

2.5 研究開発成果に係る経済産業省の評価結果

経済産業省では、平成27年6～8月に「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。その評価結果の概要は次の通り。

2.5.1 第1段階(酸素吹IGCC)の中間評価について

各評価指標における妥当性は十分認められるとの評価を受けている。一方で、今後の技術革新の取り込みや燃料の多様化を意識した開発体制の構築、技術普及のマーケティング的視点の加味及び電力の取り巻く状況の変化への柔軟な対応が必要であるとの評価を受けている。さらに、新興国をはじめとして、世界中で石炭火力に対してCO₂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事でCO₂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の提言を受けている。

2.5.2 第2段階(CO₂分離・回収技術の組み入れ)の事前評価について

各評価指標における妥当性は十分認められるとの評価を受けている。一方で、革新技术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などが望まれるとの評価を受けている。

3. 評価結果

3.1 はじめに

本評価では、第1段階(酸素吹IGCC)における酸素吹IGCC実証プラントの建設状況等、第2段階(CO₂分離・回収技術の組み入れ)におけるCO₂分離・回収システムの詳細な計画の検討状況、第3段階(燃料電池の組み入れ)における概念設計等に向けた検討状況等について調査検討を行った。

3.2では事業全体の評価、3.3では各段階における目標の達成状況及び今後の進め方等に関する指摘事項、3.4ではマネジメント面における指摘事項等について取りまとめている。

3.2 事業全体の評価

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。

なお、段階ごとの評価については3.3で詳述する。

3.2.1 実証事業成果の実用化

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ある。実証事業という出口一步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り組み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。

(1) 酸素吹IGCCの優位性の確保

第1段階(酸素吹IGCC)では、CCS(Carbon dioxide Capture and Storage:CO₂の回収、貯留)を組み入れない単独の発電システムとして実用化するために、①高いガス化効率(=高発電効率・低炭素化)、②高品位炭から低品位炭に至る幅広い適用炭種の広さ、③排

ガス・排水処理の高度化、④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に優位な目標が設定されている。

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、発電コスト面では微粉炭火力と同等と予測されている。

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。

(2) 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

石炭火力を取り巻く国際情勢は、2015年12月開催予定の第21回国連気候変動枠組条約締約国会合（C O P 2 1）においてC O 2 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 kg-C O 2 / k W h レベルのC O 2 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。すなわち、今後、C C S 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り、国際的にはC C S を組み入れた石炭火力発電に対する強いニーズがある。

酸素吹 I G C C は、C C S との相性がよい発電方式であり、C O 2 削減ニーズが高い国・地域への酸素吹 I G C C の展開を見据えると、C C S の実用化は本事業成功の大きな鍵となる。

しかしながら、酸素吹 I G C C から排出されるC O 2 の貯留については世界的にも実績がなく、我が国においても未だ技術が確立されているとはいえない状況にある。本事業においてはC O 2 の分離・回収までが対象であり、C O 2 の圧縮・液化・運搬・貯留については対象外であるが、C C S 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。

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C O 2 排出量の削減に貢献するためには、C C S を組み入れた酸素吹 I G C C の実用化が重要となる。そのため、別途実証試験及び調査が進んでいるC C S 事業の成果等も踏まえ、C C S の技術確立のための具体的なアクションを早急に実施すべき

である。

3. 2. 2 海外展開について

(1) 海外展開戦略

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という国際的な情勢を踏まえて、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、官民あわせて取り組んでいく必要がある。

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み合わ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「Enevolution」イニシアティブを通じて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。

(2) 海外での事業採算性

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る。

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いるが、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ず、海外での事業展開の可能性が明確となっていない。

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さらに進めていくべきである。

3. 2. 3 CCS技術の確立と知財戦略について

(1) CCS技術の確立

本事業では、酸素吹IGCCから発生するCO₂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、CCSの後段、すなわちCO₂の圧縮、液化、運搬、貯留技術については対象としていない。

しかし、酸素吹IGCCのメリットを最大限に活かすには、運搬や貯留等のCCS全体の技術を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CO₂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縮減を進め、これにより、酸素吹IGCCとCCSを組合せたパッケージとしての石炭ガス化複合発電技術を確立しておく必要がある。

なお、CCSを海外へ展開する場合には、相手国の地理的・地質的状况、政治的・社会的・経済的状况によって、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必要である。

(2) 知的財産戦略

EAGLEプロジェクトの段階で40件の特許を出願し、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いる。また、知的財産を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る。さらに、実証事業でO&Mの最適化を追求し、その成果をノウハウとして秘匿化することも計画している。

海外競争力を確保するためには一刻も猶予もない状況であることを踏まえると、海外とのパートナーシップの構築や第3国による技術盗用への防衛策などを含め、より具体的な知財戦略を早急に立案し、実行する必要がある。

3.3 各段階の目標の達成状況等

3.3.1 第1段階(酸素吹IGCC)の目標に対する現在の達成状況等

(1) 第1段階(酸素吹IGCC)の目標と現在の進捗状況

第1段階(酸素吹IGCC)は、商用スケールの1/2～1/3スケールの酸素吹石炭ガス化発電プラントを建設して、従来の石炭火力発電と同等以上の性能(発電効率、環境性能)、運用性(プラント制御性、設備信頼性、多炭種適応性)、経済性を目指すことを目標としている。この目標が実現されれば、世界最高性能の酸素吹IGCCが実現されると考えられる。

現在、広島県にある中国電力株式会社大崎発電所構内に、実証プラント(石炭処理量1,180t/日、発電出力166MW)を建設中で、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である。平成27年度中に受電と単体試運転が開始され、平成28年度に火入れ後に総合試運転を行い、実証試験が開始される予定である。

(2) 第1段階(酸素吹IGCC)の位置づけ

【第1段階(酸素吹IGCC)の技術開発の重要性】

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、CO₂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る。一方、COP21や欧米のエネルギー政策などを踏まえると、CO₂の排出量が多い石炭火力に対して国際世論の見方が厳しさを増しているといえる。

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を得られ、CO₂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づけにあるものといえる。

【酸素吹IGCCの空気吹IGCCに対する優位性】

酸素吹IGCCは、既に技術が確立し実用化されている空気吹IGCCと比較すると、現時点の発電効率は同等であるものの、高品

位炭から低品位炭に至る幅広い炭種に対応できる点、ガスタービンの高温化により高い発電性能が期待できる点、酸素製造コストの縮減により発電コストを下げられる可能性がある点などで優位性を有している。さらに、CO₂の分離・回収システムと組み合わせる場合には、空気吹IGCCよりも高効率なCO₂回収を実現できる見込みである。また、産業用途への応用についても、石炭ガス中の燃焼ガス成分濃度が高い酸素吹ガス化技術に優位性がある。

これらの第1段階(酸素吹IGCC)の空気吹IGCCに対する優位性は、既にEAGLEプロジェクトで確認されている。また、褐炭は、現状では、自然発火性や高水分などの問題により、産炭地からの輸送が困難で有効活用されていないが、酸素吹ガス化技術の産業への応用として、この褐炭に着目した水素のサプライチェーンの構築の可能性について検討を開始している。このように、オーストラリアやインドネシアなどの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。

経済産業省においては、酸素吹ガス化技術のもつ優れた特長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との役割分担を含めた展開戦略を立案する必要がある。

(3) 実証プラントの設計妥当性

海外で先行している石炭ガス化プラントでは、ガス化効率(=発電効率)が低い、スラッキングによるガス流路の閉塞のため運転時間を長くできない等の課題が発生している。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おり、実証プラントの設計では、これらの知見が活かされている。また、本事業は、EAGLEプロジェクトにおけるガス化炉の単なるスケールアップに留まらず、第1段階(酸素吹IGCC)の商用化を視野に、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や新しいガス化部温度監視方法の開発などの各種改良設計を行っている。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。

以上から、実証プラントの設計内容は妥当なものであると評価できる。

(4) 酸素吹IGCCのイニシャルコストの縮減

第1段階(酸素吹IGCC)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らず、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なっている。

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いる。また、商用化に向けた技術的な検討を進め、平成30年度頃に技術確立後、商用機の計画立案を目論んでいる。

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り組みを加速すべきである。

(5) 送電端効率の向上とランニングコストの縮減

実証プラントでは1300℃級ガスタービンを採用した場合の目標値を送電端効率40.5%(HHV:高位発熱量基準)とし、商用機に1500℃級ガスタービンを採用した場合は、世界最高水準に相当する送電端効率約46%が実現可能と見込んでいる。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およ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。

一方、送電端効率の向上のためには、発電効率の向上と同様に所内動力の低減が重要な課題となる。現在、商用機の放熱量、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の検討が計画されている。なお、所内動力で最も大きな割合を占める酸素製造コストの低減については、常に最新の技術動向を確認するとともに、実用機を想定した酸素製造コスト削減のための設計方法および運転条件についての情報を実証プラント運転時に収集する、あるいは、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である。

石炭ガス化発電システムにおいて、発電効率およ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は、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り組みを加速すべきである。

(6) O&Mの最適化検討

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IGCC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するとしている知的財産戦略は評価に値する。

3.3.2 第2段階(CO₂分離・回収技術の組み入れ)の目標と成果見込み等

(1) 第2段階(CO₂分離・回収技術の組み入れ)の目標と現在の進捗状況

本事業の第2段階(CO₂分離・回収技術の組み入れ)では、酸素吹IGCCにCO₂分離・回収システムが組み入れられた場合でも、商用機で安定的に高い発電効率(送電端効率40%程度)を維持しながら、同時にCO₂を安定的に分離(回収効率90%以上、回収CO₂純度99%以上)できる技術を検証することを目標としている。

現在、プロセスフロー、機器の構成及び仕様検討などの概念設計を実施している段階にある。平成27年度中に概念設計を終了し、平成28年度にはCO₂分離・回収システムの詳細設計および建設を開始し、平成31年度からは酸素吹石炭ガス化発電システムと組合せた実証事業を実施する計画である。

(2) CO₂分離・回収プロセスのスケールの妥当性

本事業では、第1段階(酸素吹IGCC)の実証プラントからの発生ガスの約17%をシフト反応器に導入して、COをCO₂に変換し、導入ガス中の炭素成分の90%(IGCCプロセス全体で発生する炭素成分の15%相当量)をCO₂として回収する計画となっている。

このCO₂の分離・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。また、商用スケールで発生ガスの全量を処理した場合の発電効率やCO₂の発生量などの特性は試算できており、加えて、H₂リッチな燃焼ガスの燃焼特性への影響についても技術的に検討されている。

以上から、今回のCO₂分離・回収システムのスケールについては、妥当なもの判断できる。

(3) CO₂分離・回収法の選定

CO₂分離・回収法の選定に当たっては、EAGLEプロジェクト

トで実施した検討結果が活用されている。

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7.4 p t、物理吸収法では6.4 p tと推定し、送電端効率が1 p t高くなる物理吸収法を選択している。また、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(脱硫後ガス抜き出し)と低温Sourシフト(脱硫前ガス抜き出し)の2種類のシステムを評価することを計画している。

以上のことから、商用化を見据えて、石炭ガス化IGCCにベストマッチなCO₂分離・回収法を選定することが計画されており、これらの対応は評価できるものである。

(4) CO₂分離・回収システムのランニングコスト縮減

本事業では、シフト反応器における蒸気消費量の削減や新しいCO₂吸収液による運転コストの低減など、CO₂分離・回収コストの縮減に向けた実験が計画され、実証事業段階で目標コスト2,000円台/CO₂-t(現状、4,000円台/CO₂-t)の見通しを得るための方策が計画されており、これらの点は評価できる。

一方、COP21では、全ての国に対するCO₂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。世界に対してCCSの技術を展開するためには、CCSのコスト縮減の前提となるCO₂分離・回収システムの徹底したコスト縮減と回収したCO₂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り組みを加速させる必要がある。

3.3.3 第3段階の検討状況等

(1) 第3段階の進捗状況

第3段階(燃料電池の組み入れ)については、平成28年度から平成29年度にかけて技術調査と概念設計を進め、平成30年度から平成32年度にかけて詳細設計及び建設、その後平成33年度まで実証事業を実施する計画となっている。

(2) 現時点で確認されている技術課題

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年度より実施研究機関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。

しかしながら、技術課題も多く、第3段階(燃料電池の組み入れ)を計画通りに進めるためには、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への燃料電池の組み入れが実施できるよう研究開発を加速する必要がある。

(3) 第3段階開始前の中間評価

これらの技術的課題の解決は、第3段階(燃料電池の組み入れ)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(燃料電池の組み入れ)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(燃料電池の組み入れ)の概念設計の妥当性について確認する。

3.4 研究開発マネジメントの妥当性等

(1) 研究開発マネジメント体制

第1段階(酸素吹IGCC)および第2段階(CO₂分離・回収技術の組み入れ)の実施計画や技術的課題について、技術検討委員会やコスト検証委員会などの会議体、あるいは、経済産業省での評価により、外部有識者による評価が行われている。これらの会議では、コスト目標や実証事業内容等の確認が行われており、適切なマネジメント体制が整備され、実施されているものと評価できる。

(2) マネジメントの課題

本事業ではあくまでもCO₂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全体について評価する必要がある。

このため、経済産業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留まらず、石炭ガス化複合発電の海外展開やエネルギー政策など経済産業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。

《参考資料》

参考1 評価専門調査会 名簿

参考2 評価検討会 名簿

参考3 審議経過

参考1 評価専門調査会 名簿

(議員)

会長	久間 和生	総合科学技術・イノベーション会議議員
	原山 優子	同
	小谷 元子	同
	橋本 和仁	同
	平野 俊夫	同

(専門委員)

天野 玲子	国立研究開発法人防災科学技術研究所審議役
荒川 薫	明治大学総合数理学部教授
石田 東生	筑波大学システム情報系社会工学域教授
射場 英紀	トヨタ自動車株式会社電池研究部部長
上野 裕子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 主任研究員
江村 克己	日本電気株式会社執行役員
門永 宗之助	Intrinsics 代表
北村 隆行	京都大学大学院工学研究科教授
斎藤 修	千葉大学大学院園芸学研究科教授
庄田 隆	第一三共株式会社相談役
白井 俊明	横河電機株式会社マーケティング本部フェロー
角南 篤	政策研究大学院大学教授兼学長補佐
西島 正弘	昭和薬科大学学長
菱沼 祐一	東京ガス株式会社燃料電池事業推進部長
福井 次矢	聖路加国際大学理事長・聖路加国際病院院長 京都大学名誉教授
藤垣 裕子	東京大学大学院総合文化研究科教授
松岡 厚子	独立行政法人医薬品医療機器総合機構 規格基準部テクニカルエキスパート
松橋 隆治	東京大学大学院工学系研究科教授
安浦 寛人	九州大学理事・副学長

(敬称略)

参考2 評価検討会 名簿

- 久間 和生 総合科学技術・イノベーション会議議員
(評価専門調査会長)
- 原山 優子 総合科学技術・イノベーション会議議員
- 菱沼 祐一 東京ガス株式会社 燃料電池事業推進部長
(評価専門調査会専門委員)
- 座長 松橋 隆治 東京大学大学院 工学系研究科 教授
(評価専門調査会専門委員)
- 岡崎 健 東京工業大学 ソリューション研究機構 特命教授
- 岡崎 照夫 日鉄住金総研株式会社 調査研究事業部
環境エネルギー部長
- 佐藤 義久 東京工業大学 原子炉工学研究所 非常勤講師
- 竹内 純子 特定非営利活動法人 国際環境経済研究所
理事・主席研究員
- 巽 孝夫 国際石油開発帝石株式会社 経営企画本部
事業企画ユニット シニアコーディネーター
- 田中 加奈子 国立研究開発法人 科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター 主任研究員
- 原田 道昭 一般財団法人石炭エネルギーセンター 上席調査役

(敬称略)

参考3 審議経過

平成 27 年

9 月 15 日

第 112 回評価専門調査会

評価検討会の設置、進め方の確認等
経済産業省から事業の概要等の聴取

10 月 6 日

第 1 回評価検討会

経済産業省から研究開発成果の概要等の聴取
委員からの評価コメントに基づき論点を整理

10 月 28 日

第 2 回評価検討会

質問事項に対する経済産業省からの説明及び質疑
論点に基づき調査検討結果を取りまとめ

11 月 17 日

第 113 回評価専門調査会

評価に係る調査検討結果の報告
評価結果案の取りまとめ

〇月 〇日

総合科学技術・イノベーション会議

評価結果案に基づく審議と評価結果の決定