

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／

①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」

中間評価報告書

2023年12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

2023 年 12 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 斎藤 保 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／

①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」

中間評価報告書

2023年12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
研究評価委員会委員名簿	4
第1章 評価	
1. 評価コメント	1-1
1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	
1. 2 目標及び達成状況	
1. 3 マネジメント	
（参考）分科会委員の評価コメント	1-3
2. 評点結果	1-13
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／①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」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／①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第 75 回研究評価委員会（2023 年 12 月 11 日）に諮り、確定されたものである。

2023 年 12 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（2023 年 11 月 6 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（2023 年 10 月 2 日）

大崎クールジェン株式会社（広島県豊田郡大崎上島町）

● 第 75 回研究評価委員会（2023 年 12 月 11 日）

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／

①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」（中間評価）

分科会委員名簿

(2023 年 11 月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	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
分科会長 代理	かんばら しんじ 神原 信志	岐阜大学 工学部 副学長／教授
委員	くらもと こうじ 倉本 浩司	国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギープロセス研究部門 エネルギー変換プロセス研究グループ グループ長
	にしむら くにゆき 西村 邦幸	株式会社三菱総合研究所／ 早稲田大学オープンイノベーション戦略研究機構 サステナビリティ本部 主席研究部長／客員上級研究員
	ひらい しゅういちろう 平井 秀一郎	東京工業大学 工学院機械系 教授
	よしい たくみ 吉井 匠	電気事業連合会 技術開発部 副部長
	よしいえ りょう 義家 亮	名古屋大学 大学院工学研究科 機械システム工学専攻 准教授

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023 年 12 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	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
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	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
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと ま ゆ み 松本 真由美	東京大学 教育学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	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

第 1 章 評価

1. 評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

エネルギー資源が脆弱な我が国において、エネルギーセキュリティ上、石炭の有効活用は論じるまでもなく、エネルギー基本計画にも電力の安定供給に必要な供給力を確保するための技術開発の推進が明示されている。本事業は、CO₂分離・回収型 IGCC、IGFC の社会実装を行うための高効率化と、CO₂分離・回収を伴う負荷変動に対応するためのガスタービン要素技術開発を 2025 年までに行うものである。

成果の社会実装の具体像としては、GENESIS 松島計画が進められており、この計画に必要な準備として、CO₂分離・回収型 IGCC についてはおおむね出来上がったものとみられる。また、分離・回収した CO₂についても、将来社会実装する際の課題となる CO₂貯留場所について別途探査が進められており、社会実装までの道筋は適切に実施されていると評価できる。

知的財産・標準化戦略については、実用化・事業化を見据えた上で、研究データや運用データなどに関して、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されている。また、CO₂分離・回収型 IGCC、IGFC プロセスに関しては、本事業が先駆的なものであることから、今後、標準化に関する動きが起きる段階になったときは、当該事業で得られた知見やノウハウをもとに我が国が主導的な立場をとることができるものと考ええる。

今後においては、CCS 長期ロードマップなどを踏まえ、CO₂分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会実装を 2030 年以降としているが、社会情勢によってはより早い時期での CO₂分離・回収要請が高まることも考えられることから、早急に実運用し、運用の中で技術的改善を行うというステップも考えられる。また、分離・回収した CO₂の量は、発電所あたり数百万トンの膨大な量になることから、回収後の CO₂の貯留場所・規模・輸送方法なども併せて具体的なビジョンを示していくことが期待される。

注) IGCC : Integrated Coal Gasification Combined Cycle

石炭をガス化して、ガスタービン、蒸気タービンの 2 種類の発電形態を組み合わせさせて発電する方式には、石炭ガス化炉に酸素を供給する酸素吹方式と空気を供給する空気吹方式があり、本プロジェクトでは酸素吹方式でガス化を行った後、ガスをタービンで燃焼する前に CO₂分離を行うことを想定している。

IGFC : Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle

石炭をガス化して、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させて発電する方式のこと。

GENESIS 松島計画 : Gasification ENergy & Sustainable Integrated System

長崎県西海市の松島火力発電所において、既設の石炭火力発電設備に、石炭をガス化する設備を付加することにより高効率化した上で、段階的な移行によりゼロエミッション火力の実現を目指すプロジェクト。

CCS : Carbon dioxide Capture and Storage

発電所や工場などから排出される CO₂を大気中に拡散する前に分離、回収して地中深くに貯留し、CO₂を固定化する技術のこと。

1. 2 目標及び達成状況

アウトカム目標においては、本事業の成果を活用して、既存の石炭火力である松島火力発電所に IGCC を追設する GENESIS 松島計画を発表しているとともに、西日本カーボン貯留調査(株)を設立し、2030 年までに CCS 開始を目指していることから、目標は達成できる見込みといえる。

アウトプット目標において、石炭ガス化炉本体については、実証プラントとして大崎クールジェン(株)にて既に完成の域に達しており、シフト反応器及び CO₂ 吸収プロセスにおいてもそれぞれの運転目標値はクリアしていることから、技術開発目標を達成したものとする。また、水素ガスタービンについては、水素燃焼に関する課題が明確化しており、そのメカニズムに基づいた対処方針も示されている。

一方、CO₂ 分離・回収型 IGFC のアウトカム目標達成見込みについては、大型燃料電池のコストや本事業で導入された SOFC ユニットに関するこれまでの試験結果だけで 500MW 級 IGFC を想像するのはやや困難であるとする。

当面は、本事業による社会実装の目標をガス化、CO₂ 分離・回収と水素ガスタービンを組み合わせた CO₂ 分離・回収型 IGCC 技術の実用化を目指すこととし、「CO₂ 分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発」について、本事業全体でのさらなる連携と協力を期待する。

注) SOFC : 固体酸化物燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell)

電解質に固体酸化物を用いた高温作動タイプの燃料電池のこと。

1. 3 マネジメント

本事業において、取り組む課題の性質及び NEDO のプロジェクトマネジメント経験を踏まえると、NEDO が実施する意義は十分にある。また、本事業の実施体制については、外部有識者からの助言を事業計画に適切に反映できる体制となっており、必要な体制がとられている。さらに、これまで事業が展開されてきた中で、大きな事故もなく、また研究開発計画における遅延もなかったことから、指揮命令系統及び責任体制が有効に機能している結果であるといえる。

助成率が適切かの評価においては、全事業の中核となる CO₂ 分離・回収型 IGCC 実証は特に技術的難易度が高く、事業性が予測できない部分であることから助成率を高く設定していることは適切であると考えられる。

当該技術の社会実装を見据えた上で必要な研究課題が抽出され、その達成について適切な研究計画が立案されて実施されてきており、いずれも達成あるいは達成見込みである。さらには、この成果を社会実装する計画もすでに立案されているなど、この研究開発の計画によって大きな成果が上がったものと考えられる。

今後については、脱炭素の社会的要請が著しく大きくなった 2023 年の現状に配慮して、本事業で得られてきた多くの研究開発成果に関しても、社会実装に向けた選択的加速が行われることを期待する。

(参考) 分科会委員の評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

＜肯定的意見＞

- ・ 多様な燃料を利用可能とすることで日本のエネルギー供給の安定ができるとともに、CO₂分離回収によるCO₂排出低減の両立を達成できる技術として、本技術開発はエネルギー基本計画に合致した方向性である。
- ・ 本事業の成果の社会実装の具体像として、GENESIS 松島計画が進められており、この計画に必要な準備はガス化炉についてはおおむね出来上がったものとみられ、本事業で必要な取り組みがなされたものと認められる。また、CO₂分離についても、将来社会実装する際の課題となるCO₂貯留地についても、別途探査が進められており、本事業でCO₂分離を実証することで社会実装の具体像が得られたことは評価すべきである。
- ・ 知的財産の取り扱いとして、プロジェクト参画各社間で適切に取り決めがなされている。特許として公開する部分とノウハウとして秘匿する部分についても、方針が適切に定められている。
- ・ 6次エネルギー基本計画(2050年カーボンニュートラル)に向けた発電技術であり、意義のある技術開発である。
- ・ アウトカム目標の達成の姿として、GENESIS 松島計画を立案し、成果の活用に具体性がある。
- ・ 装置・機器開発に係る知財はメーカー、IGCC 利用技術に係る知財は OCG が分担しており、知的財産の取扱いに明確な戦略が伺える。

注) OCG：大崎クールジェン株式会社のこと。

- ・ 地球環境変動問題にかかわる世界情勢あるいはエネルギー情勢およびそのセキュリティの観点から、石炭火力発電の高効率化と低炭素化に関する技術開発の重要性は変わらないと考える。本事業は、現時点で考え得る技術オプションをほぼすべて盛り込んだ次世代火力発電プロセスの実証事業であり、本事業において導入した要素の特性が確認され、連携運転に関するノウハウの蓄積も進み、当初掲げた目標をほぼ達成している。CO₂回収型IGCC/IGFCを設計するために必要な重要情報が得られている。
- ・ 地球環境変動問題にかかわる世界情勢あるいはエネルギー情勢およびそのセキュリティの観点から、石炭火力発電の高効率化と低炭素化に関する技術開発の重要性は変わらないと考える。我が国においては老朽化した微粉炭火力のリプレイスにおいて、より効率的なIGCC（勿来、広野）への移行も一部で始まっている状況において、「更なる高効率化と低炭素化の両立」が可能な次世代火力発電プロセスの構築に向けた努力が必要となっている。当該事業は上記のような次世代火力プロセスのコンセプトを実証する大きな意義のあるプロジェクトである。本事業で得られた要素研究成果によって、ガス化炉、CO₂回収プロセス、大型燃料電池の運用に関して、有用な経験が蓄積されているし、本事業で得られた技術情報を用いることで、

500MW 商用機のイメージを描くことができている。また、学会などでも開発状況に関して情報発信が積極的に行われている。

- ・ 石炭を用いた発電事業における更なる高効率化と低炭素化（CCU あるいは CCS）は今後国内外でも必然的に関心が高まるであろうとの認識に立ち、当該事業では実用化・事業化を見据えた上で、研究データ、要素の運用データなどに関して、クローズ領域とオープン領域を設定している。また、CO₂回収型 IGCC/IGFC プロセスに関しては、本事業が先駆的なものであり、今後、標準化に関する動きが起きる段階になったときは、当該事業で得られた知見やノウハウをもとに我が国が主導的な立場をとることができるものとする。

注）CCU：Carbon dioxide Capture and Utilization

分離回収した CO₂ を有効利用する技術のこと。

- ・ エネルギー資源が脆弱な我が国のエネルギーセキュリティ上、石炭の有効活用の必要性は論を俟たないと共に、エネルギー基本計画にも本事業による技術開発の推進が明示されている。したがって、本事業の位置づけ及び我が国への貢献は明確である。世界的なカーボンニュートラルへの潮流の中においても、本事業は CCS となじみやすい IGCC を対象とした技術開発であることから、我が国のエネルギーセキュリティにも寄与しつつ、カーボンニュートラルとも整合的である。一民間事業が負うべき技術開発というよりも我が国全体の国益に資する技術開発であることから、国が実施すべき事業である。
- ・ 本事業における技術開発は、外部環境の変化も踏まえた上で、JPower による GENESIS 松島計画へ展開しつつあり、アウトカム達成までの太い道筋が示されていることは評価できる。
- ・ 知的財産・標準化戦略に関しては、適切に取り組んでいる。
- ・ 一般的な石炭利用の逆風は CO₂ 排出量が他の化石燃料に比べて多いからである。しかし、本事業は、CO₂ 分離回収と、高効率化の双方から、CO₂ 排出ゼロを目指すもので、再生可能エネルギーの調整電源として、エネルギー基本計画の極めて重要な基軸となっている。
- ・ IGCC、IGFC の社会実装を行うための高効率化と、CO₂ 分離回収の負荷変動に対応するためのガスタービン開発を 2025 年までに行い、これらの成果により商用機の社会実装という、極めて効率のいい開発手順であり、評価できる。
- ・ 国益に見合う、事業化を見据えた、オープン領域とクローズ領域が適切に設定されていることは、評価できる。
- ・ 世界的に二酸化炭素排出規制が厳しくなり、ESG 投資の観点から石炭火力発電への投資・融資方針が見直されている。しかしながら、日本においてはエネルギーセキュリティ上、長期保存が可能で、安定供給が可能な石炭火力発電に依然として頼らざるを得ない。このような状況を踏まえると、石炭火力発電所の脱炭素化に向けた本事業の推進は社会的課題解決に貢献しているものであり、NEDO 事業として推進していく意義は大きい。

- ・ 外部環境を踏まえた適切な工程となっている。プロジェクトも成果が、実際に GENESIS 松島計画等の社会実装につながっており、自立化が行われている。プロジェクト実施において表出した新たな課題に対してもフォローアップ技術開発が実施されており、アウトカム達成までの道筋は適切であると判断する。
- ・ 知的財産の帰属、戦略は、本プロジェクトの実用化を見据えつつ、競合他社への優位性の確保が図られており、妥当なものになっている。
- ・ 国内外を問わず石炭エネルギーに頼らざるを得ない地域や期間がある以上、石炭利用技術における徹底的な高効率化技術およびブルー水素製造に代表される過渡的な脱炭素技術は必要不可欠である。よって、本事業でこれまでに蓄積されてきた知見とその方向性はきわめて貴重である。
- ・ 本事業が提案する複数のソリューションに関して、省エネルギーおよび脱炭素の観点で既存プロセスとの定量的比較がなされており、それらは本事業内で実証された個々のプロセスの基本性能によって裏付けされているだけでなく、将来に向けた社会的価値を示すものとなっている。
- ・ 石炭ガス化炉の炭種依存性やシフト反応器の温度依存性など、各プロセスにおける膨大な実験・解析結果に基づき、それぞれ高効率できわめて安定的な運転を実現していることが伺える。またそれらを支える知見については、学術的に公開されるものと、ノウハウとして本事業実施者内で保持されるものがきちんと区別されている。

＜問題点・改善点・今後への提言＞

- ・ **【提言】** 本事業の国際展開に対する障害として懸念されるのが、いわゆる「石炭への逆風」である。CCS 付石炭火力で CO₂ 排出低減を図ることについての国際理解を得ることについては、本事業の実施者だけでなく、国の積極的な取り組みも必要と思われる。
- ・ 新たな発電プロセスであることから、市場展開に関する検討は進められないのが現状かと思うが、知財の合目的的な展開によって、研究開発成果の事業化につながることを期待する。
- ・ 分離回収した CO₂ の量は、発電所あたり数百万トンの膨大な量になる。CO₂ 有効利用では量に対応することが困難である。CO₂ 貯留への対応が必要となる。
- ・ 石炭を取り巻く情勢は時々刻々と変化しており、国内外の動向を踏まえたプロジェクトの位置づけのチェックが必要である。一方、脱炭素化に向けて性急に進められていた議論が、再生可能エネルギーへの移行目標が現実的に実現可能な時期に変更される場合もある。そのため、社会情勢を踏まえながらも、世論などに過剰に反応せず、プロジェクトの芯を維持することも必要である。難しい舵取りになると思うが、今後への提言としたい。
- ・ CCS 長期ロードマップなどを踏まえ、CO₂ 分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会実装を 2030 年以降としているが、社会情勢によっては、より早い時期での実用化が望まれることも考えられる。技術の成熟を待ったうえでの実用化であれば 2030

年以降となるかもしれないが、社会の CO₂ 回収要請が高まれば、技術的に未熟であっても早急に適用し、運用の中で改善していくというステップも考えられるのではないか。近年の国内外の動向を踏まえ、技術論のみで社会実装時期を設定してよいものかという点でも検討いただきたい。

- ・ 石炭を取り巻く環境の劇的な変化に対応するため、石炭ガス化というキーテクノロジーに対して、第一段階から第三段階まで多様なソリューションを提示してきた本事業の道筋は理解できる。しかし、カーボンニュートラルへの世界的要請が鮮明になってきた 2023 年の現状を鑑みて、社会実装への具体的ビジョンを絞り込んでいく時期が来ていると考える。
- ・ 本事業による社会実装の目標を CO₂ 分離・回収型 IGCC 以上に置くとすれば、回収後の CO₂ の引き受け先の確保はきわめて重要であり、場所・規模・輸送方法について具体的なビジョンを提示すべきである。それらは個々の民間企業が持つ情報や技術だけで構築できるものではなく、まさに官のリーダーシップが強く期待される部分である。
- ・ これまで石炭ガス化炉の炭種依存性に関してきめ細やかな解析が行われてきたにも関わらず、2023 年にバイオマス混焼が追加された点に若干の不安を覚える。石炭ガス化炉の標準化に際して燃料組成範囲の規定は重要であり、バイオマス導入の可否は慎重に検討されるべきである。

1. 2 目標及び達成状況

<肯定的意見>

- ・ 石炭ガス化、CO₂ 分離、シフト触媒実証、運用性実証については、十分な成果をあげたものと思われる。燃料電池については、燃料電池側の一層の低コスト化を必要としているが、本事業ではガス化ガスによる燃料電池の運転について適切な成果をあげている。水素ガスタービンについては、水素燃焼に関する課題が明確化しており、そのメカニズムに基づいた対処方針も示されている。
- ・ CO₂ 分離を達成しながらなおかつ高効率発電を可能とするために必要な研究開発項目について、いずれも達成されており(達成見込みを含む)、適切に進捗したと思われる。オープン・クローズ戦略も適切に立案されており、実施者内部で知財の持ち分などの合意がなされ、それに基づき知財化が適切に進められている。技術的には IGCC は社会実装可能なところまで来ており、実際に GENESIS 松島計画が進行するなど社会実装の具体像が見えるところまできたことは高く評価すべきである。
- ・ IGCC のアウトカム目標の達成は十分見込める。アウトカムが実現すれば、石炭火力のカーボンニュートラルに大いに貢献する。
- ・ IGCC に関しては中間目標以上を達成している。
- ・ 当初、本事業で目指した CO₂ 回収型 IGFC プロセスの実用化については、構成要素（特に燃料電池）のコストあるいは性能の制約から、一層の要素研究（高出力化など）が必要であり、時間を要するものと思われる。しかし、本事業の成果の一部が

GENESIS 松島計画などに組み込まれることにより、これまでに大気中へ垂れ流しであった火力発電所からの CO₂ が回収され、CCS あるいは CCU へとつながっていくという流れが起きようとしている。この点は重要なアウトカムと認識して良いと考える。

- ・ ガス化ガスの一部抽気によるシフト反応操作、CO₂ 回収操作、タービン・燃料電池発電ということであり、商用規模の運用とならなかった現状はあるとしても、石炭火力の高効率化と低炭素化というニーズ（外部環境の変化）に正面から対応したものとと言える。また既存の IGCC の実績値および JPower が長年取り組んできた EAGLE プロセス開発の経験をもとに、適切に目標値が設定されている。またオープン・クローズに関する戦略を十分に検討しながら論文や学会での情報発信、特許出願等が行われていると考える。とりわけ大型燃料電池の運用については世界初であり、技術的優位性は確実に得られていると考える。経済性（コスト、燃料電池発電単価）に関しては、更なる要素研究の展開が必要であるが、この点についても我が国が先頭に立って技術開発の更なる進展（燃料電池出力密度の増加など）を期待するところである。
- ・ アンモニア混焼などの実証事業に取り組んでいる電力会社はあるものの、各社ともアンモニア、水素、あるいは CCS など様々なオプションがある次世代の電源のあり方に試行錯誤している状況である。その中で JPower が、CCS も念頭においた上で本事業の成果を活用した GENESIS 松島計画を具体的なプロジェクトとして進めていることは特筆に値する。
- ・ 技術開発目標については適切に管理した上で、目標を達成している。
- ・ 本事業の成果を活用して、既存の石炭火力である松島火力に IGCC を併設する GENESIS 松島計画を発表しているとともに、ENEOS、JX と「西日本カーボン貯留調査株式会社」を設立し、CCS 開始を 2030 年までに開始することを目指している。これらの具体的なアクションはアウトカム達成に向けて評価できる。
- ・ CO₂ 分離回収型 IGCC での送電端効率と、負荷変動に対応する CO₂ 分離回収装置は、CO₂ 回収率 90%以上で、47%の効率、5,000 時間以上の長期運転などについて、達成または達成見込みになっており、商用化を見据えた目標と達成状況になっている。
- ・ 本プロジェクトで得られた成果が、実際に GENESIS 松島計画に発展し、社会実装につながっている。また CO₂ 貯留についても着実に検討が進められており、アウトカム目標は十分達成できたと評価できる。
- ・ CO₂ 回収率 90%の条件で発電効率 47%程度の見通しを得ており、アウトプット目標は十分達成できていると考えられる。本成果は、カーボンニュートラル社会の実現と、日本のエネルギーセキュリティの確保の両立に貢献している。また、本プロジェクトを通じた人材育成や、論文発表による成果の公知化は、ブルー水素製造などに活用されうるものであり、本事業の副次的効果は大きいと考えられる。

- ・ 石炭ガス化炉、シフト反応器、CO₂吸収プロセスの開発に関しては、本事業開始当初から様々な困難を乗り越えつつも、概ね順調に進められてきおり、達成目標の大幅な見直しを余儀なくされるような事態は無かったと考える。
- ・ 石炭ガス化炉本体については実証プラントである OCG において既に完成の域に達している。また、ガス化炉からの生成ガス一部抽出のライン上ではあるが、シフト反応器、および CO₂吸収プロセスにおいても、それぞれの運転目標値はクリアしており、そのスケールアップの試算において、本事業提案プロセスの経済的価値を十分に証明している。

＜問題点・改善点・今後への提言＞

- ・ IGFC に関して、大容量燃料電池実用化見通しの達成時期が不明である。
- ・ 様々な技術的あるいは予算的な制約があり、実証研究としては石炭ガス化ガスの一部抽気によるものであった。しかし、プラントを構成する個々の要素の特性や連携操作に関してかなり経験と理解の深化があったことは貴重である。ここで得られた知見を戦略的に活用し、勿来や広野の IGCC などの商用発電の状況も踏まえながら、次の実証事業の在り方を検討すべきと考える。
- ・ CO₂分離・回収型 IGCC の経済性評価から試算された CO₂分離・回収型 IGFC における燃料電池設備の発電コストは、極めて達成しにくいものであろう。一方、カーボンニュートラルへ向けて考えると、本事業のコスト目標は、カーボンをほぼ排出しない他電源と競合し得るレベルの発電コストの達成にあると考えられる。すなわち、本事業の実装のための出口の一つは、IGFC を過度に追及することなく、コスト低減の観点から CO₂分離・回収型 IGCC を進めて行くことではないか。
- ・ 大型燃料電池のコストの大幅な低減が必要であることはプロジェクト実施以前から自明であったはずであり、その道筋を示していただければよりよくなったと考えられる。本事業が発電を対象としていることからやむを得ない部分もあるが、IGCC により製造された水素の利用方法は大型燃料電池のみではないはずである。将来的には他産業への展開など様々な可能性を検討いただきたい。
- ・ 本事業が開始された当初と比較してカーボンニュートラルの重要性が格段に増した現在において、本事業が提案する複数のソリューションの中で一刻も早い社会実装が期待されるプロセスを、ある程度の優先順位をつけて明示すべきである。たとえばそれは CO₂分離・回収型 IGCC であると思う。
- ・ 本事業による社会実装の目標を CO₂分離・回収型 IGCC 以上に置くとすれば、それには水素リッチガスでの燃焼ガスタービン技術の実用化が不可欠である。その点で「CO₂分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発」について、本事業全体でのさらなる連携と協力を期待する。一方、本事業で OCG に導入された SOFC ユニットに関するこれまでの試験結果だけで 500MW 級 IGFC システムを想像するのはやや困難である。そのスケールアップにおいて、現状ではリアリティが不足と感じる。

1. 3 マネジメント

<肯定的意見>

- ・ 過去の **EAGLE** プロジェクトの成果の上に本プロジェクトが実施されており、過去の知見、経験を十分に生かす体制として、本事業の体制が適切に組まれている。成果については、ユーザーにより次のステップである具体的な形での社会実装がすでに計画されており、高く評価できる。知財管理方針も明確であり、適切である。
- ・ 本事業は、エネルギー資源の調達の安定化と高効率発電を図るうえで国のエネルギー政策と十分に合致している。発電技術は電力供給という高度の安定性を必要とする分野であり、長期間の試験による安定運転の達成を必要とするものであり、公益性が高く時間のかかる分野である。また、CO₂ 分離回収は将来の社会の方向性(例えば炭素税など)がまだ不確定な部分が多いので事業性予測が困難であるため、研究開発投資をするにはリスクが大きいテーマであり、加えて地球環境変動は公益にかかわる問題であるので、公的な支援を必要とする分野である。以上の点から、本事業に対する公的支援は適切であると考えられる。
- ・ 当該技術の社会実装を見据えた上で必要な研究課題が抽出され、その達成について適切な研究計画が立案されて実施されてきており、いずれも達成あるいは達成見込みである。さらには、この成果を社会実装する計画もすでに立案されているなど、この研究開発の計画によって大きな成果が上がったものと考えられる。
- ・ 開発過程における様々な課題について、**NEDO/METI/OCG** は連携しながら、ガバナンスを機能させ課題解決にあたってきた。また、安全対策にも十分配慮した。
- ・ 本開発は、世界最高レベルの高効率・クリーンな石炭利用発電技術の開発であり、国策に沿った技術開発であること、技術的課題の困難さと開発期間の長さを考慮すると国家事業として実行することは妥当である。
- ・ 外部環境の変化を常に意識し、アウトプット目標以上の成果を得ようとする研究開発姿勢は大いに評価できる。研究開発の進捗は、常にパワーポイント等管理しやすい形でまとめられている。
- ・ 長年石炭の高効率利用、特に石炭ガス化複合発電あるいは燃料電池発電に関する技術開発を監督・マネジメントしてきた **METI** あるいは **NEDO** 環境部が当該実証事業に対応していることは効果的・効率的な事業執行の観点から適切である。実施者である大崎クールジェン株式会社は中国電力と電源開発株式会社の合併会社であるが、**EAGLE** ガス化プロセスを長年展開してきた電源開発が有する石炭ガス化反応に関する知見、ガス化炉の設計、操作あるいはメンテナンスに関する経験と技術力は当該事業になくてはならないものと考ええる。したがって、大崎クールジェン株式会社は実用化・事業化能力を有しており、その能力を発揮している。これまでプロジェクトが展開されてきたが、大きな事故もなく、また研究活動における遅延などもなかった。指揮命令系統および責任体制が有効に機能している結果であると考ええる。個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）に問題点はないと考えるか。

- ・ 炭酸ガス回収型 IGFC の実用化については、コスト面そして要素のスケール面にまだ課題があるため、机上計算による 500MW 発電プロセスのイメージは描けたとしても、実現には越えなくてはならないハードルがある。これまでの実証事業の運用については問題がないと考えており、合目的な技術情報収集が行われたと認識している。しかし、今後補助事業として展開を継続する場合は、実証内容などに関して慎重に議論する必要があると考える。
- ・ 外部環境の変化、社会的影響あるいは社会的ニーズの観点から、アウトプット目標達成に必要な技術開発や要素技術間での連携が行われていると考える。多くの困難が生じたと思われるが、大きな事故や遅延がなく、重要な成果を創出した本事業に関しては、研究開発の進捗を管理する手法は適切であったと考えてよいと思う。
- ・ 技術開発の内容及び長期間の技術開発を伴うことから、NEDO 以外の執行機関は考えられない。基本的に個別事業は技術検討委員会のもとで実施されており、適切な実施体制が構築されている。
- ・ 技術開発項目の難易度に応じて助成事業の補助率を変更しており、適切な受益者負担であるといえる。
- ・ 2020 年 7 月の中間評価における指摘事項への対応として、「CO₂ 分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発」、「信頼性向上、低コスト化」) を新規に開始すると共に、CCUS を対象とした他の NEDO 事業の成果を本事業にフィードバック可能な体制を整えたことは評価し得る。
- ・ 執行機関 (METI/NEDO) は、化石燃料の利用から CO₂ の分離回収後の処分まで、一環したビジョンを有しており、その中での、本事業の IGCC、IGFC、ガスタービンの開発の位置づけ、指導力は適切になされていると評価できる。
- ・ 本事業は、はじめての IGCC、IGFC の実証について達成に関して難易度が高いものであり、国のプロジェクトとして実施することが必須となる。そのための高い補助率については適切なものである。
- ・ IGCC、IGFC の実証を通して、例えばチャーフィルタを別システムに移行するなど、積極的に要素技術を商用化に向けて見直しており、評価できる。
- ・ 取り組む課題の性質、および NEDO のプロジェクト経験を踏まえると、本プロジェクトを NEDO が実施する意義は十分にある。また、外部有識者からの助言を事業計画に適切に反映できる体制となっており、本プロジェクトを推進するうえで必要な実施体制がとられている。事業の採択プロセスにおいても、多様な専門家を入れて多方面から検討できる体制となっており、適切なものと判断される。
- ・ 本プロジェクトにおいて、全事業の中核となる CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証は特に技術的難易度が高く、事業性が予測できない部分であることから補助率を高く設定していることは適切であると考えられる。一方、運用性実証や信頼性向上に関する事業は補助率を低下させており、プロジェクト全体において受益者負担が適切に設定されていると考えられる。

- ・ 中間評価結果や情勢変化を踏まえた対応が取られており、研究開発計画として概ね妥当と考えられる。
- ・ 本事業内 1)～4)、1)酸素吹 IGCC 実証、2)CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証、3)CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGFC 実証、4)信頼性向上・モデル化、に関する連携・協力に関してはきわめて機能的に実施されたものと判断する。OCG プラント系統内においてシフト反応器および CO₂ 吸収プロセスの実証に成功したことは大きな成果である。また、様々な課題は残されているものの、石炭ガス化炉からの実ガスを用いて SOFC ユニットの発電実験まで行ったことの工学的意義は大きい。
- ・ 本事業は、回収後の CO₂ の引き取り先の確保等において「海外の政策動向の影響を大きく受けるために民間企業では事業化の成否の判断が困難な場合」にも相当するので、特に「2)CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証」において高い補助率が設定されるのは適切である。
- ・ 石炭ガス化をキーテクノロジーとして、様々な需要に対応する複数のソリューションを提示し、それらに必要な各プロセスの実証を OCG プラントにおいて集約的に進めてきた本事業による研究開発は意義深く、また本事業の完了に向けて順調に成果が集積されている。

＜問題点・改善点・今後への提言＞

- ・ 本事業で目指す次世代発電プロセスにおいては、プロセスを構成する要素は存在するものの、その性能に関しては十分とは言えない。例えば大型燃料電池に関してはこれまでの長い技術開発の結果として、性能、運用性などの点を考慮しても availability は向上しており、本事業でも実際に導入・検証されている。しかしながら、600kW 発電に占める要素体積が現時点では大きく、発電量アップのためには複数稼働となり、かなりの数のユニットが必要になる。燃料電池発電単価についても課題がある。そのような状況であるので、事業化へ舵を切るために必要なことが何なのか、それをクリアするためにどのくらいの時間と予算と人が必要なのかを、しっかりと議論する必要がある。
- ・ 第 6 次エネルギー基本計画に対する対応が既設 GT の運転範囲で可能な水素濃度変動試験の追加実施となっているが、関係性がやや不明瞭であるように感じられた。
- ・ 本事業内 5)CO₂ 分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発については、実施者間のさらなる連携を期待したい。OCG プラント内で CO₂ 分離・回収型 IGCC を想定した水素リッチガスでのガスタービン運転試験が困難である以上、他施設での代替試験は必須であり、それは石炭ガス化ガス由来である CO ベースの水素混焼試験を配慮すべきである。
- ・ 本事業は、回収後の CO₂ の引き取り先の確保等において「海外の政策動向の影響を大きく受けるために民間企業では事業化の成否の判断が困難な場合」にも相当するので、「5)CO₂ 分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発」において高い補助率が設定されるのは適切である。だからこそ、本事業へフィードバックされる成

果（CO ベースの水素混焼ガスタービンの運転実証）として結実することを期待する。

- ・ 省エネより脱炭素の社会的要請が著しく大きくなった 2023 年の現状に配慮して、本事業で得られてきた多くの研究開発成果に関しても、社会実装に向けた選択的加速が行われるべきである。

2. 評点結果

評価項目・評価結果		各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋									
(1)本事業の位置付け・意義		A	A	A	A	A	A	A	3.0
(2)アウトカム達成までの道筋		B	A	A	A	A	B	B	2.6
(3)知的財産・標準化戦略		A	A	A	A	A	A	A	3.0
2. 目標及び達成状況									
(1)アウトカム目標及び達成見込み		A	A	A	A	A	A	B	2.9
(2)アウトプット目標及び達成状況		A	B	B	B	A	A	B	2.4
3. マネジメント									
(1)実施体制		A	A	A	A	A	A	A	3.0
(2)受益者負担の考え方		A	A	B	A	A	A	A	2.9
(3)研究開発計画		A	A	A	A	A	B	B	2.7

《判定基準》
A：評価基準に適合し、非常に優れている。
B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。
C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

(注) 評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

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／
①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」

事業原簿

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

概 要	1
プロジェクト用語集	1
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	1
1.1. 事業の位置づけ・意義	1
1.1.1. 研究開発の必要性	1
1.1.2. 具体的な研究開発の内容	2
1.1.3. 本プロジェクトの背景・目的・将来像	4
1.1.4. 政策・施策・技術戦略上の位置づけ	5
1.1.5. 国内外の動向	7
1.1.6. 他事業との関係	7
1.2. アウトカム達成までの道筋	8
1.3. 知的財産・標準化戦略・知的財産管理	9
2. 目標及び達成状況	1
2.1. アウトカム目標及び達成見込み	1
2.1.1. アウトカム目標の設定及び根拠	1
2.1.2. 「実用化・事業化」の考え方	1
2.1.3. アウトカム目標の達成見込み	2
2.1.4. 波及効果	3
2.1.5. 費用対効果	3
2.2. アウトプット目標及び達成状況	4
2.2.1. アウトプット（研究開発成果）のイメージ	4
2.2.2. アウトプット目標の設定・根拠・達成状況	5
2.2.3. 研究開発成果の意義（副次的成果）	6
2.2.4. 特許出願及び論文発表	6
3. マネジメント	1
3.1. 実施体制	1
3.1.1. NEDO が実施する意義	1
3.1.2. 実施体制	1
3.1.3. 個別事業の採択プロセス	2
3.2. 受益者負担の考え方	3
3.3. 研究開発計画	4
3.3.1. 研究開発計画の概要	4
3.3.2. 目標達成に必要な要素技術	4

3.3.3.	研究開発のスケジュール（概要）	7
3.3.4.	進捗管理.....	8
3.3.5.	中間評価結果への対応	9
3.3.6.	動向・情勢変化への対応	10
4.	目標及び達成状況の詳細.....	1
4.1.	CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC/IGFC 実証関連事業	1
4.1.1.	2)-1 CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証.....	4
4.1.2.	2)-2 IGCC 運用性実証	9
4.1.3.	3) CO ₂ 分離・回収型 IGFC 実証.....	11
4.1.4.	4) 信頼性向上、低コスト化.....	13
4.2.	5) CO ₂ 分離・回収負荷返答対応ガスタービン要素技術開発	16
	添付資料.....	1
	●プロジェクト基本計画	1
	●特許論文等リスト（評価対象期間外含む）	1

概 要

		最終更新日	2023 年 10 月 6 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／ ①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業		プロジェクト番号 P16002
担当推進部/ P M及び METI 担当課	＜担当推進部/PM＞ 環境部 高橋和雄（2023 年 6 月～現在） 環境部 吉田准一（2022 年 11 月～2023 年 5 月） 環境部 戸島正剛（2020 年 9 月～2022 年 10 月） 環境部 高橋洋一（2016 年 10 月～2020 年 8 月） 環境部 山本誠一（2016 年 4 月～2016 年 9 月） ＜METI 担当課＞ 資源エネルギー庁 資源・燃料部 燃料環境適合利用推進課		
0. 事業の概要	エネルギー基本計画では、火力発電について、レジリエンス向上への寄与度等の観点から、適切なポートフォリオを維持するとされている。また、火力発電のエネルギーセキュリティの観点から石炭の活用も重要であり、高効率発電をしつつ CO ₂ 排出量を大幅に削減できる技術が必要になる。本事業は、高効率発電技術である IGCC、IGFC と CO ₂ 分離・回収技術を組み合わせることにより、石炭火力からの CO ₂ 排出量をゼロに近づけるとともに、高効率発電を行うシステムの技術確立する事を目的としている。		
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋			
1.1 本事業の位置付け・意義	「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れる一方で、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としている。		
1.2 アウトカム達成までの道筋	CO ₂ 分離・回収型 IGCC、IGFC については、技術開発成果を活用して社会実装のための課題解決の検討を進め、CO ₂ 分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会実装を行い、火力発電の高効率化、CO ₂ 削減を進める。一方、CO ₂ 分離・回収負荷変動に対応するガスタービン燃焼器の要素技術開発を 2025 年度まで行い、成果を活用して社会実装のための課題解決の検討を進め、CO ₂ 分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会実装に活用する。		
1.3 知的財産・標準化戦略	知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属することとした。 標準化戦略は実用化・事業化を見据えた上でクローズ領域とオープン領域を適切に設定した。		
2. 目標及び達成状況			
2.1 アウトカム目標及	【アウトカム目標】 CO ₂ 分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会実装し、石炭火力発電設備を高効率化、CO ₂ を削減する。		

び達成見込み	【アウトカム目標達成の見込み】 電源開発株式会社は本事業の成果を活用して、既存の松島火力発電所に IGCC を併設する GENESIS 松島計画を発表している。また、CO ₂ 貯留候補地選定のための探査・評価などの事業化に向けた準備の推進を進めている。これらのことから、「アウトカム目標」である CO ₂ 分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会実装が進む可能性が出てきている。		
2.2 アウト プット目標 及び達成状 況	事業名称	アウトプット目標	達成状況 (見込み含む)
	2-1)CO ₂ 分離・ 回収型酸素吹 IGCC 実証	・CO ₂ 分離・回収型 IGCC と CO ₂ 液化を組み合わせた場合 の最適プロセスを構築する。 ・送電端効率 40.0%を達成可能な条件でシフト活性維持 (1 年程度)	○
	2-2)CO ₂ 分離・ 回収型酸素吹 IGCC 実証／ IGCC 運用性実 証	・IGCC の負荷変動に伴う CO ₂ 分離回収設備の追従性を 確認し、運用性を検証する。	○
	3)CO ₂ 分離・回 収型 IGFC 実 証	・500MW 級の商業機に適用した場合に、CO ₂ 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。	○
	5)CO ₂ 分離・回 収負荷変動対 応ガスタービン要 素技術開発	・燃焼器試験にて、H ₂ =25～100 vol%に対して、NO _x 50 ppm 以下、H ₂ 変化率 2.3 vol%/min 以上の達成 ・IGCC／IGFC+CCUS の全体システムと各コンポーネントの 技術課題の明確化	○
3. マネジメント			
3.1 実施 体制	経済産業省 担当原課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 燃料環境適合利用推進課	
	プロジェクト リーダー	大崎クールジェン株式会社 菊池哲夫	
	プロジェクト マネージャー	NEDO 環境部 高橋和雄	

	助成先	大崎クールジェン株式会社、株式会社日立製作所、三菱重工業株式会社										
3.2 受益者負担の考え方 事業費推移 (単位:百万円)		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	合計
	2-1)CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC 実証											-
	2-2)CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC 実証／IGCC 運用性実証											-
	3)CO ₂ 分離・回収型 IGFC 実証											-
	4)信頼性向上、低コスト化											-
	5)CO ₂ 分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発											-
	会計・勘定	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	総額
	一般会計	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	特別会計 (電源・需給の別)	4,507	4,423	5,742	5,695	2,681	4,942	2,835	861	301	253	32,240
	開発成果 促進財源	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	総 NEDO 負担額	4,507	4,423	5,742	5,695	2,681	4,942	2,835	861	301	253	32,240
3.3 研究 開発計画												
	情勢変化への 対応	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、水素・アンモニア・CCS・CCU/カーボンサイクルにおける対応や、水素社会実現にむけた取り組みの抜本強化が示されている。これを踏まえ、IGCC プラントの運用性実証において、水素濃度変動試験を追加し、水素濃度が高レートでの変化においても GT への影響はなく、安定運転を確認した。										

	中間評価結果への対応	2020 年 7 月の中間評価において、情勢変化に合わせた弾力的な対応、実運用における性能向上と運用上のノウハウ積み上げの指摘を受け、実施項目を新規に公募し、実施してきた。	
	評価に関する事項	中間評価	2017 年度 中間評価実施 担当部 環境部
		中間評価	2020 年度 中間評価実施 担当部 環境部
		中間評価	2023 年度 中間評価実施 担当部 環境部
別添			
投稿論文		37 件	
特 許		9 件	
その他の外部発表（プレス発表等）		131 件	
基本計画に関する事項	作成時期	2016 年 1 月 作成	
	変更履歴	2017 年 2 月 改訂（本プロジェクトに関する記載を新規追加） 2016 年 4 月改訂（実施体制、PM、評価時期等の変更） 2016 年 9 月改訂（評価時期、研究開発スケジュール等の変更） 2017 年 2 月改定（研究開発項目の追加、PM・PL の修正、評価実施時期の修正等） 2017 年 5 月改定（実施体制、PM の変更） 2017 年 6 月改定（中間目標、中間評価設定） 2018 年 2 月改定（助成率の変更、研究開発項目の追加・変更、PM・PL の追記・修正） 2018 年 7 月改定（PM・PL の変更、研究の必要性及び具体的研究内容一部変更） 2018 年 9 月改定（PL の変更、中間評価・事後評価の変更並びに削除、期間延長及び最終目標を詳細化、目標値補足、スケジュール表の修正） 2019 年 1 月改定（助成率の変更、中間評価追加及び事後評価時期の変更等、最終目標詳細化、具体的研究内容の追記、実施時期の変更・中間目標策定・最終目標年度の変更、スケジュール表の修正） 2019 年 2 月改定（基本計画の名称変更、研究開発項目の追加、移管） 2019 年 3 月改定（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の追記） 2020 年 9 月改定（PM の変更） 2021 年 1 月改定（研究開発項目① 2）の内容拡充、研究開発項目① 4）5）の追加）	

			2022 年 11 月改定（P Mの変更、P Lの変更） 2023 年 1 月改定（研究開発項目①の追加） 2023 年 6 月改定（PM の変更）
--	--	--	--

プロジェクト用語集

専門用語・略語	定義・解説
EAGLE 炉	本事業で採用する 1 室 2 段旋回流方式の噴流床ガス化炉で、HYCOL 試験、EAGLE パイロット試験の技術知見を踏まえたもの。
ガスタービン（GT）	圧縮空気と燃料の燃焼によって生じた高温高压の燃焼ガスによってタービンを回し動力を得る原動機で、排気熱を利用し蒸気タービンとの複合発電を行うことでプラント効率を高めることができる。
ガスタービン燃料電池複合発電	燃料電池、ガスタービン、蒸気タービンの 3 つを組み合わせることで複合発電を行うもの。
グランドフレア	ガス化炉で生成したガスのうちプラント起動・停止操作時および緊急操作時等に系統内から放出されるガスを燃焼処理によって無害化し、安全に大気放散する保安設備。
高位発熱量	燃料が発生することのできる全熱熱量。低位発熱量（LHV）は HHV から水蒸気の潜熱を差し引いた化学反応分の熱量。
固体酸化物形燃料電池（SOFC）	固体電解質を用いた燃料電池で他の燃料電池と比較して高温高压化に適している。水素あるいは一酸化炭素を燃料として電気エネルギーを発生させる。
シフト反応	シフト反応は一酸化炭素と水蒸気から水素と二酸化炭素を生成する反応。 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{CO}_2$ 。特に、硫化水素を含有するガスを対象とした場合を「サワーシフト」、硫化水素ガスを含有しない場合を「スイートシフト」という。
蒸気タービン	ボイラで発生した蒸気により動力を得る原動機。
スラグ	石炭灰が高温の石炭ガス化炉で溶けてガラス状に固まったもの。石炭灰をスラグ化し排出できることで、灰の減容化が図れる。
石炭ガス化燃料電池複合発電	石炭をガス化して利用する発電方式で、燃料電池、ガスタービン、蒸気タービンの 3 つの複合発電を行うもの。IGCC を上回る発電効率が達成可能となる。
石炭ガス化反応	固体燃料である石炭を無灰ベースの一酸化炭素や水素等の可燃性ガス転換する一連の反応。
石炭ガス化複合発電	石炭をガス化して利用する発電方式で、ガスタービンと蒸気タービンとの複合発電を行うことで従来の微粉炭火力発電を上回る発電効率が達成可能となる。ガス化方式によって酸素吹と空気吹の 2 種類ある。
CO ₂ 回収率	$\left(\frac{\text{分離回収された CO}_2 \text{ ガスの C 量}}{\text{ガス化炉で生成された全石炭ガス化ガスの C 量}} \right) \times 100$
CO ₂ 回収効率	$\left(\frac{\text{分離回収された CO}_2 \text{ ガスの C 量}}{\text{CO}_2 \text{ 分離回収装置導入ガスの C 量}} \right) \times 100$
送電端効率	発電機で発生した発電端電力量から発電所内で消費される所内電力量を差し引いた送電端電力量を電力発生のために供給された総熱量で除したものである。
チャー	石炭を熱分解した時にできる未反応固体生成物で未燃炭素と灰分を主成分とする。
超々臨界圧火力発電	蒸気温度 566℃～600℃級の超臨界圧火力発電（USC）。
冷ガス効率	石炭が持つ発熱量が生成ガス発熱量に転換した割合[%]、石炭ガス化におけるエネルギー転換効率を表す。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

1.1. 事業の位置づけ・意義

1.1.1. 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、燃焼時の単位発熱量当たりの CO_2 排出量が多く、地球環境面での制約要因が多いという課題を抱えており、石炭火力発電についてもさらなる CO_2 排出量の抑制が求められている。

したがって、石炭火力発電の高効率化及び CO_2 排出量削減の観点から本事業を実施する必要性がある。

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

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

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

以上のとおり、石炭火力発電における CO_2 排出量の課題を克服していくことが一層重要となっており、石炭火力発電の高効率化及び CO_2 排出量削減を目指す本事業の必要性は大きい。

1.1.2. 具体的な研究開発の内容

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やバイオマス混合ガス化技術の開発を行い、革新的低炭素石炭火力発電の実現を目指す。

1) 酸素吹IGCC実証（1／3助成）※評価対象外

第一段階として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）、経済性及び信頼性などを検証した。

2) CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証（1／3，2／3助成）

第二段階として、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などを実施した。

3) CO₂分離・回収型IGFC実証（1／2助成）

第三段階として、CO₂分離・回収後の水素リッチガスを供給した場合の基本特性、運用性および信頼性を確認、および商用機（500MW級）のシステム効率検証を実施した。

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った。

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。

6) CO₂分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発（委託、1／2助成）

※評価対象外

石炭火力発電の更なる脱炭素化を目指し、CO₂分離・回収型IGCCにおけるバイオマス燃料混合のための基礎的データの収集・分析、要素技術の開発を行うと共に、IGCCシステム全体への影響を検証し、石炭バイオマス混合ガス化発電に必要な技術を確立する。

(a) 要素研究 (委託)

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

(b) 実用化研究 (1 / 2 助成)

バイオマス混合ガス化試験を行い、バイオマス混合に適応した燃料供給システム、ガス化・チャーリサイクル手法、微量物質処理の各技術を開発するとともに、CO₂分離・回収型IGCC設備全体のシステム検証評価を行う。

1.1.3. 本プロジェクトの背景・目的・将来像

<背景>

エネルギー基本計画では、火力発電について、レジリエンス向上への寄与度等の観点から、適切なポートフォリオを維持するとされている。更に、石炭火力に対して「再生可能エネルギーに対する出力調整の必要性」、「高効率化、CO₂ 排出量削減の技術開発の推進」が述べられている。

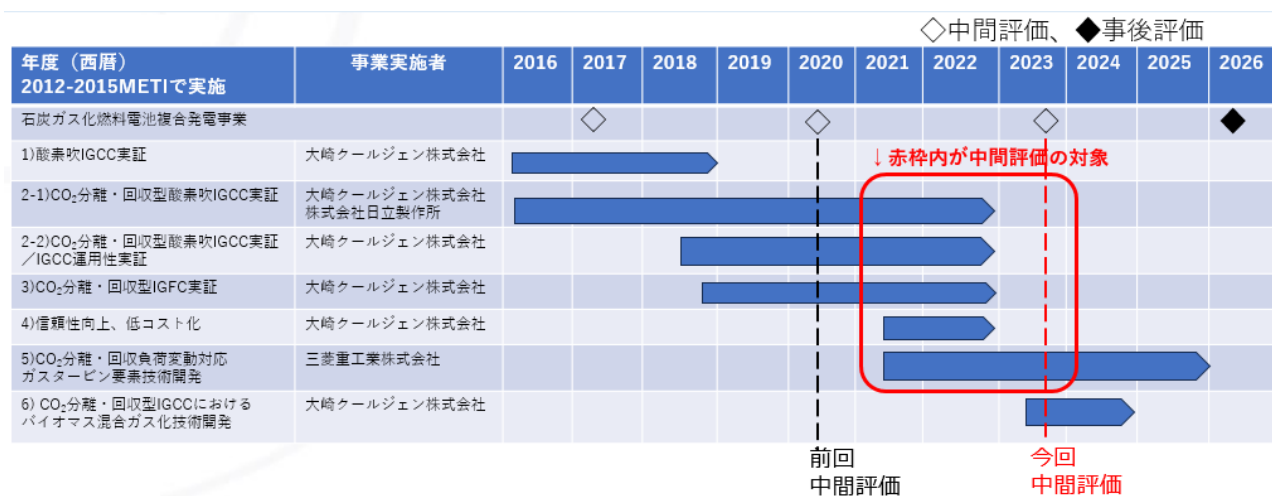
<目的>

高効率発電技術（IGCC、IGFC）と CO₂ 分離・回収技術を組み合わせることにより、石炭火力からの CO₂ 排出量をゼロに近づけるとともに高効率発電を行うシステムの技術確立する。

<将来像>

石炭火力発電所に対して、本 PJ の成果を反映し、CO₂ 分離・回収型 IGCC/IGFC を社会実装することで、石炭火力発電所の高効率化・脱炭素化を推進する。

以上を踏まえ、本プロジェクトでは以下の事業を実施した。2020 年度まで実施した 4 事業については中間評価にて評価を実施済みである。今回の中間評価では 2020 年以降に継続した 5 事業が対象となる。



1.1.4. 政策・施策・技術戦略上の位置づけ

「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れる一方で、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としている。

＜前回中間評価時＞：2018 年 7 月「第 5 次エネルギー基本計画」

【3. 一次エネルギー構造における各エネルギー源の位置づけと政策の基本方針（3）石炭】

- ・石炭火力発電は、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。
- ・発電効率を大きく向上し、発電量当たりの温室効果ガス排出量を抜本的に下げるための技術等（IGCC、CCUS など）の開発を更に進める。

（出典：経済産業省「第 5 次エネルギー基本計画（平成 30 年 7 月）」

https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf

＜中間評価時＞：2021 年 10 月「第 6 次エネルギー基本計画」

【火力発電の今後の在り方】

- ・レジリエンス向上への寄与度等の観点から、適切な火力のポートフォリオを維持していく。
- ・当面は再生可能エネルギーの変動性を補う調整力・供給力としても必要である。
- ・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）などの技術開発等を推進する。

（出典：経済産業省 第 6 次エネルギー基本計画（令和 3 年 10 月）

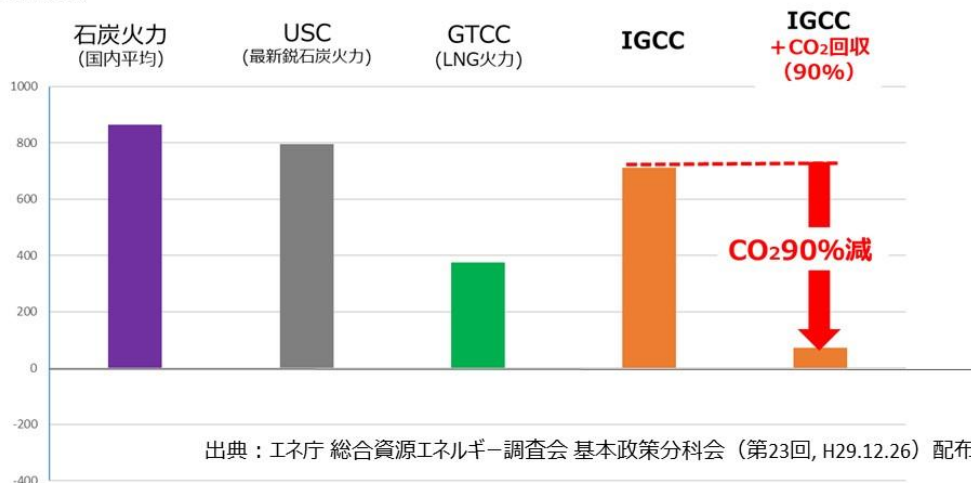
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan

＜参考情報＞

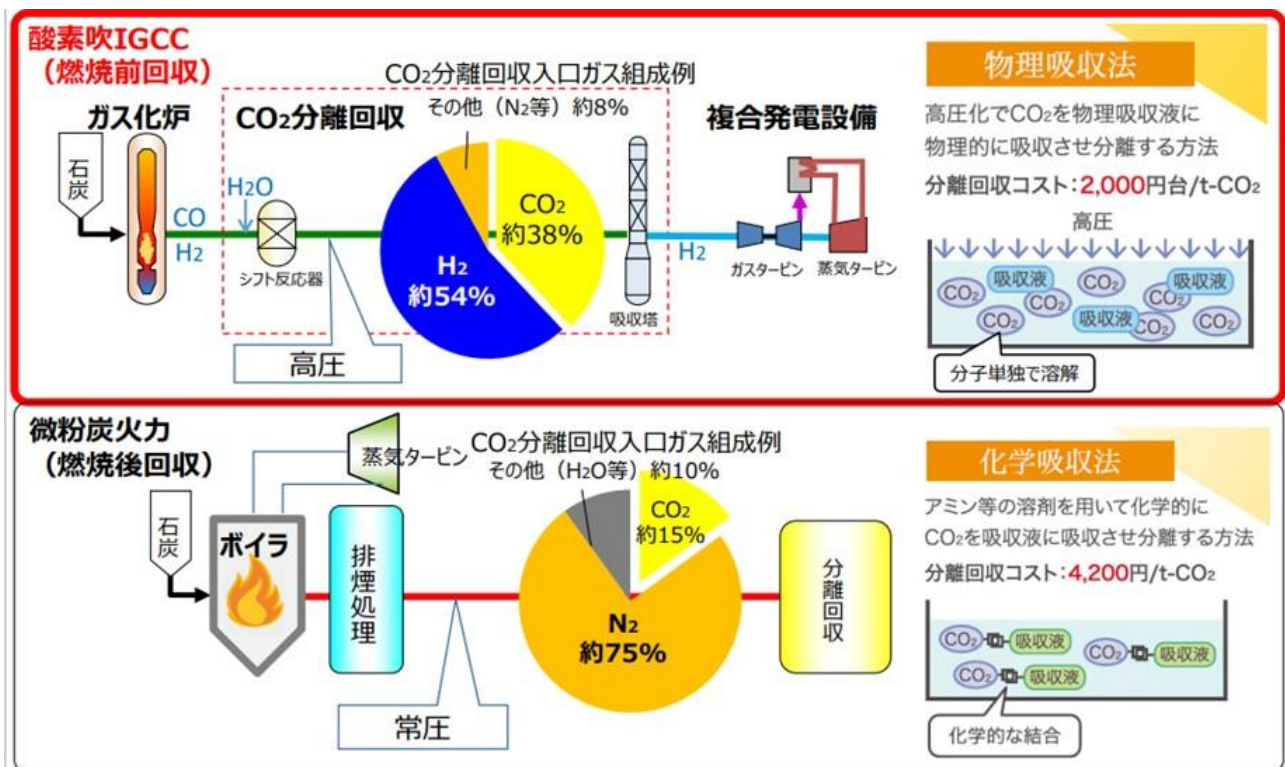
CO₂ 分離・回収型 IGCC/IGFC と CCUS の組み合わせにより、USC と比較して送電端効率を同等以上としつつ、CO₂ をほとんど排出しない石炭火力の実現の可能性がある。

<発電量当たりのCO₂排出量比較>

(g-CO₂/kWh)



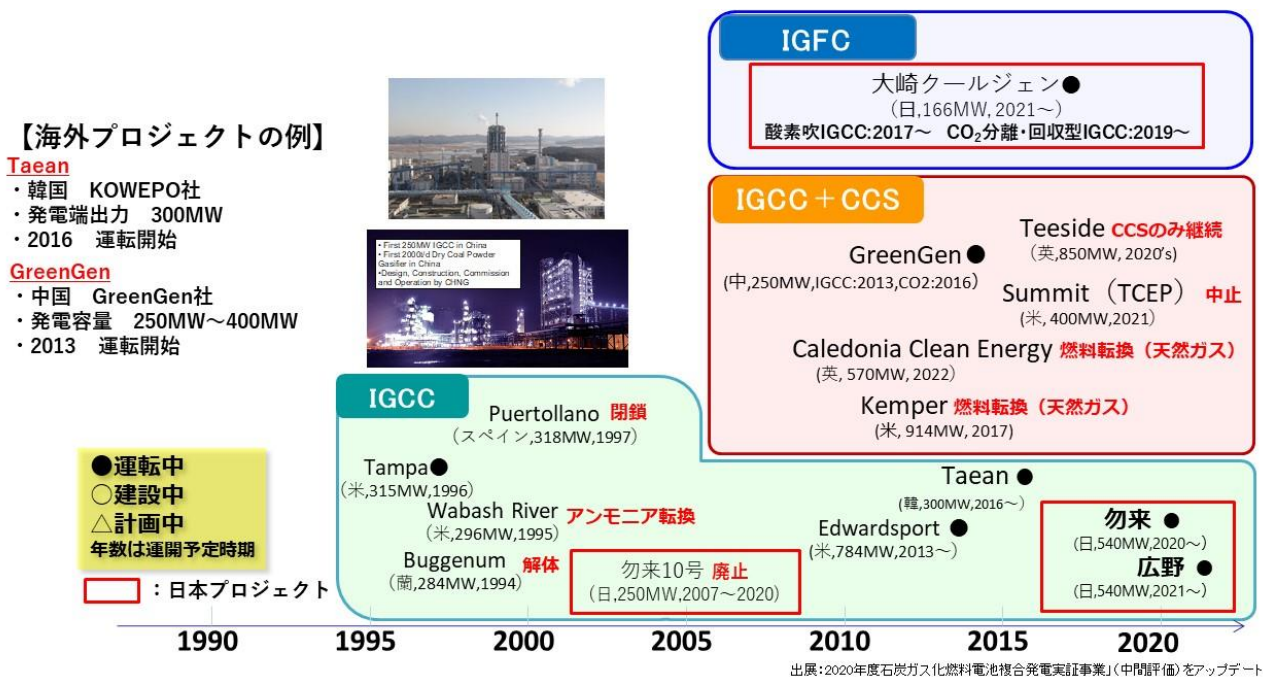
酸素吹 IGCC は、高圧かつ高濃度 CO₂ 石炭ガス化ガスを発生するため、CO₂ 分離回収方法として圧力を有効利用できる物理吸収法との組み合わせが適しており、分離回収コストも低減できる可能性がある。



※次世代火力発電協議会（第4回会合）資料2より

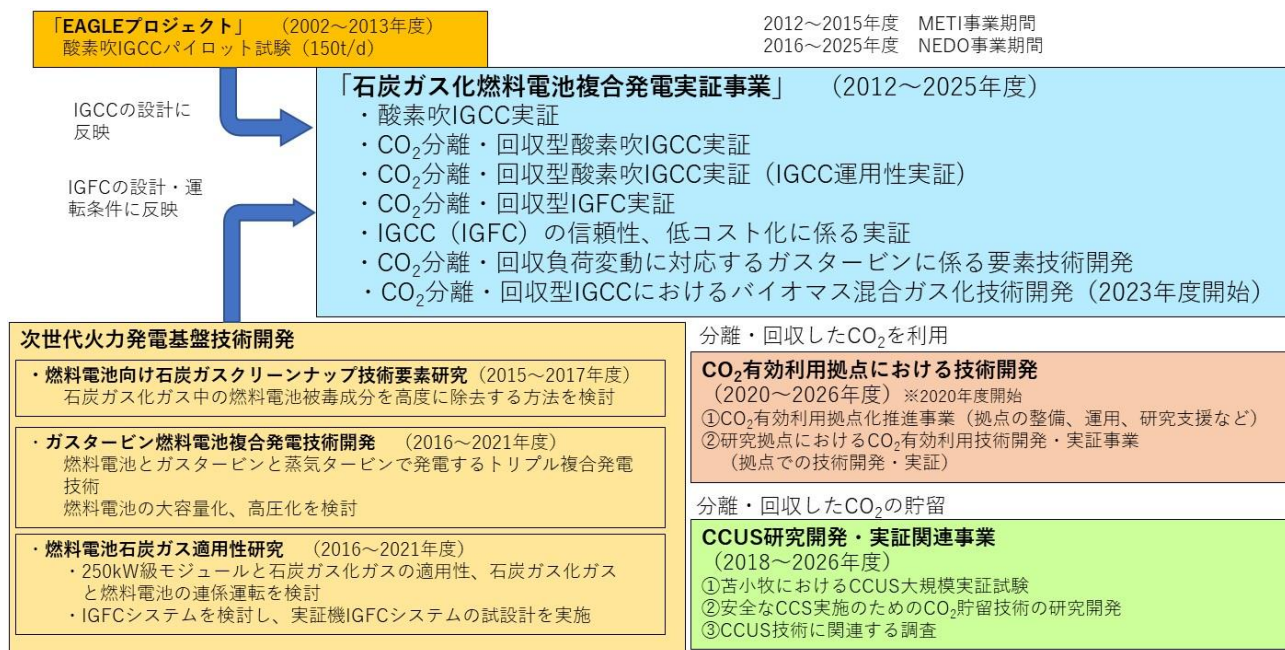
1.1.5. 国内外の動向

日本国内では勿来、広野の IGCC が運開した。海外では、休止している事例が多い。



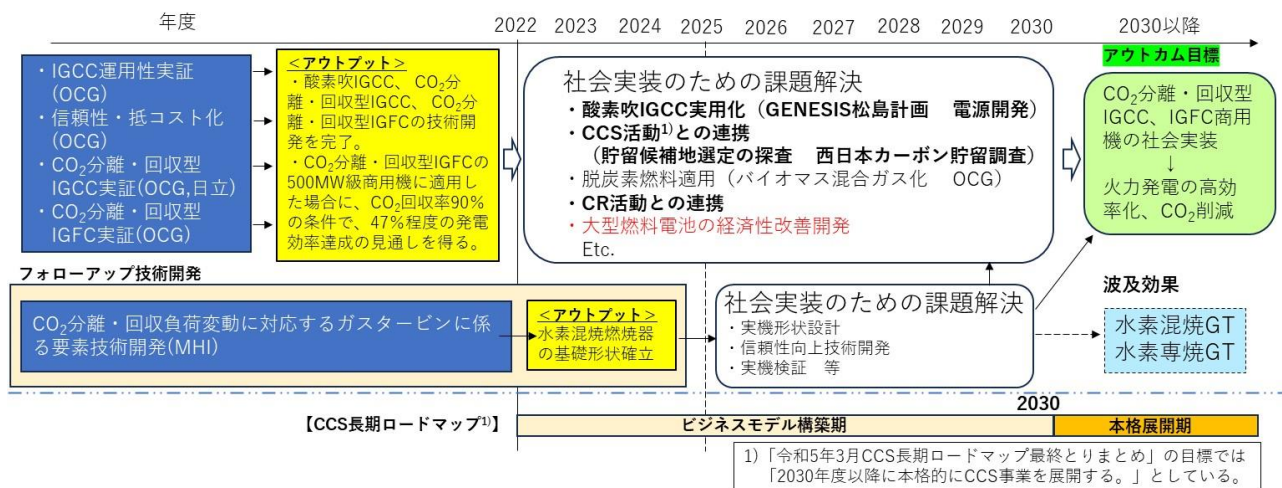
1.1.6. 他事業との関係

本事業と関係のある事業は以下のとおりである



1.2. アウトカム達成までの道筋

CO₂分離・回収型 IGCC、IGFC については、技術開発成果を活用して社会実装のための課題解決の検討を進め、CO₂分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会実装を行い、火力発電の高効率化、CO₂削減を進める。一方、CO₂分離・回収負荷変動に対応するガスタービン燃焼器の要素技術開発を 2025 年度までに行い、成果を活用して社会実装のための課題解決の検討を進め、CO₂分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会実装に活用する。



1.3. 知的財産・標準化戦略・知的財産管理

<知的財産>

・知的財産の帰属

知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属する。

・知的財産戦略

実用化・事業化を見据えた上でクローズ領域とオープン領域を適切に設定した。

	知的財産戦略	
	非競争域	競争域
公開	＜学会等で広く一般に公開＞	実証試験で得られた成果・知見のうち、権利化する方が有利な技術は権利化。 また、本事業にて得られる知的財産については、プロジェクトに関する各メーカーと、将来的な事業展開に活用できるように知財協定を締結し、その内容に応じて権利化を行う。
非公開	IGCC発電プラントとしてのオペレーション・メンテナンスなどの運用面に関する知的財産のうち、ノウハウ化（秘匿化）することで、競合他社への優位性を確保する方が有益なものはノウハウ化する。 また、プロジェクトに関する各メーカーと、将来的な事業展開に活用できるような知財協定を締結し、その内容に応じてノウハウ化（秘匿化）を行う。	

積極的に
権利化

ノウハウとして
秘匿

<標準化戦略>

副生物として発生する石炭ガス化スラグの信頼性向上、普及促進に向けた JIS A5011-5:2020 の制定に協力した。

<知的財産管理>

知的財産管理は以下のとおり。

<事例> 1) 酸素吹IGCC実証 2-1) CO ₂ 分離・回収型 酸素吹IGCC実証 2-2) CO ₂ 分離・回収型 酸素吹IGCC実証 /IGCC適用性実証 3) CO ₂ 分離・回収型 IGFC実証 4) 信頼性向上・低コスト化	大崎クールジェン株式会社（OCG） 本事業において発生する知的財産に関しては、中国電力・電源開発・大崎クールジェンで共有される。
	株式会社日立製作所（日立） 助成事業を進めるにあたりOCGと契約締結「助成事業を通じて得た知財はOCG／日立 権利持分1/2で共同出願」
	三菱重工業株式会社（MHI） 助成事業を進めるにあたりOCGと契約締結「本研究開発に基づいて得られた成果はOCG／MHI 権利持分1/2、出願は共同」

2. 目標及び達成状況

2.1. アウトカム目標及び達成見込み

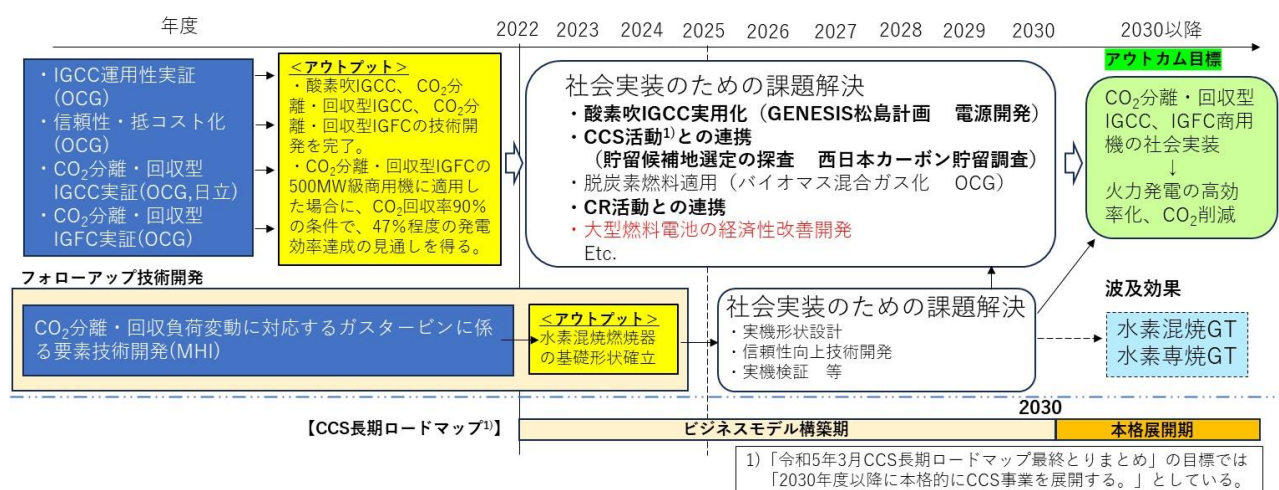
2.1.1. アウトカム目標の設定及び根拠

<アウトカム目標>

CO₂ 分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会実装し、石炭火力発電設備の高効率化、CO₂ 削減を図る。

<アウトカム目標設定の根拠>

エネルギー基本計画において「温室効果ガスの大気中への排出を更に抑えるため、IGCC・IGFC等の次世代高効率石炭火力発電技術等の開発・実用化を推進する」、「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）などの技術開発等を推進する。」としている。



2.1.2. 「実用化・事業化」の考え方

「実用化・事業化」の考え方は以下のとおりである。

<実用化・事業化>

本事業の成果を活用した CO₂ 分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会への導入が進み、電力供給が行われることを「実用化・事業化」と定義する。

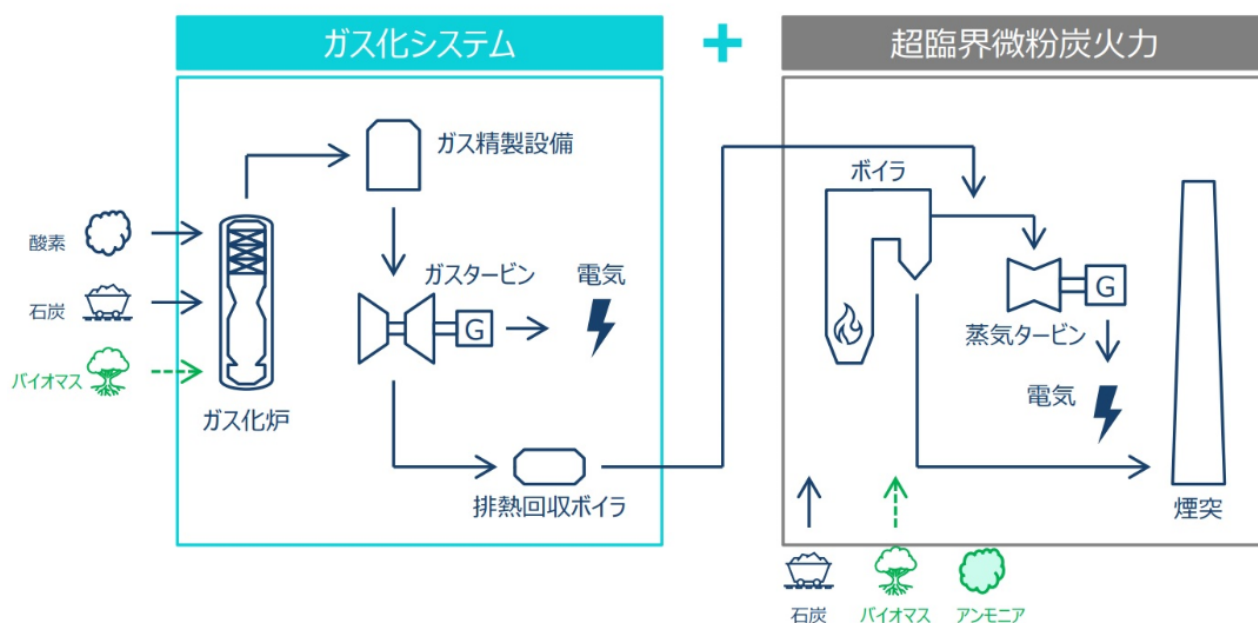
2.1.3. アウトカム目標の達成見込み

電源開発株式会社は、本事業の成果を活用して、既存の松島火力発電所に IGCC を併設する GENESIS 松島計画を発表している。GENESIS 松島計画は、将来的に CCS（CO₂ 地中貯留）が実現した際には CO₂ 分離・回収設備を併設出来る計画となっている。

一方、電源開発株式会社は、国内 C C S の事業化に向けた準備を加速するため、合併会社「西日本カーボン貯留調査株式会社」を設立し、JOGMEC の令和 5 年度「先進的 CCS 事業の実施に係る調査」に採択されており、C O₂ 貯留ポテンシャルが見込まれる西日本地域において、C O₂ 貯留候補地選定のための探査・評価などの事業化に向けた準備を推進している。

一方、大型燃料電池に関してはコストの低減が必要であり、製造メーカーでの技術開発が必要である。

これらの活動により、「実用化・事業化」が進み、「アウトカム目標」である CO₂ 分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会実装が進む可能性が出てきている。



GENESIS 松島計画概念図

2.1.4. 波及効果

国内において、IGCC の建設コストは 30.4 万円/kW と試算されている^[1]。IGCC 商用機、500MW 級 1 ユニットが導入された場合、建設による経済効果は 1,520 億円と考えられる。^[注]

また、CO₂ 分離・回収型 IGCC の建設コストは 36.6 万円/kW と試算されている^[1]。CO₂ 分離・回収型 IGCC 商用機、500MW 級 1 ユニットが導入された場合、建設による経済効果は 1,830 億円と考えられる。^[注]

雇用経済効果として、出力 500MW 級 IGCC 建設により、1 ユニットあたり建設中の 4 年間に毎年約 1,000 人^[2]規模の雇用が新たに創出される。

水素混焼 GT は、GT 単体としての製品化につながるとともに、専焼 GT へ技術展開が可能であり、水素混焼 GT、水素専焼 GT の社会実装につながる。

[1]総合資源エネルギー調査会 発電コスト検証 WG（第 8 回会合）資料 3

[2]エコプロダクツ 2009 クリーンコールセミナー資料より

[注] IGFC の建設コストは、公表データが無いため、事業の波及効果を扱う本ページでは、公表データのある IGCC、CO₂ 分離・回収型 IGCC の建設による経済効果を記載した。

2.1.5. 費用対効果

費用対効果の見込みは以下のとおりである。

【インプット】

・プロジェクト費用の総額

第1段階 酸素吹IGCC実証(助成率:1/3)	: 助成額 70億円(事業費 210億円)
第2段階 CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証(助成率:2/3)	: 助成額 123億円(事業費 185億円)
第2段階 IGCC運用性検証(助成率:1/3)	: 助成額 59億円(事業費 177億円)
第3段階 CO ₂ 分離・回収型IGFC実証(助成率:1/2)	: 助成額 33億円(事業費 67億円)
信頼性向上・低コスト化(助成率:1/3)	: 助成額 1.5億円(事業費 4.5億円)

【アウトカム目標達成時の効果】

CO₂分離・回収型IGFC 500MW 級(送電端出力 356MW)の 商用機 で、稼働率 70%を想定した発電売上を想定

・売上予測(運開後15年) 257.6億円/年、累積3,865億円

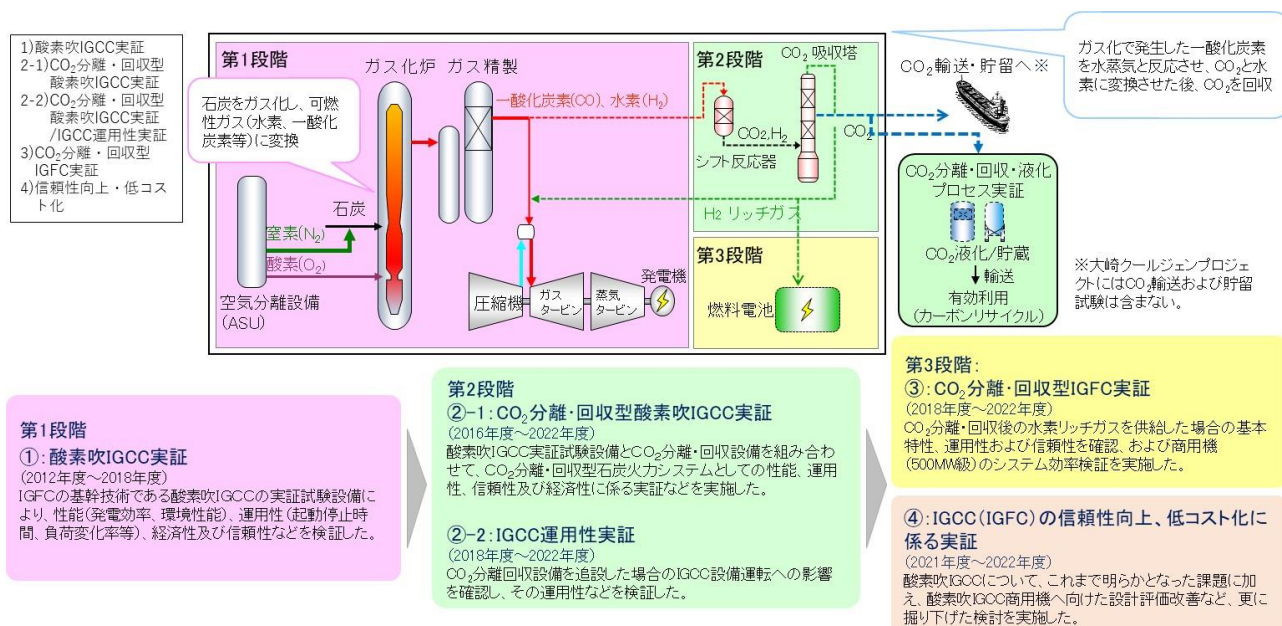
CO₂分離・回収型IGFC 500MW級商用機1機の年間当たりの対USC比のCO₂削減効果は以下の通り。

・CO₂削減効果(USCと比較) 230万ton/年

2.2. アウトプット目標及び達成状況

2.2.1. アウトプット（研究開発成果）のイメージ

本事業における全体概要は以下のとおりである。

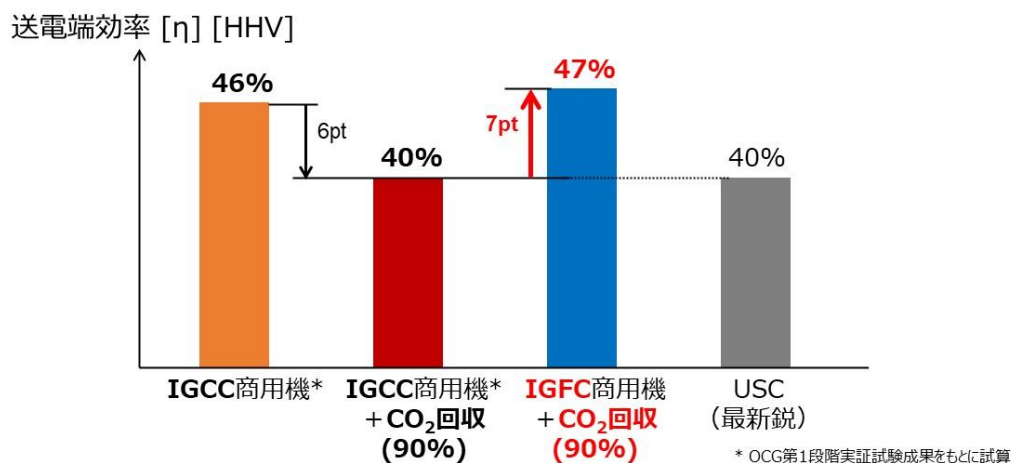


本事業の1) から4) では、CO₂ 分離・回収型 IGCC/IGFC は、CO₂ 回収を行いつつ USC と同等以上の送電端効率が達成出来る目処を得た。

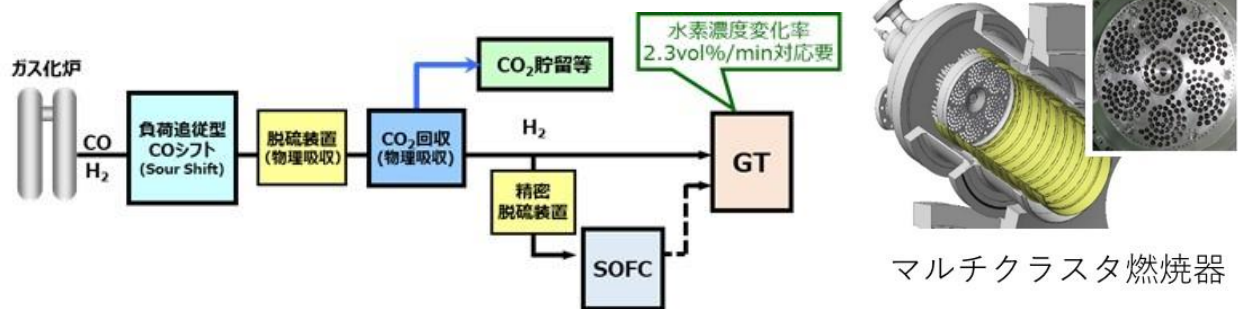
項目	目標	実績	達成状況
基本性能	➢ CO₂分離・回収型IGFC商用機(500MW級)として、CO₂回収率90%の条件で、発電効率47%※1(送電端、HHV※2)程度の見通しを得る。	・実証試験、シミュレーション結果から、47.0%達成の見通しを得た	

※1 発電効率には分離回収プロセスまでを含む(貯留に係る動力は含まない)

※2 高位発熱量基準



本事業の5)では、負荷変化 6.7%/min（水素濃度変化率 2.3vol%/min)に追従可能な、IGCC/IGFC システムの立案、水素混焼率 25%～100%で燃焼可能な水素混焼燃焼器の開発を進めている。



2.2.2. アウトプット目標の設定・根拠・達成状況

1)、2-1)、2-2)、3)、4)の事業は、アウトプット目標を達成している。

5)の事業では、中間目標の水素混焼率 0～100%で安定燃焼可能なバーナコンセプトを設計し、モデルバーナ燃焼試験で確認を行っており、2024 年度 3 月までに工事を完了し、課題解決する見通しである。

事業名称・研究開発項目	アウトプット目標	成果（実績） （2023年8月）	達成度	達成の根拠 ／解決方針
1)酸素吹IGCC実証 2-1)CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証 2-2)IGCC運用性実証 3)CO ₂ 分離・回収型IGFC実証 4)IGCC（IGFC）の信頼性向上、低コスト化に係る実証	・酸素吹IGCC、CO ₂ 分離・回収型IGCC、CO ₂ 分離・回収型IGFCの技術開発を完了する。 ・CO ₂ 分離・回収型IGFCの500MW級商業機に適用した場合に、CO ₂ 回収率90%の条件で、47%程度の発電効率達成の見通しを得る。	・酸素吹IGCC、CO ₂ 分離・回収型IGCC、CO ₂ 分離・回収型IGFCの技術開発を完了した。 ・CO ₂ 分離・回収型IGFCの500MW級商業機に適用した場合に、CO ₂ 回収率90%の条件で、47%程度の発電効率達成の見通しを得た。	○	—
5)CO ₂ 分離・回収負荷変動に対応するガスタービンに係る要素技術開発	<中間目標> ・H ₂ =25～100 vol%対応燃焼器の設計完了。 ・高温・高圧条件での水素/天然ガス混合ガスの試験が可能なブローダウン燃焼試験設備設置工事の完了、および装置試運転完了 <アウトプット目標> 水素混焼燃焼器の基礎形状確立	・水素混焼率0～100%で安定燃焼可能なバーナコンセプトを設計しモデルバーナ燃焼試験で確認。 ・H ₂ =25～100%対応に向けた大型燃焼器における課題を抽出。 ・燃焼試験設備向け装置機器の詳細仕様を決定し、製作を開始した。 ・主要機器を設置する部分の基礎工事を完了した。	○ 2024年3月に達成見込み	・水素高濃度で、燃焼振動と逆火現象が発生する課題があるが、対策ノズルで解決の見込み。 ・計画通り工事を進捗しており、計画通り完成見込み。

◎大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

2.2.3. 研究開発成果の意義（副次的成果）

＜カーボンニュートラル＞

- ・高効率石炭火力発電システム（IGCC、IGFC）に対して、CO₂ 分離・回収設備を組み合わせること
で、システム性能や課題を明らかにし、CO₂ 分離・回収しつつ、高効率発電が出来る見通しが得られ
た。
- ・本事業のベースとなる石炭ガス化技術の確立により、カーボンニュートラル実現に有効となる CCUS と
組み合わせた火力発電所やブルー水素製造への技術展開が可能となる。
- ・IGCC は、負荷変動対応に有効な発電技術で有る知見が得られた。
- ・カーボンリサイクルに向け、石炭由来の CO₂ 有効利用の可能性を追求する取組を社会に周知した。

＜人材育成＞

- ・本事業によって、石炭ガス化技術、技能の国内での維持継続を行っている。
- ・学会発表のテーマとしても扱われ、当該分野の人材育成にも貢献している。

2.2.4. 特許出願及び論文発表

オープン・クローズ戦略や実用化・事業化の計画を踏まえて、必要な論文発表・特許出願等を実施
している。

	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	計 [件]
特許出願 (うち外国出願)	0	0	0	0	0	0	0	3(0)	2(1)	1(0)	3(0)	0(0)	9(1)
論文	1	3	3	3	6	4	1	5	1	5	4	1	37
研究発表・講演	5	3	10	13	15	18	15	20	7	15	8	2	131
受賞実績	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	4
新聞・雑誌等 への掲載	5	2	11	5	6	11	8	27	5	5	7	0	92
展示会への出 展	0	0	0	0	2	0	1	5	0	2	1	0	11

※2023年8月23日現在

3. マネジメント

3.1. 実施体制

3.1.1. NEDO が実施する意義

以下をふまえ、NEDO が推進すべき事業と判断した。

「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」は、

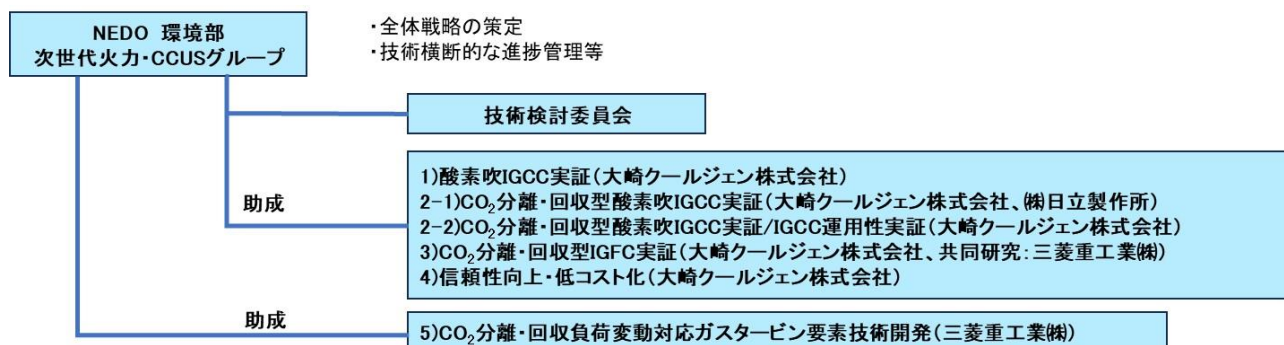
- ・従来の火力発電に比べ大幅に発電効率が増加し、CO₂ 排出量削減が見込めるため、社会的必要性が高い。
- ・更に CO₂ 分離・回収技術を組み合わせることで石炭火力からの排出量をゼロに近づける CO₂ 排出削減効果が見込めるため、社会的必要性が高い。

「NEDO」は、

- ・前身の「EAGLE プロジェクト」をマネジメントした経験がある。
- ・IGFC の要となる燃料電池の技術課題について研究開発を行っている。
- ・高効率発電や CO₂ 分離回収について他事業で行っており、効率的にマネジメントを行うことができる。
- ・CO₂ 分離回収を伴うシステムは、民間企業では事業成立が難しく扱えない。
- ・研究開発の難易度が高く、投資規模も大きいため、民間企業だけではリスクが高い。

3.1.2. 実施体制

1)、2-1)、2-2)、3)、4)の事業は技術検討委員会を設置し、外部有識者からの助言を事業計画に反映する体制を構築した。5)の事業は、ガスタービンの要素技術開発を、並行した事業として実施している。



3.1.3. 個別事業の採択プロセス

4)信頼性向上・低コスト化、5)CO₂ 分離・回収負荷返答対応ガスタービン要素技術開発に関する採択プロセスは以下のとおりである

<公募>

公募予告：2021 年 5 月 7 日

公募開始：2021 年 6 月 30 日

公募〆切：2021 年 7 月 30 日

<採択>

採択審査委員会：2021 年 8 月 16 日

採択審査項目：NEDO の標準的採択審査項目を用いて①申請内容の評価、②申請者の評価、③成果の実用化の 3 項目を中心に評価し、各項目の重要度に応じた重み付け係数を変更して行った。

採択条件：なし

<採択審査委員>

区分	氏名	所属	役職
委員長	藤岡 祐一	福岡女子大学 国際文理学部 環境科学科	教授
委員	板谷 義紀	岐阜大学 工学部 機械工学科	教授
委員	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
委員	巽 孝夫	株式会社 I N P E X 再生可能エネルギー・新分野事業本部	テクニカルコンサルタント
委員	中澤 治久	火力原子力発電技術協会	専務理事
委員	成瀬 一郎	名古屋大学 未来材料・システム研究所	所長、教授

3.2. 受益者負担の考え方

本PJで対象とする技術開発は、実証事業であることから助成事業として技術的難易度の高い事業(2-1)CO₂分離・回収設備、3)IGFC、5)水素混焼GT)の補助率を高く設定し実施した。

◇中間評価

年度(西暦)	事業実施者	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	合計
石炭ガス化燃料電池複合発電事業			◇			◇			◇			—
1)酸素吹IGCC実証 (補助率1/3)	大崎ケールジェン株式会社											—
2-1)CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証 (補助率2/3)	大崎ケールジェン株式会社 株式会社日立製作所											—
2-2)CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証 /IGCC運用性実証(補助率1/3)	大崎ケールジェン株式会社											—
3)CO ₂ 分離・回収型IGFC実証 (補助率1/2)	大崎ケールジェン株式会社											—
4)信頼性向上、低コスト化 (補助率1/3)	大崎ケールジェン株式会社											—
5)CO ₂ 分離・回収負荷変動対応 ガスタービン要素技術開発 (補助率1/2)	三菱重工業株式会社											—
事業費合計(億円)		119.7	89.7	114.2	107.6	67.3	102.3	61.7	17.2	5.1	4.8	689.6

↓赤枠内が中間評価の対象

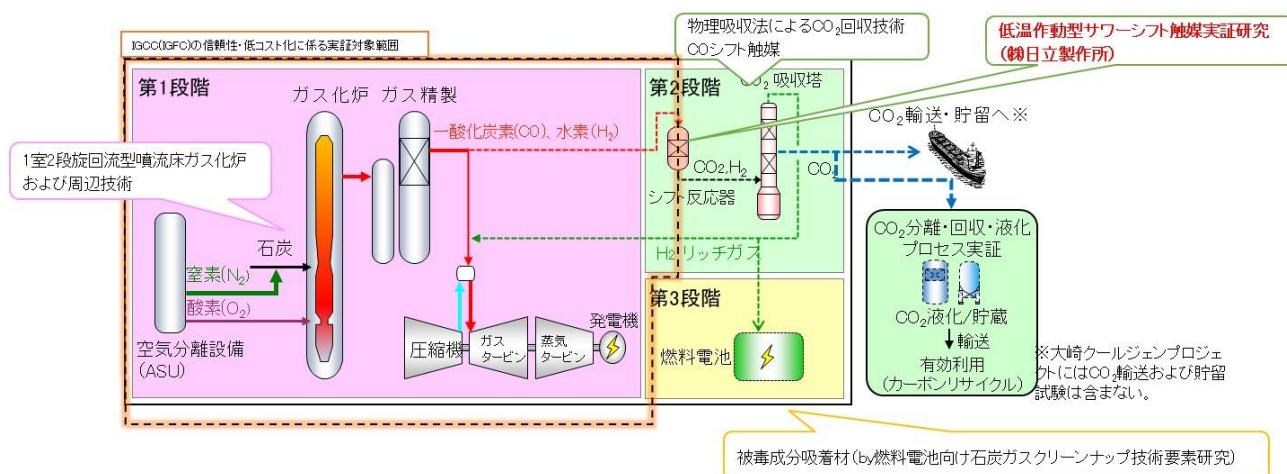
3.3. 研究開発計画

3.3.1. 研究開発計画の概要

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やバイオマス混合ガス化技術の開発を行い、革新的低炭素石炭火力発電の実現を目指す。

3.3.2. 目標達成に必要な要素技術

1)、2-1)、2-2)、3)、4)の事業である、第1段階（酸素吹IGCC実証）、第2段階（CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証、IGCC運用性実証）、第3段階（CO₂分離・回収型IGFC実証）、IGCC（IGFC）の信頼性向上・低コスト化に係る実証において、目標達成に必要な要素技術を取り入れて実施し、目標を達成した。

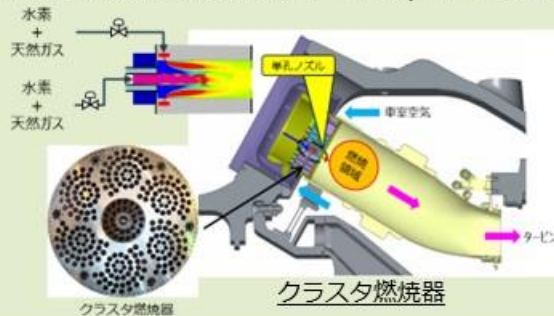


5)CO₂ 分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発における、目標達成に必要な要素技術は以下のとおりである。

A. 広範な水素濃度変化に対応可能なGT燃焼技術開発

水素濃度25～100 vol%に対応可能な**GT燃焼技術の開発**

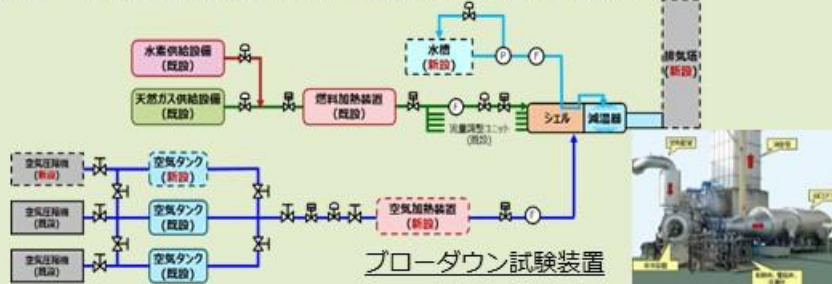
- ・水素濃度25～100 vol%に対して、逆火耐性と保炎性を両立し、低NOxを実現する燃焼技術を開発
- ・高速負荷変化運転を実現する水素濃度変化率2.3 vol%/min 以上を満たす燃焼技術の開発



B. ブローダウン燃焼試験設備開発

燃焼器開発を加速する**燃焼試験設備の開発**

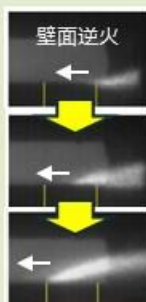
- ・実機相当の温度・圧力条件にて、水素/天然ガス混合ガスの水素濃度、水素濃度変化率の試験が可能な燃焼試験設備開発
- ・任意の燃焼振動周波数を再現できる燃焼試験設備開発
- ・ブローダウン式燃焼試験の運転制御・試験手法の開発



C. 水素燃焼解析技術の開発（京都大）

水素燃焼の逆火・燃焼振動を再現する**燃焼解析技術開発**

- ・燃焼解析による壁面逆火発生メカニズムの評価
- ・燃焼解析による燃焼振動発生メカニズムの評価



壁面逆火現象



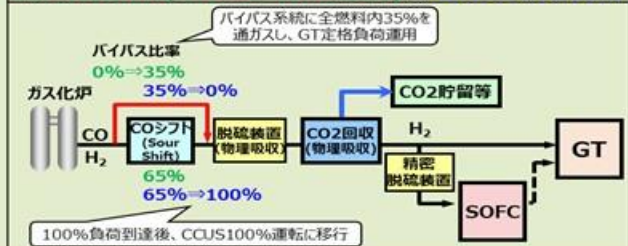
実機燃焼器の解析例

D. IGCC+CCUS／IGFC+CCUSシステム検討

高速負荷速度に追従させるシステム基本構成検討

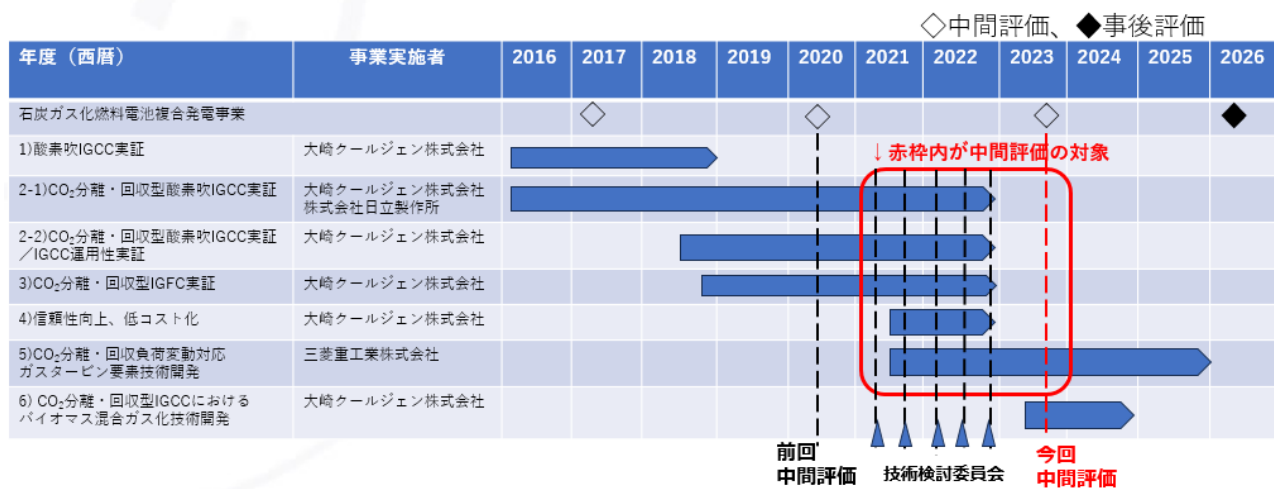
- ・ IGCC／IGFC+CCUSシステムの基本構成/機器仕様検討
- ・ システムの運転シーケンスの検討
- ・ システムと各コンポーネントの技術課題の明確化

高速負荷変化時(GT50%→100%負荷) & GT100%負荷運転



3.3.3. 研究開発のスケジュール（概要）

NEDO のマネジメントの一環として、NEDO 主催で中間評価、技術検討委員会等を開催しアウトプット目標達成に必要な技術開発が適切に実施されていることを確認した。



3.3.4. 進捗管理

進捗管理については、以下のとおり実施した。

<PM による進捗管理>

- ・第 3 段階のために他事業で実施している燃料電池の基盤技術開発の成果が見えてきたため、成果を本事業に反映させるために大崎クールジェンを交えて合同会議を行った。
- ・事業者との連携を密にし、実証事業が適切に進められるよう指導を行うとともに、必要に応じて予算や工程の見直しを行った。
- ・第 2 段階開始時の記者会見や、CCT ワークショップ、IEA-CCT2019 など、外部へ本事業の取り組みや成果を発信した。

<PL による進捗管理>

- ・各 DEMO 前には調整会議を行い、試験目的、試験条件を把握し、課題の洗い出し、合理的な実施項目の手順の調整、運転状況に応じた優先順位の把握を行った。
- ・始業時、終業時に関係者を集め、予定実施状況、作業状況を把握し、必要により指示、調整を行った。
- ・安全対策協議会やパトロールの実施などの安全管理の推進を行った。

<技術検討委員会による進捗管理>

- ・酸素吹 IGCC の多炭種運用性試験方法について、炭種切り替え操作手順について（混炭比率の上昇幅）助言をいただいた。これより、運転状況を見て柔軟な切替方法に変更したことから、良好な適合性を確認することができ、安定的な運転を行った。
- ・事業進捗状況に問題がないことを確認した。

3.3.5. 中間評価結果への対応

2020 年 7 月の中間評価において、情勢変化に合わせた弾力的な対応、実運用における性能向上と運用上のノウハウ積み上げの指摘を受け、実施項目を新規に公募し、実施してきた。

主な指摘事項	主な対応
社会からのニーズが日々変化しており、今後の目標値設定に当たっては、情勢の変化に合わせた弾力的な対応をお願いしたい。	社会からのニーズとして CO ₂ 分離・回収や負荷変動対応能力の重要性が高まっていることから、商用加速化という目標のために、「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」において、「2）CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証」に実施項目「CO ₂ 分離・回収負荷変動対応 IGCC 運用性向上」を追加するとともに、「5）CO ₂ 分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素 技術開発」を新規に公募し、2021 年度から実施項目として実施している。
今後、社会実装への期待がますます高まっていることを鑑みれば、定格運転時の目標値を達成するだけでなく、実証試験を通して実運用における性能向上を図るとともに、運用上のノウハウを少しでも多く積み上げていくことが期待される。	IGCC の実運用における性能向上、および運用上のノウハウを積み上げるために、「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」において「4）信頼性向上、低コスト化」を新規に公募し、2021 年度から実施項目として実施している。
本プロセスが社会実装されるためには、発電事業として成立するだけでなく、ここで回収された CO ₂ に関し、実行可能で合理的な取り扱いができることが求められるため、他事業で取り組んでいる CCUS との連携を加速していくことも重要である。	回収した CO ₂ について実行可能で合理的な扱いができるよう、CCUS に取り組んでいる他の NEDO 事業の成果を本事業にフィードバックするべく、カーボンリサイクル研究拠点に大崎クールジェンで回収された CO ₂ ガスを供給する等、CCUS との連携を加速している。

3.3.6. 動向・情勢変化への対応

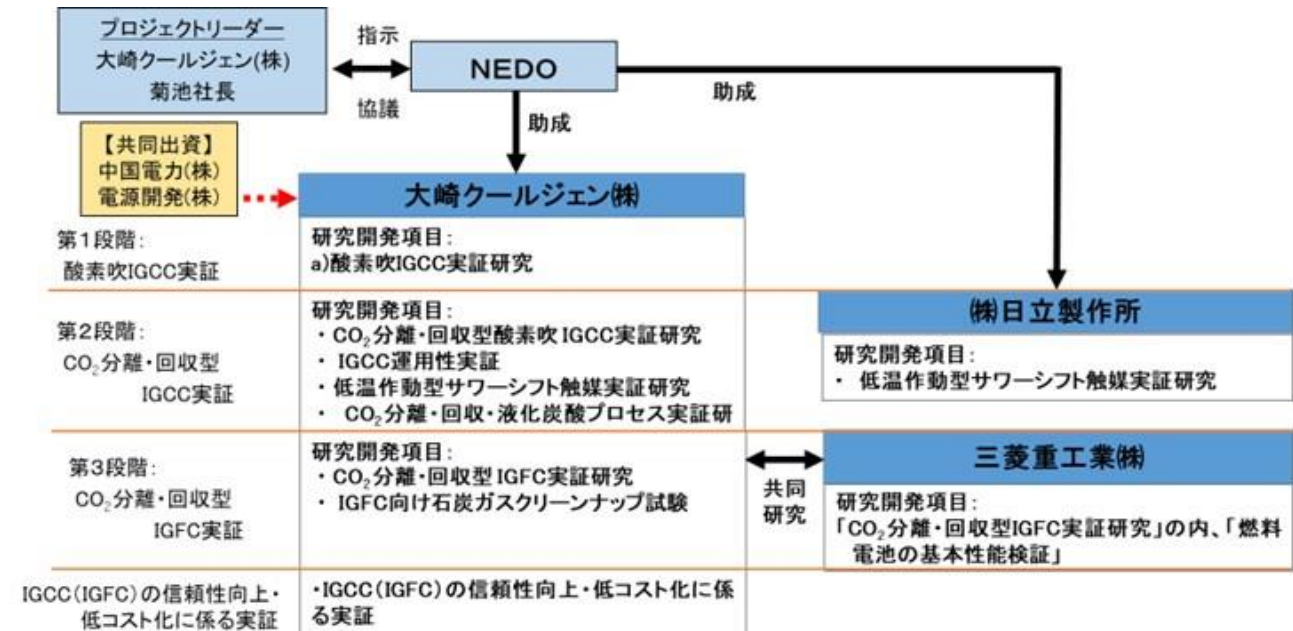
情勢	対応
2015年7月に決定された「長期エネルギー需給見通し」において、石炭火力の高効率化を進め、環境負荷の低減と両立しながら活用することで、2030年の石炭火力の比率を26%程度とする方向性が示された。	<u>＜2017年度中間評価時点での対応＞</u> 高効率石炭火力発電である本事業の重要性が一層高くなっており、第1段階、第2段階、第3段階及び信頼性・低コスト化実証を着実に実施した。
2015年12月にパリ協定が採択され、日本の目標としては、2030年度に2013年度比26%の温室効果ガスを削減することが提出されている中、達成に向けては石炭火力の高効率化が前提となっている。	
2018年7月3日に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」の中で、2030年に向けた対応として「エネルギーミックス」の確実な実現を目指しており、化石燃料については、高効率火力発電の有効活用に取り組む、とされている。	<u>＜2020年度中間評価時点での対応＞</u> 基盤技術に位置付けられているCO ₂ 分離・回収実証に加え、輸送を想定したCO ₂ の液化プロセス開発を2020年度より開始した。
2019年6月に策定された「カーボンリサイクル技術ロードマップ」では、CO ₂ を資源として捉え、素材や燃料に再利用することで大気中へのCO ₂ 排出を抑制する技術について、目標、技術課題などがとりまとめられた。	
2020年1月、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」及び「総合イノベーション戦略2019」に基づき、我が国の強みを有するエネルギー・環境分野において革新的なイノベーションを創出し、社会実装可能なコストを実現、これを世界に広めていくために「革新的環境イノベーション戦略」が策定された。温室効果ガスの国内での大幅削減とともに、世界全体での排出削減に最大限貢献する。	
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、水素・アンモニア・CCS・CCU/カーボンリサイクルにおける対応や、水素社会実現にむけた取り組みの抜本強化が示されている。2030年の石炭火力の比率を19%程度とする方向性が示された。	<u>＜2023年度中間評価時点での対応＞</u> IGCCプラントの運用性実証において、既設GTの運転範囲で可能な水素濃度変動試験を追加実施した。水素濃度が高レートでの変化においてもGTへの影響はなく、安定運転を確認した。

4. 目標及び達成状況の詳細

4.1. CO₂分離・回収型酸素吹 IGCC/IGFC 実証関連事業

<実施者名、実施体制>

実施者名、および実施体制は以下のとおりである。



<期間、予算>

期間、および予算は以下のとおりである。

		METI事業期間				NEDO事業期間		中間評価		中間評価		
		2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
第1段階 酸素吹IGCC実証							実証試験					
	工事設計	土木・建設工事					信頼性確認・多炭種対応他					
	土木・建設工事	据付工事		事後試験	総合試験							
第2段階 CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証 IGCC運用性実証						● CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証						
						仕様検討・設計・製作・据付・試験						
										▲ 液化プロセス実証事前検討 液化プロセス実証試験 ▲		
								● IGCC運用性実証				
第3段階 CO ₂ 分離・回収型IGCC実証												
IGCC(IGFC)の 信頼性・低コスト化に係る実証												
予算 (億円) 助成率	酸素吹IGCC実証	210億円 1/3				115億円	43億円	57億円	-	-	-	-
	CO ₂ 分離・回収型 酸素吹CO ₂ 実証	185億円 2/3	-	-	-	4.6億円	46.6億円	56.9億円	57.8億円	4.0億円	11.2億円	4.2億円
	IGCC運用性実証	177億円 1/3	-	-	-	-	-	0.3億円	49.0億円	45.6億円	40.8億円	41.2億円
	CO ₂ 分離・回収型 IGFC実証	67億円 1/2	-	-	-	-	-	0.01億円	0.64億円	17.65億円	44.15億円	4.24億円
	IGCC(IGFC)の信頼性・ 低コスト化に係る実証	4.5億円 1/3	-	-	-	-	-	-	-	-	3.40億円	1.07億円

＜実用化・事業化への道筋＞

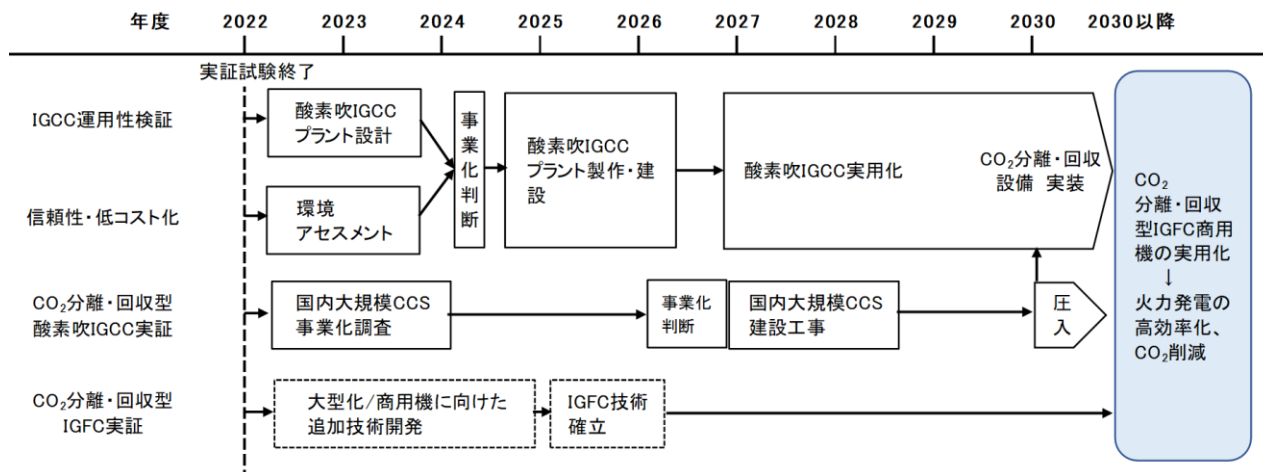
本研究開発は、国の「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」実現に向け取り組んでおり、第 1 段階の酸素吹 IGCC 実証は計画通り完了した。その後、第 2 段階として、酸素吹 IGCC に CO₂ 分離回収設備を組み合わせた CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC の実証試験に取り組むと共に、物理吸収法と液化炭酸プロセスを組み合わせた実証試験を実施した。第 3 段階として、CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC に燃料電池を組み合わせた CO₂ 分離・回収型 IGFC の実証試験および酸素吹 IGCC の社会実装を加速するため、信頼性向上・低コスト化に資する実証試験を行い、何れも 2022 年度に完了した。

酸素吹 IGCC については、第 1 段階の実証試験成果に加え、IGCC 運用性検証、信頼性向上・低コスト化での実証試験も 2022 年度に完了することで、商用化に必要な成果を取得した。今後は、酸素吹 IGCC 商用化に向けて具体的にプロジェクトを進めるフェーズとなり、大崎クールジェンの親会社である電源開発株式会社は、酸素吹 IGCC 商用機として GENESIS 松島計画を進め、プラント設計と共に環境アセスメントを実施している。事業者における事業化判断後にプラント製作、建設工事を経て 2026 年度中を目途に酸素吹 IGCC の実用化が見込まれる。

第 2 段階の CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC では、CO₂ 分離回収技術に物理吸収法を適用しており、2022 年度に実証試験が終了することで、技術確立となる。一方で、CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC の実用化には、回収した CO₂ を貯留することが必須となる。現在、電源開発株式会社では国内大規模 CCS 事業化調査が進められており、本調査結果を踏まえ、事業化判断後、建設工事を行うことで、2030 年頃の CO₂ 圧入開始が見込まれ、CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC が実用化される。

第 3 段階では、現状天然ガス(主成分：メタン)を燃料として利用している燃料電池に CO₂ 分離回収後の石炭ガス化ガス（主成分：水素）が適用できることが実証された。GTFC の技術開発や IGFC の追加技術開発を踏まえ IGFC が技術確立されれば、送電端効率 55%(HHV)程度が期待され、石炭火力発電の大幅な効率向上に繋がる。実用化に関しては、IGFC に活用する燃料電池についてもガスタービン同様に GTFC が普及し量産化された後、IGFC に転用する計画であり、それまでに CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC の実用化に向け着実にステップを進め、且つ先述の通り追加技術開発が進めば、CO₂ 分離・回収型 IGFC が実用化となり、火力発電の高効率化、CO₂ 削減へとつながる。

アウトカム達成までの道のりとして、電源開発株式会社が進めている GENESIS 松島計画等を踏まえた計画を以下の図に示す。



4.1.1. 2)-1 CO₂分離・回収型酸素吹 IGCC 実証

<期間、予算>

期間：2016 年 4 月 1 日から 2023 年 3 月 31 日

助成額：123 億円（事業費：185 億円、助成率：2/3）

<アウトプット目標>

2020 年度 中間目標

研究開発項目	研究開発目標
CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証研究 (大崎クールジェン株式会社)	基本性能（発電効率）： ・新設商用機において、CO ₂ 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。 ・これを実現するために、実証機プラントにおいて、CO ₂ 分離回収にかかるエネルギー原単位「0.90GJ/t-CO ₂ （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。
	基本性能（回収効率・純度）： ・CO ₂ 分離回収装置における「CO ₂ 回収効率>90%」、「回収CO ₂ 純度>99%」を達成する。
	プラント運用性・信頼性： ・CO ₂ 分離・回収型 IGCC システムの運用手法を確立し、信頼性を検証する。 ・生成ガスの全量をCO ₂ 分離した場合のIGCC運転との相互影響やガスタービン性能についても検証する。
	経済性： ・商用機のCO ₂ 分離回収の費用原単位を評価する。 ・実用化・事業化に向けたマイルストーンを検討する。

2022 年度 最終目標

研究開発項目	研究開発目標
CO ₂ 液化プロセス開発 (大崎クールジェン株式会社)	・CO ₂ 分離・回収型 IGCC と CO ₂ 液化を組み合わせた場合の最適プロセスを構築する。
低温作動型サワーシフト触媒実証研究 (日立製作所)	・送電端効率40.0%を達成可能な条件でシフト活性維持(1年程度)

<成果の達成状況と根拠>

2020 年度 中間目標と成果

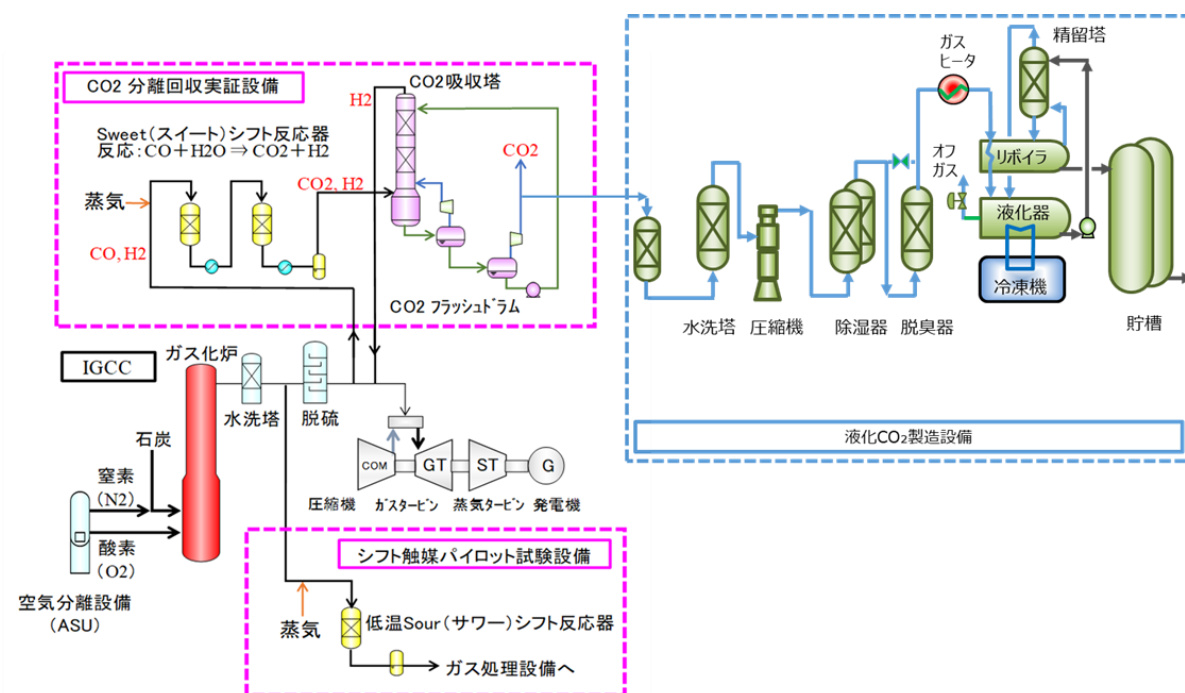
目標		成果	達成度
CO ₂ 分離・回収型 酸素吹 IGCC 実証研究 (大崎クールジェン 株式会社)	基本性能(発電効率) : ・新設商用機において、CO ₂ を 90% 回収しつつ、発電効率 40% (送電端効率、高位発熱量基準) 程度の見通しを得る。 ・CO ₂ 分離回収にかかるエネルギー原単位「0.90 G J / t -CO ₂ (電気エネルギー換算)」を確認する。	・新設商用機において、CO ₂ を 90%回収の条件下において、発電効率 40%(送電端、HHV)程度の見通しを得た。 ・CO ₂ 分離回収原単位 0.9GJ/t-CO ₂ 以下を確認した。	○
	・基本性能(回収効率・純度) : CO ₂ 分離回収装置における「CO ₂ 回収効率> 90%」、「回収 CO ₂ 純度> 99%」を達成する。	・試運転調整の設備性能確認で CO ₂ 回収効率 90%以上、回収 CO ₂ 純度 99%以上の設備能力を確認した。	○
	プラント運用性・信頼性 : ・CO ₂ 分離・回収型 IGCC システムの運用手法を確立し、信頼性を検証する。 ・生成ガスの全量を CO ₂ 分離した場合の IGCC 運転との相互影響やガスタービン性能についても検証する。	・起動停止手法の確立、水素濃度変化に追従した GT 燃料指令や燃焼モード切替を確認し出力変化率 5%/分での GT 安定運転を確認した。また、CO ₂ 分離回収設備から IGCC へ水素リッチガスの全量返送が可能であることを確認した。 ・性状の異なる石炭での基本特性を確認した。 ・連続運転による経時的なシフト反応器温度低下は見られないことを確認した。	○
	経済性 : 商用機の CO ₂ 分離回収の費用原単位を評価する。 実用化・事業化に向けたマイルストーンを検討する。	・経済産業省が示す 2020 年度頃のターゲットである 2,000 円台/t-CO ₂ を達成した。 ・実用化・事業化に向けた進捗の確認・要素技術確立の見通し、CO ₂ 利用技術の連携等について調査を行い、その結果をもとに実用化に向けたマイルストーンを検討した。	○

2022 年度 最終目標と成果

目標		成果	達成度
CO ₂ 分離・回収・液化プロセス実証研究 (大崎クールジェン株式会社)	液化炭酸の最適プロセスを構築する。	・分離回収プロセスと圧縮液化プロセスでのエネルギー原単位の最小化と、システム最適化の検討を行った。トータルシステムとして、オフガスを CO ₂ 分離回収設備に戻すにより、効率および回収率改善が見込める“オフガス循環系統”の評価を行った	○
低温作動型サワーシフト触媒実証研究 (日立製作所)	送電端効率 40.0%を達成可能な条件でシフト活性維持(1 年程度)	2,988 時間の実ガス実証試験及び過去の要素/実ガス試験の実績から劣化予測モデルを構築し、1 年運転時の活性維持を確認	○

<研究内容>

- ・高効率石炭火力発電技術である酸素吹石炭ガス化複合発電（IGCC）実証試験設備に CO₂ 分離回収設備を組み合わせ、CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 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研究を行う。
- ・液化プロセスのエネルギー原単位最小化等のプロセスの最適化検討を行い、トータルシステムとして評価を行う。
- ・CO₂ 分離回収システムの要素技術である CO シフト触媒について、新規に開発した低温作動型サワーシフト触媒の連続運転を実施し、健全性を評価する。



CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証試験設備 概要図

【試験項目】

- ① CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証研究
 - ・設計、製作、据付、試運転
 - ・実証試験運転
 - ・基本性能（回収効率・純度、発電効率）
 - ・プラント運用性・信頼性
 - ・経済性

② CO₂ 液化プロセス開発

- ・基本検討、設計、製作、据付、試運転
- ・実証試験運転
- ・物理吸収法と液化プロセスを組み合わせた液化 CO₂ 製造システムの最適化
- ・低コスト化に向けた液化 CO₂ 運用条件に関する検討
- ・石炭火力由来の液化 CO₂ 性状に関する検討

③ 低温サワーシフト触媒実証研究

- ・設計、製作、据付、試運転
- ・実証試験運転
- ・触媒モニタリング
- ・試験後触媒キャラクタリゼーション
- ・総合評価（触媒劣化予測モデル構築・評価）

<成果の意義>

酸素吹 IGCC に CO₂ 分離回収設備を追設することで CO₂ 回収時のエネルギーロスによる発電効率が低下するという課題に対し、本事業において、CO₂ を 90%回収しつつ 40%程度の発電効率（送電端,HHV）の見通しが得られたことから、低炭素且つ高効率の発電システムとして、CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC の普及が促進される。

また、CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC と CO₂ 液化を組み合わせた場合の最適プロセスを構築することができたことで、石炭火力由来の液化 CO₂ の国内 CO₂ 市場への適用が促進される。

4.1.2. 2)-2 IGCC 運用性実証

<期間、予算>

期間：2018 年 4 月 1 日 から 2023 年 3 月 31 日

助成額：59 億円（事業費：177 億円、助成率：1/3）

<アウトプット目標>

2020 年度 中間目標

研究開発項目	研究開発目標
IGCC 運用性向上	CO ₂ 分離回収設備を追設した場合の IGCC 設備運転への影響を確認し、その運用性を検証する。

2022 年度 最終目標

研究開発項目	研究開発目標
CO ₂ 分離回収負荷変動対応 IGCC 運用性向上	IGCC の負荷変動に伴う CO ₂ 分離回収設備の追従性を確認し、運用性を検証する。

<成果の達成状況と根拠>

2020 年度 中間目標と成果

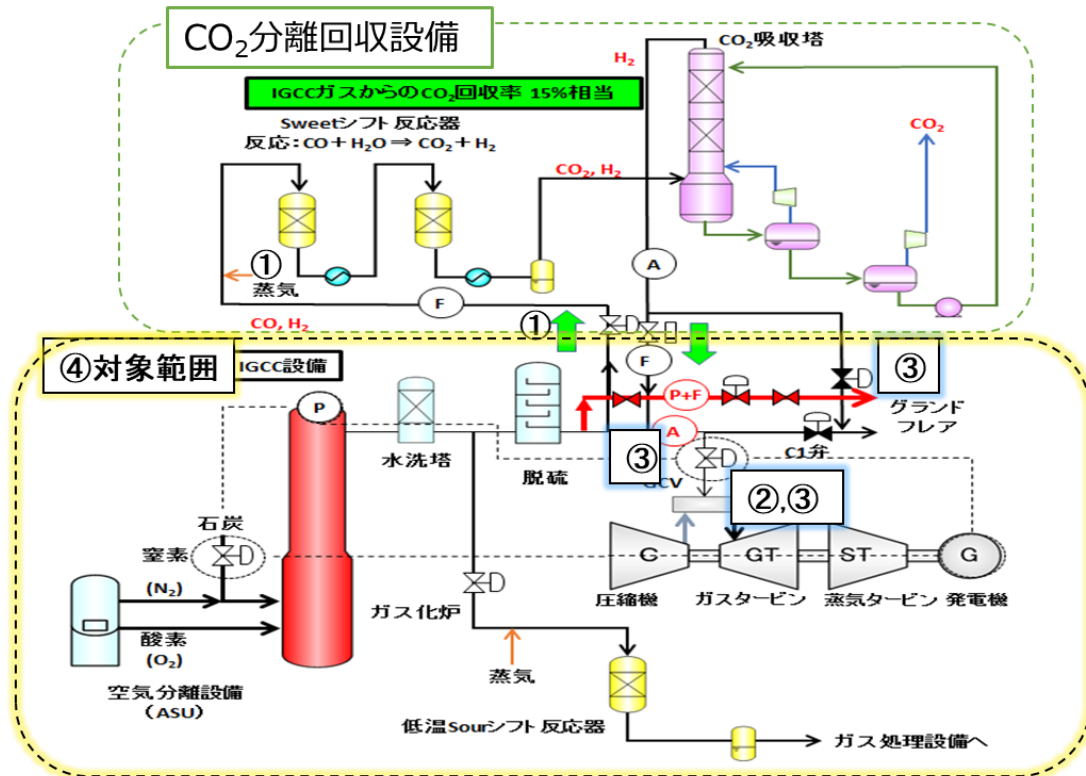
目標	成果	達成度
IGCC 運用性向上： CO ₂ 分離回収設備を追設した場合の IGCC 設備運転への影響を確認し、その運用性を検証する。	IGCC 設備⇔CO ₂ 分離回収設備連携制御モード確立および水素リッチガス100%返送状態でのプラント増減負荷の実施により、安定運転を確認した。	○

2022 年度 最終目標と成果

目標	成果	達成度
CO ₂ 分離・回収負荷変動対応 IGCC 運用性向上： IGCC の負荷変動に伴う CO ₂ 分離回収設備の追従性を確認し、運用性を検証する。	・点検、補修、改善工事を行い、実証試験を通じ、IGCC 設備の運用性向上を確認した。 ・CO ₂ 分離回収装置の水素濃度変動試験を実施し、新型ガス分析計の採用により、H ₂ 濃度が高レートでの変化においても GT への影響はなく、安定運転を確認した。	○

<研究内容>

- ・CO₂ 分離回収装置を追設した場合の IGCC 運転への影響を確認し、運用性を検証する。
- ・CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 長期運転に必要な補修・改造工事を行い、その効果を検証する。



CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証/IGCC 運用性実証試験 概要図

【試験項目】

- ①CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証試験開発目標の達成を目指し、IGCC 設備の運転により発生させた石炭ガス、蒸気、電力を CO₂ 分離回収装置に供給する。
- ②IGCC 設備の負荷変動や燃料の性状変化への CO₂ 分離回収設備の応答に対する GT 等の追従性や GT 燃焼器への影響を確認し、IGCC 設備が安定的に運転できることを確認する。
- ③CO₂ 分離回収装置の大型化を想定した水素濃度変動試験において、
 - ・GT 入口の H₂ 濃度をより高いレートで変化させてガス分析手法を評価する。（GT 入口ガス分析計設置、ガス精製設備グラントフレア排出系統追加）
 - ・ガス組成の変動に対するガス分析の応答性、および GT への影響を検証する。
- ④CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 長期運転に必要な補修・改造工事を行い、その効果を検証する。

<成果の意義>

本事業の目標達成により、CO₂分離・回収型酸素吹 IGCC 実用化に向けた運用手法が確立されたことから、CO₂分離回収設備を追設した場合でも安定した IGCC 設備の運用が可能となる。

4.1.3. 3) CO₂分離・回収型 IGFC 実証

<期間、予算>

期間：2019年3月5日 から 2023年3月31日

助成額：33億円（事業費：67億円、助成率：1/2）

<アウトプット目標>

2020年度 中間目標

研究開発項目	研究開発目標
CO ₂ 分離・回収型 IGFC 実証研究	CO ₂ 分離・回収型 IGFC 実証設備の詳細設計を完了する。 機器製作に着手する。

2022年度 最終目標

研究開発項目	研究開発目標
CO ₂ 分離・回収型 IGFC 実証研究	500MW級の商業機に適用した場合に、CO ₂ 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。

<成果の達成状況と根拠>

2020年度 中間目標と成果

目標	成果	達成度
CO ₂ 分離・回収型 IGFC 実証設備の詳細設計を完了する。また、機器製作に着手する。	・詳細設計のための基本設計・契約手続きを完了した。 ・詳細設計を完了し、機器製作に着手した。 ・事前検証試験装置の設置を完了した。	○

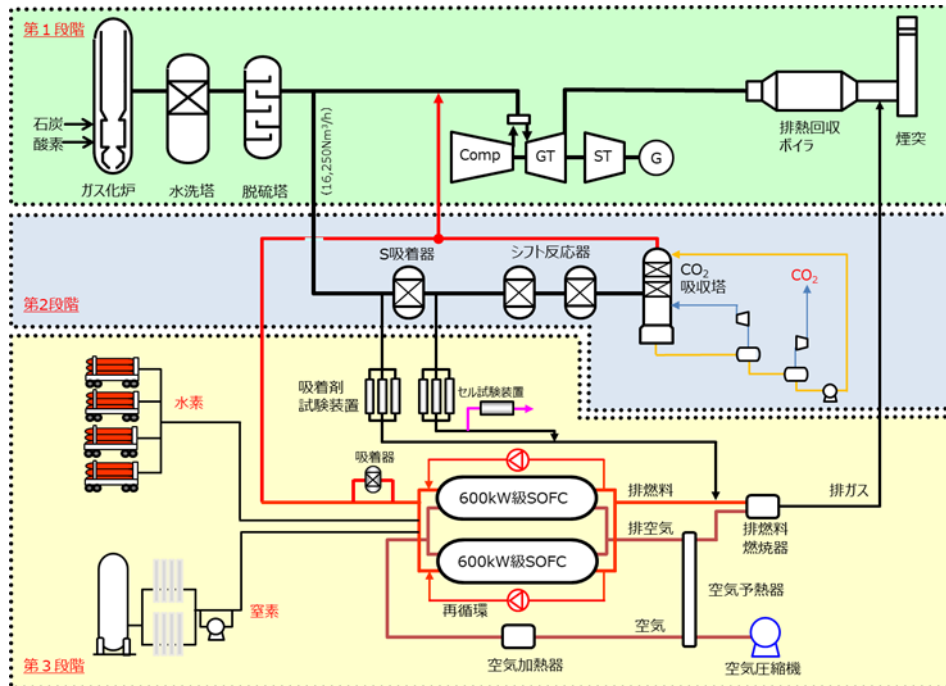
2022年度 最終目標と成果

目標	成果	達成度
500MW級の商業機に適用した場合に、CO ₂ 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。	・CO ₂ 分離・回収型 IGFC 実証試験として、1.2MW級燃料電池システム（LNG仕様）にて、燃料に石炭由来の水素リッチガスを供給した場合の基本特性、運用性および信頼性を確認した。また、得られたデータを基に商用機CO ₂ 分離・回収型 IGFC のシステム効率検証を行い発電効率47.0%（送電端、高位発熱量基準）の見通しを得た。	○

<研究内容>

・酸素吹石炭ガス化複合発電（IGCC）に「CO₂ 分離回収設備」を組み合わせた大型実証設備に MW 級の燃料電池設備（SOFC）を追設し、実証試験を通して石炭ガス化ガス（H₂ リッチガス）に対する燃料電池の発電特性や運用性等を検証する。

・500MW 級商用機に適用した場合に CO₂ 回収率 90%の条件で、発電効率 47%程度（送電端、高位発熱量基準）達成の見通しを得る。



CO₂分離・回収型 IGFC 実証試験 概要図

【試験項目】

① CO₂ 分離・回収型 IGFC 実証研究

- ・燃料電池実証設備の設計・製作・据付並びに事前検証試験
- ・CO₂ 分離・回収型 IGFC 実証試験
- ・燃料電池の基本性能検証
- ・燃料電池の運用性検証
- ・燃料電池の信頼性検証
- ・CO₂ 分離・回収型 IGFC 実現に向けての検討

② IGFC 向け石炭ガスクリーンアップ試験

- ・CO リッチガス通ガス試験
- ・通ガス試験装置の設計・製作・据付

- ・実ガス通ガス試験
- ・IGFC 向け燃料電池用ガス精製設備の概念設計

＜成果の意義＞

本実証の目標達成により、天然ガスを燃料として利用している燃料電池に CO₂ 分離回収後の石炭ガス化ガス（主成分：水素）が適用できることが実証された。本実証試験の成果に加え、今後の GTFC の技術開発や IGFC の追加技術開発により、次世代火力発電に係る技術ロードマップに示される IGFC と CO₂ 分離回収(物理吸収法)技術を組み合わせた低炭素排出かつ高効率石炭火力発電技術を確立することが可能となる。

4.1.4. 4) 信頼性向上、低コスト化

＜期間、予算＞

期間：2021 年 9 月 21 日 から 2023 年 3 月 31 日

助成額：1.5 億円（事業費：4.5 億円、助成率：1/3）

＜アウトプット目標＞

2022 年度 最終目標

研究開発項目	研究開発目標
IGCC（IGFC）の信頼性向上、低コスト化に係る実証	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。

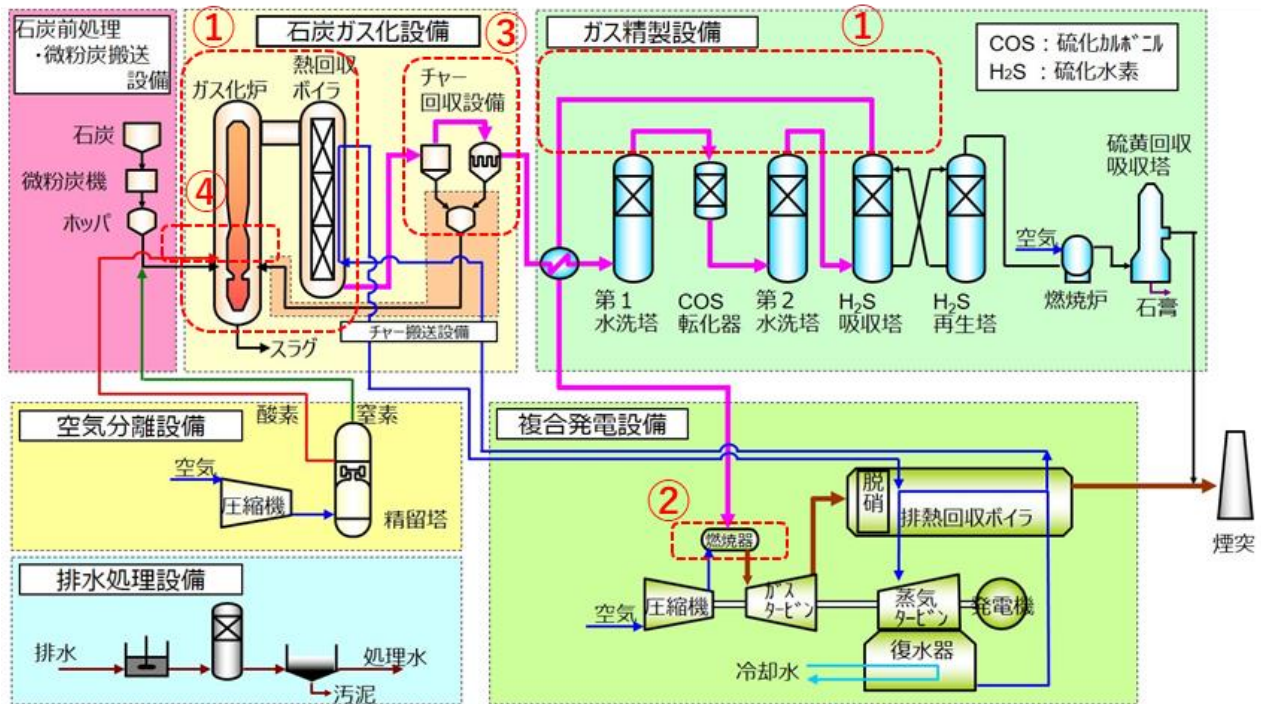
＜成果の達成状況と根拠＞

2022 年度 最終目標と成果

目標	成果	達成度
信頼性向上により 5,000 時間以上の長期運転の達成、また経済性向上により早期商用化の見通しを得る。	下記について確認し、商用機における 5,000 時間以上の長時間運転、コスト低減の見通しを得た。 1.酸素吹 IGCC 商用機へ向けた設計評価改善 2.ガスタービン(GT)燃焼器ノズル狭窄対策 3.チャーフィルタ差圧上昇対策 4.高温部位の損傷対策	○

<研究内容>

- ・CO₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC/IGFC のベースとなる酸素吹 IGCC の商用加速化の課題は、設備信頼性の向上及び経済性の改善である。これまでのトラブル対応策や試験後の設備評価を行うと共に、運用改善、設備代替技術の開発に取り組む。
- ・本研究成果を商用機設計に反映させ、商用機における 5,000 時間以上の長時間運転、コスト低減の見通しを得ることで、商用機の投資予見性を高め、早期の商用化に繋げる。



IGCC(IGFC)の信頼性、低コスト化に係る実証試験 概要図

【試験項目】

- ①酸素吹 IGCC 商用機に向けた設備評価改善
 - ・ガス化炉炉床リブド管および石炭ガス化設備の減肉評価
 - ・圧力容器隔壁部の減肉評価
 - ・主ガス配管の減肉評価
- ②ガスタービン燃焼器ノズル狭窄対策
 - ・鉄カルボニル生成メカニズムの解明
- ③チャーフィルタ差圧上昇対策
 - ・チャーフィルタ加熱再生システムの開発
 - ・サイクロン+チャーフィルタ代替システムの開発
- ④高温部位の損傷対策
 - ・石炭・チャーバーナチップ信頼性向上に向けた検討

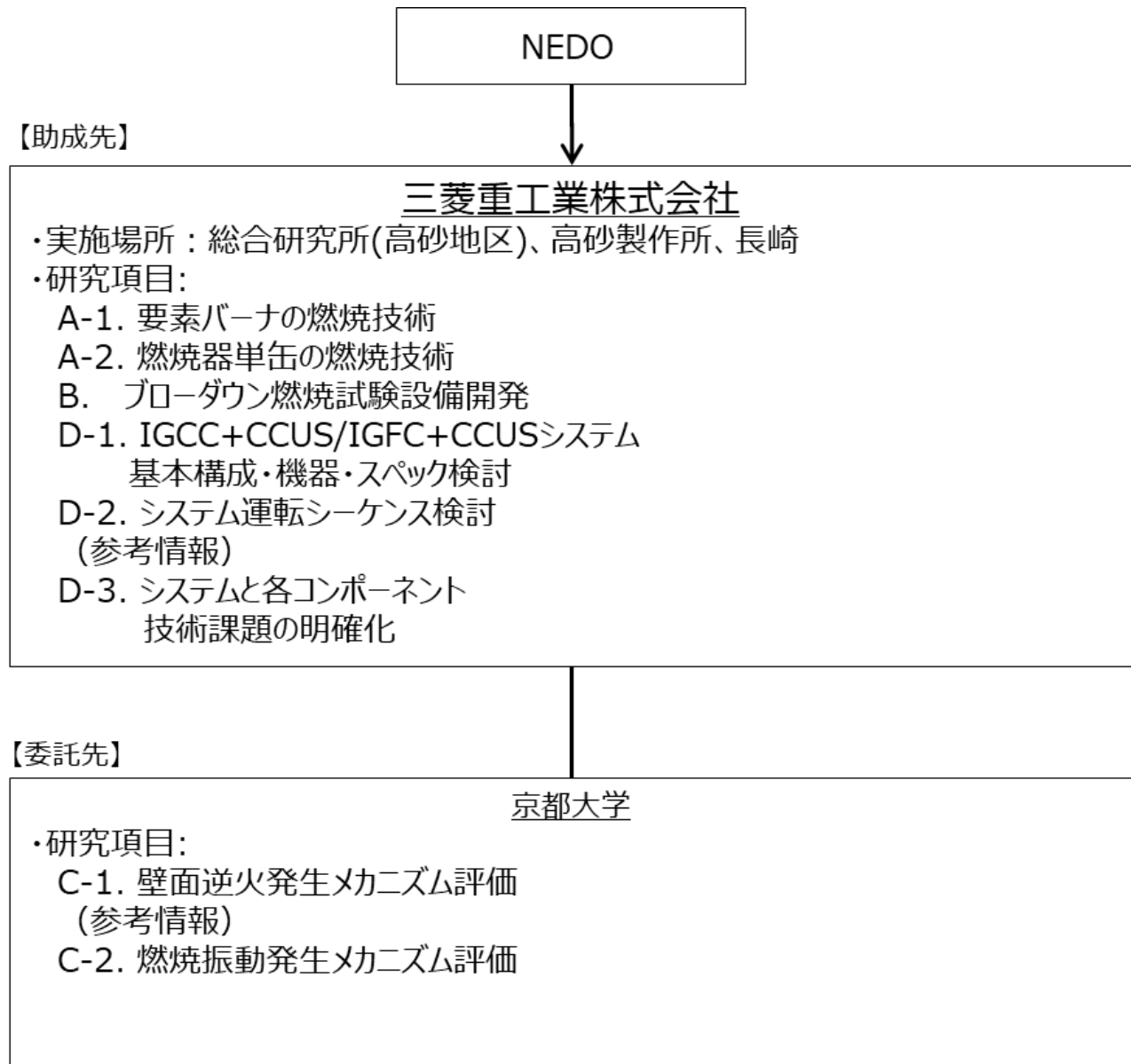
<成果の意義>

本事業で検証する信頼性向上・低コスト化は、従来から開発が行われてきた酸素吹 IGCC の社会実装をより早期に果たすため、課題として挙げられるプラントの安定運転と経済性の向上を図る検証であり、検証結果をもとに酸素吹 IGCC 商用化に向けた検討を加速させることが可能となる。

4.2. 5) CO₂ 分離・回収負荷返答対応ガスタービン要素技術開発

<実施者名、実施体制>

実施者名・実施体制は以下の通り。



<期間、予算>

・期間：2021年10月1日～2026年03月31日

・助成額：20.5億円（事業費：41.1億円、助成率：1/2）

研究開発のスケジュールと予算

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
A. 広範な水素濃度変化に対応可能なガスタービン燃焼技術の開発	要素バーナの燃焼技術開発			燃焼器単缶の燃焼技術開発	最終目標	
B. フローダウン燃焼試験設備の開発	検証設備の製作・設置			燃焼器開発に適用		
C. 水素燃焼解析技術の開発	逆火メカニズムの解明			燃焼振動メカニズムの解明		
D. IGCC+CCUS/IGFC+CCUSシステム検討	基本構成構築			技術課題明確化		
評価時期			中間評価			事後評価
予算億円	2.7	10.8	17.2	5.1	4.8	—
(助成率)	(1/2)	(1/2)	(1/2)	(1/2)	(1/2)	—

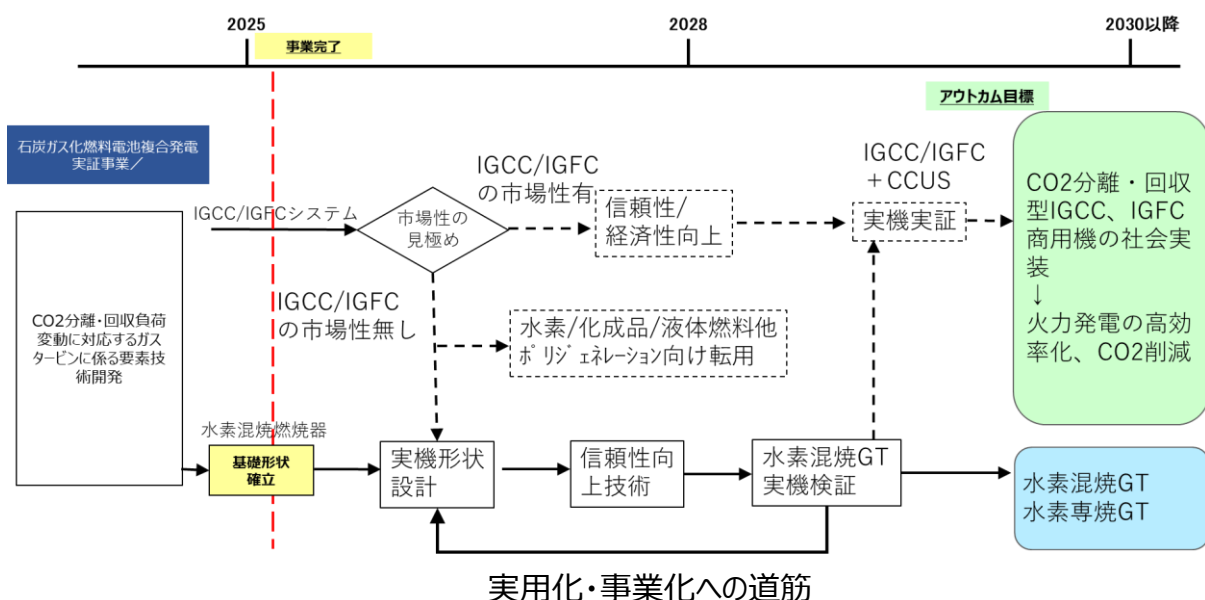
<実用化・事業化への道筋>

2015年7月に決定された長期エネルギー需給見通しでは、3E+S（安全性、安定供給、経済効率性、環境適合）を同時に達成しつつバランスの取れた電源構成を実現するとされている。火力発電分野においては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おり、「カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」の方針に基づき、高効率でCO₂排出量が少なく、また、負荷追従性が高い、CO₂分離・回収との親和性が高いといった特長を有するIGCC及びIGFCの競争力を高めることが重要である。そのためにはIGCCの信頼性向上と低コスト化が不可欠であり、また、プラント負荷追従性を向上させると同時にCCUSにも適切に対応することが必要である。

本検討においては、CCUSを備えたIGCC/IGFCであっても負荷追従型COシフト装置を適用することで損傷させずにGT負荷変化率6.7%/minに追従可能な見込みをシミュレーションにて得る。

以下の図で示すように、CO₂分離・回収負荷変動に対応するガスタービン燃焼器の要素技術開発を2025年度まで行い、信頼性と経済性を踏まえて市場性を見極めてから成果を活用して社会実装のための課題解決の検討を進め、CO₂分離・回収型IGCC、IGFC商用機の社会実装に活用する。具体的には、ガスタービン向け水素混焼燃焼器として実機形状を設計し、信頼性向上を図った上で、実機ガスタービンに適用して水素混焼性能を確認したのちに、IGCC/IGFC+CCUSシステムへ反映する。

また、酸素吹ガス化技術の水素/化成品/液体燃料他ポリジェネレーション向けへの転用、有効活用が期待できるとともに、天然ガス/水素混焼及び水素専焼GTへの波及効果も期待できる。



<アウトプット目標>

A.広範囲な水素濃度変化に対応可能なガスタービン燃焼技術の開発

発電デマンドの変化に対応するため、6.7%/min（GT 単体で 15min で 0-100%負荷変化に対応）の変化率で 50%-100%の範囲の GT 負荷変化に追従する必要があるが、本負荷範囲では負荷追従型 CO シフト装置の特性から水素濃度は 82-65vol%に変化する。また、着火から～50%ロードまでの過渡条件への対応などを考慮して、マージンを含め水素 $H_2=25\sim100\text{vol}\%$ に対応可能な燃焼器を開発することを 2026 年 03 月終了評価時の目標とする。

B.ブローダウン燃焼試験設備の開発

水素混焼燃焼器の開発では水素混焼率を変化した燃焼試験を効率よくコストミニマムで実施し設計に反映していく必要がある。そこで、大型の圧縮機を使わず、貯気槽にためた高圧空気を燃焼用空気として用いるブローダウン試験方式を採用し、高温・高圧条件での水素／天然ガス混合ガスの試験が可能な燃焼試験設備を開発する。燃焼器開発への適用期間 2 年間を確保するため、2024 年 3 月までに、燃焼試験設備を開発し、燃焼試験設備設置工事及び試運転を完了させる。

C.水素燃焼解析技術の開発

水素混焼燃焼器では、水素濃度の増加とともに逆火現象・燃焼振動現象が発生するなどの課題があり、メカニズムを解明し燃焼器設計に対策を反映することが必要となる。そこで、水素燃焼解析技術

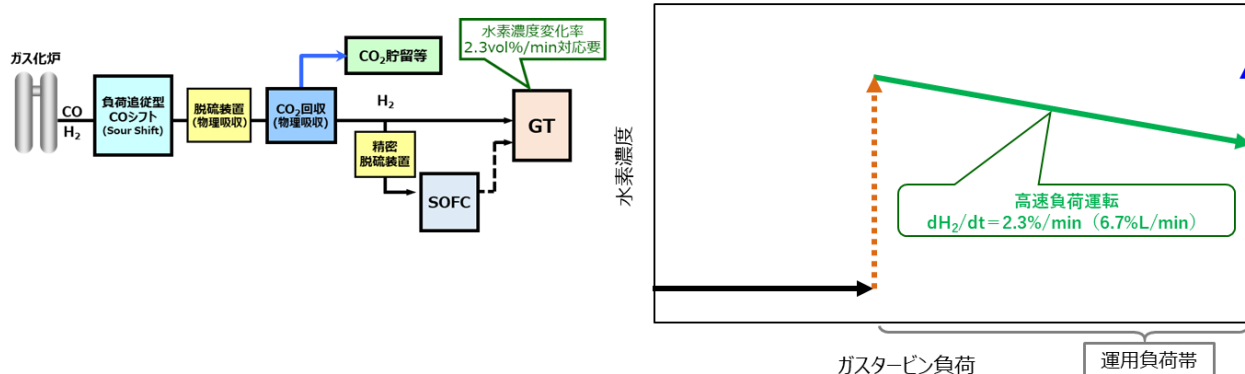
を開発し、2026 年 3 月終了時までには実機燃焼器での逆火メカニズム・燃焼振動発生メカニズム評価を実施することを目標としている。

D.IGCC+CCUS/IGFC+CCUS システム検討

高効率で運用範囲が広く、負荷変化率の大きい IGCC は、安価で安定供給が期待できる石炭を燃料としながらも CCUS と組み合わせることにより CO₂ 排出量を大幅に削減でき、不安定な再生エネルギーの調整役として一定の役割を担うと想定される。IGCC/IGFC+CCUS プラントにおいて高速負荷変化を実現するにあたっては、設備構成装置のうち、CO シフト反応触媒への影響(短時間での通過処理ガスの流量変動や組成変化によりもたらされる劣化や損傷等)が最も懸念される。CO₂ 排出量を極力低減させるとともに高速負荷変化率(GT 負荷変化率 6.7%/min に対応)を両立し、さらに CO シフト反応触媒の温度急上昇による性能劣化や損傷から触媒を保護するため負荷追従型の CO シフト装置を検討する。以下の図に負荷追従型 CO シフト装置を適用した、IGFC+CCUS システムのイメージを示す。

アウトプット目標と根拠

研究開発項目	中間目標(2024年3月)	終了評価時目標(2026年03月)	根拠
A. 広範な水素濃度変化に対応可能なガスタービン燃焼技術の開発	・H ₂ =25~100 vol%対応燃焼器の設計完了	・燃焼器試験にて、H ₂ =25~100 vol%に対して、NOx 50 ppm以下、H ₂ 変化率 2.3 vol%/min以上の達成	・GT負荷50%→100%の負荷変化率 6.7%/minで、水素82→65 vol%に変化
B. ブローダウン燃焼試験設備の開発	・高温・高圧条件での水素/天然ガス混合ガスの試験が可能なブローダウン燃焼試験設備設置工事の完了、および装置試運転完了	・開発した装置を燃焼器開発に活用	・混焼率を変化させた燃焼試験を効率良くコストミナムで実施することが出来る。 ・燃焼器開発への適用期間 2 年間を確保するため、2024年3月までの完成が必要。
C. 水素燃焼解析技術の開発	・要素バーナで燃焼モデルの改良完了	・実燃焼器での燃焼振動発生メカニズムの評価	・水素混焼燃焼器の課題である、逆火現象、燃焼振動現象のメカニズムを解明し、対策の立案に活用する。
D. IGCC+CCUS/IGFC+CCUSシステム検討	・IGCC/IGFC+CCUSシステムにおいてGT負荷変化速度(6.7%/min)に追従する全体システムの構築	・IGCC/IGFC+CCUSの全体システムと各コンポーネントの技術課題の明確化	・実機成立性の確認のため必須の検討項目。



負荷変動対応 IGFC+CCUS システム

＜成果の達成状況と根拠＞

A.広範囲な水素濃度変化に対応可能なガスタービン燃焼技術の開発

これまでの要素燃焼試験と一缶の燃焼試験で、水素高濃度側の条件で燃焼振動と逆火が発生することが分かっているが、対策ノズルの適用で解決すると見込んでおり、2024 年 3 月に $H_2 = 25 \sim 100\%$ 対応燃焼器の設計が完了予定。

B.ブローダウン燃焼試験設備の開発

計画通り燃焼試験設備の工事を進捗しており 2024 年 3 月までに計画通り完成し試運転が完了する予定。

C.水素燃焼解析技術の開発

要素バーナ試験結果を用いて、燃焼モデルの改良を実施している。簡単な場で改良燃焼モデルの動作が確認できているため、要素バーナへも適用可能の見込み。2024 年 3 月までに要素バーナ解析結果から逆火発生メカニズムを明らかにできる予定。

D.IGCC+CCUS/IGFC+CCUS システム検討

高速負荷変化可能な IGCC+CCUS/IGFC+CCUS システムの検討に当たって、プラント運用方針としては、IGCC+CCUS/IGFC+CCUS システムに負荷調整力を持たせることを最優先事項とし、高速負荷変化時(GT 負荷変化率 6.7%/min)にはプラント発電効率及び CO_2 回収率低下を許容する思想として検討した。

高速負荷変化のプラント運用においては、設備構成装置のうち CO シフト反応触媒への影響(短時間での通過処理ガスの流量変動や組成変化によりもたらされる劣化や損傷等)が最も懸念されるため、 CO_2 排出量を極力低減させるとともに高速負荷変化率を両立し、負荷追従型 CO シフト装置を適用することとした。IGFC+CCUS システムにおける高速負荷変化運用では、負荷追従型 CO シフト装置を適用するとともに、 CO_2 回収装置出口で燃料系統を分岐して SOFC への燃料ガス供給量を一定に保ち、排ガス系統を GT とは連携せず、GT への燃料ガス供給量の増減によって高速負荷変化をさせることが現実的である。

そこで、シミュレーションを用いて以下を検討した。CO シフト反応系統において負荷変化時に最も厳しい条件となる反応器について OCG プロジェクトでの実績のシフト反応触媒の最大温度上昇レートを制約条件として負荷変化特性を評価し、制約条件を十分に満足することを確認した。

IGCC+CCUS システムにおいて負荷追従型 CO シフト装置を適用することで、CO シフト反応触媒を損傷させずに GT 負荷変化率 6.7%/min に追従可能な見込みを得た。

成果の達成状況と根拠

事業名称・研究開発項目	目標 (2024年3月)	中間成果（実績） (2023年8月)	達成度（見込み※）	達成の根拠／解決方針
A.広範な水素濃度変化に対応可能なガスタービン燃焼技術開発	・H ₂ =25～100 vol%対応燃焼器の設計完了	・水素混焼率0～100%で安定燃焼可能なバーナコンセプトを設計しモデルバーナ燃焼試験で確認。 ・H ₂ =25～100%対応に向けた大型燃焼器における課題を抽出	○ 2024年3月に達成見込み	水素高濃度で、燃焼振動と逆火現象が発生する課題があるが、対策ノズルで解決の見込み。
B.ブローダウン燃焼試験設備開発	・高温・高圧条件での水素/天然ガス混合ガスの試験が可能なブローダウン燃焼試験設備設置工事の完了、および装置試運転完了。	・機器の詳細仕様を決定し、製作を開始した。 ・主要機器を設置する部分の基礎工事を完了した。	○ 2024年3月に達成見込み	計画通り工事を進捗しており計画通り完成見込
C.水素燃焼解析技術の開発	・要素バーナで燃焼モデルの改良完了	要素バーナの解析結果から逆火発生メカニズムを明らかにした。	○ 2024年3月に達成見込み	簡単な場で改良燃焼モデルの動作が確認できているため、要素バーナへも適用可能な見込み。
D.IGCC+CCUS/IGFC+CCUSシステム検討	・IGCC/IGFC+CCUSシステムにおいてGT負荷変化速度(6.7%/min)に追従する全体システムの構築	IGCC/IGFC+CCUSシステムにおける高速負荷変化において律速となると予想されるCOシフト触媒の負荷変化特性について、OCG実績の最大温度上昇レート20℃/minを制約条件として検討し、昨年度検討したシステム構成においてGT負荷変化速度(6.7%/min)に追従可能な見込みを得た。	○ 2024年3月に達成見込み	実機コンポーネントデータを用いた解析で精度良く評価できる見込み。

◎：大いに上回って達成、○：達成（見込み）、△：一部未達、×：未達

<成果の意義>

- ・安価で安定供給が期待できるが CO₂ 排出量の多い石炭を燃料としながらも CCUS と組み合わせることにより CO₂ 排出量を大幅に削減でき、高速負荷変化が可能で負荷調整力を備えた IGCC/IGFC+CCUS が実用化されることによって不安定な再生可能エネルギーの更なる導入も可能となり、3E+S（安全性、安定供給、経済効率性、環境適合）を同時に達成しつつ、バランスの取れた電源構成の実現に貢献できる。
- ・幅広い H₂ 濃度範囲で燃焼可能な水素混焼燃焼器の技術は、国際的に競争の激しい水素混焼 GT や水素専焼 GT への技術展開が可能であり波及効果が期待できる。

添付資料

●プロジェクト基本計画

P 1 6 0 0 2
P 1 6 0 0 3
P 1 0 0 1 6
P 9 2 0 0 3

「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。2040年頃に燃料としての年間アンモニア利用量1,000万トンを達成し、アンモニア35,000円/tを想定した場合において、3,500億円相当の燃料アンモニア市場を創出する。CCUSの実現に向け、CO₂分離・回収コスト1,000円台/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〔委託・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）
- 6) CO₂分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発（委託、1／2助成）

研究開発項目② 高効率ガスタービン技術実証事業〔助成事業〕

- 1) 1700℃級ガスタービン
（2016～2018年度：2／3助成、2019～2020年度：1／2助成）
- 2) 高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・助成事業〕

（2021年度までは「CCUS研究開発・実証関連事業」において実施）

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

研究開発項目⑬ 火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業〔委託・助成事業〕

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

2. 研究開発の実施方式

（1）研究開発の実施体制

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

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

的に研究開発を推進する観点から、必要に応じて研究開発責任者（プロジェクトリーダー、以下「PL」という。）を指名する。

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

研究開発項目① 石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業

PM：NEDO 吉田准一、PL：大崎クールジェン株式会社 菊池哲夫

研究開発項目② 高効率ガスタービン技術実証事業

1) 1700℃級ガスタービン

PM：NEDO 園山希、PL：三菱重工業株式会社 石坂浩一

2) 高温分空気利用ガスタービン（AHAT）

PM：NEDO 山中康朗、PL：三菱日立パワーシステムズ株式会社 吉田正平

研究開発項目③ 先進超々臨界圧実用化要素火力発電技術開発

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

研究開発項目④ 次世代火力発電基盤技術開発

1) 次世代ガス化システム技術開発

PM：NEDO 中田博之、PL：一般財団法人電力中央研究所 牧野尚夫

2) 燃料電池向け石炭ガスクリーナップ要素研究

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 吉田准一

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 森伸浩

研究開発項目⑩ 石炭利用環境対策事業

PM：NEDO 齊藤英治

研究開発項目⑪ アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業

PM：NEDO 櫻井靖紘

研究開発項目⑫ CO₂分離・回収技術の研究開発

PM：NEDO 選定中

研究開発項目⑬ 火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業

PM：NEDO 井川純二

(2) 研究開発の運営管理

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

①進捗把握・管理

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

②技術分野における動向の把握・分析

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

3. 研究開発の実施期間

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

4. 評価に関する事項

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

評価の時期については、研究開発項目①は、中間評価を2017年度、2020年度及び2023年度に、前倒し事後評価を2025年度に実施する。研究開発項目②は、中間評価を2018年度、事後評価を2021年度に実施する。研究開発項目④1)は、研究開発項目⑤と統合の上、評価を行う。研究開発項目④2)は、事後評価を2019年度に実施する。研究開発項目④3)、4)は、中間評価を2019年度に、事後評価を2022年度に実施する。研究開発項目④5)は中間評価を2017年度に実施し、研究開発項目④6)は、中間評価を2020年度に、前倒し事後評価を2023年度に実施し、研究開発項目④7)は前倒し事後評価を2021年度に実施し、研究開発項目④8)は中間評価を2022年度に、事後評価を2025年度に実施し、

研究開発項目④9)は前倒し事後評価を2021年度に実施する。研究開発項目⑤は、中間評価を2017年度、前倒し事後評価を2020年度に実施する。研究開発項目⑥は、調査事業については内容に応じて研究開発項目①から⑤、⑦～⑪の中間評価、事後評価の際に合わせて評価を実施し、共通基盤技術開発については研究開発項目⑨の中間評価、事後評価の際に合わせて評価を実施、先導研究については内容に応じて研究開発項目⑨、⑪の中間評価、事後評価の際に合わせて評価を実施する。研究開発項目⑦は、中間評価を2019年度、事後評価を2022年度に実施する。研究開発項目⑧および研究開発項目⑨1)、2)、3)は、中間評価を2022年度及び2025年度、事後評価を2027年度に実施する。研究開発項目⑨4)は中間評価を2023年度、前倒し事後評価を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①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業6)、研究開発項目④次世代火力発電基盤技術開発及び研究開発項目⑥カーボンリサイクル・次世代火力推進事業、研究開発項目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①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業6)、研究開発項目④次世代火力発電基盤技術開発8)、研究開発項目⑥カーボンリサイクル・次世代火力推進事業、研究開発項目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⑪において期間変更及び研究開発項目⑫、研究開発項目⑬の追加。

（22）2022年8月

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

（23）2022年11月

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

（24）2023年1月

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

研究開発項目① 「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」

1. 研究開発の必要性

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

一方で、石炭は他の化石燃料と比べ、燃焼時の単位発熱量当たりの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やバイオマス混合ガス化技術の開発を行い、革新的低炭素石炭火力発電の実現を目指す。

1) 酸素吹IGCC実証（1／3助成）

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

2) 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C

O₂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。

6) CO₂分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発(委託、1/2助成)

石炭火力発電の更なる脱炭素化を目指し、CO₂分離・回収型IGCCにおけるバイオマス燃料混合のための基礎的データの収集・分析、要素技術の開発を行うと共に、IGCCシステム全体への影響を検証し、石炭バイオマス混合ガス化発電に必要な技術確立する。

(a) 要素研究(委託)

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

(b) 実用化研究(1/2助成)

バイオマス混合ガス化試験を行い、バイオマス混合に適応した燃料供給システム、ガス化・チャーリサイクル手法、微量物質処理の各技術を開発するとともに、CO₂分離・回収型IGCC設備全体のシステム検証評価を行う。

3. 達成目標

[実施期間]

- 1) 酸素吹IGCC実証：2012年度～2018年度(うち2012年度～2015年度は経済産業省において実施)
- 2) 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
- 6) CO₂分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発：2023年度～2024年度

1) 酸素吹IGCC実証

[中間目標(2017年度)]

(a) 発電効率：40.5%程度（送電端効率、高位発熱量基準）を達成する。

商用機の1/2～1/3倍の規模で、1300℃級ガスタービンを採用する実証試験設備により送電端効率（高位発熱量基準）40.5%を達成すれば、1500℃級ガスタービンを採用する商用機（石炭処理量2,000～3,000 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：「 $\text{SO}_x < 8 \text{ ppm}$ 」、「 $\text{NO}_x < 5 \text{ ppm}$ 」、「ばいじん $< 3 \text{ mg/Nm}^3$ 」を達成する（ $\text{O}_2 = 16\%$ ）。

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

[最終目標（2018年度）]

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

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

(b) 設備信頼性：商用機において年間利用率70%以上の見通しを得る。

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

(c) 多炭種適用性：灰融点の異なる数種類の炭種で適合性を確認する。

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

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

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

2) CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証

[中間目標（2017年度）]

CO₂分離・回収設備の詳細設計を完了する。

[中間目標（2020年度）]

(a) 基本性能（発電効率）：新設商用機において、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「0.90 GJ/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IGCCシステムの運用手法を確立し、信頼性を検証する。

商用機において、CO₂分離・回収型酸素吹IGCCシステムを構築するには、プラントの起動停止や、発電所特有の負荷変動等に対し、IGCC本体に追従した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IGCC運転との相互影響やガスタービン性能についても検証する。

(d) 経済性：商用機における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IGCCを普及させるに当たっては、費用原単位評価が必要であり、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) IGCCプラント運用性：

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

[最終目標（2022年度）]

CO₂液化プロセス開発：CO₂分離・回収型IGCCとCO₂液化を組み合わせ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

[中間目標（2020年度）]

CO₂分離・回収型IGFC実証設備の詳細設計を完了する。また、機器製作に着手する。

[最終目標（2022年度）]

500MW級の商業機に適用した場合に、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

[最終目標（2022年度）]

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

5) CO₂分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

[中間目標（2023年度）]

水素濃度の変動に対応した燃焼試験を開始する。

[最終目標（2025年度）]

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。

6) CO₂分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発

[中間目標（2023年度）]

(a) 要素研究（委託）

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

(b) 実用化研究（1／2助成）

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

[最終目標（2024年度）]

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

研究開発項目② 「高効率ガスタービン技術実証事業」

[実施期間]

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

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

1. 研究開発の必要性

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

欧米は巨額の研究開発費を投じており、厳しい国際競争の中で我が国の優位性を維持するため、また電力産業の保守高度化とリプレース需要にあった大容量機の高効率化を目指し、コンバインド効率向上、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、早期に実用化する必要がある。

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 I G C C（1 5 0 0℃級 G Tで送電端効率 4 6～4 8％）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。

2 0 1 8 年度以降については研究開発項目⑤ C O₂回収型クローズド I G C C 技術開発と統合して、
新名称 研究開発項目⑤ C O₂回収型次世代 I G C C 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ナップ技術要素研究

[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るトリプル複合発電を行うもので、究極の高効率石炭火力発電技術として、その実現が望まれている。

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

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

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

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

2. 具体的研究内容

(1) IGFCシステムの検討

国内外における高温型燃料電池及びIGFCの技術開発動向をレビューすることにより、最新情報を入手し、IGFCの実用化に向けた課題の整理を行う。商用機システムとして、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アップしたうえで燃料電池モジュールに供給し、その運用性、性能等を把握するとともに、石炭ガス適用時の課題を抽出する。さらに、これまで実績のない石炭ガスによる運転を行うことから、燃料電池セル及びモジュール内部構造への影響を把握するため、装置の解体調査を行い、石炭ガス適用時の課題を抽出する。

3. 達成目標

(1) I G F Cシステムの検討

[最終目標 (2019年度)]

I G F C実証機の容量を決定し、実証機の試設計を完了する。

(2) 燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究

[中間目標 (2019年度)]

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／ $t-CO_2$ を見通せる CO_2 分離型化学燃焼石炭火力発電システムを提示する。

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

研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

6) 石炭火力の負荷変動対応技術開発

[実施期間] 2017年度～2023年度

1. 研究開発の必要性

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

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

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

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

2. 具体的研究内容

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

3. 達成目標

[中間目標（2020年度）]

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

[最終目標（2023年度）]

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

研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

7) 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ため、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) 機動性に優れる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、機動性に優れる広負荷帯高効率GTCCを開発するため、中核機器であるガスタービン（以下、GT）の負荷変動対応に係る要素技術を開発し、実機に組み込める目処を得ることを目的にする。

2. 具体的研究内容

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

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

表 先行研究で設定されたGTCCとしての目標性能

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

3. 達成目標

[最終目標（2021年度）]

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

研究開発項目⑤ 「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3 t/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50 t/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 I G C C ガス化炉への高温の水蒸気の注入による冷ガス効率及び送電端効率の向上、②エネルギー効率の高い酸素製造技術を組み込んだ I G C C システムの構築による更なる送電端効率の向上、の可能性があった。そこで、これらの可能性を検証及び評価するため、以下の項目を実施する。

(1) 水蒸気添加による冷ガス効率向上効果の検証

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

(2) エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性評価

エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性を評価する。

(3) I G C C システム検討

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

冷ガス効率の向上及び試設計を踏まえて、送電端効率を精査する。

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

3. 達成目標

[中間目標 (2017年度)]

CO₂回収型クローズド I G C C については、送電端効率42% (高位発熱量基準) を見通すための要素技術確立の目途を得る。

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

[最終目標 (2020年度)]

CO₂回収型クローズド I G C C については、2019年度までに送電端効率42% (高位発熱量基準) を見通すための要素技術を確立する。

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

両技術の相乗効果として、2020年度までにCO₂回収型クローズド I G C C の目標効率から更に0.5ポイント程度の向上の見通しを得る。

研究開発項目⑥ 「カーボンリサイクル・次世代火力推進事業」

[実施期間] 2016年度～2024年度

1. 研究開発の必要性

長期エネルギー需給見通しにおける基本方針は、3E+S（安全性、安定供給、経済効率性、環境適合）を同時達成しつつ、バランスの取れた電源構成を実現することである。2030年以降、中長期的に火力発電から排出される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、ICSC（International Centre for Sustainable Carbon）、IEA/FBC（Fluidized Bed Conversion）、等に参画し、技術情報交換・各種技術情報収集を行うとともに、国内関係者への情報提供を行う。また、今後の国際市場における日本の火力発電所受注に向けて、高い競争力を発揮できる戦略及びビジネスモデルを構築する。さらに、低コスト高効率次世代火力発電システム実現に向けた検討や次世代火力発電における燃料多様化（バイオマス、アンモニア等）のための調査および先導研究を進める。また、カーボンリサイクルにおいては、要素技術検討のための共通基盤技術開発及び基盤技術開発を進める。

3. 達成目標

[最終目標（2024年度）]

火力発電技術分野において、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イ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、拠点の運営業務、要素技術開発および実証試験の総括的な評価等を行う。

2) 研究拠点における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FT合成やその他合成反応など製造プロセスの改善などを通じ、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ジメント、熱マネジメント、スケールアップ検討、電解技術等を活用した基盤技術等の開発が必要である。これらについて高効率な製造技術の開発や全体システムの最適化、またそれらを通じた低コスト化検討等を行う。

3. 達成目標

[中間目標（2023年）]

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策を確立することが喫緊の課題である。

2. 具体的研究内容

石炭利用に伴い発生する環境影響の低減等に貢献する技術の開発を行う。

1) 石炭利用環境対策推進事業

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

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

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

2) 石炭利用技術開発

石炭等の燃焼灰の利用用途拡大に関する技術開発を行う。

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

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

3. 達成目標

[中間目標（2019年度）]

1) 石炭利用環境対策推進事業

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

石炭等の燃焼灰の有効利用、及び削減に寄与する技術の確立に向けた知見を得る。

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

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

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。

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・助成事業〕

〔実施期間〕 2018年度～2024年度

（2021年度までは「CCUS研究開発・実証関連事業」において実施）

1. 研究開発の必要性

2020年1月に策定された「革新的環境イノベーション戦略」においては、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（40 t-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。

1）要素研究〔委託事業〕

2）実証研究〔助成事業（1／2助成）〕

（3）二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発

石炭ガス化複合発電等で発生する比較的高い圧力を有するガスから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1.5 GJ/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1.5 GJ/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0.5 GJ/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0.5 GJ/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〕2023年度～2026年度

1. 研究開発の必要性

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

火力発電の運用性向上を目指すため、調整力電源の安定性維持に貢献する機動性に優れ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

〔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、機動性に優れる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。

◇中間評価、◆事後評価

添付資料（プロジェクト基本計画）-52

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)											◇			◇	
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)											◇			◇	
2) 液体燃料へのCO ₂ 利用技術開発(委託・助成)											◇			◇	
3) コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへのCO ₂ 利用技術開発(委託・助成)											◇			◇	
4) 気体燃料へのCO ₂ 利用技術開発(委託・助成)												◇			◆
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											
2) 石炭利用技術開発(2/3補助)			※1												
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)														◆	
研究開発項目⑫ CO ₂ 分離回収技術の研究開発(※3)									◇		◇			◆	
1) 先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発				※1											
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				※1											
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															◆
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															
2) 石炭火力の負荷変動対応技術開発・実証研究															

●特許論文等リスト（評価対象期間外含む）

<大崎クールジェン株式会社>

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内外 国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	大崎クールジェン(株) 中国電力(株) 電源開発(株)	特願 2019- 555991	国内	2019/7/2	登録	グランドフレアの燃焼 安定方法	中田勝啓
2	大崎クールジェン(株) 中国電力(株) 電源開発(株)	特願 2019- 169696	国内	2019/9/18	出願中	再生塔リフラックス水 不純物濃度の簡易 迅速評価手法	中村郷平 湯沢直史
3	大崎クールジェン(株) 中国電力(株) 電源開発(株) 中電環境テクノス(株) (株)ジェイバック	特願 2019- 182355	国内	2019/10/2	出願中	チャー塩化物イオン濃 度の分析方法	荒木雅 中村郷平
4	大崎クールジェン(株) 中国電力(株) 電源開発(株)	2019- 555991	国内	2020/8/27	登録	可動型温度計の取り 換え装置及びその取 り換え方法	安富寿徳 佐藤祐二
5	大崎クールジェン(株) 中国電力(株) 電源開発(株)	2020- 465743	国外	2020/8/27	出願中	可動型温度計の取り 換え装置及びその取 り換え方法	安富寿徳 佐藤祐二
6	大崎クールジェン(株) 中国電力(株) 電源開発(株)	特願 2022- 109014	国内	2022/7/6	出願中	CO2 分離回収型 IGCC の負荷変化率 上昇方法	新垣洪介 手塚純一 湯沢直史 石崎勇吾
7	大崎クールジェン株式会社 中国電力株式会社 電源開発株式会社 有限会社トムデータ 日本測器株式会社	特願 2023- 38917	国内	2023/3/13	出願中	粉体流量測定装置 及び粉体流量測定 方法	安富寿徳

(Patent Cooperation Treaty: 特許協力条約)

【論文】

a.国内投稿(34 件)

2012 年度(1 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	貝原 良明 渡辺 喜久	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの概要	火力原子力発電 2013 年 1 月号	有	2012/01/01

2013 年度(3 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	藤井 準次	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの概要及び今後の計画について	日本エネルギー学会誌 2013 年 5 月号	無	2013/05/01
2	外岡 正夫	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの概要 ～石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業～	季報 エネルギー総合工学 Vol36 No.3	無	2013/10/01
3	藤井 準次	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの概要と今後の計画について	グリーンエネルギー (2013.10 月号)	無	2013/10/01

2014 年度(2 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	相曽 健司 渡辺 喜久	大崎クールジェン株式会社	Outline of the OSAKI COOLGEN project (The Oxygen-blown IGCC demonstration project)	日本機械学会 2014 年 10 月号	有	2014/10/01
2	椎屋 光昭	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの概要 ～石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業～	電気評論 2014 年 11 月号	無	2014/11/01

2015 年度(2 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	椎屋 光昭	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの概要 ～石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業～	触媒年鑑 2015 年版	無	2015/04/01
2	荒木 雅	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況	火力原子力発電協会	有	2015/04/01

2016 年度(6 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	椎屋 光昭 江草 和也	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェン酸素吹 IGCC プロジェクトの概要及び進捗状況	日本ガスタービン学会誌 7 月号	無	2016/05/18
2	椎屋 光昭 紺野 亜紀子	大崎クールジェン株式会社	酸素吹 IGCC 実証プロジェクト ～大崎クールジェンプロジェクトの概要及び進捗状況～	配管技術	無	2016/06/14
3	椎屋 光昭	大崎クールジェン株式会社	石炭ガス化燃料電池複合発電の技術開発の状況について	次世代火力発電/日刊工業新聞社	無	2016/07/11
4	椎屋 光昭 紺野 亜紀子	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの概要	電気計算 10 月号	無	2016/08/01
5	椎屋 光昭 江草 和也	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	エネルギーと動力 第 287 号	無	2016/09/01
6	椎屋 光昭	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	OHM 12 月号	無	2016/10/01

2017 年度(4 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	梅崎 雅之	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクト（酸素吹 IGCC 実証プロジェクト）の進捗状況	火力原子力発電協会	有	2017/05/01
2	湯沢 直史	大崎クールジェン株式会社	CO ₂ 分離・回収型 IGCC 実証試験計画の紹介	日本機械学会ニュースレター	無	2017/05/15
3	石崎 勇吾 椎屋 光昭	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	日本燃焼学会誌	無	2017/11/01
4	糸賀 祥治	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクト（酸素吹 IGCC 実証プロジェクト）の進捗状況	火力原子力発電協会	有	2018/03/01

2018 年度(1 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	三沢 信博	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの進捗状況	火力原子力発電協会	有	2018/03/01

2019 年度(5 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	久保田 晴仁	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクト (第 1 段階) 国内初の酸素 吹石炭ガス化複合発電実証 試験	日本エネルギー学会誌 7 月号	無	2019/07/01
2	遠山 克己	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの 進捗状況	日本ガスタービン学会誌 7 月号	無	2019/07/01
3	久保田 晴仁	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの 進捗状況～CO ₂ 分離・回収 型酸素吹 IGCC 実証事業～	クリーンエネルギー 12 月号	無	2019/12/01
4	椎屋 光昭 紺野 亜紀子	大崎クールジェン株式会社	CO ₂ 分離・回収型 IGFC 実 証試験計画の紹介	日本機械学会動力エネル ギー部門 ニュースレター	無	2020/01/15
5	大亀 博史	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの 進捗状況	火力原子力発電協会	有	2020/03/01

2020 年度(1 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	木田 一哉	大崎クールジェン株式会社	動力エネルギーシステム部門 貢献表彰を受賞して	日本機械学会動力エネル ギー部門 ニュースレター 第 66 号	無	2021/1/15

2021 年度(5 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	歌野 雅一	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの 進捗状況	火力原子力発電協会	有	2021/5/20
2	木田 一哉	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの 進捗状況－CO ₂ 分離・回収 型酸素吹石炭ガス化複合発 電実証事業－	化学工学誌 85 巻 6 号	有	2021/6/1
3	木田 一哉	大崎クールジェン株式会社	CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証事業について	日本エネルギー学会機関誌	有	2021/7/1
4	柴田 彰	大崎クールジェン株式会社	CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC の開発状況と今後の展 望について	日本ガスタービン学会誌 11 月号	無	2021/11/1
5	湯沢 直史	大崎クールジェン株式会社	IGCC システムにおける CO ₂ の 回収技術	CO ₂ の分離・回収・貯留の最 新技術	無	2022/3/1

2022 年度(4 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	遠山 克己	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況	火力原子力発電協会	有	2022/5/1
2	岡田 雄馬 森安 勝浩	大崎クールジェン株式会社	CO ₂ 分離・回収型 IGFC 実証プロジェクト	日本工業出版 配管技術	無	2023/1/1
3	岡田 雄馬	大崎クールジェン株式会社	日本のグリーンコールテクノロジーが世界を変える。	日本エネルギー学会 100 年記念誌記事	無	2023/2/28
4	芳賀 剛	大崎クールジェン株式会社	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況	火力原子力発電協会	有	2023/8/20

b.海外投稿(2 件)

2014 年度(1 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1		大崎クールジェン株式会社	THE OSAKI COOLGEN PROJECT	The global Status of CCS 2014(GCCSI)	無	2015/04/01

2015 年度(1 件)

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1		大崎クールジェン株式会社	THE OSAKI COOLGEN PROJECT	The global Status of CCS 2015(GCCSI)	無	2015/04/01

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

a.国内発表(93 件)

2012 年度(4 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	有森 映二	大崎クールジェンプロジェクトの紹介	日本機械学会 2012 年度年次大会	2012/09/11
2	貝原 良明	大崎クールジェンプロジェクトの概要	2012 年度 火力原子力発電大会	2012/10/04
3	藤井 準次	大崎クールジェンプロジェクトの概要及び今後の計画について	エコテクノ 2012 クリーンコールテクノロジーセミナー	2012/10/11
4	外岡 正夫	大崎クールジェンプロジェクト概要	群馬大学 第 15 回環境エネルギーセミナー特別講演	2012/12/26

2013 年度(1 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	貝原 良明	大崎クールジェンプロジェクト ～石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業～	中国地域エネルギー・温暖化対策推進会議	2013/07/17

2014 年度(8 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	貝原 良明	大崎クールジェンプロジェクト ～石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業～	CCT ワークショップ 2014	2014/07/15
2	外岡 正夫	大崎クールジェンプロジェクト ～酸素吹 IGCC 実証試験事業～	広島経済同友会環境エネルギー委員会	2014/08/29
3	千代延 恭太	OSAKI COOLGEN PROJECT	石炭ガス化技術国際シンポジウム	2014/09/10
4	椎屋 光昭	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要および実証設備建設の進捗状況	第 51 回石炭科学会議	2014/10/23
5	荒木 雅	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況 ～石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業～	火力原子力発電大会 中部大会	2014/10/23
6	外岡 正夫	酸素吹 IGCC 実証プロジェクト ～大崎クールジェンプロジェクト～	グリーン・イノベーション 2014	2014/11/23
7	外岡 正夫	大崎クールジェンプロジェクト	2014 年度 第 1 回石炭エネルギー委員会	2015/02/18
8	外岡 正夫	大崎クールジェンプロジェクト	コプロワークショップ	2015/02/20

2015 年度(11 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	飯田 浩道	酸素吹石炭ガス化技術実証試験プロジェクトについて	日本学術振興会 148 委員会	2015/05/28
2	椎屋 光昭	大崎クールジェンプロジェクトの概要と進捗状況	火力発電セミナー	2015/06/19
3	相曽 健司	大崎クールジェンプロジェクトの概要と進捗状況	CCT ワークショップ 2015	2015/07/02
4	紺野 亜紀子	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	日本エネルギー学会	2015/08/04
5	椎屋 光昭	大崎クールジェンプロジェクトの概要と建設状況について	第 14 回九州低炭素システム研究会	2015/10/07
6	中田 勝啓	大崎クールジェンプロジェクト(酸素吹 IGCC 実証プロジェクト)の進捗状況	2016 年度 火力原子力発電大会	2015/10/08
7	椎屋 光昭	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要および実証設備建設の進捗状況	第 52 回石炭科学会議	2015/10/29
8	松井 倫広	酸素吹石炭ガス化技術実証試験プロジェクトについて	日本エネルギー学会・西部支部講演会	2015/11/13
9	相曽 健司	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要と進捗状況	第 9 回日中省エネルギー・環境総合フォーラム石炭火力発電分科会	2015/11/29
10	下手 麻子 紺野 亜紀子 田淵 浩 山本 英生	革新的低炭素石炭火力発電の実現に向けて ～大崎クールジェンプロジェクトにおける若手技術者の取り組み～	第 23 回環境エネルギーセミナー	2015/12/21
11	荒木 泰三	酸素吹 IGCC 実証機石炭ガス化ガスのガス精製システム	化学工学会 第 81 年会	2016/03/13

2016 年度(10 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	木田 淳志	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況と第 2 段階の計画概要	CCT ワークショップ 2016	2016/07/19
2	米田 恭	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	エネルギー学会第 25 回大会	2016/08/10
3	大原 祐樹	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要と進捗状況	日本機械学会 2016 年度年次大会	2016/09/13
4	江草 和也	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	第 53 回石炭科学会議	2016/10/27
5	梅崎 雅之	大崎クールジェンプロジェクト(酸素吹 IGCC 実証プロジェクト)の進捗状況	2016 年度 火力原子力発電大会	2016/10/27
6	下手 麻子	大崎クールジェンプロジェクト -日本のクリーンコール技術を世界へ-	エコプロダクツ 2016 クリーンコールセミナー	2016/12/09
7	鈴木 伸介	大崎クールジェンプロジェクト ～石炭ガス化複合発電実証事業～	第 17 回北海道エネルギー資源環境研究発表会	2017/01/17

8	木田 淳志	大崎クールジェンが取り組む革新的低炭素石炭火力発電「IGCC 実証プロジェクト」	JPI 日本計画研究所 講演会	2017/2/27
9	相曽 健司	大崎クールジェンプロジェクトの概要 -酸素吹石炭ガス化複合発電実証事業-	次世代火力発電 EXPO セミナー発表	2017/3/3
10	湯沢 直史	CO ₂ 分離・回収型 IGCC システムの実証計画	化学工学会 第 82 年会	2017/3/8

2017 年度(11 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	中村 郷平	CO ₂ 分離回収型酸素吹 IGCC 実証の状況	石炭・炭素資源利用技術第 148 委員会第 159 回研究会	2017/05/24
2	三崎 幸夫	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	第 26 回日本エネルギー学会	2017/08/01
3	中村 郷平	CO ₂ 分離回収型酸素吹 IGCC 実証の状況	2017 年度日本機械学会年次大会	2017/09/04
4	三沢 信博	酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	EPOC エネルギーフォーラム	2017/09/26
5	椎屋 光昭	大崎クールジェンプロジェクト酸素吹 IGCC 実証試験状況	九州低炭素システム研究会	2017/10/11
6	糸賀 祥治	大崎クールジェンプロジェクト（酸素吹 IGCC 実証プロジェクト）の進捗状況	2017 年度火力原子力発電大会	2017/10/12
7	石崎 勇吾	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	第 54 回石炭科学会議	2017/10/19
8	椎屋 光昭	大崎クールジェンプロジェクト -酸素吹石炭ガス化複合発電実証事業-	水素の製造と利用に関するシンポジウム	2017/12/22
9	椎屋 光昭	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	ガスビジネス研究会第 29 回定例研究会	2018/01/22
10	木田 淳志	大崎クールジェンが取り組む酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの進捗状況	次世代火力発電 EXPO セミナー発表	2018/03/01
11	山本 壮平	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	化学工学会 第 83 年会	2018/03/14

2018 年度(8 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	赤木 雄基	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの概要及び進捗状況	第 27 回日本エネルギー学会	2018/08/09
2	竹村 亮介	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの進捗状況	2018 年度日本機械学会年次大会	2018/09/10
3	三沢 信博	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの進捗状況	2018 年度火力原子力発電大会	2018/10/25
4	鈴木 伸行	大崎クールジェンプロジェクトにおける酸素吹石炭ガス化複合発電(IGCC)実証試験状況報告	第 55 回石炭科学会議	2018/10/30
5	安富 寿徳	大崎クールジェン酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの進捗状況	石炭・炭素資源利用技術第 148 委員会第 167 回研究会	2018/12/06

6	相曽 健司	大崎クールジェン CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証試験の進捗について	第 8 回革新的 CO ₂ 膜分離技術シンポジウム	2019/01/18
7	遠山 克己	大崎クールジェンプロジェクト（酸素吹 IGCC 実証プロジェクト）の進捗状況	ガスタービンセミナー	2019/01/25
8	相曽 健司	大崎クールジェンプロジェクト（第 1 段階）国内初の酸素吹石炭ガス化複合発電実証試験	日本エネルギー学会賞表彰式	2019/02/26

2019 年度(14 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	神宮 伸一	大崎クールジェン IGCC プロジェクト第 1 段階（酸素吹 IGCC）の成果	第 389 回月例研究会（IAE）	2019/05/10
2	相曽 健司	革新的低炭素石炭ガス化複合発電「CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証」の進捗と第 3 段階に進む「CO ₂ 分離・回収型 IGFC」の今後の計画	JPI 日本計画研究所講演会	2019/07/08
3	木田 一哉	大崎クールジェンプロジェクト-CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証事業-	CCT ワークショップ 2019	2019/07/12
4	樋木 健太	大崎クールジェン CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証試験の進捗について	第 28 回日本エネルギー学会	2019/08/07
5	久保田 晴仁	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況について - CO ₂ 分離・回収型酸素吹石炭ガス化複合発電実証事業-	電気学会 2019 年電力・エネルギー部門大会	2019/09/04
6	大亀 博史	大崎クールジェン CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの進捗状況について	2019 年度火力原子力発電大会	2019/10/17
7	鈴木 伸行	大崎クールジェンプロジェクト CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証事業の進捗状況について	第 56 回石炭科学会議	2019/10/30
8	三沢 信博	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況	大手町テクノブリッジ・シンポジウム	2019/11/08
9	久保田 晴仁	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況について-CO ₂ 分離・回収型酸素吹石炭ガス化複合発電実証事業-	気候変動・災害対策 Biz 2019	2019/12/06
10	芳賀 剛	IGFC 開発に向けた取り組みについて 大崎クールジェンプロジェクトの概要	SOFC 研究発表会	2019/12/12
11	湯沢 直史	CO ₂ 分離回収設備実証試験について	石炭・炭素資源利用技術第 148 委員会第 173 回研究会	2020/02/05
12	木田 一哉	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況について-CO ₂ 分離・回収型酸素吹石炭ガス化複合発電実証事業-	石炭エネルギー講演会	2020/02/06
13	木田 一哉	大崎クールジェンプロジェクトの取り組みについて	水素・次世代エネルギー研究会セミナー-2019 Vol.2	2020/02/18
14	久保田 晴仁	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況 - CO ₂ 分離・回収型酸素吹石炭ガス化複合発電実証事業 -	広島大学エネルギー超高度利用研究拠点自立化記念シンポジウム	2020/03/13

2020 年度(7 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	菊池 哲夫	CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC の特徴と開発状況について	火原協関西支部大学講座	2020/9/25
2	三沢 信博	大崎クールジェンプロジェクト -高効率ゼロエミッション石炭火力発電を目指して-	第 57 回石炭科学会議	2020/10/27
3	今岡 辰行	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況 - CO ₂ 分離・回収型酸素吹石炭ガス化複合発電実証事業 -	第 57 回石炭科学会議	2020/10/28
4	歌野 雅一	大崎クールジェンプロジェクト CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証事業の進捗状況について	令和 2 年度 創立 70 周年記念火力原子力発電大会	2020/12/1-30
5	菊池 哲夫	CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC の特徴と開発状況について	火原協中部支部講演会	2020/12/11
6	菊池 哲夫	大崎クールジェンプロジェクトについて	プロセス用圧縮機委員会 第 16 回講演会	2021/2/18
7	新垣 洪介	大崎クールジェン CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証プロジェクトの進捗状況について	化学工学会 第 86 年会	2021/3/21

2021 年度(12 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	久保田 晴仁	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況～ CO ₂ 分離・回収型酸素吹石炭ガス化複合発電実証事業～	技術情報セミナー	2021/6/25
2	竹村 亮介	大崎クールジェンプロジェクトにおける CO ₂ 分離・回収実証試験及び CO ₂ 有効利用に向けた取組について	CCR 研究会 2021 年 7 月度講演会	2021/7/15
3	菊池 哲夫	CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC の特徴と開発状況について	火原協四国支部講演会	2021/7/31
4	鉄山 紀弘	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況 - CO ₂ 分離・回収型酸素吹石炭ガス化複合発電実証事業 -	第 30 回日本エネルギー学会 大会	2021/8/4
5	菊池 哲夫	大崎クールジェンプロジェクトについて	燃料電池・FCH 部会 第 273 回定例研究会	2021/8/31
6	芳賀 剛	大崎クールジェンプロジェクト第 3 段階 CO ₂ 分離・回収型 IGFC 実証について	燃料電池・FCH 部会 第 273 回定例研究会	2021/8/31
7	細越 俊哉	脱炭素社会に向けたクリーンコールテクノロジーの役割	第 28 回日環協・環境セミナー全国大会	2021/10/8
8	鉄山 紀弘	大崎クールジェンプロジェクト CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証事業の進捗状況について	第 58 回石炭科学会議	2021/10/27
9	遠山 克己	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況について	令和 3 年度火力原子力発電大会	2021/11/1-12/31

				(配信期間)
10	芳賀 剛	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況	第 123 回 SOFC 研究会	2022/1/18
11	菊池 哲夫	大崎クールジェンプロジェクトについて	地球環境技術推進懇談会	2022/2/21
12	細越 俊哉	脱炭素社会に向けた大崎クールジェンプロジェクトについて	瀬戸内海環境保全協会研修会	2022/2/22

2022 年度(7 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	細越 俊哉	大崎クールジェンプロジェクト	JCCP 主催研修	2022/7/6
2	岡田 雄馬	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況－CO ₂ 分離・回収型酸素吹石炭ガス化複合発電実証事業－	第 31 回日本エネルギー学会	2022/8/5
3	芳賀 剛	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況について	令和 4 年度火力原子力発電大会（広島大会）	2022/10/6
4	樋木 健太	大崎クールジェンプロジェクトの進捗状況－CO ₂ 分離・回収型酸素吹石炭ガス化複合発電実証事業－	第 59 回石炭科学会議	2022/10/21
5	芳賀 剛	大崎クールジェンプロジェクト第 3 段階の進捗状況について	第 31 回 SOFC 研究発表会	2022/12/15
6	川本 成祥	CO ₂ 分離回収・液化プロセス実証研究について	JCOAL CCT Web セミナー 2022	2022/12/16
7	菊池 哲夫	大崎クールジェンプロジェクトについて	石炭エネルギー講演会	2023/2/8

b.海外発表(36 件)

2012 年度(1 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	清水 正明	Osaki Coolgen Project Update	Gasification Users Association (GUA) Meeting	2012/10/31

2013 年度(2 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	富永 真司	Osaki CoolGen Project Update	Gasification Users Association (GUA) Meeting	2013/10/16
2	相曽 健司	Outline of the Osaki CoolGen Project (IGCC Demonstration Project)	ICOPE(International Conference on Power Engineering)	2013/10/25

2014 年度(2 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	相曽 健司	High Efficiency Low Emissions coal thermal power generation Technology (The Osaki Coolgen Project of Oxygen-blown IGCC Demonstration)	第 4 回日豪石炭ワークショップ	2014/06/24
2	清水 正明	Osaki CoolGen Project Update	Gasification Users Association (GUA) Meeting	2014/10/29

2015 年度(2 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	紺野 亜紀子	The Osaki Coolgen Project of Oxygen-blown IGCC demonstration	Gasification Users Association (GUA) Meeting	2015/10/14
2	志田尾 耕三	The Osaki Coolgen Project of Oxygen-blown IGCC demonstration	ICOPE(International Conference on Power Engineering)	2015/12/02

2016 年度(5 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	中村 郷平	The Osaki Coolgen Project Oxygen-blown IGCC demonstration	IEA Clean Coal Centre HELE 2016 Workshop	2016/05/23
2	山下 進	Osaki CoolGen Project Update	EPRI Asia Coal Power Technology Seminar	2016/09/06
3	紺野 亜紀子	The Osaki Coolgen Project Oxygen-blown IGCC demonstration	Gasification Users Association (GUA) Meeting	2016/10/19
4	紺野 亜紀子	IGCC with CO ₂ capture demonstration The Osaki CoolGen Project	The 1 st Australia-Japan Symposium on Carbon Resource Utilisation	2016/11/28
5	相曽 健司	Realization of innovative high efficiency and low emission coal fired power plant The Osaki-coolgen Project	The 1 st Australia-Japan Symposium on Carbon Resource Utilisation	2016/11/29

2017 年度(7 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	石田 敬一	OUT LINE OF THE OSAKI COOLGEN PROJECT	ICOPE(International Conference on Power Engineering)	2017/06/29
2	相曽 健司	The Progress of Osaki CoolGen Project ~ Oxygen-blown Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle Demonstration Project ~	第 26 回グリーンコールドー国際会議	2017/09/06
3	村上 康浩	The Description and Progress Report ~ Ultimate Coal fired Power Generation "integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle (IGFC) with CO ₂ Capture system" Demonstration Project ~	東京炭素会議 2017	2017/09/15
4	山下 進	The Outline of Osaki CoolGen Project of Oxygen-blown IGCC Demonstration	Asia Power Week 2017	2017/09/20
5	荒木 泰三	OSAKI CoolGen -Demonstration of Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle	2017 HAPUA-JEPIC Symposium	2017/09/26
6	三沢 信博	Progress of Osaki CoolGen Project (IGCC with CO ₂ capture demonstration)	Gasification Users Association (GUA) Meeting	2017/10/18
7	江草 和也	The Outline of Osaki CoolGen Project of Oxygen-blown IGCC Demonstration	2017 IERE-TNB Putrajaya Workshop	2017/11/21

2018 年度(7 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	土田 瑞樹	Progress of Osaki CoolGen Project of Oxygen-blown IGCC Demonstration	The 2nd Australia-Japan Symposium on Carbon Resource Utilisation	2018/04/16
2	相曽 健司	Improving Flexibility of IGCC for Harmonizing with Renewable Energy - Osaki CoolGen's efforts -	第 27 回グリーンコールドー国際会議	2018/09/11
3	中村 郷平	Progress of Osaki CoolGen Oxygen-blown IGCC with CO ₂ Capture Demonstration	2018 IERE-RWE TI Munich Workshop	2018/09/12
4	相曽 健司	Progress and Results of Oxygen-blown IGCC with CO ₂ Capture Demonstration ~ The IGCC Having Advanced Flexibility in Osaki CoolGen Project	2018 Global Syngas Technology Conference	2018/10/30
5	石崎 勇吾	Progress of Osaki CoolGen Project	Gasification Users Association (GUA) Meeting	2018/10/31
6	木田 一哉	日本 IGFC 技術状況とその展望	第 12 回日中省エネルギー・環境技術フォーラム	2018/11/25

7	相曽 健司	Progress of Osaki CoolGen Oxygen-blown IGCC with CO ₂ Capture Demonstration	CCS 国際シンポジウム	2019/02/21
---	-------	--	--------------	------------

2019 年度(6 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	歌野 雅一	High Efficiency Low Emissions Coal Thermal Power Generation Technology -The Osaki Coolgen Project of Oxygen-blown IGCC with CO ₂ Capture Demonstration-	3rd International Symposium on Fuel and Energy (ISFE 2019)	2019/07/09
2	鉄山 紀弘	Progress of Osaki CoolGen Oxygen-blown IGCC with CO ₂ Capture Demonstration	POWERGEN Asia 2019	2019/09/03
3	石崎 勇吾	THE OSAKI COOLGEN OXYGEN-BLOWN IGCC WITH CO ₂ CAPTURE DEMONSTRATION PROJECT	2019 International Pittsburgh Coal Conference	2019/09/06
4	久保田 晴仁	The Progress of Osaki CoolGen Project	インドネシア ワークショップ	2019/10/16
5	鉄山 紀弘	Progress of Osaki CoolGen Oxygen-blown IGCC with CO ₂ Capture Demonstration	2019 Grobal Syngas Technology Conference	2019/10/29
6	武山 洋之	Progress of Osaki CoolGen Oxygen-blown IGCC with CO ₂ Capture Demonstration	POWERGEN International 2019	2019/11/20

2021 年度(3 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	久保田 晴仁	The Progress of Osaki CoolGen Project	JCCP オンライン研修	2021/6/14
2	三沢 信博	Progress of Osaki CoolGen Oxygen-blown IGCC with CO ₂ Capture Demonstration Test	Japan Asia CCUS Forum 2021	2021/10/20
3	石崎 勇吾	Progress of Osaki CoolGen Oxygen-blown IGCC with CO ₂ Capture Demonstration	CUUTE-1	2021/12/15

2022 年度(1 件)

番号	発表者	タイトル	会議名	発表年月
1	美馬 初哉	Osaki CoolGen Project	POWERGEN International 2023	2023/2/21,22

(b)新聞・雑誌等への掲載

2012 年度(5 件)

番号	掲載内容	掲載媒体	発表年月
1	プロジェクト内容	ガスエネルギー新聞	2012/10/10
2	プロジェクト内容	日刊工業新聞	2012/11/30
3	プロジェクト概要、建設工事着工	NHK ニュース	2013/01/06
4	プロジェクト概要、展望(社長インタビュー)	中国新聞	2013/02/10
5	土建着工安全祈願祭	NHK ニュース、電気新聞他	2013/03/01 2013/03/02

2013 年度(2 件)

番号	掲載内容	掲載媒体	発表年月
1	プロジェクト概要、建設工事状況 (社長インタビュー)	RCC ラジオミライレポート	2013/07/06
2	大崎上島町の期待(高田町長インタビュー)	RCC ラジオミライレポート	2013/07/13

2014 年度(11 件)

番号	掲載内容	掲載媒体	発表年月
1	ガス化炉工場製作公開	電気新聞、中国新聞、朝日新聞、NHK ニュース	2014/06/04
2	機電着工安全祈願祭	電気新聞、中国新聞	2014/06/05
3	プロジェクト内容	エネルギーフォーラム	2014/06/30
4	プロジェクト内容	月刊エネコ (フジサンケイビジネスアイ)	2014/09/10
5	プロジェクト内容	電気新聞、中国新聞、日刊工業新聞、NHK ニュース	2014/12/10
6	ガス化炉搬入	月刊 Wedge	2015/01/20
7	プロジェクト内容	電気新聞記事広告	2015/01/27
8	プロジェクト内容	日刊工業新聞記事広告	2015/01/30
9	プロジェクト内容	月刊投資経済	2015/02/01
10	日本のクリーンコール技術	Australian Financial Review	2015/02/13
11	地球温暖化防止に寄与する発電技術 (IGCC の仕組み、CO ₂ 削減率)	広島ホームテレビ地球派宣言	2015/03/21

2015 年度(5 件)

番号	掲載内容	掲載媒体	発表年月
1	プロジェクト内容	エネルギーフォーラム	2015/10/01
2	プロジェクト内容	NHK クローズアップ現代	2015/11/26
3	プロジェクト内容	熊本日日新聞	2015/12/20
4	プロジェクト内容	電気新聞	2016/02/01
5	プロジェクト内容	中国新聞	2016/02/26

2016 年度(6 件)

番号	掲載内容	掲載媒体	発表年月
1	第 2 段階事業着手プレスリリース	中国新聞、日経新聞、電気新聞、日刊工業新聞、日経産業	2016/04/05
2	プロジェクト内容	PRESIDENT 記事広告	2016/04/18
3	酸素吹 IGCC システム本格的試運転開始プレスリリース	電気新聞、中国新聞、日経産業 日刊工業	2016/08/23 2016/08/25
4	プロジェクト内容	月刊日経エコロジー	2016/09/08
5	プロジェクト内容	NHK ニュースお好みワイド広島	2016/11/24
6	実証試験開始	中国新聞、日経新聞、電気新聞、化学工業日報	2017/03/31

2017 年度(11 件)

番号	掲載内容	掲載媒体	発表年月
1	プロジェクト内容	電気新聞	2017/06/26
2	大崎クールジェン竣工式	中国新聞、電気新聞、日刊工業新聞、フジサンケイビジネスアイ	2017/08/10
3	竣工式	日本経済新聞	2017/08/17
4	プロジェクト内容	電気新聞	2017/09/05
5	プロジェクト内容	中国新聞	2017/09/13
6	連続運転 1,000 時間達成	電気新聞	2017/09/22
7	プロジェクト内容	電気新聞	2017/10/02
8	プロジェクト内容	電気新聞	2017/10/12
9	送電端効率 40.5%の目標達成	電気新聞	2017/10/27
10	IGCC における熱交換器技術	日本ガスタービン学会誌	2018/03/01
11	中国支部だより（プロジェクト内容）	電気設備学会誌	2018/03/10

2018 年度(8 件)

番号	掲載内容	掲載媒体	発表年月
1	CO ₂ 分離回収設備着工	中国新聞、電気新聞、日刊工業新聞	2018/04/03
2	CO ₂ 分離回収設備着工	広島経済レポート	2018/05/10
3	CO ₂ 分離回収設備着工	電気新聞	2018/05/25
4	プロジェクト内容	ENERGY FRONTLINE	2018/06/26
5	プロジェクト内容	原子力だより AE（青森県広報誌）	2018/11/01
6	第 1 段階終了	中国新聞	2019/01/19
7	第 1 段階終了	電気新聞	2019/03/07
8	第 1 段階終了	広島経済レポート	2019/03/21

2019 年度(27 件)

番号	掲載内容	掲載媒体	発表年月
1	第 3 段階着手	中国新聞、山陽新聞、電気新聞、日刊工業新聞	2019/04/18
2	第 3 段階着手	日本経済新聞	2019/04/22
3	第 3 段階着手	電気新聞	2019/05/09
4	第 2 段階紹介	中国新聞	2019/05/17
5	第 1 段階成果紹介	電気新聞	2019/05/28
6	第 2 段階紹介	中国新聞、電気新聞	2019/06/06
7	第 2 段階紹介	日刊工業新聞	2019/06/07
8	第 2 段階紹介	読売新聞	2019/06/14
9	CO ₂ 分離回収設備試運転開始	中国新聞	2019/09/04
10	プロジェクト内容	電気新聞	2019/10/17
11	プロジェクト内容	電気新聞	2019/10/18
12	第 2 段階紹介	中国新聞	2019/10/19
13	プロジェクト内容	電気新聞	2019/10/24
14	プロジェクト内容	中国新聞	2019/12/04
15	プロジェクト内容	おはようひろしま（NHK 広島）	2019/12/11
16	プロジェクト内容	中国新聞	2019/12/16
17	プロジェクト内容	日刊工業新聞	2019/12/17
18	プロジェクト内容	TV シンポジウム（NHK E テレ）	2019/12/21
19	プロジェクト内容	ガリレオ X（BS フジ）	2019/12/22
20	第 2 段階実証試験開始	電気新聞	2019/12/25
21	第 2 段階実証試験開始	中国新聞、電気新聞	2019/12/27
22	第 2 段階実証試験開始	日刊工業新聞	2020/01/14
23	第 2 段階実証試験開始	山陽経済ウィークリー	2020/01/28
24	第 2 段階実証試験開始	山陽新聞	2020/02/15
25	プロジェクト内容	電気新聞	2020/02/20
26	プロジェクト内容	日経産業新聞	2020/03/19
27	プロジェクト内容	日刊工業新聞	2020/03/20

2020 年度(5 件)

番号	掲載内容	掲載媒体	発表年月
1	プロジェクト内容	中国新聞、共同通信、山陰中央新報社 web、 お好みワイドひろしま（NHK）、テレビ派（広島テレビ）	2020/9/3
2	プロジェクト内容	読売新聞、電気新聞、	2020/9/4
3	プロジェクト内容	山陰経済ウィークリー	2020/9/23
4	プロジェクト内容	広島テレビ テレビ派	2020/10/9
5	プロジェクト内容	広島ホームテレビ 5UP	2021/3/22

2021 年度(5 件)

番号	掲載内容	掲載媒体	発表年月
1	プロジェクト内容	電気新聞	2021/6/14
2	プロジェクト内容	産経新聞	2021/6/20
3	プロジェクト内容	日経新聞	2021/8/19
4	プロジェクト内容	産経新聞	2021/9/13
5	プロジェクト内容	中国新聞	2021/12/11

2022 年度(7 件)

番号	掲載内容	掲載媒体	発表年月
1	第 3 段階実証試験開始	電気新聞、日本経済新聞	2022/4/20
2	第 3 段階実証試験開始	中国新聞	2022/5/10
3	プロジェクト内容	電気新聞	2022/6/28
4	プロジェクト内容	日本経済新聞	2022/8/24
5	プロジェクト内容	産経ニュース	2022/8/29
6	プロジェクト内容	電気新聞	2022/10/6
7	大臣来所	中国新聞	2022/11/13

(c)その他

a.展示会への出展 (9 件)

番号	掲載内容	会議名	発表年月
1	プロジェクト概要パネル展示	G7 北九州エネルギー大臣会合	2016/5/1-2
2	プロジェクト概要パネル展示	2016CSLF Technical Workshop	2016/10/5
3	プロジェクト概要ブース出展	第 2 回関西火力発電 EXPO	2018/9/26-28
4	プロジェクト概要パネル展示	カーボンリサイクル産学官国際会議	2019/9/25
5	プロジェクト概要ブース出展	第 3 回関西火力発電 EXPO	2019/9/25-27
6	プロジェクト概要パネル展示	RD20 国際会議	2019/10/11
7	プロジェクト概要ブース出展	気候変動・災害対策 Biz 2019	2019/12/4-6
8	プロジェクト概要ブース出展	World Future Energy Summit 2020	2020/1/13-16
9	プロジェクト概要ブース出展	World Future Energy Summit 2023	2023/1/16-18

b.受賞実績(4 件)

番号	受賞名	受賞日
1	POWER-GEN ASIA BEST PAPER AWARDS	2017/9
2	日本エネルギー学会学会賞（技術部門）	2019/2
3	日本機械学会動力エネルギーシステム 部門貢献表彰	2020/11
4	化学工学会第 87 年会技術賞	2022/3

<株式会社日立製作所>

【特許】

なし

【論文】

なし

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

なし

(b)新聞・雑誌等への掲載

なし

(c)受賞実績

なし

(d)その他

番号	社外発信イベント		発信年月日
1	Hitachi Social Innovation Forum 2021 JAPAN	エキスパートセッション	2021/10/11~15
2	電気学会 B 部門大会	パネルディスカッション	2021/8/25

<三菱重工業株式会社>

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内外 国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	三菱重工業株式会社	特願 2022-056200	国内	2022 年 3 月 30 日	出願	燃焼器及びガスタービン	福場信一他
2	三菱重工業株式会社	特願 2022-168852	国内	2022 年 10 月 21 日	出願	バーナ、これを備える燃焼器、及びこの燃焼器を備えるガスタービン	山口明生他

(Patent Cooperation Treaty: 特許協力条約)

【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	福場 信一	三菱重工業株式会社	Prediction of boundary layer flashback limits of hydrogen flame using an LES/non-adiabatic FGM approach	International Journal of Gas Turbine, Propulsion and Power Systems (査読中)	有	(査読中)

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	福場 信一	三菱重工業株式会社	Prediction of boundary layer flashback limits of hydrogen flame using an LES/non-adiabatic FGM approach	International Gas Turbine Congress 2023 Kyoto	2023/11 (予定)
2	宮崎 洸治	三菱重工業株式会社	火炎自発光計測を用いた断面内燃焼振動モード評価	第 51 回日本ガスタービン学会定期講演会	2023/10 (予定)

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1				

(c)その他（同様の形式で表を作成する）

番号	発表者	タイトル	発表種別	発表年月
1	福場 信一	水素ガスタービン燃焼器内乱流燃焼場の大規模数値解析	HPCI システム利用研究課題 利用報告書	2023/05/30

2. 分科会公開資料

次ページより、推進部署・実施者が、分科会において事業を説明する際に使用した資料を示す。

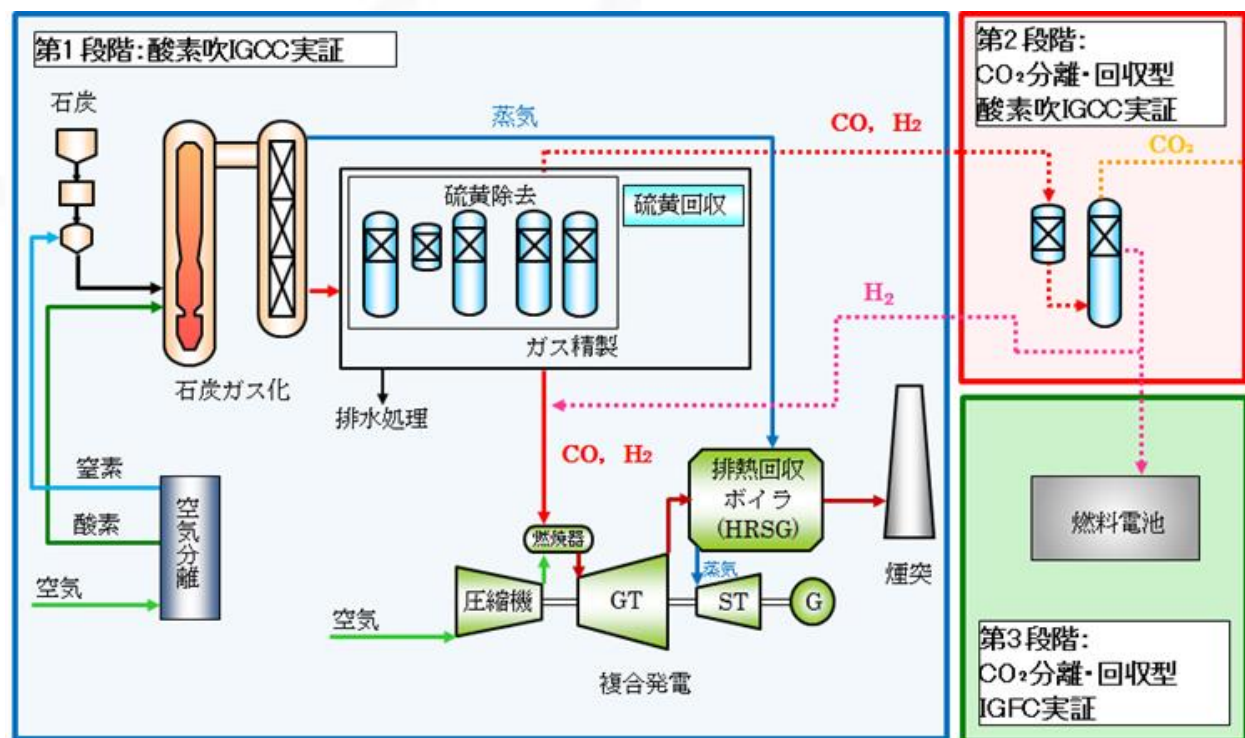
「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／ ①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」(中間評価) 2016年度～2025年度 10年間

プロジェクトの概要(公開版)

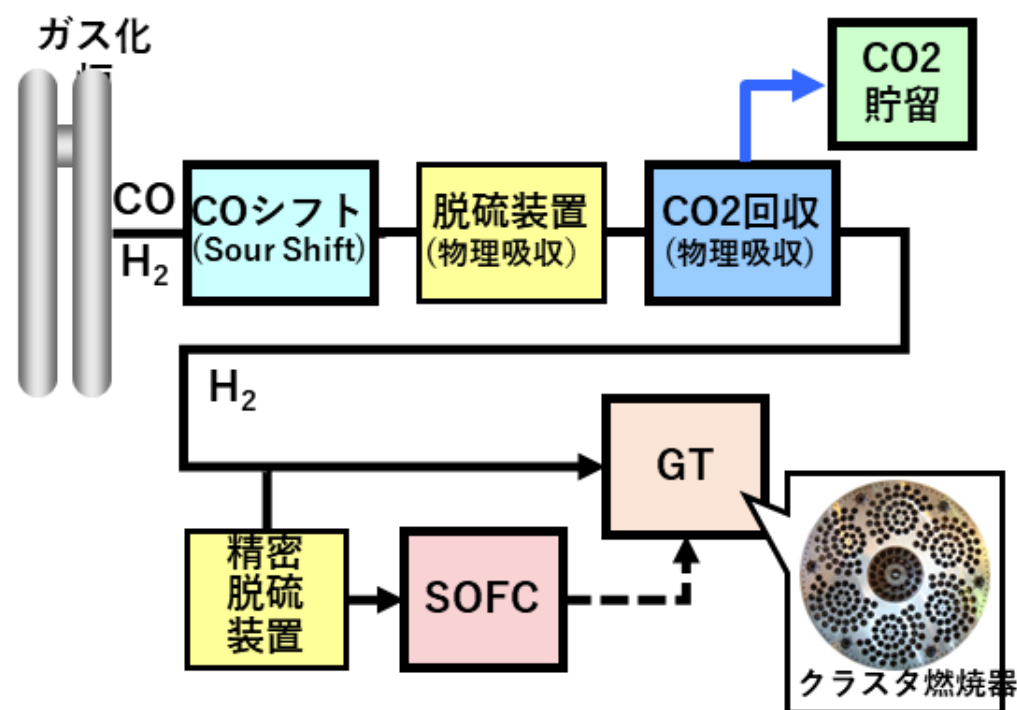
2023年11月 6日

本プロジェクトの概要

- ・火力発電の高効率化、カーボンニュートラル化を目指し、IGCC、IGFCとCO₂分離・回収技術を組み合わせたCO₂分離・回収型IGCC/IGFC実証事業を実施。（大崎クールジェン株式会社にて実施）
- ・負荷変動対応の重要性が増加したためフォローアップ技術開発として、CO₂分離・回収型IGFCのCO₂分離・回収負荷変動に対応するガスタービン燃焼器に係る要素技術開発の実施。（三菱重工業株式会社にて実施）



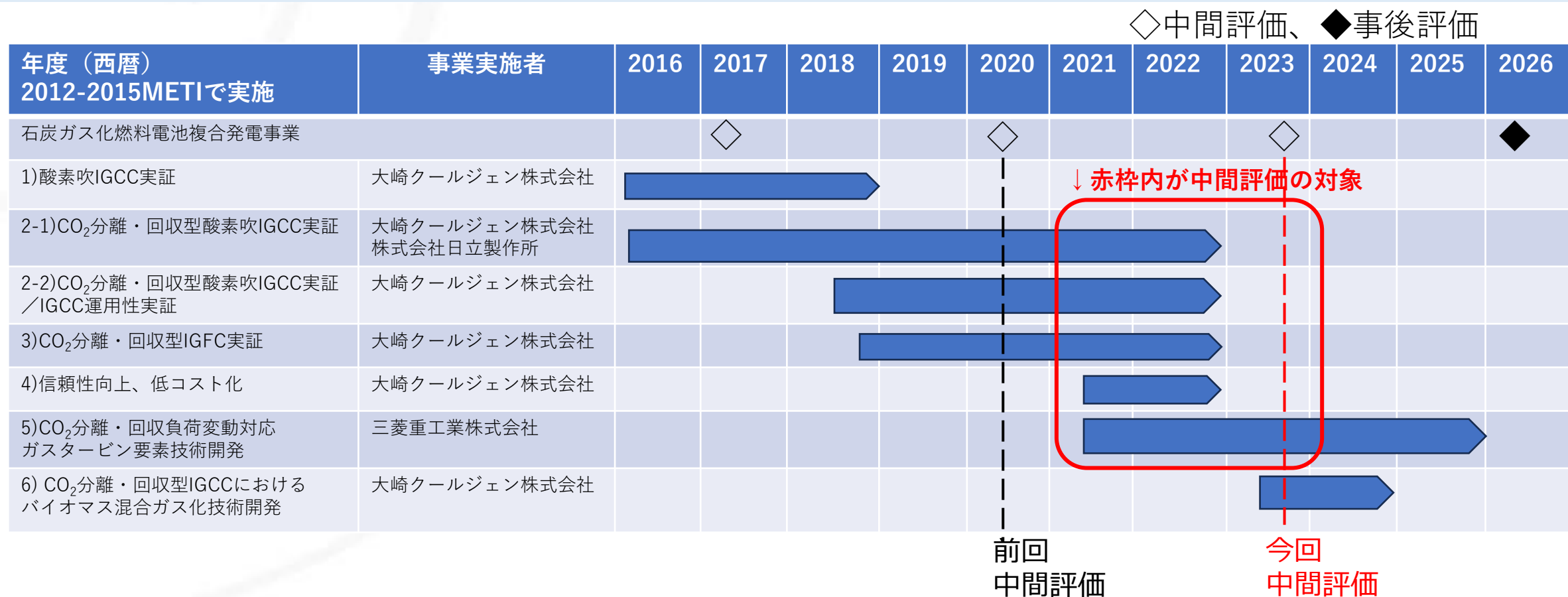
※石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業にはCO₂輸送及び貯留試験は含まれていない。



IGCC/IGFC + CCUSシステム構成案

中間評価の対象範囲

本PJの実施期間は、2016年度から2025年度までの10年間であり、2020年度まで実施した4事業については中間評価にて評価を実施済みである。今回の中間評価では2020年以降に継続した5事業が対象となる。



中間評価期間内のエネルギー基本計画の変化



エネルギー基本計画では、第5次、第6次を通じて石炭火力に対して「再生可能エネルギーに対する出力調整の必要性」、「高効率化、CO₂排出量削減の技術開発」が述べられており、「脱炭素化」との表現を追加しながら開発の推進が述べられている。

< 前回中間評価時 > : 2018年7月「第5次エネルギー基本計画」

【3. 一次エネルギー構造における各エネルギー源の位置づけと政策の基本方針 (3) 石炭 P20】

・石炭火力発電は、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。**

・**発電効率を大きく向上し、発電量当たりの温室効果ガス排出量を抜本的に下げるための技術等(IGCC、CCUSなど)の開発を更に進める。**

出典：経済産業省 「第5次エネルギー基本計画（平成30年7月）」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf

< 中間評価時 > : 2021年10月「第6次エネルギー基本計画」

【火力発電の今後の在り方】

・レジリエンス向上への寄与度等の観点から、**適切な火力のポートフォリオを維持**していく。

・当面は再生可能エネルギーの**変動性を補う調整力・供給力としても必要**である。

・**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**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）などの技術開発等を推進**する。

出典：経済産業省 第6次エネルギー基本計画（令和3年10月）
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/

- ・第一段階として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）、経済性及び信頼性などを検証。
（酸素吹IGCC実証）
- ・第二段階として、酸素吹IGCC実証試験設備とCO₂分離・回収設備を組み合わせて、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などを実施。
（CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証、IGCC運用性実証、低温作動型サワーシフト触媒実証研究）
- ・第三段階として、CO₂分離・回収後の水素リッチガスを燃料電池に供給した場合の基本特性、運用性および信頼性を確認、および商用機（500MW級）のシステム効率検証を実施。
（CO₂分離・回収型IGFC実証）
- ・更に、2020年度中間評価の指摘を踏まえ、運用上のノウハウ積み上げの観点から「**信頼性向上・低コスト化実証**」を実施。CO₂分離・回収の重要性上昇から、CO₂分離・回収の負荷変動に対応するためのフォローアップ技術開発として、「**CO₂分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発**」を実施。（経緯は「進捗管理：中間評価結果への対応」に記載。）
- ・また、更なる脱炭素化を進めるため、バイオマス燃料を用いた混合ガス化を行う「**CO₂分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発**」の取組を開始。（2023年、2024年）

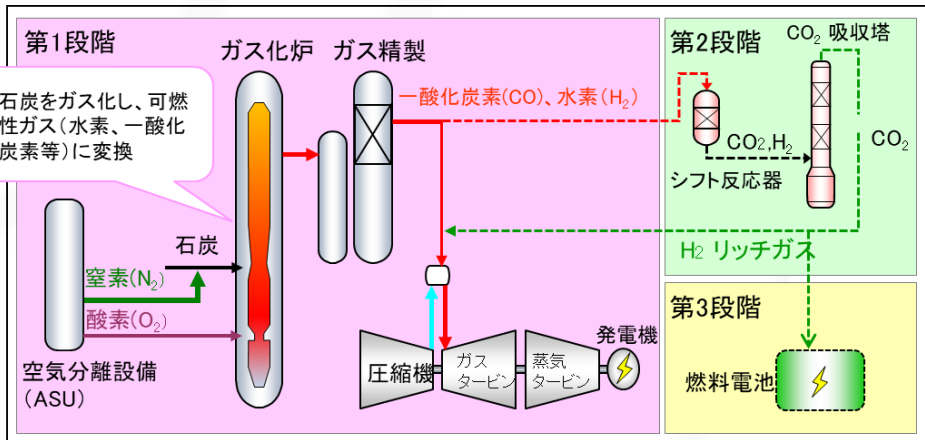
カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／ ①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業



プロジェクトの概要

エネルギー基本計画では、火力発電について、レジリエンス向上への寄与度等の観点から、適切なポートフォリオを維持するとされている。また、火力発電のエネルギーセキュリティの観点から石炭の活用も重要であり、高効率発電をしつつCO₂排出量を大幅に削減できる技術が必要になる。

本事業は、高効率発電技術であるIGCC、IGFCとCO₂分離・回収技術の組み合わせにより、石炭火力からのCO₂排出量をゼロに近づけるとともに、高効率発電を行うシステムの技術の確立を目的としている。



想定する出口イメージ等

アウトプット目標	・酸素吹IGCC、CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC、CO ₂ 分離・回収型IGFCの技術開発を完了。 ・CO ₂ 分離・回収型IGFCの500MW級商用機に適用した場合に、CO ₂ 回収率90%の条件で、47%程度の発電効率達成の見通しを得る。 ・ガスタービン用水素混焼燃焼器の基礎形状確立
アウトカム目標	CO ₂ 分離・回収型IGCC、IGFC商用機を社会実装し、石炭火力発電設備を高効率化、CO ₂ 削減する。

既存プロジェクトとの関係

- 2002～2012年度 EAGLEプロジェクト
- 2015～2017年度 燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術要素研究
- 2016～2021年度 ガスタービン燃料電池複合発電技術開発
- 2016～2021年度 燃料電池石炭ガス適用性研究

事業計画

期間：2016～2025年度（10年間）
総事業費（NEDO負担分）：309.7億円（予定）（助成）

<研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模>

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1) 酸素吹IGCC実証											
2-1) CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証											
2-2) CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証/IGCC運用性実証											
3) CO ₂ 分離・回収型IGFC実証											
4) 信頼性向上・低コスト化											
5) CO ₂ 分離・回収負荷返答対応ガスタービン要素技術開発											
評価時期		中間評価			中間評価			中間評価			終了時評価
予算（億円）	119.7	89.7	114.2	107.6	67.3	102.3	61.7	17.2	5.1	4.8	

1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

- (1)本事業の位置づけ・意義
- (2)アウトカム達成までの道筋
- (3)知的財産・標準化戦略

2. 目標及び達成状況(概要)

- (1)アウトカム目標と達成見込み
- (2)アウトプット目標と達成状況

3. マネジメント

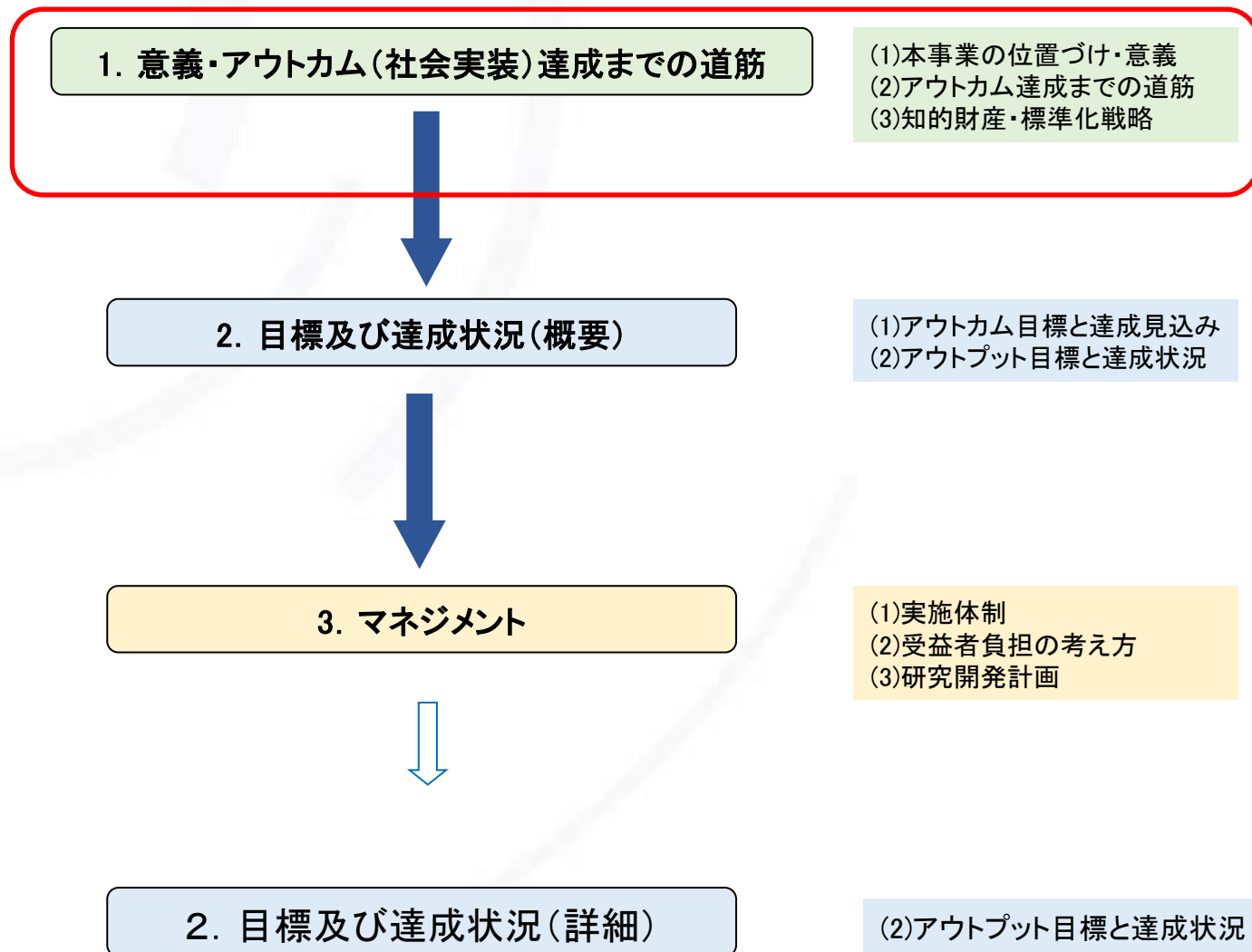
- (1)実施体制
- (2)受益者負担の考え方
- (3)研究開発計画

2. 目標及び達成状況(詳細)

- (2)アウトプット目標と達成状況

＜評価項目 1＞ 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略



事業の背景・目的・将来像

背景

- エネルギー基本計画では、火力発電について、レジリエンス向上への寄与度等の観点から、適切なポートフォリオを維持するとされている。
- 更に、石炭火力に対して「再生可能エネルギーに対する出力調整の必要性」、「高効率化、CO₂排出量削減の技術開発の推進」が述べられている。

目的

- 高効率発電技術（IGCC、IGFC）とCO₂分離・回収技術を組み合わせることにより、石炭火力からのCO₂排出量をゼロに近づけるとともに高効率発電を行うシステムの技術を確立する

将来像

- 石炭火力発電所に対して、本PJの成果を反映し、CO₂分離・回収型IGCC/IGFCを社会実装することで、石炭火力発電所の高効率化・脱炭素化を推進する。

政策・施策・技術戦略上における位置づけ

「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れる一方で、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としている。

<前回中間評価時>：2018年7月「第5次エネルギー基本計画」

【3. 一次エネルギー構造における各エネルギー源の位置づけと政策の基本方針 (3) 石炭 P20】

・石炭火力発電は、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。**

・**発電効率を大きく向上し、発電量当たりの温室効果ガス排出量を抜本的に下げるための技術等(IGCC、CCUSなど)の開発を更に進める。**

出典：経済産業省 「第5次エネルギー基本計画（平成30年7月）」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf

<中間評価時>：2021年10月「第6次エネルギー基本計画」

【火力発電の今後の在り方】

・レジリエンス向上への寄与度等の観点から、**適切な火力のポートフォリオを維持**していく。

・当面は再生可能エネルギーの**変動性を補う調整力・供給力としても必要**である。

・**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**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）などの技術開発等を推進**する。

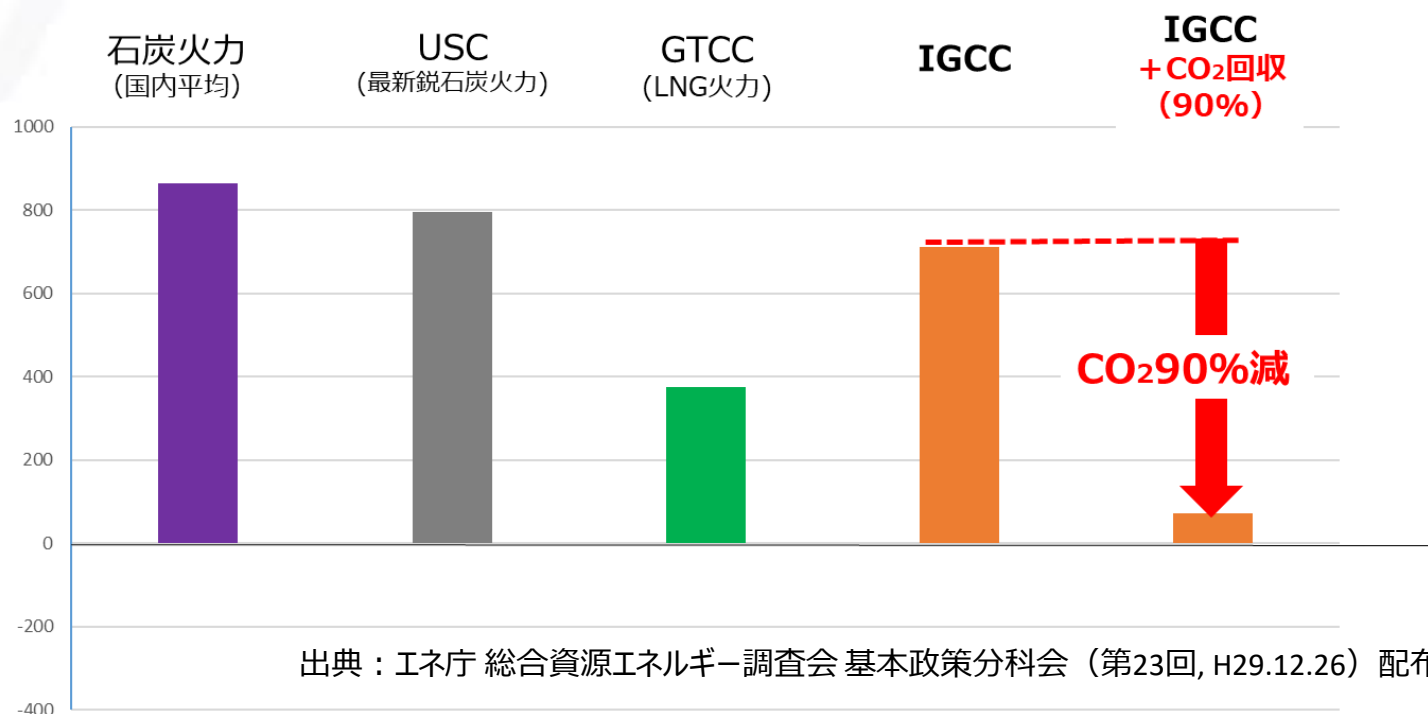
出典：経済産業省 第6次エネルギー基本計画（令和3年10月）
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/

参考(1/2)

CO₂分離・回収型IGCC/IGFCとCCUSの組み合わせにより、USCと比較して送電端効率を同等以上としつつ、CO₂をほとんど排出しない石炭火力の実現の可能性がある。

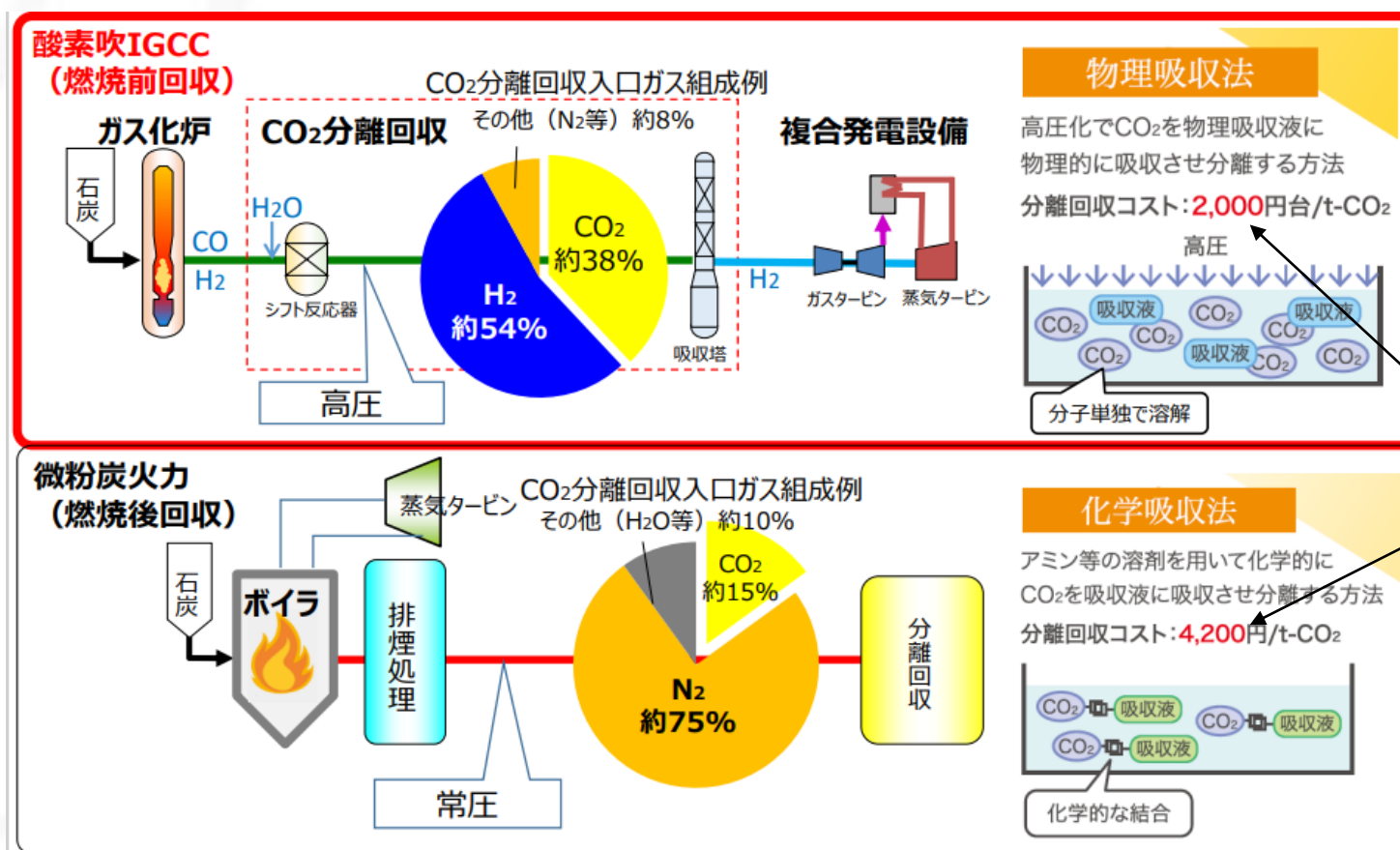
<発電量当たりのCO₂排出量比較>

(g-CO₂/kWh)



参考(2/2)

酸素吹IGCCは、高圧かつ高濃度CO₂石炭ガス化ガスを発生するため、CO₂分離回収方法として圧力を有効利用できる**物理吸収法**との組み合わせが適しており、分離回収コストも低減できる可能性がある。



次世代火力発電協議会
(第4回会合) 資料2より

国内外の動向と比較

- 日本国内では勿来、広野のIGCCが運開した。
- 海外では、休止している事例が多い。

【海外プロジェクトの例】

Taeon

- 韓国 KOWEPO社
- 発電端出力 300MW
- 2016 運転開始

GreenGen

- 中国 GreenGen社
- 発電容量 250MW~400MW
- 2013 運転開始



IGCC

Puertollano 閉鎖
(スペイン, 318MW, 1997)

Tampa ●
(米, 315MW, 1996)

Wabash River アンモニア転換
(米, 296MW, 1995)

Buggenum 解体
(蘭, 284MW, 1994)

勿来10号 廃止
(日, 250MW, 2007~2020)

Edwardsport ●
(米, 784MW, 2013~)

Taeon ●
(韓, 300MW, 2016~)

勿来 ●
(日, 540MW, 2020~)
広野 ●
(日, 540MW, 2021~)

IGFC

大崎クールジェン ●
(日, 166MW, 2021~)

酸素吹IGCC: 2017~ CO₂分離・回収型IGCC: 2019~

IGCC + CCS

GreenGen ● (中, 250MW, IGCC: 2013, CO₂: 2016)

Teeside CCSのみ継続
(英, 850MW, 2020's)

Summit (TCEP) 中止
(米, 400MW, 2021)

Caledonia Clean Energy 燃料転換 (天然ガス)
(英, 570MW, 2022)

Kemper 燃料転換 (天然ガス)
(米, 914MW, 2017)

● 運転中
○ 建設中
△ 計画中
年数は運転予定時期

□ : 日本プロジェクト

1990

1995

2000

2005

2010

2015

2020

出展: 2020年度石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業(中間評価)をアップデート

他事業との関係

「EAGLEプロジェクト」 (2002～2013年度)
酸素吹IGCCパイロット試験 (150t/d)

2012～2015年度 METI事業期間
2016～2025年度 NEDO事業期間

IGCCの設計に
反映

IGFCの設計・運
転条件に反映

「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」 (2012～2025年度)

- ・ 酸素吹IGCC実証
- ・ CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証
- ・ CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証 (IGCC運用性実証)
- ・ CO₂分離・回収型IGFC実証
- ・ IGCC (IGFC) の信頼性、低コスト化に係る実証
- ・ CO₂分離・回収負荷変動に対応するガスタービンに係る要素技術開発
- ・ CO₂分離・回収型IGCCにおけるバイオマス混合ガス化技術開発 (2023年度開始)

次世代火力発電基盤技術開発

- ・ 燃料電池向け石炭ガスクリーンアップ技術要素研究 (2015～2017年度)
石炭ガス化ガス中の燃料電池被毒成分を高度に除去する方法を検討

- ・ ガスタービン燃料電池複合発電技術開発 (2016～2021年度)
燃料電池とガスタービンと蒸気タービンで発電するトリプル複合発電技術
燃料電池の大容量化、高圧化を検討

- ・ 燃料電池石炭ガス適用性研究 (2016～2021年度)
 - ・ 250kW級モジュールと石炭ガス化ガスの適用性、石炭ガス化ガスと燃料電池の連係運転を検討
 - ・ IGFCシステムを検討し、実証機IGFCシステムの試設計を実施

分離・回収したCO₂を利用

CO₂有効利用拠点における技術開発

(2020～2026年度) ※2020年度開始

- ①CO₂有効利用拠点化推進事業 (拠点の整備、運用、研究支援など)
- ②研究拠点におけるCO₂有効利用技術開発・実証事業
(拠点での技術開発・実証)

分離・回収したCO₂の貯留

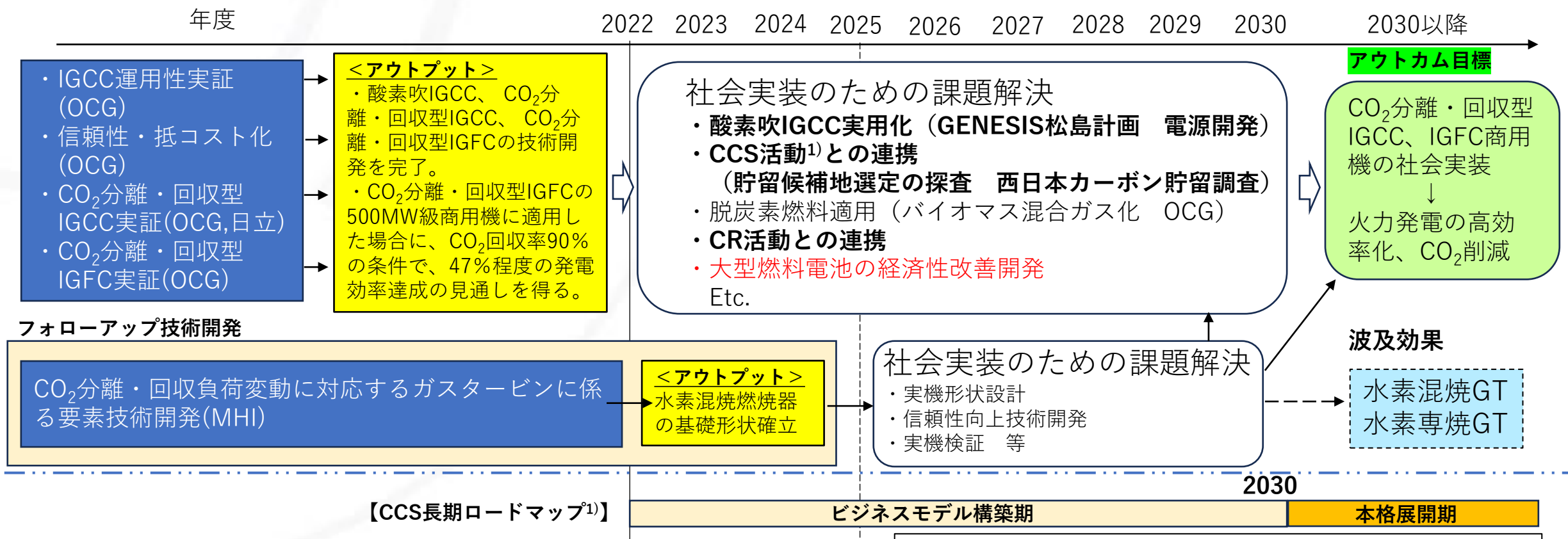
CCUS研究開発・実証関連事業

(2018～2026年度)

- ①苫小牧におけるCCUS大規模実証試験
- ②安全なCCS実施のためのCO₂貯留技術の研究開発
- ③CCUS技術に関連する調査

アウトカム達成までの道筋

CO₂分離・回収型IGCC、IGFCについては、技術開発成果を活用して社会実装のための課題解決の検討を進め、CO₂分離・回収型IGCC、IGFC商用機の社会実装を行い、火力発電の高効率化、CO₂削減を進める。一方、CO₂分離・回収負荷変動に対応するガスタービン燃焼器の要素技術開発を2025年度まで行い、成果を活用して社会実装のための課題解決の検討を進め、CO₂分離・回収型IGCC、IGFC商用機の社会実装に活用する。



知的財産・標準化

●知的財産

・知的財産の帰属

知的財産権はすべて**発明等をなした機関に帰属**

・知財戦略

知財戦略としては実用化・事業化を見据えた上で**クローズ領域とオープン領域を適切に設定**

<事例>	非競争域	競争域	
1)酸素吹IGCC実証 2-1)CO ₂ 分離・回収型 酸素吹IGCC実証 2-2)CO ₂ 分離・回収型 酸素吹IGCC実証 /IGCC運用性実証 3)CO ₂ 分離・回収型 IGFC実証 4)信頼性向上・低コスト化	公開 <学会等で広く一般に公開>	実証試験で得られた成果・知見のうち、権利化する方が有利な技術は権利化。 また、本事業にて得られる知的財産については、プロジェクトに関する各メーカーと、将来的な事業展開に活用できるように知財協定を締結し、その内容に応じて権利化を行う。	積極的に 権利化
	非公開 IGCC発電プラントとしてのオペレーション・メンテナンスなどの運用面に関する知的財産のうち、ノウハウ化（秘匿化）することで、競合他社への優位性を確保する方が有益なものはノウハウ化する。 また、プロジェクトに関する各メーカーと、将来的な事業展開に活用できるような知財協定を締結し、その内容に応じてノウハウ化（秘匿化）を行う。		ノウハウとして 秘匿

●標準化

副生物として発生する石炭ガス化スラグの信頼性向上、普及促進に向けたJIS A5011-5:2020の制定に協力。

知的財産管理

●知的財産管理

< 事例 >

- 1)酸素吹IGCC実証
- 2-1)CO₂分離・回収型
酸素吹IGCC実証
- 2-2)CO₂分離・回収型
酸素吹IGCC実証
/IGCC運用性実証
- 3)CO₂分離・回収型
IGFC実証
- 4)信頼性向上・低コスト化

大崎クールジェン株式会社 (OCG)

本事業において発生する知的財産に関しては、中国電力・電源開発・大崎クールジェンで共有される。

株式会社日立製作所 (日立)

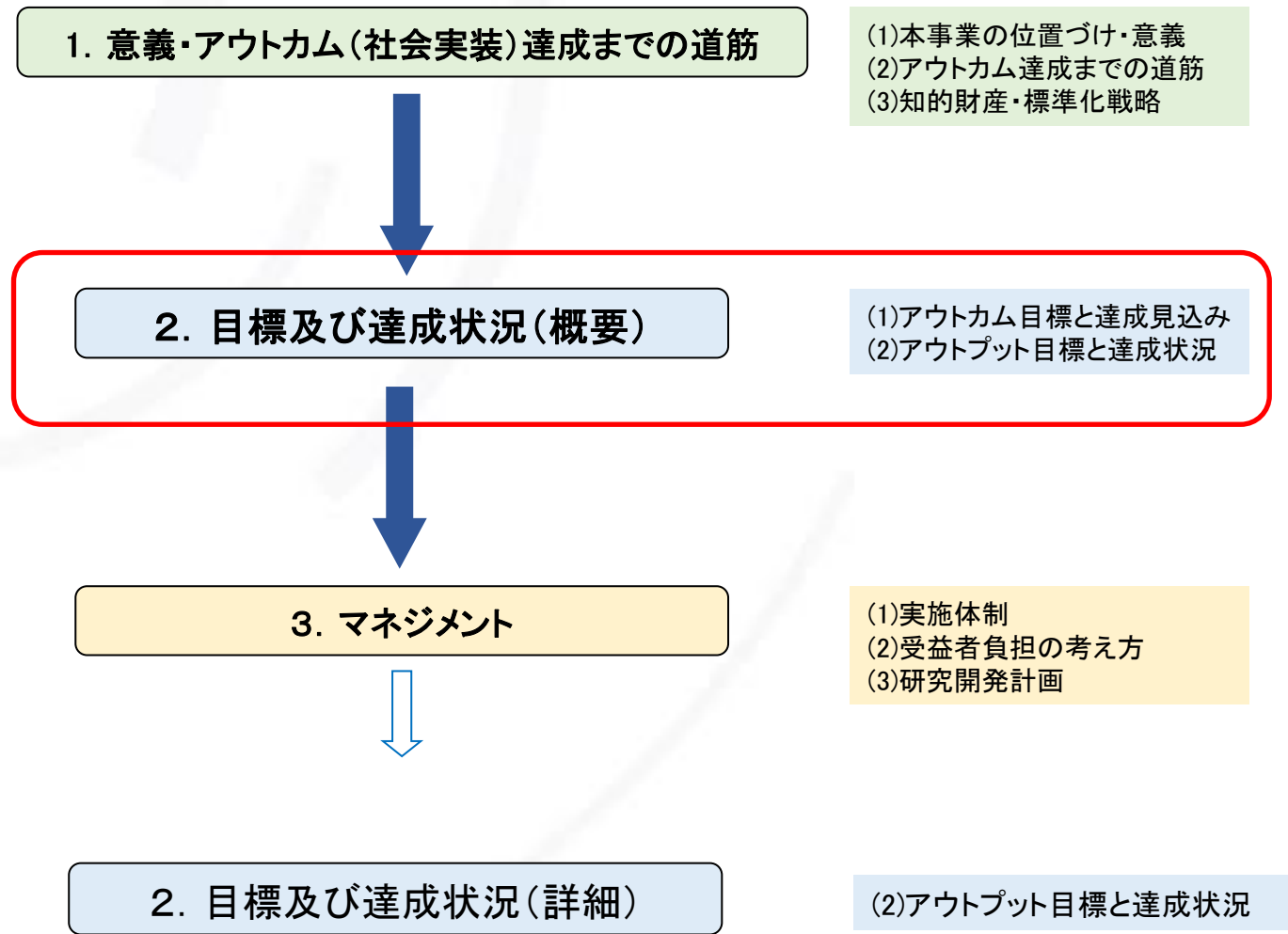
助成事業を進めるにあたりOCGと契約締結「助成事業を通じて得た知財はOCG／日立 権利持分1/2で共同出願」

三菱重工業株式会社 (MHI)

助成事業を進めるにあたりOCGと契約締結「本研究開発に基づいて得られた成果はOCG／MHI 権利持分1/2、出願は共同」

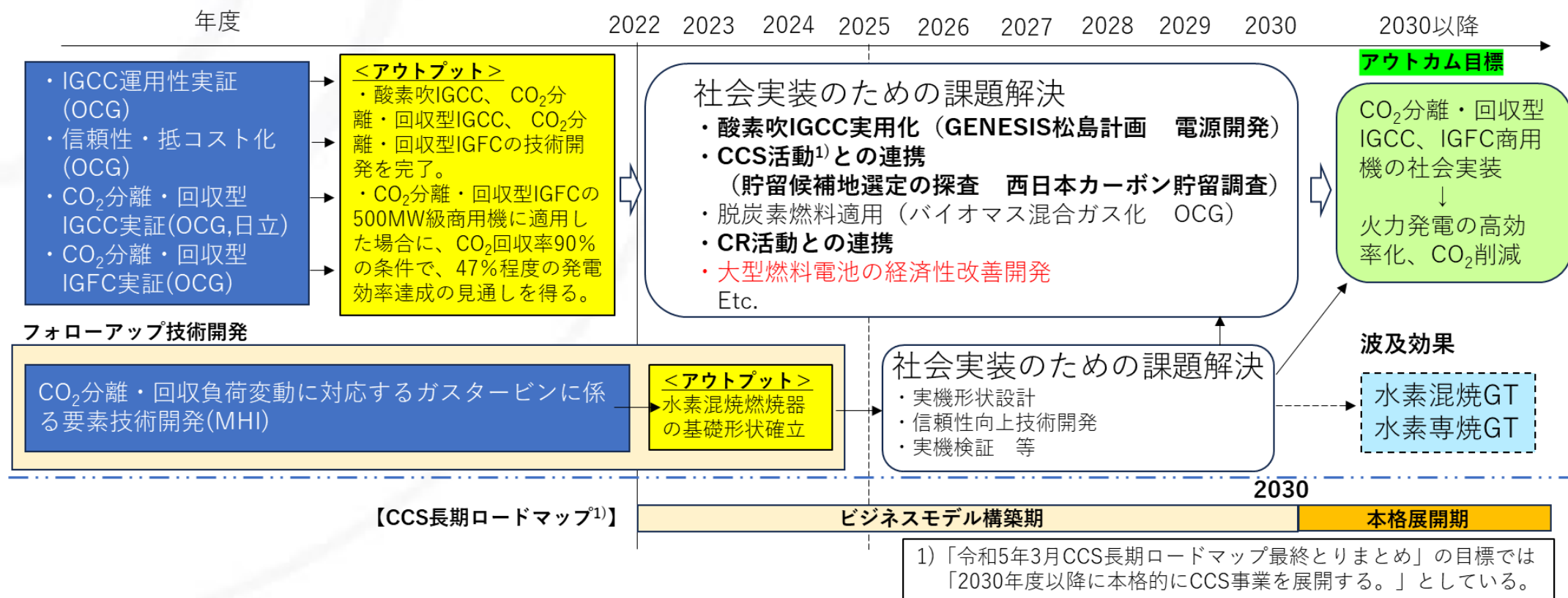
＜評価項目 2＞ 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況



アウトカム目標の設定及び根拠

アウトカム目標	根拠
CO ₂ 分離・回収型IGCC、IGFC商用機の社会実装 ↓ 火力発電の高効率化、CO ₂ 削減	エネルギー基本計画において「温室効果ガスの大気中への排出を更に抑えるため、IGCC・IGFC等の次世代高効率石炭火力発電技術等の開発・実用化を推進する」、「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)などの技術開発等を推進する。」としている。



本事業における「実用化・事業化」の考え方

➤ 本事業における「実用化・事業化」の考え方

「実用化・事業化」の定義

本事業の成果を活用したCO₂分離・回収型IGCC、IGFC商用機の社会への導入が進み、電力供給が行われることを「実用化・事業化」という。

アウトカム目標の達成見通し

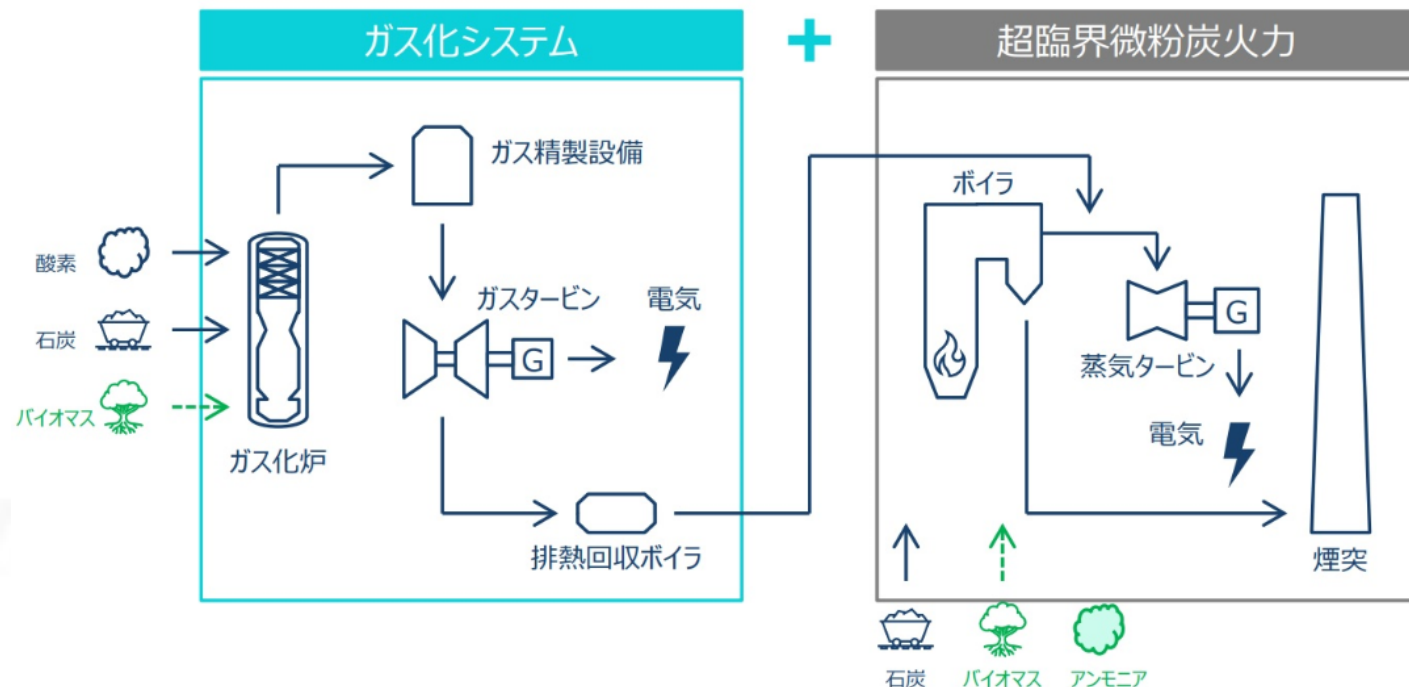
➤ アウトカム目標の達成見込み

○電源開発(株)は、本事業の成果を活用して、既存の松島火力発電所にガス化システムを追設する**GENESIS松島計画**を発表している。

GENESIS松島計画は、将来的にCCS(CO₂地中貯留)が実現した際にはCO₂分離・回収設備を併設出来る計画となっている。

○電源開発(株)は、国内CCSの事業化に向けた準備を加速するため、合併会社「西日本カーボン貯留調査株式会社」を設立し、JOGMECの令和5年度「先進的CCS事業の実施に係る調査」に採択されており、CO₂貯留ポテンシャルが見込まれる西日本地域において、**CO₂貯留候補地選定のための探査・評価**など事業化に向けた準備を推進している。

○一方、**大型燃料電池に関してはコストの低減**が必要であり、製造メーカーでの技術開発が必要である。



GENESIS松島計画概念図

◇これらの活動により、「実用化・事業化」が進み、「アウトカム目標」であるCO₂分離・回収型IGCC、IGFC商用機の社会実装が進む可能性がある。

波及効果

- 国内において、IGCCの建設コストは30.4万円/kWと試算されている[1]。IGCC商用機、500MW級1ユニットが導入された場合、建設による経済効果は1,520億円と考えられる。[注]
- また、CO₂分離・回収型IGCCの建設コストは36.6万円/kWと試算されている[1]。CO₂分離・回収型IGCC商用機、500MW級1ユニットが導入された場合、建設による経済効果は1,830億円と考えられる。[注]
- 雇用経済効果として、出力500MW級IGCC建設により、1ユニットあたり建設中の4年間に毎年約1,000人[2]規模の雇用が新たに創出される。
- 水素混焼GTは、GT単体としての製品化につながるとともに、専焼GTへ技術展開が可能であり、水素混焼GT、水素専焼GTの社会実装につながる。

[1]総合資源エネルギー調査会 発電コスト検証WG(第8回会合)資料3

[2]エコプロダクツ2009 クリーンコールセミナー資料より

[注]IGFCの建設コストは、公表データが無いため、事業の波及効果を扱う本ページでは、公表データのある IGCC、CO₂分離・回収型IGCCの建設による経済効果を記載した。

費用対効果

【インプット】

・プロジェクト費用の総額

第1段階 酸素吹IGCC実証(助成率:1/3)	: 助成額 70億円(事業費 210億円)
第2段階 CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証(助成率:2/3)	: 助成額 123億円(事業費 185億円)
第2段階 IGCC運用性検証(助成率:1/3)	: 助成額 59億円(事業費 177億円)
第3段階 CO ₂ 分離・回収型IGFC実証(助成率:1/2)	: 助成額 33億円(事業費 67億円)
信頼性向上・低コスト化(助成率:1/3)	: 助成額 1.5億円(事業費 4.5億円)

【アウトカム目標達成時の効果】

CO₂分離・回収型IGFC 500MW 級(送電端出力 356MW)の 商用機 で、稼働率 70%を想定した発電売上を想定

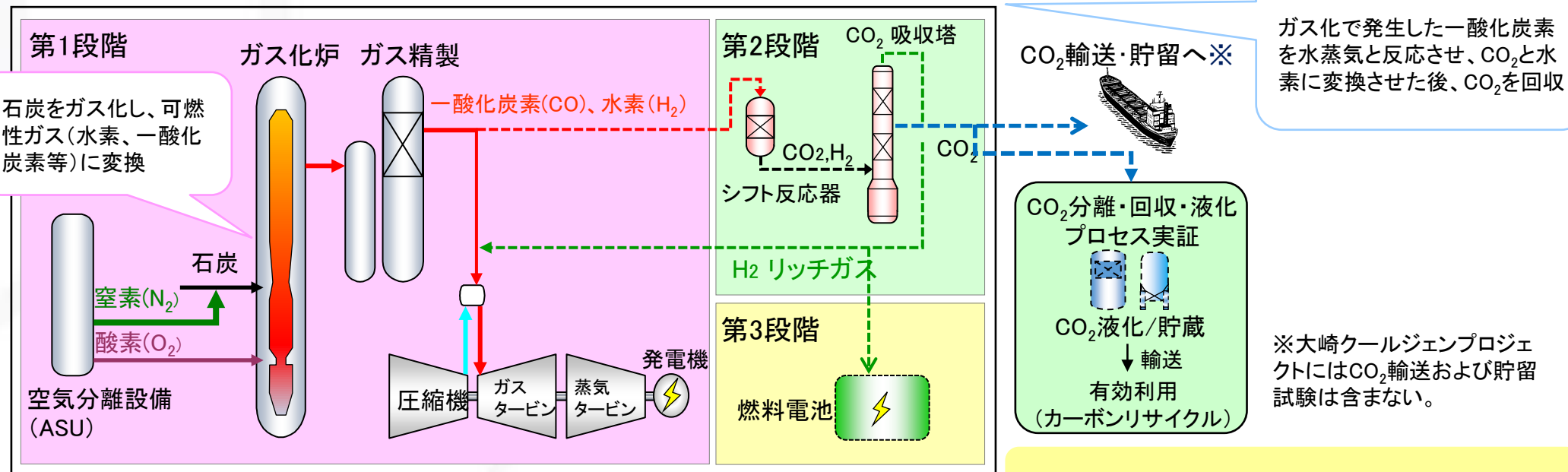
・売上予測(運開後15年) 257.6億円/年、累積3,865億円

CO₂分離・回収型IGFC 500MW級商用機1機の年間当たりの対USC比のCO₂削減効果は以下の通り。

・CO₂削減効果(USCと比較) 230万ton/年

アウトプット(研究開発成果)のイメージ

- 1) 酸素吹IGCC実証
- 2-1) CO₂分離・回収型
酸素吹IGCC実証
- 2-2) CO₂分離・回収型
酸素吹IGCC実証
/IGCC運用性実証
- 3) CO₂分離・回収型
IGFC実証
- 4) 信頼性向上・低コスト化



第1段階

①: 酸素吹IGCC実証

(2012年度～2018年度)

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)、経済性及び信頼性などを検証した。

第2段階

②-1: CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証

(2016年度～2022年度)

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などを実施した。

②-2: IGCC運用性実証

(2018年度～2022年度)

CO₂分離回収設備を追設した場合のIGCC設備運転への影響を確認し、その運用性などを検証した。

第3段階:

③: CO₂分離・回収型IGFC実証

(2018年度～2022年度)

CO₂分離・回収後の水素リッチガスを供給した場合の基本特性、運用性および信頼性を確認、および商用機(500MW級)のシステム効率検証を実施した。

④: IGCC (IGFC) の信頼性向上、低コスト化に係る実証

(2021年度～2022年度)

酸素吹IGCCについて、これまで明らかとなった課題に加え、酸素吹IGCC商用機へ向けた設計評価改善など、更に掘り下げた検討を実施した。

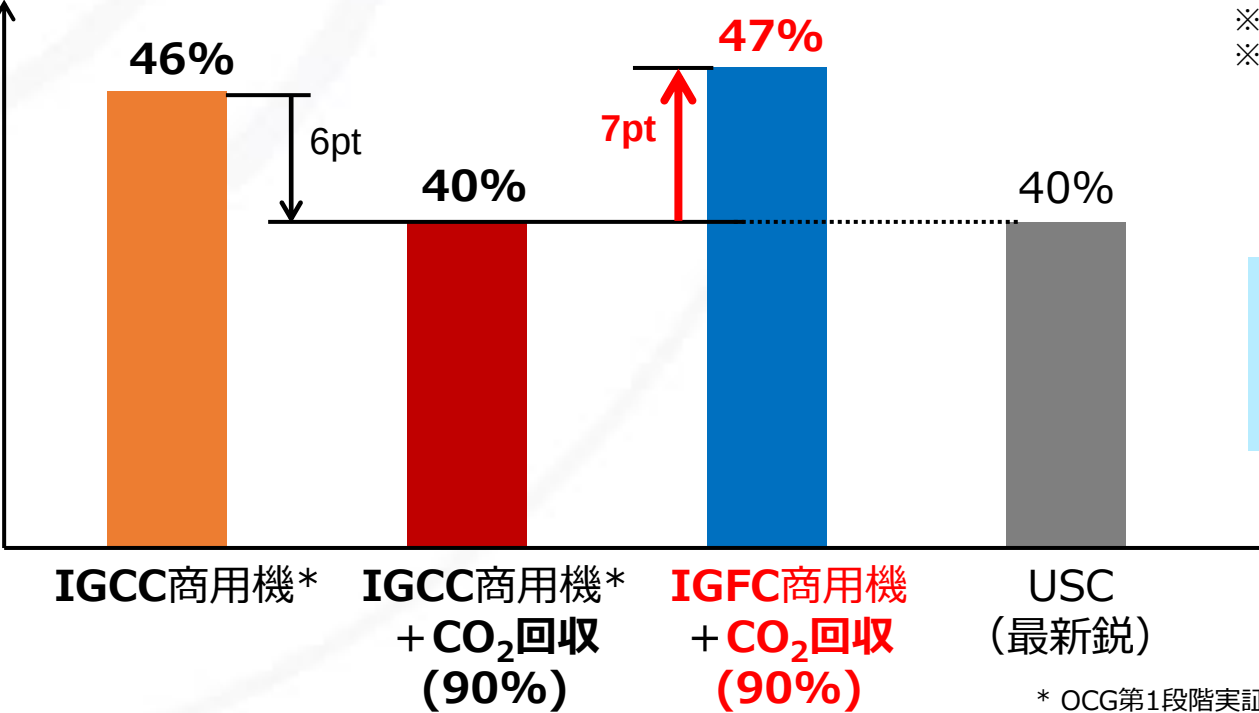


アウトプット(研究開発成果)のイメージ

- 1)酸素吹IGCC実証
2-1)CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証
2-2)CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証/IGCC運用性実証
3)CO₂分離・回収型IGFC実証
4)信頼性向上・低コスト化

項目	目標	実績	達成状況
基本性能	➢ CO ₂ 分離・回収型IGFC商用機（500MW級）として、CO2回収率90%の条件で、発電効率47%※ ¹ （送電端、HHV※ ² ）程度の見通しを得る。	・実証試験、シミュレーション結果から、47.0%達成の見通しを得た	目標達成

送電端効率 [η] [HHV]



※¹ 発電効率には分離回収プロセスまでを含む(貯留に係る動力は含まない)
※² 高位発熱量基準

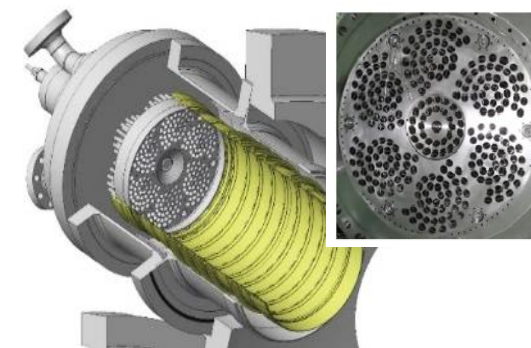
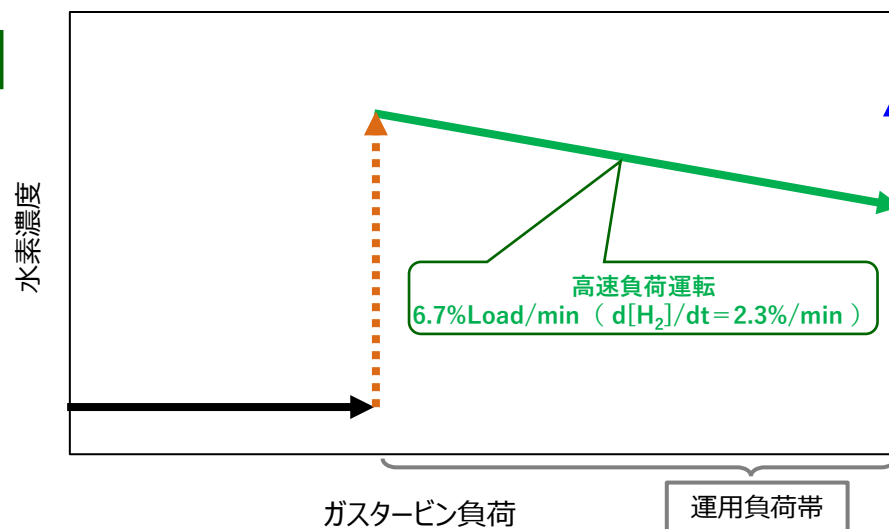
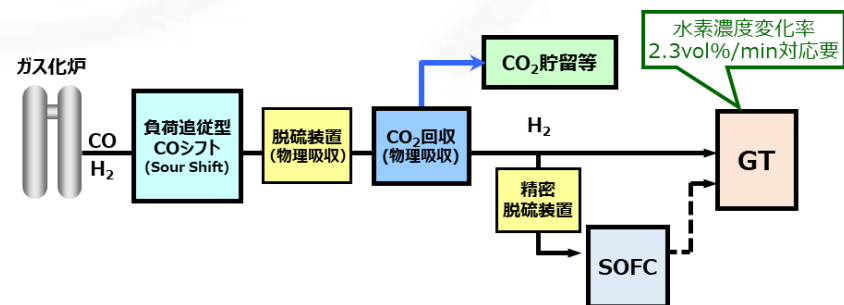
CO₂分離・回収型IGCC/IGFCは、CO₂回収を行いつつUSCと同等以上の送電端効率が達成出来る目処を得た。

* OCG第1段階実証試験成果をもとに試算

アウトプット(研究開発成果)のイメージ

5) CO₂分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

- ・ 負荷変化6.7%/min (水素濃度変化率 2.3vol%/min)に追従可能な、IGCC/IGFCシステムの立案。
- ・ 水素混焼率25%～100%で燃焼可能な水素混焼燃焼器の開発



マルチクラスタ燃焼器



アウトプット目標の達成状況

「①：酸素吹IGCC実証」、「②-1：CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証」、「②-2：IGCC運用性実証」、「③：CO₂分離・回収型IGFC実証」、「④：IGCC（IGFC）の信頼性向上、低コスト化に係る実証」の各事業は、アウトプット目標を達成している。

「⑤：CO₂分離・回収負荷変動に対応するガスタービンに係る要素技術開発」の事業では、中間目標の水素混焼率0～100%で安定燃焼可能なバーナコンセプトを設計し、モデルバーナ燃焼試験で確認を行っており、2024年3月までに工事を完了し、課題解決する見込みである。

事業名称・研究開発項目	アウトプット目標	成果（実績） （2023年8月）	達成度	達成の根拠／解決方針
①：酸素吹IGCC実証 ②-1：CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証 ②-2：IGCC運用性実証 ③：CO ₂ 分離・回収型IGFC実証 ④：IGCC（IGFC）の信頼性向上、低コスト化に係る実証	・酸素吹IGCC、CO ₂ 分離・回収型IGCC、CO ₂ 分離・回収型IGFCの技術開発を完了する。 ・CO ₂ 分離・回収型IGFCの500MW級商業機に適用した場合に、CO ₂ 回収率90%の条件で、47%程度の発電効率達成の見通しを得る。	・酸素吹IGCC、CO ₂ 分離・回収型IGCC、CO ₂ 分離・回収型IGFCの技術開発を完了した。 ・CO ₂ 分離・回収型IGFCの500MW級商業機に適用した場合に、CO ₂ 回収率90%の条件で、47%程度の発電効率達成の見通しを得た。	○	—
事業名称・研究開発項目	中間目標	成果（実績） （2023年8月）	中間目標達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
⑤：CO ₂ 分離・回収負荷変動に対応するガスタービンに係る要素技術開発	中間目標 ・H ₂ =25～100 vol%対応燃焼器の設計完了。 ・高温・高圧条件での水素/天然ガス混合ガスの試験が可能なブローダウン燃焼試験設備設置工事の完了、および装置試運転完了 （アウトプット目標） （水素混焼燃焼器の基礎形状確立）	・水素混焼率0～100%で安定燃焼可能なバーナコンセプトを設計しモデルバーナ燃焼試験で確認。 ・H ₂ =25～100%対応に向けた大型燃焼器における課題を抽出。 ・燃焼試験設備向け装置機器の詳細仕様を決定し、製作を開始した。 ・主要機器を設置する部分の基礎工事を完了した。	○ 2024年3月に達成見込み	・水素高濃度で、燃焼振動と逆火現象が発生する課題があるが、対策ノズルで解決の見込み。 ・計画通り工事を進捗しており、計画通り完成見込。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

研究開発成果の意義(副次的成果)

<カーボンニュートラル>

- 高効率石炭火力発電システム（IGCC、IGFC）に対して、CO₂分離・回収設備を組み合わせることで、システム性能や課題を明らかにし、CO₂分離・回収しつつ、高効率発電が出来る見通しが得られた。
- 本事業のベースとなる石炭ガス化技術の確立により、カーボンニュートラル実現に有効となるCCUSと組み合わせた火力発電所やブルー水素製造への技術展開が可能となる。
- IGCCは、負荷変動対応に有効な発電技術であるという知見が得られた。
- カーボンリサイクルに向け、石炭由来のCO₂有効利用の可能性を追求する取組を社会に周知した。

<人材育成>

- 本事業によって、石炭ガス化技術、技能の国内での維持継続を行っている。
- 学会発表のテーマとしても扱われ、当該分野の人材育成にも貢献している。



特許出願及び論文発表

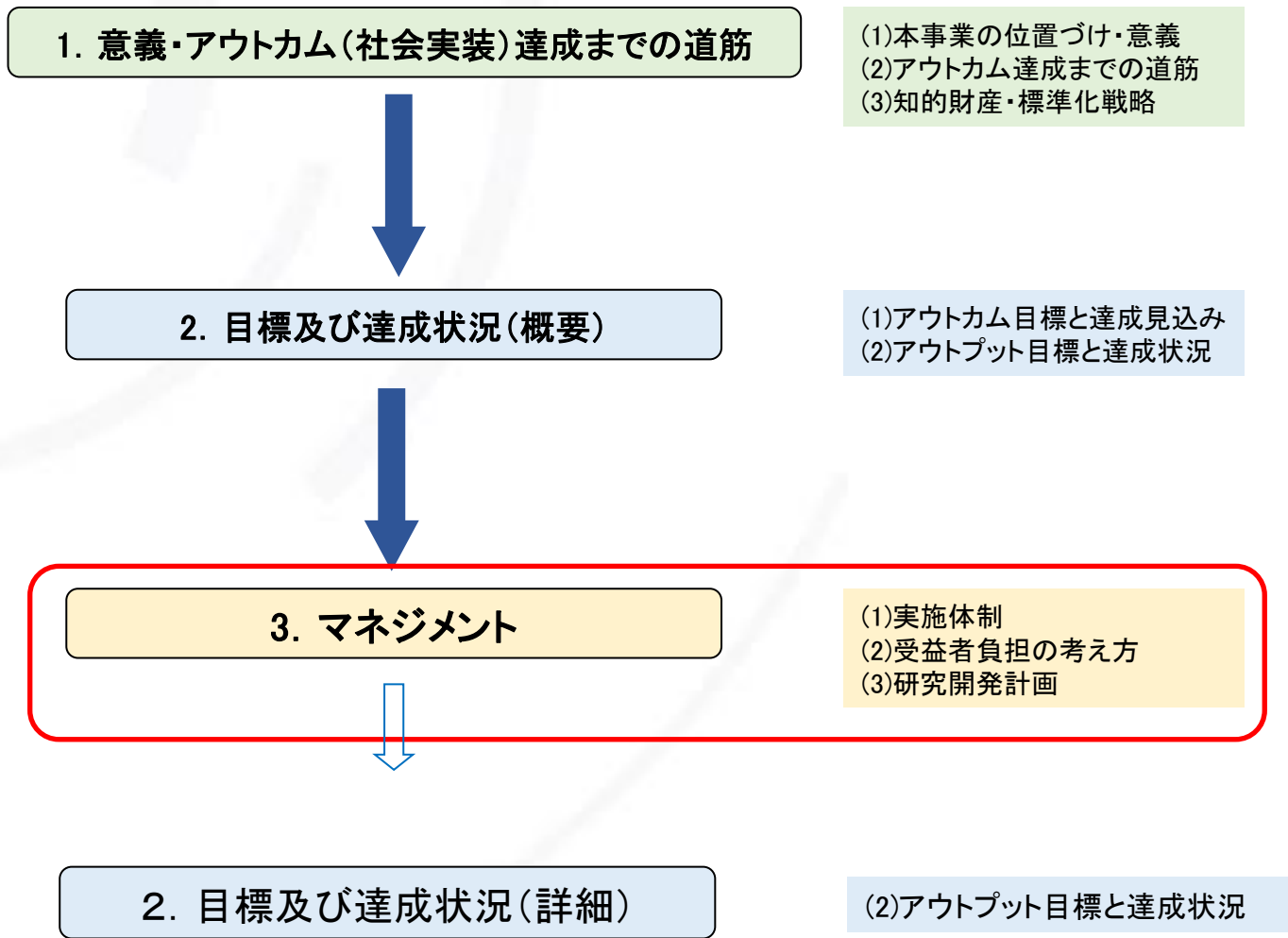
必要な論文発表・特許出願等を実施している。

	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	計 [件]
特許出願 (うち外国出願)	0	0	0	0	0	0	0	3(0)	2(1)	1(0)	3(0)	0(0)	9(1)
論文	1	3	3	3	6	4	1	5	1	5	4	1	37
研究発表・講演	5	3	10	13	15	18	15	20	7	15	8	2	131
受賞実績	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	4
新聞・雑誌等 への掲載	5	2	11	5	6	11	8	27	5	5	7	0	92
展示会への出 展	0	0	0	0	2	0	1	5	0	2	1	0	11

※2023年8月23日現在

＜評価項目 3＞ マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画



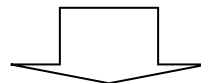
NEDOが実施する意義

「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」は、

- 従来の火力発電に比べ大幅に発電効率が増加し、CO₂排出量削減が見込めるため、社会的必要性が高い。
- 更にCO₂分離・回収技術を組み合わせることで石炭火力からの排出量をゼロに近づける効果が見込めるため、社会的必要性が高い。

「NEDO」は、

- 前身の「EAGLEプロジェクト」をマネジメントした経験がある。
- IGFCの要となる燃料電池の技術課題について研究開発を行っている。
- 高効率発電やCO₂分離回収について他事業で行っており、効率的にマネジメントを行うことができる。
- CO₂分離回収を伴うシステムは、民間企業では事業成立が難しく扱えない。
- 研究開発の難易度が高く、投資規模も大きいため、民間企業だけではリスクが高い。

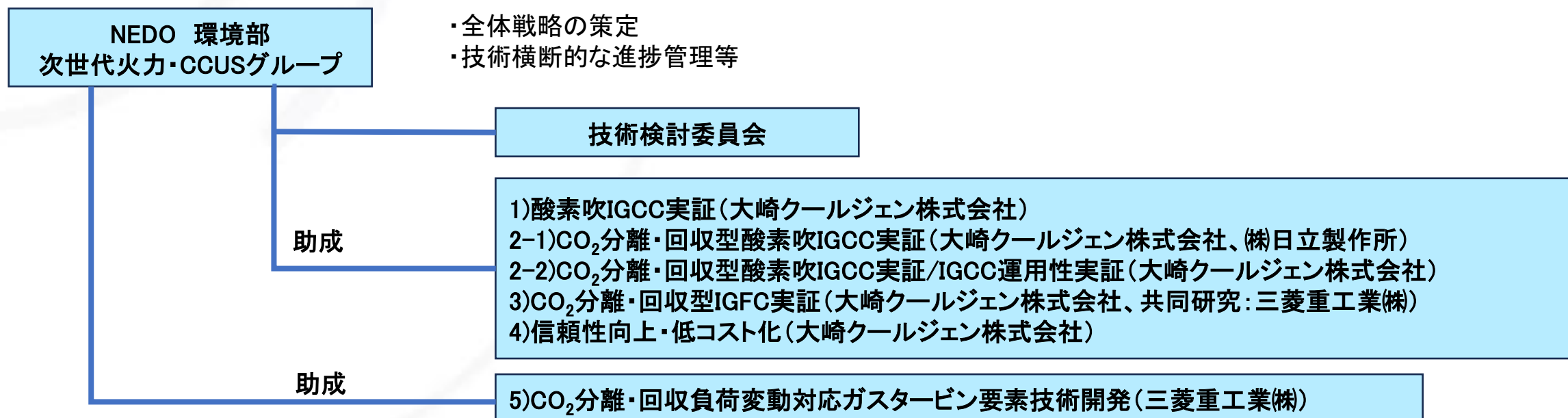


N E D O が も つ こ れ ま で の 知 識 、 実 績 を 活 か し て 推 進 す べ き 事 業

実施体制(責任体制)

1)、2-1)、2-2)、3)、4)の事業は技術検討委員会を設置し、外部有識者からの助言を事業計画に反映する体制を構築した。

5)の事業は、ガスタービンの要素技術開発を、並行した事業として実施している。





個別事業の採択プロセス

4)信頼性向上・低コスト化

5)CO₂分離・回収負荷返答対応ガスタービン要素技術開発

【公募】

公募予告(2021年5月7日)⇒公募(2021年6月30日)⇒公募×切(2021年7月30日)

【採択】

採択審査委員会(2021年8月16日)

採択審査項目;NEDOの標準的採択審査項目を用いて①申請内容の評価、②申請者の評価、③成果の実用化、の3項目を中心に
評価し、各項目の重要度に応じた重み付け係数を変更して行った。

採択条件;なし

【採択審査委員】

区分	氏名	所属	役職
委員長	藤岡 祐一	福岡女子大学 国際文理学部 環境科学科	教授
委員	板谷 義紀	岐阜大学 工学部 機械工学科	教授
委員	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
委員	巽 孝夫	株式会社 I N P E X 再生可能エネルギー・新分野事業本部	テクニカルコンサルタント
委員	中澤 治久	火力原子力発電技術協会	専務理事
委員	成瀬 一郎	名古屋大学 未来材料・システム研究所	所長、教授



予算及び受益者負担

本PJで対象とする技術開発は、実証事業であることから助成事業として**技術的難易度の高い事業**
(2-1) CO₂分離・回収設備, 3) IGFC, 5) 水素混焼GT) の補助率を高く設定し実施した。

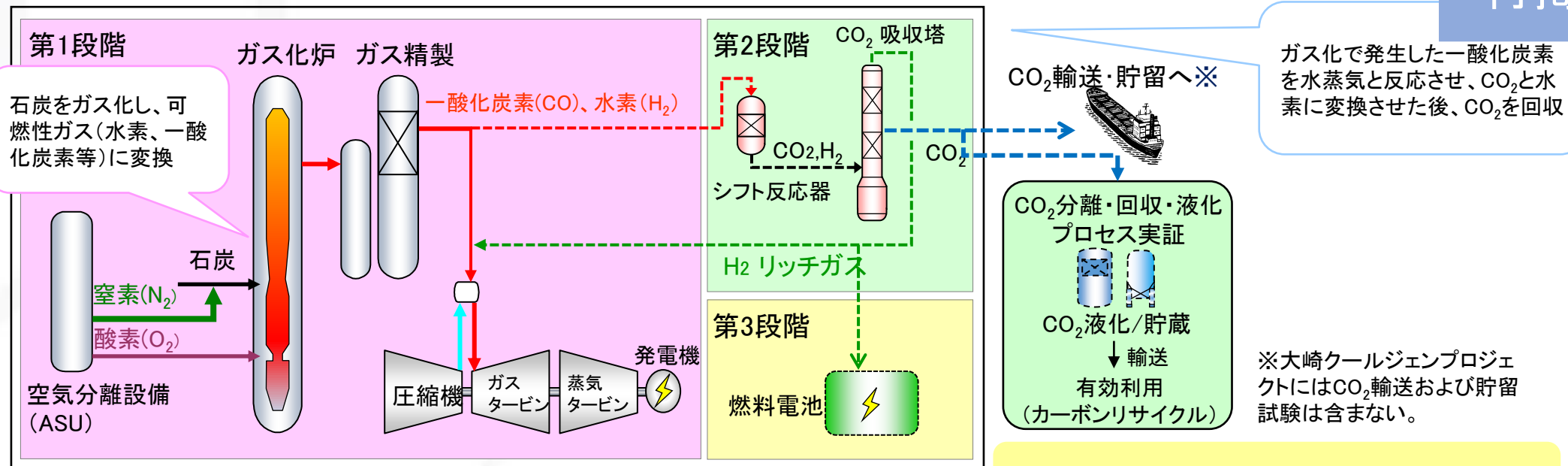
◇中間評価

年度（西暦）	事業実施者	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	合計
石炭ガス化燃料電池複合発電事業			◇			◇			◇			—
1)酸素吹IGCC実証 (補助率1/3)	大崎クールジェン株式会社											—
2-1)CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証 (補助率2/3)	大崎クールジェン株式会社 株式会社日立製作所											—
2-2)CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証 ／IGCC運用性実証 (補助率1/3)	大崎クールジェン株式会社											—
3)CO ₂ 分離・回収型IGFC実証 (補助率1/2)	大崎クールジェン株式会社											—
4)信頼性向上、低コスト化 (補助率1/3)	大崎クールジェン株式会社											—
5)CO ₂ 分離・回収負荷変動対応 ガスタービン要素技術開発 (補助率1/2)	三菱重工業株式会社											—
事業費合計(億円)		119.7	89.7	114.2	107.6	67.3	102.3	61.7	17.2	5.1	4.8	689.6

↓ 赤枠内が中間評価の対象

アウトプット(研究開発成果)のイメージ

- 1)酸素吹IGCC実証
- 2-1)CO₂分離・回収型
酸素吹IGCC実証
- 2-2)CO₂分離・回収型
酸素吹IGCC実証
/IGCC運用性実証
- 3)CO₂分離・回収型
IGFC実証
- 4)信頼性向上・低コスト化



第1段階

①: 酸素吹IGCC実証

(2012年度～2018年度)

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)、経済性及び信頼性などを検証した。

第2段階

②-1: CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証

(2016年度～2022年度)

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などを実施した。

②-2: IGCC運用性実証

(2018年度～2022年度)

CO₂分離回収設備を追設した場合のIGCC設備運転への影響を確認し、その運用性などを検証した。

第3段階:

③: CO₂分離・回収型IGFC実証

(2018年度～2022年度)

CO₂分離・回収後の水素リッチガスを供給した場合の基本特性、運用性および信頼性を確認、および商用機(500MW級)のシステム効率検証を実施した。

④: IGCC(IGFC)の信頼性向上、低コスト化に係る実証

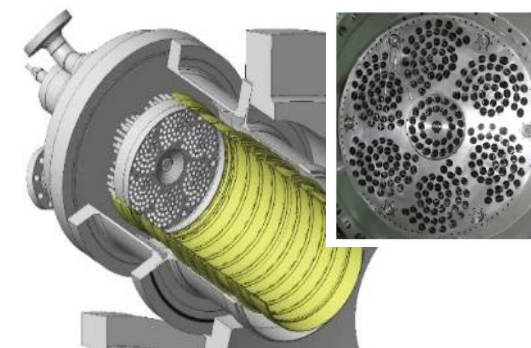
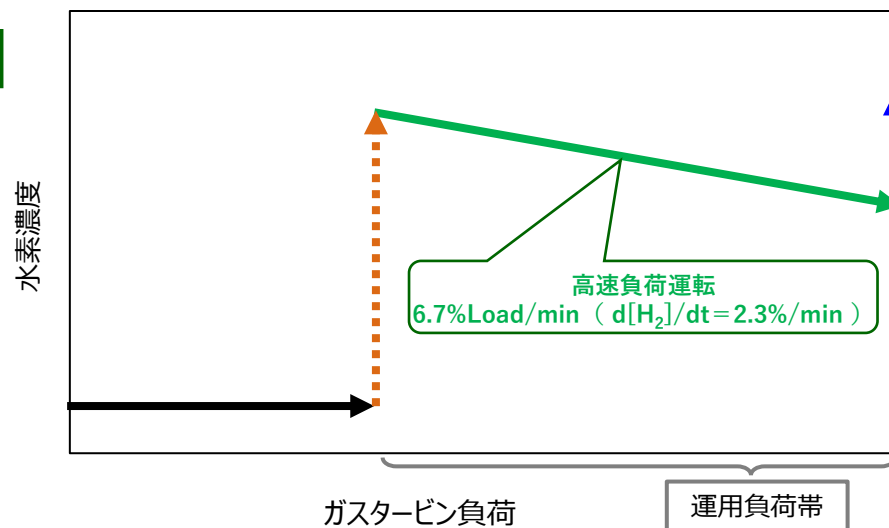
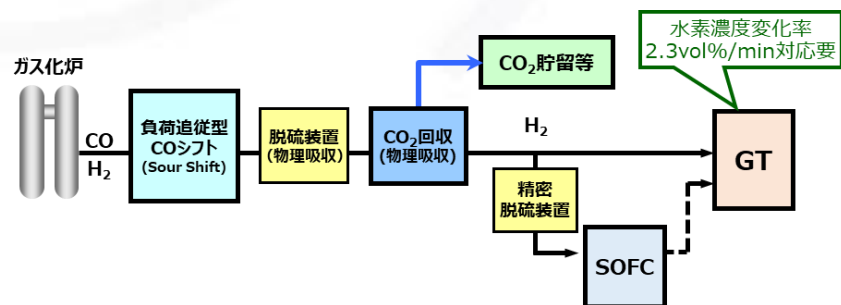
(2021年度～2022年度)

酸素吹IGCCについて、これまで明らかとなった課題に加え、酸素吹IGCC商用機へ向けた設計評価改善など、更に掘り下げた検討を実施した。

アウトプット(研究開発成果)のイメージ

5) CO₂分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

- ・ 負荷変化6.7%/min (水素濃度変化率 2.3vol%/min)に追従可能な、IGCC/IGFCシステムの立案。
- ・ 水素混焼率25%～100%で燃焼可能な水素混焼燃焼器の開発



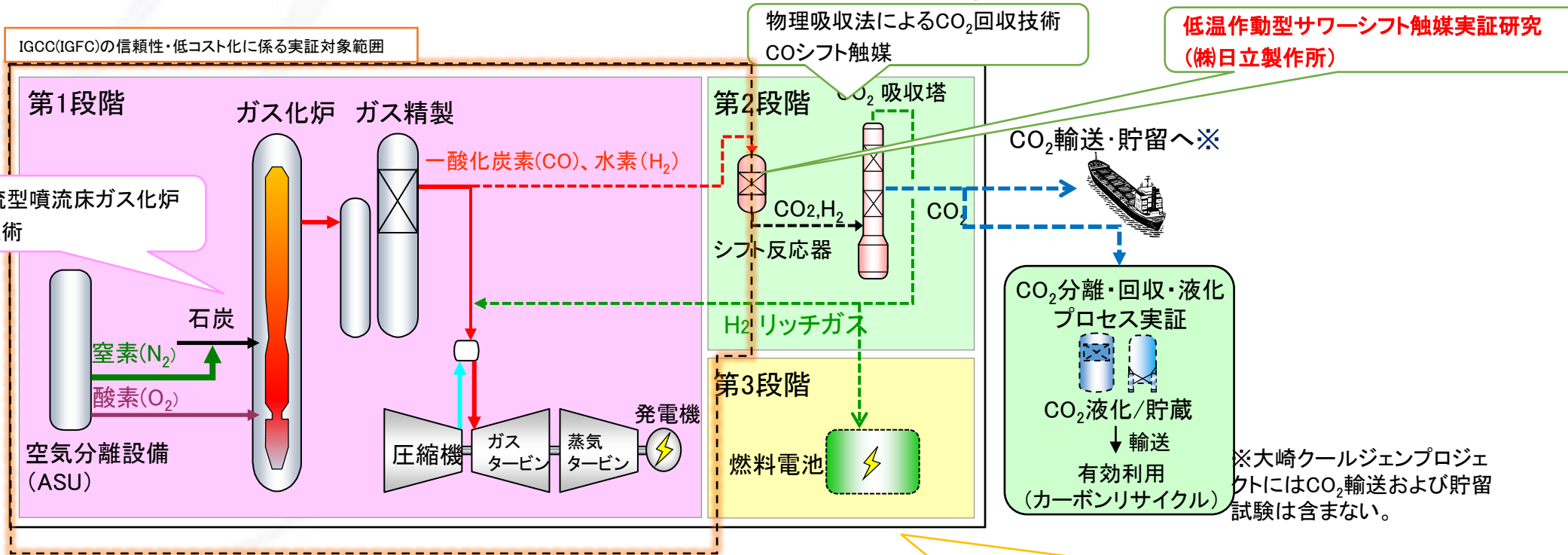
マルチクラスタ燃焼器

目標達成に必要な要素技術

- 1) 酸素吹IGCC実証
- 2-1) CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証
- 2-2) CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証/IGCC運用性実証
- 3) CO₂分離・回収型IGFC実証
- 4) 信頼性向上・低コスト化

第1段階(酸素吹IGCC実証)、第2段階(CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証、IGCC運用性実証)、第3段階(CO₂分離・回収型IGFC実証)、IGCC(IGFC)の信頼性向上・低コスト化に係る実証において、目標達成に必要な要素技術を取り入れて実施し、目標を達成した。

(具体例)



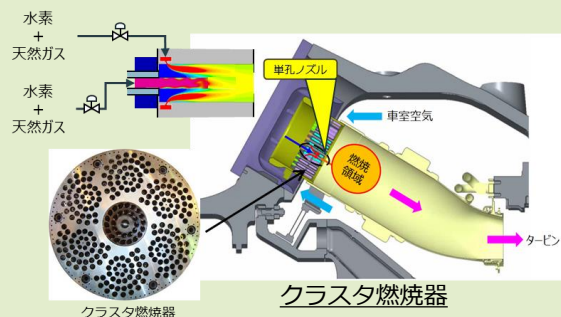
目標達成に必要な要素技術

5) CO₂分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

A. 広範な水素濃度変化に対応可能なGT燃焼技術開発

水素濃度25～100 vol%に対応可能な**GT燃焼技術の開発**

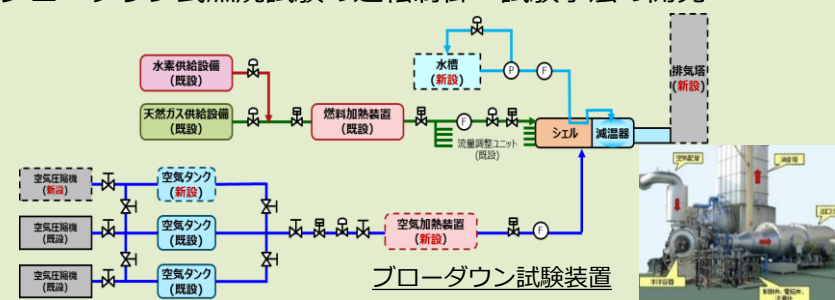
- ・水素濃度25～100 vol%に対して、逆火耐性と保炎性を両立し、低NO_xを実現する燃焼技術の開発
- ・高速負荷変化運転を実現する水素濃度変化率2.3 vol%/min 以上を満たす燃焼技術の開発



B. ブローダウン燃焼試験設備開発

燃焼器開発を加速する**燃焼試験設備の開発**

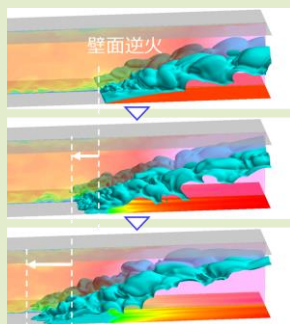
- ・実機相当の温度・圧力条件にて、水素/天然ガス混合ガスの水素濃度、水素濃度変化率の試験が可能な燃焼試験設備開発
- ・任意の燃焼振動周波数を再現できる燃焼試験設備開発
- ・ブローダウン式燃焼試験の運転制御・試験手法の開発



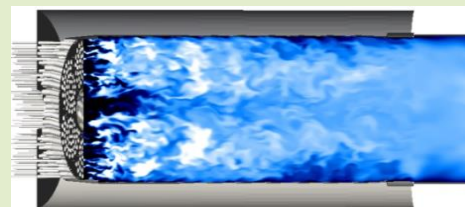
C. 水素燃焼解析技術の開発 (京大)

水素燃焼の逆火・燃焼振動を再現する**燃焼解析技術開発**

- ・燃焼解析による壁面逆火発生メカニズムの評価
- ・燃焼解析による燃焼振動発生メカニズムの評価



壁面逆火現象

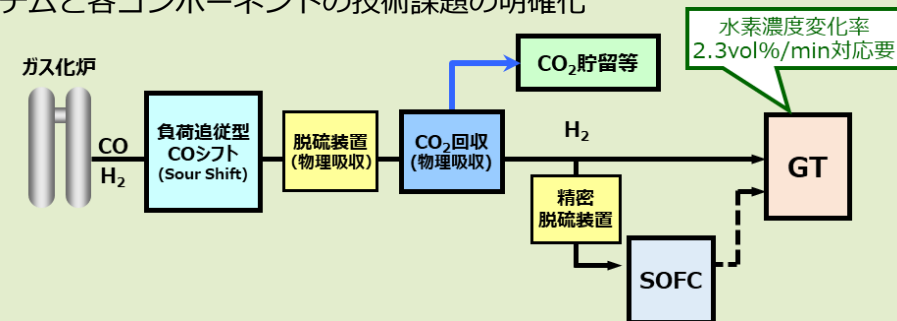


実機燃焼器の解析例

D. IGCC+CCUS/IGFC+CCUSシステム検討

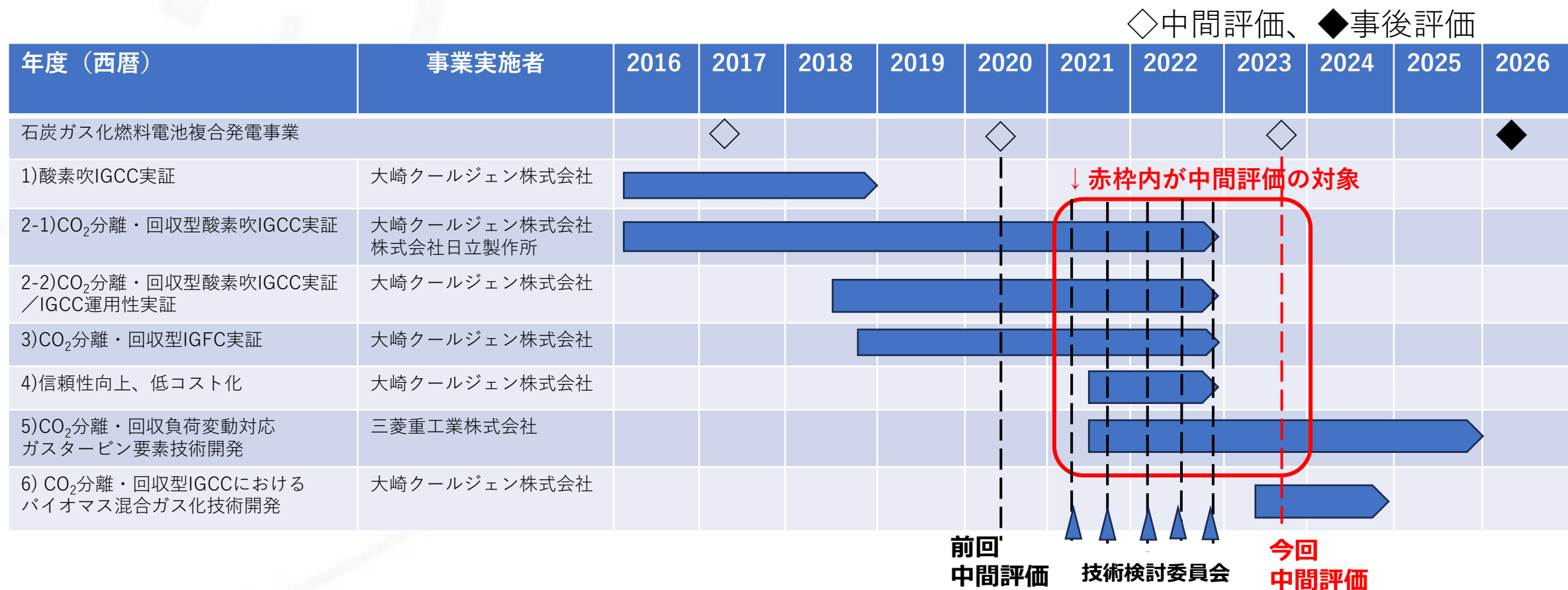
高速負荷速度に追従させる**システム基本構成検討**

- ・IGCC/IGFC+CCUSシステムの基本構成/機器仕様検討
- ・システムの運転シーケンスの検討
- ・システムと各コンポーネントの技術課題の明確化



研究開発のスケジュール(概要)

NEDOのマネジメントの一環として、**NEDO主催で中間評価、技術検討委員会等を開催**しアウトプット目標達成に必要な技術開発が適切に実施されていることを確認した。



進捗管理

PMによる進捗管理

実績例	第3段階のために他事業で実施している燃料電池の基盤技術開発の成果が見えてきたため、成果を本事業に反映させるために大崎クールジェンを交えて合同会議を行った。
	事業者との連携を密にし、実証事業が適切に進められるよう指導を行うとともに、必要に応じて予算や工程の見直しを行った。
	第2段階開始時の記者会見や、CCTワークショップ、IEA-CCT2019など、外部へ本事業の取り組みや成果を発信した。

PLによる進捗管理

実績例	各DEMO前には調整会議を行い、試験目的、試験条件を把握し、課題の洗い出し、合理的な実施項目の手順の調整、運転状況に応じた優先順位の把握を行った。
	始業時、終業時に関係者を集め、予定実施状況、作業状況を把握し、必要により指示、調整を行った。
	安全対策協議会やパトロールの実施などの安全管理の推進を行った。

技術検討委員会による進捗管理

実績例	酸素吹IGCCの多炭種運用性試験方法について、炭種切り替え操作手順について(混炭比率の上昇幅)助言をいただいた。これより、運転状況を見て柔軟な切替方法に変更したことから、良好な適合性を確認することができ、安定的な運転を行った。
	事業進捗状況に問題がないことを確認した。

進捗管理: 中間評価結果への対応

2020年7月の中間評価において、情勢変化に合わせた弾力的な対応、実運用における性能向上と運用上のノウハウ積み上げの指摘を受け、実施項目を新規に公募し、実施してきた。

主な指摘		対応
1	社会からのニーズが日々変化しており、今後の目標値設定に当たっては、情勢の変化に合わせた弾力的な対応をお願いしたい。	社会からのニーズとしてCO ₂ 分離・回収や負荷変動対応能力の重要性が高まっていることから、商用加速化という目標のために、「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」において、「2) CO ₂ 分離・回収型酸素吹 IGCC 実証」に実施項目「CO ₂ 分離・回収負荷変動対応IGCC 運用性向上」を追加するとともに、「 5) CO₂ 分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素 技術開発 」を新規に公募し、2021年度から実施している。
2	今後、社会実装への期待がますます高まっていることを鑑みれば、定格運転時の目標値を達成するだけでなく、実証試験を通して実運用における性能向上を図るとともに、運用上のノウハウを少しでも多く積み上げていくことが期待される。	IGCC の実運用における性能向上、および運用上のノウハウを積み上げるために、「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」において「 4) 信頼性向上、低コスト化 」を新規に公募し、2021年度から実施している。
3	本プロセスが社会実装されるためには、発電事業として成立するだけでなく、ここで回収された CO ₂ に関し、実行可能で合理的な取り扱いができることが求められるため、他事業で取り組んでいる CCUS との連携を加速していくことも重要である。	回収した CO ₂ について実行可能で合理的な扱いができるよう、 カーボンリサイクル研究拠点にOCGで回収されたCO₂ガスを供給する等 、CCUS との連携に取り組んでいる。

進捗管理：動向・情勢変化への対応

情勢変化	対応
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、石炭火力の高効率化を進め、環境負荷の低減と両立しながら活用することで、2030年の石炭火力の比率を26%程度とする方向性が示された。	2017年度中間評価時点での対応 高効率石炭火力発電である本事業の重要性が一層高くなっているため計画を推進。
2015年12月にパリ協定が採択され、日本の目標としては、2030年度に2013年度比26%の温室効果ガスを削減することが提出されている中、達成に向けては石炭火力の高効率化が前提となっている。	
2018年7月3日に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」の中で、2030年に向けた対応として「エネルギーミックス」の確実な実現を目指しており、化石燃料については、高効率火力発電の有効活用に取り組む、とされている。	2020年度中間評価時点での対応 基盤技術に位置付けられているCO ₂ 分離・回収実証に加え、輸送を想定したCO ₂ の液化プロセス開発を2020年度より開始した。
2019年6月に策定された「カーボンリサイクル技術ロードマップ」では、CO ₂ を資源として捉え、素材や燃料に再利用することで大気中へのCO ₂ 排出を抑制する技術について、目標、技術課題などがとりまとめられた。	
2020年1月、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」及び「総合イノベーション戦略2019」に基づき、我が国の強みを有するエネルギー・環境分野において革新的なイノベーションを創出し、社会実装可能なコストを実現、これを世界に広めていくために「革新的環境イノベーション戦略」が策定された。温室効果ガスの国内での大幅削減とともに、世界全体での排出削減に最大限貢献する。	
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、水素・アンモニア・CCS・CCU/カーボンリサイクルにおける対応や、水素社会実現にむけた取り組みの抜本強化が示されている。2030年の石炭火力の比率を19%程度とする方向性が示された。	2023年度中間評価時点での対応 IGCCプラントの運用性実証において、既設GTの運転範囲で可能な水素濃度変動試験を追加実施した。水素濃度が高レートでの変化においてもGTへの影響はなく、安定運転を確認した。

1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

- (1)本事業の位置づけ・意義
- (2)アウトカム達成までの道筋
- (3)知的財産・標準化戦略

2. 目標及び達成状況(概要)

- (1)アウトカム目標と達成見込み
- (2)アウトプット目標と達成状況

3. マネジメント

- (1)実施体制
- (2)受益者負担の考え方
- (3)研究開発計画

2. 目標及び達成状況(詳細)

- (2)アウトプット目標と達成状況

各事業の目標と根拠



第1段階(参考)

①:酸素吹IGCC実証 目標 (大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2018年度)	根拠
基本性能	・IGCC実証プラント送電端効率40.5%程度(送電端、HHV)達成 ・環境目標値(O ₂ :16%換算) SO _x :8ppm、NO _x :5ppm、ばいじん:3mg/m ³ N	・1,300℃級GTの実証試験設備で送電端効率40.5%を達成すれば、1,500℃級GTを採用する商用機で送電端効率46%達成の見通しを得る事が出来る。 ・最新の微粉炭火力発電と同等の環境諸元を達成することが求められる。
プラント制御性運用性	事業用火力設備として必要な運転特性及び制御性を確認する。 (出力変化速度:1~3%/分)	我が国における微粉炭火力と同等の制御性、運用性が求められる。
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。 (長時間耐久性試験:5,000時間)	我が国における微粉炭火力の多くは70%以上の稼働率で運用されており、酸素吹IGCC商用機においても同等の信頼性が求められる。
多炭種適用性	灰融点の異なる数種類の炭種で適合性を確認する。	酸素吹IGCC商用機には、微粉炭火力に適合しがたい灰融点の低い亜瀝青炭から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。
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。 海外普及を目的としたマイルストーンを検討する。	国内外において酸素吹IGCC商用機を普及するためには、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。

第2段階

②-1: CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証 目標(大崎クールジェン株式会社、(株)日立製作所)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	根拠
CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証研究 基本性能(発電効率)	新設商用機において、CO ₂ を90%回収しつつ、送電効率40%(送電端効率、高位発熱量基準)程度の見通しを得る。 これを実現するために、実証機プラントにおいて、CO ₂ 分離回収にかかるエネルギー原単位「0.90GJ/t-CO ₂ (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。	CO ₂ 分離回収時のエネルギーロスによる発電効率の低下に対し、CO ₂ を90%回収しつつ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とがCO ₂ 分離・回収型IGCCの普及につながる。
CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証研究 基本性能(回収効率・純度)	CO ₂ 分離回収装置におけるCO ₂ 回収効率:90%以上 回収CO ₂ 純度:99%以上	革新的低炭素火力実現のためにCO ₂ 回収効率90%以上を目標とする。 CO ₂ 地中貯留に求められる可能性があるCO ₂ 純度99%以上を目標とする。
CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証研究 プラント運用性・信頼性	CO ₂ 分離・回収型IGCCシステムの運用手法を確立し、信頼性について検証する。 生成ガスの全量をCO ₂ 分離した場合のIGCC運転との相互影響やガスタービン性能についても検証する。	商用化のためには、プラントの起動停止や、発電所特有の負荷変動に対し、IGCC本体に追従した運用手法を確立し信頼性を検証する必要がある。
CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCC実証研究 経済性	商用機におけるCO ₂ 分離回収の費用原単位を評価する。 実用化・事業化に向けたマイルストーンを検討する。	CO ₂ 分離・回収型IGCCを普及するためには費用原単位の評価が必要である。

第2段階

②-1: CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証 目標 (大崎クールジェン株式会社、(株)日立製作所)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	根拠
CO ₂ 液化プロセス開発 (大崎クールジェン株式会社)	CO ₂ 分離・回収型IGCCとCO ₂ 液化を組み合わせた場合の最適プロセスを構築する。	カーボンリサイクルの普及拡大を目指し、石炭火力から回収されたCO ₂ を有効利用するための基盤技術として、CO ₂ 分離回収設備で回収したCO ₂ を原料とする液化CO ₂ の製造・貯蔵・輸送に要するエネルギー原単位を最小化するための最適条件や運用性を検証すること、並びに、当面の利用先として国内CO ₂ 市場への適用可能性について検証する。
低温作動型サワーシフト触媒実証研究 (日立製作所)	送電端効率40.0%を達成可能な条件でシフト活性維持(1年程度)	発電設備の点検までの期間の触媒の耐久性が維持されている必要があるため。

各事業の目標と根拠



第2段階

②-2:IGCC運用性実証 目標 (大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	根拠
IGCC運用性向上	CO ₂ 分離・回収装置を追設した場合のIGCC運転への影響を確認し、運用性を検証する。	商用機において、CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCCシステムを構築するにあたり、CO ₂ 分離・回収設備とIGCC運転との相互作用やガスタービン性能を検証する必要がある。

②-2:IGCC運用性実証 目標 (大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	根拠
CO ₂ 分離回収負荷変動対応IGCC運用性向上	IGCCの負荷変動に伴うCO ₂ 分離回収設備の追従性を確認し、運用性を検証する。	商用機において、CO ₂ 分離・回収型酸素吹IGCCシステムを構築するにあたり、CO ₂ 分離回収装置の大型を想定し、水素濃度変動試験を行うことで、CO ₂ 分離回収設備の追従性、IGCC設備の安定運転、運用性を検証する必要がある。

第3段階

③: CO₂分離・回収型IGFC実証 目標(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	根拠
CO ₂ 分離・回収型IGFC実証研究 (中間目標)	CO ₂ 分離・回収型IGFC実証設備の詳細設計を完了する。 機器製作に着手する。	NEDO次世代火力発電基盤技術開発で進められている燃料電池関連研究[IGFCシステム検討、燃料電池モジュール石炭ガス適用性研究、GTFC技術開発(委託事業)]の成果を適宜反映し、燃料電池設備、付帯設備等の仕様検討を行う。

③: CO₂分離・回収型IGFC実証 目標(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	根拠
CO ₂ 分離・回収型IGFC実証研究	500MW級の商業機に適用した場合に、CO ₂ 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。	新設商用IGFC(500MW級)において、CO ₂ を90%回収しつつ、送電端効率47%程度の見通しを得ることで、低炭素排出かつCO ₂ 分離・回収型IGCCから更に高効率の石炭火力発電技術を確立することができる。

④: IGCC(IGFC)の信頼性向上、低コスト化に係る実証 目標(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	根拠
IGCC(IGFC)の信頼性向上、低コスト化に係る実証	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。	プラント設備の信頼性向上ができれば、プラント停止期間における補修費用やプラント起動停止に伴う費用等を削減することが出来るため、低コスト化となる。

各事業の目標達成状況



第1段階(参考)

①:酸素吹IGCC実証 目標と達成状況(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2018年度)	成果	達成度	達成の根拠/解決方針
基本性能 送電端効率(HHV)	40.5%程度を達成する。	試運転でのプラント性能確認にて、送電端効率40.8%を確認。	○	—
基本性能 環境性能	・環境目標値(O ₂ :16%換算) SO _x :8ppm、NO _x :5ppm、ばいじん:3mg/m ³ N	試運転でのプラント性能確認にて、環境目標値以下になっていることを確認。	○	—
プラント制御性運用性	事業用火力設備として必要な運転特性及び制御性を確認する。 (出力変化速度:1~3%/分)	出力変化速度÷16%/分を達成した。 送電端出力0MWで安定運転を確認した。 送電端出力制御で良好運用性を確認した。 コールド起動時間(GT起動~定格負荷)7時間以内の見通しを得た。	◎	出力変化速度において、酸素吹ガス化炉ではガス化反応が速いこと、生成ガスの発熱量が高くGT出力比を高く取れたこと等の理由より、目標変化速度を大幅に上回る結果となった。
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。 (長時間耐久性試験:5,000時間)	長時間耐久試験にて5,119時間を達成した。	○	—
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。	4炭種にて良好な適合性を確認した。 運転を継続しながら炭種切替を行い、安定したプラント状態を確認した。	○	—
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。 海外普及を目的としたマイルストーンを検討する。	商用機レベルで発電原価が微粉炭火力と同等になる見通しを得た。 アジア大洋州での高効率石炭火力ならびに石炭ガス化技術を用いた水素製造の需要が見込まれ、海外事業化検討を親会社にて実施していく。	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

各事業の目標達成状況



第2段階

②-1: CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証 目標と達成状況(大崎クールジェン株式会社、(株)日立製作所)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
基本性能(発電効率) (大崎クールジェン株式会社)	新設商用機でCO ₂ を90%回収の条件で、発電効率40%程度の見通しを得る。 CO ₂ 分離回収にかかるエネルギー原単位「0.90GJ/t-CO ₂ (電気エネルギー換算)」を確認する。	新設商用機において、CO ₂ を90%回収の条件下において、発電効率40%(送電端、HHV)程度の見通しを得た。 CO ₂ 分離回収原単位0.9GJ/t-CO ₂ 以下を確認した。	○	—
基本性能(回収効率・純度) (大崎クールジェン株式会社)	CO ₂ 分離・回収装置における「CO ₂ 回収効率90%以上」、「回収CO ₂ 純度99%以上」を達成する。	試運転調整の設備性能確認でCO ₂ 回収効率90%以上、回収CO ₂ 純度99%以上の設備能力を確認した。	○	—
プラント運用性・信頼性 (大崎クールジェン株式会社)	運用手法の確立・信頼性を検証する。 生成ガスの全量をCO ₂ 分離した場合のIGCC運転との相互影響やガスタービン性能について検証する。	起動停止手法の確立、水素濃度変化に追従したGT燃料指令や燃焼モード切替を確認し出力変化率5%/分でのGT安定運転を確認した。またCO ₂ 分離回収設備からIGCCへ水素リッチガスの全量返送が可能であることを確認した。 性状の異なる石炭での基本特性を確認した。 連続運転による経時的なシフト反応器温度低下は見られないことを確認した。	○	—
経済性 (大崎クールジェン株式会社)	商用機のCO ₂ 分離回収の費用原単位を評価する。 実用化・事業化に向けたマイルストーンを検討する。	経済産業省が示す2020年度頃のターゲットである2,000円台/t-CO ₂ を達成した。 実用化・事業化に向けた進捗の確認・要素技術確立の見通し、CO ₂ 利用技術の連携等について調査を行い、その結果をもとに実用化に向けたマイルストーンを検討した。	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

各事業の目標達成状況



第2段階

②-1: CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証 目標の達成状況 (大崎クールジェン株式会社、日立製作所)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
CO ₂ 分離・回収・液化プロセス実証研究 (大崎クールジェン株式会社)	液化炭酸の最適プロセスを構築する。	分離回収プロセスと圧縮液化プロセスでのエネルギー原単位の最小化と、システム最適化の検討を行った。トータルシステムとして、オフガスをCO ₂ 分離回収設備に戻す“オフガス循環系統”の評価を行い、効率および回収率改善が見込めることを確認した。	○	—
低温作動型サワーシフト触媒実証研究 (株)日立製作所)	送電端効率40.0%を達成可能な条件でシフト活性維持(1年程度)	2,988時間の実ガス実証試験及び過去の要素/実ガス試験の実績から劣化予測モデルを構築し、1年運転時の活性維持を確認	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

各事業の目標達成状況



第2段階

②-2:IGCC運用性実証 目標と達成状況 (大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	成果	達成度	達成の根拠 ／解決方針
IGCCプラントの 運用性実証	CO ₂ 分離回収設備を追設した場合のIGCC設備運転への影響を 確認し、その運用性を検証する。	IGCC⇔CO ₂ 分離回収設備連携制御モード確立および水素リッチ ガス100%返送状態でのプラント増減負荷の実施により、安定運 転を確認した。	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

②-2:IGCC運用性実証 目標の達成状況 (大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	成果	達成度	達成の根拠 ／解決方針
CO ₂ 分離・回収負荷変動対応 IGCC運用性向上	IGCCの負荷変動に伴うCO ₂ 分離回収設備の追従性を確認し、 運用性を検証する。	点検、補修、改善工事を行い、実証試験を通じ、IGCC設備の運用 性向上を確認した。 CO ₂ 分離・回収装置の水素濃度変動試験を実施し、新型ガス分析 計の採用により、H ₂ 濃度が高レートでの変化においてもGTへの影 響はなく、安定運転を確認した。	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

各事業の目標達成状況



第3段階

③: CO₂分離・回収型IGFC実証 目標と達成状況(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2020年度)	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
CO ₂ 分離・回収型IGFC実証研究	燃料電池設備の詳細設計を完了する。また、機器製作に着手する。	・詳細設計のための基本設計・契約手続きを完了した。 ・詳細設計を完了し、機器製作に着手した。 ・事前検証試験装置の設置を完了した。	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

③: CO₂分離・回収型IGFC実証 目標の達成状況(大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
システム基本性能(発電効率)	500MW級の商業機に適用した場合に、CO ₂ 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。	CO ₂ 分離・回収型IGFC実証試験として、1.2MW級燃料電池システム(LNG仕様)にて、CO ₂ 分離・回収後の水素リッチガスを供給した場合の基本特性、運用性および信頼性を確認した。また、得られたデータを基にCO ₂ 分離・回収型IGFC商用機(500MW級)のシステム効率検証を行い、発電効率47.0%(送電端、HHV)の見通しを得た。	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

各事業の目標達成状況



④:IGCC(IGFC)の信頼性向上、低コスト化に係る実証 目標の達成状況 (大崎クールジェン株式会社)

研究開発項目	研究開発目標(2022年度)	成果	達成度	達成の根拠 ／解決方針
IGCC(IGFC)の信頼性向上、 低コスト化に係る実証	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。	下記について確認し、商用機における5,000時間以上の長時間運転、コスト低減の見通しを得た。 1.酸素吹IGCC商用機へ向けた設計評価改善 2.ガスタービン(GT)燃焼器ノズル狭窄対策 3.チャーフィルタ差圧上昇対策 4.高温部位の損傷対策	○	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

⑤: CO2分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発 中間目標の達成状況 (三菱重工業株式会社)

研究開発項目	中間目標(2024年3月)	終了評価時目標(2026年03月)	根拠
A. 広範な水素濃度変化に対応可能なガスタービン燃焼技術の開発	・H2=25~100 vol%対応燃焼器の設計完了	・燃焼器試験にて、H2=25~100 vol%に対して、NOx 50 ppm以下、H2変化率 2.3 vol%/min以上の達成	・GT負荷50%→100%の負荷変化率 6.7%/minで、水素82→65 vol%に変化
B. ブローダウン燃焼試験設備の開発	・高温・高圧条件での水素/天然ガス混合ガスの試験が可能なブローダウン燃焼試験設備設置工事の完了、および装置試運転完了	・開発した装置を燃焼器開発に活用	・混焼率を変化させた燃焼試験を効率良くコストミニマムで実施することが出来る。 ・燃焼器開発への適用期間 2 年間を確保するため、2024年3月までの完成が必要。
C. 水素燃焼解析技術の開発	・要素バーナで燃焼モデルの改良完了	・実燃焼器での燃焼振動発生メカニズムの評価	・水素混焼燃焼器の課題である、逆火現象、燃焼振動現象のメカニズムを解明し、対策の立案に活用する。
D. IGCC+CCUS/IGFC+CCUSシステム検討	・IGCC/IGFC+CCUSシステムにおいてGT負荷変化速度(6.7%L/min)に追従する全体システムの構築	・IGCC/IGFC+CCUSの全体システムと各コンポーネントの技術課題の明確化	・実機成立性の確認のため必須の検討項目。

各事業の目標達成状況



⑤: CO2分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発 中間目標の達成状況 (三菱重工業株式会社)

事業名称・研究開発項目	中間目標 (2024年3月)	中間成果（実績） (2023年8月)	達成度（見込み※）	達成の根拠／解決方針
A.広範な水素濃度変化に対応可能なガスタービン 燃焼技術開発	・H2=25～100 vol%対応燃焼器 の設計完了	・水素混焼率0～100%で安定燃焼 可能なバーナコンセプトを設計しモデル バーナ燃焼試験で確認。 ・H2=25～100%対応に向けた大型 燃焼器における課題を抽出	○ 2024年3月に達成見込み	水素高濃度で、燃焼振動と逆火現象が発生する課題があるが、対策ノズルで解決の見込み。
B.ブローダウン燃焼試験設備開発	・高温・高圧条件での水素/天然ガス 混合ガスの試験が可能なブローダウン 燃焼試験設備設置工事の完了、および 装置試運転完了	・機器の詳細仕様を決定し、製作を開始した。 ・主要機器を設置する部分の基礎工事を完了した。	○ 2024年3月に達成見込み	計画通り工事を進捗しており計画通り完成見込み。
C.水素燃焼解析技術の開発	・要素バーナで燃焼モデルの改良完了	要素バーナの解析結果から逆火発生メカニズムを明らかにした。	○ 2024年3月に達成見込み	簡単な場で改良燃焼モデルの動作が確認できているため、要素バーナへも適用可能の見込み。
D. IGCC + CCUS／IGFC+CCUSシステム検討	・IGCC／IGFC+CCUSシステムにおいてGT負荷変化速度 (6.7%L/min)に追従する全体システムの構築	IGCC/IGFC+CCUSシステムにおける高速負荷変化において律速となると予想されるCOシフト触媒の負荷変化特性について、OCG実績の最大温度上昇レート20℃/minを制約条件として検討し、昨年度検討したシステム構成においてGT負荷変化速度(6.7%L/min)に追従可能な見通しを得た。	○ 2024年3月に達成見込み	実機コンポーネントデータを用いた解析で精度良く評価できる見込み。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

- 1)酸素吹IGCC実証
- 2-1)CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証
- 2-2)CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証/IGCC運用性実証
- 3)CO₂分離・回収型IGFC実証
- 4)信頼性向上・低コスト化

<カーボンニュートラル>

- 高効率石炭火力発電システム（IGCC、IGFC）に対して、CO₂分離・回収設備を組み合わせることで、システム性能や課題を明らかにし、CO₂分離・回収しつつ、高効率発電が出来る見通しが得られた。
- 本事業のベースとなる石炭ガス化技術の確立により、カーボンニュートラル実現に有効となるCCUSと組み合わせた火力発電所やブルー水素製造への技術展開が可能となる。
- IGCCは、負荷変動対応に有効な発電技術で有る知見が得られた。
- カーボンリサイクルに向け、石炭由来のCO₂有効利用の可能性を追求する取組を社会に周知した。

<人材育成>

- 本事業によって、石炭ガス化技術、技能の国内での維持継続を行っている。
- 学会発表のテーマとしても扱われ、当該分野の人材育成にも貢献している。

5)CO₂分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

- ・IGCC + CCUS/IGFC + CCUSで回収される大量のCO₂は、CO₂サプライチェーンの普及促進につながる。
- ・余剰H₂や、ブルー水素製造装置としてのIGCC + CCUS単体でのH₂生成はH₂サプライチェーンの普及促進につながる。
- ・水素混焼GTについては、GT単体としての製品化につながるとともに、専焼GTへ技術展開が可能であり、波及効果が期待できる。

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/
①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」(中間評価) 分科会
議事録及び書面による質疑応答

日 時 : 2023 年 11 月 6 日 (月) 12 : 30 ~ 18 : 10

場 所 : NEDO 川崎 23F 2301/2302/2303 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	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
分科会長代理	神原 信志	岐阜大学 工学部 副学長/教授
委員	倉本 浩司	国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギープロセス研究部門 エネルギー変換プロセス研究グループ グループ長
委員	西村 邦幸	株式会社三菱総合研究所 /早稲田大学オープンイノベーション戦略研究機構 サステナビリティ本部 主席研究部長/客員上級研究員
委員	平井 秀一郎	東京工業大学 工学院機械系 教授
委員	吉井 匠	電気事業連合会 技術開発部 副部長
委員	義家 亮	名古屋大学 大学院工学研究科 機械システム工学専攻 准教授

<推進部署>

福永 茂和	NEDO 環境部 部長
讃岐 律子	NEDO 環境部 統括主幹
阿部 正道	NEDO 環境部 主任研究員
高橋 和雄(PMgr)	NEDO 環境部 主査
高橋 意彦	NEDO 環境部 専門調査員
野原 正寛	NEDO 環境部 主任
伊藤 允	NEDO 環境部 職員

<実施者※メインテーブル着席者のみ>

菊池 哲夫(PL)	大崎クールジェン株式会社 社長
白石 治	大崎クールジェン株式会社 技術部 部長
歌野 雅一	大崎クールジェン株式会社 技術部 技術グループ マネージャー
安富 寿徳	大崎クールジェン株式会社 技術部 技術グループ サブマネージャー
小田 知司	大崎クールジェン株式会社 技術部 技術グループ サブマネージャー
須藤 哲郎	大崎クールジェン株式会社 技術部 技術グループ 課長
森安 勝浩	大崎クールジェン株式会社 総務企画部 研究企画グループ マネージャー
藤原 一郎	中国電力株式会社 経営企画部門 技術企画 マネージャー
中村 郷平	電源開発株式会社 火力エネルギー部 部長代理
稲垣 良平	株式会社日立製作所 サステナビリティ研究統括本部 プラネタリーバウンダリープロジェクト 研究員
佐々木 崇	株式会社日立製作所 サステナビリティ研究統括本部 コネクティブオートメーションイノベーションセンタ 部長
斉藤 圭司郎	三菱重工業株式会社 ST 部門 総合研究所 燃焼研究部 次長
齋藤 敏彦	三菱重工業株式会社 ST 部門 総合研究所 燃焼研究部 燃焼第二研究室 主席研究員
天本 幹夫	三菱重工業株式会社 エナジードメイン SPMI 事業部 計画部 主幹技師

<オブザーバー>

笹山 雅史	経済産業省 資源エネルギー庁 燃料環境適合利用推進課 課長補佐
渡邊 貴紀	経済産業省 資源エネルギー庁 燃料環境適合利用推進課 係長

<評価事務局>

三代川 洋一郎	NEDO 評価部 部長
山本 佳子	NEDO 評価部 主幹
佐倉 浩平	NEDO 評価部 専門調査員
對馬 敬生	NEDO 評価部 専門調査員

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 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋
 - 5.2 目標及び達成状況
 - 5.3 マネジメント
 - 5.4 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 CO₂分離・回収型酸素吹 IGCC 実証
 - 6.2 低温作動型サワーシフト触媒実証研究
 - 6.3 信頼性向上、低コスト化
 - 6.4 IGCC 運用性実証
 - 6.5 CO₂分離・回収型 IGFC 実証
 - 6.6 事業化にむけた展望
 - 6.7 CO₂分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発
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、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（評価委員、評価事務局、推進部署）

【清水分科会長】 清水でございます。専門は化学工学でありまして、特に石炭バイオマス等の固体燃料の転換技術をやっております。よろしくお願いします。

【神原分科会長代理】 神原です。専門は化学工学であり、特に石炭燃焼の領域に携わっております。よろしくお願いします。

【倉本委員】 倉本です。専門として、最近ではCO₂の資源燃料化に関する触媒開発を進めております。どうぞよろしくお願いします。

【西村委員】 西村と申します。私は、気候変動問題、エネルギー問題の全般に携わっております。よろしくお願いします。

【平井委員】 平井でございます。専門は機械工学の中の熱工学であり、研究領域としては燃料電池 CCS などをやっております。よろしくお願いいたします。

【吉井委員】 吉井でございます。私は、電気事業全般の課題の整理であるとか、取り組むべき研究の立案等を行っております。よろしくお願いいたします。

【義家委員】 義家と申します。私は、機械系から化学工学系の幅広い領域にまたがりまして、具体的には廃棄物、バイオマス、石炭等の燃焼ガス化に関わる仕事をやらせていただいております。よろしくお願いします。

3. 分科会の公開について

評価事務局より資料2及び3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの詳細説明」及び議題7.「全体を通しての質疑」を非公開とした。

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資料4-1から4-5に基づき説明した。

5. プロジェクトの概要説明

(1) 意義・社会実装までの道筋、目標及び達成度、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。

【清水分科会長】 ありがとうございます。

それでは、ご意見、ご質問等を受け付けます。神原分科会長代理、お願いします。

【神原分科会長代理】 NEDO のマネジメントについてお伺いします。この開発は非常に困難な問題が多々あり、そのたびに全力で解決したと聞き及んでいるのですが、NEDO においてどのようなマネジメントを心がけてその課題解決に当たってきたのでしょうか。

【高橋 PMgr】 課題が発生した場合には、都度必ず NEDO に事業者から報告をいただいて対応するようにしています。難しい問題に関しましては、技術検討委員会の委員と相談をし、方針を定める形で進めて

おります。

【神原分科会長代理】 ありがとうございます。

【清水分科会長】 ほかにご質問はありますか。

それでは、私のほうから少し指名をさせていただきます。義家委員から公開可能な質問として GENESIS 松島計画との関連ということで質問が出ておりましたが、義家委員、何かこの件につきましてご質問等ありませんでしょうか。ガス化システムと超臨界微粉炭火力システムを組み合わせるメリットということで、回答をあらかじめ聞いておりますが、社会実装の今後の計画ということで非常に重要なポイントだと思います。いかがでしょうか。

【義家委員】 それでは、私から少し伺います。お答えは事前にいただいているのですが、私の質問というのは、GENESIS 松島計画においてガス化システムと超臨界システムの火力を組み合わせる理由は何かと。CO₂ 貯留に向けた集約化については理解できますが、蒸気系を連結する理由が分からないといったところです。もともと複合サイクルというのは、スチームタービンとガスタービンを直結するところからスタートしているはずなので、ガスタービンを独立させて蒸気を微粉炭火力の蒸気タービンに流すというのは、全体のシステムとして高効率になるというイメージが湧かないのです。もちろん一つ一つのシステムを組み上げていく中で、過渡的なプロセスとしてそういうものを一段挟んで次に持っていくとすれば理解できますし、そこに集約する意味があるということなのですけれども。その過渡的な理由だとしても、そこにまとめてスチームタービンに蒸気を入れるという理由がいま一つ分からなかったです。

【清水分科会長】 もしお答えできるようでしたら、お願いいたします。

【高橋 PMgr】 それでは、オブザーバーである電源開発様のほうから説明を行ってもよろしいでしょうか。

【清水分科会長】 オブザーバーより、説明をお願いいたします。

【中村部長代理】 ご質問ありがとうございます。電源開発の中村よりご回答させていただきます。まず GENESIS 松島計画を発表したのは2年前になるのですけれども、その際、既存の設備に新たなものを付加して、より上位の価値を生み得るシステムに組み替えるというアップサイクルの概念と、あとは加速性というところの2つを大事にしながら計画の検討を練ってまいった経緯がございます。また、加速性のところなのですけれども、やはり既存の設備に組み合わせることによって、今1ユニット50万キロワットの設備でございますけれども、それをより高効率なものに置き換えていくと。設備投資額としても工事の物量としてもある程度抑えた上で、早期にこういったガス化のシステムを実装していくために、既存のボイラーと蒸気タービンの設備を流用する形でシステムを計画したという経緯でございます。これはトランジション、過渡的なシステムとして計画したものでございまして、行く行く最終形としては IGCC、複合発電の形に置き換えていって、ボイラーと既設の蒸気タービンは廃止する形になると思いますけれども、そういった形に置き換えていきます。その第一弾として、まずはガス化、それからガスタービンといったところをできるだけ早期に実装させるためにこの計画を検討してまいったという経緯でございます。以上、回答とさせていただきます。

【清水分科会長】 ついでに少し申しますと、私も昔に少し計算をしたことがありまして、天然ガスのガスタービンの出口地点は 600 度ぐらいの排ガスしかなくて、あまりよい蒸気は取れないということで、それに少し追加の燃料を加えると蒸気条件の向上が可能であると。そういう試算をしたことがありまして、逆に微粉炭火力は非常に高温が出るのですけれども、そこで割と低い温度の加熱をすると温度落差が大きいので、当然そのエクセルギーロスが出るということも一つあると思います。ちょっと追加のコメントです。オブザーバーの方、どうもありがとうございました。

それでは、今後の社会実装、その他マネジメント、将来計画について全般的な形で何かご質問ございませんでしょうか。倉本委員お願いいたします。

【倉本委員】 事前質問の繰り返しで恐縮ですが、1点確認といえますか、コメントをいただければと思います。IGFCに使われる燃料電池の低コスト化について事前にお尋ねをさせていただいており、これに対する回答を読ませていただきましたが、燃料電池のところは、特に日本の研究開発において家庭用にまず入れるということで、非常に小さいところのスタックの開発とかそちらのほうが進んでいく中で、三菱パワーシステム様だったか、三菱重工様だったか、大型のところに特化した研究開発とユニット化みたいなものが進んでいったと思うのです。そういう中で、「大量生産によるコスト削減」や「競争原理による価格の低下」という言葉が出ているのですが、このような言葉の意味するところが本当に想定している状況にあるのかどうかと。まだまだ非常に一般化されるような技術開発に乗ってきていないのではないかという印象もありまして、この2つのキーワードについてご認識のあるところがあればコメントいただきたいです。こういったところを期待してもよろしいのでしょうか。

【高橋 PMgr】 この部分に関して課題があるというのは事実でございます。また、吉井委員の質問状にて答えさせていただいているのですが、燃料電池の開発事例として、三菱重工業様と日本特殊陶業様との合弁会社である「CECYLLS 社」というところでの燃料電池の量産販売が取り組まれているという状況でございまして、それらが進んでくれば、低コスト化の期待ができるのではないかと考えているところでございます。ただ、非常に低コストのレベルを高くしなければいけないので、ここから10年間どう進んでいくかというのが課題になると考えています。

【倉本委員】 そのときに、今回研究開発で進められた大崎クールジェンのあの形で海外も含め、市場が広がっていくと。それが前提になるということですか。

【高橋 PMgr】 燃料電池の部分に関しては、ほかの事例も考えまして、どう低コスト化・量産化をしていくかを併せて考えなければいけないと思います。また、海外の部分に関しては、まだ少し分からない部分がございます。

【清水分科会長】 それでは、神原分科会長代理をお願いします。

【神原分科会長代理】 義家委員の質問にも関連するのですが、社会実装の戦略としては、まず GENESIS 松島計画で経過的措置として IGCC プラス PC ボイラー、その後 IGCC に順次変わっていくということで、そこで CCS レディなのか、CCS が出来れば非常にいいのですけれども。そういった計画のように聞こえたのですが、その辺の戦略というのはどうなのでしょう。電発様自身もそうですし、国の方向としてはどうなっていますでしょうか。

【高橋 PMgr】 電源開発の中村部長代理から説明いたします。

【清水分科会長】 お願いいたします。

【中村部長代理】 お答えいたします。まさに CCS をどの段階で組み合わせるか、組み入れるかというところは今検討しているところでございまして、先ほどのスライドにもご紹介ありましたとおり、西日本 CCS という貯留側の取組も並行して進めておりますので、その進捗もにらみながら、いつどの段階でキャプチャーを入れていくかを今計画しているところでございます。いずれにしても、ガス化から発生する CO₂ とボイラーから発生する CO₂ とそれぞれあるわけでございますけれども、プレコンバッションとポストコンバッションのどちらを優先するかという点に関しましては、プレコンバッションをつけていくということで計画したいと考えておりますが、ボイラー側のポストコンバッションの設備付加というところは今現在考えておりません。やはりボイラーが今既に 40 数年の経年ボイラーでございますので、そこに新たにつけていくというよりは、ガス化のところに手当てをしていくほうが効率的、全体としても整合が取れるだろうということを考えておりまして、今そのような形でプレコンバッションの追加というところを検討しているところでございます。以上でございます。

【清水分科会長】 ありがとうございました。それでは、西村委員お願いいたします。

【西村委員】 IGCCについては、国内では勿来と広野がもう運転を開始しておりますけれども、海外では休止している事例も多くあります。そうした海外の休止事例というのは技術的な問題なのか、あるいはエネルギーセキュリティ上、日本ほど石炭火力に依存しなくてもいいという理由なのか、そこら辺の事情についてご存じであれば教えていただければと思います。

【高橋 PMgr】 この点につきましては、はっきり分かっていません。2000 年頃にいろいろプロジェクトがあったのにもかかわらず、2020 年時代ではどんどん止まっていつているという印象があります。ただ、そこは何が理由なのか、やはり最近の石炭に対する風当たりみたいなものが影響しているのかというところはちょっと分からない状況でございます。それにより、今は休止している事例が多いということとどめさせていただきます。

【西村委員】 ありがとうございます。

【清水分科会長】 それでは、平井委員お願いします。

【平井委員】 今回の事業で CO₂ の分離回収ということで CO₂ 削減が大幅にできる、もちろん 90%回収したら 90%削減と。そこまで技術的に達成されたということは大変なことだと私自身は本当に思っております。ただ、先ほどの神原委員のご質問とも関連するのですが、CO₂ というのは量が大量に出てくるところが非常に大きな問題で、その 1 基当たり二百数十万トンという CO₂ が出てきたときに、10 基だったら二千数百万トンになるわけです。その CO₂ をどのように処理するのかと。CO₂ の行き先が、大気へ開放してしまったら何もならないわけですから、CCS について今話を伺ったのですけれども、CCS というのもいろいろなファクターがあって、すぐに今できますということでもない。もう一方、CCU だと思うのですが、量的に現在 CCU は年間百万トン程度であって、それが二千数百万トンという量に対して、例えば 10 基やったときの量に対応できるのもなかなか難しいだろうと。その点のところを NEDO のほうは、その CO₂ の行き先として、今後の先ほどの CCS の話もありますけれども、CCU と CCS をどのようなイメージを持っておられるのでしょうか。

【阿部主任研究員】 NEDO の阿部よりお答えいたします。ご質問どうもありがとうございます。おっしゃられたとおり、回収した CO₂ の行き先というのは非常に大きな課題として認識しております。また、その行き先としては CCU か CCS の 2 つが大きな行き先ですが、量的なところを言いますと、CCS に依存しなければいけないのではなかろうかという考えでございます。CCU としてはカーボンリサイクルという技術があるわけですが、そちらで転換できる量というのは、全体の中でのそれほど大きくない割合であると考えておりますので、今後の技術開発の進展次第ということもありますが、CCS を今後推進していく必要が高まってきているという認識です。今、政府でも CCS 長期ロードマップを作成して 2030 年以降の CCS 実用化を検討しておりますので、NEDO としても当然そちらを注視しながら今後の技術開発も進めていきたいと考えております。

【平井委員】 よく分かりました。ありがとうございます。

【清水分科会長】 ほかに質問ありませんでしょうか。吉井委員からは、何かご意見、ご質問はございますか。

【吉井委員】 先ほどの平井委員からの質問にも関連すると思っておりますけれども、今回評価対象となっている事業のうち、最後の CO₂ 分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発というもののの中で、前の 4 事業に対しましては CO₂ の回収ということが前面に出ていたのですけれども、この 5 つ目の事業に対しましては「CCUS」という言葉が含まれておりましたので、私のほうとしても NEDO 様のほうで、ここで「CCUS」というキーワードに変えられた理由を知りたいと思っておりました。ですが、先ほどまでの回答を伺う中で、そういった背景も踏まえつつご対応いただいていることで理解いたしました。私からは以上です。

【清水分科会長】 ありがとうございます。それでは、時間となりましたので、以上で議題 5 を終了といたします。

(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

【義家委員】 今日はどうもありがとうございました。膨大な時間と努力を積み重ねられ、非常に貴重なデータを積み重ねていらっしゃったことに心から敬意を表します。これだけの成果を社会実装につなげていくにあたって、やはり世の中の変化から考えていくとすれば、CO₂回収つき IGCC といった具体的なイメージを持って最後の形をつくっていくことが重要だと思います。そのときに、例えばガス化炉、シフト反応、物理吸収といったところはすばらしい成果が出ている中で、水素リッチなガスに対するガスタービンというところが最後に残した課題かと考えますが、そこをぜひとも乗り越えていただくこと、そして海外を含めたリアルな CCS をきちんと視野に入れてつなげていただきたいと思います。よろしくお願いいたします。

【清水分科会長】 ありがとうございます。それでは、吉井委員お願いいたします。

【吉井委員】 本日はどうもありがとうございました。石炭火力発電所といいますと、世界的に見れば二酸化炭素の排出規制が大変厳しくなっている現状でして、それに伴い、石炭火力への規制も強化されている現状だと思います。また ESG 投資の観点においても、金融機関のほうから火力発電所への投資が難しい状況があり、今後も世界的に化石エネルギーの利用を減少させていくという流れは変わらないのではないかと感じております。ただ一方で、日本のエネルギーセキュリティを考えると、長期保存が可能で供給が安定している石炭火力発電所に依然として頼らないといけないというのもまた事実だと思っております。そのような中、石炭火力発電所の CO₂ 排出量を大幅に制限できる本プロジェクトの成果というのは大変すばらしいもので、石炭火力発電所の価値見直しにつながるエポックメイキングな技術開発ではないかと考えております。

ただ、この技術の社会実装においてはまだ様々な課題が残っていると考えております。具体的な事業化に向けた施策や長期運用における信頼性の確認など、本プロジェクトのみでは未解明な部分が多く残されていますので、今後検討が必要と考えております。また併せて、本日いろいろ議論がありましたが、CCUS に向けて回収した CO₂ の使用用途、貯留方法についても並行して検討しておかないと、絵に描いた餅のような形になってしまいますので、そちらのほうもぜひ進めていただきたいと思います。これらの課題を解決しまして、新技術を実用化するための時間軸とコストを的確に見積もっていくことが重要と考えます。社会的な議論の動向、特に社会的に何に価値を見いだすのか、CO₂ を排出しないことに見いだすのか、貯留していく方向に見いだすのか、そういった価値も非常に激しく変わっております。そういったことも踏まえた上で、事業化ができるかどうかといったところの検討が必要と考えております。

本プロジェクトは大変すばらしい成果が出ておりますので、今後実用化に向けて進展しまして、持続可能なエネルギー政策の実現に貢献することを期待しております。以上です。

【清水分科会長】 ありがとうございました。それでは、平井委員お願いいたします。

【平井委員】 まず初めに、実際にこのプロジェクトを通して本当の石炭のガス化発電、しかも効率を目標までちゃんとクリアして、分離回収もできて F（注：F は燃料電池の意）も入ってきたということで、その成果に対しては本当に心より敬意を表します。今後これを本当に世の中で普及させていくときに、先ほどから「石炭が逆風」という話もありますけれども、私はやはり日本というエネルギーセキュリティを考えたときには、石炭というのは必ず必要なもので、なおかつ再生可能エネルギーだけで世の中がうまく回っていくような議論がいっぱいありますけれども、そんなことはあり得ない話で、再生可能エネルギーはお天気任せであり、いろいろな要素があって、必ず火力発電と一緒にやっていかなければいけない。そのときに火力発電が再生可能エネルギーの変動に対して対応できるような、時間に対するフレキシビリティも持っていないてはいけません。そういうことを踏まえて、それが石炭ガス化という新しい技術で社会にちゃんと受容されて普及していくときにいろいろな社会受容性と、またこれは別のアспектかもしれません、そのところをぜひ上手にやっていただいて、本当に社会に普及できる技術としてやっていただければと思います。よろしくお願いいたします。

【清水分科会長】 ありがとうございました。それでは、西村委員お願いいたします。

【西村委員】 日本にとってのエネルギーセキュリティを考えた場合には、石炭の重要性というのは今さら言うまでもなく、本事業の目的は石炭の有効利用ということだったと思います。そういった意味で、技術開発としては全般的に非常に真面目にきちんと進められていると思います。一方、本事業、大崎クールジェンの計画が立てられたときと今ではもう CO₂削減に向けての社会環境が違っております。当初は熱効率を上げるところにかなり価値があった、イコール CO₂を減らすということにはなるわけですが、今はゼロカーボンになっております。そういう意味では、IGCC と CCS とは組合せやすいので、そういったことを念頭において、このプロジェクトの発展形を考えていくのだらうと思います。それと将来的には、この IGCC という発電、それから当然、再エネとか水素やアンモニア発電というところも考慮してポートフォリオを組んで、日本としての発電構成を考えていくと思いますけれども、いずれがどういった地域にどのように導入されていくのか、既存の電源をどうリプレースしていくかという問題も絡みます。また、コストも導入量がどれをどれだけ入るかということにおいては大事だと思います。コストについても本 IGCC はもうちょっと詰められるかと思いますが、そこら辺も詰めて、本事業の成果を生かした形で社会実装に向かっていただければと思います。今日はどうもありがとうございました。

【清水分科会長】 ありがとうございました。それでは、倉本委員お願いいたします。

【倉本委員】 これまで日本という国は、石炭を使って、その後石油に変わって、オイルショックが起きてエネルギーミックスだというような歴史の中で、今石炭であると。簡単にいろいろな評価軸がずれる中で、石炭を諦めるという選択肢はないだろと思っているのですが、では石炭火力に対して何をやるかといったときに、こういった CO₂回収というところまできちんと含めた事業が 10 年以上続いたというこの事実については実施者の皆様だけではなく、これを施策として推した経産省とか NEDO の皆様にも敬意を表するところでございます。特にこの間、大崎クールジェンを見させていただきましたけれども、個々の要素に対して大崎クールジェンの皆様がそれをきちんと使いこなせるところまで経験値を上げていらっしゃる、この価値は何物にも変え難いという思いで拝見をさせていただきましたし、改めて敬意を表するところであります。そうした上で、先ほどから議論がありましたけれども、この大崎クールジェンで見えた姿、実現した姿が将来どう展開できるのかというところが次の一番大きな問題というか、決断のところなのだらうと思います。それが来年、再来年に決断できるのか分かりません。もっと先なのかもしれませんし、決断できるものでもないのかもしませんが、この部分はポリシーメイキングのところにも関わってくるかと思いますが、ぜひ皆で知恵を出し合いながらや

っていかなくはならないという思いで、今日はお昼からずっと聞かせていただきました。我々も研究所におりまして、少しでもそういったところにお力添えできればという思いも感じながらおります。今日は本当にどうもありがとうございました。

【清水分科会長】 ありがとうございます。それでは、神原分科会長代理お願いいたします。

【神原分科会長代理】 今日は、中間評価ということで皆様お集まりになったと思うのですが、実質はIGCCの終了時評価ぐらいの位置ではないかと思って聞いておりました。最初の頃からウオッチしていましたが、皆様、技術的なことを言いますが、私は安全工学というところもやっておりますので、その辺から見ますと、非常に化学の人が少ない電力会社の中で一回も事故も起こさず、特に環境にも悪影響を与えず、大崎の島の住民とも触れ合いといったところで、この事業が進んできたところに非常に成功の基があるのではないかとこのところ高く評価したいと思います。小さいことはいろいろあるのですけれども、それはやればできると。特に、最近ではコロナで2021年、2022年の初めぐらいまで多分現場は大変だったと思うのですが、かえって集中できたのかもしれないけれども、それ乗り越えてある程度の姿まで見えてきて、仮定を置けば全て計算できる、シミュレーションできる状態まで来たというのはこれにない成果だと思います。残念ながらSOFCは私の感じでは、やはり事業用の電源としてはまだまだというか、姿が見えないことがはっきりしてしまったのですけれども、それはそれで「適材適所」という言葉がありますから、いいところに使っていけばいいのだろということ、次のGENESIS松島計画としての絵も描いているようですから、また期待してウオッチしていきたいと思います。今日はどうもご苦労さまでした。

【清水分科会長】 ありがとうございます。それでは最後に私のほうからですが、この酸素吹石炭ガス化の歴史というのは、もう40年ぐらいありまして、当初はやはり効率というのが非常に重要視されてきました。その時点ではまだ空気吹ガス化のほうが効率的には有利だと。タービンを使うだけだとすると空気吹きだと言ったのですが、そういう状況でもたゆまぬ努力を続けておられて、CO₂問題ということで今度は回収を考えると、逆に酸素吹きでCO₂濃度を高くして取りやすくするというのが今度は優位性が出てきそうだということになりまして、社会的背景というのがかなり変わってきたということもありますので、今の段階でどれかというよりも、やはりこの先社会がどう変わっても何とか対応できるようにいろいろな技術をそろえておくということの重要性がこのプロジェクトではっきり出てきたかと思います。IGCCにつきまして、この後GENESIS松島計画で具体的に社会実装ということで、当面はガス化タービンですが、将来はCO₂回収も含めた将来像が見えてきているということで、非常にある種の成功に近いところまで来ていると。まだまだ細かいところでいろいろ改善の余地はあると思いますが、この先も改良を続けて、ぜひ安定したエネルギー供給につなげていただきたいと思います。私からは以上です。

【對馬専門調査員】 ありがとうございます。それでは、推進部長より一言よろしく願いいたします。

【福永部長】 NEDO 環境部の福永でございます。先ほどまでのご議論において、幾つかのCCUSや石炭の国際環境について上げられていましたので、私からも簡単に補足をさせていただきます。まずCCSについては、経済産業省のほうで今年3月にロードマップが策定をされ、2030年の事業化、それから2050年に年間貯留量1.2億トンから2.4億トンを目指し、事業環境を今後整備していくという方針が示されております。私どもNEDOとしましても、この方針にのっとって石炭火力から出たCO₂をこのCCSでやっていくというのが第一の候補かと思っております。その上で、CCUでリサイクルをしていくということも同時に開発をしております。このOCGの隣のカーボンリサイクル拠点でもそうですし、ほかのグリーンイノベーション基金を含めて、化学品にするとか、あるいは燃料にしていくということも同時に研究開発しております。こういったことを一体となつて進めてまいりたいと思っております。それから、「石炭に関しての情勢の変化」という言及も委員の先生方から幾つかござい

ました。特に直近目立って何か変化があるということは私も感じておりませんが、また少し別の話になりますけれども、例えば合成燃料については今年の春先に EU が若干を認めていくというようなこともありましたし、これは状況によって様々な変化があり得ることも認識しております。そうしたところを我々のほうでもしっかりキャッチをして事業の推進に生かしていきたいと思ひますし、NEDO だけでは残念ながら力不足のところもありますので、経済産業省あるいは CCS については JOGMEC が今後の調査を含めてやっていくことになっておりますので、そういったところとの橋渡し役となつてこの事業をしっかり進めていきたいと思ひます。以上です。どうもありがとうございました。

【清水分科会長】 ありがとうございました。それでは、以上で議題 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 における技術評価について
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	事業原簿（公開）
資料 8	評価スケジュール
番号なし	質問票（公開 及び 非公開）

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／①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」（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	委員名	回答
			説明
公開資料 5 P.23	燃料電池の低コスト化について、課題解決の方策はあるのか。低コスト化ができなければ、IGFC 商用化は難しいか。	神原 分科会長 代理	燃料電池の低コスト化に向けては、セルスタックの高性能化や量産化の技術開発が引き続き必要と考えております。また、今後の燃料電池の市場規模の拡大により、実際に大量生産によるコスト削減が達成され、競争原理により価格が低下していくことを期待しております。 IGFC 商用化に向けてはさらなる高圧・大容量の燃料電池が必要となることから、燃料電池の低コスト化は必要な条件の一つと考えております。また、IGCCと比較し、経済性だけでなく、運用性・保守性・敷地制約など総合的に評価し、今後の IGFC の商用化について検討していく必要がございますが、現時点では燃料電池のコストが最も大きな課題と認識しております。
公開資料 5 P34	IGFC の要となる燃料電池であるが、今回の OCG で導入したような大型 SOFC の低コスト化の余地は何処に、どの程度あるのか？（今回の実証事業の検討範囲から外れていれば本質問は取り下げます。）	倉本 委員	燃料電池の低コスト化に向けては、セルスタックの高性能化や量産化の技術開発が引き続き必要と考えております。また、今後の燃料電池の市場規模の拡大により、実際に大量生産によるコスト削減が達成され、競争原理により価格が低下していくことを期待しております。

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
公開資料 5 P56	システム基本性能として 1.2MW の都市ガス仕様 SOFC の適応性が検討されている。運用の工夫などにより安定した発電が実現できたことは評価に値する。この実証に用いた SOFC であるが、これ自体をスケールアップして発電容量を上げるのか。それとも、現在のスケールが最終形であるとし、これを複数設置して運用する想定か？	倉本 委員	IGFC 商用機においては、高圧大容量の SOFC の開発が必要であり、モジュールの性能向上による発電容量アップ、スケールアップ、複数設置を組み合わせ、経済性・運用性・保守性の高い SOFC のシステムを今後検討する必要があります。
公開資料 5 P17-18	世界的な石炭利用に関する状況が大きく変化している中で、本事業で得られた知財戦略、特に海外展開について、事業開始時の想定から大きく変更しなければならないようなことがあるか？	倉本 委員	本件技術の適用先は、事業開始当初の国内発電事業向けの想定から、近年は海外（産炭国かつ CCS 適地）における脱炭素燃料（ブルー水素）製造事業等への拡がりが見込まれる状況に変化しております。海外事業においては、当該国の適用法規・技術基準に準拠した設計製作を行う必要があります。海外メーカー工場にて機器製作をするケースが想定されます。このため、本事業で獲得した知財については必要に応じて国際出願による権利化を図っており、将来の海外展開時に適切な権利保護がなされるよう進めております。また、機器設計や運転を通じて獲得したノウハウについては設計アルゴリズムや運転指針等に反映するが、コアな部分については秘匿化しノウハウ流出を防止する方針としております。
公開資料 5 P23	大型燃料電池に関してコストの低減が必要と示されているのに対して、IGFC 商用機の社会実装が進む可能性があるという結論は議論が飛躍している。現時点での大型燃料電池のコスト	吉井 委員	燃料電池については NEDO 事業でも各種研究開発が進められ研究開発段階は終了し、それらの成果を本事業に活用することにより、IGFC 実証成果として実用化された際の発電効率を試算する事が出来ました。課題である燃料電池のコスト低減が進めば、2030 年度以降の IGFC 商用機の社会実装が進む可能性が有

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
	や技術開発状況などを含めて補足いただきたい。		ると考え、記載しました。燃料電池の低コスト化に向けた動向としては、三菱重工業と日本特殊陶業の合弁会社であるセシルス社が設立され、燃料電池の量産、販売に取り組んでいます。今後、量産効果が出てくれば低コスト化が期待出来ます。
公開資料 5、 P24,P25	波及効果はCO ₂ 分離・回収型 IGCC での試算額となっているが、アウトカム目標達成時の効果はCO ₂ 分離・回収型 IGFC での試算額となっている。一般の方にミスリードが生じないよう、注意書きを加えるなど資料を工夫していただきたい。	吉井 委員	P24 の「波及効果」は、IGFC の建設コストを示す根拠データが無いため、本事業の成果の一部であり建設コストの根拠データがある酸素吹き IGCC 及び CO ₂ 分離・回収型 IGCC 設備の建設による経済効果を記載しています。 一方、P25 の「アウトカム目標達成時の効果」には、アウトカム目標達成時の CO ₂ 分離・回収型 IGFC の売電売上を試算して記載しています。 よって、注意書きとして「IGFC の建設コストの根拠データが無いため、酸素吹き IGCC 及び CO ₂ 分離・回収型 IGCC 設備の建設による経済効果試算を記載」と記載します。
公開資料 5、 P16、P28	「CO ₂ 分離・回収負荷変動に対応するガスタービン燃焼器の要素技術開発」が掲げられていますが、 OCG メインフローのガスタービンの水素混焼率依存性試験において水素混焼率 25-100% の試験は 2025 年度までに可能でしょうか。もし不可能である場合、燃焼器への水素混焼率依存性だけの試験で、「負荷変動対応に関わる要素技術」として十分といえるのでしょうか。	義家 委員	本事業では、急速な負荷変化に対応させるための IGCC システムとして負荷変化対応型の CO シフト装置を考案し、それに伴い幅広く変化する水素濃度に対応可能な燃焼器の要素開発を実施しています。OCG の現状設備は、高濃度の水素のガスを生成する事が出来ないため、本事業では、高濃度の水素が準備できる実験設備で実施する計画と致しました。 負荷変動に対する GT の他の部分の開発は今回対象とした 6.7%load/min であれば現状の技術でも対応可能であるとともに、より速い負荷変動への対応技術として「機動性に優れる広負荷帯高効率 GT の開発」事業を実施済みです。

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
公開資料 5、 P23	GENESIS 松島計画においてガス化システムと超臨界微粉炭火力を組み合わせる理由が分かりません。CO ₂ 貯留に向けた集約化については理解できますが、蒸気系を連結することの長所は何でしょうか。	義家 委員	電源開発(株)は、2050 年のカーボンニュートラルと水素社会実現に向けた取組みを、『J-POWER “BLUE MISSION 2050”』として表明しております。具体的な取組みの一つとして、ガス化設備や CO ₂ 分離・回収設備を既存設備に付加することで、経済合理的かつ早期の CO ₂ フリー水素発電実現を目指すとともに、環境負荷を低減しつつ電力の安定供給を維持することを掲げております。蒸気連係することにより、電力の安定供給(容量 50 万 kW 維持)・経済性確保(追設ガス化システムは蒸気タービン不要、連係後のプラント全体の発電端熱効率向上など)・工程短縮(加速性)が可能となる点を長所と捉えております。

参考資料 2 評価の実施方法

NEDO における技術評価について

1. NEDO における技術評価の位置付けについて

NEDO の研究開発の評価は、事業の実施時期毎に事前評価、中間評価、終了時評価及び追跡評価が行われ、研究開発のマネジメントにおける PDCA サイクル（図 1）の一角と位置づけられています。さらに情勢変化の激しい今日においては、OODA ループを構築し、評価結果を計画や資源配分へ適時反映させることが必要です。

評価結果は、被評価事業等の資源配分、事業計画等に適切に反映させることにより、事業の加速化、縮小、中止、見直し等を的確に実施し、技術開発内容やマネジメント等の改善、見直しを的確に行っていきます。

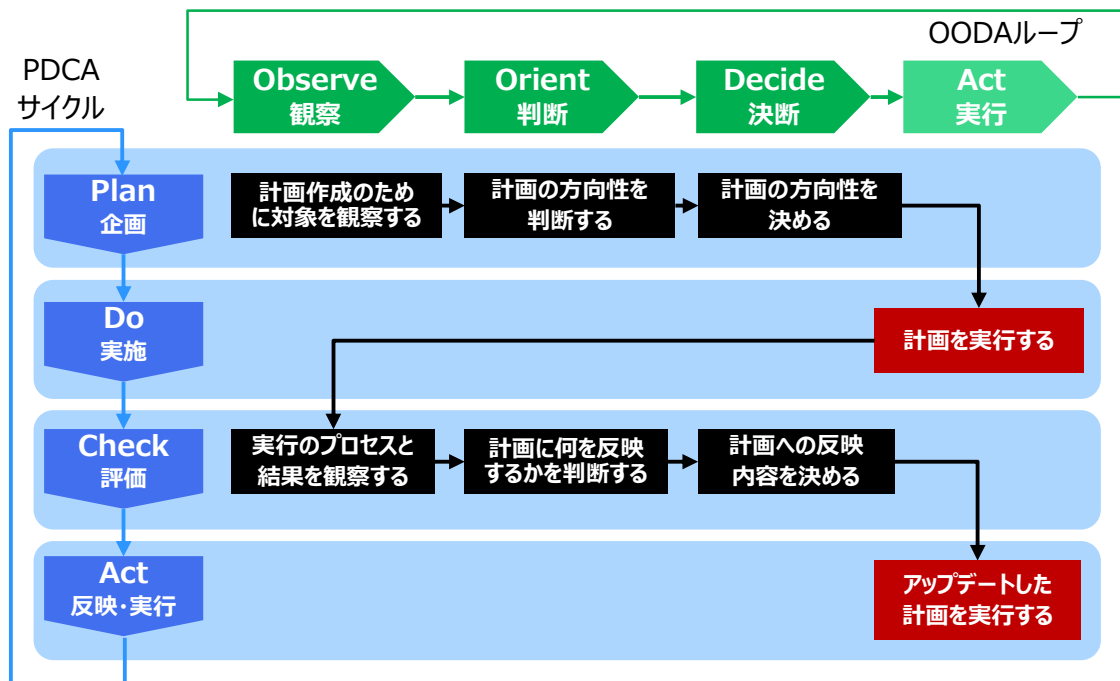


図 1 研究開発マネジメント PDCA サイクルと OODA ループ組み合わせ例

2. 技術評価の目的

NEDO では、次の 3 つの目的のために技術評価を実施しています。

- (1) 業務の高度化等の自己改革を促進する。
- (2) 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。
- (3) 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。

3. 技術評価の共通原則

技術評価の実施に当たっては、次の5つの共通原則に従って行います。

- (1) 評価の透明性を確保するため、評価結果のみならず評価方法及び評価結果の反映状況を可能な限り被評価者及び社会に公表する。なお、評価結果については可能な限り計量的な指標で示すものとする。
- (2) 評価の明示性を確保するため、可能な限り被評価者と評価者の討議を奨励する。
- (3) 評価の実効性を確保するため、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法を採用する。
- (4) 評価の中立性を確保するため、可能な限り外部評価又は第三者評価のいずれかによって行う。
- (5) 評価の効率性を確保するため、研究開発等の必要な書類の整備及び不必要な評価作業の重複の排除等に務める。

4. プロジェクト評価の実施体制

プロジェクト評価については、図2に示す実施体制で評価を実施しています。

- (1) 研究開発プロジェクトの技術評価を統括する研究評価委員会をNEDO内に設置。
- (2) 評価対象プロジェクト毎に当該技術の外部の専門家、有識者等を委員とした分科会を研究評価委員会の下に設置。
- (3) 同分科会にて評価対象プロジェクトの技術評価を行い、評価報告書（案）を取りまとめた上、研究評価委員会に諮る。
- (4) 研究評価委員会の審議を経て評価報告書が確定され、理事長に報告。

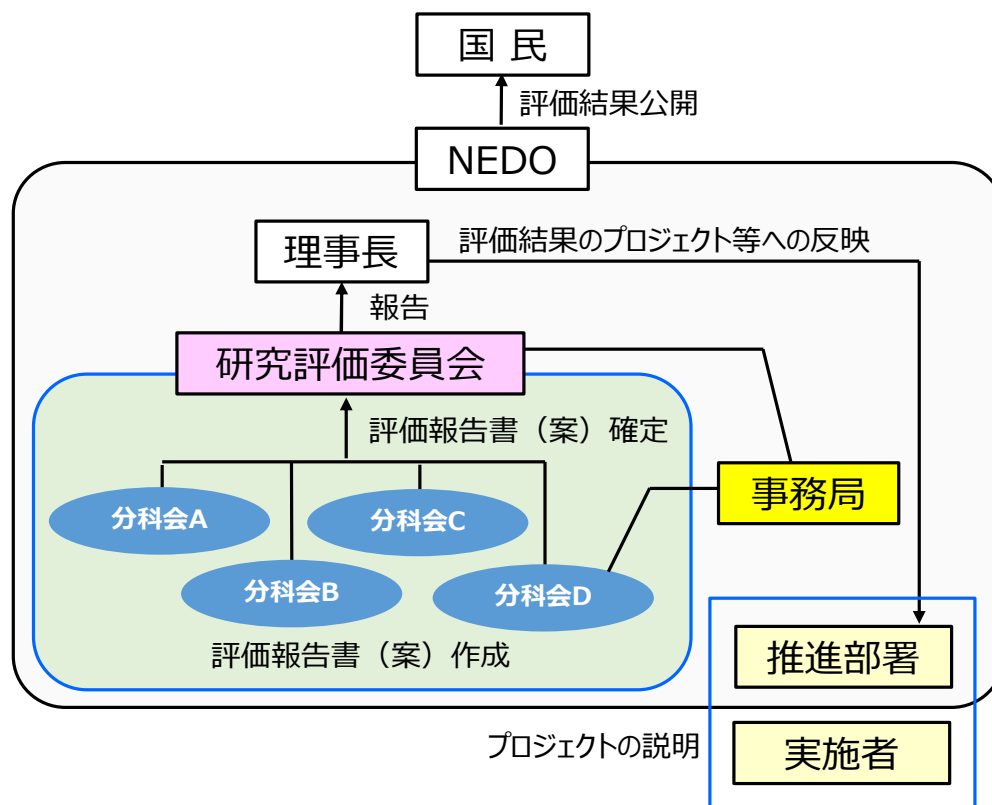


図2 評価の実施体制

5. 分科会委員

分科会は、研究開発成果の技術的、経済的、社会的意義について評価できる NEDO 外部の専門家、有識者で構成する。

6. 評価手順

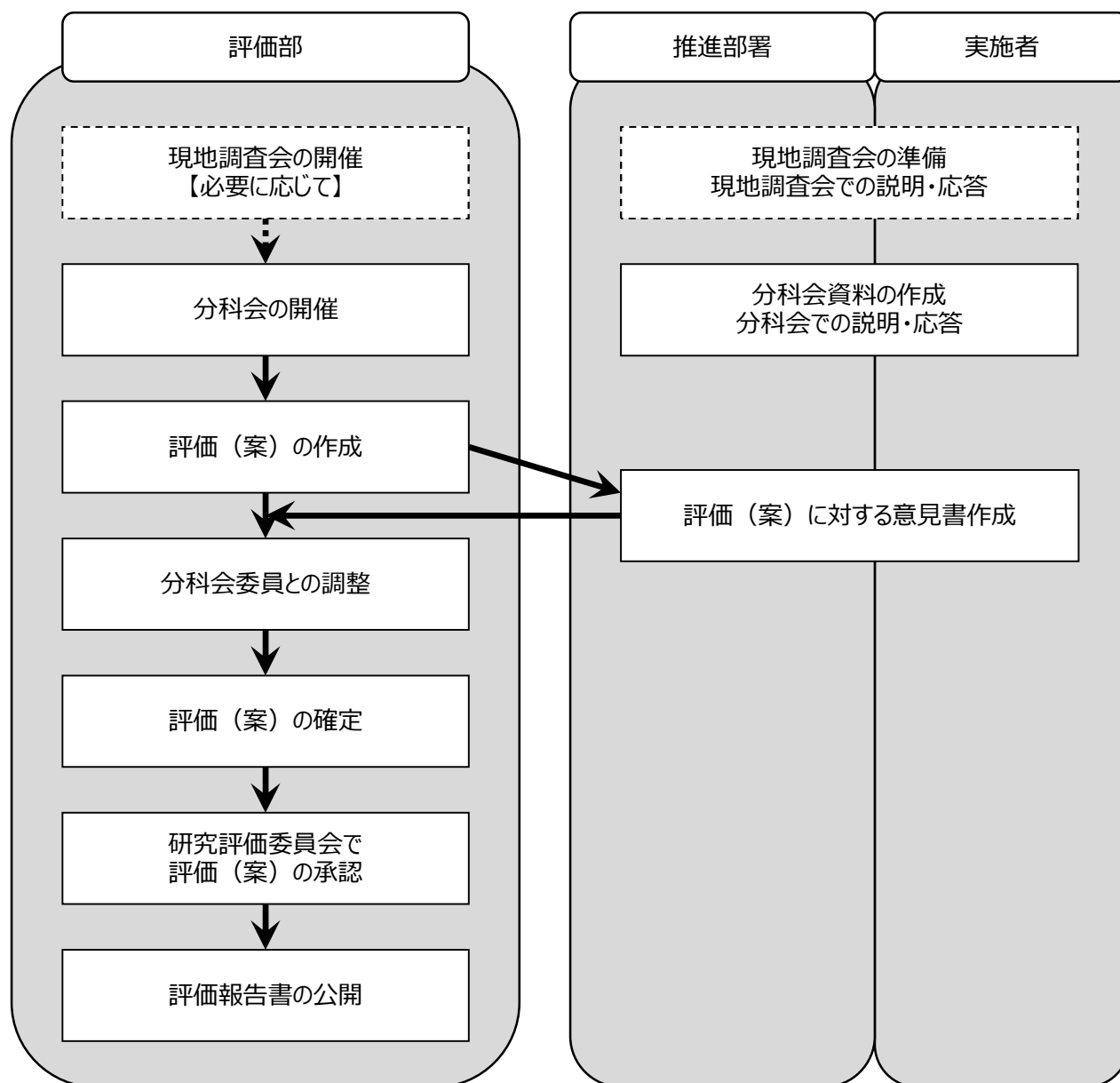


図3 評価作業フロー

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発」
①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業（中間評価）分科会に係る
評価項目・評価基準

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

(1) 本事業の位置づけ・意義

- ・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）や上位のプログラム及び関連する政策・施策における位置づけが明確に示された上で、それらの目的達成にどのように寄与するかが明確に示されているか。
- ・外部環境（内外の技術・市場動向、制度環境、政策動向等）の変化を踏まえてもなお、本事業は真に社会課題の解決に貢献し、経済的価値が高いものであり、国において実施する意義があるか。

(2) アウトカム達成までの道筋

- ・「アウトカム達成までの道筋」※の見直しの工程において、外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を考慮しているか。

※ 「アウトカム達成までの道筋」を示す上で考慮すべき事項

- ・将来像（ビジョン・目標）の実現に向けて、安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組が網羅されていること。
- ・官民の役割分担を含め、誰が何をどのように実施するのか、時間軸も含めて明確であること。
- ・本事業終了後の自立化を見据えていること。
- ・幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組が行われていること。

(3) 知的財産・標準化戦略

- ・オープン・クローズ戦略は、実用化・事業化を見据えた上で、研究データを含め、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されており、外部環境の変化等を踏まえてもなお、妥当か。
- ・本事業の参加者間での知的財産の取扱い（知的財産の帰属及び実施許諾、体制変更への対応、事業終了後の権利・義務等）や市場展開が見込まれる国での権利化の考え方は、オープン・クローズ戦略及び標準化戦略に整合し、研究開発成果の事業化に資する適切なものであるか。
- ・標準化戦略は、事業化段階や外部環境の変化に応じて、最適な手法・視点（デジュール、フォーラム、デファクト）で取り組んでいるか。

2. 目標及び達成状況

(1) アウトカム目標及び達成見込み

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトカム指標・目標値を適切に※見直しているか。
- ・アウトカム目標の達成の見込みはあるか（見込めない場合は原因と今後の見通しは妥当か）。
- ・費用対効果の試算（国費投入総額に対するアウトカム）は妥当か。

※ アウトカム目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）と関係のあるアウトカム指標・目標値（市場規模・シェア、エネルギー・CO₂削減量など）及びその達成時期が適切に設定されていること。
- ・アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていること。
- ・アウトカム目標の設定根拠は明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標が設定されていること。

(2) アウトプット目標及び達成状況

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に※見直しているか。
- ・中間目標は達成しているか。未達成の場合の根本原因分析や今後の見通しの説明は適切か。
- ・副次的成果や波及効果等の成果で評価できるものがあるか。
- ・オープン・クローズ戦略や実用化・事業化の計画を踏まえて、必要な論文発表、特許出願等が行われているか。

※ アウトプット目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・アウトカム達成のために必要なアウトプット指標・目標値及びその達成時期が設定されていること。
- ・技術的優位性、経済的優位性を確保できるアウトプット指標・目標値が設定されていること。
- ・アウトプット指標・目標値の設定根拠が明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標（技術スペックとTRL※の併用）により設定されていること。

※TRL：技術成熟度レベル（Technology Readiness Levels）の略。

3. マネジメント

(1) 実施体制

- ・執行機関（METI/NEDO/AMED 等）は適切か。効果的・効率的な事業執行の観点から、他に適切な機関は存在しないか
- ・実施者は技術力及び実用化・事業化能力を発揮しているか。
- ・指揮命令系統及び責任体制は有効に機能しているか。
- ・実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化・事業化を目指した体制となっているか。
- ・個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）は適切か。
- ・本事業として、研究データの利活用・提供方針等は、オープン・クローズ戦略等に沿った適切なものか。また、研究者による適切な情報開示やその所属機関における管理体制整備といった研究の健全性・公平性（研究インテグリティ）の確保に係る取組をしているか。

(2) 受益者負担の考え方

- ・委託事業の場合、委託事業として継続することが適切[※]か。補助事業の場合、現状の補助率の設定を続けていくことが適切[※]か。

※ 適切な受益者負担の考え方

- ・委託事業は、「事業化のために長期間の研究開発が必要かつ事業性が予測できない[※]、又は、海外の政策動向の影響を大きく受けるために民間企業では事業化の成否の判断が困難な場合において、民間企業が自主的に実施しない研究開発・実証研究」、「法令の執行又は国の政策の実施のために必要なデータ等を取得、分析及び提供することを目的とした研究開発・実証研究」に限られていること。
- ※「長期間」とは、技術特性等によって異なるものの「研究開発事業の開始から事業化まで10年以上かかるもの」を目安とする。「事業性が予測できない」とは、開発成果の収益性が予測不可能であり、民間企業の経営戦略に明確に記載されていないものとする。
- ・補助事業は、事業化リスク（事業化までの期間等）に応じて、段階的に補助率を低減させていくなど、補助率が適切に設計されているものであること。

(3) 研究開発計画

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえ、アウトプット目標達成に必要な要素技術、要素技術間での連携、スケジュールを適切に見直しているか。
- ・研究開発の進捗を管理する手法は適切か（WBS[※]等）。進捗状況を常に関係者が把握しており、遅れが生じた場合、適切に対応しているか。

※WBS：作業分解構造(Work Breakdown Structure)の略。

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／①石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」（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
【1】 CCS 長期ロードマップなどを踏まえ、CO₂分離・回収型 IGCC、IGFC 商用機の社会実装を 2030 年以降としているが、社会情勢によってはより早い時期での CO₂分離・回収要請が高まることも考えられることから、早急に実運用し、運用の中で技術的改善を行うというステップも考えられる。 【2】 分離・回収した CO₂の量は、発電所あたり数百万トンの膨大な量になることから、回収後の CO₂の貯留場所・規模・輸送方法なども併せて具体的なビジョンを示していくことが期待される。 【3】 CO₂分離・回収型 IGFC のアウトカム目標達成見込みについては、大型燃料電池のコストや本事業で導入された SOFC ユニットに関するこれまでの試験結果だけで 500MW 級 IGFC を想像するのはやや困難であると考ええる。当面は、本事業による社会実装の目標をガス化、CO₂分離・回収と水素ガスタービンを組み合わせた CO₂分離・回収型 IGCC 技術の実用化を目	【1】 大崎クールジェン株式会社の親会社である電源開発株式会社で計画している GENESIS 松島計画は、将来的に CCS（CO₂ 地中貯留）が実現した際には CO₂ 分離・回収設備を併設出来る計画となっていることから、CO₂を部分回収する設備を早期に導入・運用し、実運用の中で技術的改善を図りながら大規模化していくというケースについても検討することになっている。 【2】 CCS 長期ロードマップの方針を踏まえ、電源開発株式会社では、国内 CCS の事業化に向けた準備を加速するため、ENEOS グループと合弁会社「西日本カーボン貯留調査株式会社」を設立し、西日本地域において、CO₂ 貯留候補地選定のための探査・評価などの事業化に向けた準備を推進するとしており、この中で、回収後の CO₂の貯留場所・規模・輸送方法などの計画の検討を進めている。 【3】 当面は、CO₂分離・回収型 IGCC の実用化を優先的に目指すこととし、「CO₂分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発」と本事業全体での更なる連携と協力を推進するため事業者間の技術交流会等を活用する。

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
指すこととし、「CO₂ 分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発」について、本事業全体でのさらなる連携と協力を期待する。 【4】脱炭素の社会的要請が著しく大きくなった 2023 年の現状に配慮して、本事業で得られてきた多くの研究開発成果に関しても、社会実装に向けた選択的加速が行われることを期待する。	【4】電源開発株式会社では、2050 年カーボンニュートラル実現に向け「J-POWER BLUE MISSION 2050」を策定し、本事業で得られた成果を活用した社会実装の姿として「J-POWER GENESIS Vision 全体構想」を公表している。大崎クールジェンプロジェクトで得られた成果は本ビジョンを構成するシステムの中核を成す技術であり、今後、GENESIS 松島計画や後継プロジェクトを通じてカーボンフリー石炭利用技術の早期実装に繋げる事を考えている。

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 三代川 洋一郎

担当 對馬 敬生

* 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