

「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」
(中間評価)第1回分科会
資料5

(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
／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」

事業原簿【公開】

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境部
-----	--------------------------------

—目次—

概要	i
プロジェクト用語集	v
I. 事業の位置付け・必要性について	
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性	1
1.1 NEDOが関与することの意義	1
1.2 実施の効果(費用対効果)	1
2. 事業の背景・目的・位置付け	1
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標	3
2. 事業の計画内容	3
2.1 研究開発の内容	3
2.2 研究開発の実施体制	6
2.3 研究の運営管理	7
2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性	7
3. 情勢変化への対応	9
4. 評価に関する事項	9
III. 研究開発成果について	
III-1. CO ₂ 回収型次世代IGCC技術開発	
1. 事業全体の成果	10
2. 各研究開発項目の成果	11
III-2. 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO _x 技術開発	
1. 事業全体の成果	22
2. 各研究開発項目の成果	22
IV. 実用化の見通しについて	
IV-1. CO ₂ 回収型次世代IGCC技術開発	
1. 実用化の見通しについて	41
IV-2. 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO _x 技術開発	
1. 実用化の見通しについて	42
【添付資料】	
添付資料 1: イノベーションプログラム基本計画(抜粋)	添付 1-1
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(抜粋)	添付 2-1
添付資料 3: 技術戦略ロードマップ 2010 エネルギー分野(抜粋)	添付 3-1
添付資料 4: 事前評価関連資料(NEDOPOST2、事前評価書案(平成19年12月12日作成)、NEDOPOST2 投稿ログ、NEDOPOST3、事前評価書案(平成20年2月13日作成)、基本計画(案))	添付 4-1
添付資料 5: 特許・論文リスト	添付 5-1

概要

最終更新日

平成 22 年 8 月 9 日

プログラム (又は施策) 名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト 名	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 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業	プロジェクト番号	P08020
担当推進部/ 担当者	環境部/矢内俊一、横塚正俊、平田学、河田和久		
0. 事業の 概要	<p>エネルギーイノベーションプログラムにおいて、エネルギー安全保障の確立や、世界全体の温室効果ガスを 2050 年までに半減する長期目標を達成するための政策の柱の 1 つとして、化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用を図るとしており、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指すことを達成目標としている。また、国が策定したエネルギー分野別の技術戦略マップ 2009 の化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に関する技術ロードマップや Cool Earth エネルギー革新技術開発ロードマップに沿った技術開発の推進と、総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会で示された CoolGen 計画（世界的に需要が拡大する石炭のクリーン利用に関する技術開発を協力的に推進）の着実な進展を図ることが必要となっており、「新成長戦略」（平成 21 年 12 月閣議決定）においても、火力発電の効率化等の開発の前倒しが指摘されている。</p> <p>石炭は、石炭火力発電を中心に、今後とも世界的需要が拡大し、3E（供給安定性、経済性、環境適合性）の同時達成が可能となる革新的な技術開発が求められており、その中でも、CO₂ 回収・貯留（CCS）技術を組み込んだゼロエミッション石炭火力を実現できる高効率な石炭火力発電技術の開発及び CCS との最適化が有効である。</p> <p>本事業は、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として、発電から CO₂ 貯留までのトータルシステムに関する実施可能性調査や究極の石炭ガス化燃料電池複合発電からの CCS を目指した最適モデルの検討、CO₂ 分離回収型の早期実用化に向けた酸素吹石炭ガス化複合発電実証の最適化検討等を行う各種プロジェクトの中で、「ゼロエミッション石炭火力基盤研究」とした基盤研究事業の位置付けで、CCS を組み込んだ後でも、現行の最高効率を維持できる次世代向けの石炭ガス化基礎技術開発を行うものである。</p>		
I. 事業の 位置付け・ 必要性に ついて	<p>石炭火力から発生する CO₂ を分離・回収・貯留する CCS を含めたゼロエミッション型のガス化発電技術を火力発電に適用する場合、多量の付加的なエネルギーが必要となり、貴重な炭化水素資源の有効活用の観点から、石炭ガス化システムや CO₂ 分離・回収技術の更なる高効率化が求められる。そこで、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究を実施する必要がある。</p> <p>本事業では、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させる性質をもつ CCS 技術について可能な限り発電効率を高く維持するため、ガス化の効率向上に資する基盤的な技術開発として、「CO₂ 回収型次世代 IGCC 技術開発」及び「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NO_x 技術開発」を実施する。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて	<p>研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」 ア)「CO₂ 回収型次世代 IGCC 技術開発」（課題設定：委託事業） [中間目標（平成 22 年度）] ・目標値：送電端効率（42%：HHV 基準、CO₂ 回収後）のための主要構成技術の目処を得る。 [最終目標（平成 24 年度）] ・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、CO₂ 回収後において送電端効率 42%（HHV 基準）を実現させる基盤技術の確立。 ・設定根拠：既存技術では 1300℃級ガスタービンをを用いた IGCC で、CO₂ 回収前の送電端効率が 43%程度であり、CO₂ 回収ロスを高効率化技術で補完するため。</p> <p>イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NO_x 技術開発」（提案公募：平成 20、21 年度は委託事業、平成 22 年度から共同研究（NEDO 負担 2/3）） [中間目標（平成 22 年度）] ・目標値：高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO_x 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℃、中圧条件等にて実証。 [最終目標（平成 24 年度）] ・目標値：高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO_x 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℃、実圧条件等にて実証。 ・設定根拠：燃焼器性能の代表的評価指針である NO_x 濃度を世界最高レベル値とした。</p>		

	実施事項	H20 年度	H21 年度	H22 年度		総額	
事業の計画内容	C02 回収型次世代 IGCC 技術開発	140+840(補正)	300	232		1,512	
	石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発	93	138	87		318	
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位：百万円)	会計・勘定	H20 年度	H21 年度	H22 年度		総額	
	一般会計	0	0	0		0	
	特別会計(需給)	233	438	319		990	
	補正予算	840	—	—		840	
	総予算額	1,073	438	319		1,830	
	契約種類： ・委託(○) ・助成(—) ・共同研究(○負担率(2/3))	(委託)	1,073	438	232		1,743
	(助成) ：助成率	—	—	—			
(共同研究) ：負担率 2/3	—	—	87			87	
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	[プロジェクトリーダー] 九州大学 炭素資源国際教育研究センター 特任教授 持田 勲 [サブプロジェクトリーダー] (独) 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 主幹研究員 赤井 誠					
	委託先(* 委託先が管理法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載)	研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」 ア)「C02 回収型次世代 IGCC 技術開発」(課題設定：委託事業) 委託先：(財)電力中央研究所、九州大学 再委託先：群馬大学、京都大学(H20 年度のみ北海道大学を含む) イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」(提案公募：平成 20、21 年度は委託事業、平成 22 年度から共同研究(NEDO 負担 2/3)) 委託先：(株)日立製作所					
情勢変化への対応	<p>①基本計画の変更 ゼロエミッション石炭火力に関する技術開発テーマを効率的かつ効果的に推進することを目的として、平成 21 年度まで基本計画及び実施計画を定めていた以下のテーマを統合し、平成 22 年度から「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」のテーマとして実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト (発電から CO2 貯留までのトータルシステムのフィージビリティ・スタディ、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業) 戦略的炭素ガス化・燃焼技術開発(STEP CCT) クリーン・コール・テクノロジー推進事業 <p>さらに、その中で、平成 21 年度まで実施していた、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業及び戦略的炭素ガス化・燃焼技術開発(STEP CCT)のテーマを、「ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発」のテーマとして統合した。</p> <p>②委託事業から共同研究への移行 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」については、平成 20~21 年度の研究成果で中間目標へ目処が得られており、平成 22 年度からは一部得られる知見の効果を自主的に実証試験等でも検証していくことから、実用化へ向けて前倒しで取り組んでいくために、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)へ移行する。</p>						
評価に関する事項	事前評価	平成 19 年度実施 担当部 環境技術開発部					
	中間評価	平成 22 年度 中間評価実施					
	事後評価	平成 25 年度 事後評価実施予定					

研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」

ア)「CO₂回収型次世代IGCC技術開発」(電力中央研究所、九州大学)

CO₂の削減が求められる火力発電分野では、CO₂の分離回収・貯留(CCS)が必要とされているが、CCSには多量のエネルギーを要するため、発電効率を可能な限り高く維持しながら、さらにCO₂回収コストを大幅削減することが求められている。

本事業では、石炭ガス化システムから回収したCO₂を酸化剤の一部として用いることにより、CO₂回収コストを大幅に削減し、かつ石炭ガス化システムの効率を大幅に向上可能なCO₂回収型次世代IGCCシステムの実用基盤技術を開発することを目的として、CO₂回収後においても最新鋭微粉炭火力並みの送電端効率42%を目指す。

中間目標としては、送電端効率(42%:HHV基準、CO₂回収後)のための主要構成技術の目処を得ることとし、基本ガス化反応の解析・評価やガス化炉最適化検討等を実施することにより、アジア炭に対するO₂-CO₂ガス化反応機構の解明と反応モデルの開発、実機ガス化炉シミュレータの開発、実規模プラントのフィージビリティ・スタディ(FS)を行って、以下の成果が得られた。

なお、電力中央研究所はCO₂回収型IGCCシステム基盤技術の開発、九州大学はO₂/CO₂石炭ガス化反応機構の解明とアジア地域の多様な石炭への適用検討を主な役割分担とし、基板研究を効率的かつ加速的に遂行するため、電力中央研究所と九州大学は密接な相互協力の下、研究推進を図った。

①酸素-CO₂ガス化技術の開発

酸素-CO₂吹きガス化炉を考慮した条件でのガス化反応性を解明するため、中国炭、インドネシア炭の2炭種の反応速度データを取得し、酸素とCO₂が共存する雰囲気下でのチャーガス化特性、熱分解、気相反応挙動、炭種の影響および灰分の熔融流動性を解明した。また、実機ガス化炉シミュレータ開発に向けて、熱分解モデル、チャーガス化反応モデル、気相反応モデルからなる石炭ガス化反応基本モデルを組み込み、3トン小型炉から200トン/日、1700トン/日の実機へ適用可能なシミュレータの開発を完了しており、最適CO₂濃度等の実機性能予測を年度内に完成見込みである。

さらに、小型ガス化炉を用いたCO₂投入ガス化試験を行い、操作性および運転条件等の最適化実験を可能にしたことから、基本性能に及ぼすCO₂濃度の影響などを解明すると共に、技術課題を抽出した。

②高CO条件での乾式ガス化精製の最適化

実機適用に向けた乾式脱硫等の性能評価とシステム最適化、課題の抽出、実ガスによる基本性能実証を目的として、温度と水蒸気濃度に着目し、脱硫性能と炭素析出抑制を両立させる運転条件を解明した。

③実機フィージビリティ・スタディ(FS)

主要機器の実機適用性を考慮し、システム効率、プラントレイアウト、概略コスト評価を行い、目標である送電端効率42%達成へ向けて、ガスタービン燃焼器の燃焼方式等の各要素技術に対して、技術課題を抽出した。また、コスト検討のデータベースとして類似プラントのコストデータを調査するとともに、プランとレイアウトを検討し、概略プラントレイアウト図を作成した。

④アジア地域の多様な石炭への適用

アルカリ水熱処理と酸洗浄を組み合わせた溶剤による褐炭の灰や硫黄分の低減前処理技術、高灰分高融点炭の脱灰の効果を見出した。

Ⅲ. 研究開発成果について

イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」(日立製作所)

送電端効率42%(HHV)を実現するCO₂分離回収型石炭ガス化発電システムの発電効率向上にはタービンの入口温度の高温化が必須であり、特に燃焼前回収方式によって、CO₂を回収するシステムではCO₂回収率の増加に伴い、水素含有率の高い燃料がガスタービンに供給され、それによって石炭ガス化ガスは発火しやすく燃焼速度が速くなるため、従来の予混合燃焼方式による低NO_x燃焼は困難となり、効率低下を招く恐れがある。そこで本研究では、高度燃焼技術として、幅広い水素含有率の変化に対応した信頼性の高いドライ低NO_x燃焼技術を研究開発することとし、バーナ構造の開発を目的としている。

平成20年度から第1次検討として、バーナ構造の概念設計・詳細設計を実施して要素試験用バーナを製作し、大気圧要素燃焼試験で妥当性を検証することとしている。また、実用化を考慮したマルチクラスタバーナ形式での低NO_x燃焼器の概念設計・詳細設計し、CO₂分離回収率90%を想定した試験用模擬燃料での試験設備を製作して、燃焼試験で検証することとしている。

中間目標は、「高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO_x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。」ことであり、以下の研究開発成果が得られた。

①バーナ基本構造の検討

燃料ノズルと空気孔を同軸に配置した構造をもち、燃料と空気同軸噴流によって短い距離で急速に混合できるクラスタバーナについて、高水素濃度燃料に対応する基本構造を検討した結果、大気圧条件下においてCO₂回収率に応じて水素濃度が幅広く変化する燃料に対して、同一バーナ構造でNO_x排出濃度が10ppm以下となるバーナ構成を見出した。

	<p>②マルチクラスタバーナ形式低 NOx 燃焼器の中圧試験</p> <p>①のバーナ構成をもつクラスタバーナを備えたマルチクラスタバーナ形式燃焼器を設計・製作し、定格負荷条件における中圧燃焼試験で、NOx 排出濃度の最小値は CO2 回収率 0%で 5.4ppm、30%で 5.8ppm、50%で 6.5ppm、90%で 9.2ppm となり、目標値 10ppm 以下の結果が得られた。</p> <p>③マルチクラスタバーナ形式低 NOx 燃焼器の燃焼性能の検討</p> <p>クラスタバーナの基本構造を検討した結果、平板型空気孔プレートの NOx 排出濃度が 7ppm に対して、凸型では 3ppm で低くなり、NOx 排出濃度の低減に有効である。また、半径方向に変化する空気孔径プレートでは最大外周燃料比率が 90%と安定燃焼範囲が広く有効となった。</p> <p>④クラスタバーナの乱流燃焼解析</p> <p>乱流燃焼解析ツールを開発し、予混合燃焼と拡散燃焼が混在した燃焼モデルで、浮上火炎の形成を定性的に再現した結果が得られた。</p>	
	投稿論文	「査読付き」16 件、「その他」8 件
	特 許	「出願済」8 件
	その他の外部発表 (プレス発表等)	「学会発表等」41 件
IV. 実用化の見通しについて	<p>研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」</p> <p>ア)「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」(電力中央研究所、九州大学)</p> <p>本ガス化技術は、現在我が国で開発が進められている IGCC 実証機(勿来の空気吹きガス化技術)及び EAGLE プラント(酸素吹きガス化技術)で培った技術を有効に活用し、水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術(WE-NET)やアドバンスト高湿分空気利用ガスタービン(AHAT)での知見も踏まえて、効率的で着実な研究開発を推進している。本事業終了段階では、数 MW 級のベンチプラントの概要が明らかになり、実用化に向けたファースト・ステップが完了できる。</p> <p>イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」(日立製作所)</p> <p>本事業は高水素濃度燃料に対する低 NOx 濃度の燃焼技術を確立する基盤研究ではあるが、中間・最終目標である、高水素濃度燃料に対応する NOx 濃度 10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術に対して、バーナ基本構造で達成の目処が立ち始めており、実用化へ向けて前倒しで取り組んでいくことから、平成 22 年度からバーナ構造の最適化で一部得られる知見の効果を自主的に実証試験等でも検証していくとした。そのため、事業 3 年目である平成 22 年度から共同研究(NEDO 負担 2/3)へ移行している。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 19 年 3 月 作成
	変更履歴	平成 22 年 3 月 改訂 (ゼロエミッション石炭火力に関する技術開発テーマを効率的かつ効果的に推進することを目的として、関連テーマを「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として統合)

プロジェクト用語集

名称	略号	意味
石炭ガス化複合発電 Integrated coal Gasification Combined Cycle	IGCC	石炭をガス化し得られた石炭ガス化ガスを燃料として、高効率のガスタービン複合発電システムに供試する高効率発電システム。
石炭ガス化 Coal gasification		固体である石炭を熱分解反応やガス化剤との反応により、気体に転換すること。高温による熱分解反応やガス化剤との化学反応の複合反応として進行する。
ガス化剤 Gasification reagent		石炭などをガス化する際に石炭の炭素分と反応させてガス化するために用いるものをさす。 通常用いられるガス化剤には、空気、酸素、水蒸気、水素およびこれらの混合物がある。
スラグ Slag		金属酸化物や金属塩の熔融混合物をいう。IGCCにおいては、熔融状態の石炭灰を指し、炉底で水冷固化したガラス状粒子（水砕スラグ）を含めた呼称として使われている。IGCCで得られる水砕スラグは、フライアッシュと異なり、金属成分の溶出がないため、土木工事用資材など砂代替として有効利用できるものと期待されている。
スラッキング Slagging		一般に、火炉内で熔融した石炭灰（スラグ）が火炉内の輻射伝熱面などに付着し、冷却されて固化堆積する現象のこと。
チャー char		石炭粒子が熱分解したときにできる固体生成物。炭素が主成分。ガス化反応過程における中間生成物。石炭中の揮発分が熱分解などで放出されたもので、石炭粒子と比べると、一般に粒径がやや小さく、固定炭素分および灰分の含有量が相対的に増加している。
シフト反応 water gas shift reaction		一酸化炭素と水蒸気から水素と二酸化炭素を生成する反応。 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{CO}_2$
炭素転換率 Carbon conversion rate		生成ガス中炭素分の、投入石炭中の炭素量に対する割合。
冷ガス効率 Cold gas efficiency		生成ガス発熱量の、ガス化炉に投入した石炭の発熱量に対する割合。
発電効率 Thermal efficiency		発電電力量と発電のために投入した燃料の送熱量の比。発電機で発生した電力量を基準とする発電端効率と発電所内で消費される所内動力を差し引いた送電端効率の2つがある。
石炭 Coal		化石燃料の一つ。土砂に埋没した植物が長時間たかい地圧と地熱などによる加圧、乾留などの作用を受けて変質した可燃性固体。 火力発電などに用いられる石炭は製鉄業でコークス用に用いられる原料炭と区別して一般炭と呼ばれる。 一般に、発熱量4,000kcal/kg以下、湿分と水分の合計が30%以上、灰分40%以上の、揮発分10%以下のものは低品位炭と呼ばれる（火力原子力発電技術協会 纂：火力発電用語辞典より）。
二酸化炭素分離・貯留 Carbon Dioxide Capture and Storage (Sequestration)	CCS	発電所や天然ガス鉱山など大規模な排出源で発生するCO ₂ を、他のガスから分離・回収し、安定した地層に貯留したり、海洋に隔離することにより、CO ₂ を大気から長期間隔離する技術

名称	略号	意味
褐炭 Lignite		石炭化度が低く、水分などの多い低品位な石炭。官能基が多く、自然発火しやすいため、保管・輸送に適さず、採掘地付近の火力発電所で使われることが多い。世界の石炭埋蔵量の半分を褐炭が占めることから、褐炭から水分を取り除くなど、輸送・燃焼の効率を上げる改良技術も研究されている。
石炭前処理 Coal pre-treatment		石炭に含まれる灰分や水分を除去すること。灰分の多い石炭では石炭中の鉱物質を比重分離などにより取り除くことが多く、水分の多い褐炭では、事前に乾燥する技術が豪州などで開発されている。
空気分離装置 Air Separation Unit	ASU	プラントに必要な酸素を製造する設備。発電所などの大型設備においては、深冷分離法を用いて空気から酸素を分離製造することが多いが、プラント規模、必要とされる酸素純度によって他の方式が用いられることもある。

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

1.1 NEDO が関与することの意義

エネルギーイノベーションプログラムにおいて、エネルギー安全保障の確立や、世界全体の温室効果ガスを 2050 年までに半減する長期目標を達成するための政策の柱の 1 つとして、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指すことを達成目標としている。国が策定したエネルギー分野別の技術戦略マップでの「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に関する技術ロードマップや Cool Earth エネルギー革新技术開発ロードマップに沿った技術開発の推進と、総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会で示された CoolGen 計画（世界的に需要が拡大する石炭のクリーン利用に関する技術開発を協力を推進）の着実な進展を図ることが必要となっており、「新成長戦略」（平成 21 年 12 月閣議決定）においても、火力発電の効率化等の開発の前倒しが指摘されている。

石炭は、石炭火力発電を中心に、今後とも世界的需要が拡大し、3E（供給安定性、経済性、環境適合性）の同時達成が可能となる革新的な技術開発が求められており、その中でも、CO₂ 回収・貯留（CCS）技術を組み込んだゼロエミッション石炭火力を実現できる高効率な石炭火力発電技術の開発及び CCS との最適化が有効である。

本事業は、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として、発電から CO₂ 貯留までのトータルシステムに関する実施可能性調査や究極の石炭ガス化燃料電池複合発電からの CCS を目指した最適モデルの検討、CO₂ 分離回収型の早期実用化に向けた酸素吹石炭ガス化複合発電実証の最適化検討等を行う各種プロジェクトの中で、「ゼロエミッション石炭火力基盤研究」とした基盤研究事業の位置付けで、CCS を組み込んだ後でも、現行の最高効率を維持できる次世代向けの石炭ガス化基礎技術開発を行うものである。

1.2 実施の効果（費用対効果）

本事業は、ゼロエミッション石炭火力の実現のため、IGCC の送電端効率を 2015 年までに 48%、2025 年までに 57%、IGFC の送電端効率について 2025 年頃に 55%、長期的には 65%の達成を目指し、これに必要な技術開発、実証試験等を進めるとともに、CO₂ 分離回収コストを 2015 年までに 2,000 円台/t-CO₂、2020 年には 1,000 円台/t-CO₂ として実用化の目途を付けることを目指すことを位置付けた技術ロードマップに、将来的に寄与させることを狙いとした技術開発としており、CO₂ 削減による地球温暖化防止に貢献することができる。

2. 事業の背景・目的・位置付け

我が国として、世界全体での 2050 年までの CO₂ 大幅削減に積極的に貢献していくことが必要であるという認識の下、エネルギー分野の技術戦略マップ等に沿った技術開発の推進と、総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会で示された Cool Gen 計画（世界的に需要が拡大する石炭のクリーン利用に関する技術開発を強力に推進）の着実な進展を図ることが必要となっている。また、「平成 22 年度の科学技術に関する予算等の資源配分の方針」において、「温室効果ガス 25%削減に向けた革新的技術、新産業の創出」として、CO₂ 回収・貯留（CCS）等の革新的技術の更なる加速が必要と位置付け、「新成長戦略」（平成 21 年 12 月閣議決定）においても、火力発電所の効率化等の開発の前倒しが指摘されている。

石炭は、石炭火力発電を中心に、今後とも世界的に需要が拡大し、世界の一次エネルギーに占める割合が高くなると見込まれているが、一方、その単位エネルギー当たりの二酸化炭素（CO₂）排出量が他の化石燃料よりも高いことから、我が国が経済成長を図りつつ 2050 年に向けた CO₂ の大幅削減目標を実現するためには、3E（供給安定性、経済性、環境適合性）の同時達成が可能となる革新的な技術開発が求められている。その中でも、CO₂ 回収・貯留（CCS）技術を組み込んだゼロエミッション石炭火力を実現できる、高効率な石炭火力発電技術の開発及び CCS との最適化検討が有効である。CCS については、そのエネルギー消費とコストの大半を占める分離回収技術の高効率化・コスト低減が重要

となっている。

地球温暖化問題との関連で CO2 排出量の削減が強く求められている中で、米国や欧州においても国家レベルで基礎研究から技術開発、実証研究の取り組みが行われている。例えば、米国エネルギー省の炭素隔離プログラムにおける FutureGen プロジェクトでは、ゼロエミッション型石炭火力発電所の実現を目指し、CO2 分離システム及び CO2 地中貯留の実証を中核とする多国間協力事業として行っている。また、欧州では 2020 年までのゼロエミッション発電所実現を目指し、エネルギー業界、研究機関、非政府組織、加盟各国及び欧州委員会から構成される欧州技術プラットフォームが発足している。

海外での石炭火力のガス化技術は、塊炭を空気や酸素でガス化する固定床方式や粉炭・粒炭をガス化する流動床方式から、ガス化効率の高い微粉炭をガス化する噴流床方式へ移行しており、米国やオランダ、スペインで実証試験を行っている。一方、日本では、石炭ガス化複合発電（IGCC）のプロジェクトとして、EAGLE 及び勿来で実証試験されており、2050 年の将来に向けた次世代 IGCC のプロジェクトを NEDO で推進している。

大規模な CO2 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として、高効率化発電の実現、CCS によるゼロエミッション化が期待されている。IGCC と CCS の組み合わせた技術の開発が、豪州の Zero Gen 社や中国の Green Gen 社等の世界各地で進められており、高効率発電かつ中長期的には CCS の活用も視野に入れた対応が必要となっていることから、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推進すべきである。

現在、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として、発電から CO2 貯留までの CCS トータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー（FS）を実施し、実施可能性を評価するとともに、CCS 対応技術を含めたクリーンコール技術全般について最新技術調査を行っている。さらに、究極の高効率石炭火力発電技術である石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）からの CCS を目指した酸素吹石炭ガス化発電技術と高効率 CO2 回収技術の最適モデルを検討評価するとともに、CO2 分離回収型石炭ガス化複合発電の早期実用化に向けた酸素吹石炭ガス化複合発電実証の最適化検討、CCS 対応として高効率が期待できる酸素吹石炭ガス化複合発電（IGCC）からの分離回収技術確立を目指したパイロット試験を行うこととしている。CCS を組み込んだゼロエミッション型石炭ガス化発電には、多量の付加的なエネルギーが必要となる問題があり、本事業では CCS を組み込んだ後でも、現行の最高効率を維持できる次世代向けの石炭ガス化基礎技術開発を行うこととしている。

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

ア) 「CO₂回収型次世代 IGCC 技術開発」(課題設定)

< 中間目標 (平成 22 年度) >

- ・ 目標値 : 送電端効率向上 (42%:HHV 基準、CO₂回収後) のための主要構成技術の目途を得る。

< 最終目標 (平成 24 年度) >

- ・ 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、CO₂回収後において送電端効率 42% (HHV 基準) を実現させる基盤技術の確立。
- ・ 設定根拠 : 既存技術では 1300℃級ガスタービンを用いた IGCC で、CO₂回収前の送電端効率が 43%程度であり、CO₂回収ロスを高効率化技術で補完するため。

イ) 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NO_x 技術開発」(提案公募)

< 中間目標 (平成 22 年度) >

- ・ 目標値 : 高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO_x 濃度 10ppm (16%酸素濃度換算) 以下とする燃焼技術の目途を得る。
(前提条件) 燃焼器出口ガス温度 1300℃、中圧条件等にて実証。

< 最終目標 (平成 24 年度) >

- ・ 目標値 : 高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO_x 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℃、実圧条件等にて実証。
- ・ 設定根拠 : 燃焼器性能の代表的な評価指標である NO_x 濃度につき、世界最高レベルの目標設定とした。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

2.1.1 研究の内容

石炭火力から発生する CO₂ を分離・回収・貯留する CCS を含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術を火力発電に適用する場合、多量の付加的なエネルギーが必要となるため、貴重な炭化水素資源の有効活用の観点から、石炭ガス化システムや CO₂ 分離・回収技術の更なる高効率化が求められる。そこで、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究を行う必要がある。

本事業では、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させる性質をもつ CCS 技術について、可能な限り発電効率を高く維持するため、次の効率向上に資する基盤研究事業を実施する。

ア) 「CO₂回収型次世代 IGCC 技術開発」(課題設定)

既存の発電システムは CO₂ 回収により発電効率が 2 割以上低下し、世界最高効率を目指す我が国の IGCC (1500℃級 GT) でも約 48%→約 37% (送電端 HHV) となり、CCS は我が国が高効率化技術開発を進める上で大きな課題となっている。「CCS を行っても高効率を維持できる革新的システムの開発」を行うことは、当該分野で世界をリードできる将来技術であり、意義は大きい。

本システムは、CO₂ を酸化剤の一部として用いることにより、CO₂ 回収型石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできる次世代 IGCC システムであり、「O₂-CO₂ 吹きガス化」と「O₂-CO₂ ガス燃焼クローズド GT」を採用した世界でも例のない独自の CCS システムである。さらに、「1500℃級 IGCC+CCS」を 5 ポイント上回る約 42% (送電端 HHV) を達成できる可能性がある。

本事業では、CO₂ 回収型石炭ガス化システムに関する基盤技術の開発を行う。また、環太平洋地域に賦存する多様な石炭に対する適応性の検討も実施する。

イ) 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NO_x 技術開発」(提案公募)

IGCC の発電効率を大幅に改善させる、革新的なガス化技術や要素技術の発掘を目的として、2015~2030 年頃の実用化を目指した先導的な研究開発及び将来の革新的なブレークスルーにつながる基盤研究としてテーマを公募した結果、本テーマを選定した。小型装置で CO₂ 回収効率が高

い酸素吹き IGCC 用ガスタービンで、燃焼前回収方式での高水素濃度燃料に対応する低 NOx 濃度の燃焼技術を確認する基盤研究を実施する。

2. 1. 2 スケジュール及び役割分担

「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」における項目別スケジュールを表 II-2-1、電力中央研究所と九州大学の役割分担を図 II-2-1、「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」における項目別スケジュールを表 II-2-2 に示す。

ア) 「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」

表 II-2-1 スケジュール

	2008	2009	2010	2011～ 2012
1. 酸素-CO ₂ ガス化技術の開発 ・基本ガス化反応の解析・評価 ・数値解析によるガス化炉最適化検討 ・小型ガス化炉による基本性能実証	▼ 中間評価			
2. 高CO条件での乾式ガス精製の最適化				
3. 実機フィージビリティ・スタディ(FS)				
4. アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発				
5. ベンチプラント基本設計				

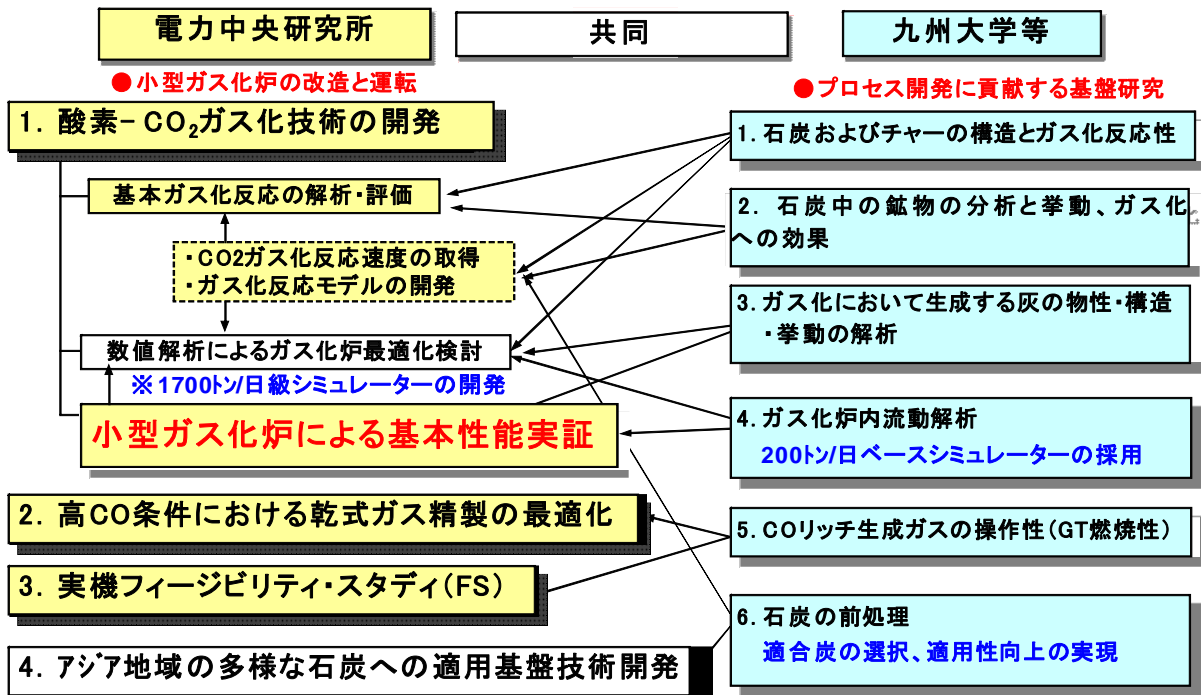


図 II-2-1 役割分担

イ) 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」

表 II-2-2 スケジュール

	FY2008 (H20)	FY2009 (H21)	FY2010 (H22)	FY2010 (H22)	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 (中圧燃焼試験)	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		燃焼試験装置 改修・試運転 ↓ 燃焼試験 ↓ 縮小サイズ 燃焼器の 設計・製作	実寸サイズ燃焼器 中圧燃焼試験 ↓ 縮小サイズ燃焼器 中圧燃焼試験	実寸サイズ燃焼器 高圧燃焼試験 (定格負荷 特性の検討)
乱流燃焼解析	基本的火炎による 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		実寸サイズ燃焼器 高圧燃焼試験 (部分負荷 運用性の検討)
数値目標	大気圧燃焼試験 NOx < 10ppm (@16% O ₂)		中圧燃焼試験 NOx < 10ppm (@16% O ₂)		実圧・実寸 NOx < 10ppm (@定格負荷) 燃焼効率 η a) > 99% (@運用負荷) b) η > 99.9% (@定格負荷)

2. 1. 3 予算の推移

「CO₂回収型次世代IGCC技術開発」及び「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」の予算の推移を表 II-2-3 に示す。

表 II-2-3 予算の推移 (単位:百万円)

		H20年度	H21年度	H22年度	総額
CO ₂ 回収型次世代IGCC 技術開発	電力中央研究所	101 + 350(補正)	200	166	817
	九州大学	39 + 490(補正)	100	66	695
	合計	140 + 840(補正)	300	232	1,512
石炭ガス化発電用高水素 濃度対応低NOx技術開発	日立製作所	93	138	87	318

平成 20 年度は「CO₂回収型次世代IGCC技術開発」の委託先である電力中央研究所に 350 百万円、九州大学に 490 百万円の補正予算となっている。

電力中央研究所は、図 II-2-1 のとおり、酸素-CO₂ ガス化技術の開発を推進する役割であり、酸素-CO₂ ガス化試験を可能とするために、電力中央研究所所有の既設ガス化研究炉への CO₂ 供給設備の追設と改造、また、高分圧の CO 条件下での乾式ガス精製システムの最適化を目指した脱硫剤等の除去特性・炭素析出及び共存物質の影響の評価装置、ダスト除去や圧力調整を行うガス化炉抽気ラインの設備費用である。

また、九州大学は、酸素-CO₂ 石炭ガス化反応機構の解明とアジア地域の多様な石炭への適応を検討する役割であり、石炭の有機分・無機分、石炭から誘導されるチャーにおける炭素・無機分の構造及び分布等についての詳細な解析を行い、新しい構造や反応性の相関を追究するための NMR 装置、さらには石炭灰の流下や灰の炉壁への堆積等を抑制・防止する上で、高温における熔融灰の軟化溶解性を知ることが不可欠であることから、石炭灰を製造し、結晶性・凝集性、溶解性等を測定できる石炭灰

化装置の費用である。

「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」については、平成 20～21 年度の研究成果で中間目標である「高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NOx 濃度 10ppm (16%酸素濃度換算) 以下とする燃焼技術の目途を得る」ことへの目処が得られており、平成 22 年度からは一部得られる知見の効果を自主的に実証試験等でも検証していくことから、実用化へ向けて前倒しで取り組んでいくために、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) へ移行させた。

2.2 研究開発の実施体制

本事業は、NEDO が単独ないし複数の企業、大学等の研究機関 (原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別の研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分はこの限りではない) から、公募によって事業実施者を選定し実施した。事業実施にあたり、「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」のテーマは実用化まで長時間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いにノウハウを持ちより協調して実施する事業であり、委託事業として実施する。(ただし、「石炭ガス化発電用高水素濃度低 NOx 技術開発」については、平成 22 年度から共同研究 (NEDO 負担 2/3) として実施)

本事業では、事業に参加する各事業グループの有する研究開発ポテンシャルを検討し、これを最大限活用することにより効率的かつ効果的な研究開発の推進を図る観点から、研究開発責任者 (プロジェクトリーダー) として九州大学持田教授を指名し、サブプロジェクトリーダーとして (独) 産業技術総合研究所赤井主幹研究員を指名して、その下で運営管理を実施する。

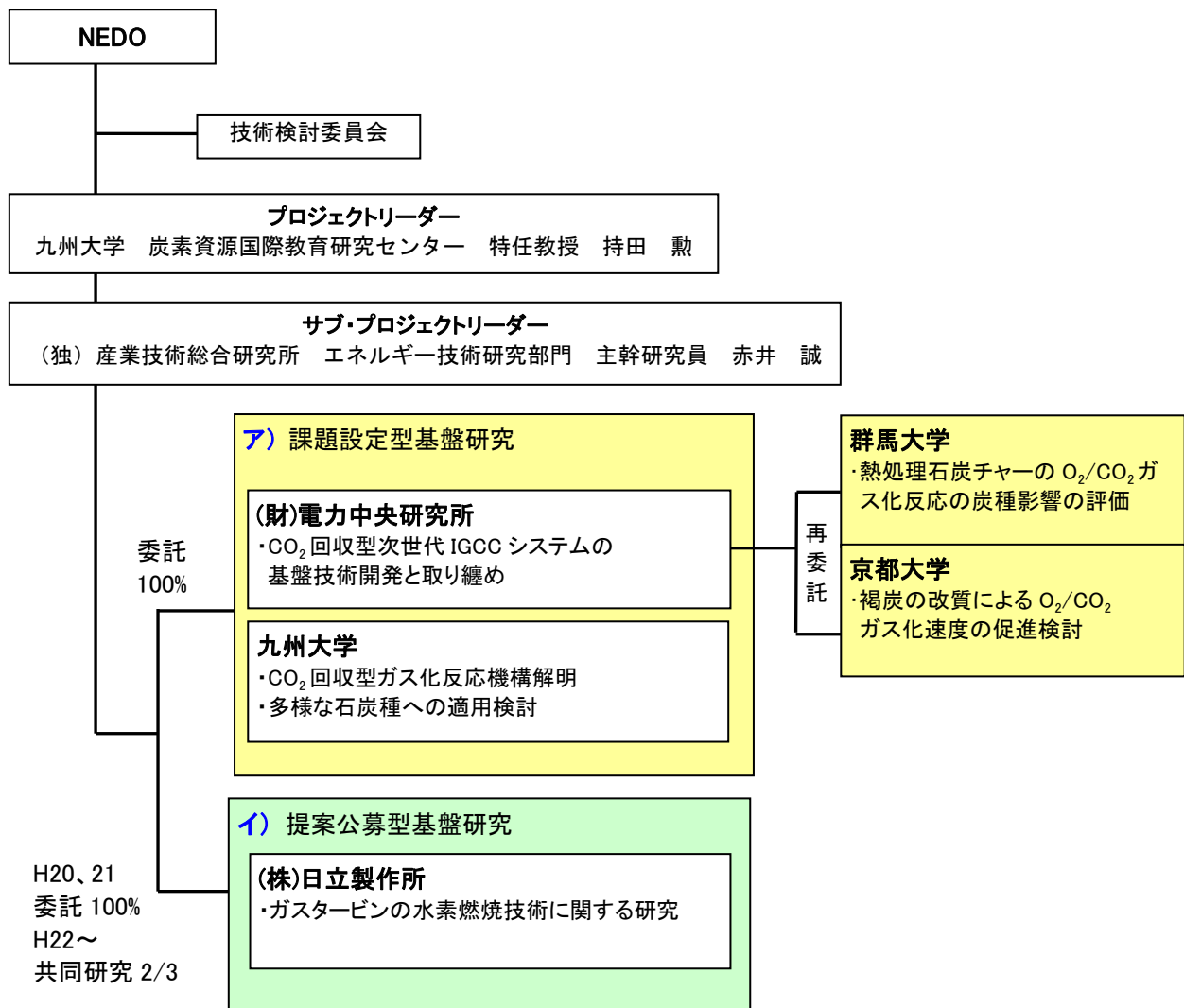


図 II-2-2 実施体制図

2.3 研究開発の運営管理

事業全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及び事業実施者と密接な関係を維持しつつ、本事業の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。

本事業では、外部有識者からなる技術検討委員会を NEDO で設置し、委員会を年 2 回開催することで運営管理を行ってきた。

表 II-2-4 技術検討委員会の委員リスト

	氏名	役職	所属	
委員長	小島紀徳	教授	成蹊大学	理工学部物質生命理工学科
委員長代理	堤敦司	教授	東京大学	エネルギー工学連携研究センター
委員	佐藤光三	教授	東京大学	大学院工学系研究科
委員	平井秀一郎	教授	東京工業大学	炭素循環エネルギー研究センター
委員	田中雅	研究主幹	中部電力	電力技術研究所
委員	実原幾雄	部長	新日本製鐵	技術開発本部 技術開発企画部
委員	遠藤元治	室長付	出光興産	新規事業推進室
委員	佐川篤男	研究主幹	日本エネルギー経済研究所	新エネルギー技術・石炭グループ
委員	巽 孝夫	部長	株式会社 KRI	環境・エネルギー技術コンサルティング部

さらに、「CO₂回収型次世代 IGCC 技術開発」については、CO₂回収型次世代 IGCC 技術開発連絡会を定期的に開催し、電力中央研究所と九州大学、群馬大学等の再委託先、NEDO も出席することで、研究進捗状況の確認と今後の進め方の協議を行い、電力中央研究所と九州大学の密接な連携を推進させた。

2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

2.4.1 実用化につなげる戦略

「CO₂回収型次世代 IGCC 技術開発」における実用化に向けた戦略を図 II-2-3 に示す。

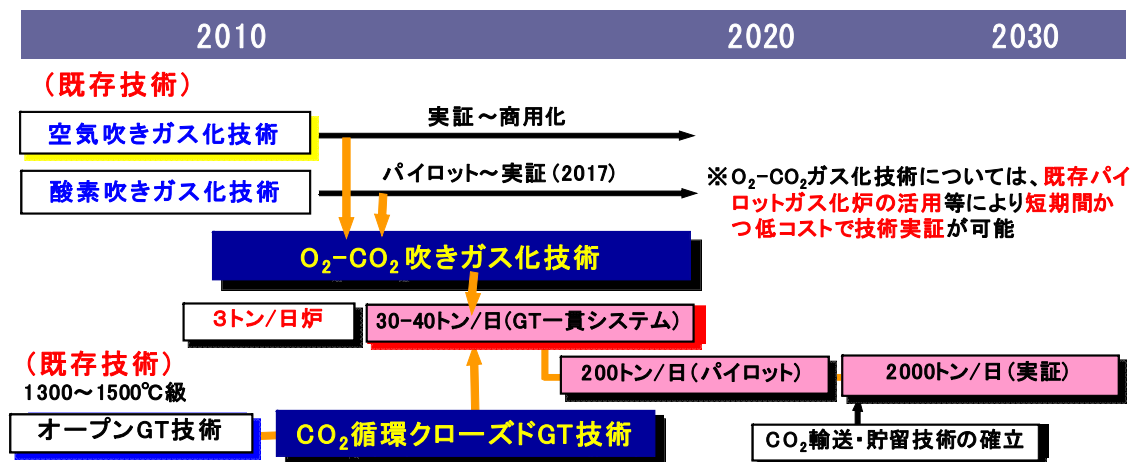


図 II-2-3 「CO₂回収型次世代 IGCC 技術開発」の実用化につなげる戦略

酸素-CO2 ガス化技術は、将来的に既存パイロットガス化炉の活用等により、短期間かつ低コストで技術実証が可能であり、3 トン/日炉、ベンチプラント（GT 一貫システム）による成立性の確認、さらにシミュレーション技術の活用により、2020-30 年頃の実用化に向けたスムーズな展開が可能となる。また、CO2 循環クローズド GT 技術や再生熱交換器の開発は、WENET や AHAT、1700℃級 GT 開発での知見を有効活用することにより、効率的な開発ができ、電力中央研究所と大学の一体化による体制により、高度な基盤技術に裏付けられた確度の高い着実な研究開発が可能となる。

「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」における実用化に向けた戦略を図 II-2-4 に示す。

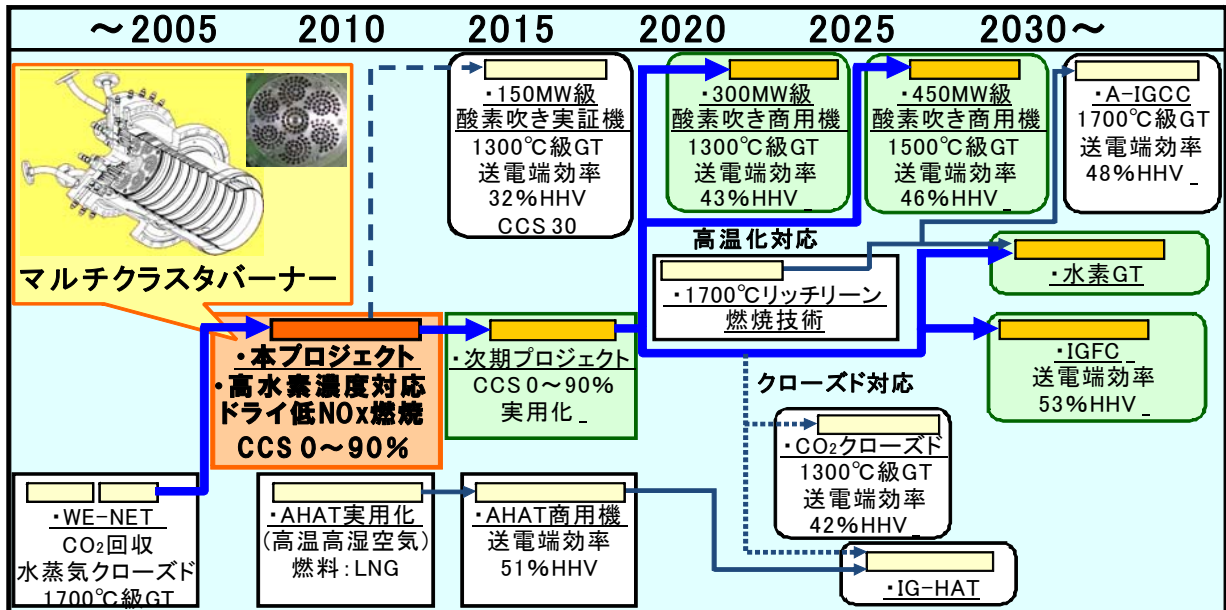


図 II-2-4 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」の実用化につなげる戦略

本事業はマルチクラスタバーナーを用いた高水素濃度・低 NOx 技術に対応した基盤研究であるが、早期実証につなげることにより、将来的には 1300℃、1500℃と高温化した商用機への対応や CO2 クローズド化したガスタービン等への展開が可能となって波及効果も期待できる。

2.4.2 知財マネジメント

「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」及び「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」における特許出願・論文投稿件数を、それぞれ表 II-2-5、II-2-6 に示す。

表 II-2-5 「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」の特許出願、論文投稿件数

	H20年度	H21年度	H22年度	合計
特許	-	1件	-	1件
研究発表	0件	35件	4件	39件
論文投稿	0件	21件	0件	21件
研究報告書等	0件	2件	0件	2件

表Ⅱ-2-6 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」の特許出願、論文投稿件数

	H20年度	H21年度	H22年度	合計
特許	3件	4件	0件	7件
研究発表	0件	0件	0件	0件
論文投稿	0件	2件	1件	3件
研究報告書等	0件	0件	0件	0件

「CO₂回収型次世代IGCC技術開発」については、酸素-CO₂ガス化技術の開発として、まずは基本ガス反応機構の解明と小型ガス化炉による検証、高CO条件における乾式ガス精製の最適化を推進することが必要であるため、大学と連携して評価・解析に注力し、その結果を発表や論文投稿等を行うことにより、成果を対外的に公表すると共に学会等で有識者の認知を得ることで基盤を固めた。

一方、「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」では、高水素濃度・低NO_x技術に対応したバーナー構造の開発には知財権の確保が必須であり、特許出願を進めた。

3. 情勢変化への対応

(1)基本計画の変更

ゼロエミッション石炭火力に関する技術開発テーマを効率的かつ効果的に推進することを目的として、平成21年度まで基本計画及び実施計画を定めていた以下のテーマを統合し、平成22年度から「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」のテーマとして実施した。

- ・革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト
(発電からCO₂貯留までのトータルシステムのフェージビリティ・スタディ、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業)
- ・戦略的炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT)
- ・クリーン・コール・テクノロジー推進事業

さらに、その中で、平成21年度まで実施していた、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業及び戦略的炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT) のテーマを、「ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発」のテーマとして統合した。

(2)委託事業から共同研究への移行

「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」については、平成20～21年度の研究成果で中間目標である「高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO_x濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の目途を得る」ことへの目処が得られており、平成22年度からは一部得られる知見の効果を自主的に実証試験等でも検証していくことから、実用化へ向けて前倒しで取り組んでいくために、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)へ移行させた。

4. 評価に関する事項

本事業を「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」として開始するにあたって、事前評価書、基本計画(案)を作成し、NEDOのホームページから、NEDOPOST2、NEDOPOST3として、パブリックコメントを求めた。

NEDOPOST2では、基盤研究についての目標が「CO₂回収後の送電端効率向上」としていたことに対して、送電端効率のみならず、CCSを含めた要素技術が総合的に燃料効率の改善にどの程度貢献するか見据えた上での取り組みが必要とのコメントがあり、提案型公募を実施した。

Ⅲ. 研究開発成果について

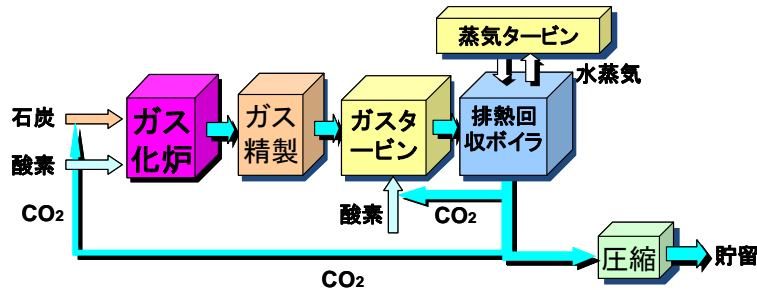
Ⅲ-1. CO₂ 回収型次世代 IGCC 技術開発

1. 事業全体の成果

電力中央研究所および九州大学は、事業目標「石炭ガス化システムから回収した CO₂ を酸化剤の一部として用いることにより、石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできる CO₂ 回収型高効率 IGCC システム(図Ⅲ1-1-1)に関し、CO₂ 回収後に送電端効率 42% (HHV 基準) を実現させる基盤技術の確立」の達成に向け、アジア炭に対する O₂-CO₂ ガス化反応機構の解明と反応モデルの開発、実機ガス化炉シミュレータの開発、実用規模プラントの FS などを実施してきた。表Ⅲ1-1-1 に開発目標項目および達成状況を示す。今回の中間評価対象である Phase 1 の開発目標項目、すなわち中間目標については今年度末までに達成できる見込みである。なお、基盤研究開発を効率的にかつ加速的に遂行するため、電力中央研究所と九州大学は密接な相互協力の下、研究推進を図った。

表Ⅲ1-1-1 本事業の開発項目・目標および達成状況

	開発項目	中間目標	達成状況
	事業全体	送電端効率向上(42%: HHV 基準、CO ₂ 回収後) 技術の目途を得る	送電端効率 42%を達成するための技術課題を明らかにし、概ね目標を達成
Phase 1 (平成 20~22 年度)	1. 酸素- CO ₂ ガス化技術の開発 ・基本ガス化反応の解析・評価	高温加圧下での高濃度 CO ₂ に対するガス化反応速度の解明と基準炭(中国炭等)の反応速度取得	中国炭、インドネシア炭の2炭種の反応速度データを取得。酸素と CO ₂ が共存する雰囲気下でのチャーガス化特性、熱分解、気相反応挙動、炭種の影響および灰分の熔融流動性を解明
	・数値解析によるガス化炉最適化検討	高精度実機ガス化炉シミュレータの開発、実機ガス化性能の予測・評価	3トン小型炉から200トン/日、1700トン/日の実機へ適用可能なシミュレータの開発を完了。最適 CO ₂ 濃度等の実機性能予測を年度内に完成見込み
	・小型ガス化炉による基本性能実証	小型ガス化炉による基本性能実証と課題抽出	小型ガス化炉を用いた CO ₂ 投入ガス化試験を行い、操作性および運転条件等の最適化実験が可能になった。基本性能に及ぼす CO ₂ 濃度の影響などを解明すると共に、技術課題を抽出
	2. 高 CO 濃度条件での乾式ガス精製システムの最適化	実機適用に向けた乾式脱硫等の性能評価とシステム最適化、課題の抽出、実ガスによる基本性能実証	温度と水蒸気濃度に着目し、脱硫性能と炭素析出抑制を両立させる運転条件を解明。実ガス試験で脱硫性能を実証、長期寿命を目指す
	3. 実機フィージビリティ・スタディ(FS)	実機メーカーFS によるプラント性能、諸効率、概略コストの評価および技術課題の抽出	主要機器の実機適用性を考慮し、システム効率、プラントレイアウト、概略コスト評価を行い、42%達成への技術課題を抽出
	4. アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発	アジア地域の低品位炭に対する利用技術の開発と課題抽出	溶剤による褐炭の前処理技術、高灰分高融点炭の脱灰の効果を確認、経済性の評価を行う



図Ⅲ1-1-1 新しいCO₂回収型高効率IGCCシステムの概念

2. 各研究開発項目の成果

2. 1 酸素-CO₂ガス化技術の開発

2. 1. 1 基本ガス化反応の解析・評価

酸素-CO₂吹きガス化炉は、従来の酸素吹きガス化炉や空気吹きガス化炉よりも炉内のCO₂分圧（濃度）が高いことが大きな特徴である。CO₂は高温ではガス化剤として作用するため、従来型ガス化炉よりもチャーのガス化反応の向上が期待される。また、平衡ガス組成は水性ガスシフト反応の影響でH₂OとCOの濃度が上昇し、さらに窒素をほとんど含まない分、H₂も含めて全ての反応生成物の濃度が高くなると予想されるため、それらによるガス化反応促進、ガス化反応阻害の影響を把握する必要がある。また、CO₂はN₂よりもモル比熱が大きいいため、炉内の熱バランスが変化する。従って、これらの影響を評価するため、本章では特に酸素-CO₂吹きガス化炉内における反応性に注目して以下の検討を行った。

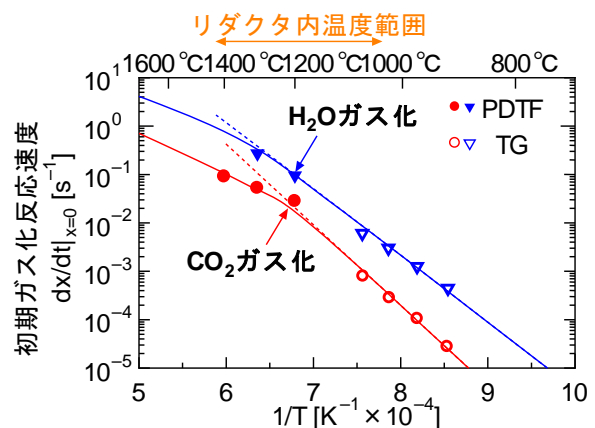
噴流床ガス化炉内における主要な反応は、急速一次熱分解（石炭→チャー+揮発分）、二次気相分解（揮発分の熱分解）、チャーの高温ガス化反応である。速度論的には最も反応速度の遅いチャーのガス化反応が重要であり、チャーの高温加圧ガス化反応速度を測定し、数値解析に用いることのできるチャーガス化反応速度モデルを構築する必要がある。また、酸素とCO₂が共存する雰囲気下でのチャーガス化特性や気相反応挙動、炭種の影響は明らかにされていない。さらに、スラグ溶融排出性や灰付着性はガス化炉の安定運転に関わる重要な要素であり、高濃度CO₂の影響を把握する必要がある。そこで、電力中央研究所と九州大学（再委託：北海道大学、群馬大学）が連携してこれらを検討した。以下にこれまでの成果を示す。

(1) ガス化反応速度モデルの開発

各研究機関の連携を高めるため、2炭種の基準炭を決定し、共通の石炭を用いて検討を進めた。基準炭は、中国の大同炭、インドネシアのマリナウ炭とした。一括して調達し、各機関に配布した。さらに、Drop Tube Furnace (DTF) を用いて基準炭微粉炭を1400℃で高温急速熱分解し、調整したチャーを基準炭チャーとして配布した。

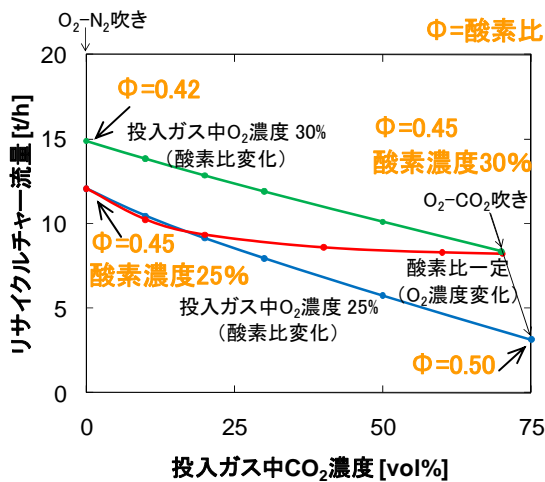
加圧型DTFを用いて基準炭チャーの高温加圧ガス化実験を行った。二酸化炭素ガス化反応 ($C + CO_2 \rightarrow 2CO$) と水蒸気ガス化反

応 ($C + H_2O \rightarrow CO + H_2$) を対象として実施し、高温ガス化におけるCO₂および水蒸気によるガス化反応速度定数、COおよびH₂による阻害反応速度定数を解析した(図Ⅲ1-2-1)。以上の結果、大同炭とマリナウ炭のガス化反応性を把握するとともに、高濃度CO₂によるガス化反応速度式と反応速度パラメータを決定した。

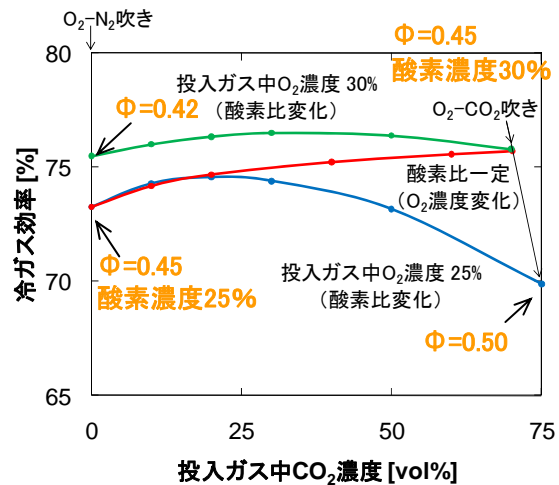


図Ⅲ1-2-1 大同炭チャーのガス化反応速度
($P_{CO_2} = 0.2 \text{ MPa}$, $P_{H_2O} = 0.2 \text{ MPa}$ 換算バランス: N₂)

ここで構築された反応モデルは、後述のガス化炉数値解析技術に導入した。さらに、本モデルを用いてガス化炉性能の一次元解析を行い、酸素-CO₂ ガス化性能における CO₂ の影響を評価し、酸素比等の最適化により、投入ガス中 CO₂ 濃度の増加とともにガス化炉性能が向上することを明らかにした(図Ⅲ1-2-2、図Ⅲ1-2-3)。



図Ⅲ1-2-2 リサイクルチャー流量とCO₂濃度の関係



図Ⅲ1-2-3 冷ガス効率とCO₂濃度の関係

(2) 各種ガス化剤の相互作用の解明

O₂/CO₂ 雰囲気下における石炭の熱分解挙動およびチャーのガス化挙動について熱天秤を用いて昇温測定法で測定したところ、実験条件では酸素による燃焼反応が支配的となり、同伴する窒素および二酸化炭素の影響は大きくないことが分かった。

一方、定温測定法でチャーのガス化挙動を測定したところ、600℃の O₂/CO₂ 雰囲気におけるガス化反応定数は O₂/N₂ 雰囲気よりも速いことが明らかになった。さらに、チャーを 300℃で酸素と接触させたときに化学吸着した酸素量から活性表面積を測定し、ガス化反応定数と比較したところ、明らかな相関がみられた。

次に、同位体をステップ応答法によりガス化反応メカニズムを検討した。600℃で CO₂ を流してチャーをガス化し、四重極質量分析計により生成ガスを分析した。そこへ酸素同位体 ¹⁸O₂ の投入を開始したところ、CO₂(44)濃度が減少し、CO(28)濃度が増加することが分かった。つまり、本実験条件 600℃において O₂ ガス化反応は CO₂ ガス化反応を促進する可能性を見出した。

(3) 石炭構造や灰分が反応性へ及ぼす影響の解明

SEM・TEM 観察、¹³C-固体 NMR および窒素吸着測定により、各種石炭およびチャーの構造を把握した。例えば、大同炭は酸素の含有量(特に芳香族酸素含有量)やアルキルが少ないこと、黒鉛化性と積層性が高いことが分かった。また、大同チャーとマリノウチャーは細孔性を示さず、アダロチャーはメソ細孔性を示すことが分かった。

TGA を用いてガス組成や昇温速度を変化させた条件において石炭およびチャーの熱分解およびガス化反応性を解析した。以上の結果、石炭構造と反応性の相関が示され、今後の炭種選定に有用な知見が得られた。

さらに、石炭中に含まれる無機成分の影響を明らかにするため、XRD で無機成分の定性・定量分析を行うとともに、TG-DTA を用いて無機成分がガス化燃焼挙動に及ぼす影響を評価し、大同炭への K、Ca 添加により石炭燃焼温度が低下することなどを見出した。

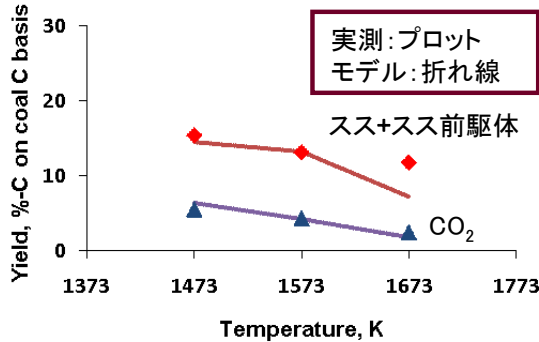
(4) リダクタにおける揮発分の改質特性の解明

揮発分の気相反応挙動を解明するためのドロップチューブ・管型二段反応器(DT-TR)を設計・製作し、生成物分析手法を確立した。熱分解、部分酸化、O₂/CO₂ の 3 条件で大同炭熱分解生成物の気相反応特性を明らかにした。

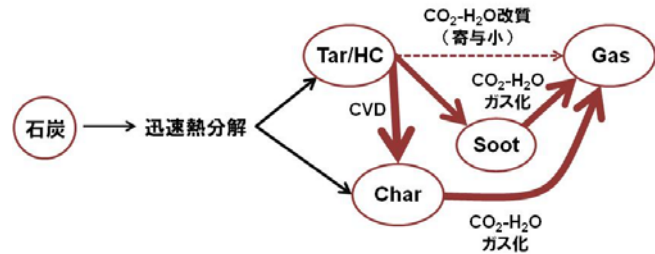
次に、素反応群から構成される詳細化学反応モデルを用いて DT-TR における気相改質反応実験をシミュレーションし、各反応条件における生成物分布予測が実測値と定性的に一致することを示した。

(図Ⅲ1-2-4)。さらに、素反応による詳細化学反応速度モデルを改良し、DT-TR 試験のシミュレーションから速度モデルの妥当性を評価した。

リダクタでの反応(図Ⅲ1-2-5)をシミュレーションし、タールのかかなりの割合は気相あるいはチャー表面においてススに転化すると予想されたため、スス生成モデルの検討を進めている。



図Ⅲ1-2-4 VM-N₂-CO₂系における実験値とモデルによる予測値の比較



図Ⅲ1-2-5 気相熱分解・改質反応経路の概念

(5) ガス化炉における灰の物性・挙動の解明

大同炭とマリノウ炭の基準炭の灰化灰を異なるガス雰囲気や灰化温度にて調製し、SEM、SEM-EDX、XRF、XRD、²⁷Al および ²⁹Si 固体 NMR を用いて無機物の分析を行い、灰化雰囲気の影響が明らかになった。また、スラグの粘度を測定し、CaO 含有量が少なく粘度が高い大同炭灰に CaO 10 wt%を添加・混合すると、粘度の低下に効果的であることを確認した。XRD、固体 NMR により加熱温度による構造変化を調べ、Mullite 等の高融点鉱物が高温粘度に及ぼす影響を検討した。さらに、800 MHz 固体 NMR、高温 Raman、高温 DSC、高温 XRD 等を導入したので、今後、これらを総合的に駆使し、灰物性・構造と高温粘度の相関を明らかにする。

また、炉壁への灰付着挙動を定量評価するための装置を完成した。理論的・実験的研究を今後実施する。

2. 1. 2 数値解析によるガス化炉最適化検討

実機規模の O₂-CO₂ 吹きガス化炉の炉形状やバーナ配置を設計するためには、ガス化特性などの事前評価が重要である。そこで平成 20 年度に実機規模の O₂-CO₂ 吹きガス化炉のガス化特性を評価可能なガス化炉数値シミュレーションプログラムを開発し、平成 21 年度は、小型ガス化炉データにより当該プログラムの検証を行うと共に、前節で述べた PDFTF 等により取得したガス化反応モデルをシミュレーションプログラムに導入した。さらに、実機規模のガス化炉を対象に数値解析を実施し、基本ガス化性能の予測を行った。

(1) 大規模計算用ガス化炉シミュレータの開発

本研究において開発したガス化炉シミュレータは、大規模並列計算を可能にすることにより、実機規模のガス化炉も解析可能であり、かつ非構造格子に対応可能であることから、バーナのような複雑な形状の装置に対しても解析が可能である。

石炭ガス化反応モデルは、大きく熱分解モデル、気相反応モデル、チャーガス化反応モデルから成る。特に、チャーガス化反応モデルに関しては、当所のガス化反応性に関する研究より得られた、O₂/CO₂ 吹き環境下での反応モデルを導入することにより、高度化を図った。

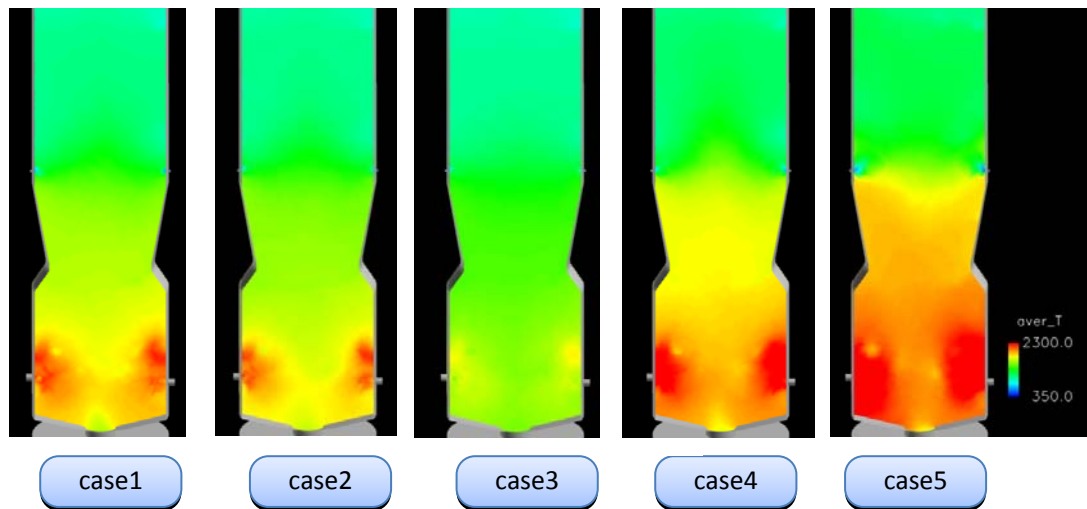
本シミュレータの開発により、実機規模の石炭ガス化炉への数値解析の適用が可能となった。また、当所の保有する石炭ガス化研究炉を対象に数値解析を実施し、実験値と比較することにより、基本的な計算精度は確認済みである。

(2) 運転条件がガス化炉基本性能に及ぼす影響の評価

前項において開発したガス化炉シミュレータを用い、実機規模の石炭ガス化炉を対象に数値解析を実施した。解析条件を表 2-1 に示す。本解析では、酸素比を一定（酸素投入量=一定）とし、空気

吹きガス化条件(case1)に対して、CO₂ 投入量を変化させた。

ガス化炉内の流動状況を比較した結果、相対的に投入ガス流量の少ない case4、5 では、コンバスタ部からリダクタ部にかけて、旋回流、および再循環流が弱くなる傾向が確認された。コンバスタガス温度は、CO₂ の投入量により大きく変化し、O₂/CO₂ 比の大きい case4、5 では、case1 に比べかなり高くなることがわかった（図Ⅲ1-2-6）。また、ガス化炉内炭素転換率（石炭量およびチャー量を考慮したガス化炉ワンスルーの炭素転換率）は、酸素比一定の場合は投入ガス中の CO₂ 濃度の増加に伴い減少する傾向が見られ、ガス化性能を向上させるためには、2.1.1 で示したようなガス化炉運転条件の最適化が必要であることがわかった。



図Ⅲ1-2-6 ガス化炉内温度分布解析例

(3) まとめと今後の予定

ガス化炉温度の適正化、ガス化性能の向上に向けて、酸素比などのガス化炉運転条件を変えて解析を行い、最適な運転条件について検討を進める。

表Ⅲ1-2-1 解析条件(圧力:3MPa、石炭投入量:70t/h)

項目	単位	case1	case2	case3	case4	case5
酸素比	-	0.45				
給炭量比(R/T)	-	0.50				
搬送ガス量	t/h	11.2				
CO ₂ 濃度	vol%	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0
N ₂ 濃度	vol%	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
全投入ガス流量	t/h	281.7	281.7	398.4	208.4	165.2
O ₂ 濃度	vol%	25.0	34.4	25.0	45.0	55.0
CO ₂ 濃度	vol%	0.0	65.6	75.0	55.0	45.0
N ₂ 濃度	vol%	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0
備考		空気吹き (ベース)	Case1 の N ₂ →CO ₂	O ₂ 一定 CO ₂ 増	O ₂ 一定 CO ₂ 減	O ₂ 一定 CO ₂ 減

2. 1. 3 小型ガス化炉による基本性能実証

酸素-CO₂吹きガス化の基本性能実証のため、既設3トン/日石炭ガス化研究炉（3トン/日研究炉）によりガス化剤中CO₂濃度を変化させたガス化試験を行い、酸素比、CO₂濃度などガス化炉運転条件がガス化性能に及ぼす影響を評価する。

(1) 実施概要

3トン/日研究炉において、ガス化炉へCO₂供給可能とするため、CO₂製造設備及びCO₂供給系統の追設と運転制御データ収録装置の改造を行った。

(2) CO₂供給特性の確認

コールドでの設備調整後、ガス化運転時にチャー搬送ガスの窒素からCO₂への切り替えを行い、各部状態量の確認を行った。CO₂投入開始時に、CO₂蒸発器出口圧力やCO₂供給圧力がやや変動したものの、ガス化炉圧力は安定しており、切り替え操作には特に支障は無かった。切り替え終了後は、CO₂量変化時も含め、各部圧力は安定しており、問題なくCO₂を供給可能であることを確認した。

(3) ガス化試験結果

燃料比が1.15、灰流動点が1,300°C(ASTM法)のマリノウ炭を用いた。炉内圧力は1.9MPa、全石炭流量は100kg/h(コンバスタ/リダクタ=40/60)一定とした。ガス化剤酸素濃度を25%一定とし、CO₂濃度を0、15、25%と変化させた。なお、CO₂はチャー搬送ガスおよびコンバスタ石炭搬送ガスとして、全てコンバスタ部に投入している。

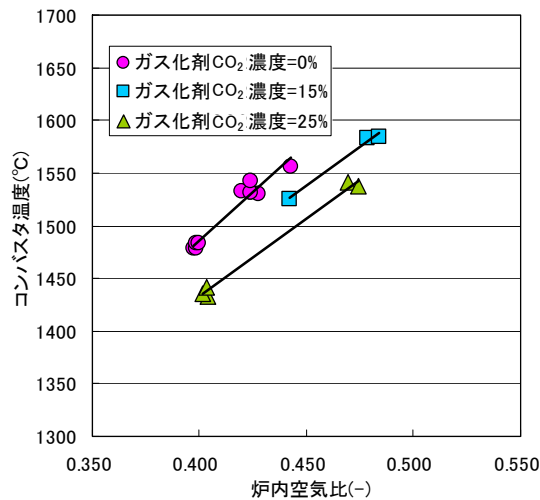
図Ⅲ1-2-7に、炉内空気比とコンバスタ温度の関係を示すが、CO₂濃度を増加させると、コンバスタ温度が低下する傾向が認められる。これは、窒素とCO₂の比熱の違い（CO₂の比熱は窒素の約1.6倍）などによるものと考えられる。

ワンスルーの炭素転換率である炉内炭素転換率を図Ⅲ1-2-8に示すが、炉内炭素転換率に対するCO₂濃度の影響は、明確には認められない。CO₂濃度を増加させると、CO₂分圧上昇による固定炭素のガス化反応(C+CO₂→2CO)促進効果があると考えられる。一方、前記のとおり、CO₂濃度の増加により炉内温度が低下しており、これは、反応速度を低下させる方向に作用する。両者の効果が打ち消しあった結果、炉内炭素転換率へのCO₂濃度の影響が明確に現れていない可能性がある。

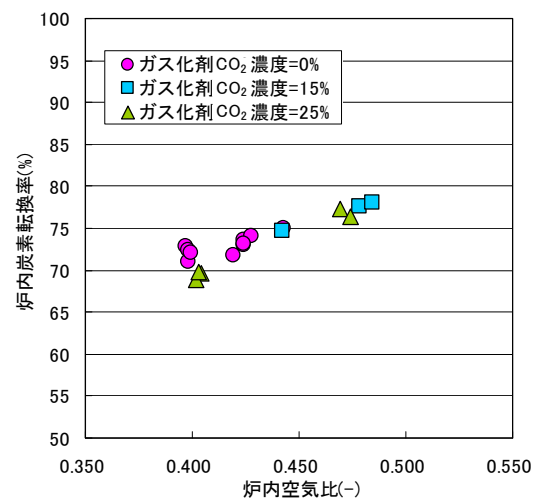
(4) まとめ

3トン/日研究炉のガス化試験により、以下を明らかとした。

- ・ガス化剤酸素濃度一定で、CO₂濃度を増加させると、窒素とCO₂の比熱の違いなどにより炉内温度が低下する。
- ・炉内炭素転換率へのCO₂濃度の影響は明確に現れておらず、CO₂濃度増加によるガス化反応促進効果と炉内温度低下の影響が打ち消しあっている可能性がある。
- ・これまでの実験では、酸素濃度＝一定としていたため、炉内温度が低下したが、ガス化剤酸素濃度の増加や給炭量比変化などパラメータ変化試験を行い、最適運転条件の検討および、CO₂供給によるガス化性能向上効果の確認を進める予定である。



図Ⅲ1-2-7 炉内空気比とコンバスタ温度の関係



図Ⅲ1-2-8 炉内空気比と炉内炭素転換率の関係

2. 2 高 CO 濃度条件での乾式ガス精製システムの最適化

高分圧 CO 条件における乾式ガス精製システムの最適化を目指し、基礎実験装置による高分圧の CO 条件下での脱硫性能の評価を行い、適切な反応条件を設定する。さらに、実ガスによる基本性能実証のため、小型ガス化炉から発生する実ガスを用いて、ガス精製装置の基本性能を実証する。

- ・高 CO 濃度における亜鉛フェライト脱硫剤の性能評価 (H20-H21)
- ・実ガスによる亜鉛フェライトハニカム脱硫剤の基本性能実証 (H22)
- ・高分圧 CO 条件におけるシステムの最適化 (H22)

(1) 実施概要と成果

高 CO 濃度条件脱硫剤評価装置 (最高圧力 0.98MPa) 等を用い、高 CO 濃度条件での乾式脱硫プロセスにおける炭素析出の可能性について実験的な把握を進めた。

1) 実ガス相当条件での脱硫性能評価と炭素析出条件把握

高 CO 濃度条件における亜鉛フェライト系脱硫剤性能と炭素析出の関係を調べたところ、炭素析出が無い場合には高 CO 濃度条件において脱硫剤の性能は、低 CO 濃度 (たとえば空気吹きガス) と比べて大幅に向上し、炭素析出が起きる場合には硫化反応速度を低下させることが明らかとなった。石炭ガス化ガスからの炭素析出は Boudouard 反応が主反応と考えられるが、その反応条件が把握されていなかった。そこで、CO と CO₂ の分圧比 K_B *1 を実ガス相当の条件となるように調整して、実験の圧力 0.98 MPa_{abs.} で炭素析出量を評価した。その結果プロセスの運転温度である 400~450°C では K_B がおよそ 0.01 以下で炭素析出が顕著となることが分かった。

*1 Boudouard 反応 ($2CO \rightarrow C + CO_2$) の進行は、CO と CO₂ の分圧比 ($K_B = P_{CO_2} / P_{CO}^2$) が影響し、圧力が高いほど促進されると考えられる。

2) 脱硫性能から見た適切な運転条件

脱硫性能と炭素析出抑制を両立させる運転条件を見出すため、温度および水蒸気濃度が脱硫剤の反応速度に及ぼす影響を調べた。水蒸気濃度を 5vol%以上にして K_B を 0.015 以上とすることで炭素析出が抑制された。ただし水蒸気 10vol%以上にする場合に、反応速度を 450°C、水蒸気 5vol%の基準条件と同等以上に維持するために乾式脱硫プロセスの運転温度を 500°C以上とする必要がある (図Ⅲ1-2-9)。

以上の結果から K_B を炭素析出が回避できる 0.015 程度まで増大させ、脱硫性能との両立を図れる炭素析出抑制の運転条件を見出すことができた。水蒸気添加量に応じて反応温度を向上させれば脱硫性能は改善されるため、水蒸気添加や乾式脱硫プロセスの運転温度変更に伴うシステム全体の効率を検討すれば炭素析出抑制策としての効果が期待できることが分かった。

3) 石炭ガス化ガス実ガスにおけるハニカム脱硫剤の脱硫性能

乾式ガス精製システムの脱硫装置の設計基礎データを得るため、石炭ガス化ガスの実ガスを用いて亜鉛フェライトハニカム脱硫剤の性能を評価した。H₂S と COS を合わせた入口の硫黄化合物濃度が 700 ppm 程度の場合に、脱硫初期にはハニカム脱硫剤出口で 1 ppm 以下を達成することができた (図 III 1-2-10)。引き続き供試脱硫剤内の硫黄化合物分布を測定して、その結果と合わせて設計基礎データを得る。

(2) 今後の計画

KB を増大させる方法として CO₂ 濃度を添加する方法についても評価を進めると共に、発電システム全体の効率を考慮して乾式脱硫プロセスの最適化を進める予定である。

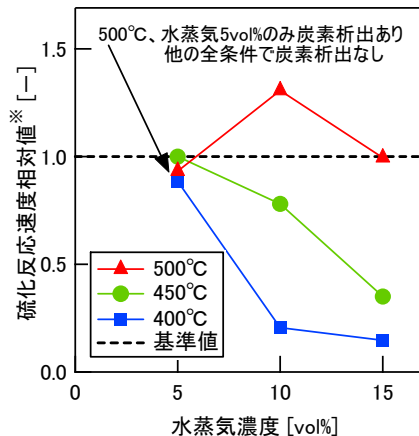


図 III 1-2-9 水蒸気添加による脱硫反応速度の変化 (※: 0.98MPa abs., 450°C、水蒸気 5vol%を基準とする相対値)

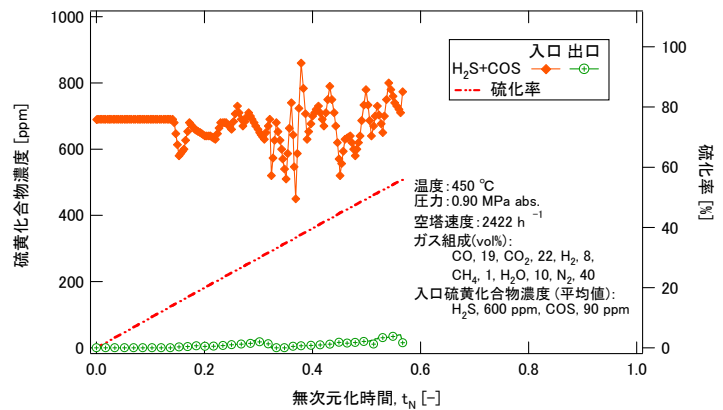


図 III 1-2-10 石炭ガス化ガス実ガスにおける亜鉛フェライトハニカム脱硫剤の性能

2. 3 実機フィージビリティ・スタディ (FS)

電力中央研究所は、メーカーの協力を得て実機を想定したフィージビリティ・スタディ (FS) を実施しており、プラント効率・敷地規模などを試算するとともに、開発課題の具体化・明確化を進めている。システムの詳細な検討、実現性の評価を行うため、プラントメーカーによる実用規模プラントの検討を実施し、プラント性能、運用性、経済性、現状での技術レベル等について、総合的に従来システムとの比較評価を行う。

(1) 従来の CO₂ 分離回収技術を用いた IGCC に関する検討

空気吹き IGCC(湿式脱硫、1,500°C級 GT)を対象に、CO₂ 回収無し、CO₂ 回収率=約 90%(物理吸収方式)の 2 ケースのプラント性能について検討を行った。送電端効率は、CO₂ 回収無しの場合は約 46%であったのに対し、CO₂ 回収率 90%の場合は約 36%になることがわかった。

(2) CO₂ 回収型高効率 IGCC システムに関する検討

1) ガスタービンに関する検討

燃焼器に関する検討の結果、石炭ガス化ガスの特性から、酸素直接燃焼方式燃焼器とし、NO_x 抑制、燃焼障害 (逆火、振動燃焼)、運用性 (部分負荷、燃料性状) の観点から、拡散炎方式が好ましいと考えられた。1,300°C級では、燃焼器への循環ガスを、①燃焼領域への循環ガス、②希釈循環ガス、③内筒及び尾筒冷却循環ガス、に適切に分配することにより、内筒及び尾筒壁面温度を許容メタル温度以下に抑えることが可能と考えられた。また、安定燃焼の確保のためには、残存酸素濃度が 2%程度となるように燃焼器での酸素過剰率を設定する必要があることなどがわかった。

2) 主要構成機器の技術開発状況(表 1-2-2)

基本システム検討では考慮していなかったが、①石炭粉碎・乾燥用熱源、②石炭ガス化炉用 CO₂ か

らの残存酸素の除去、③GT 排ガスの酸露点（約 85～110℃）の考慮、④再生熱交換器と HRSG の組み合わせ／配置、などについて検討が必要であることがわかった。

空気分離設備(ASU)については、設備の簡素化、低コスト化、効率向上の観点から、特に重要と考えられるため、より詳細な調査・検討を行った。IGCC 用 ASU に関する従来技術の調査を実施し、それに基づき、検討を行った結果、本システムでは、低圧型／液体酸素圧縮方式の酸素製造動力原単位がやや小さくなる傾向にあることがわかった。

表Ⅲ1-2-2 主要構成機器の技術開発状況

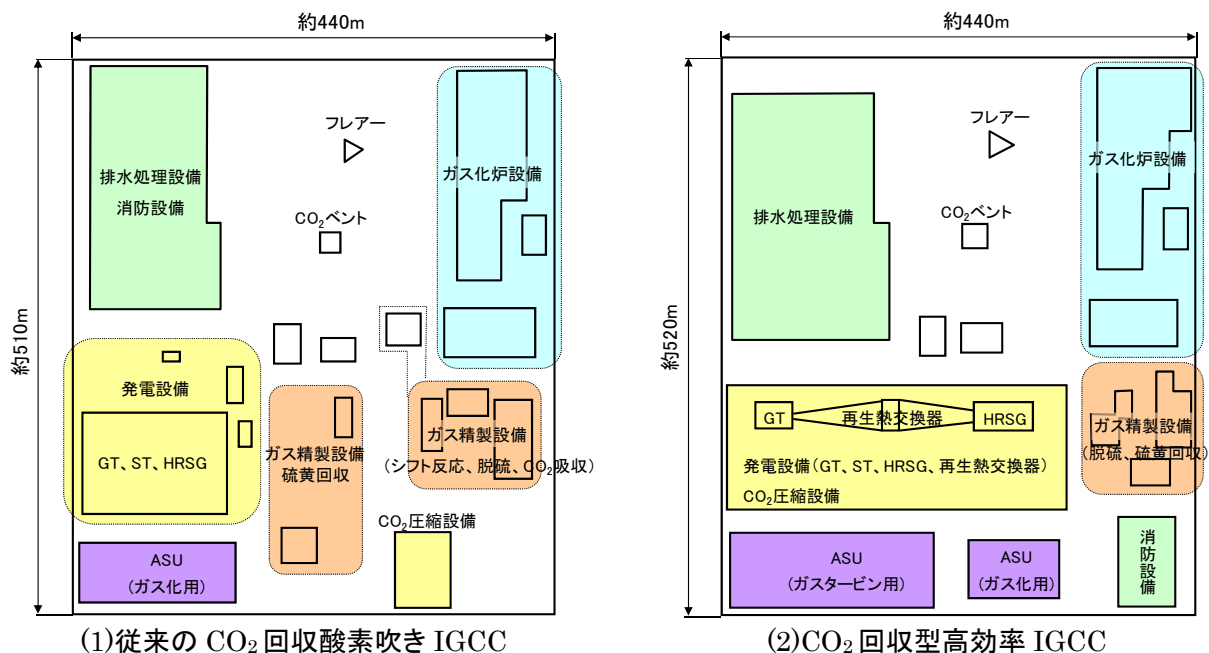
機器	開発状況	備考
O ₂ -CO ₂ 吹きガス化炉	PDU(3トン/日ガス化炉)	酸素吹きガス化炉は実証・商用段階
Syngas利用石炭粉碎・乾燥	商用段階	環境対策設備の検討
乾式脱硫	基礎研究段階(Zn-Fe系)	Fe系は20トン/日の実績有り
GT	机上検討	燃焼方式、循環ガス量、残存O ₂ の検討
再生熱交換器	小型実証段階	大型化、HRSGとの組み合わせ/配置の検討
ST	商用段階	主蒸気温度/再熱蒸気温度の検討
HRSG	商用段階	酸露点の管理、構成の検討
給水加熱器(酸露点対策)	テフロンコーティング伝熱管等	調査・検討が必要
排ガス水洗塔	商用段階	所要冷却水量の検討
CO ₂ 圧縮機	商用段階	
空気分離設備(ASU)	商用段階	所要動力、信頼度の検討
ガス化炉用CO ₂ からの脱O ₂	机上検討	類似技術として、H ₂ を燃料とする触媒燃焼システムの実績有り

■ : 設備簡素化、低コスト化、効率向上の観点から、特に重要

■ : 研究開発課題

3) プラントレイアウトの検討

米国で環境アセス用に公開された従来の CO₂ 回収酸素吹き IGCC(HECA プロジェクト:Hydrogen Energy California)を参考プラントとし、機器容量に応じた設備所要面積を概算し配置検討を行った。図Ⅲ1-2-11 に HECA プロジェクトに基づく、従来の CO₂ 回収酸素吹き IGCC 及び CO₂ 回収型次世代 IGCC システムの配置を示す。CO₂ 回収型次世代 IGCC システムでは、再生熱交換器が設置されるため Power Block の設置面積が、必要酸素量が多くなるため ASU の設置面積が、大きくなる。一方、CO₂ 分離回収設備が不要となるため、ガス精製設備は縮小することが可能である。CO₂ 回収型次世代 IGCC の主要設備の所要面積は、従来の CO₂ 回収酸素吹き IGCC の約 1.5 倍であるが、送電端当りの主要設備面積は、従来の CO₂ 回収酸素吹き IGCC とほぼ同等となることがわかった。

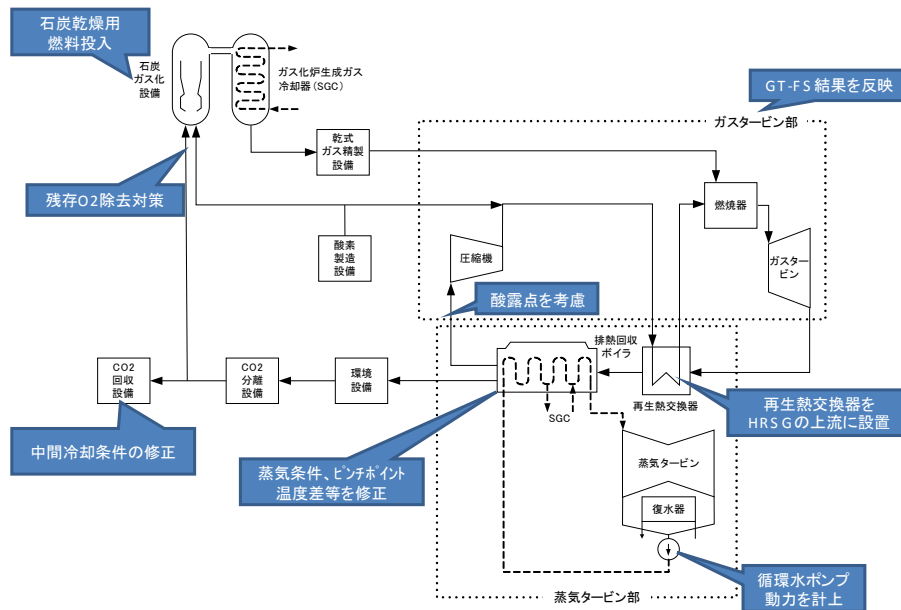


図Ⅲ1-2-11 概略プラントレイアウト

4) 全体システム解析

プラントメーカーによるガスタービンの概略検討結果などを踏まえ、電力中央研究所が図Ⅲ1-2-12に示すように実機を想定した全体システムを検討したところ、1,350℃級ガスタービンを採用した場合で、送電端効率 38.6%HHV が得られた。

送電端効率が初期検討システムと比較して約 6pt%（絶対値）低下したが、これは、燃焼器における O₂ 濃度や、ガスタービン出口温度、圧力比などに関する検討結果を反映させたことにより、ガスタービン出力が大幅に低下したことに起因する。



図Ⅲ1-2-12 FS 結果の反映によるシステムの見直し

表Ⅲ1-2-3 FS結果の反映によるプラント効率への影響

検討条件	送電端効率 (HHV)	備考
1. 主要機器の実機適用性を考慮した実現可能なシステム (FS結果の反映後)	約39%	1300℃級GT+再生熱交換器採用による効果; 約4.4pt%、乾式ガス精製採用による効果; 約0.5pt%を含む
2. 上記に加え、1,500℃級GTを採用したシステム	約40%	
3. さらにASU最適化技術 ⁽¹⁾ の進展を考慮したシステム	約42%	酸素製造動力原単位が 0.40→0.33 kWh/kg-O ₂ に改善

(1)NEDO「二酸化炭素回収対応クローズド型ガスタービン技術-第I期研究開発-」(H12年度)

そこで、高効率 IGCC システムの効率向上策を検討したところ、1,500℃級ガスタービンシステムを採用することで、1,300℃級の場合と比較して送電端効率が 1.4pt%向上し、約 40%HHV を達成することが分かった。また、今後の技術開発により、酸素製造動力原単位が 0.33 kWh/kg-O₂ まで低減できた場合には、1,500℃級ガスタービンシステムを採用した高効率 IGCC システムの送電端効率は 42%HHV まで到達する可能性がある(表Ⅲ1-2-3)。さらに、表 1-2-4 に示したように、ガス化炉冷ガス効率の向上や回転機器の断熱効率、回収 CO₂ 圧力など、今後の各技術の進展によって、目標送電端効率 42%HHV は充分達成可能であると考えられる。

表Ⅲ1-2-4 効率向上にむけた将来課題と効果

効率向上に向けた課題	送電端熱効率向上 予想値 (絶対値、39%基準)
ガス化炉冷ガス効率を1pt%向上 (現状: 78-80%)	0.6-0.7pt%
高圧蒸気タービン断熱効率を1pt%向上	0.03pt%
低圧蒸気タービン断熱効率を1pt%向上	0.19pt%
HRSG熱交換器性能の向上 (左図参照) (ピンチポイント温度差15°C→5°C)	0.5pt%
GT圧縮機断熱効率を1pt%向上	0.14pt%
回収CO ₂ 圧力を10MPa→3.6MPa ^(注)	0.75pt%

(注) 輸送方式により異なるが、パイプラインの場合は設計要件「0°CでCO₂が液化しない圧力」として3.6MPaが採用される場合がある

5) まとめ

- ・当初の基本システムに対し、FS結果の反映による見直しの結果、主要機器の実機適用性を考慮した実現可能なシステムの送電端効率(HHV)は約39%となった。
- ・上記システムに関し、ガス化炉冷ガス効率向上、1500°C級GTの採用、およびASU最適化による酸素製造動力原単位の改善などにより、送電端効率約42%は達成可能と考えられる。
- ・今後、ガス化炉運転条件の最適化による冷ガス効率の向上など、効率向上方策の検討とプラント全体効率への効果をさらに詳細に検討し、目標達成を確実なものとする。
- ・本システムの実現に向けては、設備簡素化、低コスト化、効率向上の観点から、特に再生熱交換器と空気分離装置(ASU)が重要である
- ・再生熱交換器については、現時点では大型プラントへの適用実績がなく、小型ブロックを集積せざるを得ないため、コストおよびプラント面積の面で課題がある。今後はブロックの大型化、集積方法の最適化を進め、コストおよび敷地面積の低減方策の検討を進める
- ・本システムでは、従来型IGCCに比べ多くの酸素を使用するため、空気分離装置(ASU)の性能改善およびコスト低減が極めて効果的である。

2. 4 アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発

中国、インドなどの急速な発展や各国のエネルギー政策動向により、将来はエネルギー争奪戦が起こるものと予想され、長期的なエネルギー需給を考えれば、今後我が国は、高品位な瀝青炭だけでなく、亜瀝青炭はもとより褐炭までを視野に入れたより低品位な石炭を発電用燃料として利用することが求められる。そこで本受託研究では、電力中央研究所と九州大学(再委託:京都大学)が連携し、従来技術では発電用燃料として利用することが困難な、褐炭の高品位燃料化に向けた基盤技術の開発などに取り組んだ。

褐炭の高品位化方策としては、350°C以下の低温で溶剤により褐炭を処理する穏和な溶剤処理法に注目し、O₂/CO₂ガス化速度を大幅に促進できる褐炭改質法を開発した。本提案法による褐炭改質により、褐炭のガス化反応性をさらに大幅に向上できること(9種の試験炭中7種で反応性が向上し最大2.4倍となる)ことが明らかとなった。また本法においては、褐炭を改質するだけでなく、同時に大量の低分子量成分を抽出・回収できる見通しが得られ、波及効果も期待できる。

2. 5 成果の意義

- ・石炭火力発電のCO₂排出抑制は、電気事業の喫緊の経営課題である。欧米では CCS Ready の義務化も視野に、CCS 実証計画が具体化している。我が国でも、エネルギー基本計画の見直しが進む中で、2020 年頃の商用化を目指して国プロを中心に研究開発が進められている。
- ・しかしながら、現状の CO₂回収型火力発電には「高コスト」、「送電端効率の低下」などの課題が山積しており、これを解決する革新技術の開発が望まれている。
- ・本提案システムは、「O₂-CO₂吹きガス化」と「O₂-CO₂ガス燃焼クローズド・ガスタービン」の採用により、発電端効率の大幅な向上が期待できる、世界でも例のない独自のシステムである。CO₂回収後に送電端効率 42%(HHV)を達成できれば、地球環境問題の解決に向けた画期的な将来オプションの一つを提供できる可能性があり、次世代の革新的 IGCC として、アジア地域への展開を含め、大きな技術的・経済的インパクトを与えるものである。
- ・これまでに、従来にない「O₂-CO₂吹きガス化技術」に関し、ガス化反応特性の解明とモデル化、数値シミュレータの開発、小型ガス化炉実験によるガス化特性の把握と課題抽出、乾式ガス精製装置の性能実証など、目標達成に向けた基盤技術の開発を着実に進めることができた。
- ・メーカーの協力を得た実機 FS においては、主要機器の実機適用性を考慮した実現可能なシステムを明らかにし、ガス化炉冷ガス効率向上、1500℃級 GT の採用、および ASU 最適化による酸素製造動力原単位の改善などにより、将来送電端効率約 42%が達成できる見通しを得ると共に、2020 年頃の実用化に向けた技術課題を抽出した。これらの成果は、電中研と大学が一体となって得られたものであり、次ステップであるベンチプラントの開発に向けて、大きな意義を持つものである。

2. 6 特許・成果の普及

学会等における研究発表、論文投稿を通じ、積極的に成果普及を図っている。これまでの実績は表Ⅲ1-2-5 の通りである。

表Ⅲ1-2-5 特許・成果普及状況

	H20 年度	H21 年度	H22 年度	合計
特許	-	1 件(出願済)	-	1 件
研究発表	0 件	35 件	4 件	39 件
論文投稿	0 件	21 件	0 件	21 件
研究報告書等	0 件	2 件	0 件	2 件

[目標の達成可能性]

最終目標：石炭ガス化システムから回収した CO₂を酸化剤の一部として用いることにより、システム効率を大幅に向上できる CO₂回収型高効率 IGCC システムに関し、CO₂回収後に送電端効率 42% (HHV 基準)を実現させる基盤技術を確立する。また、アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術を開発する。

- ・将来の実用化を見据え、次期ステップである数十トン/日級ガス化炉とクローズド GT 一貫システムの開発に向け、その中核となる O₂-CO₂ガス化技術について、ガス化反応性評価技術の確立、小型ガス化炉の実験による実証および数値シミュレータ技術の開発に引き続き取り組み、予定通り H24 年度までに目標を達成できる見込みである。
- ・特に、ガス化炉最適化による冷ガス効率向上、ガスタービンシステムの最適化によるさらなる性能向上、再生熱交換器および ASU の技術調査・最適化検討を進めることで、目標効率の達成を確実なものにできる見込みである。
- ・ガス化炉チャー系や再生熱交換器などの簡素化検討を進め、低コスト化に向けた検討を着実に進め、課題を明らかにする。
- ・アジア地域の低品位な石炭の O₂-CO₂ガス化効率の大幅な向上技術の開発を着実に進める。

Ⅲ-2. 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発

1. 事業全体の成果

表Ⅲ2-1-1 本事業の開発目標・成果・達成度

目 標	研究開発成果	達成度
ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発 (1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」(出典:「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 p 9) イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」 NOx 濃度 10ppm 以下(16%酸素濃度換算)	(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」(出典:「ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発」事業原簿 pⅢ-2-x) イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」 ・CO ₂ 回収率 0%~50%燃料で安定燃焼を確認 ・NOx 排出濃度は ①CO ₂ 回収率 0%燃料:5.4ppm ②CO ₂ 回収率 30%燃料:5.8ppm ③CO ₂ 回収率 50%燃料:6.5ppm ④CO ₂ 回収率 90%燃料:9.2ppm を確認	(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」 イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」 達成

2. 各研究項目の成果

2.1 研究開発の概要及び成果等

石炭は世界に広く分布し埋蔵量も豊富なことから、次世代の石油代替燃料として期待されている。しかし、単位エネルギーあたりの二酸化炭素(CO₂)排出量が他の燃料より高いため、2050年までにCO₂排出量を大幅に削減するためには、CO₂回収・貯留技術(CCS)を組み込んだゼロエミッション石炭火力発電を早期に実現できる高効率な石炭火力発電技術が必要である。このためには、石炭ガス化複合発電(IGCC)とCCSを組み合わせることが有効と考えられており、欧州、米国、豪州などでは大規模な実証プロジェクトが計画されている。

IGCCにおいては、取り扱うガス中にCO₂以外の不活性ガスが少なく、一酸化炭素(CO)シフト反応後のCO₂濃度を高めた回収が可能で、ベースとなる火力発電の効率も高い酸素吹きIGCCに燃焼前回収法を組み合わせた方式が、高効率ゼロエミッション石炭火力発電として有望である。上記のプラントでは、CO₂回収率に応じて水素濃度が幅広く変化する高水素濃度燃料がガスタービンに供給される。

水素は発火しやすく燃焼速度が速いため、予混合燃焼方式の燃焼器で高水素濃度燃料を燃焼させた場合、燃焼室内にある火炎が予混合器流路内に逆流したり、予混合器内で自発火する可能性が高くなったりするため、燃焼器の信頼性が低下する恐れがある。また、火炎の逆流や自発火は燃料の燃焼速度や着火性に依存するため、CO₂回収率の変化によって燃料の水素濃度が増加する場合には、これらの現象を防止する条件も変化することになる。

一方、拡散燃焼方式の燃焼器では、高水素濃度燃料の安定燃焼は可能であるが、燃焼室内で最も燃焼しやすい混合気が形成された位置で燃焼反応が起きるため、局所の火炎温度が高くなり窒素酸化物(NOx)の排出濃度が増加する。このため、環境規制を満足するには窒素、あるいは水や蒸気を燃焼器に噴射して局所の火炎温度を低下させ、NOx排出濃度を低減する必要がある。そのため、拡散燃焼方式では、不活性媒体の噴射に伴う発電効率の低下や、噴射設備の初期コストおよびプラントランニングコストの上昇という課題が生じる。したがってCCS-IGCCプラントでは、燃料中の水素濃度の幅広い変化に対応でき、窒素、あるいは水や蒸気などの噴射が不要で、かつNOx排出濃度が低いドライ低NOx燃焼器が必要となる。

そこで本研究では、幅広い水素濃度の変化に対して、同一バーナー構造で燃焼可能なドライ低NOx燃焼技術の開発を目的とする。その手段として、燃料ノズルと空気孔を同軸に配置した構造をもち、燃料と空気同軸噴流によって短い距離で急速に混合できる多孔同軸噴流バーナー(クラスタバー

ナー)を用い、その基本的な最適形状を大気圧燃焼試験で検討する。また、その結果得られた低 NOx 燃焼に適した形状のクラスタバーナーを複数個備え、実機ガスタービンに適用可能な形状を持つマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器を製作して中圧燃焼試験を行い、燃焼安定性および低 NOx 燃焼性能について検討する。

平成 20 年度は、平板型の部材に多数の空気噴孔を設けた平板型空気孔旋回プレートを用いたクラスタバーナーについて、高水素濃度燃料に対応する基本構造を検討した。その結果、大気圧条件下において、CO₂ 回収率に応じて水素濃度が幅広く変化する燃料に対し、平板型空気孔旋回プレートと燃料噴出流速を高めた燃料ノズルを用いて、同一バーナー構造で NOx 排出濃度が 10ppm 以下となるバーナー構成を見出した。

さらに、平成 21 年度には、空気孔プレート中央部を凸型に燃焼室に向けて突出させることにより排出 NOx 排出濃度を低減できること、および空気孔径をバーナー中央部から外周に向けて順次拡大するような分布を持たせることで、安定燃焼範囲が拡大することを見出した。

また、上記の多孔同軸噴流構成をもつクラスタバーナーを複数個備えたマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器を設計・製作し、平成 21 年度から中圧燃焼試験装置において単圧燃焼試験に着手した。

平成 21 年度には、平板型の空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器において、CO₂ 回収率 0%に相当する燃料を用いて部分負荷燃焼特性を把握し、想定される全運転範囲で安定燃焼が可能であることを確認した。また、全てのクラスタバーナーに着火するガスタービン負荷 50%以上の運転条件では、酸素濃度 16%換算の NOx 排出濃度は 10ppm 以下の低 NOx 燃焼が可能であることを確認した。さらに、CO₂ 回収率 0%、30%、50%に相当する燃料を用いて定格負荷条件の燃焼特性を把握し、CO₂ 回収率 0%に相当する燃料で酸素濃度 16%換算の NOx 排出濃度が 6ppm、CO₂ 回収率 30%に相当する燃料で 8ppm と、中間評価目標である 10ppm 以下を達成した。一方、CO₂ 回収率 50%に相当する燃料では、NOx 排出濃度が 12ppm であり、平板型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器では、さらなる低 NOx 化が必要であることがわかった。

平成 22 年度からは、大気圧燃焼試験結果を反映し、各々のクラスタバーナーの中央部を凸型に燃焼室に向けて突出させた凸型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器の中圧燃焼試験に着手した。これまでに CO₂ 回収率 0%、30%、50%に相当する燃料を用いて定格負荷条件の燃焼特性を把握し、CO₂ 回収率 0%に相当する燃料では、酸素濃度 16%換算の NOx 排出濃度が 5.4ppm、CO₂ 回収率 30%に相当する燃料で 5.8ppm、CO₂ 回収率 50%に相当する燃料で 6.5ppm、CO₂ 回収率 90%に相当する燃料で 9.2ppm と中間評価目標である 10ppm 以下を達成した。

また、大気圧および中圧燃焼試験では、火炎内部の状況把握が困難であることから、開発を加速するため、水素を含む多成分燃料に対応した乱流燃焼解析ツールを開発し、乱流燃焼解析を実施した。クラスタバーナーの燃焼形態には、予混合燃焼と拡散燃焼が混在するため、その解析には両方の燃焼形態に燃焼モデルの切り替えなく適用できる燃焼モデルが必要である。本研究で対象としている燃料は、水素を主成分とする多成分燃料であり、複数の可燃成分が複雑な経路で酸化反応に関与する。特に、水素に関しては、高温の火炎が未燃混合気側に侵入する箇所に、水素が選択的に拡散し燃焼反応が進行する選択拡散と呼ばれる現象が起きるため、従来の乱流燃焼解析では取り扱うことが極めて困難であった。そのため、本研究では、上記のように水素を主成分とする多成分燃料について、予混合燃焼と拡散燃焼が混在する燃焼形態の火炎に適用可能な乱流燃焼モデルを開発した。本解析では、火炎帯の反応進行度分布を双曲正接関数で表現した予混合燃焼モデルを拡散燃焼に拡張することで、予混合燃焼から拡散燃焼に燃焼モデルの切り替えなく適用できる統一的燃焼モデルを適用した。平成 20 年度には、水素を含む多成分燃料について基礎的な火炎に適用してモデルの妥当性を検討し、平成 21 年度からクラスタバーナーの大気圧要素試験と同様の体系における乱流燃焼解析に着手した。その結果、円錐状の火炎の形成される様子や燃料の違いによる火炎形状の変化など、実験結果の定性的な傾向を再現できることを確認した。

(1) マルチクラスタバーナー形式低 NO_x 燃焼器の中圧試験

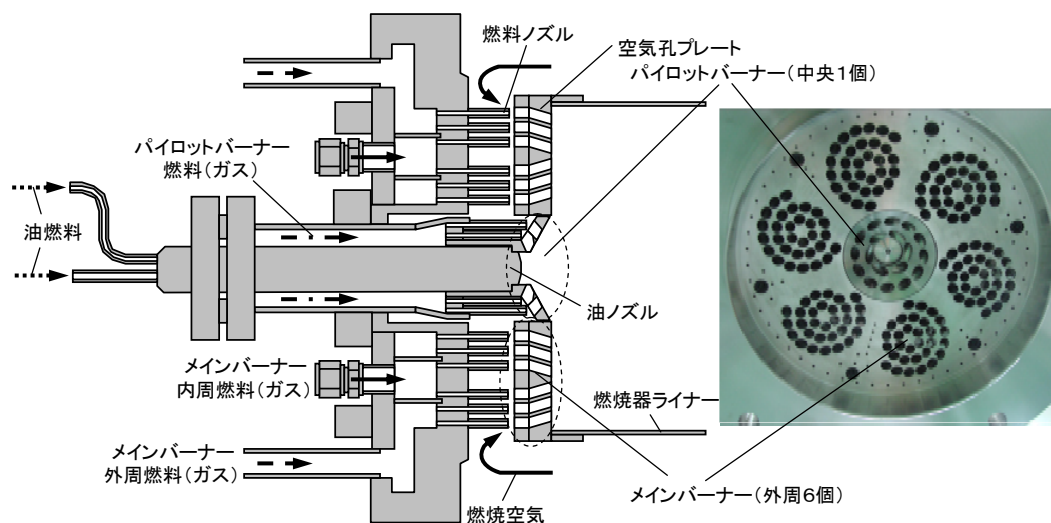
マルチクラスタバーナー形式低 NO_x 燃焼器の燃焼性能を、単缶の中圧燃焼試験で検討した。図Ⅲ2-2-1 に、平板型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NO_x 燃焼器構造を示す。燃焼器の中央には、ガスタービンの起動から部分負荷の運用とメインバーナーの保炎強化に用いるパイロットバーナーを備え、その外周に低 NO_x 燃焼用のメインバーナーを6個配置した。

実際の CCS-IGCC プラントは、先ず油燃料などの起動用燃料でガスタービンを起動し、その発電出力やガスタービン排ガスを利用して石炭ガス化炉を起動させ、起動完了後にガス化炉の運用を開始し、ガス精製設備および CO₂ 回収貯留設備を経て、燃焼器に水素含有燃料が供給されるシステムが想定される。このため、ガスタービンは軽油などの起動用燃料焚き運転条件の部分負荷で待機する必要がある。そこでパイロットバーナーの中央には、起動から部分負荷までの運用を可能とする油ノズルを備え、その外周には空気孔と燃料ノズルが一对となった同軸噴流バーナーを2列配置し、油専焼、油/ガスの混焼、ガス専焼を可能にするとともに、ガス焚きでの低 NO_x 燃焼が可能な構造とした。

一方、メインバーナーは同心円状に3列の同軸噴流バーナーで構成し、メインバーナーの保炎用である最内周（第1列）と低 NO_x 燃焼用の外周側（第2，3列）の同軸噴流バーナーで構成した。試験では、最内周と外周側の同軸噴流バーナーに供給する燃料流量を変化させて燃焼特性を確認した。なお、本研究では、燃焼器に供給する全燃料流量に対し、パイロットバーナーに供給する燃料流量の比率をパイロットバーナー燃料比率と定義した。また、メインバーナーに供給する全燃料流量に対し、外周側（第2，3列）に供給する燃料流量の比率をメインバーナー外周燃料比率と定義した。

表Ⅲ2-2-1 に試験条件を示す。試験用燃料は水素(H₂)、メタン(CH₄)、窒素(N₂)の3成分で調整し、CO₂ 回収率 (CCS) 0%、30%、50%条件における組成を想定して成分を調整した。CCS の条件が0%から90%まで変化すると、燃料中の水素濃度は40%から84%まで変化する。また、燃焼器入口における空気圧力は0.6 MPaである。

図Ⅲ2-2-2 に、平板型空気孔旋回プレートを備えた燃焼器を用い CCS 0%燃料を燃焼した場合の部分負荷条件における NO_x 排出特性（酸素濃度16%換算）を示す。想定される IGCC プラントのガスタービンの運転を模擬して、起動から定格負荷条件までを以下の方法で運転した。先ずパイロットバーナーにおいて、起動用燃料である油燃料にて着火し、25%負荷条件まで負荷上昇した。25%負荷条件では、パイロットバーナーにおいて油燃焼からガス燃焼へと燃焼モードを切り替え、さらに外周に設けたメインバーナー3個にガス燃料を供給し、パイロットバーナーとメインバーナー3個の燃焼モードに切り替えた。同様の燃焼モードで燃料流量を増加させ、50%負荷条件まで負荷を上昇させた。50%負荷条件において、残り3個のメインバーナーに燃料を供給し、全バーナーによる燃焼モードで定格負荷条件まで負荷上昇した。



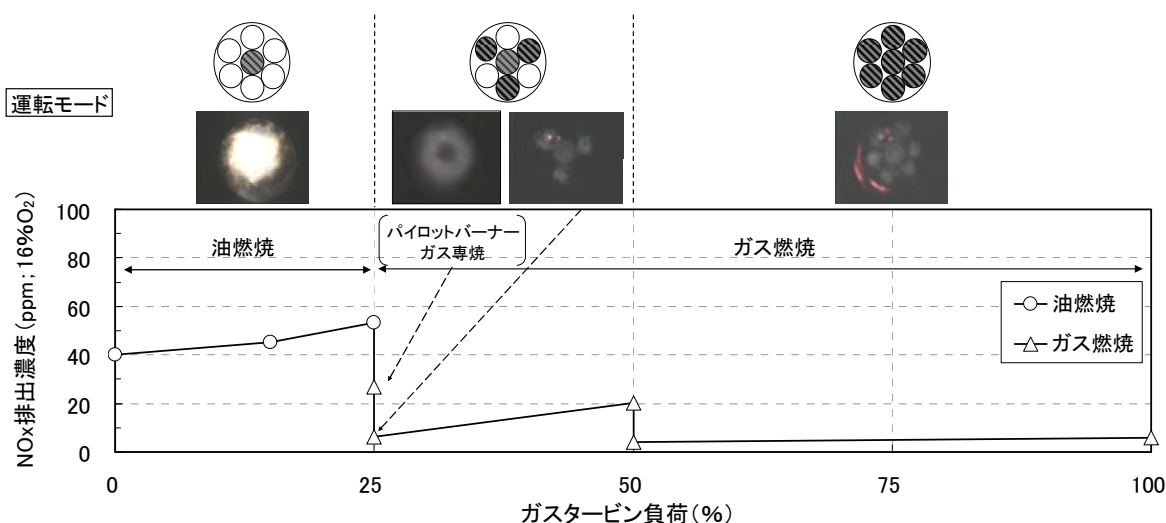
図Ⅲ2-2-1 マルチクラスタバーナー形式低 NO_x 燃焼器の構造(平板型空気孔プレート)

表Ⅲ2-2-1 中圧試験条件

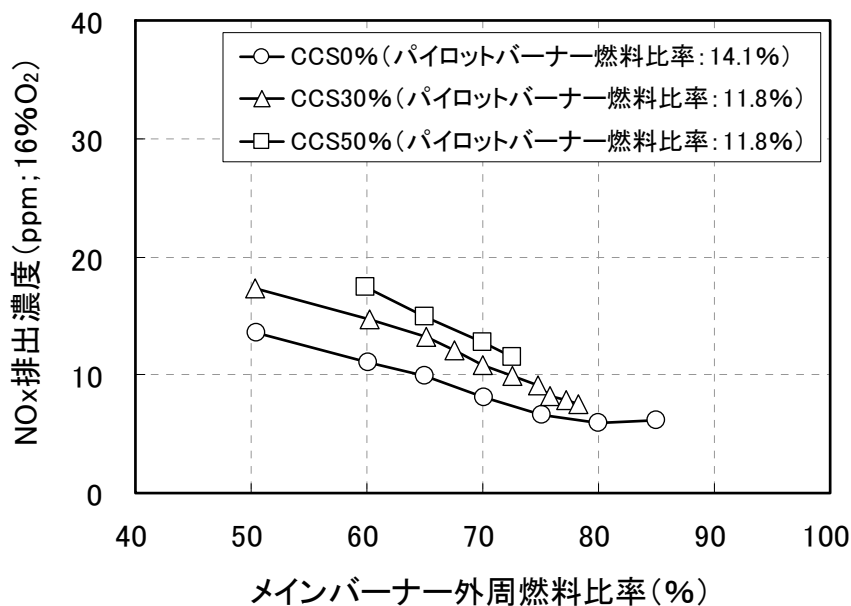
項目	単位	試験用燃料				
		CCS 0%	CCS30%	CCS50%	CCS90%	
ガスタービン負荷	%	100				
空気流量	Kg/s	2.9				
空気温度	℃	387				
空気圧力(燃焼器入口)	MPa	0.6				
燃料性状	水素 (H ₂)	vol. %	40	55	65	84
	メタン(CH ₄)	vol. %	18	16	6	2
	窒素 (N ₂)	vol. %	42	29	29	14
	低位発熱量	MJ/m ³ N	11	12	9	10

油焚きの NOx 排出濃度は、0%負荷条件で 40ppm、25%負荷条件で 54ppm に増加する。25%負荷条件でパイロットバーナーの燃焼モードを油燃焼からガス燃焼へ切り替えると、クラスタバーナーによる低 NOx 燃焼により NOx 排出濃度は 27ppm まで減少し、さらに外周のメインバーナー 3 個を燃焼させることで NOx 排出濃度は 6ppm まで減少する。その後、負荷上昇により 50%負荷条件での NOx 排出濃度は増加するが、50%負荷条件で残り 3 個のメインバーナーも燃焼させることで NOx 排出濃度はさらに減少し、全バーナー燃焼による 50%負荷以上の範囲で、10ppm 以下の低 NOx 燃焼が可能なことを確認した。

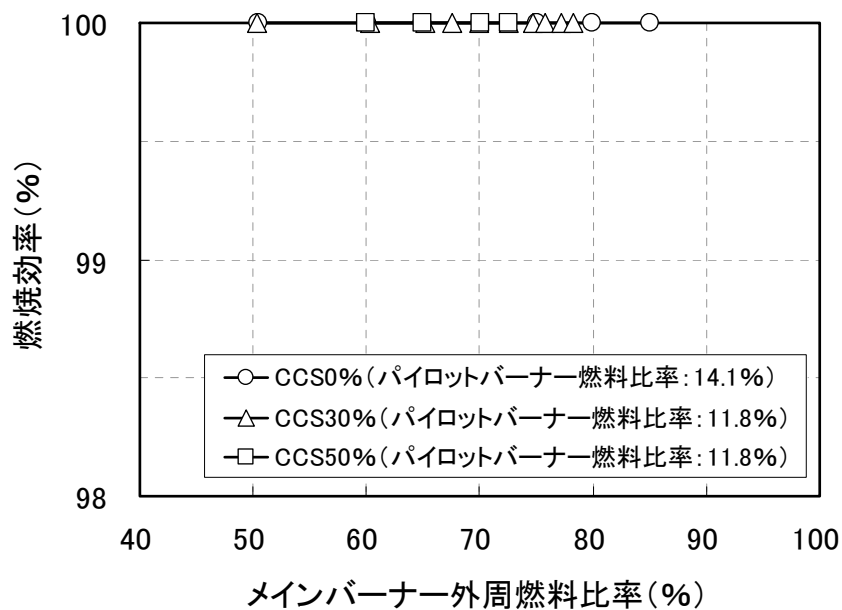
次に、平板型空気孔旋回プレートを備えた燃焼器の定格負荷条件の試験結果を説明する。図Ⅲ2-2-3 に、メインバーナー外周燃料比率に対する NOx 排出濃度と燃焼効率を示す。図示した最大外周燃料比率 (CCS 0% : 85%, CCS30% : 78%, CCS50% : 73%) は、安定燃焼が可能な最大の燃料比率を表す。いずれの CCS 条件の燃料においても、外周燃料比率の増加に伴い NOx 排出濃度は低下する傾向を示す。CCS 0% の NOx 排出濃度は、外周燃料比率が 60% で 11ppm、70% で 8ppm、80% で 6ppm となり、外周燃料比率 80% で最も低い値を示す。また、中圧条件ではあるが、外周燃料比率が 65% 以上で NOx 排出濃度が 10ppm 以下となる結果が得られた。CCS30% の NOx 排出濃度は、外周燃料比率 78% で 8ppm と最も低くなり、外周燃料比率が 73% 以上の条件で NOx 排出濃度が 10ppm 以下となることを確認した。しかし、CCS50% においては、外周燃料比率が 73% の条件で NOx 排出濃度は 12ppm であり、低 NOx 化に対しさらなる工夫が必要である。また、CCS の条件が大きくなると最大外周燃料比率は減少し、同一外周燃料比率、およびそれぞれの最大外周燃料比率における NOx 排出濃度は増加する傾向にあることを確認した。一方、燃焼効率はいずれの CCS 条件の燃料でも 99.9% 以上あり、燃焼安定性は良好であることを確認した。



図Ⅲ2-2-2 部分負荷条件の NOx 排出特性 (CCS 0%, 中圧条件)



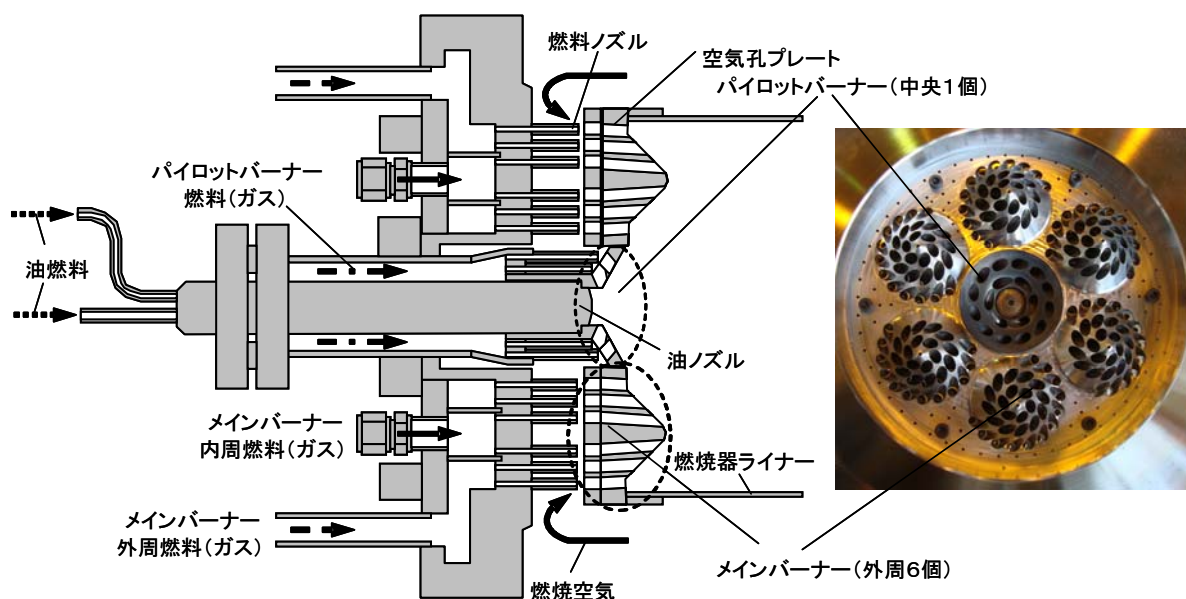
(a) NO_x 排出濃度



(b) 燃焼効率

図Ⅲ2-2-3 定格負荷条件の燃焼特性(中圧条件)

図Ⅲ2-2-4 に、クラスタバーナー中央部を凸型に燃焼室に向けて突出させた構造の凸型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NO_x 燃焼器構造を示す。凸型空気孔旋回プレートは、大気圧燃焼試験で NO_x 排出濃度を低下させる効果が確認されたものである。燃焼器の中央に配置したパイロットバーナーは、平板型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NO_x 燃焼器と同一であり、その外周に低 NO_x 燃焼用の凸型メインバーナーを 6 個配置した。凸型メインバーナーは、平板型空気孔旋回プレートに設けたメインバーナーと同様に同心円状に 3 列の同軸噴流バーナーで構成し、メインバーナーの保炎用である最内周 (第 1 列) と低 NO_x 燃焼用の外周側 (第 2, 3 列) の同軸噴流バーナーで構成した。試験では、最内周と外周側の同軸噴流バーナーに供給する燃料流量を変化させて燃焼特性を確認した。燃焼試験におけるパラメータは、パイロットバーナー燃料比率およびメインバーナー外周燃料比率である。



図Ⅲ2-2-4 マルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器の構造(凸型空気孔プレート)

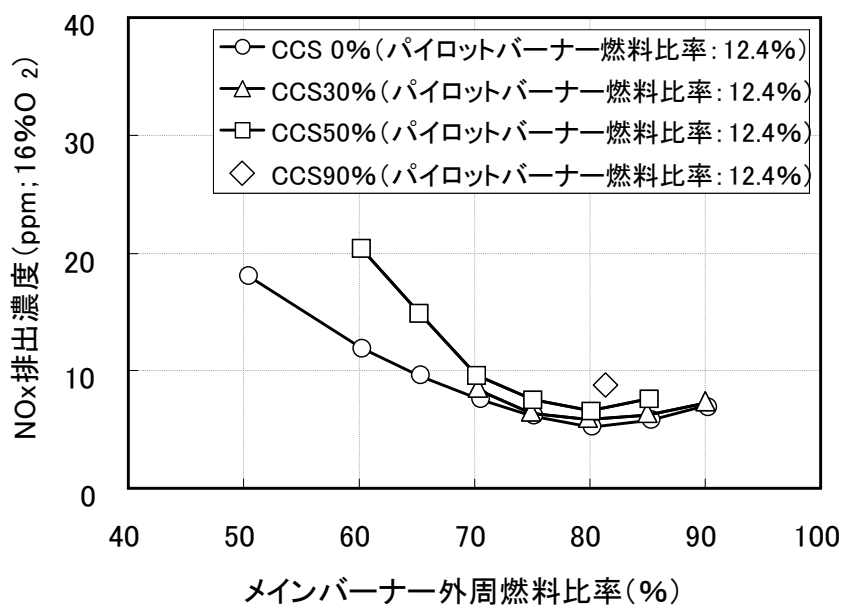
図Ⅲ2-2-5 に、凸型空気孔旋回プレートを備えた燃焼器の定格負荷条件の試験結果について、メインバーナー外周燃料比率に対する NOx 排出濃度と燃焼効率を示す。図示した最大外周燃料比率 (CCS 0% : 90%, CCS30% : 90%, CCS50% : 85%, CCS90% : 81%) は、安定燃焼が可能な最大の燃料比率を表す。いずれの CCS 条件の燃料においても、外周燃料比率の増加に伴い NOx 排出濃度は低下する傾向を示す。CCS 0% の NOx 排出濃度は、外周燃料比率が 60% で 11ppm, 70% で 8ppm, 80% で 5.4ppm となり、外周燃料比率 80% で最も低い値を示す。また、中圧条件ではあるが、外周燃料比率が 65% 以上で NOx 排出濃度が 10ppm 以下となる結果が得られた。さらに、最も低い NOx 排出濃度は、平板型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器よりも減少しており、大気圧燃焼試験において見出した凸型形状空気孔プレートによる NOx 低減効果が確認された。

CCS30% の NOx 排出濃度は、外周燃料比率 80% で 5.8ppm と最も低くなり、外周燃料比率が 70% 以上の条件で NOx 排出濃度が 10ppm 以下となることを確認した。平板型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器では、最大外周燃料比率は 78% までであったが、凸型空気孔旋回プレートを採用することで、安定燃焼範囲が拡大し外周燃料比率を 90% まで設定可能であり、その結果、NOx 排出濃度の最低値は 8ppm から 5.8ppm まで低減している。また、CCS 条件の違いによる NOx 排出濃度の差も縮小しており、混合度の高い希薄燃焼が実現できていると考えられる。

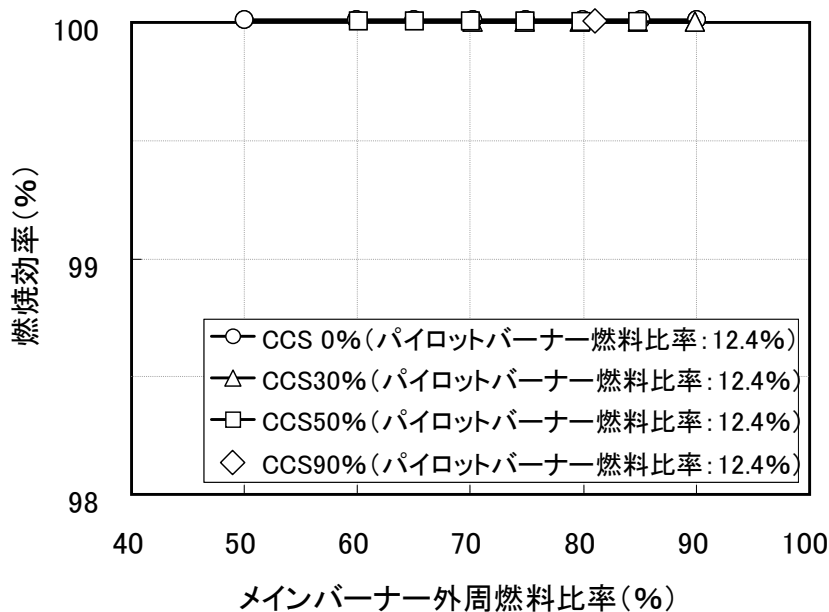
さらに、CCS50% においても外周燃料比率が 80% の条件で NOx 排出濃度は 6.5ppm まで低下し、中間評価目標値である 10ppm 以下を達成した。

CCS90% については旋回プレートの壁温が管理値を超えて上昇し、信頼性上の理由から 1 点のみの試験結果に留まっているが、外周燃料比率 81% において NOx 排出濃度は 9.2ppm であり中間評価目標値である 10ppm 以下を達成した。

凸型空気孔旋回プレートを備えた燃焼器では、安定燃焼範囲が広がり設定可能な最大外周燃料比率が拡大し、NOx 排出濃度が極小となる外周燃料比率 80% 以上の条件での安定燃焼を実現している。また、極小 NOx 排出濃度となる外周燃料比率 80% 近傍の NOx 排出濃度は、CCS 条件の変化に対して殆ど変化せず、混合度の高い希薄燃焼が実現しているものとする。一方、燃焼効率はいずれの CCS 条件の燃料でも 99.9% 以上あり、燃焼安定性は良好であることを確認した。



(a) NOx 排出濃度



(b) 燃焼効率

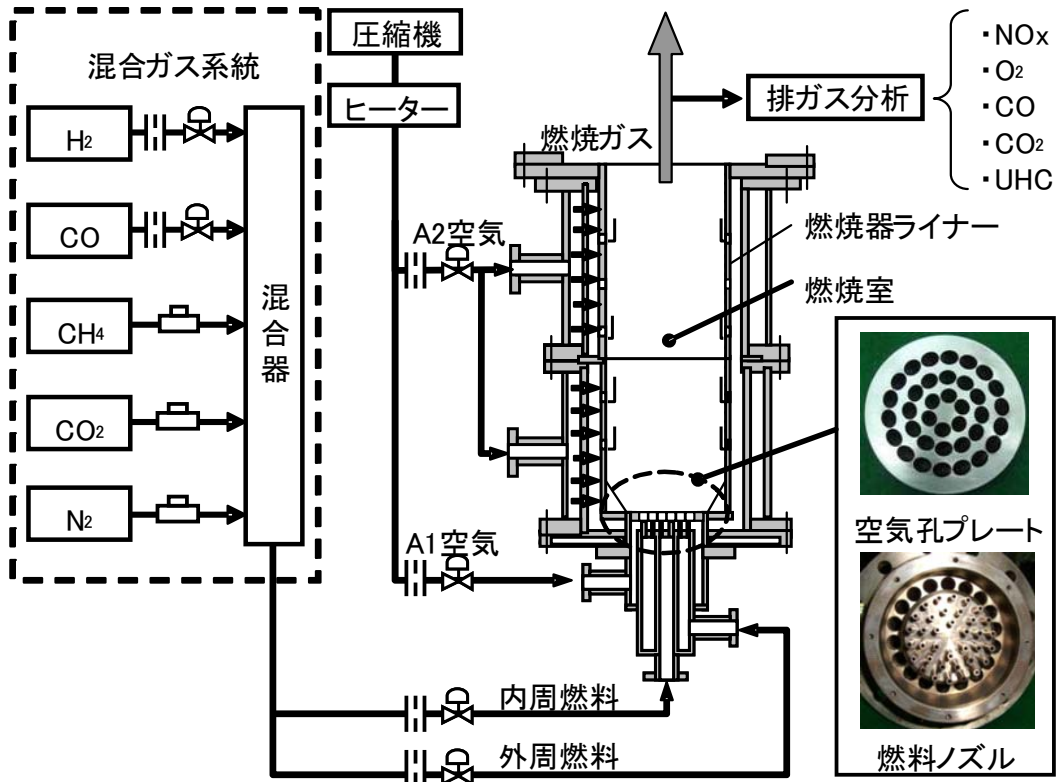
図Ⅲ2-2-5 定格負荷条件の燃焼特性(中圧条件)

(2) クラスタバーナーの構造検討(大気圧要素試験)

研究成果の概要の章で述べたように、高効率ゼロエミッション石炭火力発電として有望な酸素吹き IGCC に燃焼前回収法を組み合わせた方式の CCS-IGCC プラントでは、CO₂ の回収率に応じて水素濃度が幅広く変化する高水素濃度燃料がガスタービンに供給される。本研究では、前述のように幅広い水素濃度の変化に対して、同一バーナー構造で燃焼可能なドライ低 NO_x 燃焼技術の開発を目的とする。ドライ低 NO_x 燃焼を実現する手段としては、燃料ノズルと空気孔を同軸に配置した構造をもち、燃料と空気同軸噴流によって短い距離で急速に混合できる多孔同軸噴流バーナー(クラスタバーナー)を用い、その基本的な最適形状を大気圧燃焼試験で検討する。

図Ⅲ2-2-6 に、本試験で使用した大気圧要素試験装置を示す。試験装置には燃料となる水素、

一酸化炭素，メタン，二酸化炭素，および窒素を供給でき，各々のガス系統に備えた流量調整弁で各成分の流量を調整することで燃料組成の調整が可能である。混合器の下流には，オリフイス流量計と流量調節弁を2系統備えており，各々の流量を調整することで，バーナーの第1列空気孔に供給する燃料（内周燃料），および第2，3列空気孔へ供給する燃料（外周燃料）の流量配分を調整できる。燃焼に必要な空気は圧縮機より供給され，供給配管の途中に設けたヒーターによって空気を加熱できる。バーナーへ供給する空気はA1系統より，また，燃焼器ライナーの冷却空気はA2系統より供給した。排ガス分析については，燃焼室の下流位置で燃焼ガスを採取し，NO_x，酸素(O₂)，一酸化炭素(CO)，二酸化炭素(CO₂)，未燃炭化水素(Unburned Hydrocarbon, UHC)を計測した。



図Ⅲ2-2-6 大気圧燃焼試験装置(平成 20 年度)

図Ⅲ2-2-7 に，試験で使用したクラスタバーナーの構造を示す。クラスタバーナーは空気を燃焼室に供給するための空気孔プレートと，空気孔プレート上流に同軸に配置した複数の燃料ノズルで構成される。このような同軸噴流構造を持つクラスタバーナーでは，空気孔プレート入口での縮流や燃料ノズルの後流などにより，空気孔プレートに流入する空気流れに微小な乱流渦が生成され，空気孔内部でも予備的な混合が行われる。また，空気孔プレートから同軸噴流が噴出した際の急拡大を契機として，上記の微小な空気渦が崩壊することで急速に燃料と空気の混合が進行する。この効果により短い混合距離でも均一に近い混合気が形成できる。さらに，クラスタバーナーでは，燃料と空気の混合過程は主に空気孔プレートから同軸噴流が噴出した後に進行するため，バーナー構造物内に燃料と空気が混在して可燃範囲になる領域がほとんどないことが特徴である。

クラスタバーナーは上記のような特徴を持つため，水素のような発火しやすく燃焼速度が速い化学種を主成分とする燃料に対しても，バーナー構造物内に火炎が逆流したり，構造物内で自発火したりする可能性は低い。また，同軸噴流が燃焼室内に噴出した後に急速に混合が進行するため，火炎の位置をバーナー構造物から適切な距離に制御できれば，十分に均一化された

希薄混合気を燃焼させることができ、予混合燃焼バーナーと同等の低 NOx 燃焼性能が実現できる。したがって、CCS-IGCC プラントにおける幅広い水素濃度の変化に対して、同一バーナー構造で燃焼可能なドライ低 NOx 燃焼バーナーとして、最も実現性が高い構造である。

本研究では、クラスタバーナーにおいて、予混合燃焼バーナーと同等の低 NOx 燃焼性能を発揮する火炎を形成させるため、クラスタバーナーの各構成について検討した。

平成 20 年度は、平板型の空気孔プレートを用い、空気孔に与える旋回角をパラメータとしてクラスタバーナー形状の最適化を図った。また、上記のような旋回角分布により実現される火炎に対して、供給される燃料と空気の混合度を変化させる目的で、燃料ノズルの噴孔径を変化させ大気圧燃焼試験を実施した。

図 III 2-2-7 に、平成 20 年度に実施した大気圧燃焼試験に用いたクラスタバーナーの試験品および形状のパラメータを示す。図中の θ_i ($i=1, 2, 3$) は、バーナー中心から数えて i 列目の空気孔旋回角を表す。Case 1~Case 3 では、空気孔プレートの旋回角を変化させてパラメータとし、燃料ノズルは噴孔径 $\phi 3.0$ のノズルを使用した。また、Case 4 は Case 2 と同じ空気孔プレートを使用し、燃料ノズルは噴孔径 $\phi 1.5$ のノズルを使用した。本試験では、1 列目の空気孔に噴射する燃料を内周燃料、2 列目、3 列目の空気孔に噴射する燃料を外周燃料とし、全燃料流量に対する外周燃料流量の比を外周比率と呼ぶ。

表 III 2-2-2 に試験条件を示す。本試験では、空気流量を一定条件のもと燃料流量を変化させ、バーナー出口温度を変化させた。燃焼器内圧は大気圧である。試験に用いる試験燃料は、中圧燃焼試験との整合を取るため水素 (H_2)、メタン (CH_4)、窒素 (N_2) の 3 成分により、 CO_2 分離回収率 (CCS : Carbon dioxide Capture Storage) 0%, 50%, 90% の実機の組成条件を想定して調整した。また、参考のため実機で想定される燃料組成例を表 III 2-2-3 に示す (出典 : NEDO ほか : 「平成 16 年度クリーン・コール・テクノロジー推進事業 石炭ガス化を核とするコプロダクションシステムに関する調査」 調査報告書 : (2005.3))。

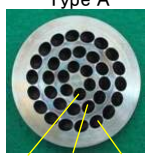


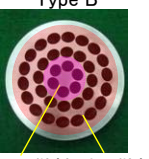
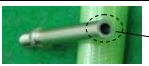
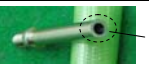
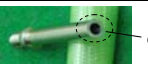

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
空気孔プレート	Type A  $\phi 8.0$ $\theta_1: 22.5^\circ$ $\theta_2: 30.4^\circ$ $\theta_3: 35.5^\circ$ 1列目 2列目 3列目	Type B  $\phi 8.0$ $\theta_1: 26.0^\circ$ $\theta_2: 33.5^\circ$ $\theta_3: 37.1^\circ$	Type C  $\phi 8.0$ $\theta_1: 20.5^\circ$ $\theta_2: 27.9^\circ$ $\theta_3: 34.1^\circ$	Type B  $\phi 8.0$ $\theta_1: 26.0^\circ$ $\theta_2: 33.5^\circ$ $\theta_3: 37.1^\circ$ 内周燃料 外周燃料
燃料ノズル	 $\phi 3.0$ 単一孔	 $\phi 3.0$ 単一孔	 $\phi 3.0$ 単一孔	 $\phi 1.5$ 単一孔

図 III 2-2-7 平成 20 年度大気圧燃焼試験クラスタバーナー試験品

表 III 2-2-2 大気圧試験条件

CCS		0%	50%	90%
燃焼器内圧	MPa	0.1013		
空気流量	m^3N/h	157		
空気温度	$^\circ C$	350		
空気流速	m/s	55		
H_2	Vol. %	40	65	84
CH_4	Vol. %	18	6	2
N_2	Vol. %	42	29	14
LHV	MJ/m^3N	13	11	11
バーナ出口温度	$^\circ C$	~1500 (1600)		

表Ⅲ2-2-3 実機想定燃料組成

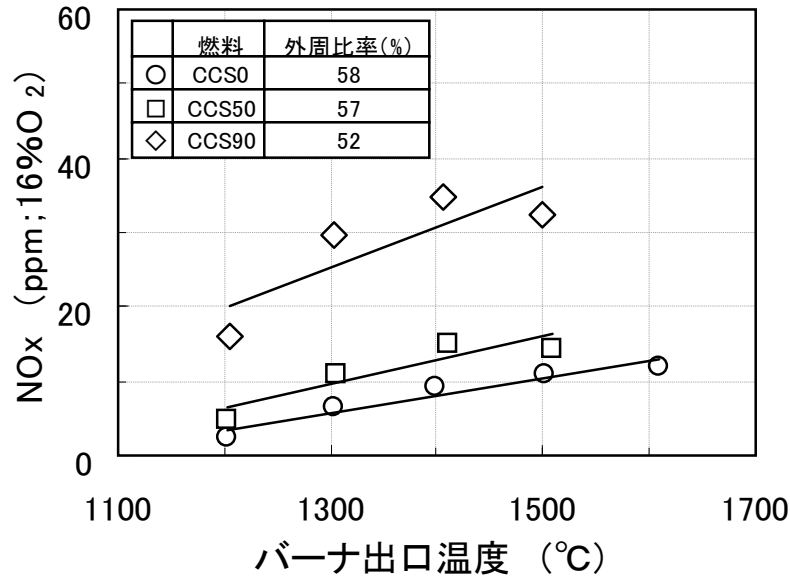
CCS		0%	50%	90%
H ₂	Vol. %	27	58	84
CO	Vol. %	60	31	5
CH ₄	Vol. %	1	1	1
不活性ガス	Vol. %	13	11	11
LHV	MJ/m ³ N	11	11	10

Case 1～Case 4におけるNOx排出特性と燃焼効率の試験結果を図Ⅲ2-2-8～図Ⅲ2-2-11に示す。図中に示す外周比率は、それぞれの燃料に対して、燃焼騒音の発生などがなく安定に燃焼した最大の外周燃料比率を示す。大気圧燃焼試験では、バーナー出口温度1500℃の条件で燃焼騒音の発生などがなく安定に燃焼した最大の外周燃料比率を調べ、その外周燃料比率を保ってバーナー出口温度を変化させた。

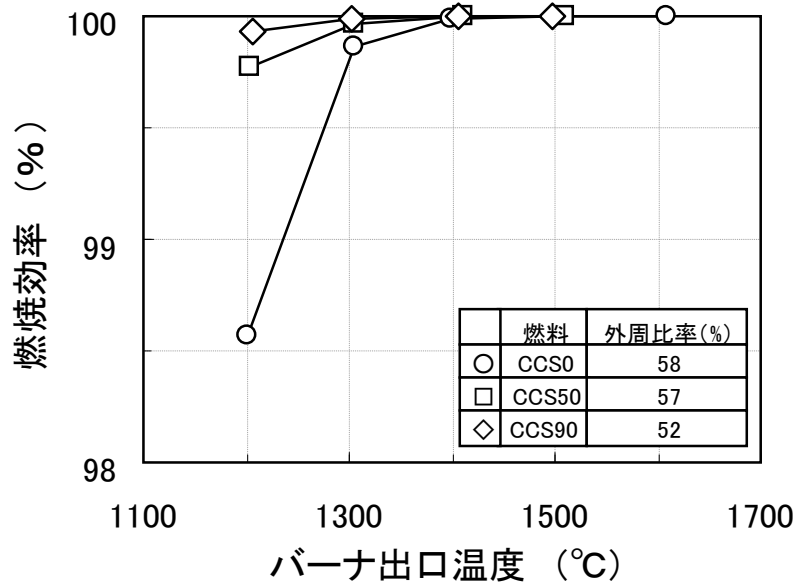
1) 試験結果(Case 1)

図Ⅲ2-2-8に、空気孔プレート Type A と噴孔径φ3.0の燃料ノズルを組み合わせたCase 1のバーナーのNOx排出特性と燃焼効率を示す。Case 1のバーナーにおいては、燃焼騒音の発生などがなく安定に燃焼した最大の外周燃料比率は、CCS 0%で58%、50%で57%、90%で52%であった。まず、図Ⅲ2-2-8(a)のNOx排出特性について説明する。図中の縦軸は計測したNOx排出濃度を酸素濃度16%に換算した値である。CCS 0%、50%、90%のいずれの燃料も、バーナー出口温度が高くなるにつれてNOx排出濃度は増加する傾向を示す。CO₂分離回収率の違いによるNOx排出濃度を比較すると、バーナー出口温度1500℃の条件において、CCS 0%で11ppm、30%で16ppm、90%で32ppmとなり、CO₂分離回収率の増加、すなわち水素濃度の増加によって、NOx排出濃度が増加することを確認した。また、CO₂分離回収率0%～90%の燃料を同一のバーナー構造で安定燃焼が可能であることを確認した。

次に、図Ⅲ2-2-8(b)にCase 1のバーナーの燃焼効率を示す。燃焼効率とは、燃焼器に供給した入熱量に対する、実際に燃焼に使われた有効熱量の割合である。いずれの燃料もバーナー出口温度の低下に伴い、燃焼効率は低下する傾向を示す。また、燃料中の水素濃度の低下に伴い燃焼効率は低下する傾向を示すが、試験に供した最も低いバーナー出口温度1200℃の条件においても燃焼効率は98.5%以上であり、火炎の吹き消えや圧力変動などの現象は発生せず安定に燃焼した。



(a) NO_x 排出特性



(b) 燃焼効率

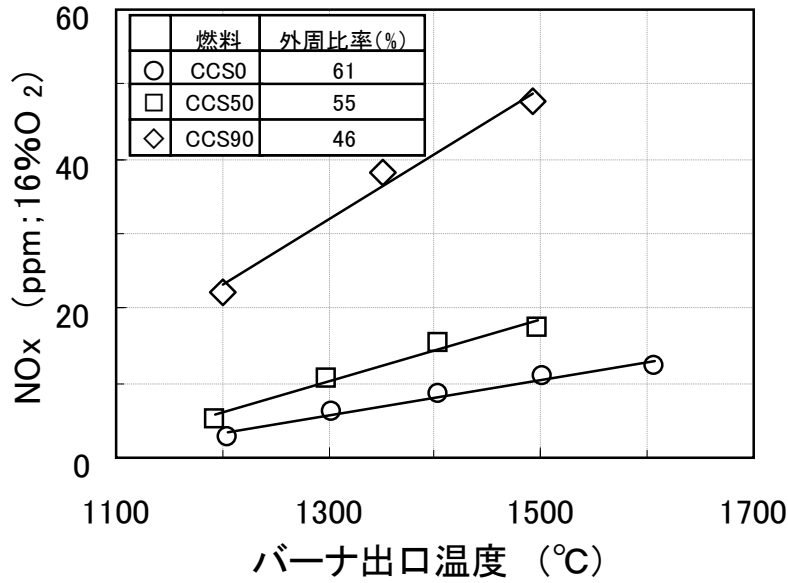
図Ⅲ2-2-8 大気圧燃焼試験結果 (Case 1)

2) 試験結果 (Case 2)

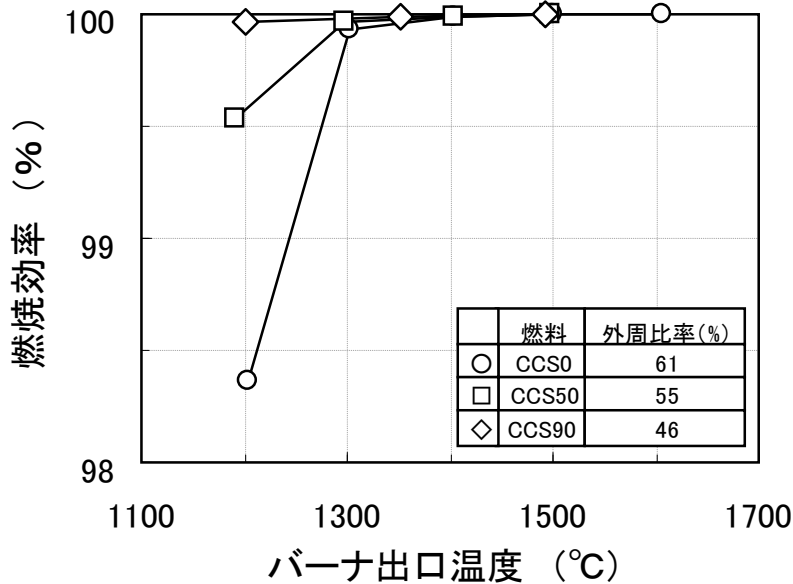
図Ⅲ2-2-9 に、空気孔プレート Type B と噴孔径 $\phi 3.0$ の燃料ノズルを組み合わせた Case 2 のバーナーの NO_x 排出特性と燃焼効率を示す。Case 2 のバーナーにおいては、安定に燃焼した最大の外周燃料比率は、CCS 0%で 61%、50%で 55%、90%で 46%であった。

図Ⅲ2-2-9(a)の NO_x 排出特性より、Case 2 の場合も Case 1 と同様にバーナー出口温度が高くなるにつれて NO_x 排出濃度は増加する傾向を示す。特に、水素濃度の高い CCS90%での NO_x 排出濃度の増加が顕著である。

次に、Case 2 のバーナーの燃焼効率を図Ⅲ2-2-9(b)に示す。いずれの燃料もバーナー出口温度の低下に伴い燃焼効率は低下する傾向を示す。試験に供した最も低いバーナー出口温度 1200°Cの条件で、特に CCS 0%において燃焼効率が 98.4%と低下するが、火炎の吹き消えや圧力変動などの現象は発生せず安定に燃焼した。



(a) NOx 排出特性



(b) 燃焼効率

図Ⅲ2-2-9 大気圧燃焼試験結果 (Case 2)

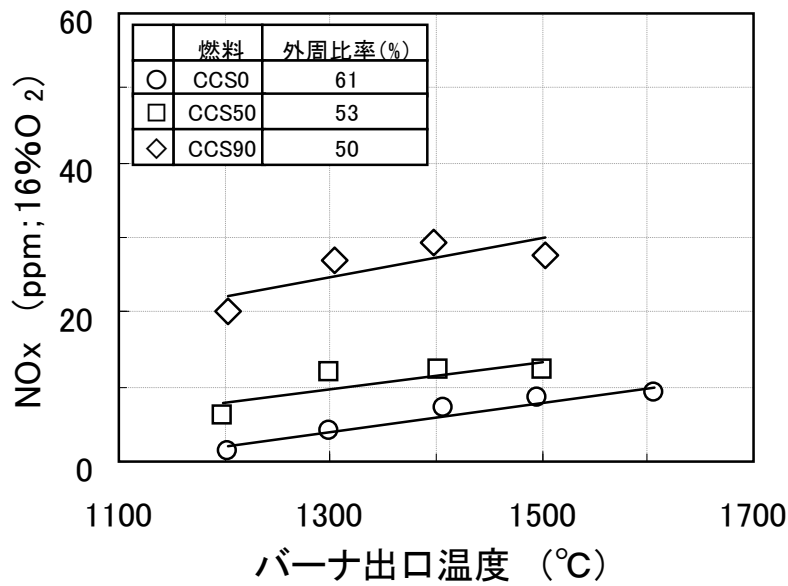
3) 試験結果 (Case 3)

図Ⅲ2-2-10 に空気孔プレート Type C と噴孔径 $\phi 3.0$ の燃料ノズルを組み合わせさせた Case 3 のバーナーの NOx 排出特性と燃焼効率を示す。Case 3 のバーナーにおいては、安定に燃焼した最大の外周燃料比率は、CCS 0%で 61%、50%で 53%、90%で 50%であった。

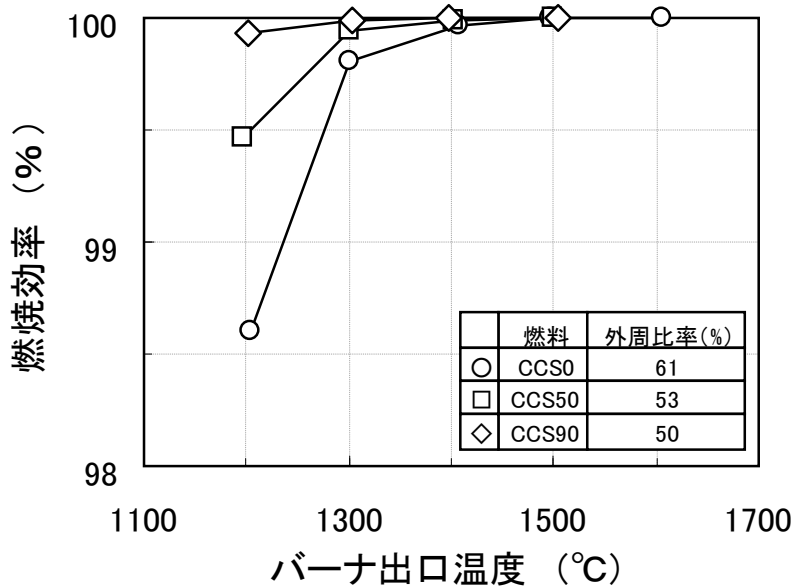
図Ⅲ2-2-10(a)の NOx 排出特性より、いずれの燃料もバーナー出口温度の増加に伴い、NOx 排出濃度は増加する傾向を示す。Case 1, 2 と比べて空気孔旋回角が小さい Case 3 のバーナーは NOx 排出濃度が低くなる傾向にある。特に、CCS90%でのバーナー出口温度 1500°Cの NOx 排出濃度は 28ppm であり、Case 2 の 48ppm (図Ⅲ-2.9(a)) や、Case 1 の 32ppm (図Ⅲ-2.8(a)) に比べ低くなり、水素濃度の高い CCS90%でその影響は顕著である。

次に、Case 3 のバーナーの燃焼効率を図Ⅲ2-2-10(b)に示す。いずれの燃料もバーナー出口温度の低下に伴い、燃焼効率は低下する傾向を示す。試験に供した最も低いバーナー出口温度 1200°C条件では、燃料中の水素濃度が低い CCS 0%での燃焼効率が 98.6%と低下したが、いず

れの条件でも火炎の吹き消えや圧力変動などの現象は発生せずでも安定に燃焼した。



(a) NOx 排出特性



(b) 燃焼効率

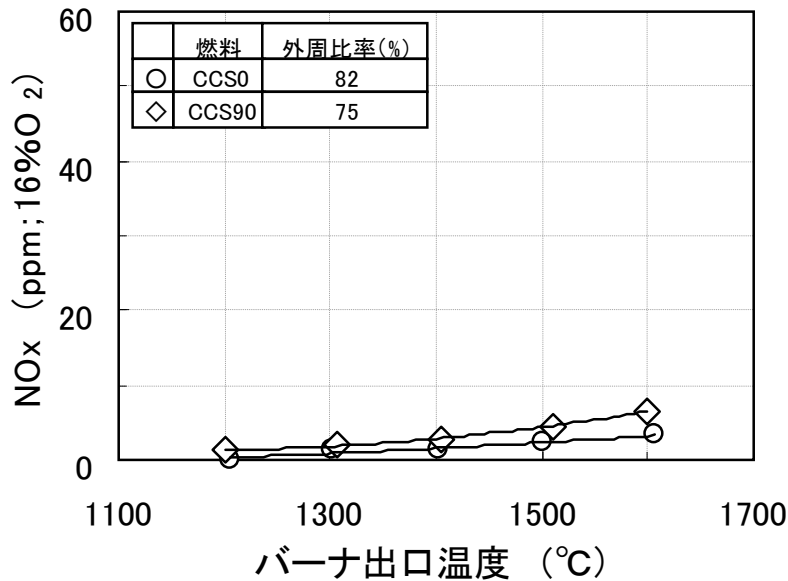
図Ⅲ2-2-10 大気圧燃焼試験結果(Case 3)

4) 試験結果(Case 4)

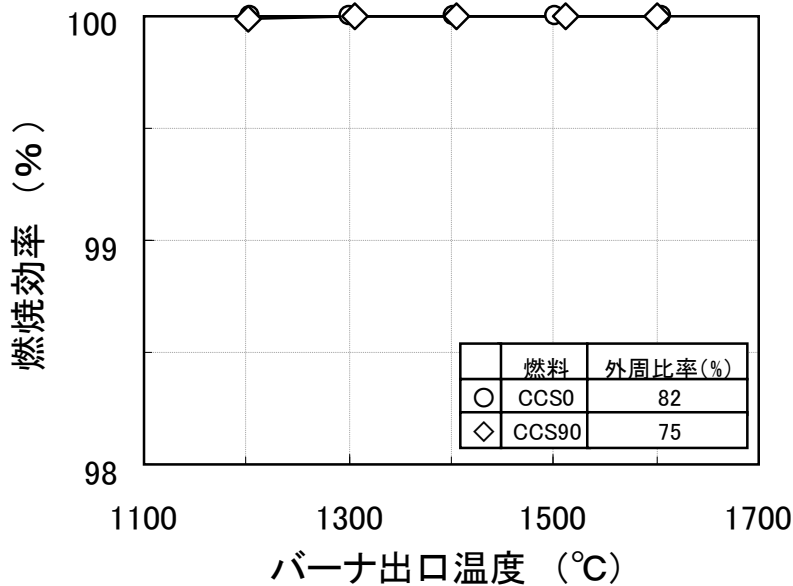
図Ⅲ2-2-11 に、空気孔プレート Type B と噴孔径 $\phi 1.5$ の燃料ノズルを組み合わせた Case 4 のバーナーの NOx 排出特性と燃焼効率を示す。Case 4 のバーナーは燃料ノズルの噴孔径を $\phi 3.0$ から $\phi 1.5$ に変更したもので、燃料噴出流速を増加させたときの燃焼特性について検討した。Case 4 のバーナーにおいては、安定に燃焼した最大の外周燃料比率は、CCS 0%で 82%、90%で 75%であった。図Ⅲ2-2-11(a)に示すように、実施した試験範囲内において、Case 4 の NOx 排出濃度は Case 1~3 に比べて低下し、CCS 0%および 90%においても NOx 排出濃度が 10ppm 以下となることを確認した。

一方、燃焼効率は図Ⅲ2-2-11(b)に示すように、バーナー出口温度 1200°Cから 1600°Cの範囲において、ほぼ 100%の結果が得られた。

燃料噴孔径をφ3.0からφ1.5に変更することで、広範囲な条件での低NO_x化と安定燃焼が達成できることを確認した。



(a) NO_x 排出特性



(b) 燃焼効率

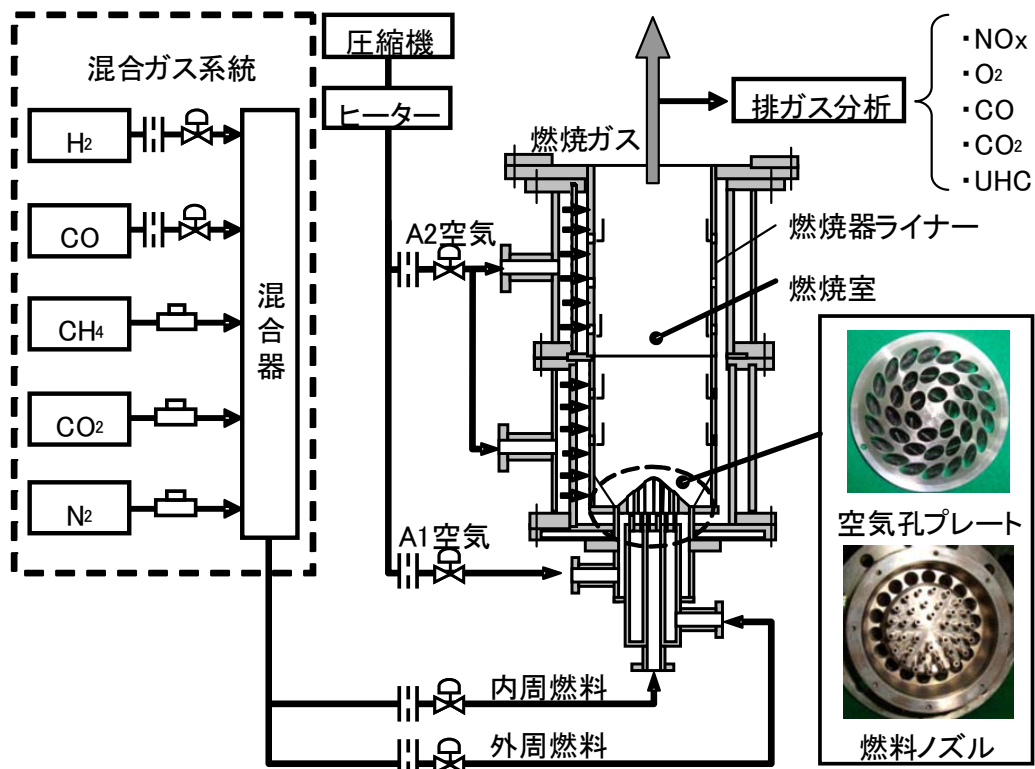
図Ⅲ2-2-11 大気圧燃焼試験結果 (Case 4)

以上、平成20年度に実施した大気圧燃焼試験結果より、以下の成果を得た。

- 1) CCS 0%~90%範囲の燃料(水素濃度 27%~84%)に対し、火炎がバーナー構造物に接近することなく、低NO_xで安定燃焼するバーナー構造を見出した。
- 2) 燃焼安定性は燃料噴出流速にも依存し、高流速のφ1.5の燃料ノズルを用いると、広範囲な条件で安定燃焼が可能となり、NO_x排出濃度が10ppm以下となることを確認した。
- 3) バーナー出口温度1200°C条件において、98.4%以上の燃焼効率を確保できることを確認した。また、いずれのバーナーもバーナー出口温度1200°Cの条件で火炎の吹き消えや燃焼騒音の発生などの不安定燃焼は発生せず、安定燃焼することを確認した。

平成 20 年度の成果を踏まえ、平成 21 年度にはさらに安定燃焼範囲を拡大することや、より NO_x 排出濃度の低減を可能とする構造を見出すことを目的に、クラスタバーナーの空気孔プレートの形状や、半径方向の空気孔径変化の影響について検討した。具体的には、燃焼騒音の発生などがなく、安定に燃焼する最大外周燃料比率をより拡大することを指標とし、クラスタバーナーの中央部を、凸型に燃焼室に向けて突出させた形状について検討した。また、同形状を持つクラスタバーナーの空気孔径を、半径方向に変化させ、燃焼特性を検討した。

図Ⅲ2-2-12 に、本試験で使用した大気圧要素試験装置を示す。本試験装置は図Ⅲ2-2-6 に示す平成 20 年度に使用した試験装置とほぼ同一であり、クラスタバーナーの形状のみが異なるものである。試験装置には燃料となる水素、一酸化炭素、メタン、二酸化炭素、および窒素を供給でき、各々のガス系統に備えた流量調整弁で各成分の流量を調整することで燃料組成の調整が可能である。混合器の下流には、オリフィス流量計と流量調節弁を 2 系統備えており、各々の流量を調整することで、バーナーの第 1 列空気孔に供給する燃料（内周燃料）、および第 2、3 列空気孔へ供給する燃料（外周燃料）の流量配分を調整できる。燃焼に必要な空気は圧縮機より供給され、供給配管の途中に設けたヒーターによって空気を加熱できる。バーナーへ供給する空気は A1 系統より、また燃焼器ライナーの冷却空気は A2 系統より供給した。排ガス分析については、燃焼室の下流位置で燃焼ガスを採取し、NO_x、酸素(O₂)、一酸化炭素(CO)、二酸化炭素(CO₂)、未燃炭化水素(Unburned Hydrocarbon, UHC)を計測した。



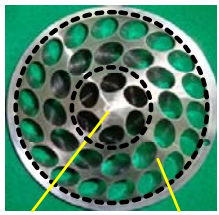



図Ⅲ2-2-12 大気圧燃焼試験装置(平成 21 年度)

図Ⅲ2-2-13 に、平成 21 年度に実施した大気圧燃焼試験に用いたクラスタバーナーの試験品形状および特徴を示す。空気孔プレート Type-A は、平成 20 年度に使用したものと同一形状の平板型であり、空気孔径はすべて同一である。空気孔プレート Type-0 は、中央部を燃焼室側に突出させた凸型形状であり、空気孔径は Type-A と同じである。一方、空気孔プレート Type-P は、空気孔形状が Type-0 と同じ凸型であるが、半径方向に対して空気孔径を変化させている。燃料ノズルは、いずれのケースも噴孔径 3.0mm のものを使用した。

表Ⅲ2-2-4 に、平成 21 年度に実施した大気圧燃焼試験の試験条件を示す。燃焼器内圧は大気

圧であり、バーナー出口温度は 1500℃である。燃料は CCS 0%の試験用燃料を使用した。平成 21 年度は特に外周燃料比率について、より詳細に検討するため、バーナー出口温度を固定して外周燃料比率を変化させ、安定燃焼が可能な最大外周燃料比率の特定と、その際の NOx 排出濃度の評価に注力した。

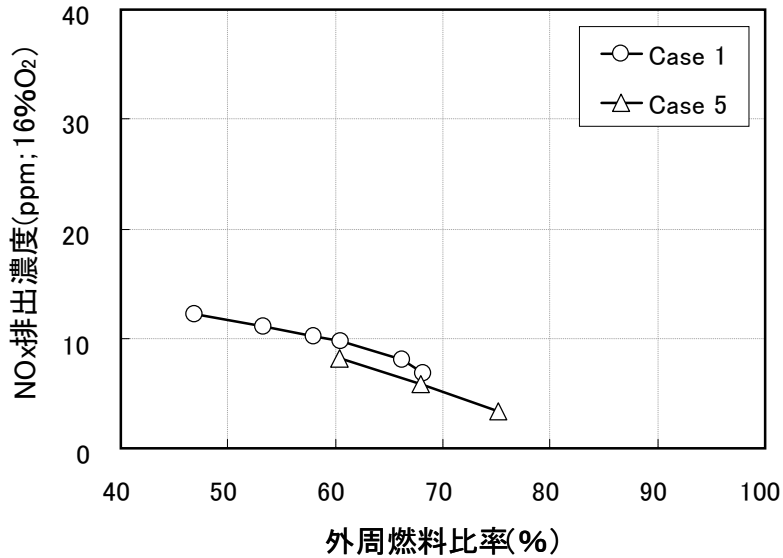
	Case 1	Case 5	Case 6
空気孔プレート	<p>Type-A</p>  <p>第1列 第2列 第3列</p> <p>【特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気孔プレート形状: 平板型 ・空気孔径: 同一 	<p>Type-O</p>  <p>【特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気孔プレート形状: 凸型 ・空気孔径: 同一 	<p>Type-P</p>  <p>内周燃料 外周燃料</p> <p>【特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気孔プレート形状: 凸型 ・空気孔径: 半径方向に変化
燃料ノズル	 <p>噴孔径φ3.0</p>		

図Ⅲ2-2-13 平成 21 年度大気圧燃焼試験クラスタバーナー試験品

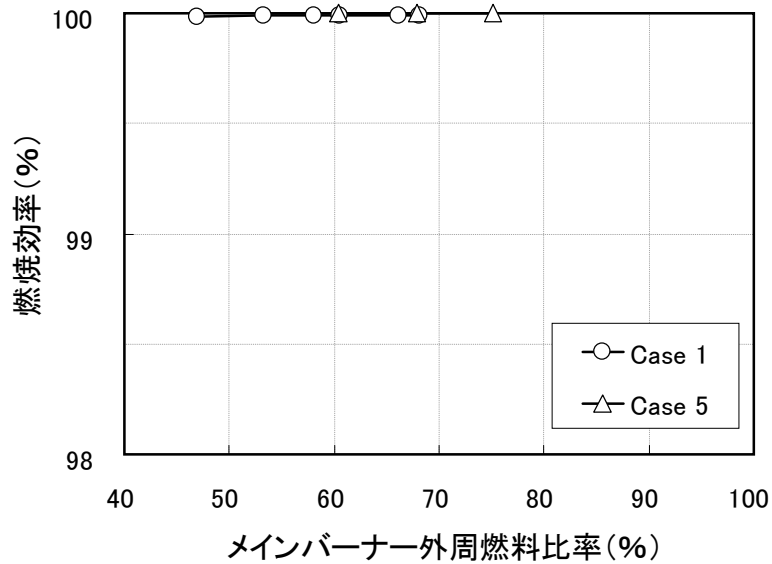
表Ⅲ2-2-4 大気圧要素試験条件

項目	単位	CCS 0%	
空気流量	Nm ³ /h	157 (Case 7 : 170)	
空気温度	℃	350	
燃焼器内圧	MPa	0.1013	
バーナー出口温度	℃	1500	
燃料性状	水素 (H ₂)	vol. %	40
	メタン (CH ₄)	vol. %	18
	窒素 (N ₂)	vol. %	42
	低位発熱量	MJ/Nm ³	11

まず、NOx 排出濃度の低減に対する空気孔プレート形状の効果を検討する。図Ⅲ2-2-14 に、空気孔プレート Type-A と噴孔径φ3.0の燃料ノズルを組み合わせた Case 1 のバーナーと、空気孔プレート Type-O と噴孔径φ3.0の燃料ノズルを組み合わせた Case 5 のバーナーについて、NOx 排出濃度と燃焼効率を示す。安定燃焼が可能な最大外周燃料比率は、Case 1 のバーナーで 68%、Case 5 のバーナーで 75%であり、空気孔プレートの中央部を燃焼室側に突出させた形状の Case 5 のバーナーの方が、最大外周燃料比率が高くなる。最大外周燃料比率における NOx 排出濃度は、Case 1 が 7ppm、Case 5 が 3ppm となり、Case 5 の方が、NOx 排出濃度が低くなる。また、同一の外周燃料比率で比較した場合でも、Case 5 のバーナーの NOx 排出濃度は、Case 1 のバーナーの NOx 排出濃度を下回っている。したがって、空気孔プレート形状を凸型にすることは、NOx 排出濃度の低減に有効である。燃焼効率はどちらの空気孔プレートも 99.9%以上あり、燃焼安定性は良好である。



(a) NO_x 排出特性

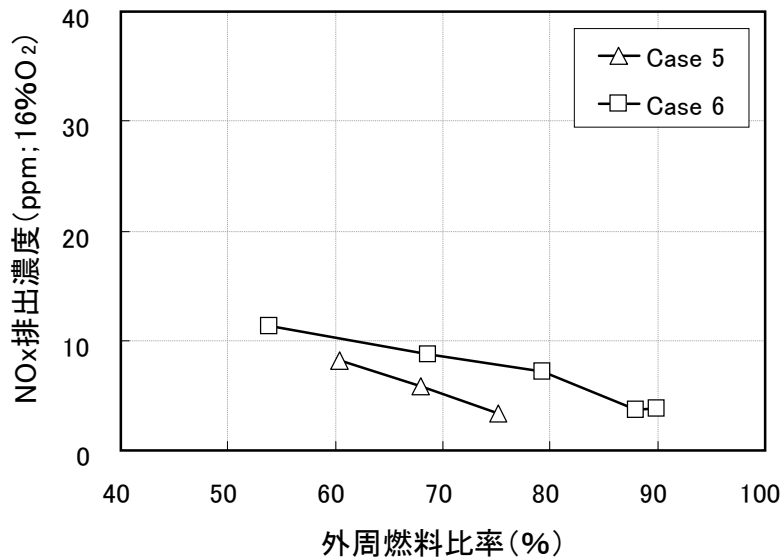


(b) 燃焼効率

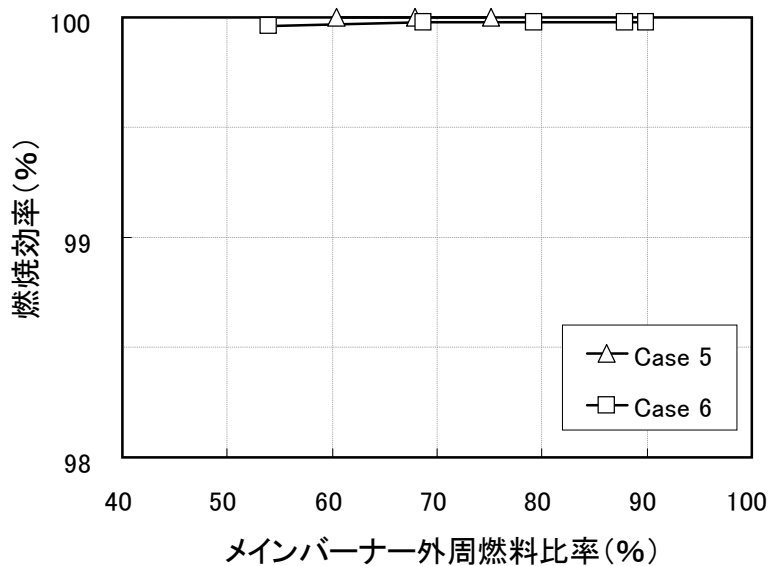
図Ⅲ2-2-14 大気圧燃焼試験結果 (Case 1,5 比較)

次に、バーナーの半径方向に対して空気孔径を変化させた効果を検討する。図Ⅲ2-2-15 に空気孔プレート Type-0 と噴孔径 $\phi 3.0$ の燃料ノズルを組み合わせた Case 5 のバーナーと、空気孔プレート Type-P と噴孔径 $\phi 3.0$ の燃料ノズルを組み合わせた Case 6 のバーナーについて、NO_x 排出濃度と燃焼効率を示す。安定燃焼が可能な最大外周燃料比率は、Case 5 のバーナーで 75%、Case 6 のバーナーで 90% であり、空気孔径を変化させた Case 6 のバーナーの方が最大外周燃料比率が高くなる。最大外周燃料比率における NO_x 排出濃度は、Case 5 が 3ppm、Case 6 が 4ppm となり、空気孔径を変化させた Case 6 の方が NO_x 排出濃度が高く、同一の外周燃料比率で比較した場合でも Case 6 の方が NO_x 排出濃度が高い。これは Case 6 のバーナーのように空気孔径を変化させた場合には、バーナーの火炎位置において得られる混合気の均一度が低下し、NO_x 排出濃度が増加したものと考えられる。但し、安定燃焼範囲の拡大効果は顕著であり、最大外周燃料比率が 68% に留まる Case 1 のバーナーと比較すると NO_x 排出濃度は低い。また、空気孔径を変化させた Case 6 のバーナーにおいても、燃焼効率は 99.9% 以上を保っており、燃焼安定性は良好である。したがって、空気孔径を半径方向に変化させることは、安定燃焼範囲の拡大に有効である。今後は、低 NO_x 燃焼性能を損なわない範囲で安定燃焼範囲を拡大できるよう

最適化を図り、さらなる低 NO_x 化と安定燃焼範囲の拡大に努める。



(a) NO_x 排出特性



(b) 燃焼効率

図 III 2-2-15 大気圧燃焼試験結果 (Case 5,6 比較)

(3) クラスタバーナーの乱流燃焼解析

大気圧および中圧燃焼試験では、火炎内部の状況の把握が困難であることから、開発を加速するために水素を含む多成分燃料に対応した乱流燃焼解析ツールを開発し、乱流燃焼解析を実施した。乱流燃焼解析により得られる燃焼場の情報は、クラスタバーナーの構造検討にとって有用である。しかし、クラスタバーナーの燃焼形態には、予混合燃焼と拡散燃焼が混在するため、その解析には両方の燃焼形態に燃焼モデルの切り替えなく適用できる燃焼モデルが必要である。

また、本研究で対象としている燃料は、水素を主成分とする多成分燃料であり、複数の可燃成分が複雑な経路で酸化反応に関与する。特に、水素に関しては、高温の火炎が未燃混合気側に侵入する箇所に水素が選択的に拡散し、燃焼反応が進行する選択拡散と呼ばれる現象が起きるため、従来の乱流燃焼解析では取り扱うことが極めて困難であった。そのため、本研究では、上記のように水素を主成分とする多成分燃料について、予混合燃焼と拡散燃焼が混在する燃焼形態の火炎に適用可能な乱流燃焼モデルを開発した。

本解析では、火炎帯の反応進行度分布を双曲正接関数で表現した予混合燃焼モデルを拡散燃焼に拡張することで、予混合燃焼から拡散燃焼に燃焼モデルの切り替えなく適用できる統一的燃焼モデルを開発した。このモデルでは、反応経路に関しては詳細な計算を行わず、火炎帯の反応進行度分布を双曲正接関数で表現している。このため、多成分燃料に対しても多成分燃料が全体として形成する火炎帯の厚みと、多成分燃料全体の燃焼速度を求めれば、多成分燃料に拡張することができる。また、水素の選択拡散効果に関しては、火炎形状の変化を考慮し、水素が選択的に拡散することで加速する分の反応進行度を近似することで、上記のモデルに選択拡散効果を導入することが可能となる。

平成 20 年度には、水素を含む多成分燃料について基礎的な火炎に適用してモデルの妥当性を検討し、平成 21 年度からクラスタバーナーの大気圧要素試験と同様の体系における乱流燃焼解析に着手した。解析対象は、平板型空気孔プレート Type-A と噴孔径 $\phi 1.5$ の燃料ノズルを組み合わせた Case 4、および凸型空気孔プレート Type-0 と噴孔径 $\phi 3.0$ の燃料ノズルを組み合わせた Case 5 のクラスタバーナーであり、両者の比較により空気孔プレート形状の影響を調べた。解析条件は、CCS30%に対応する燃料を使用し、バーナー出口ガス温度が 1500°C 、メインバーナー外周燃料比率が 83.3%である。その結果、円錐状の火炎の形成される様子や燃料の違いによる火炎形状の変化など、実験結果の定性的な傾向を再現できることを確認した。

図 III 2-2-16 に Case 4 と Case 5 の燃焼ガス温度分布を示す。本解析結果より、どちらのバーナーにおいても円錐状の火炎が形成されており、定性的な傾向は再現できている。また、両者を比べると Case 4 に比べて Case 5 の方が、バーナー外周部の高温ガス領域が縮小している。これは凸型形状によりバーナー外周部の流動が変化したことによるものであり、高温ガス領域が縮小することで NO_x 排出濃度は低減すると考える。今後は、解析結果を実験結果と比較し、ツールの妥当性をさらに検討し改良を加える。

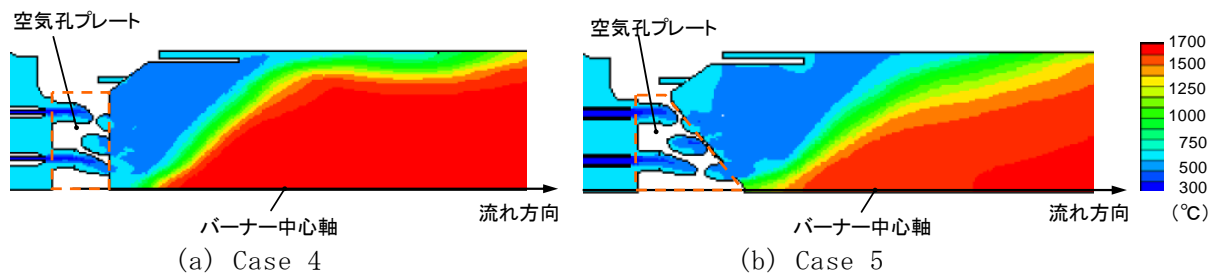


図 III 2-2-16 燃焼ガス温度分布
(燃料: CCS30%, バーナー出口ガス温度: 1500°C , メインバーナー外周燃料比率: 83.3%)

IV. 実用化の見通しについて

IV-1. CO₂回収型次世代IGCC技術開発

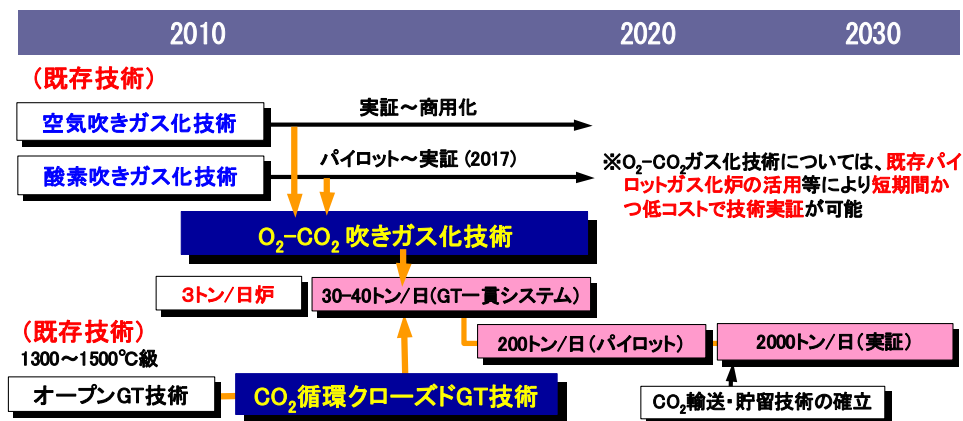
1. 成果実用化の見通し

本提案システムの実用化に向けた開発ステップを図IV1-1-1に示す。本システムは、「O₂-CO₂ガ吹きガス化技術」および「CO₂循環クローズドGT技術」の二つの中核技術から成る。これらの技術は、下記に示すように一から開発が必要な新技術ではなく、これまでの知見を活用できるため、効率的開発ならびに研究の加速化が可能である。

- ・ O₂-CO₂ガス化技術については、我が国の空気吹きガス化炉および酸素吹きガス化炉開発で培った技術の活用が可能である。特に、既存パイロットガス化炉の活用等により短期間かつ低コストで技術実証が可能と考えられる。
- ・ CO₂循環クローズドGT技術や再生熱交換器の開発は、既往のWENETやAHAT、1700℃級GT開発における知見を有効活用することにより、効率的な開発が可能となる。
- ・ さらに、数十トン級ガス化炉とクローズドGT一貫システムによるベンチプラントで成立性の確認、技術課題の抽出を行うことで、2020-2030年頃のパイロットプラントおよび実証プラント開発へのスムーズな展開が可能になるものと考えられる。
- ・ なお、本技術の開発に当たっては、従前より電中研と大学が一体化した開発体制により推進しており、これにより高度な基盤技術に裏付けられた確度の高い着実な研究開発が可能と考えられる。

波及効果としては、現状のCO₂回収型火力発電における「高コスト」、「送電端効率の低下」などの課題を解決できれば、CO₂を大幅に低減する画期的な将来オプションの一つを提供できる可能性があり、次世代の革新的IGCCとして、アジア地域への展開を含め、大きな技術的・経済的インパクトを与えると考えられる。具体的な効果例を以下に示す。

- ・ 本システム採用による石炭燃料の削減効果：
従来検討されているIGCC+CO₂回収方式と比べ、石炭量24%の削減、約35億円/年の削減（出力100万kW、石炭価格6100円/トン、利用率70%）
- ・ 本システム採用によるCO₂削減効果：
従来検討されているIGCC（回収無し）に比べ、484万t-CO₂/年の削減（出力100万kW、利用率70%）

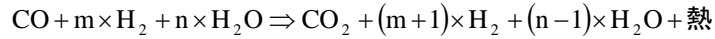


図IV1-1-1 実用化に向けた開発ステップ

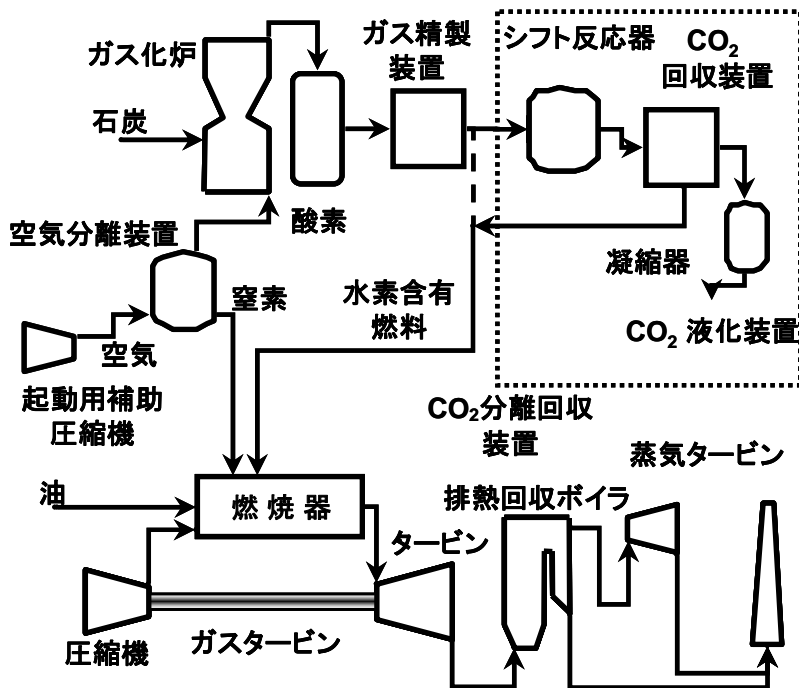
IV-2. 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NO_x 技術開発

1. 実用化の見通し

高効率ゼロエミッション石炭火力発電として有望な酸素吹き IGCC に燃焼前回収法を組み合わせた方式の CCS-IGCC プラントの概略構成を図IV2-1-1 に示す。一般に、石炭ガス化ガスは、水素(H₂)と一酸化炭素(CO)を主成分とするガスであり、ゼロエミッション石炭火力発電を実現するため石炭ガスから炭素分を除去するには、石炭ガス化ガスに水蒸気を添加し触媒などを用いて下記の化学式に示すシフト反応を行わせ、CO を H₂ と CO₂ に転換した後に CO₂ を回収・貯留する。



石炭ガス化ガスからの CO₂ 回収・貯留は、圧力が高く体積流量が少ない状態で、かつ燃焼に關与する空気中の窒素などが混在しない炭素分濃度が高い状態で炭素分を回収・貯留する燃焼前回収方式が、設備がコンパクトになり所要エネルギーおよび補機類も少なくできるため、CO₂ 回収・貯留に伴う送電端効率の低下を小さくできる利点がある。さらに、燃焼前回収方式であってもガス化炉に用いる酸化剤が空気である場合には、ガス化の過程で空気中の窒素(N₂)が大量に石炭ガス化ガス中に含まれることになり、CO₂ を回収・貯留する対象の石炭ガス化ガス中の CO₂ 濃度が低くなるため、CO₂ 回収効率が低下する懸念がある。したがって、高効率ゼロエミッション石炭火力発電プラントとしては、酸素吹きガス化炉と燃焼前回収方式を組み合わせた方式の CCS-IGCC プラントが有望と考えられている。このような CCS-IGCC プラントでは CO₂ 回収率に応じて水素濃度が幅広く変化する高水素濃度燃料がガスタービンに供給される。



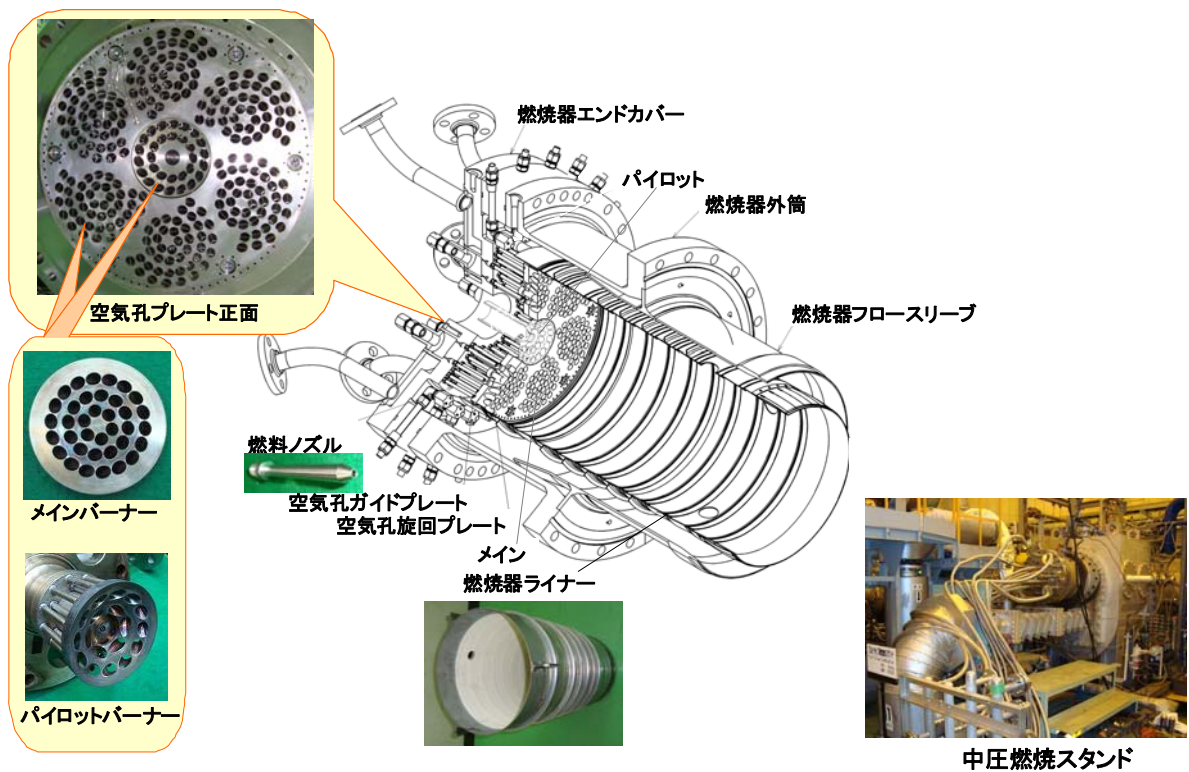
図IV2-1-1 燃焼前 CO₂ 分離・回収付き酸素吹き IGCC プラントの概要

水素は発火しやすく燃焼速度が速いため、予混合燃焼方式の燃焼器で高水素濃度燃料を燃焼させた場合、燃焼室内にある火炎が予混合器流路内に逆流したり、予混合器内で自発火する可能性が高くなったりするため、燃焼器の信頼性が低下する恐れがある。また、火炎の逆流や自発火は燃料の燃焼速度や着火性に依存するため、CO₂回収率の変化に対応して燃料の水素濃度が変化するとこれらの現象を防止できる条件が変化する。

一方、拡散燃焼方式の燃焼器では、高水素濃度燃料の安定燃焼は可能であるが、燃焼室内で最も燃焼しやすい混合気が形成された位置で燃焼反応が起きるため、局所の火炎温度が高くなり窒素酸化物（NO_x）の排出濃度が増加する。このため、環境規制を満足するには窒素、あるいは水や蒸気を燃焼器に噴射して局所の火炎温度を低下させ、NO_x 排出濃度を低減する必要がある。そのため、拡散燃焼方式では、不活性媒体の噴射に伴う発電効率の低下や噴射設備の初期コストおよびプラントランニングコストの上昇という課題が生じる。

したがって、高効率ゼロエミッション石炭火力発電として CCS-IGCC プラントを実現するには、プラントのキー構成要素であるガスタービンの安定した高効率稼動を保証するため、本研究で開発する低 NO_x 燃焼技術が必要となる。

図IV2-1-2に本研究で開発する低 NO_x 燃焼技術を適用し、実際のガスタービンに搭載する CCS-IGCC 用ドライ低 NO_x 燃焼器の構造を示す。図IV2-1-2に示すドライ低 NO_x 燃焼器は、現在中圧燃焼試験に供している縮小サイズマルチクラスターバーナー形式低 NO_x 燃焼器とともに並行し中圧試験を進め、低 NO_x 燃焼性能の実証に供していく予定である。



図IV2-1-2 CCS-IGCC 用ドライ低 NO_x 燃焼器構造図

表IV2-1-1 に、本研究の大工程および各年度における目標を示す。技術開発に着手した平成 20 年度には、目標である大気圧要素試験における NOx 排出濃度 10ppm 以下を達成し、現在(平成 22 年度 6 月)中間目標である中圧実寸条件における NOx 排出濃度 10ppm 以下達成に向け中圧燃焼試験に注力している。

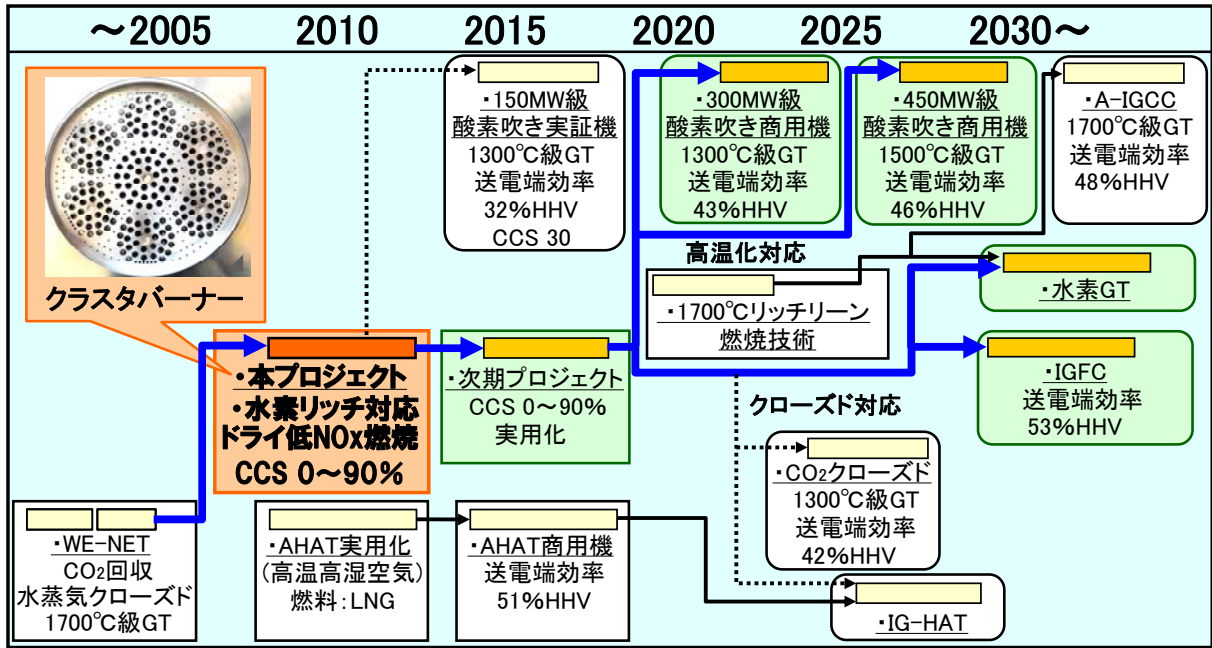
図IV2-1-3 に、本技術開発『石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発』のロードマップを示す。本技術開発の核をなす多孔同軸噴流バーナー(クラスタバーナー)は、大型プロジェクト『水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術(WE-NET)』計画と、その後継プロジェクトである『二酸化炭素回収対応クローズド型高効率ガスタービン技術』の下で、酸素を酸化剤とする高温燃焼用バーナーとして開発された技術を、ガス燃料焚きガスタービン用低 NOx 燃焼器用バーナーに展開したものである。このため、将来型の高効率ゼロエミッション石炭火力発電として期待される CO₂ クローズド型ガスタービンなどとの親和性も高く、広く展開可能な基盤技術となりうる。本研究を確実に遂行し、さらにより実用化に焦点を置く次期プロジェクトを通して高水素濃度対応低 NOx 技術を完成させることで、CO₂ 回収により高水素濃度となる燃料に対してもガスタービンの安定な高効率稼働を実現し、早期に高効率ゼロエミッション石炭火力発電としての大規模 CCS-IGCC が実現できる。

図IV2-1-4 に、本開発技術の対象 CO₂ 回収率および水素濃度を、海外の同様な CCS-IGCC プロジェクトにおける対象 CO₂ 回収率および水素濃度と比較して示す。本開発技術は、世界最高水準の CO₂ 回収率および水素濃度に対応しており、発火しやすく燃焼速度が速い燃料である水素が高濃度で含有される燃料に対し、液化天然ガス(LNG)焚きガスタービンと同等の低 NOx 燃焼を目標とする本開発は意義が大きい。また、CO₂ 回収率の変化に対応して大きく燃料の水素濃度が変化しても同一の構造で対応できるドライ低 NOx 燃焼器は類例がなく、研究開発の意義が大きいものとする。

図IV1-1-5 に、燃料中の水素濃度と質量当たり低位発熱量で各種の水素含有燃料を整理して示す。本開発技術の対象とする燃料は、製油所などの化学プラントで発生する副生ガスや製鉄所で発生するコークス炉ガス(COG)などと同等の水素濃度と質量当たり発熱量を有している。本開発技術をこれらの燃料に対して展開することで、従来は必ずしも有効に活用されていなかった副生ガスや COG などの水素含有燃料に対して、不活性媒体を噴射せずに高効率に活用することができ未利用資源の有効活用が期待できる。また、これらの単位エネルギー当たりの CO₂ 発生量が少ない水素含有燃料を積極的に利用できることで、来るべき低炭素社会の早期実現に寄与できる。

表IV2-1-1 『石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発』工程および目標

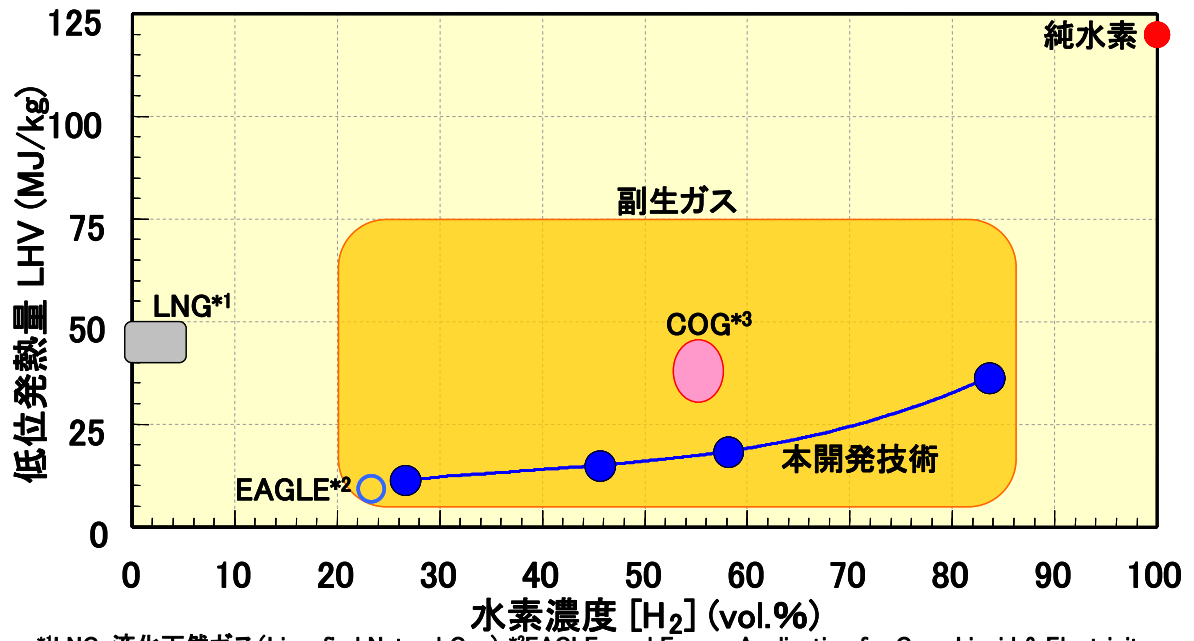
研究開発項目	08 (H20)	09 (H21)	10 (H22)	11 (H23)	12 (H24)
1.燃焼器の開発	バーナー基本構造の検討完了				
1-1.クラスタバーナー構造の最適化	NOx10ppm以下の見通し (中圧試験)			部分負荷運用性の検討	
1-2. マルチクラスタバーナーの検討					
2.燃焼試験設備の製作・改造					
3.乱流燃焼解析及びシステム評価					
4. 総合評価	NOx10ppm以下の実証			部分負荷～定格の 総合評価	
4-1.燃焼性能(定格負荷)					
4-2.燃焼特性(部分負荷)					
数値目標	大気圧要素 NOx<10ppm (@16%O ₂)	中圧・実寸 NOx<10ppm (@16%O ₂)		実圧・実寸 ・NOx<10ppm (@定格負荷) ・燃焼効率 η a) η > 99% (@運用負荷) b) η > 99.9% (@定格負荷)	



図IV2-1-3 『石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発』のロードマップ

酸素吹き CCS-IGCC (本研究)	CO ₂ 回収率 (%)	0 30 50 90
	H ₂ 濃度 (vol.%)	27 45 58 84
Energy Policy for Europe (欧州)	CO ₂ 回収率 (%)	0 90
	H ₂ 濃度 (vol.%)	27 84
Future Gen (米国)	CO ₂ 回収率 (%)	0 60
	H ₂ 濃度 (vol.%)	27 57

図IV2-1-4 本開発技術の対象 CO₂ 回収率・水素濃度と海外 CCS-IGCC プロジェクトの比較



*1LNG: 液化天然ガス(Liquefied Natural Gas) *2EAGLE: coal Energy Application for Gas, Liquid & Electricity
 *3COG: コークス炉ガス(Coke Oven Gas)

図IV1-1-5 本開発技術の水素濃度・低位発熱量と各種水素含有燃料の比較

抜粋

イノベーションプログラム 基本計画

平成21年4月
経 済 産 業 省

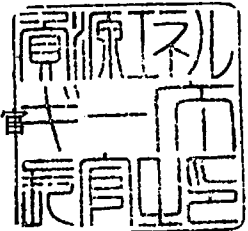
経済産業省

平成21・03・26産局第1号
平成21年4月1日

経済産業省産業技術環境局長



経済産業省資源エネルギー庁長官



エネルギーイノベーションプログラム基本計画の制定について

上記の件について、イノベーションプログラム実施要領（平成16・07・27産局第1号）第4条第1項の規定に基づき、別添のとおり制定する。

エネルギーイノベーションプログラム基本計画

1. 目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

エネルギー安全保障の確立や、世界全体の温室効果ガスを 2050 年までに半減するという長期目標を達成するため、以下に政策の柱毎に目的を示す。

1-1. 総合エネルギー効率の向上

1970 年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030 年までに GDP あたりのエネルギー利用効率を約 30% 向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

1-2. 運輸部門の燃料多様化

ほぼ 100% を石油に依存する運輸部門は、我が国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030 年に向け、運輸部門の石油依存度が 80% 程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

1-3. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

1-4. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時に CO₂ を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

1-5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

2. 政策的位置付け

低炭素社会づくり行動計画（2008年7月閣議決定）

2008年6月の福田総理（当時）のスピーチ「福田ビジョン」等を受け、我が国が低炭素社会へ移行していくための具体的な道筋を示すため、国全体を低炭素化へ動かす仕組みや革新的な技術開発、国民一人ひとりの行動を促すための取組について策定。

「環境エネルギー技術革新計画」や「Cool Earth - エネルギー革新技術計画」等に示された革新的技術の開発に5年間で300億ドル程度を投入するという具体的な目標が示された。

環境エネルギー技術革新計画（2008年5月）

温室効果ガスの大幅な削減を目指すだけでなく、エネルギー安全保障、環境と経済の両立、開発途上国への貢献等を考慮し、以下の戦略等を策定。

1. 低炭素社会実現に向けた我が国の技術戦略
2. 国際的な温室効果ガス削減策への貢献策
3. 革新的環境エネルギー技術開発の推進方策

Cool Earth - エネルギー革新技術計画（2008年3月）

2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受け、世界全体の温室効果ガスの排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標を達成するため、エネルギー分野における革新的な技術開発について検討をおこない、21の技術を選定。

エネルギー基本計画（2007年3月閣議決定）

重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、

1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
4. 新エネルギーに関する技術
5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術

以上が位置づけられている。

新・国家エネルギー戦略（2006年5月）

世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 運輸エネルギーの次世代化計画
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画

以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。

第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進4分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における「推進4分野」であるエネルギー分野に位置付けられている。

経済成長戦略大綱（２００６年７月財政・経済一体改革会議）

資源・エネルギー政策の戦略的展開として

- １．省エネルギーフロンティア計画
- ２．次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー次世代化
- ３．新エネルギーイノベーション計画
- ４．原子力立国計画
- ５．資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化

以上が位置づけられている。

京都議定書目標達成計画（２００５年４月閣議決定）

「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。

３．達成目標

３－１．総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、GDP当たりのエネルギー消費指数を２０３０年度までに少なくとも３０％改善することを目指す。

３－２．運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ１００％の運輸部門の石油依存度を２０３０年までに８０％程度とすることを目指す。

３－３．新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

３－４．原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

２０３０年以降においても、発電電力量に占める比率を３０～４０％程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

３－５．化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。

4. 研究開発内容

4 - . 総合エネルギー効率の向上

4 - - . 共通

(1) 省エネルギー革新技术開発事業(運営費交付金)

概要

テーマ公募型事業として、「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」に基づき、「先導研究」、「実用化開発」及び「実証研究」の3つの技術開発フェーズに加え、「挑戦研究」フェーズを追加し、革新的な省エネルギー技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比べて2050年までに半減するという長期目標を実現するための「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」の主旨に基づき、大幅な省エネルギー効果を発揮する革新的なエネルギー使用合理化技術について研究開発・実用化を推進する。

研究開発時期

2003年度～2013年度

(2) エネルギー使用合理化産業技術研究助成事業(運営費交付金)

概要

産業界や社会のニーズに応える省エネルギー技術のシーズの発掘とその育成、並びに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって省エネルギー効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

技術的目標及び達成時期

独創性のある研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的省エネルギー技術の研究開発を促進する。本事業では革新的省エネルギー技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

研究開発期間

2000年度～

(3) 新エネルギー技術実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

(4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

ラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って発揮できることを確認する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

4 - . 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

4 - - . 石油・天然ガス・石炭の探鉱・開発・生産技術

(1) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型/特別研究(運営費交付金)

概要

石油及び可燃性天然ガス資源の開発に係る技術の振興を図る観点から、大水深、複雑な地層といった悪条件化が進む石油・天然ガスの探鉱・開発技術、利用拡大が見込まれる天然ガス田の開発促進に資する天然ガス有効利用技術等について、短期間で実用化が期待され、民間ニーズに直結した研究開発を提案公募により実施する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、我が国の石油・天然ガスの探鉱・開発技術力の向上、及び天然ガスの利用の促進に向けた天然ガスの有効利用技術の開発を行う。

研究開発期間

2001年度～2012年度

(2) 石炭生産技術開発

概要

石油代替エネルギーである石炭の安定供給を図るため、発熱量が低いものの低灰分、低硫黄といった特徴を有する低品位炭の有効利用を目的として、低品位炭の発熱量を高め、自然発火性を抑制する低品位炭改質技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、3500～5000kcal/kgの発熱量の低品位炭を瀝青炭並みの6000kcal/kg以上に改質する低品位炭改質技術を開発し、600t/d大型実証プラントでの製造技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2009年度

(3) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発(運営費交付金)

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から、石油製品等に含まれる化学物質によるリスクを把握し、必要な対策を適切に行うことを可能とするため、*in vitro*培養系技術等の活用により遺伝子組換え細胞等を用いた*in vitro*系簡易有害性予測手法、また、トキシコゲノミクスを活用した短期動物試験結果と相関する遺伝子発現データセットを開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、遺伝子導入技術、幹細胞分化誘導技術、生物発光技術等

4 - - .メタンハイドレート等非在来化石資源の利用技術

(1)メタンハイドレート開発促進委託費

概要

日本周辺海域に相当量の賦存が見込まれ、国産のクリーンなエネルギー資源として有望なメタンハイドレートを利用可能とするため、資源量評価手法、生産手法及び環境影響評価手法等の確立のための技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

2016年度までに、商業的産出のための技術を整備することを目指し、日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況と特性の明確化、有望賦存海域からのメタンハイドレート資源フィールドの選択及び現場産出試験等による生産手法の確立等を推進する。

研究開発期間

2001年度～2016年度

(2)革新的次世代石油精製等技術開発(4 - - 参照)

4 - - .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

概要

石炭の高効率な利用を図るために、

- ・ 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CO₂の分離・回収技術の実証
- ・ 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
- ・ 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。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、パイロットプラントにおいて、高圧の石炭ガスからCO₂の分離・回収技術の確立及びガス化炉の信頼性向上へ向けて、3炭種以上の適応炭種拡大試験を実施する。

研究開発期間

2007年度～2012年度

(2)国際革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト補助金

概要

石炭火力発電から排出されるCO₂の削減技術について諸外国との実証事業等を実施し、当該技術の普及基盤を整備することにより、エネルギー供給に対する環境上の制約を取り除き、もって我が国エネルギー需給構造の安定化を図る。

技術目標及び達成時期

石炭ガス化技術等実証普及事業では、海外において取り組みが進められているゼロエミッション型石炭火力発電の石炭ガス化・発電技術、CO₂分離回収技術、

CO₂輸送貯留技術等に関する情報収集や関連する技術調査の実施等により、我が国におけるゼロエミッション型石炭火力発電の実用化開発に資する技術・知見を得る。

酸素燃焼国際共同実証事業では、既存の微粉炭火力発電の改造による酸素燃焼方式のゼロエミッション型石炭火力発電プラントの実用化を目標とするものであり、既存のプラントの改造により対応可能であること、酸素燃焼を行うことにより、燃焼ガスからCO₂を分離する装置が不要であることから、比較的lowコストで極めて大きなCO₂削減効果が期待できる。

石炭火力発電原油増進回収国際共同事業では、2008年5月の日中首脳会談で合意された「日中間でのCCS-EOR（二酸化炭素の回収・貯留、石油増進回収法）協力」に係る日中共同事業として、中国における石炭火力発電CCS-EOR事業の事前調査としてCCS-EORの有効性確認、CCS-EORの経済性・事業実現性等を検討する。これらにより、多量のCO₂排出削減を実現するモデルの構築、世界のCO₂排出削減への貢献が期待出来る。

研究開発期間

2007年度～2016年度

(3) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金

概要

従来の超々臨界圧火力発電（USC）は、蒸気温度の最高温度は630程度が限界で、送電端熱効率も42～43%が原理的限界といわれてきた。しかしながら、近年の材料技術の進歩により、700以上の蒸気温度を達成できる可能性が見えてきたことから、これらの材料を活用した先進超々臨界圧火力発電技術（A-USC）の開発を行うものである。A-USCは、蒸気温度700級で46%、750級で48%の高い送電端熱効率の達成が可能な技術であり、2020年以降増大する経年石炭火力発電のリプレース需要に対応するため、早急に技術開発を進める必要がある。そのため、ボイラーメーカー、タービンメーカー及び材料メーカーが共同でA-USCの技術開発に取り組む。

技術目標及び達成時期

平成22年度までにシステム基本設計を完了し、シミュレーションにより送電端熱効率46%～48%の達成が可能なことを確認する。平成24年度までにボイラー、タービン部材等が700以上の蒸気温度に耐えられるかどうかを試作、評価し、経済性を含めたシステム成立性への見通しを得る。平成27年～平成28年度に実缶試験、回転試験を実施し、蒸気温度700以上の条件下でボイラー、タービンの信頼性を確認する。また、ボイラー、タービン部材について3万～7万時間の長期信頼性試験を実施し材料特性を検証する。

研究開発期間

2008年度～2016年度

(4) 石炭利用技術開発(一部、運営費交付金)

概要

環境適合的な石炭利用の拡大を図るため、石炭利用プロセスにおける環境影響を低減させる手法の開発等、クリーン・コール・テクノロジーの開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、

- ・ 化学原料等に利用可能な合成用ガスを石炭乾留ガスから無触媒で製造する技術をパイロットプラントで確立する(無触媒石炭乾留ガス改質技術開発)。

2011年度までに、

- ・ 石炭利用プロセスにおいて、環境分析技術の高精度化、環境影響成分の挙動解析のためのモデルの構築等により、環境への影響低減手法を開発する(戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発)。

研究開発期間

1995年度～2011年度

- ・ 戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発 2007年度～2011年度
- ・ 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発 2006年度～2009年度

(5) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発費補助金

概要

供給安定性に優れた石炭の高効率かつ低環境負荷での利用を図るため、石炭をガス化して燃料とし、コンバインドサイクル(ガスタービンと蒸気タービンの組合せ)を駆動する高効率発電技術(石炭ガス化複合発電技術(IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle)の実証試験を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、25万kWの実証機を用いた実証試験により、熱効率40.5%(送電端、高位発熱量ベース)を目指す。この目標は50万kWの商用機における熱効率46～48%に相当する。本技術は実証試験終了後の2010年度より商用化が可能である。

研究開発期間

1999年度～2009年度

(6) 資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)(4 - 参照)

5．政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

5 - ．総合エネルギー効率の向上

- 事業者単位の規制体系の導入
- 住宅・建築物に係る省エネルギー対策の強化
- セクター別ベンチマークの導入と初期需要創出（高効率機器の導入補助等）
- トップランナー基準の対象機器の拡充等
- アジアにおける省エネルギー対策の推進を通じた我が国の国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

5 - ．運輸部門の燃料多様化

- 公共的車両への積極的導入
- 燃費基準の策定・改定
- アジアにおける新エネルギー協力
- 国際標準化による国際競争力向上

5 - ．新エネルギー等の開発・導入促進

- 補助金等による導入支援
- 新エネルギーベンチャービジネスに対する支援の拡大
- 新エネルギー産業構造の形成
- 電気事業制度・ガス事業制度の在り方の検討

5 - ．原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保

- 電力自由化環境下での原子力発電の新・増設の実現
- 資源確保戦略の展開
- 次世代を支える人材育成
- 中小型炉の海外市場への展開、我が国原子力産業の国際展開支援
- 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的枠組み作りへの積極的関与
- 国と地域の信頼強化

5 - ．化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

- 資源国等との総合的な関係強化（研究開発の推進・協力、人材育成・技術移転、経済関係強化など）
- 化石燃料のクリーンな利用の開拓

6．研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金による実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

また、事業名に（採択テーマ）と記載された事業は、提案公募事業により採択されたテーマを記載したものであり、その採択や評価等は、提案公募事業の実施機関の責任の下、実施されるものである。

抜粋

(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」基本計画

クリーンコール開発推進部

1. 事業の目的・目標・内容

(1) 事業の目的

① 政策的な重要性

我が国として、世界全体での2050年までのCO2大幅削減に積極的に貢献していくことが必要であるという認識の下、エネルギー分野の技術戦略マップ2009等に沿った技術開発の推進と、総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会で示されたCool Gen計画（世界的に需要が拡大する石炭のクリーン利用に関する技術開発を強力に推進）の着実な進展を図ることが必要となっている。また、「平成22年度の科学技術に関する予算等の資源配分の方針」において、「温室効果ガス25%削減に向けた革新的技術、新産業の創出」として、CO2回収・貯留（CCS）等の革新的技術の更なる加速が必要と位置付け、「新成長戦略」（平成21年12月閣議決定）においても、火力発電所の効率化等の開発の前倒しが指摘されている。

② 我が国の状況

石炭は、石炭火力発電を中心に、今後とも世界的に需要が拡大し、世界の一次エネルギーに占める割合が高くなると見込まれているが、一方、その単位エネルギー当たりの二酸化炭素（CO2）排出量が他の化石燃料よりも高いことから、我が国が経済成長を図りつつ2050年に向けたCO2の大幅削減目標を実現するためには、3E（供給安定性、経済性、環境適合性）の同時達成が可能となる革新的な技術開発が求められている。その中でも、CO2回収・貯留（CCS）技術を組み込んだゼロエミッション石炭火力を実現できる、高効率な石炭火力発電技術の開発及びCCSとの最適化検討が有効である。CCSについては、そのエネルギー消費とコストの大半を占める分離回収技術の高効率化・コスト低減が重要となっている。

③ 世界の取り組み状況

地球温暖化問題との関連でCO2排出量の削減が強く求められている中で、米国や欧州においても国家レベルで基礎研究から技術開発、実証研究の取り組みが行われている。例えば、米国エネルギー省の炭素隔離プログラムにおけるFutureGenプロジェクトでは、ゼロエミッション型石炭火力発電所の実現を目指し、CO2分離システム及びCO2地中貯留の実証を中核とする多国間協力事業として行っている。また、欧州では2020年までのゼロエミッション発電所実現を目指し、エネルギー業界、研究機関、非政府組織、加盟各国及び欧州委員会から構成される欧州技術プラットフォームが発足している。

④ 本事業のねらい

本事業では、発電からCO₂貯留までのCCSトータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー（FS）を実施し、実施可能性を評価するとともに、CCS対応技術を含めたクリーンコール技術全般について最新技術調査を行う。さらに、究極の高効率石炭火力発電技術である石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）からのCCSを目指した酸素吹石炭ガス化発電技術と高効率CO₂回収技術の最適モデルを検討評価するとともに、CO₂分離回収型石炭ガス化複合発電の早期実用化に向けた酸素吹石炭ガス化複合発電実証の最適化検討を行う。そのため、CCS対応として高効率が期待できる酸素吹石炭ガス化複合発電（IGCC）からの分離回収技術確立を目指したパイロット試験と、CCSを組み込んだ後でも、現行の最高効率を維持できる次世代向けの石炭ガス化基礎技術開発を行う。

(2) 事業の目標

① 過去の取り組みとその評価

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）では、環境負荷低減、特に地球温暖化ガス発生量低減を目的に「多目的石炭ガス製造技術開発（EAGLE）」（H10～H21）を実施した。当該事業の前倒し事後評価では、世界最高水準の石炭ガス化性能を得るとともに、高灰融点炭への炭種拡大、CO₂分離・回収や微量物質挙動調査など世界に先駆けて取り組む等、石油代替エネルギーとしての確立を目指した技術革新として、高く評価されている。一方で、当該事業の成果については、早期の実用化・事業化への取り組みを一層進めるよう指摘されており、本事業の新規事業項目等に反映させるとともに、本事業に統合した既存事業とも連携をはかり、ゼロエミッション石炭火力の早期実現に向けて、成果の活用を図ることとする。

② 本事業の目標

ゼロエミッション石炭火力の実現のため、我が国のクリーンコール技術の国際競争力強化のための技術開発・調査研究を実施し、環境への対応、効率向上、エネルギー・セキュリティに寄与することを目標とする。

③ 本事業以外に必要とされる取り組み

ゼロエミッション石炭火力の早期実現のためには、石炭火力を発生源とする日本型CCSの早期確立が必要であるため、我が国が得意とする高効率石炭ガス化・燃焼技術や分離・回収技術等と欧米等先進国のCCS技術等との共同研究、あるいは我が国のクリーンコール技術と併用したCCSへの我が国の関与、協力を期待している中国におけるCCSの技術検討等を行う「国際連携クリーンコール技術開発プロジェクト」を平成22年度から実施する予定であり、本事業との相乗効果が期待される。

④ 全体としてのアウトカム目標

ゼロエミッション石炭火力の実現のため、IGCCの送電端効率を2015年までに48%、2025年までに57%、IGFCの送電端効率について2025年頃に55%、長期的には65%の達成を目指し、これに必要な技術開発、実証試験等を進めるとともに、CO₂分離回収コストを2015年までに2,000円台/t-CO₂、2020年には1,000円台/t-CO₂として実用化の目途を付けることを目指す。

なお、事業項目ごとに事業目標を設定し、別紙に記載する。

(3) 事業の内容

上述の目標を達成するために、以下の事業項目について、別紙事業計画に基づき実施する。

- 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 (P08020)
※「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」のうち「発電からCO₂貯留までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー」を改称。
- ② ゼロエミッション石炭火力基盤技術
※「戦略的炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT)」と「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」のうち「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」を統合。
研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」 (P08020)
ア)「CO₂回収型次世代IGCC技術開発」
イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」
研究開発項目(2)「次世代高効率石炭ガス化技術開発」 (P07021)
研究開発項目(3)「石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発」 (P07021)
- ③ クリーン・コール・テクノロジー推進事業 (P92003)
- ④ 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究 (新規) (P10016)
- ⑤ 革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発 (新規) (P10016)

2. 事業の実施方式

(1) 事業の実施体制

本事業は、NEDOが単独ないし複数の企業、大学等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別の研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分はこの限りではない。）から、公募によって事業実施者を選定し実施する。事業実施にあたり、事業項目②の研究開発項目(1)ア)、研究開発項目(2)及び(3)は実用化まで長時間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いにノウハウを持ちより協調して実施する事業であり、委託事業として実施する。また事業項目①、③についても委託により実施する。事業項目②の研究開発項目(1)イ)、事業項目④及び⑤については、NEDOが実施先と共同研究契約を締結し、共同研究（NEDO負担2/3）により実施する。

NEDOは、事業に参加する各事業グループの有する研究開発ポテンシャルを検討し、これを最大限活用することにより効率的かつ効果的な研究開発の推進を図る観点から、各事業の実施先決定後に必要に応じて研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を指名し、その下で運営管理を実施する。

(2) 事業の運営管理

事業全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び事業実施者と密接な関係を維持しつつ、本事業の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。また、必要に応じて、NEDOに設置する委員会、技術検討会等で、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度、プロジェクトの進捗について事業実施者から報告を受ける等の運営管理を行う。

3. 事業の実施期間

本事業の実施期間は、事業項目ごとに以下のとおりとする。

- 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
本事業の実施期間は、平成20年度（継続）から平成24年度までの5年間とする。
- ② ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発
研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」
本事業の実施期間は、平成20年度（継続）から平成24年度までの5年間とする。
研究開発項目(2)「次世代高効率石炭ガス化技術開発」
本事業の実施期間は、平成19年度（継続）から平成23年度までの5年間とする。
研究開発項目(3)「石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発」
本事業の実施期間は、平成19年度（継続）から平成22年度までの4年間とする。
- ③ クリーン・コール・テクノロジー推進事業
本事業の実施期間は、平成4年度から平成26年度までの23年間とする。
- ④ 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究
本事業の実施期間は、平成22年度から平成23年度までの2年間とする。
- ⑤ 革新的CO2回収型石炭ガス化技術開発
本事業の実施期間は、平成22年度から平成25年度までの4年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、事業の意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による事業の中間評価及び事後評価を実施する。

評価については、調査研究事業（①、④）及び調査事業（③）は、業務方法書第39条及び事業評価実施規定に基づき毎年度事業評価を実施するとともに、適切な時期に外部有識者による評価を実施する。（平成22年度①の中間評価を予定）また、研究開発事業（②、⑤）のうち、ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」は、平成22年度に中間評価、25年度に事後評価を、ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発 研究開発項目(2) 研究開発項目(3)「石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発」は、平成21年度に中間評価、24年度に事後評価を、「革新的CO2回収型石炭ガス化技術開発」については、平成26年度に事後評価を実施する。

なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 成果の普及

得られた事業成果については、NEDO、実施者とも普及に努める。

② 知的基盤整備事業及び標準化等との連携

得られた事業成果については、知的基盤整備、標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報(TR)制度への提案等を積極的に行う。

③ 知的財産権の帰属

委託事業、共同研究開発事業の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条

の規定等に基づき、原則として、すべて委託先、共同研究先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、事業内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、産業技術政策動向、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該事業の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標や研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本事業の根拠法は、事業項目ごとに以下のとおりである。

- 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
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第九号及び第十号
- ② ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号イ、ロ
- ③ クリーン・コール・テクノロジー推進事業
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第九号及び第十号
- ④ 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号イ、第九号及び第十号
- ⑤ 革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号イ、ロ

(4) その他

平成22年度以降の技術動向や政策上の必要性に鑑み、必要に応じた研究開発項目の追加や見直しを行うことがある。

本事業は、平成21年度まで以下の基本計画もしくは実施方針を定めて実施していたテーマを統合して実施する。

- ・革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト
- ・戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT)
- ・クリーン・コール・テクノロジー推進事業

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成22年3月、基本計画制定。
- (2) 平成22年5月、事業項目②ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発 研究開発項目(2)「次世代高効率石炭ガス化技術開発」について、2. 事業の具体的内容に(5)を追加。また、3. 達成目標の表現を一部変更。

事業項目② ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発

(旧「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」に係る部分)

研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」(P08020)

1. 事業の必要性

石炭火力から発生するCO₂を分離・回収・貯留するCCSを含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術を火力発電に適用する場合、多量の付加的なエネルギーが必要となるため、貴重な炭化水素資源の有効活用の観点から、石炭ガス化システムやCO₂分離・回収技術の更なる高効率化が求められる。そこで、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究を実施する必要がある。

2. 事業の具体的内容

発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させる性質をもつCCS技術について、可能な限り発電効率を高く維持するため、次の効率向上に資する基盤研究事業を実施する。

ア) 「CO₂回収型次世代IGCC技術開発」

CO₂を酸化剤の一部として用いることにより、CO₂回収型石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできる次世代IGCCシステムの基盤技術の開発を行う。また、このシステムについて、環太平洋地域に賦存する多様な石炭に対する適応性の検討を実施する。

イ) 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」(提案公募)

IGCCの発電効率を大幅に改善させる、革新的なガス化技術や要素技術の発掘を目的として、2015～2030年頃の実用化を目指した先導的な研究開発及び将来の革新的なブレークスルーにつながる基盤研究としてテーマを公募した結果、本テーマを選定した。高水素濃度燃料に対応する低NO_x濃度の燃焼技術を確立する基盤研究を実施する。

3. 達成目標

ア) の事業目標を次のように設定する。

[中間目標(平成22年度)]

- ・送電端効率向上(42%:HHV基準、CO₂回収後)技術の目途を得る。

[最終目標(平成24年度)]

- ・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、CO₂回収後において、送電端効率42%(HHV基準)を実現させる基盤技術の確立。
- ・設定根拠: 既存技術では1300℃級ガスタービンを用いたIGCCで、CO₂回収前の送電端効率が43%程度であり、CO₂回収ロスを高効率化技術で補完するため。

イ) の事業目標を次のように設定する。

[中間目標(平成22年度)]

- ・目標値 : 高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO_x濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の目途を得る。
(前提条件) 燃焼器出口ガス温度1300℃、中圧条件等にて実証。

[最終目標(平成24年度)]

- ・ 目標値 : 高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO_x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℃、実圧条件等にて実証。
- ・ 設定根拠：燃焼器性能の代表的評価指標であるNO_x濃度を世界最高レベル値とした。

抜粋

エネルギー分野

資源に乏しいわが国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

また、「新・国家エネルギー戦略」や「エネルギー基本計画」においても、エネルギー技術戦略策定の必要性が明記されており「新・国家エネルギー戦略」が想定する2030年という長期の時間設定の中、超長期エネルギー技術ビジョン（2005年10月策定）を参考にしつつ、2006年11月策定のエネルギー技術戦略マップ2006をベースにし、技術戦略マップ2007（エネルギー分野）を作成した。技術戦略マップ2008では、2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受けて策定された「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」（2008年3月策定）をもとに、足下の2030年頃までの見通しに変更があったものについて修正を行った。

技術戦略マップ2009の策定に当たっては、省エネルギー技術戦略との整合、既存ロードマップに最新技術を反映、個別技術の統廃合（235技術→178技術（新2技術））の3項目の内容について見直しを行った。

技術戦略マップ2010の策定に当たっては、研究開発の最新動向を踏まえ、技術ロードマップの見直しを行った。また、研究者・技術者のみならず国民全般が内外のエネルギー技術に係る課題や研究開発の取組に対する理解を深める1つの試みとして、エネルギー分野の技術ロードマップの中から18の技術分野を抽出し、「技術ロードマップ解説書」を取りまとめた。

エネルギー分野の技術戦略マップ

I. 検討の手順

技術戦略マップは、技術開発とそれ以外の関連施策を併せて示した導入シナリオ、政策目標を実現するために必要な技術を要素技術を含めて抽出した技術マップ及び技術開発の進展を時間軸に沿って示した技術ロードマップから構成されている。

本技術戦略マップの作成にあたっては、2006年に策定した「新・国家エネルギー戦略」における政策の柱を踏まえ、①総合エネルギー効率の向上、②運輸部門の燃料多様化、③新エネルギーの開発・導入促進、④原子力の利用、そして、⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーン利用、の5つの政策目標を設定した上で、これらに寄与する主なエネルギー分野の技術を抽出した。

①総合エネルギー効率の向上

②運輸部門の燃料多様化

③新エネルギーの開発・導入促進

④原子力利用の推進と
その大前提となる安全の確保

⑤化石燃料の安定供給確保と
有効かつクリーンな利用

次に、抽出した技術を時間軸展開することによりロードマップの作成を行い、技術開発及びその成果が導入されるにあたって必要となる関連施策を整理した導入シナリオの作成を行った。

II. 技術の特徴付けについて

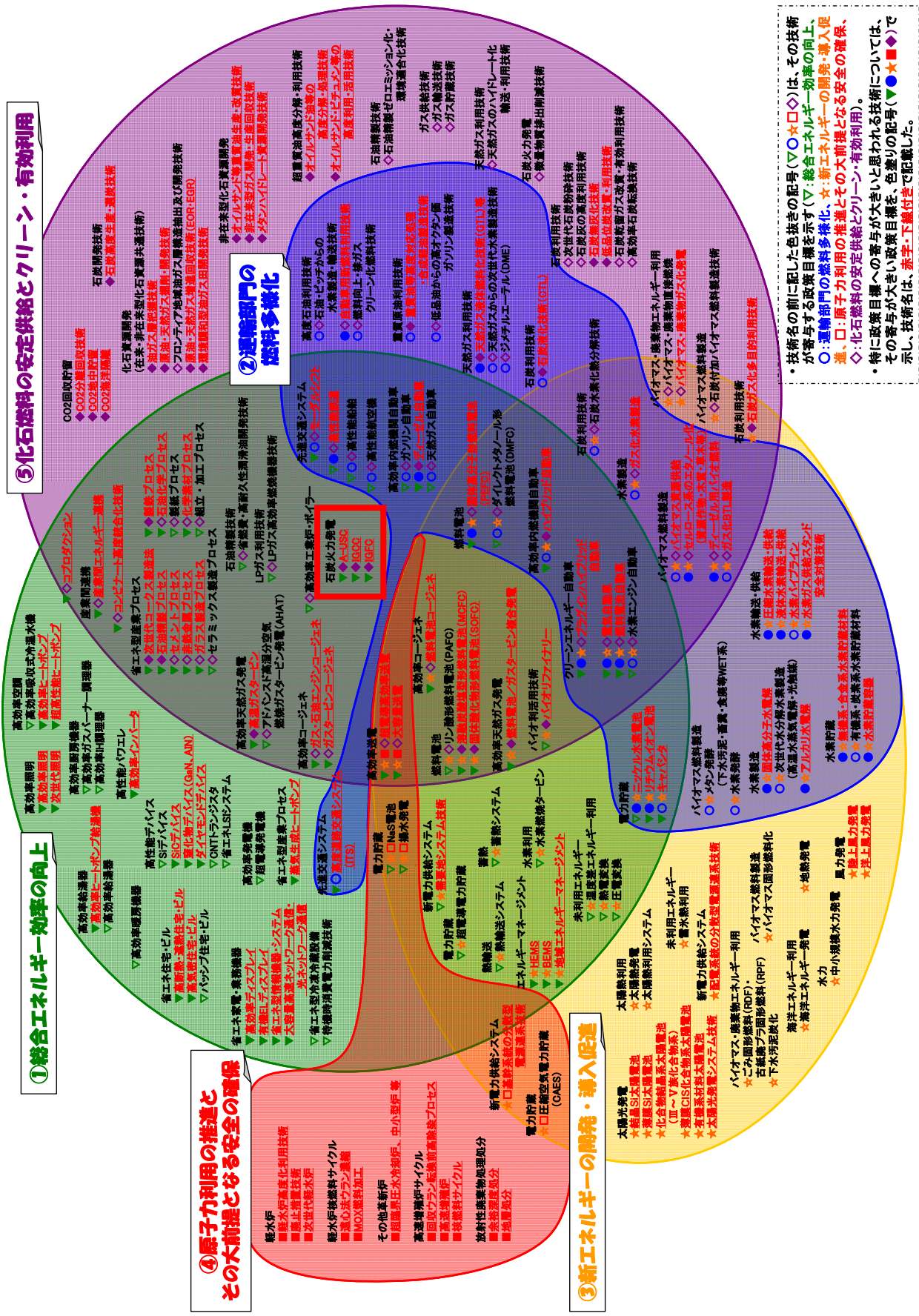
エネルギー技術分野全体を俯瞰するため、有識者にアンケート調査を行い、5つの政策目標に対する寄与について定性的な評価を行った。

評価項目	内 容
政策目標に関する指標	
①総合エネルギー効率の向上	転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」など、GDPあたりの最終エネルギー消費指数を向上することに寄与する技術
②運輸部門の燃料多様化	バイオマス由来燃料、GTL (Gas to Liquid)、BTL (Biomass to Liquid)、CTL (Coal to Liquid) などの新燃料、EV (電気自動車) やFCV (燃料電池自動車) など、運輸部門の石油依存度を低減することに寄与する技術
③新エネルギーの開発・導入促進	太陽、風力、バイオマス等を起源とするエネルギーに関連する技術の開発・導入促進に寄与する技術。また、再生可能エネルギーの普及に資する新規技術、エネルギー効率の飛躍的向上に資する技術、エネルギー源の多様化に資する新規技術など「革新的なエネルギー高度利用技術」も含む。
④原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保	2030年以降においても、発電電力量に占める原子力発電の比率を30~40%程度以上とすることに寄与する技術。負荷平準化等、原子力利用の推進に資する技術や安全確保に資する技術も含む。
⑤化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用	化石資源の開発・有効利用技術、CCT (クリーン・コール・テクノロジー) などのクリーン利用や、資源確保に資する技術

III. エネルギー技術全体の俯瞰図について

評価結果を基に、5つの政策目標に対する寄与を示したエネルギー技術全体を俯瞰するマップを作成した。

エネルギー技術 - 俯瞰図 -



⑤ 化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用

④ 原子力利用の推進と安全の確保

・技術名の前に記した色抜きの記号(▽○★◇)は、その技術が寄与する政策目標を示す(▽:総合エネルギー効率の向上、○:運輸部門の燃料多様化、★:新エネルギーの開発・導入促進、◇:化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。
 ・特に政策目標への寄与が大きいと思われる技術については、その寄与が大きい政策目標を、色差りの記号(▽○★◇)で示し、技術名は、赤字・下線付きで記載した。

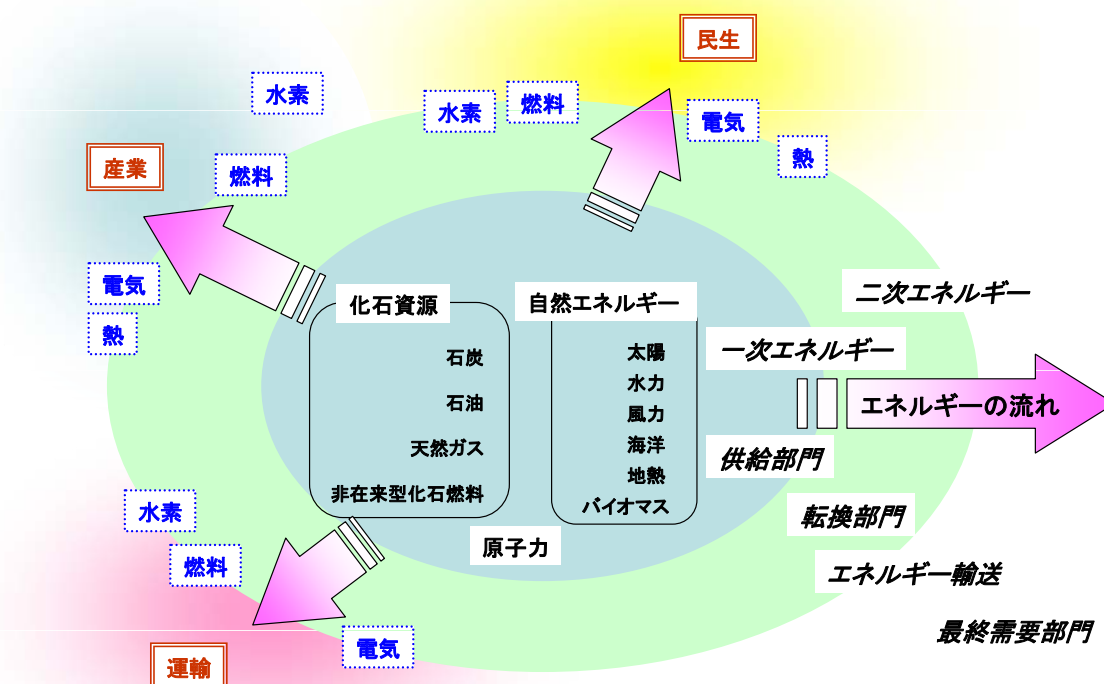
IV 導入シナリオ・技術マップ・技術ロードマップの見方

○導入シナリオ

5つの政策目標毎に、国内外の背景、エネルギー政策の動向、主な技術開発及び関連施策、その政策目標を達成するための共通関連施策について整理した。

○技術マップ

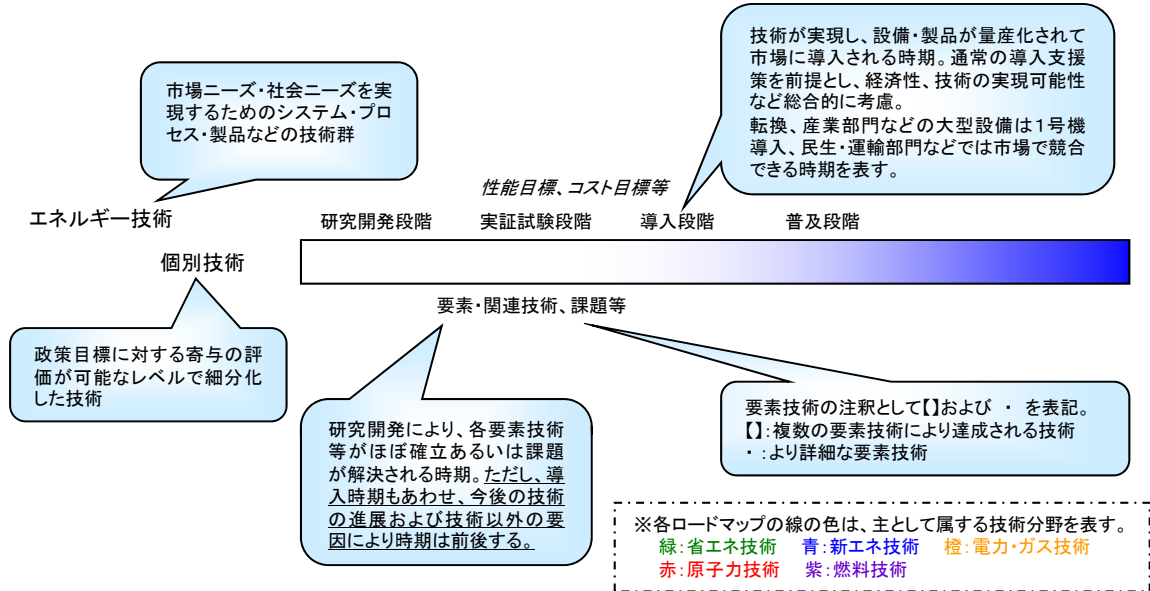
エネルギー分野全体から2030年頃までに実用化され、5つの政策目標に寄与すると思われる178個の技術を洗い出し、それぞれの政策目標の達成に寄与する技術別に、分類・整理してリストとして示すとともに、下図のように一次エネルギー／二次エネルギー／最終エネルギー消費のエネルギーの流れ、電気／熱／燃料等のエネルギーの形態、産業／民生／運輸の需要部門別に整理を行い図示した。



○技術ロードマップ

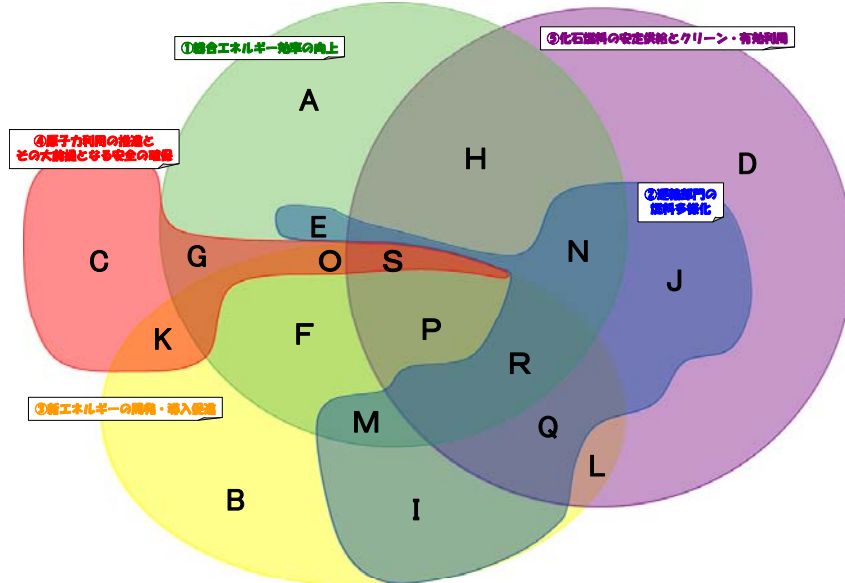
それぞれの政策目標達成に寄与する技術について、技術開発を推進する上で必要な要素技術・課題、求められる機能等の向上、技術開発フェーズの進展等を時間軸上にマイルストーンとして展開した

また、技術スペックの記載にあたっては、分野別推進戦略や他分野のロードマップを参考とした。



個別技術No. は次の考え方で区分した。

- 1桁目 : 「新・国家エネルギー戦略」における5つの政策目標のうち一番関連が強い政策目標を表す。
- 2, 3桁目 : エネルギー技術を指す。
- (4桁目 : 個別の番号)
- 5桁目 : 俯瞰図における位置を指す。



V. 改定のポイント

- 既存ロードマップに最新技術を反映
- 「技術ロードマップ解説書」を作成

VI 政策目標に寄与する技術の

「導入シナリオ」・「技術マップ」・「技術ロードマップ」

i. 総合エネルギー効率の向上

(i-1) 目標と将来実現する社会像

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により相当程度の成功を収めてきた。今後約30年においても、「新・国家エネルギー戦略」に掲げるこれまでと同程度の成果（2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上）を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進することが不可欠である。

(i-2) 研究開発の取組

関連技術を5つ分類した。

- 燃料を省く、または効率的に利用することによる製造プロセスの抜本的な効率化を図るための「超燃焼システム技術」
- 余剰エネルギーを時間的・空間的な制約を超えて利用し、エネルギー需給のミスマッチを解消するための「時空を超えたエネルギー利用技術」
- 生活スタイルの変化に伴う民生部門でのエネルギー消費量の増加に対応し、高効率機器とITとの融合により省エネルギーを図るための「省エネ型情報生活空間創生技術」
- 運輸部門のエネルギー消費量の削減に向け、輸送機器の効率化とモーダルシフト等利用形態の高度化により省エネルギーを図るための「先進交通社会確立技術」
- 幅広い分野で使用される半導体等のデバイスの高性能化により省エネルギーを図るための「次世代省エネデバイス技術」

また、電力貯蔵技術等の電力安定供給に資する技術、送電ロスを大幅に低減する技術等は、「時空を超えたエネルギー利用技術」に分類した。

(i-3) 関連施策の取組

- 事業者支援補助金による初期需要創出（高効率機器の補助導入など）
- セクター別ベンチマークの導入によるエネルギー消費原単位改善
- 省エネ評価制度の国際的整備
- 国際標準化・規格化による国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

(i-4) 改訂のポイント

- 燃料電池関連技術については、本年策定中の二次電池分野のロードマップの検討結果に合わせて見直し・修正を行った。具体的には燃料電池コジェネ(1203P)、固体酸化物燃料電池SOFC(3303P)、固体高分子型燃料電池(PEFC)(3304R)、燃料電池自動車(2123S)について、時期の見直し並びに一部字句の修正を行った。
- 電力システムシステム(需要システム技術)(3501F)について、近年の状況を踏まえ、時期の見直し並びに一部技術の追加・削除を行った。
- 電力貯蔵のうち、NaS電池(35410)、キャパシタ(3545M)、超電導電力貯蔵(3547F)について、近年の状況を踏まえ、時期の見直し並びに一部技術の追加・削除を行った。
- クリーンエネルギー自動車のうち、プラグインハイブリッド自動車(2121S)、電気自動車(2122S)について、近年の状況を踏まえ、時期の見直し並びに一部技術の追加・削除を行った。
- その他、バイオリファイナリー(5701P)、温度差エネルギー利用(3252F)、地域エネルギーマネージメント(1213F)、先進交通システム(ITS)(1401E)について見直した。
- 解説書の作成
超燃焼システム技術、時空を超えたエネルギー利用技術、省エネ型情報生活空間創生技術、先進交通社会確立技術、次世代省エネデバイス技術の5技術に関し、解説書を作成した。

V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

(v-1) 目標と将来実現する社会像

化石燃料資源の大宗を輸入に依存するわが国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、わが国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めることが重要である。

資源開発に関し、実績に優る欧米メジャーの優位性、中国、インド等新興エネルギー需要国の資源獲得に向けた積極的な動きの中、わが国が資源国に対する交渉上の優位性を獲得するためには、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進することが重要である。

(v-2) 研究開発の取組

技術開発としては、石油製品等を効率的に製造するためのコンビナート高度統合技術等の石油有効利用技術、非在来型石油資源の精製技術、新たな天然ガス田の開発に資すると考えられるGTL (Gas To Liquid) 製造技術等の天然ガス利用技術、EOR (Enhanced Oil Recovery : 原油増進回収法) 技術、メタンハイドレート生産技術等の石油・天然ガスの探鉱開発・生産技術、供給安定性に優れた石炭の高効率なガス化技術や新たな用途開拓につながる改質技術等の開発に重点的に取り組むとともに、これと併せて、資源国との関係強化に向けた取組や、新燃料等の供給インフラ整備の検討、実証事業等を推進することが必要である。

(v-3) 関連施策の取組

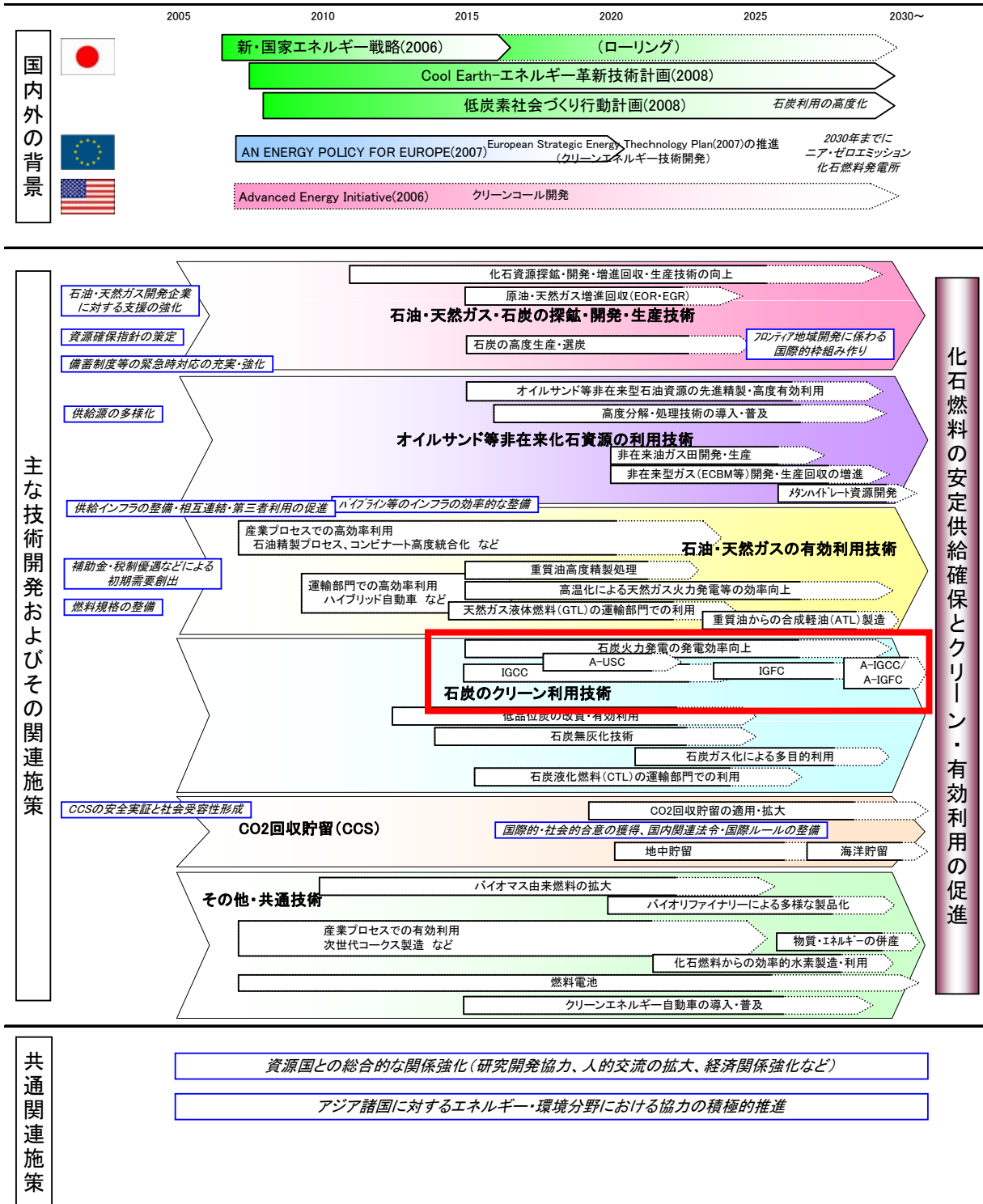
- 資源国との総合的な関係強化（研究開発協力、人的交流の拡大、経済関係強化など）
- アジア諸国に対するエネルギー・環境分野における協力の積極的推進

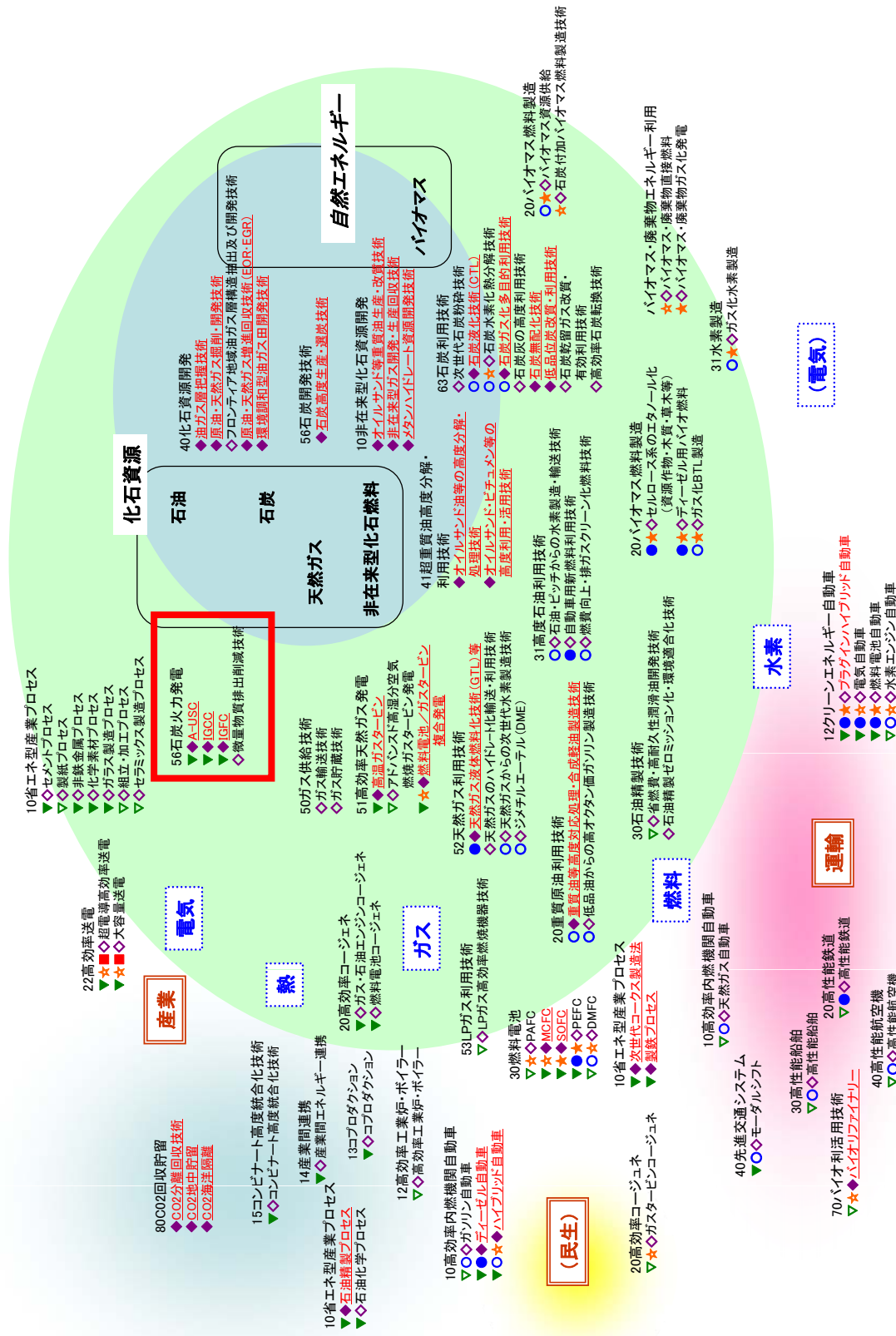
(v-4) 改訂のポイント

- 高効率コージェネのうち、燃料電池コージェネ(1203P)については今年度策定中のロードマップを基に修正した。
- エネルギーマネージメントのうち地域エネルギー（1213F）について、字句等の一部削除を行った。
- バイオマス燃料製造のうち、バイオマス資源供給（3201Q）、セルロース等のエタノール化(3202Q)、ディーゼル用バイオ燃料(3203Q)、BTL製造(化学合成バイオ燃料製造)(3204Q)、メタン醗酵(3205I)、水素醗酵等(3207I)について、技術の進展状況を踏まえ、実現時期の見直し、一部技術項目の追加・削除を行った。
- CO2回収貯留のうち、CO2分離回収技術(5801D)、CO2地中貯留(5802D)、CO2海洋隔離(5803D)について、時期の見直し並びに一部の技術項目の見直しを行った。
- 石炭の高度生産・クリーン利用技術並びにCCS技術について、解説書を作成した。

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に向けた導入シナリオ

石油・天然ガス等の化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先進的な技術開発の推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。





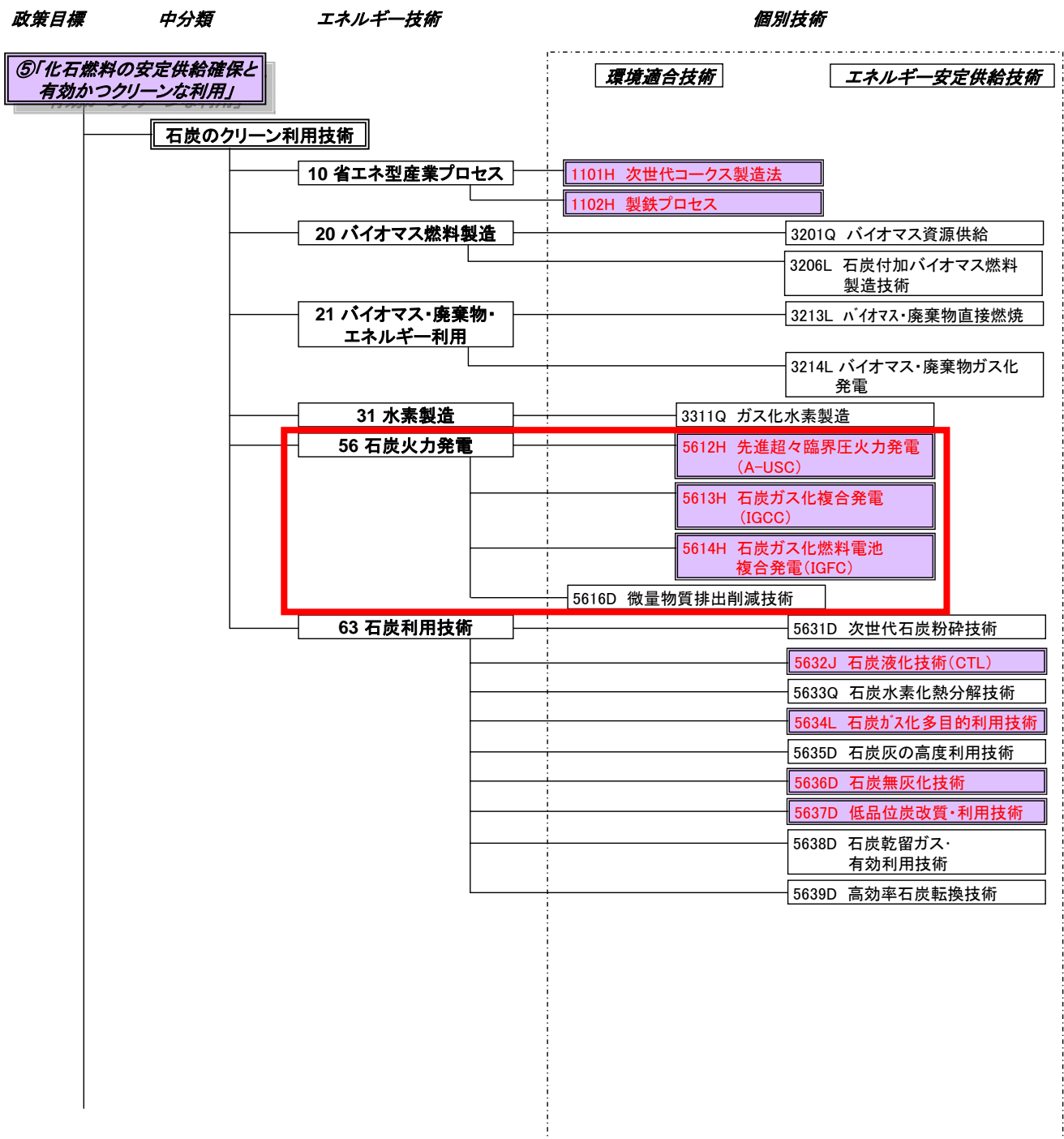
● 技術名の前に記した色括弧の記号 (▽○◇☆◇◇) は、その技術が寄与する政策目標を示す (▽: 総合エネルギー効率の向上、◇: 運輸部門の燃料多様化、☆: 新エネルギーの開発・導入促進、◇: 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保、◇: 化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。

● 「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」への寄与が大きいと思われる技術名を、色括弧の記号 (◇)・赤字・下線付きで記載した。

⑤「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」に寄与する技術の技術マップ(整理図)

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(3/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



プロジェクトテーマ名: 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト

2007年12月26日版

研究目的

背景、目的、必要性

- ① **背景:** 地球温暖化問題との関連で、石炭火力発電からのCO2排出量の削減が強く求められている。しかし、Cool Earth 50が目指すCO2削減目標を達成するためには、発電効率の向上のみでは達成できず、今後はCO2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とされている。また、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)でも、CCSが重要な技術であるとの認識が高まりつつある。
- ② **市場ニーズ(目的):**
 - ・石炭火力発電からのCO2分離・回収に最も効率的と考えられる石炭ガス化発電システムからのCO2排出をニアゼロエミッション化するための可能性調査。
 - ・石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上するための技術の確立。
- ③ **技術ニーズ:**
 - ・CCSの有効性確認のための実施可能性調査(フィジビリティ・スタディー)
 - ・CO2を回収しながら高効率発電が可能な革新的なガス化基盤技術の確立

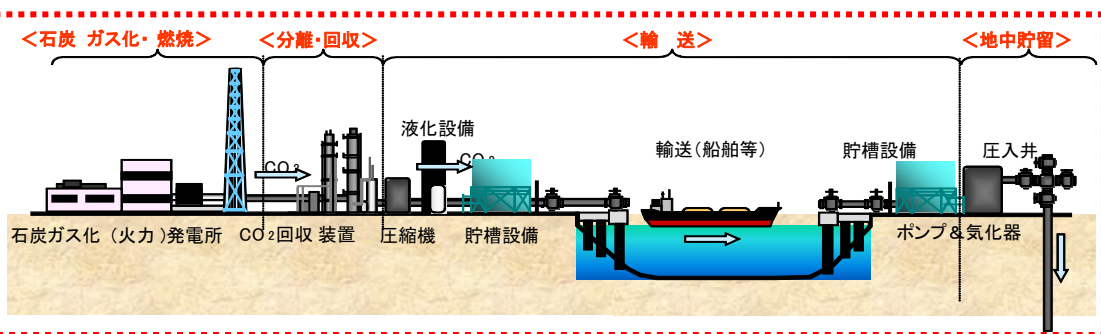
プロジェクトの規模

事業費と研究開発期間(目安として)

- ① 事業費 平成20年度 9.3億円
- ② プロジェクト期間 5年

その他関連図表

← フィジビリティ・スタディー(発電からCCSまでのトータルシステムについて) →



基盤技術

- ・CO2回収型次世代IGCC技術開発
- ・炭種適用拡大技術開発等

研究内容

○プロジェクトの課題

- (i) **フィジビリティ・スタディー(発電からCCSまでのトータルシステムについて)**
我が国において石炭ガス化発電システムからCO2を分離・回収し、CO2を輸送・貯留するまでのトータルシステムの実施可能性に関する調査を行う。本調査には、石炭ガス化発電システムの概念設計、CO2輸送システムの概念設計、CO2の貯留ポテンシャル、コスト等の評価を含む。
- (ii) **基盤研究**
CO2回収後において、既存の石炭ガス化複合発電(IGCC)並みの発電効率を達成する革新的なガス化技術の可能性を探索するための基盤研究等の実施。

○キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント、オリジナリティ

- (i) **フィジビリティ・スタディー(発電からCCSまでのトータルシステムについて)**
 - ・我が国において、石炭ガス化発電システムからCO2の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて、総合的に詳細に調査した事例はない。
 - ・CO2の発生源と貯留サイトのマッチングを考慮し、複数の候補サイトでの実施可能性を詳細に検討する必要がある。
 - ・検討の精度を高めるため、経済性評価モデルの構築や国際標準化検討(ポテンシャル評価、リスク評価等)も重要な検討事項。
- (ii) **基盤研究**
 - ・CO2回収型次世代IGCC技術開発 : CO2回収後において既存IGCC並みの発電効率の達成とCO2回収コスト削減を図る。
 - ・炭種適用拡大技術開発等 : アジアに賦存する多様な石炭資源の適用拡大と革新的な高効率ガス化技術の適用可能性検討等を実施する。

○目標値とその条件および設定理由

- (i) **フィジビリティ・スタディー(発電からCCSまでのトータルシステムについて)**
 - ・我が国における発電とCCSに関する実施可能性調査を実施する。
- (ii) **基盤研究**
 - ・**目標値:** 送電端効率向上(42%: HHV基準、CO2回収後)の技術的目途を得る。
 - ・**設定根拠:** 既存技術では1300℃級ガスタービンを用いたIGCCで、CO2回収前の送電端効率が43%程度であり、CO2回収ロスを高効率化技術で補完するため。

技術戦略マップ上の位置付け

重要技術ロードマップの「⑤化石燃料の安定供給確保とクリーン・有効利用」のクリーンコールテクノロジー(石炭ガス化複合発電、石炭ガス化多目的利用技術等)に位置付けられている。

添付資料4

事前評価書（案）

		作成日	平成 19 年 12 月 12 日
1. 事業名称 (コード番号)	革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト		
2. 推進部署名	環境技術開発部		
3. 事業概要	<p>(1) 概要：地球温暖化問題との関連で CO2 排出量の削減が強く求められている中で、Cool Earth 50 が目指す CO2 削減目標である「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して 2050 年までに半減する」などの CO2 削減目標を達成するためには、省エネルギーや CO2 負荷の小さいエネルギーへの転換、再生可能エネルギーの導入、原子力発電の導入等を行っても限界があり、今後は CO2 の分離・回収・貯留（Carbon dioxide capture and storage, CCS）も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）でも、CCS が重要な技術であるとの認識を強めている。</p> <p>このような状況の中、火力発電分野でも CO2 の削減が強く求められており、今後は石炭火力から発生する CO2 を分離・回収・貯留する CCS を含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の実施可能性を検討することが必要となってきた。そこで、我が国における実施可能性を詳細に評価するために、本プロジェクトでは（i）発電から CO2 貯留までのトータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー（FS）を実施する。また、CCS には多くのエネルギーを必要とすることから、更なる発電効率の改善も重要であり、（ii）ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究等も併せて実施する。（i）には、石炭ガス化発電システムの概念設計、CO2 輸送システムの概念設計、CO2 の貯留ポテンシャル評価、発電から CO2 に至るトータルシステムのコスト評価等を含む。（ii）については、CO2 回収後に於いても、既存 IGCC 並の発電効率を達成する、革新的なガス化技術発掘のための基盤研究等を行う。</p> <p>(2) 事業費 平成 20 年度 9.3 億円</p> <p>(3) 事業期間：平成 20 年度～24 年度（5 年間）</p>		

4. 評価の検討状況

(1) 事業の位置付け・必要性

石炭ガス化発電と CO2 回収・貯留 (CCS) を組み合わせたゼロエミッション石炭ガス化発電技術は、省エネ等では限界のある温室効果ガス (CO2) の削減を行うための究極的かつ革新的な対策技術として期待されている。2007 年 5 月に内閣総理大臣が世界に提唱した「世界の二酸化炭素排出量を現状から 2050 年迄に半減」の中でも、革新的技術確立の最重要事項のひとつとして位置付けられている。また、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) の中でも、CCS 技術が中長期的には CO2 削減のための重要技術として位置づけられてきている。

このような状況の中で、発電から CO2 貯留までのトータルシステムに係る FS を実施して、我が国におけるゼロエミッション石炭ガス化発電技術の実施可能性を評価することは極めて重要で時宜を得たものあり、今後、我が国が地球温暖化問題への対応について検討していく上で、重要な情報となる。

また、CCS 技術 (CO2 の分離・回収・貯留) は多くのエネルギーを消費し、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させることから、発電効率向上のための技術開発を並行して実施することが重要であり、CO2 回収後において既存の IGCC 並の発電効率の達成に関する目処を得る為の基盤研究等を実施する。

(2) 研究開発目標の妥当性

革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクトでは、(i) フィジビリティ・スタディー (FS) と (ii) 基盤研究事業を実施する。

(i) フィジビリティ・スタディー (発電から CCS までのトータルシステムの FS)

我が国において、石炭ガス化発電システムから CO2 の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて詳細に評価した例はなく、本プロジェクトで総合的な評価を実施する。この際には、CO2 の発生源と貯留サイトのマッチングを考慮し、複数の候補サイトでの実施可能性を詳細に検討する必要がある。検討の精度を向上させるため、経済性評価モデルの構築や国際標準化検討 (ポテンシャル評価、リスク評価等) も併せて実施する。フィジビリティ・スタディーを実施するという目標は、今後、我が国がゼロエミッション石炭ガス化発電技術の実施可能性を評価する上で貴重な情報を得ることになり、極めて妥当である。

(ii) 基盤研究事業

CCS 技術 (CO2 の分離・回収・貯留) は多くのエネルギーを消費し、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させることから、発電効率向上のための技術開発を並行して実施する必要がある。CO2 回収後においても既存 IGCC 並の発電効率を達成する革新的なガス化技術を開発すること等を目的として基盤研究事業を実施する。例えば、CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発として、CO2 回収後に於いても、既存 IGCC 並の発電効率を達成するガス化技術を開発し、効率の向上と CO2 回収エネルギー及びコスト削減を図ることも重要であり、また、アジアに賦存する多様な石炭資源の適用拡大も資源制約の観点を検討が必要である。

CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発について、送電端効率向上 (42%:HHV 基準、CO2 回収後) の目処を得ることを目標としているが、既存技術では 1300°C 級ガスタービンをを用いた IGCC で、CO2 回収前の送電端効率が 42% 程度であり、CO2 回収による送電端効率のロスを高効率化技術で補完するという目標は、極めて妥当である。

(3) 研究開発マネジメント

公募を行い、適切な研究開発体制を構築する。本プロジェクトの推進にあたってはフィジビリティ・スタディーと基盤研究事業のそれぞれにプロジェクトリーダーを委嘱又は指名し、プロジェクトリーダーと協議してプロジェクト進捗管理を行う。

フィジビリティ・スタディーについては、プロジェクト開始3年目に中間評価（事業評価）を行い、その結果を踏まえて事業全体について見直しを行う。また、プロジェクトの終了の翌年に事後評価（事業評価）を行う。

基盤研究事業については、プロジェクト開始3年目に中間評価（技術評価）を行い、その結果を踏まえて事業全体について見直しを行う。また、プロジェクトの終了の翌年に事後評価（技術評価）を行う。

(4) 研究開発成果

ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクトでは、発電から CCS までのトータルシステムの評価を行うフィジビリティ・スタディー、及び発電効率向上のための革新的なガス化技術の発掘を目的とした基盤研究事業を実施し、下記の成果が見込まれる。

(i) フィジビリティ・スタディー（発電から CCS までのトータルシステムの FS）

我が国を対象に、石炭ガス化発電システムから CO₂ の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて、総合的に詳細に評価することにより、今後、我が国が地球温暖化問題への対応方法を検討していく上で、重要な情報を得ることができる。

(ii) 基盤研究事業

新たな概念による CO₂ 回収型次世代 IGCC システムの実現可能性を検討することによって、CO₂ を回収しながら極めて高い送電端効率（42%：HHV 基準）の達成が期待できる技術的シーズを発掘し、CCS に係る効率低下や高コストなど従来の課題を克服する画期的将来オプションが提供できると期待される。またアジアの多様な炭種に対する研究により、各種石炭への適応拡大も期待できる。

(5) 実用化・事業化の見通し

(i) フィジビリティ・スタディー（発電から CCS までのトータルシステムの FS）

地球環境問題に対する関心も益々高まる状況にあり、国際的にも我が国に対する CO₂ の削減要求が強まる中で、2015 年頃から CCS の本格的な運用が計画されている（産構審地球環境小委員会資料（平成 18 年 5 月 17 日））。このような状況の中で、我が国において、石炭火力発電システムからの CCS 可能性を詳細に検討することは極めて重要である。

実用化・事業化については、本プロジェクトで実施する CCS の可能性の評価結果、あるいは他のプロジェクトで実施されている CO₂ 分離・回収技術の進歩、事業化検討時点における CCS の必要性等を総合的に見極めて決定される。

(ii) 基盤研究事業

新たな概念による CO₂ 回収型次世代 IGCC システムが構築できれば、CCS に伴う発電効率の低下を補償できる可能性があり、CCS の導入を円滑にできる可能性を有する。本プロジェクトで実施する基盤研究事業の成果は、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの高度化のための技術開発につなげていく。

(6) その他特記事項

基盤研究事業については、平成 20 年度以降に必要な応じて新規テーマを追加することもある。

5. 総合評価

本プロジェクトは国の環境政策やエネルギー政策に沿った技術開発である。また、我が国のエネルギー供給を支える石炭の利用に際し、できる限り環境負荷を低減して効率的に利用する技術を開発するためのプロジェクトであり、NEDO事業として推進すべき重要事項である。

**<革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト>**

投稿No.6

2008/01/24 (木) 18:15

1. 本FSの成果とそのスピード感について

このコンセプトの本格商用実現は2025年頃には望まれる(と推察)、とすれば、その前の実証の運転開始は2015年頃。このFSが実証実現に資するものとなること、即ち、本FSで実証の実施場所の最適サイトの選択検討を行うこと―これが本FSの達成目標、成果となることを期待します。単なる机上のモデル開発やその比較検討では5年後(2012年度)の最終成果としては不十分と思います。世界最高効率クラスでの実証ができる適地サイトの複数箇所の選択およびそれぞれの特質比較検討を行える定量的なFSを期待します。

2. FSの全体体制について

上記業界も含め参画意欲と遂行責任のある企業・機関等に門戸広げ、産・学・官の合同プロジェクトとして、その成果を各業界にて早期に共有化・実現化できる体制が良いと思います。今、重要なのは、将来どういう事業体であれば、このコンセプトが実現できるのかであり、その実現検討に資する様なFSとなることを望みます。

3. 貯留ポテンシャル、コスト調査について

望ましくはCO₂の発生、分離・濃縮、(ここまでが上流)、輸送、貯留(下流)を同一サイトで行えるワールドのポテンシャルを選定・吟味し、諸外国に遅れを取らずに効果的な規模でのCCSを実証・事業化することが最終目的であると思います。しかし、上流と下流が同一サイトでない方が現実的かもしれません。実現に向け、国内外の具体的なサイト、関連事業者を切り口としたアプローチを是非行っていただきたいと考えます。

4. 多目的石炭ガス化製造技術、CO₂の分離・濃縮プログラムについて

酸素吹きIGCCからのCO₂が発生源モデルとなっておりますが、元々噴流床酸素吹きガス化炉はマルチフィード(石炭、残渣湯、バイオマス等)、マルチプロダクト(電力、燃料、水素、ケミカル、SNG、酸窒素)が特徴ですから、今後このガス化は石炭C1ケミストリーとして各分野への応用が期待されています。関連業界は大きな関心を持っております。発電プロジェクトとして狭義とすることなくコンビナートでの適用や企業間連携による実現を踏まえ、参加者の公募を検討いただきたい。

投稿No.5

2008/01/23 (水) 21:13

二酸化炭素の大幅な削減と資源安定供給を同時に達成するには、石炭を有効に利用していくことが必須である。天然ガスへの転換や省エネだけでは削減量に限界があるばかりでなく、安定した原料の調達が困難な事態になりかねない。このような観点から、本プロジェクトが遂行されることを大いに期待する。

個別の要素技術については、技術開発が進められているものの、全体のシステムとして十分に把握されていないことを危惧している。今回のプロジェクトでは、特に、トータルシステムでのFSに主眼が置



かれていることから、我が国の技術力を高めるのに十分に寄与すると考える。中長期のエネルギー技術戦略に則り、定量的な検討がなされることを期待したい。

投稿No.4

2008/01/23 (水) 20:27

二酸化炭素の大幅削減と資源安定供給を両立させるには、石炭を高効率で利用し、かつ発生する二酸化炭素を貯留隔離する必要がある。天然ガスへの転換や省エネなどで二酸化炭素の排出量の削減は可能であるが、Cool Earth 50 に示される大幅な削減には対応しきれない。資源安定供給を考えるならば、石炭の利用は避けて通れない。

本プロジェクトは、上記の考え方から、まさに王道を行くものであり、積極的な推進が期待される。

現在、個々の要素技術は技術開発が進んでいるものの、トータルシステムとして効率を上げるために、総合的な見地からFSが求められていると考える。

投稿No.3

2008/01/23 (水) 11:33

石炭火力から発生するCO₂の本質的削減として、発生CO₂を適地まで海上輸送し、CCSを行う本研究プロジェクトの意義は大きく、波及効果も期待される。

1点、CO₂を液化して輸送する場合、低温高圧状態となるため、貯槽・輸送船コストが高価となることが予想される。これを解決するalternativeとして、CO₂ガスハイドレートの自己保存性を活用した場合の可能性を検討することが求められる。

投稿No.2

2008/01/23 (水) 10:18

CO₂ 排出量の大幅な削減につながる具体策が強く求められるなか、「発電から CO₂ 貯留までのトータルシステムに関するフィージビリティ」を明確にすることが極めて重要であり、わが国の特殊性も加味して次のような検討を行うべきであると考えます。

1. 総合FSの実施内容については、まず、

(1) ゼロエミッション化の目指すべき目標・意義の明確化を行う必要がある。

ここでは、始めに、Cool Earth 50 目標達成における石炭火力ゼロエミッション化の位置付け明確化に取り組み、世界を対象とするとともにわが国における位置付けを明確化すること、変化に対応した再検討が容易となる分析手法の確立に努める必要がある。

また、今回の分析においては、特に「石炭ガス化発電+CCS」に力点を置いて、その姿を明確にしつつ、位置付けを検討すること、さらに、石炭ガス化発電によって質の悪い石炭を利用できる利点やエネルギーセキュリティの視点も含めた検討が重要である。

加えて、Cool Earth 50 で例示されている水素還元鉄(+CCS)との相乗効果などを経済評価モデルによって評価することも面白い視点になり得るのではないかと。

次いで、このFSで得るべき成果として、目標達成への道筋の提示が是非必要で、

(2) ゼロエミッション化計画の提言・課題実現のための方策作成が課題である。

ここでは、以下の、IGCC+CCSシステムの詳細な分析と貯留層とのマッチング評価を踏まえて、

関係有識者による総合的な検討作業を継続的に実施する必要がある。

なお、検討は主に、IGCC+CCS システムを念頭に行うべきだが、必要に応じ、既存発電システム+CCSについての検討結果を加味する必要がある。

- ① IGCC+CCS トータルシステムの評価と分析
 - ①-1 ガス化発電技術 ①-2 分離回収技術 ①-3 CO₂ 輸送の選択肢
- ② 排出源と貯留層の相互関係と評価
- ③ IGCC+CCS に関わるリスク評価とガイドラインの検討および理解促進のため課題の整理

なお、繰り返しになるが、検討が多岐にわたり、かつ完成までに長期間を必要とするため、NEDO のPJ リーダを中心とし、関係者を糾合した継続的な総合検討体制が必要である。

2. 基盤研究についての目標は、「CO₂回収後の送電端効率向上」とされているが、送電端効率の検討ばかりでなく、CCSを含めた要素技術の改善が総合燃料効率の改善にどの程度貢献するか見据えた上での取り組みが必要であると考え。

諸外国での開発状況も参考にして、輸送・圧入を加えたシステム全体(下記)を検討し、取り組むべき課題を明確化していくことが必要なのではないか。

- ① ガス化技術:ガス化技術とともに、酸素分離技術も重要
- ② 回収技術:新しい分離回収材料(有機・無機)や回収システムについても研究
- ③ 輸送・貯留技術:昇圧時のエネルギーロスの低減が必要
- ④ その他

投稿No.1

2008/01/20 (日) 0:13

昨今の原油高騰により、全世界的にエネルギー価格が高騰している。一方、CO₂等によると思われる地球温暖化も徐々に影響が出始めている。このような環境下で、原油は、70-80年、天然ガスもほぼ同様であるが、石炭は130-150年以上あるといわれている。この石炭を利活用することは必須と思われるが、依然CO₂問題を今後、より具体的に、削減する必要がある。

NEDO 殿は、従来から、石炭も着目されて、CCTを始めとする技術開発を取り進めてきたが、その大部分を単一技術に注力していた。しかし、今回は、CCTとCCSを核としたシステム全体を対象としている点に幅が広くなり、評価される。一方、更に高効率化を図るため、基盤研究も平行して、研究するパッケージとなっている。是非、このようなパッケージとして、全体システムのR&Dを推進していただけるようお願いしたい。但し、システム研究であり、従来型のメーカ中心で無く、国系研究所や技術/経営と人文科学系要素も加味した世界でも例の無いような革新的な長期研究体制を構築していただくことも加味いただければ、幸いです。

プロジェクトテーマ名: 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト

2008年2月13日版

研究目的

○背景、目的、必要性

①背景: 地球温暖化問題との関連で、石炭火力発電からのCO₂排出量の削減が強く求められている。しかし、Cool Earth 50が提唱するCO₂削減目標を達成するためには、発電効率の向上のみでは達成できず、今後はCO₂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とされている。また、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)等でも、CCSが重要な技術であるとの認識が高まりつつある。

②市場ニーズ(目的):

- ・石炭火力発電からのCO₂分離・回収に、最も効率的と考えられる石炭ガス化発電システムからのCO₂排出を、ニアゼロエミッション化する可能性調査。
- ・石炭ガス化発電システムの効率やコストを大幅に向上するための技術の確立。

③技術ニーズ:

- ・CCSの有効性確認のための実施可能性調査(フィジビリティ・スタディー)
- ・CO₂を回収しながら高効率発電が可能な革新的なガス化基盤技術の確立。

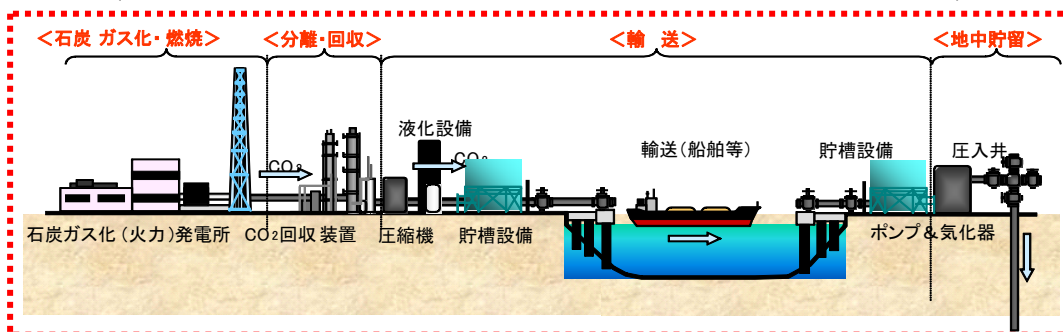
プロジェクトの規模

○事業費と研究開発期間(目安として)

- ①事業費 平成20年度 9.3億円(予定)
- ②プロジェクト期間 5年

その他関連図表

フィジビリティ・スタディー(発電からCCSまでのトータルシステムについて)



基盤技術

- ・CO₂回収型次世代IGCC技術開発
- ・炭種適用拡大技術開発等

研究内容

○プロジェクトの課題

(i) 発電からCCSまでのトータルシステムフィジビリティ・スタディー(FS)

我が国において石炭ガス化発電システムからCO₂を分離・回収し、CO₂を輸送・貯留するまでのトータルシステムの実施可能性に関する調査を行う。本調査には、石炭ガス化発電システムの概念設計、CO₂輸送システムの概念設計、CO₂の貯留ポテンシャル、コスト等の評価を含む。

(ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究

- ①CO₂回収後において、既存の石炭ガス化複合発電(IGCC)並みの発電効率を達成する革新的なガス化技術の可能性を探索するための基盤研究等の実施。
- ②石炭ガス化システムの効率を飛躍的に向上させる提案公募型基盤研究の実施。

○キーテクノロジー、ブレイクスルーのポイント、オリジナリティ

(i) 発電からCCSまでのトータルシステムフィジビリティ・スタディー(FS)

- ・我が国において、石炭ガス化発電システムからCO₂の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて、総合的に詳細に調査した事例はない。
- ・CO₂の発生源と貯留サイトのマッチングを考慮し、複数の候補サイトでの実施可能性を詳細に検討する必要がある。
- ・検討の精度を高めるため、経済性評価モデルの構築や国際標準化検討(ポテンシャル評価、リスク評価等)も重要な検討事項。

(ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究

- ・CO₂回収型次世代IGCC技術開発: 回収したCO₂を酸化剤の一部に用いる事で大幅な効率向上を図る実用基盤技術の開発と、アジアに賦存する多様な石炭に対する、適応の可能性検討を実施する。
- ・発電効率を大幅に改善させる革新的技術の発掘を目的とした、公募型基盤研究。

○目標値とその条件および設定理由

(i) 発電からCCSまでのトータルシステムフィジビリティ・スタディー(FS)

- ・我が国における発電とCCSに関する実施可能性調査を実施する。

(ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究

- ・目標値: 送電端効率向上(42%:HHV基準、CO₂回収後)の技術的目途を得る。
- ・設定根拠: 既存技術では1300℃級ガスタービンを用いたIGCCで、CO₂回収前の送電端効率が43%程度であり、CO₂回収ロスを高効率化技術で補完するため。

技術戦略マップ上の位置付け

重要技術ロードマップの「⑤化石燃料の安定供給確保とクリーン・有効利用」のCCT技術(石炭ガス化複合発電、石炭ガス化多目的利用技術等)に位置付けられている。

事前評価書(案)

		作成日	平成 20 年 2 月 13 日
1. 事業名称 (コード番号)	革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト		
2. 推進部署名	環境技術開発部		
3. 事業概要	<p>(1) 概要：地球温暖化問題との関連で CO2 排出量の削減が強く求められている中で、Cool Earth 50 が提唱する「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して 2050 年までに半減する」などの CO2 削減目標を達成するためには、省エネルギーや CO2 負荷の小さいエネルギーへの転換、再生可能エネルギーの導入、原子力発電の導入等を行っても限界があり、今後は CO2 の分離・回収・貯留 (Carbon dioxide capture and storage, CCS) も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、国内のみならず、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) や G 8、或いは EU や米国でも、CCS が重要な技術であるとの認識を強めている。</p> <p>このような状況の中、火力発電分野でも CO2 の削減が強く求められており、今後は石炭火力から発生する CO2 を分離・回収・貯留する CCS を含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の実施可能性を検討することが必要となってきた。そこで、我が国における実施可能性を詳細に評価するために、本プロジェクトでは (i) 発電から CO2 貯留までのトータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー (FS) を実施する。本 FS は、今後、我が国の高度なクリーン・コール・テクノロジーを海外へ展開する際にも重要な情報となる。また、CCS には多量の付加的なエネルギーが必要となることから、発電効率を可能な限り高く維持するためには、更なる効率改善も重要であり、(ii) ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究等も併せて実施する。(i) には、石炭ガス化発電システムの概念設計、CO2 輸送システムの概念設計、CO2 の貯留ポテンシャル評価、発電から CO2 に至るトータルシステムのコスト評価等を含む。(ii) については、CO2 回収後においても、既存 IGCC 並の発電効率を達成する革新的なガス化技術発掘のための基盤研究を実施する。</p> <p>(2) 事業費 平成 20 年度 9.3 億円</p> <p>(3) 事業期間： 平成 20 年度～平成 24 年度 (5 年間)</p>		

4. 評価の検討状況

(1) 事業の位置付け・必要性

石炭ガス化発電と CO2 回収・貯留 (CCS) を組み合わせたゼロエミッション石炭ガス化発電技術は、省エネ等では限界のある温室効果ガス (CO2) の削減を行うための究極的かつ革新的な対策技術として期待されている。2007 年 5 月に内閣総理大臣が世界に提唱した「世界の二酸化炭素排出量を現状から 2050 年迄に半減」の中でも、革新的技術確立の最重要事項のひとつとして位置付けられている。また、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) の中でも、CCS 技術が中長期的には CO2 削減のための重要技術として位置づけられてきている。

このような状況の中で、発電から CO2 貯留までのトータルシステムに係る FS を実施して、我が国におけるゼロエミッション石炭ガス化発電技術の実施可能性を評価することは極めて重要で時宜を得たものあり、今後、我が国が地球温暖化問題への対応について検討していく上で、重要な情報となる。

また、CCS 技術 (CO2 の分離・回収・貯留) は多くのエネルギーを消費し、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させることから、発電効率向上のための技術開発を並行して実施することが重要であり、CO2 回収後において既存の IGCC 並の発電効率の達成に関する目処を得る為の基盤研究等を実施する。

(2) 研究開発目標の妥当性

革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクトでは、(i) 発電から CCS までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS) と(ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業を実施する。

(i) 発電から CCS までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS)

我が国において、石炭ガス化発電システムから CO₂ の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムの詳細設計に基づいて評価した例はなく、本プロジェクトで総合的な評価を実施する。この際には、CO₂ の発生源と貯留サイトのマッチングを考慮し、複数の候補サイトでの実施可能性を詳細に検討する必要がある。検討の精度を向上させるため、経済性評価モデルの構築や国際標準化検討（ポテンシャル評価、リスク評価等）も併せて実施する。フィジビリティ・スタディーを実施するという目標は、今後、我が国がゼロエミッション石炭ガス化発電技術の実施可能性を評価する上で貴重な情報を得ることになり、極めて妥当である。

(ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

CCS 技術（CO₂ の分離・回収・貯留）は多くのエネルギーを消費し、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させることから、発電効率向上のための技術開発を並行して実施する必要がある。そこで、下記のように、効率向上に資するテーマ設定型、およびテーマ提案公募型の基盤研究事業を実施する。

①テーマ設定型基盤研究事業（CO₂ 回収型次世代 IGCC 技術開発）

石炭ガス化システムから回収した CO₂ を酸化剤の一部として用いることにより、石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできる CO₂ 回収型次世代 IGCC システムの実用基盤技術の開発を行う。また、このシステムについて、アジアの多様な石炭に対する適応性の検討も実施する。

②テーマ提案公募型基盤研究事業

IGCC の発電効率を大幅に改善させる革新的なガス化技術の発掘を目的として、2015～2030 年頃の実用化を目指した先導的な研究開発及び、さらに革新的なブレークスルーに繋がる基盤研究テーマを公募する。

CO₂ 回収型次世代 IGCC 技術開発について、送電端効率向上（42%:HHV 基準、CO₂ 回収後）の目処を得ることを目標としているが、既存技術では 1300℃級ガスタービンを用いた IGCC で、CO₂ 回収前の送電端効率が 43%程度であり、CO₂ 回収による送電端効率のロスを高効率化技術で補完するという目標は、極めて妥当である。

(3) 研究開発マネジメント

公募を行い、適切な研究開発体制を構築する。本プロジェクトの推進にあたってはフィジビリティ・スタディーと基盤研究事業のそれぞれにプロジェクトリーダーを委嘱又は指名し、プロジェクトリーダーと協議してプロジェクト進捗管理を行う。

フィジビリティ・スタディーについては、毎年事業評価を行い、実施期間終了後に、FS 結果や報告書の内容等により評価した後、必要に応じて外部有識者による評価を受けるものとする。基盤研究事業については、プロジェクト開始 3 年目に中間評価（技術評価）を行い、その結果を踏まえて事業全体について見直しを行う。また、プロジェクトの終了の翌年に事後評価（技術評価）を行う。

(4) 研究開発成果

ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクトでは、発電から CCS までのトータルシステムの評価を行うフィジビリティ・スタディー、及び発電効率向上のための革新的なガス化技術の発掘を目的とした基盤研究事業を実施し、下記の成果が見込まれる。

(i) 発電から CCS までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS)

我が国を対象に、石炭ガス化発電システムから CO₂ の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて、総合的に詳細に評価することにより、今後、我が国が地球温暖化問題への対応方法を検討していく上で、重要な情報を得ることができる。

(ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

新たな概念による CO₂ 回収型次世代 IGCC システムの実現可能性を検討することによって、CO₂ を回収しながら極めて高い送電端効率（42%：HHV 基準）の達成が期待できる技術的シーズを発掘し、CCS に係る効率低下や高コストなど従来の課題を克服する画期的将来オプションが提供できると期待される。またアジアの多様な炭種に対する研究により、各種石炭への適応拡大も期待できる。

更に、テーマ提案公募型基盤研究事業により、大幅な効率改善が期待できる革新的なガス化技術の発掘も、期待される。

(5) 実用化・事業化の見通し

(i) 発電から CCS までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS)

地球環境問題に対する関心も益々高まる状況にあり、国際的にも我が国に対する CO₂ の削減要求が強まる中で、2015 年頃から CCS の本格的な運用が計画されている（産構審地球環境小委員会資料（平成 18 年 5 月 17 日））。このような状況の中で、我が国において、石炭火力発電システムからの CCS 可能性を詳細に検討することは極めて重要である。

実用化・事業化については、本プロジェクトで実施する CCS の可能性の評価結果、あるいは他のプロジェクトで実施されている CO₂ 分離・回収技術の進歩、事業化検討時点における CCS の必要性等を総合的に見極めて決定される。

(ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

新たな概念による CO₂ 回収型次世代 IGCC システムが構築できれば、CCS に伴う発電効率の低下を補償できる可能性があり、CCS の導入を円滑にできる可能性を有する。本プロジェクトで実施する基盤研究事業の成果は、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの高度化のための技術開発につなげていく。

(6) その他特記事項

基盤研究事業については、平成 20 年度以降に必要な応じて新規テーマを追加することもある。

5. 総合評価

本プロジェクトは国の環境政策やエネルギー政策に沿った技術開発である。また、我が国のエネルギー供給を支える石炭の利用に際し、できる限り環境負荷を低減して効率的に利用する技術を開発するためのプロジェクトであり、NEDO事業として推進すべき重要事項である。

(燃料技術開発プログラム)
「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」
基本計画（案）

環境技術開発部

1. プロジェクトの目的・目標・内容

(1) プロジェクトの目的

地球温暖化問題との関連でCO₂排出量の削減が強く求められている中で、Cool Earth 50が提唱する「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して2050年までに半減する」などのCO₂削減目標を達成するためには、省エネルギーやCO₂負荷の小さいエネルギーへの転換、再生可能エネルギーの導入、原子力発電の導入等だけでは限界があり、今後はCO₂の分離・回収・貯留（Carbon dioxide capture and storage, CCS）も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、国内のみならず気候変動に関する政府間パネル（IPCC）やG 8、或いはEUや米国でも、CCSが重要な技術であるとの認識を強めている。

このような状況の中、火力発電分野でもCO₂の削減が強く求められており、今後は石炭火力から発生するCO₂を分離・回収・貯留するCCSを含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の実施可能性を検討することが必要となって来た。そこで、我が国における実施可能性を詳細に評価するために、本プロジェクトでは（i）発電からCO₂貯留までのトータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー（FS）を実施する。本FSは、今後、我が国の高度なクリーン・コール・テクノロジーを海外へ展開する際にも重要な情報となる。また、CCSには多量の付加的なエネルギーが必要となることから、発電効率を可能な限り高く維持するためには、更なる効率改善も重要であり、（ii）ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究等も併せて実施する。（i）には、石炭ガス化発電システムの概念設計、CO₂輸送システムの概念設計、CO₂の貯留ポテンシャル評価、発電からCO₂に至るトータルシステムのコスト評価等を含む。（ii）については、CO₂回収後においても、既存IGCC並の発電効率を達成する革新的なガス化技術発掘のための基盤研究を実施する。

(2) プロジェクトの目標

本事業は、環境問題への対応を目的として、石炭火力から発生するCO₂を分離・回収・貯留（CCS）するゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の可能性を評価するためのFSを実施する。また、CCSは発電効率の大幅な低下をきたすため、その効率低下を補完するための基盤技術開発を、併せて実施することを目標とする。

なお、別紙にプロジェクト項目毎の目標を設定する。

(3) プロジェクトの内容

上記の目標を達成するために、以下のプロジェクト項目について、別紙のプロジェクト

ト計画に基づきプロジェクトを推進する。

[委託事業]

- ①発電からCO2貯留までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS)
- ②革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

2. プロジェクトの実施方式

(1) プロジェクトの実施体制

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO技術開発機構」という）が単独ないし複数の原則本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別の研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分はこの限りではない。）から、公募によってプロジェクト実施者を選定し、委託により実施する。

共同で参加する各グループの有する技術ポテンシャルを最大限に活用して効率的なプロジェクトの推進を図る観点から、NEDO技術開発機構が委託先決定後に指名するプロジェクト責任者（プロジェクトリーダー）をプロジェクト項目毎に置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的なプロジェクトを実施する。

(2) プロジェクトの運営管理

プロジェクト全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、本プロジェクトの目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、NEDO技術開発機構に設置する委員会及び技術検討会等、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

3. プロジェクトの実施期間

プロジェクトの実施期間は、平成20年度から平成24年度までの5年間とする。ただし、各プロジェクト項目のプロジェクト期間はプロジェクト項目毎に設定する。

4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的および政策的観点から、プロジェクトの意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、評価を実施する。評価方法については、以下に示すように、本プロジェクトの内容①、②について分けて行う。

- (1) ①については、業務方法書第40条及び事業評価実施規程に基づき、事業評価を実施する。
- (2) ②については、事業外部有識者によるプロジェクトの中間評価及び事後評価を実施する。

なお、個々の実施時期や方法は、プロジェクト項目毎に別紙プロジェクト計画に記載する。

5. その他の重要事項

(1) プロジェクト成果の取扱い

① 成果の普及

得られたプロジェクト成果については、NEDO技術開発機構、実施者とも普及に努めるものとする。

② 知的基盤整備事業及び標準化等との連携

得られたプロジェクトの成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報(TR)制度への提案等を積極的に行う。

③ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第26条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、プロジェクト内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、産業技術政策動向、第三者の視点から評価結果、プロジェクト費の確保状況、当該プロジェクトの進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標やプロジェクト体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号イに基づき実施する。

(4) その他

②については、技術動向調査などの結果に基づき、平成21年度以降に必要な応じて新規技術開発テーマを追加することもある。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成20年3月、基本計画制定。

(別紙) プロジェクト計画

プロジェクト項目①

「発電からCCSまでのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS)」

1. プロジェクトの必要性

地球温暖化問題との関連で、CO₂排出量の削減が強く求められている中で、Cool Earth 50が提唱する「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して2050年までに半減する」などのCO₂削減目標を達成するためには、省エネルギーやCO₂負荷の小さいエネルギーへの転換、再生可能エネルギーの導入、原子力発電の導入等だけでは限界があり、今後はCO₂の分離・回収・貯留 (Carbon dioxide capture and storage, CCS) も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、国内のみならず気候変動に関する政府間パネル (IPCC) やG 8、或いはEUや米国でもでも、CCSが重要な技術であるとの認識を強めている。

このような状況の中、火力発電分野でもCO₂の削減が強く求められており、今後は石炭火力から発生するCO₂を分離・回収・貯留するCCSを含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の実施可能性を検討することが必要となって来た。そこで、我が国における実施可能性を詳細に評価するために、本プロジェクト項目 ①では、発電からCO₂貯留までのトータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー (FS) を実施する。この中には、石炭ガス化発電とCO₂分離・回収システムの概念設計、CO₂輸送システムの概念設計、CO₂の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価、発電からCO₂貯留に至るトータルシステムの評価等が含まれる。

2. プロジェクトの具体的内容

我が国において、石炭ガス化発電システムからCO₂の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて、システムの詳細設計に基づいて評価した例はなく、本プロジェクトでフィジビリティ・スタディー (発電からCCSまでのトータルシステムのFS) を行い、総合的な評価を実施する。この際には、CO₂の発生源と貯留サイトのマッチングを考慮し、複数の候補サイトでの実施可能性を詳細に検討する必要がある。検討の精度を向上させるため、各要素技術の概念設計、経済性評価モデルの構築や国際標準化検討 (ポテンシャル評価、リスク評価等) も併せて実施する。

(1) 石炭ガス化発電とCO₂分離・回収システムの概念設計

CO₂発生源である石炭ガス化発電とそれにCO₂分離・回収設備を付加したシステムの概念設計を行い、それらを組み合わせた最適システムの検討を行う。石炭ガス化技術として、CO₂の分離・回収が比較的容易である酸素吹きガス化法 (酸素吹き石炭ガス化複合発電) を対象とし、実証規模設備と商用規模設備について概念設計を実施する。

(2) CO₂輸送システムの概念設計

石炭ガス化発電所から距離が離れた滞水層にCO₂を貯留する際には、船舶やパイプラインによるCO₂の輸送が必要となる。そこで、地質構造が小さく複雑なためにCO₂の発生源近傍における貯留ポテンシャルに多くを期待できず、また、CO₂の発生源と貯留候補地が離れ、地形が急峻で人口密度が高く、地質構造が複雑であり、地震の多発国

でもあるという我が国の地理的・地質的特性に適したCO₂輸送システムの検討が必要であり、これらを考慮した設備及び輸送システム全体の概念設計を行う。

(3) CO₂の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価

回収されたCO₂は、長期に亘って安全に地下に貯留する必要がある。このため、貯留候補地と考えられるサイトについて、貯留ポテンシャル調査を行い、貯留の可能性を明確化するとともに、貯留システムの概念設計や貯留システムの経済性評価等の調査を行う。

(4) 全体システム評価（発電からCO₂貯留に至るトータルシステムの評価）

我が国の石炭火力発電所は全国に広く分散しており、今後それらの発電所が老朽化した際には、最新の石炭ガス化発電設備が導入されていく可能性は高い。また、CO₂の貯留候補地も全国に分散しており、CO₂発生源と貯留地を連関させて系統的な検討を行う必要がある。また、それらの結果に基づきエネルギー需給への影響を評価することも重要となる。さらに、上記の検討を実施する際には、地中貯留ポテンシャル評価方法の標準化検討等も重要であることから、以下の検討を進める。

① 経済性評価モデルの構築と評価

CO₂を分離・回収し、CO₂を輸送・貯留・モニタリングするまでのトータルシステムの経済性評価のためのモデルを構築すると共に、そのモデルを使って発電からCO₂貯留に至るトータルシステムの実施可能性に関する評価を行う。

② エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価

①の結果を踏まえ、革新的ゼロエミッション石炭火力発電システムの導入・普及が、我が国のエネルギー需給構造に及ぼす影響を分析するためのモデルやCO₂排出削減への貢献を分析するためのモデルを構築し、そのモデルを使った影響評価を行う。

③国際標準化の検討

革新的ゼロエミッション石炭火力発電システムを普及させるためには、地中貯留ポテンシャルや地中貯留に係るリスクを正しく評価する指標が必要となる。そこで、これらの国際標準化に資する可能性を有する事項について、国際標準化の可能性検討を行う。

3. 達成目標

プロジェクト目標を下記のように設定する。

最終目標：平成24年度

目標値：発電からCCSに至るトータルシステムの実施可能性を評価する

4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、業務方法書第40条及び事業評価実施規程に基づき、事業評価を毎年実施すると共に、実施期間終了後に技術的および政策的観点から、プロジェクトの意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、FS結果や報告書の内容等により評価した後、必要に応じて外部有識者による評価を受けるものとする。

以上

プロジェクト項目②「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」

1. プロジェクトの必要性

地球温暖化問題との関連で、CO₂排出量の削減が強く求められている中で、Cool Earth 50が提唱する「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して2050年までに半減する」などのCO₂削減目標を達成するためには、省エネルギーやCO₂負荷の小さいエネルギーへの転換、再生可能エネルギーの導入、原子力発電の導入等だけでは限界があり、今後はCO₂の分離・回収・貯留（Carbon dioxide capture and storage, CCS）も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、国内のみならず気候変動に関する政府間パネル（IPCC）やG 8、或いはEUや米国でも、CCSが重要な技術であるとの認識を強めている。

このような状況の中、火力発電分野でもCO₂の削減が強く求められており、今後は石炭火力から発生するCO₂を分離・回収・貯留するCCSを含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の実施可能性を検討することが必要となって来た。しかし、火力発電にCCS技術を適用すると多量の付加的なエネルギーが必要となることから、貴重な炭化水素資源を有効に活用する観点から、石炭ガス化システムやCO₂分離・回収技術の更なる高効率化が必要である。そこで、本プロジェクト項目②として、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究を実施する。

2. プロジェクトの具体的内容

CCS技術（CO₂の分離・回収・貯留）は多量の付加的なエネルギーを消費し、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させることから、可能な限り発電効率を高く維持するための技術開発を推進する必要がある。そこで、下記のように、効率向上に資するテーマ設定型、およびテーマ提案公募型の基盤研究事業を実施する。

①テーマ設定型基盤研究事業（CO₂回収型次世代IGCC技術開発）

石炭ガス化システムから回収したCO₂を酸化剤の一部として用いることにより、石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできるCO₂回収型次世代IGCCシステムの実用基盤技術の開発を行う。また、このシステムについて、アジアの多様な石炭に対する適応性の検討も実施する。

②テーマ提案公募型基盤研究事業

IGCCの発電効率を大幅に改善させる革新的なガス化技術の発掘を目的として、2015～2030年頃の実用化を目指した先導的な研究開発及び、さらに革新的なブレークスルーに繋がる基盤研究テーマを公募する。

3. 達成目標

①のプロジェクト目標は、下記のように設定する。

[最終目標（平成24年度）]

- ・目標値：性状の異なるアジアの3種類以上の石炭を用い、CO₂回収後において、送電端効率42%（HHV基準）を実現させる基盤技術の確立。

- ・ 設定根拠： 既存技術では1300℃級ガスタービンを用いたIGCCで、CO2回収前の送電端効率が43%程度であり、CO2回収ロスを高効率化技術で補完するため。

[中間目標（平成22年度）]

送電端効率向上（42%:HHV基準、CO2回収後）のための主要構成技術の目処を得る。

- ②のテーマ提案公募型基盤研究事業のプロジェクト目標、実施内容の詳細については、採択テーマ決定後にNEDO技術開発機構と委託者の間で協議の上、別途「研究開発テーマ一覧」に定めることとする。

4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的および政策的観点から、プロジェクトの意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者によるプロジェクトの中間評価及び事後評価を実施する。なお、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該プロジェクトに係る技術動向、政策動向や当該プロジェクトの進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

以上

<特許・論文リスト>

【特許】

■CO2回収型次世代IGCC技術開発

No.	出願人	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	電力中央研究所	特願2009-180154	国内	2009/7/31	出願	反応検証装置及び反応検証方法	小林誠

■石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発

No.	出願人	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	日立製作所	特願2008-231618	国内	2008/9/10	出願	ガスタービンの燃料供給方法	小泉 浩美, 他5名
2	日立製作所	特願2008-234169	国内	2008/9/12	出願	燃焼器, 燃焼器の燃料供給方法及び燃焼器の改造方法	百々 聡, 他2名
3	日立製作所	特願2008-310376	国内	2008/12/5	出願	ガスタービンの運転方法及びガスタービン燃焼器	浅井 智広, 他3名
4	日立製作所	特願2009-225896	国内	2009/9/30	出願	水素含有燃料対応燃焼器および, その低NOx運転方法	小泉 浩美, 他5名
5	日立製作所	特願2009-227542	国内	2009/9/30	出願	ガスタービン燃焼器の制御装置およびガスタービン燃焼器の制御方法	百々 聡, 他3名
6	日立製作所	特願2009-269542	国内	2009/11/27	出願	ガスタービン燃焼器	浅井 智広, 他4名
7	日立製作所	特願2010-004697	国内	2010/1/13	出願	ガスタービン燃焼器	百々 聡, 他4名

【論文】

■CO2回収型次世代IGCC技術開発

No.	発表者	所属	タイトル	発表媒体	発表誌名、ページ番号、会議名等	査読	発表年月日
1	中尾 吉伸	電力中央研究所	PROPOSAL FOR NEW CO2 CAPTURE IGCC SYSTEM	発表	2009 CLEARWATER COAL CONFERENCE	無	2009/6/3
2	中尾 吉伸	電力中央研究所	CO2回収型高効率IGCCシステムの開発	発表	日本機械学会 第14回動力・エネルギー技術シンポジウム講演会	無	2009/6/30
3	中尾 吉伸	電力中央研究所	CO2回収型高効率IGCCシステムにおけるガスタービンシステムの検討	発表	日本ガスタービン学会 第37回ガスタービン学会定期講演会	無	2009/10/22
4	H.Watanabe,S.Umemoto,S.Kajitani, S.Hara, H.Makino	電力中央研究所	CO ₂ gasification rate analysis and modeling under high CO ₂ partial pressure conditions	発表	American Chemical Society ACS 239th National Meeting	無	2010/3/22-25
5	沖 裕壮	電力中央研究所	Development of oxy-fuel gasification IGCC system with CO2 recirculation for pre-combustion CO2 capture	発表	the 10th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-10,Poster)	無	2010/9/19
6	小林 誠、布川 信	電力中央研究所	CO2回収型高効率IGCCシステム用乾式脱硫プロセスの最適化 一分圧調整法による炭素析出現象の把握-(M09015)	論文	電力中央研究所報告	有	2010/3/31
7	電力中央研究所	電力中央研究所	CO2回収型火力システム	論文	電力中央研究所 研究年報 2009年度版	有	2010/6/24
8	角 邦洋, 中原崇志, 竹尾友宏, 北川敏明	九州大学	石炭ガス化ガス層流および乱流火炎への二酸化炭素希釈の影響	発表	第14回動力エネルギー技術シンポジウム	無	2009/6/30
9	角 邦洋, 中原崇志, 竹尾友宏, 北川敏明	九州大学	二酸化炭素希釈が水素層流および乱流火炎に及ぼす影響	発表	第18回日本エネルギー学会年次大会	無	2009/7/30
10	北川敏明	九州大学	水素を含むSyngasの燃焼特性	発表	水素エネルギー先端技術展2209	無	2009/10/21-23
11	角 邦洋, 中原崇志, 竹尾友宏, 北川敏明	九州大学	COMBUSTION PROPERTIES OF COAL GASIFICATION GAS FOR IGCC POWER GENERATION SYSTEM WITH CO2 CAPTURE	発表	International Conference on Power Engineering, ICOPE-09	無	2009/11/16-18
12	角 邦洋, 中原崇志, 竹尾友宏, 北川敏明	九州大学	Fundamental Combustion Properties of Coal Gasification Gas for IGCC Power Generation System with CO2 Capture	発表	The Third International Symposium on Novel Carbon Resource Sciences	無	2009/11/2-3
13	竹尾友宏, 角 邦洋, 權 大城, 永野幸秀, 北川敏明	九州大学	断熱燃焼温度一定条件下における水素/酸素/不活性ガス予混合気の乱流燃焼特性	発表	日本機械学会九州支部 第63期総会講演会	無	2010/3/15
14	Li Zhigang, 佐々木久郎, 菅井裕一, Zhang Xiaoming, Wang Jiren (遼寧工程技術大学)	九州大学	Preliminary Measurements of Combustion and Gasification of Coal for Rapid Heating	発表	平成22年度 資源・素材学会春季大会	無	2010/3/30
15	Agung Tri Wijayanta, Alam Md. Saiful, Koichi Nakaso, Jun Fukai	九州大学	Soot Formation on Primary Reactions of Coal Volatiles in a Plug Flow Reactor(栓流反応器内における石炭揮発分主要反応のすす形成)	発表	第4回新炭素資源学に関する国際シンポジウム: 環境科学及び技術	無	2009/12/13-14
16	Alam Md. Saiful, Agung Tri Wijayanta, Koichi Nakaso, Jun Fukai, Koyo Norinaga and Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Sensitivity Analysis of Primary Reactions of Coal Volatiles in a Plug Flow Reactor(栓流反応器内における石炭揮発分主要反応の感度解析)	発表	第3回新炭素資源学に関する国際シンポジウム; 炭酸ガス削減のための先端材料, プロセスおよびシステム	無	2009/11/2-3
No.	発表者	所属	タイトル	発表媒体	発表誌名、ページ番号、会議名等	査読	発表年月日

17	Alam Md. Saiful, Agung Tri Wijayanta, Koichi Nakaso, Jun Fukai,	九州大学	EFFECT OF CO2 ATMOSPHERE ON SOOT FORMATION DURING COAL VOLATILES COMBUSTION (石炭揮発分燃焼時のすす形 成に及ぼすCO2の影響)	発表	化学工学会 第75年会	無	2010/3/18-20
18	前田裕二,松隈洋介, 井上元,峯元雅樹	九州大学	IGCCにおけるCO2 除去・回収 およびガス化炉内の灰の挙動 の数値的検討	発表	第46回化学関連支部合同九州大 会	無	2009/7/11
19	前田 裕二	九州大学	IGCCにおけるCO2 除去・回収 およびガス化炉内の灰の挙動 の数値的検討	発表	第20回九州地区若手ケミカルエン 지니어討論会	無	2009/7/24
20	野中 壯泰、平島 剛、笹木 圭子	九州大学	水熱処理による低品位炭とバ イオマスの高品質化	発表	資源・素材2009(札幌)	無	2009/9/8-10
21	Anggoro Tri Mursito, Tsuyoshi Hirajima and Keiko Sasaki	九州大学	Solid product characterization of tropical and cold climate peat produced by hydrothermal treatment	発表	資源・素材2009(札幌)	無	2009/9/8-10
22	野中 壯泰、平島 剛、笹木 圭子	九州大学	低品質炭素資源の前処理とガ ス化性	発表	平成22年度)資源・素材学会春季 大会	無	2010/3/3/30- 4/1
23	M.F. Irfan and K. Kusakabe	九州大学	Pulverized Coal Pyrolysis and Gasification in N2/O2/CO2/ Mixtures by Thermogravimetric Analysis	発表	3rd International Symposium on Novel Carbon Resources	無	2009/11/2-3
24	M.F. Irfan and K. Kusakabe	九州大学	Reaction Kinetics of Coal Gasification with the N2/O2/CO2 Mixture	発表	2009 AIChE Annual Meeting	無	2009/11/8-13
25	M.F. Irfan and K. Kusakabe	九州大学	Thermogravimetric Characterization of Datong Coal for O2/CO2 Gasification	発表	第46回石炭科学会議	無	2009/11/26-27
26	Toru Matsuhara, Sou Hosokai, Koyo Norinaga, Koich Matsuoka, Chun-Zhu Li and Jun-ichiro Hayashi	九州大学	In-situ decomposition of tar from rapid pyrolysis of coal in a sequence of coking over char and coke gasification with steam	発表	10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry, Tsukuba (2009)	無	2009/7/26
27	Koyo Norinaga, Naomichi Saegusa, Olaf Deutschmann and Junichiro Hayashi	九州大学	A precise chemical kinetic model for thermal reactions of lower hydrocarbons	発表	10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry, Tsukuba (2009)	無	2009/7/26
28	Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Next Generation Coal Gasification: A Consideration from a Thermochemical Point of View	発表	日本学術振興会・中国科学院30周 年記念シンポジウム, 東京 (2009)	無	2009/9/16
29	細貝 総, 畠山 朋, 則 永 行庸, 林 潤一郎	九州大学	石炭迅速熱分解生成物の気相 部分酸化およびCO2改質反応 特性	発表	化学工学会第41秋季大会, 広島 (2009)	無	2009/9/17
30	林雄超 持田勲 伊聖 昊 宮脇仁 Hao Lifang	九州大学	Viscosity Assessments of Ashes and Slags of Various Coals	発表	日本エネルギー学会	無	2009/11/26-27
31	Masek Ondrei, 細貝 総, 則永 行庸, Chunzhu Li, 林 潤一 郎	九州大学	NaおよびCaをイオン交換担持 した褐炭の水蒸気存在下にお ける迅速熱分解特性	発表	化学工学会第41秋季大会, 広島 (2009)	無	2009/9/17
32	竹尾友宏, 角 邦洋, 權 大城, 永野 幸秀, 北 川敏明	九州大学	断熱燃焼温度一定条件下にお いて希釈ガスが石炭ガス化ガス の燃焼に及ぼす影響	発表	日本エネルギー学会年次大会	無	2010/8/3
33	竹尾友宏, 角 邦洋, 權 大城, 永野 幸秀, 北 川敏明	九州大学	断熱燃焼温度一定条件下にお ける石炭ガス化ガスの燃焼特性 に及ぼす希釈ガスの影響	発表	第15回動力エネルギー技術シンポ ジウム	無	2010/6/21
34	上田康・武部博倫(愛 媛大学大学院理工学 研究科)	九州大学	石炭ガス化発電スラグの熔融挙 動の検討	発表	資材学会秋季大会	無	2010/9/15
No.	発表者	所属	タイトル	発表媒体	発表誌名、ページ番号、会議名等	査読	発表年月日

35	Li Zhigang, 佐々木久郎, 菅井裕一, Zhang Xiaoming, Wang Jiren (遼寧工程技術大学)	九州大学	Experimental Study on Combustion, Gasification and Adsorption of Coal in CO ₂ Rich Atmosphere	論文	International Symposium on Earth Science and Technology 2009	有	2009/12/8
36	安並哲, 佐々木久郎, 菅井裕一	九州大学	CO ₂ Temperature Prediction in Injection Tubing Considering Supercritical Condition at Yubari ECBM Pilot Test	論文	JCPT ジャーナル(SPE発行)平成22年 4月号 (Vol.45-4) に掲載予定	有	2010/3
37	Alam Md. Saiful, Agung Tri Wijayanta, Koichi Nakaso, Jun Fukai, Koyo Norinaga and Jun-ichiro Hayashi	九州大学	A Reduced Mechanism for Primary Reactions of Coal Volatiles in a Plug Flow Reactor (栓流反応器内での石炭揮発分初期反応に対する簡略化反応機構)	論文	Combustion Theory and Modelling (Taylor & Francis)	有	2010/2
38	Agung Tri Wijayanta, Alam Md. Saiful, Koichi Nakaso, Jun Fukai	九州大学	Soot Formation on Primary Reactions of Coal Volatiles in a Plug Flow Reactor (栓流反応器内における石炭揮発分主要反応のすず形成)	論文	第4回新炭素資源学に関する国際シンポジウム: 環境科学及び技術	無	2009/12/12-13
39	Alam Md. Saiful, Agung Tri Wijayanta, Koichi Nakaso, Jun Fukai, Koyo Norinaga and Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Sensitivity Analysis of Primary Reactions of Coal Volatiles in a Plug Flow Reactor (栓流反応器内における石炭揮発分主要反応の感度解析)	論文	第3回新炭素資源学に関する国際シンポジウム: 炭酸ガス削減のための先端材料, プロセスおよびシステム	無	2009/11/2-3
40	Moriyasu Nonaka, Tsuyoshi Hirajima and Keiko Sasaki	九州大学	Washability study and gasification reactivity of coal	論文	International Symposium on Earth Science and Technology	有	2009/12
41	Moriyasu Nonaka, Tsuyoshi Hirajima and Keiko Sasaki	九州大学	Upgrading and gasification of low rank coal and woody biomass	論文	3rd International symposium of novel carbon resources science	無	2009/11/2-3
42	Tsuyoshi Hirajima	九州大学	De-ashing and upgrading low-grade coal to reduce the environmental load	論文	Newsletter, Novel carbon resource sciences, G-COE program Kyushu University	無	2009
43	Anggoro Tri Mursito, Tsuyoshi Hirajima and Keiko Sasaki	九州大学	Characteristics of hydrothermally-upgraded peat and its application for fuel based combustion	論文	The 10th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology	有	2009/11/2-6
44	Anggoro Tri Mursito, Tsuyoshi Hirajima, Keiko Sasaki and Satoshi Kumagai	九州大学	The effect of hydrothermal dewatering of Pontianak tropical peat on organics in wastewater and gaseous products	論文	Fuel	有	2009
45	Anggoro Tri Mursito, Tsuyoshi Hirajima and Keiko Sasaki	九州大学	Alkaline hydrothermal de-ashing and desulfurization of low quality coal and its application to hydrogen-ric as generation	論文	Energy conversion and management	有	2009
46	M.F. Irfan and K. Kusakabe	九州大学	熱重量分析によるN ₂ /O ₂ /CO ₂ 混合気中の微粉炭熱分解・ガス化	論文	NEW CARBON RESOURCES SCIENCE NEWSLETTER	無	2010/2
47	Ondrej Mašek, Sou Hosokai, Koyo Norinaga, Chun-Zhu Li, Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Rapid Gasification of Nascent Char in Steam Atmosphere during the Pyrolysis of Na- and Ca-Ion-Exchanged Brown Coals in a Drop-Tube Reactor	論文	Energy and Fuels, 23, 4496-4501 (2009)	有	2009/9
48	Tokuji Kimura, Masaki Nakano, Sou Hosokai, Koyo Norinaga, Chun-Zhu Li, Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Steam reforming of biomass tar over charcoal in a coke-deposition/steam-gasification sequence	論文	Proceedings of Chemeca 2009, CD-ROM Edition (2009)	有	2009/10
49	Makiko Kajita, Tokuji Kimura, Koyo Norinaga, Chun-Zhu Li, Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Catalytic and Noncatalytic Mechanisms in Steam Gasification of Char from the Pyrolysis of Biomass	論文	Energy and Fuels, 24(1), 108-116 (2010)	有	2010/1
50	Toru Matsuhara, Sou Hosokai, Koyo Norinaga, Koichi Matsuoka, Chun-Zhu Li, Jun-ichiro Hayashi	九州大学	In-Situ Reforming of Tar from the Rapid Pyrolysis of a Brown Coal over Char	論文	Energy and Fuels, 24(1), 76-83 (2010)	有	2010/1

No.	発表者	所属	タイトル	発表媒体	発表誌名、ページ番号、会議名等	査読	発表年月日
51	Fujun Tian, Shu Zhang, Jun-ichiro Hayashi, Chun-Zhu Li	九州大学	Formation of NO _x precursors during the pyrolysis of coal and biomass. Part X. Effects of volatile-char interactions on the conversion of coal-N during the gasification of a Victorian brown coal in O ₂ and steam at 800° C	論文	Fuel, in press (2010)	有	2010/3
52	佐々木久郎, 菅井裕一, Li Zhigang, Zhang Xiaoming, Wang Jiren	九州大学	CO ₂ による石炭ガス化挙動と発熱特性	論文	平成21年度資源素材学会	無	2009/9/10
53	武部博倫(愛媛大学大学院理工学研究科)	九州大学	静滴法による酸化物系融体の表面張力測定	論文	MPEL Letter Vol.1 July 2010(愛媛大学材料プロセス工学研究室ニュースレター)	無	2010/7/26
54	Md. Saiful Alam, Agung Tri Wijayanta, Koichi Nakaso, Jun Fukai	九州大学	Predictions of O ₂ /N ₂ and O ₂ /CO ₂ Mixture Effects during Coal Combustion using Probability Density Function	論文	Journal of Novel Carbon Resource Sciences	有	2010/9
55	Agung Tri Wijayanta, Md. Saiful Alam, Koichi Nakaso, Jun Fukai	九州大学	Detailed Reaction Mechanisms of Coal Volatile Combustion: Comparison between Without Soot and Soot Models	論文	Journal of Novel Carbon Resource Sciences	有	2010/9
56	K. Miura, R. Ashida, M. Makino, A. Nishida	京都大学	Enhancement of Gasification Reactivity of Low Rank Coal without Using Catalyst	発表	10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry, Tsukuba (2009)	無	2009/7/27
57	蘆田隆一, 西田篤志, 牧野三則, 三浦孝一	京都大学	ガス化反応性向上のための低品位炭の改質	発表	第18回日本エネルギー学会年次大会, 札幌 (2009)	無	2009/7/31
58	蘆田隆一, 西田篤志, 牧野三則, 三浦孝一	京都大学	穏和な溶剤処理による石炭のガス化反応性の向上	発表	化学工学会第41回秋季大会, 広島 (2009)	無	2009/9/16
59	K. Miura, R. Ashida, M. Makino, A. Nishida	京都大学	Upgrading of Low Rank Coal for Enhancing Its Gasification Reactivity	発表	26th Annual International Pittsburgh Coal Conference, Pittsburgh (2009)	無	2009/9/23
60	K. Miura, R. Ashida, M. Makino, A. Nishida	京都大学	Enhancement of Gasification Reactivity of Coal without Using Catalyst	発表	International Conference on Coal Science & Technology (ICCS&T), Cape Town (2009)	無	2009/10/27
61	牧野三則, 蘆田隆一, 三浦孝一	京都大学	直接通電小型ガス化反応装置による改質褐炭のガス化特性	発表	第46回石炭科学会議, 鹿児島 (2009)	無	2009/11/27
62	M. Makino, R. Ashida, and K. Miura	京都大学	Measurement of CO ₂ Gasification Rate of Upgraded Coal Char Using a Mini Direct Heating Reactor at High Pressure and High Temperature	発表	239th ACS National Meeting, San Francisco (2009)	無	2010/3/25

■石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発

1	小泉浩美, 他5名	日立製作所	水素リッチ燃料焼き低NO _x 燃焼器の開発	論文	火力原子力発電 第60巻第10号 (pp80-85)	無	2009/10/15
2	百々聡, 他5名	日立製作所	水素リッチ燃料焼き多孔同軸噴流バーナの大気圧燃焼特性	発表	第37回ガスタービン定期講演論文集 (pp.31-36), 講演	無	2009/10/21
3	浅井智広	日立製作所	Applicability of a Multiple-Injection Burner to Dry Low-NO _x Combustion of Hydrogen-Rich Fuels	発表	ASME Turbo Expo 2010 GT2010-22286	無	2010/6/16