

「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)・CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発」

中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿 .....	1
評価概要（案） .....	2
評点結果 .....	5

## はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき研究評価委員会において設置された「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）・CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発」（中間評価）の研究評価委員会分科会（平成29年10月2日）及び現地調査会（平成29年8月24日 於 三菱重工業株式会社 総合研究所（長崎）10会議室）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第54回研究評価委員会（平成29年12月13日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成29年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会「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）・CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発」分科会  
（中間評価）

分科会長 板谷 義紀

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「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)・CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発」(中間評価)

### 分科会委員名簿

(平成29年10月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	いたや よしのり 板谷 義紀	岐阜大学 大学院工学研究科 環境エネルギーシステム専攻 教授
分科 会長 代理	せきね やすし 関根 泰	早稲田大学 理工学術院 先進理工学部 応用化学科 教授
委員	うめだ けんじ 梅田 健司	電気事業連合会 技術開発部長
	しみず ただあき 清水 忠明	新潟大学 工学部 化学システム工学科 教授
	たつみ たかお 巽 孝夫	国際石油開発帝石株式会社 経営企画本部 事業企画ユニット シニアコーディネーター
	なかざわ はるひさ 中澤 治久	一般社団法人 火力原子力発電技術協会 専務理事

敬称略、五十音順

# 「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)・CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発」(中間評価)

### 評価概要(案)

#### 1. 総合評価

我が国のエネルギー安全保障の観点から、多様な一次エネルギーに依存せざるを得ない現状では、世界最先端の火力発電技術を継続的に維持していくことは不可欠である。特に石炭火力発電技術についても、世界のトップランナーを走ることにより、国内のみならず石炭に依存している開発途上国への技術移転等によりグローバルな二酸化炭素排出削減に貢献することは重要である。

本事業の目標は、わが国のエネルギー供給のロードマップと世界的な趨勢を考慮したものとなっており、市場調査などを通じて技術の優位性を確保できるよう設定されている。実施体制については、当該技術について十分な知見を有する構成員による体制が組まれており適切と考えられる。成果については、中間目標をおおむね順調にクリアできる見込みが得られており、また最終目標についても達成が期待できる。

次フェーズに向けては、産炭国でニーズの高い原料ガス生成への展開も視野に入れた、低コスト・高効率設備の開発も盛り込んだ波及効果が高い計画を作成することが望まれる。また、若手研究者や技術者を本研究開発に参加させて、人材育成していくことも必要である。かつ、CO<sub>2</sub>の有効利用技術などCCS以外の技術展開を視野に入れた検討も進めていただき、より確実に実用化を推進していただきたい。

#### 2. 各論

##### 2.1 事業の位置付け・必要性について

我が国のエネルギー安全保障の観点から、多様な一次エネルギーに依存せざるを得ない現状では、世界最先端の火力発電技術を継続的に維持していくことは不可欠である。特に、温室効果ガス排出量が多いことから批判の高い石炭火力発電技術についても、世界のトップランナーを走ることにより、国内のみならず石炭に依存している開発途上国への技術移転等により、グローバルな二酸化炭素排出削減に貢献することは重要である。本事業は、石炭を利用しつつ二酸化炭素の大気排出を減らすための分離を行うことができるエネルギー転換技術の開発を目指すものであり、我が国の目指す方向と合致している。支援額も、技術開発によって将来期待できる燃料費節約効果との比較において適切と言える。また、本事業は研究開発から実用化、導入・普及まで長期間を要するとともに、高い技術的難易度が求められることから、民間企業のみでの取組みには限界があり、NEDOの事業として実施する必要性は高い。

## 2. 2 研究開発マネジメントについて

研究開発目標は、我が国の火力発電のロードマップ、市場規模の見通し及び海外の競合技術に対する優位性を勘案し、戦略的かつ適切に設定されている。新規技術に求められる要素技術が適切に選択されており、実施にあたっては、各事業者が所有するガス化設備を有効活用し、スケールアップに向けた基礎データを取得するための速やかな計画となっている。実施体制については、主要なメーカー、研究機関、大学で構成されており、役割分担が詳細かつ明確となっており、適切な管理のもと、研究開発が予定通り進捗している。知財戦略は、知財確保が有利な技術について明確に定め、出願・権利化を進める方針であり、評価できる。

一方、現在主な目標が送電端効率となっているが、ある程度の目途が立った後は、連続運転等の信頼性、設備コスト、炭種適合性などを目標に加味することが望ましい。

次フェーズに向けて、現時点でも産炭国でニーズの高い原料ガス生成への展開も視野に入れた低コスト・高効率石炭ガス化設備の開発も盛り込むこと、また、ユーザーが関与する体制を構築することが望ましい。さらに、発電関連エネルギー技術は、大規模なものであるとともに長期の試験により運転安定性を確認することが要求される性質のものであるため、長期的視野を持って技術の確立と国際競争力の確保を目指してもらいたい。

## 2. 3 研究開発成果について

難易度の高い技術開発でありながら全般に中間目標を達成しており、また、最終目標も達成する見込みが得られている。さらに、開発技術はいずれも従来方式とは異なる新しい技術であり、既存設備への部分適用など様々な波及効果も含め今後の成果が期待される。

一方、全体的に主要目的の実証試験を実施するための設備改造計画が中心となっており、定量的な目標はあまり設定されていない。本格的な実証試験が開始されれば、種々のトラブルも想定されるので、速やかに試運転から本格運転が実施できる準備とモデル解析に必要な条件設定や基礎的なラボ試験による課題抽出に努力して頂きたい。また、化学燃焼については、実験データの解釈や実用化に向けた設計方針の立案についてまだ不十分なところも見受けられるため、データ解釈の精緻化と実用的な設計提案の立案についてより深く検討していただきたい。

今後、最終目標の達成に向けては課題も残されており、引き続きメーカー、研究機関、大学それぞれの役割分担を明確にするとともに、適材適所で研究開発を進めていただきたい。

## 2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

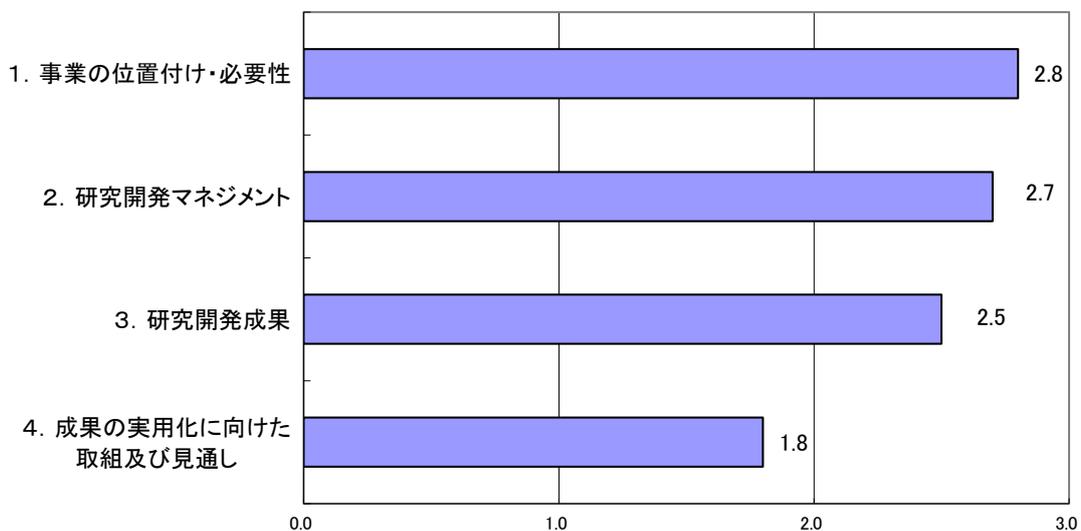
本事業の対象とする 3 つの研究開発テーマにおいて、それぞれ技術開発の段階に応じて実用化に対する戦略が定められているとともに、それぞれの発展段階に応じて実用化の考え方及び中間的なマイルストーンが明示されている。また、実用化の際の展開として、電力関係ならびに電力事業以外の適用も考慮されており、市場の把握が適切になされていると考えられる。

一方、次世代ガス化と化学燃焼については情報発信が少ないように思われる。本技術の先進性・有効性について社会的認知を得るとともに、市場開拓に向けて積極的な情報発信をす

べきである。また、積極的に CO<sub>2</sub> の利活用を拡大できる技術開発を手掛けられることを望む。

今後、化学燃焼はクローズド IGCC とは異なるタイプの CO<sub>2</sub> 回収型ガス化技術として、スケールアップ及び最適設計に向けた継続的な研究開発が必要である。IGCC や CCS としての実用化のみならず、多炭種に対応できる高効率ガス製造技術としての展開も、今後のマイルストーンに盛り込むことを検討されたい。また、社会的に実用化時期が見通せない技術でもあることから、できるだけ若手の研究者を参画させ人材育成を図ることを期待する。

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)					
1. 事業の位置付け・必要性について	2.8	A	A	A	A	B	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.7	A	B	A	A	B	A
3. 研究開発成果について	2.5	B	B	A	A	A	B
4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて	1.8	B	B	B	B	C	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当 →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

研究評価委員会「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）分科会

日時：平成29年10月2日（月）9：30～17：15  
場所：世界貿易センタービル3階 Room A

議事次第

【公開セッション】

1. 開会、資料の確認	9:30～9:35	(5分)
2. 分科会の設置について	9:35～9:40	(5分)
3. 分科会の公開について	9:40～9:45	(5分)
4. 評価の実施方法について	9:45～10:00	(15分)
5. プロジェクトの概要説明		
5.1 事業位置付け・必要性、研究開発マネジメント	10:00～10:10	(10分)
5.2 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し	10:10～10:40	(30分)
5.3 質疑応答	10:40～11:00	(20分)

[入替 5分]

【非公開セッション】

6. プロジェクトの詳細説明		
6.1 次世代火力発電基盤技術開発（５）CO2分離型化学燃焼石炭利用		
[説明 45分、質疑応答 30分]	11:05～12:20	(75分)
休憩（昼食）	12:20～13:10	(50分)
6.2 CO2回収型クローズドIGCC（ガス化関連）		
[説明 25分、質疑応答 14分]	13:10～13:49	(39分)
6.3 CO2回収型クローズドIGCC（ガス精製関連）		
[説明 15分、質疑応答 12分]	13:49～14:16	(27分)
6.4 CO2回収型クローズドIGCC（GT燃焼関連）		
[説明 10分、質疑応答 10分]	14:16～14:36	(20分)
休憩	14:36～14:48	(12分)
6.5 CO2回収型クローズドIGCC（全体システム）		
[説明 10分、質疑応答 8分、入替 2分]	14:48～15:08	(20分)
6.6 次世代火力発電基盤技術開発（１）次世代ガス化システム		
[説明 30分、質疑応答 12分]	15:08～15:50	(42分)
休憩	15:50～16:02	(12分)

6.7 CO2回収型クローズド IGCC と次世代ガス化システムの統合について

[説明 15 分、質疑応答 10 分、入替 2 分] 16:02～16:29 (27 分)

7. 全体を通しての質疑 16:29～16:45 (16 分)

[入替 5 分]

【公開セッション】

8. まとめ・講評 16:50～17:10 (20 分)

9. 今後の予定 17:10～17:15 (5 分)

10. 閉会

# 次世代火力発電等技術開発」事業一覧

年度(平成)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
<b>研究開発項目①</b> 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					◇		◇			◆	
										酸素吹IGCC実証						
										CO2分離・回収型酸素吹IGCC実証						
											CO2分離・回収型IGFC実証					
<b>研究開発項目②</b> 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) 高温分空利用ガスタービン(AHAT)(2/3助成)					※1					実証機の設計・製作・試運転						
					※1					AHAT実証					◆	
<b>研究開発項目③</b> 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	A-USC実証										
<b>研究開発項目④</b> 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	基盤技術開発							
2) 燃料電池向け石炭ガスクリンナップ技術要素研究(委託)								※2	基盤技術開発							
3) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発(委託)									基盤技術開発					◆		
4) 燃料電池石炭ガス適用性研究(委託)									基盤技術開発					◆		
5) CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発(委託)								※2	基盤技術開発							
6) 石炭火力の競争力強化技術開発(委託)									基盤技術開発					◆		
7) CO2有効利用技術開発(委託)									基盤技術開発					◆		
<b>研究開発項目⑤</b> CO2回収型クローズドIGCC技術開発(委託)								※2	クローズドIGCC技術開発					◆		
<b>研究開発項目⑥</b> 次世代火力発電技術推進事業(委託)									調査等							
<b>研究開発項目⑦</b> 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)									信頼性向上技術開発						◆	

◇ 中間評価  
◆ 事後評価

※1 経済産業省にて実施したプロジェクトでH28年度からNEDOへ移管  
 ※2 NEDOゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクトにて実施

# 次世火力発電基盤技術開発(5)CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発

## 概要

		最終更新日	平成 29 年 10 月 2 日		
プロジェクト名	C02 分離型化学燃焼石炭利用技術開発	プロジェクト番号	P10016		
担当推進部/ PMまたは担当者	環境部 PM: 中田 博之				
0. 事業の概要	<p>エネルギー基本計画(平成26年4月閣議決定)においては、石炭火力発電は重要なベースロード電源として位置づけられているが、温室効果ガスの大気中への排出をさらに抑えるため、環境負荷の一層の低減に配慮した石炭火力発電の導入を進めることとされている。また、官民協議会で策定した次世代火力発電に係るロードマップ(平成28年6月)では、CO2 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認すると示されている。</p> <p>CO2 分離型化学燃焼石炭利用技術は、流動層反応器を用い流動材の化学変化を介して、石炭を O2 ガス(空気)と直接接触させることなく、熱や燃料ガスに転換し、CO2 を分離する方法であり、空気分離の必要がなく、CO2 を回収してもプラント効率が低下しない高効率石炭火力発電技術の研究開発である。</p>				
1. 事業の位置 付け・必要性 について	<p>石炭は他の化石燃料と比べ利用時の CO2 排出量が大きく、地球環境問題での制約要因が多いという課題を抱えており、石炭火力発電についても更なる CO2 排出量の抑制が求められている。今後 CO2 排出量抑制のためには、石炭火力発電の高効率化に加え、CCS による低炭素化を図っていく必要がある。しかしながら、CCS は多大な付加的なエネルギーが必要であり、効率の低下や発電コストの上昇を招く。そのためエネルギー資源を海外に依存する我が国では、資源の有効利用と発電コストの抑制のため、このエネルギーロス可能な限り低減する必要がある。</p> <p>現在、石炭の燃焼排ガス又は石炭ガス化プラントの石炭ガス化ガスからの CO2 の分離・回収技術の開発が進められているが、CO2 分離・回収工程において多くのエネルギー損失が発生することが課題となっている。これを解決するため、エネルギー損失が少なく(空気分離装置やCO2 分離回収装置が不要)、CO2 の分離・回収ができる化学燃焼石炭利用技術について、実用化に向けた研究開発が求められている。</p>				
2. 研究開発マネジメントについて					
事業の目標	<p>[中間目標(平成29年度)] 分離・回収コスト 1,000 円台/t-CO2 を見通せるキャリアを選定する。</p> <p>[最終目標(平成32年度)] 分離・回収コスト 1,000 円台/t-CO2 を見通せる CO2 分離型化学燃焼石炭火力発電システムを提示する。</p>				
事業の計画内容	主な実施事項	H27fy	H28fy	H29fy	
	(1)キャリアの選定				
	(2)キャリアの技術性能評価				
	(3)プロセス構造、条件の最適化評価				
	(4)技術、市場性調査				
事業費推移 (会計・勘定別に NEDO が負担した実績額(評価実施年度については予算額)を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H27fy	H28fy	H29fy	総額
	一般会計	—	—	—	—
	特別会計(需給)	65	151	114	330
	開発成果促進財源	—	—	—	—
	総 NEDO 負担額				
委託	(委託)				

開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁資源・燃料部 石炭課
	プロジェクトリーダー	一般財団法人石炭エネルギーセンター 原田 道昭
	プロジェクトマネージャー	環境部 中田 博之
	委託先	(一財)石炭エネルギーセンター 三菱日立パワーシステムズ(株) (一財)エネルギー総合工学研究所 (国研)産業技術総合研究所  再委託先：大阪大学、神奈川工科大学、東京大学、群馬大学 共同実施先：産業技術総合研究所
情勢変化への対応	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。また、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。更に、2015年12月にパリ協定が採択され、日本の目標としては、2030年度迄に2013年度比26%、2050年には80%の温室効果ガスを削減することを掲げている。これらの情勢変化に対応するため、石炭火力への適用を目指した本事業の開発が求められている。	
評価に関する事項	事前評価	—
	中間評価	2017年度 中間評価
	事後評価	2020年度 事後評価
	<p>ケミカルルーピング (CLC) を用いた石炭利用技術は、酸素を運ぶ流動材 (酸素キャリア) を用いることが前提となるため、酸素キャリアの性能 (反応性、耐久性など) がプロセスの性能 (プラントコスト、キャリア消費等運転コスト) を左右する。</p> <p>本開発では、天然キャリア及び人工キャリアの評価、選定を行った。コスト面で有利な天然キャリア (イルメナイト: チタン鉄鉱石) 5タイプのキャリア性能評価を行い、最も性能の高い豪州産2号 (IL<sub>au2</sub>) を選定した。人工キャリアでは第一候補として酸化鉄含有量を30%とし、焼成温度を1300℃としてハーシナイト (FeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) 化したキャリアを、第二候補として天然キャリアであるイルメナイトにCaを含浸させ1300℃で焼成したキャリアを選定した。</p> <p>天然キャリアを対象に技術課題を抽出し実現性を評価した。評価結果をもとにCO<sub>2</sub>分離・回収コストを試算すると、CO<sub>2</sub>回収コスト1,100円/t-CO<sub>2</sub>となり、中間目標値である1,000円台/t-CO<sub>2</sub>を見通すことが可能となった。</p> <p>今後、平成29年度中に石炭ガス化ガス中のS分の酸化還元速度の影響把握やキャリアとチャー粒子、灰の分離構造の検討を進め、石炭固有の課題を検討し上記目標の精度を高める。</p> <p>(1)キャリアの選定 人工キャリアは、工業的に最も低コストで量産可能な噴霧造粒法によるキャリア粒子製造を中心に性能を調査すると共に、天然キャリアについては、イルメナイトを豪州、インド、アフリカから調達し性能確認して有望キャリアを選定した。</p> <p>(2)キャリアの技術性能評価 酸素キャリアを用いて反応性ガス (CO, CH<sub>4</sub>) 雰囲気下でのガスとの反応速度を確認した。また、チャーを酸素キャリア流動層に投入し、その生成ガスを分析しチャーガス化速度を求めた。更に、カルシウムで表面を改質したイルメナイト粒子は、酸化還元繰り返しにおいて高い還元速度反応が保持されると共に粒子の構造変化を抑制することが分かった。キャリア粒子の耐摩耗性については、循環流動層の試験を行い、珪砂と比較した結果、イルメナイトは2倍程度摩耗したが設計条件を満足していた。石炭とキャリアの混合性については、比重差のある粒子の混合流動をコールドモデルと流動層シミュレーションで最適な流動条件を把握した。タール改質では、天然キャリアはタールが生成しても水生ガス化反応でほぼCO<sub>2</sub>に転化可能であった。</p> <p>(3)プロセス構造、条件の最適化評価 今回の研究開発成果を反映し、各反応塔の概略寸法を検討した。これをもとにCLC (炉のみ) 重量はCFBボイラ部位の1.3倍であった。CFB建設単価20万円/kWe、ボイラ部位15%相当とすると、CLC (炉のみ) 建設費3.9万円/kWe (20万円/kWe×0.15×1.3)、CLC全プラント建設費20.9万円/kWe (3.9万円/kWe+20万円/kWe×0.85) となり、ある一定の条件であるが、天然イルメナイトによるCO<sub>2</sub>回収費は1,000円台/t-CO<sub>2</sub>になる見通しを得た。</p>	

	<p>(4)技術・市場調査          欧米各国では100kWh～3MWのパイロット試験が実施されている。EUのACCLAIRプロジェクトでは、1MWthの装置で鉄系キャリアの試験を行い熱自立に成功したが、CO2回収率が52%と低かった。また米国DOEプロジェクトではCa酸素キャリアによる3MWth試験を実施している。          市場調査として、国内液化炭酸ガス供給事業の可能性と海外EORの可能性について検討した。国内では、コプロダクションとしてのCLCの利用の可能性があり、海外では米国の他に東南アジアでのEORの可能性等が示唆された。</p>																																																																						
投稿論文	「査読付き」1件、「その他」0件																																																																						
特許	「出願済」1件（うち国際出願0件） 「出願予定」1件（うち国際出願0件）																																																																						
その他の外部発表 (プレス発表等)	「学会等発表」17件、「受賞実績」2件、「研究報告・雑誌投稿」0件																																																																						
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	<p>実用化スケジュールについて、PDU装置によるプロセス原理実証以降のスケジュールを表1に示す。基盤研究プロジェクト終了後、実機を想定した各機器の開発を行い、その後数万kWクラスの実証炉でボイラとしての性能評価を行い、各機器開発に2年程度、実証試験炉に3年程度の開発期間を想定しており、約5年後の実用化を想定している。          今回、有望なキャリアについて目途が立ったものの、国内CCSの制度化時期、海外EOR事業を見極めながら、次のPDUを用いた研究開発時期を決める必要がある。</p> <p style="text-align: center;">表1 実用化スケジュール</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">西暦</th> <th style="text-align: center;">20XX</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原理実証 (PDU)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">▲国内CCS政策動向、</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">海外EOR市場を踏まえて</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">実施判断</td> </tr> <tr> <td>機器のコストダウン</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">コストダウン目途▲</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>実証炉建設</td> <td colspan="5"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">▲90億円</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>実証試験</td> <td colspan="7"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">▲20億円</td> </tr> <tr> <td>実用化評価</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="3" style="text-align: center;">適宜実用化FS</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">事業の継続判断▲</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">実用化の可否判断▲</td> </tr> </tbody> </table> <p>今後、EORと石炭焚きボイラが両立する海外市場調査の深掘り研究開発の継続判断を行う。</p>	西暦	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	原理実証 (PDU)	▲国内CCS政策動向、		海外EOR市場を踏まえて		実施判断					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		実用化評価					適宜実用化FS										事業の継続判断▲		実用化の可否判断▲		
西暦	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX																																																														
原理実証 (PDU)	▲国内CCS政策動向、		海外EOR市場を踏まえて		実施判断																																																																		
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																																																															
実用化評価					適宜実用化FS																																																																		
					事業の継続判断▲		実用化の可否判断▲																																																																
5. 基本計画に関する事項	<p>作成時期 平成28年1月 作成</p> <p>変更履歴 平成28年4月改訂（実施体制、PM、評価時期等の変更） 平成28年4月改訂（評価時期、研究開発スケジュール等の変更） 平成29年2月改訂（研究開発項目の追加、PM・PLの修正、評価実施時期の修正等） 平成29年6月改訂（中間目標の設定、中間評価時期の修正）</p>																																																																						

# CO2回収型クローズドIGCC技術開発

## 次世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

### 概要

		最終更新日	平成 29 年 10 月 2 日
プロジェクト名	次世代火力発電等技術開発／CO2回収型クローズドIGCC技術開発・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	プロジェクト番号	P16002 P10016
担当推進部/ PMまたは担当者	CO2回収型クローズドIGCC 環境部 PM:足立 啓(平成29年10月現在) 細田 兼次(平成27年8月～平成28年3月) 次世代ガス化システム 環境部 PM:中田 博之(平成29年10月現在) 佐藤 順(平成27年12月～平成28年3月)		
0. 事業の概要	<p>エネルギー基本計画(平成26年4月閣議決定)においては、石炭火力発電は重要なベースロード電源として位置づけられているが、温室効果ガスの大気中への排出をさらに抑えるため、石炭ガス化複合発電(IGCC)等の次世代高効率石炭火力発電技術等の開発及び実用化を推進することとされている。中長期的には、さらなる高効率化に向けて、現在開発中のIGCCを効率でしのぐ次世代高効率石炭火力発電技術等の開発を実施する必要がある。</p> <p>クローズド IGCC ではCO2回収を行っても、高い発電効率を達成できる、革新的な発電システムに関する技術開発を行う。また、次世代ガス化システムでは現在開発中のIGCCを効率でしのぐ、噴流床型ガス化炉への高温の水蒸気の注入による冷ガス効率向上の技術開発を行う。</p>		
1. 事業の位置付け・必要性について	<p>石炭は他の化石燃料と比べ利用時の二酸化炭素排出量が大きく、地球環境問題での制約要因が多いという課題を抱えており、石炭火力発電についても更なる二酸化炭素排出量の抑制が求められている。今後CO2排出量抑制のためには、石炭火力発電の高効率化に加え、CCSによる低炭素化を図っていく必要がある。</p> <p>しかしながら、CCSは多大な付加的なエネルギーが必要であり、効率の低下や発電コストの上昇を招く。そのためエネルギー資源を海外に依存する我が国では、資源の有効利用と発電コストの抑制のため、このエネルギーロス可能な限り低減する必要がある。</p>		
2. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<p>(1)クローズド IGCC [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。</p> <p>(2)次世代ガス化システム [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。</p>		

事業の計画内容 (クローズドIGCC)	主な実施事項	H27fy	H28fy	H29fy	
	3TPD ガス化他				
	50TPD ガス化他				
	システム検討				
事業の計画内容 (次世代ガス化システム)	①水蒸気添加による冷ガス効率向上の検証				
	②エネルギー効率の高い酸素性製造装置の適用性評価				
	③水蒸気添加IGCCのシステム検討				
事業費推移 (会計・勘定別にNEDOが負担した実績額(評価実施年度については予算額)を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H27fy	H28fy	H29fy	総額
	一般会計	—	—	—	—
	特別会計(需給)	389	1,702	1,239	3,330
	(1)クローズドIGCC	381	1,627	952	2,960
	(2)次世代ガス化システム	8	75	287	370
	開発成果促進財源	—	—	—	—
	総 NEDO 負担額				
委託	(委託)				
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁資源・燃料部 石炭課			
	プロジェクトリーダー	一般財団法人電力中央研究所 牧野 尚夫			
	プロジェクトマネージャー	(1)CO2回収型クローズドIGCC 環境部 足立 啓 (2)次世代ガス化システム 環境部 中田 博之			
	委託先	(1)CO2回収型クローズドIGCC (一財)電力中央研究所 三菱重工業(株) 三菱日立パワーシステムズ(株)  再委託先(電中研):九州大学、名古屋大学、福岡大学、愛媛大学、福岡女子大学  (2)次世代ガス化システム (一財)電力中央研究所  再委託先:産業技術総合研究所、九州大学、名古屋大学			

<p>情勢変化への対応</p>	<p>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。また、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。更に、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。これらの情勢変化により、本事業の早期実用化が一層重要になっている。</p>	
<p>評価に関する事項</p>	<p>事前評価</p>	<p>—</p>
	<p>中間評価</p>	<p>2017年度 中間評価</p>
	<p>事後評価</p>	<p>2019年度 事後評価(クローズド IGCC) 2018年度 事後評価(次世代ガス化)</p>
<p>3. 研究開発成果について</p>	<p>(1) CO<sub>2</sub>回収型クローズド IGCC</p> <p>①O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化実証と設計指針の確立 酸素吹き 50TPD 石炭ガス化試験設備による検討および 3TPD 小型石炭ガス化炉による検討を実施した。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。3TPD 炉に微粉炭高濃度搬送システムなどを追設し、ガス化試験により微粉炭搬送性能などを確認するとともに、運転方法を確立しており、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>② 炭種適合性評価ツールの構築 数値解析によるガス化炉内流動様相の解析精度向上および炭種によるスラグ排出性評価ツールの構築を実施した。これまでに取得した 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。また、高温熔融スラグ諸物性の温度依存性予測式を構築し、炉形状を考慮したスラグ排出解析ツールに導入する見込である。</p> <p>③クローズドサイクルにおけるガス精製システムの構築 酸素吹き 50TPD 石炭ガス化試験設備による検討、3TPD 小型石炭ガス化炉および基礎試験装置による検討および炭素析出対策の検証を実施した。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。また、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い、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。さらに、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>④GT 燃焼器基本構造の開発 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。</p> <p>⑤クローズド GT システムの概念設計 単一バーナ基礎燃焼試験による課題の抽出を実施した。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である。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>⑥CO<sub>2</sub>回収型 IGCC システム全体検討      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および 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みである。また、フェーズ 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。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。これに加え、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である。さらに、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>(2)次世代ガス化システム      2017 年度の間目標達成に向け、3TPD 規模加圧型二室二段噴流床方式の小型ガス化炉に水蒸気過熱設備を設置し、本ガス化炉を用いた水蒸気ガス化試験を行い、試験方法を確立する見込みである。      主な実施事項の進捗は以下の通り。</p> <p>①水蒸気添加による冷ガス効率向上の検証      3TPD 規模加圧型二室二段噴流床方式の小型ガス化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。ガス化試験を実施し、数値解析結果と比較評価することにより、水蒸気注入効果を評価する見込み。</p> <p>②エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性評価      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、現状で次世代ガス化システムへの適用が期待できる酸素製造技術は、既存技術の深冷分離技術のみであることが分かった。次世代ガス化システムの特性に合わせた深冷分離法の機器構成を明らかにする見込み。</p> <p>③水蒸気添加のシステム検討      発電コスト検証ワーキンググループによる算定方式を用い、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った。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する見込み。</p>
投稿論文	<p>(1)クローズド IGCC          「査読付き」15 件、「その他」1 件</p> <p>(2)次世代ガス化システム          「査読付き」0 件、「その他」0 件</p>
特 許	<p>(1)クローズド IGCC          「出願済」5 件(うち国際出願 0 件)</p> <p>(2)次世代ガス化システム          なし。</p>
その他の外部発表 (プレス発表等)	<p>(1)クローズド IGCC          「学会等発表」45 件、「受賞実績」4 件、「研究報告・雑誌投稿」7 件</p> <p>(2)次世代ガス化システム          「学会等発表」6 件(予定 4 件含む)、「研究報告・雑誌投稿」1 件</p>
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見	<p>(1) CO<sub>2</sub> 回収型クローズド IGCC          CO<sub>2</sub> 回収型クローズド IGCC では、全体システムとして 2030 年代の商用化を目指しているが、「石炭 CO<sub>2</sub> 搬送」および「乾式ガス精製」等の要素技術はこの度のフェーズ2で開発の見通しを得ている。これらの要素技術は既存の IGCC へ適用することで更なる高効率化が可能であり、2020 年代前半の成果の活用を目指してい</p>

<p>通しについて</p>	<p>る。また、発電用途のみならず化学用途へ転用可能であり幅広い成果の普及を見込んでいる。</p> <p>(2)次世代ガス化システム        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ため、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取り組む。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、本プロジェクトの副次効果としての適用先と考えられる。</p> <p>なお、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り、炉形式に応じた基本的な数値解析技術を開発することで、本プロジェクトで得られた知見を用いて実機への適用を検討できる。</p>	
<p>5. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>平成 28 年 1 月 作成</p>
	<p>変更履歴</p>	<p>平成 28 年 4 月改訂(実施体制, PM, 評価時期等の変更)        平成 28 年 4 月改訂(評価時期, 研究開発スケジュール等の変更)        平成 29 年 2 月改訂(研究開発項目の追加, PM・PL の修正, 評価実施時期の修正等)        平成 29 年 6 月改訂(中間目標の設定、中間評価時期の修正)</p>

## ◆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)

## ◆事業の目標

- 本事業を通じて、発電効率の大幅な向上やCO2分離・回収後においても高効率を維持すること及びCO2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)  
CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発
2. CO2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

1. 次世代火力発電基盤技術開発(5)  
CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発
2. CO2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

$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2$$

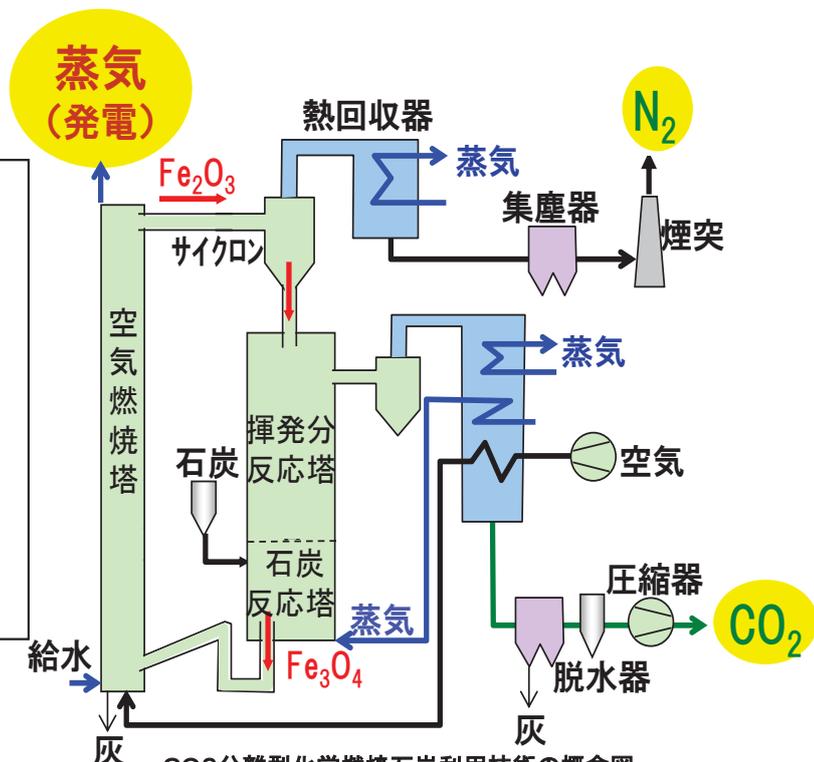
$$CO + H_2 + 2MO_x \rightarrow 2MO_{x-1} + H_2O + CO_2$$

$$C + 2MO_x \rightarrow 2MO_{x-1} + CO_2 \quad (\text{吸熱})$$

空気燃焼塔 (AR) における反応

$$2MO_{x-1} + \text{Air} (O_2) \rightarrow 2MO_x \quad (\text{発熱})$$

(M: 金属)



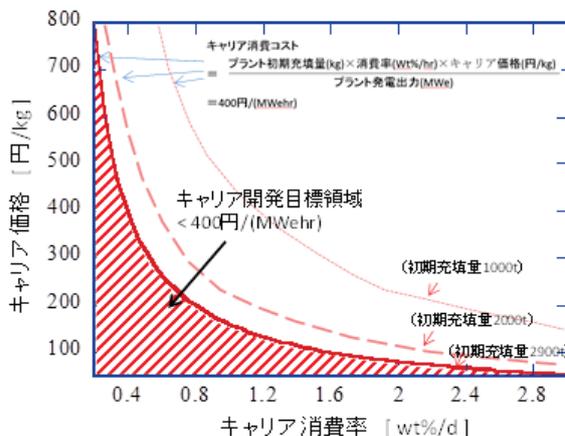
CO2分離型化学燃焼石炭利用技術の概念図

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆事業の目標

● CO2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。

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

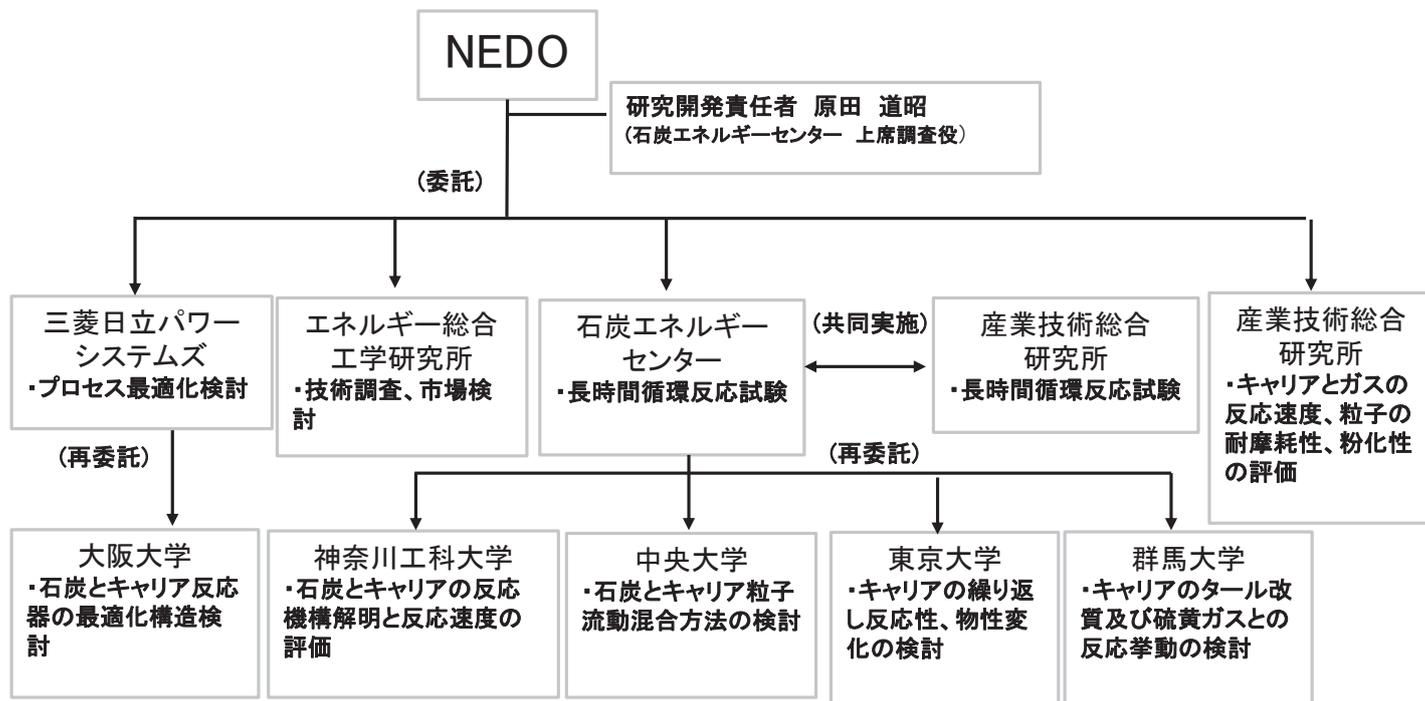
年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020
			◇ 中間評価			◆ 事後評価
キャリアの選定価 (天然、人工キャリア)	→					
キャリア性能評価 (反応性、耐摩耗性、反応装置を用いた長時間運転試験)	→					
プロセス構造検討・条件最適化	→					
技術・市場調査・経済性検討	→					
PDU試験				設計	製作	試験運転

(単位:百万円)

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

## 2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

## ◆ 研究開発の実施体制

● CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発

## 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

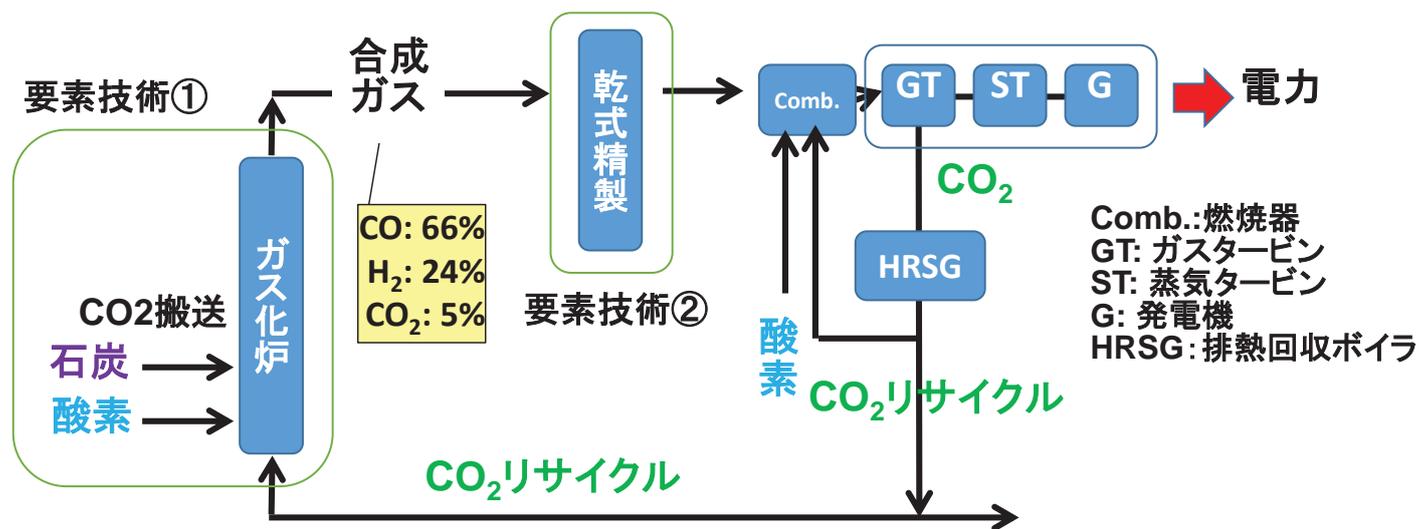
## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

## ◆プロジェクトの概要

## ● CO2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CO2政策動向を見ながら次のフェーズで実施する計画）



## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

## ◆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。

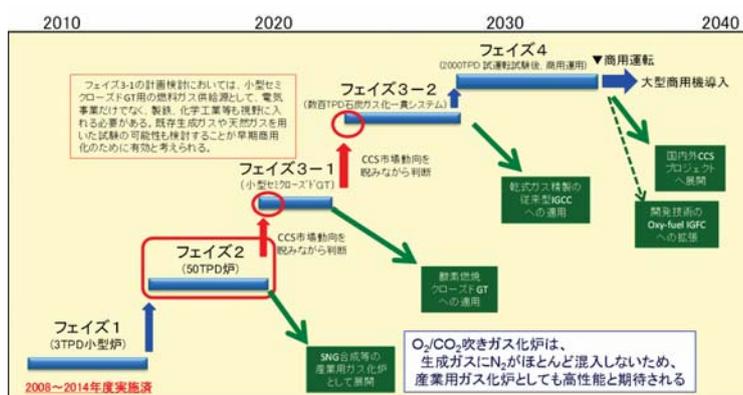
2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 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	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	試験運転
炭種適合性評価ツール開発 システム検討					



2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ プロジェクト費用

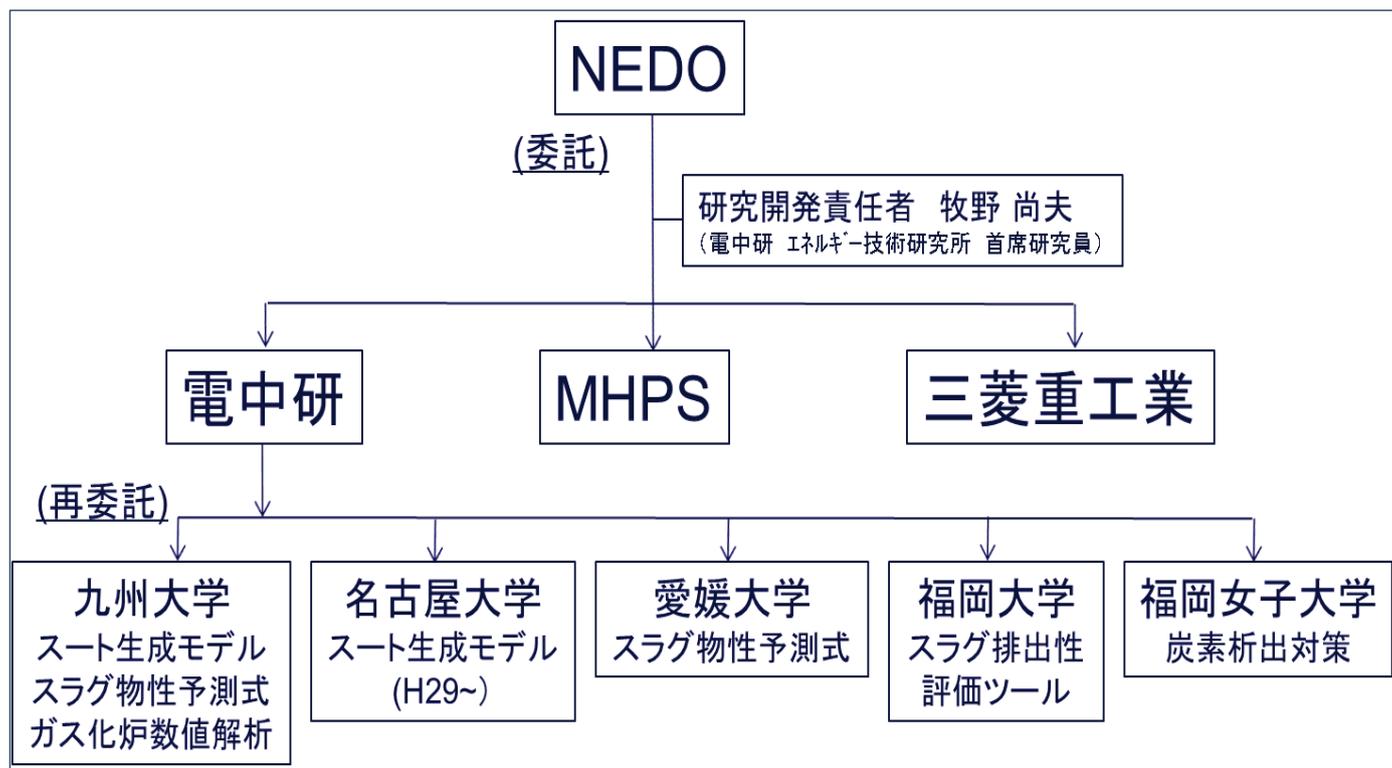
● CO2回収型クローズドIGCC技術開発

(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
50t/dガス化試験	128	540	410	—	—	1,078
システム評価	2	2	2	—	—	6
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

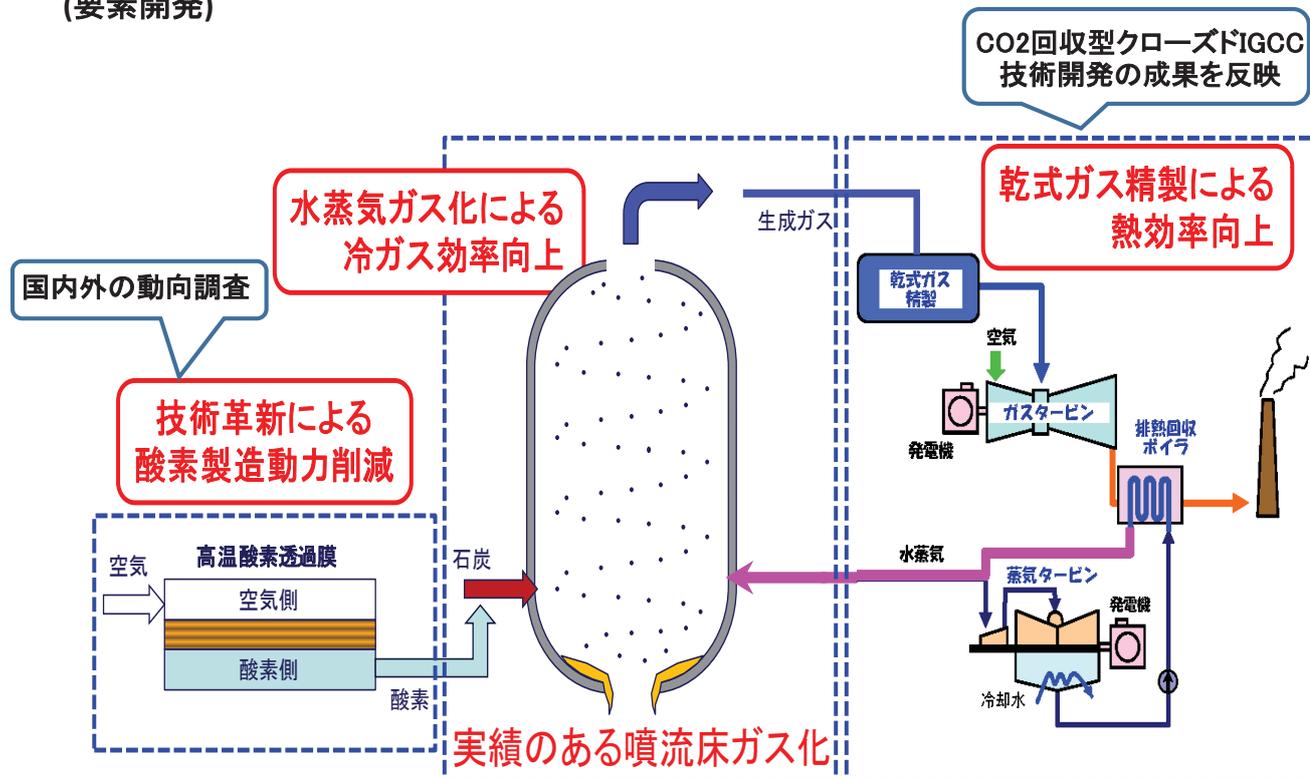
1. 次世代火力発電基盤技術開発(5)  
CO2分離型化学燃焼石炭利用技術開発
2. CO2回収型クローズドIGCC技術開発
3. 次世代火力発電基盤技術開発(1)  
次世代ガス化システム技術開発

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

## ◆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)



## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

## ◆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)]

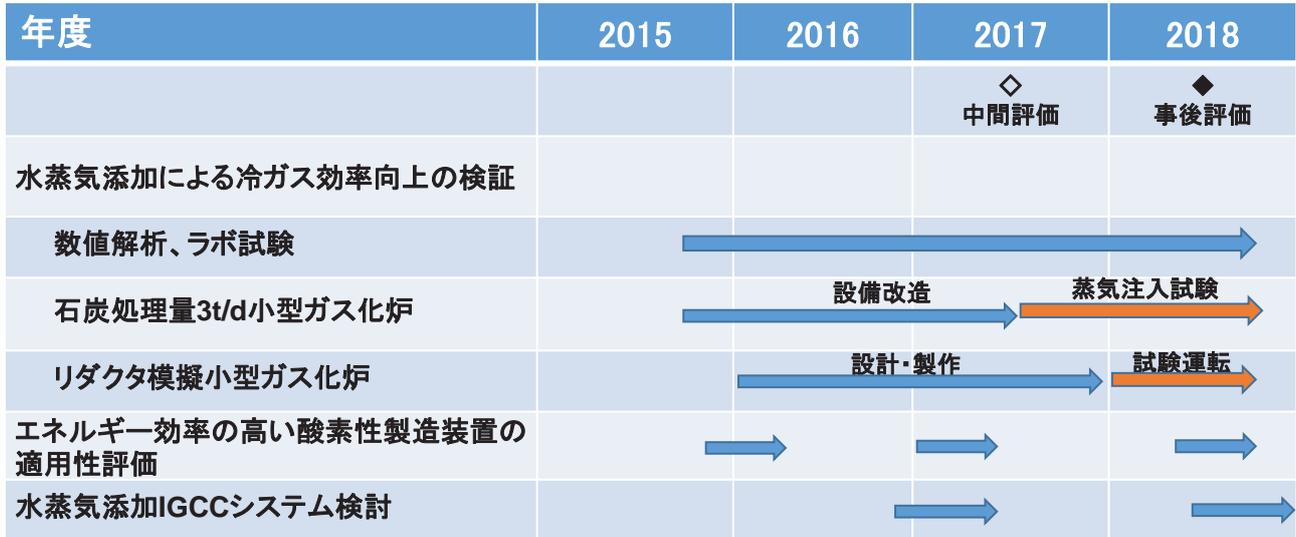
既存のIGCC (1500℃級GTで送電端効率46~48%) を凌駕する高効率石炭ガス化発電システムの見通しを得る。

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)

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制

● 次世代ガス化システム技術開発

