

「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

I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

III. 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
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取組

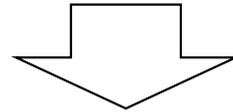
IV. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化に向けた戦略
- (2)成果の実用化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化の見通し

◆ 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

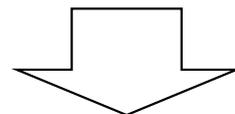


CO₂分離・回収の効率化とコスト低減が必要

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[°] (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>

- 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排出原、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(コプロダクション)
- 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

<個別技術>

- 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

<CO₂回収を容易にするためのプロセス技術>

- 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

<具体的な取組例>

- 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

2030年のターゲット

- 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

<CO₂分離回収システムの構築>

- CO₂排出原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)

<分離素材標準評価技術の確立>

- 評価プロトコル確立による素材開発加速の実現

<CO₂輸送・貯蔵システムの構築>

- CO₂排出原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)

2040年以降 のターゲット

<分離回収実用化>

- 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)

◆他事業との関係

CO₂分離・回収関連技術の比較

CO₂分離・回収コスト

高

低

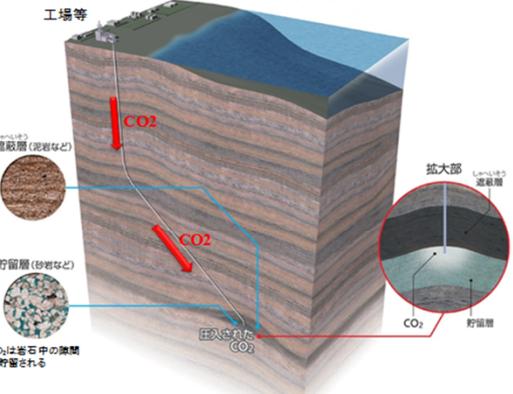
化学吸収法



CO₂と液体との化学反応を利用して分離・回収する方法
4200円/t-CO₂

CO₂貯留技術

CCS概念図



分離・回収したCO₂を地中に貯留する技術
陸域から海底下にCO₂を圧入するCCS大規模実証試験を実施

物理吸収法



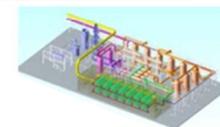
CO₂を液体中に溶解させて分離・回収する方法
2000円台/t-CO₂

固体吸収法



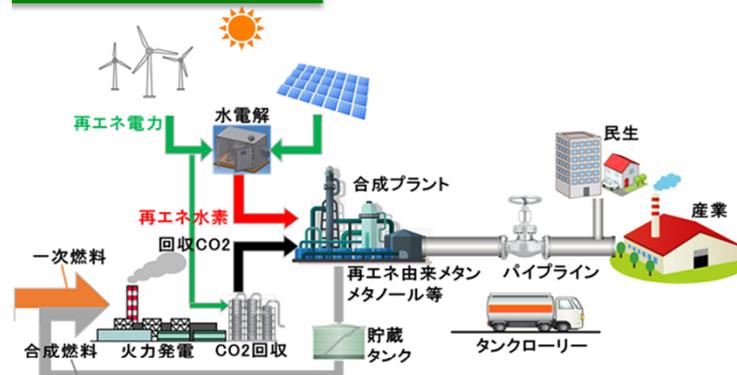
CO₂の固体吸収材を利用して分離・回収する方法
2000円台/t-CO₂

膜分離法



CO₂分離機能を持つ膜を利用して分離・回収する方法
1000円台/t-CO₂

CO₂有効利用技術



分離・回収したCO₂を燃料や化学原料等の有価物に変換する技術
再生可能エネルギーの電力を利用して製造される水素と反応させてメタンを製造することでCO₂を資源化

酸素-CO₂ガス化炉とクローズドガスタービン
を組み合わせた発電システム
CO₂を分離・回収する工程が不要
燃料を酸素キャリアを用いて分解するシステム
CO₂の分離・回収に対して付加的な設備、
エネルギー投入が不要

<2015~2020年度 に実施>

クローズドIGCC

<2015~2017年度 に実施>

ケミカルルーピング

2020年度頃

2030年度頃

※ 図中のコストは様々な仮定に基づき試算したもので、
(経済産業省「次世代火力発電に係る技術ロードマップ/技術参考資料集」を基にNEDO作成)

◆ 他事業との関係

技術的に関連のある事業は下表の2つ。

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
研究開発項目④ 次世代火力発電 基盤技術開発											
5) CO ₂ 分離型 化学燃焼石炭利 用技術開発	※	石炭、水素併産なし ケミカル ルーピング									
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											
研究開発項目⑤ CO ₂ 回収型次世代 IGCC技術開発	※	クローズドIGCC									
		石炭、化学合成なし									

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

追加される技術要素
・燃料の多様化
・有価物の併産

ポリジェネレーションシステム

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

※ NEDOゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクトにて実施

NEDO「カーボンサイクル・次世代火力発電等技術開発」事業より抜粋

◆ 本事業の経緯

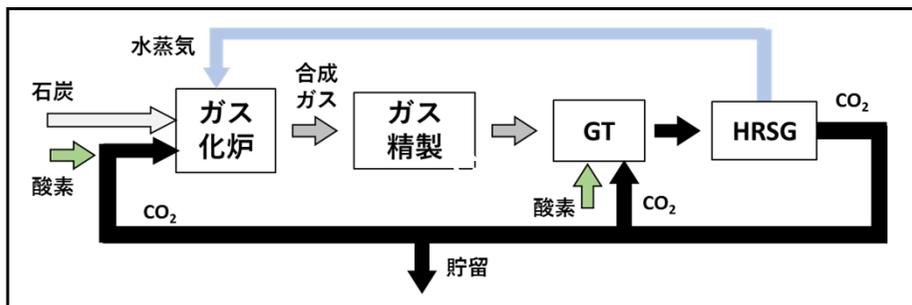
■ CO₂回収型次世代IGCC技術開発 (2015～2020年度)

<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>

ケミカルループ燃焼 (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。

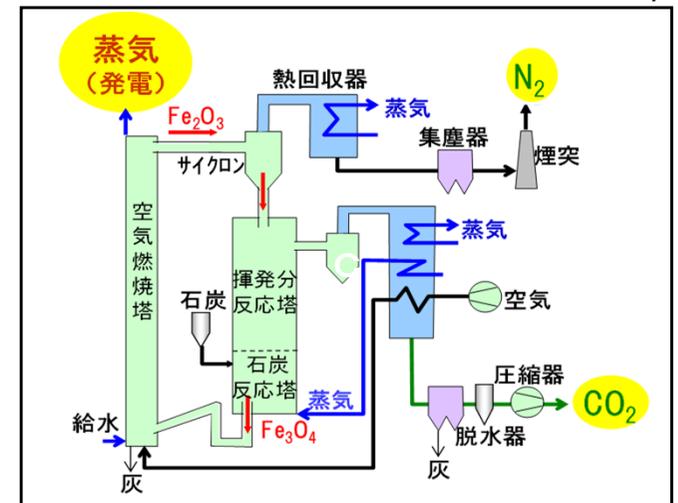
<2017年度目標（中間目標）と達成状況>

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

◆国内外の研究開発の動向と比較 (その1)

【石炭から化学合成・発電の例】

- ・メタノールや液化油等を主に製造し、発電しても所内電力として消費。
- ・古くから使われている技術であるが、近年、中国で急速に増加。
- ・最近の例

Dalian, 石炭3,000t/日, 水素製造, 2019年運開

Rongxin, 石炭4,000t/日, メタノール製造, 2019年運開

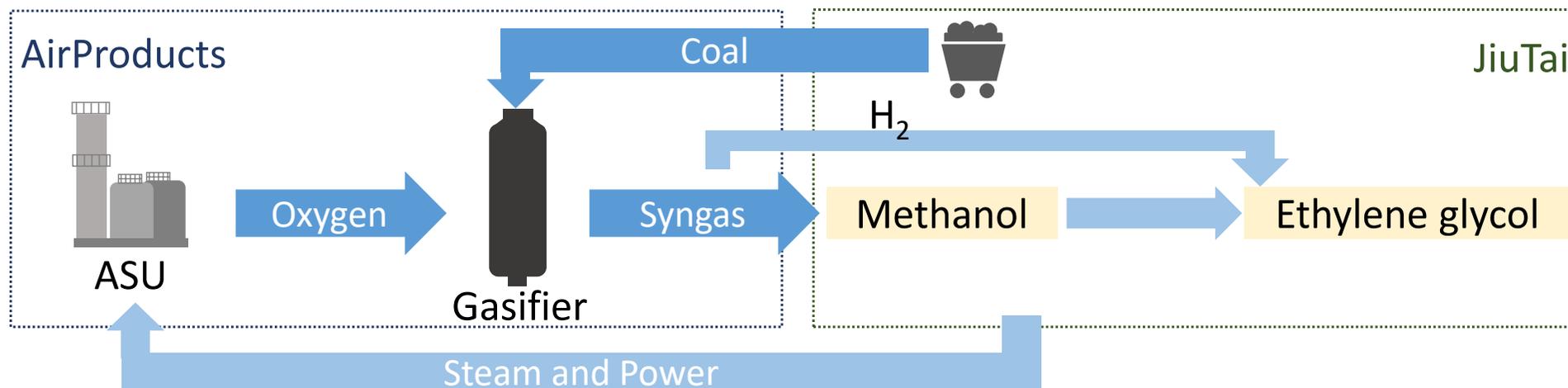
Hohhot, 石炭4,000t/日, エチレングリコール製造, 2022年運開予定

<比較>

- ・本NEDO事業では、**発電した電力を積極的に送電**することを想定。
- ・CO₂回収を伴う実績は無し。

※ 化学合成の知見は活用可能。

<例>エチレングリコール製造Air products社(Hohhot)



Geoff Achilles, GSTC (2019).の図を参考に作成

◆国内外の研究開発の動向と比較 (その2)

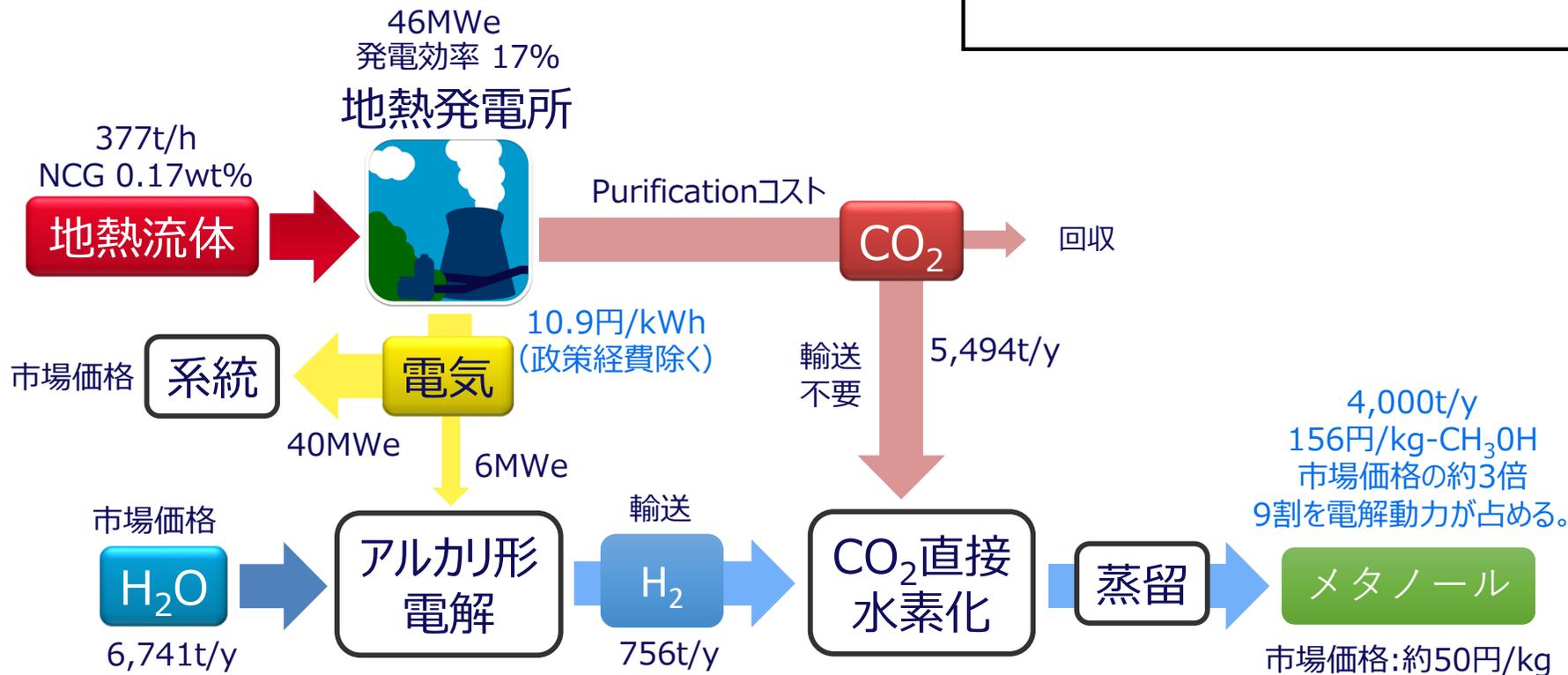
【再エネを利用したポリジェネレーションの例】

- ・再エネ発電とCO₂を利用したポリジェネレーションが試行されている。
- ・現状では製品コストは高額。

＜比較＞

- ・本NEDO事業では、**併産品販売によりCO₂回収コスト低減を目指し**、製造コストの高い製品は避け、適切な製品を見出す予定。

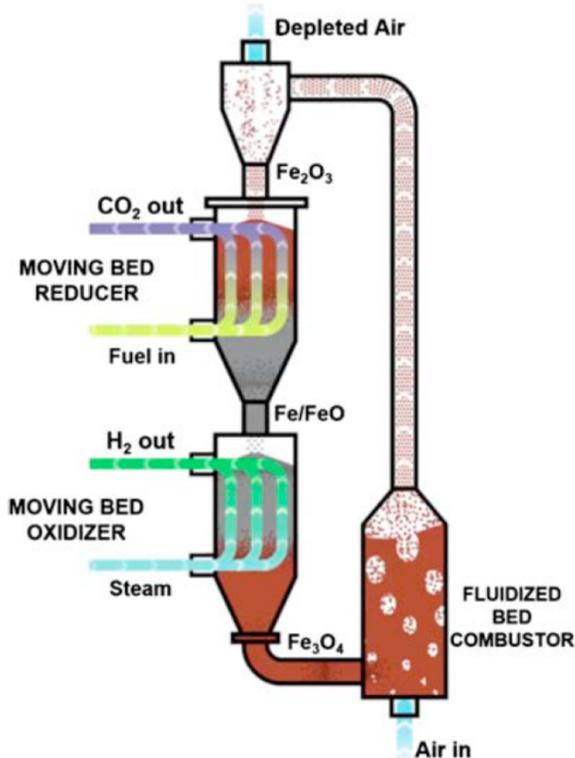
ポリジェネレーションシステム技術事例(CRI)



◆国内外の研究開発の動向と比較 (その3)

【水素併産ケミカルルーピング燃焼 (CLC) の例】

- ・オハイオ州立大Fan教授とBabcock Wilcoxの開発チームがトップランナーとして先行。
- ・3塔式移動層反応器、酸化鉄系キャリアを用いて250kW_{th}ホット装置で運転試験。



出典: Tien-Lin Hsieh, Dika Xu, Yitao Zhang, Sourabh Nadgouda, Dawei Wang, Cheng Chung, Yaswanth Pottimurthy, Mengqing Guo, Yu-Yen Chen, Mingyuan Xu, Pengfei He, Liang-Shih Fan, Andrew Tong, "250 kWth high pressure pilot demonstration of the syngas chemical looping system for high purity H₂ production with CO₂ capture", Applied Energy, 230, 1660-1672, 2018

ガス燃料を用いたケミカルループ水素製造250kW_{th}装置

＜比較 本NEDO事業では・・・＞

- ・ **流動層プロセス**を開発しており、**反応効率と温度制御性の更なる向上**を目指せる。
- ・ 高性能キャリアの開発と選定により効率向上を目指せる。
- ・ 300kW_{th}ホット装置を活用することで上記を検証予定。

【その他の類似プロセスの開発動向】

[台湾/ITRI]

3塔式移動層反応器、酸素キャリアに酸化鉄系球形粒子を用いてメタンを反応。

[韓国/KAIST、KIERなど]

3塔式移動層反応器に流動層を使う方式も提案し、コールドモデルで粒子循環実験を実施。

[中国/西南大]

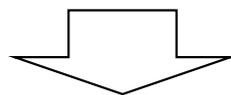
酸素キャリアとして鉄系以外でNi系粒子を提案。

⇒ 継続して開発動向を注視

◆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)

I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

III. 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
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取組

IV. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化に向けた戦略
- (2)成果の実用化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化の見通し

◆ 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)

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 [MHI]

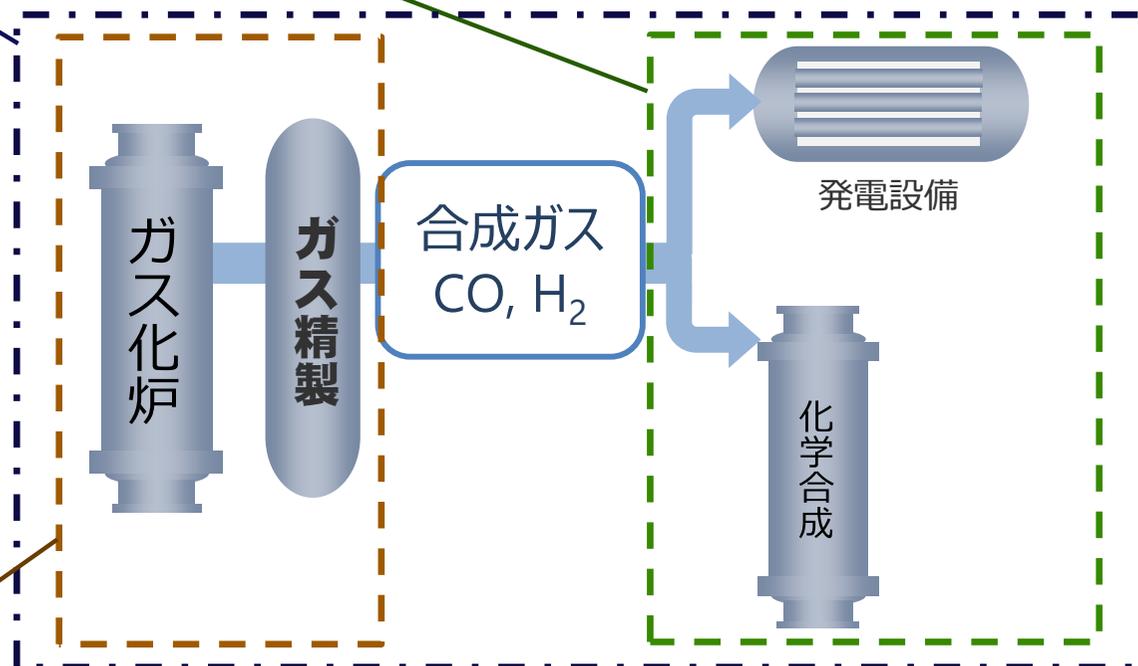
② 発電・化学合成技術の調査と選定

- ②-1 発電技術の調査と選定
(燃料電池(SOFC)、ガスタービン、ガスエンジン等)
- ②-2 化学合成技術の調査と選定 [九州大]
(オレフィン、メタノール、DME、有機酸 等)

SOFC : Solid Oxide Fuel Cell (個体酸化物形燃料電池)
DME : dimethyl ether (ジメチルエーテル)

③ ガス化炉・ガス精製

- ③-1 $O_2/CO_2/H_2O$ ガス化による
 H_2/CO 調整性能解明
- ③-2 多種燃料ガス化炉の
設計支援技術構築
[九州大、京都大]
- 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



◆個別テーマにおける研究開発項目 (流動床 : CLC)

①-2 要素技術研究開発
循環流動層の関連項目

- ①-2-2 循環流動層の構造
- ①-2-4 小型CLC評価装置 [新潟大]

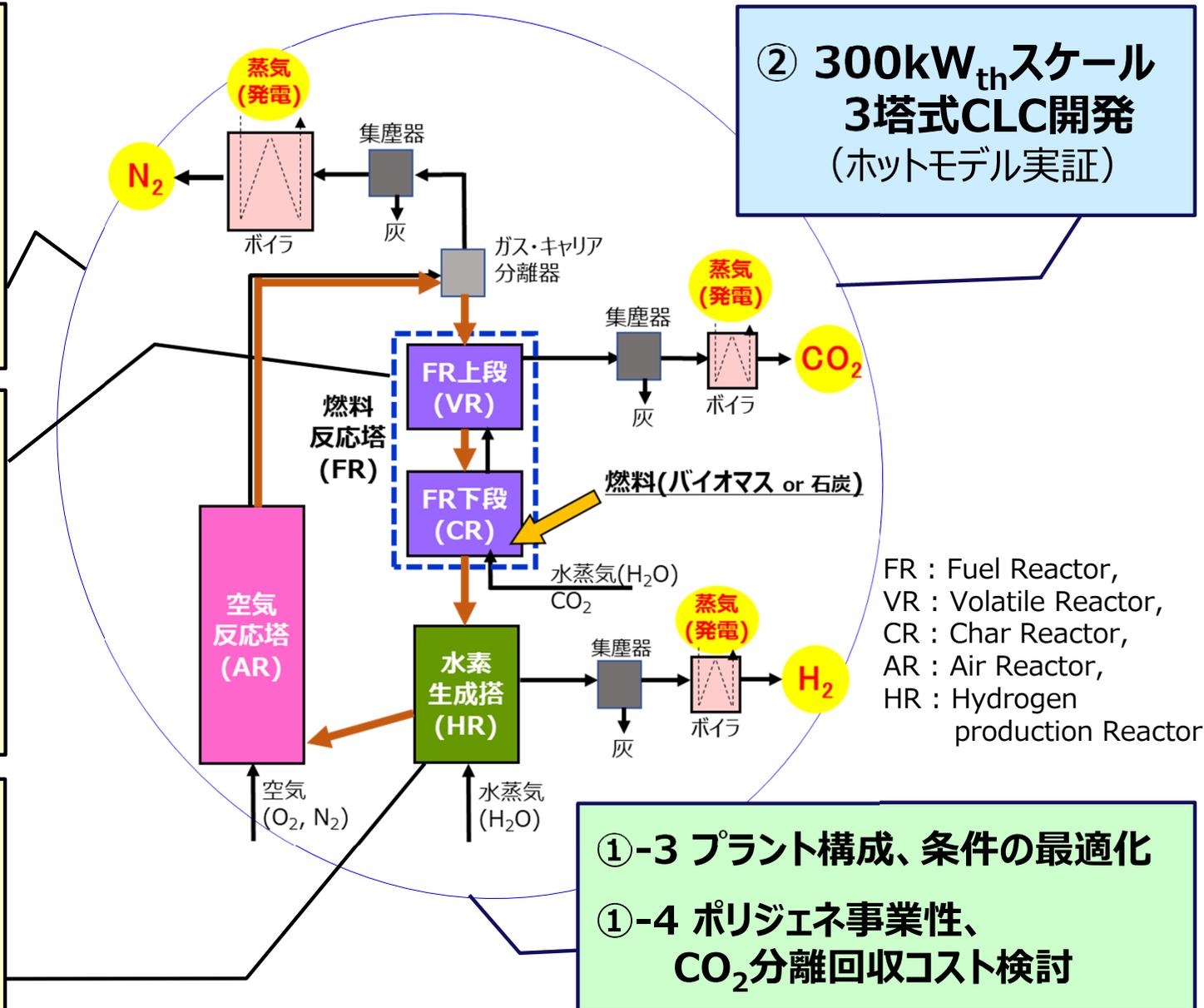
①-2 要素技術研究開発
バイオマスの関連項目

- ①-2-3 チャーとキャリアの混合・分離 [中央大]
- ①-2-5 アルカリ等のキャリアへの影響 [群馬大]

①-2 要素技術研究開発
水素生成の関連項目

- ①-2-1 水素発生評価 [東工大]

② 300kW_{th}スケール
3塔式CLC開発
(ホットモデル実証)



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（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案を立案する。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。	

◆ 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 システム 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					性能データ更新 プロセス評価
	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					ガス化性能解明 多目的最適化計算 最終案構築
【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	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			中間目標	最終目標	
	②300kW _{th} スケール3塔式CLC実証	設計					建設 運転試験

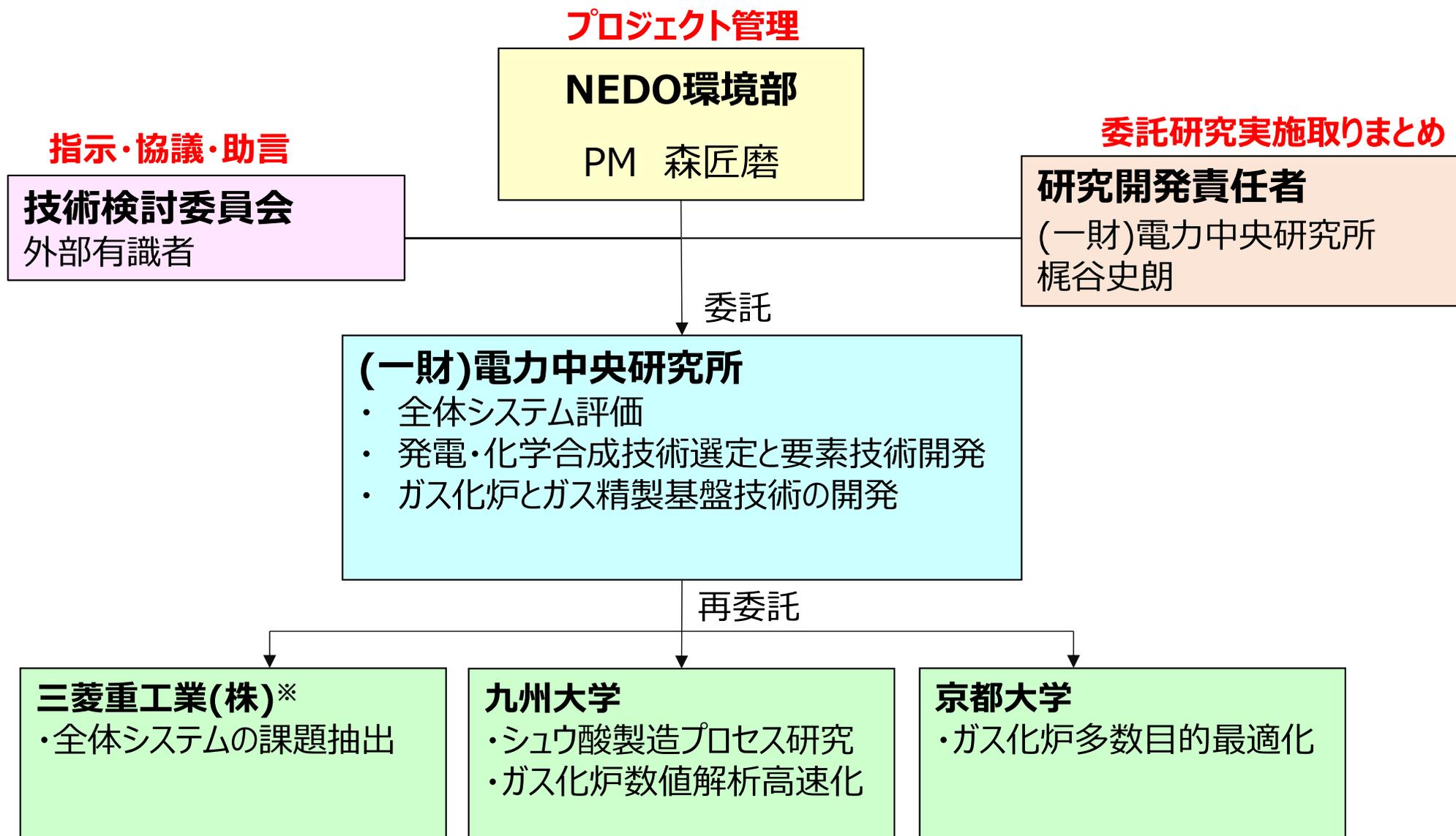
◆プロジェクト費用

(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 ションシステム基盤技術開発	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）

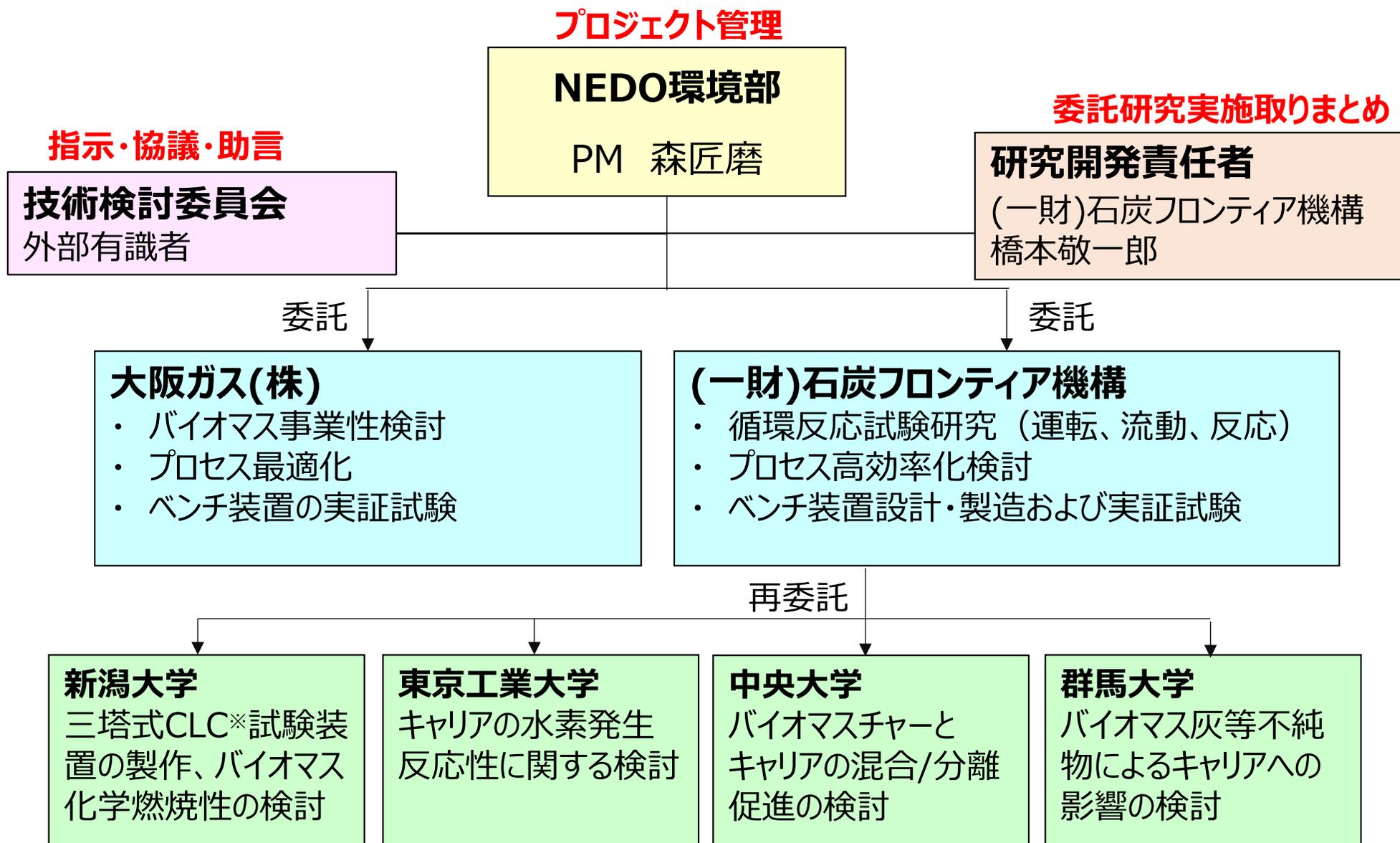
● 多様な燃料を利用するCO₂回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発



※ 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

◆ 研究開発の進捗管理

PMによる進捗管理

- 研究開発責任者および研究開発実施者と連携し、ヒアリング等により実施状況を確認することで研究開発の**進捗状況を把握**。
- 特に、研究開発責任者が主催する外部有識者からなる技術検討委員会における各研究開発項目の進捗状況報告を通じ、**目標達成の見通しを常に把握**。

- 【技術検討委員会】**
- 2021年03月09日 第1回委員会 (※2)
 - 2021年07月26日 第2回委員会 (※2)
 - 2021年07月29日 第1回委員会 (※1)
 - 2022年03月31日 第3回委員会 (※2)
 - 2022年05月下旬予定 第2回委員会 (※1)

研究開発責任者による進捗管理

- 共同実施者間や再委託先との打ち合わせを頻繁に行うとともに、全実施者が進捗報告を行うワーキング会議を定期的に行い、各研究開発項目の**進捗状況、成果および課題を把握**し、プロジェクトの計画や工程に反映。

- 【ワーキング会議等】**
- ワーキング会議：1回/2カ月 これまでに7回実施 (※2)
 - 関係者間打ち合わせ：適宜 1回/1カ月以上 (※1、※2)

※1 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

※2 ケミカルループ燃焼ポリジェネレーション技術開発

◆ 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

◆知的財産管理

✓ 知的財産権の帰属及び取扱い方法について文書化して管理

知的財産権の帰属

産業技術力強化法第17条第1項に規定する4項目及びNEDOが実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権は全て発明等をなした機関に帰属。

知財マネジメント基本方針（「NEDO知財方針」）に関する事項

NEDO知財方針に記載された「全実施機関で構成する知財運営委員会（又は同機能）」を整備し、「知財の取扱いに関する合意書」を作成済み。

データマネジメントに係る基本方針（NEDOデータ方針）に関する事項

NEDOデータ方針に記載された「全実施機関で構成する知財運営委員会（または同機能）」を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成済み。

✓ 本事業で得られた知財については、関係各機関の知財管理部門と連携し、特許管理、知財管理を推進

I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

III. 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
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取組

IV. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化に向けた戦略
- (2)成果の実用化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化の見通し

◆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。

◆ 研究開発項目毎の中間目標と達成状況（噴流床：多様な燃料_1）

研究開発項目	目標（中間）	成果	達成度	今後の課題と解決方針
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。	<ul style="list-style-type: none"> 他の項目の検討結果を基に、メタノール合成と発電のポリジェネレーションシステムを構成した、コスト試算等を行った。 システム構成や性能計算をリバイスし、CO₂回収コスト1,000円台/t-CO₂を実現するために必要なシステムを構築し、技術課題を抽出できる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	他の項目の成果を踏まえたシステムのリバイス
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。	<ul style="list-style-type: none"> ガスエンジン、ガスタービンについて、外部情報を収集し、効率評価に必要な知見が整備できる見込み。 SOFCについては、文献値を用いて効率を試算する。 	△ (2023年3月達成予定)	需給調整を考慮した効率評価に必要な知見の整備

◆ 研究開発項目毎の中間目標と達成状況（噴流床：多様な燃料_2）

研究開発項目	目標（中間）	成果	達成度	今後の課題と解決方針
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"> • 需要等の観点からメタノールを選定し、性能評価に必要な情報を文献値やプロセスシミュレータによる計算で整備した。 • CO₂回収コスト低減効果が高いメタノールとは異なる物質を対象に、同様の情報を整備できる見込み。 • 各種実験を開始し、複数の条件で高収率を得ており、さらに実験を繰り返すことで、収率が最大となる条件を見出せる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂回収コスト低減効果が高いと想定される製品の選定と性能評価データ整備 • シュウ酸製造に関する実験データ取得
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とする。 • 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。 	<ul style="list-style-type: none"> • 3TPD炉の試験によりコンバスタ、リダクタ、それぞれにプラスチックを投入した場合の基本性能の取得を完了した。 • 3TPD炉の廃棄物供給設備の設計を完了した。所期の設備を導入し、石炭と廃棄物の共ガス化を評価可能な体制を確立できる見込み。 • リダクタ炉の試験により、石炭とプラスチックの共ガス化における各種条件がタール生成に与える影響に関する実験データを整備できる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> • 3TPD炉への廃棄物供給設備の追設と運転方法の確立 • リダクタ炉による共ガス化時のタール生成挙動データ取得

◆ 研究開発項目毎の中間目標と達成状況（噴流床：多様な燃料_3）

研究開発項目	目標（中間）	成果	達成度	今後の課題と解決方針
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"> • 廃プラスチック(RPF)の単独のガス化反応実験を行った。今後、石炭と廃プラスチックの混合時の現象を既往のモデル予測と比較できる見込み。 • 既往のモデルを用いて詳細な数値解析により種々の運転条件が合成ガス組成に及ぼす影響を評価できる見込み。 • 多目的最適化計算に必要な高速化が一部完了しており、今後、最適化ツールに反映できる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> • 石炭と廃プラスチックを混合したガス化反応実験 • 水蒸気中入量等の運転条件変化の評価
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。	<ul style="list-style-type: none"> • 3TPD炉の生成ガスを対象とした微量物質成分調査と、廃棄物を用いる場合に特に重要となる塩素除去プロセスの基礎データを取得中であり、これらの知見の蓄積から、ガス精製システム構成の一次案を構築できる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	個別の不純物の除去性能評価

◆ 研究開発項目毎の中間目標と達成状況（流動床：CLC_1）

研究開発項目	目標（中間）	成果	達成度	今後の課題と解決方針
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。	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関する反応データを取得。	△ (2023年3月達成予定)	キャリア絞り込みと水素生成流動層条件の選定
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案を立案する。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。	大型コールドモデルを建設、運転することで、搬送空気とキャリア循環量の相関関係及び水素リーク量を定量的に把握。	△ (2023年3月達成予定)	水素リーク量低減（シール改良）
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。	バイオマスチャーの混合・分離促進に関する基礎実験を実施し、流動層内にバッフル板を設置することで混合促進の効果が得られることを確認。	△ (2023年3月達成予定)	バッフル板の形状と配置の検討
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。	3塔式CLC小型実験装置を設計・製作。灯油を燃料に用いた試験運転により水素、CO ₂ 同時生成を確認。	△ (2023年3月達成予定)	燃料（バイオマス、石炭）に応じた操作条件の探索

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

◆ 研究開発項目毎の中間目標と達成状況（流動床：CLC₂）

研究開発項目	目標（中間）	成果	達成度	今後の課題と解決方針
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。	小型試験装置を用いた確認試験により、 アルカリ金属がキャリア特性に対して負の影響を及ぼさないことを確認。	△ (2023年3月達成予定)	カリウムによるキャリア劣化抑制への活用を検討
①-3 プラント構成、条件の最適化	2022年8月までに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。	<ul style="list-style-type: none"> プロセスシミュレーター上で計算モデルを構築。 バイオマス20MW_{th}、亜瀝青炭250MW_{th}の各ケースにおける熱物質収支を検討。 	△ (2022年8月達成予定)	1-②成果を反映したプロセス改良
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	2021年度までに構築した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。	暫定的な 経済性評価モデルを構築 して、運転性能とCO ₂ 分離・回収コストの相関関係を確認する態勢を整えた。	△ (2023年3月達成予定)	評価モデル改良等によるコスト推算精度の向上
② 300kW _{th} スケール3塔式CLC開発	2022年8月までに300kW _{th} ベンチ試験装置の詳細設計を完了させる。	300kW _{th} ベンチ試験装置の設計仕様と設計要件を明らかにし、詳細設計を実施できる態勢を整えた。	△ (2022年8月達成予定)	開発成果の詳細設計への反映

◆ 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
<p>【噴流床】</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>	<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。</p>	<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。
<p>【流動床】</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>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の確立と経済性評価。</p>	<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。

◆ 成果の最終目標の達成可能性（噴流床：多様な燃料_1）

研究開発項目	現状	最終目標 (2024年度末)	達成見通し
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	第一案のシステム構成を構築し、現実的な建設コストの範囲内で、CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ が実現可能な見込みを取得。いくつかの技術的課題も抽出済み。	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。	2023~2024年度に、他の項目で得られる成果を反映して、全体システムを更新し、性能を解析・評価することで達成できる見通し。
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	<ul style="list-style-type: none"> • ガスエンジン、ガスタービンについて、外部情報を収集し、効率評価に必要な知見が整備される見込み。 • SOFCについては、文献値を用いて効率を試算する。 	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。	（本システムに適するSOFC/SOECの性能評価試験を行えば、適正な評価が可能）
②-2. 化学合成技術の調査と選定	<ul style="list-style-type: none"> • メタノールを対象にシステム評価に必要な情報を整備した。 • シュウ酸合成プロセス評価に必要な情報を実験により蓄積中。 	<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。 	情報収集および実験は順調に進んでおり、2022年度~2024年度まで継続することにより達成できる見通し。

◆ 成果の最終目標の達成可能性（噴流床：多様な燃料_2）

研究開発項目	現状	最終目標 (2024年度末)	達成見通し
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"> ・廃棄物模擬試料としてプラスチックを石炭と共ガス化した場合の基本性能を取得完了。 ・3TPD炉の廃棄物供給設備の設計を完了し、建設準備中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・石炭と廃棄物の混合燃料へO₂/CO₂/H₂O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H₂/CO比の調整性能を明らかにする。 	<p>廃棄物供給設備の建設完了後、石炭と廃棄物の共ガス化試験を行うことで、達成できる見通し。</p>
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"> ・廃プラスチックの例としてRPFの単独の反応実験を完了した。 ・詳細な数値解析、多目的最適化のツールを整備している。 	<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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・最も難易度が高い廃プラの反応実験が完了。混合ガス化等の実験を継続することで達成できる見通し。 ・各種数値解析ツールを整備中。反応モデルが選定または構築されれば達成できる見通し。
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	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス精製システム構成の一次案構築のために微量物質成分調査と、塩素除去プロセスの基礎データを取得中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎データを蓄積することで、全体システム評価と連携し、各種条件を評価、適切な構成を構築、運用特性を評価できる見通し。

◆ 成果の最終目標の達成可能性（流動床：CLC_1）

研究開発項目	現状	最終目標 (2024年度末)	達成見通し
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関する反応データを取得。	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。	項目①-2、①-3、①-4、および②の各研究成果をPDCAサイクルの中で連携させ、着実に成果を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て場合も大きな開発障害になる前に対策を打つ体制が構築されており、最終目標は達成できる見通し。
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	大型コールドモデルを建設、運転することで、搬送空気とキャリア循環量の相関関係及び水素リーク量を定量的に把握。	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	バイオマスチャーの混合・分離促進に関する基礎実験を実施し、流動層内にバッフル板を設置することで混合促進の効果が得られることを確認。	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小型実験装置を設計・製作。灯油を燃料に用いた試験運転により水素、CO ₂ 同時生成を確認。	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。	

◆ 成果の最終目標の達成可能性（流動床：CLC_2）

研究開発項目	現状	最終目標 (2024年度末)	達成見通し
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	小型試験装置を用いた確認試験により、アルカリ金属がキャリア特性に対して負の影響を及ぼさないことを確認。	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。	項目①-2、①-3、①-4、および②の各研究成果をPDCAサイクルの中で連携させ、着実に成果を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て場合も大きな開発障害になる前に対策を打つ体制が構築されており、最終目標は達成できる見通し。 上記に加えて、CFBC※建設実績の豊富なメーカーを2022年度中に体制に入れ、開発力を強化する。
①-3 プラント構成、条件の最適化	<ul style="list-style-type: none"> プロセスシミュレーター上で計算モデルを構築。 バイオマス20MW_{th}、亜瀝青炭250MW_{th}の各ケースにおける熱物質収支を検討。 	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を構築して、運転性能とCO ₂ 分離・回収コストの相関関係を確認する態勢を整えた。	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} ベンチ試験装置の設計仕様と設計要件を明らかにし、詳細設計を実施できる態勢を整えた。	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。	

◆ 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		16		-		-		-		16	
	0	0	10	6	-	-	-	-	-	-	10	6
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29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	ハイドリズム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

I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

III. 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
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取組

IV. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化に向けた戦略
- (2)成果の実用化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化の見通し

◆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。

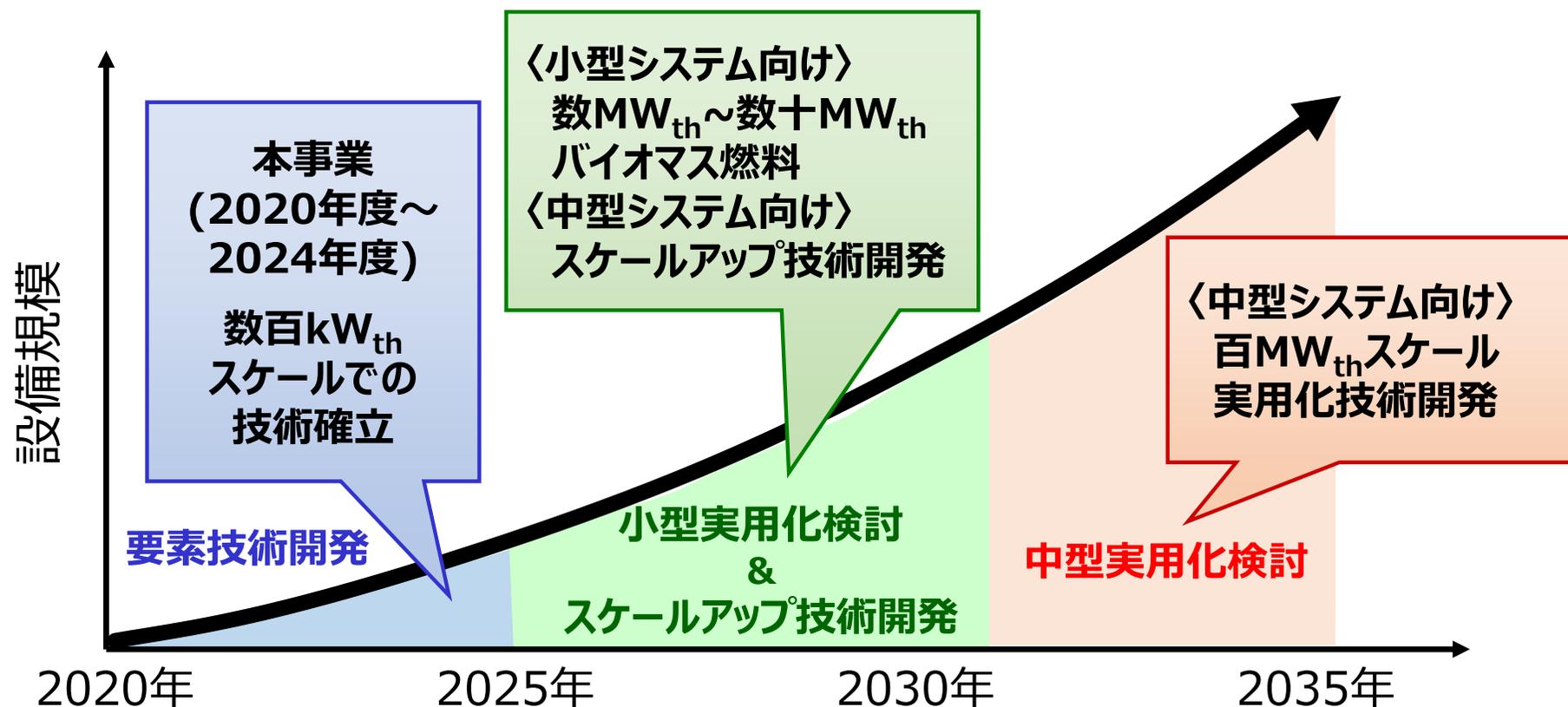
具体的には、本事業で開発された技術が組み込まれたシステムにより、電力や有価物が提供される目処がつくことを実用化とする。

◆ 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

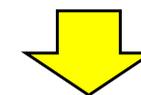
- 本事業で分離・回収コスト1,000円台/t-CO₂に向けた基盤技術を確立。
- 次フェーズでは、例えば、バイオマス燃料を用いる小型システムの実用化を目指すとともに、中型システム向けにスケールアップの開発を推進。
- 最終的には、中型システムの実用化を目指す。



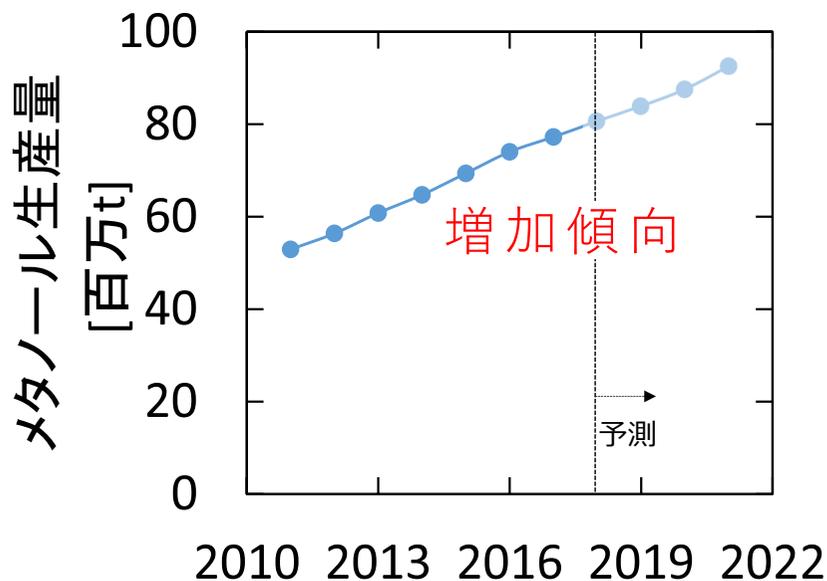
◆ 成果の実用化の見通し

- **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**



Methanex “Methanex investor presentation” 2018 October. を参考にして作成

図1 メタノールの需要実績および予測

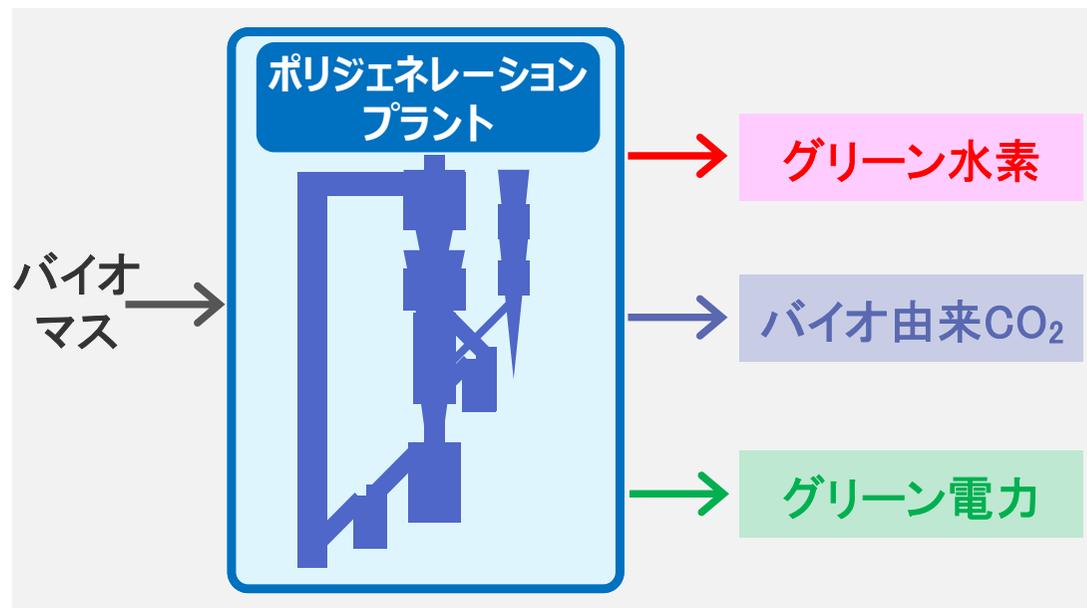


図2 バイオマス燃料のポリジェネレーションプラントによる水素・電力・CO₂製造事業のイメージ

◆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。