

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

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	5

はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第31条に基づき研究評価委員会において設置された「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業／CO₂回収型次世代IGCC技術開発」(事後評価)の研究評価委員会分科会(第1回(平成26年11月26日)及び現地調査会(平成26年10月27日))において策定した評価報告書(案)の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第42回研究評価委員会(平成27年3月26日)にて、その評価結果について報告するものである。

平成27年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭
火力基盤技術／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業／CO₂回収型次世代IGCC技術
開発」分科会(事後評価)

分科会長 金子 祥三

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

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

I G C C 技術開発」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成26年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	かねこ しょうぞう 金子 祥三	東京大学 生産技術研究所 エネルギー工学連携研究セ ンター 特任教授
分科 会長 代理	あべ たかゆき 阿部 高之	新エネルギー開発株式会社 技術顧問
委員	かんぼら しんじ 神原 信志	岐阜大学大学院 工学研究科 環境エネルギーシステム 専攻 教授
	せきね やすし 関根 泰	早稲田大学 先進理工学部 応用化学科 教授
	たかのはし としまさ 鷹 翳 利公	産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 新燃料 グループ 研究グループ長
	なるせ いちろう 成瀬 一郎	名古屋大学 エコトピア科学研究所 グリーンシステム 部門 教授
	ふじい としひで 藤井 俊英	電気事業連合会 技術開発部 部長

敬称略、五十音順

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」

ゼロエミッション石炭火力基盤技術／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業／CO₂回収型次世代 IGCC 技術開発」（事後評価）

評価概要（案）

1. 総論

1. 1 総合評価

化石燃料資源の殆どを輸入に頼る日本にとって、本事業は世界各地に豊富に存在する石炭を将来的に有効活用する技術開発で、日本のエネルギーセキュリティーの向上に大きく寄与すると同時に、輸入燃料費の低減、CO₂削減による地球温暖化防止に大きく貢献するものである。世界に先駆けて O₂/CO₂ ガス化の研究開発に取り組んだ意義は大きい。高い目標値(送電端効率 42%(HHV))の設定のもと、当該技術開発プロジェクトをほぼ計画通りに遂行し、目標値が達成できる条件を見出すに至ったことは高く評価できる。

一方、目標値の達成は計算結果により得られたものであり、当初計画の検討項目に実証試験が含まれていなかったことから、O₂+CO₂ ガス化及び乾式脱硫の実証試験がこのプロジェクト期間内でできなかったことは残念である。また、知財の取得数が事業規模に比して少ない。本事業により、将来日本企業が国際競争力を持ちうる領域となることが期待でき、そのためにも得られた成果に対して国際的な知財確保がなされている必要がある。

震災以降、原子力発電所の停止により膨大な燃料購入費の海外流出が続いており、また地球温暖化への世界的な取組強化など、本事業に関する社会環境・背景は大きく変化し、実施前より本事業の実施意義・必要性は格段に高まっている。研究計画は実現可能性・見込みと共に、社会のニーズ・変化に応じて機動的に見直す必要があるが、震災以降の急激な情勢変化を考えると、事業の加速化・前倒し検討が行えなかったのかという点が残念である。

1. 2 今後に対する提言

次フェーズでの 5 年間での実施内容について、技術課題解決のための開発項目に優先順位をつけて、前半の 3 年目までにはベンチでの実証試験の確認を済ませてもらいたい。特に O₂/CO₂ ガス化条件の最適化、およびガス化性能に影響する要因解析に重点をおいた基礎研究を早急に実施する必要があると思われる。

また、商用化に関する検討に関して石炭ガス化技術の範疇内での比較では片手落ちである。発電コスト試算では USC や NGCC の CCS についても検討されてはいるが、微粉炭燃焼ならびに微粉炭燃焼+CCS 等、さまざま視点での公平な比較も視野に入れて頂きたい。

現在の原子力発電の状況や地球温暖化の状況を鑑みると、後継事業の加速化・前倒しが求められる。今回の事業においてはある一定の成果が確認できており、仮に今回の事業で積み

残し部分があるとしても、現在規模の実証機で確認をしながら並行して次ステップで商用化に向けた検証を行うなど、商用化に向けた加速が望まれる。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

地球温暖化は地球規模の喫緊の課題であり、CO₂低減技術の開発は急務である。当該技術開発の目標「CO₂回収後において送電端効率 42%」は、世界最先端のゼロエミッション発電を実現するものであるが、その開発には長期間の研究・開発が必要であるとともに、スケールアップ等のためには多大な開発資金が必要不可欠であり、NEDO 事業で行うことは妥当である。

一方、本事業は長期間にわたる研究開発であることより、内外の技術開発動向や国際競争力の状況については当初調査結果に終わるのではなく、逐次調査を行いその結果に応じた目標等の更新・評価することが必要と思われる。

2. 2 研究開発マネジメントについて

目標値の設定においては、最も重要となる効率の維持という観点から、数値目標を CO₂回収後の HHV 基準で 42%の目標を掲げており、既存の技術との比較と経済性成立の実現性を考慮すると、妥当な目標であると評価する。一方、設定目標の達成は次フェイズ以降に本格検討を計画している 1500℃級のセミクロード型 GT にも依存している。設定された目標を補完するものとして、現フェイズで見通しが得られる要素技術のみで達成できる目標を設定することが必要かと思われる。

当初の研究目標および研究計画は妥当であったが、チャレンジ性と革新性をもつプロジェクトであることから必ずしも当初研究計画どおりに進まず、結果として研究テーマ間の連携を十分とることができなかつた事例が見受けられた。当初計画通りに進まなかつた場合の対応・対策を事前に考慮しておく必要があつたのではないか。

研究開発の事業体制は、中間評価意見の一部を取り入れてメーカーを参画させる等、妥当なものであると評価する。一方、人材育成や技術蓄積、技術アピールの観点からはオールジャパン体制として、より多くの石炭技術者・研究者がプロジェクトに参画する組織・体制もあつたのではないか。

本 PJ は基盤技術開発であるが、本成果を実用化につなげる目標と戦略は明確であつた。ただし知財については、国際的な権利を含めてよりアグレッシブに取得、審査請求することが望ましい。

震災以降、日本の電源構成に大きな変化が見られると共に、石炭火力発電所の重要性が高まり、それに伴い CO₂ 対策がさらに脚光を浴びるようになった。計画された時点よりも本事業の実用化を前倒しすべきと考えるが、計画が見直された様子が見えない点は残念である。

2. 3 研究開発成果について

実施者である電力中央研究所を中心に当該基盤技術の開発を計画的に進め、概ね目標を達

成できたことは高く評価できる。得られた成果は世界の関連する他の技術と比べても、最高レベルの CO₂ 回収後の送電端効率が期待できる。ガス精製プロセスにおいては、これまでの知見が反映され、他のガス化プロセスへ適用可能な成果が得られているが、本システムの基幹技術であることに鑑み、さらなる技術の進展が望まれる。一方、本来必要な O₂/CO₂ ガス化技術の最適化に関する研究が少なく、また目標値の達成が机上のソフトウェアによる計算結果から得られたものであるため、次フェーズではこれらの点の早急な実施・実証が望まれる。本研究の成果の一つに、NMR による灰の溶融性・流動性の評価技術があるか、これは石炭ガス化はもとより微粉炭焚きボイラの灰のスラッシング性にも重要な知見を与えるものであり、さらなる解析技術の進展が期待される。

また、知的財産権については特許出願が 4 件と 27 億円規模の研究開発としては不十分である。世界最先端で日本が将来リーダーとして世界中で活躍・貢献するために、知財による権利の確保にさらに力を注いで欲しい。

研究成果の普及に関して国内外学会での発表や国際的雑誌への投稿等、積極的な取組みがなされたことは評価できる。実用化された際にエンドユーザーとなる電気事業者に対しても、成果報告会などの機会を活用し、本研究の進捗状況などを報告しているが、今後もより積極的に事業者と意見交換を行い、ニーズの汲み上げを継続いただきたい。また、今後は、広く一般への情報発信も視野に入れて、広報パンフレット作成や公開討論会開催、出前講義開催などの成果普及・公開方法を検討すべきである。

2. 4 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

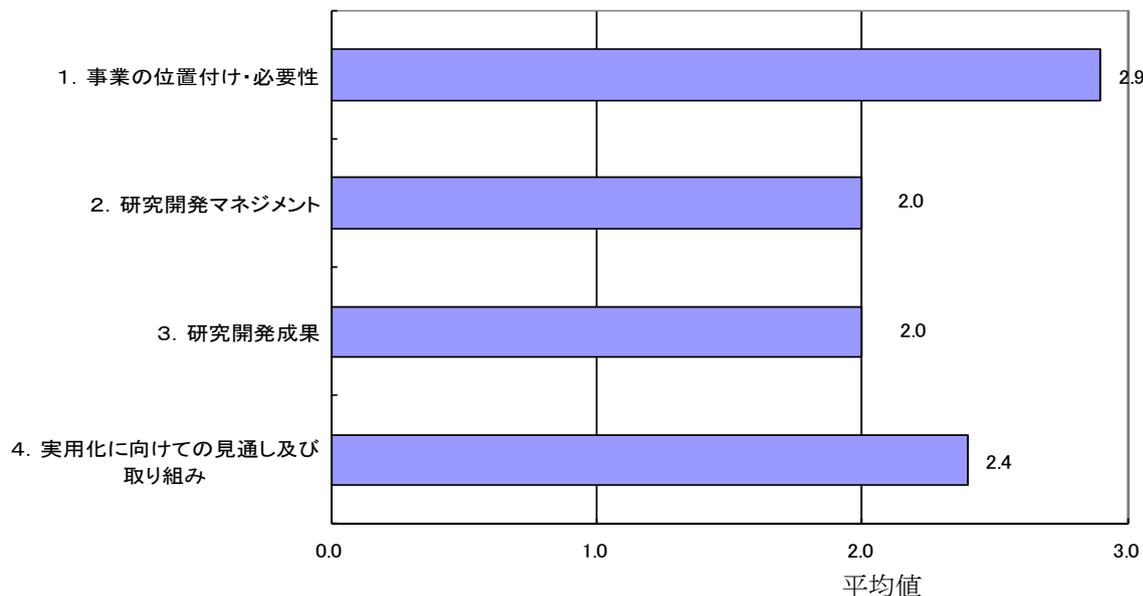
本プロジェクトの成果を基に後継フェーズの基本計画が検討され、実用化へのロードマップも明確になっている。また、商用化までのマイルストーンも示されていると共に、フェーズごとに見込まれる成果が他にスピノフできる事も記載されこれも評価できる。さらに、本事業が最終的に実用化された際の本システムの市場規模も示され、世界的にニーズがあることも十分理解できる。

一方、ガス化技術の研究は、酸素富化空気ガス化に比較して O₂/CO₂ ガス化は反応性が良いことが確認された段階であり、目標とする O₂/CO₂ 比でのガス化性能の基礎データが把握できていない等、実用化の見通しに対して不明な点が残されている。次フェーズで早急に進めることを希望する。また本システム成立の基幹技術として乾式ガス精製技術があり、これに関しては一層の充実した研究開発を期待したい。

さらに本システムの成果は、各構成要素それぞれが初期の目標値をクリアすることはもとより、システム全体のバランス・信頼性・経済性が成り立って初めて得られるものであり、各マイルストーン毎の総合的評価と判断をしっかりと行って戴きたい。

当該プロジェクトの実施期間内において、若手研究者の発表も多く見られ、この分野での若手の人材育成に貢献できたことは大きな成果である。次フェーズにおいても人材育成面での取組みに期待したい。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	B	A	A	
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	B	A	A	
2. 研究開発マネジメントについて	2.0	B	C	C	A	A	B	B	
3. 研究開発成果について	2.0	B	B	B	A	B	B	C	
4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて	2.4	A	B	B	A	A	B	B	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|--------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当であるが、課題あり →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

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

日時：平成26年11月26日(水) 13:30～17:20

場所：WTC コンファレンスセンター Room B

(世界貿易センタービル 3階)

議事次第

(公開セッション)

- | | | |
|-------------------------------|-------------|-------|
| 1. 開会、資料の確認 | 13:30～13:35 | (5分) |
| 2. 分科会の設置について | 13:35～13:40 | (5分) |
| 3. 分科会の公開について | 13:40～13:45 | (5分) |
| 4. 評価の実施方法について | 13:45～14:00 | (15分) |
| 5. プロジェクトの概要説明 | | |
| 5. 1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント | 14:00～14:15 | (15分) |
| 5. 2 研究開発成果、実用化に向けての見通し及び取り組み | 14:15～14:30 | (15分) |
| 5. 3 質疑応答 | 14:30～14:50 | (20分) |

休憩 14:50～15:00 (10分)

6. プロジェクトの詳細説明

[説明 55分、質疑応答 35分] 15:00～16:30 (90分)

(非公開セッション)

7. 全体を通しての質疑 16:30～17:00 (30分)

(公開セッション)

8. まとめ・講評 17:00～17:15 (15分)

9. 今後の予定 17:15～17:20 (5分)

10. 閉会

研究評価委員会「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／
ゼロエミッション石炭火力基盤技術／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業／
CO₂回収型次世代IGCC技術開発」
(事後評価) 現地調査会

議事次第

日時：2014年10月27日 14:00～16:20

場所：一般財団法人電力中央研究所／横須賀地区／本館第2会議室及び各設備

- | | |
|------------------------|-------------|
| 1 開会 | 14:00～14:10 |
| ・ 現地調査の趣旨説明、出席者紹介（事務局） | |
| ・ 実施者代表ご挨拶（牧野首席研究員） | |
| 2 研究開発設備調査 | |
| ・ 見学設備に関する概略説明（沖上席研究員） | 14:10～14:25 |
| ・ 石炭ガス化研究炉（濱田研究員） | 14:30～14:50 |
| ・ ガス精製研究設備（小林上席研究員） | 14:50～15:10 |
| ・ PDTF（梅本主任研究員） | 15:15～15:35 |
| 3 補足説明・質疑応答（司会：金子分科会長） | 15:15～15:35 |
| 4 閉会の辞 | 16:20 |

以上

概要

		最終更新日	平成 26 年 11 月 17 日						
プログラム (又は施策) 名	エネルギーイノベーションプログラム								
プロジェクト 名	ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業 CO2回収型次世代 IGCC 技術開発	プロジェクト番 号	P08020						
担当推進部/ 担当者	環境部/在間信之、正木良輔、岡島重伸、春田智明、細田兼次(23年4月~) 環境部/矢内俊一、横塚正俊、平田学、河田和久(~23年3月)								
0. 事業の 概要	<p>エネルギーイノベーションプログラムにおいて、エネルギー安全保障の確立や、世界全体の温室効果ガスを 2050 年までに半減する長期目標を達成するための政策の柱の 1 つとして、化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用を図るとしてあり、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指すことを達成目標としている。また、国が策定したエネルギー分野の技術戦略マップ 2009 の化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に関する技術ロードマップや Cool Earth エネルギー革新技術開発ロードマップに沿った技術開発の推進と、総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会で示された CoolGen 計画（世界的に需要が拡大する石炭のクリーン利用に関する技術開発を強力に推進）の着実な進展を図ることが必要となっており、「新成長戦略」（平成 21 年 12 月閣議決定）においても、火力発電の効率化等の開発の前倒しが指摘されている。</p> <p>石炭は、石炭火力発電を中心に、今後とも世界的需要が拡大し、3E+S（供給安定性、経済性、環境適合性、安全確保）の同時達成が可能となる革新的な技術開発が求められており、その中でも、CO₂回収・貯留（CCS）技術を組み込んだゼロエミッション石炭火力を実現できる、高効率な石炭火力発電技術の開発及び CCS との最適化が有効である。</p> <p>本事業は、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として、CO₂分離回収型の早期商用化に向けた酸素吹石炭ガス化複合発電実証の最適化検討等を行う各種プロジェクトの中で、「ゼロエミッション石炭火力基盤技術」とした基盤研究事業の位置付けで、CCS を組み込んだ後でも、現行の最高効率を維持できる革新的な石炭ガス化基礎技術開発を行うものである。</p>								
I. 事業の 位置付け・ 必要性に ついて	<p>石炭火力から発生する CO₂を分離・回収・貯留する CCS を含めたゼロエミッション型のガス化発電技術を火力発電に適用する場合、付加的なエネルギーが多量に必要となり効率が低下することから、貴重な炭化水素資源の有効活用の観点で石炭ガス化システムや CO₂分離・回収技術の更なる高効率化が求められる。そこで、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究を実施する必要がある。</p> <p>本事業では、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させる性質をもつ CCS 技術について可能な限り発電効率を高く維持するため、ガス化の効率向上に資する基盤的な技術開発として、「CO₂回収型次世代 IGCC 技術開発」を実施する。</p>								
II. 研究開発マネジメントについて									
事業の目標	<p>研究開発項目「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」 「CO₂回収型次世代 IGCC 技術開発」（課題設定：委託事業）</p> <p>[中間目標（平成 22 年度）] ・目標値：送電端効率（42%：HHV 基準、CO₂回収後）のための主要構成技術の目処を得る。</p> <p>[最終目標（平成 26 年度）] ・目標値：性状の異なる環太平洋地域の 3 種類以上の石炭を用い、CO₂回収後において送電端効率 42%（HHV 基準）を実現させる基盤技術の確立。</p> <p>・設定根拠：CO₂回収を行っても既存の火力発電所の送電端効率（42%）と同等の効率を達成するため。</p>								
事業の計画 内容	実施事項	H20 年度	H21 年度	H22 年度	H23 年度	H24 年度	H25 年度	H26 年度	総額
	CO ₂ 回収型次世代 IGCC 技術開発	980	287	230	337	442	222	214	2712
開発予算 (会計・勘定 別に事業費 の実績額を 記載) (単位：百万 円)	会計・勘定	H20 年度	H21 年度	H22 年度	H23 年度	H24 年度	H25 年度	H26 年度	総額
	一般会計	—	—	—	—	—	—	—	0
	特別会計 (需給)	140	287	230	337	442	222	214	1872
	補正予算	840	—	—	—	—	—	—	840

契約種類： ・委託 (○) ・助成 (一) ・共同研究 (○負担率 (2/3))	総予算額	980	287	230	337	442	222	214	2712
	(委託)	980	287	230	337	442	222	214	2712
	(助成) : 助成率	—	—	—	—	—	—	—	—
	(共同研究) : 負担率	—	—	—	—	—	—	—	—
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課							
	プロジェクトリーダー	[プロジェクトリーダー] 平成 23 年 1 月まで 九州大学 炭素資源国際教育研究センター 特任教授 持田 勲 平成 23 年 2 月から エネルギー総合工学研究所 理事 小野崎 正樹 [サブプロジェクトリーダー] (独) 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 主幹研究員 赤井 誠							
	委託先 (* 委託先が管理法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載)	研究開発項目「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」 「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」(課題設定：委託事業) 委託先：(財) 電力中央研究所、九州大学 再委託先：三菱重工業、三菱日立パワーシステムズ、群馬大学、京都大学 (H20 年度のみ北海道大学を含む)							
情勢変化への対応	① 本計画の変更 ゼロエミッション石炭火力に関する技術開発テーマを効率的かつ効果的に推進することを目的として、平成 21 年度まで基本計画及び実施計画を定めていた以下のテーマを統合し、平成 22 年度から「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」のテーマとして実施した。 ・革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト (発電から CO ₂ 貯留までのトータルシステムのフィージビリティ・スタディ、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業) ・戦略的炭素ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT) ・クリーン・コール・テクノロジー推進事業								
評価に関する事項	事前評価	平成 19 年度実施 担当部 環境技術開発部							
	中間評価	平成 22 年度 中間評価実施							
	事後評価	平成 26 年度 事後評価実施							

地球温暖化対策の観点から火力発電分野における CO₂ 削減が求められており、電気事業では発電効率の向上やバイオマス燃料の導入など様々な対策を進めている。一方、近年欧米を中心に CO₂ の分離回収・貯留 (CCS) 技術が注目され、導入に向けた動きが活発化している。しかし、既存の CO₂ 回収技術では、大幅な発電効率の低下とそれに伴う発電コストの上昇が課題となっている。そこで、CO₂ 回収後も高い発電効率を維持できる CO₂ 回収技術を開発することにより、CO₂ 回収に必要なエネルギー、CO₂ 回収コストを大幅削減することができれば極めて有意義である。

本事業では、石炭ガス化複合発電システムから回収した CO₂ に必要な O₂ を加えてガス化剤や GT 燃焼用空気の代替として用いることにより、送電端効率を大幅に向上可能な CO₂ 回収型次世代 IGCC システムの実用基盤技術を開発することを目的として、CO₂ 回収後においても最新鋭微粉炭火力並みの送電端効率 42%を目指す。

本事業の最終目標は、「性状の異なる環太平洋地域の 3 種類以上の石炭を供試した際に CO₂ 回収後において送電端効率 42% (HHV 基準) を実現させる基盤技術」を確立することであった。これに対し、瀝青炭から亜瀝青炭に至る幅広い性状範囲の 7 炭種を小型ガス化炉で試験し、CO₂ 富化条件への適合性を確認するとともに、炭素析出対策など本システムにおいても重要な種々の基盤技術を開発した。また、プラントメーカーによるシステム全体の成立性検討結果を受けて実現性の高いシステムに改良した上で、性状の異なる 3 炭種を対象に送電端効率を解析し、いずれの炭種でも目標の 42%を上回ることを示した。以下に主な成果の概要を記す。

1 基本コンセプトの確認

- ・本システムの導入により CO₂ 回収後の送電端効率が高く維持できる要因を整理するとともに、CO₂ 回収エネルギーを大幅に低減できることを明らかとした。
- ・小型ガス化炉 (石炭処理量 3 トン/日) を用いた CO₂ 富化試験により、CO₂ 濃度の上昇に伴い石炭ガス化反応が促進される (チャー生成率が低減される) ことなどを明らかとした。
- ・熱天秤を用いた試験により、10%-O₂/CO₂ 雰囲気におけるガス化反応速度定数が 10%-O₂/N₂ 雰囲気のものより 1.4~2.6 倍程度まで向上することを明らかとした。

2 基盤技術の開発

① 実機規模ガス化炉の数値解析ツールの構築とガス化炉特性の評価

- ・O₂/CO₂ ガス化条件におけるガス化炉の特性を既存の実験設備で把握することは難しいため、既存数値解析ツールに O₂/CO₂ ガス化条件を想定して開発した反応モデルを組み込んだ実機規模 O₂/CO₂ ガス化炉の数値解析ツールを構築し、当該ツールによりガス化炉の特性を評価し、空気吹き相当の O₂ 濃度条件による解析により、CO₂ 投入時の適正運転条件を見出した。
- ・酸素吹き相当の O₂ 濃度条件で 2 室 2 段炉の解析を行い、運転条件 (酸素比、燃料投入比 R/T) の影響を明らかとした。
- ・中間評価での指摘を踏まえ、O₂/CO₂ ガス化技術を形状の異なるガス化炉へ適用した際の特性評価に備え、1 室 2 段炉解析ツールを開発した。

② 高 CO 条件における炭素析出対策の構築

- ・本システムでは、生成ガス中の CO 濃度が高く、脱硫剤等への炭素析出が懸念されるため、その対策を構築した。GT 循環排ガスの一部を乾式ガス精製設備の上流に添加すれば炭素析出が抑制できること、送電端効率の低下も 0.2%未満と小さいことなどを明らかとした。

③ 小型炉ガス化炉による CO₂ 富化試験法の開発と炭種によるガス化特性評価

- ・既設空気吹き小型ガス化炉に CO₂ 供給設備や CO₂ 予熱装置などを追設し、幅広い性状の 7 炭種について CO₂ 富化ガス化試験を行い全ての供試炭が CO₂ 富化条件で運転可能であることを確認した。特に、灰溶流点が 1,400°C未満の 5 炭種については、CO₂ 富化により反応が促進される (チャー生成率が低減される) ことを確認した。灰溶流点 1,400°C以上の炭種では、小型ガス化炉の制約 (O₂ 濃度に上限があり、モル比熱の大きい CO₂ の富化により炉内温度が低下するため、運転条件が制約される) から、適切な運転条件が設定されず、その効果を確認できなかったが、ベンチ炉および実機は酸素吹き相当の高 O₂ 濃度運転となるため、反応促進効果の確認が可能と推察される。
- ・コンバスタ温度を一定として CO₂ 富化時のガス化特性を評価する手法を開発し、当該手法により、基本的にはいずれの石炭でも CO₂ 富化によるガス化反応促進効果があることを確認した。

④ ガス化ガスを用いた脱硫剤評価技術の開発と設計データの取得

- ・既設の小型ガス化炉で製造したガス化ガスを、実機に用いるハニカム形状の亜鉛フェライト脱硫剤反応器に抽気して、実機で用いられるガス流速相当の条件において、性能を評価する装置を設計・設置した。本装置を活用して、脱硫剤の硫黄化合物除去特性を測定して、実機相当条件での性能を評価する手法を開発した。これにより、次フェイズで製作を計画している乾式ガス精製システムの脱硫装置の基本設計データを効率的に取得できるようになった。

Ⅲ. 研究開発成果について

3 全体システム成立性の検討

- ・本システムは、いずれもこれまでにない技術である O_2/CO_2 吹きガス化炉とセミクローズド GT とを組み合わせた、新しくかつ複雑なシステムとなるため、プラントメーカーの協力を得て、商用化をにらんだ開発システムの課題を抽出し、機器構成の見直しなどにより、実現性の高いシステムを構築した。
- ・前項の課題抽出を受けて、本システムの条件にあわせた空気分離装置および再生熱交換器を試設計し、本システムの成立性を確認するとともに、システム効率、プラントレイアウトなどを検討するための基礎データをそろえた。
- ・各メーカーによる検討結果をベースに、本システムの送電端効率を性状の異なる 3 炭種について検討し、42%以上の目標を達成することを示した。
- ・またプラントレイアウトや発電コストを検討し、既検討 Pre-Combustion Capture ユニットと同等以下の敷地面積におさまることを確認するとともに、発電コストで優位性を保てる本システムの建設費ターゲットを明確化した。

4 次フェイズの検討

① 試験計画や設備の検討などによる次フェイズの準備

- ・プラントメーカーとの意見交換を通じて商用化までのロードマップと各フェイズのマイルストーンを整理し、次フェイズの開発課題を明確化した。
- ・前項で明確化した次フェイズの開発課題を念頭において、次フェイズで必要となる設備を試設計し、既設 50TPD ガス化炉の改造により、効率的かつ低コストで所期の計画が達成可能であることなどを示した。
- ・実機 FS の抽出課題として次フェイズで実施予定のセミクローズド GT 燃焼器試験に備え、次フェイズの基礎試験装置を試設計するとともに、単一バーナ基礎燃焼試験により、今後の検討のベースデータを取得した。

5 本技術の普及に向けた検討

① 炭種適合性評価のための基盤技術開発

- ・ O_2/CO_2 吹きガス化反応挙動を表現する反応モデルを構築して数値解析ツールに導入した。また、 O_2/CO_2 ガス化時のスート生成挙動の実験的検討や芳香族混合物の分解・改質試験を通じて開発した初期熱分解モデルと詳細反応モデルを用いてスート生成挙動を解明した。
- ・石炭ガス化炉への炭種適合性を評価する上で重要な指標とされるスラグ排出性を評価する技術を開発するため、様々な角度から基礎データを収集し、炭種による違い、スラグ排出現象そのものの類型化を通じ、高温熔融スラグ粘度をモデル化する見通しを得た。

② 適合炭種拡大のための基盤技術開発

- ・適合炭種の拡大に向け、触媒を使用することなく、褐炭のガス化速度を促進する改質方法として、溶剤改質法を提案するとともに、反応速度の比較によりその有効性を確認した。

投稿論文	「査読付き」62 件、「その他」14 件
特 許	「出願済」4 件
その他外部発表	「学会発表等」204 件、「その他*」10 件 (*:本研究開発の中間年報など)

IV. 実用化の見通しについて

本プロジェクトは、「基礎的・基盤的研究開発」であることから、本研究における「実用化」の定義を「当該研究開発の成果が、ガス化炉をスケールアップした後継プロジェクトに活用されること」と定めた。

本フェイズでは、①プラントメーカーや重要構成機器の専門メーカーのアドバイスを反映した実現性の高いシステムを構築し、その性能を確認するとともに、②次フェイズに求められる基盤技術を開発し、③商用化までを見据えて次フェイズで重点的に検討すべき事項を整理した上で、④次フェイズで必要となる設備の検討を行うとともに、当該設備の設計や検討に必要な基礎データを得ることで、「実用化」につなげる成果を挙げる事ができた。

また、その後の「商用化」についても、本ガス化技術は、我が国で開発された IGCC 実証機（勿来の空気吹きガス化技術）で培った技術をベースとしており、効率的かつ着実な研究開発推進が期待できる。特にガス化技術については、次フェイズで、50TPD ガス化炉でその性能を確認できれば、直ちに SNG 合成等の産業用ガス化炉として実用展開できるレベルに達すると期待される。

セミクローズドサイクル GT については、これまでに実施された水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術 (WE-NET) やアドバンスト高湿分空気利用ガスタービン (AHAT) の知見を活用できるものの、プラントメーカーによる検討の結果、 CO_2 循環時の燃焼特性などの開発課題が抽出された。そこで、次フェイズで燃焼器基礎試験と CFD による検討を実施し、次に続くフェイズ 3 でセミクローズドサイクル GT に特化した検討を計画することとした。

検討したロードマップでは、本システムは 2020 年代後半～2030 年代半ばに計画される実証試験を

	<p>経て、実証機の商用化を契機に国内外のCCSプロジェクトへ展開可能と見込んでいるが、これは国内外におけるCCSの本格商用化に間に合うだけでなく、2030年代において最新鋭と想定される1,700°C級GTをベースとしたPre-Combustion型IGCCプラント以上の高い効率が期待されるため、十分な競争力があるものと考えられる。</p> <p>本開発においては、各フェイズのマイルストーンをクリアすることで、前述のSNG合成用ガス化炉など、様々な技術の商用化が期待される。フェイズ3終了時点では、酸素燃焼NGCC技術が実用段階に進むことに加え、乾式ガス精製システムが大型化され実用段階に至るため従来型IGCCの効率向上にも寄与できるものと期待される。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成19年3月 作成
	変更履歴	平成22年3月 改訂 (ゼロエミッション石炭火力に関する技術開発テーマを効率的かつ効果的に推進することを目的として、関連テーマを「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として統合)

プロジェクト用語集

名称	略号	意味
石炭ガス化複合発電 Integrated coal Gasification Combined Cycle	IGCC	石炭をガス化し得られた石炭ガス化ガスを燃料として、高効率のガスタービン複合発電システムで発電する高効率発電システム。
石炭ガス化 Coal gasification		固体である石炭を熱分解反応やガス化剤との反応により、気体に転換すること。高温による熱分解反応やガス化剤との化学反応の複合反応として進行する。
ガス化剤 Gasification reagent		石炭などをガス化する際に石炭の炭素分と反応させてガス化するために用いるものをさす。 通常用いられるガス化剤には、空気、酸素、水蒸気、水素およびこれらの混合物がある。
スラグ Slag		金属酸化物や金属塩の溶融混合物をいう。IGCCにおいては、溶融状態の石炭灰を指し、炉底で水冷固化したガラス状粒子（水砕スラグ）を含めた呼称として使われている。IGCCで得られる水砕スラグは、フライアッシュと異なり、金属成分の溶出がないため、土木工事事用資材など砂代替として有効利用できるものと期待されている。
スラッキング Slagging		一般に、炉内で溶融した石炭灰（スラグ）が炉内の輻射伝熱面などに付着し、冷却されて固化堆積する現象のこと。
チャー Char		石炭粒子が熱分解した際に生成される未燃固形粒子。石炭中の揮発分が熱分解などで放出されたもので、石炭粒子と比べると、一般に粒径がやや小さく、固定炭素分および灰分の含有量が相対的に増加している。
シフト反応 Water gas shift reaction		一酸化炭素と水蒸気から水素と二酸化炭素を生成する反応。 $CO + H_2O \rightleftharpoons H_2 + CO_2$
炭素転換率 Carbon conversion efficiency		投入石炭中の炭素量に対する生成ガス中炭素分の割合。
冷ガス効率 Cold gas efficiency		ガス化炉に投入した石炭の総熱量に対する生成ガスの総熱量の割合。
発電効率 Thermal efficiency		投入した燃料の総熱量に対する発電電力量の比。分子の発電電力量に対し、発電機で発生した発電電力量を基準とする発電端効率と、発電所内で消費される所内動力を差し引いた送電端効率の2つがある。

名称	略号	意味
石炭 Coal		化石燃料の一つ。土砂に埋没した植物が長時間高い地圧と地熱などによる加圧、乾留などの作用を受けて変質した可燃性固体。 火力発電などに用いられる石炭は、製鉄業でコークス用に用いられる原料炭と区別して一般炭と呼ばれる。 一般に、発熱量4,000kcal/kg以下、湿分と水分の合計が30%以上、灰分40%以上の、揮発分10%以下のものは低品位炭と呼ばれる（火力原子力発電技術協会 纂：火力発電用語辞典より）。
二酸化炭素分離・貯留 Carbon Dioxide Capture and Storage (Sequestration)	CCS	発電所や天然ガス鉱山など大規模な排出源で発生するCO ₂ を、他のガスから分離・回収し、安定した地層に貯留したり、海洋に隔離することにより、CO ₂ を大気から長期間隔離する技術
褐炭 Lignite		石炭化度が低く、水分などの多い低品位な石炭。官能基が多く、自然発火しやすいため、保管・輸送に注意が必要であることから、採掘地付近の火力発電所で使われることが多い。世界の石炭埋蔵量の半分を褐炭が占めることから、褐炭から水分を取り除くなど、輸送・燃焼の効率を上げる改良技術も研究がなされている
石炭前処理 Coal pre-treatment		石炭に含まれる灰分や水分を除去すること。灰分の多い石炭では石炭中の鉱物質を比重分離などにより取り除くことが多く、水分の多い褐炭では、事前に乾燥する技術が豪州などで開発されている。
空気分離装置 Air Separation Unit	ASU	プラントで使用する酸素を製造する設備。製鉄所や発電所などの大型設備においては、深冷分離法を用いて空気から酸素を分離製造することが多いが、プラント規模、必要とされる酸素純度によって他の方式が用いられることもある。

2. 研究開発マネジメントについて (2) 研究開発計画の妥当性

＜研究開発のスケジュール＞

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

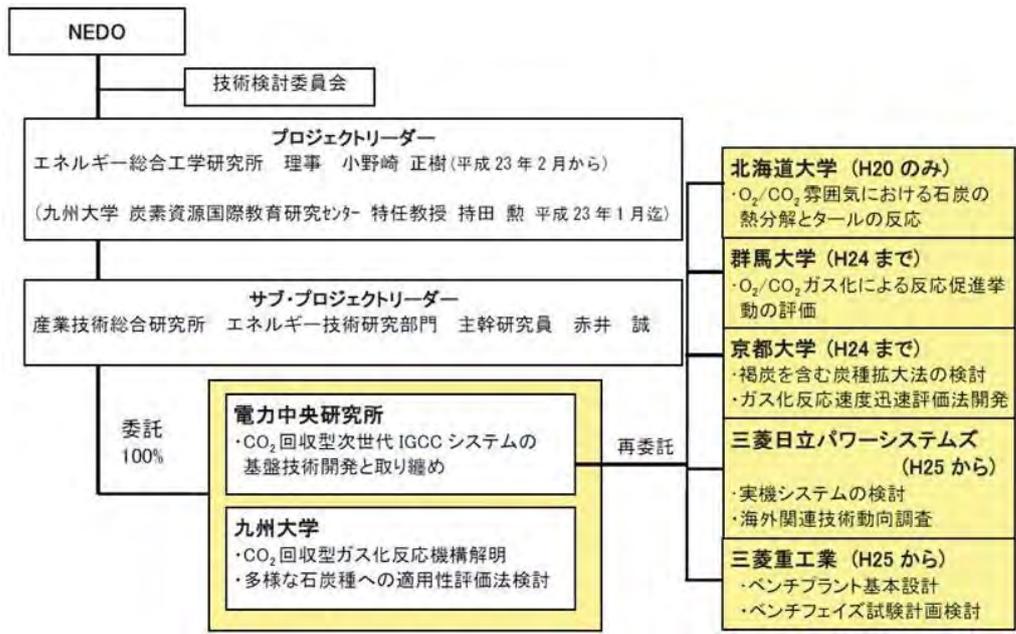
中間評価▲ 事後評価▲

事業原簿 II-2

14/26

2. 研究開発マネジメントについて (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

＜実施体制＞



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