

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トータルシステム調査研究」
事業評価（中間評価）報告書

平成 23 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
ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究中間評価委員会

目次

はじめに	2
ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究中間評価委員会	
委員名簿	3
審査経過	4
評価	5

はじめに

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。）においては、ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究事業に係る中間評価について審議を行うために、当該研究の外部の専門家、有識者等によって構成されるゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究事業中間評価委員会を開催した。

本報告書は、「ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究事業」の事業評価（中間評価）報告書であり、同中間評価委員会に諮り、確定されたものである。

平成23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
ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究事業中間評価委員会

ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究事業

中間評価委員会 委員名簿

(平成22年11月現在、敬称略)

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

審議経過

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事業中間評価委員会開催
(平成22年11月5日)
 - ・事業評価項目の審議
 - ・事業委託先からの平成20～22年度の事業概要報告
2. 本事業中間評価委員会委員による評価コメントの記入、及び本事業中間評価委員会事務局（NEDO環境部）への提出（平成22年12月17日）
3. 本事業の事務局において、評価委員の評価コメントの取りまとめと、事業委託先への送付（平成23年1月18日）
4. 本事業の事務局において、事業委託先から評価コメントに対する補足意見の回収（平成23年2月4日）
5. 事業評価（中間評価）報告書（案）の確定
 - ・事業委託先の補足意見も参考に、Eメールを利用して評価委員で内容確認
 - ・平成23年2月に評価委員の報告書（案）承諾の回答を得て確定

評 価

事業評価書（中間評価）

	作成日	平成23年3月2日現在
制度・施策名称	エネルギーイノベーションプログラム	
事業名称	ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクトの内、 ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究	コード番号： P08020
担当推進部	環境部	
0. 実施内容		
<p>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、我が国は、主要国による国際的枠組みの構築等を前提として、「2020年に温室効果ガスを1990年対比で25%削減する」との目標を掲げ、「2050年には80%の削減を目指す」としている。このCO₂削減目標を達成するためには、高効率発電技術とともに、CO₂の分離・回収・貯留（CCS）も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。こうした背景から、わが国における実現可能性やエネルギー需給への影響を検討するための基礎的情報を得るため、発電からCCSまでのトータルシステムの実施可能性（フィジビリティ・スタディー）を実施することが急務となっている。これまで我が国ではCO₂の貯留ポテンシャルについては種々の検討がなされてきたが、石炭ガス化発電システムからCO₂の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムを、システムの設計に基づいて、詳細に評価した例はない。本事業では、トータルシステムとしてのフィジビリティ・スタディー（以下、FS）として、以下の(1)～(5)を行い、総合的評価を実施する。平成22年度は、本事業の3年目につき、中間評価を行う。</p>		
<p>(1) 石炭ガス化発電とCO₂分離・回収システムの概念設計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CO₂分離回収IGCC実証機及び商用機の概念設計と詳細設計の実施。 ・CO₂分離回収IGCCに係わるプラント運用調査と経済性評価。 		
<p>(2) CO₂輸送システムの概念設計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・液化CO₂輸送船の実証レベルの概念設計及び商用レベルの初期計画の作成。 ・CO₂パイプライン輸送商用規模の概念設計の実施。（陸上及び海底パイプライン） ・陸上基地の実証レベルの概念設計の実施。 ・洋上着底基地の実証レベルの概念設計、施工法、荒天の影響検討を実施。 ・洋上浮体基地の概念設計の実施。 ・CO₂ハイドレート船舶輸送の概念設計の実施。 		
<p>(3) CO₂の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・貯留層経済性評価ツールの作成。 ・想定貯留地点（3箇所）の選定と貯留ポテンシャルの算出。 ・想定貯留地点での貯留設備の概念設計と経済性評価。 		

(4) 全体システム評価（発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムの評価）

- ・全体調整・取り纏めとして、FS における各 Gr（①石炭ガス化発電と CO₂ 分離・回収システムの検討 Gr、②CO₂ 輸送システムの検討 Gr、③CO₂ の貯留システム検討 Gr、④全体システム評価 Gr、⑤特定サイトでの発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムの検討 Gr）役割を明確にするため、FS 全体概要を作成。
- ・事業全体に係わる設計条件、横断的な事項に対して、設定条件（設計条件、輸送船の仕様等）を決定。
- ・CO₂ を分離・回収し、輸送・貯留・モニタリングするまでのトータルシステムの分析例を調査すると共に実証機設計データを元に商用機の経済性評価（中間評価）を実施
- ・輸送方法別貯留方法のケース検討（29 ケース）とその評価（メリット、デメリット、経済性）を実施。
- ・経済性評価モデルの構築と評価では、わが国全体を対象として、火力発電所から CO₂ を分離・回収し、輸送・貯留・モニタリングするまでのトータルシステムの経済性評価を可能とする GIS（地図情報システム）と連携した汎用モデルを開発し、様々なケーススタディを通じてモデルの精緻化や機能向上を図る作業を実施中。
- ・エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価においては、ゼロミッション石炭火力の導入が世界の長期的なエネルギー需給構造の中におけるわが国のエネルギー・電力需給に及ぼす影響などを分析評価するためのモデル群を開発し、様々なシナリオを想定した試算を通じてモデルの精緻化を図る作業を実施中。
- ・国際標準化検討においては、革新的ゼロエミッション石炭火力発電システムの要素技術等のうち、実用化の促進に向けて国際標準化が有効な課題を、国際会議の場や、現地訪問を通じた専門家へのヒアリングなどの手段を通じて摘出するとともに、国際的なデファクト・スタンダードが我が国に不利益をもたらすことが無いような、国際動向として、Capture Ready (CCS Ready) の考え方、リスクアセスメントを含む信頼性醸成の方法論について調査・分析を行った。

(5) 特定サイトでの発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムの概念設計

- ・勿来 IGCC 実証機の定格運転時を想定した場合の、石炭ガス 10%相当中の CO₂ 分離回収方法として、化学吸収法を選定。
- ・地上設備（脱湿・昇圧）の概念設計の実施。
- ・貯留層適性及び CO₂ 貯留ポテンシャル詳細評価及び将来予測の実施。
- ・圧入井及び海底施設の概念設計の実施。
- ・特定サイトでのトータルシステムの経済性評価を実施中。

1. 必要性（事業の意義、目標の妥当性）

[NEDO の自己評価]

① 事業の意義

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、我が国は、主要国による国際的枠組みの構築等を前提として、「2020 年に温室効果ガスを 1990 年対比で 25%削減する」との目標を掲げた。この削減目標を達成するためには、単位エネルギー当たり、CO₂ 排出量が高い石炭火力発電については、高効率発電技術とともに、CO₂ の分離・回収・貯留（Carbon dioxide capture and storage, CCS）も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。

我が国において、早急に石炭火力から発生する CO₂ を分離・回収・貯留する CCS を含めたゼロエミッション型の石炭火力発電技術のフィジビリティ・スタディーを行う必要性が高まっており、NEDO は、発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムのプロトタイプ概念設計を実施している。平成 22 年度は、国内における CCS の可能性について複数のサイトを対象としたケーススタディを実施している。このように、トータルシステムとしての CCS 検討に、世界に先駆けて取り組むことは時宜を得ており、必要性が高いと判断している。

② 目標の妥当性

本事業は、平成 22 年度までには、経済性評価の主要な部分を終了させる事を目標としている。この目標は、特に(5)の特定サイトの検討では、経済性評価終了後すぐに、我が国において本格的な CCS の実証事業への着手が検討されており、本事業の成果を活用することが効率的であることから、妥当な目標と考える。

[評価委員会評価]

・ CCS に関連する要素技術研究は、国内の教育・研究機関において活発に実施されてきているが、本事業で掲げられているトータルシステムとしての CCS 研究は進んでおらず、事業の意義は大いに認められる。

・ 本調査研究は、CCS というこれまで人類が試みたことがない新たな試みを、「やむを得ず」導入せざるを得ないような地球環境状態あるいは国際的な合意に至った際に、迅速な対応が直ちに取れる様な技術的基盤を確立するための第一歩であり、併せて行うべき環境評価もあわせ、その必要性は高い。

・ CCS が上流から下流まですべてをカバーしていることが、実際の実施にむけて重要であり、本プロジェクトが、石炭ガス化発電、CO₂ 分離・回収から貯留に至るトータルシステムのプロトタイプ概念設計を適切に行っており、事業の意義について、非常に重要であることが評価できる。

・ 本事業は、CCS を発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムとして捉え、我が国における技術的、経済的可能性を評価するものである。その成果は、石炭火力に対するスタンス、方向性を定める上で重要な資となるものであり、事業実施の必要性は高い。

・ CCS は、CO₂ 削減のための即戦力技術の有力候補であり、プロセス全体を俯瞰する当プロジェクトの必要性は高い。

[評価委員会評価に対する NEDO の見解]

特になし

2. 効率性（事業計画、実施体制、費用対効果）

[NEDO の自己評価]

① 手段の適正性

本事業は、平成 20 年 7 月 15 日に実施体制を決定して、事業に着手した。事業期間は平成 20 年度から平成 24 年度の 5 年間とし、外部有識者からなる技術検討委員会（年 2 回開催）の意見を参考に、毎年、NEDO が事業評価を実施している。平成 22 年度は、プロジェクトの 3 年目であり、設計業務の完成時期に位置付けられる。また、平成 23 年以降の 2 年間は、トータルシステムの経済性評価の感度分析や導入による影響評価を進める予定である。実施体制は、プロジェクトリーダー(PL)として、九州大学産学連携センター持田特任教授を（平成 23 年 1 月まで）、(財) エネルギー総合工学研究所小野崎部長（平成 23 年 2 月から）、産業技術総合研究所赤井主幹研究員(平成 22 年 4 月より招聘研究員)をサブプロジェクトリーダー（SPL）として推進した。また、平成 22 年度は、3 月 12 日（第 4 回）に技術検討委員会を、11 月 5 日（第 5 回）に中間評価委員会を開催した。第 4 回は、主に、各調査事業(1)～(5)の平成 21 年度を通した実施内容に付き議論し、不明点、コスト削減、次年度への反映事項等につき、委員から意見を得た。委員会の中で、抽出された課題については、次回の技術検討委員会において、その対応状況、進め方を報告し、必要に応じて計画内容の修正・変更等を行う様なシステムにする等機動的な対応を図り、事業の効率化に努めた。

また、技術検討委員会とは別に、全体システム評価 Gr が、各 Gr との円滑な連携をはかれるように、FS 連絡会を定期的に開催した（20 年度 4 回、21 年度 5 回、22 年度 5 回開催）。これにより、各調査事業間の連携を緊密にし、漏れのないような体制を作り、事業の効率化に努めた。ただし、委託先が多く（12 社）、プロジェクト全体の意志統一や情報共有化を徹底するため、NEDO と SPL 及び各 Gr の代表委託先からなる幹事会を設立した。これにより、重要案件に対する意志決定の迅速化や情報の共有化を図った。以上から、本事業の実施体制は、実証研究を進める上で適正である。

② 成果とコストとの関係に関する分析

以下の調査事業(1)～(5)に示す調査項目の効率的な実施により、ほぼ計画通りの成果が得られた。総論として、費用対効果は、ほぼ満足できるレベルにあると判断する。

(1) 石炭ガス化発電と CO₂ 分離・回収システムの概念設計

CO₂ 発生源である石炭ガス化発電及びそれに CO₂ 分離・回収設備を付加したシステムの概念設計と、それらを組み合わせた最適システムの検討において、商用機規模を決めるため、ガスタービンの形式・出力等、ラインアップされたデータを元に、システムを決定した。これらを迅速に実施する事により、商用規模の CO₂ 分離・回収量（150 万トン／年）を早期に決定し、下流設備の設計業務の効率的実施に繋がった。

(2) CO₂ 輸送システムの概念設計

- ・輸送システムと貯留候補地の組み合わせが 29 ケース想定されるが、最適ケースを選定するため、各々のメリット、デメリット、経済性等を予備検討し、それぞれを評価した。これにより、ケース検討を 6 件に絞り込む事ができ、事業を効率的に実施した。検討した結果、船舶でのハイドレート CO₂ 輸送は、想定の 2 倍以上のコスト高になった為、実証機の検討までに留め、商用機の検討は中止。
- ・経済性の分析結果、輸送コストの占める割合が 50% と多く、輸送コスト削減が必要である事から、輸送コスト削減に寄与する案件を今後、選定する予定。

(3) CO₂ の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価

- ・前述のとおり、貯留候補地毎の最適ケースを選定するため、メリット、デメリット、経済性等を各々予備評価した。輸送グループとの連携により、ケース検討を 6 件に絞り込み、貯留システムの検討を効率的に実施した。(船舶での液化 CO₂ 輸送ケース、船舶でのハイドレート CO₂ 輸送ケース、パイプラインでの CO₂ 輸送ケース、輸送なしの傾斜井ケースへの絞り込み 等)

(4) 全体システム評価（発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムの評価）

- ・上記(1)～(3)を実施する各 Gr との円滑な連携がはかれるように、FS 全体スケジュールの作成を行った。また、FS における各 Gr の役割を明確化するために FS 全体概要を作成した。これにより、FS 全体が明確になるとともに、全体の設計業務の効率化に繋がった。
- ・また、各 Gr から出てくる設計データや経済性データ等、トータルシステムの間接纏めを実施した。
- ・この中間まとめには、CO₂ 分離回収設備、輸送設備、貯留設備の建設費、運転費、保全費の試算とこれを元にした、各種ケースでの CO₂ 処理単価、CCS 付き IGCC の発電単価等の試算を含み、Gr との中間段階で概略経済性評価を行い、事業の効率化に繋がった。
- ・今後、これらの詳細分析により、CCS を含むにトータル評価を詳細に実施し、コスト削減に向けた課題等も明らかにして行く。
- ・また、わが国全体を対象として、火力発電所から CO₂ を分離・回収し、輸送・貯留・モニタリングするまでのトータルシステムの経済性評価を可能とする GIS（地図情報システム）と連携した汎用モデルを開発した。
- ・エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価においては、ゼロミッション石炭火力の導入が世界の長期的なエネルギー需給構造の中におけるわが国のエネルギー・電力需給に及ぼす影響などを分析評価するためのモデル群を開発した。
- ・国際標準化検討においては、革新的ゼロエミッション石炭火力発電システムの要素技術等のうち、実用化の促進に向けて国際標準化が有効な課題を抽出するとともに、国際的なデファクト・スタンダードが我が国に不利益をもたらすことが無いような国際動向として、Capture Ready（CCS Ready）の考え方等について調査・分析を行った。

(5) 特定サイトでの発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムの概念設計

CO₂ 発生源を勿来 IGCC 実証機、CO₂ 貯留箇所を貯留地として検討されている対象枯渇ガス田に特定し、CO₂ 回収～貯留までの一貫したシステムの実証を目指すための実施可能性調査を行った。特定サイトの一貫した実証の早期実施を目指すため、検討期間を 1.5 年前倒しし、平成 22 年度上期で概略完成させる等機敏な対応を図り、事業の効率化に繋がった。

[評価委員会評価]

- ・本 FS は石炭ガス化発電から CO₂ 分離回収、輸送、貯留と産業的にも地域的にも事業計画は、内部、外部でのチェックがなされ、修正も加えられ妥当であると考えられる。また、各グループの連絡が円滑に取れる実施体制がつくられ、情報、データの共有（受渡）がなされ、事業計画もほぼ計画通りに進んでいると判断する。
- ・CCS をトータルシステムとして捉えた研究を現実的なものにする為には、実務に携わる団体の参加が必須であり、その意味では本事業でとられている異業種多企業参加型の実施体制は、適切なものと判断される。
- ・外部専門家から成る、技術検討委員会による事業の方向性の俯瞰的提言や要素技術についての個別指摘は、当該グループによって検討され、事業に反映される体制がとられており、これまで有効に機能してきたものと評価できる。
- ・事業費用に関しては、例えば、輸送関連研究においてハイドレート輸送に関する将来性を勘案して研究の早期終了を決断したこと、また、特定サイトに関する概念設計の検討期間を前倒しするなど、その運用は必要性に応じて適切に成されていると判断される。
- ・特定サイトのトータルシステム検討の先行実施を図っているが、検討内容や結果をサイト固有の事項と他へ水平展開できる事項とに区分し、他 Gr にフィードバックすることも考慮されたい。

[評価委員会評価に対する NEDO の見解]

(1)～(4) Gr は、先行している特定サイトのトータルシステム検討 Gr の知見を活用するため、これまでも FS 連絡会にて情報交換を実施してきたが、更に 3 回程度情報交換会を開催する事で、確実なものとした。その中で、プロセス設計思想、プロセス選定経緯、貯留設備の設計上の検討事項等を入力し、設計・検討に反映する事で、重複の検討が無いよう考慮している。今後も Gr 間の水平展開については強化し、効率的な事業を推進していきたい。

3. 有効性（目標達成度、社会・経済への貢献度）

[NEDO の自己評価]

① 目標達成度

総論として、(1)～(5)の個別調査項目毎の解決すべき問題点や、取り合い条件、システム構成の選択等を行い、平成 21 年度の目標である実証機ベースの概念設計を完了させた。また、平成 22 年度の目標である商用機ベースの概念設計を推進中である。

以下に、各事業(1)～(5)項目の平成 22 年度までの成果を示す。

(1) 石炭ガス化発電と CO₂ 分離・回収システムの概念設計

- ・各種技術検討として、IGCC における CO₂ 分離回収の最適化検討を行い、CO シフト方式として、脱硫後シフト(スイートシフト)方式と脱硫前シフト(サワーシフト)方式を検討。また、CO₂ 分離回収方式として、化学吸収方式と物理吸収方式を検討し、これら組合せの 4 方式について比較評価を実施した。その結果、実証機ベースの設計条件下では、IGCC における CO₂ 分離回収として、脱硫後シフト(スイートシフト)方式での化学吸収方式を採用した。
- ・また、CO₂ 分離回収付き IGCC 商用機について、以下の項目について概念設計を実施した。(i) 主要設備構成・仕様、(ii) プラントプロセスフロー、(iii) プラント性能、(iv) ユーティリティ消費量、(v) 環境性能、(vi) プラント全体及び主要設備機器配置。これらに基づき、設備の建設コスト等の試算を行った。
- ・CO₂ 分離回収付き IGCC に係る経済性評価では、CO₂ 回収率感度解析の結果から CO₂ 排出原単位等の評価指標を算定した。これを元に、過去に DOE/NETL 等にて実施された CO₂ 分離回収付き IGCC に係る経済性試算結果との比較評価を行なった。
- ・実証機及び商用機の概念設計を評価し、CO₂ 分離回収付き IGCC に係る FS 等の公知情報を基に、実証機及び商用機の建設費、運転費及び保全費について試算を行ない、得られた結果を「全体システム評価」に提供した。

(2) CO₂ 輸送システムの概念設計

CO₂ 船舶輸送の概念設計、CO₂ パイプライン輸送の概念設計、CO₂ の貯蔵基地等の概念設計、輸送システム全体の概念設計を以下のように行い、設備コストを算出した。

- ・CO₂ の陸上および海底パイプラインによる輸送システムの概念設計を行い、パイプラインルートを選定。また、輸送条件（温度、圧力、流量）を決定した。
- ・液化 CO₂ 輸送船の概念設計として、輸送ルート、輸送パターンを設定した上で、実証船の初期計画、荷役設備の計画を作成した。
- ・陸上基地の設計に関して、実証機において、液化設備から送液されてくる CO₂ を低温球形タンクに貯蔵し、栈橋よりタンカーに送液。タンカーで運搬された CO₂ は、洋上着底基地上に設置された低温球形タンクに貯蔵し、同じく洋上着底基地上に設置された圧入設備へ送液する計画を策定した。
- ・洋上着底基地の概念設計を行ない、設計上のポイントを抽出・把握し、実海域への展開上の課題抽出を行った。その結果、洋上着底基地を外洋に設置するため、荒天による波浪が輸送船の着栈に及ぼす影響を予測し、洋上着底基地の設置により、荒天時の待避が緩和される効果を定量把握した。
- ・洋上浮体基地の概念設計として、近傍の波浪データを調査・収集し、波浪応答シミュレーションを行い、動揺性能を確認した。これらに基づき、係留装置の概念設計を実施した。
- ・CO₂ ハイドレート船舶輸送の基本システムとして、受入れ CO₂ の性状・排出規模、輸送量・輸送距離等を設定した。これらに基づき、実証機レベルの CO₂ ハイドレート輸送システムの概念設計を行った。

(3) CO₂ の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価

貯留候補と考えられるサイトについて、貯留ポテンシャル調査を行い、貯留の可能性の概査を行うとともに、貯留システムの概念設計や貯留システムの経済性評価等の以下の検討を実施。

- ・貯留層経済性評価手法の構築では、20 年度に構築したツールについて、想定地点の貯留層調査結果より得られた、深度、圧入レート、浸透率等の貯留層データをグリッド化し、データベースを更新した。
- ・想定貯留地点の選定と貯留ポテンシャルの算出では、20 年度選定した 3 地域について、地質構造モデルの高度化を行うために、想定地点の非公開データを収集し、物性の推定を行った。本結果を元に、圧入シミュレーションを実施し、その結果から圧入レートを確認すると共に、ブルームの広がりも確認した。
- ・貯留設備の概念設計では、想定地点の貯留層概念設計の結果を用いて、貯留設備の概念設計を行った。また、想定地点の検討ケースについて、圧入方法（陸上坑口、海上坑口、海底坑口）の設備費用を算定した。

(4) 全体システム評価（発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムの評価）

CO₂ 発生源と貯留地を連関させて系統的な検討を行う必要があり、経済性検討やエネルギー需給への影響を評価することは重要であるため、以下の検討を進めた。その結果、概念設計レベルでの石炭ガス化発電から貯留に至るシステム全体を網羅したケーススタディーや最適な設備選定とその評価が終了し、中間目標である全体システムの評価を完了した。

- ・各検討 Gr の概念設計に必要な条件抽出業務を行うために、全体概要の作成を行った。
- ・各検討 Gr に係わる設計条件を設定し、実証機及び商用機の発電設備の設備概要、液化 CO₂ 輸送船、CO₂ ハイドレート船舶タンクの温度、圧力条件、液化 CO₂ 輸送船の仕様等の整理を行った。
- ・各 CO₂ 貯留サイト毎に輸送方法が異なるため、基本となるケースを想定し最適な貯留方法を検討した。その結果、液化 CO₂ 船輸送ケースでは 4 ケース、パイプライン輸送ケース 2 ケース、直接圧入ケース 1 ケースを最適なケースとして選定した。
- ・経済性評価モデルの構築と評価では、既存の経済性分析研究事例をレビューし、パラメータを整理した。特に、DOE/NETL (2007) の分離回収を備えた IGCC の経済性分析研究事例は、今回の FS 検討に参考となる情報を多く含み、プロセス毎にその比較を実施した。結果、IGCC 全体の建設コストに占める、各セクション毎のコスト分割が可能となり、何処にコストがかかっているか等の分析に役立っている。また、トータルシステムの建設コストについても、輸送コストの占める割合が当初より大きいこと等、より精緻な分析を行うことができた。
- ・開発した GIS と連携した汎用の経済性評価モデル、及びエネルギー需給影響評価モデルによる種々の試解析により、わが国における CCS の位置づけに関して、例えば、将来の発電計画に対する CO₂ 排出量と CCS の導入の必要量等、有用な示唆が得られることが明らかとなっている。

(5) 特定サイトでの発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムの概念設計

勿来 IGCC 実証機と CO₂ 貯留箇所を貯留地として検討されている対象ガス田に特定し、CO₂ 回収～貯留までの一貫したシステムの実証を目指すための実施可能性調査を行う検討であり、以下の検討を進めた。その結果、勿来サイトにおいても、概念設計レベルでの石炭ガス化発電から貯留に至るシステムにおいて、全体を網羅したケーススタディーや最適な設備選定とその評価が終了し、中間目標である特定サイトでのトータルシステムの評価を完了した。また、早期に検討を完了させる目標も達成した。

- ・平成 20 年度の検討において選定した CO₂ 分離・回収方式を適用したプロセス（化学吸収法・物理吸収法）について、勿来 IGCC 実証試験設備で比較評価を行った。この結果、Sweet シフト + aMDEA 法（化学吸収）を選定した。
- ・地上設備（脱湿・昇圧）の概念設計では、平成 20 年度に検討した CO₂ 昇圧・輸送システムの概念に基づき、分離回収設備及び圧入井との境界条件に整合した設計条件での検討を進めた。
- ・海底パイプラインの概念設計では、輸送量 10 万 t / 年規模に対応した CO₂ 輸送パイプラインとして、8 インチの海底パイプラインにつき、国際的標準規格の基準等を用い詳細検討を加えた。
- ・貯留層適性及び CO₂ 貯留ポテンシャル詳細評価及び将来予測では、CO₂ 貯留箇所を貯留地として検討されている対象ガス田の貯留層物性、生産履歴を再現する貯留層モデルを構築し、CO₂ 地中貯留実証試験のシミュレーションを実施した。

② 社会・経済への貢献度

以上のように、本事業では、IGCCの先進事例である勿来IGCC実証機や、CO₂の貯留地として検討されている対象ガス田等、具体的な発生源、貯留地を選定した。また、CO₂を発生源から遠隔にある貯留地まで輸送する方法として、有効と考えられる船舶輸送について、船舶の規模・様式等まで検討する等、将来起こり得るケースを優先して概念設計を実施し、概算コストを算出した。

- ・その結果、各ケースの実施可能性や最適な組み合わせが明確になり、建設コスト等の経済性が、中間段階ではあるが明確になった。また、これらのデータにより、我が国における、CCS導入シナリオを含む、システムの国内、海外での普及シナリオ、CO₂の削減に向けたCCSの貢献度、貢献時期、更には、我が国への影響について、様々な予測や提言が可能となった。
- ・今後、社会・経済に対し、大きく貢献できると考えられる。特に、電力需給に関するシナリオ分析の結果は、例えば原子力と再生可能エネルギーのみで低炭素社会が実現できると言った、単なる積分値や平均値の評価のみに基づいた安易な分析による電源構成の提言に対して、電源の運用を考慮した、より詳細かつ具体的な政策議論を提起できるものと考えている。

[評価委員会評価]

- ・万一この技術を実用化せざるを得ないような社会(地球・国際)情勢になった場合には、電源構成などの評価手法も含め、貢献は非常に大きいものと評価する。
- ・22年度時点での目標達成度は、十分に高いと評価される。これ迄に得られた知見は、CCSビジネスへの参入可能性を有する多くの関連産業に対して示唆に富む情報を含む。今後は、情報の社会・経済への貢献度を更に高めるべく、積極的な情報発信の仕組みについても思料すべきと考える。
- ・目標達成度として、全ての項目について、十分な達成をしている。また、現実的なコストや実施方法についても、十分に検討しており、社会・経済への貢献度も評価できる。
- ・ただし、個々の概念設計結果や経済性算出数値の提示にとどまらず、これらの結果を踏まえて、何が言えるのか、何が可能でその範囲は、可能性を高める要素・方策は、詳細設計で見極めるべき事項は何か等、より突っ込んだ具体的コメントを今年度中にまとめておくことを望む。
- ・現状、CCSに関する法制度がなく、現在の法制度をあてはめているが、CCSに適した法制度が必要である。法整備によりコスト低減が図れることも考えられ、FSの結果が違ってくると考えられる。

[評価委員会評価に対するNEDOの見解]

- ・これ迄に得られた知見は、成果報告会のような形式による広報活動や、CCSビジネス検討の場等への情報提供など、積極的な情報発信を進めていく。
- ・ご指摘にあるように、今後は、概念設計結果や経済性検討の結果を踏まえて何が言えるのか、何が可能なのか等、ご指摘の点について、今年度の成果が出揃った時点でとりまとめに着手する。具体例の一つとして、取得した経済性データを反映したエネルギー需給影響評価を行い、CCSの導入が世界やわが国のエネルギー・電力需給に及ぼす影響等を分析し、CCS導入のシナリオ検討やCO₂の削減目標に対する検討を行う。
- ・法制度に対するご指摘については、特に特定サイトの検討において、一部顕在化したところもある。今後、CCSに適した法制度整備等のあり方について、経済産業省とも十分な意見交換を行った上で、検討を進めて行く。

ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究の結果一覧（中間時点）

中間目標	事業の成果	達成度
<p>平成22年度中に(1)の石炭ガス化発電とCO₂分離・回収システム、(2)のCO₂輸送システム、(3)のCO₂の貯留システム等の概念設計を終了し、これらを元にした、(4)の概念設計ベースの全体システム、(5)特定サイトでの発電からCO₂貯留に至るトータルシステムの評価を完了する。</p>	<p>発電からCCSまでのトータルシステム検討 (1)石炭ガス化発電と ・CO₂分離・回収システムの概念設計 (2) CO₂輸送システムの概念設計 ①CO₂パイプライン輸送 ②CO₂船舶輸送 ③CO₂ハイドレート輸送 (3) CO₂の貯留システムの概念設計 ・想定貯留地点(3箇所) (4) 全体システム評価 ①全体の経済性評価まとめ ②エネルギー需給影響評価 ③国際標準化に係る検討 ④既設発電所の酸素燃焼焚きへの改造検討</p> <p>(5) 特定サイトでのトータルシステムの概念設計(勿来地区) ①石炭ガス化発電と ・CO₂分離・回収システムの概念設計 ② CO₂輸送システムの概念設計 ・CO₂パイプライン輸送 ③ CO₂の貯留システムの概念設計 ・勿来地区 ④全体システム評価 ・全体の経済性評価</p>	<p>達成</p> <p>達成</p> <p>達成</p> <p>達成見込み(H22年度内) ・概念設計ベースでの①全体の経済性評価まとめは終了。②、③についても、概念設計ベースでの評価、検討をH22年度内に終了予定。 ④についても、現在、実施中であり、H22年度内に終了する予定。</p> <p>達成見込み(H22年度内) ・(1)～(3)の概念設計は終了し、これをベースにした(4)の全体システム評価における、全体の経済性評価を、H22年度内に終了する予定。 ・また、検討期間を1.5年前倒しし、H22年上期で概略完成させる等機敏な対応を図り、事業の効率化に繋げた。</p>

4. 優先度

[NEDO の自己評価]

平成 22 年度上期までに、以下の 3 点について、優先して進めた。これらは、我が国として、CCS の有効性を早期に実証し、CO₂削減の早期実現に寄与する必要があると判断したためである。

- ・特定サイトでの発電から CO₂貯留に至るトータルシステムの概念設計として、勿来 IGCC 実証機からの CO₂を、貯留地として検討されている対象ガス田に貯留する FS を優先して実施した。本事業は、足下において実証化の予定があり、実証事業の早期化を目指すため、FS 検討期間を 1.5 年前倒し実施した。
- ・我が国において、大規模排出源である既設の微粉炭火力発電所に、分離回収設備を追加設置し、CO₂を回収・貯留する検討を IGCC との比較の為にを行う。これは、既設の微粉炭火力発電所の改造が、2020 年度までの CO₂削減に、即効性を有する可能性がある為、追加検討中。
- ・既設の微粉炭火力発電所からは、大量の CO₂が排出されるため、大容量の貯留ポテンシャルを持つサイトの追加検討も開始した。

[評価委員会評価]

- ・勿来 IGCC 実証機からの CO₂を貯留地として検討されている対象ガス田に貯留する FS を優先し、実施実証事業の早期化を目指すため、FS 検討期間を 1.5 年前倒し実施して、優先しており、大規模 CCS 実施に向けて、優先度の方法として評価できる。

・平成 22 年度上期までに設定した優先度は、適切なものであったと判断される。今後は、これらに加えて、以下の項目の優先度設定について検討を期待する。1) 地中貯留に特有な課題の一つとして、貯留層把握における不可避な不確実性（如何にコストを掛けても、遠隔で巨大な貯留対象層を詳細かつ確実に把握することは不可能）が挙げられる。この不確実性は、貯留の安全性評価、モニタリングの程度や頻度などのオペレーションコスト、社会受容性獲得に対する障壁などの諸問題に関連するものであり、CCS の FS 手法を構築するためには、不確実性を如何に工学するかについての明示的研究が必要である。2) これまでの検討で、CCS 国内適用に際して輸送部門のコスト比重が大きいことが判明している。

- ・輸送に関しては現行法規制に則った検討がなされているが、例えば、天然ガス等の危険ガス輸送を想定した規制の幾つかは、CO₂輸送に対しては、過剰な安全率設定である可能性も高い。CCS に適した法規制の提言も含めた輸送関連の研究・検討が必要である。

[評価委員会評価に対する NEDO の見解]

- ・ご指摘のあった、貯留層把握における不可避な不確実性に係る研究については、経済産業省において実施中の他の CCS 関連プロジェクト (ex. 苫小牧沖への貯留検討他) との調整・連携を踏まえて、今後、実施方針への反映を検討していく事としたい。
- ・また、輸送部門のコスト比重が大きい点は、次年度にコスト削減検討を進める計画である。輸送部門を含めた法規制の提言については、今後の検討において、まず、CCS に適した法制度の整備のあり方などの議論の材料が提供できるかどうかを検討したい。

5. その他の観点

特になし

6. 総合評価

[NEDO の自己評価]

① 総括

CCS 技術は、CO₂削減目標を達成するための革新的技術の一つとして位置づけられている。発電から CCS までのトータルシステムの日本での実施可能性 FS 検討を実施することが急務となっており、本事業は、時宜を得た検討であると言える。

特に、実施した勿来の特定サイトでの発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムの概念設計は、日本での CCS の早期実現の為の検討に、極めて有用な情報を提供している。本年度に実施した各調査項目ごとの実証機ベースでの概念設計及び経済性データは、我が国に於ける CCS の有効性評価に、極めて有用な情報を提供している。

また、海外では、大規模な CCS の実証事業が数多く始まろうとしている状況の中で、我が国においても、このような取り組みに対する国際競争力強化の一貫としても、早急に、日本でのゼロエミッション型の石炭火力発電技術のフィジビリティ・スタディーを完結させる必要があり、本事業を継続して実施する意義は大きい。

② 今後の展開

- ・平成 23 年度本 PJ は 4 年目になり、実施した商用機の概念設計データ纏め、整理、CO₂ 処理コスト等に対する感度分析等を主体とした業務となる。全体評価グループを中心とした体制を一層、強化し、取得したデータの解析や感度分析を、充分行えるようする。

- ・NEDO は全体評価 Gr と協力し、国際動向と我が国のクリーンコール政策をふまえて策定した本事業の結果を、どう世の中に出していくか、どういった戦略に使用するのか、どう委員のコメントを反映するか等をよく考え、リードして推進する。

- ・また、CO₂ 削減に即効的な効果があると考えられる、既設発電所の酸素燃焼焚きへの改造による経済性評価検討やポストコンバッションへの改造による経済性評価検討も、IGCC との比較検討において、継続検討する。

- ・平成 23 年度は発電 Gr と特定サイト検討 Gr の検討は終了し、輸送 Gr も抽出された課題の検討をメインにして行う事になるが、効率よく運用し、意志決定や情報の共有化を迅速に行い推進する。

- ・平成 22 年度をもって (1) の CO₂ 分離・回収システムや (5) の特定サイト検討は前倒しで終了するため、本 PJ の最終目標（平成 24 年度）について見直しを行う。見直しのポイントとして、中間評価時点まで抽出された輸送他で実施するコスト低減課題の検討を実施すること、及び (4) の全体システム評価の中の経済性検討やエネルギー需給影響検討を詳細に行うこととする。これらを基にシステム全体の評価を完了させることにより、FS としてより実用的な最終成果を得ることとする。

[評価委員会評価]

- ・CCS をシステムとして捉えた本事業の FS は有意義であり、本年度までの検討・研究は、所期の目的を十分に達成したものと評価している。

- ・本事業が周辺環境の現状を甘受した検討・研究に留まることなく、関連する法規制や適用すべき工学手法のあるべき姿について、具体案や方向性を提示するまでに発展することを期待する。

- ・CO₂ 問題は、CO₂ の排出される量が膨大であることが特徴であり、最終的に貯留される量が削減に対して十分に効果があるように、実施に向けてさらなる活動を期待する。

- ・本事業の成果が国際的に普及できるような、コスト低減に向けて、どのようなシステムを構築すればいいのか等の検討も、引き続き実施して頂きたい。

- ・本調査は中間段階であるが、CCS 早期実現の加速につながることを期待したい。分離・回収コストの低下が大きな目標である。現状は、輸送コストが高く、今後も、低減を検討する必要がある。

[評価委員会評価に対する NEDO の見解]

- ・関連する法規制等については、今後、事業法の制定など、CCS に適した法制度整備等のあり方について、経済産業省とも十分な意見交換を行った上で、検討を進めて行く。

- ・輸送コスト等、コスト低減に向けての検討は、平成 23 年度実施方針に反映し、実施する計画である。

- ・また、CCS の早期実現については、新たに、全体システム評価 Gr の「戦略検討」の枠組みの中で検討を進める計画であり、平成 23 年度実施方針に反映する計画である。

以上

平成22年度 事業原簿（ファクトシート）

平成22年	4月	1作成
平成23年	2月	現在

制度・施策名称	エネルギーイノベーションプログラム				
事業名称	革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクトの内、発電からCCSまでのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー		コード番号： P08020		
担当推進部	環境部				
事業概要	<p>これまで、我が国では、CO₂の貯留ポテンシャルについては種々の検討がなされてきたが、石炭ガス化発電システムからCO₂の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて、システムの設計に基づいて詳細に評価した例はない。また、CO₂の貯留に関しては1万トン規模の模擬ガスによる基礎的試験は実施されてきたが、石炭ガス化システムから回収する実ガスを対象とした詳細な検討は行われていない。そこで、本事業では、発電からCCSまでのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー（以下、FS）として、以下の(1)～(5)を行い、総合的な評価を実施する。この際には、CO₂の発生源と貯留サイトのマッチングを考慮し、複数の候補サイトでの実施可能性を詳細に検討する。検討の精度を向上させるため、各調査事業の概念設計、経済性評価モデルの構築や国際標準化検討（ポテンシャル評価、リスク評価の手法等）も併せて実施する。</p> <p>(1)石炭ガス化発電とCO₂分離・回収システムの概念設計 CO₂発生源である石炭ガス化発電とそれにCO₂分離・回収設備を付加したシステムの概念設計を行い、それらを組み合わせた最適システムの検討を行う。概念設計とそれらを組み合わせた最適システムの検討は、実証規模設備（1,000～1,500t/d程度）と商用規模設備（3,000t/d程度）について実施する。</p> <p>(2)CO₂輸送システムの概念設計 石炭ガス化発電所から距離が離れた帯水層にCO₂を貯留する際には、船舶やパイプラインによるCO₂の輸送が必要となる。その為、CO₂の船舶輸送、パイプライン輸送、貯蔵基地等の概念設計、輸送システム全体の概念設計等を行う。</p> <p>(3)CO₂の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価 回収されたCO₂は、長期に亘って安全に地下に貯留する必要がある。このため、貯留候補地と考えられるサイトについて、貯留ポテンシャル調査を行い、貯留の可能性を明確化するとともに、CO₂の貯留システムの概念設計や貯留システムの経済性評価等の調査を行う。</p> <p>(4)全体システム評価（発電からCO₂貯留に至るトータルシステムの評価） 我が国の石炭火力発電所は、全国に広く分散しており、CO₂の貯留候補地も全国に分散しているため、CO₂発生源と貯留地を連関させて系統的な検討を行う必要がある。そのため、上記(1)～(4)の成果を総合的にとりまとめると共に、より広汎な経済性評価モデルの構築と評価、エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価、地中貯留ポテンシャル評価方法などの標準化に係る検討等を行う。</p> <p>(5)特定サイトでの発電からCO₂貯留に至るトータルシステムの概念設計 CO₂の排出源を勿来IGCC実証機に、またCO₂貯留箇所を貯留地として検討されている対象ガス田に特定し、CO₂回収～貯留迄の一貫したシステムの実証を目指す為の可能性調査を行う。</p>				
事業規模	事業期間：平成20年度～24年度(5年間) [単位：百万円]				
	(1)フィジビリティ・スタディー	H20年度 (実績)	H21年度 (実績)	H22年度 (予定)	合計
	予算額	585	1,069	440	1,654
	執行額	544	1,001	—	1,545

事業の必要性	
<p>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、我が国は、主要国による国際的枠組みの構築等を前提として、「2020 年に温室効果ガスを 1990 年対比で 25%削減する」との目標を掲げた。この CO₂ 削減目標を達成するためには、単位エネルギー当たり、CO₂ 排出量が高い石炭火力発電については、高効率発電技術とともに、CO₂ の分離・回収・貯留 (Carbon dioxide capture and storage, CCS) も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。こうした背景から、発電から CCS までのトータルシステムの実施可能性 (フィジビリティ・スタディー) を実施し、我が国における適用性やその影響を分析することが急務となっている。</p> <p>一方、欧州を初めとする一部の国々では、今後新たに建設する石炭火力発電所は、CCS 設備を設置できるように設計 (Capture Ready) しなければならない状況になってきている。米国では炭素隔離パートナーシップ (Carbon Sequestration Partnership) の下での全米 (カナダを含む) 7 箇所における CCS 実証事業、FutureGen プロジェクトによる石炭火力での大型実証などに着手した。欧州においては、ドイツ (RWE)、フランス (TOTAL)、ノルウェー等でも実証事業が始まろうとしている。さらに、豪州、中国、韓国などでも CCS の実証プロジェクトが立ち上げられている。欧米に対する国際競争力強化の為に、早急に、石炭火力から発生する CO₂ を分離・回収・貯留する CCS を含めた、ゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の確立に向けたフィジビリティ・スタディーを実施することが必要となっている。</p>	
1. 事業の目標、指標、達成時期、情勢変化への対応	
①目 標	<p>本事業は、発電から CCS までのトータルシステムの FS 検討を行い、総合的な評価を実施するものである。具体的には、システムの設計に基づく経済性評価を行い、日本での CCS の実施可能性を評価するとともに、我が国における本システムの導入可能性を検討する。これらにより、Cool Earth50 の目標実現に資する提言を行う。</p>
②指 標	<ul style="list-style-type: none"> 平成 22 年度中に (1) の石炭ガス化発電と CO₂ 分離・回収システム、(2) の CO₂ 輸送システム、(3) の CO₂ の貯留システム等の概念設計を終了し、これらを元にした、(4) の概念設計ベースの全体システム、(5) 特定サイトでの発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムの評価を完了する。 平成 24 年度中に (1) の石炭ガス化発電と CO₂ 分離・回収システム、(2) の CO₂ 輸送システム、(3) の CO₂ の貯留システム等の詳細設計を終了し、これらを元にした、(4) の詳細設計ベースの全体システム、(5) 特定サイトでの発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムの評価を完了する。
③達成時期	平成 24 年度末
④情勢変化への対応	<ul style="list-style-type: none"> 発電から CO₂ 貯留までのトータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー事業では、5 年間で事業期間としているが、早期に日本での可能性を評価したい場合や早期に実証化を行うことが現実的な場合は、前倒し、加速実施する事もあり得る。 事業の進捗状況については、NEDO 技術検討委員会や中間評価等の結果を踏まえ、必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。
3. 評価に関する事項	
①評価時期	<ul style="list-style-type: none"> 毎年度評価：毎年 5 月 中間評価：平成 22 年度 事後評価：平成 25 年度
②評価方法 (外部 or 内部評価、レビュー方法、評価類型、評価の公開方法)	<ul style="list-style-type: none"> 事業評価は、毎年、外部有識者から構成する NEDO 技術検討委員会での評価をもとに NEDO 内部で実施する。 中間評価及び事後評価も、外部有識者から構成する NEDO 技術検討委員会にて実施する。

[添付資料]

- (1) 平成 22 年度概算要求に係る事前評価書 (経済産業省策定) (略)
- (2) 平成 22 年度実施方針 (略)