

「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発」

中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	8
評点結果	16

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会
「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成22年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	まつなが もりお 松永 守央	九州工業大学 学長
分科会長 代理	しもつ まさてる 下津 正輝	徳島文理大学 理工学部 機械創造工学科 教授
委員	いずみ まさあき 泉 政明	北九州市立大学 国際環境工学部 機械システム工学科 教授
	とくした よしたか 徳下 善孝	電源開発株式会社 技術開発センター 副部長
	なかがわ のぶよし 中川 紳好	群馬大学大学院 工学研究科 環境プロセス工学専攻 教授
	ひびの たかし 日比野 高士*	名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻 教授
	みやもと あきら 宮本 明*	東北大学 未来科学技術共同研究センター 教授

敬称略、五十音順

注* : 実施者の一部と同一大学であるが、所属部署が異なるため(実施者: 名古屋大学大学院工学研究科機械理工学専攻、東北大学大学院環境科学研究科環境動態論分野)「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成22年7月1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。

プロジェクト概要

		最終更新日	22年8月19日
プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト名	固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発	プロジェクト番号	P08004
担当推進部/担当者	新エネルギー部 担当者氏名 細井敬、中原貢 伊藤正紀、深江守（平成22年8月現在） 燃料電池・水素技術開発部 担当者氏名 高橋（康）、小林（晋）、横本（平成20年7月～21年3月） 担当者氏名 横本（平成20年7月～20年10月）		
0. 事業の概要	固体酸化物形燃料電池（SOFC）は、他の発電システムに比べて発電効率が高く、また天然ガス・石炭ガス化ガス等多様な燃料に対応が可能であり、小規模分散型から大規模火力代替システムまで広い適応性を有している。本事業は、SOFCシステムを早期に市場導入するために必要な基礎研究と要素技術開発を実施して、その基盤技術を確立することを目的とする。そのため、実用化・普及に必要な耐久性・信頼性向上、低コスト化等の課題を解決するための基礎的・課題に関する研究開発、およびSOFCシステムの実用性を向上させる要素技術（運用性向上のための起動停止技術、超高効率発電のための高圧運転技術）の開発を行う。		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>(1) 政策上の位置付け 我が国が持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及により世界に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組むことが不可欠であるが、エネルギー技術開発には長期期間と大規模投資を必要とするとともに将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的に取り組むことは容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方が方向性を共有することで、長期にわたり軸のぶれない取組の実施を可能にするを旨とし、「エネルギーイノベーションプログラム」が制定されている。本事業は、この「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。</p> <p>(2) NEDO が関与する意義 NEDO が本事業と並行実施している「固体酸化物形燃料電池実証研究」（2007～2010年度）ではSOFCシステムを一般家庭等の実負荷環境下に設置し、普及に向けた技術課題を抽出している。また、「水素社会構築共通基盤整備事業」（2005～2009年度）では日本電機工業会（JEMA）「燃料電池国際標準化委員会」の下に「試験法調査WG」を設立し、SOFCの安全試験法および性能試験法の国際標準化に向けた検討を行っている。このように、SOFCの普及には技術開発・実証・制度整備・標準化を一体的に実施する必要があり、民間企業の活動のみでは十分な研究開発が見込まれないことから、新エネルギー・省エネルギーに係る国家プロジェクトをマネジメントするNEDOの関与が不可欠である</p> <p>(3) 実施の効果 2009年に株式会社富士経済が実施した国内市場規模の予測によると、2025年の市場規模は家庭用SOFCが2,340億円（導入台数60万台）、業務・産業用SOFCが123億円（導入台数2,100台）となっている。 平均的な電力需要の一般家庭にSOFCシステムを設置した際のCO₂削減量は約1.3トン/月となる。これに上記した2025年の家庭用SOFCの市場規模を当てはめると、年間78万トンのCO₂削減効果が期待できる。また、電力事業用SOFCであれば、高効率天然ガス火力発電としてのFC/GTハイブリッド発電および高効率石炭火力発電としてのIGFCで約30%のCO₂削減効果が期待できる。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	SOFCシステムを早期に市場導入するために必要な基礎研究と要素技術開発を実施して、その基盤技術を確立することを目標とする。 研究開発項目・テーマとその最終目標（平成24年度末）を以下に示す。 研究開発項目①「基礎的・共通課題のための研究開発」 (a) 耐久性・信頼性向上のための基礎研究 4万時間および起動停止250回の耐久性の見通し。加速劣化試験法の確立。 (b) 原料・部材の低コスト化及び低コストセルスタック・モジュールの技術開発 普及期のセルスタック製造コストとして5万円/kW程度の見通し。 研究開発項目②「実用性向上のための技術の確立」 (a) 運用性向上のための起動停止技術 4万時間および起動停止250回の耐久性の見通し。 (b) 超高効率運転のための高圧運転技術 4万時間の耐久性の見通し。超高効率運転のための高圧運転技術の確立。		

事業の計画内容	主な実施事項	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	総額(百万円)
	耐久性・信頼性向上のための基礎研究	1,014	960	417			2,392
	原料・部材の低コスト化及び低コストセルスタック・モジュールの技術開発	181	171	122			473
	運用性向上のための起動停止技術	59	69	27			155
	超高効率運転のための高圧運転技術開発	114	125	194			433
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	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	総額
	一般会計						
	特別会計 (需給)	1,293	1,140	760			3,193
	加速予算 (加速(補正))	75	185				260
	総予算額	1,368	1,325	760			3,453
	(委託)	1,195	1,131	539			2,500
	(助成) : 助成率△/□ (共同研究) : 負担率1/2	173	388	221			1,906
開発体制	経産省担当原課	省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課 燃料電池推進室					
	プロジェクトリーダー	(独) 産業技術総合研究所 横川晴美 招聘研究員					
	委託先	独立行政法人産業技術総合研究所 財団法人電力中央研究所 TOTO 株式会社 三菱マテリアル株式会社 関西電力株式会社 三菱重工業株式会社 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 名古屋大学 国立大学法人 岐阜大学 国立大学法人 京都大学 国立大学法人 九州大学 日立金属株式会社 共立マテリアル株式会社 AGC セイメケミカル株式会社					
情勢変化への対応	特になし						
評価に関する事項	事前評価	20年度実施 担当部 燃料電池・水素技術開発部					
	中間評価	22年度 中間評価実施					
	事後評価	25年度 事後評価実施予定					

<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>研究開発項目①「基礎的・共通的課題のための研究開発」</p> <p>(1) 耐久性・信頼性向上のための基礎研究</p> <p>各 SOFC スタックについて、数千時間程度の長期間運転並びに起動停止実験を行い、発電特性と伴に試験後のセルスタックについて、熱力学的解析、化学的解析及び機械的解析により劣化機構の解明とその対策立案に必要なデータの蓄積と評価を進めた。特に電気化学的性能に大きな影響を与える三相界面については、劣化現象と微細構造変化の相関付けを定量的に行うなど、貴重なデータを取得した。</p> <p>具体的には、不純物蓄積濃度、界面元素移動量などを2次イオン質量分析計(SIMS)で測定して、反応速度論データの取得と相平衡計算、実験により劣化基礎データを集積した。また、SO₂被毒、CrO₃被毒を空気極に対して検討し、これらの供給量が加速劣化試験法のパラメータ指標として適用できることを解明した。</p> <p>固体酸化物形燃料電池の耐久性・信頼性向上のために、熱力学的解析、化学的解析及び機械的解析により、劣化機構の解明、対策立案と効果検証、加速試験方法の確立を目指す。特に電気化学的性能に大きな影響を与える三相界面については、劣化現象と微細構造変化の相関付けを行う。</p> <p>集束イオン・電子ビーム加工観察装置(FIB-SEM)による三相界面電極構造の変化と劣化との相関検討、透過電子顕微鏡(S-TEM)による微小領域における化学変化・構造変化の解析、種々の機械的性質の測定と解析を実機セルに適用し、共通的特徴を明らかにする伴に個別スタック毎の特徴を明らかにした。</p> <p>また、各セルスタックの電圧低下とその劣化因子のパラメータとの関係を明らかにしながら、余寿命評価のための基礎式の構築を図った。</p> <p>(2) 原料・部材の低コスト化及び低コストセルスタック・モジュールの技術開発</p> <p>(a) 金属インターコネクター材料の開発</p> <p>インターコネクターの薄膜化及び耐久性向上に関する研究開発を行い、これまでに以下の成果が得られた。</p> <p>1) 合金組成の改良(耐酸化性の向上)</p> <p>1次改良材の Mn 量を増加させることにより、Cr 蒸発を低減できるとともに、現状材(ZMG232L)より良好な耐酸化性、接触抵抗(1/2以下)を得ることができた。</p> <p>2) 表面処理適用による改良(Cr 蒸発の抑制)</p> <p>2次改良材に MnCo スピネルコーティングを適用し、Cr 蒸発の大幅な抑制ができた。但し、コーティング膜中への Cr の拡散が観察された。</p> <p>3) 発電試験評価</p> <p>コーティングを実施した現状材および2次改良材を用いて、3タイプのセル、スタック(平板形、円筒平板形、マイクロチューブ形)にて発電試験を実施し、合金組成の影響の把握。また、Cr 蒸発に及ぼす酸化膜の影響を確認し、改良の方向性に関する知見を得た。</p> <p>4) 通電効果メカニズム</p> <p>現状材 ZMG232L は、Fe-22Cr モデル合金より酸化速度が遅かったが、モデル合金と同様、高電位側より低電位側の酸化膜成長が促進される傾向が見られた。</p> <p>(b) セルスタック材料の低コスト化技術開発</p> <p>スタックメーカーと材料メーカーが協力し、スタックコスト5万円/kWの可能性に関する検討及び各種試験を行い、これまでに以下の成果及び見通しを得た。</p> <p>1) 低コスト化への取組方針の決定</p> <p>目標コスト(5万円/kW)のスタックを実現するには、材料メーカーでは低価格出発原料の使用と製造工程改善が、スタックメーカーではセル高出力化、歩留向上、工数低減が挙げられた。また、仕様共通化や製造工程の共有化によるコストダウン効果も必要である。</p> <p>2) 低コスト化材料の開発</p> <p>固相法と液相法のそれぞれで低コスト化に取組み、材料を試作した。固相法では、主に低価格出発原料と媒体攪拌ミルの使用を検討し、液相法では、主に低価格出発原料と粉碎溶媒の低コスト化を検討した結果、両製法ともに目標コスト達成の見通し、及び各製法で製造工程共通化の見通しが得られた。</p> <p>課題として、低価格原料に含まれる微量成分の影響を評価して許容値を把握すること、粒度調整粉の高密度化、粉碎工程の改善、仮焼条件の調整(低温度化、時間短縮)が抽出された。</p> <p>3) スタックメーカーによる材料評価、材料共通仕様化の検討</p> <p>空気極材料の LSM と LSCM は基礎物性が良好であり、組成及び出発原料の共通化の可能性が示された。SSC はセル評価で初期性能、耐久性ともに良好な結果が得られ、LSM、LSCM との製造工程共通化を検討している。LSCF では組成ずれや微細粒子が焼結特性に与える影響が課題として抽出された。</p> <p>燃料極材料の Ni-セリア系は初期性能が良好であり、出発原料の共通仕様化の可能性が見出された。Ni-YSZ では異常粒成長が観察され、微量成分の影響の調査が必要であり、出発原料の見直しを含めた詳細検討が必要である。</p>
----------------------	--

	<p>研究開発項目②「実用性向上のための技術開発」</p> <p>(1) 運用性向上のための起動停止技術</p> <p>(a) 高温円筒縦縞形燃料電池システムの起動停止技術</p> <p>10KW級のSOFCシステムの性能及び運用性を確保するために、システムへの熱サイクル負荷が大きい起動停止の発電試験及び実証試験を通じて以下の成果が得られた。</p> <p>1) 運転要因</p> <p>起動停止条件でのシミュレーションを行い、起動停止時の部材間温度差によるスタック集電部材の剥離現象の可能性を確認した。また、CSSスタック試験により、起動停止時の加熱冷却量とスタックの性能低下の相関を検証するとともに、起動時および停止時のガス温度・流量を段階的に増減させることで、集電部材の剥離応力低減の可能を見出した。</p> <p>2) 構造要因</p> <p>フレームで固定したスタック構造により、スタック集電部材の密着が向上し、熱サイクルによる性能低下を大幅に低減することができた。また、モジュールの構成要素である燃料分散構造・空気分散構造・ロッド気密構造・ロッド絶縁構造の要素試験からは、熱サイクルによる性能への劣化影響は少ないことを確認した。</p> <p>上記の運転要因および構造要因の評価結果からCSS条件での目標達成の見通しを得た。</p> <p>(b) 中温円形平板形燃料電池システムの起動停止技術</p> <p>起動停止に伴う電圧低下の要因を抽出し、それらの対策を実施した。各対策の効果は確認できたものの、起動停止試験ではセルの劣化・破損が発生するなど解決すべき課題がある。</p> <p>1) 電圧低下の要因を抽出</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放熱板等の電気抵抗の増加 ・放熱板上下セルの電圧低下 ・スタック内温度差拡大等 <p>2) 電圧低下対策を実施し、効果を確認</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気供給系の不具合があり、起動停止による電圧低下率は8.5%/25回(目標値:1.0%/25回) <p>3) 緊急停止方法として、都市ガスや水素窒素などを用いずに、電圧低下を抑えて、装置を停止する方法を確立。</p> <p>(2) 超高効率運転のための高圧運転技術</p> <p>1) セルスタック要素技術開発</p> <p>燃料極高酸素分圧暴露時のセルスタック損傷防止のため、インターコネクタ高密度化等の改良を行ったセルスタックを試作、発電試験を実施した。燃料側還元性ガスが停止しても900℃で6時間以上は亀裂発生に至らず、実運用条件ではそれまでに冷却すればよい。</p> <p>2) モジュール要素技術開発</p> <p>高圧運転対応・コンパクト化のために密充填構造のモジュールを計画し、最小単位のカートリッジ発電試験を実施した。発電特性・伝熱特性とも計画通りで、発電室温度を850~950℃としたとき、端部の金属製燃料ヘッダの温度を600℃以下にできることを確認した。</p> <p>3) 複合発電システム要素技術開発</p> <p>継続研究で使用したSOFCモジュールとトヨタ自動車製マイクロガスタービン(MGT)を連携したシステム試験として、起動・定常運転・緊急停止を実施した。保護動作は正常に働き、SOFC・MGTを損傷することなく安全に運転停止可能であることを確認した。</p>	
	投稿論文	97件
	特許	「出願済」20件
	その他の外部発表	「研究発表、講演」346件、「展示会への出展」9件
IV. 実用化、事業化の見通しについて	<p>本事業及び「固体酸化物燃料電池実証研究」の研究成果により、SOFCシステムの技術的信頼性が向上し、2015年頃に家庭用SOFCコジェネレーションシステムが初期導入時期を迎えることと予想される。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成20年3月 作成
	変更履歴	平成21年3月 改訂(研究項目名称の変更)

技術分野全体での位置づけ

(分科会資料6より抜粋)

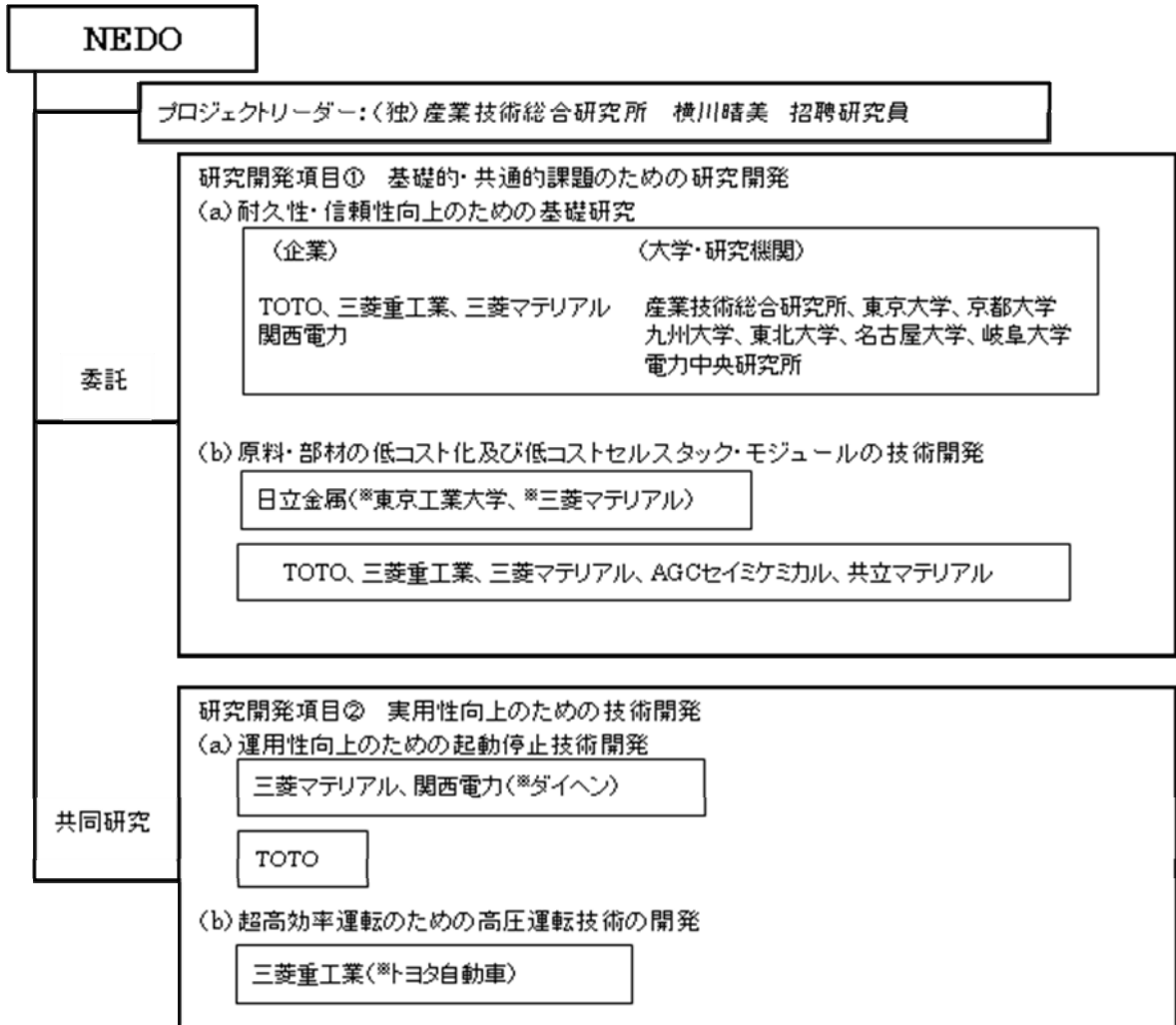


NEDOの関与の必要性

	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年～
技術開発	固体酸化物形燃料電池システム技術開発 2004～2007年度		固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発 2008～2012年度				
	課題抽出		基礎的・共通的課題				
実証研究	規制見直しによる普及促進		開発技術を反映				
			固体酸化物形燃料電池実証研究 2008～2010年度				
規制見直し規格・標準化	水素社会構築共通基盤整備事業 2005～2009年度						課題をフィードバック

「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発」

全体の研究開発実施体制



※再委託

「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発」（中間評価）

評価概要（案）

1. 総論

1) 総合評価

資源の乏しい我が国にとって、多様なエネルギー資源を効率的に活用できる SOFC（固体酸化物形燃料電池）の開発は将来のエネルギーシステムの構築において重要である。SOFC 開発において、前プロジェクトの固体酸化物形燃料電池システム技術開発で課題が明確になり、それに基づいた計画が立てられ、各研究開発項目がしっかりとした目標意識を持って実施されており、いずれの研究項目も中間目標を概ねクリアしている。

また、SOFC の耐久性確保、コスト低減という非常に重要な課題を乗り越えるため、国内外の SOFC 開発動向を踏まえ、適切な目的・目標の設定と適格なプロジェクトリーダーの下、技術・知識を十分に備えた企業と大学・研究機関が協力し、実用化研究における問題を基礎研究グループが検証して解決に向けた方針を提示できる産官学連携体制が整備されている。これにより、SOFC において推測でしか説明できなかつたメカニズムが科学的に着実に実証されつつあり、実用化に向けた方向性が明確となる基盤が形成されている。

但し、中間目標（課題の解明と今後の方策）と最終目標（実用にかなり近い寿命とコスト）の間にかかなりの隔たりがあり、最終目標に向けたハードルは一層厳しくなる。また、コスト削減への道筋については再考することが望ましい。起動停止・負荷変動時の性能低下問題の解決は、本プロジェクトで掲げる集学的取り組みの効果が試される。

今後の SOFC の実用化において、2015 年前後の初期導入を計画通り実施できるかが大きな分岐点になると考えられる。初期導入時の小容量定置用システムの用途として、家庭用コジェネレーションを挙げているが、現在導入中の PEFC（固体高分子形燃料電池）との差別化をより明確にすることが望まれる。

2) 今後に対する提言

将来にわたって重要となるクリーンで高効率な発電技術を我が国で確立し、この分野での国際競争力を高めることは重要である。今後は製造法の改善、各部材の改良、およびシステムの面から各機関が今以上の効率的な連携関係を構築し、実用化に繋げ、大きな産業分野への道筋をつけて貰いたい。

高温で発熱反応を行う SOFC では、局所温度による材料の変質が問題であり、熱の専門家によるシミュレーションが重要である。今後、化学や材料の専門家だけでなく、熱の専門家も開発グループに加えるべきではないかと考える。

なお、実用化に向けて SOFC の多様な形式を追求することの重要性は理解で

きるが、スタック材料のコスト評価が可能なデータが得られつつあることから、NEDOあるいは外部評価組織が低コスト化を含めたSOFCの形式の選定による集中化を検討する必要がある。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

SOFCはエネルギーと環境問題の解決には不可欠な手段の一つであり、将来のエネルギーシステムの構築において重要である。また、その実用化を考えた場合には、開発の効率化と迅速さが強く望まれている。しかしながら、20年以上に及ぶSOFC開発でも未だ商用化に至っておらず、企業の独力では達成不可能であり、利害が錯綜する産業界をまとめ、潜在的なポテンシャルを有する大学・研究機関を束ねる役割として、NEDOの関与は必要である。

また、我が国のSOFC技術開発は世界をリードできるレベルにあり、材料開発からシステム構築に至る産業基盤を有するわが国の特色を生かすことが可能な実用化技術開発であることから、今後も継続すべきである。

但し、SOFCロードマップには2015年前後の小容量定置用システムの初期導入の有力な用途として家庭用コジェネレーションが挙げられているが、現在導入中のPEFCとの差別化が不明確であり、今後、SOFC形式の多様性を選別することにより、国家プロジェクトとして継続できる方策を講じることも検討の余地がある。

現在、世界的なCO₂削減の流れから、原子力発電が見直され、あるいは再生可能エネルギー利用やスマートグリッドも注目されている。燃料電池はエネルギーサイクルの中で「いつでも、どこでも、必要な量の電気を供給できる」という強みを強調して、SOFCの開発を行う意義に関する広報活動をさらに強化する必要がある。

2) 研究開発マネジメントについて

本プロジェクトは、高い識見、リーダーシップがある適格なプロジェクトリーダーの下、適切な技術力・知識を保有する企業および大学・研究機関で構成され、頻繁な各種委員会を通じて相互に情報交換を行いながら、全体が統括されて進められている。また、他のNEDOプロジェクト「固体酸化物形燃料電池実証事業」との連携もなされ、可能な限り有効な情報を活用していこうとする姿勢がみられる。

特に、従来は企業が秘密事項としていた情報を産官学で共有して、問題解決に繋げる体制が構築されたことは、事業化に向けて極めて有効な手段を確立されつつある点を評価したい。

しかしながら、システム開発を担当する企業の中には、用途設定が不明確な企業がある。頻繁に起動停止するような用途に高温で作動するSOFCを適用することの可否を、SOFCの用途、運転パターンを含めて再確認する必要がある。

さらに、絞り込んだ用途に合わせた運転条件（起動停止・負荷変動条件）の設定を行い、その条件での技術開発に集中すべきである。

3) 研究開発成果について

世界でも究明がされていなかった多くの現象について、その特徴と解決策の方向性を示すなど、プロジェクト全体としては、最終目標の達成が期待できるデータが実証されつつあり、概ね中間目標を達成している。特に「基礎的・共通的課題のための開発研究」項目の成果は高く評価できる。

但し、小規模なシステムの運転試験では目標を達成しているが、出力を増大したシステムでは十分な達成度を得ているとは言えない。システムの構成、各部の材料、運転方法や制御方法など大型化に伴う新たな問題が出てくるものと予想される。最終目標は、4万時間かつ起動停止 250 回の耐久性と、セルスタック製造コスト 5 万円/kW 程度の見通しを得ることであり、最終目標に向けたハードルは一層厳しくなる。今後の一層の努力が望まれる。

また、国際標準化に向けた取り組みが戦略的には不足している点が懸念される。成果を挙げている事例を参考にして、行動計画を策定することが望ましい。

4) 実用化、事業化の見通しについて

本プロジェクトの研究課題の中には世界をリードできるスタックや実証データが多くある。実用化のための耐久性、劣化は本研究プロジェクトにより着実に改善されている。

また、事業化を支えるには基盤技術や科学的根拠を保有する必要がある。本プロジェクトは、このような課題を解決する組織と運営が実践されている点が高く評価できる。

一方、市場に出すには、実際に使用する立場の側の意見を聞く必要がある。電力企業やガス企業だけでなく、自家発電を行っている企業には広く意見を求めるべきである。また、家庭用については PEFC との差別化をさらに明確にする必要がある。家庭用は、頻繁に起動停止を行う運転形態を考えると耐久性の面ではもっとも不利な用途と言える。本事業の結果を踏まえ、SOFC の適用がふさわしい出力規模、用途を明確にし、事業化のシナリオを立ててほしい。なお、コスト削減の見通しが明確になっていない。

SOFC の事業化においては、燃料電池の競合技術のみならず、エネルギーシステムにおける優位性を考慮した指針を確立する必要がある。このような観点は時代の情勢を反映することが多いため、NEDO として優位性を立証できる情報を継続して把握できる体制の一層の強化を期待したい。

個別テーマに関する評価

	研究開発成果について	実用化、事業化の見通しについての評価及び今後の提言
<p>耐久性・信頼性向上のための基礎研究</p>	<p>企業におけるスタック信頼性評価と大学・公的機関等における基礎技術研究の相互連携と情報交換が効率的に機能しており、製造法と性能劣化の関係を明確化し、新しい分析手法による実機分析などにより、世界に類を見ない素晴らしい種々の成果を出していると高く評価できる。</p> <p>また、各形式において劣化原因として新規な知見を得ており、最終目標を達成する可能性が高く、これらの知見は着実に公表されている。加速試験による SOFC の寿命を予測する技術は極めて困難であるが、これまでの研究成果から、目的を達成できる可能性がある。</p> <p>但し、熱力学的・化学的解析手法に関しては大きな進展がみられ実用化への見通しが得られつつあるが、機械的解析に関する成果がやや遅れ、現状の成果あるいは今後得ようとしている成果から、加速試験法、性能予測式の提案までどのように繋がられるかの具体的な展開について不透明な点がある。現状では</p>	<p>大学や研究所が参画し、構成部位の微構造変化、化学組成変化等の詳細な分析を行い、劣化挙動に関する基礎的現象の把握とそれに基づく対応策の検討、性能予測を実施している体制は重要であり、優れた解析技術を駆使して現象のメカニズムを知ることが出来つつある。SOFC の寿命は、実用化には欠かせない要素であり、材料面での確信を得ることが重要な課題である。ここで得られた SOFC の基礎データは実用化への第一ステップであるが、今後における我が国の SOFC 開発への波及効果はかなり大きいと判断される。</p> <p>但し、スタックの方式によっては、課題が多く存在しているので、更に集学的取り組みを強化するなど、最終目標を達成するための工夫も必要となる。加速劣化試験法の一般化は難しく、当面は個別現象ごとの試験法の提案でよいが、統合化についての努力も諦めずに追求して欲しい。</p> <p>また、現状の最終成果の見通しとして、性能劣化の要因ごとの寿命推定方法の確立にとどまっており、実用化のために実機に対してどのように活用できるかをより明確にすべきである。</p>

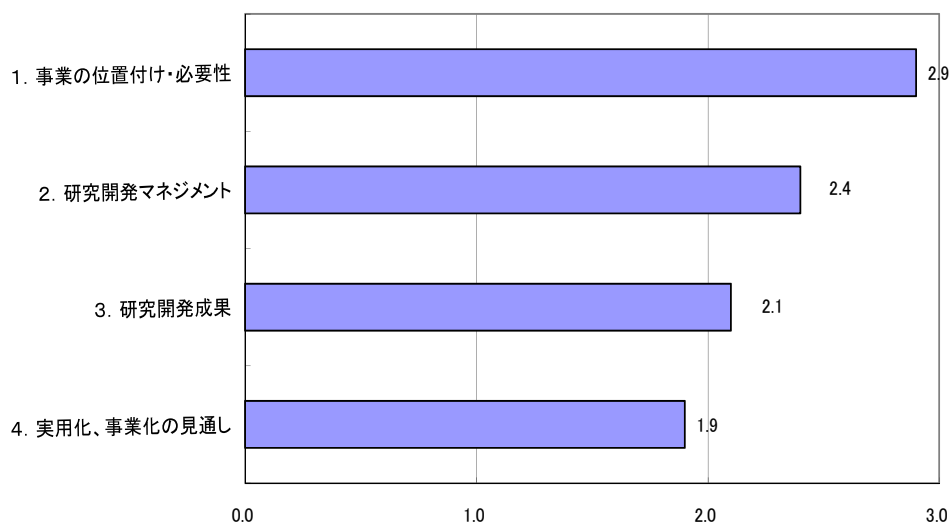
	<p>現象観察に留まっている感があり、燃料電池性能との相関づけをより進め、主要な劣化因子を明確化することが望まれる。</p> <p>また、アメリカおよびヨーロッパのみならず、近年、中国、韓国における SOFC の研究・開発が著しい進歩をみせている。研究成果の開示にあたっては、日本の SOFC メーカーの競争力低下を招かないよう知的財産権の確保を積極的かつ包括的に進めるべきである。</p>	
<p>原料・部材の低コスト化及び低コストセルスタック・モジュールの技術開発</p>	<p>普及段階におけるコスト予測の検討は非常に重要であり、本事業において材料メーカーと SOFC スタックメーカーが協力して各検討対象のセルの共通項と個別項目を整理し、原料・部材の開発を実施したことは大変有意義であり、高く評価できる。</p> <p>また、耐久性を改良した低コスト金属インターコネクタ材料については、MnCo スピネル製膜法などにより、改良材により接触抵抗増加率を従来値の約半分にまで低減し、かつ表面処理の適用によりクロム蒸発の抑制を確認できたことは、ほぼ中間目標を達成しており、今後の見通しを立てられた点で評価できる。</p>	<p>インターコネクタは SOFC の実用化要素として重要であり、民間機関が開発中の SOFC に対する材料開発の方向性を支援する研究として意義がある。</p> <p>また、SOFC 普及期の予想システムコストに対して、原材料および製造それぞれにおけるコスト目標が明確化されたことになり、今後の技術開発の道標あるいは商品としての見極めに大変効果があると評価できる。SOFC の低コスト化に向けての課題は、市場からのニーズが大きく、また目標をクリアできれば、産業界への波及効果は計り知れない。</p> <p>一方、最近の技術開発では、性能・耐久性両者の向上のため、電極の多層化・材料の多様化が進んでいる。本プロジェクトでは、ある程度共通化できる材料に絞り込んだ開発になっており、本成果が今後の多様な材料に適</p>

	<p>コストに絡む問題として、材料の純度、不純物の問題がある。純度が高い材料は高コスト化につながる。必要な純度がどれ程かはSOFCの長期運転試験でしか的確な解答は得られない。設定したコストに整合する純度を把握し、その純度でどんな不都合が起こるかなどの検討を急ぐべきではないか。</p> <p>また、耐久性を改良した低コスト金属インターコネクタ材料について、寿命や性能という観点から、今後はCr蒸発抑制、および低コスト原料中の微量不純物への対応をさらに見極める必要がある。</p>	<p>用できるかが、実用化時の問題と考えられる。</p> <p>なお、インターコネクタの研究の方針である表面処理技術の利用に関しては、SOFCの高温作動を考慮すると、表面処理効果が失効する時間的パラメータが重要となるため、実用化レベルでの適用には機能維持に対する相当の保証ができるデータの蓄積が必要である。</p>
<p>運用性向上のための起動停止技術開発</p>	<p>起動停止試験と出力変動試験の電圧低下率の目標は、起動停止技術（スタック構成と運転法）への取り組みと課題抽出がしっかりとなされ、当初の目的をほぼ達成しており、実用化への壁をひとつクリアしたと言える。</p> <p>また、円筒形5kWモジュールにおいて、仕切り板の構造改良、運転条件の改良で劣化要因の発生を抑えることができるようになった点は評価できる。</p> <p>しかしながら、最終目標をクリアするための方策がまだ具体性に欠ける。高温円筒縦縞</p>	<p>SOFCシステムの実用化に向けての大きな課題は、モジュールの起動停止や負荷変動時の性能劣化であり、この課題解決のために、構造面と運転面から、要素試験と数値シミュレーションの併用で解決していく方針が明確になっている。</p> <p>しかし、中間目標を達成出来ていないケースも見られるので、集学的協力を促進するなどして、研究開発体制の強化を図るべきである。中温円形平板型の開発では、コスト面から実用化に必要と想定されているサイズでの耐久性試験結果が目標をクリアしておらず、セルの損傷を含めた課題を解決する技術開発が不可欠である。</p>

	<p>型の開発では、電解質の粉末化という課題が明確にされたことが評価できるが、本質的な問題に発展するリスクがあることから、課題解決方法を早急に検討・実施する必要がある。</p> <p>また、円形平板形では、熱・温度管理の難しさが発現したものとして、課題が提示されている。セル寸法拡大は当初計画通りとは言え、小型セルスタックの負荷変動時の損傷を解決できないままに、セル大型化を進めている現状からは、最終目標を達成できるとは判断しがたい。折角の集学的支援体制が本課題については十分に生かされておらず、研究開発体制の強化を図るべきである。</p>	<p>本プロジェクト終了後、早期に初期導入に入れるよう、システム開発企業は用途をより絞り込み、現在採用している起動停止および負荷変動条件が適切であるか十分に検討すべきである。</p> <p>また、実用化に向けて SOFC の多様な形式を追求することの重要性は理解できるが、低電圧の FC において高温というデメリットがある SOFC を実用化するには、構造の選択が必要な時期である点も一考の余地がある。</p>
<p>超高効率運転のための高圧運転技術の開発</p>	<p>本事業で実施された SOFC-GT(ガスタービン) 複合発電技術開発は、実用規模を想定したスタックを用いて実証試験を実施し、3000 時間の運転で、耐久性、熱サイクル耐性ともに目標値以上の良好の結果が得られている。マイクロガスタービンとの複合発電においても安全な運転停止を確認し、複合発電については効率、出力規模ともに世界のトップデータを得ている。</p> <p>しかし、本プロジェクトの中の「耐久性・</p>	<p>実用化規模の基盤となるスタックにおける発電試験が実施されており、セルスタックレベルの成果は目標を達成する水準にあることから、実用化が期待できる成果が得られている。また、SOFC-MGT (マイクロガスタービン) 複合発電に対して、起動と緊急停止を含めた運転実績から、実用的な運転への信頼性技術が開発されつつある。更に信頼性を高め、コストダウンを進めるなどして、実用化への道を邁進して欲しい。</p> <p>今後、中容量の SOFC-GT 複合発電が事業として成立する可能性に対する市場調査が必要である。現状の</p>

	<p>信頼性向上のための基礎研究」は、主に常圧環境下で実施されており、高圧運転下における耐久性の検証が十分であるとは言い難く、最終目標である寿命、信頼性の点がまだ不透明である。今後の長期の実証試験において若干危惧される点として、システムとしての性能向上が挙げられ、さらなる努力を望む。</p>	<p>PAFC（リン酸系燃料電池）に取って代わるだけでは、中規模容量発電機市場における今後の成長性が見えない。</p> <p>また、大容量の SOFC-GT コンバインドシステムは、SOFC の有力な事業対象と考えられるが、石炭ガスの利用が重要な要素となるため、その対策についても研究を継続することが必要である。</p>
--	--	--

評点結果〔プロジェクト全体〕



平均値

評価項目	平均値	素点 (注)						
		A	A	A	A	A	A	B
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	A	A	B
2. 研究開発マネジメントについて	2.4	A	A	A	B	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.1	A	A	B	B	B	B	C
4. 実用化、事業化の見通しについて	1.9	B	B	B	B	B	B	C

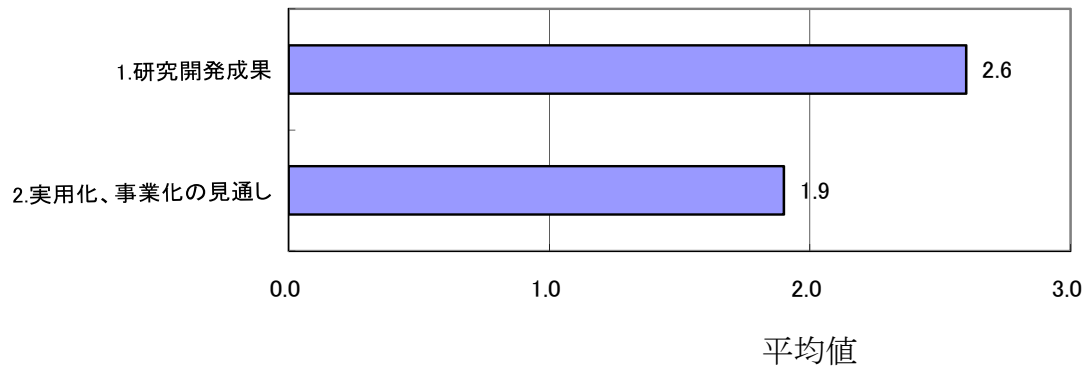
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

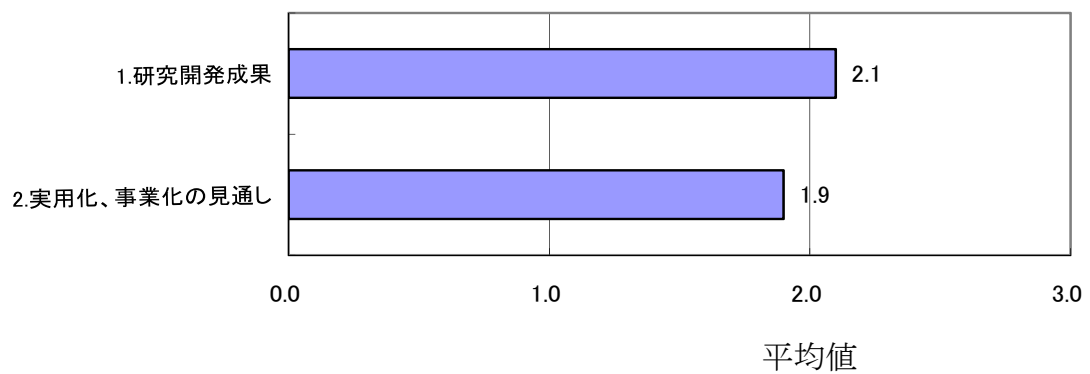
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

評点結果〔個別テーマ〕

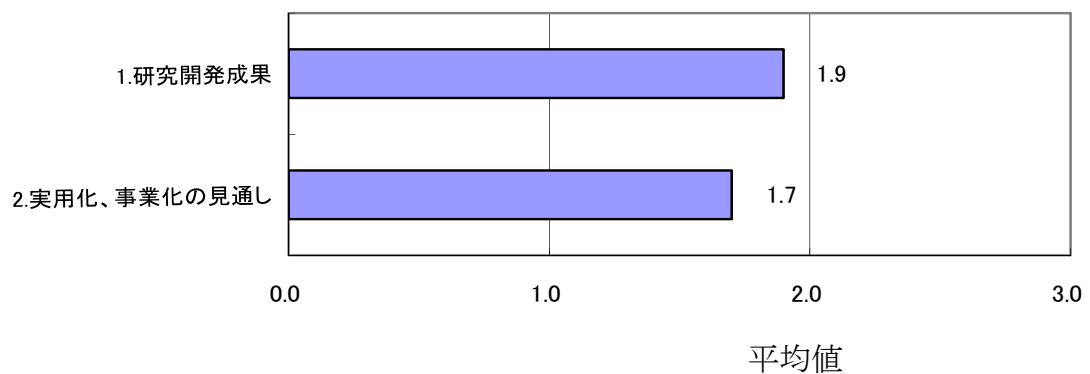
耐久性・信頼性向上のための基礎研究



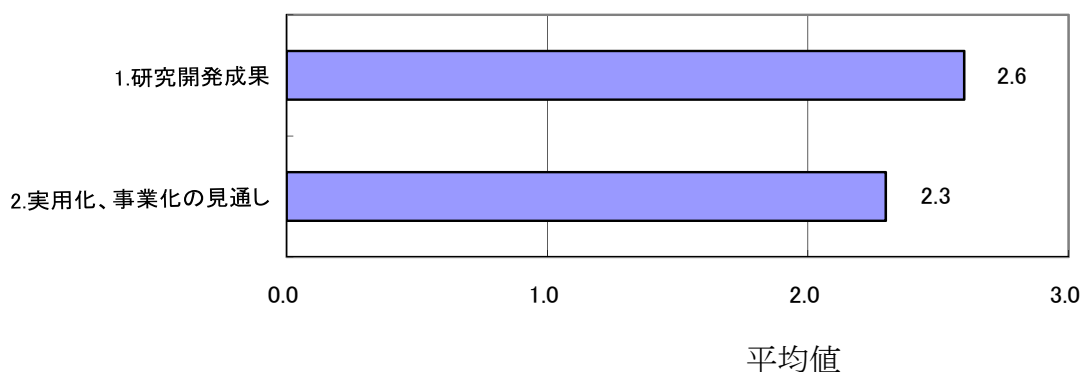
原料・部材の低コスト化及び低コストセルスタック・モジュールの技術開発



運用性向上のための起動停止技術開発



超高効率運転のための高圧運転技術の開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
耐久性・信頼性向上のための基礎研究									
1. 研究開発成果について	2.6	A	A	A	A	B	B	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.9	A	B	B	B	B	C	C	
原料・部材の低コスト化及び低コストセルスタック・モジュールの技術開発									
1. 研究開発成果について	2.1	A	B	B	B	B	B	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.9	B	B	B	B	B	B	C	
運用性向上のための起動停止技術開発									
1. 研究開発成果について	1.9	B	B	B	B	B	B	C	
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.7	B	B	B	B	B	C	C	
超高効率運転のための高圧運転技術の開発									
1. 研究開発成果について	2.6	A	A	A	A	B	B	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.3	A	A	B	B	B	B	B	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について	2. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D