

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発」

④次世代火力発電基盤技術開発

3) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発

4) 燃料電池石炭ガス適用性研究

- (1) 燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究 (事後評価)

(2016年度～2021年度 6年間)

プロジェクトの概要 (公開)

(分科会資料抜粋)

NEDO

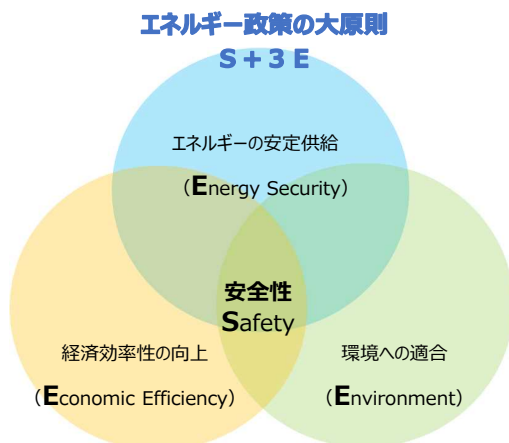
環境部

2022年8月30日

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆事業実施の背景と事業の目的 (1/2)

現在のエネルギー政策 (第6次エネルギー基本計画/2021年10月)



【石炭】

現時点の技術・制度を前提とすれば、化石燃料の中で最もCO₂排出量が大いだが、調達に係る地政学リスクが最も低く、熱量当たりの単価も低廉であることに加え、保管が容易であることから、現状において安定供給性や経済性に優れた重要なエネルギー源である。今後、石炭火力は、再生可能エネルギーを最大限導入する中で、調整電源としての役割が期待されるが、電源構成における比率は、安定供給の確保を大前提に低減させる。

S + 3 Eを大前提に、2030年度の新たな削減目標や2050年カーボンニュートラルという野心的な目標の実現を目指し、あらゆる可能性を排除せず、使える技術は全て使うとの発想に立つことが今後のエネルギー政策の基本戦略となる。

- ◆ 火力発電は電力の安定供給や電力レジリエンスを支えてきた重要な供給力であるとともに、現時点の技術を前提とすれば、再生可能エネルギーの変動制を補う調整力として重要な機能を保持していることを踏まえ、安定供給を確保しつつ、その機能をいかにして脱炭素電源に置き換えていくかが鍵となる。
- ◆ 火力発電の脱炭素化に向けては、燃料そのものを水素・アンモニアに転換させることや、排出されるCO₂を回収・貯留・再利用することで脱炭素化を図ることが求められる。
- ◆ 一定の稼働率を超える非効率な石炭火力発電に対して、容量市場からの受取額を減額する措置を導入することで、非効率石炭火力のフェードアウトを着実に推進していく。また、脱炭素化を見据えつつ、次世代の高効率石炭火力発電技術である石炭ガス化複合発電 (IGCC) や石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC) などの技術開発等を推進する。

◆事業実施の背景と事業の目的 (2/2)

社会的背景

- 火力について、特に非効率な石炭火力については、最新鋭のUSC並みの発電効率をベンチマーク目標として設定し、一定の稼働率を超える石炭火力発電に対して、フェードアウトを着実に推進していく。また、**脱炭素化を見据えつつ**、次世代の高効率石炭火力発電技術である石炭ガス化複合発電（IGCC）や**石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）**などの技術開発等を推進する。



CO₂分離・回収型IGFCの技術開発を推進

事業の目的

CO₂分離・回収型IGFC実証事業の要素技術適用に向けた開発



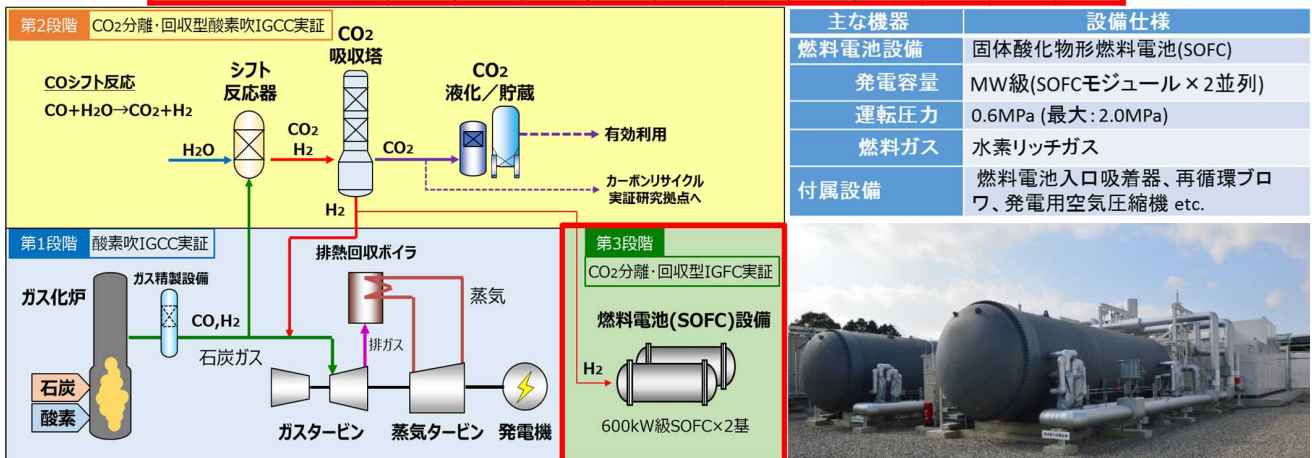
□ 石炭ガス化燃料電池複合発電技術確立のための基盤技術開発

- ガスタービン燃料電池複合発電技術開発[④3]
- 燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究[④4]

◆技術戦略上の位置付け (1/4) ~ IGFC実証事業への適用~

- NEDOは世界初の試みとなる商用規模の燃料電池とCO₂分離・回収型酸素吹IGCCを組み合わせたIGFC（石炭ガス化燃料電池複合発電）実証事業に取り組んでいる。
- 本事業はCO₂分離・回収型IGFCの実現のために、【CO₂分離・回収型IGFC実証事業】において燃料電池要素技術の適用性を評価するとともに、燃料電池の低コスト化を目指してきた。

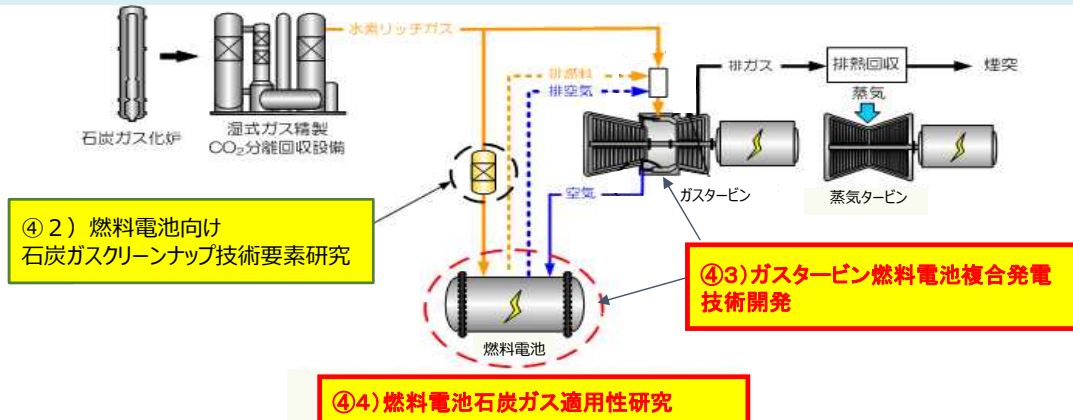
年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
第1段階 酸素吹IGCC実証	設計・製作・据付					実証試験					
第2段階 CO ₂ 分離・回収型IGCC実証					設計・製作・据付			実証試験	製作・メンテナンス	実証試験	
第3段階 CO ₂ 分離・回収型IGFC実証								設計・製作・据付		実証試験	



出典：大崎クールジェン株式会社

◆技術戦略上の位置付け (2/4) ~ IGFC実証事業への適用~

本事業の研究成果はCO₂分離・回収型IGFC実証事業の各技術項目として反映され、2022年4月より実証試験を開始している(④2)、④4-(2)は事業終了)。



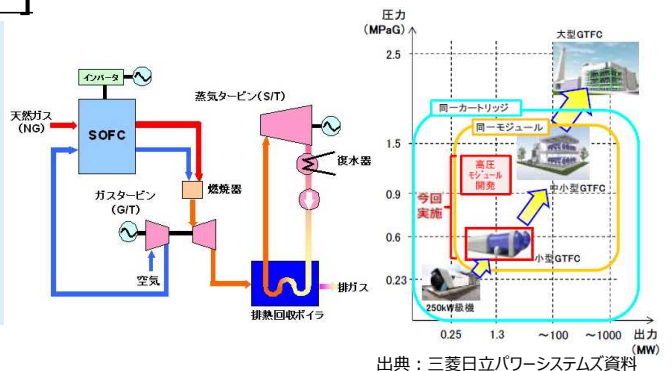
課題	委託事業名	委託先
燃料電池の大容量化、高圧化	④3) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発 (2016.5~2022.3)	三菱重工業 (株) 日本特殊陶業 (株)
燃料電池への石炭ガスの適用 (微量成分の影響、燃料ガス組成の違い)	④2) 燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術要素研究 (2015.9~2018.2)	電源開発 (株)
	④4) 燃料電池石炭ガス適用性研究 (1)燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究 (2016.5~2021.6) (2)IGFCシステムの検討 (2016.5~2018.12)	電源開発 (株) 中国電力 (株)

◆技術戦略上の位置付け (3/4) ~ IGFC実証事業への適用~

1) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発[④3)]

天然ガスを燃料に燃料電池とガスタービンで発電し、排熱を利用して蒸気タービンで発電するトリプル複合発電技術。ガス火力発電技術の中で最も高効率化が図れる。

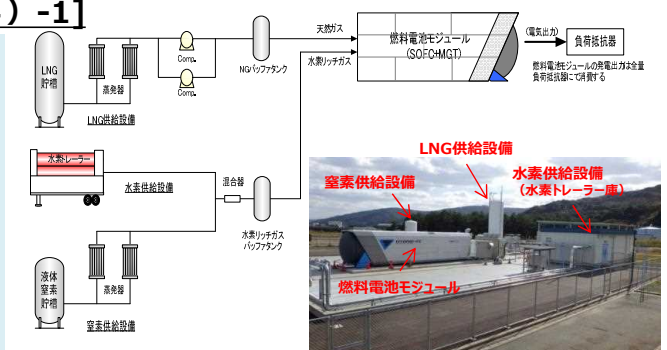
- セルスタックの低コスト品質安定化量産技術。
- 燃料電池モジュールの高圧化、大容量化を行い、中小型GTFC (100MW級) の要素技術開発。



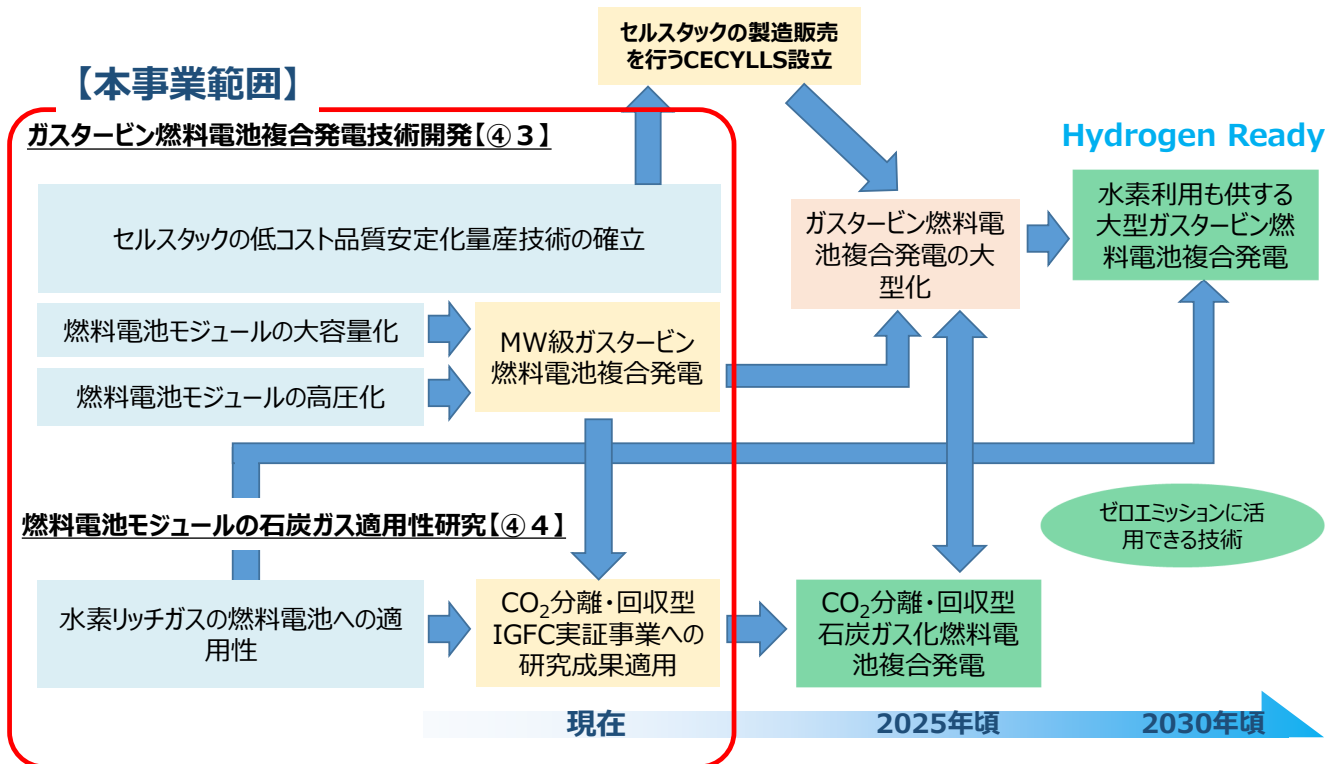
2) 燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究[④4)-1]

『石炭ガス化ガス』を、CO₂分離・回収することにより得られる『水素リッチガス』の燃料電池モジュールへの適用性について検証試験を行うとともに、石炭ガス化設備と燃料電池の連係運転に係る検討を行う。

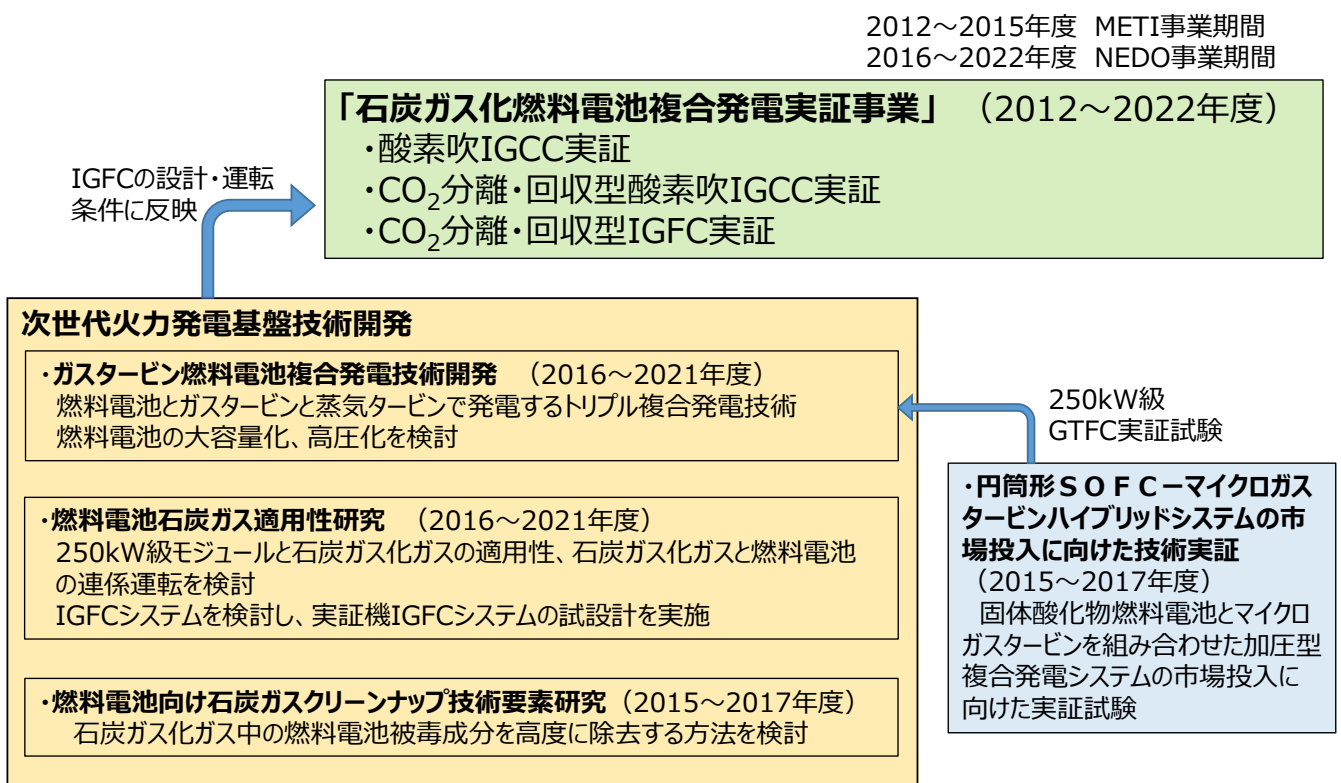
- 水素リッチガスを燃料として、燃料電池モジュールの運用性、性能等を把握し、最適システムを構築する。



◆技術戦略上の位置付け (4/4) ~本事業の成果とアウトカム~



◆他事業との関係



◆事業の目標

燃料電池の高圧化、大容量化に向けた要素技術開発と低コスト化を行い、水素リッチガスにおける燃料電池への適用性を確立することで、CO₂分離・回収型石炭ガス化燃料電池複合発電の実現を目指す。

◆研究開発のスケジュール

1. ガスタービン燃料電池複合発電技術開発[④3]

年度		2016fy	2017fy	2018fy	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy
研究開発項目					◇ 中間評価			◆ 事後評価
① 小型GTF Cのシステム化	(a)小型GTFCハーフモジュール実証	ハーフモジュール用システム開発						
		MW級向けマイクロガスタービン開発						
	(b)セルスタック低コスト品質安定化技術開発	焼成工程連続化技術開発						
		成膜技術開発						
	(c)高性能セルスタック性能検証					高性能セル試験		
②高圧SOFCモジュールの開発			高圧試験					

年度	2016fy	2017fy	2018fy	2019fy	2020fy	2021fy	合計
研究開発費(百万円)	556	1,297	574	97	19	90	2,632

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

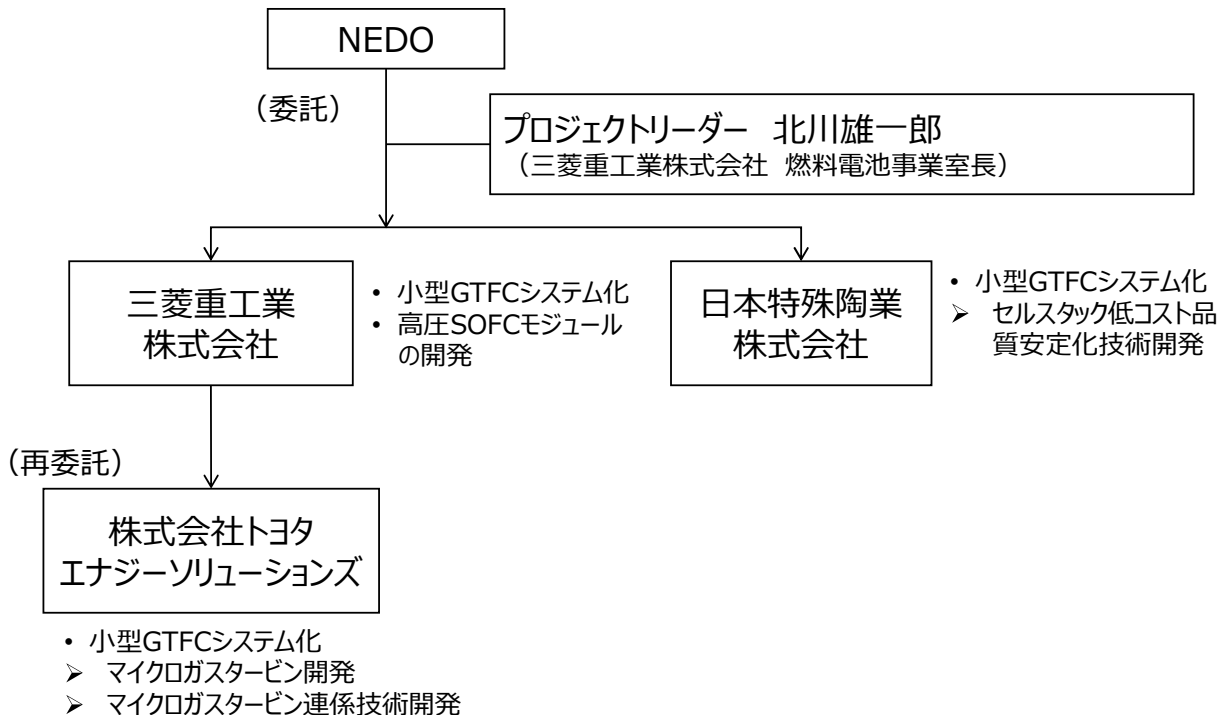
2. 燃料電池石炭ガス適用性研究／燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究[④④)-(1)]

年度	2016fy	2017fy	2018fy	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy
研究開発項目				◇ 中間評価			◆ 事後評価
①水素リッチガス適用および石炭ガス化設備 連係に係る運転・制御の検討	▶						
②燃料電池モジュール試験設備の製作	▶						
③燃料電池カートリッジ試験	▶						
④燃料電池モジュール基本特性確認試験		■					
⑤水素リッチガス切替試験		■					
⑥水素リッチガス最大負荷試験		■	■				
⑦水素リッチガス起動・停止試験		■					
⑧実証機模擬ガス試験			■				
⑨石炭ガス化炉連係試験	石炭ガス化炉連係試験設計検討 ▶ OCG模擬ガス・石炭ガス試験						
⑩石炭ガス（COリッチガス）適用に係る技術検討			石炭ガス技術検討 ▶		石炭ガス試験		
⑪燃料電池モジュールの解体調査					▶		
年度	2016fy	2017fy	2018fy	2019fy	2020fy	2021fy	合計
研究開発費（百万円）	142	1,203	196	731	189	115	2,576

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

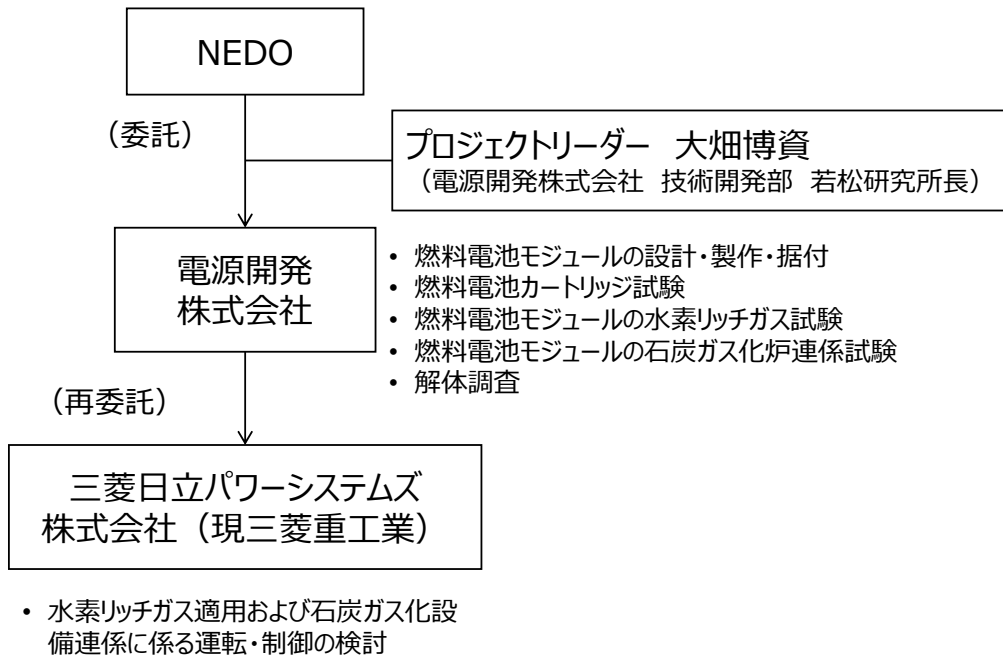
◆ 研究開発の実施体制

1. ガスタービン燃料電池複合発電技術開発[④③)]



◆研究開発の実施体制

2. 燃料電池石炭ガス適用性研究／燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究[④4)-(1)]



◆開発促進財源投入実績

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
高性能セルスタックの性能検証を追加 (GTFC)	2020～2021年度	92	低コスト品質安定化技術を反映した高性能セルスタックを適用した場合の性能、コンパクト化への効果を検証する。	計画通りの性能向上を確認し、コンパクト化 (SOFCサイズ1/2)、低コスト化に資することを確認。
改良型MGTを適用した発電・実証試験およびシステム特性評価試験の追加 (GTFC)	2020～2021年度	19	小型GTFC用システムの実用化に向け、起動特性、負荷応答性の検討を行う為に、運転条件適正化試験を実施する。	供給燃料流量、供給空気流量、再循環流量、各部の温度等のパラメータ試験を実施し、小型GTFCシステムの出力・効率、起動時間を最適とする運転条件を取得した。
石炭実証機模擬ガス試験項目の追加、COリッチガスによるモジュール試験の追加	2020～2021年度	184	石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業支援のため、石炭実ガスを使用した石炭実証機模擬ガスの運転パラメータ変化試験を追加。更なる発電効率増が期待されるCCS無しIGFCに向けCOリッチガスによるモジュール特性試験を実施し、課題を抽出。	石炭実証機模擬ガス試験追加により、運転パラメータ変化時の発電特性や温度分布の状況、及び石炭ガス中のCO、CO ₂ の影響を確認。 COリッチガス試験追加により、COリッチガス運転時の特性や炭素析出回避運転・設備改善事項等の課題等が明らかになった。

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

【最終目標（2021年度）の達成状況】

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針	
①小型GTFCのシステム化	(a) 小型GTFCハーフモジュール実証	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧・大容量化対応SOFCモジュール、各機器開発 ・MW級モジュールで送電端効率57%LHVの見通しを得る ・小型GTFC(1MW級)に使用するガスタービンの開発 ・運転圧力0.6MPa級のMGTとSOFCの連携技術確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・小型GTFC用に大容量化したSOFCモジュールと各システム機器を開発 ・2020年度に改良型MGTを適用したシステムでフルモジュールにおける課題と対策を明らかにし、改善により概ね57%の効率を達成できる目処を得た。 ・内部バイパスを低減し、燃焼器温度も管理値内に抑制できる改良型MGTを開発 ・起動～昇温～定格の運転を実施し、連携技術を検証。 ・2019年度、SOFC-MGT連携運転にて課題を抽出し、IGFC実証事業の設計へ反映。 	○	SOFCの集電ロス低下と入口温度低下を図る。
	(b) 低コスト品質安定化	セルスタックの品質ばらつきが性能に及ぼす許容範囲の明確化による歩留り向上	<ul style="list-style-type: none"> ・成膜技術と焼成技術の成果を反映すると共に、他工程（基体管＋空気極）の自動化等の目処を得たため、製造面積、製造速度、工数、光熱費の全てを1/3以下にする目標を達成 ・セルスタックの製造販売を行う合弁会社【CECYLLS】を設立。 	○	量産設備に反映し、効果を検証する。
	(c) 高性能セルスタック検証	低コスト品質安定化技術を反映した高性能セルスタックでの効果検証	<ul style="list-style-type: none"> ・2021年度に高性能カートリッジ2台を換装した試験を実施。課題と対策を明らかにし最終目標達成の目処を得た。 	○	SOFCの集電ロス低下と入口温度低下、並びに更なる高性能セルの安定生産技術の開発。
②高圧SOFCモジュール開発	高圧SOFCモジュール（2MPa級）開発に向けた設計データの取得および運転条件の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・カートリッジにて高圧下（～2.1MPa）の試験を実施。また、放熱解析を実施。 ・単セルスタックで～1.5MPaの圧力特性を取得。また耐久試験を実施し、経時変化特性が低圧同等であることを確認 	○	更なる運転圧力で放熱増加の傾向があり、対応策を検討	

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み（中間）／一部達成（事後）、×未達

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

①小型GTFCのシステム化 (a)小型GTFCハーフモジュール実証 (c)高性能セルスタック検証

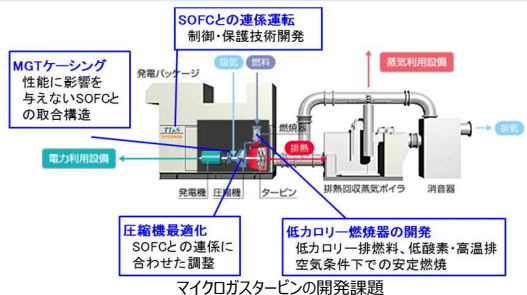
- MW級ハーフモジュール試験機の製作・据付を完了。
- MW級モジュール向けマイクロガスタービンの開発、および内部バイパス低減・燃焼器温度抑制型への改良
- 従来型セルスタックにおいても概ねシステム効率目標値を達成、高性能型セルの適用により目標達成の目処を得た。

項目	目標仕様	
	1,000kW級ハイブリッド機実機（フルモジュール）	実証機（ハーフモジュール）
発電効率	57%LHV(交流, 送電端)	43%LHV(交流, 送電端)
定格出力	1250kW (交流, 送電端)	680kW (交流, 送電端)
SOFC単体発電効率	54%LHV(交流)	54%LHV(交流)
運転圧力	0.6 MPa 級 (※1)	0.6 MPa 級 (※1)
モジュール容量台数	2	1
カートリッジ数	20カートリッジ/モジュール	20カートリッジ/モジュール
概略構成		

フルモジュールとハーフモジュールの仕様



試験用MW級ハーフモジュールの外観



マイクロガスタービンの開発課題

ハーフモジュール試験結果とフルモジュールでの性能予測

項目	計画値		従来型		高性能型	
	ハーフ	フル	予想値		予想値	
			運転実績	運転実績	運転実績	運転実績
SOFC	カートリッジ数	20台	40台	18台	40台	20台
	カートリッジ電流	414A	414A	419A	432A	425A
	カートリッジ電圧	72.0V	72.0V	66.5V	67.7V	65.8V
	SOFC出力 (DC端)	596kW	1192kW	501kW	1171kW	420kW
	SOFC出力 (AC端)	566kW	1132kW	479kW	1142kW	400kW
MGT	MGT出力	133kW	146kW	160kW	158kW	228kW
	補機動力	17kW	20kW	8.3kW	9.3kW	8.6kW
送電端出力	682kW	1258kW	630kW	1291kW	727kW	
効率 (LHV)	SOFC単体 (DC端)	56.6%	56.6%	54.8%	55.9%	54.4%
	SOFC単体 (AC端)	53.7%	53.7%	52.4%	54.5%	52.0%
	SOFC+MGT (発電端)	44.5%	57.4%	40.3%	56.0%	41.2%
	SOFC+MGT (送電端)	43.4%	56.5%	39.7%	55.6%	40.7%
	高性能型フル					55.8%

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

【最終目標（2021年度）の達成状況】

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
燃料電池モジュール試験に向けた検討	①水素リッチガス適用および石炭ガス化設備連係に係る運転・制御の検討 ②燃料電池モジュール試験設備を設計・製作・据付 ③燃料電池カートリッジ試験による基礎データ取得	<ul style="list-style-type: none"> 水素リッチガスの運転・制御の検討を実施 試験用の250kW級燃料電池モジュールを製作 カートリッジ試験にて水素リッチガスの発電基本特性を把握 	○	-
燃料電池モジュール基本特性確認試験	④燃料電池モジュール基本特性確認 ⑤水素リッチガス切替時の特性を把握 ⑦起動・停止方法の確立	<ul style="list-style-type: none"> 天然ガス基礎データ取得 水素リッチガスを用いた場合の燃料電池の基本性能及び運用性を確認 	○	-
水素リッチガス最大負荷試験	⑥水素リッチガス最大負荷試験による燃料電池モジュールの発電性能を最適化するための運用性確立 ⑧実証機模擬ガス試験によるガス組成の影響把握	<ul style="list-style-type: none"> 再循環流量や燃料利用率等運転パラメータの変更により発電出力改善を確認 CO₂を含む水素リッチガスの場合に発電室上部の温度が低下し、発電出力が増加することを確認 	○	-
石炭ガス化炉連係試験	⑨ガス化炉と燃料電池を連結し発電特性及び運用性確認 ⑩COリッチガスの発電特性を把握 ⑪解体調査により石炭ガスの影響把握	<ul style="list-style-type: none"> ガス化炉と燃料電池モジュールの連係を実施し、連係制御と石炭ガス（COリッチガス）による発電特性を確認 解体調査から石炭ガスがセル等に与える影響について確認 	○	-

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み（中間）／一部達成（事後）、×未達

3. 研究開発成果 (2) 成果の普及

◆成果の普及

ガスタービン燃料電池複合発電技術開発〔④3〕]

	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	計
論文		1	2	1	3	1	8
研究発表・講演	2	6	3	3	2	1	17
受賞実績		1		1			2
新聞・雑誌等への掲載		2	1	7	2	1	13
展示会への出展	1	1	1				3

燃料電池石炭ガス適用性研究／燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究〔④4〕-(1)〕

	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	計
論文							0
研究発表・講演		1	2	4	1	2	10
受賞実績							0
新聞・雑誌等への掲載						1	1
展示会への出展							0

◆知的財産権の確保に向けた取組

戦略に沿った具体的取組

- 他社特許や論文等を調査分析
- 成果の権利化についてセル製造に関してはノウハウとした。
- 石炭ガス適用性研究は事業の性質上、多くをノウハウ化し実証事業へ引き継いだ。
- 燃料電池複合発電の実証化に必要なキーテクノロジーについて特許を出願。
- 重要特許3件は戦略的にPCTで海外出願の手続きを進めており、引き続き、知財競争力強化に向け権利化を目指す。

◇ガスタービン燃料電池複合発電技術開発〔④3〕

	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	計 予定含む
特許出願 (うち外国出願)	3 (0)	0	4 (3)	0	1 (0)	0	8 (3)

◇燃料電池石炭ガス適用性研究〔④4〕

	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	計 予定含む
特許出願 (うち外国出願)						1 (0)	1 (0)

概要

		最終更新日	2022年9月22日
プロジェクト名	カーボンサイクル・次世代火力発電等技術開発／⑩CO ₂ 分離・回収技術の研究開発／2)先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究 3)二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発 4)二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発	プロジェクト番号	P18006
担当推進部/ PMまたは担当者	環境部 PM 布川 信 (2021年4月～2021年11月、2022年7月～現在) 環境部 PM 福原 敦 (2021年12月～2022年6月)		
0. 事業の概要	<p>本事業では、CO₂の分離・回収コストを大幅に削減するために以下の実用化研究を実施する。</p> <p>2) 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究 アミンを固体に担持した固体吸収材について、石炭火力発電所からの実燃焼排ガスを対象としたスケールアップ試験を行い、その適用性を研究する。</p> <p>3) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発 4) 二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発 CO₂を分離・回収する分離膜について、石炭火力発電所等で発生する実ガスに適用可能なモジュール及びシステムの実用化研究を行う。</p>		
1. 事業の位置 付け・必要性に ついて	<p>火力発電の脱炭素化に向けては、排出されるCO₂を回収・貯留・再利用することで脱炭素化を図ることが求められる。CO₂の貯留もしくは再利用のためのCO₂源を確保するために「CO₂分離・回収技術」が必要となる。</p> <p>CO₂分離・回収技術にかかるエネルギー消費は大きく、コストが高いことから、省エネルギーで低コストなCO₂分離・回収技術の確立が求められている。</p> <p>「カーボンサイクル技術ロードマップ」においては、CO₂分離・回収の個別技術として「固体吸収法」「膜分離法」およびその目標値として、固体吸収法 2,000 円台/t-CO₂、膜分離法 1,000 円台/t-CO₂が明記されている。</p> <p>これらの背景を踏まえ、本事業では、省エネルギーで低コストなCO₂分離・回収技術の確立を目的として「固体吸収法」および「膜分離法」の確立に向けた技術開発を実施する。</p>		
2. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<p>2) 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究 [中間目標] 2022年度 移動層パイロットスケール試験設備すべての機器の据付、受電を完了し、石炭火力発電所煙道から移動層パイロットスケール試験設備へ実燃焼排ガスを導入し、CO₂を分離し回収出来ることを確認する。 固体吸収材のスケールアップ製造技術開発を行い、パイロット試験開始に必要な固体吸収材の供給を完了する。また、移動層シミュレーションによる実ガス試験での最適運転条件を提示する。 [最終目標] 2024年度 火力発電所などの燃焼排ガスなどからCO₂を分離・回収する固体吸収法について、実燃焼排ガスからのCO₂分離・回収連続運転を実施し、パイロットスケール設備においてCO₂分離・回収エネルギー1.5GJ/t-CO₂の目途を得る。</p> <p>3) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発【2021年度終了】 [最終目標] 2021年度 石炭ガス化複合発電等で発生する比較的高い圧力を有するガスからのCO₂分離・回収エネルギーについて、実用化段階(数百万t-CO₂/年規模を想定)で回収エネルギー0.5GJ/t-CO₂以下を達成する分離膜技術を開発する。</p> <p>4) 二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発</p>		

	<p>[中間目標] 2022 年度 実用化段階で想定される条件下で CO₂ 分離・回収に用いることができる分離膜材料の設計方針の見通しを得て、評価設備による性能検証を開始する。</p> <p>[最終目標] 2023 年度 火力発電等で発生するガスからの CO₂ の分離・回収において、CO₂ の利用プロセスに適する分離膜材料を適用した分離膜システムを開発し、比較的高い圧力を有するガスからの CO₂ の分離・回収においては実用化段階で CO₂ 分離・回収エネルギーが 0.5GJ/t-CO₂ 以下を達成できる技術を開発する。</p>						
事業の計画内容	主な実施事項		2018fy	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy
	2) 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究	① 固体吸収材移動層システムのスケールアップ実ガス試験					
		② 高効率 CO ₂ 分離回収技術基盤技術開発					
	3) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発	① 実ガスを用いた CO ₂ 分離性能試験による課題抽出と解決					
		② 膜材料と膜エレメントの最適化					
		③ 経済性評価					
		④ CO ₂ 分離回収技術に関する情報収集発信					
	4) 二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発						
	高性能 CO ₂ 分離膜モジュールを用いた CO ₂ -H ₂ 膜分離システムの研究開発	① CO ₂ 分離膜プロセスの基本仕様検討					
		② 分離膜及び膜モジュールの開発					
		③ 膜分離システムの基本設計					
	革新的 CO ₂ 分離膜モジュールによる効率的 CO ₂ 分離回収プロセスの研究開発	① CO ₂ 分離膜の分離性能向上とベンチ試験用膜モジュールの作製					
		② CO ₂ 分離中空糸膜モジュールによる実排ガスを用いたベンチ試験					
③ CO ₂ 分離中空糸膜モジュールによる実排ガスを用いたベンチ試験							
高温・不純物耐久性 CO ₂ 分離膜及び分離回収技術の研究開発	① 高温・不純物耐久性炭素多孔質支持体の開発						
	② 炭素多孔質支持体への薄膜分離機能層の形成技術の開発						

		③高温・不純物耐久性 CO ₂ 分離膜の開発						
		④高温・不純物環境下 での CO ₂ 分離・回収技 術および分離膜評価技 術の開発						
		⑤省エネ・低コストとなる CO ₂ 分離・回収プロセス の机上での試算と整理						
事業費推移 (単位:百万円)	会計・勘定	2018fy	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy	総額	
	総 NEDO 負担額 (委託) (固体吸収法)	550	694	756	2,591	2,635	7,226	
	総 NEDO 負担額 (委託) (膜分離法)	183	408	220	155	771	1,737	
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	—						
	プロジェクト マネージャー	環境部 布川 信						
	委託先 (助成事業の場合 「助成先」とするなど 適宜変更) (組合が委託先に 含まれる場合は、そ の参加企業数及び 参加企業名も記 載)	<p>2) 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究 川崎重工業(株) (公財)地球環境産業技術研究機構 (再委託先:(国)東海大学機構名古屋大学)</p> <p>3) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発 次世代型膜モジュール技術研究組合 (参加2社:(公財)地球環境産業技術研究機構、住友化学(株))</p> <p>4) 二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発 ・高温・不純物耐久性 CO₂ 分離膜及び分離回収技術の研究開発 東レ(株) (再委託先:(国)山口大学、(国)広島大学、(国研)産業技術総合研究所) ・革新的 CO₂ 分離膜モジュールによる効率的 CO₂ 分離回収プロセスの研究開発 (国)京都工芸繊維大学 (国)東京工業大学 東ソー(株) (再委託先:(株)キッツマイクロフィルター、(株)日本炭素循環ラボ) ・高性能 CO₂ 分離膜モジュールを用いた CO₂-H₂ 膜分離システムの研究開発 次世代型膜モジュール技術研究組合 (参加2社:(公財)地球環境産業技術研究機構、住友化学(株))</p>						
情勢変化への 対応	<p>2020年頃から、カーボンニュートラルを目指した情勢変化が明確化。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2020年10月 2050年カーボンニュートラルの実現を目指す宣言 ・2020年12月 経済産業省にて2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略において、 							

	<p>期待される 14 の重要分野について実行計画を策定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2021 年 6 月 経済産業省にて同グリーン成長戦略を更に具体化 <ul style="list-style-type: none"> ①政策手段や各分野の目標実現の内容の具体化 ②脱炭素効果以外の国民生活のメリットの提示 ・2021 年 11 月 気候変動枠組条約締結国会議（COP26） <ul style="list-style-type: none"> 既存の火力発電をゼロエミッション化し、活用することを提言 <p>CO₂ 分離・回収において、省エネルギーかつ低コストな固体吸収法・膜分離法の実現を目指す、本事業の重要性は増加。早期の実用化に向け、技術確立を推進する。</p>	
<p>中間評価結果への対応</p>	<p>1. (中間評価での指摘事項)</p> <p>プロセス間の連携（例えば、CO₂ 分離回収と利用プロセスの統合）や、相乗効果の期待できるプロジェクト間の連携を含むような、マネジメントを進めてほしい。</p> <p>(指摘事項への対応)</p> <p>固体吸収法においては、分離回収した CO₂ を適切な条件で利用先へ供給するための実証を行うこととした。膜分離法においては、排出源や有効利用先を念頭とした検討を実施することとした。</p> <p>2. (中間評価での指摘事項)</p> <p>膜分離事業は他の事業に比べ研究開発が遅れており、最終目標達成への明確な道筋を示す必要があると思われる。</p> <p>(指摘事項への対応)</p> <p>実用化に求められる技術課題と解決手段を踏まえた目標達成までの道筋を明確にした次フェーズの研究開発として、「二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発」に着手することとした。</p>	
<p>評価に関する事項</p>	<p>中間評価</p>	<p>2020 年度、2022 年度実施</p>
	<p>事後評価</p>	<p>2025 年度実施(予定)</p>
<p>3. 研究開発成果について</p>	<p>[事業全体としての成果]</p> <p>2)先進的 二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究 パイロット試験の準備(設備、固体吸収材、運転条件シミュレーション)を進めた。</p> <p>3)二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発 膜モジュールを開発し、石炭ガス化ガスによる実ガス試験を実施した。</p> <p>4)二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発 火力発電等で発生するガスから CO₂ を分離・回収する分離膜システムの分離膜材料の開発を開始した。</p> <p>[個別テーマとしての成果]</p> <p>2)先進的 二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究</p> <p>3)二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発 個別テーマ無し</p> <p>4)二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発 (高性能 CO₂ 分離膜モジュールを用いた CO₂-H₂ 膜分離システムの研究開発)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ IGCC,水素製造プラントを想定した膜分離システムの基本仕様案の策定 ・ 高圧ガスへの耐圧性がある材料を開発 ・ 温湿度制御部の基本仕様の改良案を作成 <p>(革新的 CO₂ 分離膜モジュールによる効率的 CO₂ 分離回収プロセスの研究開発)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ CO₂ と良好な相互作用が予測されるナノゲル構造を決定 ・ 支持体となる中空糸膜を作成 ・ ベンチ評価設備設計を実施 ・ 膜モジュール操作条件の探索完了 ・ プロセスモデルの構築を実施 	

	<p>(高温・不純物耐久性 CO₂ 分離膜及び分離回収技術の研究開発)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 所定サイズでの成膜完了 ・ 不良箇所の形態分類完了 ・ 所定値の CO₂/N₂ を達成 ・ メタノール化の場合、CO₂ 純度 60%以上が必要であることを確認 ・ プロセスシミュレータを選定し、試算できることを確認 	
	投稿論文	<p>2)先進的 二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究：2 件 3)二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発：1 件 4)二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発：0 件</p>
	特許	<p>2)先進的 二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究： 「出願済」2 件 3)二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発：「出願済」2 件 4)二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発：「出願済」0 件</p>
	その他の外部発表 (プレス発表等)	<p>2)先進的 二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究： 研究発表・講演 16 件、新聞・雑誌等への掲載 10 件 3)二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発： 研究発表・講演 8 件、新聞・雑誌等への掲載 3 件 4)二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発： 研究発表・講演 2 件</p>
<p>4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて</p>	<p>[固体吸収法]</p> <p>2)先進的 二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究</p> <p>1. 実用化・事業化に向けた戦略</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト期間中に石炭火力実排ガスによる CO₂ 分離・回収の連続運転を行い、運転データ等から CO₂ 大規模排出源向けのスケールアップ検討を行い、多様な適用先へ展開できるようにする。 <p>2. 実用化・事業化に向けた具体的取組</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト期間後は、CO₂ 大規模排出源向けのスケールアップへの課題抽出や対策の検討を行うと共に、固体吸収材についても製造プロセスの最適化を行い、大規模排出源向けの固体吸収材の供給ができるようにする。 <p>3. 成果の実用化・事業化の見通し</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト期間中に石炭火力実排ガスによる CO₂ 分離・回収の連続運転を行うことにより、実用化を見通せるものと思われる。 ・さらに、プロジェクト期間後、大規模排出源向け等、多様な排出源に向けた適用検討を進めることにより、事業化を見通せるものと思われる。 <p>[膜分離法]</p> <p>3)二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発 4)二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発</p> <p>1. 実用化に向けた戦略</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実用化に向けて、分離膜モジュールの研究開発→分離膜システムの研究開発→分離膜システムの実証→商用生産に向けた検討、を段階的に進める。 <p>2. 実用化に向けた具体的取組</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発」の終了後、分離膜システムの実証として、実ガスへの耐久性および CO₂ 分離・回収コストを評価する。 <p>3. 成果の実用化の見通し</p> <p>「二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発」により、CO₂ を選択的に透過する膜素材を見だし、実ガスに適用し得る膜分離プロセスを明らかにすることができる。</p>	

	<p>さらに、その後に分離膜システムの実証、商用生産に向けた検討を行うことにより、より省エネルギーで低コストな CO₂ 分離・回収技術の見通しを得ることができる。</p> <p>したがって、上記の「実用化に向けた戦略」を着実に実行することによって、成果の実用化が十分に見通せるものと思われる。</p>	
5. 基本計画に関する事項	作成時期	2016 年 1 月 制定
	変更履歴	2016 年 4 月、9 月、2017 年 2 月、5 月、6 月、2018 年 2 月、7 月、9 月、2019 年 1 月、7 月、2020 年 2 月、3 月、7 月、9 月、10 月、2021 年 1 月、5 月、6 月、7 月、2022 年 3 月、8 月 改訂（研究開発の実施体制、具体的研究内容、達成目標、研究開発スケジュール表等の追加、修正）