

複数課題プログラムを構成する
研究開発課題(プロジェクト)

D.二酸化炭素回収技術実用化研究事業
(二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発事業)

評価用資料

平成 30 年 11 月 5 日

経済産業省産業技術環境局環境政策課地球環境連携室
次世代型膜モジュール技術研究組合

目次

I. 研究開発課題(プロジェクト)概要	1
1. 事業アウトカム	2
2. 研究開発内容及び事業アウトプット	4
3. 当省(国)が実施することの必要性	7
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ	7
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等	8
6. 費用対効果	13
II. 平成 29 年度二酸化炭素回収技術実用化研究事業研究開発プロジェクト中間評価検討会における評価結果(参考)	14

I. 研究開発課題（プロジェクト）概要

※平成 29 年度に中間評価を実施しており、プロジェクトでの評価は行わないこととする。

プロジェクト名	二酸化炭素回収技術実用化研究事業 (二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発事業)
行政事業レビューとの関係	平成 27 年度 行政事業レビューシート 事業番号 新 27-0040 平成 28 年度 行政事業レビューシート 事業番号 0454 平成 29 年度 行政事業レビューシート 事業番号 0395
上位施策名	攻めの地球温暖化外交戦略（平成 25 年 11 月）、科学技術イノベーション総合戦略 2015（平成 27 年 6 月 19 日）、エネルギー・環境イノベーション戦略（平成 28 年 4 月）、地球温暖化対策計画（平成 28 年 5 月）、エネルギー基本計画（平成 30 年 7 月）、
担当課室	産業技術環境局 環境政策課地球環境連携室

プロジェクトの目的・概要

二酸化炭素回収・貯留（CCS: Carbon dioxide Capture and Storage）は、工場や発電所等から排出される CO2 を大気放散する前に回収し、地下へ圧入・貯留する技術で、温室効果ガス削減効果が大きいこと等から、地球温暖化対策の選択肢の一つとして世界的に期待されている。

CCS の実用化に向けては、CO2 の分離回収、圧入貯留、モニタリングまでトータルでの CCS 技術の確立、CCS 事業コストの十分な低減、十分な貯留能力を有した貯留地点の選定、社会的受容性の醸成等が不可欠である。

CCS 事業に係るコストのうち、CO2 分離回収コストが 6 割程度を占めると試算されており（RITE, 2005）、CCS 技術の広範な展開に向けては、CO2 分離回収コストの低減が重要であると言える。このことから、分離回収コストの低減を目的として、大気圧の燃焼排ガスに含まれる CO2 の回収に有利な技術である化学吸収法（固体吸収材）と、石炭ガス化複合発電（IGCC）等で発生する高圧のガスに含まれる CO2 の回収に有利な技術である膜分離法に係る研究開発を実施している。

この二つの技術のうち、膜分離法は、圧力差によって CO2 を透過・分離するため、特に圧力を有するガス源からの CO2 分離において、他の分離法に比べ低コストでの分離が可能となることから、主に IGCC への適用が期待されている。本事業では、膜分離法の実用化に向けて、従来技術の約 3 分の 1 以下の 1,500 円/t-CO2 以下で、IGCC 等の圧力を有するガス源から CO2 を分離・回収する技術の実用化研究を行う。

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	終了時評価時期	事業実施主体
平成 27 (2015) 年度	平成 31 (2019) 年度	平成 29 (2017) 年度	2020 年度	次世代型膜モジュール技術研究組合
H27 (2015) FY 執行額	H28 (2016) FY 執行額	H29 (2017) FY 執行額	総執行額	総予算額
240	209	169	618	1,270

※総予算額は平成 27～29 年執行額と平成 30～31 年度予算想定額の合計

1. 事業アウトカム

事業アウトカム指標		
<p>CO₂ 分離・回収コスト 1,500 円/t-CO₂ 以下を達成する膜モジュール^{*3}を用いた CO₂ 膜分離システム^{*4}を確立し、実用化すべく、平成 31 年度までに、実用化段階（百万 t-CO₂/年規模を想定）で CO₂ 分離・回収コスト 1,500 円/t-CO₂ 以下を達成し得る膜分離システムを実現する膜エレメント^{*2}を開発する。</p>		
指標目標値		
<p>事業開始時 (平成 27(2015)年度)</p>	<p>計画： 模擬ガス試験において、CO₂ 分離回収コスト 1,500 円/t-CO₂ を達成し得る膜分離システムを実現する単膜^{*1}を開発する。</p>	<p>実績：(達成) CO₂ 分離・回収コスト 1,500 円/t-CO₂ 以下を達成するために設定した分離性能をラボ試験レベルで実現した。</p>
<p>中間評価時 (平成 29(2017)年度)</p>	<p>計画： 量産化を念頭においた連続製膜を行い、模擬ガス試験において、CO₂ 分離・回収コスト 2,100 円/t-CO₂ 以下を達成し得る膜分離システムを実現する膜エレメント用単膜^{*6}を開発する。</p>	<p>実績：(達成) 連続製膜処方^{*5}により作製した単膜を用いて、CO₂ 分離・回収コスト目標を達成した（1,790 円/t-CO₂）。 【現時点（平成 30 年度）】 薄膜化、膜組成最適化等を行い、最終目標性能達成の目処をつけた。</p>
<p>終了時評価時 (平成 32) 2020) 年度)</p>	<p>計画： 実ガス試験において、CO₂ 分離・回収コスト 1,500 円/t-CO₂ 以下を達成し得る膜分離システムを実現する膜エレメントを開発する。</p>	<p>実績：－</p>
<p>目標最終年度 (平成 2030 年度頃)</p>	<p>計画：CO₂ 分離・回収コスト 1,500 円/t-CO₂ 以下を達成する膜分離システムを確立し、実用化する。</p>	

*1 単膜：ラボスケールの平膜（膜面積：1.2～58cm²程度）（図 1 参照）

*2 膜エレメント：大面積の膜を用いた構造体で、膜とその支持体および流路材などの部材を一体化したもの（図 2 参照）

*3 膜モジュール：膜エレメントとそれを収納する容器（ハウジング）を組み合わせたもの。（図 3 参照）

*4 膜分離システム：膜モジュールを用いて CO₂ 分離回収を行うための複数の機器から構成される系統。

*5 連続製膜処方：大面積膜の連続製膜（基材を連続的に搬送し、連続的に製膜溶液を塗布して乾燥させる製膜方法で、本プロジェクトでは塗布幅 320 mm、塗布長さ約 20m を検討。塗布長さは-100m 以上も可能）のための製膜溶液調製や製膜等に関する手順。均一で膜欠陥の無い大面積膜を得るためには、連続製膜レシピ処方の確立が重要な技術課題である。本プロジェクト中で検討を進め、処方を決定した。

*6 膜エレメント用単膜：連続製膜処方により作製したラボスケールの平膜（膜面積：約 6m²）。



① 単膜 (1.2cm²)

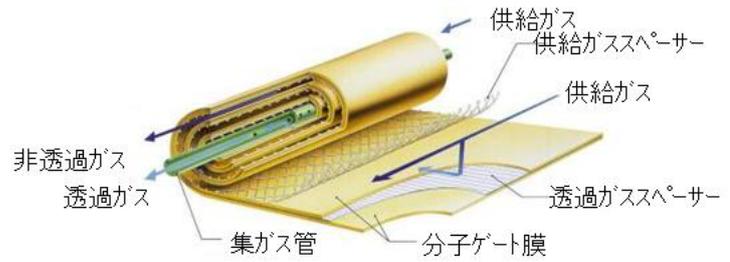


② 単膜 (58cm²)

図1 単膜イメージ



① 膜エレメント
(左 2inch、右 4inch、L200mm)



② 膜エレメント概念図

図2 膜エレメントイメージ



① 膜エレメントを組み込んだ
ステンレス製ハウジング



② ハウジング中に組み込んだ膜エレメントのイメージ
(透明なアクリル製ハウジングを使用)

図3 膜モジュールイメージ

2. 研究開発内容及び事業アウトプット

(1) 研究開発内容

本事業「二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究事業」では、前身の「二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業」（平成 23 年度～26 年度）で開発した膜素材や膜分離システムを基礎として、実用化に向けて IGCC プロセスからの排出ガス（実ガス）を用いた実ガス試験を実施し、分離膜の性能、耐久性等に関する技術課題の抽出と解決を行う。併せて、耐圧性、耐乾燥性（湿度依存性）、耐久性、耐不純物性等のプロセス適合性についても検討を進め、分離・回収コスト 1,500 円/t-CO₂ 以下を実現する膜エレメントを開発し、膜分離システムで実証可能な技術確立を行う。

①「実機膜モジュールの実用化研究」では、実用化を想定した連続製膜、膜エレメント化技術を確立すると共に、IGCC プロセスからの排ガスと同成分を含むガス（模擬ガス）を用いたプロセス適合性に関する試験を行い検討を進め、実機膜モジュールの実用化のための研究開発を行う。

②「実ガス試験による実用化研究」では、これまでに開発した膜素材や膜分離システムの実用化に向け、実ガス試験により実用化研究を行い、膜エレメントの性能、耐久性等に関する技術課題の抽出と解決を行う。

③「経済性評価・取りまとめ」では、模擬ガス、実ガス試験結果を用いた実機と同等の操業条件でのシミュレーション等により、膜モジュール及びその周辺技術（不純物の前処理、水蒸気導入方法等）から構成される実機での CO₂ 分離膜システムの検討を行い、併せて、これらの経済性評価を行う。

(2) 事業アウトプット

事業アウトプット指標		
<p>分離・回収コスト 1,500 円/t-CO₂ 以下を実現する分離膜、実機膜モジュール、膜分離システムの技術を確立するため、以下の 3 項目を検討する必要がある。</p> <p>(1) 実機膜モジュールの実用化研究： 実用化を想定した連続製膜、膜エレメント化技術を確立し、IGCC プロセス適用条件でのプロセス適合性（耐圧性、耐乾燥性、耐久性、耐不純物性）を付与する。</p> <p>(2) 実ガス試験による実用化研究： IGCC プロセス用実ガス試験装置を製作・手配し、実ガス試験により膜モジュールの性能を評価し、技術課題を抽出する。</p> <p>(3) 経済性評価・取りまとめ： 模擬ガス、実ガス試験結果を用いた実機での膜モジュール分離システムを検討し、経済性評価を行う。</p>		
指標目標値（計画及び実績）		
<p>事業開始時 （平成 27(2015)年度）</p>	<p>計画： 模擬ガスを用いて、単膜におけるプロセス適合性（耐圧性、耐乾燥性、耐久性、耐不純物性）を確認</p>	<p>実績：（達成） 模擬ガスを用いて単膜におけるプロセス適合性を確認した。</p>
<p>中間評価時 （平成 29(2017)年度）</p>	<p>計画： ①-1. 連続製膜とエレメント化技術の課題抽出と課題の解決 ①-2. 実用化条件で製造した膜と膜モジュールを IGCC プロセス適用条件での耐圧性、耐久性等のプロセス適合性を確認する。 ①-3. 模擬ガス試験において、分離性能低下が 2 年間で 25%以内である膜エレメント用単膜を開発する。 ①-4. 模擬ガス試験において CO₂ 分離・回収エネルギー 0.9GJ/t-CO₂ 以下を達成し得る膜分離システムを実現する膜</p>	<p>実績：（達成） ①-1. 量産化を念頭において、実用化を想定した連続製膜、膜エレメント化技術の開発を進めた。 【現時点（平成 30 年度）】 薄膜の連続製膜に成功した。また、膜エレメントのスケールアップに関する設計指針を得た。 ①-2. 単膜の耐圧性、耐久性等のプロセス適合性について確認した。 ①-3. 連続製膜の単膜で分離性能低下が 2 年間で 25%以内が期待できるデータ（600 時間の耐久性試験から推算）を取得した。 ①-4. 連続製膜処方により作製した単膜を用いて、CO₂ 分離・回収エネルギー目標を達成した（0.53GJ/t-CO₂）。</p>

	<p>エレメント用単膜を開発する。</p> <p>②IGCC プロセスによる実ガス試験装置の製作、手配</p> <p>③模擬ガス試験結果に基づく経済性評価を行う</p>	<p>②IGCC プロセスの種々の前処理設備を有する米国 UK-CAER*における実ガス試験設備を使用するよう調整した。</p> <p>【現時点（平成 30 年度）】</p> <p>米国 UK-CAER において、単膜評価装置の準備を完了し、平成 30 年度後半に単膜の実ガス試験を実施する予定である。また、平成 31 年度の膜エレメント評価に向けて、評価装置の準備を進めている。</p> <p>③経済性評価を行い、事業アウトカムの目標値を達成することを確認した。</p>
<p>終了時評価時 (平成 32(2020)年度)</p>	<p>計画：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実ガス試験結果に基づき、プロセス適合性に関する要因を把握し、その課題について解決する。 ・実ガス試験において、分離性能低下が 2 年間で 25%以内である膜エレメントを開発する。 ・実ガス試験において、CO2 分離回収エネルギー0.5GJ/t-CO2 以下を達成し得る膜分離システムを実現する膜エレメントを開発する。 ・実ガス試験結果に基づく経済性評価を行う。 	<p>実績：－</p>

* UK-CAER: 米国ケンタッキー大学応用エネルギー研究センター (University of Kentucky, Center for Applied Energy Research の略)

< 共通指標実績 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の 実施件数	ライセンス 供与数	国際標準への 寄与	プロトタイプ の作成
2	0	12	0	0	1	0

3. 当省(国)が実施することの必要性

CCSは、生産性向上、省エネルギーなどに寄与せず、利益の向上に資さない地球温暖化問題への対応に特化した技術で、外部不経済（ある経済主体の行動が、その費用の支払いや補償を行うことなく、他の経済主体に対して不利益や損失を及ぼすこと。例えば、公害。）であるため、研究開発に経済性が無く、市場原理だけでは、その導入を図ることは困難である。

そのため、国が主導して、CCSの技術実証やコストの低減、安全性の担保や貯留適地の確保、社会的受容性の確保等を実施し、その上で制度的枠組みを構築するなど、CCS導入に向けた環境整備を行って行く必要がある。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

(1) アウトカムに至るまでスケジュール



図4 アウトカムに至るまでのスケジュール

本事業終了後、実証フェーズにおいて、膜モジュールシステムとしての検証試験等を行い、CO₂分離膜モジュールシステムを組み込んだプロセスとして完成させ、CO₂分離・回収コスト1,500円/t-CO₂以下を達成する膜分離システムの実用化を目指す。

(2) 知財管理の取り扱い

特許権等の帰属特許法を踏まえ、原則として発明者（研究者）主義としつつ、発明者の所属企業・機関の「職務発明規定」に準拠して機関帰属とする。※

共同発明に係る権利持分比率を決める場合は、原則として、発明に対する貢献度（寄与率）で特定するものとする。※

シナジー効果を確保する観点から、当該プロジェクトにおいて発生した知財については、原則としてプロジェクト内は非独占実施とする。※

※ただし、製品化、実用化に向けて(a)特許の一括管理（共有化）、(b)クロスライセンス、(c)独占的实施等による方が有効と考えられる場合等、慎重に検討を行ったうえで、決定、採用するものとする。

（３）実証や国際標準化

実証に関しては、本事業終了後、石炭火力発電所等における大規模実証を経て、CCSの制度的仕組みの導入により、本格導入が進むものと想定される。

国際標準化に関しては、ISO/TC265において、CCSに関する標準化が進められている。特に、回収に関するWGについては、我が国が、WGコンビーナ（主査）と事務局を務めており、回収技術の国際標準を主導している。本事業を実施することにより得られたデータや記録等の成果については、技術パッケージ及びマニュアルとして整理する。それらをもとに、国際標準化の際にはISO/TC265国際規格のシード文書としての活用や、これらを活かした国際規格の積極的な提案が図れるようにするとともに、日本の企業の産業競争力強化に資するよう努める。

（４）性能や安全基準の策定

本事業を実施することにより得られたデータや操業記録等をもとに、技術の性能指標や操業における安全基準を抽出・整理する。これにより、関連業界における安全性基準の策定が進むことを見込んでいる。さらに、これらを国際規格にも反映するよう努める。

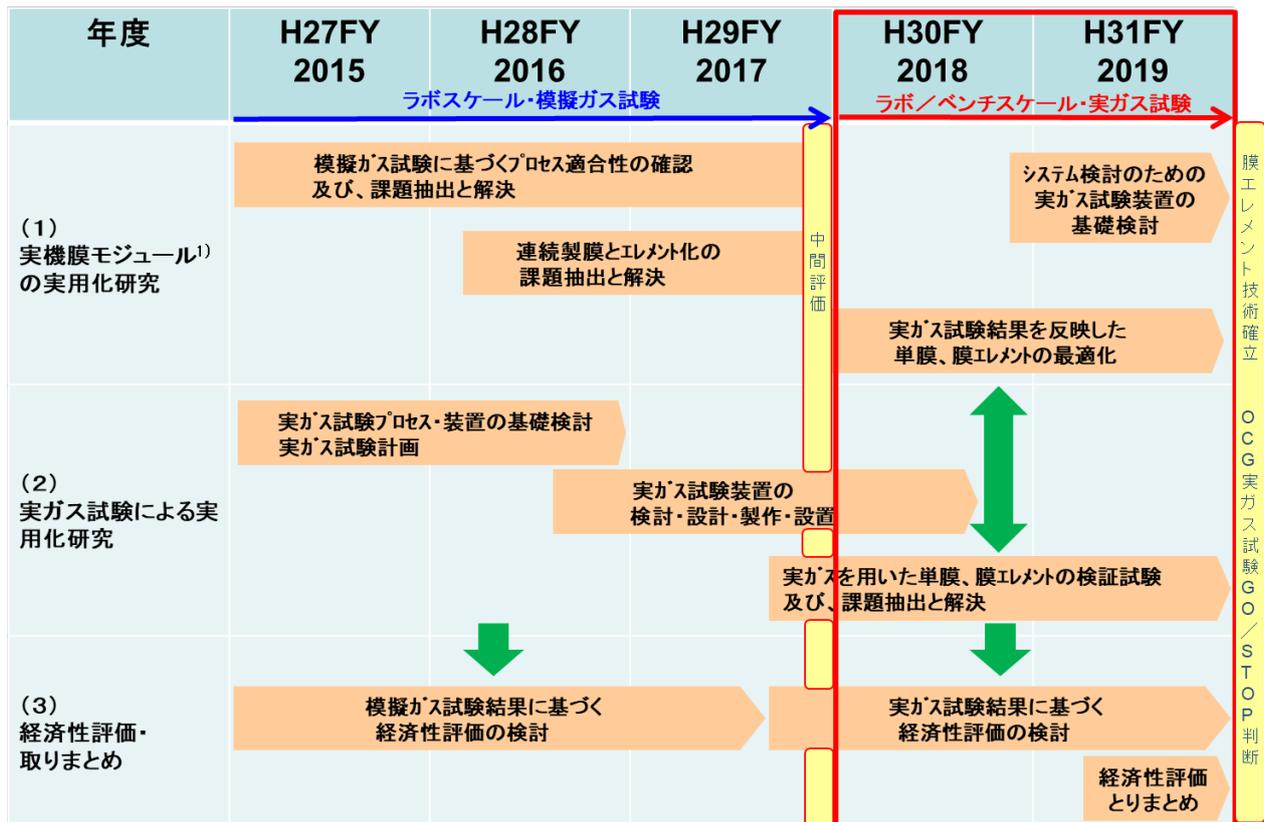
（５）成果のユーザー

実用化研究終了後の主な導入先はIGCC発電所が想定されるが、IGFC（石炭ガス化燃料電池複合発電）等の新規技術の開発にも利用できる。したがって、ユーザーとしては、電力事業者、設備製作に関してはエンジニアリングメーカー等があげられる。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等

（１）研究開発計画

本事業は、公募による選定審査手続きを経て、次世代型膜モジュール技術研究組合が、平成27～29年度は経済産業省からの委託事業として実施している。平成30年度からは国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業として実施している。



1) 膜モジュール：大面積膜の構造体（膜エレメント）＋容器（ハウジング）

図5 事業の年次展開予定

(2) 研究開発の実施体制

プロジェクトリーダーの指示に基づき、技術部が主催する定例技術会議にて、各研究室の進捗を管理するとともに、その成果を融合して、更なる開発を進めて行く上で、関係者が情報共有し、一体となって研究遂行する。

更に、外部の有識者の参加する研究推進委員会を開催することにより、研究開発の進捗、成果について、客観的な意見提言、必要な指導、支援を受けることで、プロジェクト進捗を管理してきた。

平成23年2月に、CO₂回収型石炭ガス化複合発電（IGCC-CCS）で用いる二酸化炭素分離膜モジュールの実用化を推進する目的で、分子ゲート機能CO₂分離膜の基盤技術を有し、膜素材を担当する（公財）地球環境産業技術研究機構と㈱クラレ、分離膜モジュールを担当する日東電工㈱、エンジニアリングを担当する新日鉄住金エンジニアリング㈱からなる次世代型膜モジュール技術研究組合を設立し、素材から膜モジュール、システムまでの一貫した研究体制を構築した。平成23年度より平成26年度までの4年の期間、経済産業省から受託した「二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業」を実施した。

①平成 27 年度

平成 27 年度の実施体制図は以下の通りである。

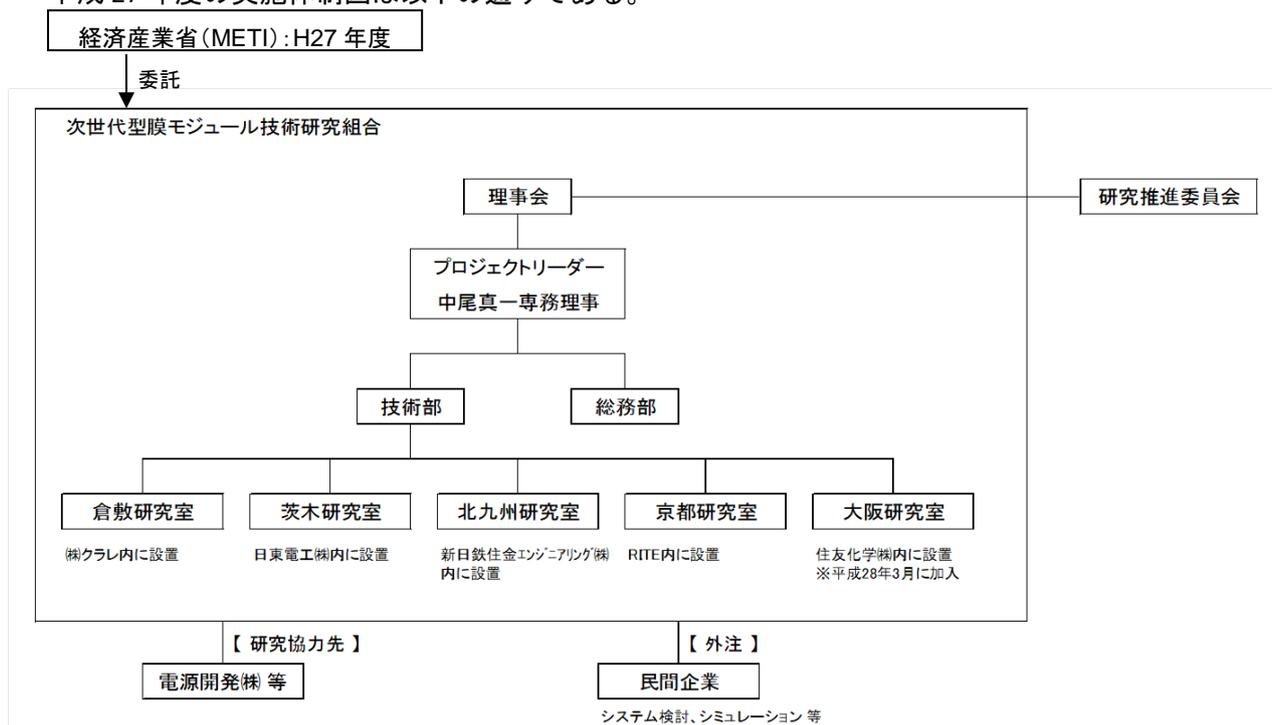


図 6 研究開発の実施、マネジメント体制（平成 27 年度）

（公財）地球環境産業技術研究機構（RITE）〔京都研究室〕、株クラレ〔倉敷研究室〕、日東電工株〔茨木研究室〕、新日鉄住金エンジニアリング株〔北九州研究室〕の 4 社で構成する「次世代型膜モジュール技術研究組合」にて実施した。

また、研究推進委員会を 2 回実施し、研究推進委員の先生に、第 1 回は計画の妥当性、第 2 回は研究開発の成果について確認していただき、今後の計画等につき指導を受けた。

平成 28 年 3 月には、CO₂分離膜モジュールの基盤技術を有する住友化学株が次世代型膜モジュール技術研究組合に参加し、実ガス試験に向けたモジュール開発を加速する体制を整え、より実ガス試験の実施に向けた体制へと変革させている。同年 3 月末には、株クラレ、日東電工株、新日鉄住金エンジニアリング株は、基礎開発段階の当初の役割を果たし、その成果を次世代型膜モジュール技術研究組合へ技術移転した上で、同技術研究組合を脱退した。

②平成 28 年度以降

平成 28 年度以降の実施体制図は以下の通りである。なお、平成 30 年度からは国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) からの委託事業として実施している。

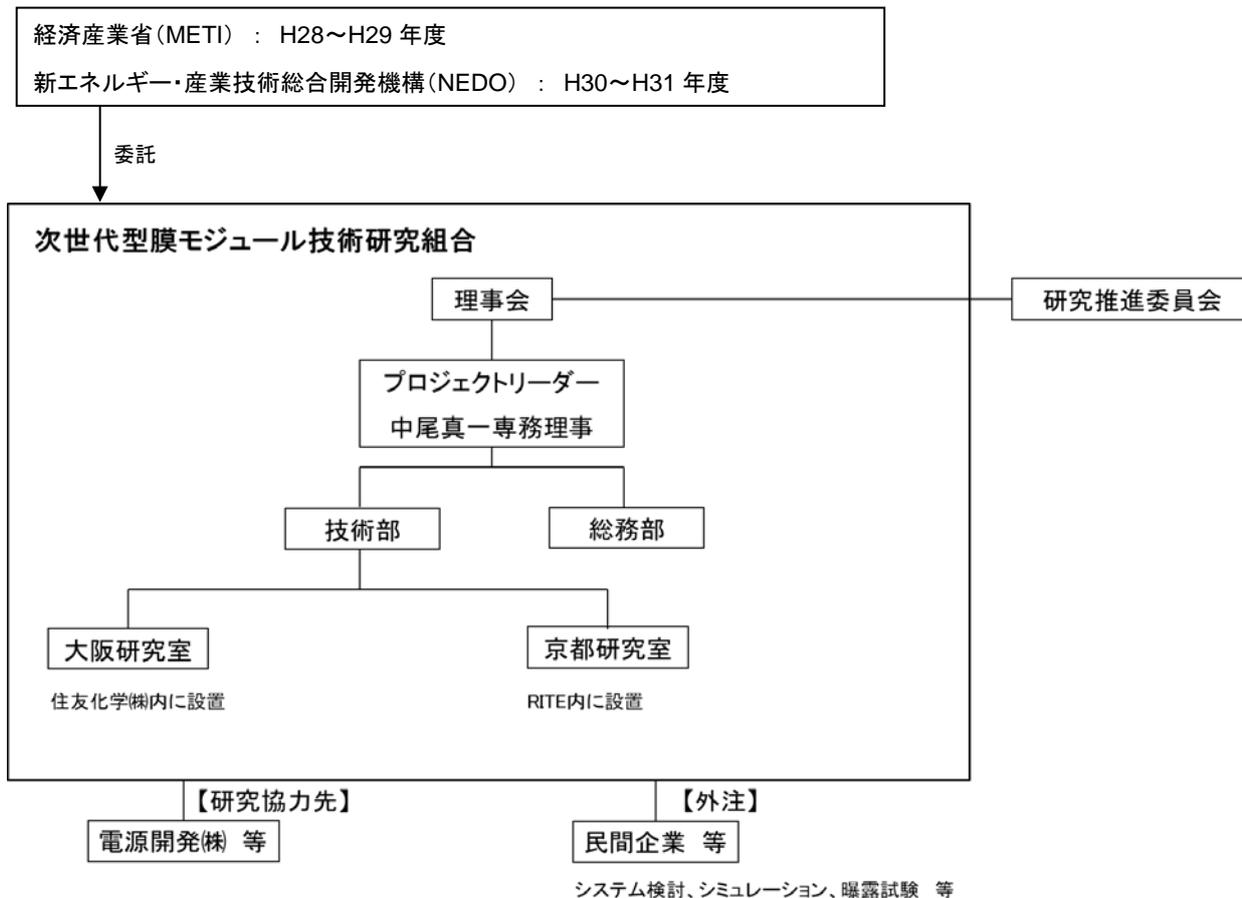


図 7 研究開発の実施、マネジメント体制 (平成 28 年度以降)

RITE [京都研究室]、住友化学 (株) [大阪研究室] の 2 社で構成する「次世代型膜モジュール技術研究組合」にて実施した。次世代型膜モジュール技術研究組合において、膜モジュールの量産化検討が重要な課題であるが、住友化学(株)は膜エレメント製作技術を保有しており、次世代型膜モジュール技術研究組合で開発してきた膜のエレメント化を担当することにより、開発を加速する役割を担っている。

(3) 「国民との科学・技術対話」の推進

CO₂ 分離膜技術の最近の研究開発動向や海外での開発状況全般について報告し、CO₂分離回収に関心を持つ方々に最新の情報を広く伝えることで、官民挙げた CO₂ 削減に関する研究開発活動の理解を得ることを目的として、「国民との科学・技術対話」に積極的に取り組み、「革新的 CO₂ 膜分離技術シンポジウム」を平成 27 年度から平成 29 年度に毎年 1 回行った。(本事業期間中、毎年 1 回実施予定)

【平成 27 年度】

第 5 回革新的 CO₂ 膜分離技術シンポジウム「温暖化防止に貢献する膜分離技術の最新動向」

日時：平成 27 年 10 月 2 日（金）13 時～17 時

会場：東京大学伊藤謝恩ホール参加人数：242 人

【平成 28 年度】

第 6 回革新的 CO₂ 膜分離技術シンポジウム「温暖化防止に貢献する膜分離技術の最新動向」

日時：平成 29 年 1 月 23 日（月）13 時～17 時

会場：東京大学伊藤謝恩ホール参加人数：201 人

【平成 29 年度】

第 7 回革新的 CO₂ 膜分離技術シンポジウム「地球温暖化防止に貢献する膜分離技術の最新動向」

日時：平成 30 年 2 月 13 日（火）13 時～17 時

会場：東京大学伊藤謝恩ホール参加人数：179 人

（4）資金配分

実機膜モジュールの実用化研究に軸足を置いて、膜本来の耐久性を模擬ガス試験により確認し、合わせて、大量生産を目指した連続製膜と膜エレメント化技術の開発を進めた。一方、実ガス試験による実用化研究では、試験装置の設計・製作から予算に見合った既存の実ガス試験サイトで実施する方向に転換し、コストミニマム化を図った。

（単位：百万円）

年度	H27FY (2015)	H28FY (2016)	H29FY (2017)	H30FY(予算額) (2018)	合計
(1) 実機膜モジュールの 実用化研究	192	182	145	212	731
(2) 実ガス試験による実 用化研究	10	11	20	131	172
(3) 経済性評価・取りま とめ	38	16	4	7	65
合計	240	209	169	350	968

（5）社会経済情勢等周囲の状況変化への柔軟な対応

本事業では、二酸化炭素分離膜モジュールの早期実用化を見据え、民間会社と（公財）地球環境産業技術研究機構が参加する次世代型膜モジュール技術研究組合、及び研究協力先として電力会社、米国ケンタッキー大学応用エネルギー研究センター（UK-CAER）からなる研究開発体制を構築している。

CCS に係る技術開発は世界中で行われているが、分離・回収コスト削減は共通の課題となっており、この分野に膜分離技術を適用する研究は加速されてきている。

このため、国内外の技術動向を注視しており、国内外における学協会情報収集等を積極的に行っている。また、同時に、本事業で取り組んでいる革新的 CO₂ 膜分離技術シンポジウムでは、海外招聘者より二酸化炭素分離膜技術の研究動向や海外での開発状況について最新状況を紹介していただき、常に競合技術との比較を行い、競合技術に勝てる二酸化炭素分離膜モジュールの実用化研究を推進している。

6. 費用対効果

本事業は、二酸化炭素回収・貯留（CCS）の実用化を目的とし、そのために総コストの 6 割程度を占める分離回収コストを低減する技術を開発するものである。本事業の二酸化炭素回収技術を実用化し、発電所等の大規模発生源からの CO₂ 分離に本技術を実用化することで、CO₂ の分離に要するコストを従来の約 3 分の 1 の 1,500 円/t-CO₂ に削減する。温暖化対策としての CCS は、それ単独では経済的価値を産み出しにくい技術であるが、これらの事業成果により、CCS の経済的障害を緩和し、CCS の実用化に向けて着実に前進することができるものとする。

また、本事業のアウトカムにより、分離回収コストが現状よりも 2,700 円/t-CO₂ 低減出来る場合を仮定すると（現状で約 4,200 円/t-CO₂ の分離・回収技術が 1,500 円/t-CO₂ になれば）、たとえば、50 万 kW の IGCC から回収の場合（CO₂ を年間 260 万 t 回収と想定）、IGCC 1 基当たり 69 億円/年のコスト削減となる。

Ⅱ. 平成 29 年度二酸化炭素回収技術実用化研究事業研究開発プロジェクト中間評価検討会における評価結果（参考）

1. 事業アウトカムの妥当性

事業アウトカムの指標は、従来型アミン吸収液方式のコスト 4,200 円/t-CO₂ に比べて低減された数値目標 1,500 円/t-CO₂ が設定され、十分に革新性があり、挑戦的な目標と言える。また、中間評価時に掲げた回収コスト 2,100 円/t-CO₂ という中間目標も、最終目標に至る段階的な数値目標としては妥当な水準と考える。

また、CO₂ 分離膜を用いた CCS は世界中で研究が進められている事業で、事業アウトカムが早期に実用化されれば、国際的なインパクトは極めて大きく、市場の占有率も高くなり、市場規模も大きなものとなることが期待される。

他方、国際的優位性、市場の占有率を高めるため早期の実用化が望まれるものの、海外では太陽光・風力発電の急速なコストダウンが進んでおり、国内外の再エネと蓄電池のコストを注視し、これまで目標としてきた 1,500 円/t-CO₂ の分離・回収コスト及び実現時期については、場合によっては見直すことも視野に入れておくことも必要と考える。

【肯定的所見】

・（A 委員）CO₂ 分離膜を用いた CCS は世界中で研究が進められている事業で、事業アウトカムが早期に実用化されれば、国際的なインパクトは極めて大きい。その場合は市場の占有率も高まる。当然、市場規模も早期に実用化に至れば大きなものとなるが、時間を要すると他にエネルギー（再生エネルギーなど）との競争で、必ずしも優位性が保たれなくなる可能性もある。

・（B 委員）CCS のコストの大部分を占める CO₂ 分離回収コストについて、従来型アミン吸収液方式のコスト 4,200 円/t-CO₂ に比べて低減された具体的な数値目標 1,500 円/t-CO₂ が設定されるとともに、世界的に石炭利用の拡大が見込まれる中で、我が国が先行する IGCC 等の高効率石炭火力への適用を前提としていることから、実用化や国際競争力へ寄与する目標設定と考えられるため、評価できる。

・（C 委員）CO₂ 分離回収コスト 1,500 円/t-CO₂ という事業アウトカムの指標は、今後、顕在化し得るカーボンコストを想定した場合、IGCC-CCS が経済性を持ち得るコスト水準と言えるだろう。既存の CO₂ 分離技術のコストと比べると十分に革新性があり、挑戦的な目標と言える。また、中間評価時に掲げた回収コスト 2,100 円/t-CO₂ という中間目標も、最終目標に至る段階的な数値目標としては妥当な水準と考える。

・（D 委員）IGCC 火力発電から排出される高圧 CO₂ の分離回収に向けた経済的なシステムの構築は重要であり、実用化のカギとなるコストの最終目標値を 1,500 円/t-CO₂ と設定しており、この値は大変高い目標値であり、評価できる。中間評価時において、試算コストとして 1,790 円/t-CO₂ が得られており、順調に進んでおり、良好な状況である。

・（E 委員）2016 年 5 月 13 日に地球温暖化対策計画の閣議決定において、中期目標として 2030 年度に 2013 年度比で 26%削減、長期的目標として 2050 年までに 80%の温室効果ガスの排出削減目標が示された。一方で 2011 年の東日本大震災以降、原子力発電規制が強まり、それを補うべく火力発電の需要は長期化しており CO₂ 排出の問題はより深刻となってきた。我が国として国際公約として掲げたパリ協定の 2°C目標を達成するためには、大規模排出源となっている火力発電所における CO₂ 排出削減は避けて通れない課題であり、国としての達成すべき重要なテーマとなっている。その

目標達成において大きな障害となりえる CO2 の分離・回収コストの低減は、解決すべき重要な技術課題である。膜分離法は圧力を有するガス源からの CO2 分離の低コスト化に有力な技術であり、特に CO2 の排出削減が大きな課題となる IGCC などの石炭火力に対して有効である。火力発電所における CCS の導入において、本技術により CO2 分離費用を従来の約 1/3 以下となる 1,500 円/t-CO2 まで下げることができれば事業アウトカムとしても大きな成果となる。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(A 委員) 国際的優位性、市場の占有率を高めるためにも、早期の実用化が望まれる。国際的には IGCC 以外のいわゆる Post 型 CCS が多く、そこへのアプローチは将来的に可能なのか？あるいは他の分離膜で対応するのか。
- ・(C 委員) CCS を巡る新たな環境変化として、太陽光・風力発電の急速なコストダウンを意識する必要がある。海外では、3 円/kWh を切るメガソーラーの PPA (電力購入契約) が登場し、陸上・洋上風力発電でも 10 円/kWh を下回る応札例が出てきている。これまで「再生可能エネルギーは CO2 を出さないが高コスト」という前提で、発電コストの安い石炭火力にカーボンコスト (CCS のコスト) を加えても競争力を維持するというイメージだった。カーボンコストのない再エネの低コスト化は CCS の経済性に関し、さらなるコストダウンの必要性を高めることになる。とはいえ、国内の再エネコストは相対的に高止まりしており、自然変動電源である太陽光・風力の大量導入には、蓄電池など出力変動の抑制コストも加わることになる。CCS のコストターゲットには、今後の国内外の再エネと蓄電池のコストを注視していく必要がある。
- ・(E 委員) 炭素取引価格が以前に比べ下がってきている実態がある。今後の炭素取引価格の推移を見守る必要があるが、これまで目標としてきた 1,500 円/t-CO2 の分離・回収コスト、及び実現時期については、CCS の普及の経済性論理の観点から場合によっては見直すことも視野に入れておくことも必要である。

2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性

研究開発内容は明確かつその目標も適切に示されている。また、実用化に向けて重要と考えられる、連続製膜、高圧での耐圧・耐久性、耐不純物性、湿度依存性について試験を行い、状況確認したことは実用化の推進において大きな進歩であり評価できる。特に国内化学メーカーと連携し、連続製膜、膜エレメント化技術に目途をつけたことは実用化の推進において大きな進歩であり評価できる。

他方、経済性評価において、実導入を想定し膜モジュールの数量など具体的に検討しデータ化することで、より正確な評価ができるのではないかと考える。また、分子ゲート膜の CO2 分離性能にバラツキがみられるが、実用化に向けて製品品質のバラツキを極力低減すべく改善して頂きたい。

模擬ガス試験において 2 年間で 25%内の性能低下が示されているが、実際の火力発電所に導入された場合、CO2 分離・回収コストにどのように影響するのかを検討頂きたい。

【肯定的所見】

- ・(A 委員) 研究開発内容は明確かつその目標も適切に示されている。
- ・(B 委員) 実用化に向けて重要と考えられる、連続製膜、高圧での耐圧・耐久性、耐不純物 (H2S) 性、湿度依存性について試験を行い、状況確認したことは評価できる。

・(C委員) 事業アウトプットとして掲げた「実機膜モジュールの実用化研究」「実ガス試験による実用化研究」「経済性評価」は、実稼働時の耐久性や交換コストが問題になりやすい膜技術の実用化において、必須の課題と言える。中間評価の目標として、連続製膜技術の課題抽出、IGCC プロセスでの耐久性の確認などを掲げ、定量的な目標として、模擬ガスでの「分離性能低下・2年間で25%」を掲げたことは、途中段階の具体的な目標設定として、概ね適切に思われる。こうした中間評価目標を達成していることは、研究室段階の初期研究が順調に進んでいることを伺わせる。特に国内化学メーカーと連携し、連続製膜、膜エレメント化技術にめどをつけたことは、ある程度の劣化・交換が避けられない膜方式の経済性を高める上で大きな前進といえる。

・(D委員) 分離回収コストを1,500円/t-CO₂を実現するために、膜モジュールの性能向上、低コスト化が集中的に検討されてきた。今回のヒアリング資料よりさらに高性能なデータもあるとのことで、目標値に向けて順調に進んでいることが確認できた。

・(E委員) 量産化を念頭に置いた連続製膜、膜エレメント化技術の目途をつけたことは実用化の推進において大きな進歩であり評価できる。連続製膜レシピにより作成された単膜でCO₂分離・回収エネルギーにおいて0.53GJ/t-CO₂、そしてCO₂分離・回収コストにおいて1,790円/t-CO₂を達成できたことは、実用化研究が順調に進んでいることを裏付けており評価できる。実ガス試験において、試験の実情を考慮し外部施設となる米国NCCCの実ガス試験装置を活用することを選択したことは費用対効果の観点からも正しい選択だと考えられる。

【問題あり・改善とする所見】

・(A委員) 事業アウトプット指標及び目標値が、他の競合国等と比べ適切かが必ずしも十分に示されているとは思えない。

・(B委員) 経済性評価において、膜モジュールの数量など詳細なデータがあれば、より正確な評価ができるため望ましい。

・(C委員) 今後は、実ガスによる試験を通じた課題抽出や改善が期待されるところだが、米NCCCの試験装置を使う方向になっていることはやや疑問を感じる。環境関連技術の開発で、国際的な連携はたいへん重要であるが、日本企業に強みのある膜技術の研究段階で、海外の装置を活用することは、日本の戦略技術の手の内を明かすことにならないか危惧される。予算的な制約もあると思うが、国内におけるIGCC実用化研究などとも連携する形で、国内の装置で実ガス試験を行うことが好ましいと考える。

・(E委員) 分子ゲート膜のCO₂分離性能にバラツキがみられる。技術的な課題として既に認識されているものと思われるが、実用化において製品品質のバラツキは極力低減する必要がある。分離膜性能の均質化についても十分議論をして改善して頂きたい。模擬ガス試験において2年間で25%内の低減を示されているが、その性能低減が実際の火力発電所に導入された場合、ライフサイクルに渡ってCO₂分離・回収コストにどのように影響するのかを検討し、分離回収コストへのインパクトを示して頂きたい。米国での試験が初めての試みであることも考慮し、事前検討に十分な時間を割り、様々な想定されるリスクを議論しつつして、実ガス試験に臨んでいただきたい。

3. 当省(国)が実施することの必要性

CCS は CO2 削減技術として、その実用化に大きな期待が寄せられているが、CCS は追加エネルギーをかけて CO2 を削減する技術であり、現時点では導入に経済的なインセンティブは働かず、民間企業による自主的な CCS 技術の確立、CCS の推進は期待できない。その中で、CCS 全コストの 6 割程度を占める CO2 の分離・回収コストの大幅な低減は重要な課題であるが、長期にわたる研究開発期間、多額の研究開発費が必要なことから、国が主導的に実施すべきものである。

【肯定的所見】

・(A 委員) CCS は外部不経済に基づく事業のため、基本的には国主導で進めるべきである。特に多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない可能性が高い。

・(B 委員) CO2 分離・回収技術の技術開発は重要であるが、先進的な取組であり、長期にわたる研究開発期間、多額の研究開発費が必要なことから、国が主導的に実施すべきものであると考えられる。

・(C 委員) 温暖化対策の技術の中でも、CCS はそれ自体で価値を生まないため、カーボンコストを顕在化させる政策を前提に、初めて導入インセンティブが出てくる。温暖化ガス削減の義務的な世界枠組みがないなか、各国のカーボン政策は不透明で、民間が自発的に開発を進めることは期待できない。IGCC は、次世代石炭火力として、日本企業が長年、官民で取り組んできた革新技术で、世界をリードする位置にある。IGCC と組み合わせた低コストの CCS 技術は、こうした既存技術を生かすうえでも、是非とも日本が主導権を持つべき分野である。また、国内では原発の再稼働が進まないなか、パリ協定で日本が掲げた温室効果ガス削減目標（2030 年のベストミックス）を目指す際、電源構成のベースを担うゼロエミッション電源が不足する恐れが高い。IGCC-CCS の低コスト化は、原発に代るベースを担うゼロエミ電源になる可能性もある。国主導で積極的に実用化に取り組む意義は大きい。

・(D 委員) 二酸化炭素など地球温暖化ガス対策は、政策的なものであり、市場原理に基づくものではないため、国が積極的に関与して事業を進めるべきであり、必要なことである。これらの内容について他省庁と連携して国としての政策や施策に反映させ、この分野で世界をリードすることが期待される。

・(E 委員) 地球温暖化の影響は深刻度を増しており、2015 年 12 月に「パリ協定」が採択され、わが国も実現にむけ国際公約を果たすことが求められている。CCS は国際的にも CO2 削減の中核技術として位置付けられており、その実用化には大きな期待が寄せられている。一方で、CCS は追加エネルギーをかけて CO2 を削減する技術であり、CCS の導入に経済的なインセンティブは働かず、民間企業が自主的に CCS 技術を確立し推進する合理的理由が見いだせない。その中で、CCS 実用化において全コストの 6 割程度を占める CO2 の分離・回収エネルギーコストの大幅な低減は特に重要な課題であり、民間企業の自主的な推進が期待できない以上、国がリーダーシップを発揮して取り組むことは当然のことと言える。CCS の実用化には相当な費用発生が見込まれ、経済性に合わないとなると民間企業への促進は困難となる。CCS を推進するために国として財政支援や税制優遇措置を行うことは避けられず、高コストのままであるとその費用は膨大なものになってしまう。低コストの CCS 技術を確立することは国際公約の達成とともに、将来的な国の財政負担を軽減するためにも不可欠であり、国が率先して事業を推進する意義も大きい。コスト的に高い競争力を持つ石炭火力発電の効

率化において我が国は世界トップの技術力を有する中で、最大の課題は石炭火力発電における環境問題である。CCS 技術を含めた低コストの石炭火力発電所の技術を確立できれば、CO2 をほとんど排出しない石炭火力発電の実現が可能となり、この分野においてわが国の国際競争力を高めることが可能となる。環境問題を解決し産業競争力を高めることでも、国としての関与する意義もある。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(A 委員) 科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性はむしろ学術サイドの知見を活用すべきで、本事業が担うべき内容ではなく、むしろ広くアイデアは募るべきである。

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

長期的な目標に向け、実用化研究と実証研究を組み立てており、現実的なロードマップとなっていることは評価できる。また、経験工学的な要素の大きいプラント技術の実用化においては妥当な開発期間である。知財管理の取扱、実証や国際標準化、性能や安全性基準の策定などについても積極的に取り組んでいる。

他方、本技術が普及した場合の他分野への波及効果や事業展開の道筋、「実証フェーズ・商用化フェーズ」における課題解決に向けた取組の方向性は明確でないとする。また、技術を取り巻く環境は刻々と変化し、技術の実用化のタイミングが実ニーズに合わないケースも多々あることから、基本的なロードマップは現状で良いとしても、早期実現が必要になったときのシナリオを等も検討しておくべきとする。

【肯定的所見】

- ・(A 委員) 知財管理の取扱、実証や国際標準化、性能や安全性基準の策定などに積極的に取り組んでいる。また、達成時期における目標値の達成の可能性も高い。
- ・(B 委員) 次世代火力発電に係る技術ロードマップに、開発方針として「CO2 分離回収技術は、2020 年代後半から 2030 年頃にかけて、経済的な回収技術を確立させることを目指す」としており、当該方針に沿ったロードマップであることは評価できる。
- ・(C 委員) 2020 年以降に実ガスによる実証フェーズ、2030 年以降に実用化フェーズというロードマップは、経験工学的な要素の大きいプラント技術の実用化においては妥当な開発期間であろう。
- ・(D 委員) 分離回収コストを 1,500 円/t-CO2 を実現するために、実機膜モジュールの実用化研究、実ガス試験による実用化研究、経済性評価を検討することとしており、それぞれにおいて具体的計画が立てられており、前者 2 つの中間評価時の達成度は 100% であり、妥当である。実ガス試験の計画において、既存の実ガス試験サイトで行うなど、目標達成のために柔軟にスケジュールの変更もなされている。
- ・(E 委員) 次世代火力発電の早期実現に向けた評議会において策定された技術ロードマップにおいては、2030 年に向けて IGCC の実用化が見込まれている。その長期的なゴールをもとに、実用化研究と実証研究を組み立てており、現実的なロードマップとなっている。

【問題点・改善とする所見】

- ・(A 委員) 今後、本技術が普及した場合、他分野への波及効果が明確ではない。また企業がこの技術をどの程度本格的に使用して、事業展開を図ろうとしているかを見通すことができない。

・(B委員)「実証フェーズ・商用化フェーズにおける課題」において、もう少し課題解決に向けた方向性が伺えるような具体性があれば、より望ましい。

・(C委員) 国連気候変動枠組み条約によるパリ協定の中期目標のターゲットが 2030 年であり、国内のエネルギー基本計画で 2030 年度の電源構成を議論していることを考えると、もう少しロードマップを前倒しすべきだろう。2020 年台の前半には実用化のメドをつけ、ベストミックスにも折り込んだうえで、政策的措置によって電力会社が導入に向けて動き出せることが望ましい。CCS のコストがある程度、明確になれば、政策支援の規模も明らかになる。政策的に IGCC-CCS の投資収益性が確保されれば、民間の金融セクターの資金によって導入が進むことも考えられる。

・(E委員) 時代環境は変化することも多く、技術の実用化のタイミングが実ニーズに間に合わないケースも多々ある。基本的な技術ロードマップは現状のものでも良いとしても、早期実現が必要になったときのシナリオなども事前に検討しておき、ある意味では環境変化にもある程度対応できるタフなロードマップを用意しておくことも検討して頂きたい。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性

研究開発計画、研究開発実施者の適格性、研究開発の実施体制は妥当と考える。また、膜モジュールの量産化に対応可能な技術を持つ化学メーカーと連携し、外部学識経験者等の意見を取り入れる体制で実施しており、評価できる。実ガス試験においては、無駄な費用を抑えるべく既存設備での実施を検討し、コスト低減を行っていることは評価できる。

他方、実ガス試験フェーズに入った場合、IGCC の開発に取り組んでいるエンジニアリング会社等の知見は不可欠であり、早期の実用化に向け、IGCC 関連企業との連携を図るべきと考える。

【肯定的所見】

・(A委員) 研究開発計画、研究開発実施者の適格性、研究開発の実施体制は概ね適切であると思われる。

・(B委員) 課題である膜モジュールの量産化に対応可能な技術を持つ住友化学(株)が参画しており、また、外部有識者の意見を取り入れる体制としていることから、体制は妥当と考える。知財については、住友化学(株)と RITE が取扱いについて適宜協議・決定しており、妥当と考える。

(C委員) 膜モジュールという技術集約度の高い要素技術を考えると、こうした技術で実績のある化学メーカーとの共同研究体制を組むことは適切だろう。

・(D委員) 石炭火力発電や CCS の取組は国プロとして行う必要性が高いものであり、それに対して適切な研究開発の実施体制、マネジメント体制であり、材料開発やシステム開発がうまく機能している。IGCC 関係企業との連携も進められ、実用化に向け有意義な組織となっている。

・(E委員) プロジェクトの中核的な二つの課題となっている、1) 実機膜モジュールの実用化研究、2) 実ガス試験による実用化研究に対して、課題ベースの研究体制を再構築し問題解決をやりやすくしていることは評価できる。実ガス試験において無駄な費用を抑えるべく、米国 NCCC での実施を検討しコスト低減を行っていることは評価できる。

【問題あり・要改善とする所見】

・(A委員) 知財の取扱いについての戦略及びルールが十分に説明されたとは思えない。また、IGCC 以外への展開は可能なのか。その場合の知財戦略は整っているのか。あるいはそれが実行されている

のか。

・(B委員) 知財について、特許の一括管理(共有化)、クロスライセンス、独占的实施等が有効と判断する目安のようなものがあれば、より適切と考える。

・(C委員) 実ガス試験のフェーズに入った場合、IGCCの開発に取り組んでいるエンジニアリング会社、重工業メーカーの知見が不可欠になると思われる。早期の実用化のためにも、IGCC関連企業との連携を図るべきではないか。

6. 費用対効果の妥当性

示された費用対効果が実際に適用されれば、その効果は絶大である。

しかし、費用対効果は実用された時期により異なると考えられるため、再生可能エネルギーのコストと比較するなど、引き続き分析が必要である。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 説明された費用対効果が実際に適用されれば、その効果は絶大である。
- ・(B委員) 世界的課題であるCO₂排出量削減に寄与する技術開発であるとともに、従来技術より大幅なコスト削減が図れるなど、大きな効果が期待できる。また、今後、火力発電所新設の需要が見込まれることから、本技術が実用化されれば経済面や環境面への波及は大きいため、妥当であると考ええる。
- ・(C委員) CCSの費用対効果は、世界的なカーボン政策の動向、それによるカーボンコストの顕在化とその水準によって、実際に得られる便益が決まるので、現段階で具体的に評価することは難しい。ただ、今後、地理的に日照や風況に恵まれた海外の国々が再エネの大量導入でゼロエミッション電源の低コスト化を進めるなか、国内の再エネコストが高止まりした場合、日本のカーボンリスクが急速に高まる恐れがある。その場合、IGCC-CCSが安いゼロエミ電源を担えれば、その便益は巨大になる可能性がある。
- ・(D委員) IGCC発電と組み合わせることで、回収コストが低く抑えられ、これによりCCSの意義が高くなることや、IGFC等の発電にも展開可能な技術であり、波及効果もあり、費用対効果は申し分ない。
- ・(E委員) 資源エネルギー庁のレポート「火力発電における論点(平成27年3月)」によれば、国内における石炭火力は4,080万KWあり、IGCCのCO₂排出は平均0.7kg/kWhとなっている。国内の石炭火力が全てIGCCに置き換わったと仮定し、稼働率を火力発電所の平均的な80%をベースに試算した場合、IGCCにおいても約2.0億t-CO₂/年を排出することになる。そのCO₂を本事業のアウトカムにより全て回収する場合、CO₂分離・回収コストが2,500円/t-CO₂低減できたとすると、ポテンシャルとしてCCSで回収できるコストは約6,100億円/年低減できることになり、その効果は大きい。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(A委員) 費用対効果は実用された時期により異なると考えられるため、引き続き分析が必要と思われる。
- ・(C委員) 国内においても、再エネのコストが大幅に下った場合、ゼロエミッション電源としてのIGCC-CCSの便益は低下する。IGCC-CCSの便益を確保するには、太陽光・風力+出力変動抑制(蓄電

池など)の合計コストより、IGCC-CCSのコストが下回る必要がある。

7. 総合評価

外部不経済のCCS事業においては、事業の道筋がつくまでは国が支援すべきと考える。模擬ガス試験と膜の連続製造の開発は、着実に進んでおり、早期に実ガス試験に移り、実用化へのめどを付けることが期待される。国際的優位性や、市場の占有率などは事業実施時期に強く依存するため、早期の実用化を望むとともに、本技術の成果を最大限に生かすためにも、導入シナリオや制度的な仕組みの導入を早期に検討する必要性を感じる。外部有識者の意見を取り入れるなど柔軟に研究をマネジメントしている点は評価できる。

他方、再エネの導入状況も視野に入れる必要も有り、実用化に向けたスピードも最重要指標のひとつと考える。技術課題の早期解決に向けてオープンイノベーション的な手法を活用するなどし、早期の実用化を期待したい。また、わかりやすい説明を様々な形で示すなど、広く国民に理解されるような取り組みも必要である。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 外部不経済のCCS事業においては、事業の道筋がつくまでは国が支援すべきである。また、集中投資で早く実用化ベースに乗るよう、進めるべきである。国際的優位性や、市場の占有率などは事業時期に強く依存するため、早期の実用化を望む。
- ・(B委員) 課題が概ね明確化されているとともに、すべての課題に対する中間目標が達成されており、着実な技術開発が進められていると考えられる。また、外部有識者の意見を取り入れていることや予算に見合うスケジュールへ変更するなど柔軟に研究をマネジメントしている点も評価できる。
- ・(C委員) IGCC 排ガスの圧力を利用した膜によるCO₂分離という着想は素晴らしく、CCSのコストを大幅に削減できる可能性を持つ。模擬ガス試験と膜の連続製造の開発は、順調に進んでおり、早期に実ガス試験に移り、実用化へのめどを付けることが期待される。膜モジュールによるCO₂分離技術は、装置全体がコンパクトになる可能性があり、IGCC以外にも応用範囲は広いと思われる。発電分野では、分散電源に活用でき、バイオマス発電に適用すればカーボンマイナス(大気中のCO₂削減)も可能になる。また、製鉄やセメントや化学など、電気への代替が難しい産業プロセスからのCO₂を大幅に減らせる数少ない手法になる可能性もある。
- ・(D委員) CCS技術だけでは利益を生む事業とはなりにくいが、IGCC発電と組み合わせることによって、CCS技術の意義が高められ、高圧二酸化炭素排出条件に合う産業においても応用可能な事業である。中間評価段階ですでに高い目標値を達成しており、最終目標に向け期待できる。知財や国際標準化に向け、リードしていくことを期待する。
- ・(E委員) 本事業が予定通り研究目標を達成し推進されていることは非常に喜ばしいことである。しかし、炭素取引価格の大幅な低下など外部環境の変化も激しく、本技術の本格的な適用タイミングでは当初予想していた利用環境が想定と異なる状態も想定しうる状況にある。本技術の成果を最大限に生かすためにも外部環境の変化も視野に入れ、タイムラインから考えた導入シナリオを国としての制度的な仕組みの導入とともに早く検討する必要性を感じる。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(A委員) 他の技術、例えば再生エネルギーや水素エネルギーなどが普及し始めると、本事業の効

果は限定的となる。CCSは必要な技術であることは疑いのないことなので、費用対効果からも早期の実用化を期待したい。

・(C委員) 世界では、太陽光・風力の発電コストが大幅に下がっている。10円/kWhを下回るものも多く、こうした低コストの自然変動電源に蓄電池や水素ストレージを組み合わせたエネルギーシステムのトータルコストがどの程度まで下がっていくのか、評価・分析しておく必要がある。将来的にIGCC-CCSを海外展開する場合、ゼロミッション電源として競合する可能性がある。

・(D委員) CCSの最終段階の貯留・固定化において、広く国民に理解されるような取り組みが必要である。わかりやすい説明を様々な形で示していくと良い。

・(E委員) 実用化研究における推進においては、スピードも最重要の指標と考え、場合によっては技術課題の解決に本プロジェクト関係者以外の協力も視野に入れた、オープンイノベーション的な手法の採用も考えて頂きたい。

8. 今後の研究開発の方向等に関する提言

実ガス試験の段階に入ると、想定しない様々な問題が発生し、進捗の遅れや費用の拡大につながりかねないリスクもある。早期実用化に向けて、実ガス試験サイトの研究機関と十分に事前検討を行うと共に、国内外の技術や知見を有する企業に協力を依頼するなど、適宜発生する問題に柔軟に対応しプロジェクトを進めていただきたい。

量産化に向けては、膜の性能のバラツキの許容目標を設定し、その範囲に収まるよう技術を確立していただきたい。

CCSを進めるには、分離回収技術だけでなく貯留技術実証も早急に安全に進める必要があり、広く国民の理解を深め、貯留場所の確保を促進すべきと考える。

【各委員の提言】

・(A委員) 固体吸収材と分離膜の棲み分。固体吸収材はPost型、Pre型いずれにも対応可能化と思われるが、その場合、他国などと性能やコスト比較を精度よく実施して頂きたい。

・(B委員) 実ガス試験の段階に入るため、予期しない問題が発生してくると思われる。早期実用化に向けて、場合によっては、試験サイトである米国NCCCや平成27年度まで本研究開発に参画していた企業に協力を依頼するなど、適宜発生する問題に柔軟に対応いただければと考える。また、CO₂分離・回収技術の技術開発は先進的な取組であり、長期にわたる研究開発期間、多額の研究開発費が必要なことから、引き続き国が主導的に実施していくことが重要と考える。

・(C委員) 国連気候変動枠組条約・パリ協定は、京都議定書と違い義務的な枠組みではない一方、主要排出国が参加している。したがって、同協定が、各国のエネルギー・環境政策にどの程度の影響力を持つかに関しては、見方が分かれている。ただ、これまでのところ、米国に温暖化対策に消極的な政権が登場しても、欧州や新興国の温暖対策を重視する姿勢に変わりなく、CO₂削減の機運はもはや不可逆的な流れになっていると思われる。加えて、ここ1~2年で太陽光・風力の発電コストが大幅に下がり、火力発電と同等か、それを下回るケースも出てきた。これが、再エネ大量導入、CO₂大幅削減の実現性を高めている。こうした流れの中、原発の再稼働が遅れ、再エネのコストが高止まりしている日本は、世界の中でカーボンリスクが高まっている。温暖化対策の世界枠組みの中でカーボンコストを顕在化する制度が導入されるシナリオだけでなく、CDP(カーボン・ディスクロージャー・プロジェクト)、SBTI(科学的ベースの削減目標イニシアティブ)、RE100

(再エネ 100%イニシアチブ) のような民間ベースの「脱・炭素」機運の高まりのなかで、世界の多国籍企業はゼロエミッション電源への切り替えを進め、「高いカーボン比率」が、取引条件となり、非関税障壁化する恐れもある。そうした世界の脱カーボントレンドを考慮すると、原発の再稼働が遅れ、再エネのコストが高止まりしている日本で、IGCC-CCS の実用化にめどを付け、将来の「ベストミックス」に組み込んでいく意義は極めて大きい。世界的に石炭火力への金融機関から投融资が避けられ、石炭火力インフラを“座礁資産”と呼び、経営リスクと見る動きもあるだけに、石炭火力をゼロエミ化する CCS の実用化は加速すべきと考える。

・(D委員) IGCC 発電と CCS を組み合わせれば、石炭から発電といえどもクリーンなエネルギーとなりうることを示せると良い。Carbon Capture 技術は実用化可能になりつつあるので、実際に CCS を進めるには、Storage 技術を早急に安全に進める必要がある。そのためには、広く国民に貯留・固定方法の内容について理解してもらい、貯留場所の確保を促進すべきである。

・(E委員) 実ガス試験をコスト対効果を考えて米国で実施することは良いことであるが、仕事の仕方や考え方などは日本と大きく違う環境での仕事となり、これまでに想定しない様々な問題が出てくる可能性もあり結果として進捗の遅れや費用の拡大につながりかねないリスクもある。海外での類似業務の経験者などの意見なども聞き、米国 NCCC と十分にすり合わせ、確認をして進めて頂きたい。分離膜の量産化を視野にいれた研究を継続されていくにおいて、膜の性能バラツキの改良も是非積極的に取り組んでいただきたい。量産化においては、性能のバラツキの許容目標も設定しその範囲に収まる量産化技術を確立して欲しい。

<上記提言に係る担当課室の対処方針>

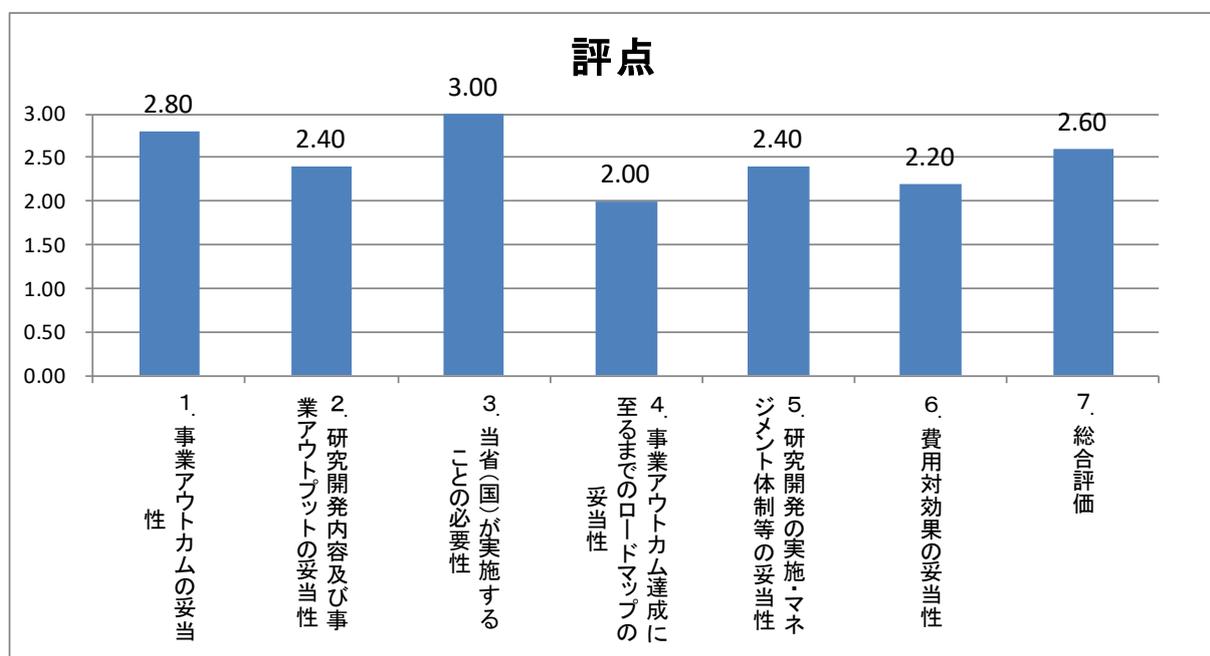
実ガス試験段階における様々な問題に対しては、実ガス試験サイトの研究機関と十分に事前検討を行うと共に、必要に応じて国内外の技術や知見を有する企業に協力を依頼するなど、柔軟に対応しプロジェクトを進めていく。

量産化に向け、膜の性能のバラツキの許容目標を設定し、その範囲に収まるよう技術を確立すべく研究開発を行う。

CCS 技術の実用化に向け、本プロジェクトの他、大規模 CCS 実証事業、貯留適地調査事業、安全に CCS を実施するための研究開発事業を着実に進めていく。

9. 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	2.80	3	3	2	3	3
2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性	2.40	1	3	2	3	3
3. 当省(国)が実施することの必要性	3.00	3	3	3	3	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	2.00	1	2	2	3	2
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	2.40	1	3	2	3	3
6. 費用対効果の妥当性	2.20	1	3	1	3	3
7. 総合評価	2.60	2	3	2	3	3



【評価項目の判定基準】

評価項目 1.～6.

- 3点：極めて妥当
- 2点：妥当
- 1点：概ね妥当
- 0点：妥当でない

評価項目 7. 総合評価

- 3点：事業は優れており、より積極的に推進すべきである。
- 2点：事業は良好であり、継続すべきである。
- 1点：事業は継続して良いが、大幅に見直す必要がある。
- 0点：事業を中止することが望ましい。