

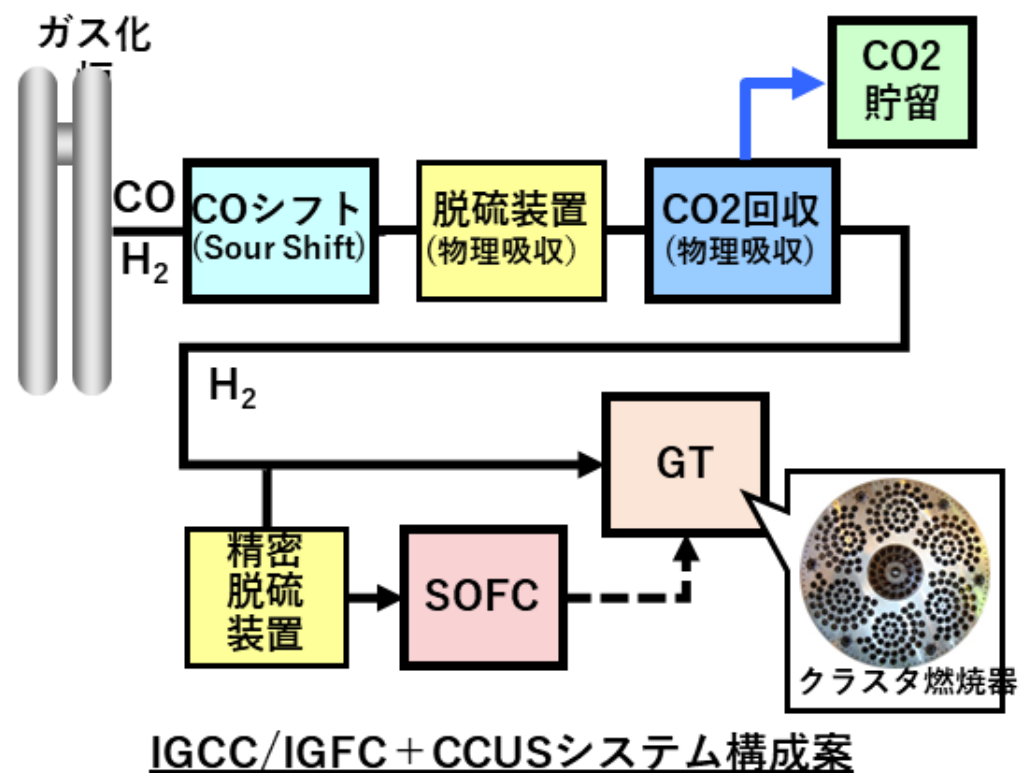
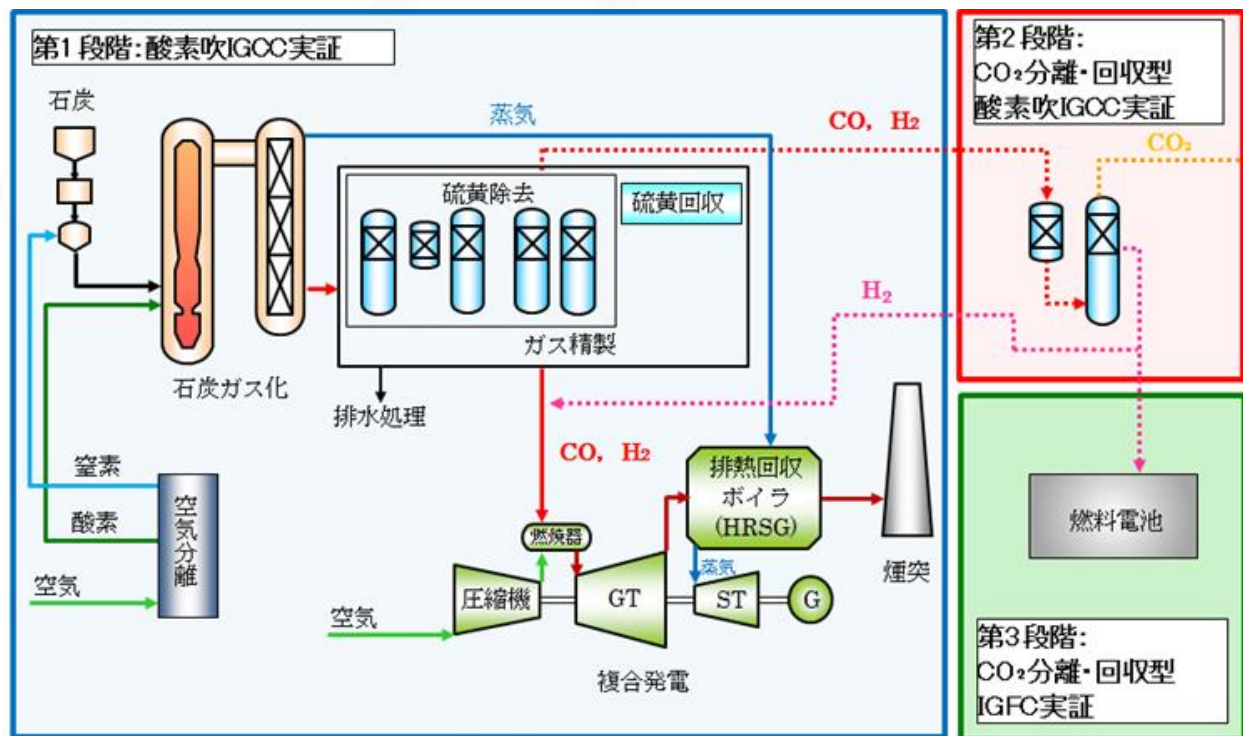
「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／  
①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」(中間評価)  
2016年度～2025年度 10年間

プロジェクトの概要(公開版)

2023年11月 6日

# 本プロジェクトの概要

- ・火力発電の効率化、カーボンニュートラル化を目指し、IGCC、IGFCとCO<sub>2</sub>分離・回収技術を組み合わせたCO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC/IGFC実証事業を実施。（大崎クールジェン株式会社にて実施）
- ・負荷変動対応の重要性が増加したためフォローアップ技術開発として、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCのCO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動に対応するガスタービン燃焼器に係る要素技術開発の実施。（三菱重工業株式会社にて実施）

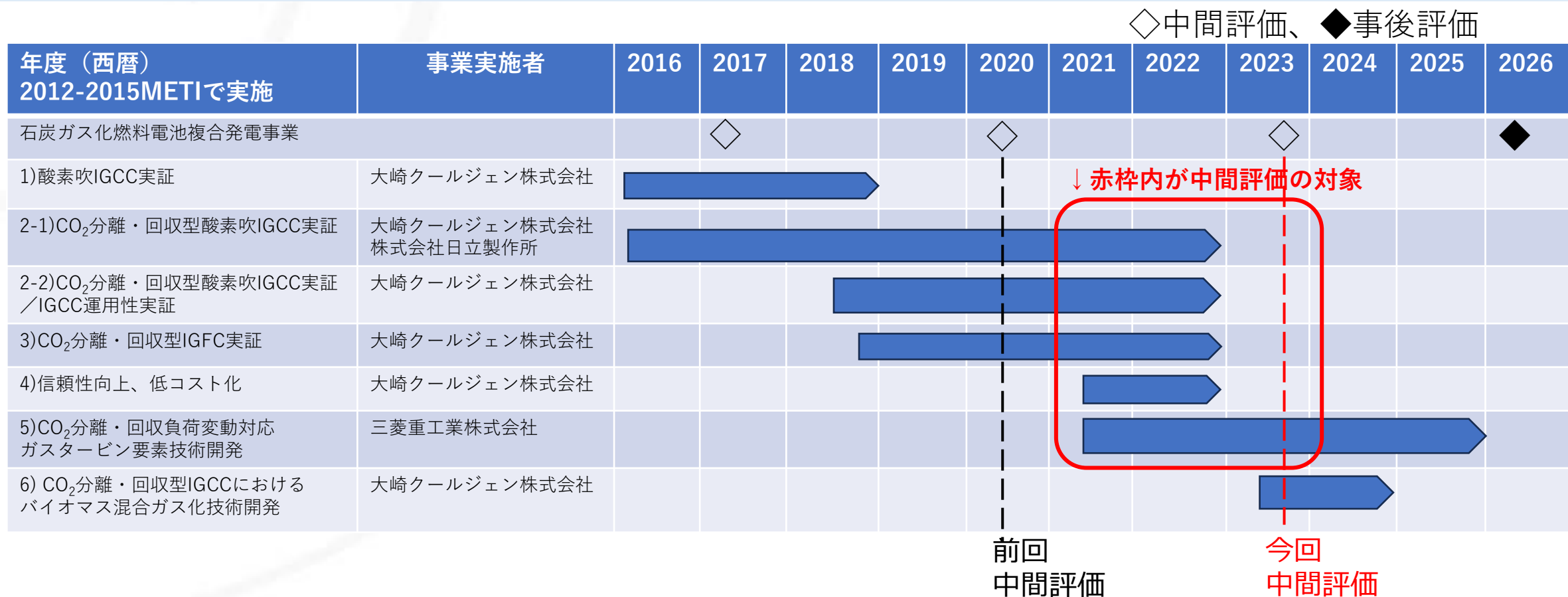


※石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業にはCO<sub>2</sub>輸送及び貯留試験は含まれていない。

# 中間評価の対象範囲



本PJの実施期間は、2016年度から2025年度までの10年間であり、2020年度まで実施した4事業については中間評価にて評価を実施済みである。今回の中間評価では2020年以降に継続した5事業が対象となる。



# 中間評価期間内のエネルギー基本計画の変化



エネルギー基本計画では、第5次、第6次を通じて石炭火力に対して「再生可能エネルギーに対する出力調整の必要性」、「高効率化、CO<sub>2</sub>排出量削減の技術開発」が述べられており、「脱炭素化」との表現を追加しながら開発の推進が述べられている。

## < 前回中間評価時 > : 2018年7月「第5次エネルギー基本計画」

【3. 一次エネルギー構造における各エネルギー源の位置づけと政策の基本方針 (3) 石炭 P20】

・石炭火力発電は、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、**適切に出力調整を行う必要性が高まると見込まれる。**

・**発電効率を大きく向上し、発電量当たりの温室効果ガス排出量を抜本的に下げるための技術等(IGCC、CCUSなど)の開発を更に進める。**

出典：経済産業省 「第5次エネルギー基本計画（平成30年7月）」  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/pdf/180703.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf)

## < 中間評価時 > : 2021年10月「第6次エネルギー基本計画」

【火力発電の今後の在り方】

・レジリエンス向上への寄与度等の観点から、**適切な火力のポートフォリオを維持**していく。

・当面は再生可能エネルギーの**変動性を補う調整力・供給力としても必要**である。

・**脱炭素化**を見据えつつ、次世代の高効率石炭火力発電技術である**石炭ガス化複合発電 (IGCC) や石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC) などの技術開発等を推進**する。

出典：経済産業省 第6次エネルギー基本計画（令和3年10月）  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/)

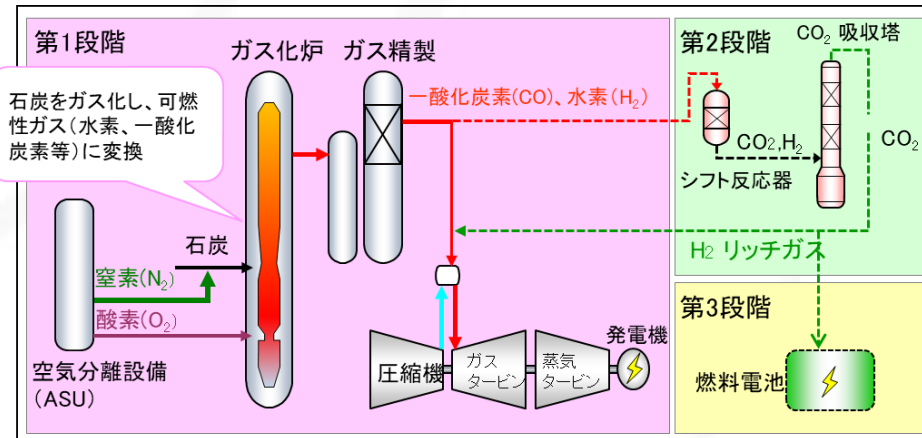
- 第一段階としてIGFCの基幹技術である酸素吹IGCCの実証試験設備により、性能（発電効率、環境性能）、運用性（起動停止時間、負荷変化率等）、経済性及び信頼性などを検証。  
**（酸素吹IGCC実証）**
- 第二段階として、酸素吹IGCC実証試験設備とCO<sub>2</sub>分離・回収設備を組み合わせて、CO<sub>2</sub>分離・回収型石炭火力システムとしての性能、運用性、信頼性及び経済性に係る実証などを実施。  
**（CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証、IGCC運用性実証、低温作動型サワーシフト触媒実証研究）**
- 第三段階として、CO<sub>2</sub>分離・回収後の水素リッチガスを燃料電池に供給した場合の基本特性、運用性および信頼性を確認、および商用機（500MW級）のシステム効率検証を実施。  
**（CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証）**
- 更に、2020年度中間評価の指摘を踏まえ、運用上のノウハウ積み上げの観点から「**信頼性向上・低コスト化実証**」を実施。CO<sub>2</sub>分離・回収の重要性上昇から、CO<sub>2</sub>分離・回収の負荷変動に対応するためのフォローアップ技術開発として、「**CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発**」を実施。（経緯は「進捗管理：中間評価結果への対応」に記載。）
- また、更なる脱炭素化を進めるため、バイオマス燃料を用いた混合ガス化を行う「**CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発**」の取組を開始。（2023年、2024年）

# カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／ ①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業

## プロジェクトの概要

エネルギー基本計画では、火力発電について、レジリエンス向上への寄与度等の観点から、適切なポートフォリオを維持するとされている。また、火力発電のエネルギーセキュリティの観点から石炭の活用も重要であり、高効率発電をしつつCO<sub>2</sub>排出量を大幅に削減できる技術が必要になる。

本事業は、高効率発電技術であるIGCC、IGFC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、高効率発電を行うシステムの技術の確立を目的としている。



## 既存プロジェクトとの関係

2002～2012年度 EAGLEプロジェクト

2015～2017年度 燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術要素研究

2016～2021年度 ガスタービン燃料電池複合発電技術開発

2016～2021年度 燃料電池石炭ガス適用性研究

## 事業計画

期間: 2016～2025年度(10年間)

総事業費(NEDO負担分): 309.7億円(予定)(助成)

### <研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模>

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1)酸素吹IGCC実証	→										
2-1)CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証	→										
2-2)CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証/IGCC運用性実証			→								
3)CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証			→								
4)信頼性向上・低コスト化						→					
5)CO <sub>2</sub> 分離・回収負荷返管対応ガスタービン要素技術開発						→					
評価時期		中間評価			中間評価		中間評価				終了時評価
予算(億円)	119.7	89.7	114.2	107.6	67.3	102.3	61.7	17.2	5.1	4.8	

## 想定する出口イメージ等

アウトプット目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>酸素吹IGCC、CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCの技術開発を完了。</li> <li>CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCの500MW級商用機に適用した場合に、CO<sub>2</sub>回収率90%の条件で、47%程度の発電効率達成の見通しを得る。</li> <li>ガスタービン用水素混焼燃焼器の基礎形状確立</li> </ul>
アウトカム目標	CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGCC、IGFC商用機を社会実装し、石炭火力発電設備を高効率化、CO <sub>2</sub> 削減する。

## 1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

- (1)本事業の位置づけ・意義
- (2)アウトカム達成までの道筋
- (3)知的財産・標準化戦略

## 2. 目標及び達成状況(概要)

- (1)アウトカム目標と達成見込み
- (2)アウトプット目標と達成状況

## 3. マネジメント

- (1)実施体制
- (2)受益者負担の考え方
- (3)研究開発計画

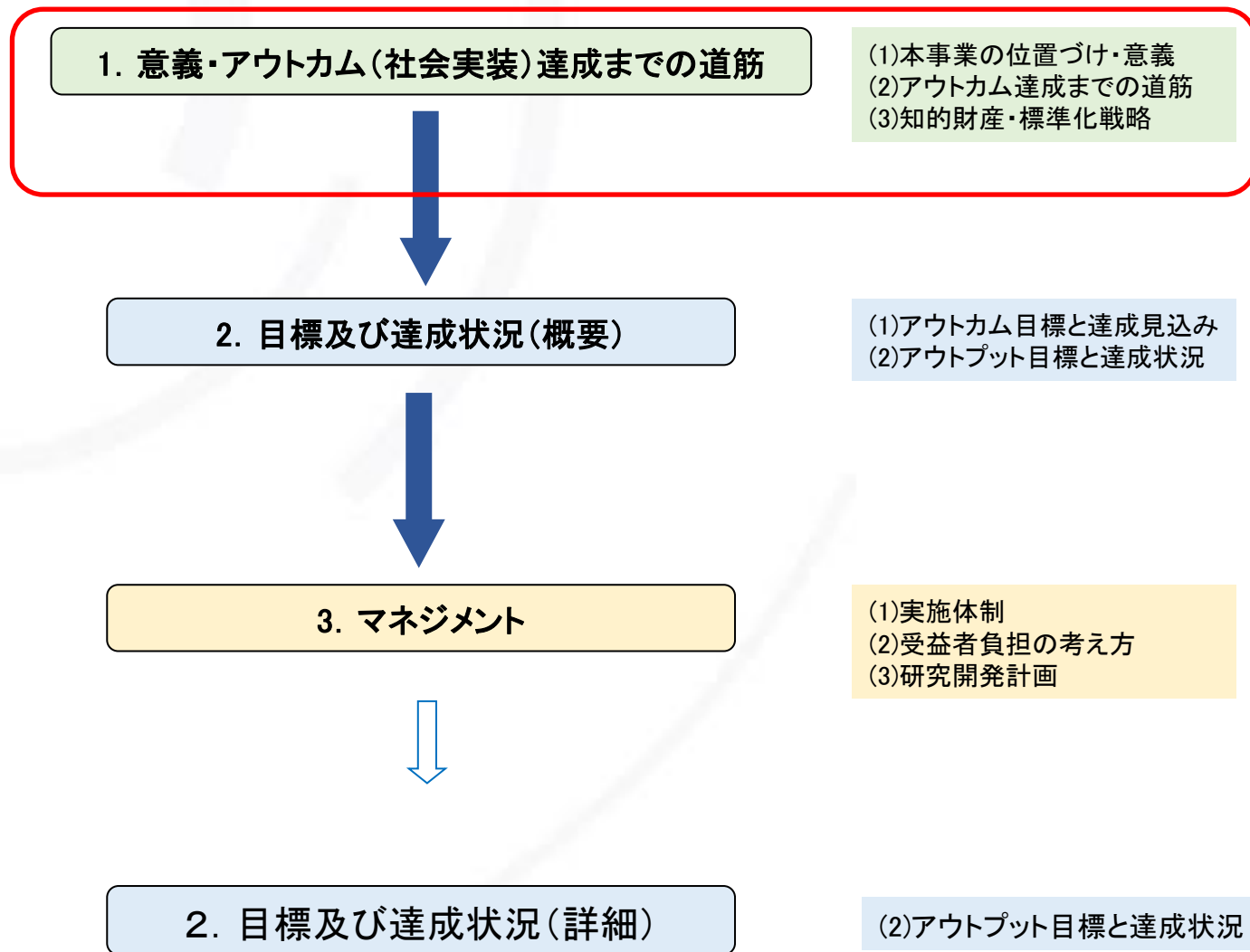
## 2. 目標及び達成状況(詳細)

- (2)アウトプット目標と達成状況

## ＜評価項目 1＞ 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略





## 事業の背景・目的・将来像

### 背景

- エネルギー基本計画では、火力発電について、レジリエンス向上への寄与度等の観点から、適切なポートフォリオを維持するとされている。
- 更に、石炭火力に対して「再生可能エネルギーに対する出力調整の必要性」、「高効率化、CO<sub>2</sub>排出量削減の技術開発の推進」が述べられている。

### 目的

- 高効率発電技術（IGCC、IGFC）とCO<sub>2</sub>分離・回収技術を組み合わせることにより、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高効率発電を行うシステムの技術を確立する

### 将来像

- 石炭火力発電所に対して、本PJの成果を反映し、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC/IGFCを社会実装することで、石炭火力発電所の高効率化・脱炭素化を推進する。

## 政策・施策・技術戦略上における位置づけ

「エネルギー基本計画」において、石炭火力は、再生可能エネルギーを最大限導入する中で調整電源としての役割が期待されるが、電源構成における比率は、安定供給の確保を大前提に低減される一方で、脱炭素化を見据えつつ、次世代の高効率石炭火力発電技術であるIGCCや石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）などの技術開発等を推進することとしている。

### < 前回中間評価時 > : 2018年7月「第5次エネルギー基本計画」

【3. 一次エネルギー構造における各エネルギー源の位置づけと政策の基本方針 (3) 石炭 P20】

・石炭火力発電は、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、**適切に出力調整を行う必要性が高まると見込まれる。**

・**発電効率を大きく向上し、発電量当たりの温室効果ガス排出量を抜本的に下げるための技術等(IGCC、CCUSなど)の開発を更に進める。**

出典：経済産業省 「第5次エネルギー基本計画（平成30年7月）」  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/pdf/180703.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf)

### < 中間評価時 > : 2021年10月「第6次エネルギー基本計画」

【火力発電の今後の在り方】

・レジリエンス向上への寄与度等の観点から、**適切な火力のポートフォリオを維持**していく。

・当面は再生可能エネルギーの**変動性を補う調整力・供給力としても必要**である。

・**脱炭素化**を見据えつつ、次世代の高効率石炭火力発電技術である**石炭ガス化複合発電（IGCC）や石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）などの技術開発等を推進**する。

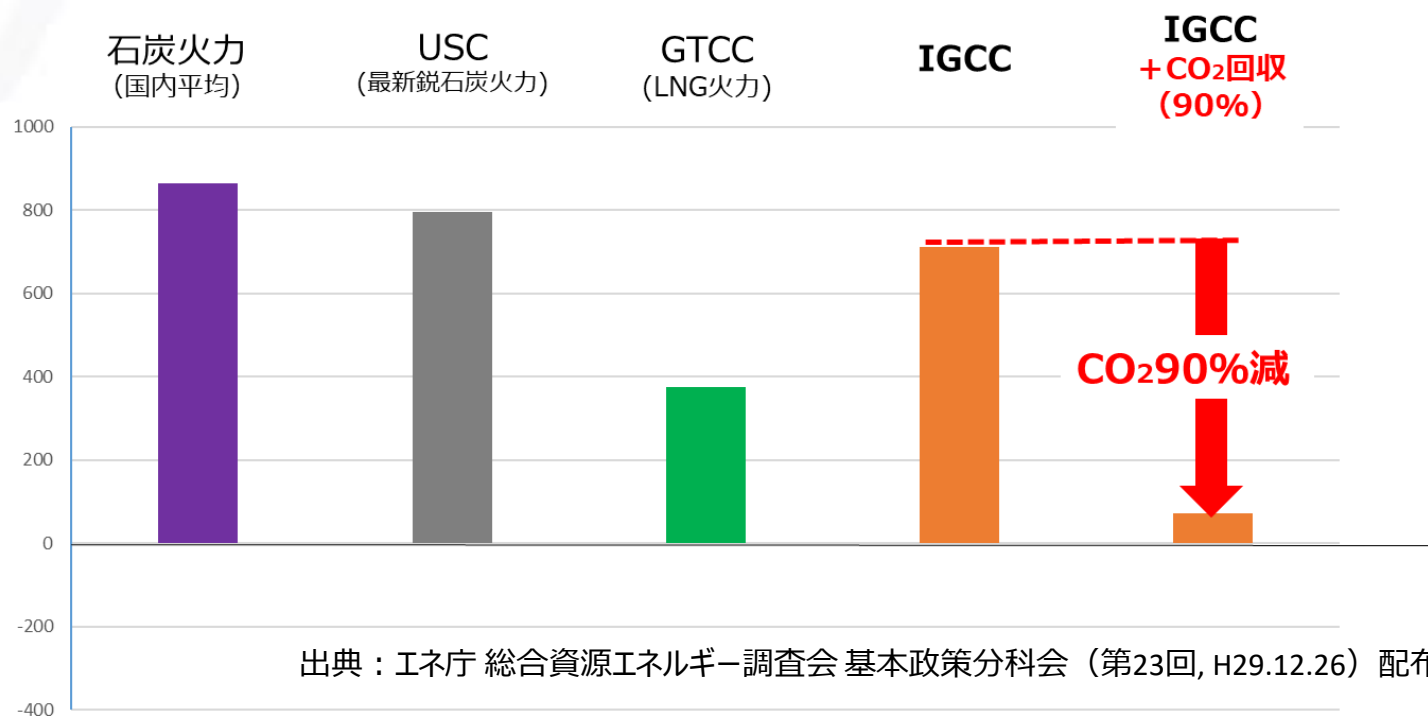
出典：経済産業省 第6次エネルギー基本計画（令和3年10月）  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/)

## 参考(1/2)

CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC/IGFCとCCUSの組み合わせにより、USCと比較して送電端効率を同等以上としつつ、CO<sub>2</sub>をほとんど排出しない石炭火力の実現の可能性がある。

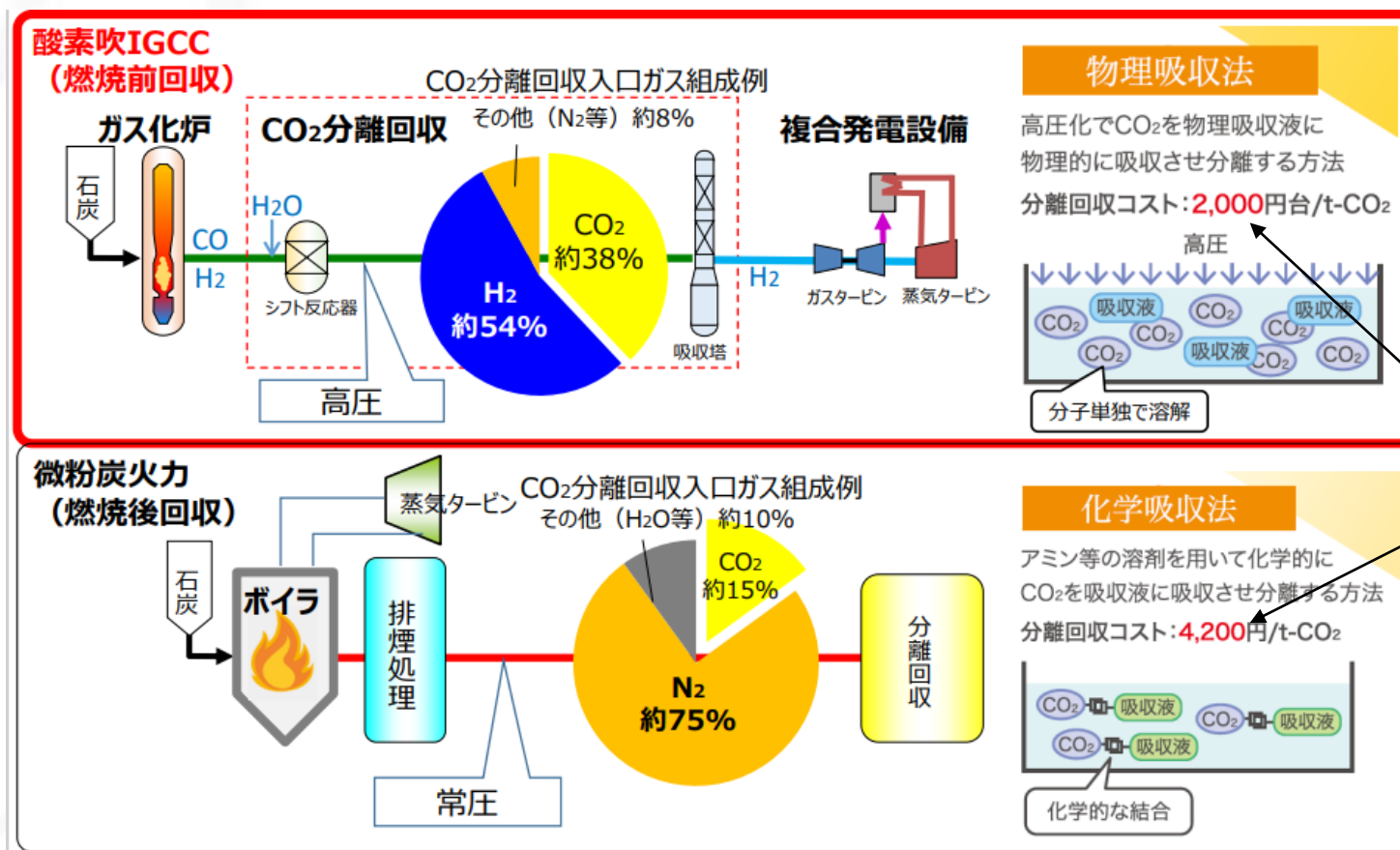
<発電量当たりのCO<sub>2</sub>排出量比較>

(g-CO<sub>2</sub>/kWh)



# 参考(2/2)

酸素吹IGCCは、高圧かつ高濃度CO<sub>2</sub>石炭ガス化ガスを発生するため、CO<sub>2</sub>分離回収方法として圧力を有効利用できる**物理吸収法**との組み合わせが適しており、分離回収コストも低減できる可能性がある。



次世代火力発電協議会 (第4回会合) 資料2より

# 国内外の動向と比較

- 日本国内では勿来、広野のIGCCが運開した。
- 海外では、休止している事例が多い。

## 【海外プロジェクトの例】

### Taeon

- 韓国 KOWEPO社
- 発電端出力 300MW
- 2016 運転開始

### GreenGen

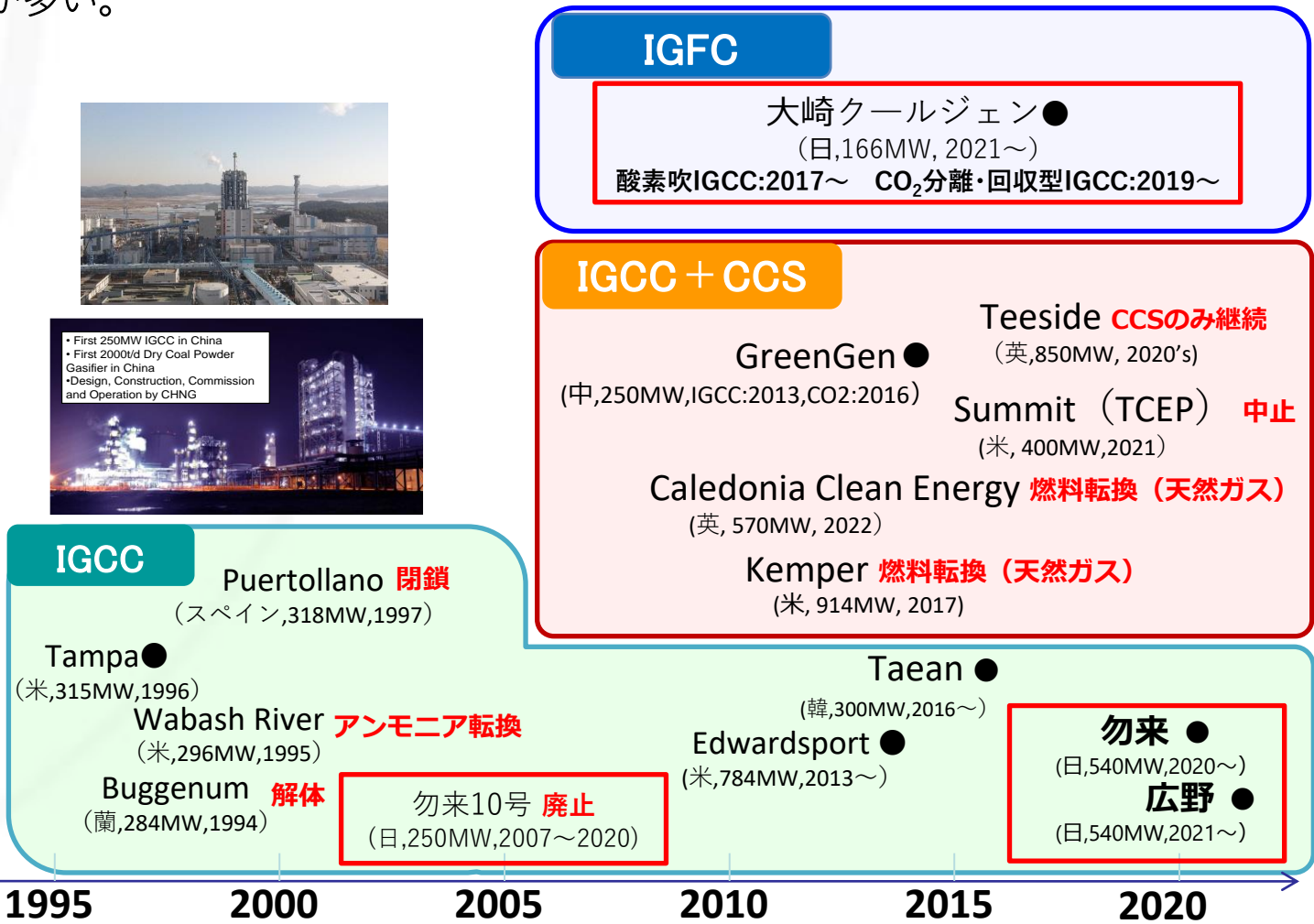
- 中国 GreenGen社
- 発電容量 250MW~400MW
- 2013 運転開始



• First 250MW IGCC in China  
• First 2000t/d Dry Coal Powder Gasifier in China  
• Design, Construction, Commission and Operation by CHNG

● 運転中  
○ 建設中  
△ 計画中  
年数は運転予定時期

□ : 日本プロジェクト



出展: 2020年度石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業(中間評価)をアップデート

# 他事業との関係

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

2012～2015年度 METI事業期間  
2016～2025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」 (2012～2025年度)

- ・ 酸素吹IGCC実証
- ・ CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証
- ・ CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 (IGCC運用性実証)
- ・ CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証
- ・ IGCC (IGFC) の信頼性、低コスト化に係る実証
- ・ CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動に対応するガスタービンに係る要素技術開発
- ・ CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発 (2023年度開始)

## 次世代火力発電基盤技術開発

- ・ 燃料電池向け石炭ガスクリーンアップ技術要素研究 (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

- ・ 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

(2020～2026年度) ※2020年度開始

- 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)

分離・回収したCO<sub>2</sub>の貯留

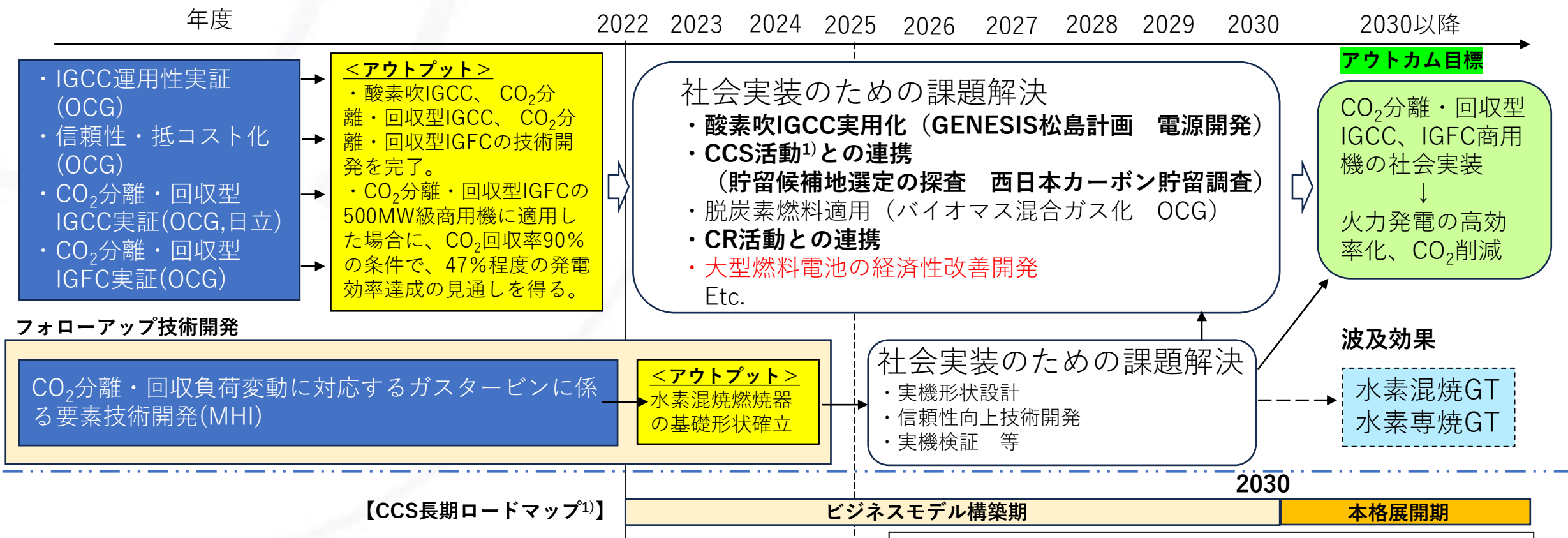
## CCUS研究開発・実証関連事業

(2018～2026年度)

- ①苫小牧におけるCCUS大規模実証試験
- ②安全なCCS実施のためのCO<sub>2</sub>貯留技術の研究開発
- ③CCUS技術に関連する調査

# アウトカム達成までの道筋

CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC、IGFCについては、技術開発成果を活用して社会実装のための課題解決の検討を進め、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC、IGFC商用機の社会実装を行い、火力発電の高効率化、CO<sub>2</sub>削減を進める。一方、CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動に対応するガスタービン燃焼器の要素技術開発を2025年度までに行い、成果を活用して社会実装のための課題解決の検討を進め、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC、IGFC商用機の社会実装に活用する。



1) 「令和5年3月CCS長期ロードマップ最終とりまとめ」の目標では「2030年度以降に本格的にCCS事業を展開する。」としている。



# 知的財産・標準化

## ● 知的財産

### ・ 知的財産の帰属

知的財産権はすべて**発明等をなした機関に帰属**

### ・ 知財戦略

知財戦略としては実用化・事業化を見据えた上で**クローズ領域とオープン領域を適切に設定**

< 事例 >

- 1) 酸素吹IGCC実証
- 2-1) CO<sub>2</sub>分離・回収型  
酸素吹IGCC実証
- 2-2) CO<sub>2</sub>分離・回収型  
酸素吹IGCC実証  
/IGCC運用性実証
- 3) CO<sub>2</sub>分離・回収型  
IGFC実証
- 4) 信頼性向上・低コスト化

	非競争域	競争域
公開	< 学会等で広く一般に公開 >	実証試験で得られた成果・知見のうち、権利化する方が有利な技術は権利化。 また、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に知財協定を締結し、その内容に応じて権利化を行う。
非公開	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のうち、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なものはノウハウ化する。 また、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、その内容に応じてノウハウ化（秘匿化）を行う。	

→ 積極的に  
権利化

→ ノウハウとして  
秘匿

## ● 標準化

副生物として発生する石炭ガス化スラグの信頼性向上、普及促進に向けたJIS A5011-5:2020の制定に協力。

# 知的財産管理

## ●知的財産管理

<事例>

- 1)酸素吹IGCC実証
- 2-1)CO<sub>2</sub>分離・回収型  
酸素吹IGCC実証
- 2-2)CO<sub>2</sub>分離・回収型  
酸素吹IGCC実証  
/IGCC運用性実証
- 3)CO<sub>2</sub>分離・回収型  
IGFC実証
- 4)信頼性向上・低コスト化

### 大崎クールジェン株式会社 (OCG)

本事業において発生する知的財産に関しては、中国電力・電源開発・大崎クールジェンで共有される。

### 株式会社日立製作所 (日立)

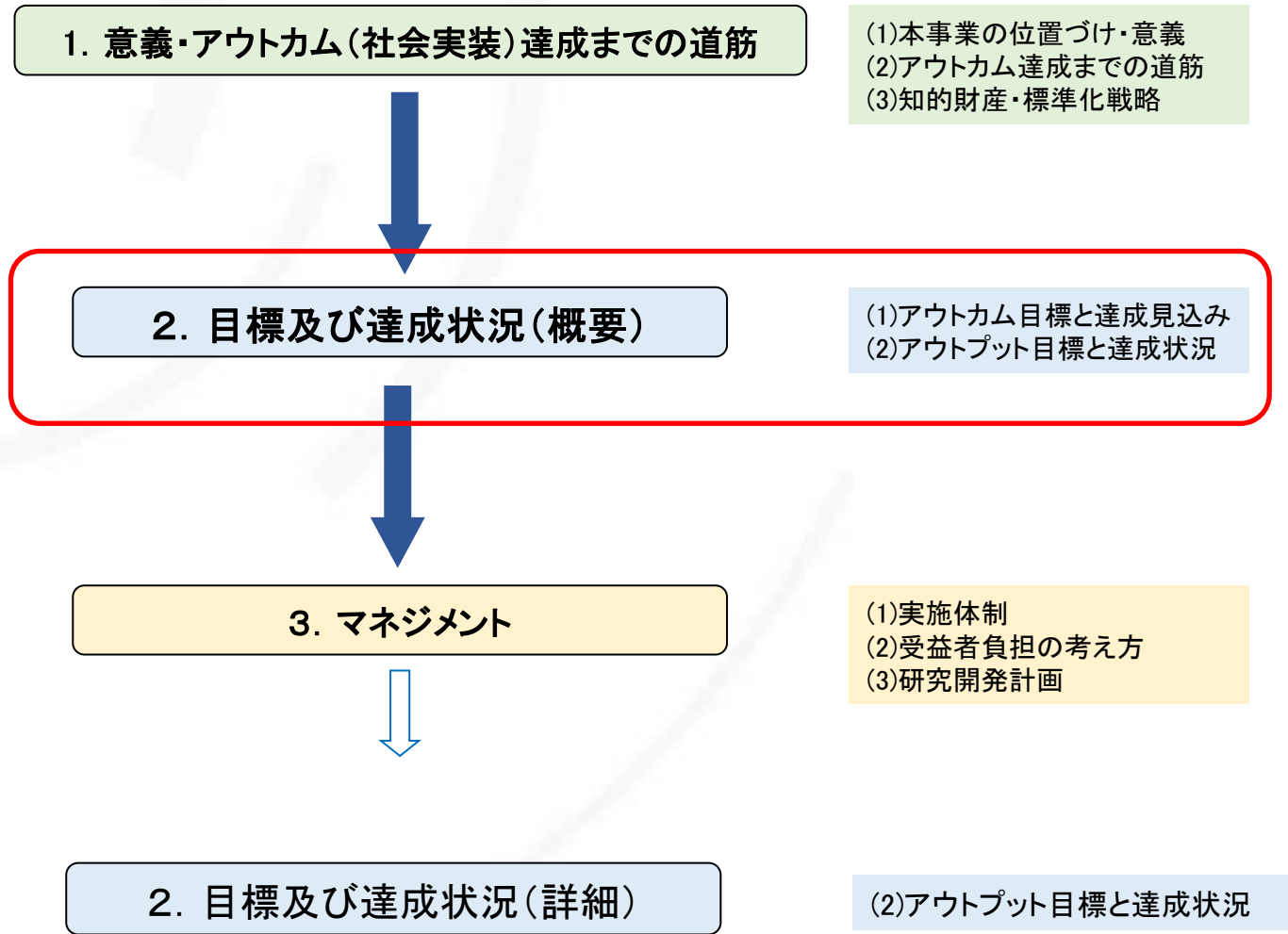
助成事業を進めるにあたりOCGと契約締結「助成事業を通じて得た知財はOCG/日立 権利持分1/2で共同出願」

### 三菱重工業株式会社 (MHI)

助成事業を進めるにあたりOCGと契約締結「本研究開発に基づいて得られた成果はOCG/MHI 権利持分1/2、出願は共同」

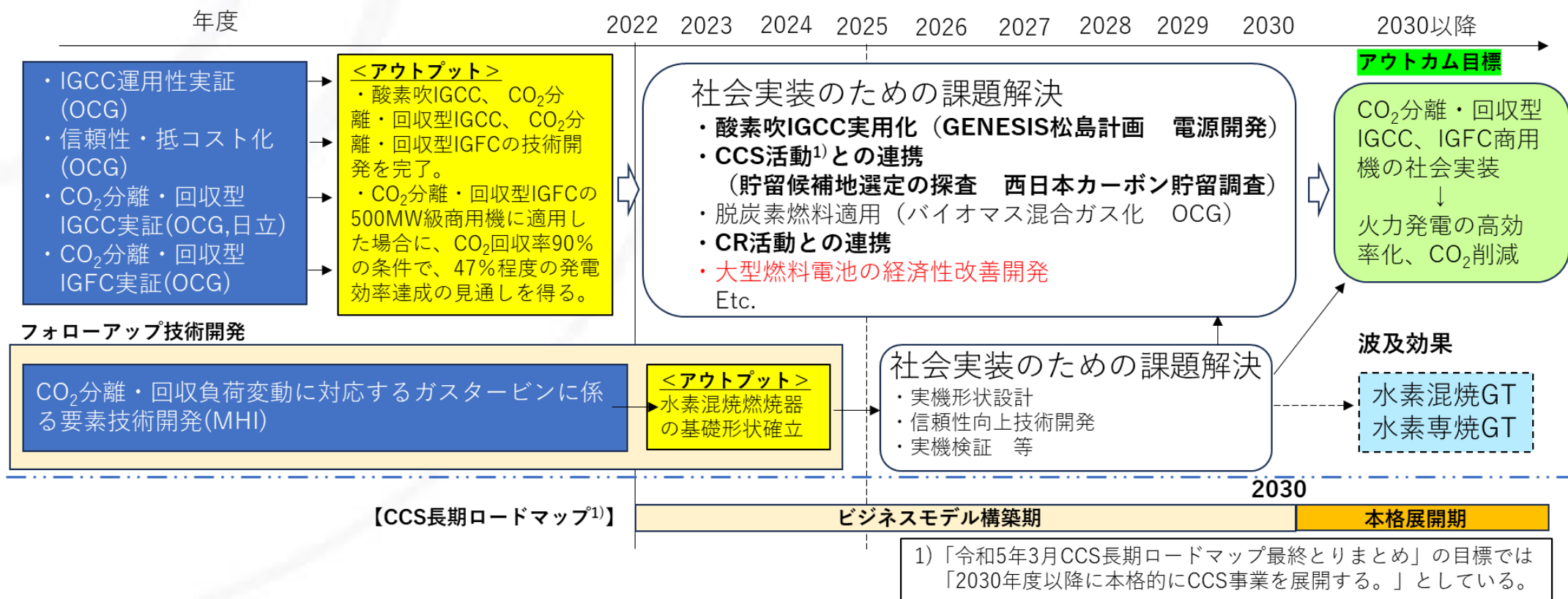
## ＜評価項目 2＞ 目標及び達成状況

- (1)アウトカム目標及び達成見込み
- (2)アウトプット目標及び達成状況



# アウトカム目標の設定及び根拠

アウトカム目標	根拠
CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGCC、IGFC商用機の社会実装 ↓ 火力発電の高効率化、CO <sub>2</sub> 削減	エネルギー基本計画において「温室効果ガスの大気中への排出を更に抑えるため、IGCC・IGFC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」、「脱炭素化を見据えつつ、次世代の高効率石炭火力発電技術である石炭ガス化複合発電(IGCC)や石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)などの技術開発等を推進する。」としている。



## 本事業における「実用化・事業化」の考え方

### ➤ 本事業における「実用化・事業化」の考え方

#### 「実用化・事業化」の定義

本事業の成果を活用したCO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC、IGFC商用機の社会への導入が進み、電力供給が行われることを「実用化・事業化」という。

## アウトカム目標の達成見通し

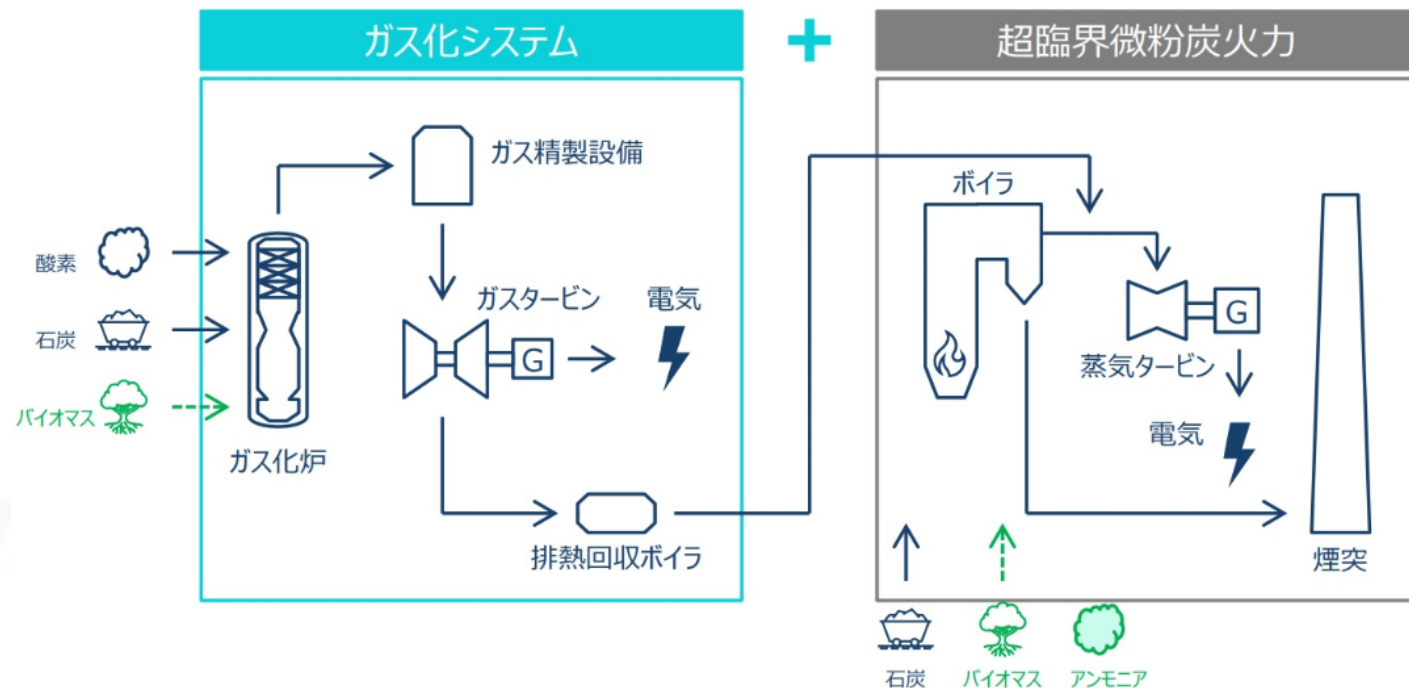
### ➤ アウトカム目標の達成見込み

○電源開発(株)は、本事業の成果を活用して、既存の松島火力発電所にガス化システムを追設する**GENESIS松島計画**を発表している。

GENESIS松島計画は、将来的にCCS(CO<sub>2</sub>地中貯留)が実現した際にはCO<sub>2</sub>分離・回収設備を併設出来る計画となっている。

○電源開発(株)は、国内CCSの事業化に向けた準備を加速するため、合併会社「西日本カーボン貯留調査株式会社」を設立し、JOGMECの令和5年度「先進的CCS事業の実施に係る調査」に採択されており、CO<sub>2</sub>貯留ポテンシャルが見込まれる西日本地域において、**CO<sub>2</sub>貯留候補地選定のための探査・評価**など事業化に向けた準備を推進している。

○一方、**大型燃料電池に関してはコストの低減**が必要であり、製造メーカーでの技術開発が必要である。



GENESIS松島計画概念図

◇これらの活動により、「実用化・事業化」が進み、「アウトカム目標」であるCO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC、IGFC商用機の社会実装が進む可能性がある。

## 波及効果

- 国内において、IGCCの建設コストは30.4万円/kWと試算されている[1]。IGCC商用機、500MW級1ユニットが導入された場合、建設による経済効果は1,520億円と考えられる。[注]
- また、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCの建設コストは36.6万円/kWと試算されている[1]。CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC商用機、500MW級1ユニットが導入された場合、建設による経済効果は1,830億円と考えられる。[注]
- 雇用経済効果として、出力500MW級IGCC建設により、1ユニットあたり建設中の4年間に毎年約1,000人[2]規模の雇用が新たに創出される。
- 水素混焼GTは、GT単体としての製品化につながるとともに、専焼GTへ技術展開が可能であり、水素混焼GT、水素専焼GTの社会実装につながる。

[1]総合資源エネルギー調査会 発電コスト検証WG(第8回会合)資料3

[2]エコプロダクツ2009 クリーンコールセミナー資料より

[注]IGFCの建設コストは、公表データが無いため、事業の波及効果を扱う本ページでは、公表データのある IGCC、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCの建設による経済効果を記載した。



## 費用対効果

### 【インプット】

#### ・プロジェクト費用の総額

第1段階 酸素吹IGCC実証(助成率:1/3)	: 助成額 70億円(事業費 210億円)
第2段階 CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証(助成率:2/3)	: 助成額 123億円(事業費 185億円)
第2段階 IGCC運用性検証(助成率:1/3)	: 助成額 59億円(事業費 177億円)
第3段階 CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証(助成率:1/2)	: 助成額 33億円(事業費 67億円)
信頼性向上・低コスト化(助成率:1/3)	: 助成額 1.5億円(事業費 4.5億円)

### 【アウトカム目標達成時の効果】

CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC 500MW 級(送電端出力 356MW)の 商用機 で、稼働率 70%を想定した発電売上を想定

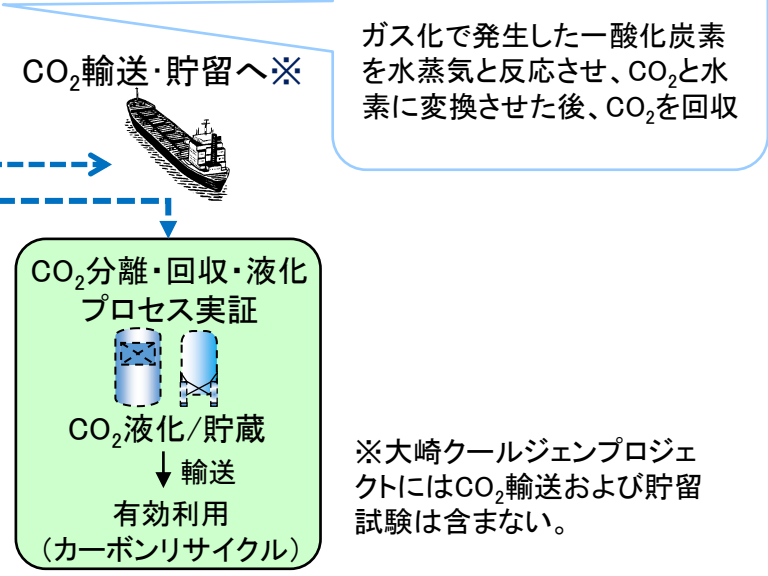
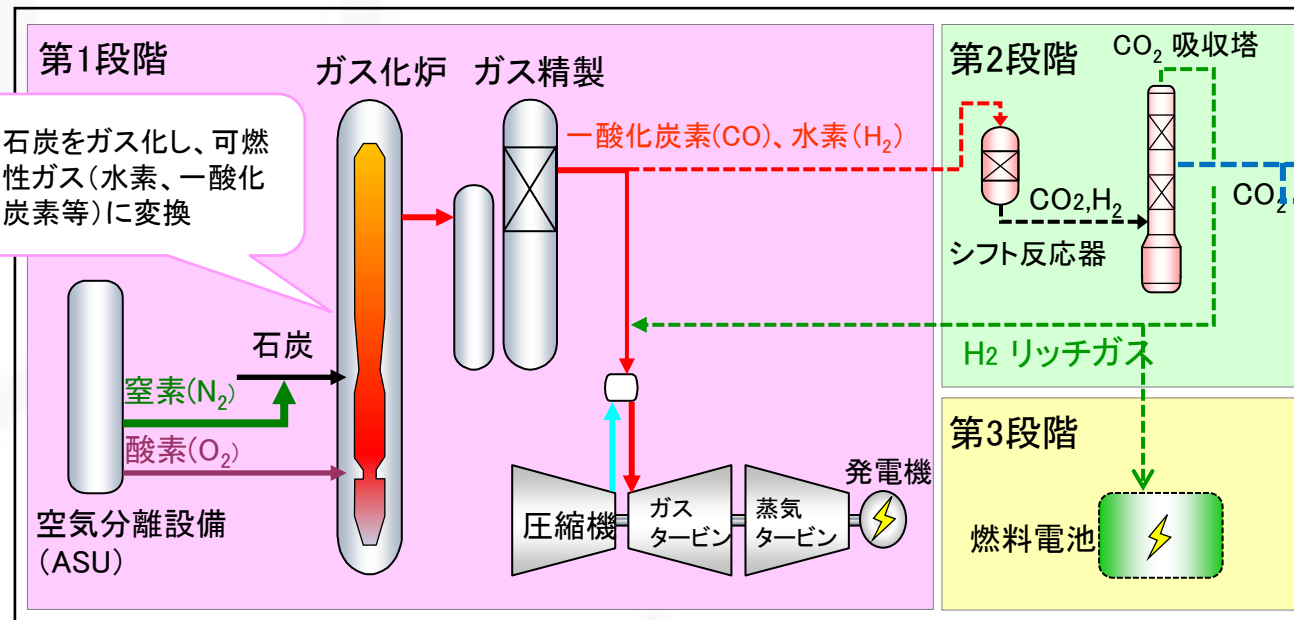
・売上予測(運開後15年) 257.6億円/年、累積3,865億円

CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC 500MW級商用機1機の年間当たりの対USC比のCO<sub>2</sub>削減効果は以下の通り。

・CO<sub>2</sub>削減効果(USCと比較) 230万ton/年

# アウトプット(研究開発成果)のイメージ

- 1) 酸素吹IGCC実証
- 2-1) CO<sub>2</sub>分離・回収型 酸素吹IGCC実証
- 2-2) CO<sub>2</sub>分離・回収型 酸素吹IGCC実証 /IGCC運用性実証
- 3) CO<sub>2</sub>分離・回収型 IGFC実証
- 4) 信頼性向上・低コスト化



**第1段階**  
**①: 酸素吹IGCC実証**  
 (2012年度～2018年度)  
 IGFC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)、経済性及び信頼性などを検証した。

**第2段階**  
**②-1: 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、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などを実施した。  
**②-2: IGCC運用性実証**  
 (2018年度～2022年度)  
 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、その運用性などを検証した。

**第3段階:**  
**③: CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証**  
 (2018年度～2022年度)  
 CO<sub>2</sub>分離・回収後の水素リッチガスを供給した場合の基本特性、運用性および信頼性を確認、および商用機(500MW級)のシステム効率検証を実施した。

**④: IGCC(IGFC)の信頼性向上、低コスト化に係る実証**  
 (2021年度～2022年度)  
 酸素吹IGCCについて、これまで明らかとなった課題に加え、酸素吹IGCC商用機へ向けた設計評価改善など、更に掘り下げた検討を実施した。

ガス化で発生した一酸化炭素を水蒸気と反応させ、CO<sub>2</sub>と水素に変換させた後、CO<sub>2</sub>を回収

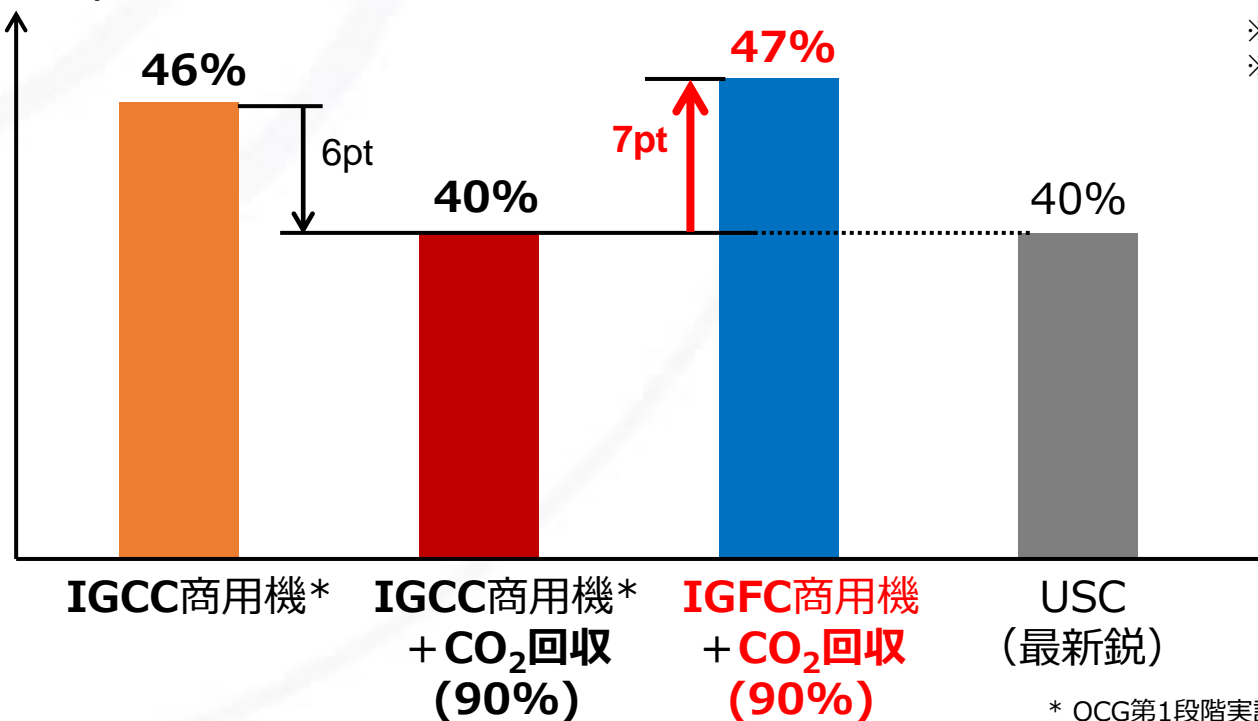
※大崎クールジェンプロジェクトにはCO<sub>2</sub>輸送および貯留試験は含まない。

# アウトプット(研究開発成果)のイメージ

- 1) 酸素吹IGCC実証
- 2-1) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証
- 2-2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証/IGCC運用性実証
- 3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証
- 4) 信頼性向上・低コスト化

項目	目標	実績	達成状況
基本性能	▶ CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC商用機（500MW級）として、CO <sub>2</sub> 回収率90%の条件で、発電効率47% <sup>※1</sup> （送電端、HHV <sup>※2</sup> ）程度の見通しを得る。	・実証試験、シミュレーション結果から、47.0%達成の見通しを得た	<div style="background-color: #008080; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px; display: inline-block;">目標達成</div>

送電端効率 [η] [HHV]



- ※1 発電効率には分離回収プロセスまでを含む(貯留に係る動力は含まない)
- ※2 高位発熱量基準

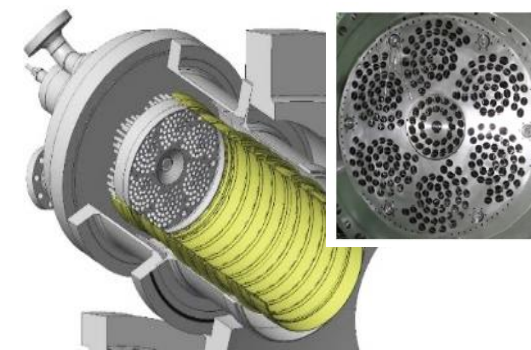
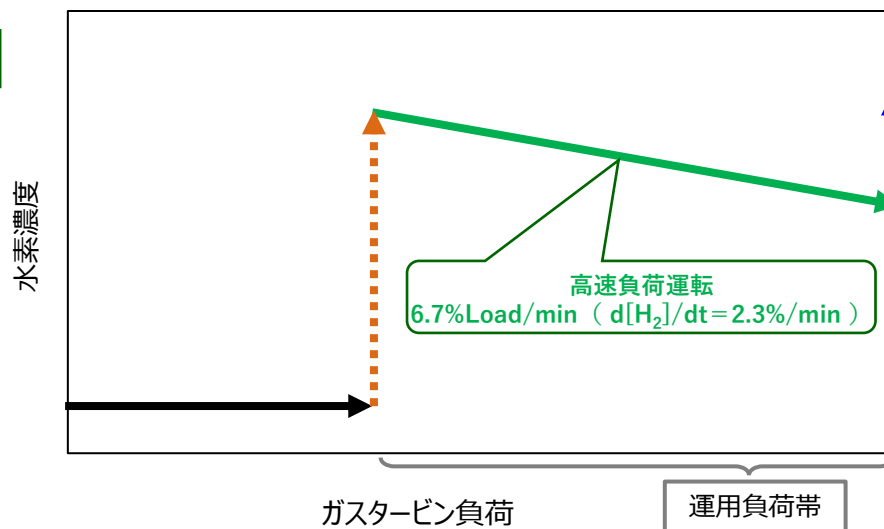
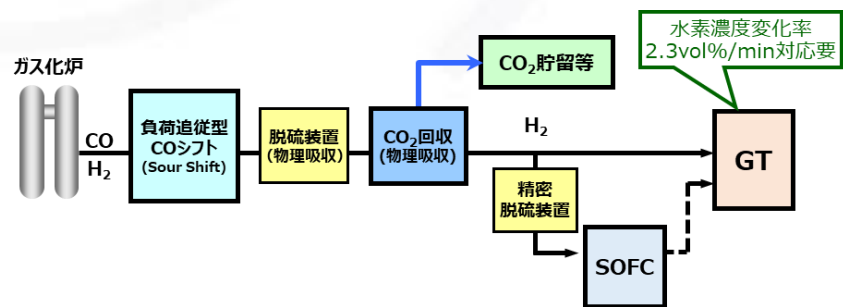
CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC/IGFCは、CO<sub>2</sub>回収を行いつつUSCと同等以上の送電端効率が達成出来る目処を得た。

\* OCG第1段階実証試験成果をもとに試算

# アウトプット(研究開発成果)のイメージ

5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

- ・ 負荷変化6.7%/min (水素濃度変化率 2.3vol%/min)に追従可能な、IGCC/IGFCシステムの立案。
- ・ 水素混焼率25%~100%で燃焼可能な水素混焼燃焼器の開発



マルチクラスタ燃焼器

# アウトプット目標の達成状況

「①：酸素吹IGCC実証」、「②-1：CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証」、「②-2：IGCC運用性実証」、「③：CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証」、「④：IGCC (IGFC) の信頼性向上、低コスト化に係る実証」の各事業は、アウトプット目標を達成している。

「⑤：CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動に対応するガスタービンに係る要素技術開発」の事業では、中間目標の水素混焼率0～100%で安定燃焼可能なバーナコンセプトを設計し、モデルバーナ燃焼試験で確認を行っており、2024年3月までに工事を完了し、課題解決する見込みである。

事業名称・研究開発項目	アウトプット目標	成果（実績） (2023年8月)	達成度	達成の根拠／解決方針
①：酸素吹IGCC実証 ②-1：CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証 ②-2：IGCC運用性実証 ③：CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証 ④：IGCC (IGFC) の信頼性向上、低コスト化に係る実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酸素吹IGCC、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCの技術開発を完了する。</li> <li>・CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCの500MW級商業機に適用した場合に、CO<sub>2</sub>回収率90%の条件で、47%程度の発電効率達成の見通しを得る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酸素吹IGCC、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCの技術開発を完了した。</li> <li>・CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCの500MW級商業機に適用した場合に、CO<sub>2</sub>回収率90%の条件で、47%程度の発電効率達成の見通しを得た。</li> </ul>	○	-
事業名称・研究開発項目	中間目標	成果（実績） (2023年8月)	中間目標達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
⑤：CO <sub>2</sub> 分離・回収負荷変動に対応するガスタービンに係る要素技術開発	中間目標 <ul style="list-style-type: none"> <li>・H<sub>2</sub>=25～100 vol%対応燃焼器の設計完了。</li> <li>・高温・高圧条件での水素/天然ガス混合ガスの試験が可能なブローダウン燃焼試験設備設置工事の完了、および装置試運転完了 (アウトプット目標)</li> <li>(水素混焼燃焼器の基礎形状確立)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水素混焼率0～100%で安定燃焼可能なバーナコンセプトを設計しモデルバーナ燃焼試験で確認。</li> <li>・H<sub>2</sub>=25～100%対応に向けた大型燃焼器における課題を抽出。</li> <li>・燃焼試験設備向け装置機器の詳細仕様を決定し、製作を開始した。</li> <li>・主要機器を設置する部分の基礎工事を完了した。</li> </ul>	○  2024年3月に達成見込み	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水素高濃度で、燃焼振動と逆火現象が発生する課題があるが、対策ノズルで解決の見込み。</li> <li>・計画通り工事を進捗しており、計画通り完成見込。</li> </ul>

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

## 研究開発成果の意義(副次的成果)

### <カーボンニュートラル>

- 高効率石炭火力発電システム (IGCC、IGFC) に対して、CO<sub>2</sub>分離・回収設備を組み合わせることで、システム性能や課題を明らかにし、CO<sub>2</sub>分離・回収しつつ、高効率発電が出来る見通しが得られた。
- 本事業のベースとなる石炭ガス化技術の確立により、カーボンニュートラル実現に有効となるCCUSと組み合わせた火力発電所やブルー水素製造への技術展開が可能となる。
- IGCCは、負荷変動対応に有効な発電技術であるという知見が得られた。
- カーボンリサイクルに向け、石炭由来のCO<sub>2</sub>有効利用の可能性を追求する取組を社会に周知した。

### <人材育成>

- 本事業によって、石炭ガス化技術、技能の国内での維持継続を行っている。
- 学会発表のテーマとしても扱われ、当該分野の人材育成にも貢献している。

## 特許出願及び論文発表

必要な論文発表・特許出願等を実施している。

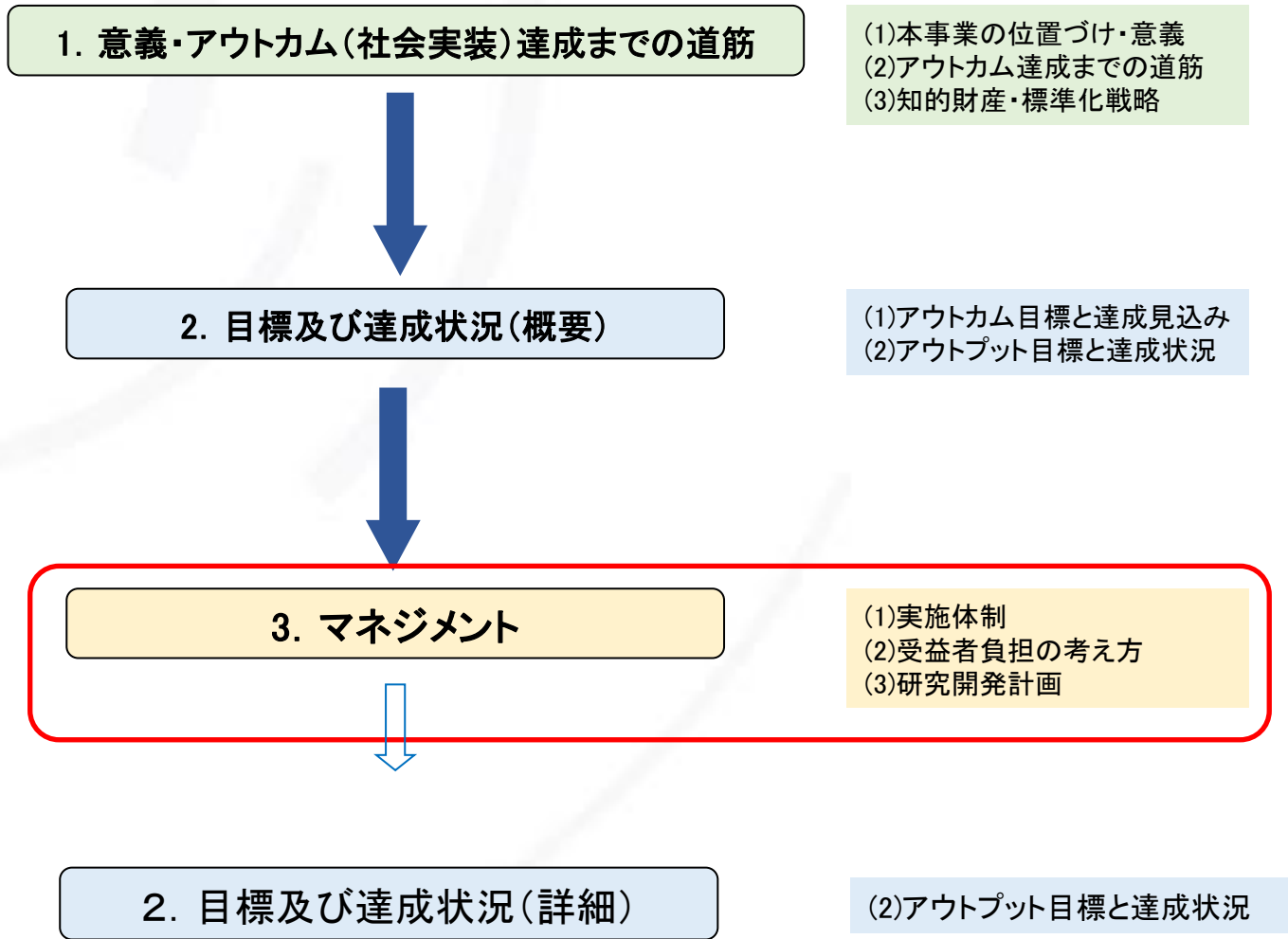
	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	計 [件]
特許出願 (うち外国出願)	0	0	0	0	0	0	0	3(0)	2(1)	1(0)	3(0)	0(0)	9(1)
論文	1	3	3	3	6	4	1	5	1	5	4	1	37
研究発表・講演	5	3	10	13	15	18	15	20	7	15	8	2	131
受賞実績	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	4
新聞・雑誌等 への掲載	5	2	11	5	6	11	8	27	5	5	7	0	92
展示会への出 展	0	0	0	0	2	0	1	5	0	2	1	0	11

※2023年8月23日現在

## ＜評価項目 3＞ マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画





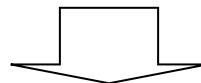
## NEDOが実施する意義

「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。
- 更に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効果が見込めるため、社会的必要性が高い。

「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。
- CO<sub>2</sub>分離回収を伴うシステムは、民間企業では事業成立が難しく扱えない。
- 研究開発の難易度が高く、投資規模も大きいいため、民間企業だけではリスクが高い。

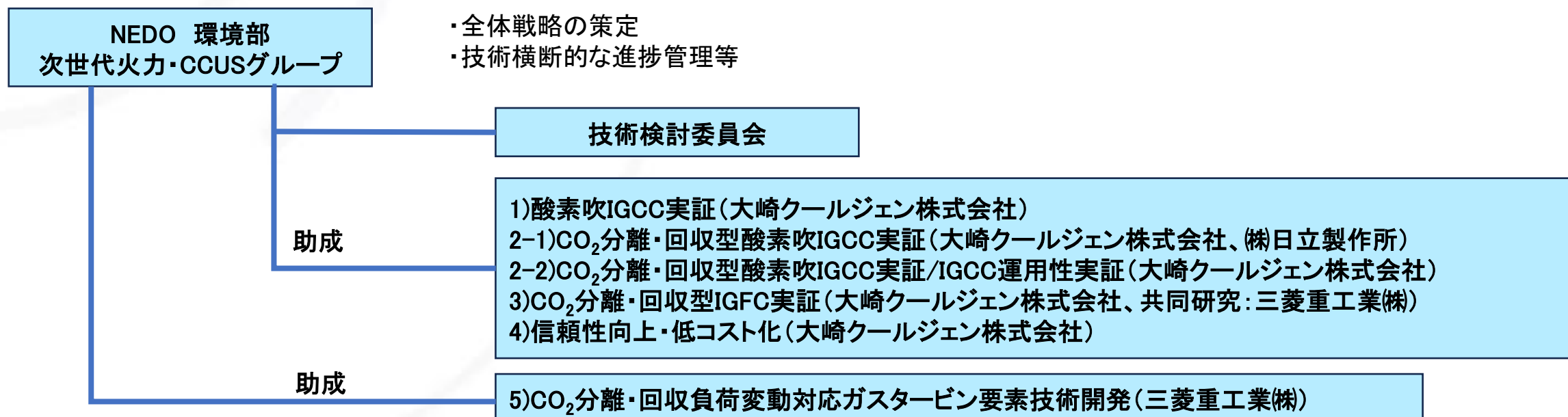


**N E D O が も つ こ れ ま で の 知 識 、 実 績 を 活 か し て 推 進 す べ き 事 業**

## 実施体制(責任体制)

1)、2-1)、2-2)、3)、4)の事業は技術検討委員会を設置し、外部有識者からの助言を事業計画に反映する体制を構築した。

5)の事業は、ガスタービンの要素技術開発を、並行した事業として実施している。



# 個別事業の採択プロセス

4)信頼性向上・低コスト化

5)CO<sub>2</sub>分離・回収負荷返答対応ガスタービン要素技術開発

## 【公募】

公募予告(2021年5月7日)⇒公募(2021年6月30日)⇒公募×切(2021年7月30日)

## 【採択】

採択審査委員会(2021年8月16日)

採択審査項目;NEDOの標準的採択審査項目を用いて①申請内容の評価、②申請者の評価、③成果の実用化、の3項目を中心に評価し、各項目の重要度に応じた重み付け係数を変更して行った。

採択条件;なし

## 【採択審査委員】

区分	氏名	所属	役職
委員長	藤岡 祐一	福岡女子大学 国際文理学部 環境科学科	教授
委員	板谷 義紀	岐阜大学 工学部 機械工学科	教授
委員	清水 忠明	新潟大学 工学部 工学科 化学システム工学プログラム	教授
委員	巽 孝夫	株式会社 I N P E X 再生可能エネルギー・新分野事業本部	テクニカルコンサルタント
委員	中澤 治久	火力原子力発電技術協会	専務理事
委員	成瀬 一郎	名古屋大学 未来材料・システム研究所	所長、教授

## 予算及び受益者負担

本PJで対象とする技術開発は、実証事業であることから助成事業として**技術的難易度の高い事業** (2-1) CO<sub>2</sub>分離・回収設備, 3) IGFC, 5) 水素混焼GT) の補助率を高く設定し実施した。

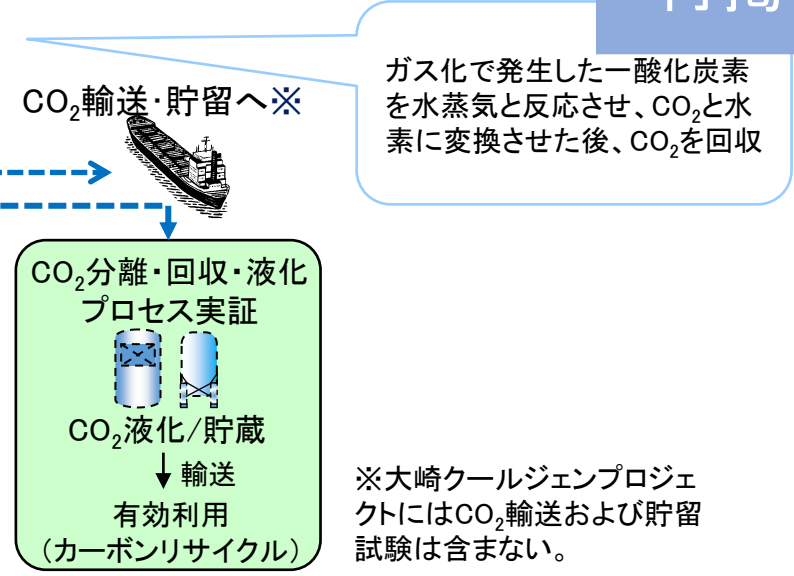
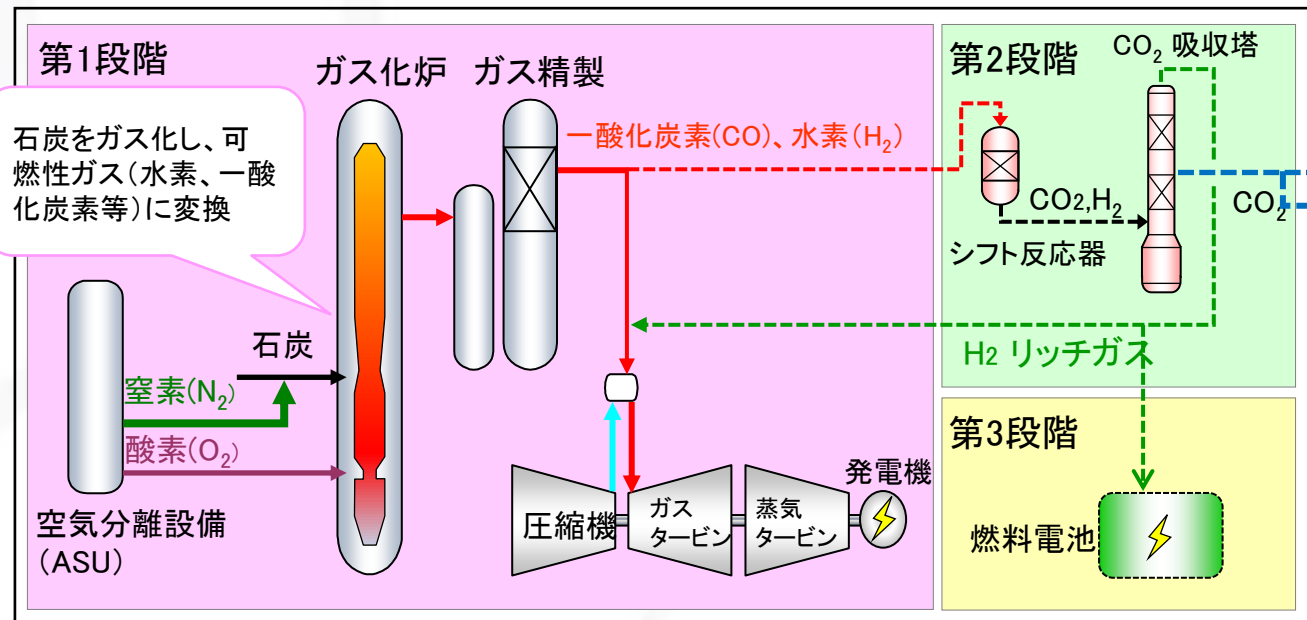
◇中間評価

年度 (西暦)	事業実施者	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	合計	
石炭ガス化燃料電池複合発電事業			◇			◇			◇			—	
1) 酸素吹IGCC実証 (補助率1/3)	大崎クールジェン株式会社	▶											—
2-1) CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証 (補助率2/3)	大崎クールジェン株式会社 株式会社日立製作所	▶											—
2-2) CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証 /IGCC運用性実証 (補助率1/3)	大崎クールジェン株式会社			▶									—
3) CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証 (補助率1/2)	大崎クールジェン株式会社			▶									—
4) 信頼性向上、低コスト化 (補助率1/3)	大崎クールジェン株式会社						▶						—
5) CO <sub>2</sub> 分離・回収負荷変動対応 ガスタービン要素技術開発 (補助率1/2)	三菱重工業株式会社						▶						—
<b>事業費合計(億円)</b>		<b>119.7</b>	<b>89.7</b>	<b>114.2</b>	<b>107.6</b>	<b>67.3</b>	<b>102.3</b>	<b>61.7</b>	<b>17.2</b>	<b>5.1</b>	<b>4.8</b>	<b>689.6</b>	

↓ 赤枠内が中間評価の対象

# アウトプット(研究開発成果)のイメージ

- 1)酸素吹IGCC実証
- 2-1)CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証
- 2-2)CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証/IGCC運用性実証
- 3)CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証
- 4)信頼性向上・低コスト化



**第1段階**

①: 酸素吹IGCC実証 (2012年度～2018年度)

IGFC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)、経済性及び信頼性などを検証した。

**第2段階**

②-1: 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、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などを実施した。

②-2: IGCC運用性実証 (2018年度～2022年度)

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、その運用性などを検証した。

**第3段階:**

③: CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証 (2018年度～2022年度)

CO<sub>2</sub>分離・回収後の水素リッチガスを供給した場合の基本特性、運用性および信頼性を確認、および商用機(500MW級)のシステム効率検証を実施した。

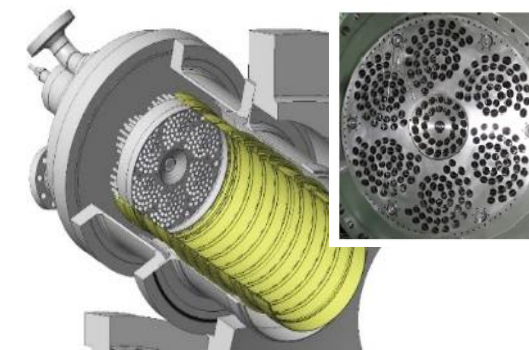
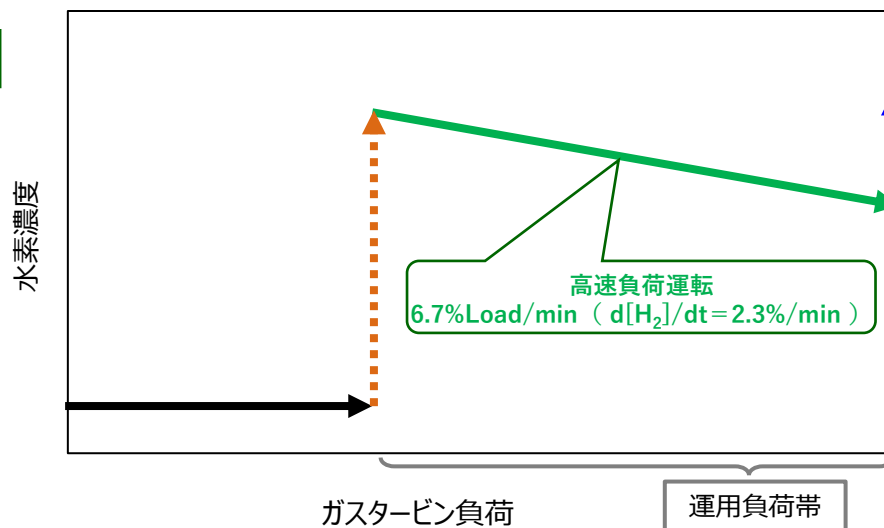
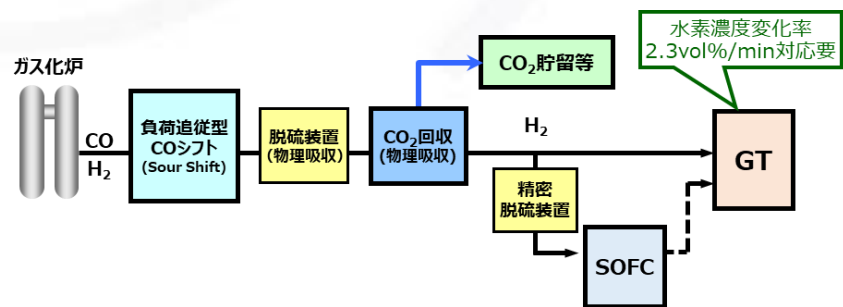
④: IGCC(IGFC)の信頼性向上、低コスト化に係る実証 (2021年度～2022年度)

酸素吹IGCCについて、これまで明らかとなった課題に加え、酸素吹IGCC商用機へ向けた設計評価改善など、更に掘り下げた検討を実施した。

# アウトプット(研究開発成果)のイメージ

5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

- ・ 負荷変化6.7%/min (水素濃度変化率 2.3vol%/min)に追従可能な、IGCC/IGFCシステムの立案。
- ・ 水素混焼率25%~100%で燃焼可能な水素混焼燃焼器の開発



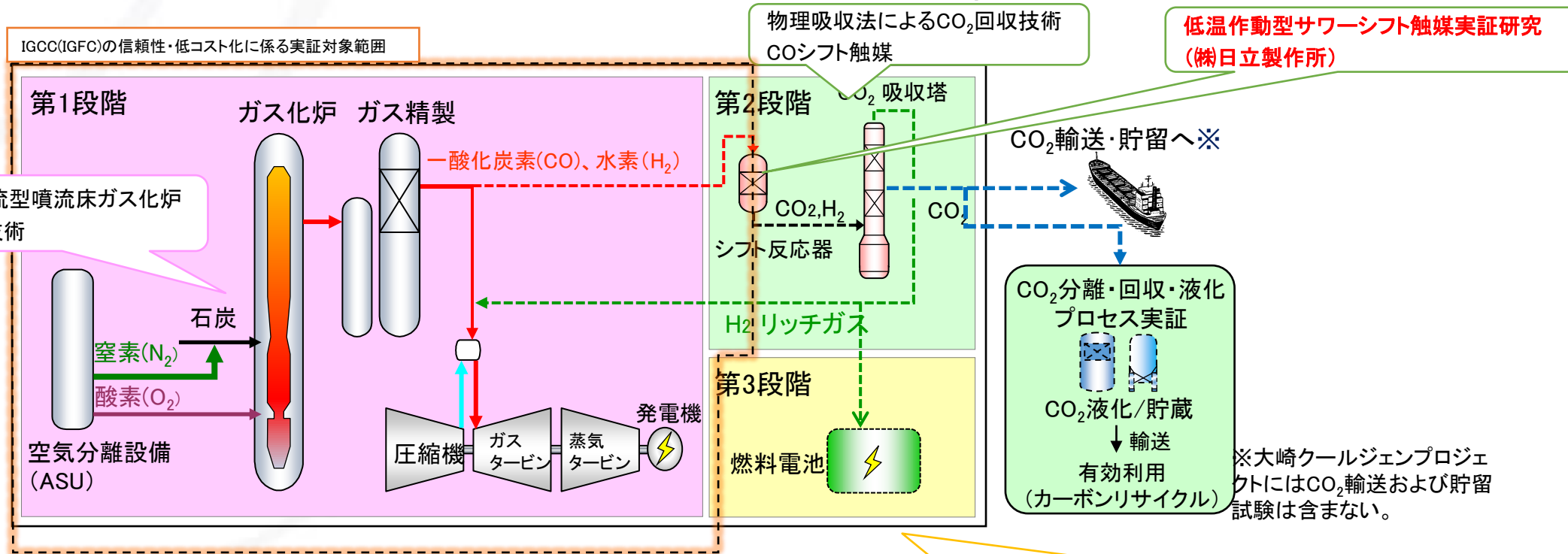
マルチクラスタ燃焼器

# 目標達成に必要な要素技術

- 1) 酸素吹IGCC実証
- 2-1) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証
- 2-2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証/IGCC運用性実証
- 3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証
- 4) 信頼性向上・低コスト化

第1段階(酸素吹IGCC実証)、第2段階(CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証、IGCC運用性実証)、第3段階(CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証)、IGCC(IGFC)の信頼性向上・低コスト化に係る実証において、目標達成に必要な要素技術を取り入れて実施し、目標を達成した。

(具体例)





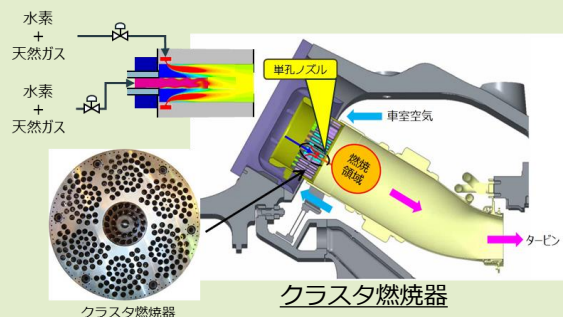
# 目標達成に必要な要素技術

## 5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

### A. 広範な水素濃度変化に対応可能なGT燃焼技術開発

水素濃度25~100 vol%に対応可能な**GT燃焼技術の開発**

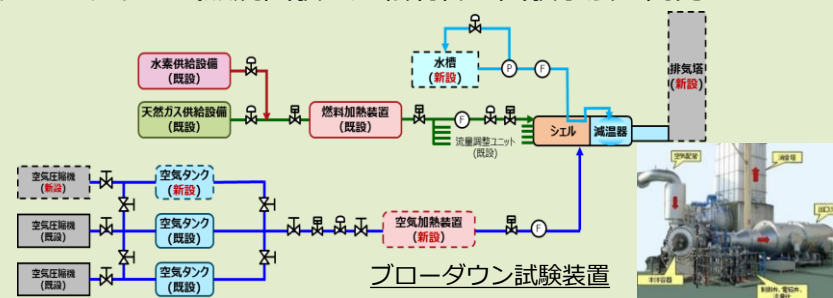
- 水素濃度25~100 vol%に対して、逆火耐性と保炎性を両立し、低NO<sub>x</sub>を実現する燃焼技術の開発
- 高速負荷変化運転を実現する水素濃度変化率2.3 vol%/min 以上を満たす燃焼技術の開発



### B. ブローダウン燃焼試験設備開発

燃焼器開発を加速する**燃焼試験設備の開発**

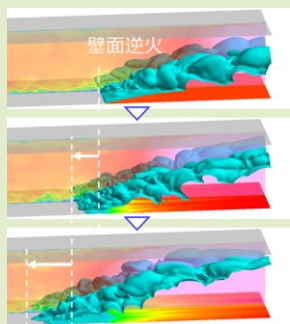
- 実機相当の温度・圧力条件にて、水素/天然ガス混合ガスの水素濃度、水素濃度変化率の試験が可能な燃焼試験設備開発
- 任意の燃焼振動周波数を再現できる燃焼試験設備開発
- ブローダウン式燃焼試験の運転制御・試験手法の開発



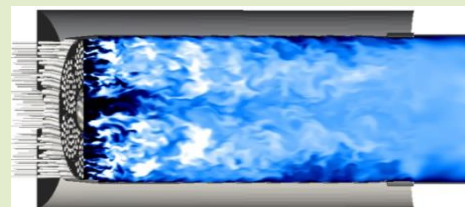
### C. 水素燃焼解析技術の開発 (京大)

水素燃焼の逆火・燃焼振動を再現する**燃焼解析技術開発**

- 燃焼解析による壁面逆火発生メカニズムの評価
- 燃焼解析による燃焼振動発生メカニズムの評価



壁面逆火現象

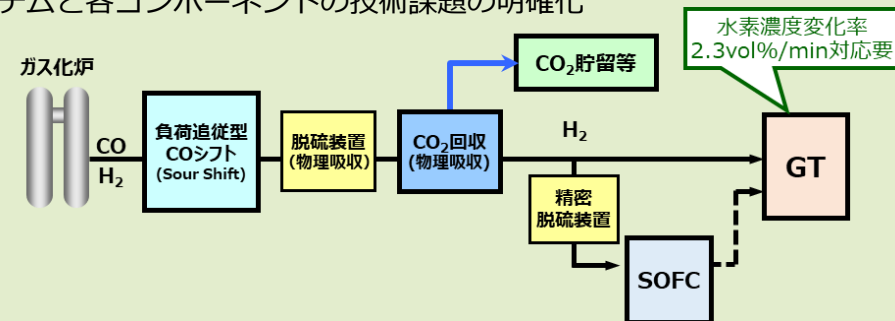


実機燃焼器の解析例

### D. IGCC+CCUS/IGFC+CCUSシステム検討

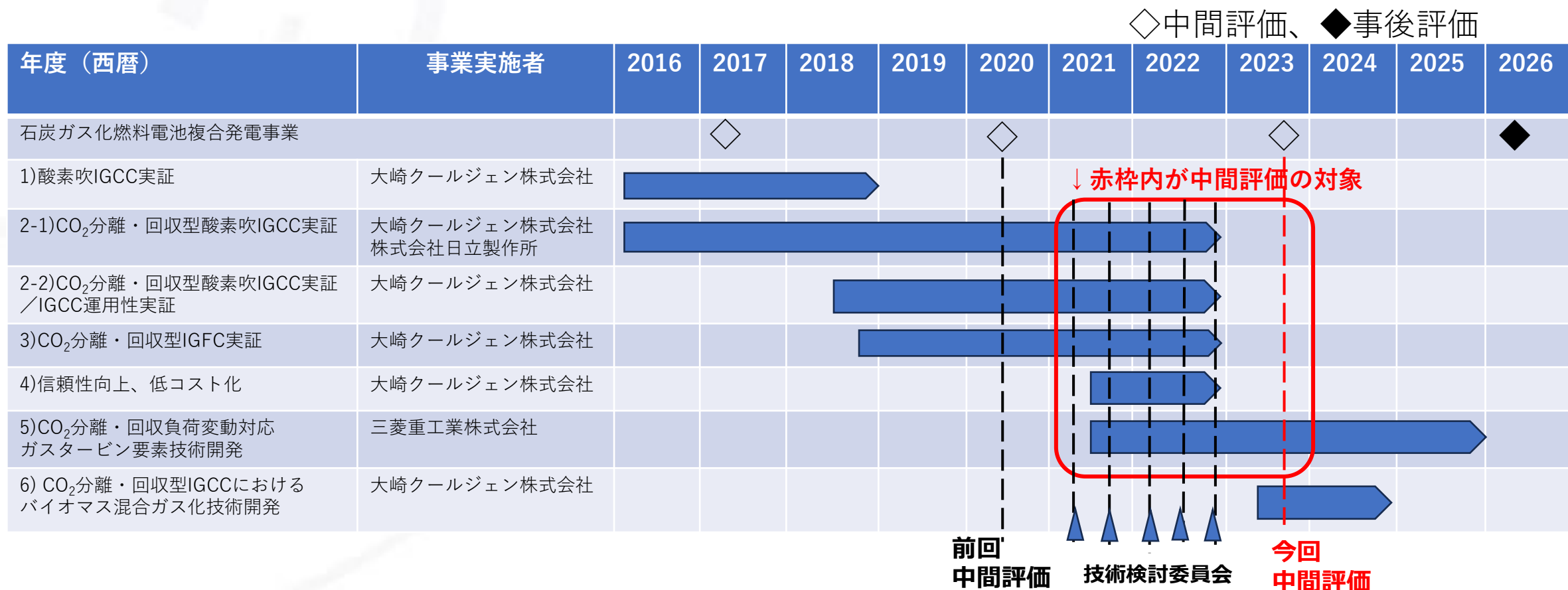
高速負荷速度に追従させる**システム基本構成検討**

- IGCC/IGFC+CCUSシステムの基本構成/機器仕様検討
- システムの運転シーケンスの検討
- システムと各コンポーネントの技術課題の明確化



# 研究開発のスケジュール(概要)

NEDOのマネジメントの一環として、**NEDO主催で中間評価、技術検討委員会等を開催**しアウトプット目標達成に必要な技術開発が適切に実施されていることを確認した。



## 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2段階開始時の記者会見や、CCTワークショップ、IEA-CCT2019など、外部へ本事業の取り組みや成果を発信した。

### PLによる進捗管理

実績例	各DEMO前には調整会議を行い、試験目的、試験条件を把握し、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の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の多炭種運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)助言をいただいた。これより、運転状況を見て柔軟な切替方法に変更したことから、良好な適合性を確認することができ、安定的な運転を行った。
	事業進捗状況に問題がないことを確認した。

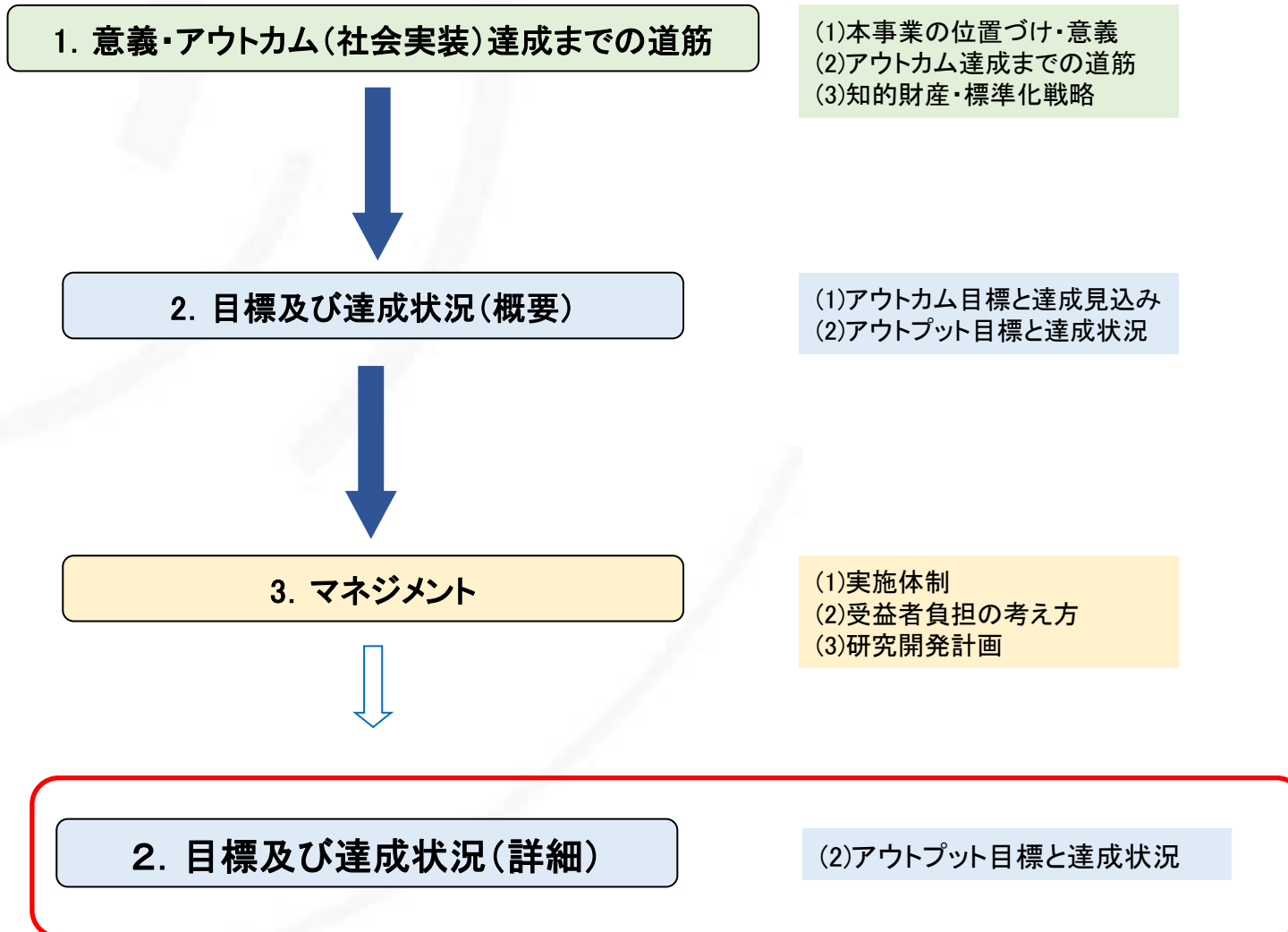
## 進捗管理：中間評価結果への対応

2020年7月の中間評価において、情勢変化に合わせた弾力的な対応、実運用における性能向上と運用上のノウハウ積み上げの指摘を受け、実施項目を新規に公募し、実施してきた。

主な指摘	対応
<p>1 社会からのニーズが日々変化しており、今後の目標値設定に当たっては、情勢の変化に合わせた弾力的な対応をお願いしたい。</p>	<p>社会からのニーズとしてCO<sub>2</sub>分離・回収や負荷変動対応能力の重要性が高まっていることから、商用加速化という目標のために、「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」において、「2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証」に実施項目「CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応IGCC運用性向上」を追加するとともに、「5) <b>CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発</b>」を新規に公募し、2021年度から実施している。</p>
<p>2 今後、社会実装への期待がますます高まっていることを鑑みれば、定格運転時の目標値を達成するだけでなく、実証試験を通して実運用における性能向上を図るとともに、運用上のノウハウを少しでも多く積み上げていくことが期待される。</p>	<p>IGCCの実運用における性能向上、および運用上のノウハウを積み上げるために、「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」において「4) <b>信頼性向上、低コスト化</b>」を新規に公募し、2021年度から実施している。</p>
<p>3 本プロセスが社会実装されるためには、発電事業として成立するだけでなく、ここで回収されたCO<sub>2</sub>に関し、実行可能で合理的な取り扱いができることが求められるため、他事業で取り組んでいるCCUSとの連携を加速していくことも重要である。</p>	<p>回収したCO<sub>2</sub>について実行可能で合理的な扱いができるよう、<b>カーボンリサイクル研究拠点にOCGで回収されたCO<sub>2</sub>ガスを供給する</b>等、CCUSとの連携に取り組んでいる。</p>

# 進捗管理：動向・情勢変化への対応

情勢変化	対応
<p>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。</p>	<p><b>2017年度中間評価時点での対応</b> 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いるため計画を推進。</p>
<p>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。</p>	<p><b>2020年度中間評価時点での対応</b> 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。</p>
<p>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。</p>	
<p>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。</p>	<p><b>2023年度中間評価時点での対応</b> IGCCプラントの運用性実証において、既設GTの運転範囲で可能な水素濃度変動試験を追加実施した。水素濃度が高レートでの変化においてもGTへの影響はなく、安定運転を確認した。</p>
<p>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。</p>	
<p>2021年10月に閣議決定された「第6次エネルギー基本計画」において、水素・アンモニア・CCS・CCU/カーボンリサイクルにおける対応や、水素社会実現にむけた取り組みの抜本強化が示されている。2030年の石炭火力の比率を19%程度とする方向性が示された。</p>	



# 各事業の目標と根拠



## 第1段階(参考)

### ①:酸素吹IGCC実証 目標 (大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2018年度)	根拠
基本性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>IGCC実証プラント送電端効率40.5%程度(送電端、HHV)達成</li> <li>環境目標値(O<sub>2</sub>:16%換算) SO<sub>x</sub>:8ppm、NO<sub>x</sub>:5ppm、ばいじん:3mg/m<sup>3</sup>N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1,300°C級GTの実証試験設備で送電端効率40.5%を達成すれば、1,500°C級GTを採用する商用機で送電端効率46%達成の見通しを得る事が出来る。</li> <li>最新の微粉炭火力発電と同等の環境諸元を達成することが求められる。</li> </ul>
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。

## 第2段階

### ②-1: CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 目標(大崎クールジェン株式会社、(株)日立製作所)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	根拠
CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証研究 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「0.90GJ/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。	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。
CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証研究 基本性能(回収効率・純度)	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 回収CO <sub>2</sub> 純度:99%以上	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。 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。
CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証研究 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。
CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証研究 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。



## 第2段階

### ②-1: CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 目標 (大崎クールジェン株式会社、(株)日立製作所)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	根拠
CO <sub>2</sub> 液化プロセス開発 (大崎クールジェン株式会社)	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。
低温作動型サワーシフト触媒実証研究 (日立製作所)	送電端効率40.0%を達成可能な条件でシフト活性維持(1年程度)	発電設備の点検までの期間の触媒の耐久性が維持されている必要があるため。

# 各事業の目標と根拠



## 第2段階

### ②-2:IGCC運用性実証 目標 (大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	根拠
IGCC運用性向上	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必要がある。

### ②-2:IGCC運用性実証 目標 (大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	根拠
CO <sub>2</sub> 分離回収負荷変動対応IGCC運用性向上	IGCCの負荷変動に伴うCO <sub>2</sub> 分離回収設備の追従性を確認し、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> 分離回収装置の大型を想定し、水素濃度変動試験を行うことで、CO <sub>2</sub> 分離回収設備の追従性、IGCC設備の安定運転、運用性を検証する必要がある。

# 各事業の目標と根拠



## 第3段階

### ③: CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証 目標(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	根拠
CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証研究 (中間目標)	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。

### ③: CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証 目標(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	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。

### ④: IGCC(IGFC)の信頼性向上、低コスト化に係る実証 目標(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	根拠
IGCC(IGFC)の信頼性向上、低コスト化に係る実証	信頼性向上により5,000時間以上の長期運転の達成、また、経済性向上により早期商用化の見通しを得る。	プラント設備の信頼性向上ができれば、プラント停止期間における補修費用やプラント起動停止に伴う費用等を削減することが出来るため、低コスト化となる。

# 各事業の目標達成状況



## 第1段階(参考)

### ①: 酸素吹IGCC実証 目標と達成状況(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2018年度)	成果	達成度	達成の根拠/解決方針
基本性能 送電端効率(HHV)	40.5%程度を達成する。	試運転でのプラント性能確認にて、送電端効率40.8%を確認。	○	—
基本性能 環境性能	・環境目標値(O <sub>2</sub> :16%換算) SO <sub>x</sub> :8ppm、NO <sub>x</sub> :5ppm、ばいじん:3mg/m <sup>3</sup> N	試運転でのプラント性能確認にて、環境目標値以下になっていることを確認。	○	—
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)	出力変化速度≧16%/分を達成した。 送電端出力0MWで安定運転を確認した。 送電端出力制御で良好運用性を確認した。 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。	◎	出力変化速度において、酸素吹ガス化炉ではガス化反応が速いこと、生成ガスの発熱量が高くGT出力比を高く取れたこと等の理由より、目標変化速度を大幅に上回る結果となった。
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)	長時間耐久試験にて5,119時間を達成した。	○	—
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。	4炭種にて良好な適合性を確認した。 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した。	○	—
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。	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。 アジア大洋州での高効率石炭火力ならびに石炭ガス化技術を用いた水素製造の需要が見込まれ、海外事業化検討を親会社にて実施していく。	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

# 各事業の目標達成状況



## 第2段階 ②-1: CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 目標と達成状況(大崎クールジェン株式会社、(株)日立製作所)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	成果	達成度	達成の根拠 ／解決方針
基本性能(発電効率) (大崎クールジェン株式会社)	新設商用機でCO <sub>2</sub> を90%回収の条件で、発電効率40%程度の見通しを得る。 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)」を確認する。	新設商用機において、CO <sub>2</sub> を90%回収の条件下において、発電効率40%(送電端、HHV)程度の見通しを得た。 CO <sub>2</sub> 分離回収原単位0.9GJ/t-CO <sub>2</sub> 以下を確認した。	○	—
基本性能(回収効率・純度) (大崎クールジェン株式会社)	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」、「回収CO <sub>2</sub> 純度99%以上」を達成する。	試運転調整の設備性能確認でCO <sub>2</sub> 回収効率90%以上、回収CO <sub>2</sub> 純度99%以上の設備能力を確認した。	○	—
プラント運用性・信頼性 (大崎クールジェン株式会社)	運用手法の確立・信頼性を検証する。 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検証する。	起動停止手法の確立、水素濃度変化に追従したGT燃料指令や燃焼モード切替を確認し出力変化率5%/分でのGT安定運転を確認した。またCO <sub>2</sub> 分離回収設備からIGCCへ水素リッチガスの全量返送が可能であることを確認した。 性状の異なる石炭での基本特性を確認した。 連続運転による経時的なシフト反応器温度低下は見られないことを確認した。	○	—
経済性 (大崎クールジェン株式会社)	商用機の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。	経済産業省が示す2020年度頃のターゲットである2,000円台/t-CO <sub>2</sub> を達成した。 実用化・事業化に向けた進捗の確認・要素技術確立の見通し、CO <sub>2</sub> 利用技術の連携等について調査を行い、その結果をもとに実用化に向けたマイルストーンを検討した。	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

# 各事業の目標達成状況



## 第2段階

### ②-1: CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 目標の達成状況 (大崎クールジェン株式会社、日立製作所)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	成果	達成度	達成の根拠 ／解決方針
CO <sub>2</sub> 分離・回収・液化プロセス 実証研究 (大崎クールジェン株式会社)	液化炭酸の最適プロセスを構築する。	分離回収プロセスと圧縮液化プロセスでのエネルギー原単位の最小化と、システム最適化の検討を行った。トータルシステムとして、オフガスをCO <sub>2</sub> 分離回収設備に戻す“オフガス循環システム”の評価を行い、効率および回収率改善が見込めることを確認した。	○	—
低温作動型サワーシフト触媒 実証研究 (株)日立製作所)	送電端効率40.0%を達成可能な条件でシフト活性維持(1年程度)	2,988時間の実ガス実証試験及び過去の要素/実ガス試験の実績から劣化予測モデルを構築し、1年運転時の活性維持を確認	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

# 各事業の目標達成状況



## 第2段階

### ②-2:IGCC運用性実証 目標と達成状況

(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	成果	達成度	達成の根拠 ／解決方針
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。	IGCC⇔CO <sub>2</sub> 分離回収設備連携制御モード確立および水素リッチガス100%返送状態でのプラント増減負荷の実施により、安定運転を確認した。	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

### ②-2:IGCC運用性実証 目標の達成状況

(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	成果	達成度	達成の根拠 ／解決方針
CO <sub>2</sub> 分離・回収負荷変動対応 IGCC運用性向上	IGCCの負荷変動に伴うCO <sub>2</sub> 分離回収設備の追従性を確認し、運用性を検証する。	点検、補修、改善工事を行い、実証試験を通じ、IGCC設備の運用性向上を確認した。 CO <sub>2</sub> 分離・回収装置の水素濃度変動試験を実施し、新型ガス分析計の採用により、H <sub>2</sub> 濃度が高レートでの変化においてもGTへの影響はなく、安定運転を確認した。	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

# 各事業の目標達成状況



## 第3段階

### ③: CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証 目標と達成状況(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	成果	達成度	達成の根拠 ／解決方針
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・契約手続きを完了した。</li> <li>・詳細設計を完了し、機器製作に着手した。</li> <li>・事前検証試験装置の設置を完了した。</li> </ul>	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

### ③: CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証 目標の達成状況(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	成果	達成度	達成の根拠 ／解決方針
システム基本性能 (発電効率)	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。	CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証試験として、1.2MW級燃料電池システム(LNG仕様)にて、CO <sub>2</sub> 分離・回収後の水素リッチガスを供給した場合の基本特性、運用性および信頼性を確認した。また、得られたデータを基にCO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC商用機(500MW級)のシステム効率検証を行い、発電効率47.0%(送電端、HHV)の見通しを得た。	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達



## ④:IGCC (IGFC)の信頼性向上、低コスト化に係る実証 目標の達成状況 (大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	成果	達成度	達成の根拠 /解決方針
IGCC (IGFC)の信頼性向上、 低コスト化に係る実証	信頼性向上により5,000時間以上の長期運転の達成、また、経済性向上により早期商用化の見通しを得る。	下記について確認し、商用機における5,000時間以上の長時間運転、コスト低減の見通しを得た。 1.酸素吹IGCC商用機へ向けた設計評価改善 2.ガスタービン(GT)燃焼器ノズル狭窄対策 3.チャーフィルタ差圧上昇対策 4.高温部位の損傷対策	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

## ⑤: CO2分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発 中間目標の達成状況 (三菱重工業株式会社)

研究開発項目	中間目標(2024年3月)	終了評価時目標(2026年03月)	根拠
A. 広範な水素濃度変化に対応可能なガスタービン燃焼技術の開発	・H2=25~100 vol%対応燃焼器の設計完了	・燃焼器試験にて、H2=25~100 vol%に対して、NOx 50 ppm以下、H2変化率 2.3 vol%/min以上の達成	・GT負荷50%→100%の負荷変化率 6.7%/minで、水素82→65 vol%に変化
B. ブローダウン燃焼試験設備の開発	・高温・高圧条件での水素/天然ガス混合ガスの試験が可能なブローダウン燃焼試験設備設置工事の完了、および装置試運転完了	・開発した装置を燃焼器開発に活用	・混焼率を変化させた燃焼試験を効率良くコスト最小で実施することが出来る。 ・燃焼器開発への適用期間 2年間に確保するため、2024年3月までの完成が必要。
C. 水素燃焼解析技術の開発	・要素バーナで燃焼モデルの改良完了	・実燃焼器での燃焼振動発生メカニズムの評価	・水素混焼燃焼器の課題である、逆火現象、燃焼振動現象のメカニズムを解明し、対策の立案に活用する。
D. IGCC+CCUS/IGFC+CCUSシステム検討	・IGCC/IGFC+CCUSシステムにおいてGT負荷変化速度(6.7%/min)に追従する全体システムの構築	・IGCC/IGFC+CCUSの全体システムと各コンポーネントの技術課題の明確化	・実機成立性の確認のため必須の検討項目。

# 各事業の目標達成状況



## ⑤: CO2分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発 中間目標の達成状況 (三菱重工業株式会社)

事業名称・研究開発項目	中間目標 (2024年3月)	中間成果(実績) (2023年8月)	達成度(見込み※)	達成の根拠/解決方針
A. 広範な水素濃度変化に対応可能なガスタービン 燃焼技術開発	・H2=25~100 vol%対応燃焼器 の設計完了	・水素混焼率0~100%で安定燃焼 可能なバーナコンセプトを設計しモデル バーナ燃焼試験で確認。 ・H2=25~100%対応に向けた大型 燃焼器における課題を抽出	○  2024年3月に達成見込み	水素高濃度で、燃焼振動と逆火現象 が発生する課題があるが、対策ノ ズルで解決の見込み。
B. ブローダウン燃焼試験設備開発	・高温・高圧条件での水素/天然ガス 混合ガスの試験が可能なブローダウン 燃焼試験設備設置工事の完了、お よび装置試運転完了	・機器の詳細仕様を決定し、製作を開始 した。 ・主要機器を設置する部分の基礎工事を 完了した。	○  2024年3月に達成見込み	計画通り工事を進捗しており 計画通り完成見込み。
C. 水素燃焼解析技術の開発	・要素バーナで燃焼モデルの改良完了	要素バーナの解析結果から逆火発生メ カニズムを明らかにした。	○  2024年3月に達成見込み	簡単な場で改良燃焼モデルの動作 が確認できているため、要素バーナへ も適用可能の見込み。
D. IGCC + CCUS / IGFC + CCUSシステム検討	・IGCC / IGFC + CCUSシステムにお いてGT負荷変化速度 (6.7%L/min)に追従する全体シス テムの構築	IGCC/IGFC+CCUSシステムにおける 高速負荷変化において律速となると予 想されるCOシフト触媒の負荷変化特 性について、OCG実績の最大温度上 昇レート20℃/minを制約条件として検 討し、昨年度検討したシステム構成にお いてGT負荷変化速度(6.7%L/min) に追従可能な見通しを得た。	○  2024年3月に達成見込み	実機コンポーネントデータを用いた解 析で精度良く評価できる見込み。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

- 1) 酸素吹IGCC実証
- 2-1) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証
- 2-2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証/IGCC運用性実証
- 3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証
- 4) 信頼性向上・低コスト化

## <カーボンニュートラル>

- 高効率石炭火力発電システム（IGCC、IGFC）に対して、CO<sub>2</sub>分離・回収設備を組み合わせることで、システム性能や課題を明らかにし、CO<sub>2</sub>分離・回収しつつ、高効率発電が出来る見通しが得られた。
- 本事業のベースとなる石炭ガス化技術の確立により、カーボンニュートラル実現に有効となるCCUSと組み合わせた火力発電所やブルー水素製造への技術展開が可能となる。
- IGCCは、負荷変動対応に有効な発電技術で有る知見が得られた。
- カーボンリサイクルに向け、石炭由来のCO<sub>2</sub>有効利用の可能性を追求する取組を社会に周知した。

## <人材育成>

- 本事業によって、石炭ガス化技術、技能の国内での維持継続を行っている。
- 学会発表のテーマとしても扱われ、当該分野の人材育成にも貢献している。

## 5)CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

- ・IGCC + CCUS/IGFC + CCUSで回収される大量のCO<sub>2</sub>は、CO<sub>2</sub>サプライチェーンの普及促進につながる。
- ・余剰H<sub>2</sub>や、ブルー水素製造装置としてのIGCC + CCUS単体でのH<sub>2</sub>生成はH<sub>2</sub>サプライチェーンの普及促進につながる。
- ・水素混焼GTについては、GT単体としての製品化につながるとともに、専焼GTへ技術展開が可能であり、波及効果が期待できる。