

「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
8) CO₂分離・回収型
ポリジェネレーションシステム技術開発」
(中間評価)
(2020年度～2024年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

環境部

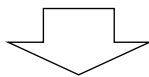
2022年4月27日

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

- ・ 温室効果ガスの排出削減は世界的な課題
- ・ CO₂分離・回収技術はエネルギー損失が大きく、コストが高い

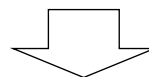


CO₂分離・回収の効率化とコスト低減が必要

事業の目的

- ・ バイオマスや炭素系廃棄物等を燃料とすることによるCO₂排出削減
- ・ 有価な生産物を併産するガス化技術の構築、

それに伴うCO₂分離・回収コスト低減



CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステムの確立に向けた技術開発

◆政策的背景

■ 次世代火力発電に係る技術ロードマップ^o (2016年6月経済産業省)

2030年度以降を見据えた取組に係る技術に関する方針等に以下の記載あり。

- CCUS技術及び水素発電技術は、火力発電からのCO₂排出量をゼロに近づける切り札となり得るものであり長期的視点を持ちつつ戦略的に推進。
- CCUSが実用化されるためには、前提として経済的なCO₂分離回収技術の確立が不可欠である。
- CCUは、現時点ではCO₂の大規模処理が困難であるが、有価物の製造により利益創出の可能性あり。ただし、実用化には大きなイノベーションが必要。

■ 革新的環境イノベーション戦略 (2020年1月閣議設定)

- 2050年までにCO₂分離回収コスト1,000円/t-CO₂を目指し技術開発を行う。
- 様々なCO₂排出源に対応する分離回収能力を獲得することを目指す。

◆技術戦略上の位置付け

✓ 「カーボンリサイクル技術ロードマップ」(2019年6月、2021年7月改訂)
CO₂回収のプロセス技術として「クローズドIGCC」「ケミカルルーピング」、その目標値が明記。

共通技術

● CO₂分離回収技術

技術課題	2030年のターゲット	2040年以降のターゲット
<p><技術課題></p> <ul style="list-style-type: none"> 設備・運転コスト及び所要エネルギーの削減 新しい材料(吸収材、吸着材、分離膜)の開発(選択性、容量、耐久性の向上) 基材の製造コストの低減 プロセスの最適化(熱、物質、動力等)など CO₂排出源、用途に応じた分離回収法の選定 CO₂発生源と需要・供給先を連携させたカーボンリサイクルに適合するCO₂分離回収システムの構築(プロセス) エネルギー消費とコスト評価手法の明示化、評価基盤確立 輸送、貯蔵 輸送コストの低減(大量輸送、液化技術) CO₂需給量の調整・運用機能 <p><個別技術></p> <ul style="list-style-type: none"> 化学吸収法(温度差(現行プロセス)) 4,000円程度/t-CO₂、所要エネルギー2.5GJ程度/t-CO₂ 物理吸収法(圧力差(実証段階)) 固体吸収法(温度差)(研究開発段階) 物理吸着法(圧力差・温度差、小スケールでメリット、選択率、容量、耐久性の向上、新材料の開発) 膜分離法(圧力差) その他、深冷分離法、Direct Air Capture など <p><CO₂回収を容易にするためのプロセス技術></p> <ul style="list-style-type: none"> 酸素富化燃焼・クローズドIGCC 低コスト酸素供給技術の開発 ケミカルルーピング 低コスト、長寿命の酸素キャリアの開発 <p><具体的な取組例></p> <ul style="list-style-type: none"> 低コスト型分離回収技術の開発 液体CO₂の船舶輸送の技術の開発 	<p>2030年のターゲット</p> <ul style="list-style-type: none"> 低圧ガス用(燃焼排ガス、高炉ガスなど、濃度数%~、常圧程度でのCO₂分離) 2,000円台/t-CO₂ 所要エネルギー1.5GJ/t-CO₂ 化学吸収法、固体吸収法、物理吸着法など 高圧ガス用(化学プロセス、燃料ガスなど、濃度数10%、数MPaでのCO₂分離) 1,000円台/t-CO₂ 所要エネルギー0.5GJ/t-CO₂ 物理吸収法、膜分離法、物理吸着法など その他プロセス全体の見直し(CO₂分離回収機能を備えた発電・化学合成システム) クローズドIGCC・ケミカルルーピングなど 1,000円台/t-CO₂ 所要エネルギー0.5GJ/t-CO₂ <p><CO₂分離回収システムの構築></p> <ul style="list-style-type: none"> CO₂排出源および用途に適合した省エネルギー、低コストとなるCO₂分離回収のシステム化 10,000時間連続運転の実現(耐久性、信頼性の実証) <p><分離素材標準評価技術の確立></p> <ul style="list-style-type: none"> 評価プロトコル確立による素材開発加速の実現 <p><CO₂輸送・貯蔵システムの構築></p> <ul style="list-style-type: none"> CO₂排出源および用途に適合した省エネルギー、低コストとなるCO₂輸送・貯蔵手段の確立 液化(冷却、圧縮)、貯蔵(コンテナ、タンク)、輸送(車両、パイプライン、船舶など) 	<p>2040年以降のターゲット</p> <p><分離回収実用化></p> <ul style="list-style-type: none"> 1,000円~数百円/t-CO₂の達成 CO₂分離回収システムの耐久性、信頼性の向上、小型化 CO₂発生源と用途先の運用に応じたCO₂分離回収システムの最適化 CO₂分離回収および輸送システムの本格普及 CO₂ネットワーク化(回収・輸送・利用インフラ、ハブ&クラスターなど)

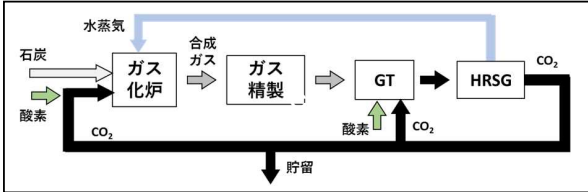
出典: 経済産業省、「カーボンリサイクル技術ロードマップ」(2021年7月)

◆ 本事業の経緯

■ CO₂回収型次世代IGCC技術開発 (2015～2020年度)

<概要>

CO₂回収型クローズドIGCCに水蒸気添加ガス化を適用することにより、更なる効率向上を実現する。
 <2020年度目標（最終目標）と達成状況>
 送電端効率42%HHVを見通すための要素技術を確立し、技術の組み合わせで更に0.5%の効率向上の見通しを得た。産業用ガス化炉への展開を考案。



- ・ CCS技術の実用化検討中
- ・ 成果の早期実用化
- ・ CO₂分離・回収コスト低減

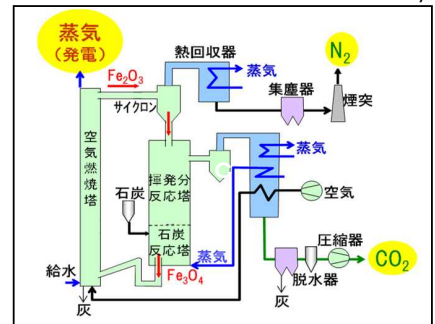
- [追加技術要素]
- ・ 燃料多様化 (廃棄物等)
 - ・ 化学合成

■ CO₂分離型化学燃焼石炭利用技術開発 (2015～2017年度)

<概要>

ケミカルルーピング燃焼 (CLC※1) による石炭利用技術を確立し、1,000円台/t-CO₂の回収コストを実現する。
 <2017年度目標（中間目標）と達成状況>
 1,000円台/t-CO₂を見通せる天然キャリアを選定し、CLCプロセスの実現性に技術的めどを付けた。
 ⇒ EOR※2用CO₂への適用に求められる経済性の向上が不透明であり、一時中断。

※1 CLC : Chemical Looping Combustion
 ※2 EOR : Enhanced Oil Recovery



- [追加技術要素]
- ・ バイオマス燃料
 - ・ 水素生成

CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発 (本事業) を開始

◆ 本事業の概要

■ CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステムの特徴

- **燃料の多様化によるCO₂排出量削減**
 石炭だけでなくバイオマスや廃棄物の燃料利用によるCO₂排出量削減
 ⇒ カーボンニュートラルの実現に貢献
- **CO₂分離・回収コストの低減**
 合成ガス (CO、H₂) や水蒸気からの有価物 (化学品やH₂) を製造することによる、実質的なCO₂分離・回収コストの低減
 ⇒ 有価物の価格次第ではCO₂を極めて安価に供給できる可能性あり
- **高効率なCO₂回収**
 プロセス由来のCO₂を効率的に回収可能

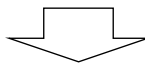
■ 事業内容

- 燃料の多様化と有価物の併産に係る要素技術の研究開発
- システム全体に係る設計技術の検討
- CO₂分離・回収コストを含む経済性の検討

◆NEDOが関与する意義

CO₂分離・回収型のポリジェネレーションシステム技術の開発

- 火力発電の低炭素化に向けた技術開発は、国の方針に沿った重要課題（国家的課題）であり、CO₂を低コストで分離・回収できる本技術開発は、**社会的必要性が大きい**。
- 経済的なCO₂分離・回収技術の確立は、NEDOで既に実施しているCCUあるいは**カーボンリサイクル分野**の研究開発への展開や貢献が可能。
- 研究開発の**難易度が高く**、必要な**投資規模が大きく**、また実用化までのリードタイムが長いことから、民間企業だけでは**リスクが高い**。



NEDOが持つ知識、実績を活かして推進すべき事業

◆実施の効果 (費用対効果)

【投資コストと効果】

本事業実施の費用対効果より、事業の妥当性を確認

プロジェクト費用の総額
24億円
(2020-2024年度)



効果 (2030年以降)
① 併産有価物 **250～810億円/年**
② CO₂排出削減に係るCD **160億円/年**

【効果①】

〈併産有価物〉
**250 ～
810億円/年**

[算出根拠]

- 2030年の総発電電力量 (9,340億kWh/年)
- 石炭火力の比率は**19%** (第6次エネ基、野心的見通し)
- 2030年以降、この**電力量の5%を本技術で賄う**と仮定 ⇒ 88.7億kWh/年
- この時、**併産化成品** 50万t/年 ⇒ **250億円/年** (50円/kg)
または、**併産水素** 27億Nm³/年 ⇒ **810億円/年** (30円/Nm³)

【効果②】

〈CO₂排出削減に係るコストダウン〉
160億円/年

[算出根拠]

- 石炭火力のCO₂排出原単位:0.8kg-CO₂/kWh、本技術のCO₂回収率:**90%**
- 削減されるCO₂排出量は **640万t-CO₂/年**
- 低減されるCO₂分離・回収コストは **△2,500円/t-CO₂**
(現状:4,000円/t-CO₂ ⇒ 本技術:1,000円台(平均:1,500円)/t-CO₂)
- 削減CO₂排出量に係るコストダウン効果 ⇒ **160億円/年**

【CO₂削減効果】

既設石炭火力による発電の代替分として **640万t-CO₂/年**
(バイオマス・廃棄物の燃料利用によりさらに向上)

◆ 関連事業における事後評価結果の反映

CO₂回収型次世代IGCC技術開発事業における事後評価結果を本事業の実施に反映

研究テーマ	『CO ₂ 回収型次世代IGCC技術開発』
委託先	一般財団法人電力中央研究所、三菱重工業株式会社、三菱パワー株式会社※1
総合評価	優れている
コメント	得られた成果は、従来型IGCCの効率向上に貢献できるものと高く評価され、大型化ならびに実証フェーズへの進展が期待される。また、化学合成プラントへの展開だけでなく、 ポリジェネレーションシステムへの展開が期待 でき、顕著な波及効果が見込まれる。

※1 2021年10月の統合により、現在は三菱重工業株式会社
NEDOホームページ<http://www.nedo.go.jp/content/100935459.pdf>

事後評価における評価委員からの指摘、提案事項とその対応

	指摘	対応（本事業において考慮した点）
1	我が国独自の優れた技術として積み上げてきたIGCCのノウハウの蓄積を絶やさない仕組みの検討が必要である	特に 産業用ガス化炉 への新たな展開については、「 CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発 」において 経済性も含めた検討 を実施する。
2	O ₂ /CO ₂ ガス化の“SNG※2合成等の産業用ガス化炉としての展開”は良いアイデアと思うため、経済性も含めたFSを進めてほしい。	O ₂ /CO ₂ ガス化の“SNG合成等の 産業用ガス化炉 としての展開”については、「 CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発 」において 経済性も含めた検討 を実施する。

※2 SNG : Substitute Natural Gas (代替天然ガス)

◆ 事業の目標

中間目標（2022年度）

CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステムの実証設備設計に必要な**要素技術の確立**に目処をつける。

最終目標（2024年度）

CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステムにより分離・回収コスト**1,000円台/t-CO₂**を見通せる火力発電設備の**設計技術確立**および**経済性を評価**する。

【目標設定根拠】

- 分離・回収コスト1,000円台/t-CO₂の最終目標は、カーボンリサイクル技術ロードマップにおける2030年ターゲットに示された数値であり妥当である。

◆研究開発目標と根拠

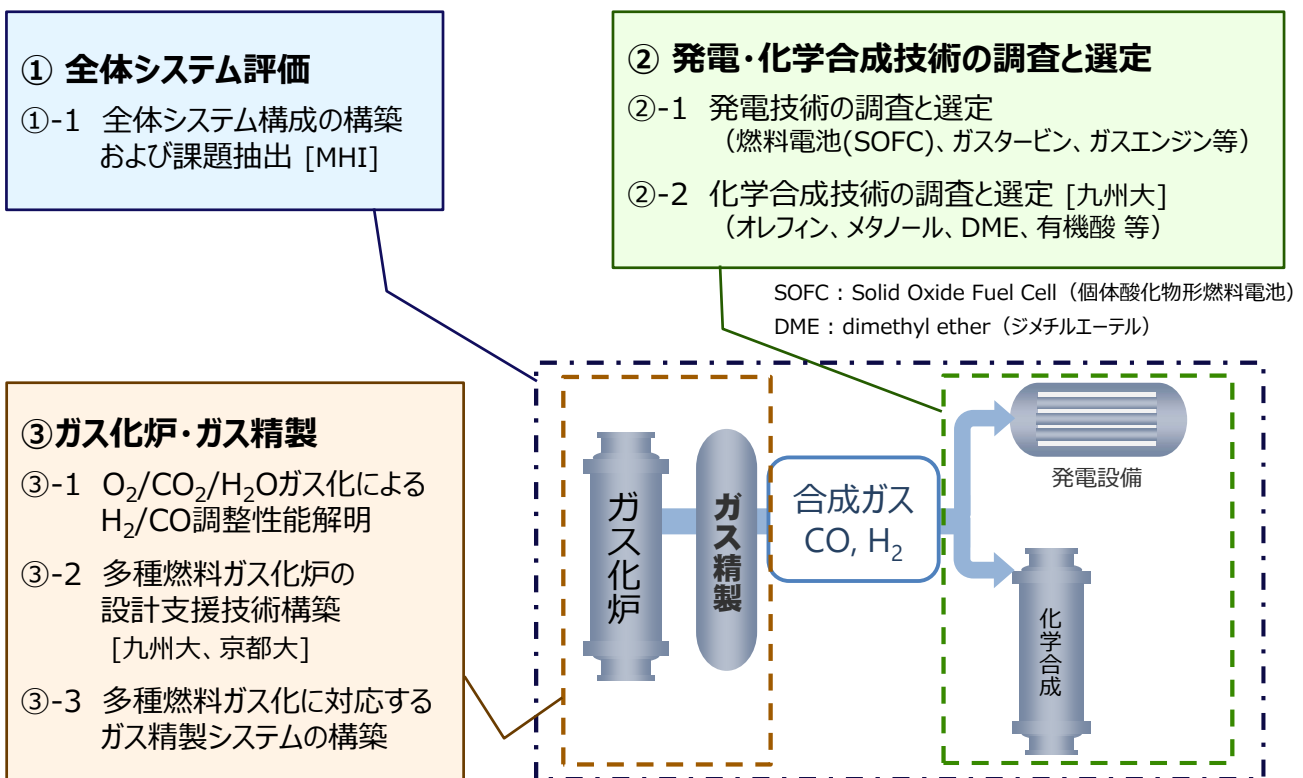
✓ CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステムを構築可能な技術は以下の2つ。

「噴流床ガス化技術」と「流動床ガス化燃焼技術」

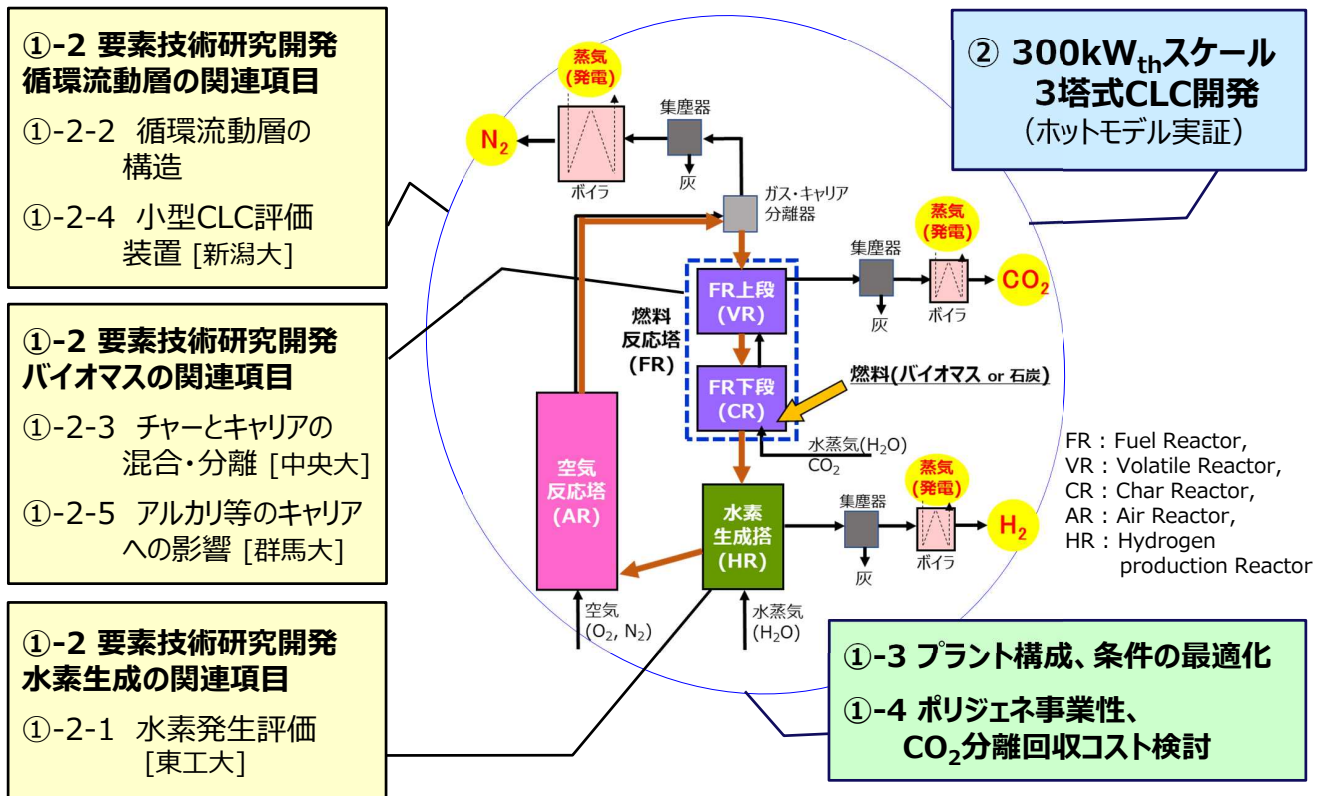
⇒ 両技術に対する研究開発を、2つの**個別のテーマとして並行して推進**。

研究開発テーマ	研究開発目標	根拠
<p>【噴流床】 多様な燃料を利用するCO₂回収型ポリジェネレーションシステム 基盤技術開発</p>	<p>【中間】 CO₂回収コスト1,000円台/t-CO₂を実現するために必要なポリジェネレーションシステム構成を構築し、その要素技術確立の目処を得る。 【最終】 CO₂回収コスト1,000円台/t-CO₂を実現する火力発電設備の基盤技術確立および経済性評価。</p>	<p>【最終】 カーボンリサイクル技術ロードマップのCO₂分離回収技術の目標に則した数値を採用した。</p>
<p>【流動床(流動層)】 ケミカルルーピング燃焼 ポリジェネレーション技術開発</p>	<p>【中間】 分離・回収コスト1,000円台/t-CO₂を見通せるケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーションシステムの設備設計に必要な要素技術に目処をつける。 【最終】 分離・回収コスト1,000円台/t-CO₂を見通せる火力発電設備の設計技術の確立と経済性評価。</p>	<p>【中間】 最終目標達成には2023年度から評価予定の熱自立実証設備が不可欠であるため、熱自立実証設備設計に必要な要素技術確立を設定。 【最終】 カーボンリサイクル技術ロードマップにおける2030年ターゲットから設定。</p>

◆個別テーマにおける研究開発項目 (噴流床：多様な燃料)



◆個別テーマにおける研究開発項目 (流動床 : CLC)



◆研究開発項目毎の目標一覧 (噴流床 : 多様な燃料)

大項目	小項目	中間目標 (2022年度)	最終目標 (2024年度)
① 全体システム評価	①-1 全体システム構成の構築および課題抽出	CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を実現するために必要なシステム構成を構築し、技術課題を抽出する。	CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を実現するシステムの効率や経済性を評価し、実用化に必要な技術的課題を抽出する。
② 発電・化学合成技術の調査と選定	②-1 発電技術の調査と選定	複数の発電機器について、全体システムの効率評価に必要な知見を整備する。	需給調整能力が高く、本システムに適する発電技術の選定と性能評価を行う。
	②-2 化学合成技術の調査と選定	<ul style="list-style-type: none"> 需要等を基に化学合成対象を選定し、性能評価に必要な情報を整備する。 シュウ酸合成工程のうち、ギ酸ソーダ合成、シュウ酸ソーダ合成で各収率が最大となる反応条件を見出す。 	<ul style="list-style-type: none"> システム評価に必要な化学合成の各種情報を整備する。 CO₂回収コスト低減効果が高いシュウ酸の合成プロセスを構築する。
③ H ₂ /CO調整型多種燃料ガス化炉とガス精製の基盤技術開発	③-1 O ₂ /CO ₂ /H ₂ Oガス化によるH ₂ /CO調整性能解明	<ul style="list-style-type: none"> 3TPD炉とリダクタ炉を用いて石炭とプラスチックの共ガス化の基本特性を明らかにする。 3TPD炉に廃棄物供給設備を追設し、共ガス化とH₂/CO調整性能解明に必要な運転方法を確立する。 	石炭と廃棄物の混合燃料へO ₂ /CO ₂ /H ₂ O噴流床ガス化技術の適用性検証を行うとともに、合成ガス(生成ガス)中のH ₂ /CO比の調整性能を明らかにする。
	③-2 多種燃料ガス化炉の設計支援技術構築	<ul style="list-style-type: none"> ガス化反応実験を通して、石炭に廃プラスチックを混合することで現れる既往のモデル予測との差異を明らかにする。 詳細な数値解析により運転条件が合成ガス組成等に及ぼす影響を評価するとともに、1種類の炉形状で多目的最適化計算を実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> 石炭、廃プラ、バイオマスの3種の混合ガス化に適用可能な反応モデルの構築または選定。 石炭、廃プラ、バイオマスの3種の混合ガス化に適用可能な詳細数値解析ツールの構築と、多目的最適化計算ツールの構築。
	③-3 多種燃料ガス化に対応するガス精製システムの構築	本技術に適するガス精製システム構成の一次案を構築する。	本ポリジェネレーションシステムに対応するガス精製のシステム構成を構築し、運用特性を評価する。

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆研究開発項目毎の目標一覧 (流動床 : CLC)

大項目	小項目	中間目標 (2022年度)	最終目標 (2024年度)
①-2 要素技術研究開発、バイオマス燃焼性検討	①-2-1 キャリアの水素生成反応性に関する検討	キャリアの水素生成速度と酸化還元反応の繰り返し安定性の評価に基づき、天然鉱石と人工粒子から候補キャリア及び水素生成流動層条件の絞り込みを行う。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および水素反応器の最適操作条件の確立。
	①-2-2 循環流動層のキャリア循環/流動/及び最適装置構造の検討	キャリア循環量制御方法を立案する。水素生成塔から燃料反応塔への水素リーク量を把握し、リーク量が問題となるとみられる場合は低減方法を立案する。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた3塔式循環流動制御方法の確立。
	①-2-3 バイオマスチャーとキャリアの混合/分離促進の検討	バイオマスチャーとキャリアの分離促進を行う操作条件を明らかにする。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた混合・分離機器設置条件の確立。
	①-2-4 石炭・バイオマス化学燃焼性や水素製造の検証	3塔式CLCによる水素、CO ₂ 同時生産のコンセプトが実証できる操作条件を見出す。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた固体燃料利用方法の確立。
	①-2-5 バイオマス灰等不純物によるキャリアへの影響の検討	アルカリ金属がキャリア特性に及ぼす影響を解明するとともに、耐久性向上方法を検討する。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けたタール、アルカリ、硫黄等の影響減少方法を確立。
①-3 プラント構成、条件の最適化	CO ₂ 分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を満たすプロセス構成及び操作条件を見出す。	CO ₂ 分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を満たす実機に向けたプロセスの構成と条件の最適化。	
①-4 ポリジェネレーション事業性、CO ₂ 分離回収コスト検討	暫定的な経済性評価モデルにおいて、研究開発項目①-2、及び①-3の成果を使ってCO ₂ 分離・回収コストのコスト推算の精緻化を行う。	CO ₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステムにより分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を見通せる火力発電設備の設計技術の確立および経済性を評価する。	
② 300kW _{th} スケール3塔式CLC開発		300kW _{th} ベンチ試験装置の詳細設計を完了させる。	300kW _{th} 試験装置において目標仕様達成を実証する。スケールアップ設計に必要なデータ収集を完了する。

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

		2020	2021	2022	2023	2024
【噴流床】 多様な燃料を利用するCO ₂ 回収型ポリジェネレーション基盤技術開発	①全体システム評価	システム構成構築と課題抽出			中間目標	最終目標
	②発電・化学合成技術	発電機器・合成技術候補選定 シュウ酸合成プロセスの基盤技術開発				
	③ガス化炉・ガス精製技術	石炭・廃棄物共ガス化挙動解明 最適化技術構築 ガス精製システム構成一次案構築				
【流動床】 ケミカルループ焼成ポリジェネレーション技術開発	①要素技術研究開発	CLC技術開発状況調査 バイオマス燃焼性検討 要素技術確立 プラント構成、条件の最適化 事業性、分離回収コスト検討			性能データ更新 プロセス評価 ガス化性能解明 多目的最適化計算 最終案構築	事業性検証
	②300kW _{th} スケール3塔式CLC実証	設計			建設	運転試験

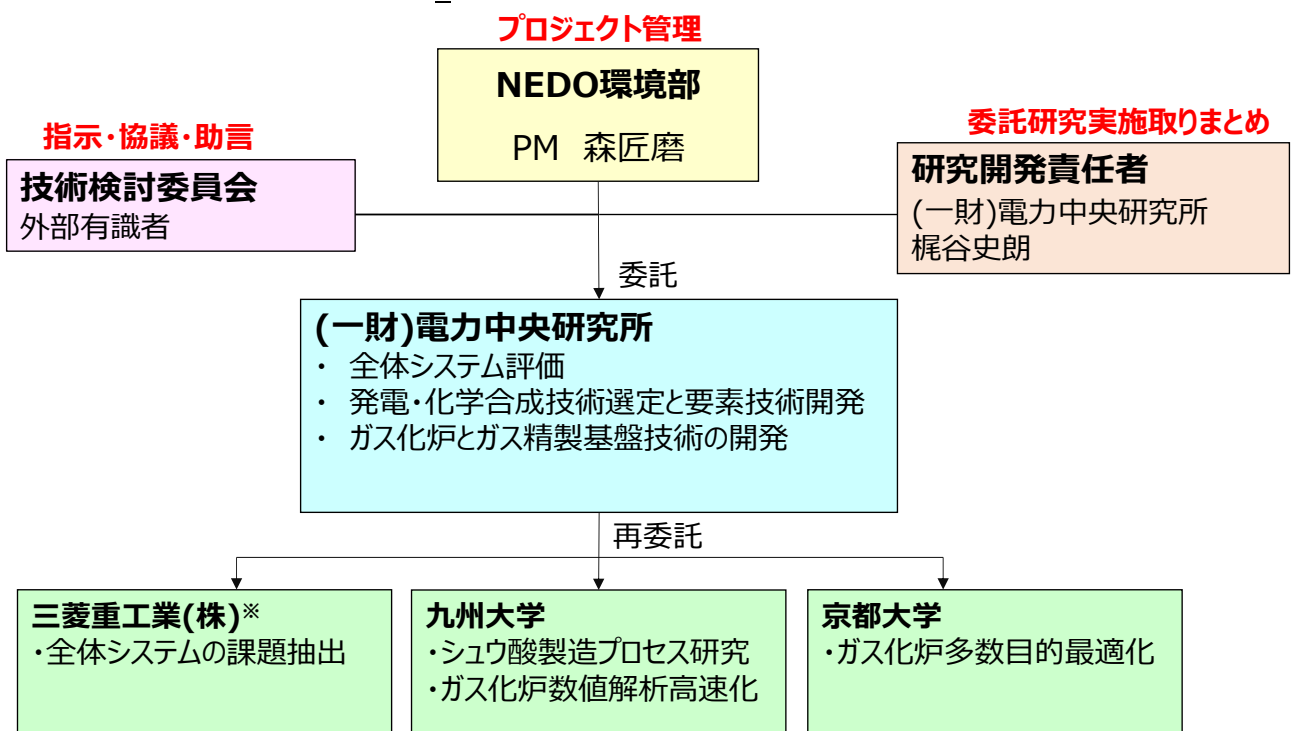
◆プロジェクト費用

(単位：百万円)

研究開発テーマ	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度(見込)	2024年度(見込)	合計
【噴流床】 多様な燃料を利用する CO ₂ 回収型ポリジェネレーション基盤技術開発	22	318	720	226	211	1,497
【流動床】 ケミカルルーピング燃焼 ポリジェネレーション技術開発	53	140	143	370	200	906
合計	75	458	863	596	411	2,403

◆研究開発の実施体制 (噴流床：多様な燃料)

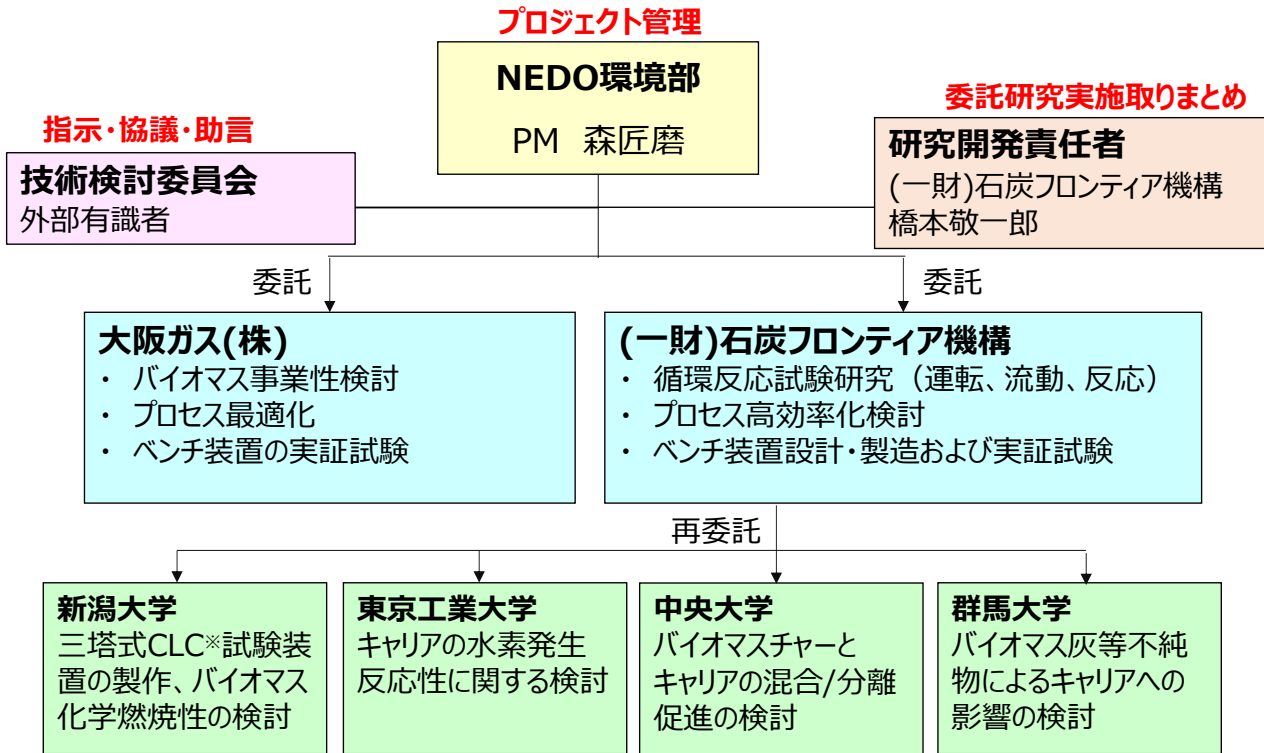
● 多様な燃料を利用するCO₂回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発



※ 2021年10月、三菱パワー(株)から社名変更

◆ 研究開発の実施体制 (流動床 : CLC)

● ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発



※ CLC : Chemical Looping Combustion

◆ 動向・情勢の把握と対応

- 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**を策定
- 2021年6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**を更に**具体化**

- ✓ カーボンニュートラル実現に向け、高効率 & 低コストな**CO₂分離・回収技術**の重要性は増加
- ✓ コンビナート内での**エネルギーやマテリアルの融通**が、コンビナートの脱炭素化には重要

◆ 情勢の変化に応じた対応方針

下記特徴があるポリジェネレーションシステムの実現を目指す、**本事業の重要性は増加**。
引き続き、早期の実用化に向け、要素技術の確立を推進する。

- **エネルギー効率の向上**
ガス化技術を適用し、発電とCO₂分離・回収プロセスを一体化
- **CO₂分離・回収コストの低減**
有価物(化学品やH₂)製造による経済性向上 (CO₂分離・回収コストの低減)
- **熱・物質サプライシステムとしての機能**
ケミカルコンビナートなどにおける**産業間連携に貢献**可能

◆知的財産権等に関する戦略

【基本戦略】

- ◆ 知財として確保する方が有利な技術については積極的に特許として出願する。
- ◆ ノウハウとして保有する方が有利な技術は出願しない。
- ◆ 競合技術の出願状況を定期的に調査し、対策を検討する。

【権利化のキーワード（注力分野）】

- 多様な燃料を利用するCO₂回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発
 - ・ 多様な燃料を利用するガス化炉
 - ・ ガス精製技術
 - ・ それらを用いて構築するポリジェネレーションシステムのコア技術
- ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発
 - ・ ケミカルルーピング燃焼プロセス
 - ・ 反応器
 - ・ 人工（酸素）キャリア

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

研究開発テーマ	研究開発目標 (中間)	成果	達成度	意義
【噴流床】 多様な燃料を利用するCO ₂ 回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発	CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を実現するために必要なポリジェネレーションシステム構成を構築し、その要素技術確立の目処を得る。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発電と化学合成手法を選定し、CO₂回収コスト1,000円台/t-CO₂を実現するためのシステム構成案を構築。 ・ 3TPD炉を用い、石炭と模擬廃プラスチック試料を混合した条件で、O₂/CO₂/H₂Oガス化データを取得。 	△ (2023年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現実的な建設コストの範囲内で、CO₂回収コスト1,000円台/t-CO₂が実現できる見込みを得た。 ・ 高効率を維持しつつ、柔軟に合成ガスの組成調整が可能となることが期待できる。
【流動床】 ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発	分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を見通せるケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーションシステムの設備設計に必要な要素技術に目処をつける。	<ul style="list-style-type: none"> ・ プロセス原理の検証および300kW_{th}スケール試験装置の設計を完了。 ・ 分離・回収コスト1,000円台/t-CO₂を実現できる可能性を定量的に明示。 	△ (2023年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱自立性を検証可能なサイズの試験装置を用い、プロセス原理を検証できる見込みを得た。 ・ 現実的な建設費に基づく試算により、CO₂回収コスト1,000円台/t-CO₂を実現できる見込みを得た。

◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発テーマ	研究開発目標 (最終)	達成見通し
【噴流床】 多様な燃料を利用するCO ₂ 回収型ポリジェネレーションシステム 基盤技術開発	多様な燃料を利用するCO ₂ 回収型ポリジェネレーションシステムにより CO₂回収コスト1,000円台/t-CO₂ を実現する火力発電設備の 基盤技術確立 および 経済性評価 。	<ul style="list-style-type: none"> より実現性の高いシステムを選定するとともに、3TPD炉による実際の廃プラスチックを混合したガス化試験等を着実に進めることで、CO₂回収コスト1,000円台/t-CO₂を実現するための基盤技術確立が達成できる見通しである。 各研究開発項目の成果を連携させ着実に積み上げる方法を継続することにより、新たな課題が出現した場合にも対応でき、最終目標（基盤技術の確立と経済性評価）を達成できる見通しである。
【流動床】 ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション 技術開発	CO ₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステムにより分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を見通せる火力発電設備の 設計技術の確立 と 経済性評価 。	<ul style="list-style-type: none"> 300kW_{th}ベンチ試験装置による運転試験を実施することでスケールアップに向けて必要な設計データを取得できる。 各研究開発項目の成果を連携させ着実に積み上げる方法を継続することにより、新たな課題が出現した場合にも対応でき、最終目標（設計技術の確立と経済性評価）を達成できる見通しである。

◆ 成果の普及 (1)

桃色塗り：多様な燃料 水色塗り：CLC

	2020年度		2021年度		2022年度		2023年度		2024年度		計	
論文	0		2		-		-		-		2	
	0	0	0	2	-	-	-	-	-	-	0	2
研究発表・講演	0		15		-		-		-		15	
	0	0	10	5	-	-	-	-	-	-	10	5
受賞実績	0		1*		-		-		-		1	
	0	0	1*	0	-	-	-	-	-	-	1	0
新聞・雑誌等への掲載	4		9		-		-		-		13	
	0	4	3	6	-	-	-	-	-	-	3	10

* 電力中央研究所 所内（理事長表彰）

※ 2022年3月25日現在

- ✓ 旧一般電気事業者全社ならびに電事連などの電気事業関連機関に対して、本プロジェクトの意義や必要性、研究内容などを説明し、技術を周知

⇒ 2021年11月18日 電気事業者向けNEDO火力発電技術開発成果発表会

◆成果の普及 (2)

本事業に関する新聞・雑誌等への情報発信の実績 (2021年度)

公開日付	媒体	タイトル
2021年9月10日	電気新聞	[電中研] 石炭ガス化技術 幅広く活用 CO ₂ 回収、電気と化学品生産
2021年10月7日	[大阪ガスHP] プレスリリース	カーボンニュートラル技術の研究開発拠点「Carbon Neutral Research Hub」の開設について
2021年12月	JCOAL Magazine no.269	大型3塔循環流動層コールドモデル試験装置竣工 ～ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発～
2022年1月5日	電力時事通信	[電中研] ゼロエミッション火力発電の実現に向けた電力中央研究所の取り組み
2022年1月24日	電気新聞	[大ガス] 水素+電気+CO ₂ 製造 大ガスが試験装置導入
2022年1月24日	日刊工業新聞	[大ガス] 低コストで水素製造 大ガス、実験設備を公開 ケミカルルーピング燃焼
2022年2月17日	月刊「電気評論」	[電中研] 電力中央研究所における研究開発状況
2022年3月1日	エネルギーフォーラム	[大ガス] 低廉なグリーン水素供給へ 新燃焼プロセス実験設備を導入
2022年3月31日	ハイリズム12	[大ガス] (詳細タイトル未定)

桃色塗り：多様な燃料
水色塗り：CLC



写真：大阪ガス(株)「Carbon Neutral Research Hub」の見学ルートに入っているケミカルルーピング大型コールドモデル

他、論文や外部発表のリストについては、事業原簿を参照。

◆知的財産権の確保に向けた取組

➤ 出願特許の状況

桃色塗り：多様な燃料 水色塗り：CLC

	2020年度		2021年度		2022年度		2023年度		2024年度		計 予定含む	
特許出願	0		2		2		2		2		8	
	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4

※ 2022年3月29日現在
今後の予定を含む

➤ 主な出願特許

出願者	出願番号	国内外 PCT	出願日	状態	名称	発明者
一般財団法人 電力中央 研究所	特願 2021- 107535	国内	2021/ 6/29	出願	ガス化炉設備	梅本 賢、 梶谷 史朗、 木戸口 和浩、 沖 裕壮
一般財団法人 石炭フロンティア機構 国立大学法人群馬大学 大阪ガス株式会社	特願 2022- 52525	国内	2022/ 3/28	出願	燃焼装置、燃焼方 法、ガス化装置、お よびガス化方法	林 石英、齊藤 知直、 神成 尚克、 ツェデンバル バトツェツェ、 植田 健太郎、柴谷 徹也

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

実用化は、『当該研究開発成果に基づくポリジェネレーションシステムの実機適用のために基盤技術が確立されること』をいう。

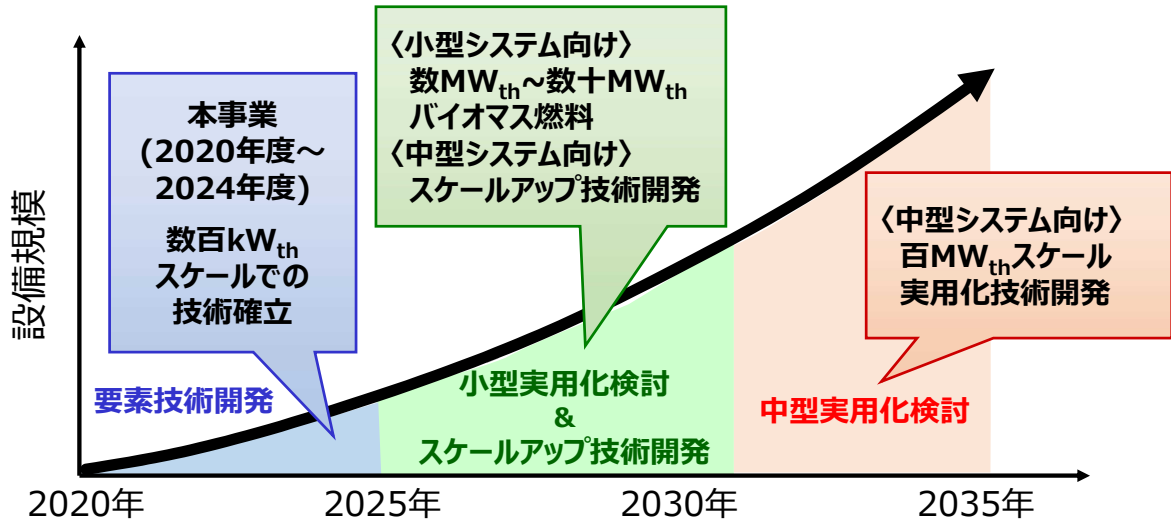
具体的には、本事業で開発された技術が組み込まれたシステムにより、電力や有価物が提供される目処がつくことを実用化とする。

◆実用化に向けた戦略

- ▶ 小規模な研究開発でコアとなる要素技術を確立し、スケールアップを経て、実用化を着実に目指す方針。
- ▶ 2事業ともに前身事業で得られた成果を活かして取り組んでおり、**燃料多様化と有価物併産**に関する技術開発に特に注力。
- ▶ 将来を見据えたスケールアップの技術開発だけでなく、多様な製品に適用可能という利点を活用して、**ニーズに合わせたシステム構築**とそれらの普及展開を図る。
- ▶ **適用可能な技術・規模から順次実用化**を狙う。

◆ 実用化に向けた取組

- 本事業で分離・回収コスト1,000円台/t-CO₂に向けた基盤技術を確立。
- 次フェーズでは、例えば、バイオマス燃料を用いる**小型システムの実用化**を目指すとともに、中型システム向けにスケールアップの開発を推進。
- 最終的には、**中型システムの実用化**を目指す。



◆ 成果の実用化の見通し

- **低コストなCO₂回収**技術はニーズ大
- 併産化学品（第一候補：メタノール）は世界的に需要拡大傾向
- 併産水素は水素社会の実現に貢献
- 熱・物質サプライシステムとしてコンビナートなどの**産業間連携**に貢献
- **バイオマスや廃棄物の燃料利用**は循環型社会の構築に貢献

本技術が確立



**実用化
見通し：大**

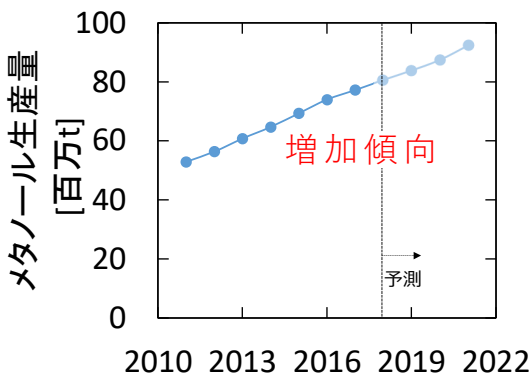


図1 メタノールの需要実績および予測
Methanex "Methanex investor presentation" 2018 October. を参考にして作成

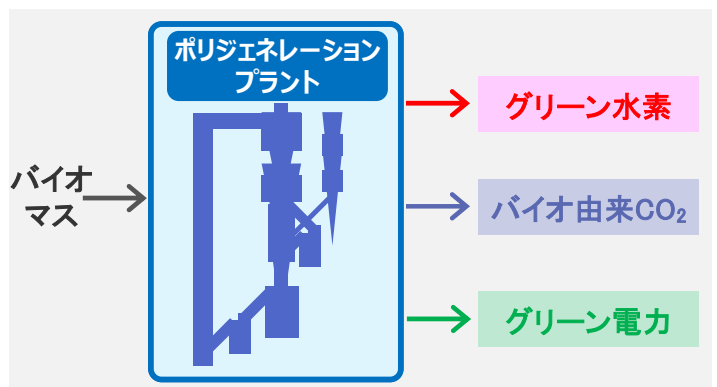


図2 バイオマス燃料のポリジェネレーションプラントによる水素・電力・CO₂製造事業のイメージ

◆波及効果

【社会的効果】

- 国内においては2030年のCO₂排出を2013年度比で46%削減、および2050年CO₂排出実質ゼロ（カーボンニュートラル）が宣言されている。
- 本技術（ポリジェネレーションシステム）は、再エネと火力発電の協調運転時における有効性が評価されている。
- 本技術の需給調整能力は、**再エネの導入促進ならびに大量導入時の電力系統安定化に貢献**できる。
- 本技術により、バイオマスや廃棄物が燃料や原料として活用されることで、**循環型社会の構築に貢献**できる。

【技術的効果】

- 本プロジェクトは、一部の技術開発において、再委託による大学研究者からの支援により開発を加速化、推進している。
- これら連携により、化学工学関連やCFD技術関連における国内基盤技術の発展を通じて、**日本の研究力向上**に貢献している。

概要

		最終更新日	2022年3月29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 8) CO ₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術 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 森 匠磨 (2021年4月～現在) 環境部 PM 越後 拓海 (2020年11月～2021年3月)			
0. 事業の概要	<p>本事業は、これまでの2つのNEDO事業と技術的に関連がある。1つは、2017年度まで実施した「CO₂ 分離型化学燃焼石炭利用技術開発（通称：ケミカルルーピング）」であり、もう1つは、2020年度まで実施した「CO₂ 回収型次世代 IGCC 技術開発（通称：クローズド IGCC）」である。前者では、ケミカルルーピングガス化燃焼による石炭利用のプロセス実現に技術的目処をつけたが、経済性や市場性の観点で一時中断となった。後者では、プロセスから約100%のCO₂を回収しつつ、高効率火力発電並み（42%HHV）の発電効率を見通す要素技術を確立するとともに、産業用ガス化炉への展開を考案した。一方で、CCS技術の実用化に向けた検討状況、成果の早期実用化の重要性を考慮し、「燃料の多様化」と「有価物併産」の技術要素を追加した上で、派生的に「CO₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発（本事業）」を開始した。</p> <p>なお、CO₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステムを構築可能な技術として、噴流床ガス化技術と流動床ガス化燃焼技術が想定されたため、本事業では、両技術に対する研究開発を2つの個別テーマとして並行して推進する。噴流床はクローズド IGCC の後継であり、流動床はケミカルルーピングの後継である。</p> <p>本事業では、要素技術の研究開発、設計技術の検討および経済性の検討を実施する。</p>			
1. 事業の位置 付け・必要性 について	<p>温室効果ガスの排出削減は世界的に認知された課題である。一方で、排出削減に資するCO₂ 分離・回収技術は存在するものの、現状ではエネルギー損失が大きく、高コストであるといった課題がある。このため、CO₂ 分離・回収の高効率化とコスト低減が求められている。</p> <p>「次世代火力発電に係るロードマップ」では、CCUSの実用化には経済的なCO₂ 分離・回収技術の確立が不可欠とされ、「カーボンリサイクル技術ロードマップ」では、CO₂ 回収を容易にするプロセス技術として「クローズド IGCC」と「ケミカルルーピング」の用語とともに、2030年に1,000円台/t-CO₂という分離・回収コストの目標が明記されている。</p> <p>これらの背景を踏まえ、本事業では、「バイオマスや廃棄物を燃料化することによるCO₂ 排出削減」と「ガス化技術の構築と有価物併産に伴うCO₂ 分離・回収コスト低減」を目的とし、「CO₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステム」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><u>中間目標</u>（2022年度）</p> <ul style="list-style-type: none"> CO₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステムの実証設備設計に必要な要素技術の確立に目処をつける。 <p><u>最終目標</u>（2024年度）</p> <ul style="list-style-type: none"> CO₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステムにより分離・回収コスト 1,000 円台/t-CO₂ を見通せる火力発電設備の設計技術確立および経済性を評価する。 							
事業の計画内容	主な実施事項		2020fy	2021fy	2022fy	2023fy	2024fy	
	[噴流床] 多様な燃料を利用する CO ₂ 回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発	①全体システム評価						
		②発電・合成技術						
		③ガス化炉、ガス精製技術						
	[流動床] ケミカルルーピング燃料ポリジェネレーション技術開発	①要素技術研究開発						
②300kW _{th} スケール CLC 実証								
事業費推移 (単位:百万円)	特別会計（需給）		2020fy	2021fy	2022fy	2023fy	2024fy	総額
	総 NEDO 負担額 (委託費)		75	458	863	596	411	2,403
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 森 匠磨						
	委託先	<p>【多様な燃料を利用する CO₂ 回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発】</p> <p>(一財)電力中央研究所 (再委託先：三菱重工業(株)、九州大学、京都大学)</p> <p>【ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発】</p> <p>(一財)石炭フロンティア機構 (再委託先：新潟大学、東京工業大学、中央大学、群馬大学) 大阪ガス(株)</p>						

情勢変化への対応	<p>事業開始（2020年11月）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 我が国における「2050年カーボンニュートラル」宣言。 ・ 2020年12月 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」策定。 ・ 2021年4月 「2030年度に、温室効果ガスを2013年度から46%削減。さらに、50%へ挑戦」を表明（気候変動サミット）。 ・ 2021年6月 「グリーン成長戦略」の内容を具体化。 <p>⇒ カーボンニュートラル実現には「高効率&低コストなCO₂分離・回収技術」が重要。 コンビナートの脱炭素化には「コンビナート内のエネルギー等の融通」が重要。</p> <p>ポリジェネレーションシステムには、「エネルギー効率向上」、「CO₂分離・回収コスト低減」、「熱・物質サプライシステムの機能」の特徴があるため、その実現を目指す本事業の重要性は増大。情勢変化への対応として、早期の社会実装を目指し、要素技術の確立へ推進中。</p>				
	評価に関する事項	<table border="1"> <tr> <td>中間評価</td> <td>2022年度 中間評価</td> </tr> <tr> <td>事後評価</td> <td>2025年度 事後評価（予定）</td> </tr> </table>	中間評価	2022年度 中間評価	事後評価
中間評価	2022年度 中間評価				
事後評価	2025年度 事後評価（予定）				
3. 研究開発成果について	<p><u>事業全体の成果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 要素技術の確立に目処をつける中間目標に対し、研究開発は計画通りに進捗し、システム構成の立案やプロセス原理の検証を完了した（2022年度末までに達成見込み）。 ・ コスト検討にも着手し、1,000円台/t-CO₂の分離・回収コストを実現する見込みを得た。 ・ 設計技術の確立と経済性の評価の最終目標は、試験データ採取を継続するとともに、各要素開発の成果を連携し、全体システムにフィードバックする方式で開発を推進しており、達成できる見通しである。 <p><u>研究開発項目（テーマ）毎の成果</u></p> <p>〈多様な燃料を利用するCO₂回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 発電技術ではガスタービンや燃料電池の有効性、化学合成ではメタノールの将来性を確認し、システム構成案を立案した。また、構成案をもとにCO₂分離・回収コストを試算できた。 <p>〈ケミカルレーピング燃焼ポリジェネレーションシステム技術開発〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ラボ装置とコールドモデルを用いて、循環流動層の運転条件を確認するとともに、プロセス原理を検証した。また、経済性モデルを作成し、CO₂分離・回収コストを試算した。 				
	投稿論文	「査読付き」1件、「その他」1件			
	特許	「出願済」2件			
	その他の外部発表（プレス発表等）	<p>研究発表・講演：15件</p> <p>新聞・雑誌：13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>小規模な研究開発でコアとなる要素技術を確立後、スケールアップを経て、実用化を着実に目指す方針を採用している。ただし、スケールアップに関する技術開発だけに固執せず、幅広いニーズに合わせたシステム構築と、それらの普及展開の可能性も視野に入れ、適用可能な技術・規模から順次、成果の実用化を目指す。</p> <p>例えば、本事業にて要素技術を確立後は、バイオマス燃料の小規模システムの実用化を目指すとともに、中規模システム向けの開発を推進し、最終的には、中規模システムの実用化をも目指す。</p> <p>なお、本事業の成果として「CO₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステム」が実現した場合は、CO₂ 分離・回収コスト低減のニーズの高さ、併産化学品（水素、メタノール）の需要の多き、熱・物質サプライシステムとしてコンビナート内の産業間連携への貢献などの要因により、実用化の見通しは極めて高いと推察する</p>	
<p>5. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>2016年1月 制定</p>
	<p>変更履歴</p>	<p>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 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）</p>

