

# 「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発 ／石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」

(中間評価)

(2016年度～2022年度 7年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

環境部

2020年7月14日

発表内容

公開

I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取組

IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

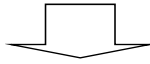
- (1)成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化・事業化の見通し

## ◆事業実施の背景と事業の目的 1 / 2

## 社会的背景

## 地球温暖化対策は世界的課題

石炭 : エネルギー自給率の低い日本にとって重要なエネルギー源  
ただし、他の化石燃料と比べ、CO<sub>2</sub>排出量が多い



高効率発電技術開発によるCO<sub>2</sub>排出量削減、及びCO<sub>2</sub>分離・回収技術の実証  
を目的として実証事業を開始

## 近年の状況

## 地球温暖化対策は全世界で取り組むべき課題

「COP25」ではさらなる温室効果ガスの削減目標の引き上げが求められる  
欧州を中心に石炭火力発電の廃止が広がる  
世界の金融界で石炭火力発電への融資をやめる「ダイベストメント」が加速

2

## ◆事業実施の背景と事業の目的 2 / 2

日本においては、

## 「エネルギー基本計画」

石炭火力は「重要なベースロード電源」と位置付け  
2030年時点で電源構成の26%を占める

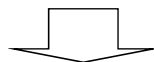
## 「カーボンリサイクル」

CO<sub>2</sub>を資源として捉え、これを分離・回収し、素材や燃料への再利用等とともに、  
大気中へのCO<sub>2</sub>排出を抑制していく

## 「革新的環境イノベーション戦略」

我が国の強みを有するエネルギー・環境分野において革新的なイノベーションを  
創出し、社会実装可能なコストを実現、これを世界に広めていく

## 事業の目的



高効率発電技術とCO<sub>2</sub>分離・回収技術の組み合わせにより、石炭火力からのCO<sub>2</sub>  
排出量をゼロに近づけるとともに、回収したCO<sub>2</sub>の液化プロセスの最適化を行う

石炭を使用しつつCO<sub>2</sub>排出を大幅に削減できる本事業の重要性が高まっている

3

## ◆政策的位置付け 1 / 3

次世代火力発電に係るロードマップ\*<sup>1</sup> (2016年6月) から抜粋

## 5. 2030年度に向けた取組の中心となる石炭、LNG火力に関する方針

- 石炭、LNG火力のいずれも第1世代、第2世代技術の性能向上を追求しつつ、究極的な発展段階の第3世代技術の早期確立を目指す

火力発電技術については、石炭火力、LNG火力とも、下図のとおり、単一タービンのシングルサイクル（第1世代）からガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクル（第2世代）、さらに燃料電池を組み合わせたトリプルコンバインドサイクル（第3世代）へと高効率化に向けた技術開発の段階が進展する。

## 8. 個別技術の開発方針 -2030年度に向けた取組の中心となる技術-

## ②石炭火力発電技術

- **IGFC 2025年度頃技術確立、発電効率55%、量産後従来機並の発電単価を実現**  
酸素吹IGCCと一体的に開発を実施。／2021年度の小型IGFC実証事業終了後、追加の技術開発、GTFCの技術開発成果を活用して、大型IGFCの技術を確立。

③CO<sub>2</sub>分離回収技術

- **物理吸収法 2020年度頃技術確立、回収コスト2000円台/t-CO<sub>2</sub>を実現**  
比較的早い段階で回収コストの低減が期待される技術として、酸素吹IGCCと一体的に早期に技術実証に着手。酸素吹IGCCとの組み合わせで現行機並40%以上の発電効率を目指す（発電効率の低下6%（CO<sub>2</sub>90%回収の場合））。

\*1: 経済産業省の主導で設置された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」にて策定

4

## ◆政策的位置付け 2 / 3

## エネルギー基本計画

2018年7月に閣議決定された第5次「エネルギー基本計画」では、2030年と2050年に向けた方針が示された。

## ・2030年に向けた方針

エネルギーミックスの確実な実現に向けた取組みの更なる強化とされ、2030年度の電源構成として石炭火力が26%程度維持されることから、石炭火力の高効率化・次世代化の推進と共に、よりクリーンなガス利用へのシフトと非効率石炭のフェードアウトに取り組むとしている。

## ・2050年に向けた方針

パリ協定発効に見られる脱炭素化への世界的なモメンタムを踏まえ、エネルギー転換・脱炭素化に向けた挑戦を揚げ、あらゆる選択肢の可能性を追求していくとしている。

## カーボンリサイクル

2019年6月7日に経済産業省で策定された「カーボンリサイクル技術ロードマップ」において、CO<sub>2</sub>を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化や人工光合成、メタネーションによる素材や燃料への再利用等とともに、大気中へのCO<sub>2</sub>排出を抑制していく取組みが進められている。

5

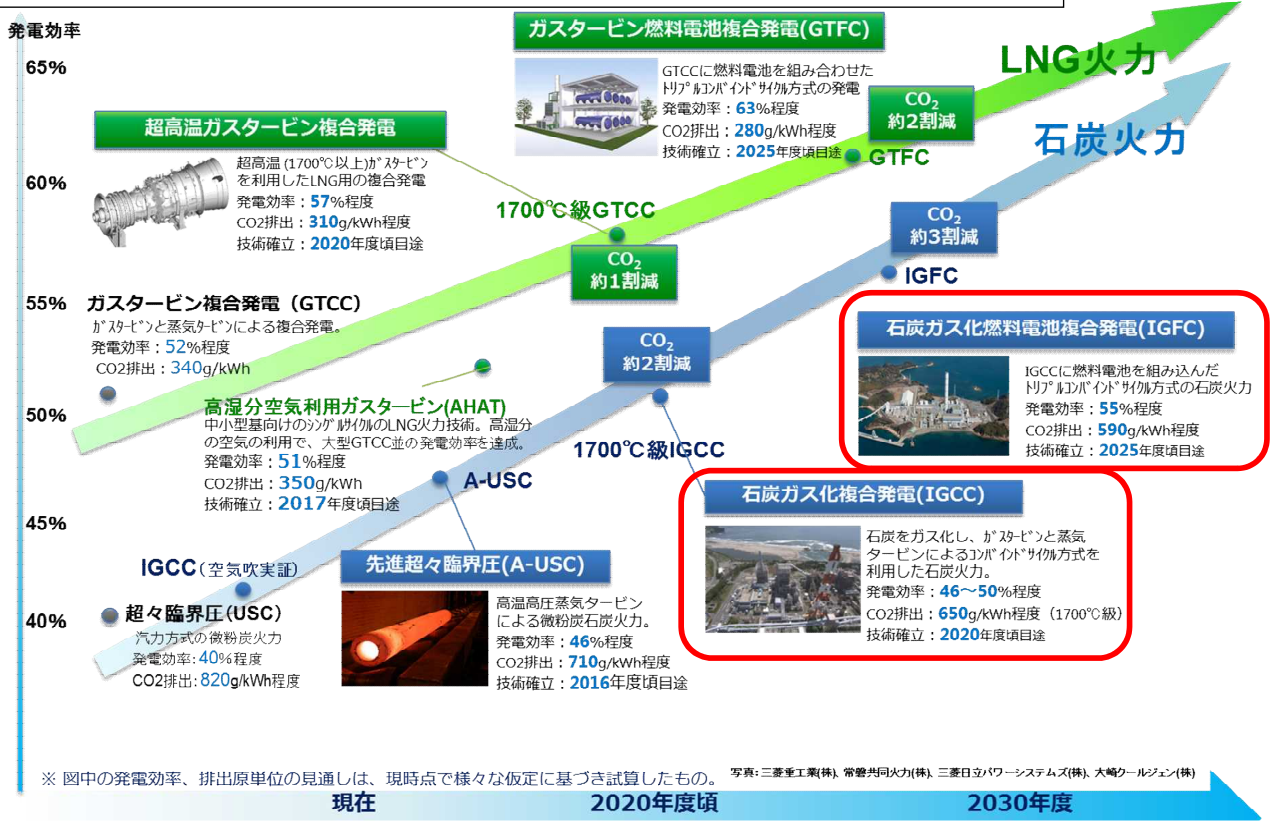
◆政策的位置付け 3 / 3

革新的環境イノベーション戦略

2020年1月、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」及び「総合イノベーション戦略2019」に基づき、我が国の強みを有するエネルギー・環境分野において革新的なイノベーションを創出し、社会実装可能なコストを実現、これを世界に広めていくために策定された。温室効果ガスの国内での大幅削減とともに、世界全体での排出削減に最大限貢献する。

アクセラレーションプランではカーボンリサイクル実証研究拠点の新設として、広島県大崎上島町を、CO2を資源として有効利用するカーボンリサイクル研究のための実証環境を整備し、様々なカーボンリサイクル技術の「ショーケース」として、万博などの機会も活用しつつ、世界中にアピールする。

◆技術戦略上の位置付け 1 / 2

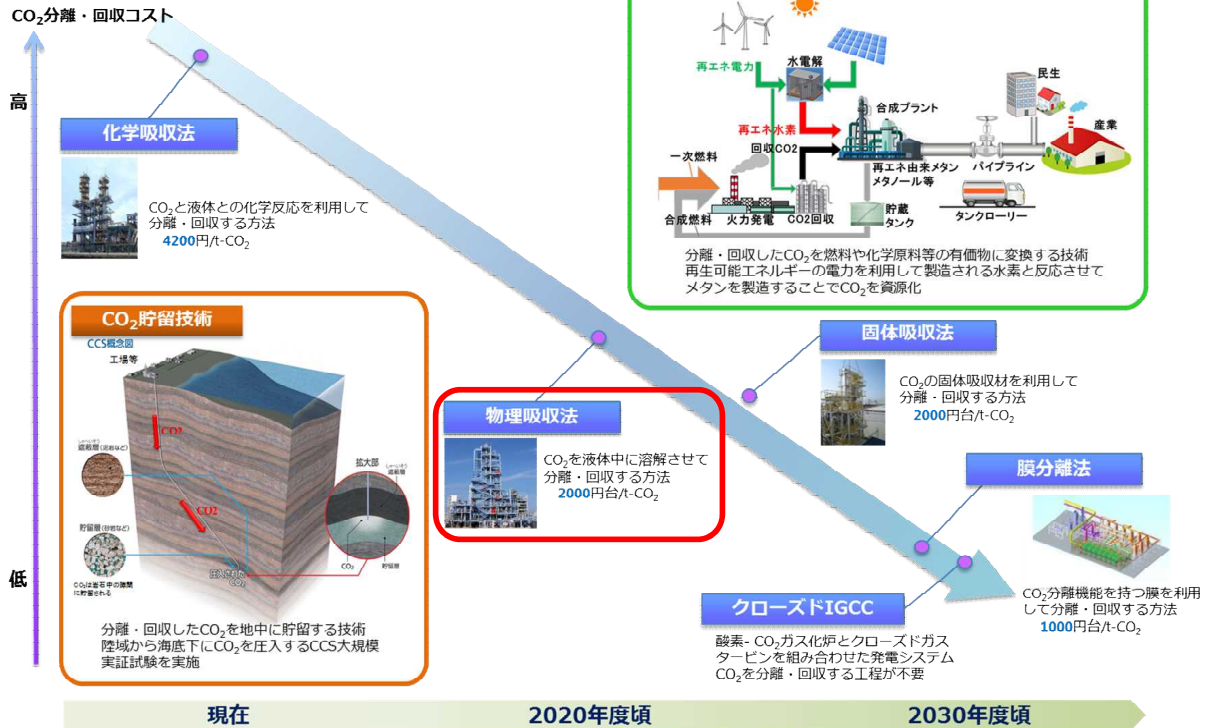


※ 図中の発電効率、排出原単位の見直しは、現時点で様々な仮定に基づき試算したもの。 写真：三菱重工業(株)、常盤共同火力(株)、三菱日立パワーシステムズ(株)、大崎クールジェン(株)



# ◆技術戦略上の位置付け 2 / 2

## 次世代のCO<sub>2</sub>回収関連技術の開発の見通し



※ 図中のコストは様々な仮定に基づき試算したもの。  
 (経済産業省「次世代火力発電に係る技術ロードマップ/技術参考資料集」を基にNEDO作成)

# ◆国内外の研究開発の動向と比較

- 海外では中国「GreenGen」がIGFC向け燃料電池の開発を行っているとの情報あり。

### 【海外プロジェクトの例】

**Taeon**  
 ・韓国 KEPCO社  
 ・発電端出力 300MW  
 ・2016 運転開始



**GreenGen**  
 ・中国 GreenGen社  
 ・発電容量 250MW~400MW  
 ・2013 運転開始



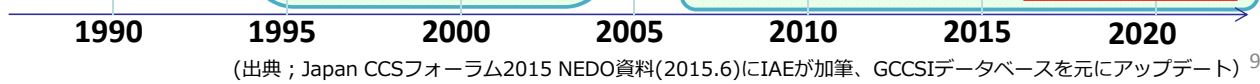
**IGFC** **大崎CG** ●  
 (日,2021~, 166MW, 0.3Mtpa)  
 ※酸素吹IGCC:2017~ CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC:2019~  
**GreenGen** ●  
 (中,250~400MW, 2Mtpa)  
 ※IGCC:2013~

**IGCC + CCS**  
**Teeside CCSのみ継続**  
 (英,2020's, 850MW, 2.5Mtpa)  
**Summit (TCEP) 中止**  
 (米,2021, 400MW, 3Mtpa)  
**Caledonia Clean Energy 燃料転換 (天然ガス)**  
 (英,2022, 570MW, 3.8Mtpa)  
**Kemper 燃料転換 (天然ガス)**  
 (米,2017~, 914MW, 3.5Mtpa)

**IGCC**  
**Puertollano 閉鎖**  
 (スペイン,318MW,1997)  
 ● **Tampa**  
 (米,315MW,1996)  
 Wabash River **アンモニア転換**  
 (米,296MW,1995)  
 Buggenum **解体**  
 (オランダ,284MW,1994)

**IGCC**  
 ● **Taeon**  
 (韓,300MW,2016~)  
 ● **Edwardsport**  
 (米,784MW,2013~)  
 ○ **勿来**  
 (日,540MW,2020~)  
 ○ **広野**  
 (日,540MW,2021~)

● 運転中  
 ○ 建設中  
 △ 計画中  
 年数は運開予定時期  
 □ : 日本プロジェクト



(出典 ; Japan CCSフォーラム2015 NEDO資料(2015.6)にIAEが加筆、GCCSIデータベースを元にアップデート)

## ◆他事業との関係

「EAGLEプロジェクト」(2002～2013年度)  
酸素吹きIGCCパイロット試験(150t/d)

2012～2015年度 METI事業期間  
2016～2022年度 NEDO事業期間

IGCCの設計に  
反映

IGFCの設計・運  
転条件に反映

「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」(2012～2022年度)

- ・酸素吹きIGCC実証
- ・CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹きIGCC実証
- ・CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証

## 次世代火力発電基盤技術開発

・ガスタービン燃料電池複合発電技術開発(2016～2021年度)  
燃料電池とガスタービンと蒸気タービンで発電するトリプル  
複合発電技術  
燃料電池の大容量化、高圧化を検討

・燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術要素研究  
(2015～2017年度)  
石炭ガス化ガス中の燃料電池被毒成分を高度に除去する  
方法を検討

・燃料電池石炭ガス適用性研究(2016～2021年度)  
・250kW級モジュールと石炭ガス化ガスの適用性、石炭ガス  
化ガスと燃料電池の連係運転を検討  
・IGFCシステムを検討し、実証機IGFCシステムの試設計を実施

分離・回収したCO<sub>2</sub>を利用

CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発

(2020～2024年度)※2020年度開始予定

- ①CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業  
(拠点の整備、運用、研究支援など)
- ②研究拠点におけるCO<sub>2</sub>有効利用技術開  
発・実証事業  
(拠点での技術開発・実証)

IGCC実ガスの利用を検討

二酸化炭素分離膜モジュール実用化  
研究開発(2018～2020年度)

(石炭ガス化複合発電等で発生する実ガス  
からCO<sub>2</sub>を分離・回収する分離膜技術の研究)

10

## ◆NEDOが関与する意義

「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」は、

- 従来の火力発電に比べ大幅に発電効率が増加し、CO<sub>2</sub>排出量削減が見込めるため、社会的必要性が高い。
- CO<sub>2</sub>分離・回収技術を組み合わせることで石炭火力からの排出量をゼロに近づけるCO<sub>2</sub>排出削減効果が見込めるため、社会的必要性が高い。
- 火力発電設備メーカーの海外競争力強化に貢献できる。

「NEDO」は、

- 前身の「EAGLEプロジェクト」をマネジメントした経験がある。
- IGFCの要となる燃料電池の技術課題について研究開発を行っている。
- 高効率発電やCO<sub>2</sub>分離回収について他事業で行っており、効率的にマネジメントを行うことができる。
- 研究開発の難易度が高く、投資規模も大きいため、民間企業だけではリスクが高い。

N E D Oがもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

## ◆実施の効果 (費用対効果) 1 / 3

## プロジェクト費用の総額

第1段階 酸素吹IGCC実証(1/3助成)	: 助成額274億円(事業費821億円)
第2段階 CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証(2/3助成)	: 助成額125億円(事業費187億円)
第2段階 IGCC運用性実証(1/3助成)	: 助成額 34億円(事業費102億円)
第3段階 CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証(1/2助成)	: 助成額 37億円(事業費 73億円)

(2021～2022年度の見込額含む)

## 国内ターゲット市場:リプレース等

2030年からの20年間のリプレース需要(15GW)の内、1/3の10ユニットが出力50万kW級のIGCCとなると試算 ⇒ 経済効果は約1.25兆円

※コスト等検証委員会で提示された2030年の火力発電建設単価25万円/kWをベースに試算(25万円/kW×50万kW×10ユニット=1.25兆円)

## 海外ターゲット市場

2019～2040年にかけて687GW新設(リプレース含む)される見込み

⇒ 産炭国の多いアジア・大洋州では25GW/年 ⇒ 約6.3兆円/年

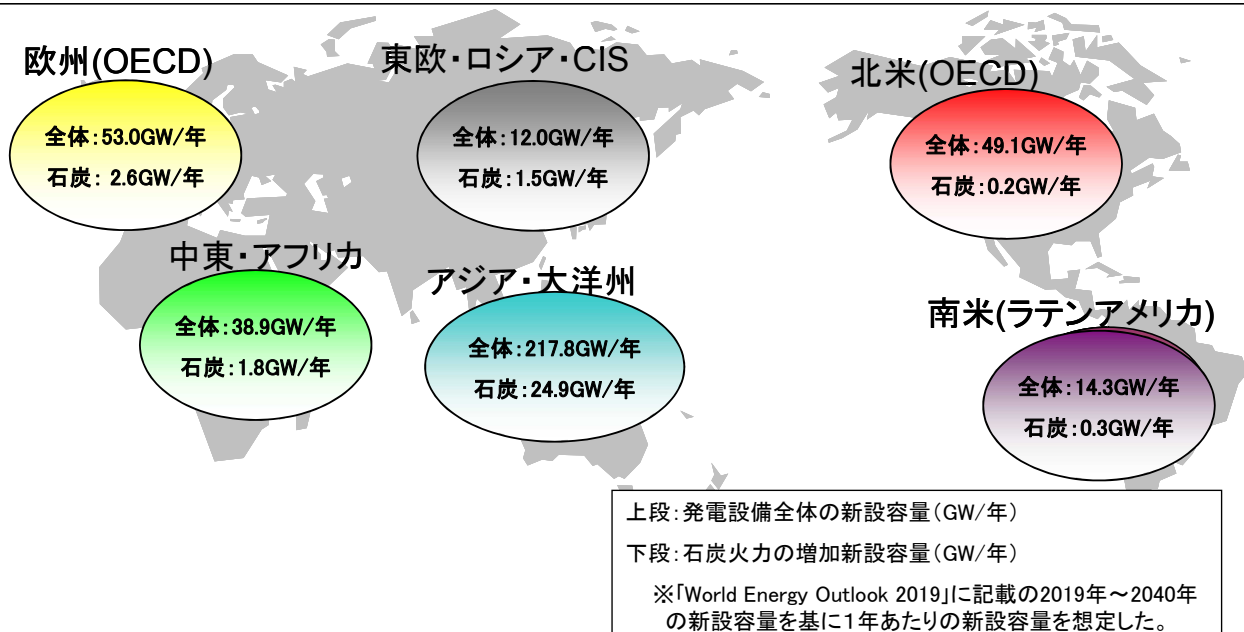
うち、酸素吹きIGCC・IGFCのシェアを1/3と想定 約2.1兆円/年

※「World Energy Outlook2019」に記載の2019～2040年の新設容量を基に試算

12

## ◆実施の効果 (費用対効果) 2 / 3

石炭火力は2019～2040年にかけて世界全体で約687GW新設(リプレース含む)され(31.2GW/年)、うちアジア・大洋州が約547GW増加(24.9GW/年)と新設容量の約80%を占める見込み。



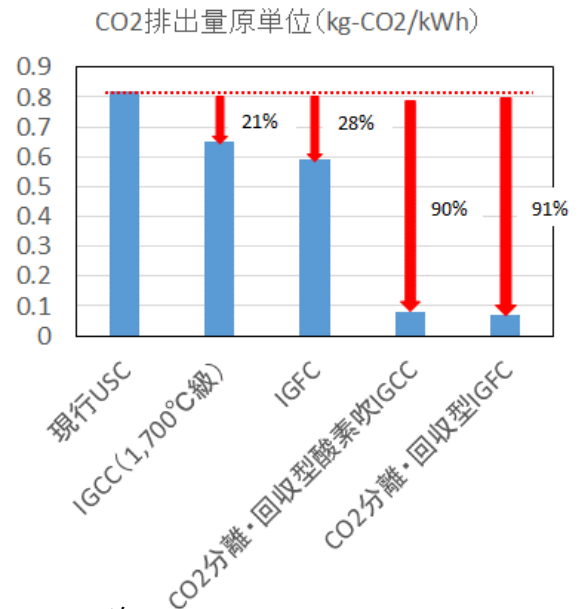
13

## ◆実施の効果 (費用対効果) 3 / 3

CO<sub>2</sub>削減効果の試算(国内想定)

現行USCとの発電効率(送電端効率, HHV, 以下同)およびCO<sub>2</sub>排出量の比較

	発電 効率 (% HHV)	CO <sub>2</sub> 排出 原単位 (kg-CO <sub>2</sub> /kWh)	CO <sub>2</sub> 排出量 ( <sup>*</sup> 万t/ 年)	CO <sub>2</sub> 削減量 (万t/ 年)	CO <sub>2</sub> 削減 割合 (%)
現行USC	40	0.82	2,873	ベース	ベース
IGCC (1,700°C級)	50	0.65	2,278	596	21
IGFC	55	0.59	2,067	806	28
CO <sub>2</sub> 分離・回 収型酸素吹 IGCC	40	0.08	280	2,593	90
CO <sub>2</sub> 分離・回 収型IGFC	47	0.07	245	2,628	91



※ 50万kW,10ユニットに適用された場合の排出量を試算

$$500\text{万kW}(50\text{万kW} \times 10\text{ユニット}) \times 8760\text{時間} \times 0.8(\text{稼働率}) = 35.04\text{G kWh/年}$$

$$\text{現行USC: } 35.04\text{GkWh/年} \times 0.82\text{kg/kWh} = 2,873\text{万t-CO}_2/\text{年}$$

14

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

## ◆事業の目標

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。

## 1) 酸素吹IGCC実証

I GFCの基幹技術である酸素吹IGCCの実証試験設備により、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)、経済性及び信頼性に係る実証を行う。

2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証、IGCC運用性実証

酸素吹IGCC実証試験設備とCO<sub>2</sub>分離・回収設備を組み合わせ、CO<sub>2</sub>分離・回収型石炭火力システムとしての性能、運用性、信頼性及び経済性に係る実証を行う。また、CO<sub>2</sub>分離・回収装置を追加した場合のIGCC運用性について実証を行う。更に、CO<sub>2</sub>分離・回収と組み合わせたCO<sub>2</sub>液化プロセスを構築する。

3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証

CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCCシステムと燃料電池を組み合わせ、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CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCシステムの実証を行う。

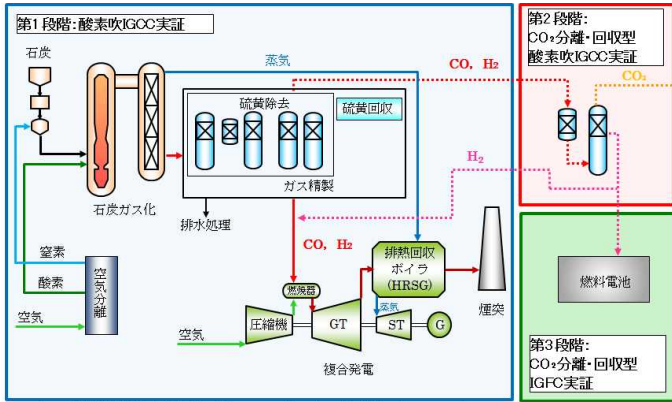
15



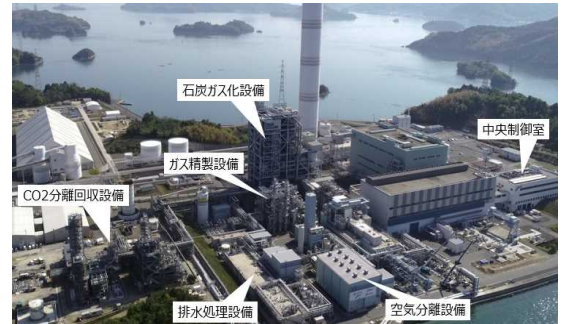
◆事業の概要 1 / 2

- 石炭ガス化複合発電(IGCC)に燃料電池を組み合わせたIGFCは、究極の高効率石炭火力発電技術と位置づけられている。
- NEDOは、**世界初の試み**となる商用規模の燃料電池とCO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCCを組み合わせたIGFC実証事業を**大崎クールジェン株式会社**(\*)と実施している。
- 酸素吹IGCC実証試験を2018年度に終了。CO<sub>2</sub>分離・回収を組み合わせたCO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC実証事業を実施中。IGFC実証試験は2022年度に実施予定。

\* 中国電力(株)と電源開発(株)の共同出資会社



技術確立時期: 2025年度頃  
CO<sub>2</sub>排出原単位: 590g-CO<sub>2</sub>/kWh程度  
送電端効率: 55%程度

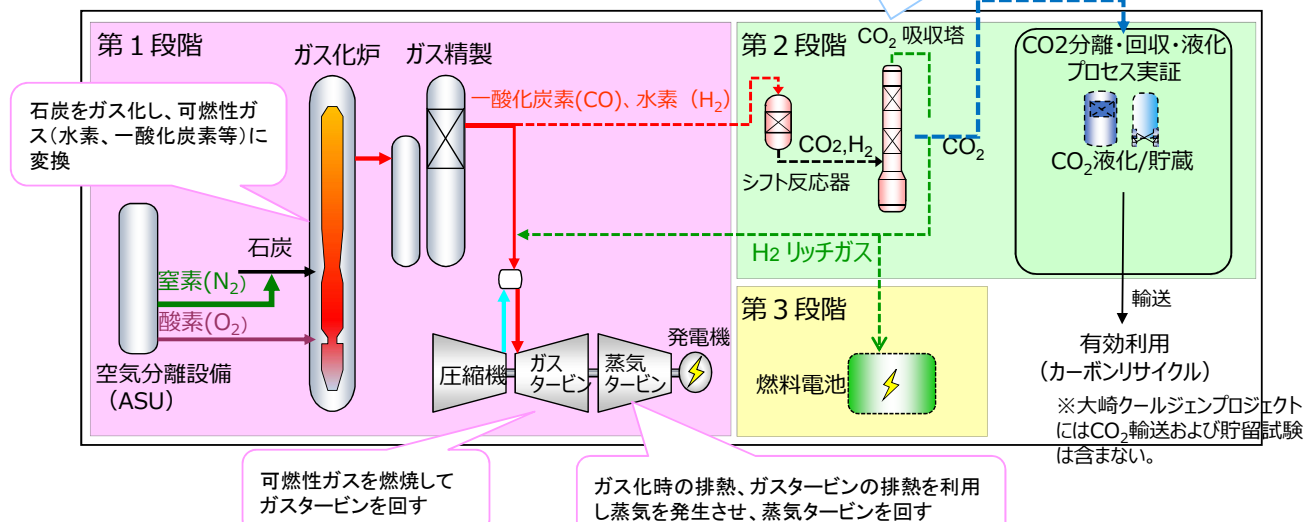


出典: 大崎クールジェン株式会社

年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
第1段階 酸素吹IGCC実証	[Progress bar from 2012 to 2018]											
第2段階 CO <sub>2</sub> 分離・回収型 酸素吹IGCC実証					[Progress bar from 2016 to 2022]							
第3段階 CO <sub>2</sub> 分離・回収型 IGFC実証										[Progress bar from 2020 to 2022]		

IGCC: Integrated Coal Gasification Combined Cycle  
IGFC: Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle

◆事業の概要 2 / 2



**第1段階: 酸素吹IGCC実証**  
(2012年度~2018年度)  
IGFCの基幹技術である酸素吹石炭ガス化複合発電(酸素吹きIGCC)の実証試験

**第2段階: CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証**  
(2016年度~2022年度)  
・酸素吹IGCC実証試験設備とCO<sub>2</sub>分離・回収設備を組み合わせた実証試験  
・CO<sub>2</sub>分離・回収と組み合わせたCO<sub>2</sub>液化プロセスの構築  
・CO<sub>2</sub>分離・回収設備を追設した場合のIGCC運用性の実証

**第3段階: CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証**  
(2018年度~2022年度)  
石炭ガス化ガスの燃料電池への利用可能性を踏まえた最適な石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)システムの実証試験

## ◆研究開発目標と根拠 1/4

## 第1段階:酸素吹IGCC実証 2018年度最終目標

研究開発項目	目標	根拠
プラント制御性運用性	事業用火力設備として必要な運転特性及び制御性を確認する (出力変化速度:1~3%/分)	我が国における微粉炭火力と同等の制御性、運用性が求められる。
設備信頼性	商用機において年間利用率70%以上の見通しを得る (長時間耐久性試験:5,000時間)	我が国における微粉炭火力の多くは70%以上の稼働率で運用されており、酸素吹IGCC商用機においても同等の信頼性が求められる。
多炭種適用性	灰融点の異なる数種類の炭種で適合性を確認する	酸素吹IGCC商用機には、微粉炭火力に適合しがたい灰融点の低い亜瀝青炭から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。
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を得る 海外普及を目的としたマイルストーンを検討する	国内外において酸素吹IGCC商用機を普及するためには、発電原価を微粉炭火力と同等以下とすることが求められる。

## ◆研究開発目標と根拠 2/4

第2段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 2020年度中間目標(1/2)

研究開発項目	研究開発目標	根拠
a. 基本性能 (発電効率)	新設商用機において、CO <sub>2</sub> を90%回収しつつ、送電効率40%(送電端効率、高位発熱量基準)程度の見通しを得る。 これを実現するために、実証機プラントにおいて、CO <sub>2</sub> 分離・回収にかかるエネルギー原単位「0.90 GJ/t-CO <sub>2</sub> (電気エネルギー換算)」を発電効率に係る性能として確認する。	CO <sub>2</sub> 分離・回収時のエネルギーロスによる発電効率の低下に対し、CO <sub>2</sub> を90%回収しつつ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がCO <sub>2</sub> 分離・回収型IGCCの普及につながる。
b. 基本性能 (回収効率・純度)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ CO<sub>2</sub>分離・回収装置におけるCO<sub>2</sub>回収効率:90%以上</li> <li>➢ 回収CO<sub>2</sub>純度:99%以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 革新的低炭素火力実現のためにCO<sub>2</sub>回収効率90%以上を目標とする。</li> <li>➢ CO<sub>2</sub>地中貯留に求められる可能性があるCO<sub>2</sub>純度99%以上を目標とする。</li> </ul>
c. プラント運用性 ・信頼性	CO <sub>2</sub> 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。 生成ガスの全量をCO <sub>2</sub> 分離した場合のIGCC運転との相互影響やガスタービン性能についても検証する。	商用化のためには、プラントの起動停止や、発電所特有の負荷変動に対し、IGCC本体に追従した運用手法を確立し信頼性を検証する必要がある。
d. 経済性	商用機におけるCO <sub>2</sub> 分離・回収の費用原単位を評価する。 実用化・事業化に向けたマイルストーンを検討する。	CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGCCを普及するためには費用原単位の評価が必要である。

## ◆研究開発目標と根拠 3/4

第2段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 2020年度中間目標(2/2)

研究開発項目	研究開発目標	根拠
e. IGCCプラント運用性	CO <sub>2</sub> 分離・回収装置を追設した場合のIGCC運転への影響を確認し、運用性を検証する。	商用機において、CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCCシステムを構築するにあたり、CO <sub>2</sub> 分離・回収設備とIGCC運転との相互作用やガスタービン性能を検証する。
f. 低温作動型サワーシフト触媒実証研究	低温作動型サワーシフト触媒を対象として、従来触媒比0.8ptの効率改善(発電端効率40%)が達成可能な条件にて1年程度の性能維持を確認する。	過去に実施した実証試験では、シフト反応器単段かつ1,000時間の短期運転により、初期性能の維持を確認した。本事業では、商用プロセスを想定し、シフト反応器を多段構成とし1年程度の長期試験を行うことで実用化に耐えうる安定性、耐久性を評価する。

第2段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 2022年度最終目標

研究開発項目	研究開発目標	根拠
CO <sub>2</sub> 液化プロセス開発	CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGCCとCO <sub>2</sub> 液化を組み合わせた場合の最適プロセスを構築する。	カーボンリサイクルの普及拡大を目指し、石炭火力から回収されたCO <sub>2</sub> を有効利用するための基盤技術として、CO <sub>2</sub> 分離・回収設備で回収したCO <sub>2</sub> を原料とする液化CO <sub>2</sub> の製造・貯蔵・輸送に要するエネルギー原単位を最小化するための最適条件や運用性を検証すること、並びに、当面の利用先として国内CO <sub>2</sub> 市場への適用可能性について検証する。

## ◆研究開発目標と根拠 4/4

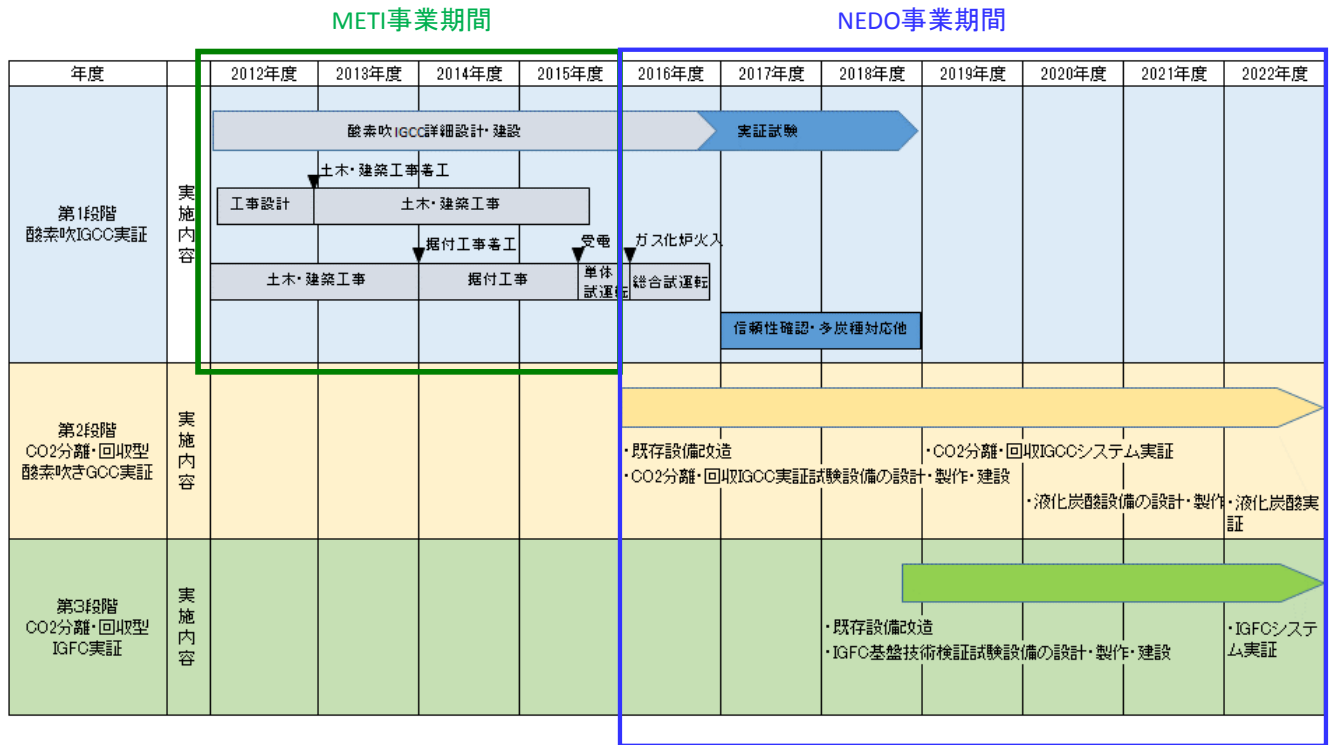
第3段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証 2020年度中間目標

研究開発項目	研究開発目標	根拠
CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証研究	CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証設備の詳細設計を完了する。 機器製作に着手する。	NEDO次世代火力発電基盤技術開発で進められている燃料電池関連研究[IGFCシステム検討、燃料電池モジュール石炭ガス適用性研究、GTFC技術開発(委託事業)]の成果を適宜反映し、燃料電池設備、付帯設備等の仕様検討を行う。

第3段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証 2022年度最終目標

研究開発項目	研究開発目標	根拠
CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証研究	500MW級の商業機に適用した場合に、CO <sub>2</sub> 回収率90%の条件で、47%程度の発電効率(送電端効率、高位発熱量基準)達成の見通しを得る。	新設商用IGFC(500MW級)において、CO <sub>2</sub> を90%回収しつつ、送電端効率47%程度の見通しを得ることで、低炭素排出かつCO <sub>2</sub> 分離・回収型IGCCから更に高効率の石炭火力発電技術を確立することができる。

◆研究開発のスケジュール



◆プロジェクト費用

(単位：億円)

研究開発テーマ	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	総額
【第1段階】 酸素吹きIGCC実証 (助成率1/3)	13.7 41.1	70.0 210.0	62.4 187.1	57.7 173.0	37.4 112.1	13.6 40.9	18.9 56.8	—	—	—	—	273.7 821.0
【第2段階】 CO <sub>2</sub> 分離・回収型 IGCC実証 (助成率2/3)	—	—	—	—	3.0 4.5	31.1 46.6	37.9 56.9	38.6 57.9	6.5 9.8	6.5 9.7	0.9 1.4	124.5 186.8
【第2段階】 IGCC運用性実証 (助成率1/3)							0.1 0.3	16.4 49.2	17.5 52.5	—	—	34.0 102.0
【第3段階】 CO <sub>2</sub> 分離・回収型 IGFC実証 (助成率1/2)							0.006 0.01	0.3 0.6	14.6 29.2	18.6 37.3	3.1 6.1	36.6 73.2
合計	13.7 41.1	70.0 210.0	62.4 187.1	57.7 173.0	40.4 116.6	44.7 87.5	56.9 114.0	55.3 107.7	38.6 91.5	25.1 47.0	4.0 7.5	468.8 1,183.0

<参考：NEDO事業期間のみ助成額>

- 第1段階 69.9億円
- 第2段階 158.5億円
- 第3段階 36.6億円
- 合計 265.0億円

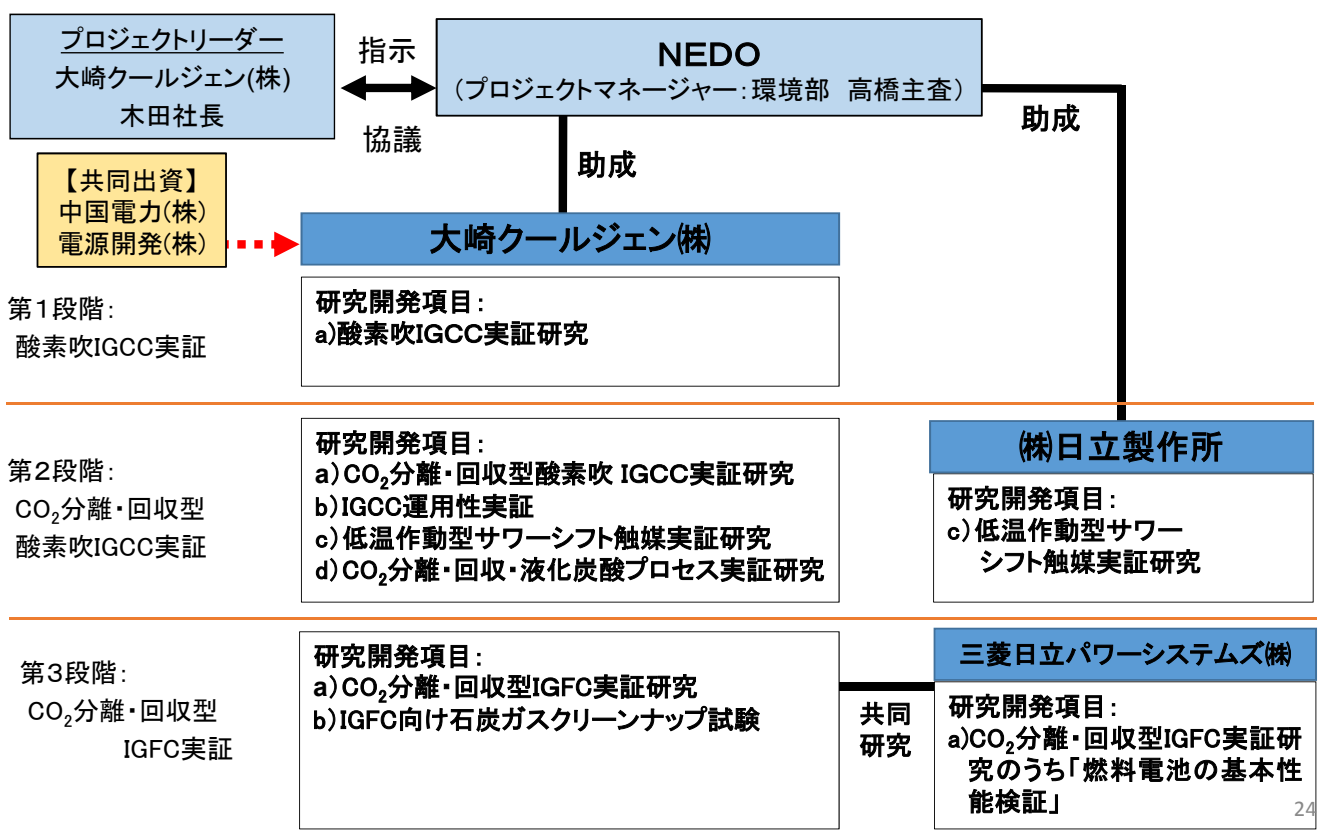
2021年度以降は見込額

   : METI事業期間  
   : NEDO事業期間  
 上段 : NEDO助成額  
 下段 : 総事業費



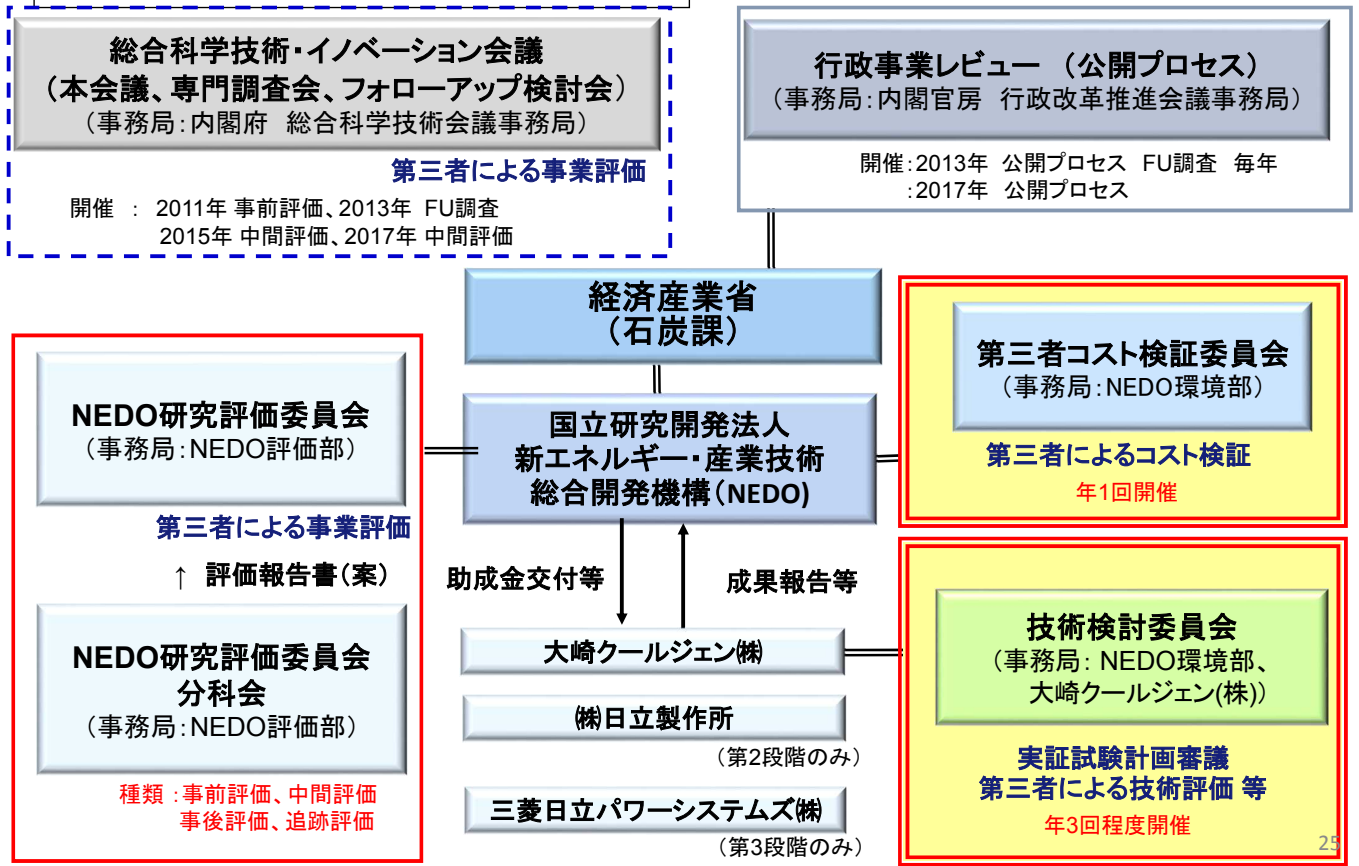
2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆研究開発の実施体制 1 / 2



2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆研究開発の実施体制 2 / 2



## ◆研究開発の進捗管理

## PMによる進捗管理

実績例	第3段階のために他事業で実施している燃料電池の基盤技術開発の成果が見えてきたため、成果を本事業に反映させるために大崎クールジェンを交えて合同会議を行った。
	事業者との連携を密にし、実証事業が適切に進められるよう指導を行うとともに、必要に応じて予算や工程の見直しを行った。
	第3段階開始時の記者会見や、CCTワークショップ、IEA-CCT2019など、外部へ本事業の取組みや成果を発信した。

## PLによる進捗管理

実績例	各RUN前には調整会議を行い、試験目的、試験条件を確認し、課題の洗い出し、合理的な実施項目の手順の調整、運転状況に応じた優先順位の把握を行った。
	始業時、終業時に関係者を集め、予定実施状況、作業状況を把握し、必要により指示、調整を行った。
	安全対策協議会やパトロールの実施など安全管理の推進を行った。

## 技術検討委員会による進捗管理

実績例	酸素吹IGCCの多炭種適用性試験方法について、炭種切り替え操作手順について(混炭比率の上昇幅)助言をいただき、運転状況をみて柔軟な切り替え方法に変更し、良好な適合性を確認することができた。
-----	--

26

## ◆動向・情勢の把握と対応

情勢	対応
2015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。	高効率石炭火力発電である本事業の重要性が一層高くなっており、本事業の早期実用化がさらに重要となっている。
2015年12月にパリ協定が採択され、日本の目標としては、2030年度に2013年度比26%の温室効果ガスを削減することが提出されている中、達成に向けては石炭火力の高効率化が前提となっている。	
2018年7月3日に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」の中で、2030年に向けた対応として「エネルギーミックス」の確実な実現を目指しており、化石燃料については、高効率火力発電の有効活用に取り組む、とされている。	
2019年6月に策定された「カーボンリサイクル技術ロードマップ」では、CO <sub>2</sub> を資源として捉え、素材や燃料に再利用することで大気中へのCO <sub>2</sub> 排出を抑制する技術について、目標、技術課題などがとりまとめられた。	基盤技術に位置付けられているCO <sub>2</sub> 分離・回収実証に加え、輸送を想定したCO <sub>2</sub> の液化プロセス開発を2020年度より開始した。
2020年1月、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」及び「総合イノベーション戦略2019」に基づき、我が国の強みを有するエネルギー・環境分野において革新的なイノベーションを創出し、社会実装可能なコストを実現、これを世界に広めていくために「革新的環境イノベーション戦略」が策定された。温室効果ガスの国内での大幅削減とともに、世界全体での排出削減に最大限貢献する。	

27

## ◆前回 (2017年度) 中間評価結果への対応 1 / 2

	指摘	対応
研究開発 マネジメント	<ul style="list-style-type: none"> <li>炭種選定にあたっては、実用化時期や日本への供給可能性を考慮に入れつつ、炭種性状から適切な石炭を見いだして性能と経済性を評価すべきである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>炭種選定にあたっては、先行事業の実績を踏まえて幅広い性状の石炭を検証する計画としており、今後は実用化時期や日本への供給可能性も考慮に入れつつ、性能と経済性を評価していく。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>除去後の水素リッチ燃料でのガスタービンの性能評価については、他のNEDO関連事業等との積極的な情報交換も行いながら進めるべきである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素リッチ燃料でのガスタービン性能評価については、新エネルギー部が実施している「水素社会構築技術開発事業」及び「水素利用等先導研究開発事業」における水素専焼タービン研究開発の情報を共有しつつ、必要に応じ先行事業の成果も活用して推進する。 ⇒実施計画書に反映済み。 水素専焼タービン研究開発の情報収集を実施する。</li> </ul>
研究開発 成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>第2段階以降で目標とされている発電システム全体の送電端効率を達成するためには、個々の反応器・プロセスでどのような性能を必要とするかについて、それぞれの数値目標を明確化されたい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標とされている発電システム全体の送電端効率を達成するため、個々の反応器・プロセスで必要とされる性能についてシミュレーション等を用いて解析を行い、数値目標を明確化する。 ⇒基本計画、実施方針に反映済み。 実証機プラントにおいて、CO<sub>2</sub>分離・回収にかかるエネルギー原単位「0.90GJ/t-CO<sub>2</sub>(電気エネルギー換算)」を発電効率に係る性能として確認する。</li> </ul>

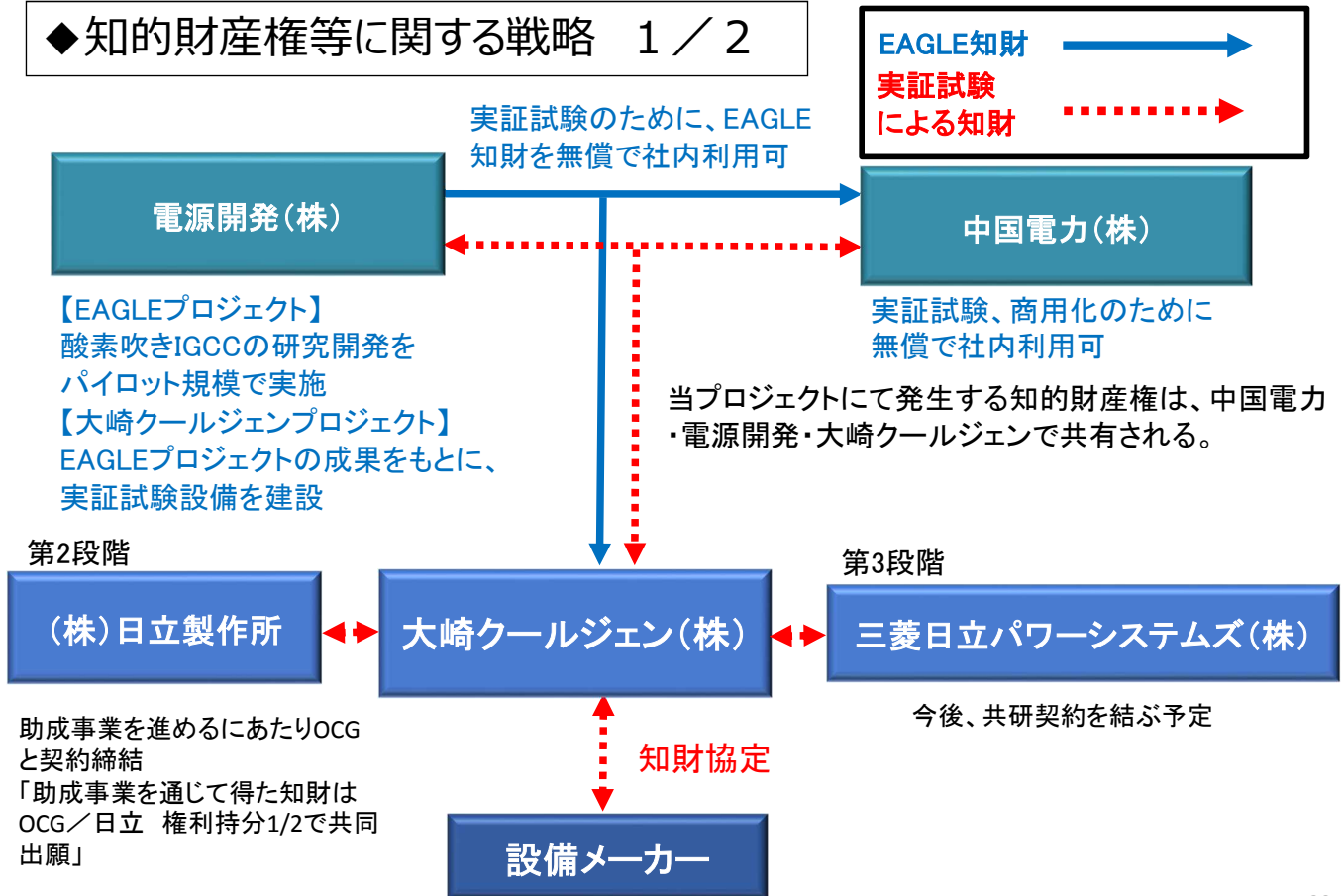
28

## ◆前回 (2017年度) 中間評価結果への対応 2 / 2

	指摘	対応
成果の 実用化・ 事業化 に向けた 取組及 び見直し	<ul style="list-style-type: none"> <li>実用化・事業化に向けた進捗の確認・要素技術確立の見直し、EOR等CO<sub>2</sub>利用技術の連携等について、設定されるべき具体的な指標(マイルストーン)を明確化すべきである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実用化・事業化に向けた進捗の確認・要素技術確立の見直し、CO<sub>2</sub>利用技術の連携等について、本事業で実施しているCCS事業の調査結果等を基に、第2段階終了(2020年度)時までにはマイルストーンを明確化する。 ⇒基本計画に反映済み 実用化・事業化に向けたマイルストーンを検討する。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>海外の競合ガス化炉との差別化を図り、海外展開の可能性検証に着手すべきである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本事業で実施している海外競合ガス化技術の技術動向、運用実績、及び海外市場性等の調査結果を基に、競合技術との差を明確にし、海外展開の可能性を検証するとともに、海外普及を目的としたマイルストーンを検討する。 ⇒実施計画書に反映済み これらの調査を基に、海外普及の可能性を検証するとともに海外普及を目的としたマイルストーンを検討する。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>回収に関しては、現状では生成ガスの一部だけを試験に用いているが、今後は生成ガスの全量をCO<sub>2</sub>回収装置に供給した場合のガス化炉とCO<sub>2</sub>回収の運転の相互影響についてシミュレーションにより課題を抽出すべきである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生成ガスの全量をCO<sub>2</sub>回収装置に供給した場合のIGCCとCO<sub>2</sub>回収の運転の相互影響について、シミュレーション等により課題を抽出する事を、第2段階の実証試験計画に反映する。 ⇒実施計画書に反映済み 生成ガスの全量をCO<sub>2</sub>分離した場合のIGCC運転との相互影響やガスタービン性能について課題を整理する。</li> </ul>

29

## ◆ 知的財産権等に関する戦略 1 / 2



30

## ◆ 知的財産権等に関する戦略 2 / 2

## 【知財戦略】

## 本事業で得られる知的財産

- ・ガス化炉等のスケールアップにおける最適化などのプラント設計上の基本技術的な知的財産
- ・IGCC発電プラントとしてのオペレーション・メンテナンスなどの運用面に関する知的財産

オペレーション・メンテナンスなどの運用面に関する知的財産については、ノウハウ化(秘匿化)することで、競合他社への優位性を確保する方が有益である場合も考えられる。

本事業にて得られる知的財産については、プロジェクトに関する各メーカーと、将来的な事業展開に活用できるような知財協定を締結し、その内容に応じて特許化またはノウハウ化(秘匿化)を行い、国際展開を図る。

今後、実証試験で習得する設計・保守・運用技術に関する新たなノウハウを蓄積し、設備と保守・運用技術をパッケージ化し、国際展開を図る。

31



## ◆知的財産管理

## 大崎クールジェン株式会社

本事業において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、知財戦略会議を定期的開催し、知財案件の抽出。内容検討を行った上で、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している。

## 株式会社日立製作所

本事業で新たな知的財産創生の兆しがある場合は、社内の知財担当部署と連携し、事業性を考慮した上で権利化是非を判断する。その上で、共同研究者である大崎クールジェンと相談し、両社の技術担当者と知財管理部門による検討の結果、出願する場合は権利持分1/2で出願する。

## ◆研究開発項目毎の目標と達成状況、最終目標の達成可能性 (1/4)

## 第1段階: 酸素吹IGCC実証 2018年度最終目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度
プラント制御性 運用性	事業用火力設備として必要な運転特性及び制御性を確認する (出力変化速度: 1~3%/分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 負荷変化率: 16%/分</li> <li>➢ 送電端出力0MWで安定運転を確認</li> <li>➢ 送電端出力制御で良好運用性を確認</li> <li>➢ コールド起動時間(GT起動~定格負荷) 7時間以内の見通しを得た</li> </ul>	○
設備信頼性	商用機において年間利用率70%以上の見通しを得る (長時間耐久性試験: 5,000時間)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 長時間耐久試験: 5,119時間</li> </ul>	○
多炭種適用性	灰融点の異なる数種類の炭種で適合性を確認する	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 4炭種にて良好な適合性を確認</li> <li>➢ 運転を継続しながら炭種切替を行い、安定したプラント状態を確認</li> </ul>	○
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を得る 海外普及を目的としたマイルストーンを検討する	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 商用機レベルで発電原価が微粉炭火力と同等になる見通しを得た</li> <li>➢ アジア大洋州での需要が見込まれ、国内商用化実績を踏まえ海外展開を実施していく</li> </ul>	○

○達成、△達成見込み(中間)、×未達

## 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

## ◆研究開発項目毎の目標と達成状況、最終目標の達成可能性 (2/4)

第2段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 2020年度中間目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	達成見通し
基本性能 (発電効率)	・新設商用機でCO <sub>2</sub> を90%回収の条件で、発電効率40%程度 ・CO <sub>2</sub> 分離・回収にかかるエネルギー原単位「0.90GJ/t-CO <sub>2</sub> (電気エネルギー換算)」を確認	実証試験で基本特性確認と運転パラメータの最適化を実施中	△	実証運転にて目標効率を達成の見込み
基本性能 (回収効率・純度)	・CO <sub>2</sub> 回収効率90%以上 ・回収CO <sub>2</sub> 純度99%以上	試運転調整の設備性能確認でCO <sub>2</sub> 回収効率・回収純度の設備能力を確認 実証試験でパラメータの最適化	○	設備能力としてCO <sub>2</sub> 回収効率・純度を確認 実証運転で最終評価
プラント運用性 ・信頼性	・運用手法の確立・信頼性の検証 ・生成ガスの全量をCO <sub>2</sub> 分離した場合のIGCC運転との相互影響やガスタービン性能についての検証	実証試験でプラント運用性・信頼性に係るデータを採取	△	実証運転にて、運用手法を確立し、信頼性を検証
経済性	・商用機のCO <sub>2</sub> 分離・回収の費用原単位を評価 ・実用化・事業化に向けたマイルストーンを検討	実証試験で商用規模のCO <sub>2</sub> 分離・回収費用(円/ton-CO <sub>2</sub> )の評価のデータを採取	△	実証運転にて、費用原単位の評価

○達成、△達成見込み(中間)、×未達<sup>34</sup>

## 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

## ◆研究開発項目毎の目標と達成状況、最終目標の達成可能性 (3/4)

第2段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 2020年度中間目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	達成見通し
IGCCプラントの運用性実証	CO <sub>2</sub> 分離・回収設備を追設した場合のIGCC設備運転への影響を確認し、その運用性を検証する	CO <sub>2</sub> 分離・回収によるガスタービン等の追従性やガスタービン燃焼器への影響、およびIGCC設備の安定運転を確認中	△	2020年度の実証運転にて、IGCC設備運用性の評価を行う
低温作動型サワーシフト触媒実証	1年程度の性能維持を確認	実証試験でデータ採取	△	実証運転にて、目標を達成の見込み

○達成、△達成見込み(中間)、×未達

第2段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 2022年度最終目標の達成可能性

研究開発項目	最終目標	現状	達成見通し
CO <sub>2</sub> 分離・回収・液化プロセス実証研究	液化炭酸の最適プロセスの構築	目標達成に向けて、機器仕様を決定し、購入手続きを実施中	2022年度の実証運転にて、目標を達成の見込み

## 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

## ◆研究開発項目毎の目標と達成状況、最終目標の達成可能性 (4 / 4)

第3段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証 2020年度中間目標と達成状況

研究開発項目	目標	現状	達成度	達成見通し
CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証研究	燃料電池設備の詳細設計を完了する。また、機器製作に着手する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・詳細設計のための基本設計・契約手続き完了</li> <li>・現在、設備の詳細設計中</li> <li>・事前検証試験装置の設置完了</li> </ul>	△	2020年度中に詳細設計を完了し、機器製作に着手する必要がある。 事前検証試験を実施し、機器詳細設計に必要なデータを採取する。

○達成、△達成見込み(中間)、×未達

第3段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証 2022年度最終目標の達成可能性

研究開発項目	最終目標	現状	達成見通し
システム基本性能(発電効率)	新設商用機(500MW級)においてCO <sub>2</sub> 回収効率90%の条件で、発電効率47%程度(送電端効率、HHV)の見通しを得る。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・詳細設計のための基本設計・契約手続き完了</li> <li>・現在、設備の詳細設計中</li> </ul>	2021～2022年度の実証運転にて目標効率を達成の見込み

36

## 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

## ◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

## 【第1段階:酸素吹IGCC実証】

- 本実証の目標達成したことから、1500℃級ガスタービンを採用する酸素吹IGCC商用機において、送電端効率(HHV)約46%の見通しが得られ、国内外への普及拡大が見込まれる。

【第2段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証】

- 本実証の目標達成により、CO<sub>2</sub>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、現状微粉炭火力と同等レベルの発電効率が見られることで、低炭素且つ高効率のCO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCの普及につながる。
- また、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCとCO<sub>2</sub>液化を組み合わせた場合の最適プロセスを構築することができ、石炭火力由来の液化CO<sub>2</sub>の当面の利用先として国内CO<sub>2</sub>市場への適用可能性を明らかにすることができる。

【第3段階:CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証】

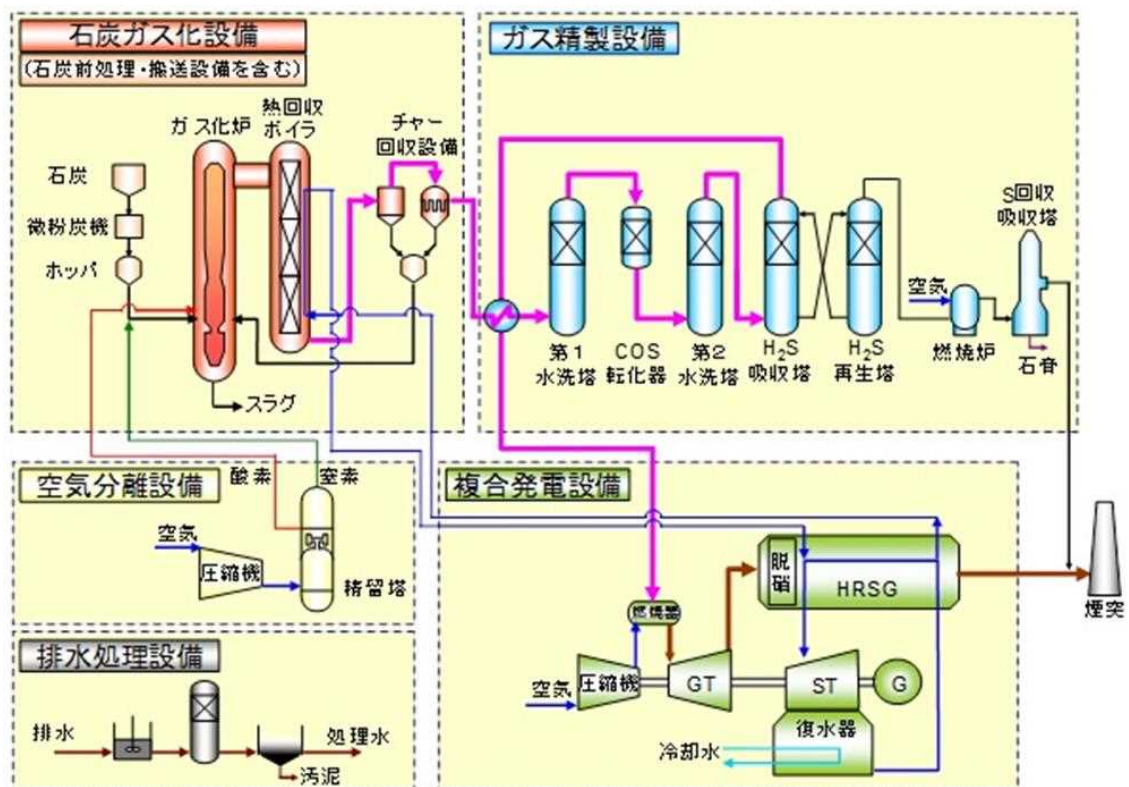
- 本実証の目標達成により、次世代火力発電に係る技術ロードマップに示されるIGFCとCO<sub>2</sub>分離・回収(物理吸収法)技術を組み合わせた低炭素排出かつ高効率石炭火力発電技術を確立することが可能となる。

37

◆第1段階：酸素吹IGCC実証成果 スケジュール (1/8)

年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
単体・系統試運転				
総合試運転	ガス化炉石炭投入試験	2016/7/1 石炭投入試験開始		
	最低出力～100%負荷遮断試験, 所内全停試験他	2016/8/18 IGCCシステム試運転開始		
	各設備運用・性能確認, 引取試験			
実証試験	基本性能確認	2017/3/28 実証試験開始		2018/7/7 累積運転時間5,000時間到達
	信頼性確認			
	運用性向上試験			
	多炭種適用性確認試験			2018/10/8 実証試験運転完了

◆第1段階：酸素吹IGCC実証成果 設備構成 (2/8)





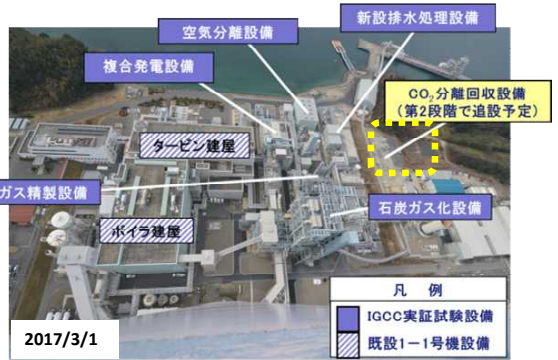
◆ 第1段階：酸素吹IGCC実証成果 プラント建設状況 (3 / 8)



建設当初



ガス化炉搬入



設備全体(煙突より)



設備全体(西側より)

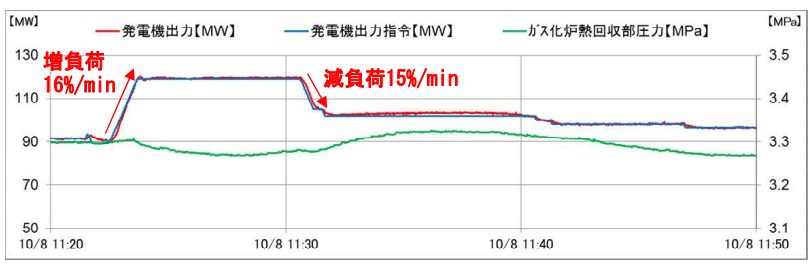
◆ 第1段階：酸素吹IGCC実証成果 実証試験結果 (4 / 8)

項目	目標	実績
発電効率	送電端効率 40.5%(HHV)	➤ 送電端効率 40.8%(HHV)
環境性能	SOx: 8ppm NOx: 5ppm ばいじん: 3mg/m <sup>3</sup> N (O <sub>2</sub> :16%換算)	➤ SOx: 8ppm未満 ➤ NOx: 5ppm未満 ➤ ばいじん: 3mg/m <sup>3</sup> N未満 (O <sub>2</sub> :16%換算)
多炭種適合性	炭種性状適合範囲の把握	➤ 4炭種を試験し、良好な適合性を確認 ➤ 運転を継続しながら炭種切替を行い安定したプラント状態を確認
設備信頼性	商用機レベルの年利用率70%以上の見通しを得ること (長時間耐久性試験: 5,000時間)	➤ 長時間耐久試験 5,119時間 ➤ 連続運転 2,168時間
プラント制御運用性	事業用火力発電所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)	➤ 非常停止試験において安全停止を確認 ➤ 負荷変化率: ~16%/分を確認 ➤ 送電端出力0MWで安定運転を確認 ➤ 送電端出力制御で良好な運用性を確認 ➤ コールド起動時間(GT起動~定格負荷) 7時間程度の見通しを得た
経済性	商用機レベルで発電原価が微粉炭火力と同等以下になる見通しを得ること	➤ 商用機レベルで発電原価が微粉炭火力と同等になる見通しを確認

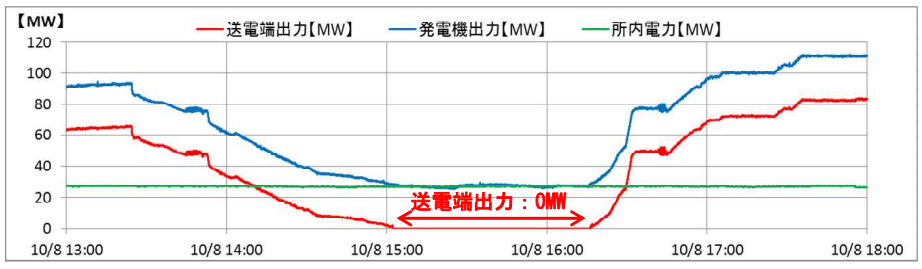
◆ 第1段階：酸素吹IGCC実証成果 プラント制御運用性 (5/8)

項目	成果
負荷変化率	増負荷16%/min、減負荷15%/minを達成
最低負荷	送電端出力0MW(所内単独負荷と同等)で安定運転を確認
出力制御	送電端出力制御にて良好な運用性を確認
起動時間	コールド起動時間(GT起動～定格負荷)7時間程度の見通しを得た

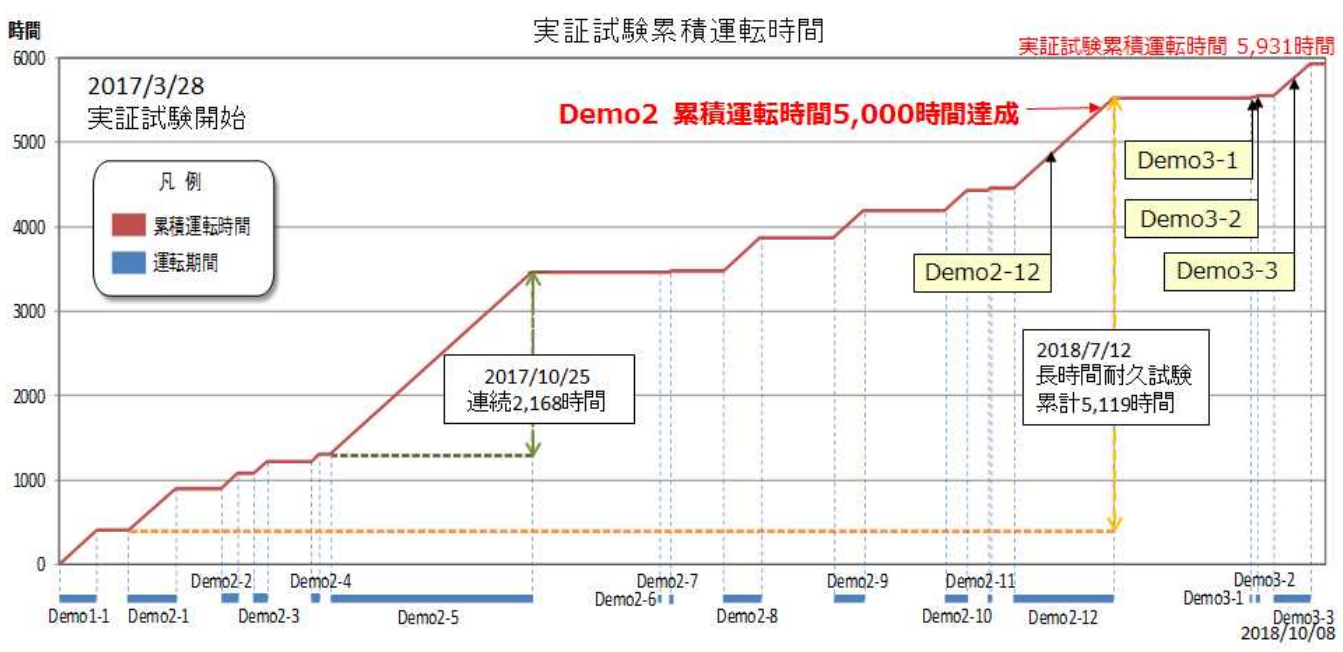
・負荷変化率試験



・最低負荷試験



◆ 第1段階：酸素吹IGCC実証成果 設備信頼性 (6/8)



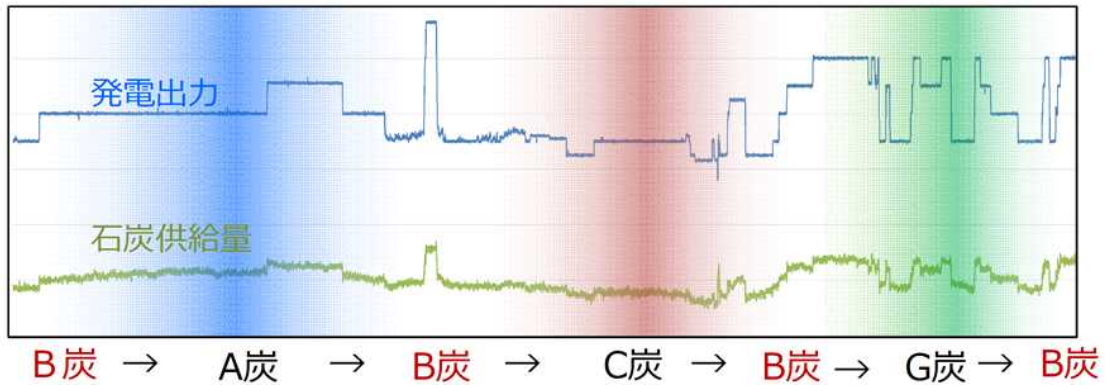
実証試験累積運転時間	5,119時間
最大連続運転時間	2,168時間

◆第1段階：酸素吹IGCC実証成果 多炭種適応性試験 (7/8)

試験炭に関するデータ

炭種	特徴
B炭	性能設計炭
A炭	低発熱量炭、低灰融点炭
C炭	高S分炭
G炭	高灰融点炭、高灰分炭

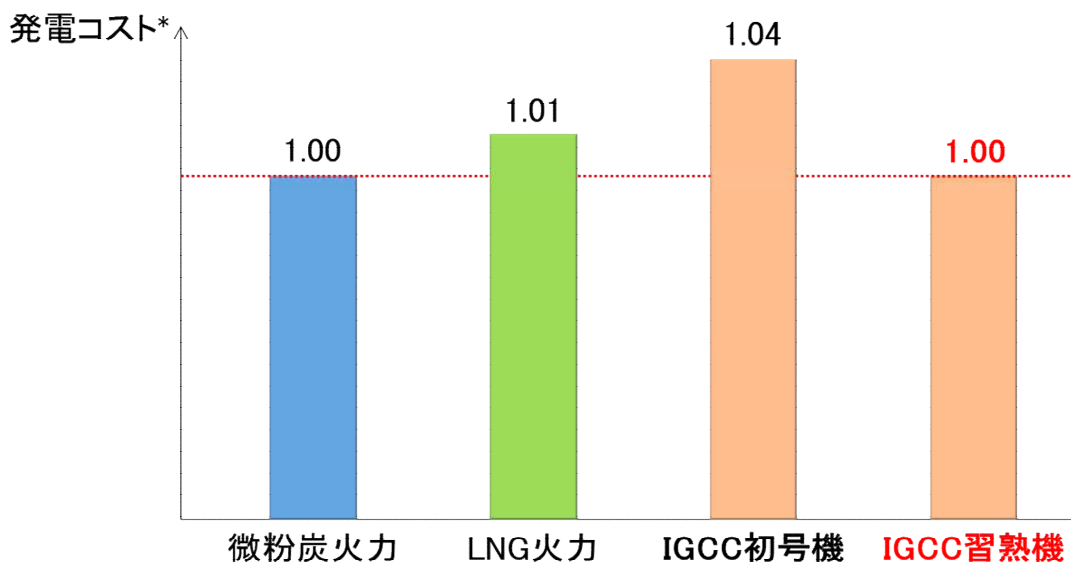
運転実績



◆第1段階：酸素吹IGCC実証成果 経済性評価 (8/8)

- 経済産業省の発電コスト検証ワーキンググループで作成された発電コストレビューシートを用い、発電単価の評価・比較を実施
- 商用機ベースのIGCC習熟機は、微粉炭火力同等のコスト競争力を有する

経済性評価結果



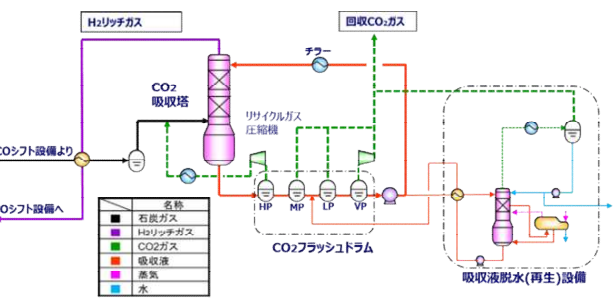
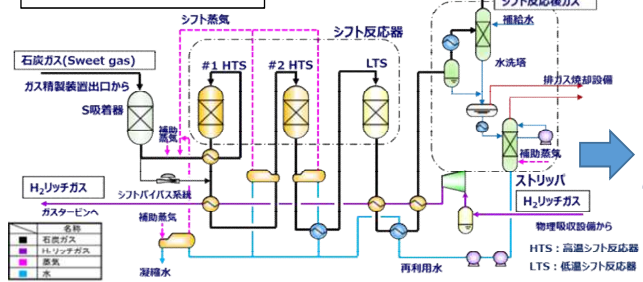
\*微粉炭火力の発電コストを基準(1.00)とする



◆ 第2段階：CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証成果  
スケジュール、設備構成 (1/2)

第2段階	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
大工程		▼第2段階着手	設計・製作・据付・試運転	▼'18.1 準備工事着工 ▼'18.4 土工事着工 ▼'18.8 機電工事着工	▼'19.6 受電 ▼'19.8 据付完了・試運転開始	▼'19.12 実証試験開始
凡例	<p>■ 実績 (赤)</p> <p>■ 計画 (青)</p> <p>設計・機器製作・据付工事</p>					

シフト反応  
 $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$



COシフト系統 プロセスフロー図

CO<sub>2</sub>吸収系統 プロセスフロー図

◆ 第2段階：CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証成果 建設状況 (2/2)



建設当初(2018/04)

CO<sub>2</sub>吸収塔据付(2018/10)

吸収液タンク他据付(2019/02)

据付工事完了(2019/08)



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

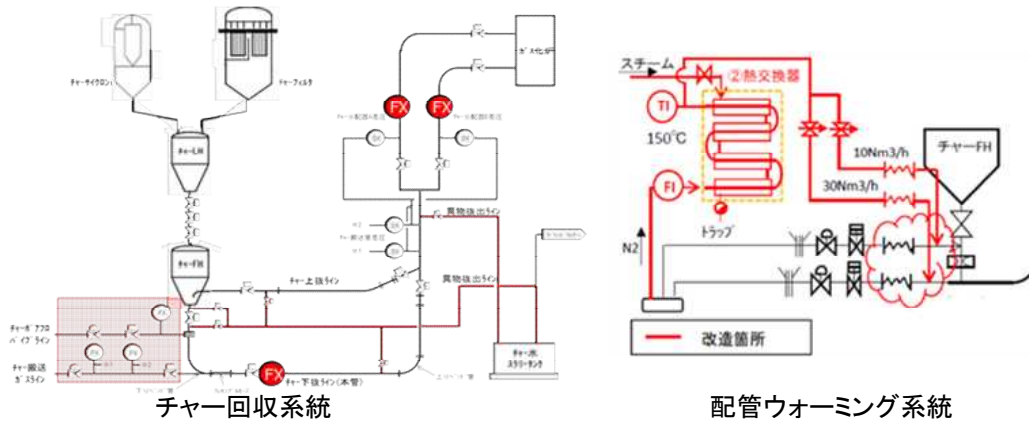
◆ 第2段階：IGCC運用性実証成果 実証試験に向けた準備・検討

(目的)

CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証試験においては、IGCC設備からCO<sub>2</sub>分離・回収設備へ石炭ガス化ガス、電力、蒸気の供給が長時間連続して求められることから、第1段階の酸素吹IGCC実証試験における運転実績を踏まえ、発生した不具合事象への対策およびCO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCとしての運用性・信頼性向上に向けた改善工事を実施した。

主な工事例: チャー供給・異物抽出系統改善

目的	改善内容
チャーによる配管閉塞防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>配管系統の見直し</li> <li>ウォーミング系統の追設</li> </ul>



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

低温作動型サワーシフト触媒実証研究

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
運転手順及びモニタリング方法検討	触媒性能の評価およびモニタリングの観点から、信号の取合いおよび表示方法を検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>触媒失活リスクの低い起動停止、及び前処理時の手順確立</li> <li>触媒活性シミュレーションにより熱電対設置位置決定</li> </ul>	○	-
実証試験設備製作	実証試験を遂行可能な機能構成で設備製作を行い、試運転にて各機器の正常動作を確認	'19/11に試運転完了し、メーカーから引き渡し完了	○	精製ガス受け入れ時の動作確認未済。実証試験開始時に確認。
触媒前処理	触媒が健全な活性を発現し得る条件、手順で行い、硫化率90%以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>No.1, No.2反応器共に充填触媒の前処理完了</li> <li>解析により硫化率90%以上を確認</li> </ul>	○	-
実証試験 (長時間連続試験)	送電端効率40%を達成可能な運転条件(蒸気量25%削減)にて1年程度の性能維持	試験開始前につき成果なし	△ (20年12月達成予定)	当初予定より試験期間短縮化。ラボ及び過去実証結果から寿命予測モデル作成。

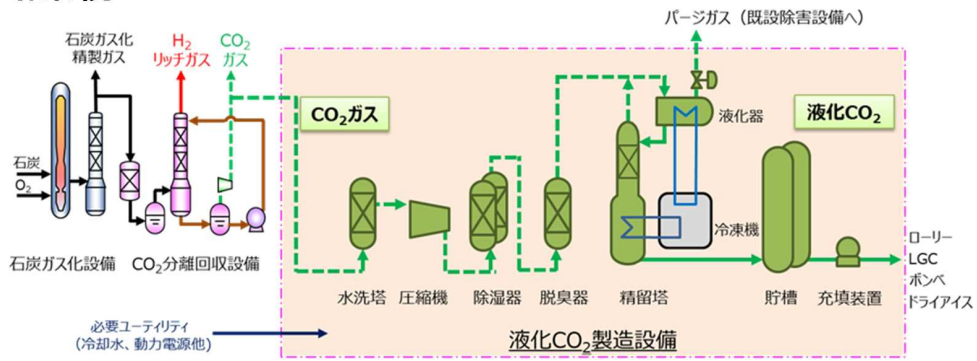
◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 達成見込み (中間) / 一部達成 (事後)、× 未達

## ◆ 第2段階：CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 液化CO<sub>2</sub>製造のスケジュールおよび設備構成

・ スケジュール

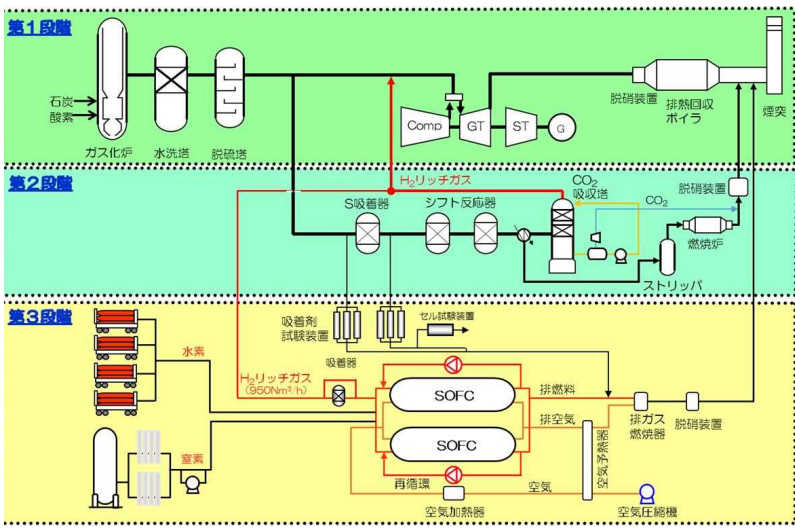
年度	2020年度	2021年度	2022年度
大工程	設計・製作・据付・試運転		
凡例	▲'20.5 試験内容・設備仕様検討 ▲'20.6 発注公募 ▲'20.9 契約 ▲'20.9 設計・製作・据付着手 ▲'21.4 官庁手続着手		
			▲'22.3 据付完了 ▲'22.4 試運転開始 ▲'22.5 完成検査 ▲'22.5 実証試験開始

・ 概略系統



## ◆ 第3段階：CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証成果 スケジュール・概略系統図(1/2)

第3段階	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
工程		第3段階着手			
凡例	▲ 実績 ■ 計画				
		設備仕様検討	現地工事着工		
		詳細設計・製作・据付・試運転			
		事前検証試験(仕様検討・据付・試験)			実証試験



主な機器	設備仕様
燃料電池設備	固体酸化物形燃料電池(SOFC)
発電容量	1.2MW級(SOFCモジュール×2並列)
運転圧力	0.6MPa (最大:2.0MPa)
燃料ガス	水素リッチガス
付属設備	燃料電池入口吸着器、再循環ブロワ、発電用空気圧縮機 etc.



◆ 第3段階：CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証成果 事前検証試験概要 (2/2)

(目的)

第3段階でSOFCに供給する水素リッチガスは石炭由来であるため、微量な不純物が含まれる可能性も否定できないことから、第2段階実証試験期間中に予め水素リッチガスを用いた事前検証試験を実施し、追加対策の必要性を判断して第3段階設備の詳細設計に反映する。

事前検証試験

①SOFCセル試験

・SOFC実セルを用いて水素リッチガスによる発電試験を行い、水素リッチガス中の不純物による被毒の有無を確認する。(常圧試験)



②Ni試験片曝露試験

・Niの試験片を水素リッチガス中に暴露し、分析によりNiに付着(または反応)している物質の有無を調べる。

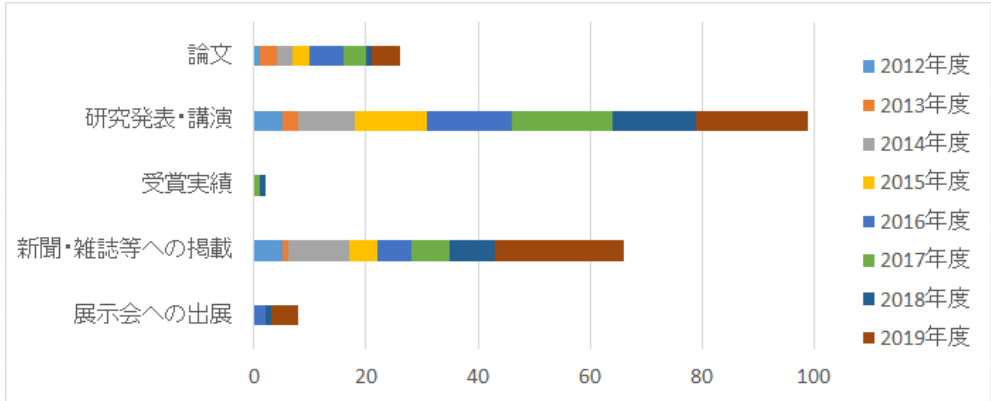
③水素リッチガス中の微量成分分析

	対象成分	ガス採取方法	分析方法
定量分析	硫黄(S)	キャニスター	濃縮法+GC-FPD
	水素化合物(Se、P、As、B)	吸収液(KMnO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	ICP-MS/MS
	塩素(Cl)	吸収液(NaOH水溶液)	IC
定性分析		吸収液(HNO <sub>3</sub> )	ICP-MS/MS

◆ 成果の普及 (1/3)

	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	計
論文	1	3	3	3	6	4	1	5	26
研究発表・講演	5	3	10	13	15	18	15	20	99
受賞実績	-	-	-	-	-	1	1	-	2
新聞・雑誌等への掲載	5	1	11	5	6	7	8	23	66
展示会への出展	-	-	-	-	2	-	1	5	8

※2020年3月31日現在



◆成果の普及 (2/3)

受賞実績

2017年 9月  
POWER-GEN ASIA BEST PAPER AWARDS  
2019年 2月  
日本エネルギー学会 学会賞(技術部門)



日本エネルギー学会 表彰式  
(出展:大崎クールジェンプロジェクトガイドvol.13)

TV,ラジオでの紹介等

- |           |               |           |                 |
|-----------|---------------|-----------|-----------------|
| 2013年 1月  | NHKニュース       | 2015年 11月 | NHKクローズアップ現代    |
| 2013年 3月  | NHKニュース       | 2016年 11月 | NHKニュースお好みワイド広島 |
| 2013年 7月  | RCCラジオミライレポート | 2019年 12月 | NHK広島 おはようひろしま  |
| 2014年 6月  | NHKニュース       | 2019年 12月 | NHKEテレ TVシンポジウム |
| 2014年 12月 | NHKニュース       | 2019年 12月 | BSフジ ガリレオX      |
| 2015年 3月  | 広島ホームテレビ地球派宣言 |           |                 |

◆成果の普及 (3/3)

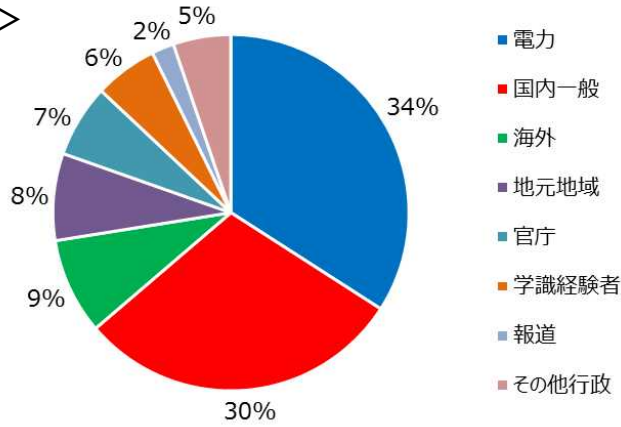
見学者対応:延べ7,726名(2020年3月31日現在)

<見学者>

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	合計
団体数	24 (0)	136 (2)	168 (10)	136 (17)	178 (17)	153 (9)	185 (15)	980 (70)
人数	129 (0)	913 (13)	1,168 (90)	1,063 (168)	1,731 (215)	1,219 (74)	1,503 (115)	7,726 (675)

※表中の( )内は海外再掲

<見学者内訳>





## ◆知的財産権の確保に向けた取組

(1 / 2)

## 大崎クールジェン株式会社

- 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している(40件)。
- 本事業の建設フェーズでは新たな知財は出願しなかったが、実証試験内容について知財案件の抽出、内容検討、絞り込みを行い、現時点において、3件の特許出願を実施している。
- なお、知財化にあたっては、他社が特許を取得し使用許諾が必要となるリスクがある事項であれば特許化を図り、ノウハウのパッケージ化を行い秘匿化することで競合他社への優位性の確保していく取組みを総合的に判断して実施している。

EAGLE特許出願	大崎クールジェン特許出願	計
2003～2013年度	2012～2019年度	43件
40件	3件	

56

## ◆知的財産権の確保に向けた取組

(2 / 2)

## 株式会社日立製作所

- 本事業で導入しているサーフト触媒の基本特許ならびに適用プロセスに関する特許は前身のEAGLEプロジェクト参画前に出願している。
- 実証試験を通じて新たな知財が創生された場合は、共研パートナーである大崎クールジェンと相談し、事業性、秘匿性等を考慮して権利化を判断する。

57

## ◆ 本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

「本事業の成果を活用した革新的発電プロセスによる商用機の発電が開始されることであり、石炭利用と地球温暖化対策の両立、及び、電力の安定供給に貢献することをいう。」

本事業の実用化・事業化は、国のエネルギー政策、技術の進捗、事業環境等を踏まえ段階的に取り組む。

## 【第1段階：酸素吹IGCC】

2020年度頃技術確立し、詳細検討を実施、商用規模(500MW程度)、1500°C級のガスタービンをを用いた場合、送電端効率46%(HHV)程度の酸素吹IGCCプラントが実用化・事業化される。

【第2段階：CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC】

2020年度頃技術確立し、CO<sub>2</sub>貯留技術、CR(カーボンリサイクル)研究開発の進展・実用化と連携し、商用規模でCO<sub>2</sub>を90%回収しつつ、送電端効率40%(HHV)程度のCO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCCプラントが実用化・事業化される。

【第3段階：CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC】

2025年度頃技術確立に向け、中小型IGFC技術実証を行うと共に、燃料電池及びGTFCの技術開発・普及に応じ、商用規模で送電端効率55%(HHV)程度のIGFCが実用化される。またCO<sub>2</sub>貯留やCRの実用化と連携して、送電端効率47%(HHV)程度のCO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCが実用化・事業化される。

## 4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し

## (1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

## ◆ 実用化・事業化に向けた戦略

(1 / 2)

## 大崎クールジェン株式会社

## 【国内】

- 事業実施者の親会社である中国電力(株)・電源開発(株)が自社の石炭火力の新設・リプレースに本事業の成果であるIGCCの導入を目指す。  
\* 中国電力・電源開発は多くの石炭火力(設備出力両社計:10,402MW、国内石炭火力発電の約22%:2019年時点)を保有している。
- 2050年に向けては、CO<sub>2</sub>削減80%が求められることから、CCSやCCUの普及と共に、CO<sub>2</sub>分離・回収設備を具備した高効率発電システム(IGCC/IGFC)の導入を目指す。

## 【海外】

- 国内の商用機運転実績を積極的に発信し、海外市場において「高効率化、CO<sub>2</sub>削減等」の従来石炭火力に対する優位性をアピールする。
- 特に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(新設容量:24.9GW/年)を中心に海外普及を図る。
- CO<sub>2</sub>貯留技術のポテンシャルがある国において、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC/IGFCの普及を図る。

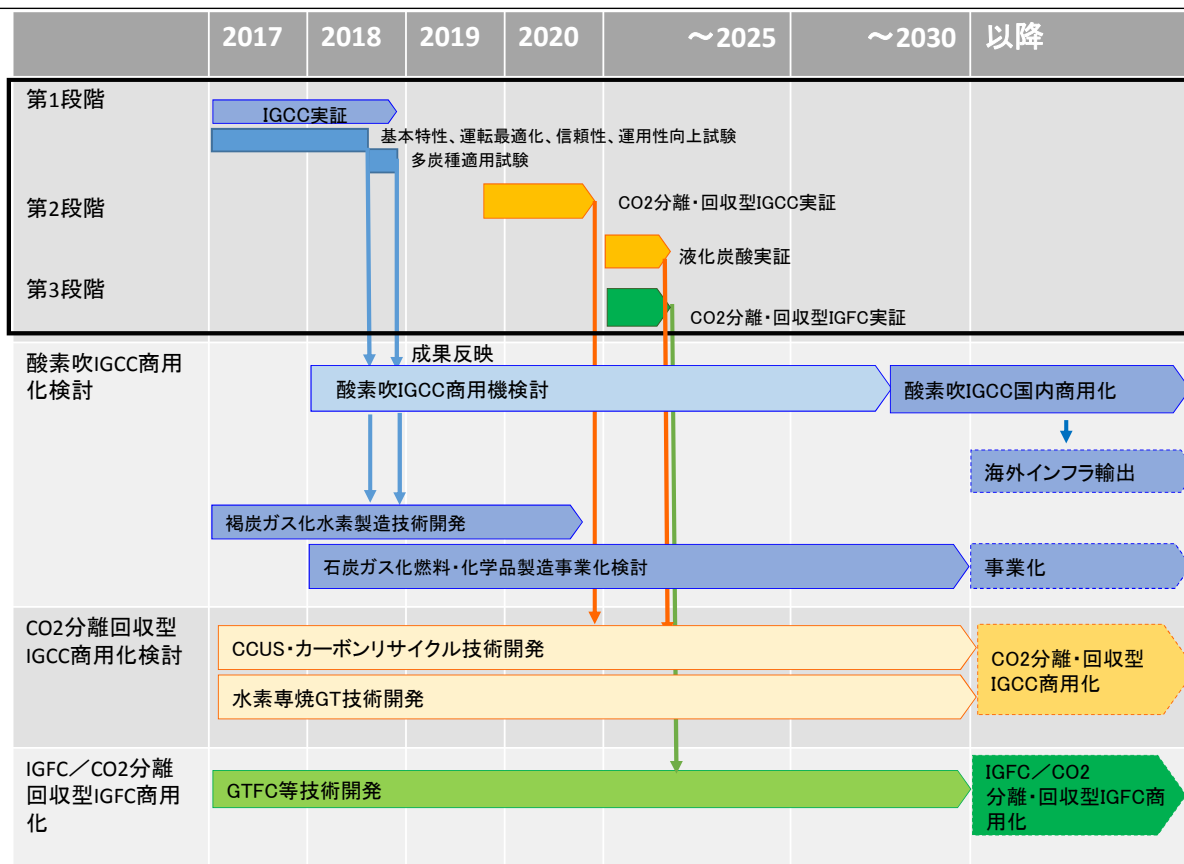
◆ 実用化・事業化に向けた戦略

(2 / 2)

株式会社日立製作所

- 本事業で導入しているサワーシフト触媒の特徴は、低硫黄濃度、及び低温で反応起動が可能であることであり、IGCCに限らず、石炭ガス化プラント全般に適用できると思われる。  
IGCCの本格普及は2020年代中後半以降になると考えられることから、まずは市場が立ち上がっている化学向けガスプラントを対象に触媒のリプレースに向けたプロモーションを行う。

◆ 実用化・事業化に向けた具体的な取組み



## ◆ 成果の実用化・事業化の見通し

(1 / 2)

## 【産業技術としての適用可能性】

- 2020年頃にIGCCの技術確立の予定。その後速やかに国内実用化・事業化の検討に移行する。
- 2020年頃に物理吸収法によるCO<sub>2</sub>分離・回収の技術確立の予定。実用化・事業化においてはCO<sub>2</sub>貯留技術やカーボンリサイクル開発・普及と連携する。
- 2025年頃に中小型IGFCの技術確立の予定。実用化・事業化においては燃料電池、GTFC技術開発・普及と連携する。

## 【実用化・事業化向けの課題と解決方針】

- IGCCの実用化・事業化については、商用規模へのガス化炉をスケールアップが課題である。これまでの研究開発でパイロットから本実証試験で8倍のスケールアップの適用性を確認しており、商用機は実証機の2～3倍が想定されることから、実証機でのスケールアップの考え方を踏襲することで実現可能と考えられる。

## 【市場ニーズ】

- 国内では、エネルギー安定供給の観点から、石炭利用は有望であるが、一方で環境面からCO<sub>2</sub>排出量を削減する必要があり、高効率石炭火力発電技術並びにCO<sub>2</sub>分離・回収技術の実用化・事業化が求められている。
- 国内では、2050年に向けた電力需要は、省エネの促進、人口減少に伴い若干低下すると予測されるが、エネルギーセキュリティの観点及び再生可能エネルギー大量導入に伴う負荷調整電源として火力のニーズが期待され、石炭火力も一定量リプレース需要が見込める。
- 一方、海外においては、新興国を中心に人口増加、経済発展に伴いエネルギー需要が高まり、石炭火力のニーズが多い。高効率石炭火力発電技術を導入することで、地球温暖化対策に貢献できる。

62

## ◆ 成果の実用化・事業化の見通し

(2 / 2)

## 【競合技術に対する性能及びコスト】

- 酸素吹き一室二段噴流床ガス化炉により、高いガス化効率(発電効率)が得られる。
- ガス化炉構造が耐火・水冷壁構造であり、適用炭種幅が広い。
- 再生可能エネルギーとの親和性(負荷追従性が良い)が高い。
- CO<sub>2</sub>分離・回収技術との組み合わせでは、エネルギーロスが少なく最も効率的である。
- 燃料電池と組み合わせたIGFC/CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCは飛躍的な発電効率の向上が期待できる。
- IGCCではイニシャルコストは微粉炭火力(USC)より若干高くなるが、低品位の石炭が使用できることから、発電原価としては微粉炭火力とほぼ同等、並びに高圧プロセスにより、CO<sub>2</sub>分離・回収技術の低コスト化が図れる。

## 【量産化技術の確立の見通し】

- IGCCを構成するガスタービン、ガス精製については、製造技術の量産化は既に確立されている。一方、ガス化炉については、微粉炭火力(USC)のボイラーのように、市場でニーズが高まれば、メーカーで製作技術の自動化・合理化検討が進められ量産化されると共に、量産化に伴いコストの削減も期待できる。

63



◆ 波及効果

- 技術的には、酸素吹方式で生成した石炭ガス化ガスはN<sub>2</sub>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、産業用途への活用も期待できる。また、CO<sub>2</sub>分離回数技術については、EORが実用化されている国では、既にCO<sub>2</sub>に価値があり、実用化できる可能性があると共に、今後CR研究の進展・実用化に伴い、CO<sub>2</sub>を資源とし化学品、燃料、鉱物利用が期待できる。
- 経済的には、IGCC/IGFC及びCO<sub>2</sub>分離・回収設備が標準化されれば、数兆円規模の石炭火力リプレイス需要が期待できる。また、1ユニットあたり建設中の4年間に毎年約1000人規模の雇用が創出できる。
- 社会的効果としては、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC/IGFCが実用化できれば大幅なCO<sub>2</sub>排出量の削減に貢献できる。
- 人材育成は、実証試験を通じ、若手後継者の育成及びユーザーとメーカーの技術交流により相乗効果が生まれている。