

「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業」
事前評価報告書

平成24年6月

産業構造審議会産業技術分科会

評 価 小 委 員 会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」(平成20年10月31日、内閣総理大臣決定)等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」(平成21年3月31日改正)を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業の事前評価であり、評価に際しては、当該研究開発事業の新たな創設に当たっての妥当性について、省外の有識者から意見を収集した。

今般、当該研究開発事業に係る検討結果が事前評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(小委員長:平澤 冷 東京大学名誉教授)に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成24年6月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委員名簿

委員長	平澤 冷	東京大学 名誉教授
	池村 淑道	長浜バイオ大学 バイオサイエンス研究科研究科長・学部学部長 コンピュータバイオサイエンス学科 教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環 教授 東京大学生産技術研究所 教授
	太田 健一郎	横浜国立大学 特任教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター 教授
	鈴木 潤	政策研究大学院大学 教授
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所 所長
	森 俊介	東京理科大学理工学部経営工学科 教授
	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部 主席研究員

(委員敬称略、五十音順)

事務局:経済産業省産業技術環境局技術評価室

固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業の評価に当たり
意見をいただいた外部有識者

恩田 和夫 豊橋技術科学大学 名誉教授 客員教授

里見 知英 燃料電池実用化推進協議会（FCCJ） 企画部 部長

速水 征志 一般社団法人日本ガス協会 技術開発部
燃料電池・水素グループマネージャー
兼 業務部業務推進グループ 部長

（敬称略、五十音順）

事務局：資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部
新エネルギー対策課 燃料電池推進室

固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業の評価に係る省内関係者

【事前評価時】

資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部
新エネルギー対策課 燃料電池推進室 小見山 康二(事業担当室長)

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 岡本 繁樹

固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業事前評価
審 議 経 過

○新規研究開発事業の創設の妥当性に対する意見の収集(平成24年5月)

○産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(平成24年6月4日)

・事前評価報告書(案)について

目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 委員名簿

固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業事前評価に当たり意見をいただいた外部有識者

固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業の評価に係る省内関係者

固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業事前評価 審議経過

ページ

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. 技術に関する施策の概要 | 1 |
| 2. 新規研究開発事業の創設における妥当性等について | 1 |
| 3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等 | 4 |

第2章 評価コメント

5

第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針

8

参考資料 固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業の概要(PR資料)

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要

固体酸化物形燃料電池（SOFC）は発電効率が高く、天然ガスや石炭ガス等の多様な燃料にも対応が可能であり、家庭用コージェネレーションシステム（エネファーム）などの小型分散型から、より発電容量の大きい業務用、産業用システムまで幅広い適応性を持つことから、実用化に高い期待が寄せられている。

本事業では、定置用として利用されているSOFC等の実用化推進と更なる普及に向けて、耐久性・信頼性・性能向上及び低コスト化に資する基盤技術開発として加速劣化試験方法の確立を行う。

また、実用化技術実証として、業務用SOFC及び集合住宅向けSOFCの市場を拡大するために耐久性・信頼性を向上及び技術課題を抽出し実用化の促進を目指した技術実証を行う。

さらに火力発電システムの大幅な効率向上を目指し、既存のガスタービン複合発電システムにSOFCを組み合わせたトリプルコンバインドサイクルシステムの実用化の要素技術を開発する。

なお、次世代燃料電池技術開発として、提案公募で従来の燃料電池に関する技術にとられない新たな燃料電池に関する技術開発を行う。

2. 新規研究開発事業の創設における妥当性等について

①事業の必要性及びアウトカムについて（研究開発の定量的目標、社会的課題への解決や国際競争力強化への対応等）

・事業の必要性（どのような社会的課題等があるのか？）

2011年の東日本大震災以降、我が国の発電事業部門の状況を踏まえると、化石燃料の高効率利用、燃料多様化、CO₂排出量削減等の諸課題の解決に向けた取組みを一層強化する必要性が高まっている。

本事業は、CO₂排出量削減・発電効率が共に高い、SOFCの実用化推進と更なる普及拡大に向けて、耐久性・信頼性・性能向上及び低コスト化に資する基盤技術開発及び実用化技術実証を行うものである。

一方、3～数10kWクラスの分散型電源について、現行は、主にガスエンジンで構成されているが、系統電源より発電効率が低く、かつ高価なため、普及が進んでいない。こうした市場に業務用SOFCシステムを導入することで、CO₂削減、一次エネルギー削減に大きく寄与することが期待できる。

また、従来のガスタービン-蒸気タービンからなる複合火力発電の発電効率は40～50%であるが、これにSOFCを組合せたトリプルコンバインドサイクルシステムにより、更に高効率な発電が可能となる。

さらに新たな燃料電池に関する技術を開発することにより、さらなる高効率化が期待できる。

・アウトカム（目指している社会の姿）の具体的内容とその時期

エネファームの本格的普及により、国内一般家庭における大幅なCO₂削減と省エネが達成される。

3～数10kWの業務用SOFCは、熱需要の少ない小規模事務所ビルやコンビニエンス

ストア等を市場として、2015年に初期市場導入し、2020年に本格普及を実現する。

また、トリプルコンバインドサイクルシステムについては、SOFCセルスタックの開発、ガスタービンとの連携技術の開発を進めることにより、発電効率60%を目標とした「小型GTCC-SOFCトリプルコンバインドサイクルシステム」に必要な要素技術を確立し、その後の実証試験を経て、2019年以降に市場へ導入される。

さらには、小型GTCC-SOFCトリプルコンバインドサイクルシステムのノウハウをベースに、発電効率70%以上を目標とした事業用集中電源システムとして、1000MW級超の大型事業用火力トリプルコンバインドサイクルシステムの確立をはかり、2022年以降に社会へ普及する。

・アウトカムが実現した場合の経済や競争力、問題解決に与える効果の程度

SOFCは、天然ガスのみならず、LPG、液体燃料（灯油・軽油）、石炭ガス化ガスを適用することができるため、多様な燃料が利用できる。それにより、将来の緊急用電源や発電設備の燃料多様化にも対応可能となることから、電力の安定供給や資源確保を含めたエネルギーセキュリティの向上にもつながる。

トリプルコンバインドサイクルシステムについては、実用化がなされれば、世界をリードし、将来的には諸外国にも日本発の高効率発電技術を提供することができ、国内産業の振興に寄与すると共に、新産業の創出により国内の多くの産業分野（エネルギー、重工業、材料、ガスタービン、発電機等、ファン、インバータ等）への雇用創出が期待できる。

・アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標（技術的成果等）の具体的内容とその時期

「3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等」における各ロードマップ参照。

トリプルコンバインドサイクルシステムの要素技術に関しては、2014年度（平成26年度）末において、以下に示すトリプルコンバインドサイクルシステムの実用化に資するSOFCの要素技術を確立することを目標とする。

○トリプルコンバインド
サイクルシステム

発電規模（送電端）：数十MW以上（百MW未満）

発電効率（送電端）：60%LHV以上

建設コスト：25万円/kW以下

○上記のうち、SOFC

発電規模：10～20MW

運転圧力範囲：大気圧～約3MPa

耐久性：9万時間（電圧低下率0.1%/1,000時間以下）

製造コスト：30万円/kW以下

②アウトカムに至るまでの戦略について

・アウトカムに至るまでの戦略（研究開発のみならず、知財管理の取扱、実証や国際標準化、性能や安全性基準の策定、規制緩和等を含む実用化に向けた取組）

SOFCの国際標準化、安全性基準の策定に関しては、国際電気標準会議（IEC）の燃料電池技術専門委員会（TC105）で検討している。日本が主導して、超小型から大容量の燃料電池システムに関する安全性、性能評価試験方法、互換性を、JISと整合する形で国際標準化を進めている。

・成果のユーザーの段階的イメージ・仮説（技術開発成果の直接的受け手や社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤーは誰か）

セルスタック・モジュールメーカー、システムメーカー、エネルギー会社及び研究機関を想定。

③次年度に予算要求する緊急性について

東日本大震災の影響により、今後の電力供給体制が見直されることが予測される中で、家庭用・業務用分散電源の高効率化、新設及び既設の火力発電の高効率化などを達成することができる本提案技術の実用化は、省エネルギーによる電力の安定供給に大いに寄与するとともに、CO₂排出量の削減に貢献できるため、早急に進めるべきものである。

④国が実施する必要性について（未来開拓研究、民間とのデマケの整理等）

・科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性（我が国が強みを持ち、世界に勝てる技術分野か、また、他の研究分野等への高い波及効果を含む）

平成23年度特許庁が実施した燃料電池分野の特許出願技術動向調査報告書によると、2005年～2009年に日米欧中韓に出願された特許のうち、SOFCにおいては上位10位を占めるとともに、上位30社のうちの17社が国内企業であり、卓越性、先導性が認められる。

・未来開拓研究、民間とのデマケの整理

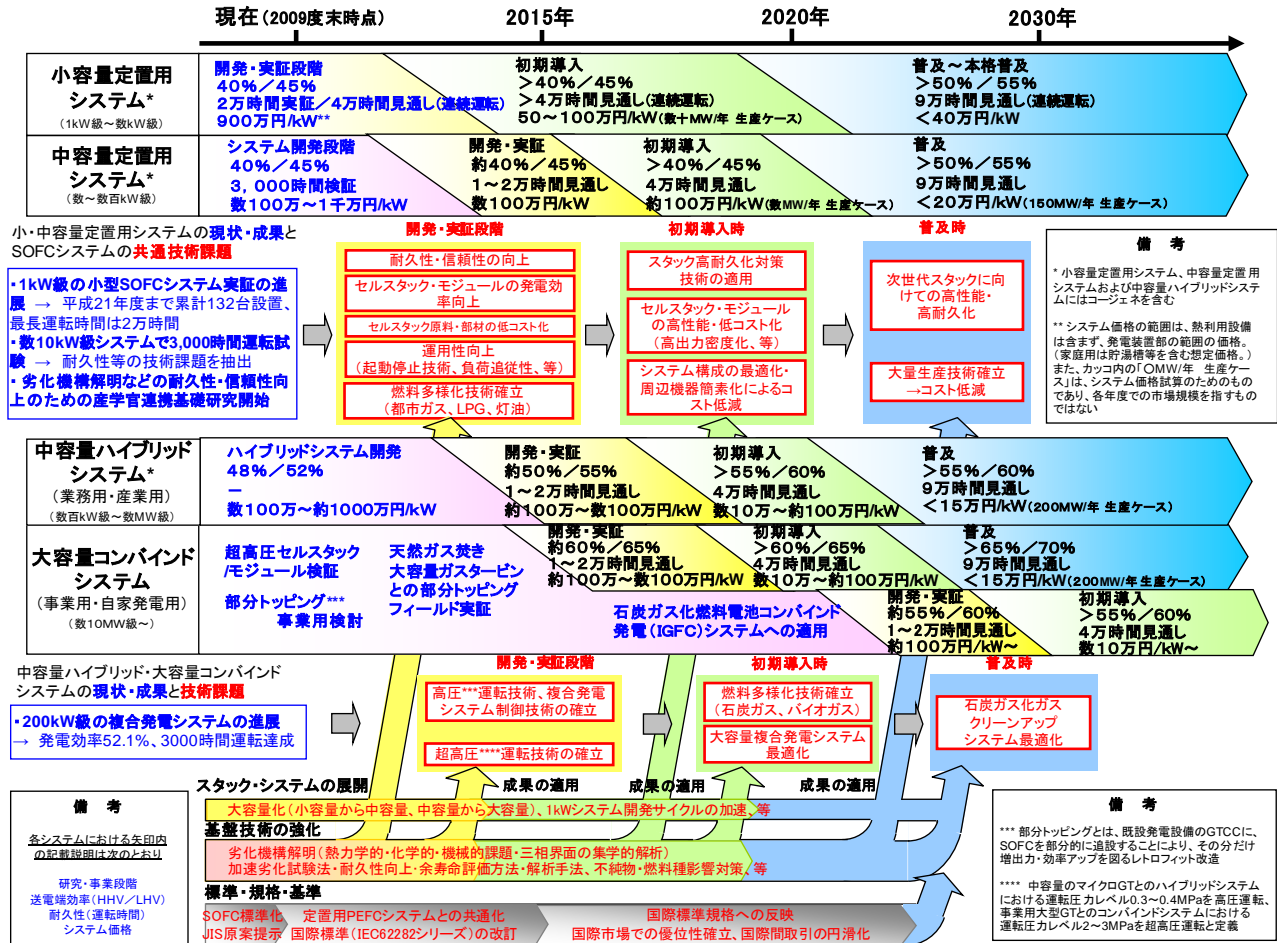
本事業は、国内産業の競争力の向上に向けて、限られた期間でコストの削減等を実現しようとするものであり、これまでの事業で培った知見等に基づいて産官学が連携して発展的に取り組む必要がある。

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

特段なし

3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等

固体酸化物形燃料電池(SOFC)ロードマップ ～小容量システムでの技術確立から中・大容量システムへの展開により最高効率発電を実現～



第2章 評価コメント

新規研究開発事業の創設の妥当性に対するコメント

東日本大震災以降の原子力発電再開の停滞、それによる電力不足の早期解決は技術的・経済的に困難であり、エネルギー供給体制を勘案すると固体酸化物形燃料電池（SOFC）は分散型電源として有効なかつ高効率な発電技術である。また、SOFCは多様なエネルギーを利用でき、これまでの研究開発により着実に実用化に向けて進んでいることから引き続き、国がSOFCの実用化を推進することは国益にあった政策と思われる。また、国内で産業技術として確立することで産業技術の育成となり、雇用の拡大が期待できる。

なお、SOFCの機械的設計に不可欠な課題の研究は問題点が整理された段階であるが、今後も長時間耐久性・信頼性のある材料・構成をさらに向上させる必要がある。また、システム全体の削減には量産効果を念頭に置きシステム及び各 부품のサイズ・重量、周辺機器の取り回し、制御機器の共通化等も検討することが必要である。

①政策的位置付けの妥当性について

○肯定的意見

SOFCは多様なエネルギーを利用できるため、日本でのエネルギー供給体制を勘案すると有効な発電技術である。

また、発電+熱を供給する高効率コージェネレーションとしても期待できることから、省エネルギー化の推進や、災害リスクの分散を目的とした分散型電源としても有効である。

国内で産業技術として確立することで、産業技術の育成となり、雇用の拡大が期待できる。国外に展開することにより市場を地球規模に拡大することは、地球規模でのCO₂削減、エネルギーの有効活用に繋がる。

さらに、これまでの家庭用SOFCとは異なる、集合住宅等の市場を睨んで更なる高効率化・コンパクト化機器開発および実証が必要である。

ガスタービン-蒸気タービンコンバインドサイクルは日本が地道に開発し世界に普及させた技術と聞く。これに更にSOFCをトッピングされるトリプルコンバインドサイクルシステムもこの延長線にあり日本としては是非実現させたい技術である。

SOFCはこれまでの産官学連携した要素技術開発と実証研究の成果を受けて、民間の先行企業からエネファームの一端として世界に先駆け商品化が開始されたが、自立できる本格商品化までには、より一層の低コスト化、高性能化と耐久・信頼性向上という相反する課題の克服が必要であり、世界をリードする我が国の基盤研究機関と民間の連携した研究開発の支援政策は、わが国が優位性を保つSOFCという革新的技術の国際競争力を高め次世代のエネルギー産業へ育成していく面からも極めて重要であり効果的である。

○問題点・改善すべき点

燃料電池による発電出力を大きくすると、セルの数はそれに比例して増えるので、セルの不良品率はセル数に逆比例して下げる必要がある。今年度まで続くSOFCシステム要

素技術は今暫く続け、長時間耐久性・信頼性のある材料・構成を更に向上させる必要がある。

またSOFCの機械的設計に不可欠な機械的課題の研究はやっと問題点が整理された段階であり、この課題も含め100%補助で更なる信頼性・耐久性向上が望まれる。

さらにSOFCの高圧化が不可欠であるが、高圧化によるセルスタックの特性変化、特に、性能低下や劣化加速が懸念される。常に、高圧化による影響を確認して研究開発を進めてほしい。

小型GTCC-SOFCトリプルコンバインド実証は、実用化を早め、国プロで実施する必要があるが、1000MW級の大型化に関しては、大型化によるメリット、例えば、効率向上などがあれば、実施すべきだが、小型でのモジュール化によるメリット、量産効果、起動停止による発電容量調整の容易さ、メンテナンスの容易さ、など、大型にはないメリットも考慮して、進めてほしい。

SOFCとガスタービン技術のハイブリッド化による効率向上には、両者の特性を的確に活かした技術開発が不可欠。エネルギーフローの最適化など、組合せによる効率的な熱やガスなどのフローも考慮した検討を望む。常に、全体のエネルギーフローで無駄のない、高効率化を目指してほしい。

システム全体のコスト削減には、量産効果を念頭に入れて、システムおよび各 부품のサイズ・重量（生産ライン、設置などを考慮して）、周辺機器の取り回し、制御機器の共通化なども検討してほしい。

3～数10kWクラスの業務用SOFCシステムに関しては、1～数100kWクラスへと範囲を広げて、市場調査、市場規模などを十分見極める必要がある。これらを踏まえ、対象を家庭用改良も含めた数十kWクラスまで拡大してほしい。また、数百kWクラスへ向けたスケールアップへの技術的道筋を確立することが重要である。当クラスはまだフィールド試験レベルの装置が開発されておらず、今後5年間程度に涉って開発・実証運転が必要となり、2年程度の補助期間では不十分である。

②事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカム の妥当性について

○肯定的意見

わが国のエネルギー政策に貢献する分散型電源のSOFC技術として、SOFCの高効率化のポテンシャルを生かして経済性を発揮させ普及拡大に寄与できる低コスト化と、高耐久・高信頼性の両立を目指した研究開発を目標としている。更に期間電源として、最高効率の発電システムを目指す取組みとなっており、一次エネルギーとCO₂排出の大幅削減に貢献できる。

○問題点・改善すべき点

SOFCセルスタックの研究開発のためには、今年度まで実施されてきたシステム要素技術開発で行われた信頼性・耐久性の取り組みが有効であったが、より長期の耐久性を短期で評価する技術や機械的信頼性の評価技術に関して更なる改善・向上が必要である。

業務用SOFCを2015年時点で100万円/kW、5年耐久での初期市場導入の想定、ある

いはトリプルコンバインドシステムの目標価格・耐久性での市場導入は容易ではなく補助制度が必須要件となる。より低コスト化と高耐久性を目指すべきである。

③事業の優先性について

○肯定的意見

日本の原子力発電の止まった電力供給現状、シェールガス大量供給への期待や、地球温暖化防止へ向けての日本の率先的役割などから、化石燃料による高効率発電の実現が日本に今望まれる課題と思われる。燃料電池はその最有力候補である。

我が国のS O F C技術はこれまでの産官学の連携により世界をリードする技術レベルに達して初期商品化が開始されており、こうした研究開発技術と体制の経験と蓄積を生かして世界的にゆるぎない高度な商品技術を早期に確立することが、産業界の競争力強化に大きく寄与することから、重点的に推進すべきである。

○問題点・改善すべき点

特になし

④国が実施することの必要性について

○肯定的意見

S O F C技術は様々な企業が様々な材料・構造で開発を進めており広範技術基盤を要している。単独企業の取り組みだけでは多大の開発期間と原資を要することから、国主導による財政面と大学・研究機関による基礎科学面からの協調した支援策が重要かつ効果的である。

日本の国内技術であるガスタービンとS O F Cの技術を、国プロの下でコンバインドサイクル技術と組合せて、トリプルコンバインドとして効率向上を目指すことは意義がある。

ただし、ハイブリッド化には、S O F Cの高圧化が必要となり、これらを組合せるには、非常に難しい課題があり、国プロで実施することは妥当である。

○問題点・改善すべき点

燃料電池にも様々な法的規制があるため、実用化にあたっては、規制の見直しも進める必要がある。このためには、官民一体となった規制の再点検と見直しに向けた取り組みが必要である。

家庭用や業務用など、電力需要が変動する需要家においては、発電出力が需要電力を上回る時間帯もあり、負荷調整が必要となる。この場合、電力系統への逆潮流を可能にするなど、社会的受容性の拡大のための制度見直しも必要である。

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

特になし

第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針

本研究開発事業に対する評価小委員会のコメント及びコメントに対する推進課の対処方針は、以下のとおり。

【固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業】

コメント

①エンジニアリング面での問題点について

S O F Cを最前部に持ってくるトリプルコンバインドでは、高温高圧のガスが漏れない材料やシールする手法がエンジニアリングとして必要であり、やってみたら材料がもたなくて断念したという歴史がある。エンジニアリングとしてそうした課題を克服する技術ができてから実証実験に取り組むべきである。

小型、中型までは常圧レベルでやっているのだから、漏れの問題はある程度克服できていると思われるが、高圧のS O F Cとなるとエンジニアリングの観点から考えると全く別のものを作ることになる。また、現状のコンバインドサイクル発電にさらに技術的に未開発部分のあるS O F Cを付けるメリットについて経済的観点から具体的に詰めた検討が必要である。

②世界市場を見据えた事業展開の必要性

S O F C + I G C Cは世界的にも非常に大きな市場となる可能性があり、特に石炭ベースで高効率発電は燃やさないのだからS O xも出さず、環境にも優しいのだから、世界的に売り込むことが期待できる技術である。

技術開発を実施する際の国際的な状況を考えると日本はどうしても国内市場から考えるが、競合国は最初から世界市場を視野に入れており、日本が一所懸命技術開発をやっても最後にシェアをとられてしまうことになる。世界的なマーケットを最初から視野に入れて実施すべきである。

対処方針

①250kWクラスの高圧コンバインドシステムの実証試験及びトリプルコンバインドシステムの要素技術開発において、エンジニアリングの観点での課題を抽出・克服し、トリプルコンバインドシステムの実証試験につなげていく予定である。

②2012年度にトリプルコンバインドシステムの最適仕様、経済性、環境性等について検討し、国内外での導入可能性（市場性）を把握するとともに、実用化・事業化の道筋を整理する予定である。

固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業

平成25年度概算要求額 15.2億円（新規）

資源エネルギー庁
燃料電池推進室
03-3501-7807

事業の内容

事業の概要・目的

① 基盤技術開発

固体高分子形燃料電池に加え、平成23年に新しく家庭用として商品化された固体酸化物形燃料電池（SOFC）等の普及拡大に向けて、加速劣化試験など、耐久性・信頼性の向上に資する長期耐久性予測手法を確立します。

② 実用化技術実証

家庭用SOFCで培った技術を活用し、業務用SOFCの市場投入に向けて、耐久性・信頼性の向上及び技術課題を抽出するための技術実証を行います。

③ トリプルコンバインドサイクル発電システム要素技術開発

火力発電システムの大幅な効率向上を目指し、既存のガスタービン複合発電システムに大型SOFCを組み合わせたトリプルコンバインドサイクル発電システムの実用化のための要素技術を開発します。

④ 次世代燃料電池技術開発

固体高分子形燃料電池、固体酸化物形燃料電池等の従来型燃料電池と異なる次世代燃料電池に関する技術開発を行います。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

交付金

委託・補助（1/2）

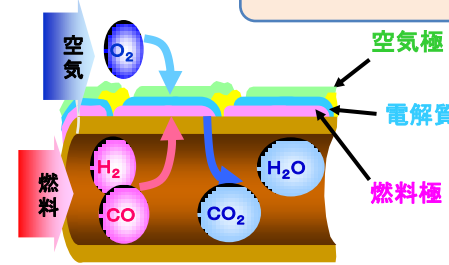
国

NEDO

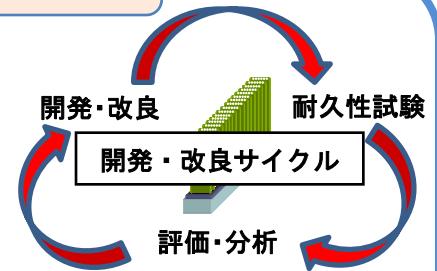
研究機関、
民間企業等

事業イメージ

基盤技術開発



SOFCセル断面図



加速劣化試験方法等の開発

実用化技術実証

小規模な事務所、コンビニ等で利用可能な業務用SOFCの市場投入に向けた実証

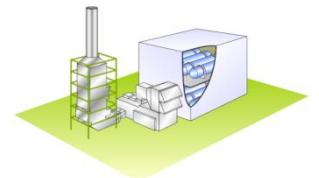


3~数10kW

出典：三浦工業（株）

トリプルコンバインドサイクル発電システム要素技術開発

小型GTCC-SOFC トリプルコンバインド発電システム（2019年～）



40~90
MW級

1200
MW級



SOFC複合発電システム（2022年～）