

「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  
7)CO<sub>2</sub>有効利用技術開発」  
(前倒し事後評価)

(2017年度～2021年度 5年間)  
プロジェクトの概要 (公開)

NEDO  
環境部

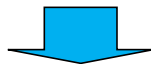
2021年4月20日

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

社会的背景

- ・CO<sub>2</sub>排出削減、温暖化対策は世界的課題
- ・石炭火力発電からのCO<sub>2</sub>排出量が多い



CO<sub>2</sub>の回収・貯留やCO<sub>2</sub>を資源として利用し、有価物を製造する技術による  
CO<sub>2</sub>排出削減の必要性

事業の目的

CO<sub>2</sub>を資源として利用し、有価物を製造する技術による  
CO<sub>2</sub>排出削減の必要性



CO<sub>2</sub>排出削減に寄与するCO<sub>2</sub>有効利用技術の確立

◆政策的位置付け (その1)

■ 長期エネルギー需給見通し (2015年7月)

(3) 2030年度以降を見据えて進める取組

安全性、安定供給、経済効率性及び環境適合に関する政策目標の確実な実現と多層・多様化した柔軟なエネルギー需給構造の構築に向け、革新的な蓄電池、水素社会の実現に向けた技術、次世代型再生可能エネルギー、二酸化炭素の回収貯留(CCS)及び利用に関する技術を始めとする新たな技術の開発・利用の推進、メタンハイドレートなど我が国の排他的経済水域内に眠る資源の活用に向けた取組も推進する。

◆政策的位置付け (その2)

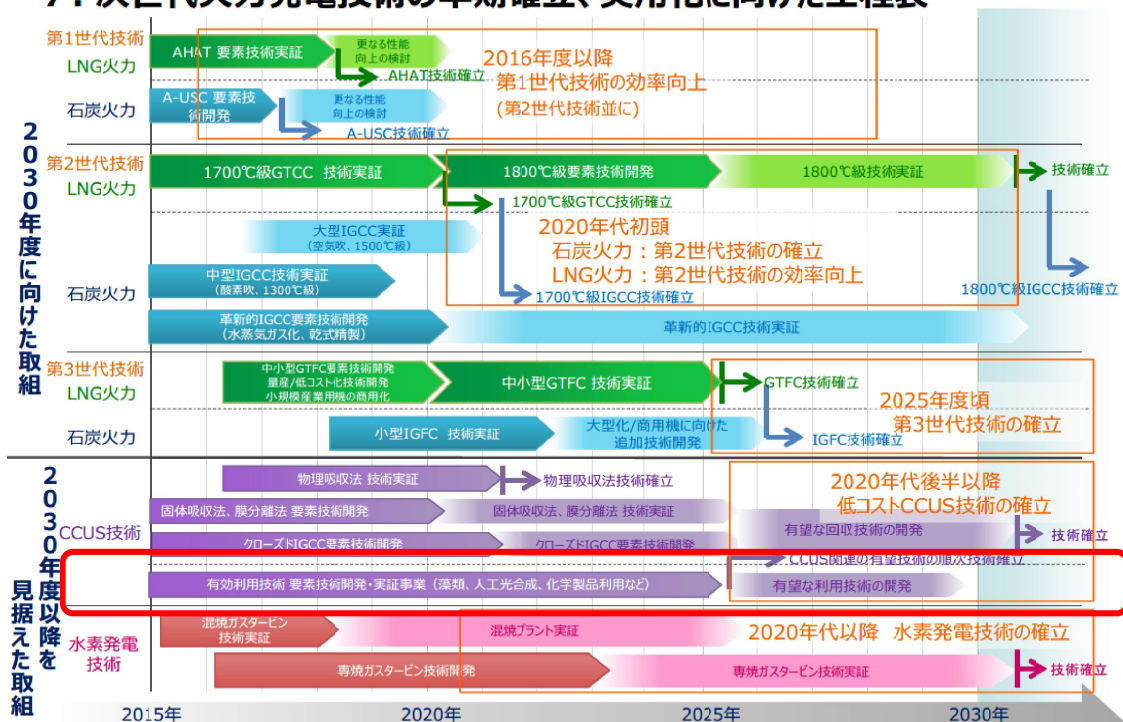
■ エネルギー・環境イノベーション戦略 (2016年4月)

II. 有望分野の特定		
①これまでの延長線の技術ではなく、非連続的でインパクトの大きい革新的な技術 ②大規模に導入することが可能で、大きな排出削減ポテンシャルが期待できる技術 ③実用化まで中長期を要し、且つ産学官の総力を結集すべき技術 ④日本が先導し得る技術、日本が優位性を発揮し得る技術		
エネルギーシステム 統合技術	○革新技術を個別に開発・導入するだけでなく、ICTによりエネルギーの生産・流通・消費を互いにネットワーク化し、デマンドレスポンス (DR) を含めてシステム全体を最適化。AI、ビッグデータ、IoT等を活用。	
システムを構成する コア技術	○次世代パワーエレ：電力損失の大幅削減と、新たなシステムの創造 ○革新的センサー：高耐環境性、超低電力、高寿命でメンテナンスフリー ○多目的超電導：モーターや送電等への適用で、電力損失を大幅減	
分野別革新技術	省エネルギー	1 革新的生産プロセス ○高温高压プロセスの無い、革新的な素材技術 > 分離膜や触媒を使い、20~50%の省エネ 2 超軽量・耐熱構造材料 ○材料の軽量化・耐熱化によるエネルギー効率向上 > 自動車重量を半減、1800℃以上に安定適用
	蓄エネルギー	3 次世代蓄電池 ○リチウム電池の限界を超える革新的蓄電池 > 電気自動車が、1回の充電で700km以上走行 4 水素等製造・貯蔵・利用 ○水素等の効率的なエネルギーキャリアを開発 > CO <sub>2</sub> を出さずに水素等製造、水素で発電
	創エネルギー	5 次世代太陽光発電 ○新材料・新構造の、全く新しい太陽光発電 > 発電効率2倍、基幹電源並みの価格
		6 次世代地熱発電 ○現在は利用困難な新しい地熱資源を利用 > 地熱発電の導入可能性を数倍以上拡大
	CO <sub>2</sub> 固定化・有効利用	○排ガス等からCO <sub>2</sub> を分離回収し、化学品や炭化水素燃料の原料へ転換・利用 > 分離回収エネルギー半減、CO <sub>2</sub> 削減量や効率の格段の向上

◆政策的位置付け (その3)

■ 次世代火力発電に係る技術ロードマップ (2016年6月)

7. 次世代火力発電技術の早期確立、実用化に向けた工程表

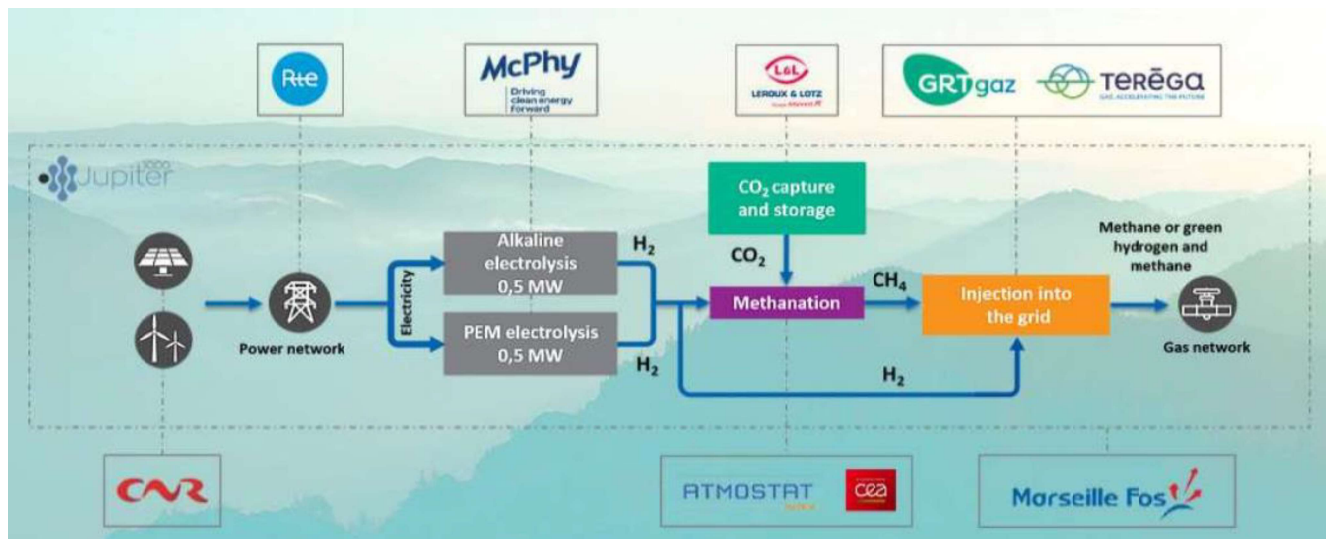


◆国内外の研究開発の動向と比較 (その1)

EUにおいてPower-to-Gas関係のプロジェクトが進行中。

■ Jupiter 1000 (フランス、2014年~2023年)

- ・Power to Gasの最初の産業用実証(CO<sub>2</sub>回収によるメタネーションプロセス)。
- ・水素は100%再エネから製造。メタン合成能力: 25Nm<sup>3</sup>/h。
- ・参画企業: GRTgaz (全体統括、ガス供給)、ATMOSTAT (メタン化リアクター)、他。



## ◆国内外の研究開発の動向と比較 (その2)

### ■ STORE&GO (ドイツ・スイス・イタリア、2016~2020)

- ・Horizon2020のもと、27機関がメタネーション実証を行うもの。
- ・実証サイトはドイツ、スイス、イタリアで、地域特性に合わせて再エネ、CO<sub>2</sub>を調達している。
- ・CO<sub>2</sub>供給元は、大気・排水処理プラント・バイオガスプラント。

#### Partner Organizations



出典：STORE&GO  
ホームページより

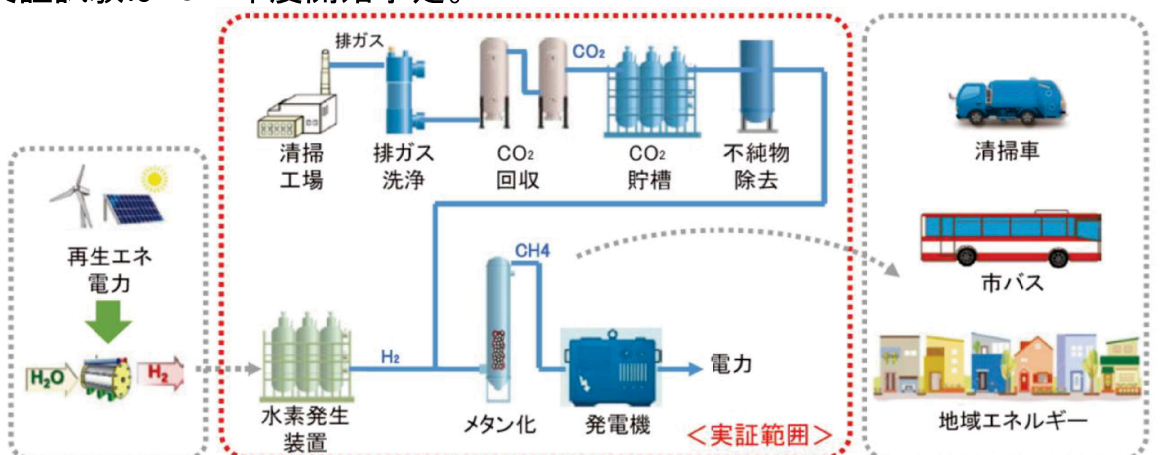
海外でもメタネーション実証は実施中であり、日本においてもメタネーション分野の研究開発を進め、国際的にリードすべきと考える。

## ◆他事業との関係

### ■ 清掃工場から回収した二酸化炭素の資源化による炭素循環

#### モデルの構築実証事業 (環境省) (2018年~2022年)

- ・ごみ焼却炉からの排ガスCO<sub>2</sub>を利用したメタネーション実証事業(合成能力:125Nm<sup>3</sup>/h)。
- ・メタネーション反応器は、以前にNEDO事業で開発した別の技術を使用。
- ・実証試験は2022年度開始予定。



出典：環境省ホームページ内資料「日立造船株式会社におけるCCU事業の取組」より

ゴミ焼却炉の排ガスは石炭火力等の排ガスとは性状が大きく異なり、そのため設備構成も違う。

◆事業の目標

【最終目標 (2021年度)】

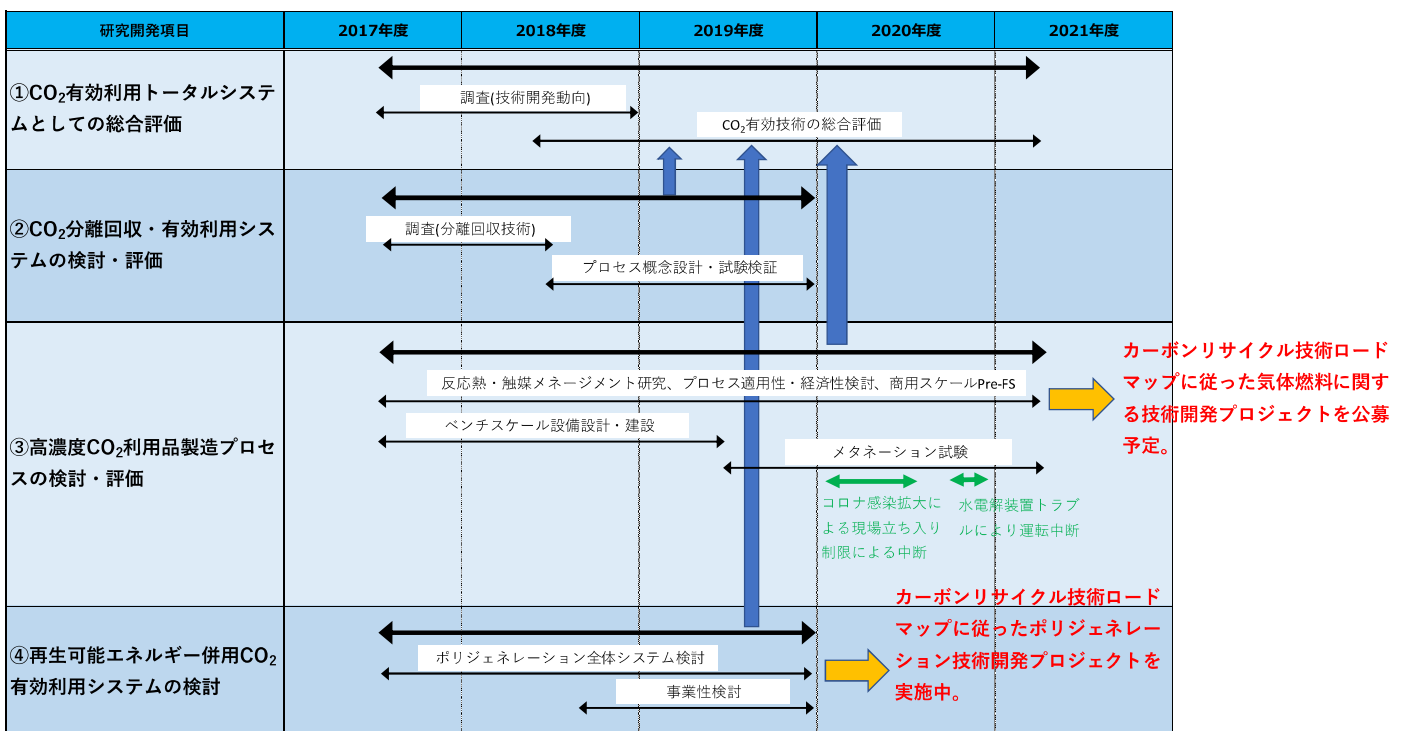
事業終了時に本事業として実施するCO<sub>2</sub>有効利用技術の適用性を確認する。一例としては、将来的に天然ガス代替では0.9円～1.4円/MJ※ (LHV) を見通す経済性を評価する。

※35円～55円/Nm<sup>3</sup> : 天然ガス39MJ/Nm<sup>3</sup>

【目標設定根拠】

- ・将来のCO<sub>2</sub>有効利用技術の社会への普及には技術の確立だけでなく、経済性等の社会への適用性を評価する必要があり、その確認をすることを目標として定めた。
- ・0.9円～1.4円/MJ (LHV) は、現時点での天然ガス価格から算出した値で、商用スケールでの経済性を検討する目標値として定めた。

◆研究開発のスケジュール



新型コロナウイルス感染拡大の影響で、2020年度③メタネーション試験が中断したことにより、事業期間を2021年まで延長。

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆プロジェクト費用

◆費用

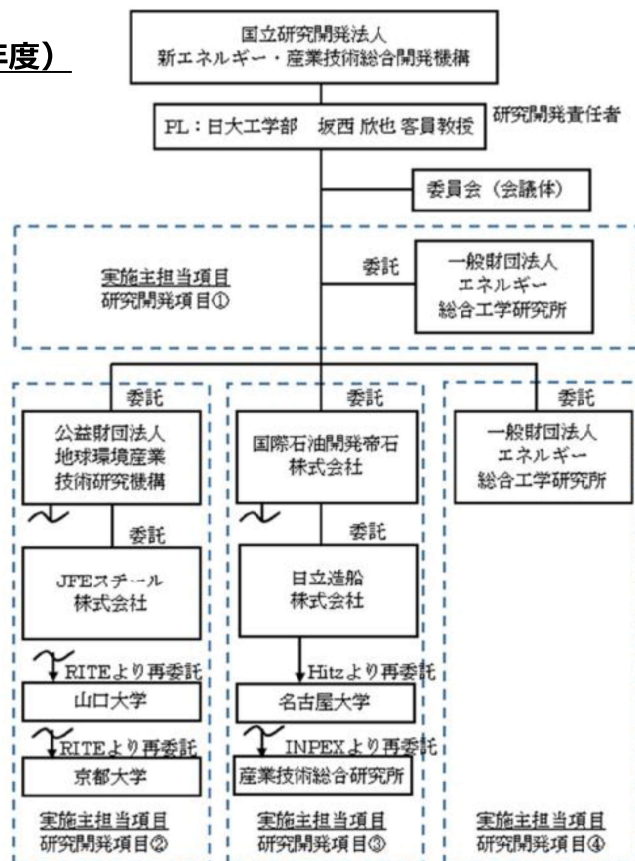
(単位：百万円)

研究開発項目	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	合計
①CO <sub>2</sub> 有効利用トータルシステムとしての総合評価	22	21	6	9	3	60
②CO <sub>2</sub> 分離回収・有効利用システムの検討・評価	39	39	50	0	0	128
③高濃度CO <sub>2</sub> 利用品製造プロセスの検討・評価	286	549	389	342	123	1,689
④再生可能エネルギー併用CO <sub>2</sub> 有効利用システムの検討	20	20	3	0	0	43
合計	366	628	448	351	126	1,919

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

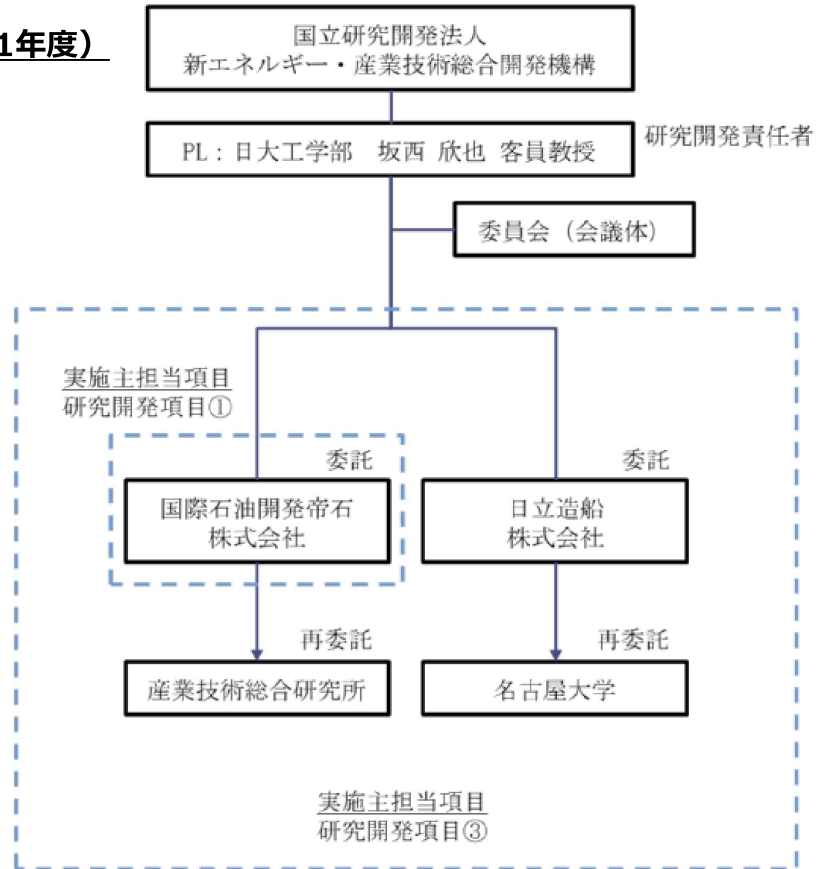
◆研究開発の実施体制 (その1)

(2017年度～2019年度)



◆研究開発の実施体制 (その2)

(2020年度～2021年度)



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 (その1)

①CO<sub>2</sub>有効利用トータルシステムとしての総合評価

研究開発項目	最終目標	成果	達成度
①-1 CO <sub>2</sub> 排出源ごとの排ガス量・性状の調査・解析	CCU技術の有効性検討のため、 <b>CO<sub>2</sub>排出源ごとの排ガス量・性状の調査</b> を実施する。	産業別や化学プロセス別の調査を行い、結果を総合評価等に反映した。	○
①-2 CO <sub>2</sub> 固定化・有効利用技術の最新開発動向調査	取り組むべき有効利用技術と研究課題の整理のため、 <b>CO<sub>2</sub>固定化・有効利用技術の最新開発動向</b> の調査を実施する。	各種CO <sub>2</sub> 有効利用技術の動向を調査し、 <b>市場規模・CO<sub>2</sub>固定化可能量を考慮するとメタノール合成が有望</b> と結論づけた。	○
①-3 CO <sub>2</sub> 有効利用技術の効果検証	CO <sub>2</sub> 有効利用技術による <b>CO<sub>2</sub>排出削減効果</b> を検証する。	CO <sub>2</sub> 排出削減効果を試算した。	○
①-4 CO <sub>2</sub> 有効利用トータルシステムの総合評価	メタネーション等についての経済性も含めた <b>総合評価</b> を行う。	総合評価を実施し、CO <sub>2</sub> フリー燃料・資源としての可能性を評価した。	○

◎ 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

◆研究開発項目毎の目標と達成状況 (その1)

②CO<sub>2</sub>分離回収・有効利用システムの検討・評価

研究開発項目	最終目標	成果	達成度
②-1 CCUに適用可能な分離回収技術に関する調査	各種CO <sub>2</sub> 分離回収技術を調査し、 <b>CCUに適した分離回収技術の抽出</b> を行う。	CO <sub>2</sub> 排出源ごとのCO <sub>2</sub> 分離回収技術、CO <sub>2</sub> 有効利用先との <b>最適組み合わせ</b> を示した。	○
②-2 最適CCUプロセスの概念設計と試験による有効性検証	CO <sub>2</sub> ガス組成や変換システムまでの <b>全体最適化したプロセスの検討を試験・シミュレーションにより行う</b> 。抽出した <b>プロセスの概念設計</b> を行う。	製鉄複製ガス、石炭火力排ガス、IGCC合成ガスを対象に、 <b>プロセスシミュレーションを行い最適プロセスを導きだした</b> 。抽出したプロセス（膜反応器）の <b>概念設計・要素研究</b> を実施した。	○
②-3 プロセスの技術課題整理・開発計画の策定	②-2の結果をもとに、 <b>技術開発課題を抽出し、実用化に向けた開発計画</b> を策定する。	技術課題を整理し <b>開発計画を策定</b> した。	○

◎ 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

◆研究開発項目毎の目標と達成状況 (その1)

③高濃度CO<sub>2</sub>利用品製造プロセスに検討・評価

研究開発項目	最終目標	成果	達成度
③-1 反応熱エネルギーマネジメント技術	メタネーション反応をシミュレーションできる <b>数値モデルを構築</b> する。このモデルを用いて、反応速度・熱流体シミュレーションを行い、 <b>反応器・プロセス設計</b> へフィードバックを行う。	CFD(数値流体力学)モデルを構築し、実験測定データをシミュレーションでの再現を確認。シミュレーション結果の <b>次期スケールアップ反応器設計へのフィードバックを推進中</b> 。	△ (2021年6月達成見込み)
③-2 触媒活性マネジメント技術	メタネーション触媒の失活が生じない下記 <b>条件を明確</b> にする。 微量不純物(H <sub>2</sub> S、VOC)許容濃度上限	H <sub>2</sub> S、VOCによる活性低下に帯するメカニズム解明を実施し、 <b>許容濃度の確認</b> を実施中。	△ (2021年6月達成見込み)
③-3 プロセス運転マネジメント技術	メタン合成能力8Nm <sup>3</sup> /hの試験装置を設計・建設・試験を実施し、下記目標を達成する。 <b>合成能力：8Nm<sup>3</sup>/h メタン濃度：96%以上 熱回収率：85%以上 定格運転時間：4500時間</b>	合成能力、メタン濃度( <b>実績99%</b> )、熱回収率( <b>実績87%</b> )は達成済み。 定格運転時間は、 <b>6月には達成見込み(1月末の段階で2500時間達成)</b>	△ (2021年6月達成見込み)

◎ 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 (その1)

③高濃度CO<sub>2</sub>利用品製造プロセスの検討・評価

研究開発項目	最終目標	成果	達成度
③-4 プロセス適用性・経済性評価	下記各スケールにおけるメタネーション事業の適用性・経済性を評価する。 ① 400 Nm <sup>3</sup> -CO <sub>2</sub> /h ② 10,000 Nm <sup>3</sup> -CO <sub>2</sub> /h ③ 60,000 Nm <sup>3</sup> -CO <sub>2</sub> /h	400Nm <sup>3</sup> /hスケールの基本エンジニアリングを実施し、適用性の評価を実施。また、将来の商用スケールでの経済性評価を実施し、収益性の分析した。	△ (2021年6月達成見込み)
③-5 オーストラリアにおける商用スケール適用に係るPre-FS	オーストラリアでの商用スケール60,000 Nm <sup>3</sup> -CO <sub>2</sub> /hのPre-FSを実施する。	オーストラリア研究機関CSIROと共同で、電力網・ガスパイプライン網等々の情報を得て、商用スケールのPre-FSを実施した。	△ (2021年6月達成見込み)

◎ 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 (その1)

④再生可能エネルギー併用CO<sub>2</sub>有効利用システムの検討

研究開発項目	最終目標	成果	達成度
④-1 CO <sub>2</sub> 有効利用基礎技術適用統合システムの検討	変動型再生エネルギーと安定電源(IGCC)を協調させる手法としてのポリジェネレーションシステムをCO <sub>2</sub> 排出量削減効果や技術課題等について調査・検討を行い、システムの有効性を示す。	再生エネルギー利用ポリジェネレーションシステム化により、電力と化学エネルギーのフレキシブルな造り分けが可能 (= 系統安定化に寄与)、またIGCCと再生エネルギー余剰電力でメタノールを製造貯蔵し、一次エネルギー削減が可能 (= CO <sub>2</sub> 削減が可能) と結論づけられた。	○
④-2 CO <sub>2</sub> 有効利用統合システムの事業性検討	メタネーション、メタノール合成、ポリジェネレーションの事業性検討のため、技術調査・市場調査を実施する。	各技術の動向調査、市場調査を実施し、調査内容を各個別技術開発へ情報提供できた。	○

◎ 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

◆成果の普及

研究成果の発信

※2021年3月1日現在

	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	計
論文	0	0	1	4	0	5
外部発表	0	4	27	19	0	50

政策への反映

- ・カーボンリサイクル技術ロードマップ「**ガス燃料(メタン)の製造技術**」への本プロジェクトの取り組み・成果を反映した。 <技術課題>、<具体的取り組み例>
- ・革新的環境イノベーション戦略「**④低コストメタネーション技術の開発**」の開発方針に本プロジェクトで策定の開発ロードマップを反映した。

メディア発表

2019年11月 INPEX長岡でのメタネーション試験設備の完成・試験開始に際し、現地にメディア（新聞、テレビ）を招き**メディア向け説明会を実施した**。

◆知的財産権の確保に向けた取組

出願特許の状況

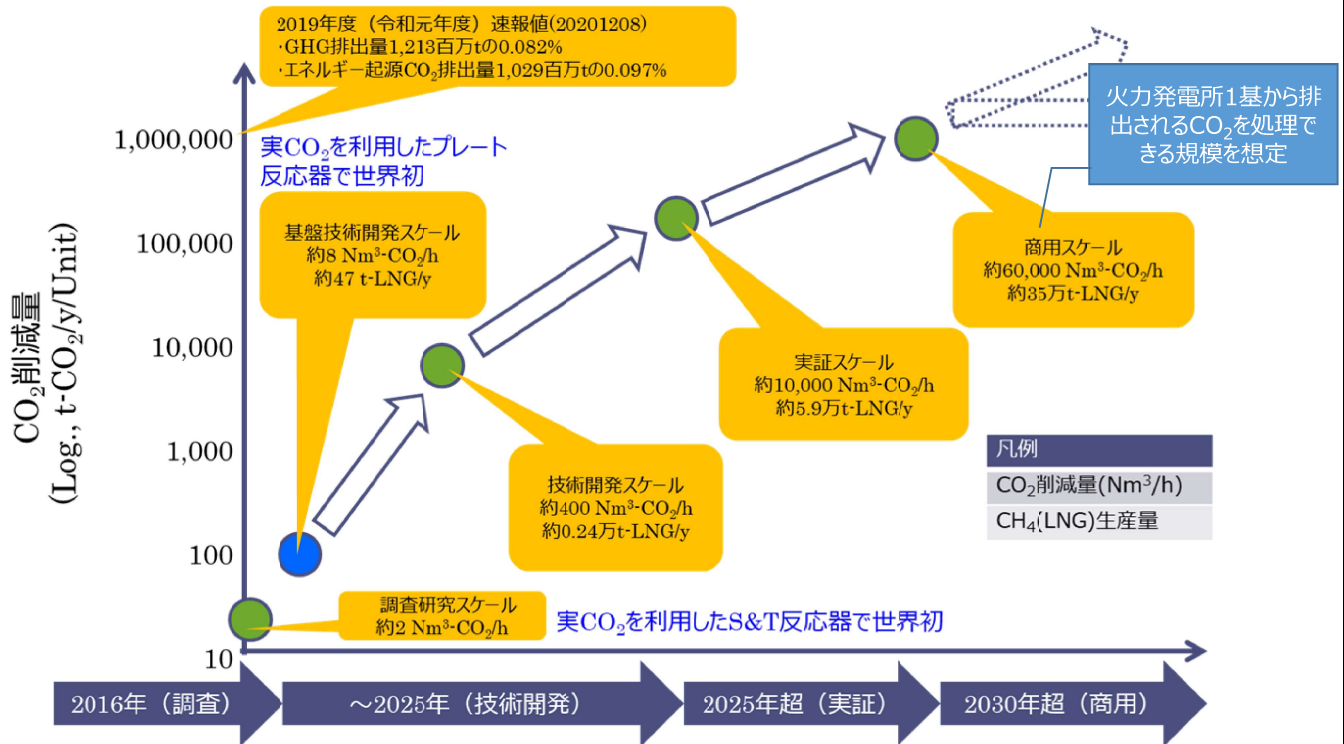
	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	計
特許出願（うち外国出願）	0	0	1	0	1(1)	2件

出願者	出願番号	出願日	名称	発明者
国立研究開発法人産業技術総合研究所	2019-017829	2019年2月4日	気相反応の触媒反応器および触媒反応方法	高坂文彦 山口十志明 倉本浩司 望月剛久 安藤祐司 高木英行 松岡浩一
公益財団法人地球環境産業技術研究機構	PCT/JP2020/19275	2020年4月22日	ゼオライト膜複合体およびその製造方法、並びに流体分離方法	柳波 余語克則

※2021年3月1日現在

### ◆ 実用化に向けた具体的取組 (その1)

【メタネーション】段階的な**大型スケールでの技術開発・実証**を進める。



### ◆ 成果の実用化の見通し

#### ➤ 市場ニーズ

・低炭素化・脱炭素化による温暖化対策のため、CO<sub>2</sub>を回収して合成燃料等の有価物を製造し、社会に再循環させることにより、**化石燃料起源のCO<sub>2</sub>排出を抑制する技術**として期待できる。

・変動する再生電力の余剰分を使った水電解水素を使ったメタネーションを行い、ガス導管注入を行うことで**余剰電力の受け皿**となりうると期待できる。

#### ➤ 競合技術に対する優位性

・メタン合成技術の中では、基礎技術は既に確立されているという優位性があり、**大型化研究開発の段階を経て実用化**には近い。

#### ➤ 技術確立の見通し

・段階的な大型化研究・実証を経ることで**実用化のための技術確立は獲得**できる。

## 概要

		最終更新日	2021年3月25日				
プロジェクト名	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／7) CO2 有効利用技術開発	プロジェクト番号	P16002				
担当推進部/ PMまたは担当者	環境部 PM 西海 直彦 (2021年3月現在) 環境部 PM 村上 武 (2017年10月～2019年6月)						
0. 事業の概要	我が国の優れた CCT 等に更なる産業競争力を賦与できる将来有望な CCU 技術の確立を目指し、CO2 有効利用品製造プロセスやシステムにおける CCU 技術の総合評価を実施する。CCU 技術の総合評価（経済性、環境性など）のため、CO2 の排出源、CO2 分離回収技術、変換技術や有効利用技術などがベストマッチングできる最適なシステムを、実験やシミュレーションを通じて詳細検討する。また、将来大量に導入が予想される再生可能エネルギーと、高効率な石炭火力発電技術である石炭ガス化複合発電（IGCC）との共生を念頭に入れたポリジェネレーションシステム（熱・電力・燃料供給システム）も CCU 技術の一つとして検討し、その運用性、環境性、経済性などを評価する。						
1. 事業の位置 付け・必要性について	供給安定性及び経済性に優れた天然資源である石炭を利用した火力発電は、将来的にも、国内の発電供給量の 26%を担う重要な電源である。 しかし、これら石炭火力発電では CO2 排出量が比較的多く、将来的に CO2 分離回収有効利用：Carbon Capture and Utilization (CCU) が検討されている。現時点では CO2 の大規模処理が困難であるものの、有価物の製造等により利益を創出する可能性がある。 2030 年度以降を見据え、将来の有望な CCU 技術の確立を目指して、我が国の優れた CCT (Clean Coal Technology) 等に、更なる産業競争力を賦与する事が可能な CCU 技術について、実用化に向けた開発を実施する。						
2. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	事業終了時に本事業として実施する CO2 有効利用技術の適用性を確認する。一例としては、将来的に天然ガス代替では 0.9 円～1.4 円/MJ* (LHV) を見通す経済性を評価する。 ※35 円～55 円/Nm <sup>3</sup> : 天然ガス 39MJ/Nm <sup>3</sup>						
事業の計画内容	主な実施事項	2017fy	2018fy	2019fy	2020fy	2021fy	
	① CO2 有効利用 トータルシステムとしての 総合評価	[進捗状況]					
	② CO2 分離回収・ 有効利用システムの 検討・評価	[進捗状況]					
	③高濃度 CO2 利用 品製造プロセスの検 討・評価	[進捗状況]					
	④再生可能エネ ルギー併用 CO2 有効 利用システムの検討	[進捗状況]					

事業費推移 (単位:百万円) (委託)	会計・勘定	2017fy	2018fy	2019fy	2020fy	2021fy	総額
	一般会計	-	-	-	-	-	-
	特別会計(需給)	366	628	448	351	126	1919
	開発成果促進財源	-	-	-	-	-	-
	総 NEDO 負担額	366	628	448	351	126	1919
	(委託)	366	628	448	351	126	1919
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	日本大学 坂西 欣也					
	プロジェクトマネージャー	環境部 西海 直彦					
	委託先	一般財団法人エネルギー総合工学研究所 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 (再委託先: 山口大学、京都大学) 国際石油開発帝石(株) (再委託先: 国立研究開発法人産業技術総合研究所) JFE スチール(株) 日立造船(株) (再委託先: 名古屋大学)					
情勢変化への対応	<p>事業開始(2017年度)以降、下記のような情勢変化があり、本事業の早期実用化の重要性がますます高まった状況にある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2019年6月に経済産業省により「カーボンリサイクル技術ロードマップ」が策定された。CO<sub>2</sub>を資源として捉え、これを分離・回収し、多様な炭素化合物として再利用するカーボンリサイクルに係る技術は、将来有望な選択肢の一つであり、そのイノベーションを加速化していくことが重要とされている。</li> <li>・2020年1月に内閣府により「革新的環境イノベーション戦略」が策定された。CO<sub>2</sub>排出削減効果が大きな技術(39テーマ)の一つとして「低コストメタネーション技術の開発」が設定され、技術の確立を目指すことが示された。</li> <li>・2020年12月に経済産業省により「カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定された。この中で、「カーボンリサイクル産業」も重要分野として指定され、技術開発・社会実装を進め、グローバル展開を目指すことが示された。</li> </ul> <p>本事業の事業内容を上記政策に反映しており、本事業の早期実用化の重要性がますます高まった。</p>						
評価に関する事項	事後評価	2021年度 前倒し事後評価実施					
3. 研究開発成果について	<p>最終目標(2021年度)の達成状況</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・メタメーションについては、基礎基盤研究段階の本プロジェクトでのベンチスケール試験を通じて、技術目標を達成した。実用化に向けての技術的知見や課題も得られ、段階的な設備スケールアップ試験・実証に向けた大きな成果を得られた。</li> </ul>						

	<p>・0.9円～1.4円/MJ（LHV）を見通す経済性の評価については、商用スケールでの事業性を電気料金（水電解コスト）、副生物（酸素、熱）販売、CAPEX/OPEX等の条件を加味して評価し、電気料金は1～3円/kWh程度が事業性には必要であることが明らかとなった。</p>	
	投稿論文	5件
	特許	「出願済」2件（うち国際出願1件）
	その他の外部発表 （プレス発表等）	50件

【メタネーション】

策定した実用化に向けた技術ロードマップに基づき、本プロジェクトで得た知見・技術的課題を踏まえ、段階的な技術開発・実証を進める。

2021年度カーボンリサイクル技術ロードマップの気体燃料分野の公募を実施予定。

市場ニーズ

・天然ガス（メタン）は生活・産業に不可欠なエネルギーである一方で、利用に際して発生するCO<sub>2</sub>が問題となる。温暖化対策として、ガス自体の脱炭素化が求められており、それに対応できる技術として期待できる。

・変動する再生電力の余剰分を使った水電解水素を使ったメタネーションを行い、ガス導管注入を行うことで余剰電力の受け皿となりうると期待できる。

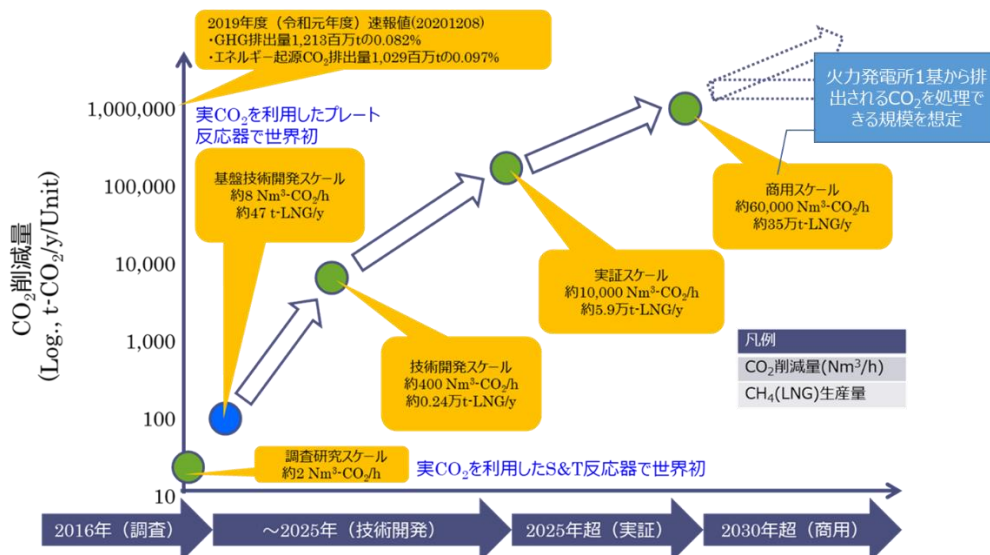
競合技術に対する優位性

・メタン合成技術の中では、基礎技術は既に確立されているという優位性があり、大型化研究開発の段階を経て実用化には近い。

技術確立の見通し

・段階的な大型化研究・実証を経ることで実用化のための技術確立は獲得できる。

4. 成果の実用化に向けた取組及び見直しについて



5. 基本計画に関する事項

作成時期	2016年1月 作成
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、2021年1月 改訂 (目的、目標、内容、研究開発項目等の追加、修正)