

(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／
革新的CO2回収型石炭ガス化技術開発」

事業原簿

【公開版】

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	3
プロジェクト用語集	12
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	14
1.1 NEDOが関与することの意義	14
1.2 実施の効果(費用対効果)	15
2. 事業の背景・目的・位置付け	18
2.1 事業の背景	18
2.2 事業の目的	19
2.3 事業の位置付け	20
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標	22
1.1 目標指標	22
1.2 目標設定根拠	23
2. 事業の計画内容	25
2.1 研究開発の内容	25
2.2 研究開発の実施体制	30
2.3 研究開発の運営管理	32
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	33
3. 情勢変化への対応	34
4. 中間評価結果への対応	36
4.1 中間評価結果概要	36
4.2 中間評価結果への対応	36
5. 評価に関する事項	39
III. 研究開発成果について	
1. 事業全体の成果	40
2. 研究開発項目毎の成果	43
2.1 パイロット試験設備	43
2.2 パイロット試験設備運転研究	45
2.3 支援・調査研究	59
2.4 次期 IGCC に最適な CO ₂ 物理回収技術の開発	61
2.5 新規 CO ₂ 分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験	86
IV. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて	89
(添付資料)	
・イノベーションプログラム基本計画(エネルギーイノベーションプログラム基本計画)(抜粋)	
・プロジェクト基本計画(ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト)(抜粋)	
・技術戦略マップ(分野別技術ロードマップ)(抜粋)	
・事前評価関連資料(事前評価書、パブリックコメント募集の結果)	
・特許論文等リスト	

概要

		作成日	平成 26 年 11 月 13 日
プログラム名	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	プロジェクト番号	P10016
担当推進部/担当者	環境部 在間主幹、山本主査		
0. 事業の概要	<p>高効率で最適なCCSシステムとの組合せを目指した次期IGCCに最適なCO2分離回収技術の開発と新規CO2分離回収技術等調査を平成22年度～平成26年度の計画で実施した。</p> <p>事業内容としては、最適CO2分離回収技術として石炭ガス化炉からの実ガスを用いて「物理吸収法」による技術実証を行うこととし、供給石炭ガス化炉にはCCS対応として高効率期待される酸素吹噴流床ガス化炉を用いることとし、併せてCO2分離回収設備とガス化設備・発電システムへの適用性の確認・技術確立を行うこととした。</p> <p>EAGLE(※)ガス化技術は、環境負荷低減、特に地球温暖化ガス発生量の低減を図ることを目的に、高効率で合成ガス(CO+H₂)を製造することができる先進的な酸素吹1室2段旋回流型噴流床炉による石炭ガス化技術である。</p> <p>併せて、得られた石炭ガス化ガスを高度に精製(除塵・脱H₂S・脱ハロゲン等)することにより、電力用、化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用等幅広い用途への適用が可能で、酸素吹石炭ガス化の特徴を活かし、効率的なCO₂分離・回収技術の確立を図るものである。</p> <p>本技術を適用し、ガスタービン、蒸気タービンおよび燃料電池を組み合わせることにより、既設石炭火力発電と比較し、約30%のCO₂発生量低減が期待される。</p> <p>(※ EAGLE: Coal Energy Application for Gas, Liquid & Electricity)</p> <p>これまでに、本技術開発は、石炭処理量150t/日の酸素吹石炭ガス化炉及びガス精製装置を主体とするパイロット試験設備を建設して実施してきた。概要は以下のとおりである。</p> <p>(1) STEP1(平成10～18年度)</p> <p>①パイロット試験設備による研究</p> <p>(a)パイロット試験設備建設(平成13年度)</p> <p>(b)パイロット試験設備運転研究(平成14～18年度)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・石炭ガス化性能試験 高性能ガス化炉の開発を目指し、石炭ガス化性能試験に取り組んだ。 ・ガス精製性能試験 石炭ガス化プラントのガスクリーンアップ技術の確立を目指し、ガス精製性能試験に取り組んだ。 ・連続運転性能試験 プラント信頼性検証を目的に、1,000時間以上の連続運転に取り組んだ。 ・多炭種対応試験 ガス化特性に影響を与える因子として、燃料比、灰融点、灰分、発熱量をパラメータとした多炭種対応試験でガス化特性を確認した。 ・大型化対応試験 大型実証機は、さらなるコンパクト化を目指した設計データの取得を必要とするため、空塔速度増大試験、バーナ噴出速度変化試験、一体化粉体弁試験に取り組んだ。 <p>②支援・調査研究(平成10～18年度)</p> <p>EAGLEパイロット試験設備の円滑な運転研究を支援することを目的に、石炭処理量1t/日の加圧ガス化試験炉によるガス化基礎試験、噴流床ガス化シミュレーションモデル解析を行い、EAGLEガス化炉の性能予測、パイロット試験の課題解決に取り組んだ。</p>		

- (2) STEP2(平成 19～21 年度)
 社会情勢の変化に対応するため、新たな開発課題として高灰融点炭種対応試験、CO₂分離・回収技術(化学吸収法)の確立、微量物質の挙動調査を設定し、研究開発を実施した。
- ①パイロット試験設備による研究
- (a)ガス化炉改造、CO₂分離・回収装置追設(平成 19～20 年度上期)
 高灰融点炭まで石炭ガス化適用範囲拡大を図るため、高耐熱仕様のガス化炉に改造した。
 また、EAGLE 精製ガスの一部を分岐し、CO₂分離・回収試験を実施するための試験装置を追設した。
- (b)パイロット試験設備運転研究(平成 19～21 年度)
- ・高灰融点炭種対応試験
 高灰融点炭を用いた石炭ガス化運転で、運用性、ガス化特性等を把握した。
 - ・CO₂分離回収試験
 シフト反応を含め CO₂分離回収試験により、設備運用性・信頼性を把握した。
 - ・微量物質挙動調査
 プラント系統内の微量物質マテリアルバランスを把握し、プラント信頼性向上および環境アセスメントに向けた基礎データ取得等、関連調査を行った。
- (3) STEP3(平成 22～26 年度)
- ①次期IGCCに最適なCO₂分離回収技術の開発
 次期IGCCの高圧プロセス下におけるCO₂分離回収技術として「物理吸収法」による実証試験を行い、発電システムとして必要な運用条件を満たす最適なCO₂分離回収技術を開発する。
- (a)CO₂分離回収試験装置(物理吸収法)設置及び石炭ガス供給設備整備
 CO₂分離回収装置のうち物理吸収法(Sour Gas Shift+Selexol)について、石炭ガス化発電プラントへの適用を目的に、供試ガス1,000Nm³/h規模のパイロット試験装置の設計、製作及び据付工事を実施した。また、CO₂分離回収試験の実施準備として、CO₂分離回収試験設備に石炭ガスを供給する酸素吹石炭ガス化炉の整備を実施した。
- (b)酸素吹石炭ガス化システム+CO₂分離回収設備運転研究
 次世代IGCC(1,500℃超級GT導入)を想定し、高温・高圧プロセスに最適なCO₂分離回収システムの開発として、物理吸収法によるCO₂分離回収技術の技術実証を行うこととし、H₂S存在下でのCOシフト反応、シフト後の酸性ガス(H₂S,CO₂)の分離回収特性を検証・把握し、石炭ガス化発電プラントへの適用技術の確立を図った。
- (c)物理吸収法によるサワーシフト反応最適化研究
 サワーシフト反応における添加水蒸気量が反応特性及び炭素析出特性に及ぼす影響を把握するために、ラボ試験及び実ガス試験を実施した。
- (d)試験設備解体調査
 酸素吹石炭ガス化設備及びCO₂分離回収試験設備について主要部分の解体調査を実施した。
- ②新規CO₂分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験
 新規CO₂分離回収技術及びCO₂回収システムについて調査検討を実施し、性能・信頼性・大型化等に関して評価し、有望な技術について実ガスを用いたフィールド試験を実施した。

I. 事業の位置付け・必要性について

石炭のガス化技術の開発に関しては、総合科学技術会議の第18回基本政策専門調査会(平成18年3月15日開催)の中で、様々な分野の研究課題から戦略重点科学技術(62科学技術)の一つとして選定されており、高効率でクリーンな合成ガス(CO+H₂)を製造する酸素吹石炭ガス化技術の開発を実施してきた本開発は、この趣旨に沿った技術開発案件と位置付けられる。

本技術開発では、高効率でクリーンな合成ガス(CO+H₂)を製造することができる先進的な酸素吹1室2段旋回流石炭ガス化技術の開発に取り組んできた。電力用、化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用等幅広い用途への適用が可能な技術である。特に電力用途に適用した場合には、ガスタービン、蒸気タービンおよび燃料電池を組み合わせた「石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC ※1)」により、既設石炭火力発電と比較して約30%のCO₂発生量低減が期待される送電端熱効率55%以上の高効率発電が可能となる。

酸素吹石炭ガス化技術の開発は、実用化までに多くの時間と費用がかかること、及び安価で安定供給可能な石炭の環境調和を図りつつ利用範囲を大きく拡大できる技術であり、エネルギーセキュリティーの確保というエネルギー政策の観点からも、NEDOの関与が必要とされる事業である。また、あわせて、高度石炭利用技術開発における先導的な役割を果たすことができ、これまでに蓄積した石炭利用技術を活用するとともに、石炭火力関連の技術を結集し、IGFCの早期実用化を目指すことを官民あげて推進することには意義があるといえる。

近年の地球温暖化問題に対する国内外意識の一層の高まりを受けて、従来の省エネルギー・高効率化等によるCO₂排出量削減への取組みに加え、オプションとしてのCO₂分離回収・貯留技術(CCS ※2)への期待が高まっている。

前述の第18回基本政策専門調査会においても、CO₂分離回収・貯留技術は重要な研究開発課題として選定され、火力発電所等からの低コストでのCO₂分離回収技術の開発は必要とされている。

本開発技術である酸素吹石炭ガス化プロセスからのCO₂分離・回収は、合成ガス中のCOにシフト反応を施しCO₂+H₂へ転換し、分離・回収することが可能であり、微粉炭火力の排ガスからのCO₂分離・回収に比べCO₂濃度が高い(処理ガス量が少ない)ということから経済的に有利と考えられ、平成18年度NEDOが実施した本技術事業検討会の審議を踏まえ、STEP2の開発として、平成19年度から3カ年の工程で、高灰融点炭対応の試験研究とあわせて化学吸収法によるCO₂分離・回収試験研究を実施した。


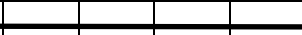
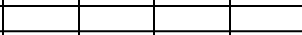
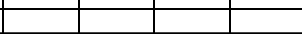
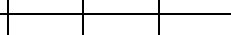
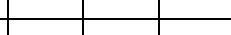
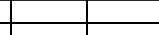




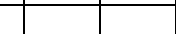

CO₂の分離・回収技術の開発については、特に長期開発案件並びに国際的な取組み課題であり、民間主導の経済原則のみで技術開発が進むものではなく、長期的視野に立ったNEDO等の関与が不可欠と考えられ、平成18年度の計画変更(情勢変化への対応)により、新たにCO₂分離・回収試験研究を実施することとしたものである。

さらに、平成22年度からは、次期IGCCの高圧プロセス下におけるCO₂分離回収技術として「物理吸収法」による実証試験を行い、発電システムとして必要な運用条件を満たす最適なCO₂分離回収技術を開発することとした。

これらの取組みにより、国内のエネルギー安定供給や環境影響負荷低減に貢献でき、炭種制約を減らすこと等により、クリーン・コール・テクノロジーとしての石炭ガス化技術の展開の可能性を拡大するものであると共に、国内外の時代の要請に応える技術開発であるといえる。

〔 ※1 IGFC: Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle
※2 CCS: Carbon Capture and Storage 〕

II. 研究開発マネジメントについて

<p>事業の目標</p>	<p><STEP1(平成 10～18 年度)></p> <p>①石炭ガス化性能 ・ガス発熱量 : 10,000kJ/m³N 以上 ・カーボン転換率 : 98%以上 ・冷ガス効率 : 78%以上 ・ガス化圧力 : 2.5MPa</p> <p>②ガス精製性能(精密脱硫器出口) ・硫黄化合物 : 1ppm 以下 ・ハロゲン化合物 : 1ppm 以下 ・アンモニア : 1ppm 以下 ・ばいじん : 1mg/m³N 以下</p> <p>③連続運転性能 : 1,000 時間以上</p> <p>④多炭種対応:性状の異なる5種類以上の石炭についてガス化データを取得する。</p> <p>⑤大型化対応:10 倍程度のスケールアップを目指した大型化対応のためのデータを取得する。</p> <p><STEP2(平成 19～21 年度)></p> <p>①高灰融点炭種対応 :高灰融点炭に適用できる酸素吹石炭ガス化技術の確立を目標に、3 炭種以上の性状の異なる高灰融点炭についてガス化並びに運用特性データを取得する。</p> <p>②CO₂ 分離・回収 :回収 CO₂ の純度 99%以上。 (化学吸収法)</p> <p><STEP3(平成 22～26 年度)></p> <p>① CO₂ 分離回収技術 :回収 CO₂ の純度 98%以上 (物理吸収法) (石炭ガス化発電システムへの適用性を検証)</p> <p>②発電効率改善 :IGCC(1, 500°C 超級GT)を想定したCO₂ 分離回収システムのエネルギーロス低減(化学吸収法と比較して相対比10%の改善)</p>									
<p>事業の計画内容</p>	<p>主な実施事項</p>	<p>H10 -14f y</p>	<p>H15 fy</p>	<p>H16 fy</p>	<p>H17 fy</p>	<p>H18 fy</p>	<p>H19 fy</p>	<p>H20 fy</p>	<p>H21 fy</p>	
<p>[STEP1]</p>										
<p>(1)パイロット試験設備建設</p>										
<p>(2)パイロット試験設備運転研究</p>										
<p>①石炭ガス化性能試験</p>										
<p>②ガス精製性能試験</p>										
<p>③連続運転性能試験</p>										
<p>④多炭種対応試験</p>										
<p>⑤大型化対応試験</p>										
<p>(3)支援・調査研究</p>										
<p>[STEP2]</p>										
<p>(1)ガス化炉改造及び設備建設</p>										
<p>(2)パイロット試験設備運転研究</p>										
<p>①高灰融点炭種対応試験</p>										
<p>②CO₂ 分離・回収試験</p>										
<p>③微量物質挙動調査</p>										

		[STEP3]	H22 fy	H23 fy	H24 fy	H25 fy	H26 fy			
		(1) 次期 IGCC に最適な CO2 分離回収技術の開発	—	—	—	—	—			
		① CO2 分離回収試験装置(物理吸収法)設置及び石炭ガス供給設備整備	—	—	—	—	—			
		② 酸素吹石炭ガス化システム+CO2 分離回収設備運転研究	—	—	—	—	—			
		③ 物理吸収法によるサワーシフト反応最適化研究	—	—	—	—	—			
		④ 試験設備解体調査	—	—	—	—	—			
		(2) 新規 CO2 分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験	—	—	—	—	—			
開発予算 (単位:百万円)	会計・勘定	H10-18fy	H19-21fy	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	H22-26fy	総額
共同研究 (NEDO 負担率 2/3)	特別会計 (高度化)	24,252	8,519	2,137	2,835	3,150	1,800	18	9,940	42,711
	加速財源(内数)						81		81	81
開発体制 (STEP3)	経済産業省担当原課	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	電源開発株式会社 若松研究所長 後藤 秀樹(H23年1月31日まで) 笹津 浩司(H23年2月1日からH25年6月24日まで) 中静 靖直(H25年6月25日から)								
	運営機関	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構								
	共同研究先	電源開発株式会社 若松研究所 株式会社日立製作所(平成23年度~25年度)								
情勢変化への対応	<p>本事業においては、その時折の社会情勢を勘案し、開発目標を設定して取り組んできた。STEP1ではIGFCに適用できるガス化技術やガス精製技術の開発を実施し、所定の成果を得た。また、STEP2では、社会情勢の変化に対応し、高灰融点炭種対応(炭種拡大)、CO₂分離・回収技術(化学吸収法)の確立等を開発目標に設定し、所期の目的を達成した。</p> <p>STEP3では、「物理吸収法におけるサワーシフト反応最適化研究」に係る以下の技術課題に対応するため、加速財源の投入を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・触媒上での炭素析出挙動評価 ・シフト活性への炭素析出量の影響評価 ・実ガス試験による長時間連続運転 <p>さらに、「革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発」に係る以下の技術課題に対応するため、加速財源の投入を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サワーシフト触媒の性能発現に必要な硫化水素濃度の限界確認 ・スラグコーティングの不完全事象の原因究明 									
評価に関する事項	<p>平成11年度 STEP1 技術評価検討会 平成15年度 STEP1 中間評価 平成18年度 STEP1 多目的石炭ガス製造技術開発事業検討委員会 (NEDO 自主) 平成19年度 STEP2 中間評価 平成21年度 STEP2 事後評価(前倒し) 平成26年度 STEP3 事後評価</p>									

<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>本研究開発は、平成 18 年度までを STEP1、平成 19～21 年度を STEP2、平成 22～26 年度を STEP3 と分けて、それぞれに開発目標を設定し、試験を実施してきた。各 STEP の取り組みと成果について以下に要約する。</p> <p>(1) STEP1 の成果(平成 10～18 年度)</p> <p>① パイロット試験設備による研究(平成 13～18 年度)</p> <p>計画通り石炭処理量 150 t/日規模のパイロット試験設備の建設を行い、各種ガス化特性試験、ガス精製試験を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・石炭ガス化性能試験 カーボン転換率、冷ガス効率等高いガス化性能を得ることを確認し、海外先行石炭ガス化プラントと比較して遜色のないレベルであった。 ・ガス精製性能試験 石炭ガス化プラントのガス精製技術の確立を目指し、ガス精製性能試験に取り組んだ。硫黄化合物、ハロゲン化合物、アンモニア、ばいじん等いずれも高い除去性能が確認された。 ・連続運転性能試験 プラント信頼性検証を目的に 1,000 時間以上の長期連続運転試験を実施し、1,015 時間の連続ガス化運転を達成し、国内のガス化プラントの連続運転記録を更新した。 ・多炭種対応試験 石炭ガス化性能に影響を与える灰分、燃料比、発熱量および灰融点をパラメータとして、特性の異なる 5 炭種のガス化試験を実施した。 ・大型化対応試験 空塔速度増大、バーナ噴出速度変化、一体化粉体弁に関する各種確認試験を実施し、大型実証機設計のためのデータを取得した。 <p>② 支援・調査研究(平成 10～18 年度)</p> <p>支援・調査研究は、平成 18 年度までパイロット試験設備による円滑な運転研究を支援することを目的に、石炭処理量 1 t/日の加圧ガス化試験炉によるガス化試験、噴流床ガス化シミュレーションモデルによる EAGLE ガス化炉の性能の予測、基礎試験による課題解決に取り組んだ。</p> <p>(a) 適用炭種拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> ・候補炭事前評価 パイロット試験の候補となる 18 炭種について、塊炭の粉碎性、微粉炭の流動性を評価した。またチャー物性やスラグ安定流下について評価した。得られた成果を EAGLE の運転条件に反映し、安定運転に寄与した。 ・性能予測 各候補炭のスラグ焼結防止炭素濃度、スラグ流下開始温度等の要素試験結果を用いて、噴流床ガス化シミュレーションモデルによる酸素吹ガス化炉の性能の予測と炭種ごとの適正運転条件を提案した。 <p>(b) パイロット試験課題対応</p> <p>ガス化生成ガス系統に塩化アンモニウム(NH₄Cl)の析出が観察されたことから、ガス化圧力と同じ 2.5MPa 下における NH₄Cl 析出に関する基礎試験を実施した。その結果を元に塩化アンモニウム(NH₄Cl)の析出条件を見極め、析出しない運転方法を提案した。</p> <p>(2) STEP2 の成果(平成 19～21 年度)</p> <p>高灰融点炭までの炭種拡大を目的にガス化炉を高耐熱仕様に改造し、高灰融点炭のガス化試験を実施した。また、CO₂ 分離・回収技術の確立に向けた装置追設および実証試験を実施した。さらに実証機建設を視野に入れたプラント信頼性向上や環境アセスメントに必要な環境影響微量物質について挙動調査を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高灰融点炭種対応 ガス化炉を高耐熱仕様に改造し、3 炭種の高灰融点炭(STEP1 より最大で灰溶流点^が 100°C程度高い炭)のガス化性能、運用特性を把握した。 ・CO₂ 分離回収(化学吸収法) 要素技術である「CO シフト触媒」および「CO₂ 吸収液」の基本特性、石炭ガス化ガスへの適用性を確認した。また、開発目標である「回収 CO₂ 純度 99%以上」が可能な運転条件を検証した。さらに、シフト蒸気低減試験、再生蒸気低減試験等を実施し、各運転条件におけるユーティリティ使用量を把握した。
----------------------	--

	<p>・微量物質挙動調査 石炭中に含まれる各種微量金属類の系内挙動および系外排出状況を概ね把握した。本挙動調査を通じて、実証機排水処理装置設計のための諸元データを取得するとともに、腐食防止の観点からの機器材料選定のための指針を得た。</p> <p>(3) STEP3 の成果 (平成 22～26 年度)</p> <p>① 次期IGCCに最適なCO2分離回収技術の開発 ・酸素吹石炭ガス化システム+CO2分離回収試験研究 目標値の回収 CO2 純度\geq98%を達成した。 次世代IGCC(1, 500℃超級GT導入)を想定し、高温・高圧プロセスに最適なCO2分離回収システムの開発として、物理吸収法によるCO2分離回収技術の技術実証を行った結果、CO2 化学吸収法(EAGLE-STEP2 結果)と比較して、相対比 17%のエネルギーロス改善に成功した(発電効率で 1.4 ポイント上昇)。 ・物理吸収法によるサワーシフト反応最適化研究 IGCC 単独での送電端効率 45.6%に対し、低温でのシフト活性が低い触媒を適用した条件では 39.2%となった。これに対し、低温作動型触媒適用時は 40.0%に改善できることが判った。</p> <p>②新規CO2分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験 有望な 4 つの対象技術から化学吸収法加熱フラッシュ再生方式を選定し、実ガス試験を通じて使用蒸気量を減らし、EAGLE-STEP2 の結果と比較して、再生熱量をさらに低減できる見通しを得た。(発電効率で 0.4 ポイント上昇)。</p>
投稿論文	<p>(STEP1,2) 論文投稿 34 件 研究発表 46 件 (STEP3) 論文投稿 8 件 研究発表 24 件</p>
特許	<p>(STEP1,2) 出願 27 件 (STEP3) 出願 13 件(国内 11 件/海外 2 件)</p>
その他の外部発表 (プレス発表等)	<p>(STEP1,2) 新聞等掲載 69 件 展示会出展 12 件 受賞実績 2 件 (STEP3) 新聞等掲載 33 件 展示会出展 2 件 受賞実績 1 件</p>
IV. 実用化の見通しについて	<p>本プロジェクトにおける「実用化」の考え方としては、当該研究開発の成果が後継の実証事業である大崎クールジェンプロジェクトで活用されることと定義している。 電源開発(株)と中国電力(株)は、共同で大崎クールジェン株式会社を設立している。その大崎クールジェンプロジェクトでは、現在、EAGLEプラントをスケールアップさせた酸素吹IGCCの大型実証機を建設中であり、完成後に先行してIGCC単独の実証を実施する(第1段階)。第2段階ではCO2分離回収技術の実証を、さらに第3段階では燃料電池を接続したIGFC(Integrated Gasification Fuel cell Combined cycle: 石炭ガス化燃料電池複合発電システム)の実証が予定されている。</p>

V. 基本計画に関する事項	「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」基本計画(STEP1,2)	
	作成時期	平成10年4月制定
	変更履歴	<p>(1) 平成12年3月、通商産業省とNEDOの役割分担の見直しを受けて、研究開発の目的、内容、目標等の改定。(ガス精製技術開発部分を削除)</p> <p>(2) 平成14年3月、省庁再編に伴う経済産業省とNEDOの役割分担の見直しを受けて、研究開発の目的、内容、目標を統一的に明記する等の改定。</p> <p>(3) 平成15年1月、平成14年度予算比大幅削減という状況を踏まえて、研究開発内容等の改定。</p> <p>(4) 平成16年3月、平成15年度中間評価結果反映により、目的(「燃料電池に利用可能な石炭ガス化技術の開発」を「化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用、電力用等幅広い用途へ適用できる石炭ガス化技術の開発」へ)およびプロジェクト名(「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」を「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」へ)等の改定。 NEDO独立行政法人化に伴うプロジェクト名、根拠法等の改定。</p> <p>(5) 平成17年3月、経済産業省とNEDOの役割分担の見直しを受けて、研究開発の目的、内容、目標等の改定(ガス精製技術開発部分を追加) 燃料プログラム策定に伴う表題記述の変更。</p> <p>(6) 平成18年3月、実施内容の実態に伴う支援・調査研究の研究内容および研究開発の実施期間に係る記述の変更。 新エネルギー技術開発プログラムに位置付けられたことによる表題の変更。</p> <p>(7) 平成19年3月、平成19年度以降の新たな研究項目実施に伴う研究開発の1. 目的・目標・内容、2. 研究開発の実施方式、3. 研究開発の実施期間、4. 評価に関する事項の記載内容の変更および追記。 燃料技術開発プログラムに位置付けられたことによる表題の変更。</p> <p>(8) 平成20年4月、プログラム名称が燃料技術開発プログラムからエネルギーイノベーションプログラムへ変更となったことによる表題の変更。</p> <p>(9) 平成21年8月、組織改正に伴い、担当推進部が環境技術開発部からクリーンコール開発推進部へ変更となったことによる担当推進部室および担当者名の変更。</p>
「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(STEP3)		
作成時期	平成22年3月制定。	
変更履歴	<p>(1) 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。</p> <p>(2) 平成23年1月、2. 事業の実施方式 (1)事業の実施体制 に研究開発責任者(PL)の氏名を記載。また、事業進捗を反映し、4. 評価に関する事項 の評価時期を一部見直し。</p>	

		<p>(3) 平成23年3月、事業進捗を反映し、4. 評価に関する事項を一部見直し。</p> <p>(4) 平成23年7月、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法改正に伴う根拠条項の変更。</p> <p>(5) 平成23年11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(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」について、2. 事業の具体的な内容、イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」の内容を一部変更。</p> <p>(6) 平成24年3月、事業項目②ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発に研究開発項目(4)「次世代高効率石炭ガス化技術最適化調査研究」を追加し、本文を見直し。</p> <p>(7) 平成25年2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(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」の期間延長及び事後評価の前倒し実施、研究開発項目(4)「次世代高効率石炭ガス化技術最適化調査研究」の期間延長、事業項目③クリーン・コール・テクノロジー推進事業の期間延長、業務方法書の改正による改訂。</p> <p>(8) 平成26年3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(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」の期間延長、研究開発項目(4)「次世代高効率石炭ガス化技術最適化調査研究」の期間延長、事業項目⑤革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発の期間延長、事業項目⑥クリーン・コール・テクノロジー実用化可能性調査の追加及び事業項目⑦低品位炭利用促進技術実証の追加による改訂。</p>
--	--	--

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、ガスタービンと蒸気タービンによる複合サイクル火力発電。
石炭ガス化燃料電池複合発電 Integrated coal Gasification Fuel Cell combined cycle	IGFC	IGCC 同様石炭をガス化し得られた石炭ガス化ガスを燃料とし、ガスタービン、蒸気タービンに、さらに燃料電池発電を組み合わせた複合サイクル火力発電。
多目的石炭ガス製造技術開発 coal Energy Application for Gas, Liquid & Electricity	EAGLE	化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用、電力用等幅広い用途への適用が可能な石炭ガス化技術及びガス精製技術の確立等を目的とする技術開発。
石炭利用水素製造技術 Hydrogen-from-coal process	HYCOL	石炭をガス化して水素を製造する技術。 高温・高圧下で微粉炭に酸素を反応させ、水素と一酸化炭素に富む中カロリーガスを得る噴流床ガス化を行わせ た後、シフト反応により一酸化炭素を二酸化炭素に転換し、二酸化炭素や酸性ガス等を分離除去して高純度の水素を得ることが出来る。
スラグ slag		熔融状態の石炭灰をいう。
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に付着し、冷却されて固化堆積する現象のこと。

クエンチガス quench gas		ガス化炉絞り部のスラッシングを防止するために、石炭ガス化ガスの一部をガス化炉絞り部にリサイクルし、ガス化炉熱回収部水冷壁に沿って膜状に入れるガスをクエンチガスという。
チャー char		石炭粒子のガス化中間生成物。
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。 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{CO}_2$
カーボン転換率 carbon conversion rate		石炭中のC（カーボン）がCO、CO ₂ 、CH ₄ 等の気体の炭素化合物に転換した割合[%]。 石炭ガス化における石炭有効利用率を表す。
冷ガス効率		石炭が持つ発熱量が生成ガス発熱量に転換した割合[%]。 石炭ガス化におけるエネルギー転換効率を表す。
理論ガス化酸素量		石炭中のCが全てCOガスに転換するのに必要な酸素量をいい、理想的な石炭ガス化が行われる必要最小限の酸素量。 但し、本定義は一般的に定義されているものではなく、EAGLE 限定で使用している用語。
灰溶流点温度		石炭灰の熔融状態を示す温度で、「融点」よりも更に熔融した状態の温度を指す。

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

石炭は今後需要が増大することが予想されるものの、世界中に広く賦存し、埋蔵量が豊富であることから、将来に渡って安定供給が見込め、また、経済的にも優れていることから、重要なエネルギー資源として位置付けられている。

「低炭素社会づくり行動計画(2008年7月)」においては、温室効果ガスの削減目標を実現する上での革新的な技術開発の重要性が掲げられおり、その中で石炭利用の高度化が大きく取り上げられ、石炭のクリーン燃焼技術に関して、ガス化複合発電の発電効率の向上とCCS技術と併せたゼロ・エミッション石炭火力の実現を目指すこととしている。この「低炭素社会づくり行動計画」では、革新的技術開発のロードマップの着実な実行が提言されており、石炭利用の高度化については、以下のようなロードマップが明確に示されている。

○クリーン燃焼技術

- ーIGCC(石炭ガス化複合発電)発電効率:2015年頃48%、長期的に57%達成を目指す等必要な技術開発、実証試験等を進める。
- ーIGFC(石炭ガス化燃料電池複合発電)発電効率:2025年頃に55%、長期的に65%達成を目指す等必要な技術開発、実証試験等を進める。

○CCS

- ー分離・回収コストを2015年頃にトン当たり2,000円台、2020年代に1,000円台に低減することを目指して技術開発を進める。
- ー2009年度以降早期に大規模実証に着手、2020年までの実用化を目指す。
- ー環境影響評価及びモニタリングの高度化、法令等の整備、社会受容性の確保などの課題解決を図る。

○これらの技術を併せ、最終的には二酸化炭素の排出をほぼゼロにするために、石炭火力発電等からの二酸化炭素を分離し、回収し、輸送、貯留する一貫したシステムの本格実証実験を実施し、ゼロ・エミッション石炭火力発電の実現を目指す。

このような2050年に向けた削減目標に対して、政府において「Cool Earth—エネルギー革新技術計画(2008年3月)」が設定され、21の技術での目標達成を目指されているところであり、その中で、本技術開発の目的でもある「高効率石炭火力発電」と「二酸化炭素回収・貯留(CCS)」がクリーン石炭利用の具体的な技術開発目標として掲げられている状況である(図 I-1-1)。

本プロジェクトは、高効率でクリーンな合成ガス(CO+H₂)を製造することができる最も先進的な酸素吹1室2段旋回流石炭ガス化技術を開発し、電力用途に適用した場合は、ガスタービン、蒸気タービンおよび燃料電池を組み合わせた「石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)」により、既設石炭火力発電と比較し約30%のCO₂発生量低減が期待される送電端熱効率55%以上の高効率発電が可能となる技術である。平成19年度からはゼロエミッション化に向けた取り組みとしてSTEP2を開始し石炭ガスからCO₂分離回収技術等の研究開発を実施しており、上述のロードマップに合致するプロジェクトである。

エネルギー源毎に、供給側から需要側に至る流れを俯瞰しつつ、効率の向上と低炭素化の両面から、CO₂大幅削減を可能とする「21」技術を選定。



*EMS: Energy Management System、HEMS: House Energy Management System、BEMS: Building Energy Management System
出典: 経済産業省「Cool Earth エネルギー核心計画 (H20.3.5)」

図 I-1-1 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術

本技術開発は、上述したとおり、高効率でクリーンな合成ガス(CO+H₂)を製造する酸素吹石炭ガス化技術の開発であり、IGCC、IGFC への適用による高効率発電のみならず、窒素分が少なく、CO、H₂ 分が比較的高いという特徴を活かし、水素や合成燃料(GTL、DME 等)を効率よく製造することも可能で、様々な用途に適用できる技術である。

酸素吹ガス化技術の開発は、実用化までに多くの開発時間と開発費用がかかること、および安価で安定供給可能な石炭の環境調和を図りつつ利用範囲を大きく拡大できる技術であり、エネルギーセキュリティの確保というエネルギー政策の観点からも、NEDO の関与が必要とされる事業である。また、本事業は、高度石炭利用技術開発における先導的な役割を果たすものであり、これまでに蓄積した、石炭火力関連の技術を結集し、IGFC の早期実用化を目指すことを官民あげて推進することは大きな意味をもち、NEDO として関与すべき技術開発である。

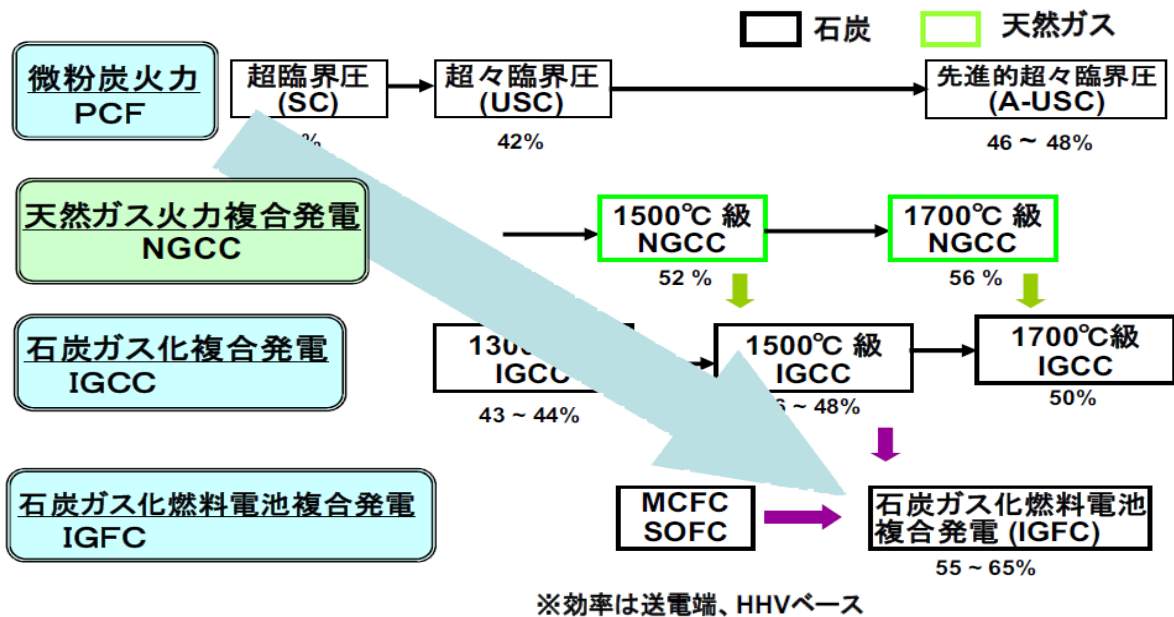
1.2 実施の効果(費用対効果)

本技術は、高効率でクリーンな合成ガス(CO+H₂)を製造することができる酸素吹石炭ガス化技術であり、高効率な発電システムである IGFC (石炭ガス化燃料電池複合発電)への適用はもとより、化学原料他様々な用途への適用可能性があり、本研究開発の実施効果は大きいものである。

電力用途で考えた場合、現在の石炭火力発電は蒸気タービン発電の微粉炭火力が主体であり、最新鋭微粉炭火力(超々臨界圧:USC)でも送電端熱効率(HHV)が42%程度である。

さらなる効率向上を図るには、図 I-1-2の高効率発電技術の体系に示すように、蒸気タービンとガスタービン、燃料電池を組み合わせた複合発電が考えられる。開発中の酸素吹ガス化技術は、IGFC を最終目的としているが、IGCC (石炭ガス化複合発電)へも適用可能であり、IGCC の場合は送電端熱効率約 48%、IGFC においては約 55%が期待され、その効果は有限な化石

燃料である石炭資源の枯渇延命化、CO₂排出量の削減等大きなものである。



(出典: 鉱業分科会クリーンコール部会資料)

図 I-1-2 高効率発電技術の体系

地球温暖化対策として Cool Earth 50(2050年までにCO₂排出量を半減)を実現するためには、上述の高効率化のみならずCO₂分離回収貯留技術(CCS)が必要と考えられており、本研究開発はこのうち、石炭ガス化+CO₂分離・回収にあたるもので、CCSシステムの実現に大きく貢献するものである。

石炭火力発電への展開を考えた場合、世界全体での石炭火力の発電電力量の割合は40%を上回っており、日本においても約29%に達しており、今後とも石炭の経済性、供給安定性等から重要な位置を占めるものである。

本技術は国内外への展開が期待されるところであり、国内においての火力発電所への展開としては、既設石炭火力の運転経過年数から将来における石炭ガス化プロセスへのリプレース適用が考えられる。既設火力のリプレースという観点から整理すると、2020年までに運転開始から35年(※)以上を迎える石炭火力発電所の発電出力としては、火力発電所全体の約5%(約5.7GW)、石油火力発電所を含めると約33%(約42GW)になる。さらに、2030年時点では火力発電所全体の約11%(約14GW)、石油火力発電所を含めて42%(約53GW)にのぼる(図I-1-3参照)。(※ここでは国税通達、減価償却資産の設備耐用年数の2倍以上経過の35年を区切りとおいた)

本技術開発の適用市場としては、2030年までには既設石炭・石油火力の約53GW分が運転開始後35年以上経過することとなり、市場として大きな規模が見込まれる。ガス化炉適用のIGCC、IGFCは、既設石炭・石油火力(蒸気タービン利用)と比べ、高効率が期待されるものであり、リプレース適用により「石炭資源の枯渇延命化」、「CO₂排出量削減」への多大な貢献が期待されるものである。

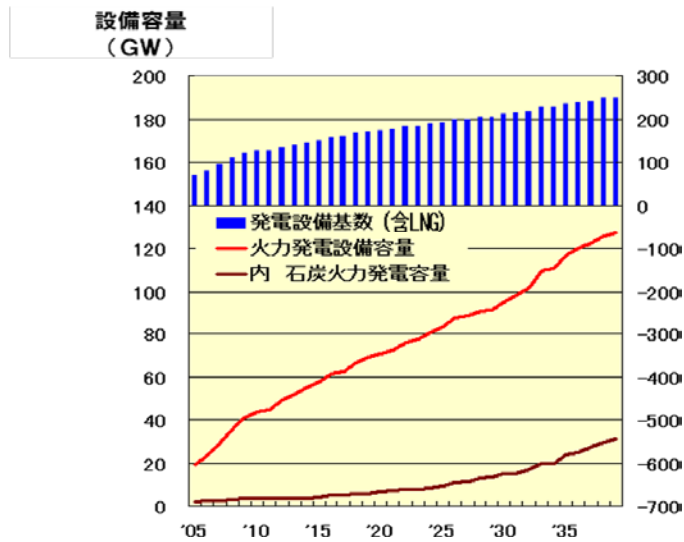


図 I-1-3 運開後 35 年経過国内火力発電所の推移

現在、国内の CO₂排出量は約 13 億 t/y 程度(火力発電所 CO₂排出量は約 3.7 億 t/y)であることを考慮すると、全ての石炭火力や重油火力が、IGCC、IGFC へのリプレースとなるわけではないが、対象となる発電所、その CO₂排出量は相当なものであり、また、STEP2、3においてはCCS適用技術である CO₂ 分離回収技術を確立することができ、今後の展開が期待される場所である。

(*環境省データ <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/index.html>;13.55 億 t/y'04)

2. 事業の背景・目的・位置付け

2.1 事業の背景

我が国は、エネルギー資源に乏しく、エネルギー資源のほぼ100%を海外に依存し、国内で利用する化石燃料のほぼ全量を海外に依存している。その中で、石炭は、経済性、供給安定性に優れた燃料資源であり、石炭のクリーン化による利用拡大と、高効率化による利用効率向上が求められてきた。

そのような中、本技術は、環境負荷低減、特に地球温暖化ガス発生量の低減を図ることを目的に、高効率でクリーンな合成ガス(CO+H₂)を製造することができる最も先進的な酸素吹1室2段旋回流石炭ガス化技術を開発したものであり、社会情勢に沿って推進してきたものである。

また、石炭ガス化技術は、内閣府総合科学技術会議(平成18年3月)において国の戦略重点科学技術として位置付けられ、「石炭から効率的かつ経済的に合成ガスを製造する石炭ガス化技術について研究開発を行う」とされている。

一方、近年においては地球環境問題、CO₂対策に対する要請が極めて高まっており、石炭は他の化石燃料に比べ、単位エネルギー当たりのCO₂発生量が多いということから、その対策が求められており、大規模発生源の火力発電においては、その高効率化と石炭火力発電所から発生するCO₂回収・貯留技術(CCS)の推進が期待されている。

本事業は、上記のような背景に鑑みて取組むものであり、国内のエネルギー安定供給や環境影響負荷低減に貢献できるクリーン・コール・テクノロジーとしての石炭ガス化技術の展開の可能性を拡大するものであると共に、国内外の時代の要請に応える技術開発である。

2.2 事業の目的

我が国では、従来から石炭のクリーン利用システムの構築に向けての研究開発が、資源の有効利用、地球環境問題の観点から社会的要求に応えるべく進められてきており、特に電気事業においては、石炭利用高効率発電技術の開発により、単位発電電力量(kWh)当たりのCO₂やSO_x等の発生低減に貢献している。

石炭火力発電技術は、現在も微粉炭火力が中心であり、超臨界圧火力(24.1MPa、538℃)の送電端熱効率(HHV)は約38%、また最新鋭微粉炭火力(超々臨界圧:USC)でも送電端熱効率(HHV)が42%程度であり、現在国内外では次世代型超々臨界圧火力[A-USC]の開発が進められている。

また、石炭ガス化とガスタービン・蒸気タービンを組み合わせた石炭ガス化複合発電システム(IGCC)による高効率化も進められている。IGCCは、昭和61年から平成8年まで福島県勿来で200t/日のパイロット運転研究が行われ、空気吹石炭ガス化炉と乾式ガス精製を組み合わせたシステムの開発が完了した。想定送電端熱効率は1,300℃級GTで43~44%であり、次世代の発電技術として期待され、(株)クリーンコールパワー研究所(CCP)が主体となり、平成13年度から平成22年度までの計画で250MW級空気吹噴流床石炭ガス化発電プラント(IGCC)の実証が行われた。

一方、IGCCに燃料電池を組み合わせるさらなる効率向上を図った発電システムが石炭ガス化燃料電池複合発電システム(IGFC)で、55%以上(但し、燃料電池に固体酸化物形燃料電池を用いた場合)の送電端熱効率が期待されている。(図I-2-1参照)

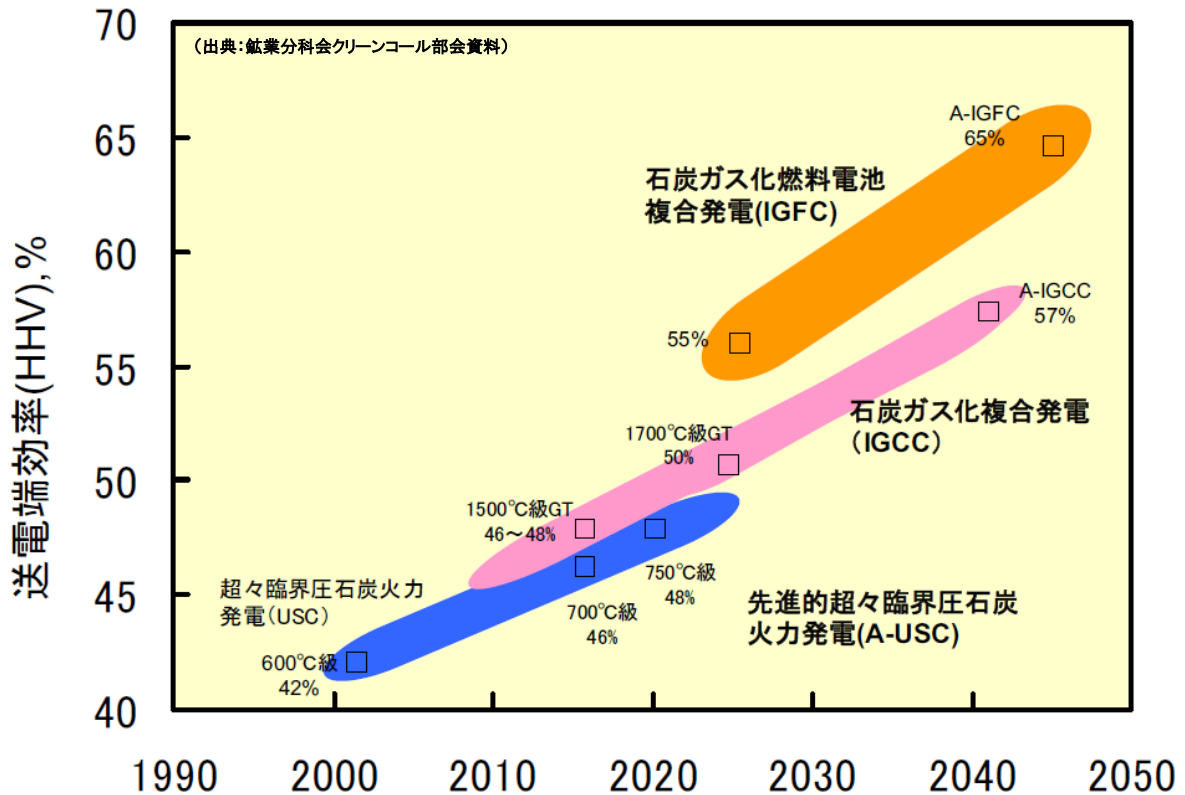


図 I-2-1 石炭火力の発電効率向上

IGFC の主な特徴は、以下のとおりである。

○高い発電効率(送電端熱効率)

- ・IGFC GT1,500℃級 55%以上(固体酸化物形燃料電池を用いた場合)

○優れた環境特性

- ・CO₂排出量は微粉炭火力発電に比べ約 30%削減。
- ・灰の性状は安定性の高いガラス状で、微粉炭火力に比べ灰の排出量は約 30%、体積で約 60%削減され、処理が容易となる。
- ・SO_x の発生量は微粉炭火力に比べ 30%以上削減可能である。
- ・さらに、CO₂分離回収・貯留技術(CCS)と組み合わせることで、究極的にはゼロエミッション実現のポテンシャルも有する。

2.3 事業の位置付け

本事業は、「クリーン・高効率で世界をリードする石炭ガス化技術」の一つとして位置付けられ、開発においては、IGFC の実用化並びに酸素吹石炭ガス化プロセスからの CO₂分離・回収技術の確立に向けて、基礎データの収集・分析、技術の実証のため、パイロット試験設備による研究開発を推進しているものであり、環境調和を図りつつ石炭の利用範囲の拡大を図る可能性のある技術といえる。

欧米では、5 つの IGCC 実証機プロジェクトが、1990 年代よりその開発を始めたものの、その内の一つのプロジェクトは 2002 年に所期の成果を得られぬまま終了した。それ以外のプロジェクトについても、実証機若しくは商用機として運転されていたが、設備の信頼性向上に継続して取り組んでいるところである(図 I-2-2 参照)。

若松 (EAGLE炉)	Buggenum (Shell炉)	Wabash River (E-Gas炉)	Tampa (GE炉)	Puertollano (Prenflo炉)
ガス化開始: 2002.3 出力: - 石炭処理量: 150 t/d ガスタービン: H14 炭素転換率: >99% 冷ガス効率: 82% クエンチガス: 0 - 10% (*1)	ガス化開始: 1993.12 出力: 253 MW (net) 石炭処理量: 2,000 t/d ガスタービン: V94.2 炭素転換率: >99% 冷ガス効率: 76 - 77% クエンチガス: 165%	ガス化開始: 1995.8 出力: 262 MW (net) 石炭処理量: 2,540 t/d ガスタービン: 7FA 炭素転換率: >99% 冷ガス効率: 72 - 81% クエンチガス: -	ガス化開始: 1996.7 出力: 250 MW (net) 石炭処理量: 2,300 t/d ガスタービン: 7FA 炭素転換率: 95 - 98% 冷ガス効率: 73 - 75% クエンチガス: -	ガス化開始: 1997.12 出力: 300 MW (net) 石炭処理量: 2,600 t/d ガスタービン: V94.3 炭素転換率: >99% 冷ガス効率: 74 - 76% クエンチガス: 200%

*1: 生成ガスに対する流量比

図 I-2-2 国内外の酸素吹石炭ガス化技術の特徴

本プロジェクトで開発してきた酸素吹1室2段旋回流ガス化炉は、高効率で合成ガスを製造できる先進的な日本独自のガス化炉であり、我が国の高効率・信頼性への要求、環境への対応、また今後の改良、技術展開等を考慮すると、国産の本技術開発は必要な状況であった。

また、CCS に関しては、海外において表 I-2-1 に示すように、既の実証に着手されている状況である。

表 I-2-1 海外における CCS 実証例

プロジェクト	Buggenum	Tampa	Puertollano	Kemper	EAGLE	
場 所	オランダ	米国 FL 州	スペイン	米国 MS 州	若 松	
実施者	NUON	TECO	ELCOGAS	Southern	NEDO / J-POWER	
ガス化炉	Shell 炉	GE 炉	Prenflo 炉	KBR 炉×2	EAGLE 炉	
石炭処理量	2,000 t/d	2,300 t/d	2,600 t/d	13,800 t/d	150 t/d	
送電端出力	253 MW	300 MW	300 MW	582 MW	-	
CCS	Capture	CCS	Capture	CCS	Capture	
CO ₂ 回収量	26 t/d	820 t/d	100 t/d	8,200 t/d	24 t/d	24 t/d
CO ₂ 回収率	80 - 85 %	90 %	90 %	65 %	90 %	90 %
運転開始	2011	2013	2010	2014	2008	2012
シフト反応	Sweet	Sour	Sweet/Sour	Sour	Sweet	Sour
反応器数	3	N/A	2	2	3	3
CO ₂ 分離回収	物 理	化 学	化 学	物 理	化 学	物 理
吸収液	Genosorb	aMDEA	aMDEA	Selexol	Ucarsol	Selexol
CO ₂ 貯留先	-	帯水層	-	EOR	-	-

以上のように、本事業はエネルギーセキュリティの確保、環境負荷低減に向けた石炭利用技術の開発、さらに温暖化ガス削減に向けた世界的な取組みに相応した事業であり、重点的かつ積極的に推進すべき技術開発である。

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

本事業は、石炭処理量 150 t/日規模のパイロット試験設備を建設後、平成 14 年度より試験運転を開始し、国産の酸素吹噴流床石炭ガス化技術の開発および燃料電池へ適用可能なガス精製技術の確立を目的に、石炭ガス化特性、ガス精製性能等の評価を着実に実施してきた。

事業計画としては、当初平成 18 年度までの計画であったが、社会情勢の変化により、平成 19 年度から3カ年の試験延長を決定し、新しい目標を追加設定した。従って、平成 18 年度までを STEP1、平成 19～21 年度を STEP2 として区分して実施した。

さらに、平成 22 年度から 4 カ年の試験延長を決定し、新たな目標を追加設定した。この平成 22～25 年度を STEP3 として区分して実施した。この STEP3 は、最終的に平成 26 年度の 6 月まで期間延長された後に終了することとなった。

1.1 目標指標

< STEP1 (平成 10～18 年度) >

- | | | |
|--------------------|----------|-----------------------------------|
| ① 石炭ガス化性能 | ・ガス発熱量 | 10,000kJ/m ³ N 以上 |
| | ・カーボン転換率 | 98%以上 |
| | ・冷ガス効率 | 78%以上 |
| | ・ガス化圧力 | 2.5MPa |
| ② ガス精製性能 (精密脱硫器出口) | | |
| | ・硫黄化合物 | 1ppm 以下 |
| | ・ハロゲン化合物 | 1ppm 以下 |
| | ・アンモニア | 1ppm 以下 |
| | ・ばいじん | 1mg/m ³ N 以下 |
| ③ 連続運転性能 | | 1,000 時間以上 |
| ④ 多炭種対応 | | 性状の異なる 5 種類以上の石炭についてガス化データを取得 |
| ⑤ 大型化対応 | | 10 倍程度のスケールアップを目指した大型化対応のためのデータ取得 |

< STEP2 (平成 19～21 年度) >

①高灰融点炭種対応

炭種拡大を図るため、高灰融点炭に適用できる酸素吹石炭ガス化技術の確立を目標に、3 炭種以上の性状の異なる高灰融点炭についてガス化試験を実施し、ガス化性能並びに運用特性データを取得した。

②CO₂分離・回収(化学吸収法)

環境影響を考慮し、回収 CO₂ 純度として 99%以上とした。

< STEP3 (平成 22～26 年度) >

①CO₂分離回収技術(物理吸収法)

回収CO₂の純度98%以上(石炭ガス化発電システムへの適用性を検証)

②発電効率改善(物理吸収法)

IGCC(1, 500°C 超級GT)を想定したCO₂分離回収システムのエネルギーロス低減
(化学吸収法と比較して相対比10%の改善)

1.2 目標設定根拠

本技術開発は、石炭ガス化を中心にガスタービン、蒸気タービン、燃料電池のトリプルコンバインドサイクルである石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)を最終目標として、酸素吹噴流床石炭ガス化技術の開発および燃料電池へ適用可能なガス精製技術の確立を目指し(STEP1)、その後社会情勢の変化に応じ、新規目標を設定しCO₂分離回収技術、高灰融点对応技術の確立を目指した(STEP2)。

石炭ガス化炉には、酸素吹1室2段旋回流型噴流床炉を採用した。この炉型は、NEDOが昭和61年度から平成6年度にかけて実施した「石炭利用水素製造技術開発」において開発した「HYCOL 炉(50 t/日)」の技術成果を継承したものであり、ガス化炉各部の改良によって、より高効率な設備となっている。

ガス精製設備については、石油精製業界等において商用規模で稼動しているプロセスを中心に動向を調査することによって、コスト・性能面で最適な脱硫プロセスを選定した。IGFCを実現するに当たっては、石炭ガス化ガスを燃料電池へ適合させるため、先の脱硫プロセスに加え、燃料電池に対応可能な精密脱硫工程を付加してその性能を検証した。

平成18年度までのSTEP1における石炭ガス化性能(カーボン転換率、冷ガス効率等)の目標値は、前述のHYCOLの技術成果並びに先行する海外のガス化炉の性能を基準として設定しており、石炭ガス化炉として最高水準の性能を目標としている。連続運転性能は、初期トラブルの克服が可能な時間として1,000時間以上を設定した。多炭種対応では、石炭ガス化に大きく影響する石炭性状(灰分、発熱量、燃料比、灰融点)をパラメータとして相対比較ができるよう5炭種以上とした。大型化対応では、大型ガス化炉設計の主要要素である空塔速度の増大試験およびバーナ噴出速度変化試験、並びにコスト低減を目的とした一体化粉体弁試験の実施により、スケールアップデータを取得することとした。これらの目標は、1,000 t/日規模の石炭ガス化プラントを想定して設定したものである。

一方、ガス精製性能は、米国DOE「Fuel Cell ハンドブック」に掲載されている燃料電池の被毒レベルに関する情報に基づき、S化合物、ハロゲン、アンモニア、ばいじんの目標値を設定した。

平成21年度までのSTEP2における目標である高灰融点(溶流点)炭種対応技術の確立では、既設老朽火力のリプレースを視野に入れ、現状微粉炭火力で大量に使用して流通経路が確立している高灰融点炭までの炭種拡大を図るため、3炭種以上の高灰融点炭を選定し、ガス化運転(ガス化特性、運用性の確認)を実施している。

CO₂分離・回収技術(化学吸収法)の確立では、CO₂分離方法として地中隔離、海洋隔離など様々な方式が検討されており、それぞれに要求されるCO₂分離条件(純度)は60~99%程度と

様々である。コストパフォーマンスからも目標値設定は難しいが、日本国内における CO₂ 貯留ポテンシャルの制約や隔離地点周辺における環境リスクなど貯留環境を考慮すれば、できる限り多くの貯留を可能とし、不純物を含まず環境影響の少ない高純度 CO₂ が分離・回収側で要求される。従って、将来の炭素隔離の実用化段階においても信頼性を持って貯留可能な「回収 CO₂ 純度 99%以上」を定量的な目標値として設定した。

平成 22 年度からの STEP3 においては、ガスタービン入口温度 1,500℃超級の次期 IGCC を念頭におき、エネルギーロスを極力低減する CO₂ 分離回収を目指した。ガスタービン効率向上のためには、ガスタービン入口ガスを高温・高圧化する必要がある、これに伴う系統圧力上昇に対応した最適な CO₂ 分離回収技術が求められる。本研究開発において評価する物理吸収法による CO₂ 分離回収技術は、系統圧力上昇に応じて CO₂ 溶解度が比例的に増大することから、圧力の高いシステムにおいて設備運転に係る消費エネルギーの低減が期待される。石炭ガス化発電プラントにおける物理吸収法による CO₂ 分離回収は世界に先駆けた取組みである。

上記のとおり、実績のない物理吸収法における回収 CO₂ の純度に関しては、エネルギー損失を抑制しつつ実現可能な定量的目標値として 98%以上を設定した。また、発電効率の改善については、事前に行った机上計算結果に基づき、ベースとなる化学吸収法と比較して、相対比 10%の改善を目標とした。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

(1) 総括

本プロジェクトは、平成 7～9 年度までの F/S、要素試験、設備設計を踏まえ、平成 10 年度より NEDO 事業として、石炭処理量 150 t/日規模のパイロット試験設備を建設し、平成 14 年度より試験運転に入り、実証機設計に必要な基礎データを取得するため、石炭ガス化特性、ガス精製性能等の評価を着実に実施してきた。平成 18 年度までの STEP1 の試験期間において設定した石炭ガス化技術の基本性能に係る開発目標は、計画通り全て達成することができた。

また、近年の社会情勢を勘案した場合、高効率発電が可能な石炭ガス化プロセスの既設老朽火力リプレースへの適用やさらに CO₂ 削減対策技術の導入が求められることから、平成 19～21 年度の 3 ヶ年を STEP2 の試験期間として新たな開発目標を設定し取組んだ。その結果、全ての開発目標を達成することができた。

さらに、STEP3 として、平成 22～26 年度に、ガスタービン入口温度 1,500℃超級の次期 IGCC を念頭におき、エネルギーロスを極力低減する CO₂ 分離回収技術として物理吸収法の評価に取組んだ。図 II-2-1 に EAGLE パイロットプラントシステムフローを示す。

石炭ガス化ガス中の CO を CO₂ へ変換するシフトプロセスでは、水蒸気を消費するため、送電端効率低下の一因となっている。そこで、STEP3 では、送電端効率の低下を抑制するサワーシフト反応の最適運用条件を決定することを目的とした開発も併せて実施した。

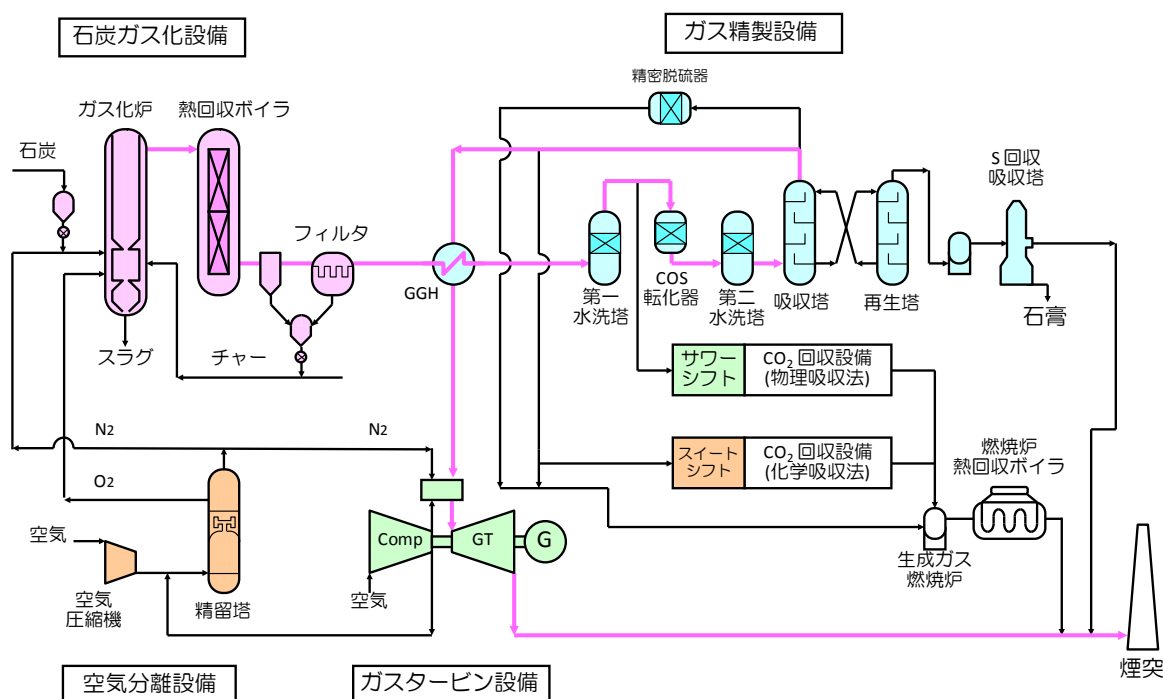


図 II-2-1 EAGLE パイロットプラントシステムフロー

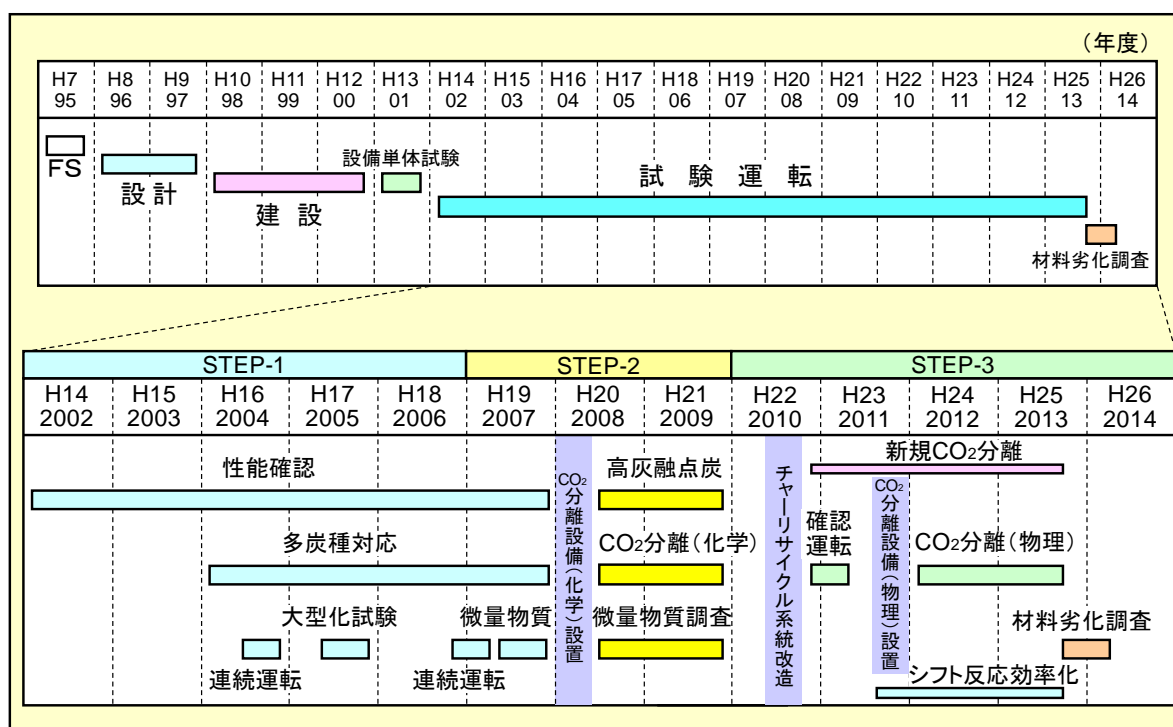
(2) 全体開発計画概要

EAGLEプロジェクトSTEP1は、石炭をガス化しガスタービン、蒸気タービンおよび燃料電池を用いて高効率発電を行う IGFC を最終目標とし、国産の酸素吹噴流床石炭ガス化技術の開発と燃料電池へ適用可能なガス精製技術の確立を図った。

また、STEP2 では、実用化に向け既設老朽火力のリプレースを視野に入れ、現状微粉炭火力で大量に使用して流通経路が確立している高灰融点炭までの炭種拡大を図るための石炭ガス化技術の開発およびゼロエミッション化の実現に向けた CO₂ 分離・回収技術の確立並びに実証機導入に向けて必要となる環境アセスメント等を視野に入れた微量物質挙動調査を実施した。

さらに、STEP3では、ガスタービン入口温度 1,500℃超級の次期 IGCC を念頭におき、エネルギーロスを極力低減する CO₂ 分離回収技術の開発を目指した。ガスタービン効率向上のためにはガスタービン入口ガスを高温・高圧化する必要がある、これに伴う系統圧力上昇に対応した最適な CO₂ 分離回収技術として、物理吸収法による CO₂ 分離回収技術に取り組んだ。STEP3 では、送電端効率の低下を抑制するサワーシフト反応の最適運用条件を決定することを目的とした開発も併せて実施した。

図Ⅱ-2-2に EAGLE プロジェクト全体工程を示す。



図Ⅱ-2-2 EAGLE プロジェクト全体工程

-1 燃料電池用石炭ガス製造技術開発に関する研究 (平成7～9年度)

国の間接補助事業(電源開発(株)と(財)石炭利用総合センターとの共同研究)

①F/S、要素試験、パイロット試験設備設計

EAGLE プロジェクトの基本コンセプトを決定した。

また、要素試験の成果を活用してパイロット試験設備の基本設計・詳細設計を実施した。

-2 多目的石炭ガス製造技術開発 STEP1 (平成10～18年度)

NEDO 事業(事業主体:電源開発(株) 支援・調査研究:バブコック日立(株))

石炭処理量 150 t/日のパイロット試験設備を建設し、実証機設計データを取得するため、各種試験を実施した。

①石炭ガス化性能

高効率ガス化炉の開発を目的に、ガス発熱量、カーボン転換率、冷ガス効率、ガス化圧力について開発目標を設定し、試験研究に取り組んだ。

全ての開発目標を満足し、海外先行石炭ガス化プラントと比較して遜色のないレベルのガス化性能を達成した。

②ガス精製性能(精密脱硫器出口)

ガス化プラントから生成した石炭ガスのガス精製技術を確立するため、硫黄化合物、ハロゲン化合物、アンモニア、ばいじんについて目標除去性能を設定した。

全ての項目において十分なガス精製技術を確立した。

③連続運転性能試験

1,015 時間の長期連続運転による信頼性を確認し、国産石炭ガス化総合システムとして国内最長(当時)を記録した。

④多炭種対応試験

石炭ガス化性能に影響を与える灰分、燃料比、発熱量および灰融点をパラメータとして、性状の異なる5炭種のガス化試験を実施し、次期大型実証機設計データを取得した。

⑤大型化対応試験

空塔速度増大試験、バーナ噴出速度変化試験、一体化粉体弁試験を実施して、次期大型実証機ガス化炉のスケールアップデータを取得した。

⑥支援・調査研究

EAGLE 試験研究支援を目的に、試験候補炭の各種特性試験、噴流床ガス化シミュレーションモデルによるガス化炉性能予測を実施した。その他試験運転の課題について要素試験を実施し、EAGLE 安定運転に寄与した。

以上のように EAGLE STEP1 については、テーマ毎に開発目標を設定し、全ての項目について目標を達成することができている。

-3 多目的石炭ガス製造技術開発 STEP2

(平成 19～21 年度)

NEDO 事業(事業主体:電源開発株)

① 高灰融点炭種対応試験(炭種拡大)

高灰融点炭に対応できるように、ガス化炉を高耐熱仕様に改造する。平成 19 年度は機器設計・製作を実施し、平成 20 年度上期に据付工事、その後平成 20 年度下期から平成 21 年度まで炭種拡大試験を実施した。

② CO₂分離・回収試験(化学吸収法)

酸素吹石炭ガス化プロセスから CO₂分離・回収する技術の確立を目指し、平成 19 年度は機器設計・製作を実施し、平成 20 年度上期に据付工事、その後平成 20 年度下期から平成 21 年度まで CO シフト触媒および CO₂ 吸収液の基本特性を確認するとともに、シフト蒸気低減試験、再生方式変化試験等を実施した。

③ 微量物質挙動調査

高温・高圧下あるいは還元雰囲気における微量物質については、サンプリング並びに測定が困難である。平成 19 年度は、サンプリング技術や測定技術の確立を目指し、試行的に微量物質挙動調査を実施し、平成 20 年度～平成 21 年度にプラント系内挙動の解明並びに環境アセスメント基礎資料とするための本格的な微量物質挙動調査を実施した。

以上のように EAGLE STEP2 についても、全ての項目について目標を達成することができている。

-4 革新的 CO₂ 回収型石炭ガス化技術開発 STEP3

(平成 22～26 年度)

NEDO 事業(事業主体:電源開発株、株日立製作所)

① CO₂ 分離回収技術(物理吸収法)

回収 CO₂ 純度 98%を達成した。

② 発電効率改善

CO₂ 化学吸収法(EAGLE-STEP2 結果)と比較して、エネルギーロスを相対比 17%に改善できる見通しを得た(発電効率で 1.4 ポイント上昇)。

③ 新規 CO₂ 分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験

CO₂ 化学吸収法加熱フラッシュ再生方式を選定し、実ガス試験を通じて、EAGLE-STEP2 の結果と比較して、さらに再生熱量を低減できる見通しを得た(発電効率で 0.4 ポイント上昇)。

④ サワーシフト触媒の加圧要素試験

副反応のうち、触媒健全性に影響を与える炭素析出反応は、温度、H₂O/CO 比が低いほど、圧力が高いほど起こりやすく、SV(空間速度)および H₂/CO 比の影響は小さいことが分かった。また、触媒への炭素析出経路は CO から直接生成する、Boudouard 反応由来であると判断した。さらに、低温(200℃)でも高いシフト活性を有する触媒を選定した。選定した触媒は、少ない蒸気量で高いシフト活性を有し、かつ、低温領域でのシフト選択性が高いため、炭素析出も抑制できることを確認した。

⑤ サワーシフト触媒の実ガス試験

加圧要素試験にて選定された低温活性が高い触媒の低温、低蒸気運転下でのシフト活性、および触媒健全性を調べるため、実際の石炭から製造された石炭ガス化ガスを用いて長時間の

連続試験を実施した。その結果、選定した触媒は 1000 時間経過時点まで平衡転化率を維持した。また、試験後触媒の分析の結果、選定した触媒は対照触媒に比べて炭素析出が抑制されていることを確認した。

⑥ 送電端効率評価

サワーシフト反応温度の低温化と蒸気供給量の削減が CO2 回収型 IGCC における送電端効率低下の抑制にどの程度寄与するかを評価した。IGCC 単独での送電端効率(HHV)45.6%に対し、低温でのシフト活性が低い触媒を適用した条件では 39.2%となった。これに対し、選定した低温作動型触媒適用時は 40.0%まで改善できることが分かった。

以上のように EAGLE STEP3 についても、全ての項目について目標を達成することができている。

表Ⅱ-2-1に研究開発費を示す。開発費用は、NEDO と実施者との共同研究(一部補助事業)であり、負担割合は、NEDO:事業者=2:1で NEDO 負担・補助金額 約 279 億円、総額 約 427 億円となっている。

本技術の開発においては、今後の展開を踏まえた適正規模での試験開発が必要であり、多額の開発費用を要するもので、民間と共同して NEDO が開発を進めてきたものである。

表Ⅱ-2-1 EAGLE プロジェクト研究開発費(単位:百万円)

年度	STEP1	STEP2	STEP3	総額 (百万円)
	H10-H18	H19-H21	H22-H26	
特別会計	15,629	5,679	6,627	27,935
実施者負担	8,623	2,840	3,313	14,776
総額	24,252	8,519	9,940	42,711

電源開発分	年度	H22	H23	H24	H25	H26	合計
	NEDO負担額	1,425	1,881	2,050	1,180	12	6,548
	実施者負担額	712	941	1,025	590	6	3,274
	事業費総額	2,137	2,822	3,075	1,770	18	9,822
日立製作所分 (※)	年度	H22	H23	H24	H25	H26	合計
	NEDO負担額		9	50	20		78
	実施者負担額		4	25	10		39
	事業費総額		13	75	30		118
合計	年度	H22	H23	H24	H25	H26	合計
	NEDO負担額	1,425	1,890	2,100	1,200	12	6,626
	実施者負担額	712	945	1,050	600	6	3,313
	事業費総額	2,137	2,835	3,150	1,799	18	9,939

※ シフト反応器の効率改善

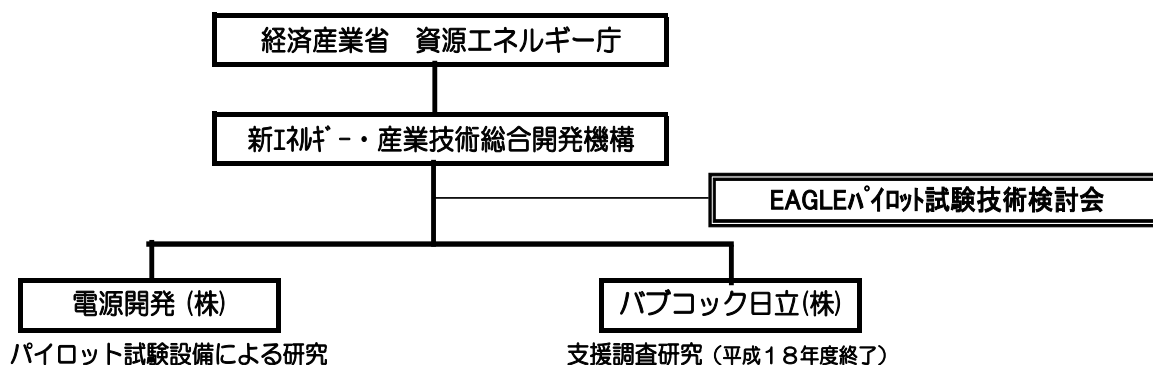
2.2 研究開発の実施体制

(1) 研究実施体制（図Ⅱ-2-3～図Ⅱ-2-5参照）

「多目的石炭ガス製造技術開発」は、NEDOが昭和61年度から平成6年度に実施した「石炭利用水素製造技術開発(HYCOL)」の成果を活用しつつ、高効率発電技術の重要要素である燃料電池用石炭ガス製造技術として酸素吹ガス化炉およびガス精製技術の確立を目指し、平成7年度に国の補助を受けて開発に着手したもので、「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」と「燃料電池用燃料ガス高度精製技術開発」とをあわせて、研究を進めてきたものである。

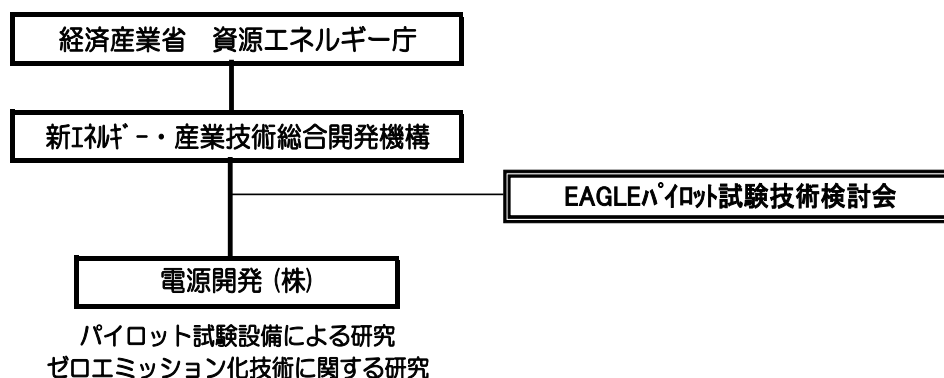
その後平成15年度実施の中間評価において、燃料電池用以外の用途として、水素製造、化学原料及びIGCC等への適用も視野に入れ、ガス化炉開発とガス精製技術開発を両者一体化して推進することが適当という提言がなされたことから、両者をNEDOプロジェクトとして一本化して、「多目的石炭ガス製造技術開発」として下記の体制で実施した。

本研究開発は、共同研究者である電源開発(株)の技術開発センター若松研究所にパイロット試験設備を設置し、若松研究所所長のリーダーシップの下にパイロット試験設備による研究を実施し、あわせて支援・調査研究をバブコック日立(株)が実施してきた。



図Ⅱ-2-3 平成16年度以降の多目的石炭ガス製造技術開発体制(STEP1)

平成19年度に着手したSTEP2 [パイロット試験設備による研究およびゼロエミッション化技術に関する研究]についても、引き続きパイロット試験設備を用いて、試験設備の改造、CO₂分離・回収設備の追設等を行い進めるもので、下記体制で実施した。



図Ⅱ-2-4 平成19~21年度の多目的石炭ガス製造技術開発体制(STEP2)

平成 22 年度に開始した STEP3 [ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／革新的CO2回収型石炭ガス化技術開発]についても、引き続きパイロット試験設備を用いて、下記体制で研究開発を実施した。この間、平成 23～25 年度には、日立製作所が参画して、[物理吸収法におけるサワーシフト反応最適化研究]を実施した。

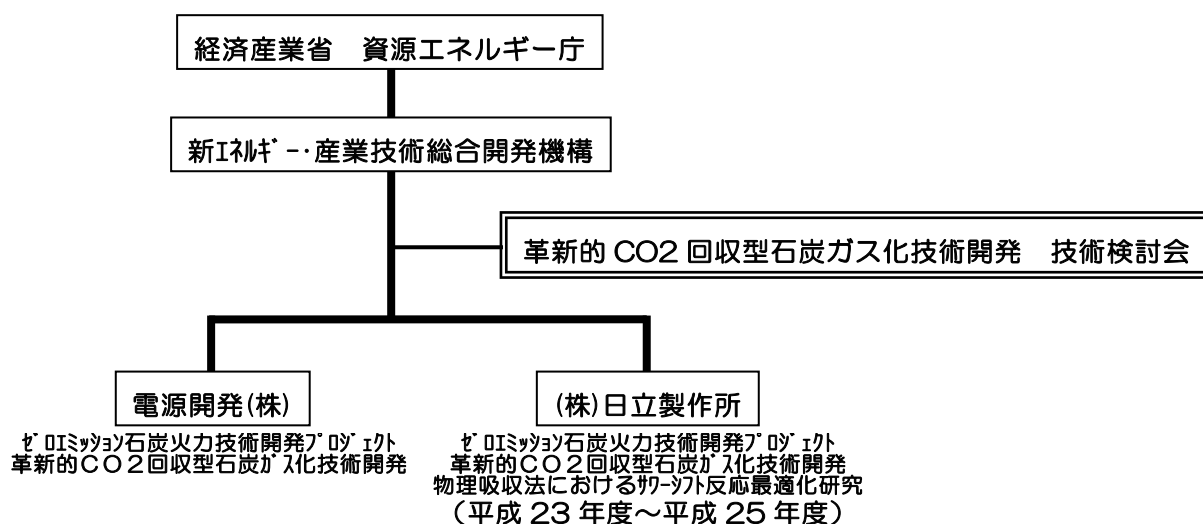


図 II - 2 - 5 平成 22～26 年度の革新的 CO2 回収型石炭ガス化技術開発体制 (STEP3)

(2) 当該体制を取る必要性

NEDO は昭和 61 年度から平成 6 年度に実施した石炭利用水素製造技術開発 (HYCOL) の成果であるパイロット試験設備の製作、建設、運転、ガス化条件等に関する多くの知見を有することから平成 10 年度以降参加し、研究を円滑に進めていく体制とした。

電源開発(株)は本技術開発で開発する石炭ガス化技術のベースとなる HYCOL において、「石炭利用水素製造技術研究組合」の理事会社として主要な役割を果たし、HYCOL 技術に関して十分な知見と開発実績を有している。また、微粉炭火力の操業実績に加え、石炭関連テストプラントの運転研究の実績が豊富で、燃料電池の自主開発も行っており、ユーザーの要求を技術開発に反映させる観点からも同社が参加することは適切である。

STEP3 で参画した(株)日立製作所は、独自にシフト触媒の開発を行っており、ユーザーの要求を支援・調査研究することで技術開発に反映させる観点から同社が参加することは適切である。

(3) プロジェクトにおける知的財産管理について

産業技術力強化法第 19 条第 1 項に規定する 4 項目を条件として、知的財産権は全て実施者に帰属することとした。

2.3 研究開発の運営管理

2.3.1 運 営

(1) 平成 15 年度以降の「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」に係る研究開発業務

NEDOは、平成12年度に「石炭ガス化委員会」及びその下部組織である「燃料電池用石炭ガス化部会」を「燃料電池用石炭ガス製造技術開発技術検討会」に改組し、引き続き外部専門家による評価・助言を研究に反映してきた。

電源開発(株)は、「EAGLE 技術検討会」を「EAGLE パイロット試験技術検討会」と改め、引き続き外部専門家による評価・助言を研究に反映してきた。

バブコック日立(株)は、エネルギー事業部を中心として支援・調査研究を実施してきた。技術成果の評価を的確に行うため、NEDO における「燃料電池用石炭ガス製造技術開発技術検討会」の中で、外部専門家による評価・助言を受け、研究に反映してきた。

(2) 平成 16 年度以降の「多目的石炭ガス製造技術開発」に係る研究開発業務

平成 16 年度には NEDO の「EAGLE 技術検討会」と電源開発(株)の「EAGLE パイロット試験技術検討会」を統一し、共同開催とすることで融合を図った。

(3) 平成 22 年度以降の「革新的 CO2 回収型石炭ガス化技術開発」に係る研究開発業務

平成 22 年度以降の STEP3 の期間においても、「革新的 CO2 回収型石炭ガス化技術開発 技術検討会」を共同で開催した。

2.3.2 技術評価体制

平成16年度以降、研究開発の方向性の確認や評価・助言を得る組織として技術検討会（電源開発(株)、NEDO 共同にて2回／年 程度開催）を設置し、研究計画の変更及び修正を行ってきた。委員は大学、研究機関、民間企業等から7～8名程度選出した。

EAGLE技術検討会 委員等

STEP 1 (平成18年度迄)	STEP 2 (平成19～21年度)
<p>[検討委員] 森 滋勝 名古屋大学先端技術共同研究センター 板谷 義紀 名古屋大学大学院工学研究科 白井 裕三 (財)電力中央研究所 宝田 恭之 群馬大学工学部 塚田 隆夫 大阪府立大学大学院 工学研究科 土屋 活美 同志社大学工学部 二宮 善彦 中部大学工学部</p> <p>[プロジェクトリーダー] 木村 直和 電源開発(株)若松研究所</p>	<p>[検討委員] 宝田 恭之 群馬大学工学部 小野崎正樹 (財)エネルギー総合工学研究所 小野田正巳 (財)地球環境産業技術研究機構 (-H20) 白井 裕三 (財)電力中央研究所 関根 泰 早稲田大学理工学術院 鷹嘴 利公 (独)産業技術総合研究所 守富 寛 岐阜大学大学院工学研究科 藤岡 祐一 (財)地球環境産業技術研究機構 (H21-)</p> <p>[プロジェクトリーダー] 木村 直和 電源開発(株)若松研究所 (~H20.8) 後藤 秀樹 同上 (H20.9~)</p>
STEP 3 (平成22～26年度)	
<p>[検討委員] 宝田 恭之 群馬大学 理工学研究院 白井 裕三 一般財団法人 電力中央研究所 藤岡 祐一 福岡女子大学 国際文理学部 関根 泰 早稲田大学 先進理工学部 小野崎 正樹 一般財団法人 エネルギー総合工学研究所 鷹嘴 利公 独立行政法人 産業技術総合研究所 林 潤一郎 九州大学 先端物質化学研究所 岡田 健志 九州電力株式会社</p> <p>[プロジェクトリーダー] 後藤 秀樹 電源開発(株)若松研究所 (H23年1月31日まで) 笹津 浩司 電源開発(株)若松研究所 (H23年2月1日からH25年6月24日まで) 中静 靖直 電源開発(株)若松研究所 (H25年6月25日から)</p>	

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

知的財産マネジメントについては、以下のとおりに実施した。

- プロジェクトで得られた発明については、成果として、積極的に特許出願を実施。
- ガス化炉に係る主要技術の特許出願は、STEP1,2で実施。
- STEP3では設備改善、運用改善、シフト反応器の運転方法などで特許出願を推進。
- サワーシフト触媒については、事業開始前に特許出願済。

3. 情勢変化への対応

これまで発電効率の向上は、USC を主体とする材料開発で、蒸気条件の向上を達成してきたが、これ以上の蒸気条件の向上は材料開発やコストを考えると困難であり、さらなる発電効率の向上のためには、石炭ガス化複合発電プロセスの開発が望まれる。

EAGLE プロジェクトは、石炭をガス化し、合成ガス(CO,H₂)を生成し、ガスタービンで発電すると共に、ガスタービンの排熱から熱回収した蒸気で蒸気タービンを回転させ発電するシステムを組み合わせた石炭ガス化複合発電システム(IGCC)、さらには燃料電池を組み込んだトリプルコンバインドサイクルである石炭ガス化燃料電池複合発電システム(IGFC)に活用できる技術である。IGFC では、従来の微粉炭火力に比べて飛躍的な効率向上が見込まれ、その送電端効率は55%を超える究極の発電システムである。また、EAGLE から得られるような酸素吹石炭ガス化ガスは、CO と H₂ の比率が大きいことから、石炭ガス中の CO をシフト反応させることにより、CO と H₂ 比率を調整し、発電分野以外に、水素や合成燃料(GTL、DME 等)を効率よく製造することが可能であり、発電分野以外にも適用拡大が図れる多目的石炭ガス製造技術としてその開発が進められてきた。

国内の発電事情に目を向けると、既設微粉炭火力の老朽化に伴うリプレースが 2020 年度～2030 年度にかけてピークを迎える。微粉炭火力には灰の付着の関係から高灰融点炭が用いられているが、今後既設微粉炭火力発電所をリプレースする際には、石炭調達経路が確立されている当該炭種の活用がベースとなる。従って EAGLE をリプレース機として適用するためには、現状ガス化に向いている低灰融点炭から、高灰融点炭までの炭種拡大が求められる。

一方、世界規模で地球環境問題(CO₂ 排出抑制)がクローズアップされ、石炭利用に伴う最大の課題は地球温暖化問題への対応と考えられている。

2005 年 2 月に京都議定書が発効され CO₂ 削減義務が現実味を帯びるとともに、2007 年 2 月の「IPCC 第 4 次評価報告書」では、気候システムに温暖化が起こっていると断定し、その原因は人為起源の温室効果ガスの増加であることがほぼ確実としている。また、同報告書は、21 世紀末の平均気温は最大 6.4℃上昇するが、「環境の保全と経済の発展が両立する社会」では温度上昇は約 1.8℃(1.1～2.9℃)にとどまると予測し、クリーンで省資源の技術導入の重要性を示唆する内容となっている。

こうした社会背景から、IGCC と CO₂ 分離回収・貯留技術(CCS: Carbon Capture and Storage)を組み合わせた各種プロジェクトが計画されている。これは酸素吹石炭ガス化プロセスでは、生成ガス中 CO 濃度が高いことから、シフト反応後(CO+H₂O⇒CO₂+H₂)の CO₂ 濃度が高く、効率的に CO₂ を分離回収・固定できるためである。EAGLE プロジェクトでも将来の CCS を視野に入れ、CCS コストの大部分を占める CO₂ 分離・回収技術に取り組むことが肝要と思料される。

上記のように、EAGLE プロジェクトは、その時折の社会情勢を勘案し、開発目標を設定し取り組んできた。STEP1 では、酸素吹噴流床型石炭ガス化技術やガス精製技術の確立を目指し所定の成果を上げた。STEP2 では、高灰融点炭種対応(炭種拡大)、CO₂ 分離・回収技術(化学吸収法)の確立等为目标設定し、計画通り完遂した。STEP3 では、CO₂ 分離・回収技術(物理吸収法)の確立及びサワーシフト反応最適化研究において目標設定し、計画通り完遂した。

STEP3の「物理吸収法におけるサワーシフト反応最適化研究」においては、以下の技術課題に対応するため加速財源を投入して追加試験を実施した。

- ・触媒上での炭素析出挙動評価
- ・シフト活性への炭素析出量の影響評価
- ・実ガス試験による長時間連続運転

その結果、触媒活性に悪影響を与える表面への炭素析出挙動が飽和型であることを明らかにした。また、析出炭素量が 0.7wt%を超えると、触媒活性が低下しはじめることを明らかにした。さらに、要素試験で選定した低温作動型触媒が、従来よりも少ない蒸気量($H_2O/CO=1.2\text{mol/mol}$)で、1,000 時間、初期活性を維持することを確認した。

同じく、STEP3の「革新的 CO₂ 回収型石炭ガス化技術開発」においては、以下の技術課題に対応するため加速財源を投入して追加試験を実施した。

以下の技術課題に対応するための試験を追加した。

- ・サワーシフト触媒の性能発現に必要な硫化水素濃度の限界確認
- ・スラグコーティングの不完全事象の原因究明

その結果、触媒入口温度、実 SV を適切に設定することで、系外から H₂S ガスを供給することなく、石炭由来の硫黄分のみでサワーシフト触媒の運用が可能であることを明らかにした。また、低灰分の石炭を適用した際に、メンブレンパー幅広部において冷却が不足し、スラグコーティング層が薄くなることを把握した。

4. 中間評価結果への対応

4.1 中間評価結果概要

平成15年に実施された「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」並びに「燃料電池用燃料ガス高度精製技術開発」の中間評価(分科会)において、本プロジェクトの開発技術が石炭を環境調和型で高効率利用できる将来技術であること、およびエネルギーセキュリティにとって極めて有望かつ有益なエネルギー基幹技術の一つとなるとの大きな期待が寄せられた。

一方、研究開発マネジメントのあり方、最終目的である石炭ガス化燃料電池複合発電技術の実証に至るまで、開発過程で得られる技術成果の利用拡大に向けた取り組み等の推進に関する提言を受けた。

また、平成19年に実施された「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」の中間評価(分科会)において、本事業は、より多様な石炭の適用を可能にする等設定した技術的課題を着実かつ十分に解決し、高効率化の成果も上げている等、技術目標を達成しており、順調な進展が確信できるとの高い評価を受けた一方で、早期の実証機建設、プロジェクト意義のより一層の明確化、石炭基礎評価手法の確立等の推進に関する提言を受けた。

4.2 中間評価結果への対応

中間評価で受けた提言に対して、以下のフォローアップを行った。

(1)平成15年度 中間評価結果の反映(STEP1)

提 言	フォローアップ状況
(1)本プロジェクトがNEDOプロジェクトとMETIプロジェクトとに分かれていることから生じる不都合がないよう両プロジェクトを統合することについて検討されることを期待する。	(1)平成17年度より、本プロジェクトをNEDOプロジェクトに一本化し、燃料電池用石炭ガス製造技術開発および燃料電池用燃料ガス高度精製技術開発の両方をまたぐEAGLE技術検討会をNEDOに設置することにより、両技術開発を一括管理できる体制とした。
(2)現在までの研究体制は、ガス精製の基本的技術の確立を目指したものであり、今後は燃料電池へのガス供給に向けた実用的課題の解決のための研究体制にシフトする必要があるものと思われる。	(2)本プロジェクトとは別に、受託者の電源開発(株)において独自に固体酸化物形燃料電池(SOFC)に関するメーカーとの共同研究を実施しており、各プロジェクトを担当する部署は同じ技術開発センター内に所属していることから常に緊密に連携しながら開発を進めている。また、NEDOが実施している「固体酸化物形燃料電池(SOFC)システム技術開発(H16～19年度)」にもSOFCシステム技術委員会のオブザーバーとして参画し情報入手等を実施している。
(3)中温湿式ガス処理を選定していることに問題は無いが、他の可能性、例えば高温脱硫法なども平行して調査する必要がある。	(3)本プロジェクトとは別に、受託者の電源開発(株)において独自に高温乾式脱硫プロセスについて要素研究を名古屋大学と共同で実施した。

<p>(4) 特許については件数が少ないように思われる。IGFC は技術輸出等の面でも可能性が大きく、また、酸素吹ガス化石炭利用技術の拡大のため、積極的に国内外特許の取得を推進されたい。</p> <p>(5) 本ガス処理法は、IGFC 以外にも石炭の利用拡大を図る上で重要な技術であり、商用機建設までの開発すべき項目、建設費及び発電原価(産業用ガス化の場合は原料ガス製造費)の低減目標、普及に対する市場性等の幅広い観点からの検討を実施するべきである。</p>	<p>(4) 中間評価以降、ガス製造関係での特許出願は 9 件(平成 15 年度 1 件、平成 16 年度 1 件、平成 17 年度 3 件、平成 18 年度 2 件、平成 19 年度 2 件)、ガス精製関係での特許出願は 6 件(平成 15 年度 1 件、平成 16 年度 2 件、平成 17 年度 1 件、平成 19 年度 2 件)、合計 15 件行っている。</p> <p>(5) IGFC 以外にも、石炭ガス化ガスの用途として水素製造、化学原料および IGCC 等への適用も視野に入れ、NEDO 公募案件「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」、「平成 17 年度クリーン・コール・テクノロジー 産業間連携に係る石炭ガス化を核とする発電・水素・CO₂ 分離回収システムに関する調査」において検討を実施し、石炭ガス化技術、高度ガス精製技術の実用化に関わる市場の検討も、平成 17 年度 NEDO 公募案件「中国における石炭ガス化技術の導入可能性に関する調査」に参画し検討を行った。平成 18 年度については、本プロジェクトの中で、石炭ガス化ガスからの CO₂ 分離回収システム検証に向け、パイロット試験設備への適用および実証試験に関する調査を実施した。また、平成 16 年度より NEDO 内でのプロジェクト名称の変更を行った。(⇒多目的石炭ガス製造技術開発)</p>
---	---

(2)平成 19 年度 中間評価結果の反映(STEP2)

提 言	フォローアップ状況
<p>(1) 今後、早期の実証規模の設備の建設とその長期操業による信頼性を確立していくために、競争力のある商業化に向けた加速を本事業内に計画する必要がある。この際、ガス化発電の実証機建設の探索と並んで、価格競争力がある化学原料やガス燃料としての供給も考慮に入れた商業規模の展開も考えるべきである。</p>	<p>(1) 実用化に向けては、本成果を反映する形で本事業者と中国電力(株)により大型実証試験を実施することとなった。NEDO としては、現プロジェクトの計画を着実に実施し、競争力のある商業化を促進する観点から、実証機設計等に有用な経済性その他評価のために必要な試験データ等を取得し、実証試験計画をサポートしている。また、現プロジェクトの円滑な実施が、今後の商業化および化学原料やガス燃料の供給等の展開につながるものであり、高効率石炭ガス化発電(IGCC)の実用化を最優先課題として、効率的かつ着実に本プロジェクトを推進する。</p>

<p>(2) CO₂ の捕捉・貯留を含む排出量の大幅削減の方向性を明確にしておくことも重要である。また、資源や海外展開まで視野に入れた立地、さらに、高効率発電及び CCS を取り込んだ最適立地や実機規模などの予備調査も実証機建設促進に併せて検討して欲しい。</p> <p>(3) プロジェクトの意義を明確にするために、単に石炭ガス化技術領域のみで比較するだけでなく、戦略的エネルギー政策の枠組みの中で将来展望を明確にすべきである。</p> <p>(4) 他プラントより優れている点を解り易い表現で成果発表をするなど、インパクトのある発信を工夫をして欲しい。また、取得した知財ならびにノウハウについては国益に沿った確保に遺漏のないように配慮をお願いしたい。</p> <p>(5) どのような石炭がプラントに適用できるか否かの基礎的評価が必要となるため、8 炭種についてその基礎評価手法を確立して欲しい。また、各炭種について調査・データベース化し、適合、不適合石炭のマップ作成を目指して欲しい。</p> <p>(6) 実証機へのスケールアップにおいては、本事業で得られたデータを用いてシミュレーションを行い、実証機の設計のスピードアップ、コスト削減、操業に際しての効率や信頼性の向上の指針を検討して欲しい。また、シミュレーションが活用できる範囲を明確にし、スケールアップの実現に貢献して欲しい。</p>	<p>(2) CO₂ の捕捉・貯留を含む排出量の大幅削減の方向性等については、別途実施中の「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」で検討中である。</p> <p>(3) 本事業で実施している石炭ガス化技術の開発については、国のエネルギー基本計画において明確に位置付けられており、このようなエネルギー政策全体の枠組の中で重要性を認識しつつ実施してきている。今後も社会情勢の変化等を加味しながら将来展望を見据えつつ、現プロジェクトを着実に実施する。</p> <p>(4) 優位点等を解り易く表現するなど工夫し、各種国際会議等において知財確保を図りながら成果発信を行っている。</p> <p>(5) STEP2 の試験炭である 3 炭種を含めた 8 炭種でその基礎評価手法を確立する。また、STEP2 で使用している炭種を含めて確認試験結果検討において、将来の適用、不適合石炭のマップ作成に資するべく、調査・データベース化およびガス化炉適用評価を行っている。</p> <p>(6) 実証機の設計における実証機設計のスピードアップ、コスト削減等に有効な手法として、実施者側に本事業で得られたデータを用いたシミュレーションの実施を促しており、本プロジェクトにおいては、シミュレーション等に貢献できるデータの提供およびデータ採取を着実に実施している。</p>
--	--

5. 評価に関する事項

以下に本プロジェクトに係る評価の履歴を示す。

(STEP1)

- | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------------|
| ○実施時期 | 平成 11 年度 | 技術評価検討会 |
| 評価項目・評価基準 | 研究開発プロジェクト評価に係る基本的な評価項目・評価基準 | |
| ○実施時期 | 平成 15 年度 | 中間評価 |
| 評価項目・評価基準 | 標準的評価項目・評価基準 | |
| ○実施時期 | 平成 18 年度 | 多目的石炭ガス製造技術開発事業検討委員会
(NEDO 自主) |
| 評価項目・評価基準 | 多目的石炭ガス製造技術開発平成 19 年度以降実施内容評価 | |

(STEP2)

- | | | |
|-----------|--------------|-----------|
| ○実施時期 | 平成 19 年度 | 中間評価 |
| 評価項目・評価基準 | 標準的評価項目・評価基準 | |
| ○実施時期 | 平成 21 年度 | 事後評価(前倒し) |
| 評価項目・評価基準 | 標準的評価項目・評価基準 | |

(STEP3)

- | | | |
|-----------|------------------|------|
| ○実施時期 | 平成 26 年度 | 事後評価 |
| 評価項目・評価基準 | 基礎的・基盤的評価項目・評価基準 | |

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

(1) パイロット試験設備運転研究【STEP1,2】

EAGLE パイロット試験運転は、平成 14 年 2 月に石炭ガス化炉に火入れを行い、翌 3 月から石炭ガス化試験を開始し、石炭ガス化性能、ガス精製性能等の評価を着実に実施してきた。本プロジェクトは当初、平成 18 年度までの計画であったが、社会情勢の変化に対応して平成 19 年度から 3 ヶ年試験期間を延長し、新しい目標を追加設定して研究開発に取り組んだ。平成 18 年度までを STEP1、平成 19～21 年度を STEP2 とし、STEP1 では酸素吹石炭ガス化および燃料電池用ガス精製に関する基本性能を目標とし、STEP2 では社会情勢の変化および EAGLE の実用化を主眼とした目標を設定して研究開発を実施した。表Ⅲ-1-1に開発項目・目標および達成状況を示す。

表Ⅲ-1-1 パイロット試験設備運転研究 (STEP1,2) の開発項目・目標および達成状況

	開発目標項目	最終目標	達成状況
STEP1 (H18 年度まで)	1. 石炭ガス化性能 ① カーボン転換率 ② 冷ガス効率 ③ 生成ガス発熱量 ④ ガス化圧力	98%以上 78%以上 10,000kJ/m ³ N 以上 2.5MPa	99%以上 82%以上 10,100kJ/m ³ N 以上 2.5MPa
	2. ガス精製性能 ① 硫黄化合物 ② ハロゲン化合物 ③ アンモニア ④ ばいじん	1 ppm 以下 1 ppm 以下 1 ppm 以下 1 mg/m ³ N 以下	1 ppm 未満 1 ppm 未満 1 ppm 未満 1 mg/m ³ N 未満
	3. 連続運転性能 (信頼性検証)	1,000 時間以上	1,015 時間
	4. 多炭種対応	5 炭種以上	5 炭種
	5. 大型化対応	10 倍程度のスケールアップを目指した大型化対応のためのデータ取得	ガス化炉大型化対応として、 ・空塔速度増大試験 ・バーナ噴出速度変化試験 ・一体化粉体弁試験 を実施し、スケールアップデータを取得
STEP2 (H19～H21 年度)	6. 高灰融点炭種対応	高灰融点炭 3 炭種以上	主に微粉炭火力で用いられている高灰融点炭 3 炭種のガス化試験を行い、性能取得・特性把握を実施した
	7. CO ₂ 分離・回収	回収 CO ₂ 純度 99%以上	回収 CO ₂ 純度 99%以上達成 石炭ガス化プラント用に改良
	8. 微量物質挙動調査	微量物質マテリアルバランスおよび環境影響物質の挙動把握	微量物質の系内挙動解明 環境負荷量を把握

(2) 支援・調査研究【STEP1】

支援・調査研究は、EAGLE パイロット試験設備による円滑な運転研究を支援することを目的に、平成 10 年度から取り組んできた。パイロット試験については平成 19 年度以降も STEP2 として研究を継続したが、支援・調査研究については平成 18 年度をもって終了した。平成 18 年度までの成果を最終成果として表Ⅲ－1－2のとおり取纏める。

表Ⅲ－1－2 支援・調査研究の成果

研究項目		研究成果
適用炭種拡大	候補炭事前評価	EAGLE パイロット試験の候補となる石炭 18 炭種を対象に評価試験を実施、各種特性を把握し、成果を EAGLE の運転条件に反映し、安定運転に寄与した。
	性能予測	候補炭の事前評価結果を基に、噴流床ガス化シミュレーションモデルによる EAGLE ガス化炉の性能予測と、適正運転条件を提案し、安定運転に寄与した。
パイロット試験課題対応		EAGLE パイロット試験で発生した課題について、基礎試験等による評価を実施した知見から、課題解決条件を運転に反映し、安定運転に寄与した。

(3) 革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発【STEP3】

表Ⅲ-1-3 に STEP3 の目標と達成度をまとめる。

表Ⅲ-1-3 STEP3 の開発項目・開発目標・達成度

項目	開発目標	達成状況	
1. CO ₂ 分離回収技術(物理吸収法)	回収CO ₂ の純度98%以上(石炭ガス化発電システムへの適用性を検証)	回収CO ₂ 純度99%を達成	目標達成 ◎
2. 発電効率改善(物理吸収法)	IGCC(1,500℃超級GT)を想定したCO ₂ 分離回収システムのエネルギーロス低減(化学吸収法と比較して相対比10%の改善)	CO ₂ 化学吸収法(EAGLE-STEP2の結果)と比較して、相対比17%のエネルギーロス改善の見通しを得た。 (発電効率で1.4ポイント上昇)	目標達成 ◎
3. 新規CO ₂ 分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験	エネルギー効率の最も高いCO ₂ 分離回収方法の選定及びEAGLE実ガスを用いた有効性の確認	4つの対象技術から化学吸収法加熱フラッシュ再生方式を選定し、実ガス試験を通じて使用蒸気量を減らし、EAGLE-STEP2の結果と比較して、再生熱量をさらに低減できる見通しを得た。 (発電効率で0.4ポイント上昇)	目標達成 ○

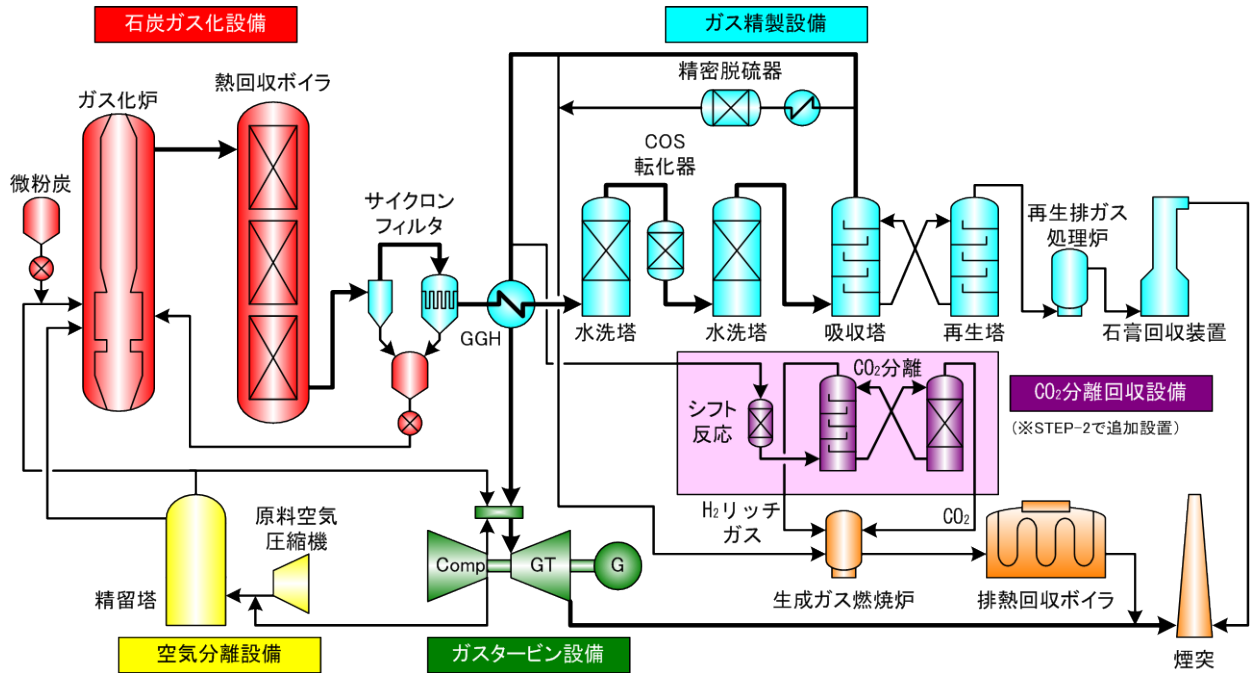
項目	開発目標	達成状況	
加圧要素試験	低温でのシフト活性が異なる触媒を対象に、炭素析出特性を検証するとともに、触媒への炭素析出メカニズムを明らかにする。	触媒への炭素析出はCOから直接進行し、低温ほど進行し易いBoudouard反応由来であることを明らかにした。また、低温でのシフト活性が高い触媒の方が炭素析出は抑制されることを確認した。	目標達成 ○
実ガス試験	加圧要素試験にて選定した最も低温活性の高い触媒を対象に、石炭ガス化ガスを用いて最適運用条件における触媒の反応特性を評価する。	低温、低蒸気条件下にて連続試験を実施し、加圧要素試験で選定した低温活性の高い触媒で1000時間後も初期活性を維持していることを確認した。	目標達成 ○
送電端効率評価	運用条件の最適化、及び長時間試験により決定した条件にて、水蒸気添加量削減の効果を送電端効率の観点から評価する。	IGCC単独での送電端効率45.6%に対し、低温でのシフト活性が低い触媒を適用した条件では39.2%となった。これに対し、低温作動型触媒適用時は40.0%に改善できることが判った。	目標達成 ○

◎:大幅達成、○:達成

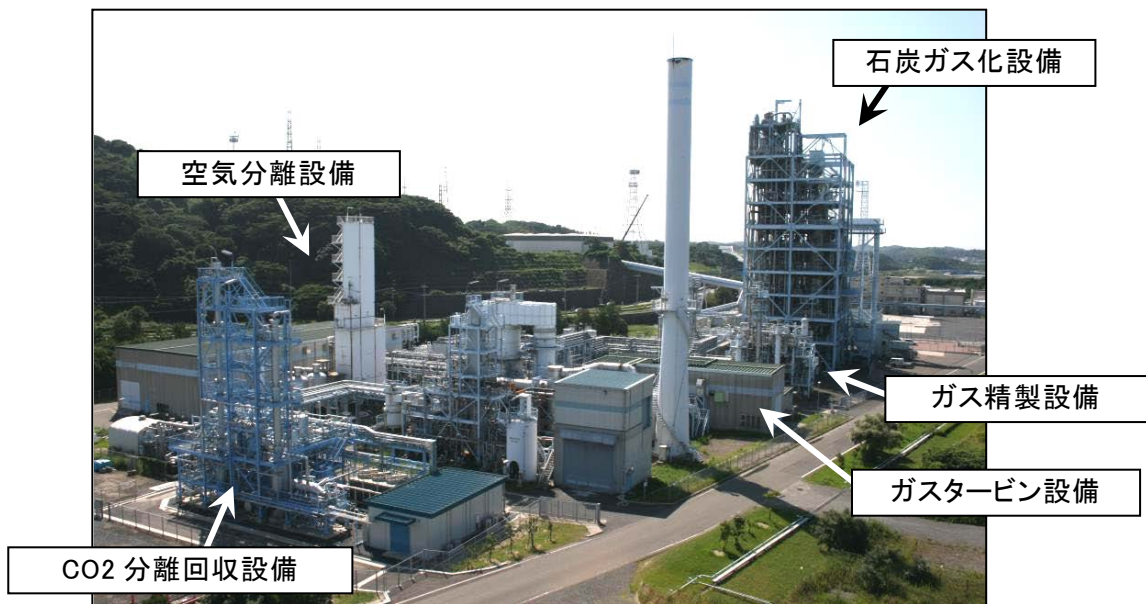
2. 研究開発項目毎の成果

2.1 パイロット試験設備【STEP1,2】

多目的石炭ガス製造技術開発は、電源開発㈱の技術開発センター若松研究所に石炭処理量 150 t/日のパイロット試験設備を設置して、多目的石炭ガス製造技術について研究開発を行った。パイロット試験設備の概略フローと外観写真を図Ⅲ-2-1および図Ⅲ-2-2に示す。



図Ⅲ-2-1 EAGLE パイロット試験設備概略フロー



図Ⅲ-2-2 EAGLE パイロット試験設備外観写真

EAGLE ガス化炉の構造を図Ⅲ－2－3に、パイロット試験設備の主な仕様を表Ⅲ－2－1に示す。なお表内数値は、プラント容量計画条件での状態値を示している。

(1) 石炭ガス化設備

石炭ガス化炉には様々な方式があるが、燃料電池用には生成ガス中の CO、H₂ の含有量が多く、発熱量の高い方式が適することから、本プロジェクトではドライフィード酸素吹噴流床方式を採用している。石炭は窒素により上下段バーナから旋回流で炉内に吹き込まれ、各段にガス化剤である酸素が供給される。また、ガス化炉絞り部にはスラッシング防止のために、水洗塔出口より再循環された低温の生成ガス(リサイクルガス、クエンチガス)が供給される。生成ガス中に含まれるばいじん(チャー)はサイクロンおよびチャーフィルタにより分離回収され、ガス化炉へとリサイクル供給されるため、系外へのばいじん排出は殆ど無い。

(2) ガス精製設備

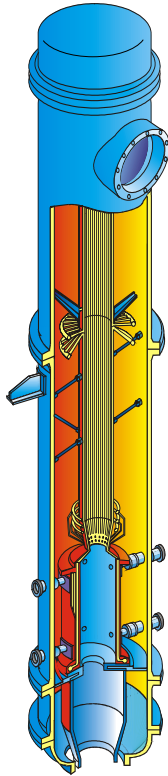
一般的にガス精製方式は乾式と湿式に大別されるが、燃料電池の不純物許容値を満足させるために湿式ガス精製方式および精密脱硫器を採用している。約 400℃でチャーフィルタを出た生成ガスは、ガス/ガスヒーター(GGH)で熱交換した後、水洗塔でハロゲン・アンモニア等の水溶性不純物が除去され、さらに吸収塔で脱硫が行われる。ここでは、吸収液として MDEA(メチルジエタノールアミン)を採用している。MDEA は COS(硫化カルボニル)の吸収性が低いため、事前に COS 転化器で COS を H₂S に転化する。吸収塔を出た生成ガスは、精製処理後のガスという意味で「精製ガス」と呼ぶ。約 40℃の精製ガスは、蒸気加熱器および GGH により約 200℃まで加熱され、ガスタービンに供給される。また、精製ガスの一部は精密脱硫器に送られ、燃料電池の硫黄分許容値以下(1ppm 以下)までさらに脱硫される。

(3) 空気分離設備

加圧深冷分離法により空気を分離し、酸素(純度 95%)と窒素(純度 99.5%)を製造する。酸素はガス化剤としてガス化炉へ供給され、窒素は微粉炭搬送などのユーティリティ用として使用されるほか、余剰分は NO_x 低減のためにガスタービンに供給される。

(4) ガスタービン設備

精製ガスを燃焼させてガスタービン・発電機を駆動し、パイロット試験設備の所内電力を供給する一方で、ガスタービンと同軸駆動する圧縮機から圧縮空気を抽気し、空気分離設備へと供給することで所内動力を低減する。なお、ガスタービンについては、本プロジェクトとは別に電源開発㈱が自社にて設置したもので、直接的な研究対象外の設備である。



表Ⅲ-2-1 EAGLE パイロット試験設備仕様

項目	仕様
石炭ガス化炉 石炭処理量 石炭ガス化炉圧力	酸素吹1室2段噴流床式 150 t/日 2.5 MPa
ガス精製設備 吸収液 精製ガス流量(吸収塔出口) 精密脱硫器	湿式ガス精製方式 MDEA (メチルジエタノールアミン) 14,800 m ³ N/h 酸化亜鉛系触媒
空気分離設備 原料空気量 原料空気圧力 酸素製造量 製品酸素濃度	加圧深冷分離方式 27,500 m ³ N/h 1.1MPa 4,600 m ³ N/h 95.0 vol%
ガスタービン設備 発電機出力 回転数 圧縮機 燃焼器	単純サイクル開放型 8,000kW 9,710rpm 軸流 17段 缶型 6缶

図Ⅲ-2-3 EAGLE ガス化炉

2.2 パイロット試験設備運転研究【STEP1,2,3】

パイロット試験設備によるガス化試験運転 (RUN) を平成 25 年 11 月までに合計 111 回行った。
運転実績と試験によって得られた成果を以下に記述する。

(1)-1 運転実績 (STEP1/平成 14~18 年度 累計)

① ガス化運転時間	5,597 時間 52 分
② ガス精製通ガス時間	5,459 時間 36 分
③ 精密脱硫器通ガス時間	2,510 時間 41 分
④ 石炭使用量	28,568 t

(1)-2 運転実績 (STEP2/平成 19~21 年度 累計)

① ガス化運転時間	2,602 時間 12 分
② ガス精製通ガス時間	2,430 時間 28 分
③ 石炭使用量	14,083 t

(1)-3 運転実績 (STEP3/平成 22~25 年度 累計)

① ガス化運転時間	6,311 時間 49 分
② ガス精製通ガス時間	6,296 時間 23 分
③ 石炭使用量	38,512 t

(2) 各開発項目に対する研究成果

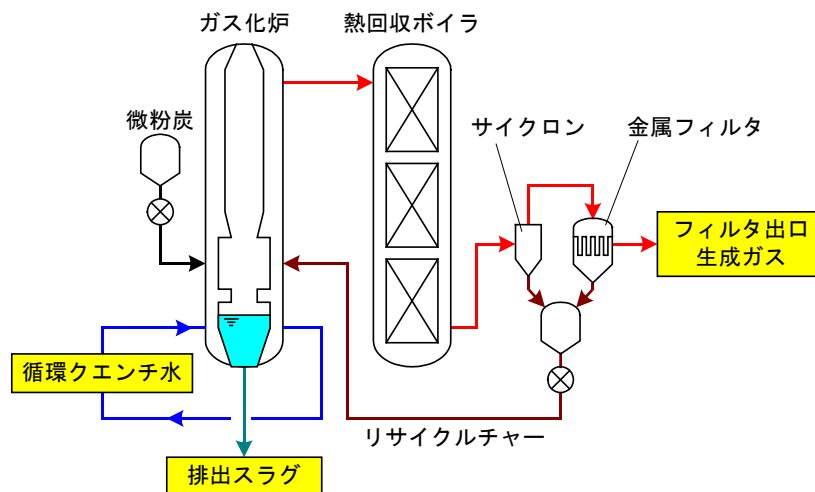
(2) - 1 石炭ガス化性能 (STEP1)

① カーボン転換率

カーボン転換率とは、ガス化炉に供給される石炭中の C(カーボン)が、CO、CO₂ や CH₄ 等の気体の炭素化合物に転換した割合であり、石炭ガス化における石炭有効利用率を表し、石炭ガス化炉の代表的な性能指標値である。EAGLE パイロット試験では、カーボン転換率の開発目標値として「98%以上」を設定した。

石炭に含まれた形でガス化炉へと供給されたカーボンは、ガス化反応によりガス状炭素化合物となり生成ガスへと転換されるが、一部のカーボンは固体のままばいじんに含まれた形で存在し、一部はガス化されことなく系外に排出されてカーボン転換率を低下させる。この未燃カーボンを含むばいじんを特に「チャー」と呼び、チャーの状態です外に排出されたカーボンを「カーボンロス」と称している。

ガス化炉に供給された全カーボンから「カーボンロス」を差し引いた残りは全てガス化されたものと考えられることができるため、高いカーボン転換率を得るためには、カーボンロスをできるだけ低く抑えることが条件となる。図Ⅲ-2-4にシステムにおけるカーボンロスを、表Ⅲ-2-2にカーボンロスの内訳を示す。



図Ⅲ-2-4 システムにおけるカーボンロス

EAGLE ガス化システムでは、表Ⅲ-2-2に示すカーボンロスがあるものの、量的には少量であり、合計でも供給カーボンの 1%に満たず、炭種や運転条件によっては 0.1%未満まで低減することができた。表Ⅲ-2-3に示す通り、EAGLE ガス化炉では開発目標を上回る 99%以上のカーボン転換率を達成し、最高で 99.9%以上の性能が得られ、高いガス化性能が確認された。

表Ⅲ-2-2 カーボンロス内訳

カーボンロス項目		内 容
①	フィルタ出口生成ガス	フィルタ出口生成ガス中に含まれるチャーは、後段の水洗塔等でばいじんとして除去されるが、それはリサイクルされることなく系外へ排出され、カーボンロスとなる。サイクロンおよび金属フィルタによる精密脱塵により、後流へ漏れるチャーは微量である。
②	循環クエンチ水	ガス化部の下にはスラグ冷却のためのクエンチ水が張られており、水は循環している。この循環クエンチ水にガス化部から流入したチャーが含まれ、分離装置により除去され系外に排出される。
③	排出スラグ	ガス化炉から排出されるスラグは、クエンチ水で冷却された後に系外へ排出されるが、スラグにはチャーが混入しており、カーボンロスとなる。

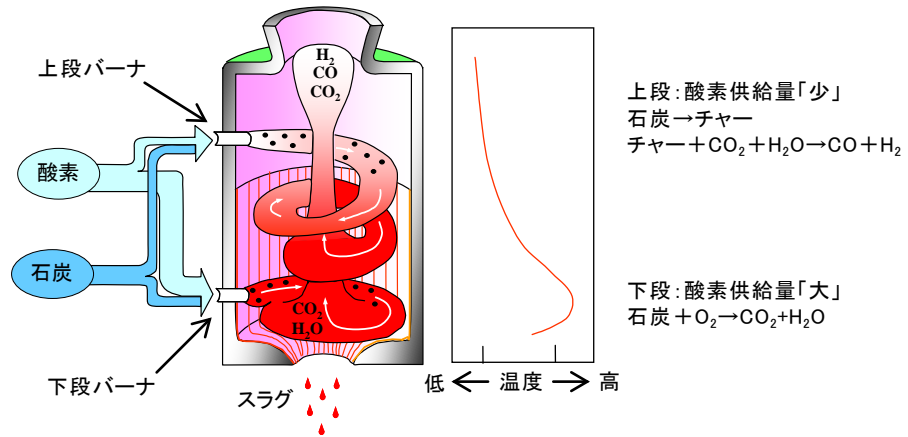
表Ⅲ-2-3 石炭ガス化性能(カーボン転換率)

	A 炭	B 炭	C 炭	D 炭	E 炭
カーボン転換率	99.5%	99.6%	99.9%	99.7%	99.9%

② 冷ガス効率

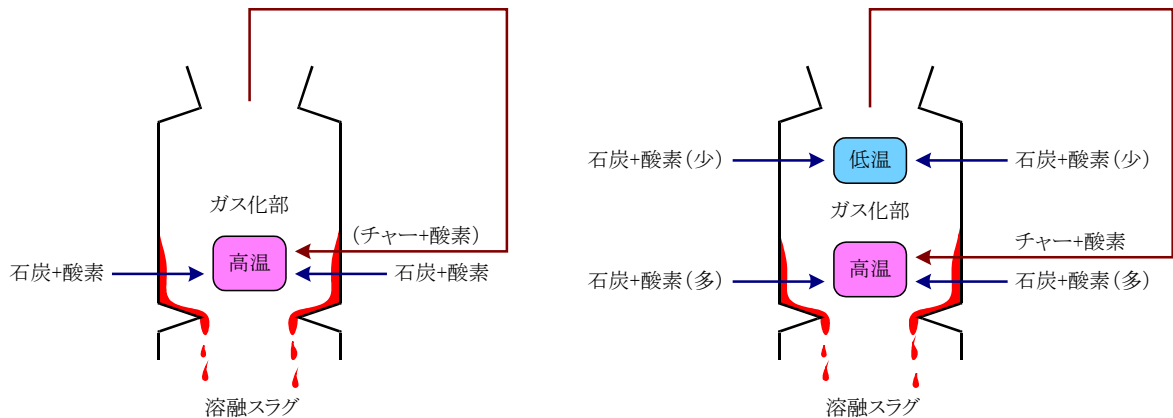
冷ガス効率とは、ガス化炉に供給した石炭が持つ発熱量が生成ガスの発熱量に転換した割合を指し、ガス化におけるエネルギー転換効率を表す指標として用いられ、カーボン転換率と共に石炭ガス化性能を表す代表的な数値である。100%から冷ガス効率を差し引いた値は、顕熱として消費した熱量である。EAGLE パイロット試験では、冷ガス効率の開発目標値として「78%以上」を設定した。

石炭ガス化において高い冷ガス効率を達成する条件は、高いカーボン転換率の達成と、酸素供給量の抑制である。揮発分を除いた石炭中の可燃性物質は固定炭素(カーボン)であり、この固定炭素が CO へと転換(ガス化)することで生成ガス発熱量が向上し、高い冷ガス効率を得られることから、高いカーボン転換率が求められる。しかしガス化炉に供給する酸素が過剰な場合、余剰酸素が生成ガス中の可燃成分(CO・H₂ など)と結合して不燃性ガス(CO₂・H₂O)へと転換(酸化・燃焼)すると、生成ガスの発熱量は下がり、冷ガス効率の低下を招く。従って、高い冷ガス効率を得るためには、高いカーボン転換率を維持しつつ、できるだけ酸素供給量を抑えることが求められる。一方、EAGLE のような噴流床型ガス化炉の運用上必要な条件は、石炭に含まれる灰分が溶融してスラグとして排出される高温度場を作ることである。そのため、ガス化炉には大量の酸素を供給する必要があるが、上述したように酸素過剰供給は冷ガス効率の低下につながる。この相反する条件を両立させるため、EAGLE ガス化炉は、石炭と酸素の供給バーナを上下 2 段に分け、下段は酸素供給量を多くすることで石炭灰の溶融、スラグの安定流下を維持し、上段は酸素供給量を少なくすることで全体酸素供給量をコントロールできる構造とした(図Ⅲ-2-5)。



図Ⅲ-2-5 1室2段旋回流型 EAGLE ガス化炉

ここで1段ガス化炉に対する2段ガス化炉の優位性について説明する。1段ガス化炉の場合、運転条件はスラグが安定して排出される温度が支配的となり、それに必要な酸素供給量が全体酸素量となることから炭種によっては冷ガス効率の低下を招き、高いガス化性能が得られない。これに対し、EAGLEのような2段ガス化炉の場合、前述したように下段は安定したスラグ排出を維持するのに必要な酸素を供給し、上段酸素供給量を抑えることで全体酸素量をコントロールすることができ、安定したスラグ排出を維持しつつ高い冷ガス効率を得ることができる(図Ⅲ-2-6)。



全体酸素量 = 安定スラグ排出温度に必要な酸素量

<1段ガス化炉>

全体酸素量 < 安定スラグ排出温度に必要な酸素量

<1室2段ガス化炉(EAGLE)>

図Ⅲ-2-6 1室2段ガス化炉の優位性

EAGLE ではこの優位性を活かし、開発目標である 78%以上の冷ガス効率を達成し、最高で 82%以上の高いガス化性能が確認された。しかし一方で高燃料比炭(D 炭)はガス化に要する酸素量が多いため、結果として冷ガス効率が低くなる傾向にあることも確認された(表Ⅲ-2-4)。

表Ⅲ-2-4 石炭ガス化性能(冷ガス効率)

	A 炭	B 炭	C 炭	D 炭	E 炭
冷ガス効率	78.69%	81.67%	79.79%	76.44%	82.19%

③ 生成ガス発熱量

生成ガス発熱量については、EAGLE で開発する石炭ガス化技術のベースとなる HYCOL の実績を踏まえ、開発目標として「10,000kJ/m³N 以上」を設定して試験運転を実施し、高い冷ガス効率運転と、石炭搬送用窒素流量の最適化等により開発目標を達成し、最高で 10,100kJ/m³N 以上の生成ガス発熱量が得られることを確認した。一方で垂瀝青炭のような低発熱量炭や、高い冷ガス効率が得られない高燃料比炭では生成ガス発熱量も低くなる傾向が確認されたが、1,300℃クラスの高スタービンを組み込んだ IGFC には十分適用できる水準の発熱量が得られることを確認した。

⑤ ガス化圧力

EAGLE パイロット試験では、高スタービン入口圧力を考慮して「ガス化圧力 2.5MPa」を開発目標として設定し、試験運転を実施してきた。試験運転を通じて目標圧力におけるガス化反応特性、流速の影響等、各種特性を確認し、開発目標を上回るガス化性能が得られ、なおかつ機器の健全な運用を確認した。

(2) - 2 ガス精製性能 (精密脱硫器出口) (STEP1)

① 硫黄化合物

生成ガス中には硫黄化合物として、H₂S および COS が含まれる。H₂S は吸収液[MDEA(メチルジエタノールアミン)]で効率良く除去されるが、COS は吸収液に吸収されにくい。そこで、吸収塔の前段で COS 転化触媒(TiO 系)を用い、COS+H₂O→H₂S+CO₂ の反応で生成ガス中の硫黄化合物の殆どを H₂S に転化する。その後、吸収液を用い、R₃N+H₂S⇌R₃NH⁺+HS⁻ 反応で吸収除去する。EAGLE では燃料電池用ということで、さらに S 分の低減が求められることから、精密脱硫触媒 (ZnO 系) で、ZnO+H₂S→ZnS+H₂O、ZnO+COS→ZnS+CO₂ の反応で脱硫させる。

COS 転化触媒の性能は、炭種に係らず概ね 90～95%の転化効率であり、良好な試験結果であった。また、定期的に行っている触媒劣化調査では、COS 転化器上部(生成ガス入口)の触媒で性能低下が確認されたものの、上部から 500mm(充填高さ 1,570mm)の触媒性能は十分に維持されており、全体の触媒活性の継続使用は可能と判断できる。

なお、上層部の触媒性能低下は、細孔分布の測定で、孔容積の増加が確認されたことから、触媒反応に寄与する活性サイトの減少が要因と推定される。

吸収液は、一般的に酸性ガス(CO₂、H₂S)の吸収に広く用いられており、EAGLE では、特に H₂S を CO₂ より選択的に吸収する MDEA を採用している。COS 転化触媒では、生成ガス中の COS は、H₂S に転化され、生成ガス中全 S の 99%程度が H₂S として存在する。MDEA での脱硫効率は、炭種の影響を受けるものの、5 炭種全てにおいて高い脱硫効率であり、吸収塔出口 H₂S 濃度を低く抑えることができた。

脱硫効率に与える炭種の影響は、生成ガス中 CO_2 濃度によって引き起こされる。吸収液は酸性ガス(CO_2 、 H_2S)を吸収することから、 CO_2 が多い場合、脱硫効率が低下する傾向にあった。EAGLE 試験運転では、 CO_2 が多い場合の吸収液運用特性について調査し、 CO_2 濃度が高い場合、吸収塔棚段数を低く(気液接触時間を短く)し、吸収液循環量を増加させた運用方法が、脱硫効率を高くすることが判明した。

精密脱硫装置については、酸化亜鉛触媒を用いて EAGLE パイロット試験を実施し、5 炭種全てにおいて精密脱硫器出口全 S 濃度 1ppm 未満を確認し、開発目標を達成することができた。

② ハロゲン化合物

ハロゲン化合物は、石炭中に Cl、F が含有されていることから、生成ガス中に HCl や HF 形態として存在する。ハロゲン化合物は水に対する溶解度が大きく、第 1 水洗塔で殆ど洗浄除去され、その後、COS ノックアウトドラムで凝縮され、さらに第 2 水洗塔で除去される。ガス分析の結果、精密脱硫器出口では、ハロゲン濃度(HCl+HF)が 1ppm 未満であり、開発目標を達成することができた。

また、Cl については機器腐食の観点から、その挙動を調査した。石炭からガス化炉に供給される Cl は揮発して HCl になるが、チャーに付着することが確認されたため、サイクロン、フィルターで捕捉され炉内を循環すると考えられる。また一部スラグに取り込まれ系外に排出され、チャーへの付着が飽和した HCl が後段のガス精製設備へと運ばれ水洗塔で水洗除去される。

生成ガス中にはアンモニアが共存することから、Cl 濃度とガス温度に依存するが、 NH_4Cl が析出する可能性が示唆され、水洗塔前段機器の腐食対策に関する知見を得た。

③ アンモニア

生成ガス中のアンモニア濃度はガス化炉運転条件の影響を受けるが、アンモニアの水への溶解度は非常に大きい。EAGLE ガス精製系統の水洗除去は、第 1 水洗塔、COS ノックアウトドラムおよび第 2 水洗塔で構成されており、ガス分析結果から全ての炭種において、精密脱硫器出口アンモニア濃度 1ppm 未満を達成し、開発目標を達成することができた。

また EAGLE ガス精製運転条件は、圧力 2.5MPa、第 1 水洗塔出口ガス温度 120~130℃、COS ノックアウトドラムは 70~80℃、第 2 水洗塔では 40℃程度である。アンモニアの挙動について、洗浄水中のアンモニア濃度を調査した結果、COS ノックアウトドラムの凝縮水および第 2 水洗塔の洗浄水にアンモニアは溶解し除去されるが、第 1 水洗塔ではアンモニアは殆ど溶解せず、逆に気相に遊離している可能性が示唆された。これはアンモニア溶解度が温度に依存するものであり、アンモニア除去効率を視野に入れた水洗塔や COS ノックアウトドラムの最適な温度設定等、設計データに関する知見を得た。

④ ばいじん

生成ガス中のばいじんは、ガス化炉から飛散する未燃焼カーボン(チャー)であるが、EAGLE パイロット試験設備には、サイクロンおよび金属フィルタが設置されており、生成ガス中のばいじんは概ね回収され、全量ガス化炉にリサイクルされる。計画ばいじん濃度は、フィルタ

出口にて5mg/m₃N以下で設計されており、その後、第1水洗塔および第2水洗塔の水洗浄により除塵される。パイロット試験におけるばいじん測定の結果は、精密脱硫器出口でばいじん濃度1mg/m₃N未満であり、ばいじんについても開発目標を達成することができた。

以上のように、EAGLEガス精製設備では、燃料電池に影響を与える阻害物質を低濃度まで除去することが確認され、開発目標を達成することができた。

表Ⅲ-2-5にEAGLEパイロット試験で実施した5炭種の生成ガス中各成分分析結果を示す。

表Ⅲ-2-5 EAGLEパイロット試験で実施した5炭種の生成ガス中各成分分析結果

項目	単位	目標値	A炭	B炭	C炭	D炭	E炭
(1)硫黄化合物	ppm	≦1	<1	<1	<1	<1	<1
(2)ハロゲン化合物	ppm	≦1	<1	<1	<1	<1	<1
(3)アンモニア	ppm	≦1	<1	<1	<1	<1	<1
(4)ばいじん	mg/m ³ N	≦1	<1	<1	<1	<1	<1

(測定箇所：精密脱硫器出口)

(2)-3 連続運転性能（信頼性検証）（STEP1）

EAGLEパイロット試験では、長時間連続運転を実施することで機器の信頼性を検証することを主目的とし、連続運転性能目標として「1,000時間以上」を設定した。平成17年1月18日から2月22日にかけて852時間20分の連続運転を達成し、当時の国内最長記録であった789時間を上回り、国産石炭ガス化総合プラント連続運転の日本新記録を樹立した。さらに平成19年3月21日から5月2日にかけて、1,015時間の連続運転を実施し、開発目標を達成すると共に自らが持つ連続運転日本記録を更新した。2度にわたる長時間連続運転の結果、主要設備の信頼性を確認すると共に主要開発課題の解決を実証し、石炭ガス化基本技術については実用化の目処が立ったものとする。

(2)-4 多炭種対応（STEP1）

EAGLEパイロット試験では、石炭性状によるガス化性能を定量的に把握、評価することを目的に、燃料比、灰溶流点温度、発熱量および灰分に差異を付けた性状の異なる5炭種を用いてのガス化運転を実施した。試験を通じて石炭の各性状に対するガス化炉適合性、運用条件および制約を把握すると共に、ガス化性能データを取得した。その結果、EAGLEガス化炉の多炭種適合性を確認した。

(2)-5 大型化対応（STEP1）

EAGLEパイロット試験では、ガス化システムのスケールアップデータの取得と、さらなる効率化・コンパクト化を目指した検討という将来の実用化を視野に入れた高度化試験運転として、①空塔速度増大試験および②バーナ噴出速度変化試験を実施した。また、粉体系システムのコンパクト化によるコスト削減を目的に一体化粉体弁を石炭供給系統に設置し、検証試験として③一体化粉体弁試験を実施した。試験では大型機を想定した条件における実運転により各

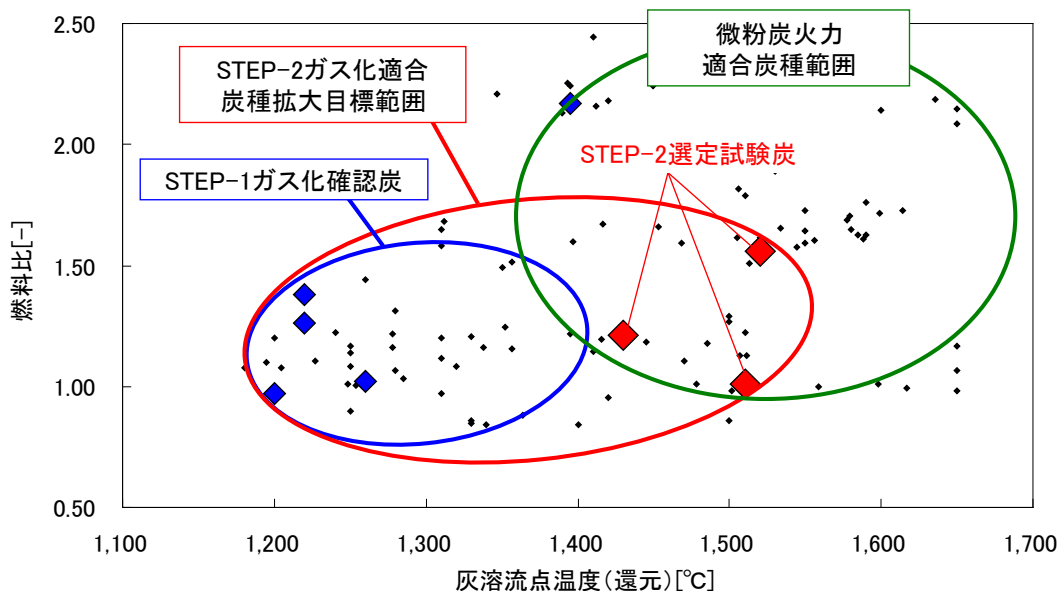
種特性把握、運用性評価を実施し、スケールアップデータを取得すると共に実施条件に問題がないことを確認し、大型化が可能であることを確認した。一方でプラントのコンパクト化を想定した試験により、設備サイズの縮小・建設費削減のための設計データを取得した。

(2) - 6 高灰融点炭種対応 (STEP2)

海外からの石炭を大量に輸入して利用する我が国にとって、エネルギー安定供給の観点から多炭種対応は重要な条件であると言える。また、昨今の地球環境問題の高まりから、今後の微粉炭火力リプレース等において、より高効率発電が可能なIGCC、IGFCの導入が必要となり、現状、微粉炭火力で大量に使用している高灰融点炭を、ガス化においても使用していくことが求められる。よって、高灰融点炭の石炭ガス化運転を実施して、適用炭種拡大を図るものである。試験ではSTEP1で把握したEAGLEガス化炉適合炭種よりもさらに灰融点(溶流点)温度が高い炭種のガス化特性を確認する目的で、主に一般の微粉炭火力で使用されている3炭種以上を使用した試験運転を実施することを目標に設定した。高灰融点炭を使用するに当たっては、ガス化炉を高耐熱仕様に改造する必要があることから、平成18年度までにガス化炉改造方針概要を纏め、平成19年度から機器の設計製作を開始、現在は平成20年度上半期に改造工事を実施し、同年9月から高灰融点炭を用いたガス化試験を実施した。

① 高灰融点試験炭の選定

高灰融点炭については、一般の微粉炭火力で用いられているものから性状の異なる3炭種を選定した。選定炭の灰溶流点温度および燃料比の性状分布を図III-2-7に示す。



図III-2-7 EAGLE試験炭性状分布図

② ガス化性能評価

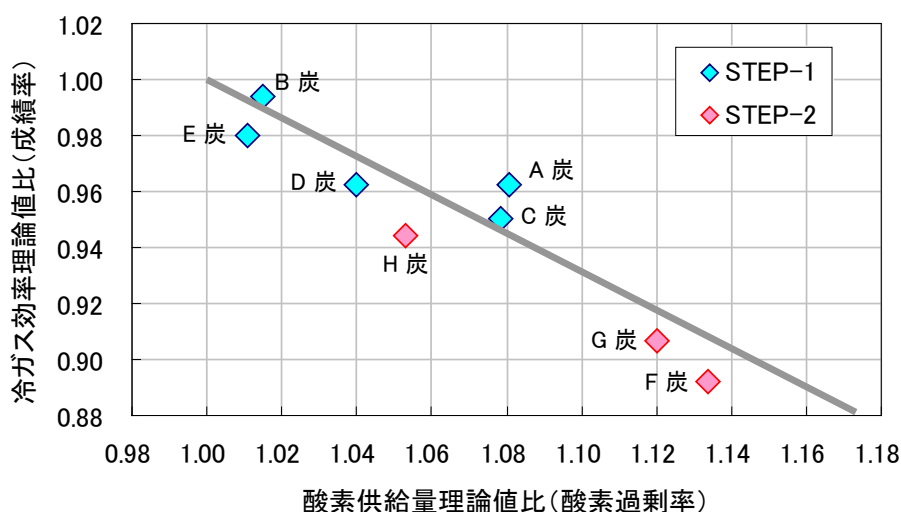
選定した3炭種をそれぞれEAGLEガス化炉でガス化してその性能を評価した。STEP1の結果と合わせて表III-2-6に一覧を示す。高灰融点炭のC転換率は3炭種とも99.9%で、極め

て高い性能が得られた。一方、冷ガス効率については 73.5～76.5%と、やや低い性能となった。

表Ⅲ－２－６ 高灰融点炭ガス化性能一覧

	炭種	C 転換率	冷ガス効率	冷ガス効率 理論値	冷ガス効率 成績率	酸素供給量 石炭重量比
STEP-1 試験炭 (低灰融点炭)	A 炭	99.5%	78.69%	81.75%	96.3%	0.895
	B 炭	99.6%	81.67%	82.17%	99.4%	0.808
	C 炭	99.9%	79.79%	83.97%	95.0%	0.670
	D 炭	99.7%	76.44%	79.42%	96.3%	0.853
	E 炭	99.9%	82.19%	83.89%	98.0%	0.667
STEP-2 試験炭 (高灰融点炭)	F 炭	99.9%	73.54%	82.41%	89.2%	0.801
	G 炭	99.9%	76.51%	84.36%	90.7%	0.734
	H 炭	99.9%	76.17%	80.66%	94.4%	0.902

冷ガス効率については炭種毎に理論値が存在し、石炭性状によって値が異なるため一概に得られた数値のみで性能の良し悪しを評価することは必ずしも正確ではない。表Ⅲ－２－６には冷ガス効率の理論値と、各炭種について冷ガス効率理論値の何%が得られたかを表す冷ガス効率成績率を合わせて示した。ガス化炉の性能と運転状態を評価するには、この成績率を用いた方がよい。またガス化剤に酸素のみを用い、完全ガス化を達成して冷ガス効率の理論値が得られる必要最小限の酸素量を、酸素供給量の理論値ということにする。冷ガス効率と酸素供給量の理論値に対して、実際の運転のそれらを相対値で表わしたグラフを図Ⅲ－２－８に示す。このグラフは石炭ガス化運転状態が、理想状態に対してどの程度のものであったかを知るのに有用である。理想のガス化運転は縦軸・横軸共に 1.00 の状態であり、酸素供給量が過剰になると冷ガス効率性能が低下し、右下へと移動していく。



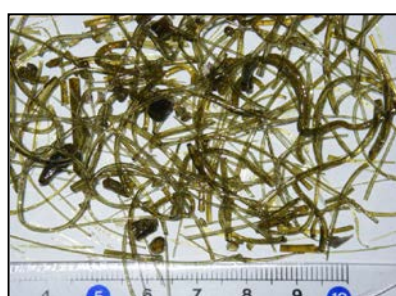
図Ⅲ－２－８ ガス化性能図(酸素供給量および冷ガス効率の理論値比)

高灰融点炭の冷ガス効率成績率は 0.892～0.944 であり、STEP1 の低灰融点炭と比較すると性能は劣る結果となった。冷ガス効率が劣る最大の要因は、灰融点が高い炭種であるがゆえにスラグ熔融・安定流下を得るための温度が高いことから、下段に多量の酸素を供給する必要が生じる一方、上段で低減できる酸素量に限界があったため、全体酸素量が過剰になりがちであったためと言える。しかし、そのような運用条件が求められる中で、1 室 2 段の EAGLE ガス化炉の特徴を活かして酸素供給量をなるべく理論値に近づける運転を行ったことから、酸素過剰率を 1.05～1.14 程度に抑え、高灰融点炭としては比較的高い冷ガス効率を得ることができたと考える。もし仮に EAGLE が下段のみの 1 段ガス化炉であったとすると、酸素過剰率は 1.18～1.30 程度になり、冷ガス効率の成績率は 0.797～0.871 程度になると推算されることから、STEP2 で得られた性能数値は 1 室 2 段ガス化炉の特徴を活かした、高灰融点炭としては高い水準の性能が得られたものと言える。

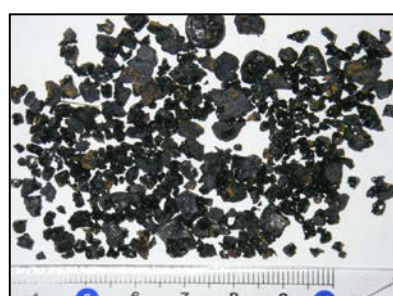
③ 特性確認

【スラグの流下排出】

ガス化部で熔融して生成したスラグは、スラグタップと呼ばれる排出口から流下して排出される。高灰融点炭はスラグの融点・溶流点が高いことから、スラグタップからの安定排出の難易度が高くなるが、ガス化部下段温度を灰・スラグの性状に応じて高温化することにより、安定的な排出を維持することができ、連続運転が可能であった。なお、高灰融点炭の特性として、図Ⅲ-2-9に示すような糸状・棒状スラグが生成し易い性状であることが確認された。このような形状をしたスラグは、排出配管内等で引っ掛かり易く、最悪の場合は排出不良を引き起こす可能性があることが分かった。排出不良に陥らないためには、引っ掛かりの発生を未然に防止する必要があるため、配管の形状や排出システムの運用手法について対応を図ることで解消できるものと思料。試験運転を通じて、こうした対応知見を得ることができたことから、これも一つの成果と言える。



糸状・棒状スラグ
(高灰融点炭)



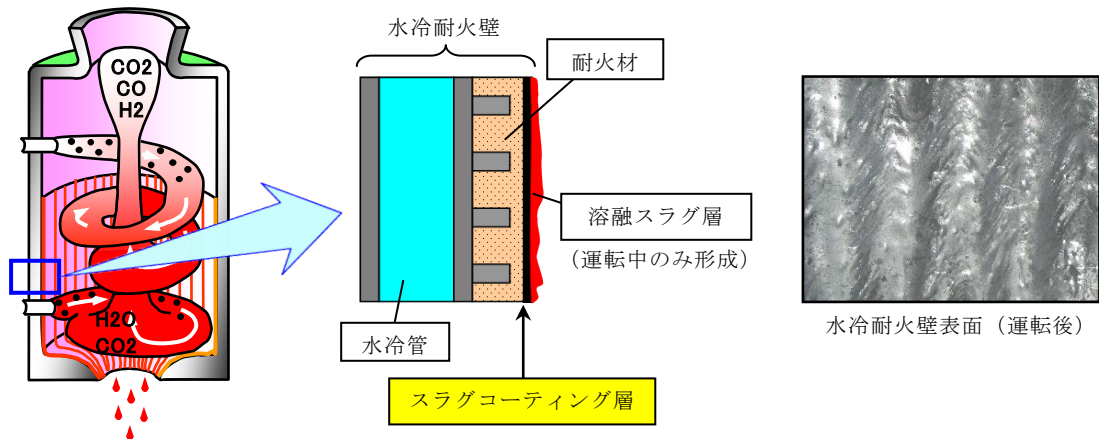
ザラメ状スラグ
(低灰融点炭)

図Ⅲ-2-9 EAGLE スラグの外観

【ガス化炉壁面スラグコーティング】

EAGLE ガス化炉のガス化部は、内面に耐火材が内張りされている水冷耐火壁構造である。ガス化運転中は特にガス化部下段においてスラグが耐火材表面に付着して壁を流下し

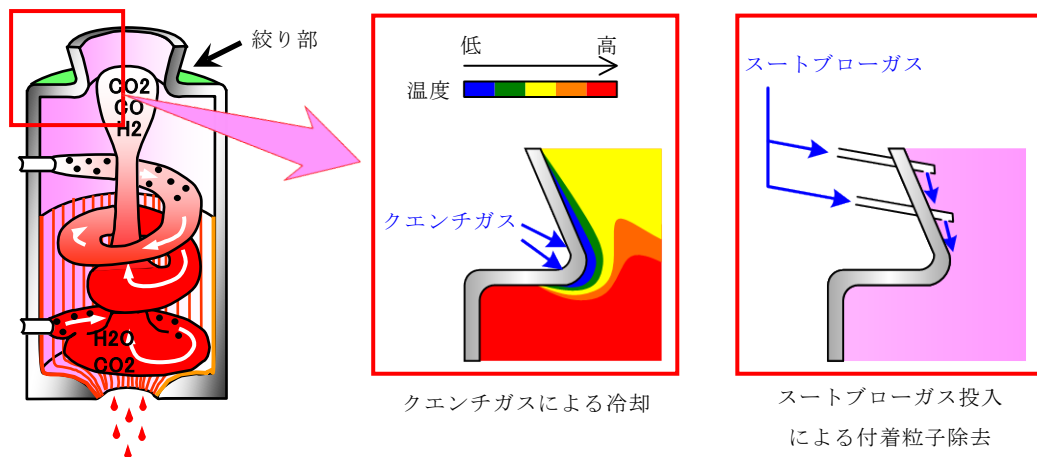
ていくが、このとき耐火材表面に付着したスラグが水冷壁で冷却されて凝固し、「スラグコーティング層」と呼ばれる層を形成する(図Ⅲ-2-10)。スラグコーティング層は耐火材ならびに水冷壁を保護する役割を持つことからガス化炉を運転する上で、その形成が重要となる。高灰融点炭ではガス化部下段を高温度として運転するため、スラグコーティング層の形成が不安視されるところであるが、3炭種すべてにおいて層が形成され、問題なく適用できることを確認した。



図Ⅲ-2-10 EAGLE ガス化炉壁面のスラグコーティング

【スラッキングの防止】

ガス化炉を運転する際、ガス化部出口の絞り部と呼ばれる部位に、チャー粒子が付着・焼結して最悪の場合、生成ガスの流路を塞ぐ現象が発生することがある(この現象をスラッキングと呼ぶ)。EAGLE の場合、このスラッキングを防止するために絞り部を冷却するためのクエンチガス投入と、付着粒子を除去するためのスートブローガスの投入を行っている(図Ⅲ-2-11)。高灰融点炭のガス化運転の場合、下段で生成するガス温度が高いことが絞り部におけるスラッキングリスクを上げることが懸念されたが、ガス温度が高いことに起因するスラッキングは発生せず、適切な運用管理によって問題なく運転できることを確認した。



図Ⅲ-2-11 スラッキング防止のための設備対応

④ 高灰融点炭種対応まとめ

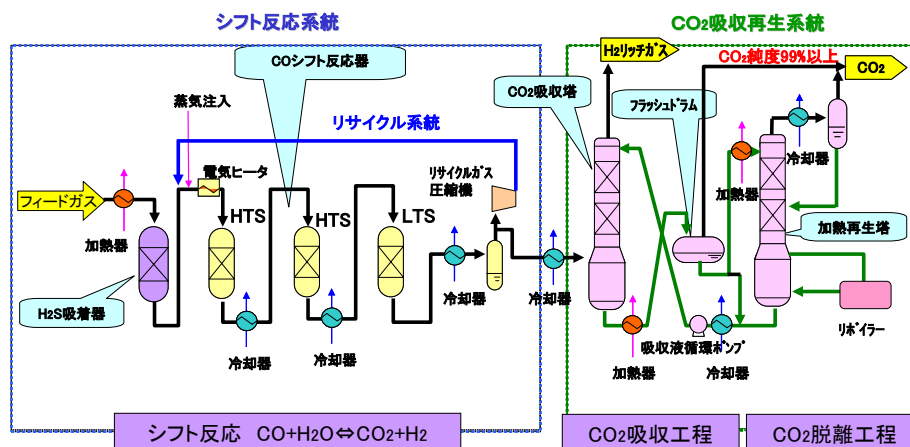
STEP2 でガス化炉を高耐熱仕様に改造し、目標とする3炭種の高灰融点炭を用いてのガス化試験運転を実施した(表Ⅲ-2-7)。試験運転の中で高灰融点炭の性能取得・特性把握を行うと共に、EAGLE ガス化炉への適用性を確認し、適用炭種幅の拡大を果たした。この成果の普及により、石炭ガス化分野への幅広い炭種適用が可能となり、石炭有効利用の促進、燃料調達リスクの軽減が期待できると同時に、EAGLE ガス化炉の優位性を高めることができたと言える。

表Ⅲ-2-7 STEP2 高灰融点炭種対応まとめ

評価項目		評価内容	判定
目標	性状の異なる3炭種の高灰融点炭	主に一般の微粉炭火力で用いられている高灰融点炭3炭種について性能取得・特性把握を実施。	○
性能確認	カーボン転換率	極めて高い性能が得られた。	○
	冷ガス効率	数値は若干低いですが、1室2段のEAGLEガス化炉の特徴を活かし、高灰融点炭としては高い水準の性能が得られた。	○
特性確認	スラグ流下排出	温度の適正化により安定流下排出を達成。糸状・棒状スラグの生成に対する設備対応方針を得た。	○
	スラグコーティング	ガス化炉壁面への良好なスラグコーティングを確認。	○
	スラッキング	温度管理、クエンチガス冷却、スートブローガス投入を適切に行うことにより問題なく適用できると思料。	○
改造効果	高耐熱仕様に改造	ガス化部継ぎ目位置変更、炉壁冷却強化により、問題なく高灰融点炭をガス化できることを確認。	○

(2)-7 CO2分離・回収 (STEP2)

STEP2にて新たに設置したCO2分離回収装置の概略システムを図Ⅲ-2-12に示す。



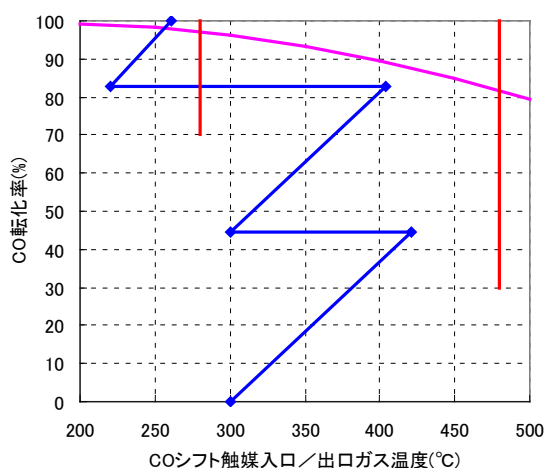
図Ⅲ-2-12 CO2分離回収設備概要

システム構成としては、系統前段は生成ガス中の一酸化炭素に水蒸気を添加し、触媒反応により二酸化炭素(CO₂)に転化するCOシフト反応系統、後段はCO₂をアミン系吸収液により選択的に吸収し、CO₂を吸収したアミン溶液を加熱あるいは脱圧によりCO₂回収を行うCO₂吸収再生系統となっている。各プロセスのコアとなる技術は「COシフト触媒」、「CO₂吸収液」であるが、これらはそれぞれ他産業にて利用実績のあるものを石炭ガス向けに転用したものである。

シフト反応系統は高温シフト反応器(HTS:High Temperature Shift reactor)2基と低温シフト反応器(LTS: Low Temperature Shift reactor)1基の計3基からなる。前段のHTSでは約300℃～450℃の高温で反応速度を上げ、反応物であるCOの約80～90%をCO₂に転化する。一方、LTSは200℃～280℃の中温でCO転化率を95%超まで進める。COの水性ガスシフト反応は発熱反応であり、反応温度が低いほどCOの平衡転化率は高くなる。

HTSは鉄-クロム系触媒、LTSは銅-亜鉛系触媒を用いている。HTSの耐硫黄性は約50ppmと言われており、脱硫吸収塔出口ガス性状(H₂S<50ppm)にて通ガス可能であるが、LTS触媒は耐硫黄性を有しておらず、硫黄濃度を0.1ppm以下に抑える必要がある。従って、シフト系前段にH₂S吸着器を設置し、酸化亜鉛系吸着剤にてH₂Sを0.1ppm未満に除去する系統としている。

吸収再生系統では、CO₂を吸収した吸収液(リッチ液)の再生を3つのモードで実施できる系統構成としている(図Ⅲ-2-13)。1つ目はリッチ液を加熱せずにフラッシュドラムに導入し、フラッシング(脱圧)によりCO₂を脱離させる「(単純)フラッシュ再生モード」、2つ目はリッチ液を加熱し、60℃～80℃でフラッシングさせ脱離を促進する「加熱フラッシュモード」、3つ目はフラッシュドラムで脱圧した液を再生塔に導入し、100～110℃でCO₂を脱離する「再生塔再生モード」である。各再生モードでの吸収液特性(循環量、フラッシュ温度)とCO₂回収率、純度の関係を確認することとしている。



図Ⅲ-2-13 シフト反応器反応特性の一例(各反応器における温度/CO転化率の関係)

累計運転時間は1300時間を超え、種々の運転モードでの試験運転を実施した。酸素吹き石炭ガス化ガスの特徴である高CO濃度条件において、COシフト系統における反応の温度特性、

システム制御性等を確認し、触媒およびシステムが石炭ガスに適用可能であることを確認した。CO₂ 吸収再生システムについては、加熱フラッシュ再生モードにおいて開発目標の「回収 CO₂ 純度 99%」を達成し、それに必要な加熱温度と吸収液循環量を確認した。異なる吸収液の基本特性を確認するとともに、各再生モード(加熱フラッシュ再生、再生塔再生)での必要循環量、CO₂ 純度、ユーティリティ(蒸気、電気)使用量等を確認するための試験を実施した。

(2) - 8 微量物質挙動調査 (STEP2)

石炭ガス化システムにおける微量成分の系内挙動については、通常の微粉炭燃焼発電プラントと異なり未だ解明されていない部分がある。プラント信頼性向上を図るため、プラント機器腐食対策や排水処理技術の確立が求められる微量物質については、系統内マテリアルバランス調査を実施した。また、将来の環境アセスメント実施を視野に入れ、環境影響微量物質についてその排出量を確認した。注目元素として、機器腐食防止の観点からハロゲン(塩素、フッ素)、排水処理負荷特定の観点から有害重金属類(ヒ素、セレン、水銀)を選定し、詳細な系内挙動調査を行った。

STEP2 にて試験を実施した各炭種において、上記注目元素のプラント系内挙動を概ね把握した。ヒ素については、スラグに含有され、安定的に存在する(ほとんど溶出しない)ことを確認した。セレンについては 5~8 割程度がガス精製系統に移行し、残りがスラグとして排出されるが、ガス精製移行率はガス化炉温度に依存することを見出した。ハロゲンは大半がガス精製に移行し、温度の高いベンチュリースクラバーおよび第一水洗塔において洗浄除去されることを確認した。水銀については、全量がガス精製に移行し、洗浄水の温度が低下する第二水洗塔周辺にて堆積する状況を確認した。なお、堆積した水銀については、プラント起動停止時等の循環水温度が低い状況において、非定常的に排水処理系統に排出されることを確認した。

その他、揮発性の低い大半の重金属類については、略全量がスラグに移行し、水洗塔以降(排水処理系統、脱硫系統、煙突)ではほとんど検出されないことを確認した(図 III-2-14)。

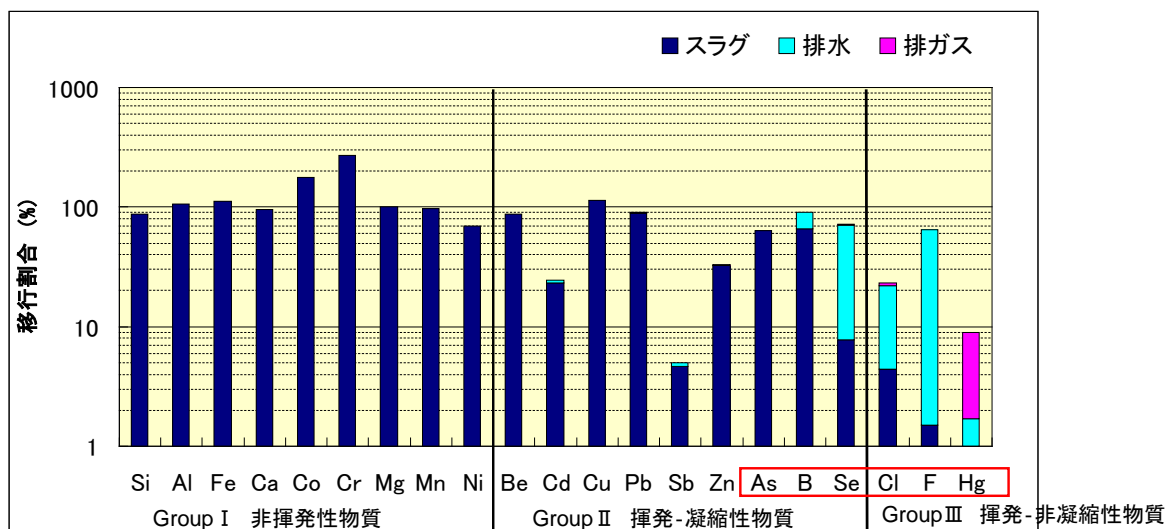


図 III-2-14 微量金属成分のスラグ、排水、排ガスへの移行割合

2.3 支援・調査研究【STEP1】

(1) 適用炭種拡大

①候補炭事前評価

EAGLE パイロット試験設備では、ガス化への適用炭種を拡大するため、多くの候補炭の中から性状の異なる数炭種を選定してガス化試験を行った。石炭性状によって粉碎性、微粉炭の流動・搬送特性は大きく異なり、ガス化特性は、運転条件である酸素/石炭比にも影響される。そこで、平成 10 年度以降、石炭性状の中で燃料比、灰融点、水分および灰分に着目した EAGLE パイロット試験設備供試炭候補の合計 18 炭種の事前評価を実施した。事前評価では、塊炭の粉碎性、微粉炭の流動性、ガス化特性、チャー物性を評価した。生成ガス特性、ガス化効率等のガス化特性の評価には、石炭処理量が 1 t/日の加圧ガス化試験炉を用いた。この試験では、EAGLE パイロット試験設備と同じ 2.5MPa の圧力下、酸素/石炭比条件を広範囲に変化させた。また、EAGLE パイロット試験設備で生成するチャーの流動性、かさ比重などの物性を事前評価するチャーを作製するため、EAGLE パイロット試験設備と同程度のカーボン転換率になるように、酸素/石炭比一定のガス化試験も実施した。この他に、ガス化炉の運転を制約する重要項目である熔融スラグの流下特性、スラグ粉の焼結特性などの要素試験も実施した。表Ⅲ-2-8に得られた候補炭事前評価試験の成果を示す。

表Ⅲ-2-8 候補炭事前評価試験の成果

項目	成果
塊炭の粉碎性	・粉碎性の評価指数である HGI(Hard Grove Index)は 45～60 と設計仕様内であり、粉碎に関して問題ないことを確認した。
微粉炭の流動・搬送特性	・粒径が小さく、粒径分布が狭い微粉炭ほど流動性は低い。 ・EAGLE パイロット試験設備のミルと事前検討で使用した小型のミルで粉碎した微粉炭の流動性指数は同様の傾向を示し、事前評価の有効性を確認した。 ・2.5MPa 加圧下における 1 t/日のガス化試験において、微粉炭が安定に供給できることを確認した。
ガス化特性	・広範囲な酸素/石炭比条件のガス化特性データを取得した。 ・本ガス化データからチャーのガス化反応速度を評価した。
チャー物性	・チャーの真比重は炭種に関らずほぼ炭素濃度に支配される。 ・チャーロータリーバルブの容量試算に重要な各炭種のかさ比重のデータを取得した。かさ比重は炭種によって最大 2 倍異なる。
スラグ粉の焼結特性	・スラグ粉の焼結開始温度はスラグの熔融点と相関が強い。
熔融スラグ流下特性	・スラグタップにおけるスラグの安定流下判定に必要な熔融スラグ流下開始温度のデータを取得した。

②EAGLE パイロット試験設備の性能予測

EAGLE パイロット試験設備のガス化炉運転を制約する重要項目として、スラグ安定流下、チャーリサイクル量および絞り部のスラグによる閉塞防止があげられる。これらの項目に対し、それぞれ上述の候補炭事前評価で得たスラグ流下開始温度、チャーかさ比重、スラグ焼結防止炭素濃度などの要素試験結果を用いて EAGLE ガス化炉の性能予測および運転指針の提案を行った。提案に際しては、噴流床ガス化シミュレーションモデルを用いた。表Ⅲ-2-9に得られた成果を示す。

表Ⅲ-2-9 性能予測の成果

項目	成果
EAGLE 性能の予測	・EAGLE ガス化炉適用炭の事前に提案した運転条件は、概ね実績値に近く、EAGLE ガス化炉の運転条件の選定およびガス化性能予測に有効であることを確認した。

(2) パイロット試験課題対応

EAGLE パイロット試験設備によるガス化試験あるいは本研究を実施する中で生じた新たな事象や課題について、その解明を行い、また対策を講じるための要素研究を行った。ガス化炉の生成ガスラインに塩化アンモニウム(NH₄Cl)の析出が確認されたことから、この塩化アンモニウム析出条件の解明を目的として、基礎試験を実施した。チャーは塩素(Cl)を吸着するため、ガス化炉にチャーをリサイクルすると生成ガスの塩素濃度は高くなる。そこで、対象となる炭種のチャーへの塩化水素(HCl)吸着特性の評価を、1 t/日の加圧ガス化試験炉で作製したチャーを用いて事前に行い、EAGLE パイロット試験設備のガス化炉運転条件に反映した。表Ⅲ-2-10 に得られた成果を示す。

表Ⅲ-2-10 パイロット試験課題対応の成果

項目	成果
塩化アンモニウム析出条件	・基礎試験装置を用いて EAGLE ガス化炉と同じ 2.5MPa の加圧下において、塩化水素とアンモニアによって塩化アンモニウムが析出する温度条件およびガス分圧の影響を把握した。
チャーへの塩化水素濃縮	・対象となる炭種の HCl 吸着特性を加圧ガス化試験炉のチャーに対して事前に評価した。 ・上記の結果を元に、生成ガス中の最高塩素濃度における塩化アンモニウム析出条件を推算し、EAGLE ガス化炉の運転条件に反映した。その結果、安定運転を達成した。

2.4 次期 IGCC に最適な CO₂ 物理回収技術の開発【STEP3】

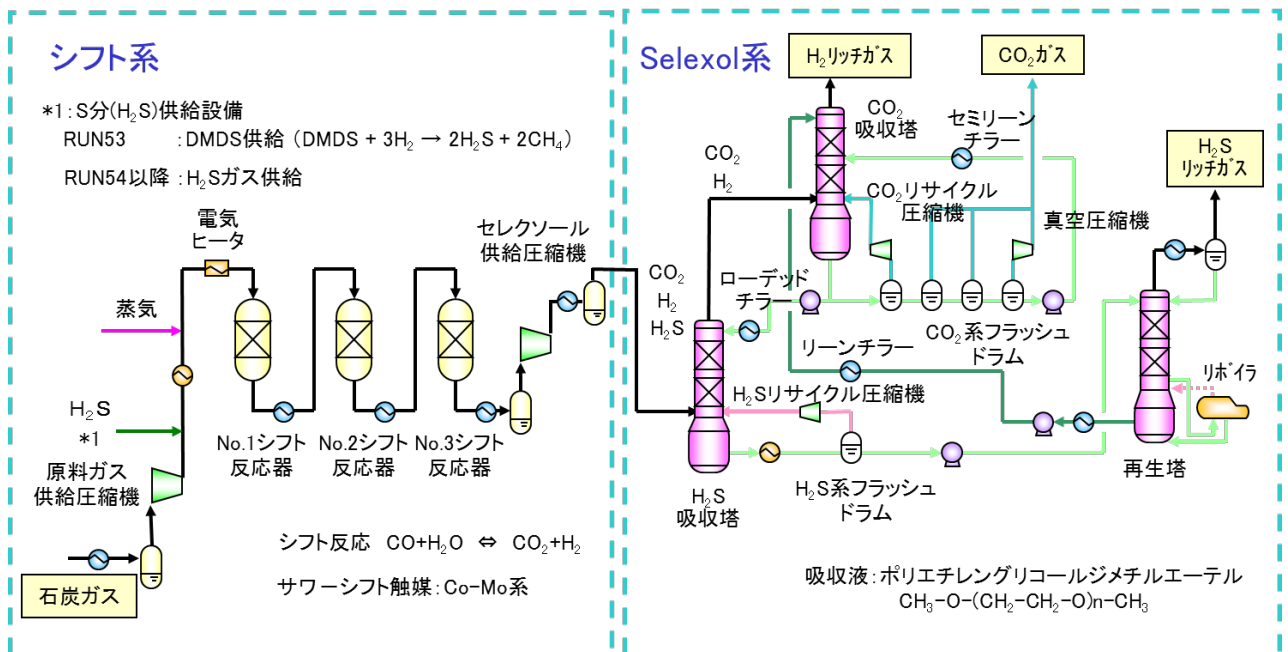
2.4.1. CO₂ 分離回収試験装置（物理吸収法）設置及び石炭ガス供給装置整備

2.4.1.1 CO₂分離回収（物理吸収法）設備設置（試験装置概要）

CO₂分離回収（物理吸収法）設備概略系統を図Ⅲ-2-15に、またCO₂分離回収（物理吸収法）設備外観を図Ⅲ-2-16に示す。

CO₂物理吸収設備は、COシフト反応装置（シフト系）およびCO₂吸収再生装置（Selexol系）の2つのパートから構成される。前段のシフト系は既設ガス精製設備の水洗塔出口より硫黄分を含む石炭ガスが供給される。供給された原料ガスに反応用の蒸気が添加され、水性ガスシフト反応（ $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ）により原料ガス中のCOがCO₂に転換される。

シフトガスは、後段のSelexol系に導入されH₂S吸収塔にてガス中硫黄分の主成分である硫化水素（H₂S）が選択的に吸収される。これはH₂Sの溶解度がCO₂に対して10倍程度選択性の高いSelexol液の特質を利用している。H₂S吸収塔を出たガスは、CO₂吸収塔に導入されリーン液との接触によりガス中CO₂のほとんどが吸収される。一方、酸性ガスを吸収したSelexol液は、H₂S吸収塔よりH₂Sリッチ液を再生塔へ送液し蒸気を利用した加熱再生が行われ、CO₂吸収塔からのCO₂リッチ液については、フラッシュドラムを利用した脱圧再生方式により再生される。



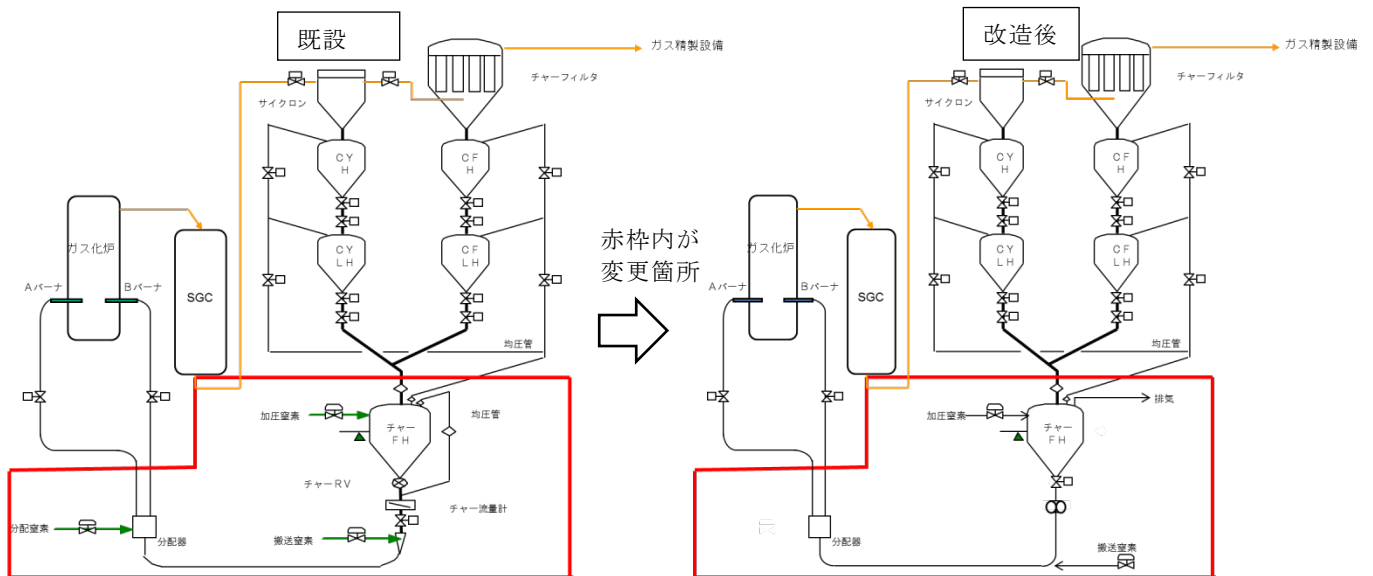
図Ⅲ-2-15 CO₂分離回収（物理吸収法）設備概略系統図



図Ⅲ-2-16 試験設備全体写真

2.4.1.2 石炭ガス供給装置整備（チャー差圧搬送システム開発）

既設チャー供給システムは、RVによる定量切り出し方式だったが、定量安定供給の観点から課題が多かった。またチャーフィードホッパにロードセルを設置し重量計測を行っており、高温のチャーを受け入れることから重量を正確に測定できていないのが現状であった。これに代わる供給技術として、差圧搬送方式が鉄鋼業界で実績があり、EAGLEでの適用も可能と判断し、チャー定量安定供給とチャー供給量把握を目的としてチャーフィードホッパの新製・独立架構化および可変弁の設置等チャー供給設備の改造を行い、本方式が良好に運用可能である事が検証された（図Ⅲ-2-17）。



図Ⅲ-2-17 既設チャー供給システムと改造後チャー供給システム

2.4.2. 酸素吹石炭ガス化システム+CO₂回収設備運転研究（物理吸収法によるCO₂分離回収技術実証試験研究）

2.4.2.1 パラメータ変化試験概要

図Ⅲ-2-18は、CO₂物理吸収設備が設計点で運転された時におけるSelexol系統に係るユーティリティ量及びCO₂回収原単位*注1を表したものである。

図Ⅲ-2-19に、パラメータ変化試験項目一覧を示す。CO₂回収率やH₂S挙動に留意しつつ、CO₂回収エネルギー(回収原単位)低減のための最適運用ポイントを見極めることを目的にパラメータ変化試験を行った。

次項2.4.2.2～2.4.2.11まで、各パラメータ変化試験結果を記す。

*注1 CO₂回収原単位の定義

CO₂物理吸収設備の原単位は、単位CO₂重量当たりの電気+熱エネルギー総量を電気エネルギーで纏めた値(単位:GJe/t-CO₂)として表すものとして定義した。

これは、CO₂物理吸収設備は、液再生用蒸気及びシフト反应用蒸気の消費のみならず、圧縮機、ポンプ、冷凍機を駆動する為の電気動力消費が大きく、CO₂化学吸収設備の評価に適用されている蒸気消費量のみを基にしたCO₂原単位評価では評価が過小になるためである。

CO₂化学吸収設備のCO₂原単位評価は、上述の通り液再生用蒸気消費でなされており、その単位はGJth/t-CO₂である。

従って、CO₂物理吸収設備のCO₂回収原単位(GJe/t-CO₂)とCO₂化学吸収設備のCO₂回収原単位(GJth/t-CO₂)は、定義が異なる事に留意が必要である。

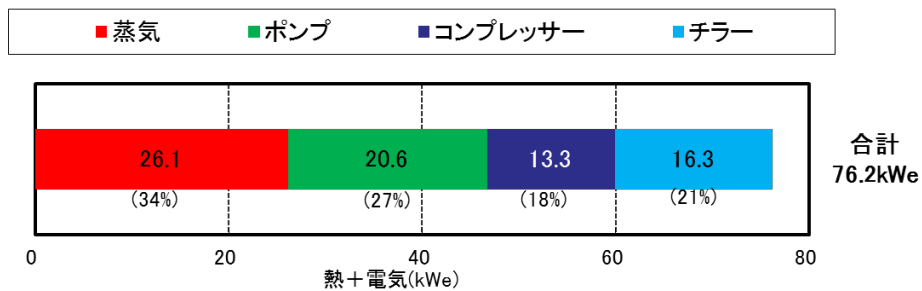
熱から電気への換算は、設備に適用される高圧蒸気及び低圧蒸気を対象にして以下の通り定めた。表III-2-11に、換算係数表を示す。

高圧蒸気：高圧蒸気(3.6MPaG 飽和)を使用するものとして、蒸気消費量当たりの蒸気タービン出力低下量に基づいて換算係数を定めた。

低圧蒸気：低圧蒸気タービン抽気(0.5MPaG 飽和)を使用するものとして、蒸気消費量当たりの蒸気タービン出力低下量に基づいて換算係数を定めた。

表III-2-11 換算係数表

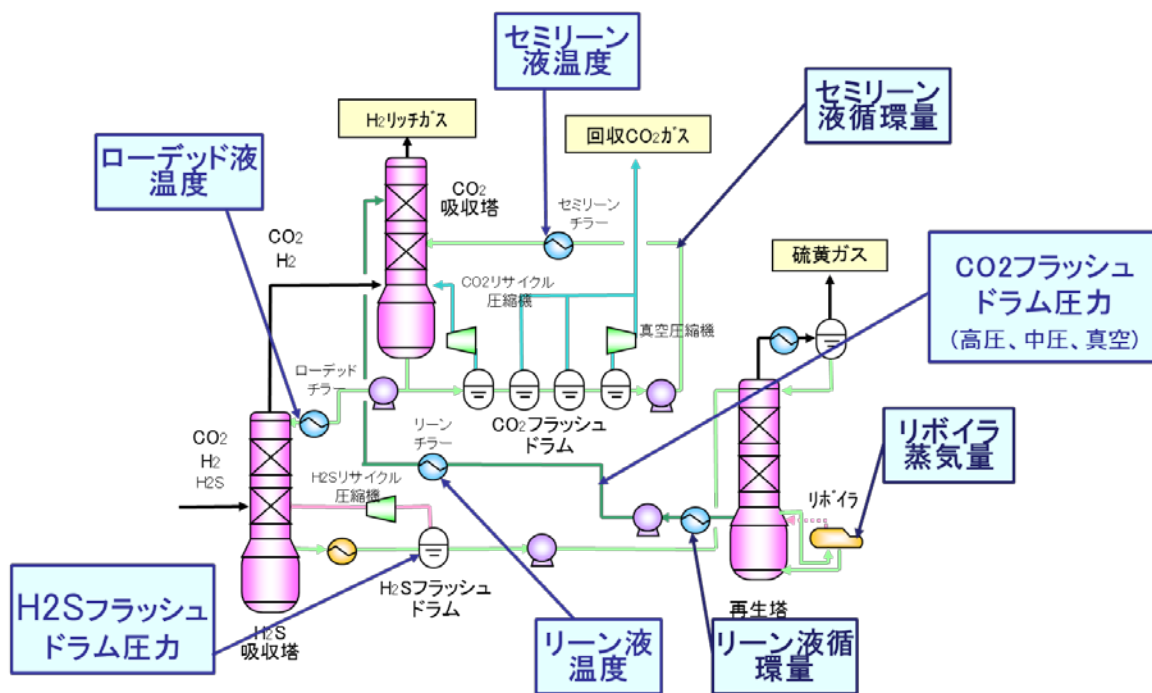
	換算係数【kW/(t/h)】
高圧蒸気	230
低圧蒸気	190



【機器種別毎のユーティリティ量内訳(ベース条件時)】

ユーティリティ量 (Selexol設備)	76.2kWe (熱+電気)
CO ₂ 回収原単位 (ベース条件)	0.53GJe/t-CO ₂

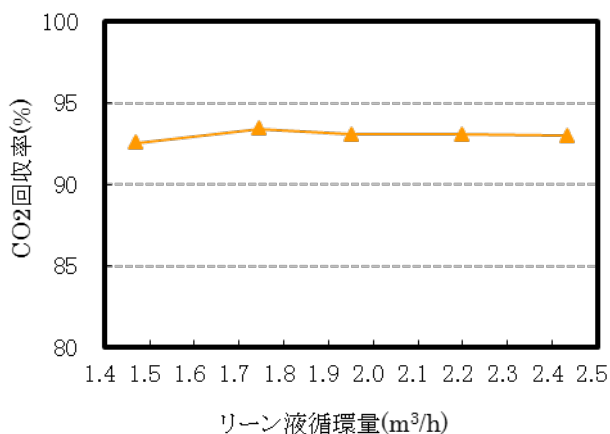
図III-2-18 設備設計点におけるユーティリティ内訳 (セレクトソール系統) とCO₂回収原単位



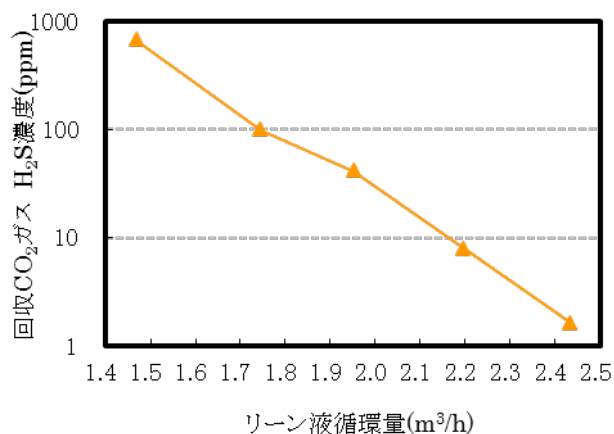
図Ⅲ-2-19 パラメータ変化試験項目一覧

2.4.2.2 リーン液循環量変化試験

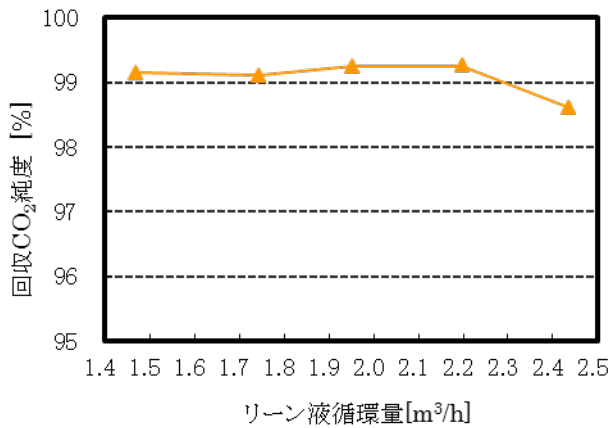
リーン液循環量を低減しても CO₂ 回収率はほぼ一定であり、CO₂ 吸収性能への感度は低い。回収 CO₂ 中 H₂S 濃度は、リーン液循環量の減少に伴い急激に上昇し、その特性は対数表示で線形状であった。大凡一定の回収 CO₂ 純度を示した。CO₂ 回収原単位は、リーン液循環量の減少に伴い概ね直線的に低下する傾向を示した。パラメータ最適化試験を行う際に、回収 CO₂ 中 H₂S 濃度を 200ppm~20ppm 程度に至らしめるには、循環量 1.8~1.9m³/h 程度が運用可能範囲と推定された。リーン液循環量 1.9m³/h における CO₂ 回収原単位は 0.497GJe/t-CO₂ であり、ベース条件における CO₂ 回収原単位 0.565GJe/t-CO₂ に対して、12%程度低減した。



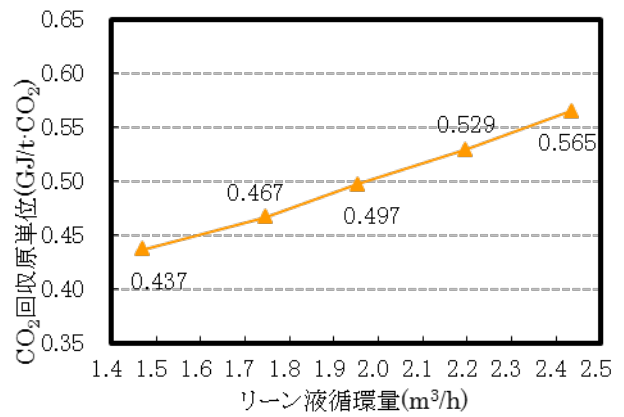
図Ⅲ-2-20 CO₂ 回収率



図Ⅲ-2-21 回収 CO₂ 中 H₂S 濃度



図Ⅲ-2-22 回収 CO₂ 純度

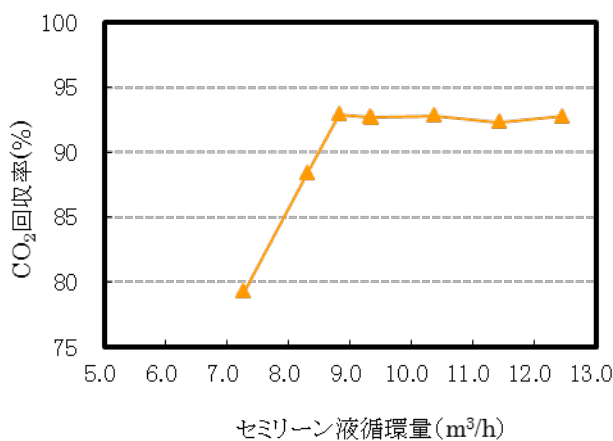


図Ⅲ-2-23 CO₂ 回収原単位

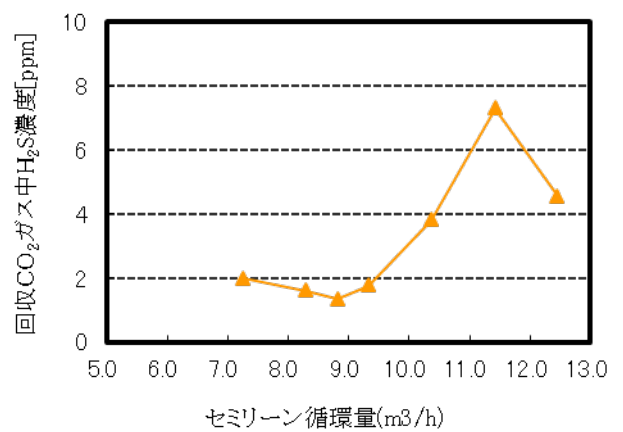
2.4.2.3 セミリーン液循環量変化試験

CO₂回収率は、セミリーン液循環量 8.82m³/h 条件を境に急激に低下した。なお、回収率が急低下する領域はほぼ原点を通る直線となっており、このことから低循環量条件では吸収液の CO₂ ローディング量が飽和に達していることが示唆される。回収 CO₂ 中 H₂S 濃度は、本試験条件の範囲においては、5ppm 前後の結果であり、リーン液循環量変化試験で見られたような大きな変化は見られなかった。回収 CO₂ 純度は、セミリーン液循環量の増加と共に CO₂ フラッシュガス中への H₂、N₂ 混入量が相対的に増加する為、漸減した。CO₂ 回収率が低下する領域では、CO₂ 回収原単位はそれに伴って急激に悪化する。

CO₂回収率が維持される範囲でセミリーン液循環量の低下に伴ってCO₂回収原単位は低下するが、設計点である10.38m³/h時の0.561 GJe/t- CO₂に対し0.558GJe/t- CO₂であり、その削減割合は0.5%程度に留まり、リーン液循環量試験結果と比べると改善効果は非常に小さい。



図Ⅲ-2-24 CO₂回収率



図Ⅲ-2-25 回収CO₂中H₂S濃度

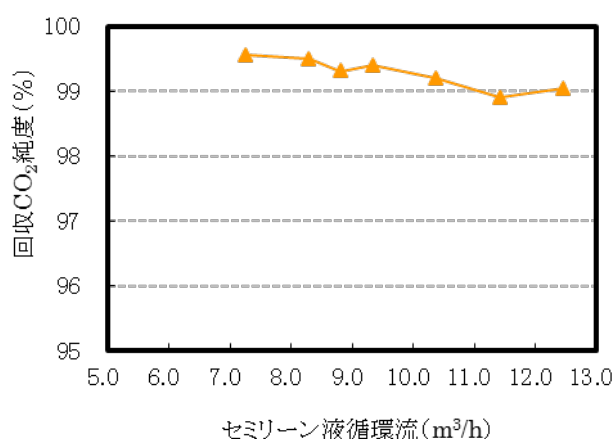


図 III-2-26 回収 CO₂ 純度

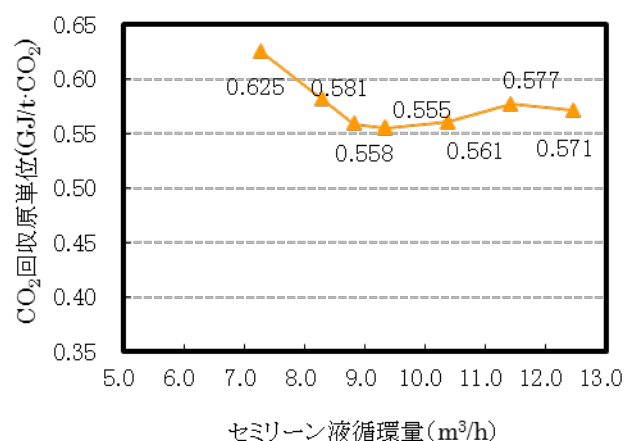


図 III-2-27 CO₂ 回収原単位

2.4.2.4 リボイラ蒸気量変化試験

リボイラ蒸気量 130kg/h までの範囲では CO₂ 回収率および脱硫率並びに回収 CO₂ 中 H₂S 濃度に与える影響は僅かであり、セレクトソール吸収液は十分に再生されているが、蒸気量 100kg/h では、セレクトソール吸収液の再生不良が発生し、回収 CO₂ 中の H₂S 濃度が急激に上昇した。蒸気量 100kg/h は運用不可な領域であった。

図 III-2-30 にリフラックス水流量の変化を、図 III-2-31 にリボイラ戻り液温度、吸収液中水分濃度に依存する吸収液沸点及び吸収液中水分濃度の変化を示す。リフラックス水流量は、リボイラ蒸気量の低減と共に減少し、リボイラ蒸気量 130kg/h 付近で流量計が計測可能なレンジ下限値に至った。図 III-2-31 から、蒸気量 130kg/h までの範囲ではリボイラ戻り液温度と吸収液の沸点は概ね一致しているが、100kg/h 条件では戻り液温度と吸収液の沸点が乖離しており、リボイラで沸騰が起きていないことが示唆された。

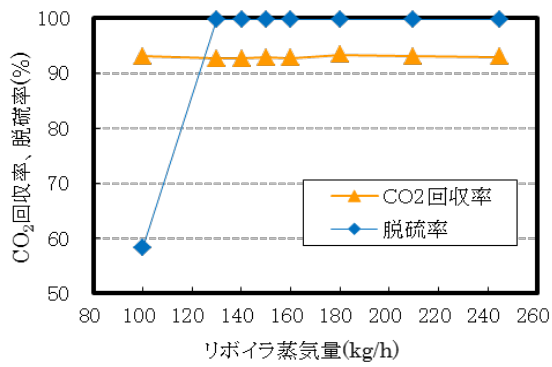
表 III-2-12 にリフラックス水の分析結果を示す。リボイラ蒸気量減によりリフラックス水量は大幅に減少するが、アンモニアを始めとする不純物の濃縮傾向は確認されなかった。

回収 CO₂ 純度は、再生塔による吸収液再生が安定的に行われたリボイラ蒸気流量 130kg/h 以上の範囲においても増減が見られ、本試験範囲において一様な傾向が示されていない。本試験に限っては、ガスサンプリング中の不具合（テトラバッグ使い回しによる空気混入もしくはガスコンタミネーション）に起因するものと推定された。

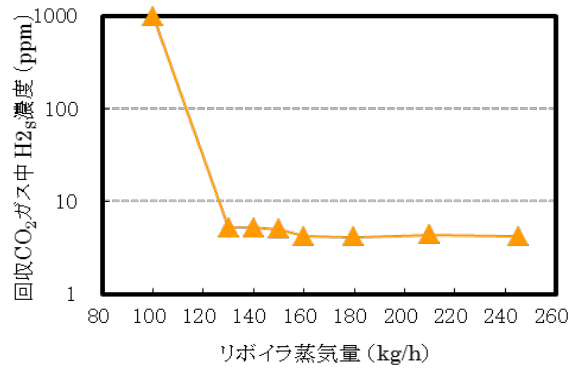
CO₂ 回収原単位は、設計点である 246kg/h 時の 0.537GJe/t-CO₂ に対し、吸収液の安定した再生が確認されたリボイラ蒸気流量 130kg/h では 0.447GJe/t-CO₂ へと大幅に減少し、その削減割合は 16.8%であった。

脱硫率

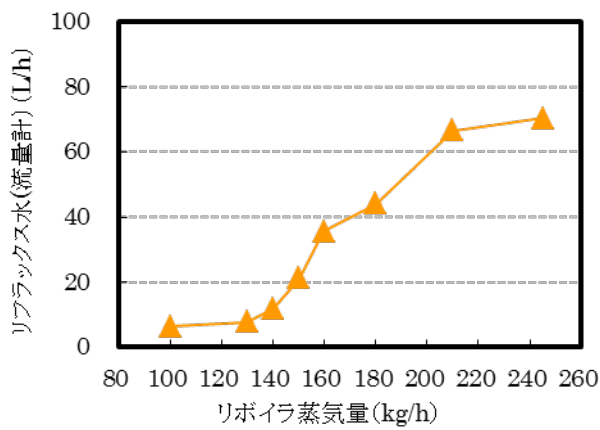
$$\text{脱硫率}(\%) = \{ (\text{H}_2\text{S 吸収塔入口ガス中 S 分量} - \text{回収 CO}_2 \text{ ガス中 S 分量} - \text{H}_2 \text{ リッチガス中 S 分量}) / \text{H}_2\text{S 吸収塔入口ガス中 S 分量} \} * 100$$



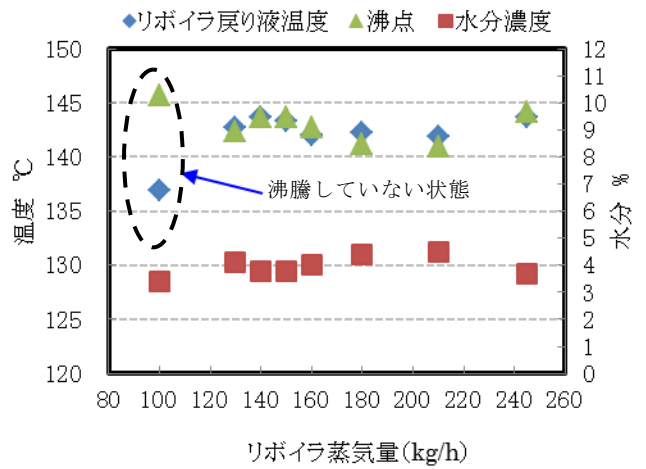
図III-2-28 CO₂回収率



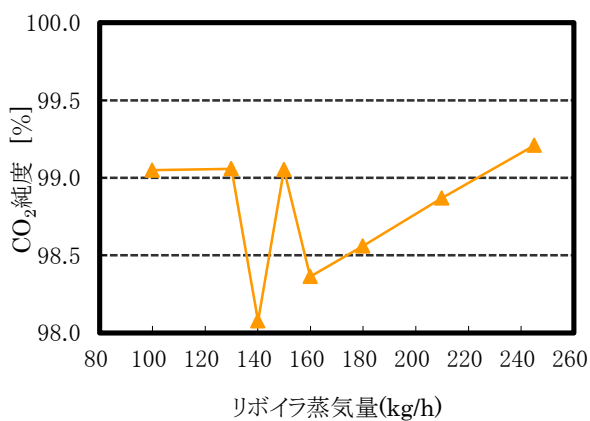
図III-2-29 回収 CO₂ 中 H₂S 濃度



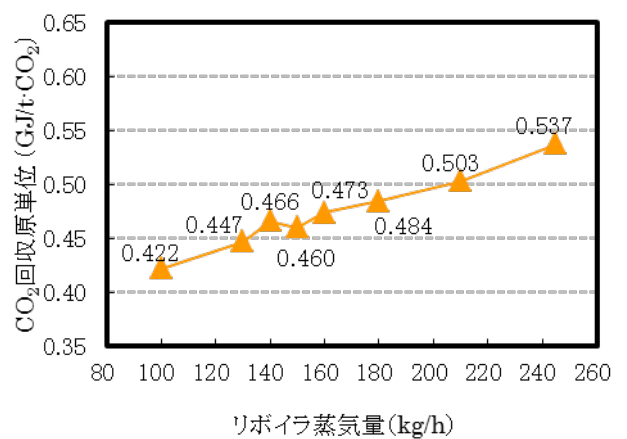
図III-2-30 リフラックス流量



図III-2-31 リボイラ戻り液温度、沸点、吸収液中水分濃度



図III-2-32 回収 CO₂ 純度



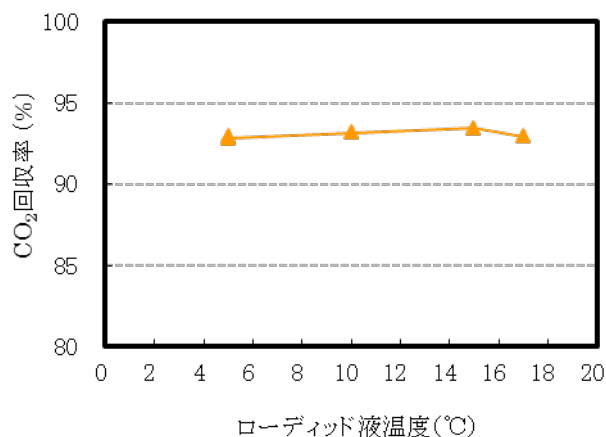
図III-2-33 CO₂回収原単位

表Ⅲ-2-12 【再生塔リフラックス水分析結果】

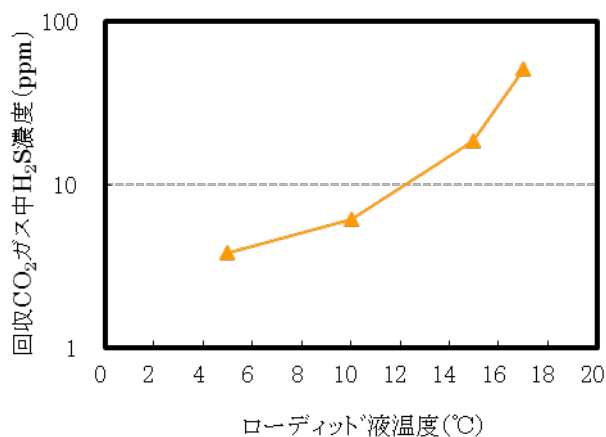
日付	運転条件	EC (mS/cm)	NH ₃ (ppm)	Selexol (wt%)
2013/2/18(RUN56)	STM=160kg/h	0.22	0	0.232
2013/2/19	STM=150kg/h	0.22	1	0.183
2013/2/23	STM=245kg/h(base)	0.31	0	0.561
2012/11/04(RUN55)	高圧モード引取試験時	-	2	<0.01

2.4.2.5 ローディッド液温度変化試験

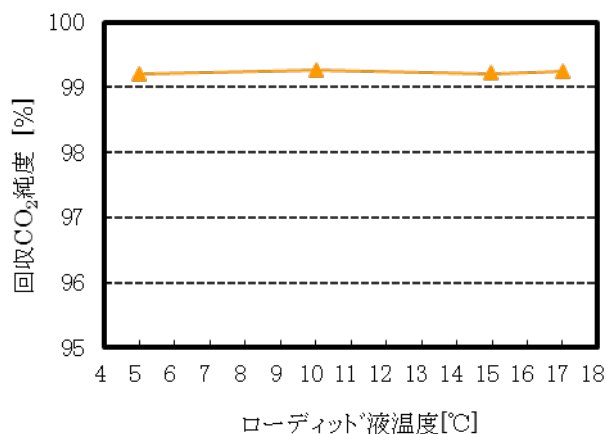
CO₂回収率は、本試験条件の範囲では93%程度を安定して推移した。回収CO₂中H₂S濃度は、ローディッド液温度上昇によりH₂S吸収塔でのH₂S吸収性能が低下する為、その濃度が増加した。なお、CO₂吸収塔に流入したH₂Sは全量吸収液に捕捉され、H₂リッチガスからはH₂Sは検出されていない。回収CO₂純度は99%を超えて、安定的に推移した。CO₂回収原単位は、ローディッドチラー動力減とH₂Sリサイクル動力減が寄与して低減したが、その程度は緩やかである。回収CO₂中H₂S濃度の観点から15°C条件程度が運用に適すと考えられるが、その条件でのCO₂回収原単位は、設計点である5°C時の0.561GJe/t-CO₂に対し0.544GJe/t-CO₂であり、削減割合は3.0%であった。



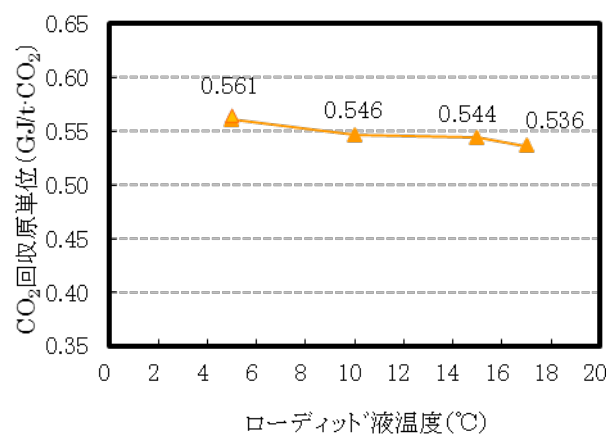
図Ⅲ-2-34 CO₂回収率



図Ⅲ-2-35 回収CO₂中H₂S濃度



図Ⅲ-2-36 回収CO₂純度

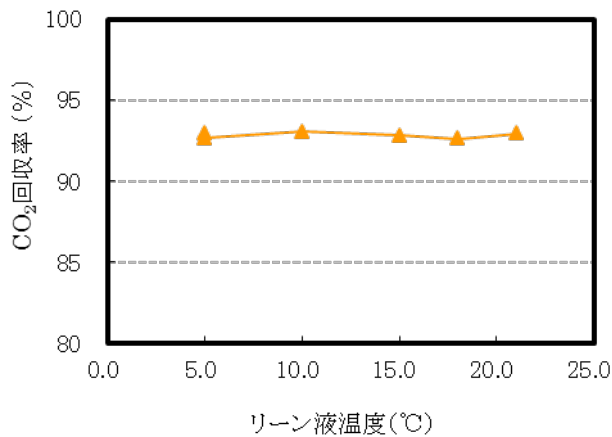


図Ⅲ-2-37 CO₂回収原単位

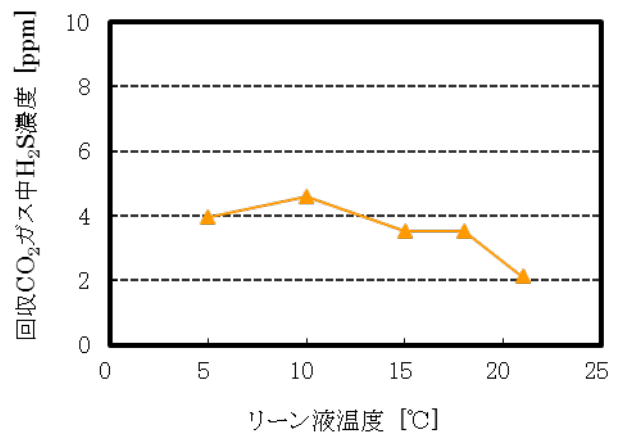
2.4.2.6 リーン液温度変化試験

CO₂回収率は93%で安定的に推移しており、リーン液温度上昇によるCO₂回収率への影響はなかった。回収CO₂中H₂S濃度は、ローディッド液温度に依存せず、凡そ2~4ppmレベルで推移した。回収CO₂純度については概ね99%程度を推移した。CO₂回収原単位に関わるユーティリティ量は、リーン液温度設定を上昇させることによってリーンチラー動力の削減にはつながるものの、一方CO₂吸収塔の塔底液温度の上昇によってローディッドおよびセミリーンチラー動力は増大する為、当該3つのチラーに係るユーティリティの正味の削減効果は約16%であった。

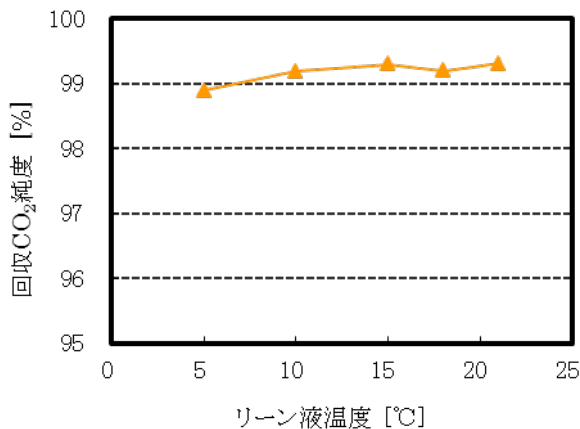
CO₂回収原単位は、21℃の条件で0.545GJe/t-CO₂となり、設計点である5℃時の0.553 GJe/t-CO₂に比べて微減に留まり、削減割合は1.4%であった。



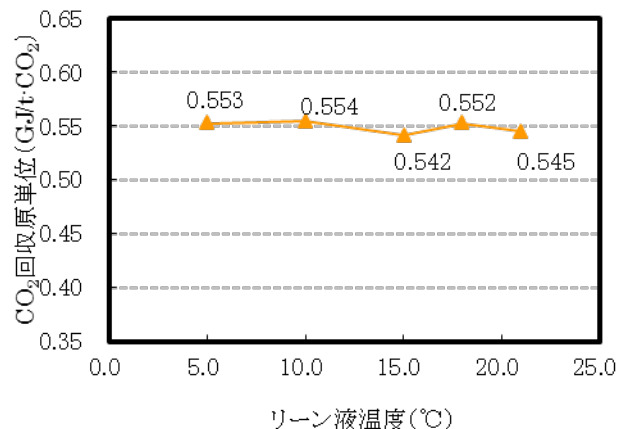
図III-2-38 CO₂回収率



図III-2-39 回収CO₂中H₂S濃度



図III-2-40 回収CO₂純度



図III-2-41CO₂回収原単位

2.4.2.7 セミリーン液温度変化試験

CO₂回収率については、5→14℃までは93%程度で推移し17℃で89.2%に低下した。これは、液温度上昇によりCO₂吸収性能が低下し、CO₂吸収塔でのスリップCO₂が増加するためである。回収CO₂中H₂S濃度は、試験条件の範囲において3ppm程度ではほぼ一定であった。回収CO₂純度は、セミリーン液温度の上昇と共に非常に緩やかな上昇傾向をしめした。これは、温度上昇と共にN₂、H₂等の不純物濃度

が低下した為である。CO₂ 回収原単位は、セミリーンチラー動力が低下する一方、ローディッドチラー動力が増加する。またセミリーン液温度上昇によりフラッシュドラムにおけるガス放散が促進され、CO₂ リサイクルガス量は増加する。ただし、CO₂ リサイクル動力増加がユーティリティ量全体に与える影響は僅かである。

CO₂ 回収率に影響を与えない条件であるセミリーン液温度 14℃において、CO₂ 回収原単位は 0.549GJe/t-CO₂ であり、設計点である 5℃時の 0.559 GJe/t-CO₂ に比べて微減に留まり、削減割合は 1.8%である。

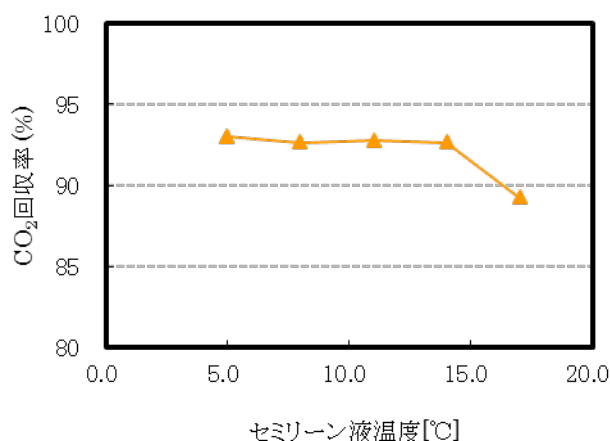


図 III-2-42 CO₂ 回収率

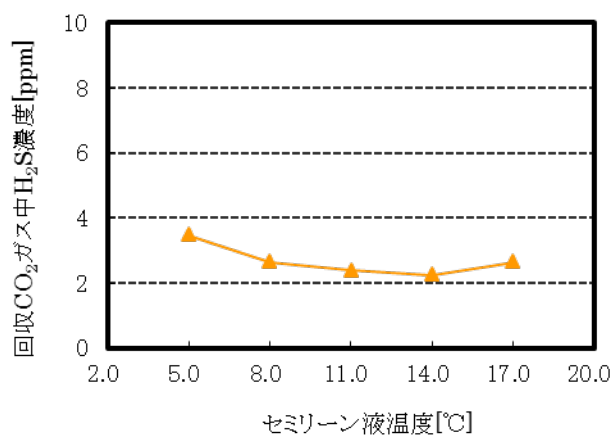


図 III-2-43 回収 CO₂ 中 H₂S 濃度

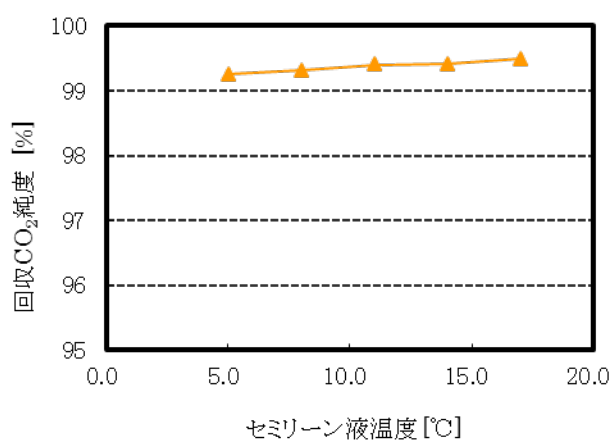


図 III-2-44 回収 CO₂ 純度

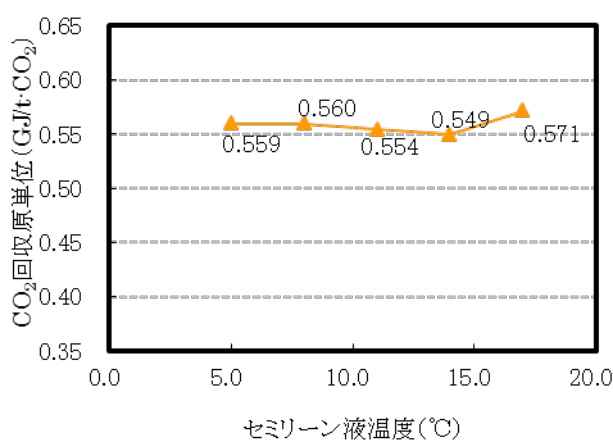


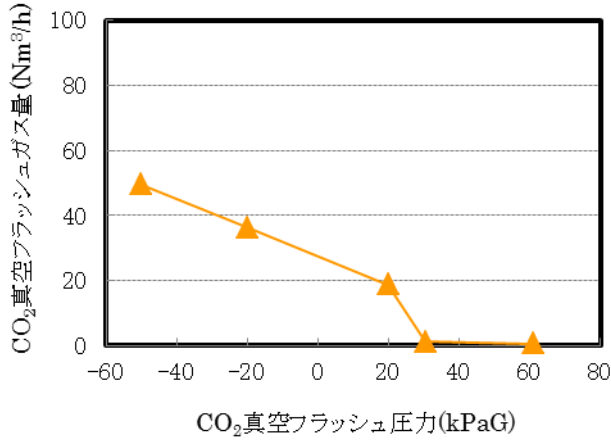
図 III-2-45 CO₂ 回収原単位

2.4.2.8 CO₂ 真空フラッシュドラム圧力変化試験

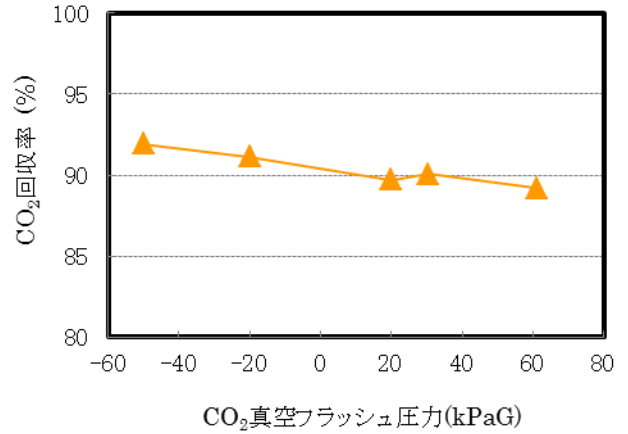
真空フラッシュドラム圧力の上昇により、真空フラッシュガス量が減少する。これに伴い CO₂ 回収率が緩やかに低下し、真空フラッシュドラム圧力 61kPaG 条件では 89.2%まで回収率が低下する。回収 CO₂ 中 H₂S 濃度、及び回収 CO₂ 純度は、いずれも真空フラッシュドラム圧力に対する影響はほとんど見られず、回収 CO₂ 中 H₂S 濃度は 3~4ppm 程度、回収 CO₂ 純度はほぼ 99%であった。

CO₂ 回収原単位はほぼ横ばいであり、原単位改善効果は小さい。パラメータ変化に連動して変化しているのは、真空圧縮機動力とセミリーンチラー動力である。セミリーンチラー動力は真空フラッシュドラムでのフラッシュガス量減少に伴い液温度が上昇し、チラー動力が増加するものである。

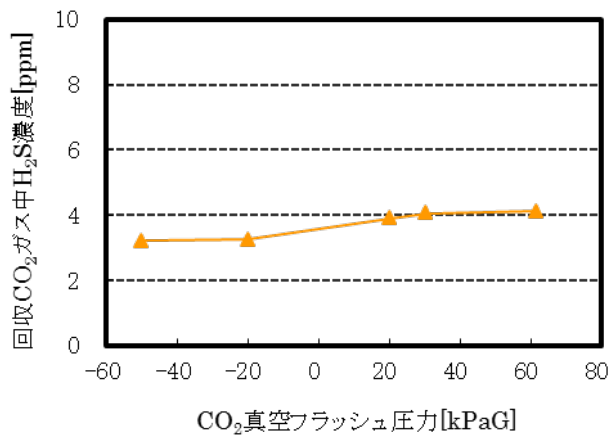
CO₂回収原単位は、本試験条件の範囲において最小となった-20kPaG 条件においても0.526GJ/t-CO₂となり、設計点である-50kPaG 時の0.532 GJ/t-CO₂に比べて微減に留まり、削減割合は1.1%である。但し、商用プラントにおいてはCO₂回収率条件等を勘案して、真空圧縮機の規模縮小や削減、もしくはブロワーへ代替することが可能である。



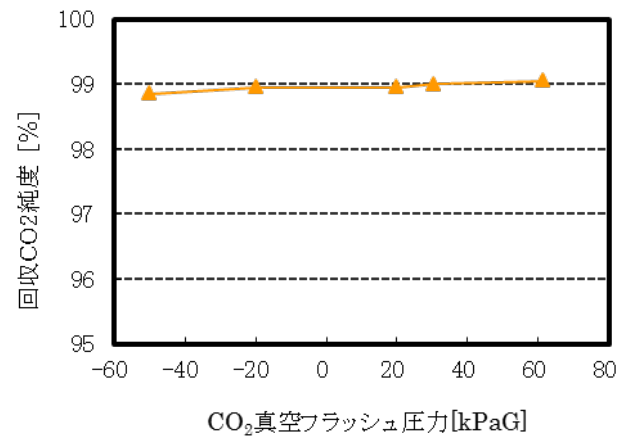
図Ⅲ-2-46 CO₂真空フラッシュガス量



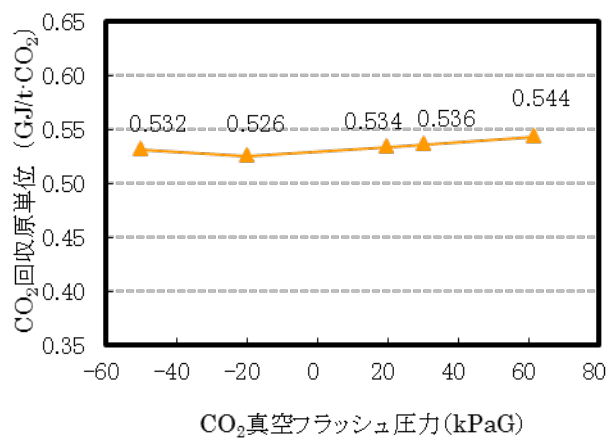
図Ⅲ-2-47 CO₂回収率



図Ⅲ-2-48 回収CO₂中H₂S濃度



図Ⅲ-2-49 回収CO₂純度



図Ⅲ-2-50 CO₂回収原単位

2.4.2.9 CO₂ 中圧フラッシュドラム圧力変化試験

CO₂ 回収率に対する中圧フラッシュドラム圧力の影響は見られない。また、回収 CO₂ 中 H₂S 濃度や回収 CO₂ 純度についてもほぼ一定の値を示した。

CO₂ 回収原単位の変化は、中圧フラッシュドラム圧力の変化に係らずほぼ一定であった。

図Ⅲ-2-55 に各 CO₂ フラッシュドラムからのガス量の実機実測値と、図Ⅲ-2-56 に各 CO₂ フラッシュドラムボトム液の CO₂ ローディングのシミュレーション結果を示す。

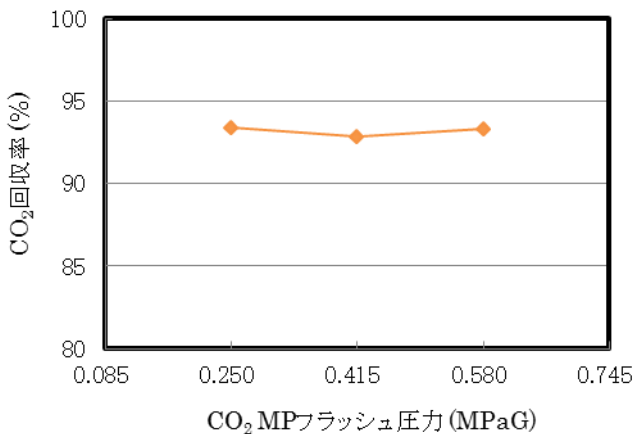
シミュレーションの結果、各 CO₂ フラッシュドラム出口の CO₂ ローディングは、中圧出口のローディング量が増加する以外は一定であり、フラッシュガス量についても中圧と低圧が両者の変化量が等しくなるよう変化している。

すなわち、中圧フラッシュドラム圧力が増加すると、中圧フラッシュドラムでのフラッシュガス量が減少し、中圧フラッシュドラムボトム液中の CO₂ ローディングが増加する。一方、中圧フラッシュドラムの下流にある低圧フラッシュドラムでは、中圧フラッシュドラムでのフラッシュガス量の減少を補うように、低圧フラッシュドラム圧力で定まる CO₂ ローディングになるように低圧フラッシュガス量が増加する変化になっている。

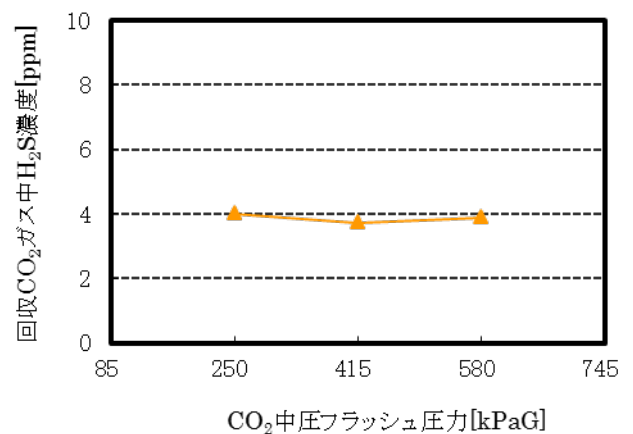
実機で高圧フラッシュガス量が山型の変化を示しているのは流量計（面積式）の指示不良によるものと考えられる（本試験終了後に当該流量計を点検したところ、計測部に堆積物があった）。

MP ドラム圧力の最適化条件は CO₂ 分離回収プロセス後流の CO₂ 圧縮プロセスを含めて評価する必要がある。今回の試験システムでは CO₂ 圧縮プロセスは設置されていないことから、表Ⅲ-2-13 に示す圧縮工程を想定し試算を行った。

圧入に必要な圧力として 20MPaG を想定し、圧縮の所要動力を計算した結果を表Ⅲ-2-14 および図Ⅲ-2-57 に示す。図Ⅲ-2-57 では MP の変化は右肩下がり、LP+VP は逆の動きを示すが、両者の合計は一定ではなく 0.4MPaG 付近に極小点を持つことが分かった。エネルギー（所要動力）の観点からは、設計点である MP ドラム圧力が 0.415MPaG 時が、ほぼ最適な条件に位置していると言える。一方、経済性を考慮すれば LP+VP のガス量低減により圧縮機低圧部のシリンダ容積が小さくなり設備費削減につながる可能性がある。



図Ⅲ-2-51 CO₂ 回収率



図Ⅲ-2-52 回収 CO₂ 中 H₂S 濃度

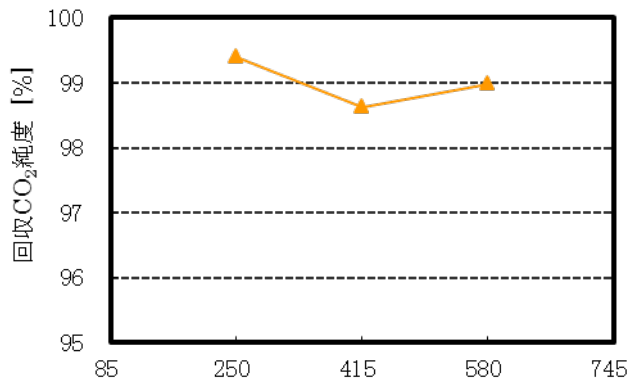


図 III-2-53 回収 CO₂ 純度

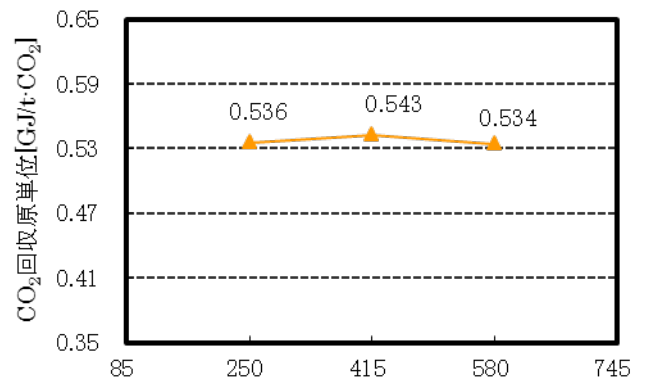


図 III-2-54 CO₂ 回収原単位

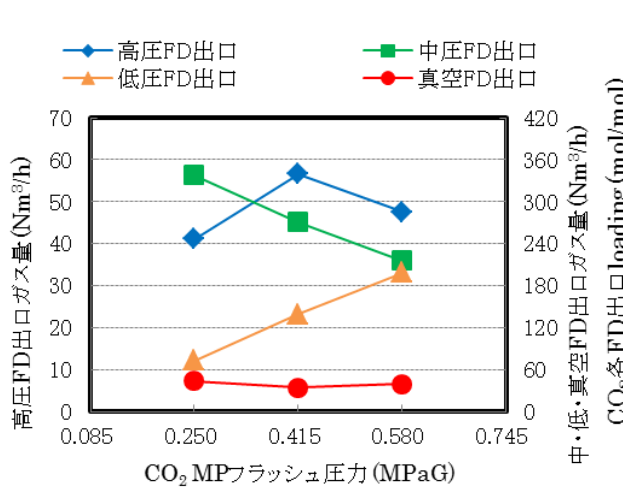


図 III-2-55 各フラッシュドラムガス量

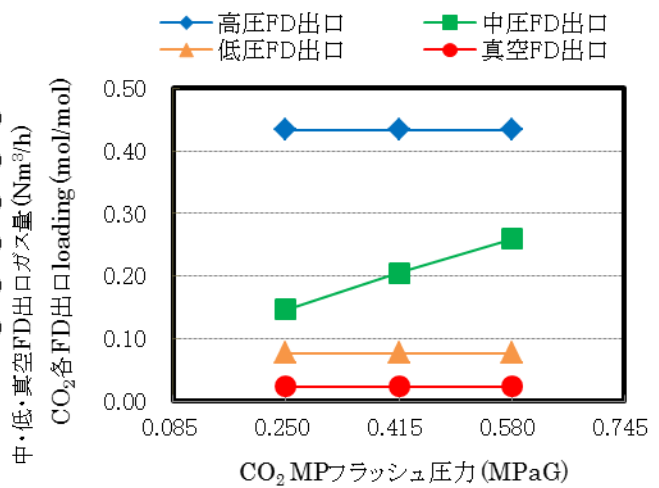


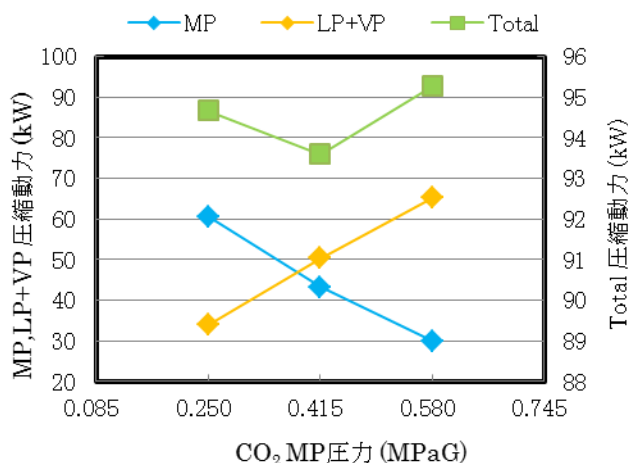
図 III-2-56 各フラッシュドラムボトム CO₂ ローディング(シミュレーション結果)

表 III-2-13 CO₂ 圧縮工程検討条件

項目	試算条件
圧縮機初段入口圧力	MP 出口:0.580/0.415/0.250MPaG, LP+VP 出口:0.02MPaG
圧縮機最終段吐出圧力	20.0MPaG
温度条件	圧縮機吐出温度 120℃ 以下、中間冷却器出口温度 40℃

表Ⅲ-2-14 圧縮機の所要動力を計算結果

MPフラッシュ圧力 (MPaG)	case1		case2		case3	
	0.58		0.415		0.25	
	MP	LP+VP	MP	LP+VP	MP	LP+VP
段数	4	7	5	7	5	7
入口ガス量 (wet: Nm ³ /h)	210.04	279.77	273.78	215.81	343.24	146.41
→ 合計	489.81		489.60		489.66	
動力(kW) 1段目(圧縮比:out/in)	10.61 (2.843)	13.32 (2.537)	14.24 (2.915)	9.72 (2.389)	18.42 (2.998)	5.80 (2.116)
2段目(//)	7.81 (2.163)	11.40 (2.187)	10.43 (2.169)	8.80 (2.187)	13.40 (2.174)	5.98 (2.187)
3段目(//)	6.93 (2.168)	11.16 (2.184)	9.47 (2.163)	8.62 (2.184)	12.51 (2.166)	5.87 (2.185)
4段目(//)	4.62 (2.212)	10.61 (2.177)	8.05 (2.319)	8.22 (2.178)	10.83 (2.188)	5.61 (2.179)
5段目(//)	-	9.58 (2.171)	1.10 (1.227)	7.46 (2.171)	5.50 (1.852)	5.15 (2.171)
6段目(//)	-	8.05 (2.339)	-	6.26 (2.291)	-	4.35 (2.233)
7段目(//)	-	1.16 (1.236)	-	1.22 (1.340)	-	1.25 (1.551)
Total (MP, LP+VP)	29.98	65.29	43.29	50.30	60.66	34.01
Total (MP+LP+VP)	95.27		93.59		94.67	

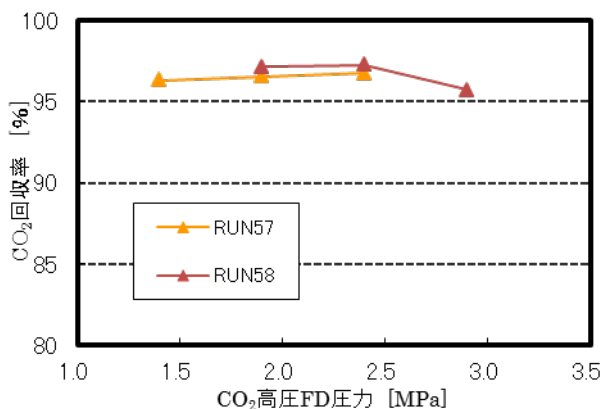


図Ⅲ-2-57 圧縮機の所要動力

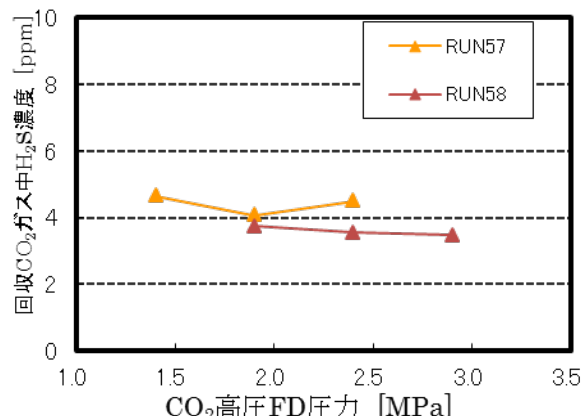
2.4.2.10 CO₂ 高压フラッシュ ドラム圧力変化試験

CO₂ 回収率は、試験範囲において、95%を上回る回収率を維持し、回収 CO₂ ガス中 H₂S 濃度についても 4ppm 弱のほぼ一定の濃度を推移した。回収 CO₂ 純度は、高压フラッシュドラム圧力の増加により、中圧フラッシュガス中の不純物成分(主に N₂、H₂)が増加し、回収 CO₂ 純度が低下した。高压フラッシュドラム圧力が 2.9MPaG 条件で、回収 CO₂ 純度は 97.7% であり純度の目安値である 98%を下回った。CO₂ 回収原単位は、高压フラッシュドラム圧力の増加により低減した。尚、RUN58 の原単位が RUN57 と比べて高い理由は、設備の季節的な対応の為に、H₂S 吸収塔入口ガス温度設定を 25℃から 40℃に変更したため、H₂S 吸収塔塔底液温度が上昇したことによるものである。実機系統上は、H₂S 吸収塔塔底液と再生塔塔底液とは熱交換はされていないが、商用機ではそれがなされるものと仮定して、CO₂ 回収原単位を算定しており、従って、H₂S 吸収塔塔底液温度の上昇は、リーンチラー動力の増大につながるからである。

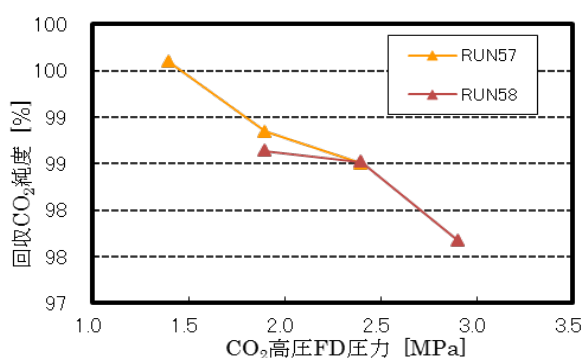
高压フラッシュドラム圧力は、CO₂ 回収率を 98%以上を条件とすると、その運用範囲は、本試験結果から 2.6MPaG 程度が上限と見込まれた。CO₂ 回収原単位は、2.4MPaG 条件で 0.536GJe/t-CO₂ であり、設計点である 1.9MPaG の 0.543GJe/t-CO₂ から改善し、その削減割合は 1.3%であった。



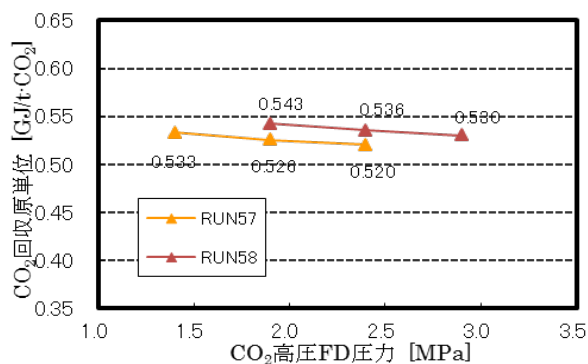
図III-2-58 CO₂回収率



図III-2-59 回収 CO₂ ガス中 H₂S 濃度



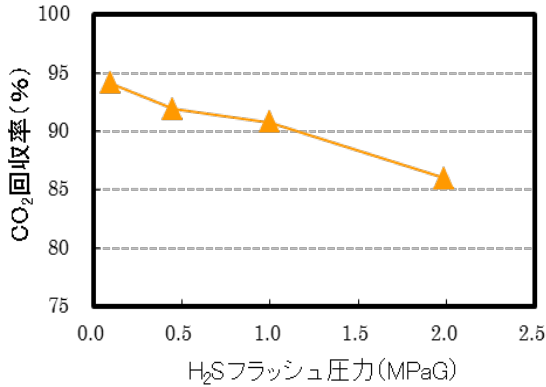
図III-2-60 回収 CO₂ 純度



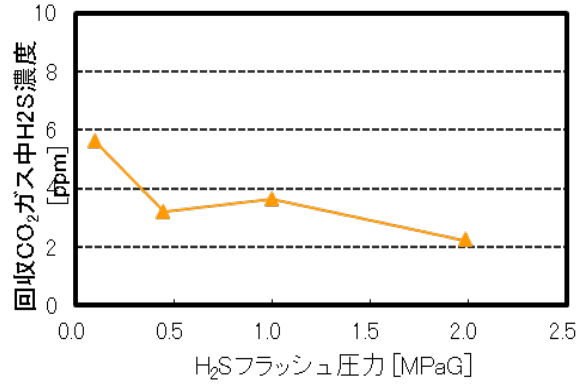
図III-2-61 CO₂回収原単位

2.4.2.11 H₂S フラッシュドラム圧力変化試験

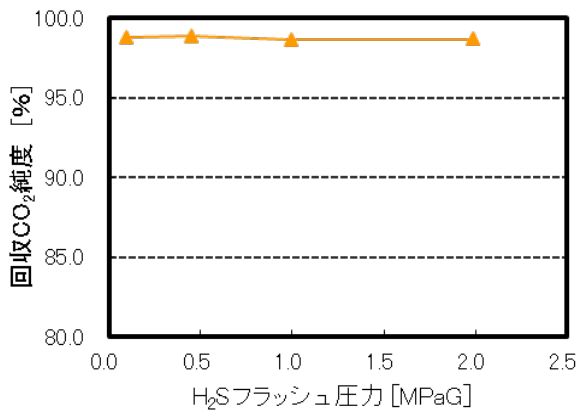
CO₂回収率は、H₂S フラッシュドラム圧力の低下に伴い向上した。H₂S フラッシュドラム圧力が低下すると、当該フラッシュドラムにおいてフラッシュされる CO₂ ガス量が増加し、CO₂ 吸収塔における CO₂ ガス吸収量が増加する為である。回収 CO₂ 中 H₂S 濃度は、H₂S フラッシュドラム圧力の低下と共に増加した。この理由は、CO₂ 回収率の変化の傾向に同じく、H₂S フラッシュドラム圧力の低下に伴い H₂S フラッシュドラムでフラッシュする H₂S ガス量が増加した為である。回収 CO₂ 純度は、本試験条件の範囲ではほとんど変化しない結果であった。CO₂ 回収原単位は、H₂S フラッシュドラム圧力の低下に伴い、H₂S リサイクルガス圧縮機動力が増加する。H₂S フラッシュドラム圧力が低下すると、CO₂ 回収率は増加するものの、それよりも H₂S リサイクルガス圧縮機動力の増加割合が大きく、CO₂ 回収原単位は悪化する。



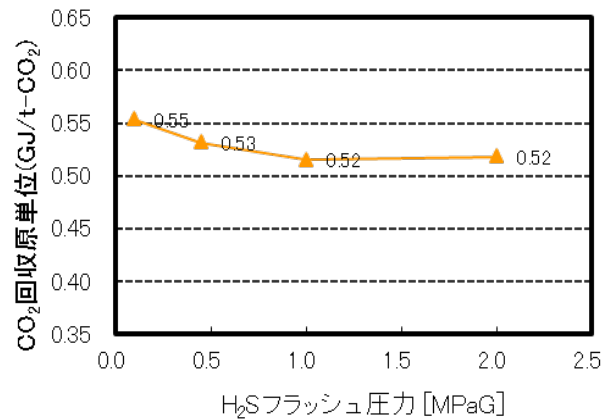
図Ⅲ-2-62 CO₂ 回収率



図Ⅲ-2-63 回収 CO₂ 中 H₂S 濃度



図Ⅲ-2-64 回収 CO₂ 純度



図Ⅲ-2-65 CO₂ 回収原単位

図Ⅲ-2-66 は、H₂S フラッシュを単段及び3段の多段フラッシュさせた時におけるガス量について、EAGLE 実機値と Simulation 結果を示したものである。また図Ⅲ-2-67 は、単段及び3段多段フラッシュのイメージを示したものである。

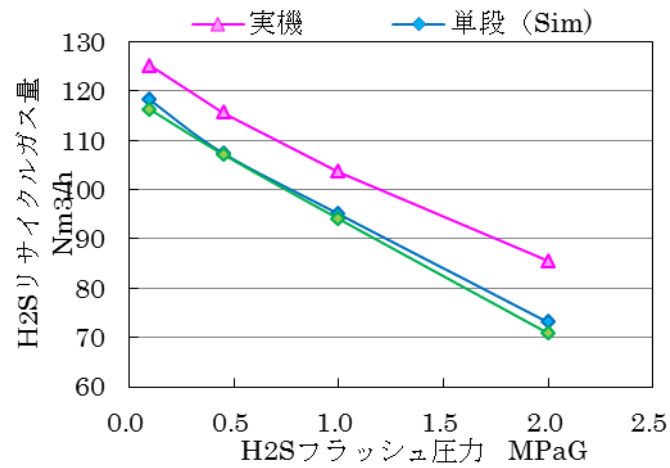
Simulation 結果は、EAGLE 実機の単段フラッシュの結果と良好な相関を示した。また実機結果と Simulation 結果から、単段フラッシュと3段フラッシュによる H₂S フラッシュガス量は略一致し、フラッシュガス量はフラッシュ段数に係らず、H₂S フラッシュドラム最終段の圧力に依存すると示された。

図Ⅲ-2-68 は、単段フラッシュと3段フラッシュの場合における、H₂S フラッシュドラム圧力と H₂S リサイクルガス圧縮機動力との関係を表したものである。

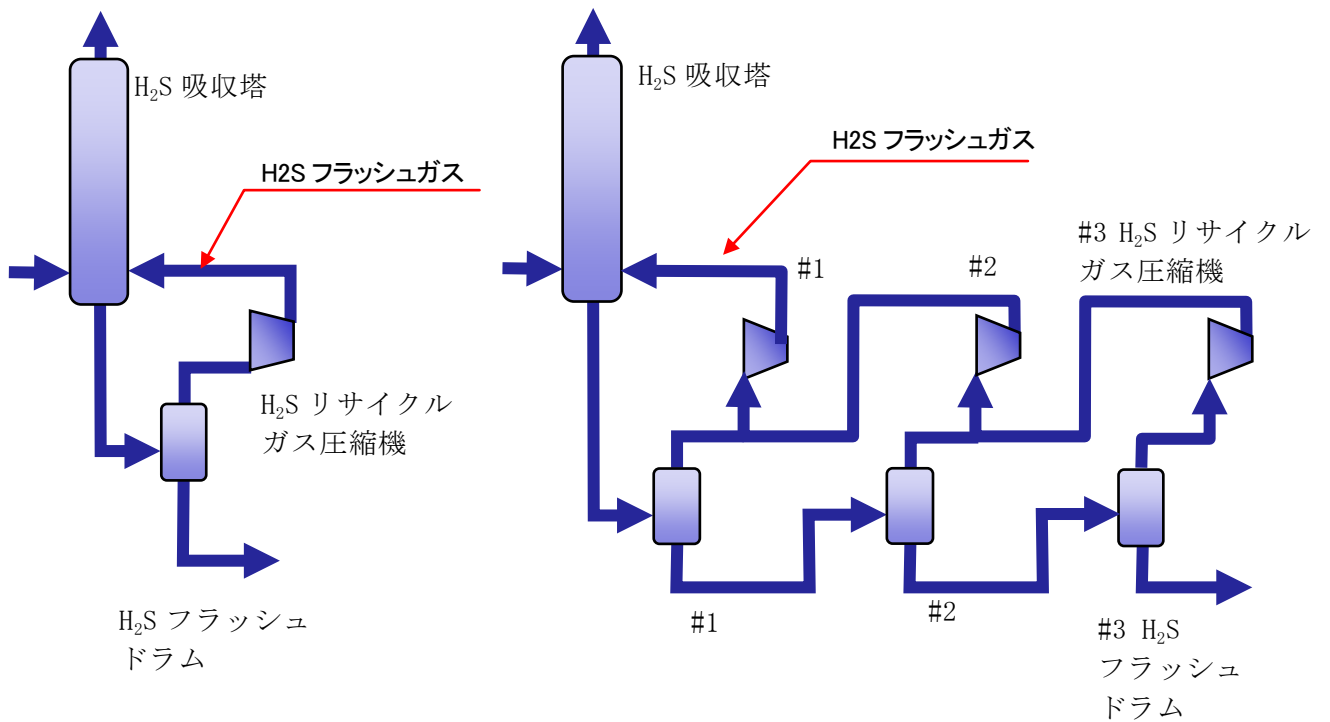
3段フラッシュは、単段フラッシュと比較して、H₂S フラッシュドラム圧力低下に伴う圧縮動力の増加が抑制された。CO₂ 回収率 \geq 90%の条件を考慮すると、H₂S フラッシュドラム圧力は \leq 1.0MPaG が選定範囲になる。一方、CO₂ 回収原単位を低下させる為には、H₂S フラッシュドラム圧力を可能な範囲で上昇させ、H₂S リサイクルガス圧縮機動力を小さくさせることが望ましい。

3段フラッシュとすると、フラッシュドラム及び圧縮機は3台となり設備費が増嵩するものの、一般的に構成される機器点数であるとのメーカーヒアリングの結果である。

3段フラッシュで、H₂S フラッシュ圧力を 1.0MPaG \rightarrow 0.45MPaG へ低下させると、フラッシュガスの圧縮動力は増加するがその割合は小さく、一方 CO₂ 回収率は向上する。このことから、パラメータ最適化試験の条件には、当該圧力を 0.45MPaG に設定することとした。



図Ⅲ-2-66 単段/多段フラッシュ時のガス量比較 (EAGLE 実機の値、Simulation 結果)



図Ⅲ-2-67(a) 単段フラッシュイメージ

図Ⅲ-2-67(b) 多段(3段)フラッシュイメージ

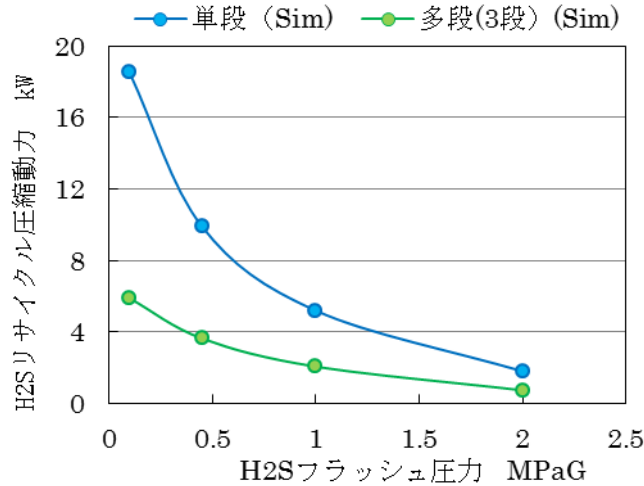


図 III-2-68 単段/3 段フラッシュ時の H₂S リサイクルガス圧縮機動力比較

2.4.2.12 パラメータ最適化試験及び IGCC+CCS-FS 結果

CO₂回収率や回収 CO₂純度などのアウトプット条件を満たしつつ、原単位の改善が図れることの確認を目的として、パラメータ最適化試験を実施した。

(1) 試験条件

1) アウトプット条件

- ① CO₂回収率 90%以上
- ② CO₂純度 98%以上
- ③ 回収 CO₂ 中 H₂S 濃度 20ppm もしくは 200ppm (20ppm: 人体を含む環境への影響抑制を念頭に設定した。200ppm: 回収 CO₂ の輸送配管の腐食防止を念頭に設定した。)

2) 操作パラメータ

最適化にあたっては、1) に示すアウトプット条件を満たすことを前提とし、以下の方向性で行うこととした。

- ① リーン液循環量、リボイラ蒸気量の低減をユーティリティ削減の柱とする。
- ② セミリーンチラーに係るユーティリティ削減及び省面積化を企図してセミリーン液温度を増加させる。
- ③ ①～②の条件設定と共に、CO₂ 回収率 \geq 90%を確保する為にセミリーン循環量を増加させる。
- ④ 回収 CO₂ 中 H₂S 濃度 200ppm 条件では、再生塔-リフラックスドラム周りのバランスが限界に近く、一方、回収 CO₂ 純度は 98%以上の要件に裕度があることから、セミリーン液循環量の削減は行わず、高圧フラッシュドラム圧力を増加させることでユーティリティの削減を図る。

3) 試験条件

試験条件を表 III-2-15 に示す。

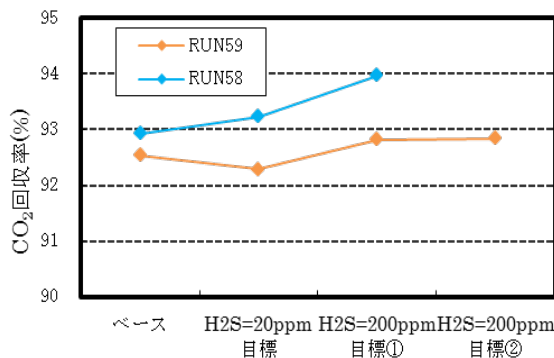
表Ⅲ-2-15 パラメータ最適化試験 試験条件

■ : ユーティリティ減につながる操作
 ■ : ユーティリティ増につながる操作

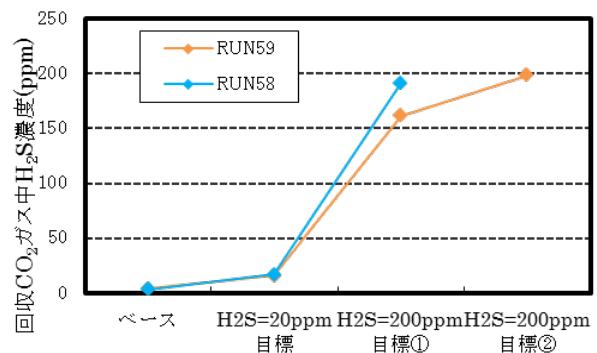
条件No.	A(ベース条件)	B (H ₂ S目標20ppm)	C (H ₂ S目標200ppm) ※
リーン液量	2.46m ³ /h	1.88m ³ /h (-24%)	①1.69m ³ /h (-31%) ②1.63m ³ /h
リボイラ蒸気量	245kg/h	99(=130*0.76)kg/h	100kg/h
セミリーン温度	5℃	14℃	14℃
HPドラム圧力	1.9MPaG	1.9MPaG	2.7MPaG
セミリーン液量	10.38m ³ /h	11.42m ³ /h	11.42m ³ /h
備考	※条件Cの再現性を確認したところ、回収CO ₂ 中H ₂ S濃度が161ppmとなった為、回収CO ₂ 中H ₂ S濃度が再現される条件（リーン液循環量1.63m ³ /h）においても試験を実施した。		
その他運転条件(共通)	リーン, ローディッド液温度=5℃、H ₂ S FD圧=0.45MPaG CO ₂ FD圧:MP=415, LP=70, VP=-50kPaG, H ₂ S吸収塔入口温度=40℃		

(2) 試験結果

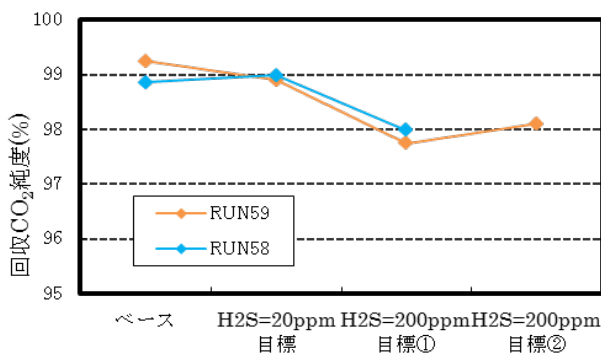
回収CO₂中H₂S濃度を20ppmとする条件、及び200ppmとする条件共に、CO₂回収率及び回収CO₂純度のアウトプット条件を満たしつつ、ベース条件と比較して大幅に原単位の改善を図れることを確認した。また、RUN58とRUN59の2RUNによる試験により本試験の再現性を確認することが出来、信頼度の高いデータを得た。



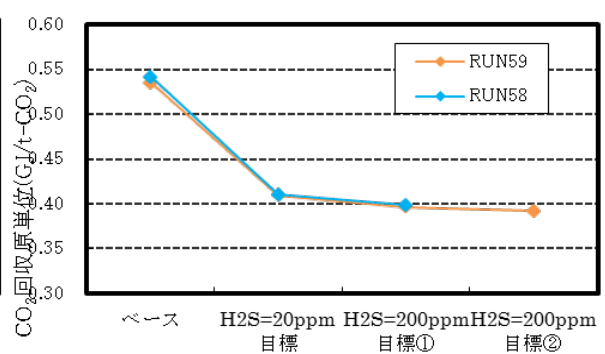
図Ⅲ-2-69 CO₂回収率



図Ⅲ-2-70 回収CO₂中H₂S濃度



図Ⅲ-2-71 回収CO₂純度



図Ⅲ-2-72 CO₂回収原単位

(4)IGCC+CCS-FS 結果

CO₂物理吸収設備実機による上記パラメータ最適化試験結果を踏まえて、CO₂分離回収型IGCCのFSを行った。ガスタービンには、燃焼温度1500℃級ガスタービンを適用することとし、またCO₂物理吸収設備はCO₂回収率≥90%を可能とする設備容量で検討した。

表Ⅲ-2-16にCO₂分離回収型IGCCのFS結果を示す。尚、結果には、CO₂分離回収型IGCC(CO₂物理吸収法)と共に、EAGLE-STEP2におけるCO₂化学吸収設備の成果を反映したCO₂回収型IGCC(CO₂化学吸収法)の2ケースを示した。また、同表に示された送電端効率は、CO₂分離回収設備までを範囲として評価された値であり、CO₂圧縮液化は含まれていない。

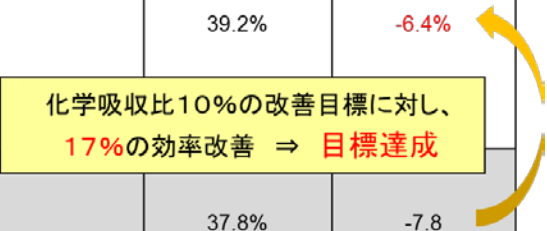
FSの結果、CO₂回収型ICGG(物理吸収法)の送電端効率は、39.2%(,HHV)であり、IGCC単独時の送電端効率45.6%(,HHV)に対し、エネルギーペナルティは6.4%であった。

本プロジェクトの目標は、CO₂回収型IGCC(化学吸収法、EAGLE-STEP2成果反映)のエネルギーペナルティ7.8%に対し相対的に10%の効率改善を図るというものであったが、上記結果6.4%は、7.8%よりも相対的に17%効率改善し、目標を達成した。

表Ⅲ-2-16 CO₂回収型IGCC(物理吸収法、化学吸収法)のFS結果

ケース	条件	送電端効率 (%, HHV)	効率penalty (%)
IGCC+CCS (物理吸収)	CO ₂ 回収率:90%, CO ₂ 純度:99% Steam/CO比:1.60 吸収塔圧力:3.05MPaG H ₂ SFD圧力:0.49MPaG CO ₂ FD圧力(HP/MP/LP/VP): 1.60/0.415/0.10/-0.06 MPaG L/G:1.4kg/kg(lean), 9.9kg/kg(semi-lean) 液温度(リーン/セミリーン/ローディッド):0℃ リボイラG/L:55.2kg/t	39.2%	-6.4%
{ STEP2成果 比較ケース } IGCC+CCS (化学吸収)	CO ₂ 回収率:90%, CO ₂ 純度:99% Steam/CO比:1.73 吸収塔圧力:3.05MPaG 加熱フラッシュ再生, フラッシュ温度:77℃, L/G:16kg/kg	37.8%	-7.8%

化学吸収比10%の改善目標に対し、
17%の効率改善 ⇒ 目標達成



2.4.3. 物理吸収法によるサワーシフト反応最適化研究

本研究では、CO₂回収型 IGCC における CO₂ 回収プロセスとして、サワーシフト反応プロセスを採用した際、発電効率の向上を目的としてシフト反応(CO+H₂O→CO₂+H₂)プロセスで使用する水蒸気供給量の削減が可能かどうかを検討した。シフト反応プロセスで水蒸気供給量を削減すると CO 転化性能の低下を招くだけでなく、副反応として炭素析出反応が進行し、触媒を失活させる恐れがある。本研究では低温でのシフト活性の異なる触媒を対象に、加圧要素試験にて炭素析出特性を明らかにするとともに、実際の石炭ガス化ガス(実ガス)を用いた長時間連続試験により低蒸気運転下における触媒の耐久性能を評価した。得られた成果を以下に記述する。

2.4.3.1 加圧要素試験

(1) 炭素析出反応のパラメータ依存性

水蒸気供給量(H₂O/CO 比)を削減した条件において、温度、圧力、滞留時間、および H₂/CO モル比の各種パラメータとシフト反応と副反応の選択性の関係性を評価した。副反応のうち、触媒健全性に影響を与える炭素析出反応は、温度、H₂O/CO 比は低いほど、圧力は高いほど起こりやすく、滞留時間および H₂/CO 比の影響は小さいことを確認した。

(2) 炭素析出メカニズム

触媒への炭素析出メカニズムを解明するため、供給ガス種を変えた試験を行った結果、CH₄/N₂ 雰囲気では触媒への炭素析出は起こらず、また、H₂ は炭素析出反応に影響しなかった。さらに CO を含むガスでは、組成によらず炭素析出量はほぼ同等となった。以上の結果を踏まえ、触媒への炭素析出経路は CO から直接生成する Boudouard 反応由来(図 III-2-73 中経路 I)であると判断された。

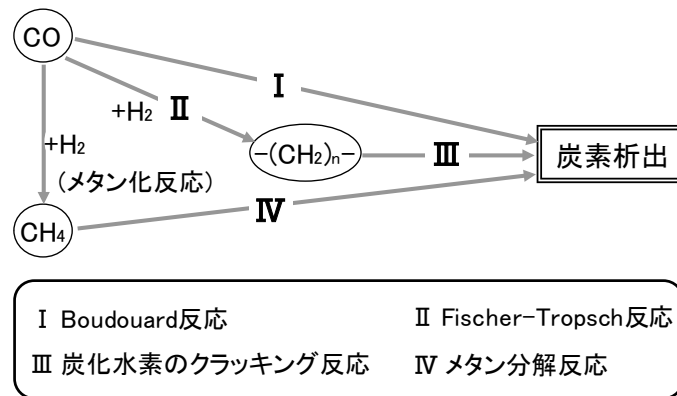


図 III-2-73 炭素析出経路

(3) 炭素析出挙動

触媒への炭素析出反応挙動を評価するため、炭素析出反応が促進される低 H₂O/CO 比にて長時間連続試験を実施した結果、触媒への炭素析出量はある閾値を持つ、飽和型であることが判った。更に、炭素析出量とシフト活性の関係を調べた結果、触媒への炭素析出量が約 0.7wt% 超えると CO 転化率の低下を引き起こすことを確認した。

(4) 低温作動型触媒の選定

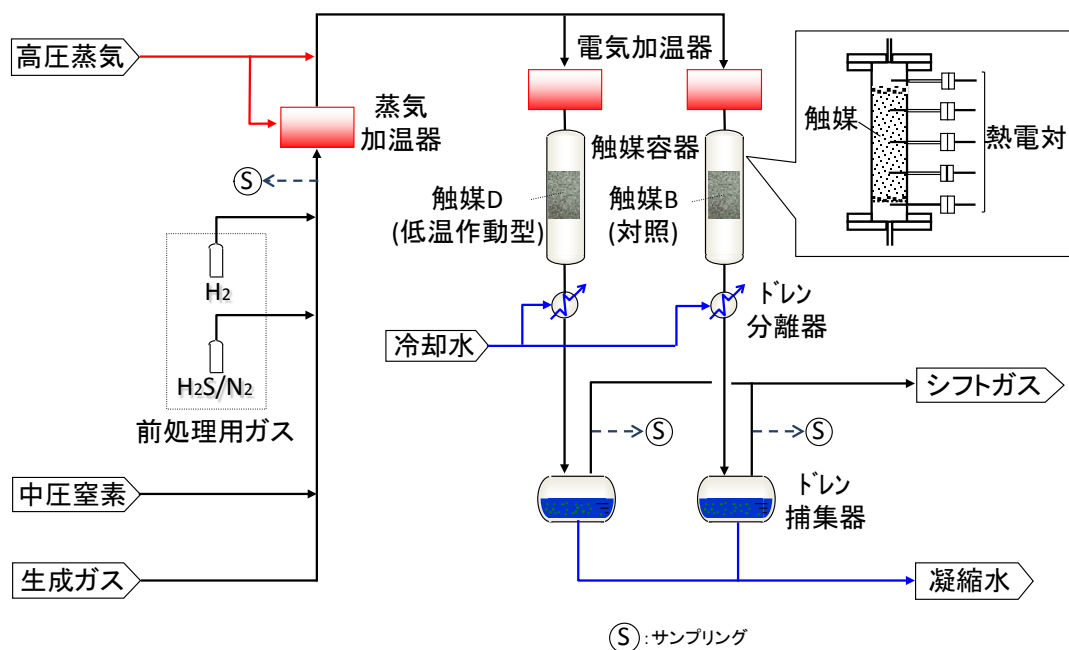
低温で行うほど必要蒸気量が少なくなるというシフト反応の特性を利用して、反応温度の低温化による蒸気供給量の低減を検討した。まず、4種類(A、B、C、D)の触媒を対象に、低温活性の高い触媒を選定した。触媒 C および D は、触媒 A および B に比べて低温活性が高く、200℃でも高い活性を示した。更に、触媒 D と低温活性が低い

触媒 A を対象に、200°Cにおける蒸気低減効果、および炭素析出量を比較した。触媒 D は触媒 A に比べて少ない蒸気量で高いシフト活性を有し、且つ、低温領域でのシフト選択性が高いため、炭素析出も抑制できることを確認した。

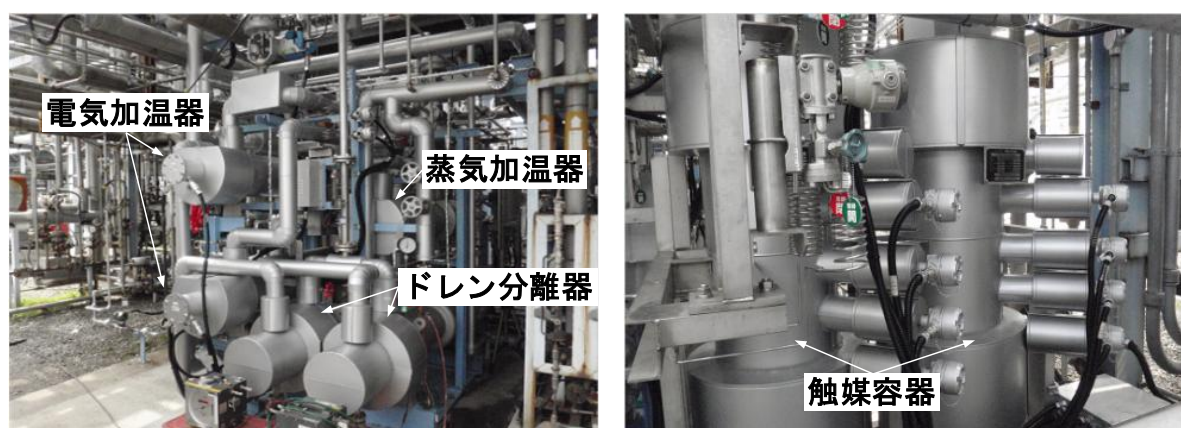
2.4.3.2 実ガス試験

(1) 実ガス試験装置

EAGLE パイロット試験設備ヤード内に製作・設置した実ガス試験装置の概略フローと外観写真を図Ⅲ-2-74 および図Ⅲ-2-75 に示す。装置は蒸気加温器、電気加温器、触媒容器、ドレン分離器およびドレン捕集器から構成される。同一ガス組成にて対照触媒 (B) と低温作動型触媒 (D) の性能を評価することを目的とし、電気加温器より下流の構成機器は全て 2 基構成とした。



図Ⅲ-2-74 実ガス試験装置の概略フロー

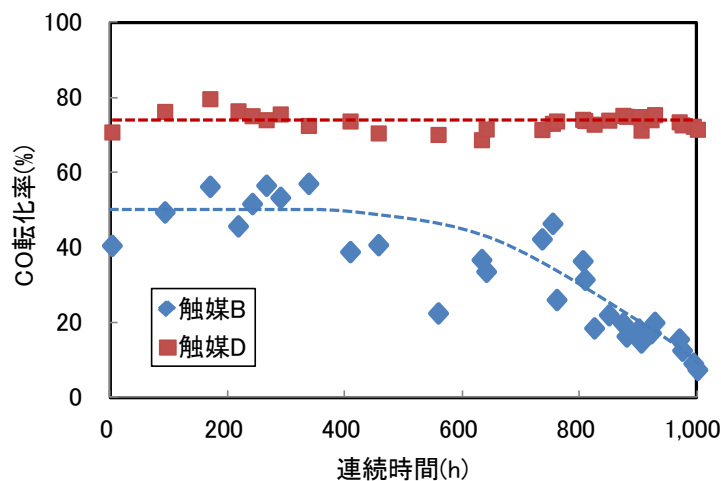


図Ⅲ-2-75 実ガス試験装置外観写真

(2) 長時間耐久性

加圧要素試験にて選定した、低温活性が高い触媒 D の低温、低蒸気運転下でのシフト活性、および触媒健全性を調べるため、実ガス試験装置にて、実際の石炭から製造

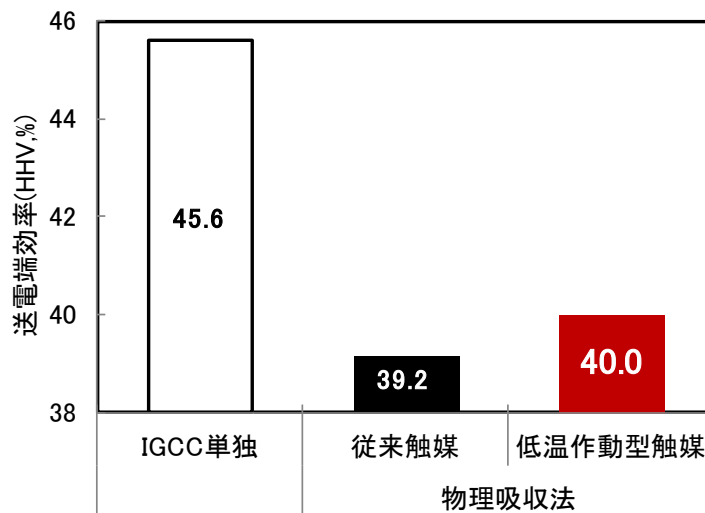
された石炭ガス化ガスを用いて長時間の連続試験を実施した。低温活性の低い触媒 B を対照触媒として、触媒入口温度 200°C、H₂O/CO 比 1.2mol/mol での 1000 時間連続試験を行った。触媒 D は 1000 時間経過時点まで平衡転化率を維持したのに対し、触媒 B は経時的に CO 転化率が低下することを確認した(図Ⅲ-2-76)。また、試験後触媒の分析の結果、触媒 D は触媒 B に比べて炭素析出が抑制されており、且つ、炭素析出量は、0.19wt%であり、加圧要素試験において導かれた活性低下閾値である 0.7wt%以下であることを確認した。以上の結果から、低温で高い活性を有する触媒 D は H₂O/CO=1.2mol/mol の低蒸気運転下においても高いシフト選択性を有し、かつ、競争反応として進行する炭素析出反応による触媒性能の低下も起こらず、健全性が維持できる見通しを得た。



図Ⅲ-2-76 長時間連続試験における CO 転化率の経時変化

2.4.3.3 送電端効率評価

反応温度の低温化と蒸気供給量の削減が CO₂ 回収型 IGCC における送電端効率低下の抑制にどの程度寄与するかどうかを評価した。IGCC 単独での送電端効率 (HHV) 45.6% に対し、低温でのシフト活性が低い触媒を適用した条件では 39.2% となった。これに対し、低温作動型触媒適用時は 40.0% まで改善できることが判った (図Ⅲ-2-77)。



図Ⅲ-2-77 送電端効率試算結果

2.4.4. 試験設備解体調査（試験設備における材料劣化調査）

試験設備の材料劣化調査については、IGCC+CCS トータルシステムの信頼性について総合的に評価するため、酸素吹石炭ガス化炉設備、ガス精製設備及びCO₂分離回収装置の主要箇所について実施した。

2.4.4.1 ガス化炉設備

(1) ガス化炉伝熱管及びメンブレンバー

現状の材料及び構造は問題ない。

(2) ガス化炉スラグタップ部幅広メンブレンバー

今回の調査において、スラグタップの幅広メンブレンバーは、組織が過熱されていることが明らかになった。対策は以下である。

①スラグタップ部のメンブレンバーは、幅広部寸法を可能な限り縮小し、メンブレンバーの高温化を抑制する。

②幅広メンブレンバー部を二重フィン構造とすることにより、メンブレンバー冷却効果を強化すると共に、フィンにスタッドを取り付けて耐火材保持力を強化する。

(3) SGC 伝熱管

累積運転時間の減肉速度はこれまでと同等であり、特に異常は認められず、現状の材料及び構造は問題ない。

(3) 連絡管及び管寄せ

累積運転時間の減肉速度はこれまでと同等であり、減肉は軽微であった。また、PT で異常が認められなかったことから現状の材料及び構造は問題ない。ただし、クエンチ部入口連絡管については、エルボ部に局部的な孔食、減肉が認められたことから、現状の材料 STPA24 から Alloy625 に変更要である。

(4) 圧力容器

現状の材料・構造は問題ない。

(5) 生成ガス配管

累積運転時間の減肉速度はこれまでと同等であり、特に異常は認められず、現状の材料及び構造は問題ない。

2.4.4.2 ガス精製設備

(1) 次の機器および配管は、現用材で問題ない。

- ・リーニアミン溶液配管 (C06)
- ・ベンチュリー気液分離槽廻り生成ガス配管および循環水配管 (C08、C09)
- ・No.1 および No.2COS 出口ノックアウトドラム凝縮水配管 (C11、C12)
- ・ストリップ系循環水配管 (W01)

(2) 次の機器および配管は、現用材では長期間に亘る信頼性が損なわれる可能性があり、材料変更を含む推奨対策が必要であると評価された。

- ・第一水洗塔出口生成ガス配管 (C01)
- ・GGH 入口生成ガス配管 (C04)
- ・生成ガス燃焼炉ガス供給配管 (C07)
- ・ストリップ排ガス配管 (W03)
- ・第一水洗塔シェル (M01)
- ・GGH チューブ (M04)
- ・COS 熱回収熱交換器シェル (M05)

(3) 次の機器および配管は、現用材で寿命確保、実証機適用可能と考えられるが、長期間に亘る信頼性確保を視野に入れた推奨対策検討も必要であると評価された。

- ・再生塔リフラックスドラム出口酸性ガス配管 (C14)

・吸収塔シェル (M02)

2.4.4.3 CO₂分離回収設備 (化学吸収)

(1)CO₂ 分離回収装置 (化学吸収法) 配管の検査対象箇所について、目視検査、内面割れ検査、肉厚測定、断面観察検査の結果から異常は認められず、現状適用材は適性である。

2.4.4.4 CO₂分離回収設備 (物理吸収)

(1) シフト反応器入口原料ガス系統

現用材は適用可能である。但し原料ガス中に数 ppm の塩化物イオンが含まれている場合には、耐塩化物 SCC 性を考慮した材料選定が必要である。

(2) No. 1 シフト反応器および出口シフトガス系統

現用材は適用可能である。

(3) H₂S 吸収塔および H₂S フラッシュガス系統

炭素鋼を使用されている箇所については、プロセスガス中のドレン水を排除するよう設計に考慮が必要である。ドレンが滞留する箇所は、硫化物腐食或いは炭酸腐食が懸念されることから、ステンレス鋼が適する。

(4) CO₂ 吸収塔出口ガス系統

現用材は適用可能である。

(5) CO₂ フラッシュ系統

現用材は適用可能であるが、現用材を使用する場合には、CO₂ フラッシュドラムのフォーミングおよびエントレが発生しないように設備に考慮が必要である。

(6) 再生塔および再生塔リフラックス系統

現用材は適用可能である。

(7) 吸収液系統

現用材は適用可能である。

2.5 新規 CO₂ 分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験【STEP3】

2.5.1 新規 CO₂ 分離回収技術の調査結果

2.5.1.1 目的

革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発においては、系統圧力の高い次期IGCCに最適な技術としてCO₂物理吸収法を用いたCO₂分離回収試験をパイロット規模で実施することとしている。一方、開発ステージは実用化手前の段階であるが、将来のCCS普及期を見据えて、有望技術の実ガス試験を実施することとした。これにより開発課題の抽出を行うと共に、有望技術の実用化に向けた加速化が可能となる。実ガス試験実施に先立ち、開発中の有望技術を調査し、評価可能なものについては、IGCCシステムと組み合わせた場合の送電端効率影響を評価した。

2.5.1.2 調査対象技術の特徴

調査した技術の特徴を表Ⅲ-2-17に示す。

表Ⅲ-2-17 新規 CO₂ 分離回収技術の特徴まとめ

	1.化学吸収新型再生法(加熱フラッシュ再生)	2. 高圧再生型 新型化学吸収法	3.CO ₂ ハイドレート法	4. 水素分離膜+CO ₂ 分離回収システム
システム構成				
システムの特徴	・加熱した吸収液を脱圧(フラッシュ)し、吸収液を再生	・再生塔を高圧(高温)条件下で運転し、吸収液を再生	・高圧低温条件下でCO ₂ ハイドレートを生成させCO ₂ を選択的に分離回収	・プロセス圧力を利用して水素/CO ₂ を一段で膜分離 ・濃縮CO ₂ ガスは物理吸収設備等に導入
メリット	・70℃前後で再生するため、シフト系統から発生する比較的 低質の熱 まで有効利用することができる	・CO ₂ ガスを高圧で回収⇒ 圧縮・液化エネルギーの低減 ・吸収液再生系統設備のコンパクト化	・CO ₂ ガスを高圧で回収⇒ 圧縮・液化エネルギーの低減	・物理吸収設備吸収塔でのCO ₂ 分圧が増加し、 吸収性能が向上 ・高純度水素併産によるガス化システムの高付加価値化

2.5.1.3 評価結果

表Ⅲ-2-18はIGCCのガス精製設備出口ガスをシフト反応させ、シフト出口ガスをインプットとして与えた場合のCO₂回収率約90%を確保するために必要なユーティリティ量(電気+熱(蒸気))のイメージをまとめたものである。なお、CO₂回収率はシステム毎に若干異なり、(1)化学吸収(加熱フラッシュ再生方式)は90%、(2)ハイパクトは95%、(3)CO₂ハイドレートは86%となっている。これはシステム特性上回収エネルギー原単位が最小となる点を運用条件として選択しているためである。

図Ⅲ-2-78は、CO₂分離回収性能並びに必要なユーティリティ量を用いて送電端効率及び効率偏差(化学吸収加熱フラッシュ再生方式との差)を算出したものである。『化学吸収(加熱フラッシュ再生方式)』が最も高い送電端効率が得られるとの

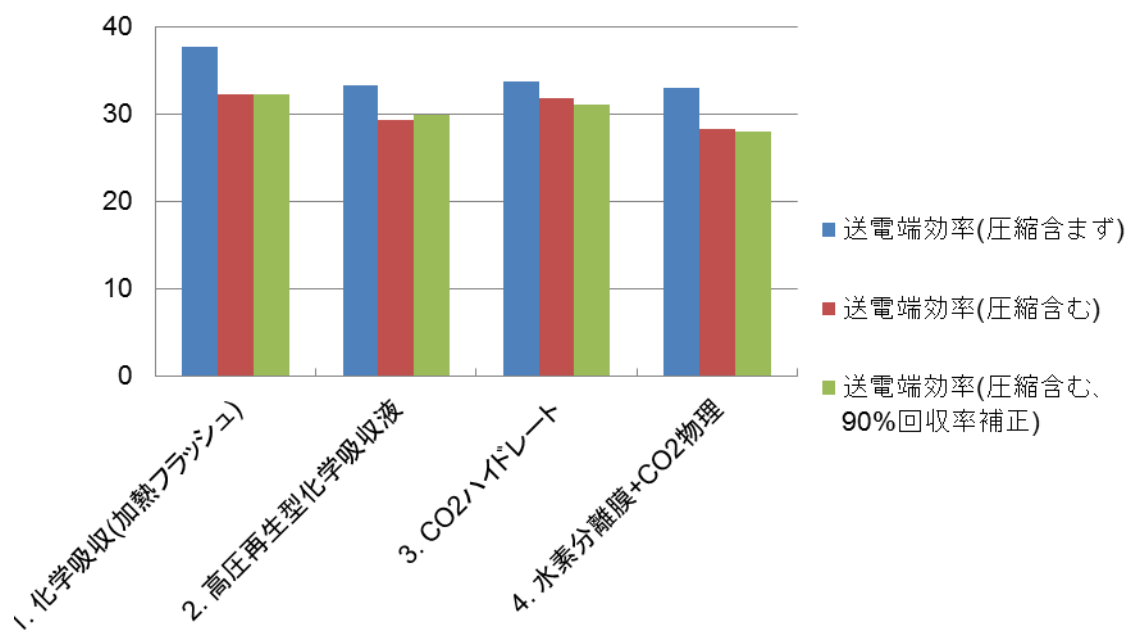
結果となった。この結果に基づき、EAGLE STEP3における実ガス試験実施システムとして、当該システムを選択することとした。

尚、(4)水素分離膜+CO₂分離回収(物理吸収)は燃料成分である水素を系外に抜き出してしまうため、他システムと横並びの評価をすることが困難であるが、製造された高純度水素を発電効率50%の常圧燃料電池に導入した場合の総合熱効率について評価した。

表Ⅲ-2-18 各システムの所要ユーティリティ量

システム	1. 化学吸収法(加熱フラッシュ再生方式)	2. 高圧再生型新型化学吸収法(HiPACT)	3.CO ₂ ハイドレート法	4. 水素分離膜+CO ₂ 分離回収システム
項目				
Input	370MW級IGCC(石炭処理量約3,000トン/日、亜瀝青炭) スィートシフトガス279.2×10 ³ m ³ N/h (CO ₂ :38.6%, H ₂ :53.8%, CO:0.6%, N ₂ : 4.9%, others:2.1%) P=3.04MPaG, T=40°C			
Output	CO ₂ 回収率=90% CO ₂ =4,580kmol/h (@0.1MPaG)	CO ₂ 回収率=95% CO ₂ =4,800kmol/h (@0.45MPaG)	CO ₂ 回収率=86% CO ₂ =2,800kmol/h (@4.0MPaG) 870kmol/h (@0.6MPaG) 680kmol/h (@0.1MPaG)	CO ₂ 回収率=89% CO ₂ =3,300kmol/h (@0.24MPaG) 1,200kmol/h (@0.1MPaG) H ₂ 回収率=30%
ユーティリティ				
電力	↑	↑	↑↑↑	↑↑
蒸気	↑	↑↑		

※ ↑の数が多い程、ユーティリティの使用量が多いことを示す

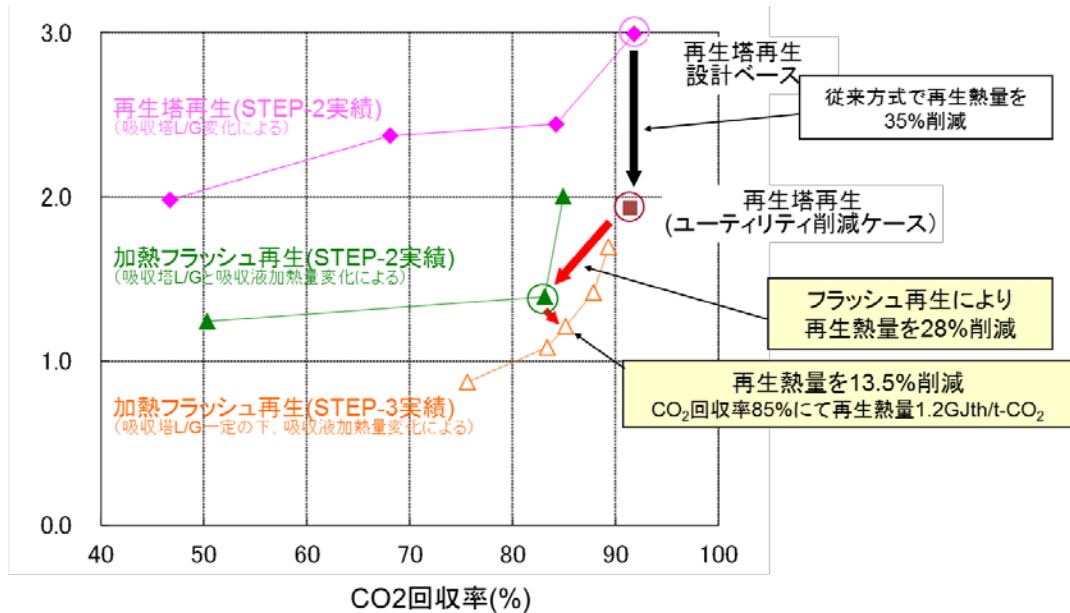


図Ⅲ-2-78 IGCC+CCS システムにおける送電端効率評価結果

2.5.2 化学吸収法(加熱フラッシュ再生方式)の試験結果とIGCC+CCS-FS結果

吸収液循環量と再生温度変化試験及び、吸収塔入口気液比(L/G)変化試験の結果から、吸収液の再生にかかるエネルギー低減には、高い循環量にてCO₂回収量を確保し、低い再生温度で運転することが効果的ということが分かった。

図III-2-79に、化学吸収法によるCO₂分離回収設備試験のまとめを図示する。EAGLE STEP3試験結果としての再生熱量は、STEP2試験結果から、更に13.5%削減出来る見通しを得た。



図III-2-79 化学吸収法によるCO₂分離回収設備試験のまとめ

表III-2-19は、化学吸収法に関するEAGLE STEP3成果を適用し、IGCC+CCSの性能計算を行った結果である。EAGLE STEP3成果適用時の効率ペナルティは、-7.4(%)であり、EAGLE STEP2成果適用時の-7.8%から、更に、相対的に5%改善された。

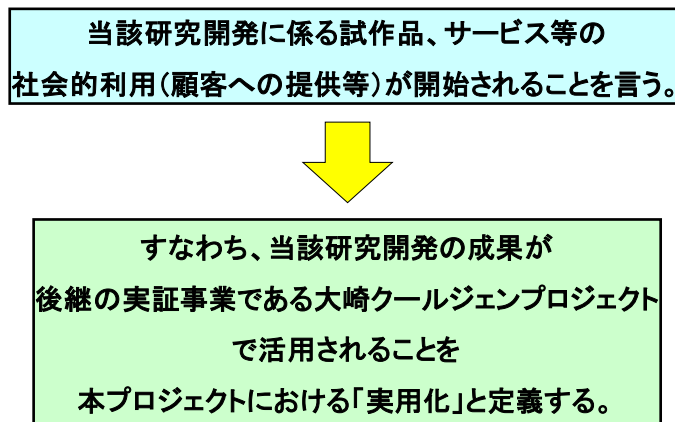
表III-2-19 IGCC+CCS試算結果(化学吸収法に関するEAGLE STEP3成果適用)

ケース	条件	送電端効率 (%, HHV)	効率penalty (%)
【STEP3成果】 IGCC+CCS (化学吸収)	CO ₂ 回収率: 90%, CO ₂ 純度: 99% Steam/CO比: 1.73 吸収塔圧力: 3.05MPaG 加熱フラッシュ再生, フラッシュ温度: 66°C, L/G: 23.1kg/kg	38.3%	-7.4
STEP2成果 比較ケース 〔IGCC+CCS〕 (化学吸収)	CO ₂ 回収率: 90%, CO ₂ 純度: 99% Steam/CO比: 1.73 吸収塔圧力: 3.05MPaG 加熱フラッシュ再生, フラッシュ温度: 77°C, L/G: 16kg/kg	37.8%	-7.8

相対的に5%の効率改善

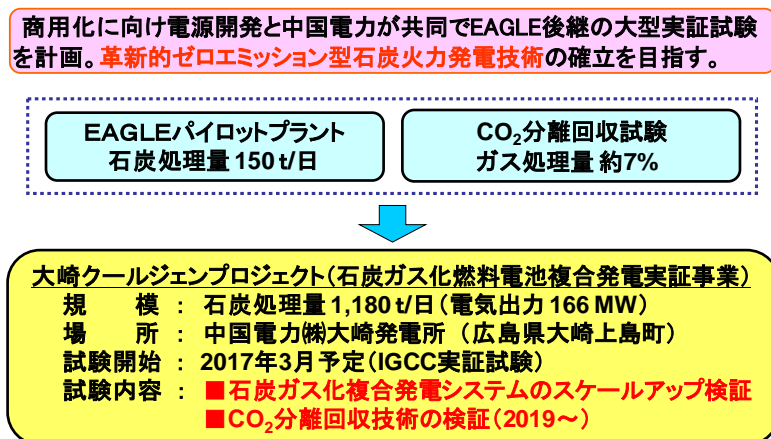
IV. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

本プロジェクトにおける実用化の考え方を図IV-1に示す。



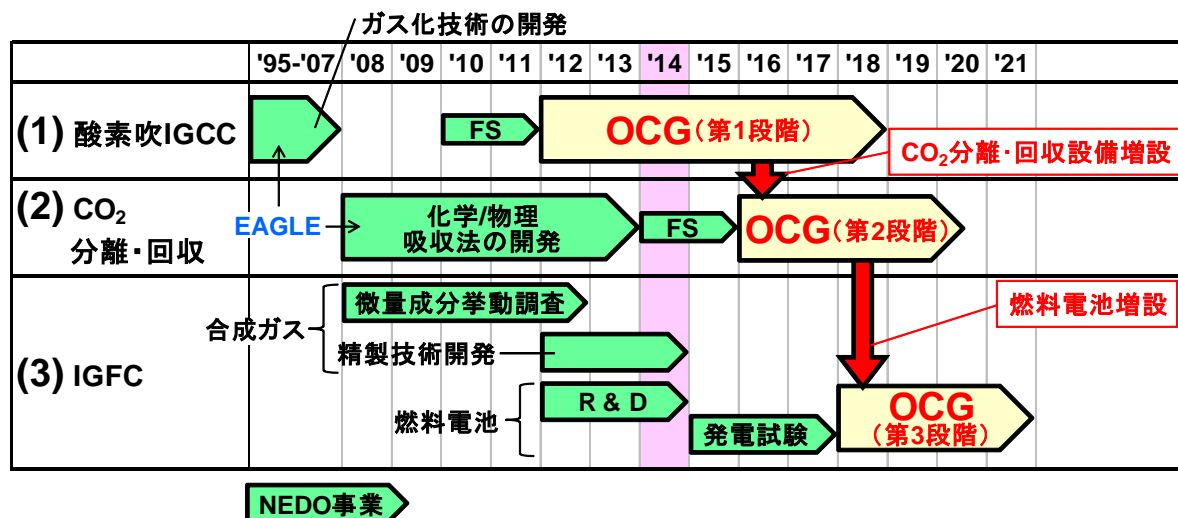
図IV-1 本プロジェクトにおける実用化の考え方

大崎クールジェンプロジェクトの概要は図IV-2に示すとおりである。



図IV-2 成果の実用化の見通し (大崎クールジェンプロジェクトの概要)

実用化に向けた本プロジェクトと大崎クールジェンプロジェクトの関連を図IV-3に示す。



EAGLE: Coal Energy Application for Gas, Liquid and Electricity(パイロットプラント事業)

OCG: 大崎クールジェンプロジェクト(石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業)

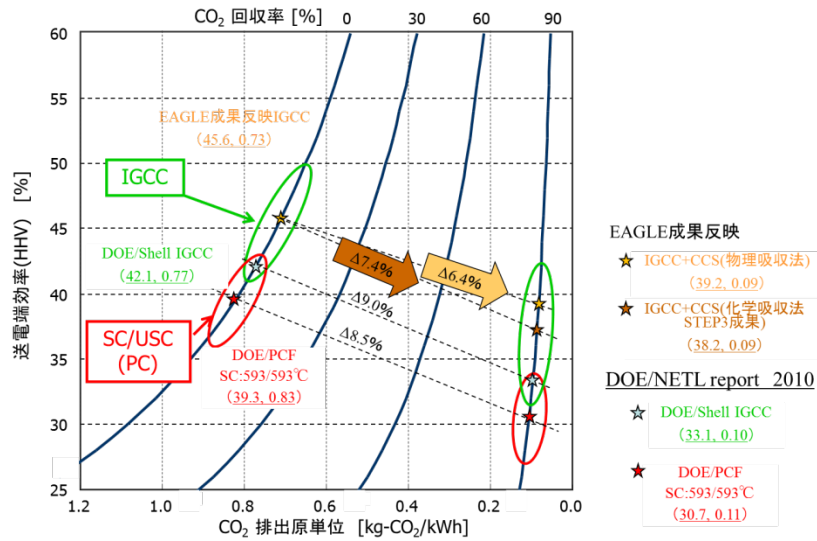
図IV-3 実用化に向けた具体的な取り組み

電源開発(株)と中国電力(株)は、共同で大崎クールジェン株式会社を設立した。現在、EAGLEをスケールアップさせた大型実証機を建設中であり、当該大型実証プロジェクトの第1段階ではIGCC単独実証を、第2段階ではCO₂分離回収技術の実証を、さらに第3段階では燃料電池を接続したIGFC(Integrated Gasification Fuel cell Combined cycle: 石炭ガス化燃料電池複合発電システム)の実証が予定されている。

国連の気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第5次評価第三作業部会(気候変動の緩和)の報告書が、2014年4月に取り纏められた。この報告書によれば、現状に追加的なCO₂削減対策がなされない場合、2100年の世界平均気温は3.7~4.8℃上昇すると予測された。2100年に産業革命以前比で2℃未満に抑えるためには、2100年にCO₂濃度を約450ppmに抑制することが必要(450ppmシナリオと呼ばれる)であり、そのためには2050年に2010年比で世界の温室効果ガス排出量の40-70%削減が必要とされている。また、同報告書には、CO₂分離回収・貯留技術が使えない場合、450ppmシナリオの達成は非常に難しくなると記載されており、CO₂分離回収・貯留技術の実用化が期待されている。

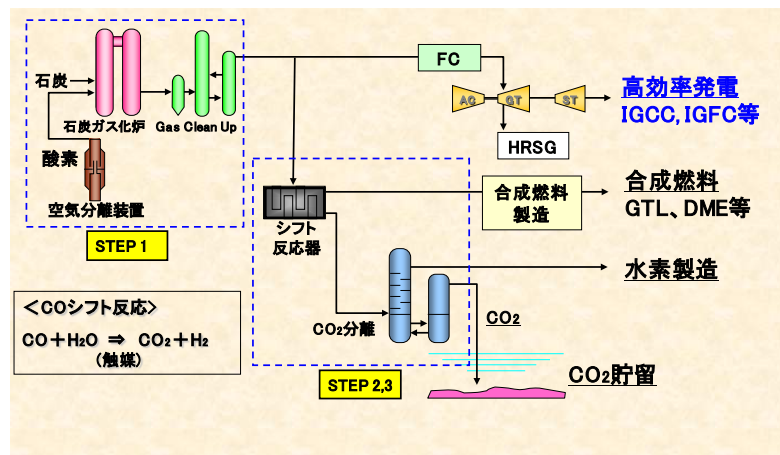
図IV-4は、石炭ガス化複合発電(IGCC)及び微粉炭火力発電(SC/USC)に関し、CO₂を回収するケースとCO₂を回収しないケースの送電端効率とエネルギーペナルティについて、本プロジェクトで得られた成果と米国エネルギー省のレポートから引用した値を記載したものである。本プロジェクトの成果は、CO₂物理吸収法・化学吸収法のいずれの方法についても、米国エネルギー省のレポートが示すエネルギーペナルティよりも大幅に低減可能なことを明らかにすると共に、CO₂分離回収について微粉炭火力発電に対する優位性が確認出来た。また同図は、石炭ガス化複合発電(IGCC)にCO₂回収率50%程度のCO₂分離回収設備を設置すれば、発電効率は微粉炭火力発電並みで、天然ガス焚コンバインドサイクル(NGCC)のCO₂排出原単位0.4[kg-CO₂/kWh]と同程度になることを示唆している。

本プロジェクトの成果により、将来の CO₂ 分離回収・貯留技術実用化の促進が期待される。



図IV-4 CO₂回収型 IGCC(物理吸収法、化学吸収法)のエネルギーペナルティ

技術的な波及効果としては、図IV-5 に示すとおり、本プロジェクトで開発した酸素吹石炭ガス化技術及び CO₂ 分離回収技術は、発電分野に限定されず、水素や合成燃料などの製造にも対応可能な技術である。



図IV-5 酸素吹石炭ガス化技術の多様性 (技術的な波及効果)

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トランナー計画
- 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 - 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 - 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 - 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 - 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 - 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(戦略的炭化ガス化・燃焼技術開発)。

研究開発期間

1995年度～2011年度

- ・ 戦略的炭化ガス化・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)



轉換

轉換分野ロードマップ(資料2 - 4)

転換分野の技術スペックの考え方

ケース、分野共通の条件

資源制約の条件：想定した石油ピーク(2050年)、天然ガスピーク(2100年)までに、他のエネルギー源と互換可能な状態とする

環境制約の条件：CO₂排出量/GDPを2050年に1/3、2100年に1/10以下とする

技術スペック設定の基本的な考え方

需要分野が必要とするエネルギー量を各ケースにて不足無く供給していく。

転換	2000	2030	2050	2100
需要端での全エネルギー需要 (最大ケース)	1倍		1.5倍	2.1倍
ケースA: 化石資源 + 二酸化炭素回収・隔離(CCS)利用ケース				
電化・水素化率	1倍		2倍	4倍 約8兆kWh
ケースB: 原子力利用ケース				
電化・水素化率	1倍		3倍	4倍 約8兆kWh
ケースC: 省エネ + 再生可能エネルギー利用ケース				
電化・水素化率	1倍		2倍	3倍
				需要分野の省エネ0.3倍 約2兆kWh
CO ₂ 原単位	370 g-CO ₂ /kWh (1倍)	270 g-CO ₂ /kWh (2/3倍)	120 g-CO ₂ /kWh (1/3倍)	0 kg-CO ₂ /kWh CCS併用化石燃料使用時 110 g-CO ₂ /kWh(1/3倍)

各ケースの発電量は、需要端での全エネルギー需要 × 電化水素化率(ケースCでは、需要分野の省エネを掛け合わせる)
例)2100年のケースA:2000年の発電量約1兆kWh × 2.1倍 × 4倍 = 約8兆kWh

転-2

ケースA (石炭等の化石資源とCO₂回収・隔離の最大利用ケース)

需要側での省エネおよび機器効率向上がないという想定の下、エネルギー需要は2100年で約2倍、石油および天然ガスのピークに備えるために電化・水素化率が約4倍になるため、2000年の総発電量の約8倍の供給が必要となる。

ケースB (原子力の最大利用ケース)

ケースAと同様に約8倍の電力あるいは水素の供給が必要となる。

ケースC (再生可能エネルギーの最大利用と究極の省エネルギー実施ケース)

需要側での省エネ(需要側での創エネ含む)および機器効率向上のため、需要側が必要とするエネルギー量は、省エネ等がない場合に比べて約0.3倍に。電化・水素化率は、相対的に電気・水素以外の割合が大きくなるために約3倍。したがって、2000年の総発電量の約2倍の供給が必要となる。

2100年、2050年の条件を満たす個別条件から、逆算によって2030年の個別条件を設定。

(例)ケースB:原子力最大利用ケースではウラン資源の制約から、ウラン利用率の向上が重要である。2100年では約80%、2050年では約30%が必要であり、2030年では現状の1%以下から5%程度にまで向上させることが必要となる。

各時点の個別条件を満たすために求められる技術スペック、時期等をロードマップとして整理。

転換分野の技術スペック実現のための技術群の考え方

エネルギー需要を効率的かつCO₂排出原単位改善を図りつつ満たすため、以下の3つの技術群の備えが必要。

化石資源利用の効率的利用

石油ピークに備えて天然ガスへの燃料転換、さらには資源量が比較的豊富な石炭への燃料転換を行う。しかしながら、石炭等の資源も有限であるため、発電(転換)効率向上など化石資源利用の高効率化が重要である。このためには、ガス化発電(燃料製造)技術、燃料電池と複合した高効率発電技術が必要である。また、CO₂排出を伴うため、CO₂回収・隔離(CCS)技術が必須となる。

原子力利用技術

核燃料資源の有効利用が必要である。そのためには、現状の軽水炉の効率向上とともに、核燃料サイクルの確立が必須となる。

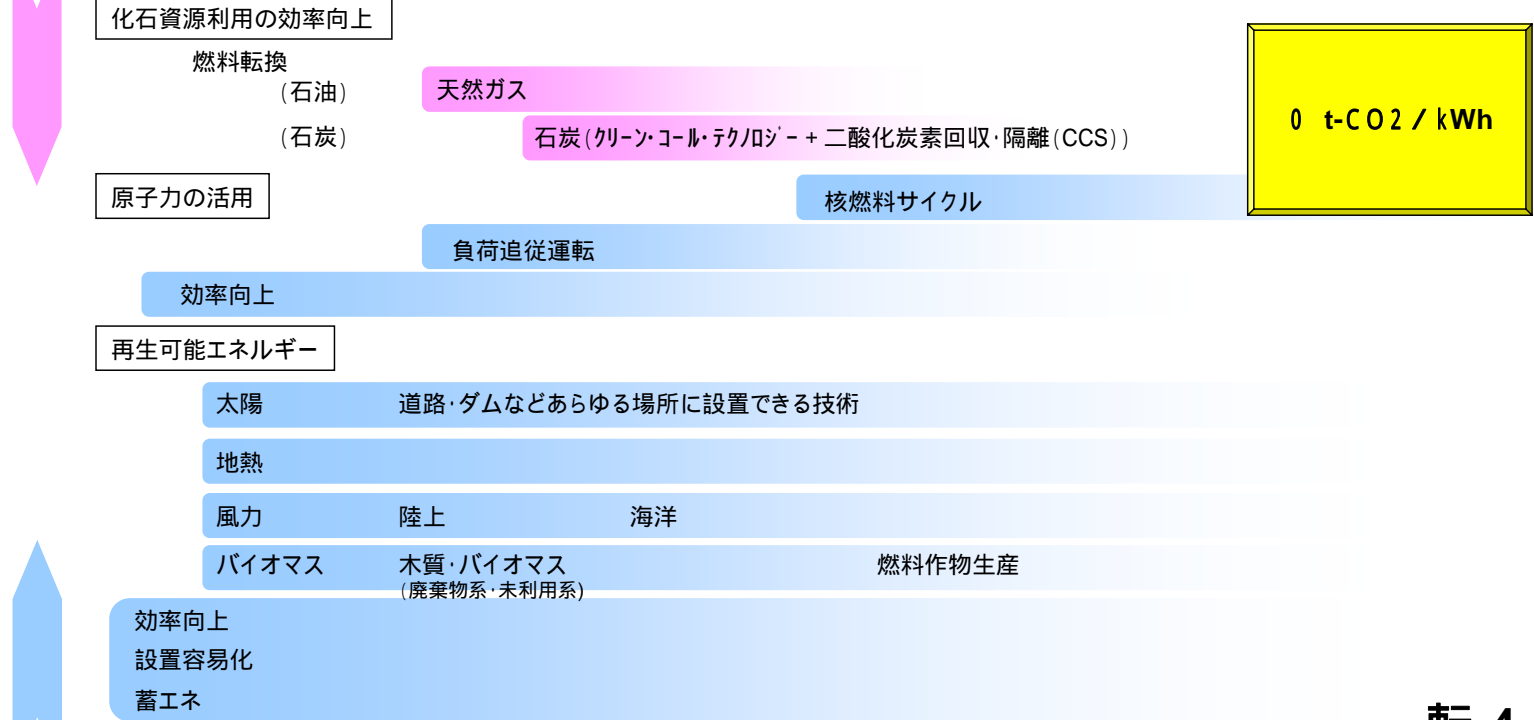
再生可能エネルギー利用技術

太陽、地熱、風力、バイオマスなどの再生可能エネルギーによる発電(転換)効率向上が重要である。太陽や風力などの設備利用率は低く、大きな設備容量を必要とするため、設置を容易にする技術も必要である。また、自然エネルギーは気象条件等に左右されるため、需要とのマッチングを図るには、大規模な蓄エネルギー技術や系統制御(エネルギーマネジメント)などのネットワークシステムが必須である。

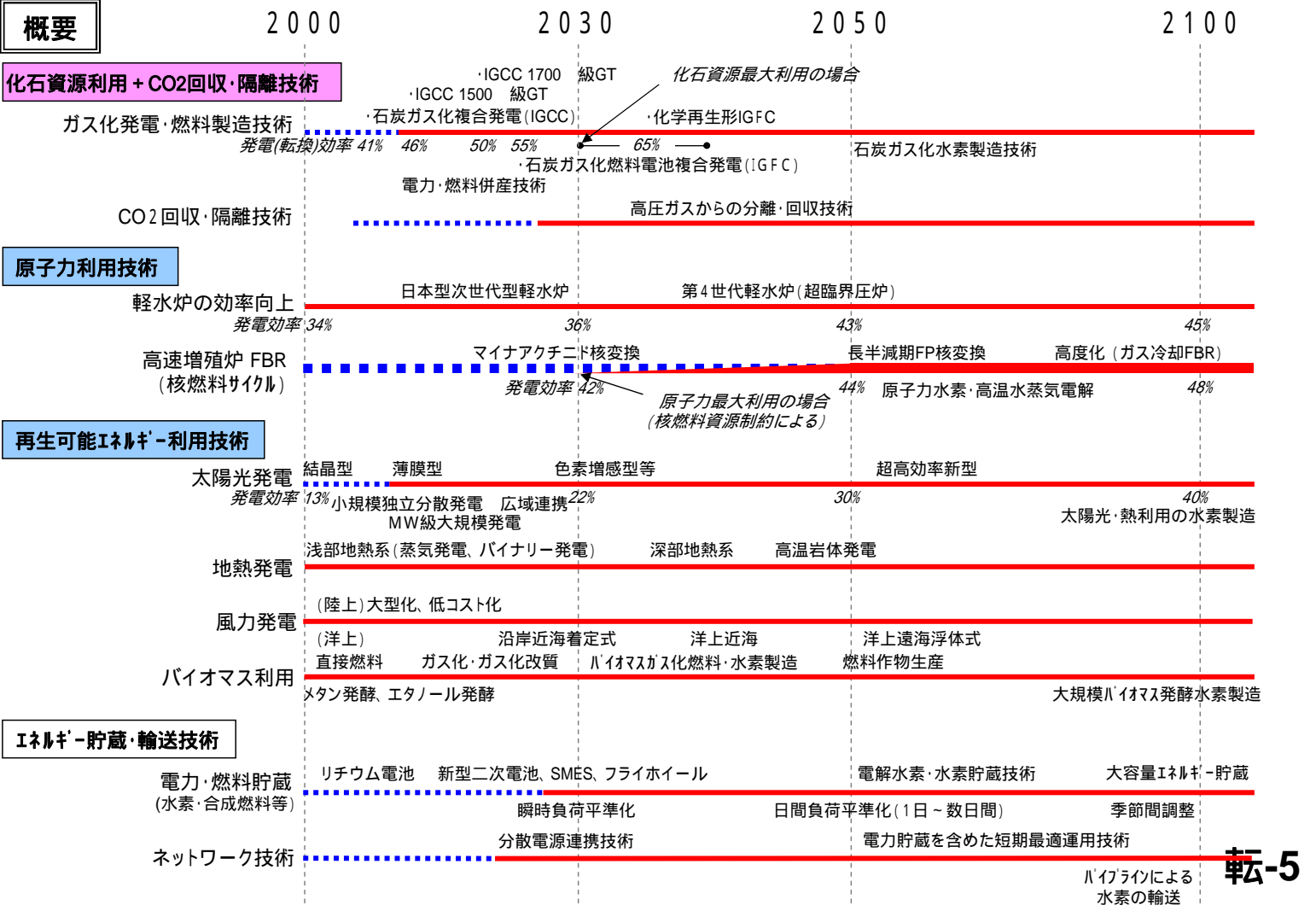
転-3

転換	2000	2030	2050	2100
需要端での全エネルギー需要 (最大ケース)	1倍		1.5倍	2.1倍
電化・水素化率	1倍		2倍	4倍
CO2原単位	370 g-CO2/kWh (1倍)	270 g-CO2/kWh (2/3倍)	120 g-CO2/kWh (1/3倍)	0 kg-CO2/kWh CCS併用化石燃料使用時 110 g-CO2/kWh(1/3倍)

化石使用量の削減



非化石エネルギーの導入



化石資源利用 + CO2回収・隔離技術

資源埋蔵量が比較的多い石炭、非在来型化石資源等の化石資源によってエネルギー供給を賄うために必要な技術
 発電効率等の向上および化石資源の利用に伴って発生するCO2を回収・隔離する技術が必要
 需要側の機器効率向上などによる省エネがないという想定の下では、エネルギー需要は2050年で1.5倍、2100年で2.1倍、電化・水素化率が2倍、4倍になるため、2000年の総発電量約1兆kWh(3,800PJ)は、2050年には約3兆kWh(11,000PJ)、2100年には約8兆kWh(29,000PJ)のエネルギー供給が必要となる。



石炭等化石資源量の確保

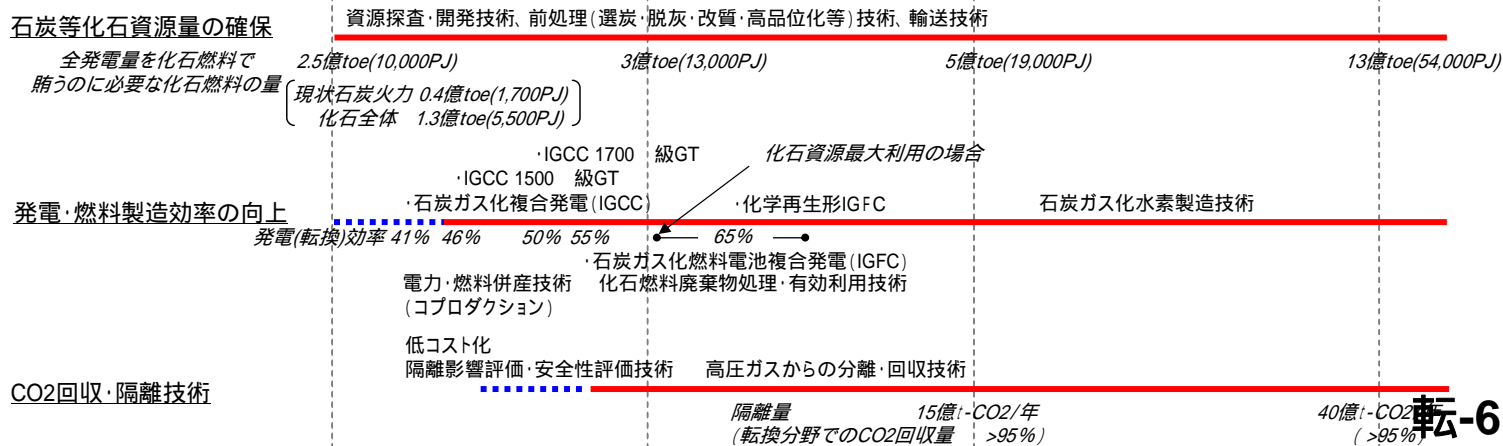
2100年で約8兆kWh(29,000PJ)のエネルギー供給を賄うためには石炭等化石資源量の確保が必要となる。
 現在の石炭火力による発電量は約2千億kWh(600PJ)であり、設備容量は約35百万kWである。2000年の年間の発電用石炭輸入量は、約0.6億トン(0.4億toe、1,700PJ)である。供給するエネルギー量を全て化石燃料で補うとすると、発電(転換)効率向上を考慮しても、2050年には7億トン(4.5億toe、19,000PJ)、2100年には約20億トン(13億toe、54,000PJ)の石炭調達が必要となり、資源探査・開発技術、選炭・脱灰等の前処理技術、大量輸送技術の開発が必要である。
 蒸気タービン等に利用する水の確保も重要となってくる。

発電・燃料製造効率の向上

化石資源の有効利用として、発電・燃料製造のさらなる高効率化が重要。
 石炭ガス化複合発電(IGCC)に始まり、最終的には燃料電池と複合したIGFC、およびエクセルギーも有効利用する化学再生形IGFCにより高効率化を図る。
 脱灰・改質などの前処理技術、排ガス処理・石炭灰の有効利用など、クリーン・コール・テクノロジーの周辺技術の開発も必要。

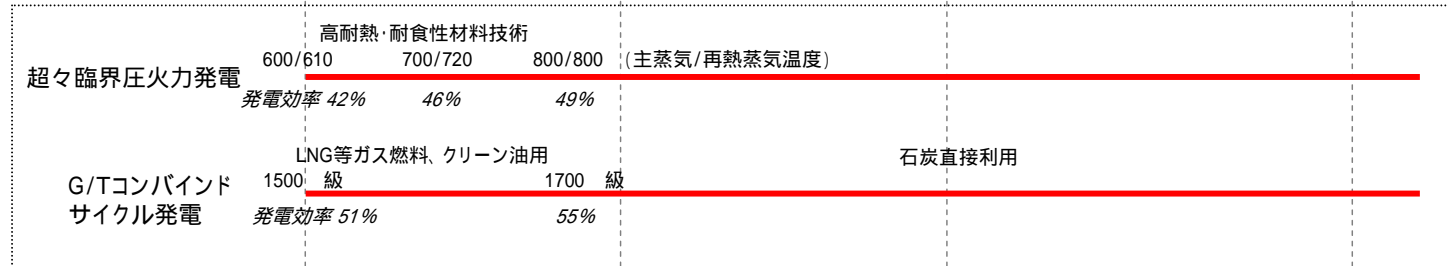
CO2回収・隔離

化石資源の利用にはCO2排出を伴うため、CO2の回収・隔離技術が必須である。化石資源を最大限利用するケースでは、40億トン-CO2/年の貯留場所の確保が必要となる。



転-6

既存発電方式



技術以外の要因

他の化石に比べ埋蔵量が多い石炭の重要性が認識されているが、経済の伸展、電力需要の今後の増大が不透明であり、さらに電力自由化の拡大、地球温暖化に伴うCO2環境制約の今後の負担が不透明な状況にあることから、効率が高い大型火力、新たな発電システムの導入、CO2排出量の多い石炭火力導入は進みにくい状況。
 地中隔離可能量: 日本及び近海におけるCO2地中貯留可能量は約35~900億トン(エン振協調べ)とされる。2030年以降にCO2回収隔離が行われるとすれば、2075年程度にて貯留可能量を越える。隔離量確保の観点からも、海洋隔離の隔離影響評価・安全性評価、国際間取り決めが必要である。
 総合効率向上(エネルギー有効利用)として大規模熱供給・有効利用技術/社会システムづくりも併せて重要である。

転-7

P08020

P07021

P92003

P10016

(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

環境部

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、その単位発電量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 世界の取組状況

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、実証研究の取組が行われている。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Future Gen 2.0プロジェクトでは、ゼロエミッション型酸素燃焼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を目指した酸素吹き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き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き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。また、今後のエネルギー需給の安定化に資するべく、低品位炭の有効活用を含むより高度なクリーン・コール技術の調査研究及び開発を行う。

(2) 事業の目標

① 過去の取組とその評価

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）」（平成10～平成21年度）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・事業化への取組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図り、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・テクノロジー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組

世界には多くの効率が低い火力発電が稼働しており、地球におけるCO₂排出量削減のためには、我が国が得意とする高効率石炭利用技術を世界へ普及することが必要とされている。

そこで、我が国が有する、高効率発電技術（USC、IGCC等）や石炭ガス化技術、CCS技術、運転管理技術など、世界的に優れた石炭の高効率利用に関する設備・技術を対象として、アジア新興国を始めとした国際市場に普及・促進させることで、相手国のエネルギー効率の向上、エネルギー源の多角化を支援し、エネルギー需給の安定、地球環境問題の解決に資することを目的とした「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業／基礎事業／石炭高効率利用システム案件等形成調査事業」を実施している。

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2010年代後半までに48%、2030年までに57%、IGFCの送電端効率について2020年代後半までに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、2

020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。

CO₂対策として有効な手段として期待されている、高効率石炭火力発電技術とCO₂回収・貯留技術(CCS)の組合せに関する市場規模については、2020年にCCS付のIGCCが7,000億円程度、このうちCCS設備費の占める割合は15%前後の約1,000億円と試算される。その後、燃料電池の開発の進展に伴い、IGCCがIGFCに置き換わるものと仮定すると、2050年には5兆円程度、また燃料電池の占める割合はこのうちの10%前後の約6,000億円と試算される。

また、低品位炭の有効活用については、平成24年度にNEDOが実施した調査研究において、全世界で54兆円程度の潜在市場規模があると試算されており、シェアの1割が獲得できれば、5兆円レベルの市場が期待できる。

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)

※本基本計画制定時(平成22年3月)に、「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開発

※本基本計画制定時(平成22年3月)に、「戦略的炭ガス化・燃焼技術開発(STEPCCT)」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)

ア)「微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明」

イ)「高度除去技術」

研究開発項目(4)「次世代高効率石炭ガス化技術最適化調査研究」(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 (P10016)

⑤ 革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発 (P10016)

⑥ クリーン・コール・テクノロジー実用化可能性調査 (P10016)

⑦ 低品位炭利用促進技術実証 (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。事業実施に当たり、事業項目②の研究開発項目(1)ア)及び研究開発項目(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、②の研究開発項目(4)、③、④及び⑥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。事業項目⑦については、NEDOが助成事業(NEDO負担1/2)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。

なお、事業項目ごとの研究開発責任者(プロジェクトリーダー)は以下のとおり。

- 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)
九州大学炭素資源国際教育研究センター 持田勲特任教授 (平成23年1月まで)
(一財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 小野崎正樹部長 (平成23年2月から)
- 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」(P08020)
九州大学炭素資源国際教育研究センター 持田勲特任教授 (平成23年1月まで)
(一財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 小野崎正樹部長 (平成23年2月から)
研究開発項目(2)「次世代高効率石炭ガス化技術開発」(P07021)
九州大学先導物質化学研究所 林潤一郎教授
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)
鹿児島大学大学院理工学研究科化学生命・化学工学専攻 大木章教授
- ⑤ 革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発(P10016)
電源開発(株)若松研究所 中静靖直所長
- ⑦ 低品位炭利用促進技術実証(P10016)
事業者より適任者を選定予定。

(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」
ア)「CO₂回収型次世代IGCC技術開発」
本事業の実施期間は、平成20年度（継続）から平成26年度までの7年間とする。
イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」
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25年度までの7年間とする。
研究開発項目(4)「次世代高効率石炭ガス化技術最適化調査研究」
本事業の実施期間は、平成24年度から平成26年度までの3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29年度までの26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26年度までの5年間とする。
- ⑥ クリーン・コール・テクノロジー実用化可能性調査
本事業の実施期間は、平成26年度から平成27年度までの2年間とする。
- ⑦ 低品位炭利用促進技術実証
本事業の実施期間は、平成26年度から平成27年度までの2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、成果の技術的意義及び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と事業評価を下記のとおり実施する。

- ・事業項目①、②の研究開発項目(4)、③、④、⑥及び⑦については、
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。なお①については平成22年度に外部有識者による中間評価を、また平成25年度に事後評価を実施する。
- ・事業項目②の研究開発項目(1)のうち、
ア)については、平成22年度に中間評価を実施した。平成26年度に事後評価を前倒しで実施する。
イ)については、平成22年度に中間評価、平成25年度に事後評価を実施する。
- ・研究開発項目(2)については、
平成21年度に中間評価、平成24年度に事後評価を実施する。
- ・研究開発項目(3)のうち
ア)については、平成21年度に中間評価、平成22年度に自主中間評価を実施する。平

成26年度に事後評価を実施する。

イ)については、平成21年度に中間評価、平成23年度に事後評価を実施する。

・事業項目⑤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、我が国の優れた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、微量成分の高精度分析手法や地中貯留ポテンシャルや地中貯留に係るリスクに係る評価指標の検討及び必要に応じて、標準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。

なお、欧米のゼロエミッション石炭火力発電システムプロジェクトの動向や国際展開を見据えた知財管理を行うものとする。

(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項第六号イ

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項第一号ハ及び第十五条第1項第六号イ

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項第六号イ

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項第一号ハ及び第十五条第1項第六号イ

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項第一号ハ

⑥ クリーン・コール・テクノロジー実用化可能性調査

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項第六号イ

⑦ 低品位炭利用促進技術実証

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項第三号

(4) その他

最新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又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。

(3) 平成23年1月、2. 事業の実施方式 (1)事業の実施体制 に研究開発責任者(PL)の氏名を記載。また、事業進捗を反映し、4. 評価に関する事項 の評価時期を一部見直し。

(4) 平成23年3月、事業進捗を反映し、4. 評価に関する事項を一部見直し。

(5) 平成23年7月、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法改正に伴う根拠条項の変更。

(6) 平成23年11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(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」について、2. 事業の具体的内容、イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」の内容を一部変更。

(7) 平成24年3月、事業項目②ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発に研究開発項目(4)「次世代高効率石炭ガス化技術最適化調査研究」を追加し、本文を見直し。

(8) 平成25年2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(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」の期間延長及び事後評価の前倒し実施、研究開発項目(4)「次世代高効率石炭ガス化技術最適化調査研究」の期間延長、事業項目③クリーン・コール・テクノロジー推進事業の期間延長、業務方法書の改正による改訂。

(9) 平成26年3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(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」の期間延長、研究開発項目(4)「次世代高効率石炭ガス化技術最適化調査研究」の期間延長、事業項目⑤革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発の期間延長、事業項目⑥クリーン・

コール・テクノロジー実用化可能性調査の追加及び事業項目⑦低品位炭利用促進技術実証の追加による改訂。

事業項目⑤ 「革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発」 (P10016)

1. 事業の必要性

2007年5月地球温暖化に関する総理のイニシアティブ「Cool Earth 50」が発表され、2050年までに世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して半減するという長期目標が提案された。本目標の実現には、従来の技術の延長では困難であり、革新的技術の開発が不可欠であるという考えが示された。

また、世界全体での2050年までの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、エネルギー分野における革新的な技術開発の具体的な取組のあり方について検討を進め、2008年3月に「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」が、2009年8月には「Cool Earth-エネルギー革新技術計画フォローアップ報告書」が取りまとめられ、同報告書において、IGCC及びCCSの重要性が指摘された。

石炭火力発電からのCO₂削減には、IGCCのような石炭利用高効率化とCCS技術が有望であるが、CCS導入による追加エネルギー、コストの大幅な低減が必要であり、高効率で最適なCCSシステムを目指した「革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発」が求められる。

本事業は、IGCCに適用できる石炭ガス化プロセスを用い、CCS技術開発のうちコアテクノロジーとなるCO₂分離回収技術開発を実施するものであり、ゼロエミッション化石炭火力発電の実現を目指したクリーン・コール・テクノロジーの可能性を拡大するものである。

2. 事業の具体的内容

高効率で最適なCCSシステムとの組合せを目指した次期IGCCに最適なCO₂分離回収技術の開発と新規CO₂分離回収技術等調査を平成22年度～平成26年度の計画で実施する。

事業内容としては、最適CO₂分離回収技術として石炭ガス化炉からの実ガスを用いて「物理吸収法」による技術実証を行うこととし、供給石炭ガス炉にはCCS対応として高効率期待される酸素吹き噴流床ガス化炉を用いることとし、併せてCO₂分離回収設備とガス化設備・発電システムへの適用性の確認・技術確立を行う。

ア) 次期IGCCに最適なCO₂分離回収技術の開発

次期IGCCの高圧プロセス下におけるCO₂分離回収技術として「物理吸収法」による実証試験を行い、発電システムとして必要な運用条件を満たす最適なCO₂分離回収技術を開発する。

1) CO₂分離回収試験装置（物理吸収法）設置及び石炭ガス供給設備整備

CO₂分離回収装置のうち物理吸収法（Sour Gas Shift+Selexol）について、石炭ガス化発電プラントへの適用を目的に、供試ガス1,000Nm³/h規模のパイロット試験装置の設計、製作及び据付工事を実施する。

また、CO₂分離回収試験の実施準備として、CO₂分離回収試験設備に石炭ガスを供給する酸素吹き石炭ガス化炉の整備（新設又は既設設備活用の場合は必要な改造工事）を実施する。

2) 酸素吹き石炭ガス化システム+CO₂分離回収設備運転研究

次世代IGCC（1,500℃超級GT導入）を想定し、高温・高圧プロセスに最適なCO₂分離回収システムの開発として、物理吸収法によるCO₂分離回収技術の技術実証を行うこととし、H₂S存在下でのCOシフト反応、シフト後の酸性ガス（H₂S, CO₂）の分離回収特性を検証・把握し、石炭ガス化発電プラントへの適用技術を確立する。

3) 物理吸収法によるサワーシフト反応最適化研究

サワーシフト反応における添加水蒸気量が反応特性及び炭素析出特性に及ぼす影響を把握するために、ラボ試験及び実ガス試験を実施する。

4) 試験設備解体調査

酸素吹き石炭ガス化設備及びCO₂分離回収試験設備について主要部分の解体調査を実施する。

イ) 新規CO₂分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験

新規CO₂分離回収技術及びCO₂回収システムに関し、CO₂分離設備が不要な「CO₂回収型石炭ガス化技術」、回収したCO₂の昇圧ロス低減が可能な「高圧再生型吸収液によるCO₂分離回収技術」等について調査検討を実施し、性能・信頼性・大型化等に関して評価し、有望な技術について実ガスを用いたフィールド試験を実施する。

3. 達成目標

事業達成目標を次のように設定する。

[最終目標 (平成26年度)]

項 目	達 成 目 標
CO ₂ 分離回収技術 (物理吸収法)	回収CO ₂ の純度98%以上 (石炭ガス化発電システムへの適用性を検証)
発電効率改善	IGCC(1,500℃超級GT)を想定したCO ₂ 分離回収システムのエネルギーロス低減 (化学吸収法と比較して相対比10%の改善)

P 0 8 0 2 0

P 0 7 0 2 1

P 9 2 0 0 3

P 1 0 0 1 6

平成26年度実施方針

環境部

1. 件名 : プログラム名 エネルギーイノベーションプログラム
(大項目) ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト

2. 根拠法

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項第一号ハ、第三号、第六号イ

3. 背景及び目的・目標

(1) 事業の背景・目的

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、その単位発電量当たりの二酸化炭素(CO₂)排出量が他燃料よりも高く、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)の同時達成を可能とする革新的な技術開発が求められている。その中でも、二酸化炭素回収・貯留技術(CCS)を組み込んだゼロエミッション石炭火力を実現する、高効率石炭火力発電技術の開発とCCSとの組み合わせの最適化技術開発が有効である。

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・コスト低減が重要であり、本事業においてはCCS対応をしても高効率が期待できる酸素吹石炭ガス化複合発電(IGCC)で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。

これらにより、国が策定したエネルギー分野別の技術戦略マップ2009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。

なお、事業項目ごとの事業目的等を別紙に記載する。

(2) 事業の目標

ゼロエミッション石炭火力の実現と、我が国のクリーン・コール・テクノロジー(CCT)の国際競争力強化のため、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。

なお、事業項目ごとに事業目標を設定し、別紙に記載する。

4. 実施内容及び進捗状況

4.1 平成25年度までの事業内容

上述の目標を達成するために、以下の事業項目を実施した。

なお、事業項目ごとの実施内容等を別紙に記載する。

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）（委託）

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」（P08020）

ア）「CO₂回収型次世代IGCC技術開発」（委託） <別紙1-1>

イ）「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOX技術開発」

（共同研究：NEDO負担2/3）

研究開発項目（２）「次世代高効率石炭ガス技術開発」（P07021）（委託）

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）（委託）

ア）「微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明」

イ）「高度除去技術」

研究開発項目（４）「次世代高効率石炭ガス化技術最適化調査研究」（P07021）

（委託） <別紙1-2>

③クリーン・コール・テクノロジー推進事業（P92003）（委託） <別紙2>

④燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究（P10016）（委託）

⑤革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発（P10016）

（共同研究：NEDO負担2/3） <別紙3>

4. 2 実績推移

実績の推移については、別紙に記載する。

5. 事業内容

事業項目ごとの平成26年度事業概要等を別紙に記載する。

②ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発（委託）

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」 <別紙1-1>

研究開発項目（４）「次世代高効率石炭ガス化技術最適化調査研究」（P07021）

<別紙1-2>

③クリーン・コール・テクノロジー推進事業（P92003）（委託） <別紙2>

⑤革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発（P10016）

（共同研究：NEDO負担2/3） <別紙3>

⑥クリーン・コール・テクノロジー実用化可能性調査（P10016）（委託） <別紙4>

⑦低品位炭利用促進技術実証（P10016）（助成：NEDO負担1/2） <別紙5>

6. 事業の実施方式

平成26年度は事業項目②の研究開発項目（４）、③、⑥及び⑦について新規公募を行う。公募方法、採択方法等については別紙1-2、2、4、5に記載する。

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。なお、事業項目ごとの研究開発責任者（プロジェクトリーダー）は以下のとおり。

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」（P08020）
（一財）エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 小野崎正樹部長

⑤革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発（P10016）

電源開発（株）若松研究所 中静靖直所長

7. その他重要事項

7. 1 評価の方法

評価については事業項目及び研究開発項目ごとに実施する。評価方法・評価時期等については別紙に記載する。

7. 2 運営管理

各事業項目については必要に応じて技術検討会を実施し、外部有識者の意見を適切に反映し、着実な運営を図る。

7. 3 複数年度契約の実施

複数年度契約については、別紙に記載する。

8. スケジュール

各事業項目のスケジュールについては、別紙に記載する。

9. 改訂履歴

(1)平成26年3月制定。

(2)平成26年3月事業項目⑦低品位炭利用促進技術実証の2. 事業内容を一部変更。

事業項目⑤ 革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発（P10016）

1. 背景及び目的・目標

地球温暖化対策（CO₂削減）として、ポスト京都議定書に向けた国際的動きが活発化する中、欧州、米国、豪州、中国などでは石炭ガス化複合発電（IGCC）とCO₂回収回収貯留技術（CCS）を組み合わせた実証プロジェクトが計画されている。

国内では2007年5月に「Cool Earth 50」の取り組みが始まり、2008年3月に「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」が、2009年8月には「Cool Earth-エネルギー革新技術計画フォローアップ報告書」が取りまとめられ、同報告書においてIGCC及びCCS技術の重要性が指摘されている。石炭火力発電においては、「発電の高効率化」と「CO₂分離回収貯留技術（CCS）」が不可欠とされ、CCS導入による大幅な発電効率低下を極力抑えた技術の確立が求められている。

石炭火力発電へのCCS技術適用としては、微粉炭火力の燃焼後回収法と酸素燃焼法があるが、IGCCでは燃焼前回収法として、高圧プロセスに適用した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方式の効率も高く、取り扱うガス中のCO₂濃度が高い燃焼前回収法（IGCC+CCS）が、高効率なCO₂分離回収方式として有望視されている。

CCS技術においては、コアテクノロジーとして最も効率向上の改善効果が期待できるのはCO₂分離回収技術の部分であり、IGCC+CCSシステムの早期実現、ゼロエミッション化石炭火力発電の実現に大きく寄与するものとして、以下の研究開発を実施する。

- ア) 次期IGCC（1, 500℃超級GT導入）に最適なCO₂分離回収技術の開発
- イ) 新規CO₂分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験

[共同研究（NEDO負担2／3）]

<目標（平成26年度）>

項目	達成目標
CO ₂ 分離回収技術 （物理吸収法）	回収CO ₂ の純度98%以上 （石炭ガス化発電システムへの適用性を検証）
発電効率改善	IGCC（1, 500℃超級GT）を想定したCO ₂ 分離回収システムのエネルギーロス低減 （化学吸収法と比較して相対比10%の改善）

2. 実施内容及び進捗状況

2. 1 平成25年度までの事業内容及び進捗状況

ア) 次期IGCCに最適なCO₂分離回収技術の開発

1) 物理吸収法によるCO₂分離回収技術実証試験研究（電源開発株）

CO₂分離回収エネルギーの低減等を目的として、COシフト系統条件変化試験、CO₂吸収再生系統条件変化試験、総合試験運転を実施した。

2) 試験設備における材料劣化調査（電源開発株）

IGCC+CCSトータルシステムの信頼性について総合的に評価するため、酸素吹き石炭ガス化炉とCO₂分離回収装置の主要箇所について材料劣化調査を実施した。

3) 物理吸収法におけるサワーシフト反応最適化研究（株日立製作所）

最適運用条件における触媒の反応特性及び性能を評価するための試験を実施した。また、サワーシフト反応の最適運用条件においてCO₂回収型石炭ガス化発電の送電端効率を評価した。

イ) 新規CO₂分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験（電源開発㈱）

新規CO₂分離回収技術及びCO₂分離回収システムに関して、加熱フラッシュ再生方式を用いた化学吸収法、高圧再生型新型化学吸収法、ハイドレートによるCO₂分離回収、水素分離膜を用いたH₂/CO₂分離システム、CO₂分離設備が不要なCO₂回収型高効率IGCC等の性能・信頼性等に関する技術の評価を前年度に引き続き行い、有望な加熱フラッシュ再生方式を用いた化学吸収法について、EAGLE実ガスを用いたフィールド試験を実施した。

2. 2 実績推移

	22年度	23年度	24年度	25年度
実績額推移 (百万円)	1,425	1,890	2,100	1,211
①一般会計	—	—	—	—
②特別会計(需給)当初	1,425	1,890	2,100	1,211
(需給)補正	—	—	—	—
計	1,425	1,890	2,100	1,211
特許出願件数 (件)	0	0	0	2
論文発表数(査読有り) (報)	1	2	1	0
論文発表数(査読無し) (報)	0	0	0	1
学会・フォーラム等 (件)	6	3	7	5

3. 事業内容

3. 1 平成26年度事業内容

ア) 次期IGCCに最適なCO₂分離回収技術の開発（電源開発㈱）

1) 試験設備における材料劣化調査

IGCC+CCSトータルシステムの信頼性について総合的に評価するため、酸素吹石炭ガス化炉とCO₂分離回収装置の主要箇所について材料劣化調査を実施する。

3. 2 平成26年度事業規模

エネルギー対策特別会計 0百万円 (継続)

平成25年度分を後ろ倒しして実施する。

4. その他重要事項

(1) 評価の方法

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成26年度に実施する。

(2) 運営・管理

本研究開発については、技術検討会等を設け外部有識者の意見を運営管理に反映させる。

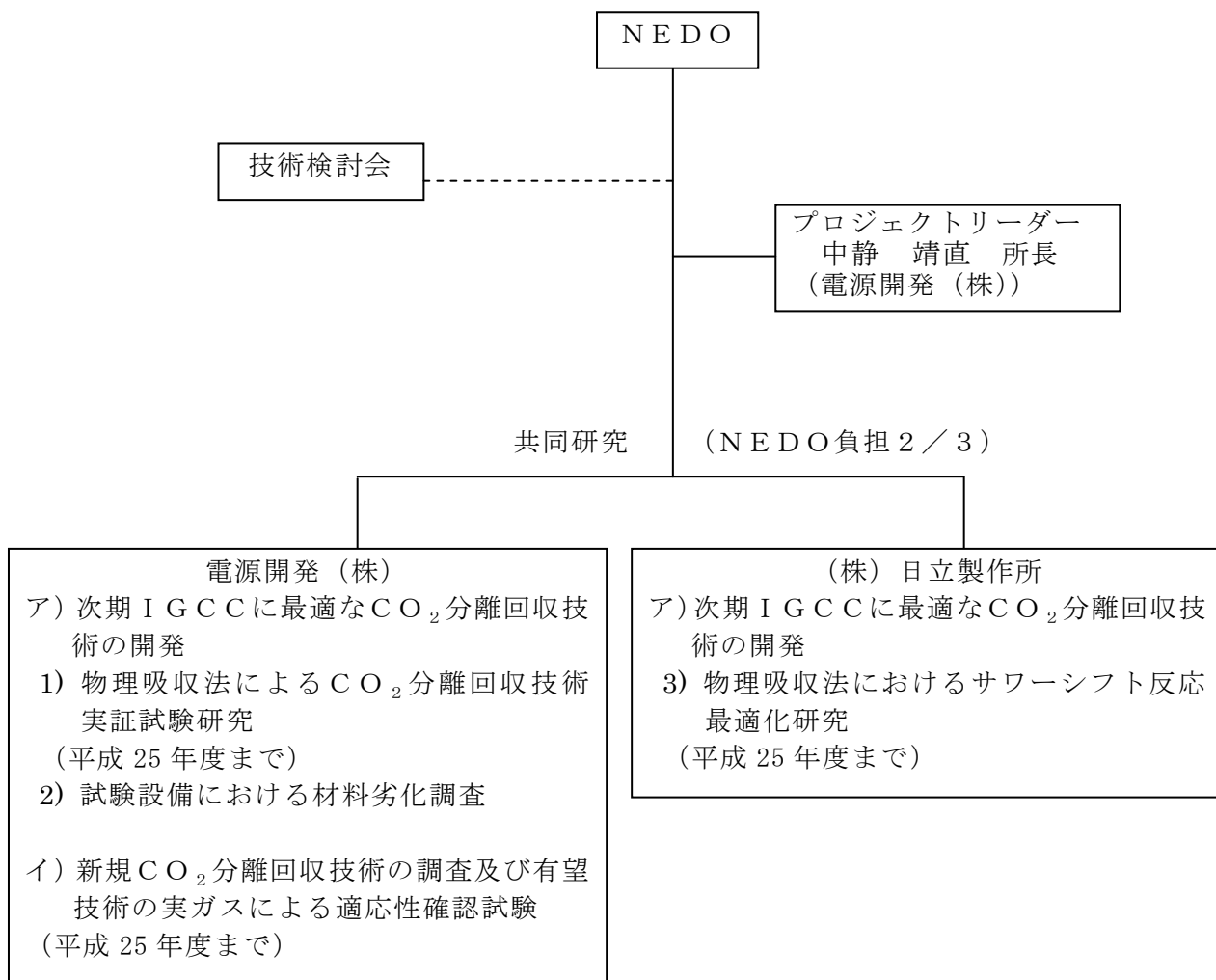
(3) 複数年度契約の実施

平成24～26年度までの複数年度契約を行う。

5. スケジュール

本年度のスケジュール： 平成26年6月 事業終了

事業項目⑤「革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発」実施体制



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ものである。

技術戦略マップ2009の策定に当たっては主に下記の3項目の内容について見直しを実施し、改訂を行った。

- ・省エネルギー技術戦略との整合【参考資料：省エネルギー技術戦略2009】
- ・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））

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、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、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、及び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

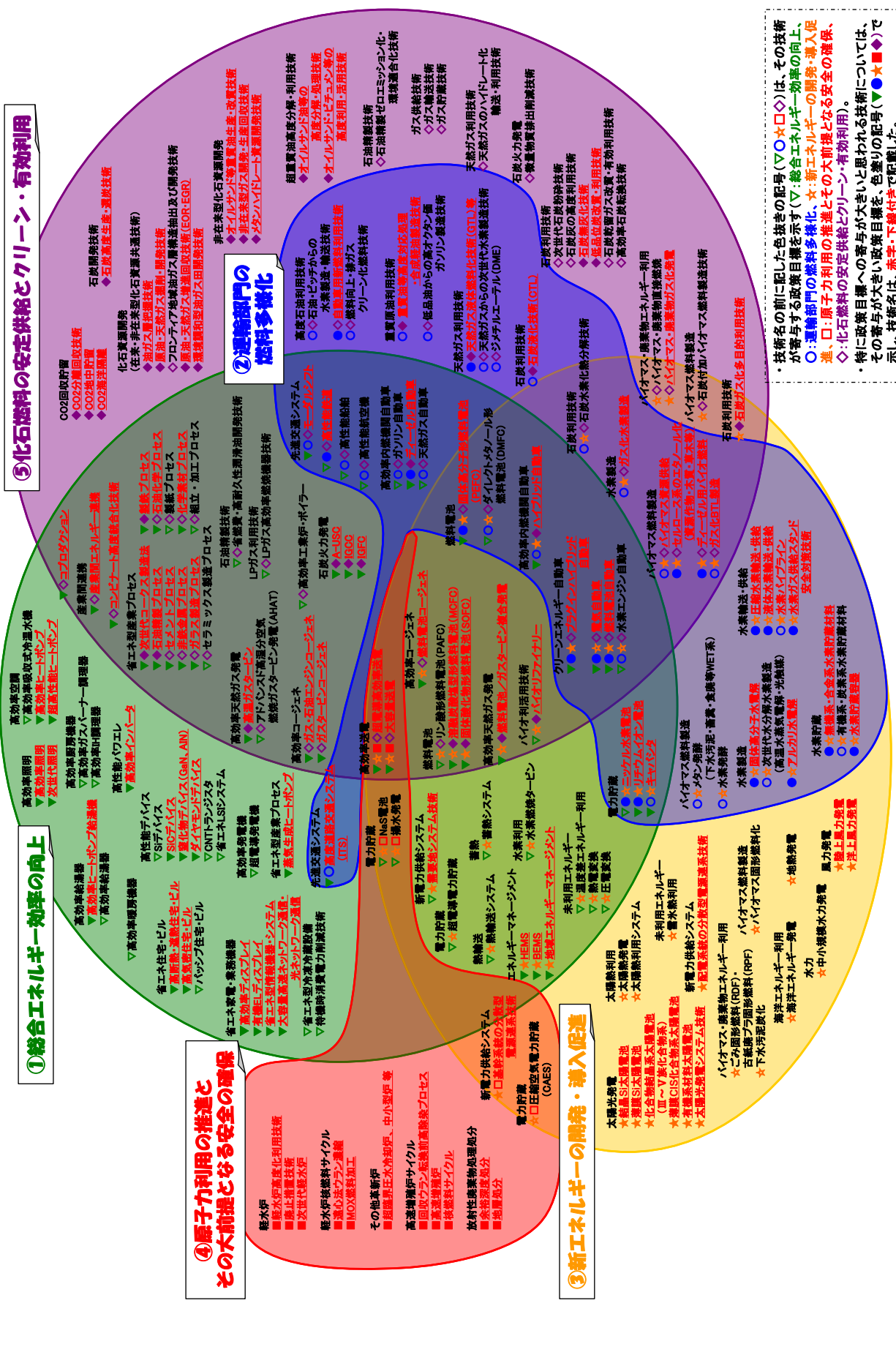
エネルギー技術分野全体を俯瞰するため、有識者にアンケート調査を行い、5つの政策目標に対する寄与について定性的な評価を行った。

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 -



① 総合エネルギー効率の向上

- 高効率照明
 - LED照明
 - 省エネ型LED照明器具
- 高効率空調
 - 省エネ型空調機
 - 高効率冷凍機
 - 高効率ポンプ
- 高効率発電
 - 省エネ型発電機
 - 高効率発電機
- 高効率送電
 - 高効率送電機
- 高効率変電
 - 高効率変電機
- 高効率配電
 - 高効率配電機
- 高効率消費電力削減技術
 - 省エネ型省電力機器
 - 省エネ型省電力システム

② 運輸部門の燃料多様化

- CO2回収貯留
 - CO2回収技術
 - CO2貯留技術
 - CO2輸送技術
- 化石資源開採
 - 非常用化石資源開採技術
 - 非常用化石資源開採技術
 - 非常用化石資源開採技術
- 石油精製技術
 - 省エネ型石油精製技術
 - 省エネ型石油精製技術
- LPガス利用技術
 - LPガス利用技術
- 省エネ型省電力機器
 - 省エネ型省電力機器
- 高効率省電力機器
 - 高効率省電力機器
- 高効率省電力システム
 - 高効率省電力システム

⑤ 化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用

- 石油開発技術
 - 石油開発技術
- 石油精製技術
 - 石油精製技術
- 石油利用技術
 - 石油利用技術
- 石油貯蔵技術
 - 石油貯蔵技術
- 石油輸送技術
 - 石油輸送技術

④ 原子力利用の推進と その大前提となる安全の確保

- 原子力発電
 - 原子力発電
- 原子力熱利用
 - 原子力熱利用
- 原子力貯蔵
 - 原子力貯蔵
- 原子力廃棄物処理
 - 原子力廃棄物処理

③ 新エネルギーの開発・導入促進

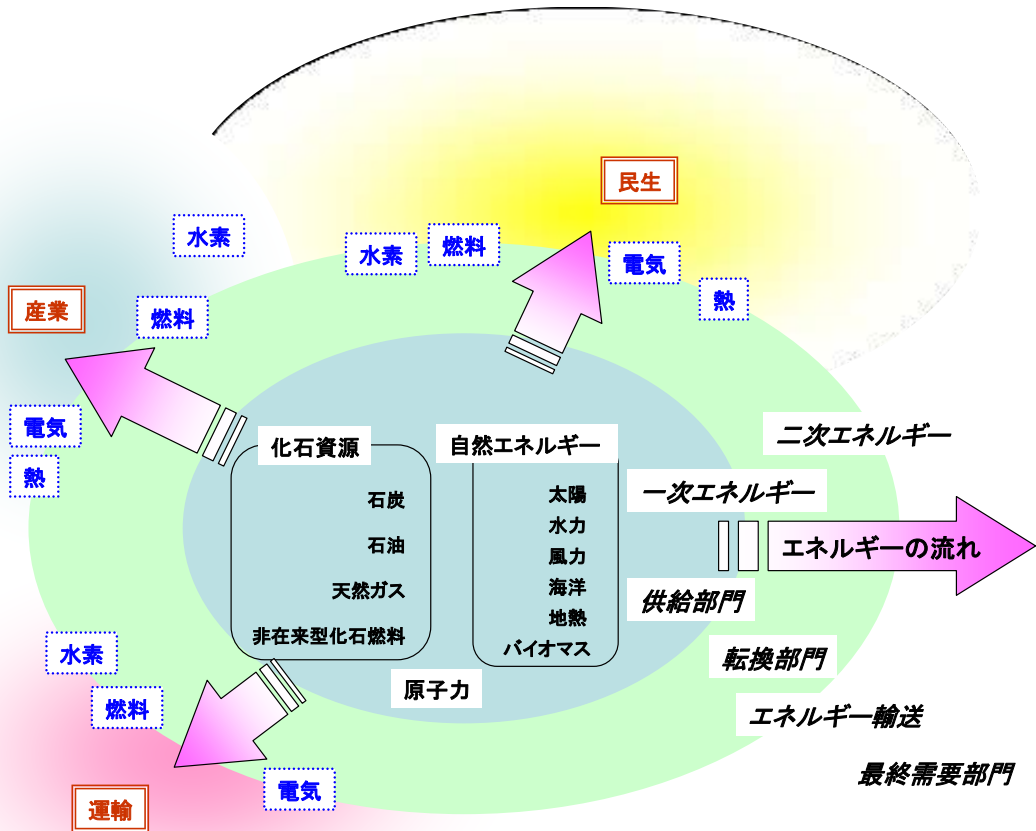
- 太陽光発電
 - 太陽光発電
- 太陽熱利用
 - 太陽熱利用
- 風力発電
 - 風力発電
- 水力発電
 - 水力発電
- 地熱発電
 - 地熱発電
- 洋上風力発電
 - 洋上風力発電
- 洋中風力発電
 - 洋中風力発電
- 洋底風力発電
 - 洋底風力発電
- 洋中風力発電
 - 洋中風力発電
- 洋底風力発電
 - 洋底風力発電

・ 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、色抜きの記号(▽○★◇)で示し、技術名は、赤字・下線付きで記載した。

IV 技術マップ・技術ロードマップ・導入シナリオの見方

○技術マップ

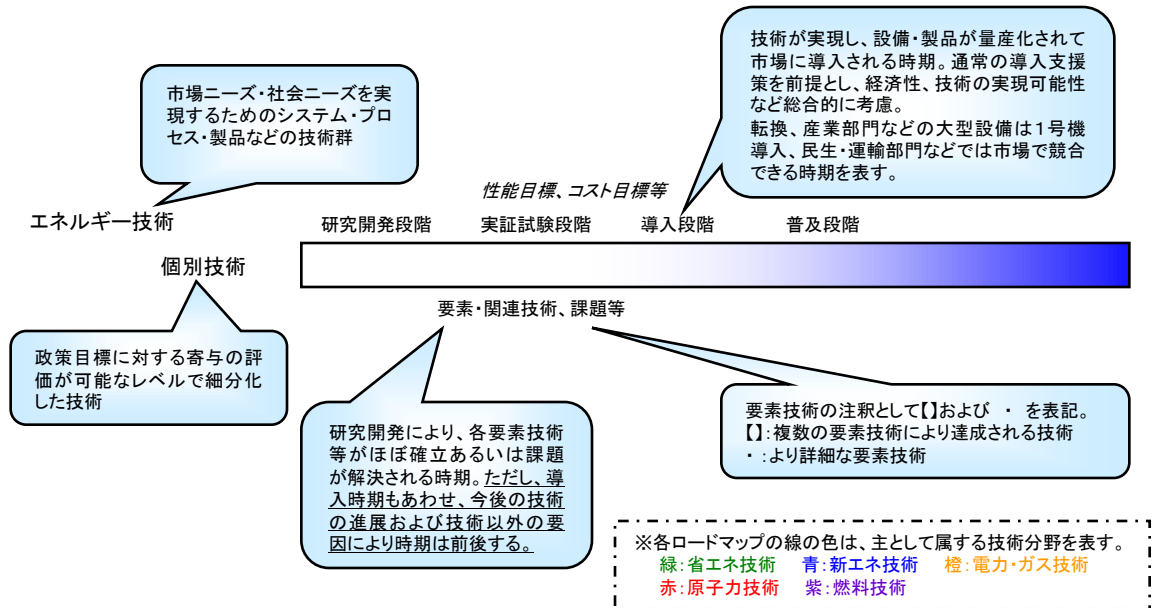
エネルギー分野全体から2030年頃までに実用化され、5つの政策目標に寄与すると思われる178個の技術を洗い出し、それぞれの政策目標の達成に寄与する技術別に、分類・整理してリストとして示すとともに、下図のように一次エネルギー／二次エネルギー／最終エネルギー消費のエネルギーの流れ、電気／熱／燃料等のエネルギーの形態、産業／民生／運輸の需要部門別に整理を行い図示した。



○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。



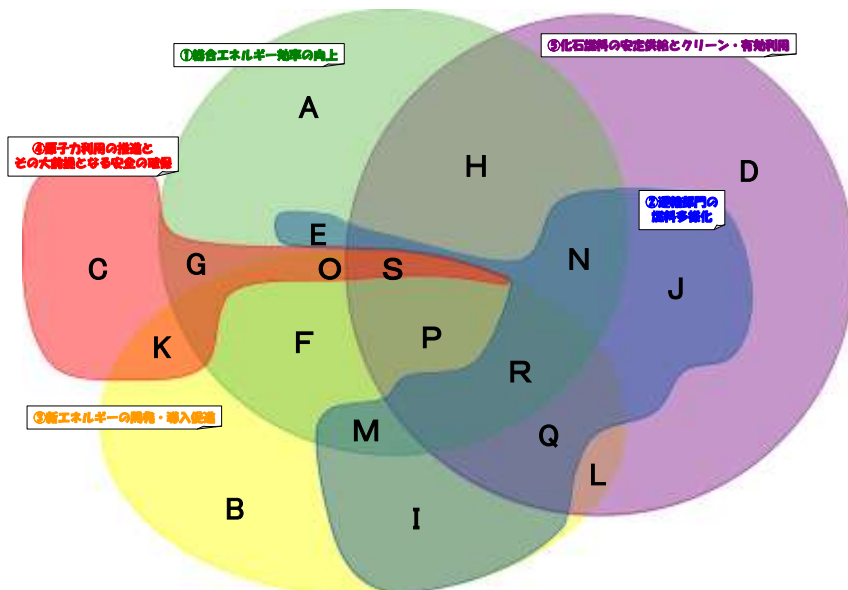
個別技術No. は次の考え方で区分した。

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。



○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。

V. 改定のポイント

- 省エネルギー技術戦略との整合【参考資料：省エネルギー技術戦略2009】
- 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））

VI 政策目標に寄与する技術の

「技術マップ」・「技術ロードマップ」・「導入シナリオ」

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) 研究開発の取組み

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) 関連施策の取組み

- 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

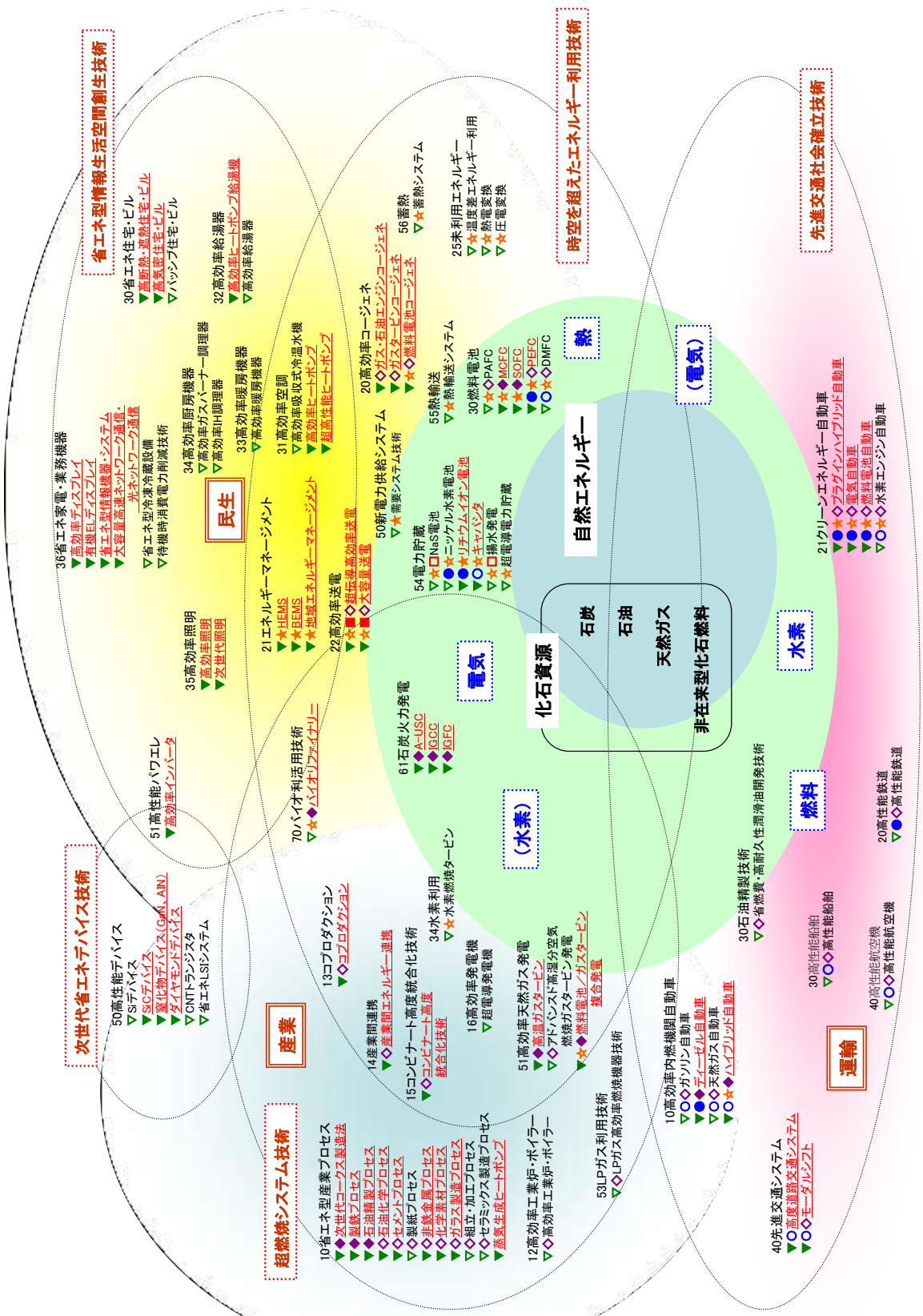
(i-4) 改訂の主たるポイント

○技術の目的、方向性が同一の技術であるものを統廃合し91の技術とした。

具体的には、

- ・「新還元溶解製鉄法」を「製鉄プロセス」の一部であることから1102H「製鉄プロセス」に統廃合した。
 - ・「地中熱利用ヒートポンプ」、「河川熱利用」、「都市排熱利用」は全て温度差エネルギー利用技術であることから3252F「温度差エネルギー利用」に統合した。
 - ・「超電導磁気エネルギー貯蔵(SMES)」、「超電導フライホイール」は同じ超電導利用技術であるから3547F「超電導電力貯蔵」に統合した。
 - ・高効率照明技術(「高効率蛍光灯」、「高効率LED照明」等)はその技術の実用化時期の違いから1351A「高効率照明」、1352A「次世代照明」に分別した。
 - ・「高効率PDP」、「高効率LCD」、「LEDディスプレイ」は全て次世代大型低消費電力ディスプレイ技術であることから1361A「高効率ディスプレイ」に統合した。
- CO2削減ポテンシャルも高く、今後も省エネ効果が高いと考えられる1105H「セメントプロセス」を政策寄与度が大きいと思われる技術に位置づけた。
- 1110H「組立・加工プロセス」に省エネ技術戦略に記載されている個々のレーザー利用技術を要素技術して追加した。
- 省エネ技術戦略にも記載されている1112A「蒸気生成 ヒートポンプ」は、産業分野における蒸気製造プロセスに対して大幅な省エネポテンシャルがあるため新たに追加した。
- 2008年策定の「2030年エネルギー需給見通し」でも省エネ技術として重要視されているグリーンIT関連技術である1363A「省エネ型情報機器・システム」及び1364A「大容量高速ネットワーク通信・光ネットワーク通信」は、要素技術の充実を図ると共に、1364A「大容量高速ネットワーク通信・光ネットワーク通信」を政策寄与度が大きいと思われる技術に位置づけた。
- 1401E「高度道路交通システム(ITS)」は2008年策定の「Cool Earthエネルギー革新技術計画」の内容に沿ったロードマップに改定した。

①「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ(整理図)



● 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)。
● 「総合エネルギー効率の向上」への寄与が大きいと思われる技術名を、色塗りの記号 (▽、赤字・下線付き) で記載した。

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) 研究開発の取組み

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) 関連施策の取組み

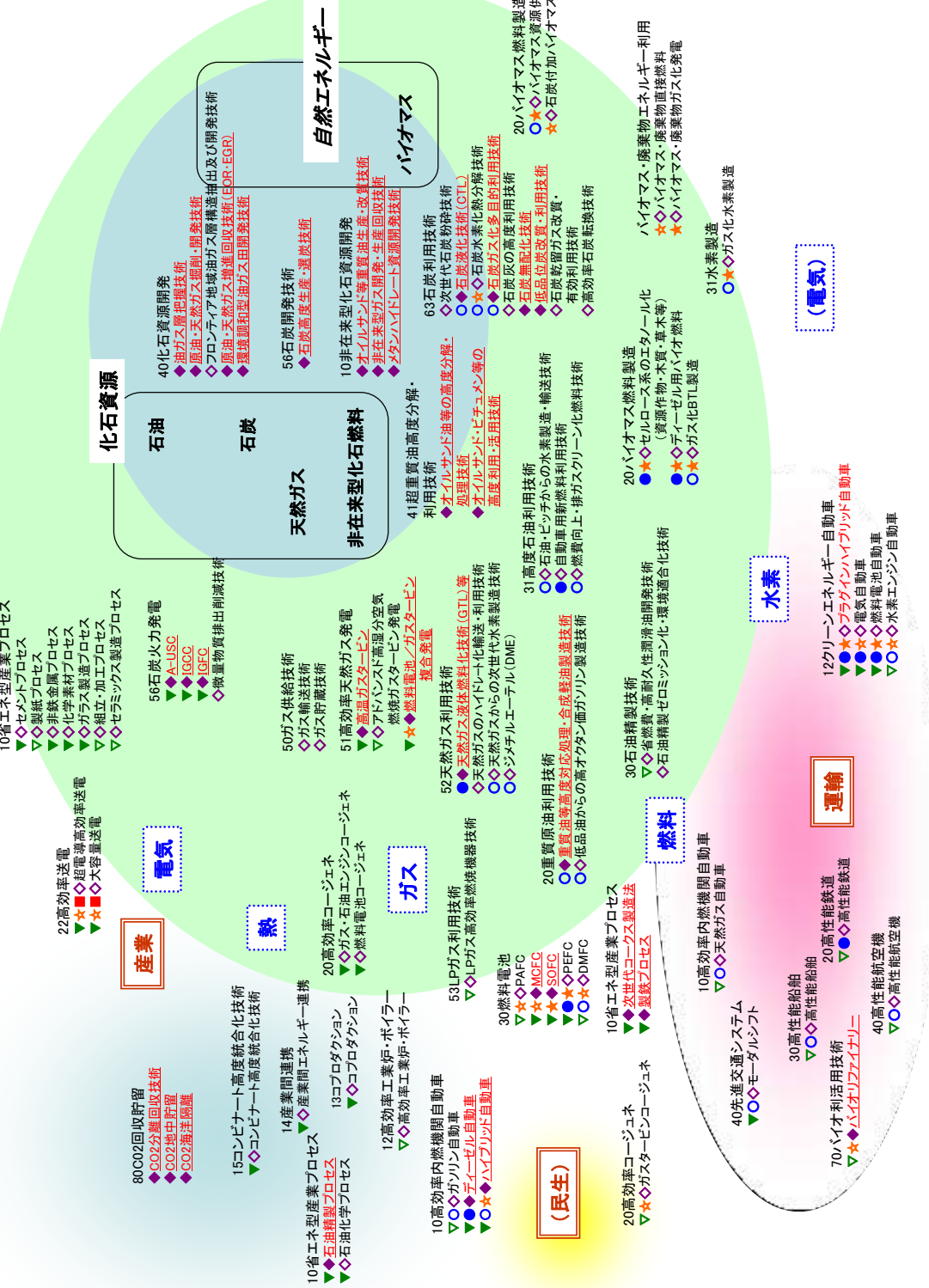
- 資源国との総合的な関係強化（研究開発協力、人的交流の拡大、経済関係強化など）
- アジア諸国に対するエネルギー・環境分野における協力の積極的推進

(v-4) 改訂の主たるポイント

○技術の目的、方向性が同一の技術であるものを統廃合し、90技術とした。

具体的には、

- ・「石炭地下ガス化技術」は同じ石炭開発技術である5601D「石炭高度生産・選炭技術」に統廃合した。
 - ・「コールドベッドメタン増進回収技術(ECBM)」は同じ非在来型化石資源開発である5102D「非在来型ガス開発・生産回収技術」に統廃合した。
 - ・「高過酷度接触分解重質油等高度対応処理技術」、「重質油からの合成軽油製造技術(ATL)」は同じ重質油をクリーン燃料油に転換する技術であることから5201J「重質油等高度対応処理・合成軽油製造技術」に統合した。
 - ・「オイルサンド・ピチュレン等の超臨界水等熱分解技術」は、オイルサンド油、超重質油の高度分解・利用技術である5411D「オイルサンド油等の高度分解・処理技術」に統廃合した。
 - ・2030年以降の技術として期待されている「次世代高効率石炭ガス化発電(A-IGCC/A-IGFC)は同じ高効率石炭ガス化発電である5613H「石炭ガス化複合発電(IGCC)」、5614H「石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)」に統廃合した。また、同様に「石炭ガス化高温分空気燃焼ガスタービン発電(IGHAT)」も同じ高効率石炭ガス化発電であることから5613H「石炭ガス化複合発電(IGCC)」に統廃合した。
 - ・「低品位炭燃焼技術」「低品位炭改質技術」は今後、高品位炭に代わり利用が増加することが予想される低品位炭の利用技術であることから5637D「低品位炭改質・利用技術」に統合した。
 - ・「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」で21技術の1つに挙げられ、今後温暖化対策のオプションと期待されるCCS(CO2回収・貯留技術)の中核技術である「CO2燃焼前回収」、「CO2燃焼後回収」、「酸素燃焼CO2回収」は、5801D「CO2分離回収技術」に統合した。
- 2008年策定の「バイオ燃料技術革新計画」にも記載され、植物性の材料を燃料や化学製品原料に変換する技術である5701P「バイオリファイナリー」を新たに追加した。
- 2008年策定の「Cool Earthエネルギー革新技術計画」でも要素技術として取り上げられ、中級機向けの技術として期待されている5512H「高温分空気燃焼ガスタービン発電(AHAT)」の要素技術の充実を図った。



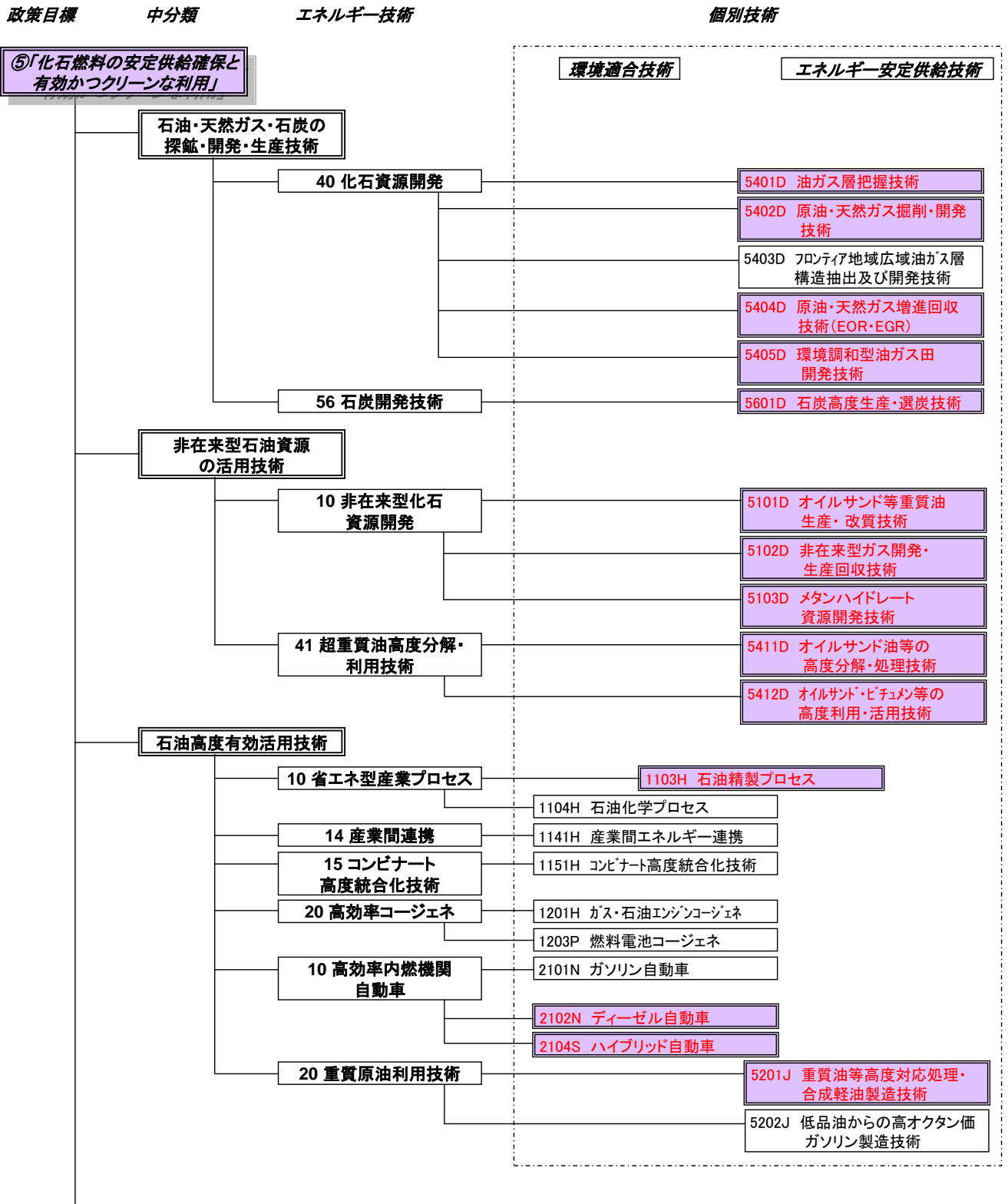
⑤「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」に寄与する技術のマップ(整理図)

● 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、色塗りの記号(◇、赤字・下線付き)で記載した。

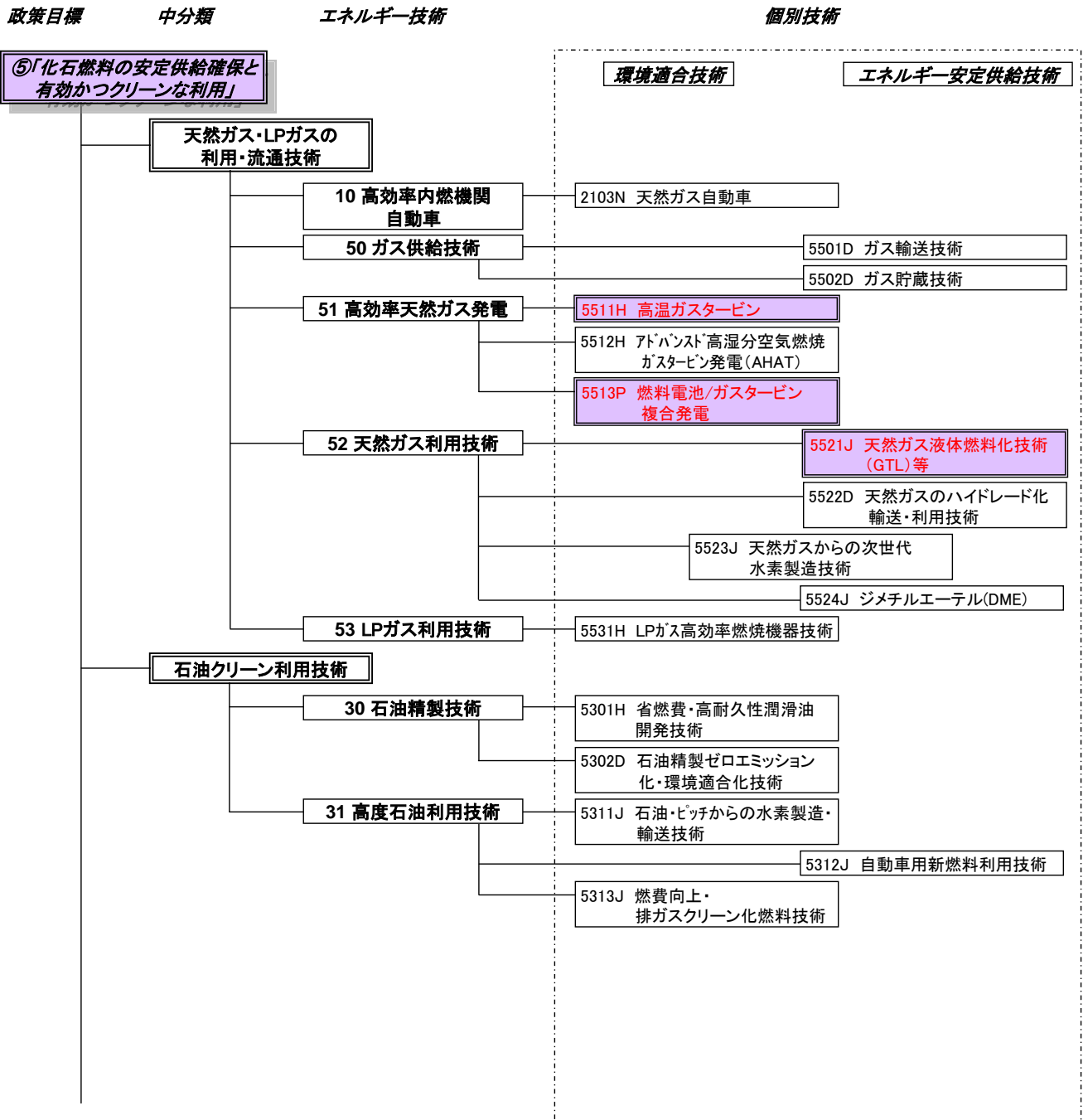
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(1/4)

※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。



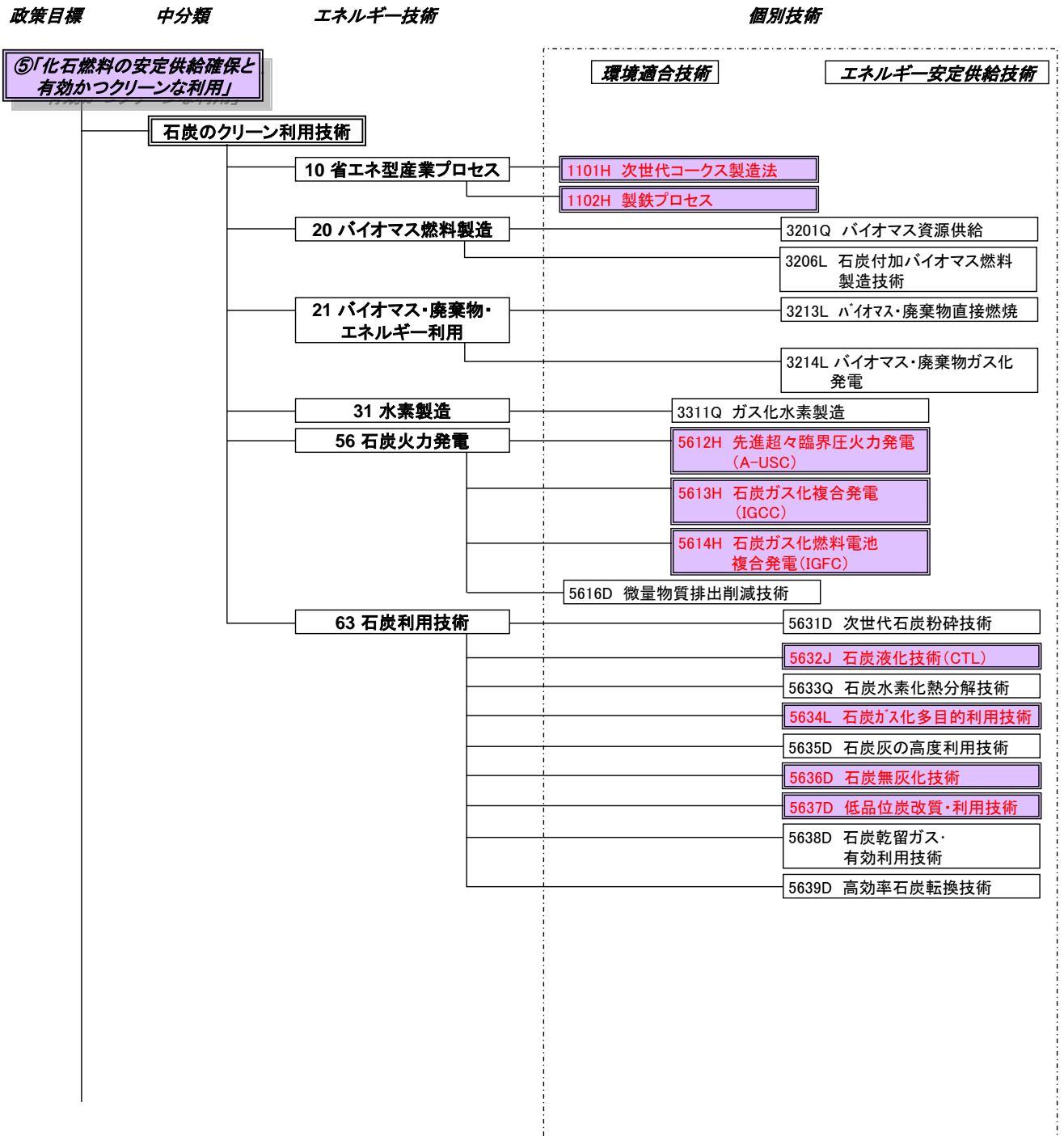
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(2/4)

※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。



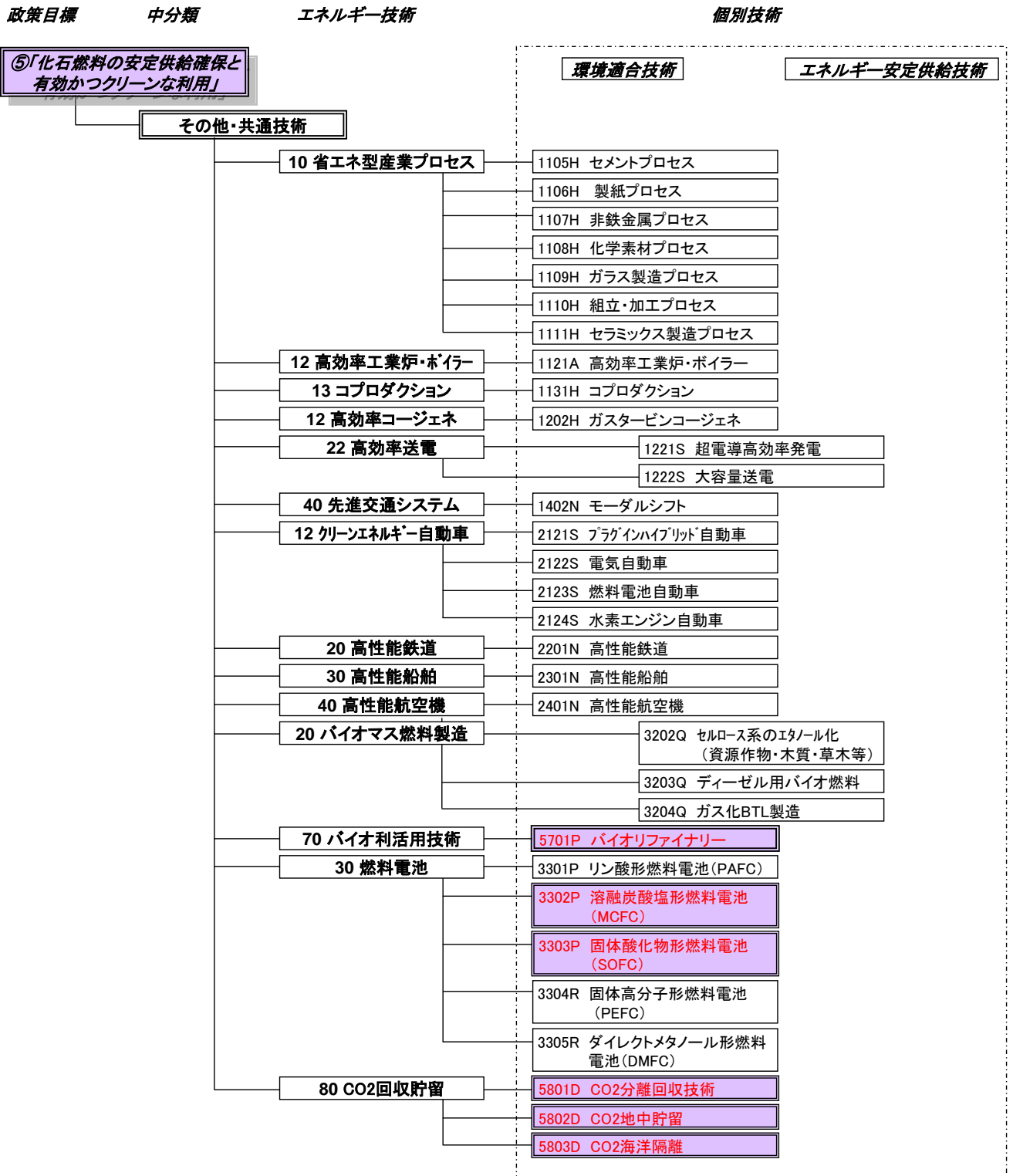
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(3/4)

※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。



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)(4/4)

※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。



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ロードマップ(7/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3213L	21.バイオマス・廃棄物 エネルギー利用 バイオマス・廃棄物 直接燃焼	大規模コージェネ	小規模ストーブ等の公共施設等での普及拡大	設備コスト低減	中小規模コージェネ	
		乾燥技術 高効率バーナ・ボイラ・ストーブ 自動運転化技術				
3214L	21.バイオマス・廃棄物 エネルギー利用 バイオマス・廃棄物 ガス化発電	実用規模実証				
		ガス化改質・高含水バイオマスのガス化効率向上 熱化学再生ガス化 低カロリー対応ガスエンジン技術 集塵・タール処理技術		燃料電池発電システム技術 セメント製造への原料・燃料利用		
3311Q	31.水素製造 ガス化水素製造	水素価格(水素製造全体) 150円/Nm ³	80円/Nm ³ 5 t/d バイロットプラント	40円/Nm ³		
		ケミカルループ利用ガス化技術 吸収剤リサイクル技術		CO ₂ 回収技術		
		部分酸化改質 水蒸気改質 オートサーマル改質		石炭ガス化 バイオマスガス化 ガスクリーンアップ	水分離膜技術	
5612H	61.石炭火力発電 先進超々臨界圧火力 発電(A-USC)	送電端効率 42%HHV(600℃級)	46%HHV(700℃級)	48%HHV(750℃級)		
			ボイラー・タービン新合金開発 高温弁開発 高温耐熱鋼溶接技術			
5613H	61.石炭火力発電 石炭ガス化複合発電 (IGCC)	送電端効率 41%HHV(250 MW実証機) 46%HHV(1500℃級GT・湿式ガス精製)	48%HHV(1500℃級GT・乾式ガス精製)	50%HHV(1700℃級GT・乾式ガス精製)	57%HHV(A-IGCC)	
		空気吹き石炭ガス化技術 多炭種対応技術 高効率酸素製造技術		乾式ガスクリーニング技術	低温高効率石炭ガス化技術 IGHAT 高温ガスタービン技術(1700℃級)	
5614H	61.石炭火力発電 石炭ガス化燃料電池 複合発電(IGFC)		プラント規模/送電端効率 実証機(1000 t/d級)		商用機(600 MW級/送電端効率55%HHV)	65%HHV(A-IGFC)
		多炭種対応技術	酸素吹き石炭ガス化技術 乾式ガスクリーニング技術 精密ガスクリーニング技術 高温ガスタービン技術 高効率酸素製造技術		大容量高温形燃料電池	
5616D	61.石炭火力発電 微量物質排出削減技術		微量物質挙動把握 微量物質計測技術		微量物質捕集技術	

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(8/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5631D	63.石炭利用技術 次世代石炭粉砕技術					バイオマスとの共粉砕技術 粉砕動力低減技術開発 超微粉砕技術開発 難粉砕性、高水分対応粉砕技術
5632J	63.石炭利用技術 石炭液化技術(CTL)	設備規模(国内) 設備規模(中国) 1t/d試験装置(PSU)(インドネシア)	3,000 t/d 3,000 t/d	6,000 t/d 6,000 t/d		アジア地域への普及のための研修
5633Q	63.石炭利用技術 石炭水素化熱分解技術					アップグレーディング技術 ガス化技術 FT合成技術
5634L	63.石炭利用技術 石炭ガス化多目的 利用技術					実証試験 パイロット試験 多炭種対応技術 高稼働・信頼性確立 コプロダクション技術
5635D	63.石炭利用技術 石炭灰の高度利用技術					バイオマス等とのハイブリッドガス化技術 ガススクリーニング技術 代替天然ガス製造
5636D	63.石炭利用技術 石炭無灰化技術					ベンチ試験 パイロット試験 製造技術検討 製造技術確立 セメント製造技術 繊維化技術
5637D	63.石炭利用技術 低品位炭改質・ 利用技術					実証試験 パイロット試験 UBC改質コスト \$7/t以下 低燃料比炭燃焼技術(共粉砕、混焼、スラッキング対策) 高燃料比炭燃焼技術(バーナー開発、超微粉砕技術) 褐炭等脱水技術 油中褐炭改質技術(UBC) 褐炭流体化技術 石炭水スラリー化技術

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(13/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3303P	30.燃料電池 固体酸化物形 燃料電池(SOFC)	発電効率(HHV)、耐久性 家庭用(1kW級～数kW級) 40%、4万時間 >40%、9万時間 業務用(数～数百kW級) 40%、1～2万時間 40%、4万時間 >45%、9万時間 産業用(数百kW級～数MW級) 約50%、1～2万時間 >50%、4万時間 >55%、9万時間 発電所用(数MW級～)	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始
		実証開始	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始
3304R	30.燃料電池 固体高分子形 燃料電池(PEFC)	発電効率(HHV) 約33% 約34% >36% 耐久性 約4万時間 約4～9万時間 9万時間	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始
		実証開始	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始
3305R	30.燃料電池 ダイレクトメタノール形 燃料電池(DMFC)	PC・携帯用 >15 >20 >40 (出力密度(W/kg)、 >1,500時間 >1万時間 耐久性(時間)) >5千時間 小型移動体用 >28(低速)、>52(中速・高速) >33(低速)、>54(中速・高速) (出力密度(W/kg)、 >1,200時間 >2,500時間 耐久性(時間)) >1,500時間	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始
		実証開始	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始
5801D	80.CO2回収貯留 CO2分離回収技術	分離回収コスト 4,200円/t-CO ₂ 2,000円/t-CO ₂ 1,000円/t-CO ₂ (さらに分離膜の実用化で1,500円台に)	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始
		実証開始	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始
5802D	80.CO2回収貯留 CO2地中貯留	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始
		実証開始	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始
5803D	80.CO2回収貯留 CO2海洋隔離	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始
		実証開始	実証開始	実証開始	実証開始	実証開始

事前評価書

作成日

平成22年2月8日

1. 事業名称 (コード番号)	ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト －革新的CO2回収型石炭ガス化技術開発－
2. 推進部署名	クリーンコール開発推進部
3. 事業概要	<p>(1) 概要：</p> <p>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必要で、とりわけ石炭のクリーン利用が重要となる。具体的には、高効率な石炭火力発電技術とCO2回収・貯留(CCS)技術が最重要の技術となる。一方、石炭火力発電のゼロエミッション化には、CCSの導入が不可欠であるが、CCSの導入により発電効率は大幅に低下する。</p> <p>このため、CCS付き石炭ガス化複合発電(IGCC)システムの発電効率低下を極力抑えるために、CO2回収システムの高効率化を集中的に実施する。具体的には、CO2分離回収の開発拠点として、酸素吹石炭ガス化パイロット試験設備を用い、革新的CO2回収型石炭ガス化技術を開発する。</p> <p>① 次期IGCCに最適なCO2分離回収技術の開発</p> <p>高効率化のためにガスタービン(GT)入口温度が高温化するのに伴い、従来より更に高圧プロセスとなるIGCC(1,500℃超級GT導入)を想定し、高圧プロセスに最適なCO2分離回収システムの開発として、IGCCとの組み合わせでは世界最先端となる「物理吸収法」によるパイロット規模の実証事業を実施する。</p> <p>② 新規CO2分離回収技術等調査</p> <p>高効率化とCCSのエネルギーロスを経済的範囲まで抑える新規CO2回収型石炭ガス化技術として、CO2分離設備が不要な「CO2回収型石炭ガス化技術」、回収CO2の昇圧ロス低減が可能な「高圧再生型吸収液によるCO2分離回収技術」等調査検討を行うとともに有望技術についてフィールド試験を計画する。</p> <p>(2) 事業規模：</p> <p>総事業費(NEDO負担分)約60億円(平成22年度 15億円)(予定) (事業総額の2/3を想定)</p> <p>(3) 事業期間：平成22年度～25年度(4年間)</p>
4. 評価の検討状況	

(1) 事業の位置付け・必要性

石炭は、世界中に広く賦存し、埋蔵量が多いことから、将来にわたって安定供給が見込める重要なエネルギー資源として位置付けられているが、単位発熱量当たりのCO₂発生量が他の化石燃料に比べて多く、燃焼時にばいじん、NO_x、SO_xやCO₂を排出することから、環境に調和した利用を進めるために更なる高効率化及び環境負荷物質排出量の低減が要求されており、石炭利用の高効率化や環境負荷低減を目指した石炭利用技術の開発については、官民を挙げて推進されているところである。特に、近年の地球環境問題（CO₂問題）の高まりから気候変動に関する政府間パネル（IPCC）やG8、或いはEUや米国においても石炭火力発電に対しては効率向上に加え大幅なCO₂削減を行うためにはCO₂回収・貯留（CCS）を行なうことが必要であるとの認識が広まりつつある。

我が国においても、「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」の「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られ、平成21年12月に閣議決定された「新成長戦略」の“グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略”においても、火力発電所の効率化等の革新的技術開発の前倒しが指摘されている。また、平成20年7月に閣議決定された「低炭素社会づくり行動計画」において、CO₂の分離・回収コストの低減やIGCC技術と併せて、CO₂をほぼ排出しないゼロエミッション石炭火力発電の実現を目指すとされている。

本事業は、これらの方針に沿って、CO₂回収システムの高効率化を集中的に実施し、石炭ガス化技術をコアとした高効率発電システム及びゼロエミッション化技術の開発を目指すもので、エネルギー分野の技術戦略マップ2009の「⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」のクリーンコールテクノロジーや、Cool Earth エネルギー革新技術開発ロードマップの「②高効率石炭火力発電」に位置付けられるもので、我が国の環境・エネルギー政策とも密接に関連する公共性の高いものである。

特に、本事業は、これまでNEDOが実施してきた「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」の酸素吹き的气体化技術の特徴を活かして実施するもので、高効率化、CO₂対策という地球環境問題及びエネルギーセキュリティーを念頭に置いたテーマであることから民間単独のみでは実施困難である。また、このような石炭ガス化をコアとした大規模技術開発は、世界的に見ても国が積極的に関与している事業であることを踏まえると、NEDOの事業として、妥当性が極めて高く、推進すべき必要性がある。

(2) 研究開発目標の妥当性

CO₂分離回収に伴う発電効率の低下は、CCS技術実用化の最大の課題と考えられている。本研究において物理吸収法の石炭ガスへの適用性が検証されれば、高圧プロセスとなる次期IGCCシステムにおいても大幅なCO₂排出原単位削減とCCS導入による発電効率低下度合いの低減が達成されることとなる。

開発目標値である「回収CO₂純度98%以上」は、化学プラント事例等を参考に設定したものであり、石炭ガス化システムへの「物理吸収法」技術の適用性を総合的に判断する上で有効かつ妥当な水準と考えられる。また、「発電効率改善」については、IGCCへのCO₂分離回収システム付加による送電端効率低下(エネルギーロス)を化学吸収法と比較して10%程度縮減することとしており、ゼロエミッション石炭火力発電の導入加速化につながるものである。加えて、以下項目についても確認を行い、IGCC+CCSシステムの成立や効果の検証、ひいては商用化に向けた課題抽出を行うこととする。

- ・ 各運転条件でのCO₂回収エネルギー原単位確認
- ・ 物理吸収液の吸収放散特性の把握と系統圧力依存性の確認
- ・ 環境対策設備としての運用性確認(脱硫率、プラント起動停止時の運用等)

[目標(平成25年度)]

項 目	達 成 目 標
CO ₂ 分離回収技術 (物理吸収法)	回収CO ₂ の純度98%以上 (石炭ガス化発電システムへの適用性を検証)
発電効率改善	IGCC(1,500°C超級GT)を想定したCO ₂ 分離回収システムのエネルギーロス低減 (化学吸収法と比較して相対比10%の改善)

(3) 研究開発マネジメント

本研究開発は、NEDO事業として実施するが、研究実施者の積極的な関与、将来の事業化を推進するため、研究実施者との共同研究(負担割合 NEDO:実施者=2:1)にて実施する。

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、プロジェクトの目的及び目標に照らし適切な運営管理を実施する。

具体的には、プロジェクトをより効率的かつ効果的に遂行するために、プロジェクトの技術目標等の達成に向けた取り組み等プロジェクト全般に関して、NEDOと協議して推進していくプロジェクトリーダー(PL)を設置し、その下で効果的な研究開発を推進する。

また、NEDOに技術委員会等を設置し、外部有識者らの意見・助言を受けながら運営管理に反映させ、プロジェクト全体の技術成果・進捗状況を適切に評価し、共同研究実施者と協議の上で技術開発を推進する。

(4) 研究開発成果

世界全体のCO₂排出量を2050年までに半減することを実現するため、革新的技術の開発として「Cool Earth - エネルギー革新技術計画」で重点的に取り組むべき21のエネルギー革新技術を選定しており、「高効率石炭火力発電」と「二酸化炭素回収・貯留（CCS）」が含まれている。

また、World energy Outlook 2009（IEA）によれば、今後も石炭は主力のエネルギー源（44%）と予測されており、本開発成果は、高効率IGCCへの適用技術として、国内火力発電所のリプレイス対象設備への適用のみならず、世界の火力発電所の新設に対しても普及効果が見込まれ、国の施策に大きく貢献できるものと考えられる。

(5) 実用化・事業化の見通し

実用化の時期およびコスト見通し、競争力については、エネルギー需給情勢や環境論の推移並びに企業戦略も大きく影響することから不確定要素があるものの、今後の火力発電所リプレイスや海外での新設におけるガス化技術の適用可能性を高められることから、実用化・事業化の可能性は高い。

IGCCに関しては、現在空気吹IGCC開発が250MWの実証試験中であり、また高効率ガスタービンについても、LNG向けとして1,500℃級GTは実用化済みであり、1,600℃級が計画中、1,700℃級は実用化技術開発中であり、近い将来1,500℃超級IGCCの実用化に至ると考えられ、それに適合するCO₂分離回収技術についても、世界的なCCS推進の動向等からも、その実用化の可能性のポテンシャルは高いと思われる。

(6) その他特記事項

5. 総合評価

国のエネルギー、環境政策に沿った技術開発であり、NEDO事業として推進すべき重要事項である。

推進に当たっては、これまでの酸素吹石炭ガス化の成果、設備を利活用し効率的に実施できる体制、方針で臨むべきである。

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト～革新的 CO2 回収型石炭ガス化技術開発～ 基本計画（案）」

に対するパブリックコメント募集の結果について

平成 22 年 3 月 31 日
NEDO
クリーンコール開発推進部

NEDO POST 3 において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間

平成 22 年 2 月 16 日～平成 22 年 2 月 28 日

2. パブリックコメント投稿数＜有効のもの＞

計 0 件

以 上

特許論文等リスト

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た。また、パネル展示、新聞発表等を通じ、一般への広報活動も積極的に行った。

STEP1, 2 の平成 15 年度以降の実績を要約したのが表1である。

表1 特許・成果普及状況【STEP1,2】

	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	合 計
特 許 出 願 (登録1)	2 件	3 件	4 件	2 件	8 件	4 件	4 件	27 件
論 文 投 稿	8 件	5 件	5 件	3 件	4 件	8 件	1 件	34 件
研 究 発 表	11 件	6 件	6 件	6 件	5 件	9 件	3 件	46 件
受 賞 実 績	0 件	0 件	0 件	0 件	2 件	0 件	0 件	2 件
新 聞 等 掲 載	3 件	6 件	15 件	7 件	13 件	14 件	11 件	69 件
展 示 会 出 展	2 件	4 件	2 件	2 件	0 件	1 件	1 件	12 件

STEP3 の実績を表 2 に要約する。

表 2 特許・成果普及状況【STEP3】

	H22 年度	H23 年度	H24 年度	H25 年度	H26 年度	合計
特 許	7 件	1 件	2 件	3 件	0 件	13 件
論 文 投 稿	1 件	3 件	2 件	1 件	1 件	8 件
研 究 発 表	5 件	4 件	7 件	8 件	0 件	24 件
プ レ ス 発 表 等	7 件	8 件	10 件	7 件	1 件	33 件

以下に、STEP3 の詳細を示す。

(1) 特許等

出 願 日	受 付 番 号	出願に係る特許等の標題	出 願 人
平成 22 年度			
2010. 6. 22	特願 2010-141772	フィルタ装置の再生方法及びフィルタ装置の再生システム	電源開発(株) バブコック日立(株)
2010. 7. 15	特願 2010-160830	ガス化炉	電源開発(株) バブコック日立(株)
2010. 8. 10	特願 2010-179117	ガス化発電システム	電源開発(株) 日立製作所

出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題	出願人
2010.9.15	特願 2010-206218	ガス化炉、ガス化炉の運転方法、及び石炭ガス化複合発電プラント	電源開発(株) バブコック日立(株)
2010.11.29	豪州特願 2010246510	ガス化炉、ガス化発電プラント、ガス化炉の運転方法、及びガス化発電プラントの運転方法	電源開発(株) バブコック日立(株)
2010.11.30	中国特願 201010571848.1号	ガス化炉、ガス化発電プラント、ガス化炉の運転方法、及びガス化発電プラントの運転方法	電源開発(株) バブコック日立(株)
2010.11.30	特願 2010-266067	ガス化炉、ガス化発電プラント、ガス化炉の運転方法、及びガス化発電プラントの運転方法	電源開発(株) バブコック日立(株)
平成 23 年度			
2011.5.31	特願 2011-121840	COシフト反応装置及びこれを備えた石炭ガス化複合発電システム	電源開発(株) バブコック日立(株)
平成 24 年度			
2012.9.24	特願 2012-209838	ガス化炉	電源開発(株) バブコック日立(株)
2012.10.18	特願 2012-230717	スラグ排出装置及びスラグ排出方法	電源開発(株) バブコック日立(株)
平成 25 年度			
2013.9.13	特願 2013-190518	石炭ガス化装置	電源開発(株) バブコック日立(株)
2013.10.2	特願 2013-207767	COシフト反応装置及び該COシフト反応装置の運転方法	電源開発(株) (株)日立製作所 バブコック日立(株)
2014.3.31	特願 2014-071947	サワーシフト触媒のスタートアップ方法	電源開発(株) 千代田化工建設(株)

(2) 論文投稿

発表年月	発表媒体	発表タイトル	発表者
平成 22 年度			
2010.9	日本ガスタービン学会誌 2010年9月号	「J-POWERの石炭火力の現状と展望」	村山 均
平成 23 年度			
2011.5	日本エネルギー学会誌 2011年5月号	IGCCシステムの概要とガス化炉スラグの有効利用	山下 洋
2011.9	化学工学会誌「化学工学」 75巻9号	石炭ガス化技術とCO ₂ 分離回収	小俣 浩次

発表年月	発表媒体	発表タイトル	発表者
2012.1	電気評論 2012年1月号	EAGLEプロジェクトにおける CO ₂ 分離回収と炭種拡大	日野 稔
平成24年度			
2012.8	電気評論 2012年8月号	「石炭ガス化とCO ₂ 分離回収技術 —革新的CO ₂ 回収型石炭ガス化 技術開発—」	込山 則雄
平成25年度			
2014.1	電気評論 2014年1月号	石炭ガス化プラントにおけるCO ₂ 分離回収技術	日野 稔
平成26年度			
2014.4	「火力原子力発電」 2014年4月号	若松研究所 事業所紹介 (EAGLE概要紹介を含む)	中静 靖直

・「ニアゼロミッション石炭利用技術に向けた取り組み」

日立評論(2012.11) 鈴木 朋子

(3) 研究発表

発表年月	発表媒体	発表タイトル	発表者
平成22年度			
2010.7.21	Gasification Users Association(GUA) Meeting	Status update of EAGLE project	歌野 雅一
2010.9.6	日本機械学会2010年度年次大会	「多目的石炭ガス製造技術開発 (EAGLEプロジェクト)の状況」	中村 郷平
2010.10.14	平成22年度火力原子力 発電大会	多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の現状	池田 健一
2010.10.16	日本機械学会 第11回秋 季技術交流フォーラム	多目的石炭ガス製造技術(EAGLE)開発状況	山下 洋
2011.1.21	第39回GTSJガス タービンセミナー	酸素吹石炭ガス化技術開発の現状	有森 映二
平成23年度			
2011.6.7	The Clearwater Clean Coal Conference	「Clean Coal Technology Development EAGLE-Project」	笹津 浩司
2011.6.7	The Clearwater Clean Coal Conference	「Optimization of operating conditions of CO ₂ capture test」	中村 郷平
2011.10.13	(社)火力原子力発電技術 協会	革新的CO ₂ 回収型石炭ガス化技術 開発について	宇賀塚 学
2011.11.8	「The 7th International Conference on Clean Coal Technology and Fuel Cells」	「J-POWER's CCT Activities-for Establishment of Low Carbon Society-」	笹津 浩司
平成24年度			
2012.6.5	The Clearwater Clean	Reduction of energy requirement	

発表年月	発表媒体	発表タイトル	発表者
	Coal Conference	in CO ₂ capture process	鈴木 英樹
2012. 6. 5	The Clearwater Clean Coal Conference	J-POWER' s CCT Activities-Update of EAGLE Coal Gasification Project-	笹津 浩司
2012. 9. 11	石炭ガス化技術とCO ₂ 分離回収	日本機械学会2012年度年次大会	小俣 浩次
2012. 10. 4	平成24年度 火力原子力発電大会 (北海道大会)	石炭ガス化プラントにおけるCO ₂ 分離回収技術 (化学吸収法)	山口 健一
2012. 10. 4	平成24年度 火力原子力発電大会 (北海道大会)	粉体搬送技術開発成果	安富 寿徳
2012. 11. 14	第19回日本機械学会九州支部フォーラム	「多目的石炭ガス製造技術開発」	小俣 浩次
2013. 3. 17	化学工学会第78年会 化学産業技術フォーラム	J-POWERのCCT開発—EAGLE石炭ガス化プロジェクトの近況—	笹津 浩司
平成25年度			
2013. 6. 4	The Clearwater Clean Coal Conference	Evaluation of Efficiency Penalty Impact of CCS in IGCC System	笹津 浩司
2013. 6. 4	The Clearwater Clean Coal Conference	Improvement of CO ₂ Chemical Absorption process for IGCC system	中村 郷平
2013. 6. 26	JPI 特別セミナー	クリーンコールテクノロジー(CCT)開発の最前線—EAGLEプロジェクトの成果を踏まえ—	笹津 浩司
2013. 10. 17	平成25年度 火力原子力発電大会(広島大会)	石炭ガス化プラントにおけるCO ₂ 分離回収技術(物理吸収法)	山口 健一
2013. 10. 28	第12回 日中 石炭・C1化学シンポジウム	Reduction of energy requirement in CO ₂ capture process	鈴木 英樹
2014. 2. 5	火力原子力発電技術協会 東北支部 技術講演会	石炭ガス化技術及びCO ₂ 分離回収技術への取り組み	鈴木 英樹
2014. 2. 13	グローバルCCSインステイテュート日本事務所主催 第10回勉強会	石炭ガス化プラントにおけるCO ₂ 分離回収技術	河合 俊輔
2014. 3. 12	JCOAL技術勉強会	石炭ガス化技術及びCO ₂ 分離回収技術への取り組み	中村 仁礼

(4) プレス発表等

発表年月	発表媒体	発表タイトル
平成22年度		
2010. 6. 19	日本経済新聞	CO ₂ 回収法確立へ実験
2010. 6. 19	フジサンケイビジネスアイ	NEDO・Jパワー CO ₂ 回収共同研究 加圧し液体溶解で効率化
2010. 6. 21	日経産業新聞	石炭火力 CO ₂ 回収に新手法 Jパワー次世代発電で実験

発表年月	発表媒体	発表タイトル
2010. 6. 21	日刊工業新聞	NEDO・J パワー 物理吸収法使いCO ₂ 回収実験
2010. 6. 21	電気新聞	J パワー CO ₂ 分離回収試験実施 国内初の物理吸収法
2010. 7. 2	フジサンケイビジネスアイ	次世代技術で石炭ビジネスをリード
2010. 9. 19	西日本新聞	未来の暮らし支える、環境技術いろいろ 一探検！ 北九州次世代エネルギーパークー
平成 23 年度		
2011. 6. 15	福岡県民新聞	今こそ石炭に注目を！“夢の発電設備”研究着々
2011. 8. 23	産経新聞	Jパワーの石炭ガス化 効率60%とCO ₂ ゼロ目指す
2012. 1. 25	電気新聞	世界初CO ₂ 回収設備
2012. 2. 13	電気新聞	J-POWER 石炭ガス化複合発電<石炭火力技術シリーズ①石炭ガス化>
2012. 2. 16	日刊工業新聞	石炭火力、CO ₂ 分離回収 Jパワー、物理吸収法で試験
2012. 2. 22	電気新聞	J-POWER 石炭ガス化複合発電<石炭火力技術シリーズ②CO ₂ 分離回収>
2012. 2. 29	日刊工業新聞	開発進む石炭ガス化複合発電 高圧プロセスCO ₂ 分離回収 試験プラントで知見蓄積
2012. 3. 28	フジサンケイビジネスアイ	夢の「イーグル」に注目
平成 24 年度		
2012. 5. 21	日経産業新聞	技術で創る未来『石炭ガス化複合発電(IGCC)』
2012. 6. 26	電気新聞	EAGLEプロジェクト①
2012. 7. 3	電気新聞	EAGLEプロジェクト②
2012. 7. 10	電気新聞	EAGLEプロジェクト③
2012. 7. 17	電気新聞	EAGLEプロジェクト④
2012. 7. 20	産経新聞	新火力発電 研究進む Jパワーの北九州試験プラント
2012. 7. 24	日本経済新聞	エネルギーを拓く 第4部技術革新への疾走
2013. 2 月	日経エコロジー	【特集】原発不在時の大黒柱 火力にどこまで頼れるか
2013. 2. 25	電気新聞	次世代IGCCへ一層の効率化追求(JパワーEAGLEプロジェクト)
2013. 2. 26	電気新聞	多目的石炭ガス利用の開発へ(若松研究所「EAGLEプロジェクト」)
平成 25 年度		
2014. 2. 25	電気新聞	次世代石炭火力技術の研究開発
2014. 3. 4	電気新聞	次世代石炭火力技術の研究開発
2014. 3. 18	日刊工業新聞	J-POWER IGCC試験研究終了へ
2014. 3 月	雑誌WEDGE	「石炭ガス化」発電プロジェクト
2014. 3. 31	雑誌PRESIDENT	唐橋ユミ×石炭火力発電

発表年月	発表媒体	発表タイトル
2014. 3. 31	産経新聞	石炭火力 高効率・低コスト 実は環境にもやさしく

・「次世代石炭火力発電向け低温作動型シフト触媒を開発」

日経産業新聞 平成 26 年 1 月 10 日掲載

・NEDO 記者会見

「IGCC 技術で世界トップレベルの冷ガス効率 82%達成 (NEDO 石炭ガス化技術プロジェクトが終了)」

日時:9 月 2 日 (火)13:30-14:30

場所:NEDO 分室

記事掲載:

産経新聞 朝刊 11 面 平成 26 年 9 月 3 日 (水)

日経産業新聞 朝刊 11 面 平成 26 年 9 月 3 日 (水)

化学工業日報 朝刊 1 面 平成 26 年 9 月 3 日 (水)

フジサンケイビジネスアイ 朝刊 4 面 平成 26 年 9 月 3 日 (水)

SANKEI EXPRESS 朝刊 4 面 平成 26 年 9 月 3 日 (水)

電気新聞 朝刊 3 面 平成 26 年 9 月 3 日 (水)

テレビ朝日ホームページ テレ朝 news→経済ニュース 平成 26 年 9 月 2 日 (火)

日刊工業新聞 20 面 平成 26 年 9 月 25 日 (木)

(5) その他

① 出展

1)平成22年10月13日～15日

エコテクノ2010

2)平成23年10月12日～14日

エコテクノ2011

② 表彰

1)平成26年6月23日

一般財団法人エンジニアリング協会 特別表彰

「奨励特別賞:EAGLECO₂物理吸収プロジェクトチーム」