

低品位炭からのクリーンメタン製造技術研究 技術評価（終了時評価）結果報告書

（素案）

平成28年3月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成24年12月6日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成26年4月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施した低品位炭からのクリーンメタン製造技術研究は、効率的で利便性の高い代替天然ガス（SNG）製造技術を開発することで、未利用の低品位炭を有効活用し、我が国のエネルギーセキュリティの向上を図るため、平成22年度から平成25年度まで実施したものである。

今般、省外の有識者からなる低品位炭からのクリーンメタン製造技術研究終了時評価検討会（座長：堤 敦司 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）における検討の結果とりまとめられた低品位炭からのクリーンメタン製造技術研究技術評価終了時評価結果報告書の原案について、産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ（座長：小林 直人 早稲田大学研究戦略センター副所長・教授）において、審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成28年3月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

**低品位炭からのクリーンメタン製造技術研究
技術評価（終了時評価）結果報告書**

プロジェクト名	低品位炭からのクリーンメタン製造技術研究			
上位施策名	5. エネルギー・環境 5-2. 新エネルギー・省エネルギー			
事業担当課	資源エネルギー庁 石炭課			
<u>プロジェクトの目的</u> 石炭は他の化石燃料と比べて可採年数が長く、世界各国に幅広く分布する等、供給安定性が高く、経済性に優れているという特徴を有しているが、有限な可採埋蔵量のうち約半分はほとんど利用されていない褐炭等の低品位炭である。 このような背景を踏まえ、こうした未利用の低品位炭を有効活用することで、我が国のエネルギーセキュリティの向上を図ることを目的とする。 具体的には、高濃度 CO 条件でのメタネーション技術開発及び代替天然ガス（SNG）の高カロリー化技術開発を行う。これにより、褐炭等の低品位炭をガス化した石炭ガス化ガスを、既存技術よりも効率的に利便性の高い SNG（メタン、エタン、プロパン等）へ変換し、低品位炭の利用を図る。				
予算額等（補助（補助率：2/3）） （単位：千円）				
開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成 22 年度	平成 25 年度	—	平成 27 年度	大阪ガス株式会社
H22FY 執行額	H23FY 執行額	H24FY 執行額	H25FY 執行額	総執行額
58,576 (37,428)	37,121 (23,945)	37,564 (25,042)	15,553 (10,368)	148,813 (96,784)
※括弧内は補助金額				

I. 研究開発課題（プロジェクト）概要

1. 事業アウトカム【複数設定可】

事業アウトカム指標①	
メタネーション触媒における、高濃度 CO 条件における性能把握と効率的なプロセス設計条件の確立	
指標目標値	
事業開始時（平成 22 年度）	計画：試験装置の概念設計、仕様設計、製作、試運転
	実績：試験装置の概念設計、仕様設計、製作、試運転を完了
事業終了時（平成 25 年度）	計画：性能把握とプロセス設計条件の確立
	実績：性能把握とプロセス設計条件を確立
事業目的達成時（平成 25 年度）	計画：性能把握とプロセス設計条件の確立
	実績：性能把握とプロセス設計条件を確立
事業アウトカム指標②	
高カロリー化触媒により、日本の都市ガス相当である 45 MJ/Nm3 の SNG を製造	
指標目標値	
事業開始時（平成 22 年度）	計画：ラボスケールにて 45 MJ/Nm3 を目指す
	実績：ラボスケールにて 45 MJ/Nm3 を達成
事業終了時（平成 25 年度）	計画：ベンチスケールにて 45 MJ/Nm3 を目指す
	実績：ベンチスケールにて 45 MJ/Nm3 を達成
事業目的達成時（平成 25 年度）	計画：ベンチスケールにて 45 MJ/Nm3 を目指す
	実績：ベンチスケールにて 45 MJ/Nm3 を達成
事業アウトカム指標③	
メタネーション触媒及び高カロリー化触媒のパイロットスケールまたは商用スケールの概念設計	
指標目標値	
事業開始時（平成 22 年度）	計画：ベンチスケールの設計
	実績：ベンチスケールの設計を完了
事業終了時（平成 25 年度）	計画：パイロットスケールまたは商用スケールの概念設計
	実績：商用スケールの概念設計を完了
事業目的達成時（平成 25 年度）	計画：パイロットスケールまたは商用スケールの概念設計
	実績：商用スケールの概念設計を完了

2. 研究開発内容及び事業アウトプット

(1) 研究開発内容

1) 高濃度 CO 条件でのメタネーション触媒性能把握と効率的なプロセス設計条件の確立

高濃度 CO 条件下でのメタネーション触媒性能把握と効率的なプロセス設計条件の確立を行うために、ベンチ装置を用いて試験を行う。性能把握後は、効率的な条件を見極めるために試験を重ねる。

2) SNG 高カロリー化技術開発

高カロリー化触媒の高圧 (3MPaG 以上) 条件での活性試験データを取得し、初期性能 (脱湿・脱炭酸後想定で 45MJ/Nm³、CO 濃度 0.1%以下)を確認するために、ベンチスケール装置を用いて試験を行う。初期性能確認後は、性能を発揮する境界条件を把握するために試験を重ねる。

(2) 事業アウトプット【複数設定可】

事業アウトプット指標①

高濃度 CO 条件下でのメタネーション触媒性能把握と効率的なプロセス設計条件の確立を行うために、ベンチスケール装置を用いて試験を行う。性能把握後は、効率的な条件を見極めるために試験を重ねる。

指標目標値 (計画及び実績)

事業開始時 (平成 22 年度)	計画: 性能評価やプロセスの効率化検討の為の試験装置の概念設計、仕様設計、製作、試運転を行う。
	実績: 計画通り完了
事業終了時 (平成 25 年度)	計画: エンジニアリングデータをベンチスケール装置にて取得する。
	実績: 計画通り取得

事業アウトプット指標②

高カロリー化触媒の高圧 (3MPaG 以上) 条件での活性試験データを取得し、初期性能 (脱湿・脱炭酸後想定で 45MJ/Nm³、CO 濃度 0.1%以下)を確認するために、ベンチスケール装置を用いて試験を行う。初期性能確認後は、性能を発揮する境界条件を把握するために試験を重ねる。

指標目標値 (計画及び実績)

事業開始時 (平成 22 年度)	計画: 実使用条件 (高圧) を想定した触媒組成・調製法の探索を目的とする各種条件での触媒調製とラボスケールでの活性評価
	実績: 計画通り完了
事業終了時 (平成 25 年度)	計画: エンジニアリングデータをベンチスケール装置にて計画通り取得する。
	実績: 計画通り取得

<共通指標>

論文数	特許等件数 (出願を含む)
3	3

3. 当省(国)が実施することの必要性

石炭は、世界のエネルギー需要の 1/4 を占めており、2040 年に向けて約 1.1 倍に、また発電電力量の 40%以上を占めており、2040 年に向けて電力量は約 1.3 倍になる見通しである。特に、中国、インド等の新興国による石炭需要の急激な拡大により、中長期的には石炭需給は増加するものと思われる。

今後の世界的需要増に対応するため、我が国のエネルギーセキュリティの向上を図ることが重要であり、国が主体的役割を果たすべき課題である。

本事業は、褐炭等の未利用の低品位炭をガス化する技術を開発し、産炭国等において技術を普及展開することにより、産炭国のエネルギー需給緩和に貢献し、ガス化技術によって得られた生成物を我が国へ輸入する事により、我が国のエネルギーセキュリティに貢献することが期待される。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

(1) 平成 22 年度から平成 25 年度事業の開発段階

知的財産の管理については、大阪ガス株式会社の特許取扱規程に基づき、発明がなされた時点でまず日本国内に出願し、実用化の目途を検討の上、国際特許出願の判断を行う。

また、各要素技術については、下記のステップで実施する。

1) 高濃度 CO 条件でのメタネーション触媒性能把握と効率的なプロセス設計条件の確立については、下記のステップで実施する。

- ①ベンチスケール装置の設計、製作、調整（平成 22 年度）
- ②ベンチスケール運転データの取得（平成 23 年度）
- ③メタネーションプロセス概念設計検討、新規プロセスの出願（平成 24 年度）

2) SNG 高カロリー化技術開発については、下記のステップで実施する。

- ①反応活性試験データ取得、新規発明の出願（平成 22 年度～平成 23 年度）
- ②ベンチスケール装置の改造、運転データ取得、新規発明の出願（平成 24 年度～平成 25 年度）
- ③カロリーアッププロセス概念設計検討（平成 25 年度）

(2) 研究開発事業の終期

両プロセスにおいてロードマップ通りに開発を行い、全てのアウトカム項目を達成した。パイロット試験の規模設定は、反応器の設計等今後の詳細設計が必要で決められないため、概念設計においては、商用スケールを実施することとし、その概念設計を完了した。

本事業は基礎研究段階であり、事業終了後には実ガスによる評価及びスケールアップ評価（パイロットスケール実証）が必要である。パイロットスケール実証に必要な期間は設備の建設期間、実証期間も含め 3～5 年程度と想定され、その実証にて技術確立が達成できれば実用化可能と判断される。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等

研究開発計画は、ラボスケール⇒ベンチスケール⇒パイロットスケール⇒商用スケールと進めることを基本とし、本事業期間中はベンチスケール試験までを確認する。しかしメタネーション触媒は大阪ガス株式会社での過去の実績のある触媒を利用するため、ラボスケールを省略する。ラボスケールでの触媒試作や評価試験は、高圧での触媒評価試験装置を保有する会社への外注により効率化を図る。成果については関連分野（ガス業界、触媒学会）で逐次発表を行い、意見交換や評価をうけた。研究実施体制は、SNG プラントの実績があり、その SNG 触媒技術を保有する大阪ガス株式会社が行う。全体のとりまとめを行う「リーダー」を設定し、エンジニアリング部環境ソリューションチームマネージャーとする。その下で、開発推進を行う「サブリーダー」を設定し、そのサブリーダーの下、プロセス設計検討担当者、実験担当者、触媒開発担当者を設定する。また、本事業の推進を目的とし、外部の委員で構成される推進委員会を設け、石炭や SNG 分野に精通する大学教授を委員長とし、同じく同分野に精通する大学教授、民間企業、公益法人の方々に委員を委嘱する。事業期間中は年 2 回のペースで推進委員会を開催し、半期ごとの進捗報告を実施したうえで、技術開発の進め方などを議論する。

開発過程で発生した発明等は大阪ガス株式会社が特許出願やノウハウの維持管理等を行う。出願した特許についてはその権利化を目指し、権利化後は維持管理を行う。

事業終了後においても、スケールアップ評価を行う計画が立った場合には対応できる体制を整える。

6. 費用対効果

メタネーションプロセスの高効率化及び SNG の高カロリー化を達成したことで、既存の SNG 製造技術と比べ、より効率的な SNG 製造技術を確認できた。なお、本事業は基礎研究段階であり、事業終了後には実ガスによる評価及びスケールアップ評価（パイロットスケール実証試験）が必要である。パイロットスケール実証試験に必要な期間は設備の建設期間、実証期間も含め 3～5 年程度と想定され、実証試験にて技術確立が達成できれば実用化可能と判断できる。

また、以下のとおりコスト低減の可能性を確認できた。

① メタネーションプロセスの高効率化

既存 Ni 系触媒と比較し、本メタネーション触媒（OG 触媒）はリサイクル動力、原料スチーム量、必要触媒量をそれぞれ 25%程度削減でき、効率的なプロセスを構築できる可能性を確認した。

② 高カロリー化触媒による SNG 製造コスト低減

年産 75 万 t-LNG 製造のケースで、高カロリー化触媒を用いれば、メタネーションプロセスと比較して、運転費を約 5%（約 20 億円/年）低減できる可能性を確認した。

Ⅱ. 外部有識者（評価検討会等）の評価

1. 事業アウトカムの妥当性

高濃度 CO 条件下でのメタネーション触媒性能把握と効率的なプロセス設計条件の確立、及び高カロリー化触媒の初期性能確認という明確なアウトカムを設定できている。このアウトカムを達成する

ことで、基礎研究段階において、国内でそのまま利用可能な 45MJ/Nm³ の SNG を低品位炭から生み出すことができ、エネルギーセキュリティの向上にも大きく貢献するものである。以上より、アウトカムの設定は妥当と考えられる。

一方で、今回の研究は基礎研究段階にあるため、詳細な商用プロセスの設計には至っておらず、今後の社会実装へ向けた道筋は、明確に出来る段階にない。

2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性

日本の都市ガスインフラで活用できるように 45MJ/Nm³ (13A) 相当を目指すという研究開発内容は明確であり、設定した目標も達成され、基盤的技術はしっかり得られている。メタネーション技術、高カロリー化技術共に独自の技術であり、かつ既存の技術に対する優位性も認められる。さらに、SNG の高カロリー化技術開発は、LNG の増熱用に用いられる LPG 量を削減できるため、本技術で製造された SNG の経済性を高めることが可能となり、経済的優位性の確保にもつながる。

また、ベンチスケール装置の製作、評価もできており、その結果も実用化の可能性を充分見込めるものであり、極めて妥当なアウトプットを創出したと考える。

なお、成果として学会発表、国内特許取得を行っていることは評価できるが、国際特許の取得も行って欲しかった。

3. 当省(国)が実施することの必要性

低品位炭の有効利用は我が国のエネルギーセキュリティの担保並びにエネルギーミックスの観点から重要な課題であるが、比較的、長期にわたる研究開発が必要とされる可能性が高いこと（今回の事業はベンチスケールまで）等を踏まえると、国が本研究開発課題を実施することは妥当であると考えられる。

特に、褐炭などの低品位炭をガス化した石炭ガス化ガスをより高効率に SNG へ変換する技術開発は、触媒技術が重要な要素技術になっているが、これは基盤的、基礎的研究の積み重ねが必要な分野であり、長期にわたる研究開発と多額の費用が必要とされる可能性が高いこと等を踏まえると、国が本研究開発課題を実施することは妥当であると考えられる。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性

高濃度 CO 条件下でのメタネーション触媒性能把握と効率的プロセス設計条件の確立の両プロセスとも、基礎データの取得、知財化、ベンチスケール装置の設計、製作、運転データの取得、商用プロセスの概念設計という順番で適切にロードマップがまとめられている。4 年間の基礎研究に関するロードマップのスケジュール管理をし、着実に推進して当初目標としていた概念設計までを完了している。また、有望な国内特許の出願も行われており、ロードマップとして妥当であったと考える。

一方で、本事業は基礎段階の研究開発であったため、アウトカムの設定そのものが、「ベンチスケール装置の開発」と設定されており、商用スケールまで網羅したロードマップとなっていなかったため、今後改善の余地がある。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性

メタネーション触媒は既存の OG 触媒を利用しており、ラボスケール試験を省略した判断は妥当である。「高濃度メタネーション」と「SNG 高カロリー化」のそれぞれについて、チームを設けて研究開発を行い、この分野に精通した大学教授、民間の研究者を委嘱して推進委員会を開催するなど、産学連携がうまく機能していて評価でき、研究開発の実施体制やマネジメント体制については、大阪ガスの中で体制を確立させて推進してきており、特に問題になる点は無かったものと思料する。

一方で、事業化を視野に入れるならば、研究開発体制の中に、開発技術に関する需要（調査）に関する専門家を加えることも一案であると思われる。また、事業終了後のスケールアップへ向けた対応については現時点で明確になっておらず、今後の課題である。

6. 費用対効果の妥当性

本事業はまだ基礎段階の研究で費用対効果を議論するのは少し無理があるが、特許出願など知財化を図っていること、事業アウトプット及び事業アウトカムは、達成されていること。また、国費投入額はプロジェクトの遂行に必要なものに限られており、波及効果としてそれらを上回るコストダウンの可能性があり、十分な費用対効果があると考えられるから、本事業に関しては、費用対効果は妥当と判断できる。

一方で、商用化までに長期の研究開発が想定される事業についても、経済的な面からの評価は重要である。しかしながら、基礎研究であるため、事業終了後にパイロット実証が行われるか否か、行われたとして技術が確立できて実用化につながるか否かは現時点で不明で、実用化に向けては更なる費用も必要であることから、研究開発そのものの費用対効果については、必ずしも十分な分析が行えない。また、商用化へ向けては、資源とマーケットのそれぞれの条件に大きく左右される性質があり、この点も配慮した上で、性能や安全性基準の策定、規制緩和など制度的なあり方についても、検討を行ってゆく必要があり、これも費用対効果の要素となるが、今後の課題である。

7. 総合評価

我が国のエネルギーセキュリティの観点から、石炭、特に低品位炭の高効率利用技術の開発は非常に重要な課題であり、基礎研究からの積み上げが不可欠で、市場性がすぐに得られないことを考えると国の関与が望まれる研究開発プロジェクトである。また、事業アウトカム及びアウトプットについて、設定された目標が達成されており、おおむね妥当であると考えられる。これまでの知見を生かし、円滑に十分な進歩がみられるとともに、基礎研究として独自の技術を大きく進歩させることで、実用化の可能性を膨らませたことは大いに評価でき、今後の実用化に向けての展開、他技術への転用等にも期待したい。

一方で、事業そのものが初期段階の研究開発であることから、仕方のない面もあるが、事業化を目指す経済性の評価や、技術と社会適合性を、それぞれしっかり見極めるまでには至っておらず、今後の課題として残されている。

8. 今後の研究開発の方向等に関する提言

本事業は基礎研究の段階であり、開発した技術の事業化までにはまだ数ステップが必要であるが、石炭に関する研究の重要性への理解が得にくくなっている昨今、基礎的研究が企業、大学で行いにく

くなっているのも事実である。そこで、石炭関連の基礎的研究を、バイオマス利用、C1 化学なども含めた炭素系資源利活用技術開発として、産学連携の枠組みの中で、我が国が肅々と実施していくことが望ましいと思われる。

基礎技術をしっかり育て、国際競争力のあるものにし、さらにフェーズアップしていく上では、各々のステージゲートにおける目利きの評価が重要である。その点では、技術としての評価と、市況に対するフィージビリティのそれぞれを別々にしっかり評価することが重要と考える。

昨今のLNG価格の低廉化を踏まえると、本事業の早期の事業化が望まれる情勢ではないが、エネルギーセキュリティを考えると、我が国が持つべき技術ポートフォリオの1つであることは間違いない。

将来、再びLNG価格が高騰した場合に、すばやく立ち上げられるように、スケールアップ時の課題等の再整理、実用化スケジュール等に関して検討しておく必要があるとともに、コスト面の課題を常に意識して、更なるコストダウン等の検討も継続する必要があると考える。

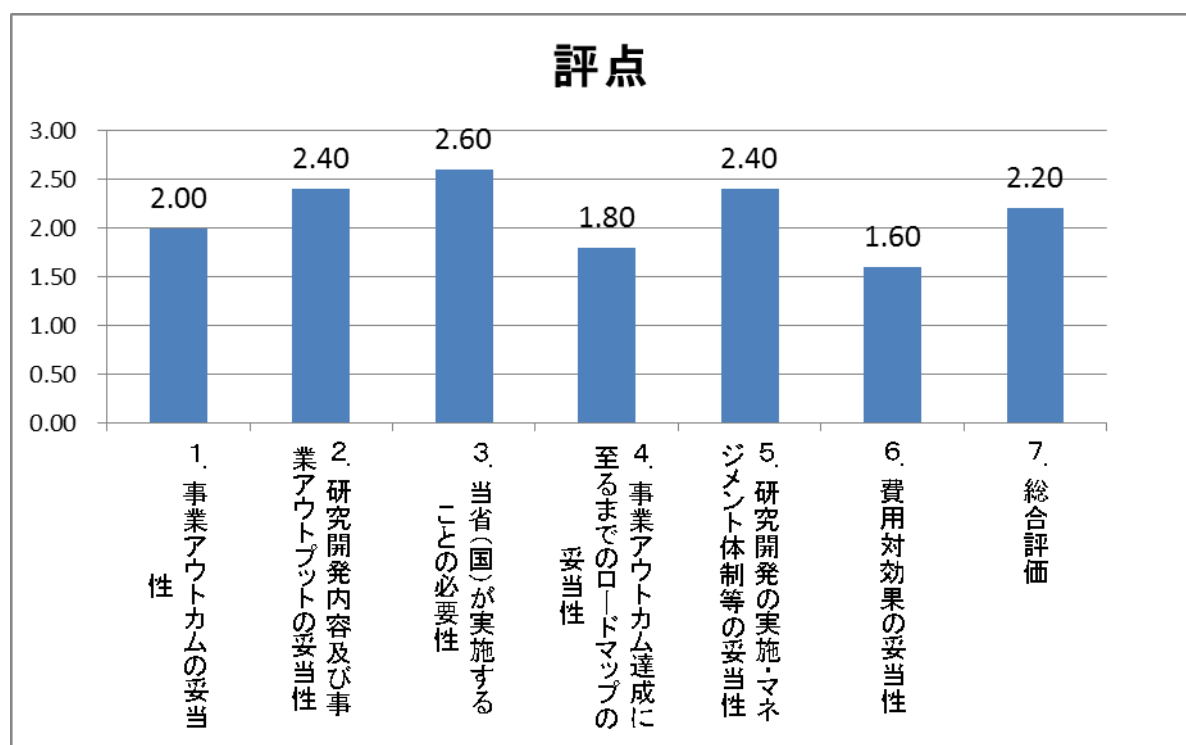
なお、開発された2つの基礎技術については、今回の事業の目的に関わらず、様々な場面での活用の可能性も検討いただきたい。

<参考：上記提言に係る推進課・主管課の対処方針>

検討会終了後に、評価検討会としての提言に対する対処方針を整理し、追記する。

Ⅲ. 評点法による評価結果

	評点	A委員	B委員	C委員	D委員	E委員
1. 事業アウトカムの妥当性	2.00	3	2	2	1	2
2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性	2.40	3	2	2	2	3
3. 当省(国)が実施することの必要性	2.60	3	3	2	2	3
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性	1.80	3	1	2	1	2
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	2.40	3	3	2	2	2
6. 費用対効果の妥当性	1.60	2	2	1	1	2
7. 総合評価	2.20	3	2	2	2	2



【評価項目の判定基準】

評価項目1～5

3点:非常に重要又は非常によい

2点:重要又はよい

1点:概ね妥当

0点:妥当でない

6. 総合評価

3点:実施された事業は、優れていた。

2点:実施された事業は、良かった。

1点:実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。

0点:実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

産業構造審議会産業技術環境分科会
研究開発・イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ
委員名簿

座長	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター副所長・教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	太田 健一郎	横浜国立大学工学研究院グリーン水素研究センター長 ・特任教授
	亀井 信一	株式会社三菱総合研究所政策・経済研究センター長
	高橋 真木子	金沢工業大学工学研究科教授
	津川 若子	東京農工大学大学院工学研究院准教授
	西尾 好司	株式会社富士通総研経済研究所主任研究員
	森 俊介	東京理科大学理工学研究科長 東京理科大学理工学部経営工学科教授

（敬称略、座長除き五十音順）

低品位炭からのクリーンメタン製造技術研究

終了時評価検討会

委員名簿

座長	堤 敦司	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
	関根 泰	早稲田大学先進理工学部応用化学科教授
	東嶋 和子	サイエンス・ジャーナリスト
	村岡 元司	株式会社N T T データ経営研究所社会・環境戦 略コンサルティング本部本部長パートナー
	森田 哲司	一般社団法人日本ガス協会技術開発部長

(敬称略、座長除き五十音順)

低品位炭からのクリーンメタン製造技術研究の終了時評価

審議経過

【終了時評価】

◆産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ(平成 28 年 3 月 1 日)

- ・技術評価書(終了時評価)について

◆事業低品位炭からのクリーンメタン製造技術研究終了時評価検討会第1回評価検討会(平成 27 年 12 月 21 日)

- ・評価検討会の公開について
- ・評価の方法等について
- ・事業の概要について
- ・評価の進め方について

第2回評価検討会(平成 28 年 1 月 28 日～平成 28 年 2 月 15 日)(書面審議)

- ・技術評価書(終了時評価)について

【事前評価】

◆第 1 回クリーンコール分野に係る技術に関する施策・事業評価検討会(平成 24 年 12 月 27 日)

- ・クリーンコール分野に係る技術に関する施策について