

＜エネルギーイノベーションプログラム＞

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト  
ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発  
革新的ガス化技術に関する基盤研究事業  
CO2回収型次世代IGCC技術開発」

(事後評価)

(2008年度～2014年度 7年間)

プロジェクトの概要(公開)

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構  
環境部

2014年 11月26日

# 発表内容

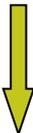
I. 事業の位置づけ・必要性



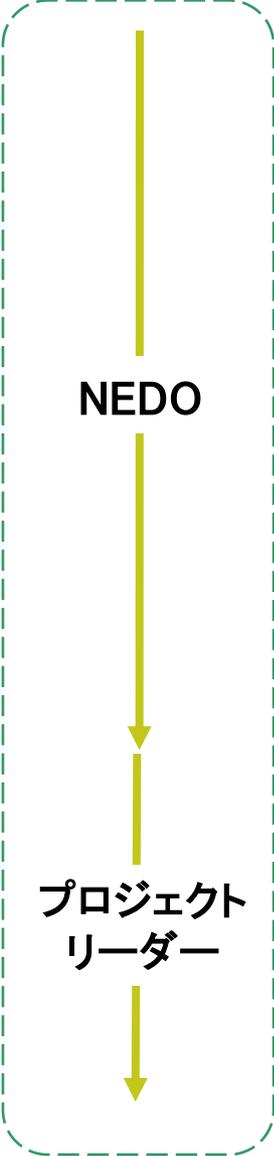
II. 研究開発マネジメント



III. 研究開発成果



IV. 実用化の見通し



- (1)社会的背景
- (2)事業の目的
- (3)ゼロエミッション石炭火力技術開発プログラムの位置付け、実施の効果
- (4)NEDOが関与することの意義
- (5)国内外の研究開発の動向

- (1)事業の目標
- (2)事業の計画内容
- (3)研究開発の実施体制
- (4)研究開発の実用化に向けたマネジメント
- (5)情勢変化への対応等

- (1)目標の達成度と成果の意義
- (2)知財と標準化
- (3)成果の普及

- (1)実用化に向けての見通し及び取り組み

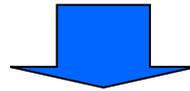
# 1. 事業の位置付け・必要性について

## (1) NEDOの事業としての妥当性

### <社会的背景>

地球温暖化対策で2050年までのCO<sub>2</sub>大幅削減

CO<sub>2</sub>の分離・回収・貯留(CCS)も視野に入れた革新的な技術開発が必要



### <事業の目的>

CO<sub>2</sub>回収を行っても、高効率を達成できる次世代の石炭ガス化発電システムの基盤技術開発

# 1. 事業の位置付け・必要性について

## (1) NEDOの事業としての妥当性

### <新成長戦略(基本方針:2009年12月)>

#### 強みを活かす成長分野

#### (1) グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略

##### 【2020年までの目標】

『50兆円超の環境関連新規市場』、『140万人の環境分野の新規雇用』、『日本の民間ベースの技術を活かした世界の温室効果ガス削減量を13億トン以上とすること(日本全体の総排出量に相当)を目標とする』

##### 【主な施策】

- 電力の固定価格買取制度の拡充等による再生可能エネルギーの普及
- エコ住宅、ヒートポンプ等の普及による住宅・オフィス等のゼロエミッション化
- 蓄電池や次世代自動車、**火力発電所の効率化など、革新的技術開発の前倒し**
- 規制改革、税制のグリーン化を含めた総合的な政策パッケージを活用した低炭素社会実現に向けての集中投資事業の実施

# 1. 事業の位置付け・必要性について

## (1) NEDOの事業としての妥当性

### ＜石炭の適正な利用の推進に関する施策の方向性＞

- CO<sub>2</sub>の分離・回収による発電効率の低下（CO<sub>2</sub>分離・回収によるエネルギーロス）という課題を踏まえ、今後普及・展開されていくIGCCや既存の微粉炭火力発電など石炭火力発電システムに応じた最適なCCS技術の確立を目指した技術開発を推進する
- CCSに適合した発電技術システムの開発、分離回収技術の高効率化等の技術開発を実施

総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会 鉱業小委員会 中間報告書（平成26年8月）

# 1. 事業の位置付け・必要性について

## (1) NEDOの事業としての妥当性

### <技術戦略マップ2009/エネルギー分野>

「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に寄与する技術」のロードマップでは、高効率IGCCでCCS実証試験実施が記載されている。

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030~
5613H	61.石炭火力発電	送電端効率 41%HHV(250 MW実証機)				
	石炭ガス化複合発電 (IGCC)	46%HHV(1500°C級GT・湿式ガス精製)	48%HHV(1500°C級GT・乾式ガス精製)	50%HHV(1700°C級GT・乾式ガス精製)	57%HHV(A-IGCC)	
		空気吹き石炭ガス化技術 多炭種対応技術 高効率酸素製造技術	乾式ガススクリーニング技術	低温高効率石炭ガス化技術	IGHAT 高温ガスタービン技術(1700°C級)	
			<b>IGCCでの実証試験</b>			
5801D	80.CO2回収貯留	分離回収コスト 4,200円/t-CO <sub>2</sub>				
	CO2分離回収技術	2,000円/t-CO <sub>2</sub>	1,000円/t-CO <sub>2</sub>	(さらに分離膜の実用化で1,500円台に)		
		ガス化ガス・改質ガスからのCO2分離 【CO2回収技術】	高効率酸素製造技術			
		膜分離技術				
		化学吸収法	酸素燃焼法			
		物理吸収・吸着法				
		排熱有効利用				

# 1. 事業の位置付け・必要性について

## (1) NEDOの事業としての妥当性

### ◆エネルギーイノベーションプログラム基本計画での位置付け(平成21年4月1日)

#### 4-V-iv. 石炭クリーン利用技術

##### (1) 革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト

###### ①概要

石炭の高効率な利用を図るために、

- i. 酸素吹きによる石炭ガス化発電の開発実証及び化学吸収法によるCO<sub>2</sub>の分離・回収技術の実証
- ii. 石炭ガス化発電からCCSまで一貫したトータルシステムの設計等
- iii. 次世代IGCC（石炭ガス化複合発電）など革新的な石炭ガス化技術にかかる先進基盤研究を行う。



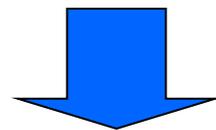
エネルギーイノベーションプログラムの目標達成に寄与する研究開発

# 1. 事業の位置付け・必要性について

## (1) NEDOの事業としての妥当性

### ＜NEDOが関与することの意義＞

CCS技術開発は利益に直結しないことから投資リスクが高く、経済的なインセンティブが働かない。さらに本事業のような新技術・革新的技術を取り入れた発電システムの開発は一般的に長期間の開発が必要であり、実用化に向けては多大な技術開発資金が必要である。そのため、民間企業のみで実施することは現実的に難しい。



国が主体となり、NEDOのマネジメントの下で、産学官一体となりプロジェクトを推進

# 1. 事業の位置付け・必要性について

## (1) NEDOの事業としての妥当性

### <実施の効果>

CO<sub>2</sub>回収を行っても高い送電端効率を達成できる  
ゼロエミッション型石炭火力発電システムが実現可能

(1) 燃料費削減効果

(2) CO<sub>2</sub>排出量削減効果

# 1. 事業の位置付け・必要性について

## (1) NEDOの事業としての妥当性

### <国内の研究開発の動向>

日本国内では大崎クールジェンプロジェクトが進んでおり、CO<sub>2</sub>分離回収型のIGCC実証が予定されている。

- ・石炭使用量： 1,180 t/日
- ・電気出力： 166 MW
- ・場所： 中国電力(株)大崎発電所



実証プラント完成予想図

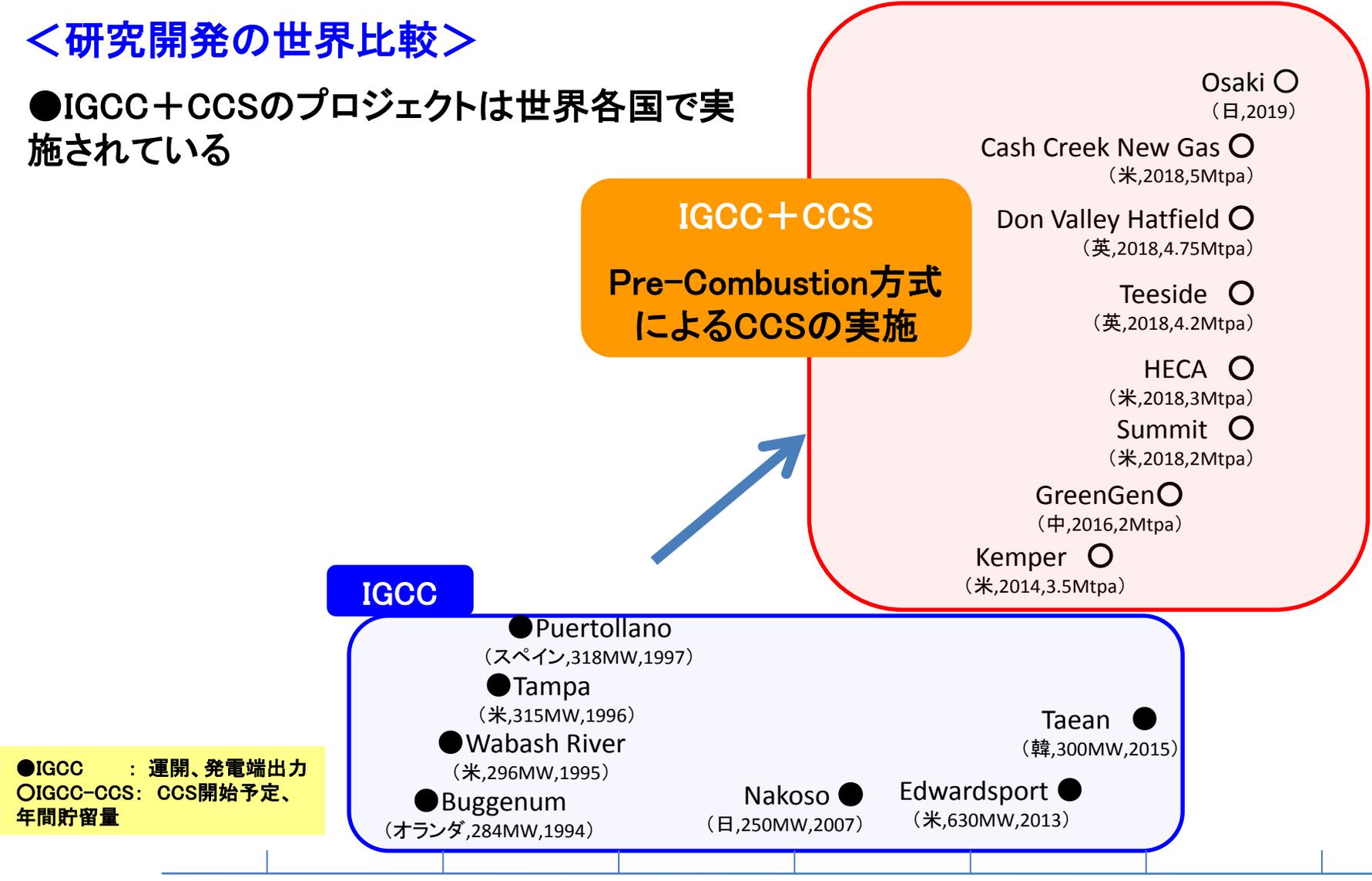
第1段階(2016~18年度) 酸素吹IGCC実証	第2段階(2019~20年度) CO <sub>2</sub> 分離回収型IGCC実証	第3段階(2020~21年度) CO <sub>2</sub> 分離回収型IGFC実証
------------------------------	--	--

# 1. 事業の位置付け・必要性について

## (1) NEDOの事業としての妥当性

### <研究開発の世界比較>

●IGCC+CCSのプロジェクトは世界各国で実施されている



●IGCC : 運開、発電端出力  
 ○IGCC-CCS: CCS開始予定、年間貯留量

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (1) 研究開発目標の妥当性

#### 「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」

(平成20年度～26年度:7年間)

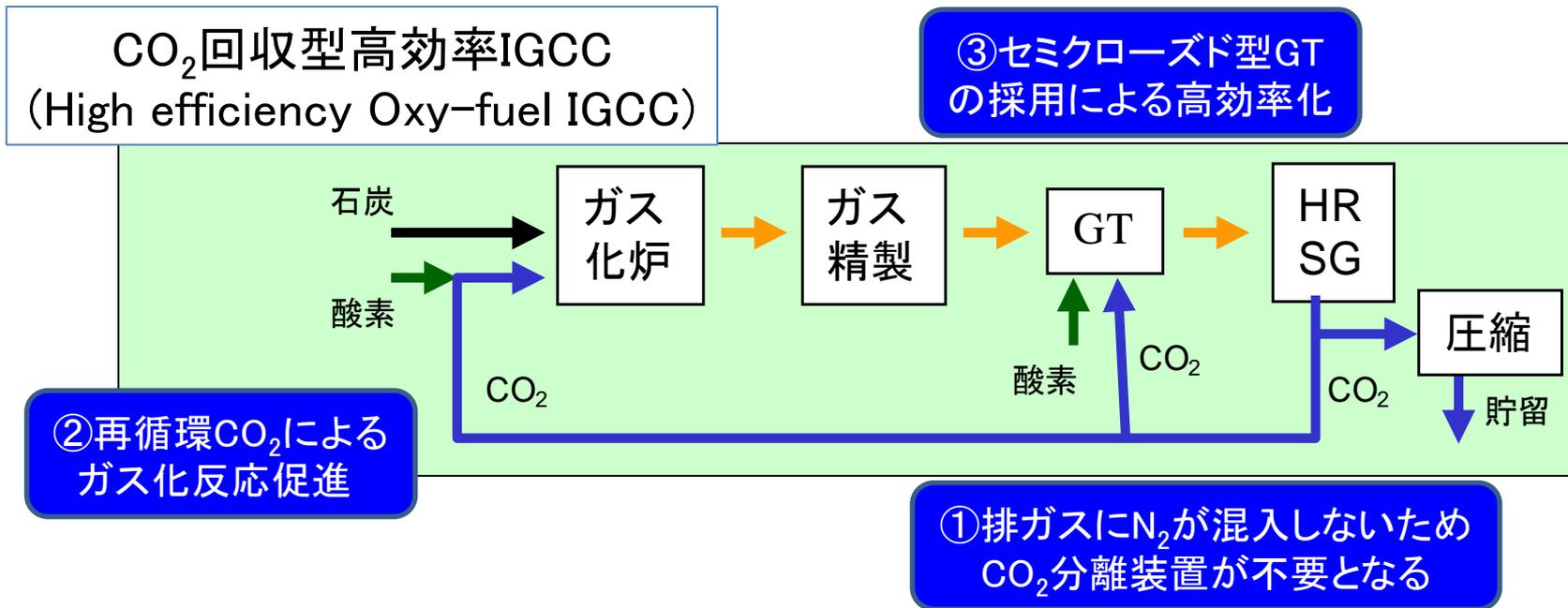
**目標値:** 性状の異なる環太平洋地域の3種類以上の石炭を用い、CO<sub>2</sub>回収を行っても**送電端効率42%(HHV基準)**を実現できる基盤技術の確立。

**設定根拠:** CO<sub>2</sub>回収を行っても既存の火力発電所の送電端効率(42%)と同等の効率を達成するため。

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (1) 研究開発目標の妥当性

#### <研究の内容>



CO<sub>2</sub>を酸化剤の一部として用いる、世界でも例のない独自のシステムにより、CO<sub>2</sub>回収後も42%(HHV)の高い効率を達成できる。

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (2) 研究開発計画の妥当性

#### <研究開発のスケジュール>

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>1.基本コンセプトの確認</b>							
(1)本システムの特徴の確認		■					
(2)小型ガス化炉を用いた反応促進効果の確認		■					
(3)基礎試験による反応促進効果の確認	■						
<b>2.基盤技術の開発</b>							
(1)実機規模ガス化炉数値解析手法の構築と O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> ガス化特性の評価		■					
(2)高CO条件における炭素析出対策の構築		■					
(3)小型ガス化炉によるCO <sub>2</sub> 富化試験法の開発と 炭種によるガス化特性の評価				■			
(4)ガス化実ガスによる脱硫剤評価法の開発と 設計データの取得	■						
<b>3.全体システム成立性の検討</b>							
(1)メーカFSによる課題抽出とシステム改良	■						
(2)空気分離装置/再生熱交換器メーカによる検討		■					
(3)送電端効率/敷地面積/発電コストの検討	■						
<b>4.次フェイズの検討</b>							
(1)試験基本計画策定および試験設備試設計				■			
<b>5.本技術の普及に向けた検討</b>							
(1)炭種適合性評価のための基盤技術開発	■						
(2)適合炭種拡大に向けた基盤技術開発	■						

中間評価▲

事後評価▲

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (2) 研究開発計画の妥当性

#### <研究開発予算>

(単位:百万円)

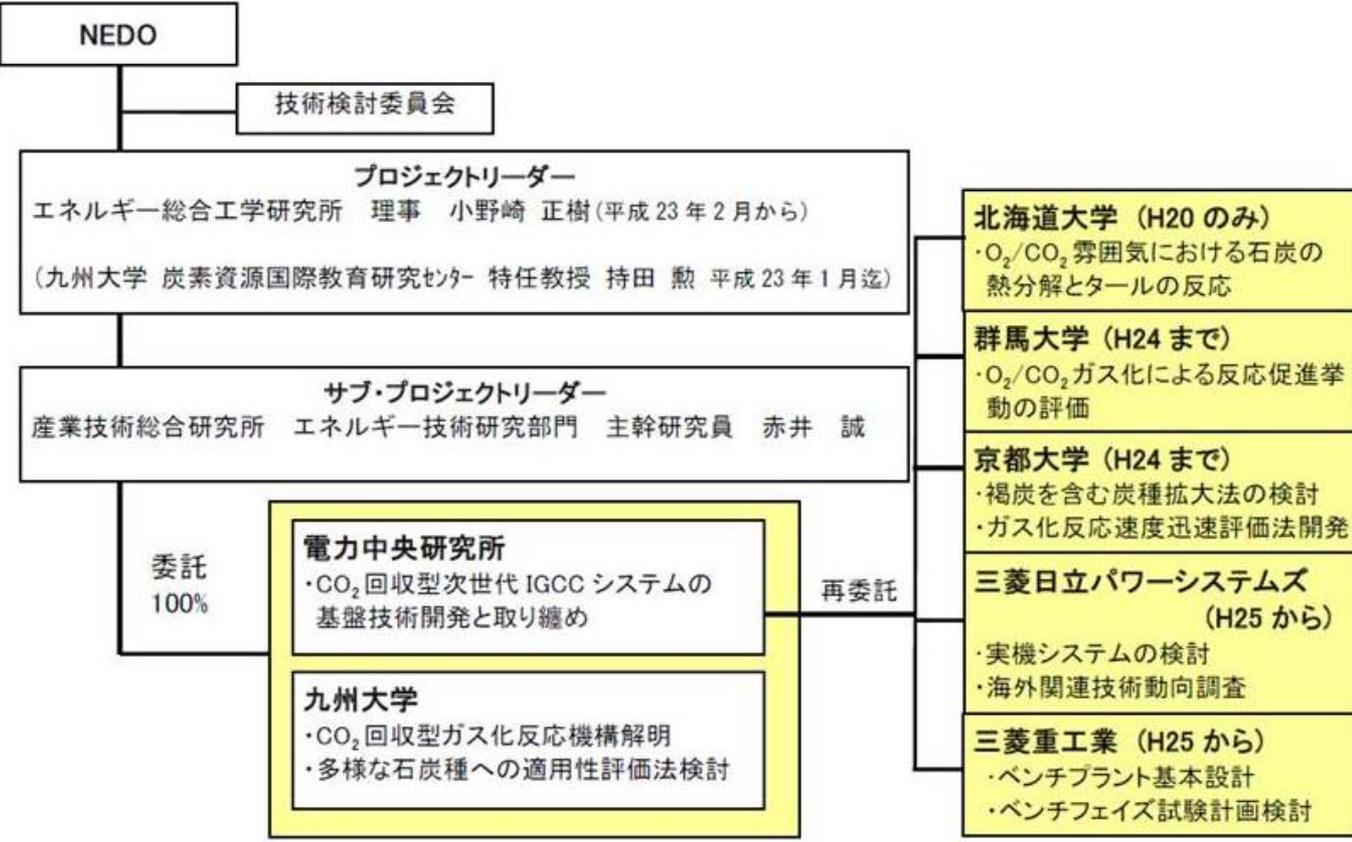
	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)	2014 (H26)	総額
電力中央 研究所	451	200	153	247	371	194	186	1802
九州大学	529	87	77	90	71	28	28	910

次フェーズのベンチ試験の仕様の検討および解決すべき課題の整理、特にセミクロードガスタービンの課題を明確化するために、H25～H26の2年間の期間延長を行った。

# 2. 研究開発マネジメントについて

## (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

### <実施体制>



H25年度からはプラントメーカーを加え、将来の商用化に向けた体制の強化を図った

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

・NEDO主催による「**技術検討委員会(年2回)**」開催

**外部有識者の意見を運営管理に反映**

	氏名	役職	所属	
委員長	堤 敦司	教授	東京大学	生産技術研究所 機械・生産系部門
委員	佐藤光三	教授	東京大学	大学院工学系研究科 システム創成学専攻
委員	平井秀一郎	教授	東京工業大学	大学院理工学研究科 機械制御システム専攻
委員	田中雅	研究主幹	中部電力株式会社	電力技術研究所
委員	堤 直人	主幹	新日鐵住金株式会社	技術開発本部 技術開発企画部
委員	松岡秀一	准主任部員	出光興産株式会社	販売部 石炭事業室
委員	佐川篤男	研究理事	日本エネルギー経済研究所	化石エネルギー・電力ユニット

・この他に、「**CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発情報連絡会**」定期的に開催し、進捗確認と協働の可能性など研究の進め方を協議。

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (5) 情勢変化等への対応等

#### ◆ 中間評価への対応

以下に主な指摘事項に対する対応を記載。

指摘		対応
1	本開発はIGCCとCCSであり、それら全てに知見のある人材が設計チームを率いていく必要がある。	○PLIによる指導 マネジメントの強化として、 <b>民間企業においてエンジニアリング経験を有する専門家を新PLIに任命した。</b>
2	政財界を含めて、積極的な広報と産学官への働きかけ、石炭利用技術促進のための人材育成、サポーター育成を充実させ、プロジェクト全体の底上げできる仕組みを検討すべきである。	○大学の人材育成能力の活用と成果の積極的な発信 本プロジェクトへの大学の若手研究者の登用や対外発表の機会を創出し、得られた成果を <b>学会や論文投稿等を通じて積極的に発信した。</b> また、 <b>電力各社に対しても様々な機会を活用して成果を発信した。</b>
3	石炭ガス化に関わる研究は長期に及びその要素も多岐にわたるため、全体像や各要素の関係がわかり難い。研究の全体像をマップ化し、最終目標だけでなく、マイルストーンに対し、何が解決済で、何が未解決なのかを明確化されたい。	○目標到達へのロードマップなどの作成 プラントメーカーを再委託先に加え、 <b>商用化までの開発工程全体像をロードマップにとりまとめた。</b> また、開発課題について、それぞれの優先順位も考慮して、各フェイズにおけるマイルストーンを作成した。
4	ガスタービン本体の最適化およびガスタービンの性能比較に基づく目標設定が不足している。	○セミクローズドGTの最適設計に向けた新たな目標項目の設定 本プロセスでは前例のないO <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> 燃焼クローズドGTを採用するため、最適設計に向けた <b>新たな目標項目を設定し、関連の調査、検討を実施した。</b>
5	基礎研究とはいえ、メーカーやユーザーが参加せず、大学と研究機関だけで良いのか再考の余地がある。	○メーカーとの連携とユーザーヒアリングの強化 次フェイズのプレーヤーとなる <b>プラントメーカーを再委託先に加え</b> 連携を強化した。また、電中研は各電力会社との情報交換会等の機会を活用し、ユーザーのニーズ汲み上げに努めた。

### 3. 研究開発成果について

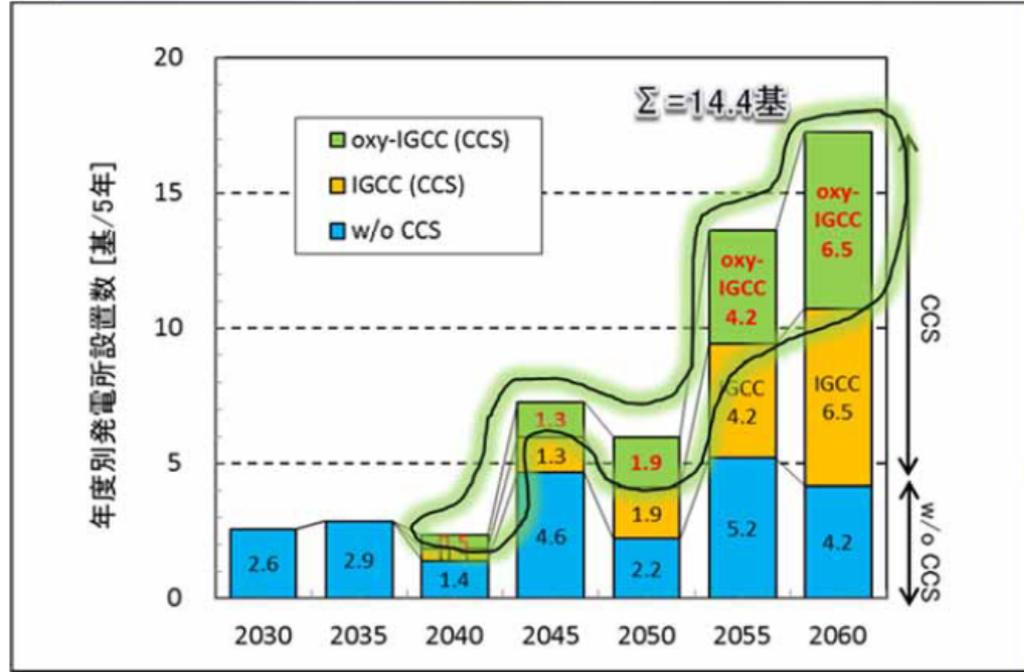
#### (1) 目標の達成度と成果の意義

開発項目	最終目標	達成状況 (○達成、×未達成)	
事業全体	性状の異なる環太平洋地域の3種以上の石炭を用い、CO <sub>2</sub> 回収後も送電端効率42%(HHV)を実現する基盤技術を確立する	・電中研の効率計算ソフトEnergyWinにより、メーカFS結果を反映した実現性の高いシステムに性状の異なる3炭種を供試した場合、効率が43.6~43.8%となることを確認した。	○
1.基本コンセプトの確認	本システムの基本コンセプトを確認する。	・本システムがCO <sub>2</sub> 回収後も高い効率を維持できる要因を整理し、ガス化試験や基礎試験により、CO <sub>2</sub> 添加に伴う反応促進効果を確認した。	○
2.基盤技術の開発	実機規模数値解析技術の開発とO <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> ガス化炉の特性評価	・実機規模O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> ガス化炉の特性を評価できる数値解析ツールを開発し、運転条件の影響を明らかとした。	○
	高CO条件における炭素析出対策の構築	・本システムで懸念される炭素析出現象を、ほとんど効率低下なく抑制できる手法を構築した。	○
3.全体システム成立性の検討	プラントメーカFSによる課題抽出とシステム改良	・プラントメーカの知見を活かし、成立性の高いシステムに改良した(抽出課題:再生熱交等の詳細検討)	○
	ASU、再生熱交メーカによる試設計	・前項の抽出課題につき専門メーカ試設計で確認。	○
	効率、敷地面積、発電コストの検証	・FS結果を元に、効率などから成立性を確認。	○
4.次フェーズの検討	試験基本計画策定および試験設備試設計	・商用化までのロードマップとマイルストーンを明確化するとともに次フェーズ試験計画検討、設備試設計等を行った。	○
5.本技術の普及に向けた検討	炭種適合性評価のための基盤技術開発	・反応モデルを構築し数値解析ツールに導入した。スラグ排出性評価法構築に向けたスラグ挙動類型化や高温粘度のための基盤技術を開発した。	○
	適合炭種拡大のための基盤技術開発	・触媒を使用することなく、低品位炭のガス化速度を促進する改質方法として、溶剤改質法を提案するとともに、反応速度の比較によりその有効性を確認した。	○

### 3. 研究開発成果について

#### (1) 目標の達成度と成果の意義

## 本技術の国内市場規模予測



<仮定>

- ・年度別リプレイス容量に対し
  - ①CCS: Oxy-IGCC、
  - ②CCS: Pre-combustion IGCC、
  - ③CCS無し火力
 を以下のように導入
- ・CCSは2040年から、高効率Pre-combustion IGCCとOxy-fuel IGCCとして導入。
- ・CCS導入量はリプレイス累積量の10%(2040年)~50%(2060年)を上限。
- ・発電所規模は、CCS無し50万kW、CCS付は40万kW。

老朽火力のリプレイス需要 400MW×14.4基

(このほかにピーク需要対応の新設需要の可能性も、最大で 400MW×10.7基程度 )

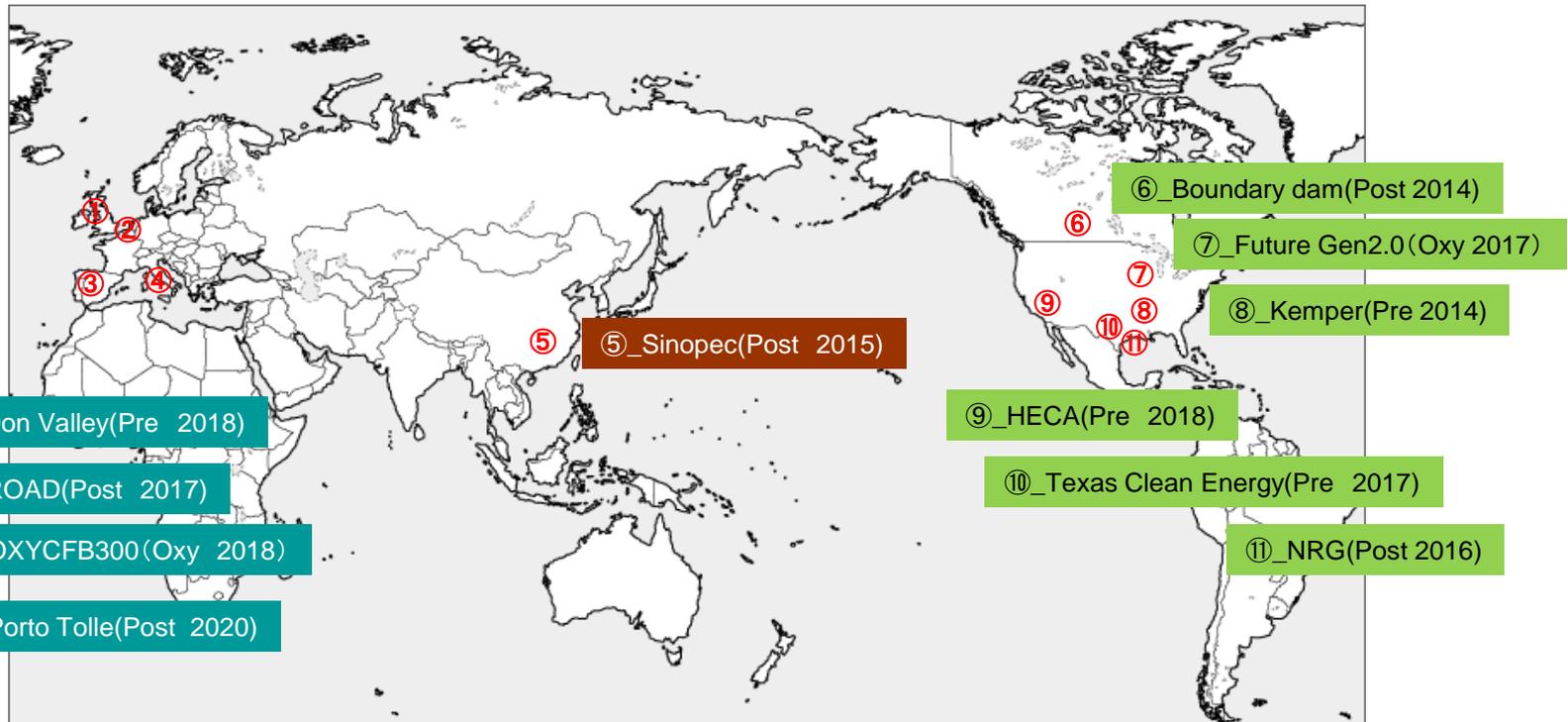
**【想定】リプレイス需要14基(この他に最大11基程度の需要可能性)**

### 3. 研究開発成果について

#### (1) 目標の達成度と成果の意義

本システムOxy-Fuel IGCCは電中研が特許を保有しており、日本独自の技術

火力発電所を対象とするCCSプロジェクト(GCCSI 2014\_10月資料”Global status of CCS 2013”より)



海外では様々なCCSプロジェクトが推進、検討されているが、現時点で海外では、CO<sub>2</sub>回収後の送電端効率が40%を上回る技術は見あたらない。

### 3. 研究開発成果について

#### (2) 知財 及び (3) 成果の普及

	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
研究発表	8件	33件	28件	47件	49件	29件	10件	203件
論文投稿	3件	15件	11件	15件	12件	16件	9件	76件
その他 報告書等	1件	1件	1件	2件	2件	2件	1件	10件
特許	0件	1件	1件	1件	1件	0件	0件	4件

- 特許件数は4件。[本事業で開発された炭素析出抑制技術は確実に知財化](#)。
- その一方、[論文投稿](#)や[学術会議](#)で、研究成果を積極的に発信した。海外の著名な国際会議でも、本研究の進捗を積極的に発表し、海外でも本プロジェクトの認知度が向上した。

<発表会議の一例>

- [Gasification Technology Conference 2013](#) で口頭発表（2012年はポスター発表）
- [Greenhouse Gas control Technologies conference](#) でGHGT-10(2010),-11(2012),-12(2014)とポスター発表
- [3rd Oxy-fuel Combustion Conference\(2013\)](#) で口頭発表（2nd OCCではポスター発表）
- [Power Gen International](#) にて 2011～2013年と継続的に口頭発表

## 4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

### (1) 成果の実用化の見通しについて

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

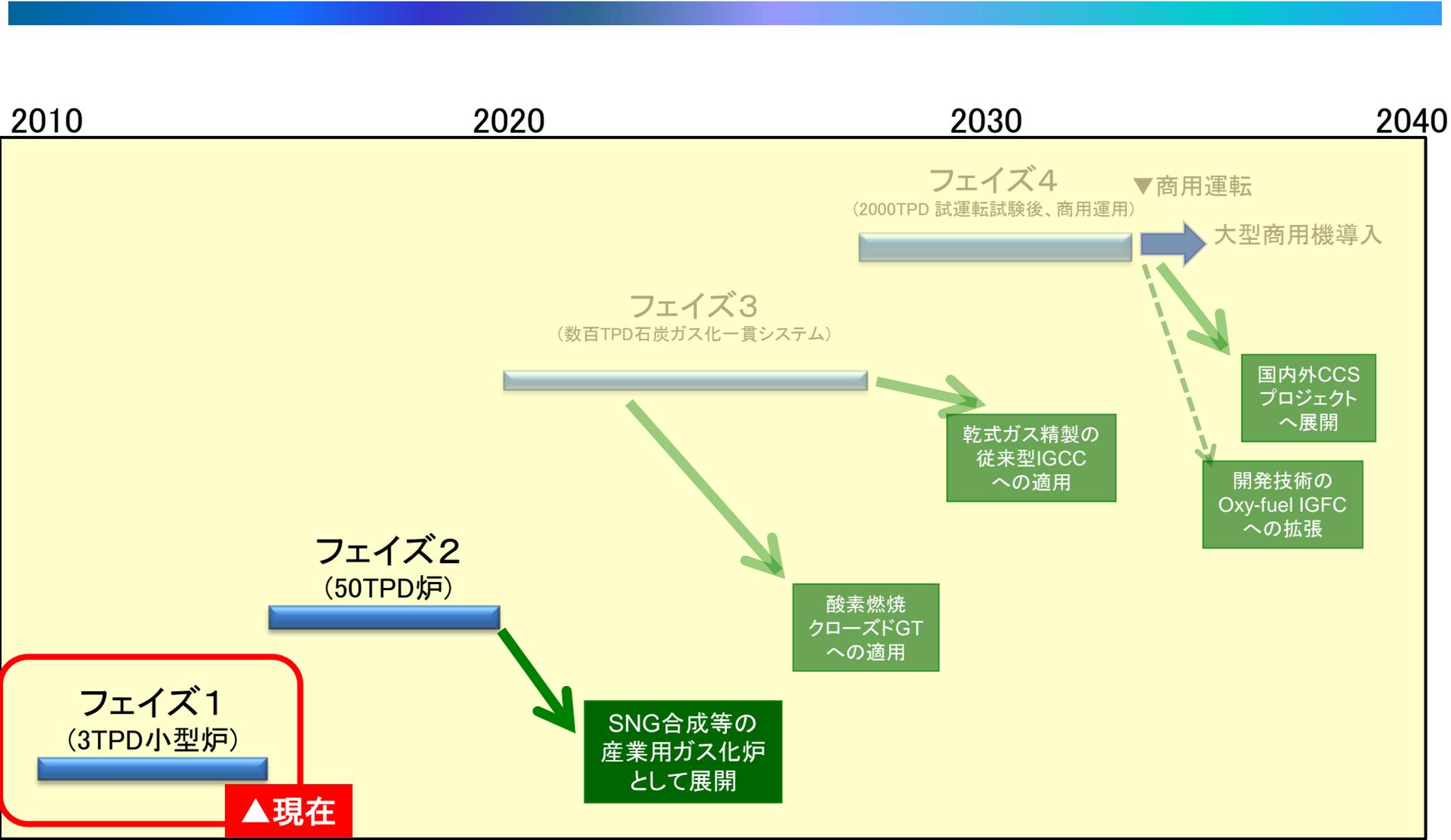
プロジェクトの性格が「**基礎的・基盤的研究開発**」である



・当該研究開発の成果が、ガス化炉をスケールアップした後継プロジェクトに活用されることを「実用化」の定義とする

# 4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

## (1) 成果の実用化の見通しについて



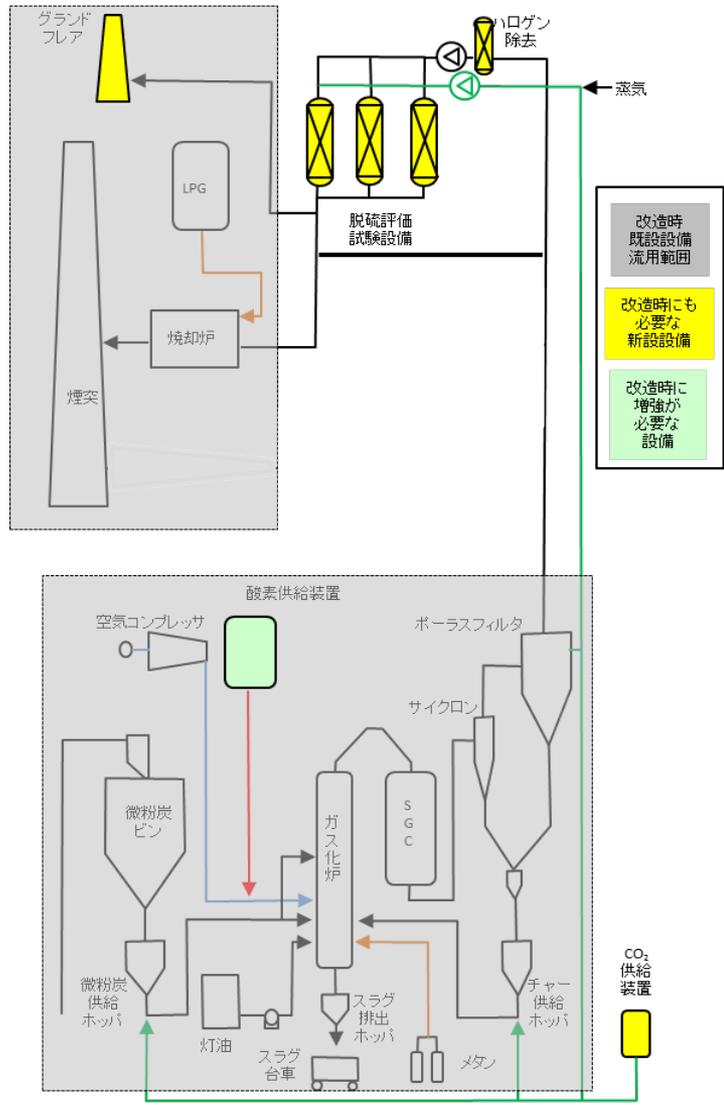
# 4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

## (1) 成果の実用化の見通しについて

### 【目的】次フェイズ計画／設置機器を検討する

項目	新規設置	既設流用
連続試験時間	約100時間	約50時間
データ取得可能試験条件数	5条件 (1回の試験あたり)	2条件 (1回の試験あたり)
設備系統	既設ガス化炉設備と同様 ・CO <sub>2</sub> 供給、原炭処理設備を新設	既設ガス化炉設備を流用 CO <sub>2</sub> 供給設備を追加
設備配置	—	既設高圧ガス設備横にCO <sub>2</sub> 供給設備を配置
建設工程	13.5ヶ月	11ヶ月
建設コスト	△	○

### 【成果】次フェイズで使うガス化炉は、メーカー既設炉(改造)で対応できることを確認



# 4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

## (1) 成果の実用化の見通しについて

フェイズ	ベンチ炉試験	目標	フェイズ3に向けてクリアすべき課題
2		パイロット設備に向けた技術構築	①ベンチ炉試験によるガス化/乾式脱硫性能検証 ②セミクロードGT燃焼器の開発 (模擬ガス燃焼器試験とCFD解析) ③硫黄以外の不純物対策の構築 (対象毎にPre/Post除去の適合性を評価)

○本研究(フェイズ1)の成果

- ①・多炭種でCO<sub>2</sub>富化による反応促進を確認した
  - ・乾式脱硫剤の特性を確認し、炭素析出対策を構築した
  - ・ベンチ炉の設備(新設/追設の比較)と試験計画を検討した
- ②CO<sub>2</sub>希釈を想定した単一バーナ基礎燃焼特性データを取得した
- ③ハロゲン化物除去剤を試作し、その初期性能を把握するとともに、性能向上の課題を明らかにした



○フェイズ2の課題解決に向けた成果の活用について

- ①・ベンチ炉の炭種選定データ等として活用
  - ・ベンチ炉実ガス抽気による乾式脱硫設備設計等の基礎データとして活用
  - ・ベンチ炉の設計、試験計画に反映する
- ②セミクロードGT燃焼器開発の基礎データとして活用
- ③硫黄以外の不純物対策を効率的に立案するため、吸収剤の基本性能データを活用