

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 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

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「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）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成26年4月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業は、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技術（IGFC）とCO₂分離・回収を組み合わせた石炭火力発電の実現を目指し、第1段階としてIGFCの基幹技術である酸素吹石炭ガス化複合発電（酸素吹IGCC）の実証試験を、第2段階として、当該IGCCの実証試験設備にCO₂分離・回収設備を設置し、CO₂分離・回収型IGCCの実証試験を、さらに第3段階では、当該設備に燃料電池を組み込んだCO₂分離・回収型IGFCの実証試験を実施するため、平成24年度より実施しているものである。

今回の評価は、この石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業の中間評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなる石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業中間評価検討会（座長：堤敦司 東京大学 生産技術研究所 エネルギー工学連携研究センター特任教授）を開催した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として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（座長：渡部 俊也 東京大学政策ビジョン研究センター教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

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

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

委 員 名 簿

座長	渡部 俊也	東京大学政策ビジョン研究センター教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	太田 健一郎	横浜国立大学工学研究院グリーン水素研究センター長 ・特任教授
	亀井 信一	株式会社三菱総合研究所人間・生活研究本部長
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター副所長・教授
	高橋 真木子	金沢工業大学工学研究科教授
	津川 若子	東京農工大学大学院工学研究院准教授
	西尾 好司	株式会社富士通総研経済研究所主任研究員
	森 俊介	東京理科大学理工学研究科長 東京理科大学理工学部経営工学科教授

(座長除き、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業中間評価検討会
委員名簿

座長	堤 敦司	東京大学 生産技術研究所 エネルギー工学連携研究センター特任教授
	内山 洋司	筑波大学 名誉教授
	梅田 健司※ ²	電気事業連合会 技術開発部長
	東嶋 和子	サイエンス・ジャーナリスト
	藤井 俊英※ ¹	電気事業連合会 技術開発部長
	村岡 元司	株式会社N T Tデータ経営研究所 社会・環境戦略コンサルティング本部 本部長 パートナー

(座長除き、五十音順)

※¹ : 6月末まで、※² : 7月から

事務局：経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課

石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業評価に係る省内関係者

【中間評価時】

(平成27年度)

経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課 覚道 崇文 (事業担当課長)

大臣官房参事官 (イノベーション推進担当)

産業技術環境局 研究開発課 技術評価室長 岩松 潤

【事前評価時】 (事業初年度予算要求時)

経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課 安居 徹 (事業担当課長)

石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業中間評価

審 議 経 過

○第1回中間評価検討会（平成27年6月22日）

- ・評価の方法等について
- ・プロジェクトの概要について
- ・評価の進め方について

○第2回中間評価検討会（平成27年7月14日）

- ・評価報告書(案)について
- ・「第3章評価」に対する研究開発実施機関からの意見について

○第3回中間評価検討会（書面審議：平成27年7月23日～27日）

- ・第2回検討会及びプロジェクトの概要について（改訂版）を受けた評価の見直しについて
- ・評価報告書(案)について

○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

（平成27年8月6日）

- ・評価報告書(案)について

目 次

はじめに

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 委員名簿

石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業中間評価検討会 委員名簿

石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業評価に係る省内関係者

石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業中間評価 審議経過

	ページ
中間評価報告書概要	i
第1章 評価の実施方法	
1. 評価目的	1
2. 評価者	1
3. 評価対象	2
4. 評価方法	2
5. プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準	2
第2章 プロジェクトの概要	
A 第1段階中間評価	
1. 事業の目的・政策的位置付け	8
2. 研究開発等の目標	13
3. 成果、目標の達成度	15
4. 事業化、波及効果について	37
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	40
B 第2段階事前評価	
1. 事業アウトカム	48
2. 研究開発内容及び事業アウトプット	51
3. 当省(国)が実施することの必要性	57
4. 事業アウトカムに至るロードマップ	58
5. 研究開発の実施・マネジメント体制	59
6. 費用対効果	61
第3章 評価	
A 第1段階中間評価	
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	63
2. 研究開発等の目標の妥当性	65
3. 成果、目標の達成度の妥当性	66
4. 事業化、波及効果についての妥当性	67
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	69
6. 総合評価	71
7. 今後の研究開発の方向等に関する提言	73
B 第2段階事前評価	
1. 事業アウトカムの妥当性	75
2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性	77
3. 当省(国)が実施することの必要性	79
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性	80
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	81
6. 費用対効果の妥当性	82
第4章 評点法による評点結果（A第1段階中間評価）	83

参考資料

- 参考資料 1 経済産業省技術評価指針
- 参考資料 2 経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準（平成 25 年 4 月）
- 参考資料 3 経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準（平成 27 年 4 月）
- 参考資料 4 石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業費補助金事前評価報告書

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
<u>プロジェクトの目的・概要</u> 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。 (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。 (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。 (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。 ※CO₂ 回収率〔IGCC 全体の CO₂ 回収割合〕： $(\text{分離・回収された CO}_2 \text{ ガスの C 量} / \text{IGCC 全体ガスの C 量}) \times 100$	

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	—	大崎ケルゾエン 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	—	—	大崎ケルゾエン 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	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。 ※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。
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。

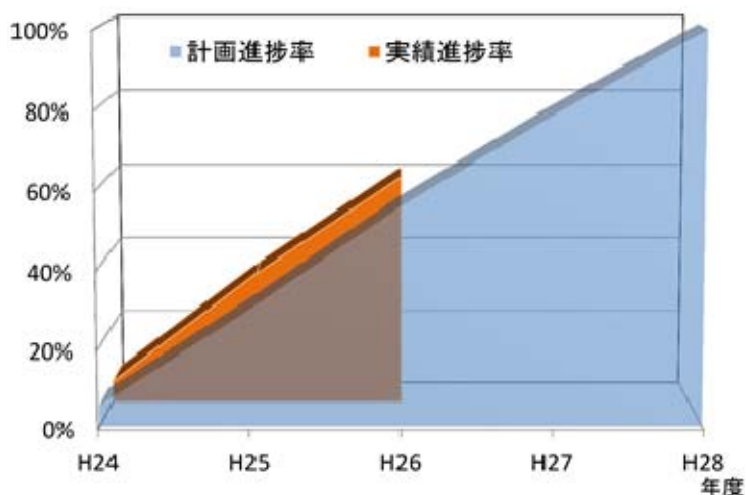
酸素吹 IGCC 実証試験設備は、敷地の大半が造成済みであり、既設設備を利用することが可能で、より合理的に実証試験を行うことが出来る中国電力株式会社大崎発電所構内に建設している。

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						
	工事設計	土木・建築工事					
		据付工事着工			受電	ガス化炉火入	
	設計・製作	据付工事			単体 試運転	総合 試運転	
						実証試験	
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 ▼ガス精製設備主機搬入	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、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ふ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ま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、チャレンジング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ことから、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。

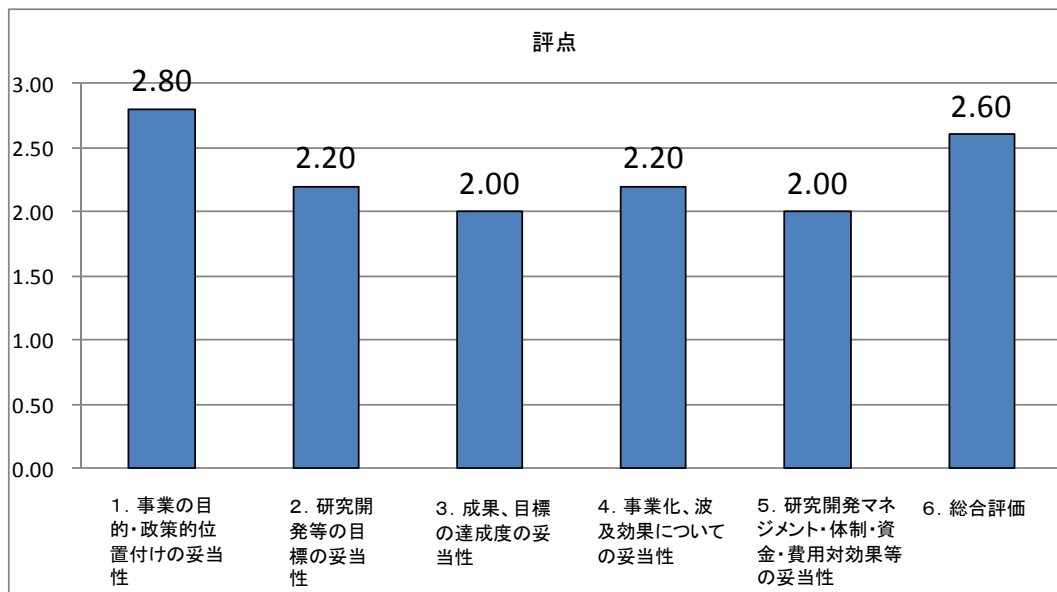
また、新興国や途上国へ展開することを踏まえると、建設費の更なる低下は大きなアピールポイントとなる。

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



第 1 章 評価の実施方法

第1章 評価の実施方法

本プロジェクト評価は、「経済産業省技術評価指針」（平成26年4月改定、以下「評価指針」という。）に基づき、以下のとおり行われた。

1. 評価目的

評価指針においては、評価の基本的考え方として、評価実施する目的として

- (1) より良い政策・施策への反映
- (2) より効率的・効果的な研究開発の実施
- (3) 国民への技術に関する施策・事業等の開示
- (4) 資源の重点的・効率的配分への反映

を定めるとともに、評価の実施にあたっては、

- (1) 透明性の確保
- (2) 中立性の確保
- (3) 継続性の確保
- (4) 実効性の確保

を基本理念としている。

プロジェクト評価とは、評価指針における評価類型の一つとして位置付けられ、プロジェクトそのものについて、同評価指針に基づき、事業の目的・政策的位置付けの妥当性、研究開発等の目標の妥当性、成果、目標の達成度の妥当性、事業化、波及効果についての妥当性、研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性の評価項目について、評価を実施するものである。

その評価結果は、本プロジェクトの実施、運営等の改善や技術開発の効果、効率性の改善、更には予算等の資源配分に反映させることになるものである。

2. 評価者

評価を実施するにあたり、評価指針に定められた「評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価者の導入等により、中立性の確保に努めること」との規定に基づき、外部の有識者・専門家で構成する検討会を設置し、評価を行うこととした。

これに基づき、評価検討会を設置し、プロジェクトの目的や研究内容に即した専門家や経済・社会ニーズについて指摘できる有識者等から評価検討会

委員名簿にある5名が選任された。

なお、本評価検討会の事務局については、指針に基づき経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部石炭課が担当した。

3. 評価対象

石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業（実施期間：平成24年度から平成32年度）を評価対象として、研究開発実施者（大崎クールジェン株式会社）から提出されたプロジェクトの内容・成果等に関する資料及び説明に基づき評価した。

4. 評価方法

第1回評価検討会においては、研究開発実施者からの資料提供、説明及び質疑応答、並びに委員による意見交換が行われた。

第2回評価検討会においては、それらを踏まえて「プロジェクト評価における標準的評価項目・評価基準」、今後の研究開発の方向等に関する提言等及び要素技術について評価を実施するとともに、評価報告書(案)を審議した。また、第1回評価検討会における委員意見に対する、研究開発実施機関からの意見を聴取した。4段階評点法による評価については、各委員がこの意見を踏まえて再度確認を行い、変更する際には事務局に連絡を行うこととなった。また、評価報告書（案）の内容等については、評価点に関する事項を見直すこと及び、当日の説明を踏まえたプロジェクトの内容・成果等に関する資料を見直すことを前提に、最終的には座長に一任となった。

第3回評価検討会は、第2回評価検討会で委員に説明した内容を含む改訂を行った「プロジェクト概要」の資料を送付し実施した。一部委員から、評価の見直しについて意見が寄せられ、これを踏まえた評価報告書(案)を、座長確認により確定した。

また、評価の透明性の確保の観点から、知的財産保護、個人情報で支障が生じると認められる場合等を除き、評価検討会を公開として実施した。

5. プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準

今回の評価検討会においては、本プロジェクト第1段階の中間評価と第2段階の事前評価の要素を併せ持って実施した。各段階における評価項目・評価基準は以下の通り。

現在実施中の第1段階については、経済産業省産業技術環境局技術評価室において平成25年4月に策定した「経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準について」のプロジェクト評価（中間・事後評価）に沿った評価項目・評価基準とした。

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

- (1) 事業目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。
 - ・事業の政策的意義（上位の施策との関連付け等）
 - ・事業の科学的・技術的意義（新規性・先進性・独創性・革新性・先導性等）
 - ・社会的・経済的意義（実用性等）
- (2) 国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。
 - ・国民や社会のニーズに合っているか。
 - ・官民の役割分担は適切か。

2. 研究開発等の目標の妥当性

- (1) 研究開発等の目標は適切かつ妥当か。
 - ・目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。特に、中間評価の場合、中間評価時点で、達成すべき水準（基準値）が設定されているか。
 - ・目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

- (1) 成果は妥当か。
 - ・得られた成果は何か。
 - ・設定された目標以外に得られた成果はあるか。
 - ・共通指標である、論文の発表、特許の出願、国際標準の形成、プロトタイプの作製等があったか。
- (2) 目標の達成度は妥当か。
 - ・設定された目標の達成度（指標により測定し、中間及び事後評価時点の達成すべき水準（基準値）との比較）はどうか。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

- (1) 事業化については妥当か。

- ・事業化の見通し（事業化に向けてのシナリオ、事業化に関する問題点及び解決方策の明確化等）は立っているか。
- （２）波及効果は妥当か。
- ・成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
 - ・当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

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

- （１）研究開発計画は適切かつ妥当か。
- ・事業の目標を達成するために本計画は適切であったか（想定された課題への対応の妥当性）。
 - ・採択スケジュール等は妥当であったか。
 - ・選別過程は適切であったか。
 - ・採択された実施者は妥当であったか。
- （２）研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。
- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか、いたか。
 - ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか、いたか。
 - ・目標達成及び効率的実施のために必要な、実施者間の連携／競争が十分に行われる体制となっているか、いたか。
 - ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組を積極的に実施しているか、いたか。
- （３）資金配分は妥当か。
- ・資金の過不足はなかったか。
 - ・資金の内部配分は妥当か。
- （４）費用対効果等は妥当か。
- ・投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。
 - ・必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。
- （５）変化への対応は妥当か。
- ・社会経済情勢等周辺の状況変化に柔軟に対応しているか（新たな課題への対応の妥当性）。
 - ・代替手段との比較を適切に行ったか。

6. 総合評価

また、平成28年度より開始予定の第2段階については、経済産業省産業技術環境局技術評価室において平成27年4月に策定した「経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準について」のプロジェクト評価（事前評価）に沿った評価項目・評価基準とした。

1. 事業アウトカムの妥当性

- (1) 中間評価時点においてなお、事業の目的を踏まえた事業アウトカムが明確であり妥当であること。
 - ・事業アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていること。
- (2) 中間評価時点においてなお、事業アウトカム指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
 - ・市場規模・シェア、エネルギー・CO₂削減量などの事業アウトカムを計測できる定量的な指標が設定されるとともに、目標値及び達成時期が適切に設定されていること。

2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性

- (1) 中間評価時点においてなお、研究開発内容が明確かつ妥当であること。
 - ・研究開発要素が明確であること。国内外他者において実施されている類似の研究開発や競合する研究開発等の現状が把握されており、本事業によって、技術的優位性（特許取得等）及び経済的優位性（上市・製品化、市場規模・シェア等）を確保できるものであること。目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。特に、中間評価の場合、中間評価時点で、達成すべき水準（基準値）が設定されているか。
- (2) 中間評価時点においてなお、事業アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
 - ・中間評価時点において、研究開発の進捗状況を客観的に評価検証し得る、定量的な事業アウトプット指標が提示されるとともに、目標値が適切に設定されていること。
- (3) 中間評価時点での事業アウトプットの目標値が達成されているとともに、

関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの作成等が実施されていること。

- ・未達成の場合はその原因や今後の見通しについて適切に説明されていること。

3. 当省（国）が実施する事の必要性

- (1) 中間評価時点においてなお、次の①から⑤のいずれかを満たすものであるなど、当省(国)において、当該研究開発課題（プロジェクト）を実施することが必要であることが明確であること。成果は妥当か。
- ①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。
 - ②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。
 - ③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの（知的基盤）の形成に資する研究開発の場合。
 - ④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。
 - ⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性

- (1) 中間評価時点においてなお、事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成され、必要に応じて改定されていること。
- ・知財管理の取扱
 - ・実証や国際標準化
 - ・性能や安全性基準の策定
 - ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組
 - ・成果のユーザー事業化については妥当か。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性

- (1) 研究開発の実施・マネジメント体制等が、事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、以下の点について明確かつ妥当であること。
- ・研究開発計画
 - ・研究開発実施者の適格性
 - ・研究開発の実施体制（チーム構成、プロジェクトリーダー、連携や競争

を図るためのフォーメーション等)

- ・ 国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動
- ・ 資金配分
- ・ 社会経済情勢等周囲の状況変化への柔軟な対応研究開発計画は適切かつ妥当か。

(2) 事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱いについての戦略及びルールが十分検討され、具体化されていること。

6. 費用対効果の妥当性

(1) 投入する予定の国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。

第2章 プロジェクトの概要

A 第 1 段階中間評価

1. 事業の目的・政策的位置付け

1-1. 技術に関する施策の概要

1-1-1. 石炭に関する施策

石炭は、国内の一次エネルギーの約1/4、発電電力量の約3割を占める重要なエネルギー源であり、国際的に見ても新興国を中心にエネルギー需給が増大していくなか石炭需要も引き続き拡大していく方向。その一方で、CO₂発生量が多く、地球環境問題への対応がせまられており、石炭の低炭素利用が喫緊の課題となっている。

また、石炭は安定供給性の面で他の化石エネルギーより優れているが、有限な可採埋蔵量のうち約半分は、高水分含有等の性質からハンドリングが難しく、活用されていない、亜瀝青炭・褐炭等の低品位炭である。今後の世界的需要増に対応し、我が国のエネルギーセキュリティを向上することが課題である。一方、海外の動向として、石炭火力発電の市場は拡大し国際競争の激化が進む中、国内に蓄積された優れたインフラシステム等を輸出することによる我が国の経済発展への貢献が期待されている。そのために、これまで同様、最先端技術開発、現地適用化技術等の推進が必要である。

以上のことから、石炭利用に伴う環境負荷の低減、エネルギーセキュリティの確保等を目的とした、「石炭火力の低炭素化」、「低品位炭の多目的利用」、「海外への技術展開・貢献」、「環境対策」等を目的とした、『クリーンコール技術の開発』は、我が国の環境及びエネルギー政策上極めて重要な施策である。

本事業は、『クリーンコール技術の開発』の目的のうち「石炭火力の低炭素化」に該当し、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もの。

1-1-2. 石炭火力の低炭素化に関する施策

世界の温室効果ガスの排出を2050年までに半減するという長期目標を達成するため、当省は「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」（2008年（平成20年）3月）を策定し、重点的に取り組むべき革新的なエネルギー技術を「21」分野選定。「21」分野の技術には、「高効率石炭火力発電」「二酸化炭素回収・貯留（CCS）」が含まれている。

その後、「日本再興戦略 -JAPAN is BACK-」（2013年（平成25年）6月）において、クリーンで経済的なエネルギーが供給される社会の実現に向け、「高効率石炭火力」について、以下のアクションプランが提示されている。

- ・1,500度級の石炭ガス化複合発電（IGCC）について、2020年代の実用化を目指す（発電効率39%程度→改善後46%程度）。
- ・石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）について2025年までに技術を確立し、2030年代の実用化を目指す（発電効率39%程度→改善後55%程度）。

さらに至近では図1-1に示すように、第四次エネルギー基本計画を踏まえて、2014年（平成26年）12月にまとめられた「エネルギー関係技術開発ロードマップ」において、「高効率石炭火力発電」「二酸化炭素回収・貯留（CCS）」のロードマップが整理されている。

また、本年（2015年（平成27年））6月にとりまとめられた「長期エネルギー需給見通し（案）」（7月に最終決定）において、「火力発電の高効率化を図り、環境負荷の低減と両立しながら、その有効利用を推進する。」と整理されたことを受けて、6月から産学官の有識者からなる「次世代火力発電の早期実現に向けた協議会」を4回にわたって開催し、石炭火力やCO₂回収・利用（CCUS）を含む次世代火力発電関連技術を早期に技術確立し、実用化するための技術ロードマップの中間とりまとめを行ったところ。この中間とりまとめの

中では、火力発電全体の平均発電効率を大幅に向上させるために、各技術の更なる性能向上を追求しつつ、究極的な発展系である燃料電池複合発電技術の可能な限り早期の確立を目指す方針が示された。石炭火力関係の個別の開発方針は以下の通りである。

- ・ IGCC について 2018 年頃技術確立、量産後従来機並みの発電単価を実現。
- ・ IGFC について 2025 年頃技術確立、量産後従来機並みの発電単価を実現。
- ・ CCUS について、物理吸収法を 2020 年頃技術確立、回収コスト 2,000 円/t を目指す。

9. 高効率石炭火力発電

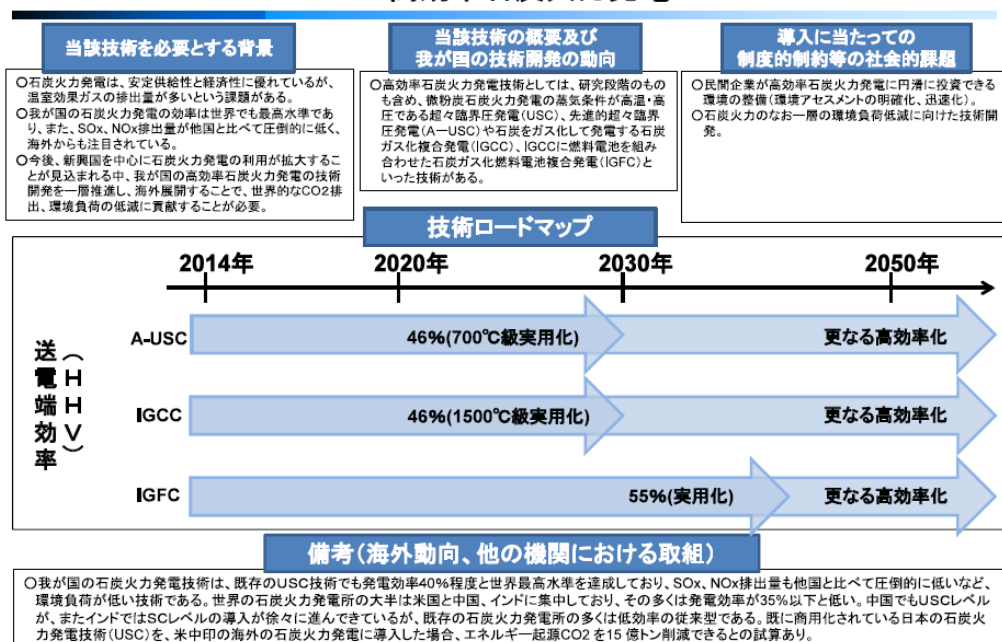


図 1-1 エネルギー関係技術開発ロードマップ

1-2. 事業の目的

1-2-1. 事業の目的

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・回収を組合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。

なお、平成 26 年 4 月に閣議決定された「エネルギー基本計画」における石炭の位置づけは、「温室効果ガスの排出量が多いという課題があるが、地政学的リスクが化石燃料の中で最も低く、熱量あたりの単価も化石燃料の中で最も安いことから、安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源の燃料として再評価されており、高効率火力発電の有効利用等により環境負荷を低減しつつ活用していくエネルギー源である。」とされており、また平成 27 年 7 月に決定された「長期エネルギー需給見通し」においても、「火力発電の高効率化を図り、環境負荷の低減と両立しながら、その有効利用を推進する。」と整理されているところであり、これらの方針に沿った技術開発である。

(1) 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。

（２） 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・回収設備を組み入れて、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。

（３） 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 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（CO₂ 分離・回収型 IGFC）システムの実証を行う。

１－２－２．事業の必要性

石炭は、他の化石燃料と比べ、可採年数が約 113 年と長く、世界各国に幅広く分布する等、安定供給性が高く、経済性に優れることから、エネルギー自給率が極めて低い我が国にとって重要な一次エネルギー源である。

平成 26 年に閣議決定された「エネルギー基本計画」において、石炭火力発電所は、「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、「IGCC 等の次世代高効率石炭火力発電技術等の開発・実用化を推進する」ことが盛り込まれた。更に、平成 27 年 7 月に決定された「長期エネルギー需給見通し」においても、石炭火力の高効率化を進め、環境負荷の低減と両立しながら活用することで、2030 年の石炭火力の比率を 26%程度とする方向性が示された。今後、再生可能エネルギーが増加していくなかでも、コストが低廉な電源から稼働させるなどの運用（メリットオーダー）が全国大で進められるため、経済性の優れる石炭火力は、ベースロード電源として高稼働で運用されと考えられ、特に高効率な IGCC はベースロード電源としての期待が高い。

一方で、石炭は他の化石燃料と比べ燃焼時の単位当たり CO₂ 排出量が大きく、地球環境問題での制約要因が多いという課題を抱えている。「長期エネルギー需給見通し」でも、2030 年度の 2013 年度比 26%の温室効果ガス削減目標の達成に向けて、石炭火力の高効率化が行われることが前提となっており、一層の CO₂ 排出量の抑制が求められている。エネルギー基本計画においては 2020 年頃の二酸化炭素回収貯留（CCS）技術の実用化を目指した研究開発を行うこと、長期エネルギー需給見通しにおいては、二酸化炭素の回収貯留（CCS）及び利用に関する技術について、2030 年度以降を見据えて開発・利用の促進を図ることが盛り込まれている。

したがって、石炭火力発電の高効率化及び CO₂ 排出量削減の観点から本事業を実施する必要性がある。

１－３．国が実施することの必要性

石炭は化石エネルギーの中でも供給安定性・経済性に優れたエネルギーであり、今後も利用されていくものと見込まれる。一方で、石炭は熱量あたりの CO₂ 排出量が他の化石エネルギーと比べて多く、引き続き利用していくためには、低炭素化を目指した高効率な石炭ガス化複合発電技術（酸素吹 IGCC、IGFC）や CCS を組み合わせた低炭素化が重要。また、これまでほとんど利用されていない亜瀝青炭等の低品位炭も火力発電燃料として利用することが将来的に重要。

前述のとおり、当省では「Cool Earth－エネルギー革新技术計画」を設定し、「高効率石炭火力発電」「二酸化炭素回収・貯留（CCS）」を含む「21」分野の技術開発をもって温室効果ガス削減目標達成に向け取り組んでいるところ。本事業は、当該計画に掲げられた石炭火力発電の高効率化に位置付けられており、本事業の成果を市場展開することにより我が国の発電部門における温室効果ガス排出量の大幅な改善が期待できる。また、エネルギー基本計画においても、石炭火力発電のベースロード電源としての重要性が評価されてい

る中、一刻も早く本事業の成果を市場へ展開することが望まれる。

更に第四次エネルギー基本計画を踏まえて、2014 年（平成 26 年）12 月にまとめられた「エネルギー関係技術開発ロードマップ」においても「高効率石炭火力発電」「二酸化炭素回収・貯留（CCS）」が国際展開も見据えた形で整理されている。

また、本年（2015 年（平成 27 年））6 月にとりまとめられた「長期エネルギー需給見通し（案）」（7 月に最終決定）において、「火力発電の高効率化を図り、環境負荷の低減と両立しながら、その有効活用を推進する。」と整理されたことを受けて、同年 6 月から産学官の有識者からなる「次世代火力発電の早期実現に向けた協議会」を 4 回にわたって開催し、石炭火力や CO₂ 回収・利用（CCUS）を含む次世代火力発電関連技術を早期に技術確立し、実用化するための技術のロードマップの中間とりまとめを行ったところ。今後とも、官民一体となり技術開発を加速化させることとしている。この中間とりまとめの中でも、当該技術は第 1 段階が「中型酸素吹 IGCC 技術実証」、第 2 段階が「物理吸収法技術実証」、第 3 段階が「小型 IGFC 技術実証」として次世代火力発電技術の早期確立、実用化に向けた工程表に記載されており、次世代の石炭火力発電の中核的な技術として位置付けられたところである。

以上のとおり、従来の石炭火力発電設備より高効率かつ低品位炭を含む多炭種に対応可能な本技術の実証は、今後のエネルギー・環境政策における重要政策の一つである石炭火力発電の高効率化を実現するための鍵となるものであり、極めて重要な事業である。

また、酸素吹 IGCC、CO₂ 分離・回収型 IGCC の開発は、「科学的価値の観点から見た先導性」、「研究開発費」、及び「環境問題への先進的対応」という観点からも国が支援する必要性は引き続き高いと考えられる。

【科学的価値の観点から見た先導性】

本事業において実証を行う酸素吹 IGCC の核となる酸素吹ガス化炉（EAGLE 炉）は、独自の 1 室 2 段旋回流方式により世界最高水準のガス化効率を達成する他、多炭種適用性、信頼性の点で海外の先行ガス化炉を凌駕することが期待できることから、実用化した場合には世界的に普及を拡大していくことが望める。さらに、酸素吹 IGCC では、燃焼前の石炭ガスから効率よく CO₂ を回収できるため、革新的低炭素石炭火力の実現に不可欠な発電技術である。

【研究開発費】

本事業を実施するためには、実際に商用機発電所の約 1/3 規模の実証試験設備を構築する必要があるため、民間企業単独では費用負担、実証試験リスクが大きい。

【環境問題への先進的対応】

国内において一定割合の石炭火力を含むエネルギーミックスを前提に温室効果ガスの削減目標（2030 年度に 2013 年度比 26.0%）案が議論されている中、第 2 段階の CO₂ 分離回収の実証は、地球環境問題に対応する為に、重要な技術開発であるが、効率の低下につながり市場原理に基づく研究開発の実施インセンティブが働かないことから、国の主導が必要である。本事業の成果は、我が国における電力供給の一翼を担う石炭火力発電設備として普及見込みであるとともに、国際展開することにより地球規模の気候変動対応にも貢献可能である。

更に、本技術は国際展開によって、地球環境問題に貢献可能であるが、国際展開にあたっては、国内での技術確立が前提となる。国内においても、2030 年度に運転開始から 40 年を超える石炭火力は約 1,000 万 kW に達すると見込まれており、リプレースに際しては、BAT（Best Available Technology：適用可能な最新技術）が基本となる為、IGCC は既設リプレースでの BAT 適用オプションとして従来以上に重要になるものとする。しかしながら、現状において、国内での新設・リプレース需要が少なく、技術確立の機会が少ない状況を鑑みた場合、国費を投入した早期の実証試験の実施が必要である。

アメリカやヨーロッパに加え中国及び韓国等の新興国においても IGCC の技術開発・実証が進められており、迅速かつ着実な予算確保は我が国の国際競争力を維持する上で必要であり、産業政策の観点から重要である。

2. 研究開発等の目標

2-1. 研究開発内容

最新の微粉炭火力発電（USC）は、石炭を燃焼し発生した蒸気のみで発電を行うが、酸素吹IGCCは、固体燃料である石炭を酸素で高効率にガス化した後、ガスタービンと蒸気タービンの組み合わせで高効率複合発電を行うものである。また、酸素吹IGCCでは、微粉炭火力発電では利用できない灰溶融点の低い石炭（低品位炭）を活用できる。つまり酸素吹IGCCは、これまで利用できなかった低品位炭を用いて高効率発電を実現する技術である。さらに酸素吹IGCCは、燃焼前の石炭ガス化ガスから効率良くCO₂を回収できるため、革新的低炭素石炭火力の実現に不可欠な発電技術である。

本事業において実証を行う酸素吹IGCCの核となる酸素吹ガス化炉（EAGLE 炉）は、独自の1室2段旋回流方式により世界最高水準のガス化効率を達成する他、多炭種適用性、信頼性の点で海外の先行ガス化炉を凌駕することが期待できることから、実用化した場合には世界的に普及を拡大していくことが望める技術である。

本事業における酸素吹IGCC実証（第1段階）に類する事業としては、平成11年度から平成22年度まで当省にて実施した「噴流床石炭ガス化発電プラント実証」（出力規模が250MW級の空気吹IGCC実証）が挙げられる。

酸素吹IGCCはIGFCの基幹技術として位置付けられ、空気吹IGCCよりも石炭ガス化ガス中の燃料成分（CO、H₂）の割合が高い。つまり石炭ガス化ガスの発熱量が高く、ガスタービンの高温化（1,700℃級等）にも容易に対応可能であり、IGCC単体でも更に高効率化できるポテンシャルを有している。ガス化技術単体で比較しても、酸素吹ガス化は、石炭ガス化ガス中のN₂成分が空気吹ガス化より少ないため、合成燃料製造〔水素、GTL（液体燃料）、SNG（合成天然ガス）〕など、発電用途のみならず産業用途への活用も可能であることに加え、炭種適合範囲も広い。よって酸素吹IGCCは、空気吹IGCCより市場規模が大きく、炭種制約も少ないため、国産IGCCを世界に普及させることができる技術と言える。

また、本事業におけるCO₂分離・回収型IGCC実証（第2段階）は米国Tampa、Kemperと2つの実証計画が進んでいるが、前者は乾式脱硫の実証を目的としておりCO₂分離方式としては化学吸収法を採用していること、後者は空気吹IGCCを対象とし低いCO₂回収効率であることが本事業と異なり、本事業のような高効率を目指したものではない。また、CO₂分離・回収型IGFC実証（第3段階）に類する事業は無い。

2-2. 研究開発の目標値

酸素吹 IGCC の実用化に向け表 2-1 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。

表 2-1 酸素吹 IGCC 実証試験 開発目標

熱効率	目 標	送電端効率 (HHV) : 40.5%程度
	設定根拠	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。 ※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。
環境性	目 標	SOx : 8ppm (O ₂ =16%) NOx : 5ppm (O ₂ =16%) ばいじん : 3mg/m ³ N (O ₂ =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。

3-1-2. 全体設備設計検討

(1) 全体設計

a. 地点

(a) 実証試験の実施計画地点

広島県豊田郡大崎上島町中野 6208 番地 1

中国電力株式会社 大崎発電所構内

(b) 敷地形状

対象事業実施区域：大崎発電所敷地面積 約 50 万 m^2

そのうち、実証設備設置予定地 約 5 万 m^2

実証設備は、図 3-1 に示す対象事業実施区域のうち、大崎発電所 1-2 号機の建設が予定されていた（平成 20 年 6 月に建設計画中止）区域に設置している。

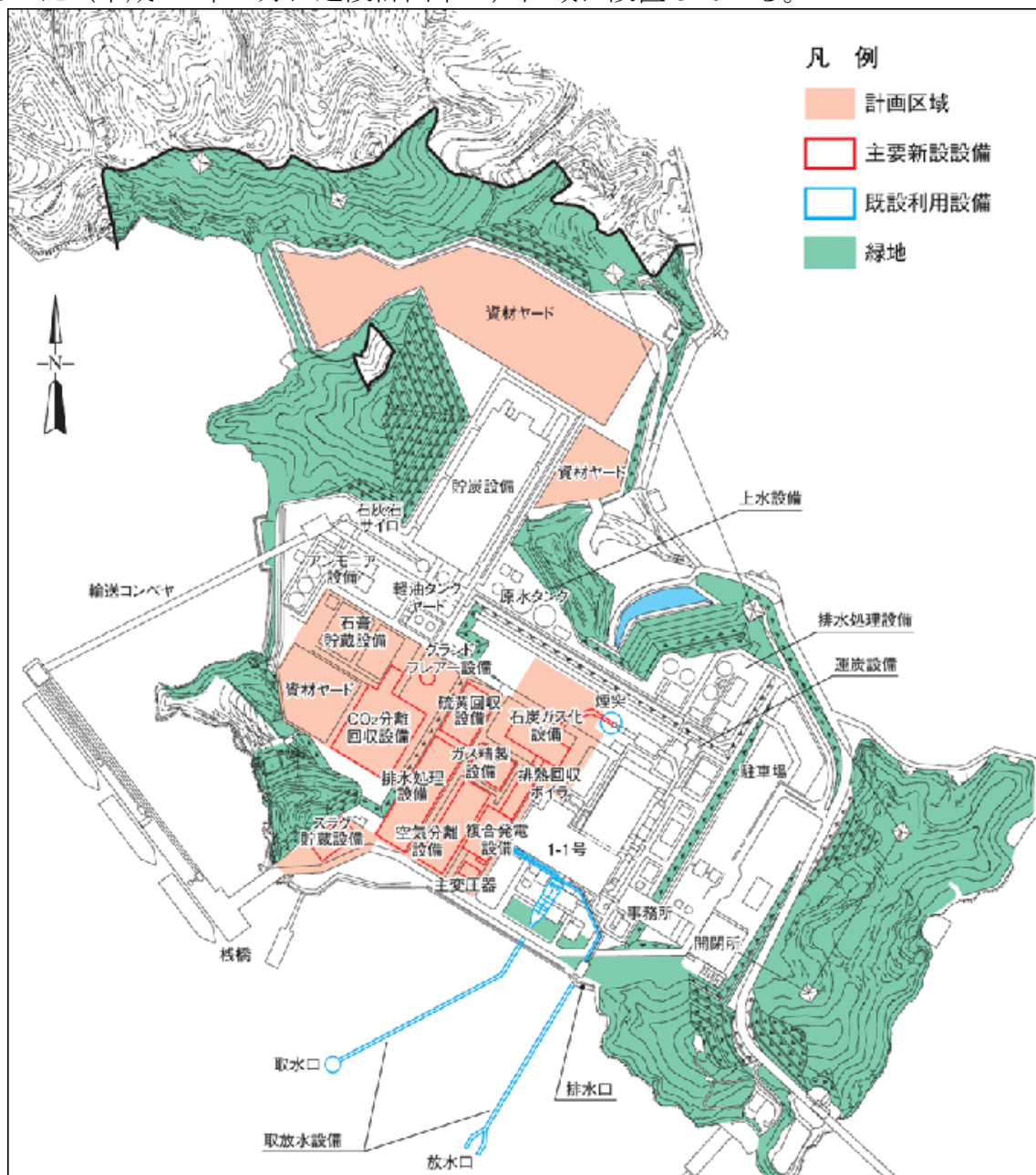


図 3-1 敷地形状図

b. 環境諸元

(a) ばい煙

石炭火力発電設備として、最高水準の環境性能を満足するべく、ばい煙諸元を表 3-2 のとおり設定した。

表 3-2 ばい煙諸元

項目		単位	計画値	環境保全対策
硫黄酸化物	排出濃度	ppm	10	湿式化学吸収法および湿式石灰石膏法による脱硫
	排出量	m ³ N/h	12	
窒素酸化物	排出濃度	ppm	6	ガスタービン（GT）低 NO _x 燃焼器および乾式アンモニア接触還元法による脱硝
	排出量	m ³ N/h	8	
ばいじん	排出濃度	mg/m ³ N	5	サイクロン・キャンドル型フィルタによる乾式脱じん
	排出量	kg/h	6	

注：排出濃度は乾きガスベースで O₂=16%換算値にて示した。

(b) 排水

大崎クールジェン㈱および中国電力が広島県および大崎上島町と締結している「環境保全に関する協定書」の記載値以下となるようにするとともに、大崎発電所構内から海域へ排出する排水量は、実証設備および大崎発電所からの排水量の合計が日最大量 650m³/日以下とするよう運用する計画である。

c. 実証試験プロジェクトの全体工程

土木工事着工：平成 25 年 3 月

機電工事着工：平成 26 年 6 月

ガス化炉火入：平成 28 年 6 月（予定）

実証試験開始：平成 29 年 3 月（予定）

d. 設備計画

(a) 石炭ガス化方式

石炭ガス化方式は、ガス化効率が高く、燃料電池を組み合わせた石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）による飛躍的な発電効率の向上が期待できるとともに、発電以外の産業への幅広い分野に適用が期待できる酸素吹方式を採用する。

酸素吹石炭ガス化方式は石炭のガス化剤に酸素を使用する方式で、石炭ガス化ガスの主成分が一酸化炭素（CO）と水素（H₂）であることから、IGCC 用のみならず IGFC 用または合成燃料・化学原料製造などの多目的用として開発が進められてきた。

本実証試験では、パイロット試験で開発および検証が進められた EAGLE 炉をスケールアップして、実証規模での検証を行う。

(b) 炭種

設計炭は、EAGLE パイロット試験の成果を踏まえ、高効率・安定運用を見込むことができ、かつ各設備の容量計画に用いる炭種とし、表 3-3 に示す A 炭、B 炭、C 炭の 3 炭種とす

る。特に、EAGLE パイロット試験で豊富なデータを有する B 炭を性能確認炭とする。

A 炭： 水分が多く、発熱量が低い炭（亜瀝青炭）

B 炭： 性能確認炭（亜瀝青炭）

C 炭： 硫黄分が高く、灰分が高い炭（瀝青炭）

表 3-3 炭種性状一覧表

			設計炭		
			性能確認炭		
銘柄			A 炭	B 炭	C 炭
項目	ベース	単位			
発熱量	恒湿	MJ/kg	22.6	25.2	27.4
全水分	到着	%	31.5	27.4	14.5
水分	恒湿	%	17.6	13.1	9.01
灰分	恒湿	%	3.0	1.7	6.01
揮発分	恒湿	%	39.8	42.9	40.70
固定炭素	恒湿	%	39.6	42.3	45.07
全硫黄	恒湿	%	0.13	0.12	0.70
燃料比	恒湿	—	0.99	0.99	1.13

(c) 出力規模

出力規模は、パイロット試験により得られた知見に基づき、石炭ガス化設備・ガス精製設備・複合発電設備等全体システムの連携を考慮した適正なスケールアップについて検討を行い設定した。

一般的に、ボイラやガス化炉等、一定の容積、圧力条件下で燃焼やガス化などの熱反応を伴う設備をスケールアップするにあたり、技術開発の設備（パイロット規模）に対し経験的知見からも 10 倍以内のスケールで実証設備を構築している。

先行機のスケールアップ実績および本実証機スケールアップ計画を図 3-2 に示す。実証設備は、スケールアップ実績である EAGLE 炉（150t/d）の 10 倍以内とし、その中で選定可能な高効率ガスタービン出力を考慮し、石炭処理量を 1,180t/d に設定している。また、実証設備から商用規模へのスケールアップも海外先行機と同程度の比率とすることが可能である。

この規模でもっとも高効率な発電システムが実現可能なガスタービンとして、タービン入口温度が 1,300℃級である 100MW 級ガスタービンを採用する。さらに、ガス化炉ならびにガスタービンの下流に設置する排熱回収ボイラから発生する蒸気流量等を踏まえ、発電システムとして最適な蒸気タービンを選定した。これにより、大気温度 5℃においてガスタービン出力は 108MW、蒸気タービン出力は 58MW より、実証設備の合計出力は 166MW となる。

海外先行機とのスケールアップの比較					(石炭処理量)
GE炉	パイロット	→	実証機	→	実証機
	165 t /d	約6倍	1, 000 t /d	約2. 3倍	2, 300t/d (Tampa)
Shell炉	パイロット	→	実証機		
	250 t /d	約8倍	2, 000t/d(Buggenum)		
EAGLE炉	パイロット	→	実証機 (本実証事業)	→	商用機
	150 t /d	約8倍	1, 180t/d	約2. 5倍	3, 000t/d級
出典：” Gasfication Technology Status-December 2006 Product ID Number 1012224” Electric Power Research Institute (EPRI)					
(参考) 国内空気吹先行機のスケールアップ					(石炭処理量)
勿来IGCC	パイロット	→	実証機	→	商用機
	200 t /d	約8. 5倍	1, 700t/d	約2倍	実証規模の約2倍と想定
勿来IGCC 出典) 日本ガスタービン学会誌 Vol137 NO.2 (2009年3月)					

図 3-2 先行機の実績と本実証機のスケールアップ計画

(d) 基本仕様

実証設備の基本仕様を表 3-4 に示す。

ガス化炉は EAGLE 炉をスケールアップした酸素吹一室二段旋回型噴流床ガス化炉である。ガス化炉へ高圧で微粉炭を吹き込むための石炭前処理設備、ガス化用酸素の供給設備として、深冷分離方式の空気分離設備を設置する。ガス精製設備の方式には、パイロット試験で検証した湿式化学吸収法および湿式石灰石石膏法を適用する。このほか、ガス化炉へ高圧で微粉炭を吹き込むための石炭前処理設備、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせて高効率発電を実現する複合発電設備、主変圧器のほか、取放水設備、排水処理設備、燃料設備、グランドフレア等の付属設備などで実証設備を構成する。これら設備の一部は、実証試験実施地点の既設発電所の設備を共用する。

表 3-4 酸素吹石炭ガス化複合発電実証設備の基本仕様

主要機器	基本仕様
石炭前処理設備	微粉炭搬送：差圧搬送制御方式
石炭ガス化設備	酸素吹一室二段旋回型噴流床方式
空気分離設備	加圧深冷分離方式
ガス精製設備	湿式化学吸収法（MDEA） 湿式石灰石石膏法
排熱回収ボイラ（HRSG）	再熱複圧自然循環型
ガスタービン（GT） 蒸気タービン（ST）	1 軸型コンバインドサイクル発電方式 ガスタービン：開放サイクル型 蒸気タービン：再熱復水型
発電機	全閉横置円筒回転界磁形同期発電機
主変圧器	導油風冷式
排煙脱硝装置	乾式アンモニア接触還元法
排水処理設備	プロセス排水処理設備
	排水処理設備（ドラムブロー水，生活排水処理）
取放水設備	深層取水（海底取水管方式）／水中放水
付属設備	グラントフレア
	軽油サービスタンク
	運炭設備 新設部分：ベルトコンベヤ方式
	運炭設備 既設部分：ベルトコンベヤ方式
	屋内式貯炭場
	軽油タンク
	自然循環式所内ボイラ
	鋼製自立形煙突

注：黄色箇所は、新規建設設備を示す。

(2) 全体配置図

a. 計画条件

実証設備の機器配置は図 3-3 に示す通り、大崎発電所 1-2 号機の建設が予定されていた区域を含む造成済みの空地を有効に活用するとともに、大崎発電所から燃料の石炭や上水等のユーティリティの供給を受けることにより、運炭設備および港湾設備等の新たな建設工事を行わないこととしている。また、煙突および復水器冷却水取放水設備については、大崎発電所の既設設備を利用することにより、新たに大規模な土地の造成を行わない計画とする。

上記理由により、実証設備の機器配置については新規にプラントを計画する場合に比べて一定の制約が発生するものの、既設設備を最大限活用することによって、設備費用を極力低減している。

b. 主要機器配置の考え方

実証試験設備の全体配置は、大崎発電所既設設備の共用、建設工事の円滑化等を考慮の上、各設備を最適配置し合理化に努めるとともに、関連法規に準拠した離隔距離確保する。

- (a) 設備配置の基本的な考え方は、大型設備であるガス化炉設備およびコンバインド設備の配置を決定したうえで、その他設備を最適配置する。
- (b) 既設流用する石炭コンベヤの位置を考慮して石炭前処理設備を配置し、石炭前処理設備にガス化炉設備を隣接させる。
- (c) 復水器冷却水取放水設備、開閉所との繋ぎ込みおよび煙突位置を考慮し、コンバインド設備を大崎発電所 1-1 号機建屋と隣接する形で配置する。
- (d) グランドフレア設備については、周辺設備での影響および安全性を考慮して配置する。
- (e) 設備の保安区画は「発電用火力電気設備に関する技術基準を定める省令（経済産業省）」で規定されている設備間距離が保たれるよう配置する。

設備名		考え方	
	石炭前処理設備	既設石炭コンベヤを延長して石炭を受入れる計画であることから、石炭コンベヤ延長距離が最短となり、かつ微粉炭乾燥用排気ダクトの繋ぎ込みを考慮した位置に配置する。	
	石炭ガス化設備	石炭前処理設備からの石炭供給距離の短縮化を図るため、排熱回収ボイラ設備（HRSG）煙道を挟んで石炭前処理設備に隣接して配置する。	
	ガス精製設備	ガス化炉設備および複合発電設備との中間プロセスとなることから、取合い配管が最短となるようガス化炉設備の南側に配置する。また、可燃性ガスを取扱う設備のため、火気取扱設備であるガス化炉、ガスタービンより 8m 以上の離隔距離を確保する。	
		ガス精製設備からの精製ガスをガス化炉設備へ再供給するため、それぞれの設備に近接するように、道路を挟んで、各設備の西側に配置する。	
		入口側ガスの腐食性が高いため、ガス精製設備から硫黄回収系統までのダクト敷設距離が短くなるよう、ガス精製設備の北西側（RG 圧縮機の北側）に配置する。	
	複合発電設備	ガスタービン（GT） 蒸気タービン（ST） 発電機	複合発電設備の配置は、ガス精製からの燃焼ガス供給系統、ガスタービン排ガス系統、循環水系統、主変圧器配置の全体最適化を検討し、実証試験設備の南西位置に配置する。
		排熱回収ボイラ（HRSG）	HRSG～煙突の繋ぎ込み距離および微粉炭乾燥用排ガスダクト（HRSG～ミル）が最短となるよう前処理設備の南側に配置する。
	排水処理設備（新設）	主としてガス化炉設備とガス精製設備排水を処理することから、両設備近傍となるガス精製設備の南西側に設置した。	
	空気分離設備	他設備との全体バランスを考慮し、ガス精製設備南側に配置する。酸素が支燃性であることから、可燃性ガスを扱うガス化炉設備とガス精製設備より 8m 以上の離隔距離を確保する。	
	電気設備	主変圧器	開閉所への繋ぎ込みを配慮し、複合発電設備の南側に配置する。
		所内変圧器	IPB 分岐長さが最小となるよう主変圧器の西側に隣接して配置する。
	付帯設備	煙突	大崎発電所 煙突外筒を利用して設置する。
		ベントガス処理設備（グランドフレア）	グランドフレアからの熱的影響を考慮し高さのある工作物に対して距離を取った位置に配置する。

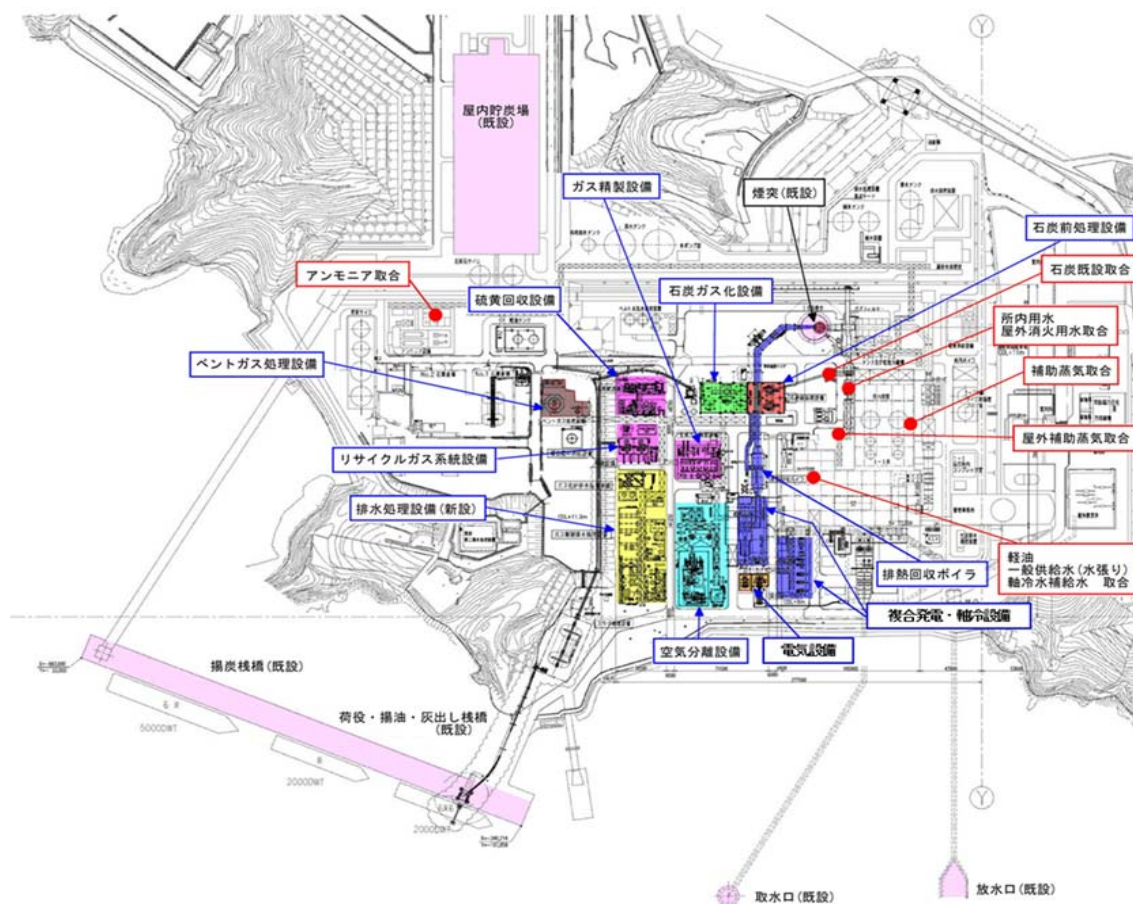


図 3-3 全体配置図

3-1-3. 個別設備設計検討

(1) 石炭前処理設備

石炭は石炭前処理設備で粉碎乾燥させて微粉炭とし、搬送用媒体として純度 99.5vol%以上の窒素を用いた差圧搬送によってガス化炉へ供給する。燃料搬送方式には微粉炭と水を混ぜたスラリー方式もあるが、同方式はスラリー中水分の蒸発潜熱が大きいため、ガス化炉の冷ガス効率を高めることができるドライフィード方式を採用する。

また、ガス化炉および熱回収ボイラ（SGC）を出た生成ガスに含まれるチャーは、サイクロンおよびチャーフィルタにて加圧下で回収され、N₂ 気流搬送によって、ガス化炉のチャーバーナに供給される。

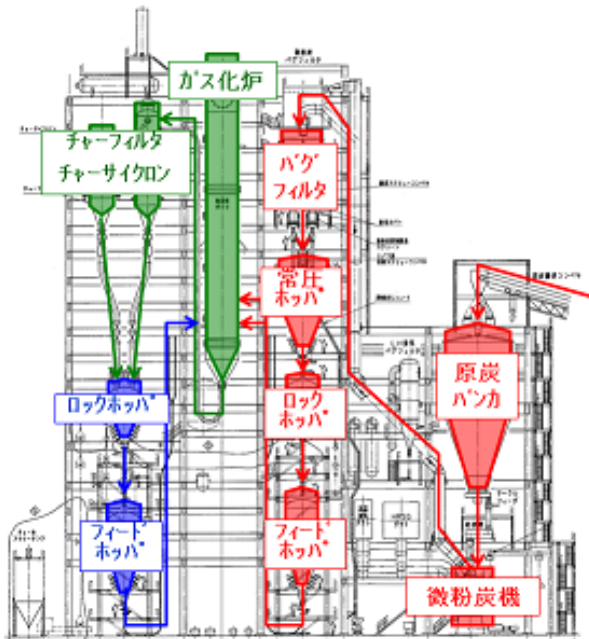


図 3-4 石炭前処理設備機器配置図



図 3-5 石炭前処理設備建設状況

(2) 石炭ガス化設備

ガス化炉は、酸素吹一室二段旋回型噴流床ガス化炉で、ガス化剤は純度 95.0vol%以上の酸素である。

ガス化炉の炉壁は、水冷管で冷却されており（水冷壁）、高温に耐えられるよう設計されているのと同時に、炉内のガス化反応で生じた熱を水冷管で回収して蒸気を発生させる。温度が特に高いガス化部の内面には耐火材が施工されているが、ガス化運転中は耐火材表面にスラグが付着し、水冷壁の冷却によって一部が固化し、コーティング層を形成して耐火材および水冷壁を保護する（スラグコーティング）。

ガス化炉で生成した高温の石炭ガス化ガス（生成ガス）の顕熱を回収するため、ガス化炉上部の熱回収部および、ガス化炉後段に熱回収ボイラ（SGC）を配置し熱交換により飽和蒸気を生成、複合発電設備の排熱回収ボイラ（HRSG）で発生する高圧飽和蒸気と合流後、HRSG 過熱器で過熱され、蒸気タービンへ供給される。

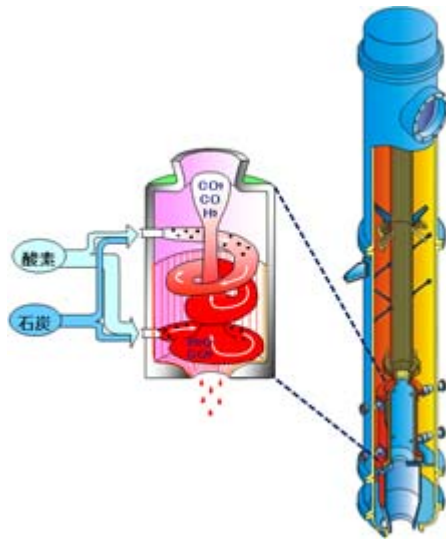


図 3-6 石炭ガス化炉断面図 (EAGLE ガス化炉)



図 3-7 石炭ガス化炉

(3) ガス精製設備

a. 生成ガス精製系統設備

石炭ガス化設備からガス精製設備に供給された生成ガスには、硫化水素 (H_2S)、残留ダスト、ハロゲン系成分、アンモニア (NH_3) 等が含まれる。これら成分は、腐食や吸収塔吸収液 (MDEA) の劣化要因となる。また、 NH_3 は、ガスタービンにおいてフューエル NO_x を生成させる。このため、ベンチュリースクラバを設置し生成ガス中のダストを除去、棚段式の水洗塔においてハロゲン、 NH_3 を水洗除去する。

生成ガス中の硫黄分の形態は、硫化水素 (H_2S) および硫化カルボニル (COS) である。生成ガスからの硫黄分除去には、パイロット試験で使用実績がある触媒による COS 転化方式と湿式化学吸収方式を組み合わせる。吸収塔吸収液 (MDEA) は、 H_2S を吸収するが COS は吸収しない特性があるので、吸収塔の上流で COS 加水分解反応 ($\text{COS} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2$) により COS を H_2S に転化する。

COS 転化触媒は、パイロット試験で使用実績がある酸化チタン系触媒を使用する。この触媒はハロゲンによる被毒に対して比較的耐性のある触媒であるが、ハロゲン存在下に長時間晒されることにより劣化を生じ得ることから、 COS 転化器の信頼性を優先し、 COS 転化器はハロゲンを除去する第一水洗塔下流側に設置する。

吸収塔で H_2S を吸収した吸収液は、再生塔で脱圧、加熱されて H_2S を脱離し、脱離した H_2S は硫黄回収系統へ送られ、石膏として固定化、回収される。

吸収塔出口の精製ガス温度は約 50°C まで低下するため、ガス精製入口ガス／ガス熱交換器でチャーフィルタ出口ガス (ガス精製入口ガス) と熱交換し、約 340°C まで上昇させ、ガスタービン燃焼効率を上昇させ、燃料消費流量低減を図る。

b. リサイクルガス系統設備

ガス精製設備の吸収塔出口精製ガスの一部は、チャーフィルタの逆洗ガス、ガス化炉および SGC のスートブローガスなどとして利用するため、リサイクルガス圧縮機でそれぞれの機器に昇圧供給する。

c. 硫黄回収系統

硫黄回収系統は、ガス精製設備の再生塔で脱離された H_2S を含む酸性ガスを受け入れ、再生排ガス処理炉において硫黄分を SO_2 に酸化する。燃焼ガスは次工程の硫黄回収吸収塔へ供給する。

硫黄回収吸収塔の吸収液は高濃度のカルシウムや亜硫酸を含むため、亜硫酸カルシウムなどの付着によるスケリングが運転の障害になる場合がある。このため、硫黄回収吸収

塔には、スケーリングによる運転障害を生じにくいスプレー塔を適用し、石灰石石膏法により、 SO_2 を石膏として固定し、脱水機で水分除去し、製品石膏として回収する。

再生排ガス処理炉において、 SO_2 の一部は SO_3 となる。石灰石石膏法では SO_3 の除去率が低いことから、湿式電気集じん器により SO_3 を除去する。



図 3-8 ガス精製設備建設状況



図 3-9 硫黄回収設備建設状況

(4) 複合発電設備

ガスタービンは 100MW 級 GT を用いる。燃焼器には分散混合型燃焼器を適用し、燃焼速度の速い燃料ガスに対して、耐逆火性と低 NO_x の両立を可能としている。

ガス化炉上部熱回収部および SGC 給水は HRSG で予熱された給水が送られる。また、HRSG への給水は、各設備の蒸気加熱器から回収したドレンで加熱した上で供給する。

蒸気サイクルは再熱複圧とする。HRSG では、石炭ガス化設備で発生した高圧蒸気を HRSG で発生した高圧蒸気と混合、過熱器を通過させた後、高圧蒸気タービンへ供給する。高圧蒸気タービンを出た蒸気は HRSG で発生した中圧蒸気と混合、再熱器通過後、中低圧蒸気タービンを駆動し、復水器（真空度 722 mmHg）で冷却され復水となる。また、HRSG は脱硝設備を有し、燃焼ガス中の NO_x を低減する。



図 3-10 複合発電設備建設状況



図 3-11 排熱回収ボイラ建設状況

（５）排水処理設備

新設するプロセス排水処理設備は、実証プラントの石炭ガス化設備、生成ガス精製系統、硫黄回収系統で発生する、COD、 NH_3 等を含む IGCC 特有の排水を、排水基準を満足する水質にまで処理するための設備である。

IGCC 特有の排水に含まれる各対象成分に応じて、凝集沈殿、分解、ろ過、中和処理等の単位操作を適切に組み合わせた高度排水処理プロセスで除去した後、海域に排出する。

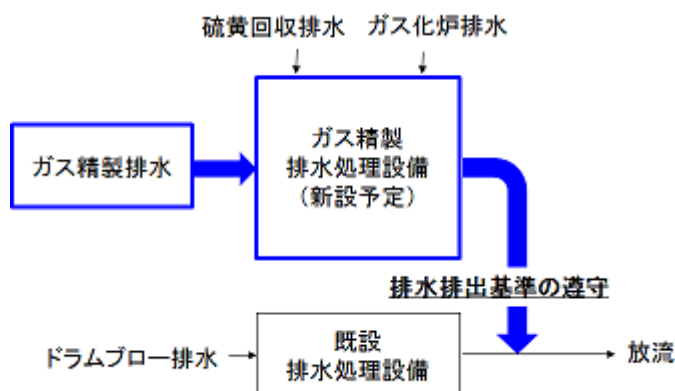


図 3-12 排水処理フロー図

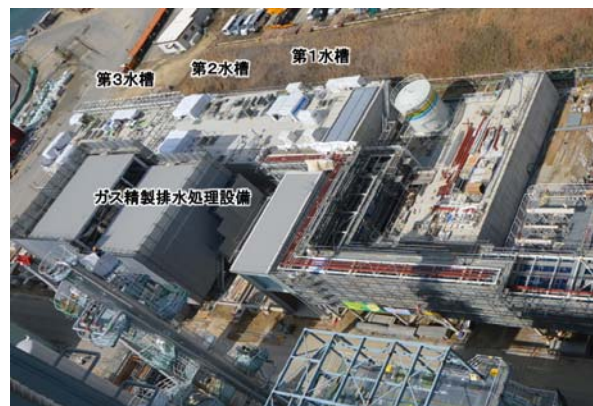


図 3-13 排水処理設備建設状況

（６）空気分離設備

大容量空気分離設備で実績の多い深冷分離方式を採用し、純度 95.0vol%以上の酸素および純度 99.5vol%以上の窒素を製造する。酸素はガス化炉における酸化剤として、窒素は石炭搬送・チャー搬送用等として供給される。

ガスタービン燃焼器に低 NO_x 型の分散混合型燃焼器を採用したことにより、 NO_x 低減用の窒素噴射が不要となり、また、ガスタービン圧縮機からの抽気が不要なことから、空気分離設備の空気源としてガスタービン圧縮機抽気は使用しない。これに伴い、空気源が大気になることから、空気分離設備の運転圧力を低下させ、原料空気圧縮機の負荷を軽減する。

低温部での水分、 CO_2 等の凝結を防止するために、原料空気は吸着塔（MS 吸着器）で凝結分除去の前処理を行う。寒冷発生源には空気昇圧膨張タービンを適用する。

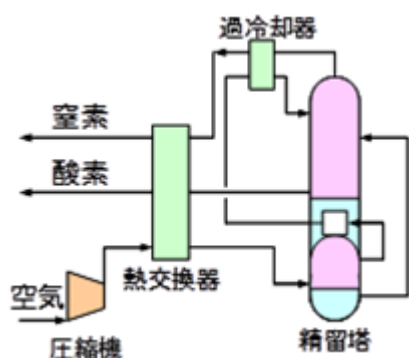


図 3-14 深冷分離方式系統構成



図 3-15 空気分離設備建設状況

（７）EAGLE 成果による設計反映事項

実証試験設備の設計にあたり、EAGLE パイロット試験の成果を最大限反映しており、実証試験においてこれらについて検証する。主な反映事項について、表 3-5 に整理する。

表 3-5 EAGLE 成果による設計反映事項

設備	項目	内容
石炭前処理設備	微粉炭・チャー搬送方式	・差圧搬送方式の採用
石炭ガス化設備	ガス化炉隔壁部の環境改善	・ガス化部隔壁部の正圧化 ・SGC 連通部陣笠の採用（2 重化）
	ガス化部温度監視方法	・可動式熱電対の採用
	スラグタップ保温対策	・スラグ流下促進ノズルの設置
	鉄スラグ生成対策	・ガス化部底面の構造変更
ガス精製設備	腐食防止対策	・塔槽類及び熱交換器の最適配置 ・適切な材料選定
複合発電設備	GT 燃焼器燃焼方法	・燃焼方法改善による環境負荷低減
排水処理設備	排水処理方法	・ガス精製排水の高度処理

3-1-4. 建設進捗状況

(1) 全体概要

IGCC実証機の建設は平成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、石炭前処理設備、ガス化炉設備、ガス精製設備、複合発電設備、排水処理設備、空気分離設備ほか各設備の工事を進めている（図3-16参照）。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。これまで、延べ作業人数約127千人にて安全第一で工事を進めている。

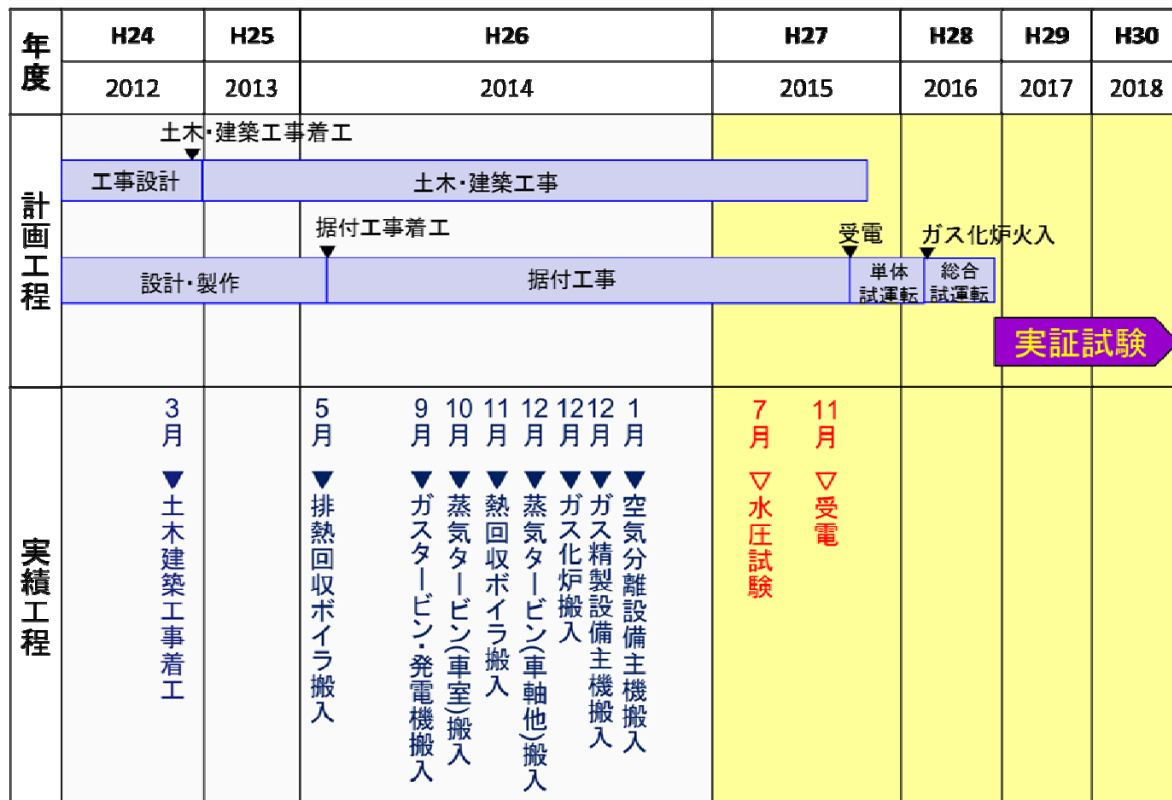
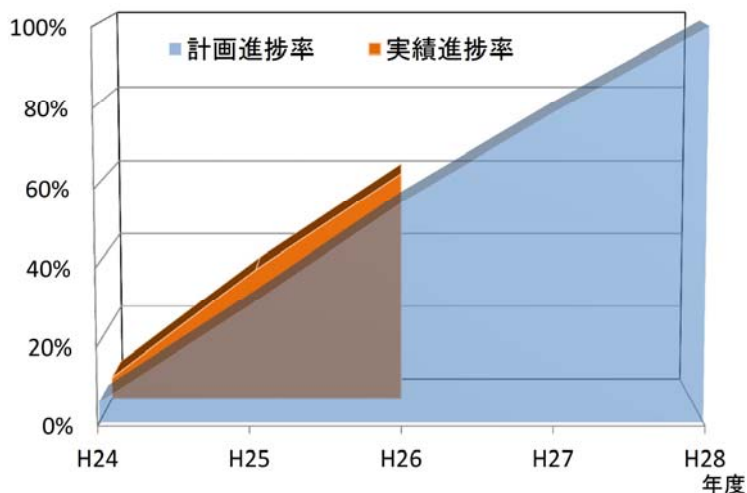


図 3-16 プロジェクトスケジュール

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、図3-17に示す通り、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。

今後は平成27年7月の水圧試験以降、機器単体試運転、総合試運転を行っていく。



$$\text{実証試験設備工事進捗率} [\%] = \frac{\text{該当時点での実証試験設備工事費支払総額}}{\text{実証試験設備工事費総額}} \times 100$$

年度	H24	H25	H26	H27	H28
計画進捗率 [%]	5	30	56	79	100
実績進捗率 [%]	5	34	60	－	－

図 3-17 実証試験設備工事進捗率の推移

(2) 建設状況

a. 設備全体

平成 25 年 4 月 25 日及び平成 27 年 3 月 25 日に煙突から見た設備全体の写真を示す。



平成 27 年 3 月 25 日に西側から見た設備全体の写真を示す。



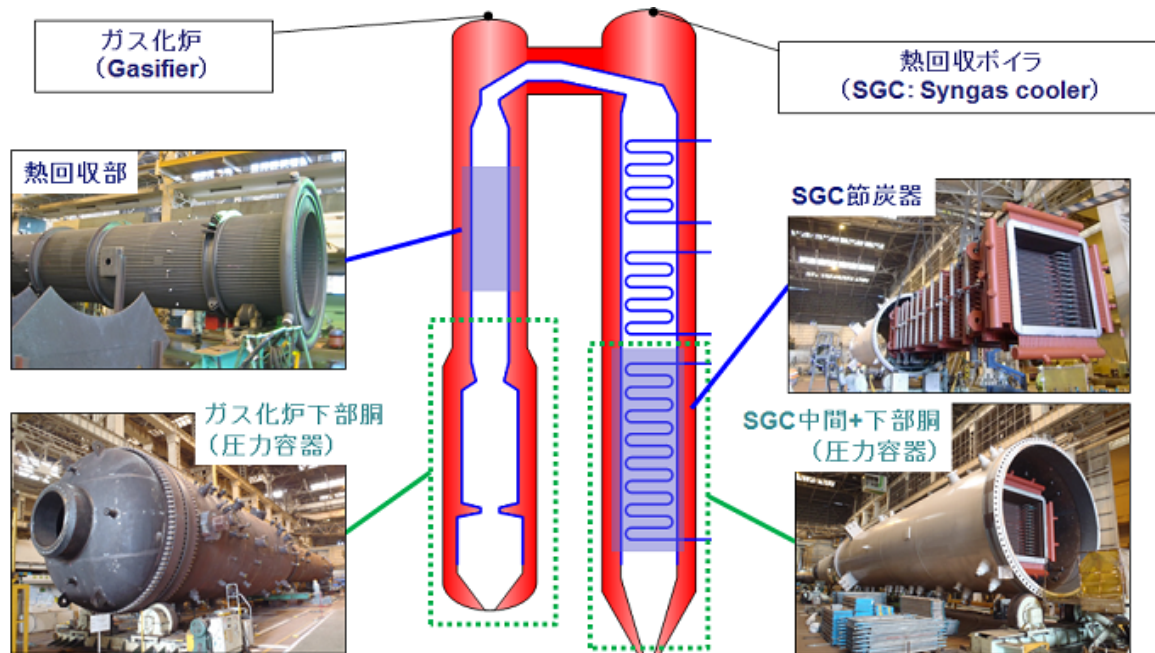
b. 土木・建築進捗状況

主な土木・建築工事は石炭ガス化設備基礎とタービン建屋工事である。石炭ガス化設備基礎は、幅約 28m、長さ約 69m、厚さ 2.5m の直接基礎である。岩盤が傾斜していることからラップルコンクリートを使用し、石炭ガス化設備の設置に間に合うように施工を実施した。タービン建屋は、延床面積約 2,800m²、高さ 12m の屋外式タービン建屋である。

c. 機電工事進捗状況

(a) 石炭ガス化・前処理設備

IGCC 設備の心臓部であるガス化炉、SGC は、MHPS 呉工場にてガス化部、熱回収部、圧力容器を製作、組立を実施した。組立が完了したガス化炉、SGC は海上輸送にて大崎地点に到着。ドーリーで構内輸送後、ジャッキアップシステムにて、ガス化炉架構内に設置された。



(b) 複合発電設備

HRSR は MHPS フィリピン工場で作製、2 分割でモジュール化され、約 10 日間をかけて日本まで海上輸送された。

複合発電設備のうち、ガスタービン及び発電機は、MHPS 日立工場で作成され、海上輸送された。構内輸送はメガベントと呼ばれる専用架台に直接ガスタービン、発電機を載せ、ドーリーでメガベントごとタービン建屋まで移動させた。この工法によりタービン建屋廻りでの作業工程を短縮でき、全体工事工程の合理化を図った。



(c) ガス精製設備、空気分離設備等

ガス精製設備の主要な塔槽類、熱交換器は工場で作製、モジュール化して搬入された。空気分離設備は、主に海外工場で作製、モジュール化して搬入された。

平成 27 年 2 月で、ほぼ全ての大型設備の搬入、据付が完了し、現在機電工事は配管、ケーブル敷設他、7 月の水圧、11 月の受電に向けて最盛期を迎えている。

3-2. 試運転・実証試験計画

図 3-18 に試運転・実証試験工程を示す。平成 27 年 11 月の受電以降、機器単体試運転、連携システム運用調整を目的とした総合試運転を実施する。さらに、平成 29 年 3 月から実証試験を実施する。実証試験を行うにあたっては、実証試験設備の起動、停止及び通常運転時の操作手順や異常時の操作手順等について検討を行い、運転に用いる手順書、マニュアル類として纏め、安全でより効率的に実証試験運転を行う。また、計画通りに実証試験を行うために必要な設備点検及び修繕を行う他、設備の耐久性を評価するために必要な設備点検を行う。実証試験期間内に行う試験を以下に示す。

(1) 運転最適化試験

酸素吹 IGCC 実証試験設備について、各設備の調整を行ったうえで、事業用火力発電設備としての基本性能（発電効率、環境性能等）を確認する。

(2) 信頼性確認試験

商用機において、従来の石炭火力と同等の年利用率 70%以上の見通しが得られることを目標に、1,000 時間及び 5,000 時間の長時間耐久性確認試験を行う。

(3) 多炭種適用試験

炭種性状適合範囲の確認を行うことを目標に、微粉炭火力に適合し難い灰融点の低い亜瀝青炭及び微粉炭火力に適合する比較的灰融点の高い瀝青炭を利用した多炭種適用試験を行う。

(4) 運用性確認試験

事業用火力発電設備として必要な運転特性・制御性（出力変化速度：1～3%/分等）の確認を行うことを目標に運用性確認試験を行う。

(5) 総合評価

実証試験運転や設備点検・保守の実績を取り纏め、総合評価を行う。

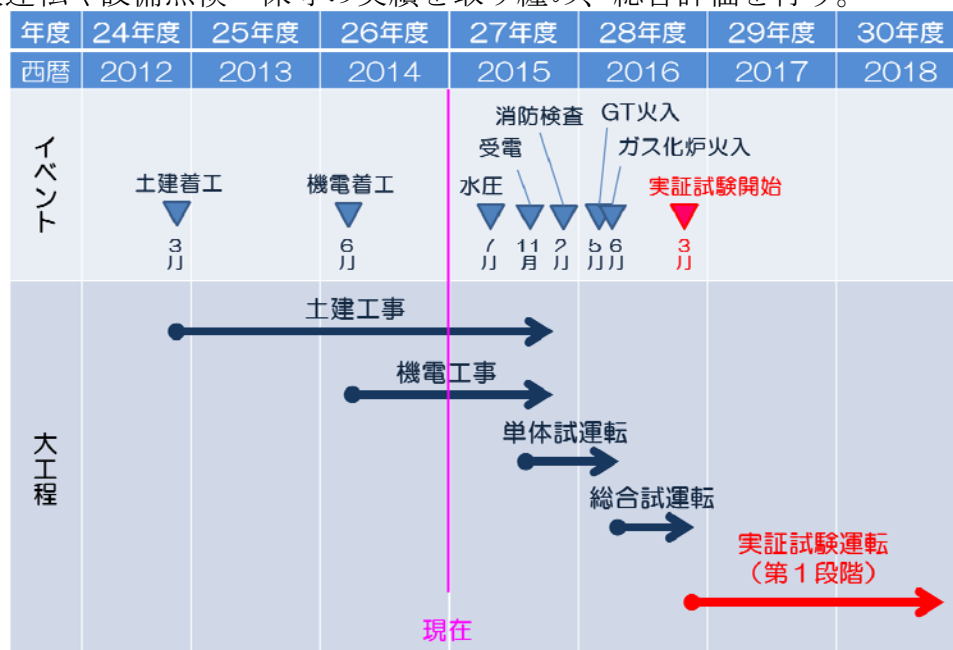


図 3-18 試運転・実証試験工程

3-3. 国内外 IGCC 動向調査

3-3-1. 世界の石炭ガス化技術の変遷

石炭ガス化技術の変遷を図 3-19 に示す。図は、石炭ガス化炉の特徴と開発経緯を大まかな年代別に整理したもので、固定床や流動床の石炭ガス化炉開発は、1925 年の大正末期にまで遡る。固定床の代表であるルルギ炉は、1925 年から現代に至るまで商用機として健在であり、その代表格がチェコの Vresova IGCC である。

現在石炭ガス化技術の主流となっている噴流床ガス化技術は、1950 年代に独の Coppas・トチェック炉と米テキサコ炉が開発され、Coppas・トチェック炉はその後シェル炉とプレンフロー炉として、Buggenum IGCC、Puertollano IGCC で実証されている。またテキサコ炉は、名前を GE 炉に変え Tampa IGCC として実証されている。1975 年代になると米ダウ炉、東独 GSP 炉が開発され、ダウ炉は E-GAS (Conoco) 炉として、Wabash River IGCC として実証され、GSP 炉は、GSP (Siemens) 炉となっている。

一方わが国の石炭ガス化技術は、1980 年代に水素製造用として、HYCOL 炉のパイロットプラントを開発し、その後燃料電池用石炭ガス化複合発電パイロットプラントとして EAGLE に引継がれ、2016 年には石炭処理量 1,180t/d の実証プラントが大崎 IGCC として運転を開始する予定である。空気吹 IGCC の技術開発は、クリーンコールパワーで国の補助事業として 2007 年度より実証試験を開始、2010 年度に終了 (250MW) し、IGCC 技術の成熟化に向けた検証を 2013 年 3 月に完了し、同年 4 月から商用機として運転を開始し、世界最長の連続運転時間 (3,917 時間) を達成している。さらに、福島県に商用規模 (500MW 級) 2 基の建設計画がある。

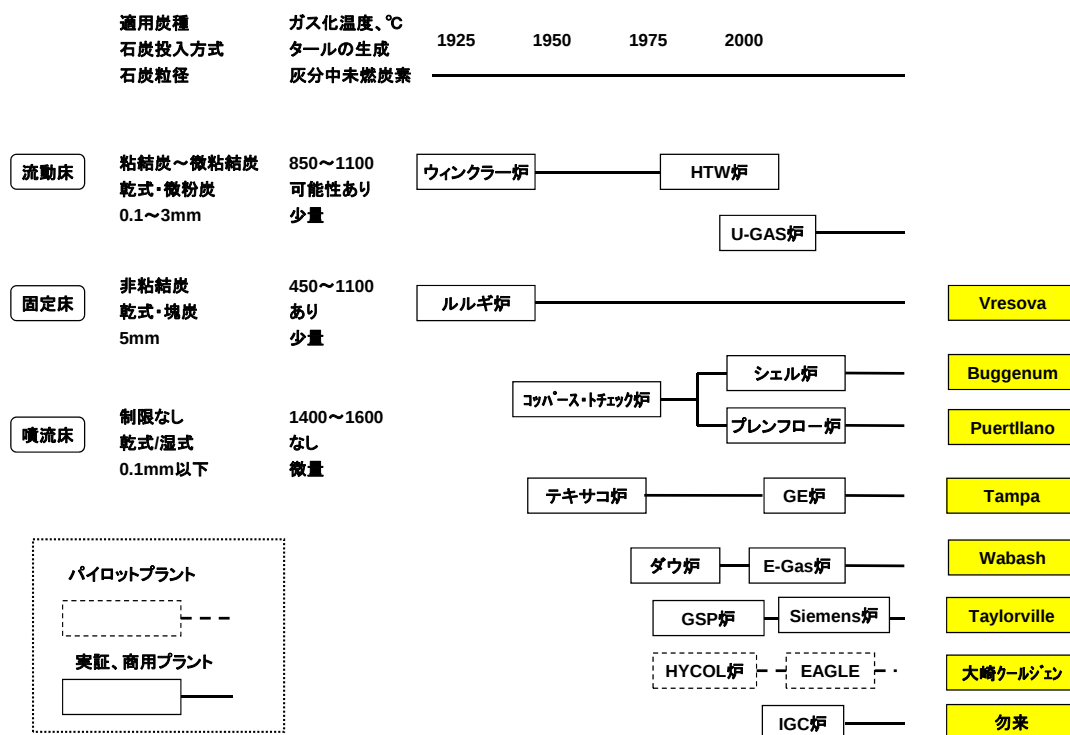


図 3-19 石炭ガス化技術の変遷

3-3-2. 国内外 IGCC 動向調査

国内外 IGCC 調査結果を表 3-6 に示す。

表 3-6 国内外 IGCC 動向調査結果

プロジェクト名称		Buggenum	Wabash River	Tampa	Puertollano	Edwardsport	Kemper	クリーンコールワー (常磐共同火力)	国産酸素吹IGCC 商用機※	大崎クールジェン
プロジェクト国		オランダ	アメリカ	アメリカ	スペイン	アメリカ	アメリカ	日本	日本	日本
実証機・商用機の別 ステータス		2013年4月閉鎖	実証機	実証機	実証機	商用機	商用機	実証機	—	実証機
実証試験期間		1994年1月～ 1998年1月	1995年10月～	1996年9月～ 2001年9月	1997年12月～	2012年9月～	—	2007年9月～2010年6月 2010年7月～2013年3月	—	2017年3月～
商用運転開始日		1998年～2013年4月	2000年～	2001年～	1998年～	2013年6月～	2016年～運転開始予定	2013年4月～	—	—
事業費総額	現地通貨	850Mギルダー	438.2MUS\$	606.9MUS\$	110.490Mペセタ	3,550MUS\$	6,170MUS\$	896.4億円	—	—
プラント建設費	現地通貨	—	—	—	—	—	—	—	—	—
事業費総額	円	510億円	499億円	738億円	884億円	3,668億円	5,206億円	896.4億円	—	895億円
プラント建設費	円	—	—	—	—	—	—	—	—	—
為替レート		60円/ギルダー	113.96円/\$	121.54円/\$	0.8円/ペセタ	103.34円/\$	84.38円/\$	—	—	—
補助金額	現地通貨	不明	219.1MUS\$	151MUS\$	4,958Mペセタ	593.5MUS\$	270MUS\$	—	—	—
補助金額	円	補助金あり	250億円	183億円	39.6億円	612.6億円	227.8億円	252.15億円	—	298.3億円
補助率	%	不明	50	24.9	4.48	16.7	4.4	30	—	33.3
ガス化炉		Shell炉	Dow(E-Gas)炉	GE(Texaco)炉	PRENFLO炉	GE炉	KBR炉	電中研/三菱炉	EAGLE炉	EAGLE炉
概略図										
ガス化方式		1室1段	2室2段	1室1段	1室1段	1室1段	高速循環流動床	2室2段	1室2段	1室2段
石炭供給方式		ドライフィード	スラリーフィード	スラリーフィード	ドライフィード	スラリーフィード	ドライフィード	ドライフィード	ドライフィード	ドライフィード
ガス化炉 炉壁		水冷耐火壁	耐火材	耐火材	水冷耐火壁	耐火材	耐火材	水冷耐火壁	水冷耐火壁	水冷耐火壁
ガス化剤		酸素	酸素	酸素	酸素	酸素	空気	空気	酸素	酸素
冷ガス効率		81～76%	81～72%	75～73%	76～74%	75～73%	—	77～75%	83%	82%
使用炭種		海外炭 18炭種 高灰溶融点炭は 融点降下剤必要	地元(インドネシア)炭 現在はベトロークス専 焼	地元炭 (Pittsburgh#8他) 現在はベトロークス専 焼	地元高灰分炭と ベトロークス混焼	インドネシア炭 ミッドウェスタン炭	ミシシッピ褐炭	設計炭 中国炭に加え コロド7.077.077.077.077. 米国オタダ等 合計9炭種	海外炭 (インドネシア炭)	インドネシア炭他 (第1段階で4炭種)
排水処理		蒸発乾固	蒸発乾固	蒸発乾固	河川放流	—	—	海域放流	海域放流	海域放流
石炭処理量	t/日	2,000	2,600	2,300	2,600	1.5Mt/年	4,600	1,700	2,400	1,180
発電出力(計画値)		—	—	—	—	—	—	—	—	—
発電端(Gross)	MW	284	—	—	—	784	914	250	369	168
送電端(Net)	MW	253	262	250	—	618	582	220	319	140
送電端効率(HHV)		—	—	—	—	—	—	—	—	—
計画	%	41.4	37.8	39.7	41.5	38.5	28.1※CO2 85%回収後	40.5	45.6	40.5
実績	%	41.4	39.7	37.5	41.7	—	—	40.6	—	—
連続運転時間実績		3200時間超	1,800時間程度	2500時間程度	1,000時間程度	1,000時間程度	—	3917時間	—	目標:5,000時間

※商用機は、大崎クールジェンプロジェクトをスケールアップした場合の試算。

3-4. 情報発信活動

国内外へ向けた IGCC 技術の情報発信実績を以下に示す。

3-4-1. 論文発表等

a. 国内投稿 (6件)

平成24年度 (1件)

	日付	題 目	投稿先
1	1/1	大崎クールジェンプロジェクトの概要	火力原子力発電 2013年1月号

平成25年度 (3件)

	日付	題 目	投稿先
1	5/1	大崎クールジェンプロジェクトの概要及び今後の計画について	日本エネルギー学会誌 2013年5月号
2	10/1	大崎クールジェンプロジェクトの概要 ～石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業～	季報 エネルギー総合工学 Vol136 No. 3
3	10/1	大崎クールジェンプロジェクトの概要と今後の計画について	クリーンエネルギー (2013. 10月号)

平成26年度 (2件)

	日付	題 目	投稿先
1	10/1	Outline of the OSAKI COOLGEN project (The Oxygen-Blown IGCC demonstration project)	日本機械学会 2014年10月号
2	11/1	大崎クールジェンプロジェクトの概要 ～石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業～	電気評論 2014年11月号

b. 海外投稿 (1件)

平成26年度 (1件)

	日付	題 目	投稿先
1	11/1	THE OSAKI COOLGEN PROJECT	The global Status of CCS 2014 (GCCSI)

c. 国内発表 (13件)

平成24年度 (4件)

	日付	題 目	発表先 (主催者)
1	9/11	大崎クールジェンプロジェクトの紹介	日本機械学会 2012年度年次大会
2	10/4	大崎クールジェンプロジェクトの概要	平成24年度 火力原子力発電大会
3	10/11	大崎クールジェンプロジェクトの概要及び今後の計画について	エコテクノ2012 クリーンコールテクノロジーセミナー (経済産業省九州経済産業局他)
4	12/26	大崎クールジェンプロジェクト概要	群馬大学 第15回環境エネルギーセミナー特別講演 (群馬大学)

平成25年度 (1件)

	日付	題 目	発表先
1	7/17	大崎クールジェンプロジェクト ～石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業～	中国地域エネルギー・温暖化対策推進会議 (経済産業省中国経済産業局他)

平成26年度(8件)

	日付	題 目	発表先(主催者)
1	7/15	大崎クールジェンプロジェクト ～石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業～	CCTワークショップ2014 (JCOAL)
2	8/29	大崎クールジェンプロジェクト ～酸素吹IGCC実証試験事業～	広島経済同友会環境エネルギー委員会 (広島経済同友会)
3	9/10	OSAKI COOLGEN PROJECT	石炭ガス化技術国際シンポジウム (NEDO)
4	10/23	大崎クールジェン酸素吹IGCC実証プロジェクトの 概要および実証設備建設の進捗状況	第51回石炭科学会議 (日本エネルギー学会)
5	10/23	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況 ～石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業～	火力原子力発電大会中部大会
6	11/23	酸素吹IGCC実証プロジェクト ～大崎クールジェンプロジェクト～	グリーン・イノベーション2014 (日本能率協会)
7	2/18	大崎クールジェンプロジェクト	平成26年度 第1回石炭エネルギー委員会 (新エネルギー財団)
8	2/20	大崎クールジェンプロジェクト	コプロワークショップ (東京大学エネルギー工学連携研究センター)

d. 海外発表(5件)

平成24年度(1件)

	日付	題 目	発表先(国名、主催者)
1	10/31	Osaki Coolgen Project Update	Gasification Users Association (GUA) Meeting (米国、EPRI)

平成25年度(2件)

	日付	題 目	発表先(国名、主催者)
1	10/16	Osaki CoolGen Project Update	Gasification Users Association (GUA) Meeting (米国、EPRI)
2	10/25	Outline of the Osaki CoolGen Project (IGCC Demonstration Project)	ICOPE(International Conference on Power Engineering) (中国、日本機械学会他)

平成26年度(2件)

	日付	題 目	発表先(国名、主催者)
1	6/24	High Efficiency Low Emissions coal thermal power generation Technology (The Osaki Coolgen Project of Oxgen-blown IGCC Demonstration)	第4回日豪石炭ワークショップ (豪州、JCOAL)
2	10/29	Osaki CoolGen Project Update	Gasification Users Association (GUA) Meeting (米国、EPRI)

e. 国内報道対応(16件)

平成24年度(5件)

	掲載/放送日	内容	メディア媒体
1	10/10	プロジェクト内容	ガスエネルギー新聞
2	11/30	プロジェクト内容	日刊工業新聞
3	1/6	プロジェクト概要、建設工事着工	NHKニュース
4	2/10	プロジェクト概要、展望〈社長インタビュー〉	中国新聞
5	3/1 3/2	土建着工安全祈願祭	3/1 NHKニュース、中国放送、テレビ新広島 広島テレビ 3/2 電気新聞、中国新聞、日本経済新聞 読売新聞、朝日新聞、山陰中央新聞 山陽新聞、フジサンケイビジネスアイ

平成25年度(1件)

	掲載/放送日	内容	メディア媒体
1	7/6 7/13	プロジェクト概要、建設工事状況 〈社長インタビュー〉 大崎上島町の期待 〈高田町長インタビュー〉	RCCラジオミライレポート

平成26年度(10件)

	掲載/放送日	内容	メディア媒体
1	6/30	プロジェクト内容	エネルギーフォーラム
2	6/4	ガス化炉工場製作公開	電気新聞、中国新聞、朝日新聞、NHKニュース
3	6/5	機電着工安全祈願祭	電気新聞、中国新聞
4	9/10	プロジェクト内容	月刊エネコ（フジサンケイビジネスアイ）
5	12/10	プロジェクト内容	電気新聞、中国新聞、日刊工業新聞、NHKニュース
6	1/20	ガス化炉搬入	月刊Wedge
7	1/27	プロジェクト内容	電気新聞記事広告
8	1/30	プロジェクト内容	日刊工業新聞記事広告
9	2/1	プロジェクト内容	月刊投資経済
10	3/21	地球温暖化防止に寄与する発電技術 (IGCCの仕組み、CO2削減率)	広島ホームテレビ地球派宣言

f. 海外報道対応(1件)

平成26年度(1件)

	掲載/放送日	内容	メディア媒体
1	2/13	日本のクリーンコール技術	Australian Financial Review

g. その他(2件)

平成24年度(2件)

	日付	題 目	発表先(主催者)
1	5/14	石炭ガス化技術と大崎クールジェンプロジェクト	日本計画研究所エグゼクティブセミナー (日本計画研究所)
2	3/22	石炭ガス化技術と大崎クールジェンプロジェクト	エネルギー総合工学研究所第321回月例研究会講演 (エネルギー総合工学研究所)

3-4-2. 特許出願

本事業の実施に必要な知財は、前身の EAGLE プロジェクト等において出願（40 件）している。本事業開始以降、新たな知財は得られていないが、創出された場合は速やかに特許出願を行う。

4. 事業化、波及効果について

4-1. 事業化アウトカムの内容

本事業は高効率石炭火力発電である酸素吹 IGCC の実証試験（第 1 段階）の後に CO₂ 分離・回収設備（CO₂ の輸送・貯留・利用実証を除く）を組み入れて実証試験（第 2 段階）を行うとともに、更に燃料電池を組み込んだ CO₂ 分離・回収型 IGFC の実証試験（第 3 段階）を実施するものである。

本事業の第 1 段階が終了する 2018 年度（平成 30 年度）以降、既に天然ガス焚で実用化している 1,500℃級ガスタービンを酸素吹 IGCC に適用することにより、送電端効率(HHV)：46%の酸素吹 IGCC が実用化され、本事業の第 2 段階が終了する 2020 年度（平成 32 年度）以降、低炭素を目指した高効率の CO₂ 分離・回収型石炭火力が実現できる見込み。また、NEDO が事業用燃料電池開発ロードマップに示す大型燃料電池を開発し、本事業の第 3 段階が終了する 2021 年度（平成 33 年度）以降、石炭火力発電の飛躍的な高効率化を可能とする CO₂ 分離・回収型 IGFC が実現できる見込みである。

4-2. 事業化に向けたシナリオ

本事業は、石炭火力の低炭素化を達成するため不可欠なものであり、事業終了後の早期商用展開に向け、実証試験目標の確実な達成を目指し国の支援の下、必要な資源を投入していく。早期普及拡大によるコスト低減を目指して成果を積極的に公開するとともに、知財の実施許諾や技術提携等を含めた横展開を図る。あわせて、発電用途のみならず多用途利用も視野に入れ、有効性を PR することで酸素吹石炭ガス化技術の普及拡大を図る。

エネルギー政策の検討も踏まえた国の地球温暖化対策の目標・計画の策定と併せて、電気事業における自主的枠組の早期構築が求められる中、今後、石炭火力においては、現在の USC を超える低炭素化技術が求められる蓋然性が高い。さらに、近年、中国、インド等の石炭需要の拡大により高品位炭の可採年数が急激に減少している背景を受け、今後は低品位炭への需要拡大が見込まれ、高効率で多炭種対応性に優れる酸素吹石炭ガス化技術のニーズが高まると想定している。

本事業終了後、事業実施者の親会社である電源開発(株)・中国電力(株)は本事業の完遂成果を将来の低炭素石炭火力として導入を図るべく積極的に検討を行う。続いて、他の電気事業者等が導入していくことが考えられる。

※電源開発・中国電力は、多くの石炭火力（設備出力両社計：11,002MW、国内石炭火力発電の約26%：平成23年度時点）を保有している。

また、我が国内の商用機運転実績を背景に、海外市場に対して「高効率化、CO₂ 削減等」の従来石炭火力との優位性をアピールし、低廉な低品位炭に適した発電方式として、今後、電力需要が拡大し、石炭火力発電の普及拡大が見込まれるアジア・大洋州を中心に海外普及を図る。

具体的には、電力、肥料向け等、相手国のニーズの把握、技術の優位性・信頼性について理解を促進するため実証試験の成果を積極的に発表・PR する等、相手国との交流を図る。従来から、今後の国際展開を見据え、アメリカ・オーストラリア等での国際会議において、プロジェクトの概要や進捗状況について発表、産炭国であるオーストラリアのメディア視察受入を行っており、今後も継続的に行っていくほか、親会社とも協調しながら、産炭国に加え石炭輸入国（台湾等）等の海外電力会社および電力技術者の見学受入を積極的に実施していくこととしており、平成 27 年 6 月には JICA 研修事業の一環としてモンゴル等の

電力技術者の受入を実施している。

また、相手国のニーズにより本技術の特長を活かした設計・建設に加え、実証試験等を通じて培った運用・管理を含むシステム提案を行うことで、我が国独自の高性能酸素吹石炭ガス化技術と、我が国が誇る O&M 技術をパッケージ化し、官民一体（メーカー含む）となったオールジャパン体制でのインフラシステム輸出につなげるべく、国の政策へ貢献していく。

なお、経済産業省では、東南アジア等の新興国で、エネルギー輸入依存度が高まり、インフラ整備支援が期待されている中で、高効率で信頼性の高いエネルギーインフラ整備を進めるため、日本が有する豊富なエネルギー政策分野の経験や全分野での優れた技術を総動員して、アジアなど新興国のニーズに応じて、エネルギー問題の包括的な解決策をワンストップで提供する「Enevolution」イニシアティブを平成 27 年 5 月に立ち上げ、このための組織として、資源エネルギー庁内に「エネルギー産業国際展開推進室」を設置した。また、具体的な取組みの中で、産業界のみならず、国際開発金融機関等と一層連携し、徹底的な案件発掘とパッケージを促進するとされており、高効率かつ信頼性の高い IGCC の海外展開への期待は更に高まると考えられる。

4－3．知財戦略

知財戦略として、「戦略性を持った権利確保・普及展開」と「出口を見据えた研究開発マネジメント」を検討していくことが必要と考える。

前者は、国内の石炭火力新設・リプレースへの適用、海外へのインフラ輸出を視野に入れて、特許権の取得、権利の保護、展開戦略等について事業の進捗に合わせて詳細検討していく方針である。

後者は、当該技術は電力分野のみならず化学工業分野への事業展開も可能であることから、エンジニアリング体制を踏まえた知財の所有等について、事業者（電力会社）のみならずメーカーも成果普及に携わることができる仕組みを検討しているところである。

国内においては、他の電力事業者やメーカーなどへの展開を図るために、成果報告会等における情報提供・共有などを積極的に行うとともに、今後の事業進展に合わせて更なる普及展開策を図っていく。本事業において得られる知財は、他企業等からの要望に応じて、実施許諾や技術提携等による積極的な横展開を図っていく。

海外においては、今後、石炭火力の普及が見込まれるアジア・大洋州を中心として展開していくことを考えており、相手国のニーズを把握しつつ、オールジャパンでシステムインフラ輸出を実現しようとする動きを見ながら、国際特許を含め、対象国における戦略的な知財の取得に取り組み、国際競争力を確保する。

また、本実証事業において今後発生する知的財産に関しては、大崎クールジェン内に知財担当窓口を設置した上で、両親会社（中国電力、電源開発）の知財管理部門と一体となって、特許管理、知財の横展開を実施する。

4－4．事業の波及効果

4－4－1．CO2 排出量の抑制

石炭火力発電の高効率化により CO2 排出量の抑制が可能となる。更に CCS を組み合わせた場合は CO2 排出量を大幅に抑制することが可能となる。

＜CO2 排出量の抑制効果＞

現状の最新鋭微粉炭火力（送電端効率(HHV)：40%※）の CO2 排出原単位は 0.8kg-CO2/kWh

であるが、IGCC(送電端効率 (HHV) :46%)では 0.7kg-CO₂/kWh、IGFC (送電端効率(HHV) :55%) が実現した場合は 0.6kg-CO₂/kWh、更に CCS を組み合わせた場合は 0.1kg-CO₂/kWh 程度と大幅に減少する。

※BATの参考表【平成 26 年 4 月時点】(経済性・信頼性において問題なく商用プラントとして既に運転開始をしている最新鋭の発電技術) より

4-4-2. その他の波及効果

本実証において、酸素吹き石炭ガス化技術、IGCC、CO₂ 分離・回収型 IGCC 技術が確立すると、褐炭等低品位炭を利用した水素製造による水素社会の構築、電力と化学原料製造による電力需給に対応したコプロダクション等、多岐にわたる関連技術への波及が期待される。また、ガス化燃料にバイオマス等を利用することによって再生可能エネルギーの有効活用も可能となる。

本事業が対象とする酸素吹きガス化は、空気吹きガス化と比較して、石炭ガス化ガス中の N₂ 成分が少なく燃料成分濃度が高いため、合成燃料製造など、産業用途への活用にも有利である。具体的には、石油精製産業では脱硫用に水素 (H₂) を利用できること、化学産業では石炭ガス中の一酸化炭素 (CO) と水素 (H₂) から合成燃料を含む多様な製品を製造できること、ガス産業はメタン (CH₄) 等の SNG (代替天然ガス) を製造できること、などが期待される。

電源開発では、既に NEDO 委託事業として、EAGLE 炉を用いて豪州のビクトリア褐炭から水素 (H₂) を製造し、貯蔵、輸送、利用までが一体となった液化水素のサプライチェーン構築を目指す研究開発にも取り組んでいる。

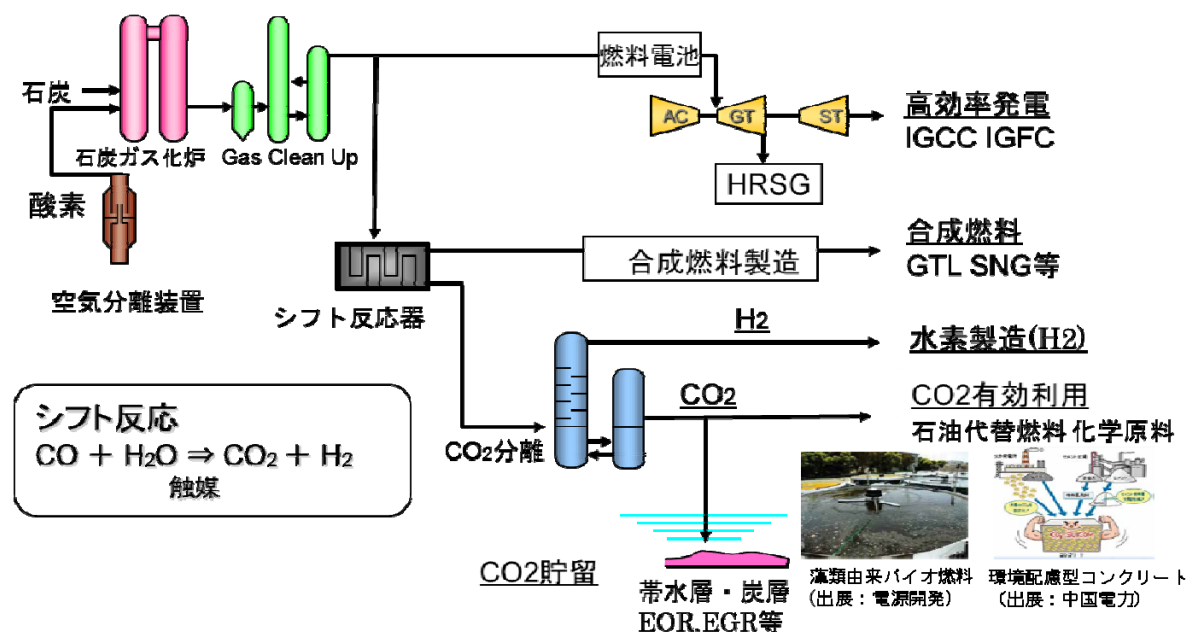


図 4-1 酸素吹きガス化炉の技術の多様性イメージ

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

5-1. 研究開発計画

本事業は、EAGLE プロジェクト※¹及び燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究※²、燃料電池研究開発で確立した技術を段階的に実証プラントに組み入れ、性能、経済性、信頼性等に係る実証を行うもの。

具体的には、図 5-1 の通り、第 1 段階として燃料電池との親和性が高い酸素吹 IGCC の実証を行い、その後、CO₂ 分離回収技術の実証（第 2 段階）を行った後に、燃料電池を組み込み IGFC としての実証（第 3 段階）を実施する。

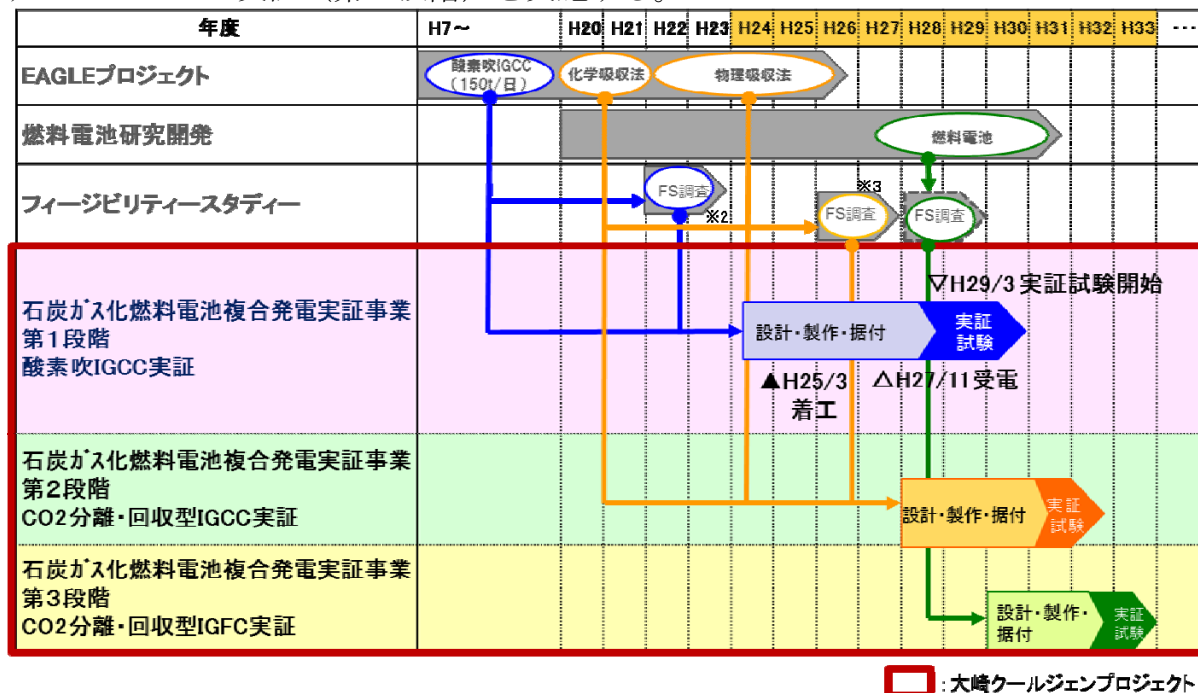


図 5-1 酸素吹き石炭ガス化技術プロジェクト全体工程

※1 EAGLE プロジェクト

IGFC の実現に向けた酸素吹 IGCC の研究開発をパイロット規模で実施

- 事業期間：平成 7 年度～平成 26 年度
- 石炭処理量：150 t / 日
- 総事業費：約 427 億円（補助率：2/3）

※2 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究を NEDO 共同研究事業として実施

酸素吹 IGCC/IGFC と高効率 CO₂ 分離・回収技術の最適モデルについて調査検討を実施

- 事業期間：平成 22 年度～平成 23 年度
- 総事業費：約 15.7 億円（補助率：2/3）

※3 石炭ガス化複合発電における CO₂ 分離回収システム最適化検討

- 事業期間：平成 26 年度～平成 27 年度
- 電源開発・中国電力が NEDO 委託事業として共同で実施中

5-2. 研究開発の実施体制

5-2-1. 実施者の適格性

本事業を実施することを目的として、中国電力と電源開発の共同出資により大崎クールジェンが設立され、事業実施者となっている。

中国電力が自社の発電所敷地、発電所の付帯設備を提供し、電源開発はこれまでの技術開発で得られた技術ノウハウ等を提供する。

また、中国電力と電源開発は、本プロジェクトに係る基礎的研究開発を行い技術的なサポートを行っている。

本事業は、酸素吹 IGCC について、事業用火力発電設備としての実用化へ向けた最終段階の検証を行うものであり、検証された技術の普及促進の観点からも酸素吹 IGCC が実用化した場合にその運用を行うと想定される電気事業者が主体となり事業を実施することが望ましい。

5-2-2. 実施体制

本事業は図 5-2 の体制で実施している。大崎クールジェンと出資会社である中国電力及び電源開発との間で研究委託契約を締結し、実証事業費のうち補助金(補助率:1/3)を除いた 2/3 については両出資会社からの分担金で賄い実証事業を確実に遂行する。

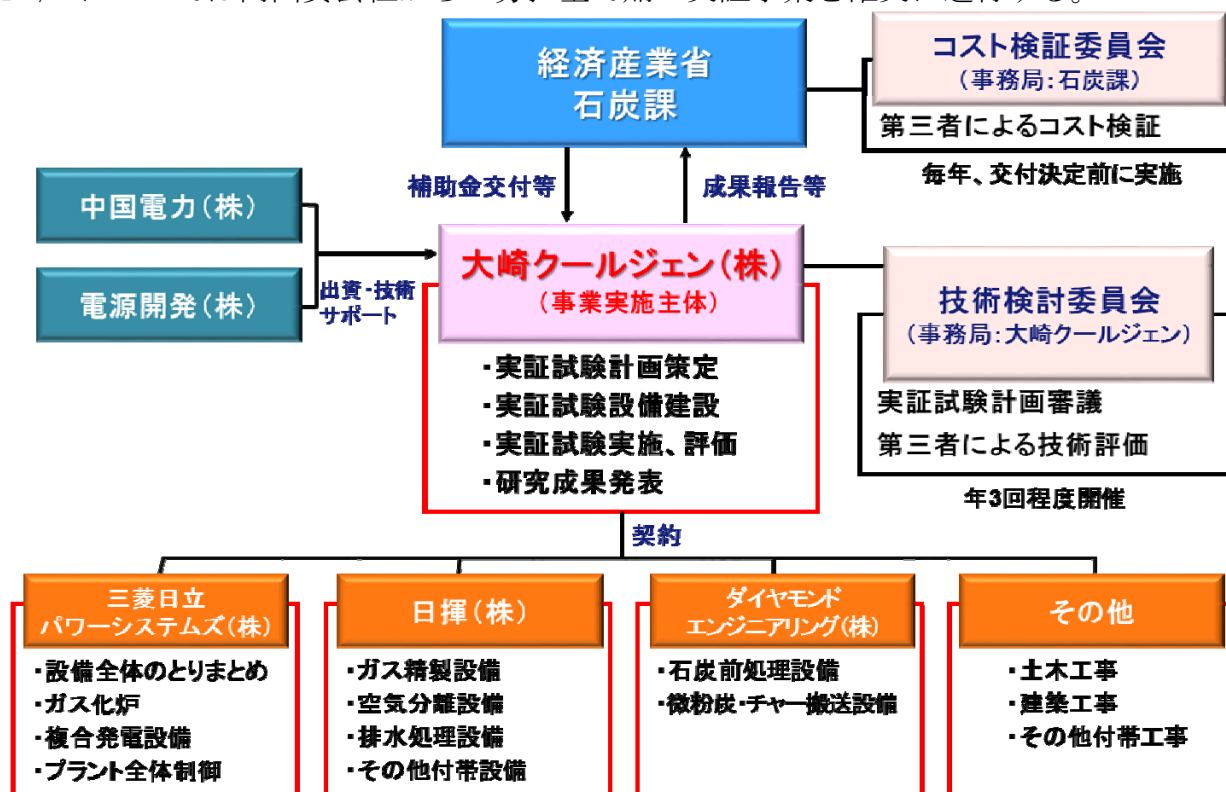


図 5-2 研究開発実施体制

実証事業の実施にあたり学識経験者（6 名）からなる「技術検討委員会」を設置した。年間に 3 回開催し、事業実施計画検討、事業進捗状況確認、事業実施結果について評価を行う他、実証試験においてトラブルが発生した場合には解決策等の助言を行っている。「技術検討委員会」における評価結果について実証試験計画へ反映させることで、より効果的に実証事業を実施している。

技術検討委員会はこれまでに計 7 回開催し、委員の意見・助言を踏まえ、設備計画や実証試験内容に反映した。

5-2-3. 国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動

プロジェクトの進捗にあわせて、見学対応、ホームページ（日本語、英語）やプロジェクトガイド（建設情報発信誌）を通じたプロジェクトの情報発信を実施。さらに地元の高

等専門学校との「発電所内 3D 案内システム共同研究開発」などを通して、本事業の理解普及活動を実施している。

(1) 見学者対応

平成 27 年 3 月までの実績：151 件、1,001 名

(2) 地元とのコミュニケーション

第 1 回大崎上島町産業文化祭すみれ祭り説明パネル出展(平成 26 年 2 月)

第 2 回大崎上島町産業文化祭すみれ祭り説明パネル出展(平成 27 年 2 月)

(3) 発電所内 3D 案内システム共同研究開発

地元大崎上島町の独立行政法人国立高等専門学校機構広島商船高等専門学校と共同で、「発電所内 3D 案内システム共同研究開発」を実施。3D グラフィクスで実証試験発電所を再現し、タブレット端末などを使い、あたかも発電所内を歩いて見学しているかのように体験できるシステムを開発。

5-3. 資金配分

石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業は、総合科学技術会議および産業構造審議会の事前評価を経て、経済産業省補助事業として、平成 24 年度から開始している。第 1 段階は、平成 24 年度から平成 30 年度までの期間を予定しており、酸素吹 IGCC 実証試験設備の設計および建設を行い、平成 29 年 3 月から実証試験を開始することを目指し、効率的な事業運営を実施した。工程及び事業費の年度展開を表 5-1 に示す。総事業費は約 900 億円であり、国から 1/3 の補助を受けている。

平成 25 年度の行政事業レビュー(秋のレビュー)において、本実証事業については、PDCA サイクルが十分に機能しているとは言い難く、「第三者の専門家を入れた国によるコスト検証の仕組みの導入などによるコスト削減を図るべきではないか。」との指摘を踏まえ、「コスト検証委員会」を設置し、平成 26 年度以降の毎年の補助金交付決定前(1~3 月)に、国として、第三者によるコスト検証を実施している。

平成 26 年度および平成 27 年度の交付決定を受けるにあたって、コスト検証委員会で、実施体制、コスト削減、事業計画について検証が実施され、全体として妥当(十分)との判断を頂いている。

本事業の総事業費は、事業開始時点では 903 億円としていたが、平成 26 年度から新規に発注を行うものについて競争入札を実施したことに加え、一部設備の仕様の詳細精査、現地工事の最適化等により、総事業費を約 8 億円削減、約 895 億円となる見込みである。

表 5-1 石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業の工程および事業費

【億円】

年度		平成24年度 (2012年度)	平成25年度 (2013年度)	平成26年度 (2014年度)	平成27年度 (2015年度)	平成28年度 (2016年度)	平成29年度 (2017年度)	平成30年度 (2018年度)	合計
第1段階 酸素吹IGCC 実証	事業費	41.1	183.0	194.1	183.9	183.0	60.9	57.0	903.0
	累計	41.1	224.1	418.2	602.1	785.1	846.0	903.0	
	配流経反映		事業費	186.1	183.9	183.0	60.9	57.0	895.0
			累計	410.2	594.1	777.1	838.0	895.0	
	現状	事業費	41.1	209.9	187.1	178.5	160.5	60.9	895.0
	累計	41.1	251.0	438.1	616.6	777.1	838.0	895.0	
			3/1着工 ▼	機電着工 H26.6 ▼	水圧 H27.7 受電 H27.11 ▼ ▼	ガス化炉点火 H28.6 ▼	実証試験開始 H29.3		
			酸素吹IGCC詳細設計・建設				実証試験		
	実施内容		・設計 ・製作 H25.2から (一部設備) ・土木工事 H25.3着工	・設計 ・製作 ・土木工事	・設計 ・製作 ・土木工事 ・機電工事	・設計 ・製作 ・土木工事 ・機電工事 ・水圧試験 ・受電	・機電工事 ・試運転調整 ・設備竣工	・基本性能確認 プラント性能 環境性能 ・多炭種適用性確認 ・設備信頼性確認 長時間耐久試験 ・制御性、運用性確認 負荷変化率 起動停止時間 ・経済性評価	

※ 平成26年度までは実績額、平成27年度以降は予定額を記載している。

5-4. 費用対効果

本事業において酸素吹IGCC、CO₂分離・回収型IGCC、IGFCが確立し、確立した技術を国内の石炭火力の新設、リプレースに適用することで、国内における石炭消費量の抑制とCO₂排出量削減に貢献する。

さらに、日本の持つ最新のクリーンコール技術を、諸外国の新設火力と老朽化した低効率石炭火力のリプレースに適用することで、諸外国における石炭消費量の抑制とCO₂排出削減に貢献する。

国内において以下の導入効果が見込まれる。

(1) CO₂削減効果

発電効率が現行(USC)の最高レベルの40%(送電端効率(HHV)。以下同じ)から46%(IGCC:1,500℃級GT)まで向上すれば、CO₂排出量は約1割強、55%(IGFC)まで向上すれば、約3割の削減が可能。

さらに、CO₂分離・回収型IGCCについては、CCSと組み合わせることによりCO₂の排出を大幅に抑制することが可能となる。

(2) 経済効果^{※1・2}

石炭火力発電所の建設コストは、約25万円/kWと試算されている。2020年から30年間で出力60万kW級のIGCCリプレース需要を試算すれば14ユニットであり、経済効果は約2兆円となる。

(3) 雇用創出効果^{※3}

出力60万kW級のIGCCにリプレースすることで、1ユニットあたり建設中の4年間に毎年約1,000人規模の雇用が新たに創出される。14ユニットの雇用（4年間）創出効果は約1万4千人と試算される。

また、石炭火力発電所に関連する老朽化した石炭インフラ設備を新設することによる経済効果や、雇用創出効果も期待できる。

※1 発電コスト検証WG（2015年5月11日）資料より

※2 リプレース需要

- 2020年から2050年までの30年間で運転開始後40年を経過する石炭火力発電所は3,400万kWであり、石炭火力にリプレースすると想定。
- 内訳を、酸素吹IGCC/IGFC、空気吹IGCC、USC、A-USCで1/4ずつとすれば850万kW。
- 1ユニットの出力60万kWとすれば、30年間で14ユニットの潜在需要と試算。

※3 エコプロダクツ2009 クリーンコールセミナー資料より

世界においては、図 5-3に示すとおり石炭火力は2014年～2040年にかけて世界全体で約1,360GW（52.4GW/年）が新設され（リプレースを含む）、アジア・大洋州は、約1,100GW増加（42.2GW/年）と増加量の大半を占める。

アジア・大洋州は産炭国も多く、利用する炭種、導入時期、他産業との連携等のニーズに応じた日本の高効率石炭火力発電技術の導入促進で地球環境問題対策に大きく貢献することが期待出来る。

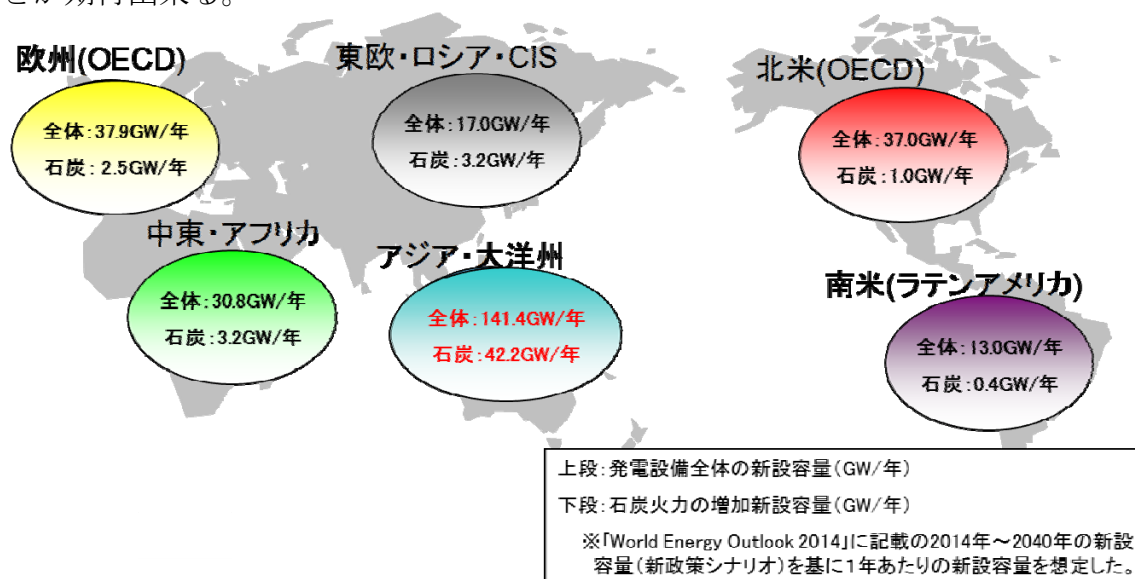


図5-3 世界の石炭火力の導入見通し

5-5. 社会経済情勢等周囲の状況変化への柔軟な対応

石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業開始（平成24年度）以降、下記のような情勢変化があり、本実証事業の重要性が一層強くなったと考えられる。

5-5-1. エネルギー基本計画

平成 26 年 4 月 11 日に閣議決定された新しい「エネルギー基本計画」の中で、石炭は、温室効果ガスの排出量が多いという問題はあるが、安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源の燃料として再評価されている。

第 1 段階で実証する IGCC は、「発電効率を大きく向上させることで発電量当たりの温室効果ガス排出量を抜本的に低下させる高効率化技術として開発をさらに進める。」とされている。

その他、日本の政策等における IGCC の重要な位置づけについて表 5-2 に示す。

表 5-2 日本の政策等における IGCC の位置づけ

日本の政策等	記載内容（抜粋等）
科学技術基本計画 (平成 23 年 8 月 19 日 閣議決定)	「グリーンイノベーションの推進」の中で、石炭ガス化複合発電等と二酸化炭素の回収及び貯留を組み合わせたゼロエミッション石炭火力の実現に向けた研究開発等の取組を推進する。
科学技術イノベーション総合戦略 2015 ～未来創造に向けたイノベーションの懸け橋～ (平成 27 年 6 月 19 日 閣議決定)	重点的取組「高効率かつ高効率かつクリーンな革新的発電・燃焼技術の実現」において、2030 年までの成果目標が以下のとおり記載されている。 ・2020 年代に先進超々臨界圧火力発電と高効率・高信頼性石炭ガス化複合発電を実用化し、輸出促進 ・2030 年代に石炭ガス化燃料電池複合発電を実用化 ・2020 年頃までに二酸化炭素分離・回収・貯留技術を実用化
平成 27 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について (平成 26 年 9 月 19 日 総合科学技術・イノベーション会議)	＜高効率化かつクリーンな石炭火力発電の実現＞ 本施策では、究極の高効率石炭火力発電技術である石炭火力発電技術である IGFC と CO ₂ 分離・回収技術を組み合わせた革新的低炭素石炭火力発電の実現を目指す。そのための取組として、IGFC の基幹技術である酸素吹 IGCC を確立させるべく、信頼性、耐久性、高効率性、経済性等を実証する。
環境エネルギー技術革新計画 (平成 25 年 9 月 13 日 総合科学技術会議)	「2030 年頃までに実用化が見込まれる技術」として、高効率石炭火力の更なる高度化と CCS 技術との組合せが記載されており、各技術項目のロードマップ等の「1. 高効率石炭火力」の中で、IGCC および IGFC が記載されている。さらに、「10. 二酸化炭素回収・貯留(CCS)」では、火力発電システムとのインターフェースの確保が重要とされている。
エネルギー関係技術開発ロードマップについて (平成 26 年 12 月 経済産業省)	技術ロードマップ「9. 高効率石炭火力発電」で IGCC の記載あり。

5-5-2. 電力システム改革

電気事業の自由化は、卸電力自由化は 1995 年より、小売供給自由化は 2000 年の大口需要家を対象に実施されて以降、段階的に実施されており、事業者としても自由化範囲拡大を念頭に競争力（安定性、経済性、環境性）のある電源の開発が必要だという認識のもと、安定供給性や経済性に優れた石炭火力の更なる効率向上を目指し、本事業を立ち上げ、推進してきている。

現在、国が進めている電力システム改革において、2016 年を目途に小売全面自由化、2018 年～2020 年目途に小売料金規制撤廃の法整備がなされている。電力自由化に向けては、競争力のある電源を確保するため、各分野の事業者が多く石炭火力の新増設を計画中である。安全性、経済性、安定供給性ととも環境性、いわゆる 3E+S は我が国のエネルギー政策の基本であり、環境性に優れた本技術の早期実用化が一層重要になってくる。

5-5-3. 海外における石炭火力発電を取り巻く情勢

2015 年 12 月開催予定の気候変動枠組条約締約国会議（COP21）において CO2 排出削減の新たな枠組みが採択される見通しであり、世界的に環境負荷低減に向けた規制が厳しくなる可能性がある。

米国においては、2013 年 6 月にオバマ大統領が「オバマ大統領気候変動計画（米国）」を発表、その中で石炭火力発電にとっては CCS を設置しなければ現状達成が困難なレベルの CO2 排出基準（環境保護庁規制案：約 0.499kg-CO2/kWh）の制定を検討するとともに、海外の石炭火力発電所の新設に対する公的金融支援を終了するよう他国や国際金融機関にも求めていく旨を表明した。

米国が公的支援の終了を他国へ求めていることに関しては、今後経済発展を進める新興国、途上国がその増大する電力需要に応えるためには、一定程度石炭火力発電プラントの新增設・リプレースに依存せざるをえないことは明らかであり、こうした中、公的金融支援がなければ、高効率な石炭火力発電プラントよりも新興国の低コストながら低効率な発電プラントが導入されることになり、CO2 排出抑制の観点からはむしろ望ましくない結果となる恐れがあることが懸念されている。

一方、イギリスにおいては排出原単位基準（EPS）が制定され、新設の場合は設備の CO2 排出原単位 0.45kg-CO2/kWh という規制値が、カナダにおいては新設の石炭火力発電所、経済的耐用年数に達した古い発電所を対象に 0.42kg-CO2/kWh の排出基準が課されており、CCS 設備を備えない新規石炭火力は建設が困難な状況にある。

こうした CO2 排出規制の強化に向けた検討の動きがある中、エネルギー資源の大半を輸入に頼る我が国においては、安定供給性やコストの面で優れたエネルギー源である石炭火力は今後も必要不可欠な存在であり、今後もその役割を継続的に果たしつつ環境影響を抑制していくためには、高効率の石炭火力発電を利用していく必要がある。

また、アジアなどにおいて LNG（液化天然ガス）はいまだ高価格であり、経済発展を進める新興国、途上国がその増大する電力需要に応えるためには、主に自国産の低廉な石炭を使った火力発電に頼らざるを得ない国も多いこと、さらに、これまで IGCC や CCS の開発を推進してきた米国や欧州において、前者では、シェールガス革命により、後者では再生可能エネルギーの大量導入により、高効率石炭火力の開発・導入が停滞している状況下において、日本で IGCC や CO2 分離・回収型 IGCC、IGFC の開発を進めることは、低廉な低品位炭に適した発電方式として、今後、電力需要が拡大するアジア・大洋州を中心に海外普及が望め、世界的な CO2 排出削減に貢献できることから、重要である。

5-5-4. 国内外の IGCC 技術開発・運転状況

海外における IGCC の実証事業としては、表 3-6 に示されている 1990 年代に実施された Buggenum IGCC（オランダ）、Puertollano IGCC（スペイン）、Wabash River IGCC（アメリカ）、Tampa IGCC（いずれもアメリカ）が 4 大プロジェクトとして知られている。

内、Buggenum（オランダ）は、欧州の再生エネルギー拡大の影響を受け、2013 年 3 月末に廃止されている。また、Puertollano（スペイン）についても、同様の理由により、稼働率が小さい状況であり、廃止も検討されている。一方、Wabash River および Tampa（いずれもアメリカ）については、ガス化しやすいペトコークとの混焼により運転を継続しているが、連続運転時間が 3,000 時間以下と短い。

最近では、Edwardsport（アメリカ）、GreenGen（中国）が運転を開始しており、CO2 分離・回収型 IGCC としては、Kemper（アメリカ）が 2016 年から運転を開始する予定である。しかし、いずれにおいても、連続運転時間は短い。

一方、国内においては、空気吹 IGCC の技術開発（250MW）がクリーンコールパワーで国の補助事業として、2007 年度より実証試験を開始、2010 年度に終了した。その後、IGCC

技術の成熟化に向けた検証を 2013 年 3 月に完了、同年 4 月から常磐共同火力(株)が商用機として運転を開始し、世界最長の連続運転時間 (3,917 時間) 達成している。さらに、福島県に商用規模 (500MW 級) 2 基の建設計画がある。

このような背景において、適合炭種幅が広く、信頼性の高い酸素吹石炭ガス化技術の開発・実証、併せて効率的な CO₂ 分離・回収型 IGCC 技術の確立が求められている。

B 第 2 段階事前評価

1. 事業アウトカム

a. 事業の目的

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。

なお、平成 26 年 4 月に閣議決定された「エネルギー基本計画」における石炭の位置づけは、「温室効果ガスの排出量が多いという問題があるが、地政学的リスクが化石燃料の中で最も低く、熱量当たりの単価も化石燃料の中で最も安いことから、安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源の燃料として再評価されており、高効率火力発電の有効利用等により環境負荷を低減しつつ活用していくエネルギー源である。」とされており、また平成 27 年 7 月に決定された「長期エネルギー需給見通し」においても、「火力発電の高効率化を図り、環境負荷の低減と両立しながら、その有効活用を推進する。」「二酸化炭素の回収・貯留（CCS）及び利用に関する技術について、2030 年度以降を見据えて開発・利用の促進を図る。」と整理されているところであり、これらの方針に沿った技術開発である。

(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。

(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。

(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。

※CO₂ 回収率 [IGCC 全体の CO₂ 回収割合]：

$$(\text{分離回収された CO}_2 \text{ ガスの C 量} / \text{IGCC 全体ガスの C 量}) \times 100$$

b. 事業の必要性

石炭は、他の化石燃料と比べ、可採年数が約 113 年と長く、世界各国に幅広く分布する等、安定供給性が高く、経済性に優れることから、エネルギー自給率が極めて低い我が国にとって重要な一次エネルギー源である。

平成 26 年に閣議決定された「エネルギー基本計画」において、石炭火力発電所は、「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、「IGCC 等の次世代高効率石炭火力発電技術等の開発・実用化を推進する」ことが盛り込まれた。更に、平成 27 年 7 月に決定された「長期エネルギー需給見通し」においても、石炭火力の高効率化を進め、環境負荷の低減と両立しながら活用することで、2030 年の石炭火力の比率を 26%程度とする方向性が示された。今後、再生可能エネルギーが増加していくなかでも、コストが低廉な電源から稼働させるなどの運用（メリットオーダー）が全国大

で進められるため、経済性の優れる石炭火力は、ベースロード電源として高稼働で運用されると考えられ、特に高効率な IGCC はベースロード電源としての期待が高い。

一方で、石炭は他の化石燃料と比べ燃焼時の単位当たり CO₂ 排出量が大きく、地球環境問題での制約要因が多いという課題を抱えている。「長期エネルギー需給見通し」でも、2030 年度の 2013 年度比 26%の温室効果ガス削減目標の達成に向けて、石炭火力の高効率化が行われることが前提となっており、一層の CO₂ 排出量の抑制が求められている。エネルギー基本計画においては 2020 年頃の二酸化炭素回収貯留（CCS）技術の実用化を目指した研究開発を行うこと、長期エネルギー需給見通しにおいては、二酸化炭素の回収貯留（CCS）及び利用に関する技術について、2030 年度以降を見据えて開発・利用の促進を図ることが盛り込まれている。

したがって、石炭火力発電の高効率化及び CO₂ 排出量削減の観点から本事業を実施する必要がある。

【CCS を取り巻く情勢と第 2 段階の位置づけ】

2015 年 12 月開催予定の気候変動枠組条約締約国会議（COP21）において CO₂ 排出削減の新たな枠組みが採択される見通しであり、世界的に環境負荷低減に向けた規制が厳しくなる見込みであるものの、将来の CO₂ 排出削減の枠組みが決まらない中、発電と CCS を組み合わせたプロジェクトについては、新規の大型プロジェクトの立ち上げが減り、プロジェクトの進展は減速傾向であり、特に欧州では、経済の停滞や陸域 CO₂ 貯留への住民の反対の影響が大きく、プロジェクトの中止・中断が多発。米国においてはガス価格の低下等も経済性が成り立たない一要因となっている。

一方で、米国、カナダ、英国などで新設火力に対する排出原単位規制が検討、導入されるなか、EOR 機会のもと CCS プロジェクトが進行しているのも事実であり、カナダのバウンダリーダムプロジェクトは、原単位規制の下、既設石炭火力の将来対策オプションを検証するものである。

エネルギー自給率が低い我が国において供給安定性、経済性が優れる石炭の重要性は変わらず、併せて CO₂ 排出削減量目標が議論されている現状において、CO₂ 削減策に対する多様なアプローチをしていく必要がある。

本事業は、エネルギーロスの少ない CO₂ 分離・回収型 IGCC の確立を目的とするものであり、CCS チェーンのなかでも最も重要な基盤技術である発電からの CO₂ 分離回収技術の大幅な効率向上とコスト低減に寄与できる。

c. アウトカムの具体的内容とその時期

世界の温室効果ガスの排出を 2050 年までに半減するという長期目標を達成するため、当省は「Cool Earth—エネルギー革新技术計画」（2008 年（平成 20 年）3 月）を策定し、重点的に取り組むべき革新的なエネルギー技術を「21」分野選定。「21」分野の技術には、「高効率石炭火力発電」「二酸化炭素回収・貯留（CCS）」が含まれている。

その後、「日本再興戦略 -JAPAN is BACK-」（2013 年（平成 25 年）6 月）において、クリーンで経済的なエネルギーが供給される社会の実現に向け、「高効率石炭火力」について、以下のアクションプランが提示されている。

- ・1,500 度級の石炭ガス化複合発電（IGCC）について、2020 年代の実用化を目指す（発電効率 39%程度→改善後 46%程度）。
- ・石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）について 2025 年までに技術を確立し、2030 年代の実用化を目指す（発電効率 39%程度→改善後 55%程度）

さらに、図 2-1 に示すように、第四次エネルギー基本計画を踏まえて、2014 年（平成 26 年）12 月にまとめられた「エネルギー関係技術開発ロードマップ」において、「高効率石炭火力発電」「二酸化炭素回収・貯留（CCS）」のロードマップが国際展開も見据えた形で整理されている。

また、本年（2015 年（平成 27 年））6 月に「長期エネルギー需給見通し（案）」（7 月に最終決定）において、「火力発電の高効率化を図り、環境負荷の低減と両立しながら、その有効活用を推進する。」「二酸化炭素の回収・貯留（CCS）及び利用に関する技術について、2030 年度以降を見据えて開発・利用の促進を図る。」と整理されたことを受けて、6 月から産学官の有識者からなる「次世代火力発電の早期実現に向けた協議会」を 4 回にわたって開催し、CO₂ 回収・利用（CCUS）を含む次世代の火力発電関連技術を早期に技術確立し、実用化するための、技術ロードマップの中間とりまとめを行ったところ。この中間とりまとめの中では、火力発電全体の平均発電効率を大幅に向上させるために、各技術の更なる性能向上を追求しつつ、究極的な発展系である燃料電池複合発電技術の可能な限り早期の確立を目指す方針が示された。石炭火力関係の個別の開発方針は以下の通りである。

- ・ IGCC について 2018 年頃技術確立、量産後従来機並みの発電単価を実現。
- ・ IGFC について 2025 年頃技術確立、量産後従来機並みの発電単価を実現。
- ・ CCUS について、物理吸収法を 2020 年頃技術確立、回収コスト 2,000 円/t を目指す。

11. 二酸化炭素回収・貯留（CCS）

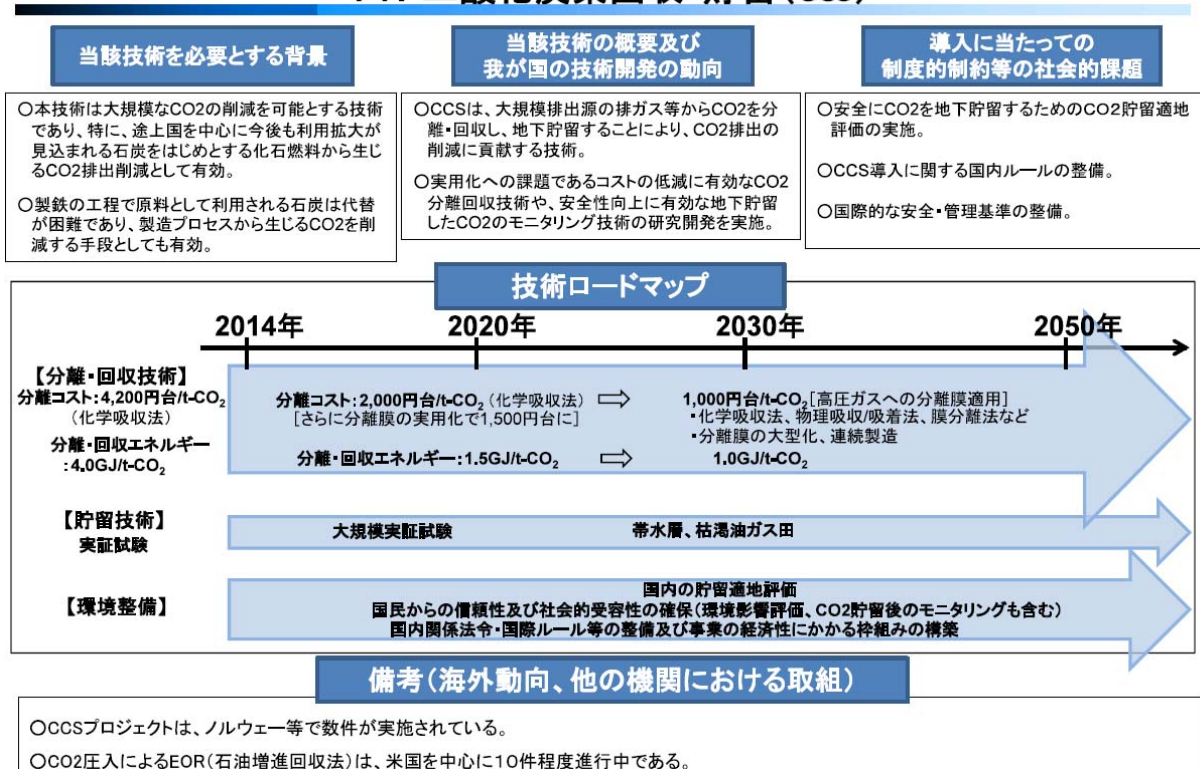


図 2-1 エネルギー関係技術開発ロードマップ

本事業は高効率石炭火力発電である酸素吹 IGCC の実証試験（第 1 段階）の後に CO₂ 分離・回収設備（CO₂ の輸送・貯留・利用実証を除く）を組み込んだ実証試験（第 2 段階）を行うとともに、更に燃料電池を組み込んだ CO₂ 分離・回収型 IGFC の実証試験（第 3

段階)を実施するものである。

本事業の第1段階が終了する2018年度(平成30年度)以降、既に天然ガス焚で実用化している1,500℃級ガスタービンを酸素吹IGCCに適用することにより、送電端効率(HHV):46%の酸素吹IGCCが実用化され、本事業の第2段階が終了する2020年度(平成32年度)以降、低炭素を目指したCO₂分離・回収型石炭火力が実現できる見込み。

また、NEDOが事業用燃料電池開発ロードマップに示す大型燃料電池を開発し、本事業の第3段階が終了する2021年度(平成33年度)以降、石炭火力発電の飛躍的な高効率化を可能とするCO₂分離・回収型IGFCが実現できる見込みである。

d. アウトカムが実現した場合の経済や競争力、問題解決に与える効果の程度

石炭火力発電の高効率化によりCO₂排出量の抑制が可能となる。更にCCSを組み合わせた場合はCO₂排出量を大幅に抑制することが可能となる。

<CO₂排出量の抑制効果>

現状の最新鋭微粉炭火力(送電端効率(HHV):40%[※])のCO₂排出原単位は0.8kg-CO₂/kWhであるが、IGCC(送電端効率(HHV):46%)では0.7kg-CO₂/kWh、IGFC(送電端効率(HHV):55%)が実現した場合は0.6kg-CO₂/kWh、更にCCSを組み合わせた場合は0.1kg-CO₂/kWh程度と大幅に減少する。

※BATの参考表【平成26年4月時点】(経済性・信頼性において問題なく商用プラントとして既に運転開始をしている最新鋭の発電技術)より

e. アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標(技術的成果等)の具体的内容とその時期

本事業における酸素吹IGCC実証が終了する2018年度(平成30年度)までに、送電端効率(HHV):46%、CO₂排出原単位0.7kg-CO₂/kWhを達成する酸素吹IGCCの技術確立を目指す。

また、本事業におけるCO₂分離・回収型IGCC実証が終了する2020年度(平成32年度)までに、送電端効率(HHV):40%程度を達成するCO₂分離・回収型IGCC(CO₂回収率90%)の技術確立を目指す。これにより、CCSを組み合わせた場合、CO₂排出原単位は0.1kg-CO₂/kWh程度まで大幅に減少することが期待できる。

2. 研究開発内容及び事業アウトプット

a. 研究開発の意義

最新の微粉炭火力発電(USC)は、石炭を燃焼し発生した蒸気のみで発電を行うが、酸素吹IGCCは、固体燃料である石炭を酸素で高効率にガス化した後、ガスタービンと蒸気タービンとで高効率複合発電を行うものである。また、酸素吹IGCCでは、微粉炭火力発電では利用できない灰溶融点の低い石炭(低品位炭)を活用できる。つまり酸素吹IGCCは、これまで利用できなかった低品位炭を用いて高効率発電を実現する技術である。さらに、酸素吹IGCCでは、燃焼前の石炭ガス化ガスから効率良くCO₂を回収できるため、革新的低炭素石炭火力の実現に不可欠な発電技術である。

本事業において実証を行う酸素吹IGCCの核となる酸素吹ガス化炉(EAGLE炉)は、独自の1室2段旋回流方式により世界最高水準のガス化効率を達成する他、多炭種適用

性、信頼性の点で海外の先行ガス化炉を凌駕することが期待できることから、実用化した場合には世界的に普及を拡大していくことが望める技術である。

高効率石炭火力発電から更に CO₂ 排出を削減するには、CO₂ 分離回収が不可欠であるが、CO₂ を分離する為のエネルギー損失による発電効率の著しい低下が課題である。一方、本事業で検証する CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC は、高圧・高濃度の CO₂ を対象に高圧プロセスで優位な物理吸収法を用いて効率的に CO₂ を分離し、IGCC システムとの最適化を目指しており、本システムが検証されれば CO₂ 回収によるエネルギー損失を抑え、CO₂ 分離回収をしていない微粉炭火力と同等（送電端効率（HHV）：40%程度）の発電効率を持つ CO₂ 分離・回収型 IGCC の見通しを得ることができる。

物理吸収法は、将来の IGCC の高効率化技術として期待される高温ガスタービンプロセスでは対象ガスの高圧化により、化学吸収法に比べ更なる効率向上が見込める技術である。

これにより、国内の CO₂ 分離・回収型 IGCC の普及に寄与できるとともに、今後電力需要の伸びとともに石炭火力の新設が予想されるアジア・大洋州においても普及が望め、世界的な CO₂ 排出削減に貢献できる技術である。

b. 研究開発の必要性

CO₂ 分離・回収設備を構成する CO シフト反応器、湿式 CO₂ 吸収再生装置は石油精製や化学工業等での実績が豊富であるが、既存の IGCC プラントに組み合わせた実績はないため、IGCC プラントに CO₂ 分離・回収設備を付設し、CO₂ 分離・回収設備が発電プラントの運用に与える影響を評価しておく必要がある。

c. 研究開発の概要

(a) 検証する技術

微粉炭火力発電プラントの運用方法は石油精製や化学工業界における運用とは異なり、電力需要の増減に対応して発電出力を変化させなければならない。このため、発電出力変化幅で 50～100%(定格出力)、負荷変化率が 1～3%/分が一般的である。

IGCC プラントに CO シフト反応器や CO₂ 分離回収装置が付設された場合、安定的に高効率発電を維持し、同時に CO₂ を安定的に分離回収することが求められる。具体的には以下の項目が検証項目となる。

- ① CO シフト反応器（石炭ガス中の CO を H₂ に変換）について、原料ガス量・組成が変動した場合、発熱反応である CO シフト反応器内の温度を安定制御する運転方法を確立すること。
- ② 湿式 CO₂ 吸収再生装置について、原料ガス量の変動に対する吸収液循環量等の最適化をはかり、回収した CO₂ 純度を目標値に維持する運転方法を確立すること。
- ③ 負荷変化時等に CO₂ 回収装置の処理ガスの割合が変動することによる、ガスタービン入口の水素濃度の変動に対し、ガスタービン出口 NO_x の上昇が規制値内となることを確認すること。

また、検証する CO₂ 分離回収システムは以下の通りとする。その他、サワーシフト触媒のパイロット試験を実施する。システム概要を図 2-2 に示す。

実証規模	IGCC ガスからの CO2 回収率 15%相当
CO2 吸収再生方式	物理吸収方式
CO シフト方式	スイートシフト（脱硫後ガス抜き出し）
基本性能	CO2 回収効率(※)90%以上、回収した CO2 の純度は 99%以上

※ CO2 回収効率〔分離回収装置単体の CO2 回収割合〕：

(分離回収された CO2 ガスの C 量/CO2 分離回収装置導入ガスの C 量) ×100

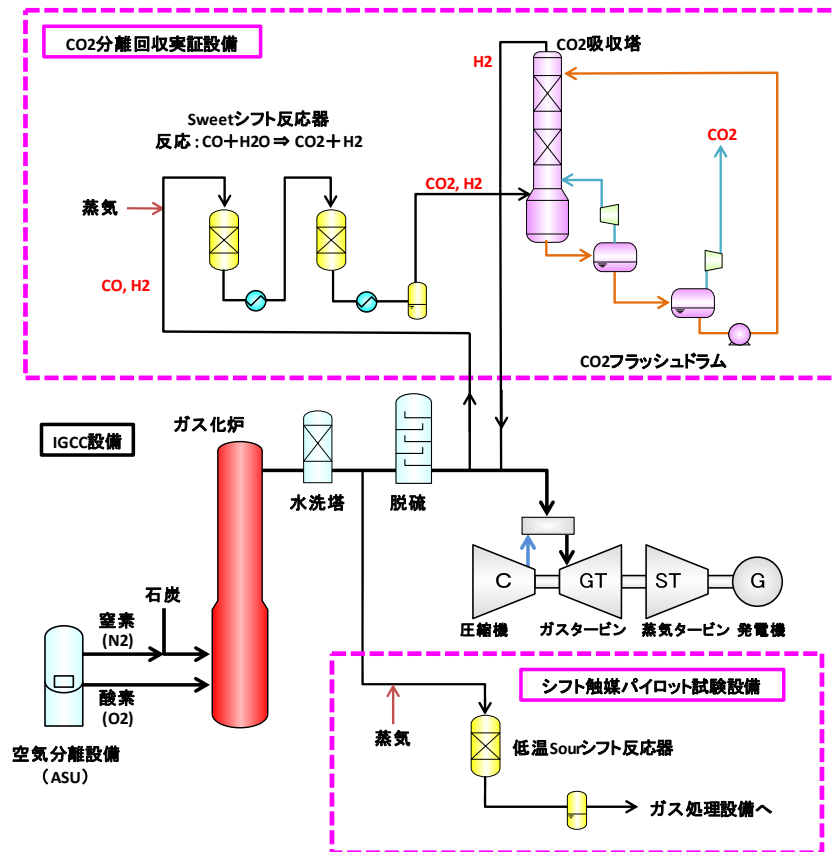


図 2-2 実証システム概要

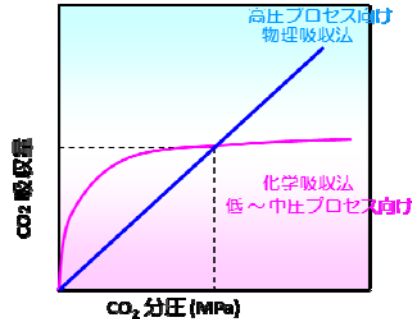
(b) CO2 吸収再生方式

CO2 吸収再生プロセスとしては高圧プロセスに適している「物理吸収法」を採用、プロセスは EAGLE で検証したセレクスール (Selexol) の改良プロセスの実証を行う。以下に採用の理由を記載する。

現在、商用化されている CO2 吸収再生方式としては、化学吸収方式と物理吸収方式がある。

表 2-1 CO₂ 吸収再生方式の特徴

	化学吸収方式	物理吸収方式
概要	アルカリ性溶液にCO ₂ を化学反応によって吸収させ、吸収液を過熱することによりCO ₂ を放出して回収する。	ポリエチレングリコール等の吸収液にCO ₂ を吸収させ、その後減圧(加熱)することによりCO ₂ を放出して回収する。
特性	CO ₂ 吸収量は、吸収液成分の量による CO ₂ 吸収量の 圧力依存性	CO ₂ 吸収量は、圧力が高いほど溶解する。
製品	UCARSOL プロセス等	Selexol プロセス等



EAGLE 成果、システム効率計算結果を図 2-2 に示す。化学吸収法、物理吸収法を比較すると商用機 IGCC (1, 500℃級 GT) では物理吸収法が有利となる結果を得ている。

	発電効率 (送電端HHV : %)	効率低下 (%)
IGCC (CO ₂ 回収なし)	45.6	ベース
IGCC+CO ₂ 回収 (化学吸収法)	37.8 (Step2) 38.3 (Step3)	▲7.8 ▲7.3
IGCC+CO ₂ 回収 (物理吸収法)	39.2	▲6.4

[試算の前提条件]
・発電出力
370MW
・1500℃級GT採用
・CO₂回収率90%

図 2-3 商用規模の新設 IGCC-CO₂ 回収プラントでの発電効率の試算

また、物理吸収法は、将来の IGCC の高効率化技術として期待される高温ガスタービンプロセスでは対象ガスの高圧化により、化学吸収法に比べ更なる効率向上が見込める技術である。

さらに、本実証では EAGLE で実証したセレクソールの改良法を実証する。セレクソールの改良法は、新しい吸収液 (Selexol Max) を使ったプロセスであり、粘性が低いことから、ランニングコスト、イニシャルコストの低減が見込める。

(c) CO シフト方式

本実証は、脱硫後のガス (H₂S を含まないスイートガス) を対象に、スイートシフト触媒を用いて、シフト反応 ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$) をさせ、生成する CO₂ について物理吸収法を用いて回収する方式を採用する。以下に採用の理由を記載する。

一般に、脱硫後の H₂S を含まないガスを対象にシフト反応を実施するスイートシフトと、脱硫前の H₂S を含むガスを対象にシフト反応を実施するサワーシフトがあり、それぞれに適した触媒を使用している。概要は図 2-3 に示す。

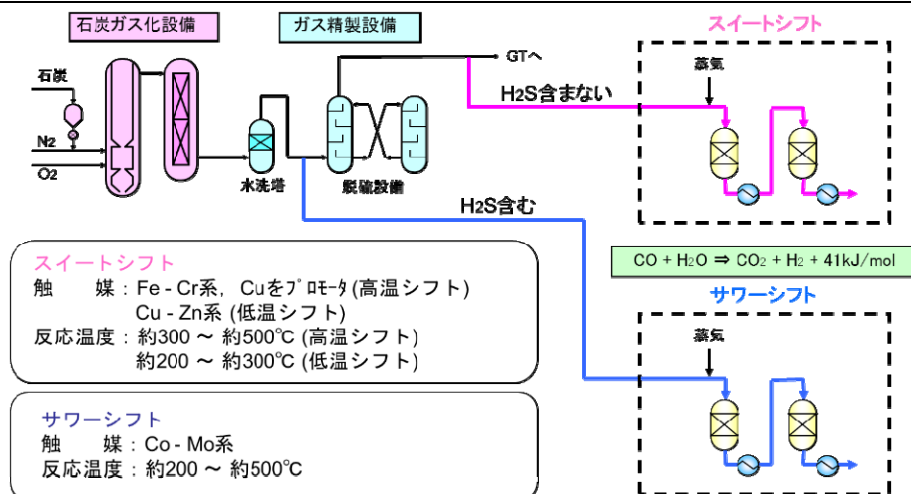


図 2-4 スイートシフト、サワーシフト概要の例

EAGLE 成果等におけるシステム効率計算結果より、新設で発電効率を迫及することを目的とした場合は、脱硫前のガスを対象にサワーシフトを実施することが適しているが、追設の場合はスイートシフトが適していることがわかった。

本実証は追設となること、物理吸収法との組み合わせにおいては、EAGLE において未確認であるシステムであることから、スイートシフト方式を対象とする。

(d) 実証規模

CO₂ 回収装置の実証規模は、以下の要因を勘案し、IGCC からの回収率を 15%とし、CO₂ 回収量年約 10 万トンで行う。

- ① CO₂ 回収プロセスの性能評価に当たって、回収率の規模が 15%（10 万トン/年）あれば、放熱損失の影響も少なく、正確な評価が可能である。
- ② 第三段階の試験装置の設置スペース、および将来の国による CCS, CCU 等の実証への拡張性も考えて一定スペースを確保しておきたい。
- ③ 年 10 万トン規模の CO₂ があれば、国が行う将来の様々な実証にも対応できる。
- ④ 予算を効率的に実証試験に充当するため、検証目的を満足する合理的な規模とする。

d. 研究開発の目標（第 2 段階）

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。具体的な目標は表 2-2 の通り。

表 2-2 CO₂ 分離・回収型 IGCC 実証試験開発目標

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 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。

e. 類似の研究開発との比較

本事業における酸素吹IGCC実証（第1段階）に類する事業としては、1999年度（平成11年度）から2010年度（平成22年度）まで当省にて実施した「噴流床石炭ガス化発電プラント実証」（出力規模が250MW級の空気吹IGCC実証）が挙げられる。

酸素吹IGCCはIGFCの基幹技術として位置付けられ、空気吹IGCCよりも石炭ガス化ガス中の燃料成分（CO、H₂）の割合が高い。つまり石炭ガス化ガスの発熱量が高く、ガスタービンの高温化（1,700℃級等）にも容易に対応可能であり、IGCC単体でも更に高効率化できるポテンシャルを有している。

ガス化技術単体で比較しても、酸素吹ガス化は、石炭ガス中のN₂成分が空気吹ガス化より少ないため、合成燃料製造（水素、GTL（液体燃料）、SNG（合成天然ガス））など、発電用途のみならず産業用途への活用も可能であることに加え、炭種適合範囲も広い。よって酸素吹IGCCは、空気吹IGCCより市場規模が大きく、炭種制約も少ないため、国産IGCCを世界に普及させることができる技術と言える。

また、本事業におけるCO₂分離・回収型IGCC実証（第2段階）は米国Tampa、Kemperと

2つの実証計画が進んでいるが、前者は乾式脱硫の実証を目的としておりCO₂分離方式としては化学吸収法を採用していること、後者は空気吹IGCCを対象とし低いCO₂回収効率であることが本事業と異なり、本事業のような高効率を目指したものではない。また、CO₂分離・回収型IGFC実証（第3段階）に類する事業は無い。

3. 当省(国)が実施することの必要性

石炭は化石エネルギーの中でも供給安定性・経済性に優れたエネルギーであり、今後も利用されていくものと見込まれる。一方で、石炭は熱量あたりのCO₂排出量が他の化石エネルギーと比べて多く、引き続き利用していくためには、低炭素化を目指した高効率な石炭ガス化複合発電技術（酸素吹IGCC、IGFC）やCCSを組み合わせた低炭素化が重要。また、これまでほとんど利用されていない亜瀝青炭等の低品位炭も火力発電燃料として利用することが将来的に重要。

前述のとおり、当省では「Cool Earth—エネルギー革新技术計画」を設定し、「高効率石炭火力発電」「二酸化炭素回収・貯留（CCS）」を含む「21」分野の技術開発をもって温室効果ガス削減目標達成に向け取り組んでいるところ。本事業は、当該計画に掲げられた石炭火力発電の高効率化に位置付けられており、本事業の成果を市場展開することにより我が国の発電部門における温室効果ガス排出量の大幅な改善が期待できる。また、エネルギー基本計画においても、石炭火力発電のベースロード電源としての重要性が評価されている中、一刻も早く本事業の成果を市場へ展開することが望まれる。

更に第四次エネルギー基本計画を踏まえて、2014年（平成26年）12月にまとめられた「エネルギー関係技術開発ロードマップ」においても「高効率石炭火力発電」「二酸化炭素回収・貯留（CCS）」が国際展開も見据えた形で整理されている。

また、本年(2015年(平成27年))6月にとりまとめられた「長期エネルギー需給見通し(案)」(7月に最終決定)において、「火力発電の高効率化を図り、環境負荷の低減と両立しながら、その有効活用を推進する。」と整理されたことを受けて、同年6月から産学官の有識者からなる「次世代火力発電の早期実現に向けた協議会」を4回にわたって開催し、石炭火力やCO₂回収・利用(CCUS)を含む次世代火力発電関連技術を早期に技術確立し、実用化するための技術のロードマップの中間とりまとめを行ったところ。今後とも、官民一体となり技術開発を加速化させることとしている。この中間とりまとめの中でも、当該技術は第1段階が「中型酸素吹IGCC技術実証」、第2段階が「物理吸収法技術実証」、第3段階が「小型IGFC技術実証」として次世代火力発電技術の早期確立、実用化に向けた工程表に記載されており、次世代の石炭火力発電の中核的な技術として位置付けられたところである。

以上のとおり、従来の石炭火力発電設備より高効率かつ低品位炭を含む多炭種に対応可能な本技術の実証は、今後のエネルギー・環境政策における重要政策の一つである石炭火力発電の高効率化を実現するための鍵となるものであり、極めて重要な事業である。

また、酸素吹IGCC、CO₂分離・回収型IGCCの開発は、「科学的価値の観点から見た先導性」、「研究開発費」、及び「環境問題への先進的対応」という観点から国が支援する必要性は引き続き高いと考えられる。

【科学的価値の観点から見た先導性】

本事業において実証を行う酸素吹IGCCの核となる酸素吹ガス化炉（EAGLE炉）は、独自の1室2段旋回流方式により世界最高水準のガス化効率を達成する他、多炭種適用性、信頼性の点で海外の先行ガス化炉を凌駕することが期待できることから、実用化し

た場合には世界的に普及を拡大していくことが望める。さらに、酸素吹 IGCC では、燃焼前の石炭ガス化ガスから効率よく CO₂ を回収できるため、革新的低炭素石炭火力の実現に不可欠な発電技術である。

【研究開発費】

本事業を実施するためには、実際に商用機発電所の約 1/3 規模の実証試験設備を構築する必要があるため、民間企業単独では費用負担、実証試験リスクが大きい。

【環境問題への先進的対応】

国内において一定割合の石炭火力を含むエネルギーミックスを前提に温室効果ガスの削減目標（2030 年度に 2013 年度比 26.0%）案が議論されている中、第 2 段階の CO₂ 分離回収の実証は、地球環境問題に対応する為に、重要な技術開発であるが、効率の低下につながり市場原理に基づく研究開発の実施インセンティブが働かないことから、国の主導が必要である。本事業の成果は、我が国における電力供給の一翼を担う石炭火力発電設備として普及見込みであるとともに、国際展開することにより地球規模の気候変動対応にも貢献可能である。

更に、本技術は国際展開によって、地球環境問題に貢献可能であるが、国際展開にあたっては、国内での技術確立が前提となる。国内においても、2030 年度に運転開始から 40 年を超える石炭火力は約 1,000 万 kW に達すると見込まれており、リプレースに際しては、BAT（Best Available Technology：適用可能な最新技術）が基本となる為、IGCC は既設リプレースでの BAT 適用オプションとして従来以上に重要になるものと考ええる。しかしながら、現状において、国内での新設・リプレース需要が少なく、技術確立の機会が少ない状況を鑑みた場合、国費を投入した早期の実証試験の実施が必要である。

アメリカやヨーロッパに加え中国及び韓国等の新興国においても IGCC の技術開発・実証が進められており、迅速かつ着実な予算確保は我が国の国際競争力を維持する上で必要であり、産業政策の観点から重要である。

4. 事業アウトカムに至るロードマップ

a. アウトカムに至るまでの戦略

本事業は、石炭火力の低炭素化を達成するため不可欠なものであり、事業終了後の早期商用展開に向け、実証試験目標の確実な達成を目指し国の支援の下、必要な資源を投入していく。

早期普及拡大によるコスト低減を目指して成果を積極的に公開するとともに、知財の実施許諾や技術提携を含めた横展開を図る。あわせて、発電用途のみならず多用途利用も視野に入れ、有効性を PR することで酸素吹 IGCC、CO₂ 分離・回収型 IGCC の普及拡大を図る。

b. 成果のユーザの段階的イメージ

本事業終了後、事業実施者の親会社である電源開発(株)・中国電力(株)は本事業の完遂成果を将来の石炭火力として導入を図るべく積極的に検討を行う。続いて、他の電気事業者等が導入していくことが考えられる。

※電源開発・中国電力は、多くの石炭火力（設備出力両社計：11,002MW、国内石炭火力の内約 26%：平成 23 年度時点）を保有している。

また、我が国内の商用機運転実績を背景に、海外市場に対して「高効率化、CO2 削減等」の従来石炭火力との優位性をアピールし、低廉な低品位炭に適した発電方式として、今後、電力需要が拡大し、石炭火力発電の普及拡大が見込まれるアジア・大洋州を中心に海外普及を図る。さらに、2015 年 12 月に開催予定の気候変動枠組条約締結国会議

(COP21) において、CO2 排出削減に向けた新たな枠組みが採択される見通しである等、世界的環境負荷低減に向けた規制が厳しくなる可能性が高く、その対応として、CO2 分離回収をオプションとした IGCC のニーズが高まると想定されるため、相手国のニーズに合わせた展開を図る。

具体的には、電力、肥料向け等、相手国のニーズの把握、技術の優位性・信頼性について理解を促進するため実証試験の成果を積極的に発表・PR する等、相手国との交流を図る。従来から、今後の国際展開を見据え、アメリカ・オーストラリア等での国際会議において、プロジェクトの概要や進捗状況について発表、産炭国であるオーストラリアのメディア視察受入を行っており、今後も継続的に行っていくほか、親会社とも協調しながら、産炭国に加え石炭輸入国（台湾等）等の海外電力会社および電力技術者の見学受入を積極的に実施していくこととしており、平成 27 年 6 月には JICA 研修事業の一環としてモンゴル等の電力技術者の受入を実施している。

また、相手国のニーズにより本技術の特長を活かした設計・建設に加え、実証試験等を通じて培った運用・管理を含むシステム提案を行うことで、我が国独自の高性能酸素吹石炭ガス化技術 と、我が国が誇る O&M 技術をパッケージ化し、官民一体（メーカー含む）となったオールジャパン体制でのインフラシステム輸出につなげるべく、国の政策へ貢献していく。

なお、経済産業省では、東南アジア等の新興国で、エネルギー輸入依存度が高まり、インフラ整備支援が期待されている中で、高効率で信頼性の高いエネルギーインフラ整備を進めるため、日本が有する豊富なエネルギー政策分野の経験や全分野での優れた技術を総動員して、アジアなど新興国のニーズに応じて、エネルギー問題の包括的な解決策をワンストップで提供する「Enevolution」イニシアティブを平成 27 年 5 月に立ち上げた、このための組織として、資源エネルギー庁内に「エネルギー産業国際展開推進室」を設置した。具体的な取組みの中で、産業界のみならず、国際開発金融機関等と一層連携し、徹底的な案件発掘とパッケージを促進するとされており、高効率かつ信頼性の高い CO2 分離回収をオプションとした IGCC の海外展開への期待は更に高まると考えられる。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制

a. 研究開発の実施・マネジメント体制

研究開発の実施体制を図2-5に示す。「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」は、事業用火力発電設備としての実用化へ向けた最終段階の検証を行うものであり、検証された技術の普及促進の観点からも酸素吹IGFCが実用化した場合にその運用を行うと想定される電気事業者が主体となり事業を実施することが望ましい。

今回の提案で実証事業の主体となる大崎クールジェン(株)は、電気事業者である中国電力と電源開発の共同出資により実証事業を効率的に進めるために設立されたものであること、また実証事業に携わる要員は主として両出資会社の出向者であることから、実証事業の確実な実施と得られた成果の普及促進が期待出来るものである。

なお、今回提案の実証事業を実施するにあたっては、出資会社である中国電力及び電

源開発と大崎クールジェンの間で研究委託契約を締結し、実証事業費のうち補助金を除いた費用については両出資会社からの分担金で賄い実証事業を確実に遂行する。更に、両出資会社が行う実証事業に係る基礎的研究開発の成果を踏まえたサポートにより効率的な実証事業を実施する。

実証事業の実施にあたり、第三者の学識経験者からなる「技術検討委員会」を設置、年間に数回開催し、事業実施計画検討、事業進捗状況確認、事業実施結果について評価を行う他、実証試験においてトラブルが発生した場合には解決策等の助言を行う。「技術検討委員会」における評価結果について実証試験計画へ反映させることで、より効果的に実証事業を実施する。

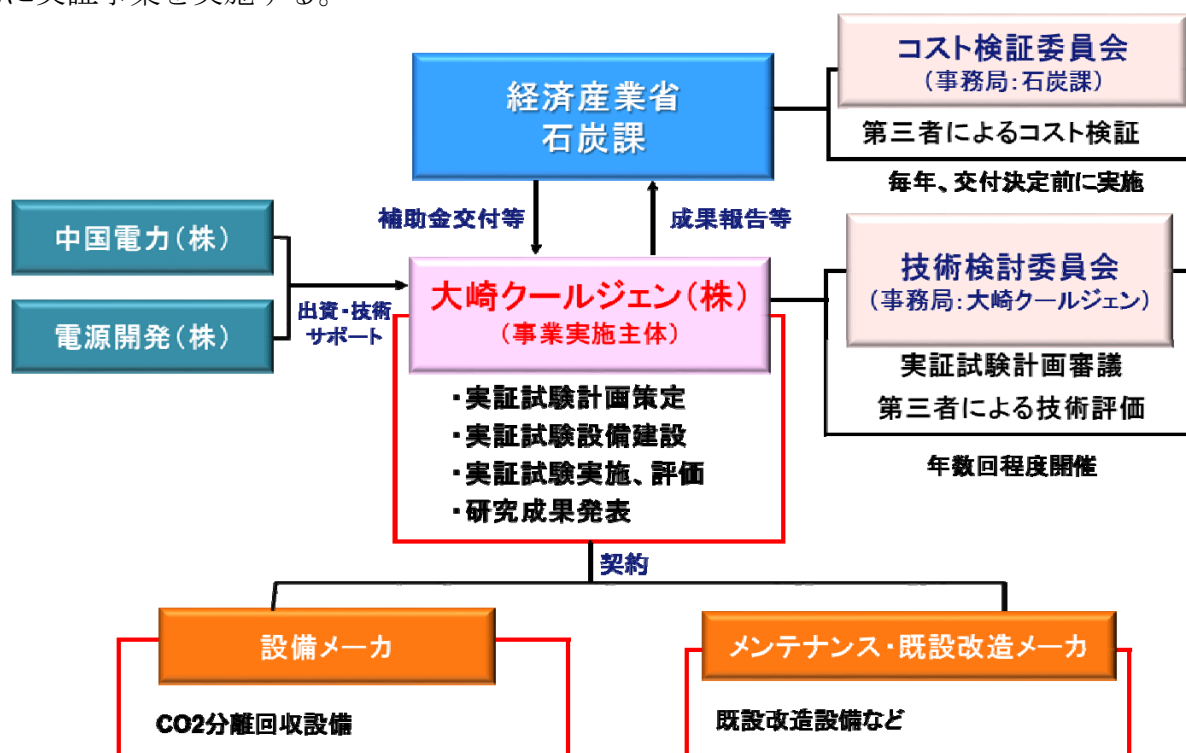


図2-5 研究開発実施体制

b. 知財の取り扱いについての戦略及びルール

CO2分離・回収型IGCCの知財戦略として、「戦略性を持った権利確保・普及展開」と「出口を見据えた研究開発マネジメント」を検討していくことが必要と考える。

前者は、国内の石炭火力新設・リプレースへの適用、海外へのインフラ輸出を視野に入れて、特許権の取得、権利の保護、展開戦略等について事業の進捗に合わせて詳細検討していく方針である。

後者は、当該技術は電力分野のみならず化学工業分野への事業展開も可能であることから、エンジニアリング体制を踏まえた知財の所有等について、事業者（電力会社）のみならずメーカーも成果普及に携わることができる仕組みを検討しているところである。

国内においては、他の電力事業者やメーカーなどへ成果の展開を図るために、成果報告会等における情報提供・共有などを積極的に行うとともに、今後の事業進展に合わせて更なる普及展開策を図っていく。本事業において得られる知財は、他企業等からの要望に応じて実施許諾や技術提携等による積極的な横展開を図っていく。

海外においては、今後、石炭火力の普及が見込まれるアジア・大洋州を中心として展開していくことを考えており、相手国のニーズを把握しつつ、オールジャパンでシステムインフラ輸出を実現しようとする動きを見ながら、国際特許を含め、対象国における戦略的な知財の取得に取り組み、国際競争力を確保する。

また、本実証事業において今後発生する知的財産に関しては、大崎クールジェン内に知財担当窓口を設置した上で、両親会社（中国電力、電源開発）の知財管理部門と一体となって、特許管理、知財の横展開を実施する。

6. 費用対効果

本事業において酸素吹IGCC、CO₂分離・回収型IGCC、CO₂分離・回収型IGFCが確立し、確立した技術を国内の石炭火力の新設、リプレイスに適用することで、国内における石炭消費量の抑制とCO₂排出量削減に貢献する。

さらに、日本の持つ最新のクリーンコール技術を、諸外国の新設火力と老朽化した低効率石炭火力のリプレイスに適用することで、諸外国における石炭消費量の抑制とCO₂排出削減に貢献する。

国内においては、IGCC、CO₂分離・回収型IGCCの導入により以下の効果が見込まれる。

a. CO₂削減効果

発電効率が現行（USC）の最高レベルの40%（送電端効率（HHV）。以下同じ）から46%（IGCC：1,500℃級GT）まで向上すれば、CO₂排出量は約1割強、55%（IGFC）まで向上すれば、約3割の削減が可能。

さらに、CO₂分離・回収型IGCCについては、CCSと組み合わせることによりCO₂の排出を大幅に抑制することが期待できる。

b. 経済効果^{※1,2}

石炭火力発電所の建設コストを約25万円/kWとし、2020年から30年間で出力60万kW級の酸素吹IGCCリプレイス需要を試算すれば14ユニットであり、経済効果は約2兆円となる。さらに、CO₂分離・回収型IGCCについては、CO₂分離・回収設備建設による経済効果が加わる。

c. 雇用創出効果^{※3}

出力60万kW級のIGCCにリプレイスすることで、1ユニットあたり建設中の4年間に毎年約1000人規模の雇用が新たに創出される。14ユニットの雇用（4年間）創出効果は約1万4千人と試算される。更に、CO₂分離・回収型IGCCについては、CO₂分離・回収設備設置分の雇用も加わる。

また、石炭火力発電所に関連する老朽化した石炭インフラ設備を新設することによる経済効果や、雇用創出効果も期待できる。

※1 発電コスト検証WG（2015年5月11日）資料より

※2 リプレイス需要

- 2020年から2050年までの30年間で運転開始後40年を経過する石炭火力発電所は3,400万kWであり、石炭火力にリプレイスすると想定。
- 内訳を、酸素吹IGCC/IGFC、空気吹IGCC、USC、A-USCで1/4ずつとすれば850万kW。
- 1ユニットの出力60万kWとすれば、30年間で14ユニットの潜在需要と試算。

世界においては、図2-6に示すとおり石炭火力は2014年～2040年にかけて世界全体1,360GW（53.9GW/年）が新設され（リプレースを含む）、アジア・大洋州は1,100GW増加（42.2GW/年）と増加量の大半を占める。

アジア・大洋州は産炭国も多く、利用する炭種、導入時期、他産業との連携等のニーズに応じた日本の高効率石炭火力発電技術の導入促進で大きく地球環境問題対策に貢献することが期待出来る。

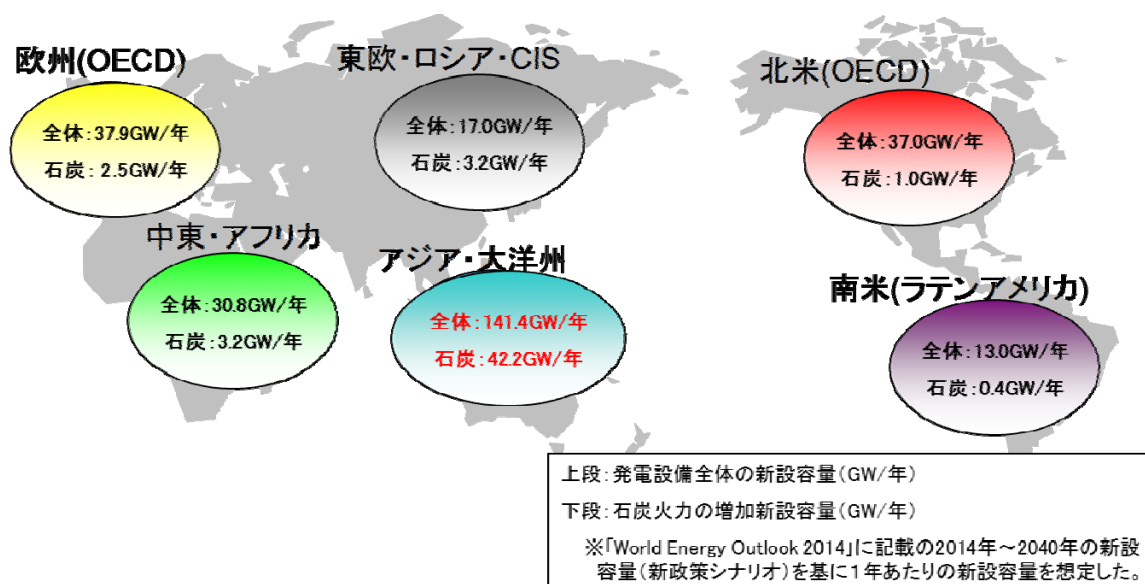


図 2-6 世界の石炭火力の導入見通し

第 3 章 評価

第3章 評価

A 第1段階中間評価

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

C02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C02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。C02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で完成させる。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。

【肯定的意見】

- ・C02を大幅に削減する高効率石炭ガス化燃料電池発電とC02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。人口減・低成長の時代にあって、国内の新設電源の需要は少なく、国際展開が必要と考えられている。しかし、海外からは技術的に確立し実績のある技術が求められ、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っている。このような開発環境では、民間だけで石炭ガス化燃料電池複合発電という巨大技術を開発し完成させることは困難で、何らかの国の関与・支援が必要とされる。
- ・昨年閣議決定された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」と評価されているが、温室効果ガスの排出は多くこれを抜本的に下げていくことが課題とされている。その課題解決に向けた、非常に有望な技術開発の一環を本事業が担っており、上位の施策との関連付けは極めて明確である。さらに、エネルギー基本計画の中に「CCS技術の実用化を目指した研究開

発」と明確に示されており、将来のCCSにおけるCO₂の分離・回収に繋がる本事業は、上位の施策との関連付けが明確となっている。

- ・また、本研究に関しては、基盤技術の研究開発から実用化、導入・普及まで長期間を要し、研究開発投資が多額で、かつ高い技術的難易度が求められることから、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。
- ・さらには、本事業あるいは関連する事業で得た技術・ノウハウを用いて、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あり、国際貢献面で考えても国が実施すべき重要な事業と位置づけられる。
- ・可採年数が100年以上と長く、地域偏在性の小さい石炭を対象に、弱点であるCO₂排出量が多いという課題解決に資する事業であり、目的は妥当で、政策的位置付けも明確であると考ええる。
- ・評価用資料に提示されている政策的、科学技術的、社会経済的意義に加え、震災後、ベースロード電源としての石炭の評価が高まり、電力全面自由化を見すえて石炭火力の建設計画が急増していることから、高効率化は喫緊の課題である。
- ・高効率石炭火力技術によるCO₂削減の究極的な技術開発である。特に低品位炭を利用できる技術として期待がある。

【問題点・改善すべき点】

- ・石炭ガス化燃料電池発電技術は、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、それらをインテグレーションして完成させる。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が望ましい。
- ・過去に実施した空気吹IGCC実証との比較は行われており、本事業の酸素吹IGCCの意義については理解できる。一方で、何故、過去に空気吹IGCC実証を行ったのかという疑問をぬぐいきれない。
- ・複合化による効率の良い発電技術を目指しており、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。とり分け電力自由化が進み、電力需要の低減が予測されている中で電力会社のリスクが大きいため、実用化に向けた再検討が必要となる。

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。

【肯定的意見】

- ・熱効率、環境性、設備信頼性など、適切かつ具体的な数値目標が設定されており、評価できる。中間目標などは設定されていないが、これは第一段階が試験設備の建設と実証試験の実施が主目的であるためであり、事業の遅延なく進められていることで問題はないと考えられる。
- ・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具体的な目標が設定されている。
- ・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、非常に良いと評価できる。また、全てではないが、具体的な数値を目標に設定して進めている点も高く評価ができる。
- ・当初の計画に基づいてプロジェクトは実施されている。まだ建設が終わっておらず現段階で評価することは難しい。

【問題点・改善すべき点】

- ・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 を石炭火力のベースロード電源と想定しても、ブゲナム廃止で見ると、部分負荷運転をせざるを得なくなる可能性が高い。負荷追従性の試験も重要だが、バイオマスや廃棄物をも利用していくことも重要である。
- ・プラント制御性・運用性についても、微粉炭火力の持つどのレベルの制御性を目指すか、具体的な数値で示した方が良いと考える。なお、本事業で開発する設備は、基本的にはベース電源として運用すると考えるが、将来の環境変化を踏まえ、負荷追従性も意識した技術開発を行う事は意義あると評価できる。
- ・中間評価の時期はある程度成果が得られる建設終了時に行うべきである。

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。

【肯定的意見】

- ・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。
- ・建設は計画通りに実施されているものと判断される。論文等のアウトプットはある程度まで得られている。
- ・現在までは施設の建設段階であり、スケジュール通りに進捗しているものと思料する。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ている。論文発表や広告等が行われている。また、コスト縮減に向けて、発注方法を入札形式にする等の工夫も行われている。
- ・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、中間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から、中間段階での評価として「経済性」については達成されていると評価できる。
- ・また、設備の設置工事を含め、計画が順調に進捗している事も評価できる。

【問題点・改善すべき点】

- ・開発目標について、設計段階の検討でも、その達成度が確認できているものがあると考え。それらを検証した上で、必要に応じて対策を行い、次ステップに進むべきと考える。
- ・第一段階の事業目標が試験設備の建設と実証試験の実施であるため、特許などの知財が得られていないのは理解できるが、今後、第2段階、第3段階に進むに当たって、必要な基礎研究を前倒しに進め、強固な知財戦略とするとともに、新たな技術革新を取り込んでいくことが望ましい。
- ・技術が実用化した後には、市場への投入が必要であり、マーケティングを意識した情報発信活動が望まれる。
- ・現段階では評価すべき成果が十分に得られているとは言えない。

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な。

【肯定的意見】

- ・事業化にはまだいくつかのステップを踏む必要があるが、事業化に向けたシナリオは明確に描けている。
- ・本事業については、商用段階のユーザーである電力会社が主体となった事業であり、商用段階で重要となる「経済面」・「設備信頼面」・「運用面」が最終ユーザー視点で実証されるので、事業化の見通しは極めて明確である。また、本事業の第一段階に続き、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。
- ・波及効果についても、世界的な課題であるCO2削減とエネルギー供給の安定性に向けた効果が十分に期待できる。さらに、本事業で扱う石炭だけでなく、他の燃料源（バイオマスなど）への波及も期待できるのではないかな。
- ・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。

【問題点・改善すべき点】

- ・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い。事業化までに、基礎研究も含めたサステナブルな技術開発を行い、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。それによって知財を獲得するとともに、さらなる高効率化低炭素化を図ることが望ましい。
- ・将来の事業化について、“本事業の完遂成果を将来の石炭火力に関する選択肢の一つとして検討を行う”こととされており、自ら設定した目標が達成された場合でも、必ずしも事業化が確約されている訳ではない点は気になる。経済効果や雇用創効果算定の前提条件が、事業化のシナリオと合致しているようには思えない。
- ・理想的には、現在多数計画されている石炭火力に導入できるのが望ましいが、その可

能性は探れないか。導入できるのは、主にリプレースの場合か。

- ・本事業で主に扱う燃料は石炭だけであるが、他の燃料源（バイオマスなど）への応用の可否程度は机上検討を行うか、本事業とは別にF S 事業などを行っても良いのではないか。

（ただし、世界的な環境問題・CO2規制の高まりなどから、本事業の実施を加速する必要があり、他燃料源を使った実証を本事業の中で行う事には、賛成はできない。

あくまでも 検討あるいは他事業でのFSにとどめるべき）

- ・電力自由化が進む中で事業化の見通しには不確実性が大きい。現時点で波及効果は得られていない。

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。

【肯定的意見】

- ・ 開発計画は妥当なものであり、開発実施体制・運営は適切である。
- ・ 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、事業主体者に対し、第三者的な有識者でな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。なお、実施者は、最終ユーザーである電気事業者が主体となり設立された会社であり、妥当であると評価する。プロジェクトリーダー他も電気事業者から派遣された人材で構成され、その経験・実績等から、妥当であると評価する。
- ・ 事業費総額は若干ではあるものの、削減できている。また、社会経済情勢の変化として、諸外国ではCO2排出基準が定められるなど、CO2回収の重要性は高まりつつあり、その点において、本事業の意義は高まっている。
- ・ 現在、建設中であり、計画に沿って実施していく必要がある。終了前に状況に合わせて計画の見直しを検討する必要がある。

【問題点・改善すべき点】

- ・ 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。石炭ガス化燃料電池発電の効率をさらに引き上げ完成させるには、基礎研究も含めて現段階から取り組んでおく必要がある。
- ・ 「出口を見据えた研究開発マネジメント」の重要性が指摘されているが、出口が必ずしも明確ではなく、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が望まれる。
- ・ 中間報告書 P34 以降に示されるとおり、国内外の学会等において成果や取り組み状

況が発信されており評価ができる。また、マスコミに対しても「報道対応」とあり、十分に対応されている。一方で、地球環境問題から CO2 に対しての風当たりが強くなっている中で、「CO2 を低減させ上手に石炭を活用していく技術開発を行っている」ということを、「対応」でなく「積極的な発信」として、マスコミや一般社会等に訴えていただく事を期待している。

- ・費用対効果を現時点で判断することは難しい。

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発電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ま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。

【肯定的意見】

- ・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。
- ・世界的に石炭火力発電に対する逆風が強まる中、CCS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まれているものと思料する。
- ・当初の計画通り建設が進行している。モジュール化工法で行程の最適化を図る、競争入札で建設費の削減を図る、などの工夫をしている。
- ・エネルギー自給率の低い我が国では、エネルギーセキュリティの観点から、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。一方で、地球環境面からCO₂の削減は必須であり、高効率でCO₂の分離・回収に繋がる本事業は双方の課題解決に向けた有効な手段である。一方で、長期間にわたり多額の費用が必要となる事に加え、難易度の高い技術開発が必要であり、民間企業での取り組みには限界がある。こうしたことを勘案すると、国の事業として実施する必要性は極めて高いと考える。

- ・まだプラント建設が終了しておらず、現行計画を継続していくべきである。

【問題点・改善すべき点】

- ・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（外部的要因や技術革新など）にうまく対応していくことが重要である。特に、第3段階におけるSOFC技術は未だ研究開発途上にあり、多くの解決すべき課題が残されている。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。
- ・また、今後の再生可能エネルギー導入のさらなる増大の可能性などを考慮すると、IGFCを単に高効率な石炭火力ベースロード電源と位置づけるのではなく、負荷追随性の確保や、低品位炭も利用可能とする利用炭種のさらなる拡大、バイオマスや廃プラ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。
- ・「出口を見据えた研究開発マネジメント」の重要性が指摘されているものの、出口を見据えて研究開発と並行して需要開拓を進める等のマーケティング的な視点が、やや弱いように思われる。
- ・国内外での石炭火力建設の需要のピークに間に合うよう、スピーディーに成果を小出しにすることも求められるのではないかと。特に、自由化を見すえた石炭火力の建設額増について、USCよりIGCCを使ってもらえるよう、工夫はできないのか？
- ・電力を取り巻く状況に合わせて計画の見直しをする必要がある。
- ・開発目標などは、可能な限り数値として具体的に示していただきたい。

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。

【各委員の提言】

- ・我が国のエネルギー戦略に合致する重要な開発課題であり、今後とも開発事業を着実に進めていくとともに、さらなる高効率化、低コスト化技術開発を推進し、強い国際競争力を持った技術として完成させていくべきである。そのために次の2点を提言する。

1. より柔軟な研究開発体制の構築

第2段階、第3段階でCO2分離・回収技術や燃料電池技術などの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。事業化までにはまだ時間がかかる長期開発であり、開発された新規技術を導入して効率のさらなる向上を図れる柔軟な開発体制が望ましい。

2. 燃料の多様化と柔軟な運用性の確保

褐炭も含めた低品位炭などの利用炭種の拡大を図る（褐炭は輸入が難しいが、今後の国際展開を考えると非常に重要）。さらに、バイオマスを混焼しても効率が低下しないような技術開発を行い、一定量のバイオマスや廃プラなどを高効率で利用できるシステムとする。さらに、負荷追随性を確保するとともに、低負荷でも効率の低下が少ないようにする技術開発を行う。これも国際展開を考えた場合非常に重要である。燃料の多様化と柔軟な運用性の確保により、効率面だけでなく本事業が海外でも優位性を持つことができる。

- ・第2段階・第3段階を含め本事業は、国内外のCO2を始めとした環境政策の動向により、取り組みを加減速する必要があると考えます。そのため、国が毎年予算を策定す

る際に、状況を踏まえた対応を行っていただきたい。特に、加速のある場合は、機動的に対応いただきたい。

- 一方で、仮にCO2等に関する制約が小さくなった環境においても、CO2削減に向けた将来の動向は不透明であり、取り組みスピードを落とす事はあっても、本事業を取りやめる事のないようにしていただきたい。
- CO2に対する風当たりが強い中、「CO2を低減させ上手に石炭を活用していく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いただきたい。
- 事業や企業の活動について、経済性のみならず、環境性や社会性が求められるようになっている状況を踏まえ、研究開発においても環境性や社会性への配慮が求められるようになっているものとする。

また、技術開発・技術実証のためのプログラムであったとしても、事業化に到達することができなければ、せっかくの公的資金が無駄になることから、研究開発と並行して需要開拓を行うなど、マーケティング的な視点を取り入れた活動が望まれる。

- 国内だけでなく、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。
- 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、国際的に石炭火力における 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。

【肯定的所見】

- ・ IGCC/IGFC は本来高効率であるため CO2 排出量が少ないというメリットがあるが、酸素吹 IGCC/IGFC では、燃焼前に高効率で CO2 を分離・回収できるため、さらに効率よく CO2 が回収できる。従って、本事業において CCS 技術を組み込むことは低炭素化に非常に貢献することができ、研究開発の意義は大きい。
- ・ CO2を分離・回収する上で、最も効果の高い発電方式の一つである酸素吹IGCCの実証設備を用いて、事業を行う事は、妥当であると評価できる。
- ・ 昨年閣議決定された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」と評価されているが、温室効果ガスの排出は多いことが課題とされている。また、エネルギー基本計画の中には「CCS技術の実用化を目指した研究開発」との記載もあり、国の政策との整合性も高く、極めて妥当であると評価できる。
- ・ 評価資料案の通り、国際的な石炭火力 CO2 抑制強化の流れにあって、CCS は、より必要性を増している。
- ・ CO2 排出に関する制約が強化される中、CO2 の分離・回収を取り入れ、0.1 kg-CO2/kWh を実現することができれば、石炭火力発電に対するイメージを改善することが期待できる。
- ・ 世界の IGCC の主流は酸素吹であり、わが国独自の酸素吹技術を構築することは、技術の市場性と国際競争の面から見て妥当である。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・ 本来は、高効率化技術開発の方を CCS 技術開発よりも優先させるべきであり、このことは常に意識しておく必要がある。また、さらなる高効率化お

よび CCS 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。実用化に至るまで長期間を要する事業であり、実現した時にはすでに当初目標が陳腐化している恐れがある。

- 目標とする発電効率は高いが、達成できる可能性はどの程度あるのか。市場を考えると、まず第一に大切なのは多くの炭種に適合でき信頼性の高いプラントを開発することであり、効率は商用化が進むに従って徐々に高めていくことではないか。
- 技術の確立時期が、国内外の石炭火力建設の需要期に間に合うようにしないと、アウトカムの最大化が期待できない懸念がある。

2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性

2. (1) 研究開発内容の妥当性

C02 の分離・回収を行うためのエネルギー・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。

【肯定的所見】

- ・酸素吹 IGCC/IGFC では、ガス化ガス中の C02 濃度が高く効率よく燃焼前 C02 分離・回収ができるため、CCS 技術の確立は必須である。
- ・C02 分離・回収を行うためには大きなエネルギー・コストが必要で、その低減（効率向上）に資する研究開発を行う事は妥当であり、EAGLE プロジェクトの知見を第一段階で設置した設備に適した形で、第一段階から一貫して研究開発を行う事も妥当である。
- ・C02 排出量の低減に加え、低品位炭を有効利用できれば、エネルギー資源不足の我が国にとってメリットは大きい。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・物理吸収法と化学吸収法とは効率面ではさほど差はない。むしろインテグレーションの仕方などが大きな影響を与える。今後の技術革新（優れた吸収液の開発やシステムインテグレーション）を取り込むために、物理吸収に fix するのではなく、柔軟な対応が望ましい。
- ・効率向上と経済性向上は目標として理解できるが、両者の間にはトレード・オフ関係がある。効率を向上すれば、技術の高度化によって建設費が高くなる。トレード・オフ関係をどのように考えているのか。

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 90%回収の発電効率が 40%程度（送電端 HHV）と、チャレンジング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。

【肯定的所見】

- ・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、事業アウトプットは極めて妥当なものである。
- ・CO2 90%回収後の発電効率が 40%程度（送電端 HHV）と、IGCC 設備の効率目標 46%から考えると、そのエネルギーロス率は 6%であり、たいへんチャレンジングな目標設定をされており評価できる。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・プラント全体としての運用性・信頼性・経済性についても目標設定されていることは高く評価できるが、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。
- ・経済性について、現時点での設定が難しいことは理解できるが、「商用機における CO2 分離・回収の費用原単位を評価する」だけでは、システム全体としての競争力を評価できないのではないかと？
何らかの比較データを提示することはできないかと？

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 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ことから、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。

【肯定的所見】

- ・本事業の CCS がいかに高効率でエネルギーペナルティーが少ないとしても、CCS はネットで何も生産しない負の技術であることには変わりなく、本来は、CO₂ を削減することで何らかのインセンティブをつけるべきものである。そのような制度がまだ確立していない以上、民間に押し付けることは良くなく、国が責任を持って実施していくべきである。また、国際展開を考えた場合、石炭火力には CCS が必須とされており、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問題対策に大いに貢献することができる。
- ・本事業は、高い技術的難易度が求められる事に加えて、将来的にも研究・技術開発に伴うインセンティブが働きにくい CCS に繋がる課題でもあることから、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。
- ・国内外の新設、リプレースの需要に間に合わせるため、よりスピードアップした、かつ、柔軟な高効率石炭火力の実用化が必要である。国内の商用機運転実績をショールーム的に生かしつつ、海外普及させるためにも、オールジャパン体制が望まれる。2020 年の五輪の機会に「見せる」ぐらいの目標がほしい。
- ・発電効率の観点からは悪化要因となるものの、環境面から必要性の高い CO₂ の分離・回収実証を国が支援することは妥当であると考えている。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・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. 事業化アウトカム達成に至るまでの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。

なお、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。

【肯定的所見】

- ・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、ロードマップは妥当なものであり、我が国のエネルギー基本計画とも合致している。
- ・第一段階から継ぎ目なく実証設備を活用して実証試験を行うロードマップとなっており、妥当であるとする。
- ・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。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・SOFC を始め技術開発課題がまだ多く残されているためか、目標である IGFC の最終ゴールイメージがまだあいまいである。
- ・仮に、環境問題等で、第一段階～第三段階までの工程を圧縮する場合（より早期にアウトカムの活用が必要となった場合）に、どのようにしたらそれが可能となるか、事前に検討をいただきたい。

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。

【肯定的所見】

- ・電気事業者自身が主体となった事業であり、第三者コスト検証委員会および技術検討委員会を設けるなど、透明性が高くより実効的な実施体制となっている。
- ・EAGLE プロジェクト実施者が十分に関与する実施者であり、さらに、将来的に本事業の成果を活用する電気事業者が関係する取り組みであるので妥当であると考ええる。また、第一段階に引き続き、経済産業省石炭課が事務局となる「コスト検証委員会」にて経済性を、有識者による「技術検討委員会」にて、実証事業の進捗・実証試験の評価がなされ、妥当なマネジメント体制であると考ええる。
- ・技術検討、コスト検討について、委員会による評価検証が行われている。
- ・体制は妥当と判断する。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・将来の費用負担について見通しが明確でない。電力会社からの出資は、プロジェクト全体費用の何割になるのか。また、次の商用機の開発については電力会社による全額負担となるのか。
- ・特許・論文も少なく、知財戦略が弱いように思われる。また、アピールの仕方が弱い。高効率、低炭素などの利点をもっと積極的に国内外に発信していくべきである。
- ・「出口を見据えた研究開発マネジメント」の重要性が指摘されているが、出口が必ずしも明確ではなく、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が望まれる。

6. 費用対効果の妥当性

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。

【肯定的所見】

- ・ CO2 排出削減効果、経済効果、雇用創出効果が記載されている。
- ・ 目標とする経済性の達成に向けて努力を望む。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・ はやく IGFC の費用対効果が計算できるまでになって欲しい。
「IGCC/IGFC が最も効率よくバイオマスを利用する方法である」ということを主張し、その CO2 削減効果も取り込むべきである（必ずバイオマス混焼試験を実施する必要はなく、FS だけでもよい）。
- ・ 経済効果や雇用創出効果算定の前提条件が、事業化のシナリオと合致していないように思われる。
- ・ 目標とする経済性を今回のプロジェクトだけで達成できるのだろうか。新興国や途上国などでの建設になると建設費は更に安価にする必要があるがその見通しは。

第 4 章 評点法による評点結果

第4章 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」に係るプロジェクト評価の実施に併せて、以下に基づき、本評価検討会委員による「評点法による評価」を実施した。その結果は「3. 評点結果」のとおりである。

1. 趣 旨

評点法による評価については、産業技術審議会評価部会の下で平成 11 年度に評価を行った研究開発事業（39 プロジェクト）について「試行」を行い、本格的導入の是非について評価部会において検討を行ってきたところである。その結果、第 9 回評価部会（平成 12 年 5 月 12 日開催）において、評価手法としての評点法について、

(1) 数値での提示は評価結果の全体的傾向の把握に有効である、

(2) 個々のプロジェクト毎に評価者は異なっても相対評価はある程度可能である、との判断がなされ、これを受けて今後のプロジェクト評価において評点法による評価を行っていくことが確認されている。

これらを踏まえ、プロジェクトの中間・事後評価においては、

(1) 評価結果をできる限りわかりやすく提示すること、

(2) プロジェクト間の相対評価がある程度可能となるようにすること、

を目的として、評価委員全員による評点法による評価を実施することとする。

本評点法は、各評価委員の概括的な判断に基づき点数による評価を行うもので、評価報告書を取りまとめる際の議論の参考に供するとともに、それ自体評価報告書を補足する資料とする。また、評点法は研究開発制度評価にも活用する。

2. 評価方法

- ・ 各項目ごとに4段階（A（優）、B（良）、C（可）、D（不可）〈a, b, c, d も同様〉）で評価する。
- ・ 4段階はそれぞれ、 $A(a) = 3$ 点、 $B(b) = 2$ 点、 $C(c) = 1$ 点、 $D(d) = 0$ 点に該当する。
- ・ 評価シートの記入に際しては、評価シートの《判定基準》に示された基準を参照し、該当と思われる段階に○を付ける。
- ・ 大項目（A, B, C, D）及び小項目（a, b, c, d）は、それぞれ別に評点を付ける。
- ・ 総合評価は、各項目の評点とは別に、プロジェクト全体に総合点を付ける。

3. 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

