

「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」

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）	1 2
評点結果	1 8

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

「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成22年1月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	はたて やすお 幡手 泰雄	鹿児島大学 工学部応用化学工学科 教授
分科会長 代理	みうら こういち 三浦 孝一	京都大学 大学院工学研究科化学工学専攻 教授
委員	あいだ てつお 相田 哲夫	近畿大学 産業理工学部生物環境化学科 特任教授
	おがわ よしき 小川 芳樹	東洋大学 経済学部 学部長/教授
	しみず ただあき 清水 忠明	新潟大学 工学部化学システム工学科 教授
	にしおか さとし 西岡 聡	九州電力株式会社 火力発電本部火力部 事業推進グループ 課長
	はたの ひろゆき 幡野 博之	独立行政法人 産業技術総合研究所 エネルギー 技術研究部門 主任研究員

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

作成日 平成 22 年 1 月 5 日

プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム		
事業(プロジェクト名)	多目的石炭ガス製造技術開発	プロジェクト番号	P98021
担当推進部室・担当者	担当推進部室：クリーンコール開発推進部 担当者：小林主幹、金氏主査		
0. 事業の概要	<p>多目的石炭ガス製造技術開発（EAGLE ※）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するものである。</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）する技術を開発し、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およびガス精製技術の確立を目指すもので、さらに酸素吹石炭ガス化ガスの特徴を活かし、酸素吹石炭ガス化プロセスからの効率的な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高効率発電が可能となる。</p> <p>さらにCO₂分離・回収技術の確立とともに、噴流床ガス化においては困難といわれている高灰融点炭までの適用炭種拡大を目指しており、これらの技術の確立により、国内のエネルギー安定供給や環境影響負荷低減への貢献、炭種制約を減らすこと等によるクリーン・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。</p> <p>（※ EAGLE: Coal Energy Application for Gas, Liquid & Electricity）</p> <p>本技術開発は、石炭処理量150t/dの酸素吹石炭ガス化炉（1室2段旋回流型噴流床炉）およ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いるもので、概要としては以下のとおりである。</p> <p>(1) STEP-1（平成10年度～平成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年度完了）</p> <p>(b)パイロット試験設備運転研究（平成14年度～平成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組んだ。 ・連続運転性能試験 大型実証機、実用の段階においては1年間安定した運転が必要とされる。長時間連続運転試験では、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組んだ。 <p>②支援・調査研究</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/d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組んだ。</p> <p>(2) STEP-2（平成19年度～平成21年度）[ゼロエミッション化技術等]</p> <p>社会情勢の変化に対応するため、新たに開発課題として高灰融点炭種対応試験、CO₂分離・回収技術の確立、微量物質の挙動調査を設定し、研究開発を実施した。</p>		

	<p>①パイロット試験設備による研究</p> <p>(a) ガス化炉改造、CO₂ 分離・回収装置追設（平成 19 年度～平成 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。</p> <p>(b) パイロット試験設備運転研究（平成 19 年度～平成 21 年度）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。
<p>I. 事業の位置付け・必要性について</p>	<p>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。</p> <p>一方で、石炭は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、燃焼時に煤塵、NO_x、SO_x を排出するため、環境に調和した利用を進めるには、高効率化およびクリーン化を図り、CO₂、NO_x、SO_x 等の発生量低減が可能な発電技術を開発することが必要となっている。</p> <p>本「多目的石炭ガス製造技術開発 (EAGLE)」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するもので、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ものである。特に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 ※1)」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。</p> <p>石炭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、本件は、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、この趣旨に沿った技術開発案件と位置付けられる。</p> <p>酸素吹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、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、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は意義があることといえる。</p> <p>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。</p> <p>前述の第 18 回基本政策専門調査会（平成 18 年 3 月 15 日開催）においても、CO₂ 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。</p> <p>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、STEP-2 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 CO₂ 分離・回収試験研究を実施した。</p> <p>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</p>

課題であり、民間主導の経済原則のみでの開発は進むものではなく、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 年計画変更により新たに CO₂ 分離・回収試験研究を実施することとしたものである。

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

【事業の目標】	<p><STEP-1 (平成 10 年度～平成 18 年度) ></p> <p>①石炭ガス化性能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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>②ガス精製性能 (精密脱硫器出口)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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>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><STEP-2 (平成 19 年度～平成 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。</p>									
----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

【事業の計画内容】	主な実施事項	H10-14fy	H15fy	H16fy	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	計
	[STEP-1]									
	(1) 〆 〆 試験設備建設	—								
	(2) 〆 〆 試験設備運転研究		—	—	—	—				
	①石炭ガス化性能試験	—								
	②ガス精製性能試験	—								
	③連続運転性能試験			—		—				
	④多炭種対応試験									
	⑤大型化対応試験				—					
	(3) 支援・調査研究	—	—	—	—	—				

		H10-14	H15fy	H16fy	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	計
	[STEP-2]									
	(1)ガス化炉改造及び設備建設									
	(2)パイロット試験設備運転研究									
	①高灰融点炭種対応試験									
	②CO ₂ 分離・回収試験									
	③微量物質挙動調査									
【開発予算】		H10-14fy	H15fy	H16fy	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H10-21fy 総額
特別会計 (高度化)	実績(パイロット)	7,792	1,694	2,141	2,105	1,678	1,798	2,065	1,816	21,089
	(支援調査)	153	20	20	20	8	-	-	-	221
実施者負担	実績(パイロット)	4,119	1,036	1,080	1,128	1,145	899	1,033	908	11,348
	(支援調査)	78	11	10	12	6	-	-	-	117
総事業費 実績		12142	2,761	3,251	3,265	2,837	2,697	3,098	2,724	32,775
【開発体制】	経済産業省担当原課 運営機関 プロジェクトリーダー 委託先 (H10~14年度) 共同研究先 (H15~18年度) 共同研究先 (H19年度~)	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課 新エネルギー・産業技術総合開発機構 電源開発株式会社 技術開発センター若松研究所長 後藤 秀樹 〔電源開発株式会社 技術開発センター若松研究所 財団法人 石炭利用総合センター 事業部 〔電源開発株式会社 技術開発センター若松研究所 パブコック日立株式会社 呉研究所 電源開発株式会社 技術開発センター若松研究所								
【情勢変化への対応】	<p>多目的石炭ガス製造技術開発は、石炭ガス化複合発電システム(IGCC ※1)やさらに燃料電池と組み合わせた石炭ガス化燃料電池複合発電システム(IGFC)に適用できる石炭ガス化のコア技術の開発である。最終目標とするIGFCは送電端効率55%が期待できる究極の発電システムである。また、本技術の酸素吹石炭ガス化プロセスでは、生成ガス中COとH₂の比率が多いことから、COシフト反応(※2)により、COとH₂を調整し、発電分野以外に、水素や合成燃料(GTL ※3、DME ※4等)を効率的に製造することができることも大きな特徴であり、化学原料等への適用も視野に入れて研究開発を進めてきている。</p> <p>一方、今後の社会情勢を分析すると、国内の既設微粉炭火力の老朽化が2020~2030年にピークを迎える。本酸素吹石炭ガス化技術をコアとしたIGCC、IGFCをリプレースに適用するためには、微粉炭火力で調達経路のインフラが整備されている高灰融点炭までの石炭に対して適用できることが必要と考えられる。また、世界規模でCO₂排出抑制が急務となってきており、各国においてもCO₂削減技術のプロジェクト(米国: FutureGen 他)が計画されている。これらの計画はIGCC+CCSを組み合わせたもので、最も実用化の可能性が高い。本技術開発でもCCSのうちコストの大部分を占めるCO₂分離・回収技術について取組むことでCCSの実用化へ向けたブレークスルーを図るものである。</p> <p>上記の様に本事業は、これまで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。STEP-1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、STEP-2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>〔※1 IGCC: Integrated Coal Gasification Combined Cycle ※2 COシフト反応: CO + H₂O → H₂ + CO₂ ※3 GTL: Gas To Liquid ※4 DME: DiMethylEther〕</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 STEP-1、平成 19 年度～平成 21 年度(3 年)を STEP-2 と位置付け、それぞれ開発目標を設定しパイロット試験運転を実施している。STEP-1 の成果および STEP-2 の取組みについて以下に示す。</p> <p>(1) STEP-1 の成果 (平成 10 年度～平成 18 年度)</p> <p>①パイロット試験設備による研究</p> <p>計画通り石炭処理量 150t/d 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 <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガス精製性能試験 <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・連続運転性能試験 <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多炭種対応試験 <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大型化対応試験 <p>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> <p>②支援・調査研究 (平成 10 年度～平成 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 1t/d 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 <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・性能予測 <p>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> <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 (NH_4Cl) 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 NH_4Cl 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 (NH_4Cl) 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) STEP-2 の成果 (平成 19 年度～平成 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、CO_2 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 <p>ガス化炉を高耐熱仕様に改造し、3 炭種の高灰融点炭 (STEP-1 より最大で灰溶流点 100°C 程度高い炭) のガス化性能、運用特性を把握した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CO_2 分離回収 <p>要素技術である「CO シフト触媒」および「CO_2 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 CO_2 純度 99%以上」が可能な運転条件を検証した。更に、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> <ul style="list-style-type: none"> ・微量物質挙動調査 <p>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緒元データを取得するととも</p>
----------------------	---

	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。	
	論文投稿等 (H15以降)	論文投稿 34件 研究発表 46件 受賞実績 2件
	新聞等掲載 63件 展示会出展 12件	
	特許 (H15以降)	出願 27件 (内、登録1件)
IV. 実用化、事業化の見通しについて	<p>EAGLEプロジェクトについては、高効率発電IGCC、IGFCのコア技術であるガス化炉、ガス精製の開発と地球温暖化対策を念頭においたCO₂分離回収技術の確立について所期の目的を達成した。</p> <p>実用化については、関連プロジェクトと連携を密にし、実現可能性の高いIGCCを先行して実施し、IGFCについてはFCの技術開発を注視し、適正な時期に導入を図る。</p> <p>実用化におけるスケールアップについては、EAGLE研究開発で得られたガス化炉設計データをベースにガス化炉設計のアルゴリズムを構築しており、先行プラントの実績を踏まえ、10倍以内で大型実証機プラント規模を決定する。また、商用機については、現状EAGLEで得られるガス化炉空塔速度を踏襲すると、圧力容器の製作限界から、大型実証機の2～3倍程度の規模が想定される。</p> <p>現在、電源開発(株)と中国電力(株)は17万KW級(石炭処理量1,100t/d級)酸素吹石炭ガス化複合発電(IGCC)実証試験の実施に合意し、大崎クールジェンを設立、平成29年3月試験開始を目指し、実用化に向けたプロジェクトを推進している。</p>	
V. 評価に関する事項	評価履歴	<p>平成11年度 技術評価検討会</p> <p>平成15年度 中間評価</p> <p>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)</p> <p>平成19年度 中間評価</p> <p>平成21年度 事後評価(前倒し)</p>

<p>VI. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期 変更履歴</p>	<p>(1) 平成 10 年 4 月制定</p> <p>(2) 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>(3) 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>(4) 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>(5) 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>(6) 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>(7) 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>(8) 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>(9) 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>(10) 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>
-----------------------	----------------------	---

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。

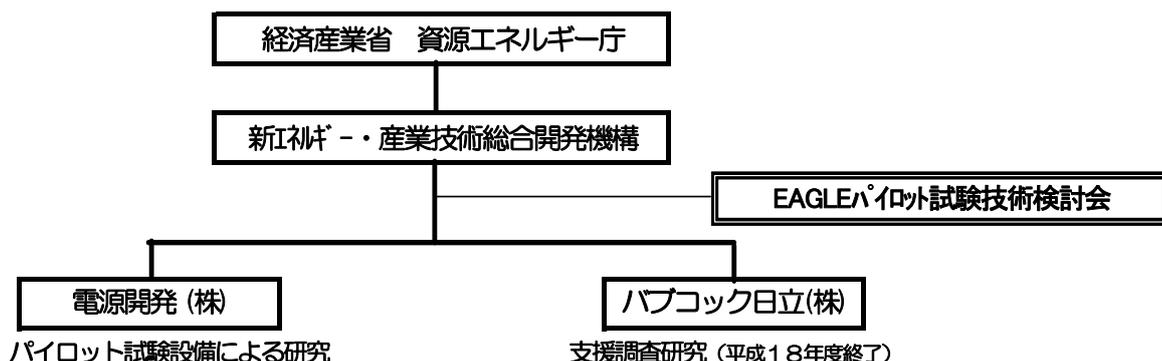


図 2-1 平成 16 年度以降の多目的石炭ガス製造技術開発体制

平成 19 年度に着手した STEP-2 [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。

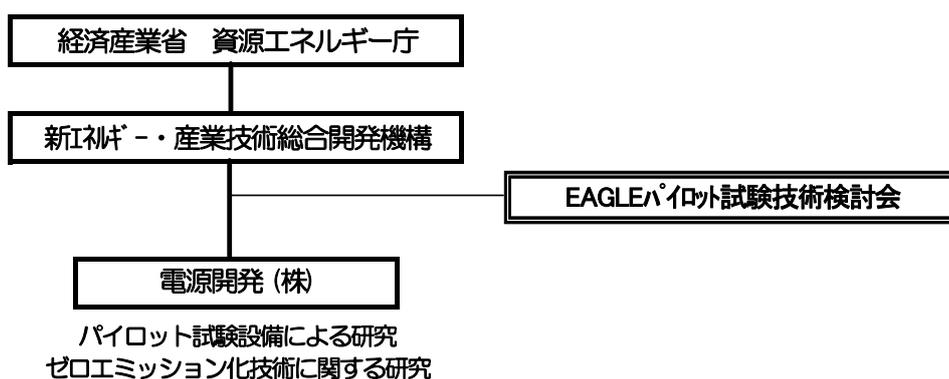


図 2-2 平成 19 年度以降の多目的石炭ガス製造技術開発体制

1. 事業の位置付け・必要性

(1) NEDOの事業としての妥当性 (ロードマップ上の位置付)

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) (8/13) (13/13)

【抜粋】

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5613H	61.石炭火力発電 石炭ガス化複合発電 (IGCC)	送電効率率 41%HHV(250 MW実証機) 46%HHV(1500°C級GT・湿式ガス精製)	48%HHV(1500°C級GT・乾式ガス精製)	50%HHV(1700°C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°C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/送電効率率 実証機(1000 t/d級)	65%HHV(A-IGFC) 商用機(600 MW級/送電効率率55%HHV)			
		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		
5634L	63.石炭利用技術 石炭ガス化多目的 利用技術			石炭ガス化コプロダクション		
		多炭種対応技術	バイオマス等とのハイブリッドガス化技術 ガスクリーニング技術 代替天然ガス製造			
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	IGCCでの実証試験 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)		
		ガス化ガス・改質ガスからのCO2分離 【CO2回収技術】 膜分離技術 化学吸収法 物理吸収・吸着法	高効率酸素製造技術 酸素燃焼法			

事業原簿 P33-35

3

「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」(事後評価)

評価概要(案)

1. 総論

1) 総合評価

今世紀においても石炭が重要なエネルギー源、化学原料源として利用され、今後、開発途上国を中心にその使用量が大きく増加するのは必至である。この EAGLE プロジェクトはアジアで石炭を生かす道としてきわめて重要な役割を担う力を備えており、現在の段階まで研究開発を進めてきた意義は高く評価できる。

STEP 1 ではすべての目標を達成して、なおかつ世界最高水準の石炭ガス化性能が得られ、更に STEP2 では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組み、所期の目標を達成している。石炭に関する本技術は石油代替エネルギーとしての確立を目指した技術革新であり、国家のエネルギーセキュリティの面で、長期に亘る石炭ガス化技術推進の意義は大きい。

しかし、人と予算に限りがあることを考慮すると、本技術開発は石炭ガス化炉のアップグレードとスケールアップに人と予算を投入すべきである。技術開発の速度は中国を中心に非常に加速されている。最高の技術が開発できたがどこでも使ってもらえない、といった状況に陥らないように技術開発から実用化そして事業化への速度を一層速める方策が不可欠であると考えます。

なお、比較方法などを工夫して本技術開発の優位性を示す努力をすることで、投入された国費に見合う発信をして頂きたい。

2) 今後に対する提言

将来の優位性の確立を考えて基礎研究開発でできるだけ将来に役立つ多様性とフレキシビリティを確保しようとする立場は十分に理解できるが、日本だけでなくアジアが、そして世界が実現を望んでやまない重要なエネルギー・環境対策オプションであるので、スケールアップによる早期の実用化、事業化を目指すべきである。石炭ガス化技術の実用化の早期実現という観点から、化学分野、水素分野と石炭ガス化技術の応用分野を多様化させる、或いは拡大させるのではなく、まずは発電分野に特化して実用化、事業化の目途を確立することも採用すべき 1 つの考え方ではあり、今後の研究計画の中で反映させてほしい。

また、CO₂ 分離回収は設備費を要するうえに、発電効率も低下することから、CCS の事業化のためには経済性の確保が大きな課題と考える。そのため、CO₂ 分離回収コストの削減や発電効率向上に努めることに加えて、経済的インセンティブを与えるため、国による CCS に関わる制度設計、法制面の整備、政策的・財政的支援などが必要不可欠である。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

石炭ガス化と CO₂の回収・貯留技術を組み合わせた研究開発は、米国、豪州、中国など国際的に激しく競い合っている部分であり、民間活動のみでは遂行できない複雑な要素が絡んでいる。2000年以降の中国を始めとするアジア地域のエネルギー需要急拡大を考慮すると、アジア地域の自前の域内資源である石炭を有効活用することは、欠くことのできないエネルギー・オプションである。

CO₂分離回収を含む石炭ガス化技術は、地球環境問題に大きく貢献できる。国のエネルギー政策に沿ったものであり、一次エネルギーの開発分野であるため、極めて公共性が高いこと、技術開発には莫大な人的・物的資源と長い期間を要し、一企業が実施するにはリスクが高いこと、さらには海外に展開して国際貢献すべき技術であること、等々のいずれからしても、本事業は国の関与が必要とされる事業である。

しかし、世界中で研究開発・実用化が進められている石炭ガス化技術のプラント規模は、EAGLEプロジェクトの少なくとも10倍の水準で行われているので、それらの先行技術に対してEAGLEプロジェクトがどのような必要性、どのような位置づけを持つのかをもっと明らかにした上で、研究開発を進めるべきである。後発の研究開発である以上は、それを実現すると強力な強みとなる切り札を有するべきである。

2) 研究開発マネジメントについて

石炭ガス化の実用化を目指してスケールアップを図る前に、現状の微粉炭火力が取り扱える多様な炭種を石炭ガス化でも取り扱えるようにすることにより、この技術の適用範囲を拡大する、石炭ガス化における微量物質挙動を解析して実用化の障壁となる障害を取り除く技術を開発する方針で進められたことは一定の評価が出来る。地球環境問題に対する世界的な意識の一層の高まりを受けて、高効率石炭ガス化技術とCO₂分離回収を組み合わせたゼロエミッション化への取組みも、社会情勢の変化を的確に捉え、適切に対応しており評価できる。

検討会の形で第三者の専門家等の意見も反映できる形で進められ、節目節目で開催され、NEDOによる中間評価等の検討もしかるべき頻度で行われており、一定の統率が取れる事業体制になっていると評価できる。外部からの中間評価等の検討結果に対してもそれを反映させる対応を取っている。

しかし、スケールアップによる早期の実用化を目指すことが求められる中で、なぜSTEP2の3テーマを設定することが必要であったのか、これらのテーマが解決されると実用化する上でどのような障壁をクリアすることになるのか、更に明確にすべきである。

CO₂回収については、回収コスト、回収による効率低下、回収後のNetの発電効率などの評価基準も取り入れて目標を策定された方がよいと考えられる。また、開発目標として掲げる数値としては、もう少し前提条件を明示した方が納得し易いとする。

3) 研究開発成果について

全体として目標を達成しており、研究開発成果は十分といえる。将来の火力発電所老朽化に伴う需要予測のもとプラントの炭種拡大を目指した高灰融点炭種の実証試験結果や次期大型化プラント対応実験結果は本事業の大きな成果として評価できる。本プロジェクトのガス化炉の効率などは欧米の先行する装置と比べて遜色無い性能を達成している。石炭ガス化における微量物質の挙動解明を行う足掛かりを築いたことは、世界をリードして石炭ガス化技術の改善を進めていく上で高く評価できる。

知財についても戦略的に隠している部分があることから控えているのに関わらず、毎年一定の特許も出願されている。

しかし、EAGLE の処理能力が 150t/d と先行機の 10 分の 1 以下の規模であり、大型化において先行機に大きく遅れている。研究開発の目標として定量的な数字を上げているが、コストや効率などとリンクしていないため簡単に達成可能なものになっていた可能性がある。

また、本プロジェクトはガス化炉を運転して実用化のためのデータを取得することに主眼が置かれているので、どうしても成果達成としては運転結果に偏り基礎研究が弱いと考える。更には、基礎研究と運転研究の関連がやや弱い感がある。

4) 実用化、事業化の見通しについて

技術的には高性能であることが示されている。特に高灰融点炭を使った場合でも灰に起因するトラブルを回避する対策などを確立できそうである。また、二酸化炭素回収では、より低温排熱を利用できる可能性を見だし、さらに吸収剤の長期性能維持の見通しを大規模に実証している。EAGLE の第 1 段階および第 2 段階のプロジェクトで培ってきた研究開発が、大崎 Cool Gen プロジェクトという形で実証機の建設が進められようとしていることは、EAGLE プロジェクトの実用化に向けて具体的な一步を踏み出そうとしている証左であるので、この点は実用化の見通しとして高く評価できる。

しかし、すでに欧米では 10 倍規模の石炭ガス化技術を実現して稼働させている中で、後発機として追いかけて追いつくだけでは実用化の見通しとして不足である。技術上あるいは実用化する上で、それらに対してどの様な優位性を発揮することができるのか、実用化を見通してのシナリオ展開を明らかにし、国が主導して研究開発を進める意義をもっと明確にすべきである。

また、実用化、事業化のための次期大型実証試験に向けての課題が必ずしも明確に示されていない。技術開発をスピードアップし効率的に進めるためにも課題とその解決方針を整理していただきたい。更には、全般的に事業化に必要なコストに関する評価と今後の見通しが明らかになっていない。実用化、事業化のシナリオという視点からはこの石炭ガス化技術（CO₂回収・貯留も含む）の経済性分析を行って、他の対策オプションと比較して市場での競争力がどの程度あるのかという点も適時明らかにすべきである。

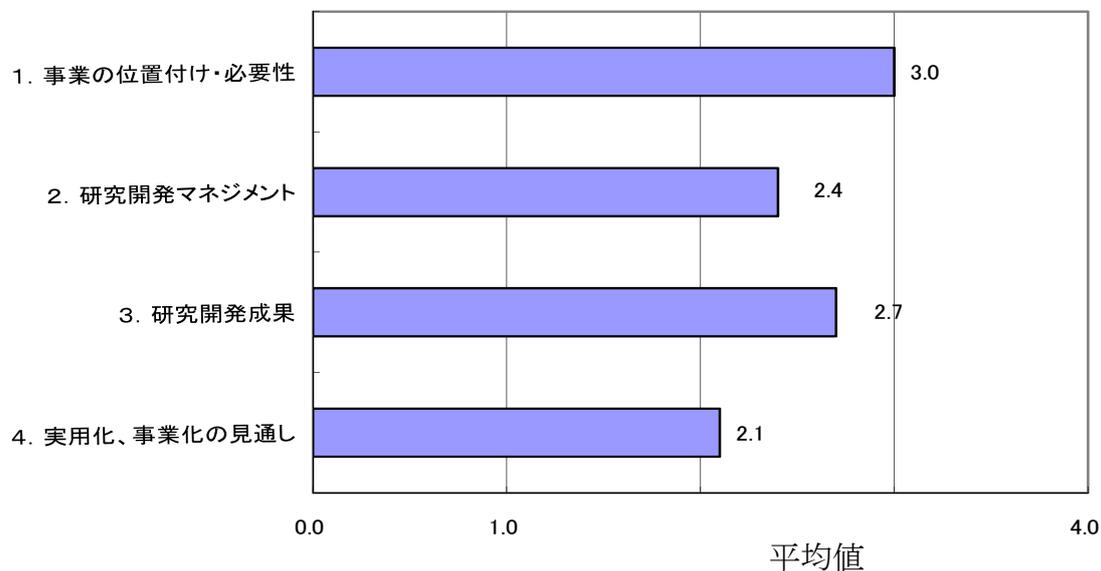
個別テーマに関する評価

	成果に関する評価	実用化の見通しに関する評価	今後に対する提言
高灰融点炭種 対応	<p>多種多様な石炭を利用せざるを得ない我が国の状況に対応するために実施されたハードルの高い研究開発であったが、1室2段ガス化の特徴を生かして高灰融点炭のガス化を可能にするとともに、非常に小さな酸素過剰率で高い炭素転化率と冷ガス効率を達成したことは高く評価できる。高灰融点化に伴う問題点を明確にして、その原因を推定し、対処法について提案した点についても評価する。また、スラッグの凝固特性が炭種によって大きく異なることを見出し、トラブル回避対策として、スラッグ処理などかなり高度なノウハウが蓄積された点も高く評価できる。</p> <p>しかし、高灰融点炭の利用に際してスラッグの形態が問題になっているが、その形態を決定する要因は何かについての基礎的な検討がやや不十分と考える。今後の研究の拡充を期待する。</p> <p>もし、比較的早い時期に石炭需給が現状よりも低品位炭に移行せざるを得ない局面がやってくるとすれば、石炭ガス化技術はむしろ長期的に主流となる低品位炭の処理に適合した強みを持たせることを優先して考えた方がよいかもしれない。</p>	<p>現在の微粉炭火力で幅広く利用されている高灰融点炭種の処理がEAGLE ガス化炉で適用可能であることを確認でき、またスラッグ処理などに多大のノウハウを蓄積できたことは、石炭ガス化技術を高灰融点の炭種に拡大する実用化、事業化の目途を立てる上で意義のある成果が得られたと評価できる。また、老朽化し、リプレースすべき火力発電所代替としての機能を備えることは実用化にとって重要と考える。微粉炭燃焼用石炭まで炭種幅を拡大したことはこの目的に合致している。</p> <p>しかし、実際に高灰融点炭を使うことを想定した場合、プロセスの冷ガス効率は相対的に高いとはいえないものの、効率が最適炭種と比べて低いことは否めない。そのため、微粉炭焚き新鋭機と比べた時に、IGCC の送電端効率から見ると巨費を投じてリプレースするほどの優位さを持てるかは、今回示された資料からでは判断できない。炭種が変化することにより、石炭ガス化技術の経済性にどの程度の影響を及ぼすかという検討も実用化、事業化の見通しを立てるという意味では是非検討してほしい。</p>	<p>将来の長期的な石炭需給の中で石炭ガス化技術はどのような炭種を主流として処理しなければならないかというしっかりした全体像を描いて、将来主流となる炭種に対してEAGLE 炉が強みを発揮し優位性を高めることができるように今後の研究開発計画を展開してほしい。</p> <p>既設石炭火力のリプレイスへの適用を考慮した場合、微粉炭火力で使用している石炭を極力利用できることが望ましく、実用化に向けて炭種拡大に必要な技術面、コスト面等についての課題を整理し、今後の見通しを示して欲しい。</p>

<p>CO₂分離回収</p>	<p>本事業では分離回収パイロットプラントを建設し実ガス化炉生成ガスを用いて1,300時間以上の運転を実施して基礎データを蓄積したことは評価できる。</p> <p>CO濃度約50%というEAGLEガス化炉の排出ガスに適合したCOシフト反応の条件、制御方法など、シフト反応後のCO₂濃度約40%に適合したCO₂吸収再生の条件、制御方法など石炭ガス化技術特有の条件下でのCO₂分離・回収技術のノウハウが蓄積できたことは意義深い。またCO₂分離回収技術の適用が発電効率にどの程度影響を及ぼすかを定量的に把握した点も評価できる。更に、吸収剤の再生方法を変えることで大幅な省エネルギーを達成できることを示した意義は大きい。</p> <p>しかし、CCSとセットになったガス化システムの性能評価指標の定量的目標値として、今後は電力あたりのCO₂大気放出など、他の方式と比較が容易な指標を用いるべきと考える。</p>	<p>回収CO₂の純度99%以上の目標を達成したことに加えて、CO₂分離回収(化学吸収法)の課題のひとつである分離回収エネルギーの削減の見通しを得たことは実用化、事業化に向けて大きな成果であり評価できる。またCO₂分離回収技術の適用が発電効率にどの程度影響を及ぼすかを定量的に把握した点も評価できる。</p> <p>しかし、CO₂削減に伴うある程度のコストアップは当然であるが、現状ではとても採算ラインではない。CO₂の最終処分段階まで含めた石炭のゼロエミッション化技術の経済性が、例えば太陽光発電や蓄電池つき風力発電などの経済性と市場で対抗できるのか、そのような経済性分析が石炭のゼロエミッション化に関する実用化、事業化の目途を立てるために必要なもので、しかるべき段階で検討をすべきである。石油増進回収(Enhanced Oil Recovery)との組み合わせなど貯留地などの立地に基づく適切な海外戦略が立てられれば、国外での実用化は期待できる。</p>	<p>「低炭素社会づくり行動計画(2008年7月)」に示されたロードマップを実現するためにも次期大型実証試験ではCO₂分離回収コスト削減のための課題をしっかりと把握し、商用化に向けて課題解決の方向性を明確に示していただきたい。</p> <p>本テーマにおける基礎的データの蓄積と技術の確立は重要と判断するが、実用化に際しては、総合的かつグローバルな観点にたって、実施の可否を判断すべきであろう。</p>
---------------------------	--	--	--

<p>微量物質の挙動調査</p>	<p>石炭中の微量物質の挙動については近年になって社会の関心が高まってきた比較的新しいテーマであり、腐食性物質、有害重金属、排水規制物質と位置付けられる微量元素が、石炭ガス化の過程でどこへ凝縮する結果になるのかが、定量的に突き止められたことは非常に大きな意義がある。</p> <p>大規模なガス化条件での微量物質挙動調査が出来たことは、基礎研究などとの比較が可能であり、また、水銀などの測定について精度の高い分析手順を開発している。</p> <p>しかし、挙動に関する結果が基礎データの収集のみならず、(EAGLE の実用化にとって) ここがプラントとして優れており国内外に PR したい等の観点でも分析してもらいたかった。その場合、他のプラントのデータも必要と考えられる。</p>	<p>排水規制物質、有害重金属、腐食性物質といった位置付けを持つ微量元素の挙動を詳細に明らかにした。従って、環境負荷状況の把握、規制物質の処理技術や腐食物質に対応できる材料選定に資するデータを取得したことになる。実用化に向けた機器の信頼性向上や環境対策に有用なので評価できる。</p> <p>しかし、微量元素の挙動調査の結果を石炭ガス化技術の改善にどのように役立てたらよいか、その利用方法を今後の課題としてもっと具体的に提示すべきである。</p> <p>また、実用化に向けた技術面やコスト面での問題を明確にすべきと考える。</p>	<p>微量物質挙動については推進委員会の中に大学関係者を含めて検討している。今後も、これら関係者との関係を保ちながら、大型実証試験で検証すべき課題を整理し、明確にすべきである。その上で対応策についてさらに議論を積み重ねていって欲しい。</p>
------------------	---	---	---

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	A	A	B	B
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.4	B	A	B	A	A	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.7	B	A	A	A	A	B	A	A
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.1	B	B	A	B	B	B	B	B

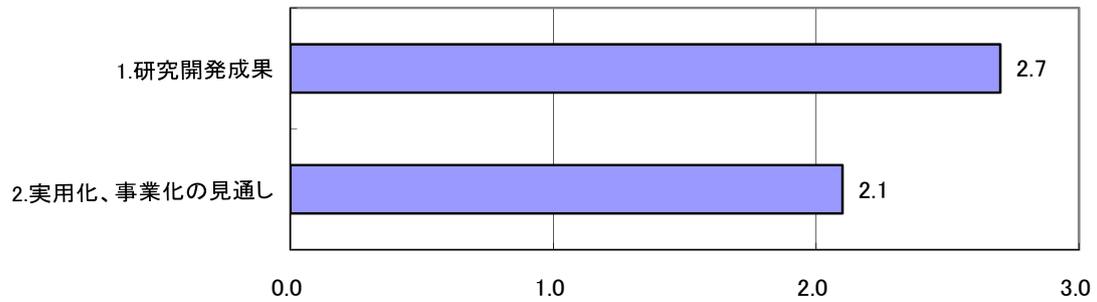
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈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、事業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 |

評点結果〔個別テーマ〕

高灰融点炭種対応



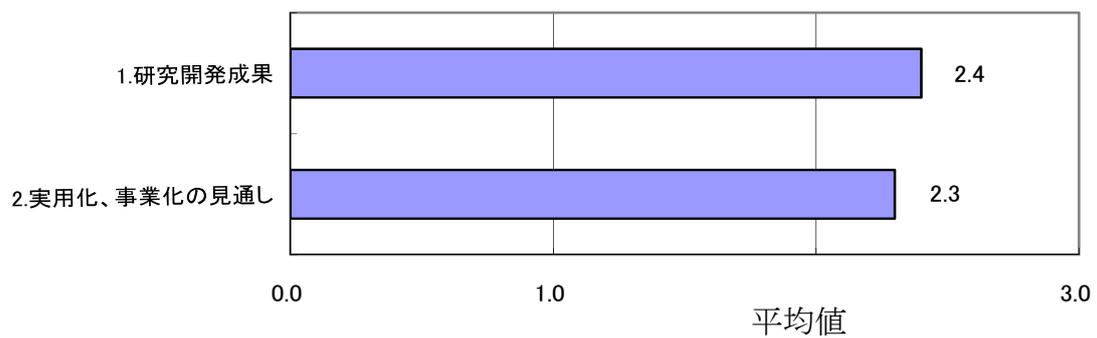
CO₂分離回収

平均値



微量物質の挙動調査

平均値



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
高灰融点炭種対応									
1. 研究開発成果について	2.7	A	A	B	A	A	B	A	
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.1	B	B	A	B	B	B	B	
CO ₂ 分離回収									
1. 研究開発成果について	2.3	B	A	B	A	B	B	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.0	B	B	B	B	B	B	B	
微量物質の挙動調査									
1. 研究開発成果について	2.4	A	B	A	A	B	B	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.3	A	B	A	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. 研究開発成果について

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

- A
- B
- C
- D

2. 実用化、事業化の見通しについて

- ・明確
 - ・妥当
 - ・概ね妥当であるが、課題あり
 - ・見通しが不明
- A
 - B
 - C
 - D