

＜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グラム」  
／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  
／石炭ガス化発電用高水素濃度対応型低NO<sub>x</sub>技術開発」

(事後評価)

(2008年度～2012年度 5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

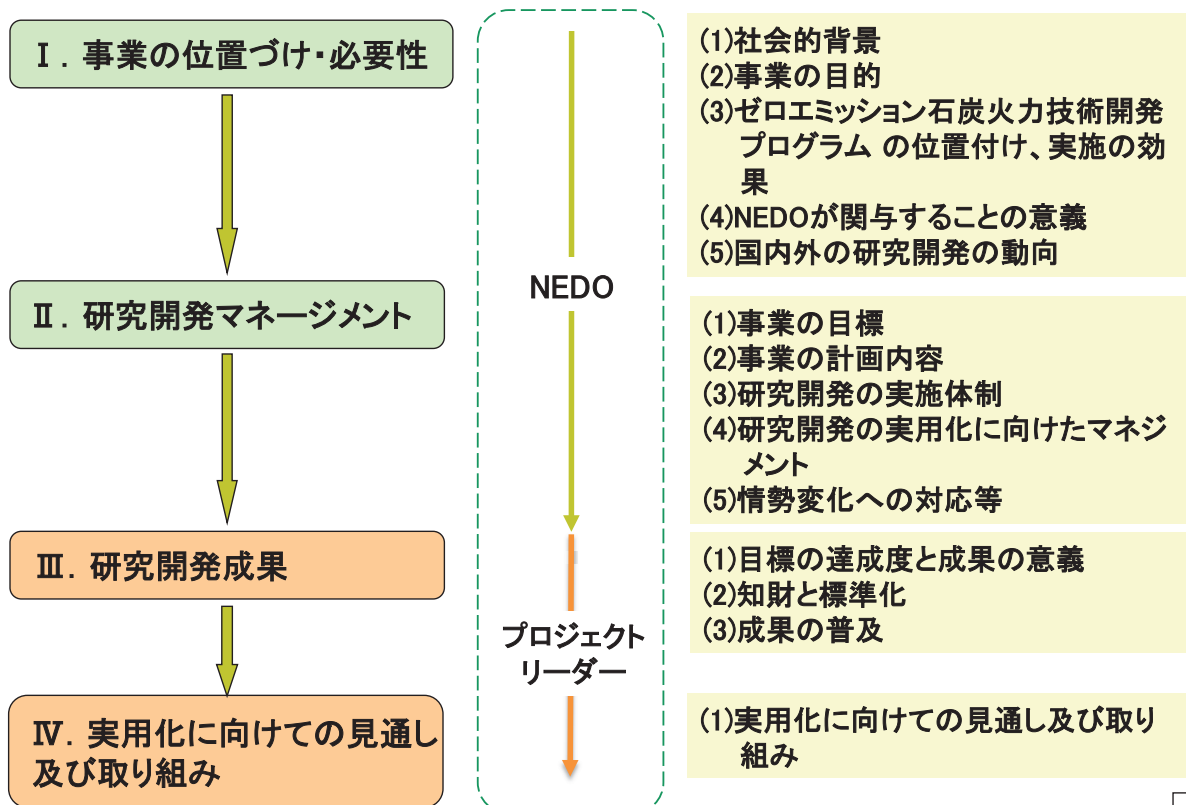
環境部

2013年 11月29日

1/22

公開

発表内容



2/22

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年までにCO<sub>2</sub>大幅削減が必要  
エネルギー分野では、石炭火力発電を中心にした化石燃料の3E(供給安定性、経済性、環境適合性)達成を可能とする革新的な技術開発が必要

<事業の目的>

CO<sub>2</sub>を分離回収貯留(CCS)する技術を含むゼロエミッション型石炭ガス化発電(CO<sub>2</sub>回収型IGCC)の早期実用化



CO<sub>2</sub>回収型IGCCで水素含有率が高い燃料を安定かつ低NO<sub>x</sub>燃焼できるガスタービン技術が基盤技術として必要

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℃級GT・湿式ガス精製)	48%HHV(1500℃級GT・乾式ガス精製)	48%HHV(1500℃級GT・乾式ガス精製)	50%HHV(1700℃級GT・乾式ガス精製)	57%HHV(A-IGCC)
5801D	80.CO <sub>2</sub> 回収貯留	分離回収コスト 4,200円/t-CO <sub>2</sub>				
	CO <sub>2</sub> 分離回収技術		2,000円/t-CO <sub>2</sub>	1,000円/t-CO <sub>2</sub>	IGCCでの実証試験	IGCCでの実証試験 (さらに分離膜の実用化で1,500円台に)

### <実施の効果>

- ・CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化発電システムに適用できるドライ低NO<sub>x</sub>技術を開発できシステム効率が向上できる。

高水素濃度燃料の低NO<sub>x</sub>化は、水蒸気噴射や窒素での希釈で対策されているのが現状。  
これらの対策はタービン抽気や窒素加圧動力により効率が数%程度低下する。  
ドライ低NO<sub>x</sub>技術では水蒸気、窒素を用いないため効率向上が見込める

### <NEDOが関与することの意義>

化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進し、環境負荷低減することができる

- ・技術戦略ロードマップの実現に貢献
- ・CCS技術は発電コストの上昇を招くため民間だけでは開発が難しいためNEDO関与が必要。



**NEDOはゼロエミッション石炭火力実現に向けて、革新的な研究開発事業を実施すべき。**

# ゼロエミッション石炭火力実現に向けたNEDOでのクリーンコール技術開発

## [現状技術・成果]

- (1) 石炭ガス化
    - ・高効率石炭ガス化技術確立
    - ・ガス精製技術の確立 (EAGLE)
    - ⇒1,300℃級IGCC技術確立 大崎実証試験に反映
  - (2) CO<sub>2</sub>分離回収
    - ・化学吸収法、物理吸収によるCO<sub>2</sub>分離回収技術の確立 (EAGLE)
    - ・1,300℃級IGCC +CCSシステム検討 ⇒大崎実証試験に反映
  - (3) CO<sub>2</sub>貯留
    - ・日本でのガス化～貯留のF/S (ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究)
- METI直執行-----
- ・苫小牧CCS実証試験開始 第一期 H24～H27
  - ・経産省、環境省共同要求の二酸化炭素貯留ポテンシャル調査事業開始

事業原簿 I-1.1, 2  
添付資料2 「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」基本計画

## [課題]

高効率化  
経済性  
社会受容性  
海外展開

エネルギー安定供給確保  
CO<sub>2</sub>排出量低減  
技術の普及  
市場の拡大

国際連携クリーンコール  
技術開発PJ  
によるCCS適用技術の  
高度化

## [NEDO事業での技術開発]

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」

- 項目① ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究
- 項目② ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発
- 項目③ クリーンコールテクノロジー推進事業
- 項目④ 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究
- 項目⑤ 革新的CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化技術開発

(1) 石炭ガス化

- ・循環流動床による低温ガス化(水蒸気ガス化)技術の開発 項目②
- ・燃料電池対応型のガス化技術最適化、IGCC実証試験最適化等検討 項目④

(2) CO<sub>2</sub>分離回収

- ・革新的ガス化技術に関する基盤研究事業 項目② (CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC、高水素濃度対応低NOx技術開発)
- ・次世代IGCC (1500℃超級) 対応の最適 CO<sub>2</sub>分離回収技術の開発 (物理吸収法、分離膜、新型化学吸収液等調査) 項目⑤

(3) CO<sub>2</sub>貯留

- ・国内でのF/S及び海外展開の検討 項目①

(4) CCT(環境負荷低減対策他)

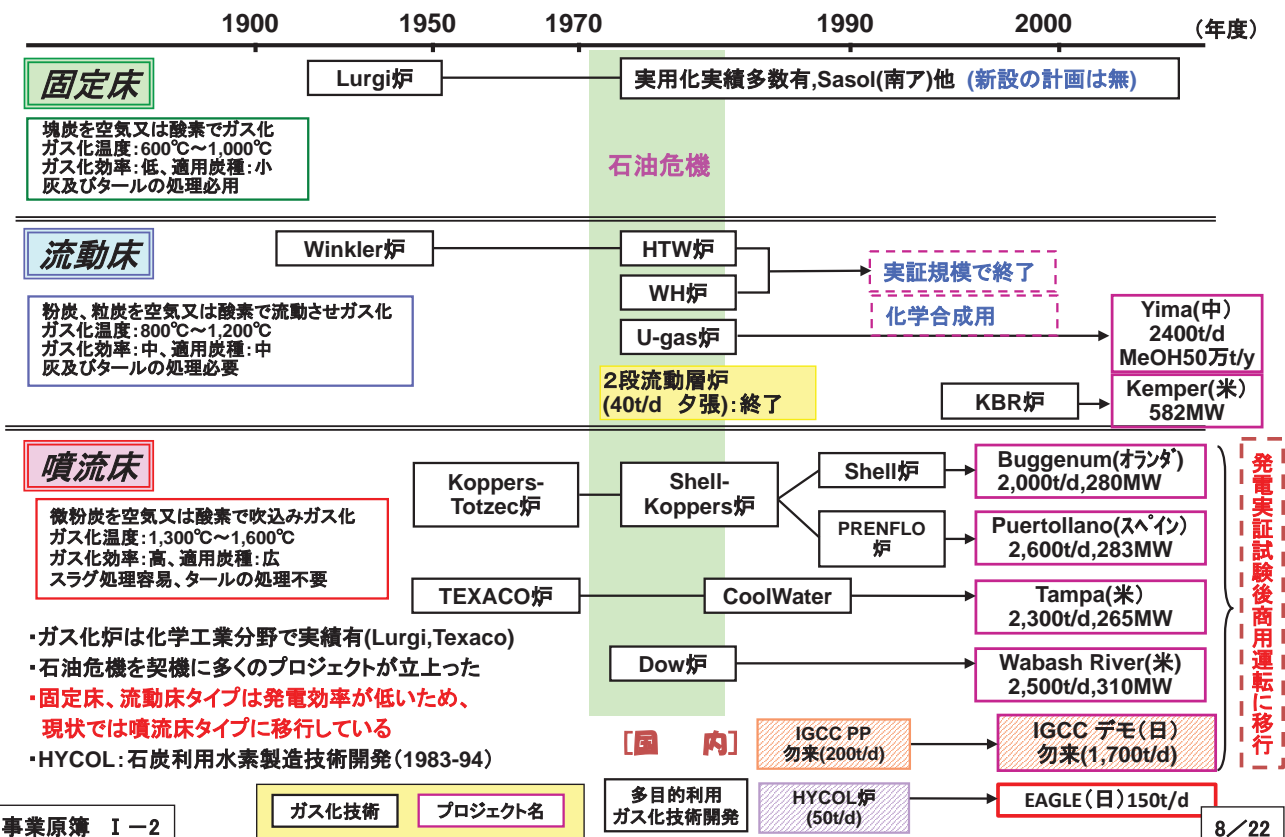
- ・微量成分環境低減手法 項目②
- ・CCT推進事業(国内外動向把握等) 項目③

7/22

## 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

### <海外の石炭ガス化技術開発>

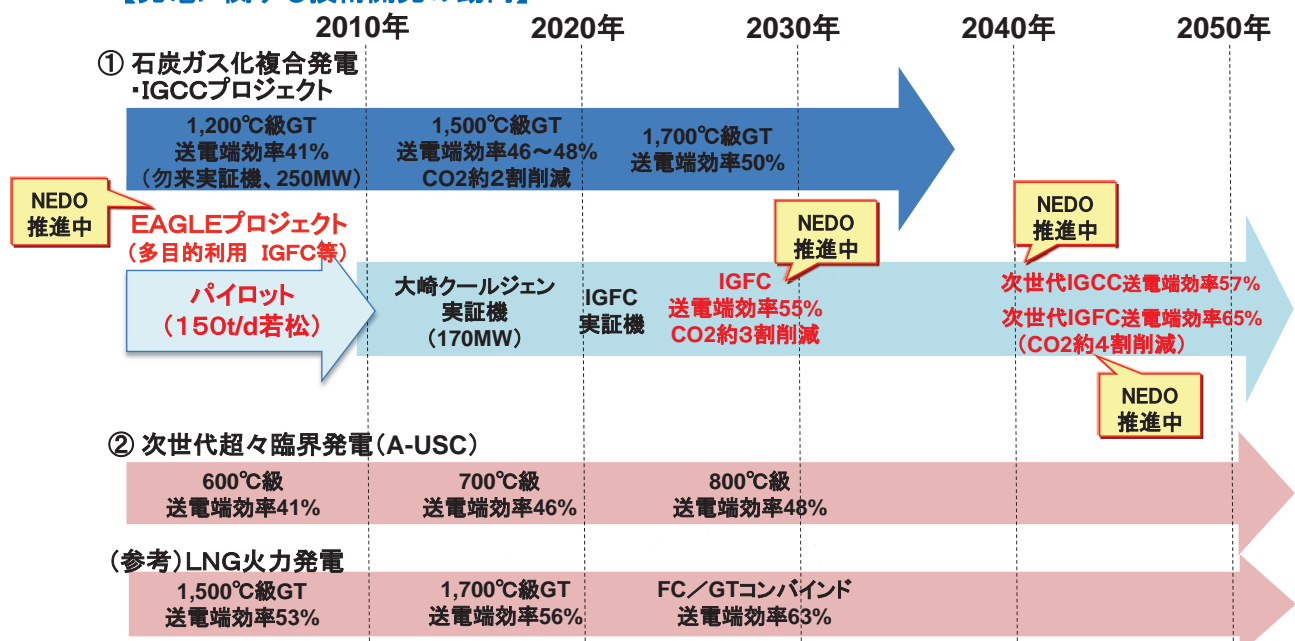


# 1. 事業の位置付け・必要性について (1) NEDOの事業としての妥当性

## <国内の研究開発の動向>

**【現状】** 微粉炭火力発電技術(USC:超々臨界発電)は世界のトップレベル  
(送電端効率(HHV):約40.6%、電源開発磯子)

### 【発電に関する技術開発の動向】



# 世界のIGCC-CCS開発状況

- ガス化技術の進化
- 一層の高効率化とCCSの実現、低コスト化

【プロジェクトの一例】

**Kemper**  
 ・米国 Southern 社  
 ・発電端出力582MW  
 ・2014運開予定  
 ・貯留量3.5Mtpa

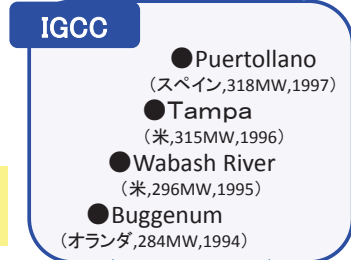
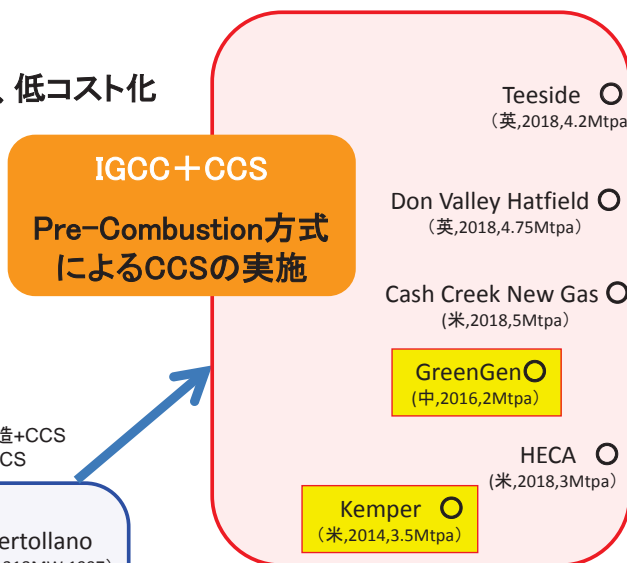


【プロジェクトの一例】

**Green Gen**  
 ・中国 GreenGen社  
 ・Phase I (2006-2011) 2,000tpd IGCC Tianjin  
 ・Phase II (2010-2013) 3,500-2,000tpd IGCC+水素製造+CCS  
 ・Phase III (2014-2017) 400MW IGCC+水素製造+FC+CCS



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



## 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

大規模なCO<sub>2</sub>発生源である石炭火力発電所においては、「革新的なゼロエミッション石炭火力発電」への対応が期待されている。

(1) **高効率発電の実現**: ・石炭をガス化した石炭ガス化複合発電(IGCC)  
・さらに燃料電池等によるエネルギー活用

(2) **CCSによるゼロエミッション化**:

- ・効率的な分離・回収・貯留技術(CCS)
- ・革新的なCO<sub>2</sub>分離膜技術の実用化



「IGCC」と「CCS」を組み合わせた技術の開発が、世界各地(米国:Kemper PJ、中国:Green Gen PJ等)にて進められつつある。



中長期的には「**CCSの活用**」を前提にした対応が必要。

## 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

「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」

(平成20年度～24年度:5年間)

本事業では、

**CCS技術付発電プラントの発電効率を維持するため、**

**高効率石炭火力のIGCCの発電効率を大幅に改善できる革新的なガス化技術や要素技術の発掘を目的とし、**

先導的研究開発及び将来のブレークスルーにつながる基盤研究を公募した。(2015～2030年頃の実用化想定)



公募の結果3件の提案あり、本テーマ

「**石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>燃焼技術**」を効率向上が可能なガスタービン技術として選定した。

## 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

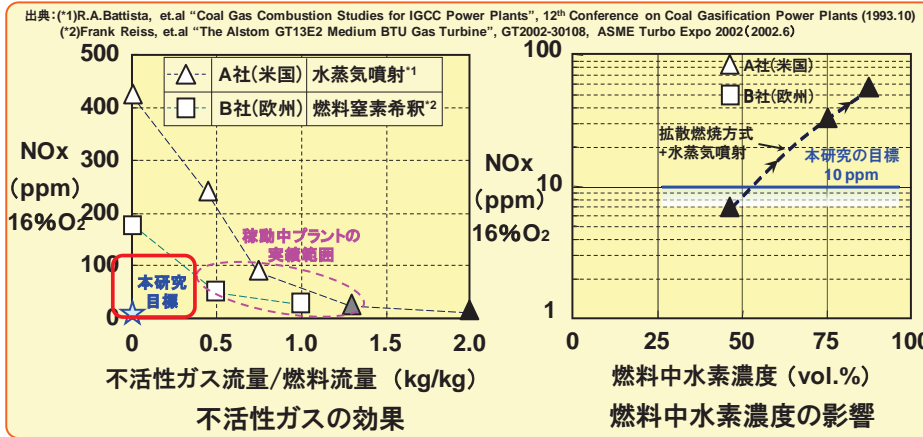
従来、高水素濃度燃料は水蒸気噴射や燃料窒素希釈でNOx対策を行っていたが、**燃焼技術で低NOx化と安定燃焼を両立する技術開発を行った**。目標はNOx濃度を世界最高レベル値の10ppmとした。(定格負荷、CCS 0% ~90%相当燃料)

[中間目標(平成22年度)]

- ・NOx濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の目処を得る。  
(前提条件)燃焼器出口ガス温度1300°C、中圧条件等にて実証。(日立H-25GT相当)

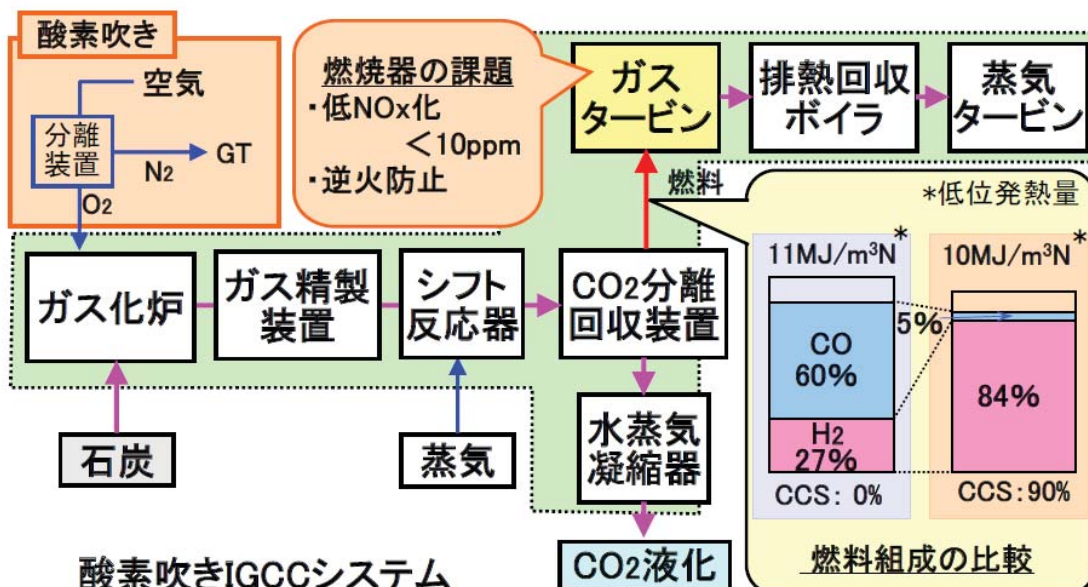
[最終目標(平成24年度)]

- ・NOx濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の確立。  
(前提条件)燃焼器出口ガス温度1300°C、高圧条件等にて実証。(日立H-80GT相当)
- ・燃焼効率 運用負荷範囲 99%以上、定格負荷 99.9%以上



## 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発の意義

- 10ppmのNOx達成により**脱硝装置容量低減のコストダウンメリット**がある。  
(都市部規制値5ppmを仮定LLNG用GTの25ppmに対して設備容量が1/4となる)
- IGCC起動時に、ガス化炉暖気に蒸気を優先使用するため、CO2回収装置再生用蒸気量が不足する。このためCO2回収率が0%から定格の90%に変化し、ガスタービン燃料水素濃度が27%から84%に変化するため**広い水素濃度で燃焼可能な燃焼器**が必要。



## 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

	FY2008 (H20)	FY2009 (H21)	FY2010 (H22)	FY2011 (H23)	FY2012 (H24)
クラスタバーナー 構造の最適化 (大気圧燃焼試験)	予備 検討	バーナー基本 構造の検討	バーナー基本 構造の最適化	★中間評価 火炎内部 詳細計測	バーナー基本 構造の最適化②
マルチクラスタバーナー の検討 (実寸燃焼試験)	マルチクラスタバーナー 形式低NOx燃焼器 の設計・製作・試験準備	燃焼 試験	燃焼試験装置 改修・試運転	大型燃焼器 中圧燃焼試験	大型燃焼器 高圧燃焼試験 (部分負荷 運用性の検討)
実ガス多缶燃焼 特性の検討 (EAGLE試験)		小型 燃焼器の 設計・製作	小型燃焼器 中圧燃焼試験	大型燃焼器 高圧燃焼試験 (定格負荷 特性の検討)	大型燃焼器 高圧燃焼試験 (部分負荷 運用性の検討)
乱流燃焼解析	基礎的の火炎による モデル検証・予備検討	クラスタバーナーの 乱流燃焼解析	マルチクラスタバーナー の乱流燃焼解析①	マルチクラスタバーナー の乱流燃焼解析②	
数値目標	大気圧燃焼試験 NOx<10ppm (@16%O <sub>2</sub> )		中圧燃焼試験 NOx<10ppm (@16%O <sub>2</sub> )		実圧・実寸 NOx<10ppm(@定格負荷) 燃焼効率η a) η>99.0%(@運用負荷) b) η>99.9%(@定格負荷)

## 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)					計	総額
		H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度		
石炭ガス化発電用高水素 濃度対応低NOx技術開発	NEDO	93	138	45	271	469	1,016	1,408
	日立	—	—	23	135	234	392	

平成22年度から共同研究(NEDO費用負担2/3)へ移行

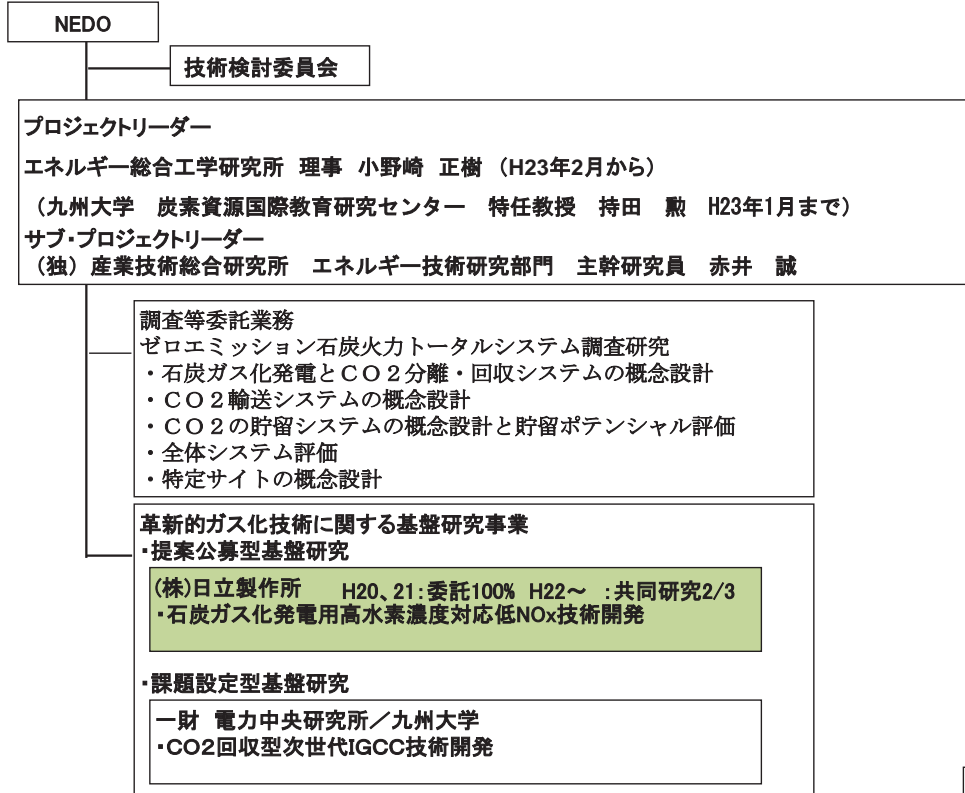
平成23年度～平成24年度加速財源投入  
加速総額720百万円 内NEDO負担額480百万円



## 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＞ 「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」



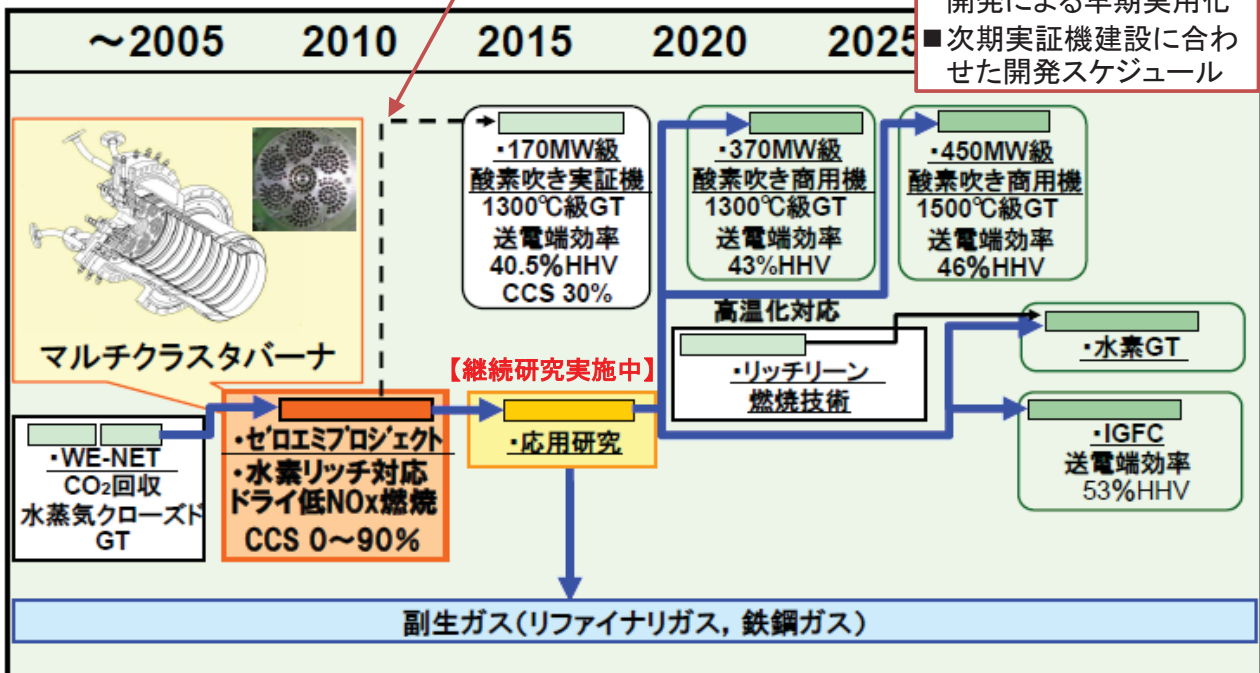
## 2. 研究開発マネジメントについて

### (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

#### ◆実用化・事業化に向けたマネジメント

実用化に繋げる戦略

- 実機相当の燃焼器での開発による早期実用化
- 次期実証機建設に合わせた開発スケジュール



## 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

#### ◆ 実用化・事業化に向けたマネジメント

・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	研究主幹	日本エネルギー経済研究所	戦略・産業ユニット 電力・ガス・石炭グループ

定期的に研究進捗状況確認と今後の進め方を協議

- 実ガスでの試験の必要性についてH20年12月の委員会で議論し、中間評価での指摘もありEAGLEの試験に繋がった。
- 1500℃燃焼器への試験結果の展開を想定した研究開発の必要性を指摘し、計画へ反映

## 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

#### ◆ 知財マネジメント

#### 【方針】

本研究開発のキーとなる技術に関して、基本特許と共に、応用技術および代替技術に関して、特許網を構築して国内、および海外に出願し知財権の確保を図った。

## 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

### ◆事業の見直し

中間目標である「NOx濃度10ppm(16%酸素濃度換算)」以下の目途を得られたことから、平成22年度からは、実用化へ向けて前倒しで取り組める段階になったと判断されたため、事業3年目である平成22年度から**共同研究(NEDO費用負担2/3)へ移行**

### ◆加速財源投入(平成23年度～平成24年度)

中間評価及び技術検討委員会で「実ガス組成による検討をすべき」との指摘を踏まえ、多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)設備のガスタービンで開発した燃焼器の実ガス燃焼試験を行うため、研究加速を行った。(加速総額720百万円 内NEDO負担額480百万円)

## 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

「難しいテーマに対して良い成果を上げており今後の進捗が楽しみである。」との評価。下記は、主な指摘事項に対する対応。

	指摘	対応
1	模擬ガスで試験を行っているが、一酸化炭素の影響評価は出来ていない。	○ <b>実ガス試験の実施</b> 多目的石炭ガス製造設備(EAGLE)のガスタービンに開発燃焼器を組み込み、 <b>実ガス試験を行った。</b>
2	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行く必要がある。	○ <b>OPLIによる指導</b> マネジメントの強化として、民間企業において <b>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>
3	低NOxバーナーについては、モデリング・シミュレーションの改善と振動対策により、さらに実用化に向けたブラッシュアップが望まれる。	○ <b>燃焼振動への対策とシミュレーションの改善</b> バーナー構造の改良による燃焼振動特性の改善と、解析モデルの改良により解析精度の向上を図る。 <b>→大型バーナは燃焼振動抑制を考慮した設計とした。</b>
4	政財界を含めて、積極的な広報と産官学への働きかけ、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。	○ <b>大学の人材育成能力の活用と、成果の積極的発信</b> 大学若手研究者の登用や対外発表の機会を創出し、成果を学会やプレス等の機会を通じて積極的に発信する。また、成果を技術検討委員会へ適切にフィードバックし、プロジェクト全体の底上げに繋げていく。
5	実用化に向けての課題抽出が不十分である。さらに、技術的な目標設定だけでなく、国内外の将来市場を見て、実用化時期とコストの目標を明確に設定されたい。	○ <b>目標到達へのロードマップ作成</b> 研究の全体像をマップ化した上で、実用化に向けた課題を網羅的に抽出しその優先順位付けを行う。また、マイルストーンの設定により、解決に向けた道順を明確にする。
6	マルチクラスターバーナーの構造はかなり複雑になっており、製作やメンテナンスのコストを考えると、より単純な構造が望ましい。	○ <b>バーナー構造のシンプル化の検討加速</b> 空気孔の噴出方向の調整等により構造のシンプル化を進めるだけでなく、メンテナンスの容易性、ホットパーツ寿命延長の検討を続ける。