

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／  
⑥カーボンリサイクル・次世代火力推進事業／  
共通基盤技術開発

⑨CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発」  
(中間評価)

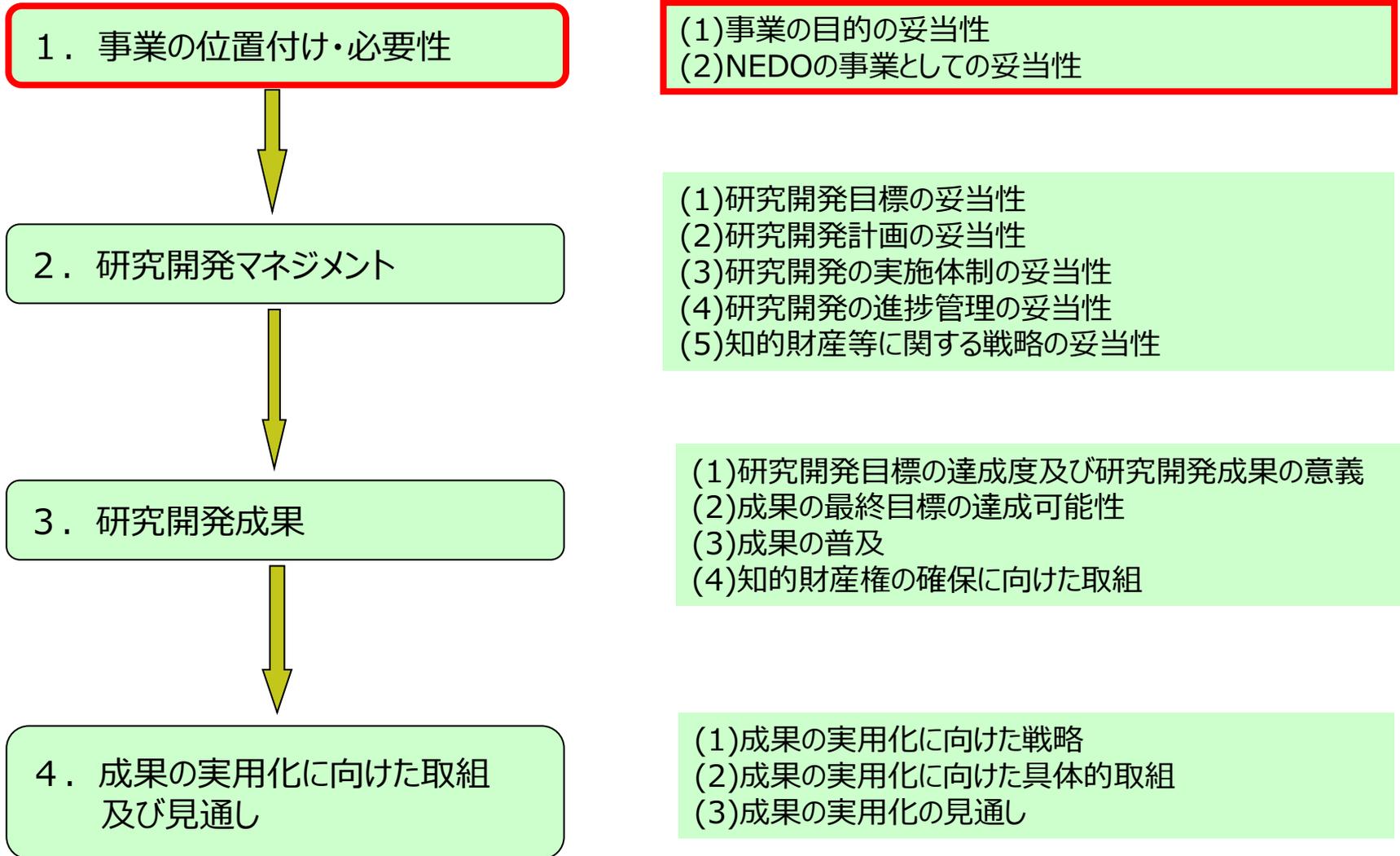
(2020年度～2026年度 7年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

環境部

2022年6月23日



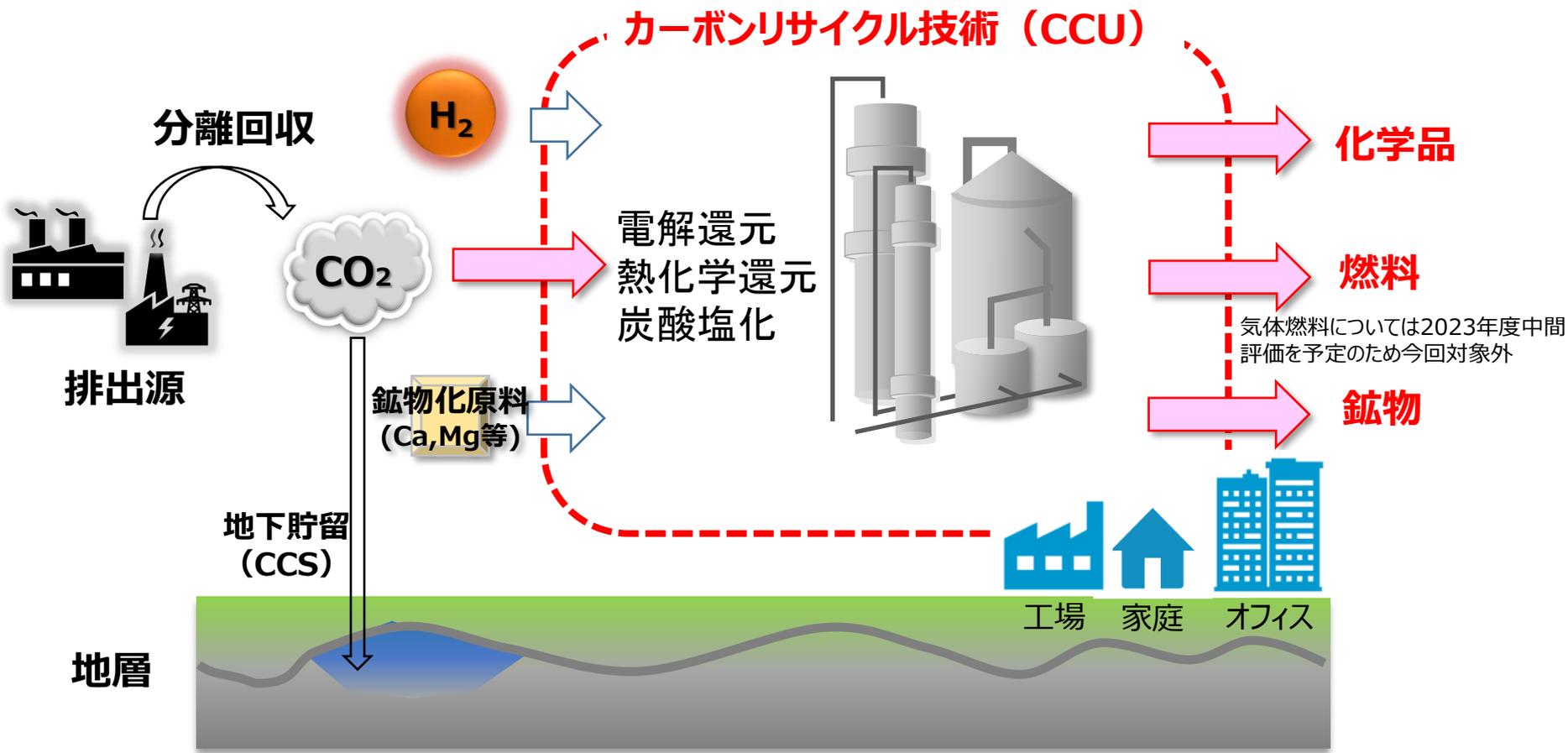
## ◆ 本事業の概要

### ■ 事業内容

- CO<sub>2</sub>排出削減のため、分離・回収したCO<sub>2</sub>を多様な炭素化合物の製品として有効利用する技術（カーボンリサイクル）を多分野において幅広い段階で開発することにより、技術体系構築を促進する。
- 共通基盤技術開発事業により、カーボンリサイクルに必要な中長期的な研究開発を実施し、基礎技術を構築する。
- CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発事業により、基礎研究から実証に向けた応用技術を構築する。

## ◆本事業の概要

化学品や燃料（液体燃料や気体燃料）、鉱物（コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物など）などの分野を中心に、カーボンリサイクル技術を活用した製品の、コスト低減や用途拡大に向けた技術開発を進める。



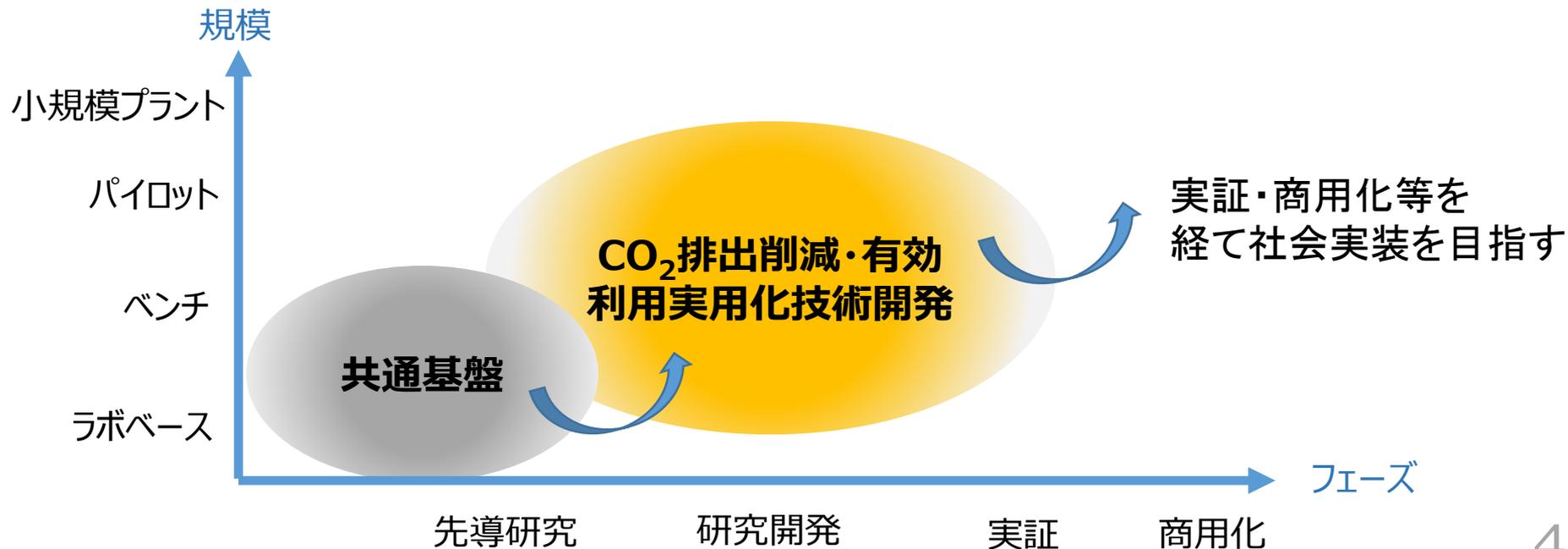
## ◆ 本事業の概要

### ⑥ 共通基盤技術開発

CO<sub>2</sub>分解メカニズムの解明、化学反応速度評価等の検討及び個々の技術の可能性を探索する先導研究により、カーボンリサイクル技術の構築に必要な技術の研究を行う。実現可能性のある研究については実用化を目指す事業への転換も探索する。

### ⑨ CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化

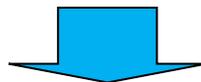
カーボンリサイクル技術の中長期的な研究開発を促進し、CO<sub>2</sub>の排出削減や有効利用に貢献できるカーボンリサイクル技術を構築し実用化を推進する。実証・商用化等を経て将来のカーボンリサイクル技術の社会実装につなげる。



## ◆事業実施の背景と事業の目的

### 社会的背景

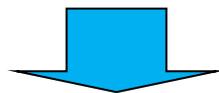
- ・CO<sub>2</sub>排出削減による気候変動対策は世界的課題
- ・火力発電からのCO<sub>2</sub>排出量が多い



CO<sub>2</sub>の地中貯留や、分離・回収したCO<sub>2</sub>を多様な炭素化合物の製品として有効利用する技術（カーボンリサイクル）によるCO<sub>2</sub>排出削減の必要性

### 事業の目的

分離・回収したCO<sub>2</sub>を多様な炭素化合物の製品として有効利用する技術（カーボンリサイクル）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、用途に適したCO<sub>2</sub>有効利用実用化技術と  
共通基盤技術の開発が必要**

## ◆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。

### ■ カーボンリサイクル技術ロードマップ(2019年6月)

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。

### ■ パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略 (2019年6月)

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。

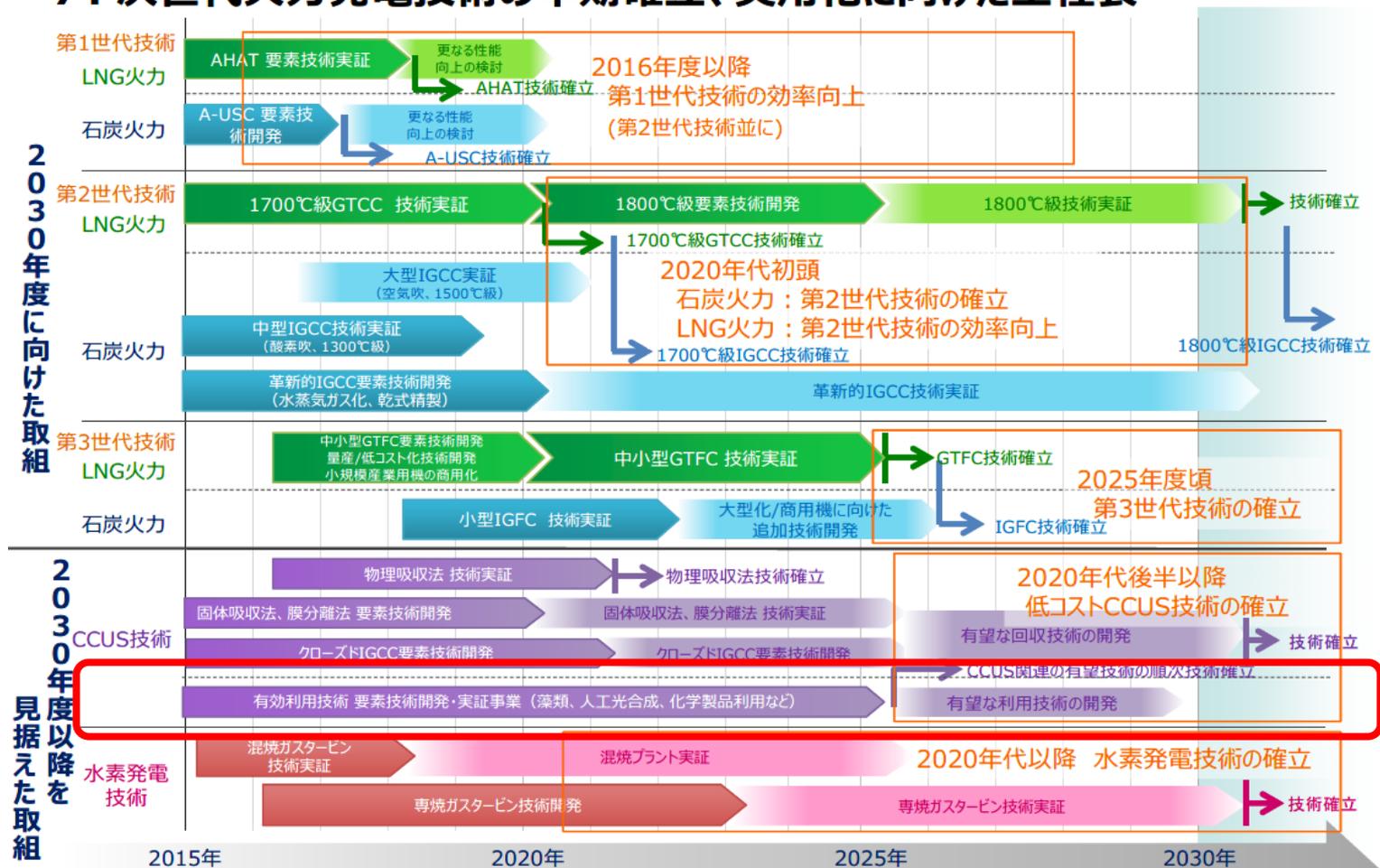
### ■ 革新的環境イノベーション戦略 (2020年1月)

CO<sub>2</sub>の大幅削減に不可欠なカーボンリサイクル、CCUS技術を重点領域の一つと位置づけて、脱炭素かつ安価なエネルギー供給技術の実現を進め、温室効果ガスの国内での大幅削減とともに、世界全体での排出削減に最大限貢献する。

◆政策的位置付け (その2)

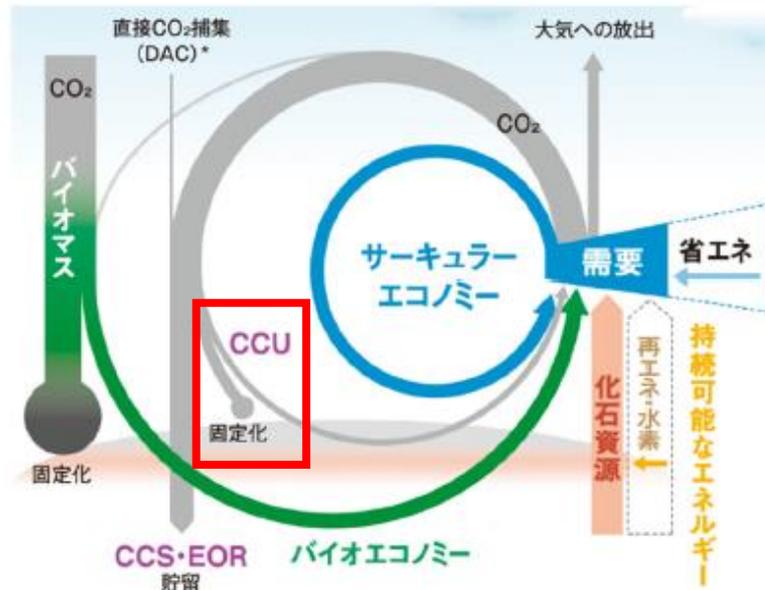
■ 次世代火力発電に係る技術ロードマップ (2016年6月)

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



## ◆技術戦略上の位置付け

- NEDOでは、気候変動問題の解決に向けた技術開発の在り方や目指すべき方向性などをまとめた「持続可能な社会の実現に向けた技術開発総合指針2020（NEDO総合指針）」を策定
- 温室効果ガス排出量の大部分を占めるCO<sub>2</sub>について、排出削減、貯蔵・固定化、**再利用**を全て考慮する炭素循環という観点から、社会システム全体で持続可能な社会を目指すことが重要



CCU: カーボンリサイクル技術  
CO<sub>2</sub>を原料として、再利用する

炭素循環から見た社会システムの概念図

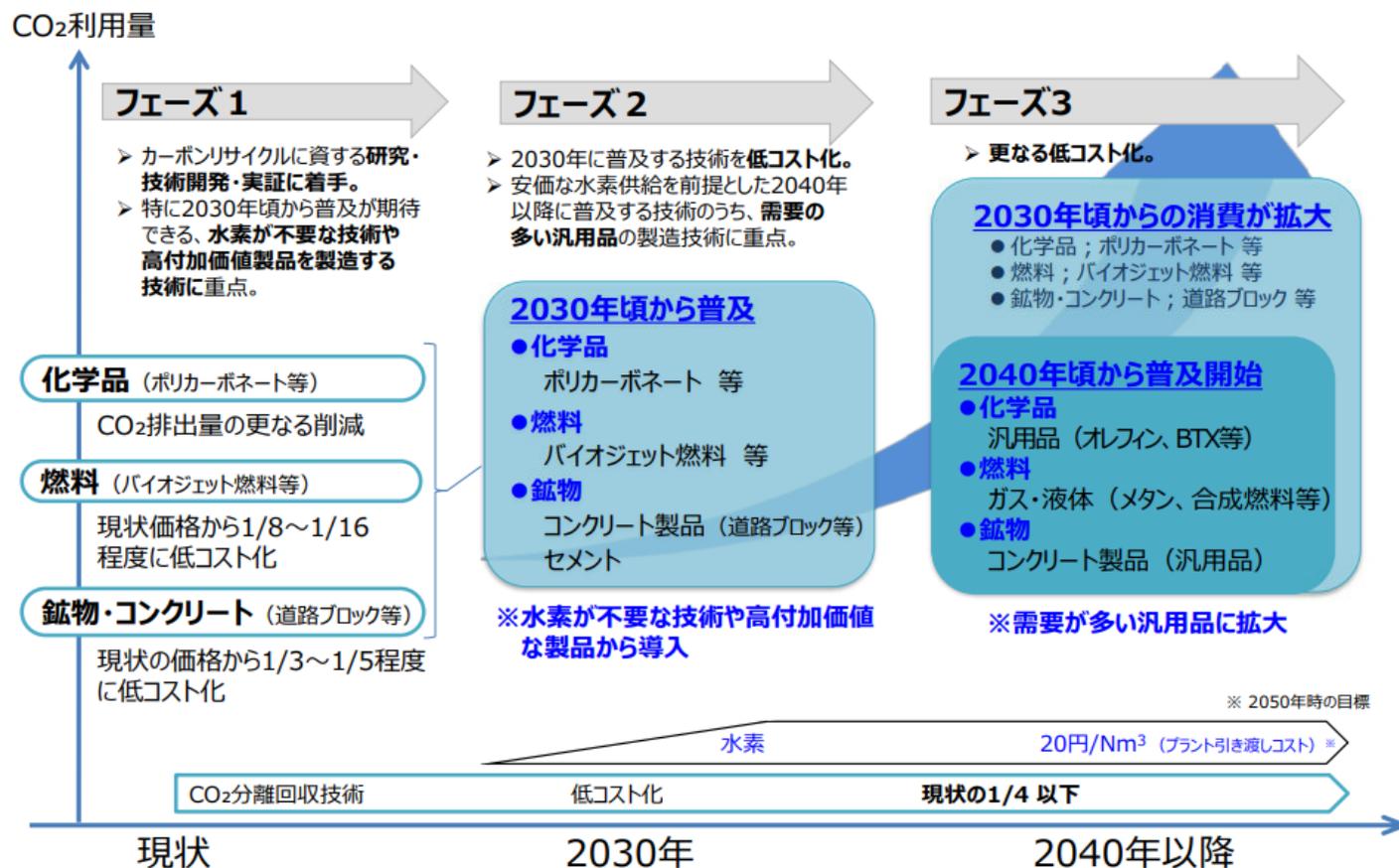
出典：持続可能な社会の実現に向けた技術開発総合指針2020（2020年2月）

## ◆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

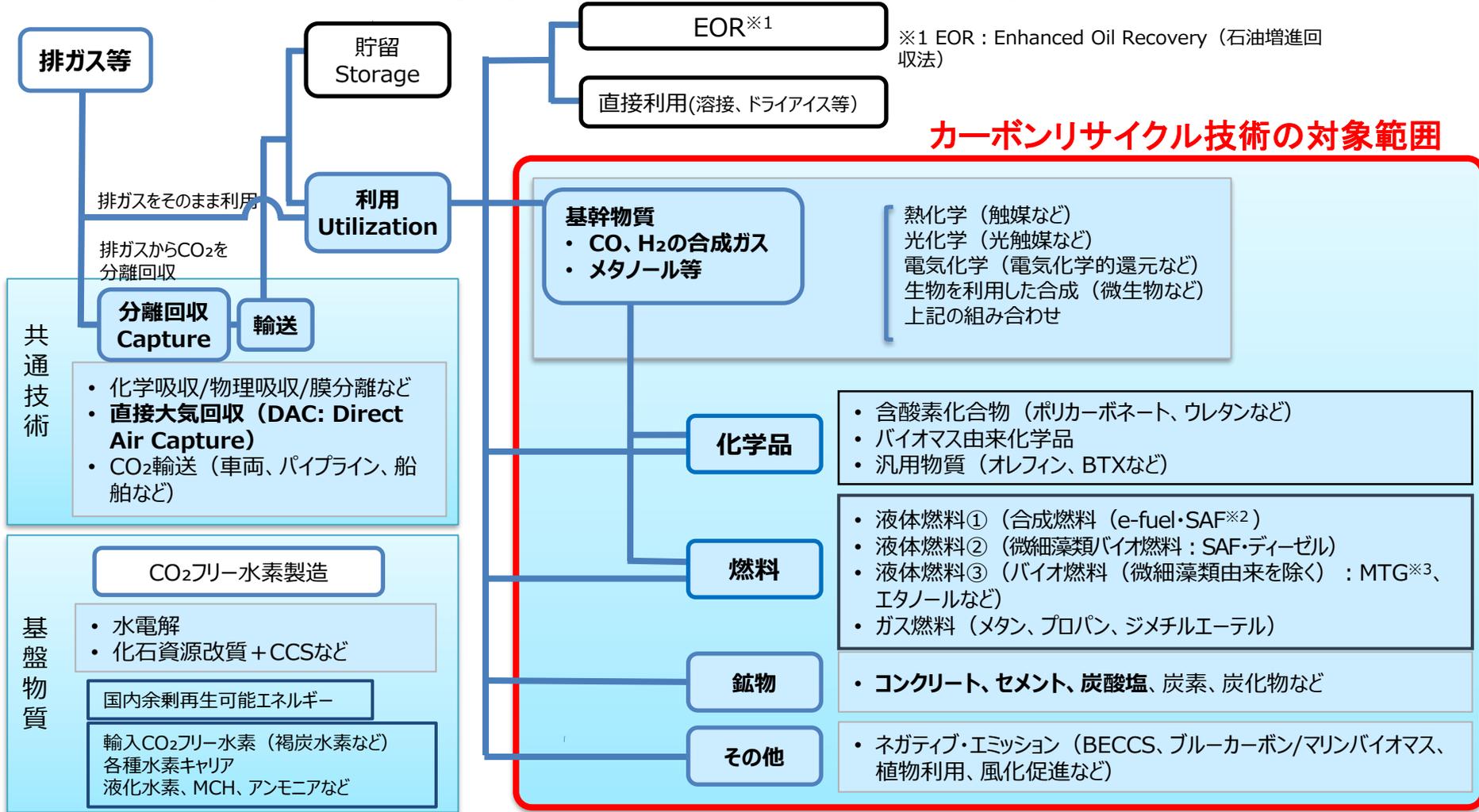
(2019年6月策定、2021年7月改訂)

● **カーボンリサイクル**：CO<sub>2</sub>を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化によりコンクリート等、人工光合成等により化学品、メタネーション等により燃料へ再利用し、大気中へのCO<sub>2</sub>排出を抑制。



# ◆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<sup>°</sup> (技術範囲)



※2 SAF:Sustainable aviation fuel  
※3 MTG:Methanol to Gasoline

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆ 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  
 カーボンリサイクル技術・製品概要、課題等

	CO <sub>2</sub> 変換後の物質	カーボンリサイクル技術現状※1	課題	既存の同等製品の価格※1	2030年	2040年以降
基幹物質	合成ガス メタノール等	一部実用化、革新的プロセス（光、電気等利用）は研究開発段階	変換効率・反応速度の向上、触媒の耐久性向上 など	-	プロセスの低コスト化	プロセスの更なる低コスト化
化学品	含酸素化合物	一部実用化（ポリカーボネート等）、その他は研究開発段階 【価格例】 既存の同等製品程度（ポリカーボネート）	ポリカーボネートはCO <sub>2</sub> 排出量の更なる削減 ポリカーボネート等以外の実用化（転換率・選択率の向上）	300-500円程度/kg （ポリカーボネート（国内販売価格））	既存のエネルギー・製品と同等のコスト	更なる低コスト化
	バイオマス由来化学品	技術開発段階（非可食性バイオマス）	低コスト・効率的な前処理技術、変換技術 など	-	既存のエネルギー・製品と同等のコスト	更なる低コスト化
	汎用品 （オレフィン、BTX等）	一部実用化（石炭等から製造した合成ガス等を利用）	転換率・選択率の向上 など	100円/kg （エチレン（国内販売価格））	-	既存のエネルギー・製品と同等のコスト
燃料	液体燃料 （微細藻類燃料）	実証段階 【価格例】 バイオジェット燃料 1600円/L	生産率向上、低コスト・効率的な前処理技術 など	100円台/L （バイオジェット燃料（国内販売価格））	既存のエネルギー・製品と同等のコスト（100-200円/L）	更なる低コスト化
	液体燃料 （CO <sub>2</sub> 由来燃料またはバイオ燃料（微細藻類由来を除く））	技術開発段階（合成燃料（e-fuel-SAF））、バイオエタノールのうち、可食性バイオマス由来については一部実用化 【価格例】 合成燃料 約300~700円/L	現行プロセスの改善、システム最適化 など	50-80円 （原料用アルコール（輸入価格）） 約130円 （工業用アルコール（国内販売価格））	-	合成燃料：ガソリン価格以下のコスト 既存のエネルギー・製品と同等のコスト
	ガス燃料 （メタン、プロパン、シメタン等）	技術開発/実証段階	システム最適化、スケールアップ、高効率化 など	40-50円/Nm <sup>3</sup> （天然ガス（輸入価格））	CO <sub>2</sub> 由来CH <sub>4</sub> のコストダウン	既存のエネルギー・製品と同等のコスト
鉱物	コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物	一部実用化、低コスト化に向けた様々な技術の研究開発が実施中 【価格例】数百円/kg（道路ブロック）	CO <sub>2</sub> と反応させる有効成分の分離、微粉化 など	30円/kg （道路ブロック（国内販売価格））	道路ブロック：既存のエネルギー・製品と同等のコスト	道路ブロック以外：既存のエネルギー・製品と同等のコスト
共通技術	CO <sub>2</sub> 分離回収（DAC含む）	一部実用化（化学吸収法）、その他手法は研究・実証段階 【価格例】 4000円程度/t-CO <sub>2</sub> （化学吸収法）	所要エネルギーの削減 など	-	1000-2000円台/t-CO <sub>2</sub> （化学吸収、固体吸収、物理吸収、膜分離）	1000円以下/t-CO <sub>2</sub> 2000円以下/t-CO <sub>2</sub> （DAC）
基盤物質	水素	概ね技術確立済み（水電解等）、他の手法を含め低コスト化に向けた研究開発が実施中	低コスト化 など	-	30円/Nm <sup>3</sup>	20円/Nm <sup>3</sup> （プラント引き渡しコスト）

◆ 国内外の研究開発事例

欧州におけるメタノール合成プロジェクト例

MefCO<sub>2</sub>\* (ドイツ) \* Methanol fuel from CO<sub>2</sub>  
 CRI社 (アイスランド) をはじめとする9事業者の共同体が、石炭火力排ガスCO<sub>2</sub>からのメタノール生産プロセス実証, 1ton/day規模  
 (Horizon 2020, No.637016, 2014/12~2019/6)



CCUメタノールの事業化の可能性は示したもののコストが課題との評価

[http://www.mefco2.eu/events/pdf/5.MefCO2\\_LCA\\_and\\_Thermo-economic\\_Analysis\\_05.2019.pdf](http://www.mefco2.eu/events/pdf/5.MefCO2_LCA_and_Thermo-economic_Analysis_05.2019.pdf)

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆ 国内外の研究開発事例

欧州における合成燃料プロジェクト例

プロジェクト	Blue Crude	E-diesel	Nordic Blue Crude	Norsk e-fuel
プロセス	① 水電解+RWGS+FT合成			② 共電解+FT合成
CO <sub>2</sub> 回収	DAC (大気捕集) ※Direct Air Capture ; 大気からのCO <sub>2</sub> 直接捕集	排ガス回収	排ガス回収	DAC (大気捕集)
企業	Audi Sunfire Climeworks	Audi INTERTEC	Nordic Blue Crude	Norsk e-fuel Sunfire Climeworks
場所	ドイツ (ドレスデン)	スイス (ラウフェンブルグ)	ノルウェー (ヘレヤ)	ノルウェー (ヘレヤ)
時期	2014年	—	2022年	第1期 : 2023年 第2期 : 2026年
規模	1BPD	60BPD	180BPD	第1期 : 180BPD 第2期 : 1800BPD



図1 試作した最初のBlue Crudeを公用車に充填 (写真右 : ドイツ連邦教育研究省ヨハンナ・ヴァンカ大臣)

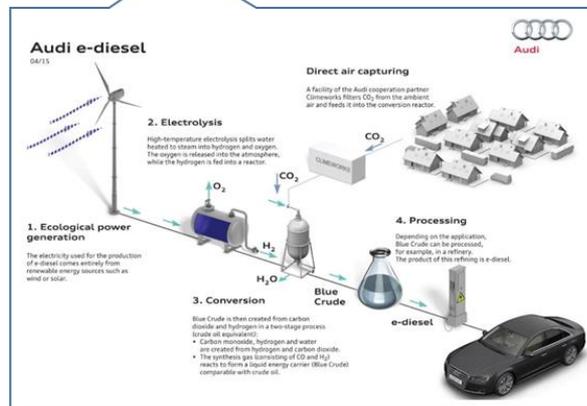


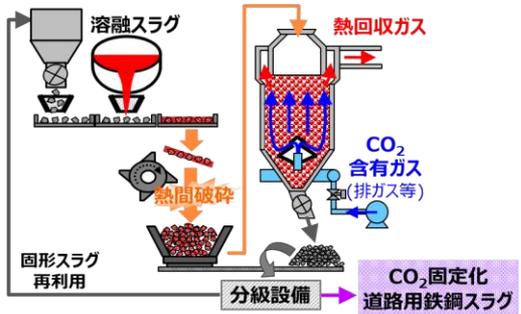
図2 アウディ社ラウフェンブルグのe-dieselプラント (イメージ)



図3 DAC (上) と電解合成プラント(下)

◆ 国内外の研究開発事例

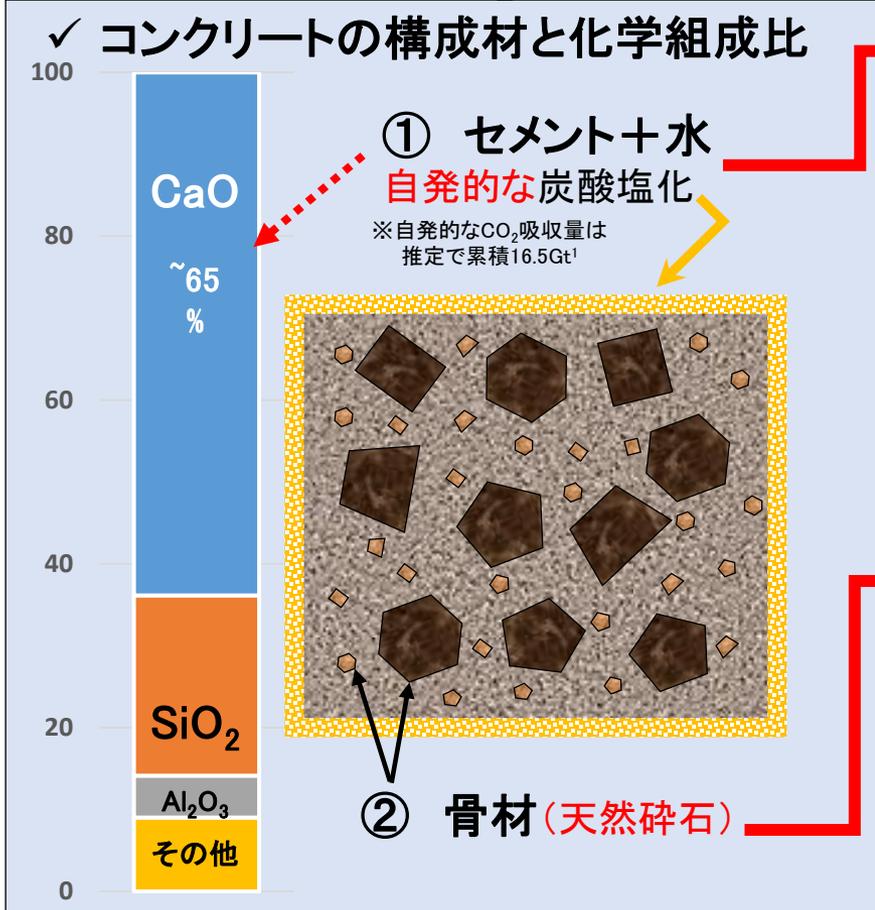
国内企業による鉱物固定化技術

	コンクリートへの固定 <sup>1)</sup>	炭酸塩への固定	製鋼スラグへの固定
技術概要	<p>廃コンクリートの再生用結合材の半分以上を副生消石灰、石炭灰、他産業副産物に置換し、養生中にCO<sub>2</sub>を固定化</p>  <p>敷設したインターロッキングブロック</p>	<p>海水やその淡水化プラントの廃かん水を用い、液中マグネシウムとCO<sub>2</sub>を含むガスとの気固接触によって炭酸マグネシウムとして固定化</p>  	<p>高温で遊離石灰とそれ以外の鉱物相の炭酸化、熱回収</p> 
CO <sub>2</sub> 固定・削減量(kg-CO <sub>2</sub> /t)	70 (固定)	284 (固定)	141 (固定30、削減111)
国内 CO <sub>2</sub> 固定・削減量 (推定)	35万 t /年(推定)	0.24万 t /年	130万 t /年
用途、販売量	コンクリート : 3690万 t /年	炭酸マグネシウム : 0.8万 t /年	道路用鉄鋼スラグなど : 907万 t /年
技術課題	・鉄筋腐食の抑制による対象拡大	・固液分離一貫プロセス構築 ・混合製品の既存規格対応	・高温での高速多量炭酸化 ・効率的なCO <sub>2</sub> 固定、熱回収の熱間破碎
社会実装課題	・既存製品に比べ、コスト高	・用途開拓と市場拡大	・従来プロセスよりコストダウンの可能性大 ・道路用鉄鋼スラグとしての作り込み

◆ 国内外の研究開発事例

海外ベンチャー企業による鉱物固定化技術

- 海外のベンチャー企業が取り組む工業化段階のCO<sub>2</sub>固定化技術
- ① 強制的にコンクリートへCO<sub>2</sub>吸収させる技術 (Solidia Tech.社, CarbonCure Tech.社)
- ② 人工骨材製造によりCO<sub>2</sub>を固定する技術 (O.C.O Tech.社)



- ① 強制的な炭酸塩化
- 製造時: CO<sub>2</sub>雰囲気下での養生
  - 使用後: 粉砕した廃コンへの吸収<sup>1</sup>



Solidia Technology社のCO<sub>2</sub>養生設備<sup>2</sup>

- ② 人工骨材としての利用(CaCO<sub>3</sub>)  
 燃焼灰・スラグ等の産業廃棄物・副産物を軽量骨材へ



O.C.O Technology社の製造プラントと軽量骨材

<sup>1</sup>14th CDUS 「CO<sub>2</sub> mineralization Update on latest developments Views from the cement sector」の1930年  
 から2013年までの累積の吸収炭素量4.5GtonCを基に算出

<sup>2</sup> Second ECRA Chair Scientific Event , Mons, 09th November 2016  
 LafargeHolcim's activities: CCS/U and low CO<sub>2</sub> cements, focus on Solidia Technologies®

## ◆ 国内外の研究開発の動向と比較

- **化学品、燃料、鉱物** (セメント・コンクリート) ;  
**一部で商用化が進みつつある。研究開発・実証が本格化し始めた段階 (競争状態)**  
 (多様な製品・技術を対象とした開発・実証が**活発化**。**コスト低減と用途拡大**が課題。)  
 国内では、化学、セメント、エネルギー、エンジニアリング等多様な分野の企業が参画。  
**欧州・米国**でも、**国家プロジェクトやスタートアップ**による開発・実証が活発化。

### 燃料

国	企業・組織名	製品・生成物	開発段階
米	<b>Lanzatech</b> (スタートアップ)	エタノール	実証
米	<b>Opus12</b> (スタートアップ)	メタン、エタン、エタノール	実証
日	<b>INPEX</b> <b>日立造船</b>	メタン	実証 (NEDO)
日	<b>ユーグレナ</b>	ジェット燃料 (微細燃料)	実証
独	<b>Audi</b> (自動車メーカー)	メタン、合成燃料 (e-fuel)	実証
日	<b>IHI</b>	ジェット燃料(微細藻類)	基礎 (NEDO)
日	<b>JPEC、成蹊大他</b>	合成燃料 (e-fuel)	基礎 (NEDO)

### 鉱物

国	企業・組織名	製品・生成物	開発段階
日	<b>中国電力、鹿島建設 等</b>	CO <sub>2</sub> 吸収コンクリート	商用化
英	<b>O.C.O Technology</b> (スタートアップ)	軽量骨材	商用化
米	<b>Solidia Technology</b> (スタートアップ)	CO <sub>2</sub> 吸収コンクリート	商用化
米	<b>Blue Planet</b> (スタートアップ)	軽量骨材	商用化
加	<b>Carbon Cure</b> (スタートアップ)	セメント原料	商用化
日	<b>宇部興産、日揮、出光、 東北大学</b>	セメント原料	実証 (NEDO)
日	<b>太平洋セメント、東京大学、 早稲田大学</b>	セメント原料	基礎～実証 (NEDO)
仏	<b>LafargeHolcim 等</b> (セメントメーカー)	セメント原料	基礎～実証 (FastCarb PJ)

## ◆他事業との関係

### 【NEDO事業】・グリーンイノベーション基金事業

2050年でのカーボンニュートラルを目指し、カーボンニュートラルに取り組む企業などを研究開発・実証から社会実装にめどをつけるため2030年度まで最大10年間継続して支援。

- CO<sub>2</sub>等を用いた燃料製造技術開発： 燃焼しても大気中のCO<sub>2</sub>を増加させず、化石燃料を代替する合成燃料、合成メタン、グリーンLPGなどのカーボンリサイクル燃料への転換を推進。
- CO<sub>2</sub>を用いたコンクリート等製造技術開発： コンクリートの全工程でCO<sub>2</sub>排出量の削減と CO<sub>2</sub>削減の最大化を図るとともに低コスト化し、プロセス構築及び評価技術の国際標準化を推進。セメントでも低コストでCO<sub>2</sub>回収するプロセス開発及び回収CO<sub>2</sub>を用いた炭酸塩をセメント原料などに再利用する技術の開発。

### 【NEDO事業】・CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発

CO<sub>2</sub>が得られる広島県大崎上島を研究拠点として整備・運営を行い、CO<sub>2</sub>有効利用に係る基礎技術開発および実証試験を実施。

### 【NEDO事業】・CCUS研究開発・実証関連事業

分離回収したCO<sub>2</sub>を地下貯留するための、実サイトによるCCS大規模実証試験と安全なCCS実施のためのCO<sub>2</sub>貯留技術の研究開発およびCCUS技術の調査

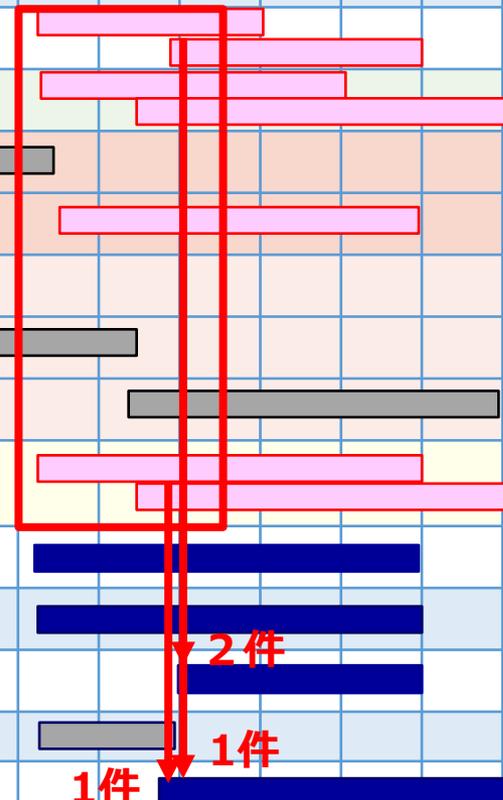
### 【環境省事業】・CO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業

各地域の特性を活かして、脱炭素かつ持続可能で強靱な活力ある地域社会を構築するため、地球温暖化対策の強化につながるCO<sub>2</sub>排出削減効果の高い技術の開発・実証を推進。

◆他事業との関係

赤字・赤枠が今回評価対象事業・期間

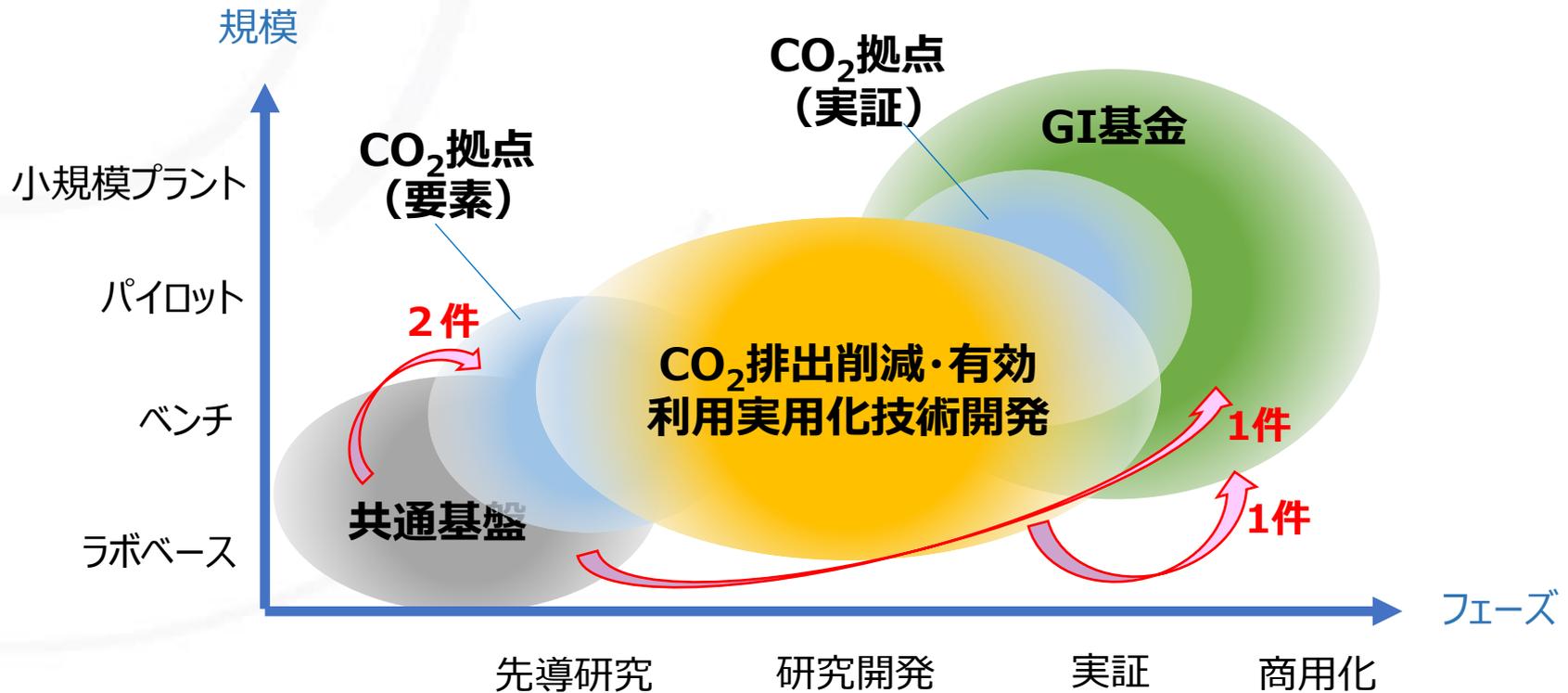
事業項目		'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	
CO <sub>2</sub> 排出削減有効利用	先導基礎 CO <sub>2</sub> 排出削減のための要素研究調査/要素技術検討(終了)		■	■									
	⑥カーボンリサイクル技術の共通基盤技術開発					■	■	■	■	■			
	化学品 CO <sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発：化学品					■	■	■	■	■	■		
	液体燃料 CO <sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発：液体燃料	液体燃料製造技術に関する開発シーズ発掘調査(終了)				■							
		CO <sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発：液体燃料					■	■	■	■	■		
	気体燃料 CO <sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発：気体燃料	CO <sub>2</sub> 有効利用可能性調査(終了)	■										
		CO <sub>2</sub> 有効利用技術開発(終了)		■	■	■	■	■	■	■	■		
		CO <sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発：気体燃料						■	■	■	■	■	
	鉱物炭酸塩 CO <sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発：炭酸塩						■	■	■	■	■		
	CO <sub>2</sub> 有効利用拠点における技術開発	CO <sub>2</sub> 有効利用拠点化推進事業					■	■	■	■	■	■	
研究拠点におけるCO <sub>2</sub> 有効利用技術開発・実証事業						■	■	■	■	■	■		
CO <sub>2</sub> 有効利用拠点における要素技術開発						■	■	■	■	■	■		
炭素循環型セメント製造プロセス技術開発(終了)						■							
GI基金	CO <sub>2</sub> を用いたコンクリート等製造技術開発						■	■	■	■	■	■	
	CO <sub>2</sub> 等を用いた燃料製造技術開発						■	■	■	■	■	■	
	CO <sub>2</sub> の分離・回収等技術開発						■	■	■	■	■	■	



CO<sub>2</sub>利用拠点やGI基金などとの他の事業とも連携・展開を図るマネジメントで技術体系の構築を推進。

## ◆他事業との関係

事業間でのスケール・フェーズの進展について



GI基金ではカーボンニュートラルに取り組む企業などを研究開発・実証から社会実装を最大10年間継続して支援。

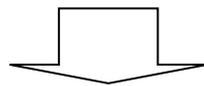
- 排出源からのCO<sub>2</sub>を直接用いた研究開発を実施するために、共通基盤研究2件は「CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発」に提案し採択された。
- 早期の社会実装を進めるため、共通基盤研究1件とCO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発1件の計2件で「GI基金事業」で採択され、実施中である。

## ◆NEDOが関与する意義

**CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用の実用化、および共通基盤技術の開発は、**

- **社会的必要性：大、国家的課題（気候変動対策）に貢献する技術**
- **研究開発の難易度：高、実用化に至るまでのリードタイムが長い**
- **投資規模：大＝開発リスク：大**

**CO<sub>2</sub>排出源や製品の用途等が異なる様々なテーマについて、あるいは、様々な用途に適用される共通基盤技術開発について、NEDOは、産学官の技術力・研究力を最適に組み合わせて研究開発を推進でき、他の調査事業とも連携させ、カーボンリサイクル技術の社会実装に至るまで、一貫した総合的なマネジメントを行うことが可能。**



**N E D O が も つ こ れ ま で の 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)

### 【投資コストと経済効果】

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** 160億円 (2020-2026年度) < 年間売上予測 (2030~2050年) 約700億円~約4兆円

[算出根拠] カーボンリサイクル製品の販売予測:

化学品、	300億円/年 (2030予測)	、0.4兆円/年 (2050予測)
液体燃料	150億円/年 (2030予測)	、3.1兆円/年 (2050予測)
鉱物化	400億円/年 (2030予測)	、0.3兆円/年 (2050予測)

### 【効果】

**CO<sub>2</sub>削減効果 (2030、2050年)**

参考: 日本の2019年CO<sub>2</sub>排出量: 10.9億トン/y

CO<sub>2</sub>排出削減量: 140万トン-CO<sub>2</sub>/年 (2030予測)

1.5億トン-CO<sub>2</sub>/年 (2050予測)

[算出根拠]

化学品	36万トン/年 (2030予測)	、0.06億トン/年 (2050予測)
燃料 (液体)	10万トン/年 (2030予測)	、0.8 億トン/年 (2050予測)
鉱物化	91万トン/年 (2030予測)	、0.7 億トン/年 (2050予測)

## 1. 事業の位置付け・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

## 2. 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

## 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
- (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

## 4. 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

## ◆ 事業の目標

### ● ⑥ 共通基盤技術開発事業

#### 最終目標（2024年度）

カーボンリサイクル技術ロードマップに記載されている技術の中で、CO<sub>2</sub>を原料とした化学品、燃料、鉱物化などに関する技術を対象とし、これらの原理解明等の結果が中長期的に幅広い技術開発に活用できるように先導研究の共通基盤技術開発を実施することで、カーボンリサイクル技術を向上する。

## ◆事業の目標

### ● ⑨CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発事業

#### 中間目標 (2022年度)

CO<sub>2</sub>を原料とした化学品合成、液体燃料合成の各技術およびコンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへの各CO<sub>2</sub>利用技術について、要素技術開発および全体システムの構築を行う。

#### 中間目標 (2025年度)

CO<sub>2</sub>を原料とした化学品合成、液体燃料合成の各技術およびコンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへの各CO<sub>2</sub>利用技術について、技術開発もしくは実証研究を実施し、全体システムを最適化するとともに、プロセス全体のCO<sub>2</sub>削減効果および経済性評価を実施する。

#### 最終目標 (2026年度)

CO<sub>2</sub>の排出源や製品の用途等に応じた適用技術の成果の整理を行い、化学品、液体燃料、コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などに関するカーボンリサイクル技術の実用化の見通しを得る。

## 実施中の案件リスト (事業別：⑥共通基盤技術開発)

要素技術のメカニズム解明、基礎技術の構築を目指す。(14テーマ)

電解還元

熱化学還元

鉱物/炭酸塩化

バイオ

テーマ	製造物質(用途)	契約先	事業期間
a.ダイヤモンド電極を用いた基幹物質製造開発事業	ギ酸 (薬品、水素キャリア)	慶応大、理科大、JCOAL	'20.07~'22.03
c.CO <sub>2</sub> 電解リバーシブル固体酸化物セルの開発	CO <sub>2</sub> ⇌CO(電力需給調整)	電中研、東工大	'20.07~'23.03
e.高温熔融塩電解を利用したCO <sub>2</sub> 還元技術の研究開発	C (工業材料)	産総研、同志社大	'20.07~'23.03
f.CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O共電解技術の研究開発	CO、H <sub>2</sub> (化学品原料)	東芝ESS、九州大	'20.07~'23.03
g.放電プラズマによるCO <sub>2</sub> 還元・分解反応の基盤研究開発	CO、C (化学品原料)	岐阜大、澤藤電機、川田工業	'20.07~'22.03
h.中低温イオン液体を用いた尿素電解合成の可能性調査	尿素 (肥料、樹脂原料)	電中研、慶応大	'20.07~'22.02
i.CO <sub>2</sub> の気相電解還元による炭化水素燃料の直接合成可能な電極触媒の研究開発	CH <sub>4</sub> 、CO (燃料、化学品原料)	東工大、埼玉大、北大	'22.04~'24.03
k.CO <sub>2</sub> からのアンモニアメタネーションの技術開発	CH <sub>4</sub> (燃料)	日揮グループ、広島大	'22.04~'24.03
m.カーボンリサイクルLPガス合成技術の研究開発	LPガス (燃料)	日本GLPガス協会、産総研、エヌ・イー ケムキャット	'22.04~'25.03
n.二元機能触媒を用いた高効率炭酸ガス回収・メタン合成プロセスの研究開発	CH <sub>4</sub> (燃料)	産総研、日立造船	'22.04~'24.03
b.カルシウム含有廃棄物からのCa抽出およびCO <sub>2</sub> 鉱物固定化技術	CaCO <sub>3</sub> (セメント、コンクリート)	住友大阪C、山口大、九大	'20.07~'22.02
d.石炭灰、バイオマス灰等によるCO <sub>2</sub> 固定・有効活用	各種炭酸塩(土壌改良剤)	MHI、電中研、東洋建設、JCOAL	'20.07~'23.03
j.海水と生体アミンを用いたCO <sub>2</sub> 鉱物化法の研究開発	CaCO <sub>3</sub> (セメント、コンクリート)	北里大、東大、日本海水、出光	'22.04~'25.03
l.CO <sub>2</sub> を活用したマリンバイオマス由来活性炭転換技術の開発	C (工業材料)	九州大、JRCM	'22.04~'24.03

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### 実施中の案件リスト (事業別：⑨ 実用化・実証事業領域)

実用化・実証事業も2020年、2021年と公募を行い、13テーマを推進。(うち2件終了)

化学品		製造物質	契約先	事業期間
o.CO <sub>2</sub> を原料としたパラキシレン製造に関する技術開発		メタノール→パラキシレン	富山大、日本製鉄、日鉄エンジニアリング、ハイケム、千代田化工、三菱商事	'20.07～'24.03
p.CO <sub>2</sub> を用いたメタノール合成における最適システム開発		メタノール	JFEスチール、RITE	'21.10～'26.03
q.CO <sub>2</sub> を原料とした直接合成反応による低級オレフィン製造技術の研究開発		低級オレフィン	IHI	'21.10～'26.03
液体燃料/気体燃料		製造物質	契約先	事業期間
液体燃料	r.次世代FT反応と液体合成燃料一貫製造プロセスに関する研究開発	代替石油	JPEC、ENEOS、成蹊大学、名古屋大、横国大、出光興産	'21.02～'25.03 <b>現地調査会実施 (6/9)</b>
気体燃料	大規模なCO <sub>2</sub> -メタネーションシステムを用いた導管注入の実用化技術開発	CH <sub>4</sub>	INPEX	'21.12～'26.02
気体燃料：2023年度に個別に中間評価予定のため対象外				
鉱物・炭酸塩(コンクリート・セメント)		製造物質	契約先	事業期間
s.微細ミスト技術によるCO <sub>2</sub> 回収技術及び炭酸塩生成技術の研究開発		CaCO <sub>3</sub> 、MgCO <sub>3</sub>	トクヤマ、双日、ナノミストテクノロジーズ	'20.07～'22.03
t.マイクロ波によるCO <sub>2</sub> 吸収焼結体の研究開発		CaCO <sub>3</sub>	中国電力、広島大、中国高圧C	'20.07～'25.03
u.海水および廃かん水を用いた有価物併産CO <sub>2</sub> 固定化技術の研究開発		MgCO <sub>3</sub> 等	早稲田大学、サクラ、日揮G	'20.07～'22.03
v.産業廃棄物中カルシウム等を用いた加速炭酸塩化プロセス研究開発		CaCO <sub>3</sub>	出光興産、宇部興産、日揮G、日揮、成蹊大学、東北大学	'20.07～'25.03
w.セメント系廃材を活用したCO <sub>2</sub> 固定プロセス及び副産物の建設分野への利用技術への研究		CaCO <sub>3</sub>	竹中工務店	'20.07～'22.02
x.製鋼スラグ中Caの溶媒抽出を用いたCO <sub>2</sub> 固定化プロセスの技術開発		各種炭酸塩	神戸製鋼所、神鋼環境ソリューション	'21.10～'25.03
y.二酸化炭素の化学的分解による炭素材料製造技術開発		C (工業材料)	三菱マテリアル	'21.10～'26.03
z.製鋼スラグの高速多量炭酸化による革新的CO <sub>2</sub> 固定技術の研究開発		各種炭酸塩	JFEスチール	'21.10～'26.03

◆研究開発テーマ毎の目標

化学品、燃料分野のMAP

赤字: ⑨実用化開発

- 基幹物質からの樹脂等への多段階変換も視野に入れ広範な技術体系・製品を検討。
- 水素を必要とする産業との連携も見据えた検討も実施。

		適用製品				備考
		炭素数 C1	C2-5	C6以上		
		メタン/メタノール等	低級オレフィン/アルコール等	芳香族(BTX等)/高級オレフィン等	高分子ポリマー	
適用用途		燃料・洗浄薬品 基幹原料	燃料・試薬・食品・基幹原料	溶剤 モノマー	樹脂等	
技術方式	熱化学	メタノール (o,p,*) メタン(k,i,n)	エチレン/プロピレン (q) DME→LPガス(m)	パラキシレン (o,*) 代替石油(r)	PET等	p:脱水膜併用で高効率化 n:CO <sub>2</sub> 回収機能付与触媒
	電解還元	CO(f,g,i,r) ギ酸(a)	尿素(h)			f:水素併産 g:プラズマ還元 a:水素キャリア利用も検討
	バイオ				油脂*	*拠点化事業にて実施

◆ 研究開発テーマ毎の目標

鉱物化分野のMAP

赤字: ⑨ 実用化開発

- 適用規模・固定化量が大きい炭酸塩・セメントを中心に、高付加価値カーボン等などの製品も検討。
- 炭酸塩分野は適用場所（セメント工場、火力発電場、浄水施設など）を想定した検討

適用規模		適用製品			備考
		原料 (カーボン)	原料 (炭酸塩)	セメント・ コンクリート	
適用用途		導電材, 充填材, 等		土壌改良剤・建設材・ 路盤材	
技術 方式	気相固定	活性炭(g)	炭酸塩スラグ(x)	炭酸化灰(d) セメント・コンクリ骨 材 (t)	d: 石炭灰処分場で利用 t: マイクロ波焼成
	液相固定 分離	活性炭(y)	炭酸塩スラグ(z)	セメント・コンクリ骨 材 (b,j,s,u,w) 炭酸化灰(d)	d: 石炭灰処分場で利用
	バイオ	活性炭(l)			

◆ 研究開発テーマ毎の目標

● ⑥ 共通基盤技術開発事業

研究開発テーマ	研究開発目標 (最終目標)
a. ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中のCO <sub>2</sub> からの基幹物質製造開発事業	広い還元領域を持ち、耐久性・安定性に優れたダイヤモンド電極を用いて、石炭火力等の排ガス中CO <sub>2</sub> を電解/還元し、基幹物質としてのギ酸を製造するシステム構築を行い、高電界効率、高収量を実現する大型電解槽創製を目指した要素技術を確立する。
b. カルシウム含有廃棄物からのCa抽出およびCO <sub>2</sub> 鉱物固定化技術の研究開発	Ca含有廃棄物からCaを効率的に抽出し、排ガスなどから分離回収することなくCO <sub>2</sub> を吸収し、それらを鉱物固定化し、炭酸カルシウムとしてCO <sub>2</sub> を固定するための基盤技術を開発する
c. CO <sub>2</sub> 電解リバーシブル固体酸化物セルの開発	CO <sub>2</sub> を直接COに電解すると同時に電力の需給調整が可能なりバーシブル固体酸化物セルの基盤技術開発を行う。このために、SOFCセルをリバーシブルに用いて技術的課題を抽出すると共に低コスト・大面積化が可能なプロセッシング技術により次世代セルを開発する
d. 石炭灰およびバイオマス灰等によるCO <sub>2</sub> 固定・有効活用に関する要素技術開発	CO <sub>2</sub> 固定システムおよび炭酸塩化灰利用に関わる基礎データを収集し、CO <sub>2</sub> 固定システムおよび炭酸塩化灰利用に関わる要素技術を確立する。
e. 高温溶融塩電解を利用したCO <sub>2</sub> 還元技術の研究開発	純度95%以上の固体カーボン電流効率90%以上で生成し、アノード腐食率を1.2 cm y <sup>-1</sup> 以下とするプロセスを開発する
f. CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O共電解技術の研究開発	CO <sub>2</sub> とH <sub>2</sub> Oを同時に還元し有価物であるCOと水素を生成するための高温共電解システムの研究開発を進めるにあたり、共電解反応メカニズム解明を行い、高性能電極触媒材料を開発する
g. 放電プラズマによるCO <sub>2</sub> 還元・分解反応の基盤研究開発	プラズマでのCO <sub>2</sub> 還元・分解反応挙動を明らかにし、CO <sub>2</sub> /NH <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O等共存下でのCO <sub>2</sub> 還元・分解反応メカニズムを解明する。また、CO <sub>2</sub> を効率よく還元・分解するための高電圧パルス電源の開発と最適化およびプラズマリアクターの開発と最適化を行う
h. 二酸化炭素資源化のための中低温イオン液体を用いた尿素電解合成の可能性調査	排ガス中に含まれる窒素および水(水蒸気)を原料として再生可能電力を用いた中低温イオン液体中における尿素電解合成反応によるCO <sub>2</sub> 固定化・資源化システムの実現可能性を見極める

◆ 研究開発テーマ毎の目標

● ⑥ 共通基盤技術開発事業

研究開発テーマ	研究開発目標（最終目標）
i. CO <sub>2</sub> の気相電解還元による炭化水素燃料の直接合成可能な電極触媒の研究開発	CO <sub>2</sub> の気相電解還元による炭化水素生成に活性な新規電極触媒を研究開発し、炭化水素生成と反応条件因子との法則性を明らかにして反応機構および電極触媒作用を解明し、炭化水素生成の選択合成可能な電極触媒を開発する
j. 海水と生体アミンを用いたCO <sub>2</sub> 鉱物化法の研究開発	水酸化マグネシウム製造プロセスから排出される脱Mg海水のカルシウムを原料とし、生体アミン＝ポリアミンを活用して、工場排気に含まれるCO <sub>2</sub> を炭酸カルシウムとして固定するプロセスの技術開発を行う。特に、ラボレベルからスケールアップへの要素技術を確立する
k. CO <sub>2</sub> からのアンモニアメタネーションの技術開発	アンモニア由来の水素によりCO <sub>2</sub> を還元して合成メタンを得るアンモニアメタネーションの触媒開発およびプロセス検討を行い、技術的、経済的な実現可能性を明らかにする
l. CO <sub>2</sub> を活用したマリンバイオマス由来活性炭転換技術の開発	マリンバイオマス(コンブ類)を対象とした材料を炭化及びCO <sub>2</sub> ガス賦活により活性炭を製造するプロセスの基盤技術研究を行い、システム全体のCO <sub>2</sub> やCOを含めたカーボンリサイクルによるCO <sub>2</sub> 削減効果及び経済性を検討する
m. カーボンリサイクルLPガス合成技術の研究開発	CO <sub>2</sub> とH <sub>2</sub> から一度DME(ジメチルエーテル)を中間体として合成し、DMEからLPガス主成分のプロパン・ブタンを合成するいわゆる間接合成法によるカーボンリサイクルLPガス合成プロセスを構築する
n. 二元機能触媒を用いた高効率炭酸ガス回収・メタン合成プロセスの研究開発	CO <sub>2</sub> 回収とCO <sub>2</sub> 水素化の二つの機能を有する二元機能触媒（DFM）を用いた、新たなCO <sub>2</sub> 回収・メタネーションプロセス（DFM-CCUプロセス）の開発を行う。効率的な連続操作を実現するリアクターの開発、DFM性能の向上、DFM-CCUプロセス実現性評価を展開する

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆ 研究開発テーマ毎の目標

### ● ⑨CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発事業

研究開発テーマ	研究開発目標
o. CO <sub>2</sub> を原料としたパラキシレン製造に関する技術開発	中間目標：樹脂原料となるパラキシレンを製造するためのラボ実験での性能達成、成形触媒製造、ベンチ装置建設を行う 最終目標：ベンチ装置運転での必要データ取得、経済性評価実施
p. CO <sub>2</sub> を用いたメタノール合成における最適システム開発	中間目標：低コスト型CO <sub>2</sub> 分離PSA、高効率メタノール合成反応器について、試験プラント建設・立上げにより、全体システム概念設計 最終目標：プロセスコスト30%削減できる新プロセスを実用化する
q. CO <sub>2</sub> を原料とした直接合成反応による低級オレフィン製造技術の研究開発	中間目標：低級オレフィンの収率目標である実ガス試験において20%以上を見通せることを確認する。また実ガス試験向けの装置の基本設計と詳細設計が完了する 最終目標：実ガス試験において、100kg-CO <sub>2</sub> /d規模で低級オレフィン収率20%（炭素ベース）かつ炭化水素等へのCO <sub>2</sub> 転化率70%（炭素ベース）以上を達成可能を確認する
r. 次世代FT反応と液体合成燃料一貫製造プロセスに関する研究開発	中間目標：次世代FT反応と電解反応を組み合わせた液体合成燃料一貫製造プロセスに関する技術について、各基盤・要素技術の方向性を見出す 最終目標：事業化を見据えた各基盤・要素技術と各種評価を通し、次フェーズの準プラント級実証への目途をつける
s. 微細ミスト技術によるCO <sub>2</sub> 回収技術及び炭酸塩生成技術の研究開発	中間目標：微細ミスト吸収法に適合する前処理方法の検討により、CO <sub>2</sub> 回収率(吸収—分散)80%への見通しを得る 最終目標：化石燃料排ガスのCO <sub>2</sub> を微細ミスト技術で回収して炭酸塩を製造する
t. マイクロ波によるCO <sub>2</sub> 吸収焼結体の研究開発 (CO <sub>2</sub> -TRI-COM)	中間目標：ベンチレベルで炭酸塩化によるCO <sub>2</sub> 吸収量60kg-CO <sub>2</sub> /t以上、CO <sub>2</sub> 排出削減量226kg-CO <sub>2</sub> /t以上を達成。また、CO <sub>2</sub> 吸収焼結体の品質確認する 最終目標：パイロットスケールレベル (30kWクラス) の製造システムによる試作を行い、吸着量60 kg-CO <sub>2</sub> /t以上と確認し、品質変動等の確認と商用化に向けた技術的課題の解決する

◆ 研究開発テーマ毎の目標

● ⑨CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発事業

研究開発テーマ	研究開発目標
u. 海水および廃かん水を用いた有価物併産CO <sub>2</sub> 固定化技術の研究開発	最終目標：商業化を想定した最適条件を確立し、次期実証試験設備の基本設計を完了させる
v. 産業廃棄物中カルシウム等を用いた加速炭酸塩化プロセス研究開発	中間目標：200 kWh/t-CO <sub>2</sub> を指標とした省エネプロセスを見通すための要素技術のめどを得て、マテリアルフローを把握・評価し、ラボ試験でのプロセス全体の経済性およびLCAを評価する。 最終目標：産業廃棄物を再生する炭酸塩化プロセスのベンチプラントによるプロセス全体の経済性・LCAおよびCO <sub>2</sub> 固定量を評価し、採算性を確保できるビジネスモデルを構築する。
w. セメント系廃材を活用したCO <sub>2</sub> 固定プロセス及び副産物の建設分野への利用技術の研究	最終目標：セメント系廃材からセメント成分の分離回収法及びCO <sub>2</sub> 固定プロセスの構築、副産物の利用技術、並びにコンクリート・地盤改良へのCO <sub>2</sub> 固定化による高品質化技術に関する要素技術をラボレベルで構築し、CO <sub>2</sub> 固定量30kg-CO <sub>2</sub> /t-cement実現の見通しを得る。
x. 製鋼スラグ中Caの溶媒抽出を用いたCO <sub>2</sub> 固定化プロセスの技術開発	中間目標：ラボスケールおよび小型装置（数十L）での試験により得られたデータと生成物の品質評価結果に基づき、試験装置の仕様を決定する。有効利用用途への適用可能性・事業成立性を調査する 最終目標：連続プロセス要素技術の確立とサプライチェーンの構築する
y. 二酸化炭素の化学的分解による炭素材料製造技術開発	中間目標：要素技術開発および全体システムの構築を行い、プロセス全体の成立性の検証及びCO <sub>2</sub> 削減効果の評価を完了。各工程の反応転化率は80%以上、炭素回収率80%、回収炭素の純度95%以上 最終目標：ベンチスケール試験を実施し、全体システムを最適化し、経済性評価を完了。各工程の反応転化率は85%以上、炭素回収率85%、回収炭素の純度98%以上
z. 製鋼スラグの高速多量炭酸化による革新的CO <sub>2</sub> 固定技術の研究開発	中間目標：数10kg/バッチの小型炭酸化・熱回収試験で、製鋼スラグ1kgあたりのCO <sub>2</sub> 固定量30g以上とするための高速多量炭酸化条件、CO <sub>2</sub> と水蒸気の流量制御方法の検討する 最終目標：数t/バッチのベンチ試験において、スラグ投入温度900℃時での熱回収効率50%以上・高速多量炭酸化の同時複合処理が可能なプロセスを構築する

◆ 研究開発のスケジュール

(⑨CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発) (化学品・液体燃料)

研究開発テーマ	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
o. CO <sub>2</sub> を原料としたパラキシレン製造に関する技術開発	→		→	→	→	→	→
p. CO <sub>2</sub> を用いたメタノール合成における最適システム開発		→	→	→	→	→	→
q. CO <sub>2</sub> を原料とした直接合成反応による低級オレフィン製造技術の研究開発		→	→	→	→	→	→
r. 次世代FT反応と液体合成燃料一貫製造プロセスに関する研究開発	→	→	→	→	→	→	→

中間目標

中間目標

最終目標

◆研究開発のスケジュール

(⑨CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発) (コンクリート、セメント、炭素、炭化物等)

研究開発テーマ	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
s. 微細ミスト技術によるCO <sub>2</sub> 回収技術及び炭酸塩生成技術の研究開発	→		中間目標				最終目標
t. マイクロ波によるCO <sub>2</sub> 吸収焼結体の研究開発 (CO <sub>2</sub> -TriCOM)	→				→		
u. 海水および廃かん水を用いた有価物併産CO <sub>2</sub> 固定化技術の研究開発	→						
v. 産業廃棄物中カルシウム等を用いた加速炭酸塩化プロセス研究開発	→				→		
w. セメント系廃材を活用したCO <sub>2</sub> 固定プロセス及び副産物の建設分野への利用技術の研究	→						
x. 製鋼スラグ中Caの溶媒抽出を用いたCO <sub>2</sub> 固定化プロセスの技術開発		→			→		
y. 二酸化炭素の化学的分解による炭素材料製造技術開発		→			→	→	
z. 製鋼スラグの高速多量炭酸化による革新的CO <sub>2</sub> 固定技術の研究開発		→			→	→	

## ◆プロジェクト費用

評価対象年度 (単位：億円)

研究開発項目	分野	2020	2021	2022※	合計
カーボンリサイクル技術の共通基盤技術開発		5.8	6.1	9.0	20.9
CO <sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発	化学品	1.4	11.5	9.0	21.9
	燃料(液体)	0.1	11.1	15.3	26.6
	炭酸塩、コンクリート、炭素等	5.3	8.8	8.1	22.2
合計		12.7	37.5	41.5	91.7

※2022年度は予算額

## ◆研究開発の実施体制

### (⑨CO<sub>2</sub>排出削減有効利用 1/2)

NEDO

o.CO<sub>2</sub>を原料としたパラキシレン製造に関する技術開発  
(国立大学法人 富山大学、日本製鉄株式会社、日鉄エンジニアリング、ハイケム株式会社、千代田化工建設株式会社、三菱商事株式会社)

p.CO<sub>2</sub>を用いたメタノール合成における最適システム開発  
(JFEスチール株式会社、公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

q.CO<sub>2</sub>を原料とした直接合成反応による低級オレフィン製造技術の研究開発  
(株式会社IHI)

r. 次世代FT反応と液体合成燃料一貫製造プロセスに関する研究開発  
(成蹊大学、ENEOS株式会社、名古屋大学、横浜国立大学、出光興産株式会社、産業技術総合研究所、石油エネルギー技術センター)

s. 微細ミスト技術によるCO<sub>2</sub>回収技術及び炭酸塩生成技術の研究開発  
(株式会社トクヤマ、双日株式会社、ナノミストテクノロジーズ株式会社)

t. マイクロ波によるCO<sub>2</sub>吸収焼結体の研究開発(CO<sub>2</sub>-TriCOM)  
(中国電力、広島大、中国高圧)

u. 海水および廃かん水を用いた有価物併産CO<sub>2</sub>固定化技術の研究開発  
(早稲田大学、サクラ、日揮G)

v. 産業廃棄物中カルシウム等を用いた加速炭酸塩化プロセス研究開発  
(出光興産、UBE、日揮G、日揮、成蹊大学、東北大学)

(次ページに続く)

◆研究開発の実施体制

(⑨CO<sub>2</sub>排出削減有効利用 2/2)

NEDO

w.セメント系廃材を活用したCO<sub>2</sub>固定プロセス及び副産物の建設分野への利用技術の研究(竹中工務店)

x.製鋼スラグ中Caの溶媒抽出を用いたCO<sub>2</sub>固定化プロセスの技術開発(神戸製鋼所、神鋼環境ソリューション)

y.二酸化炭素の化学的分解による炭素材料製造技術開発(三菱マテリアル)

z.製鋼スラグの高速多量炭酸化による革新的CO<sub>2</sub>固定技術の研究開発(JFEスチール、愛媛大学)

## ◆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（2020.7-2022.4で9回開催）。
- 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。

	CR化学品①	2021年 3月 24日	
【技術検討委員会】 (外部有識者)	CR化学品②	2022年 4月 11日	
	CR炭酸塩①	2021年 4月14日	
	CR炭酸塩②	2021年12月20日	(共通基盤 炭酸塩分野も共催)
	CR炭酸塩③	2022年 2月 9日	
	CR炭酸塩④	2022年 4月 15日	
	CR電解還元①	2021年 4月21日	(共通基盤)
	CR電解還元②	2021年12月22日	(共通基盤)
	CR燃料①	2022年 4月 20日	

### 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を開催し、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か月（NEDOも同席）

## ◆ 動向・情勢の把握と対応

**事業開始以降、以下のような情勢変化があり、より加速しての本事業の早期実用化が引き続き重要な状況にある。**

### 情勢の変化

- 2021年4月に菅総理大臣は、2030年に向けた温室効果ガスの削減目標について、**2013年度に比べて46%削減**することを目指し、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けていくことを表明した。
- 2021年7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**」が改訂された。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、DACやCO<sub>2</sub>輸送等の取り組みも追加され、また、**カーボンリサイクル製品（汎用品）の普及開始時期を2040年頃に前倒し**すること等が示された。
- 2021年11月に「**COP26**」が開催され、低排出エネルギーシステムへの移行に向けての技術の開発・実装・普及及び政策の採用を加速させることとなった。また、パリ協定第6条に基づく市場メカニズムの実施指針が合意された。
- 2021年12月に経済産業省により、「**グリーンイノベーション基金事業の基本方針**」が策定され2050年カーボンニュートラルの実現に向け、NEDOに2兆円の基金を造成し、野心的な目標にコミットする企業等に対して、10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援することとなった。

**⇒対応は 次ページ**

## ◆ 動向・情勢の把握と対応

**事業開始以降、以下のような情勢変化があり、より加速しての本事業の早期実用化が引き続き重要な状況にある。**

### 情勢の変化

- ⇒ **本事業の早期実用化の重要性がさらに高まる**とともに、事業内容を上記政策と連携し、**排出源、サプライチェーン、制度等の影響などの観点も追加**した。
- **カーボンリサイクルの加速化も踏まえ、2030年ごろに社会実装を目指すテーマについては、グリーンイノベーション基金事業で採択され実施中（2件）**
  - **各種勉強会や協議会における議論を注視し、標準化の議論や制度構築に資する基礎データの取得も行う**こととした。
  - **国内外の排出源やサプライチェーン**についても、特に実証に近いテーマ等で、必要に応じ検討を行うこととしている。

## ◆ 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。
- ◆ 「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条（委託の成果に係る知的財産権の帰属）の規程等に基づき、原則として、**事業成果に関わる知的財産権は全て委託先に帰属**

新規に開発、取得した知財は基本的にオープンとする

	非競争域	競争域	
公開	システム要件 モデル構築手法 など	機械装置類の開発 システム開発 など	} → 必要に応じて 権利化
非公開	事業者の独自技術に基づいたものであり、かつ その事業者が当該技術をクローズ（秘匿）しているもの		

## ◆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19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

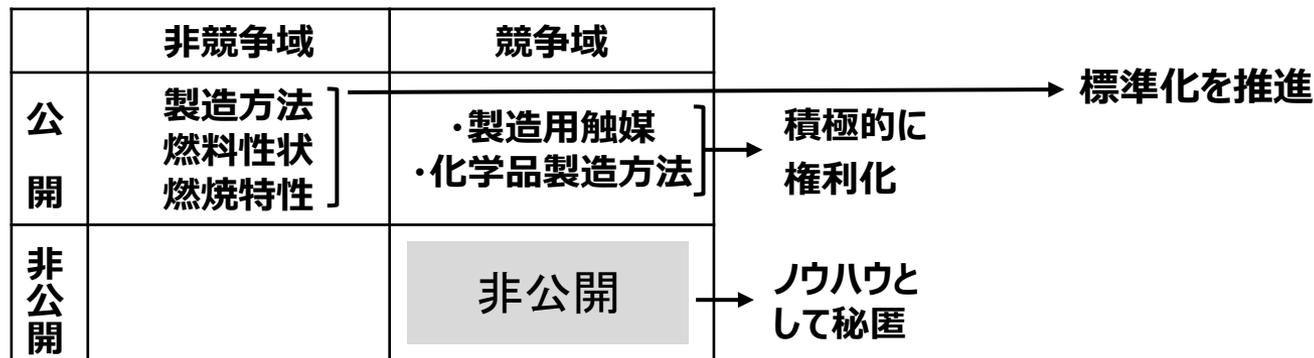
NEDOデータ方針に記載された「全実施機関で構成する知財運営委員会（または同機能）」を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成済み。

### ✓ 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

◆ 知的財産権等に関する戦略

化学品・燃料事業の例

▶ オープン／クローズ戦略の考え方



▶ 戦略的な特許取得、標準化

<特許化戦略（化学品・燃料）>

- ・ 開発した処方による化学品製造方法の基本特許を出願済み。
- ・ 基本特許記載の範囲(反応条件、使用触媒)を広げ、実行範囲の拡大を行う。
- ・ 化学品合成用触媒と触媒の製造方法は競争域。  
改良触媒を用いたメタノール添加製造方法で積極的に権利化を狙う。(触媒量産の例)

<標準化戦略（燃料）>

- ・ 新しい燃料を市場投入する場合、燃料品質規格での検討が必要。
- ・ 新規製造法によるカーボンリサイクル液体合成燃料の性状や燃焼特性面よりの規格に関し検討を実施する。
- ・ カーボンリサイクル液体合成燃料におけるCO<sub>2</sub>排出削減効果のLCA評価としては、広義での評価手法がISOに規定された段階。個別の製造法における規定は未だ決まっていない状況
- ・ 欧州を中心に様々な分野にてLCAに関する規格化に向けた動きがある。日本においても、本技術開発にて得られるデータを活用し、LCA評価等の標準化活動に積極的に参画し、関係機関と連携して取り進める。

◆ 知的財産権等に関する戦略

炭酸塩事業の例

▶ オープン／クローズ戦略の考え方

	非競争域	競争域	
公開	CO2固定率・量の評価方法 反応生成物の情報	凝固技術 破碎技術 炭酸化技術 熱回収技術 全体プロセス技術	積極的に 権利化  ノウハウとして 秘匿
非公開		非公開	

標準化を推進

▶ 戦略的な特許取得、標準化

<特許化戦略（炭酸塩等）>

- 製造方法の基本特許を出願済み。
- 凝固・破碎技術、熱回収技術、熱回収方法、炭酸化技術、全体プロセス技術で積極的に出願
- 製造方法、コンクリートや地盤改良等への利用方法も出願・権利化を狙う。
- CO<sub>2</sub>固定率や評価方法については標準化を検討予定。

<標準化戦略（炭酸塩等）>

- CO<sub>2</sub>固定量の評価方法、反応生成物の物性・品質について、基礎データを収集するとともに関係機関と連携して、標準化を検討する。

## 1. 事業の位置付け・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

## 2. 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

## 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
- (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

非公開セッションにて、4件のテーマにて報告あり

## 4. 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

CO<sub>2</sub>を原料とした化学品合成、液体燃料合成の各技術およびコンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへの各CO<sub>2</sub>利用技術について、要素技術開発および全体システムの構築を行う。(21年度末での進捗状況はいつでも達成○)

事業	分野	達成状況 (中間目標)	成果の意義	
⑨ CO <sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発	化学品	各事業においてラボ～ベンチ試験装置が導入完了し、合成等の評価が進行中。	△	カーボンリサイクルによる化学品合成手法の構築に寄与
	燃料(液体)	電解等設備を導入完了し、試験開始。合成触媒の試験で選択性を確認。	△	合成燃料における技術深化により、低コストな技術の提供に寄与。
	炭酸塩・セメントコンクリート等	ラボ～ベンチスケールでの要素技術開発及び全体システム検討を実施中。	△	実証での要素技術開発につなげ全体システム構築化に寄与。
⑥ カーボンリサイクル・次世代火力推進事業 / 共通基盤技術開発		2020年の8つの採択事業の半数以上は先導から実用化開発に向けた研究にシフト。更に6つの新たな先導研究を採択。	△	カーボンリサイクルロードマップの先導基盤技術の可能性を明確化

## ◆ 研究開発テーマ毎の目標と達成状況

(CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発) (化学品・液体燃料)

研究開発テーマ	成果	達成度	今後の課題と解決方針
o. CO <sub>2</sub> を原料としたパラキシレン製造に関する技術開発	触媒開発、プロセス開発、事業性検討は達成済、触媒量産化において、優先順位の高い目標は達成済/一部遅れて達成見込み。最も難関のカプセル触媒の量産化技術を見出した。	△ (23年3月達成見込み)	触媒開発/量産化等引き続き研究開発が必要であるいずれも達成は可能
p. CO <sub>2</sub> を用いたメタノール合成における最適システム開発	設備仕様決定し、ラボ試験での脱水膜およびメタノール合成基礎データ採取済み、反応器CFDの基本モデルも作成完了	△ (23年3月達成見込み)	試験設備の運用 (安全、効率化) 全体システムモデル構築 (ラボ知見活用)
q. CO <sub>2</sub> を原料とした直接合成反応による低級オレフィン製造技術の研究開発	実ガス試験で使用する触媒の合成方法、成形方法の検討が完了 基本設計が完了	△ (23年3月達成見込み)	実ガス試験機向けの触媒・反応器を含む装置の詳細設計、製作・据え付けを行い、実ガスより回収したCO <sub>2</sub> ガスを原料とした性能確認の実施
r. 次世代FT反応と液体合成燃料一貫製造プロセスに関する研究開発	C5+炭化水素選択率60%達成を見込める触媒系を見出した。またPEEC, SOECそれぞれでの効率や耐久性の向上検討を実施した。	△ (23年3月達成見込み)	触媒開発では計算科学の展開を含め研究加速し、電解セル開発成果との早期の連携を図る。

◎ 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

## ◆ 研究開発テーマ毎の目標と達成状況

(CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発) (コンクリート、セメント、炭素、炭化物等)

研究開発テーマ	成果	達成度	今後の課題と解決方針
s. 微細ミスト技術によるCO <sub>2</sub> 回収技術及び炭酸塩生成技術の研究開発	高濃度CO <sub>2</sub> に対し大量のアルカリ微細ミストが必要との技術課題が判明し、結果的にコスト高との見通し。	×	2021年度で終了し、その後は低濃度CO <sub>2</sub> での高吸収速度を利活用できる用途を事業者で探索する。
t. マイクロ波によるCO <sub>2</sub> 吸収焼結体の研究開発 (CO <sub>2</sub> -TriCOM)	マイクロ波の投入エネルギーで焼結エネルギーの10%以上の削減を確認。小型プラントの設計も完了。	△ (23年3月達成見込み)	添加材等処方確定およびさらに具体的な設備化検討
u. 海水および廃かん水を用いた有価物併産CO <sub>2</sub> 固定化技術の研究開発	かん水中のMgの回収率85%、中間物質の塩化マグネシウム純度98%以上達成、炭酸マグネシウム固定後の利用法に目途、実証試験設備の基本設計完了	◎	目標達成、完了
v. 産業廃棄物中カルシウム等を用いた加速炭酸塩化プロセス研究開発	カルシウム現性状把握し、炭酸塩の基本品質を満足することを確認し、LCAも算定済み	△ (23年3月達成見込み)	1-ガー情報収集と評価、副産物評価により適合性を確認する。
w. セメント系廃材を活用したCO <sub>2</sub> 固定プロセス及び副産物の建設分野への利用技術の研究	セメント系廃材を活用したCO <sub>2</sub> 固定プロセス及び副産物の建設分野への利用技術にかかる各要素技術をラボレベルで構築した。	○	完了、2022年2月よりGI基金にて実施中。

◎ 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

## ◆ 研究開発テーマ毎の目標と達成状況

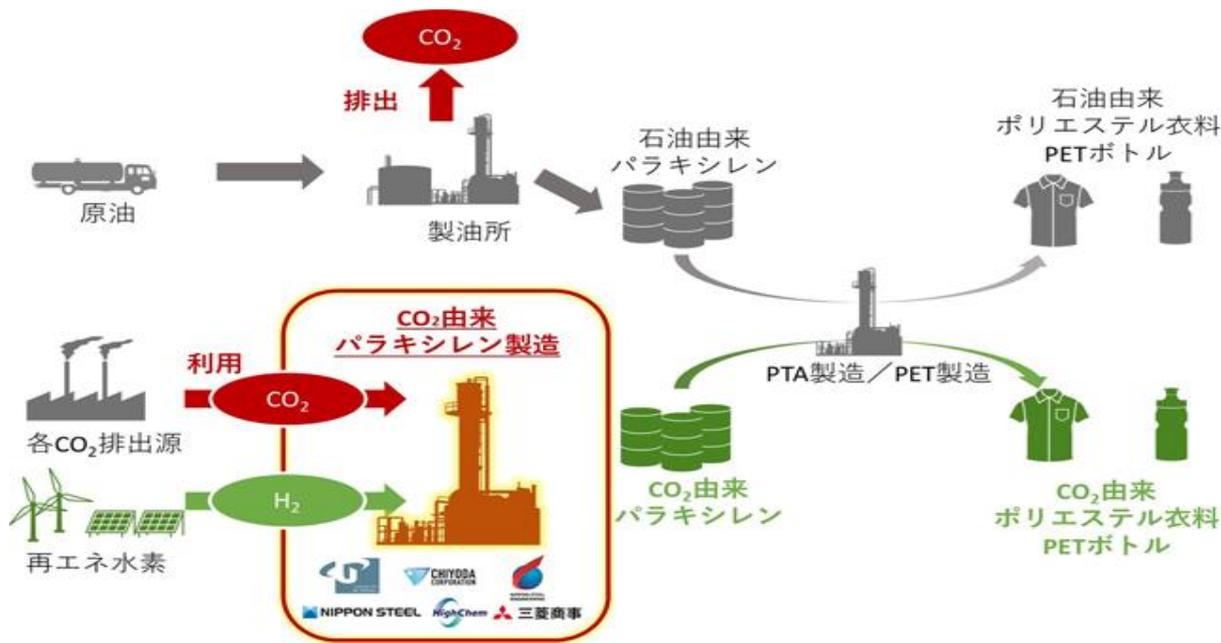
(CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発) (コンクリート、セメント、炭素、炭化物等)

研究開発テーマ	成果	達成度	今後の課題と解決方針
x. 製鋼スラグ中Caの溶媒抽出を用いたCO <sub>2</sub> 固定化プロセスの技術開発	プロセス要素技術試験結果に基づき、小型試験装置の仕様を決定。 スラグの性状を確認し、資材化の見込みを得た。炭酸塩については市場調査を行い、品質目標を設定	△ (23年3月達成見込み)	<課題> BSUを早期導入し連続化を想定したデータを採取する必要がある。 <解決方針> 導入時期短縮化とコスト削減を図る。
y. 二酸化炭素の化学的分解による炭素材料製造技術開発	各工程の要素試験を実施し、反応メカニズムの検討、適正反応条件を把握。 生成炭素の特性分析、分散方法評価、及び電池材料への適用性を検討。	△ (23年3月達成見込み)	反応効率の向上のための反応条件・反応装置の最適化
z. 製鋼スラグの高速多量炭酸化による革新的CO <sub>2</sub> 固定技術の研究開発	製鋼スラグ1kgあたりのCO <sub>2</sub> 固定量30g以上	△ (23年3月達成見込み)	製鋼スラグ数10kgで目標が達成可能かを確認する。

### 【排出削減有効利用 ○ : CO<sub>2</sub>を原料としたパラキシレン製造に関する技術開発】

実施者： 国立大学法人富山大学、日本製鉄株式会社、日鉄エンジニアリング株式会社、ハイケム株式会社、千代田化工建設株式会社、三菱商事株式会社

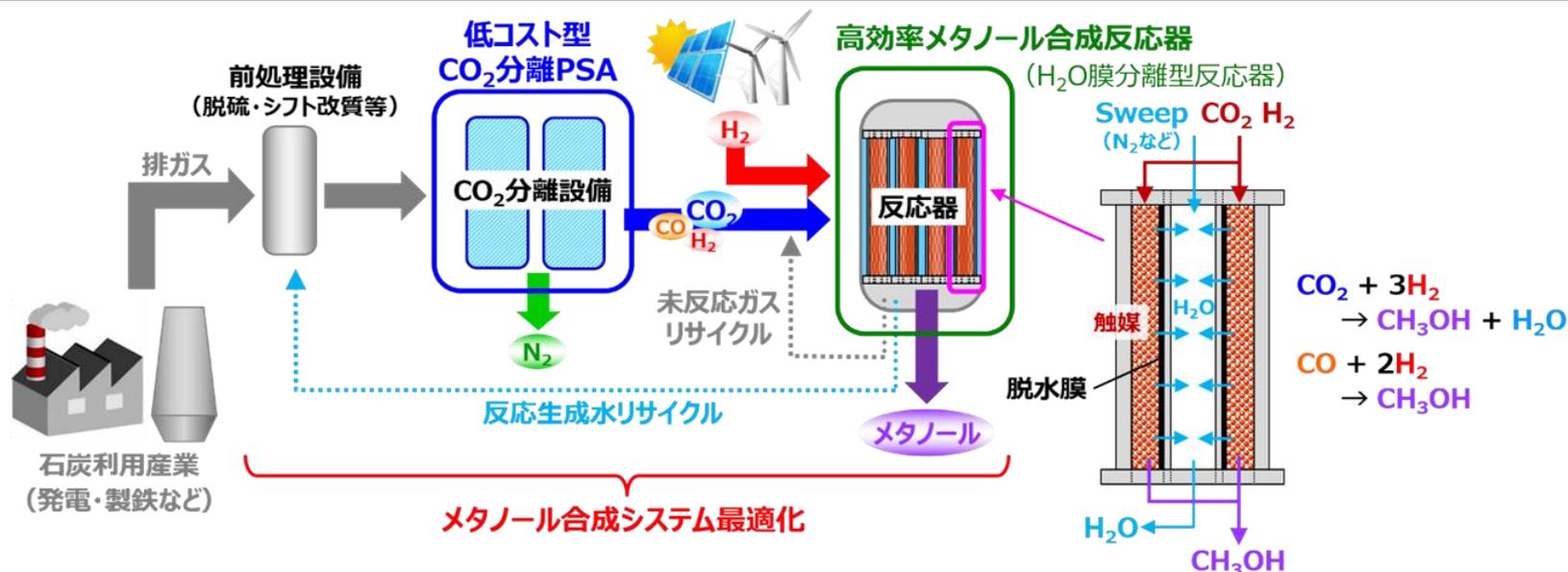
- CO<sub>2</sub>を原料としたパラキシレン製造の技術開発。パラキシレンは、その組成上、他の化学品に比べて製造時に必要な水素原料が少なく済むため、より低コストで多くのCO<sub>2</sub>を固定できる。パラキシレンの世界需要は約4,900万トン／年あり、仮に全てをCO<sub>2</sub>原料に切り替えた場合のCO<sub>2</sub>の固定量は約1.6億トン／年に上る。
- 本事業では、CO<sub>2</sub>からパラキシレンを製造するための画期的な触媒の改良や量産技術の開発、プロセス開発を実施するとともに、全体の経済性やCO<sub>2</sub>削減効果を含めた事業性の検討を行う。CO<sub>2</sub>を原料としてパラキシレンを工業的に製造する技術は確立されておらず、日本独自技術として、世界最先端の取り組みを通じて実用化を目指す。



【排出削減有効利用 p : CO<sub>2</sub>を用いたメタノール合成における最適システム開発】

実施者： JFEスチール株式会社、公益財団法人地球環境産業技術研究機構

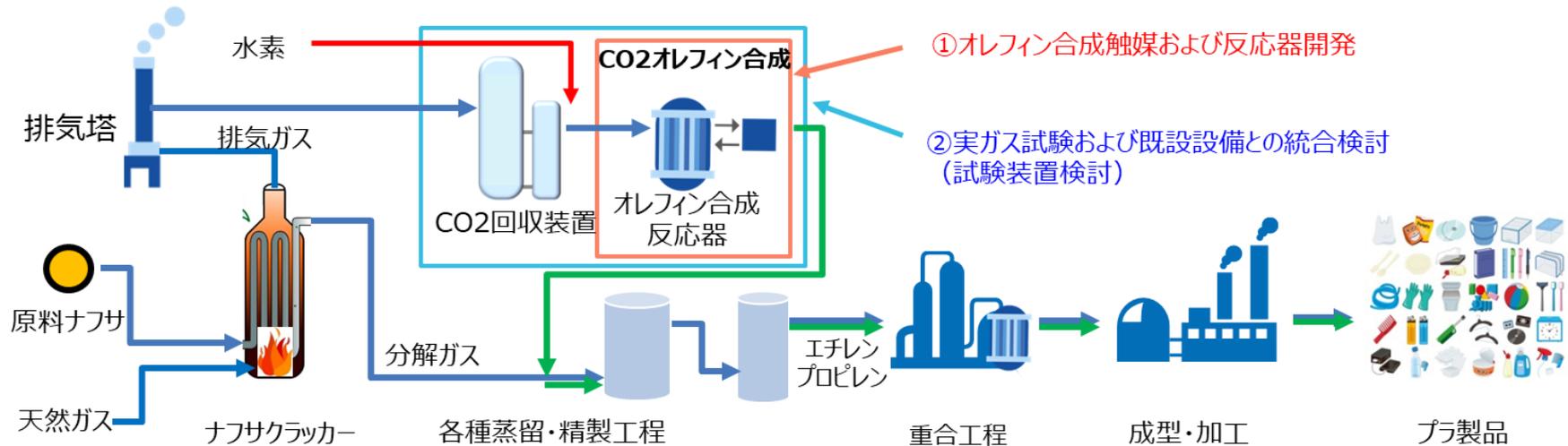
- 製鉄所等の排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>から基礎化学品であるメタノールを合成するCO<sub>2</sub>有効利用プロセスを開発する。製鉄所の高炉ガスはCO<sub>2</sub>濃度が比較的高く、副次成分としてCOやH<sub>2</sub>を含むという特徴があり、これらを最大限利用することで、メタノール合成の低コスト化・高効率化を図る。
- 本開発では、圧カスイング吸着法(PSA)による低コスト型CO<sub>2</sub>分離・回収、およびCO<sub>2</sub>から高効率なメタノール合成が可能なH<sub>2</sub>O膜分離型反応器の技術開発を進めるとともに、前処理設備やメタノール合成時の反応生成水のリサイクルも含めた最適な全体システムの構築を目指す。



**【排出削減有効利用 q : CO<sub>2</sub>を原料とした直接合成反応による低級オレフィン製造技術の研究開発】**

実施者： 株式会社IHI

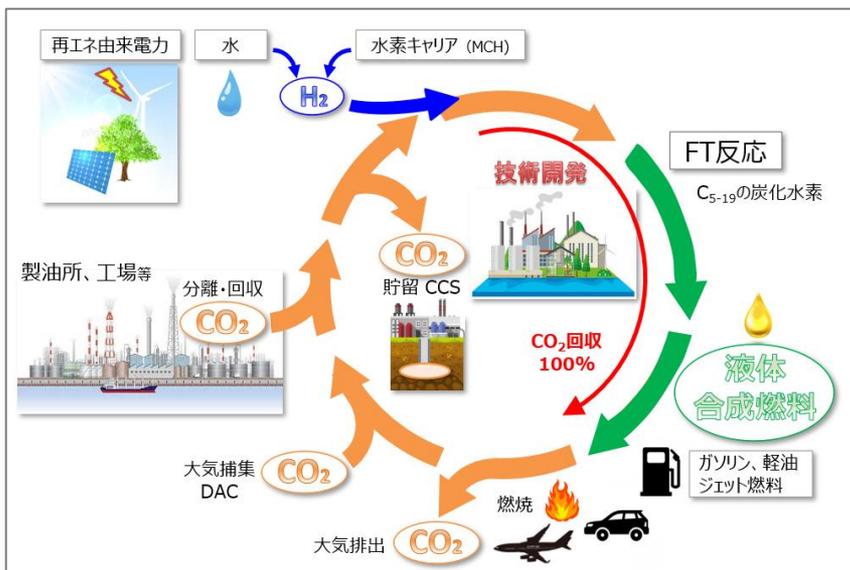
- 燃焼排気ガスから回収した二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) と水素を原料とした非化石資源による低級オレフィン製造プロセスの技術開発を行う。また、本プロセスとナフサを原料とする既存の低級オレフィン製造設備であるエチレンプラントの統合についても検討し、既設の蒸留・精製設備や後流のプラスチック製造・供給バリューチェーンの活用を視野に入れた開発を進める。



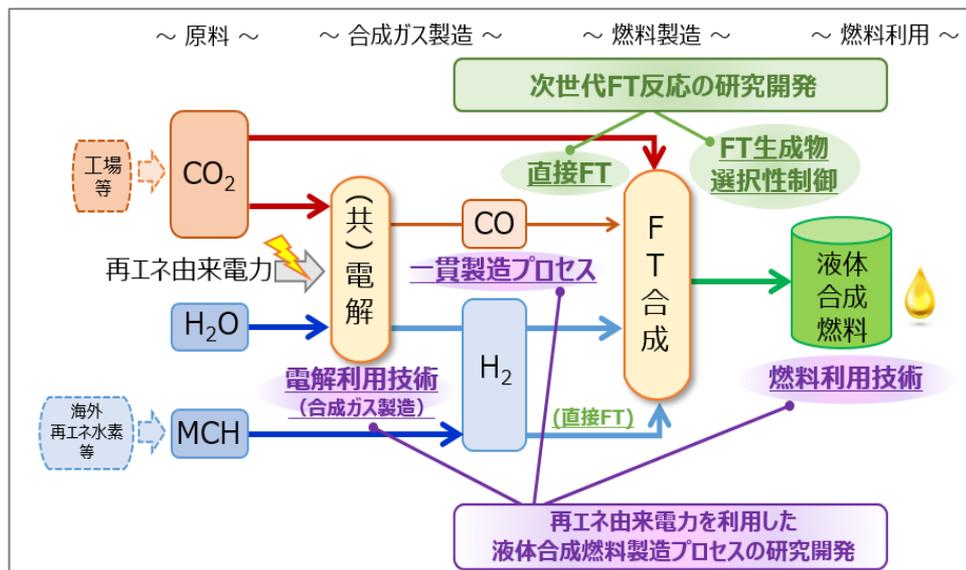
**【排出削減有効利用 r : 次世代FT反応と液体合成燃料一貫製造プロセスに関する研究開発】**

**実施者： 成蹊大学、ENEOS株式会社、名古屋大学、横浜国立大学、出光興産株式会社、産業技術総合研究所、石油エネルギー技術センター**

- 本研究では、CO<sub>2</sub>を原料としたカーボンニュートラルな液体合成燃料を製造するための研究開発として、CO<sub>2</sub>を原料とした炭化水素製造に最も親和性が高いと考えられるフィッシャー・トロプシュ (FT) 反応の次世代技術開発と液体合成燃料一貫製造プロセスの構築と最適化、さらに将来のスケールアップに向けた研究開発を行う。
- 技術課題①としてFT反応におけるCO<sub>2</sub>を原料とした直接反応、FT生成物の選択性制御を、技術課題②として再エネ由来電力を利用した合成ガス製造技術、これとFT反応を組合わせた一貫製造プロセスの確立、液体合成燃料の利用技術を研究開発する。



CO<sub>2</sub>からの液体合成燃料製造の将来像イメージ

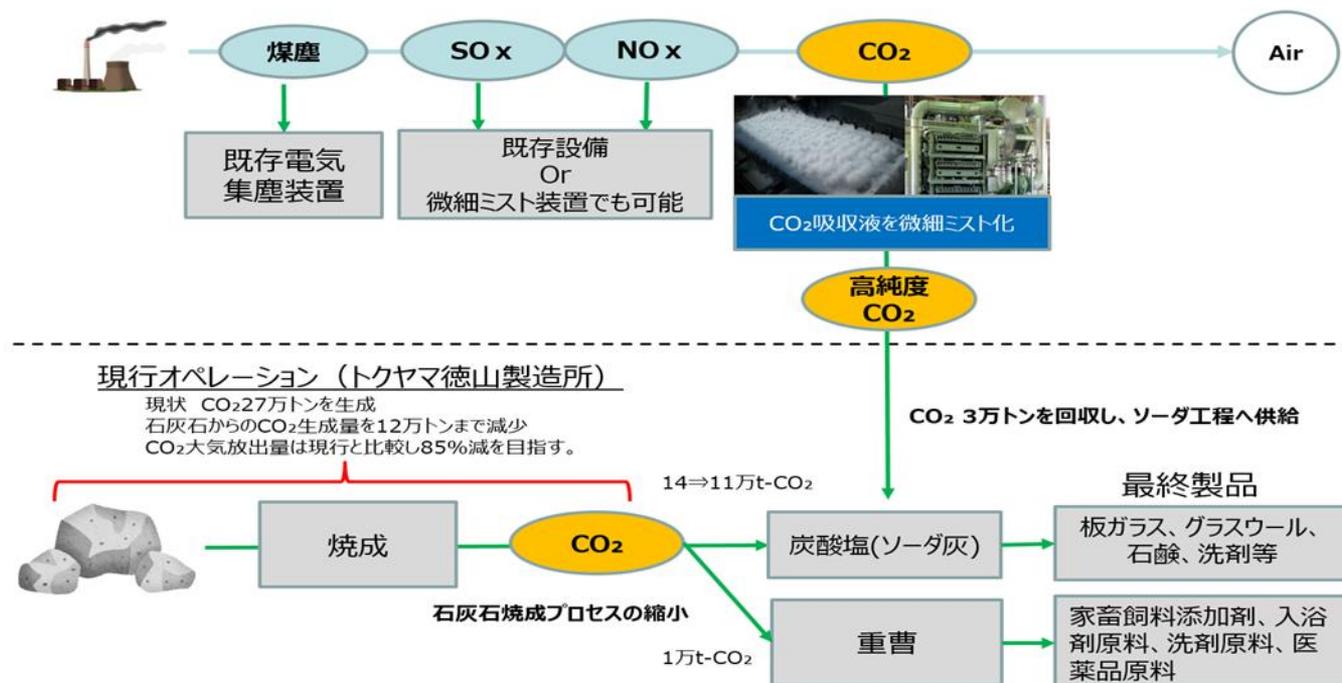


研究開発の概要

**【排出削減有効利用 s : 微細ミスト技術によるCO<sub>2</sub>回収技術及び炭酸塩生成技術の研究開発】**

実施者： 双日株式会社、株式会社トクヤマ、ナノミストテクノロジーズ株式会社

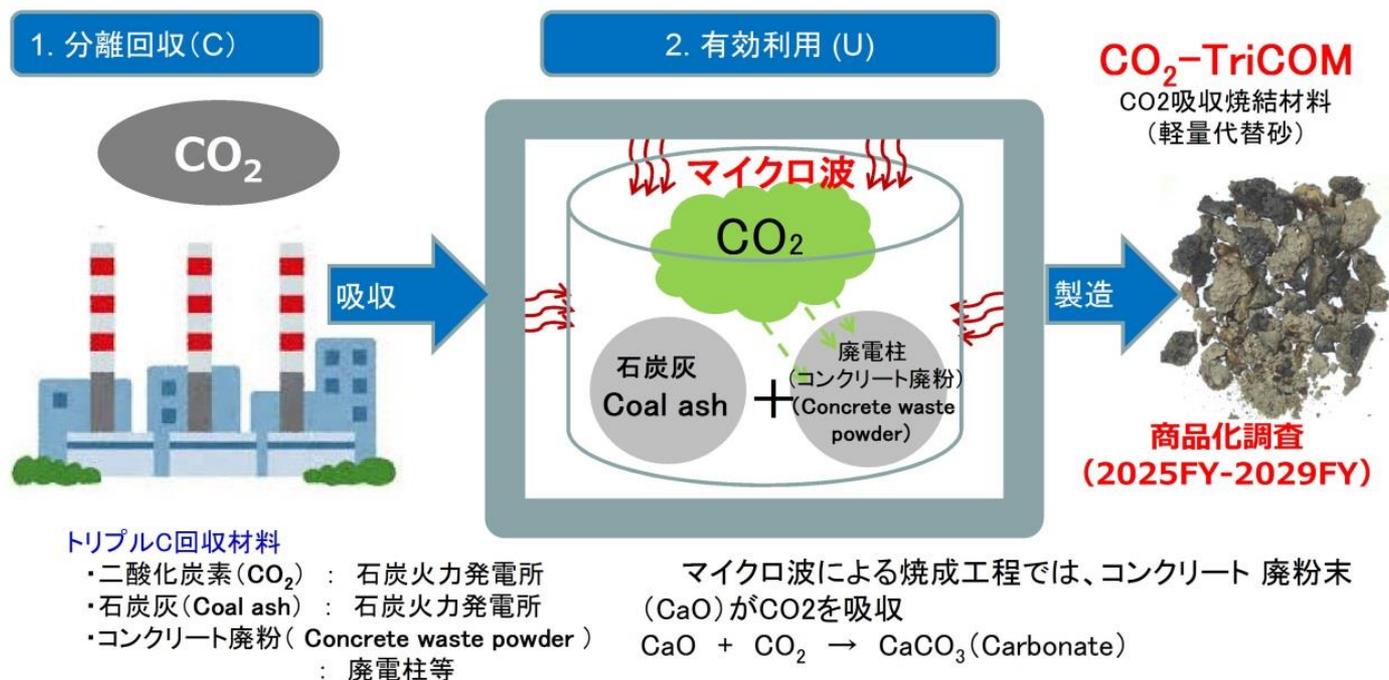
- 特殊な技術で微細な霧としたCO<sub>2</sub>吸収液(微細ミスト)を用いて、石炭火力発電所から排出されるCO<sub>2</sub>を吸収させ、高濃度のCO<sub>2</sub>として回収する技術を開発する。
- 回収したCO<sub>2</sub>は、炭酸塩(ソーダ灰)の原料として利用し、石灰石由来のCO<sub>2</sub>と置き換えることで、工場全体のCO<sub>2</sub>排出量削減を図る。



### 【排出削減有効利用 t : マイクロ波によるCO<sub>2</sub>吸収焼結体の研究開発 (CO<sub>2</sub>-TriCOM)】

実施者： 中国電力株式会社、国立大学法人広島大学、中国高圧コンクリート工業株式会社

- 石炭火力発電に伴って発生する石炭灰、電柱廃材などの廃コンクリートの粉の混合物をマイクロ波で加熱して固めた材料(焼結体)を製造し、これにCO<sub>2</sub>を吸収させることで、緑化基盤材や軽量盛土材として利用可能な材料を製造する技術を開発する。

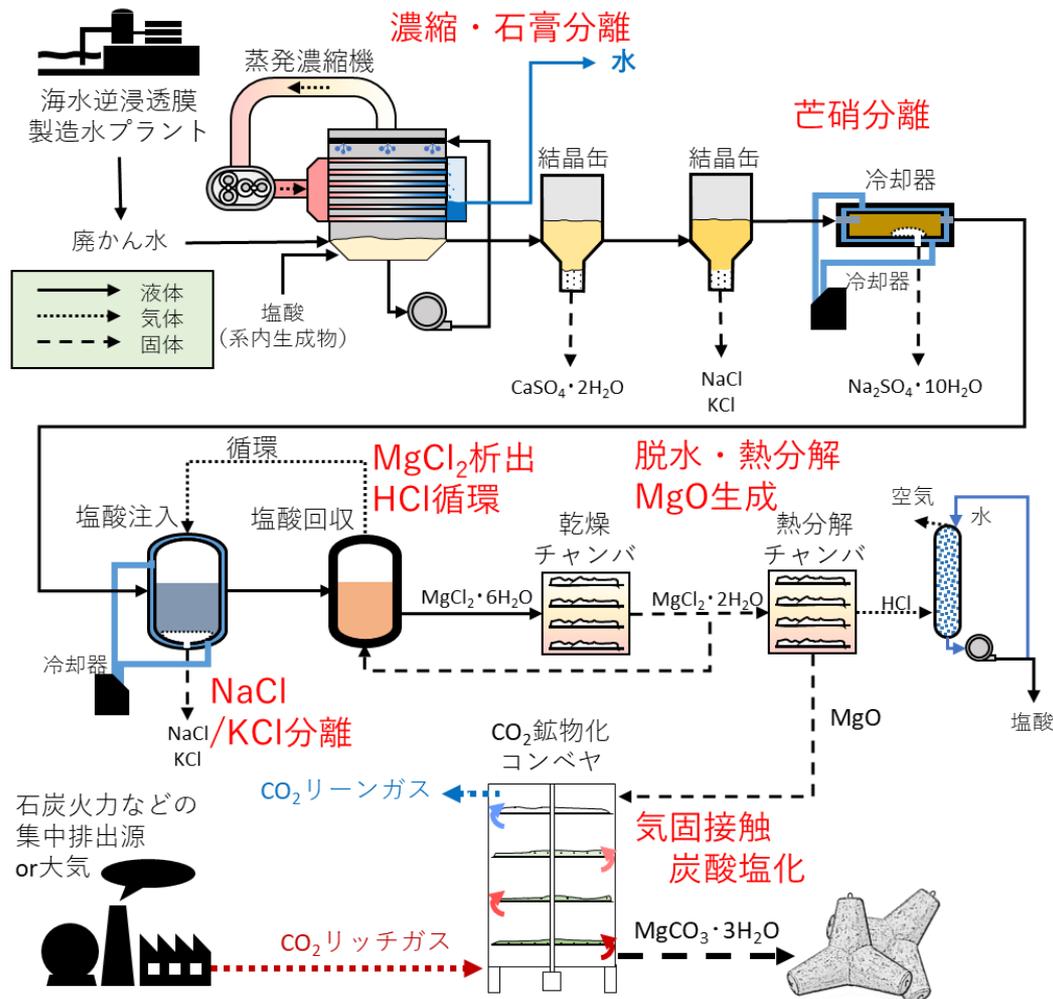


【排出削減有効利用 u : 海水および廃かん水を用いた有価物併産CO<sub>2</sub>固定化技術の研究開発】

実施者： 学校法人早稲田大学、日揮グローバル株式会社、株式会社サクラ

- 海水および廃かん水※に含まれるマグネシウムを原料とし、CO<sub>2</sub>を炭酸マグネシウムとして固定化し、コンクリート製品の骨材などとして利用するまでの一連の技術を開発する。カーボンリサイクルと同時に軟水、石膏、芒硝、食塩、塩酸、肥料といった工業製品の併産が可能である。

※廃かん水：海水淡水化プラントの廃水

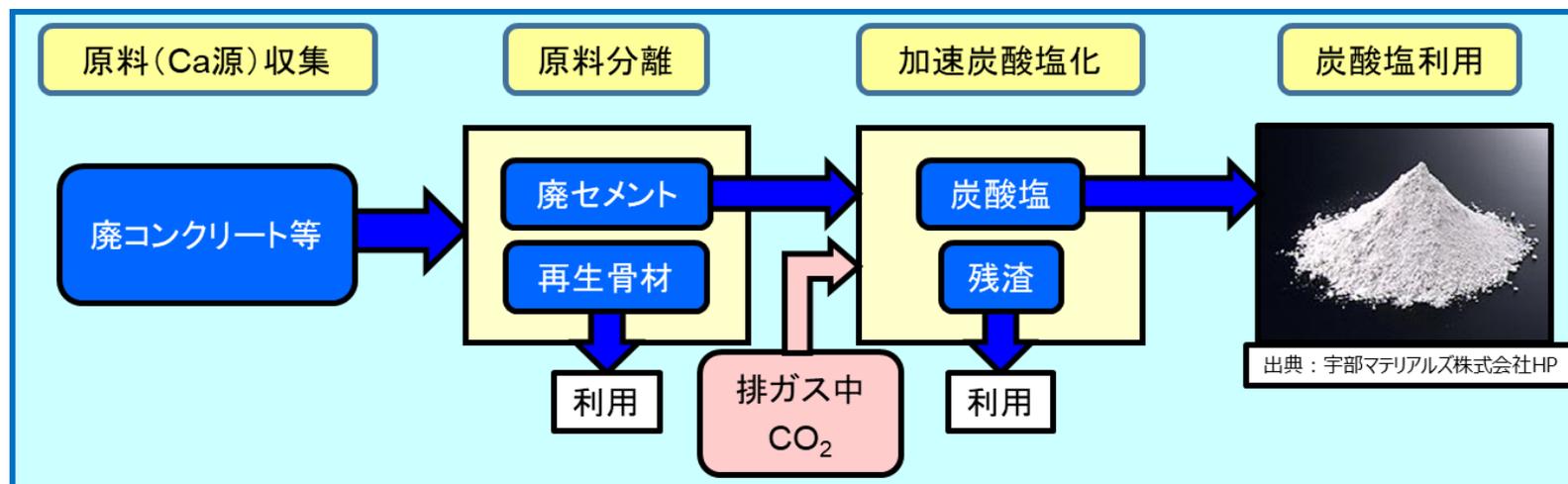


## 【排出削減有効利用 v : 産業廃棄物中カルシウム等を用いた加速炭酸塩化プロセス研究開発】

実施者： 出光興産株式会社、UBE、日揮ホールディングス株式会社、日揮株式会社

学校法人成蹊学園成蹊大学、国立大学法人東北大学

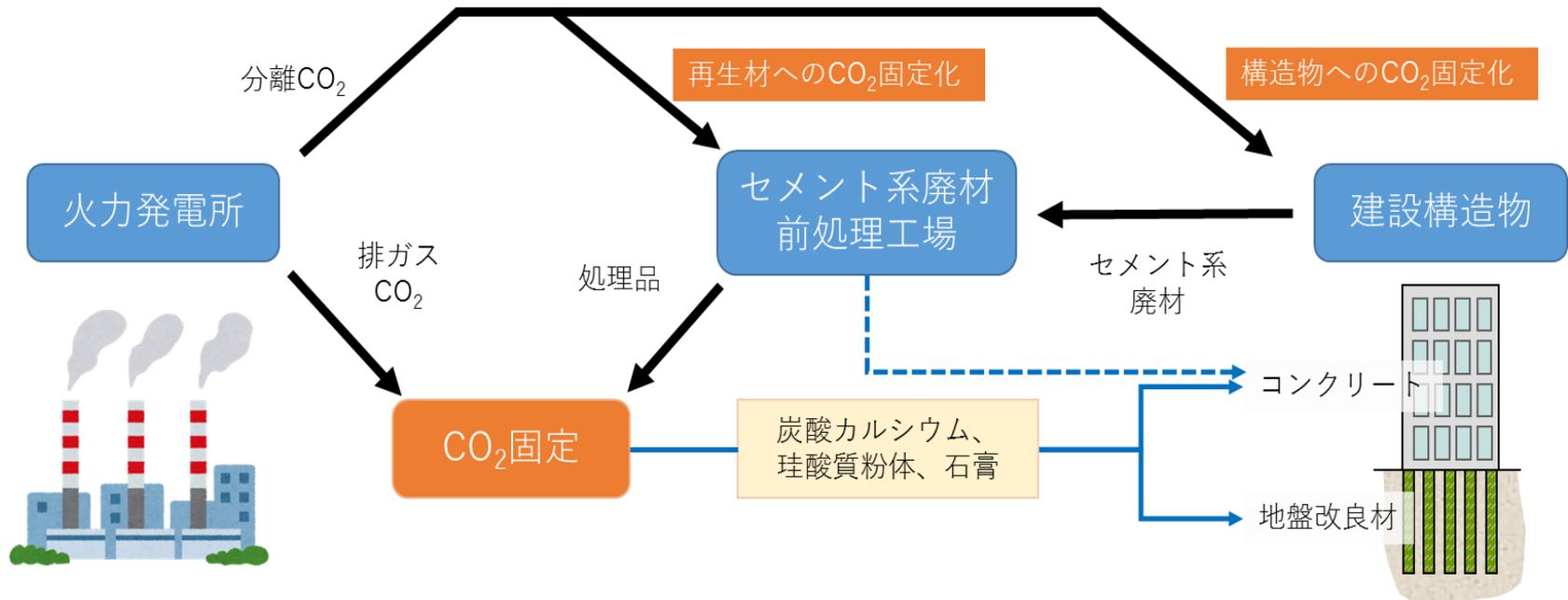
- 廃コンクリート等からカルシウムを抽出し、排ガス中のCO<sub>2</sub>と反応させて固定化させる技術を開発する。カルシウム分の抽出と炭酸塩化の効率を高め、加速させるため、加速炭酸塩化技術について検討を行う。炭酸塩の高付加価値化を進めるとともに、炭酸塩とカルシウム抽出後の残渣を建築・土木材料、各種工業材料等の資源として大量に活用することを目指す。



### 【排出削減有効利用w：セメント系廃材を活用したCO<sub>2</sub>固定プロセス及び副産物の建設分野への利用技術の研究】

実施者： 株式会社竹中工務店

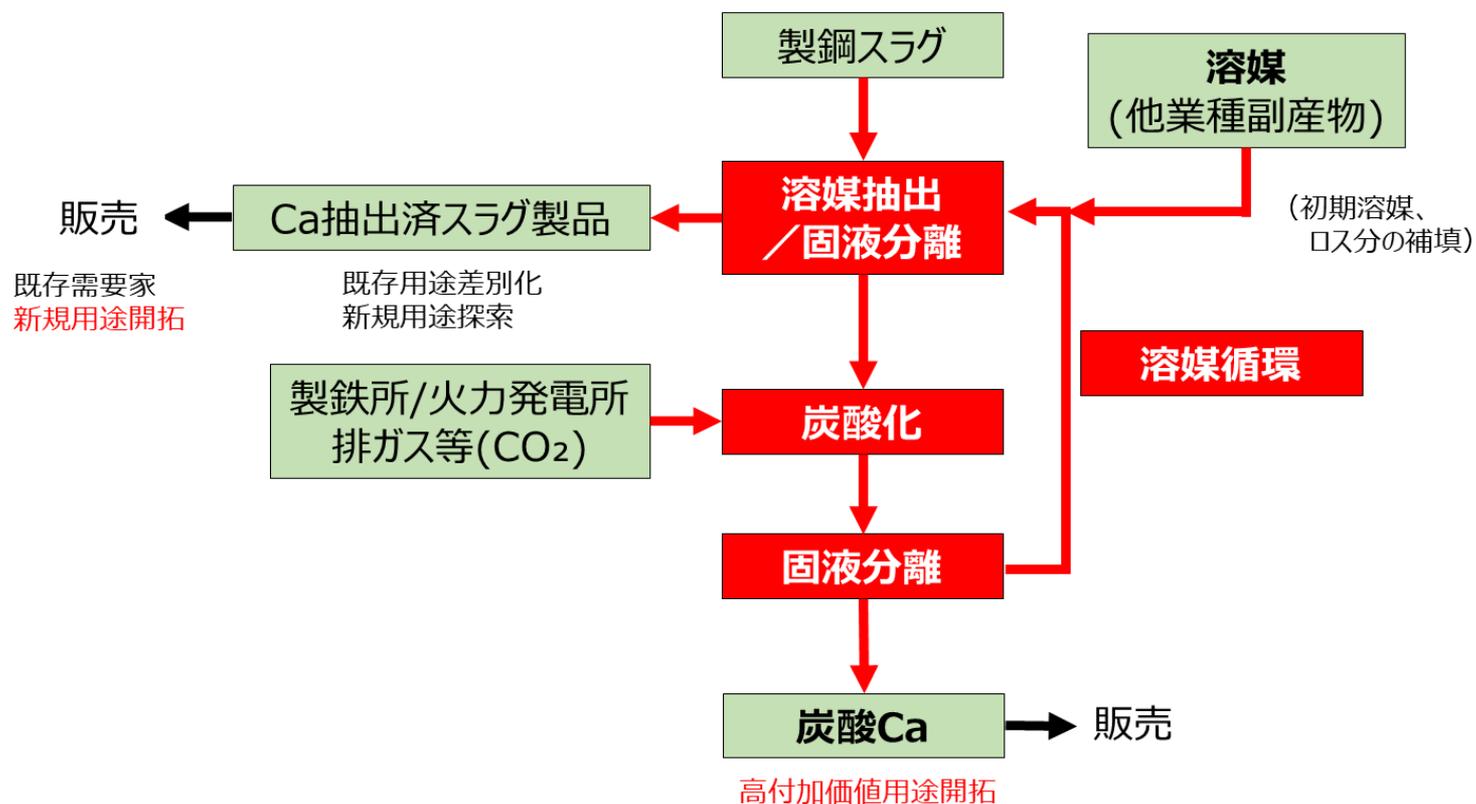
- セメント系廃材を前処理することにより、火力発電所の排ガス中のCO<sub>2</sub>を効率的にセメント系廃材に固定する技術を開発する。
- CO<sub>2</sub>を固定化した副産物に含まれる炭酸カルシウムおよび珪酸質の粒子の特性を活かして、コンクリートや地盤改良体といった建設資材として有効利用する技術を開発する。
- CO<sub>2</sub>の固定化を通してコンクリートおよび地盤改良体の高品質化を図る。



【排出削減有効利用 x : 製鋼スラグ中Caの溶媒抽出を用いたCO<sub>2</sub>固定化プロセスの技術開発】

実施者： 株式会社神戸製鋼所、株式会社神鋼環境ソリューション

- 製鋼スラグ中のCaを他業種で副産物として発生する有機溶媒等で高効率に抽出することを特徴とする新規CO<sub>2</sub>固定化プロセスを開発し、CO<sub>2</sub>削減・地球温暖化抑制に貢献する。また、生成物は品質を向上させ、資源として有効活用する。



## 【排出削減有効利用 y : 二酸化炭素の化学的分解による炭素材料製造技術開発】

実施者： 三菱マテリアル株式会社

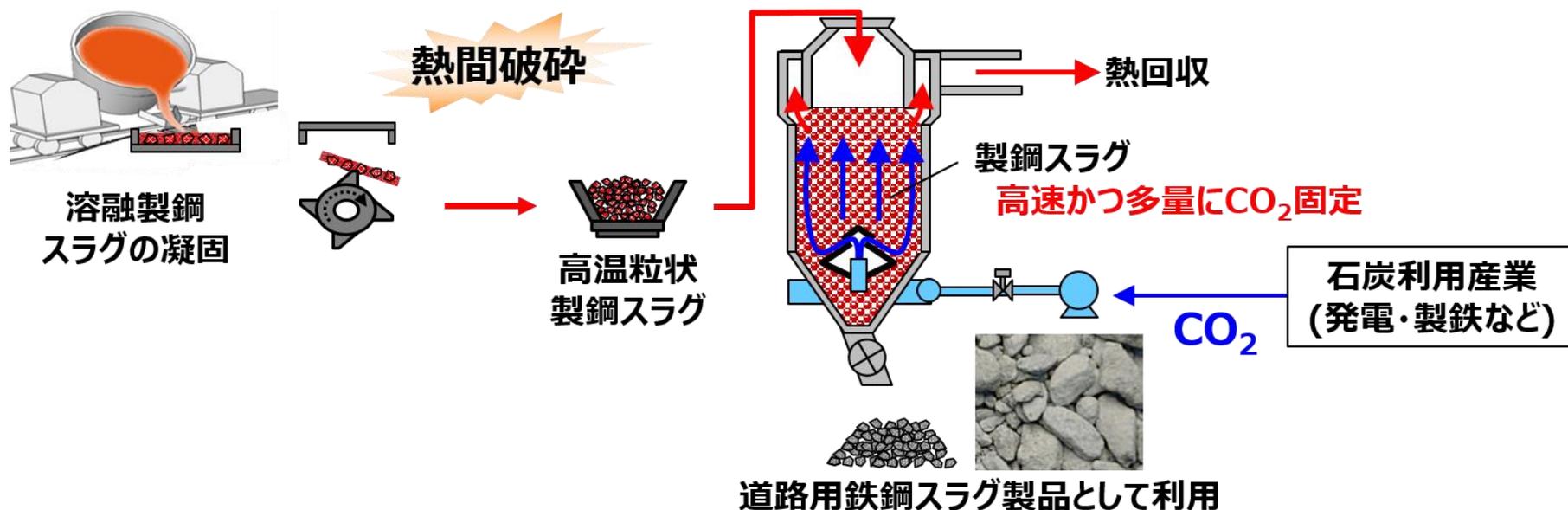
- 「活性化還元剤」を用いたCO<sub>2</sub>利用技術開発を行う。活性化還元剤は、粉末状の金属酸化物を水素と反応させることによって、CO<sub>2</sub>を活性化還元剤と反応させることでCO<sub>2</sub>を化学的に分解し炭素ナノ材料を製造する。また、使用済みの還元剤の再生過程で水素の製造も可能とする、一連の技術開発に取り組み、得られた炭素ナノ材料はカーボンブラックや電池材料、構造材料などへの利用が期待される。本技術の実現により、火力発電所や産業プラント(鉄鋼、セメント)などから排出されるCO<sub>2</sub>の削減を図る。



【排出削減有効利用 z : 製鋼スラグの高速多量炭酸化による革新的 CO<sub>2</sub>固定技術の研究開発】

実施者： J F E スチール株式会社 共同実施先：愛媛大学

- 鉄鋼生産の副産物として生成する高温状態の製鋼スラグに、石炭利用産業から排出されるCO<sub>2</sub>を吹き込むことにより、製鋼スラグ中の酸化カルシウム成分に、短時間で多量にCO<sub>2</sub>を固定して炭酸塩化する革新的な技術を開発する。
- 同時に、CO<sub>2</sub>固定化後のガスの熱を回収することでエネルギー効率を高め、プロセス全体でのCO<sub>2</sub>固定量および削減量の最大化を図る。また、炭酸塩化した製鋼スラグは、需要が大きな道路用鉄鋼スラグとしての利用を図る。



## ◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発テーマ	最終目標	達成見通し
o. CO <sub>2</sub> を原料としたパラキシレン製造に関する技術開発	触媒性能と寿命を向上し、触媒量産化の目途をつける。また、ベンチ装置でのデータを積み上げ準商業化プラントの目途をたて、事業ケーススタディを纏めることで事業性検討する。	△
p. CO <sub>2</sub> を用いたメタノール合成における最適システム開発	低コスト型CO <sub>2</sub> 分離PSAおよび高効率メタノール合成反応器の連動運転試験を行い、全体システム高効率化および最適化を行うと共に、システム全体としてのCO <sub>2</sub> 削減効果および経済性評価を行う。	△
q. CO <sub>2</sub> を原料とした直接合成反応による低級オレフィン製造技術の研究開発	低級オレフィンの収率目標である実ガス試験において20%以上を見通せることを確認する。また実ガス試験向けの装置の基本設計と詳細設計が完了する。	△
r. 次世代FT反応と液体合成燃料一貫製造プロセスに関する研究開発	電解セルの開発および直接FT反応で65%、合成ガスからのFTで75%の選択率を達成し、触媒系の開発により液体合成燃料製造プロセス技術の要素基盤技術を確立する。	△
s. 微細ミスト技術によるCO <sub>2</sub> 回収技術及び炭酸塩生成技術の研究開発	化石燃料排ガスのCO <sub>2</sub> を微細ミスト技術で回収して炭酸塩を製造する	× 高濃度CO <sub>2</sub> ではコスト高と判明。
t. マイクロ波によるCO <sub>2</sub> 吸収焼結体の研究開発 (CO <sub>2</sub> -TriCOM)	パイロットスケールレベル (30 kWクラス) の製造システムによる試作を行い、商用化に向けた以下の技術的課題の解決をはかる。	△
u. 海水および廃かん水を用いた有価物併産CO <sub>2</sub> 固定化技術の研究開発	商業化を想定した最適条件を確立し、次期実証試験設備の基本設計を完了させる。	◎

## ◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発テーマ	最終目標	達成見通し
v. 産業廃棄物中カルシウム等を用いた加速炭酸塩化プロセス研究開発	ベンチプラントによるプロセス全体の経済性・LCAおよびCO <sub>2</sub> 固定量を評価し、採算性を確保できるビジネスモデルを構築する。	△
w. セメント系廃材を活用したCO <sub>2</sub> 固定プロセス及び副産物の建設分野への利用技術の研究	セメント系廃材からセメント成分の分離回収法及びCO <sub>2</sub> 固定プロセスの構築、副産物の利用技術、並びにコンクリート・地盤改良へのCO <sub>2</sub> 固定化による高品質化技術に関する要素技術をラボレベルで構築する。	○ 21年度終了
x. 製鋼スラグ中Caの溶媒抽出を用いたCO <sub>2</sub> 固定化プロセスの技術開発	連続プロセス要素技術の確立とサプライチェーンの構築する。	△
y. 二酸化炭素の化学的分解による炭素材料製造技術開発	ベンチスケール試験を実施し、全体システムを最適化するとともに、経済性評価を完了する。各工程の反応転化率は85%以上、炭素回収率85%、回収炭素の純度98%以上を目指す。	△
z. 製鋼スラグの高速多量炭酸化による革新的CO <sub>2</sub> 固定技術の研究開発	製鋼スラグ1kgあたりのCO <sub>2</sub> 固定量30g以上達成。数t/バッチのベンチ試験において、スラグ投入温度900℃時での熱回収効率50%以上・高速多量炭酸化の同時複合処理が可能なプロセスを構築する。	△

## ◆ 成果の普及

	2020 年度	2021 年度	2022 年度	計
論文	7	19	1	27
研究発表・講演	1	48	14	63
受賞実績	0	3	0	3
新聞・雑誌等への掲載	2	22	2	26
展示会への出展	2	2	1	5

## ◆ 成果の普及

一例を記載(詳細は事業原簿を参照)

### ➤ 論文専門誌

・コンクリート工学 (2021年9月号)

カーボンニュートラルに向けたNEDOの取組み (NEDO)

産業廃棄物中カルシウム等を用いた加速炭酸塩化プロセス研究開発 (宇部興産)

エネルギー・CO<sub>2</sub>ミニマムセメント・コンクリートの開発と適用 (竹中工務店)

・石油学会誌「ペトロテック」 2021年4月号 (JPEC等)

・月刊「コンクリートテクノ」 Vol.41、No.3、Mar.2022 (竹中工務店)

省CO<sub>2</sub>コンクリートからカーボンニュートラル・カーボンネガティブコンクリートへ

・ZnCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-ZSM-5触媒を用いた二酸化炭素からパラキシレンへの選択的変換

第51回石油・石油化学討論会 2021年11月11-12日 (富山大)

・メタノールの自己触媒作用および Cu/ZnO触媒による CO<sub>2</sub>を含む合成ガスからの新しい低温メタノール合成

第51回石油・石油化学討論会 2021年11月11-12日 (富山大)

・「二酸化炭素利活用技術～CO<sub>2</sub>削減に向けた最新研究～」情報機構刊、2022年1月21日発行 (JPEC等)

・New low-temperature methanol synthesis from CO<sub>2</sub>-containing syngas via self-catalysis of methanol and Cu/ZnO catalysts 18th Japan-Korea Symposium on Catalysis (18th JKSC), 2021.11.23-25, BEST POSTER AWARD受賞

### ➤ プレスリリース

・2021年10月9日～15日 脱炭素から「活性炭素」へ次世代コンクリート技術の共同研究を開始、(宇部興産)

読売新聞、日刊建設工業新聞、建設通信新聞、日刊工業新聞、電気通信新聞

・2022年1月31日 日本経済新聞 掲載 プロジェクト最前線 (IHI)

・2022年2月11日 日経産業新聞 掲載 IHI,CO<sub>2</sub>フリーのプラ原料 (IHI)

等

## ◆ 成果の普及

一例を記載(詳細は事業原簿を参照)

### ➤ 講演会

**「2022年度JPECフォーラム」開催のご案内**

主催: JPEC 石油エネルギー技術センター

このたび下記要項にて2022年度JPECフォーラムを開催いたしますので、皆様のご参加をお願い申し上げます(ハイブリッド開催(会場+Web配信))。

本フォーラムは、石油にかかわる革新的技術開発を中心にご紹介し、皆様のご指摘・ご意見を反映することで、JPECが進める技術開発事業をより一層推進することを目的として開催するものです。

各発表に先立つ基調講演では、『イノベーションによるカーボンニュートラルの実現』と題し、国立研究開発法人産業技術総合研究所 セロエミッション国際共同研究センター長 吉野 彰氏にオンラインでご講演いただきます。皆様にご興味深くご聴講いただけるものと思います。

口頭発表テーマは、海外石油産業調査、製油所グリーン化、カーボンリサイクル液体燃料、プラスチック資源循環、水素エネルギーなど、7つの異なるセッションからなる多岐にわたった内容となっております。多数の皆様方のご参加をお待ち申し上げます。

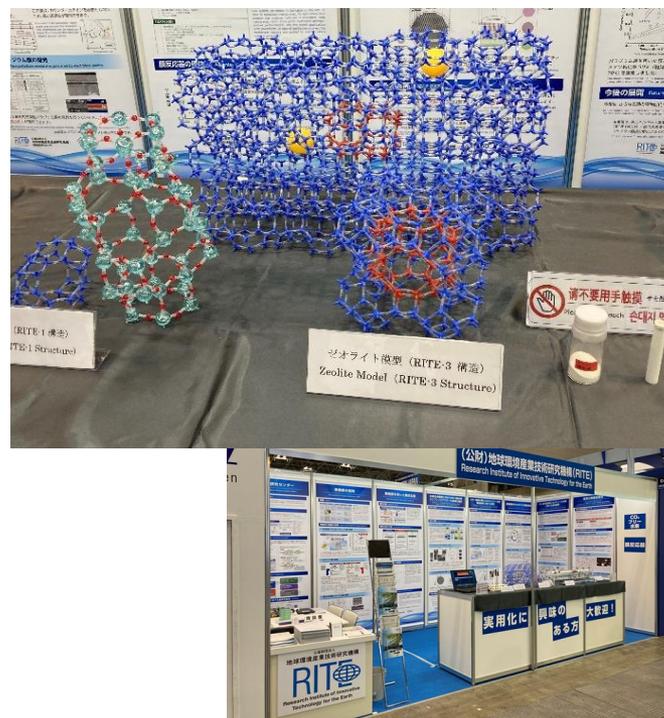
1. 開催日時 2022年5月11日(水)10:00~16:40  
会場受付時間 9:30~  
開始時間 10:00~



JPECフォーラム (2022年5月11日)

- カーボンリサイクル液体燃料を含め関連の多岐テーマを発表

### ➤ 展示会



名称: 国際水素・燃料電池展 (東京ビッグサイト)  
展示: メタノール用ゼオライト脱水膜の展示 (RITE)  
会期: 2022年3月16日~3月18日

**◆ 知的財産権の確保に向けた取組****➤ 出願特許の状況**

	2020 年度	2021 年度	2022 年度	計
特許出願（うち外国出願）	2	22 (4)	8	32 (4)

## 1. 事業の位置付け・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

## 2. 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

## 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
- (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

## 4. 成果の実用化に向けた取組 及び見通し

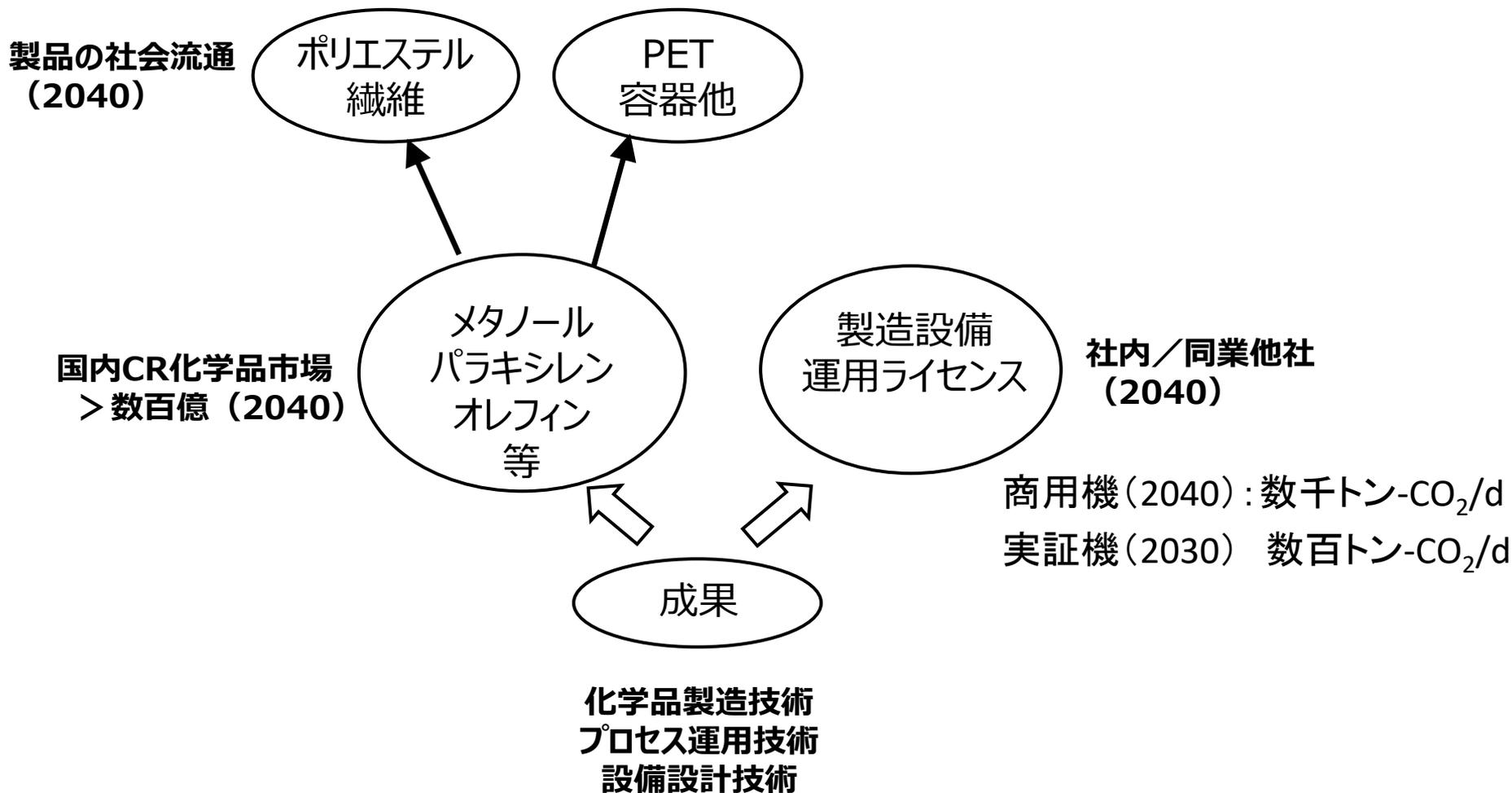
- (1)成果の実用化に向けた戦略
- (2)成果の実用化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化の見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

**実用化は、『CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用に適用可能な技術が確立されたこと』をいう。**

◆ 実用化に向けた戦略

化学品事業の一例



◆ 実用化に向けた具体的取組

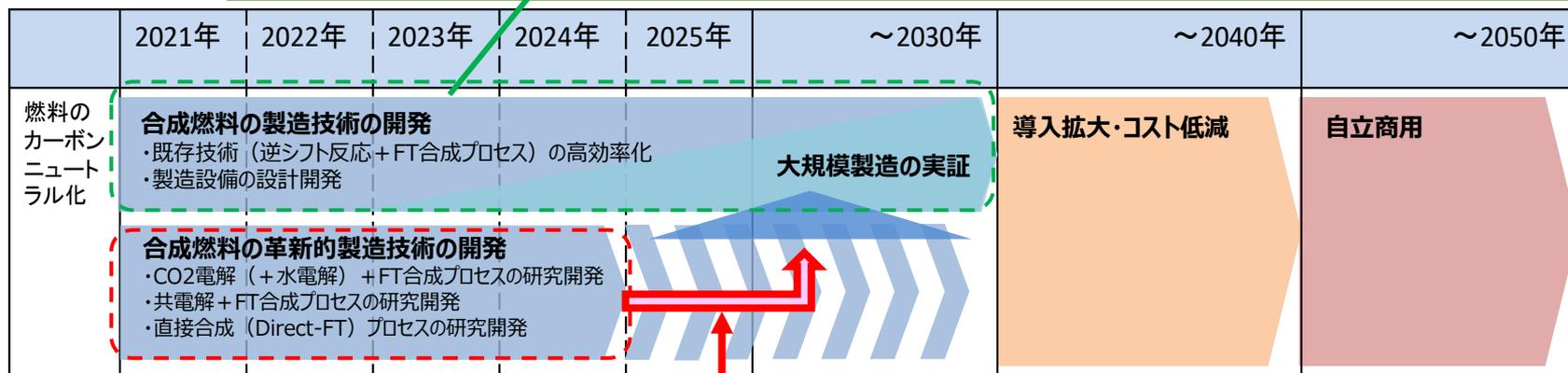
	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2027年度～2030年度～2035年度
規模 検討内容			<p style="text-align: center;">中間目標</p>			<p style="text-align: center;">最終目標</p>
全体システム最適化	<p style="text-align: center;">基本原理確認</p>		<p style="text-align: center;">基本技術確立</p>		<p style="text-align: center;">長期運転性能実証 事業化検討</p>	<p style="text-align: center;">量産化</p>
						<p style="text-align: center;">実証プラント 設計・建設 実証試験</p> <p style="text-align: center;">製品製造実用化</p> <p style="text-align: center;">商用プラント 設計・建設</p> <p style="text-align: center;">大型商用プラント実用化</p>

◆ 成果の実用化の見通し

燃料事業の一例

【液体燃料】

NEDO事業「グリーンイノベーション基金事業／CO2等を用いた燃料製造技術開発プロジェクト」



出典：METI 合成燃料研究会中間取りまとめ資料より

本事業成果の展開

- GI基金事業にて、既存技術で大規模実証により、早期の社会実装を図る計画である。
- 本事業の成果については、適応可能な技術から大規模製造に順次導入予定。
- 2040年以降では導入の拡大、コストの低減図り、2050年での商用自立化を目指す。

## ◆ 成果の実用化の見通し

### ● 実用化に対する課題について記載する。

#### 技術面

- 化学品・燃料においては合成触媒における収率・耐久性・選択性を向上する開発が課題。
- 鉱物化においては用途開拓とともに、CO<sub>2</sub>固定による材料強度の確保等既存規格との整合確認が課題。
- 原料CO<sub>2</sub>等の確保から製品完成まで、低コストで実現可能な一貫プロセスの構築が必要。

#### 事業面

- 原料となるCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>の調達コストを含めた総合的な経済性検討が必要
- 特に燃料分野においては国際標準等に基づいたCO<sub>2</sub>カウントの仕組み、インセンティブの在り方など制度形成による経済性評価を行う必要。

## ◆波及効果

- 特に顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果）、人材育成等があれば記載。

### 技術・社会的効果

- 2050年のカーボンニュートラル化で数億トン/年規模のCO<sub>2</sub>削減量を見込み、温暖化対策への大きな波及効果が見込める。
- 技術的な網羅を行い、実例を収集し、発信を行うことで新規の参入を活発化することを期待できる。これにより2050年カーボンニュートラル化を目指して、社会的な開発を活性化させる。

### 経済的効果

- 経済性評価等を実施することにより、社会的な経済性見通し、特に地域経済に適合した運用の最適化が見込まれる。

### 人材育成効果

- 共通基盤事業等により大学・企業内でのカーボンリサイクル技術者が育成され、知識の伝搬による業界への人材展開が期待できる。

## ⑥ 共通基盤事業に関する補足資料

◆研究開発のスケジュール

(⑥共通基盤技術開発) (1)

研究開発テーマ	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
a.ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中のCO <sub>2</sub> からの基幹物質製造開発事業	→				最終目標		
b.カルシウム含有廃棄物からのCO <sub>2</sub> 抽出およびCO <sub>2</sub> 鉱物固定化技術の研究開発	→						
c.CO <sub>2</sub> 電解リバーシブル固体酸化物セルの開発	→						
d.石炭灰およびバイオマス灰等によるCO <sub>2</sub> 固定・有効活用に関する要素技術開発	→						
e.高温熔融塩電解を利用したCO <sub>2</sub> 還元技術の研究開発	→						
f.CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O共電解技術の研究開発	→						
g.放電プラズマによるCO <sub>2</sub> 還元・分解反応の基盤研究開発	→						
h.二酸化炭素資源化のための中低温イオン液体を用いた尿素電解合成の可能性調査	→						

◆研究開発のスケジュール

(⑥共通基盤技術開発) (2)

研究開発テーマ	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
i. CO <sub>2</sub> の気相電解還元による炭化水素燃料の直接合成可能な電極触媒の研究開発			→				
j. 海水と生体アミンを用いたCO <sub>2</sub> 鉱物化法の研究開発			→				
k. CO <sub>2</sub> からのアンモニアメタネーションの技術開発			→				
l. CO <sub>2</sub> を活用したマリンバイオマス由来活性炭転換技術の開発			→				
m. カーボンリサイクルLPガス合成技術の研究開発			→				
n. 二元機能触媒を用いた高効率炭酸ガス回収・メタン合成プロセスの研究開発			→				

最終目標

◆ 研究開発の実施体制

(共通基盤技術開発 1/2)

NEDO

a. ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中のCO<sub>2</sub>からの基幹物質製造開発事業  
(学校法人慶應義塾、学校法人東京理科大学、一般財団法人石炭フロンティア機構)

b. カルシウム含有廃棄物からのCa抽出およびCO<sub>2</sub>鉱物固定化技術の研究開発事業  
(住友大阪セメント株式会社、国立大学法人山口大学、国立大学法人九州大学)

c. CO<sub>2</sub>電解リバーシブル固体酸化物セルの開発  
(一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人東京工業大学)

d. 石炭灰およびバイオマス灰等によるCO<sub>2</sub>固定・有効活用に関する要素技術開発  
(一般財団法人電力中央研究所、三菱パワー株式会社、東洋建設株式会社、一般財団法人石炭フロンティア機構)

e. 高温熔融塩電解を利用したCO<sub>2</sub>還元技術の研究開発  
(国立研究開発法人産業技術総合研究所、学校法人同志社)

f. CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O共電解技術の研究開発  
(東芝エネルギーシステムズ株式会社、国立大学法人九州大学)

g. 放電プラズマによるCO<sub>2</sub>還元・分解反応の基盤研究開発  
(国立大学法人東海国立大学機構、澤藤電機株式会社、川田工業株式会社)

h. 二酸化炭素資源化のための中低温イオン液体を用いた尿素電解合成の可能性調査  
(一般財団法人電力中央研究所、学校法人慶應義塾)

(次ページに続く)

◆ 研究開発の実施体制

(共通基盤技術開発 2/2)

NEDO

i. CO<sub>2</sub>の気相電解還元による炭化水素燃料の直接合成可能な電極触媒と実装化に向けた電極触媒開発指針の開発  
(国立大学法人東京工業大学、国立大学法人埼玉大学、国立大学法人北海道大学)

j. 海水と生体アミンを用いたCO<sub>2</sub>鉱物化法の研究開発  
(学校法人北里研究所北里大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人琉球大学、国立大学法人東京大学、株式会社日本海水、出光興産株式会社)

k. CO<sub>2</sub>からのアンモニアメタネーションの技術開発  
(日揮ホールディングス株式会社、日揮グローバル株式会社、国立大学法人広島大学)

l. CO<sub>2</sub>を活用したマリンバイオマス由来活性炭転換技術の開発  
(国立大学法人九州大学、一般財団法人金属系材料研究開発センター)

m. カーボンリサイクルLPガス合成技術の研究開発  
(一般社団法人日本グリーンLPガス推進協議会、国立研究開発法人産業技術総合研究所、エヌ・イーケムキャット株式会社)

n. 二元機能触媒を用いた高効率炭酸ガス回収・メタン合成プロセスの研究開発  
(国立研究開発法人産業技術総合研究所、日立造船株式会社)

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

◆研究開発テーマ毎の目標と達成状況		(共通基盤技術開発) (1)	
研究開発テーマ	成果	達成度	今後の課題と解決方針
a. ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中のCO <sub>2</sub> からの基幹物質製造開発事業	電極面積1m <sup>2</sup> 換算で目標値200 g/(m <sup>2</sup> ・h) を超える367 g/(m <sup>2</sup> ・h) のギ酸生成達成	○	電解セル・分離回収システムを統合しラボレベルからベンチスケールアップ技術を開発 (今年度、研究拠点におけるCO <sub>2</sub> 有効利用要素技術)
b. カルシウム含有廃棄物からのCa抽出およびCO <sub>2</sub> 鉱物固定化技術の研究開発	各個別の開発項目別の年度目標は達成	○	2022年2月終了。それぞれを連動させた全体プロセスの実証検証にチャレンジする。(21年度より、GI基金で実施中)
c. CO <sub>2</sub> 電解リバーシブル固体酸化物セルの開発	・CO <sub>2</sub> 電解時の性能面・材料面の技術課題を抽出。 ・ボタンセル規模でMS-rSOCの目標CO <sub>2</sub> 電解速度を達成。また、大面積セルの製造に成功した。	△	250kW程度の中核デバイスとしての実用化を想定し、要素機器の諸特性を検証
d. 石炭灰およびバイオマス灰等によるCO <sub>2</sub> 固定・有効活用に関する要素技術開発	・計15種類の灰を対象に、CO <sub>2</sub> 固定能および重金属等の溶出量の変動を把握 ・市場規模および要求品質を把握。製品を試作してCO <sub>2</sub> 固定-製品製造に関わるLCCO <sub>2</sub> を試算	△	CO <sub>2</sub> 吸収装置では灰1トン当たり24 kg以上、処分場では10 kg以上のCO <sub>2</sub> を固定可能な技術、ならびに炭酸塩化灰の資材化に向けた基礎製造技術を開発
e. 高温熔融塩電解を利用したCO <sub>2</sub> 還元技術の研究開発	500℃以上の熔融塩において、アノード腐食率2.0 cm y <sup>-1</sup> 以下の材料の合成に成功。	△	電極作成条件と電解条件の最適化、ならびに生成カーボンの洗浄によりアノード腐食率を1.2 cm y <sup>-1</sup> 以下達成見込み

◎ 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

## ◆ 研究開発テーマ毎の目標と達成状況

## (共通基盤技術開発) (2)

研究開発テーマ	成果	達成度	今後の課題と解決方針
f. CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O共電解技術の研究開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・LaFeO<sub>3</sub>系とNi系の吸着特性、反応特性等CO<sub>2</sub>分解・電極反応メカニズムを解明できた</li> <li>・SrFe(Mo)O<sub>3</sub>およびNi-Co修飾が、700℃でも生成物分離が可能な、高性能電極材料の見通しを得た</li> </ul>	△	実用化を見据え、高性能電極の開発及び共電解セル・スタックの劣化機構の解明よりセルおよびスタックの長寿命化、共電解システムコンセプトの確立を行う。
g. 放電プラズマによるCO <sub>2</sub> 還元・分解反応の基盤研究開発	世界最高レベルのCO <sub>2</sub> 転換率とエネルギー効率を達成し、その反応メカニズムを解明した。	○	基礎研究からベンチスケールレベルに向けた研究開発を継続する(今年度、研究拠点におけるCO <sub>2</sub> 有効利用要素技術に移行)
h. 二酸化炭素資源化のための中低温イオン液体を用いた尿素電解合成の可能性調査	FS調査、プロセス検討の一部は達成、尿素合成検討はPJ後も継続	△	イオン液体中における反応性について基礎検討を自主研究で継続する。

その他、2022年4月1日よりテーマ6件を新規に事業開始した。

◎ 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

## ◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発テーマ	最終目標	達成見通し
a. ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中のCO <sub>2</sub> からの基幹物質製造開発事業	電解還元システムが多層化に向けた各種制御等最適化、耐久性試験での検証完了。液中プラズマ法での大面積ダイヤモンドを製造しCO <sub>2</sub> 還元性能検証完了	○ 21年度終了
b. カルシウム含有廃棄物からのCa抽出およびCO <sub>2</sub> 鉱物固定化技術の研究開発	Ca含有廃棄物からCaを抽出し、排ガス中の二酸化炭素と反応させ、有効利用できる炭酸カルシウムを製造・供給することで、CO <sub>2</sub> 削減に貢献する。	○ 21年度終了
c. CO <sub>2</sub> 電解リバーシブル固体酸化物セルの開発	リバーシブル固体酸化物セルの技術的課題を抽出し低コスト・大面積化が可能なプロセッシング技術により次世代セルとなる金属支持型セルを開発	△
d. 石炭灰およびバイオマス灰等によるCO <sub>2</sub> 固定・有効活用に関する要素技術開発	CO <sub>2</sub> 吸収装置では灰1トン当たり24 kg以上、処分場では10 kg以上のCO <sub>2</sub> を固定可能な技術、ならびに炭酸塩化灰の資材化に向けた基礎製造技術を開発	△
e. 高温溶融塩電解を利用したCO <sub>2</sub> 還元技術の研究開発	純度95%以上の固体カーボンを電流効率90%以上で生成し、アノード腐食率を1.2 cm y <sup>-1</sup> 以下のプロセス開発	△
f. CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O共電解技術の研究開発	CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O比から共電解で、生成物の制御が可能な複合酸化物について、組成を最適化し、600～700℃でも十分な電解電流で電解を行えるセルの開発。	△
g. 放電プラズマによるCO <sub>2</sub> 還元・分解反応の基盤研究開発	放電プラズマによるCO <sub>2</sub> 還元・分解反応メカニズムを解明	○ 21年度終了
h. 二酸化炭素資源化のための中低温イオン液体を用いた尿素電解合成の可能性調査	尿素まで一貫製造する電気化学プロセスの実現可能性を見極める。	△ 21年度終了、一部達成。継続実施

## ◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発テーマ	最終目標	達成見通し
i. CO <sub>2</sub> の気相電解還元による炭化水素燃料の直接合成可能な電極触媒と実装化に向けた電極触媒開発指針の開発	CO <sub>2</sub> の気相電解還元による炭化水素生成に活性な新規電極触媒を研究開発し、炭化水素生成と反応条件因子との法則性を明らかにして反応機構および電極触媒作用を解明し、炭化水素生成の選択合成可能な電極触媒、並びに、実装化に向けた電極触媒開発指針を開発する。	△
j. 海水と生体アミンを用いたCO <sub>2</sub> 鉱物化法の研究開発	水酸化マグネシウム製造プロセスから排出される脱Mg海水のカルシウムを原料とし、生体アミン=ポリアミンを活用して、工場排気に含まれるCO <sub>2</sub> を炭酸カルシウムとして固定するプロセスの技術開発を行う。特に、ラポレベルからスケールアップへの要素技術を確立する	△
k. CO <sub>2</sub> からのアンモニアメタネーションの技術開発	アンモニア由来の水素によりCO <sub>2</sub> を還元して合成メタンを得るアンモニアメタネーションの触媒開発およびプロセス検討を行い、技術的、経済的な実現可能性を明らかにする	△
l. CO <sub>2</sub> を活用したマリンバイオマス由来活性炭転換技術の開発	マリンバイオマス(コンブ類)を対象とした材料を炭化及びCO <sub>2</sub> ガス賦活により活性炭を製造するプロセスの基盤技術研究を行い、システム全体のCO <sub>2</sub> やCOを含めたカーボンリサイクルによるCO <sub>2</sub> 削減効果及び経済性を検討する	△
m. カーボンリサイクルLPガス合成技術の研究開発	CO <sub>2</sub> とH <sub>2</sub> から一度DME(ジメチルエーテル)を中間体として合成し、DMEからLPガス主成分のプロパン・ブタンを合成するいわゆる間接合成法によるカーボンリサイクルLPガス合成プロセスを構築する	△
n. 二元機能触媒を用いた高効率炭酸ガス回収・メタン合成プロセスの研究開発	CO <sub>2</sub> 回収とCO <sub>2</sub> 水素化の二つの機能を有する二元機能触媒(DFM)を用いた、新たなCO <sub>2</sub> 回収・メタネーションプロセス(DFM-CCUプロセス)の開発を行う。効率的な連続操作を実現するリアクターの開発、DFM性能の向上、DFM-CCUプロセス実現性評価を展開する	△

【共通基盤 a : ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中のCO<sub>2</sub>からの基幹物質製造開発事業】

実施者：学校法人慶應義塾、学校法人東京理科大学、一般財団法人石炭フロンティア機構

- ダイヤモンド電極を用いて、石炭火力等の排ガス中CO<sub>2</sub>を電解還元し、基幹物質としてのギ酸を製造するシステム構築を行い、長時間連続駆動によるCO<sub>2</sub>還元を実現し、量産化施策の構想設計を可能とする。また、大型電解還元システムに適用可能な大面積・高品質なダイヤモンド電極製造技術を確立する。さらに、CO<sub>2</sub>還元により製造したギ酸の分離精製技術の最適化検討を行い、水素エネルギー源と化学原料の両面からの新規市場開拓に向けた可能性を検討する。

## 技術課題①

大型電解還元システムの構築

## 技術課題③

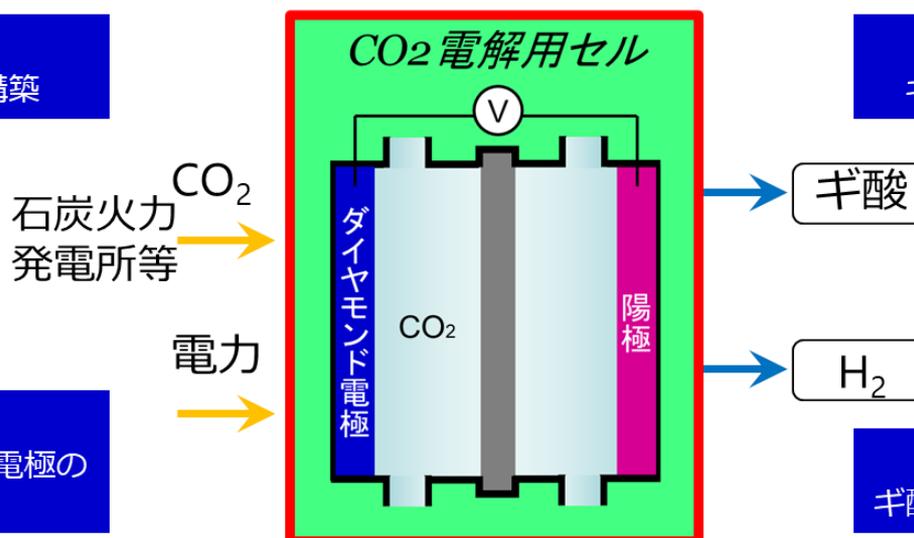
ギ酸の分離精製技術の最適化

## 技術課題②

大面積・高品質ダイヤモンド電極の製造技術開発

## 技術課題④

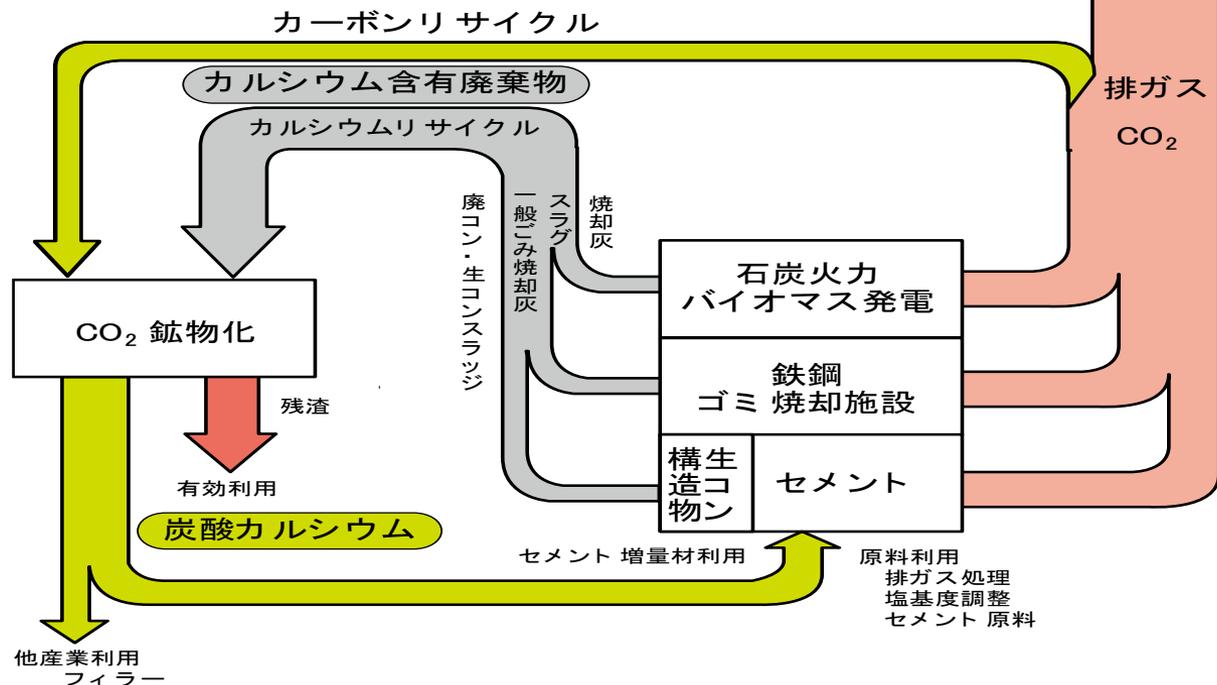
ギ酸の新規市場開拓に向けた検討



**【共通基盤 b : カルシウム含有廃棄物からの Ca 抽出および CO<sub>2</sub> 鉱物固定化技術の研究開発】**

**実施者 : 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構**

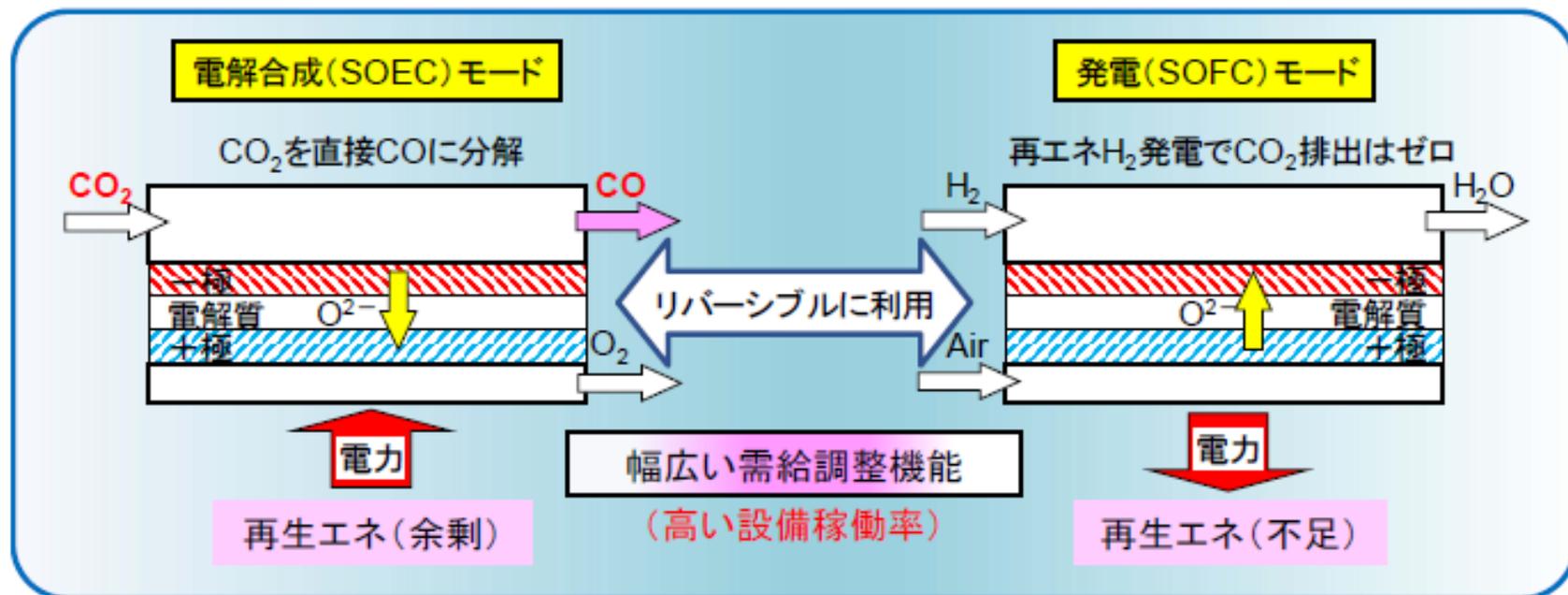
- より多様なカルシウム含有廃棄物からの効率的なカルシウム回収をCO<sub>2</sub> 鉱物固定化により行い、新たなカーボンリサイクルプロセスを構築するための基盤技術開発を実施する。
- カルシウムは排ガスからのCO<sub>2</sub>との鉱物固定化により炭酸カルシウムとして回収し、セメント増量材・原料への有効利用を行い、またカルシウム抽出後の残渣については、セメント産業などで有効利用を図る。
- カルシウム含有廃棄物からのカルシウム抽出を効率的に行うための、省エネルギー・省資源となるカーボンリサイクルプロセスの確立を目指す。



### 【共通基盤 c : CO<sub>2</sub>電解リバーシブル固体酸化物セルの開発】

実施者：一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人東京工業大学

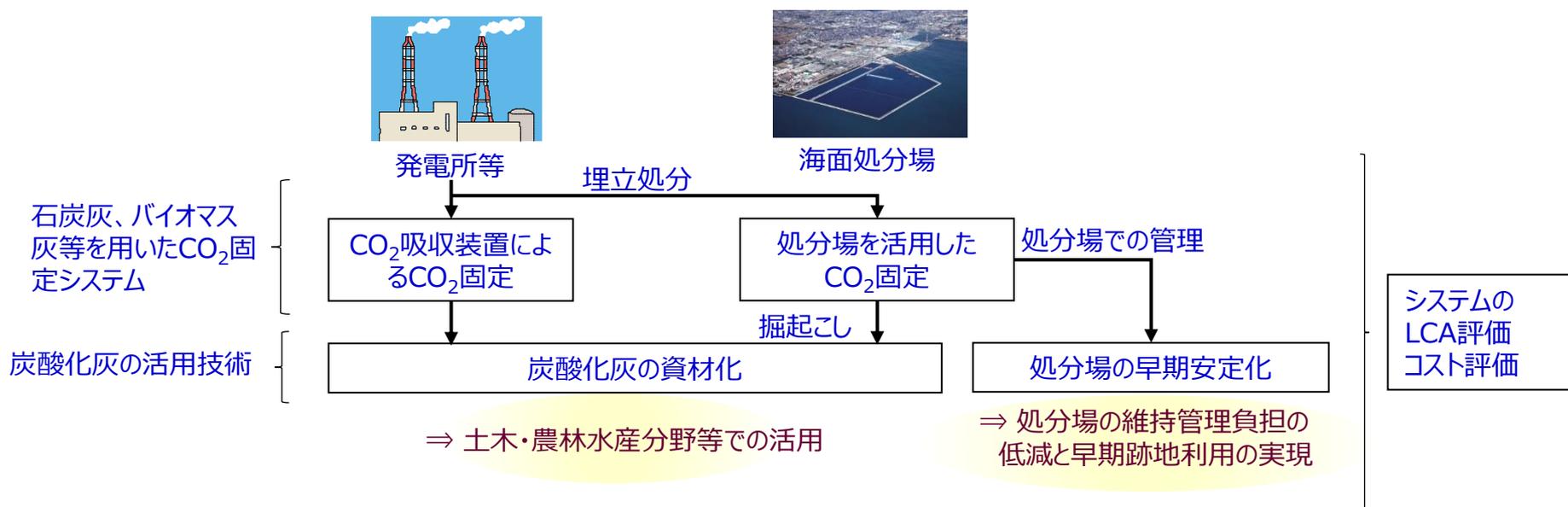
- 本研究開発では、CO<sub>2</sub>を直接電気分解することにより有価なCOまたは合成ガスに変換すると同時に電力の需給調整が可能なシステムの根幹技術となるリバーシブル固体酸化物セル（rSOC）について、現行トップレベルのSOFCメーカーセルをリバーシブルセルとして評価し、技術的課題を明らかとする。あわせて、低コスト・大面積化が可能な金属支持rSOCを次世代セルとして開発する。最終的に、rSOCのためのシステムコンセプトを提案する。



### 【共通基盤d：石炭灰およびバイオマス灰等によるCO<sub>2</sub>固定・有効活用に関する要素技術開発】

実施者：一般財団法人電力中央研究所、三菱パワー株式会社、東洋建設株式会社、一般財団法人石炭フロンティア機構

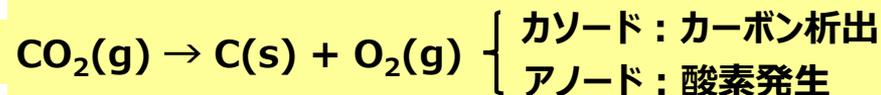
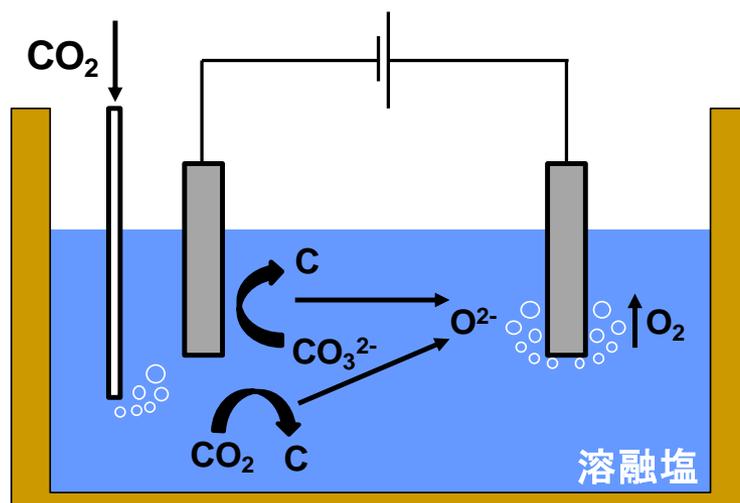
- 国内で発生する廃棄物のうち、石炭灰およびバイオマス灰等は、CaやMg等といった安定的な炭酸塩を形成するアルカリ成分を含む。これらの灰等を用いたCO<sub>2</sub>固定システムの構築、および炭酸化した灰を有効活用する技術の確立（図）を最終目標に、最適なCO<sub>2</sub>固定方法の調査・選定を行うとともに、炭酸化に伴う重金属等の動態評価・安定化処理、および炭酸化灰の資材化に向けた基礎製造技術の開発を行う。



### 【共通基盤 e : 高温溶融塩電解を利用したCO<sub>2</sub>還元技術の研究開発】

実施者：国立研究開発法人産業技術総合研究所、学校法人同志社

- 溶融塩電解を利用して、CO<sub>2</sub>を固体カーボンと酸素ガスに分解し、固体カーボンを回収・再利用するプロセスの確立を目指し、高効率なCO<sub>2</sub>還元反応と酸素発生プロセスの基本設計に資する先導的かつ基盤的研究を行う。具体的には、カソードにおけるCO<sub>2</sub>還元反応の高効率化、固体カーボンの形態制御と不純物の削減、ならびに長期間安定に動作する酸素発生アノードの開発を行う。



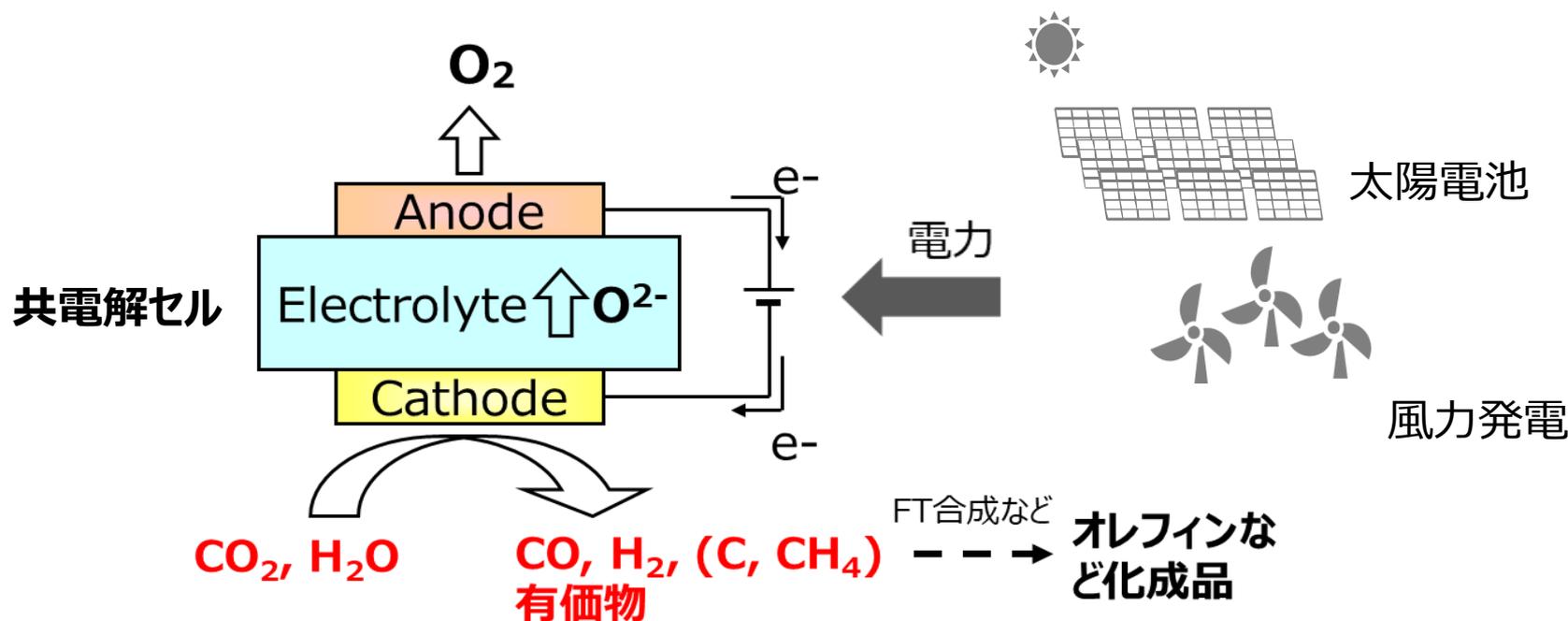
#### 研究開発項目

- ① カソード反応の高効率化とカーボンの形態制御・高純度化
- ② 酸素発生アノードの開発
- ③ カーボンの有効利用検討
- ④ 社会導入のためのシナリオ検討

【共通基盤 f : CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O共電解技術の研究開発】

実施者：東芝エネルギーシステムズ株式会社、国立大学法人九州大学

- CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oを同時に還元し有価物であるCOと水素を生成するための高温共電解システムの研究開発を進めるにあたり、共電解反応メカニズム解明を行い、高性能電極触媒材料の開発を行う。



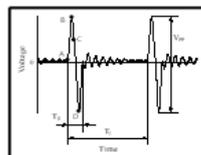
**【共通基盤g：放電プラズマによるCO<sub>2</sub>還元・分解反応の基盤研究開発事業】**

**実施者：国立大学法人東海国立大学機構、澤藤電機株式会社、川田工業株式会社**

- 放電プラズマでのCO<sub>2</sub>還元・分解反応速度を測定し、カーบอนを効率良く析出させる触媒や電極材質について探索を行ない、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、NH<sub>3</sub>等共存下での反応メカニズムを解明する。また、CO<sub>2</sub>を効率よく還元・分解する最適なプラズマ状態を得るために、高電圧パルス電源の開発と最適化およびプラズマリアクターの開発と最適化を行なう。

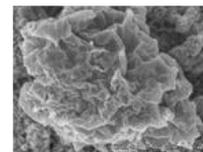
原料ガス → 放電プラズマ → 生成物

IGCC回収CO<sub>2</sub>  
+  
IGCC副生NH<sub>3</sub>  
+  
H<sub>2</sub>O(g)



高電圧パルス電源

1)カーボン：電極または内挿粒子表面に析出させて回収(利用・貯留)



電極上に析出したカーボン



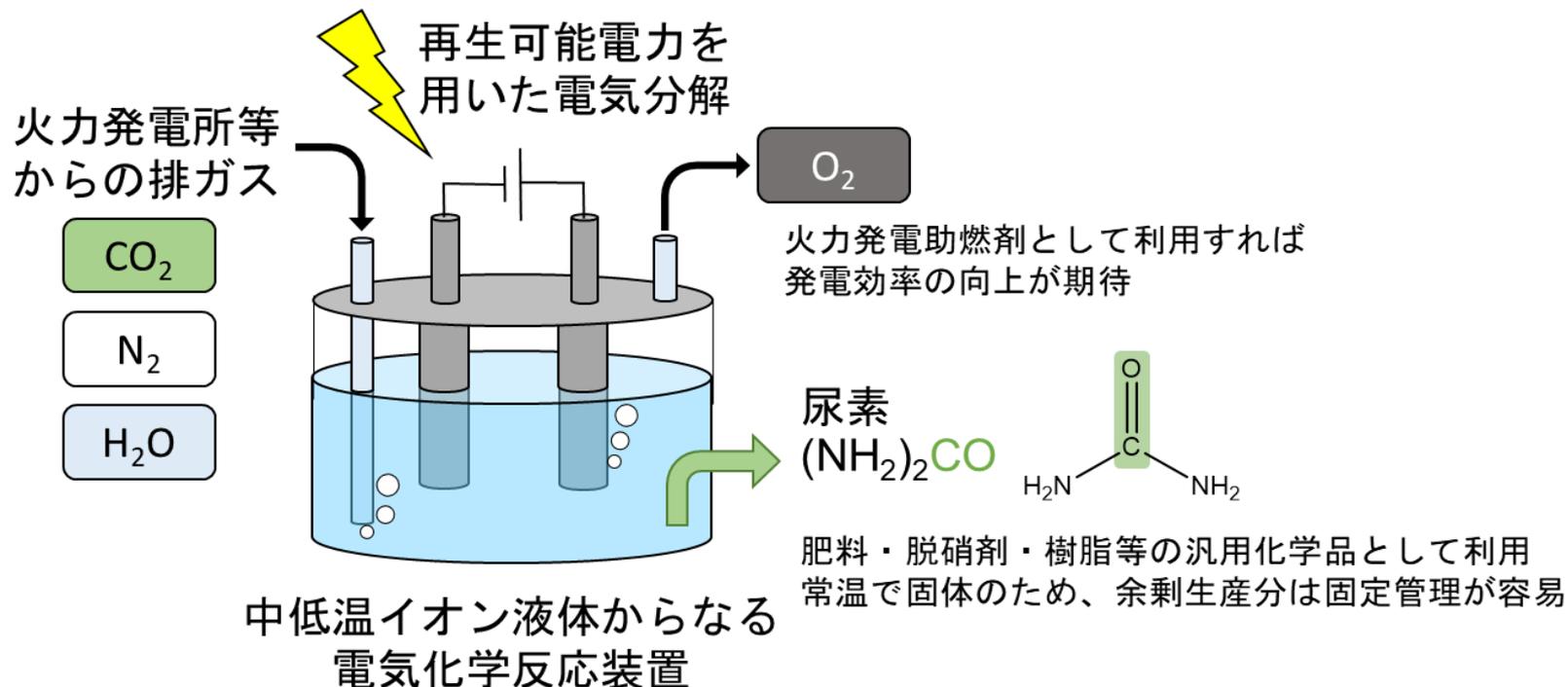
粒子表面に析出したカーボン

2)COガス(合成ガスとして利用)

**【共通基盤h：二酸化炭素資源化のための中低温イオン液体を用いた尿素電解合成の可能性調査】**

実施者：一般財団法人 電力中央研究所、学校法人慶應義塾

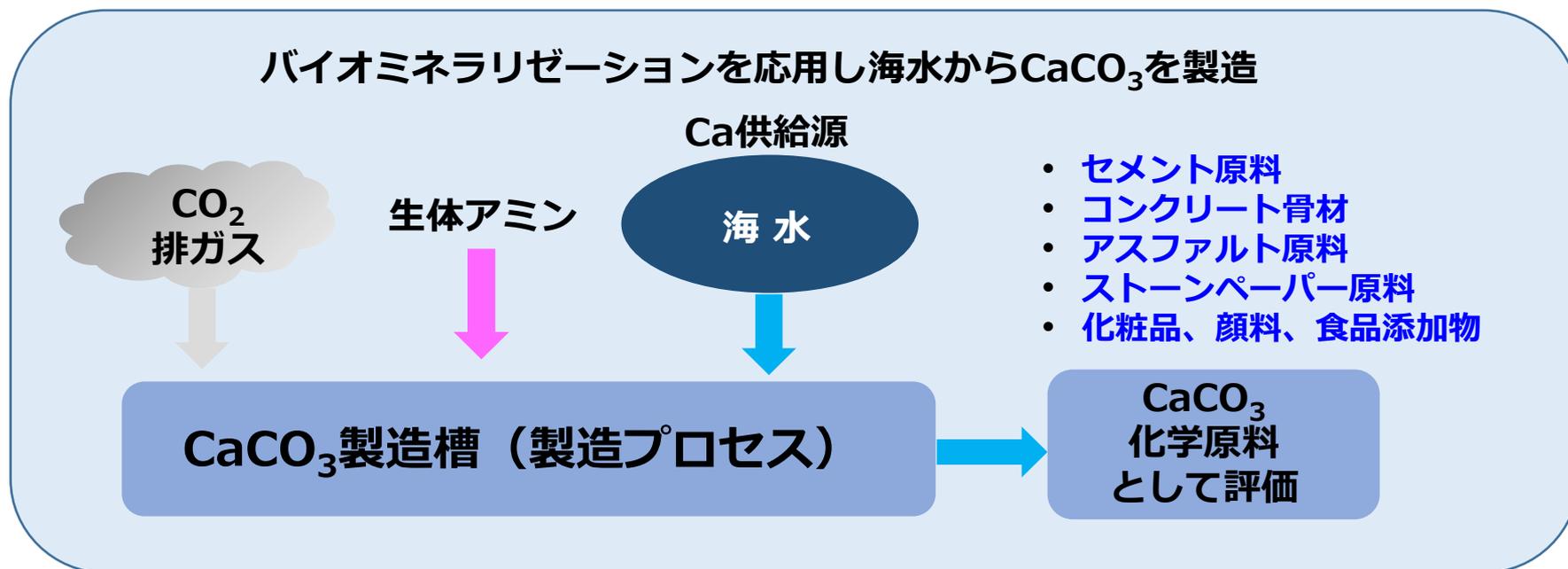
- 火力発電所等からの燃焼後排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>を固定化するため、排ガス中に含まれる窒素および水(水蒸気)を原料として再生可能電力を用いた、中低温イオン液体中における尿素電解合成反応によるCO<sub>2</sub>固定化・資源化システムの実現可能性を調査する。





**【共通基盤 j : 海水と生体アミンを用いたCO<sub>2</sub>鉱物化法の研究開発】****実施者 : 学校法人北里研究所、国立大学法人東京大学、株式会社日本海水、出光興産株式会社**

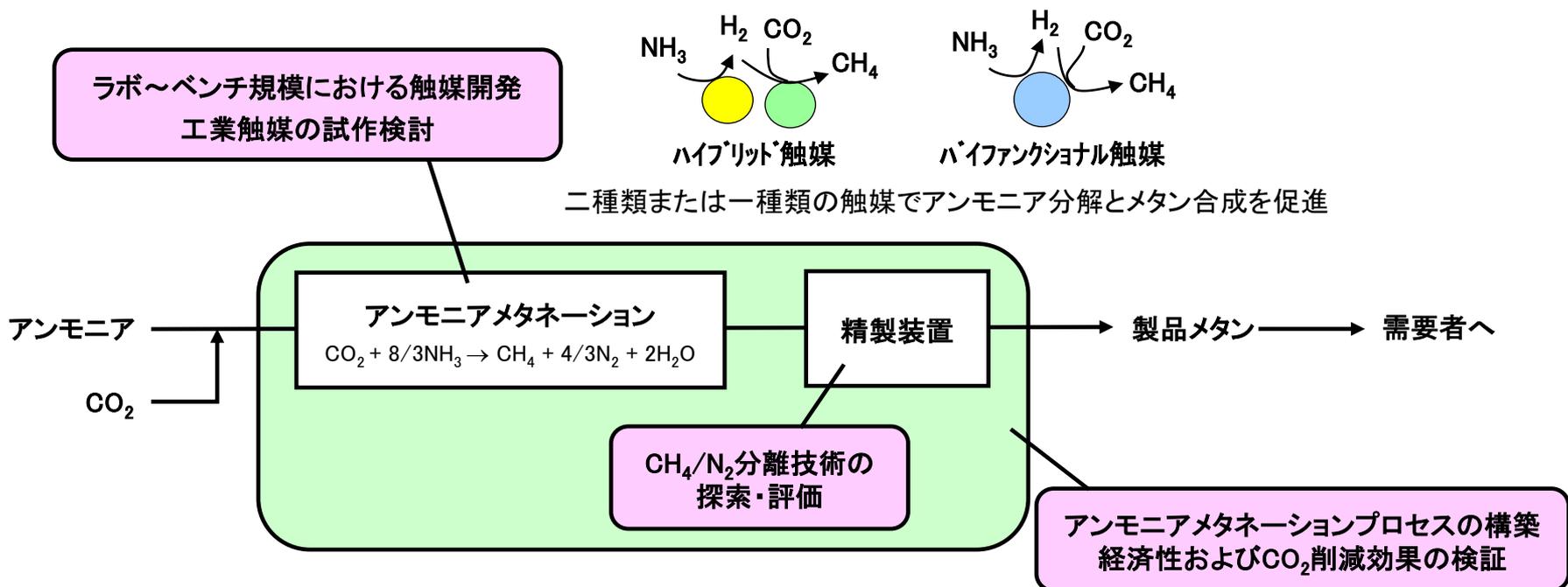
- 本研究では、海水と生体アミンを用いてバイオミメティックなCO<sub>2</sub>鉱物化法(CaCO<sub>3</sub>)を開発すること目的とし、トンスケールのスケールアップ実証実験を行う。



**【共通基盤 k : CO<sub>2</sub>からのアンモニアメタネーションの技術開発】**

実施者：日揮ホールディングス株式会社、日揮グローバル株式会社、国立大学法人広島大学

- 本研究では、アンモニア由来の水素によりCO<sub>2</sub>を還元して合成メタンを得るアンモニアメタネーションの触媒開発およびプロセス検討を行い、技術的、経済的な実現可能性を明らかにする。



### 【共通基盤Ⅰ：CO<sub>2</sub>を活用したマリンバイオマス由来活性炭転換技術の開発】

実施者：国立大学法人九州大学、一般財団法人金属系材料研究開発センター

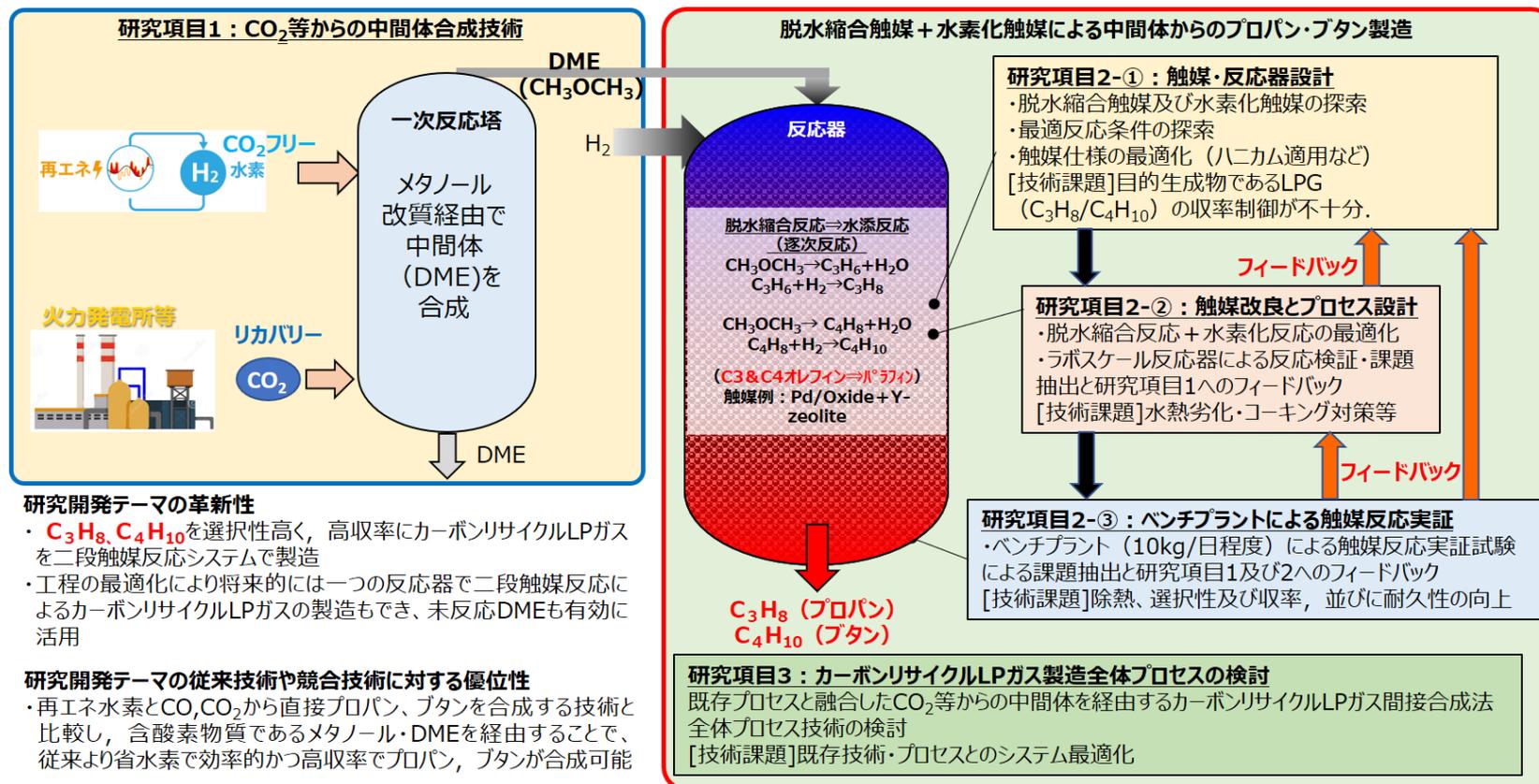
- 本研究では、CO<sub>2</sub>を固定化するマリンバイオマスを原料とし、更にそのものを原料としてCO<sub>2</sub>を利用して活性炭へ転換するという新たな試みであり、CO<sub>2</sub>を利活用することを目的とし、マリンバイオマス由来活性炭の製造を行う。



**【共通基盤m：カーボンリサイクルLPガス合成技術の研究開発】**

**実施者：日本グリーンLPガス推進協議会、国立研究開発法人産業技術総合研究所、エヌ・イー ケムキャット株式会社**

- 本研究では、CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>を原料とし、ジメチルエーテル(DME)を経由して各種触媒反応と合成プロセスによってプロパン、ブタンを製造し消費者に提供することを目指す。



## 【共通基盤 n : 二元機能触媒を用いた高効率炭酸ガス回収・メタン合成プロセスの研究開発】

実施者：国立研究開発法人産業技術総合研究所、日立造船株式会社

- CO<sub>2</sub>回収とCO<sub>2</sub>水素化の二つの機能を有する二元機能触媒（DFM）を用いた、新たなCO<sub>2</sub>回収・メタネーションプロセス（DFM-CCUプロセス）の開発を行う。効率的な連続操作を実現するリアクターの開発、DFM性能の向上、DFM-CCUプロセス実現性評価を展開する。

