

二酸化炭素回収技術高度化事業（プロジェクト）
技術評価結果報告書（終了時評価）

（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ている「二酸化炭素回収技術高度化事業」は、CCS（二酸化炭素回収・貯留）技術の実用化にあたって、実施に要するコストの6割以上を占めるCO₂の分離・回収に係るコストを低減することを目的として、平成22年度から平成27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「平成27年度二酸化炭素回収・貯留分野評価検討会」（座長：宝田恭之 群馬大学大学院 理工学府環境創生部門 教授）における検討の結果とりまとめられた「二酸化炭素回収技術高度化事業技術評価（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

**二酸化炭素回収技術高度化事業
技術評価（中間（終了時）評価）結果報告書**

プロジェクト名	二酸化炭素回収技術高度化事業			
上位施策名	5 エネルギー・環境 5－4 環境			
事業担当課	産業技術環境局環境調和産業・技術室			
プロジェクトの目的 本事業では、CO₂ の分離・回収コストを大幅に削減するため以下の技術開発を実施する。 （１）二酸化炭素固体吸収材等研究開発事業 CO₂ の分離・回収技術の一つである化学吸収法に関して、高効率な回収が可能なアミン基を固体に担持した新規の固体吸収材の開発や、固体に担持する化学吸収液の評価を行う標準的な手法を開発する。 （２）二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業 石炭ガス化発電等で発生する比較的高い圧力を有するガスから CO₂ を分離・回収するのに有効な分離膜技術を開発する。				
予算額等（委託）		（単位：百万円）		
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 26 年度	平成 24 年度	平成 27 年度	(公財) 地球環境 産業技術研究開 発機構、次世代 膜モジュール技 術研究組合
H24FY 執行額	H25FY 執行額	H26FY 執行額	総執行額	総予算額
475	402	702	2,185	2,243
* 執行額の欄には、直近 3 年間の執行額を記載すること。				

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）		
(1) 二酸化炭素固体吸収材等研究開発事業		
①開発した固体吸収材の CO2 吸着量		
指標目標値		
事業開始時（22 年度）	計画：	実績：
中間評価時（24 年度）	計画：	実績：
事業終了時（26 年度）	計画：	実績：
事業目的達成時（31 年度予定）	計画：	

事業アウトカム指標（2）		
(1) 二酸化炭素固体吸収材等研究開発事業		
①開発した固体吸収材の CO2 吸着量		
指標目標値		
事業開始時（22 年度）	計画：新規固体吸収材開発技術の確立	実績：新規固体吸収材開発技術の確立
中間評価時（24 年度）	計画：2.9 mol/kg	実績：2.9 mol/kg
事業終了時（26 年度）	計画：5 mol/kg	実績：5 mol/kg
事業目的達成時（31 年度予定）	計画：5 mol/kg	

事業アウトカム指標（3）		
(1) 二酸化炭素固体吸収材等研究開発事業		
②プロセスでの CO2 回収エネルギー		
指標目標値		
事業開始時（22 年度）	計画：固体吸収材の製造・評価技術の確立	実績：固体吸収材の製造・評価技術の確立
中間評価時（24 年度）	計画：2.5 GJ/t-CO2	実績：2.5 GJ/t-CO2
事業終了時（26 年度）	計画：1.5 GJ/t-CO2	実績：1.5 GJ/t-CO2
事業目的達成時（31 年度予定）	計画：1.5 GJ/t-CO2	

事業アウトカム指標（４）		
(2) 二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業		
①分離膜の CO ₂ /H ₂ の選択性		
指標目標値		
事業開始時（23 年度）	計画：30	実績：30
中間評価時（24 年度）	計画：100	実績：100
事業終了時（26 年度）	計画：125	実績：125
事業目的達成時（31 年度予定）	計画：膜モジュールシステムとしてプロジェクト目標 1,500 円/t-CO ₂ を達成する選択性の達成	

事業アウトカム指標（５）		
(2) 二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業		
②分離膜の CO ₂ 透過（単位： m ³ /(m ² s Pa)）		
指標目標値		
事業開始時（23 年度）	計画：1 × 10 ^{−10}	実績：1 × 10 ^{−10}
中間評価時（24 年度）	計画：1 × 10 ^{−10}	実績：1 × 10 ^{−10}
事業終了時（26 年度）	計画：3 × 10 ^{−10}	実績：3 × 10 ^{−10}
事業目的達成時（31 年度予定）	計画：膜モジュールシステムとしてプロジェクト目標 1,500 円/t-CO ₂ を達成する CO ₂ 透過速度の達成	

2. 研究開発内容及び事業アウトプット

（１）研究開発内容

①二酸化炭素固体吸収材等研究開発事業

CCS 技術開発の現状を勘案し、CO₂ 分離回収技術の高度化を目的に、化学吸収液をベースにした固体吸収材の開発及びプロセスシミュレーション技術の高度化を実施する。

②二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業

CO₂ の分離回収コストを大幅に削減するため、圧力を有するガス源である IGCC 等から、従来技術の 3 分の 1 程度の 1,500 円/t-CO₂ 以下で CO₂ を分離・回収する技術の確立を目指す。合わせて、1,000 円/t-CO₂ 以下で CO₂ を分離・回収する技術を確認する。

（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）		
論文数、論文の被引用件数		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時（22 年度）	計画：－	実績：－

中間評価時（24 年度）	計画：－	実績：6/－
事業終了時（26 年度）	計画：－	実績：30/191

事業アウトプット指標（2）

特許（出願）件数

指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（22 年度）	計画：－	実績：－
中間評価時（24 年度）	計画：－	実績：10
事業終了時（26 年度）	計画：－	実績：21

3. 当省(国)が実施することの必要性

CCS は、追加的エネルギーコストをかけて CO2 を削減するといった点において省エネルギーや再生可能エネルギーとは異なるタイプの技術である。このため、CCS の導入は経済的インセンティブが働かない温暖化対策に特化した方策であるなど、CCS の実用化に当たっては、解決すべき課題が多い。

技術開発によるコストダウンや高効率化のほか、法制度の整備、環境対応、社会的受容性の構築といった課題を解決する必要がある、国が実施する必要がある。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

（1）二酸化炭素固体吸収材等研究開発事業

1) 基盤技術研究フェーズ（平成 22 年度～平成 26 年度）

- ・平成 26 年度までに連続回収試験等により、材料安定性や耐久性評価を行い、連続試験等の結果を踏まえ、材料およびプロセスの改良を実施し、目標を達成し得る要素技術の完成に見込みを得た。
- ・中間評価以降、実用化研究フェーズを見据えて民間企業との協力体制を構築し、民間企業におけるベンチ試験に向けての予備評価を開始した。

2) 実用化研究フェーズ（平成 27 年度～平成 31 年度）

- ・本成果を元に民間企業との協力、技術移転等を通じて、実用化研究を推進し、技術の実証を行う。

3) 実証フェーズ・商用化フェーズ（平成 32 年度以降）

- ・実用化研究フェーズ事業終了後、発電所における実機スケールでの実証試験（補助事業）を経て、将来、制度的な仕組みの導入等により本格的に CCS が進むことが期待される。

（2）二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業

1) CO2 分離膜モジュール実用化研究開発事業（平成 23 年度～平成 26 年度）

- ・IGCC 等から、分離・回収コスト 1,500 円/t-CO2 以下で CO2 を分離・回収する技術の確立。
- ・1,000 円/t-CO2 以下で CO2 を分離・回収する技術の確認。

2) CO2 分離膜モジュール実用化研究開発事業（平成 27 年度～平成 31 年度）

- ・実ガス等の実用化試験で、技術課題の抽出と解決。
- ・実用化段階の分離・回収コスト 1,500 円/t-CO₂ 以下の達成。
- ・分離膜技術、実機膜モジュール、膜システムの完成。

3) 実証フェーズ・商用化フェーズ（平成 32 年度以降）

- ・IGCC 実ガス、実機での長期試験、大規模な実証試験による実績の蓄積。
- ・膜、モジュールの商業生産プロセスの検討、膜大面積化、量産体制の構築。
- ・CO₂ 分離膜プロセス採用に向けた活動。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等

本研究開発は、公募による選定審査手続きを経て、公益財団法人地球環境産業技術研究機構および次世代膜モジュール技術研究組合が経済産業省からの委託を受けて実施した。

（１）二酸化炭素固体吸収材等研究開発事業

研究開発実施者である RITE の化学研究グループリーダーによる統括管理体制のもと、研究計画、進捗状況管理、経費配分と執行管理に当たった。

また、温暖化問題は我が国一国の問題ではなく、対策技術の開発も国際的な協力の下で実施することが好ましいことから、米国 DOE (Department of Energy) の NETL (National Energy Technology Laboratory) との研究協力体制を構築した。NETL は米国エネルギー省の中心的な研究機関であり、CO₂ 分離回収技術について、既存のアミン吸収剤を用いた多くの試験結果を基に高度なシミュレーション技術を構築している。2009 年には NETL と研究協力テーマの議論を行い、固体吸収材の開発およびプロセスシミュレーション技術について協力して研究することに合意した。本事業において、知的財産権の適切な取り扱いを取り極めた契約の下に、より効果的な研究協力体制を築き、研究開発の促進を図る計画とした。

また、大学の有識者からなる推進委員会を設置し、研究開発の推進を図るとともに、事業を効率的に進めるため、再委託先として東芝株式会社（パイロットプラント試験）、長瀬弁護士事務所（NETL との契約締結作業）が参加した。

また、中間評価における委員からのコメントを踏まえ、早期実用化を目指して、次フェーズの実用化研究にスムーズに移行するために、固体吸収材のベンチ試験装置を保有する民間企業と NDA 締結し、連携体制を構築し、RITE 開発固体吸収材のベンチ試験に向けた基礎試験データの取得、評価を行った。

（２）二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業

平成 23 年度より、膜素材会社（株）クラレ、膜モジュール会社（日東電工（株））、エンジニアリング会社（新日鉄住金エンジニアリング（株））、（公財）地球環境産業技術研究機構の一体となった技術研究組合と大学からなる研究体制を構築し、分離膜技術の確立、実機膜モジュールの開発、膜分離システムの開発に関する研究開発を推進している。また、研究開発を推進するべく、大学等の有識者からなる研究推進委員会を設置した。再委託先として大学の研究者が参加している。

6. 費用対効果

IEA Energy Technology Perspective2012によれば、「CCS なしで2度シナリオを達成するために必要とされる電力分野の追加コストは、今後40年で総額2兆ドルに達する」との試算が示されている。このため、CCS技術のオプション価値（影響回避期待値）は、世界全体で6兆円/年に達すると考えられる。

また、本技術が実用化された際には、CO₂分離回収コストが1トン当たり1,500～2,500円削減されることが見込まれ、例えば石炭火力発電所等に適用した場合、1基当たり年間64～75億円の分離回収コストの削減に資することとなる。

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

固体吸収材については、ロードマップの策定や民間企業との連携等、実用化に向けた取り組みが行われており、また極めて高い目標設定も設定されるなど、事業アウトカムの設定は妥当である。

以後、技術の優位性や開発課題等、実用化に向けた課題をより明確化する必要がある。

分離膜モジュールについても、CCSの大きな課題の一つであるコスト目標を野心的に設定しており、国際競争力にも資するという観点から、アウトカムの設定は妥当である。

以後、目標とする分離回収コストを実現する条件や、他技術との比較（優位性）等について明確化していく必要がある。

2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性

固体吸収材については、中間評価の実績よりもさらに高い目標を設定し、これを概ね達成していること、民間企業と協力して実用化への検討に入っていることは、高く評価できる。

一方で、分離回収エネルギーに係る目標の妥当性については検討が必要。

分離膜モジュールについても、分離回収コスト1,500円/t-CO₂以下を達成する等、極めて高いレベルの開発に成功したことは高く評価できる。

3. 当省(国)が実施することの必要性

CCSの導入には、できるだけ高効率かつ安価な分離回収技術が重要であるが、CCSは外部不経済であり、また本技術の国際標準化は将来的に必要となる事が見込まれることから、本事業について国が実施することは妥当である。

本事業のスコープ外ではあるが、将来、こうした技術開発を民間企業が独自に実施するための環境整備についても検討が必要。

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

固体吸収材、分離膜モジュールとも、基盤研究から実証までのスケジュールは概ね適切に整理されていると評価できる。

一方で、今後のスケールアップ指針や、固体吸収材と膜の棲み分け等が必ずしも明確になっていな

い。本事業のスコープ外ではあるが、今後の政策検討の中で、こうした点に留意したロードマップの検討が必要。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性

固体吸収材については、企業との連携による実用化検討や NETL との共同研究等、将来の実用化を見据えて外部の力を最大限活用しつつ研究を進めた研究開発・マネジメント体制は評価できる。

今後、用途拡大を目指し、他の企業も含めた共同開発も検討すべき。

分離膜モジュールについては、民間企業も参画した技術研究組合として、当初から実証を見据えた体制で研究開発を実施していることは評価できる。

今後は、分離した CO₂ 純度や用途との関係、エンジニアリング上の課題等を明らかにしていくべき。

6. 費用対効果の妥当性

基盤研究段階であることから、不確定要素も多く、現段階での費用対効果を正確に評価することは困難ではあるものの、実用化に至った際の CO₂ 削減効果と、現段階での国費投入額を考慮すれば、費用対効果は妥当であると評価できる。

7. 総合評価

固体吸収材、分離膜モジュールとも、高い目標を設定し、これを概ね達成するなど、優れた研究成果をあげていると評価でき、重要な課題である分離回収コストの低減に資するもの。また、国際競争力も持つものと期待できる。

今後は知財戦略等も念頭に置きつつ事業を推進すべき。

8. 今後の研究開発の方向等に関する提言

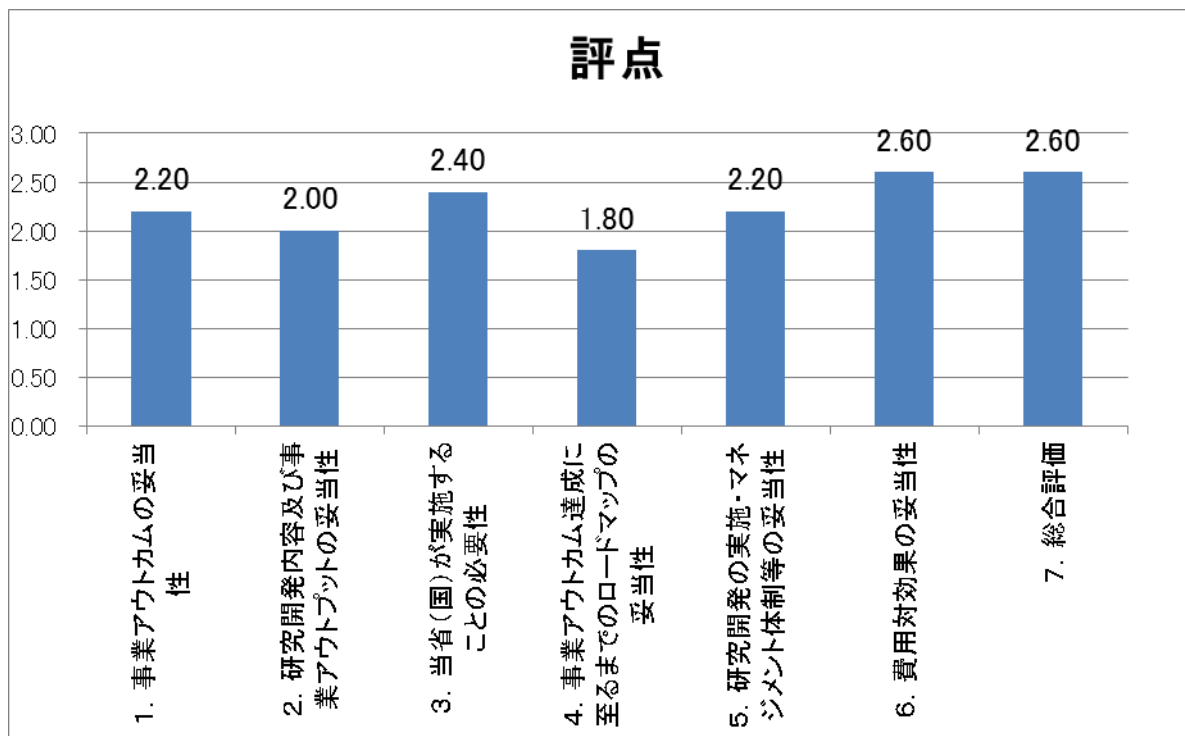
本事業により得られた成果は大きいですが、COP21 での合意を考えれば、本技術の早期の実用化を目指した、計画の更なる迅速化が求められる。将来の削減目標の実現に向けて、重要な研究課題を明らかにするとともに、より早期の開発、より一層のコスト削減を検討して欲しい。

<参考：上記提言に係る推進課・主管課の対処方針>

次期フェーズにおいて、研究開発課題を明らかにしつつ、早期の実用化に向けた着実な研究開発を実施することとしたい。

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	2.20	3	1	2	3	2
2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性	2.00	2	2	2	3	1
3. 当省(国)が実施することの必要性	2.40	3	3	2	3	1
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	2	1	2	2	2
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	2.20	2	2	2	2	3
6. 費用対効果の妥当性	2.60	3	2	3	2	3
7. 総合評価	2.60	3	2	2	3	3



【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つた。

0点:実施された事業は、成果等が極めて不十分であつた。

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）

平成27年度二酸化炭素回収・貯留分野評価検討会(2)

委員名簿

座長	宝田 恭之	群馬大学大学院 理工学府環境創生部門 教授
	梅田 健司	電気事業連合会 技術開発部長
	金子 憲治	株式会社日経BP クリーンテック研究所 主任研究員
	川上 浩良	首都大学東京 都市環境学部 教授
	芝尾 芳昭	イノベーションマネジメント株式会社 代表取締役

(敬称略、座長除き五十音順)

二酸化炭素回収技術高度化事業の終了時評価

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日予定)

- ・技術評価書(終了時評価)について

- ◆平成27年度二酸化炭素回収・貯留分野評価検討会(2)

- 第1回評価検討会(平成27年12月10日)

- ・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2月3日)

- ・技術評価書(終了時評価)について

【中間評価】

- ◆産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(平成25年3月15日)

- ・技術評価書(案)について

- ◆CO₂ 固定化・有効利用分野評価検討会

- 第1回評価検討会(平成24年11月13日)

- ・プロジェクトの概要について
- ・評価の方法等について

- 第2回評価検討会(平成25年1月16日)

- ・技術評価書(案)について