております。

ただし、その棲み分けにつきまして、これは後から経産省のほうからも御説明があるかもしれませんが、御指摘のように、まだ酸素吹IGCCは実証試験段階である。一方、空気吹のIGCCは既に商用運転に入っております、実際に海外に展開する、あるいは国内の他地域にこれから持っていきこうという話をちらほらと聞くんですね。ですから、そこにどうしても温度差があって、ここで棲み分けも含めて海外展開戦略、官民挙げて取り組む必要があると書いたのは、空気吹のほうは具体的なそういう展開のFSとかそういうことをちらほら情報として聞く中で、もちろん実証実験ですから、これをまだ持っていきますとは言えないとは思いますが、それにしてもこれが実現、本当に商用運転になった暁にどういう棲み分けをしていくのかということのを明確にしてほしいという、そういうことも含めて指摘をさせていただいたという次第でございます。

**【久間会長】** 二つ目の御質問の時間軸というか、海外にただちに持っていくのか、その前に国内で実用化の実績が必要ではないかという質問に対してはどうですか。

**【覚道課長】** そういう意味でいいますと、棲み分けのところで、IGCCだけではなくて、微粉炭火力も含めてという御指摘がございました。微粉炭火力は、特にUSCについては国内でも既に大きな実績があるということで、海外でこれから特に高効率な石炭火力をとるところは、まずはUSCの石炭火力を、これは正に日本も非常に高い技術を持ってございますので、ここがまず即戦力の部分としては一番重要なところかと思っております。

次の技術として、正に国内で実証から商用のほうに転じている空気吹のIGCC、この技術が、松橋座長からもお話がありましたように、幾つかの国で、案件形成に向けてFSですとか、そういうようなフェーズに入ってきているということでございますので、まだこの後、何年か少し間があって、実際に、例

えば入札があって、それで建設という、こういうプロセスを踏んでいきますので、実際に運転が開始されるタイミングというのは、5年以上先になるわけですが、これも、これが正に一つモデルになると思っていて、したがって、この酸素吹のIGCCについても、今やっている実証から、更に本当に国内で商用として実証運転できるようなレベルになってきますと、それをじゃ今度、海外に案件組成として提案をしていけるようなステージに入っていくだろうというふうに考えております。したがって酸素吹のIGCCについてはもう少し時間が掛かるかと思っております。

いずれにしても、今、正にこの評価書案で御提示を頂いたような、それぞれの技術について、メリットと申しますか、差別化をしっかりといたしまして、どういうところで海外展開をやっていくのかという戦略を、しっかり経産省のほうでも立ててまいりたいというふうに考えてございます。

【北村委員】 松橋先生、分かりやすい説明、どうもありがとうございました。

事業にして海外に売り込んでいくとなると、やはり気になるのが、一つは、海外の状況がどうなっているのか、欧米が多分強そうな印象はしますが、ライバル国と比較しまして、現状、計画はどうなのか、あるいは、日本の有利・不利な点はどの辺なのか、お教えいただきたい。

もう一つは、いろんなパーツを組み合わせ、あるいはいろんな技術を組み合わせた総合技術だと思っておりますので、部分的な技術で手を握ったり、あるいは競争したりというのが海外とあろうかと思っております。そういう戦略というか考え方についてももしありましたら、お教えいただけませんかでしょうか。

【久間会長】 海外と国内の技術比較は、フェアにできますよね。前半の御質問は松橋委員から、後半は経産省から回答をお願いします。

【松橋委員】 この評価書を作る過程におきまして、どういった国でこれに類する研究開発、技術開発が行われているかということは、例を頂いて、総合比較のようなこともやりました。トータル的に見て、やはり長い時間、安定的に運転しながら高い発電効率を得ていくという意味では、この大崎クールジェンというのは非常に優位性があると思っております。

特に、発電効率だけだと、このレベルではまだはっきりした優位性というものはありませんが、さっき申し上げましたように、スケールの関係で、スケールアップの商用機の3分の1程度、それからEAGLEの8倍ぐらいというスケールアップをした段階でガス化炉とガスタービンの内容が決まって、第一段階では1,300度のガスタービンを使うというデザインになっているのですが、1,500度のガスタービンを使って45%以上の発電効率を得るといっても技術的には可能なんだけれども、スケールアップの問題で、デザイン上、1,300度ということになっておりますので、発電効率が40.5%と

ということで、その意味では、10個もないんだけども、諸外国、欧米ですとか中国も含めたものと比較したときには、効率という意味では明らかに優位であるとは言えておりませんが、ただ、EAGLEの成果があつて、特にスラグの閉塞ですとか、そういった点のデザイン上の改善がなされているので、連続運転時間の目標という意味では、明らかに大崎クールジェンに優位性があるということとは言えるということですね。

だから、もちろんそれに油断してはいけないので、さっき申し上げました今度、商用運転に至る段階では、1,500度あるいは更なる高温を目指して、発電効率という意味でも優位性がなければいけないし、そして、環境面、安定運転、連続運転ということをごなしていくということで、更にそのスピードもなるべく早くということで、競争という意味では楽観できるというレベルではないので、競争は激しいので、勝算はあるんだけども、相当頑張つてしのぎを削るという状況であると考えております。

【久間会長】 ありがとうございます。今の経産省の計画で、超臨界から次は空気吹IGCC、その次は酸素吹IGCCとなっていますが、この計画で妥当であるということですね。

それから、もう一つ、何か御質問がありましたね。

【覚道課長】 海外でも例えば今は、松橋先生から言及のあつた中国ですとか欧米メーカーとかで類似のプロジェクト等があるわけですけども、日本は今の時点の評価では少しリードできているのではないかとということでございまして、したがって、これを保てるようにしっかり進めていかないといけないということでございます。その過程で、さっきお話のあつたように、例えば連携をするですとか、国際共同でやるのかどうかというところについては、それぞれのほかの国で進められているのがどれぐらいのレベルに達しているのかというところを見据えた上で、必要な情報があれば、例えば情報交換をするようなところはあるかもしれませんし、本当に共同でやるというところはまだその必要性はないかもしれません。状況をよく見ながらというふうに考えております。

【射場委員】 最初のCCSとの兼ね合いで確認したいことがあるんですけども、分離・回収までを開発したものと、それ以降の運搬・貯留以降のものほとんどのベストの組合せを評価すればいいだけなのか、そうじゃなくて、その各々のベストは必ずしも最適解ではなくて、スルーで技術開発をすれば、違う解が出てくる可能性があるのかというのが読み取れなかったんですけども。

【松橋委員】 CO<sub>2</sub>を分離・回収するところまでは、これは明らかに酸素吹のIGCCの中でインテグレートされた形でやるのがベストで、と申しますのは既に説明したとおりの理由なんです。非常にCCSと相性のいいプロセスになっているものですから、酸素吹のガス化はですね。じゃあ、貯留のほうは

どうなのかというときには、貯留というのはどこに入れるかという地理的な有利・不利に影響されるところがあって、例えばインドネシアで、ひところ検討されていたのは、やはりEORで枯渇しつつある油田の中にCO<sub>2</sub>を押し込んでいって、併せて石油の二次回収、三次回収に使っていきこうというプロセスですし、そうではなくて、帯水層みたいなところに押し込んでいく場合はどうかとか、それは入れる場所にかなり依存して、そこにキャップロックのような安定した岩盤があって、その下に入れれば、ちゃんとCO<sub>2</sub>が地中にとどまっているような地質構造になっているかどうかとか、そういうことも影響するんですね。それから、押し込む深さによって圧力も変わってきますから、一概にこの大崎クールジェンのようなCO<sub>2</sub>回収とこういう貯留サイトが相性がいいとか、そういうことを言うのは私は難しいのではないかと思います。

ただ、ガス化とCO<sub>2</sub>回収の組合せでは、酸素ガス化は非常に相性がいいことは明らかですが、基本的にはCO<sub>2</sub>の貯留のほうは、これはやはり別途、今度それをどこの国あるいは日本の中のどの地域に持っていくかで、近隣にある貯留サイトの構造を見ながら決めるんですが、そこはある程度分けて検討するというだけでも、エンジニアリングとしては大きなロスはないのではないかと。押し込みの圧力の問題はありますが、私が想像できる範囲ではそのぐらいではないかと思いますが、経産省から追加の御説明があればと思います。

【覚道課長】 基本的に御説明いただいた認識と同じでございまして、それぞれ独立して評価をしても、それを組み合わせることによってすごく効率がアップするということは、基本的にはないのではないかと考えております。

【射場委員】 分かりました。スルーで技術開発することは求めているということですね。

もう一つは、燃料電池との関係で、課題のところはすごくよく分かったんですけども、一番の燃料電池と組み合わせることによるうれしさのところは、それほどうれしくないというふうな、最初の第1回のときの説明はそういう印象を受けたんですけども、ほかのいろいろな水素の作り方が今、正に開発されているところで、そういうものとの比較の上で本当にやる意味があるのかどうかみたいなことはもう一度振り返る必要があるのかと思うんです。そういうところは議論されなかったですか。

【松橋委員】 御承知のように天然ガスについては民間企業を中心に、トリプルコンバインドサイクルというものは、2020年ぐらいでしたか、早い時期に実現すると言ってございまして、明らかに効率は上がるんですね。それはまず燃料電池、SOFCで発電をして、基本的には未反応の部分をガスタービンに持って行って、更にその排熱で蒸気を作って蒸気タービンをやりますから、天然ガスのトリプルコンバインドサイクルはトータルの発電効率が、LHVだと

70%を超えるぐらいになります。それは現状の最新鋭のコンバインドサイクルよりもはるかに高い発電効率になってまいります。当然、原理原則は同じですから、IGCCのコンバインドサイクルの場合も、SOFCが入れば、これまでのIGCCよりも発電効率が上がることは間違いありません。

上がることは間違いありませんが、やはりここに書いているガスの被毒の問題、天然ガスと違って石炭ガスの場合はそういうこともありますし、あと、もう一つは、本質的にはSOFCのスケールの問題があって、余り大きなものというのはSOFCができないので、やはり並列に並べてガスを通すことになると思うんですが、そのときの制御といいますか、そういうことの難しさもあるというふうに、私はエンジニアリング上は想像するんですね。1個のSOFCに通して、その後にガスタービンに入れるとか、そういうものであれば、現状でも日本の中でデモンストレーションをやっているところもありますし、できると思いますが、それを数十万キロワット、10万キロワット以上の規模でSOFCを複数置いて、並列にガスを通して、ちゃんと安定的に運転しながら、その後のガスタービン、蒸気タービンもきれいに回すというのは、技術的なバリアは高いと思います。しかし、それが本当に実現できたならば、やはり他の追随を許さない高効率の石炭発電技術になるということで、現状ではそういうことで評価をしております。

【久間会長】 第3段階は、現時点では未定と考えてよろしいですか。

【覚道課長】 第3段階も進めさせていただきましても、その前に先ほどありましたように、当然、事前評価のプロセスを経た上でということでございます。けれども、当方としては第3段階までも含めて計画をしているということでございます。

【久間会長】 事業費が未定ということですね。

【庄田委員】 本質的な質問ではありませんが、2ページに、事業費に占める補助金の割合が第1段階では3分の1で、第2段階では3分の2となっております。このラショナルといいますか、何か理由があるのでしょうか。第3段階まで視野に入れるとなると、やはりこの比率はどういう論理で決まってくるのだろうかという質問です。【覚道課長】 第1段階と第2段階はあえて分けて補助率を設定してございますけれども、第2段階のところは特にCO<sub>2</sub>の分離・回収に焦点を当ててございますので、ある意味、技術の優位性になるところではあるものの、事業者の立場からしますと、非常にコスト要因になるということでございます。、第1段階は正に発電技術の部分でございますが、それと分けて第2段階の補助率少し国の負担を上げていると、そういう形で整理してございます。もちろん、ここは今年度、実はまだ来年度に向けて予算要求中でございますので、財務省との議論はまだ途中でございますけれども、概算要

求としてそういう形で出させていただいているということでございます。

【荒川委員】 酸素吹 I G C C と空気吹 I G C C で、空気吹のほうはもう実用化が進みそうということで。

【松橋委員】 もうしております。

【荒川委員】 そうですね。そうしますと、あと何年かしたときに、それを酸素吹 I G C C に置き換えるために、新たに酸素吹 I G C C を全部取り替えるんじゃないくて、何か付け加えると酸素吹になりますよというふうな、そういう技術というのはあるんでしょうか。

【松橋委員】 私も自分でガス化炉を設計している立場ではないんですが、恐らくは非常に難しいだろうと思います。

【荒川委員】 難しいですか。じゃ、全部完全にもし取り替えるとしたら、要するに空気吹が先に普及しちゃう可能性があるんですね。

【松橋委員】 私の想像では、酸素吹と空気吹という違う技術に対して、今は同等の性能で、ガスタービンの温度が上がってまいりますと、発電効率上はいずれ酸素吹の I G C C のほうが優位に立ってくるはずなんですね、技術的にはですね。ただ、そのときにコストがどっちが安いのかというのは、効率が高ければ必ずコストが安いとは限りませんので、イニシャルコストの問題もありますので、そのときに双方の特徴を生かして、何らかの棲み分けがなされるのではないかというふうに想像しております、全部リプレースして酸素吹になるのではなく、ある種の棲み分けが行われる可能性もあるし、圧倒的に高くなったときには、いずれは全部そっちの方向になるのかもしれない。まだ技術にも不確実性もありますので、我々も調査した結果では、明確な棲み分けの戦略というのは現在見えていないということなんです。

【荒川委員】 分かりました。ありがとうございます。

【原山議員】 手短にですけれども、先ほどの資料の海外展開、非常に重要だと思っておりますけれども、頂いた資料の資料 1 - 3 のところの 4 1 ページのところでは、フォローアップ調査、2 5 年 1 1 月に対して、現在の対処方針として、「相手国との交流を図り、相手国の電力ニーズ等の把握を行っている」と書いてあるんですね。ということは、ある程度調査が進んでいるということ宣言なさっていらっしゃるんですが、先ほどの説明だとこれからというふうな印象を受けました。実際に既に調査しているのであれば、何が不十分であって、対象国の状況が変わってきているから更に調査をしなくてはいけないとか、その辺の既に行ったものに対してプラスアルファの何が必要なのかということがちょっと不明瞭でしたので、お話しいただければと思います。

【相曽副社長】 事業者のほうから御説明させていただきます。

海外市場への普及の可能性として、先ほど松橋先生のほうからもお話があり

ましたように、まず技術の優位性ということの比較、これを海外の技術と徹底してやってきておるといふところがございます。それとともに、マーケットの大きさについて、特に新興国等のマーケットの大きさ、あるいは石炭輸出の国の炭の状況、それから石炭輸入国としての電力の状況とか、こういったものについて概略的にずっと調査してきておるといふところがございます。それとともに、現実、私ども、親会社とともに、親会社のほうもいろんな戦略を持ちながら、具体的な国に接触しながら、私どもから情報を発信するケース、それから、発信を頂いたことにより各国が来ていただいているといふことがございます。

具体的に言えば、例えば米国であれば、I G C Cに関する、あるいはガス化に関するの会議がございまして、そこにおいてまずI G C Cと私どもの酸素吹のI G C Cの技術に関して、電力中央研究所から御紹介しているという状況でございます。あるいは、国際会議で機械学会の動力部門の会議、あるいは豪州とか台湾の特に電力関係の会社が集まっているシンポジウム、こういったもので情報発信させていただいております。

それとともに、シンポジウムの中で、例えば台湾であれば、今、原子力が非常に不透明な中で、やはり石炭の需要が非常に多いとか、そういう一般的なニーズも掌握しながら現状、私ども海外の将来の商用化をにらんで情報発信しているところがございます。

それとともに、私どものこの現場のほうにも海外の方、いろいろな方が参ってきており、先ほどの電力中央研究所とか、あるいは豪州でも炭鉱関係の業者の方、マスコミ関係、あるいは台湾の電力関係、あるいはJ I C Aの研修等を通して、モンゴル、インドネシア、アフリカ関係のキーパーソンの方に来ていただきながら、実際、物を見ていただいて、この技術も理解していただくという取組もさせていただいております。

**【久間会長】** どちらにしても、酸素吹I G C Cを単体で海外にすぐ持っていきけるわけではなくて、C C S付きで、しかも経済合理性が成り立つという条件がそろってニーズが出てくる、と理解してよろしいですね。

**【相曾副社長】** そういうことでございます。

**【久間会長】** どうもありがとうございました。

最初の天野さんの御質問に対する回答が不明確だと思います。つまり、苫小牧のC C Sが次のフェーズである第2段階に生かせるかどうかです。これまでの議論では、時間的なずれがあると思います。その辺を、経産省から回答してください。

**【天野委員】** 苫小牧の実験もそれなりにうまくいっているようですので、できればある程度はこちらのほうに盛り込んでいただければいいなと思って発言させていただきましたし、知財化戦略でも、こちらは知財戦略と標準化戦略を

お考えで非常にいいと思うんですが、あちらの苦小牧のほうも同時進行であれば、そういうところまで含めてトータルで日本としては考えていただきたいなと思って、質問させていただきました。

【久間会長】 第2段階で苦小牧の成果を活かせるか、あるいはタイミングがずれて活かさないか、それだけ教えてください。

【覚道課長】 そういう意味でいうと、なかなか0/100ということではないんですけれども、できるだけ活かすようにしたいと考えておまして、したがって、先方で得られた情報でこちらに活かせるものについては、しっかり活かすように努力をしたいと考えております。

【久間会長】 ありがとうございます。ということでよろしいでしょうか。

【天野委員】 はい、いいです。

【久間会長】 実用化に向けた問題点も議論できましたし、これからの経産省のプロジェクトの計画も明確になったと思います。

それでは、この評価結果原案をそのまま評価専調として評価結果案とさせていただきますと思いますけれども、よろしいでしょうか。

どうもありがとうございました。

松橋専門委員には、座長として評価検討会における評価結果原案の取りまとめに大変御尽力いただきました。厚く御礼申し上げます。また、評価検討会に御参加いただきました専門委員の先生方におかれましても、御多忙中のところ、精力的に調査・検討を行っていただき、誠にありがとうございました。

以上をもちまして、本日予定していた議事は全て終了いたしました。全体を通して何かございますでしょうか。よろしいですか。

本日の配付資料及び前回112回の議事録は公表することとしますので、御承知おきください。

最後に、今後の予定について事務局から御説明ください。

【上谷企画官】 次回の予定を御説明いたします。次回、11月30日月曜日、9時半からとなっております。場所は本日と同じこの623会議室で行う予定としております。

議題の予定ですけれども、これも9月15日にお諮りしましたAIP：人工知能／ビッグデータ／IoT／サイバーセキュリティ統合プロジェクトの事前評価ということになっております。

【久間会長】 どうもありがとうございました。

以上をもちまして閉会といたします。

—了—