

石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業
中間評価報告書
(案)

平成27年8月

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

中間評価報告書概要

中間評価報告書概要

プロジェクト名	石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業
上位施策名	
事業担当課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課
プロジェクトの目的・概要 <p>本事業では、石炭火力発電から排出されるCO₂を大幅に削減させるべく、究極の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（IGFC）とCO₂分離・回収を組み合わせた実証試験を行い、革新的低炭素石炭火力発電の実現を目指す。</p> <p>(a) 第1段階：酸素吹IGCC実証 IGFCの基幹技術である酸素吹石炭ガス化複合発電（IGCC）の実証試験設備（166MW）を建設し、性能（発電効率、環境性能）・運用性（起動停止時間、負荷変化率等）・経済性・信頼性に係る実証を行う。</p> <p>(b) 第2段階：CO₂分離・回収型IGCC実証 第1段階で構築したIGCC実証試験設備にCO₂分離・回収設備（CO₂回収率※15%）を組み入れて、CO₂分離・回収型石炭火力発電システムとしての性能・運用性・経済性・信頼性に係る実証を行う。</p> <p>(c) 第3段階：CO₂分離・回収型IGFC実証 第2段階で構築したCO₂分離・回収型IGCCシステムに燃料電池を組み込み、石炭ガス化ガスの燃料電池への利用可能性を確認し、最適な石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）システムの実証を行う。</p> <p>※CO₂回収率〔IGCC全体のCO₂回収割合〕： (分離・回収されたCO₂ガスのC量/IGCC全体ガスのC量) × 100</p>	

第1段階

予算額等（補助）（補助率：1/3）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価年度	事後評価年度	事業実施主体
平成24年度	平成30年度	平成27年度	—	大崎ケルジエン株式会社
H25FY 予算額	H26FY 予算額	H27FY 予算額	総予算額	
7,000,000	6,270,000	5,950,000	29,870,000	
H25FY 実績額	H26FY 実績額	H27FY 実績額		総執行額
6,997,007	6,235,726	—		14,602,653

第2段階

予算額等（補助）（補助率：2/3）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価年度	事後評価年度	事業実施主体
平成28年度	平成32年度	—	—	大崎ケルジエン株式会社
H28FY 予算額	H29FY 予算額	H30FY 予算額	総予算額	
1,180,000	3,540,000	3,720,000	18,333,000	

目標・指標及び成果・達成度

A 中間評価

1. 全体目標に対する成果の達成度

酸素吹 IGCC の実用化に向け以下に示す目標を達成すべく、酸素吹 IGCC 実証試験設備（166MW）を建設し実証試験運転を行う。

熱効率	目標	送電端効率(HHV) : 40.5%程度
	設定根拠	<p>実用化されているガスタービンのなかでも最高効率である1,500℃級ガスタービンを採用した酸素吹 IGCC 商用機(石炭処理量2,000~3,000t/d)が実現した場合に、送電端効率(HHV)約46%が達成される見通しを得るため。</p> <p>※商用機の1/2~1/3倍の規模で1,300℃級ガスタービンを採用する実証試験設備により送電端効率(HHV)40.5%を達成すれば、1,500℃級ガスタービンを採用する商用機(石炭処理量2,000~3,000t/d)で送電端効率(HHV)約46%を達成する見通しを得ることが出来る。</p>
環境性	目標	SOx : 8ppm (O2=16%) NOx : 5ppm (O2=16%) ばいじん : 3mg/m ³ N (O2=16%)
	設定根拠	我が国における最新の微粉炭火力は世界的に見ても最高水準の環境諸元を達成しており、酸素吹 IGCC 商用機を導入する場合には同等の環境諸元を達成することが求められるため。
プラント制御性運用性	目標	事業用火力発電設備として必要な運転特性・制御性を確認する。(負荷変化率1~3%/分)
	設定根拠	我が国における微粉炭火力はベースからミドル電源として運用されており、酸素吹 IGCC 商用機を導入する場合には同等の制御性、運用性が求められるため。
設備信頼性	目標	商用機において年利用率70%以上の見通しが得られること。(長時間耐久試験5,000時間)
	設定根拠	我が国における微粉炭火力は年間利用率70%以上で運用されており、酸素吹 IGCC 商用機を導入する場合には信頼性が求められるため。
多炭種適用性	目標	炭種性状適合範囲の把握。
	設定根拠	酸素吹 IGCC 商用機には、微粉炭火力に適合し難い灰融点の低い亜瀝青炭から、微粉炭火力に適合する比較的灰融点の高い瀝青炭までの適用炭種の広さが求められるため。
経済性	目標	商用機において発電原価が微粉炭火力と同等以下となる見通しが得られること。
	設定根拠	国内外において酸素吹 IGCC 商用機の普及を促進するためには、発電原価が微粉炭火力と同等以下とすることが求められるため。

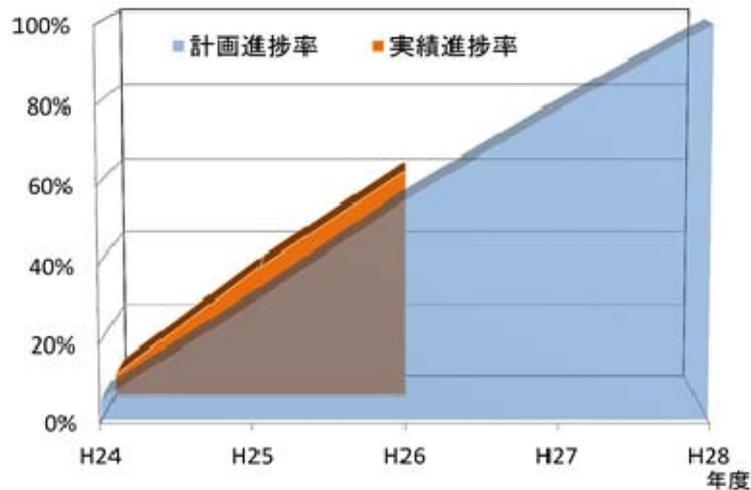
酸素吹 IGCC 実証試験設備は、敷地の大半が造成済みであり、既設設備を利用することが可能で、より合理的に実証試験を行うことが出来る中国電力株式会社大崎発電所構内に建設している。

実証試験設備の建設は平成25年3月に着工し、平成29年3月の実証試験開始を

目指し、平成 27 年 3 月末現在、機械・電気設備の大物機器の据え付けを完了し、現
地での配管溶接工事等を進めている。

年度	H24	H25	H26				H27	H28	H29	H30
	2012	2013	2014				2015	2016	2017	2018
計画工程	土木・建築工事着工		土木・建築工事							
	工事設計		据付工事							
実績工程	3月 ▼土木建築工事着工	5月 ▼排熱回収ボイラ搬入	9月 ▼ガスタービン・発電機搬入	10月 ▼蒸気タービン(車室)搬入	11月 ▼熱回収ボイラ搬入	12月 ▼蒸気タービン(車軸他)搬入	12月 ▼ガス化炉搬入	1月 ▼空気分離設備主機搬入		
							7月 ▽水圧試験	11月 ▽受電		
										実証試験

実証試験設備の機器製作および現地工事は順調に進捗し、プロジェクト開始時点
(平成 24 年度)の実証試験設備工事計画進捗率に比べて平成 26 年度終了時点まで
の実績進捗率は上回っており、プロジェクトを前倒しで実施している。



2. 目標及び計画の変更の有無
なし

B 第2段階事前評価

1. 全体目標

石炭火力として備えるべき運用性、信頼性を有するCO₂分離・回収型IGCCを構築し、商用化の目途を得ること、さらにCO₂を回収しても微粉炭火力並みの発電効率を目指すことを目標とする。

基本性能 (発電効率)	目標	新設商用機において、CO ₂ を90%回収しつつ、発電効率40%(送電端、HHV)程度の見通しを得る。
	設定根拠	CO ₂ 回収時のエネルギーロスによる発電効率の低下という課題に対し、CO ₂ を90%回収(全量ガス処理)しながらも、現状の微粉炭火力と同等レベルの発電効率40%程度の見通しを得ることで、低炭素且つ高効率のCO ₂ 分離・回収型IGCCの普及につながる。 IGCC実証機にCO ₂ 分離・回収装置(CO ₂ 回収率15%規模)を付設して試験を実施し、発電効率39.2%程度(送電端、HHV)を達成すれば、商用機で発電効率40%程度の見通しを得ることができる。
基本性能 CO ₂ 回収効率 CO ₂ 純度	目標	CO ₂ 分離・回収装置におけるCO ₂ 回収効率：90%以上 回収CO ₂ 純度：99%以上
	設定根拠	革新的低炭素型石炭火力の実現の為にCO ₂ 分離・回収装置単体における回収効率は90%以上を目標とする。 CO ₂ 地中貯留から求められる可能性があるCO ₂ 純度について、湿式物理吸収法を使って定常運転時、体積百分率99%以上を目標とする。
プラント 運用性 信頼性	目標	CO ₂ 分離・回収型IGCCシステムの運用手法を確立し、信頼性について検証する。
	設定根拠	商用機において、CO ₂ 分離・回収型IGCCシステムを構築するには、プラントの起動停止や、発電所特有の負荷変動等に対し、IGCC本体に追従したCO ₂ 分離・回収装置の運用手法を確立し、信頼性を検証することが必要である。
経済性	目標	商用機におけるCO ₂ 分離・回収の費用原単位について技術ロードマップに示された費用原単位をベンチマークとして評価する。
	設定根拠	CO ₂ 分離・回収型IGCCを普及させるに当たっては、費用原単位評価が必要であり、CO ₂ 分離・回収設備建設時期や発電所敷地等の制約に応じた評価を実施することで、経済的な方式を選択できること。

評価概要

A 中間評価

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

CO₂を大幅に削減する高効率石炭ガス化燃料電池複合発電とCO₂分離・回収を組み合わせた実証試験を行い、革新的低炭素石炭火力発電の実現を目指すという事業の目的は明快であり、地球環境問題への対応とエネルギーの安定供給を両立させるという我が国の基本政策と合致しているとともに、国のエネルギー基本計画との関連も明確である。

一方、当該技術は、国際展開による普及も必要と考えられるがそのためには、先ず、国内での実証試験を実施し、技術を完成させることが重要となる。CO₂削減の究極的な技術開発で有り、特に低品位炭を利用できる技術であることから、石炭使用量の多い発展途上国での適用も期待できる事業で有り、国際貢献面を考えても、国が実施すべき重要な事業と考えられる。なお、石炭ガス化燃料電池複合発電技術は、ガス化、ガスタービン、燃料電池、ガスクリーニングなど多くの要素技術から成っており、それらを組み合わせて完成させる。事業が長期に渡るため、今後の技術革新をも取り組むことができるような柔軟な開発体制とすることが望ましい。また、複合化は、それだけ技術の信頼確保とコスト低減の面でリスクも大きい。

2. 研究開発等の目標の妥当性

事業アウトプット指標および目標値については、実証段階から商用段階に進む際に、ユーザーとして重要視する「経済面」・「設備信頼面」・「運用面」について全て設定をされており、例えば、商用機において発電原価が微粉炭火力と同等以下となることなど、明確な根拠に基づく適切かつ具体的な数値目標が設定されている。

なお、今後、再生可能エネルギーのさらなる増大が予想され、その場合、IGCCをベースロード電源としてだけでなく、ミドルロード電源として運用していくことや、バイオマスや廃棄物も利用していくことを意識した技術開発を行うことも重要である。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

現在は施設の建設段階であり、開発目標として設定されたものは、多くが実証設備を設置した上で検証していくもので、この段階で達成度を評価できる項目は少ない。その中で、経済性に関する設備費については、予算が当初計画以下となっている事、設備の搬送方法に工夫を行い、工程短縮化を図る等のことが行われ、計画進捗率56%に対し実績進捗率60%と前倒しのスケジュールで進捗していること、論文発表および講演などの情報発信は順調に進められており評価できる。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

事業実施者の親会社である電力会社が、事業化を図っていくこと、海外展開を図ることが記載されている。波及効果として、経済効果や雇用創出効果が記載されている。また、本事業の第1段階に続き、第2段階、第3段階とステップを踏んだ明確な研究開発のロードマップが描かれている点も評価できる。

一方で、既存のIGCCと比して技術的優位性はあるものの、経済性など飛び抜けて優れているとは言い難く、事業化までに、基礎研究も含めた継続的な技術開発を行い、開発される革新的技術を取り込んでいく体制を構築していくべきである。

なお、現在多数計画されている石炭火力に導入する可能性の検討や、本事業で扱う石炭だけではなく、バイオマスなどへの応用について机上やF/Sによる検討を行っても良いのではないか。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

商用段階での採用可否は「経済性」が大きな要素となるが、事業発注者である経済産業省石炭課が事務局となって、第三者にて構成されるコスト検証委員会があることは高く評価できる。また、事業費総額は若干ではあるものの、削減できている。

事業主体者に対し、第三者的な有識者による技術検討委員会を設置し、定期的に計画について審議・評価を受ける体制も評価に値する。また、実施者は、最終ユーザーである電気事業者により設立された会社であり、妥当な体制であると評価する。

一方、第2段階、第3段階との接続性に配慮する必要がある。特に燃料電池に関しては未だ研究段階であり多くの解決すべき課題が残されている。

また、どのように技術を普及させていくかのマーケティング的視点を加味することも望まれる。

6. 総合評価

事業の目的・政策的位置付けは明確で妥当であり、事業は計画通り着実に進められている。

エネルギー自給率の低い我が国では、石炭火力発電は将来にわたって必要とされる重要な電源のひとつであるが、地球温暖化問題が深刻化する中、世界的に効率の低い石炭火力に対する改善が求められており、二酸化炭素の分離・回収を取り入れた高効率発電技術の実用化は事業の政策的な意義が高い。

また、目標の設定方法は客観性があり、目標実現に向けた実行体制についても着実に実行していく体制が組み立てられているものと思料する。

ただ、民間企業での取り組みには限界があるため、国の事業として実施する必要性は極めて高いと考える。さらに、計画推進に際し、モジュール化工法で工程の最

適化を図る、競争入札で建設費の削減を図る、などの工夫もしている。

一方、研究開発は長期に渡るため、開発途中に生じる状況の変化にうまく対応していくことが重要である。基礎研究を継続的实施していくとともに、そこで得られる革新的技術を IGFC に取り込めるような柔軟な開発戦略が求められる。負荷追随性の確保や、利用炭種のさらなる拡大、バイオマスなどの混焼などを検討し、今後の不確実性に対して柔軟に対応して開発を行っていくことが求められるし、電力を取り巻く状況に合わせて、計画の見直しを検討する必要もある。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

第2段階、第3段階で基礎的研究も取り組み、実証試験に取り込める体制を構築すべきと考える。

日本発として世界へ向けて発信できる技術であるので、今後の実証試験において得られた知見・技術・ノウハウ等も、知財化を確実に行っていただきたい。

国際展開を考えると、燃料の多様化と柔軟な運用性の確保により、海外でも優位性を持つことができることから、褐炭などの利用炭種の拡大や、バイオマス等を混焼する技術開発、負荷追随性の確保、低負荷でも効率の低下が少ないようにする技術開発は非常に重要である。

新興国や途上国をはじめとして、世界中で石炭火力に対してそのCO₂排出量の削減が求められている中、「石炭を高効率で利用することで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、さらに積極的に発信していただきたい。

技術的・経済的にリスクが大きい事業であり計画を適切に見直していく必要がある。

B 第2段階事前評価

1. 事業アウトカムの妥当性

エネルギー基本計画の中に、石炭火力発電は「安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源」と評価されていることに加え、国際的な石炭火力におけるCO₂排出量を削減しようとする流れにあり、CO₂分離・回収は、より必要性を増しており、国の政策との整合性も高く、極めて妥当であると判断できる。

一方で、実用化に至るまで長期間を要する事業であり、さらなる高効率化、多炭種対応およびCO₂分離・回収の革新的技術創出のために基礎的研究を持続的に実施し続ける体制が望ましい。

2. (1) 研究開発内容の妥当性

CO₂の分離・回収を行うエネルギー・コストの低減（効率向上）に資する研

究開発を行うことは妥当である。

なお、今回採用する物理吸収法は、効率面で化学吸収法とさほど差は無い。システムの組み方などが大きな影響を与える側面もあるため、今後の技術革新を常に調査し、必要に応じて取り込む柔軟な対応が望ましい。

2. (2) 事業アウトプットの妥当性

高効率CO₂分離・回収システムの実証は、低炭素IGCC/IGFC技術の確立およびその海外展開に不可欠であり、また、IGCC設備の効率目標46%から考えると、CO₂を90%回収後の発電効率が40%程度（送電端HHV）と、チャレンジな目標設定をしており、事業アウトプットは妥当なものである。

なお、プラント全体の運用性・信頼性・経済性についても具体的数値で指標設定が可能であれば、設定いただきたい。

3. 当省（国）が実施することの必要性

本事業は高い技術的難度に加えて、CO₂の分離・回収はそのままでは市場原理が働かない技術である事から、民間企業での取り組みには限界があり、国の事業として実施する必要性は極めて高いと考える。また、国際展開を考えた場合、石炭火力にはCO₂分離・回収が必須であり、我が国の国際競争力を高めるとともに、世界に対して地球環境対策に大いに貢献することができる。

一方で、当初計画を遂行すればよいというのではなく、常に需要動向を勘案し、前倒しで成果が出せるような迅速さがほしい。

4. 事業アウトカム達成に至るロードマップの妥当性

Cool Earth およびエネルギー関係技術開発ロードマップから考えて、本事業も第1段階から継ぎ目なく実証試験を行うことで、関係技術を短期間で実証するロードマップとなっており、妥当なものである。また、我が国のエネルギー基本計画とも合致している。

将来の事業化に向けて、種々の技術開発課題に取り組むべきである。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性

電気事業者自身が主体となった事業であり、コスト検証委員会および技術検討委員会を設けるなど、委員会による評価検証が行われており、透明性が高く、より実効的な実施体制となっている。

一方で、知財戦略や、マーケティング的視点を加味することが望まれる。

6. 費用対効果

妥当なCO₂排出削減効果、経済効果、雇用創出効果が記載されており、目標とする経済性の達成に向けた努力を期待する。

一方で、費用対効果については、「IGCC/IGFC と親和性が高いと思われるバイオマスの利用」によるCO₂削減効果も取り込むべきである。

また、新興国や途上国へ展開することを踏まえると、建設費の更なる低下は大きなアピールポイントとなる。

評点結果

評点法による評点結果
(石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.80	3	3	3	3	2
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	3	2	2	2	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.00	2	2	2	2	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	2	2	2	3	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.00	2	2	2	2	2
6. 総合評価	2.60	3	2	3	3	2

