

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／  
⑨CO<sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発／  
4) 気体燃料への CO<sub>2</sub>利用技術開発」

事業原簿

担当部	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境部
-----	--------------------------------------

## —目次—

概要	概要- 1
プロジェクト用語集	用語集-1
<b>1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋</b>	1-1
(1) 本事業の位置づけ・意義	1-1
(2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋	1-14
(3) 知的財産・標準化戦略	1-15
<b>2 目標及び達成状況</b>	2-1
(1) アウトカム目標と達成見込み	2-1
(2) アウトプット目標と達成状況	2-4
<b>3 マネジメント</b>	3-1
(1) 実施体制	3-1
(2) 受益者負担の考え方	3-3
(3) 研究開発計画	3-5
 (添付資料)	
・プロジェクト基本計画	
・特許論文等リスト	

## 概要

		最終更新日	2023年6月12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／ ⑨CO <sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発 4) 気体燃料へのCO <sub>2</sub> 利用の研究開発	プロジェクト番号	P16002
担当推進部/ PMまたは担当者 及びMETI担当課	環境部 PM 森 伸浩 (2022年10月～2023年7月現在) 環境部 PM 谷村 寧昭 (2022年4月～2022年9月) 環境部 PM 荒川 純 (2020年7月～2022年3月)		
0. 事業の概要	<p>産業・民生部門のエネルギー消費量の約6割は熱需要である。熱は国民生活に欠かせないものであり、2050年カーボンニュートラル実現に向けて、需要サイドに熱エネルギーを供給するガスの脱炭素化を進めることにより、熱需要の脱炭素化に貢献する。</p> <p>本事業では油ガス田からの随伴CO<sub>2</sub>などを有効利用して再エネ由来の水素とサバティエ反応によりメタンを合成する試験設備を建設し、合成したメタンを都市ガス導管に注入する研究開発を実施する。また事業化に向けて実証機、商用機のFS、制度課題などの調査も併せて実施する。</p> <p>将来的には都市ガス中の合成メタン構成が2030年1%、2050年90%となり、水素直接利用等その他の手段と合わせてガスのカーボン・ニュートラル(CN)化達成が見込まれる。</p>		
1. 事業のアウトカム(社会実装)達成までの道筋			
1.1 本事業の位置付け・意義	<p>我が国は2050年までに温室効果ガスの排出を全体でゼロにすることを宣言し、カーボンニュートラル実現に向けた議論が加速している。熱需要については天然ガスを代替するCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>から合成された合成メタンが求められており、2021年6月のグリーン成長戦略では、次世代熱エネルギー産業の今後の成長が期待される産業として位置付けられている。2022年5月のクリーンエネルギー戦略においても、供給サイド・需要サイドが一体となって燃料転換や合成メタン等の開発・実証等を推進することが求められている。</p> <p>カーボンニュートラルを実現するため、メタネーションの技術確立及び実証、商用機建設のための経済性、制度課題などを検討する。</p>		
1.2 アウトカム達成の道筋	<p>本事業では実証機、商用機開発に向けたシミュレーション構築、メタネーション反応プロセス設計を実施することで技術開発を行うほか、実証機、商用機建設に向けたFSや制度課題などの調査を実施する。その後実証機、商用機と段階を踏んで大規模設備に移行することで確実なアウトカム達成ができる。</p>		
1.3 知的財産・標準化戦略	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NEDOは事業者と以下のように交付決定している</li> <li>・助成事業に基づく発明、考案等に関して、産業財産権等を出願又は取得及びそれらを譲渡し若しくは実施権を設定した場合には、届け出ること</li> <li>■ 事業者及びNEDOは経産省主催の官民協議会に出席し、都市ガスや燃料、その他の用途での活用拡大に向け、メタネーションを中心に、技術的・経済的・制度的課題や、その解決に向けたタイムラインを官民で共有し、一体となって取組を進めている。</li> </ul>		
2. 目標及び達成状況			
2.1 アウトカム目標及び達成見込み	<p>【アウトカム目標】2035年度にメタン製造規模60,000Nm<sup>3</sup>/h規模の設備を建設、稼働させ、それを用いて合成メタンを製造し、都市ガス導管に注入する。これにより都市ガスの脱炭素化が進み、2050年カーボンニュートラルに貢献する。</p> <p>【達成見込み】現時点、本事業によりメタン製造規模400Nm<sup>3</sup>/h規模の設備の基本設計が完了し、事業終了までには合成メタンの導管注入が達成される見込み。その後この試験結果を用いてさらに大きな10,000や60,000Nm<sup>3</sup>/h規模の設備を建設し、稼働させることでアウトカムが達成される見込みである。</p>		
2.2 アウトプット目標及び達成状況	研究開発項目	中間目標	計画との差異
	①反応シミュレーション技術開発	メタネーション反応速度及び反応と流体/伝熱を連成したシミュレーションを完成させる	なし (2024年3月達成見込み)

	②大規模 CO <sub>2</sub> -メタネーション反応プロセス技術開発	プロセスの以下設計を完了させる。 ・反応プロセス詳細設計 ・原料 CO <sub>2</sub> 内不純物除去 ・起動/停止手順	なし (2024年3月達成見込み)
	③反応システムのスケールアップ等適用性検討	・試験機の基本設計を完了させる ・合成メタン導管注入を行うための課題を抽出する ・社会実装のための政策動向など調査を完了させる	なし (2024年3月達成見込み)

### 3. マネジメント

3.1 実施体制	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	設定なし
	プロジェクトマネージャー	環境部 PM 森 伸浩 (2022年10月~2023年7月現在) 環境部 PM 谷村 寧昭 (2022年4月~2022年9月) 環境部 PM 荒川 純 (2020年7月~2022年3月)
	助成先	株式会社 I N P E X 委託先 ; 大阪ガス株式会社、国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学

3.2 受益者負担の考え方	主な実施事項	2021fy	2022fy	2023fy	2024fy	2025fy	2026fy	総額	
	①反応シミュレーション技術開発	→							
	②大規模 CO <sub>2</sub> -メタネーション反応プロセス技術開発	→							
	③反応システムのスケールアップ等適用性検討	→							
事業費推移 (単位:百万円)	会計・勘定	2021fy	2022fy	2023fy	2024fy	2025fy	2026fy	総額	
	一般会計	=	=	=				=	
	特別会計 (需給の別)	90	878	2,042				3,010	
	開発成果促進財源	=	=	=				=	
	総 NEDO 負担額	90	878	2,042				3,010	
	(助成) : 助成率 2/3								

### 3.3 研究開発計画

情勢変化への対応	グリーン成長戦略にて 2030 年グリーン水素を用いて合成した合成メタンを 1%導管注入する目標が立てられたことに対応し、本事業においてもグリーン水素のみを用いて合成メタンを合成できるようにメタネーション設備の仕様を変更した。
中間評価結果への対応	-
	事前評価なし

	評価に関する 事項	中間評価	2023年度 中間評価実施(今回実施)
		終了時評価	2026年度 終了時評価実施予定
別添			
	投稿論文	「査読付き」1件、「その他」2件	
	特 許	「出願済」0件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願0件）	
	その他の外部発表 (プレス発表等)	研究発表・講演；30件 新聞・雑誌等への掲載；7件 展示会への出展；3件	

## プロジェクト用語集

名称	略号	意味
e-methane		グリーン水素等の非化石エネルギー源を原料として製造された合成メタンに対して用いる呼称。
Hazard and Operability studies	HAZOP	数ある方法の中でもリスクを網羅的に洗い出せることから、世界中で幅広く用いられているプロセスや操作における危険源を抽出するために用いられる安全性評価手法の一つ。
Measurement, Reporting and Verification	MRV	「(温室効果ガス排出量の)測定、報告及び検証」のことを指す。国政府、地方公共団体、企業などあらゆる団体における地球温暖化対策の基礎は、自らの活動に起因する温室効果ガスの排出量を把握することである。MRVはその把握した排出量の正確性や信頼性を確保する一連のプロセスのこと。
Safety Integrity Level	SIL	IEC 61508にて、電気制御システムの安全性能を定量化し表す尺度。電気/電子/プログラマブル電子安全関連システムの故障を、使用場所や方法に関係なく最小化することを目的とする。
カーボンニュートラル		温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させること。
カーボンリサイクル		CO <sub>2</sub> を炭素資源として捉え、分離・回収し、コンクリート、化学品、燃料などの炭素化合物へ再利用することによって大気中へのCO <sub>2</sub> 排出を抑制すること。
グリーンイノベーション基金	GI 基金	カーボンニュートラル実現に向けた国の取り組みの中で主要な役割を果たす基金。NEDO に創設され、研究開発・実証から社会実装までを見据え、官民で野心的かつ具体的な目標を共有し、企業等の取り組みに対して10年間総額2兆円の継続的な支援を行う。
グリーン水素		再生可能エネルギーを用いて作られた水素のこと。
グレー水素		天然ガスや石炭などの化石燃料を原料として水蒸気改質や自動熱分解などの方法により分解して得られる水素のこと。同時に二酸化炭素も得られ大気排出される。
サバティエ反応(Sabatier reaction)		水素と二酸化炭素を高温高压状態に置き、ニッケルなどを触媒としてメタンと水を生成する化学反応。
シェルアンドチューブ型反応器(Shell & Tube Type)	S&T	反応熱を、除熱流体を用いて反応器内で回収し、出口温度を低温とすることで高メタン濃度を一段の反応で達成可能。
断熱型反応器		反応系と外部との熱の出入りを断ち、孤立させた状態で反応させる方式。反応熱を高温蒸気として反応器下流で回収する。
二酸化炭素回収・貯留	CCS	Carbon Dioxide Capture and Storage 発電所や化学工場などから排出されたCO <sub>2</sub> を、ほかの気体から分離して集め、地中深くに貯留・圧入すること。
二酸化炭素回収・有効利用	CCU	Carbon dioxide Capture and Utilization 発電所や化学工場などから排出されたCO <sub>2</sub> を、ほかの気体から分離して集め、新たな製品の製造に利用すること。

二酸化炭素回収・有効利用・貯留	CCUS	Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage
ブルー水素		水素を得る方法はグレー水素同様だが、同時に作られた二酸化炭素を大気排出される前に回収する。回収することでグリーン水素同様、温室効果をゼロにすることが可能。
ホットスポット(Hot Spot)		メタン反応は発熱反応であり、局所的に高温となる場所のこと。
メタネーション(Methanation)		水素と二酸化炭素から天然ガスの主成分であるメタンを合成する技術。





# 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

## (1) 本事業の位置づけ・意義

### ① 事業の背景・目的・将来像

#### a. 背景

世界の気候変動問題に対処するため、CO<sub>2</sub> 排出削減が求められている。我が国においても 2050 年の温室効果ガス排出を全体でゼロとするため様々な方策が取られている。その中でも産業・民生部門のエネルギー消費量の約 6 割は熱需要である。熱は国民生活に欠かせないものであり、2050 年カーボンニュートラル実現に向けて、需要サイドに熱エネルギーを供給するガスの脱炭素化を進めることにより、熱需要の脱炭素化に貢献する必要がある。

## 2 (2) . 2050年カーボンニュートラルの実現

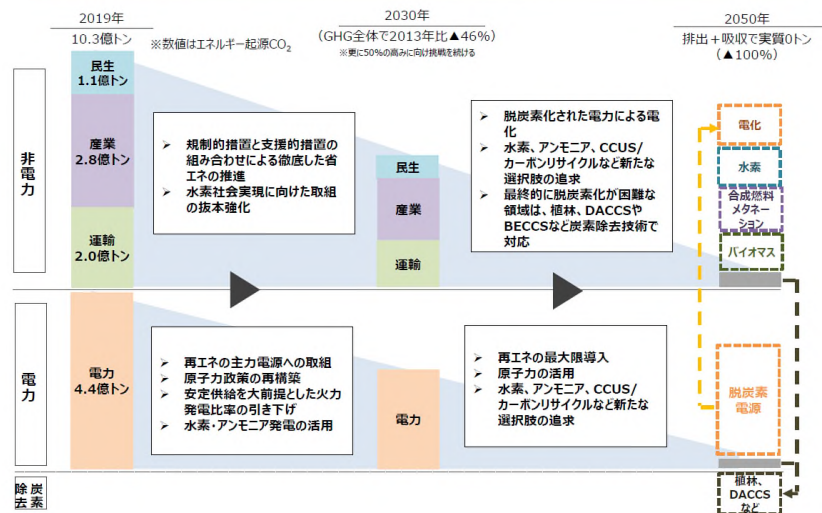


図 1-1 2050 年カーボンニュートラルに向けて（グリーン成長戦略 p6）

#### b. 目的

本事業では、再エネ由来などの水素と CO<sub>2</sub> からメタンを合成する技術を開発し、都市ガス導管など既存のインフラを活用して天然ガスを代替することを目的とする。

#### c. 将来像

都市ガス中の合成メタン構成が国の目標である 2030 年 1%、2050 年 90%を達成することにより、水素直接利用等その他の手段と合わせてガスの CN 化達成が見込まれる。

国の目標 2030 年 合成メタンの導管注入 1%  
2050 年 合成メタンの導管注入 90%

② 政策・施策における位置づけ

我が国は2020年10月の「カーボンニュートラル」宣言にて2050年までに温室効果ガスの排出を全体でゼロにすることを宣言し、カーボンニュートラル実現に向けた議論が加速している。熱需要については天然ガスを代替するCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>から合成された合成メタンが求められており、2021年6月のグリーン成長戦略では、次世代熱エネルギー産業が今後の成長が期待される産業として位置付けられている。2022年5月のグリーンエネルギー戦略においても、供給サイド・需要サイドが一体となって燃料転換や合成メタン等の開発・実証等を推進することが求められている。

また2023年4月に開催されたG7気候・エネルギー・環境大臣会合のコミュニケにおいても、「e-fuel や e-methane などの CR 燃料を含む CCU/CR 技術は、化石由来の製品代替や二酸化炭素を活用することで、他の方法では回避できない産業由来の排出を、既存のインフラを活用しながら削減できる。」とあり、合成メタンによるCO<sub>2</sub>削減について言及されている。

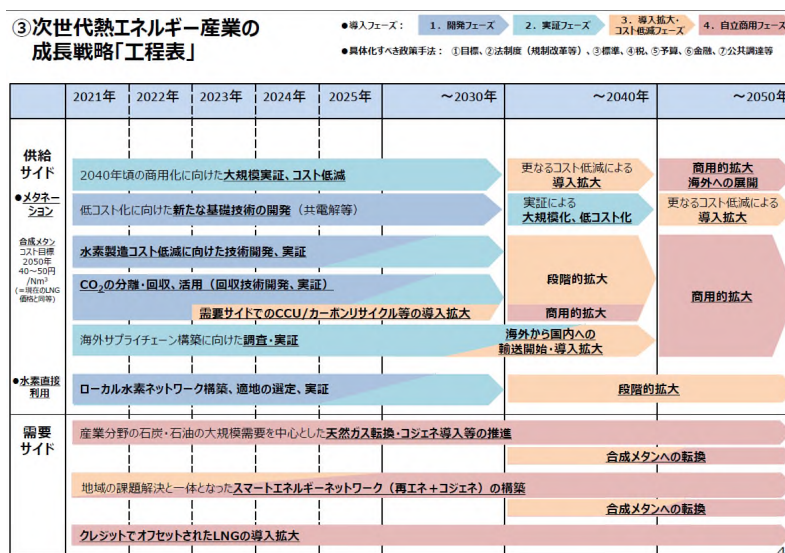


図 1-2 次世代熱エネルギー産業の成長戦略工程表（グリーン成長戦略 p43）

③ 技術戦略上の位置づけ

a. 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ロードマップではCO<sub>2</sub>を資源として捉え、これを分離・回収し、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>排出を抑制するとしている。図 1-3 はロードマップ全体の技術範囲を示しており、本事業の対象であるメタンのほか、基幹物質である合成ガス、メタノールなど様々な化学品、液体燃料、鉱物類などが記載されている。図 1-4 にはガス燃料に関する現状の技術課題のほか、将来のターゲットが記載されている。

## ■ カーボンリサイクル技術ロードマップ（技術範囲）

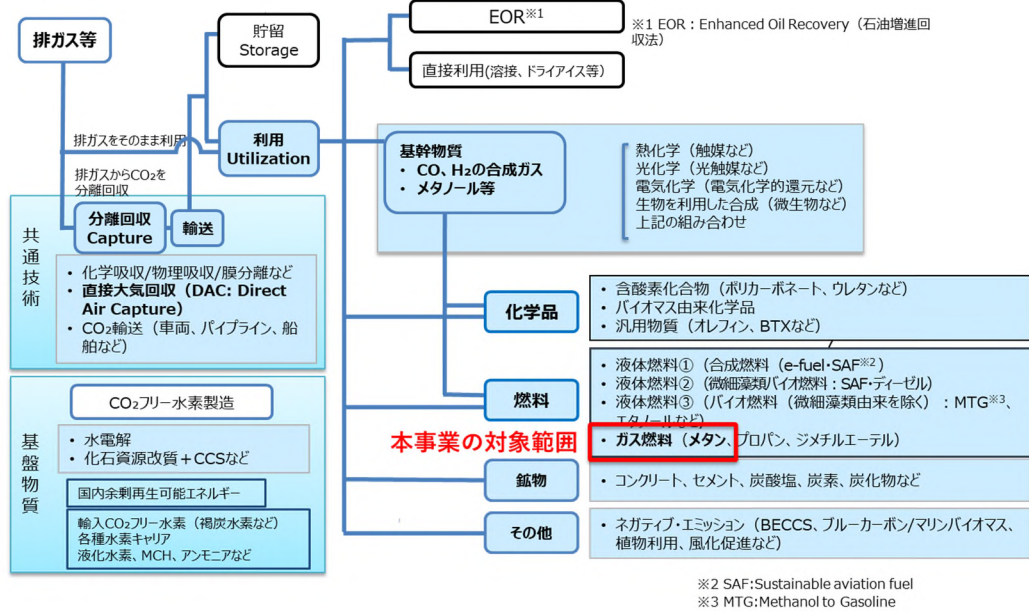


図 1-3 カーボンリサイクル技術ロードマップの中でのメタンの位置付け

## 燃料

### ● ガス燃料（メタン、プロパン、ジメチルエーテル）の製造技術

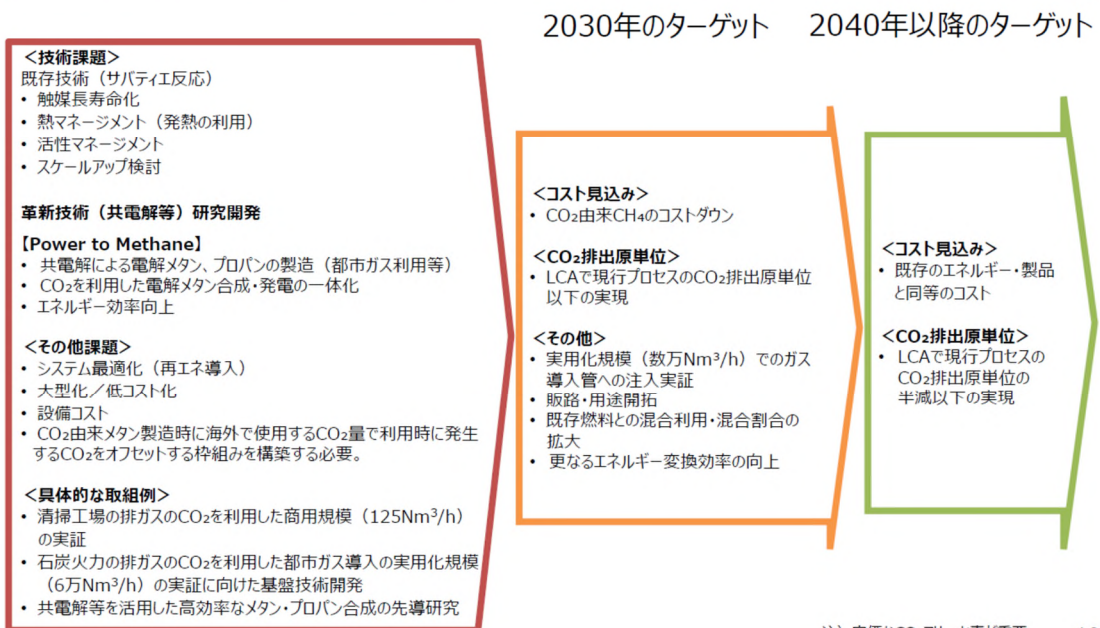


図 1-4 カーボンリサイクル技術ロードマップ（ガス燃料）

b. NEDOにおけるCR技術開発

NEDOではCO<sub>2</sub>有効利用技術に関して2016年度に「次世代火力発電等技術開発／次世代火力発電技術推進事業」の中で調査事業「CO<sub>2</sub>有効利用可能性調査」を開始し、その後2017～2021年度にかけて「次世代火力発電等技術開発／次世代火力発電基盤技術開発／CO<sub>2</sub>有効利用技術開発」を実施し、現在2021～2026年度の「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／⑨CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発／気体燃料へのCO<sub>2</sub>利用の研究開発」と進めてきた。またカーボンリサイクル技術ロードマップにある他の有価物に対しても液体燃料、化学品、炭酸塩などに関して技術開発を行っている。他に2022年度からはグリーンイノベーション（GI）基金事業の中で「CO<sub>2</sub>等を用いた燃料製造技術開発／③気体燃料」を実施している。

交付金及びGI基金の気体燃料の事業者は合成メタンを用いた都市ガスの市場創設に向けてメタネーション官民推進協議会に共に参画し制度的な課題などについて議論を進めている。

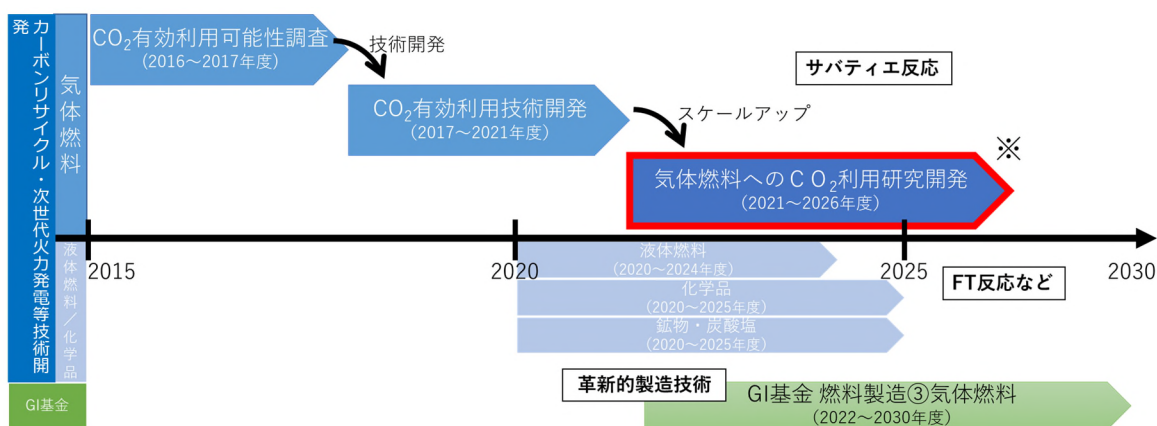


図 1-5 NEDOにおけるカーボンリサイクル関連技術開発

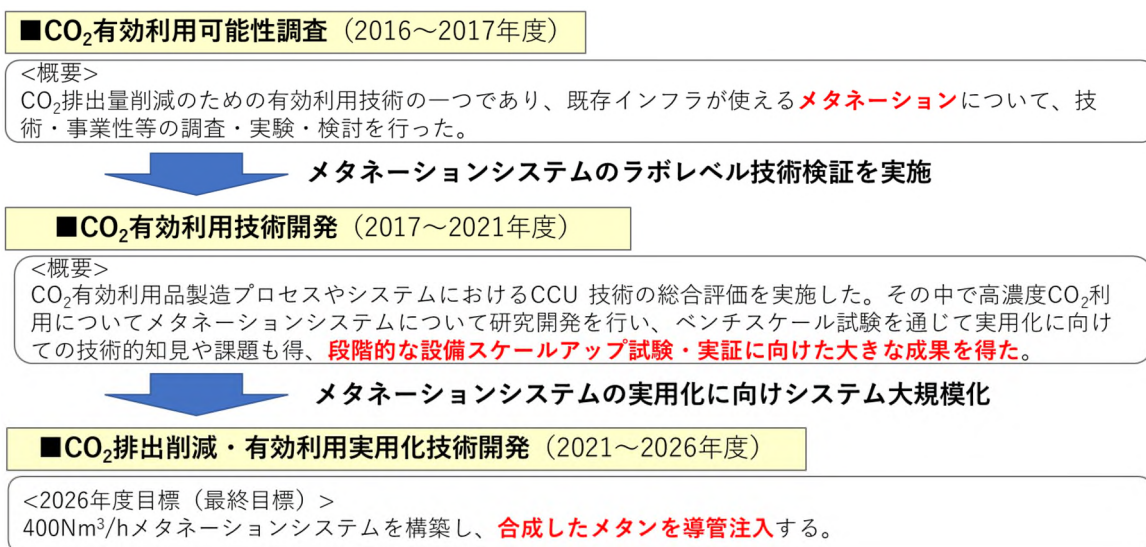


図 1-6 メタネーションにおける技術開発の経緯

c. 前事業における検討内容

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／④次世代火力発電基盤技術開発 7) CO<sub>2</sub>有効利用技術開発（2017～2021年度）の成果を基に本事業では更に技術開発を実施する。その中では2030年度以降を見据え、将来有望なCCU技術の確立を目指して、我が国の優れたグリーンコールテクノロジー等に更なる産業競争力を賦与することが可能なCO<sub>2</sub>有効利用技術について、実用化に向けた開発を実施する。

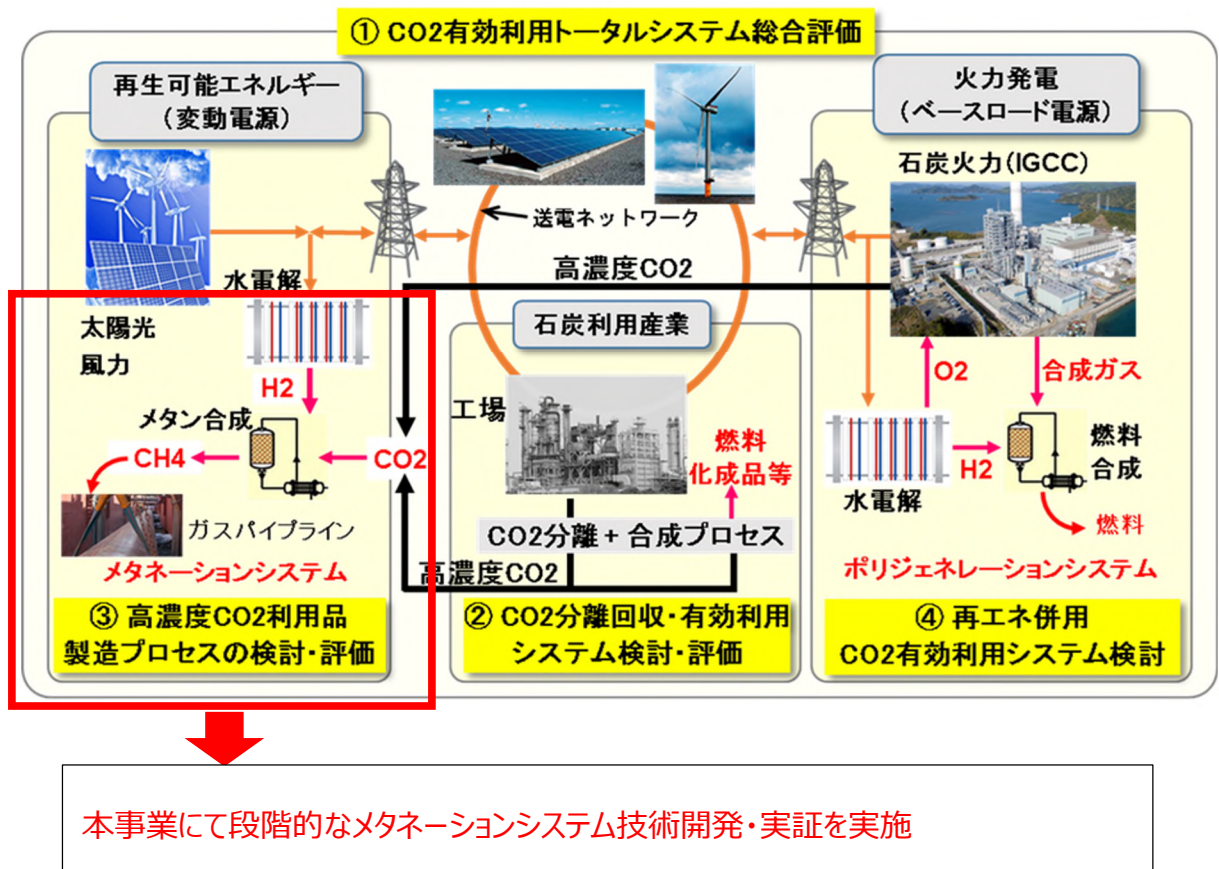


図 1-7 CO<sub>2</sub>有効利用技術開発（2017～2021年度）の実施内容

本事業で開発する技術試験機（400Nm<sup>3</sup>/h）はパイロットスケールにあたり、前の事業で開発したベンチ機（8Nm<sup>3</sup>/h）からスケールアップし、将来の実証、商用機製作に向けた反応プロセス開発を行う位置付けになる。

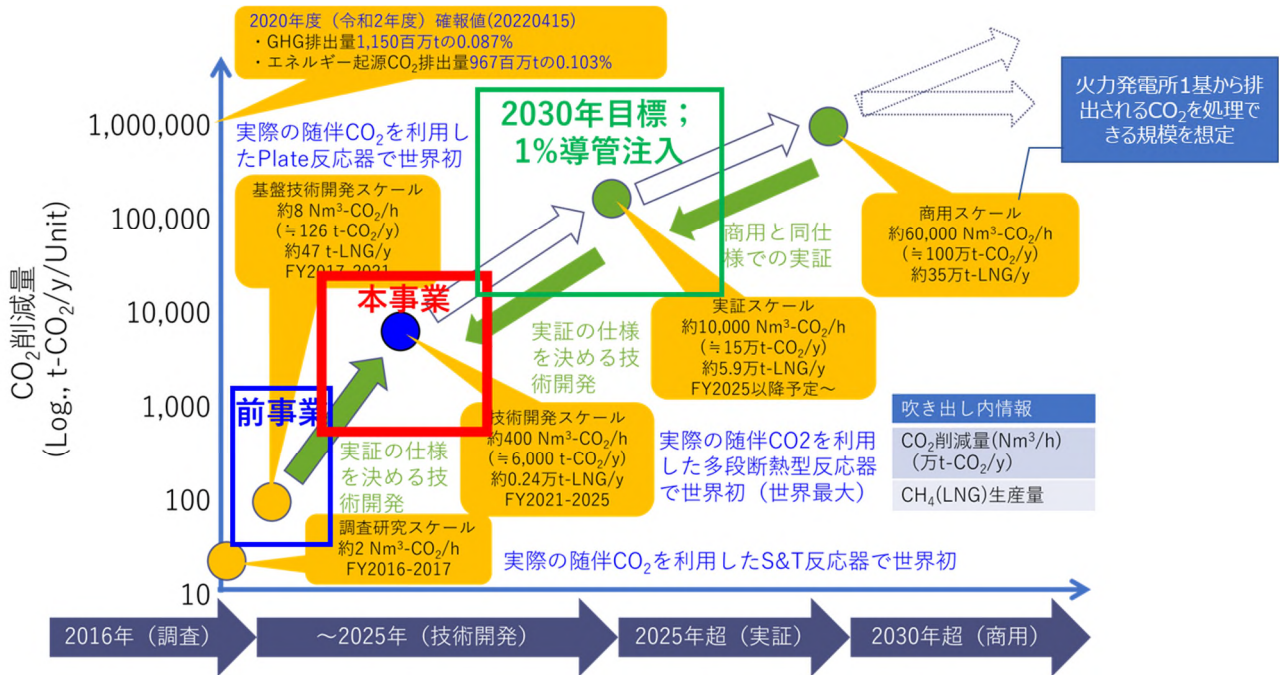


図 1-8 本事業の位置付け

④ 国内外の動向と比較

欧州は水素などに注力していると思われ、メタネーション設備の規模は現状比較的小規模である。大規模メタネーションに注力しているのは日本中心である。

表 1-1 国内外の合成メタンの事業例

事業名称	開始年度	規模 Nm <sup>3</sup> - CO <sub>2</sub> /h	場所 国	CO <sub>2</sub> 源	H <sub>2</sub> 源	電解槽規模 ベンダー	触媒 ベンダー	反応器 ベンダー
Store & Go	2016	57	ファルケン ハーゲン ドイツ	バイオエタノ ール排ガス	再エ ネ 電力	A-WE 2.0 MW Hydrogenics	非公開	等温(ハチの巣 状) KIT
		35	ゾロトルン スイス	排水処理 排ガス	再エ ネ 電力	PEM-WE 0.35 MW	バイオ Electrochaea	バイオ Electrochaea
Jupiter1000	2018	25	マルセイユ フランス	工場排ガス	再エ ネ 電力	A-WE PEM-WE 1.0 MW McPhy	非公開	マイクロチャネル ATMOSTAT
カーボンリサイクル 高炉	2025	500	千葉 日本	高炉ガス	非公開	非公開	非公開	等温(S&T) IHI
セメント	非公開	非公開	日本	石灰石 焼炉排ガス	非公開	非公開	非公開	IHI
導管注入	2025	400	長岡 日本	ガス田の CO <sub>2</sub>	液化 水素	利用せず	大阪ガス	多段断熱 大阪ガス

以下に各社の研究開発例を紹介する。

a. IHI

国内企業では株式会社 IHI が小型メタネーション装置の販売を開始している。(2022/10)

■装置の仕様：

方式；サバティエ方式

反応器型式；シェル&チューブ

合成メタン製造量；12.5 [Nm<sup>3</sup>/h]

外形寸法；幅 2,250mm×長さ 6,100mm×高さ 2,850mm



図 1-6 IHI 社製小型メタネーション装置

IHI プレスリリース

「CO<sub>2</sub>と水素から燃料をつくる，メタネーション装置を販売開始

～設計標準化により，短納期かつ高拡張性を実現～」

[https://www.ihico.jp/ihico/all\\_news/2022/resources\\_energy\\_environment/1198059\\_3473.html](https://www.ihico.jp/ihico/all_news/2022/resources_energy_environment/1198059_3473.html)



また、同社は世界最大級の製造能力を持つメタネーション装置を受注（2022/10）した。

JFE スチール株式会社より、試験高炉の排出ガスから 1 日あたり 24 トンの CO<sub>2</sub> を再利用し、1 時間に 500Nm<sup>3</sup> のメタンを製造するメタネーション装置を受注したとプレスリリースしている。

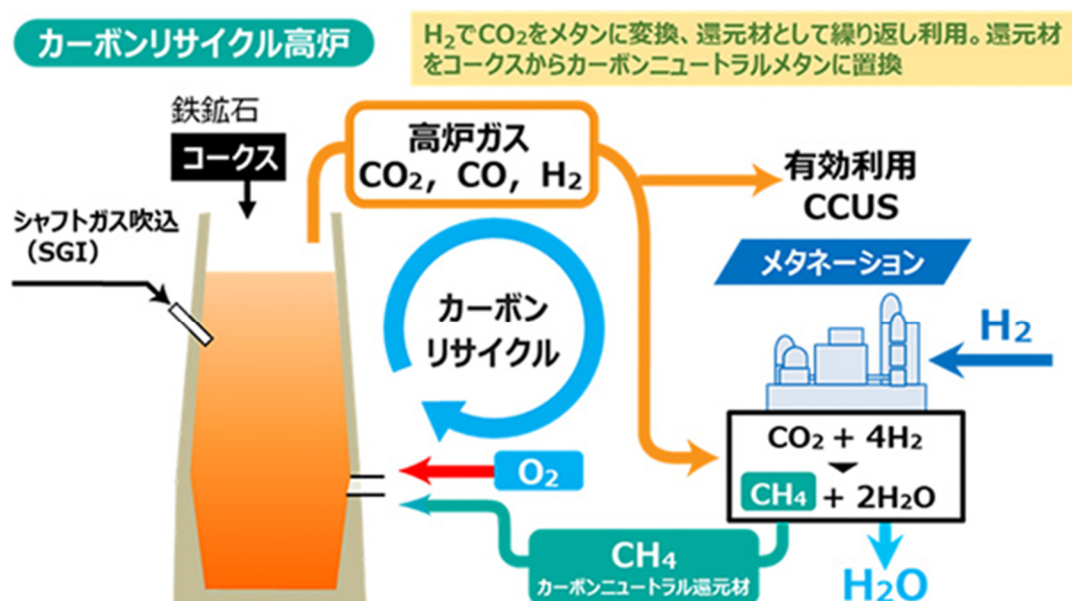


図 1-6 カーボンリサイクル試験高炉の排ガスを利用したメタネーション設備

IHI プレスリリース

「世界最大級の製造能力を持つメタネーション装置を受注

～JFE スチールの試験高炉向けに、排出ガス中の CO<sub>2</sub> を有効活用～」

[https://www.ihl.co.jp/ihl/all\\_news/2022/resources\\_energy\\_environment/1198112\\_3473.html](https://www.ihl.co.jp/ihl/all_news/2022/resources_energy_environment/1198112_3473.html)

## b. 日立造船

日立造船株式会社では NEDO 事業（カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／④次世代火力発電基盤技術開発 7)CO<sub>2</sub>有効利用技術開発（2017～2021 年度））にて CO<sub>2</sub>と水素からメタンを合成する試験設備を国際石油開発帝石 株式会社（現 株式会社 INPEX） 長岡鉱場（新潟県長岡市）の越路原プラント敷地内に完成させている（2019/10）。

### ■装置の仕様：

合成メタン製造量； 8Nm<sup>3</sup>/h



図 1-7 メタネーション試験設備

### プレスリリース

「CO<sub>2</sub>を有効利用するメタン合成試験設備を完成、本格稼働に向けて試運転開始 —カーボンリサイクル技術の一つであるメタネーション技術の確立を目指す—」

[https://www.hitachizosen.co.jp/newsroom/news/release/2019/20191016\\_001242.html](https://www.hitachizosen.co.jp/newsroom/news/release/2019/20191016_001242.html)

また神奈川県小田原市の環境事業センター内に国内最大となるメタネーション設備の建設工事を完成させ、実証運転を実施している（2022/6）。

■装置の仕様：

合成メタン製造量；125Nm<sup>3</sup>/h



図 1-8 メタネーション設備

プレスリリース

「国内最大となるメタネーション設備の実証運転開始

～ 清掃工場からの二酸化炭素を利用したメタネーションは世界初 ～」

<https://www.hitachizosen.co.jp/newsroom/news/assets/pdf/20220616.pdf>

c. Jupiter1000 プロジェクト

Jupiter1000 プロジェクトは 2018 年に開始され、1 MW の再生電力から作られた水素と近くの工業地帯で回収した CO<sub>2</sub> を原料としてメタネーションを行うものである。

表 1-2 事業概要

事業開始	2018 年
事業者	GRTgaz、McPhy ほか
メタン生成量	25Nm <sup>3</sup> /h
CO <sub>2</sub> 源	工場排ガス
H <sub>2</sub> 製造方法	水電解（アルカリ型、固体高分子型）

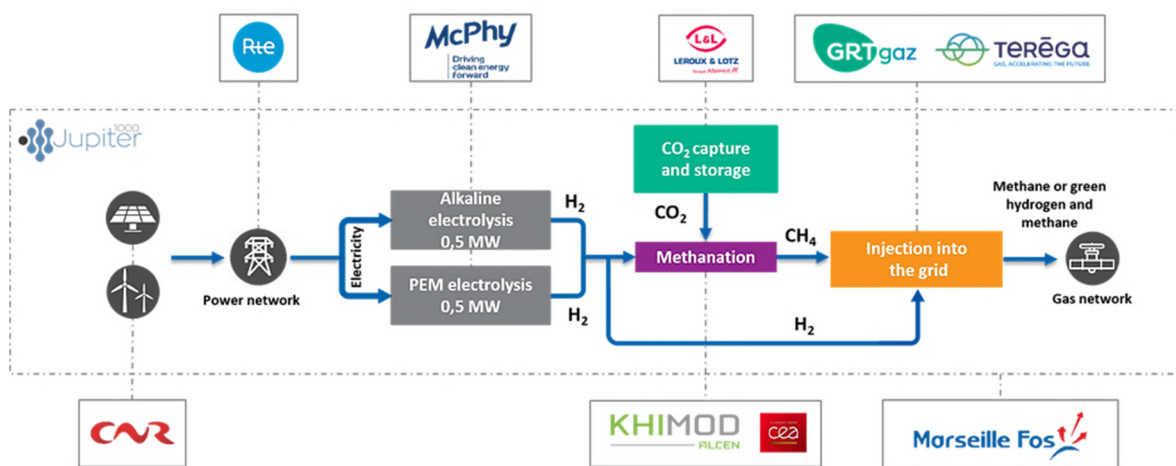


図 1-9 Jupiter1000 プロジェクト

参照

Jupiter1000 プロジェクト ; <https://www.jupiter1000.eu/english>

第 2 回国内メタネーション事業実現タスクフォース 資料 3 7-10p ;

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/methanation\\_suishin/kokunai\\_tf/pdf/002\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methanation_suishin/kokunai_tf/pdf/002_03_00.pdf)

⑤ 他事業との比較

NEDO では他にグリーンイノベーション（GI）基金事業として、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年間継続して支援している。化石燃料の代替となる燃料の実用化についても「CO<sub>2</sub>等を用いた燃料製造技術開発」にて実施されており、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に向けた技術開発が実施されている。

上記事業の中で合成メタンに係る事業として「合成メタン製造に係る革新的技術開発」が実施されている。GI基金事業では合成メタン製造に係る一連のプロセスの総合的なエネルギー変換効率を高めることで、製造システム全体のコストを下げる革新的技術の開発を行っており、下記2事業を実施している。

- ・SOECメタネーション技術革新事業（大阪ガス、産業技術総合研究所）
- ・低温プロセスによる革新的メタン製造技術開発（東京ガス、IHI、宇宙航空研究開発機構）

**CO<sub>2</sub>等を用いた燃料製造技術開発（国庫負担額：上限1152.8億円）**

- 「脱炭素燃料」は、海外の化石燃料に依存する我が国のエネルギー需給構造に変革をもたらす可能性があり、エネルギー安全保障の観点からも重要。既存インフラを活用することで導入コストを抑えられるメリットが大きく、製造技術に関する課題を解決し製造コストを下げることで、社会実装を目指す。
- 脱炭素社会の実現に向けた多様な選択肢の一つとして、脱炭素燃料の技術開発を促進することが必要であり、本プロジェクトでは、液体燃料として①合成燃料、②持続可能な航空燃料(SAF)を、気体燃料として③合成メタン、④グリーンLPGについて、社会実装に向けた取組を行う。

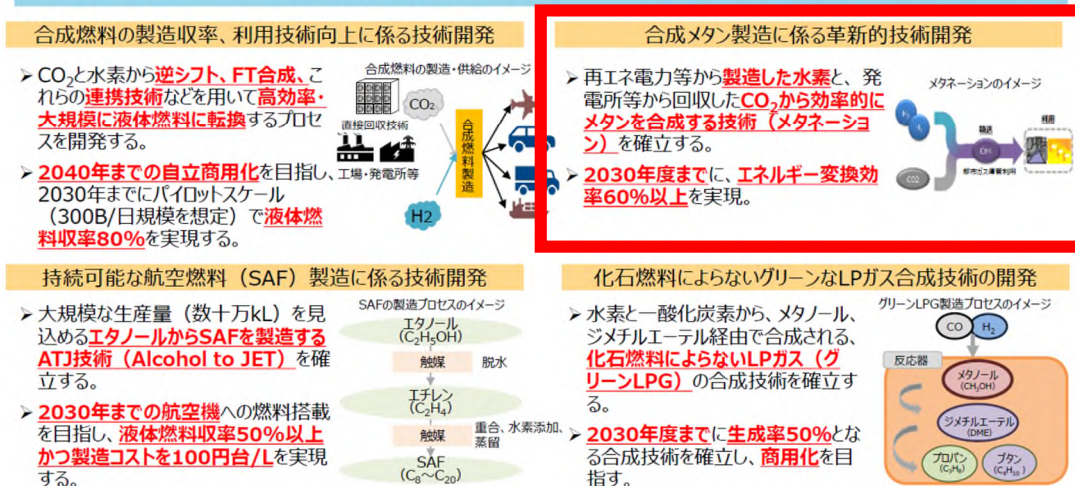


図 1-10 GI 基金「CO<sub>2</sub>等を用いた燃料製造技術開発」

参照

「CO<sub>2</sub>等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画；

<https://www.nedo.go.jp/content/100941592.pdf>

## (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋

### ① アウトカム（社会実装）までの道筋

アウトカム達成に向けて、本事業終了後もアップスケール検討を進める。安価なグリーン水素調達などの観点から、今後の10,000Nm<sup>3</sup>/h以降の設備は海外建設を想定しており、その実証にて製造コスト低減などを進め、メタン合成技術に必要な反応器や熱マネジメント技術を確認する。また合成メタンを導入するための制度整備状況などの確認、市場性の判断を行った上で商用投資判断を行う。

また商用化に向けて都市ガス業界とも連携し、合成メタンの環境価値向上なども進めていき、アウトカム目標である60,000Nm<sup>3</sup>/hのメタネーション設備稼働を目指している。

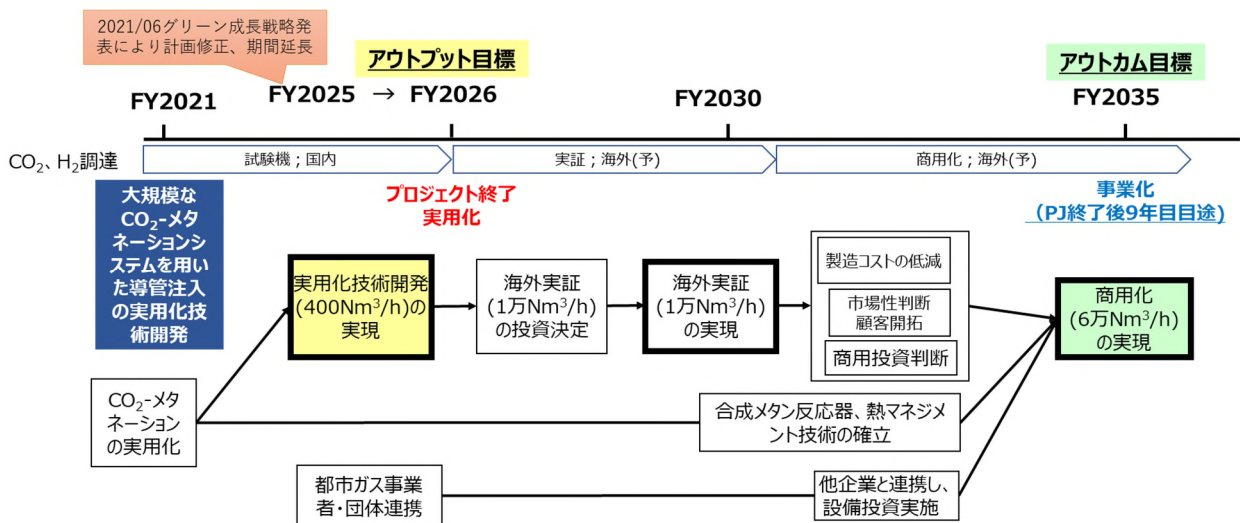


図 1-11 アウトカム（社会実装）までの道筋

### (3) 知的財産・標準化戦略

本事業は助成事業であり知的財産に関しては事業者が管理する内容であるが、NEDO との関連においては以下の通りとなっている。

#### ① 知的財産・標準化戦略

知的財産管理について、NEDO は事業者以下の内容で交付決定している。

- ・助成事業に基づく発明、考案等に関して、産業財産権等を出願又は取得及びそれらを譲渡し若しくは実施権を設定した場合には、届け出ること。

なお事業者間では知的財産についてオープン/クローズ戦略を定め、適切に管理を行っている。

また事業者及び NEDO は経済産業省主催のメタネーション推進官民協議会に出席し、都市ガスや燃料、その他の用途での活用拡大に向け、メタネーションを中心に、技術的・経済的・制度的課題や、その解決に向けたタイムラインを官民で共有し、一体となって取組を進めている。

#### ② 知的財産管理

事業者間で締結した知財合意書（および知財運営委員会運営規則）の中で、知財運営委員会の設置と知財が発生した場合の取扱いについて定めて運用している。





## 2 目標及び達成状況

### (1)アウトカム目標と達成見込み

#### ① アウトカム目標の設定及び根拠

アウトカム目標として、2035年頃に製造事業規模 60,000 Nm<sup>3</sup>/h(年間 36 万トン)にて合成メタンを製造開始することと設定した。その根拠は、株式会社 INPEX (INPEX 社) が 2022 年 2 月に発表した「長期戦略と中期経営計画 (INPEX Vision@2022)」における 2035 年頃のメタネーションによる合成メタン製造事業規模目標によるものである。

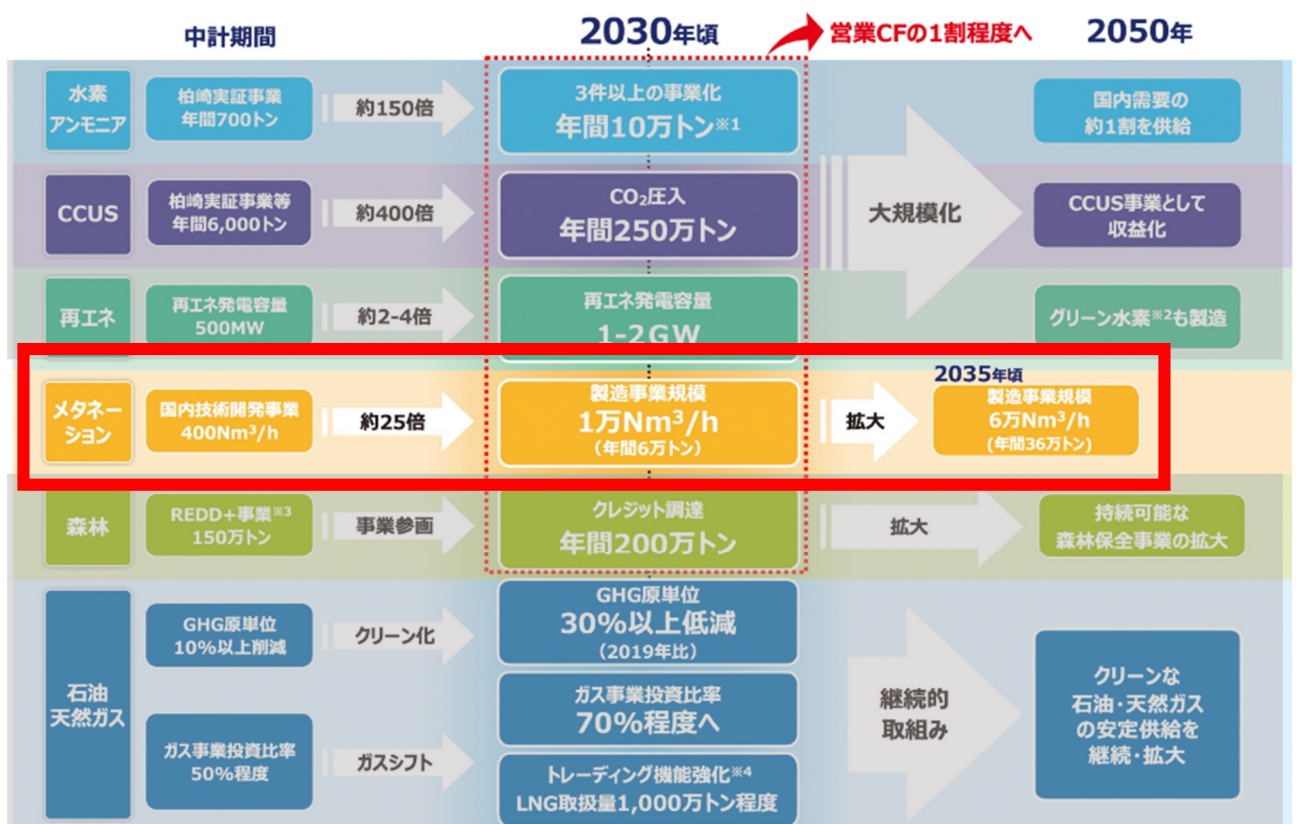


図 2-1 長期戦略と中期経営計画 (INPEX Vision @2022) 抜粋/加筆

#### ② 本事業における「実用化・事業化」の考え方

「実用化・事業化」については本事業においては以下のように考えた。

##### 【実用化】

- ・試験設備 (400 Nm<sup>3</sup>/h) が完成し、その設備で合成したメタンが導管注入されること。
- ・実証設備 (10,000 Nm<sup>3</sup>/h) の基本設計が完了すること。

##### 【事業化】

商用スケール（60,000 Nm<sup>3</sup>/h）のメタネーション設備が完成し、その設備で合成したメタンが導管注入されること。

実用化においては、本事業で研究開発する試験設備が完成することでグリーン水素を用いた合成メタンが製造できるようになり、合成したメタンの品質や導管注入するための制度などを見極めたうえで導管注入する。これにより合成メタンを都市ガスとして利用するための必要条件が達成されたことがわかる。また事業化に向けて、更に大規模化した実証設備（10,000 Nm<sup>3</sup>/h）を製作するための基本設計を完了させることで実用化が完了したものとす。

また事業化に至ると、実際の商用設備を用いてメタネーションを実施し、導管注入することにより合成メタンを一般顧客に届け、対価が得られる状態となる。

### ③ アウトカム目標の達成見込み

本事業にてメタネーション試験機（400 Nm<sup>3</sup>/h）の技術開発が完了する見込みである。具体的には技術試験機のメタネーション反応器の開発完了とともに不純物除去などの補器を含めたシステム設計が完了する。またシステム設計のシミュレーション技術も完成する。この技術を用いて実証機（10,000 Nm<sup>3</sup>/h）を建設することが可能と判断している。実証機では、コストダウンなどの検証を行った上で、商用機（60,000 Nm<sup>3</sup>/h）を完成できる見込みである。このように多段階でメタネーション商用機の開発を進めることでサバティエ反応熱利用などの課題を解決することが可能と判断している。

併せて市場性判断、カーボンプライシングなどの制度設計など、他企業との連携などについて総合的に判断して商用機建設の事業判断を行う。これらについても本事業において検討を進めており事業化判断までには解決されると判断している。

商用機によるメタネーションが実施されることで、本事業のアウトカム目標（2035年合成メタン製造量 36 万トン/年）が達成される。

### ④ 波及効果

本事業により合成メタン製造技術が確立すること見込みである。この製造技術は他のガス会社にも展開することが可能であり、他のガス会社においても合成メタンを製造することで都市ガスの CN が早期に確実に達成することが可能となる。

### ⑤ 費用対効果

本事業の費用総額は全期間で助成金 70 億円である。一方、本事業で合成メタンが事業化されると 2035 年単年度で 670 億円の売り上げが見込まれ、操業 20 年間の総売り上げは 1.3 兆円が見込まれる。このように研究開発費に対してその効果は非常に大きいものと考えられる。

2035 年の想定

販売量	5.6 億 Nm <sup>3</sup> /年（10,000 と 60,000 Nm <sup>3</sup> /h の 2 プラント稼働）
売上高	670 億円（2030 年の製造コスト 120 円/Nm <sup>3</sup> を想定）

また本事業の実施による CO<sub>2</sub> の削減への寄与は 2035 年時点で 110 万トン-CO<sub>2</sub>/年、操業 20 年間で 2,200 万トンを予測しており、大きな削減効果が期待できる。

## (2)アウトプット目標と達成状況

本事業では大きく3つの研究開発項目を設定している。

①触媒反応のシミュレーション技術開発、②実際の反応プロセス開発、③商用機に向けたスケールアップ適用性検討で、①では将来のスケールアップに向けたシミュレーション技術を構築し、②では400 Nm<sup>3</sup>/hメタネーションシステムのプロセス開発、設計など、③では400 Nm<sup>3</sup>/hメタネーションシステムを用いた試験や実証機及び商用機建設に向けたFS、社会実装に向けた検討を行う。

具体的な中間目標及び最終目標としては、

### 【研究開発項目① 反応シミュレーション技術開発】

最終目標は400 Nm<sup>3</sup>/h試験設備を用いて反応器シミュレーションを構築である。またその際は触媒劣化を考慮し反応器性能の経時変化を予測可能とすることを目標としており、2023年度末の中間目標は反応速度モデルシミュレーションプログラム開発を行い、±5%の再現性を確認。また、初期状態だけでなく熱劣化触媒の反応速度モデルを構築する。

これらを目標とした根拠は、今後実証機、商用機を設計するにあたり、設計開発コスト削減や開発期間の短縮、設計品質向上を目的に反応シミュレーションを構築するためである。また設計の際、初期性能だけでなく経時変化を含めたシステム性能設計が必要なためである。

### 【研究開発項目② 大規模CO<sub>2</sub>メタネーション反応プロセス技術開発】

最終目標は400 Nm<sup>3</sup>/hのメタネーションプロセスを完成である。目標値は1)メタン濃度96 vol.%以上、2)エネルギー効率75%以上、3)総合エネルギー効率88%以上である。

中間目標は400 Nm<sup>3</sup>/h実験機の反応プロセス及び不純物除去システムの詳細設計を完了させ、製作に移る準備を完了させる。また実験機の起動から停止まで一連の運転手順、運転計画を策定する。

設定根拠は、まず400 Nm<sup>3</sup>/h試験機の反応プロセスを完成させることが実証機、商用機への見通しを得るために必要なためである。また事業化を進めるため、その結果を用いて概略コストを算出することが判断のため必要なため設定している。

### 【研究開発項目③ 反応システムのスケールアップ等適用性検討】

最終目標は400 Nm<sup>3</sup>/h試験機を建設し、メタン合成を行い、合成したメタンを都市ガス導管に注入することである。また実証機、商用機に向けCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>調達含め実証、商用スケールのFS等を行うこと、社会実装に向けた政策動向・制度設計など調査を完了させることである。

中間目標はまず400 Nm<sup>3</sup>/h試験機の基本設計を完了し、調達・建設業務を開始することである。合成したメタンを導管注入するため、その環境価値を付与するためのシステムを構築する。また、実証及び商用スケール設備のFSを実施するとともに、社会実装のための政策動向などの調査を完了させる。

設定根拠はメタネーション設備を用いて導管注入可能なメタンを合成し、実際に注入することで社会実装に向けた第一歩とするために設定したものである。

また目標設定など事業計画作成の際には、前事業の前倒し事後評価の結果を反映させた。

表 2-1 アウトプット（最終）目標の設定及び根拠

研究開発項目	最終目標（2026年3月）	根拠
①反応シミュレーション技術開発	反応試験結果を再現する反応速度試験モデルを構築し、次期実証機を想定した反応器シミュレーションを構築する。また触媒劣化を考慮し反応器性能の経時変化を予測可能とする。	実証機、商用機の反応器を設計するために反応器シミュレーションを完成させる必要がある。また商用機では初期性能だけでなく経時変化の把握も必要であるため設定。
②大規模 CO <sub>2</sub> -メタネーション反応プロセス技術開発	メタネーションプロセスを完成させる。 目標値は 1)メタン濃度 96 vol.%以上、2)エネルギー効率 75%以上、3)総合エネルギー効率 88%以上。	実証機、商用機への見通しを得るためには、まずメタネーションプロセスそのものを完成させる必要がある。また事業化を進めるためには大規模化したときの概略コストを算出できる必要があるため設定。
③反応システムのスケールアップ等適用性検討	試験設備を施工完了し、運用・評価を実施し、合成メタンを導管注入する。 CO <sub>2</sub> 、H <sub>2</sub> 調達含め実証、商用スケールの FS 等を行う。社会実装に向けた政策動向・制度設計など調査を完了させる。	試験機にて導管注入可能な合成メタンを合成するため。社会実装のため実証機、商用機を建設するため見通しを得る必要があるため設定。

以下研究項目開発項目ごとに達成状況を説明する。

### 研究開発項目①反応シミュレーション技術開発

(担当：名古屋大学)

触媒反応の反応モデルを構築した。劣化触媒についても予備実験結果から反応モデルを選定し実測値と比較してパラメータを決定した。その結果、シミュレーションと実測値の CO<sub>2</sub> 転換率の誤差が±5%以内の一致を見た。目標達成の根拠は、既に反応速度に関して、ラボ試験結果とシミュレーション結果の相互確認は終了していること、流体/伝熱を連成したシミュレーションモデルは 2023 年 7 月に完成予定であるため、合わせ込みは 2024 年 3 月に達成が見込める。

#### ① -1 反応速度モデルの構築

本事業で利用する大阪ガス(OG)が開発した触媒の反応速度データを取得し、反応速度モデルの決定を行なった。加圧流通型触媒固定床反応器を用い、内径 5 mm の反応器に、ふるい分けした触媒と希釈材を充てんし、触媒層とした。事業用反応器で想定される反応温度および CO<sub>2</sub> が CH<sub>4</sub> へと転換する過程のガス組成を段階的に網羅する条件において、メタネーション反応速度の測定を実施した。実測値と反応速度モデルの計算値との最小二乗法によって複数の反応速度モデルを検討し、最も実測値を再現できる反応速度モデルとして Xu and Froment モデルを選定した。そして、この反応速度モデルを利用し、パラメータの決定を完了した。得られた反応速度モデルと CFD により算出した積分型反応器における CO<sub>2</sub> 転換率と別途(OG 積分反応器)得られた CO<sub>2</sub> 転換率は、5%以内の誤差で一致する結果を得た。

#### ① -2 反応器の熱流体シミュレーション

本事業で設計中の断熱型反応器の計算格子作成を行った。計算格子作成は OpenFOAM のユーティリティの BlockMesh を用いた。計算格子の総数は約 12 万セルであり、ワークステーションでも十分に実行可能である。反応器の上部と下部の一定区間はアルミナボールを充填した非反応領域であり、その間を、触媒を充填した反応領域の長さ（触媒層の長さ）とした。触媒およびアルミナボールが反応器に充填されている領域は多孔質媒体モデルを採用して計算を行った。メタネーション反応モデルとして本事業触媒に対し①-1 でパラメータ決定した Xu and Froment モデルをプログラムに組み込んだ。さらに、大阪ガスから提供された運転条件を基に計算を実施した。

上記シミュレーションを用いて断熱型反応器内、反応管中心におけるガス温度及びガスのモル分率を得た。触媒層開始を  $y = 0$  m とし、ここから 0.10-0.15 m 付近で急激に変化、温度がピークに達する。断熱反応器は熱を除去する機構を備えていないため、その後出口まで変化しない。予測温度の最大は 760 K であり、出口での予測値はプロセスシミュレーションで示された値と一致した。

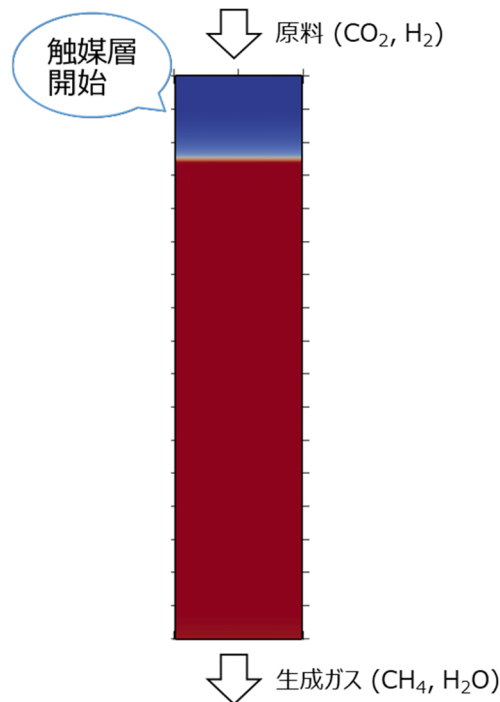


図 2-2 断熱型反応器の温度計算例

次にシェルアンドチューブ型反応器の計算格子の作成を行った。計算格子作成に際し、まず 3 次元形状データファイルを用意するために Blender というソフトを使用し、反応器形状をコンピューター上で再現した。この際の実出力フォーマットは汎用性の高い STL (Standard Triangulated Language) とした。次に OpenFOAM のユーティリティである BlockMesh、SnappyHexMesh というツールを使い、先ほど作成した STL ファイルから、計算格子を作成した。計算格子の総数は約 1,500 万セルとかなり多いので計算は名古屋大学のスーパーコンピューター不老を用いて並列計算で行った。

上述のメタネーション反応モデルを使用し、大阪ガスから提供された運転条件を基にテスト計算を実施し、シェルアンドチューブ型反応器において外側の反応管(Outer)と中央に配置されている反応管(Centre)の中心でのガス温度を得た。ピーク位置は触媒層開始位置( $y = 0 \text{ m}$ )より、おおよそ  $0.6 \text{ m}$  で最大温度約  $960 \text{ K}$  である。

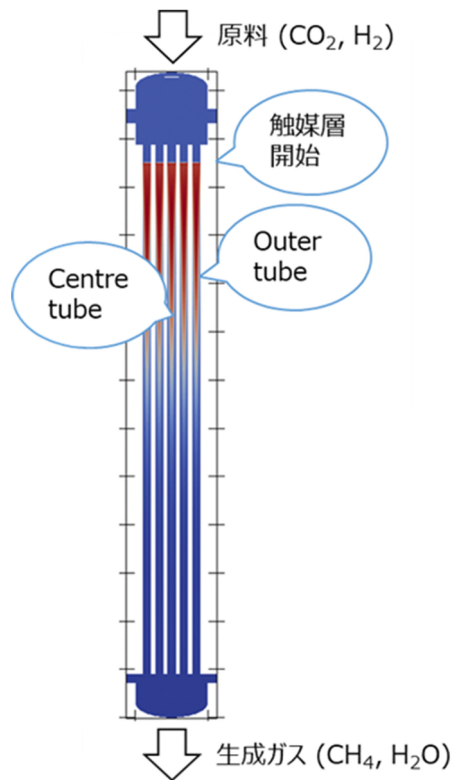


図 2-3 シェルアンドチューブ型反応器のシミュレーション例

また断熱型反応器外側の反応管(Outer)と中央に配置されている反応管(Centre)の反応管中心でのモル分率の挙動を確認した。さらに、プロセス計算から得られた出口での温度、濃度を再現できることを確認した。クーラント領域は高温高圧水とし、管内でのメタネーション反応によるホットスポット近傍で発生した反応熱が反応管壁面を移動し、クーラント領域に到達、高温高圧水を蒸気へ相転移させ、多数の気泡が発生するとともに管内の冷却される様子をシミュレーションにより可視化した。



400 Nm<sup>3</sup>/h 試験機の反応プロセスの基本設計は完了している。また不純物除去に関しては脱硫システム設計に反映完了している。運転手順方案も作成を完了している。残りは 400 Nm<sup>3</sup>/h 試験機を用いた運転計画の策定及び反応プロセスの詳細設計であり、終了までに達成見込みとなっている。

② -1 プロセスの基本性能評価

実施計画書「②-1-1 メタネーション反応プロセス設計」の目標である「1)メタン濃度 96 vol.%(dry)以上、2)ガスとしてのエネルギー効率:75%以上、3)総合エネルギー効率:88%以上」を達成するために検討を行った。また、機器のサイジングなどの構造の検討を行った。特に反応器は上記の目標に大きく影響することから、過去の実績や大阪ガスでの実証実験（NEDO 事業外）を踏まえて、サイジングを行った。反応速度と平衡組成の観点で、目標のメタン濃度を達成するための反応温度条件を維持できるよう、大阪ガスで伝熱計算等を行った結果、最適値を見出した。他の機器の設計思想などは INPEX 社に共有を行い、問題ないことを確認した。

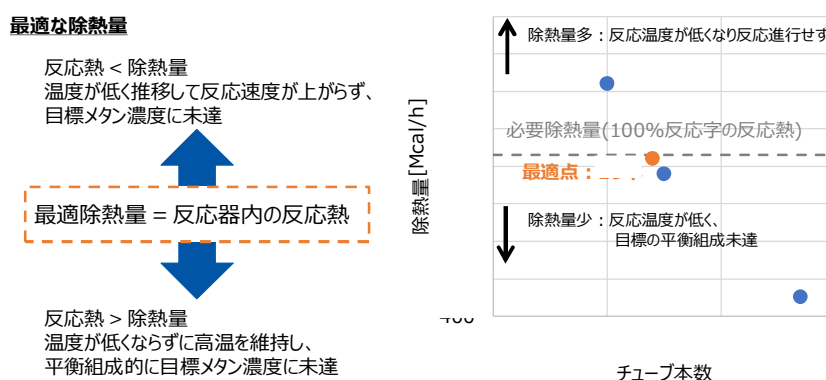


図 2-4 伝熱計算結果

② -2 触媒の長期耐久性の評価

今回の試験では大阪ガスの開発した触媒を用い、長期間使用して触媒の交換頻度を下げることが志向している。そこで、被毒要素となる物質の除去を検討する必要がある。炭化水素や硫黄に対しての除去プロセスを検討し、プロセスに反映した。炭化水素の除去のために導入する水については、CO<sub>2</sub> に飽和蒸気分の水分が含まれていることを確認したため、プロセス系内への水の導入を取りやめた。一方で、硫黄に関しては水添触媒を用いて無機硫黄化合物を硫化水素に変換し、その後吸着剤や吸着剤をスルーした硫黄化合物を確実に吸着する超高次脱硫剤にて硫黄分を完全除去できる過去に実績のある構成（順番）とした。その内容を機器のデータシートに反映した。

起こりうる反応とシミュレーション結果

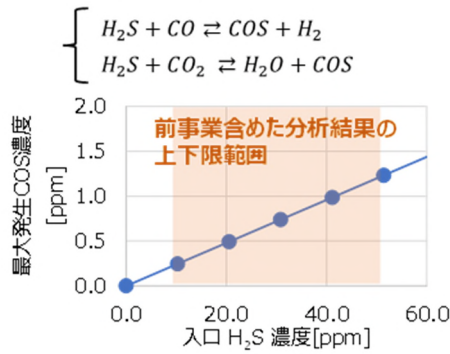


図 2-5 脱硫装置検討結果

② -3 制御・運用性の確立

スタートアップ(SU)、シャットダウン(SD)、緊急シャットダウン(ESD)、レート変更操作の運転方針の検討を行い、さらに詳細な運転方案の作成を行った。詳細化を行うに当たり、主に検討した内容は以下の点である。

- ボイラーの起動・停止方法についてはメーカーへのヒアリングの結果を反映した。
- HAZOP 及び SIL のワークジョブを行い、ESD の健全性を検証し、ESD 方法に反映した。また、SU、レート変更、SD については運転方案を作成し、INPEX（施設 U、生産 U、鉱場のオペレーター）への説明を行い、指摘点を反映させて完成させた。

ESD についてはシャットダウンファンクションチャートにすべて反映させた。以上の通り、起動・停止・緊急停止・レートアップ・レートダウンにかかわる詳細な運転手順の検討を完了した。

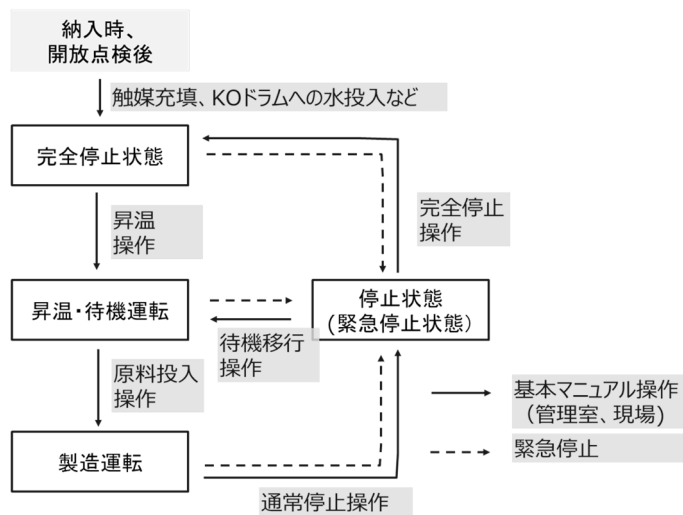


図 2-6 運転方針の検討内容

### 研究開発項目③反応システムのスケールアップ等適用性検討

(担当：INPEX)

400 Nm<sup>3</sup>/h 実験機の基本設計は完了し、建設に着手しており、合成メタンの環境価値付与方法についても候補案の検討及び社会実装に向けた課題の調査が完了している。残りの環境価値のトレーサビリティについても詳細設計と共に対応中であること、実証及び商用に向けた FS についても関係各所と協議中であるため、達成が見込まれている。

#### ③ -1 試験設備の設計・施工・運用・評価

2022 年夏より試験設備の施工業者入札を実施し、最終的に千代田化工建設株式会社へ発注することを決定した。並行して一部機器の発注、土木工事の一部、設計作業の一部を開始した。その後 2023 年 3 月に本工事の現地工事も開始となった。

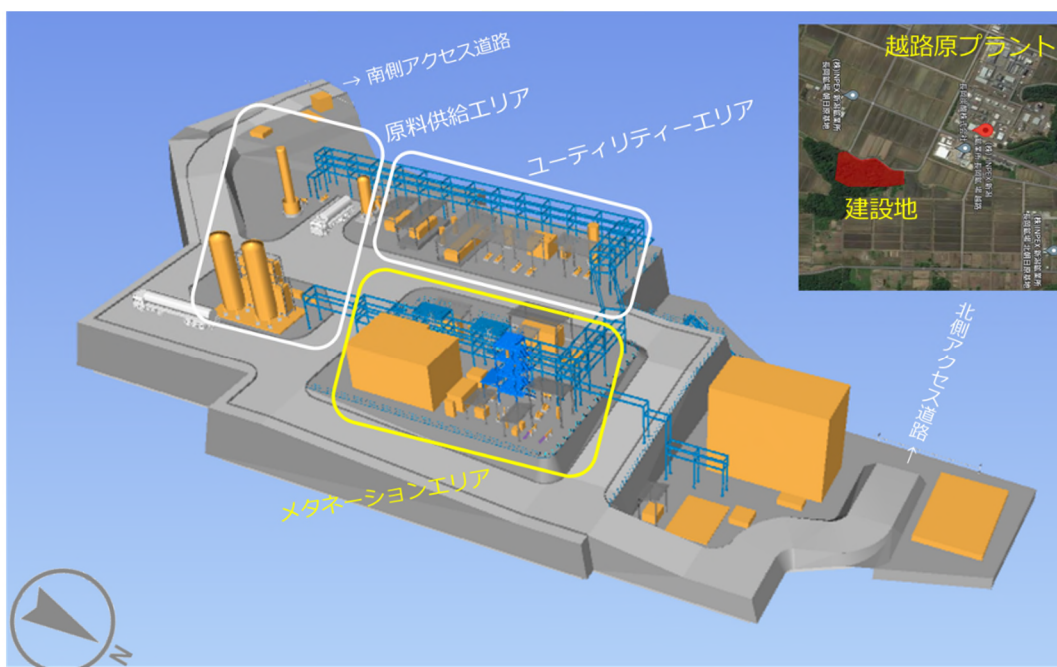


図 2-7 試験設備 3D Model



図 2-8 製作機器類



図 2-9 試験設備全体計画



図 2-10 400 Nm<sup>3</sup>/h 試験設備建設地着工直後の様子 (2022年9月撮影)



図 2-11 400 Nm<sup>3</sup>/h 試験設備建設地造成工事中の様子 (2023年4月撮影)

### ③-2 合成メタンの導管注入検討・実施

MRV（温室効果ガス排出量の測定、報告及び検証）等トレーサビリティを担保するシステムを、操業情報管理、環境価値管理それぞれについて選定した。

合成メタンの導管注入による INPEX 販売ガスへの影響については、影響が最大となる条件を想定し、熱量と組成の変化量を確認した。まずは関係する供給先との販売契約において担保すべき熱量を下回らないとの結果を確認している。この結果も踏まえ、今後関係先への説明・協議を進めていく。

### ③-3 反応プロセスのスケールアップ・経済性・適用性検討

最新の随伴 CO<sub>2</sub> 分析において新たな触媒被毒物質は確認されていないことから、既に得られた特性に基づく基本設計にて除去塔・脱硫塔の設計を進めた。

### ③-4 日豪 CR-MoC に基づく実証・商用スケールの FS/LCA 調査

AACE Class 4 相当(L: -15% to -30%, H: +20% to +50%)のコスト試算を実施し、前事業の Pre-FS よりも高い精度で FS を完了した。

### ③-5 早期社会実装に係る政策動向・制度設計等調査

国内外の水素政策をとりまとめ、合成メタンへの適用を視野に入れた ERGaR、ICAO-CORSIA マスバランス法等の制度課題、条件を調査した。日本ガス協会が提案するクリーンガス証書の考えに則り、国内では証書制度での環境価値移転を想定している。

### 研究開発成果の意義（副次的成果）

本事業を実施することによる意義は表 2-2 のように考えている。実施することによりメタネーション設備の開発が進捗するほか、人材育成など副次的効果も得られると考えている。

表 2-2 研究開発成果の意義（副次的効果）

意義	副次的成果
メタネーション反応器を設計するにあたり、 <b>反応挙動の把握</b> が課題である。 本事業では反応シミュレーションを開発し、試験機、今後は <b>実証機、商用機の反応器設計に活かす</b> ことができると考えられる。	これらのシミュレーションに必要なコード開発等には、名古屋大学の博士課程の学生も参画しており、実プロセス設計に関わることで、 <b>実践型の高度研究開発人材の育成</b> につながっている。
メタネーションプロセスを設計するにあたり、 <b>総合エネルギー効率を可能な限り高める</b> ことが課題である。 本事業で反応プロセスを開発することで試験機の基本設計を終わらせることができた。	ベース技術では大型化ができていたので本事業の成果を用いて <b>大型化に関するリスクを低減</b> できると考える。
既存のメタネーション設備に比して大規模であり、その <b>スケールアップ手法を確立</b> することが課題である。 大規模化を見据えた基本設計については期限通り完了することができた。	設備を導入するにあたっての <b>規制など対応方針を得る</b> ことができた。

### 特許出願及び論文発表

本事業を推進することにより表 2-3 にあるような特許及び論文発表を実施する計画としている。

表 2-3 特許出願及び論文発表

	2021年度	2022年度	2023年度	計
特許出願(うち外国出願)	0	0	(0)	0
論文	1	0	(2)	3
研究発表・講演	6	21	(3)	30
受賞実績	0	0	(0)	0
新聞・雑誌等への掲載	3	4	(0)	7
展示会への出展	0	2	(1)	3

※2023年6月5日現在



### 3 マネジメント

#### (1) 実施体制

① NEDO が実施する意義

CO<sub>2</sub> 排出削減・有効利用の実用化の開発は、国家的課題（気候変動対策）に貢献する技術であり、社会的必要性は非常に大きいものと考えている。また研究開発の難易度は、実用化に至るまで段階的な実証試験などの技術開発が必要であり難易度が高いものと考えている。また投資規模も非常に大きく、開発リスクが大きな事業と考えられる。

このような国際的課題である気候変動対策に対し、産学官の技術力を最適に組み合わせ、研究を推進できること、また NEDO の過去の他事業の知見を本事業に活かすことで効率的な事業推進ができることから、本事業は NEDO で実施すべき事業であるとする。

② 実施体制（責任体制）

体制については前事業終了時から外部専門家などの意見を踏まえ、スケールアップを見据えサバティエ反応のシミュレーションを名古屋大学、商用規模でナフサなどの炭化水素から都市ガスを合成する技術を持つ大阪ガスが反応器設計などについては実施する体制とした。

また事業者間で推進委員会を開催し、事業成果及び今後の進め方の共有を図り、事業の中で出てきた知財などについては知財運営委員会にて協議している。

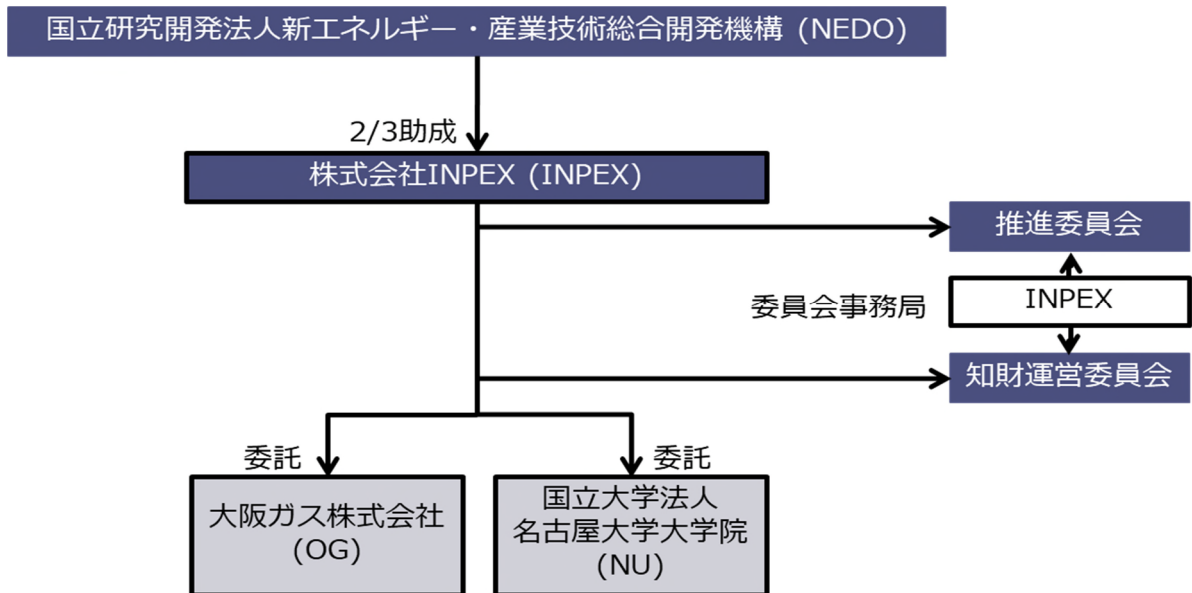


図 3-1 実施体制

### ③ 個別事業の採択プロセス

本事業は以下の内容で公募を行った。

#### 【公募】

公募予告（2021年5月31日）⇒公募（2021年7月15日）⇒公募〆切（2021年8月27日）

#### 【採択】

採択審査委員会（9月14日）

採択審査項目；NEDOの標準的採択審査項目を用いて

- ①申請内容の評価（公募目的・目標との整合性、既存技術との優位差、申請内容の実現性）
- ②申請者の評価（関連分野に関する実績、開発体制の整備、必要設備の保有、人材の確保）
- ③成果の実用化（社会や他の技術への波及効果）

の3項目を中心に評し、各項目の重要度に応じた重み付け係数を変更して行った。

採択条件；なし

#### 【採択委員】

区分	氏名	所属	役職
委員長	山中 一郎	東京工業大学 物質理工学院	教授
委員	齊藤 文	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 グローバルイノベーション&エネルギー部	課長
委員	鈴木 朋子	日立製作所 研究開発グループ	技師長
委員	藤原 哲晶	京都大学 大学院工学研究科	准教授
委員	牧野 尚夫	電力中央研究所 エネルギー技術研究所	研究アドバイザー

### ④ 助成事業期間の見直しについて

本事業の目的はメタネーション反応システムの開発を重点的に行うことであり、グレー水素を用いてメタネーション試験を実施する計画であったが、2021年6月に発表されたグリーン成長戦略のカーボンニュートラル合成メタン製造に資する設備（グリーン水素を用いたメタネーション設備）とするため、グリーン水素が導入可能となるよう設備計画を見直した。

その結果、建設期間の延長による、事業期間の見直し、費用の増加が発生した。

事業期間については、可能な限り最短となるようNEDOと事業者で協議しながら進めていく。

## (2) 受益者負担の考え方

### ① 予算及び受益者負担

本事業の予算は実証に向けた技術開発を終了させるために必要な費用を精査し金額を決定した。開発状況に応じて金額の見直しを行った。

表 3-1 本事業の予算計画

研究開発項目		2021年度	2022年度	2023年度	合計
大規模なCO2-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	補助率 2/3	134 【90】	1,317 【878】	3,062 【2,042】	(4,513) 【3,010】

【】内は NEDO 負担額  
(単位 ; 百万円)

なお前事業は 2017～2021 年度に委託事業でメタネーションシステムの検討を進め、ベンチスケール試験を通じて技術目標を達成した。本事業では次段階の実証研究に移るため、助成事業とした。

なお本事業は助成事業として公募したが、事業化までの期間が長く事業リスクが高いこと、今後実用化に向けて段階的な設備スケールアップ試験・実証を行う必要があるため、補助率として 2/3 を設定した。

② アウトプット（研究開発成果）のイメージ

本事業では、実証/商用メタネーション設備に対し、①反応シミュレーション技術開発は本事業で開発したシミュレーション技術が実証/商用設備の反応器開発に貢献する。②大規模 CO<sub>2</sub>-メタネーション反応プロセス技術開発は本事業で開発した 400Nm<sup>3</sup>/h メタネーション設備の技術を用いて実証/商用機の開発に活かされる予定である。③反応システムのスケールアップ等適用性検討では 400Nm<sup>3</sup>/h メタネーション試験機を用いたメタネーション試験を実施するほか、実証、商用に向けた FS、制度などの調査を行っており、その成果を用いて実証、商用化の検討が実施されることとなる。



図 3-2 アウトプット（研究開発成果）のイメージ

③ 目標達成に必要な要素技術

本事業では研究開発項目【研究開発項目①反応シミュレーション技術開発】及び【研究開発項目②大規模CO<sub>2</sub>-メタネーション反応プロセス技術開発】を実施することで実証機/商用機を見据えた反応プロセスが完成する。また実証機、商用機開発に向けて建設適地を調査する【研究開発項目③反応システムのスケールアップ等適用性検討】を実施する。【研究開発項目③】では実証機、商用機を建設する適地調査やグリーン水素調達のための再エネ確保、事業化に向けた制度/政策に関する調査及び低コスト化に向けた調査を行っており、目標達成に向けて必要な要素技術は網羅していると考える。

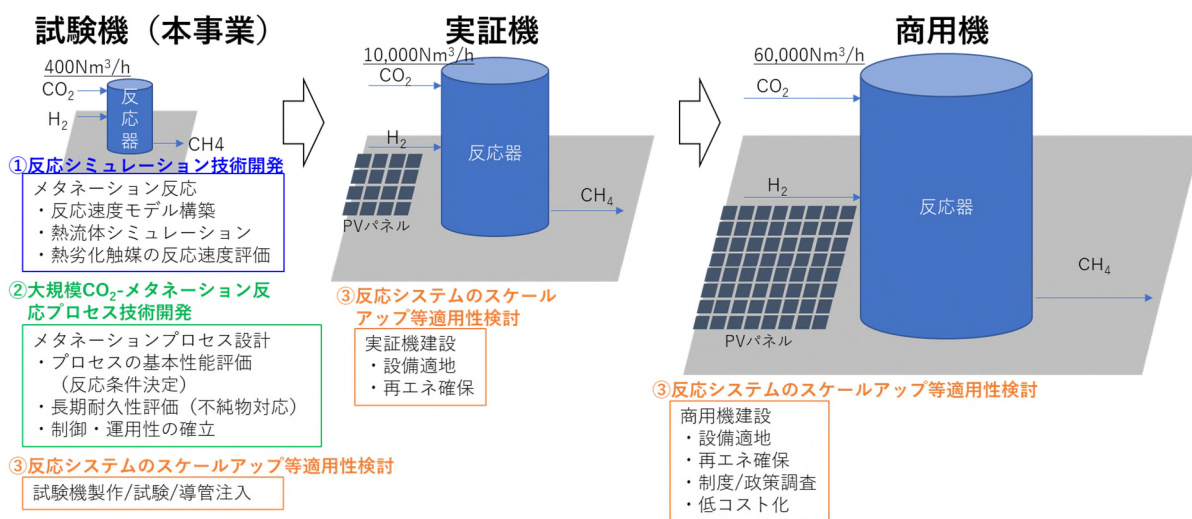


図 3-3 目標達成に必要な要素技術

### (3) 研究開発計画

#### ① 研究開発のスケジュール

本事業では 2030 年 1%の目標から逆算してスケジュールを作成した。

当初 2025 年度までの計画だったが、設備計画の見直しにより、2026 年度までの計画に変更している。

今後も EPC 業者と工期短縮のための協議は継続する予定である。

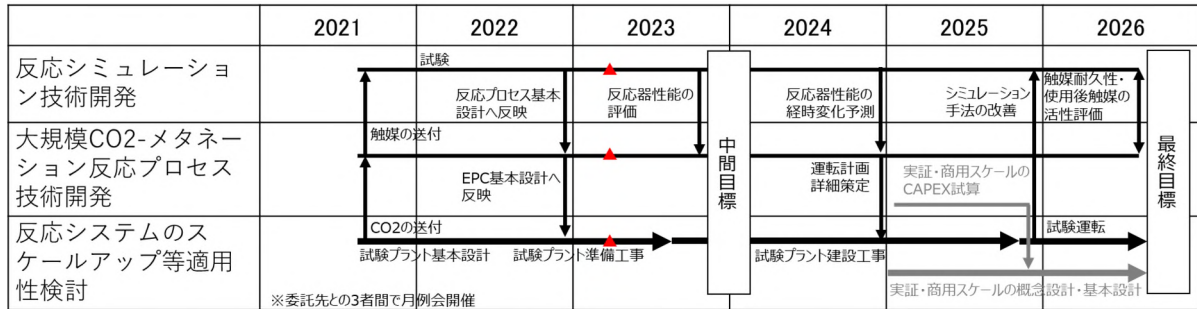


図 3-4 研究開発スケジュール

#### ② 進捗管理

NEDO は事業者による進捗報告会（外部委員）に出席し開発状況を理解するほか、NEDO 自身も外部有識者による技術検討委員会を開催し、進捗確認、今後の進め方に対するアドバイスを実施した。

表 3-2 事業者による進捗管理

	参加者	目的	頻度
外部委員による進捗報告会	事業者、外部有識者	研究開発内容の確認、進め方のアドバイス、指導を得る	年 1 回(2022/4、2023/4 開催)
内部定例会議など	事業者	進捗情報、今後の進め方共有	INPEX/名大/大ガス(9 回) INPEX/大ガス(11 回) INPEX/大ガス/千代田建他(8 回)

※2023 年 5 月末現在

表 3-3 NEDO による進捗管理

	参加者	目的	頻度
外部委員による技術検討委員会	事業者、外部有識者、NEDO	本事業の進捗状況、方針の確認等を第三者である外部有識者からアドバイス、指導を得る。	年 1 回 (2022/4、2023/6 開催)
状況に応じた打合せ等	事業者、NEDO	事業的な状況、今後方針確認	随時

※2023 年 6 月末現在

#### ③ 進捗管理：事後評価結果への対応

前事業事後評価における指摘事項を反映し、実施計画の改善を行った。

表 3-4 事後評価結果

カテゴリー	指摘事項	対応状況
事業の位置づけ・必要性	指摘なし	—
研究開発マネジメント	<p>【1】今後に向けた後継プロジェクトでは、当該分野での市場競争が厳しくなっていく中、今後ますます革新的かつ早急な技術開発が必要となるため、NEDO として研究開発マネジメントの知見を適切に蓄積して応用していただくことを期待したい。</p> <p>【2】現状の想定より更に脱炭素社会への加速が進む事も想定されるため、複数のシナリオを常に想定しながら今後の研究開発の方向性を検討して頂きたい。</p> <p>【3】メタネーション装置は、本プロジェクトのキーコンポーネントであり、各社連携して、高効率で耐久性の高いものにしていくことを期待したい。</p>	<p>【1】後継プロジェクトにおいて、早急かつ柔軟な技術開発を行うべく、NEDO 関連事業との相乗効果も追求する。具体的には、メタネーションに係る電解還元等の共通基盤開発事業や CO<sub>2</sub> 分離回収事業などの事業において得られる知見を本事業に活用したり、また、本事業で得られた知見の展開に取り組む。</p> <p>【2】後継プロジェクトでは、水素の普及状況などについてのシナリオを複数想定し、実現可能な技術を段階的に設定するなど、開発計画を策定する。</p> <p>【3】後継プロジェクトでは、スケールアップ検討とともに熱回収による高効率化と耐久性の向上を検討項目として設定し、サブタイエ方式でのメタネーション技術の社会実装可能性を高める計画とする。</p>
研究開発成果	<p>【4】個々の研究成果に対しては、分離回収の先導的な研究成果としての位置づけであり、60,000Nm<sup>3</sup>/h のフルスケール実機規模での概念設計のキースペックを出せるとさらに良く、触媒関係の成果についても、さらに良い評価を得るために、上記フルスケール相当での青写真、適用有無での効果比較まで言及をしていただきたい。</p> <p>【5】製品の利用者の理解を促すことにより、製品の受容性を向上させる効果や、気候変動や脱炭素社会実現などに関する教育への貢献のため、本事業で建設した設備を活かした広報・発信を技術開発とともに期待したい。</p>	<p>【4】CO<sub>2</sub> 分離回収の技術開発については現在 CCUS 事業においてラポ〜パイロットレベルにおいて実施中である。これらの知見もメタネーションでの大規模適用の一例として成果を利用することを検討する。また、後継プロジェクトでは、商用化規模での概念設計を行い、触媒についてもフルスケールでの仕様について検討する。</p> <p>【5】8Nm<sup>3</sup>/h 級のメタネーション設備開発では現地記者を呼ぶなど外部への発表を積極的に行った。後継プロジェクトにおいては、地域の導管注入にも取り組む予定であるところ、地域住民に対する情報発信も重要と考える。将来的には、さらに導管注入が広まる可能性があることも念頭におきつつ、各種媒体を通じ、積極的な発信を行う。</p>
成果の実用性・事業性	<p>【6】メタネーションで作ったメタンをそのまま都市のガスインフラに流せないことから、早期社会実装する上で、ガスインフラへの適用や LCA の検討を期待している。</p> <p>【7】カーボンニュートラルに向けて取り得る手段は直接合成する方法に限られないため、例えばカーボンニュートラル LNG 等の代替手段との棲み分けを考慮した検討、さらにメタネーションの実用化に向けた具体的取組みにおいて技術確立後の導入にかかるリードタイムも考慮した成果の活用を検討いただきたい。</p>	<p>【6】早期の社会実装に向けた環境を構築する観点から、後継プロジェクトでは、都市ガス既存導管への利用を進めるため、注入試験やカロリー調整方法についても検討する。また、LCA 的観点での CO<sub>2</sub> 削減量評価にも取り組む。</p> <p>【7】メタネーションのコスト見通し、オフセット LNG 価格、通常の LNG 価格などについて、技術等が市場に導入されるリードタイムも考慮しつつ、市場における時間軸を含んだ「棲み分けイメージ」について、後継プロジェクトで整理することを検討する。</p>

事後評価コメントに対して、表 3-5 の内容を実施計画書に反映した。

表 3-5 実施計画書への反映内容

事後評価コメント	実施計画における対応内容
<p>現状の想定より更に脱炭素社会への加速が進む事も想定されるため、<b>複数のシナリオを常に想定しながら今後の研究開発の方向性を検討</b>して頂きたい。</p>	<p><b>豪州の水素、CCUS 戦略に基づいた水素普及シナリオに加え、太陽光発電設備併設</b>など実現可能な技術を段階的に設定する計画とした。</p>
<p>メタネーション装置は、本プロジェクトのキーコンポーネントであり、各社連携して、<b>高効率で耐久性の高いものにして欲しい</b>。</p>	<p>スケールアップ検討とともに<b>サバティエ反応により発生する熱を回収することで高効率化と硫黄による触媒劣化に対する耐久性の向上を検討項目として設定</b>し、サバティエ方式でのメタネーション技術の社会実装可能性を高める計画とした。</p>
<p>個々の研究成果に対しては、分離回収の先導的な研究成果としての位置づけであり、60,000Nm<sup>3</sup>/hのフルスケール実機規模での概念設計のキースペックを出せるとさらに良く、触媒関係の成果についても、さらに良い評価を得るために、<b>上記フルスケール相当での青写真、適用有無での効果比較まで言及</b>をしていただきたい。</p>	<p>CO<sub>2</sub> 分離回収の技術開発については、継続的にモニタリングし、これらの知見もメタネーション技術の大規模適用に利用することを検討する。<b>高濃度な天然ガス随伴 CO<sub>2</sub> が得られる可能性の高い地域を主要候補地として商用化規模での概念設計を行い</b>、触媒についてもフルスケールでの仕様について検討する計画とした。</p>
<p>メタネーションで作ったメタンをそのまま都市のガスインフラに流せないことから、早期社会実装する上で、<b>ガスインフラへの適用や LCA の検討を期待</b>している。</p>	<p>早期の社会実装に向けた環境を構築する観点から、都市ガス既存導管への利用を進めるため、<b>注入試験やカロリー調整方法についても検討</b>する。また、<b>再エネ由来のメタン製造に関するプロセスにおいて LCA 的観点での CO<sub>2</sub> 削減量評価にも取り組む</b>計画とした。</p>

#### ④ 進捗管理：動向・情勢変化への対応

グリーン成長戦略にて 2030 年グリーン水素を用いて合成した合成メタンを 1%導管注入する目標が立てられたことに対応し、本事業においてもグリーン水素のみを用いて合成メタンを合成できるようにメタネーション設備の仕様を変更した。



# 添付資料

## ●プロジェクト基本計画

P16002

P16003

P10016

P92003

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発」基本計画

環境部

### 1. 研究開発の目的・目標・内容

#### (1) 研究開発の目的

##### ①政策的な重要性

2015年7月に決定された長期エネルギー需給見通しにおいては、3E+S（安全性、安定供給、経済効率性、環境適合）を同時達成しつつ、バランスの取れた電源構成を実現していくこととしており、火力発電分野においては、石炭火力発電及びLNG火力発電の高効率化を図り、環境負荷の低減と両立しながら、有効活用を推進することとしている。火力発電の高効率化は、再生可能エネルギーの最大限の導入促進、安全性の確認された原子力発電の活用と合わせ、温室効果ガス削減目標積み上げの基礎となった対策・施策として位置づけられている。これを踏まえ、2016年6月に官民協議会で策定した「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」においては、火力発電の高効率化、CO<sub>2</sub>削減を実現するため、次世代の火力発電技術の早期確立を目指すこととしている。また、2021年10月に策定された「第6次エネルギー基本計画」においては、火力発電は再生可能エネルギーの変動性を補う調整力・供給力として柔軟な運転（幅広い負荷変動への対応）が求められることから、負荷変動対応や機動性に優れた火力技術開発等の取組を推進することとしている。

2050年に向けて化石燃料の利用に伴うCO<sub>2</sub>の排出を大幅に削減していくためには、あらゆる技術的な選択肢を追求していく必要があることから、CO<sub>2</sub>を炭素資源（カーボン）と捉え、これを回収し、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を推進することとしており、2021年6月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」では、カーボンニュートラル社会を実現するための重要分野の1つにカーボンリサイクル技術が位置づけられた。また、「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）において、カーボンリサイクル技術の確立、普及を目指していくこととしている。

2020年3月に策定された「新国際資源戦略」では、CO<sub>2</sub>排出削減に向け、液体アンモニアの混焼を含めて着実に技術開発等を進めることが必要とされている。

石炭利用に伴って発生するCO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、ばいじん等への対応や、石炭灰及びスラグの有効利用方策を確立することが大きな課題である。そのため、今後とも石炭を活用し、エネルギー需給安定化に貢献していくためにも、より高度なクリーンコールテクノロジーの開発が必要である。

##### ②我が国の状況

我が国の火力発電の熱効率の世界最高水準を保っている。世界で初めて超々臨界圧火力発電（USC）を商用化し、さらには高効率な空気吹石炭ガス化複合発電（IGCC）が既

に実用化段階であり、酸素吹IGCCにおいても実証フェーズにある。また、効率向上に大きく寄与するガスタービンにおいて、1600℃級という高温化を世界に先駆けて実現する等、熾烈な国際競争の中においても、我が国の高効率火力発電システムは、トップレベルを維持しており、世界をリードしている。しかしながら、燃料資源を他国に大きく依存する我が国にとっては、限られた資源の有効利用を図ることは至上命題であり、今後とも、更なる効率化を図っていく必要がある。また、中長期的な視点では、大幅なCO<sub>2</sub>削減を実現しうるCO<sub>2</sub>の回収・貯留・利用（CCUS）やCO<sub>2</sub>フリー燃料の利用技術の開発・推進も重要なテーマであり、国内でのCCS（二酸化炭素の回収・貯留）大規模実証事業や貯留ポテンシャル調査等に加え、CO<sub>2</sub>を炭素資源と捉え、これを回収し、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を推進する取組や石炭火力発電におけるアンモニア混焼試験が進められている。

また、我が国においては、石炭の排ガスに関して、世界的に見ても非常に厳しい環境基準（環境保全協定値）が定められ、その基準が遵守されている。そのような背景から、脱硫、脱硝、ばいじん処理技術等、高度な環境保全技術が過去から培われており、日本の強みが発揮できる分野のひとつである。一方、石炭利用に伴い排出する石炭灰については、主にセメントの原料として、これまでは有効利用されてきたが、近年セメント生産量は減少傾向にあり、セメント原料に代わる石炭灰の利用方法の確立が喫緊の課題である。

### ③世界の取組状況

気候変動対策のため、2021年11月時点では世界の150ヶ国以上で年限付きのカーボンニュートラル目標が掲げられており、各国でCO<sub>2</sub>排出量を大幅に削減するための基礎研究から技術開発、実証研究等の様々な取組が行われている。

火力発電のCO<sub>2</sub>排出の削減に向けた高効率化、ゼロエミッション火力発電、再エネ導入時の負荷変動対応に向けた開発等が海外でも進められている。また、火力発電とCCUSの組み合わせによるカーボンニュートラルにも注力する方向であり、火力発電や各種産業等の排ガスからのCO<sub>2</sub>を分離・回収する技術として、高性能の材料等を用いて省エネルギー・低コストを目指す化学吸収法や物理吸着法、膜分離法等の研究開発と実証等が世界各地で進められている。さらに、回収したCO<sub>2</sub>を様々な物質に変換させて有効利用する技術についても、先進的な取組が行われており、CO<sub>2</sub>と水素から基礎化学品や機能性化学品、液体燃料や気体燃料を合成する技術、コンクリート等にCO<sub>2</sub>を効率的に固定化させる技術の開発や実証等が進められている。

### ④本事業のねらい

長期エネルギー需給見通しの実現に向けて、火力発電の高効率化に関しては、石炭火力の発電効率を大幅に引き上げる石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）の実証事業をはじめ、石炭火力、LNG火力の双方につき、新たな火力発電技術の開発等を実施する。また、火力発電から発生するCO<sub>2</sub>排出量をゼロに近づける切り札となる技術として、CO<sub>2</sub>フリー燃料の利用及び火力発電所等から発生する大量のCO<sub>2</sub>を効率的に分離・回収・有効利用するための技術開発等を実施する。これまでの火力発電に係る技術開発は、個別の技術ごとに進められていたが、石炭火力、LNG火力は共通する要素技術が多く、火力発電全体の技術開発を加速するためには、個別技術開発を統合し、包括的かつ一体的に推進することが有効である。そこで、次世代火力発電技術に係る事業を本事業において統合し、関連

事業を一元管理し、一体的に進めることで、開発成果を共有しつつ、技術開発に係るリソースを最適化する。これにより、次世代火力発電技術の開発を加速し、早期の技術確立及び実用化を狙う。また、LCA的な観点も含めたCO<sub>2</sub>の利用に係るカーボンリサイクル技術開発を一元的に進めることで、火力発電プロセスの更なる効率化を図るとともに、CO<sub>2</sub>排出削減に向けた取り組みの効率化を図る。

石炭の効率的利用、環境対応等を目的として、石炭利用の環境対策に関する調査・技術開発を実施する。これらの取組により、石炭の安定調達性が増し、石炭を安価で安定的に使用することが可能となり、我が国におけるエネルギーセキュリティの向上に資する。

## (2) 研究開発の目標

### ①アウトプット目標

本事業を通じて、発電効率の大幅な向上技術、調整力確保に寄与する負荷変動対応発電技術、CO<sub>2</sub>分離・回収後においても高効率を維持する技術、CO<sub>2</sub>フリー燃料の利用技術、低コストなCO<sub>2</sub>分離・回収技術及びCO<sub>2</sub>有効利用技術(カーボンリサイクル等)により、CO<sub>2</sub>排出の削減に寄与する革新的なカーボンリサイクル技術及び次世代火力発電技術の見通しを得る。また、石炭灰の有効利用率を100%まで向上させるなど、石炭の有効利用技術を確立する。

研究開発項目ごとの目標については、別紙にて定める。

### ②アウトカム目標

本事業の開発成果により、2030年頃にLNG火力においては、将来のガスタービン燃料電池複合発電(GTFC)商用機として送電端効率63%(高位発熱量基準)を達成し、さらには、IGFC商用機へと繋げることで、石炭火力として送電端効率55%(高位発熱量基準)を達成する。2040年頃に燃料としての年間アンモニア利用量1,000万トンを達成し、アンモニア35,000円/tを想定した場合において、3,500億円相当の燃料アンモニア市場を創出する。CCUSの実現に向け、CO<sub>2</sub>分離・回収コスト1,000円台/t-CO<sub>2</sub>という大幅な低減を達成する。また、CO<sub>2</sub>有効利用の一例として、CO<sub>2</sub>由来のメタンで天然ガスパイプラインの許容圧力変動幅の1割を活用して負荷変動対応に供する場合として、1,300億円相当の天然ガス代替を獲得する。また、負荷変動対応技術を確立することで、電力市場整備の一つとして進められてきた調整力公募市場(短期間での電力需給調整能力(ΔkW 価値)を取引する市場公募)での電力供給機会の更なる創出に寄与し、電力市場の活発化に貢献する。

また、カーボンリサイクルの観点からは、2030年頃に短期的に実現可能な技術(ポリカーボネートなどの化学品、バイオジェットなどの液体燃料、道路ブロックなどのコンクリート製品など)を既存のエネルギー・製品と同等のコスト実現を目指すとともに、2040年以降に実現をめざした需要の多い汎用品(オレフィンやBTXなどの化学品、ガス、液体などの燃料、汎用コンクリート製品など)へ拡大する。

### ③アウトカム目標達成に向けての取組

市場ニーズを見極めつつ、各技術開発プロセスの進捗管理を行い、開発優先度の調整、開発スケジュールの最適化、技術開発の相互連携を図り、中長期の火力発電技術開発の全

体プロセスの最適化・効率化を図る。そして、技術開発のプロセスにおけるコスト低減の取組と信頼性の確保により、商用機導入を早期に拡大する。

### (3) 研究開発の内容

火力発電の効率化及びCO<sub>2</sub>フリー燃料の利用、CO<sub>2</sub>分離・回収・有効利用等に関する調査、開発及び実証、石炭灰や溶融スラグの有効利用及び削減に関する調査及び技術開発並びに排煙処理技術等の環境対策に関する調査等を実施する。実施に当たっては、各事業の性質に合わせ、委託事業又は助成事業（NEDO負担1/3、2/3、1/2）により実施するとともに、必要に応じてステージゲート審査を用いる。

なお、個別研究開発項目の研究開発内容の詳細については、別紙にて記載する。

#### 研究開発項目① 石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業 [委託・助成事業]

- 1) 酸素吹IGCC実証（1/3助成）
- 2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証（1/3、2/3助成）
- 3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証（1/2助成）
- 4) 信頼性向上、低コスト化（1/3助成）
- 5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発（1/2助成）
- 6) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発（委託、1/2助成）

#### 研究開発項目② 高効率ガスタービン技術実証事業 [助成事業]

- 1) 1700℃級ガスタービン  
(2016～2018年度:2/3助成、2019～2020年度:1/2助成)
- 2) 高温分空気利用ガスタービン(AHAT) (2/3助成)

#### 研究開発項目③ 先進超々臨界圧火力発電技術開発 [助成事業(2/3助成)]

#### 研究開発項目④ 次世代火力発電基盤技術開発 [委託事業]

- 1) 次世代ガス化システム技術開発
- 2) 燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術要素研究
- 3) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発
- 4) 燃料電池石炭ガス適用性研究
- 5) CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発
- 6) 石炭火力の負荷変動対応技術開発
- 7) CO<sub>2</sub>有効利用技術開発
- 8) CO<sub>2</sub>分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発
- 9) 機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究

#### 研究開発項目⑤ CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発 [委託事業]

#### 研究開発項目⑥ カーボンリサイクル・次世代火力推進事業 [委託事業]

#### 研究開発項目⑦ 次世代技術の早期実用化に向けた信頼性向上技術開発 [助成事業(1/2助成)]

#### 研究開発項目⑧ CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発 [委託・助成事業]

- 1) CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業 [委託・助成事業]
- 2) 研究拠点におけるCO<sub>2</sub>有効利用技術開発・実証事業 [委託・助成事業]

#### 研究開発項目⑨ CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発 [委託・助成事業]

- 1) 化学品へのCO<sub>2</sub>利用技術開発 [委託・助成事業]
- 2) 液体燃料へのCO<sub>2</sub>利用技術開発 [委託・助成事業]
- 3) コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへのCO<sub>2</sub>利用技術開発 [委託・助成事業]
- 4) 気体燃料へのCO<sub>2</sub>利用技術開発 [委託・助成事業]

研究開発項目⑩ 石炭利用環境対策事業 [委託・助成事業]

- 1) 石炭利用環境対策推進事業 [委託事業]
- 2) 石炭利用技術開発 [助成事業 (2/3助成)]

研究開発項目⑪ アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業 [委託・助成事業]

- 1) 要素研究 [委託事業]
- 2) 実証研究 [助成事業 (1/2助成)]

※1)の実施者を公募した後の、1)から2)への移行の可否は、外部有識者で構成される委員会の審査(ステージゲート審査)を経て決定する。

研究開発項目⑫ CO<sub>2</sub>分離・回収技術の研究開発 [委託・助成事業]

(2021年度までは「CCUS研究開発・実証関連事業」において実施)

- 1) 先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発 [委託事業]
- 2) 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究 [委託・助成事業 (1/2)]
- 3) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発 [委託事業]
- 4) 二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発 [委託事業]

研究開発項目⑬ 火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業 [委託・助成事業]

- 1) 機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の技術開発・実証研究 [委託・助成事業]
- 2) 石炭火力の負荷変動対応技術開発・実証研究 [委託・助成事業]

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

本事業は、NEDOが単独又は複数の企業、大学等の研究機関(原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別の研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分はこの限りではない。)から、原則公募によって実施者を選定し実施する。ただし、移管事業に関してはこの限りではない。

NEDOは、プロジェクトの進行全体の企画・管理やプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させるため、必要に応じてプロジェクトマネージャー(以下「PM」という。)を任命する。また、各実施者の研究開発ポテンシャルを最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、必要に応じて研究開発責任者(プロジェクトリーダー、以下「PL」という。)を指名する。

なお、研究開発項目ごとのPM、PLは以下のとおり。また、研究開発項目④2)、3)、4)は、推進にあたって、燃料電池に関する情報共有と開発戦略の整合性を図るため、プロジェクトチーム(PT)にNEDOスマートコミュニティ・エネルギーシステム部を加える。

研究開発項目① 石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業

PM:NEDO 吉田准一、PL:大崎クールジェン株式会社 菊池哲夫

研究開発項目② 高効率ガスタービン技術実証事業

1) 1700℃級ガスタービン

PM: NEDO 園山希、PL: 三菱重工業株式会社 石坂浩一

2) 高温分空気利用ガスタービン (AHAT)

PM: NEDO 山中康朗、PL: 三菱日立パワーシステムズ株式会社 吉田正平

研究開発項目③ 先進超々臨界圧実用化要素火力発電技術開発

PM: NEDO 足立啓、PL: 一般社団法人高効率発電システム研究所 福田雅文

研究開発項目④ 次世代火力発電基盤技術開発

1) 次世代ガス化システム技術開発

PM: NEDO 中田博之、PL: 一般財団法人電力中央研究所 牧野尚夫

2) 燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ要素研究

PM: NEDO 春山博司、PL: 電源開発株式会社 早川宏

3) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発

PM: NEDO 福原敦、PL: 三菱日立パワーシステムズ株式会社 北川雄一郎

4) 燃料電池石炭ガス適用性研究

PM: NEDO 福原敦、PL: 電源開発株式会社 大畑博資

5) CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発

PM: NEDO 中田博之、PL: 一般財団法人石炭エネルギーセンター 原田道昭

6) 石炭火力の負荷変動対応技術開発

PM: NEDO 野原正寛、PL: 契約毎に設置

7) CO<sub>2</sub>有効利用技術開発

PM: NEDO 天野五輪磨、PL: 国立研究開発法人産業技術総合研究所 坂西欣也

8) CO<sub>2</sub>分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発

PM: NEDO 森匠磨

9) 機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究

PM: NEDO 新郷正志、PL: 一般財団法人電力中央研究所 渡辺 和徳

研究開発項目⑤ CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発

PM: NEDO 青戸冬樹、PL: 一般財団法人電力中央研究所 牧野尚夫

研究開発項目⑦ 次世代技術の早期実用化に向けた信頼性向上技術開発

PM: NEDO 西里友志、PL: 一般社団法人高効率発電システム研究所 福田雅文

研究開発項目⑧ CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発

PM: NEDO 吉田准一

研究開発項目⑨ CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発

PM: NEDO 森伸浩

研究開発項目⑩ 石炭利用環境対策事業

PM: NEDO 齊藤英治

研究開発項目⑪ アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業

PM: NEDO 櫻井靖紘

研究開発項目⑫ CO<sub>2</sub>分離・回収技術の研究開発

PM: NEDO 選定中

研究開発項目⑬ 火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業

PM: NEDO 井川純二

## (2) 研究開発の運営管理

NEDOは、研究開発全体の管理及び執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適切に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

### ①進捗把握・管理

PMは、PLや研究開発実施者と密接に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

### ②技術分野における動向の把握・分析

PMは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策の分析及び検討を行う。

## 3. 研究開発の実施期間

本事業の実施期間は、2016年度から2026年度までの11年間とする。なお、研究開発項目①及び②は2012年度から2015年度、研究開発項目③は2008年度から2015年度まで経済産業省により実施したが、2016年度からNEDOが実施している。研究開発項目⑫は2018年度から2021年度まで「CCUS研究開発・実証関連事業」により実施したが、2022年度より本事業で実施する。

## 4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、事業の意義及び目標達成度や成果に係る技術的意義及び将来の産業への波及効果等について、評価を実施する。研究開発項目①～⑤、⑦～⑨、⑪については、技術評価実施規程に基づき、プロジェクト評価を行い、⑩については事業評価を行う。

評価の時期については、研究開発項目①は、中間評価を2017年度、2020年度及び2023年度に、前倒し事後評価を2025年度に実施する。研究開発項目②は、中間評価を2018年度、事後評価を2021年度に実施する。研究開発項目④1)は、研究開発項目⑤と統合の上、評価を行う。研究開発項目④2)は、事後評価を2019年度に実施する。研究開発項目④3)、4)は、中間評価を2019年度に、事後評価を2022年度に実施する。研究開発項目④5)は中間評価を2017年度に実施し、研究開発項目④6)は、中間評価を2020年度に、前倒し事後評価を2023年度に実施し、研究開発項目④7)は前倒し事後評価を2021年度に実施し、研究開発項目④8)は中間評価を2022年度に、事後評価を2025年度に実施し、研究開発項目④9)は前倒し事後評価を2021年度に実施する。研究開発項目⑤は、中間評価を2017年度、前倒し事後評価を2020年度に実施する。研究開発項目⑥は、調査事業については内容に応じて研究開発項目①から⑤、⑦～⑪の中間評価、事後評価の際に合わせて評価を実施し、共通基盤技術開発については研究開発項目⑨の中間評価、事後評価の際に合わせて評価を実施、先導研究については内容に応じて研究開発項目⑨、⑪の中間評価、事後評価の際に合わせて評価を実施する。研究開発項目⑦は、中間評価を2019年度、事後評価を2022年度に実施する。研究開発項目⑧および研究開発項目⑨1)、2)、3)は、中間評価を2022年度及び2025年度、事後評価を2027年度に実施する。研究開発項目⑨4)は中間評価を2023年度、前倒し事後評価を2

026年度に実施する。研究開発項目⑩は、中間評価を2019年度、2022年度、前倒し事後評価を2025年度に実施する。研究開発項目⑪は、事後評価を2025年度に実施する。研究開発項目⑫は、中間評価を2022年度、事後評価を2025年度に実施する。研究開発項目⑬は、中間評価を2024年度、前倒し事後評価を2026年度に実施する。

## 5. その他の重要事項

### (1) 委託事業成果の取扱い

#### ①成果の普及

得られた事業成果については、NEDO、実施者とも普及に努める。

#### ②標準化等との連携

得られた事業成果については、標準化等との連携を図り、我が国の優れたカーボンリサイクル・次世代火力発電等技術を普及させるために、標準化への提案等を積極的に行う。

#### ③知的財産権の帰属

事業成果に関わる知的財産権については、「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条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。

なお、海外動向や国際展開を見据えた知財管理を行うとともに、海外における知財の確保を積極的に推進する。

#### ④知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトのうち、研究開発項目①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業6)、研究開発項目④次世代火力発電基盤技術開発及び研究開発項目⑥カーボンリサイクル・次世代火力推進事業、研究開発項目⑧CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発、研究開発項目⑨CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発、研究開発項目⑩石炭利用環境対策事業及び研究開発項目⑪アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業、研究開発項目⑫CO<sub>2</sub>分離・回収技術の研究開発、研究開発項目⑬火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業は、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

#### ⑤データマネジメントに係る運用

本プロジェクトのうち、研究開発項目①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業6)、研究開発項目④次世代火力発電基盤技術開発8)、研究開発項目⑥カーボンリサイクル・次世代火力推進事業、研究開発項目⑧CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発、研究開発項目⑨CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発、研究開発項目⑩石炭利用環境対策事業及び研究開発項目⑪アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業、研究開発項目⑫CO<sub>2</sub>分離・回収技術の研究開発、研究開発項目⑬火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業のうち2018年度以降に公募を行う事業は、「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針」を適用する。



(2) 基本計画の変更

PMは、当該事業の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、事業内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、基本計画を見直す等の対応を行う。

(3) 根拠法

本事業は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第一号ハ、第三号及び第六号イに基づき実施する。

(4) 委託先等以外の第三者の土地に設置した資産の処分方法

研究開発項目⑧においては委託先等以外の第三者の土地に拠点整備インフラを設置する予定である。第三者の土地に設置した資産であっても、委託先は、委託事業終了後、有償により、NEDOに帰属する資産をNEDOから譲り受けることとなっている（約款第20条の2①）。ただし、以下の要件を満たすものに限り、委託事業内における当該資産の解体撤去を実施できる。

・事業目的達成後に、取得資産を設置した第三者の敷地等の速やかな原状回復を必要とし、かつ、その時点で利活用できない資産（機能が著しく低下している、移設するとその機能を失う等、物理的に使用できない資産）である場合

(5) その他

最新の技術動向や政策上の必要性に鑑み、必要に応じた研究開発項目の追加や見直しを行うことがある。本事業の実施を通じて、イノベーションの担い手として重要な若手研究員及び女性研究員の育成や中堅・中小・ベンチャー企業等を支援することとする。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 2016年1月、基本計画制定。

(2) 2016年4月、3. 研究開発の実施方式（1）研究開発実施体制 研究開発項目③、④ 1）と2）、⑤のPMの変更。

5. 評価に関する事項、研究開発項目④ 5) 中間評価、事後評価の年度を1年後ろ倒し。別紙 研究開発項目④ 5) の3. 達成目標、中間目標年度と最終目標年度を1年後ろ倒し。研究開発スケジュールは研究期間を1年延長し、中間評価と事後評価を1年後ろ倒し。

(3) 2016年9月、5. 評価に関する事項、研究開発項目④ 5) 中間評価、事後評価の年度を1年後ろ倒ししたが、当初計画通りに戻す。

別紙 研究開発項目④ 5) の3. 達成目標、中間目標年度と最終目標年度を1年後ろ倒ししたが、当初計画通りに戻す。

研究開発スケジュールは研究期間を1年延長し、中間評価と事後評価を1年後ろ倒ししたが、当初計画通りに戻す。

(4) 2017年2月

1. 研究開発の目的・目標・内容の（2）研究開発の目標並びに（3）研究開発の内容に、研究開発項目④次世代火力発電基盤技術開発6）石炭火力の競争力強化技術開発、7）C

O<sub>2</sub>有効利用技術開発及び研究開発項目⑦次世代技術の早期実用化に向けた信頼性向上技術開発の内容を追加した。

3. 研究開発の実施方式のPM及びPLを追記・修正した。

5. 評価に関する事項の①及び⑥の実施時期を修正し、並びに④1)、5)の前倒しの区分を明確化し、④6)、7)、⑦を追加した。

6. その他の重要事項の(1)委託事業成果の取扱い③知的財産権の帰属に知財マネジメント適用プロジェクト名を追記した。

(5) 2017年5月

3. 研究開発の実施体制(1)研究開発実施体制 研究開発項目②の1)と2)及び④の6)のPMの変更。

(6) 2017年6月

研究開発項目④の1) 3. 達成目標に中間目標を設定し、2017年度に中間評価を実施する。

(7) 2018年2月

1. 研究開発の目的・目標・内容の(3)研究開発の内容のうち、研究開発項目①の2)、3)の助成率を変更した。また、研究開発項目④次世代火力発電基盤技術開発8)流動床ガス化燃焼を応用した石炭利用技術開発、9)機動性に優れる広付加帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究の内容を追加した。また、研究開発項目④次世代火力基盤技術開発1)次世代ガス化システム技術開発を、研究開発項目⑤に統合し、研究開発項目⑤の名称を変更した。

3. 研究開発の実施方式のPM及びPLを追記・修正した。

5. 評価に関する事項の④1)、6)、8)、9)の評価時期を追記・修正した。

6. その他の重要事項の(1)委託事業成果の取扱い③知的財産権の帰属に注釈を追記した。

(8) 2018年7月

3. 研究開発の実施方式(1)研究開発実施体制 研究開発項目④2)、8)のPMの変更、及び、研究開発項目④5)のPLの変更、研究開発項目④6)のPLの記載変更。別紙 研究開発項目⑥ 1. 研究開発の必要性、2. 具体的研究内容にかかる記載を一部変更した(バイオマスに係る記載の追記)。

(9) 2018年9月

3. 研究開発の実施方式において、研究開発項目①及び研究開発項目④7)、9)のPLの変更、4. 研究開発の実施期間の変更、5. 評価に関する事項の研究開発項目①の中間評価時期及び事後評価時期の変更、研究開発項目④2)の評価時期変更、研究開発項目④5)の事後評価を削除。6. その他の重要事項のデータマネジメントに係る運用に研究開発項目①3)を追記。また、別紙 研究開発項目①について、期間の延長および、2)CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証の最終目標を詳細な記載に変更。別紙 研究開発項目④9)について、目標値を補足。研究開発スケジュール表の修正。

(10) 2019年1月

1. 研究開発の目的・目標・内容の(3)研究開発の内容において、研究開発項目②1)の助成率の変更。5. 評価に係る事項において、研究開発項目⑦の中間評価の追加及び事後評価時期の変更、研究開発項目④8)の前倒し事後評価時期の変更。別紙 研究開発項目④8)の実施期間の変更。別紙 研究開発項目④9)の最終目標を詳細な記載に変更。別紙 研究開発項目⑥の2. 具体的研究内容に燃料多様化に係る記載を追記。別紙 研究開発項目⑦の実施期間の変更及び中間目標の策定、最終目標年度の変更。研究開発スケジュール表の修正。

(11) 2019年7月

和暦から西暦へ表記修正。3. 研究開発の実施方式において、研究開発項目④6)、7)、9)、⑤及び⑦のPMの変更。5. 評価に関する事項において、研究開発項目④3)、4)の中間評価の追加及び研究開発項目④2)、3)、4)の事後評価時期の変更。別紙 研究開発項目④3)、4)について、実施期間の延長、中間目標の策定及び最終目標の修正。研究開発項目⑥の文言修正。研究開発スケジュール表の修正。その他誤記修正。

(12) 2020年2月

改訂： 基本計画の名称変更、基本計画「クリーンコール技術開発」の統合による記載内容の移管、1. 研究開発の目的・目標・内容(1)(2)において内容の追加、1. 研究開発の目的・目標・内容(3)研究開発の内容及び2. 研究開発の実施方式(1)研究開発の実施体制において名称変更と項目の追加、3. 研究開発の実施期間において期間変更及び追加、4. 評価に関する事項において評価時期の変更及び追加、5(1)④知財マネジメントに係る運用⑤データマネジメントに係る運用において対象研究開発項目の追加、研究開発項目④3)4)において中間評価結果反映のため最終目標を追記。研究開発項目⑧⑨の追加、研究開発項目⑩の移管。

(13) 2020年3月

5. その他重要事項(4)委託先等以外の第三者の土地に設置した資産の処分方法、(5)その他において追記。

(14) 2020年7月

2. 研究開発の実施方式(1)研究開発の実施体制 研究開発項目②2) ④3)、4)、8) ⑧、⑨のPMと研究開発項目④8)の名称を変更。別紙 研究開発項目④8)1. 研究開発の必要性、2. 具体的研究内容、3. 達成目標の記載から噴流床ガス化技術に係る記載を追加 別紙 研究開発項目⑤ 2. 具体的研究内容の記載から噴流床ガス化技術(ポリジェネレーション)に係る記載を削除。研究開発スケジュール表の修正。その他誤記修正。

(15) 2020年9月

2. 研究開発の実施方式(1)研究開発の実施体制 研究開発項目①、④6)、⑧のPMを変更、④4)のPLを変更、⑧と⑨のPLに関する記載を削除。

(16) 2020年10月

2. 研究開発の実施方式(1)研究開発の実施体制 研究開発項目①、⑧のPMを変更。

(17) 2021年1月

1. 研究開発の目的・目標・内容(1)(2)において内容の追加、1. 研究開発の目的・目標・内容(3)研究開発の内容及び2. 研究開発の実施方式(1)研究開発の実施体制において項目の追加、3. 研究開発の実施期間において期間変更、4. 評価に関する事項において評価時期の変更及び追加、5(1)④知財マネジメントに係る運用⑤データマネジメントに係る運用において対象研究開発項目の追加、研究開発項目①2)の内容拡充、研究開発項目①4)5)、⑨4)の追加。研究開発項目⑩の追加。

(18) 2021年5月、2. 研究開発の実施方式(1)研究開発実施体制 研究開発項目④3)、4)、6)、7)及び8)、研究開発項目⑦、研究開発項目⑩のPMの変更。

(19) 2021年6月

1. 研究開発の目的・目標・内容(3)研究開発項目⑨3)における項目名の変更。別紙 研究開発項目⑨3)の項目名の変更および内容の拡充。

(20) 2021年7月

5. その他の重要事項(1) 委託事業成果の取扱い④知財マネジメントに係る運用及び⑤データマネジメントに係る運用における対象研究開発項目の変更。

(21) 2022年3月

1. 研究開発の目的・目標・内容(1)(2)において内容の追加、1. 研究開発の目的・目標・内容(3) 研究開発の内容及び2. 研究開発の実施方式(1) 研究開発の実施体制において項目の追加、3. 研究開発の実施期間において期間変更及び記載の追加、4. 評価に関する事項において評価時期の変更及び追加、5(1) ④知財マネジメントに係る運用、⑤データマネジメントに係る運用において対象研究開発項目の追加。別紙において、研究開発項目⑦、研究開発項目⑧、研究開発項目⑨、研究開発項目⑩において期間変更及び研究開発項目⑫、研究開発項目⑬の追加。

(22) 2022年8月

2. 研究開発の実施方式(1) 研究開発の実施体制における部署名の変更。別紙研究開発項目⑥2. の組織名の修正。

(23) 2022年11月

2. 研究開発の実施方式(1) 研究開発の実施体制における研究開発項目①、⑧、⑨、⑩、⑪、⑬のPMの変更、研究開発項目①のPLの変更。

(24) 2023年1月

1. 研究開発の目的・目標・内容(2)②において内容の見直し、(3)において項目の追加及び助成フェーズの追加、4. 評価に関する事項において評価時期の変更、5(1) ④知財マネジメントに係る運用及び⑤データマネジメントに係る運用において対象研究開発項目の追加。別紙において、研究開発項目①の追加、研究開発項目④6) 及び⑬において期間変更、研究開発項目⑥において文言修正、研究開発項目⑫において助成フェーズの追加。

## 研究開発項目① 「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」

## 1. 研究開発の必要性

石炭は、他の化石燃料と比べ、可採年数が約110年と長く、かつ世界各国に幅広く分布する等、供給安定性が高く、経済性に優れることから、エネルギー自給率が極めて低い我が国にとって重要な一次エネルギー源であり、発電の分野においても石炭火力発電は発電電力量の約3割を占める重要な電源の一つである。

一方で、石炭は他の化石燃料と比べ、燃焼時の単位発電量当たりのCO<sub>2</sub>排出量が多く、地球環境面での制約要因が多いという課題を抱えており、石炭火力発電についてもさらなるCO<sub>2</sub>排出量の抑制が求められている。

したがって、石炭火力発電の高効率化及びCO<sub>2</sub>排出量削減の観点から本事業を実施する必要性がある。

2014年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画においても、石炭火力発電は、「安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源」と評価されている一方、「温室効果ガスの排出量が多いという課題がある」と指摘され、その課題を解決すべく、次世代高効率石炭火力発電技術として、石炭ガス化複合発電（IGCC）の開発・実用化を進めるとともに、2020年頃の二酸化炭素回収貯留（CCS）の実用化を目指した研究開発を行うことが盛り込まれている。

その後、エネルギー基本計画を踏まえ、2014年12月にまとめられた「エネルギー関係技術開発ロードマップ」において、「高効率石炭火力発電」、「二酸化炭素回収・貯留技術」が国際展開も見据えた形で整理されている。

2021年10月「第6次エネルギー基本計画」において、石炭火力は、再生可能エネルギーを最大限導入する中で、調整電源としての役割が期待されるが、電源構成における比率は、安定供給の確保を大前提に低減させる一方で、脱炭素化を見据えつつ、次世代の高効率石炭火力発電技術であるIGCCや石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）などの技術開発等を推進することが盛り込まれている。

以上のとおり、石炭火力発電におけるCO<sub>2</sub>排出量の課題を克服していくことが一層重要となっており、石炭火力発電の高効率化及びCO<sub>2</sub>排出量削減を目指す本事業の必要性は大きい。

## 2. 具体的研究内容

本事業では、石炭火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>を大幅に削減させるべく、究極の高効率石炭火力発電技術であるIGFCとCO<sub>2</sub>分離・回収を組み合わせた実証試験やバイオマス混合ガス化技術の開発を行い、革新的低炭素石炭火力発電の実現を目指す。

## 1) 酸素吹IGCC実証（1/3助成）

IGFCの基幹技術である酸素吹IGCCの実証試験設備により、性能（発電効率、環境性能）、運用性（起動停止時間、負荷変化率等）、経済性及び信頼性に係る実証を行う。

2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証（1/3、2/3助成）

酸素吹IGCC実証試験設備とCO<sub>2</sub>分離・回収設備を組み合わせ、CO<sub>2</sub>分離・回収型石炭火力システムとしての性能、運用性、信頼性及び経済性に係る実証を行う。また、CO<sub>2</sub>分離・回収装置を追設した場合のIGCC運用性について実証を行う。更に、CO<sub>2</sub>分離・回収と組み

合わせたCO<sub>2</sub>液化プロセスを構築する。加えて、IGCCの負荷変動に対応したCO<sub>2</sub>分離・回収装置とIGCC設備の運用性について実証を行う。

3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証(1/2助成)

CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCCシステムと燃料電池を組み合わせ、石炭ガス化ガスの燃料電池への利用可能性を確認し、最適なCO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCシステムの実証を行う。

4) 信頼性向上、低コスト化(1/3助成)

酸素吹IGCCシステムの早期商用化を実現すべく、設備信頼性の向上及び経済性の改善に係る実証を行う。

5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発(1/2助成)

CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCシステム及びIGFCシステムのCO<sub>2</sub>分離・回収設備の負荷変動に対応すべく、CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービンの環境性能、安定性、信頼性に係る要素技術開発を実施する。

6) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発(委託、1/2助成)

石炭火力発電の更なる脱炭素化を目指し、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCにおけるバイオマス燃料混合のための基礎的データの収集・分析、要素技術の開発を行うと共に、IGCCシステム全体への影響を検証し、石炭バイオマス混合ガス化発電に必要な技術を確立する。

(a) 要素研究(委託)

燃料搬送及びガス化の各工程における石炭バイオマス混合燃料の挙動や特性、微量物質の影響に関する基礎データを収集する。

(b) 実用化研究(1/2助成)

バイオマス混合ガス化試験を行い、バイオマス混合に適応した燃料供給システム、ガス化・チャーリサイクル手法、微量物質処理の各技術を開発するとともに、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCC設備全体のシステム検証評価を行う。

### 3. 達成目標

#### [実施期間]

- 1) 酸素吹IGCC実証：2012年度～2018年度(うち2012年度～2015年度は経済産業省において実施)
- 2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証：2016年度～2022年度
- 3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証：2018年度～2022年度
- 4) 信頼性向上、低コスト化：2021年度～2022年度
- 5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発：2021年度～2025年度
- 6) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発：2023年度～2024年度

1) 酸素吹IGCC実証

#### [中間目標(2017年度)]

- (a) 発電効率：40.5%程度(送電端効率、高位発熱量基準)を達成する。

商用機の1/2～1/3倍の規模で、1300℃級ガスタービンを採用する実証試験設備により送電端効率(高位発熱量基準)40.5%を達成すれば、1500℃級ガスタービンを採用する商用機(石炭処理量2,000～3,000t/d)で送電端効率約46%を達成する見通しが得られる。

(b) 環境性能:「SO<sub>x</sub><8ppm」、「NO<sub>x</sub><5ppm」、「ばいじん<3mg/Nm<sup>3</sup>」を達成する(O<sub>2</sub>=16%)。

我が国における最新の微粉炭火力は世界的に見ても最高水準の環境諸元を達成しており、酸素吹IGCCを導入する場合には同等の環境諸元を達成することが求められる。

[最終目標(2018年度)]

(a) プラント制御性運用性:事業用火力発電設備として必要な運転特性及び制御性を確認する。

我が国における微粉炭火力はベースからミドル電源として運用されており、酸素吹IGCC商用機を導入する場合にも同等の制御性、運用性を確保する。

(b) 設備信頼性:商用機において年間利用率70%以上の見通しを得る。

我が国における微粉炭火力は年間利用率70%以上で運用されており、酸素吹IGCC商用機を導入する場合にも同等の設備信頼性を確保する。

(c) 多炭種適用性:灰融点の異なる数種類の炭種で適合性を確認する。

酸素吹IGCC商用機には、微粉炭火力に適合し難い灰融点の低い亜瀝青炭から、微粉炭火力に適合する比較的灰融点の高い瀝青炭までの適用炭種の広さが求められる。商用化に向け、実用化時期や日本への供給可能性も考慮に入れつつ、性能と経済性を評価する。

(d) 経済性:商用機において発電原価が微粉炭火力と同等以下となる見通しを得る。

国内外において酸素吹IGCC商用機の普及を促進するためには、発電原価を微粉炭火力と同等以下とすることが求められる。また、海外普及を目的としたマイルストーンを検討する。

## 2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証

[中間目標(2017年度)]

CO<sub>2</sub>分離・回収設備の詳細設計を完了する。

[中間目標(2020年度)]

(a) 基本性能(発電効率):新設商用機において、CO<sub>2</sub>を90%回収しつつ、発電効率40%(送電端効率、高位発熱量基準)程度の見通しを得る。

CO<sub>2</sub>回収時のエネルギーロスによる発電効率の低下という課題に対し、CO<sub>2</sub>を90%回収(全量ガス処理)しながらも、現状の微粉炭火力と同等レベルの発電効率40%程度の見通しを得る。これを実現するために、実証機プラントにおいて、CO<sub>2</sub>分離・回収にかかるエネルギー原単位「0.90GJ/t-CO<sub>2</sub>(電気エネルギー換算)」を発電効率に係る性能として確認する。

(b) 基本性能(回収効率・純度) : CO<sub>2</sub>分離・回収装置における「CO<sub>2</sub>回収効率>90%」、  
「回収CO<sub>2</sub>純度>99%」を達成する。

革新的低炭素型石炭火力の実現のためにCO<sub>2</sub>分離・回収装置単体における回収効率は90%以上を目標とする。CO<sub>2</sub>地中貯留から求められる可能性があるCO<sub>2</sub>純度について、湿式物理吸収法を使って定常運転時、体積百分率99%以上を目標とする。

(c) プラント運用性・信頼性 : CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCシステムの運用手法を確立し、信頼性を検証する。

商用機において、CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCCシステムを構築するには、プラントの起動停止や、発電所特有の負荷変動等に対し、IGCC本体に追従したCO<sub>2</sub>分離・回収装置の運用手法を確立し、信頼性を検証する。また、生成ガスの全量をCO<sub>2</sub>分離した場合のIGCC運転との相互影響やガスタービン性能についても検証する。

(d) 経済性 : 商用機におけるCO<sub>2</sub>分離・回収の費用原単位を評価する。

CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCCを普及させるに当たっては、費用原単位評価が必要であり、CO<sub>2</sub>分離・回収装置建設時期や発電所敷地等の制約に応じた評価を実施する。また、実用化・事業化に向けたマイルストーンを検討する。

(e) IGCCプラント運用性 :

CO<sub>2</sub>分離・回収装置を追設した場合のIGCC運転への影響を確認し、運用性を検証する。

[最終目標(2022年度)]

CO<sub>2</sub>液化プロセス開発 : CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCとCO<sub>2</sub>液化を組み合わせた場合の最適プロセスを構築する。

CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応IGCC運用性向上 : IGCCの負荷変動に伴うCO<sub>2</sub>分離・回収設備の追従性を確認し、運用性を検証する。

3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証

[中間目標(2020年度)]

CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証設備の詳細設計を完了する。また、機器製作に着手する。

[最終目標(2022年度)]

500MW級の商業機に適用した場合に、CO<sub>2</sub>回収率90%の条件で、47%程度の発電効率(送電端効率、高位発熱量基準)達成の見通しを得る。

4) 信頼性向上、低コスト化

[最終目標(2022年度)]

信頼性向上により5,000時間以上の長期運転の達成、また経済性向上により早期商用化の見通しを得る。

5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

[中間目標(2023年度)]

水素濃度の変動に対応した燃焼試験を開始する。



[最終目標（2025年度）]

CO<sub>2</sub>分離・回収の負荷変動に伴う、経時的な水素濃度変化に対応したガスタービン燃焼技術を確立する。

6) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発

[中間目標（2023年度）]

(a) 要素研究（委託）

IGCCシステムでの石炭とバイオマスの共ガス化技術の実現に求められる石炭バイオマス混合燃料の挙動や特性、微量物質の影響に関する基礎データを収集・分析し、石炭バイオマス混合比50%（熱量比）実現に向けた課題を抽出する。

(b) 実用化研究（1/2助成）

大規模IGCCシステムでの石炭とバイオマスの共ガス化技術の開発に向けた検討を開始する。

[最終目標（2024年度）]

IGCCシステムでのバイオマス混合燃料の粉体供給性能、ガス化性能および微量物質挙動を評価し、(a)要素研究の結果も踏まえ、石炭バイオマス混合比50%（熱量比）に適用可能な石炭とバイオマスの共ガス化技術を開発する。

## 研究開発項目② 「高効率ガスタービン技術実証事業」

### [実施期間]

1700℃級ガスタービン：2012年度～2020年度（うち2012年度～2015年度は経済産業省において実施）

高温分空気利用ガスタービン（AHAT）：2012年度～2017年度（うち2012年度～2015年度は経済産業省において実施）

### 1. 研究開発の必要性

2008年3月に閣議決定された「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」において、天然ガスタービンの高効率化が環境負荷低減の実現のための重要な技術開発であると位置づけられている。また、2011年8月に制定された「第4期科学技術基本計画」においては、安定的なエネルギー供給と低炭素化の実現のため火力発電の高効率化に資する技術開発は重点的な取組として位置づけられている。

欧米は巨額の研究開発費を投じており、厳しい国際競争の中で我が国の優位性を維持するため、また電力産業の保守高度化とリプレース需要にあった大容量機の高効率化を目指し、コンバインド効率向上、CO<sub>2</sub>排出量削減を達成するため、1700℃級に必要な革新的技術開発に取り組み、早期に実用化する事が必要である。

また、高温分空気利用ガスタービン（AHAT）は、ガスタービンサイクルを改良したシステムであり、比較的早期に実用化が期待できる高効率発電システムで、電力産業の短中期的ニーズに対応する中小容量機（10万kW程度）の高効率化（45%（高位発熱量基準）→51%（高位発熱量基準）以上）を目的とした日本オリジナルの技術であり、世界初となるAHATの実用化は急務である。

これらの政策を実現するために、発電規模に応じた発電熱効率の一層の向上が必要であり、ガスタービン高温部品の技術向上と発電サイクルの工夫が必要不可欠である。また、環境負荷の少ない発電システムを開発することは、電力の安定的かつ低廉な供給を確保する上で極めて重要な対策である。

さらに、石炭ガス化複合発電（IGCC）や石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）における更なる効率向上には、将来的に1700℃級ガスタービンやAHATシステムの導入が不可欠である。

### 2. 具体的研究内容

#### 1) 1700℃級ガスタービン

1700℃級ガスタービンにおける性能向上、信頼性向上に関する要素技術開発を実施する。例として、製造技術・検査技術の開発、超高温高負荷タービンの信頼性向上、過酷環境下でのデータ取得のための特殊計測技術開発等を実施する。また、1700℃級での実証運転時における特殊計測の実施、試運転データの評価・分析を行い、商用化の検討を実施する。

#### 2) AHAT

AHATシステムについては、ユーザーニーズとしてミドル運用以上（年間50回以上の起動・停止）における長期信頼性が求められていることから、既存40MW級総合試験装置の改造による実証機製作、実証試験による長期信頼性評価を実施する。また、実証機試験結果を用いて商用機化の検討を実施する。

### 3. 達成目標

#### 1) 1700℃級ガスタービン

[中間目標 (2018年度)]

1700℃級ガスタービンの性能向上、信頼性向上に関する要素技術開発により、商用機に適用できる見通しを得た上で、設計・製作の仕様を決定する。

[最終目標 (2020年度)]

1700℃級ガスタービンの実証試験データの取得、及び評価を実施し、送電端効率57%達成 (高位発熱量基準) の見通しを得る。

#### 2) AHAT

[最終目標 (2017年度)]

実証機を用いた試験により、長期信頼性の実証として以下を達成する。

- ・ミドル運用 (年間50回以上の起動・停止) の2倍である年間100回以上の起動・停止での実証試験を実施し、等価運転時間 10,000時間以上を確保する。  
(等価運転時間とは、起動・停止等の機械装置の寿命を考慮し、同等の連続運転時間とみなせる運転時間)

### 研究開発項目③ 「先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発」

[実施期間] 2008年度～2016年度（うち2008年度～2015年度は経済産業省において実施）

#### 1. 研究開発の必要性

従来型石炭火力発電の中で最高効率である超々臨界圧火力発電（USC）は蒸気温度の最高温度は630℃程度が限界と言われてきた。しかしながら、近年の材料技術の進歩により700℃以上の蒸気温度を達成できる先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発（A-USC）の実現可能性が見えてきた。

本事業では2020年以降に増大する経年石炭火力のリプレース及び熱効率向上需要に対応するため、高い発電効率を実現できるA-USCの開発を行う。

#### 2. 研究開発の具体的内容

##### （1）システム設計、設計技術

基本設計、配置最適化、経済性の試算

##### （2）ボイラ要素技術

700℃級候補材料について、耐久試験により、10万時間の長期信頼性を確保する

##### （3）タービン要素技術

大型鋼塊の製造性を確認するとともに10万時間の長期信頼性を確保する

##### （4）高温弁要素技術

実缶試験・回転試験に組み込み、信頼性を確認する

##### （5）実缶試験・回転試験

実缶試験、回転試験により、ボイラ要素及びタービン要素の信頼性の実証を行う。

#### 3. 達成目標

[最終目標（2016年度）]

蒸気温度を700℃へ高めるための要素技術開発を実施し、2020年以降において商用プラントでの送電端熱効率46%（高位発熱量基準）達成の技術的見通しを得る。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 1) 次世代ガス化システム技術開発

[実施期間] 2015年度～2018年度（うち2015年度は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）

#### 1. 研究開発の必要性

エネルギー基本計画（2014年4月閣議決定）においては、石炭火力発電は重要なベースロード電源として位置づけられているが、温室効果ガスの大気中への排出をさらに抑えるため、石炭ガス化複合発電（IGCC）等の次世代高効率石炭火力発電技術等の開発及び実用化を推進することとされている。中長期的には、さらなる高効率化に向けて、現在開発中のIGCCを効率でしのぐ次世代高効率石炭火力発電技術等の開発を実施する必要がある。

#### 2. 具体的研究内容

次世代高効率石炭ガス化発電システムについて、冷ガス効率及び送電端効率の向上並びに実用化に向けた技術開発を実施する。

酸素吹石炭ガス化においては、ガス化炉にガス化剤として酸素を供給して石炭を部分燃焼させ、石炭を熱分解しているが、投入された石炭が一部燃焼して消費されること、酸素製造装置等の所内動力の増加により送電端効率が低下することが効率向上のための課題となっている。

そこで、熱分解の一部を、ガスタービン排熱を利用して作る水蒸気を用いた石炭ガス化反応に置き換えることにより、冷ガス効率の向上を図るとともに、酸素供給量の低減を図り、送電端効率の向上を目指す。

これまでのシミュレーションによる検討結果では、①噴流床型IGCCガス化炉への高温の水蒸気の注入による冷ガス効率及び送電端効率の向上、②エネルギー効率の高い酸素製造技術を組み込んだIGCCシステムの構築による更なる送電端効率の向上、の可能性があると分かった。そこで、これらの可能性を検証及び評価するため、以下の項目を実施する。

##### (1) 水蒸気添加による冷ガス効率向上効果の検証

噴流床型ガス化炉への高温の水蒸気の注入による冷ガス効率の向上について、小型ガス化炉での検証を行う。

##### (2) エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性評価

エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性を評価する。

##### (3) IGCCシステム検討

エネルギー効率の高い酸素製造装置を組み込んだIGCCの最適化システム試設計及び経済性検討を行う。

冷ガス効率の向上及び試設計を踏まえて、送電端効率を精査する。

#### 3. 達成目標

[中間目標（2017年度）]

既存のIGCC（1500℃級GTで送電端効率46～48%）を凌ぐ高効率石炭ガス化発電システムの見通しを得るため、小型ガス化炉による水蒸気添加ガス化試験方法を確立する。

[最終目標（2018年度）]

既存のIGCC（1500℃級GTで送電端効率46～48%）を凌駕する高効率石炭ガス化発電システムの見通しを得る。

2018年度以降については研究開発項目⑤CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発と統合して、新名称 研究開発項目⑤CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発とする。

#### 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

##### 2) 燃料電池向け石炭ガスクリーンアップ技術要素研究

[実施期間] 2015年度～2017年度（うち2015年度は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）

#### 1. 研究開発の必要性

石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）は石炭をガス化させ、燃料電池、ガスタービン、蒸気タービンの3種の発電形態を組み合わせ、トリプル複合発電を行うもので、究極の高効率発電技術として、実現が望まれている。

クールアースエネルギー革新技术開発ロードマップにおいても2025年頃の高効率石炭火力発電技術として55%の送電端効率を目指すIGFCが位置づけられている。

IGFCにおいては、燃料である石炭ガス化ガスに多種類の微量成分が含まれており、この微量成分の一部が燃料電池の劣化を招き、長期信頼性を損なう可能性があることが懸念されている。

そのため、IGFCの実現に向けては、石炭ガス化ガス中の微量成分の燃料電池への影響を把握するとともに、燃料電池の被毒成分に対するガス精製技術を確立することが必要である。

#### 2. 具体的研究内容

燃料電池用ガス精製技術と燃料電池を組み合わせ、石炭ガス化ガスの模擬ガス試験により燃料電池の被毒耐性を確認する。また、特定された被毒成分に対して、成分を許容レベルまで除去するガス精製技術を検討し、模擬ガスによる性能評価を行う。

#### 3. 達成目標

[最終目標（2017年度）]

- ・模擬ガス試験により燃料電池の被毒耐性を評価する。
- ・模擬ガス試験により燃料電池用ガス精製技術性能を評価し、ガス精製技術を確立する。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 3) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発

[実施期間] 2016年度～2021年度

#### 1. 研究開発の必要性

2015年7月に経済産業省における「次世代火力発電の早期実現に向けた協議会」により策定された「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」において、ガスタービン燃料電池複合発電(GTFC)については、小型GTFC(1,000kW級)の商用化、量産化を進め、SOFCのコスト低減を図り、中小型GTFC(10万kW級)の実証事業を経て、発電効率63%程度、CO<sub>2</sub>排出原単位:280g-CO<sub>2</sub>/kWh程度を達成し、2025年頃に技術を確立することが示されている。また、量産後は従来機並の発電単価を実現することとされている。

さらには、同ロードマップにおいて、IGFCの技術を確立するためには、GTFCの開発成果を活用していくことが示されており、次世代火力発電技術の早期確立に向けて、本事業の必要性は高い。

#### 2. 具体的研究内容

小型GTFC(1,000kW級)の商用化及び量産化を進め、SOFCのコスト低減を図る。さらに、中小型GTFC(10万kW)の要素技術を開発し、中小型GTFCの技術実証に活用する。

#### 3. 達成目標

[中間目標(2019年度)]

中小型GTFC(10万kW)の要素技術を開発する。

- ・高圧SOFCモジュールを開発する。
- ・ガスタービンとの関係技術を確立する(燃焼器、燃料/空気差圧制御系、排燃料・排空気・空気抽気)。

[最終目標(2021年度)]

中小型GTFC(10万kW)の要素技術を確立する。

- ・燃料電池の高性能化による中小型GTFCシステムの最適化を行う。
- ・小型GTFC(出力1,000kW級)において、57%LHV(低位発熱量基準)の発電効率(送電端)の見通しを得る。



## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 4) 燃料電池石炭ガス適用性研究

[実施期間] 2016年度～2021年度

#### 1. 研究開発の必要性

石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）は、石炭をガス化し、燃料電池、ガスタービン、蒸気タービンの3種類の発電形態を組み合わせてトリプル複合発電を行うもので、究極の高効率石炭火力発電技術として、その実現が望まれている。

「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」において、IGFCの開発方針として、2025年度頃技術確立、発電効率55%及び量産後従来機並の発電単価の実現を目指すことが示された。

IGFCを構成する高温型燃料電池については、現在、天然ガスを燃料とした燃料電池の開発が進んでいるが、石炭ガスを燃料とした場合の適用性についての検証及びシステムの検討を行う必要がある。

燃料を石炭ガスとした場合に、燃料電池の劣化を引き起こすガス中被毒成分濃度の確認と被毒成分の除去技術についての研究は、すでに着手されている。

IGFCを構成する燃料電池モジュールについて、石炭ガスを燃料とした場合の運用性や性能を把握する必要があることから、実燃料電池モジュールを用いた石炭ガス燃料の適用性試験を行い、その結果を踏まえて、IGFCの技術確立に必要な実証機に係るシステム検討を行う必要がある。

#### 2. 具体的研究内容

##### (1) IGFCシステムの検討

国内外における高温型燃料電池及びIGFCの技術開発動向をレビューすることにより、最新情報を入手し、IGFCの実用化に向けた課題の整理を行う。商用機システムとして、CO<sub>2</sub>分離・回収を行わないIGFCとCO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCについて、ケーススタディを行い、送電端効率とコストの試算を行う。IGFCの実用化に向けた課題、商用化システムの検討結果及び(2)の成果を踏まえて、IGFC実証システムについて検討を行い、実証機の容量を決定のうえ、試設計を行う。

##### (2) 燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究

石炭ガス燃料の適用性試験に供する高温型燃料電池モジュールについては、天然ガス燃料で既に実用化されている燃料電池モジュールとする。本試験に係る設計、製作、据付け等を行い、まず、天然ガスを燃料とした試運転を行う。次いで、天然ガスをH<sub>2</sub>リッチガスに改質した燃料を用い、燃料電池モジュールの運用性、性能等を把握するとともに、天然ガス燃料の場合との比較から課題を抽出する。さらに、石炭ガス化の実ガスを燃料として、燃料電池の被毒成分をガス精製によりクリーンアップしたうえで燃料電池モジュールに供給し、その運用性、性能等を把握するとともに、石炭ガス適用時の課題を抽出する。さらに、これまで実績のない石炭ガスによる運転を行うことから、燃料電池セル及びモジュール内部構造への影響を把握するため、装置の解体調査を行い、石炭ガス適用時の課題を抽出する。

### 3. 達成目標

#### (1) I G F Cシステムの検討

[最終目標 (2019年度)]

I G F C実証機の容量を決定し、実証機の試設計を完了する。

#### (2) 燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究

[中間目標 (2019年度)]

H<sub>2</sub>リッチガスを燃料とした場合の燃料電池モジュールの基本性能を確認するとともに、発電性能を最適化するための運用性を確立する。また、石炭ガスを燃料とした場合の燃料電池モジュールの基本性能を確認する。

[最終目標 (2021年度)]

石炭ガスを燃料とした場合の燃料電池モジュールの運用性と性能を把握し、課題を抽出する。また、石炭ガス適用時の燃料電池出力変化率を天然ガスと同等の1%/min程度とする石炭ガス化炉連係システムを構築する。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 5) CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発

[実施期間] 2015年度～2017年度（うち2015年度は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）

#### 1. 研究開発の必要性

エネルギー基本計画（2014年4月閣議決定）においては、石炭火力発電は重要なベースロード電源として位置づけられているが、温室効果ガスの大気中への排出をさらに抑えるため、環境負荷の一層の低減に配慮した石炭火力発電の導入を進めることとされている。

現在、石炭の燃焼排ガス又は石炭ガス化プラントの石炭ガス化ガスからのCO<sub>2</sub>の分離・回収技術の開発が進められているが、CO<sub>2</sub>分離・回収工程において多くのエネルギー損失が発生することが課題となっている。これを解決するため、エネルギー損失のない高効率でありながら、CO<sub>2</sub>の分離・回収が可能な化学燃焼石炭利用技術について、実用化に向けた開発を実施する。

#### 2. 具体的研究内容

従来、石炭の燃焼時の排気ガス又は石炭ガス化プラントの石炭ガス化ガスからのCO<sub>2</sub>分離・回収に当たっては、この過程における多くのエネルギー損失が課題となっているが、CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術においては、酸素キャリアとなる金属を媒体とする石炭の燃焼反応と金属の酸化反応を二つの反応器で別個に発生させることにより、CO<sub>2</sub>の分離・回収装置及び空気分離装置が不要となり、エネルギー損失のないCO<sub>2</sub>の分離・回収が可能である。

さらに、CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭火力発電は、流動床燃焼技術を用いることから多様な燃料（低品位炭、バイオマス等）が活用でき、IGCCやA-USCが大規模プラントであるのに対して、中小規模プラント（10～50万kW）におけるCO<sub>2</sub>の分離・回収に適しているといった特長がある。

しかしながら、実用化に向けては、酸素キャリアのコスト抑制及び反応塔の小型化に向けた酸素キャリアの反応性の向上という課題がある。

そこで、有望な酸素キャリアの評価と選定並びにプラント構築を目的として、以下の項目を実施する。

##### (1) 酸素キャリアの評価と選定

酸素キャリアの反応性、耐久性及び流動性等について要素試験にて評価を行い、コストを踏まえて選定する。

##### (2) プラント試設計及び経済性検討

酸素キャリアの反応性からプロセス解析を行うとともに酸素キャリアの流動や循環を検討し、プラント試設計を行う。この結果をもとに経済性検討を行う。

##### (3) ベンチ試験装置によるプロセス検証

酸素キャリアの反応性、耐久性及び流動性等並びに流動や循環を含むプラントの成立性を検証するため、ベンチ試験装置を製作し、試験・評価を行う。

#### 3. 達成目標

[中間目標（2017年度）]

分離・回収コスト1,000円台/t-CO<sub>2</sub>を見通せるキャリアを選定する。

[最終目標（2020年度）]

分離・回収コスト1,000円台/t-CO<sub>2</sub>を見通せるCO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭火力発電システムを提示する。

2017年度の間評価で、中間目標は達成したものの「データ解釈の精密化と実用的な設計提案の立案についてより深く検討する」ことが求められたことから、研究開発体制を見直す必要があると考えた。従って2017年度で本研究を中止し、研究開発の内容を見直し、ラボ試験を行いデータを蓄積し精度向上を図ると共に、実用的な設計立案に向け、実機設計技術の確立を目指した要素研究を「研究開発項目④8）流動床ガス化燃焼技術を応用した石炭利用技術開発」で実施する。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 6) 石炭火力の負荷変動対応技術開発

[実施期間] 2017年度～2023年度

#### 1. 研究開発の必要性

日本の石炭火力発電所は、長年の技術開発の成果により、高い発電効率や排出ガス対策で、世界的に最高レベルの技術を有している。しかしながら、日本の技術を採用したプラント価格は、他の国のプラントに比べて高価であるため、国際市場に於いて必ずしも高い競争力を有しておらず、海外での導入事例も限られているのが現状である。日本の石炭火力発電所が受注に至った地域では、厳しい技術要件が定められており、日本の高効率発電技術が入札時に評価されている一方、他国性の石炭火力発電所を導入した諸外国のユーザーの多くが、稼働率の低下をはじめとしたオペレーション上の様々な課題を抱えている。

また、2019年7月に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」において、石炭は「現状において安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源の燃料として評価されているが、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、適切に出力調整を行う必要性が高まると見込まれる」とされている。さらに、2021年10月に閣議決定された「第6次エネルギー基本計画」において、今後、石炭火力は、電源構成における比率は、安定供給の確保を大前提に低減とされている一方で、「再生可能エネルギーを最大限導入する中で、調整電源としての役割が期待される」とされている。

今後とりわけ自然変動電源（太陽光・風力）の導入が拡大する中で、電力の需給バランスを維持し周波数を安定化するために、火力発電等による調整力の一層の確保と信頼性・運用性の向上が求められている。

そこで本事業では、石炭火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性を向上させるための先進的な技術開発を実施する。そのことにより、日本の石炭火力発電プラントの競争力向上にも寄与する。

#### 2. 具体的研究内容

負荷変動対応に伴う事故リスクと保守コスト低減に必要な故障予知・寿命予測等の保守技術および石炭火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性を向上させるための先進的な技術開発を実施する。

#### 3. 達成目標

[中間目標（2020年度）]

長期保守契約（L T S A）等に寄与できる各種モニタリング・センシング・解析等の要素技術を確立する。

[最終目標（2023年度）]

負荷変動対応に伴う事故リスクと保守コスト低減に必要な故障予知・寿命予測等の保守技術および石炭火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性を向上させるための先進的な技術の見通しを得る。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 7) CO<sub>2</sub>有効利用技術開発

[実施期間] 2017年度～2021年度

#### 1. 研究開発の必要性

供給安定性及び経済性に優れた天然資源である石炭を利用した火力発電は、将来的にも、国内の発電供給量の26%を担う重要な電源である。

しかし、これら石炭火力発電ではCO<sub>2</sub>排出量が比較的多く、将来的にCO<sub>2</sub>分離・回収有効利用: Carbon Capture and Utilization (CCU) が検討されている。現時点ではCO<sub>2</sub>の大規模処理が困難であるものの、有価物の製造等により利益を創出する可能性がある。

2030年度以降を見据え、将来の有望なCCU技術の確立を目指して、我が国の優れたCCT (Clean Coal Technology) 等に、更なる産業競争力を賦与する事が可能なCCU技術について、実用化に向けた開発を実施する。

#### 2. 具体的研究内容

短～中期において大規模且つ高濃度のCO<sub>2</sub> (99%以上)を、エネルギーとして工業的に活用可能な技術開発を実施する。一例として、メタネーション技術については石炭火力発電所等から回収した高濃度CO<sub>2</sub>の適用性を評価する。

#### 3. 達成目標

[最終目標 (2021年度) ]

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

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 8) CO<sub>2</sub>分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発

[実施期間] 2020年度～2024年度

#### 1. 研究開発の必要性

エネルギー基本計画において、石炭火力は、安定供給性と経済性に優れたエネルギー源として評価されているものの、温室効果ガスの排出量が多いという問題があるため、脱炭素化を見据えた高効率化が望まれている。

石炭火力からのCO<sub>2</sub>排出抑制技術としては、CO<sub>2</sub>の分離・回収技術があるが、エネルギー損失が大きいことから、発電システムとしてCO<sub>2</sub>を分離・回収できるガス化技術を適用した技術が有望視されている。また、この技術は、バイオマスや炭素系廃棄物等を燃料として発電することによるCO<sub>2</sub>排出削減や有価な生産物（水素や化学品等）の製造に応用できる技術として期待されている。

本事業ではガス化技術を適用して、燃料を多様化するとともに、有価な生産物を併産することで、CO<sub>2</sub>分離・回収コストの低減を目指したCO<sub>2</sub>分離・回収型ポリジェネレーションシステムを構築する火力発電設備設計技術の確立に向けた技術開発を実施する。

#### 2. 具体的研究内容

CO<sub>2</sub>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、流動床ガス化燃焼技術と噴流床ガス化技術がある。

##### (1) 流動床ガス化燃焼技術の適用

流動床ガス化燃焼技術は、流動床技術をベースとして、空気燃焼塔、揮発分（可燃性ガス）反応塔、石炭反応塔（ガス化）で構成され、流動材（酸素キャリア）を媒介として空気燃焼塔で流動材を酸化し、酸化された流動材を揮発分反応塔、石炭反応塔に供給し、酸化された流動材の酸素を用いて石炭をガス化し、発生した可燃性ガスを燃焼させるシステムで、窒素が揮発分反応塔や石炭反応塔に同伴されないことから、石炭は燃焼後、CO<sub>2</sub>、水蒸気、ばいじんとなる。煤塵を集塵機で捕集し、ガス温度を下げることで水蒸気を凝縮するとCO<sub>2</sub>ガスのみが分離・回収できる。

本技術は中小規模（100MW級）の発電プラントにも適用でき、多様な燃料（低品位炭、バイオマス等）に活用できる。また、水素反応器を追加することにより、水素併産が期待できる。また、別置きCO<sub>2</sub>分離・回収装置や空気分離装置が不要であることから、エネルギー損失がないCO<sub>2</sub>分離・回収および水素製造が可能となる。

具体的研究内容としては、水素併産に最適な流動材の選定およびシステム開発、プラント構成の最適化を実施し、流動床ガス化燃焼を適用した火力発電設備設計技術確立のための研究開発を実施する。例えば、流動材を利用した水素製造技術の最適化、バイオマス燃焼の適用性、長期運転における課題検討などを実施する。

##### (2) 噴流床ガス化技術の適用

酸素吹き石炭ガス化においては、ガス化炉にガス化剤として酸素を供給して石炭を部分燃焼させ、石炭を熱分解しているが、投入された石炭が一部燃焼して消費されること、酸素製造装置等の所内動力の増加により送電端効率が低下することから、熱分解の一部をガスタービン排熱

等を利用して作る水蒸気を用いた石炭ガス化反応に置き換えることにより、冷ガス効率の向上を図るとともに酸素供給量の低減を図り、送電端効率の向上が可能となる。このような $O_2/C$   
 $O_2/H_2O$ 吹き噴流床ガス化技術をベースとし、燃料として石炭だけでなく炭素系廃棄物等を利用することで $CO_2$ 排出量を削減し、化学品を併産することで $CO_2$ 分離・回収コストの低減が期待できる。

具体的研究内容としては、炭素系廃棄物燃焼の適用性検証、ガス化ガスからの化学合成技術の選定、システム構成の最適化を実施し、噴流床ガス化技術を適用した火力発電設備設計技術確立のための研究開発を実施する。

### 3. 達成目標

[中間目標（2022年度）]

$CO_2$ 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  
目途をつける。

[最終目標（2024年度）]

$CO_2$ 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確立および経済性を評価する。



## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 9) 機動性に優れた広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究

[実施期間] 2018年度～2021年度

#### 1. 研究開発の必要性

我が国では、2050年に温室効果ガス80%削減の目標が掲げられており、その達成に向けた手段の一つとして、再生可能エネルギー電源（以下、再エネ電源）の増加が見込まれている。2015年7月に公表された、長期エネルギー需給見通しにおいて示された2030年度の電源構成比では、太陽光発電が7%の発電電力量を占めることになる。太陽光発電の利用率を平均の13%とすると、約6400万kWの設備容量を必要とし、これは国内事業用の全発電設備容量の1/4程度に相当する。一方で、普及の拡大が予測される太陽光発電や風力発電の出力は天候に大きく影響を受けるため、電力の安定供給を考えた場合、系統安定化が必要不可欠である。

火力機は、大量に導入される再エネ電源に対応して、需給調整や周波数調整など重要な役割を果たしている。例えば、太陽光発電の日中に生じる急激な天候変動等による大幅な出力変動に対応するには、ガスタービン複合発電（以下、GTCC）を用いることが有望な手段の一つであるが、現状の性能では起動時間が長い、出力変化速度が遅い、最低出力が高い等の課題がある。

そこで本研究開発では、再生可能エネルギー電源の大量導入時の電力安定供給とCO<sub>2</sub>排出量削減の両立を狙い、既存の火力発電設備へのレトロフィットやリプレース向けに定格時の効率を維持したうえで、機動力と再エネ出力不調時のバックアップ電源の両機能を具備した、機動性に優れた広負荷帯高効率GTCCを開発するため、中核機器であるガスタービン（以下、GT）の負荷変動対応に係る要素技術を開発し、実機に組み込める目処を得ることを目的にする。

#### 2. 具体的研究内容

急速起動・出力変動時のGTCCの安定運転の実現に向け、GTの数値解析技術、材料技術、燃焼技術、制御技術、冷却・シール技術などの要素技術開発を行う。具体的には、試験設備を用いて、燃焼器の急速起動・燃焼負荷変動・ターンダウン等の試験、軽量化したタービンロータの設計と翼の試作、クリアランスや冷却・シール空気の能動制御機構の設計等を行い、実証に進める目処を得る。

並行して、発電事業者にとって重要となる設備信頼性の確保に向けて、合理的な設備保守技術の開発研究に取り組むとともに、実機レトロフィットによる機器実証の準備を行う。

表 先行研究で設定されたGTCCとしての目標性能

	起動時間 (ホットスタート)	出力変化速度	1/2負荷における定格からの 効率低下(相対値)	最低出力(一軸 式)
開発目標	10分	20%/分	10%	10%
(参考) 現状性能	60分	5%/分	15%	45%程度

### 3. 達成目標

[最終目標（2021年度）]

- 先行研究で設定した目標性能（上表）を実現する目処を得るために、実規模の燃焼器を設計・試作し、単缶実圧燃焼試験により、無負荷から定格まで5分で到達すること、最低負荷条件においても安定燃焼が可能であることを確認する。
- 急速起動、出力変化速度向上、最低負荷引き下げ、部分負荷時の効率低下抑制を含む、GTCCシステムとしての運転制御技術とGT後流（HRSG－蒸気タービン側）の成立性・性能評価、急速起動に寄与する動翼・ロータの軽量化については、実プラントの設計に反映できる目処を得る。
- 合理的な設備運用保守を行うために、従来の考え方からの違いを整理する。
- 対象GTCCと他の調整力電源（揚水発電、蓄電池など）の経済性を比較評価し、事業として成立するための課題を整理する。
- 既存設備のレトロフィットによる実証研究計画を立案し、実証試験の仕様を明らかにする。

## 研究開発項目⑤ 「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」

[実施期間] 2015年度～2020年度（うち2015年度は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）

### 1. 研究開発の必要性

エネルギー基本計画（2014年4月閣議決定）においては、石炭火力発電は重要なベースロード電源として位置づけられているが、温室効果ガスの大気中への排出をさらに抑えるため、石炭ガス化複合発電（IGCC）等の次世代高効率石炭火力発電技術等の開発及び実用化を推進することとされている。石炭は他の化石燃料と比べ利用時の二酸化炭素排出量が大きく、地球環境問題での制約要因が多いという課題を抱えており、石炭火力発電についても更なる二酸化炭素排出量の抑制が求められている。今後CO<sub>2</sub>排出量抑制のためには、さらなる高効率化に向けて、現在開発中のIGCCを効率でしのぐ次世代高効率石炭火力発電技術等の開発に加え、CCSによる低炭素化を図っていく必要がある。

しかしながら、CCSは多大な付加的なエネルギーが必要であり、効率の低下や発電コストの上昇を招く。そのためエネルギー資源を海外に依存する我が国では、資源の有効利用と発電コストの抑制のため、このエネルギーロスを可能な限り低減する必要がある。

### 2. 具体的研究内容

本技術開発においてはCO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCCの開発、水蒸気を添加した次世代ガス化システム及び両技術の相乗効果確認を実施する。とりわけ相乗効果については、既存のIGCCへ両要素技術の適用性についても効果を検証する。クローズドIGCCシステムは、排ガスCO<sub>2</sub>を一部系統内にリサイクルすることにより、CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上することのできる、世界でも例のない次世代IGCCシステムである。本システムは高効率に加え、CO<sub>2</sub>の100%回収が可能であるため、CO<sub>2</sub>を排出しないゼロエミッション石炭火力の実現が期待できる。また、次世代ガス化システムは、冷ガス効率及び送電端効率の向上並びに実用化に向けた技術開発に向けて、酸素吹石炭ガス化においては、ガス化炉にガス化剤として酸素を供給して石炭を部分燃焼させ、石炭を熱分解しているが、投入された石炭が一部燃焼して消費されること、酸素製造装置等の所内動力の増加により送電端効率が低下することが効率向上のための課題となっていることから、熱分解の一部を、ガスタービン排熱を利用して作る水蒸気を用いた石炭ガス化反応に置き換えることにより、冷ガス効率の向上を図るとともに、酸素供給量の低減を図り、送電端効率の向上を目指す。CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCCの実現に向けては、2008年度から2014年度まで実施した「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」において、石炭投入量3t/dの小型ガス化炉を活用し、送電端効率42%（高位発熱量基準）以上を達成可能とする基盤技術を開発してきた。

本事業では、この基盤技術開発の成果を活用し、実機により近い大型のサイズのガス化炉において検証を行い、システム実現に向け、基盤技術をより確実な技術として発展させるとともに、他のCO<sub>2</sub>分離・回収技術と比較した本システムの経済的優位性を確認することを狙いとする。

具体的には、石炭投入量50t/d規模のガス化炉を用いた、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化技術の実証や乾式ガス精製システムの実証といった高効率発電を可能とする各要素技術を開発する。また、セミクローズドGTについては、燃焼試験とCFD解析を通し、実スケールの燃焼器の特性評価を行う。

次世代ガス化システムのこれまでのシミュレーションによる検討結果では、①噴流床型 I G C C ガス化炉への高温の水蒸気の注入による冷ガス効率及び送電端効率の向上、②エネルギー効率の高い酸素製造技術を組み込んだ I G C C システムの構築による更なる送電端効率の向上、の可能性があると分かった。そこで、これらの可能性を検証及び評価するため、以下の項目を実施する。

(1) 水蒸気添加による冷ガス効率向上効果の検証

噴流床型ガス化炉への高温の水蒸気の注入による冷ガス効率の向上について、小型ガス化炉での検証を行う。

(2) エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性評価

エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性を評価する。

(3) I G C C システム検討

エネルギー効率の高い酸素製造装置を組み込んだ I G C C の最適化システム試設計及び経済性検討を行う。

冷ガス効率の向上及び試設計を踏まえて、送電端効率を精査する。

また、両技術の相乗効果確認及び既存の I G C C へ適用した場合の効果を検証する。

### 3. 達成目標

[中間目標 (2017年度)]

CO<sub>2</sub>回収型クローズド I G C C については、送電端効率42% (高位発熱量基準) を見通すための要素技術確立の目途を得る。

次世代ガス化システムについては、既存の I G C C (1500℃級GTで送電端効率46~48%) を凌ぐ高効率石炭ガス化発電システムの見通しを得るため、小型ガス化炉による水蒸気添加ガス化試験方法を確立する。

[最終目標 (2020年度)]

CO<sub>2</sub>回収型クローズド I G C C については、2019年度までに送電端効率42% (高位発熱量基準) を見通すための要素技術を確立する。

次世代ガス化システムについては、2018年度までに既存の I G C C (1500℃級GTで送電端効率46~48%) を凌駕する高効率石炭ガス化発電システムの見通しを得る。

両技術の相乗効果として、2020年度までにCO<sub>2</sub>回収型クローズド I G C C の目標効率から更に0.5ポイント程度の向上の見通しを得る。

## 研究開発項目⑥ 「カーボンリサイクル・次世代火力推進事業」

[実施期間] 2016年度～2024年度

### 1. 研究開発の必要性

長期エネルギー需給見通しにおける基本方針は、3E+S（安全性、安定供給、経済効率性、環境適合）を同時達成しつつ、バランスの取れた電源構成を実現することである。2030年以降、中長期的に火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>を一層削減するには、次世代技術の普及による更なる高効率化や再生可能エネルギーの利用拡大、並びにカーボンリサイクルの推進が重要である。これらの推進を実現するには中長期的な研究開発も重要であるため、革新的技術の先導研究や調査が必要となる。

### 2. 具体的研究内容

最新の技術動向や社会情勢、社会ニーズに合わせ、国内外の火力発電技術分野およびカーボンリサイクルにおける最新技術の普及可能性、技術開発動向、産業間連携等の調査や、新規技術開発シーズ発掘のための調査を実施する。また、ICSC (International Centre for Sustainable Carbon)、IEA/FBC (Fluidized Bed Conversion)、等に参画し、技術情報交換・各種技術情報収集を行うとともに、国内関係者への情報提供を行う。また、今後の国際市場における日本の火力発電所受注に向けて、高い競争力を発揮できる戦略及びビジネスモデルを構築する。さらに、低コスト高効率次世代火力発電システム実現に向けた検討や次世代火力発電における燃料多様化(バイオマス、アンモニア等)のための調査および先導研究を進める。また、カーボンリサイクルにおいては、要素技術検討のための共通基盤技術開発及び基盤技術開発を進める。

### 3. 達成目標

[最終目標 (2024年度)]

火力発電技術分野において、CO<sub>2</sub>排出量低減、環境負荷低減及び国際競争力の強化を図るために必要となる基礎的情報や、最新情報の収集・解析及び将来における次世代火力の技術開発や導入可能性について、関連技術の適応性、課題等の調査を行う。また、海外との協力を通して、我が国の優れたCCTの導入に向けた取組を行う。カーボンリサイクル分野において、先導研究や調査の成果を俯瞰して、関連技術の経済性や導入可能性、CO<sub>2</sub>削減効果に関する基礎的情報や課題を整理する。

## 研究開発項目⑦ 「次世代技術の早期実用化に向けた信頼性向上技術開発」

[実施期間] 2017年度～2022年度

### 1. 研究開発の必要性

従来型石炭火力発電の中で最高効率である超々臨界圧火力発電（USC）は蒸気温度の最高温度は630℃程度が限界と言われてきた。700℃以上の高温蒸気へ適用されるボイラ・タービン適用材料開発については、長期高温環境下での使用を想定したクリープ試験を実施する等、更なる信頼性の向上が必要である。本事業では2020年以降に増大する経年石炭火力のリプレース及び熱効率向上需要に対応するため、高温材料信頼性向上及び保守技術開発を行う。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) 高温材料信頼性向上試験

信頼性向上のため、クリープ疲労試験、異種材料溶接部健全性評価、材料データベースの拡充、表面処理技術開発等を実施する。

#### (2) 保守技術開発

タービンロータ超音波探傷試験（UT検査）等の精度向上、高効率化、適用箇所の拡大を目的とした非破壊検査技術開発を実施する。

### 3. 達成目標

[中間目標（2019年度）]

長時間クリープ疲労試験、材料データベースの拡充については、各種データの取得を行い、2021年度末までの試験計画を策定する。

表面処理技術開発等の高温材料信頼性向上及びタービンロータ超音波探傷試験（UT検査）精度向上等の保守技術については、技術確立の見通しを得る。

[最終目標（2022年度）]

事業終了時において送電端熱効率46%（高位発熱量基準）達成可能な商用プラントへ適用する長時間クリープ疲労試験、材料データベースの拡充、表面処理技術開発等の高温材料信頼性向上及びタービンロータ超音波探傷試験（UT検査）精度向上等の保守技術を確立する。

### 4. その他重要事項

本事業については、他の事業との連携を図りながら、ユーザー及び外部有識者等の意見を適切に反映し、着実な運営を図る。情報発信及び知財化についても、技術の流出防止と適宜知財化を適切に助成先へ指導する。

## 研究開発項目⑧「CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発」 [委託・助成事業]

[実施期間] 2020年度～2026年度

### 1. 研究開発の必要性

供給安定性及び経済性に優れた天然資源である石炭を利用した火力発電は、将来的にも、国内の発電供給量の26%を担う重要な電源であるが、これら石炭火力発電ではCO<sub>2</sub>排出量が比較的多い課題がある。このような石炭火力を中心とした産業部門から生成するCO<sub>2</sub>を削減するため、経済産業省において策定された「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)において、CO<sub>2</sub>を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化や人工光合成、メタネーションによる素材や燃料への利用等とともに、大気中へのCO<sub>2</sub>排出を抑制していく方針が示された。

2019年9月に開催されたカーボンリサイクル産学官国際会議において、経済産業省より、カーボンリサイクル3Cイニシアティブ、すなわち、3つのCのアクションとして、①相互交流の推進(“C”aravan)、②実証研究拠点の整備(“C”enter of Research)、③国際共同研究の推進(“C”ollaboration)に取り組むことが示された。

カーボンリサイクル技術の開発を効率的に進めるためには、CO<sub>2</sub>の分離・回収が行われている場所において、カーボンリサイクル技術開発を重点的に進める必要がある。

### 2. 具体的研究内容

#### 1) CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業

CO<sub>2</sub>が得られる広島県大崎上島を研究拠点に、複数の企業や大学等が要素技術開発および実証試験等を行うための拠点化に向けた検討および整備を行い、拠点の運営業務、要素技術開発および実証試験の総括的な評価等を行う。

#### 2) 研究拠点におけるCO<sub>2</sub>有効利用技術開発・実証事業

2030年の実用化に向け広島県大崎上島の研究拠点において、CO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発および実証試験を実施する。

### 3. 達成目標

[中間目標(2022年)]

複数の企業や大学等が要素技術開発および実証試験等を行うための拠点化に向けた検討および整備を行う。また、CO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発を行い、実現可能性を検討し、拠点候補地で行うべき事業を選定する。

[中間目標(2025年)]

当該拠点化に向けた追加整備を必要に応じて行う。また、CO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発や実証試験を行い、実施済の要素技術開発等についてCO<sub>2</sub>有効利用技術の経済性、CO<sub>2</sub>削減効果等を評価する。

[最終目標(2026年度)]

CO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発や実証試験を行い、2026年度まで実施した要素技術開発等についてCO<sub>2</sub>有効利用技術の経済性、CO<sub>2</sub>削減効果等を評価する。

## 研究開発項目⑨ 「CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発」 [委託・助成事業]

### 1) 化学品へのCO<sub>2</sub>利用技術開発

[実施期間] 2020年度～2026年度

#### 1. 研究開発の必要性

火力発電や各種工場で排出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を資源として捉え、回収し、有効利用するカーボンリサイクル技術の開発は、気候変動対策の一つとして重要なものと考えられている。経済産業省が策定した「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)では、化学品や燃料(液体や気体燃料)、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方向性が示された。また、2021年6月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においてカーボンリサイクル技術は、カーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーに位置づけられた。

化学品へのCO<sub>2</sub>利用技術については、既存の化石燃料由来化学品に代替可能でありCO<sub>2</sub>削減・CO<sub>2</sub>固定化に繋がること、高付加価値品製造に利用可能であること、新規技術導入による効率向上やコスト低減の可能性があること等から、カーボンリサイクル技術として実現への期待は大きい。一方で、現状では基礎研究レベルに留まる研究も多く、今後重点的に技術開発に取り組むべき分野である。

#### 2. 具体的研究内容

CO<sub>2</sub>を原料とした化学品の合成において、CO<sub>2</sub>と水素あるいは合成ガスから一段で直接オレフィン合成する技術や、CO<sub>2</sub>と水素あるいは合成ガスからBTX(ベンゼン・トルエン・キシレン)等を製造する技術の開発、CO<sub>2</sub>分離・回収技術とメタノール合成技術とを一体化させたシステムの技術の開発等が必要である。これらについて高効率な製造技術の開発や、全体システムの最適化を行い、適用条件の明確化や事業性の検討を行う。

#### 3. 達成目標

[中間目標(2022年)]

CO<sub>2</sub>を原料とした化学品合成の各技術について、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の各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。



## 2) 液体燃料へのCO<sub>2</sub>利用技術開発

[実施期間] 2020年度～2026年度

### 1. 研究開発の必要性

火力発電や各種工場で排出される二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を資源として捉え、回収し、有効利用するカーボンリサイクル技術の開発は、気候変動対策の一つとして重要なものと考えられている。経済産業省が策定した「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）では、化学品や燃料（液体や気体燃料）、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方向性が示された。また、2021年6月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においてカーボンリサイクル技術は、カーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーに位置づけられた。

CO<sub>2</sub>由来の液体燃料については、既存の石油サプライチェーンを活用でき液体燃料の低炭素化を促進する技術であることから、カーボンリサイクル技術としての実現への期待は大きい。一方で、現状では生産効率やコストなどの面で課題が大きいことから、普及に向けて技術開発に取り組む必要がある。

### 2. 具体的研究内容

CO<sub>2</sub>を原料とした既存の液体化石燃料（ガソリン、軽油等）の代替品となり得る液体燃料（微細藻類由来のバイオ燃料を除く）製造に関するFT合成やその他合成反応など製造プロセスの改善などを通じ、CO<sub>2</sub>を有効利用しつつ、その排出削減を目指す技術開発を行う。

### 3. 達成目標

[中間目標（2022年）]

CO<sub>2</sub>を原料とした液体燃料合成の各技術について、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>を原料とした液体燃料合成の各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、液体燃料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。

### 3) コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへのCO<sub>2</sub>利用技術開発

[実施期間] 2020年度～2026年度

#### 1. 研究開発の必要性

火力発電や各種工場で排出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を資源として捉え、回収し、有効利用するカーボンリサイクル技術の開発は、気候変動対策の一つとして重要なものと考えられている。経済産業省が策定した「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)では、化学品や燃料(液体や気体燃料)、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方向性が示された。また、2021年6月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においてカーボンリサイクル技術は、カーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーに位置づけられた。

コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへのCO<sub>2</sub>利用については、CO<sub>2</sub>固定化ポテンシャルが高いこと、生成物が安定していること、土壌改質などへの適用も見込めることなどから、カーボンリサイクル技術としての実現への期待は大きく、早期の社会実装が望まれる分野である。

#### 2. 具体的研究内容

鉄鋼スラグ、廃コンクリート、石炭灰等の産業副産物、廃鉱物、海水(かん水)等からの有効成分(CaやMgの化合物)の分離や微粉化等の前処理の省エネ化、湿式プロセスにおける省エネ化、安価な骨材や混和材等の開発および炭素・炭化物の生成技術などの要素技術を開発する。また、CO<sub>2</sub>発生源から製造・供給までの一貫システム構築・プロセスの最適化、用途拡大と経済性の検討を行い事業性について検討する。

#### 3. 達成目標

[中間目標(2022年)]

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)]

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、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。

#### 4) 気体燃料へのCO<sub>2</sub>利用技術開発

[実施期間] 2021年度～2026年度

##### 1. 研究開発の必要性

火力発電や各種工場で排出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を資源として捉え、回収し、有効利用するカーボンリサイクル技術の開発は、気候変動対策の一つとして重要なものと考えられている。経済産業省が策定した「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)では、化学品や燃料(液体や気体燃料)、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方向性が示された。また、2021年6月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においてカーボンリサイクル技術は、カーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーに位置づけられた。

気体燃料へのCO<sub>2</sub>利用技術については、既存の化石燃料を代替可能であり既存燃料市場へ適応した場合、大規模なCO<sub>2</sub>削減を実現する可能性を持つことや、既存のインフラを活用可能な点から技術確立後のCO<sub>2</sub>削減効果の波及のしやすさが大きく期待される等、カーボンリサイクル技術として実現への期待は大きい。一方で、現状では基礎研究レベルに留まる研究も多く、今後重点的に技術開発に取り組むべき分野である。

##### 2. 具体的研究内容

CO<sub>2</sub>を原料とした気体燃料製造技術においては、触媒長寿命化や活性マネジメント、熱マネジメント、スケールアップ検討、電解技術等を活用した基盤技術等の開発が必要である。これらについて高効率な製造技術の開発や全体システムの最適化、またそれらを通じた低コスト化検討等を行う。

##### 3. 達成目標

[中間目標(2023年)]

CO<sub>2</sub>を原料とした気体燃料製造の各技術について、要素技術開発および全体システムの構築を行う。

[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、気体燃料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。

## 研究開発項目⑩ 「石炭利用環境対策事業」

[実施期間] 2016年度～2025年度

### 1. 研究開発の必要性

石炭は、経済性、供給安定性に優れた重要なエネルギー資源であり、「第6次エネルギー基本計画」においては、再生可能エネルギーを最大限導入する中で、調整電源としての役割が期待されている。一方、石炭利用に伴い発生するCO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、ばいじん等への対策や、石炭灰やスラグの有効利用方策を確立することが喫緊の課題である。

### 2. 具体的研究内容

石炭利用に伴い発生する環境影響の低減等に貢献する技術の開発を行う。

#### 1) 石炭利用環境対策推進事業

石炭利用時に必要な環境対策に関わる調査を実施する。また、今後のCCT開発を効率的に支援するコールバンクの拡充及び石炭等の発熱性に係る調査・技術開発を行う。

石炭灰の発生量や有効利用に関する実態調査等を行う。具体的には、国内石炭灰排出量・利用量を把握するとともに、海外の石炭灰利用技術及び利用状況等を調査する。また、石炭等の燃焼灰利用及び削減に係る技術開発を行う。

さらに、石炭ガス化溶融スラグ有効利用技術を開発し、工業製品として規格化することにより、スラグ製品として新しい販路を開拓し、石炭等の燃焼灰有効利用の用途を広げる。

#### 2) 石炭利用技術開発

石炭等の燃焼灰の利用用途拡大に関する技術開発を行う。

セメントを使用しないフライアッシュコンクリート製造技術の開発を実施する。加えて、低品位フライアッシュの硬化体原材料としての適用範囲を把握し、有望視される用途（土木分野、建築分野、環境分野等）に適した硬化体製造技術を確立する。

石炭ガス化溶融スラグを利用したコンクリート構造物を製造し、強度、組成、耐久性などに関する評価試験を実施し、信頼性・性能の確認を行う。また、コンクリートを使用する際のガイドラインとなる設計・施行指針を作成する。

### 3. 達成目標

[中間目標（2019年度）]

#### 1) 石炭利用環境対策推進事業

石炭利用環境対策に関わる調査、コールバンクの拡充及び石炭等の発熱性を把握することにより、石炭の有効利用技術の確立に向けた知見を得る。

石炭等の燃焼灰の有効利用、及び削減に寄与する技術の確立に向けた知見を得る。

また、新たな石炭ガス化溶融スラグ有効利用技術を開発し、工業製品としての規格化の見通しを得る。

石炭の有効利用に資する国内石炭灰排出量・利用量等の共通基盤データをとりまとめる。

#### 2) 石炭利用技術開発

石炭等の燃焼灰の利用拡大技術として、セメントを使用しないフライアッシュコンクリート製造技術を確立し、製品化に向けた用途を提案する。

[中間目標（2022年度）]

1) 石炭利用環境対策推進事業

石炭等の発熱性を把握すると共に、石炭管理の指針に資する知見を得る。石炭等の燃焼灰の有効利用、削減及び用途拡大に寄与する技術の確立に向けた知見を得る。

2) 石炭利用技術開発

石炭等の燃焼灰の利用拡大技術として、セメントを使用しないコンクリート製造技術を確認、製品性能の見通しを得る。また、石炭ガス化溶融スラグを使用したコンクリートの信頼性・性能を示し、また設計・施工指針を作成するための知見を得る。

[最終目標（2025年度）]

1) 石炭利用環境対策推進事業

石炭利用環境対策に関わる調査、コールバンクの拡充及び石炭等の発熱性を把握することにより、石炭の有効利用技術確立の見通しを得る。

石炭等の燃焼灰の有効利用、及び削減及び用途拡大に寄与する技術確立の見通しを得る。

また、新たな石炭ガス化溶融スラグ有効利用技術を開発し、工業製品としての規格化の見通しを得る。

石炭の有効利用に資する国内石炭灰排出量・利用量等の共通基盤データを取りまとめる。

2) 石炭利用技術開発

石炭等の燃焼灰の利用拡大技術として、セメントを使用しないフライアッシュコンクリート製造技術を確認し、製品化に向けた用途を提案する。加えて、石炭ガス化溶融スラグを使用したコンクリートの信頼性・性能を示し、設計・施行指針を作成する見通しを得る。

研究開発項目⑪「アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業」〔委託・助成事業〕

[実施期間] 2021年度～2024年度

### 1. 研究開発の必要性

2018年7月「第5次エネルギー基本計画」では、石炭は、経済性、供給安定性に優れた重要なエネルギー資源であり、重要なベースロード電源と位置付けられている。また、既存のインフラを有効利用した脱炭素化のための技術開発として、アンモニアを燃料として直接利用する技術開発が挙げられている。また、2021年10月「第6次エネルギー基本計画」では、アンモニアを燃料とした発電は燃焼時にCO<sub>2</sub>を排出せず、カーボンニュートラル実現に向けた電源の脱炭素化を進める上で有力な選択肢の一つと位置付けられている。

2020年3月に策定された「新国際資源戦略」では、CO<sub>2</sub>排出削減に向け、液体アンモニアの混焼を含めて着実に技術開発等を進めることが必要とされている。

CO<sub>2</sub>フリーアンモニアは、水素を輸送・貯蔵できるエネルギーキャリアとして、火力発電の燃料として直接利用が可能であり、燃焼時にはCO<sub>2</sub>を排出しない燃料として、温室効果ガスの排出量削減に大きな利点がある。

火力発電等におけるアンモニアの燃料としての利用は、2030年以降、中長期的に火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>を一層削減し、アンモニアをはじめとする水素エネルギーの社会実装に繋がる技術開発である。

### 2. 具体的研究内容

火力発電等におけるアンモニアの燃料としての利用技術を実証すべく、設備費、運転費並びにアンモニアの製造・輸送コストを考慮した経済性検討、実証試験に必要な技術検討などを実施する。

1) 要素研究〔委託事業〕

2) 実証研究〔助成事業（1／2助成）〕

※1)の実施者を公募した後の、1)から2)への移行の可否は、外部有識者で構成される委員会の審査（ステージゲート審査）を経て決定する。

### 3. 達成目標

[中間目標（2023年）]

火力発電等におけるアンモニアの燃料としての利用技術の見通しを得る。

[最終目標（2024年度）]

火力発電等におけるアンモニアの燃料としての利用技術を確立する。

研究開発項目⑫ CO<sub>2</sub>分離・回収技術の研究開発 [委託・助成事業]

[実施期間] 2018年度～2024年度

(2021年度までは「CCUS研究開発・実証関連事業」において実施)

### 1. 研究開発の必要性

2020年1月に策定された「革新的環境イノベーション戦略」においては、CO<sub>2</sub>分離・回収コストの低減が技術課題として記載されており、新たな研究開発・実証として、固体吸収材や分離膜を用いた分離回収技術が挙げられている。

また、2021年7月に経済産業省が改定した「カーボンリサイクル技術ロードマップ」では、CO<sub>2</sub>の分離・回収は共通技術として重要な位置づけとされている。

本事業では、石炭火力発電所等で発生するガスからCO<sub>2</sub>を分離・回収するのに有効な技術として、固体吸収法および膜分離法について研究開発を行う。

### 2. 具体的研究内容

#### (1) 先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発【2019年度終了】

CO<sub>2</sub>の分離・回収技術の一つである化学吸収法のうち、高効率な回収が可能な「アミンを固体に担持した固体吸収材」について、燃焼排ガスを対象としたプラント試験設備を用いた実用化研究を行う。

#### (2) 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究

石炭火力発電所の燃焼排ガスに最適化された、固体吸収材移動層システムの研究開発を行う。

固体吸収材移動層システムのCO<sub>2</sub>分離・回収試験を実施するために、移動層パイロットスケール試験設備(40t-CO<sub>2</sub>/d規模)について、設計・建設・運転等を行う。また、固体吸収材の性能向上を図るとともに、固体吸収材の大量製造技術、移動層システムにおけるCO<sub>2</sub>分離・回収等の各工程にかかるプロセスシミュレーション技術等、CO<sub>2</sub>固体吸収法に関わる基盤技術開発を行い、石炭火力発電所からの実燃焼排ガスを用いて、固体吸収法による石炭燃焼排ガスへの適用性を研究する。

1) 要素研究 [委託事業]

2) 実証研究 [助成事業 (1/2助成)]

#### (3) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発

石炭ガス化複合発電等で発生する比較的高い圧力を有するガスからCO<sub>2</sub>を分離・回収するのに有効な分離膜技術について、実ガスを用いた実用化研究を行う。

#### (4) 二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発

火力発電所等で発生するガスからCO<sub>2</sub>を分離・回収するのに有効な膜分離技術について、実ガスに適用可能な分離膜モジュールおよび分離膜システムの実用化研究を行う。

また、CO<sub>2</sub>分離・回収プロセスとCO<sub>2</sub>利用プロセスの統合を考慮した膜分離技術の研究開発を行う。

### 3. 達成目標

#### (1) 先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発

[最終目標] 2019年度

CO<sub>2</sub>分離・回収エネルギーを1.5GJ/t-CO<sub>2</sub>を達成する固体吸収材・システムを開発

する。

(2) 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究

[中間目標] 2022年度

移動層パイロットスケール試験設備すべての機器の据付、受電を完了し、石炭火力発電所煙道から移動層パイロットスケール試験設備へ実燃焼排ガスを導入し、CO<sub>2</sub>を分離し回収出来ることを確認する。

固体吸収材のスケールアップ製造技術開発を行い、パイロット試験開始に必要な固体吸収材の供給を完了する。また、移動層シミュレーションによる実ガス試験での最適運転条件を提示する。

[最終目標] 2024年度

火力発電所などの燃焼排ガスなどからCO<sub>2</sub>を分離・回収する固体吸収法について、実燃焼排ガスからのCO<sub>2</sub>分離・回収連続運転を実施し、パイロットスケール設備においてCO<sub>2</sub>分離・回収エネルギー1.5GJ/t-CO<sub>2</sub>の目途を得る。

(3) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発【2021年度終了】

[最終目標] 2021年度

石炭ガス化複合発電等で発生する比較的高い圧力を有するガスからのCO<sub>2</sub>分離・回収エネルギーについて、実用化段階(数百万t-CO<sub>2</sub>/年規模を想定)で回収エネルギー0.5GJ/t-CO<sub>2</sub>以下を達成する分離膜技術を開発する。

(4) 二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発

[中間目標] 2022年度

実用化段階で想定される条件下でCO<sub>2</sub>分離・回収に用いることができる分離膜材料の設計方針の見通しを得て、評価設備による性能検証を開始する。

[最終目標] 2023年度

火力発電等で発生するガスからのCO<sub>2</sub>の分離・回収において、CO<sub>2</sub>の利用プロセスに適する分離膜材料を適用した分離膜システムを開発し、比較的高い圧力を有するガスからのCO<sub>2</sub>の分離・回収においては実用化段階でCO<sub>2</sub>分離・回収エネルギーが0.5GJ/t-CO<sub>2</sub>以下を達成できる技術を開発する。



研究開発項目⑬「火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業」〔委託・助成事業〕

1) 機動性に優れた広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の技術開発・実証研究〔委託・助成事業〕

[実施期間] 2023年度～2026年度

### 1. 研究開発の必要性

2021年10月に策定された「第6次エネルギー基本計画」では、再生可能エネルギーを大量導入するには、調整力の確保等の電力システムの柔軟性の向上が必要であるとされており、火力発電の今後の在り方についても、安定供給を大前提に設備容量の確保が挙げられている。

火力発電の運用性向上を目指すため、調整力電源の安定性維持に貢献する機動性に優れたガスタービン複合発電（GTCC）に適用する技術について、既存設備への適用を対象とした社会実装に取り組むことが重要である。

### 2. 具体的研究内容

急速起動・出力変動時のGTCCの安定運転の実現に向け、発電事業者が抱える現状ガスタービンの課題に対し、本事業の要素研究にて確立した燃焼技術、制御技術、数値解析技術等を中心とした要素研究の成果を、発電事業者の設備投資コストをできるだけ抑えた形で実用化する検討を実施し、最低負荷の引き下げ や出力変化速度改善の検証等を行う。

1) 要素研究〔委託事業〕

2) 実証研究〔助成事業（1／2助成）〕

※1)の実施者を公募した後の、1)から2)への移行の可否は、外部有識者で構成される委員会の審査（ステージゲート審査）を経て決定する。

### 3. 達成目標

[最終目標（2026年度）]

機動性に優れた広負荷帯高効率ガスタービン複合発電について、実証設備での目標性能達成の目途を得る。

研究開発項目⑬「火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業」〔委託・助成事業〕

2) 石炭火力の負荷変動対応技術開発・実証研究〔委託・助成事業〕

[実施期間] 2023年度～2026年度

### 1. 研究開発の必要性

2021年10月に策定された「第6次エネルギー基本計画」において、火力発電は、再生可能エネルギーの瞬時的・継続的な発電電力量の低下にも対応可能な供給力を持つ形で設備容量を確保することを求められており、とりわけ自然変動電源（太陽光・風力等）の導入が今後拡大する中で、電力の需給バランスを維持し周波数を安定化するために、火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性の向上が必要となる。

### 2. 具体的研究内容

火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性を向上させるために、機動性に優れた広負荷帯高効率発電用ボイラに関する技術開発・実証研究を実施する。

1) 要素研究〔委託事業〕

2) 実証研究〔助成事業（1／2助成）〕

※1)の実施者を公募した後の、1)から2)への移行の可否は、外部有識者で構成される委員会の審査（ステージゲート審査）を経て決定する。

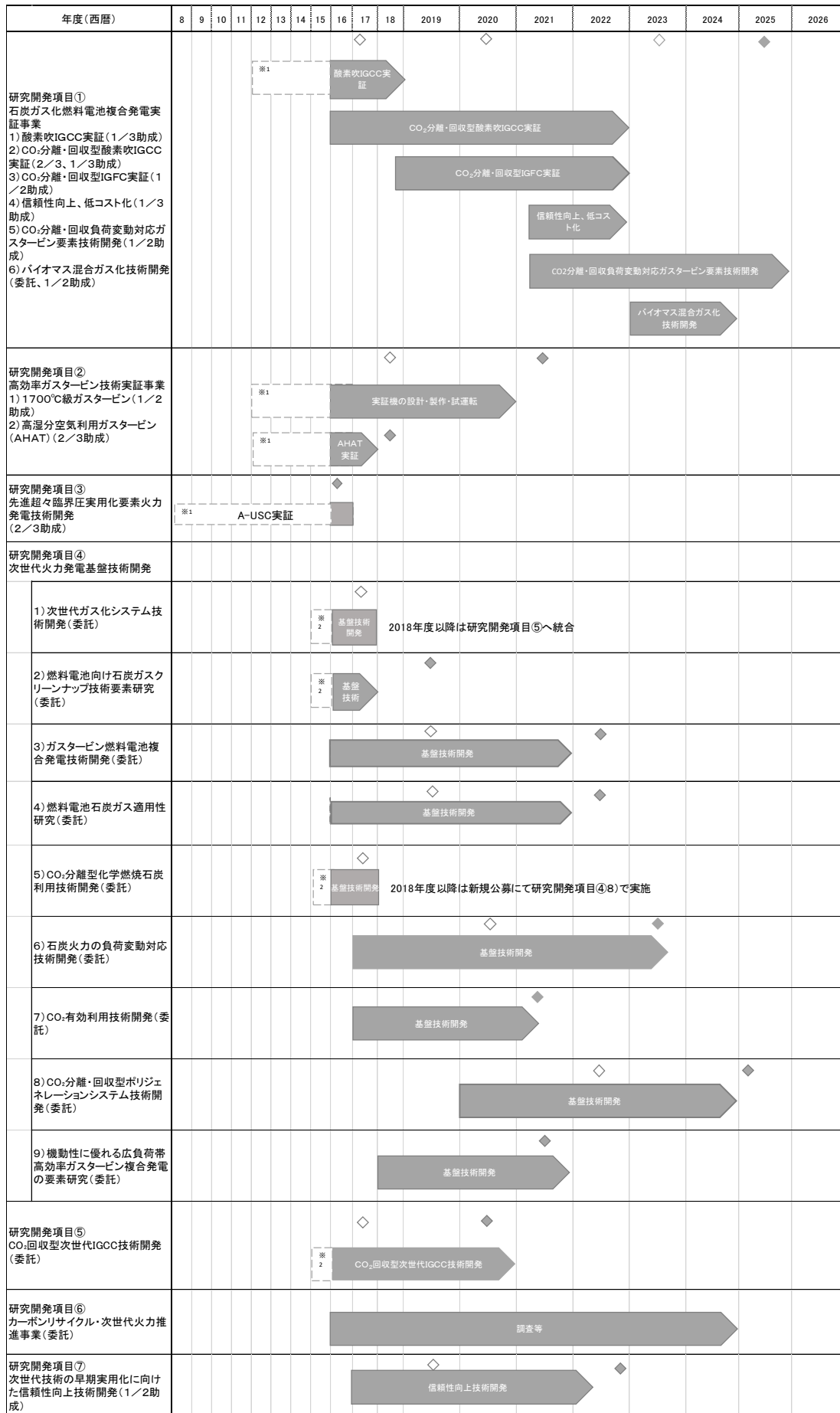
### 3. 達成目標

[最終目標（2026年度）]

負荷変動対応に伴う事故リスクと保守コスト低減に必要な故障予知・寿命予測等の保守技術および火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性を向上させるための先進的な技術の社会実装に向けた見通しを得る。

研究開発スケジュール

◇中間評価、◆事後評価



年度(西暦)	1982	~	14	15	16	17	18	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
研究開発項目⑧ CO <sub>2</sub> 有効利用拠点における技術開発(委託・助成)											◇			◇	
	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														
研究開発項目⑨ CO <sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発(委託・助成)															
1) 化学品へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発(委託・助成)											◇			◇	
	化学品へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発														
2) 液体燃料へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発(委託・助成)											◇			◇	
	液体燃料へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発														
3) コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへのCO <sub>2</sub> 利用技術開発(委託・助成)											◇			◇	
	コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへのCO <sub>2</sub> 利用技術開発														
4) 気体燃料へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発(委託・助成)												◇			◇
	気体燃料へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発														
研究開発項目⑩ 石炭利用環境対策事業(委託・助成)								◇			◇			◇	
1) 石炭利用環境対策推進事業(委託)				※ 2											
	石炭発熱性調査・先端研究、スラグの規格化、石炭灰発生量及び有効利用実態調査、石炭灰利用・削減技術開発等														
2) 石炭利用技術開発(2/3補助)			※ 1												
	セメント不使用フライアッシュ製造技術開発														
	石炭ガス化溶融スラグのコンクリート実規模性能試験														
研究開発項目⑪ アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業(委託・補助)															◇
	アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業														
研究開発項目⑫ CO <sub>2</sub> 分離回収技術の研究開発(※3)									◇		◇			◇	
1) 先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発				※ 1											
	先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発														
2) 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究															
	先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究														
3) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発				※ 1											
	二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発														
4) 二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発															
	二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発														
研究開発項目⑬ 火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業															◇
1) 機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の技術開発・実証研究															
	機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の技術開発・実証研究														
2) 石炭火力の負荷変動対応技術開発・実証研究															
	石炭火力の負荷変動対応技術開発・実証研究														

- ※1 経済産業省にて実施
- ※2 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
- ※3 2021年度までは「CCUS 研究開発・実証関連事業」において実施

## ●特許論文等リスト

2023年5月末時点

【特許】

出願なし

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	若山 樹	INPEX	INPEX における CO2-メタネーションへの取組みと今後の展開	石油技術協会令和 3 年度秋季講演会 シンポジウム講演原稿	有	2021/12
2	若山 樹	INPEX	メタネーション技術の事業化展望	月刊省エネルギー	無	2023/7
3	若山 樹	INPEX	メタネーション技術の事業化展望	CMC 出版	無	2023/7

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	若山 樹	INPEX	メタネーション事業化展望	(公社) 化学工学会 東海支部第 55 回化学工学の進歩講習会「脱炭素への工学」	2021/12
2	福本 一生	名古屋大学	メタネーション触媒反応器の数値流体解析	(公社) 化学工学会 東海支部第 55 回化学工学の進歩講習会「脱炭素への工学」	2021/12
3	若山 樹	INPEX	早期社会実装に向けた CO2 有効利用技術開発動向と課題	(公社) 化学工学会 関東支部第 53 回 Continuing Education シリーズ講習会「低炭素社会実現に向けた CO2 回収・利用・貯留(CCUS)技術と社会実装」	2022/1
4	若山 樹	INPEX	CO2 の燃料資源への変換技術, その高効率化, 市場性と可能性 ~CCU 技術の現状・課題・展望~	技術情報協会オンラインセミナー	2022/1
5	若山 樹	INPEX	INPEX 長岡鉦場越路原プラントにおける CO2 メタネーションシステム技術開発事業	GCCSI(Global CCS Institute)第 48 回勉強会	2022/1
6	若山 樹	INPEX	INPEX による NEDO CO2-メタネーション事業	日本ガス協会「カーボンニュートラル実現に向けた熱の脱炭素化~メタネーション~」	2022/3
7	若山 樹	INPEX	INPEX の 2050 ネットゼロへの取組み ~NEDO-CO2 メタネーション事業について~	新潟天然ガス協会公営部会	2022/5
8	若山 樹	INPEX	INPEX の 2050 ネットゼロへの取組み	新潟天然ガス協会	2022/5

			～NEDO-CO2 メタネーション事業について～		
9	若山 樹	INPEX	メタネーションと燃料利用	情報機構オンラインセミナー「カーボンニュートラル燃料の可能性」	2022/5
10	若山 樹	INPEX	メタネーションの取り組みと課題	技術情報協会「水素の製造,輸送,貯蔵と利用技術」	2022/5
11	若山 樹	INPEX	メタネーション	情報機構「カーボンニュートラル燃料の動向～既存内燃機関を活かした CO2 削減への可能性～」	2022/5
12	若山 樹	INPEX	INPEX : カーボンサイクル実現に向けた CO2 有効利用実用化技術開発と今後の最重要課題	JPI (日本計画研究所) 第15889回特別セミナー	2022/6
13	若山 樹	INPEX	INPEX の 2050 ネットゼロへの取り組み ～NEDO-CO2 メタネーション事業を通して～	日本学術振興会製鉄第54委員会	2022/6
14	若山 樹	INPEX	早期社会実装に向けた CO2 有効利用技術開発動向と課題	技術情報協会「二酸化炭素の分離・回収・貯蔵技術の開発」	2022/7
15	若山 樹	INPEX	INPEX の 2050 ネットゼロへの取り組み ～NEDO-CO2 メタネーション事業を通して～	紙パルプ技術協会	2022/7
16	若山 樹	INPEX	CO2-メタネーション技術の開発状況と事業化展望、課題 ～NEDO-CO2 メタネーション事業を通して～	技術情報協会「メタネーション技術の最新動向と触媒、反応プロセスの開発」	2022/7
17	若山 樹	INPEX	Carbon Recycling (Methanation) project by INPEX with CSIRO	第3回日豪 CR-MOC_WS	2022/7
18	則永 行庸	名古屋大学	カーボンニュートラルを目指した二酸化炭素の回収・除去・利用に関する研究	カーボンニュートラルを支援する CAE (主催: 計測エンジニアリングシステム株式会社)	2022/8
19	中村 真季	名古屋大学	大規模な CO <sub>2</sub> メタネーションへの研究	GiSM 第一回ワークショップ (主催: 東海国立大学機構名古屋大学未来社会創造機構マテリアルイノベーション研究所 グリーン構造材料インフォマティクス研究部門 (GiSM))	2022/8
20	則永 行庸	名古屋大学	有機資源や二酸化炭素転換反応器における現象理解とシミュレーション	第31回 日本エネルギー学会大会	2022/8
21	則永 行庸	名古屋大学	メタネーション触媒反応速度モデルの開発と反応器熱流体数値解析技術	(株)技術情報協会「メタネーションの動向、プロセスの設計とシミュレーション技術」	2022/9
22	若山 樹	INPEX	INPEX の 2050 ネットゼロへの取り組み	紙パルプ技術協会 (執筆)	2022/10

			～NEDO-CO2 メタネーション事業を通して～		
23	若山 樹	INPEX	CO2-メタネーション技術の開発状況と事業化展望、課題 ～INPEX での取組み、NEDO-CO2 有効利用技術開発事業での成果を含めて～	技術情報センターセミナー	2022/10
24	則永 行庸	名古屋大学	メタネーション-反応器内の流動状態と温度分布, 反応速度解析-	第 71 回 最近の化学工学講習会	2023/1
25	若山 樹	INPEX	INPEX の 2050 ネットゼロへの取組み ～NEDO-CO2 メタネーション事業を通して～	日本エネルギー学会 100 周年記念事業 天然ガス部会講演会	2023/3
26	若山 樹	INPEX	INPEX の 2050 ネットゼロへの取組み -NEDO-CO2 メタネーション事業を通して-	柏崎技術開発振興協会	2023/3
27	若山 樹	INPEX	大規模な CO2-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	NEDO 発電事業者向け FY2022 発表会	2023/3
28	若山 樹	INPEX	メタネーション技術の事業化展望	化学工学会出版記念シンポジウム	2023/5
29	若山 樹	INPEX	メタネーション技術の事業化展望	JPI レギュラーセミナー	2023/6
30	若山 樹	INPEX	INPEX の 2050 ネットゼロへの取組み -NEDO-CO2 メタネーション事業を通して-	長岡市・北陸ガス主催講演回	2023/10

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1	INPEX, 大阪ガス	世界最大級のメタネーションによるCO2 排出削減・有効利用実用化技術開発事業の開始について	INPEX-OG 共同記者会見	2021/10
2	INPEX	世界最大級のメタネーションによるCO2 排出削減・有効利用実用化技術開発事業の開始について	INPEX-HP おしらせ	2021/10
3	大阪ガス	世界最大級のメタネーションによるCO2 排出削減・有効利用実用化技術開発事業の開始について ～都市ガスのカーボンニュートラル化を実現する技術の実用化へ～	OG-HP プレスリリース	2021/10
4	INPEX	技術内容の HP 紹介「都市ガスの脱炭素化を目指した CO2-メタネーションの技術開発」	OG-HP	2022/4
5	INPEX	排ガス・下水からエコ燃料	日本経済新聞	2022/4
6	大阪ガス	大規模な CO2-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	NewsPicks	2023/3
7	大阪ガス	当社ネットゼロ 5 分野	知られざるガリバー	2023/3

(c)その他 (書籍、展示会への出展)

書籍

番号	執筆者	所属	タイトル	発表年月
----	-----	----	------	------



1	福本 一生 則永 行庸	名古屋大学	カーボンニュートラルに貢献する触媒・反応工学 第7章 メタネーション - 固定床触媒反応器の反応・伝熱・流動を考慮した数値流体力学シミュレーション-	2022/12
2	則永 行庸 若山 樹他	名古屋大学 INPEX	カーボンニュートラルへの化学工学	2023/1

#### 展示会への出展

番号	発表者	所属	発表タイトル	展示会名	発表年月
1	宮本 広樹	INPEX	INPEX Initiatives on CO <sub>2</sub> -Methanation ~Low-carbonization of City Gas~	ADIPEC (経済産業省「産油国補助金事業に伴うゼロエミッション火力グローバル広報事業」ブースへの出展)	2022/10
2	宮本 広樹	INPEX	INPEX Initiatives on CO <sub>2</sub> -Methanation ~Low-carbonization of City Gas~	World Future Energy Summit (METI 主催 Japan Pavilion "Thermal Power for Zero Emission - Transitioning energy and mind for a carbon neutral society -")	2023/1