

「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／次世代高効率石炭ガス化
技術開発」

事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	8
評点結果	11

はじめに

本書は、第31回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／次世代高効率石炭ガス化技術開発」（事後評価）の研究評価委員会分科会（第1回（平成24年11月16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35回研究評価委員会（平成25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25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「次世代高効率石炭ガス化技術開発技術開発」分科会
（事後評価）

分科会長 吉川 邦夫

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／次世代高効率石炭ガス化技術開発」
(事後評価)

分科会委員名簿

(平成24年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	よしかわ くにお 吉川 邦夫	東京工業大学大学院 総合理工学研究科 教授
分科会長 代理	にのみや よしひこ 二宮 善彦	中部大学 工学部 応用化学科 教授
委員	いたや よしのり 板谷 義紀	岐阜大学 工学部 機械システム工学科 教授
	かみや ひでひろ 神谷 秀博	東京農工大学 大学院生物システム応用科学府 教授
	しらい ひろみ 白井 裕三	一般財団法人 電力中央研究所 エネルギー技術 研究所 燃料高度利用領域リーダー
	たなか ただし 田中 雅	中部電力株式会社 技術開発本部 電力技術研究所 特別専門役

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

		作成日	平成 24 年 9 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 ゼロエミッション石炭火力基盤技術 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 高度除去技術	プロジェクト番号	P07021	
担当推進部 / 担当者	環境部 / 在間主幹、正木主査			
0. 事業の概要	<p>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。我が国でも一次エネルギー総供給量に占める石炭の割合および発電量に占める石炭火力の割合は 20%以上であり、石油に次いで大きな割合を占め、石炭は重要な基幹エネルギーとなっている。</p> <p>一方、その単位エネルギー当たりの二酸化炭素（CO2）排出量が他の化石燃料よりも高いことから、我が国が経済成長を図りつつ 2050 年に向けた CO2 の大幅削減目標を実現するためには、3E（供給安定性、経済性、環境適合性）の同時達成が可能となる革新的な技術開発が求められている。</p> <p>このような状況の下、我が国の環境調和型エネルギー技術開発は CO2 排出低減に向け、高効率な石炭火力発電技術の開発を推進していく必要がある。</p> <p>世界をリードする次世代の CCT の開発のために、中核となるガス化技術の戦略的開発を目的として、「次世代高効率石炭ガス化技術開発」については、現在開発中の IGCC（石炭ガス化複合発電）、IGFC（石炭ガス化燃料電池複合発電システム）を効率で凌ぐ高効率石炭ガス化技術の開発を目的として、ガス化効率の向上のため、低温ガス化、触媒ガス化などの技術開発を行った。</p>			
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>温室効果ガスの大幅削減等、エネルギーに関わる環境問題へ積極的に取り組む必要があるという認識のもと、NEDO エネルギー分野戦略マップ 2009 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クリーン利用に関する技術開発の強力な推進）の着実な進展を図ることが必要となっている。</p> <p>エネルギーイノベーションプログラムは、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、その有効かつクリーンな利用を図ることを目的としている。また、石炭を環境に配慮して効率的に利用する技術である Clean Coal Technology（CCT）は、2006 年 5 月の「新・国家エネルギー戦略」において重要と位置付けられている。現在、世界をリードしている我が国の高効率な石炭利用技術の優位性を保つとともに次世代の高効率利用技術の基盤となる技術シーズの発掘や、今後、世界的なエネルギー需要の増加に伴い良質の石炭資源の入手が徐々に難しくなることへの対応から、地球環境問題を考慮しながら石炭適用範囲を拡大する技術は我が国のエネルギー・セキュリティの観点からも重要となる技術である。</p> <p>本事業は、エネルギーイノベーションプログラムに位置づけられる石炭ガス化技術分野において、革新的な効率向上が期待される技術、あるいはエネルギー・セキュリティに寄与する技術について、海外との競争力強化を念頭に基礎的な技術開発を加速・推進するとともに、本格的なプロジェクト研究につながる技術シーズを発掘することを目的として実施した。</p>			

II. 研究開発マネジメントについて

事業の目標	<ul style="list-style-type: none"> ・目標値：ガス化温度 900℃以下のガス化プロセスの原理検証 上記プロセスを適用した発電プラント概略仕様の策定 ・設定根拠：発電効率 65%以上（送電端/燃料電池との組合せ）を成立させるための石炭ガス化条件であり、また発電プラントとしての実用化イメージを明確にする。
-------	--

事業の計画内容	開発項目	H19	H20	H21	H22	H23
	1. 低温ガス化					
	1-1 水蒸気ガス化及びチャーの燃焼の基礎研究	→				
	1-2 常圧ホットモデルによる熱分解炉の検討	→				
	2. 触媒ガス化					
2-1 触媒ガス化の基礎特性及び実用的触媒探索	→					
2-2 ケミカルループを用いたCaの触媒の利用ガス化技術	→					
3. 炉内流動解析						
3-1 コールドモデルによる高濃度粒子循環システムの開発	→					
3-2 高速高濃度粒子循環の評価のためのシミュレーション	→					
4. システム解析						
4-1 効率化を達成可能なシステムの最適化と効率の検討	→					
4-2 発電プラントに係る概略仕様の検討				→	→	

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	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	合計
	一般会計	0	0	0	0	0	0
	特別会計（需給）	37	218 補正予算 180含む	201	127	127	720
	予算額	37	218	201	127	127	720

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	九州大学 先導物質化学研究所、林 潤一郎 教授
	委託先	<p>H19～H21 年度まで</p> <ul style="list-style-type: none"> ・(株)IHI (H19-H21) 再委託：東京大学、大阪大学、九州大学、北海道大学 (H20 まで) ・(一財)石炭エネルギーセンター 再委託：東北大学、群馬大学、九州大学 ・(独)産業技術総合研究所 <p>H22～H23 年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・三菱重工業 (株) (H22-H23) ・(一財)石炭エネルギーセンター 再委託：秋田大学、群馬大学、九州大学 ・(独)産業技術総合研究所 ・(国)東京大学、(国)大阪大学、(国)九州大学 再委託：(国)弘前大学

情勢変化への対応	(1) 「Cool Earth - エネルギー革新技術計画」の策定 「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して 2050 年までに半減する」という長期目標が提案された。					
III. 研究開発成果について	開発項目	中間目標 (平成 20 年度末)	最終目標	成果	最終目標に対する達成状況	
	低温ガス化	ガス化温度 900℃以下の低温ガス化炉の選定	ガス化温度 900℃以下の低温ガス化炉開発	循環流動層+熱分解分離型ガス化炉を選定し、ラボスケール試験によりガス化効率の向上効果を確認した。	○	
	触媒ガス化	850℃における触媒水蒸気ガス化プロセスの構築	750℃触媒水蒸気ガス化プロセスの構築	4 種の触媒において 750℃以下での高活性特性を確認し、触媒とケミカルルーピング低温ガス化プロセスの構成と条件を確立した。	○	
	炉内流動解析	循環流動層フラックス 200 kg/m ² ・s 条件の達成、シミュレーション技術検討	循環流動層粒子フラックスを 350 kg/m ² ・s 達成装置の構築	コールドモデル試験により、フラックス 546kg/(m ² ・s)を達成した	○	
	システム検討	ガス化温度 900℃以下のガス化システムの選定	ガス化温度 900℃以下のガス化システム開発	褐炭を用いた方が高効率を得られやすい。送電端効率 65%にするには A-IGFC 化だけでなく、ガス化炉におけるエネルギー再生が必要。	○	
	発表論文	「査読付き」64, 「その他」解説 7, 国際学会発表 80, 国内学会発表 117				
	特許	3				
IV. 実用化の見通しについて	<p>本技術は、新しい概念に基づく次世代高効率石炭ガス化発電システムの開発であり、主要課題である低温ガス化炉については、本プロジェクトにおいて平成 19 年度から 5 ヵ年計画で実用化に向けた要素技術の確立とシステムの最適化設計を実施し、ガス化炉の大型化については技術開発の進捗に合わせて見極めを行った後、次のステップに移行する。</p> <p>ガス化炉の開発と並行してシステム解析を行い、新規石炭ガス化発電システムを構築するための周辺技術を含めてその最適化を行う。その結果と、ガス化炉以外の主要構成要素であるガスタービン、燃料電池、その他周辺技術の技術開発状況を総合的に勘案して実用化を図る。</p>					
V. 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				
	中間評価以降	平成 21 年度 中間評価実施 平成 23 年度 事業終了後、事後評価実施予定				

VI. 基本計画に 関す項	作成時期	平成 19 年 3 月 作成
	変更履歴	<p>平成20年3月：別紙研究開発項目①及び②の達成目標の時期に誤記があったため改訂</p> <p>平成20年7月：イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂</p> <p>平成21年7月：別紙研究開発項目①の研究開発の具体的内容に(3)を追加。合わせて、達成目標を設定。</p> <p>平成22年3月：基本計画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新たに制定。</p> <p>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>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>平成23年1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>

技術分野全体での位置づけ

(分科会資料5—2より抜粋)

1. 事業の位置付け・必要性

(1) NEDOの事業としての妥当性

公開



<技術戦略マップ2009/エネルギー分野>

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)

【抜粋】

No.	エネルギー技術 開発技術	2010	2015	2020	2025	2030~
9613H 石炭ガス化複合発電 (IGCC)	石炭ガス化複合発電 (IGCC)	送電効率 41.5% (250 MW実証機) 45% (1500°C級GT・蒸気ガス機) 48% (1500°C級GT・乾式ガス機)	45% (1500°C級GT・蒸気ガス機) 48% (1500°C級GT・乾式ガス機)	50% (1700°C級GT・乾式ガス機)	57% (1700°C級GT・乾式ガス機)	57% (1700°C級GT・乾式ガス機)
	石炭ガス化複合発電 (IGCC)	空気を石炭ガス化技術 多量種別対応技術 高効率発電機技術	空気を石炭ガス化技術 多量種別対応技術 高効率発電機技術	空気を石炭ガス化技術 多量種別対応技術 高効率発電機技術	空気を石炭ガス化技術 多量種別対応技術 高効率発電機技術	空気を石炭ガス化技術 多量種別対応技術 高効率発電機技術
9614H 石炭ガス化燃料電池 複合発電(FC)	石炭ガス化燃料電池 複合発電(FC)	プラント規模・送電効率 送電率(1000+km) 多量種別対応技術	プラント規模・送電効率 送電率(1000+km) 多量種別対応技術	プラント規模・送電効率 送電率(1000+km) 多量種別対応技術	プラント規模・送電効率 送電率(1000+km) 多量種別対応技術	プラント規模・送電効率 送電率(1000+km) 多量種別対応技術
	石炭ガス化燃料電池 複合発電(FC)	空気を石炭ガス化技術 多量種別対応技術 高効率発電機技術	空気を石炭ガス化技術 多量種別対応技術 高効率発電機技術	空気を石炭ガス化技術 多量種別対応技術 高効率発電機技術	空気を石炭ガス化技術 多量種別対応技術 高効率発電機技術	空気を石炭ガス化技術 多量種別対応技術 高効率発電機技術

NEDOの中期目標(抜粋)

<4>環境調和型エネルギー技術分野 ①技術開発/実証

第2期中期目標期間においては、**地域の環境問題への更なる対応、CO2問題等地球規模の環境問題への対応**…(略)

本事業は、エネルギーイノベーションプログラムに位置づけられる石炭ガス化技術分野において、革新的な効率向上が期待される技術で、世界トップレベルの石炭利用技術の維持を目的にしたものであり、**NEDOの中期目標に適合している。**

一般的にこのような、中長期的視点に立ったエネルギー戦略は、**公益性が高く、社会的な必要性は大きい**が、実用化に向けては**多大な技術開発資金と開発期間を要するため、費用回収の面から民間企業で実施することは困難**であり、NEDOが実施する必要性や位置づけは**明確**である。

事業原簿 1, 3頁

2

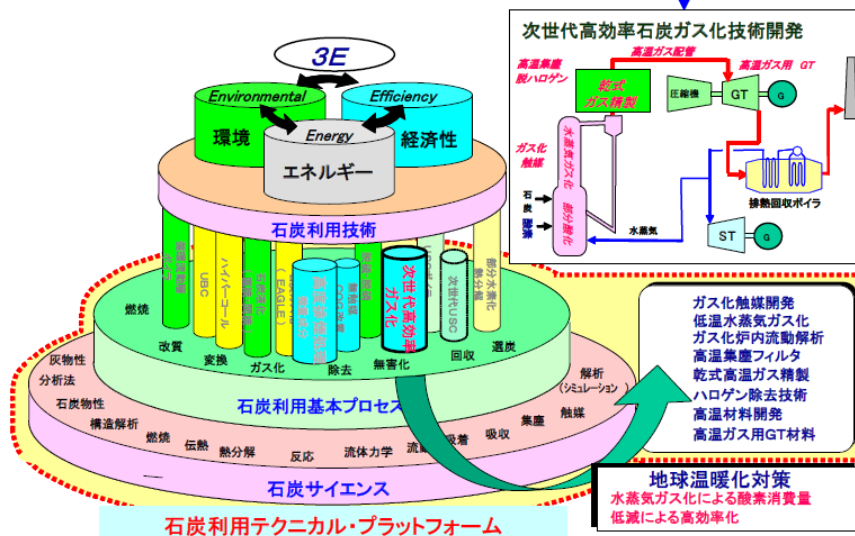
1. 事業の位置付け・必要性

(2) 事業目的の妥当性

公開



ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト 次世代高効率石炭ガス化技術



事業原簿 2頁

3

「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／次世代高効率石炭ガス化技術開発」

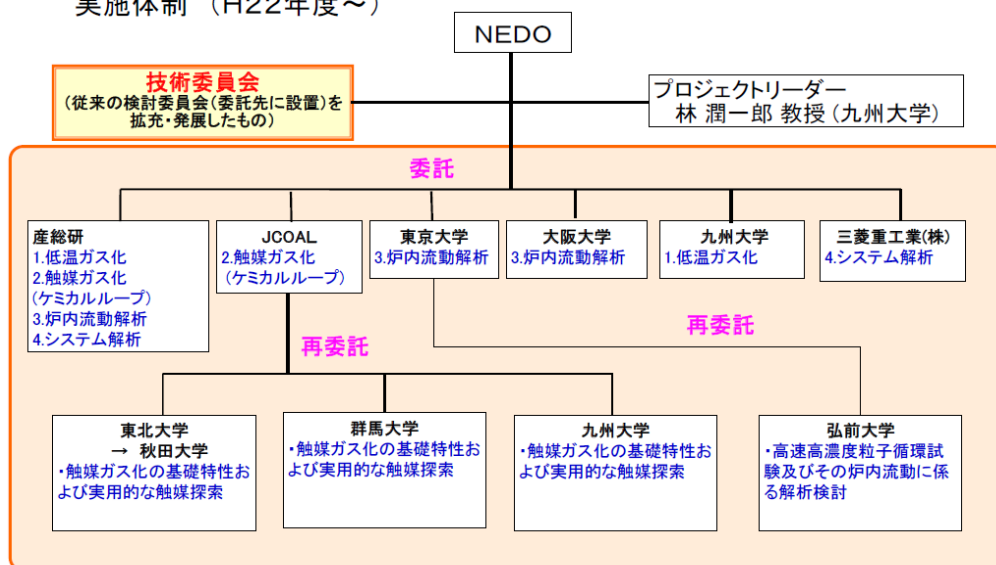
全体の研究開発実施体制

2. 研究開発マネジメント

(3) 研究開発実施者の事業体制の妥当性



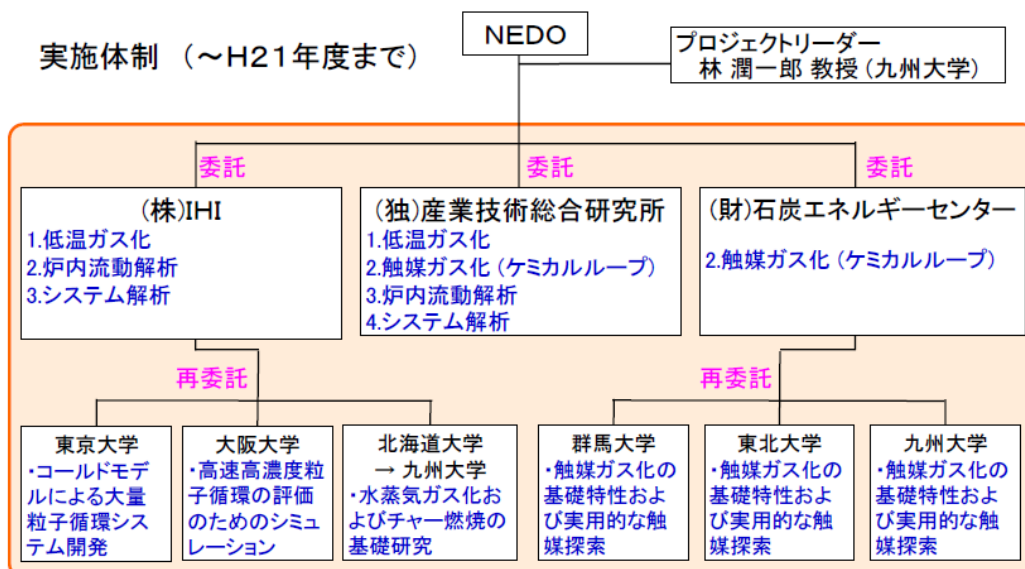
実施体制（H22年度～）



事業原簿 9頁

0

実施体制（～H21年度まで）



「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／次世代高効率石炭ガス化技術開発」

(事後評価)

評価概要 (案)

1. 総論

1) 総合評価

発電効率の向上は、発電に伴う CO₂ 排出抑制に直接効果がある手段であり、石炭火力発電の高効率化が望まれる所以である。石炭ガス化発電システムの熱効率向上の方策として、廃熱を用いた水蒸気改質によって水素を生成するというエクセルギー再生のアイデアは有効と評価でき、学術的には有意義な研究成果が得られている。また、低温ガス化で大きな課題となるタール除去方法に対しても、優れた知見が得られている。

しかし、設備設計から起動、運転操作さらには制御に至るまで、極めて複雑かつ困難な課題がある。また、目標とする発電効率を得るためには、本研究開発プロジェクトの範囲外となる要素技術の確立に依存するなどの問題があることから、実用化へのロードマップは未知数である。

なお、本研究では開発された低温ガス化技術、高濃度・大循環量の循環流動層技術、および流動層のシミュレーションの要素研究・技術レベルは高く、その波及効果が期待される。

2) 今後に対する提言

本事業での開発した石炭ガス化発電システムは、高効率石炭火力発電システムの基幹技術であるが、システム構成上ガス精製、1700℃級ガスタービン、大型固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 等の他の技術の確立が欠かせない。これらの技術に対して、単に開発状況を見極めていくことに止まらず、目指すシステム上のニーズや要求仕様を積極的に発信し、開発の推進力となることも考慮されたい。

また、次世代高効率石炭ガス化技術実用化のハードルが高いが、波及効果のある優れた成果を出しており、現時点での成果を小規模なバイオマスガス化や発電を目的としない石炭ガス化システムに適用するなど、実用化に近い他の技術への活用を具体的に考えるべきである。さらにパイロットレベルでのホットモデルによる検証や、ガス精製技術などその他の要素技術研究と組み合わせたもう少し規模の大きい大型プロジェクトを企画するなど、エネルギーの将来展

望を見据えた、今後の継続的な展開も重要であろう。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

石炭の利用は国のエネルギー政策・戦略上重要であるが、その利用にあたり対環境性向上が必要であり、石炭ガス化技術開発のニーズは高い。極めて新しい技術コンセプトに基づいたテーマであるため技術のハードルが高く、開発に時間がかかるため民間の資金のみでは開発が困難であり、NEDO 事業として実施することは妥当である。

一方、当該研究開発の内容が基礎的な研究のレベルに留まっており、また目標とする発電効率を達成するためには、周辺技術の進展が不可欠である。今後高効率石炭火力発電の体系を俯瞰したうえで、ここで目指しているガス化技術の位置付け、必要性を整理してほしい。

2) 研究開発マネジメントについて

現在実用開発段階にある技術の発電効率を大きく上回る効率の実現可能性を見通すことを目標としており、研究開発の目標は妥当である。また、提案された石炭ガス化システムを構築するための適切な研究計画が立案されている。プロジェクトリーダーが研究開発全般の整合を取っており、また研究実施者が適切に選定されている。中間評価の結果をうけ、プロジェクト全体を包括的に成果と実用化の見通しの両面から討議する場を設けるなど、情勢の変化・技術動向に適切に対応していた。

一方、研究開発の数値目標の設定が甘く、その数値目標の達成が、技術の実用化にどのように繋がるのか明確な見通しが不足している。企業の関与が弱く、プロジェクトの終了時点で、実用化はおろか、次のパイロット規模の技術実証の見通しもはっきりしていない。参加メーカーが途中で入れ替わったことは、技術継承、解析・評価の連続性等において問題があったのではないか。

3) 研究開発成果について

基礎研究として一部世界をリードする独創的な成果も得られ、システムのエネルギーおよび物質収支からライザー内粒子循環量、伝熱速度、タール除去など当初設定した低温ガス化に関する基礎的知見を得た。世界で類を見ない大型コールドモデルでの実験成果は極めて先端的であり、汎用性のある知見が得られている。

一方、「炉内流動解析」以外は、開発目標が抽象的であり、目標が達成されたかどうかの評価が困難である。また、本研究開発成果はあくまでコールドモデ

ルとラボスケールのバッチ式ホットモデル試験結果の段階であり、当該研究で得られた成果から実用化のためのスケールアップまでには、装置上の解決すべき課題が山積している。知財に関して特許の出願が少なく、特にプロセスのオリジナリティに対する知的財産権の取得が弱いと判断される。

また、このプロジェクトで得られた成果の普及展開を考えるべきであり、どのような技術に活用できるか十分に整理し、具体的な情報として提供すべきである。

4) 実用化の見通しについて

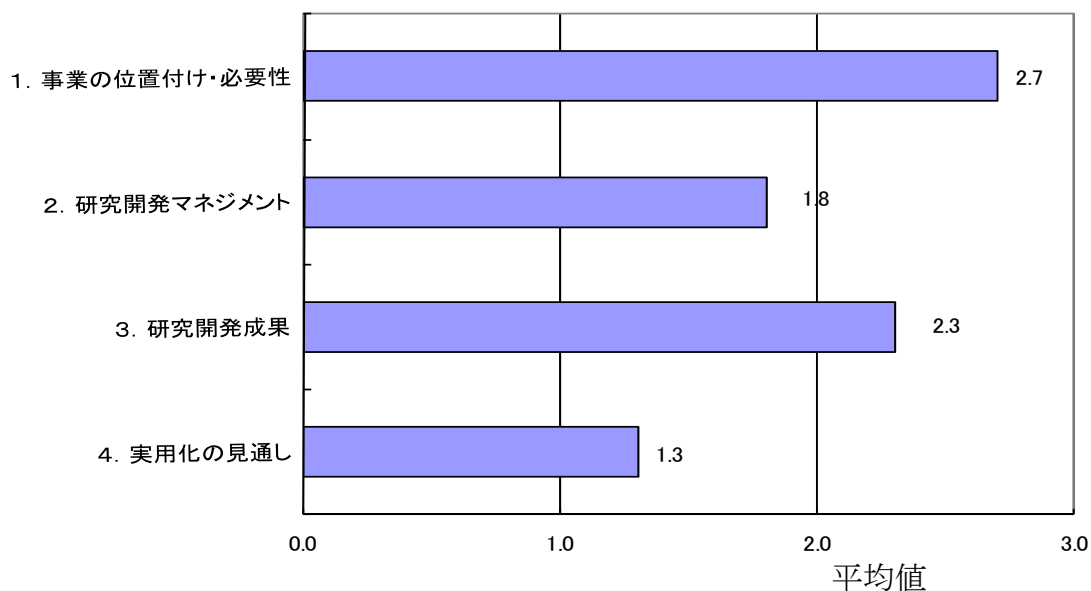
基礎研究のため、実用化のイメージおよび開発のマイルストーンが具体的に示されているとは言い難いが、エクセルギー再生による高効率化のイメージは示されている。

実用化に至るには、まだ多数の克服すべき課題が残されており、現時点では、実用化を見通すことができない。特に、低温ガス化プロセスの開発が、電気炉加熱の段階で終わっており、エネルギー面での自立性の実証がなされておらず、引き続き研究開発が行われる見通しが立っていない。

A-IGCC、A-IGFC とともに、高温ガスタービンや SOFC 技術開発の進捗にも依存されるため、早期事業化のためには既存技術を周辺技術として活用することを前提とした高効率化システム構築の可否とその技術課題抽出が望まれる。併せて、低温ガス化技術を用いた高効率石炭火力発電システム構成上の他の技術について、単に開発状況、動向を見極めることなく、目指す発電システムの実用化可能性向上のため、ガス化炉側からのニーズや要求仕様を積極的に発信し、開発を誘引することも考慮されたい。

また、本事業で得られた低温ガス化、触媒、流動解析に係る成果には、高効率石炭火力発電技術以外の流動床技術分野に共通して活用できる要素が含まれることから、波及効果を意識して結果の整理、発信を行ってほしい。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)					
		A	B	B	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.7	A	B	B	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	1.8	B	B	B	C	B	B
3. 研究開発成果について	2.3	B	B	B	B	A	A
4. 実用化の見通しについて	1.3	C	C	D	B	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. 実用化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D