

「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発」
中間評価報告書

平成28年1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

平成28年1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 古川 一夫 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 小林 直人

NEDO技術委員・技術委員会等規程第33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。

「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発」
中間評価報告書

平成28年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

目 次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
評価概要	4
研究評価委員会委員名簿	8
研究評価委員会コメント	9
第1章 評価	
1. 総合評価	1-1
2. 各論	
2. 1 事業の位置付け・必要性について	
2. 2 研究開発マネジメントについて	
2. 3 研究開発成果について	
2. 4 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて	
3. 評点結果	1-25
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	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、「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発」の中間評価報告書であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第31条に基づき、研究評価委員会において設置された「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第46回研究評価委員会（平成28年1月27日）に諮り、確定されたものである。

平成28年1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（平成27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、その他
10. 閉会

● 第46回研究評価委員会（平成28年1月27日）

「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発」

中間評価分科会委員名簿

(平成27年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	やまぐち しゅう 山口 周	東京大学 大学院工学系研究科マテリアル工学専攻 教授
分科会長 代理	やすだ かずあき 安田 和明*	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 電池技術研究部門 副研究 部門長
委員	いとう ひびき 伊藤 響	中部大学 工学部 創造理工学実験教育科 応用化 学科 教授
	いながき とおる 稲垣 亨	関西電力株式会社 研究開発室 技術研究所 基盤技術研究室 チーフリサーチャー
	さとみ ともひで 里見 知英	燃料電池実用化推進協議会 企画部 部長
	すだ せいいち 須田 聖一	静岡大学 学術院工学領域 教授
	みずたに やすのぶ 水谷 安伸	東邦ガス株式会社 技術研究所 主席

敬称略、五十音順

注*：実施者の一部と同一研究機関であるが、所属部署が異なるため（実施者：産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 省エネルギー研究部門）「NEDO 技術委員・技術委員会等規程(平成27年3月31日改正)」第34条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

評価概要

1. 総合評価

固体酸化物形燃料電池（SOFC）は、小規模でも高効率な発電システムを実現できる可能性が期待され、国内外でもエネルギー・環境問題への解決策の一つとして開発が鋭意進められており、その高効率な特性が実証されつつある。この技術に対し、特に商用化に向けた大幅な低コスト化を意識しつつ耐久性の一層の向上を目指す本プロジェクトに NEDO が積極的に関与して、実用化の進展を図っていくことの意義は大きい。

本プロジェクトでは、助成事業による企業が進める実用システムの開発・実証支援にとどまらず、技術開発を補完する研究機関や大学で組織された基盤研究コンソーシアムとの連携が効率的に進められたことにより優れた成果が得られており、新しいタイプのプロジェクト推進形態のマネジメントの有効性を示したのものとして高く評価できる。

プロジェクトの中核を構成する長期劣化に関する基礎的研究では、長期運転実機の部材の多面的な解析から新たな劣化原因の発見や、性能劣化に関するモデル化が進展するなど、特に優れた成果を上げている。業務用システムの実用化技術実証では、発電効率や劣化率等の中間目標はほぼすべてで達成できており、導入時の障壁となる加圧型システムの常時運転監視等にかかる規制見直しに必要な事項等を実証し、技術基準の改定が進められている。次世代技術開発では、新たなコンセプトに基づいた検討が行われ、技術的可能性や解決すべき課題が明らかになるとともに、今後の研究開発における課題・方向性が明らかにされてきた。

一方、業務用システムの実用化実証において、市場ニーズに基づく目標設定がやや不明確な部分が見受けられ、開発目標・計画の策定に際してより慎重で適切な検討が求められる。実証事業のセルスタック製造事業者の一部のみが性能劣化に関する基礎的コンソーシアム研究にも関係しており、全体としてみた時に実用化実証と基盤研究の関係がやや希薄に感じられ、より積極的な協力を組織的に行うことが望まれる。また、次世代技術開発では目的・目標の設定が曖昧なテーマもある等、マネジメント改善の余地が感じられた。

さらに、SOFC を市場競争力のある製品として普及・拡大させるには、技術的には現行プロジェクト終了後も一定期間は国が技術開発を継続的に支援する必要があると考える。しかし、一部製品の市場投入が計画されている最終年度以降では、現行プロジェクトの延長的な継続での実施は難しいと思われるので、残り 2 年間では実用化開発に注力するとともに、プロジェクト終了までに次期フェーズも視野に入れた方向性の検討が望まれる。また今後の課題ではあるが、寿命評価に関して単に解剖学的方法による課題の抽出だけでなく、システム工学的な検討を導入し「より上位の概念」にまで到達できることが理想であろう。特に欠陥解析の成果から、一般化や特性値化など、セルスタック設計の指針につながる知見の抽出がこれからの課題であり、意欲的な挑戦を期待する。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

SOFC は、燃料電池の中で化石燃料ベースでは最も高いシステム効率が達成できると期待されており、2017 年度に市場投入することが国の計画に謳われている。しかしながら、SOFC はセラミックスを中心材料とし、高温の反応性雰囲気中で動作させる等、技術的難易度の高い開発であり、民間企業だけでは極めて困難かつリスクな開発内容であるため、NEDO 事業としての実施が妥当である。また、SOFC の実用化に向けた主な課題は低コスト化と高耐久化であるが、寿命評価やその対応技術の研究開発には長時間を要する。さらに、中容量や大容量システムについても事業化に至るまでには実証試験を含む長期間にわたる労力とコストが必要となる。このような SOFC 開発を加速し、実用化を進める本事業の目的は NEDO 事業として妥当である。さらに、SOFC 開発を支える基礎・基盤的分野における我が国アカデミアの優れた研究者と、定置用（家庭用）SOFC の事業化を世界に先駆けて進めた産業界が長期性能劣化の問題に協同して取り組むことは、まさに NEDO のプロジェクトマネジメント機能を発揮してはじめてできる産官学コンソーシアムと言える。

基盤研究から実用化実証まで広範フェーズの課題を取り込んだプログラム構成となっているため、一部のテーマが途中年度から追加、終了するなど、個々の事業が独立的で全体としての一貫性、連携が乏しい感がある。NEDO としてのより俯瞰的な全体計画、目標等を明確にしたロードマップの作成が必要ではないか。また、次世代技術開発に関しては、開発の目的と目標とする到達点の相違が大きく異なるものが混在しているように感じられ、プロジェクト内における位置づけが少し曖昧であると感じる。

2. 2 研究開発マネジメントについて

国内外の種々の状況を踏まえたうえで適切な開発目標が策定されていると判断できる。事業計画に関して、劣化メカニズムの解明については、過去のプロジェクトからの技術蓄積を生かしており、業務用システム実証及び次世代技術開発では、個別に開発目標の設定を行いその実現に向けて個別にサポートする等評価できる。共通基盤技術について最適なプロジェクトリーダーと参加機関が選定されたコンソーシアムで行う形態であり、メーカーの開発成果を側面的に支援するとともに、研究機関の研究結果がメーカーでの改良開発に繋がっている点でも好ましい。

一方、目標として劣化率が何%/1000h のみで表されており、商品化に近い段階の SOFC 開発であることを考えると、起動停止に対する耐久性評価の充実も必要と思われる。実証試験を目指す大型 SOFC の開発をスピードアップするためにも、基盤コンソーシアムの知見を共有することが重要である。このコンソーシアム事業については基盤的知見の効率的な活用や知財管理が問題なく行われているかという点が気にかかる。実用化技術実証では同時に複数の実証機を運用しているなかで、目標達成が未達となる事項があることや、事業用発電システムの要素技術開発・運転技術実証では、実用化は実施企業の将来課題とするなど NEDO 事業成果の実用化への展望が不透明な点も見受けられた。また、実用化技術実証における知的財産に関する成果が希薄であるように感じた。出願に関しては開発者側に一任されているとのことであり、企業戦略上の理由があるであろうことが想定されるが、国際的な競争力の確保や国益の保護などを勘案して基本的な戦略などを再度検討し、その戦略に沿っ

た対応を進めるべきと考える。

コンソーシアムの形態は、遅れている企業にとっては有り難いがトップを走る企業については必ずしもそうではない面もあると思う。本来はトップもしくはそれに近い者を伸ばすべきであり、遅れた企業の支援に傾かないようバランスや情報管理に注意して推進していただきたい。また、実際に長期運転を行った試料の解析結果には多くの知財に繋がる情報が埋もれており、その公開には注意が必要である。プロジェクトマネージングにおいて、より「積極的に非公開」など適切な原則の下に情報を管理して、日本の産業界、引いては国民にその利益が還元されるように情報公開の最も効率的で柔軟な運営方法を実施して欲しい。今後の研究開発においては、現在並行して行われている各種方式のスタック開発をこのまま基盤研究や実証研究を通じて支援し、次世代のセルスタック開発、セルデザインに反映できる設計指針や将来的に有望な方式を見極めることが重要である。

2. 3 研究開発成果について

中間評価時点での目標は、ほぼ達成されていると判断する。特に、基盤研究における SOFC の耐久性迅速評価法の開発では、複雑で複合的な現象が絡み合っ様々な影響が現れる事象に対して、ともすれば対症療法的な「傾向と対策」に終始するケースが多いなか、本プロジェクトにおいては個別要素の基礎解析からはじめて全体像を明らかにして行く解剖学的な「欠陥解析」が高度に進展した点は高く評価される。その結果、これまでの劣化機構の解明で得られた成果も包含しつつ、専門グループによる解析とその領域連携による情報の発信と交換により、世界的にも顕著な成果を上げていると考える。また、シミュレーション技術の開発にも着手しており、今後の成果が期待できる。次世代技術開発では今後の電力貯蔵技術につながるリバーシブル SOFC、日本のセラミックス製造技術を活用したマイクロチューブ SOFC、日本発の材料であるプロトン伝導 SOFC に取り組んでおり、いずれも新たな市場開拓が期待できる技術開発が進んだ。

一方、業務用システム実用化技術実証では、本事業の対象外のセル・スタックベースの技術的課題で目標達成が遅れたものもあり、結果として多数のシステム実証による成果の位置づけが曖昧となっている点が懸念される。要素技術の検証をしっかりと進めたのちにシステム実証に進められるよう、対応が望まれる。次世代 SOFC の開発事業については、中低温化、内部改質化や新しい SOFC 応用を拓くための機能探索など狙いを明確化して、課題抽出や開発目標の検討を行う必要があるように思う。

SOFC の広範な普及には、現状設定されている9万時間を凌ぐ、より長期間の耐久性が望まれており、耐久性迅速評価方法のような企業と研究機関の適切な役割分担が有効に機能した基盤研究での取り組みは、今後も継続的にかつ着実に実施・推進が望まれる。さらに、欠陥解析に基づいたシステム工学的な劣化問題の整理が今後必要になってくるものと思われる。このようなシステム工学的な考え方は、様々な規模の SOFC システムに関しても適用可能であり、どのようにして複合システムの信頼性を維持する設計を行うかなどについて、これまで得られているミクロな機構に基づいた解析結果を利用した展開が期待される。

2. 4 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて

SOFCの実用化への最大の課題は耐久性であり、長期劣化に関するコンソーシアムによる劣化機構の解明と加速試験手法開発は、SOFCの実用化を効果的に支援するものである。本事業における基盤的研究の成果がメーカーの実用化開発に生かされるようになっていることから、本事業の成果が商品化を確実に推進するものと言える。また、実用化実証事業では、中型から大型までの幅広いレンジのシステムの実証試験が着実に進んでいることも確認できた。

一方、開発・実証された技術レベルとコスト見通しから、市場投入に適切かの判断が困難なケースもある。技術開発・実証成果とともに、適用分野のニーズ、市場からの要求を適切に判断して、個別の実用化努力も積みあげた取り組みが重要である。業務用・産業用燃料電池のコスト目標については、機器本体の価格 100 万円/kW だけでなく、設置工事費、メンテナンス費も含めたトータルコストや、ランニングコストを考慮した投資回収年数などの経済性についても、本事業の実証研究を通して明らかにしていく必要がある。

参加したメーカーによって開発段階に違いがあり、また、開発ターゲットも異なるため、実用化時期が異なるのは理解できる。しかしながら、開発期間の相異が原因と思われるが、プロジェクト成果あるいはアウトカムについての認識が異なるように感じられるので、それぞれの実用化への道筋・ロードマップを、再度 NEDO と実施者間で共有して、着実に開発を進める努力が必要である。

実証に関する事業では、目標の絞り込みや事業化に関する課題の抽出が進んだが、具体的な成果はこれからの開発に負うところが大きい。これまでの SOFC 開発における経験や準備状況からその実用化の期待値は高く、着実に前進することを期待する。

研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所属、役職
委員長	小林 直人	早稲田大学 研究戦略センター 副所長／教授
委員	浅野 浩志	一般財団法人電力中央研究所 社会経済研究所 副研究 参事
	安宅 龍明	国立研究開発法人産業技術総合研究所 イノベーション 推進本部 上席イノベーションコーディネータ
	稲葉 陽二	日本大学 法学部／大学院 法学研究科 教授
	亀山 秀雄	東京農工大学 名誉教授／シニア教授
	佐久間一郎	東京大学大学院 工学系研究科 附属医療福祉工学開発 評価研究センター センター長／教授
	佐藤 了平	大阪大学 産学連携本部 名誉教授／特任教授
	菅野 純夫	東京大学大学院新領域創成科学研究科 メディカル情報 生命専攻 教授
	丸山 正明	技術ジャーナリスト
	宮島 篤	東京大学 分子細胞生物学研究所 教授
	吉川 典彦	名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロ・ナノシステム 工学専攻 教授

研究評価委員会コメント

第46回研究評価委員会（平成28年1月27日開催）に諮り、以下のコメントを評価報告書へ附記することで確定した。

- 国のエネルギー戦略の中の位置付けが重要であり、後半においては企業が主体となり実用化に向け展開する部分と、プラットフォームとして将来的な発展に寄与する部分とを整理して進めて頂きたい。

第1章 評価

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

1. 総合評価

固体酸化物形燃料電池（SOFC）は、小規模でも高効率な発電システムを実現できる可能性が期待され、国内外でもエネルギー・環境問題への解決策の一つとして開発が鋭意進められており、その高効率な特性が実証されつつある。この技術に対し、特に商用化に向けた大幅な低コスト化を意識しつつ耐久性の一層の向上を目指す本プロジェクトに NEDO が積極的に関与して、実用化の進展を図っていくことの意義は大きい。

本プロジェクトでは、助成事業による企業が進める実用システムの開発・実証支援にとどまらず、技術開発を補完する研究機関や大学で組織された基盤研究コンソーシアムとの連携が効率的に進められたことにより優れた成果が得られており、新しいタイプのプロジェクト推進形態のマネジメントの有効性を示したものとして高く評価できる。

プロジェクトの中核を構成する長期劣化に関する基礎的研究では、長期運転実機の部材の多面的な解析から新たな劣化原因の発見や、性能劣化に関するモデル化が進展するなど、特に優れた成果を上げている。業務用システムの実用化技術実証では、発電効率や劣化率等の中間目標はほぼすべてで達成できており、導入時の障壁となる加圧型システムの常時運転監視等にかかる規制見直しに必要な事項等を実証し、技術基準の改定が進められている。次世代技術開発では、新たなコンセプトに基づいた検討が行われ、技術的可能性や解決すべき課題が明らかになるとともに、今後の研究開発における課題・方向性が明らかにされてきた。

一方、業務用システムの実用化実証において、市場ニーズに基づく目標設定がやや不明確な部分が見受けられ、開発目標・計画の策定に際してより慎重で適切な検討が求められる。実証事業のセルスタック製造事業者の一部のみが性能劣化に関する基礎的コンソーシアム研究にも関係しており、全体としてみた時に実用化実証と基盤研究の関係がやや希薄に感じられ、より積極的な協力を組織的に行うことが望まれる。また、次世代技術開発では目的・目標の設定が曖昧なテーマもある等、マネジメント改善の余地が感じられた。

さらに、SOFC を市場競争力のある製品として普及・拡大させるには、技術的には現行プロジェクト終了後も一定期間は国が技術開発を継続的に支援する必要があると考える。しかし、一部製品の市場投入が計画されている最終年度以降では、現行プロジェクトの延長的な継続での実施は難しいと思われるので、残り 2 年間では実用化開発に注力するとともに、プロジェクト終了までに次期フェーズも視野に入れた方向性の検討が望まれる。また今後の課題ではあるが、寿命評価に関して単に解剖学的方法による課題の抽出だけでなく、システム工学的な検討を導入し「より上位の概念」にまで到達できることが理想であろう。特に欠陥解析の成果から、一般化や特性値化など、セルスタック設計の指針につながる知見の抽出がこれからの課題であり、意欲的な挑戦を期待する。

〈肯定的意見〉

- プロジェクトの目的、推進体制とそれぞれの事業目的の妥当性、プロジェクトのマネジメントについては概ね問題なく、プロジェクトは順調に進んでいるものと判断される。プロジェクトの中核を構成する長期劣化に関する基礎的研究の進展はめざましい

ものがあり、コンソーシアムにおける長期運転実機の部材の精密解析から新たな劣化原因の発見や性能劣化に関するモデル化が進展するなど、耐久性迅速評価方法の開発に関して特に優れた成果を上げている。また、基礎的な取り組みによる劣化問題のマルチスケール解析を協同して行うコンソーシアム型プロジェクトの優れた成果は、新しいタイプのプロジェクト推進形態のマネジメントの有効性を示したものとして高く評価すべきである。これまでの開発で得られたそれぞれのセルスタック劣化に関して、一般化できる共通の問題と固有の問題の整理から、スタックの改良が進められて耐久性の向上が実現されていることは特筆すべき成果と言える。また、アノード、カソードともにそれぞれの電極反応で生成する電子電流の均一性について新たな知見が加わったことは、混合伝導性を要求される電極設計における電子電流分布や化学機械的ストレスの重要性を示すものとして評価される。

- これまでに実施してきた SOFC プロジェクトからの技術継承も確実になされており、多年に亘って国費を投じて進められている開発プロジェクトではあるものの、基本的には無駄な投資になっていないことを知ることが出来た。
- 中容量（数 kW 級～数 100kW 級）の業務用システム開発という規模での開発は、これまでの小型セル開発の成果を用いて意欲的に行われており、開発としてはまだ始まったばかりであるが、これからの展開に期待が持てる成果がまとめられている。トリプルコンバインドシステムについては、10 式から 15 式へと設計の進歩が見られ、着実に進化していることは大きな成果であろう。このように様々なスケールのシステムを並列して開発を組織的に進めることは、NEDO のマネジメントによるものが大きく、基本計画の策定から実施までをよく調整していると評価できる。
- 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究については、大学や研究機関においてこれまで蓄積されてきた SOFC の耐久性・信頼性に関する学術的・基礎的知見と、セル・スタックメーカーにおける実機レベルでの技術的知見を組み合わせ、高度かつ有用な耐久性評価技術が構築されてきている。
- 基盤研究コンソーシアムによる加速試験法開発は国プロとして望ましい形で行われており、企業における実用化の促進に貢献する可能性が高い。その他の技術開発や実証も適切に行われていると考える。成果としてはまだ中間段階ではあるものの最終年度までには目標を達成するとともに技術的にかなり高いレベルの開発成果が得られると十分に期待できる。
- 固体酸化物形燃料電池(以下、SOFC)発電は、高効率な発電システムの構築が期待され、国内外でもエネルギー・環境問題への解決策の一つとして開発が鋭意進められており、一部のモジュールやシステムではその高効率性が実証されつつある。この技術の完成、特に実用化に向けた大幅な低コスト化を意識しつつ耐久性の一層の向上を目指す本プロジェクトに NEDO が積極的に関与し、進展を図っていくことの意義は大きいと考える。
- 本プロジェクトは、企業が進める実用化への単なる支援(開発費の助成)にとどまらず、技術開発を補完する研究機関や大学で組織された基盤研究とのコンソーシアム化によ

る体制強化が大きな効果を上げている。これは、国内では希に見るケースであり、高い評価を与えざるを得ない。

- ・ 次世代 SOFC に関する取り組みにおいては、各事業実施者の成果はめざましく、短期間で非常に優れた個別成果を上げている点については賞賛すべきである。
- ・ 新規参入や中途参加の開発企業があり、それらも成果を出し始めており、研究機関や大学での研究と開発メーカーとの連携により、より多くの SOFC に関わりを持つ研究者や技術者の育成にも一役を担っていると期待できる。また、将来的な技術開発の一環として、次世代技術開発が設定されており、将来の技術移管や産業化にも期待がもてる。
- ・ 全体的には、基盤技術研究、実用化技術実証、事業用発電システム、次世代技術開発のいずれもほぼ順調に進捗しており、中間目標は概ね達成できている。
- ・ 次世代技術開発では、提案公募型で今後の SOFC の適用性拡大や低コスト化に資するテーマが取り込まれており、将来に向けてこのような枠組みは必要である。
- ・ 業務用システムの実用化技術実証については、発電効率や劣化率等の中間目標は、ほぼすべてで達成でき、実証機に向けての技術課題も把握できた。今後の発展が期待できる。
- ・ 事業用発電システムの要素技術開発については、トリプルコンバインドシステムの実現可能性が明らかになった。さらに、その知見を用いて 2017 年度のハイブリッド機の商用化が視野に入ったと考えられる。
- ・ 次世代技術開発については、新たなコンセプトに基づいた魅力的な検討が行われ、それぞれの技術的可能性や解決すべき課題が明らかになった。これにより、今後の開発における方向性を見極めることができた。
- ・ 迅速評価方法基礎研究においては、実用化を目指す各社の実運用セルの劣化機構・要因を的確に解明し、個社ベースの開発・改良の取り組みへ適切なフィードバックを行うことで、セルスタックを開発している各企業の実用化開発の促進に大きく貢献していると評価される。
- ・ 業務用システムの実用化技術実証では、導入時の障壁となる常時運転監視等にかかる規制見直しに必要な事項・データ等を実証し、技術基準改定の見通しが得られてきている。
- ・ 複数のセル、スタックメーカーの劣化挙動を極力オープンにすることによって、劣化課題を共通化し、劣化に対する課題を集学的アプローチにより速やかに解決する体制を構築していることは高く評価できる。
- ・ 固体酸化物形燃料電池(SOFC)は、集合住宅向けなど家庭用燃料電池エネファームの拡販に向けて、また業務用・産業用燃料電池として重要な技術であり、研究開発ステージに応じて基盤技術開発、実用化技術開発、次世代技術開発のそれぞれに取り組んでいることには意義がある。
- ・ 基盤技術開発では、メーカー、学等、産官学が連携して課題を共有化し、国内にナレッジを蓄積している点は国際競争力向上の観点だけでなく、産業人材育成の面でも効

果を上げており高く評価できる。

- 実用化技術開発では各社とも事業化に向けたシナリオも明確であり、本事業の実証プログラムを着実に推進することにより、業務用・産業用燃料電池の早期実用化が期待できるので、後半の2年間もしっかりと取り組んで欲しい。
- 事業期間途中から遅れて開始された実用化技術実証の一部テーマは、事業期間の制約がある中で稚拙に事業機関での完了を図ることなく、実用化を着実に推進頂きたい。

〈改善すべき点〉

- 「欠陥解析」的な手法をさらに進めて、様々な規模のシステムの効率化や個々の構成要素の性能劣化を最小化するためのシステム工学的な観点での取り組みがあっても良い。性能劣化については、多種多様な検討が行われているが、単に解剖学的方法による課題の抽出だけでなく、それぞれの項目に関する「欠陥解析」による集約の可能性など、システム工学的な検討を導入し、「より上位の概念とは何か？」という問いかけがあると良い。特に欠陥解析の成果から、一般化や特性値化など、セルスタック設計の指針につながる知見の抽出がこれからの課題であり、意欲的な挑戦を期待する。また一般論としては、規模の大きさに伴って構成要素の信頼性や性能劣化はますます大きな問題となることが予想されるが、それぞれ規模のシステム化における固有の問題点に関する理解と、それが設計にどう反映されるかが明らかになると良い。
- 起動停止による劣化の視点があまりなかったのが少し気になる（商品化する上で特に問題にならないならばなくてもよいが）。
- プロジェクトの継続性によって生み出されている技術蓄積を活用している点は評価できる。しかし、前プロジェクトの成果と本プロジェクトの成果が不明瞭な箇所が多々ある。本プロジェクトによる費用対効果を明示するためにも、本プロジェクトとしての成果を切り分けるべき。
- NEDO プロジェクトを構成する各項目の目標は良く定義されているが、全体としてみた時のそれぞれの関係性がやや希薄な部分が存在する。実証化の事業のセルスタック製造の事業者が性能劣化に関する基礎的コンソーシアム研究にも関係していることはわかるが、それが明示的に示されていないのはなぜか？実際には、相互の協力体制により効率的に開発ができることを考えると、より積極的な協力を組織的に行う必要があるのではないか？
- SOFC 開発は既に 30 余年に及んでおり、その間には試行錯誤の結果から開発を断念した機関もある。日本全体での開発という点を勘案すれば、若干競争の原理から外れる感があるが、新規参画の開発者に対する支援を厚くするなどの対応も必要であるように感じる。
- 業務用燃料電池の実用化に向けた実証については、市場への適合性の観点から、サイズ、コスト、メンテナンス、ユーティリティなどの面でまだまだ改良の余地があると感じた。完成度の高い機器として市場に出せるよう、市場への適合性を意識しながら取り組んでほしい。

- ・ 今回は中間評価であるが、設定目標に対する成果がどうなのかについて、前プロジェクトでの成果が含まれる報告が散見され、この点については差別化や明確化の必要性を感じた。
- ・ 次世代技術開発では目的・目標の設定が曖昧で、実用化開発と受け止められる課題が混在していたり、シーズ技術探査研究でもアプリケーションの想定に適正さを欠く課題等が散見し、課題としての推進マネジメントが十分行き届いていたとは言い難い。
- ・ 業務用システムの実用化実証において、適用市場のニーズを十分把握していたとは言い難い目標設定が見受けられ、事業の採択あるいは開発目標・計画の策定に際して、より慎重で適切な検討が求められる。また、要素技術が未確立あるいは十分な検証を経ないことで目標未達のシステム実証を重ねるような成果も見受けられ、テーマによっては実用化に向けた現実的な実施計画の作成、見直しが必要と思われる。
- ・ 事業用発電システムの要素技術開発は目標とした事業用システム開発の展望が得られないまま終了しているが、業務用システムの実用化をとおして実施企業の責任において、今後の実用化開発の継続が望まれる。
- ・ 本プロジェクトがスタートして2年半程度の間、「エネルギー基本計画(内閣決定2014/04)」、「水素・燃料電池ロードマップ(2014/06)」、「電源構成・温室効果ガス排出目標政府案(2015/05)」などが発表された。これらの計画や目標のなかでの SOFC の位置付け、計画や目標との整合性、なども視野に入れてプロジェクトを進めていく必要があると考える。資料ではこの点がよく分からなかったが、対応をしているのであれば明確に示すべきと考える。
- ・ 基盤技術開発では劣化メカニズム解明、評価手法確立が目的であり、耐久性向上に関するメーカーの改良開発はプロジェクト枠外となっているため、特許出願など、直接的な成果や効果が見えにくい。間接的であっても本事業の知見を活用した改良開発の成果についてはメーカー側からも積極的な PR を期待したい。

〈今後に対する提言〉

- ・ 知識の共有や新しい概念の確立のために、プロジェクト内外での協同をさらに推進すべきである。セルスタックの具体的な改良については全て非公開のベールに包まれているが、少しでも多くの情報を相互に共有する方法はないだろうか？これは知財戦略とも関係して一朝一夕で実現できることではないが、課題としてこれからも意識しておくことが重要であると思う。一方で、長期性能劣化に関して得られた基礎・基盤的情報の開示に関しては、速報性と成果のインパクトを考えた戦略的取り組みにより、この NEDO プロジェクトの成果を効果的に発信するように工夫する余地がある。次世代技術の開発に関しては、開発対象の絞り込み、目的と目標の明確化、実施体制について、再検討を考えても良いと思われる。
- ・ 本事業は残り 2 年余りである。最終目標の達成に向けて邁進するのは当然であるが、万が一未達成が生じた場合は、開発を断念するのではなく、どうしたら解決できるのかを考えて継続できるように取り計らうべきである。

- ・ 現行のプロジェクト自体はうまく進められていると考えるが、国の研究開発としてはムーンライト時代から始まり極めて長期的に開発が行われてきている中で外国製品が先行して市場投入されてきており、猶予のある状況ではない。最終年度、もしくはそれ以前の経済省の示す 2017 年には何らかの形での商用化は必要と思われ、一層の開発努力が望まれる。その一方で、SOFC を市場競争力のある普及技術とするには、技術的には現行プロジェクト終了後も一定期間は国が技術開発を支援する必要があると考える。しかしながら、2017 年に商用化するのであれば、最終年度以降次期フェーズでの継続は、現行プロジェクトの延長的なものでは説明が困難で実施は難しいと思われる。商品化に努力するとともに、プロジェクト終了までに次期フェーズも視野に入れた方向性の検討が望まれる。
- ・ SOFC は家庭用から実用化が開始され、用途拡大の開発も進められているが、基盤となるセル技術は広範であり耐久性、信頼性の基礎となる劣化機構や不純物への耐性等にまだ未解明の部分が多く、実用化開発と並行して本研究で取り組んでいる信頼性、耐久性向上に資する基盤研究を継続していくことが肝要である。
- ・ SOFC 技術の実用化(社会的利用)が目標になっているのであれば、その先にある事業化モデルも十分に検討し、日本製 SOFC の海外を含めた市場・適用先開拓を展開するような計画、あるいは目標があってもいいように感じた。
- ・ 研究機関と大学で進められている基礎研究がともすると劣化機構の解明と評価法の確立にとどまっている印象を受けた。解明された劣化要因などの課題解決を企業サイドに任せるのもいいが、基礎研究分野からの提案があってもよいように感じる。
- ・ 次期プロジェクト策定時での検討になると思われるが、SOFC の優位点の中に燃料種の多様性がある。本事業では十分な対応がなされていないようであるが、是非取り扱うべき内容であると考え。また、日本の SOFC 開発は、市場(適用先)を家庭から大規模プラントまで網羅して進めている。中容量分散電源での開発者の新規参入は喜ばしいことであるが、大容量分野では開発が中断してしまったような感がある。SOFC の市場を国内に限らず、国外にも目を向けて今後の継続的な開発を検討すべきではないかと考える。
- ・ 耐久性に関しては、実用化レベルに近づきつつあるものもある。その次のステップとしては、本プロジェクトで得た知見を活用して耐久性を維持・向上させながら、さらなる高効率化、低コスト化に進むことを期待する。性能－耐久性－コストがお互いに連動しながら向上していくようなバランスが取れた開発が望まれる。
- ・ 技術実証の次ステップとして、共通化が可能な技術の整備（基盤技術やセル・スタック周辺機器等）や、規制緩和に向けた取り組みのさらなる推進、補助金の整備も必要となる。
- ・ 次世代技術開発に関しては、地道な取り組みが必要なため、長期的な視野に立って、随時新たな研究を追加していく仕組みが必要ではないか。
- ・ 次世代エネファーム、業務用産業用燃料電池として実用化されたとしても、さらなる低コスト化や高効率化など、本格普及に向けて取り組むべき課題は多い。残り 2 年の

研究開発を推進する中で、次への道筋や課題を明確に示して欲しい。

- 本プログラムでは現状技術の高度化を主体に実用化の推進を図っているが、本格普及に向けた一層の低コスト化、高性能化に資する新技術・材料の開発も重要である。次世代技術開発テーマも設定はあるが、位置づけ・方針が曖昧であり有効に活用されているとは言い難い。今後は真に次世代を担う基礎研究開発についても、NEDOとしての戦略を明確にして取り組んで頂きたい。
- 海外に対する知的財産保護など、当該分野の国際競争力を保護するための援助を検討して欲しい。
- 特許(特に国際特許)の件数が少ないように感じた。判断は非常に難しいものの、国際的な競争力の維持と確立のためにも何らかの取扱いや戦略に関する方針をもっと示すべきではないかと考える。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

SOFC は、燃料電池の中で化石燃料ベースでは最も高いシステム効率が達成できると期待されており、2017 年度に市場投入することが国の計画に謳われている。しかしながら、SOFC はセラミックスを中心材料とし、高温の反応性雰囲気中で動作させる等、技術的難易度の高い開発であり、民間企業だけでは極めて困難かつリスクな開発内容であるため、NEDO 事業としての実施が妥当である。また、SOFC の実用化に向けた主な課題は低コスト化と高耐久化であるが、寿命評価やその対応技術の研究開発には長時間を要する。さらに、中容量や大容量システムについても事業化に至るまでには実証試験を含む長期間にわたる労力とコストが必要となる。このような SOFC 開発を加速し、実用化を進める本事業の目的は NEDO 事業として妥当である。さらに、SOFC 開発を支える基礎・基盤的分野における我が国アカデミアの優れた研究者と、定置用（家庭用）SOFC の事業化を世界に先駆けて進めた産業界が長期性能劣化の問題に協同して取り組むことは、まさに NEDO のプロジェクトマネジメント機能を発揮してはじめてできる産官学コンソーシアムと言える。

基盤研究から実用化実証まで広範フェーズの課題を取り込んだプログラム構成となっているため、一部のテーマが途中年度から追加、終了するなど、個々の事業が独立的で全体としての一貫性、連携が乏しい感がある。NEDO としてのより俯瞰的な全体計画、目標等を明確にしたロードマップの作成が必要ではないか。また、次世代技術開発に関しては、開発の目的と目標とする到達点の相違が大きく異なるものが混在しているように感じられ、プロジェクト内における位置づけが少し曖昧であると感じる。

〈肯定的意見〉

- ・ 固体酸化物形燃料電池は燃料電池の中で化石燃料ベースでは最も高いシステム効率を達成できると期待されている。欧米でも長期にわたる広範な研究開発の歴史を重ねているが、我が国が先行する形でようやく実用化の歩みが始まってきている。この効率的なエネルギー技術を早期に普及させるためには、セル基盤技術の耐久性・信頼性向上に係る基礎研究から実用的なシステム技術の開発・実証まで、産官学の広範に連携した取り組みが重要であり、NEDO 事業として推進・加速することの意義は極めて大きい。
- ・ 新産業の創成やエネルギー利用構造の転換には、国のエネルギー産業に立脚した目的を実現するために、産官学が一致して課題の抽出と解決に取り組む協同組織的な開発の展開が必要である。この SOFC 開発を支える基礎・基盤的分野における我が国アカデミアの優れた研究者と、定置型 SOFC の事業化を世界に先駆けて進めた産業界が、現在の家庭用定置型 SOFC における耐久性を決定する長期性能劣化の問題に協同して取り組むことは、現時点で世界中のどこでも実現できていない優れた取り組みであり、まさに NEDO がプロジェクトマネージャとしての機能を発揮してはじめてできる産官学コンソーシアムと言える。性能劣化の目標設定を引き上げて厳しい耐久性目標に

向かって進んでいる点も評価できる。また、様々なシステム規模での実証化試験を進めることにより、それぞれのスケールにおける性能劣化問題の知見を共有することにより、効率的に開発・実証が進む可能性もあり、協奏的な効果が期待される。必要な研究・開発経費は妥当な範囲にあり、適切なものと言える。

- 国の計画では 2017 年に市場投入とされてはいるが、産業競争力を持ち普及させるためには一層の技術開発が必要で、民間企業の技術開発力だけではまだ荷が重く将来的に産業利用上の価値も高いことから国として支援すべきであり NEDO 事業として妥当である。また、研究開発費としてもほぼ適切と考えられ、共通基盤研究以外の事業化に近い各社の技術開発においては一定の割合の補助事業としており、研究開発の難易度・リスク度合いから考えても妥当と思われる。
- エネルギー問題の解決による国際貢献、国際的な競争での優位なポジションの確保などを SOFC 技術の分野でも目指しながら、より効率的な研究開発を進めるには、民間の力だけでは極めて困難であり、リスクである。
- 大学・研究機関と民間企業間の技術の橋渡し役として NEDO の関与が重要であり、その役割を大いに果たしている。
- 国際的に環境問題が高まりを見せるなかで、SOFC が高効率な発電能力を有することは国際社会でも認知されつつある。しかしながら、SOFC はセラミックスを中心材料とし、可燃性ガスが容易に燃焼する条件下でそれを燃料ガスとして使用するため、それだけでも技術的難易度の高い開発となっている。さらに、SOFC が実用レベルに近づくにしたがい、種々の因子による劣化現象が明確になってきている。SOFC の開発では、単に電気化学の分野だけではなく、熱力学、機械、電気、制御、などの極めて裾野が広い分野を統合しなければならない。したがって、社会的利用を目的とする実用化開発では、技術の確立が困難であればあるほど人的・資金的・物的な多くの投入・投資が必要となる。
- 次世代技術開発は、SOFC の既存の企業だけでなく、新しいプレーヤーを積極的に支援し、SOFC 技術の将来性を担う企業を育成するものである。SOFC の本格普及のためには不可欠な施策であり、NEDO の関与は妥当である。
- 分散型熱電コジェネレーションシステムとしての燃料電池の利用については、定置型固体酸化物形燃料電池 (SOFC) のアドバンテージは PEM 型に比較して高く、1kW 級の個人住宅用の定置型 SOFC に加えて、より大きな規模での実用化を目指す業務用 (数 kW~数 100kW)、発電事業用業務用 (数 10MW~100MW) の実証試験は、これらの規模での開発に関する欧米での新しい事業化の動向に対応したものである。これらの規模における実用化・事業化がもたらすインパクトは大きく、日本のエネルギー利用形態と関連する産業界やユーザー階層に大きな影響を及ぼす可能性が考えられる。
- 業務用産業用燃料電池は米国のメーカーが先行して実用化しており、国内メーカーが劣後しないよう実証・開発を加速推進することはタイムリーで意義がある。
- SOFC の課題である「低コスト化と高耐久化」のうち後者は、評価や対策を講じるのに時間を要する課題である。また、中容量や大容量システムについても事業化に至る

までには、長期間にわたる労力とコストがかかる。SOFC の実用化を加速するためには、このような長期間を要する課題解決を加速する施策は効果的であり、本事業の目的は妥当である。

- SOFC の評価解析技術、劣化に関する知見は世界最先端のレベルにあり、日本の競争力確保のためにも産官学連携によるナレッジの国内蓄積は重要である。

〈改善すべき点〉

- 次世代技術開発に関しては、公募によるためか開発の目的と目標とする到達点の相違が大きく異なるものが混在しているように感じられ、全体のプロジェクトにおける位置づけが少し曖昧であると感じる。それぞれの研究開発項目における成果は素晴らしいが、次世代 SOFC 開発の目標は何か？そう考えるに至った理由とその解決と次の開発に繋がる課題が何であるか？というプロジェクトの目標設定と具体的なプロジェクトのマネジングに今一步の努力が必要ではないだろうか。後半期のプロジェクトでは、次世代 SOFC 開発に向けた専門化の意見を集約して、次の開発の萌芽に繋がる開発を進めて欲しい。
- 基盤研究から実用化実証まで広範フェーズの課題を取り込んだプログラム構成となっているが、途中年度からの追加や終了など、個々の事業が独立的で全体としての一貫性、連携が乏しい感がある。NEDO としてのより俯瞰的な全体計画、ロードマップの作成が必要ではないか。
- 米国 DOE では ARPA-e の REBELS プログラムなど、次世代技術開発への取り組みにも比較的大きなリソースを充てており、本事業でもさらなる加速推進が必要ではないか。
- 国が進める将来の水素社会の中にあって、SOFC の役割や位置づけが分かりにくい面がある。SOFC が有する高い発電効率や燃料多様性等の可能性をもっと前面に出して、SOFC の開発を加速推進すべきと考えられる。
- マイクロ SOFC 小型発電機の開発テーマは、研究機関が加わることで1/1の委託事業となっているが、実用化技術開発の内容と判断され、民間企業への補助率が適切であったか疑問。

〈その他の意見〉

- 本プロジェクトの評価ではないが、研究開発費の投入とそれによって得られた成果との対比(費用対効果)を評価委員だけではなく、一般の方々にもより簡単に分かる仕組み、表現方法があると一層よいのではないかと考える。

2. 2 研究開発マネジメントについて

国内外の種々の状況を踏まえたうえで適切な開発目標が策定されていると判断できる。事業計画に関して、劣化メカニズムの解明については、過去のプロジェクトからの技術蓄積を生かしており、業務用システム実証及び次世代技術開発では、個別に開発目標の設定を行いその実現に向けて個別にサポートする等評価できる。共通基盤技術について最適なプロジェクトリーダーと参加機関が選定されたコンソーシアムで行う形態であり、メーカーの開発成果を側面的に支援するとともに、研究機関の研究結果がメーカーでの改良開発に繋がっている点でも好ましい。

一方、目標として劣化率が何%/1000hのみで表されており、商品化が近い段階の SOFC 開発であることを考えると、起動停止に対する耐久性評価の充実も必要と思われる。実証試験を目指す大型 SOFC の開発をスピードアップするためにも、基盤コンソーシアムの知見を共有することが重要である。このコンソーシアム事業については基盤的知見の効率的な活用や知財管理が問題なく行われているかという点が気にかかる。実用化技術実証では同時に複数の実証機を運用しているなかで、目標達成が未達となる事項があることや、事業用発電システムの要素技術開発・運転技術実証では、実用化は実施企業の将来課題とするなど NEDO 事業成果の実用化への展望が不透明な点も見受けられた。また、実用化技術実証における知的財産に関する成果が希薄であるように感じた。出願に関しては開発者側に一任されているとのことであり、企業戦略上の理由があるであろうことが想定されるが、国際的な競争力の確保や国益の保護などを勘案して基本的な戦略などを再度検討し、その戦略に沿った対応を進めるべきと考える。

コンソーシアムの形態は、遅れている企業にとっては有り難いがトップを走る企業については必ずしもそうではない面もあると思う。本来はトップもしくはそれに近い者を伸ばすべきであり、遅れた企業の支援に傾かないようバランスや情報管理に注意して推進していただきたい。また、実際に長期運転を行った試料の解析結果には多くの知財に繋がる情報が埋もれており、その公開には注意が必要である。プロジェクトマネジングにおいて、より「積極的に非公開」など適切な原則の下に情報を管理して、日本の産業界、引いては国民にその利益が還元されるように情報公開の最も効率的で柔軟な運営方法を実施して欲しい。今後の研究開発においては、現在並行して行われている各種方式のスタック開発をこのまま基盤研究や実証研究を通じて支援し、次世代のセルスタック開発、セルデザインに反映できる設計指針や将来的に有望な方式を見極めることが重要である。

(1) 研究開発目標の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ 現段階では、技術のすそ野を広げるために、様々なセルスタックの構造や材料系を取り上げることは重要と考える。
- ・ 中間目標が若干曖昧なものもあるが、全般的に概ね適切なマネジメントで推進されていると考える。
- ・ 業務用産業用燃料電池の目標値（発電効率、耐久性、コスト）は現状の技術レベルを

考えると妥当な目標であるが、市場投入時には最低ラインと考えてさらに高いレベルを目指して欲しい。

〈改善すべき点〉

- ・ 劣化率が何%/1000h で表され指標とされており、この数値は SOFC の開発の歴史を見れば相当改善されてきているが、商品化に近い段階の SOFC 開発であることを考えると、起動停止に対する耐久性の指標（指標と言わないまでもその観点）もいるのではないか？

〈今後に対する提言〉

- ・ 「次世代技術開発」については、ポータブル電源や電力貯蔵は次世代技術ではあるもののむしろ新利用形態開拓のための技術開発であって、競合技術に対して優位性もあればデメリットもあり市場性からしてもいまひとつマイナーな印象をもつ。本来は将来的に SOFC の主流と成り得るようなインパクトの高い技術研究が望ましいが、かといって現状では経産省で実施するに相応しいテーマが他にあるようには思わない。「次世代技術開発」を補強するよりはむしろ現在並行して行われている各種方式のスタック開発をこのまま基盤研究や実証研究を通じて支援し、将来的に有望な方式を見極めて支援していくことでいいのではないかと思う。

(2) 研究開発計画の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ 劣化メカニズムの解明については、過去のプロジェクトからの技術蓄積を生かしており、高く評価できる。
- ・ 長期劣化に関するコンソーシアム運営に関しては、これまでの経験を上手に活用して効率的で有効な運営が行われている様子が窺われ、これまでの蓄積を有効に活用している様子がよくわかる。
- ・ 業務用システム実証及び次世代技術開発では、個別に開発目標の設定を行いその実現に向けて個別にサポートしている。これは、参画企業及び研究機関それぞれの技術の特色を活かすためには不可欠な取り組みであり、高く評価できる。

〈改善すべき点〉

- ・ このコンソーシアムだけでなく、実証化を目指す大型 SOFC の開発をスピードアップするためにも、コンソーシアム外の開発・実証化事業についても、広くその理解を共有することが重要である。中型から大型システム設備開発においても、実際にはセルスタック製造者がコンソーシアムメンバーとなっているケースがほとんどであることはわかるが、基盤的知見の効率的な活用や知財管理が問題なく行われているかという点が気にかかる。
- ・ 実用化技術実証では、高額な予算で同時に複数の実証機を運用している反面、目標達

成が未達となるなど、実施計画の目標設定や実証内容等のマネジメントに改善が必要な点がみられる。

- ・ 事業用発電システムの要素技術開発・運転技術実証の計画・位置づけが曖昧となっている。高額の予算を投入しながら途中年度で終了し、実用化は実施企業の将来課題となっており、この時点で取り組みを推進することの判断・マネジメントが適切であったか疑問である。
- ・ 業務・産業用 SOFC の市場投入時期に関して、水素・燃料電池戦略ロードマップに対する対応を明確化すべき。
- ・ プロジェクトの継続性によって生み出されている技術蓄積を活用している点は評価できる。しかし、前プロジェクトの成果と本プロジェクトの成果が不明瞭な箇所が多々ある。本プロジェクトによる費用対効果を明示するためにも、本プロジェクトとしての成果を切り分けるべき。

〈今後に対する提言〉

- ・ 全体として、成果発表は活発に行われており、特にコンソーシアムの成果が次々に公開されているが、NEDO のプロジェクトの成果として、大学や研究機関が論文の出版や学会発表が当然と思っは困る。実際に長期運転を行った試料の解析結果には、多くの知財に繋がる情報が埋もれており、その公開には注意が必要ではないか？コンソーシアム内での知識の集積と、それに基づく共通項の一般化や非共通項からの特性値の抽出など、より強く「欠陥解析」的思考を高めることがまず重要であり、これをプロジェクト内で情報を広く共有し、より優れた理解の方法について議論することが理想である。プロジェクトマネジングにおいても、より「積極的に非公開」などの適切な原則の下に情報を管理して、日本の産業界、引いては国民にその利益が還元されるように情報公開の最も効率的な運営方法を実施して欲しい。こういった情報公開マネジメントにより、プロジェクトにとって効果的な成果発表を戦略的（計画的）実施できるようにするべきである。具体的には、速報性と成果発表のインパクトを両立できる戦略的な情報発信を企画・実現してほしい。
- ・ SOFC の構造や材料系をどこかのタイミングで絞っていくことも必要と思われる（いずれ市場が決めることかもしれないが）。また、様々なタイプの SOFC における個々の検討項目を整理し、より一般的・普遍的な知見につなげる取組みも重要と考える。
- ・ NEDO 事業として、基本となる個々のセルスタック等の要素技術の実力・実態と、そのアプリケーションの市場性環境・ニーズをしっかりと掌握し、適切な市場導入シナリオに基づく全体を俯瞰した研究開発実施計画の策定が求められる。
- ・ 将来に向けてのロードマップや技術検討、市場調査、FS などの机上検討や調査、先導研究なども次世代枠で取り組んではどうか。

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ 国内外の種々の状況を踏まえたうえで事業計画と開発目標が策定されており、かつ最適で的確なプロジェクトリーダーと参加機関が選定されている点は、十分な妥当性を有する。
- ・ 産官学の情報共有による効率的な議論の展開や、実際の材料の解析を大学研究者が行うことにより、複合的な原因による複雑な問題の相関関係を理解できるようになるだけでも画期的であるが、これからの「実用的な」開発研究へ向けた大学研究者の意識改革が起こる可能性への期待感が高まった。また、この取り組みにより、大学からの人材の供給や企業研究者・技術者の教育の場としても機能しており、SOFC 開発に必要な優れた人材供給もなっている点も評価される。今後このような方向性を誘導するマネジメントがさらに効果的に行われることにより、一層加速するものと期待される。
- ・ 共通基盤技術についてコンソーシアムで行う形態は国プロとして適切と考えられ、メーカーを間接的に支援することになっているとともに、研究機関の研究結果がメーカーの研究開発に繋がっている点でも好ましい。
- ・ 耐久性迅速評価方法の研究では、民間企業からの実運用後のセルの提供と研究機関による解析、評価、フィードバックの連携が大変うまく発揮され、研究開発が極めて効果的に推進されていると評価される。また、企業間の個別技術の優位性、ノウハウ管理と共通的知見の開示の両立が適切にマネジメントされていると評価される。
- ・ 参加する各機関や大学間での技術情報の交換もワーキング・グループの設置と定期的な開催によって積極的に実施されている。特に、各開発者の独自開発セルやシステム等を試供しての解析評価とその結果のフィードバックについては、一般的には実施が困難と考えられる手法を採用しての NEDO 事業の展開であり、研究機関や大学による協力体制が機能的かつ組織的に効率よく運営されていることを表していると言える。
- ・ 今後とも産学連携体制を継続して、課題解決に向けた取組みを進めていただきたい。
- ・ 複数のセル、スタックメーカーの劣化挙動を極力オープンにすることによって、劣化課題を共通化し、劣化に対する課題を集学的アプローチにより速やかに解決する体制を構築していることは高く評価できる。

〈改善すべき点〉

- ・ 各開発者の試供体を用いた電中研における評価では他の機関よりも劣化率が高い現象が観察されている。この点については、その原因、理由を明らかにして、SOFC 稼働時に想定される一つのケースとして取り扱うべきである。

〈今後に対する提言〉

- ・ コンソーシアムの形態は、遅れている企業にとっては有り難いがトップを走る企業については必ずしもそうではない面もあると思う。国としては本来はトップもしくはそれに近い者を伸ばすべきなので、遅れた企業の支援に傾かないようバランスや情報管

理に注意して推進していただきたい。

- ・ 次世代技術開発について、完全な提案公募ばかりでなく、技術分野や課題を絞り込んで組織化して進める取り組みがあってもよいのではないか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

〈改善すべき点〉

- ・ 耐久性迅速評価方法に関しては、何の制約もなく公開としている点には疑問が残る。これでは、重要な知見の垂れ流しになる可能性や、プロジェクト運営においても非公開とすべき情報の共有が阻害される（情報提供を躊躇する）のではないかと危惧される。
- ・ 知的財産に関する成果が希薄であるように感じた。出願に関しては開発者側に一任されているとのことであり、企業戦略上の理由があるであろうことが想定される。国際的な競争力の確保や国益の保護などを勘案して基本的な戦略などを再度検討し、その戦略に沿った対応を進めるべきと考える。
- ・ 論文発表、対外発表は積極的に行われているものの、特許に関しては実施機関によっては全く出願していないところがある。知財確保のために出さない例があるとしても本事業の知見を活用して出願した特許が全くないというのは納得しにくい。メーカー単独であっても本事業成果を活用した特許出願については少なくとも件数を申告してもらってはどうか。

〈今後に対する提言〉

- ・ 外部発表や情報管理は適切に行われる体制になっていると思われるが、劣化機構研究については今後ますます高いレベルの研究成果・情報が集積してくると思われるので、他国への技術流出に注意していただきたい。
- ・ 海外に対する知的財産保護など、当該分野の国際競争力を保護するための援助を検討して欲しい。

2. 3 研究開発成果について

中間評価時点での目標は、ほぼ達成されていると判断する。特に、基盤研究における SOFC の耐久性迅速評価法の開発では、複雑で複合的な現象が絡み合っ様々な影響が現れる事象に対して、ともすれば対症療法的な「傾向と対策」に終始する場合が多いなか、本プロジェクトにおいては個別要素の基礎解析からはじめて全体像を明らかにして行く解剖学的な「欠陥解析」が高度に進展した点は高く評価される。その結果、これまでの劣化機構の解明で得られた成果も包含しつつ、専門グループによる解析とその領域連携による情報の発信と交換により、世界的にも顕著な成果を上げていると考える。また、シミュレーション技術の開発にも着手しており、今後の成果が期待できる。次世代技術開発では今後の電力貯蔵技術につながるリバーシブル SOFC、日本のセラミックス製造技術を活用したマイクロチューブ SOFC、日本発の材料であるプロトン伝導 SOFC に取り組んでおり、いずれも新たな市場開拓が期待できる技術開発が進んだ。

一方、業務用システム実用化技術実証では、本事業の対象外のセル・スタックベースの技術的課題で目標達成が遅れたものもあり、結果として多数のシステム実証による成果の位置づけが曖昧となっている点が懸念される。要素技術の検証をしっかりと進めたのちにシステム実証に進められるよう、対応が望まれる。次世代 SOFC の開発事業については、中低温化、内部改質化や新しい SOFC 応用を拓くための機能探索など狙いを明確化して、課題抽出や開発目標の検討を行う必要があるように思う。

SOFC の広範な普及には、現状設定されている9万時間を凌ぐ、より長期間の耐久性が望まれており、耐久性迅速評価方法のような企業と研究機関の適切な役割分担が有効に機能した基盤研究での取り組みは、今後も継続的にかつ着実に実施・推進が望まれる。さらに、欠陥解析に基づいたシステム工学的な劣化問題の整理が今後必要になってくるものと思われる。このようなシステム工学的な考え方は、様々な規模の SOFC システムに関しても適用可能であり、どのようにして複合システムの信頼性を維持する設計を行うかなどについて、これまで得られているミクロな機構に基づいた解析結果を利用した展開が期待される。

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

〈肯定的意見〉

- ・ 長期劣化のように、複雑で複合的な現象が絡み合っ様々な影響が現れるある種の応用問題に対しては、ともすれば対症療法的な「傾向と対策」に終始する場合が多いが、産学協同コンソーシアムで取り組んでいる本プロジェクトにおいては、しっかりとした個別要素の基礎解析からはじめて全体像を明らかにして行く解剖学的な「欠陥解析」に向かって進んでいる点は高く評価される。またこの進め方は、実用化研究の中で新しい基礎解析プロジェクトのあり方を示したものであり、優れたマネジメントの好例と言える。
- ・ 次世代 SOFC の開発に関する個々の研究開発はいずれも、短期間で素晴らしい成果を上げており、Fe の酸化・還元触媒の発見や、短寿命でも特殊用途に活用できるマイ

クロ SOFC、プロトン伝導体を用いた中温型燃料電池の開発など、それぞれ今後の展開に対する期待できる優れた成果を上げている。

- セルスタックに関する改良が着々と進んで、性能劣化特性に格段の進歩があることは明らかである。これは、新規に参加したセルスタックメーカーと以前のプロジェクトでの解析を活用した改良が進んでいる先行グループとのセルスタックの劣化特性の違いとして現れており、新規参加グループのスタックの課題が短い期間に明らかになった。これは、これまでの解析手法の合理性とコンソーシアム構成員の解析技術力の高さ、解析のフィードバックの妥当性を示していると言って良い。
- 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究については、評価技術の高度化と共有化が効果的に行われている。
- (a)基礎研究については機構解明等は途中段階ではあるが、中間目標としては概ね達成されているとしてよいと思う。劣化機構解明は世界的にも最高水準にあり高く評価すべきと考える。参画メーカーの技術力も商品化で先行する他国の技術よりも優れていると考えられ十分に評価できると考える。(b)実用化技術実証についても三菱のシステムは仕様数値には若干劣るが世界最高水準の信頼性をもつことが実証できつつあり期待できる。(c)事業用発電システムについても目標を達成するとともに、信頼性の高いシステム要素技術を確立できたと考えられる。(d)次世代技術についても概ね目標は達成していると考ええる。
- 中間評価時点での目標は、若干の未達があるものの、全体としてはほぼ達成されていると判断する。特に、基盤研究における SOFC の耐久性迅速評価法の開発では、これまでの劣化機構の解明で得られた成果も包含しつつ、専門グループによる解析とその領域連携による情報の発信と交換により、世界的にも顕著な成果を上げていると考える。また、シミュレーション技術の開発にも着手しており、今後の成果が期待できる。
- 目標未達内容についても積極的な原因究明がなされており、これらについては中間評価段階である現時点での評価は避けるべきと考える。但し、最終評価段階での目標達成に向けて、鋭意邁進を続けていただきたい。
- 次世代技術開発では今後の電力貯蔵技術につながるリバーシブル SOFC、日本のセラミックス製造技術を活用したマイクロチューブ SOFC、日本発の材料であるプロトン伝導 SOFC に取り組んでおり、いずれも新たな市場開拓が期待できる技術開発である。
- 迅速評価方法基礎研究では、試験結果から観察・評価された以外の新たな劣化要因の可能性を見出すなど、計画・想定された以上の成果が得られている。
- 劣化の評価及び解析が各企業のセルの耐久性改善につながっており、高く評価できる。
- 次世代技術開発では、新たな SOFC 向け材料の開発や量産化プロセスの高度化を実現している。いずれも SOFC の将来性を期待させる成果が得られており、高く評価できる。
- 業務用システムの実用化技術実証の中での規制見直しに対する取り組みは、実用化にとって不可欠である。実用化を加速する取り組みとして高く評価できる。
- SOFC の耐久性基礎研究は世界最高水準のレベルにあり、新たな劣化挙動やメカニズ

ムを特定して劣化との相関を示した点で汎用性が高く意義がある。また、本事業で蓄積された評価技術は汎用性が高く、縦展開、横展開として SOEC、PEFC、LiB などへの応用も期待できる。

〈改善すべき点〉

- 次世代 SOFC の開発事業については、戦略目標が何かを明確化する必要がある。例えば、中低温化、内部改質化や新しい SOFC 応用を開くための機能探索などに関する課題抽出や開発目標の検討を行う必要があるように思う。
- 今回の中間評価における成果の集約においては、どの部分、あるいはどの期間を評価すべきであるかがわかりにくい成果報告が散見される。特に、前プロジェクトから継続しているものについては、今後の取りまとめにおいて注意が必要である。
- 迅速評価事業の中で「加速試験」ということが散見される、すでにこの点については解決済みのことかもしれないが、対象となっている現象のスケラビリティとモデル化の理論に基づいた議論を是非展開してほしい。
- 業務用システム実用化技術実証では、本事業の対象外のセル・スタックベースの技術的課題で目標達成が遅れ、結果として多数のシステム実証による成果の位置づけが曖昧となってしまっており、要素技術の検証をしっかりと進めたのちにシステム実証に進む全体計画と判断の適正化が求められる。
- 「(b)・・・業務用システムの実用化技術実証」については、事業目標からして技術開発というよりも「実証」をすべき性格のプロジェクトと考えると、富士電機・日立造船については中間目標としては達成しているものの現在はまだシステム開発段階で、最終的に実証試験・効果実証・課題抽出まで十分できるのか少々気にはかかる。追加公募なので無理もない面もあり、特に改善を求めるわけではないが、最終目標達成に努力していただきたい。(ただ、配布資料に「実用化技術実証」ではなく「実用化技術開発」と書いてあり正しく表記すべき。)
- (d)再生エネルギー貯蔵とはいえ電力貯蔵システムとしては充放電効率が高いことが望まれるが、次世代技術の九州大学については充放電効率として 85%を超えるものが実現可能なのか(最終年度までに) 検討・実証が望まれる。
- 三菱日立パワーシステムズについては、優れた耐久性を維持しつつ効率の目標達成を期待する。燃料流れの改善を検討項目としているが、それだけで十分かどうか検討をお願いしたい。
- 三浦工業に関しては、効率改善のために燃料利用率の向上を図っていることは理解できるが、50%達成のためにこれ以外で検討すべき項目があれば、検討してほしい。
- 富士電機に関しては、PAFC で蓄積してきた燃料電池周辺技術の活用が可能かどうか検討してほしい。
- 次世代技術開発では、今回 2 テーマが比較的短期に完了しているが、実用化までにはいずれも長期間の取り組みが必要と考えられるため、さらに継続したサポートも必要ではないか。

- ・ 劣化メカニズムの解析においては、各評価機関ともすべて既製の計測及び観察装置を用いているが、既製の機器では捉えることができる事象と捉えることが困難な事象があるのではないかと。新たな評価機器の開発等劣化メカニズム解明の深化に向けた取り組みについても視野に入れて欲しい。
- ・ 業務用、産業用 SOFC については商品化の時期を設定しているものの、今後の実証研究の結果を評価しつつ、しっかりと市場投入できる時期を見定めることも必要ではないかと。

〈今後に対する提言〉

- ・ 長期性能劣化に関するコンソーシアム型解析研究は、実際に劣化した部材を精密に解析しており、世界的にもユニークなコンソーシアム型研究として展開している。今後の展開について主に以下の2点について検討を加えてほしい。
 - (1) コンソーシアム型の研究開発という形式は、まだ日本に根付いているものではなく試行錯誤の段階にあると理解しているが、まずは失敗を恐れずに柔軟に問題点を修正しながら試行錯誤的に進める、という柔軟なマネジメントが必要である。特に解析結果によっては、セルスタックの設計の優劣があらわになることも考えられるが、次世代の SOFC 設計につなげるために可能な限りの情報共有を行って欲しい。個別的な理解や対症療法的な対策を越えた「上位の概念」や新しい理解の方法が生まれることが理想であり、ここで得られた情報が基盤的知見として整理されて広く社会に普及することにより、日本全体の SOFC 技術のレベルアップに大きく貢献するものと期待される。セルの基本設計と耐久性や性能劣化に関する結果の共有や議論は、守秘義務を課したプロジェクト内でも難しいことは容易に理解できるが、セルスタック設計の相違が示す性能劣化の特性値や共通項から、次世代の SOFC 設計に関する基本要素を抽出し、これまでの課題とそれに対する解決策の進歩がわかると、次の開発に向けた新展開が期待できる。
 - (2) 大学・研究機関のメンバーには、特に現実の部材の解析を通して、新しいアイデアや理解の方法（学理）の萌芽があると思われるので、その発信も重要である。また、個別の問題としてではなく構成員全体の中で様々な可能性を追求しながら、新概念を構想して作り上げていくいわゆるオープンイノベーション型のコンソーシアム研究を実現するように努力することを期待する。プライオリティの確保も含めて困難が伴うことは理解できるが、情報の共有と非公開性を両立させつつ共同研究としての成果が上がるような新しいマネジメントの実現を期待している
- ・ 欠陥解析に基づいたシステム工学的な劣化問題の整理が今後必要になってくるものと思われる。このシステム工学的な考え方は、様々なスケールでの SOFC システムの展開に関しても同様であり、どのようにして複合システムの信頼性を維持する設計を行うかなどについて、これまで得られているミクロな機構に基づいた解析結果を利用して展開できるものと思われる。

- ・ 燃料電池の広範な普及には、現状設定されている 9 万時間を凌ぐより長期間の耐久性が求められており、迅速評価方法基礎研究のような企業と研究機関の適切な役割分多と有効に連携した基礎研究の取り組みは今後も継続的にかつ着実に実施・推進が望まれる。
- ・ 劣化機構解明では、抵抗と電極過電圧の関係やセリア層の役割と機能制御、オキソ酸生成などについて新しい発見と課題が残った。これらについては異なる意見もあると考えられるので、広く議論を起こす取り組みも考えてみてはどうか？
- ・ 基盤技術開発については、必要性に応じて以下の取り組みを行うことを期待する。セルスタックのうち、金属部、シール部、燃料ガス流れによる耐久性への影響把握と対策。硫黄の影響に関する体系的な検討と対策。
- ・ 業務用 SOFC の実証では、複数台、複数サイトの実証により、機器のばらつきなどの課題が示されているが、運転形態や熱利用などに大きな違いがない。今後は様々な市場、使用形態における複数台の実証により、市場投入までに確実に耐久性や導入効果を示してほしい。

(3) 成果の普及

〈肯定的意見〉

- ・ 成果の普及については、論文・研究発表、プレスリリース、などが多く見られ、成果公表に関わる作業は十分に進められていると判断できる。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取り組み

〈改善すべき点〉

- ・ これまでの本事業での成果の公表は、主に学術分野での講演が中心となっている感がある。現行プロジェクトの目標が SOFC の実用化(社会的利用)となっているので、各種 SOFC の適用先などを明確にしたうえで、国際社会への宣伝、売り込みなどの方法を勘案しながら事業を進めていくことがあってもいいのではないかと考える。

2. 4 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて

SOFC の実用化への最大の課題は耐久性であり、長期劣化に関するコンソーシアムによる劣化機構の解明と加速試験手法開発は、SOFC の実用化を効果的に支援するものである。本事業における基盤的研究の成果がメーカーの実用化開発に生かされるようになってきていることから、本事業の成果が商品化を確実に推進するものと言える。また、実用化実証事業では、中型から大型までの幅広いレンジのシステムの実証試験が着実に進んでいることも確認できた。

一方、開発・実証された技術レベルとコスト見通しから、市場投入に適切かの判断が困難なケースもある。技術開発・実証成果とともに、適用分野のニーズ、市場からの要求を適切に判断して、個別の実用化努力も積みあげた取り組みが重要である。業務用・産業用燃料電池のコスト目標については、機器本体の価格 100 万円/kW だけでなく、設置工事費、メンテナンス費も含めたトータルコストや、ランニングコストを考慮した投資回収年数などの経済性についても、本事業の実証研究を通して明らかにしていく必要がある。

参加したメーカーによって開発段階に違いがあり、また、開発ターゲットも異なるため、実用化時期が異なるのは理解できる。しかしながら、開発期間の相異が原因と思われるが、プロジェクト成果あるいはアウトカムについての認識が異なるように感じられるので、それぞれの実用化への道筋・ロードマップを、再度 NEDO と実施者間で共有して、着実に開発を進める努力が必要である。

実証に関する事業では、目標の絞り込みや事業化に関する課題の抽出が進んだが、具体的な成果はこれからの開発に負うところが大きい。これまでの SOFC 開発における経験や準備状況からその実用化の期待値は高く、着実に前進することを期待する。

〈肯定的意見〉

- ・ 長期劣化に関するコンソーシアムについては、ここで蓄積された知見から、より一般化された概念と、個別の特性を表す特性値が得られる可能性が高い。特性劣化に関しては、ソフトの提供ということ以上に、実機セルの解析で得られた理解そのものに価値があり、これをどのような形で提供し、次の開発・実用化に繋げるかということが、これからのプロジェクトマネジメントの正念場と言える。
- ・ 実証化の事業では、中型から大型までの幅広いレンジのシステムの実証試験が着実に進んでいることが確認できたのは良かった。目標とする性能も次第にはっきりしてきており、今後の成果に期待したい。
- ・ 基盤技術開発で開発されているセルスタックの多くは次世代エネファームとして、業務用産業用の実証では様々な出力規模、市場への定置用燃料電池として市場や出口が明確であり、体制も整っていることから早期の実用化が期待される。
- ・ 実用化への最大の課題が耐久性であり、その解明と加速試験手法開発は実用化を効果的に支援するもので、研究機関における基盤的研究がメーカーの開発に生かされるようになっており、商品化につながる可能性が高い。全体的に実用化という意味での成果としてはまだ途中段階ではあるものの、取り組み・見通し・戦略としては十分商品

化への期待が持てる形で行われていると考える。

- ・ システム実証をとおしたデータ・実績により、常時監視の規制見直しが進展しつつあり、実用化・市場投入に指しての障壁が取り除かれ実用化推進に貢献している。
- ・ コストの目標設定に際しては外部情報を参考にしており、納得感のある設定値となっている。
- ・ **SOFC** が実用化されれば新たな産業の創出となるばかりでなく、関連技術分野へのインパクトも大きいと予想される。また、温室効果ガス排出量の削減にもつながり、社会的貢献度は極めて大きいと期待できる。
- ・ 迅速評価方法基礎研究では、解析・評価とフィードバックにより参加したセル開発企業による実用化開発が加速されており、実証システムに反映されているものもあり、燃料電池システムとしての実用化・普及拡大につながっている。
- ・ 劣化の評価及び解析が各企業のセルの実用化を加速できていること、この成果をもとに実用化へのロードマップが描かれていることは高く評価できる。
- ・ 業務用システムの技術開発では、大型化に伴い装置等の改良に時間を要するのにもかかわらず、実用化に向けた取り組みを着実にこなしており、評価できる。
- ・ 目標設定において、既に市販されている家庭用コジェネレーションシステムに用いられている **SOFC** の耐久性評価が進展したことから、この市場分野におけるシステム全体の信頼性の向上が期待できる。宣伝や初期型に対する保障を工夫すれば、普及が一層進むと考える。
- ・ 産学連携体制、新規企業の参画などにより、国内の **SOFC** 開発技術にも裾野の広がりが見られる。これは、単一あるいは少数での開発とは異なって、技術的な波及効果と人材育成の面で期待できるものである。

〈改善すべき点〉

- ・ いずれの課題に於いても、参加メーカーは実用化見通しとそのための努力を提唱しているが、開発・実証された技術レベルとコスト見通しから必ずしも市場投入に適切かの判断が困難なケースもある。技術開発・実証成果とともに、適用分野のニーズ、市場からのリクワイアメントを適切に判断して、個別の実用化努力も積みあげた取り組みが重要である。
- ・ このプロジェクトを構成する個別開発事業における「実用化」の概念分布が広いように思う。開発期間が大幅に異なるためか、プロジェクトの成果あるいはアウトカムについての認識が大分異なる様に思われる。
- ・ 業務用産業用燃料電池のコスト目標については機器本体の 100 万円/kW だけでなく、設置工事費、メンテナンス費も含めたトータルコストや、ランニングコストを考慮した投資回収年数などの経済性についても実証を通して明らかにしていく必要があるのではないかと。
- ・ ポータブル電源については最終目標も達成していて技術的には高いレベルの開発がなされ意義はあるものの、商品としては競合技術に対するデメリットも多く、現状で

の事業化は厳しい感がある。今後さらに開発をすすめ、メリットが生かせる用途で事業化されることを期待する。

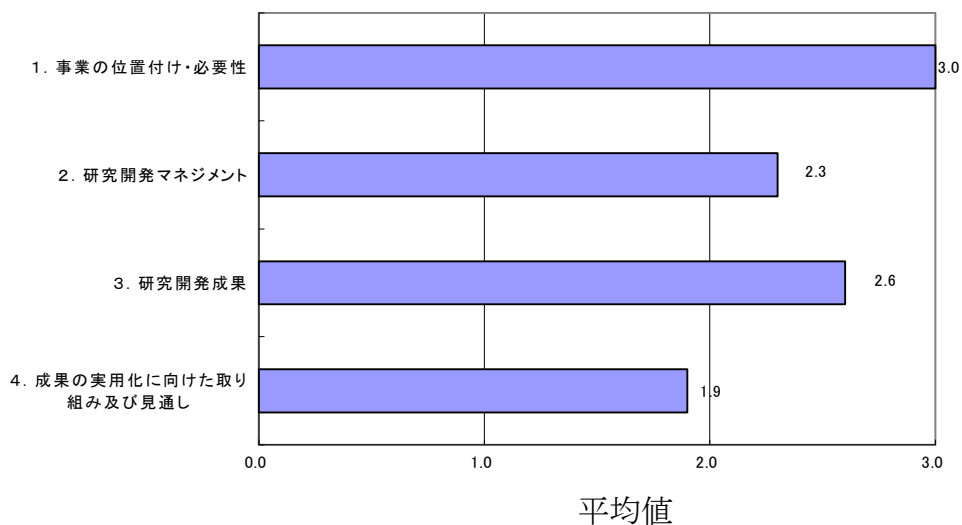
- ・ 尚、改善すべきという意味ではないが、「実用化の見通し」という点だけで言えば、「実用化技術開発」も含めてトータルの参画スタックメーカー数が多く、中には結果として商品化しないものもあると思われる。ただし、現状ではどの方式が最終的に優れたものになるか判断するには時期尚早なため現時点で絞る必要はないと思う。
- ・ 目標設定において、中容量以上のクラスの市場では、既存技術に対する優位点を信頼性、経済性、環境性などで打ち出していく必要があるように思う。
- ・ コストの目標設定に際して、中間評価である現時点では目標達成の見通しが難しい。現状は、高い信頼性を有するシステム開発に軸足が置かれているためであろうと考えられ、最終評価の段階では目標が達成されることを望むものである。
- ・ 耐久性迅速評価方法の適用により各参画機関の実用化が加速できたことは評価できる。しかし、本迅速評価方法が、9万時間以上の耐久性を見通すことができる汎用性の高い評価方法として確立できるかどうかの見通しについては、より明確にすべき。

〈今後に対する提言〉

- ・ メーカーによって開発段階に違いがあり、また、開発ターゲットも異なるため、実用化時期が異なるのは理解できる。それぞれの実用化への道筋・ロードマップに従い、着実に開発を進めてほしい。
- ・ エネファームは PEFC が先行しており、後発の SOFC にはさらなるコスト低減が求められている。また、業務用産業用 SOFC は家庭用よりも経済性がシビアであり、市場投入当初の 100 万円/kW では補助金が前提となる。2020 年頃のエネファーム自立普及、市場投入後 5~10 年後の業務用産業用燃料電池の自立普及に向けては、さらなる低コスト化、高効率化、信頼性向上のための研究開発に継続して支援していく必要があるのではないか。
- ・ 実証化に関する事業では、目標の絞り込みや事業化に関する課題の抽出が進んだが、具体的な成果はこれからの開発に負うところが大きい。これまでの SOFC 開発における経験や準備状況から期待値は高く、着実に前進することを期待する。
- ・ 次世代に関する研究開発成果には優れたものがあり、今後の展開が期待される。マイクロ SOFC に関しては、新しい応用分野としてのマーケットが広がるように思われるので、引き続き実用化に向けた改良をすすめてユニーク技術として完成してもらいたい。
- ・ 追加公募を行いさらに裾野を広げるとのことだが、次世代技術や実証試験ならよいが、商品化段階に来ているならば市場が重複する事業者の支援を増やすことには注意すべきかもしれない。
- ・ 今後の2年間で低コスト化に関する開発も進められると考える。但し、低コスト化は開発に従事する企業の努力に大きく依存し、公表を差し控え、取り扱いにも十分な注意が必要であると理解している。但し、評価の場では、どのような方策を講じてどの

程度のコストダウンが達成できたか、更なるコストダウンの可能性はあるのか、などについて提示していただけるとより明確な評価ができると考える。

3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)							
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.3	B	A	A	B	C	A	B	
3. 研究開発成果について	2.6	A	B	A	B	B	A	A	
4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて	1.9	B	B	A	B	C	C	B	

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

〈判定基準〉

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

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「固体酸化物形燃料電池等実用化 推進技術研究開発」

事業原簿【公開】

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 新エネルギー部
-----	--

目次

概 要	2
I. 事業の位置付け・必要性について	11
1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性	11
1. 1 NEDO が関与することの意義	11
1. 2 実施の効果（費用対効果）	11
2. 事業の背景・目的・位置づけ	11
II. 研究開発マネジメントについて	14
1. 事業の目標	14
1. 1 研究開発の目標	14
1. 2 各研究開発項目の目標	16
2. 事業の計画内容	21
2. 1 研究開発の内容	21
2. 2 研究開発の実施体制	23
2. 3 研究の運営管理	24
2. 4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性	24
3. 情勢変化への対応	25
4. 評価に関する事項	25
III. 研究開発成果について	26
1. 事業全体の成果	26
2. 研究開発項目別の成果	26
3. 研究開発成果の意義	33
4. 特許、論文、外部発表等の件数	35
5. 研究成果の最終目標の達成可能性について	36
IV. 実用化の見通しについて	46

(添付資料)

(添付-1) 各研究開発項目の詳細

(添付-2) プロジェクト用語集

(添付-3) プロジェクト基本計画

(添付-4) 事前評価関連資料（事前評価書、パブリックコメント募集の結果）

概 要

		最終更新日	平成 27 年 7 月 28 日
プロジェクト名	固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業	プロジェクト番号	P13001
担当推進部/PM または担当者	新エネルギー部 大平英二（平成 25 年 4 月～）		
0. 事業の概要	<p>我が国におけるエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題等の解決のためには、新エネルギー技術の開発・コスト削減及び利便性や性能の向上への取り組みが極めて重要である。固体酸化物形燃料電池（以下、SOFC）は、発電効率が高く、多様な燃料にも対応が可能であり、小型分散型から大規模火力代替システムまで広い適応性を持つことから、その実用化が強く望まれている。SOFC型エネファームは2011年に実用化されたが、2016年以降を見込む本格普及に向けては大幅なコストダウンと耐久性の両立が必須である。また、業務用、発電事業用のSOFCシステムは研究開発段階である。</p> <p>SOFCシステム等の本格普及へ向け、低コスト・高耐久性を両立したセルスタック開発に寄与する耐久性迅速評価技術確立する。また、業務用中容量（数～数100kW）から発電事業用大型システムの実用化へ向けた技術実証と要素技術開発を実施するとともに、SOFCの用途拡大を目指す。</p>		
1. 事業の位置付け・必要性について	<p>（１）政策上の位置付け 「エネルギー基本計画」（経済産業省、2010年6月）では、エネルギー源のベストミックスを確保するためには燃料電池の技術開発の促進と内外への普及拡大によって天然ガスシフトを推進すべきであること、燃料電池の普及に向けた最大の課題であるコストの低減に向けて基礎的な部分も含めた技術開発を推進するとしている。</p> <p>（２）NEDO が関与する意義 「固体酸化物形燃料電池実証研究」（平成19～22年度）及び「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発」（平成20～24年度）の成果等により、2011年1月に固体酸化物形燃料電池（以下、SOFC）を用いた家庭用コジェネレーションシステム「エネファーム・タイプS」が世界で初めて実用化され、高い発電効率を実証した。しかし、その本格普及のためには低コスト化と高耐久化の両立が喫緊の課題となっている。一方、数～数100kWの中容量システム、それ以上の大容量システムは、未だに技術開発の途上にある。高効率発電システムとして期待の高いSOFCは、世界中で精力的な研究開発が行われている。米国・欧州において、家庭用から発電事業用まで様々な用途・規模の燃料電池について技術開発及び実証研究が進められており、我が国の国際競争力強化等の観点から、引き続き戦略的・重点的な取り組みが不可欠である。基礎研究・実証研究を一体化して推進することが必要で、総合的な取組は企業単独では実施困難なため、NEDOの関与が必要不可欠である。</p> <p>（３）実施の効果 SOFCセルスタック及びシステム関連の技術は、セラミクス材料、金属材料、電気化学、空力学、熱力学、燃焼、電機等の広範囲で高度な科学技術の裾野を必要とし、かつ高度な設計・製造</p>		

	<p>技術も必要となることから、本事業を通じて当該分野の研究開発、並びに若手研究者・工学技術者の育成を促進できる。</p> <p>S O F Cシステムの普及が進めば、市場創出効果と温室効果ガス排出削減効果は大きい。セラミクス、金属、電子、発電等と当該分野に関連する業種は多岐にわたり、新たな産業・雇用を創出できる。世界に先駆けて実用化を進めることで、当該分野の国際競争力を強化できる。</p>
<p>2. 研究開発マネジメントについて</p>	
<p>事業の目標</p>	<p>① アウトプット目標</p> <p>①固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究（研究開発項目（a））</p> <p>エネファームの本格普及期を想定し、その実現に必要な低コストと高耐久性を両立したS O F Cセルスタック、S O F Cシステムの開発が民間企業において進められている。本研究開発項目（a）では、この開発を加速するため、耐久性迅速評価方法の確立を行う。前プロジェクトで開発した熱力学的解析、化学的解析、機械的解析、三相界面微細構造解析、耐久性評価方法等を高度化し、劣化要因に応じて有効な場合には加速劣化試験やシミュレーション技術等と複合させることにより、比較的短時間の耐久試験におけるS O F Cの微小な劣化現象を的確に評価・解析し、実用レベルの耐久性を迅速かつ高精度に検証する。この耐久性迅速評価方法の確立により、セルスタック開発サイクルの短縮と効率化を図る。</p> <p>N E D O技術開発ロードマップ（2010年度策定）における小容量定置用システムの目標、2020年度以降（普及～本格普及段階）「発電効率55% L H V以上、9万時間以上の耐久性見通し、システム価格40万円/k W以下」に照らし、本研究では、「9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する」ことを最終目標（平成29年度（2017年度））とする。また、中間目標（平成27年度（2015年度））は、「9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を開発する。また、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。」こととする。</p> <p>なお、効率とコストに関しては、システム設計等による部分が大きいために本項目では特に目標値を設定しないが、産業界との継続的な意見交換により、上記ロードマップ目標値から逸脱しないよう適切にマネジメントを行う。</p> <p>②固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証（研究開発項目（b））</p> <p>家庭用S O F Cシステムが2011年度に実用化された一方、業務用S O F Cシステムについては民間企業において開発が鋭意行われており、その実用化が期待されている。本研究開発項目（b）では、業務用S O F Cシステムの実証試験を実施し、その導入効果の検証及び実用化へ向けた課題抽出を行うことにより、これらシステムの開発及び初期導入を加速させる。業務用として数～数100 k Wの中容量S O F Cシステムの実負荷条件下での実証試験等を対象とする。本実証は、提案公募として実施するため、目標はテーマ毎に決定する。</p> <p>N E D O技術開発ロードマップ（2010年度策定）における中容量（数～数100 k W）定置用システムの目標、</p> <p>2020年度頃まで（初期導入）</p> <p>「発電効率45% L H V以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格約100万円</p>

／kW」に照らし、発電効率について家庭用システムでは45%LHVが実現されていることから、「発電効率50%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格約100万円／kW以下」の実現に資するべく、本実用化技術実証において、「中容量（数～数100kW）SOFCシステムの導入効果検証及び課題抽出を行う」ことを本研究開発項目（b）の最終目標（平成29年（2017年）度）とする。

③固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発（研究開発項目（c））

我が国が有する世界最高水準の火力発電技術*¹を更に革新する高効率化技術であるSOFC、ガスタービン及び蒸気タービン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*²の早期実用化を図るためには官民一体となった取り組みが必要である。そこで本研究開発項目（c）では、民間企業によるシステム開発を促すため、当該システムに適用するSOFCセルスタック、SOFCとガスタービンとの連携技術等の要素技術開発を行う。

*1：1500℃級ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた複合発電システムにおいて、天然ガス燃料で送電端効率58%LHV（低位発熱量基準：Lower Heating Value）が得られている。

*2：SOFC、ガスタービン、蒸気タービンの順に化石燃料の持つエネルギーをカスケード利用することにより、数百MW級規模のシステムにおいて天然ガス燃料で送電端効率70%LHV以上、石炭ガス化ガス燃料で送電端効率60%LHV以上が得られる。

NEDO技術開発ロードマップ（2010年度策定）における大容量コンバインドシステムの目標、

2020年度頃（初期導入）

「発電効率65%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格数10万～約100万円／kW以下」に照らし、また耐久性については前PJにおいて4万時間の耐久性をほぼ見通すことができたため、本研究では初期導入への第1ステップとして、以下に示すトリプルコンバインドサイクル発電システムの実用化に資する要素技術としてこのシステムに必要なSOFCセルスタック及びSOFCとガスタービン連携技術を開発することを最終目標（平成25年度（2013年度））とする。また、燃料は天然ガスとする。

④次世代技術開発（研究開発項目（d））

固体高分子形燃料電池（PEFC）、固体酸化物形燃料電池（SOFC）等の従来型燃料電池と異なる次世代燃料電池の開発及びSOFCの新たな用途の実用化、商品性の向上、低コスト化等に関する技術開発を行う。

本項目は、提案公募として実施するため、目標はテーマ毎に決定する。

なお、本項目は、前半3年間（平成25～27年度（2013～2015年度））、後半2年間（平成28～29年度（2016～2017年度））に分けて段階的に実施する。前半の成果を踏まえて中間評価を行い、後半で継続するか否かを判断する。

以下に、各研究開発項目の最終目標、中間目標を記載する。

① 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究（研究開発項目（a））

『最終目標』(平成 29 年度)

9 万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する。

『中間目標』(平成 27 年度)

9 万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を開発する。また、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。

② 固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証 (研究開発項目 (b))

『最終目標』(平成 29 年度)

中容量 (数~数 100 kW) SOFC システムの導入効果検証及び課題抽出を行う。

③ 固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発 (研究開発項目 (c))

『最終目標』(平成 25 年度)

以下に示すトリプルコンバインドサイクル発電システムの SOFC セルスタック及び SOFC とガスタービン連携技術を開発する。

<トリプルコンバインドサイクル発電システム>

発電規模 (送電端) : 数 10 MW 以上 (100 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 システム>

発電規模 : 10 ~ 20 MW

運転圧力範囲 : 大気圧 ~ 約 3 MPa

耐久性 : 9 万時間 (電圧低下率 0.1% / 1000 時間以下)

製造コスト : 30 万円 / kW 以下

④ 次世代技術開発 (研究開発項目 (d))

本項目は、提案公募として実施するため、目標はテーマ毎に決定する。

① **アウトカム目標**

(研究開発項目 (a))

「発電効率 55% LHV 以上、9 万時間以上の耐久性見通し、システム価格 40 万円 / kW 以下」の達成により、2020 年以降家庭用システムの本格普及を実現する。

(研究開発項目 (b))

「発電効率 45% LHV 以上、4 万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格約 100 万円 / kW」の達成により、2020 年頃までに業務用 SOFC システムの初期限導入を実現する。

(研究開発項目 (c))

「発電効率 65% LHV 以上、4 万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格数 10 万 ~ 約

	<p>100万円/kW以下」の達成により、2020年頃までに発電事業用SOFCシステムの実用化を実現する。</p> <p>(研究開発項目(d))</p> <p>燃料電池技術の用途拡大を実現する。</p> <p>② アウトカム目標達成に向けての取り組み</p> <p>(研究開発項目(a)(b)(c))</p> <p>本事業で抽出される課題を、産業界を中心に実施されるセルスタック、システム開発に反映させる。</p> <p>(研究開発項目(d))</p> <p>提案公募として実施するため、テーマごとに検討する。</p>					
事業の計画内容	主な実施事項	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度
	研究開発項目(a) 耐久性迅速評価法方法に関する基盤研究	9万時間以上の耐久性を見通すことができる評価方法の開発				
	研究開発項目(b) 業務用システム実証	発電効率45%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、 発電システム価格約100万円/kW				
	研究開発項目(c) 事業用発電システム			—	—	—
	研究開発項目(d) 次世代技術開発	燃料電池技術の用途拡大を実現する。				
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度
	一般会計					
	特別会計(需給)	994	999	1,061		
	開発成果促進財源					
	総予算額	994	999	1,061		
	(委託)	267	639	792		
	(共同研究): 負担率1/2	673	191	8		
(助成): 助成率1/2	54	169	261			
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 燃料電池推進室				
	プロジェクトリーダー	研究開発項目(a)のみ該当(東京大学 横川 晴美)				
	委託先 (委託先が管理法人の場合は参加企業数)	国立研究開発法人産業技術総合研究所/一般財団法人 電力中央研究所 /国立大学法人 東北大学 /国立大学法人東京大学 / 国立大学法人京都大学 /国立大学法人九州大学 /				

	及び参加企業名も記載)	TOTO(株) / 日本特殊陶業 (株) / 日本ガイシ (株) / (株) 村田製作所/三菱日立パワーシステムズ (株) /三浦工業 (株) /富士電機 (株) /日立造船 (株) /岩尾磁器工業 (株) /岩谷産業 (株) /パナソニック (株)
情勢変化への対応	H25.05 研究開発項目 (b) 追加公募 H27.08 研究開発項目 (b) 追加公募	
中間評価結果への対応	(中間評価を実施した事業のみ)	
評価に関する事項	事前評価	平成 25 年度実施 担当部 新エネルギー部
	中間評価	平成 27 年度 中間評価実施
	事後評価	平成 30 年度 事後評価実施予定
3. 研究開発成果について	<p>(研究開発項目 (a))</p> <p>1) 6 スタック (MHPS 機製円筒構造形、京セラ製筒状平板形、TOTO 製小型円筒形、日本特殊陶業製平板形、日本ガイシ製筒状構造形、村田製作所製一括焼結形) の性能評価を行い、空気極過電圧、燃料極過電圧、オーム損などに分離してその時間変化を導出した。高耐久性を実現している MHPS 機、京セラ機を除いた 4 スタックで、改善すべき空気極過電圧の増加とオーム損の増加が観測された。</p> <p>2) 6 スタック全てでオーム損と空気極過電圧の劣化に相関があることを見だし、その原因を考察するとともに、劣化機構解明、劣化要因特定に利用可能かの検討を行った。</p> <p>3) MHPS 機はクロム被毒を克服し、京セラ機では合金のコーティングで Cr 被毒を抑制することに成功していることが確認された。それ以外の劣化要因は見いだされていない。</p> <p>4) TOTO 機と新規参画 3 スタックでは、空気極に硫黄が蓄積していることが判明し、劣化率が大きいことの原因と想定されるが、明確な機構はまだ解明されていない。</p> <p>5) 複雑な空気極挙動を把握するために、抵抗-過電圧相関、セリア中間層の微構造、不純物の複合効果などの新たな視点から考察して、原因究明に努めた。</p> <p>6) 9 万時間耐久検証用のシミュレーション技術として、電解質の伝導度低下の予測法などを開発・検討するとともに、劣化機構解明にもシミュレーション技術の適用をこころみている。</p> <p>(研究開発項目 (b))</p> <p>三菱日立パワーシステムズ (SOFC+ガスタービンハイブリッド)</p> <p>① 技術基準との適合評価 加圧特有 (0.1MPa 以上) に関する技術基準の項目を抽出し、SOFC-MGT 複合発電システムの設計との適合を評価した。 いずれも、技術基準に適合しており問題ない事を確認している。</p> <p>② リスク評価 現状の電技解釈の【第 47 条 常時監視をしない発電所の施設】には、燃料・改質系統設備の圧力が 0.1MPa 未満であることと定義されている。 燃料・改質系統設備の圧力の基準を 0.1MPa 未満から 1MPa 未満へ変更することに対して図 2 に示す想定リスクを抽出し、表 2 により安全性の評価を実施し、問題ないことを確認した。</p> <p>③ システム長期耐久性検証</p>	

SOFC-MGT 複合発電システムを起動後、定格負荷にて 4,100h の連続運転（出力(AC 発電端ベース)：206kW(SOFC：183kW/MGT：23kW)を行った結果、定格負荷一定条件において経時劣化は見られず、圧力・温度共に安定した挙動を示しているとともに、電圧低下率 0%/1,000h で安定していることを確認した。

④ システム安全性検証

システムの異常時を想定した非常停止試験を実施し、温度、電圧や圧力の変化を確認した結果、異常は見られず、安全かつ確実に停止できることを確認した

三浦工業

・H25 年度に実証機 5 台を稼働させ、運転を開始、H26 年度には、入替等を行い、最新のモデルでの実証運転を実施、各種データを得ることができた。

・H26 年度には性能、品質向上評価機を計 8 台設置して要素試験を開始、実証機への反映データを取得した。

富士電機

・常圧型モジュールの設計データ取得、常圧特性の把握、DC 発電効率 55%以上を確認

・常圧型システムの設計技術習得、安定運転方法の確立、常圧システムの発電実験を実施
(累積発電：600 時間以上)

日立造船

平板型家庭用セルスタック 12 基を搭載した 10kW 級ベンチ試験により、システム性能評価を実施。安定した起動昇温から発電までの運転を実現するとともに、各スタック毎のガス流量分配や温度分布など、実証機および商品機の設計に資するデータを取得した。またスタック間で 9kW(55%相当)以上の性能を確認するとともに、送電ロスなどの課題抽出・対策検討を実施した。得られた知見を基に、20kW 級実証装置の設計を完了し、また H28 年 2 月に製作完了予定である。なお実証および初期商品機の容量に関しては、研究開始時には 50kW 級としていたが、市場性、事業採算性を考慮して 20kW 級に変更した。

(研究開発項目 (c))

三菱日立パワーシステムズ (事業用発電システム)

(i) 円筒形 SOFC セルスタック・カートリッジの製作及び検証

SOFC の設計方針は、セルスタックは小径長尺化、カートリッジへのセルスタックの充填密度を向上させることとし、セルスタックの試作、密充填カートリッジの計画及び試作を実施し、当初計画のセルスタック・カートリッジが製造できた。

(ii) 低コスト化量産化技術

低コスト材料を組合せ適用したセルスタックにて発電試験を行い、初期特性及び耐久性に問題ない事を確認した。

ガス焼成炉の要素技術を検証できる試験炉（ガス焼成検証装置）を導入し、セルスタックを試作した。製造状況、初期性能及び耐久性ともに問題なく、ガス焼成を適用した量産化の目処を得た。

(iii) SOFC セルスタック発電試験

1.5MPaG にて発電を行った場合、0.45A/cm²の時の電圧は 0.82V となり、常圧での電圧

(0.72V)に比べ 10%程度、電圧が向上した。また、電圧が 0.85V の時の電流密度は 0.48A/cm²となり、常圧での電流密度 0.25A/cm²に比べ 2 倍程度、発電性能が向上した。この結果から、高圧で発電することは、燃料電池の性能向上やシステムのコンパクト化や低コスト化に対して極めて有効であることを確認できた。

(iv) SOFC カートリッジ発電試験・ガスタービン連携模擬試験

常圧から MGT の圧力レベル (0.3MPaG) を想定して開発された現状仕様のカートリッジを用いて、1.0MPaG での発電試験を実施したところ、同一温度条件/同一カートリッジ電流にて 5%性能が向上 (セル電圧が上昇) し、予想通りの性能を確認する事ができた

(v) ガスタービン・燃焼器の開発

平成 25 年度は、要素試験結果、燃焼解析結果をもとに、実機実寸大の燃焼器を試作し、単缶での燃焼試験が可能な実寸単缶燃焼装置で燃焼特性を検討した。

試作した 2 重旋回バーナ及び中カロリーバーナは、高い燃焼効率を示し、何れのバーナも定格条件では、各燃料条件において燃焼効率 99.9%以上であることを確認した。

また、燃焼振動特性も試験で確認した範囲において、管理値に対し低いレベルであり、燃焼安定性も良好であることを確認した。

(vi) 導入可能性の調査

数十 MW 以上 (百 MW 未満) のトリプルコンバインドシステムの仕様等について検討し、導入可能性 (市場性) を把握する事を目的とし検討を行った。

(研究開発項目 (d))

可逆動作可能な固体酸化物型燃料電池による低コスト水素製造および高効率発電を利用した電力貯蔵 (九州大学)

・MiFe-SDC, NiFe-CMF 燃料極を用いるセルにおいて長期安定性を除いて、ほぼ目標を達成し、500°Cにおいて、SOFC モードでは 0.5V, 250mA/cm², SOEC モードで 1.3V, 175mA/cm²を達成した。

・CMF は還元状態では電子伝導が発現し、水蒸気電解のカソードに応用できることを見出した。

・500°Cで 125mW/cm²を示す小型円筒型セル(f10xL30mm)セルの作成に成功した。

・還元 PrBaMn₂O₅ で修飾することで、350°Cでも 90%の酸化・還元を繰り返し行えることが分かった。

・PrBaMn₂O₅ で修飾した Fe 粉体は繰り返し酸化・還元特性はさらに大きく安定しており、酸化速度は 350°Cで 765mmol/kg-Fe/min と見積もられ、目標を達成できた。

・LSGM 電解質支持管を用いて、350°Cで鉄-空気電池を試作して作動特性を検討した。放電電位 1.05V, 充電電位 1.13V を示し、充放電効率 89%で、600mh/g-Fe で充放電が繰り返し行えることを示した。

マイクロ SOFC 形小型発電機の開発 (産業技術総合研究所・岩谷産業・岩尾磁器工業)

・) 産総研が開発した低温・急速起動型マイクロ SOFC を不良率 10%以内で 1 日に 5,000 本製造する量産技術を確立した。

・マイクロ SOFC1 本から 0.59W の電力が取り出せる機械的な量産製造が見通せる 材料構造、集電・結線方法を確立した。

・カートリッジガスから 200W 以上の出力が得られるセルスタック (発電ユニット) を構築した。

	<ul style="list-style-type: none"> ・200W以上の発電に必要な改質ガスを延べ100時間に渡り得られた ・着火から5分以内でセルスタックを平均600℃に昇温する加熱炉を製作した。 ・脱硫、CO除去で延べ100時間の耐久性を確保した。また、カートリッジガスからACインバーターまで全てを内蔵した検証機を製作した。 <p>中温作動型酸化物プロトン SOFCに開発（パナソニック）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・BaZrO₃系材料およびBaZrCeO₃系材料候補の中から、燃料ガス耐久性、特にCO₂耐久性に着目し、目標作動温度の600℃での耐久性を確認。BaZr_{0.8}Y_{0.2}O₃、BaZr_{0.8}In_{0.2}O₃のCO₂耐久性がそれぞれ5300h、12000hの時間で安定であることを確認。また、導電率評価においては、BaZr_{0.8}Y_{0.2}O₃が開発目標性能である600℃で1×10⁻²S/cmに到達。 ・アノード及びカソードは、SOFCで一般的な電極材料のNi及びLSCFをBaZrO₃系材料と組合せ、実使用状況を想定した燃料電池雰囲気中で、開回路状態での1000h耐久試験を実施。電極並びに電解質材料に著しい劣化が見られなかったことから実使用環境下における初期耐久性を有することを確認。また、カソードについてはさらに材料候補を絞込むため、開回路状態での抵抗測定を実施し、特にLSCが好適であることを確認。 	
	投稿論文	84件(平成27年9月15日現在)
	特許	「出願済」2件、「登録」0件、「実施」0件(うち国際出願0件) (同上) 特記事項：
	その他の外部発表 (プレス発表等)	研究発表・講演(296件)／新聞・雑誌等への掲載(10件)／展示会へ出展(9件)(同上)
4. 実用化・事業化の見通しについて	<ul style="list-style-type: none"> ・基盤研究において9万時間運転の見通し ・実証研究で得られた知見をベースに2017年市場導入を計画している。 	
5. 基本計画に関する事項	作成時期	平成25年2月制定
	変更履歴	なし

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

1. 1 NEDO が関与することの意義

我が国におけるエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題、交通量の多い都市部等における地域環境問題（NO_x、PM等）の解決のためには、国全体として省エネルギーを推進するとともに、新エネルギー技術の開発・コスト削減及び利便性や性能の向上に積極的に取り組むことが極めて重要である。

燃料電池は、上記の課題解決に向けたキーテクノロジーとして、その実用化が強く期待されている。「Cool Earth－エネルギー革新技術計画」（経済産業省、2008年3月）では、CO₂排出量の大幅削減を可能とする21の革新技術の一つとして、民生部門で定置用燃料電池が選定されている。加えて発電・送電部門においても、燃料電池-ガスタービンハイブリッド発電、石炭ガス化燃料電池複合発電が挙げられている。また、「エネルギー基本計画」（経済産業省、2010年6月）では、エネルギー源のベストミックスを確保するためには燃料電池の技術開発の促進と内外への普及拡大によって天然ガスシフトを推進すべきであること、燃料電池の普及に向けた最大の課題であるコストの低減に向けて基礎的な部分も含めた技術開発を推進としている。数種類ある燃料電池の中でも固体酸化物形燃料電池は、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、小型分散型から大規模火力代替システムまで広い適応性を持つことから、その実用化が強く望まれている。家庭用燃料電池の更なる普及拡大、業務用・発電事業用燃料電池の実用化、燃料電池自動車の2015年の普及開始とその後の拡大に貢献するためには、技術開発、実証研究、基準・標準化の取り組みを長期展望の下、総合的に推進することが必要であるが、このような長期展望に基づいた総合的な取組は企業単独では実施困難なため、NEDOの関与が必要不可欠である。

SOF型エネファームにより、日本は世界に先駆けてSOFCシステムの商品化に成功したが、その本格普及のためには更なる低コスト化・高耐久化が必要不可欠である。一方、中～大容量システムの実用化、あるいは次世代燃料電池の開発には、極めて高い技術レベルと多大な開発ソースが必要となる。

1. 2 実施の効果（費用対効果）

当該事業を実施することにより、「水素・燃料電池戦略ロードマップ」（経済産業省2014年6月、図表参照）等で試算される2030年の市場規模：日本1兆円程度、世界38兆円程度2050年の市場規模：日本8兆円程度、世界160兆円程度の成長に寄与することができる。また、燃料電池分野の特許出願数は現在でも世界1位で2位以下の欧米等の各国と比べ5倍以上となっており、本事業の推進が水素利活用分野での高い産業競争力を支えている。更には、前述の「Cool Earth－エネルギー革新技術計画」において、世界全体の温室効果ガスの排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標を達成するためのエネルギー分野における21の革新的技術開発の中に選定され、温室効果ガスの削減にも大きな貢献をもたらすことが期待されている。

このような研究開発投資がもたらす効果として、水素エネルギーの社会への導入・普及は、省エネルギー効果、環境負荷低減効果、エネルギーの供給多様化、石油代替効果、分散型電源としての利用、産業競争力強化と新規産業・雇用の創出が期待される。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）では、固体酸化物形燃料電池実証研究」（平成19～22年度）及び「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発」（平成20～24年度）（以下、前プロジェクト）の成果等により、2011年11月に固体酸化物形燃料電池（以下、SOFC）を用いた家庭用コージェネレーションシステム「エネファーム・タイプS」が世界で初めて実用化され、高い発電効率を実証した。しかし、その本格普及のためには低コスト化と高耐久化の両立が喫緊の課題となっている。一方、数～数100kWの中容量システム、それ以上の大容量システムは、未だに技術開発の途上にある。また、燃料電池技術の応

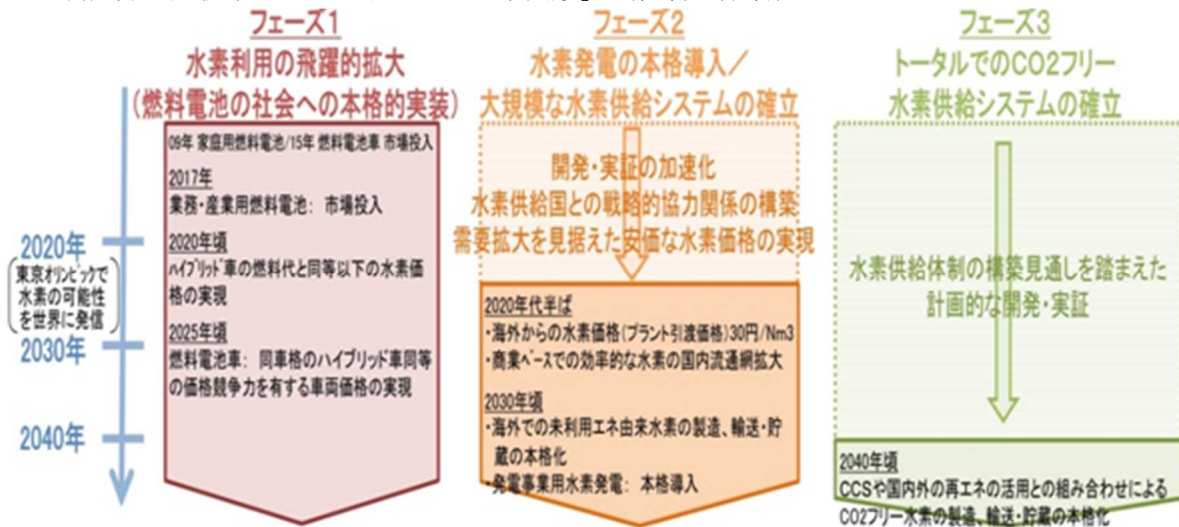
用である水電解水素製造技術、抜本的な低コスト化・高耐久化に有効な低温動作セル等は、現在も基礎研究段階である。

○各国の技術レベル

・高効率発電システムとして期待の高いSOFCは、世界中で精力的な研究開発が行われている。米国では、石炭ガス化ガス発電を目標としたエネルギー省のプロジェクト「Solid State Energy Conversion alliance」が実施されている。また、Fuel Cell Energy 社、Versa Power Systems 社、Delphi 社、UTC 社、LG Fuel Cells 社等の企業が大規模システム開発とセルスタック開発を行っている。更に、Bloom Energy 社は、100kW級システムを用いたエネルギー供給サービスをカリフォルニア州で展開している。欧州では、豪企業CFCL 社や英Ceres Power 社が、家庭用SOFCシステムの商用化を目指しており、独Callux 実証プロジェクトでは、Vaillant 社、Hexis 社等が家庭用SOFCシステムの実証試験を行っている。また、特に欧州では固体酸化物形水電解セル（SOEC）開発が活発化しており、独Sunfire 社やSiemens 社等が開発を進めているほか、燃料電池技術を応用した水電解セルに関するプロジェクト（NEXPAL、EKOLYSER 等）が進行中である。

米国・欧州において、家庭用から発電事業用まで様々な用途・規模の燃料電池について技術開発及び実証研究が進められており、我が国の国際競争力強化等の観点から、引き続き戦略的・重点的な取り組みが不可欠である。

「水素燃料電池戦略ロードマップ 2014 年度版」 (経済産業省)



「燃料電池実用化推進協議会 (FCCJ)」によるシナリオ

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

1. 1 研究開発の目標

② アウトプット目標

① **固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究（研究開発項目（a））**

エネファームの本格普及期を想定し、その実現に必要な低コストと高耐久性を両立したSOFCセルスタック、SOFCシステムの開発が民間企業において進められている。本研究開発項目（a）では、この開発を加速するため、耐久性迅速評価方法の確立を行う。前プロジェクトで開発した熱力学的解析、化学的解析、機械的解析、三相界面微細構造解析、耐久性評価方法等を高度化し、劣化要因に応じて有効な場合には加速劣化試験やシミュレーション技術等と複合させることにより、比較的短時間の耐久試験におけるSOFCの微小な劣化現象を的確に評価・解析し、実用レベルの耐久性を迅速かつ高精度に検証する。この耐久性迅速評価方法の確立により、セルスタック開発サイクルの短縮と効率化を図る。

NEDO技術開発ロードマップ（2010年度策定）における小容量定置用システムの目標、2020年度以降（普及～本格普及段階）「発電効率55%LHV以上、9万時間以上の耐久性見通し、システム価格40万円/kW以下」に照らし、本研究では、「9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する」ことを最終目標（平成29年度（2017年度））とする。また、中間目標（平成27年度（2015年度））は、「9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を開発する。また、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。」こととする。

なお、効率とコストに関しては、システム設計等による部分が大きいため本項目では特に目標値を設定しないが、産業界との継続的な意見交換により、上記ロードマップ目標値から逸脱しないよう適切にマネジメントを行う。

② **固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証（研究開発項目（b））**

家庭用SOFCシステムが2011年度に実用化された一方、業務用SOFCシステムについては民間企業において開発が鋭意行われており、その実用化が期待されている。本研究開発項目（b）では、業務用SOFCシステムの実証試験を実施し、その導入効果の検証及び実用化へ向けた課題抽出を行うことにより、これらシステムの開発及び初期導入を加速させる。業務用として数～数100kWの中容量SOFCシステムの実負荷条件下での実証試験等を対象とする。

本実証は、提案公募として実施するため、目標はテーマ毎に決定する。

NEDO技術開発ロードマップ（2010年度策定）における中容量（数～数100kW）定置用システムの目標、

2020年度頃まで（初期導入）

「発電効率45%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格約100万円/kW」に照らし、発電効率について家庭用システムでは45%LHVが実現されていることから、「発電効率50%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格約100万円/kW以下」の実現に資するべく、本実用化技術実証において、「中容量（数～数100kW）SOFCシステムの導入効果検証及び課題抽出を行う」ことを本研究開発項目（b）の最終目標（平成29年（2017年）度）とする。

③ **固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発（研究開発項目（c））**

我が国が有する世界最高水準の火力発電技術^{*1}を更に革新する高効率化技術であるSOFC、ガスタービン及び蒸気タービン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^{*2}の早期実用化を図るためには官民一体となった取り組みが必要である。そこで本研究開発項目（c）では、民間企業によるシステム開発を促すため、当該システムに適用するSOFCセルスタック、SOFCとガスタービンとの連携技術等の要素技術開発を行う。

*1：1500℃級ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた複合発電システムにおいて、天然ガス燃料で送電端効率58%LHV（低位発熱量基準：Lower Heating Value）が得られている。

*2：SOFC、ガスタービン、蒸気タービンの順に化石燃料の持つエネルギーをカスケード利用することにより、数百MW級規模のシステムにおいて天然ガス燃料で送電端効率70%LHV以上、石炭ガス化ガス燃料で送電端効率60%LHV以上が得られる。

NEDO技術開発ロードマップ（2010年度策定）における大容量コンバインドシステムの目標、2020年度頃（初期導入）

「発電効率65%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格数10万～約100万円/kW以下」に照らし、また耐久性については前PJにおいて4万時間の耐久性をほぼ見通すことができたため、本研究では初期導入への第1ステップとして、以下に示すトリプルコンバインドサイクル発電システムの実用化に資する要素技術としてこのシステムに必要なSOFCセルスタック及びSOFCとガスタービン連携技術を開発することを最終目標（平成25年度（2013年度））とする。また、燃料は天然ガスとする。

④次世代技術開発（研究開発項目（d））

固体高分子形燃料電池（PEFC）、固体酸化物形燃料電池（SOFC）等の従来型燃料電池と異なる次世代燃料電池の開発及びSOFCの新たな用途の実用化、商品性の向上、低コスト化等に関する技術開発を行う。

本項目は、提案公募として実施するため、目標はテーマ毎に決定する。

なお、本項目は、前半3年間（平成25～27年度（2013～2015年度））、後半2年間（平成28～29年度（2016～2017年度））に分けて段階的に実施する。前半の成果を踏まえて中間評価を行い、後半で継続するか否かを判断する。

以下に、各研究開発項目の最終目標、中間目標を記載する。

固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究（研究開発項目（a））：

『最終目標』（平成29年度）

9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する。

『中間目標』（平成27年度）

9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を開発する。また、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。

固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証（研究開発項目（b））

『最終目標』（平成29年度）

中容量（数～数100kW）SOFCシステムの導入効果検証及び課題抽出を行う。

固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発（研究開発項目（c））

『最終目標』（平成25年度）

以下に示すトリプルコンバインドサイクル発電システムのSOFCセルスタック及びSOFCとガスタービン連携技術を開発する。

<トリプルコンバインドサイクル発電システム>

発電規模（送電端）：数10MW以上（100MW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システム>

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%/1000時間以下）

製造コスト：30万円/kW以下

次世代技術開発（研究開発項目（d））

提案公募として実施するため、目標はテーマ毎に決定する

1. 2 各研究開発項目の目標

達成目標は下記の通り。

固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

	中間目標	最終目標
プロジェクト全体		
	9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を開発する。また、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。	9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する
中温筒状平板形		
	2009年度機以降の2万時間以上運転した従来のセルスタック解体分析並びに性能変化の解析を行い、劣化要因毎の時間変化の予測と実機劣化挙動とが整合しているかを検討し、9万時間耐久が見通せるかを判断する。新たな劣化要因が見つかるかあるいは既知劣化要因の時間変化が予想から外れる場合には、その原因を究明し、耐久性迅速評価技術の開発に資する。2015年度より、低コスト検討用セルスタックについて、耐久性迅速評価へ向けた試験を開始する。	従来のセルスタックについて、9万時間耐久の見通しが得られている場合には、更に長期間運転を行い、さらなる検証に勤める。見通しが得られない場合には改善点を提案するとともに、耐久性迅速評価技術の課題抽出に供する。低コスト検討用セルスタックについて、9万時間耐久性を評価する。
高温円筒状横縞形		
	累計2万時間程度の長期運転実績データを入手したセルスタックについて、物質の拡散状態、三相界面近傍の組織変化に及ぼす影響、欠陥化学的变化を解析し、1万時間までの知見で得られた劣化要因と比較し、9万時間耐久性の見通しについて検討する。	長期運転セルスタックについて、新たな劣化要因がある場合には、劣化機構解明を従来の知見を基にして行い、改善策を検討する。新たな劣化要因がない場合には、更に運転時間を延長して、その挙動が寿命予測と整合するかを検証することで9万時間（電圧低下率0.1% / 1000時間）の見通しを行うための耐久性迅速評価技術が適切であるかを判断する。
低温小型円筒形		
	加速試験案の策定及び、数1000時間の連続運転結果の分析解析から9万時間耐久性の見通しが得られるか検証し、耐久性迅速評価技術の開発に資する。	開発された耐久性迅速評価技術が適切であった場合には、1-2万時間の運転実証により9万時間耐久性の見通しが得られるか検証する。見通しが得られない場合には、改善点を明確にするとともに、評価技術の改良に資する。
中温平板形		
	初期劣化挙動の解析・分析から、主要な劣化機構を想定し、改善部位を明確化する。次に、数1000時間の連続発電試験、及び熱サイクル試験を通じて詳細な劣化機構を解明する。さらに、初期劣化を改良したスタックにて、長期耐久性の見通しを検討する。また、この改良したスタックで性能表示式の構築を行う。	劣化機構解明とその改善策を適用したスタックにおいて耐久性迅速評価を適用し、9万時間耐久の見通しを検討する。
中温筒状横縞形		

	中間目標	最終目標
	<p>中温筒状横縞形セルスタック及びモジュールの5千時間程度の発電耐久試験と熱サイクル及び負荷サイクル試験を行う。試験後サンプルの基盤グループでの劣化機構解析結果をもとに改良したセルスタック及びモジュールの耐久試験を実施し、劣化機構解析結果および改良結果を検証する。本作業を数回繰り返して、9万時間耐久が達成するための改良点を明確にする。</p>	<p>中温筒状横縞セルスタックを使用したモジュールの9万時間耐久への見通しを検討する。</p>
中温一体焼結形		
	<p>初期および数千時間耐久試験後のセルの劣化機構を把握し、耐久性の改善策を抽出する。そして、耐久試験の結果より性能予測式を構築する。</p>	<p>耐久性迅速評価技術を適用して、性能予測式を検証し、9万時間耐久を評価する。</p>
熱力学的解析		
	<p>耐久試験したセルスタックにおいて、セル構成材料と不純物との反応性・材料間反応性を解析し、劣化要因分析・劣化メカニズム解明を行い、10% / 9万時間耐久のための見通しおよび劣化対策案を示す。さらに、加速劣化試験法を確立する。</p>	<p>劣化対策を施したセルスタックにおいて、セル構成材料と不純物との反応性・材料間反応性を解析し、劣化要因分析・劣化メカニズム解明をおこない、10% / 9万時間耐久を評価する。</p>
化学的解析		
	<p>各スタックに対して、化学的解析により劣化要因、劣化機構を解明し、9万時間耐久見通しを目指した改善の指針を導くとともに、化学的解析に関わる加速要因分析をおこない、耐久性迅速評価手法を開発に資する。</p>	<p>各スタックに対して、化学的解析により9万時間耐久の見通しに必要とされる劣化機構解明を行うとともに、化学的解析に係わる加速要因分析の高度化を図る。</p>
三相界面微構造解析		
	<p>各社のセルスタックについて、三相界面の微構造と電池性能との関連性を明確にし、より適した電池構成と運転条件を提言する。ボタンセルを用いて、様々な条件下における性能変化を観察し、微構造変化との相関を明らかとし、あらゆる劣化現象に対応可能なデータベースの構築を行う。</p>	<p>各社セルスタックについて、これまでのデータベースを活用して劣化要因・機構を解明し、適切な提案を行う。またボタンセルを用いた加速劣化手法を確立し、短時間の運転から長期運転時の性能を予測する。</p>
セル構造体解析		
	<p>セル構造体の信頼性に影響する現象として、非対称セルについては単セルの変形挙動、対称セルについては運転条件下での特定部材の物理化学的・機械的挙動をとりあげ、酸素ポテンシャル分布を考慮した解析により、短期・長期信頼性に影響する要因を分析する。</p>	<p>長期耐久性評価試験に供されたスタックの熱力学的・化学的および三相界面微構造の各解析の結果を取り入れて、これらが9万時間以上の運転後の信頼性に及ぼす影響を明らかにする。</p>
スタック性能劣化解析		

中間目標	最終目標
<p>すでに4万時間耐久性の見通しを得ているスタックに対しては、一定条件における2万時間程度の耐久性評価試験を実施する。本プロジェクトの中で初めて集学的な検討を行うスタックについては、2,000～5,000時間程度の長期試験を複数回行うと共に、性能表示式を開発して劣化要因の特定を行う。また、小型円筒形セルスタックに対し、熱サイクル試験および負荷サイクル試験を実施する。各サイクル試験での劣化に対して詳細な電気化学的評価を試み、各サイクルが劣化に与える影響を見通すための性能劣化解析手法を開発する。開発した性能劣化解析手法を一体焼結形、平板形、筒状横縞形のセルスタックへと展開することにより性能劣化解析手法を高度化して、各サイクルが9万時間の期間で劣化に与える影響を見通すためのサイクル耐久に関する耐久性迅速評価技術を開発する。</p>	<p>劣化要因改善策が施された各セルスタックに対して、逐次長期耐久性試験と性能解析(抵抗分離)を行なうことにより、抵抗成分毎の劣化率を定量化し、9万時間耐久の達成度を各スタック毎に明確化する。 開発したサイクル耐久に関する耐久性迅速評価技術を適用し、9万時間の耐久性確保に向けて劣化要因改善策が施された各セルスタックに対して、逐次効果検証を行うことにより、熱サイクルおよび負荷サイクルによる耐久性が9万時間の期間で十分であるかどうかの見通しを行う。</p>
シミュレーション技術の開発	
<p>FIB-SEM再構築手法とフェーズフィールド法を用いた燃料極のNi焼結に伴う形態変化の数値シミュレーションコードを開発し、有効三相界面密度や屈曲度ファクターの経時変化を予測する手法を構築する。また、得られた構造データを用いた分極シミュレーションを実施し、過電圧ならびに局所ポテンシャル分布や局所電流線等の3次元情報の予測手法を確立する。 一方、空気極に関しては、LSCF空気極の場合の過電圧の予測手法を構築した上で、LSCF空気極中に銀相が堆積した場合の気相拡散と空気極表面反応が阻害される影響、および銀相による電極活性の向上効果について予測可能な数値シミュレーション手法を構築する。</p>	<p>燃料極Ni焼結の数値シミュレーション手法を数万時間以上の劣化予測まで適用可能なレベルに高度化する。また、LSCF空気極と電解質間の反応防止層中に生成するSrZrO₃絶縁相が、中間層有効イオン導電率や空気極過電圧に及ぼす影響を評価可能な数値シミュレーション手法を構築する。</p>
<p>LSM電極と電解質界面近傍の酸素ポテンシャル分布の数値予測法を確立する。セルスタックシミュレーションプログラムの整備と局所劣化データの適用を行う。</p>	<p>LSM緻密化の進展と酸素ポテンシャル分布の相関を明確化する。セルスタックシミュレーションでの局所劣化モデルの高度化を図る。</p>
<p>セル、セル部材、微細構造中の酸素ポテンシャル分布の計算を、高性能ワークステーションを用いて、実用的な計算時間で実行することのできる計算プログラムを開発する。</p>	<p>酸素ポテンシャルの計算ルーチンをANSYS, FLUENTなどの汎用構造解析、熱流体解析ソフトウェアと連携させ、酸素ポテンシャル計算を基礎とする応力計算、信頼性の評価を実施できるようにする。</p>
<p>電解質におけるオーム抵抗増大・劣化現象をシミュレーションできる技術を確立する。セリア中間層/電解質界面におけるSrZrO₃等反応生成物の生成、セリア中間層/LaMnO₃系空気極界面における緻密化に関する基礎データを整理、提供を行う。空気極における被毒現象について、電極内への不純物投入量と性能劣化との関係を定式化する。</p>	<p>電解質、電極/電解質界面、電極における劣化現象をシミュレーションできる技術を確立し、9万時間耐久を確実にするための基盤データを提供する。</p>
耐久性迅速評価方法の開発	

	中間目標	最終目標
	耐久性迅速評価方法がスタック耐久性の評価方法として開発されていることを確認する。	開発された耐久性迅速評価方法が十分にスタック耐久性評価方法として機能しうることを、スタックメーカーと連携して検証し、改善点の抽出を行い、評価方法としての確立を図る。

固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証

	中間目標	最終目標
三浦工業		
		発電効率 ①スタック効率 57% ②燃料利用率 (Uf) 72% ③補機損失 400W ④PCS 効率 93% ⑤効率 50%の課題抽出
		総合効率 90%
		システム機での劣化率 0.25%/1000 h ①改質水供給圧力変動 ±1 kPa ②スタック温度むら ±20℃ ③運転温度 760℃
		システム機の確立 ワンパッケージ化 ①水自立機能 ②別置パージガス ③別置 PCS
三菱日立パワーシステムズ		
		システム安全性評価 ①「発電用火力設備」「電気設備」に関する技術基準に対する SOFC ハイブリッドシステムの設計への反映状況の再整理 ②家庭用燃料電池 (SOFC 型) を参考にしながらハザード分析、加圧特有のハザード分析
		SOFC ハイブリッドシステム実証機の運転試験 ①システムの長期耐久性検証 ②システム安全性検証 (システム異常模擬状態における安全性評価)
		机上検討および試験結果解析に基づく規制緩和の妥当性評価 ①検討・試験に基づく、初期導入促進に向けた課題に抽出 ②「常時監視に義務化の見直し」を第一の目的とする
富士電機		
	常圧型モジュールの開発 常圧型モジュールの設計/製作/評価 DC 発電効率 (定格) : 55%以上 (AC 発電効率: 50%相当)	

	中間目標	最終目標
	常圧型高効率システムの開発 モジュール評価装置の設計/製作 常圧システムの運転技術の確立	
	H28 年度以降実施予定 実証試験 実証機の設計/製作 実証機を通して、商品機の課題把握	
	H28 年度以降実施予定 商品機の設計	
日立造船		
	10kW 級ベンチ試験による性能確認、課題抽出 i) 安定運転 ii) 発電端 50% 達成 iii) 送電端 50% 見通し	
	20kW 級実証機の設計・製作	
	コンパクト化のための熱解析 i) モデル作成 ii) 0.3m ² /kW 達成 iii) プロセス最適化	

固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発

	中間目標	最終目標
		トリプルコンバインドシステムの要素技術の開発として、SOFC は高圧環境下での発電特性や耐久性の検証、 SOFC とガスタービンの連携技術の開発、ガスタービンはガスタービン本体 の構造検討や燃焼器の開発を行い実用化に向けた目処を得る。

次世代技術開発

	中間目標	最終目標
九州大学		
		セルの基本性能 ・SORC 単セル発電性能：電流密度 10mA/cm ² で 0.5V の端子電圧の達成 ・SORC 単セル発電耐久性：電流密度 10mA/cm ² で初期動作電圧の 2% 以下の劣化率@1000h ・SORC 単セル水蒸気電解性能：1.3V の電解電圧において、電流密度 0.2A/cm ² を達成。 ・SORC 単セル水蒸気電解耐久性：電流密度 0.2A/cm ² で初期動作電圧の 3% 劣化/1000h

中間目標	最終目標
	円筒セル ・湿式法を用いた SOFC 作動が可能な円筒型セルの作成と動作確認。 ・理論起電力を示す LSGM 薄膜からなるセルの作成法、拡散抑制層の作成法の開発
	Fe 粉体 ・初期の水素供給・吸蔵速度 113.7 mmol H ₂ /kg Fe/min ・水素供給・吸蔵速度の耐久性 初期の水素供給・吸蔵速度に対して 70%/100cycle
岩谷産業、産業技術総合研究所、岩尾磁器工業	
	マイクロ SOFC 量産化に向けた技術開発
	性能低下が少ない材料構造、集電・結線方法の開発
	セルスタック、発電ユニット設計・製作および最適化検討、燃料ガス組成によるセルスタックへの影響の調査
	カートリッジガスの前処理方法の最適化
	マイクロ SOFC のスタック加熱システムの開発
	ポータブル電源システム要素技術の開発および検証機の製作
パナソニック	
	開発した混合イオン伝導体電解質材料に適したアノード、カソード材料の選定・開発を行う。
	電解質厚さ 5μm 以下でガスリーク、電子的リークのない、電解質薄膜の合成プロセスを確立し、革新的な低コストが可能な平板型薄膜単セルを試作する。
	平板型薄膜セルの性能評価を実施し、分極の内訳等の評価結果を基に、出力密度 0.7 W/cm ² 程度を見通すための対策を提示する。

2. 事業の計画内容

2. 1 研究開発の内容

事業の目標を達成するために、以下の研究開発項目について、研究開発を実施する。

① [研究開発項目 (a)] 「固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究」

下記 (i) ~ (iv) の研究開発を実施する。

(i) 材料評価・性能評価・解析技術の高度化と劣化機構解明の迅速化

長時間稼働あるいは頻繁に起動停止したセルスタックの材料変化・性能変化を集学的に解析する技術を、微小な材料変化・微構造変化でも検出し性能変化との相関を検出できるように更に高度化し、セルスタック性能劣化の要因分析と劣化機構解明の迅速化を行う。

(ii) 劣化進展モデルの検討

運転条件 (温度、過電圧、電流密度等) と関連づけられる変数を変化させた加速劣化試験法の妥当性の検討を行うとともに稼働下での温度・酸素ポテンシャル分布などを考慮したシミュレーション技

術の適用が劣化挙動の進展の把握にどのように寄与できるかを検討し、耐久性迅速評価に必要なセルスタックの長期的挙動把握を実験的・解析的に行う。

(iii) 耐久性迅速評価法の開発

比較的短期間（数千から数万時間）の劣化挙動の観察と微小な変化の検出から9万時間レベルの長期耐久性を評価する手法を開発する。

(iv) セルスタック耐久試験の実施

参加企業が開発したセルスタックの耐久試験を実施し、劣化挙動に関するデータを収集する。耐久試験後のセルスタックは上記 (i) から (iii) の各項目の検討に供し、そこで得られた知見は、参加企業のセルスタック開発に供し、耐久性9万時間以上のセルスタックの改良につなげる。

②研究開発項目 (b) 「固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証」

数～数100kW級中容量SOFCシステムの実負荷条件下での実証試験を実施し、導入効果の検証及び技術課題の抽出を行い、中容量SOFCシステムの実用化に資する改良につなげる。

課題設定型産業技術開発費助成金交付規定に基づく助成事業として実施する。

③研究開発項目 (c) 「固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発」

下記 (i) ～ (iv) の研究開発を実施する。

(i) SOFCセルスタックの開発

ガスタービンとの連携運転が可能なSOFCセルスタックを開発する。大気圧～約3MPaの圧力で燃料・空気を供給可能な試験設備を用い、数10MW級のガスタービンとの連携運転を模擬した条件で、セルスタックの電流-電圧特性、圧力依存性、伝熱特性等を検証するとともに、1万時間レベルの長期耐久試験を実施し、9万時間の耐久性を見通す。また、セルスタックの低コスト生産技術を開発する。

(ii) SOFC-ガスタービン連携技術の開発

上記①で開発したセルスタックを実際に数10MW級のガスタービンに接続またはこれを模擬し、電流-電圧特性、圧力依存性及び伝熱特性等を検証する。また、起動停止、緊急停止等、ガスタービンの連携運転時に想定される各運転モード及び過渡的状态に対するセルスタックの応答を確認する。

(iii) 導入可能性の調査

平成24年度において、数10MW以上（100MW未満）のトリプルコンバインドサイクル発電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。

(iv) 実証システムの基本設計

上記 (i) から (iii) で取得したデータに基づき、実証システムの基本設計を行う。

なお、本項目の実施期間は平成26年度（2014年度）までの2年間（前事業からの通算で3年間）である。

④研究開発項目 (d) 「次世代技術開発」

提案公募により実施する。

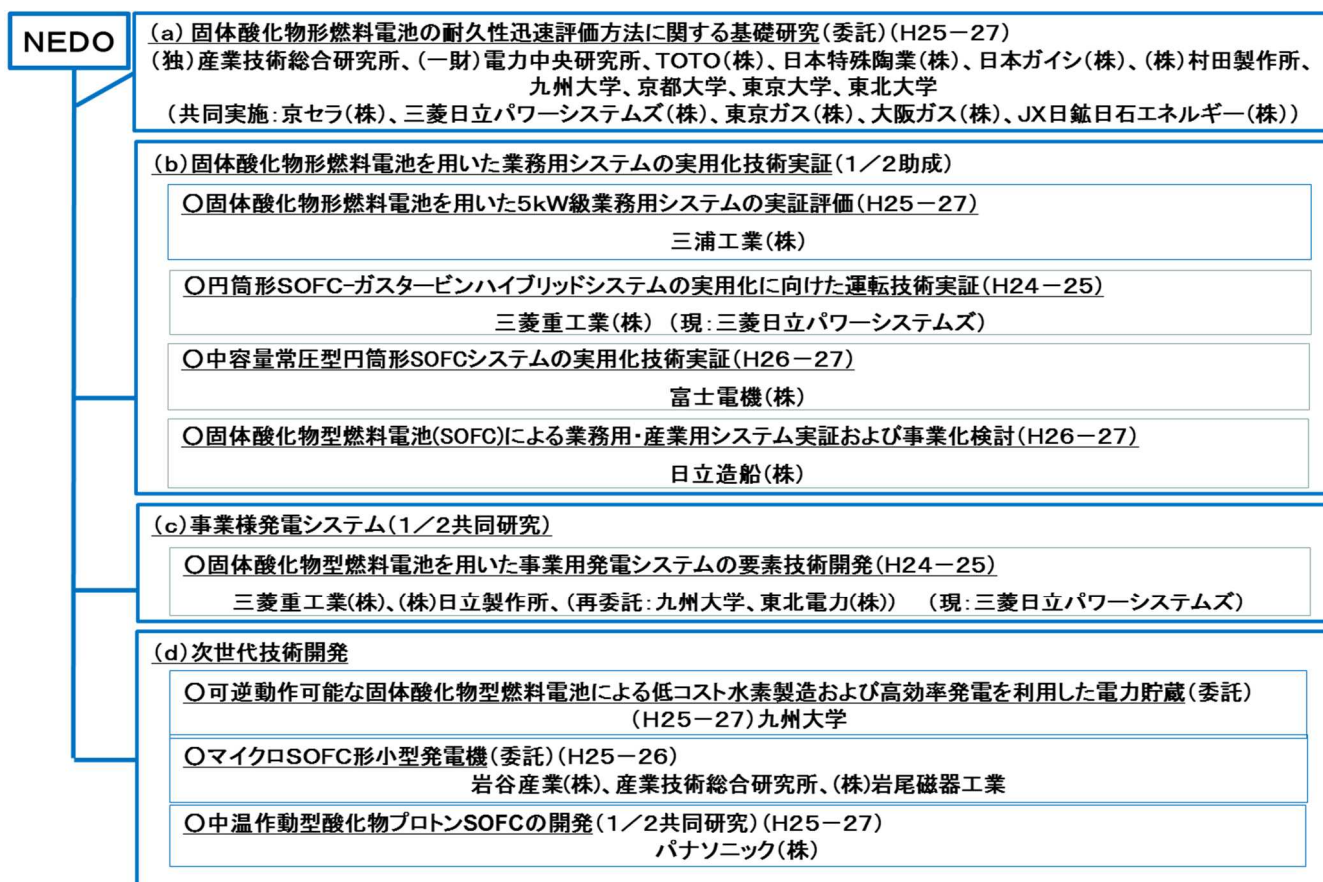
原則として委託事業として実施する。ただし、民間企業単独、民間企業のみでの連携場合は、共同研究事業 [NEDO負担率：1/2] として実施する。

2. 2 研究開発の実施体制

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、本邦の企業、研究組合、公益法人、大学等の研究開発機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業等（大学、研究機関を含む）の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）から公募により実施者を選定して実施する。なお、研究開発項目（a）については、東京大学生産技術研究所特任教授 横川 晴美氏をプロジェクトリーダー（PL）とする。

実施体制の全体図



2. 3 研究の運営管理

●研究開発の進捗管理の妥当性

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、事業の目的及び目標に照らし適切な運営管理を実施する。

具体的には、必要に応じて研究開発実施者が設置する WG 等における外部有識者の意見を実施計画に反映させると同時に、NEDO はオブザーバ出席を行い適切な助言を行う他、適時委託先から実施計画の進捗について報告を受ける等を行う。また、事業を効率的に推進するために、本事業の実施者間での報告会を開催し、実施者間及び関係産業界等との情報の共有と共通認識を図ることとする。

●NEDO と実施者との面談及び意見交換について

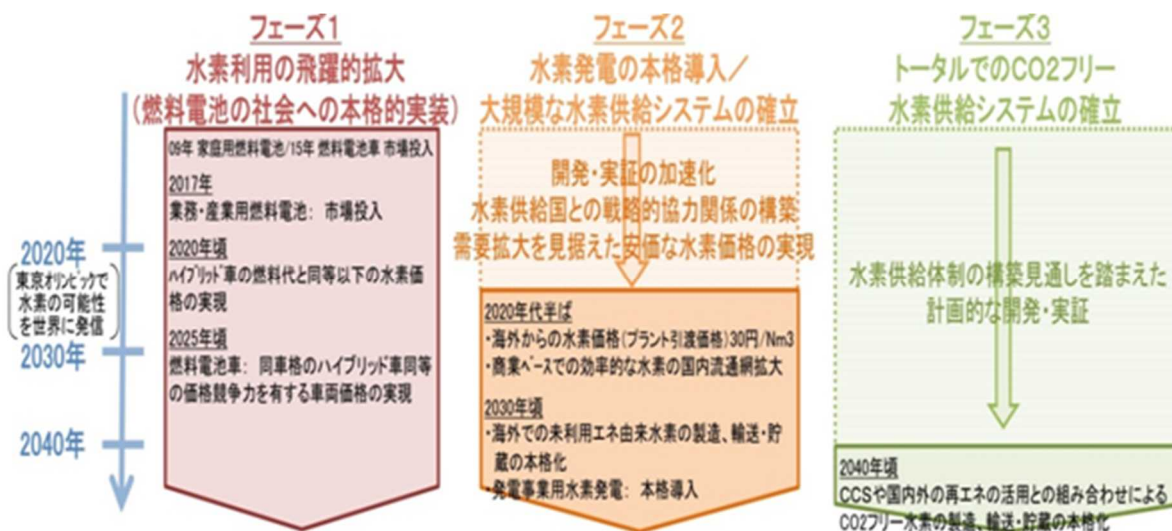
各実施者が設置する WG 等へのオブザーバ出席を通して、実施計画に基づく「進捗状況の報告、課題の抽出、今後の実用化に向けた見通し等」について聴取し状況把握と助言等を行った。また毎年の成果については、毎年度毎のマイルストーンを設け、毎 3 月提出される中間年報により確認をしている。また予算執行状況については実施計画と乖離が認められる場合については事業者個別に適切な予算運営を指導した。以上により今後の各テーマの課題等を把握し適切な方向付けを実施した。

●他事業及び事業内の連携体制について

また事業内については NEDO または PL が WG 等へのオブザーバ参加や、実施者との打合せを通じ、必要な場合は他事業の成果の紹介や他 WG への参加等を助言することで、連携を行っている。

2. 4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

経済産業省の「水素・燃料電池戦略ロードマップ」フェーズ 1 では水素利用の飛躍拡大(燃料電池の社会への本格的実装)としており、2017 年(平成 29 年)から業務・産業用燃料電池：市場投入と位置付けられている。



3. 情勢変化への対応

SOFC システムの早期市場導入のに向けた課題抽出を実施するため、平成 25 年 6 月、平成 27 年 8 に実証事業に関する追加公募を実施。

4. 評価に関する事項

事前評価については、平成 25 年 2 月に NEDO 新エネルギー部が事前評価書としてまとめ、公開されている。また NEDO は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による中間評価を平成 27 年度に、事後評価を平成 30 年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて前倒しする等、適宜見直すものとする。

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

中間目標に対して概ね達成する見込みである。本事業の最終目標はSOFCシステム等の本格普及へ向け、低コスト・高耐久性を両立したセルスタック開発に寄与する耐久性迅速評価技術を確立する。また、業務用中容量（数～数100kW）から発電事業用大型システムの実用化へ向けた技術実証と要素技術開発を実施するとともに、SOFCの用途拡大を目指すことである。世界的に見ても日本は先駆者であり、最終目標を達成すれば地球温暖化防止等の対応のため、この成果は日本国内のみならず世界市場の拡大が期待できる。

SOFCシステムの導入が早期に開始されることで各機器の効率化、低コスト化等の技術開発の競争が促進されることが期待できる、

1. 1 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

参画機関の連携により、中間目標に対して十分な成果を達成しており、最終目標に向けて進捗中である。

1. 2 固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証

各機関とともに課題解決の個別目標を明確にし、目標に対して十分な成果を達成しており、最終目標に向けて進捗中である。試作機から実証機へのステップも進み、システム全体としての課題も出てきている。商品機のコンセプトを検討する段階の機関もあり機関毎の多少差はあるが順調に進んでいる。

1. 3 固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発

トリプルコンバインドシステムに向けたSOFCの発電特性、ガスタービンとの連携技術、低コスト化の要素技術レベル確立に目処を得ることができた。

1. 4 次世代技術開発

次世代技術に向けた取り組みであり、個別テーマとしては従来の目標設定のみではなく次世代に向けた課題も抽出されており、順調に進んでいる。

個別テーマではあるが、マイクロSOFC型小型発電機の開発については、新たな用途を目指した開発行ってきた。今後の課題抽出と要素技術開発、装置開発を並行して実施し成果を得られている。目標に対して十分な成果を達成しており、最終目標に向けて進捗中である。

2. 研究開発項目別の成果

各テーマについての成果概要は以下のとおりである。

達成度「◎：大幅達成、○：達成、△：一部達成、×：未達」

固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

耐久性迅速評価プロジェクトの達成度

開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究	9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を開発する。また、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。	1) 電中研方式の性能解析を全スタックに適用し、各寄与毎の劣化率を算出した。特に、電極劣化とオーム損増加との相関を見だし劣化解析に有効であるとの認識を得た。 2) 長期試験後の試料の集学的分析により、不純物レベル、微構造、化学変化などと性能劣化との相関を調べ、硫黄被毒において複雑な様相を示すことが明らかになった。 3) 従来より抽出されている課題については、劣化機構解明とその付随するデータの取得により、スタック性能変化を予測するシミュレーション技術の開発に着手し、幾つかの課題については、大きな進展をみた。	△	1) スタック耐久性では、第1グループスタックは寿命予測と検証に入る。第2グループは空気極劣化挙動についての解析を深化させる。第3グループについてはそれぞれの初期劣化・長期劣化についての考察・改良を進める。 2) 劣化機構解明では、硫黄に焦点を当てより深く理解する必要が認められた。更に電解質内現象と空気極特性についての理解を進める必要がある。 3) シミュレーション技術では、ボタンセルレベルの現象と実機レベルでの挙動の違いを克服する必要がある。

中温筒状平板形の間接目標と達成度

開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1)-1 「中温筒状平板形の耐久性評価」	2009年度機以降の2万時間以上運転した従来のセルスタック解体分析並びに性能変化の解析を行い、劣化要因毎の時間変化の予測と実機劣化挙動とが整合しているかを検討し、9万時間耐久が見通せるかを判断する。新たな劣化要因が見つかるかあるいは既知劣化要因の時間変化が予想から外れる場合には、その原因を究明し、耐久性迅速評価技術の開発に資する。2015年度より、低コスト検討用セルスタックについて、耐久性迅速評価へ向けた試験を開始する。	前プロジェクトで2万時間電中研で運転した2008年度機を含め、2万時間超運転した従来のセルスタック解体分析を実施した。大阪ガスおよびJXにて運転されたセルスタックの劣化挙動は電中研で運転された2008年度機と比較して小さく、長期運転による新たな劣化要因は生じていないことが明らかとなった。セルスタックの仕様が新しいものほど長期運転後の不純物および電解質相変態の影響が小さいこと、電中研サイトで運転したセルスタックの劣化挙動がやや大きいことが明らかとなった。低コスト検討用セルスタックについては、2014年度から、耐久性迅速評価へ向けた試験を電中研にて開始した。	○	従来セルスタックについては、長期運転を行ったセルスタックの分析個体数、箇所、運転時間を増やしてより詳細な劣化機構解明を推進し、9万時間耐久を確実なものにする。中間評価までの結果とあわせ、劣化予測の妥当性を検証、9万時間耐久性を評価する。 「低コスト検討用セルスタック」は引き続き長期耐久評価（電中研実施）を実施するとともに、必要に応じ加速試験も実施する。長期運転および加速試験後の「低コスト検討用セルスタック」の解体分析を実施、中間評価までに得られた知見を元に、9万時間耐久性を評価する。

高温円筒筒筒形の間接目標と達成度

開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1)-2 「高温円筒筒筒形の耐久性評価」	累計2万時間程度の長期運転実績データを入手したセルスタックについて、物質の拡散状態、三相界面近傍の組織変化に及ぼす影響、欠陥化学的变化を解析し、1万時間までの知見で得られた劣化要因と比較し、9万時間耐久の見通しについて検討する。	累計2万時間以上の長期運転実績データを入手したセルスタックについて、物質の拡散状態、三相界面近傍の組織変化、欠陥化学的变化について解析を実施し、1万時間までに得られた知見と概ね一致することを確認している。また、電力中央研究所でのCr被毒量について、試験条件が実機換算で9万時間を超える加速条件であることから、当被毒種における耐久性の見通しは概ね達成している。	○	長期運転後の空気極/中間層間の緻密層形成メカニズム、Crの存在形態について各基盤機関によって得られた成果を集約し解明を実施する。また、実機搭載セルスタックの2万時間以上の運転実績データを更に取得し、推定メカニズムの確度を確認する。

低温小型円筒形の間目標と達成度

開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1)-3 「低温小型円筒形の耐久性評価」	加速試験案の策定及び、数 1000 時間の連続運転結果の分析解析から 9 万時間耐久性の見通しが得られるか検証し、耐久性迅速評価技術の開発に資する。	前PJで劣化の主要因と認識された空気極のCr被毒の対策を実施した仕様のショートスタックについて、実機での運転を想定した環境下における耐久試験を行い、1万時間を超えて目標とする劣化率の範囲内において、安定に推移することを確認できた。対策前には空気極/電解質三相界面近傍のCr濃集が見られていたが、対策後セルに対してSIMS分析を行い、耐久試験後にCr濃集が見られないことから、対策効果を確認した。上記結果より9万時間耐久性の見通しが得られる可能性が高いことを確認した。 加速試験については、空気中のCr供給量を増やした単セル試験法を考案、実施し、活性化過電圧、Cr析出量の変化から、妥当な手法であることを検証した。	○	自社での耐久評価結果と電力中央研究所での評価結果に相違があり、硫黄成分の影響を解析し、その影響度を判断する。影響が無視できない場合には、製造プロセスおよび、運転環境下における許容度を明確化することで9万時間耐久性の見通しを確立する。

中温平板形の間目標と達成度

開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1)-4 「中温平板形の耐久性評価」	初期劣化挙動の解析・分析から、主要な劣化機構を想定し、改善部位を明確化する。次に、数 1000 時間の連続発電試験、及び熱サイクル試験を通じて詳細な劣化機構を解明する。さらに、初期劣化を改良したスタックにて、長期耐久性の見通しを検討する。また、この改良したスタックで性能表示式の構築を行う。	連続発電試験及び熱サイクル試験を実施し、長期耐久性の見通しに対して初期劣化と 5000 時間以降の劣化増大が課題であることが分かった。上記課題を引き起こす劣化因子として、空気極でのKの増加、燃料極でのPの増加、燃料極の微構造変化が抽出された。	△	初期劣化と 5000 時間以降の劣化増大を引き起こす因子を抽出するため耐久解体品の分析を継続していく。抽出された因子に対して対策改良したスタックを試作し、順次耐久試験に投入し効果の確認を行う。

中温筒状横縞形の間目標と達成度

開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1)-5 「中温筒状横縞形の耐久性評価」	中温筒状横縞形セルスタック及びモジュールの5千時間程度の発電耐久試験と熱サイクル及び負荷サイクル試験を行う。試験後サンプルの基盤グループでの劣化機構解析結果をもとに改良したセルスタック及びモジュールの耐久試験を実施し、劣化機構解析結果および改良結果を検証する。本作業を数回繰り返して、9万時間耐久が達成するための改良点を明確にする。	「2013 年度仕様」の耐久試験を実施し、ガスリーク対策が急務であることを明らかにした。この対策を施した「2014 年度仕様」の1万時間の発電耐久試験では、初期に急激な電圧低下が起こった後、電圧は緩やかに低下した。初期の変化はIR損と空気極過電圧の増加であり、その後はIR損の微増であった。解析結果から、YSZ電解質の相変態を確認しIR損増加要因と推定した。空気極過電圧増加要因はS被毒、微構造変化と推定し解析中である。	○	課題は、IR損増加の経時変化予測と空気極過電圧増加要因の解明と対策の実施である。 IR損の経時変化の9万時間耐久を見通すため、シミュレーション解析を実施する。また、「2014 年度仕様」の解析を進め、空気極過電圧の増加要因を解明し、対策を実施するとともに、9万時間耐久を見通すため、シミュレーション解析を実施する。強制劣化後のサイクル耐性について、9万時間耐久に向けた影響の解析を行う。

中温一体焼結形の中間目標と達成度

開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1)-6 「中温一体焼結形の耐久性評価」	初期および数千時間耐久試験後のセルの劣化機構を把握し、耐久性の改善策を抽出する。そして、耐久試験の結果より性能予測式を構築する。	1) 性能表示式を決定し、性能分離が可能となった。 2) 各試験サイトにおける特性ばらつきの要因が外部集電にあることを発見し、改良品では各試験サイト間の特性ばらつきを大幅に低減した。 3) 電力中央研究所における供給空気に硫黄成分が多く含まれることを明らかにした。 4) 経時劣化要因として、空気極のS被毒であることを明らかにした。また、種々の条件でS被毒試験を実施し、機構解明の知見を得た。 5) FIB-SEMによる解析により、 SrZrO_3 などの生成は抑制されていることが分かった。 6) 強制劣化要因を空気極の硫黄(S)被毒として、強制劣化試験+熱サイクル試験を開始した。	○	1) 特性ばらつきを改善した仕様のセルスタックで初期及び経時劣化機構を明らかにし、改善する。 2) 劣化機構の把握、必要に応じて過酷試験等から、10年後の劣化を予測し、10年耐久に資することを示す。 3) 初期劣化について、性能分離式、各種分析手法を活用して、要因把握と対策を進める。初期劣化の評価・対策のサイクルは比較的短時間で進めることができる。

固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証

三浦工業

開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
発電効率	発電効率 48% ①スタック効率 57% ②燃料利用率 (Uf) 72% ③補機損失 400W ④PCS 効率 93% ⑤効率 50%の課題抽出	44.69% ①52.8% ②66% ③485W ④94.1% ⑤抽出中	○	要素試験は完了。実証機への適用をすることで達成可能
総合効率	90%	90~92%	○	
システム機検証	劣化率 0.25%/1000 h ①改質水供給圧力変動 ± 1 kPa ②スタック温度むら $\pm 20^\circ\text{C}$ ③運転温度 760°C	0.24~4.9% ① ± 0.58 kPa ② $\pm 20^\circ\text{C}$ ③ 730°C	△	現状分析、解析、改良を行いながら改善を行う。
システム機の確立	①水自立機能 ②別置パージガス ③別置 PCS	①初期確認済み ②達成 ③達成	○	水自立：耐久性確認することで達成可能

MHPS

開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
システム安全性評価	①「発電用火力設備」「電気設備」に関する技術基準に対する SOFC ハイブリッドシステムの設計への反映状況の再整理 ② 家庭用燃料電池 (SOFC 型) を参考にし	SOFC ハイブリッドシステムの設計が、火技や電技の基準に適合していることを確認した。 ・また、加圧特有の異常事態、幅広い異常事態 (火災、感電、酸欠、損壊、転倒等) を想定したハザード分析を実施	○	

	ながらハザード分析、 加圧特有のハザード分 析	し、本システムの安全対策 を確認した。 ・ なお、ハザード分析は今 後開発され得る加圧型燃料 電池システムも想定した汎 用性の高いものとしている。		
SOFC ハイ ブリッド システム 実証機の 運転試験	①システムの長期耐久 性検証 ②システム安全性検証 (システム異常模擬状 態における安全性評 価)	・ 定格負荷にて、連続発電 時間 4,100h 、累積運転時間 5,067h を達成 ・ 定格負荷でのユニット運 転状態 出力 (AC 発電端ベース) : 206kW (SOFC : 183kW/MGT : 23kW) 発電効率 (AC 発電端 LHV ベース) : 50.2%、総合効 率 : 75% ・ 定格負荷一定条件におい て経時劣化は見られず、電 圧低下率 0%/1000h で安定し ていることを確認 ・ 起動及び負荷上昇におい て良好に自動制御できている ことを確認 ・ 長時間の運転において も、圧力・温度共に安定し た挙動を示している。	○	
机上検討 および試 験結果解 析に基づ く規制緩 和の妥当 性評価	① 検討・試験に基づ く、初期導入促進に向 けた課題に抽出 ② 「常時監視に義務化 の見直し」を第一の目 的とする	日本ガス協会 (JGA) 、 日本電機工業会 (JEMA)、燃料電池実用 化推進協議会 (FCCJ) に 評価頂き、常時監視しな い発電設備の対象を圧力 0.1MPa から 1.0MPa に拡 大しても、電技第 46 条 【常時監視をしない発電 所等の施設】で定める 「異常が生じた場合に安 全かつ確実に停止するこ とができる」ことを確認 した。	○	

富士電機

開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
常圧型モ ジュールの 開発	常圧型モジュールの設計/製作/ 評価 DC 発電効率 (定格) : 55%以上 (AC 発電効率 : 50%相当)	実証機に向けた常圧型モ ジュールの設計データを取 得 DC 発電効率 55%以上を確認	○	
常圧型高効 率システム の開発	モジュール評価装置の設計/製 作 常圧システムの運転技術の確立	実証機に向けた常圧システ ム設計技術を習得。 発電実験を通して、安定運 転方法を確立 (累積発電 600 時間)	○	

実証試験	実証機の設計/製作 実証機を通して、商品機の課題把握	H28 年度以降実施予定	-	
商品機の設計	商品機の設計	H28 年度以降実施予定	-	

日立造船

開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
10kW 級ベンチ試験による性能確認、課題抽出	i) 安定運転 ii) 発電端 50%達成 iii) 送電端 50%見通し	i) 安定した起動昇温 [〜] 発電運転確認 ii) スタック端 55%達成 iii) 課題抽出し、送電端 55%への対策を立案した	○	<ul style="list-style-type: none"> 起動昇温効率化 送電端 55%達成(温度管理、流量分配の高精度化) ヒートサイクルの耐久性への影響
20kW 級実証機の設計・製作	i) 製作完了	i) 製作完了 ⇒年度内に試運転予定	△	<ul style="list-style-type: none"> 性能確認 社内実証において、実負荷環境下での課題抽出
コンパクト化のための熱解析	i) モデル作成 ii) 0.3m ² /kW 達成 iii) プロセス最適化	i) 10kW 級モデル作成 ii) 実証機: 0.35m ² /kW iii) 熱、プロセスシミュレーターで最適プロセス決定	△ (商品機試設計ベースでは達成)	<ul style="list-style-type: none"> 低熱伝導率の断熱材採用 スタック取合いマニホールド化 熱解析継続(温度管理状況の予測)

固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発

開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
	トリプルコンバインドシステムの要素技術の開発として、SOFC は高圧環境下での発電特性や耐久性の検証、SOFC とガスタービンの連携技術の開発、ガスタービンはガスタービン本体の構造検討や燃焼器の開発を行い実用化に向けた目処を得る。	高効率化に必要な SOFC 高圧運転に関する要素試験を行い、電圧の向上及び数千時間の耐久性を確認した。 また、低カロリーな SOFC 排燃料の燃焼性の確認、SOFC-GT の連携模擬試験を行い、制御等問題ない事を確認した。	○	

次世代技術開発

九州大学

開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
① セルの基本性能	<ul style="list-style-type: none"> SORC 単セル 10mA/cm²・0.5V・SORC 単セル 10mA/cm²、2%以下の劣化率@1000h SORC 単セル水蒸気電解性能: 1.3V、0.2A/cm² SORC 単セル水蒸気電解耐久性 0.2A/cm² で 3%劣化/1000h 	500°Cにおいて SOFC モードで 0.5V, 250mA/cm ² , SOEC モードで 1.3V, 175mA/cm ² を達成 0.1A/cm ² で 30 サイクルの劣化率 2.5%	○ 平成 28 年 3 月 達成見込み	長期安定性の評価と燃料極、空気極の作成条件の最適化による安定性の向上
② 円筒セル	<ul style="list-style-type: none"> 湿式法を用いた SORC 作動が可能な円筒型セルの作成と動作確認。 	500°Cで 125mW/cm ² を示す小型円筒型セル (f10xL30mm)セルの作成	平成 29 年 3 月こ	成膜条件と干渉層の最適化による単セルの性能の向上 組セルの試作と評価

	・理論起電力を示す LSGM 薄膜からなるセルの作成法、拡散抑制層の作成法の開発	に成功	る 達成見込み	
③鉄粉体	初期の水素供給・吸蔵速度 113.7 mmol H ₂ /kg Fe/min ・水素供給・吸蔵速度の耐久性 初期の水素供給・吸蔵速度に対し 70%/100cycle	PrBaMn ₂ O ₅ で修飾した Fe 粉体で 350℃で 765mmol/kg-Fe/min の達成	○ 平成 28 年 3 月達成済み	さらにサイクル数の多い、繰り返し酸化還元特性を評価する。現状で、課題が見いだされないため、達成見込み

岩谷産業、産業技術総合研究所、岩尾磁器工業

開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
マイクロ SOFC 量産化に向けた技術開発	1 本あたりの発電量が 0.59W 以上であるマイクロ SOFC チューブを不良率を 10%以内に抑える量産製法を構築する。	燃料極チューブ (Ni-GDC) の成形条件、各種スラリーの塗布条件の最適化を行い、独自開発の検査方法で不良品製造率が 10%以内であることを確認した。	○	顧客の求めに応じたサイズのセルチューブの製造技術開発
性能低下が少ない材料構造、集電・結線方法の開発	さらなる発電性能の向上と製造の機械化が見通せるマイクロ SOFC の製造方法を確立し、1 本あたり 0.59W 以上の電力が取り出せる技術を開発する。	中間層およびインターコネクターの膜厚最適化、均一な膜厚を得る塗布方法を開発するとともに、空気極への集電用 Ag ペーストの塗布と特殊な金属部材による結線方法を確立し、マイクロ SOFC 1 本あたりから 0.59W の電力を取り出せることを確認した。	○	結線用金属部材のコストダウン
セルスタック、発電ユニット設計・製作および最適化検討、燃料ガス組成によるセルスタックへの影響の調査	200W 以上の出力が見込めるマイクロ SOFC スタック、発電ユニットを製作する。また単セル発電試験で 100 時間の発電でも燃料極表面に炭素が析出しない燃料ガス条件を確立する。	8x8 セルスタックを製作し、水素燃料で 600℃で 16W (計画では 37.8W) の出力を確認した。燃料ガスはカートリッジガスの改質ガスであれば 100 時間の耐久性があることを確認した。	△	出力を向上すべくセルスタックを固定する金属マニホールドの構造見直し、および 650℃の高温に耐え得るセルスタック構成部材の再検討
カートリッジガスの前処理方法の最適化	マイクロ SOFC スタックで 200W 以上の安定した発電に必要なカートリッジガスの改質ガスを C2 以上の HC を除去した状態で延べ 100 時間得る。	カートリッジガス (ブタン) の改質条件の最適化検討を行い、200W 以上の安定した発電に必要な燃料ガス (ガス量 : 420L/h、H ₂ =17%、CO=15%、≧C ₂ =0%) を延べ 100 時間 (25 回起動) 得られることを確認した。	○	
マイクロ SOFC のスタック加熱システムの開発	マイクロ SOFC スタックを 5 分以内に 550℃以上に加熱するとともに、発電用ガスと合わせてカートリッジガス 1 本で 2 時間以上発電できるよう保温させる。	燃焼開始から 5 分でセルスタックを平均 600℃に昇温し、43.5g/h のカートリッジガスで保温できることを確認した。	○	セルスタックの導入部の入口と出口で 200℃の温度差が発生した。温度差を縮小するよう炉内構造の修正を行う。
ポータブル電源システム要素技術の開発および	脱硫、CO 除去等で 100 時間の耐久性の確保、商品化に対する課題抽出のための発電試験、検証機の製作。	脱硫、CO 除去で延べ 100 時間の耐久性を確認した。発電試験では 3 分で開回路電圧が起つことを	○	発電試験における目標値以下の出力であった (③で検討)。検証機を内燃機関式レベルにまで小さく軽くする必要がある。

ひ検証機の製作		確認した。カートリッジガス、ガス供給部、加熱炉、電力変換システムを一体化した検証機を製作した。		
---------	--	---	--	--

パナソニック

開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
A 混合イオン伝導体(電解質)の材料開発	600°Cで 1×10^{-2} S/cm程度の混合イオン伝導体(電解質)の開発	CO ₂ 耐久性を有する混合イオン伝導体として、BaZr _{0.8} In _{0.2} O ₃ を開発	○	
B 電極材料開発	開発した混合イオン伝導体電解質材料に適したアノード、カソード材料の選定・開発	実使用環境下での 1000h 耐久を確認。電極材料候補の提示	○	
C 混合イオン伝導体の薄膜化、基板材への接合	ガスリーク、電子的リークのない、電解質薄膜の合成プロセスを確立し、革新的低コストが可能な平板型薄膜単セルを試作	薄膜セルを作製	○	
D 薄膜セル評価	出力 0.7 W/cm ² を見通すための対策の提示	電解質抵抗の低減と電極抵抗の低減が必要であることを提示	○	

3. 研究開発成果の意義

(1) 成果の市場性

SOFC は発電効率 50%以上の効率であり分散電源として新たな市場を創成することが可能である。また、家庭用、産業用をはじめとする SOFC システムの導入により 2020 年の国内市場は 1128 億円、2030 年には 3000 億円と予想されている (*1)。

技術課題の解決、システムコスト低減が今後の SOFC 市場の重要なテーマであり、これらの課題が目標値に達することで本格的な市場拡大が期待される。

(*1: 富士経済「2015 年版燃料関連技術・市場の将来展望」)

(2) 成果の水準

成果は、SOFC の評価手法、業務用システム等技術的には世界トップ水準である。また、特に評価手法においては固体酸化物型燃料電池の研究などで議論をリードしている。引き続き日本が議論をリードするためには、単に個別要素技術の成果(チャンピオンデータ)を求めるだけでなく、市場で受け入れられるシステムとしての完成度を高めていく必要がある。そのために情報収集を始め国内関係者との連携などの仕組みの維持・継続が必要である。引き続き、要素開発と技術開発、規制見直しなどを並行して推進することが重要である。

(3) 成果の汎用性

SOFC 開発の基礎基盤技術で得られた成果は、燃料電池、電気化学、材料開発などの分野に利活用できるものと考えられる。特にシュミレーションによる劣化予測、劣化解析はセルスタック企業の開発に利用することが可能となり、開発の加速に貢献できる。また劣化要因となる作動条件などを予測でき業務用システム開発の運転管理手法への展開が可能である。

(4) 他の競合技術と比較しての優位性

発電効率が高く、熱需要の小さい事業者にも適用可能であること、排気ガス（NO_x）が非常に少ないこと、静音性に優れていること等の優位性がある。エネルギーの多様化の面からも優位である。ただし現時点では普及規模が小さいため経済性が課題である。

4. 特許、論文、外部発表等の件数

本事業での特許、論文、外部発表等の件数は H27 年 7 月末で以下の表のとおりである。論文発表、研究発表等は順調に成果をあげ、特許出願については今年度までに 3 件。

研究開発項目 I「燃料電池自動車及び水素供給インフラの国内規制適正化、国際基準調和・国際標準化に関する研究開発」

	H25	H26	H27	H28	H29	計
論文	8	11	9	-	-	28
研究発表・講演	39	103	40	-	-	182
受賞実績	0	2	0	-	-	2
新聞・雑誌等への掲載	2	4	24	-	-	30
展示会へ出展	4	4	2	-	-	10
特許出願	0	2	1	-	-	3
うち外国出願	0	0	0	-	-	0

※詳細は各項目の成果詳細に記載

5. 研究成果の最終目標の達成可能性について

最終年度である平成 29 年度末までの達成見通しは以下のとおりである。

研究開発項目 I : 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

プロジェクト全体の達成見通し並びに各研究項目における達成可能性を以下の表にまとめて示す。

表 3-3.1 プロジェクト全体の達成見通し

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
①固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究	<p>1) スタック耐久性：第 1 グループの耐久性はほぼ確立された。第 2 グループについては空気極劣化を左右する因子を明確化する必要がある。第 3 グループについては初期劣化を決めている空気極劣化の要因を明確化する必要がある。</p> <p>2) 劣化機構解明では空気極硫黄被毒の詳細を解明する必要がある。燃料極の劣化について、リンの影響を明らかにする必要がある。Ni の焼結の支配因子を明確にする必要がある。</p> <p>3) シミュレーション技術：ボタンセルレベルのシミュレーション技術を実機セルレベルで有効なものにする必要がある。</p>	<p>固体酸化物形燃料電池の 9 万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する。</p>	<p>1) 試験サイトに起因すると思われる劣化要因の分析・解析が成功すれば、9 万時間耐久への見通しが得られるスタックが多い。個別なスタック課題については更に検討が必要となる。</p> <p>2) 本プロジェクト以外の基礎研究成果を広く取り入れることで劣化機構解明ができると思われる。</p> <p>3) 実験室レベルでも実機セルの劣化現象を再現出来るようになってきているので実機セルに役立つシミュレーション技術として確立できそうである。</p>

中温筒状平板形の達成見通し

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
1)-1「中温筒状平板形の耐久性評価」	<p>前プロジェクトで 2 万時間電中研で運転した 2008 年度機を含め、2 万時間超運転した従来のセルスタック解体分析を実施した。大阪ガスおよび JX にて運転されたセルスタックの劣化挙動は電中研で運転された 2008 年度機と比較して小さく、長期運転による新たな劣化要因は生じていないことが明らかとなった。セルスタックの様子が新しいものほど長期運転後の不純物および電解質相変態の影響が小さいこと、電中研サイトで運転したセルスタックの劣化挙動がやや大きいことが明らかとなった。</p> <p>低コスト検討セルスタックについては、2014 年度から、耐久性迅速評価へ向けた試験を電中研にて開始した。</p>	<p>従来のセルスタックについて、9 万時間耐久の見通しが得られている場合には、更に長期間運転を行い、さらなる検証に勤める。見通しが得られない場合には改善点を提案するとともに、耐久性迅速評価技術の課題抽出に供する。低コスト検討用セルスタックについて、9 万時間耐久性を評価する。</p>	<p>従来のセルスタックについて、9 万時間耐久の見通しが得られつつあり、これまでの手法を踏襲し、さらなる検証に努めるとともに、寿命予測を行う。低コスト検討用セルスタックについて、9 万時間耐久性を評価する。試験サイトに起因すると思われる劣化要因を明らかとすることが、9 万時間耐久への見通しを得るうえで重要となる。</p>

① 高温円筒横縞形の耐久性評価

高温円筒横縞形の達成見通し

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
------	----	---------------------	-------

1)-2 「高温円筒横縞形の耐久性評価」	累計 2 万時間以上の長期運転実績データを入力したセルスタックについて、物質の拡散状態、三相界面近傍の組織変化、欠陥化学的变化について解析を実施し、1 万時間までに得られた知見と概ね一致することを確認している。また、電力中央研究所での Cr 被毒量について、試験条件が実機換算で 9 万時間を超える加速条件であることから、当被毒種における耐久性の見通しは概ね達成している。さらに 2 万時間以上運転実績データを更に取得中である。	長期運転セルスタックについて、新たな劣化要因がある場合には、劣化機構解明を従来の知見を基にして行い、改善策を検討する。新たな劣化要因がない場合には、更に運転時間を延長して、その挙動が寿命予測と整合するかを検証することで 9 万時間（電圧低下率 0.1 % / 1000 時間）の見通しを行うための耐久性迅速評価技術が適切であるかを判断する。	更に運転時間を延長したセルの評価を行い、挙動が寿命予測と整合するかの検証を実施することで、達成見込みは可能と判断している。
----------------------	--	--	---

② 低温小型円筒形の耐久性評価（TOTO 株式会社）

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
1)-3 「低温小型円筒形の耐久性評価」	劣化の主要因と認識された空気極の Cr 被毒の対策を実施した仕様のショートスタックについて、実機での運転を想定した環境下における耐久試験を行い、1 万時間を超えて目標とする劣化率の範囲内において、安定に推移することを確認した。耐久試験後セルの SIMS 分析結果などからも劣化メカニズム、対策の妥当性を確認した。Cr 析出を加速する評価方法を考案、実施し、実開発に資する手法を開発した。	開発された耐久性迅速評価技術が適切であった場合には、1-2 万時間の運転実証により 9 万時間耐久性の見通しが得られるか検証する。見通しが得られない場合には、改善点を明確にするとともに、評価技術の改良に資する。	懸念されている硫黄成分の影響度を明確にすることにより、9 万時間耐久性を実現できる見通しである。開発した劣化メカニズム、および、加速試験方法を用いて、低コスト品の開発へ展開する。

③ 中温平板形の耐久性評価（日本特殊陶業株式会社）

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
1)-4 「中温平板形の耐久性評価」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 12 年仕様の連続発電試験にて劣化の飽和傾向が見られたものの 5000 時間以降で劣化が増大した。熱サイクル試験では初期劣化の他に大きな劣化は見られなかった。 ・ 初期劣化挙動の解析分析にて、初期劣化の主要因は内部抵抗および反応抵抗であった。解体分析にて、空気極での K の増加、燃料極での P の増加、燃料極の微構造変化が劣化因子として抽出された。 ・ 解析分析にて抽出された劣化因子に対する対策を一部盛り込んだ 14 年仕様スタックを耐久評価中。 	劣化機構解明とその改善策を適用したスタックにおいて耐久性迅速評価を適用し、9 万時間耐久の見通しを検討する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 長期耐久性への課題は初期劣化と 5000 時間以降の劣化増大であり、課題を引き起こす劣化因子の特定と、劣化因子に対する対策改良スタックの評価にて 9 万時間耐久の見通しを立てる。 ・ 長期耐久においては金属インターコネクターの酸化被膜増大で引き起こされる不具合が懸念されるため、金属インターコネクターを強制劣化させたスタックのサイクル耐性を実施し、長期劣化への影響を評価する。

④ 中温筒状横縞形の耐久性評価（日本ガイシ株式会社）

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
------	----	---------------------	-------

<p>1)-5 「中温筒状横縞形の耐久性評価」</p>	<p>「2014 年度仕様」の 1 万時間の発電耐久試験から、劣化因子は初期の空気極過電圧増加と IR 損増加であることを明らかにした。IR 損増大は、YSZ 電解質の相変態が要因と推定したが、その経時変化を明確にする必要がある。空気極過電圧増加は要因解明が必要であり、さらにその経時変化を明確にする必要がある。強制劣化後のサイクル耐久性試験を実施中であり、今後解析が必要である。</p>	<p>中温筒状横縞セルスタックを使用したモジュールの 9 万時間耐久への見通しを検討する。</p>	<p>IR 損増大は、酸素ポテンシャル分布解析を用いた経時変化をシミュレーション解析することにより 9 万時間耐久への寄与が見通せると思われる。空気極過電圧増大は、1 万時間の発電耐久試験品の解析を進めることで要因を明らかにし、経時変化をシミュレーション解析することで 9 万時間耐久への寄与が見通せると思われる。サイクル耐久性は、試験品の解析を進めることで 9 万時間耐久への寄与が見通せると思われる。以上から、9 万時間耐久への見通しが得られ、その改良点が明確になると思われる。</p>
-----------------------------	--	---	---

⑤ 中温一体焼結形の耐久性評価（株式会社村田製作所）

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
1)-6 「中温一体焼結形の耐久性評価」	1) 初期劣化が比較的大きく対策が急務である。一方、経時劣化は比較的良好な結果が得られており、その要因としては、空気極の S 被毒を挙げており、その機構解明に取り組み中である。	耐久性迅速評価技術を適用して、性能予測式を検証し、9 万時間耐久を評価する。	1) 評価に時間を要する経時劣化要因を空気極の S 被毒と推定できており、機構解明にも着手している。また、課題である初期劣化は評価・対策のサイクルが比較的短いいため、9 万時間耐久の評価・見積が可能である。

(2) 劣化機構の解明

① 熱力学的解析による劣化機構解明、加速要因分析（産業技術総合研究所）

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
2)-1 「熱力学的解析による劣化機構解明、加速要因分析」	<ul style="list-style-type: none"> セルスタックの劣化挙動解析において、Cr 被毒についてはほぼ解決、S 被毒については新規セルスタックを中心に劣化要因として確認、電解質相変態もセルスタックにより進行を確認。 劣化基礎データの収集において、電解質相変態については追加データを収集、SrZrO₃ 生成については通電時の影響を確認。 加速試験において、Cr 被毒については実験手法はほぼ確立、現在データ取得中。S 被毒についてはメカニズム解明に向け、温度など条件を変えて試験を実施。 	劣化対策を施したセルスタックにおいて、セル構成材料と不純物との反応性・材料間反応性を解析し、劣化要因分析・劣化メカニズム解明をおこない、10 % / 9 万時間耐久を評価する。	<ul style="list-style-type: none"> 第 1 グループについては数万時間の運転後も劣化対策が効果的であることを確認、試験サイトによる影響を評価、10 % / 9 万時間耐久を評価する。 第 2・第 3 グループについては順次見つかった劣化機構に対応した改良セルスタックの長期運転、解体分析を実施することで、10 % / 9 万時間耐久を評価する。 劣化基礎データの収集、加速試験については、電解質相変態と Cr 被毒については見通しが立つ一方、空気極硫黄被毒メカニズムの解明や新たな課題への取り組みに注力する必要がある。

② 化学的解析による劣化機構解明、加速要因分析（九州大学）

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
2)-2 「化学的解析による劣化機構解明、加速要因分析」	<ul style="list-style-type: none"> 各スタックを STEM 分析し劣化要因として Cr 等の被毒種の影響を明確化し改善につなげた。 共通の課題である SrZrO₃ について、セル作製時の熱処理条件が生成状態に及ぼす影響を明確化した。セル発電による成長を確認した。電子線回折を用いて生成・成長メカニズムを解析した。 	各スタックに対して、化学的解析により 9 万時間耐久の見通しに必要とされる劣化機構解明を行うとともに、化学的解析に係わる加速要因分析の高度化を図る。	<ul style="list-style-type: none"> 各スタックに対して、Cr 以外にも S などの劣化要因の影響を STEM 分析により明確化し、9 万時間の耐久性実現に貢献する。 STEM 分析・解析の高度化により、SrZrO₃ 生成開始場所、Sr 拡散経路、発電反応に伴う SrZrO₃ 成長メカニズム、運転条件・時間の影響を明らかにし、耐久性迅速評価を可能にする。

③ 三相界面微構造解析による劣化機構解明、加速要因分析（京都大学・東京大学）

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
2)-3 「三相界面微構造解析による劣化機構解明、加速要因分析」	<p>1) 長期耐久試験に供した各社セルスタックの電極微構造変化を FIB-SEM を用いて定量的に解析し、劣化部位や因子の特定を継続的に実施している。また一部のセルでは、実電極微構造を用いた性能シミュレーションに取り組んでいる。</p> <p>2) 実機でも想定される条件でボタンセルやスタックを運転し、微構造変化と性能変化の相関に関する様々なデータを収集している。</p>	<p>各社セルスタックについて、これまでのデータベースを活用して劣化要因・機構を解明し、適切な提案を行う。またボタンセルを用いた加速劣化手法を確立し、短時間の運転から長期運転時の性能を予測する。</p>	<p>1) 各社セルの電極微構造変化を定量的に解析することにより、劣化部位や因子を特定することが可能であるため、機構解明に留まらず、各社セルのウィークポイント改善に大きく寄与できそうである。</p> <p>2) 様々な劣化現象の解析例を増やすことで、実機セルで起こる現象の理解や改善への提言が可能である。</p>

④ セル構造体解析による劣化機構解明、加速要因分析（東北大学）

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
2)-4 「セル構造体解析による劣化機構解明、加速要因分析」	<p>各種セル・スタックごとに、その特徴に応じて、必要なデータの取得・セル挙動の検証を行った。取得したデータと開発したシミュレーションツールを実セルの応力解析に適用する段階にある。</p> <p>また、研究を進める過程で新たにいくつかの課題が抽出されており、長期信頼性への影響を見極める必要がある。</p>	<p>長期耐久性評価試験に供されたスタックの熱力学的・化学的および三相界面微構造の各解析の結果を取り入れて、これらが9万時間以上の運転後の信頼性に及ぼす影響を明らかにする。</p>	<p>開発した手法を長期の信頼性の評価に生かすためには、長時間運転後の各部材の組成・結晶相・微構造を明らかにし、これらの情報を組み込む必要がある。これらの情報は、本プロジェクトで実施している熱力学的・化学的および三相界面微構造の各解析で行う、長期試験後のセルの解析結果から得ることができる。必要に応じて、長期使用を模擬した材料の物理化学的・機械的特性の測定・シミュレーションを行うことで、これらを物性定数として持つセルの解析が可能となり、これにより、セルの長期信頼性を予測することができる。研究途上で見出される課題についても短期長期信頼性への影響度を評価し、総合的な検討を加える。</p>

(3) 耐久性迅速評価方法の開発

① スタック性能劣化解析とその高度化（電力中央研究所、共同実施先：東京ガス株式会社）

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
3)-1 スタック性能劣化解析とその高度化	<p>第1 グループについては、新たな劣化要因は抽出されなかったため、さらに運転時間を延長して長期データの蓄積を図る。</p> <p>第2 グループについては、空気極劣化挙動が試験サイトにより異なっていることが新たな課題として挙げられた。</p> <p>第3 グループについては、初期劣化に対する対策や外部由来の不純物として硫黄被毒による空気極過電圧の増加とそれに伴う IR 損の増加が新たな課題として挙げられた。</p> <p>強制劣化を用いたサイクル耐性の迅速評価手法のスキームを提案し、スキームに基づき、劣化前のスタック評価及び劣化要因の抽出、強制劣化サンプルの試作に成功した。</p>	<p>劣化要因改善策が施された各セルスタックに対して、逐次長期耐久性試験と性能解析(抵抗分離)を行なうことにより、抵抗成分毎の劣化率を定量化し、9万時間耐久の達成度を各スタック毎に明確化する。</p> <p>開発したサイクル耐久に関する耐久性迅速評価技術を適用し、9万時間の耐久性確保に向けて劣化要因改善策が施された各セルスタックに対して、逐次効果検証を行うことにより、熱サイクルおよび負荷サイクルによる耐久性が9万時間の期間で十分であるかどうかの見直しを行う。</p>	<p>筒状平板形、円筒横溝形のように劣化が少なくスタックの耐久性が高いスタックについては、2万時間程度の耐久試験データを蓄積し、9万時間耐久への達成度を明確化できるであろう。</p> <p>比較的劣化が大きいスタックについては、逐次改良されたスタックの抵抗成分毎の劣化率を定量化し、対策効果の検証と、9万時間耐久へ向けての課題抽出を行う。</p> <p>強制劣化後のサンプルについて、サイクル試験を実施し、強制劣化前後のサイクル耐性を比較することで、各スタックが、9万時間の期間においてサイクルに対する耐性を有するかを見通す。</p>

② シミュレーション技術の開発

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
3)-2 シミュレーション技術の開発			
①東京大学	<p>Ni 焼結シミュレーション技術に関しては、計算負荷が大きいことが課題であるが、GPU を用いることで計算が高速化され、数万時間に相当する計算ができる見通しが得られた。</p> <p>空気極反応防止層に生成する SrZrO₃ 層の影響に関しては、SrZrO₃ 層を絶縁と仮定した電解質-反応防止セラミクス-LSCF 空気極を練成させた計算コードを開発した。こちらも計算負荷が大きく、構造によっては計算時間が非常にかかる場合がある。</p>	<p>燃料極 Ni 焼結の数値シミュレーション手法を数万時間以上の劣化予測まで適用可能なレベルに高度化する。また、LSCF 空気極と電解質間の反応防止層中に生成する SrZrO₃ 絶縁相が、中間層有効イオン導電率や空気極過電圧に及ぼす影響を評価可能な数値シミュレーション手法を構築する。</p>	<p>Ni 焼結シミュレーション技術に関して、解像度が不足することによる小径の粒子が拡散してしまう影響を補正するアルゴリズムを開発しており、実用上に耐えうるコードとして完成できる見通しである。</p> <p>空気極反応防止層に生成する SrZrO₃ 層の影響に関して、メッシュ数を減らすなどより計算負荷を減らすアルゴリズムを工夫することで、実用評価に耐えうるコードを開発できる予定である。</p>
②京都大学	<p>Ni-YSZ 燃料極や LSM 空気極あるいは Ni-YSZ 燃料極/電解質/LSM 空気極の三層を含めた電極過電圧解析が可能である。さらに LSCF 空気極の解析に対応するようプログラムの開発を進めている。また電極微構造を考慮できる単セルやショートスタック解析プログラムの開発がおおむね完了している。これらの解析プログラムに適用するべく、反応サイトにおける活性の低下として局所劣化をモデル化しつつある。</p>	<p>LSM 緻密化の進展と酸素ポテンシャル分布の相関を明確化する。セルスタックシミュレーションでの局所劣化モデルの高度化を図る。</p>	<p>1) LSM 電極の数値解析結果から酸素ポテンシャル分布を取得し、LSM 緻密層が形成した実験結果と比較することで、両者の相関の明確化が見込める。</p> <p>2) 微構造に基づく局所劣化モデルを適用することで、各スケールにおける劣化進行の数値予測が可能となるのみならず、さらにそれらを比較することで、局所劣化とそれが及ぼすセル・スタック劣化挙動の関係について推察することが可能となる。</p>
③東北大学	<p>非定常酸素ポテンシャル分布の影響を考慮した応力解析を Abaqus/ Abaqus CAE と連携して実施する事が可能となった。</p> <p>産総研と共同で、YSZ の正方晶への相転移と酸素ポテンシャル分布の相関をシミュレーションするプログラムを開発した。</p>	<p>酸素ポテンシャルの計算ルーチンを ANSYS, FLUENT などの汎用構造解析、熱流体解析ソフトウェアと連携させ、酸素ポテンシャル計算を基礎とする応力計算、信頼性の評価を実施できるようにする。</p>	<p>東京ガスなど、すでに Abaqus/Abaqus CAE を用いた構造解析を実施しているプロジェクト参加企業と協力することでプログラム動作の検証と改良を行う。入出力の形式の対応により ANSYS への対応も比較的早期に実現できる見込みである。その後、MARC/MENTAT との連携もすすめる。各企業・機関での使用により、信頼性評価に必要な物性値テーブルの整備を進める。</p>
④産業技術研究所	<p>・東北大との連携の下、酸素ポテンシャル分布のソフトの開発の中で、YSZ の相変態と伝導度低下現象への適用に関する成果をあげることができた。</p> <p>・硫黄被毒について、オーム損と空気極過電圧劣化の相関によって解析することによってその様相を明らかにした。</p>	<p>電解質、電極/電解質界面、電極における劣化現象をシミュレーションできる技術を確立し、9 万時間耐久を確実にするための基盤データを提供する。</p>	<p>・ジルコニア系電解質の相変態による伝導度低下のシミュレーションは期待以上に進展している。</p> <p>・SrZrO₃ 生成に伴う伝導度低下については YSZ との界面での現象の理解が必要と判断、同位体交換による試験など追加実施。</p> <p>・空気極クロム被毒は堆積状態と劣化率との相関として定式化する。</p> <p>・空気極硫黄被毒は定式化に向け更に物理化学的理解を目指す。</p>

③ 耐久性迅速評価方法の開発（電力中央研究所、東京大学、京都大学、東北大学、産業技術総合研究所）

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
3)-3 「耐久性迅速評価方法の開発」	<p>1) スタック性能評価とシミュレーション技術を同じ開発項目の中で行ったが予想以上に有効な成果を次のように得た。</p> <p>i) セルのシミュレーションではいち早く、性能評価解析で導出されたオーム損と空気極過電圧劣化の相関に対し、3D 再構築した系での電気化学的妥当性を示した。</p> <p>ii) 同じく硫黄被毒の複雑さを前出相関によって解析することによってその様相を明らかにした。</p> <p>Iii) 酸素ポテンシャル分布のソフトの開発は YSZ の相変態と伝導度低下現象への適用は大きな成果をあげ、今後の様々シミュレーションの展開を期待される。</p>	<p>開発された耐久性迅速評価方法が十分にスタック耐久性評価方法として機能しうることを、スタックメーカーと連携して検証し、改善点の抽出を行い、評価方法としての確立を図る。</p>	<p>1) オーム損と電極過電圧との相関によってスタックの性能変化をより物理化学的に把握できる基盤が得られた。</p> <p>2) ジルコニア系電解質の相変態による伝導度低下は各スタックに対して予測できるレベルに達すると思われる。</p> <p>3) SrZrO₃ 生成に伴う伝導度低下の理解は進みが、スタック毎の違いの検討の余地はのこらう。</p> <p>4) 空気極クロム被毒はほぼ予想できる。硫黄被毒は更に物理化学的な理解の進展が必要であるが、その全体像は明らかになり、材料・セル/スタック、システムのどのレベルが対処すべきか各スタックごとに明らかにできると思われる。</p> <p>5) 燃料極の劣化現象(数例) についても対策がとれると思われる。</p>

研究開発項目Ⅱ：固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証

三浦工業

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
	<p>44.69%</p> <p>①52.8%</p> <p>②66%</p> <p>③485W</p> <p>④94.1%</p> <p>⑤抽出中</p>	<p>発電効率 48%</p> <p>①スタック効率 57%</p> <p>②燃料利用率 (Uf) 72%</p> <p>③補機損失 400W</p> <p>④PCS 効率 93%</p> <p>⑤効率 50%の課題抽出</p>	<p>要素試験で確認された運転パラメータ設定にて、実証運転を行い、その妥当性を確認することで、目標値を達成することは可能</p>
	<p>90～92%</p>	<p>総合効率 90%</p>	
	<p>0.24～4.9%</p> <p>①±0.58 kPa</p> <p>②±20℃</p> <p>③730℃</p>	<p>劣化率 0.25%/1000 h</p> <p>①改質水供給圧力変動 ±1 kPa</p> <p>②スタック温度むら ±20℃</p> <p>③運転温度 760℃</p>	
	<p>①初期確認済み</p> <p>②達成</p> <p>③達成</p>	<p>①水自立機能</p> <p>②別置パージガス</p> <p>③別置 PCS</p>	

日立造船

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
①実証機での発電効率確認	DC 発電端で 55%程度	AC 端 50%以上 (LHV) 達成	補機動力、送電ロスに対する対策実施中で、H27 年度内に AC 端 48%は達成見込み。パワコン等補機類の仕様適正化により達成可能。
②実証機での耐久性確認	ヒートサイクルの影響のみ確認	耐久性 40,000h の見通し	スタック単体では 40,000h クリア。運転条件を踏襲、温度管理・流量分配の高精度化対策で達成可能。
③商品機検討	実証機製作完了(見込)	商品機の試設計完了	商品機 = 実証機であり、H28 年度中には設計完了予定。
④装置コストダウン	実証機ベースで装置単価 400 万円 /kW	装置単価 100 万円 /kW の見通し	セルスタック、補機類など大量生産前のコストダウンが難しい状況。導入初期時の戦略的な価格交渉を行う。
⑤事業化計画	社内採算性検討実施	ビジネスモデル精査	導入初期～事業自立までのシナリオを検討済。補助金、燃料代、電力料金など変動値予測を追加し、達成。

富士電機

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
常圧型モジュールの開発	実証機に向けた常圧型モジュールの設計データを取得 DC 発電効率 55%以上を確認	常圧型モジュールの設計/製作/評価 DC 発電効率 (定格) : 55%以上 (AC 発電効率 : 50%相当)	小容量でも発電効率が高く、数十 KW 規模でも発電効率 50%以上が見込める
常圧型高効率システムの開発	実証機に向けた常圧システム設計技術を習得。 発電実験を通して、安定運転方法を確立 (累積発電 600 時間)	モジュール評価装置の設計/製作 常圧システムの運転技術の確立	
実証試験	H28 年度以降実施予定	実証機の設計/製作 実証機を通して、商品機の課題把握	
商品機の設計	H28 年度以降実施予定	商品機の設計	

研究開発項目Ⅲ：固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発

開発項目	現状	最終目標 (平成29年度末)	達成見通し
	<p>高効率化に必要な SOFC 高圧運転に関する要素試験を行い、電圧の向上及び数千時間の耐久性を確認した。</p> <p>また、低カロリーな SOFC 排燃料の燃焼性の確認、SOFC-GT の連携模擬試験を行い、制御等問題ない事を確認した。</p>	<p>トリプルコンバインドシステムの要素技術の開発として、SOFC は高圧環境下での発電特性や耐久性の検証、SOFC とガスタービンの連携技術の開発、ガスタービンはガスタービン本体の構造検討や燃焼器の開発を行い実用化に向けた目処を得る。</p>	—

研究開発項目Ⅳ：次世代技術開発

九州大学

開発項目	現状	最終目標 (平成29年度末)	達成見通し
①セルの基本性能	<p>500℃において SOFC モードで 0.5V, 250mA/cm², SOEC モードで 1.3V, 175mA/cm² を達成</p> <p>0.1A/cm² で 30 サイクルの劣化率 2.5%</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ SORC 単セル 10mA/cm²0.5V・SORC 単セル 10mA/cm², 2%以下の劣化率@1000h ・ SORC 単セル水蒸気電解性能：1.3V、0.2A/cm² ・ SORC 単セル水蒸気電解耐久性 0.2A/cm²で 3%劣化/1000h 	
②円筒セル	<p>500℃で 125mW/cm² を示す小型円筒型セル (φ10xL30mm)セルの作成に成功</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湿式法を用いた SORC 作動が可能な円筒型セルの作成と動作確認。 ・ 理論起電力を示す LSGM 薄膜からなるセルの作成法、拡散抑制層の作成法の開発 	
③鉄粉体	<p>PrBaMn₂O₇ で修飾した Fe 粉体で 350℃で 765mmol/kg-Fe/min の達成</p>	<p>初期の水素供給・吸蔵速度 113.7 mmol H₂/kg Fe/min</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水素供給・吸蔵速度の耐久性 初期の水素供給・吸蔵速度に対し 70%/100cycle 	<p>さらにサイクル数の多い、繰り返し酸化還元特性を評価する。現状で、課題が見いだされないため、達成見込み</p>

岩谷産業、産業技術総合研究所、岩尾磁器工業

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
マイクロ SOFC 量産化に向けた技術開発	燃料極チューブ (Ni-GDC) の成形条件、各種スラリーの塗布条件の最適化を行い、独自開発の検査方法で不良品製造率が 10%以内であることを確認した。	1 本あたりの発電量が 0.59W 以上であるマイクロ SOFC チューブを不良率を 10%以内に抑える量産製法を構築する。	
性能低下が少ない材料構造、集電・結線方法の開発	中間層およびインターコネクタの膜厚最適化、均一な膜厚を得る塗布方法を開発するとともに、空気極への集電用 Agペーストの塗布と特殊な金属部材による結線方法を確立し、マイクロ SOFC 1 本あたりから 0.59W の電力を取り出せることを確認した。	さらなる発電性能の向上と製造の機械化が見通せるマイクロ SOFC の製造方法を確立し、1 本あたり 0.59W 以上の電力が取り出せる技術を開発する。	
セルスタック、発電ユニット設計・製作および最適化検討、燃料ガス組成によるセルスタックへの影響の調査	8x8 セルスタックを製作し、水素燃料で 600°C で 16W (計画では 37.8W) の出力を確認した。燃料ガスはカートリッジガスの改質ガスであれば 100 時間の耐久性があることを確認した。	200W 以上の出力が見込めるマイクロ SOFC スタック、発電ユニットを製作する。また単セル発電試験で 100 時間の発電でも燃料極表面に炭素が析出しない燃料ガス条件を確立する。	
カートリッジガスの前処理方法の最適化	カートリッジガス (ブタン) の改質条件の最適化検討を行い、200W 以上の安定した発電に必要な燃料ガス (ガス量: 420L/h, H ₂ =17%, CO=15%, C ₂ =0%) を延べ 100 時間 (25 回起動) 得られることを確認した。	マイクロ SOFC スタックで 200W 以上の安定した発電に必要なカートリッジガスの改質ガスを C ₂ 以上の HC を除去した状態で延べ 100 時間得る。	
マイクロ SOFC のスタック加熱システムの開発	燃焼開始から 5 分でセルスタックを平均 600°C に昇温し、43.5g/h のカートリッジガスで保温できることを確認した。	マイクロ SOFC スタックを 5 分以内に 550°C 以上に加熱するとともに、発電用ガスと合わせてカートリッジガス 1 本で 2 時間以上発電できるよう保温させる。	
ポータブル電源システム要素技術の開発および検証機の製作	脱硫、CO 除去で延べ 100 時間の耐久性を確認した。発電試験では 3 分で開回路電圧が起つことを確認した。カートリッジガス、ガス供給部、加熱炉、電力変換システムを一体化した検証機を製作した。	脱硫、CO 除去等で 100 時間の耐久性の確保、商品化に対する課題抽出のための発電試験、検証機の製作。	

パナソニック

開発項目	現状	最終目標 (平成 29 年度末)	達成見通し
A 混合イオン伝導体(電解質)の材料開発	CO ₂ 耐久性を有する混合イオン伝導体として、BaZr _{0.8} In _{0.2} O ₃ を開発	600°C で 1×10^{-2} S/cm 程度の混合イオン伝導体 (電解質) の開発	達成見込み
B 電極材料開発	実使用環境下での 1000h 耐久を確認。電極材料候補の提示	開発した混合イオン伝導体電解質材料に適したアノード、カソード材料の選定・開発	

C 混合イオン伝導体の薄膜化、基板材への接合	薄膜セルを作製	ガスリーク、電子的リークのない、電解質薄膜の合成プロセスを確立し、革新的低コストが可能な平板型薄膜単セルを試作	
D 薄膜セル評価	電解質抵抗の低減と電極抵抗の低減が必要であることを提示	出力 0.7 W/cm^2 を見通すための対策の提示	

IV. 実用化の見通しについて

平成 22 年(2010 年)に策定した NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ 2010 では、2015 年頃、2020 年頃、2030 年頃それぞれについて燃料電池実用化に向けた開発課題とシステムの導入目標を明確化した。SOFC 実用化については、小容量定置用、中容量定置用、中容量ハイブリッド、大容量コンバインドシステムの 4 つに分類している。家庭用燃料電池(エネファーム SOFC)は 2011 年(平成 23 年)に販売が開始された。中容量定置用も耐久性向上に向けた課題解決のため現在実証事業で取り組んでいる。

SOFC システムの実用化を実現するために基礎研究における耐久性評価と実証研究が連携し検証中である。初期導入時には 4 万時間耐久の装置としての完成を目指している。さらに本格普及には量産化技術の構築、セルスタックの耐久性、出力向上などが必要である。

プロジェクト終了となる平成 29 年度からユーザーへの提供を予定している。今後は燃料電池市場の有るべき姿について議論し、必要な技術開発について追加公募を行う予定である。

SOFC システムの実用化にはいくつかの課題が残されているが、残り 2 年での最終目標が達成されることで、実用化・普及に向け大きく前進するものと考えられる。

各研究開発項目での実用化、事業化の見通しについて以下に詳述する。

1.1 研究開発項目Ⅰ：「固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究」の実用化、事業化の見通しについて

耐久性迅速評価法本評価手法を有効活用し、SOFC システムでの耐久性評価に利用されることで、企業のシステム開発の加速となることが期待される。

企業でのセルスタック開発→研究機関での評価・解析と連携が進むことで開発もスムーズに進むことが可能となる。

SOFC システムが市場への導入が始まれば、参画機関個別のセルスタック研究開発の内容は知財関連においても重要な戦略となる。

1.2 研究開発項目Ⅱ：「固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証」の実用化、事業化の見通しについて

他のシステムと比較しても高効率である SOFC の市場導入は期待されている。

4 万時間耐久性を達成により、初期の目標はクリアされる。より信頼性を高めていく必要がある。本格普及の段階ではコストも重要な要素となるので、現状 100 万円/kW から更なるコストダウンが求められてくる。材料開発、システム開発の循環によって商品機としての価値を上げていかなければならない。

そのためには、耐久性迅速評価手法との密な連携が必要である。

市場で受け入れられるシステムとなるために、実証事業の完遂が求められる。

1.3 研究開発項目Ⅲ：「固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発」の実用化の見通し等について

トリプルコンバインドシステムの前に、250kW システムの導入を目指している。

1.4 研究開発項目Ⅳ：「次世代技術開発」の実用化、事業化の見通しについて

本項目は、実用化・事業化を目的としたものでないが、さらなる研究開発を進めることで事業化への道筋が見えることを期待する。

マイクロ SOFC 型小型発電器機の開発：ポータブル発電機としてのコンセプトは明確に示されている。同様な他システムの市場を見ても市場性が高いと思われる。商品機の完成度、コストが市場への戦略のひとつとなると考えられる。

プロトン伝導 SOFC：次世代セルコンセプトであり、今後作動温度、効率、耐久性を向上させていく必要がある。実用まではセル開発からスタック開発へステップアップさせ、さらにシステム開発への展開となる。実用化までは多くのハードルがあり平成 37 年頃をひとつのターゲットとしている。

添付1 各研究開発項目の詳細

基盤技術開発

- a-1) 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証

- b-1) 円筒形 SOFC-ガスタービンハイブリッドシステムの実用化に向けた運転技術実証
- b-2) 固体酸化物形燃料電池を用いた 5 kW 級業務用システムの実用化実証
- b-3) 中容量常圧型円筒形 SOFC システムの実用化実証
- b-4) 固体酸化物形燃料電池 (SOFC) による業務用・産業用システム実証および事業化検討

固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システム要素技術開発

- c-1) 固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システム要素技術開発

次世代技術開発

- d-1) 可逆動作可能な固体酸化物型燃料電池による低コスト水素製造および高効率発電を利用した電力貯蔵
- d-2) マイクロ SOFC 型小型発電機
- d-3) 中温作動型酸化物プロトン SOFC の開発

プロジェクト用語集

用語	説明
圧力容器	円筒形セルを加圧状態にする容器。
カートリッジ	円筒形セルを集合させて燃料/空気の供給/集電を行う最小ユニット。
カレントインターラプター法	電池の発電状態から高速電流遮断器を用いて負荷を遮断し、測定電圧の時間応答特性により電気抵抗成分と物質移動抵抗成分に分離する方法。
界面抵抗	燃料電池構成材料間で生じる抵抗。
ガス焼成炉	高温の燃焼ガスを利用して電池材料を焼成するための設備。
起動バーナ	モジュールの昇降温時に使用し、燃焼ガスを供給する燃焼器。
共焼結	電極や電解質など構成部材の前駆体を同時に焼成（焼結）すること。
凝縮器	発電運転中に発生する燃料ガス中の水分を除去し、燃料再循環ガス中の水分を調整するための熱交換器。
金属管板	円筒形セルを吊り下げ支持する板材。
空気ブロウ	電池への空気および燃焼室への燃焼用空気を送風するためのブロウ。
空気予熱器	電池に供給する空気を高温の排ガスとの熱交換により予熱するための熱交換器。
グリーン	焼成前の構成材料の前駆体、造孔材、バインダーなどが混合された状態のもの。
シール性	電池性能に要求される緻密性を評価する指標。
支持膜式セル	電極または支持体の基板上に電解質が薄膜状に構成されるセル。逆に電解質が厚膜で自ら構造体になるものを自立膜式セルと呼ぶ。
焼成炉	電池材料の粉末または成形品を高温で焼成するための電池製造設備。
出力密度	単位面積辺りの出力。SOFCの性能を示すパラメータとして活用。
純水気化器	純水を水蒸気に変える装置。
水蒸気/炭素比 (S/C 比)	反応ガス中の水蒸気と炭素のモル比。
スラリーコート	構成材料の前駆体スラリーを塗布すること。スラリーの溶液中に浸漬するディップコート法やスクリーン印刷法などが含まれる。
接合強度	円筒形セルと異材を接合させた時の強度の指標。
セル	燃料電池の最小単位。TOTOの湿式円筒形SOFCの場合は空気極支持管、空気極、電解質、燃料極から構成される。
セルサポートフォイル	合金薄板からなり、接合シール材により単セル単部と接合され、マニホールドに組み込まれる。単セルがマニホールド内に強固に固定されるのを防ぎ、合金と単セルの熱膨張率の違いに基づき発生する応力を（自身の変形により）緩和する。

用語	説明
脱硫器	燃料ガスとして使用する都市ガスに付臭材として含有している硫黄分は燃料電極の触媒毒となるため、硫黄分を除去する装置。
炭素析出	反応ガス中の炭素化合物の分解によって固体の炭素が系統内にたい積する現象。
電圧低下率	発電時間に対するセル電圧の低下の割合。
電気式燃料予熱器	モジュール入口の燃料ガスを補助的に電気ヒータで予熱するための熱交換器。
ドレンポット	発電時に発生するドレンを回収する容器。
内部改質	セルモジュール内で自己の発熱を利用して原燃料の改質を行うこと。
熱自立	発電システムの運転に適した温度の状態を、発電部分等からの発熱で維持でき、外部からの加熱が必要でない状態をいう。本プロジェクトではモジュールだけでなく燃料発生部である水蒸気改質部を組み合わせた構成での熱自立性の評価を行った。
燃焼式燃料予熱器	電池入口温度を燃焼ガスにより調整するための熱交換器。
燃料再循環ブロウ	燃料ガスを再循環し、電池に燃料ガスを供給するためのブロウ。
燃料利用率	供給燃料の内、燃料電池内で消費される燃料の割合。
燃料予熱器	電池に供給する燃料ガスを電池からの燃料系排ガスとの熱交換により予熱するための熱交換器。
パラメータ設計	複数のパラメータをもとにバラツキを低減させる条件を見出し、更に最適化を行う手法。
バンドル	セルを数本から十数本を接続し一体化したもの。モジュールを構成するための基本単位となる。現状のTOTO製湿式円筒形SOFCの場合は2並列×6直列構造となっている。
モジュール	発電システムにおける発電容量に合わせて複数のバンドルまたはセルスタックを接続したもの。
連続焼成炉	搬出・搬入ラックと連続焼成炉から構成され、被熱物は搬出ラックから連続焼成炉へ自動で搬出され、さらに焼成された被熱物は自動で搬入ラックに保管される設備。
DSS	Daily Startup and Shutdown。
EPMA	電子プローブマイクロアナライザ。
LSCF	(La,Sr)(Co,Fe)O ₃ 。ペロブスカイト型複合酸化物。
LSCO	(La,Sr)CoO ₃ 。ペロブスカイト型複合酸化物。
LSM	(La,Sr)MnO ₃ 。ペロブスカイト型複合酸化物。
OCV	Open Circuit Voltage。開回路電圧。
SDC	(Sm,Ce)O ₂ 。サマリウム添加セリア。 (サマリウム：酸化サマリウム、セリア：酸化セリウム)
SEM	走査型電子顕微鏡。
SOFC発電室	SOFC本体を収納するための容器。
YSZ	Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ 。イットリア安定化ジルコニア。 (イットリア：酸化イットリウム、ジルコニア：酸化ジルコニウム)

「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発」基本計画

新エネルギー部

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

我が国におけるエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題、交通量の多い都市部等における地域環境問題（NO_x、PM等）の解決のためには、国全体として省エネルギーを推進するとともに、新エネルギー技術の開発・コスト削減及び利便性や性能の向上に積極的に取り組むことが極めて重要である。

燃料電池は、上記の課題解決に向けたキーテクノロジーとして、その実用化が強く期待されている。「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」（経済産業省、2008年3月）では、CO₂排出量の大幅削減を可能とする21の革新技術の一つとして、民生部門で定置用燃料電池が選定されている。加えて発電・送電部門においても、燃料電池-ガスタービンハイブリッド発電、石炭ガス化燃料電池複合発電が挙げられている。また、「エネルギー基本計画」（経済産業省、2010年6月）では、エネルギー源のベストミックスを確保するためには燃料電池の技術開発の促進と内外への普及拡大によって天然ガスシフトを推進すべきであること、燃料電池の普及に向けた最大の課題であるコストの低減に向けて基礎的な部分も含めた技術開発を推進するとしている。数種類ある燃料電池の中でも固体酸化物形燃料電池は、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、小型分散型から大規模火力代替システムまで広い適応性を持つことから、その実用化が強く望まれている。

②我が国の状況

上述の期待を背景に実施した「固体酸化物形燃料電池実証研究」（平成19～22年度）及び「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発」（平成20～24年度）（以下、前プロジェクト）の成果等により、2011年11月に固体酸化物形燃料電池（以下、SOFC）を用いた家庭用コージェネレーションシステム「エネファーム・タイプS」が世界で初めて実用化され、高い発電効率を実証した。しかし、その本格普及のためには低コスト化と高耐久化の両立が喫緊の課題となっている。一方、数～数100kWの中容量システム、それ以上の大容量システムは、未だに技術開発の途上にある。また、燃料電池技術の応用である水電解水素製造技術、抜本的な低コスト化・高耐久化に有効な低温動作セル等は、現在も基礎研究段階である。

③世界の取り組み状況

高効率発電システムとして期待の高いSOFCは、世界中で精力的な研究開発が行われている。米国では、石炭ガス化ガス発電を目標としたエネルギー省のプロジェクト「Solid State Energy Conversion alliance」が実施されている。また、Fuel Cell Energy社、Versa Power Systems社、Delphi社、UTC社、LG Fuel Cells社等の企業が大規模システム開発とセルスタック開発を行っている。更に、Bloom Energy社は、100kW級システムを用いたエネルギー供給サービスをカリフォルニア州で展開している。欧州では、豪企業CFCL社や英Ceres Power社が、家庭用SOFCシステムの商用化を目指しており、独Callux実証プロジェクトでは、Vaillant社、Hexis社等が家庭用SOFCシステムの実証試験を行っている。また、特に欧州では固体酸化物形水電解セル（SOEC）開発が活発化しており、独Sunfire社やSiemens社等が開発を進めているほか、燃料電池技術を応用した水電解セルに関するプロジ

ェクト（NEXPAL、EKOLYSER等）が進行中である。

このように、米国・欧州において、家庭用から発電事業用まで様々な用途・規模の燃料電池について技術開発及び実証研究が進められており、我が国の国際競争力強化等の観点から、引き続き戦略的・重点的な取り組みが不可欠である。

（2）研究開発の目標

①固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究（研究開発項目（a））

1）アウトプット目標

エネファームの本格普及期を想定し、その実現に必要な低コストと高耐久性を両立したSOFCセルスタック、SOFCシステムの開発が民間企業において進められている。本研究開発項目（a）では、この開発を加速するため、耐久性迅速評価方法の確立を行う。前プロジェクトで開発した熱力学的解析、化学的解析、機械的解析、三相界面微細構造解析、耐久性評価方法等を高度化し、劣化要因に応じて有効な場合には加速劣化試験やシミュレーション技術等と複合させることにより、比較的短時間の耐久試験におけるSOFCの微小な劣化現象を的確に評価・解析し、実用レベルの耐久性を迅速かつ高精度に検証する。この耐久性迅速評価方法の確立により、セルスタック開発サイクルの短縮と効率化を図る。

NEDO技術開発ロードマップ（2010年度策定）における小容量定置用システムの目標、

2020年度以降（普及～本格普及段階）

「発電効率55%LHV以上、9万時間以上の耐久性見通し、システム価格40万円/kW以下」

に照らし、本研究では、「9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する」ことを最終目標（平成29年度（2017年度））とする。また、中間目標（平成27年度（2015年度））は、「9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を開発する。また、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。」こととする。

なお、効率とコストに関しては、システム設計等による部分が大きいために本項目では特に目標値を設定しないが、産業界との継続的な意見交換により、上記ロードマップ目標値から逸脱しないよう適切にマネジメントを行う。

[最終目標（平成29年度（2017年度））]

9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する。

[中間目標（平成27年度（2015年度））]

9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を開発する。また、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。

2）アウトカム目標達成に向けての取り組み

固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を産業界を中心に実施されるセルスタック、システム開発等に積極的に適用する。

3）アウトカム目標

「発電効率55%LHV以上、9万時間以上の耐久性見通し、システム価格40万円/kW以下」の達成により、2020年以降家庭用システムの本格普及を実現する。

②固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証（研究開発項目（b））

1) アウトプット目標

家庭用SOFCシステムが2011年度に実用化された一方、業務用SOFCシステムについては民間企業において開発が鋭意行われており、その実用化が期待されている。本研究開発項目（b）では、業務用SOFCシステムの実証試験を実施し、その導入効果の検証及び実用化へ向けた課題抽出を行うことにより、これらシステムの開発及び初期導入を加速させる。業務用として数～数100kWの中容量SOFCシステムの実負荷条件下での実証試験等を対象とする。

本実証は、提案公募として実施するため、目標はテーマ毎に決定する。

NEDO技術開発ロードマップ（2010年度策定）における中容量（数～数100kW）定置用システムの目標、

2020年度頃まで（初期導入）

「発電効率45%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格約100万円/kW」

に照らし、発電効率について家庭用システムでは45%LHVが実現されていることから、「発電効率50%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格約100万円/kW以下」の実現に資するべく、本実用化技術実証において、「中容量（数～数100kW）SOFCシステムの導入効果検証及び課題抽出を行う」ことを本研究開発項目（b）の最終目標（平成29年（2017年）度）とする。

なお、本項目は前半3年間（平成25～27年度（2013～2015年度））、後半2年間（平成28～29年度（2016～2017年度））に分けて段階的に実施する。前半の成果を踏まえて中間評価を行い、後半で継続するか否かを判断する。

[最終目標（平成29年度（2017年度））]

中容量（数～数100kW）SOFCシステムの導入効果検証及び課題抽出を行う。

2) アウトカム目標達成に向けての取り組み

本事業で抽出される課題を、産業界を中心に実施されるセルスタック、システム開発に反映させる。

3) アウトカム目標

「発電効率45%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格約100万円/kW」の達成により、2020年頃までに業務用SOFCシステムの初期導入を実現する。

③固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発（研究開発項目（c））

1) アウトプット目標

我が国が有する世界最高水準の火力発電技術*1を更に革新する高効率化技術であるSOFC、ガスタービン及び蒸気タービン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*2の早期実用化を図るためには官民一体となった取り組みが必要である。そこで本研究開発項目（c）では、民間企業によるシステム開発を促すため、当該システムに適用するSOFCセルスタック、SOFCとガスタービンとの連携技術等の要素技術開発を行う。

*1：1500℃級ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた複合発電システムにおいて、天然ガス燃料で送電端効率58%LHV（低位発熱量基準：Lower Heating Value）が得られている。

*2：SOFC、ガスタービン、蒸気タービンの順に化石燃料の持つエネルギーをカスケード利用することにより、数百MW級規模のシステムにおいて天然ガス燃料で送電端効率70%LHV以上、石炭ガス化ガス燃料で送電端効率60%LHV以上が得られる。

NEDO技術開発ロードマップ（2010年度策定）における大容量コンバインドシステムの目標、

2020年度頃（初期導入）

「発電効率65%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格数10万～約100万円/kW以下」

に照らし、また耐久性については前PJにおいて4万時間の耐久性をほぼ見通すことができたため、本研究では初期導入への第1ステップとして、以下に示すトリプルコンバインドサイクル発電システムの実用化に資する要素技術としてこのシステムに必要なSOFCセルスタック及びSOFCとガスタービン連携技術を開発することを最終目標（平成26年度（2014年度））とする。また、燃料は天然ガスとする。

[最終目標（平成26年度（2014年度））]

以下に示すトリプルコンバインドサイクル発電システムのSOFCセルスタック及びSOFCとガスタービン連携技術を開発する。

<トリプルコンバインドサイクル発電システム>

発電規模（送電端）：数10MW以上（100MW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システム>

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%/1000時間以下）

製造コスト：30万円/kW以下

2) アウトカム目標達成に向けての取り組み

本事業で得られる成果を、産業界を中心に実施されるシステム開発等に反映させる。

3) アウトカム目標

「発電効率65%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格数10万～約100万円/kW以下」の達成により、2020年頃までに発電事業用SOFCシステムの実用化を実現する。

④次世代技術開発（研究開発項目（d））

1) アウトプット目標

固体高分子形燃料電池（PEFC）、固体酸化物形燃料電池（SOFC）等の従来型燃料電池と異なる次世代燃料電池の開発及びSOFCの新たな用途の実用化、商品性の向上、低コスト化等に関する技術開発を行う。

本項目は、提案公募として実施するため、目標はテーマ毎に決定する。

なお、本項目は、前半3年間（平成25～27年度（2013～2015年度））、後半2年間（平成28～29年度（2016～2017年度））に分けて段階的に実施する。前半の成果を踏まえて中間評価を行い、後半で継続するか否かを判断する。

2) アウトカム目標達成に向けての取り組み

提案公募として実施するため、テーマごとに検討する。

3) アウトカム目標

燃料電池技術の用途拡大を実現する。

(3) 研究開発内容

前記目標を達成するために、各研究開発項目について以下のとおり実施する。

①〔委託事業（NEDO負担率：1/1）または共同研究事業（NEDO負担率：1/2）〕

研究開発項目（a）「固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究」

下記（i）～（iv）の研究開発を実施する。

本研究開発項目は、（1）実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業、又は（2）試験・評価方法、基準・プラットフォームの提案等、国民経済的には大きな便益がありながらも、民間企業の研究開発投資に見合うものが見込めない「公共財の研究開発」事業であり、原則、委託事業として実施する。ただし、（1）については、民間企業単独、民間企業のみでの連携の場合は、共同研究事業（NEDO負担率：1/2）として実施する。

(i) 材料評価・性能評価・解析技術の高度化と劣化機構解明の迅速化

長時間稼働あるいは頻繁に起動停止したセルスタックの材料変化・性能変化を集学的に解析する技術を、微小な材料変化・微構造変化でも検出し性能変化との相関を検出できるように更に高度化し、セルスタック性能劣化の要因分析と劣化機構解明の迅速化を行う。

(ii) 劣化進展モデルの検討

運転条件（温度、過電圧、電流密度等）と関連づけられる変数を変化させた加速劣化試験法の妥当性の検討を行うとともに稼働下での温度・酸素ポテンシャル分布などを考慮したシミュレーション技術の適用が劣化挙動の進展の把握にどのように寄与できるかを検討し、耐久性迅速評価に必要なセルスタックの長期的挙動把握を実験的・解析的に行う。

(iii) 耐久性迅速評価法の開発

比較的短期間（数千から数万時間）の劣化挙動の観察と微小な変化の検出から9万時間レベルの長期耐久性を評価する手法を開発する。

(iv) セルスタック耐久試験の実施

参加企業が開発したセルスタックの耐久試験を実施し、劣化挙動に関するデータを収集する。耐久試験後のセルスタックは上記（i）から（iii）の各項目の検討に供し、そこで得られた知見は、参加企業のセルスタック開発に供し、耐久性9万時間以上のセルスタックの改良につなげる。

②〔助成事業（助成率：1/2）〕

研究開発項目（b）「固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証」

数～数100kW級中容量SOFCシステムの実負荷条件下での実証試験を実施し、導入効果の検証及び技術課題の抽出を行い、中容量SOFCシステムの実用化に資する改良につなげる。

課題設定型産業技術開発費助成金交付規定に基づく助成事業として実施する。

③〔共同研究事業（NEDO負担率：1/2）〕

研究開発項目（c）「固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発」

下記（i）～（iv）の研究開発を実施する。

(i) SOFCセルスタックの開発

ガスタービンとの連携運転が可能なSOFCセルスタックを開発する。大気圧～約3MPaの圧力で燃料・空気を供給可能な試験設備を用い、数10MW級のガスタービンとの連携運転を模擬した条件で、セルスタックの電流-電圧特性、圧力依存性、伝熱特性等を検証するとともに、1万時間レベルの長期耐久試験を実施し、9万時間の耐久性を見通す。また、セルスタックの低コスト生産技術を開発する。

(ii) SOFC-ガスタービン連携技術の開発

上記①で開発したセルスタックを実際に数10MW級のガスタービンに接続またはこれを模擬し、電流-電圧特性、圧力依存性及び伝熱特性等を検証する。また、起動停止、緊急停止等、ガスタービンの連携運転時に想定される各運転モード及び過渡的状态に対するセルスタックの応答を確認する。

(iii) 導入可能性の調査

平成24年度において、数10MW以上(100MW未満)のトリプルコンバインドサイクル発電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。

(iv) 実証システムの基本設計

上記(i)から(iii)で取得したデータに基づき、実証システムの基本設計を行う。

なお、本項目の実施期間は平成26年度(2014年度)までの2年間(前事業からの通算で3年間)である。

④〔委託事業(NEDO負担率:1/1)または共同研究事業(NEDO負担率:1/2)〕

研究開発項目(d)「次世代技術開発」

提案公募により実施する。

原則として委託事業として実施する。ただし、民間企業単独、民間企業のみでの連携場合は、共同研究事業〔NEDO負担率:1/2〕として実施する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、本邦の企業、研究組合、公益法人、大学等の研究開発機関(原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業等(大学、研究機関を含む)の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。)から公募により実施者を選定して実施する。なお、研究開発項目(a)については、東京大学生産技術研究所特任教授 横川 晴美氏をプロジェクトリーダー(PL)とする。

(2) 研究開発の運営管理

経済産業省、PL、研究開発実施者等と緊密に連携し、適切な運営管理を実施する。また、外部有識者や産業界の意見等を踏まえ、研究進捗把握等のマネジメントを行う。

3. 研究開発の実施期間

本事業の期間は、平成25年度(2013年度)から平成29年度(2017年度)までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成27年度、事後評価を平成30年度に実施する。ただし研究開発項目(c)「固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システム要素技術開発」のみ、平成27年度に事後評価を実施する。また、中間評価

結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

①成果の普及

得られた研究開発の成果については、機構及び実施者ともに普及に努める。

②知的基盤整備事業または標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、市場導入を見据えた国内外の標準化活動や規制見直し活動への情報提供等を積極的に行う。

③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に係る知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて事業者に帰属させる。

なお、開発したシステムの事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

(2) 基本計画の変更

研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、エネルギー政策動向、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標や契約等の方式をはじめ基本計画の見直しを弾力的に行う。

(3) 根拠法

本事業は、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法」第15条第1項第1号二、第三号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成25年 2月 制定

(2) 平成25年12月 研究開発項目(a)のプロジェクトリーダー(PL)の明記及び研究開発項目(c)の実施期間変更により改訂。

以上

事前評価書

	作成日	平成25年2月6日
1. プロジェクト名	固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発	
2. 推進部署名	新エネルギー部	
3. プロジェクト概要 (予定)		
(1) 概要		
1) 背景		
<p>我が国におけるエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題等の解決のためには、新エネルギー技術の開発・コスト削減及び利便性や性能の向上への取り組みが極めて重要である。固体酸化物形燃料電池（以下、SOFC）は、発電効率が高く、多様な燃料にも対応が可能であり、小型分散型から大規模火力代替システムまで広い適応性を持つことから、その実用化が強く望まれている。SOFC型エネファームは2011年に実用化されたが、2016年以降を見込む本格普及に向けては大幅なコストダウンと耐久性の両立が必須である。また、業務用、発電事業用のSOFCシステムは研究開発段階である。</p>		
2) 目的		
<p>SOFCシステム等の本格普及へ向け、低コスト・高耐久性を両立したセルスタック開発に寄与する耐久性迅速評価技術を確立する。また、業務用中容量（数～数100kW）から発電事業用大型システムの実用化へ向けた技術実証と要素技術開発を実施するとともに、SOFCの用途拡大を目指す。</p>		
3) 実施内容		
<p>本事業では、以下（a）～（d）の4項目を実施する。</p>		
（a）固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究		
<p>エネファームの本格普及期を想定し、その実現に必要な低コストと高耐久性を両立したSOFCの開発を加速するために、耐久性迅速評価方法の確立を行う。前プロジェクトで開発した、熱力学的解析、化学的解析、機械的解析、三相界面微細構造解析、耐久性評価方法等を高度化し、さらに劣化要因に応じて有効な場合には、加速劣化試験やシミュレーション技術等と複合させることにより、比較的短時間の耐久試験におけるSOFCの微小な劣化現象を的確に評価・解析し、実用レベルの耐久性を迅速かつ高精度に検証する。</p>		
[中間目標（平成27年度（2015年度））]		
9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタック		

クの耐久性迅速評価方法を開発する。また、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。

[最終目標（平成29年度（2017年度））]

9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する。

(b) 固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証

燃料電池の用途・市場拡大を目的として、業務用の燃料電池システムの実証試験を実施し、その導入効果の検証及び実用化へ向けた課題抽出を行う。数～数100kW級中容量SOFCシステム（コジェネレーションシステムを含む）の実負荷条件下での実証試験を主要な対象とする。

本項目は前半3年間（平成25～27年度（2013～2015年度））、後半2年間（平成28～29年度（2016～2017年度））に分けて段階的に実施する。前半の成果を踏まえて中間評価を行い、後半で継続するか否かを判断する。

[最終目標（平成29年度（2017年度））]

中容量（数～数100kW）SOFCシステムの導入効果検証及び課題抽出を行う。

(c) 固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発

トリプルコンバインドサイクル発電システムは、SOFCにガスタービン及び蒸気タービンを組み合わせた、超高効率事業用発電システムである。平成25年度（2013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発電システムのSOFCセルスタック及びSOFCとガスタービンの連携技術を開発する。なお、燃料は天然ガスとする。

○トリプルコンバインドサイクル発電システム

発電規模（送電端）：数10MW以上（100MW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

[最終目標（平成25年度（2013年度））]

以下に示すトリプルコンバインドサイクル発電システムのSOFCセルスタック及びSOFCとガスタービン連携技術を開発する。

(d) 次世代技術開発

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う。ただし研究項目（a）（b）（c）とは重複しない内容とする。

本項目は提案公募として実施するため、目標はテーマごとに、NEDOロードマップ等と照らし合わせて適宜決定する。

なお、本項目は前半3年間（平成25～27年度（2013～2015年度））、後半2年間（平成28～29年度（2016～2017年度））に分けて段階的に実施する。前半の成果を踏まえて中間評価を行い、後半で継続するか否かを判断する。

(2) 規模 事業費 12.35億円（平成25年度想定）

(a) 委託事業または1/2共同研究

(b) 1/2助成

(c) 1/2共同研究

(d) 委託事業または1/2共同研究

(3) 期間 平成25～29年度（5年間）

4. 評価内容

(1) プロジェクトの位置付け・必要性について

1) NEDOプロジェクトとしての妥当性

我が国におけるエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題（CO₂）・交通量の多い都市部等における地域環境問題（NO_x、PM等）の解決のためには、国全体として省エネルギーを推進するとともに、新エネルギー技術の開発、コスト削減及び利便性や性能の向上に積極的に取り組むことが極めて重要である。燃料電池は、上記の目的達成に向けたキーテクノロジーとして、その実用化が強く期待されている。

家庭用燃料電池の更なる普及拡大、業務用・発電事業用燃料電池の実用化、燃料電池自動車の2015年の普及開始とその後の拡大に貢献するためには、技術開発、実証研究、基準・標準化の取り組みを長期展望の下、総合的に推進することが必要であるが、このような長期展望に基づいた総合的な取組は企業単独では実施困難なため、NEDOの関与が必要不可欠である。

SOF_C型エネファームにより、日本は世界に先駆けてSOF_Cシステムの商品化に成功したが、その本格普及のためには更なる低コスト化・高耐久化が必要不可欠である。一方、中～大容量システムの実用化、あるいは次世代燃料電池の開発には、極めて高い技術レベルと多大な開発ソースが必要とな

る。本プロジェクトによるSOFCや次世代燃料電池の研究開発に対する支援を継続しない場合、その実用化・本格普及が大幅に遅れるリスクが大きい。)

2) 目的の妥当性

2011年3月の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、分散電源の有用性、新設及び既設の発電機器の高効率化、燃料多様化等に資するSOFCの早期実用化と本格普及が強く望まれている。

SOFCエネファームは2011年に実用化されたが、2016年以降の本格普及に向けては大幅なコストダウンと耐久性の両立が必須であり、業務用から発電事業用のSOFCシステムやSOECは研究開発段階である。本プロジェクトの目標は世界最先端レベルであると同時に、「NEDO燃料電池技術開発ロードマップ2010」における2020年目標とも整合しており、適正である。

(2) プロジェクトの位置付け・必要性についての総合的評価

本事業は国の政策等を踏まえた世界最先端の取り組みであり、本技術が実用化されれば、我が国のエネルギーセキュリティ向上、CO₂排出量削減、国際競争力の強化等に大きく寄与することになり、位置付け・必要性は妥当である。

(3) プロジェクトの運営マネジメントについて

1) 成果目標の妥当性

(a) 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

「9万時間以上の耐久性見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する」という最終目標値は、ユーザー企業ヒアリング、意見交換会等を通じ、SOFCエネファーム等が商品として要求される10年以上の耐久性を実現するために必要な手法として、産業界と合意している。

また、前プロジェクトで達成された世界最高水準の「4万時間耐久見通し(劣化率0.25%/1000時間)」を上回り、「NEDO燃料電池技術開発ロードマップ2010」における2020年度以降(普及～本格普及段階)の目標値と合致しており、戦略的な目標設定と判断している。

(b) 固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証

産業界との合意の基に策定された「NEDO燃料電池技術開発ロードマップ2010」における中容量(数～数100kW)定置用SOFCの目

標は、2020年頃（初期導入）において「発電効率45%LHV以上、4万時間の耐久性見通し、発電システム価格100万円/kW」となっている。本項目では、家庭用システムで発電効率45%LHVが実現されていることから、これを上回る戦略的な目標「発電効率50%LHV以上、4万時間の耐久性見通し、発電システム価格100万円/kW」の実現に資するべく、「中容量（数～数100kW）SOFCシステムの導入効果検証及び課題抽出を行う」ことを最終目標（2017年度）としている。

これまでに国内外で行われた数～数100kW級SOFCシステムの実証試験は、数1000時間レベルの耐久性に留まっている。項目（a）で述べたように本格普及には9万時間の耐久性が必要とされるが、そこに至るマイルストーンとして4万時間耐久性見通しという目標は十分な意義を有する。

なお、本項目は前半3年間（平成25～27年度（2013～2015年度））、後半2年間（平成28～29年度（2016～2017年度））に分けて段階的に実施する。前半の成果を踏まえて中間評価を行い、後半で継続するか否かを判断する。

（c）固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発

トリプルコンバインドサイクル発電システムに関して掲げた性能、耐久性、コストの設定値は、ガスタービン－蒸気タービン複合発電等、既に実用化されている競合技術に対して優位性を確保できる値となっている。

システムの発電効率の設定値（60%LHV以上）は、最新鋭の1500℃級ガスタービンと蒸気タービンの複合発電システムで得られている効率（58%LHV）を超えることを目標としている。また、SOFCの耐久性（9万時間）及び製造コスト（30万円/kW以下）についても、「NEDO燃料電池技術開発ロードマップ2010」に記載されている2020年頃（初期導入）の開発目標は「耐久性で4万時間見通し、コストで数10万～約100万円/kW」と比較して、戦略的な設定がなされている。

項目（c）ではこのシステムの実用化に資する要素技術としてSOFCセルスタック及びSOFCとガスタービン連携技術を開発する。

（d）次世代技術開発

提案公募として実施するため、目標はテーマごとに、NEDOロードマップ等と照らし合わせて適宜決定する。

なお、本項目は前半3年間（平成25～27年度（2013～2015年度））、後半2年間（平成28～29年度（2016～2017年度））に分けて段階的に実施する。前半の成果を踏まえて中間評価を行い、後

半で継続するか否かを判断する。

2) 実施計画の想定と妥当性

(a) 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

前半3年間でSOFCセルスタックの主要劣化要因内訳を解明し、9万時間以上の耐久性を見通すことができる耐久性迅速評価方法を開発し、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。後半2年間で、この耐久性迅速評価方法を確立する。

SOFCの耐久性迅速評価技術は、前プロジェクトで開発した各種解析評価方法を高度化し、さらに劣化要因に応じて有効な場合には加速劣化試験やシミュレーション技術等と複合させて確立を目指すものである。同種の試みはEUプロジェクト（SOFC-LIFE）等で始まっているが、その耐久性レベルは1%/1,000時間程度であるのに対し、本項目ではその1/10という高い目標値であり、単なる改良や外部調達では達成し得ない世界最先端の取り組みである。また、本項目で要素技術として想定している熱力学的解析、化学的解析、機械的解析、三相界面微細構造解析、耐久性評価方法は、前プロジェクトにおいてその有効性が実証され、かつ継続して重要と判断できる項目を網羅している。これらを並行的に検討し、総合的に開発を進めることは、本項目の目標達成に不可欠である。

前事業「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発」（平成20～24年度）で開発した、熱力学的解析、化学的解析、機械的解析、三相界面微細構造解析、耐久性評価方法等を高度化し、さらに加速劣化試験やシミュレーション技術等と複合させることにより、耐久性迅速評価方法の確立を目指す。開発セルスタックの耐久性向上のためには、これら評価分析技術を総合的に適用することが極めて有効であるため、最大限の活用を図る。

(b) 固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証

採択テーマごとに、前半3年間では中容量システムの試作品を作製し、実負荷環境下での実証試験を行う。ここで有望な結果を得たテーマを絞り込んで後半2年間も継続し、さらに実用化への段階を進めたシステム実証試験（実証システム数増、または発電容量増等）を行う。

これまで中容量SOFCシステムの性能や耐久性は十分に検証されていないため、その実証試験評価は重要である。実負荷環境下における技術的課題を抽出し、改善策を検討することは実用化のために不可欠だが、その技術的難易度は高い。従って本事業での取り組みが必須である。

(c) 固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発

トリプルコンバインドサイクル発電システムの要素技術開発を前事業（平成24年度（2012年度）開始）から継続し、本事業の初年度である平成25年度（2013年度）に加速的に開発を実施して完了する。トリプルコンバインドサイクル発電システムのうち、ガスタービン及び蒸気タービンの技術は既存のものが適用可能である。当該システムの実用化に向けた課題は大容量SOFCの開発であり、そのうち最も重要度の高い要素技術であるSOFCセルスタックとSOFC-ガスタービン連携技術の開発を本事業で行うこととしている。

また、平成24年度（2012年度）にラボ試験で高圧条件下におけるSOFCセルスタックの特性を的確に把握した上で、平成25年度（2013年度）よりSOFC-ガスタービン連携模擬試験を行うこととしており、開発の進め方は妥当である。

(d) 次世代技術開発

有望な次世代技術を継続的に支援し、シーズの発掘に努めるために一定額を確保している。提案公募であり、実施計画は提案ごとに適切に判断する。

なお、家庭用SOFCシステムの法規制等の問題に関しては、2010年度に一通り対応が完了している。中・大容量システムに関しては、対処の必要性が明確になった時点で実施者と協議する予定である。

3) 評価実施の想定と妥当性

(a) 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義、実用化の可能性、産業への波及効果等について随時確認を行い、必要に応じて研究開発内容の見直し等を行う。また、外部有識者による中間評価を平成27年度（2015年度）に、事後評価を平成30年度（2018年度）に実施する。

(b) 固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証

前半3年間（平成25～27年度（2013～2015年度））、後半2年間（平成28～29年度（2016～2017年度））に分けて段階的に実施する。平成27年度（2015年度）に採用テーマごとの中間評価をスクリーニング的に行い、後半も継続するか否かを判断する。後半に進んだテーマに関しては、外部有識者による事後評価を平成30年度（2018年度）に実施する。

(c) 固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発

研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義、実用化の可能性、産業への波及効果等について随時確認を行い、必要に応じて研究開発内容の見直し等を行う。また、外部有識者による事後評価を平成26年度（2014年度）に実施する。

(d) 次世代技術開発

前半3年間（平成25～27年度（2013～2015年度））、後半2年間（平成28～29年度（2016～2017年度））に分けて段階的に実施する。平成27年度（2015年度）に採用テーマごとの中間評価をスクリーニング的に行い、後半も継続するか否かを判断する。後半に進んだテーマに関しては、外部有識者による事後評価を平成30年度（2018年度）に実施する。

4) 実施体制の想定と妥当性

(a) 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

前プロジェクトから継続して強固な産学連携による実施体制を構築する。セルスタック開発メーカー、システムメーカー、ユーザー企業、研究機関等の参画を見込んでいる。

(b) 固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証

提案公募による。業務用ボイラー、発電システム等の有力企業がインフラ企業、スタックメーカー等と連携して参画すると予測している。

(c) 固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発

継続プロジェクトであり、三菱重工業（株）、（株）日立製作所、東北電力（株）、九州大学が引き続き参画する。三菱重工業（株）におけるセルスタック開発は、項目（a）と密接な連携の下に推進する。

(d) 次世代技術開発

提案公募による。

5) 実用化・事業化戦略の想定と妥当性

(1) 2)、(2) 1) に記載の通り、マーケット規模、ユーザーニーズを的確に把握した上で、ユーザー企業も含めた体制を構築し、実用化・事業化につなげる戦略を想定している。

6) 知財戦略の想定と妥当性

項目（a）（b）（c）はいずれも事業化を企図する企業が主体で進める事業であるため、S O F Cセルスタック及びシステム設計技術を中心に適切な知財化を促進する。全体として、将来の海外展開を見据え、大市場が見込まれる北米、欧州等の先進国での海外出願を促進するとともに、必要に応じてB R I C S等の振興国への海外出願を検討する。

なお、項目（a）は耐久性迅速評価方法の確立及びそのためのセルスタック耐久試験が本事業範囲であり、その知見に基づいた各企業でのセルスタック改良・開発は範囲外としている。従ってセルスタックの材料・構造・製法等に関する出願は本事業の枠外だが、その技術的な重要性に鑑みて、各企業からの国際出願を積極的に促進する。

7) 標準化戦略の想定と妥当性

S O F Cを含む定置用燃料電池の国際標準化は、一般社団法人 日本電機工業会が主体となって進めている。N E D Oはその各WGにオブザーバとして参加してデータ取得等のニーズに対応するとともに、水素技術を含めた全体マネジメントを行う戦略会議での事務局を務めている。本事業では、その期間中に得られた成果の国際標準化の可能性に関して改めて検討を行う予定である。

(4) プロジェクトの運営マネジメントについての総合的評価

本事業の目的、実施計画、予算等は、S O F Cシステムの早期本格普及または実用化を図る取り組みとして適切である。

(5) 成果の実用化・事業化の見通しについて

1) プロジェクト終了後における成果の実用化・事業化可能性

下記のように項目ごとに具体的な製品想定があり、成果の実用化・事業化可能性は明確である。

- (a) 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究
主として家庭用S O F Cシステム（エネファーム）
- (b) 固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証
業務用S O F Cシステム（数～数100kW）（設置先としては、工場、コンビニエンスストア、病院、ビル、集合住宅等）
- (c) 固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発

トリプルコンバインドサイクル発電システム

(d) 次世代技術開発

提案公募であり、提案ごとに異なる

2) 成果の波及効果

S O F Cセルスタック及びシステム関連の技術は、セラミクス材料、金属材料、電気化学、空力学、熱力学、燃焼、電機等の広範囲で高度な科学技術の裾野を必要とし、かつ高度な設計・製造技術も必要となることから、本事業を通じて当該分野の研究開発、並びに若手研究者・工学技術者の育成を促進できる。

S O F Cシステムの普及が進めば、市場創出効果と温室効果ガス排出削減効果は大きい。セラミクス、金属、電子、発電等と当該分野に関連する業種は多岐にわたり、新たな産業・雇用を創出できる。世界に先駆けて実用化を進めることで、当該分野の国際競争力を強化できる。

(6) 成果の実用化・事業化の見通しについての総合的評価

アウトプット（製品等）想定は具体的であり、具体的な技術課題とその解決方針、事業化へのマイルストーン等も明確なことから、本事業成果の実用化・事業化の見通しは十分高い

2. 分科会公開資料

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

「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発」

(中間評価)

(2013年度～2017年度 5年間)

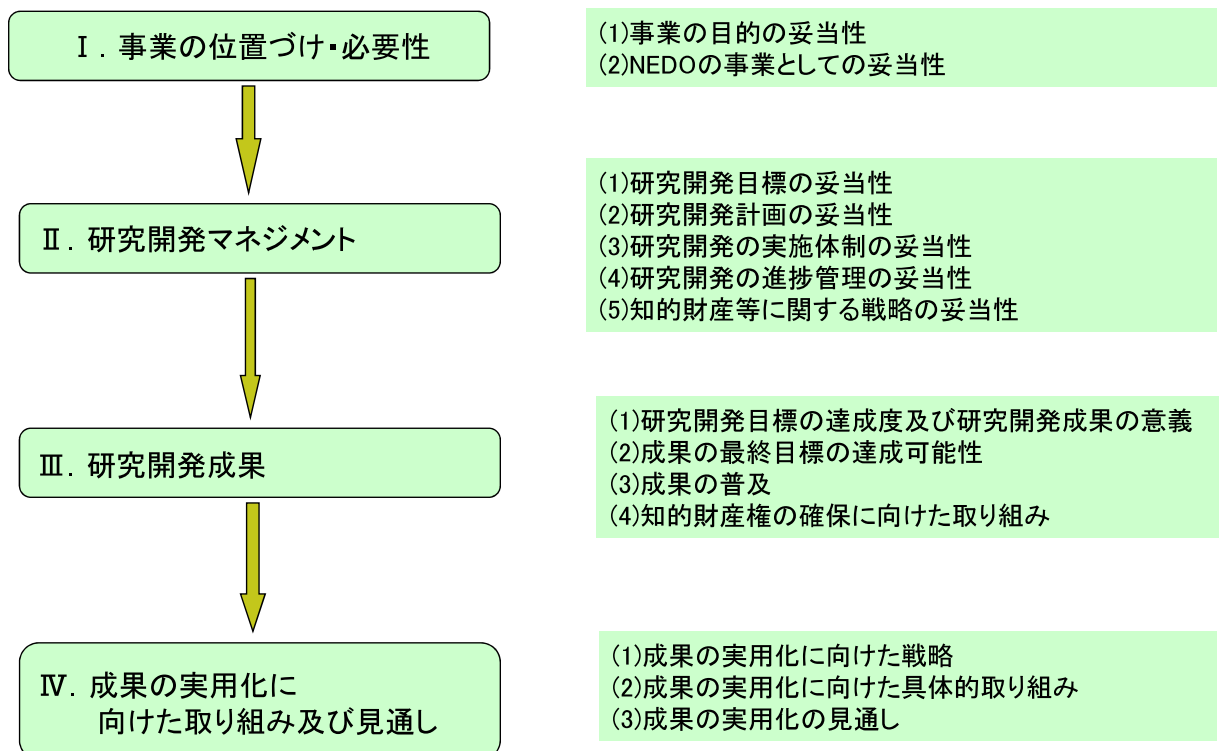
プロジェクトの概要説明資料 (公開)

NEDO 新エネルギー部

2015年 11月 6日

0 / 42

発表内容



1 / 42

◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景

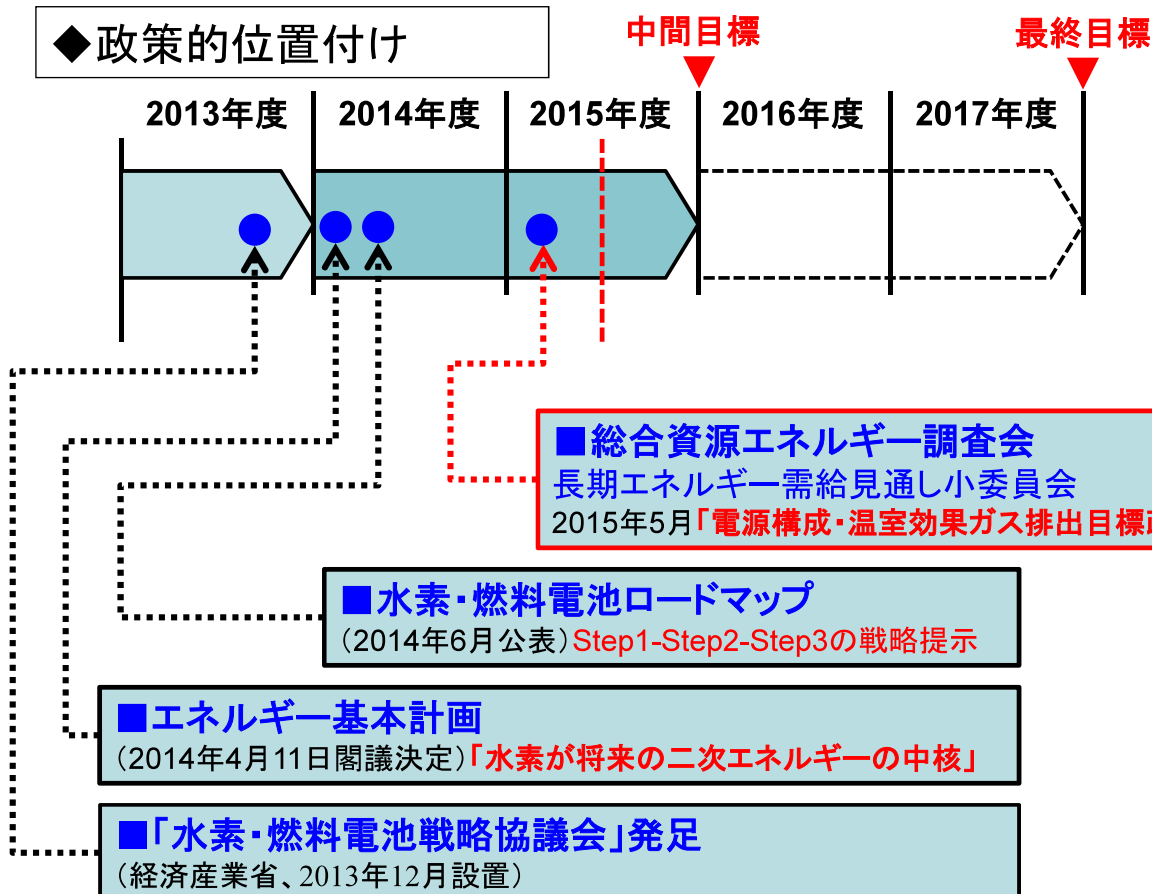
我が国におけるエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題、交通量の多い都市部等における地域環境問題(NO_x、PM等)の解決のためには、省エネルギーを推進、新エネルギー技術の開発・コスト削減及び利便性や性能の向上に積極的に取り組むことが極めて重要である。固体酸化物形燃料電池(以下、SOFC)は発電効率が高く、多様な燃料に対応可能で、その実用化、本格普及が望まれている。

事業の目的

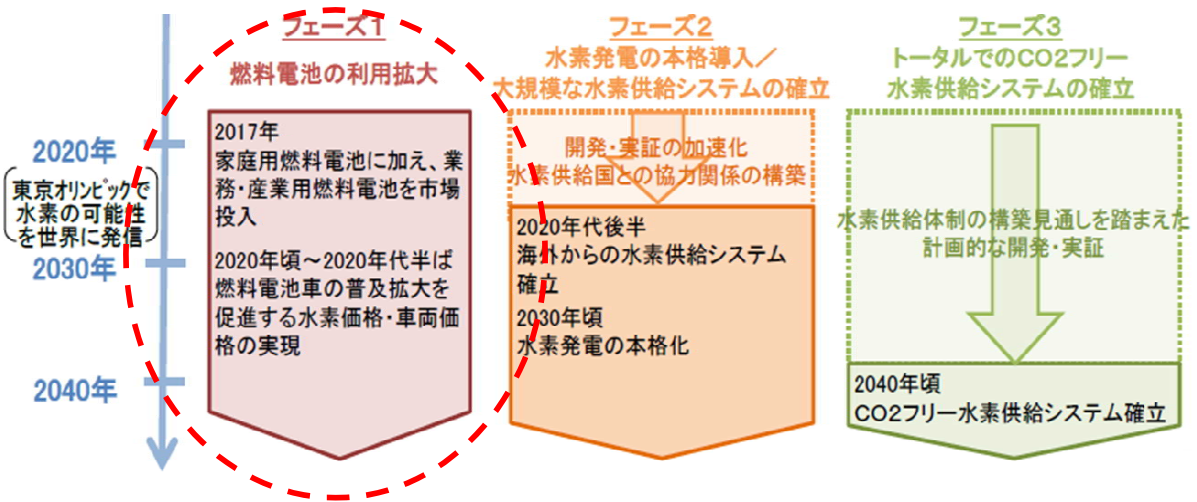
SOFCの実用化、本格普及のためには低コスト化と高耐久化の両立が課題となっている。数～数100kWの中容量システム、大容量システムは、未だに技術開発の途上にある。本事業では、SOFCシステムの実用化に必要な耐久性・信頼性に関する基盤研究、システム技術開発を実施し普及に向けた課題解決を目的とする。

公開

◆政策的位置付け

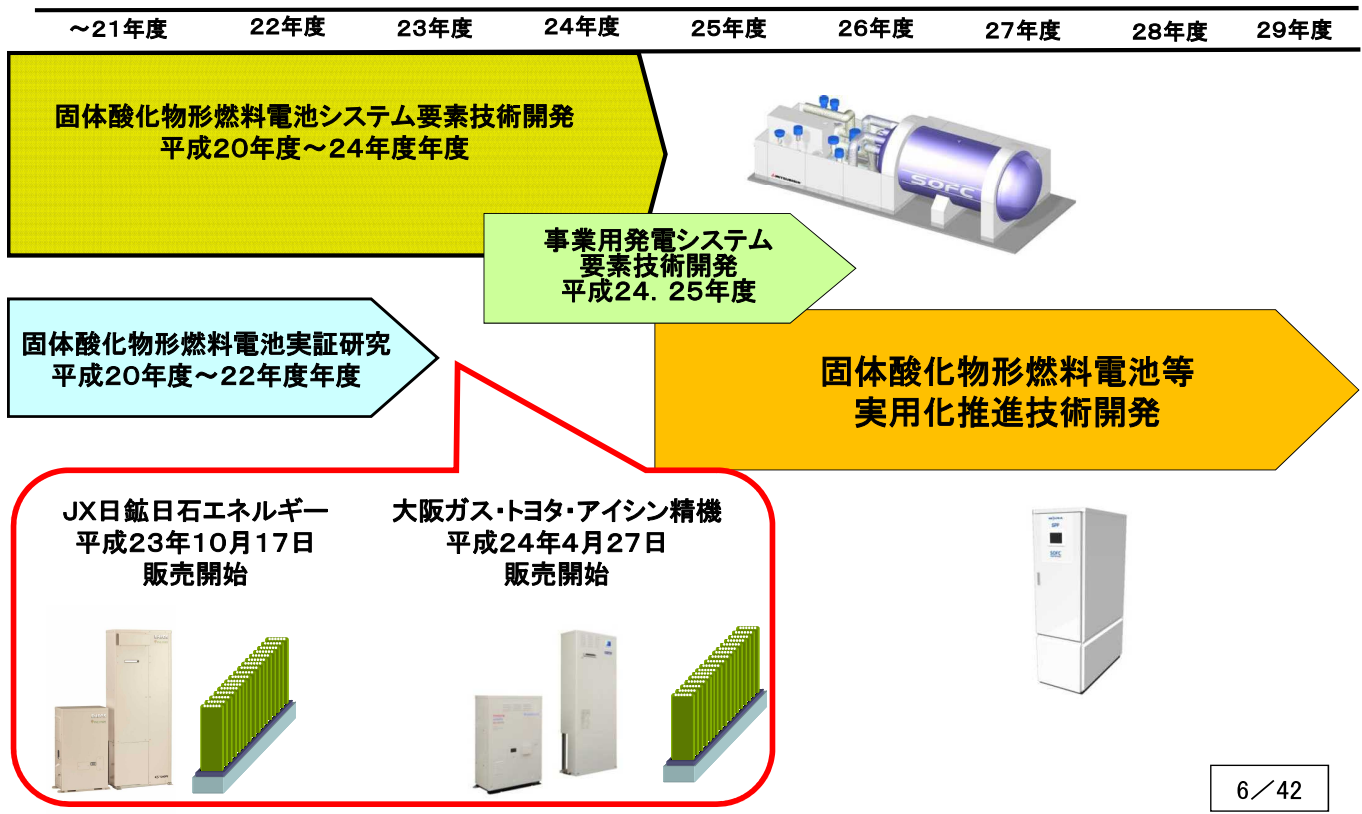


◆水素・燃料電池戦略ロードマップ上の位置付け



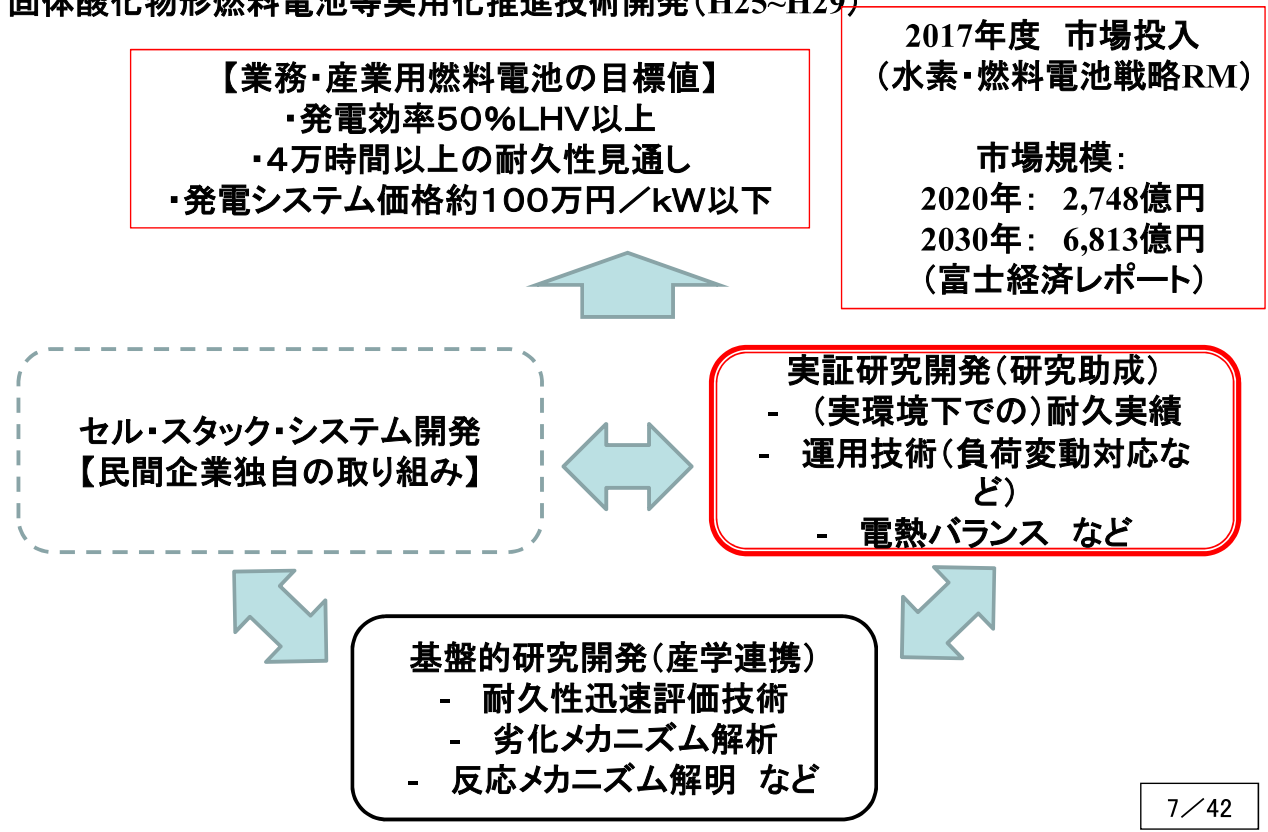
フェーズ1(水素利用の飛躍的拡大):
 ➤ 定置用燃料電池: 経済性向上、ユーザー拡大、国際展開など

◆事業立ち上げの経緯



SOFC研究開発の取り組み

固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発 (H25~H29)



◆NEDOが関与する意義

- 数～数100kWの中容量システム、大容量システムは、技術開発の途上
- 高効率発電システムとして期待の高いSOFCは、世界中で精力的な研究開発が行われている。
- 米国・欧州において、家庭用から発電事業用まで様々な用途・規模の燃料電池について技術開発及び実証研究が進められている。
- 我が国の国際競争力強化等の観点から、引き続き戦略的・重点的な取り組みが不可欠である。
- 基礎研究・実証研究を一体化して推進することが必要で、総合的な取組は企業単独では実施困難なため、NEDOの関与が必要不可欠である。
- 研究開発の難易度：高

NEDOがもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

◆実施の効果 (費用対効果)

SOFCシステムの普及が進めば、市場創出効果と温室効果ガス排出削減効果は大きい。セラミクス、金属、電子、発電等と当該分野に関連する業種は多岐にわたり、新たな産業・雇用を創出できる。世界に先駆けて実用化を進めることで、当該分野の国際競争力を強化できる。

プロジェクト費用の総額 約 44億円(H25～H27)
(NEDO負担分 30 億円)

◆ 事業の目標(アウトカム)

(研究開発項目(a))

「発電効率55%LHV以上、9万時間以上の耐久性見通し、システム価格40万円/kW以下」の達成により、2020年以降家庭用システムの本格普及を実現する。

(研究開発項目(b))

「発電効率45%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格約100万円/kW」の達成により、2020年頃までに業務用SOFCシステムの初期導入を実現する。

(研究開発項目(c))

「発電効率65%LHV以上、4万時間以上の耐久性見通し、発電システム価格数10万～約100万円/kW以下」の達成により、2020年頃までに発電事業用SOFCシステムの実用化を実現する。

(研究開発項目(d))

燃料電池技術の用途拡大を実現する。

◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標(中間)	研究開発目標(最終)	根拠
固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究(研究開発項目(a))	9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を開発する。また、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。	9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する。	ヒアリング、意見交換会などを通じ、家庭用エネファーム(SOFCタイプ)等が商品として10年以上の耐久性を実現させるために必要な手法。「NEDO燃料電池技術開発ロードマップ2010」における2020年度以降(普及～本格普及段階)の目標値と合致しており、戦略的な目標設定。
固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証(研究開発項目(b))		中容量(数～数100kW)SOFCシステムの導入効果検証及び課題抽出を行う。	戦略的な目標「発電効率50%LHV以上、4万時間の耐久性見通し、発電システム価格100万円/kW」の実現に資するべく、「中容量(数～数100kW)SOFCシステムの導入効果検証及び課題抽出を行う」ことを最終目標(2017年度)としている。

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標(中間)	研究開発目標(最終)	根拠
固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発(研究開発項目(c))	平成24年、25年度実施 26年は追加研究実施	トリプルコンバインドサイクル発電システムのSOFCセルスタック及びSOFCとガスタービン連携技術を開発する。 <トリプルコンバインドサイクル発電システム> 発電規模(送電端): 数10MW以上(100MW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システム> 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%/1000時間以下) 製造コスト: 30万円/kW以下	複合発電システムで得られている効率(58%LHV)を超えることを目標としている。SOFC単体の性能も耐久性(9万時間)及び製造コスト(30万円/kW以下)の開発目標は「耐久性で4万時間見通し、コストで数10万~約100万円/kW」と比較して、戦略的な設定。
次世代技術開発(研究開発項目(d))	個別にて設定		

12/42

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

	H25 2013	H26 2014	H27 2015	H28 2016	H29 2017
(a) 耐久性迅速性評価に関する基礎研究	中間評価 ▲ 耐久性迅速評価方法及び課題抽出			事後評価 ▲ 耐久性迅速評価方法確立	
(b) 業務用システム	実証試験・課題抽出			有望テーマ継続	
(c) 事業用発電システム	要素技術確立	要素技術確立			
(d) 次世代技術開発	SORC・ポータブル・中低温動作			有望テーマ継続	

13/42

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆プロジェクト費用

事業費(NEDO負担分)

(単位:百万円)

研究開発項目	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	合計
(a) 耐久性迅速性評価に関する基礎研究(委託1/1)	208 (208)	600 (600)	761 (761)			1,569 (1,569)
(b) 業務用システム(助成1/2)	108 (54)	338 (169)	520 (260)			966 (483)
(c) 事業用発電システム(P12002)(共同研究1/2)	1,330 (665)	366 (183)	-			848
(d) 次世代技術開発(委託1/1・共同研究1/2)	73 (67)	75 (66)	45 (38)			193 (171)
合計	1,719 (994)	1,379 (1,018)	1,326 (1,059)			4,424 (3,071)

14/42

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆研究開発の実施体制(全体)

NEDO

(a) 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究(委託)(H25-27)
(独)産業技術総合研究所、(一財)電力中央研究所、TOTO(株)、日本特殊陶業(株)、日本ガイシ(株)、(株)村田製作所、九州大学、京都大学、東京大学、東北大学
(共同実施:京セラ(株)、三菱日立パワーシステムズ(株)、東京ガス(株)、大阪ガス(株)、JX日鉱日石エネルギー(株))

(b) 固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証(1/2助成)

○固体酸化物形燃料電池を用いた5kW級業務用システムの実証評価(H25-27)

三浦工業(株)

○円筒形SOFC-ガスタービンハイブリッドシステムの実用化に向けた運転技術実証(H24-25)

三菱重工業(株)(現:三菱日立パワーシステムズ)

○中容量常圧型円筒形SOFCシステムの実用化技術実証(H26-27)

富士電機(株)

○固体酸化物型燃料電池(SOFC)による業務用・産業用システム実証および事業化検討(H26-27)

日立造船(株)

(c) 事業用発電システム(1/2共同研究)

○固体酸化物型燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発(H24-25)26年度追加研究

三菱重工業(株)、(株)日立製作所、(再委託:九州大学、東北電力(株))(現:三菱日立パワーシステムズ)

(d) 次世代技術開発

○可逆動作可能な固体酸化物型燃料電池による低コスト水素製造および高効率発電を利用した電力貯蔵(委託)(H25-27)九州大学

○マイクロSOFC形小型発電機(委託)(H25-26)

岩谷産業(株)、産業技術総合研究所、(株)岩尾磁器工業


○中温作動型酸化プロトンSOFCの開発(1/2共同研究)(H25-27)

パナソニック(株)

15/42

基礎研究 (a) 実施体制

プロジェクトリーダー：横川晴美 (東大)

セルスタックメーカ (1) 産総研 - 京セラ - J X 日鉱日石、大阪ガス：筒状平板形  (2) 電中研 - MHP S：円筒横縞形  (3) TOTO：小型円筒形  (4) 日本特殊陶業 平板形  (5) 日本ガイシ 筒状横縞形  (6) 村田製作所 一体焼結形 		基盤コンソーシアム (1) 産総研 熱力学的解析 (2) 九州大学 化学的解析 (3) 京都大学 東京大学 三相界面微構造解析 (4) 東北大学 機械的解析
シミュレーション技術の開発 (1) 電中研 - 東京ガス 劣化要因分析 (2) 東京大学 京都大学 東北大学 産総研 耐久性迅速評価方法の開発		

◆ 研究開発の進捗管理

・基礎研究(a)
 NEDO内に技術委員会を設置、進捗確認
 平成26年1月、8月、平成27年3月 実施

- 基礎研究参画機関により以下WGを設置
 (幹事：産総研、東北大学、東北大学)
- 耐久性技術ワーキング
 - 基盤技術コンソーシアム
 - シミュレーション技術適用検討ワーキング

各項目の進捗状況把握、他の研究項目との適切な連携を実施。

・次世代技術(d)
 NEDO内に技術委員会を設置、進捗確認
 平成27年3月 実施

◆ 動向・情勢の把握と対応

実証事業を開始(平成26年5月追加公募、平成27年8月追加公募)

情勢	対応
業務用SOFC燃料電池システムの裾野を広げるため広く参画者を公募。 実証試験を実施、その導入効果の検証及び実用化へ向けた課題抽出を行う	平成26年 実証事業の公募を行い、日立造船(株)、富士電機(株)を採択し、実証研究を開始。 平成27年 採択審査委員会(10月21日実施)にて採択候補を選定

基礎研究と実証事業の連携強化(平成27年10月)

情勢	対応
新規参画機関の開発加速への対応	基礎技術、実証事業を加速開発するため、新たに株式会社デンソーを基礎研究(a)への共同実施先参画を認めた。

18/42

◆ 開発促進財源投入実績

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
透過型電子顕微鏡(TEM)の購入	平成26年度	142	劣化機構解明と劣化加速要因の分析を高精度、迅速に実施するため	劣化機構解明のためのデータ取得ができ、要因分析の精度が向上、新たな知見が見えつつある。
収束イオンビーム一走査型電子顕微鏡の購入	平成26年度	98	各社セルスタックの電極微構造をより高精度かつ高効率に取得するため	平成27年11月導入予定(シミュレーションによる解析精度が向上し迅速性評価に関する取得が期待できる)
実証装置台数増加	平成27年度	35	実証装置の容量変更と台数増加 ※50kW→20kW ※1台 →3台	顧客のニーズの合わせた容量へ変更し、実証サイトを増やすことで、早期の実用化を目指す

19/42

◆ 知的財産権等に関する戦略

- 基礎研究事業内で得られた成果の実用化・事業化につながる共通的部分については事業内で共有できる体制をした。
- 基本特許は参加企業が取得しているが、その内容により戦略的に特許を出さないケースもある。

▶ オープンクローズ戦略の考え方

	非競争域	競争域
公開	耐久性迅速評価方法 共通的基础基盤技術 など	—
非公開	—	セル製造技術 装置実証運転技術 など

◆ 知的財産管理

- 基礎研究(a)については、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に基づき参画機関にて「知財の取扱いに関する合意書」を策定。
- 合意書では、知財運営委員会や知財の帰属、秘密の保持等、プロジェクトの出口戦略において重要となる知財ルールを整備。
- 助成事業、委託事業については、個々の事業者の知財戦略を尊重し、アウトカムの最大化を図る。

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
① 基盤技術開発				
固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究	9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を開発する。また、この評価方法を耐久試験後の実セルスタックに適用し、その妥当性の検証及び課題抽出を行う。	1) 電中研方式の性能解析を全スタックに適用し、各寄与毎の劣化率を算出した。特に、電極劣化とオーム損増加との相関を見だし劣化解析に有効であるとの認識を得た。 2) 長期試験後の試料の集学的分析により、不純物レベル、微構造、化学変化などと性能劣化との相関を調べ、硫黄被毒において複雑な様相を示すことが明らかになった。 3) 従来より抽出されている課題については、劣化機構解明とその付随するデータの取得により、スタック性能変化を予測するシミュレーション技術の開発に着手し、幾つかの課題については、大きな進展をみた。	△	1)スタック耐久性では、第1グループスタックは寿命予測と検証に入る。第2グループは空気極劣化挙動についての解析を深化させる。第3グループについてはそれぞれの初期劣化・長期劣化についての考察・改良を進める。 2) 劣化機構解明では、硫黄に焦点を当てより深く理解する必要が認められた。更に電解質内現象と空気極特性についての理解を進める必要がある。 3)シミュレーション技術では、ボタンセルレベルの現象と実機レベルでの挙動の違いを克服する必要がある。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

22/42

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
5kW級業務用システム(三浦工業)				
発電効率	48%(H26)	44.6%(H26)	○ △(H27)	スタック効率改善検討 補機損失低減検討
システム機での劣化率	0.25%/kh	0.24~2.2%/kh(H26)	○	現状分析とセルスタックの改良
中容量常圧型円筒形SOFCシステムの実用化技術実証(富士電機)				
常圧型モジュールの開発 常圧型モジュールの設計/製作	常圧特性の評価 DC発電効率(定格): 55% * AC発電効率: 50%相当	モジュールの設計/製作/評価を実施し、DC発電効率55%以上を確認した。	○	
常圧高効率システムの開発 モジュール評価装置の設計/製作	常圧システムの運転技術の確立	常圧高効率システムの設計/製作/評価により、安定運転方法を確立した。	○	実証機に向けた常圧システムの設計技術を習得。 発電実験を通して、安定運転方法を確立。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

23/42

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
SOFCによる業務用・産業用システム実証および事業化検討(日立造船)				
①10kW級ベンチ試験による性能確認、課題抽出	i)安定運転 ii)発電端50%達成 iii)送電端50%見通し	i)安定した起動昇温~発電運転確認 ii)スタック端55%達成 iii)課題抽出し、送電端55%への対策を立案した	◎	・起動昇温効率化 ・送電端55%達成(温度管理、流量分配の高精度化) ・ヒートサイクルの耐久性への影響
②20kW級実証機の設計・製作	i)製作完了	i)製作完了 ⇒年度内に試運転予定	△(H28年3月達成予定)	・性能確認 ・社内実証において、実負荷環境下での課題抽出
③コンパクト化のための熱解析	i)モデル作成 ii)0.3m ² /kW達成 iii)プロセス最適化	i)10kW級モデル作成 ii)実証機:0.35m ² /kW iii)熱、プロセスシミュレーターで最適プロセス決定	△(商品機試設計ベースでは達成)	・低熱伝導率の断熱材採用 ・スタック取合いマニホール化 ・熱解析継続(温度管理状況の予測)

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

24/42

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
可逆動作可能な固体酸化物型燃料電池による低コスト水素製造および高効率発電を利用した電力貯蔵(九州大学)				
①セルの基本性能	・SORC単セル水蒸気電解性能:1.3V、0.2A/cm ² ・SORC単セル水蒸気電解耐久性0.2A/cm ² で3%劣化/1000h	SOFCモードでは0.5V、250mA/cm ² 、SOECモードで1.3V、175mA/cm ² を達成	○ (平成28年3月達成見込み)	長期安定性の評価と燃料極、空気極の作成条件の最適化による安定性の向上
②円筒セル	・理論起電力を示すLSGM薄膜からなるセルの作成法、拡散抑制層の作成法の開発	500°Cで125mW/cm ² を示す小型円筒型セル(f10xL30mm)セルの作成に成功	× (平成29年3月ころ達成見込み)	成膜条件と干渉層の最適化による単セルの性能の向上 組セルの試作と評価
③鉄粉体	初期の水素供給・吸蔵速度 113.7 mmol H ₂ /kg Fe/min	PrBaMn ₂ O ₅ で修飾したFe粉体で350°Cで765mmol/kg-Fe/minの達成	○ (平成28年3月達成見込み)	さらにサイクル数の多い、繰り返し酸化還元特性を評価する。現状で、課題が見いだされないの、達成見込み

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

25/42

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
マイクロSOFC型小型発電機(岩谷産業、産業技術総合研究所、岩尾磁器工業)				
量産性に優れたマイクロSOFC作成条件の検討と検査技術の開発	不良率を10%以内に抑える量産製法を構築	成形条件、各種スラリーの塗布条件の最適化を行い、不良率10%以下確認	○	
性能低下が少ない材料構造、集電・結線方法の開発	200Wを見通すデータ取得	マイクロSOFC1本あたりから0.59Wの電力を取り出せることを確認した。	○	
セルスタック、発電ユニット設計・製作および最適化検討、燃料ガスの影響調査	100時間の発電でも燃料極表面に炭素が析出しない燃料ガス条件を確立	(成果)カートリッジガスから200W以上の出力が得られるセルスタック(発電ユニット)を構築した。	○	高温に耐え得るセルスタック構成部材の再検討
ポータブル電源システム要素技術の開発および検証機の製作	商品化に対する課題抽出のための発電試験、検証機の製作	脱硫、CO除去で100時間の耐久性を確保した。また、カートリッジガスからACインバーターまで全てを内蔵した検証機を製作	○	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

26/42

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
中温作動型酸化物プロトンSOFCの開発(パナソニック)				
A 混合イオン伝導体(電解質)の材料開発	600°Cで 1×10^{-2} S/cm程度の混合イオン伝導体(電解質)の開発	CO ₂ 耐久性を有する混合イオン伝導体として、BaZr _{0.8} In _{0.2} O ₃ を開発	○	
B 電極材料開発	開発した混合イオン伝導体電解質材料に適したアノード、カソード材料の選定・開発	実使用環境下での1000h耐久を確認。電極材料候補の提示	○	
C 混合イオン伝導体の薄膜化、基板材への接合	ガスリーク、電子的リークのない、電解質薄膜の合成プロセスを確立し、革新的低コストが可能な平板型薄膜単セルを試作	薄膜セルを作製	○	
D 薄膜セル評価	出力0.7 W/cm ² を見通すための対策の提示	電解質抵抗の低減と電極抵抗の低減が必要であることを提示	○	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

27/42

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

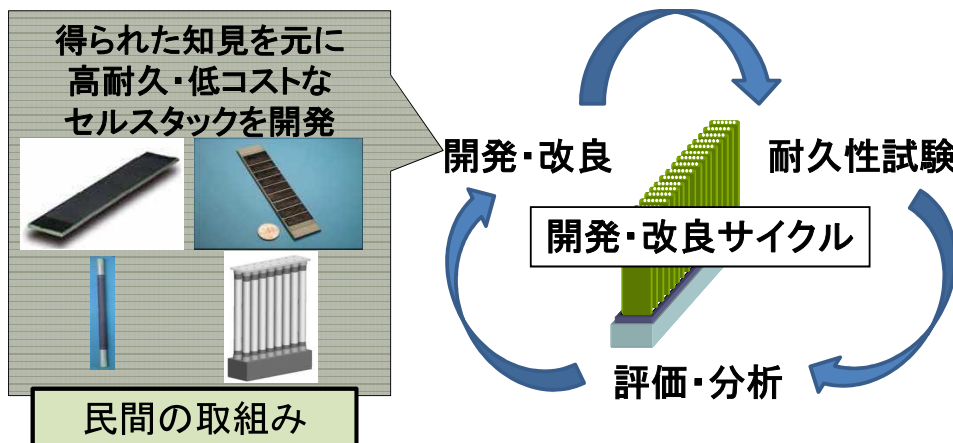
基礎研究と実証研究の連携が進み、中間目標は概ね達成できている。

実証研究におけるSOFCシステムの実用化への課題も明確になった。

◆各個別テーマの成果と意義

●固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

企業で開発したセルスタックを分析・解析し、劣化機構などをフィードバックし、企業の開発の支援を行っている。



◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (平成29年度末)	達成見通し
固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究 (研究開発項目(a))	スタック劣化挙動の解析が進展し、僅かな変化から劣化の様相を読み取れる可能性が示唆された。シミュレーション技術確立のための要素技術の進展がなされ、実機との比較検討に入った項目もでてきた。	9万時間以上の耐久性を見通すことができる固体酸化物形セルスタックの耐久性迅速評価方法を確立する。	基礎研究成果を広く取り入れることで、劣化要因の分析・解析が成功すれば9万時間耐久性への見通しが得られるスタックが多い。

◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (平成29年度末)	達成見通し
固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証(研究開発項目(b))	システム設計、試作機による、各種要素試験を実施中。 (発電効率、耐久性など)	中容量(数～数100kW) SOFCシステムの導入効果検証及び課題抽出を行う。	各企業での進捗の差はあるが、個別要素の課題抽出は見通せている。今後実証システム機を製作し、システムとしての課題抽出を行う計画であり、最終目標は達成できる見込み

◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (平成26年度末)	達成見通し
固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システムの要素技術開発(研究開発項目(c))		トリプルコンバインドサイクル発電システムのSOFCセルスタック及びSOFCとガスタービン連携技術を開発する。 <トリプルコンバインドサイクル発電システム> 発電規模(送電端):数10MW以上(100MW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システム> 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%/1000時間以下) 製造コスト:30万円/kW以下	高効率化に必要なSOFC高圧運転に関する要素試験を行い、電圧の向上及び数千時間の耐久性を確認した。また、低カロリーなSOFC排燃料の燃焼性の確認、SOFC-GTの連携模擬試験を行い、制御等問題ない事を確認した

◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (平成27年度末)	達成見通し
次世代技術開発(研究開発項目(d))			
可逆動作可能な固体酸化物型燃料電池による低コスト水素製造および高効率発電を利用した電力貯蔵(九州大学)	材料開発、セル試作を行い、500℃で125mW/cm ² を示す小型円筒型セル(f10xL30mm)セルの作成に成功	発電、蓄電が可能な電極触媒の開発、繰り返し安定性の評価および劣化機構の解明	さらにサイクル数の多い、繰り返し酸化還元特性を評価する。現状で、課題が見いだされないの、達成見込み
マイクロSOFC形小型発電機の開発(産業技術総合研究所・岩谷産業・岩尾磁器工業)	ポータブル発電システムを試作し、発電試験実施	SOFC式発電機とするための、要素技術開発、実用化に向けた課題抽出	個別要素の課題抽出ができ、達成見込み。今後は商品化への課題解決。
中温作動型酸化物プロトンSOFCに開発(パナソニック)	混合イオン伝導体の開発、実使用環境下での1000時間耐久確認	イオン導電体の開発材料の開発選定・開発など	目標達成見込み

◆ 成果の普及

	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	計
論文	36	19	29	-	-	84
研究発表・講演	122	118	56	-	-	296
受賞実績	1	1	0	-	-	2
新聞・雑誌等への掲載	4	6	0	-	-	10
展示会への出展	2	1	6	-	-	9

※平成27年度9月15日現在

◆ 成果の普及

学協会での発信

- SOFC シンポジウム (SOFC研究会・ECS高温材料部会共催)
- 燃料電池シンポジウム (FDIC主催)
- SOFC研究発表会 (SOFC研究会主催)

受賞

- 1) 江口浩一 「固体酸化物形燃料電池および燃焼・改質のための複合金属酸化物触媒材料の開発」、石油学会 学会賞 (学術部門)、平成26年5月27日
- 2) 佐藤一永 「固体型電池の信頼性向上のための情報処理技術の活用」、日本機械学会動力エネルギーシステム部門優秀講演表彰、平成25年11月1日

◆ 知的財産権の確保に向けた取り組み

	平成25 年度	平成26 年度	平成27 年度	平成28 年度	平成29 年度	計
特許出願(うち外国出願)	0	2	6	-	-	8 件
24年度事業でのMHPS	-	-	-	-	-	9 件

※平成27年度9月15日現在

36/42

4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通し

◆ 本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

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

基礎基盤技術に関しては、得られた成果が実用化への支援となること、実証事業との連携が主な役割と考える。

37/42

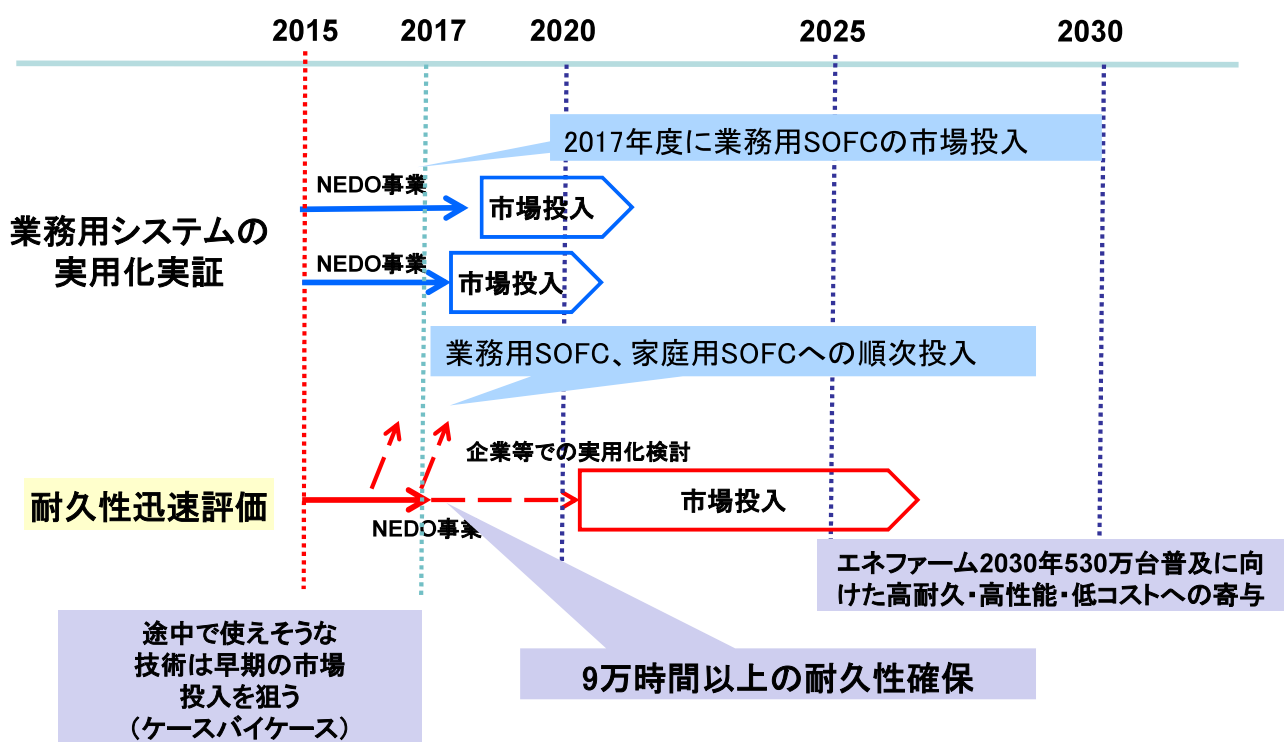
◆ 実用化に向けた戦略

※ 耐久性迅速評価法本評価手法を有効活用し、SOFCシステムでの耐久性評価に利用されることで、企業のシステム開発の加速となることが期待される。

※ 本格普及の段階ではコストも重要な要素となり、現状100万円/kWから更なるコストダウンが必要。

※ 材料開発、システム開発の循環を進めることで商品機としての価値を上げていくことで実用化に資する

◆ 実用化に向けた具体的取り組み



◆ 成果の実用化の見通し

SOFCシステムの実用化を実現するために基礎研究における耐久性評価と実証研究が連携し検証中である。
(企業でのセルスタック開発→研究機関での評価・解析が連携)

初期導入時には4万時間耐久の装置としての完成を目指している。さらに本格普及には量産化技術の構築、セルスタックの耐久性、出力向上などが必要である。

SOFCシステムの実用化にはいくつかの課題が残されているが、残り2年での最終目標が達成されることで、実用化・普及に向け大きく前進するものと考ええる。

40/42

◆ 波及効果

- * 研究者(企業、大学、研究機関)の技術スキルアップ
- * 産学連携の強化推進
- * 得られた基礎基盤技術の共有化により国内の技術力アップ

41/42

その他注意事項:

引用、転載等がある場合には、著作権について十分にご留意願います。

- ・インターネット等に掲載されている図表、写真等においても、転載する場合には著作権者の承諾が必要です。
- ・新聞、技術誌の切り抜きは、発表のスライド映写のみ(紙資料にしない)とし、出典の記載をお願いいたします。

(例: ○○新聞 平成○○年○月○日 朝刊3面)

- ・著作権、引用ルールに関しては、「成果報告書・中間年報電子ファイル提出の手引き: 添付資料B.著作権に関するQ&A」を参照して下さい。ご一読ください。

<http://www.nedo.go.jp/content/100103882.pdf>

参考資料 1 分科会議事録

研究評価委員会
「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発」(中間評価)分科会
議事録

日 時：平成27年11月6日(火) 9:30~18:20
場 所：AP 浜松町 B/C 室
〒105-0011 東京都港区芝公園2-4-1 芝パークビル 地下1階

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長	山口 周	東京大学 大学院工学系研究科マテリアル工学専攻 教授
分科会長代理	安田 和明	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 電池技術研究部門 副研究部門長
委員	伊藤 響	中部大学 工学部 創造理工学実験教育科 応用化学科 教授
委員	稲垣 亨	関西電力株式会社 研究開発室 技術研究所基盤技術研究室 チーフリサーチャー
委員	里見 知英	燃料電池実用化推進協議会 企画部 部長
委員	須田 聖一	静岡大学 学術院工学領域 教授
委員	水谷 安伸	東邦ガス株式会社 技術研究所 主席

<推進部署>

渡邊 重信	NEDO 新エネルギー部 統括主幹
大平 英二	NEDO 新エネルギー部 主任研究員
横本 克己	NEDO 新エネルギー部 主査

<実施者※メインテーブル着席者のみ>

横川 晴美 東京大学 【PL】

<評価事務局等>

増田 美幸	NEDO 技術戦略研究センター 職員
徳岡 麻比古	NEDO 評価部 部長
保坂 尚子	NEDO 評価部 統括主幹
内田 裕	NEDO 評価部 主査

議事次第

(公開セッション)

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

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 固体酸化物形燃料電池実用化推進技術開発 — 基盤技術開発
固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究
 - 6.2 固体酸化物形燃料電池実用化推進技術開発 — 実用化技術開発
 - (a) 固体酸化物形燃料電池を用いた 5kW 級業務用システムの実証評価
 - (b) 中容量常圧型円筒形 SOFC システムの実用化技術実証
 - (c) 固体酸化物型燃料電池 (SOFC) による業務用・産業用システム実証および事業化検討
 - (d) 円筒形 SOFC-ガスタービンハイブリッドシステムの実用化に向けた運転技術実証
 - 6.3 固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システム要素技術開発
固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システム要素技術開発
 - 6.4 固体酸化物形燃料電池実用化推進技術開発 — 次世代技術開発
 - (a) 可逆動作可能な固体酸化物型燃料電池による低コスト水素製造および高効率発電を利用した電力貯蔵
 - (b) マイクロ SOFC 型小型発電機
 - (c) 中温作動型酸化物プロトン SOFC の開発
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
 - ・出席者の紹介 (評価事務局、推進部署)

・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に基づき評価事務局より説明。

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」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4-1～4-5に基づき説明した。

5. プロジェクトの概要説明

5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメントについて

推進部署より資料6に基づき説明が行われた。

5.2 研究開発成果、実用化に向けての見通し及び取り組み

推進部署より資料6に基づき説明が行われた。

5.3 質疑応答

推進部署より資料6に基づき行われた説明に対して、以下の質疑応答が行われた。

【山口分科会長】 どうもありがとうございました。ただいまのご説明につきまして、ご意見、ご質問等をお受けしたいと思いますけれども、技術の詳細については、後ほど議題6で議論いたしますので、ここでは主に事業の位置付け・必要性、それから、マネジメントに関する質問を中心にお受けしたいと思います。活発なご質問をお願いいたします。

幾つか私のほうからお伺いしたいことがあるのですが、よろしいでしょうか。

1つは、知財の取り扱いの部分についてご説明があったと思いますけれども、この事業内での公開・非公開と、それから、事業外の人たちに対する公開・非公開、この辺に関するポリシー、もう少し具体的にどううか、詳細についてご説明いただけるとありがたいと思います。

それから、これに関してですけれども、特に後半のほうでお話がありましたように、様々な技術とか概念というのは、新しくこういうプロジェクトで出てくると思うのですが、これをこの事業者の中で共有する。それから、これがさらには、様々な技術と一緒に世の中に広く広がっていくという、2つのモードがあると思いますけれども、この辺に関する NEDO のお考えについても、ぜひ、もう少し詳しくご説明いただけると助かります。

【大平主研】 知財の件に関しましては、説明が不十分で申しわけございませんでした。ご質問に直接ミートしてなければ、また補足はさせていただきますけれども、基本的な考え方といたしまして、今、ご案内のとおり、様々な企業の中でつくられているセルの構造、もしくはセルの材料、組成については、様々あるわけがございます。私ども、そういったデータを基盤コンソーシアムチームのほうには、一度出していただく。ただ、その構造自体が、もしくは材料、組成等々が横に展開されるというのは、これは非常に好ましくないわけございまして、そこについてはクローズさせていただいています。

耐久性9万時間につなぐ評価というのは、そういった実際のセルの劣化に基づいて出ていくと、そこを共通化したものについては、共有化をしつつ、かつ、その内部の解析、個々のセルの内容に応じた個々のメカニズムですとか、そういった解析データにつきましては、それは個別の企業と共有させていただくということでございます。

【横本主査】 あと、実証を含めて、企業がされるところにつきましては、公開しない場面も多々ありますので、そこはもう企業にお任せしているということでございます。

基盤コンソーシアムにつきましては、今日、横川PLに来ていただいていますので、基盤コンソーシアムの中での考え方をちょっとご紹介させていただきたいと思っております。

【横川 PL】 この基盤コンソ、NEDO のプロジェクトの中で3 回目ですので、知財関係に対する考え方がだんだん整理されてきています。今のプロジェクトでは、基盤側との連携においては、セルの改良とか、スタックの改良のような知的な活動は、プロジェクトの外と見なしています。そういう意味では、一応知財関係の合意書を取り交わっていて、連携の中で知財が出てくることも想定はしていますけれども、大きな知財管理というのは、民間のほうに任せているということになります。

基盤側での共通的な手法が開発されたものが、ある知財あるいは著作権等に関与するものであれば、こんな可能性も結構あるのですけれども、これも別途、プロジェクトの中で吟味していこうと。逆に、かなり企業側の知財と連動しなければ解析できないようなこともありますので、そういう場合に備えて、基盤側でやるソフトウェアの開発というのをかなり限定的に汎用的につくって、それ自身をプロジェクトに関与している会社のほうが使ってもらうようにして、会社の中では知財関係の漏れがないような形で行う。ただし、基盤関係は、知財活動によって出てくる権利等はプロジェクトの中で管理できるようにするという、そういう幾つかの考え方の下でやっています。

【山口分科会長】 そうしますと、2 つ目の質問にありましたけれども、実際、それがプロジェクトが終わってというか、それが成熟して、技術として展開するときには、どういうふうになるのですか。

【横川 PL】 それらのような権利化されたものは、委託先等の機関に登録された著作を流通させるということでも可能かと思えますし。

【山口分科会長】 例えば、コンソーシアムの中で出ている基礎研究の論文発表等については、格別な制約というか、何かそこであるのでしょうか。

【横川 PL】 論文発表は合意の下で発表していますけれども、それ自身は、アウトプットとしてコントロール下には入っています。そういう意味では。

【山口分科会長】 要するに、論文発表するときも、新たにみんなの合意を得た上で。

【横川 PL】 はい。必ず関係者の合意を得なければ発表はできないということになっています。

【山口分科会長】 ほかに何かご質問等ございますでしょうか。どうぞ。

【里見委員】 マネジメントになるかもしれないのですけれども、目標の中に2020 年頃の市場導入を目指すというのが本事業のアウトカムとして掲げられていますけれども、先ほどのお話の中にありましたように、国のほうの戦略ロードマップは17 年導入というふうに掲げられていて、当初設定の目標とちょっとタイムラグが生じているのかなという中で、NEDO の研究開発のマネジメントというののほうのように対応されているのか、目標を変えられたのか、その辺の対応をどういうふうにされているかお伺いしたいのですが。

【大平主研】 基本計画自体の目標は変えてございません。2020 年という1 つのターゲットとは、いまだに認識してございます。ただ、国のほうで2017 年市場投入ということは、これは明確にうたわれたわけでございます。したがって、今、一昨年度、2013 年度に採択された案件につきましては、このテーマにつきましては2017 年度に商品化といいますか、市場投入をするということを目指して、最終的な追い込みをかけているところでございます。

ただ、全ての機器自体が必ずしも2017 年に入る必要があるのかというのものもあるわけでございます。それだけで無理をしても困るわけでございますので、2017 年市場投入された後に、さらに裾野を広げていく、2 年、3 年は打てるように、その他のものについてもやっていきたいと考えてございます。ご案内のとおり、エネファームのように、0.7kW で均一なものでございまして、様々な出力があつて、様々な市場が考えられてございます。まずは2017 年にしっかりものを出して、その市場の中で認知をしていただいて、その上で、次、ほかの出力のところにも、サイズのところにも、別な機器が後に入れるように、一過性のもので終わらないようにしていきたいと考えております。

【里見委員】 NEDO のこの事業の目的の中に、具体的には17 年というのはいれないということでもよろしいですか。実施者の個別の努力でそこを目指すという位置付けなのか、あるいは後から付加された国の目標を含め

てNEDO事業を進められているのかといった点をはっきりさせていただきたい。後の評価と関係してくると思いますので。

【大平主研】 プロジェクト全体として、もちろん、2017年というのは念頭には置きます。置きますが、申し上げたとおり、全ての製品、全てのものが2017年にできるかという、これは非常に難しいわけでございまして、そこはあえて全体の目標として変えないと思っております。

ただ、もちろん、繰り返しになりますけれども、一部の機器については、これは当初より2017年、もしくは、前倒しをして2017年にするという事は、個々のプロジェクトの目標の中で定められているわけでございますので、その中で私どもは狙っていきいたいと考えております。

【山口分科会長】 よろしいですか。ほかに、評価委員の先生方から、何かご質問等ございますでしょうか。どうぞ。

【伊藤委員】 資料の9/42あたりに、NEDOが持つこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業であると。実際、私、先ほどもご挨拶の中で、20数年、30年近くずっとSOFCを見てまいりましたけれども、SOFCのプロジェクト自体は、連綿として、かなり長い期間をされていらっしゃる。それはそれで、私はすばらしいことだ、いいことだとは思っているのですが、実際に過去のプロジェクトから今回のプロジェクトに移るに当たって、その過去の知見なり知識なりをこういうふうを活かしていますというような、そういう例をちょっと挙げていただけるとうれしいなと。

それから、これはプロジェクトの費用のお話で、まことに申しわけないのですが、NEDO自身はいろんなプロジェクトを走らせていらっしゃると思いますけれども、このSOFCのプロジェクトは、大体、ほかのものと比べると、どんなぐらいの感じなのか。お金の話で申しわけないのですが、そのあたり、ちょっとお伺いしたいなと思います。

【門脇主査】 まず、1つ目のご質問に対してお答えいたします。SOFCの事業と申しますのは、1989年からNEDOの要素技術開発を進めております。当初、1つありましたのが、平板形の自立膜形の燃料電池、金属セパレータを用いた燃料電池というのをやっております、それ自体は途中で一旦保留ということになっておりますが、そこで得られた知見というのが、金属セパレータからクロムの拡散によって下層がクロム被毒をするという知見、それは今の基盤コンソでも、耐久性迅速評価でも、そのクロムの影響というものは非常に知見として役立つおるといってございまして、これは、本当にNEDOが誇れるような知見と言えるのではないかなと思っております。

ですから、目標に対しての達成度合いというものと、そこから得られた、継続したことによって得られた知見というものがございまして。そういった知見というもので、一例に挙げましたけれども、現在にそのあたりが非常に有意義に使われているのではないかという認識でおります。

【横川PL】 補足させていただきます。長い期間の間で、前半のほうは、NEDOの事業と、それから、国研の開発が並行しておりました。そういう意味では、その間の連携というのはきちんとはなかったのですが、実際のNEDOプロジェクトの推進委員等には研究所側の者が入っていますし、実際、私自身も途中からは開発推進委員会の委員長等をやっておりますので、そういう意味では、国研、あるいは産総研になってから、そちらのほうに従来までやってきた技術検討の内容は蓄積され、継続されています。

最近、NEDO、あるいは産総研が法人になった後では、直接にそういう研究機関と企業との活動の連携を推進するようになってきていますので、NEDOのプロジェクトの中でSOFCが幾つか並行して、あるいは継続してやりなさいというときに、特に耐久性などは、プロジェクト間の連携も非常に強くやるように示唆されています。NEDOのほうからそういう指令は来ているので、終わったプロジェクトで運転をしていた試料が、その後、自社で継続して運転されたものの、そういう試料も現在のプロジェクトで分析対象にしています。そういう意味では、総合的に情報が蓄積されていると考えてもらってよろしいかと思っております。

【大平主研】 事業規模でございまして。ざっとでございましてけれども、今年度、私ども、燃料電池・水素に投じ

ている予算が、NEDOの予算ベースで120億でございます。大体3分の1が燃料電池、3分の1が水素ステーション、これは開発と規制の見直しもそうですけれども、3分の1がその他、これは水素発電ですとか、水素のサプライチェーン、Power to Gas等々入っているわけでございます。その4分の1の大体3対1ぐらいで、固体高分子形燃料電池と固体酸化物形燃料電池で分けてございまして、大体10%、NEDOの燃料電池・水素関係の予算の10%ぐらいを、年間、この固体酸化物形燃料電池のほうに投じさせていただいているというふうにご理解いただければと思います。

【山口分科会長】 どうぞ。

【水谷委員】 今のお話にも関連して、一部、海外の状況のご説明がありました。代表的なところだけのご紹介だったのですが、日本と同様に、アメリカやヨーロッパでも、盛んに燃料電池関係の国プロが取り組まれていて、アメリカのほうでは、最近SOFCの予算を増やしてきていると聞いています。というところで、それに合わせて日本のほうもどんどん加速的に、重点的にお金をつけてやっていこうというようなところがもしあるようでしたらと思うのですが。

【大平主研】 当初予算と、あと、どっちも増えましたけれども、加速をするかとか、そういったところはいろいろあるかと思いますが。特に、2017年、もしくは、そのちょっと先の市場投入を考えますと、そこら辺はもう少し加速をしなければならないのかなと。当初予算プラスアルファで、その分についてはやっていきたい。ある程度、やはり1台、2台で実証しても、採れるデータというのは限りがあるわけでございますので、それなりのデータというのを取って、やっていきたいと思っております。

確かに、アメリカも、最近また、燃料電池に限らず、水素関係の予算は増やしているようでございますけれども、大体DOEとうちの予算というのは、トータルでとんとんぐらいだというふうに理解はしております。よそに関しましては、ドイツですとか、もしくは、エネフィールドで入っていくのは多分SO系が多いのかななんて思ったりはしますけれども、そこら辺のところは今後一気に進んでくると、やはり脅威にはなるかも知れませんですね。

【水谷委員】 多分、中大型のほうの実証という、非常にお金はかかると思うので、しっかりとそのあたりもサポートしてあげるというふうには思っております。

【山口分科会長】 この件に関して、小型と中大容量用で大分アメリカと日本が戦略が違うように思うのですが、これに対するNEDOの解析の結果として、じゃ、このプロジェクトに対して、どういうふうにそれをフィードバックしているのかというのは、ちょっとお聞かせいただけたらありがたいのですが。

【大平主研】 必ずしも私の理解が正確かどうかというのは、まだあやふやではございますけれども、結構、カリフォルニアでBloomが入ったのは、政策的な支援が非常に大きいと。それは、単に設置の補助金だけではなくて、電力の買い取りに対する補助金的なものがありまして、加えて、Bloomがもの売りではなくて電気売りをしたというのが、大きなポイントかなと思っております。事業者ともたまに相談をさせていただきますけれども、日本でメーカーがエネルギー売りをしていくというのも、これはなかなか簡単ではなさそうなので、まずはガス事業者と組んでやっていくということかと思っております。

ただ、もちろん、Bloomが入ったということによって、商品化されたことによって、うちの開発を大きく見直すということではないのですが、ただ、実際問題としては、ものがもう既に出ているということに関しましては、我々、危機感を持って取り組んでいきたいと思っておりますし、そのためにも、やはりものとして早く市場で評価をされるような、その実証のところは加速していきたいと思っております。そのように考えております。

【山口分科会長】 これは後での議題なのかもしれませんが、技術的なレベルで比較した場合はどうなのですか。例えば、耐久性とか、そういう点も含めて、向こうのほうは何か技術的なアドバンテージを持っているのか、あるいは、日本のほうがやはり高い技術的なアドバンテージを中大容量でも維持できるのかというのは、これは結構重要な問題だと思うのですが。

【大平主研】 またもちろん補足はさせていただきますけれども、Bloom に関しまして、詳細な技術のデータについては、当然把握はしてございますけれども、それなりの耐久性はあると思います。ただ、冒頭で申し上げましたとおり、エネルギー売りでございますので、装置自体の保証というのは、彼らはする必要がないというのが1つあるのかなと思っております。

それと、今、私ども、基本的にはSOFCはコジェネで考えてございますけれども、Bloomの場合は電気だけのモノジェネでありますので、その点で、私どものほうが総合効率としては上げられるだろうなどは考えておりますけれども。ただ、いずれにしても、先に市場に出ているというのは、先にいろんな市場からのデータも得られるというのは、これまた間違いのない事実でございます、それがフィードバックをされるということは、向こうの技術もあまりとどまることはないと思いますので、そこは注視をしていきたいなど。決して現状で技術としては劣後しているとは思ってございませんけれども、じゃ、はるかに日本が凌駕しているかという、それもまた不安なところではあるかと思えます。

【横川PL】 補足させていただきます。技術レベルの比較ということで。燃料電池を基本的に評価する場合には、コストと耐久性、効率、この3つで評価されるので、Bloom Energyの初期導入の頃の評価は、耐久性が悪く、効率もあまり出ていないのに、なぜ実用化したかというのが、アメリカの、例えば、DOE、燃料電池を統括している局での感想です。片一方で研究開発をしているのに、片一方で実用化したと言われると非常に困るので、そういう意味では、Bloom Energyの戦略としては、とにかくシステムをつくって回すことを優先させたということになります。ですから、そういうシステムをつくって回す、例えば、再処理をして再利用するとか、そういう技術ははるかに進んでいるとは思いますが。ただし、コスト低減とか、そういうところの技術になると、やはりまだそれほど抜き出ているものではないと考えられます。

ですから、そういう意味では、日本の燃料電池の1つの方法としては、家庭用の1kW ぐらいの小さいサイズでまず市場普及をして、そこでコスト低減を目指して、それから横展開をするという1つの流れと、中容量・大容量の大きなものを、ハイブリッド機を目指すという2つの二本柱になっておりますけれども、それと2つ合わせて、Bloom Energyとの関係で言えば、それほど遅れているとは思わないですし、究極的に、どちらが本格的な導入ができるかどうかということにかかってくると思っております。

【山口分科会長】 ほかに、どうぞ。

【稲垣委員】 今、お話にも出ましたが、一般的な話で申しわけありませんけれども、実用化のためには、発電効率等の性能と、それとコストと耐久性が重要だと思います。今のこの体制の中では、先ほどからお話がありますビジネスモデルをどうするかという話もあると思うのですが、分担としては、実際にメーカー等が中心になって、コスト、性能、それから、ビジネスモデル、このあたりはもうメーカーが主にやる役割だと、そういう認識でよろしいでしょうか。

【大平主研】 技術的なところについては、当然、メーカーがやられているわけでございます。ビジネスモデルに関しましては、これはメーカー単独では当然できないわけでございますので、エネルギー事業者の知見も借りながら、もしくは、そういった販路も使いながら考えていくということも——もちろん、メーカー独自で持っているものもございますけれども、そういったところを考えてございます。

ただ、いかんせん、議論が産業になりますと、電気代が家庭に比べて安くなってきますので、この目標値だとなかなかまだまだ難しいという中で、あとは、できたところで、国のほうと、いろいろ財政的な支援というのはありやなしやというのは、今後また検討はさせていただければと思っております。

【山口分科会長】 よろしいですか。どうぞ。

【里見委員】 今のお話の中で、少し整理したほうが良いと思うのですが、技術の評価とビジネスモデルというのはちょっと違うのかなと。6 ページのところ概要を書いておりますが、これは事業評価なのか、技術評価なのかというところで、中大規模がランアフターと書いてありますが、これでは、今、横川先生のお話があったように、決して技術的にはランアフターではなくて、事業面で進んでいるかどうかというような評価

になっていると思います。こういうところはきめ細かくみていただいて、ビジネスモデルは、先ほどお話がありましたように、事業者とか実施者さんが持っていかなければいけないのですけれども、それにあわせて技術がどうできるかというところを、NEDO 事業の中ではしっかりやっていただくのかなど。もちろん、ビジネスモデルがなければ事業化できないというところはあるのですが、そこは事業者の責任で、こういうモデルでこういうふうに事業化しますというところがあり、それに対する技術はどう開発できたかというところで評価するのが望ましい。必ずしもこういう評価の仕方——一般の人にはこういう評価でいいかも知れませんが、これだと、技術を評価しているのか、事業を評価しているのかちょっとわかりにくいような表現で、もうちょっときめ細かい扱いをお願いしたほうがいいのかなとは思いました。

私も決して、今、日本の技術そのものは、この中大型の分についても遅れているとは認識していませんで、やはり事業環境とか事業としての進め方のパワーの違いによって、こういう差が今出てきているのかなと思っています。

【山口分科会長】 どうぞ。

【須田委員】 知的財産のことについてちょっとお伺いしたい。37 ページのところになります。このところで、外国出願ということがありますが、外国出願は、ある意味、日本の技術を確保するという意味ではすごく重要だと思うのですが、費用とか、そういう面も含めて、なかなか難しいということが。NEDO として、そういった国内の技術を守るというような、例えば、外国出願を手助けするとか、そういった仕組みというのは、何かそういった日本の国力の技術を守るという仕組みをつくられているかどうかということをお聞きしたいと思います。

【横本主査】 これは NEDO 全体の話になると思うのですが、大変申しわけありません、NEDO は、特許出願に関する費用をご負担しておりません。基本的に、NEDO 事業の中で、研究開発で得られた成果につきましてはバイ・ドールということで、メーカーが持ってくださいということになっていますので、積極的に出してくださいとも言えませんし、やめてくださいとも言えない状況でございます。これはもう素直なところでございます。

ただ、今回のプロジェクトは非常に少ないですけれども、過去 20 数年やってきたプロジェクトの中で、国内出願をされて、そのまま PDC、海外へという企業さんもこの中にもおられますので、そういう形では、企業戦略として、そこはもうお願いをしているという状況でございます。

【須田委員】 企業としては、有意義なものがあれば、そういうところになると思うのですが、それを、例えば、その技術を守るという、国内で、海外に技術が出ないというような、いわばそういった仕組みというか取り組みというのは、NEDO としてはいかがなのでしょう。

【横本主査】 いや、止めるということはやってはないということでございます。

【大平主研】 ご指摘のとおりでございます。明確なものが今この瞬間ではありませんが、単に知財だけではなくて、様々な形で出ていくということは、もちろん発表も含めて、あるわけでございます。したがって、かなり基盤的なものについては、対外発表については、十分確認をした上で出していくということになってございます。ただ、その中で、人がどうのとなってきましたと、なかなかそこまで我々もカバーできない部分はありますし、先ほど申し上げたとおり、特許につきましても、制度上、バイ・ドールが適用されている以上、なかなかそこに国費を提供して積極的に出していくということもやりづらい状況であるのは、これまた間違いないと。与えられた環境の中で、ご指摘のことについては、少し課題と認識をして、今後も取り組んでいきたいと考えます。

【山口分科会長】 私は 2 つお聞きしたいことがあります。コンソーシアムというのは、前回のプロジェクトから引き続いてやっているわけですが、これ、なかなか特徴的な組織マネジメントのやり方、運営の仕方だと思うのですが、これについて、特にこういう形態を選んだというか、その理由についてご説明いただけるとありがたいです。前回非常に成功したとか、あるいは、こういうふうな形で運営することによって、

単純なプロジェクトと比べて大きな効果が得られるという、そういうことかどうかということについて、簡単にご説明をまずしていただきたいと思います。

【横本主査】 このあたり、入口のところですけれども、私が前回ここにいたときに、企業の皆様とお話ししながら、何が足りないのか、何をしたらいいのかという話し合いを、産総研を含めてしていた中で、少しずつでもいいから、チラ見をしながら、みんなでやったほうが開発が早く進むだろうというのが、もともとのスタートでございます。

その中で、今いるメンバー、もとはいないメンバーもありましたけれども、少しずつ増やしていった、今、こういう形で、企業様も入っていただいた、新しい大学も入っていただいて、コンソーシアムとして進んできたというのが大きな成果だと思います。細かいところは、じゃ、横川先生のほうから。

【山口分科会長】 具体的に、このコンソーシアムの形式をとったために得られた成果というのはかなり大きいというふうに評価しておられる？

【横川PL】 はい。当事者としては、非常に大きいと思っています。もともと我々は国研とか産総研の人間ですので、その中で研究開発をやっていく上で、スタックの開発と連携しないと意味がないという。その意味では、産総研の持っている解析能力、例えば、SIMS を用いた解析等を発揮させるのが一番いいことであるというふうにして、それで、当時、10年ぐらい前にNEDOで委員会をつくって、SOFCの技術の現状を把握して、何が足りないか、何を優先すべきかというときに、多くの人から、信頼性の確立が最初に必要であると。それは委員会委員の方からの民間単独ではできないというご指摘を受けていましたので、そこで産総研と各企業でスタートしたわけですけれども、そのときの1つの特徴は、スタックの解析に重点を置く、ボタンセルとか、そういうものではなくて、そういうことによって、各スタック側も自分たちの持っている知見を出さないといけないという、そういうことになってきましたので。それで、出すことと、あるいは、ほかのスタックの影響、結果を見ることのメリット・デメリットを比較して、一緒にやったほうがいいということに多くの会社が気がついたということになると思います。それで、あと大学も入ってきて、こういうコンソーシアムまででき上がってきたということになるかと思います。

【山口分科会長】 はい。それで、それと多少関連すると思ひまして、波及効果の点、42ページのところでご説明されたのですけれども、これは産業界で開発に従事するスタッフの技術的なレベルを維持したり、人的な数を維持する、それから、そういう研究者のレベルと数を充実させるという、いろんな効果があると思うんですけれども、これについては、何か格別な施策というか、プロジェクト内で取り組みというのはなされているのですか。

【門脇主査】 これは過去の経験的なところもございませうけれども、まずは継続するということが、やっぱり一番重要なことではないかなと思っております。やはり中断してしまいますと、そこで技術の途切れというものがありますと、もう取り返しのつかないことになると。昔からこのNEDOの事業をずっと続けているということに対して、いろんなご意見があると思うのですが、やはりこういったことを継続しているということが、ここまで事業、産業として発達してきたのではないかなという認識を受けております。

【大平主研】 1点だけ補足します。継続は継続なんですけど、あまり同じことをやっていると思われまうので。今、コンソーシアムのほうにも関係していますけれども、やっぱりポイントは、企業がやるべきところとコンソーシアムでやるべきところ、そこをはっきり分けたということだと思っております。これは固体酸化物だけではなくて、固体高分子形もそうなのですが、材料開発ですとか、そういったところはもう国プロとしてやるべき領域ではないだろうという割り切りの中で、じゃ、何をやるかという、評価技術であったり、中の解析技術であったり、そういったところがポイントになろうと思ひます。それから、当初は、80年代はものの開発から始めていたと思ひますけれども、だんだんそちらのほうにシフトして、より基盤に近い、皆さんに使えるようなところになってくると。

これは、今は当然、入ってくる方々とのキャッチボールといひますか、まだ使っていただくということに

なろうと思えますけれども、セル評価もしくは材料評価技術が確立すれば、それは新しい材料メーカーといえますか、研究者が、その共通的な評価を使って、例えば、メーカーに売り込みに行くとか、そういったことにも使えるかなと思ってございます。今この瞬間、具体的にそのアクションというのはイメージ的でございますが、共通基盤をつくるというのは、将来的には新しい参入者を増やすというような効果もあろうかと思っております。

【山口分科会長】 はい。

【水谷委員】 今のお話についてのコメントですけれども、多分、大学で実際にメーカーのセルなどを触ったりしてという経験をするとするのは、学生にとっては非常にいい経験になるし、そういったところで育った人が、卒業してSOFCの研究開発に携わっていただけると非常にありがたいところもあるので、やはり人材育成の面では、今のコンソーシアムの枠組みというのは非常にいい枠組みだろうと。このまま、今のやり方でどんどん続けていくのがいいのかというのは、別の議論かもしれませんが、やはり国内に技術を蓄積して、人材育成、技術者を国内で確保していくという意味では、こういった取り組みというのは非常にいいやり方だったのではないかというふうに私は思っています。

【山口分科会長】 まだご意見等あるかもしれませんが、時間が参りましたので、議題5を終了したいと思います。どうもありがとうございました。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

6.1 固体酸化物形燃料電池実用化推進技術開発 — 基盤技術開発

固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

省略

6.2 固体酸化物形燃料電池実用化推進技術開発 — 実用化技術開発

(a) 固体酸化物形燃料電池を用いた5kW級業務用システムの実証評価

省略

(b) 中容量常圧型円筒形SOFCシステムの実用化技術実証

省略

(c) 固体酸化物型燃料電池(SOFC)による業務用・産業用システム実証および事業化検討

省略

(d) 円筒形SOFC-ガスタービンハイブリッドシステムの実用化に向けた運転技術実証

省略

6.3 固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システム要素技術開発

固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システム要素技術開発

省略

6.4 固体酸化物形燃料電池実用化推進技術開発 — 次世代技術開発

(a) 可逆動作可能な固体酸化物型燃料電池による低コスト水素製造および高効率発電を利用した電力貯蔵

省略

(b) マイクロSOFC型小型発電機

省略

(c) 中温作動型酸化物プロトンSOFCの開発

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

【水谷委員】 全体を通してですけど、本当に非常にしっかりやっていたのが伝わってきました。業務用について言えば、2017年市場投入に向けてということで、非常に加速してやられているところなので、残り2年しっかり取り組んでいただきたいと思っています。

個別には、迅速評価のところでは、エネファームが次に売るターゲットで苦労していますというところで、SOFCが期待される中で、それがたとえ市場に出たとしても、まだまだ次のコストダウンだとか、本格普及に向けてというのが必要だとすると、やはりこういったところの課題というのは、産学官連携でやっていただく必要があるところもあると思いますので、残り2年で終わったとしても、あとまだその先につながるようなところも考えていただけるといいのかなと。残り2年で、その先のことも考えていただければいいかなと思いました。

業務用実証のほうは、家庭用と違って、業務用の燃料電池というのは、いろんなサイズとか、いろんな使われ方だとか、いろんな市場があってということで、単一の機種では対応できないところなので、やはりいろいろなメーカーのものを、また、今日の三浦工業のところでもご質問したんですけど、複数台の実証をしていくというのも重要ということで、市場投入まで残り2年ということですが、実証については、例えば、耐久性とか、導入効果とか、メンテ、設置とか、いろいろな課題を見ていただけると、我々ガス事業者としても、後で導入しやすいということで、しっかり取り組んでいただければと思います。

以上です。

【須田委員】 本日はどうもお疲れさまでした。全体を見て、すばらしい成果が出ているなと思っております。いずれのテーマにせよ、やっぱり足が長いというか、時間がかかるテーマでございます。それを個別の機関でやっていくのって、なかなかしんどいところもありますので、こういったNEDOがバックアップしているというのは、すごくいいことではないか。それによって国際競争力がますますついていくのではないかなと思っております。

迅速評価方法につきましては、いろんなセルのタイプがあって、それぞれ各社、それぞれの得意としているコンセプトの下でやっている中で、共通項として、全てが共通項ではないかもしれませんが、懸念というところを地道に抑えていくというのはすばらしいなと思いました。今後、クロムから始まって、サルファー、さらに何かあるかもしれない。その辺はどこまでつかんでいくのかというのはあるかもしれないですけど、そういった地道な研究、また、地道なサポートというのは重要だなと思っています。そういったことについて、各セルとか提供して、オープンにしていくというのは、なかなかできないことではないかなと思って、この体制というのはすばらしいなと思っています。

あと、業務用のほうですけど、これもなかなかお金もかかるし、時間もかかる仕事だと思っています。進んでいるところと、なかなか思いどおりいかないところもあるかと思いますが、この評価軸をどうするかというのもあると思いますけれど、やはりある意味ずっとやり続けるということがすごく重要でございますので、その辺は今後とも進めていただきたいなと思います。

あと、次世代のほうですけど、こういったチャレンジングなテーマをどんどんやっていかないと、やっぱり次の新しい芽は出てこないと思っています。ですので、今の成果にとどまらず、もうちょっと、逆に言うと、夢を語ってもらってもいいかなと思いました。

今日はどうもありがとうございました。

【里見委員】 いっぱいお話を聞いて、皆さん、非常に一所懸命、アグレッシブに取り組んでいただいているということが実感されました。

基盤研究のほうですけれども、本当に今まで現象論的に耐久性というのを伸ばしてきたというところかと思いますが、この事業ではそれを非常に各論、理論的に解明していこうと、劣化機構を見て、それに対処していくという形で、産業界とアカデミアの連携がうまくできていて、これだけ効果が出るかという結果が出てきているのかなと思います。

ただ、今、9万時間目標なのですけれども、大型の発電設備の償却年数は15年なので、やっぱりまだまだ課題はあると思います。ですから、これでとどまることなく、先ほども出ていましたように、新たな課題というのも出てくる可能性がありますし、実際動かして、長時間動いたのは多分5万時間くらいかも知れませんが、それ以上のところで何が起こるかもわからないので、まだまだ続けていただきたい課題ではないかなと思います。非常に成果もよく出ているのではないかなと思います。

それから、実用化開発ですけれども、取り組みの着手時期とか、対象市場だとかが非常にバラエティにとんでおり、結果的には現状は様々な状況だということかと思いますが。これはNEDOのマネジメントになるかも知れませんが、個々の開発フェーズとかステージ、あるいは事業戦略がちょっと違うところなので、それぞれの取り組みの中での最終的なアウトカムというのを明確にして、本事業でのアウトプットをどこに置くか、アウトカムを見越したアウトプットは何かというのを、個別にしっかり設定する、そういうマネジメントをもうちょっと明確にさせていただいたほうがいいかなという感じはしております。ちょっと曖昧なところが残っているところもあるかなと感じます。中身的には、それぞれやっていたのですが、そういう目標管理といったところが曖昧な感じを受けるところがありました。

次世代もそうなのですが、先ほど、これ、次世代ですかと聞きましたが、その辺も事業の枠組み設定が、次世代という漠然としたところで何を扱ったらよいか、NEDOとしての事業の目標設定がよくわからない、個別の目標もどこまで持っていったらいいのかよくわからないという感じがしまして、個々の取り組みというよりは、全体のマネジメントで曖昧さが残っているかなと。結果としては、それぞれ結構いいところを目指していただいているのではないかなと思いました。

【稲垣委員】 今日はどうもありがとうございました。NEDOのご指導とサポートの下で、各実施者が非常にご努力なされまして、いろんな成果が出ているということをよくわかりました。基盤技術もそうですし、そこでいろんな挙動の解明が進んだり、それから、技術実証、あるいは、次世代研究でも、実際これまでやっていないことに取り組んで、成果が得られているということがよくわかりまして、非常に勉強になりましたし、よかったと思います。

SOFCの一番の魅力は、発電効率の高さではないかなと思っておりまして、それを市場に受け入れられるためには、やはりさらに発電効率を高めたりして、それとともに、コスト、耐久性をあわせてくことが重要だと思います。耐久性は、土台としてしっかりしないといけないと思いますけれども、コストとか耐久性も押さえながらということで。発電効率を上げると、またさらに新しい耐久性の側面といいますか、検討すべき観点が出てきたりするとは思いますが、今後もずっとそういう性能を上げるとともに、それに必要なものをあわせて検討を進めていただければなと思っております。

今日はどうもありがとうございました。

【伊藤委員】 皆様、お疲れさまです。久しぶりに、かなり密度の濃いお話を私自身は聞かせていただきましたが、このNEDOプロジェクトで一番評価できるのは、やはり、いわゆるコンソーシアムを組んで、そこがしっかりとやっているというのがものすごく強く感じられたということだと思います。いろいろ質疑の中で、私も耳をずっと傾けていたのが、実は、そういう方式がうまくいくかどうかで、自分のつくったものを陽の下にさらけ出さなければいけないという、そういう場所になってしまいますから、それに対して、開発者側、それから、評価をする側、解析を進める側、それが多分一体になって、うまいこと進められているのだ

ろうなという印象を受けております。

また、もう一つは、技術の伝承というのがなかなか難しい、特に SOFC で私もずっと見ていますと、一時期はある研究会に 200 人、300 人いらっしやっただのが、ある時期 100 人を切ってしまいましたとか、盛んになってみたり、また、それがどうやら萎んでいってしまったというような時期もあったように私は覚えておりますが、ただ、そういうことがあっても、私も最初の冒頭に質問したのが、技術的な伝承はいかがですかということを聞かせていただきました。そういうことがしっかりと伝わっているのだなということも感じております。

今後とも、そういうお話というのは、技術の伝承であるとか、あるいは、情報の全てをオープンにせよとは言いませんが、ある程度の情報公開のようなこともしっかりとやっていただいて、今後、事業化を進めていくに当たっては、国内だけではなくて、いろんなタイプの SOFC があるということですから、当然、海外展開も図っていくのだらうなと。その辺も見据えて、ぜひプロジェクトを続けていただきたいなというように考えております。

それから、こういうプロジェクトを続けるということは、実は産業界だけではなくて、教育の場に今私はおりますけれども、実は、学生を育てる 1 つのいい題材になってくるということもございまして、そういう意味で、研究者を育成するという言葉がありますけれども、むしろそれに今後関わっていくであろう技術者も育てていくということにもつながっていかうかと思えます。

ちょっと外れた話をいたしましたけど、今日はそういうことを感じながら、皆さんの成果を伺わせていただきました。皆さん、よく頑張っていらっしゃると思います。

以上です。

【安田分科会長代理】 一般的に大変いい形で進んでいるのではないかと思います。特に基盤研究のところ、研究機関や大学なんかと連携して、直接企業をご支援しているというような形で、大変いい形のプロジェクトになっていると思います。機構管理の点でも、世界でも最先端のレベルでやっておられるのではないかと思います。と同時に、技術流出の点にも気をつけて、特に劣化機構のメカニズムがわかりますと、対策までわかってしまいますので。ただ、やっぱり研究機関って論文を出さないというわけにもいかないところもありましようし、非常に難しいところもおありかと思うので、その辺はぜひうまくマネジメントしていただいて、やっていただければと思います。

あと、実用化が近く、2017 ということなのですが、実際には、もっと長期的にやっていくべき技術かと思えますし。ただ、実用化すると、またいろいろ補助金を出すとか、そういうことから研究開発って絞られやすいところもございまして、何とか長期的にやっていくようなやり方を、プロジェクトとして、この 2 年間で考えていただければなと思っております。

以上です。

【山口分科会長】 今日一日聞かせていただきまして、皆さん大変頑張っていらっしゃるという印象で、評価委員の皆さんと同じ印象です。特に基盤技術から実用化、それから、次世代というふうに、かなり違う側面のご説明をいただいたのですけれども、実施者の方々が大変努力をなさっているというのはよくわかりました。

特に、最初の基盤技術のところでは、やはりコンソーシアムという、日本でなかなか今まで産官学の連携ってうまくいかなかったのですが、そういうのがそういうコンソーシアムという形で、組織も含めて、非常にうまくいき始めたというのは非常に印象で、それで、もう一つ重要なのは、やはり基礎・基盤が重要であるということはもう間違いないことなので、今後もこういう——研究する側からすると、劣化とか長期劣化というのは非常にづらいテーマで、なかなかつかみどころがないテーマなんですけれども、キーになる様々な現象をつかまえて料理しているという印象を私は非常に強く持ちまして、こういう基礎・基盤が、やはり日本のこういう技術を支えるものであると思いますので、今後もぜひ努力をしていただきたいと思えます。

それから、次世代に関しては、NEDO に先ほどもちょっと注文がありましたけれども、やはり次世代で何

を目指すのか、何を次世代というふうに、あるいは、未来というふうに捉えるのかというのは非常に重要な問題で、これはやはり戦略的な取り組みをぜひ心がけていただきたいと思います。やはりテーマとしては、個々の技術開発は、努力の成果として非常にうまくいっているのですけれども、方向性として、どういう戦略目標を立てるのかというのは、これは少し幅広く意見を聴取しながら、いろんな可能性を検討したらいきたいと思います。

それから、実用化のところに関しては、何となくビジネスモデルといいますが、そこのところをもう一度、やはりこのプロジェクトの外で洗い直していただいて、どういう規模のものが、どんなふうなフィージビリティがあるのかというのを、やはり各プロジェクトの方々も含めて、明確な目標といいますが、そういうものをお持ちいただいた上で、SOFC の持つ優れた特徴をそこに入れて活用していくという形にさせていただくと、NEDO の開発として非常に効率よく成果が上がるのではないかと思います。

今日の私の印象は、とにかく皆さん大変よく頑張っているんじゃないかと、この短い2年間という期間で大変優れた成果を出していると思います。そういう意味で、情報を共有しながら、SOFC の開発に係る様々な現象なり問題点に関する理解の仕方を共有しながら進んでいくことによって、日本の高い技術レベルが保たれると思いますので、ぜひそのようにお願いいたしますというのが、最後の私の講評になります。

分科会の委員からまとめと講評をいただきましたけれども、推進部から一言、ぜひご発言いただきたいと思います。

【渡邊統括主幹】 新エネ部を代表して、今日は部長が別件で出席できませんので、代わって渡邊のほうからお話をさせていただきます。

本日、非常に長時間にわたりましてご審議をいただきまして、まことにありがとうございました。今日、いろいろな視点からご意見をいただきまして、我々としても、今後、このプロジェクトを進めていく上で、さらに見直しをしなければいけない点というのもよくわかったというふうに思っております。

特に水素・燃料電池の分野でございますけれども、昨年、政府がエネルギー基本計画を見直しまして、その中で水素を本格的に利活用していく、そういう社会を実現するのだということで、政府、官民挙げて、これにしっかり取り組んでいこうということをうたったわけでございますけれども、NEDO もそれに貢献できるように努めていきたいと思っております。

それで、特に、その後、昨年6月に、経済産業省が、水素・燃料電池の戦略ロードマップをつくっているわけですが、その中で、第1フェーズとして、特に燃料電池の分野、これをしっかり取り組むということをやっております、これまで特に固体高分子形、これはエネファームという形で市場に出ていっているわけですが、酸化物のところにつきましては、まだまだこれからという、そういう段階でございます。そういった中で、これを普及させていく上で、やはり一度しっかり基礎に立ち返ったところの研究開発というのが重要だろうということで、今回、委員の先生方に少し評価をいただいた基盤コンソーシアムのところ、我々、非常に評価していただけてうれしく思っているのですが、これで満足することなく、さらに効率的・効果的な研究開発に取り組めるように、我々、一所懸命マネージをしていきたいと考えているところでございます。

それから、実用化とか次世代、特に次世代のところなのですが、我々がやっても、そもそも次世代というところの定義が少しまだ明確ではなくて、我々としては、この SOFC のアプリケーション、これをできるだけ幅広く広げていきたいという、そういう思いで、できるだけおもしろそうなテーマを幅広く取り上げているということから、少し焦点がぼけているようなところもありますけれども、今日いただいたご指摘を踏まえまして、もう少ししっかりこのあたりを明確化して、さらには、目標管理もしっかりやっていきたいと思っております。

本日は、本当に長時間にわたりましてご審議いただきまして、まことにありがとうございました。

9. 今後の予定

10. 閉会

配布資料

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

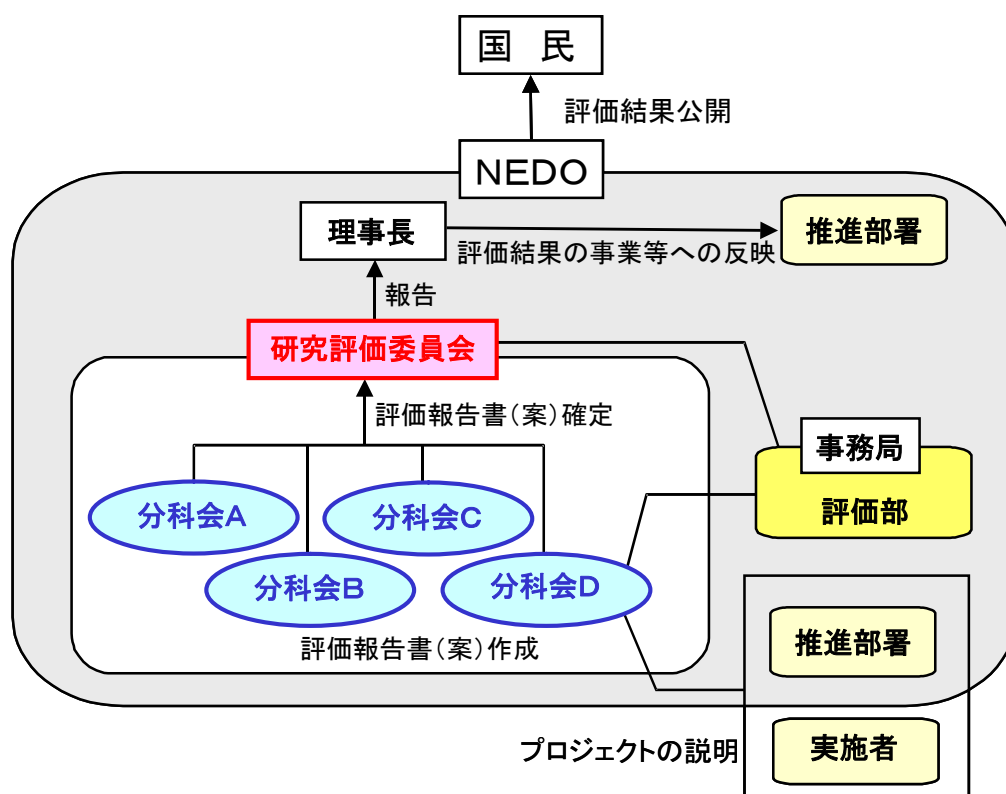
以上

参考資料 2 評価の実施方法

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

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

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



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において

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

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

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

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

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、委員を分科会委員名簿の通り選任した。

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

3. 評価対象

「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発」を評価対象とした。

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

4. 評価方法

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

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

5. 評価項目・評価基準

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

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

「固体酸化形物形燃料電池等実用化推進技術開発」に係る
評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。

(2) NEDOの事業としての妥当性

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

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

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

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費（研究開発項目の配分を含む）か。
- ・ 目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・ 計画における要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続または長期の「プロジェクト」の場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んで活用を図っているか。

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

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

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・ 研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。

- ・ 社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・ 知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 知的財産に関する取扱い（実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む）を整備し、かつ適切に運用しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

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

(2) 成果の最終目標の達成可能性

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

(3) 成果の普及

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

(4) 知的財産権等の確保に向けた取り組み

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

4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて

「実用化」の考え方

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

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化・事業化の戦略は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

- ・ 実用化・事業化に向けての課題及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

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

「プロジェクト」の中間評価に係る標準的評価項目・基準

※「プロジェクト」の特徴に応じて、評価基準を見直すことができる。

「実用化・事業化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

「実用化・事業化」の考え方

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

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

- ・「実用化・事業化」を「実用化」に変更する。
- ・「4. 成果の実用化に向けての見通し及び取り組みについて」は該当するものを選択する。
- ・「実用化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

「実用化」の考え方

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

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 事業の目的の妥当性

- ・内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・特定の施策・制度の下で実施する「プロジェクト」の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(2) NEDOの事業としての妥当性

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

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

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

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費(研究開発項目の配分を含む)か。

- ・目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・計画における要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・継続または長期の「プロジェクト」の場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んで活用を図っているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・成果の実用化・事業化の戦略に基づき、実用化・事業化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・目標達成及び効率的実施のために実施者間の競争が必要な場合、競争の仕組みがあり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、企業の取り組みに貢献しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・研究管理法人がある場合、研究管理法人の役割は必要・明確であり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・知的財産に関する取扱（実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む）を整備し、かつ適切に運用しているか。
- ・国際標準化に関する事項を計画している場合、その戦略及び計画は妥当か。【該当しない場合、この条項を削除】

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

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

(2) 成果の最終目標の達成可能性

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

(3) 成果の普及

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

(4) 知的財産権等の確保に向けた取り組み

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

4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通しについて 【基礎的・基盤的研究開発の場合を除く】

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

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

(2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取り組み

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

(3) 成果の実用化・事業化の見通し

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

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

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

- ・実用化に向けて、課題及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

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

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

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 知的基盤・標準の整備及び活用の計画は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

- ・ 知的基盤・標準を供給・維持するための体制の検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

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

参考資料 3 評価結果の反映について

「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発」（中間評価）の評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>目標として劣化率が何%/1000h のみで表されており、商品化に近い段階の SOFC 開発であることを考えると、起動停止に対する耐久性評価の充実も必要と思われる。</p> <p>実用化技術実証における知的財産に関する成果が希薄であるように感じた。出願に関しては開発者側に一任されているとのことであり、企業戦略上の理由があるであろうことが想定されるが、国際的な競争力の確保や国益の保護などを勘案して基本的な戦略などを再度検討し、その戦略に沿った対応を進めるべきと考える。</p> <p>業務用システム実用化技術実証では、本事業の対象外のセル・スタックベースの技術的課題で目標達成が遅れたものもあり、結果として多数のシステム実証による成果の位置づけが曖昧となっている点が懸念される。要素技術の検証をしっかりと進めたのちにシステム実証に進められるよう、対応が望まれる。</p> <p>次世代 SOFC の開発事業については、中低温化、内部改質化や新しい SOFC 応用を拓くための機能探索など狙いを明確化して、課題抽出や開発目標の検討を行う必要があるように思う。</p>	<p>起動停止に対する耐久性評価については、SOFC の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究及び業務用システムの実用化技術実証において、研究項目の一つとして取り組んでいる。今後実用化技術実証において、更に実運用環境下での検証を行うこととする。</p> <p>実用化技術実証の実施者が参画する基盤研究（コンソーシアム）における知財委員会等で、国際的な競争力の確保や国益の保護など基本的な戦略について関係者間にて共通認識を得、公開、秘匿の精査を行うとともに、製品化を進める各社において具体的な取り組みを進める。</p> <p>技術実証において、その進捗については差異があることを認識しつつ、先行して市場に製品を投入する企業に引き続き市場投入を予定する企業が遅滞なく市場投入できるよう、技術実証での課題を基盤研究における要素技術検証にフィードバックし解決を図るなど更なる連携をすすめる。</p> <p>引き続き実施する次世代技術（SOEC）については、将来の実用化を見据え、内部改質化など現段階で解決すべき基礎・基盤的な研究を重点におき、研究を推進する。</p>

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>業務用・産業用燃料電池のコスト目標については、機器本体の価格100万円/kWだけでなく、設置工事費、メンテナンス費も含めたトータルコストや、ランニングコストを考慮した投資回収年数などの経済性についても、本事業の実証研究を通して明らかにしていく必要がある。</p> <p>開発期間の相異が原因と思われるが、プロジェクト成果あるいはアウトカムについての認識が異なるように感じられるので、それぞれの実用化への道筋・ロードマップを、再度 NEDO と実施者間で共有して、着実に開発を進める努力が必要である。</p>	<p>設置工事費、メンテナンス費も含めたトータルコストや、ランニングコストを考慮した投資回収年数などの経済性について実証研究の中で明らかにしていく。</p> <p>将来取り組むべき新たな技術課題の設定も含め、実用化への道筋・ロードマップを、NEDO と実施者間で共有するため、プロジェクト内に設置している技術委員会や必要に応じて NEDO 内に有識者にて検討する場を設置する。</p>

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

NEDO 評価部
部長 徳岡 麻比古
統括主幹 保坂 尚子
担当 内田 裕

* 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。

(http://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 044-520-5161 FAX 044-520-5162