

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／
④次世代火力発電基盤技術開発 8) CO₂分離・回収型
ポリジェネレーションシステム技術開発」
中間評価報告書

2022年7月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

2022年7月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 石塚 博昭 殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 木野 邦器

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果
について報告します。

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／
④次世代火力発電基盤技術開発 8) CO₂分離・回収型
ポリジェネレーションシステム技術開発」
中間評価報告書

2022年7月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

目 次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
評価概要	4
研究評価委員会委員名簿	7
研究評価委員会コメント	8
第1章 評価	
1. 総合評価	1-1
2. 各論	1-5
2. 1 事業の位置付け・必要性について	
2. 2 研究開発マネジメントについて	
2. 3 研究開発成果について	
2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて	
3. 評点結果	1-18
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録及び書面による質疑応答	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1
参考資料3 評価結果の反映について	参考資料 3-1

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／④次世代火力発電基盤技術開発 8) CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発」の中間評価報告書であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第 32 条に基づき、研究評価委員会において設置された「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／④次世代火力発電基盤技術開発 8) CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第 69 回研究評価委員会（2022 年 7 月 21 日）に諮り、確定されたものである。

2022 年 7 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

審議経過

● 分科会（2022年4月27日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

● 現地調査会（2022年4月27日）

一般財団法人 電力中央研究所（神奈川県横須賀市）

● 第69回研究評価委員会（2022年7月21日）

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／④次世代火力発電基盤
技術開発 8) CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発」

中間評価分科会委員名簿

(2022年4月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	いたや よしのり 板谷 義紀	東海国立大学機構 岐阜大学 工学部 機械工学科／ 地方創生エネルギーシステム研究センター 教授
分科 会長 代理	せきね やすし 関根 泰	早稲田大学 理工学術院 先進理工学部 教授
委員	あかまつ ふみてる 赤松 史光	大阪大学 大学院工学研究科 教授
	いちかわ しんいちろう 市川 真一郎	三井化学株式会社 研究開発企画管理部 主席部員
	なかざわ はるひさ 中澤 治久	一般社団法人火力原子力発電技術協会 専務理事
	のほら たまか 野原 珠華	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 サステナビリティコンサルティング第1部 エネルギービジネスチーム

敬称略、五十音順

評価概要

1. 総合評価

本事業で開発している技術は、石炭や廃棄物を含むバイオマスなどの多様な燃料を活用し、より低コストで CO₂ を分離回収しながら発電や水素・化学品等の有価物を製造できるシステムで、工業地帯のエネルギー需要・水素需要・CO₂削減需要をすべて満たすことができる有用な技術である。

また、設備設計・製造や改造等を適切なマネジメントにより、研究進捗の遅れを最小限に抑制させ、中間目標をほぼ計画通りに達成させたことは評価できる。

さらに、要素技術の研究開発も着実に進展しており、実験、シミュレーションによるマテリアルバランスやコスト試算によりプロセスのイメージが見えていることから、試験設備の建設に向けた準備が整いつつあると言えるだろう。

一方で、社会のニーズは日々変化しており、目標設定に当たっては、情勢の変化に合わせ弾力的に対応する必要がある。CO₂ 排出量削減の観点からは、本技術での CO₂ 排出量を、他の発電方法・有価物製造方法による CO₂ 排出量と比較しつつ考察していくことが必要と考える。

また、技術開発のフェーズが異なる噴流床と流動床という 2 つの課題が並行して実施されており、それぞれの位置付けを明確にするとともに、燃料の多様化に関し、廃プラの賦存量および調達可能性の調査を進めていただきたい。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

石炭とバイオマス起源の廃棄物を燃料として発電を行うとともに、分離回収された CO₂ を原料として有用物質の生産を行う点で、本事業は、従来のプロセスとは一線を画し、あらたな炭素資源有効利用への道を切り開く可能性のあるものである。

また、本事業は、気候変動対策とエネルギーの安定供給の両立という課題を解決することを目指すものであり、研究開発内容には、エネルギー問題だけでなく、脱炭素化社会実現に必要なカーボンリサイクルに向けた要素技術が数多く含まれていることから、今後得られる成果への期待は大きい。

さらに、本事業は、技術の難易度が高く、全体の高効率化に向けたシステム設計・開発に多額の資金が必要であること、実用化の見通しが将来の社会情勢に依存し、民間による活動だけではリスクが高いことから、NEDO が関与し事業を実施することは妥当である。

2. 2 研究開発マネジメントについて

研究開発目標の全体像を示したうえで、技術開発を必要な要素技術に分解し、適切に進捗管理を実施している点、また、研究開発項目毎の最終目標が達成度を判定できる明確なものになっている点は評価できる。さらに、実施体制において、企業、公的研究所、大学の産官

学の研究開発体制を整え、それぞれの分野を得意とする機関と協働して技術開発を進めている点も評価できる。

個々の研究開発項目において、噴流床は、既設の 3t/日のガス化炉を改造し、クローズド IGCC の成果に基づき、適切に研究開発目標および計画が設定され、流動床に関しても、これまでのケミカルルーピング事業の知見に基づき、ベンチスケール試験装置での諸課題抽出とその解決を図るべく研究開発目標および計画が適切に設定されている。

一方、噴流床においては、廃プラ利用が主要な開発目標であるため、廃プラの賦存量の調査や、カーボンニュートラル社会におけるプラスチックのライフサイクルの位置付けを含めた検討が望まれる。また流動床においては、現時点では基盤的研究段階との印象がある。300kW ベンチ試験装置による技術課題解決と安定的な連続運転のためのノウハウ蓄積を進めるため、実証研究に向けた加速を希望する。

2. 3 研究開発成果について

CO₂分離コストの低減が強く求められる中で、CO₂分離回収コストが 1,000 円台/t-CO₂と定量的に目標達成の見通しが得られたことは大きな成果である。

噴流床では、現時点までに 3t/日規模のガス化試験に先駆けて、事前に基礎的なラボ試験データを取得するなど、研究開発はある程度順調に進捗しており、最終目標達成の見通しは立っていると思われる。また、カーボンリサイクルを考える上でネックとなる水素の供給について、外部からの供給に頼らず、自律的に実現できるシステムを構築できることを示せたことは重要な成果であると考えられる。

一方で、化学合成技術の開発は、ポリジェネレーションの概念として重要な課題でもあるため、メタノールやギ酸ソーダ、シュウ酸合成の波及効果やそれ以外の物質の合成も想定しつつ調査をするとともに、合成する候補化合物を追加する場合には、その化合物の需給バランス、連続プロセス構築やコスト面での課題等を鑑みながら選定することも検討してほしい。

また、国費による研究開発であるため、オープン&クローズなどの知財の基本戦略に基づき特許出願と学術論文への投稿を積極的に進めていただき、さらに、若手人材育成と石炭利用や IGCC 技術の伝承のためにも、今後も本事業への若手人材の積極的な活用を期待したい。

2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

前身事業の成果を活用し、時代の要請に対応しながら技術を発展させていく取り組みは、技術開発の継続性という点で有意義であり、難易度の高い技術開発において、コアとなる要素技術を開発する戦略は妥当である。CO₂を削減しつつ、エネルギーと有価物を併産できるシステム実現の可能性が見えてきており、今後の進展が期待できる。

噴流床に関しては、世界に先駆けたシステムとして実用化への見通しは高く、流動床に関しては、基盤技術の確立が期待でき、新たなポリジェネレーションとしての社会実装へ向けた目処が付くものと思われる。

一方で、噴流床に関しては、IGCC とポリジェネレーションという異なるプロセスを組み

合わせたもので、研究開発目標の焦点がやや曖昧になることが危惧されるため、実用化のイメージを明確にした上で、データ解析と経済性評価を行うことが望まれる。逆に、流動床に関しては、実用化の方向性をあまり限定せずに、CLC（ケミカルルーピング燃焼）の優位性を最大限引き出せるリアクター方式や用途の検討をフレキシブルに進めることが望まれる。

また、有価物の製造に関して、どの製品をターゲットにするかは、各製品の既存市場の大きさ、製品当たりのCO₂固定量、CCU技術を導入した場合のCO₂固定ポテンシャルの大きさ、化学業界の脱炭素動向など、多角的な観点での検討が、さらにCCSにて一定量のCO₂を処分することは必須となることから、本研究成果を提示しつつ、カーボンリサイクルについて全体的な議論を促すことが望まれる。

研究評価委員会委員名簿

(2022年7月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	あたか たつあき 安宅 龍明	先端素材高速開発技術研究組合 (ADMAT) 専務理事
	かわた たかお 河田 孝雄	技術ジャーナリスト
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	さくま いちろう 佐久間 一郎	東京大学 大学院工学系研究科 教授
	しみず ただあき 清水 忠明	新潟大学 工学部工学科 化学システム工学プログラム 教授
	ところ ちはる 所 千晴	早稲田大学 理工学術院 教授 東京大学 大学院工学系研究科 教授
	ひらお まさひこ 平尾 雅彦	東京大学 先端科学技術研究センター ライフサイクル工学分野 教授
	まつい としひろ 松井 俊浩	情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科 教授 国立研究開発法人産業技術総合研究所 名誉リサーチャ
	やまぐち しゅう 山口 周	独立行政法人大学改革支援・学位授与機構 研究開発部 特任教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

研究評価委員会コメント

第 69 回研究評価委員会（2022 年 7 月 21 日開催）に諮り、本評価報告書は確定された。
研究評価委員会からのコメントは特になし。

第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の箇条書きは、評価委員の主な指摘事項を、参考として掲載したものである。

1. 総合評価

本事業で開発している技術は、石炭や廃棄物を含むバイオマスなどの多様な燃料を活用し、より低コストで CO₂ を分離回収しながら発電や水素・化学品等の有価物を製造できるシステムで、工業地帯のエネルギー需要・水素需要・CO₂ 削減需要をすべて満たすことができる有用な技術である。

また、設備設計・製造や改造等を適切なマネジメントにより、研究進捗の遅れを最小限に抑制させ、中間目標をほぼ計画通りに達成させたことは評価できる。

さらに、要素技術の研究開発も着実に進展しており、実験、シミュレーションによるマテリアルバランスやコスト試算によりプロセスのイメージが見えていることから、試験設備の建設に向けた準備が整いつつあると言えるだろう。

一方で、社会のニーズは日々変化しており、目標設定に当たっては、情勢の変化に合わせて弾力的に対応する必要がある。CO₂ 排出量削減の観点からは、本技術での CO₂ 排出量を、他の発電方法・有価物製造方法による CO₂ 排出量と比較しつつ考察していくことが必要と考える。

また、技術開発のフェーズが異なる噴流床と流動床という 2 つの課題が並行して実施されており、それぞれの位置付けを明確にするとともに、燃料の多様化に関し、廃プラの賦存量および調達可能性の調査を進めていただきたい。

<肯定的意見>

- 国際的には石炭火力に対する逆風が大きいものの、エネルギー資源が乏しいわが国ではエネルギーの安全保障上のリスクを回避する上で、石炭への依存度を全廃することは現実的に困難と考えられる。しかし、石炭をはじめとする化石資源を利用する限りは、カーボンニュートラルを前提とせざるを得なく、その一つの技術的ブレークスルーとして本事業の目的である燃料の多様化とポリジェネレーションによる CCUS は重要な技術戦略に位置付けられる。本事業では、開始当初から始まったコロナ禍ならびにそれに伴う半導体をはじめとする様々な物品調達が遅れがちになるなど人流・物流ともに不確定要因の支障がある中、設備設計・製造や改造等を適切な研究開発マネジメントにより、全般には研究の進捗の遅れを最小限に抑制して、中間目標はほぼ計画通りに達成している点では評価できる。「噴流床：多様な燃料」に関しては、ポリジェネレーション IGCC として世界に先駆けたシステムの技術開発を目指しており、CO₂ 回収型 IGCC に加えポリジェネレーションという付加価値が高く、燃料の多様化にも対応できる技術として、国際社会で石炭火力へのネガティブキャンペーンによる逆風の状況に対するゲームチェンジとなることが期待される。「流動床：CLC」に関しては、CLC によるガス化技術開発の先行研究は国際的にいくつか実施されているが、3 塔式流動床方式という大きな技術的課題にチャレンジする研究開発であり、これまではラボスケールの要素研究を通して、基盤研究が進められている。また 300kW スケールでの CLC 実証研究も計画されており、現在装置設計がラボスケール要素研究に基づき進められている。

注) CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)、
IGCC (Integrated coal Gasification Combined Cycle)、
CLC (Chemical Looping Combustion)

- ・ 電気と有価物を得ながら二酸化炭素を回収するという試みは、従来の IGCC や水素製造とは異なる取り組みであり、アイデアは良い。コンセプトをしっかりと実証して次につなげてほしい。
- ・ 非常に重要な研究開発プロジェクトであるので、当該分野の次世代の研究開発者の育成のためにも、さらに広く成果を PR していただけますと幸いに存じます。
- ・ 脱炭素化への具体的な道筋は、未だ定まっていないか、だからこそ本事業で行っている要素技術をしっかりと固めておくことは極めて重要。今後の実証試験を着実にを行うとともに、運用面に関するノウハウを積み上げていくことにも期待。
- ・ 要素技術の研究開発が着実に進展している。実験、シミュレーションによるマテリアルバランスやコスト試算によりプロセスのイメージが見えてきており、試験設備の建設に向けた準備が整いつつある。
- ・ 石炭や廃棄物含むバイオマスなどの多様な燃料を活用し、より低コストで CO₂ を分離回収しながら発電や水素・化学品等の有価物を製造できるシステムで、工業地帯のエネルギー需要・水素需要・CO₂削減需要をすべて満たすことができる有用な技術であることが評価できる。研究開発では、将来的に目指す全体像を踏まえ、技術開発がより必要な要素技術に注力し、かつ中間目標に沿って着実に進捗している点が評価できる。本事業では技術開発のみならず、詳細な経済性評価を実施しており、さらに結果として CO₂ 分離回収コストが 1,000 円/t-CO₂ となる見込みが得られ、コスト面からも有用な技術であることが示されている。

<改善すべき点>

- ・ 本事業では噴流床と流動床の 2 つの課題が並行して実施されているが、技術開発のフェーズが前者はある程度実用化が見通せる段階であり、後者はどちらかと言えばまだ FS 寄りの基盤研究段階であり異なっている。しかし、両者の研究開発目標はほぼ同様の内容となっており、少々位置付けを見直してもいいのではないかと思われる。また、いずれも実用化された技術が存在せず比較対象がない中で、CO₂回収コスト 1,000 円/t-CO₂の実現が大きな目標となっている。事後評価段階で誤解を避ける上で、もう少し客観的な試算の考え方を明確にしておくことが望まれる。なお、多様な燃料としてバイオマスを想定した場合には、途上国へ向けた技術移転などの国際貢献についても調査を進めることも重要である。また、知財の基本戦略に基づき特許出願と学術論文への投稿をより一層積極的に進めることも、社会的責務として推進して頂きたい。「噴流床：多様な燃料」に関しては、燃料の多様化として廃プラ利用の検討が先行しており、賦存量と調達可能性の現状調査を詳細に進める必要がある。廃プラや RPF の混合ガス化では本質的には CCUS が不可欠となり、カーボンニュートラル社会におけるプラスチックのライフサイクルの位置付けを含め

た検討が望まれる。またバイオマスとの混合ガス化についてもさらに積極的な検討が必要である。化学合成技術の開発は、ポリジェネレーションの概念として重要な課題でもあるので、メタノールやギ酸ソーダ、シュウ酸合成の波及効果を含めて、それ以外の合成も想定しつつ調査しておくことは次フェーズに向けても有意義である。事業化も見越したもう少し具体的な計画として明確化することが望まれる。さらに水素製造の位置付けについては、IGCC および燃料用または化学原料用水素製造などケース・バイ・ケースで切り分けた議論をした方がわかりやすい。CO₂回収コスト化に重点を置く場合には、電力や有価物等の用途に関して、具体的な前提条件の中で評価指標に基づく最適性評価を検討する必要がある。「流動床：CLC」に関しては、キャリアが閉ループで連続的に循環しつつ可逆的に反応する複雑な現象であるため、定常時の反応挙動は要因によって反応収率に大きく影響を受けることが想定される。安定した運転制御のためには、諸要因に対する感度解析を十分実施した上で、実証試験で確認しておくことが必須課題となる。そのためには、各リアクター内の個別の反応機構の解明で、リアクター間の相互依存性も想定した条件設定を明確にした上で、大局的な反応速度論モデルの構築が重要である。以上の観点からも、300kW ベンチ試験装置による CLC プロセスでの技術課題解決と安定的な連続運転のためのノウハウ蓄積に向けた実証研究の推進にウェイトを置いた計画の前倒しを図ることも必要である。

注) FS (Feasibility Study)

- いずれも総花的な取り組みが行われている印象であり、より課題の洗い出しに向けた研究開発へとフォーカスされていくことが望ましい。
- 社会からのニーズは日々変化しており、目標設定に当たっては、情勢の変化に合わせて弾力的に対応する必要がある。(燃料の多様化や生産物の種類・量等)
- CO₂ 排出量削減の観点から、本技術での CO₂ 排出量を、他の発電方法・有価物製造方法からの CO₂ 排出量と比較して考察することが必要である。
- 気候変動対策としての意義を示すために、より既存プロセスと研究開発のプロセスでのライフサイクルでの CO₂ 排出量を評価した上で、定量的な CO₂ 削減効果を示すことが必要ではないか。本事業で開発した実機が具体的にどこにニーズがあるか、現状の市場や脱炭素対策としてのニーズ等を踏まえて検討する必要があるのではないか。

<今後に対する提言>

- カーボンリサイクル技術ロードマップに沿って、2030 年および 2040 年のターゲットまでの実質的な猶予期間はかなり短いといえる。本事業での実用化は、『当該研究開発成果に基づくポリジェネレーションシステムの実機適用のために基盤技術が確立されること』とされているが、「噴流床：多様な燃料」については、電気事業者および現在またはこれまでに CCUS 関連の技術開発を実施してきている事業者とも連携を模索しつつ、IGCC とポリジェネレーションとの融合を目指すことが望

まれる。また、「流動床：CLC」については、さらなるスケールアップを図るために、エンジニアリングまたは重工メーカー等との連携体制を模索して頂きたい。また、若手人材育成と石炭利用やIGCC技術の伝承のためにも、本事業への若手人材の積極的な活用が必要である。「噴流床：多様な燃料」に関しては、国内で商用的に稼働している唯一のIGCCプラント製造メーカーも研究開発体制に参画しているので、早期事業化を目指して次フェーズで商用プラント規模での実証試験を視野に入れた計画を、今から検討することも必要である。また、本事業で目指しているポリジェネレーションの全体システムへの展開のためには、他のCCUSに関する事業との連携で次フェーズへ向けた検討を進めることも一方法であろう。「流動床：CLC」に関しては、空気を間接的なガス化剤に利用しても、空気分離を必要としないガス化を実現できる数少ない技術としては有望である。CLC技術の事業性を見極めて、次フェーズへと展開を図るためには、カーボンニュートラル社会を想定して多角的な観点からCLCの最も優位性の高い用途または位置付けを明確にするよう検討することが必要である。また、さらなるスケールアップを図るために、エンジニアリングまたは重工メーカー等との連携体制を模索することが不可欠である。

- ポリジェネは、二酸化炭素回収コストを有価物と電気とで補って、トータルで利益が出る仕組みとなることが重要である。うまくコンセプトを示せれば、今後の発展につながる。
- 気候変動問題では、CO₂削減可能量とコストが必ず議論されることになる。本事業では定まらないパラメータは明示しつつ、客観的かつ定量的な評価を受けることができるよう意識して情報発信をおこなうべき。
- 化学産業は、廃プラスチックのケミカルリサイクルに取り向き始めている。本プロジェクトで開発されたプロセスや要素技術が、廃プラスチックリサイクルに役立つ可能性があり、そのような観点での検討を加えることが望ましい。
- 将来的な有用性が高い技術であるため、今後も引き続き着実な研究開発を進めていただき、示していただいたスケジュールで実用化が進められると良い。また、このような技術は国内外でも事例が少なく、本事業は日本の技術競争力を高めることにも貢献できるのではないかと。そのためにも、積極的な対外発信を続けていただきたい。その際には、最新の国内外の脱炭素動向や技術開発動向を踏まえて、本技術の意義を適切に発信いただければと思う。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

石炭とバイオマス起源の廃棄物を燃料として発電を行うとともに、分離回収されたCO₂を原料として有用物質の生産を行う点で、本事業は、従来のプロセスとは一線を画し、あらたな炭素資源有効利用への道を切り開く可能性のあるものである。

また、本事業は、気候変動対策とエネルギーの安定供給の両立という課題を解決することを目指すものであり、研究開発内容には、エネルギー問題だけでなく、脱炭素化社会実現に必要となるカーボンリサイクルに向けた要素技術が数多く含まれていることから、今後得られる成果への期待は大きい。

さらに、本事業は、技術の難易度が高く、全体の高効率化に向けたシステム設計・開発に多額の資金が必要であること、実用化の見通しが将来の社会情勢に依存し、民間による活動だけではリスクが高いことから、NEDO が関与し事業を実施することは妥当である。

<肯定的意見>

- 国際的には石炭火力に対して批判が大きいものの、エネルギー資源がほとんどないわが国ではエネルギーの安全保障上のリスクを回避する上で、石炭への依存度を全廃することは現実的に困難と考えられる。しかし、石炭をはじめとする化石資源を利用する限りは、カーボンニュートラルを前提とせざるを得なく、その一つの技術的ブレークスルーとして本事業の目的である燃料の多様化とポリジェネレーションによる CCUS は重要な技術戦略に位置付けられる。特にこれまでの事業で研究開発されてきたケミカルルーピングとクローズド IGCC の知見に基づき、これらをさらに発展させた燃料の多様化とポリジェネレーションにより CO₂ 回収・リサイクルコストの低減が期待される。また国際的にも石炭利用のカーボンニュートラル化に対する信頼性と技術的な競争力を維持する上でも、重要性は高いと言える。なお、本事業実用化の見通しは将来の社会情勢にも依存するところがあり、民間活動だけではリスクも高く、公共事業としての実施はやむを得ないものと思われる。

注) CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)、

IGCC (Integrated coal Gasification Combined Cycle)

- IGCC や多段レドックスによるポリジェネレーションの取り組みは、従来のエネルギーのためのプロセスとは一線を画し、あらたな炭素資源有効利用への道を切り開く可能性のあるものである。よって事業は妥当であると考えられる。
- 埋蔵量が豊富で価格が安定している石炭を燃料とした発電とともに、分離回収された CO₂ を原料とした有用物質の生産に関する非常に重要な研究開発がなされていると考えます。また、石炭と同時にバイオマス起源の廃棄物を原料として使用することにより、カーボンネガティブの実現も可能である。
- 世界的に気候変動への対応が急がれる一方、エネルギー資源の不足や価格の高騰等が問題となっており、気候変動対策とエネルギーの安定供給との両立が大きな課題

となっている。本事業は、これら相反する課題を併せて解決することを目指すものであり、また、エネルギー分野のみならず脱炭素化社会の実現に必要なカーボンリサイクルに向けた要素技術を数多く含んでいることから今後得られる成果への期待は大きい。しかし、現段階では、脱炭素社会に向けた道筋が不透明な状況で民間のみでの推進は困難であり、NEDO 事業とする意味合いは大きい。

- 火力発電の低炭素化に向けた技術開発は重要であり、そのような観点で、バイオマスや廃棄物利用など原料を多様化したポリジェネレーションシステムを開発することは妥当である。
- 公共性が高い事業であるとともに、技術の難易度が高く、開発に多額の資金が必要になることから、NEDO が開発を支援することが必要である。
- CO₂ 排出削減および将来的な脱炭素達成には CCUS は必須技術であること、また特に CO₂ の分離回収プロセスにおいてはコスト削減が必要であることから、本事業の目的は妥当である。CO₂ 排出削減の観点からも、将来的に石炭利用が減少し、廃棄物含むバイオマスの活用が増えていくと考えられ、石炭のみならずバイオマスの利用を含めた技術開発を実施している点や、CO₂ のみならず、発電や水素・化学品といった有価物の製造も可能であるシステムである点が評価できる。CCUS 関連技術は現状コストが高く、更なる削減が必要、かつ全体の高効率化に向けたシステム設計も改善や開発が必要な状況であるものの、実用化までのリードタイムが長いことや開発する要素技術が多岐に渡ることから、1 企業のみでの技術開発では困難であり、各要素技術の分野を得意とするステークホルダーと協働しながら技術開発を実施する必要がある。また、本技術が開発され関連企業が技術を導入することで、他企業の低炭素・脱炭素にも貢献が可能となり、社会的ニーズが大きいと考えられる。よって、NEDO が関与し事業を実施することは妥当である。

<改善すべき点>

- 本事業では噴流床と流動床の 2 つの課題が並行して実施されているが、技術開発のフェーズが前者はある程度実用化が見通せる段階であり、後者はどちらかと言えばまだ FS 寄りの基盤研究段階であり異なっている。しかし、両者の研究開発目標はほぼ同様の内容となっており、少々位置付けを見直してもいいのではないかと思われる。また、いずれも実用化された技術が存在せず比較対象がない中で、CO₂ 回収コスト 1,000 円/t-CO₂ の実現が大きな目標となっている。中間評価分科会では回答頂いているが、事後評価段階で誤解を避ける上で、もう少し客観的な試算方法を明確にしておくことが望まれる。なお、多様な燃料としてバイオマスを想定した場合には、途上国へ向けた技術移転などの国際貢献についても調査を進めることを検討して頂きたい。
- 成果が総花的にならぬよう、かつ、何か一つでも新しいことを見つけ出して次に繋がるようなものとなるよう、うまく NEDO がリードしてほしい。
- 脱炭素化社会実現のための方策は、本事業の成果に限るものではない。他の方策と

最適に組み合わせていく視点が重要であり柔軟な対応が必要となる。NEDO および国のリーダーシップが期待される。

- 昨今の情勢から、気候変動対策としての CO₂ 排出削減技術としての意義以外にも、エネルギーや資源の安定供給や安全保障の観点からの意義も検討すると、本事業の必要性や意義がより増すのではないか。

2. 2 研究開発マネジメントについて

研究開発目標の全体像を示したうえで、技術開発を必要な要素技術に分解し、適切に進捗管理を実施している点、また、研究開発項目毎の最終目標が達成度を判定できる明確なものになっている点は評価できる。さらに、実施体制において、企業、公的研究所、大学の産官学の研究開発体制を整え、それぞれの分野を得意とする機関と協働して技術開発を進めている点も評価できる。

個々の研究開発項目において、噴流床は、既設の 3t/日のガス化炉を改造し、クローズド IGCC の成果に基づき、適切に研究開発目標および計画が設定され、流動床に関しても、これまでのケミカルルーピング事業の知見に基づき、ベンチスケール試験装置での諸課題抽出とその解決を図るべく研究開発目標および計画が適切に設定されている。

一方、噴流床においては、廃プラ利用が主要な開発目標であるため、廃プラの賦存量の調査や、カーボンニュートラル社会におけるプラスチックのライフサイクルの位置付けを含めた検討が望まれる。また流動床においては、現時点では基盤的研究段階との印象がある。300kW ベンチ試験装置による技術課題解決と安定的な連続運転のためのノウハウ蓄積を進めるため、実証研究に向けた加速を希望する。

<肯定的意見>

- 「噴流床：多様な燃料」に関しては、既設の 3TPD のガス化炉を改造してクローズド IGCC の成果に基づき、 $O_2+CO_2+H_2O$ ガス化による合成ガス組成制御、廃プラとの混合ガス化とそれに伴うガス精製、化学合成プロセスを加えたポリジェネレーションなどの研究開発目標および計画が設定され、各項目に応じた体制により研究開発が実施されており、概ね妥当である。「流動床：CLC」に関しては、これまでのケミカルルーピング事業の知見に基づきベンチスケール試験装置での諸課題抽出とその解決を図るものであり、空気分離を必要としないバイオマスとの混合ガス化とそれに伴うキャリアへの影響評価、水素製造のポリジェネレーションなど、概ね妥当な研究開発目標および計画が設定されている。また各要素課題に対しては専門分野のアカデミアとの連携による体制を組織して、研究開発が実施されている。進捗管理についても、技術検討委員会の開催による外部有識者のコメントを踏まえた研究推進と、研究体制の中でのワーキング会議による進捗状況を交互認識する枠組みが構築されており、計画通りの研究開発推進と研究のブラッシュアップを図る機能が期待される。知財についても、3つの基本戦略に基づき明確な文書による管理が図られている。

注) CLC (Chemical Looping Combustion)

- 概ね妥当である。
- 企業、公的研究所、大学の産官学の研究開発体制が整っており、本研究分野の次世代の研究開発者の育成に大きく貢献できると考えます。
- 研究課題についてステップごとに具体的な項目を掲げ、スケジュールも適切に設定されている。また、検証すべき点を明確にしたうえで研究項目が立案されているこ

とも望ましい。研究体制については、それぞれの得意分野を受け持つ再委託先との連携も十分行われており、有効な研究実施体制となっている。

- ・ 研究開発項目（要素技術）毎に達成度を判定できる最終目標が明確になっている。
- ・ 開発すべき要素技術は十分に網羅されており、要素技術を並行して効率的に検討する計画が策定されている。
- ・ 開発スケジュールについては、小試検討後にベンチ試験装置を建設し、データ採取をすることを考慮すると5年間のプロジェクト期間は妥当である。
- ・ 知的財産については、競合技術の出願状況を把握し、大きな障害になる他社特許がないことを確認してプロジェクトを進めている。
- ・ 研究開発の目標の全体像を示したうえで、技術開発がより必要な要素技術に分解し、適切に技術開発を進めている点、他企業や大学等、それぞれの分野を得意とする多くの機関と協働して技術開発を進めている点が評価できる。外部有識者からなる委員会で第三者の意見・評価を得たり、関係者間での定期的な打ち合わせの開催を行うことで情報や進捗の共有を図っており、適切な進捗管理が実施できている。

<改善すべき点>

- ・ 「噴流床：多様な燃料」に関しては、 $O_2+CO_2+H_2O$ ガス化による合成ガス組成制御性について興味ある成果が期待され、すでに稼働しているIGCCプラントでの実用化が見通せる。しかし、燃料の多様化については廃プラ利用が主要な開発目標と計画に挙げられているが、賦存量の現状調査を詳細に進める必要があるだけでなく、廃プラやRPFの混合ガス化では本質的にはCCUS抜きで低炭素化に繋がるわけではなく、カーボンニュートラル社会におけるプラスチックのライフサイクルの位置付けを含めた検討が望まれる。またバイオマスとの混合ガス化についてもさらに積極的な検討が期待される。化学合成技術の開発については、ポリジェネレーションを構成するメタノールやギ酸ソーダ、シュウ酸合成の波及効果を含めて、それ以外の合成も想定した調査は次フェーズに向けても有意義と思われるので、事業化も見越したもう少し具体的な計画として明確化することが望まれる。「流動床：CLC」に関しては、基本構成が3塔の流動床方式であり、キャリアと燃料および合成ガスの連続的な移動現象は複雑であり、安定的な運転制御も技術的課題解決のハードルが極めて高いことが想定される。それぞれの専門的な観点からアカデミアとの連携により研究開発が進められているが、現時点では基盤的研究段階との印象が拭えず、300kWベンチ試験装置によるCLCプロセスでの技術課題解決と安定的な連続運転のためのノウハウ蓄積に向けた実証研究の推進にウェイトを置いた計画の前倒しも期待したい。
- ・ 大学が貢献している内容が見えにくい点は改善が必要である。
- ・ 本事業の目的として多様な燃料の利用と CO_2 フリーなエネルギーおよび有価物の生産があげられているが、インプット（燃料）とアウトプット（エネルギー・有価物）の技術開発を同時に追い求めることで、多少目標が曖昧になってしまっている。

- CO₂排出量削減の観点から、本技術での CO₂排出量を、他の発電方法・有価物製造方法からの CO₂排出量と比較して考察することが必要である。それに関連して、主要工程での投入エネルギーやエネルギー損失が示されることが好ましい。

<今後に対する提言>

- 「噴流床：多様な燃料」に関して、国内で商用的に稼働している唯一の IGCC プラント製造メーカーも研究開発体制に参画しているので、本事業の O₂+CO₂+H₂O ガス化による合成ガス組成について得られた知見に基づき、早期事業化を目指して次フェーズで商用プラント規模での実証試験を視野に入れた計画を、そろそろ今から検討開始することも必要と思われる。そのためには、発電事業者との連携も進めるべきであろう。また、本事業で目指しているポリジェネレーションの全体システムへの展開のためには、他の CCU に関する事業との連携を模索して次フェーズへ向けた検討を進めて頂きたい。「流動床：CLC」に関しては、空気を間接的なガス化剤に利用しても、空気分離を必要としないガス化を実現できる数少ない技術としては有望であるが、そろそろ CLC 技術の事業性を見極めて、次フェーズへと展開を図るためには、カーボンニュートラル社会を想定して多角的な観点から CLC の最も優位性の高い用途または位置付けを明確にするよう検討して頂きたい。
- 上述の通り、見えている課題を解決することに予算が重点的に使われるような資金使途を NEDO がぜひコントロールいただけると良い（とくに多段レドックスにおける大学の取り組み）。
- 燃料の多様化も有価物の生産も大切な要素技術であるので、要素技術ごとの研究開発を着実に行うとともに、それらをどのように組み合わせて最適システムを構築するのかという観点をしっかり念頭に今後の研究を進めていただきたい。
- 化学会社などの他業種がプロジェクトに関与することにより、合成技術の開発やプロセス利用についてより多くのアイデアが得られるかもしれない。
- 研究開発のマネジメントについて、実施体制や進捗管理、知的財産に関する戦略の方針が適切に設定されており、方針に沿って研究開発を実施されている。今後も刻々と変化する情勢を注視し、場合によっては達成する目標や時期を見直しながらも、適切なマネジメントを引き続き実施されると良いかと思う。

2. 3 研究開発成果について

CO₂ 分離コストの低減が強く求められる中で、CO₂ 分離回収コストが 1,000 円台/t-CO₂ と定量的に目標達成の見通しが得られたことは大きな成果である。

噴流床では、現時点までに 3t/日規模のガス化試験に先駆けて、事前に基礎的なラボ試験データを取得するなど、研究開発はある程度順調に進捗しており、最終目標達成の見通しは立っていると思われる。また、カーボンリサイクルを考える上でネックとなる水素の供給について、外部からの供給に頼らず、自律的に実現できるシステムを構築できることを示せたことは重要な成果であると考えられる。

一方で、化学合成技術の開発は、ポリジェネレーションの概念として重要な課題でもあるため、メタノールやギ酸ソーダ、シュウ酸合成の波及効果やそれ以外の物質の合成も想定しつつ調査をするとともに、合成する候補化合物を追加する場合には、その化合物の需給バランス、連続プロセス構築やコスト面での課題等を鑑みながら選定することも検討してほしい。

また、国費による研究開発であるため、オープン&クローズなどの知財の基本戦略に基づき特許出願と学術論文への投稿を積極的に進めていただき、さらに、若手人材育成と石炭利用や IGCC 技術の伝承のためにも、今後も本事業への若手人材の積極的な活用を期待したい。

<肯定的意見>

- 本事業開始当初から始まったコロナ禍ならびにそれに伴う半導体をはじめとする様々な物品調達が遅れがちになるなど人流・物流ともに不確定要因の支障がある中、設備設計・製造や改造等を適切な研究開発マネジメントにより、研究の進捗の遅れを最小限に抑制して、中間目標はほぼ計画通りに達成している点では評価できる。
「噴流床：多様な燃料」に関しては、世界最高水準のガス化技術に対してさらに付加価値を高めるために、燃料の多様化および O₂+CO₂+H₂O ガス化による合成ガス組成制御技術を確立するという最終目標達成に向けて、現時点までに 3TPD 規模のガス化試験に先駆けて事前に基礎的なラボ試験データを取得するなどある程度順調に進捗しており、最終目標達成の見通しは立っていると思われる。「流動床：CLC」に関しては、CLC によるガス化技術開発の先行研究は国際的にいくつか実施されているが、3 塔式流動床方式という大きな技術的課題にチャレンジする研究開発であり、これまではラボスケールの要素研究を通して、基盤研究が進められている。300kW スケールの CLC 実証研究は、ラボスケール要素研究に基づき、準備が加速的に進められることが期待される。装置設計の開始段階であるため、最終目標達成の見込みは現在のところ不明であるが、ラボスケール要素研究に基づき、準備が加速的に進められることが期待される。
- IGCC については、模擬廃棄プラ導入によるポリジェネの取り組みは面白い。多段レドックスはアイデアとしてはおもしろく、今後の展開に期待したい。
- CO₂ 分離コストの低減が強く求められる中で、どちらの取組も定量的に目標達成の

見通しが得られたのは大きな成果である。また、カーボンリサイクルを考える上でネックとなる水素の供給について、外部からの供給に頼らず、自律的に実現できるシステムを構築できることを示せたのは、特に重要。

- ・ 個別テーマにおいて、両者とも中間目標を達成する見込みである。
- ・ 要素技術の開発が、適切な手順を踏んで着実に進展している。
- ・ 実験、シミュレーションによるマテリアルバランスやコストの試算が実施され、プロセス全体のイメージが見えてきている。
- ・ 主要コスト因子の感度分析などから、最終的な事業目標を達成する見通しが得られている。
- ・ 流動床でのキャリアの繰り返し試験において、興味深い知見が得られている。
- ・ コロナ禍の状況にも関わらず、技術開発に必要なデータ取得のための設計や、収集したデータに基づく評価が着実に進んでいる点が評価できる。また、詳細な経済性評価を実施しており、さらに結果として CO₂ 分離回収コストが 1,000 円台/t-CO₂ となる見込みが得られている点が評価できる。CO₂ 分離回収、発電、有価物製造を全て 1 システムで行う技術は国内外でも事例が少なく、本技術開発は日本の技術競争力を高めることにも貢献できるのではないかと思う。一般向けの情報発信として、電気新聞や各社プレスリリース、そのほか専門誌など関連業界の事業者や機関に向けて幅広く実施できている点が評価できる。

<改善すべき点>

- ・ 「噴流床：多様な燃料」に関しては、研究開発マネジメントの項目でも記載の通り、燃料の多様化として廃プラの賦存量と調達可能性の現状調査を詳細に進める必要がある。廃プラや RPF の混合ガス化では本質的には CCUS 抜きで低炭素化に繋がるわけではなく、カーボンニュートラル社会におけるプラスチックのライフサイクルの位置付けを含めた検討が望まれる。またバイオマスとの混合ガス化についてもさらに積極的な検討を期待したい。化学合成技術の開発は、ポリジェネレーションの概念として重要な課題でもあるので、メタノールやギ酸ソーダ、シュウ酸合成の波及効果を含めて、それ以外の合成も想定しつつ調査しておくことは次フェーズに向けても有意義である。事業化も見越したもう少し具体的な計画として明確化することが望まれる。さらに水素製造の位置付けについては、IGCC、燃料用または化学原料用水素製造などケース・バイ・ケースで切り分けた議論をした方がわかりやすいかと思われる。ただし、CO₂ 回収コストに重きを置くのであれば、具体的な前提条件の中で評価指標に基づく最適性評価を検討して頂きたい。「流動床：CLC」に関しては、キャリアが閉ループで連続的に循環しつつ可逆的に反応する現象であるため、定常時の反応挙動を予測するためには安定収束解を高い精度で理論的に得る必要があるが、様々な要因の多くは独立変数と言うより従属変数になることから、要因によっては反応収率に大きく影響を受けることが想定される。安定した運転制御のためには、諸要因に対する感度解析を十分実施した上で、実証試験で確認して

おくことが必須課題となる。そのためには、多くのパラメータに対するそれぞれの反応挙動を系統的に幅広く解明しておく必要がある。すでに各リアクター内の個別の反応機構の解明には取り組んでおられるが、リアクター間の相互依存性も想定した条件設定を明確にした上でのデータ解析を実施して、大局的な反応速度論モデルが構築されることを期待している。以上の観点からも、300kW ベンチ試験装置による CLC プロセスでの技術課題解決と安定的な連続運転のためのノウハウ蓄積に向けた実証研究の推進にウェイトを置いた計画の前倒しも期待したい。

- IGCC については、夾雑物など（プラ由来のアンチモンや石炭由来の Zn、Se、紙由来のボラタイルマターに由来するファウリング）の影響の見極めが肝要と考える。多段レドックスは三段でのケミカルループが加熱下で果たしてバランスよく周回続けられるのか、が疑問。
- 本研究開発課題に関して我が国がイニシアティブを主導するためにも、本研究開発プロジェクトの成果を知財化した上で、国際的な専門誌に原著論文として公表することも積極的に行うことが必要であると考えます。
- 実用化に向けては、コストとともにどの程度の規模のシステムが適切かとの情報も合わせて発信する必要がある。
- 研究成果を既存技術と比較して独創的な点や優れている点を、よりアピールすることが望ましい。
- シュウ酸合成は、需給バランス、連続プロセス構築やコスト面で課題があると推測される。今後、合成する候補化合物を追加する場合には、生産量が多い製品を選定することが好ましい。

<今後に対する提言>

- カーボンリサイクル技術ロードマップに沿って、2030 年および 2040 年のターゲットを目指して目標を達成するためには実質的な猶予期間は短い。現段階では「噴流床：多様な燃料」および「流動床：CLC」のいずれの研究開発も、まだ装置改造や試験装置設計・製造段階のため、ラボスケール試験が中心となっているが、研究が実証試験装置による本格的な研究段階に向けては、次フェーズへの展開を想定したデータ収集を効率的に進めたい。また、次フェーズ計画の準備を開始することも重要である。また、国費による研究開発の性格上、知財の基本戦略に基づき特許出願と学術論文への投稿を積極的に進めて頂きたい。さらに、若手人材育成と石炭利用や IGCC 技術の伝承のためにも、本事業への若手人材の積極的な活用が必要である。
- IGCC は課題となるポイントを早期に洗い出して、そこに重点的に取り組むのが良い。多段レドックスは、粉化にともない粒子の定常的な操作が難しくなることが予想されるため、何がキーとなるかを早急に見極め解決に結びつけることが期待される。
- 気候変動問題では、CO₂ 削減可能量とコストが必ず議論されることになる。本事業では定まらないパラメータは、その旨を明示しつつ、客観的かつ定量的な評価を受

けることができるよう意識して情報発信をおこなうべき。

- 技術的難易度の高いプロセス開発に挑戦する中で、独自性が高く、優位性のある要素技術を開発することが重要である。一方で、技術の限界などの結論を出すことも研究成果として捉えて検討すべきである。
- 化学品合成の研究開発において得られた新しい知見については特許出願し、反応機構の解明などを行って論文投稿することが望ましい。
- CO₂回収、発電、水素製造が並立する技術やシステムは現状少なく、競争力の高い技術であると考えられるため、今後も技術開発を進めていき、より多くの人に周知してもらえよう、情報発信を積極的に続けることが重要である。

2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

前身事業の成果を活用し、時代の要請に対応しながら技術を発展させていく取り組みは、技術開発の継続性という点で有意義であり、難易度の高い技術開発において、コアとなる要素技術を開発する戦略は妥当である。CO₂を削減しつつ、エネルギーと有価物を併産できるシステム実現の可能性が見えてきており、今後の進展が期待できる。

噴流床に関しては、世界に先駆けたシステムとして実用化への見通しは高く、流動床に関しては、基盤技術の確立が期待でき、新たなポリジェネレーションとしての社会実装へ向けた目処が付くものと思われる。

一方で、噴流床に関しては、IGCCとポリジェネレーションという異なるプロセスを組み合わせたもので、研究開発目標の焦点がやや曖昧になることが危惧されるため、実用化のイメージを明確にした上で、データ解析と経済性評価を行うことが望まれる。逆に、流動床に関しては、実用化の方向性をあまり限定せずに、CLC（ケミカルルーピング燃焼）の優位性を最大限引き出せるリアクター方式や用途の検討をフレキシブルに進めることが望まれる。

また、有価物の製造に関して、どの製品をターゲットにするかは、各製品の既存市場の大きさ、製品当たりのCO₂固定量、CCU技術を導入した場合のCO₂固定ポテンシャルの大きさ、化学業界の脱炭素動向など、多角的な観点での検討が、さらにCCSにて一定量のCO₂を処分することは必須となることから、本研究成果を提示しつつ、カーボンリサイクルについて全体的な議論を促すことが望まれる。

<肯定的意見>

- 「噴流床：多様な燃料」に関しては、3TPD設備での試験により、致命的なトラブルまたは運転上の大きなトラブルが生じない限り、ポリジェネレーションIGCCとして世界に先駆けたシステムとして技術的には実用化への見通しは高いと思われる。ただし、今後の石炭に対する国際社会での動向に依存するところも大きいので、当該技術のアピールを丁寧かつ効果的に継続していくことも重要であろう。「流動床：CLC」に関しては、3塔流動床方式の技術的ハードルは高いかもしれないが、基盤技術の確立は期待され、特にカーボンニュートラル社会の中での当該技術の位置付けを明確にすることにより、新たなポリジェネレーションとしての社会実装へ向けた目処が付くものと思われる。
- IGCCについては、上記の課題を解決すれば可能と考える。多段ループはPOCが成立するかの見極めの状況である。

注) POC (Proof of Concept)

- 原料として廃プラスチック等の廃棄物を使用することに対して、現行の取り決めとしては、二酸化炭素排出量の削減等に関するインセンティブはないとのことですが（バイオマスの場合には、京都議定書の京都メカニズムによって、カーボンニュートラル（CCSを伴う場合にはカーボンネガティブ）、が現行の取り決めとして、認定されているかと存じますし、発電事業の場合の売電の際にはFITでの優遇措置が

あるかと存じます。)、原料として廃プラスチック等の廃棄物を使用することに対して何らかのインセンティブを日本の政策として公的に認めることが、本研究開発プロジェクトで実現された技術が社会実装される際に、非常に有効であるかと存じます。

注) FIT (Feed-in Tariff)

- ここまでの研究で得られた成果から、次に目指すべき課題を具体的に示せる段階になっている。CO₂を削減しつつエネルギーと有価物を併産できるシステムを実現できる可能性が見えてきており、今後の進展に期待。
- 難易度の高い技術開発において、コアとなる要素技術を開発する戦略は妥当である。
- 前身事業の成果を活用し、時代の要請に対応しながら技術を発展させていく取り組みは、技術開発の継続性という点で有意義である。
- 難しいテーマに挑戦することは、日本の研究力向上に大きく貢献することができる。
- 過去の成果を本事業で活かしてより技術開発が必要な部分に注力している点が評価できる。

<改善すべき点>

- 「噴流床：多様な燃料」に関しては、IGCC とポリジェネレーションというアウトプットが異なるプロセスの組み合わせのため、研究開発目標の焦点がやや曖昧になることが危惧されるので、実用化のイメージを明確にした上での、データ解析と経済性評価が重要になる。「流動床：CLC」に関しては、実用化の方向性をあまり限定せず、CLC の優位性を最大限引き出せるリアクター方式や用途の検討をフレキシブルに進めることが望まれる。
- 多段ループは POC の見極めを早急に進めるべきである。
- 実用化に向けた最適システムの検討にあたっては、得られる効果を絞り込んで検討してみることも必要。(CO₂削減の観点ではスケールアップが必須となるが、有価物生産の観点では、最適な規模は、生産物の市場規模などの状況に応じ変わるようになる)
- 廃プラスチックやバイオマスなどの原料調達について具体化していくことが望ましい。
- 実用化した中型機が実際にどこの誰にニーズがあるのか、現状もしくは将来的な工業地帯の実態に即した検討が必要ではないか。それを踏まえて、本事業の効果で試算している経済効果や CO₂削減効果がより現実に近い評価を可能にし、本事業の意義をより納得感のある形で遡及できると考えられる。

<今後に対する提言>

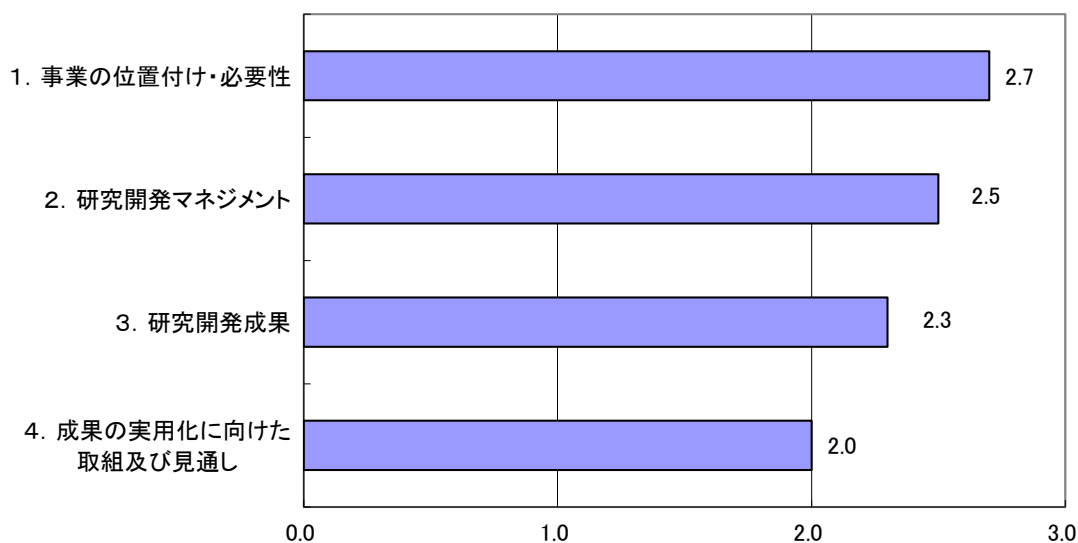
- 本事業での実用化は、『当該研究開発成果に基づくポリジェネレーションシステムの実機適用のために基盤技術が確立されること』とされているが、「噴流床：多様な燃料」については、電気事業者および現在またはこれまでに CCUS 関連の技術開発

を実施してきている事業者とも連携を模索しつつ、IGCC とポリジェネレーションとの融合を目指すことが望まれる。また、「流動床：CLC」については、さらなるスケールアップを図るために、エンジニアリングまたは重工メーカー等との連携体制を模索して頂きたい。

- 社会からのニーズは日々変化しており、実用化に向けた最適システムのあり方についても柔軟に取り組む必要がある。カーボンリサイクルをしっかりと回すことができたとしても、CCS にて一定量の CO₂ を処分することは必須となる。本研究のスコープ外となるが、本研究成果（CO₂ 分離回収コストや処理可能量）を提示しつつ議論を促すことも重要。
- 応用範囲が広い要素技術について特許を取得し、他分野への技術展開がスムーズに行えるようにすることが望まれる。
- スケールアップの規模感や時期は、国内外のニーズや動向を注視しつつ、技術開発動向や脱炭素動向の状況に合わせて目標設定を適宜見直していくことも考えると良い。メタノール含む有機物の製造に関して、どの製品をターゲットにするかは、各製品の既存市場の大きさ、製品当たりの CO₂ 固定量・CCU 技術を導入した場合の CO₂ 固定ポテンシャルの大きさ、化学業界の脱炭素動向など、多角的な観点で考えるとより良いかと思う。「グリーン」や「ブルー」の定義やネガティブエミッションの定義など、欧州を中心に議論が進んでいる状況のため、それらの動向に合わせて、本技術の意義を適切に訴求できるようにしていただけると良い。

注) CCU (Carbon capture and utilization)

3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)					
1. 事業の位置付け・必要性について	2.7	B	B	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.5	B	B	A	B	A	A
3. 研究開発成果について	2.3	B	B	B	B	A	A
4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて	2.0	C	B	A	B	B	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 とし事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|--------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発」

④次世代火力発電基盤技術開発

8) CO₂ 分離・回収型

ポリジェネレーションシステム技術開発」

事業原簿

公開版

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

プロジェクト用語集

1. 事業の位置付け・必要性について	1-1
1.1. 事業の背景・目的・位置づけ	1-1
1.2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性.....	1-7
1.2.1 NEDO が関与することの意義.....	1-7
1.2.2 実施の効果（費用対効果）	1-7
2. 研究開発マネジメントについて	2-1
2.1. 事業の目標.....	2-1
2.2. 事業の計画内容	2-1
2.2.1 研究開発の内容.....	2-1
2.2.2 研究開発の実施体制	2-7
2.2.3 研究開発の運営管理	2-8
2.2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性.....	2-9
2.3. 情勢変化への対応.....	2-10
2.4. 評価に関する事項	2-10
3. 研究開発成果について	3-1
3.1. 事業全体の成果	3-1
3.2. 研究開発項目毎の成果.....	3-2
3.2.1 多様な燃料を利用する CO ₂ 回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発	3-2
3.2.2 ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発	3-5
4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて	4-1
4.1. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて.....	4-1

(添付資料)

- ・特許論文等リスト
- ・プロジェクト基本計画

概要

		最終更新日	2022年3月29日	
プロジェクト名	カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／ ④次世代火力発電基盤技術開発 8) CO ₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術 開発	プロジェクト番号	P16002	
担当推進部/ PM または担当者	環境部 PM 森 匠磨 (2021年4月～現在) 環境部 PM 越後 拓海 (2020年11月～2021年3月)			
0. 事業の概要	<p>本事業は、これまでの2つのNEDO事業と技術的に関連がある。1つは、2017年度まで実施した「CO₂ 分離型化学燃焼石炭利用技術開発（通称：ケミカルルーピング）」であり、もう1つは、2020年度まで実施した「CO₂ 回収型次世代 IGCC 技術開発（通称：クローズド IGCC）」である。前者では、ケミカルルーピングガス化燃焼による石炭利用のプロセス実現に技術的目処をつけたが、経済性や市場性の観点で一時中断となった。後者では、プロセスから約100%のCO₂を回収しつつ、高効率火力発電並み（42%HHV）の発電効率を見通す要素技術を確立するとともに、産業用ガス化炉への展開を考案した。一方で、CCS技術の実用化に向けた検討状況、成果の早期実用化の重要性を考慮し、「燃料の多様化」と「有価物併産」の技術要素を追加した上で、派生的に「CO₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発（本事業）」を開始した。</p> <p>なお、CO₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステムを構築可能な技術として、噴流床ガス化技術と流動床ガス化燃焼技術が想定されたため、本事業では、両技術に対する研究開発を2つの個別テーマとして並行して推進する。噴流床はクローズド IGCC の後継であり、流動床はケミカルルーピングの後継である。</p> <p>本事業では、要素技術の研究開発、設計技術の検討および経済性の検討を実施する。</p>			
1. 事業の位置 付け・必要性 について	<p>温室効果ガスの排出削減は世界的に認知された課題である。一方で、排出削減に資するCO₂ 分離・回収技術は存在するものの、現状ではエネルギー損失が大きく、高コストであるといった課題がある。このため、CO₂ 分離・回収の高効率化とコスト低減が求められている。</p> <p>「次世代火力発電に係るロードマップ」では、CCUSの実用化には経済的なCO₂ 分離・回収技術の確立が不可欠とされ、「カーボンリサイクル技術ロードマップ」では、CO₂ 回収を容易にするプロセス技術として「クローズド IGCC」と「ケミカルルーピング」の用語とともに、2030年に1,000円台/t-CO₂という分離・回収コストの目標が明記されている。</p> <p>これらの背景を踏まえ、本事業では、「バイオマスや廃棄物を燃料化することによるCO₂ 排出削減」と「ガス化技術の構築と有価物併産に伴うCO₂ 分離・回収コスト低減」を目的とし、「CO₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステム」の確立に向けた技術開発を実施する。</p>			

情勢変化への対応	<p>事業開始（2020年11月）頃から、カーボンニュートラルを目指した情勢変化が明確化。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2020年10月 我が国における「2050年カーボンニュートラル」宣言。 ・ 2020年12月 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」策定。 ・ 2021年4月 「2030年度に、温室効果ガスを2013年度から46%削減。さらに、50%へ挑戦」を表明（気候変動サミット）。 ・ 2021年6月 「グリーン成長戦略」の内容を具体化。 <p>⇒ カーボンニュートラル実現には「高効率&低コストなCO₂分離・回収技術」が重要。 コンビナートの脱炭素化には「コンビナート内のエネルギー等の融通」が重要。</p> <p>ポリジェネレーションシステムには、「エネルギー効率向上」、「CO₂分離・回収コスト低減」、「熱・物質サプライシステムの機能」の特徴があるため、その実現を目指す本事業の重要性は増大。情勢変化への対応として、早期の社会実装を目指し、要素技術の確立へ推進中。</p>				
	評価に関する事項	<table border="1"> <tr> <td>中間評価</td> <td>2022年度 中間評価</td> </tr> <tr> <td>事後評価</td> <td>2025年度 事後評価（予定）</td> </tr> </table>	中間評価	2022年度 中間評価	事後評価
中間評価	2022年度 中間評価				
事後評価	2025年度 事後評価（予定）				
3. 研究開発成果について	<p><u>事業全体の成果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 要素技術の確立に目処をつける中間目標に対し、研究開発は計画通りに進捗し、システム構成の立案やプロセス原理の検証を完了した（2022年度末までに達成見込み）。 ・ コスト検討にも着手し、1,000円台/t-CO₂の分離・回収コストを実現する見込みを得た。 ・ 設計技術の確立と経済性の評価の最終目標は、試験データ採取を継続するとともに、各要素開発の成果を連携し、全体システムにフィードバックする方式で開発を推進しており、達成できる見通しである。 <p><u>研究開発項目（テーマ）毎の成果</u></p> <p>〈多様な燃料を利用するCO₂回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 発電技術ではガスタービンや燃料電池の有効性、化学合成ではメタノールの将来性を確認し、システム構成案を立案した。また、構成案をもとにCO₂分離・回収コストを試算できた。 <p>〈ケミカルレーピング燃焼ポリジェネレーションシステム技術開発〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ラボ装置とコールドモデルを用いて、循環流動層の運転条件を確認するとともに、プロセス原理を検証した。また、経済性モデルを作成し、CO₂分離・回収コストを試算した。 				
	投稿論文	「査読付き」1件、「その他」1件			
	特許	「出願済」2件			
	その他の外部発表（プレス発表等）	<p>研究発表・講演：15件</p> <p>新聞・雑誌：13件</p>			

<p>4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて</p>	<p>小規模な研究開発でコアとなる要素技術を確立後、スケールアップを経て、実用化を着実に目指す方針を採用している。ただし、スケールアップに関する技術開発だけに固執せず、幅広いニーズに合わせたシステム構築と、それらの普及展開の可能性も視野に入れ、適用可能な技術・規模から順次、成果の実用化を目指す。</p> <p>例えば、本事業にて要素技術を確立後は、バイオマス燃料の小規模システムの実用化を目指すとともに、中規模システム向けの開発を推進し、最終的には、中規模システムの実用化をも目指す。</p> <p>なお、本事業の成果として「CO₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステム」が実現した場合は、CO₂ 分離・回収コスト低減のニーズの高さ、併産化学品（水素、メタノール）の需要の多き、熱・物質サプライシステムとしてコンビナート内の産業間連携への貢献などの要因により、実用化の見通しは極めて高いと推察する</p>	
<p>5. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>2016年1月 制定</p>
	<p>変更履歴</p>	<p>2016年4月、9月、2017年2月、5月、6月、2018年2月、7月、9月、2019年1月、7月、2020年2月、3月、7月、9月、10月、2021年1月、5月、6月、7月、2022年3月 改訂（研究開発の実施体制、具体的研究内容、達成目標、研究開発スケジュール表等の追加、修正）</p>

プロジェクト用語集

名称	略号	意味
二酸化炭素回収・貯留 C arbon D ioxide C apture and S torage (Sequestration)	CCS	発電所や天然ガス鉱山など大規模な排出源で発生するCO ₂ を、他のガスから分離・回収し、安定した地層に貯留することにより、CO ₂ を大気から長期間隔離する技術。
二酸化炭素回収・有効利用・貯留 C arbon Dioxide C apture, U talization and S torage (Sequestration)	CCUS	CCSにCO ₂ の利用に関する技術を含めた技術のこと。CO ₂ 利用先としてカーボンリサイクルやEORなどがある。
石炭ガス化複合発電 I ntegrated coal G asification C ombined C ycle	IGCC	石炭をガス化し得られた石炭ガス化ガスを燃料として、高効率のガスタービン複合発電システムで発電する高効率発電システム。
ケミカルルーピング燃焼 C hemical- L ooping C ombustion	CLC	CLCは空気を石炭等の燃料に直接接触させずに金属酸化物(キャリアと呼ぶ)中の酸素で燃料を酸化反応させて利用する技術である。還元された金属は空気中で再酸化されて金属酸化物として再利用する。反応生成物はCO ₂ 及びH ₂ Oとなり、冷却によって高純度CO ₂ ガスを回収でき、分離のためのエネルギーロスを伴わないCO ₂ 回収型燃焼技術として注目されている。CLCはCCUSに関連した石炭燃焼技術の一つである。
ポリジェネレーション Polygeneration		1つのプロセスから複数種の製品を生産すること。
ガス化 Gasification		固体や液体(石炭、廃棄物、バイオマス、重質油)を熱分解反応やガス化剤との反応により、ガス状の成分(一酸化炭素、水素、二酸化炭素、メタン、炭化水素)に変換すること。
ガス化剤 Gasification reagent		石炭などをガス化する際に石炭の炭素分と反応させてガス化するために用いるものをさす。 通常用いられるガス化剤には、空気、酸素、水蒸気、水素およびこれらの混合物がある。
石油増進回収 E nhanced O il R ecovery	EOR	EORは、原油の回収率をあげるための技術。通常の方法では回収率が低い地層や、生産開始からの年月経過などにより生産効率が下がった生産井などに適用する。

発電効率 Thermal efficiency		投入した燃料の総熱量に対する発電電力量の比。分子の発電電力量に対し、発電機で発生した発電電力量を基準とする発電端効率と、発電所内で消費される所内動力を差し引いた送電端効率の2つがある。
高位発熱量 Higher Heating Value	HHV	燃焼の際に発生する水蒸気の蒸発潜熱を含んだ発熱量のこと。一方で、水蒸気の蒸発潜熱を含まない発熱量を低位発熱量 (LHV:Low Heating Value) という。
排熱回収ボイラ Heat Recovery Steam Generator	HRSG	排ガスの熱エネルギーを回収するために用いられる、排熱利用により蒸気を発生させる熱交換器のこと。
空気分離装置 Air Separation Unit	ASU	プラントで使用する酸素を製造する設備。製鉄所や発電所などの大型設備においては、深冷分離法を用いて空気から酸素を分離製造することが多いが、プラント規模、必要とされる酸素純度によって他の方式が用いられることもある。
移動層		連続的に塔頂から固体粒子を供給して、重力によってゆっくり降下させ、向流または並流に気体や液体と接触させる装置。移動床ともいう。
流動層		粒径の小さい粉粒体を容器に入れ、その底部の多孔板のような整流器を経てガスあるいは液体を流すと、流速が小さい間は粒子が静止したいわゆる固定層のままであるが、ある流速以上になると、粒子に加わる流動抵抗と重力とが等しくなって、粉粒体はちょうど沸騰した液体のように容易に流動できる状態になる。この現象が流動化fluidizationであって、この状態の層が流動層であり、流動床(しよう)ともいう。
酸素キャリア		CLCで燃料に酸素を供与し、空気から酸素を奪うために用いられる物質であり、主に酸化鉄などの金属酸化物が利用される。金属酸化物の酸化/還元反応で酸素を運搬(キャリア)することから名付けられた。
噴流床		微粉化した固体燃料をガス化剤とともに高温・高圧の炉に吹き込み、短時間でガス化するための形態。現在のガス化技術の主流でもある。
シュウ酸		構造式HOOC-COOHで表される、最も単純なジカルボン酸。常温常圧で無色、無臭の固体であり、幅広い用途を持つ工業薬品。

キロワット熱 Kilowatt thermal	kW_{th}	熱発生設備の規模を表す単位。1時間に1kWh (3.6MJ) の熱を発生する場合、 1kW_{th} と表記する。
循環流動層 <u>C</u> irculating <u>F</u> luidized <u>B</u> ed	CFB	固体粒子（珪砂、鉄系キャリア等）を複数の流動層反応器間で循環させながら、固体粒子を燃料の反応に使用したり、熱の授受に利用したりする装置のこと。
3塔式循環流動層		主に三つの流動層反応器で構成する循環流動層のこと。
3塔式CLC		空気反応塔、燃料反応塔、水素生成塔の3塔からなるケミカルルーピング燃焼のこと。
空気反応塔 <u>A</u> ir <u>R</u> eactor	AR	還元されたキャリアを空気で酸化する反応を行う反応塔。酸化されたキャリアは燃料の酸化に循環再利用される。
燃料反応塔 <u>F</u> uel <u>R</u> eactor	FR	空気反応塔で酸化されたキャリアを、燃料を酸化することで還元し、燃料を主に CO_2 と H_2O に転換する反応器。ここで還元されたキャリアは空気反応塔あるいは水素生成塔へ送られる。このプロジェクトではチャー反応塔（CR）と揮発分反応塔（VR）の2段に分けられている。
チャー反応塔 <u>C</u> har <u>R</u> eactor	CR	石炭・バイオマスを投入し、熱分解で生成したチャーをガス化剤（ CO_2 や水蒸気）で流動層ガス化反応させる反応塔。 塔内では固体燃料を投入直後に熱分解して揮発分とチャー（固体炭素）が生成する。揮発分は水蒸気と一緒に上段の揮発分反応塔に移動し、塔内に残ったチャーをガス化剤でガス化反応させる。ガス化で生成したガスは塔内のキャリアの還元反応を起こす。塔内のキャリアは主に熱媒体の役割とガス化反応を阻害する H_2 や CO の酸化反応に使用される。
揮発分反応塔 <u>V</u> olatile <u>R</u> eactor	VR	CRから流入したガス化剤、揮発分、および生成ガスをキャリアで酸化反応させる反応塔。塔内では CO_2 と H_2O が生成し、キャリアは還元された形態となる。キャリアはCRに流入してチャーの酸化反応に利用する。
水素生成塔 <u>H</u> ydrogen production <u>R</u> eactor	HR	CRから還元されたキャリアを流入させて、水蒸気と反応させて水素を生成する反応装置である。

<p>チャー Char</p>		<p>石炭など固体燃料の粒子が熱分解した際に生成される未燃固形粒子。固体燃料中の揮発分が熱分解などで放出されたもので、もとの固体燃料粒子と比べると、一般に粒径がやや小さく、固定炭素分および灰分の含有量が相対的に増加している。</p>
<p>コールドモデル装置</p>		<p>常温で運転し、粒子の反応器内の挙動や循環流動特性を評価する装置のこと。化学反応はこの中では通常は行わない。</p>

1. 事業の位置付け・必要性について

1.1. 事業の背景・目的・位置づけ

(1) 事業の背景

2015年の国連気候変動枠組条約締約国会議（COP21）で採択されたパリ協定が主要国により批准され、CO₂の排出量削減に向けた国際的な枠組みで、具体的な数値目標の設定や取り組みが各国にて行われている。例えば、我が国においては、2020年10月に2050年カーボンニュートラル宣言がなされ、2021年4月には首相官邸に設置された地球温暖化対策推進本部において、「2030年度に、温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指す」方針が示された。このように、温室効果ガスの排出削減は、世界的に認知された課題である。

また、技術的な観点では、CO₂の排出を削減するためのCO₂分離・回収技術は存在するものの、現状では、その過程におけるエネルギー損失が大きく、高コストであるといった課題がある。このため、CO₂分離・回収の高効率化とコスト低減が求められている。以下に、政策や方針の具体的な3例を示す。

2016年6月に経済産業省により策定された「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」において、2030年度以降を見据えた取組に係る技術に関する方針として、次の内容が示されている。

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

2020年1月に統合イノベーション戦略推進会議決定された「革新的環境イノベーション戦略」において、2050年までにCO₂分離回収コスト1,000円/t-CO₂を目指した技術開発を行い、様々なCO₂排出源に対応する分離回収能力を獲得することを目指すこととしている（図1.1-1）。

2019年6月に経済産業省によって策定され、2021年7月に改訂された「カーボンリサイクル技術ロードマップ」のカーボンリサイクルの共通技術において、CO₂回収を容易にするためのプロセス技術として、「クローズドIGCC」や「ケミカルルーピング」の用語が明記されるとともに、2030年に1,000円台/t-CO₂をターゲットとして技術開発を進めることとしている（図1.1-2）。

なお、CO₂分離・回収技術を、現在すでに実用化されているもの、実証段階のもの、あるいは開発段階のものを含め、実用化の時期と分離・回収コストの観点で比較した図を示す（図1.1-3）。本事業で取り組むCO₂分離・回収技術は、図中の赤枠で囲った技術分野に関連する。

これらの背景を踏まえ、本事業では、

- ・ バイオマスや炭素系廃棄物等を燃料とすることによるCO₂排出削減
- ・ 有価な生産物を併産するガス化技術の構築と、それに伴うCO₂分離・回収コストの低減

の両立を目的とし、「CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム」の確立に向けた技術開発を実施する。

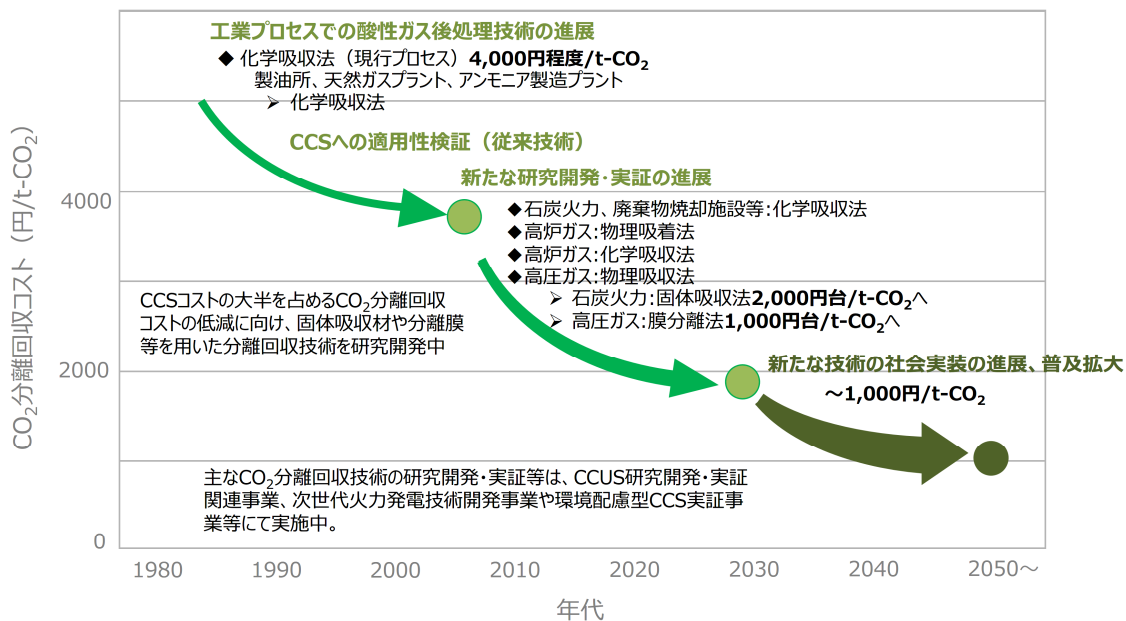


図 1.1-1 イノベーションによるコスト削減 CO₂ 分離回収の例

出典：統合イノベーション戦略推進会議決定、「革新的環境イノベーション戦略」（2020年1月）

共通技術

● CO₂分離回収技術

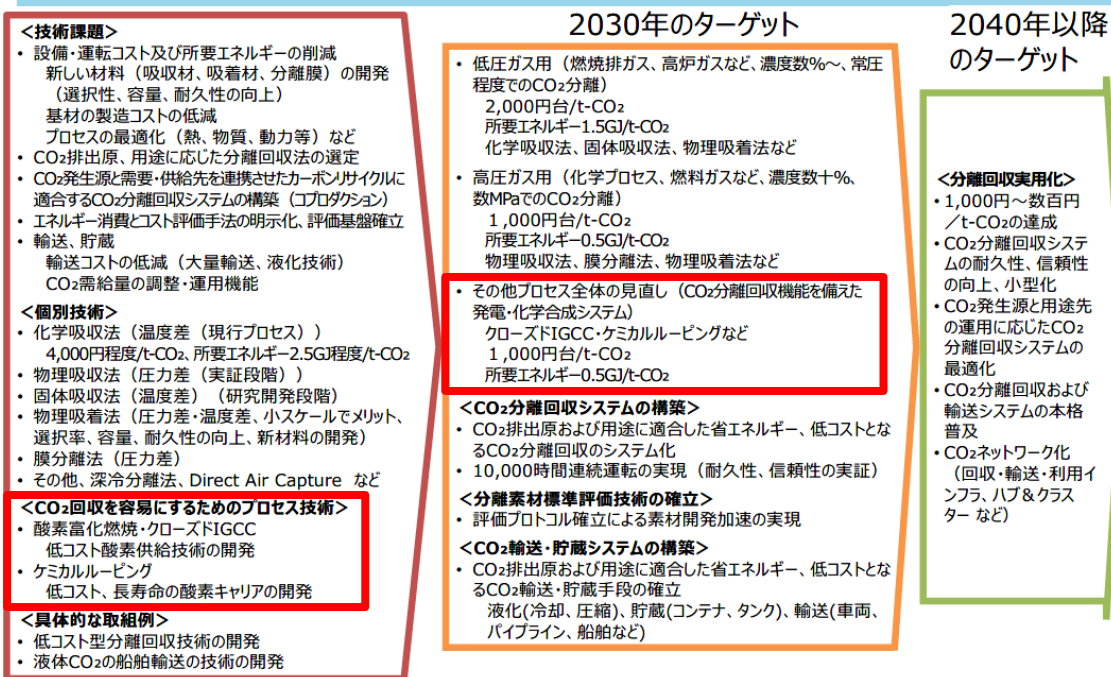


図 1.1-2 カーボンサイクル技術ロードマップ「CO₂ 分離回収技術」

出典：経済産業省、「カーボンサイクル技術ロードマップ」（2021年7月）

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

※ NEDOゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクトにて実施 NEDO「カーボンサイクル・次世代火力発電等技術開発」事業より抜粋

図 1.1-4 本事業と技術的に関係のある事業との繋がり

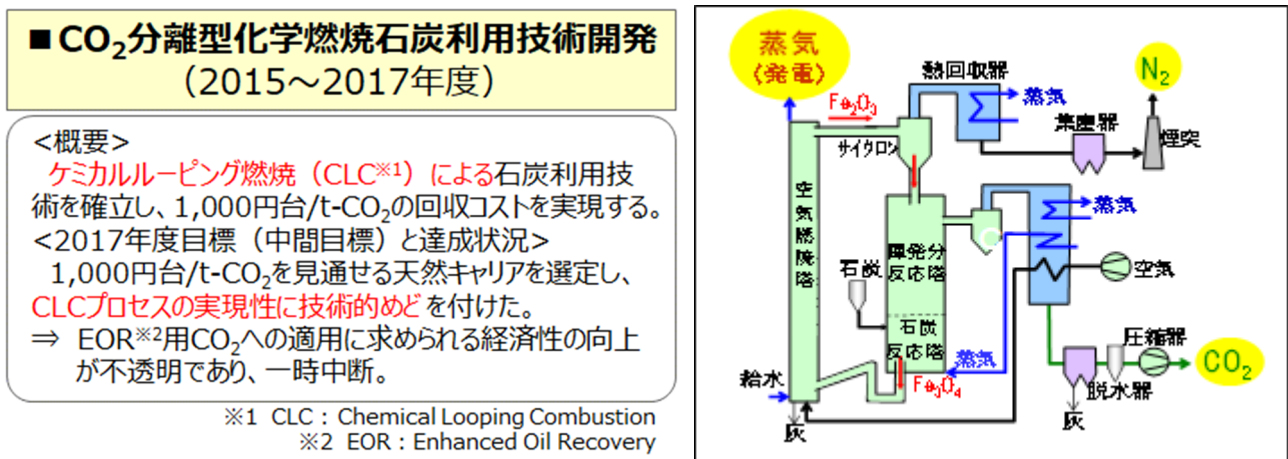


図 1.1-5 CO₂分離型化学燃焼石炭利用技術開発の概略

■ CO₂回収型次世代IGCC技術開発 (2015～2020年度)

<概要>

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

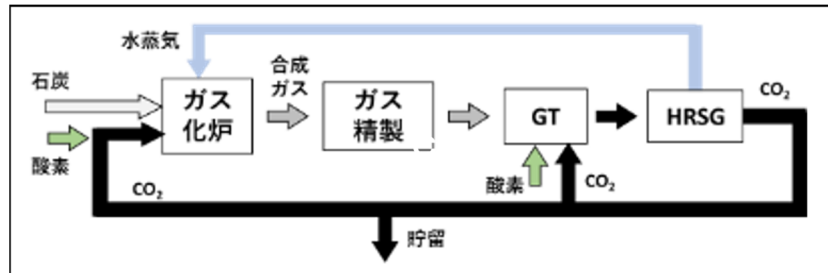


図 1.1-5 CO₂回収型次世代IGCC技術開発の概略

(3) 本事業で開発する技術の特徴と国内外の研究開発動向との比較

本事業と技術開発する「CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム」には、

- ・ 燃料の多様化によるCO₂排出量の削減
- ・ 有価物併産によるCO₂分離・回収コストの低減
- ・ プロセスからの高効率なCO₂回収

という3つの特徴がある。燃料として石炭だけでなくバイオマスや廃棄物を利用することにより、CO₂排出量を削減することは、カーボンニュートラルの実現への貢献に繋がる。また、合成ガスや水蒸気から有価物を製造することにより、開発システムにおける実質的なCO₂分離・回収コストを低減できることは、有価物の価格次第では、CO₂を極めて安価に供給できる可能性があることを意味する。本事業では、そのシステム実現に向けて、要素技術の研究開発だけでなく、システムの設計検討および経済性の検討を実施する。

本事業に関連する技術分野において、様々な研究開発が国内外で行われている。ここでは、それらの中から具体的な3つの取組と本NEDO事業での取組を比較する。

石炭からの化学合成および発電に関する技術は、古くから知られた技術であるが、近年は特に中国でその取組が増加しており、化成品としてメタノールやエチレングリコールが製造されている（図1.1-6）。これらの中国での取組における、化学合成に関する知見は、本NEDO事業において参考にすることができる。一方で、これらの取組では、発電は付加的でプロセス内で消費し、また、プロセスとしてCO₂回収を想定していない。本NEDO事業で開発する技術では、発電した電力を積極的に送電することを想定しており、また、プロセスからCO₂を回収することを主目的としている。これらが大きな相違点である。

再生可能エネルギーを利用したポリジェネレーションに関する技術では、アイスランドのCRI（Carbon Recycling International）の取組を参照できる。CRIでは、地熱発電を利用して発電するとともに、CO₂を変換してメタノールを製造するプラントが、2014年から商用運転されている（図1.1-7）。ただし、ここで製造されるメタノールは

1kgあたり約150円以上であり、市場価格（1kgあたり約50円）の約3倍と高価である。本NEDO事業では、製造コストの適切な製品および製造プロセスを見出し、そこで製造された化成品を販売することにより、CO₂分離・回収コストの低減を目指している点が異なっている。

水素を併産するケミカルルーピング燃焼に関する技術は、アメリカのオハイオ州立大学のFan教授の開発チームがトップランナーとして先行しており、既に3塔式移動層反応器と酸化鉄系の酸素キャリアを用い、250kW_{th}のホット装置で運転試験を実施している。彼らの装置は移動層反応器であるため、固体燃料をガス化したガスを燃料として供給し、水素を製造している（図1.1-8）。一方で、本NEDO事業では、固体燃料を直接導入可能となり、反応効率の向上を目指せるといった特徴がある流動層プロセスを開発しており、また、酸素キャリアの高性能化に向けた開発と選定にも取り組んでいる。これらが大きな相違点である。

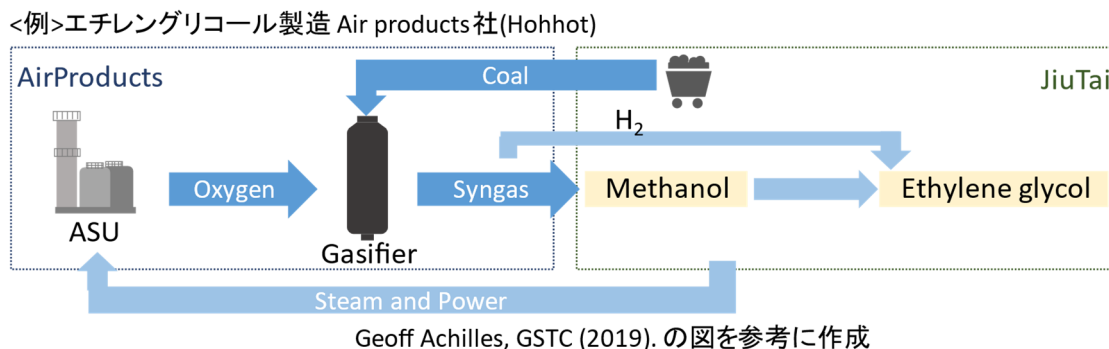


図 1.1-6 石炭からのエチレングリコール製造プロセスの例
(Hohhot : Air products 社)

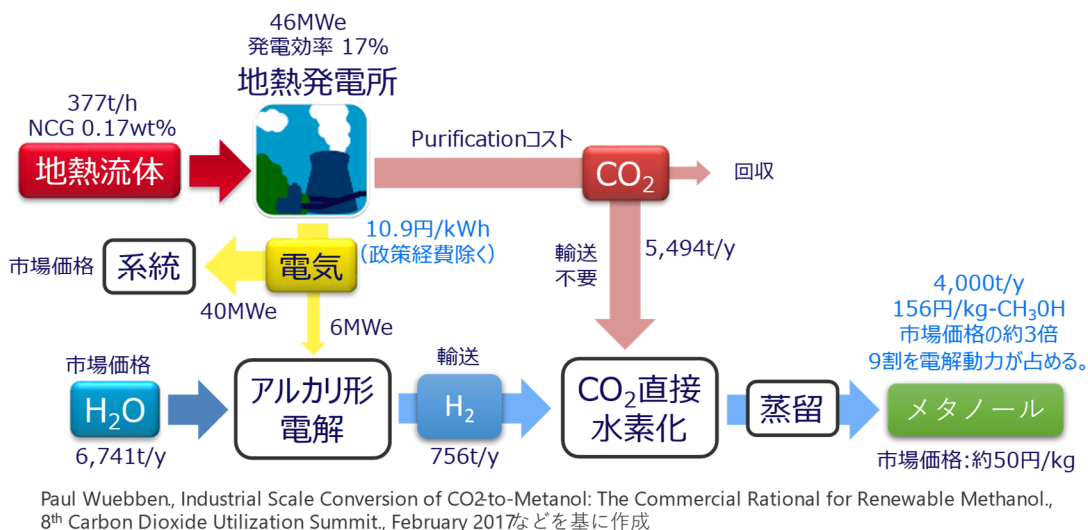
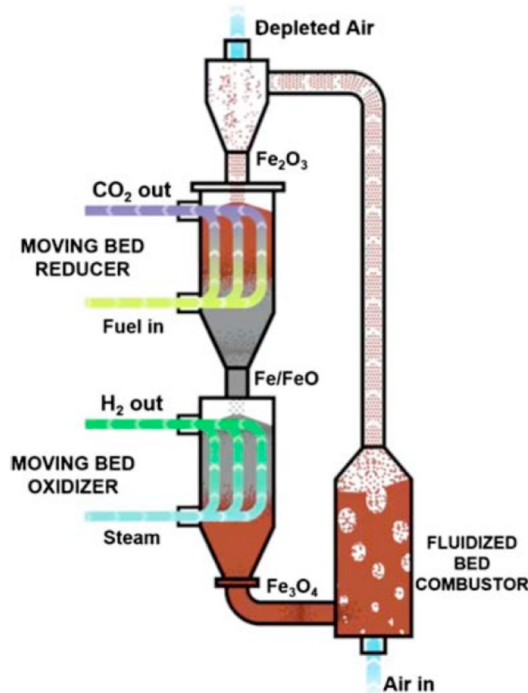


図 1.1-7 CRI による再エネを利用したポジジェネレーションシステムの事例
(アイスランド)



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

図 1.1-8 ガス化燃料を用いたケミカルルーピング燃焼水素製造装置
(Fan 教授、オハイオ州立大、アメリカ)

2.2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

2.2.1 NEDO が関与することの意義

「CO₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発」は、火力発電の低炭素化という国家的課題に対する技術開発であるとともに、CO₂ 分離・回収コストの低減を目指した技術開発であるため、社会的必要性が大きい技術開発である。

また、本事業を実施することにより経済的な CO₂ 分離・回収技術が確立することは、NEDO で実施してきた、あるいは実施している CCU/カーボンサイクル分野の研究開発への展開や貢献が期待できる。

一方で、ポリジェネレーションシステムに係る本研究開発は、開発要素が多く、その難易度が高く、かつ大規模な開発投資が必要である。加えて、実用化までのリードタイムが長いことから、民間企業だけではリスクが高い。

以上のことから、NEDO が持つこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業である。

2.2.2 実施の効果（費用対効果）

（1）費用対効果

第 6 次エネルギー基本計画において、2030 年における年間総発電電力量は 9,340 億 kWh であり、2030 年エネルギーミックスの野心的な見通しとして、石炭火力の比率は 19%と示されている（図 1.2-1）。本事業で開発される技術により、2030 年以降この 5%に相当する電力量が賄われると仮定すると、その電力量は約 88.7 億 kWh/年となる。

本技術が社会実装された場合の 1 つ目の効果として、併産される有価物の価値を考える。本技術により約 88.7 億 kWh/年の電力量が賄われる場合、併産される化成品の製造量が 50 万 t/年、販売単価が 50 円/kg

と仮定すると、化成品の売り上げは約 250 億円/年と試算される。もしくは、併産される水素の製造量が 27 億 Nm³/年、販売単価が 30 円/Nm³と仮定すると、水素の売り上げは約 810 億円/年と試算される。以上より、1 つ目の効果として、250～810 億円/年の有価物が併産される。

2 つ目の効果として、CO₂ 排出削減に係る CO₂ 分離・回収コストの低減（コストダウン）を考える。石炭火力の CO₂ 排出原単位を 0.8kg-CO₂/kWh、本技術の CO₂ 回収率を 90%とすると、回収される（削減される）CO₂ 排出量は、640 万 t-CO₂/年となる。この排出量を削減する場合に必要なコストは、既存石炭火力に対して既存の CO₂ 分離・回収法（例えば、化学吸収法）を用いると仮定すると、4,000 円/t-CO₂ である。一方で、本技術における CO₂ 分離・回収では 1,000 円台/t-CO₂ のコストを目指しており、平均値として 1,500 円/t-CO₂ が実現すると考える。つまり、本技術の社会実装により CO₂ 分離・回収コストは、4,000(円/t-CO₂) - 1,500(円/t-CO₂) = 2,500(円/t-CO₂) のコストダウンに繋がる。このため、640 万 t-CO₂/年の CO₂ 排出量を削減する場合は、160 億円/年の分離・回収コストのコストダウン効果が見込まれる。

本事業における費用総額は 5 年間で約 24 億円であるため、試算結果から費用対効果は大きく、事業の妥当性を確認している。

(2) CO₂ 削減効果

本事業で開発される技術により将来的に供給される電力量（約 88.7 億 kWh/年）が、既設石炭火力発電の代替として供給されると仮定する。前述したとおり、既存石炭火力の CO₂ 排出原単位を 0.8kg-CO₂/kWh、CO₂ 回収率を 90%、本技術で発電に使用される石炭を基準とした発電効率が既設石炭火力発電の発電効率と同等とした場合、代替分のみで約 640 万 t-CO₂/年の CO₂ 削減効果があるとみなせる。また、本技術の燃料としてバイオマスや廃棄物を活用することにより、CO₂ 削減効果がさらに向上することが期待できる。

		(2019年 ⇒ 旧ミックス)	2030年度ミックス (野心的な見通し)				
省エネ		(1,655万kl ⇒ 5,030万kl)	6,200万kl				
最終エネルギー消費（省エネ前）		(35,000万kl ⇒ 37,700万kl)	35,000万kl				
電源構成	再エネ	(18% ⇒ 22~24%)	太陽光 6.7% ⇒ 7.0% 風力 0.7% ⇒ 1.7% 地熱 0.3% ⇒ 1.0~1.1% 水力 7.8% ⇒ 8.8~9.2% バイオマス 2.6% ⇒ 3.7~4.6%	36~38%*	※現在取り組んでいる再生可能エネルギーの研究開発の 成果の活用・実装が進んだ場合には、38%以上の高み を目指す。		
	発電電力量： 10,650億kWh ⇒ 約9,340 億kWh程度	水素・アンモニア		(0% ⇒ 0%)		1%	(再エネの内訳)
		原子力		(6% ⇒ 20~22%)		20~22%	太陽光 14~16%
		LNG		(37% ⇒ 27%)		20%	風力 5%
		石炭		(32% ⇒ 26%)		19%	地熱 1%
		石油等		(7% ⇒ 3%)		2%	水力 11%
				2%	バイオマス 5%		
(+ 非エネルギー起源ガス・吸収源)							
温室効果ガス削減割合		(14% ⇒ 26%)	46%		12		
			更に50%の高みを目指す				

図 1.2-1 2030 年におけるエネルギーミックス（野心的な見通し）

出典：経済産業省、「第 6 次エネルギー基本計画の概要」（2021 年 10 月）

2. 研究開発マネジメントについて

2.1. 事業の目標

本事業の、中間目標と最終目標を以下に示す。

〈中間目標（2022年度）〉

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

〈最終目標（2024年度）〉

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

この最終目標に明示される CO₂ 分離・回収のコスト目標（1,000 円台/t-CO₂）は、カーボンリサイクル技術ロードマップにおいて 2030 年ターゲットとして示された数値を一致しており、妥当である。

2.2. 事業の計画内容

2.2.1 研究開発の内容

（1）本事業で取り組む研究開発テーマ

本事業において技術的な確立を目指す「CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム」を構築できると考えられる技術は、2つある。1つは噴流床ガス化技術であり、もう1つは流動床ガス化燃焼技術である。この両技術に対する研究開発を、本事業では、個別の研究開発テーマとして取り扱い、並行して実施する。つまり、噴流床ガス化技術に対しては、「多様な燃料を利用する CO₂ 回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発」の研究開発テーマで取り組み、流動床ガス化燃焼技術に対しては、「ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発」のテーマで取り組む。

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

噴流床ガス化技術に関する本研究開発テーマでは、次に示す 3 つの大項目を実施する（図 2.2-1）。

- ① 全体システム評価
- ② 発電・化学合成技術の調査と選定
- ③ H₂/CO 調整型多種燃料ガス化炉とガス精製の基盤技術開発

◆個別テーマにおける研究開発項目（噴流床：多様な燃料）

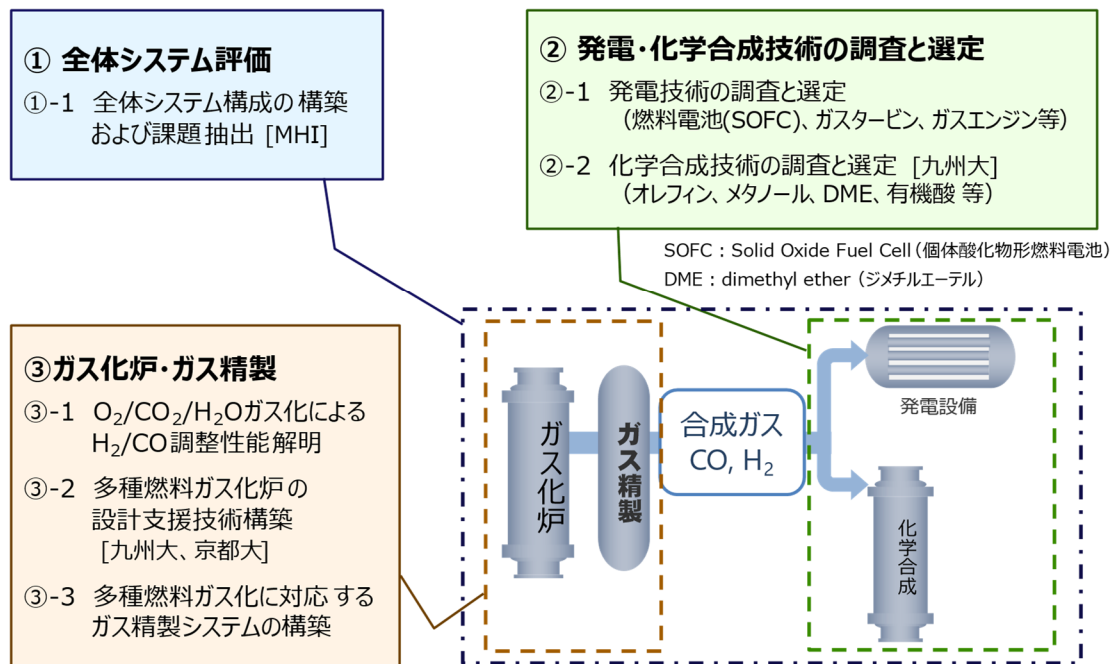


図 2.2-1 個別テーマにおける研究開発項目

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

以下に、大項目の中で実施する個別項目の概要を記す。

①-1 全体システム構成の構築および課題抽出

具体的なシステムを検討し、その事例に対して、発電コスト、製造される有価物の市場価格等を考慮した上で、全体システムとしての CO₂ 回収コストを試算する。また、検討システムの熱物質収支を解析するとともに、実用化に向けた技術課題を抽出する。

②-1 発電技術の調査と選定

高効率な発電機能を有するシステムを確立するために、ガスタービン、ガスエンジン、燃料電池等を対象として、合成ガスの組成、化学合成で生成することが想定される燃料種、およびそれらの生成量に適した発電技術を調査、選定する。また、発電技術の電力需給調整に関する機器性能を調査する。さらに、運転特性と CO₂ 回収コスト低減効果との関係を解析することで、適正な運転方法を模索する。

②-2 化学合成技術の調査と選定

ポリジェネレーションシステムの早期導入を図るために、既存の合成技術の調査と選定を行い、全体システムの評価に必要なデータを取得する。さらに、現時点では合成ガスからの製造実績は無いものの、CO₂ 回収コストの大幅低減が将来的に期待できる有価物としてシュウ酸を想定し、シュウ酸合成プロセスの基盤技術開発を行う。

③-1 O₂/CO₂/H₂O ガス化による H₂/CO 調整性能解明

3TPD 炉を用いた石炭と廃棄物等の混合燃料への O₂/CO₂/H₂O 噴流床ガス化技術の適用性検証を行うとともに、ガス化剤である O₂、CO₂ ならびに H₂O の投入量を調整することによる合成ガスの H₂/CO 比への影響を評価し、燃料混合比やガス化剤投入条件による H₂/CO 調整範囲を把握する。

③-2 多種燃料ガス化炉の設計支援技術構築

廃プラスチックの熱分解、ガス化反応の反応挙動を実験的に解明する。さらに、適切な反応モデルを選定または構築し、数値解析による O₂/CO₂/H₂O ガス化の性能予測を可能とする。また、数値解析ツールの高速度化に取り組み、高速化した数値解析ツールを用いて多目的最適化計算を行うことで、様々な炉形状や広範囲の運転条件の中から、要求される合成ガス組成やガス化炉性能を達成するための指針を得る。

③-3 多種燃料ガス化に対応するガス精製システムの構築

塩素分の多い廃プラスチックなどのガス化原料に対応可能な、ガス精製の塩素対策技術を構築する。また、用途に応じた不純物の要求濃度を整理し、それらの不純物対策を含めた統合的なガス精製システム構成を構築する。さらに、ガス化原料の種類に応じた精製ガス性状の変動も考慮し、ガス精製システムの運用特性に関する性能指標を評価する。

ここで、噴流床テーマに関する研究開発項目毎の目標一覧を、表 2.2-1 に示す。

表 2.2-1 研究開発項目毎の目標一覧

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

◆研究開発項目毎の目標一覧（噴流床：多様な燃料）

大項目	小項目	中間目標（2022年度）	最終目標（2024年度）
① 全体システム評価	①-1 全体システム構成の構築および課題抽出	CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を実現するために必要なシステム構成を構築し、技術課題を抽出する。	CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を実現するシステムの効率や経済性を評価し、実用化に必要な技術的課題を抽出する。
	② 発電・化学合成技術の調査と選定	②-1 発電技術の調査と選定 ②-2 化学合成技術の調査と選定	複数の発電機器について、全体システムの効率評価に必要な知見を整備する。 ・需要等を基に化学合成対象を選定し、性能評価に必要な情報を整備する。 ・シュウ酸合成工程のうち、ギ酸ソーダ合成、シュウ酸ソーダ合成で各収率が最大となる反応条件を見出す。
③ H ₂ /CO 調整型多種燃料ガス化炉とガス精製の基盤技術開発	③-1 O ₂ /CO ₂ /H ₂ O ガス化による H ₂ /CO 調整性能解明	・3TPD 炉とリダクタ炉を用いて石炭とプラスチックの共ガス化の基本特性を明らかにする。 ・3TPD 炉に廃棄物供給設備を追設し、共ガス化と H ₂ /CO 調整性能解明に必要な運転方法を確立する。	石炭と廃棄物の混合燃料へ O ₂ /CO ₂ /H ₂ O 噴流床ガス化技術の適用性検証を行うとともに、合成ガス（生成ガス）中の H ₂ /CO 比の調整性能を明らかにする。
	③-2 多種燃料ガス化炉の設計支援技術構築	・ガス化反応実験を通して、石炭に廃プラスチックを混合することで現れる既往のモデル予測との差異を明らかにする。 ・詳細な数値解析により運転条件が合成ガス組成等に及ぼす影響を評価するとともに、1種類の炉形状で多目的最適化計算を実施する。	・石炭、廃プラ、バイオマスの3種の混合ガス化に適用可能な反応モデルの構築または選定。 ・石炭、廃プラ、バイオマスの3種の混合ガス化に適用可能な詳細数値解析ツールの構築と、多目的最適化計算ツールの構築。
	③-3 多種燃料ガス化に対応するガス精製システムの構築	本技術に適するガス精製システム構成の一次案を構築する。	本ポリジェネレーションシステムに対応するガス精製のシステム構成を構築し、運用特性を評価する。

(3) ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発

流動床ガス化燃焼技術に関する本研究開発テーマでは、次に示す 2 つの大項目を実施する (図 2.2-2)。

- ① 要素技術研究開発
- ② 300kW_{th}スケール 3 塔式 CLC 実証

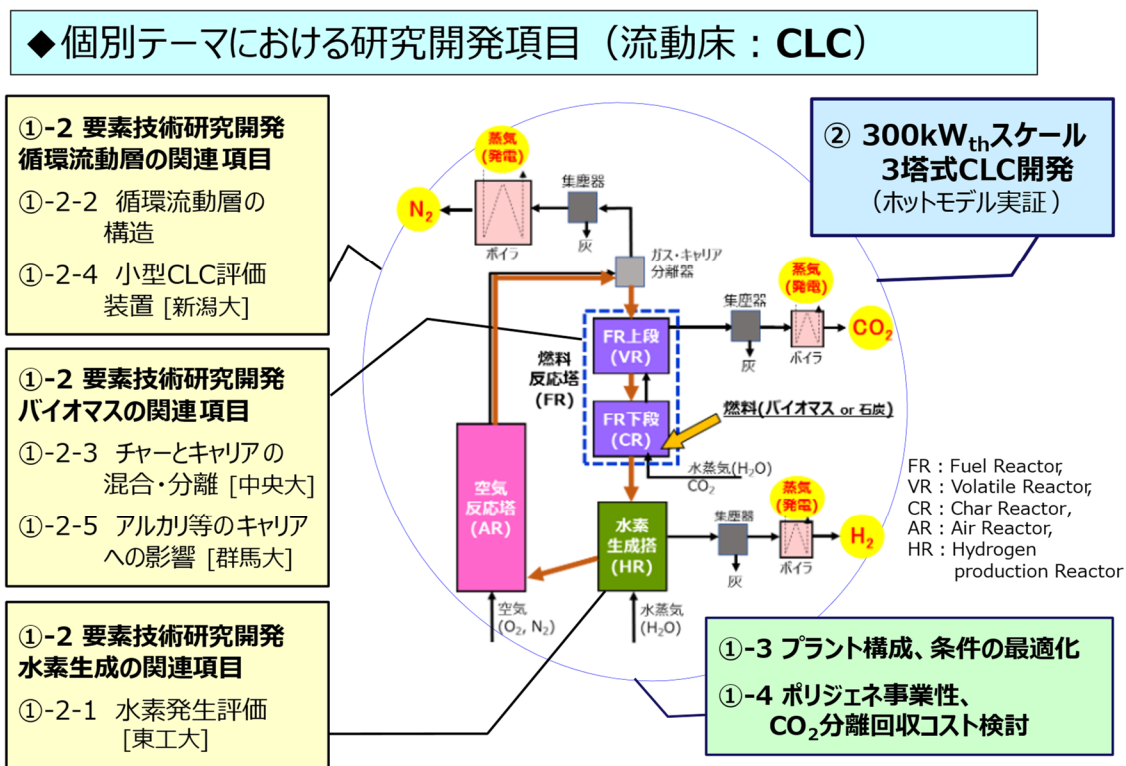


図 2.2-2 個別テーマにおける研究開発項目
(流動床: ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発)

以下に、大項目の中で実施する個別項目の概要を記す。

①-1 国内外の CLC 技術開発状況調査

CLC における水素製造とバイオマス利用にかかる技術開発動向調査や特許調査等を実施して、本技術開発のベンチマークの確認を恒常的に実施する (年度別の実施目標は設定しない)。

①-2 要素技術研究開発、バイオマス燃焼性検討

3 塔式 CLC 試験ベンチスケール装置を製作し、褐炭や亜瀝青炭、バイオマス燃料の CLC、キャリアによる水素生成を含む基本原理の検証試験を行う。また、3 塔式循環流動層コールドモデル及びバブリング流動層反応装置を製作することにより、キャリアの循環流動、反応塔におけるキャリア滞留時間、循環量制御方法、水素生成速度の確認試験を行う。さらに、候補キャリアの反応特性及び耐久性について、バイオマスによる影響評価と改良課題抽出、対策検討を行うとともに、経済性の観点を考慮することで、実用化に向けて最も有望なキャリアを選定する。

①-3 プラント構成、条件の最適化

研究開発項目①-2 で得られた反応特性、キャリア耐久性、循環流動条件、混合/分離条件、不純物の影響等の評価結果を踏まえ、プロセス解析シミュレーターを用いて、燃料種ごとにプロセスのヒートバランス、マスバランスを解析し、プラント構成と最適な操作条件、プロセス効率向上策、キャリア仕様等の検討を行う。また、高効率な CLC 反応プロセスの構成仕様、最適反応器の構造と技術条件を検討し、実用システムの構成仕様を評価、設定する。

①-4 ポリジェネレーション事業性、CO₂ 分離・回収コスト検討

バイオマス、石炭のポリジェネレーションにより生産された熱、水素、CO₂、窒素を販売する事業の採算性、及び CO₂ 分離・回収コストの評価を行う。また、研究開発項目①-2、①-3 で検討している様々なアプローチが CO₂ 分離・回収コストに対して、どれほどのインパクトを持つか評価し、各検討にフィードバックする。

② 300kW_{th} スケール 3 塔式 CLC 実証

熱自立可能な 300kW_{th} ベンチ試験装置を設計、製作し、褐炭や亜歴青炭、バイオマスから水素、CO₂、熱の同時生成に関する連続評価試験を行い、スケールアップ時の課題を抽出する。

ここで、流動床テーマに関する研究開発項目毎の目標一覧を、表 2.2-2 に示す。

表 2.2-2 研究開発項目毎の目標一覧
(流動床：ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発)

◆研究開発項目毎の目標一覧（流動床：CLC）			
大項目	小項目	中間目標（2022年度）	最終目標（2024年度）
①-2 要素技術研究開発、バイオマス燃焼性検討	①-2-1 キャリアの水素生成反応性に関する検討	キャリアの水素生成速度と酸化還元反応の繰り返し安定性の評価に基づき、天然鉱石と人工粒子から候補キャリア及び水素生成流動層条件の絞り込みを行う。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および水素反応器の最適操作条件の確立。
	①-2-2 循環流動層のキャリア循環/流動/及び最適装置構造の検討	キャリア循環量制御方法を立案する。水素生成塔から燃料反応塔への水素リーク量を把握し、リーク量が問題となるとみられる場合は低減方法を立案する。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた3塔式循環流動制御方法の確立。
	①-2-3 バイオマスチャーとキャリアの混合/分離促進の検討	バイオマスチャーとキャリアの分離促進を行う操作条件を明らかにする。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた混合・分離機器設置条件の確立。
	①-2-4 石炭・バイオマス化学燃焼性や水素製造の検証	3塔式CLCによる水素、CO ₂ 同時生産のコンセプトが実証できる操作条件を見出す。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた固体燃料利用方法の確立。
	①-2-5 バイオマス灰等不純物によるキャリアへの影響の検討	アルカリ金属がキャリア特性に及ぼす影響を解明するとともに、耐久性向上方法を検討する。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けたタール、アルカリ、硫黄等の影響減少方法を確立。
①-3 プラント構成、条件の最適化		CO ₂ 分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を満たすプロセス構成及び操作条件を見出す。	CO ₂ 分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を満たす実機に向けたプロセスの構成と条件の最適化。
①-4 ポリジェネレーション事業性、CO ₂ 分離回収コスト検討		暫定的な経済性評価モデルにおいて、研究開発項目①-2、及び①-3の成果を使ってCO ₂ 分離・回収コストのコスト推算の精緻化を行う。	CO ₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステムにより分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を見通せる火力発電設備の設計技術の確立および経済性を評価する。
② 300kW _{th} スケール3塔式CLC開発		300kW _{th} ベンチ試験装置の詳細設計を完了させる。	300kW _{th} 試験装置において目標仕様達成を実証する。スケールアップ設計に必要なデータ収集を完了する。

(4) 研究開発のスケジュール及び費用

本事業において実施する2つのテーマの研究開発のスケジュール及び費用を、表 2.2-3 及び表 2.2-4 に各々示す。

表 2.2-3 研究開発のスケジュール

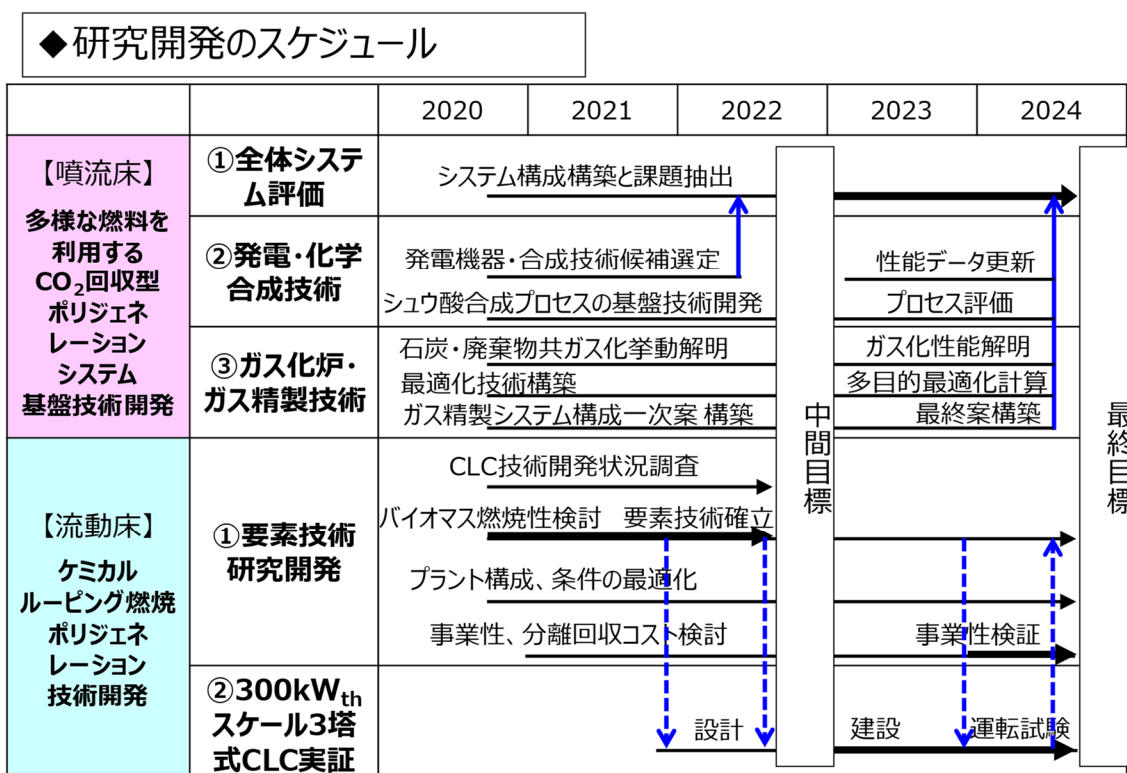


表 2.2-4 研究開発の費用

(単位：百万円)

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

2.2.2 研究開発の実施体制

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、効率的に研究開発を推進する観点から、必要に応じてプロジェクトリーダーを指名、あるいは研究開発責任者を選任する。

本事業において実施する2つの研究開発テーマにおける実施体制を示す。

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

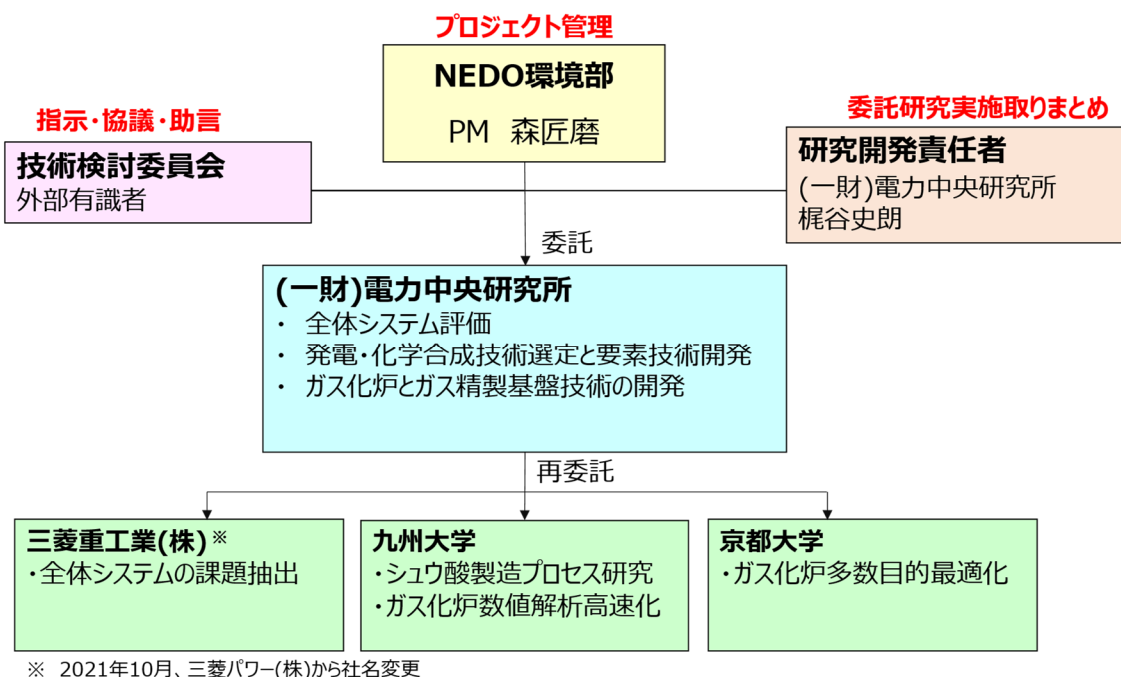


図 2.2-3 研究開発の実施体制

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

(2) ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発

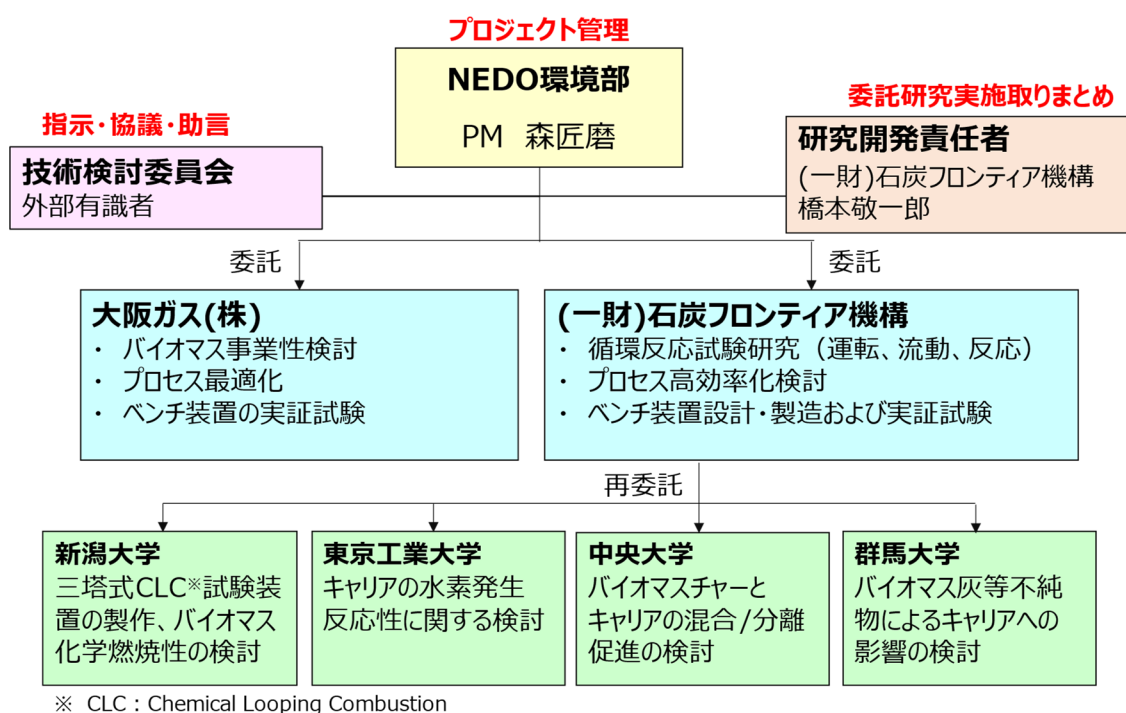


図 2.2-4 研究開発の実施体制
(流動床：ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発)

2.2.3 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、研究開発責任者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。従事日誌、月間工程表や執行管理表の確認並びに適宜ヒアリングにより実施状況をチェックし、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

研究開発責任者は、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、全実施者が進捗方向を行うワーキング会議を定期的開催し、各研究開発項目の進捗状況、成果及び課題を把握し、プロジェクトの計画や工程に反映する。

(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) 技術検討委員会

研究開発責任者と委託先が主催し、外部有識者が委員となる技術検討委員会を定期的を開催する。当該委員会では、各研究開発の進捗、成果及び課題について委員からの指導、助言を含め議論することにより、開発の方向性について関係者間で認識を共有し、円滑な開発の推進に繋げる。

表 2.2-5 技術検討委員会における登録委員
(噴流床：多様な燃料を利用する CO₂ 回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発)

氏名	所属・役職
金子 祥三	東京大学 生産技術研究所 研究顧問
藤原 尚樹	出光興産 石炭・環境事業部 企画課 シニアリサーチャー
杉村 英一 (2021年6月まで)	電気事業連合会 技術開発部 部長
渡邊 守康 (2021年7月より)	電気事業連合会 技術開発部 部長
横濱 克彦	三菱重工業 総合研究所 長崎副地域統括、SOFC センター長

表 2.2-6 技術検討委員会における登録委員
(流動床：ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発)

氏名	所属・役職
成瀬 一郎	東海国立大学機構 名古屋大学 未来材料・システム研究所 所長・教授
アズィズムハンマド	東京大学 生産技術研究所 機械・生体系部門 准教授
伊藤 一芳	住友重機械工業 エネルギー環境事業部 事業開発推進部 部長
内山 武	JFE エンジニアリング 環境本部開発センター センター長
尾場瀬 崇裕	日揮ホールディングス サステナビリティ協創部 プログラムマネージャー
有馬 謙一	国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 特別研究員
須田 俊之	IHI 資源・エネルギー・環境事業領域 事業開発部 再生可能資源グループ 担当部長
本郷 尚	三井物産 戦略研究所 国際情報部 シニア研究フェロー

2.2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

(1) 知的財産等に関する戦略

① 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。

② 権利化のキーワード (注力分野)

本事業において実施する 2 つの研究開発テーマにおける権利化の注力分野を示す。

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

- ・ 多様な燃料を利用するガス化炉
- ・ ガス精製技術
- ・ それらを用いて構築するポリジェネレーションシステムのコア技術

[流動床：ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発]

- ・ ケミカルルーピング燃焼プロセス
- ・ 反応器の構造
- ・ 酸素キャリア

(2) 知的財産管理

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

知財マネジメントに係る運用として、「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。全実施機関で構成する知財運営委員会、または同機能を有する委員会を整備した上で、「知財の取り扱いに関する合意書」を作成済みである。

データマネジメントに係る運用として、「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。全実施機関で構成する知財運営委員会、または同機能を有する委員会を整備した上で、「データの取り扱いに関する合意書」を作成済みである。

なお、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、知財管理を推進する。

2.3. 情勢変化への対応

本事業が開始された 2020 年 11 月前後から、カーボンニュートラルを目指した情勢の変化が明瞭になってきた。2020 年 10 月 26 日、当時の菅内閣総理大臣が所信表明演説において、我が国が 2050 年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言した。加えて、2021 年 4 月には、地球温暖化対策推進本部及び米国主催の気候サミットにおいて、「2050 年目標と整合的で、野心的な目標として、2030 年度に、温室効果ガスを 2013 年度から 46%削減することを目指す。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。また、政策面では、2020 年 12 月に経済産業省にて「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定され、2021 年 6 月にはグリーン成長戦略の内容がさらに具体化された。その中で、カーボンニュートラルの実現に向け、高効率かつ低コストな CO₂ 分離・回収技術の重要性が明示されるとともに、コンビナート内でのエネルギー等の融通がコンビナートの脱炭素化には重要であることが示された。

一方で、ポリジェネレーションシステムには、

- ・ ガス化技術を適用したエネルギー効率の向上
- ・ 有価物製造による CO₂ 分離・回収コストの低減
- ・ 熱・物質サプライシステムとして機能できる

といった特徴があるため、その実現を目指す本事業は、この情勢変化の中でますます重要性が高まっている。情勢変化への対応として、早期の社会実装を目指し、要素技術の確立へ推進している。

2.4. 評価に関する事項

(1) 前倒し事後評価（2020 年度）

本事業と技術的に関連する「CO₂ 回収型次世代 IGCC 技術開発」事業の前倒し事後評価の結果を、本事業の実施内容に反映した。

- ①評価の実施時期：2020 年度
- ②評価手法：外部評価
- ③評価事務局：評価部
- ④評価項目・基準：標準的評価項目・基準

「事業の位置づけ・必要性について」
「研究開発マネジメントについて」
「研究開発成果について」
「成果の実用化に向けた取組及び見通しについて」

⑤評価委員

分科会長：板谷 義紀 東海国立大学機構 岐阜大学 工学部 機械工学科 教授
分科会長代理：二宮 義彦 中部大学 工学部 応用化学科 教授
委員：赤松 史光 大阪大学 大学院工学研究科 機械工学専攻 教授
委員：石橋 喜孝 常盤共同火力 IGCC 事業本部 アドバイザー
委員：杉村 英市 電気事業連合会 技術開発部 部長
委員：巽 孝夫 INPEX テクニカルコンサルタント

⑥評価結果

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

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

⑦指摘事項とその対応

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

※2 SNG：Substitute Natural Gas（代替天然ガス）

3. 研究開発成果について

3.1.事業全体の成果

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

本事業では、ポリジェネレーションシステムの構成及び設計に必要な要素技術の確立に目処を付けること中間目標として取り組んでいる。研究開発はスケジュールに対して順調に進捗し、システム構成の立案やプロセス原理の検証を完了しており、予定通り2023年3月までに達成する見込みである。一方、コスト検討にも着手し、1,000円台/t-CO₂のCO₂分離・回収コストを実現する見込みを得た。これにより、開発している技術の社会実装に向け、前進できた。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

本事業における最終目標は、要素技術を確立した上で、設計技術を確立するとともに経済性を評価することである。試験によるデータ取得と考察、評価を継続するとともに、各要素開発の成果を連携させ、全体システムにフィードバックすることで、研究開発を推進する計画であり、達成できる見通しである。

(3) 成果の普及

成果の普及促進のため、研究成果の発表や新聞・雑誌への掲載を積極的に行った。下表に各年度の発表数を示す（具体的な件名などは添付資料を参照）。

また、成果の活用や実用化の担い手、あるいはユーザーに向けて実施内容や成果を普及させる取組の第一歩として、旧一般電気事業者全社並びに電事連などの電気事業関連機関に対して、本事業の意義や必要性、研究内容を説明することにより、事業に関する理解の深化に繋がった。

表 3.1-1 論文等対外的な発表数

桃色塗り：多様な燃料 水色塗り：CLC

	2020 年度		2021 年度		2022 年度		2023 年度		2024 年度		計	
論文	0		2		-		-		-		2	
	0	0	0	2	-	-	-	-	-	-	0	2
研究発表・講演	0		16		-		-		-		16	
	0	0	10	6	-	-	-	-	-	-	10	6
受賞実績	0		1*		-		-		-		1	
	0	0	1*	0	-	-	-	-	-	-	1	0
新聞・雑誌等への掲載	4		9		-		-		-		13	
	0	4	3	6	-	-	-	-	-	-	3	10

* 電力中央研究所 所内（理事長表彰）

※ 2022年3月29日現在

(4) 知的財産権等の確保に向けた取組

知的財産戦略に沿った具体的な取組として、他社特許や論文等の情報調査と分析を実施し、実施者間で定期的に調査結果を情報共有している。2021年度は、各テーマ1件の計2件を出願し、以降も2件/年の頻度で出願する計画である。

表 3.1-2 特許出願数

桃色塗り：多様な燃料 水色塗り：CLC

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

※ 2022年3月29日現在
今後の予定を含む

3.2.研究開発項目毎の成果

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

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

噴流床テーマの研究開発について、研究開発項目毎の目標、成果、達成度及び今後の課題等について、表 3.2-1 に整理する。

表 3.2-1 研究開発項目毎の中間目標と達成状況

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

研究開発項目	目標（中間）	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①「全体システム評価」 ①-1. 全体システム構成の構築および課題抽出	CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を実現するために必要なシステム構成を構築し、技術課題を抽出する。	<ul style="list-style-type: none"> 他の項目の検討結果を基に、メタノール合成と発電のポリジェネレーションシステムを構成した、コスト試算等を行った。 システム構成や性能計算をリバイスし、CO₂回収コスト1,000円台/t-CO₂を実現するために必要なシステムを構築し、技術課題を抽出できる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	他の項目の成果を踏まえたシステムのリバイス
②「発電・化学合成技術の調査と選定」 ②-1. 発電技術の調査と選定	複数の発電機器について、全体システムの効率評価に必要な知見を整備する。	<ul style="list-style-type: none"> ガスエンジン、ガスタービンについて、外部情報を収集し、効率評価に必要な知見が整備できる見込み。 SOFCについては、文献値を用いて効率を試算する。 	△ (2023年3月達成予定)	需給調整を考慮した効率評価に必要な知見の整備

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

表 3.2-1 つづき

研究開発項目	目標（中間）	成果	達成度	今後の課題と解決方針
②-2. 化学合成技術の調査と選定	<ul style="list-style-type: none"> 需要等を基に化学合成対象を選定し、性能評価に必要な情報を整備する。 シュウ酸合成工程のうち、ギ酸ソーダ合成、シュウ酸ソーダ合成で各収率が最大となる反応条件を見出す。 	<ul style="list-style-type: none"> 需要等の観点からメタノールを選定し、性能評価に必要な情報を文献値やプロセスシミュレータによる計算で整備した。 CO₂回収コスト低減効果が高いメタノールとは異なる物質を対象に、同様の情報を整備できる見込み。 各種実験を開始し、複数の条件で高収率を得ており、さらに実験を繰り返すことで、収率が最大となる条件を見出せる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> CO₂回収コスト低減効果が高いと想定される製品の選定と性能評価データ整備 シュウ酸製造に関する実験データ取得
③「H ₂ /CO調整型多種燃料ガス化炉とガス精製の基盤技術開発」 ③-1. O ₂ /CO ₂ /H ₂ Oガス化によるH ₂ /CO調整性能解明	<ul style="list-style-type: none"> 3TPD炉とリダクタ炉を用いて石炭とプラスチックの共ガス化の基本特性を明らかにする。 3TPD炉に廃棄物供給設備を追設し、共ガス化とH₂/CO調整性能解明に必要な運転方法を確立する。 	<ul style="list-style-type: none"> 3TPD炉の試験によりコンバスタ、リダクタ、それぞれにプラスチックを投入した場合の基本性能の取得を完了した。 3TPD炉の廃棄物供給設備の設計を完了した。所期の設備を導入し、石炭と廃棄物の共ガス化を評価可能な体制を確立できる見込み。 リダクタ炉の試験により、石炭とプラスチックの共ガス化における各種条件がタール生成に与える影響に関する実験データを整備できる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> 3TPD炉への廃棄物供給設備の追設と運転方法の確立 リダクタ炉による共ガス化時のタール生成挙動データ取得
③-2. 多種燃料ガス化炉の設計支援技術構築	<ul style="list-style-type: none"> ガス化反応実験を通して、石炭に廃プラスチックを混合することで現れる既往のモデル予測との差異を明らかにする。 詳細な数値解析により運転条件が合成ガス組成等に及ぼす影響を評価するとともに、1種類の炉形状で多目的最適化計算を実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック(RPF)の単独のガス化反応実験を行った。今後、石炭と廃プラスチックの混合時の現象を既往のモデル予測と比較できる見込み。 既往のモデルを用いて詳細な数値解析により種々の運転条件が合成ガス組成に及ぼす影響を評価できる見込み。 多目的最適化計算に必要な高速化が一部完了しており、今後、最適化ツールに反映できる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> 石炭と廃プラスチックを混合したガス化反応実験 水蒸気中入量等の運転条件変化の評価
③-3. 多種燃料ガス化に対応するガス精製システムの構築	本技術に適するガス精製システム構成の一次案を構築する。	<ul style="list-style-type: none"> 3TPD炉の生成ガスを対象とした微量物質成分調査と、廃棄物を用いる場合に特に重要となる塩素除去プロセスの基礎データを取得中であり、これらの知見の蓄積から、ガス精製システム構成の一次案を構築できる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	個別の不純物の除去性能評価

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

(2) 成果の最終目標の達成可能性

噴流床テーマの研究開発について、研究開発項目毎の現状、最終目標及び達成の見通しについて、表 3.2-2 に示す。

表 3.2-2 成果の最終目標の達成可能性

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

研究開発項目	現状	最終目標 (2024年度末)	達成見通し
①「全体システム評価」 ①-1. 全体システム構成の構築および課題抽出	第一案のシステム構成を構築し、現実的な建設コストの範囲内で、CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ が実現可能な見込みを取得。いくつかの技術的課題も抽出済み。	CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を実現するシステムの効率や経済性を評価し、実用化に必要な技術的課題を抽出する。	2023~2024年度に、他の項目で得られる成果を反映して、全体システムを更新し、性能を解析・評価することで達成できる見通し。
②「発電・化学合成技術の調査と選定」 ②-1. 発電技術の調査と選定	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスエンジン、ガスタービンについて、外部情報を収集し、効率評価に必要な知見が整備される見込み。 ・SOFCについては、文献値を用いて効率を試算する。 	需給調整能力が高く、本システムに適する発電技術の選定と性能評価を行う。	(本システムに適するSOFC/SOECの性能評価試験を行えば、適正な評価が可能)
②-2. 化学合成技術の調査と選定	<ul style="list-style-type: none"> ・メタノールを対象にシステム評価に必要な情報を整備した。 ・シュウ酸合成プロセス評価に必要な情報を実験により蓄積中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・システム評価に必要な化学合成の各種情報を整備する。 ・CO₂回収コスト低減効果が高いシュウ酸の合成プロセスを構築する。 	情報収集および実験は順調に進んでおり、2022年度~2024年度まで継続することにより達成できる見通し。
③「H ₂ /CO調整型多種燃料ガス化炉とガス精製の基盤技術開発」 ③-1. O ₂ /CO ₂ /H ₂ Oガス化によるH ₂ /CO調整性能解明	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物模擬試料としてプラスチックを石炭と共ガス化した場合の基本性能を取得完了。 ・3TPD炉の廃棄物供給設備の設計を完了し、建設準備中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・石炭と廃棄物の混合燃料へO₂/CO₂/H₂O噴流床ガス化技術の適用性検証を行うとともに、合成ガス（生成ガス）中H₂/CO比の調整性能を明らかにする。 	廃棄物供給設備の建設完了後、石炭と廃棄物の共ガス化試験を行うことで、達成できる見通し。
③-2. 多種燃料ガス化炉の設計支援技術構築	<ul style="list-style-type: none"> ・廃プラスチックの例としてRPFの単独の反応実験を完了した。 ・詳細な数値解析、多目的最適化のツールを整備している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・石炭、廃プラ、バイオマスの3種の混合ガス化に適用可能な反応モデルの構築または選定。 ・石炭、廃プラ、バイオマスの3種の混合ガス化に適用可能な詳細数値解析ツールの構築と、多目的最適化計算ツールの構築。 	<ul style="list-style-type: none"> ・最も難易度が高い廃プラの反応実験が完了。混合ガス化等の実験を継続することで達成できる見通し。 ・各種数値解析ツールを整備中。反応モデルが選定または構築されれば達成できる見通し。
③-3. 多種燃料ガス化に対応するガス精製システムの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス精製システム構成の一次案構築のために微量物質成分調査と、塩素除去プロセスの基礎データを取得中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・本ポリジェネレーションシステムに対応するガス精製のシステム構成を構築し、運用特性を評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎データを蓄積することで、全体システム評価と連携し、各種条件を評価、適切な構成を構築、運用特性を評価できる見通し。

3.2.2 ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

流動床テーマの研究開発について、研究開発項目毎の目標、成果、達成度及び今後の課題等について、表 3.2-3 に整理する。

表 3.2-3 研究開発項目毎の中間目標と達成状況
(流動床：ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発)

研究開発項目	目標（中間）	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①-2-1 キャリアの水素生成反応性に関する検討	キャリアの水素生成速度と酸化還元反応の繰り返し安定性の評価に基づき、天然鉱石と人工粒子から候補キャリア及び水素生成流動層条件の絞り込みを行う。	キャリアの水素生成速度と酸化還元反応の繰り返し安定性の評価に関する反応データを取得。	△ (2023年3月達成予定)	キャリア絞り込みと水素生成流動層条件の選定
①-2-2 循環流動層のキャリア循環/流動/及び最適装置構造の検討	キャリア循環量制御方法を立案する。水素生成塔から燃料反応塔への水素リーク量を把握し、リーク量が問題となるとみられる場合は低減方法を立案する。	大型コールドモデルを建設 運転することで、搬送空気とキャリア循環量の相関関係及び水素リーク量を定量的に把握。	△ (2023年3月達成予定)	水素リーク量低減（シール改良）
①-2-3 バイオマスチャーとキャリアの混合/分離促進の検討	バイオマスチャーとキャリアの分離促進を行う操作条件を明らかにする。	バイオマスチャーの混合・分離促進に関する基礎実験を実施し、流動層内にバッフル板を設置することで混合促進の効果が得られることを確認。	△ (2023年3月達成予定)	バッフル板の形状と配置の検討
①-2-4 石炭・バイオマス化学燃焼性や水素製造の検証	3塔式CLCによる水素、CO ₂ 同時生産のコンセプトが実証できる操作条件を見出す。	3塔式CLC小型実験装置を設計・製作。灯油を燃料に用いた試験運転により水素、CO ₂ 同時生成を確認。	△ (2023年3月達成予定)	燃料（バイオマス、石炭）に応じた操作条件の探索
①-2-5 バイオマス灰等不純物によるキャリアへの影響の検討	アルカリ金属がキャリア特性に及ぼす影響を解明するとともに、耐久性向上方法を検討する。	小型試験装置を用いた確認試験により、アルカリ金属がキャリア特性に対して負の影響を及ぼさないことを確認。	△ (2023年3月達成予定)	カリウムの作用によるキャリア劣化抑制への活用を検討
①-3 プラント構成、条件の最適化	2022年8月までにCO ₂ 分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を満たすプロセス構成及び操作条件を見出す。	・プロセスシミュレーター上で計算モデルを構築。 ・バイオマス20MW _{th} 、亜瀝青炭250MW _{th} の各ケースにおける熱物質収支を検討。	△ (2022年8月達成予定)	1-②成果を反映したプロセス改良
①-4 ポリジェネレーション事業性、CO ₂ 分離回収コスト検討	2021年度までに構築した暫定的な経済性評価モデルにおいて、研究開発項目①-2、及び①-3の成果を使ってCO ₂ 分離・回収コストのコスト推算の精緻化を行う。	暫定的な経済性評価モデルを構築して、運転性能とCO ₂ 分離・回収コストの相関関係を確認する態勢を整えた。	△ (2023年3月達成予定)	評価モデル改良等によるコスト推算精度の向上
② 300kW _{th} スケール3塔式CLC開発	2022年8月までに300kW _{th} ベンチ試験装置の詳細設計を完了させる。	300kW _{th} ベンチ試験装置の設計仕様と設計要件を明らかにし、詳細設計を実施できる態勢を整えた。	△ (2022年8月達成予定)	開発成果の詳細設計への反映

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

(2) 成果の最終目標の達成可能性

流動床テーマの研究開発について、研究開発項目毎の現状、最終目標及び達成の見通しについて、表 3.2-4 に示す。

表 3.2-4 成果の最終目標の達成可能性
(流動床：ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発)

研究開発項目	現状	最終目標 (2024年度末)	達成見通し
①-2-1 キャリアの水素生成反応性に関する検討	キャリアの水素生成速度と酸化還元反応の繰り返し安定性の評価に関する反応データを取得。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および水素反応器の最適操作条件の確立。	項目①-2、①-3、①-4、および②の各研究成果をPDCAサイクルの中で連携させ、着実に成果を積み上げる方法を継続することにより、新たな課題が出現する場合も大きな開発障害になる前に対策を打つ体制が構築されており、最終目標は達成できる見通し。
①-2-2 循環流動層のキャリア循環/流動/及び最適装置構造の検討	大型コールドモデルを建設、運転することで、搬送空気とキャリア循環量の相関関係及び水素リーク量を定量的に把握。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた3塔式循環流動制御方法の確立。	
①-2-3 バイオマスチャーとキャリアの混合/分離促進の検討	バイオマスチャーの混合・分離促進に関する基礎実験を実施し、流動層内にバッフル板を設置することで混合促進の効果が得られることを確認。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた混合・分離機器設置条件の確立。	
①-2-4 石炭・バイオマス化学燃焼性や水素製造の検証	3塔式CLC小型実験装置を設計・製作。灯油を燃料に用いた試験運転により水素、CO ₂ 同時生成を確認。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた固体燃料利用方法の確立。	
①-2-5 バイオマス灰等不純物によるキャリアへの影響の検討	小型試験装置を用いた確認試験により、アルカリ金属がキャリア特性に対して負の影響を及ぼさないことを確認。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けたタール、アルカリ、硫黄等の影響減少方法を確立。	
①-3 プラント構成、条件の最適化	<ul style="list-style-type: none"> プロセスシミュレーター上で計算モデルを構築。 バイオマス20MW_{th}、亜歴青炭250MW_{th}の各ケースにおける熱物質収支を検討。 	CO ₂ 分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を満たす実機に向けたプロセスの構成と条件の最適化。	項目①-2、①-3、①-4、および②の各研究成果をPDCAサイクルの中で連携させ、着実に成果を積み上げる方法を継続することにより、新たな課題が出現する場合も大きな開発障害になる前に対策を打つ体制が構築されており、最終目標は達成できる見通し。
①-4 ポリジェネレーション事業性、CO ₂ 分離回収コスト検討	暫定的な経済性評価モデルを構築して、運転性能とCO ₂ 分離・回収コストの相関関係を確認する態勢を整えた。	CO ₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステムにより分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を見通せる火力発電設備の設計技術の確立および経済性を評価する。	上記に加えて、CFBC※建設実績の豊富なメーカーを2022年度中に体制に入れ、開発力を強化する。
② 300kW _{th} スケール3塔式CLC開発	300kW _{th} ベンチ試験装置の設計仕様と設計要件を明らかにし、詳細設計を実施できる態勢を整えた。	300kW _{th} 試験装置において目標仕様達成を実証する。スケールアップ設計に必要なデータ収集を完了する。	

※ CFBC : Circulating Fluidized-bed Combustion

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

4.1. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

(1) 成果の実用化に向けた戦略

本プロジェクトにおける実用化は、『当該研究開発の成果に基づくポリジェネレーションシステムの実機適用のために基盤技術が確立されること』をいう。具体的には、本事業で開発された技術が組み込まれたシステムにより、電力や有価物が提供される目処が付くことを実用化とする。

本事業は基盤的な研究開発であり、要素技術の確立が重要となる。本事業で実施している2テーマとも、技術的に関連のある前身事業で得られた成果を効率的に活用することにより、コアとなる技術開発項目に注力し、要素技術の確立に向け、開発を推進できている。また、まず小規模な研究開発でコアとなる要素技術を確立し、そこからスケールアップを経て、実用化を着実に目指す方針を定めている。さらに、要素技術の確立後は、将来を見据えたスケールアップに関する技術開発だけに固執せず、多様な製品、業界や条件に適用される可能性があるという利点を活用し、幅広いニーズに合わせたシステム構築と、それらの普及展開の可能性も視野に入れ、適用可能な技術・規模から順次、成果の実用化を目指す。

(2) 実用化に向けた取組

本事業に向けた取組のイメージとして、本事業を含めて3つのステップを想定する。第1ステップは2025年まで実施する本事業である。ここで、CO₂分離・回収コスト1,000円台/t-CO₂に向けた基盤技術を確立し、例えば数百kW_{th}の規模のベンチ装置を用いて技術の実証を行う。次に、第2ステップは2030年までの5年間を目安に、小規模システムの実用化を目指すとともに、中規模システムの確立に向けスケールアップの開発を進める。小規模システムとは、例えば、バイオマス燃料と対象とした、数MW_{th}から数十MW_{th}程度の規模のシステムを指す。そして、2030年以降の第3ステップにおいては、中型システムの実用化に向けた技術開発を推進することで、例えば100MW_{th}規模のシステム実用化を検討する。この取組イメージを図4.1-1に示す。

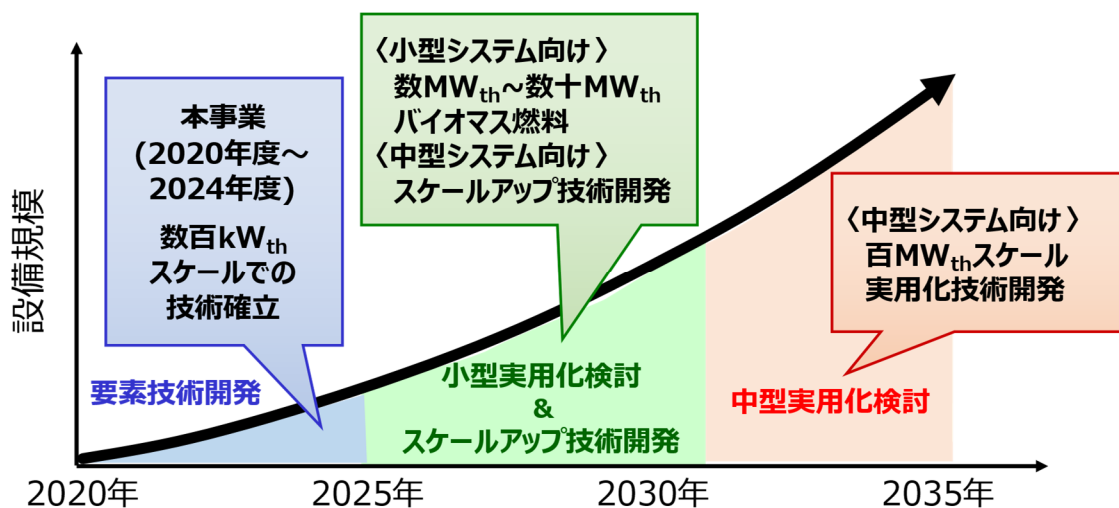


図 4.1-1 ポリジェネレーションシステムの実用化に向けた取組イメージ

(3) 成果の実用化の見通し

本事業の成果として、「CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術」が確立した場合における、当該技術の実用化の見通しについて考える。

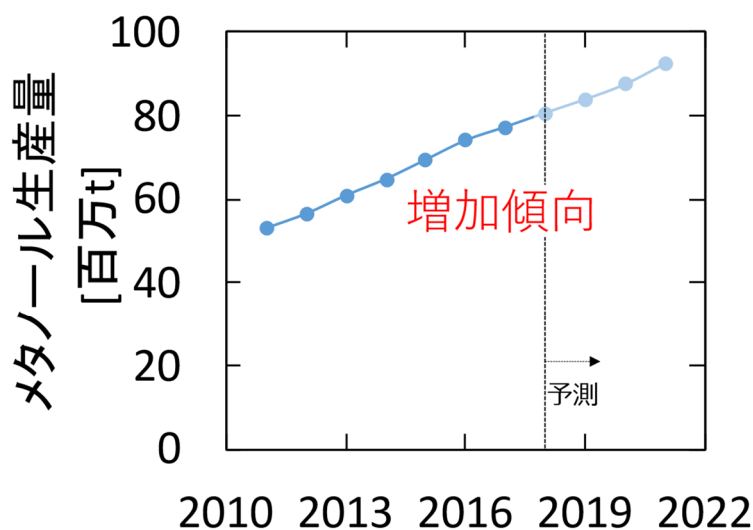
低コストなCO₂分離・回収技術は、本事業を開始する際の社会的背景としての要請だけでなく、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」の中で、カーボンニュートラル実現への課題として示されており、現在もなお、その技術の実現には極めて大きなニーズがある。

また、噴流床ガス化技術をもとにしたポリジェネレーションシステムにおける併産化学品の候補の1つであるメタノールは、近年、世界的に需要が拡大する傾向である（図4.1-2）。一方で、ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーションシステムで併産される水素は、水素社会の実現に貢献できる。さらに、例えば、バイオマスを燃料としたポリジェネレーションシステムであった場合は、併産される水素は単なる水素ではなく「グリーン水素」、発電される電力は「グリーン電力」となり、それらの付加価値が高まると期待できる（図4.1-3）。

この技術をもとにしたシステムは、その特徴から熱・物質サプライシステムとして機能できるため、ケミカルコンビナートなどへ設置、活用された場合は、コンビナート内など周辺地域の産業間連携に貢献できると考えられる。

なお、バイオマスや廃棄物を燃料や原料として利用できるシステムが構築されるため、社会実装されることは、循環型社会への貢献に繋がるという側面がある。

上記の多角的な要因から、当該技術が確立した場合には、実用化される見通しは極めて大きいと推察する。



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

図 4.1-2 メタノールの需要実績および予想

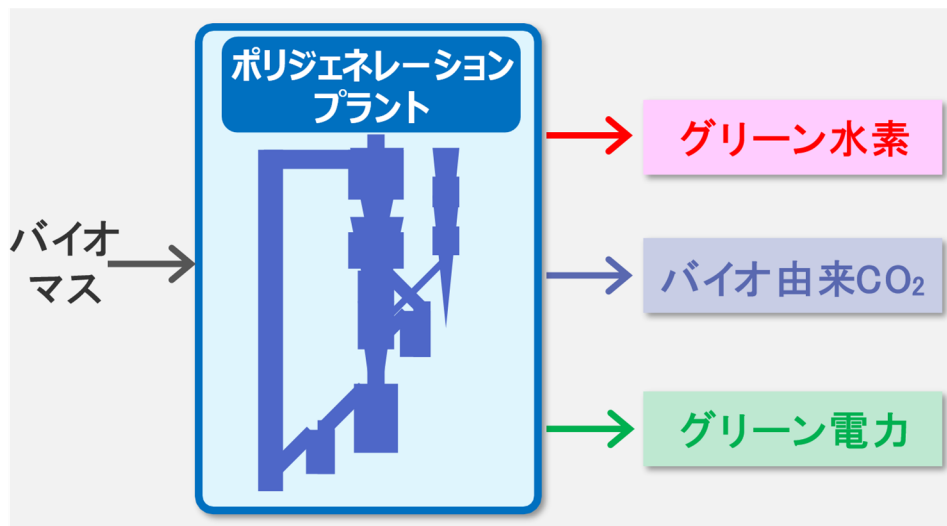


図 4.1-3 バイオマス燃料のポリジェネレーションプラントによる水素・電力・CO₂ 製造事業のイメージ

(4) 波及効果

世界的にCO₂排出量の削減に向けた動向の加速化が進んでおり、主要国が具体的なカーボンニュートラルの数値目標を宣言している。我が国においても、2030年に温室効果ガスを2013年度比で46%削減、2050年に温室効果ガス排出の実質ゼロが宣言されている。この状況から、将来的には再エネが導入促進され、さらに大量導入されると予想されており、その場合、ポリジェネレーションシステムが保有する需給調整能力は電力系統安定化に貢献できる

また、ポリジェネレーションシステムにおいて、バイオマスや廃棄物を燃料や原料として有効活用することは、カーボンニュートラルや炭素循環型社会の構築に貢献できる。

本事業では、一部の技術開発項目に対して、再委託先である多くの大学研究者から支援いただくことで、開発を加速してきている。これら連携により、化学工学やシミュレーションなどの技術分野における国内の研究力向上に大いに貢献できている。

● 特許論文等リスト

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

【特許】

番号	出願者	出願場号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1				2021	出願		

※ 特許情報の詳細は公開不可。

【論文】

なし

【外部発表】学会発表・講演

(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	梅本 賢、梶谷 史朗、木戸口 和浩、沖 裕壮	(一財)電力中央研究所	Proposal of Poly-generation System utilizing various fuels for capturing CO ₂	ISGA-7 (the 7th edition of the International Symposium on Gasification and its Applications)	2021 年 9 月
2	梅本 賢	(一財)電力中央研究所	Polygeneration System utilizing various fuels for capturing CO ₂	第 3 回カーボンリサイクル産学官国際会議	2021 年 10 月
3	秋保 広幸、小沢 靖、岳田 彩花、中嶋 朗、小林 誠	(一財)電力中央研究所	ハニカム型吸収剤を用いた石炭ガス化ガスからの水銀除去	第 58 回石炭科学会議 (日本エネルギー学会主催)	2021 年 10 月

4	梅本 賢、梶谷 史朗、木戸口 和浩、沖 裕壮	(一財)電力中央研究所	多様な燃料を利用する CO ₂ 回収型ポリジェネレーションシステムの提案	第 58 回石炭科学会議 (日本エネルギー学会主催)	2021 年 10 月
5	濱田 博之、木戸口 和浩、佐藤 圭祐、梅本 賢	(一財)電力中央研究所	石炭ガス化に及ぼすプラスチック粉末混合の影響	第 58 回石炭科学会議 (日本エネルギー学会主催)	2021 年 10 月
6	小林 誠、秋保 広幸	(一財)電力中央研究所	石炭ガス化用ハニカム脱硫プロセスのサイクル運転方法	第 58 回石炭科学会議 (日本エネルギー学会主催)	2021 年 10 月
7	藤井 智晴	(一財)電力中央研究所	ゼロエミッション火力発電]実現に向けた課題と取り組み	電力中央研究所 研究報告会 2021	2021 年 11 月
8	梅本 賢、木戸口 和浩、濱田 博之、佐藤 圭祐、梶谷 史朗	(一財)電力中央研究所	多様な燃料を利用する CO ₂ 回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発	電気事業者向け NEDO 火力発電技術開発成果発表会	2021 年 11 月
9	梅本 賢	(一財)電力中央研究所	石炭ガス化技術開発とポリジェネレーションシステムへの応用	石炭・炭素資源有効利用研究会 第 5 回研究会	2022 年 2 月
10	小林 誠、秋保 広幸	(一財)電力中央研究所	Sulfur Sorbent for Concurrent Absorption of H ₂ S and COS in Syngas.	6th International Conference on Catalysis and Chemical Engineering	2022 年 2 月

(b) 新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載媒体	公開日付
1	(一財)電力中央研究所	脱炭素社会実現に貢献 電力中央研究所 2020 年度主要研究成果	電気新聞	2021 年 9 月 10 日
2	(一財)電力中央研究所	ゼロエミッション火力発電の実現に向けた電力中央研究所の取り組み	電力時事通信	2022 年 1 月 5 日
3	(一財)電力中央研究所	電力中央研究所における研究開発状況	月刊「電気評論」	2022 年 2 月 17 日

(2) 流動床：ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発

【特許】

番号	出願者	出願場号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1				2022	出願		

※ 特許情報の詳細は公開不可。

【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	林 石英、 齊藤 知直	(一財)石炭フロンティア機構	ケミカルルーピング燃焼 (CLC) 技術開発の進捗、その3 —ポリジェネレーション技術開発—	JCOAL Journal	無	2021年12月
2	大友 順一郎	東京工業大学	Materials and Systems Design for Energy Conversion with CO ₂ Separation and Utilization using Chemical-Looping Technology	Journal of the Japan Petroleum Institute, Vol. 60 Issue 1 (2022) pp. 1-10	有	2022年1月

【外部発表】学会発表・講演

(c) 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	橋本 敬一郎	(一財)石炭フロンティア機構	ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発の概要ご紹介	電気事業者向け NEDO 火力発電技術開発成果発表会	2021年11月

2	大友 順一郎	東京工業大学	Materials and Systems Design of Energy Conversion using CO ₂ Separation and Utilization Technologies for Caron Recycling - Chemical Looping Technology - 炭素循環に向けた二酸化炭素分離・利用型エネルギー変換技術の材料およびシステム設計	Tokyo Tech 3rd International Open Innovation Symposium 2021	2021年11月
3	新井 数馬、幡野 博之	中央大学	化学ループガス化流動層内における模擬バイオマスチャーの混合・分離の促進	第27回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム	2021年12月
4	小坂 貢之、張 健、新井 数馬、幡野 博之	中央大学	化学ループ法による水素製造	第27回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム	2021年12月
5	清水 安穂、Tsedenbal Battsetseg、神成 尚克、佐藤 和好	群馬大学	バイオマス灰成分が酸素キャリアの酸化還元特性に及ぼす影響	第24回化学工学会学生発表会	2022年3月
6	大友 順一郎	東京工業大学	カーボンニュートラル社会に向けたエネルギーキャリアとカーボンリサイクル	東京工業大学 InfoSyEnergy 研究/教育コンソーシアム 第3回シンポジウム	2022年3月

(d) 新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載媒体	公開日付
1	大阪ガス(株)	脱炭素化に貢献するケミカルルーピング燃焼技術の研究開発の開始について ～バイオマス燃料による水素・電力・CO ₂ の同時製造～	大阪ガス HP プレスリリース	2021年1月25日
2	大阪ガス(株)	効率良くメタンを合成 「CO ₂ ゼロ」へ新技術	電気新聞	2021年1月26日
3	大阪ガス(株)	大阪ガス、脱炭素でビジョン SOEC など2技術に力	化学工業日報	2021年1月26日
4	大阪ガス(株)	革新的技術で脱炭素社会へ挑戦 メタネーションの研究開発を促進	エネルギーフォーラム	2021年3月1日
5	大阪ガス(株)	カーボンニュートラル技術の研究開発拠点「Carbon Neutral Research Hub」の開設について	大阪ガス HP プレスリリース	2021年10月7日

6	(一財)石炭フロンティア機構	大型 3 塔循環流動層コールドモデル試験装置竣工 ～ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発～	JCOAL Magazine no.269	2021 年 12 月
7	大阪ガス(株)	水素 + 電気 + CO ₂ 製造 大ガスが試験装置導入	電気新聞	2022 年 1 月 24 日
8	大阪ガス(株)	低コストで水素製造 大ガス、実験設備を公開ケミカルルーピング燃焼	日刊工業新聞	2022 年 1 月 24 日
9	大阪ガス(株)	低廉なグリーン水素供給へ 新燃焼プロセス実験設備を導入	エネルギーフォーラム	2022 年 3 月 1 日
10	大阪ガス(株)	(詳細タイトル未定)	ハイドリズム 12	2022 年 3 月 31 日

●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、CO₂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CO₂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、CO₂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、CO₂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CO₂、SO_x、NO_x、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CO₂削減を実現しうるCO₂の回収・貯留・利用（CCUS）やCO₂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、CO₂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CO₂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CO₂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CO₂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CO₂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、CO₂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CO₂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CO₂排出量をゼロに近づける切り札となる技術として、CO₂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CO₂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CO₂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、CO₂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、CO₂分離・回収後においても高効率を維持する技術、CO₂フリー燃料の利用技術、低コストなCO₂分離・回収技術及びCO₂有効利用技術（カーボンリサイクル等）により、CO₂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。また、世界の火力発電市場は、今後、2040年にかけて石炭火力では約520兆円、LNG火力では約270兆円で、累計790兆円の規模が見込まれる。年平均では約30兆円であり、このうちのシェア1割、約3兆円の次世代火力技術の市場を獲得する。また、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、CO₂分離・回収コスト1,000円/t-CO₂という大幅な低減を達成する。また、CO₂有効利用の一例として、CO₂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CO₂フリー燃料の利用、CO₂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 [助成事業]

- 1) 酸素吹IGCC実証（1/3助成）
- 2) CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証（1/3、2/3助成）
- 3) CO₂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) CO₂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)
- 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) 高湿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) CO₂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) CO₂有効利用技術開発
 - 8) CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発
 - 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 CO₂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 CO₂有効利用拠点における技術開発 [委託・助成事業]
 - 1) CO₂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CO₂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 CO₂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CO₂利用技術開発 [委託・助成事業]
 - 2) 液体燃料へのCO₂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CO₂利用技術開発 [委託・助成事業]
 - 4) 気体燃料へのCO₂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 CO₂分離・回収技術の研究開発 [委託事業]
 - (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
 - 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
 - 3) 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
- 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、国外企業の特例の研究開発能力、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新エネルギー部を加える。

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 戸島正剛、PL：大崎クールジェン株式会社 木田一哉

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) CO₂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) CO₂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) CO₂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 CO₂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 CO₂有効利用拠点における技術開発

- PM：NEDO 戸島正剛
研究開発項目⑨ CO₂排出削減・有効利用実用化技術開発
PM：NEDO 荒川純
研究開発項目⑩ 石炭利用環境対策事業
PM：NEDO 菅本比呂志
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 園山希
研究開発項目⑫ CO₂分離・回収技術の研究開発
PM：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：選定中

(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、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2026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⑧CO₂有効利用拠点における技術開発、研究開発項目⑨CO₂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⑫CO₂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⑧CO₂有効利用拠点における技術開発、研究開発項目⑨CO₂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⑫CO₂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）CO₂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)CO₂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。

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CO₂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CO₂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CO₂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CO₂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CO₂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CO₂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CO₂分離・回収を組み合わせた実証試験を行い、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) CO₂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CO₂分離・回収設備を組み合わせ、CO₂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、CO₂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、CO₂分離・回収と組み合わせたCO₂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CO₂分離・回収装置とIGCC設備の運用性について実証を行う。

3) CO₂分離・回収型IGFC実証（1/2助成）

CO₂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CO₂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) CO₂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)

CO₂分離・回収型IGCCシステム及びIGFCシステムのCO₂分離・回収設備の負荷変動に対応すべく、CO₂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。

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) CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証：2016年度～2022年度
- 3) CO₂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) CO₂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

[中間目標（2017年度）]

1) 酸素吹IGCC実証

(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2,000～3,000 t/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_x<8ppm」、「NO_x<5ppm」、「ばいじん<3mg/Nm³」を達成する（O₂=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。

2) CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証

CO₂分離・回収設備の詳細設計を完了する。

[中間目標（2020年度）]

1) 酸素吹IGCC実証

(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 I G C C 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 I G C C 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) CO₂分離・回収型酸素吹 I G C C 実証

(a) 基本性能（発電効率）：新設商用機において、CO₂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。

CO₂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、CO₂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、CO₂分離回収にかかるエネルギー原単位「0.90GJ/t・CO₂（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）：CO₂分離・回収装置における「CO₂回収効率>90%」、「回収CO₂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CO₂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。CO₂地中貯留から求められる可能性があるCO₂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：CO₂分離・回収型 I G C C 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、CO₂分離・回収型酸素吹 I G C C 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、I G C C 本体に追従したCO₂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CO₂分離した場合の I G C C 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CO₂分離・回収の費用原単位を評価する。

CO₂分離・回収型酸素吹 I G C C 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、CO₂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) I G C C プラント運用性：

CO₂分離・回収装置を追設した場合の I G C C 運転への影響を確認し、運用性を検証する。

3) CO₂分離・回収型 I G F C 実証

CO₂分離・回収型 I G F C 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）]

2) CO₂分離・回収型酸素吹 I G C C 実証

CO₂液化プロセス開発：CO₂分離・回収型 I G C C と CO₂液化を組み合わせした場合の最適プロセスを構築する。

CO₂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CO₂分離・回収設備の追従性を確認し、運用性を検証する。

3) CO₂分離・回収型IGFC実証

500MW級の商業機に適用した場合に、CO₂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

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。

[中間目標（2023年度）]

- 5) CO₂分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発
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）]

- 5) CO₂分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発
CO₂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。

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、CO₂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⑤CO₂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⑤CO₂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術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、CO₂排出原単位：280g-CO₂/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性がある。

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性がある。

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、CO₂分離・回収を行わないIGFCとCO₂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H₂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ナ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) IGFCシステムの検討

[最終目標（2019年度）]

IGFC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）]

H₂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) CO₂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CO₂の分離・回収技術の開発が進められているが、CO₂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、CO₂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CO₂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、CO₂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、CO₂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CO₂の分離・回収が可能である。

さらに、CO₂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CO₂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-CO₂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-CO₂を見通せるCO₂分離型化学燃焼石炭火力発電システムを提示する。

2017年度の間接評価で、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～2022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（2022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) CO₂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CO₂排出量が比較的多く、将来的にCO₂分離回収有効利用：Carbon Capture and Utilization (CCU) が検討されている。現時点ではCO₂の大規模処理が困難であるものの、有価物の製造等により利益を創出する可能性がある。

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

2. 具体的研究内容

短～中期において大規模且つ高濃度のCO₂ (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CO₂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CO₂有効利用技術の適用性を確認する。一例としては、将来的に天然ガス代替では0.9円～1.4円/MJ (LHV)を見通す経済性を評価する。

研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

8) CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発

[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CO₂排出抑制技術としては、CO₂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CO₂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CO₂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、CO₂分離・回収コストの低減を目指したCO₂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

CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステムを構築可能な技術として、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、CO₂、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CO₂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CO₂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CO₂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O₂/CO₂/H₂O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CO₂排出量を削減し、化学品を併産することでCO₂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）】

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

【最終目標（2024年度）】

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

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CO₂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とする。

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 「CO₂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CO₂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CO₂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CO₂を一部系統内にリサイクルすることにより、CO₂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、CO₂の100%回収が可能であるため、CO₂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。CO₂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「CO₂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CO₂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、O₂/CO₂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、の可能性が分かっていた。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。

また、両技術の相乗効果確認及び既存のIGCC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）]

CO₂回収型クローズドIGCC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（2020年度）]

CO₂回収型クローズドIGCC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。

両技術の相乗効果として、2020年度までにCO₂回収型クローズドIGCC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CO₂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、IEA/CCC (Clean Coal Centre)、IEA/FBC (Fulldized Bed Combustion)、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（CO₂還元、炭酸塩化等）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、CO₂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、CO₂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「CO₂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CO₂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CO₂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、CO₂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CO₂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、CO₂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) CO₂有効利用拠点化推進事業

CO₂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、拠点の運營業務、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CO₂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、CO₂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、CO₂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、CO₂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CO₂有効利用技術の経済性、CO₂削減効果等を評価する。

[最終目標（2026年度）]

CO₂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CO₂有効利用技術の経済性、CO₂削減効果等を評価する。

研究開発項目⑨ 「CO₂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CO₂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（CO₂）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CO₂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CO₂削減・CO₂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

CO₂を原料とした化学品の合成において、CO₂と水素あるいは合成ガスから一段で直接オレフィンを合成する技術や、CO₂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、CO₂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）]

CO₂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）]

CO₂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CO₂削減効果および経済性評価を実施する。

[最終目標（2026年度）]

CO₂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CO₂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（CO₂）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。

CO₂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

CO₂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F T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、CO₂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）]

CO₂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）]

CO₂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CO₂削減効果および経済性評価を実施する。

[最終目標（2026年度）]

CO₂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CO₂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（CO₂）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CO₂利用については、CO₂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、CO₂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CO₂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CO₂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CO₂削減効果および経済性評価を実施する。

[最終目標（2026年度）]

CO₂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CO₂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（CO₂）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CO₂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CO₂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CO₂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

CO₂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ージメント、熱マネージメント、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）]

CO₂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）]

CO₂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CO₂、SO_x、NO_x、ばいじん等への対策や、石炭灰やスラグの有効利用方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立、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立し、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CO₂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、CO₂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。

CO₂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CO₂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CO₂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 CO₂分離・回収技術の研究開発 [委託事業]

[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、CO₂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、CO₂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CO₂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】

CO₂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1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CO₂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・CO₂/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CO₂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、CO₂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。

(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CO₂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CO₂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、CO₂分離・回収プロセスとCO₂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

CO₂分離・回収エネルギーを1.5GJ/t-CO₂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、CO₂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CO₂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CO₂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CO₂分離・回収エネルギー1.5GJ/t-CO₂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CO₂分離・回収エネルギーについて、実用化段階(数百万t-CO₂/年規模を想定)で回収エネルギー0.5GJ/t-CO₂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CO₂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CO₂の分離・回収において、CO₂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CO₂の分離・回収においては実用化段階でCO₂分離・回収エネルギーが0.5GJ/t-CO₂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]

[実施期間] 2022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る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

[中間目標（2024年度）]

機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電について、電力事業者の方針や対象機器の要求仕様等に応じた設備仕様等をまとめる。

[最終目標（2026年度）]

機動性に優れる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）〕

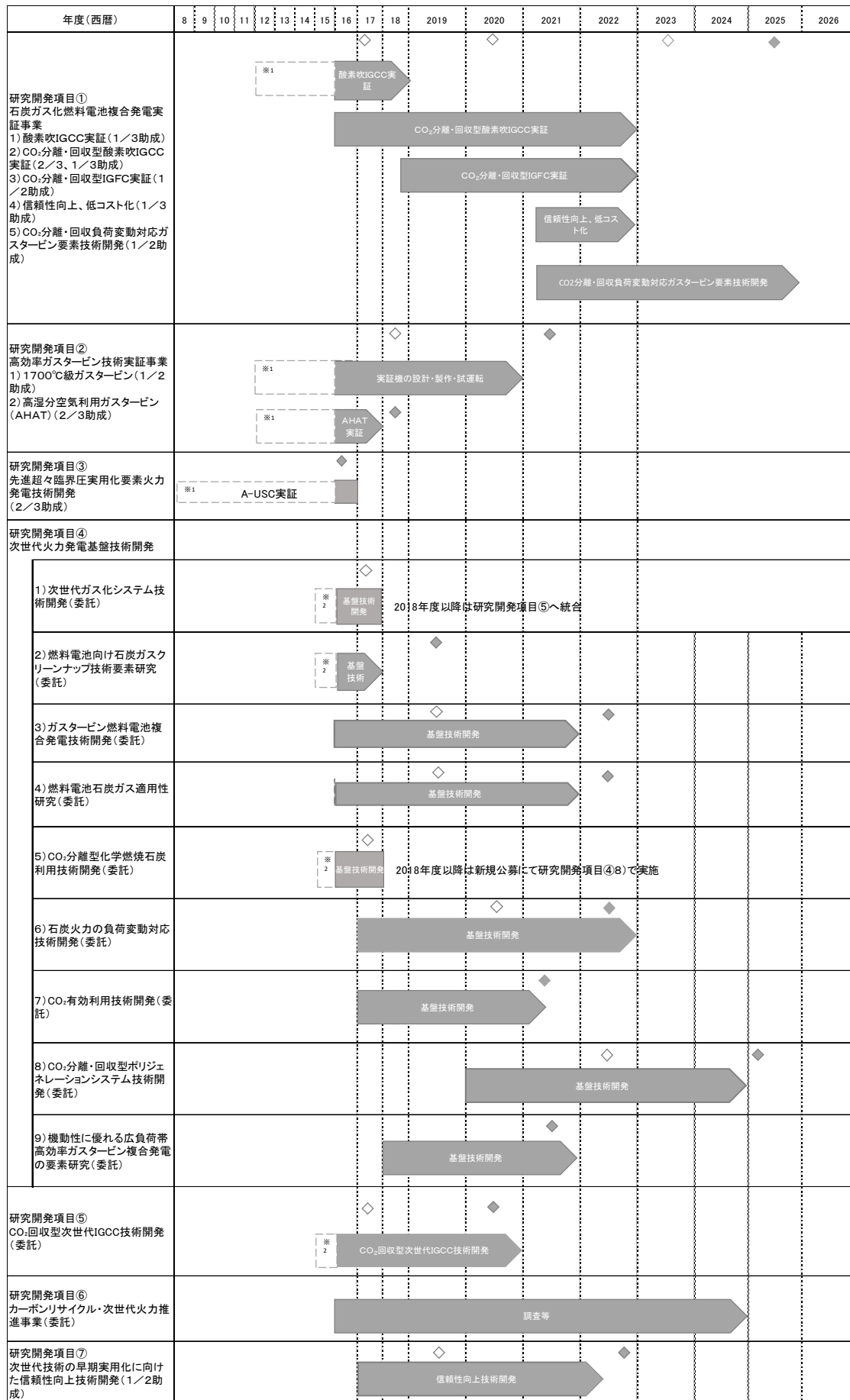
※1)の実施者を公募した後の、1)から2)への移行の可否は、外部有識者で構成される委員会の審査（ステージゲート審査）を経て決定する。

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



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 ₂ 有効利用拠点における技術開発(委託・助成)											◇			◇	
	CO ₂ 有効利用拠点化推進事業														
	研究拠点におけるCO ₂ 有効利用技術開発・実証事業														
研究開発項目⑨ CO ₂ 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 ₂ 利用技術開発(委託・助成)											◇			◇	
	化学品へのCO ₂ 利用技術開発														
2) 液体燃料へのCO ₂ 利用技術開発(委託・助成)											◇			◇	
	液体燃料へのCO ₂ 利用技術開発														
3) 炭酸塩、コンクリート製品・コンクリート構造物へのCO ₂ 利用技術開発(委託・助成)											◇			◇	
	炭酸塩、コンクリート製品・コンクリート構造物へのCO ₂ 利用技術開発														
4) 気体燃料へのCO ₂ 利用技術開発(委託・助成)												◇			◇
	気体燃料へのCO ₂ 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・先導研究、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)															
	セメント不使用フライアッシュ製造技術開発														
	※1														
	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 ₂ 分離・回収技術の研究開発(※3)									◇		◇				◇
1) 先進的二氧化碳固体吸収材実用化研究開発															
	※1 先進的二氧化碳固体吸収材実用化研究開発														
2) 先進的二氧化碳固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究															
	先進的二氧化碳固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究														
3) 二氧化碳分離膜モジュール実用化研究開発															
	※1 二氧化碳分離膜モジュール実用化研究開発														
4) 二氧化碳分離膜システム実用化研究開発															
	二氧化碳分離膜システム実用化研究開発														

※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

年度(西暦)	1982	~	14	15	16	17	18	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
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												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			
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			

2. 分科会公開資料

次ページより、プロジェクト推進部署・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発」
④次世代火力発電基盤技術開発
8) CO₂分離・回収型
ポリジェネレーションシステム技術開発」
(中間評価)
(2020年度～2024年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

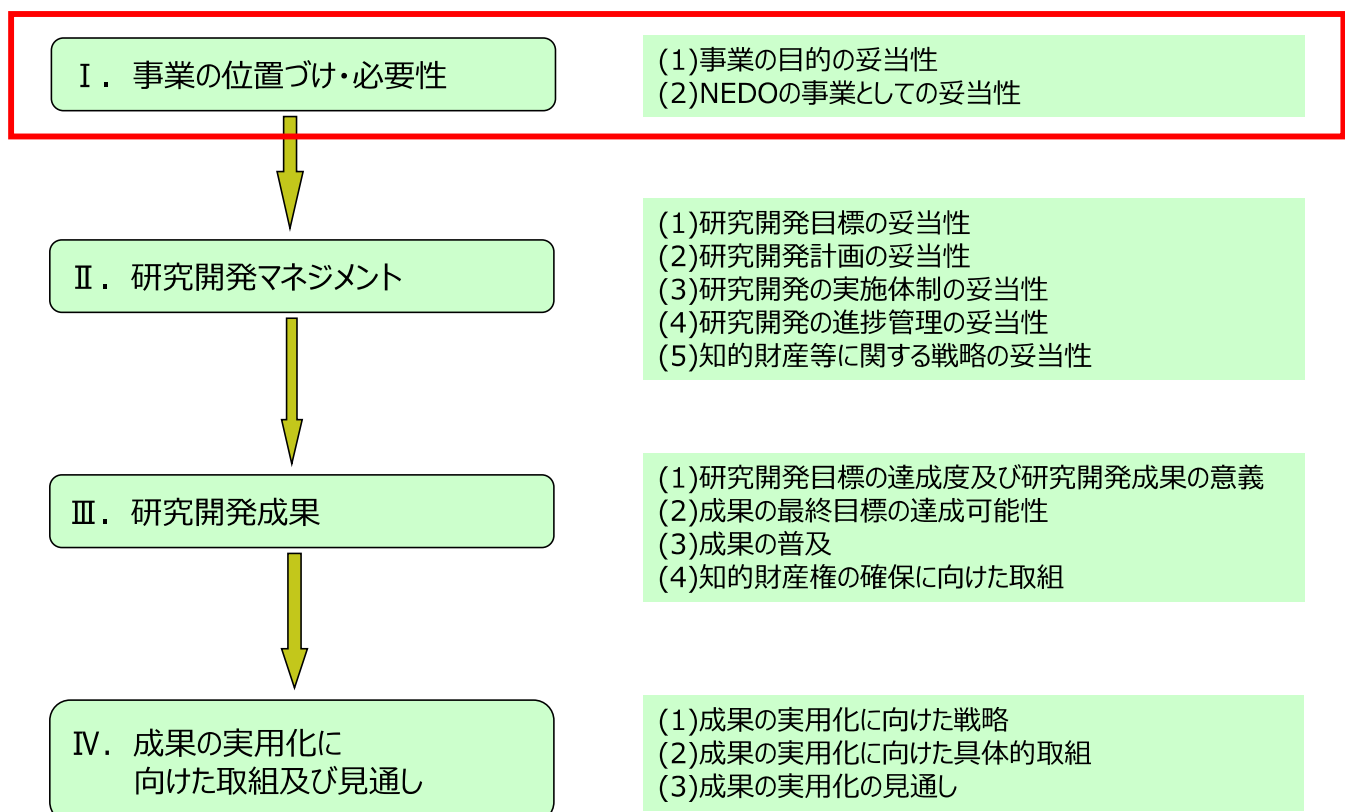
NEDO

環境部

2022年4月27日

0

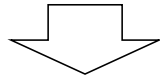
発表内容



◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景

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

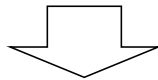


CO₂分離・回収の効率化とコスト低減が必要

事業の目的

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

それに伴うCO₂分離・回収コスト低減



CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステムの確立に向けた技術開発

2

◆政策的背景

■ 次世代火力発電に係る技術ロードマップ[°] (2016年6月 経済産業省)

2030年度以降を見据えた取組に係る技術に関する方針等に以下の記載あり。

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

■ 革新的環境イノベーション戦略 (2020年1月 閣議設定)

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

3

◆技術戦略上の位置付け

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

共通技術

● CO₂分離回収技術

<技術課題>

- 設備・運転コスト及び所要エネルギーの削減
新しい材料(吸収材、吸着材、分離膜)の開発
(選択性、容量、耐久性の向上)
基材の製造コストの低減
- プロセスの最適化(熱、物質、動力等)など
- CO₂排出原、用途に応じた分離回収法の選定
- CO₂発生源と需要・供給先を連携させたカーボンサイクルに適合するCO₂分離回収システムの構築(コプロダクション)
- エネルギー消費とコスト評価手法の明示化、評価基盤確立
- 輸送、貯蔵
- 輸送コストの低減(大量輸送、液化技術)
CO₂需給量の調整・運用機能

<個別技術>

- 化学吸収法(温度差(現行プロセス))
4,000円程度/t-CO₂、所要エネルギー2.5GJ程度/t-CO₂
- 物理吸収法(圧力差(実証段階))
- 固体吸収法(温度差)(研究開発段階)
- 物理吸着法(圧力差・温度差、小スケールでメリット、選択率、容量、耐久性の向上、新材料の開発)
- 膜分離法(圧力差)
- その他、深冷分離法、Direct Air Capture など

<CO₂回収を容易にするためのプロセス技術>

- 酸素富化燃焼・クローズドIGCC
低コスト酸素供給技術の開発
- ケミカルルーピング
低コスト、長寿命の酸素キャリアの開発

<具体的な取組例>

- 低コスト型分離回収技術の開発
- 液体CO₂の船舶輸送の技術の開発

2030年のターゲット

- 低圧ガス用(燃焼排ガス、高炉ガスなど、濃度数%~、常圧程度でのCO₂分離)
2,000円台/t-CO₂
所要エネルギー1.5GJ/t-CO₂
化学吸収法、固体吸収法、物理吸着法など
- 高圧ガス用(化学プロセス、燃料ガスなど、濃度数十%、数MPaでのCO₂分離)
1,000円台/t-CO₂
所要エネルギー0.5GJ/t-CO₂
物理吸収法、膜分離法、物理吸着法など
- その他プロセス全体の見直し(CO₂分離回収機能を備えた発電・化学合成システム)
クローズドIGCC・ケミカルルーピングなど
1,000円台/t-CO₂
所要エネルギー0.5GJ/t-CO₂

<CO₂分離回収システムの構築>

- CO₂排出原および用途に適合した省エネルギー、低コストとなるCO₂分離回収のシステム化
- 10,000時間連続運転の実現(耐久性、信頼性の実証)

<分離素材標準評価技術の確立>

- 評価プロトコル確立による素材開発加速の実現

<CO₂輸送・貯蔵システムの構築>

- CO₂排出原および用途に適合した省エネルギー、低コストとなるCO₂輸送・貯蔵手段の確立
液化(冷却、圧縮)、貯蔵(コンテナ、タンク)、輸送(車両、パイプライン、船舶など)

2040年以降のターゲット

<分離回収実用化>

- 1,000円~数百円/t-CO₂の達成
- CO₂分離回収システムの耐久性、信頼性の向上、小型化
- CO₂発生源と用途先の運用に応じたCO₂分離回収システムの最適化
- CO₂分離回収および輸送システムの本格普及
- CO₂ネットワーク化(回収・輸送・利用インフラ、ハブ&クラスターなど)

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

◆他事業との関係

CO₂分離・回収関連技術の比較

CO₂分離・回収コスト

高

低

化学吸収法

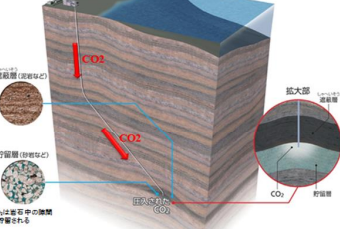


CO₂と液体との化学反応を利用して分離・回収する方法
4200円台/t-CO₂

CO₂貯留技術

CCS概念図

工場等



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

物理吸収法



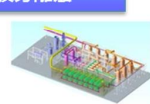
CO₂を液体中に溶解させて分離・回収する方法
2000円台/t-CO₂

固体吸収法



CO₂の固体吸収材を利用して分離・回収する方法
2000円台/t-CO₂

膜分離法



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

酸素-CO₂ガス化炉とクローズドガスタービン
を組み合わせた発電システム
CO₂を分離・回収する工程が不要

燃料を酸素キャリアを用いて分解するシステム
CO₂の分離・回収に対して付加的な設備、
エネルギー投入が不要

<2015~2020年度に実施>
クローズドIGCC

<2015~2017年度に実施>
ケミカルルーピング

2020年度頃

2030年度頃

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

◆他事業との関係

技術的に関連のある事業は下表の2つ。

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
研究開発項目④ 次世代火力発電 基盤技術開発											
5) CO ₂ 分離型 化学燃焼石炭利 用技術開発	※	石炭、水素併産なし ケミカル ルーピング									
8) CO ₂ 分離・ 回収型ポリジェ ネレーションシ ステム技術開発											
研究開発項目⑤ CO ₂ 回収型次世代 IGCC技術開発	※										
		石炭、化学合成なし									

※ NEDOゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクトにて実施

NEDO「カーボンサイクル・次世代火力発電等技術開発」事業より抜粋

追加される技術要素
・燃料の多様化
・有価物の併産

ポリジェネレーションシステム

多様な燃料を利用するCO₂回収型
ポリジェネレーションシステム基盤技術開発

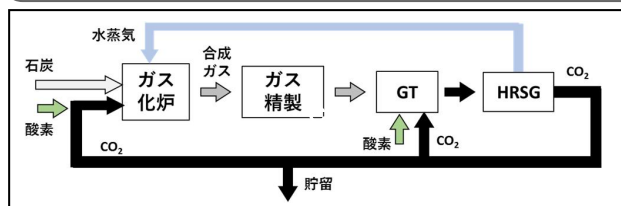
クローズドIGCC

◆本事業の経緯

■CO₂回収型次世代IGCC技術開発 (2015～2020年度)

<概要>

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



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

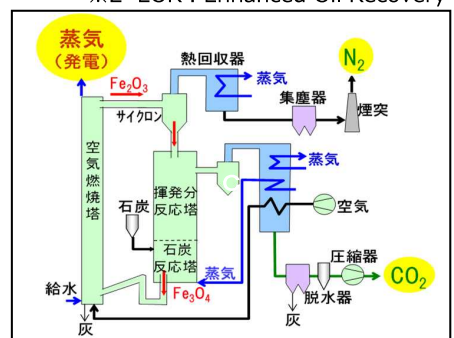
- [追加技術要素]
- ・燃料多様化 (廃棄物等)
 - ・化学合成

■CO₂分離型化学燃焼石炭利用技術開発 (2015～2017年度)

<概要>

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

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



- [追加技術要素]
- ・バイオマス燃料
 - ・水素生成

CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発 (本事業) を開始

◆ 本事業の概要

■ CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステムの特徴

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

■ 事業内容

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

◆ 国内外の研究開発の動向と比較 (その1)

【石炭から化学合成・発電の例】

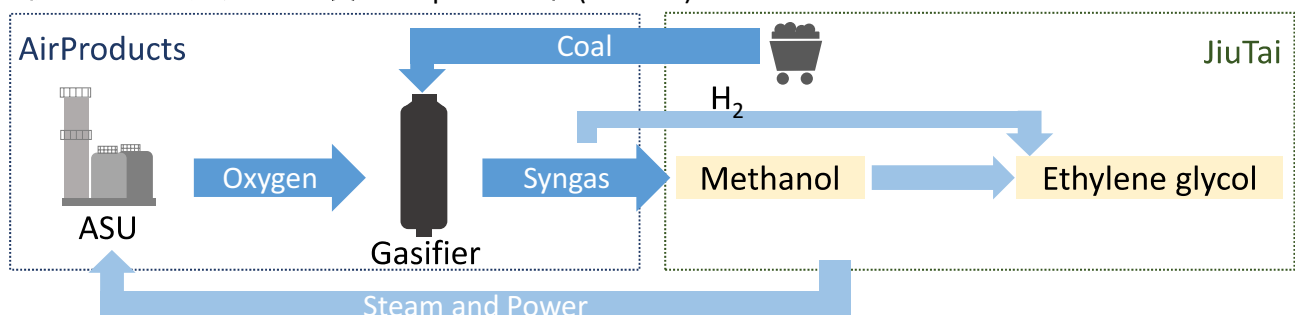
- ・メタノールや液化油等を主に製造し、発電しても所内電力として消費。
- ・古くから使われている技術であるが、近年、中国で急速に増加。
- ・最近の例
Dalian, 石炭3,000t/日, 水素製造, 2019年運開
Rongxin, 石炭4,000t/日, メタノール製造, 2019年運開
Hohhot, 石炭4,000t/日, エチレングリコール製造, 2022年運開予定

<比較>

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

※ 化学合成の知見は活用可能。

<例>エチレングリコール製造Air products社(Hohhot)



Geoff Achilles, GSTC (2019).の図を参考に作成

◆国内外の研究開発の動向と比較 (その2)

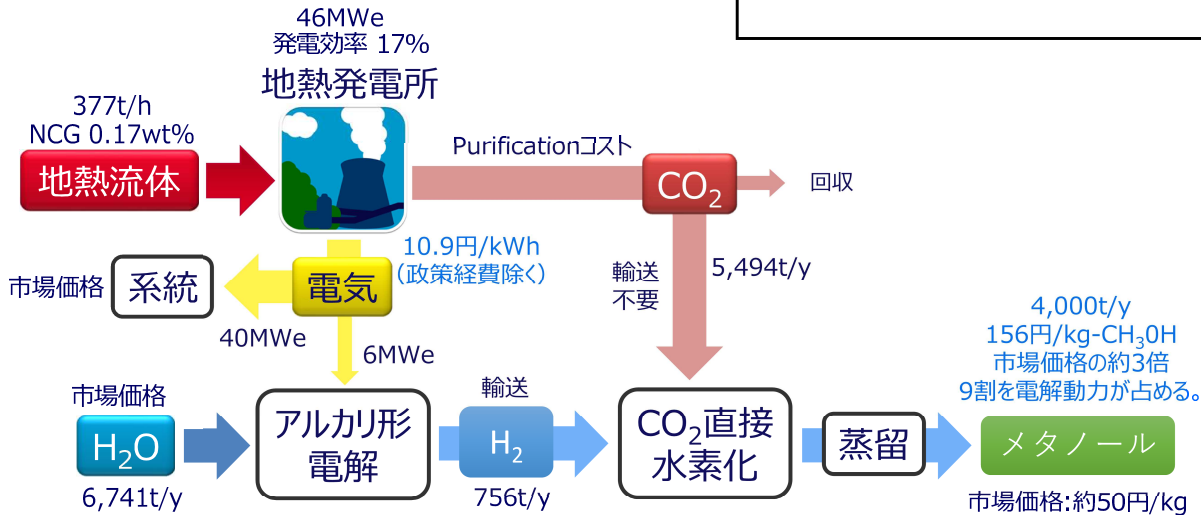
【再生エネを利用したポリジェネレーションの例】

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

<比較>

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

ポリジェネレーションシステム技術事例(CRI)



Paul Wuebben., Industrial Scale Conversion of CO₂-to-Methanol: The Commercial Rational for Renewable Methanol., 8th Carbon Dioxide Utilization Summit, February 2017 などを基に作成

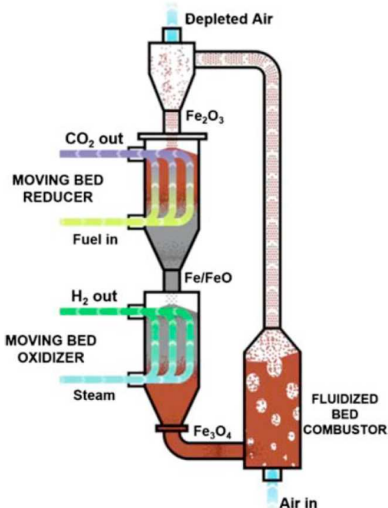
◆国内外の研究開発の動向と比較 (その3)

【水素併産ケミカルループ燃焼 (CLC) の例】

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

<比較 本NEDO事業では...>

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



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

【その他の類似プロセスの開発動向】

[台湾/ITRI]

3塔式移動層反応器、酸素キャリアに酸化鉄系球形粒子を用いてメタンを反応。

[韓国/KAIST, KIERなど]

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

[中国/西南大]

酸素キャリアとして鉄系以外でNi系粒子を提案。

⇒ 継続して開発動向を注視

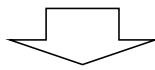
ガス燃料を用いたケミカルループ水素製造250kW_{th}装置

kW_{th} (kilowatt thermal): 熱発生設備の規模を表す単位。1時間に1kWhの熱を発生する場合、1kW_{th}と表記。

◆NEDOが関与する意義

CO₂分離・回収型のポリジェネレーションシステム技術の開発

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



NEDOが持つ知識、実績を活かして推進すべき事業

◆実施の効果 (費用対効果)

【投資コストと効果】

本事業実施の費用対効果より、事業の妥当性を確認

プロジェクト費用の総額
24億円
(2020-2024年度)



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

【効果①】

〈併産有価物〉
250 ~ 810億円/年

[算出根拠]

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

【効果②】

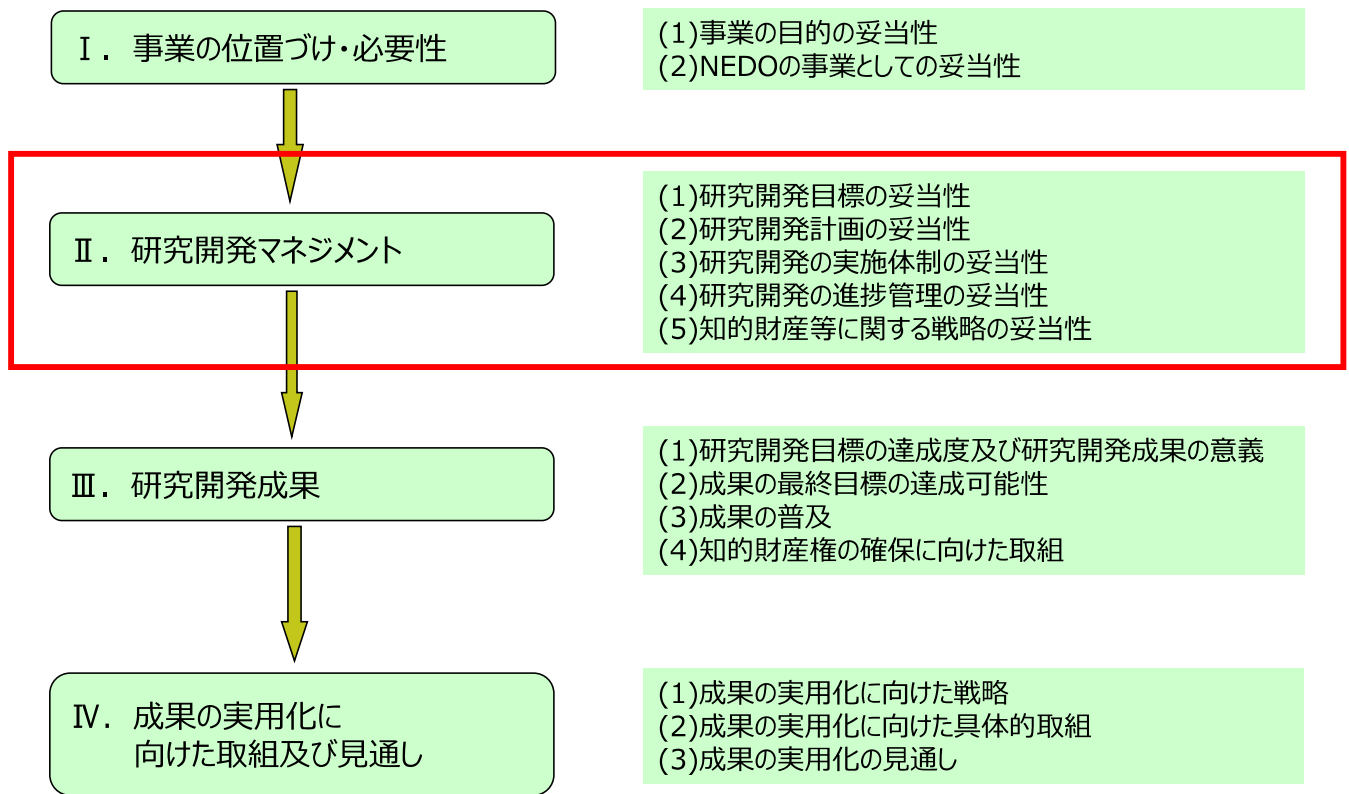
〈CO₂排出削減に係るコストダウン〉
160億円/年

[算出根拠]

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

【CO₂削減効果】

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



2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 関連事業における事後評価結果の反映

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

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

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

事後評価における評価委員からの指摘、提案事項とその対応

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

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

◆事業の目標

中間目標 (2022年度)

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

最終目標 (2024年度)

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

【目標設定根拠】

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

◆研究開発目標と根拠

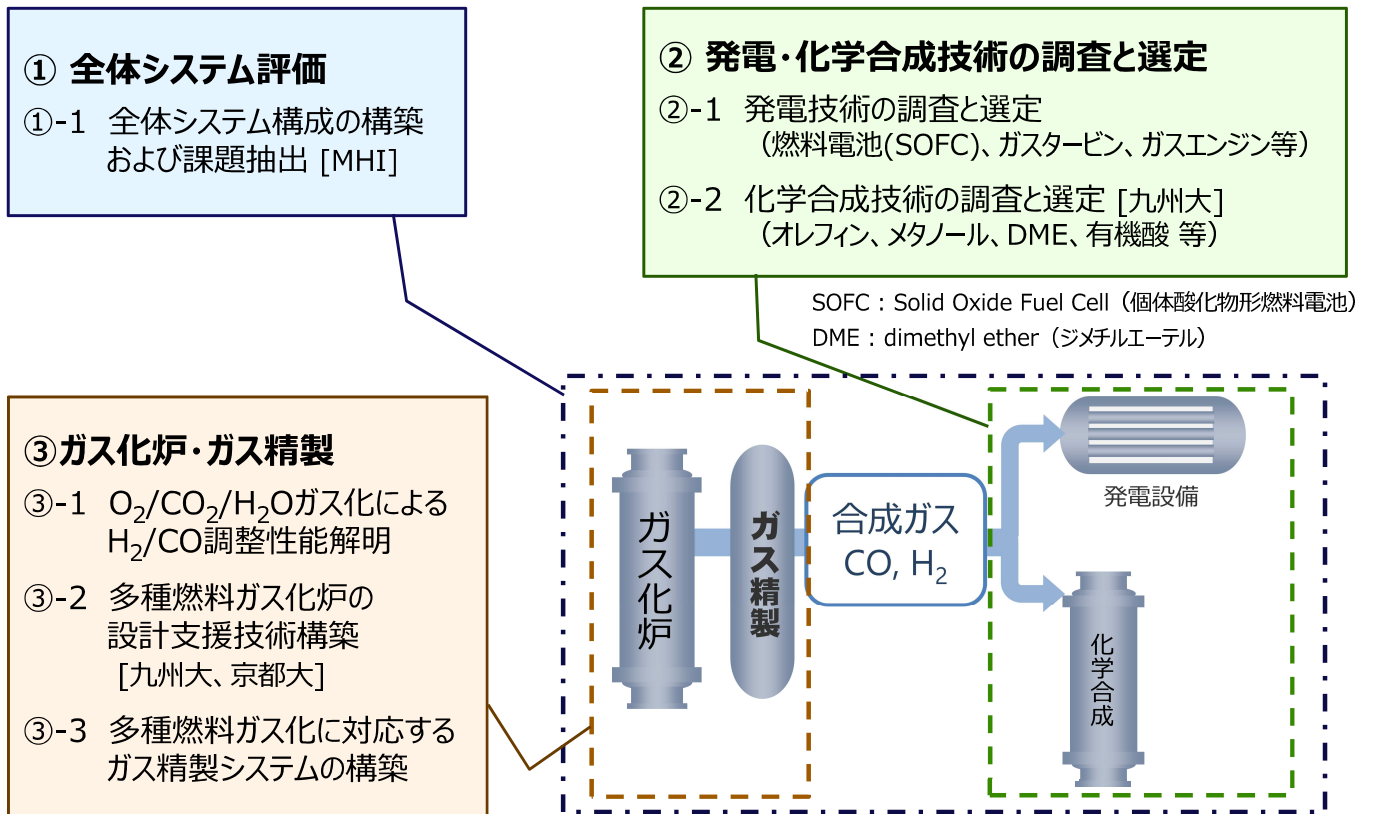
✓ CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステムを構築可能な技術は以下の2つ。

「噴流床ガス化技術」と「流動床ガス化燃焼技術」

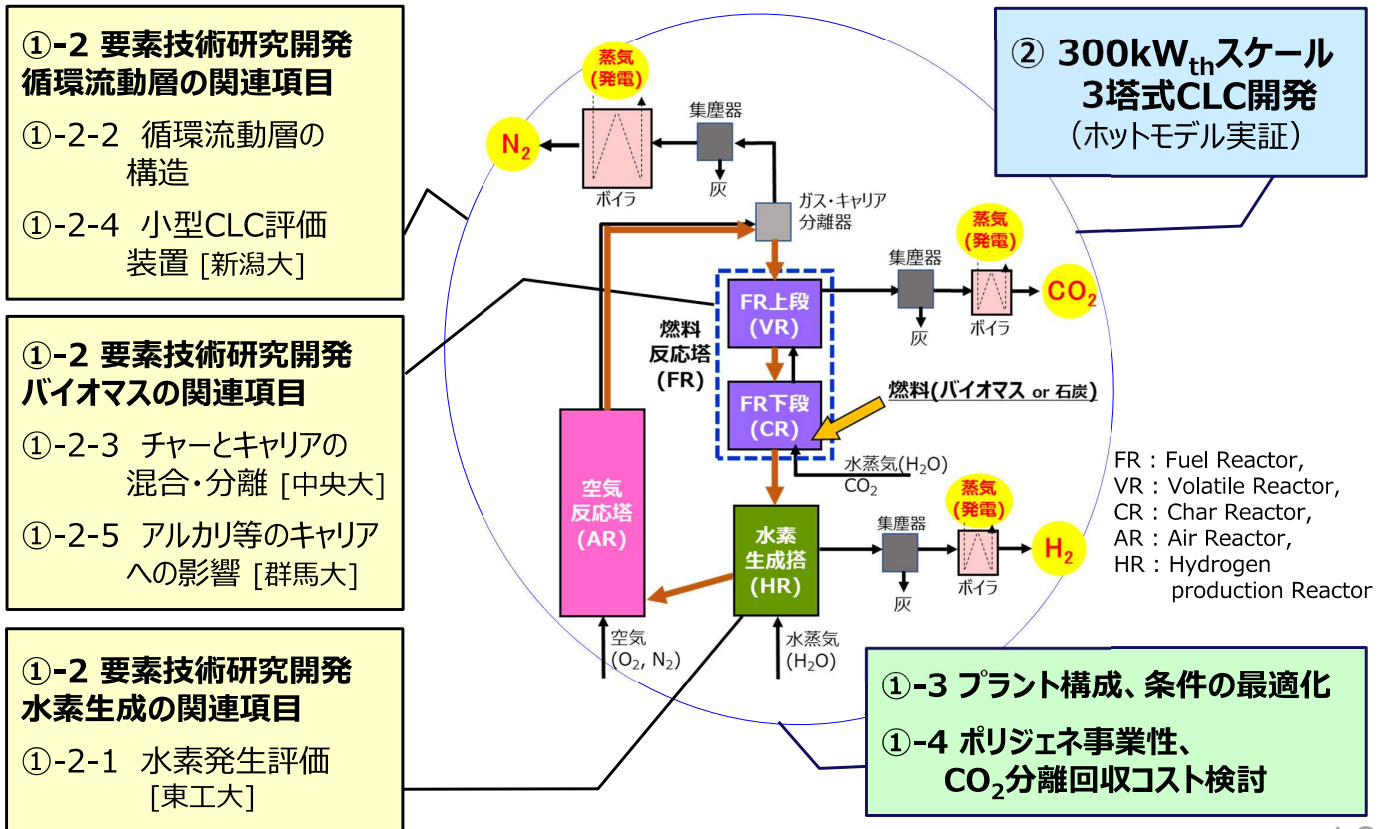
⇒ 両技術に対する研究開発を、2つの個別のテーマとして並行して推進。

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

◆個別テーマにおける研究開発項目 (噴流床：多様な燃料)



◆個別テーマにおける研究開発項目 (流動床：CLC)



2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆研究開発項目毎の目標一覧 (噴流床：多様な燃料)

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

20

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆研究開発項目毎の目標一覧 (流動床：CLC)

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

21

◆研究開発のスケジュール

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

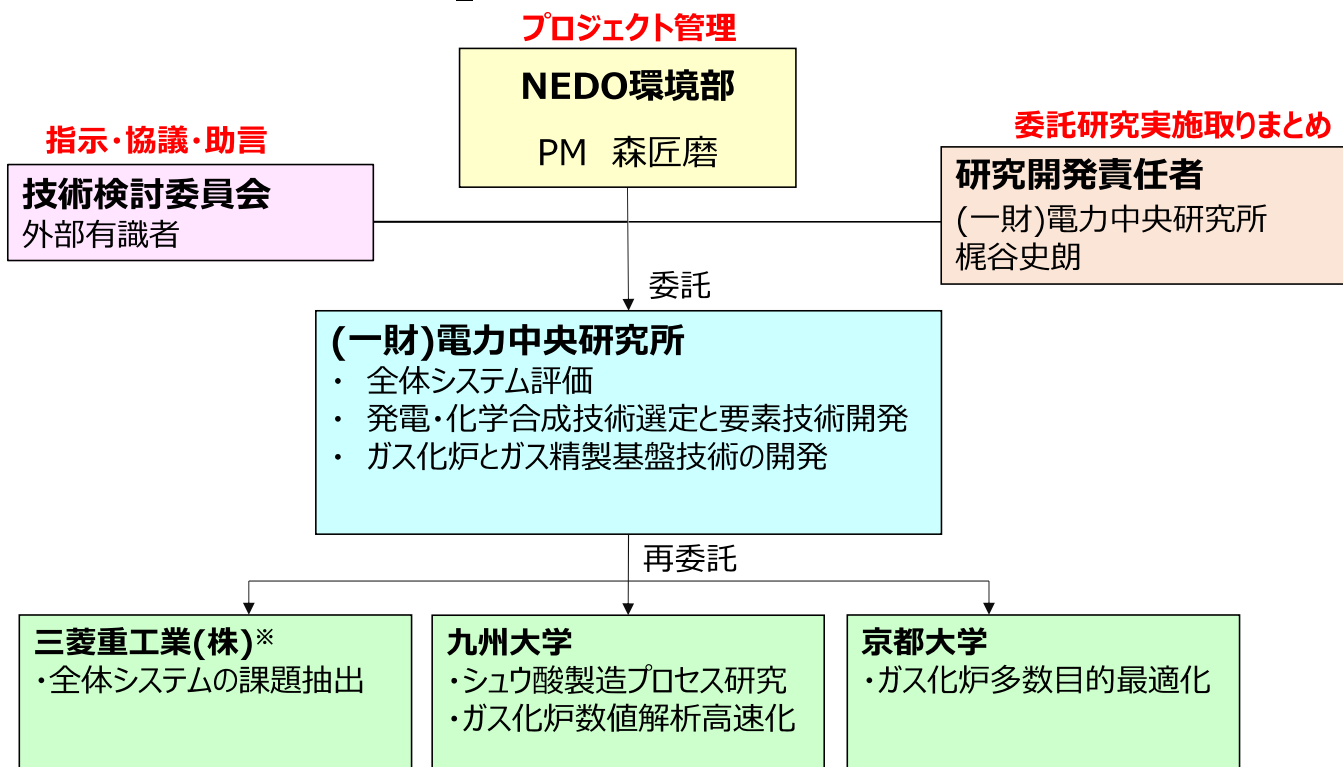
◆プロジェクト費用

(単位：百万円)

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

◆ 研究開発の実施体制 (噴流床：多様な燃料)

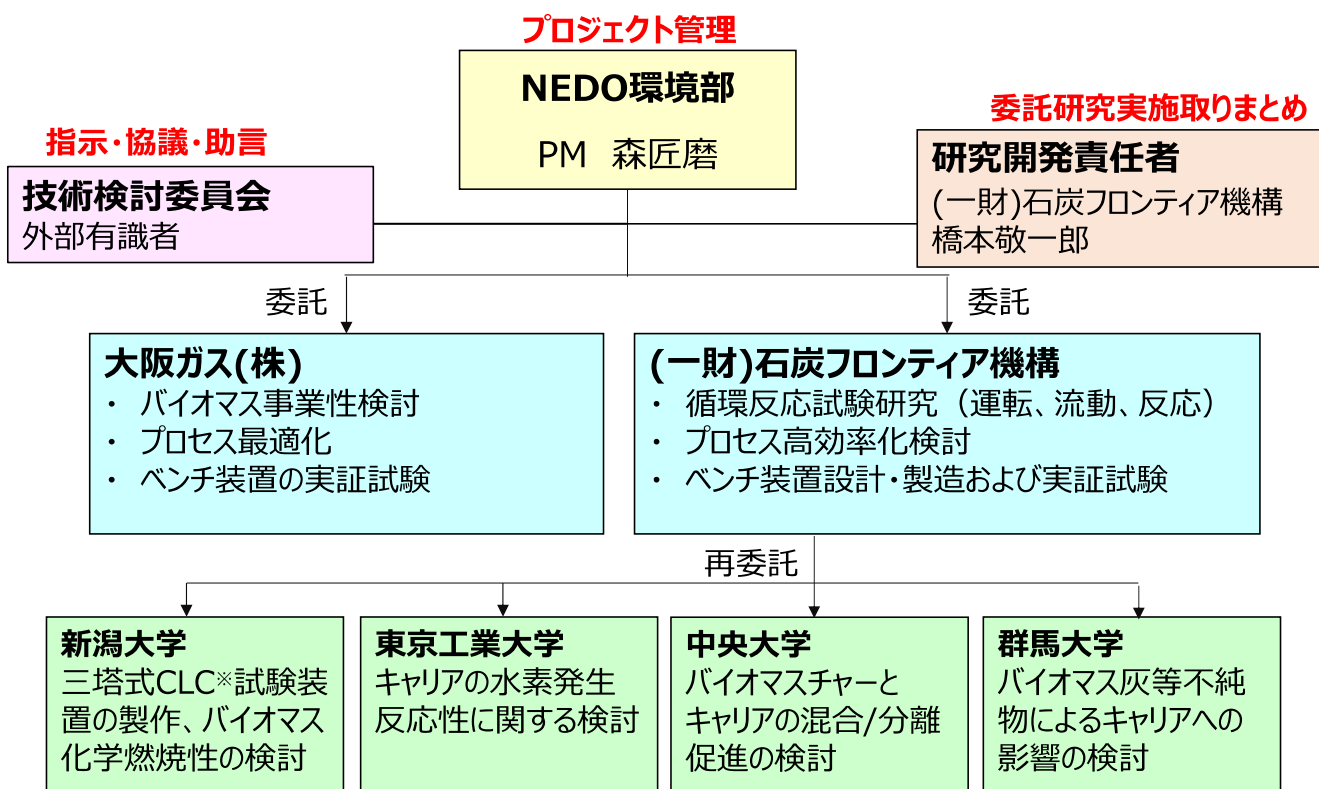
● 多様な燃料を利用するCO₂回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発



※ 2021年10月、三菱パワー(株)から社名変更

◆ 研究開発の実施体制 (流動床：CLC)

● ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発



※ CLC : Chemical Looping Combustion

◆ 研究開発の進捗管理

PMによる進捗管理

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

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

研究開発責任者による進捗管理

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

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

※1 多様な燃料を利用するCO₂回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発
 ※2 ケミカルループ燃焼ポリジェネレーション技術開発

26

◆ 動向・情勢の把握と対応

- 2020年10月 2050年カーボンニュートラルの実現を目指す宣言
- 2020年12月 経済産業省にて2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略を策定
- 2021年6月 経済産業省にて2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略を更に具体化

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

◆ 情勢の変化に応じた対応方針

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

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

27

◆知的財産権等に関する戦略

【基本戦略】

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

【権利化のキーワード（注力分野）】

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

28

◆知的財産管理

✓ 知的財産権の帰属及び取扱い方法について文書化して管理

知的財産権の帰属

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

知財マネジメント基本方針（「NEDO知財方針」）に関する事項

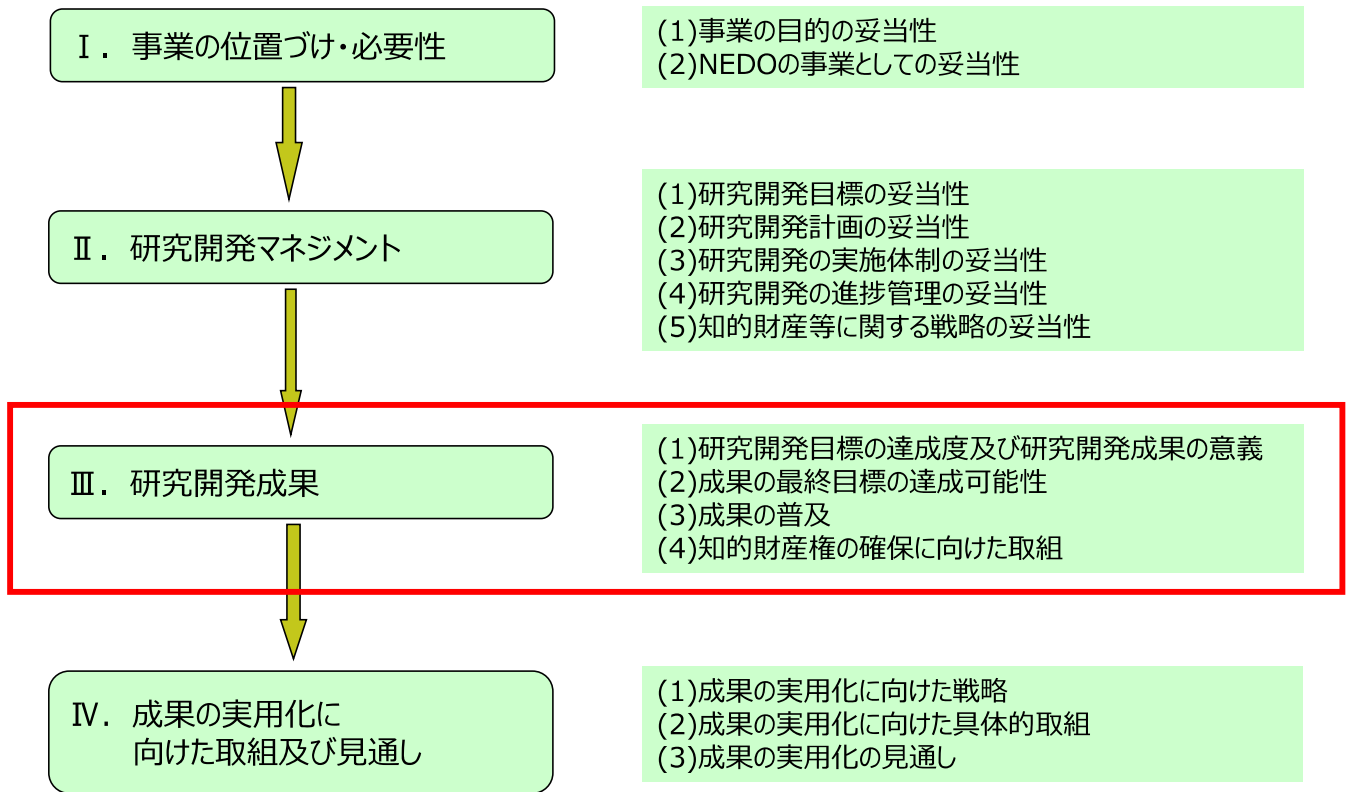
NEDO知財方針に記載された「全実施機関で構成する知財運営委員会（又は同機能）」を整備し、「知財の取扱いに関する合意書」を作成済み。

データマネジメントに係る基本方針（NEDOデータ方針）に関する事項

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

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

29



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

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

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

◆研究開発項目毎の中間目標と達成状況 (噴流床：多様な燃料_1)

研究開発項目	目標 (中間)	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①「全体システム評価」 ①-1. 全体システム構成の構築および課題抽出	CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を実現するために必要なシステム構成を構築し、技術課題を抽出する。	<ul style="list-style-type: none"> 他の項目の検討結果を基に、メタノール合成と発電のポリジェネレーションシステムを構成した、コスト試算等を行った。 システム構成や性能計算をリバイスし、CO₂回収コスト1,000円台/t-CO₂を実現するために必要なシステムを構築し、技術課題を抽出できる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	他の項目の成果を踏まえたシステムのリバイス
②「発電・化学合成技術の調査と選定」 ②-1. 発電技術の調査と選定	複数の発電機器について、全体システムの効率評価に必要な知見を整備する。	<ul style="list-style-type: none"> ガスエンジン、ガスタービンについて、外部情報を収集し、効率評価に必要な知見が整備できる見込み。 SOFCCについては、文献値を用いて効率を試算する。 	△ (2023年3月達成予定)	需給調整を考慮した効率評価に必要な知見の整備

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆研究開発項目毎の中間目標と達成状況 (噴流床：多様な燃料_2)

研究開発項目	目標 (中間)	成果	達成度	今後の課題と解決方針
②-2. 化学合成技術の調査と選定	<ul style="list-style-type: none"> 需要等を基に化学合成対象を選定し、性能評価に必要な情報を整備する。 シュウ酸合成工程のうち、ギ酸ソーダ合成、シュウ酸ソーダ合成で各収率が最大となる反応条件を見出す。 	<ul style="list-style-type: none"> 需要等の観点からメタノールを選定し、性能評価に必要な情報を文献値やプロセスシミュレータによる計算で整備した。 CO₂回収コスト低減効果が高いメタノールとは異なる物質を対象に、同様の情報を整備できる見込み。 各種実験を開始し、複数の条件で高収率を得ており、さらに実験を繰り返すことで、収率が最大となる条件を見出せる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> CO₂回収コスト低減効果が高いと想定される製品の選定と性能評価データ整備 シュウ酸製造に関する実験データ取得
③「H ₂ /CO調整型多種燃料ガス化炉とガス精製の基盤技術開発」 ③-1. O ₂ /CO ₂ /H ₂ Oガス化によるH ₂ /CO調整性能解明	<ul style="list-style-type: none"> 3TPD炉とリダクタ炉を用いて石炭とプラスチックの共ガス化の基本特性を明らかとする。 3TPD炉に廃棄物供給設備を追設し、共ガス化とH₂/CO調整性能解明に必要な運転方法を確立する。 	<ul style="list-style-type: none"> 3TPD炉の試験によりコンバスタ、リダクタ、それぞれにプラスチックを投入した場合の基本性能の取得を完了した。 3TPD炉の廃棄物供給設備の設計を完了した。所期の設備を導入し、石炭と廃棄物の共ガス化を評価可能な体制を確立できる見込み。 リダクタ炉の試験により、石炭とプラスチックの共ガス化における各種条件がタール生成に与える影響に関する実験データを整備できる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> 3TPD炉への廃棄物供給設備の追設と運転方法の確立 リダクタ炉による共ガス化時のタール生成挙動データ取得

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆研究開発項目毎の中間目標と達成状況 (噴流床 : 多様な燃料_3)

研究開発項目	目標 (中間)	成果	達成度	今後の課題と解決方針
③-2. 多種燃料ガス化炉の設計支援技術構築	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス化反応実験を通して、石炭に廃プラスチックを混合することで現れる既往のモデル予測との差異を明らかにする。 ・詳細な数値解析により運転条件が合成ガス組成等に及ぼす影響を評価するとともに、1種類の炉形状で多目的最適化計算を実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・廃プラスチック(RPF)の単独のガス化反応実験を行った。今後、石炭と廃プラスチックの混合時の現象を既往のモデル予測と比較できる見込み。 ・既往のモデルを用いて詳細な数値解析により種々の運転条件が合成ガス組成に及ぼす影響を評価できる見込み。 ・多目的最適化計算に必要な高速化が一部完了しており、今後、最適化ツールに反映できる見込み。 	△ (2023年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> ・石炭と廃プラスチックを混合したガス化反応実験 ・水蒸気中入量等の運転条件変化の評価
③-3. 多種燃料ガス化に対応するガス精製システムの構築	本技術に適するガス精製システム構成の一次案を構築する。	・3TPD炉の生成ガスを対象とした微量物質成分調査と、廃棄物を用いる場合に特に重要となる塩素除去プロセスの基礎データを取得中であり、これらの知見の蓄積から、ガス精製システム構成の一次案を構築できる見込み。	△ (2023年3月達成予定)	個別の不純物の除去性能評価

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆研究開発項目毎の中間目標と達成状況 (流動床 : CLC_1)

研究開発項目	目標 (中間)	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①-2-1 キャリアの水素生成反応性に関する検討	キャリアの水素生成速度と酸化還元反応の繰り返し安定性の評価に基づき、天然鉱石と人工粒子から候補キャリア及び水素生成流動層条件の絞り込みを行う。	キャリアの水素生成速度と酸化還元反応の繰り返し安定性の評価に関する反応データを取得。	△ (2023年3月達成予定)	キャリア絞り込みと水素生成流動層条件の選定
①-2-2 循環流動層のキャリア循環/流動/及び最適装置構造の検討	キャリア循環量制御方法案を立案する。水素生成塔から燃料反応塔への水素リーク量を把握し、リーク量が問題となるとみられる場合は低減方法を立案する。	大型コールドモデルを建設、運転することで、搬送空気とキャリア循環量の相関関係及び水素リーク量を定量的に把握。	△ (2023年3月達成予定)	水素リーク量低減 (シール改良)
①-2-3 バイオマスチャーとキャリアの混合/分離促進の検討	バイオマスチャーとキャリアの分離促進を行う操作条件を明らかにする。	バイオマスチャーの混合・分離促進に関する基礎実験を実施し、流動層内にバッフル板を設置することで混合促進の効果が得られることを確認。	△ (2023年3月達成予定)	バッフル板の形状と配置の検討
①-2-4 石炭・バイオマス化学燃焼性や水素製造の検証	3塔式CLCによる水素、CO ₂ 同時生産のコンセプトが実証できる操作条件を見出す。	3塔式CLC小型実験装置を設計・製作。灯油を燃料に用いた試験運転により水素、CO ₂ 同時生成を確認。	△ (2023年3月達成予定)	燃料 (バイオマス、石炭) に応じた操作条件の探索

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆研究開発項目毎の中間目標と達成状況 (流動床 : CLC_2)

研究開発項目	目標 (中間)	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①-2-5 バイオマス灰等不純物によるキャリアへの影響の検討	アルカリ金属がキャリア特性に及ぼす影響を解明するとともに、耐久性向上方法を検討する。	小型試験装置を用いた確認試験により、 アルカリ金属がキャリア特性に対して負の影響を及ぼさないことを確認。	△ (2023年3月達成予定)	カリウムの作用によるキャリア劣化抑制への活用を検討
①-3 プラント構成、条件の最適化	2022年8月までにCO ₂ 分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を満たすプロセス構成及び操作条件を見出す。	<ul style="list-style-type: none"> プロセスシミュレーター上で計算モデルを構築。 バイオマス20MW_{th}、亜瀝青炭250MW_{th}の各ケースにおける熱物質収支を検討。 	△ (2022年8月達成予定)	1-②成果を反映したプロセス改良
①-4 ポリジェネレーション事業性、CO ₂ 分離回収コスト検討	2021年度までに構築した暫定的な経済性評価モデルにおいて、研究開発項目①-2、及び①-3の成果を使ってCO ₂ 分離・回収コストのコスト推算の精緻化を行う。	暫定的な 経済性評価モデルを構築 して、運転性能とCO ₂ 分離・回収コストの相関関係を確認する態勢を整えた。	△ (2023年3月達成予定)	評価モデル改良等によるコスト推算精度の向上
② 300kW _{th} スケール3塔式CLC開発	2022年8月までに300kW _{th} ベンチ試験装置の詳細設計を完了させる。	300kW _{th} ベンチ試験装置の設計仕様と設計要件を明らかにし、詳細設計を実施できる態勢を整えた。	△ (2022年8月達成予定)	開発成果の詳細設計への反映

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆成果の最終目標の達成可能性

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

◆ 成果の最終目標の達成可能性 (噴流床：多様な燃料_1)

研究開発項目	現状	最終目標 (2024年度末)	達成見通し
①「全体システム評価」 ①-1. 全体システム構成の構築および課題抽出	第一案のシステム構成を構築し、現実的な建設コストの範囲内で、CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ が実現可能な見込みを取得。いくつかの技術的課題も抽出済み。	CO ₂ 回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を実現するシステムの効率や経済性を評価し、実用化に必要な技術的課題を抽出する。	2023~2024年度に、他の項目で得られる成果を反映して、全体システムを更新し、性能を解析・評価することで達成できる見通し。
②「発電・化学合成技術の調査と選定」 ②-1. 発電技術の調査と選定	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスエンジン、ガスタービンについて、外部情報を収集し、効率評価に必要な知見が整備される見込み。 ・SOFCについては、文献値を用いて効率を試算する。 	需給調整能力が高く、本システムに適する発電技術の選定と性能評価を行う。	(本システムに適するSOFC/SOECの性能評価試験を行えば、適正な評価が可能)
②-2. 化学合成技術の調査と選定	<ul style="list-style-type: none"> ・メタノールを対象にシステム評価に必要な情報を整備した。 ・シュウ酸合成プロセス評価に必要な情報を実験により蓄積中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・システム評価に必要な化学合成の各種情報を整備する。 ・CO₂回収コスト低減効果が高いシュウ酸の合成プロセスを構築する。 	情報収集および実験は順調に進んでおり、2022年度~2024年度まで継続することにより達成できる見通し。

◆ 成果の最終目標の達成可能性 (噴流床：多様な燃料_2)

研究開発項目	現状	最終目標 (2024年度末)	達成見通し
③「H ₂ /CO調整型多種燃料ガス化炉とガス精製の基盤技術開発」 ③-1. O ₂ /CO ₂ /H ₂ Oガス化によるH ₂ /CO調整性能解明	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物模擬試料としてプラスチックを石炭と共ガス化した場合の基本性能を取得完了。 ・3TPD炉の廃棄物供給設備の設計を完了し、建設準備中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・石炭と廃棄物の混合燃料へO₂/CO₂/H₂O噴流床ガス化技術の適用性検証を行うとともに、合成ガス(生成ガス)中H₂/CO比の調整性能を明らかにする。 	廃棄物供給設備の建設完了後、石炭と廃棄物の共ガス化試験を行うことで、達成できる見通し。
③-2. 多種燃料ガス化炉の設計支援技術構築	<ul style="list-style-type: none"> ・廃プラスチックの例としてRPFの単独の反応実験を完了した。 ・詳細な数値解析、多目的最適化のツールを整備している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・石炭、廃プラ、バイオマスの3種の混合ガス化に適用可能な反応モデルの構築または選定。 ・石炭、廃プラ、バイオマスの3種の混合ガス化に適用可能な詳細数値解析ツールの構築と、多目的最適化計算ツールの構築。 	<ul style="list-style-type: none"> ・最も難易度が高い廃プラの反応実験が完了。混合ガス化等の実験を継続することで達成できる見通し。 ・各種数値解析ツールを整備中。反応モデルが選定または構築されれば達成できる見通し。
③-3. 多種燃料ガス化に対応するガス精製システムの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス精製システム構成の一次案構築のために微量物質成分調査と、塩素除去プロセスの基礎データを取得中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・本ポリジェネレーションシステムに対応するガス精製のシステム構成を構築し、運用特性を評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎データを蓄積することで、全体システム評価と連携し、各種条件を評価、適切な構成を構築、運用特性を評価できる見通し。

◆ 成果の最終目標の達成可能性 (流動床 : CLC_1)

研究開発項目	現状	最終目標 (2024年度末)	達成見通し
①-2-1 キャリアの水素生成反応性に関する検討	キャリアの水素生成速度と酸化還元反応の繰り返し安定性の評価に関する反応データを取得。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および水素反応器の最適操作条件の確立。	項目①-2、①-3、①-4、および②の各研究成果をPDCAサイクルの中で連携させ、着実に成果を積み上げる方法を継続することにより、新たな課題が出現した場合も大きな開発障害になる前に対策を打つ体制が構築されており、最終目標は達成できる見通し。
①-2-2 循環流動層のキャリア循環/流動/及び最適装置構造の検討	大型コールドモデルを建設、運転することで、搬送空気とキャリア循環量の相関関係及び水素リーク量を定量的に把握。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた3塔式循環流動制御方法の確立。	
①-2-3 バイオマスチャーとキャリアの混合/分離促進の検討	バイオマスチャーの混合・分離促進に関する基礎実験を実施し、流動層内にバッフル板を設置することで混合促進の効果が得られることを確認。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた混合・分離機器設置条件の確立。	
①-2-4 石炭・バイオマス化学燃焼性や水素製造の検証	3塔式CLC小型実験装置を設計・製作。灯油を燃料に用いた試験運転により水素、CO ₂ 同時生成を確認。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けた固体燃料利用方法の確立。	

40

◆ 成果の最終目標の達成可能性 (流動床 : CLC_2)

研究開発項目	現状	最終目標 (2024年度末)	達成見通し
①-2-5 バイオマス灰等不純物によるキャリアへの影響の検討	小型試験装置を用いた確認試験により、アルカリ金属がキャリア特性に対して負の影響を及ぼさないことを確認。	300kW _{th} 試験装置の改良設計及び試験結果のフィードバックに基づく検討の実施、および実機に向けたタール、アルカリ、硫黄等の影響減少方法を確立。	項目①-2、①-3、①-4、および②の各研究成果をPDCAサイクルの中で連携させ、着実に成果を積み上げる方法を継続することにより、新たな課題が出現した場合も大きな開発障害になる前に対策を打つ体制が構築されており、最終目標は達成できる見通し。
①-3 プラント構成、条件の最適化	<ul style="list-style-type: none"> プロセスシミュレーター上で計算モデルを構築。 バイオマス20MW_{th}、亜歴青炭250MW_{th}の各ケースにおける熱物質収支を検討。 	CO ₂ 分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を満たす実機に向けたプロセスの構成と条件の最適化。	
①-4 ポリジェネレーション事業性、CO ₂ 分離回収コスト検討	暫定的な経済性評価モデルを構築して、運転性能とCO ₂ 分離・回収コストの相関関係を確認する態勢を整えた。	CO ₂ 分離・回収型ポリジェネレーションシステムにより分離・回収コスト1,000円台/t-CO ₂ を見通せる火力発電設備の設計技術の確立および経済性を評価する。	上記に加えて、CFBC※建設実績の豊富なメーカーを2022年度中に体制に入れ、開発力を強化する。
② 300kW _{th} スケール3塔式CLC開発	300kW _{th} ベンチ試験装置の設計仕様と設計要件を明らかにし、詳細設計を実施できる態勢を整えた。	300kW _{th} 試験装置において目標仕様達成を実証する。スケールアップ設計に必要なデータ収集を完了する。	

◆成果の普及 (1)

桃色塗り：多様な燃料 水色塗り：CLC

	2020年度		2021年度		2022年度		2023年度		2024年度		計	
論文	0		2		-		-		-		2	
	0	0	0	2	-	-	-	-	-	-	0	2
研究発表・講演	0		16		-		-		-		16	
	0	0	10	6	-	-	-	-	-	-	10	6
受賞実績	0		1*		-		-		-		1	
	0	0	1*	0	-	-	-	-	-	-	1	0
新聞・雑誌等への掲載	4		9		-		-		-		13	
	0	4	3	6	-	-	-	-	-	-	3	10

* 電力中央研究所 所内（理事長表彰）

※ 2022年3月29日現在

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

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

◆成果の普及 (2)

本事業に関する新聞・雑誌等への情報発信の実績（2021年度）

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

桃色塗り：多様な燃料
水色塗り：CLC



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

他、論文や外部発表のリストについては、事業原簿を参照。

◆ 知的財産権の確保に向けた取組

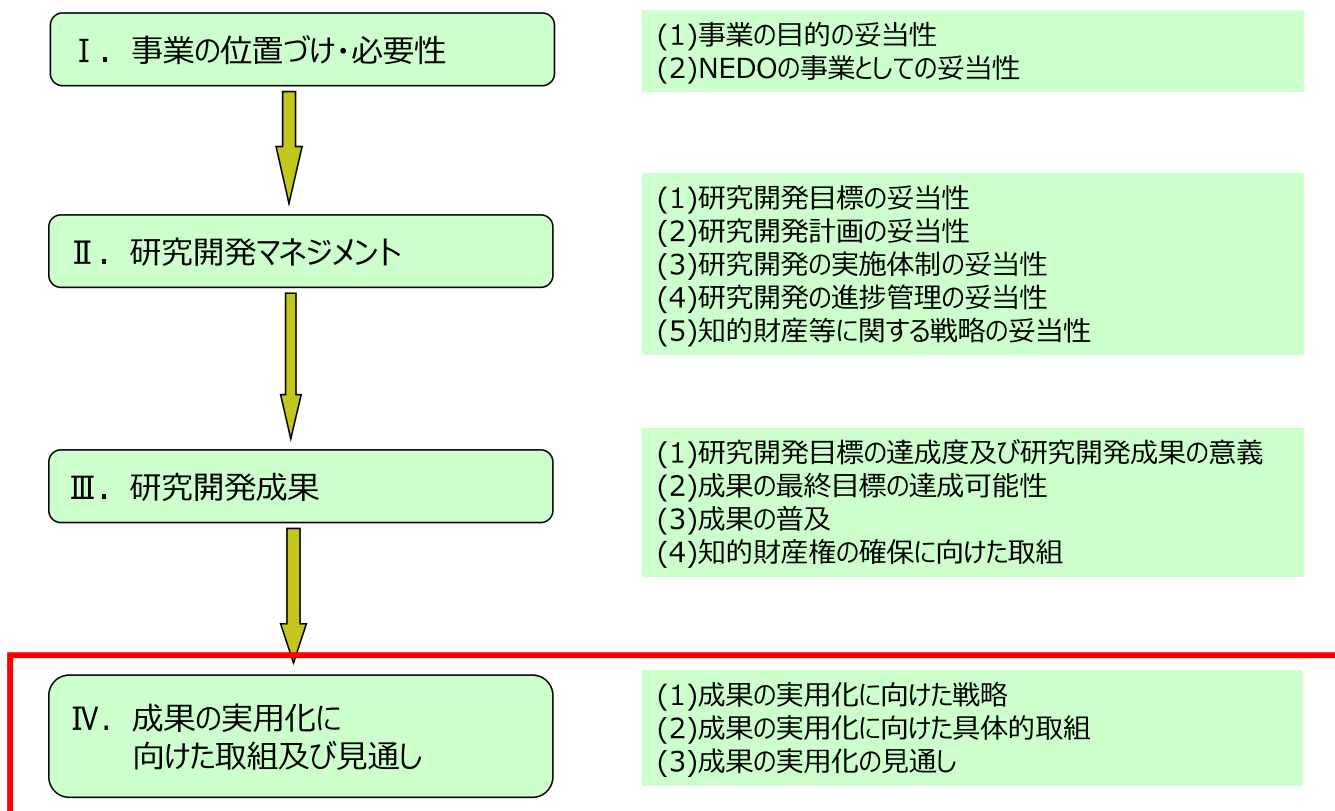
➤ 出願特許の状況

桃色塗り：多様な燃料 水色塗り：CLC

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

※ 2022年3月29日現在
今後の予定を含む

発表内容



◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

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

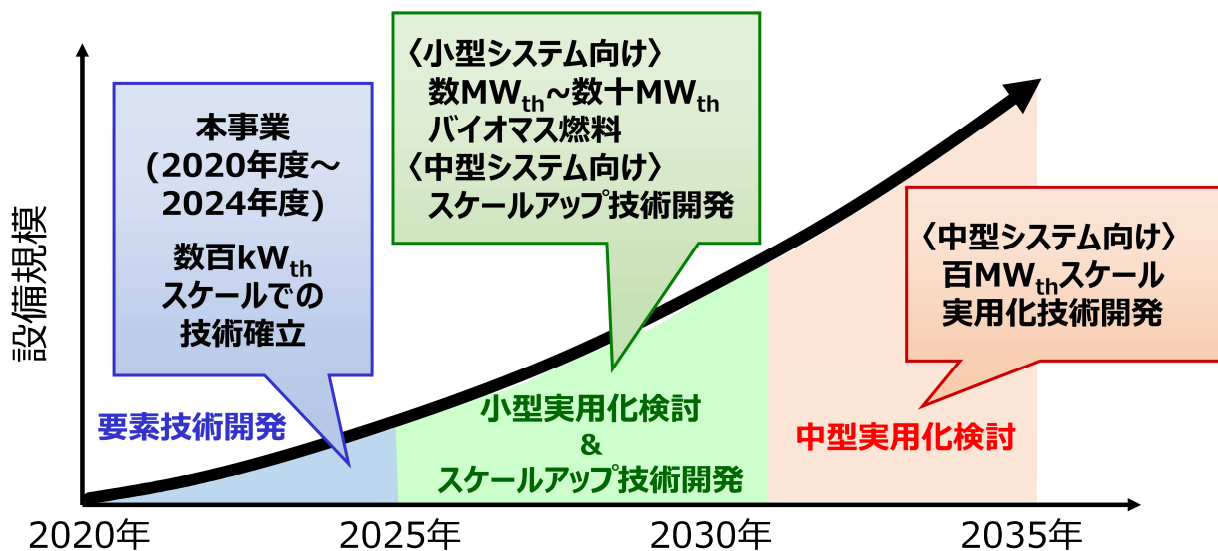
具体的には、本事業で開発された技術が組み込まれたシステムにより、電力や有価物が提供される目処がつくことを実用化とする。

◆実用化に向けた戦略

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

◆ 実用化に向けた取組

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



◆ 成果の実用化の見通し

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

本技術が確立
↓
実用化
見通し：大

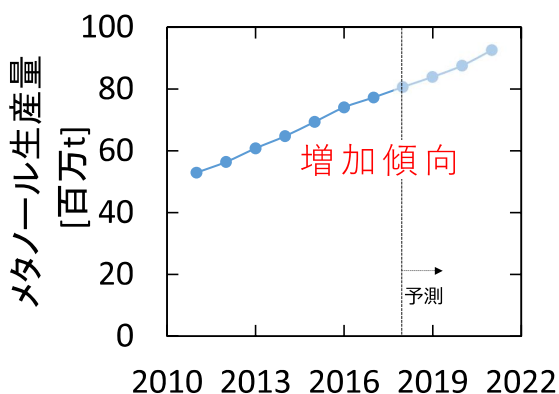


図1 メタノールの需要実績および予測
Methanex "Methanex investor presentation" 2018 October. を参考にして作成

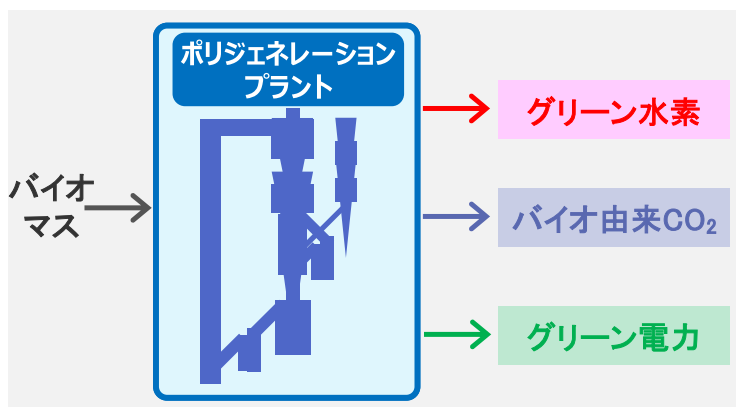


図2 バイオマス燃料のポリジェネレーションプラントによる水素・電力・CO₂製造事業のイメージ

◆波及効果

【社会的効果】

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

【技術的効果】

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

参考資料 1 分科会議事録及び書面による質疑応答

研究評価委員会
「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発」
④次世代火力発電基盤技術開発
8) CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発」(中間評価) 分科会
議事録及び書面による質疑応答

日 時 : 2022年4月27日(水) 13:30~17:35

場 所 : NEDO 川崎本部 2301~2303 会議室 (オンラインあり)

出席者 (敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 板谷 義紀 東海国立大学機構 岐阜大学 工学部
機械工学科/地方創生エネルギーシステム研究センター 教授
分科会長代理 関根 泰 早稲田大学 理工学術院 先進理工学部 教授
委員 赤松 史光 大阪大学 大学院工学研究科 教授
委員 市川 真一郎 三井化学株式会社 研究開発企画管理部 主席部員
委員 中澤 治久 一般社団法人火力原子力発電技術協会 専務理事
委員 野原 珠華 みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社
サステナビリティコンサルティング第1部
エネルギービジネスチーム

<推進部署>

上原 英司 NEDO 環境部 部長
森 匠磨(PM) NEDO 環境部 主査
在間 信之 NEDO 環境部 統括調査員
阿部 正道 NEDO 環境部 主任研究員
西里 友志 NEDO 環境部 主任

<実施者>

梶谷 史朗 一般財団法人電力中央研究所 エネルギートランスフォーメーション研究本部
エネルギー化学研究部門 副部門長
梅本 賢 一般財団法人電力中央研究所 エネルギートランスフォーメーション研究本部
エネルギー化学研究部門 上席研究員
植田 健太郎 大阪ガス株式会社 ガス製造・発電・エンジニアリング事業部
ガス製造・エンジニアリング部 プロセス技術チーム 副課長
橋本 敬一郎 一般財団法人石炭フロンティア機構 技術連携戦略センター センター長

<評価事務局>

森嶋 誠治 NEDO 評価部 部長
佐倉 浩平 NEDO 評価部 専門調査員
日野 武久 NEDO 評価部 主査

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
 - 5.2 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し
 - 5.3 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 多様な燃料を利用する CO₂回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発
 - 6.2 ケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーション技術開発
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、分資料の確認
 - ・開会宣言 (評価事務局)
 - ・配布資料確認 (評価事務局)
2. 分科会の設置について
 - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
 - ・出席者の紹介 (評価事務局、推進部署)
3. 分科会の公開について

評価事務局より行われた事前説明及び質問票のとおりとし、議事録に関する公開・非公開部分について説明を行った。
4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より行われた事前説明のとおりとした。
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント

推進部署より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

5.2 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し

引き続き実施者より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

5.3 質疑応答

【板谷分科会長】 ご説明ありがとうございました。これから質疑・討論に入ります。技術の詳細については次の議題6の中で扱うため、ここでは主に事業の位置づけ・必要性・マネジメントについての議論となります。それでは、事前に行った質疑応答も踏まえ、ご意見、ご質問等があればお願いします。

関根先生、どうぞ。

【関根分科会長代理】 早稲田大学の関根です。ご説明ありがとうございました。ガス化 (IGCC) 全般の取組について伺います。現在、日本国内において、ガス化事業を実際の実炉発電に向けて実施できる事業者がおおよそ1社に絞られたものと捉えています。以前は、酸素吹きのパブコック日立、空気吹きの三菱重工とのすみ分けがあり、大崎クールジェン (OCG) と勿来とでそれぞれ来ていました。そこが三菱重工の1本化となり、日本としても空気吹きと酸素吹きとの最適なすみ分けについて、そろそろ政策的かつNEDO的に一枚で考えていく時期に入ったのではないのでしょうか。また、今までの空気吹き陣営、酸素吹き陣営といったスタンスにおいて、例えば空気吹き陣営だったところを、酸素、水蒸気、CO₂吹きといった形に今変化を見せているところですが、ポリジェネを考えた場合、窒素が入ることは抜本的に不利になると思います。そういった点で、全体を通して、もう少し何かOCGも含めたIGCCの全体像を考えていくべきと感じますが、NEDO環境部としての見解はいかがでしょうか。

【NEDO環境部_在間】 NEDO環境部の在間です。基本的には、今後、石炭火力なり火力発電といったものとCCUSとの組合せが重要になるため、CO₂分離回収と親和性の高い酸素吹きIGCCが主流になっていきます。従来ですと、空気吹き、酸素吹きとに分かれていましたが、旧空気吹きと呼ばれていた二室二段についても十分酸素吹きのほうに転換できるものとなっています。今回電中研で行っているものもその形式です。OCGのほうが一室二段ということで、炉形式としては若干違うものの、方向性としてはCO₂と親和性の高い酸素吹きIGCCを今後推進していく所存です。

【板谷分科会長】 ほかにご質問ありますか。中澤委員お願いします。

【中澤委員】 火力原子力発電技術協会の中澤です。今回の目的の中で、燃料の多様化という話がありました。燃料を多様化すること自体は悪くありませんが、今回、何のために燃料の多様化に踏み込んだのかをもう少し詳しく伺えるとありがたいです。

【NEDO環境部_森PM】 ご質問ありがとうございます。まず冒頭での事業の目的においてお伝えしたように、バイオマスや廃棄物を使うことにより計算上はCO₂の排出量を削減できる、この部分が一つの目的となります。

【中澤委員】 その点についてですが、例えば石炭を使った場合でも、CO₂を100%回収すればよいわけで、なぜ石炭でやるよりも廃プラを使用したほうが安くなるのかについて、もちろん可能性はあると思いますが、どの程度の見通しがあるのかをきちんと示すべきではないでしょうか。仮に、バイオマスについても、現状、結局最終的にCO₂が出ているのではないかという意見もあるでしょうし、そもそもバイオマスや廃プラというものは資源量的にも限りがあります。そこについても制約があるのではないかという話が出ているところです。決してこれが駄目だという否定を申し上げているわけではなく、どのように位置づけるのが本事業としての主要な目的なのか、そこをもう少し明確にご説明いただけたらと思います。

【NEDO 環境部_在間】 NEDO 環境部の在間です。おっしゃるとおり、基本的にはバイオマスやそういった資源の賦存量という面で考えていくと、バイオマスを専用にガス化するというところでシステムを成り立たせるのは現状としては難しいところです。そういった意味で、石炭を利用した今までの技術に、さらにバイオマスを足すことで CO₂ を 100%回収したとしても、今回のポリジェネレーションで考えると、水素であれば問題ないにしても、ほかの炭化物であれば C が出てくる。そういった点を考えると、バイオマスで CO₂ そのものの発生自体を下げるのが重要になります。バイオマス、あるいは再生可能エネルギーをうまく使うことでコストダウンに結びつけるのは難しいですが、CO₂ の削減効果としてはもう少し上がっていくわけですから、100%回収すればその分ネガティブになる可能性もあるのではないのでしょうか。また、小型であれば、例えば今のバイオマスなどを 100%使用することもできますが、それはスケールによって、そのエネルギー源をどのようにしていくかということで様々な選択肢が出てくるものと考えます。回答になっているでしょうか。

【中澤委員】 ありがとうございます。そういった具体的なイメージを持っていただきたく質問をさせていただきました。

【板谷分科会長】 それでは、野原委員お願いします。

【野原委員】 ご説明ありがとうございました。1 点質問させていただきます。今回、社会的背景、事業の目的の中で CO₂ の排出削減を上げられていました。この事業の中で、実際に既存のプロセス等と比較した場合にはどれくらい CO₂ の排出削減ができるのでしょうか。また、バイオマス等を利用することでネガティブエミッションの可能性もあるとのことでしたが、それに関してもどの程度ネガティブの量が出てくるのか、そういった定量的なところで効果を見ていくということは今回の目的においては含まれているのでしょうか。

【NEDO 環境部_森 PM】 ご質問ありがとうございます。今回の事業の中で、削減効果がどの程度になるか、そこに係る調査は含まれておりません。しかし、コストや取り組む効果を考えるにあたって付随する部分であるため、各実施者において考えていただいています。その一例を画面に示すと、例えば今開発しているシステムが確立したものと、それにより既設の石炭火力における発電を代替できたとすれば、一番下に示すように、その代替分において、例として年間 640 万 t の CO₂ 削減効果に結びつくであろうと考えています。さらに、先ほど来のお話に出ているように、燃料の多様化によりバイオマスや廃棄物を燃料利用するのであれば、これは単純に石炭同士でシステムを交換した場合のカウントにおける 640 万 t であるため、さらにもう少しプラスアルファされた削減効果が得られる。そういった試算結果が実施者において示されています。

【野原委員】 今回、発電の電力だけでなく様々な有価物が出てくると思います。そういったものも含め、実際の既存のプロセスとなった場合に比較していただけると、気候変動対策としても意義があるものとして示すことができ、よりよいものになると思います。これはコメントになります。もしよろしければ、そのあたりも加えた形でもう少し広範囲でご検討いただけたらと思います。以上です。ありがとうございました。

【NEDO 環境部_森 PM】 ご意見ありがとうございます。

【板谷分科会長】 それでは、市川委員お願いします。

【市川委員】 三井化学の市川です。今の質問とも関連しますが、私もキロワットアワー当たり何百グラムの CO₂ が出るかについて考察として入れるべきと思います。有価物も含めてですが、野原さんがおっしゃられたように、既存プロセスとの比較が考察の中に含まれていてほしいと感じました。また、今お示しいただいた年間 640 万 t の CO₂ が削減できることにつ

いて、その根拠としては、回収できるからという理解で合っているでしょうか。

【NEDO 環境部_森 PM】 ご質問いただいた 640 万 t の CO₂/年の根拠については、1 つ上の段にその計算に関する根拠を少々示しています。あくまでも仮定になりますが、石炭火力の CO₂ 排出原単位を 0.8kg-CO₂/kWh として、本技術、本システムが成り立ったときの CO₂ 回収率を 90% と仮定します。そして 2030 年などを想定した際、効果 1 の欄にあるように、総発電電力量がある程度このぐらいという見通しが第 6 次エネ基等でも示されております。それ以降も、例えば 9,340 億 kWh/年が続くのであれば、という仮定をした上で、第 6 次エネ基の野心的見通しに示された石炭火力の比率 19% を加味し、この電力の 5% を本技術で賄うとします。その上で 90% を回収するといった計算を進めていくと 640 万 t の数字に至りました。

【市川委員】 分かりました。そうすると、回収できるのが 640 万 t であり、何かしら CCU 等で使用することにより削減できるだろうといった解釈でよろしいでしょうか。

【NEDO 環境部_森 PM】 そのようになります。例えば電中研の取組であれば、その回収と同時に、化学合成も考えられるようなシステムになっているため、瞬間的に回収したものが大気放散されるのではなく、一時的に化学品に固定される。そして、その化学品が使用された場合には再び出てしまうことにはなりますが、そういったカーボンリサイクルのようなものには一時的な貯留効果が期待できると思います。また別の観点で申しますと、今は検討中及び研究開発段階ですが、CCS 等のところやそういったものが実用化されるようになった場合、もしくは、CCU の様々な技術がこれからますます性能が上がっていき、そこで処理できる CO₂ の量が増えていけば、そこにこの CO₂ を供給することで有効活用することができる可能性を考えています。

【市川委員】 分かりました。加えて、知的財産権についてもお伺します。先ほどの説明の中で、「先行技術としてオハイオ州大の Fan 教授の技術がある」とのことでした。少し類似した部分もあると思うのですが、障害のある特許はこのプロジェクトにおいて存在するのでしょうか。

【石炭フロンティア_橋本】 現状としては、開発を進めるにおいて障害となる特許は特にございません。ですが、我々が今少し注目していることとして、ケミカルルーピングですとキャリア粒子というものが一つキー技術になってきます。これは人工的に合成してつくるという方法ですが、それにおいて特許が幾つか出ているため、そこはうまくかわしながら開発を進めていく必要があります。

【市川委員】 ありがとうございます。

【板谷分科会長】 それでは、赤松委員お願いします。

【赤松委員】 ご説明ありがとうございます。バイオマスについては、既にいろいろなインセンティブがあるかと思いますが、廃棄物の利用については国として明確な方針がないように思います。直接的にはこの技術と関係のないことかもしれませんが、廃プラ等といったものをどのように調達するかについて何か大きな方針を出していただけると、実施者の方にメリットがあり社会実装が早まるように思いました。そのあたりで何かお考えがあれば伺いたいです。

【NEDO 環境部_上原部長】 NEDO 環境部の上原です。サーキュラーエコノミーということで、今、社会全体で回していこうという雰囲気がございます。この技術においては、プラスチックを何かの化学品に転用することでケミカルリサイクルという位置づけになると思います。そういった中で、事業者がお客様との取引において、そういうことをやっていますよという

ことを付加価値的な形でコミュニケーションしていただくことを一つ考えています。強力なインセンティブを NEDO 及び国で、という形には必ずしもなり得ませんが、それらを見据えながら取組を進めていく所存です。

【赤松委員】 ありがとうございます。

【電中研_梅本】 実施者の電中研 梅本です。ご質問ありがとうございます。今、上原様がおっしゃったことが一番だと思います。現状、プラスチックの利用について、容器包装プラスチックに関しては一括して管理をされており、そこに入札した業者が取り扱うということで一種のインセンティブが働いているものも一部あります。ですので、そのあたりで参画していくことからのスタートになるというイメージを持っています。

【赤松委員】 ありがとうございます。加えて伺いますが、LCA の専門家の観点と伺いますか、そういった廃棄物、石炭は割と安価に手に入るものですから、それに対して廃棄物を使用した際に LCA 的にどういったメリットがある等、そういったことに関しては何か別のプロジェクトというものが動いておられるのでしょうか。

【電中研_梅本】 電中研 梅本です。この技術に関しての LCA や、先ほど野原様からもコメントがありました。そういった CO₂ の回収にどれだけ効果があるのかというところは我々のほうできちんと検討していきたいと考えています。なお、プラスチックの利用に関する LCA は、特定の団体があり、そこで検討されています。その指標も参考にしながら我々も進めていく所存です。

【赤松委員】 どうもありがとうございました。

【板谷分科会長】 私のほうからも、今の質問と関連することについて伺います。廃棄物や廃プラ等において、今回特に廃プラを想定しておられる中で、これは中間処理経費も含めた有価という前提で今後の経済評価等も検討されているという理解でよろしいですか。

【電中研_梅本】 若干非公開の部分とも関連するため簡単な回答になりますが、廃プラに関しては、現状、引取料が支払われる形で取引が行われています。それを前提にすると有利に働き過ぎるため、今回の検討では引取料は考慮していません。もう 1 点、我々として、ガス化技術をできるだけ中間処理があまり必要にならないよう工夫していけたらという考えの下、開発を進めているところです。できる限り安価に調達できるようにする工夫をこれから技術開発していきたいと思っています。

【板谷分科会長】 ご回答いただきありがとうございました。それからもう 1 点、先ほどの関根先生の質問とも関連しますが、酸素吹きと空気吹きの 2 つのガスから結果的に 1 社に集約されたという件です。これまで NEDO 及び国として 2 種類のガス化炉にかなりの予算投入をしながら開発をされてきましたが、これが 1 社の中だけで進んでいくとなれば、様々な社内事情等も含め、もしかするとどちらかに淘汰されてしまうのではないかと少々危惧を持っています。もちろん三菱重工の今後の経営方針にもよると思いますが、NEDO としては、こういった現状において、先ほどの話では空気吹きのほうでも酸素吹きとして扱えることで CO₂ 回収もできるという話でしたが、今後、国及び NEDO 側から、これまでの開発のことも踏まえてどういった指導をしていく、もしくはどういった考え方を持っておられるのかお聞かせ願いますか。

【NEDO 環境部_在間】 NEDO 環境部の在間です。どちらにすべきかという話は、大きく 1 社に入っている中で、どちらの経済効果が高いかというところに集約されるのではないのでしょうか。私どもとしては、IGCC は今後 CCS との組合せを考えているため、基本的には酸素吹きになります。その中において、どの炉形式が一番経済的かというところで決まっていく

ものと考えます。特にどちらにしなければならないということをお願いする立場にはございません。

【板谷分科会長】 つまり、どちらかに集約されていくことは、それはやむを得ずという理解でよろしいでしょうか。

【NEDO 環境部_在間】 今後のことを考えると、2本をずっと進めていくことはあり得ません。どこかの時点で1本化されるものだと考えています。

【板谷分科会長】 ただ、2つの炉においてそれぞれ一長一短がございます。そういったところを踏まえ、それぞれ用途に応じた使い分けができるようなことを今後いろいろと推進していただけたらと思います。

【NEDO 環境部_在間】 了解いたしました。

【板谷分科会長】 最後にもう1点伺いますが、今回のこの事業の大きな目標としては、CO₂の分離回収コストが1t当たり1,000円台ということですが、この金額の考え方について、こういうポリジェネをやることにより有価になります。それによって経済性が上がることで1,000円台に下げられるということかもしれません。私も当初そう思いましたが、改めて考えた場合、今回どちらのタイプの研究においても、今までにない新たなタイプのガス化炉に対するコスト試算とも関わってきます。そうすると、この1,000円台の試算についてはどういった考え方になるのかと疑問が出てきました。例えば同一出力の発電設備に相当するIGCC、あるいはケミカルルーピングのシステムに要するコストと従来型の火力発電設備のコスト等の差分からランニングコスト、設備コストも含めた形での試算を前提としているのかについてお伺いします。

【NEDO 環境部_在間】 NEDO 環境部の在間です。どちらの技術においても、前段階で別のプロジェクトとして実施しておりました。その中で、ケミカルルーピングにしてもクローズドIGCCにしても1,000円台というのが見通せるだろうということです。実際に測定しているわけではありませんが、そういう経済指標は出ておりました。さらに、今回の有価物等の併産というところで、1,000円台といっても1,000円から1,999円までありますから、それをさらに下げていくというのが今回のポリジェネレーション技術開発の目標だと捉えています。今までの経済指標からは1,000円台の見通しだと分かっていますから、それをさらに下げていくといった方針です。

【板谷分科会長】 そのときの1,000円台等の金額の考え方として、カーボンリサイクル、あるいはカーボンニュートラルという前提に立った場合に、CO₂を分離回収してポリジェネによりリサイクルする経済性収支が、例えば分離回収・リサイクルせずにカーボンクレジットまたはCO₂回収事業者が実在したとして、その取引費用が1,000円台以上であれば本事業が経済的に有利になるという考え方でしょうか。

【石炭フロンティア_橋本】 ありがとうございます。まず発電のみの設備の場合、先生がおっしゃるとおり、CO₂回収のありとなしとで、発電効率の降下、追加する設備の費用からCO₂回収コストというのが割と簡単に出せます。しかし、今回は、水素あるいはCO₂も場合によっては売ったり化学品を出したりというところで、CO₂の回収コストを出すのは結構複雑なやり方を用います。それについては委員の先生からご質問を受けており、後ほどのセッション内にその回答を用意しております。一言で言えば、事業性において原価という考え方がございますが、その事業をやって利益が上がりもしない、下がりもしないというときに、最終的にCO₂を幾らで引き取ってもらわなければ原価にならないのか、それが一番安いCO₂のコストになります。ですが、こういった事業は実際世の中で誰もやりません。そこで、例えば

IRR を何パーセント目指すのかというところの設定がありますから、その IRR を達成するためには CO₂ を幾らで引き取ってもらわなければいけない、幾らでそのコストを誰かが負担してくれたのならその IRR が出せる、そういった形で CO₂ の回収コストの考え方に至るものと思っています。具体的な数字については後ほどお示しさせていただきます。

【板谷分科会長】 ありがとうございます。大体の考え方についてはよく分かりました。それでは時間がまいりましたので、以上で議第 5 を終了します。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【板谷分科会長】 それでは、議第 8 に入ります。

これから、まとめ・講評に進みますが、順番については、最初に野原委員から始まり最後に私という進行になります。それでは野原委員、講評のほうをよろしく願いいたします。

【野原委員】 みずほリサーチ&テクノロジーズの野原です。本日は、ご説明いただきまして誠にありがとうございました。2 点の技術について様々なお話しを伺い、どちらも CO₂ の分離回収とその他の有価物について、また発電もできるということで非常にメリットの多い有用な技術だと感じました。今回の取組において、技術開発とともに、きちんとコスト面も考えられているといった点が将来的な実用化に向けても準備を進められているものだと認識いたしました。また、これは冒頭に質問をしたことですが、CO₂ の排出量が実際にどうなのかという部分においては、定量的に LCA としてライフサイクルできちんと評価することが大事だと思います。ですので、どこかのタイミングにおいて、このシステム全体が既存プロセス等と比べて CO₂ の排出量がきちんと減っているのかどうかを評価されるとよりよいものになると感じます。そして、最終的に出来上がる有価物についても、もう少し市場的な観点から見ていただくとよいのではないのでしょうか。どちらの技術においても非常に有用なものだと思いますから、どこに大きな需要があるのかを見ていくと将来的な実用化により近づくと思います。本日はありがとうございました。私からは以上です。

【板谷分科会長】 それでは、中澤委員お願いいたします。

【中澤委員】 火力原子力発電技術協会の中澤です。本日はどうもありがとうございました。皆様もご承知のとおり、今は気候変動問題についての関心が高まっています。また、エネルギー状況も非常に複雑になっていることから大変な状況だと察します。そういうことから、野原さんからお話しあったように定量的な説明をしていかなければ説得力が欠けてしまうように思いました。その一方で、状況が刻々と変化していることにおいては、前提に置いた項目が、例えば燃料価格一つを取っても変わっていくことも大いにあり得るのでしょうか。常にそういうところをアップデートしながら「今の最適なシステムはこれです」と言えるようになるのがベストだと思いますから、ぜひその辺を意識してみてください。また、本日は中

間評価ということで、これから実機の形にしてさらに進んでいくことと思います。その中で得られる運転データ、そして様々な知見というものは商用化していくときに非常に大きなノウハウとなりますから、学術的なものだけでなく、そういった運用に関わる面においてもぜひ知見を積み上げていくことをよろしく願いいたします。以上です。

【板谷分科会長】 それでは、市川委員お願いいたします。

【市川委員】 三井化学の市川です。本日はいろいろとご説明いただきありがとうございました。今日の2件の発表を拝聴し、様々な要素技術を網羅しながら着実にデータを取得していると認識いたしました。実験データ、シミュレーションによるマテリアルバランス、あるいはコストといったところで概算値が出されており、そういったところからプロセス全体としてのイメージができてくるように思います。今後さらにデータを積み重ねながら角度を上げてブラッシュアップをしていくとよいのではないのでしょうか。要望としては、野原様と同様にCO₂の排出量の定量化が必要だと思いました。また、過去のプロジェクト2つにおける技術をさらに進化させて、火力発電の低炭素化という目的を持ちながら原料を多様化したポリジェネレーションシステムというものをテーマ化されたということですから、これは非常に有意義なことだと感じております。今後もこういった技術を継続して開発していくことが大切です。どういった形で実用化できるかについては様々議論があるとは思いますが、一つ一つの要素技術をしっかりとつくり、それを展開できるような形を目指していかれてください。私は化学産業におりますが、廃プラスチックのケミカルリサイクルが業界では大きな課題であり、発電をしながらというコンセプトをあまり持っていないところが実情です。今回開発されたものが廃プラスチックのリサイクルにおいても使えるのではないかと期待しておりますので、ぜひそういう視点からもご検討いただけたらありがたいです。以上になります。

【板谷分科会長】 それでは、赤松委員お願いいたします。

【赤松委員】 大阪大学の赤松です。本日は誠にありがとうございました。非常に先端的な研究のお話を伺い大変勉強になりました。昨今、例えば石炭の問題や内燃機関が全て電動化する等の極端な議論がありまして、実は学生が、この分野に将来はあるのだろうかという懸念を持っているところもあります。このような先端分野について、日本でNEDOを中心に行っていることをもっと学生にも伝えていただきたいです。既にPRはしているものと思いますが、非常に優秀な方々が関わっているこの分野がこの先も続いていくように、ぜひ学生はじめ、一般の方々にもっとPRをしていただけたらと思います。以上です。

【板谷分科会長】 それでは、関根分科会長代理お願いいたします。

【関根分科会長代理】 早稲田大学の関根です。本日はどうもありがとうございました。このプロジェクトというのは、「CO₂は回収しよう。電気もつくろう。物質もつくろう」ということで、言わば二兎以上に三兎をも追いましょうという話です。二兎を追う者は何とかということわざがありますが、それが三兎になるとどうなるかというのが非常に期待される場所でもあります。こういった新しい概念というのは、時代の変わり目の中で非常にこれから大事になってくるものだとも思います。三兎を追ってその三兎全てを得られるように、しっかりとNEDOのサポートの下で日本が打ち出していき、ほかの国とは違うのだと、トランジションの中で日本はこういう技術を生み出しているのだということを示せるとよいのではないのでしょうか。以上です。

【板谷分科会長】 それでは最後に、岐阜大学の板谷のほうから講評をいたします。本日は1日どうもありがとうございました。様々な産業界において、2030年、2050年のカーボンニュートラル化を目指したいろいろな技術開発、あるいは事業展開等を検討されておられる中で、

今回のこの事業というのは特に CO₂ の排出が非常に大きい部分である火力発電をどうしていくか、さらには非常に外圧も強い石炭火力というものの将来のカーボンニュートラル化の在り方の一つの解決方法として、関根先生もおっしゃられたようにポリジェネレーションとといった形で本当に三兎を狙っていくという意味合いでの提案だと捉えています。今後も石炭が使用し続けられるのであれば、これは将来の日本において選択枝の一つになり得る技術です。ちょうどこの事業が開始した頃からコロナの影響等が生じ、いろいろと研究等の環境においても非常に制約があったものと察しますが、今日聞かせていただいた限りでは、これまでやられてこられたクローズド IGCC、そしてケミカルルーピングに関する知見を基にした新たな展開として、それなりの成果が出てきているという印象を持ちました。ぜひ今後とも緻密な研究計画の中で素晴らしい研究成果を上げていただけたらと思います。

そして2番目として、両方の事業ともに燃料の多様化ということを併せて検討されておりますが、バイオマス関係を混合ガス化なり燃料として利用できる環境としては海外展開等もしやすくなってくると思います。その際にはコストの問題等もあるでしょうが、ある程度、海外展開も視野に入れながら今後検討していただきたいと思います。これからあと約2年間の事業期間がありますが、その研究の中でさらに素晴らしい成果を上げていただき、次の実用化につながるような技術開発を見据えていただけたらと思います。以上です。

【日野主査】 ありがとうございます。それでは、経済産業省の桑原様と NEDO 環境部の上原部長からも一言ずついただきたいと思います。それでは、桑原様からお願いいたします。

【経済産業省_桑原】 経済産業省 資源エネルギー庁 カーボンリサイクル室/資源・燃料部石炭課の桑原です。本日は板谷分科会長をはじめ、委員の皆様におかれましては、長時間にわたり議論をしていただき誠にありがとうございました。各委員の皆様からご指摘のあった定量的という部分に関しては、私もまさにそのとおりだと考えております。火力発電の脱炭素化に向けては、CO₂分離回収コストを下げっていくことは非常に大切と捉えており、本事業も重要なものだと認識しています。今後とも、本事業における技術確立、社会実装に向けては皆様からのご指導をいただきながら推進していけたらと思いますので、引き続きどうぞよろしくお願いいたします。以上です。

【日野主査】 ありがとうございます。次に、環境部の上原部長よりお願いいたします。

【NEDO 環境部_上原部長】 環境部の上原です。本日は、午前中の現地調査会から午後の委員会まで、丸一日かけてご協力をいただき誠にありがとうございました。環境部では、火力発電所や製鉄所といった CO₂ の大量排出源に着目をし、そこからアンモニアの混焼や CO₂ の分離回収、水素還元等々のプロジェクトなど様々取り組んでおり、それらは将来の安定的なエネルギー供給や日本の産業競争力の強化・維持につながるような技術開発及び実証プロジェクトにしていきたいと考えております。本日は、その中において多様な燃料のガス化というものを通じ、電力の供給と併産物の生成をしつつ、システムとして全体的に低コストの形で CO₂ の分離回収を目指すことを根幹に、2つのアプローチによる進捗を事業者様からご説明いただきました。ご意見いただいた定量的な評価、生産物の市場性といった観点についても、しっかり今後の取組の中で検討していきたいと思っています。また、NEDO に対するご意見も賜りましたが、我々としても最近のエネルギーを取り巻く環境がものすごいスピードで変化しているものと受け止めておりますので、そういった状況もよく見ながら、転換期を迎えている社会に対し、しっかりとインパクトを出せるような事業になるよう目指してまいります。また、我々の取組について、社会に対し、より分かりやすい形で発信していけるように心に留めながら日頃の業務に努めていく所存です。改めまして、委員の皆様並びに実施事業

者の皆様におかれましては、本日ご協力いただきましたことに心より御礼申し上げます。
【板谷分科会長】 ありがとうございます。以上で、議第8を終了します。

9. 今後の予定

10. 閉会

配布資料

- 資料1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料2 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
- 資料4-1 NEDOにおける研究評価について
- 資料4-2 評価項目・評価基準
- 資料4-3 評点法の実施について
- 資料4-4 評価コメント及び評点票
- 資料4-5 評価報告書の構成について
- 資料5 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料6 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料7-1 事業原簿（公開）
- 資料7-2 事業原簿（非公開）
- 資料8 評価スケジュール

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／④次世代火力発電基盤技術開発
8) CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発」(中間評価) 分科会

ご質問への回答 (公開分)

資料番号 ・ご質問箇所	ご質問の内容	回答		委員 氏名
		公開可/ 非公開	説明	
資料 5 p34	石炭と廃プラやバイオマスとの混合ガス化は、これまでも多くの報告があるようにガス化速度のシナジー効果が指摘されています。しかしその効果は条件に大きく依存し、TGA 分析と噴流層のような連続炉とではおおきく異なると思われます。今回のガス化速度論計測では、どの様な効果が確認されているのでしょうか。	公開	噴流床を対象としており、その反応場を模擬できる DTF を用いて実験しています。石炭だけのガス化では、主な反応はチャー（固定炭素）のガス化でしたが、プラスチックの場合はチャーはほとんど生成せず、揮発分の反応が重要となることが分かってきております。	板谷 義紀
資料 5 p33	化学合成品として、メタノールとシュウ酸の違いをどのように考えているか。	公開	メタノールは、現在の需要が大きく、かつ今後の伸びも見込まれ、また合成ガスからの製造実績が豊富な化合物という観点で、一つ目の対象として選定しました。さらに用途拡大先として、シュウ酸は低エネルギーで炭素を固定化できる物質として着目しました。こちらは合成ガスからの製造実	中澤 治久

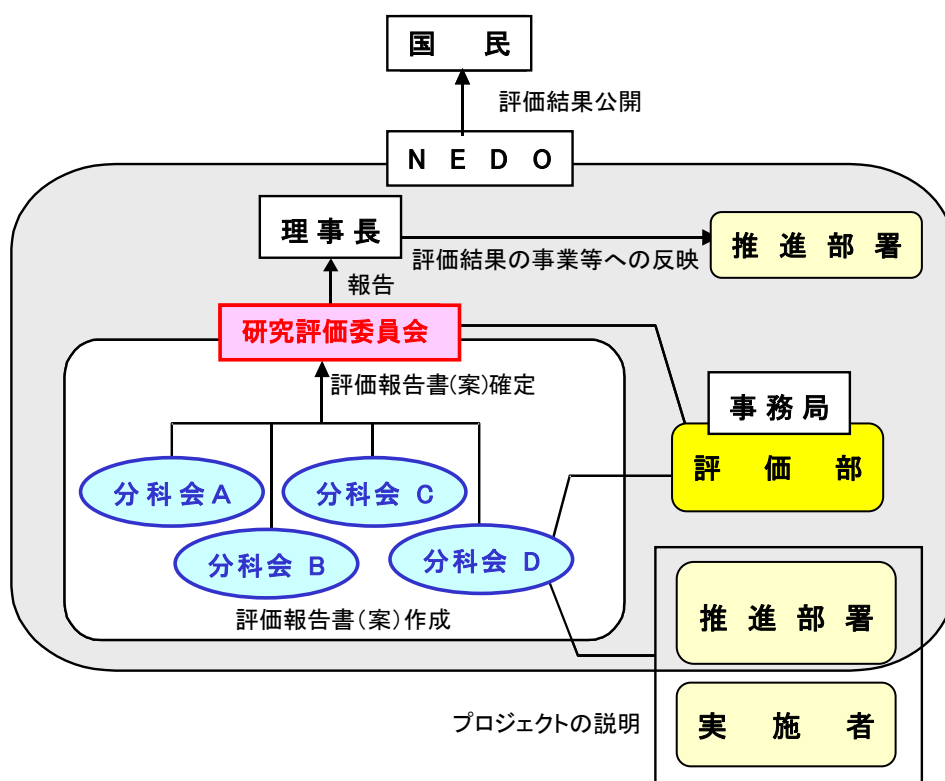
			績が無いため、製造手法の新規開発から着手しております。	
資料 5 p49	言葉の定義の問題ではあるが、本プロセスで得られる水素を「グリーン水素」とする根拠は何か。	公開	<p>グリーン水素は、様々な定義で扱われることがありますが（狭義では、再エネ電気による水電解水素、など）、欧州の水素証書スキーム「CertifHy」では CO₂ 排出係数によるグレー/ブルー/グリーン の定義がなされており、この整理においては、ケミカルルーピング燃焼によるバイオマス由来水素はグリーン水素となります。我々の解釈では製造過程の CO₂ 排出量が重要であるとの考えから、「CertifHy」の整理と同じく、グリーン水素として表現しています。</p> <p>▼参考(p.12～p.14。p.14 にはバイオマス由来の計算例も示されています)</p> <p>https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/co2free/pdf/009_02_00.pdf</p>	中澤 治久

参考資料 2 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて実施する。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)における研究評価では、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
 - 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む
 - 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する
- としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員は、以下のような観点から選定する。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外する。これらに基づき、委員を分科会委員名簿の通り選任した。

なお、本分科会の事務局については、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

3. 評価対象

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／④次世代火力発電基盤技術開発 8) CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発」を評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び実施者からのヒアリング及び実施者側等との議論を行った。それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、NEDOが定める「標準的評価項目・評価基準」をもとに、当該事業の特性を踏まえ、評価事務局がカスタマイズしたものである。

評価対象プロジェクトについて、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義、実用化に向けての取組や見通し等を評価した。

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／
④次世代火力発電基盤技術開発
8) CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発」
に係る評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・ 上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

(2) NEDO の事業としての妥当性

- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDO の関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・ 達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費（研究開発項目の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・ 計画における要素技術間の関係、順序は適切か。

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・ 技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・ 指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 成果の実用化の戦略に基づき、実用化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、その体制は企業の取組に貢献しているか。

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・ 技術の取捨選択や技術の融合、必要な実施体制の見直し等を柔軟に図っているか。
- ・ 研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・ 社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必

要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・ 知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 知的財産や研究開発データに関する取扱についてのルールを整備し、かつ適切に運用しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・ 成果は、中間目標を達成しているか。
- ・ 中間目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、解決の方針を明確にしているか。
- ・ 成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・ 設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見通しはあるか。
- ・ 最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表を、実用化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及させる取組を実用化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取組

- ・ 知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化の戦略に沿って国内外で適切に行っているか。

「実用化」の考え方

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

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

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取組

- ・ 実用化に向けて、課題及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・ 想定する製品・サービス等に基づき、市場・技術動向等の把握は進んでいるか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

「プロジェクト」の中間評価に係る標準的評価項目・基準

※「プロジェクト」の特徴に応じて、評価基準を見直すことができる。

「実用化・事業化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することをいう。

なお、「プロジェクト」が基礎的・基盤的研究開発に該当する場合は、以下のとおりとする。

- ・「実用化・事業化」を「実用化」に変更する。
- ・「4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて」は該当するものを選択する。
- ・「実用化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることをいう。

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 事業の目的の妥当性

- ・内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

(2) NEDOの事業としての妥当性

- ・民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費（研究開発項目の配分を含む）となっているか。
- ・目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・計画における要素技術間の関係、順序は適切か。

- ・ 継続または長期の「プロジェクト」の場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んで活用を図っているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- (3) 研究開発の実施体制の妥当性
- ・ 技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
 - ・ 指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
 - ・ 成果の実用化・事業化の戦略に基づき、実用化・事業化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
 - ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
 - ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の競争が必要な場合、競争の仕組みがあり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
 - ・ 大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、その体制は企業の取組に貢献しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- (4) 研究開発の進捗管理の妥当性
- ・ 研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
 - ・ 社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。
- (5) 知的財産等に関する戦略の妥当性
- ・ 知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
 - ・ 知的財産に関する取扱（実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む）を整備し、かつ適切に運用しているか。
 - ・ 国際標準化に関する事項を計画している場合、その戦略及び計画は妥当か。【該当しない場合、この条項を削除】

3. 研究開発成果について

- (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- ・ 成果は、中間目標を達成しているか。
 - ・ 中間目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、解決の方針を明確にしているか。
 - ・ 成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
 - ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
 - ・ 設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。
- (2) 成果の最終目標の達成可能性
- ・ 最終目標を達成できる見通しはあるか。
 - ・ 最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。
- (3) 成果の普及
- ・ 論文等の対外的な発表を、実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。

- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及させる取組を実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取組

- ・ 知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化・事業化の戦略に沿って国内外に適切に行っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項を計画している場合、その計画は順調に進捗しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

【基礎的・基盤的研究開発の場合を除く】

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化・事業化の戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 想定する市場の規模・成長性等から、経済効果等を期待できるか。

(2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

- ・ 実用化・事業化に取り組む者について検討は進んでいるか。
- ・ 実用化・事業化の計画及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確か。
- ・ 想定する製品・サービス等は、市場ニーズ・ユーザーニーズに合致する見通しがあるか。
- ・ 競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて【基礎的・基盤的研究開発の場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取組

- ・ 実用化に向けて、課題及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・ 想定する製品・サービス等に基づき、市場・技術動向等の把握は進んでいるか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

【基礎的・基盤的研究開発の場合のうち、知的基盤・標準整備等を目標としている場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 知的基盤・標準の整備及び活用の計画は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取組

- ・ 知的基盤・標準を供給・維持するための体制の検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・ 整備する知的基盤・標準について、利用の見通しはあるか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

参考資料 3 評価結果の反映について

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／④次世代火力発電基盤技術開発 8) CO₂分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発」(中間評価) の評価結果の反映について

評価のポイント	反映(対処方針)のポイント
<p>①噴流床においては、廃プラ利用が主要な開発目標であるため、廃プラの賦存量の調査や、カーボンニュートラル社会におけるプラスチックのライフサイクルの位置付けを含めた検討が望まれる。</p> <p>②流動床においては、現時点では基盤的研究段階との印象がある。300kW ベンチ試験装置による技術課題解決と安定的な連続運転のためのノウハウ蓄積を進めるため、実証研究に向けた加速を希望する。</p> <p>③化学合成技術の開発は、ポリジェネレーションの概念として重要な課題でもあるため、メタノールやギ酸ソーダ、シュウ酸合成の波及効果やそれ以外の物質の合成も想定しつつ調査をするとともに、合成する候補化合物を追加する場合には、その化合物の需給バランス、連続プロセス構築やコスト面での課題等を鑑みながら選定することも検討してほしい。</p> <p>④国費による研究開発であるため、オープン&クローズなどの知財の基本戦略に基づき特許出願と学术论文への投稿を積極的に進めていただきたい。</p> <p>⑤若手人材育成と石炭利用やIGCC技術の伝承のためにも、今後も本事業への若手人材の積極的な活用を期待したい。</p>	<p>①噴流床の研究開発において、着目する廃プラ利用の実現可能性を確認するため、実施者が自主事業として実施している賦存量調査等の結果を踏まえながら、本PJに反映するように指導する。</p> <p>②流動床の研究開発においては、開発体制を見直すことで効果的なデータ収集等を行い、手戻りなどが発生しないようなベンチ試験を行う。それにより着実な実証研究の推進に繋げる。</p> <p>③(⑧とまとめて) 噴流床の事業において実施中のメタノールとシュウ酸の需要やCO₂回収コスト低減効果などの調査に加え、将来的な需要予測や波及効果などの調査も実施する。また、化合物候補を追加する場合には、多角的な観点で比較検討し、化合物を選定する。</p> <p>④今後は、得られた開発成果をもとに、知財戦略に基づいた特許の出願や学术论文の発表も積極的に実施するよう、NEDO から実施者へ指導する。</p> <p>⑤現在、本PJ全体では登録研究員の総数の40%が40歳以下(NEDO基準としての“若手”研究員)である。今後も若手人材を積極的に活用</p>

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>⑥噴流床に関しては、IGCC とポリジェネレーションという異なるプロセスを組み合わせたもので、研究開発目標の焦点がやや曖昧になることが危惧されるため、実用化のイメージを明確にした上で、データ解析と経済性評価を行うことが望まれる。</p> <p>⑦流動床に関しては、実用化の方向性をあまり限定せずに、CLC（ケミカルルーピング燃焼）の優位性を最大限引き出せるリアクター方式や用途の検討をフレキシブルに進めることが望まれる。</p> <p>⑧有価物の製造に関して、どの製品をターゲットにするかは、各製品の既存市場の大きさ、製品当たりのCO₂固定量、CCU 技術を導入した場合のCO₂固定ポテンシャルの大きさ、化学業界の脱炭素動向など、多角的な観点での検討が望まれる。</p> <p>⑨CCS にて一定量のCO₂を処分することは必須となることから、本研究成果を提示しつつ、カーボンリサイクルについて全体的な議論を促すことが望まれる。</p>	<p>するよう促す。</p> <p>⑥噴流床の研究開発において、システムを実用化する際の適用先を想定し、具体的な構成、規模、運転条件等を定めた上で、全体システムを構築するとともに経済性を評価するよう実施計画書に反映させる。</p> <p>⑦流動床の研究開発において、実用化を見据えシステムで用いる燃料種（バイオマス、石炭、それら混合）、規模や用途等を柔軟に幅広く検討し、それらの事業性を評価するよう実施計画書に反映させる。</p> <p>⑧（③と同じ）</p> <p>⑨カーボンニュートラルに向けて、CCS やアンモニア混焼など、様々な技術の実用化、事業化を進めることが必要である。エネルギー政策や関連の技術開発を俯瞰する視座をもちながら、本プロジェクトのマネジメントに取り組む。</p>

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 評価部
部長 森嶋 誠治
担当 日野 武久

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。
(https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地
ミューザ川崎セントラルタワー20F
TEL 044-520-5160 FAX 044-520-5162