

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」  
の中間評価に係る資料

平成27年10月28日

経済産業省

資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課

# 目次

1 . プロジェクトの概要	1
2 . 進捗・実績	4
3 . 情勢変化への対応	15
4 . 今後の計画・目標値	17
5 . 国際(国内)展開	25
6 . 海外先行事例との比較	33
7 . マネジメント・外部評価	36
8 . 事前評価の結果	37

## 参考資料

# 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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>分離・回収設備を設置し、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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)

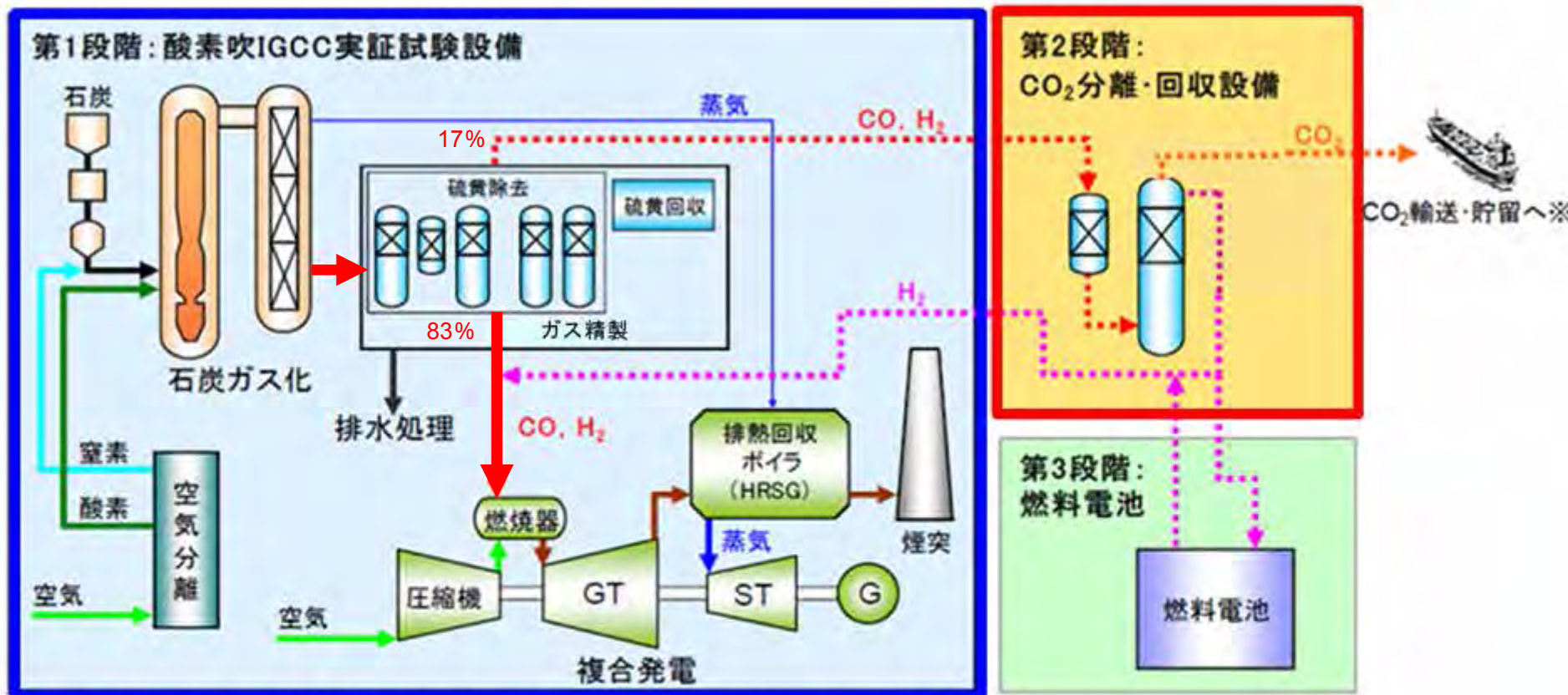
**実施期間**

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										
	実施内容									
第2段階 CO <sub>2</sub> 分離・回収型 IGCC実証										
	実施内容			<ul style="list-style-type: none"> <li>・ EAGLEのCO<sub>2</sub>分離・回収試験結果から実証試験地点に適したCO<sub>2</sub>分離・回収方式（物理・化学）を評価選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既存設備改造</li> <li>・ CO<sub>2</sub>分離・回収IGCC実証試験設備の設計・製作・建設</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CO<sub>2</sub>分離・回収IGCCシステム実証</li> </ul>		
第3段階 CO <sub>2</sub> 分離・回収型 IGFC実証										
	実施内容				<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設設備改造</li> <li>・ IGFC基盤技術検証試験設備の設計・製作・建設</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>・ IGFCシステム実証</li> </ul>

# 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CO<sub>2</sub>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 <sub>2</sub> 分離・回収型IGCC	CO <sub>2</sub> 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/Nm<sup>3</sup>、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/Nm<sup>3</sup>)
- 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 <sub>2</sub> =16%) NOx 5ppm(O <sub>2</sub> =16%) ばいじん 3mg/Nm <sup>3</sup> (O <sub>2</sub> =16%)	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。
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)	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  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)	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  炭種性状の適合範囲の把握	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  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。	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。

## 2. 進捗・実績 ～ 第1段階目標の妥当性(1/2)～

事業開始時点で設定した目標については、現時点でも妥当なものである。

### (1) 送電端効率: 40.5%(HHV)

酸素吹IGCCの商用機は1,500 級ガスタービンを採用する出力300～500MW級プラントが実現した場合に、発電効率約46%(送電端HHV)となる見通しである。

これは、比較対象となる国内最新鋭の500MW級微粉炭火力の発電効率39.5%、200MW級の発電効率38.0%(平成26年4月時点BAT参考表より)を上回る水準である。

【参考】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している最新鋭の発電技術(環境省 BATの参考表【平成26年4月時点】抜粋)

発電技術	発電方式	設計熱効率 発電端[%:HHV] (カッコ内の値は%:LHV)	設計熱効率 送電端[%:HHV] (カッコ内の値は%:LHV)
90～100万kW級	微粉炭火力 超々臨界圧	43 (45)	40 (42)
70万kW級	微粉炭火力 超々臨界圧	42.5 (44.5)	40 (42)
60万kW級	微粉炭火力 超々臨界圧	42 (44)	39 (41)
50万kW級	微粉炭火力 超臨界圧	42.5 (44.5)	39.5 (41.5)
20万kW級	微粉炭火力 亜臨界圧	41 (43)	38 (40)
	IGCC空気吹き 【1,200 級】	46 (48)	40.5 (42)



## 2. 進捗・実績 ～第1段階目標の妥当性(2/2)～

事業開始時点で設定した目標については、現時点でも妥当なものである。

- (2) 環境性: SO<sub>x</sub>:8ppm NO<sub>x</sub>:5ppm ばいじん:3mg/Nm<sup>3</sup> (O<sub>2</sub>=16%)  
現状においても、我が国における最新の微粉炭火力と同等の環境諸元である。

【参考】過去5年間に運転開始した主な微粉炭火力:

SO<sub>x</sub> 24～49ppm、NO<sub>x</sub> 24～45ppm、ばいじん5～9mg/Nm<sup>3</sup> (O<sub>2</sub>=6%)

〔SO<sub>x</sub> 8～16ppm、NO<sub>x</sub> 8～15ppm、ばいじん 2～3mg/Nm<sup>3</sup> O<sub>2</sub>=16%へ換算〕

大気汚染防止法 排出基準 (ばい煙発生施設 ガスタービン):(O<sub>2</sub>=16%)

SO<sub>x</sub> 84ppm(K値=1.17として算出)、NO<sub>x</sub> 70ppm、ばいじん 40mg/Nm<sup>3</sup>

- (3) プラント制御性・運用性・微粉炭火力と同等のプラント制御性

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、国内最新鋭微粉炭火力の負荷変化率1～3%/分と同等であれば、ベースからミドル電源として対応できる水準である。

- (4) 設備信頼性:年利用率70%以上の見通しを得る 長時間耐久試験(1,000、5,000時間)

近年の石炭火力の稼働率は以下の通りであり、70～80%で運用されている。

(一般電気事業者石炭火力の設備利用率実績(試運転を除く))

平成18年度: 75.6%

平成19年度: 78.5%

平成20年度: 76.3%

平成21年度: 72.3%

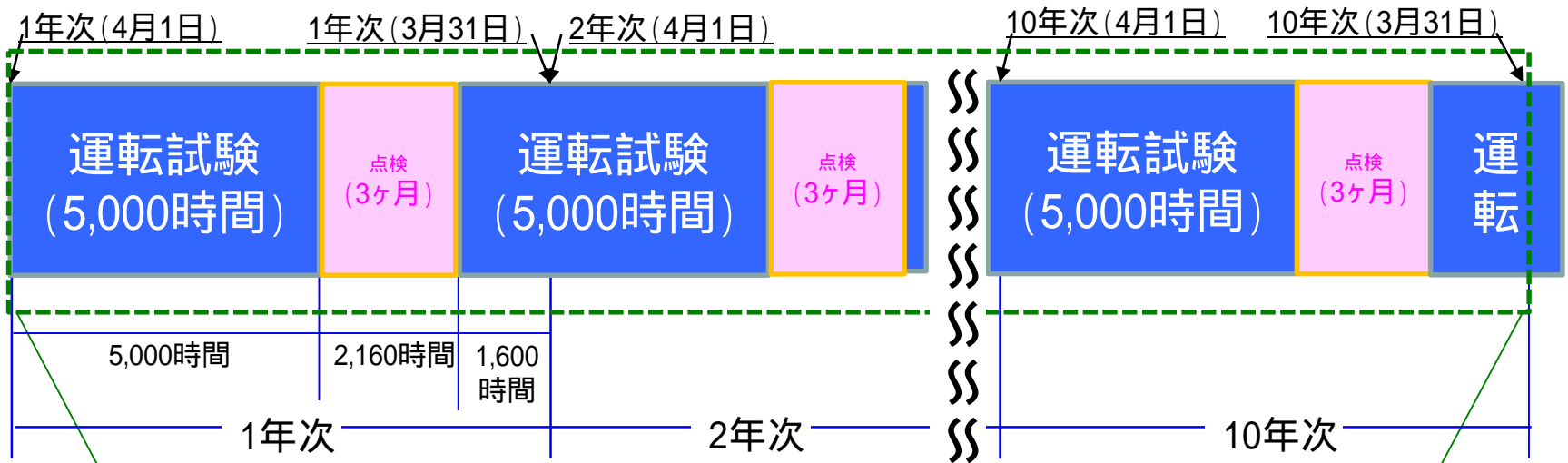
平成22年度: 74.0%

平成23年度: 70.9%

## 2. 進捗・実績 ~長時間試験5,000時間が信頼性確保と見なせる理由~<sup>8</sup>

我が国における最新の微粉炭火力発電は年利用率70%以上で運用されている。

5,000時間程度の連続運転が達成されれば、5,000時間(約7ヶ月)の連続運転と1ヶ月半~3ヶ月の点検を繰り返す運用と仮定した場合、設備利用率は70~75%と試算され、微粉炭火力と同等の信頼性を有していることを確認できるものと考えている。



$$\text{設備利用率 (1年間)} = \frac{\text{算定期間中運転時間}}{\text{算定期間 (1年間)}} = \frac{6,600\text{時間}}{8,760\text{時間}} = \underline{75\%}$$

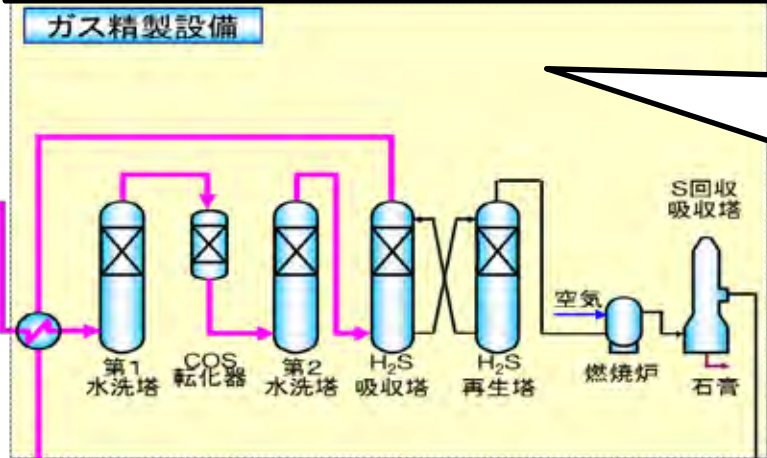
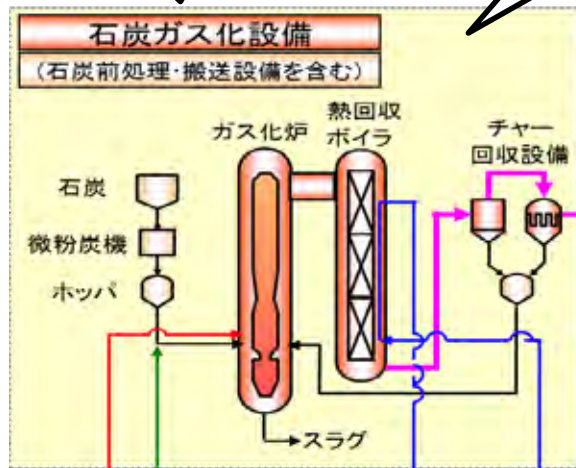
$$\text{設備利用率 (10年間)} = \frac{\text{算定期間中運転時間}}{\text{算定期間 (10年間)}} = \frac{61,680\text{時間}}{87,600\text{時間}} = \underline{70\%}$$

# 2. 進捗・実績 ~ EAGLE成果の設計反映 ~

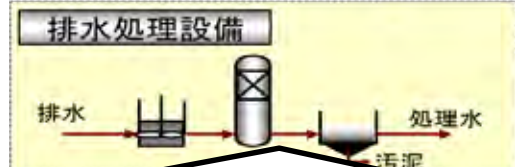
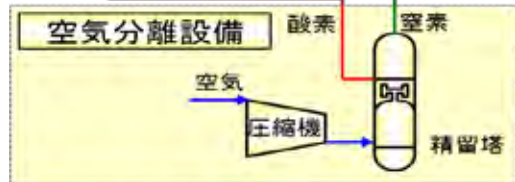
**【石炭前処理設備】**  
 微粉炭・チャー搬送方式  
 燃料安定供給のため  
 差圧搬送方式の採用

**【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

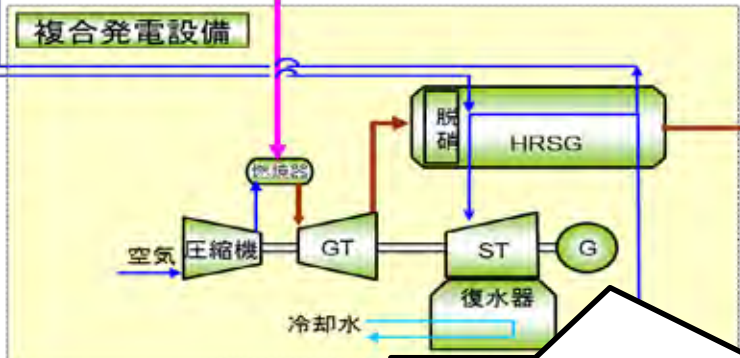
ガス化部隔壁部の正圧化  
 SGC連通部陣笠の採用（2重化）  
 可動式熱電対の採用  
 スラグ流下促進ノズルの設置  
 ガス化部底面の構造変更



**【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

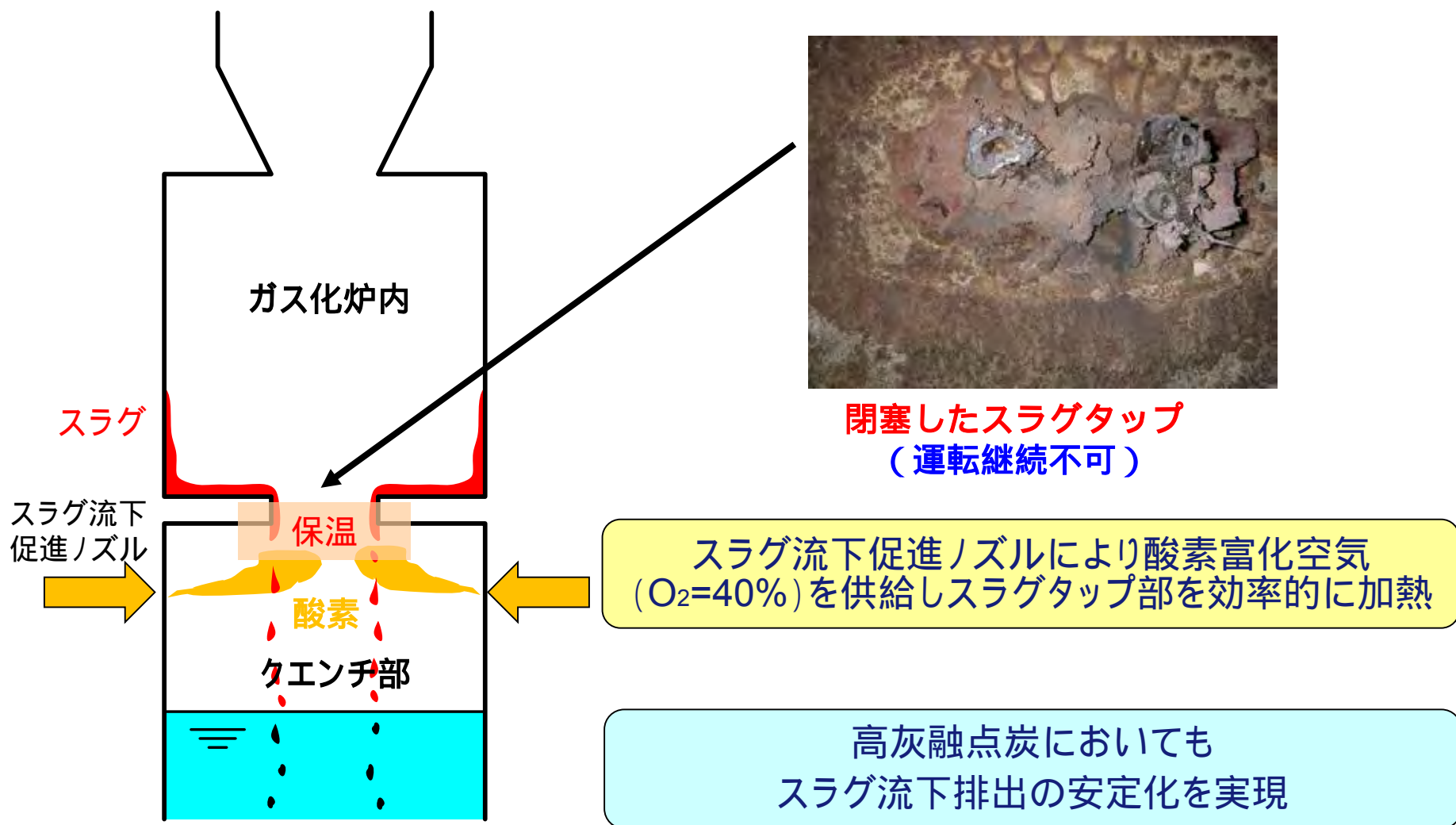


**【複合発電設備】**  
 GT燃焼器燃焼方法  
 分散混合燃焼器採用による低NOx化

## 2. 進捗・実績 ~ EAGLE成果の反映改善例 ~

### スラグ流下促進ノズルの設置

スラグトップ部のスラグの閉塞対策として、酸素富化空気を供給し、当該箇所を効率的に加熱することでスラグを安定的流下させられるよう、クエンチ部にスラグ流下ノズルを設置。



## 2. 進捗・実績 ～設備仕様(1/2)～

各目標を達成すべく、各設備の仕様を決定した。

目標・指標	設備仕様
発電効率	送電端効率(HHV):40.5%程度
環境性能	SOx 8ppm(O <sub>2</sub> =16%) NOx 5ppm(O <sub>2</sub> =16%) ばいじん 3mg/Nm <sup>3</sup> (O <sub>2</sub> =16%)

【ガス化炉】  
 型式:酸素吹1室2段旋回型噴流床ガス化炉  
 石炭処理量:1,180t/日  
 燃料搬送方式:ドライフィード方式  
 【複合発電設備】  
 1軸型コンバインドサイクル発電方式、出力:166MW  
 【ガスタービン】  
 型式:1,300 級開放単純サイクル  
 燃焼器:分散混合燃焼方式(マルチクラスターバーナ)  
 【蒸気タービン】  
 型式:単流排気式再熱復水形  
 【空気分離設備】  
 方式:加圧深冷分離方式、内部昇圧方式  
 酸素製造量:約30,000Nm<sup>3</sup>/h

【SOx】  
 湿式化学吸収法(MDEA)・湿式石灰石石膏法  
 【NOx】  
 サーマルNOx:分散混合燃焼方式・乾式アンモニア接触還元分解法  
 フェーエルNOx:ベンチュリースクラバによるNH<sub>3</sub>除去  
 【ばいじん】  
 サイクロン式集塵器・金属焼結フィルタ・水洗塔



## 2. 進捗・実績 ～設備仕様(2/2)～

各目標を達成すべく、各設備の仕様を決定した。

	目標・指標	設備仕様
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)	【プラント制御モード】 ・統括負荷圧力制御
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)	【ガス化炉へのEAGLE反映事項】 ・微粉炭・チャー搬送方式に差圧搬送方式を採用。 ・ガス化炉隔壁部の環境改善のため、ガス化部隔壁部を正圧化。また、熱回収ボイラ連通部陣笠を採用。 ・ガス化部温度監視に可動式熱電対を採用。 ・スラグタップ保温対策としてスラグ流下促進ノズルを設置。 ・鉄スラグ生成対策としてガス化部底面の構造を変更。
多炭種適用性	炭種性状の適合範囲の把握	【ガス化炉】 型式:酸素吹1室2段旋回型噴流床ガス化炉
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。	【ガス化炉】 生成ガス連絡管の構造変更により、ガス化炉・熱回収ボイラの高さを低減し、鉄骨・架構等の重量を低減。 【スラグ処理設備】 スラグ処理システムを2系統から1系統化。

## 2. 進捗・実績 ~ 全景(1 / 2) ~



## 2. 進捗・実績 ~ 全景 (2 / 2) ~

