

総合科学技術・イノベーション会議評価検討会
「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」(概要)

平成27年11月17日

総合科学技術・イノベーション会議
評価専門調査会
評価検討会

1. プロジェクトの概要 (1 / 3)

概要

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)の実証試験を実施する。また第2段階として、当該IGCC実証設備にCO₂分離・回収設備を設置し、CO₂分離・回収型IGCCの実証試験を実施する。さらには第3段階として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。

予算総額

【第1段階】298.4億円(補助金ベース)(補助率:1/3)

平成 年度	24	25	26	27	28	29	30	合計
事業費(億円)	41.1	209.9	187.1	178.5	160.5	60.9	57.0	895
予算(億円)	13.7	70.0	62.4	59.5	53.5	20.3	19.0	298

【第2段階】183.3億円(補助金ベース)(補助率:2/3)

平成 年度	28	29	30	31	32	合計
事業費(億円)	17.7	53.1	55.8	72.0	76.4	275
予算(億円)	11.8	35.4	37.2	48.0	50.9	183

実施者

大崎クールジェン株式会社

プロジェクト リーダー

大崎クールジェン株式会社 代表取締役社長 貝原良明

1. プロジェクトの概要 (2 / 3)

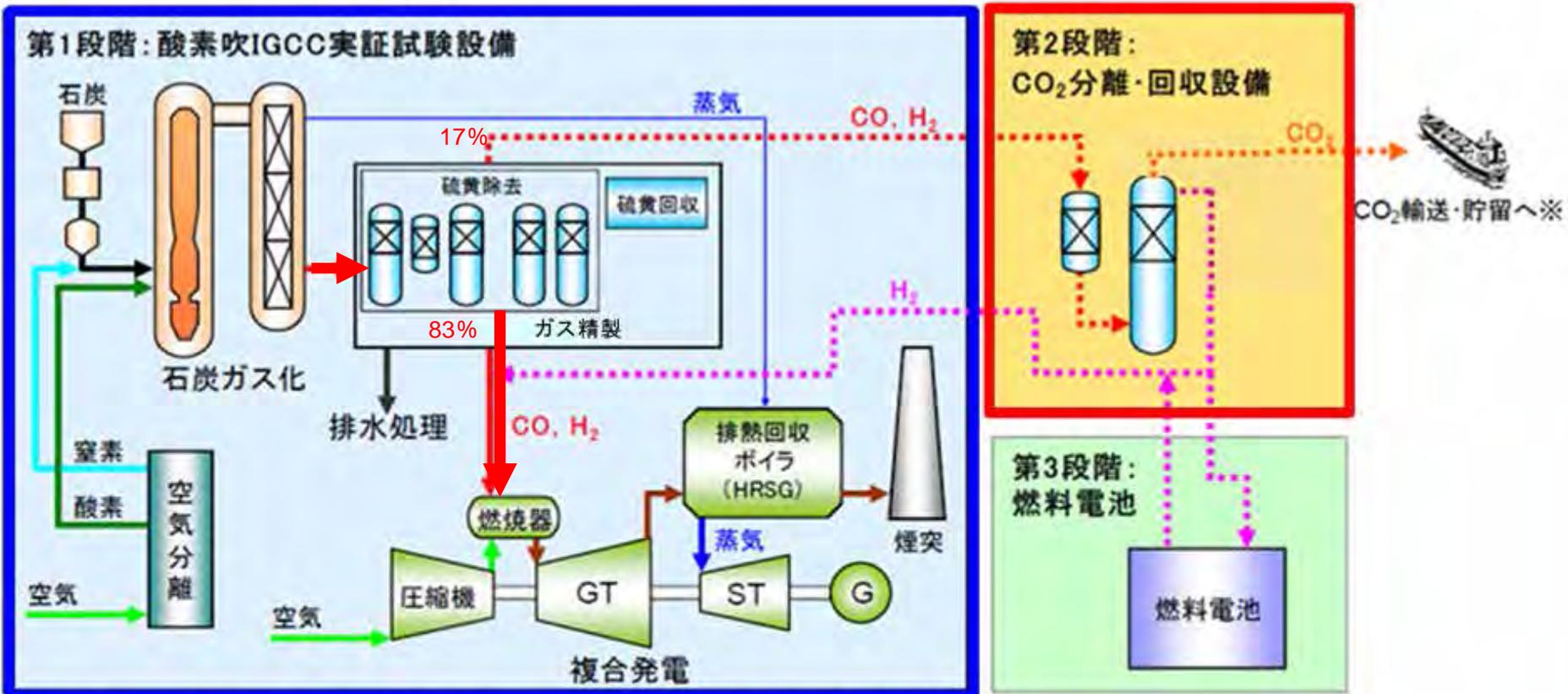
実施期間

平成24年度～平成33年度（10年間）

- 第1段階（酸素吹IGCC実証） 平成24年度～平成30年度
- 第2段階（CO2分離・回収型IGCC実証） 平成28年度～平成32年度
- 第3段階（CO2分離・回収型IGFC実証） 平成30年度～平成33年度

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)	平成31年度 (2019年度)	平成32年度 (2020年度)	平成33年度 (2021年度)
第1段階 酸素吹IGCC実証	<p>実施内容</p> <p>酸素吹IGCC詳細設計・建設 → 実証試験</p> <p>土木・建築工事着工</p> <p>工事設計 → 土木・建築工事</p> <p>据付工事着工 → 受電 → ガス化炉火入</p> <p>設計・製作 → 据付工事 → 単体試運転 → 総合試運転</p> <p>信頼性確認、多炭種対応他</p>									
	<p>実施内容</p> <p>適用技術評価概念設計 → CO₂分離・回収詳細設計・建設 → 実証試験</p> <p>・EAGLEのCO₂分離・回収試験結果から実証試験地点に適したCO₂分離・回収方式（物理・化学）を評価選定</p> <p>・既存設備改造 ・CO₂分離・回収IGCC実証試験設備の設計・製作・建設</p> <p>・CO₂分離・回収IGCCシステム実証</p>									
第3段階 CO ₂ 分離・回収型IGFC実証	<p>実施内容</p> <p>技術調査概念設計 → CO₂回収一体型IGCC/IGFC詳細設計・建設 → 実証試験</p> <p>・石炭ガス化ガスの燃料電池への利用可能性調査、精密ガス精製技術の仕様を検討</p> <p>・既設設備改造 ・IGFC基盤技術検証試験設備の設計・製作・建設</p> <p>・IGFCシステム実証</p>									

1. プロジェクトの概要 (3 / 3)



※大崎クールジェンプロジェクトにはCO₂輸送および貯留試験は含まれていない。

第1段階 (平成24~30年度)	第2段階 (平成28~32年度)	第3段階 (平成30~33年度)
酸素吹IGCC実証	CO ₂ 分離・回収型IGCC	CO ₂ 分離・回収型IGFC

2. 進捗・実績 ~ 開発経緯 ~

酸素吹き噴流床ガス化技術、CO2分離・回収技術 開発ステップ

1995 ~ 2014

EAGLEプロジェクト

所在地:福岡県 北九州市 若松区

石炭使用量:150t/day

ガス化運転時間:累計約14,500h

- 高効率ガス化炉の確立(冷ガス効率 82%、ガス発熱量 10.1MJ/Nm³、カーボン転換率 99%)
- 高度ガス精製技術の確立(硫黄化合物・ハロゲン化合物・アンモニア 1ppm、ばいじん 1mg/Nm³)
- 長期連続運転により信頼性を確認(連続運転時間1,295h)、高灰融点炭含む多炭種適合性の確認
- スケールアップデータを取得し、実証機設計に必要な基礎データを取得。
- CO2分離・回収技術の確立を目的に、化学吸収法、物理吸収法の試験を実施し、エネルギーロスの低減を図った。(尚、CO2分離・回収装置を構成する技術は商用レベルにあり、スケールアップの設計技術は確立されている)

×8倍

2012 ~ 2022

大崎クールジェンプロジェクト

所在地:広島県 豊田郡 大崎上島町

石炭使用量:1,180t/day, 出力:166MW

- 実証プラントの性能、多炭種適用、運用性確認
- 5,000時間長時間耐久試験による設備信頼性確認
- スケールアップの検証
- CO2分離・回収型IGCCの性能、運用性確認
- CO2分離・回収型IGFCのシステム検証

×2~3倍

商用機

石炭使用量:2,000~3,000t/day程度

出力:300~500MW級

- 1,500 級ガスタービン適用による効率向上
- 革新的低炭素石炭火力発電の実現

2. 進捗・実績 ～ 第1段階目標 ～

従来の石炭火力発電と比較し、性能(発電効率、環境性能)、運用性(プラント制御性、設備信頼性、多炭種適応性)、経済性の面で同等以上を目指す。

目標・指標	妥当性・設置理由・根拠等
発電効率 送電端効率(HHV) : 40.5%程度 高位発熱量基準	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。
環境性能	SOx 8ppm(O ₂ =16%) NOx 5ppm(O ₂ =16%) ばいじん 3mg/Nm ³ (O ₂ =16%) <p>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。</p>
プラント制御性・運用性	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) <p>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。</p>
設備信頼性	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) <p>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。</p>
多炭種適用性	炭種性状の適合範囲の把握 <p>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。</p>
経済性	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。 <p>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。</p>

2. 進捗・実績 ~ EAGLE成果の設計反映 ~

【石炭前処理設備】

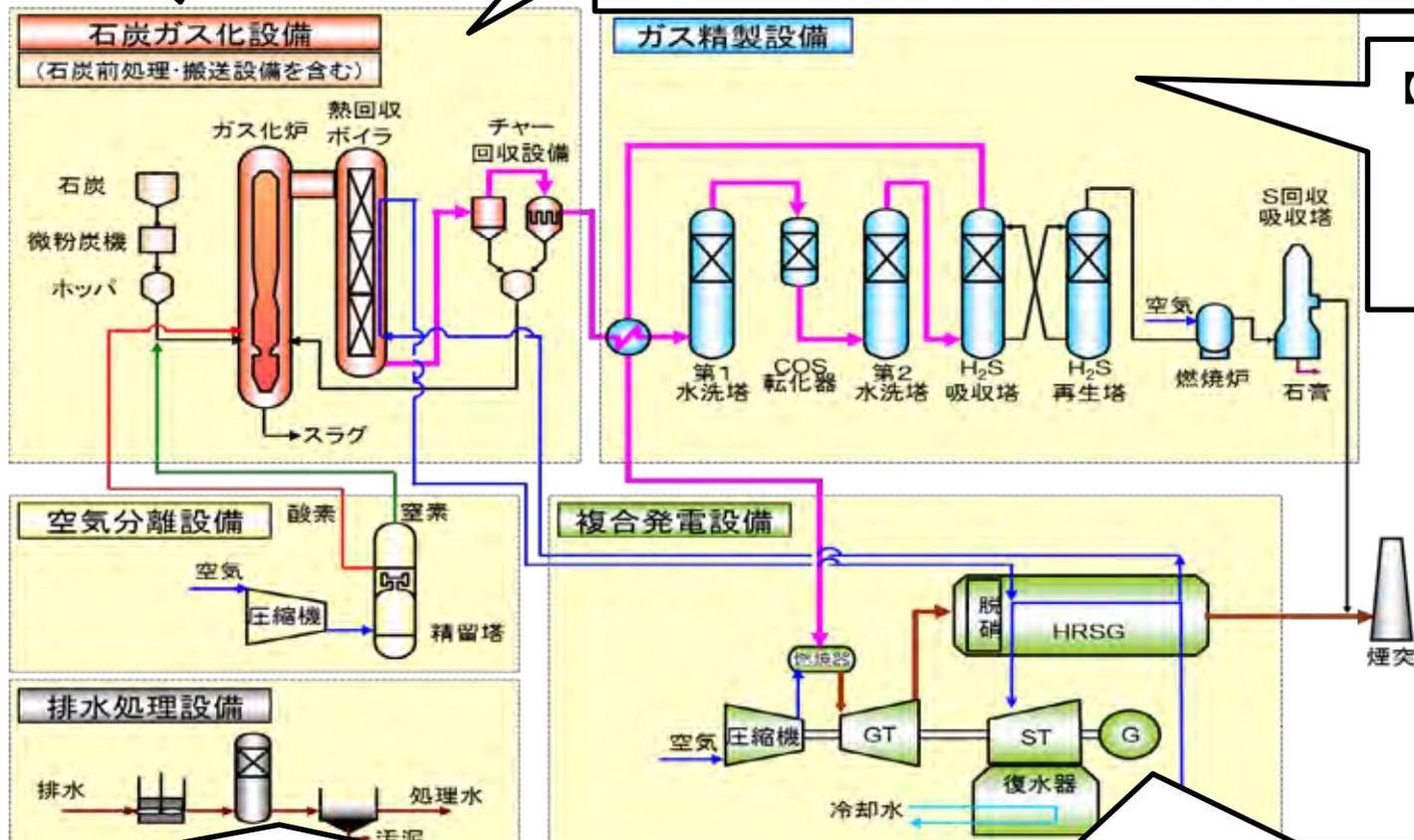
微粉炭・チャー搬送方式
燃料安定供給のため
差圧搬送方式の採用

【石炭ガス化設備】

ガス化炉隔壁部の環境改善

ガス化部温度監視方法
スラグトップ保温対策
鉄スラグ生成対策

ガス化部隔壁部の正圧化
SGC連通部障笠の採用（2重化）
可動式熱電対の採用
スラグ流下促進ノズルの設置
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

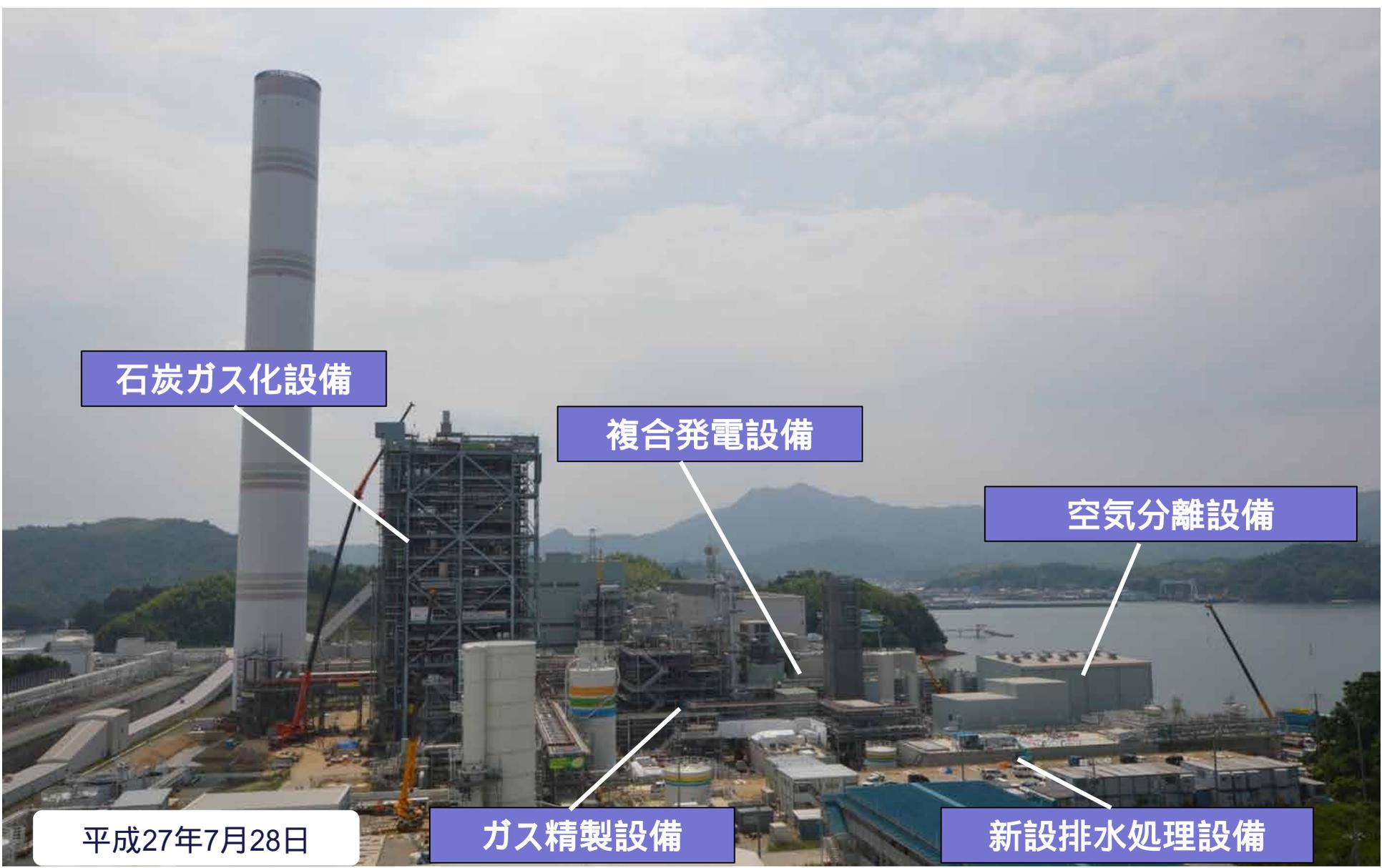
【排水処理設備】

石炭由来の微量物質に加え、IGCC特有のシアンアンモニア、COD処理の確立

【複合発電設備】

GT燃焼器燃焼方法
分散混合燃焼器採用による低NO_x化

2. 進捗・実績 ~ 実証プラント建設状況(1 / 2) ~



石炭ガス化設備

複合発電設備

空気分離設備

平成27年7月28日

ガス精製設備

新設排水処理設備

2. 進捗・実績 ~ 実証プラント建設状況(2 / 2) ~



3. 情勢の変化への対応(1 / 2)

本事業開始以降、下記のような情勢変化があり、本事業の重要性は一層強くなったと考えられる。

(1) エネルギー基本計画・長期エネルギー需給見通し

平成26年4月11日に閣議決定された「エネルギー基本計画」の中で、石炭は、安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源の燃料として再評価されている。

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、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。

更に、気候変動枠組条約第21回締約国会議に向けて提出した日本の約束草案では、2030年度に2013年度比26%の温室効果ガスを削減することを目標としている中、達成に向けては石炭火力の高効率化が前提となっており、本事業の早期実用化が一層重要になっている。

(2) 電力システム改革

電力システム改革による自由化を踏まえても、競争力のある電源を確保するため、安全性・経済性・安定供給性に加えて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いる。

3. 情勢の変化への対応(2 / 2)

(3) 海外における石炭火力、及びCCS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の中、米国オバマ大統領による石炭火力新設に関する公的金融支援の抑制や、米国、英国、カナダ等では、0.42-0.5kg-CO₂/kWhレベルの排出基準が設定・検討され、CCS設備を備えない石炭火力は建設が困難な状況にある。

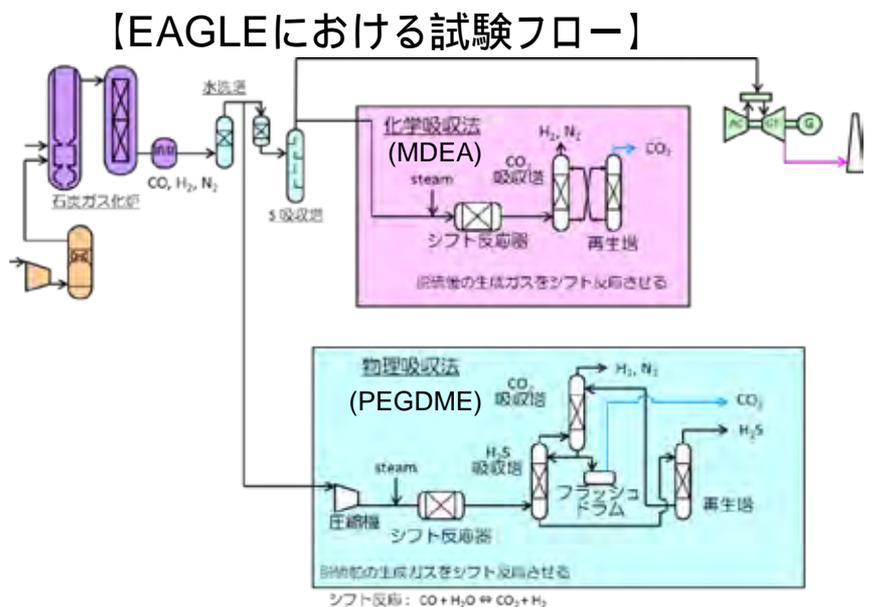
こうした動きがある中、我が国において、石炭火力は今後も必要不可欠な存在であり、今後もその役割を継続的に果たしつつ環境影響を抑制していくためには、高効率の石炭火力発電を利用していく必要がある。

また、発電とCCSを組み合わせたプロジェクトについては、欧州において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いこと、米国においてはガス価格の低下等も合わさりプロジェクトの中止・中断が多発している。本事業は、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。

4. 今後の計画・目標値 ~ CO2分離・回収 EAGLE成果 ~

EAGLEプロジェクトにおいて、化学吸収法、物理吸収法を用いてCO2分離・回収試験を実施し、酸素吹き石炭ガス化ガスに適用可能であることを確認するとともに効率損失の改善を図った。

目標	達成状況
CO2純度 化学吸収法: 99%以上、物理吸収法98%以上	両方式とも回収純度99%を達成
発電効率の向上	加熱フラッシュ再生方式の採用により、従来の再生塔再生方式の化学吸収法と比較して、効率損失を3.0ポイント以上改善した。 さらに、高圧プロセスにおいては、化学吸収法に対して物理吸収法が効率損失を1ポイント改善できることを確認した。
シフト反応器の効率改善	シフト反応の低温化による蒸気供給量の低減を検討し、低温作動型触媒の適用時は効率損失を更に改善できる見込みを得た。



MDEA: N-メチルジエタノールアミン
PEGDME: ポリエチレングリコールジメチルエーテル

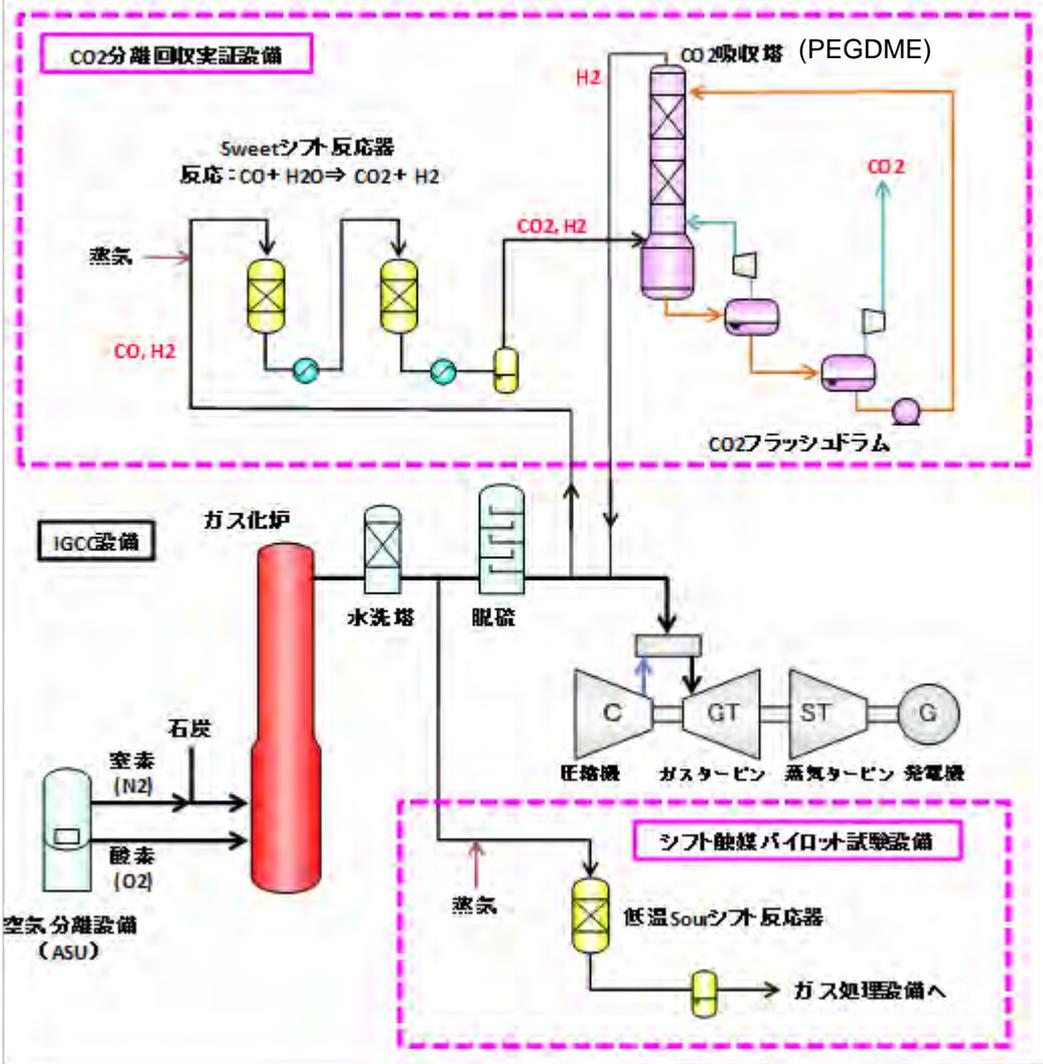
【送電端効率評価】

(試算の前提条件)
発電出力 370MW, 1500 級GT採用, CO2回収率 90%

	発電効率 (送電端 HHV: %)	効率低下 (%)
IGCC (CO2回収なし)	45.6	-
IGCC + CO2回収 (化学吸収法)	38.3	7.4
IGCC + CO2回収 (物理吸収法)	39.2	6.4

4. 今後の計画・目標値 ~ 第2段階実証概要 ~

IGCCプラントにCO2分離・回収実証設備が付設された場合でも、安定的に高効率発電を維持し、同時にCO2を安定的に分離できる技術を検証する。



CO2分離・回収実証設備概要	
実証規模	IGCCガスからのCO2回収率15% 相当 実証に最低必要な規模
CO2吸収再生方式	物理吸収方式
COシフト方式	Sweetシフト(脱硫後ガス抜き出し)
基本性能	CO2回収効率:90%以上、 CO2の純度:99%以上

CO2回収効率〔分離・回収装置単体のCO2回収割合〕： $(\text{分離・回収されたCO2ガスのC量} / \text{CO2分離・回収装置導入ガスのC量}) \times 100$

シフト触媒パイロット試験設備	
COシフト方式	低温Sourシフト(脱硫前ガス抜き出し)

第2段階 実証システム概要図

4. 今後の計画・目標値 ～第2段階目標値～

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の技術を確立すること。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。

	目標・指標	妥当性・設置理由・根拠等
基本性能 (発電効率)	<p>新設商用機において、CO₂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。</p> <p>高位発熱量基準</p>	<p>CO₂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、CO₂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CO₂分離・回収型IGCCの普及につながる。</p> <p>IGCC実証機にCO₂分離・回収装置(CO₂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。</p>
基本性能 (回収効率・純度)	<p>○ CO₂分離・回収装置におけるCO₂回収効率:90%以上</p> <p>○ 回収CO₂純度:99%以上</p>	<p>○ 革新的低炭素型石炭火力の実現の為にCO₂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。</p> <p>○ CO₂地中貯留から求められる可能性があるCO₂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。</p>
プラント運用性・ 信頼性	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。	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	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。	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・回収装置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。