

### 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)

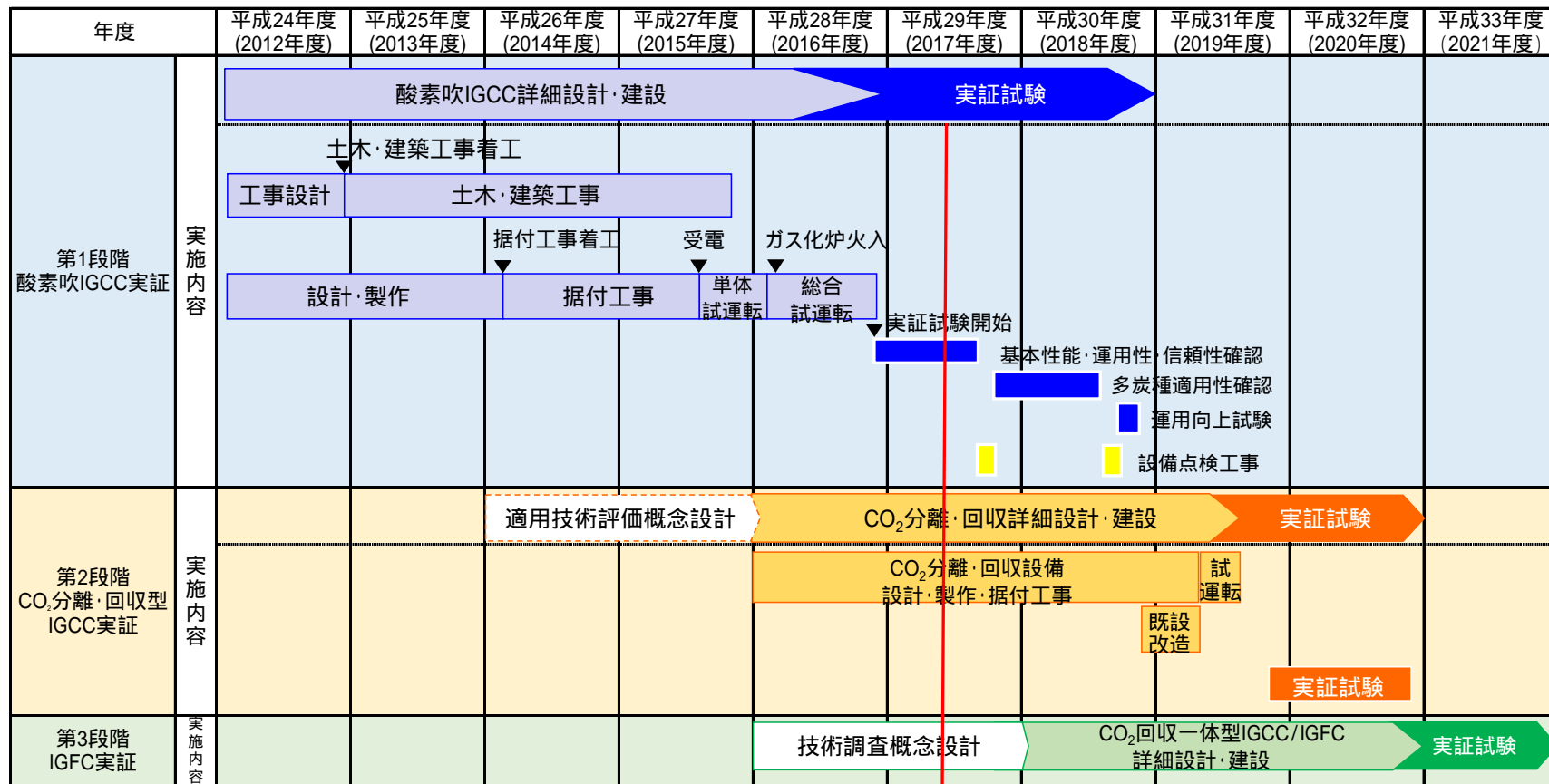
### (3) 海外における石炭火力、及びCCSを取り巻く情勢

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CO<sub>2</sub>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-CO<sub>2</sub>/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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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 ~ 実証試験計画 ~



○ 次の中間評価が第3段階開始の前年度(H29年8月頃)に行われるとすると、実証試験計画から下記の成果が得られるものと考えられる。

**第1段階:**

- ・総合試運転結果
- ・基本性能(発電効率、排ガス・排水等の環境性能)
- ・プラント制御性・運用性(運転特性、負荷変化特性)
- ・設備信頼性(1,000時間耐久性試験結果及び5,000時間耐久性試験状況)

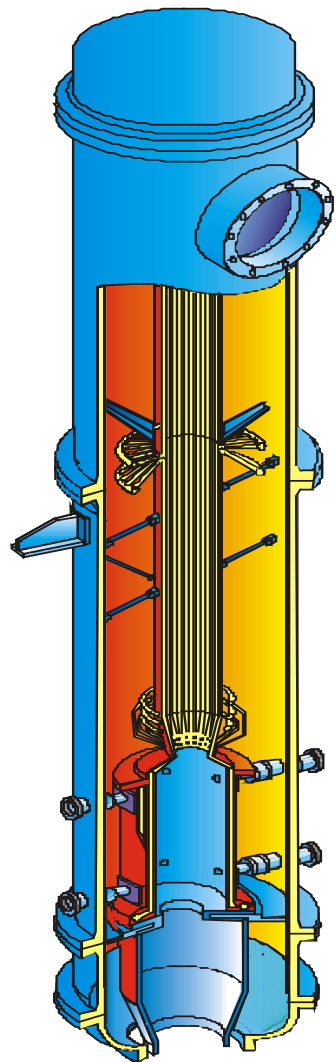
**第2段階: 建設中**

**第3段階: 概念設計中**

## 4. 今後の計画・目標値 ~ 第2段階の建設期間について ~

- 第2段階の建設期間は、以下の理由から 3.5年程度の期間が必要である。
  - ü 本実証で採用する CO<sub>2</sub>物理吸収プロセス は新技術であり、基本設計からの実施が必要である。
  - ü コスト削減のためEPC契約 は公募による一般競争入札で実施する計画であり、手続きに関わる期間が必要である。
  - ü さらに、既設IGCC実証試験設備との取り合い工事に関しては、IGCC実証試験の点検作業等による設備停止中でないとできない為、第1段階の実証試験が完了した後の工事となる。
    - EPC契約とは、設計(Engineering)、調達(Procurement)、建設(Construction)を一括で契約する契約方法。
- 一方で、第1段階の実証試験期間においても、主要設備を停止のうえ、設備点検工事を予定しているため、実証試験に影響しない範囲で、第2段階実証試験設備との取り合い準備工事の実施可否等に関する検討を行い、第2段階実証試験設備設置工事の工期・工程について最適化を図っていく。

## 4. 今後の計画・目標値 ~ 実証試験内容 ~



### ガス化炉スケールアップの検証

EAGLEで取得し解析評価した設計アルゴリズムにて実証機  
ガス化炉を設計  
EAGLEの運転経験から得た知見を設計に反映

**冷ガス効率やスラグの排出状況の確認等を行い、スケールアップ  
設計手法やEAGLE反映事項の妥当性を検証する**

### その他検証事項

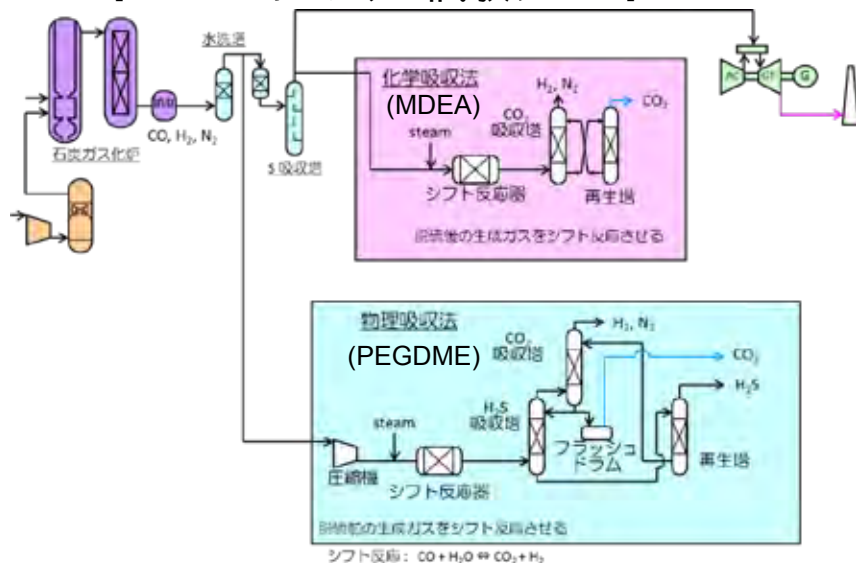
- ・GT燃焼器における燃焼特性 / 制御性の検証  
(定常 / 起動停止 / 部分負荷)
- ・サイクロン及びチャーフィルタによるチャー回収性能の検証
- ・「発電出力」と「ガス化炉圧力」について各々の協調を取りつつ  
制御を行う「協調制御」の検証

# 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。

【EAGLEにおける試験フロー】



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】

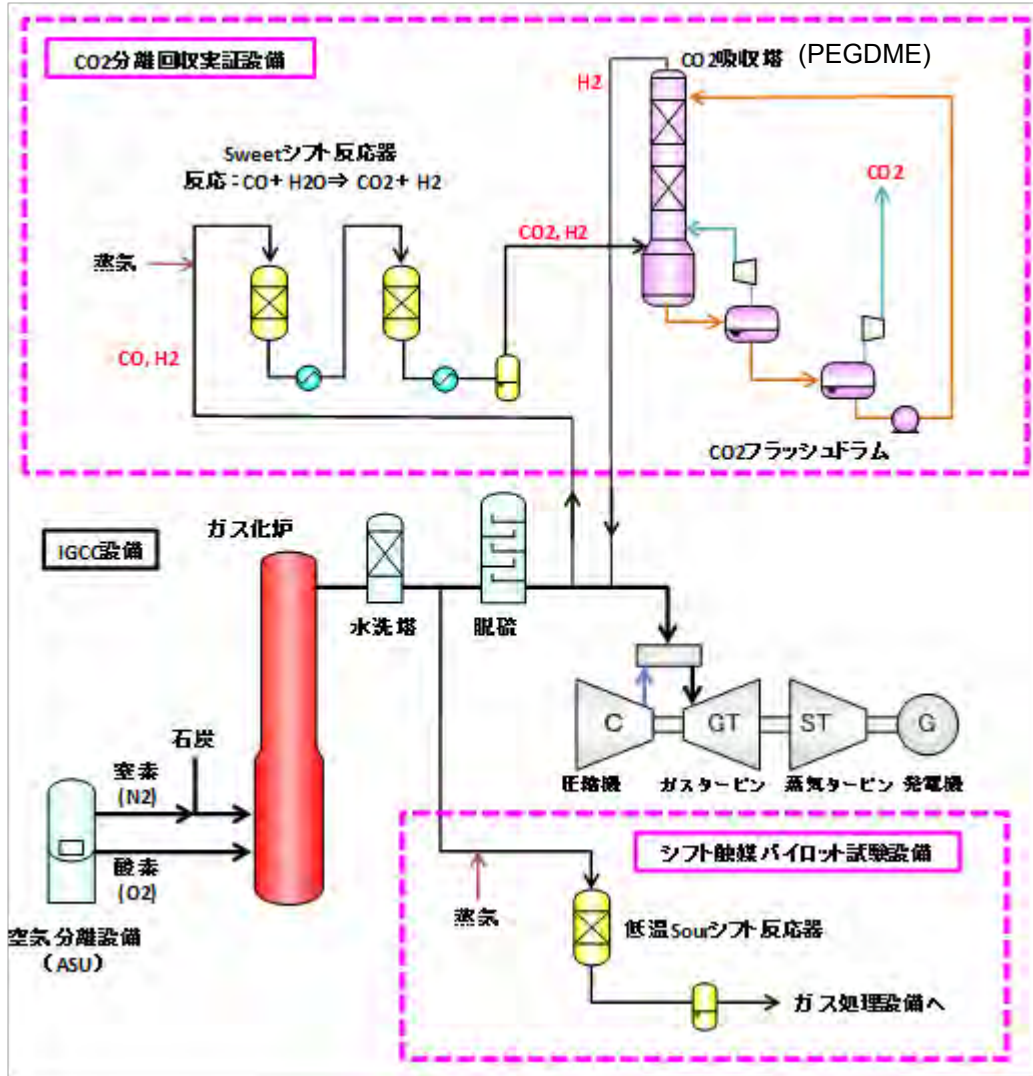
(試算の前提条件)  
発電出力 370MW, 1500 級GT採用, CO<sub>2</sub>回収率 90%

	発電効率 (送電端 HHV: %)	効率低下 (%)
IGCC (CO <sub>2</sub> 回収なし)	45.6	-
IGCC + CO <sub>2</sub> 回収 (化学吸収法)	38.3	7.4
IGCC + CO <sub>2</sub> 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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を安定的に分離できる技術を検証する。



## CO<sub>2</sub>分離・回収実証設備概要

実証規模	IGCCガスからのCO <sub>2</sub> 回収率15% 相当 実証に最低必要な規模
CO <sub>2</sub> 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	CO <sub>2</sub> 回収効率:90%以上、 CO <sub>2</sub> の純度:99%以上

CO<sub>2</sub>回収効率〔分離・回収装置単体のCO<sub>2</sub>回収割合〕： $(\text{分離・回収されたCO}_2\text{ガスのC量} / \text{CO}_2\text{分離・回収装置導入ガスのC量}) \times 100$

## 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

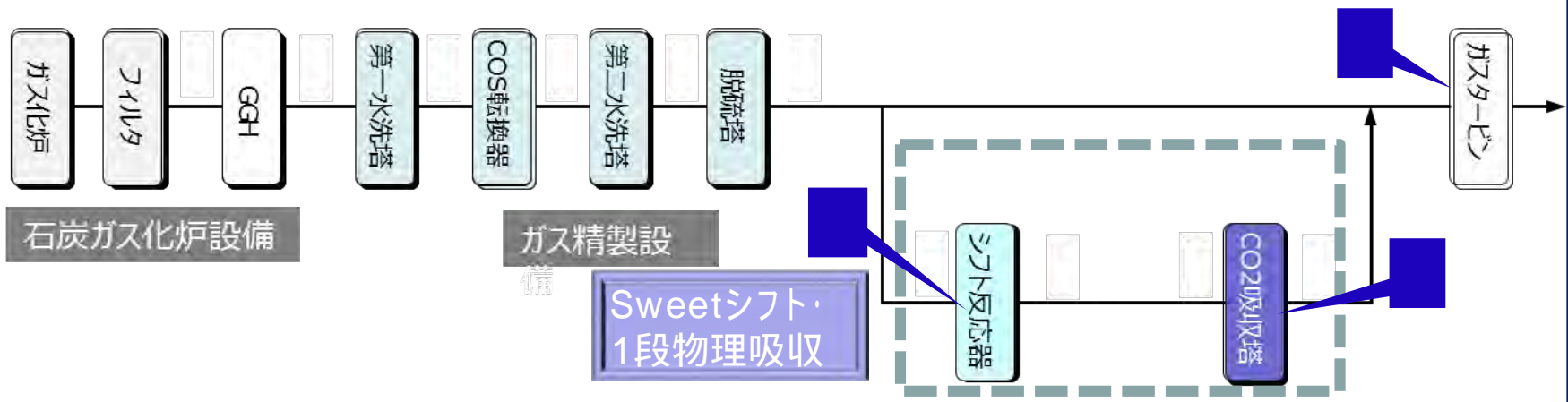
## 4. 今後の計画・目標値 ～ CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCの課題～

現状の石炭火力は変動する需要に出力を追随させることが求められる。第1段階の実証では、負荷変化率1～3%/minを目指しており、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCについてもこれに追随することをターゲットとする。また、IGCCに連携した起動停止の最適手法を確立する。

COシフト反応器について、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。

湿式CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>純度を目標値に維持する運転方法を確立すること。

負荷変化時等にCO<sub>2</sub>回収装置(石炭ガス化ガス中のCOをH<sub>2</sub>に変換)の処理ガスの割合が変動することによる、ガスタービン入口ガスのH<sub>2</sub>組成の変動に対し、ガスタービン出口NO<sub>x</sub>の上昇が規制値内となることを確認すること。





## 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CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCの技術を確立すること。CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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>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、CO<sub>2</sub>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<sub>2</sub>分離・回収型IGCCの普及につながる。</p> <p>IGCC実証機にCO<sub>2</sub>分離・回収装置(CO<sub>2</sub>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>○ 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</p> <p>○ 回収CO<sub>2</sub>純度:99%以上</p>	<p>○ 革新的低炭素型石炭火力の実現の為にCO<sub>2</sub>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>○ CO<sub>2</sub>地中貯留から求められる可能性があるCO<sub>2</sub>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 <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。	商用機において、CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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。

## 4. 今後の計画・目標値～第3段階にむけた事前検討計画～

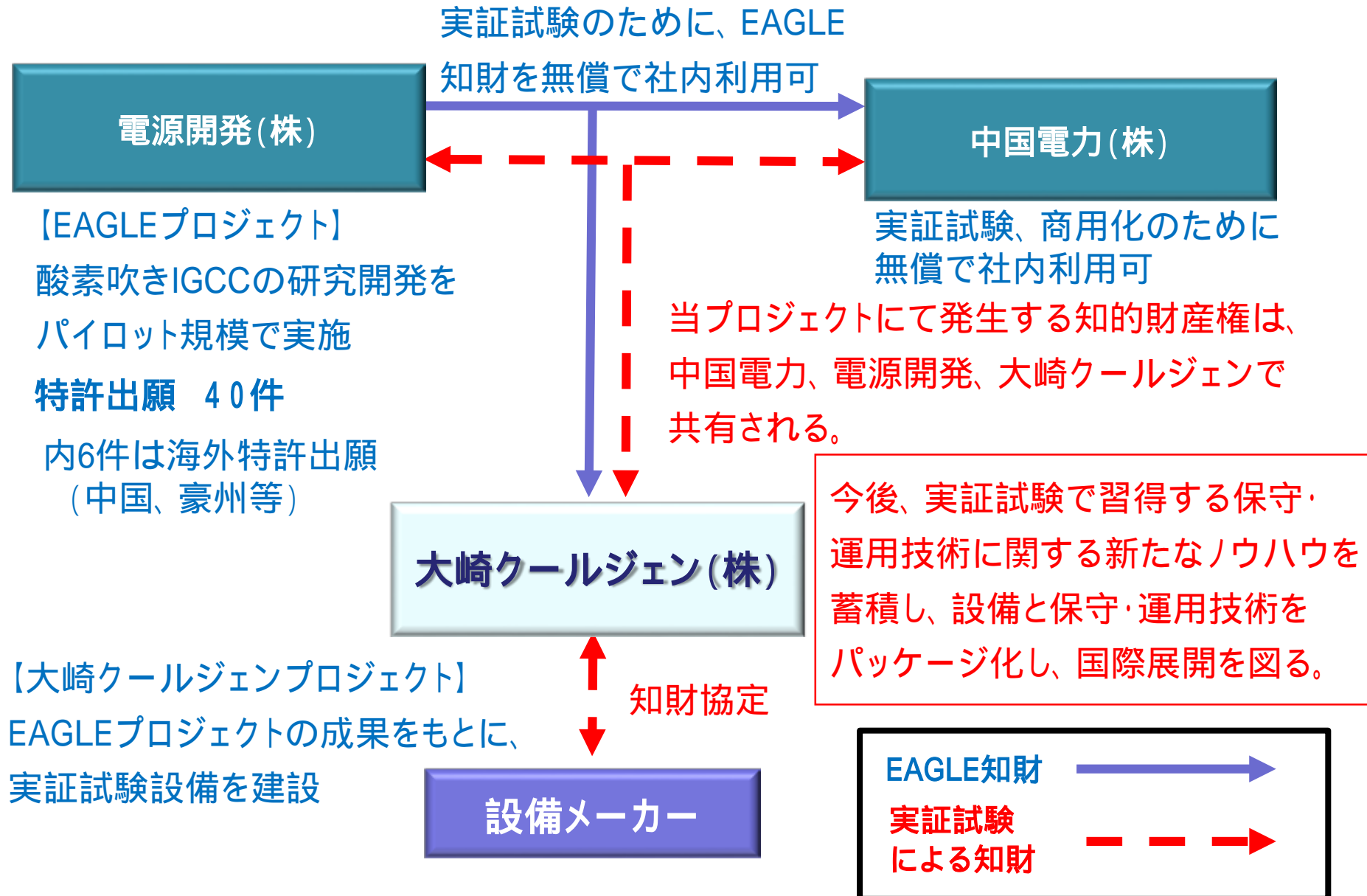
石炭ガス化ガスを燃料電池へ適用するためには克服すべき技術課題が多く、親会社である電源開発(株)では、平成24～26年度にかけて実施されたNEDO委託研究「IGFC向け石炭ガス化ガスのクリーンナップ要素研究」において、EAGLEパイロット試験プラントを用いて石炭ガス化ガスに含まれる硫黄、塩素、ケイ素、ホウ素などの燃料電池被毒成分調査を実施している。また、平成27年度より、NEDO委託研究「燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術要素研究」において、石炭ガス化ガスを模擬した燃料による被毒試験により、被毒成分を許容値レベルまで除去できる石炭ガスクリーンナップシステムの開発を行う。

		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
OCG第1段階 【酸素吹IGCC実証】		詳細設計・建設		実証試験				
OCG第2段階 【CO2分離・回収型IGCC実証】		概念設計	詳細設計・建設				実証試験	
OCG第3段階 【CO2分離・回収型IGFC実証】			概念設計	詳細設計・建設			実証試験	
燃料電池向け石炭ガス クリーンナップ技術要素研究 (NEDO委託研究)	実セル被毒耐性評価試験		単セル試験/ショートセル試験					
	FC用ガス精製性能評価試験		スクリーニング試験/ベンチ試験					

### その他の検討課題

現在の想定している燃料電池は内部改質型を前提に設計されているため、電源開発(株)にて水素リッチガス適用性を事前に検証することを計画している。

# 5. 国際(国内)展開 ~ 知財戦略 ~



## 5. 国際(国内)展開 ~ 知財・標準化戦略 ~

### 知財戦略

本事業で得られる知的財産としては、主に以下の2つが考えられる。

- ・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ため、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、得られた知財について、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。

### 標準化戦略

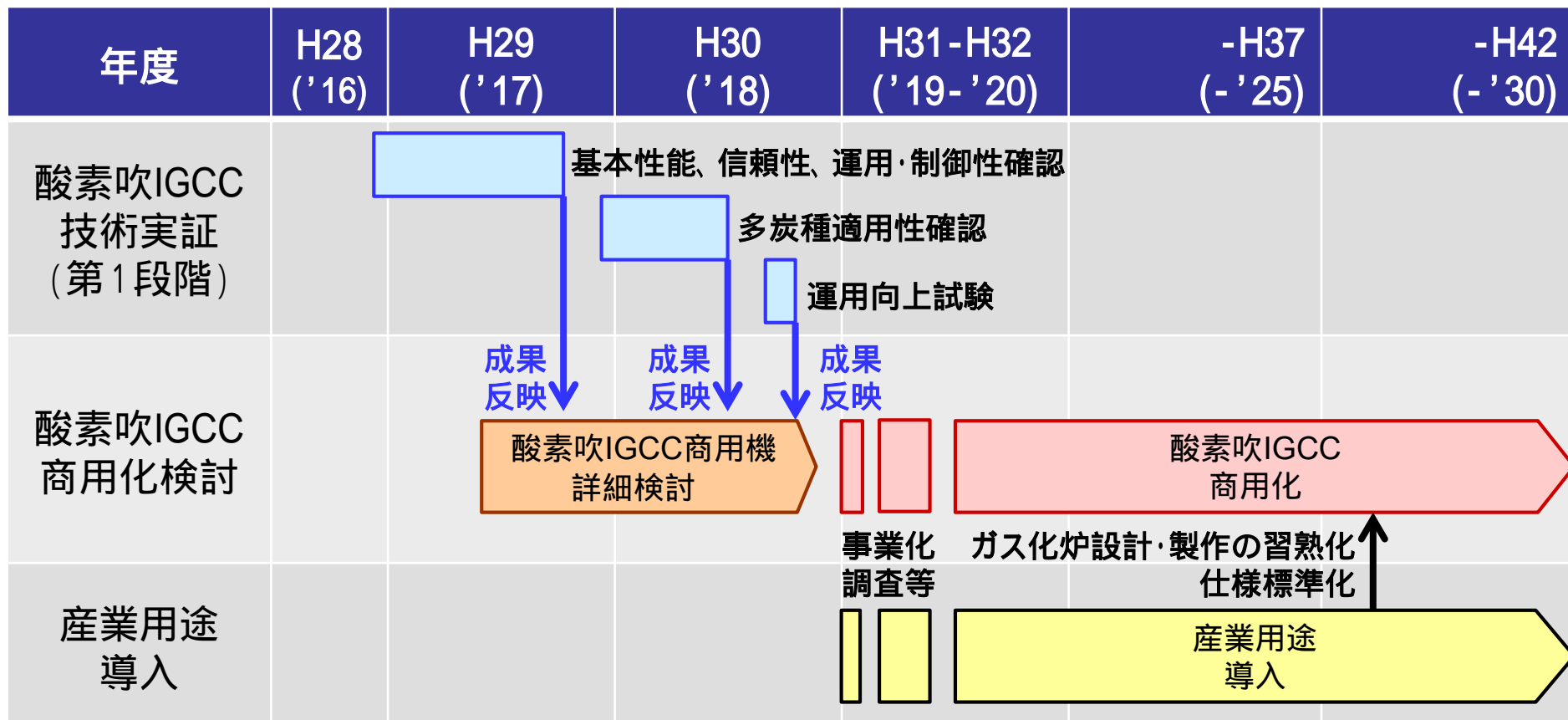
現状において、IGCC設備として国際標準(ISO)化はされていないが、IGCCの技術を促進することによって、デファクトスタンダード化を目指し、国際展開を図る。

## 5. 国際(国内)展開 ~ 実用化までのスケジュール ~

第1段階の実証試験により、酸素吹IGCCの技術を確立する。

第1段階での成果を踏まえ、商用規模(大型機)の主要設備・付属機器の合理化やトラブル事例の恒久対策等の詳細検討を行う。

併せて、酸素吹石炭ガス化炉を産業用途に導入することにより、ガス化炉の設計・製作の習熟化、仕様標準化によるコストダウンを図る。



例えば、商用機に向けたスケールアップ手法の構築・改善、保守・運用面での知見の蓄積による設備・機器の設置数および配置等の最適化、実証試験炭以外の炭種のガス化特性等の把握の是非について検討していく。

# 5. 国際(国内)展開 ~ 酸素吹IGCCと空気吹IGCCの比較 ~

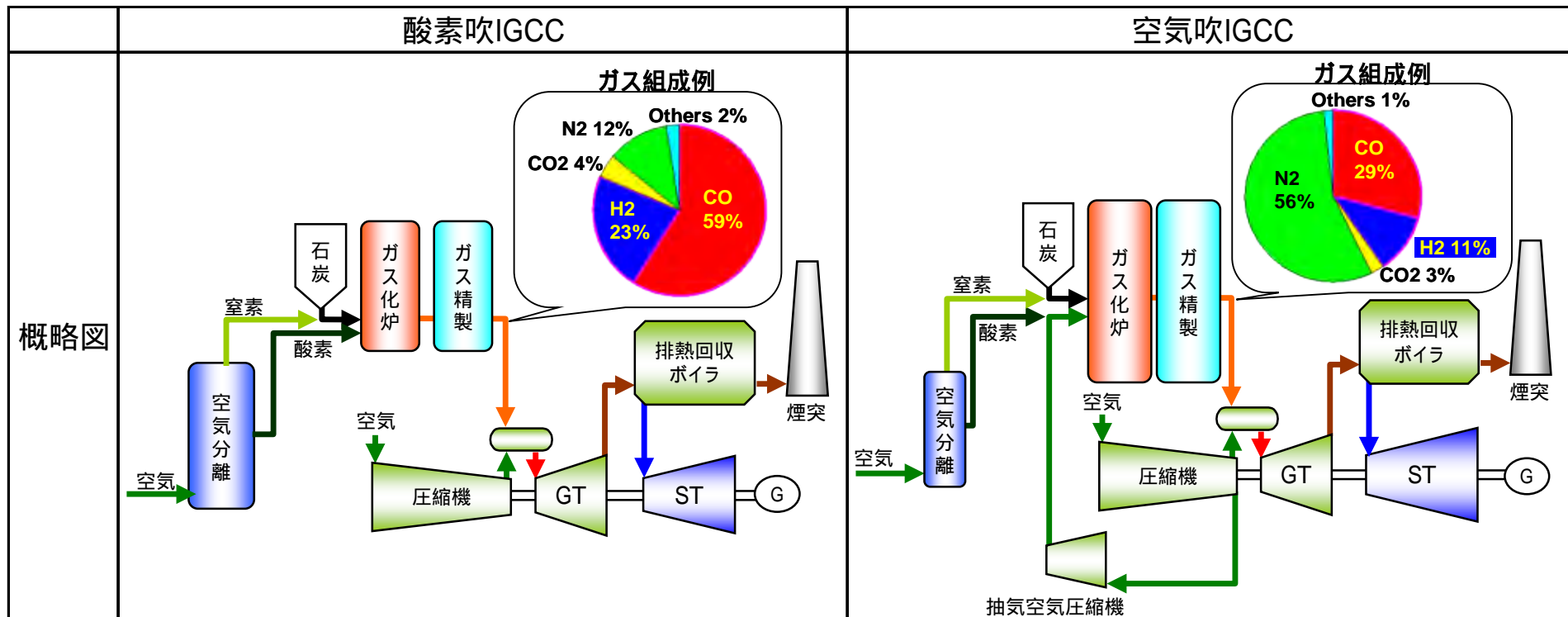
「酸素吹」は「空気吹」と比較して、空気分離設備が大きくなるものの、ガス化炉設備やガス精製設備が小さくできる。

「酸素吹」は、以下の特徴があり、IGCC/IGFCに加え産業用途への活用が可能である。

- 石炭をガスに転換する効率(ガス化効率)が高い。
- 石炭ガス化ガス中に有用成分であるCO、H<sub>2</sub>の割合が高く、発熱量が高い。

「酸素吹」は上記によりガスタービン出力が大きくなり発電端効率が高くなるが、空気分離設備が消費する動力が大きいため、送電端効率は「空気吹」と同等となる。

- 30万kW級、1,300 級ガスタービンの条件で比較した場合、送電端効率約43%





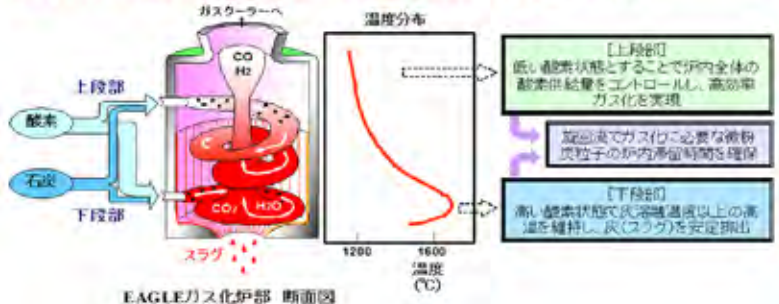
# 5. 国際(国内)展開 ~ 実用化段階での国際競争力 ~

各段階の成果を持って、順次普及を促進していくことは可能である。

## 第1段階の優位性

### 高いガス化効率(発電効率)

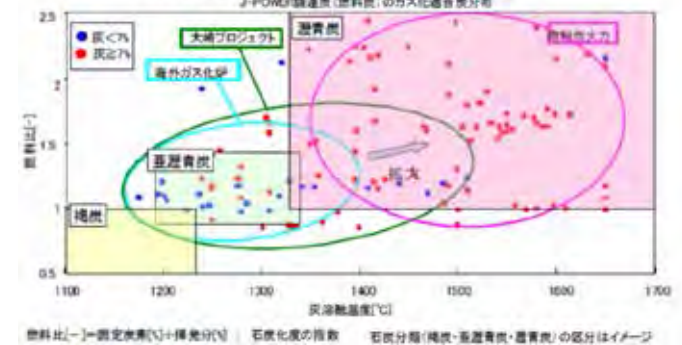
○EAGLEでは「酸素吹流床ガス化方式」で石炭バーナーを上下2段に配置した「1室2段階回流方式」であり、炭回流によって微粉炭の滞留時間を長くしガス化反応を促進することでガス化効率を高めている。  
○上段部と下段部の酸素供給量を適切に制御できることにより、「高いガス化効率-高い発電効率の実現」と「スラッグの安定排出を両立し高灰融点(多炭種)でも高効率ガス化が可能」である。



海外IGCCと比較して高いガス化効率が見られる。

### 適用炭種の広さ

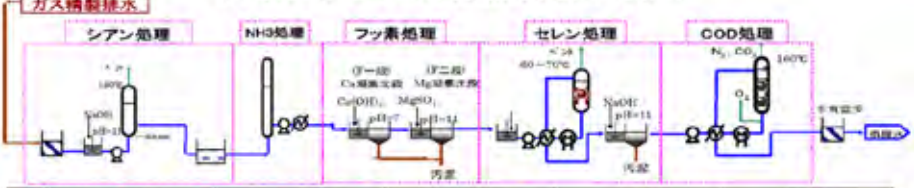
多炭種対応: 高灰溶解点炭、低灰分炭



低品位炭はもとより、微粉炭火力で利用される灰溶融点の高い高品位炭まで高効率にガス化できる。

### 排水処理技術の高度化

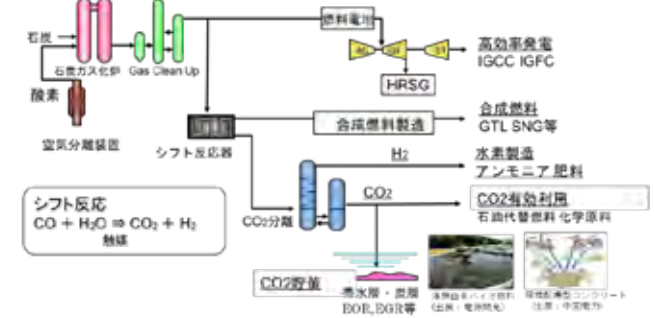
大崎クールジェンの高度排水処理システム



工程	シアン処理	アンモニア処理	フッ素処理	セレン処理	COD処理
方法	加水分解法、電通酸化法	アンモニアストリッピング法	Ca・Mg 2段階沈法	膜ろ過精溜還元法	触媒湿式酸化法
処理対象	遊離シアン、結合性シアン等	アンモニア	フッ素、水銀、カルシウム等	セレン	干酸、アンモニア

対応炭種の幅の広さ、かつ日本で最も厳しい瀬戸内海水域の排水基準まで処理できる高度な排水処理技術を有している。

### 産業用途への活用



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、産業用途への活用にも有利である。

## 5. 国際(国内)展開 ~ 実用化段階での国際競争力 ~

### 第2段階の優位性

実証機において、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCのシステムが検証されれば、CO<sub>2</sub>回収によるエネルギー損失を抑え、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCの見通しを得ることが出来る。

これにより、国内のCO<sub>2</sub>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・大洋州等においても普及が望め、世界的なCO<sub>2</sub>排出削減に貢献できる技術である。

### 第3段階の優位性

実証機において、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCが検証されれば、CO<sub>2</sub>回収によるエネルギー損失を抑え、CO<sub>2</sub>分離・回収をしても高効率を維持した革新的石炭火力の見通しを得ることができる。

今後、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC及び、IGFCシステム(IGCC+FC)が構築されれば、飛躍的な発電効率の向上が可能となり、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・大洋州等においても普及が望める。

### その他

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、海外市場に対して「高効率化、CO<sub>2</sub>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。なお、経済産業省では「Enevolution」イニシアティブを平成27年5月に立ち上げ、インフラ輸出を支援する体制を整えているところである。

## 5. 国際(国内)展開 ~シナリオ~

新たなクリーンコール技術の開発・実証を積極的に推進し、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CO<sub>2</sub>排出量削減に貢献する

クリーンコール技術の  
開発・実証

クリーンコール技術  
の普及

日本

ビジネスリターン、  
クレジット移転等

技術移転、  
事業参加等

諸外国

石炭消費量の抑制、  
CO<sub>2</sub>排出削減

クリーンコール技術  
の積極適用

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CO<sub>2</sub>排出削減に貢献する。