

# 「次世代火力発電等技術開発／次世代火力発電基盤技術開発(1)(5)・CO2回収型クローズドIGCC技術開発」

(中間評価)

(2015年度～2020年度 6年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

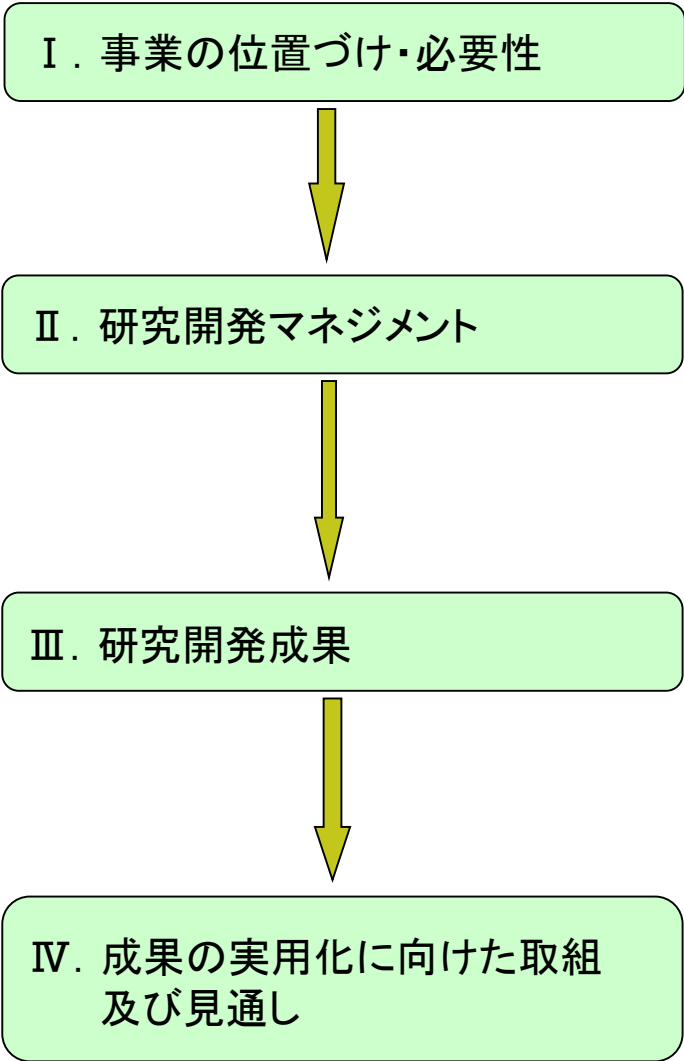
環境部

2017年10月2日

# 次世代火力発電等技術開発 評価テーマ

年度(平成)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
研究開発項目① 石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業 1) 酸素吹IGCC実証(1/3助成) 2) CO2分離・回収型酸素吹IGCC実証(2/3助成) 3) CO2分離・回収型IGFC実証(未定)					※1					◇						
研究開発項目② 高効率ガスタービン技術実証事業 1) 1700℃級ガスタービン(2/3助成) 2) 高温分空気利用ガスタービン(AHAT)(2/3助成)					※1											
研究開発項目③ 先進超々臨界圧実用化要素火力発電技術開発(2/3助成)					※1											
研究開発項目④ 次世代火力発電基盤技術開発																
1) 次世代ガス化システム技術開発(委託)										※2						
2) 燃料電池向け石炭ガスクリーナップ技術要素研究(委託)										※2						
3) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発(委託)																
4) 燃料電池石炭ガス適用性研究(委託)																
5) CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発(委託)										※2						
6) 石炭火力の競争力強化技術開発(委託)																
7) CO2有効利用技術開発(委託)																
研究開発項目⑤ CO2回収型クローズドIGCC技術開発(委託)										※2						
研究開発項目⑥ 次世代火力発電技術推進事業(委託)																
研究開発項目⑦ 次世代技術の早期実用化に向けた信頼性向上技術開発(1/2助成)																

◇中間評価、◆事後評価



- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

- (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

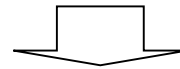
- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取組

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

## ◆事業実施の背景と事業の目的

### 社会的背景

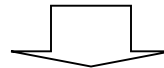
温暖化対策は世界的課題



高効率発電技術と効率的なCO2回収システムによる  
CO2排出量削減の必要性

### 事業の目的

石炭火力発電の効率向上、効率的なCO2回収システム  
によるCO2排出量の抑制



- CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発(CO2分離回収設備と酸素製造設備が不要)
- CO2回収型クローズドIGCC技術開発(CO2分離回収設備が不要)
- 次世代ガス化システム開発(IGCCの水蒸気ガス反応の促進)

## ◆政策的位置付け

### 次世代火力発電に係るロードマップ\*1 (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

- 2030年度に向け、石炭火力、LNG火力それぞれで設備の新陳代謝による高効率化が必要

エネルギーミックスでは、石炭火力、LNG火力について、高効率化を進めつつ環境負荷の低減と両立しながら活用する方針を提示している。

#### 6. 2030年度以降を見据えた取組に係る技術に関する方針

- CCUS技術及び水素発電技術は、火力発電からのCO<sub>2</sub>排出量をゼロに近づける切り札となり得るものであり長期的視点を持ちつつ戦略的に推進

- CCUS技術の開発方針

#### CO<sub>2</sub>分離回収技術は、2020年代後半から2030年頃に経済的な回収技術を確立

CCUSが実際に実用化されるためには、前提として経済的なCO<sub>2</sub>分離回収技術の確立が不可欠である。従来技術では、CO<sub>2</sub>回収設備の設置・稼働が発電コストを相当押し上げ、また、設備の稼働による電力消費が全体の発電効率を低下させることから、貯留の点を除いても経済性の面で相当の課題がある。

そのため、当面は、複数の技術開発を並行して継続し、2020年代後半から2030年頃にかけて、経済的な回収技術を確立させることを目指す。

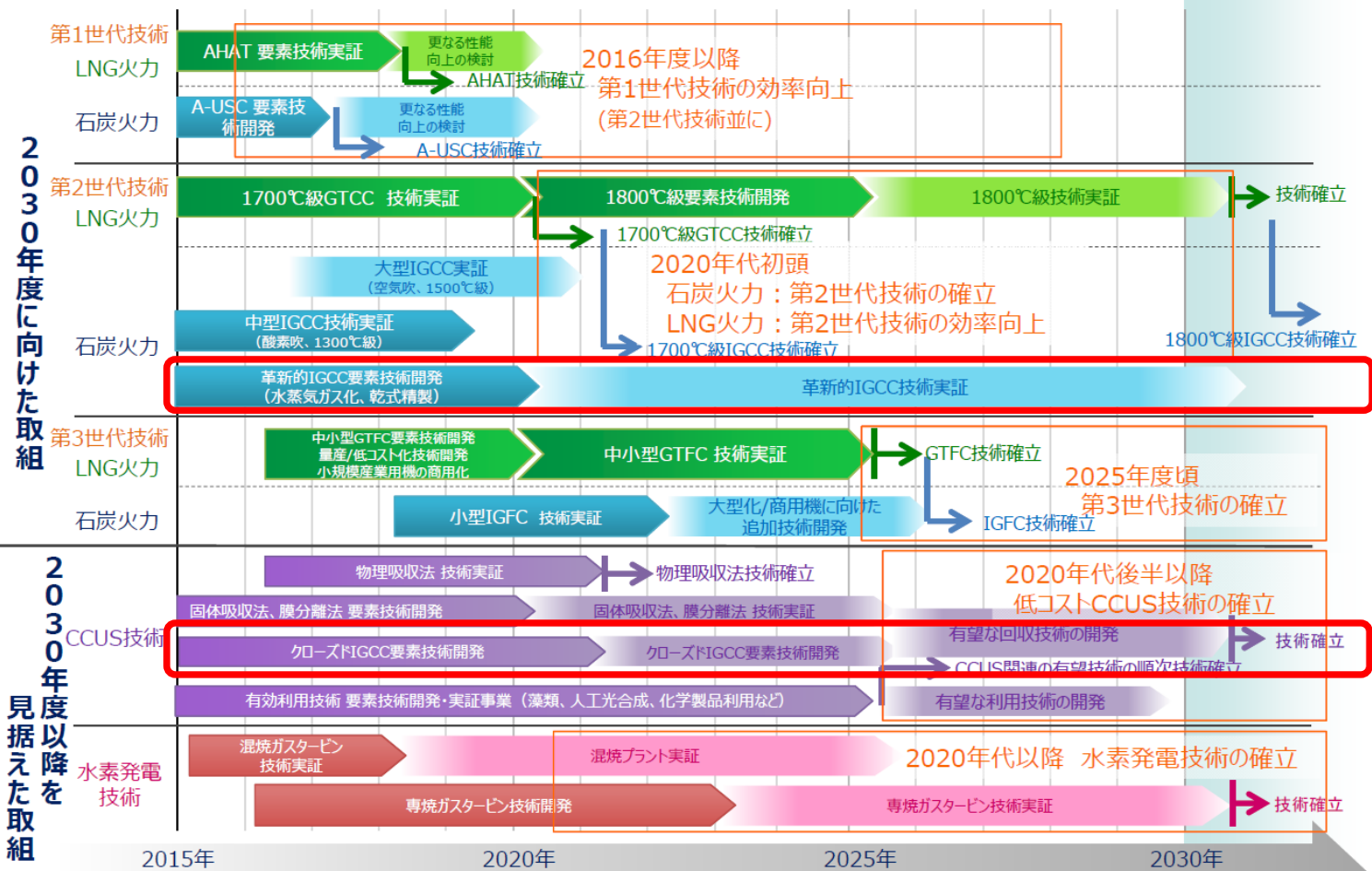
\*1: 経済産業省の主導で設置された産学官の有識者からなる「次世代火力発電の早期実現に向けた協議会」にて策定

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆政策的位置付け

次世代火力発電に係るロードマップ\*1 (2016年6月) から抜粋

7. 次世代火力発電技術の早期確立、実用化に向けた工程表



\*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

## ◆政策的位置付け

# 次世代火力発電に係るロードマップ\*1 (2016年6月) から抜粋

## 8. 個別技術の開発方針 -2030年度以降を見据えた取組に係る技術

### クローズドIGCC

CO<sub>2</sub>分離回収に最適化した発電方式(IGCC)。当面、要素技術の開発を継続する。／今後、他の競合技術との優位性を精査しつつ、さらなる開発を進める。

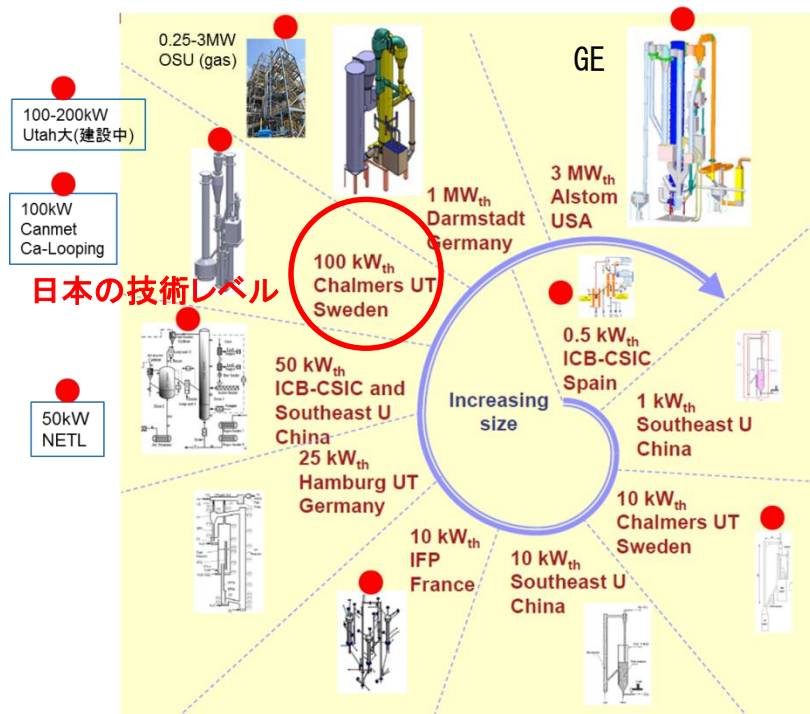
\*1: 経済産業省の主導で設置された産学官の有識者からなる「次世代火力発電の早期実現に向けた協議会」にて策定

## 1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

## ◆国内外の研究開発の動向と比較(競合技術との比較)

● CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発(CLC)

- CLC燃焼技術開発は発電向けが主体で、欧米共に1~3MW<sub>th</sub>級パイロット運転中。米国では10MW<sub>th</sub>のパイロット試験の計画あり。
- 主としてFe系天然キャリア、Ca系を主体に研究されている。高反応性キャリアの開発も盛んである。
- 各国CO<sub>2</sub>回収コスト目標: 平均30ドル/t-CO<sub>2</sub>未満と日本の研究1,000円台/t-CO<sub>2</sub>よりも高い。



• 米国ではDOEの支援で開発実施中  
Alstom社: 3MW<sub>th</sub>パイロット試験  
Ohio州立大, B&W社: 250kW<sub>th</sub>試験  
実施中。次ステップとして10MW<sub>th</sub>  
パイロット試験の計画あり。

• 欧州ではCSIC(スペイン)は50kW<sub>th</sub>試験  
を得て100MW<sub>th</sub>概念設計を発表、  
Chalmers大(スウェーデン)が  
100kW<sub>th</sub>装置を運転している。

• 石炭のCLCにおける最重要課題は反  
応器のコンパクト化であり、先行プ  
ラントではAR, FR共に循環流動層を  
採用したり、カーボンストリップア  
装置等の対策を行っている。



# 1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

## ◆国内外の研究開発の動向と比較(競合技術との比較)

### ● CO2回収型クローズドIGCC技術開発

➢ 米国では超臨界CO<sub>2</sub>サイクル発電システムであるAllam Cycleの開発に取り組んでいる。

#### <主な特徴>

- ✓ CO<sub>2</sub>回収設備が不要であり、シンプルなサイクル
- ✓ ほぼ100%のCO<sub>2</sub>を回収し、直接地中貯留が可能
- ✓ NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>の同時除去技術を採用



- ベースとなる基本コンセプトの研究開発が天然ガスを用いて進められており、動向を注視する必要がある。
- CO2回収型クローズドIGCCでは石炭を燃料としており、ガス化、ガス精製技術に注力。
- Allam Cycleのガスタービン技術が活用できれば以降の開発の効率化が図れる。

#### <開発動向>

- ✓ 2009年～: 8 RiversにてAllam Cycleの開発に着手
- ✓ 2010年: 実証機向けの設計に着手
- ✓ 2013年1月: 5MWth燃焼器の運転を開始
- ✓ 2016年3月: テキサス州で25MWe実証機(天然ガス焚き)の建設開始(試運転まで含めて\$140mil.のプログラム)
- ✓ 2016年11月1日: 東芝からタービン・燃焼器を出荷
- ✓ 2017年5月24日: タービン・燃焼器含む機器の建設工程を90%完了。フル負荷運転前の予備試験を実施中。
- ✓ 2017年秋頃: 25MWe実証機(天然ガス焚き)の稼働予定
- ✓ 2020年第二四半期頃: 295MWe商用機(天然ガス焚き)を\$300mil.で建設する計画。

既にPre-FEEDを完了させ、東芝では商用機向けタービンの設計に着手した模様。

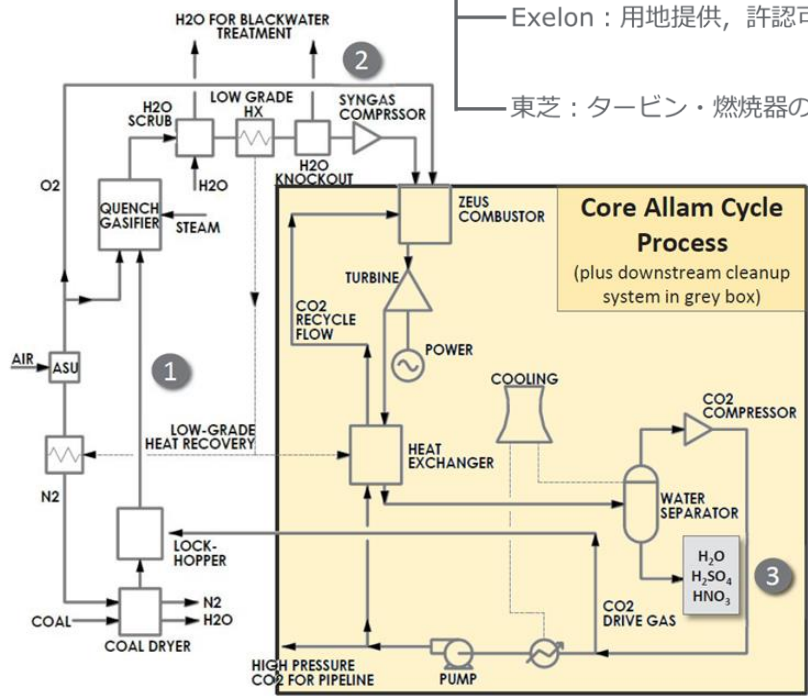
<プロジェクト体制>

Net Power: 全体取纏め, 基本技術所有, システムエンジニアリング

CB&I: EPCサービス提供

Exelon: 用地提供, 許認可取得

東芝: タービン・燃焼器の開発



1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆国内外の研究開発の動向と比較(競合技術との比較)

● 次世代ガス化システム技術開発

➤ 酸素吹き噴流床ガス化炉は、各種炉形式が開発されている。スラッシング防止、炉壁保護、石炭搬送のため水蒸気などの各種ガスや水を投入する炉はあるが、水蒸気ガス化を促進するために水蒸気を投入する噴流床ガス化炉はない。

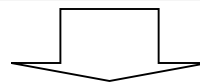
IGCC用酸素吹き噴流床ガス化炉における水蒸気の利用状況

	EAGLE	GE Energy	E-Gas™ (CB&I)	Shell	PRENFLO® (Uhde)	HCERI
IGCCプロジェクト	大崎クールジェン	Tampa, Edwardsport (米)	Wabash(米)	Buggenum (蘭), Taean(韓)	Puertollano (西)	GreenGen(中)
形式	1室2段	1室1段	2室2段	1室1段	1室1段	2室2段
水および水蒸気の利用状況	なし	湿式給炭のスラリー水	湿式給炭のスラリー水	冷却用蒸気	なし	冷却用蒸気
	—	微粉炭に対して2~3割の水を加えてスラリー化		・瀝青炭では石炭の1.5割 ・亜歴青炭では不要	—	一段目、二段目ともに投入

## ◆NEDOが関与する意義

### 「次世代火力発電等技術開発」

- 「CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発」は、流動材の酸化/還元反応を利用した新たな燃焼方式により、CO<sub>2</sub>を回収してもプラント効率が低下しない高効率の石炭火力発電が期待できる。⇒社会的必要性が高い。
- 「CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発」は、酸素燃焼技術を適用することにより、CO<sub>2</sub>を回収しても高い発電効率が期待できる。⇒社会的必要性が高い。
- 「次世代ガス化システム技術開発」は、IGCCシステムにおいて水蒸気添加により冷ガス効率・発電効率が期待できる。⇒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。
- 研究開発の難易度が高く、実用化までのリードタイムが長いことから、民間企業だけではリスクが高い。

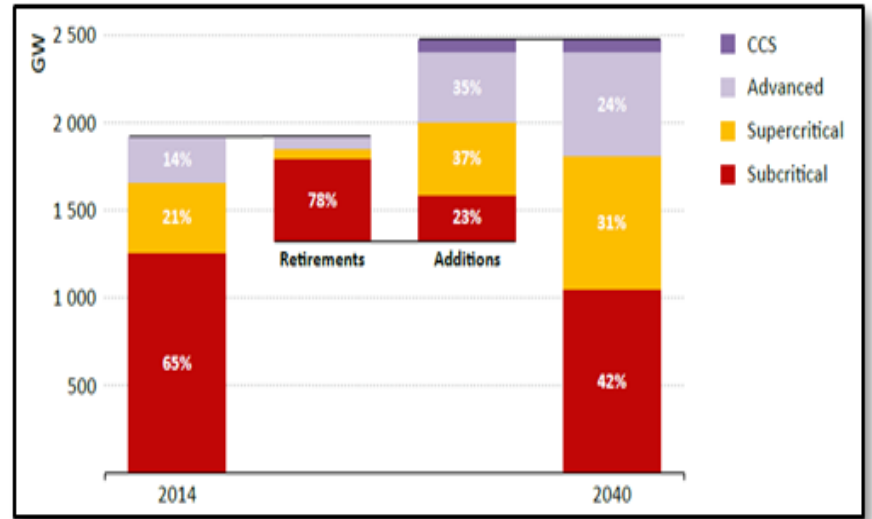
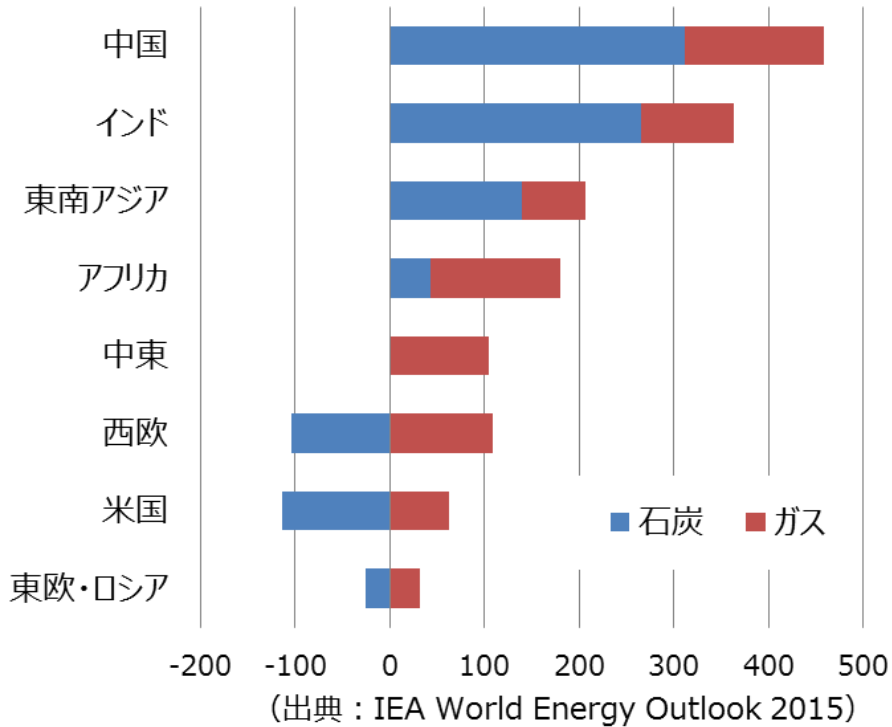


**NEDOがもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業**

# ◆実施の効果（費用対効果）

- 世界的に地球温暖化対策を念頭に置いた政策が進むも、石炭需要には地域性がある。
- 欧米の石炭火力は縮小傾向だが、アジアや豪州などは石炭火力は今後も導入が進む。
- 世界全体では石炭火力発電の容量(GW)が約25%増えると予想されている。

主要地域における石炭及びガス火力発電  
容量の増減見通し（2015-2040）



(出典) IEA World Energy Outlook 2015, Fig.8.14

## ◆実施の効果（費用対効果）

### ➤ プロジェクト費用

#### □ CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発: 3. 3億円

研究段階は、基盤技術開発であり、試験装置はラボレベル。

実用化までには、PDU(ベンチ)⇒パイロット⇒実証等スケールアップした試験が必要。

実用化までには、まだ時間と費用が必要であるが、期待される市場規模(試算根拠)は以下の通り。

#### □ CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発:

- ✓ 国内ターゲット市場: CCS本格運用を待つ必要がある為、海外のCO2/EOR市場への参入を目論んだ。
- ✓ 海外ターゲット市場: 北米でCO2/EORで用いられるCO2量は約5000万トンで、そのうち約4000万トンがCO2貯留層から産出されるCO2から供給されている\*)。

\*)出展 GCCSI CCSの採用を促進する回収CO2の工業利用 2011年3月

◆実施の効果（費用対効果）

- 現状のCO2供給がCLCボイラで代替されるとし、発電量10万kW発電設備のCO2回収量は81t/hなので、年間稼働率70%(6,000H)で48.6万tのCO2が回収できるとする。
- CLC建設単価を20.9万円/kW(現状想定値)とすると10万kWで209億円となるので、この数値をもとに受注規模を想定した。

	市場規模(米国)	受注予測(累積)/シェア 初号機受注以降、年間2台受注した場合の累積シェア
現状	1.7兆円	4000万トン/年 ÷ 48.6万トン/台 ÷ 80台 80台 × 209億円 = 1.7兆円
20XX年 (初年度)	1.7兆円	209億円(1台) / 1.2%
5年後	1.7兆円	1,881億円(9台) / 11%
15年後	1.7兆円	6,061億円(29台) / 36%

- しかしながら、近年のNEDO調査事業の結果から北米(カナダ)でも石炭焚き火力の建設ができない状況にあり、他の産油地で石炭焚き火力の存続する新たな市場開拓が必要である。

## ◆実施の効果（費用対効果）

➤ プロジェクト費用(中間評価迄の3年間の費用)

### □ CO2回収型クローズドIGCC技術開発:約29億円程度(要素研究)

既設の実証規模(石炭処理量:50t/d)のプラントを流用し、ガス化炉、ガス精製を主としたシステム全体の上流側の要素開発段階である。

#### ✓ 国内ターゲット市場:

・2040～2060年頃の国内発電所リプレイス(油火力なども含む)への本格導入を想定(想定条件:経年40～60年で廃止)すると、出力400MW級規模の発電所が約18基導入される見込(全廃止容量40～95GWの1/9)。

⇒建設費単価約30～40万円/kWとすると、約2.5兆円の市場が期待できる。

#### ✓ 海外ターゲット市場

・国内で効果を確認後、海外への普及展開が期待できる。

・展開時期が2050年代以降で未確定要素が多いものの、CCS火力としての送電端効率の優位性は極めて高い上、新興国を中心に海外の石炭火力新設需要は 大きいものと考えられる。

⇒定量化は難しいものの、かなりの規模の市場が潜在する。

## ◆実施の効果（費用対効果）

### □ 次世代ガス化システム技術開発：3.7億円（基盤研究）

研究段階は、基盤技術開発であるが、既存ベンチ規模（石炭処理量：3t/d）のガス化炉を流用すると共にリダクター模擬小型ガス化炉を用いた試験である

#### ✓ 国内ターゲット市場：リプレイス等

- ・IGCC（1500℃級GT）の発電効率が約2ポイント向上すると、燃料費を約4%削減できる。
- ・2030～2050年頃の国内発電所リプレイスへの本格導入を想定（想定条件：経年40～60年で廃止）すると、出力500MW級規模の水蒸気添加IGCCが約15基導入見込（全廃止容量80～100GWの1/12）。⇒建設費単価約30万円/kWとすると、約2.3兆円の市場が期待できる。

#### ✓ 海外ターゲット市場

- ・国内で効果を確認後、海外への普及展開が期待できる。
  - ・展開時期が2040年代以降で未確定要素が多いものの、送電端効率の優位性は極めて高い上、新興国を中心に海外の石炭火力新設需要は大きいものと考えられる。
- ⇒定量化は難しいものの、かなりの規模の市場が潜在する。



1. 事業の位置付け・必要性 (2)NEDOの事業としての妥当性

◆実施の効果 (費用対効果)

CO2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CO2排出量の比較

	発電効率	kWhあたりのCO2排出量	CO2排出量**	CO2削減量	CO2削減割合
現行USC	40%	0.82kg/kWh	250万t/年	ベース	ベース
IGCC	46%	0.71kg/kWh	218万t/年	32万t/年	約13%
次世代ガス化システム IGCC(水蒸気添加IGCC)	48%*	0.68kg/kWh	208万t/年	42万t/年	約17%
	発電効率	kWhあたりのCO2排出量	CO2排出量**	CO2回収量	CO2削減割合
CO2回収型クローズドIGCC	42%	0 kg/kWh	0 万t/年	240 万t/年	約100%
CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発	38%	0.86kg/kWh	264 × 0.02 =5.3万t/年	259万t/年	約98%

\* : 水蒸気添加による効果のみを考慮。乾式ガス精製および酸素製造の高効率化による効果は含まず。

\*\* : 500MWに適用された場合の排出量を試算

$$500\text{MW} \times 8,760\text{時間} \times 0.7(\text{稼働率}) = 3,066,000 \text{ MWh/年}$$

$$\text{現行USC: } 3,066,000,000 \text{ kWh/年} \times 0.82\text{kg/kWh} = 2,514,120\text{t-CO}_2/\text{年} \doteq 250\text{万t/年}$$

## ◆事業の目標

- 本事業を通じて、発電効率の大幅な向上やCO<sub>2</sub>分離・回収後においても高効率を維持すること及びCO<sub>2</sub>排出の削減に寄与する革新的な次世代火力発電技術の確立を目指す。  
各研究開発項目ごとの目標について順次記載する。

1. 次世代火力発電基盤技術開発(5)  
CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発
2. CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発
3. 次世代火力発電基盤技術開発(1)  
次世代ガス化システム技術開発

## 2. 研究開発マネジメント

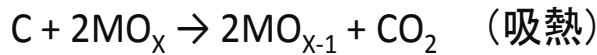
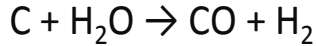
(1) 研究開発目標の妥当性 (2) 研究開発計画の妥当性 (3) 研究開発の実施体制の妥当性

1. 次世代火力発電基盤技術開発(5)  
CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発
2. CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発
3. 次世代火力発電基盤技術開発(1)  
次世代ガス化システム技術開発

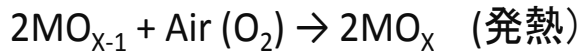
◆ プロジェクトの概要

- CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発
- 技術開発ステージ: ラボレベルの基盤技術開発(要素技術)

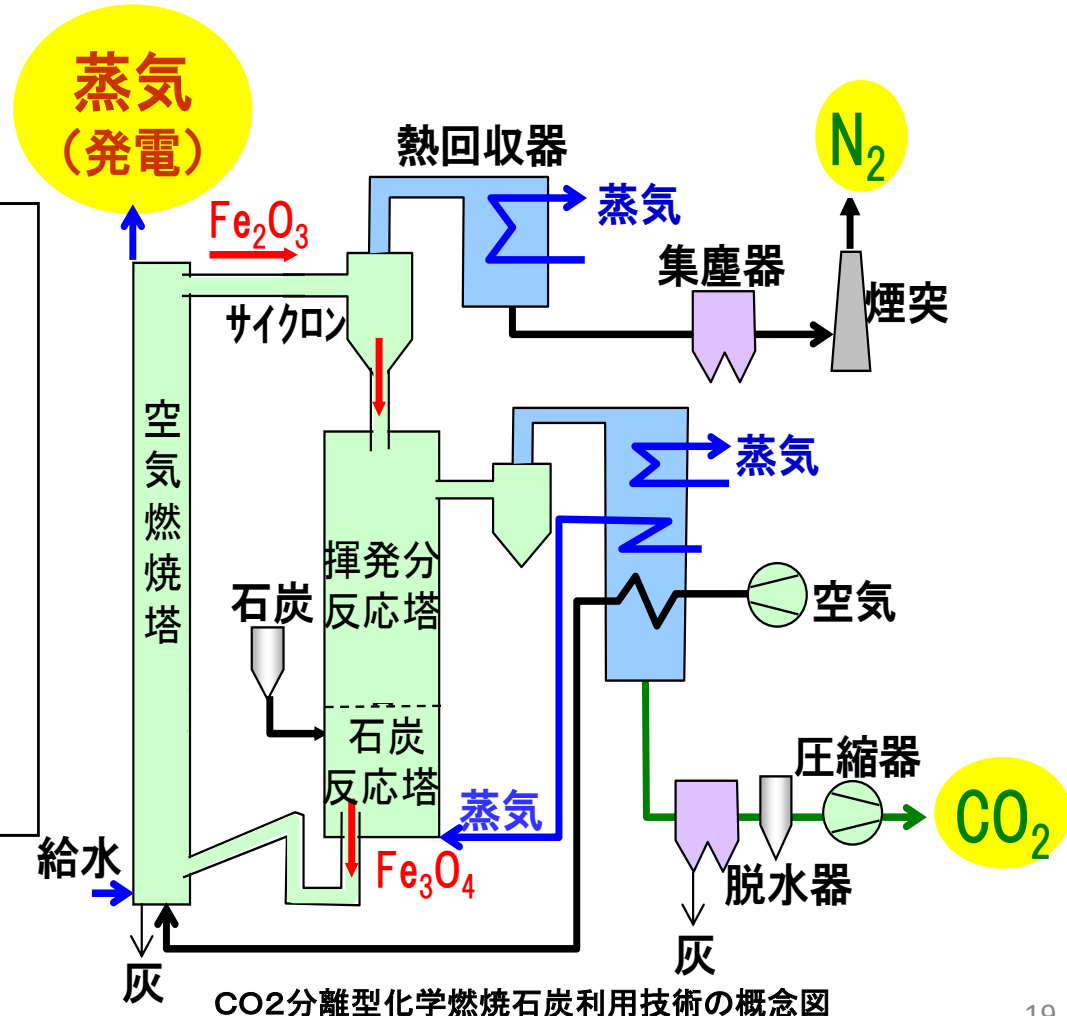
燃料反応塔(揮発分反応塔+石炭反応塔)  
における反応



空気燃焼塔 (AR) における反応



(M: 金属)

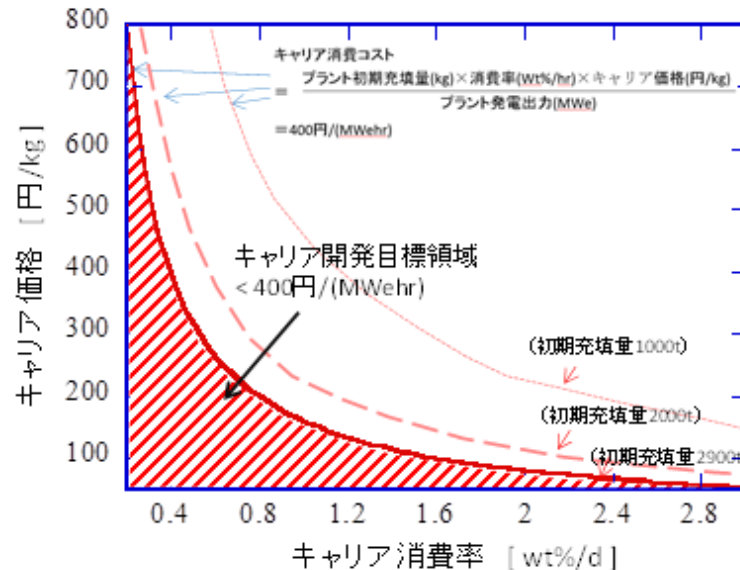


CO2分離型化学燃焼石炭利用技術の概念図

## ◆事業の目標

### ● CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発

- ケミカルルーピングを用いた石炭利用技術は、CO<sub>2</sub>を回収しつつ高効率発電が可能となる一方で、酸素を運ぶ流動材(酸素キャリア、以下キャリアと記す)を用いることから、その反応性や耐久性等に起因するキャリア消費コスト及びプラントコストを含めたCO<sub>2</sub>分離・回収コストが、競合する石炭火力発電システムより安価とする必要がある。



キャリア消費コストとプラント初期充填量、キャリア消費率及びキャリア価格との関係

[中間目標(平成29年度)]

分離・回収コスト1,000円台/t-CO<sub>2</sub>を見通せるキャリアを選定する。

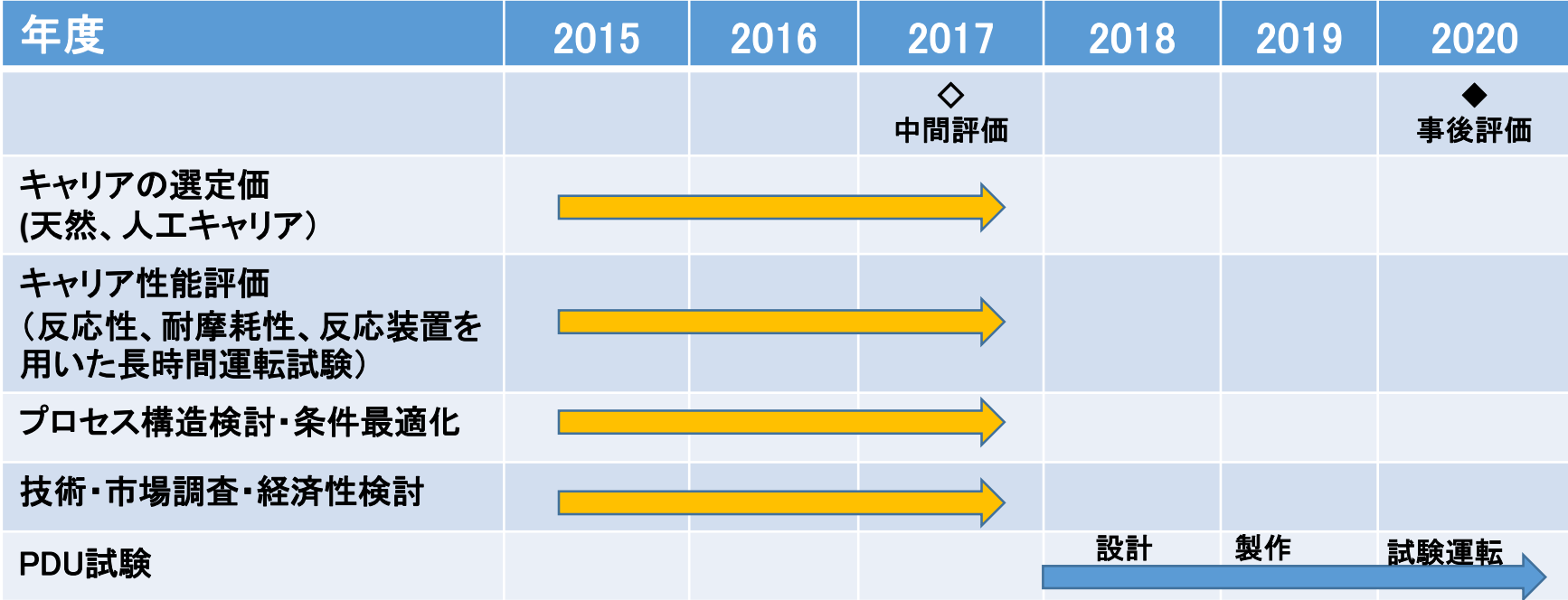
[最終目標(平成32年度)]

分離・回収コスト1,000円台/t-CO<sub>2</sub>を見通せるCO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭火力発電システムを提示する。

# ◆ 研究開発のスケジュール及び費用

## ● CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発

◇ NEDO中間評価 ◆ NEDO事後評価

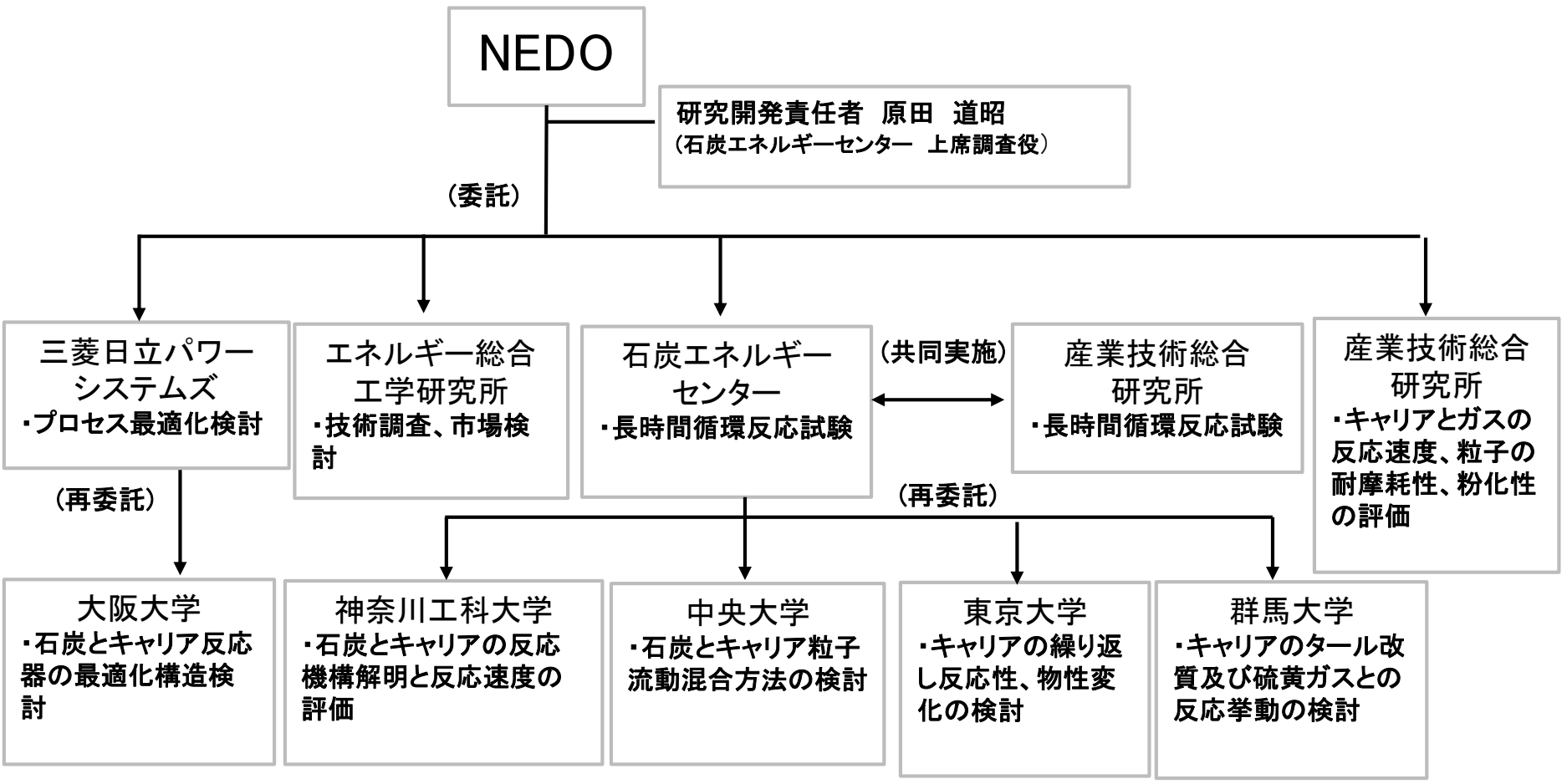


(単位: 百万円)

年度	2015	2016	2017	合計
研究開発費	65	151	114	330

# ◆ 研究開発の実施体制

## ● CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発



1. 次世代火力発電基盤技術開発(5)  
CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発
2. CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発
3. 次世代火力発電基盤技術開発(1)  
次世代ガス化システム技術開発

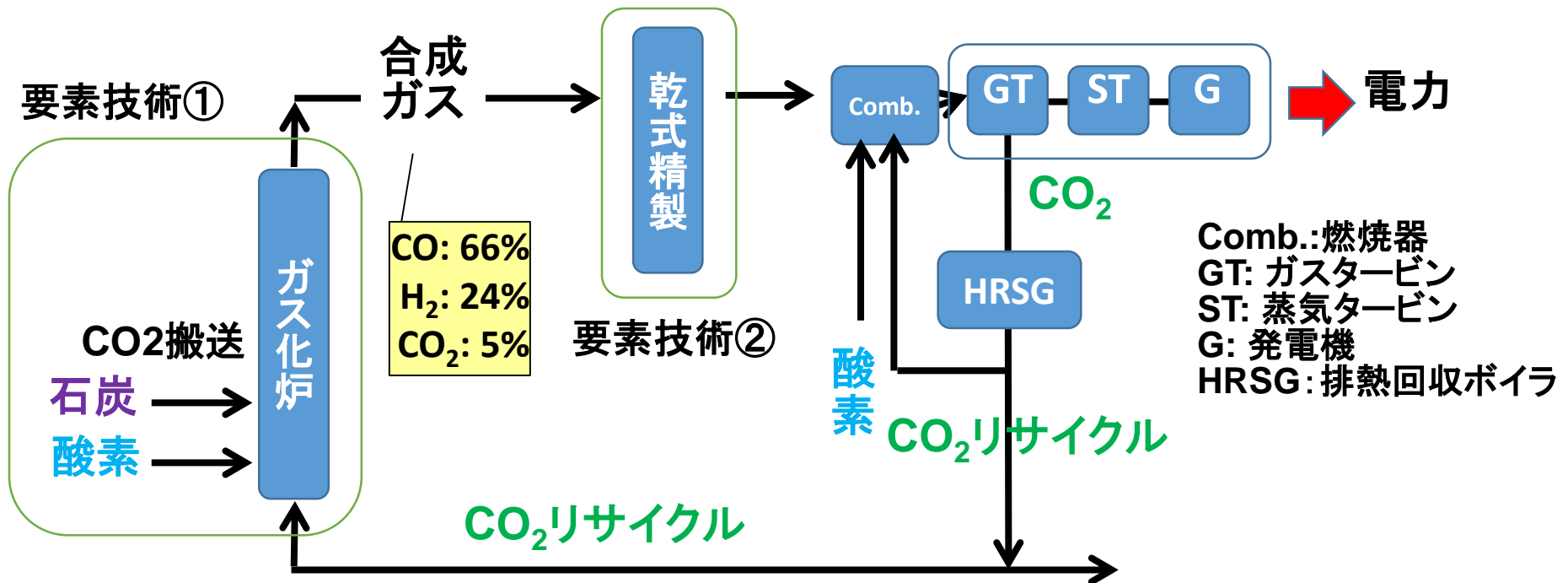


## ◆ プロジェクトの概要

● CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発

## ➤ 技術開発ステージ:

石炭処理量50t/dのガス化炉を用いた実証試験であるが、主にガス化炉、ガス精製に係る技術開発（部分的な要素開発であり、本格的なガスタービンの開発はCO<sub>2</sub>政策動向を見ながら次のフェーズで実施する計画）



## ◆事業の目標

### ● CO2回収型クローズドIGCC技術開発

- IGCCのGT排ガスを再循環しガス化剤やGT燃焼器の希釈剤などに用いることでCO2回収後も高い効率を維持できる「CO2回収型クローズドIGCC」について、2007～2014年の先行プロジェクトで構築した基盤技術をベースに、本システムに必要な要素技術を確立する。
- 目標効率としては、現時点の主力石炭火力USCの送電端効率である42%を設定し、CO2回収後も、この42%を維持できることを目標として定めた。

[中間目標(平成29年度)]

送電端効率42%（高位発熱量基準）を見通すための要素技術確立の目途を得る。

[最終目標(平成31年度)]

送電端効率42%（高位発熱量基準）を見通すための要素技術を確立する。

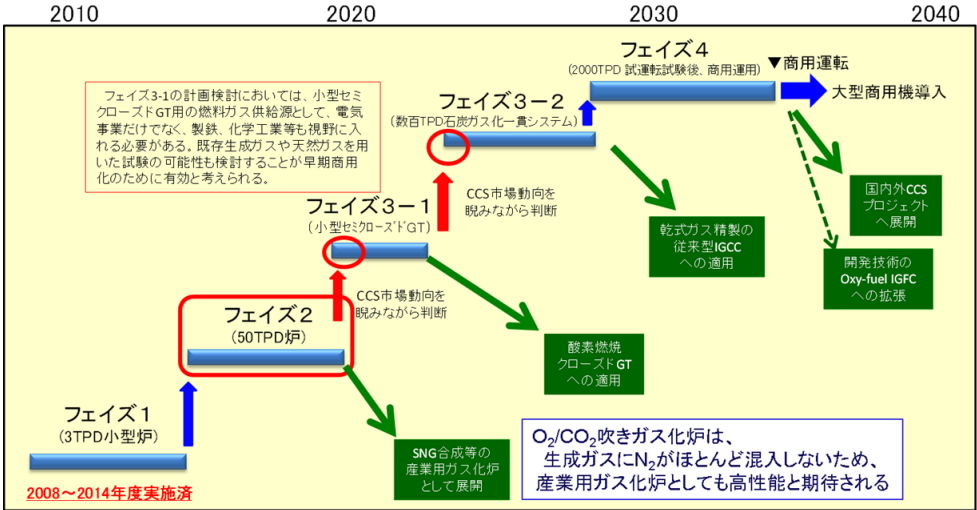
2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

● CO2回収型クローズドIGCC技術開発

◇ NEDO中間評価 ◆ NEDO事後評価

年度	2015	2016	2017	2018	2019
			◇ 中間評価		◆ 事後評価
3t/dガス化炉設備 O2/CO2ガス化試験 乾式ガス精製設備追設		設備改造	設計・製作	ガス化試験運転	試験運転
50t/dガス化炉設備 O2/CO2ガス化試験 乾式ガス精製設備追設		設備改造	設計・製作	ガス化試験運転	試験運転
炭種適合性評価ツール開発 システム検討					



## ◆プロジェクト費用

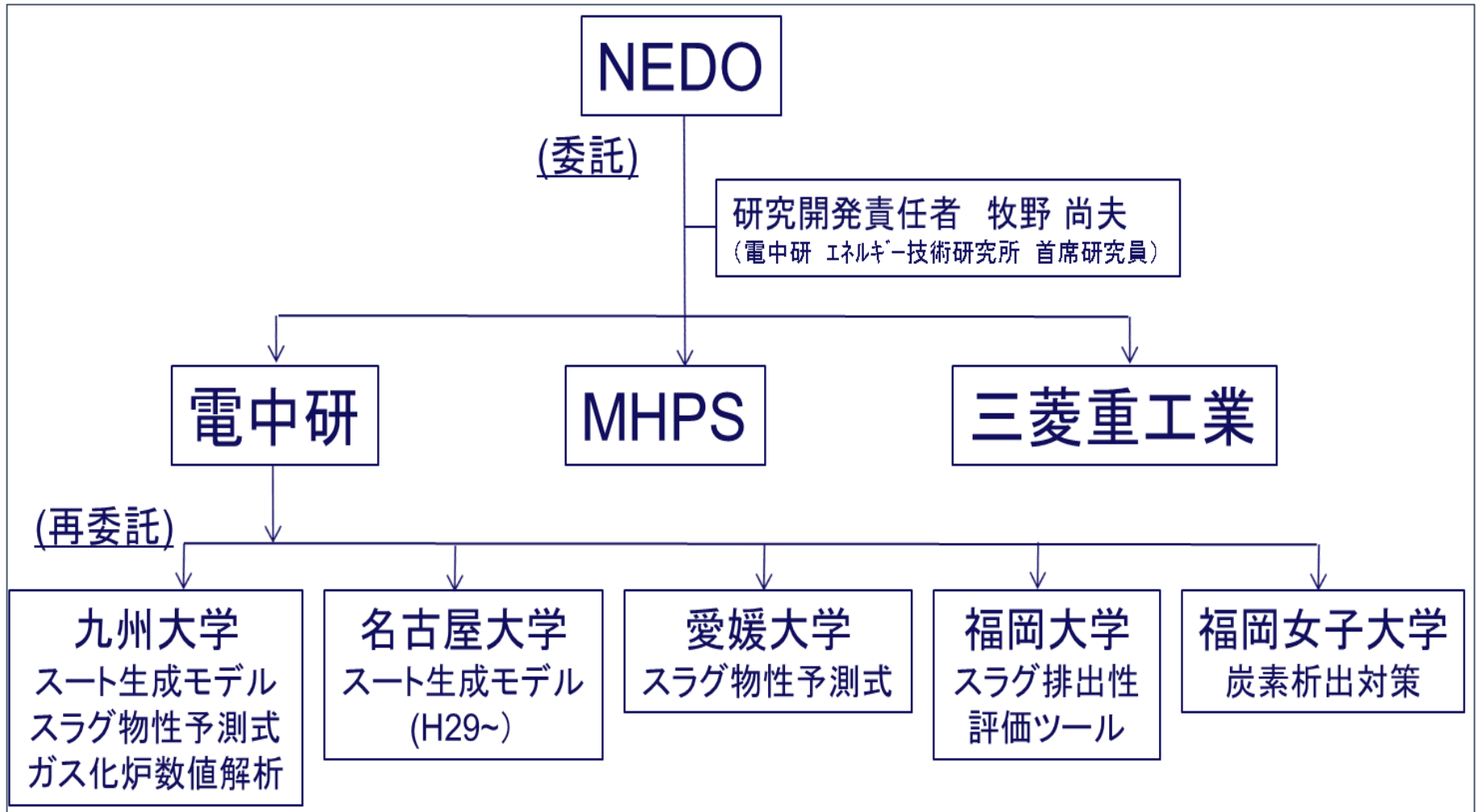
## ● CO2回収型クローズドIGCC技術開発

(単位:百万円)

年度	2015	2016	2017	2018	2019	合計
3t/dガス化試験、 乾式ガス精製試験、 炭種適合性評価ツールの開発	252	1,085	449	—	—	1,786
				(400)	(254)	(2,440)
50t/dガス化試験	128	540	410	—	—	1,078
				(350)	(350)	(1,778)
システム評価	2	2	2	—	—	6
				(2)	(2)	(10)
合計	382	1,627	861	—	—	2,870
( ) 予定				(752)	(606)	(4,228)

## ◆ 研究開発の実施体制

## ● CO2回収型クローズドIGCC技術開発



## 2. 研究開発マネジメント

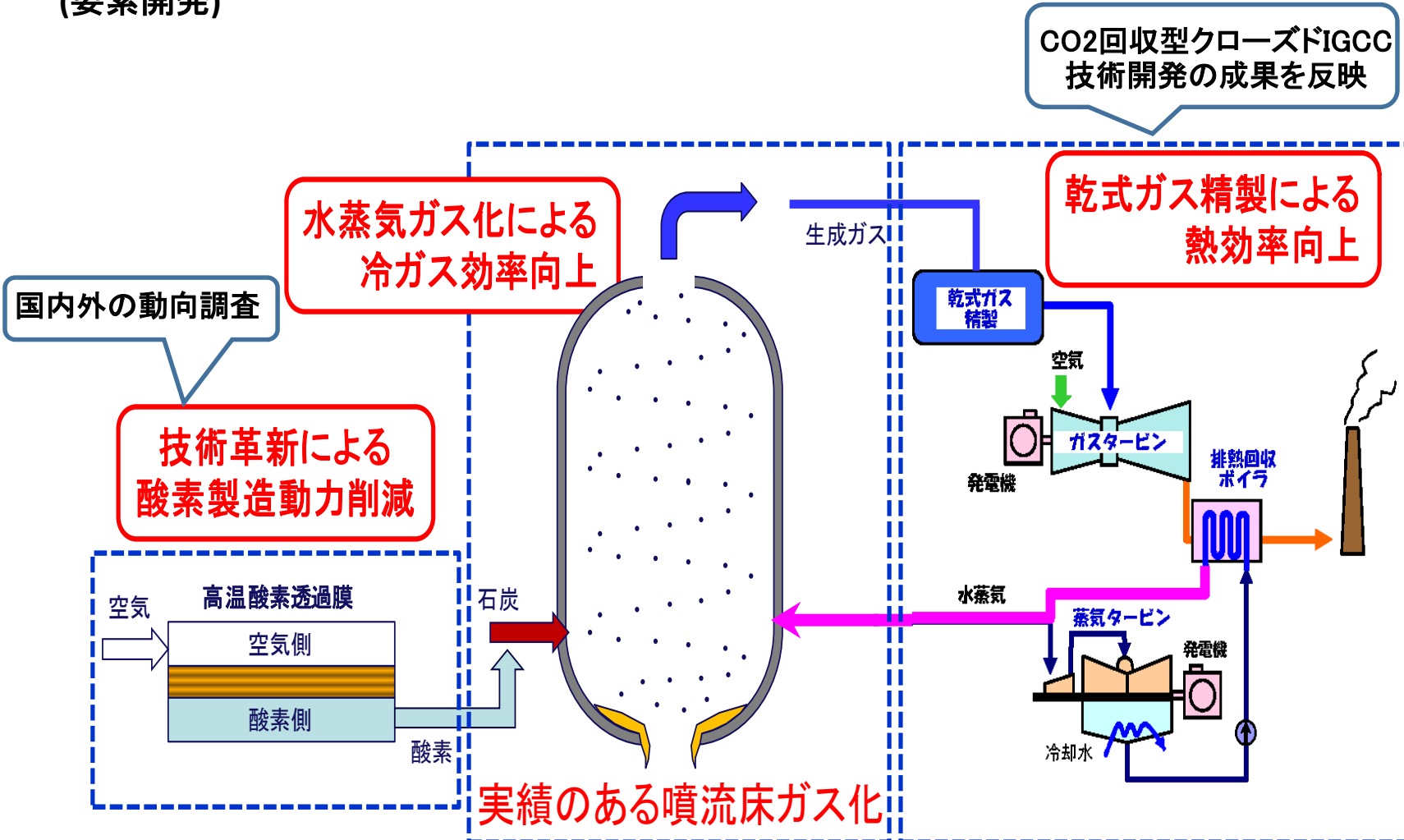
(1) 研究開発目標の妥当性 (2) 研究開発計画の妥当性 (3) 研究開発の実施体制の妥当性

1. 次世代火力発電基盤技術開発(5)  
CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発
2. CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発
3. 次世代火力発電基盤技術開発(1)  
次世代ガス化システム技術開発

# ◆プロジェクトの概要

## ● 次世代ガス化システム技術開発

- 技術開発ステージ: 石炭処理量3t/dのガス化炉を用いたベンチ試験レベルの基盤技術の開発 (要素開発)



## ◆事業の目標

### ● 次世代ガス化システム技術開発

- IGCCでは、部分燃焼の一部を、ガスタービン排熱を利用して作る水蒸気を用いた石炭ガス化反応に置き換えることにより、酸素供給量の低減を図り、冷ガス効率が向上するとともに送電端効率が向上する可能性がある。
- 一方、課題として、ガス化炉へ水蒸気を投入する方法によってガス化炉内の流動状態が大きく異なるため、水蒸気投入方法を慎重に設計する必要があること、ガス化炉出口の温度が低下するため、タール生成・分解挙動の予測とタール低減対策が必要である。
- これらの可能性を検証及び評価するため、最適な試験装置を用いてデータを取得し、数値解析モデルの適用範囲を拡充するとともに適切なタール改質モデルを導入し、**評価ツールを構築**する。着実に試験を進めるため以下のステップを踏んで研究開発を実施する。

#### [中間目標（平成29年度）]

**既存のIGCC（1500℃級GTで送電端効率46～48%）を凌ぐ高効率石炭ガス化発電システムの見通しを得るため、小型ガス化炉による水蒸気添加ガス化試験方法を確立する。**

#### [最終目標（平成30年度）]

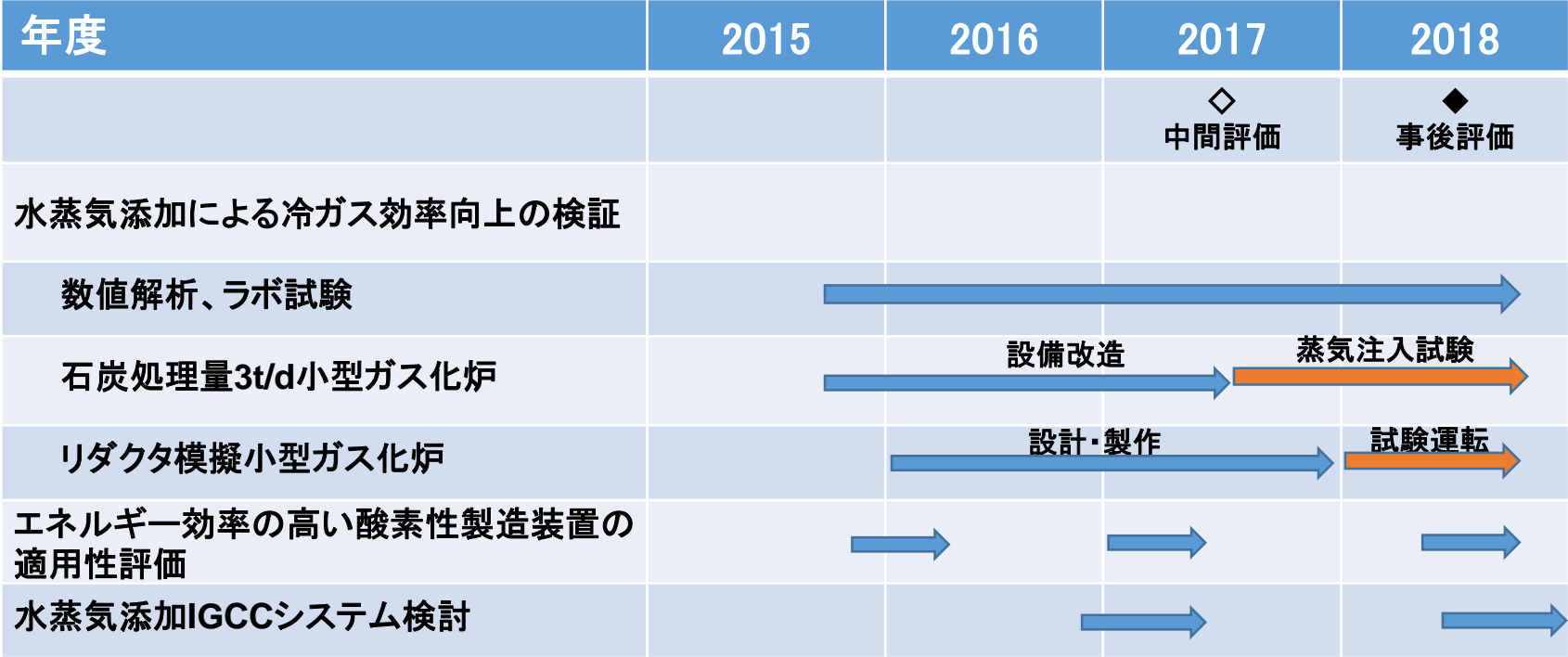
**既存のIGCC（1500℃級GTで送電端効率46～48%）を凌駕する高効率石炭ガス化発電システムの見通しを得る。**



# ◆ 研究開発のスケジュール及び費用

## ● 次世代ガス化システム技術開発

◇ NEDO中間評価 ◆ NEDO事後評価

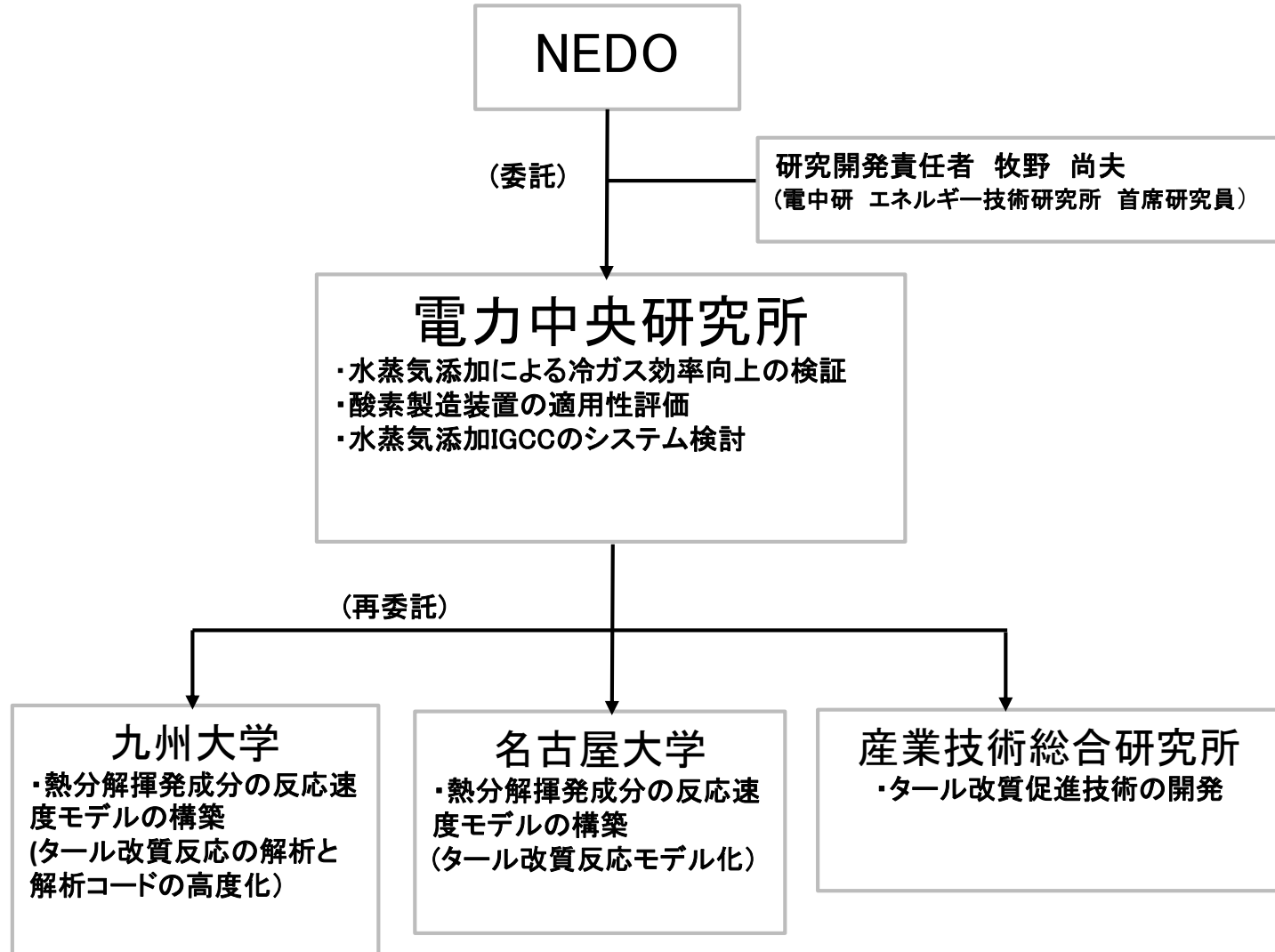


(単位:百万円)

年度	2015	2016	2017	2018	合計
研究開発費	8	75	287	—	370
( ) 予定				(150)	(520)

## ◆ 研究開発の実施体制

## ● 次世代ガス化システム技術開発



## ◆ 研究開発の進捗管理

### PMによる進捗管理

- 従事日誌、月間工程表、執行管理表および適宜ヒアリングにより実施状況をチェックする。

### PLによる進捗管理

- 共同実施者間での打合せや再委託先との打合せを頻繁に行うとともに、それに基づいた情報連絡会および再委託連絡会を定期的 to 実施し、各実施項目の進捗状況や成果と課題を把握し、プロジェクト計画や工程に反映させている。

## ◆ 動向・情勢の把握と対応

事業開始(2012年度)以降、下記のような情勢変更があり、本事業の重要性が一層高くなっている。

### 情勢の変化

- 2014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。
- 2016年4月より電気の小売り全面自由化により、競争力のある電源の開発が必要だという認識のもと、安定供給性や経済性に優れた石炭火力の更なる効率向上を目指し、我が国のエネルギー政策の基本である。「3E+Sの」を推進してきている。
- 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。

⇒本事業の早期実用化が一層重要になっている。

## ◆ 知的財産権等に関する戦略

- ノウハウとして保有する方が有利な技術は出願しない。
- 知財として確保する方が有利な技術については積極的に特許として出願する。

### □ CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発

基盤研究段階であり、キーテクノロジーとなる酸素キャリアについて権利化を目指す。また、酸素キャリアの性能を踏まえてプラント試設計を進めるにあたり、システムを構築するために必要な各機器や運転・制御などについて出願・権利化を進める。

### □ CO<sub>2</sub>回収型クローズIGCC

ガス化システムおよびガス化システムの運転方法、ガスタービン燃焼器および発電システムならびに不純物除去剤の再生システム等のコア技術について権利化に積極的に取り組む。

### □ 次世代ガス化システム技術開発

冷ガス効率向上のための設計手法や条件設定手法はノウハウとして保有する。ガス化炉構造の改良など設計に関わる技術については権利化に積極的に取り組む。

## ◆ 知的財産管理

➤ 各プロジェクトにおいて発生する知的財産に関しては、以下の通り。

### □ CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発

- 本プロジェクト実施メンバーが、CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術(CLC)開発プロジェクト「知財合意書」を取り交わし、同合意書に基づき設置した知財運営委員会にて、開発成果の権利化や秘匿保持を適切に行うよう、運営規則に基づき運営を行った。

### □ CO<sub>2</sub>回収型クローズIGCC

本プロジェクトで得られた知財については、関係各機関の知財管理部門と連携し、特許管理、知財管理を進めている。

### □ 次世代ガス化システム技術開発

本プロジェクトで得られた知財については、関係各機関の知財管理部門と連携し、特許管理、知財管理を進める。

1. 次世代火力発電基盤技術開発(5)  
CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発
2. CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発
3. 次世代火力発電基盤技術開発(1)  
次世代ガス化システム技術開発

# 研究開発課題

①酸素キャリア及び製造方法の開発評価と選定

②酸素キャリアの技術性能評価

②-5 酸素キャリアの層内混合特性

②-6 循環流動特性  
・酸素キャリアの  
・長時間反応性灰と酸素キャリア分離

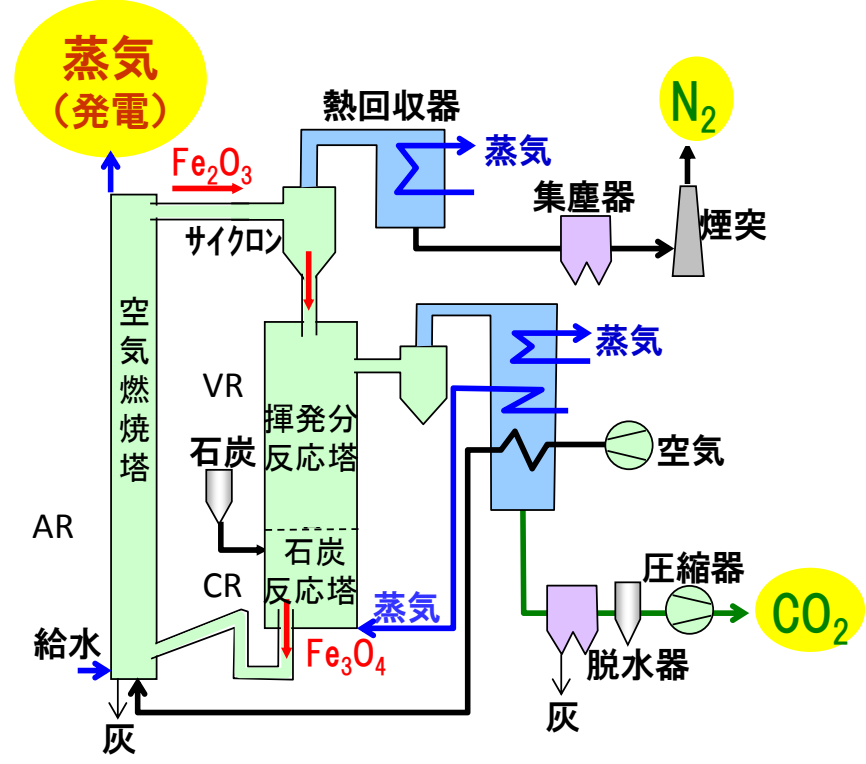
②-1 酸素キャリアのガス反応速度

②-2 酸素キャリアのチャージガス化速度

②-7 酸素キャリアのタール改質, 耐S

②-3 酸素キャリアの繰り返し反応性

②-4 酸素キャリアの摩耗特性



CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術の概念図

③プロセス構造、条件の最適化評価

④技術調査、市場・経済性検討他



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標

◆ 研究開発課題毎の目標と達成状況

◎ 大きく上回って達成、○達成・達成見込み、△一部達成、×未達

実施計画	技術課題	H26年度 概念設計条件	中間成果	評価
②-1	キャリアとガスとの反応速度	<ul style="list-style-type: none"> <li>生成ガスのCO2転化率: 98%</li> <li>VR滞留時間: キャリア_3分、ガス_1秒</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生成ガスのCO2転化率: 98%</li> <li>VR滞留時間: キャリア_6分、ガス_2秒(粒子層高増加で対応可)</li> </ul>	○
②-2	キャリアと石炭との反応速度	<ul style="list-style-type: none"> <li>CR滞留時間: キャリア_12分、ガス_2秒</li> <li>チャーガス化率: 97.3%以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>チャーガス化率: 94% → カーボンストリップ設置や反応器構造の改良で対応可(設計ガス化率97.3%で変更なし)</li> </ul>	○
②-3	キャリアの繰返反応性、物性変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>酸化/還元繰返し反応性: 10倍向上と仮定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>繰返し反応性: 天然キャリア5倍、Ca添加改質イルメナイトで12倍向上可 → 天然キャリアのVR滞留時間を3分→6分とする。</li> </ul>	○
②-4	キャリアの耐久性, 摩耗,	<ul style="list-style-type: none"> <li>摩耗量、粉化率: 未考慮</li> <li>キャリア補充率: 0.40wt%/dと仮定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>キャリア摩耗量は珪砂の2倍であることを確認。CFBでの珪砂補充率経験値より概念設計時の補充率0.40wt%/dは安全側であると判断。</li> </ul>	○
②-5	石炭とキャリアの混合性	<ul style="list-style-type: none"> <li>流動条件: 気泡流動層形成</li> <li>粒径: 石炭100μm, イルメナイト123μm</li> <li>混合性, 滞留方法: 未検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>石炭とキャリアの混合は円滑に進むことを確認。</li> <li>チャーがキャリア同伴されARに移動を防ぐ反応器構造の改良案を提案。</li> </ul>	○
②-6	循環流動性	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転制御条件: 未検討</li> <li>粒子循環流束 Gs: 52kg/m<sup>2</sup>s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>長時間循環反応評価装置(ベンチ試験装置)で検討開始。</li> <li>ベンチ試験装置で、粒子循環流速設計条件(Gs: 52kg/m<sup>2</sup>s)を満足することを確認した。</li> </ul>	○
	長時間循環反応評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>連続運転性能: 性能は低下しないと仮定</li> <li>S分, N分挙動: 机上検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベンチ試験装置で検討開始。</li> <li>64h連続運転達成し, 装置の安定化確立。</li> </ul>	○
②-7	灰とキャリアの分離	<ul style="list-style-type: none"> <li>サイクロン: 完全分離と仮定</li> <li>反応塔内: CR, VRでは灰飛散なしと仮定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベンチ試験装置で検討開始。</li> </ul>	○
	タール改質, 硫黄ガス影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>タール改質: 未検討</li> <li>硫黄ガス: 未検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>固定層試験でキャリアによるタール改質活性を把握。</li> <li>S/C増加で煤の生成減少。タール改質への影響因子を検討中。</li> </ul>	○
CO2回収コスト		2,000円台/t-CO2(CO2圧縮費を含む)	1,000円台/t-CO2(CO2圧縮費を含む)	○

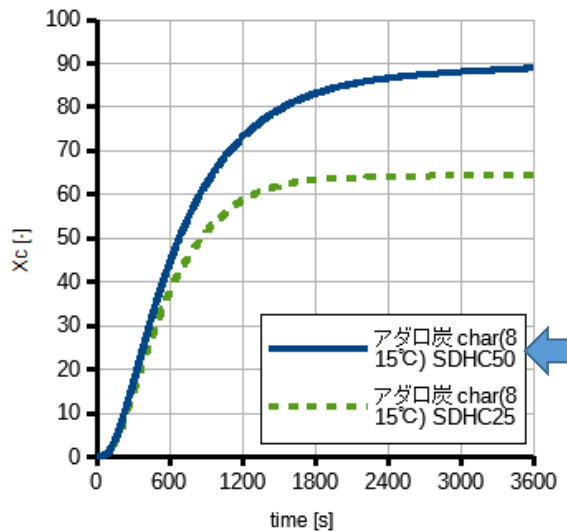
## • プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

- 酸素キャリアの評価・選定により、天然キャリアの利用について目途を得、引き続き中間目標達成に向けて取り組む。

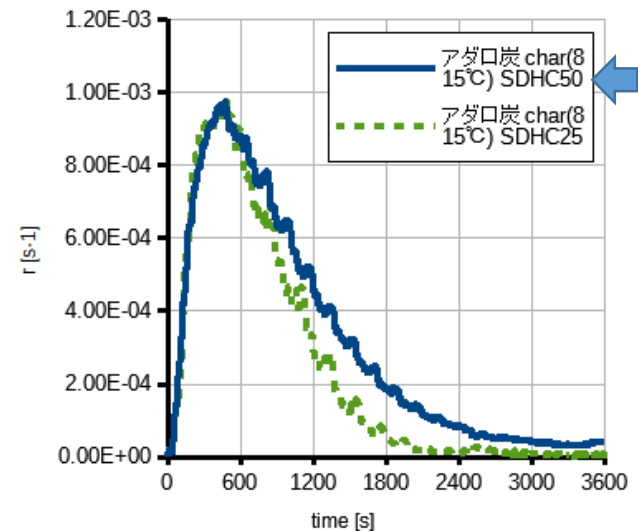
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 分離・回収コスト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,000円台/t-CO<sub>2</sub>を見通せる安価な天然キャリアを選定。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 技術的な実現性評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 天然キャリア性能を定量的に把握しCLCプロセスの実現性に技術的目途を付けた。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 実用化の課題</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 石炭のS分のキャリア酸化還元速度への影響把握</li> <li>• 繰り返し利用時天然キャリア崩壊対策(Ca添加等)</li> <li>• Cセパレータの実用化</li> <li>• 多炭種対応</li> </ul>

## 3. 研究開発成果 (2) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ①-1 人工キャリアの開発評価と選定 (JCOAL【中央大、神奈川工大、東大】)
  - 酸化鉄含有量を50%とし、焼成温度を1300°Cとしてハーシナイト( $\text{FeAl}_2\text{O}_4$ )化した50% $\text{Fe}_2\text{O}_3$ キャリア粒子を、第一の候補として選定した。
  - 原材料として天然キャリアであるイルメナイトにCaを含浸1300°C焼成したキャリアは反応速度がイルメナイトより向上し、第二の候補として選定した。(2-③項で示す)



炭素転換率



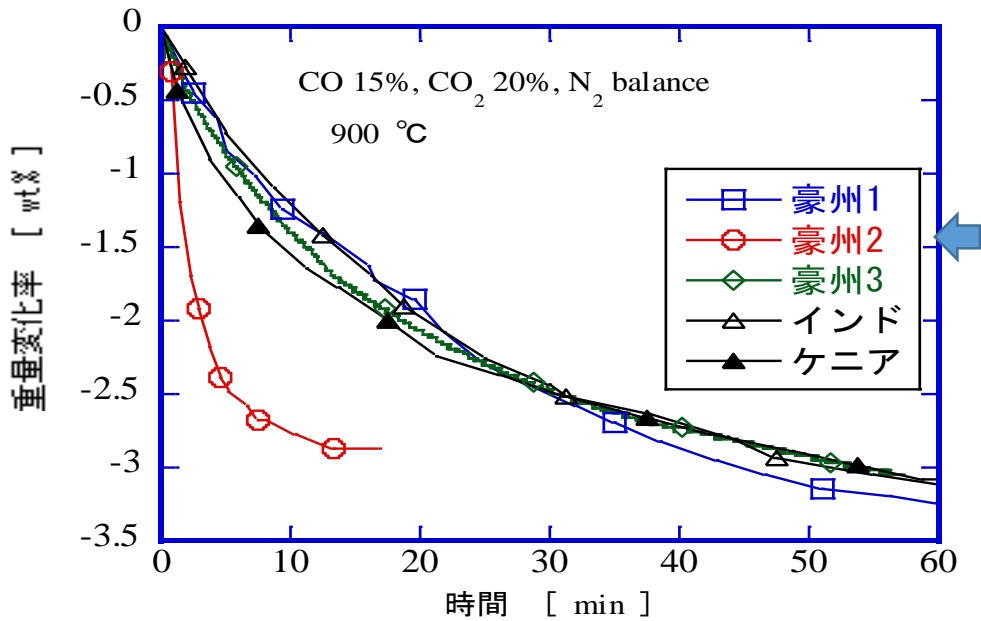
反応速度

図①-1-1 人工キャリア第一候補の性能

(SDHC50 (SD<sub>50</sub>): 50% $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、SDHC25 (SD<sub>25</sub>): 25% $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

◆ ①-2 天然キャリアの開発評価と選定(MHPS、JCOAL)

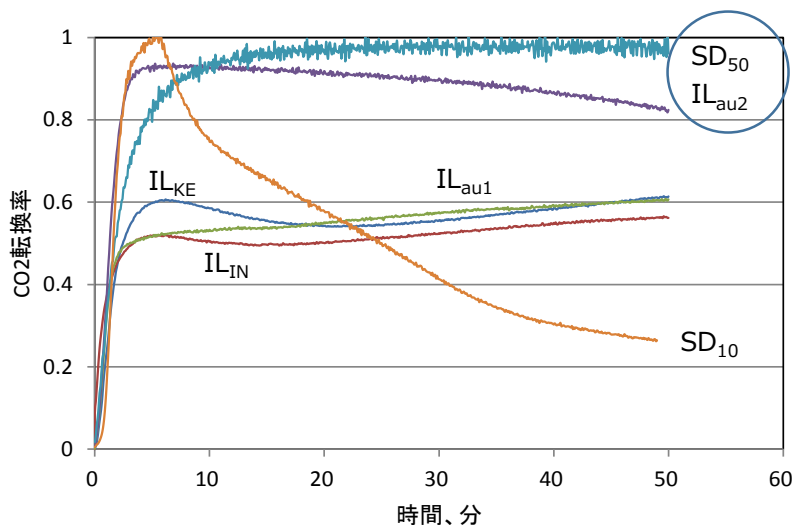
- 5タイプのイルメナイト還元反応性を比較し、初期反応性の高い豪州産2号(IL<sub>au2</sub>)のイルメナイトを選定した。



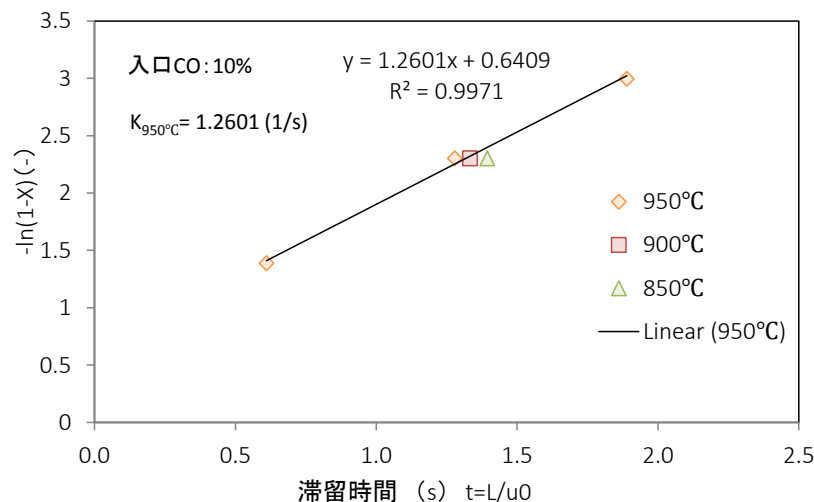
図①-2-1 5種類のイルメナイトの還元反応性の比較(熱重量測定試験法)

## ②-1 酸素キャリアとガスの反応速度の評価(産総研)

- 6タイプの酸素キャリア(天然キャリア:  $IL_{au1}$ ,  $IL_{au2}$ ,  $IL_{IN}$ ,  $IL_{KE}$ 、人工キャリア:  $SD_{10}$ ,  $SD_{50}$ )を用いて還元実験を実施。天然キャリア豪州産2号  $IL_{au2}$  の反応性は人工キャリアと同等であった。
- 反応速度の動的解析から、ガス側反応速度は一次反応、キャリア側の速度は未反応核モデルと仮定し、各キャリアの還元速度定数を求めた。



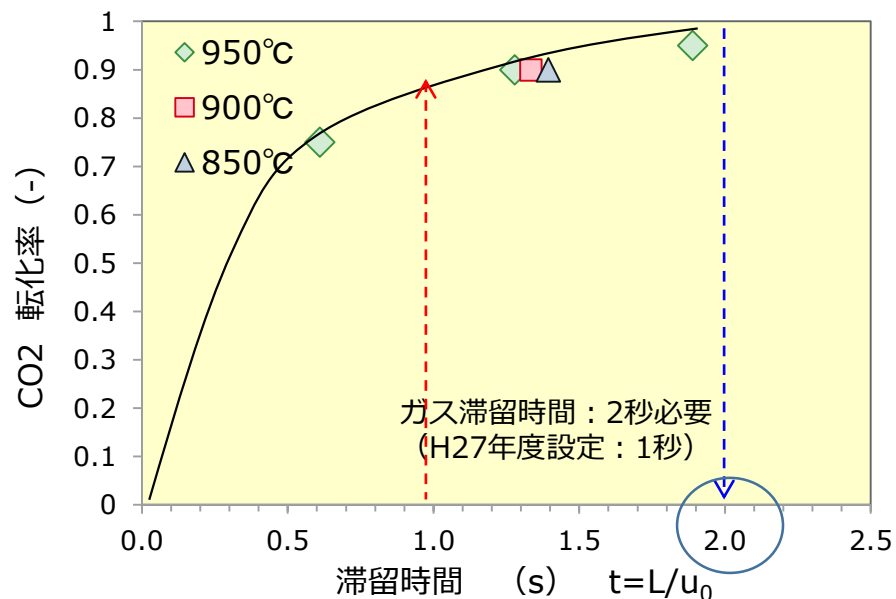
図②-1-1 CO<sub>2</sub>転換率の比較による酸素キャリアの還元反応性の評価; 900°C、10%CO



図②-1-2 天然キャリア $IL_{au2}$ のガス側還元反応速度定数; 10%CO

②-1 酸素キャリアとガスの反応速度の評価(産総研)

- 反応速度からCO2転換率98%に必要なガス滞留時間は2秒であることが明らかとなった。
- 表②-1-1の通りガス滞留時間2秒を確保できる設計仕様でCO2転換率98%達成。



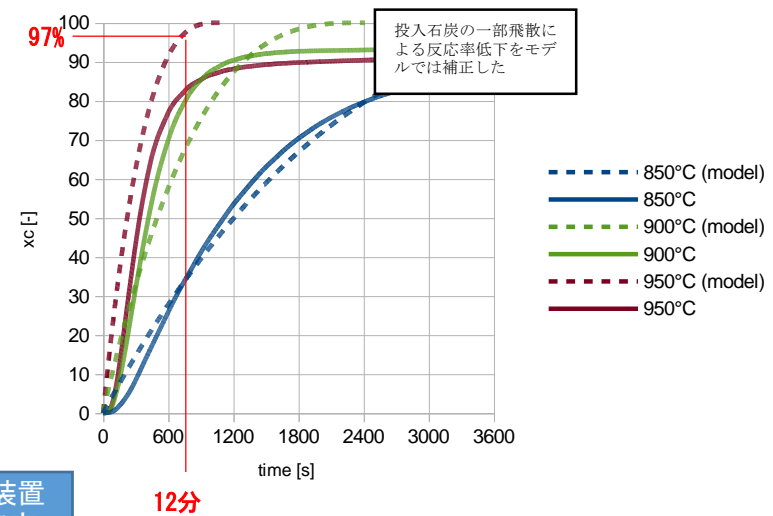
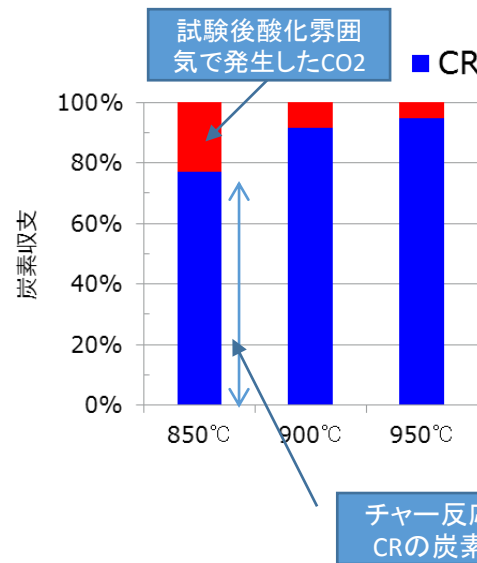
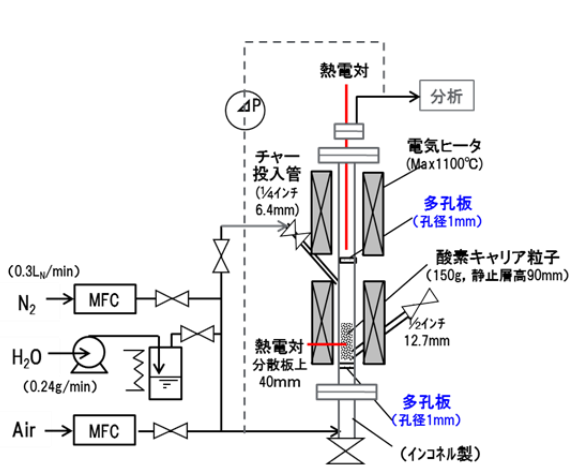
図②-1-3 CO<sub>2</sub>転化率と滞留時間の関係

表②-1-1 VR設計仕様の変更(250MWth)

		H27年度条件	H28年度見直し
ガス滞留時間	秒	1	2
キャリア層高	m	1	2
キャリア充填量	t	176	352
塔断面積	m <sup>2</sup>	70	←
塔高	m	9.3	10.2
空塔速度	m/s	1.5	←
ガス量	m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /min	1376	←
圧力損失	kPa	33	98
流動状態	-	気泡流動化	乱流流動化
ブロー形式	-	軸流送風機	←

## ②-2 石炭チャーと酸素キャリアの反応機構の解明と反応速度の評価 (IAE、JCOAL【神奈川工大】)

- 小型流動層試験で、石炭チャーのガス化反応速度を測定した。炭素収支は小径チャーの飛び出しで最大94%であった。
- 全量反応したと仮定すると、950°C12分で反応率97%が達成できる。
- カーボンストリッパやチャー反応塔構造の見直しで、未反応チャーの飛散を防止し、計画滞留時間を確保することでガス化率の達成を見込める。



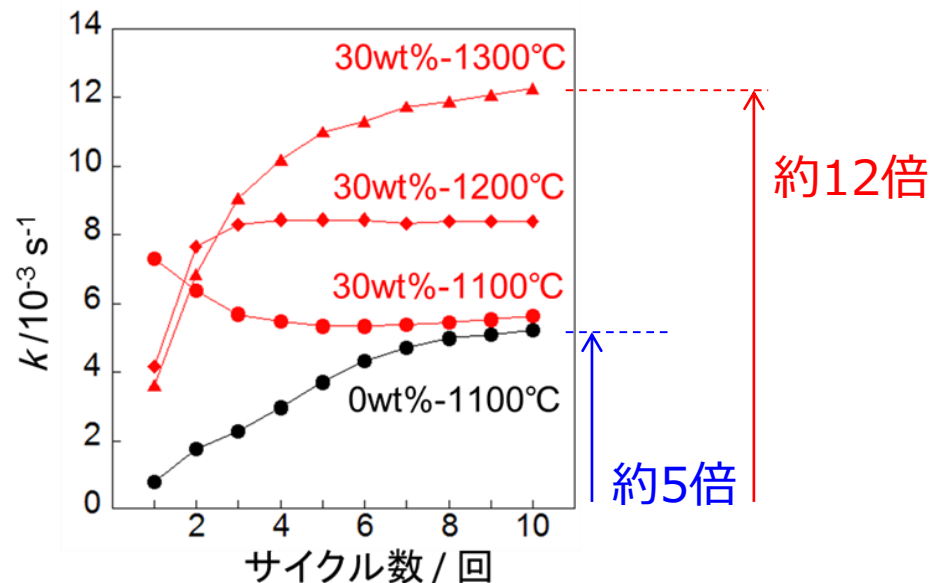
図②-2-1 小型試験装置及び炭素収支

図②-2-2 チャー反応率と未反応核モデルによる整理結果

## 3. 研究開発成果 (2) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ②-3 酸素キャリアの繰り返し反応性、物性変化の検討(【東大】、JCOAL)

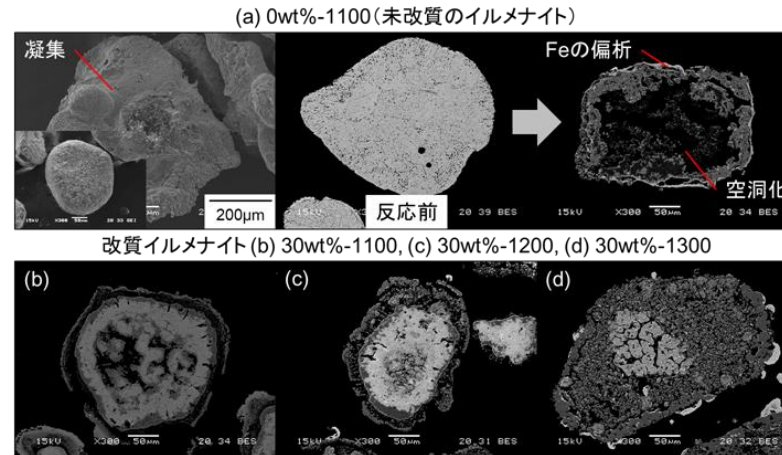
- 天然イルメナイトの繰り返し利用による反応性向上を確認した。以下の通り、繰り返し反応性向上は5倍程度。ただし、改質(Ca添加)により約12倍達成見込み。
- VRのキャリア滞留時間を3分(反応性10倍)から6分に変更しVR寸法を見直した。



図②-3-1 酸化還元サイクル(水素/酸素)での還元反応速度 黒線:純イルメナイト;赤線:改質イルメナイト(図中にCaO添加量(wt%)と焼成温度(°C)を示す)



- ②-3 キャリアの繰り返し反応性、物性変化の検討(【東大】、JCOAL)
- 未改質の純イルメナイトでは、酸化還元反応繰り返し後に鉄の偏析と空洞化が観測された。一方、Ca添加表面改質イルメナイトでは、粒子の構造変化の抑制も観測された。

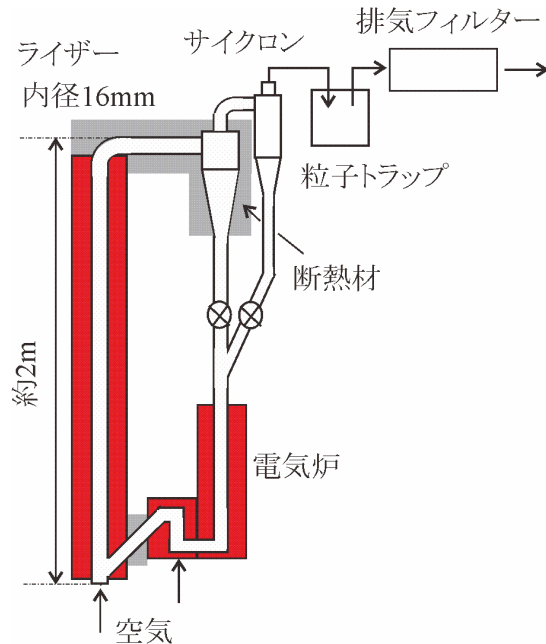


図②-3-2 (a)純イルメナイトおよび(b,c,d)改質イルメナイトの酸化還元50サイクル後の粒子断面SEM写真

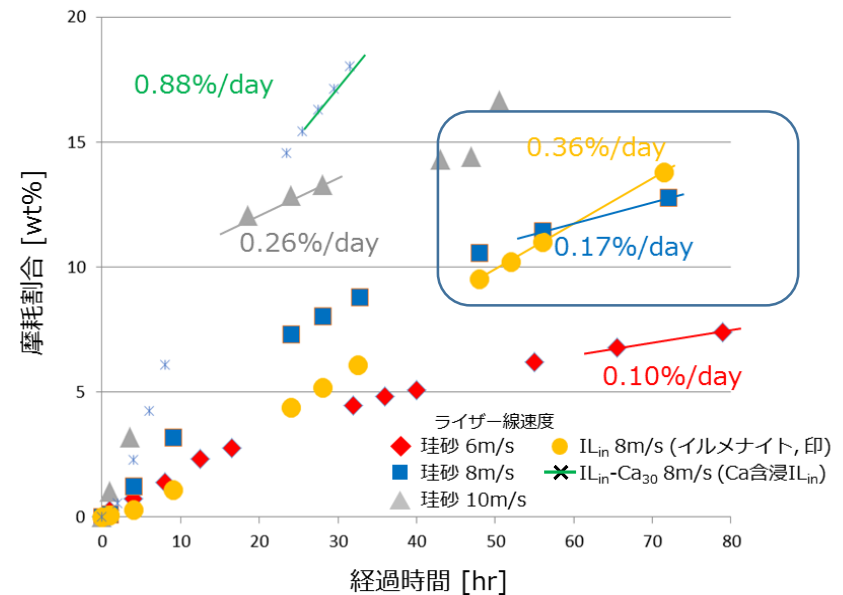
## 3. 研究開発成果 (2) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

## ◆ ②-4 キャリア粒子の耐摩耗性、粉化性の評価(産総研)

- 循環流動層型耐摩耗性評価試験装置で、飛散粒子を測定して摩耗割合を求めた。空塔速度8m/sの摩耗割合は珪砂が0.17 wt.%/日、イルメナイトは0.36wt.%/日であり珪砂の約2倍となった。



図②-4-1 循環流動層によるキャリア粒子の耐摩耗性評価装置概略図



図②-4-2 循環流動層によるキャリア粒子の耐摩耗性評価結果

- ②-5 石炭とキャリア粒子の流動混合方法の検討(【中央大】、JCOAL)  
石炭とキャリア反応器の最適構造(【阪大】)
- 石炭とキャリア反応器の混合・分離特性検討の為、VR、CRで比重差のある粒子の混合流動を評価した。
- 概念設計時の粒径(石炭:100 $\mu\text{m}$ 、イルメナイト:123 $\mu\text{m}$ )で円滑な混合が確認された。
- 比重差のある石炭とキャリアの混合は空塔速度を増加させることでチャーの偏析を防止し、良好な混合状態を維持可能。
- CR内部構造は未反応チャーが内部循環する構造に改良する。

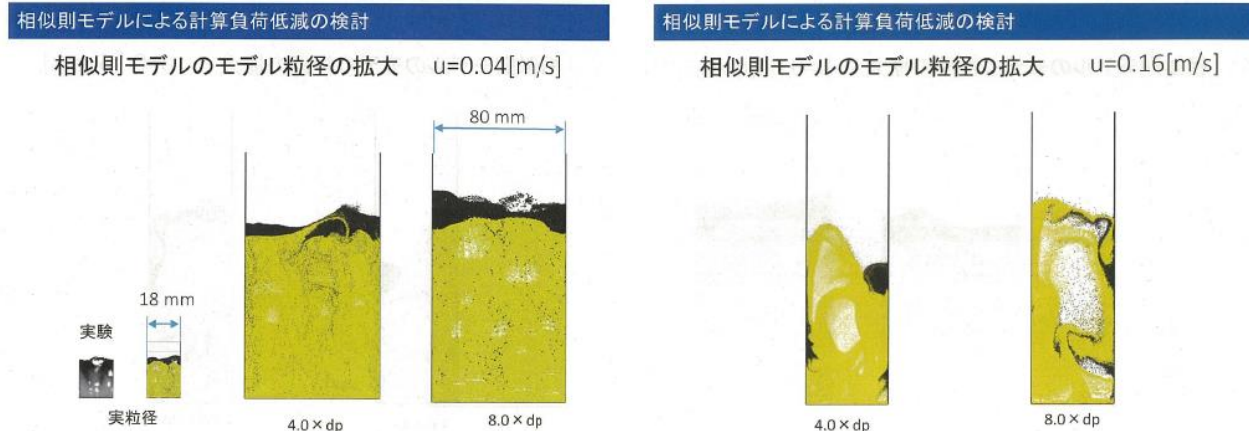


図 キャリア粒子および石炭粒子の混合評価

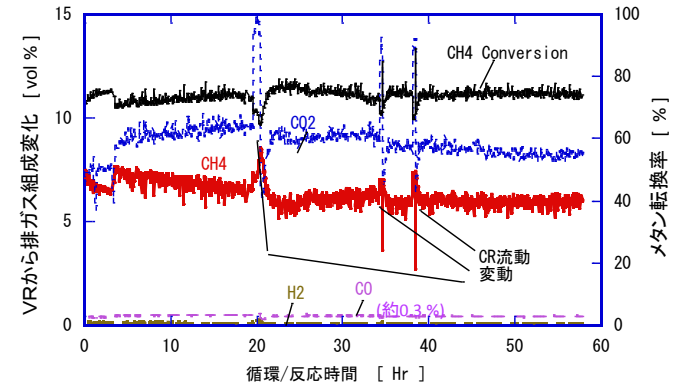
- 空塔速度を増加させることで、チャーとキャリアの偏析を防止し、良好な混合状態を維持可能

## ②-6 長時間酸素キャリア粒子の循環、反応性の検討(JCOAL、産総研)

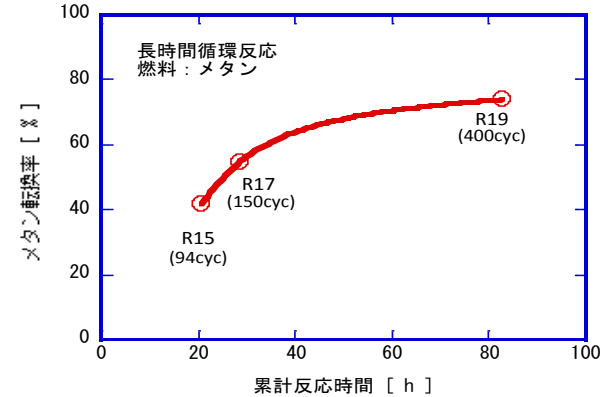
- ベンチ試験でCH<sub>4</sub>反応長時間運転を実施し、連続64h、累積85h。
- メタン反応率は累積時間の増加に伴い増加し、最大74%まで増加。
- 粒子循環量は91kg/m<sup>2</sup>s(粒子循環流束)で設計条件52kg/m<sup>2</sup>sを満足。
- メタンに一部石炭を加えての長時間試験を実施中。



キャリア長時間  
循環反応評価装置  
(100kWth)



長時間試験のメタン転換率と累計反応時間の関係



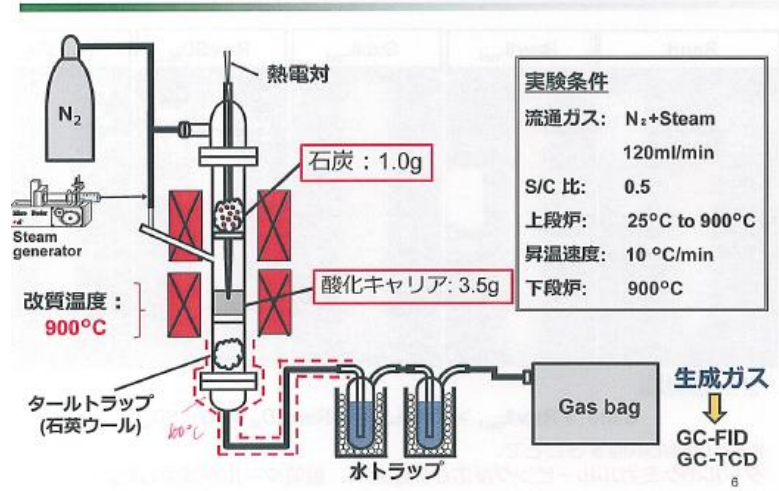
図②-6-1キャリア長時間循環反応評価装置

3. 研究開発成果 (2) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

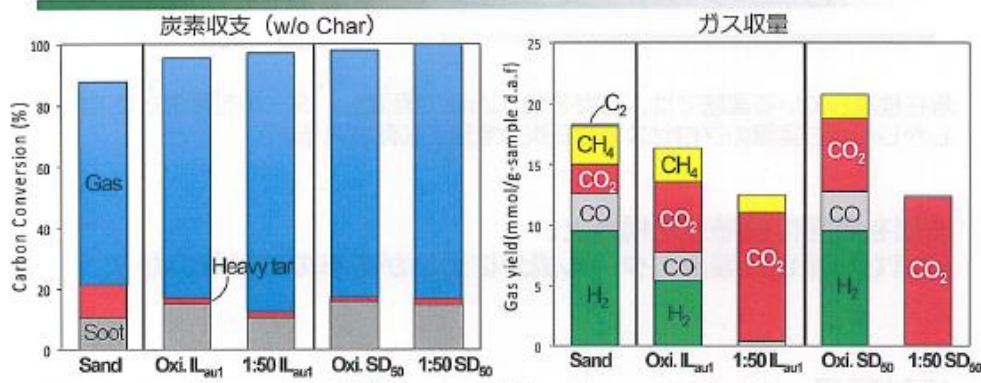
②-7 キャリアのタール改質及び硫黄ガスとの反応性の検討  
 (【群馬大学】、JCOAL)

- 天然キャリアはタールが生成してもケミカルルーピング反応によりほぼCO<sub>2</sub>に転化可能。
- 硫黄ガスとの反応性について検討中

酸化キャリアによるタール改質実験



石炭/キャリア比の影響：炭素収支及びガス収量結果



石炭/キャリア比1:50による改質実験では、天然キャリア IL<sub>aur1</sub>及び合成キャリアSD<sub>50</sub>は共にケミカルルーピング反応が促進され、揮発分のほとんどはCO<sub>2</sub>に転換された。

### ③ プラントの合理化の検討 (MHPS)

- 天然キャリア(IL<sub>aus2</sub>)で装置の概略寸法を検討。
- CLCボイラ建設費を重量を基準にコスト評価。CLCボイラ重量はCFBボイラ部位の約1.3倍に相当。

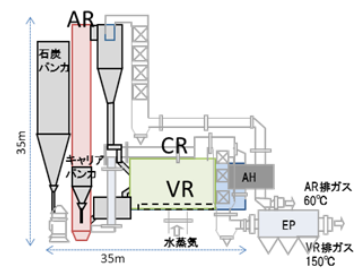
CLCのコスト試算 - CFB ボイラ部位別の重量

表1 H27年度CLC100MWe級の各反応塔サイズによる重量

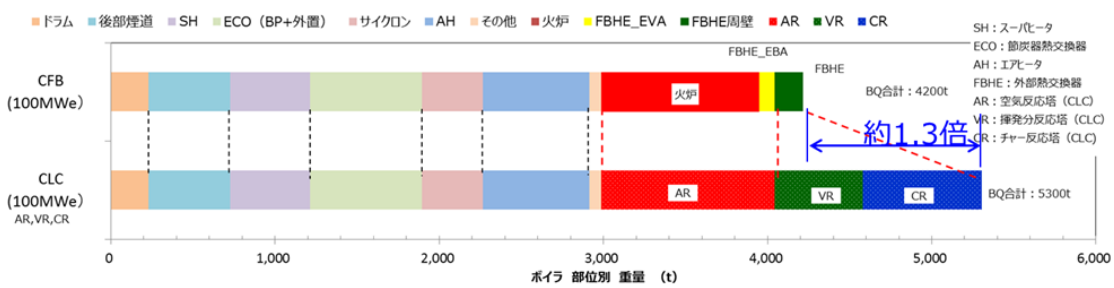
部位	寸法(m)	重量 (t)
AR	W3.1 × D9.4 × H33	1060
VR	W6.5 × D19.5 × H10.2	575
CR	W4.8 × D14.4 × H9.3	720

表2 CFBからCLCによる重量増加割合

部位	重量 (t)
外部熱交換器 (FBHE)	170 t
VR+CR	1295 t
FBHE 対 (VE+CR)	7.6倍



**AR, VR, CRの重量計算条件**  
 ・全壁面にキャスト、外壁金属にSUS304を使用した重量を算出。  
 ・H24年度報告書より、金属温度：200℃、キャスト厚さ：95mm、外壁金属厚さ：10mmに設定



### ③ プラントの合理化の検討(MHPS)

- CLC全プラント建設費を同様の設備を持つCFB建設費から推定した。
- CFB建設費は文献値から20万円/kWe※で、ボイラ価格は全体建設費の15%※
- ボイラ価格をCFBの1.3倍に増加として下表3の通り20.9万円/kWe程度、天然キャリアイルメナイトによるCO2回収費は1,100円/t-CO2と推定した。

CLC建設費はCFB建設費の1.1倍相当の**20.9万円/KWe**と想定  
 天然キャリアイルメナイトによるCO2回収費：**1,100円/ t-CO2**と想定。  
 但し、後処理装置が必要なときはCLC建設費が増加し、CO2回収費が増加する可能性があり、今後、検討予定

表3 CLC 建設費

項目	万円/Kwe
CFB 全建設費	20
CFBのボイラ部 建設費	3
CLC建設費 (ボイラの1.3倍)	3.9
CLC 全プラント建設費	20.9
CFBに対するCLC建設費の倍率	1.1倍

表4 ボイラ単価 文献出典

項目	仕重 CFB
入熱量 (MWth)	698
発電効率 (%)	43
発電出力量(MWe)	300
合計 (全体建設費) 億円	600
単価(全体建設費) 万円/kWe	20
ボイラ単価 (万円/kWe) (15%相当)	3
MUS\$ (全体建設費)	500
M¥ (全体建設費 ¥換算)	60,000
¥/US\$: 換算レート	120

※: NEDO 平成24年度成果報告書「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業／基礎事業／石炭高効率利用システム案件等形成調査事業」インドネシアにおける低品位炭高効率利用石炭火力発電所プロジェクトの案件発掘調査 平成25年3月

出典：インドネシアにおける低品位炭高効率利用石炭火力発電所プロジェクトの案件発掘調査平成25年3月

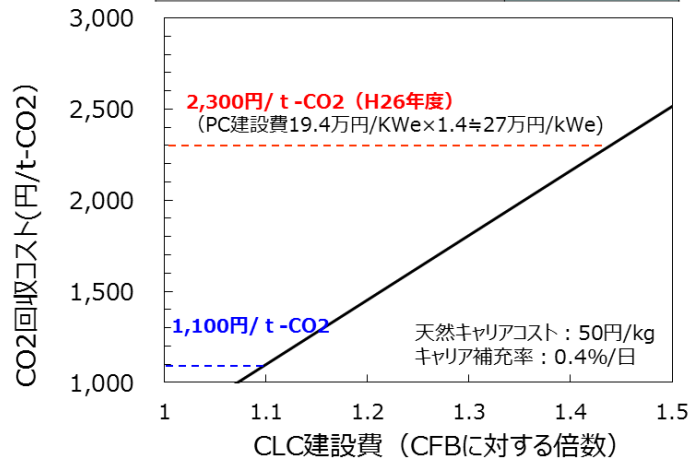


図5 ボイラ部位別 重量における CFBとCLCの比較

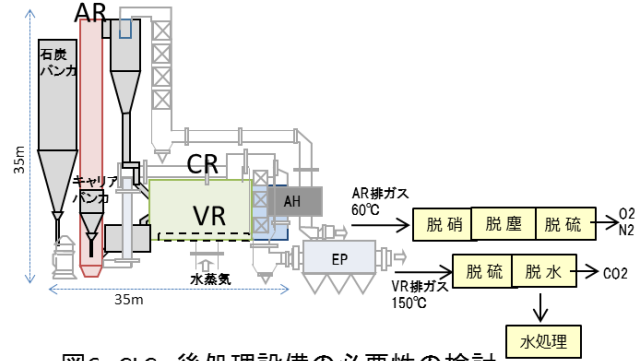


図6 CLC 後処理設備の必要性の検討

## ◆ ④ 市場・経済性検討 (IAE、JCOAL)

CCSが実用化されるまでの当面の石炭焼きCO<sub>2</sub>製造市場を調査

- 液化炭酸ガス(液炭)またはドライアイスの原料となるCO<sub>2</sub>は製油所や化学工場(アンモニア等) 統廃合や閉鎖などで、特に西日本で不足。
- しかし、液炭品質は、最も厳しい飲料向け(硫黄分他34項目についてppm、ppb、NDの規格有)に合わせており、これら不純物を含有する石炭の製造原料利用は非常にハードルが高いことがわかった。
- 一方、CLCはガス分離装置が不要で低コストで炭酸ガス、窒素が回収できる特徴があり、ガスを燃料とすれば、炭酸ガス、窒素ガス利用しているユーザに供給できる可能性があることも分かった。

海外のCO<sub>2</sub>-EOR市場

- インドネシア、ベトナムでは海上油田が多い。ベトナムでは2011年にCO<sub>2</sub>注入実証試験が実施され、東南アジア初の適用事例(商業には至っていない)。
- 米国では炭酸ガス市場は8000万t/年で5000万t/年がEOR用。



## ◆ 成果の普及 特許・論文など

	平成27年度 (2015)	平成28年度 (2016)	平成29年度 (2017)	計
論文	0	1	1	2
研究発表・講演	0	17	0	17
受賞実績	0	2	0	2

- 成果の普及 情報発信など  
なし

## ◆ 知的財産権の確保に向けた取組

	平成27年度 (2015)	平成28年度 (2016)	平成29年度 (2017)	計
特許出願(うち外国出願)	0	1(0)	1(0)	2

- 本技術のキーとなる酸素キャリアおよび反応塔について出願

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	国立大学法人東京大学、三菱日立パワーシステムズ株式会社	特願2016-151114	国内	2016/08/01	出願	高活性酸素キャリア材料の製造方法	大友順一郎 竹田誠 武田 豊
2	中央大学、三菱日立パワーシステムズ		国内		明細書作成中	燃料反応塔及びこれを備えたケミカルルーピング燃焼システム	幡野博之 武田 豊

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

• 本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

- 今回の調査で当面の石炭焚きCLCの市場が無いことから国内CCSの制度化時期、海外でのEOR市場を見極めながら原理実証実施時期を決める必要がある。
- 今後、EORと石炭焚きボイラが両立する地域、市場の調査を進めることで、海外EOR市場への可能性を調査する。

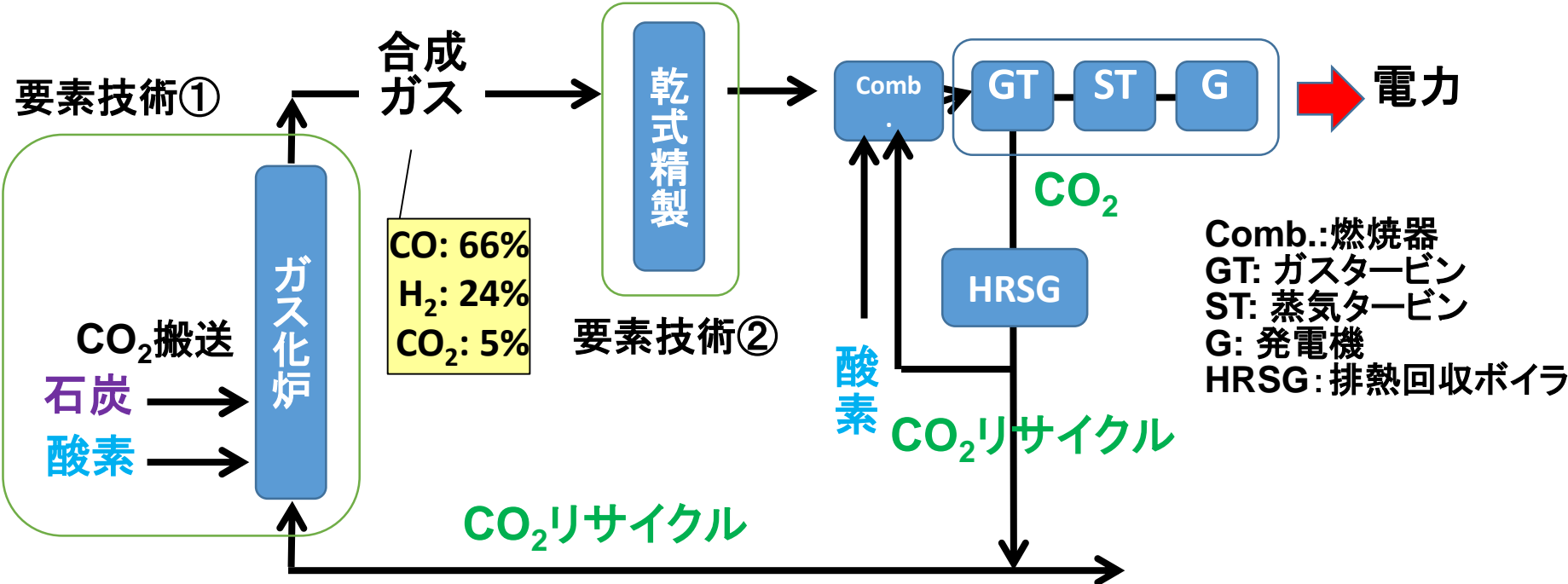
研究着手時のプロセス原理実証以降のスケジュール

西暦	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX
原理実証 (PDU)	▲市場動向を踏まえて判断												
機器の コストダウン			コストダウン目途▲										
実証炉建設					▲90億円								
実証試験							▲20億円						
事業化検討			事業化FS										
顧客への 拡販活動					▲続行判断					▲実用化判断			
初号機受注										▲初号機 (建設期間4年)			
収益発生												収益発生▲	

1. 次世代火力発電基盤技術開発(5)  
CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発
2. CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発
3. 次世代火力発電基盤技術開発(1)  
次世代ガス化システム技術開発

# CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCCの概要

O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化技術や乾式ガス精製技術などの採用により、  
CO<sub>2</sub>回収後も送電端効率42%の高い効率が期待できる



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(その1)

2017年度達成状況と中間目標(その1)

研究開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
<p>①O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化実証と設計指針の確立</p> <p>a) 酸素吹き50TPD石炭ガス化試験設備による検討</p>	<p>・CO<sub>2</sub>供給設備などを導入してO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化実証試験を実施し、ガス化炉システムの性能を評価する。</p>	<p>・50TPD炉にCO<sub>2</sub>供給設備などの建設を完了して試運転により運用に問題ないことを確認した。</p> <p>・H29年度下期にベース炭を用いたO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化試験を行い、ガス化性能、スラグ排出性、ガス化炉灰付着成長状況などのベースデータを取得予定。</p>	<p>○</p> <p>(H30年3月達成予定)</p>	
<p>b) 3TPD小型石炭ガス化炉による検討</p>	<p>・微粉炭高濃度搬送システムなどを追設して3TPD炉の運転条件範囲を拡大し、試験方法を確立し、本格試験の準備を整える。</p>	<p>・3TPD炉に微粉炭高濃度搬送システムを追設し、ガス化試験により微粉炭搬送性能を確認するとともに、運転方法を確立させた。</p> <p>・高CO<sub>2</sub>濃度での基準炭のガス化基本性能データの取得を終える見込である。</p>	<p>○</p> <p>(H30年3月達成予定)</p>	
<p>② 炭種適合性評価ツールの構築</p> <p>a) 数値解析によるガス化炉内流動様相の解析精度向上</p>	<p>・3次元ガス化炉内数値解析ツールで解析可能な炭種を拡大する。</p> <p>・スート生成モデルを簡略化して3次元ガス化炉内数値解析ツールに組み込む。</p>	<p>・H26年度までのフェイズ1で取得した4炭種に加え、新たに2炭種の反応性データを取得し、3次元ガス化炉内数値解析ツールで解析可能な炭種を拡大する見込である。</p> <p>・スート生成モデルを簡略化して3次元ガス化炉内数値解析ツールに組み込み、PDF、3TPD炉の解析に適用する見込である。</p>	<p>○</p> <p>(H30年3月達成予定)</p>	
<p>b) 炭種によるスラグ排出性評価ツールの構築</p>	<p>・高温炉内から排出されるスラグ流動挙動を解析するツールを構築する。</p>	<p>・高温溶融スラグ諸物性の温度依存性モデルを構築する見込である。</p> <p>・炉形状を考慮したスラグ排出解析ツールを構築し、前項の温度依存性モデルを導入する見込である。</p>	<p>○</p> <p>(H30年3月達成予定)</p>	

◎ 大きく上回って達成、○達成・達成見込み、△一部達成、×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(その2)

2017年度達成状況と中間目標(その2)

研究開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
③セミクロードサイクルにおけるガス精製システムの構築 a)酸素吹き50TPD石炭ガス化試験設備による検討	・50TPD炉で実施するガス精製試験の準備を整える。	・50TPD炉用にハロゲン予備除去系を含む3塔切替式の乾式脱硫性能検証装置を製作、据付し、調整運転を終える見込である。	○ (H30年3月達成予定)	
b)3TPD小型石炭ガス化炉および基礎試験装置による検討	3TPD炉で実施する高圧脱硫試験の準備を整える。	・3TPD炉用の高圧試験設備を追設して、試運転調整を兼ねた予備試験を行った。当該試験結果を元に、高圧条件における脱硫剤の性能評価に着手する見込である。	○ (H30年3月達成予定)	
c)炭素析出対策の検証	・速度論的な観点も加味して炭素析出特性に及ぼすガス組成と圧力の影響を評価する。	・炭素析出速度評価設備を導入し、圧力およびガス組成が炭素析出特性に及ぼす影響を評価する見込である。	○ (H30年3月達成予定)	
④ GT燃焼器基本構造の開発	・1/3スケールGT燃焼器試験設備を用いた模擬ガス燃焼試験により燃焼特性を評価する。	・模擬ガスを用いる1/3スケールGT燃焼器試験設備を設計、製作した。 ・1/3スケールGT燃焼器を用いた燃焼試験により、燃焼特性を評価予定。	○ (H30年3月達成予定)	

◎ 大きく上回って達成、○達成・達成見込み、△一部達成、×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(その3)

2017年度達成状況と中間目標(その3)

研究開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
<p>⑤セミクローズドGTシステムの概念設計</p> <p>a) 単一バーナ基礎燃焼試験による課題の抽出</p>	<p>・排気循環がGT排ガス組成に及ぼす影響を検討する。</p>	<p>・燃料中不純物(NH<sub>3</sub>)や希釈剤中NOなどがNO<sub>x</sub>生成に及ぼす影響を検討する予定。</p> <p>・排気バイパスラインで得られた加熱条件等、設計データに基づき、排気循環ループを追設し、基準条件における排気循環燃焼試験により、排気循環ガスの経時的な組成変化を確認する見込である。</p>	<p>○</p> <p>(H30年3月達成予定)</p>	
<p>⑥CO<sub>2</sub>回収型IGCCシステム全体検討</p> <p>a) 諸検討結果の全体システムへの反映</p>	<p>・フェイズ1で構築したシステムを対象に、実機システムを適用したガス化炉/ガスタービンなどの性能を検討する。</p> <p>・回収CO<sub>2</sub>の不純物基準に関する調査・検討などを通じ、システム構築の準備を進める。</p>	<p>・フェイズ1で想定したシステムを対象に汎用化学プロセスシミュレータAspen Plusを用いて、本システム全体の熱物質収支解析モデルを構築して、熱効率の評価を可能とした。全体システムの成立性検討と送電端効率42%(HHV)達成のための技術課題を整理予定。</p> <p>・回収CO<sub>2</sub>の不純物基準などに関する調査・検討を通じ、システム構築の準備を整えた。</p>	<p>○</p> <p>(H30年3月達成予定)</p>	
<p>b) プラント性能及び発電コストの試算</p>	<p>・想定システムの送電端効率および発電コストの試算データを更新する。</p>	<p>・想定する最新システムを対象に、Energy Winを用いて循環排ガス組成を考慮した上で、送電端効率の試算データを更新する見込である。</p> <p>・想定する最新システムを対象に、2015年に公開されたコスト等検証ワーキングの発電コスト試算法を用いて、発電コストの試算データを更新する見込である。</p>	<p>○</p> <p>(H30年3月達成予定)</p>	

◎ 大きく上回って達成、○達成・達成見込み、△一部達成、×未達



## 3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

## ◆ 成果の最終目標の達成可能性(その1)

研究開発項目	現状	最終目標(H31年度末)	達成見通し
①O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> ガス化実証と設計指針の確立 a) 酸素吹き50TPD石炭ガス化試験設備による検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・50TPD炉にCO<sub>2</sub>供給設備などの建設を完了して試運転により運用に問題ないことを確認した。</li> <li>・H29年度下期にベース炭のO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化試験により、ガス化性能、スラグ排出性、ガス化炉灰付着成長状況などを把握する予定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化技術の実証および実機規模ガス化炉設計指針の確立</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H30～H31年度の50TPD炉石炭ガス化試験を経て、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化技術を実証するとともに、実機規模ガス化炉設計指針を確立できる見込である。</li> </ul>
b) 3TPD小型石炭ガス化炉による検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3TPD炉に微粉炭高濃度搬送システムを追設し、ガス化試験により微粉炭搬送性能を確認するとともに、運転方法を確立させた。</li> <li>・高CO<sub>2</sub>濃度における基準炭のガス化性能ベースデータを取得する見込である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3TPD炉でガス化剤中CO<sub>2</sub>富化ガス化試験を行い、ガス化剤のCO<sub>2</sub>分圧がガス化性能に及ぼす影響などを明らかとする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H30～H31年度の石炭ガス化試験でCO<sub>2</sub>分圧の影響などについて、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化炉の設計指針に反映できる見込である。</li> </ul>
②炭種適合性評価ツールの構築 a) 数値解析によるガス化炉内流動様相の解析精度向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H26年度までのフェイズ1で取得した4炭種に加え、新たに2炭種の反応性データを取得し、3次元ガス化炉内数値解析ツールで解析可能な炭種を拡大する見込である。</li> <li>・スート生成モデルを簡略化して3次元ガス化炉内数値解析ツールに組み込み、PDTF、3TPD炉の解析に適用する見込である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3次元ガス化炉内数値解析ツールにて解析可能な炭種を拡大するとともに、スート生成モデルの組込により解析精度を向上させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H30～H31年度に新規炭種のガス化反応性データを拡充することで解析可能な炭種を拡大でき、スート生成モデルの組込により解析精度をさらに向上できる見込である。</li> </ul>
b) 炭種によるスラグ排出性評価ツールの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高温熔融スラグ諸物性の温度依存性モデルを構築する見込である。</li> <li>・炉形状を考慮したスラグ排出性評価ツールを構築し、前項の温度依存性モデルを導入する見込である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スラグ排出性評価ツールを構築し、灰の元素組成などのデータから高温熔融スラグの排出性を評価可能とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H30～H31年度に灰の構造データなどを取得してスラグ排出性評価ツールに反映することにより、高温熔融スラグの排出性が評価可能となる見込である。</li> </ul>

## 3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

## ◆ 成果の最終目標の達成可能性(その2)

研究開発項目	現状	最終目標(H31年度末)	達成見通し
<p>③セミクロードサイクルにおけるガス精製システムの構築</p> <p>a)酸素吹き50TPD石炭ガス化試験設備による検討</p>	<p>・50TPD炉用にハロゲン予備除去系を含む3塔切替式の乾式脱硫性能検証装置を製作、据付し、調整運転を終える見込である。</p>	<p>・50TPD炉の抽気ガス化ガスを利用して、3塔切替式の乾式脱硫性能検証装置により、乾式脱硫プロセスの成立性を含む性能データを取得して、今後の大型化に向けた準備を進める。</p>	<p>・H30～H31年度に50TPD炉の抽気ガス化ガス試験を行うことで、実機への導入が想定される3塔式乾式ガス精製システムの大型化に向けた準備を進める。</p>
<p>b)3TPD小型石炭ガス化炉および基礎試験装置による検討</p>	<p>・3TPD炉用の高圧試験設備を追設して、試運転調整を兼ねた予備試験を行った。当該試験の中で、高圧条件における脱硫剤の性能特性を予備的に評価する見込である。</p>	<p>・3TPD炉の高圧ガス化ガスを高圧脱硫試験装置に適用し、高圧条件における脱硫性能を評価する。</p>	<p>・H30～H31年度に3TPD炉の抽気高圧ガス化ガスを用いた高圧脱硫試験により、高圧条件における脱硫性能を評価する見込である。</p>
<p>c)炭素析出対策の検証</p>	<p>・炭素析出速度評価設備を導入し、圧力およびガス組成が炭素析出特性に及ぼす影響を評価する見込である。</p>	<p>・循環排ガス添加による炭素析出対策の効果を裏付ける炭素析出速度とガス組成の関係を明らかにする。</p>	<p>・H30～H31年度に炭素析出速度評価設備などを用いて行う基礎試験で得られた速度論的な知見により、循環排ガス添加による炭素析出対策の効果が検証される見込である。</p>
<p>④GT燃焼器基本構造の開発</p>	<p>・模擬ガスを用いる1/3スケールGT燃焼器試験設備を設計、製作した。</p> <p>・1/3スケールGT燃焼器を用いた燃焼試験により、燃焼特性を評価予定。</p>	<p>・実機条件におけるGT燃焼器基本設計の完了</p>	<p>・H29年度までの実験データを元に、H30～H31年度にCFD解析を行うことにより、実機条件におけるGT燃焼器基本設計を完了する見込である。</p>

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆ 成果の最終目標の達成可能性(その3)

研究開発項目	現状	最終目標(H31年度末)	達成見通し
<p>⑤セミクローズドGTシステムの概念設計</p> <p>a) 単一バーナ基礎燃焼試験による課題の抽出</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不純物(NH<sub>3</sub>)含有燃料の排気特性データ、希釈剤中NO等添加による排気特性データを取得予定。</li> <li>・排気バイパスラインで得られた加熱条件等、設計データに基づき、排気循環ループを追設し、基準条件における排気循環燃焼試験により、排気循環ガスの経時的な組成変化を確認する見込である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炭種や運転条件の違いなども考慮し、排ガス循環がGT排ガス組成に及ぼす影響を評価する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H30～H31年度に各種炭種を想定した排気循環燃焼試験を行い、排ガス循環がGT排ガス組成に及ぼす影響を評価する見込である。</li> </ul>
<p>⑥CO2回収型IGCCシステム全体検討</p> <p>a) 諸検討結果の全体システムへの反映</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フェイズ1で想定したシステムを対象に汎用化学プロセスシミュレータAspen Plusを用いて、本システム全体の熱物質収支解析モデルを構築して、熱効率の評価を可能とした。全体システムの成立性検討と送電端効率42%(HHV)達成のための技術課題を整理予定。</li> <li>・回収CO<sub>2</sub>の不純物基準などに関する調査・検討を通じ、システム構築の準備を整えた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実機システムでCO<sub>2</sub>回収後の送電端効率42%(HHV)を達成可能なシステムの構築</li> <li>・システムにおける不純物低減対策技術の選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガス化、ガス精製、GT燃焼などの各要素研究成果を踏まえ、H30～H31年度に技術課題を整理することにより、送電端効率42%(HHV)達成に必要な技術と、不純物低減に必要な技術の選定を行い、全体システムを構築できる見込である。</li> </ul>
<p>b) プラント性能及び発電コストの試算</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・想定する最新システムを対象に、Energy Winを用いて循環排ガス組成を考慮した上で、送電端効率の試算データを更新する見込である。</li> <li>・想定する最新システムを対象に、2015年に公開されたコスト等検証ワーキングの発電コスト試算法を用いて、発電コストの試算データを更新する見込である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・想定する最新システムを対象に、送電端効率と発電コストを試算し、目標の42%(HHV)を達成できること、および発電コストが類似システムと比べて優位となることを示す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H30～H31年度の検討で、想定される最新システムについて、その送電端効率と発電コストを評価できる見込である。</li> </ul>

## ◆プロジェクトとしての成果の意義

●本プロジェクトにより、CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCCに不可欠なO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化技術、乾式ガス精製技術、セミクローズドサイクルガスタービン用のガスタービン燃焼器が開発される。

●CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCCについては、CO<sub>2</sub>回収後も42%<sub>HHV</sub>の高い送電端効率を保てる点で、他のCO<sub>2</sub>回収技術(燃焼前回収で40%<sub>HHV</sub> 目途\*)に比べ優位性が高く、その開発を順調に進めた意義は大きい。

(\*米の超臨界CO<sub>2</sub>酸素燃焼IGCCで送電端効率48%<sub>HHV</sub>との報告があるが、高温高圧設備(30MPa)の耐久性や同時脱硫・脱硝設備の性能等、未検証項目が多く、今後も情報収集を続ける)

●CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCCの開発進捗に加え、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化技術の産業用ガス化炉への適用が可能になること、乾式ガス精製技術の従来型IGCCへの適用に向けた大きな一歩となることもきわめて意義が深い。

## 3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

## ◆ 成果の普及

	平成27年度	平成28年度	平成29年度	計
論文投稿	7件(7件)	6件(5件)	3件(3件)	16件(15件)
研究発表	20件(3件)	14件(1件)	11件(3件)	45件(7件)
受賞実績	3件	1件	0件	4件
新聞・雑誌*等への掲載	0件	3件	1件	4件

\* 動力協会誌などへの投稿、括弧内は査読有りの件数

※平成29年度7月5日現在(予定を含む)

## ◆ 成果の普及

## 新聞・雑誌等への掲載

- |   |             |
|---|-------------|
| 「動力協会誌 平成28年秋季号」<br>（「CO <sub>2</sub> 回収型クローズドIGCCの開発」）                   | 平成28年11月 掲載 |
| 「ビジネスアイ エネコ 2017年1月号」<br>（「火力発電技術のCO <sub>2</sub> 排出低減に向けた電中研の取り組み(その2)」） | 平成29年1月 掲載  |
| 「電気評論 2017年2月号」<br>（「2.1 CO <sub>2</sub> 回収型クローズドIGCCの開発」）                | 平成29年2月 掲載  |
| 「季報エネルギー総合工学 2017年 第40巻 第2号」<br>（座談会記事「2050年に向けたわが国の火力発電技術開発」）            | 平成29年7月 掲載  |

## ◆ 知的財産権の確保に向けた取組

### 戦略に沿った具体的取組

○ノウハウとして保有する方が有利な技術は出願しない

○知財として確保する方が有利な技術については積極的に特許として出願する

	平成27年度	平成28年度	平成29年度	計
特許出願 (うち外国出願)	1件 (0件)	1件 (0件)	3件 (0件)	5件 (0件)

※平成29年度9月22日現在  
いずれも出願係争中

### ◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

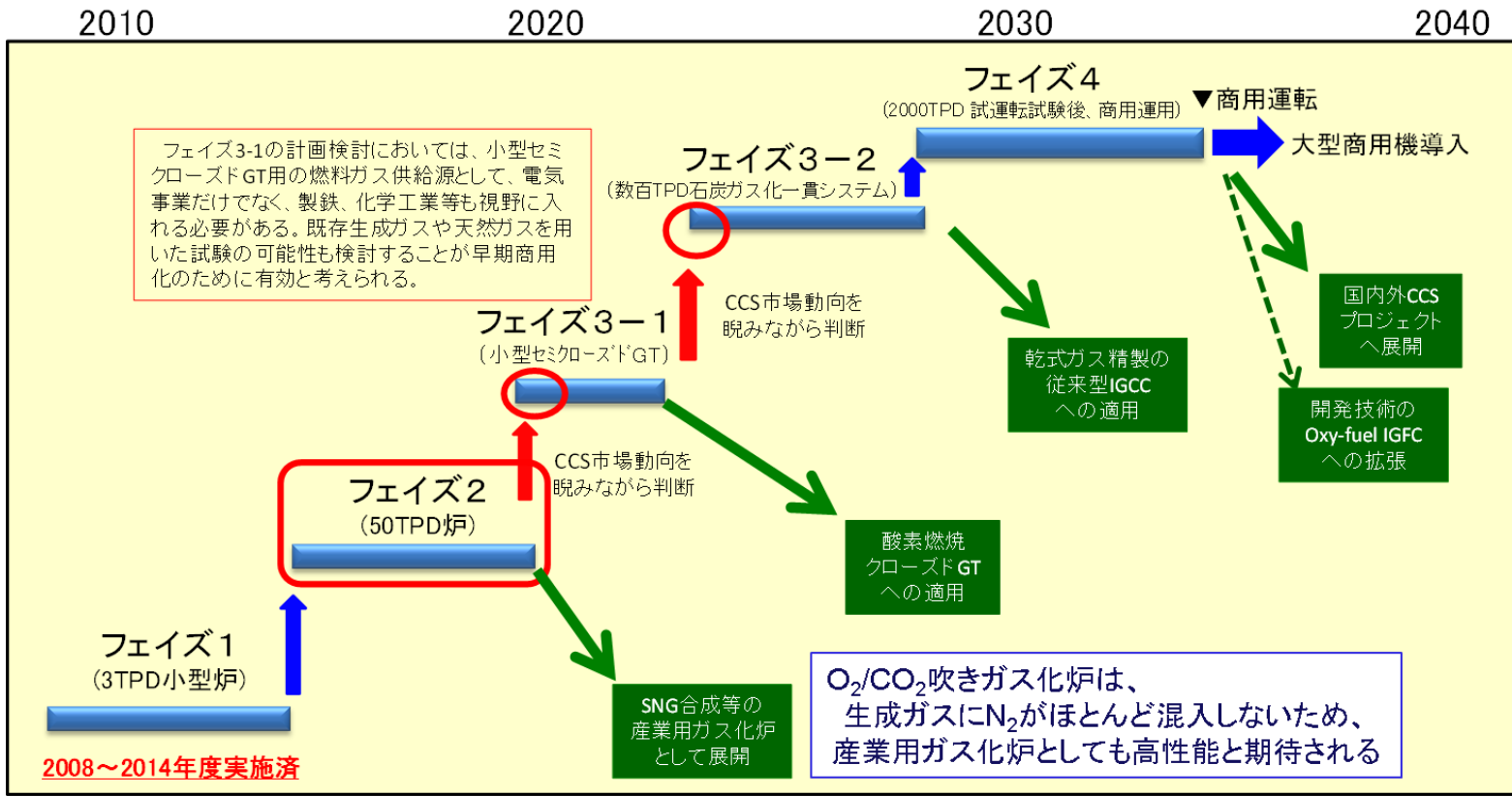
本システムに必要な $O_2/CO_2$ 石炭ガス化および乾式ガス精製等に関する要素技術を確立し、それが石炭ガス化一貫システム(次フェイズ)および従来型IGCCに活用できること



4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し (1) 成果の実用化に向けた戦略

◆ 実用化に向けた戦略

O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>石炭ガス化および乾式ガス精製等に関する要素技術を確立し、次フェイズにおける石炭ガス化一貫システムの技術開発を可能とする。また、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>石炭ガス化技術は産業用ガス化炉などに、乾式ガス精製技術は従来型IGCCに活用でき、一層の効率向上に向けた道が拓ける。



## ◆ 成果の実用化の見通し

### 【市場ニーズ】

- ・石炭は、新興国を中心に今後とも需要が伸びるものとみられているが、その一方で、地球温暖化対策の観点から、CO<sub>2</sub>排出量大幅削減に向けたCCSの導入が求められる可能性もある。
- ・本プロジェクトで開発したCO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術を採用すれば、CO<sub>2</sub>回収に伴う効率ペナルティを縮小し、燃料費の増加を回避できると期待される。
- ・本プロジェクトで開発したCO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術を海外に展開することで、二国間協定を通じて、我が国のCO<sub>2</sub>排出量削減分としてカウントできる点で環境面で貢献できる。

### 【競合技術に対する優位性】

- ・燃烧前回収技術については、CO<sub>2</sub>回収後で40%<sub>HHV</sub>を目指す技術開発が進められているが、CO<sub>2</sub>回収後に42%<sub>HHV</sub>を上回る高い効率が期待される実用的なシステムは他にみられない。
- ・米国Net Power社、8-Rivers社などがAllam Cycle(超臨界CO<sub>2</sub>酸素燃焼IGCC)の開発を進めているが、30MPaに及ぶ高圧システムの耐久性や同時脱硫・脱硝システムの性能検証など、今後検証すべき課題が多いことが懸念されている。

### 【技術確立の見通し】

- ・数百TPD石炭ガス化一貫システムによる検証試験を経て、2020年代後半に2000TPD級の実証機を建設し、当該実証機の商用転用を機に大型商用機の導入が可能になると考える。
- ・これに加え、本プロジェクト終了時点で、窒素をほとんど含まない産業用ガス化技術が、次フェイズ終了後に、従来型IGCCにも適用できる乾式ガス精製技術の商用化が可能となる。

## ◆波及効果

### 【新規雇用の創出】

・既設発電所が運開60年でリプレイスされると想定すると、石炭火力のみならず、油火力や原子力迄を含んだ供給力全体のバックアップが必要となる。特にCO<sub>2</sub>排出量規制が強化された場合は、国内の老朽発電所の一定割合が本システムでリプレイスされるものと考えられ、その規模は400MW級で、2040～2060年の間に約18基と推察される。1基のリプレイス工事(4年間)で毎年約千人規模の新規雇用が創出されると考えると、約18基で延べ約一万八千人の新規雇用が期待される。

### 【産業用ガス化炉としての新規海外展開】

・O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化炉を産業用高性能ガス化炉として海外に提供することにより、様々なガス化炉としての利用が拡大する。

### 【乾式ガス精製技術の実用化促進】

・本プロジェクトにより、開発される乾式ガス精製技術は、CO<sub>2</sub>を回収しない従来型のIGCCの効率向上にも貢献できるため、従来型IGCCの一層の効率向上が期待される。

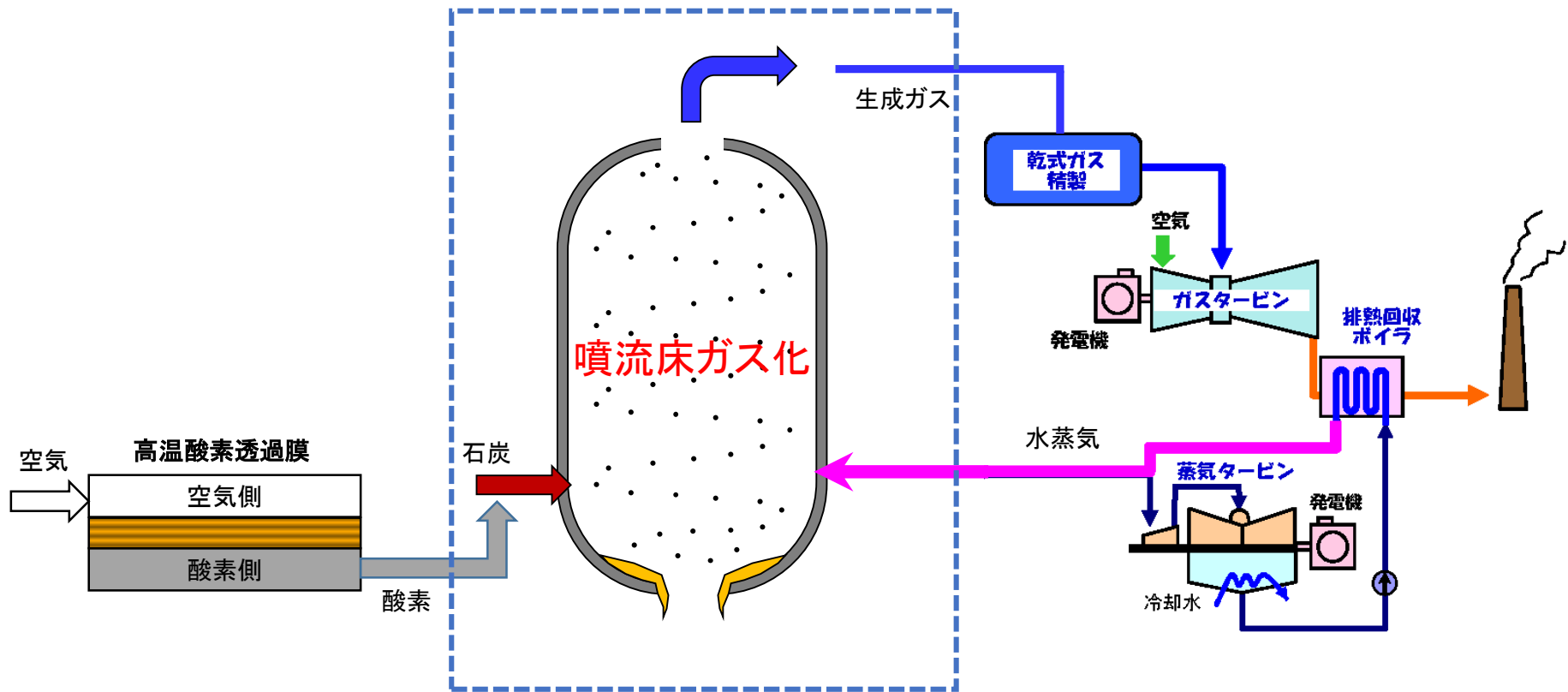
### 【国内科学技術の発展】

・本プロジェクトは、一部の技術開発において、再委託による大学研究者からの支援により、開発を加速化している。こうした連携により、石炭科学関連、化学工学関連、CFD技術関連の国内基盤技術発展を通じて、日本の研究力向上に貢献している。

1. 次世代火力発電基盤技術開発(5)  
CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発
2. CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発
3. **次世代火力発電基盤技術開発(1)**  
**次世代ガス化システム技術開発**

## 次世代ガス化システム(水蒸気添加IGCC)の概要

水蒸気ガス化による冷ガス効率向上、送電端効率向上



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

2017年度達成状況と中間目標

研究開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
① 水蒸気添加による冷ガス効率向上効果の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>二室二段噴流床方式の小型ガス化炉における水蒸気注入の評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3トン/日規模加圧型二室二段噴流床方式の小型ガス化炉(3TPD炉)を対象に、数値解析により水蒸気添加時のガス化性能を予測した。</li> <li>3TPD炉による水蒸気添加ガス化試験を実施し、数値解析結果と比較することにより、水蒸気注入効果を評価する見込み。</li> </ul>	<p>○</p> <p>(H30年3月達成予定)</p>	
② エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各種酸素製造技術を調査し、各技術の仕様や特徴を整理した結果、現状で水蒸気添加IGCCへの適用が期待できる酸素製造技術は既存技術である深冷分離技術のみであることが分かった。</li> <li>水蒸気添加IGCCのシステム条件に合わせて省エネルギー化した深冷分離法の機器構成を明らかにする見込み。</li> </ul>	<p>○</p> <p>(H30年3月達成予定)</p>	
③ 水蒸気添加IGCCのシステム検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>噴流床ガス化炉に水蒸気を添加するIGCCシステムのコスト試算</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電コスト検証ワーキンググループによる算定方式で、IGCCの送電端効率向上に対する発電コストの感度解析を行い、水蒸気添加IGCCシステムにおける建設単価の目標を明らかにした。</li> </ul>	<p>○</p> <p>(H30年3月達成予定)</p>	

◎ 大きく上回って達成、○ 達成・達成見込み、△ 一部達成、× 未達

## 3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

## ◆ 成果の最終目標の達成可能性

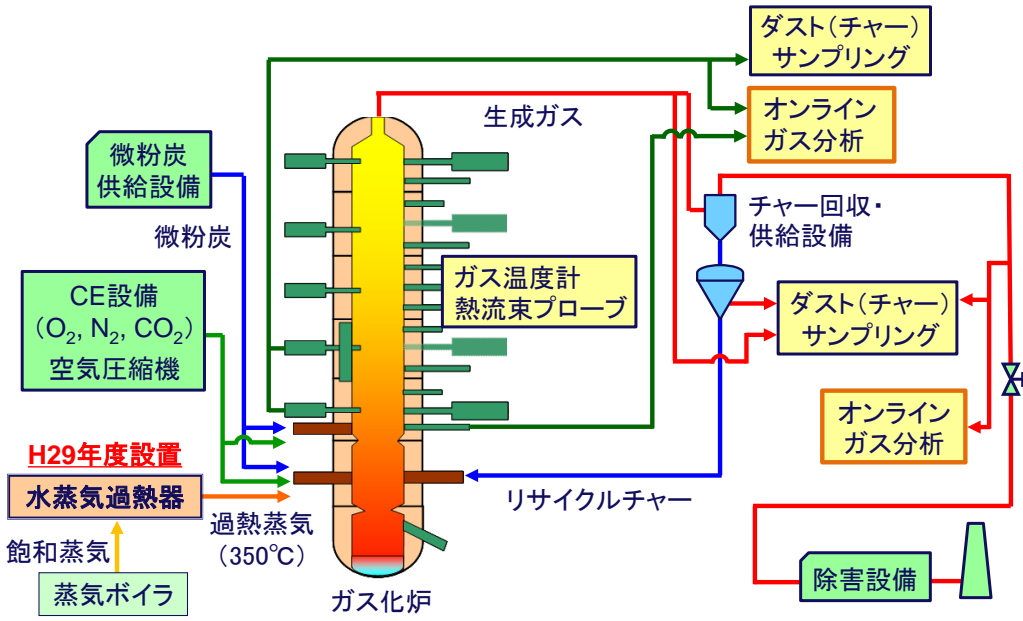
研究開発項目	現状	最終目標 (平成30年度末)	達成見通し
① 水蒸気添加による冷ガス効率向上効果の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>3トン/日規模加圧型二室二段噴流床方式の小型ガス化炉(3TPD炉)を対象に、数値解析により水蒸気添加時のガス化性能を予測した。</li> <li>3TPD炉による水蒸気添加ガス化試験を実施し、数値解析結果と比較することにより、水蒸気注入効果を評価する見込み。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>二室二段噴流床水蒸気ガス化炉への水蒸気注入の評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水蒸気添加ガス化の数値解析手法を小型ガス化炉(3TPD炉およびリダクタ模擬炉)で検証し、また、タールの分解・改質モデルを組み込む。本数値解析手法を用いて商用規模水蒸気添加ガス化炉の炉内現象を予測し、水蒸気添加の効果を評価する見込み。</li> </ul>
② エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>各種酸素製造技術を調査し、各技術の仕様や特徴を整理した結果、現状で水蒸気添加IGCCへの適用が期待できる酸素製造技術は既存技術である深冷分離技術のみであることが分かった。</li> <li>水蒸気添加IGCCのシステム条件に合わせて省エネルギー化した深冷分離法の機器構成を明らかにする見込み。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー効率の高い酸素製造装置の評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水蒸気添加IGCCにおいて、深冷分離法で省エネルギー化を図ったときに到達可能な酸素製造原単位を試算する見込み。</li> </ul>
③ 水蒸気添加IGCCのシステム検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電コスト検証ワーキンググループによる算定方式で、IGCCの送電端効率向上に対する発電コストの感度解析を行い、水蒸気添加IGCCシステムにおける建設単価の目標を明らかにした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>これらを組み込んだIGCC最適化システムの試設計及び経済性検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>小型ガス化炉による水蒸気添加ガス化試験による知見や、乾式ガス精製プロセスおよび酸素製造装置の構成を踏まえた水蒸気添加IGCCのシステム全体のシステム条件を決定し、送電端効率の解析を精緻化するとともに、経済性を検討する見込み。</li> </ul>

### ◆プロジェクトとしての成果の意義

- 本プロジェクトにより、高い冷ガス効率を実現できる水蒸気添加噴流床ガス化技術が開発され、IGCCの効率向上に寄与することとなり、その開発を順調に進めた意義は大きい。
- 乾式ガス精製技術や高効率酸素製造技術の水蒸気添加IGCCへの適用性が明らかとなり、これらの技術開発に対する重要性を示すことができた。



# ◆ 小型ガス化炉による水蒸気添加ガス化試験



3TPD小型ガス化炉の概略系統図と導入した水蒸気過熱設備



ガス温度分布



水蒸気濃度分布

3TPD炉による水蒸気添加ガス化試験時の数値解析による炉内現象の予測

## ◆ 成果の普及

	平成27年度	平成28年度	平成29年度	計
研究発表・講演	-	2件	4件	6件
新聞・雑誌*等への掲載	-	1件	-	1件

※平成29年度7月末現在(予定を含む)

## \* 雑誌への掲載

日本工業新聞社 ビジネスアイ エネコ 平成29年1月 掲載  
「火力発電技術のCO2排出低減に向けた電中研の取り組み(その1)  
高効率石炭火力発電技術への取り組み」

## ◆ 知的財産権の確保に向けた取組

- ガス化炉に水蒸気を投入すること自体は、既に多くの事例があり、公知となっている。冷ガス効率向上のための設計手法や条件設定手法をノウハウとして保有することで、海外メーカーへの優位性を確保する。
- タール低減技術やガス化炉構造の改良などに関わる技術については、知財化に積極的に取り組むこととする。
- 本プロジェクトにおいて、技術の開発ではなく調査や評価を実施している乾式ガス精製技術および高効率酸素製造技術について、特許出願案件はない。

### ◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

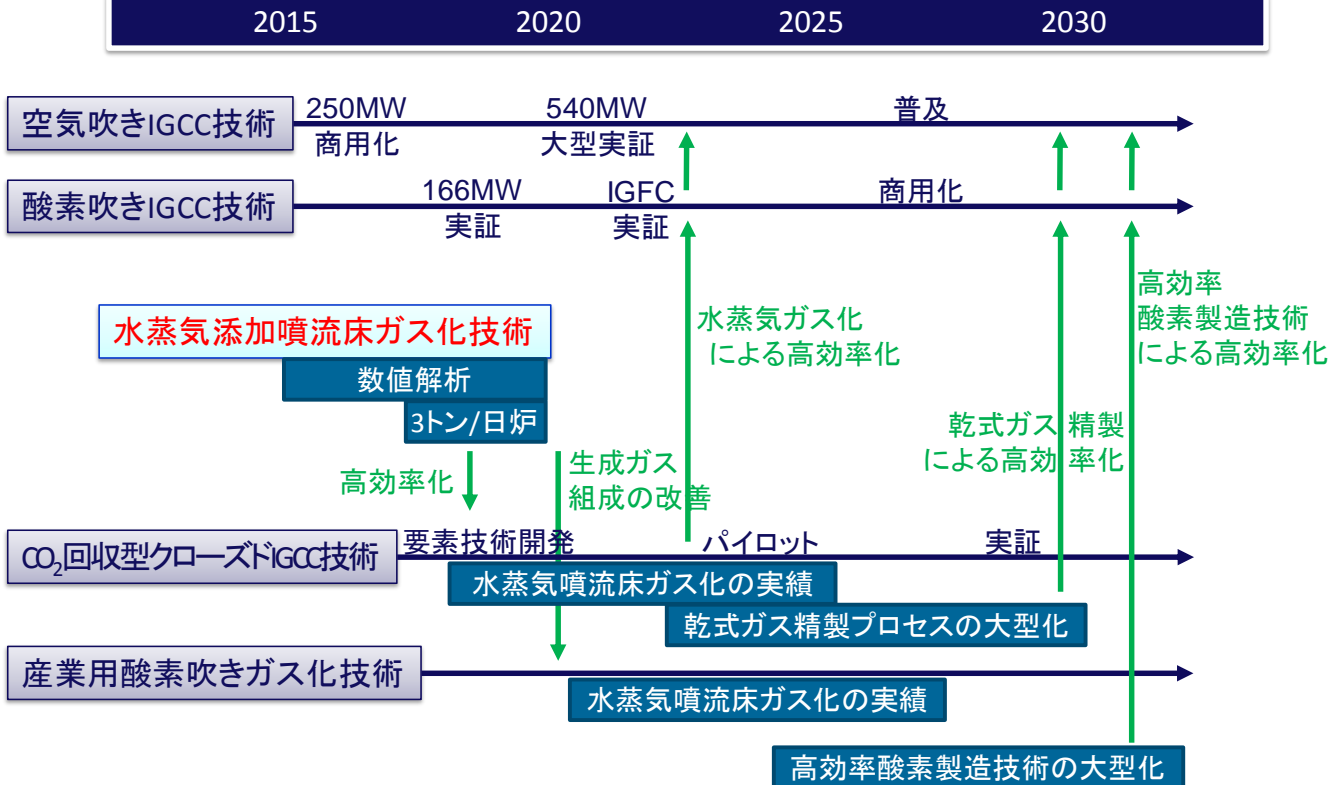
噴流床ガス化炉において、水蒸気ガス化反応を効果的に利用して高い冷ガス効率を実現するための基盤技術を確立し、それが3TPD炉よりも大型のガス化炉において活用できること。

## ◆ 実用化に向けた戦略

- 数値解析による商用規模ガス化炉の評価技術が確立することで、実機への適用が可能となる。3TPDよりも大きな規模で実績を積むことが水蒸気添加IGCCの早期実用化につながることから、CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発プロジェクトで開発されているO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>吹きガス化炉への適用に積極的に取り組む。
- 二室二段噴流床ガス化炉以外のガス化炉においても水蒸気の効果的利用の概念を適用することが可能である。既に世界各国に普及している産業用の酸素吹きガス化炉も、本プロジェクトの適用先と考えられることから、積極的に情報発信を行い、一層のアピールに努める。

# ◆ 実用化に向けた具体的取組

- 水蒸気添加噴流床ガス化技術については、大型炉で実績を作り、商用規模の各種IGCCへの水蒸気添加ガス化技術の適用を目指す。
- 乾式ガス精製技術については、別プロジェクトにおいて進められている技術開発の中で大型化と実証を進めることで、2030年頃の商用規模IGCCへ適用する。
- 高効率酸素製造技術については、海外技術である高温酸素透過膜を用いた装置の大型化が進んだ時点でIGCCへ適用することにより、さらなる高効率化が期待できる。



## ◆ 成果の実用化の見通し

### 【市場ニーズ】

- ・ 石炭は、今後とも世界的に需要が伸びるものとみられているが、その一方で、地球温暖化対策の観点から、石炭火力からの二酸化炭素排出量を削減する必要がある。
- ・ そこで、本プロジェクトで開発した水蒸気添加IGCC技術のような高効率石炭火力発電プラントが求められる。

### 【競合技術に対する優位性】

- ・ 現在開発されているA-USCの送電端効率は、IGCCと同程度が見込まれているが、さらに効率が高い水蒸気添加IGCC技術を採用すれば、燃料費を一層低減できるとともに、二酸化炭素排出量の削減効果も大きい。

### 【技術確立の見通し】

- ・ 3TPD小型ガス化炉の試験結果をガス化炉内数値解析技術に反映することにより、様々なガス化方式における水蒸気添加ガス化技術の適用性を評価する技術が確立される。3TPDよりも大型(数十TPD規模)のガス化炉に適用することにより、商用規模IGCCにおいて水蒸気添加ガス化技術が実現するようになると考えられる。

## ◆波及効果

### 【新規雇用の創出】

- 国内の老朽発電所(運開40～60年)の一定割合が本システムでリプレースされるものと想定すると、その規模は、2030～2050年の間に約15基(500MW級)と推察される。1基のリプレース工事(約4年間)において約千人規模の雇用が創出されると考えると、約15基で延べ約1.5万人規模の雇用が期待される。

### 【産業用ガス化炉としての新規海外展開】

- 水蒸気添加ガス化技術を産業用高性能ガス化技術として海外に提供することにより、様々な用途への利用が拡大する。

### 【国内科学技術の発展】

- 本プロジェクトは、一部の技術開発において、再委託による大学など支援により、開発を加速化している。こうした連携により、国内の基盤技術が発展し、日本の研究力向上に貢献している。