

平成24年度 制度評価書（中間評価）

作成日 平成25年5月

制度・施策名称	エネルギーイノベーションプログラム		
事業名称	固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発	コード番号：P10001	
担当推進部／担当者	新エネルギー部／山本、齊藤、町井、小川、金坂、堀内、藤井 (平成24年12月時点)		

0. 事業概要

(1) 目的

本事業では、PEFCの本格商用化に要求される低コスト化・信頼性向上及び国際標準化の推進等に資する基盤技術開発、市場拡大・普及促進等に資する実用化技術開発、革新的な低コスト化・信頼性向上等に資する次世代技術開発を総合的に推進し、PEFCの普及に必要な要素技術を確立すること等を目的とする。

(2) 事業期間

平成22～26年度（5年間）

(3) 各研究開発項目の概要

①基盤技術開発（委託研究）

PEFCの本格商用化に求められるコストダウン、信頼性の向上を実現するためには、これまでに得られた基礎的メカニズムの知見を基に、産学連携またはシステム、材料・部品等の垂直型連携体制によって燃料電池セルスタックを構成する革新的材料開発を行う必要がある。また、反応・劣化等の詳細なメカニズムを解明して、上記材料開発を支援する解析・計測技術の開発およびセル解析評価の共通基盤技術の開発を行う必要がある。

そこで、格段の低コスト化・高信頼性化を可能とするPEFCの「電解質膜・電極接合体（MEA）」および「電極触媒」に関する革新的かつ実用的な材料の開発を行う。また、反応・劣化等の詳細なメカニズムを解明することで上記の材料開発を支援する解析評価技術の開発およびセル解析評価の共通技術の開発を行う。さらに、我が国の国際市場での優位性の確立に資する国際標準化等を推進する。

（平成22年度に7テーマを採択）

②実用化技術開発（助成事業）＜テーマ公募型研究＞

燃料電池の普及促進・市場拡大を図るためには、市場に広く受け入れられる魅力的な商品化を実現する必要があり、新たな用途の実用化、商品性の向上および低コスト化を推進することが極めて効果的である。そのため、これらに対応した生産技術、高付加価値化技術、安全技術等の実用化技術開発を行うことが必要である。

そこで、燃料多様化技術、多用途・高付加価値システム、低コスト生産技術および安全技術の開発等、PEFCシステムの普及促進・市場拡大に資する実用化技術開発を行う。この場合において、開発成果を利用した製品・サービスのビジネスモデルも十分考慮したものとする。

（平成22年度に2テーマ、平成24に1テーマの計3テーマを採択。）

③次世代技術開発（委託研究、共同研究）＜テーマ公募型研究＞

2020年以降の燃料電池自動車等の本格商用化に求められるPEFCの格段の高信頼性化・低コスト化のためには、現状技術の延長にない次世代技術に関する萌芽的かつ革新的なテーマを捉え、先導的に研究開発を行う必要がある。

そこで、新規電解質材料（電解質膜、アイオノマー）、白金代替触媒およびMEA等の先導的研究開発を行う。ただし、研究開発項目①「基盤技術開発」と重複しない開発とする。

（平成22年度に8テーマを採択）

4) 開発予算（百万円）

	22年度	23年度	24年度	合計
基盤技術開発	4,485	3,869	3,885	12,309
実用化技術開発	51	57	54	162
次世代技術開発	121	114	0	235
合計	4,657	4,040	3,939	12,706

## 1. 位置付け・必要性（根拠、目的、目標）

### （1）背景・目的

#### ①政策上の位置付け

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（CO<sub>2</sub>）・交通量の多い都市部等における地域環境問題（NO<sub>x</sub>、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・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、その実用化への期待が高い。

「新・国家エネルギー戦略」（経済産業省、2006年5月）では、新エネルギーイノベーション計画として燃料電池を新たなエネルギー経済を支える基幹技術と位置づけて戦略的・重点的に技術開発や実証を推進するとしている。

「Cool Earth－エネルギー革新技術計画」（経済産業省、2008年3月）では、世界全体の温室効果ガス排出量を2050年までに半減するという目標の下、CO<sub>2</sub>排出量の大幅削減を可能とする21の革新技術が選定されているが、民生部門で定置用燃料電池が、運輸部門で燃料電池自動車を選定されている。

「環境エネルギー技術革新計画」（内閣府、2008年5月）では、低炭素社会実現に向けた我が国の技術戦略において定置用燃料電池および燃料電池自動車を開発の必要な技術として位置付けている。

「低炭素社会づくり行動計画」（2008年7月）では、定置用燃料電池について2020～2030年頃にコスト40万円/kW、耐久性9万時間まで向上させ本格普及を目指すとしている。

「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。

「新成長戦略」（内閣府、2010年6月）では、燃料電池分野において日本が技術的優位性を有しており、戦略的な国際標準化を進めるとしている。

「日本再生戦略」（国家戦略室 2012年7月）では、燃料電池自動車などの次世代自動車について世界市場を獲得するため、他国を圧倒する性能・品質を実現し、世界的な潜在市場の掘り起こしを図るとしている。また、家庭用燃料電池の普及促進を図ると共に、燃料電池の低コスト化及び耐久性・信頼性向上を図るための技術開発を推進することとしている。

このように、「燃料電池」は継続して政策上の重要な技術分野となっている。

#### ②研究開発政策上の位置付け

資源に乏しい我が国が将来にわたり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・普及によって、各国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んでいくことが不可欠である。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、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となることを目指し、「エネルギーイノベーションプログラム基本計画」が2008年4月に制定された。「エネルギーイノベーションプログラム」は、下記する5つの柱で構成されている。

- a. 総合エネルギー効率の向上
- b. 運輸部門の燃料多様化
- c. 新エネルギー等の開発・導入促進
- d. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保
- e. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

本事業で開発対象としている固体高分子形燃料電池（PEFC）は、高出力密度、低温作動等の特徴を活かした燃料電池自動車、定置用コージェネレーションシステム、可搬電源、情報機器用電源等としての普及が期待されており、本事業は、新エネルギー分野でのイノベーションを促進する高効率かつ低コストを目指した先進的技術開発（上記a, b, cに該当）及び化石燃料の有効かつクリーンな利用（上記eに該当）の施策として、エネルギーイノベーションプログラムの目標達成に寄与するものである。

#### 事業の背景

我が国においては、家庭用PEFCシステムの普及を目指し、2002年度から2004年度まで

「定置用燃料電池システム実証研究」が、2005年度より2009年度まで「定置用燃料電池大規模実証研究」がNEDO事業として実施し、日本全国に累計約3,300台の家庭用PEFCシステムの実運用を行い、省エネ性、信頼性、耐久性等を実証した。こうした成果を受け、業界の統一ネーミングが「エネファーム」と定められ、2009年度より経済産業省の導入支援補助金制度の下、世界初の一般販売がスタートした。2012年度末までの累計の補助金交付台数は、約3万7千台に達している。

我が国の主要な燃料電池に関係するメーカー、エネルギー関係企業等が参加する燃料電池実用化推進協議会（FCCJ）による導入・普及シナリオを図I-2に示す。2020年度以降には本格普及期として累積導入250万台以上の市場規模を目指しており、システムメーカー、材料メーカー、エネルギー事業者、住宅供給者等の民間先行投資も加えながら、市場拡大に向けた努力が進められている。

また、内閣府 内閣官房 国家戦略室が発表した革新的エネルギー・環境戦略（2012年9月）では、2030年の本格普及として累計台数530万台以上の市場規模を目指しており、システムメーカー、材料メーカー、エネルギー事業者、住宅供給者等の民間先行投資も加えながら、市場拡大に向けた努力が進められている。

FCVに関しては、市場への普及を目指し、2002年よりJHFCプロジェクト（水素・燃料電池実証プロジェクト：Japan Hydrogen&Fuel Cell Demonstration Project）が経済産業省の直轄事業として開始されており、FCVの公道走行試験や水素ステーションの運用等が行われてきた。その結果、FCVの燃料電池スタックや燃料電池システムの改良が進み、我が国自動車メーカーのFCVの航続距離は500km以上、最高速度150km/h以上となり、性能は内燃機関車と遜色ないレベルに到達している。

また、2008年7月にFCCJによって、2015年を商用の水素ステーションの設置を開始し、FCVの一般ユーザーへの普及開始を目指す年と位置付ける普及シナリオが発表され、さらに、2010年7月には、このシナリオをさらに発展させものとして、2025年にはFCV累計200万台程度、水素ステーションを1,000箇所程度普及させていくというシナリオが発表されている。

さらに2011年1月には、自動車メーカー及び水素供給事業者13社が2015年からFCVを量産車を販売するとともに、これらFCVの販売に先立ち、エネルギー事業者が4大都市圏を中心として100箇所程度の水素ステーションを先行的に整備することを目指していくという共同声明の発表を行った。

以上のように家庭用燃料電池（エネファーム）を世界に先駆けて商用化する等、着実にPEFCに関する研究成果を上げているものの、更なる普及に向けては耐久性・信頼性の向上に加え大幅な低コスト化が不可欠であるとともに、国際的な市場拡大に向けた取り組みも必要である。また燃料電池自動車においても2015年の普及初期に向けて、各社で研究開発が進められているが、市場投入、さらには本格普及に向けては耐久性・信頼性を確保したうえで大幅な低コスト化を実現していくことが不可欠となる。

海外における取り組み状況としては、米国では出力が数kWから数十kWのフォークリフト、非常用電源等で数kWのPEFCが市場へ投入されつつある。また、FCVについてはカリフォルニア州の燃料電池パートナーシップを中心に実証試験が継続されており、2014年までに46カ所の水素ステーションと4,300台のFCVの導入を見込んでいる。米国エネルギー省（DOE）は水素・燃料電池に関する支援を材料の基礎研究から燃料電池システムや水素製造、供給までも含む広い範囲で継続して実施しており、水素・燃料電池に対する強い期待が伺える。（2010年 \$174M、2011年 \$98M、2012年 \$104M）

欧州では、燃料電池・水素のEUプロジェクト（FCH JU）により燃料電池の研究開発が進められており、本プロジェクトには4億5000万ユーロ（2008～2013）の予算が投入されている。EUプロジェクトとは別に、ドイツ政府は4省（交通建設住宅省、経済技術省、環境省、教育省）が協力した水素・燃料電池技術革新プログラム（NIP）を立ち上げ、官民がリスク負担し、FCV・水素エンジン車および水素供給インフラの技術開発、実証、規格・標準化等を推進している。また、2009年9月には、自動車メーカーと水素供給インフラ会社等が参加してドイツにおいて2015年のFCVの市場普及のための水素ステーションインフラの整備拡大を目指したコンソーシアムが立ち上がり継続した活動を行っている。

このように燃料電池自動車についても我が国と同様に2015年からの一般普及を目指して活発に研究開発がおこなわれており、我が国の国際競争力強化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。

定置用燃料電池の国際標準化については、1998年10月にIECの中に燃料電池発電技術の標準化に関するTC105 (Technical Committee 105: 第105専門委員会) が設立され、活動が進められている。2012年現在では12のWorking Group (WG) が設置されている。

燃料電池自動車に関しては、普及開始に向けて必要となる国際標準は一通り揃いつつある段階になっている。またこの過程において日本は客観的なデータ蓄積に基づき標準案を提案するなどにより、主導的な役割を果たしてきている。次のステップとしては、燃料電池自動車の本格普及に必要な国際標準の整備を進めていく段階となる。

水素インフラの国際標準化については、1989年11月にISOの中に水素エネルギー技術の標準化に関するTC197 (水素技術) が設立されている。そして2010年12月までに11のWGが設置され、国際標準作成を終了したWGもあるが、多くが作成中で活動を続けている。

#### 目的

本事業では、以上のような動向や今までの実施事業の結果、成果を踏まえ、PEFCの本格商用化に要求される低コスト化・信頼性向上および国際標準化の推進等に資する基盤技術開発、市場拡大・普及促進等に資する実用化技術開発、革新的な低コスト化・信頼性向上等に資する次世代技術開発を総合的に推進し、PEFCの普及に必要な要素技術を確立することを目的とする。

PEFCに求められるコストダウン、信頼性の向上を実現するためには、

- 1) 実用化に向けた低コスト、耐久信頼性、性能向上の課題解決および、さらなる低コスト、性能向上、耐久信頼性向上を実現するための材料設計、燃料電池設計の設計指針につなげる燃料電池反応・劣化の詳細なメカニズムを解明する計測・解析技術開発
- 2) これまでの事業で得られた実用化に向けた課題を踏まえ、適用か、用途を広げ市場拡大に資する燃料電池システム開発、
- 3) 格段の低コスト化・高耐久信頼性を実現可能とするPEFCの「電解質膜・電極接合体 (MEA)」および「電極触媒」に関する革新的かつ実用的な材料の開発を行う必要がある。

2010年4月改定の「燃料電池・水素技術開発ロードマップ2010」に記載されたFCV用PEFCのロードマップや、定置用燃料電池システム用PEFCのロードマップにおいて2015年頃の定置用の普及期、FCVの普及開始に向けた短期の技術課題、2020年頃からの定置用の普及拡大期、FCVの普及期に向けた長期の技術課題に対応した技術開発を行い、技術確立を目指す必要がある。

本事業においては、上記を踏まえ、それぞれの課題実現時期も考慮し、適切な実施方策を加味したプロジェクト設定を行うことにより、PEFCの普及に必要な要素技術等の確立を目指す。

#### NEDO関与の必要性

「燃料電池・水素技術開発ロードマップ2010」に示されているように、本事業での取り組みは短期的な目標だけでなく、中長期をにらんだPEFCの本格普及を目指したものであり短期間で完成できるものではない。

また、NEDOでは、「固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発」(平成17年度-21年度)、において燃料電池、における劣化現象の解明、電解質膜、電極触媒の性能向上、定置用改質触媒等の開発を行った。「燃料電池先端科学研究事業 (METI事業)」(平成17-19年度)と引き続き実施した「燃料電池先端科学研究事業」(平成20-21年度)においては、燃料電池の反応・劣化現象なミクロな解明を行うための、新規の計測・解析技術開発を推進してきている。定置用燃料電池技術についても「定置用燃料電池大規模実証研究事業」(平成17-20年度)において、実用化に向けた課題抽出を行った。本事業では、これら関係する複数のプロジェクトの成果等を踏まえ、技術的な発展性も考慮し、総合的な判断の下、「燃料電池・水素技術開発ロードマップ2010」に示されている短期的目標、中長期の目標達成に向けた開発を推進する必要がある。

また、低コスト・高耐久化は複数の大学研究機関等の知見も結集して行う必要のある複雑かつ高度な研究であり、民間企業単独では行い得ず、コスト的にも負担し難いものであり、国が関与しなければ、この分野の取り組みが行われぬか又は大きく遅延する恐れが高い。

一方、平成21年度に実施した（前倒し）事後評価委員会をはじめ学术界・産業界からは、2015年以降の燃料電池自動車の普及初期並びに2020～2030年頃の本格普及に向け、さらなるコスト低減や耐久性向上等に向けた技術開発を国が継続して行う必要性について提言を受けた。

従って、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し、産学連携コンソの実績のあるNEDOの関与が不可欠である。

なお、FCV・水素インフラおよび定置用燃料電池はこれまでにない製品・エネルギーの普及であることから技術開発に留まらず、技術実証、制度の整備（規制見直し）、標準化が必要であり、NEDOはこれらプロジェクトを産学官協調の下、一体的・総合的に推進している。

#### 経済効果

2011年に（株）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PEFCが約5,070億円（127万台/年）、自動車用PEFCが約9,900億円（45万台/年）と予測されている。

以上のように、PEFCの市場規模は家庭用と自動車用を合わせて2025年で約1兆4,970億円となっており、その経済効果への期待は大きい。

#### CO<sub>2</sub>削減効果

平均的な電力需要の一般家庭にPEFCシステムを設置した際のCO<sub>2</sub>削減量は約1.2トン-CO<sub>2</sub>/年となる。これに上記した2025年の家庭用PEFCの導入台数70万台/年を当てはめると、年間84万トンのCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。また、FCVのCO<sub>2</sub>削減量は1台あたり約2トン-CO<sub>2</sub>/年となり、2025年のFCVの導入台数45万台/年を当てはめると、年間90万トンのCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。

以上のことから、また、上記内容に関して外部有識者から、「民間企業単独ではコスト的にも技術難易度的にも実施し難いプロジェクトをNEDOがコントロールして産学連携を推進することは必要であり、本格普及に向けての貢献は大きい」等のコメントを受けていることから、NEDOで本事業を実施することは妥当と考えられる。

#### (2) 目標

本事業の目標は、基本計画において以下のように定めている。

自動車用燃料電池システム 車両効率 : 60%LHV\*<sup>1</sup> (10・15モード)

耐久性 : 5,000時間

作動温度 : -30 ~ 90-100

スタック製造原価 : 1万円/kW

定置用燃料電池システム 発電効率 : 33%HHV\*<sup>2</sup>

耐久性 : 6万時間

作動温度 : 80~90

システム価格\*<sup>3</sup> : 50~70万円

(10万台/年/社 生産ケース)\*<sup>4</sup>

\*1 : 低位発熱量基準 (Lower Heating Value)

\*2 : 高位発熱量基準 (Higher Heating Value)

\*3 : システム価格は、1kW級家庭用燃料電池システムのメーカー出荷額を示す。

\*4 : 想定生産数はシステム価格試算のための仮定であり、市場規模ではない。

2014年度（平成26年度）末において、基盤技術開発および実用化技術開発においては、上記目標値の実現に資する要素技術を確認することとする。これらの目標値は、前記「.事業の位置付け・必要性について」に記載した我が国におけるPEFCの市場導入シナリオ、技術開発ロードマップ、海外技術の動向等から総合的に判断して決定した。すなわち、自動車用燃料電池システムの目標値は燃料電池自動車の普及開始に必要なスペックであり、定置用燃料電池システムの目標値はエネファームが自立的に本格普及するために必要なスペックとした。

一方、次世代技術開発においては、より将来的な目標として、最高作動温度100℃以上またはスタック製造原価4,000円/kW等を見通せる成果を得ることを目指す。この目標値は技術開発ロードマップにおける本格普及期（2020年～2030年頃）の期待技術レベル（下記）を参考に設定した。

自動車用燃料電池システム 高性能化：車両効率60%以上（LHV）  
耐久性：5,000時間  
低コスト化：4,000円/kW（スタック製造原価）  
定置用燃料電池システム 高性能化：発電効率40%以上（HHV）  
耐久性：9万時間  
低コスト化：40万円/kW

尚、2010年4月改定の「燃料電池・水素技術開発ロードマップ2010」については、現在改訂を行っており、ロードマップの改訂により技術開発目標が変更された場合には、本事業の目標についても柔軟に見直しを図る予定である。

以上のことから、また、上記内容に関して外部有識者から、「本目標が達成できれば、我が国の国際的な技術の優位性が確保できるため、国が支援する必要性の高いプログラムである。」等のコメントを受けていることから、目標についても妥当と考えられる。

## 2. マネジメント（制度の枠組み、テーマの採択審査、制度の運営・管理）

### ＜制度の枠組み＞

本事業では、ニーズ・シーズを取り込んで、短期から中長期までの幅広い実用化時期を対象に戦略的かつ効率的な制度設計を行うため、事業の目的と内容に応じ、①基盤技術開発、②実用化技術開発、③次世代技術開発の3つの枠組みを設定した。それぞれ、①基盤技術開発は、PEFCの本格商用化に要求される低コスト化・信頼性向上及び国際標準化の推進等に資すること、②実用化技術開発は、市場拡大・普及促進等に資すること、③次世代技術開発は革新的な低コスト化・信頼性向上等に資することを目的としている。これらを総合的に推進することにより、PEFCの普及に必要な要素技術を確立することを目指す。

以下に①②③の概要を説明する。

#### ①基盤技術開発（委託研究）

PEFCの本格商用化に求められるコストダウン、信頼性の向上を実現するためには、これまでに得られた基礎的メカニズムの知見を基に、産学連携またはシステム、材料・部品等の垂直型連携体制によって燃料電池セルスタックを構成する革新的材料開発を行う必要がある。また、反応・劣化等の詳細なメカニズムを解明して、上記材料開発を支援する解析・計測技術の開発およびセル解析評価の共通基盤技術の開発を行う必要がある。

そこで、格段の低コスト化・高信頼性化を可能とするPEFCの「電解質膜・電極接合体（MEA）」および「電極触媒」に関する革新的かつ実用的な材料の開発を行う。また、反応・劣化等の詳細なメカニズムを解明することで上記の材料開発を支援する解析評価技術の開発およびセル解析評価の共通技術の開発を行う。さらに、我が国の国際市場での優位性の確立に資する国際標準化等を推進する。

上記観点に基づき、当機構が下記に示す7つの具体的技術課題を設定した上で公募を行い、産学連携コンソーシアム形式により研究を推進している。実施期間は（テーマb）のみ平成22～24年度の3年間、他は平成22～26年度の5年間を予定している。

- a. 劣化機構解析とナノテクノロジーを融合した高性能セルのための基礎的材料研究
- b. 定置用燃料電池システムの低コスト化のためのMEA高性能化
- c. 低白金化技術
- d. カーボンアロイ触媒
- e. 酸化物系非貴金属触媒
- f. MEA材料の構造・反応・物質移動解析
- g. セル評価解析の共通基盤技術

上記基盤技術7テーマは、その技術的検討範囲が広く、かつ参加企業・研究機関も多数であるため、プロジェクトリーダー（PL）をテーマごとに委嘱している。PLは、各テーマの参加企業・研究機関が決定した後に、プロジェクトの統一的かつ効率的な推進を行う上で最適な、当該分野に深い造詣を持つ第一人者を任命している。

なお、基盤研究開発は、基礎的な技術検討を含み、参加企業・研究機関にとって高リスクな技術開発項目であるため、全額をNEDOが負担する委託事業として実施している。

#### ②実用化技術開発（助成事業）＜テーマ公募型研究＞

燃料電池の普及促進・市場拡大を図るためには、市場に広く受け入れられる魅力的な商品化を実現する必要があり、新たな用途の実用化、商品性の向上および低コスト化を推進することが極めて効果的である。そのため、これらに対応した生産技術、高付加価値化技術、安全技術等の実用化技術開発を行うことが必要である。

そこで実用化技術開発では、燃料多様化技術、多用途・高付加価値システム、低コスト生産技術および安全技術の開発等、PEFCシステムの普及促進・市場拡大に資する実用化技術開発を行う。この場合において、開発成果を利用した製品・サービスのビジネスモデルも十分考慮したものとする。

上記観点に基づき、本研究開発は、燃料電池の普及促進・市場拡大に資するテーマを幅広く取り入れる必要があるため、テーマ公募型研究として実施し、平成24年度までに3テーマを採択している。

なお、実用化技術開発は、実用化に近いフェーズの技術を企業責任で事業化を目指すものであること等から、研究開発費の1/2をNEDOが負担する補助事業として実施している。

③次世代技術開発（委託研究、共同研究）＜テーマ公募型研究＞

2020年以降の燃料電池自動車等の本格商用化に求められるPEFCの格段の高信頼性化・低コスト化のためには、現状技術の延長にない次世代技術に関する萌芽的かつ革新的なテーマを捉え、先導的に研究開発を行う必要がある。

そこで、次世代技術開発においては、新規電解質材料（電解質膜、アイオノマー）、白金代替触媒およびMEA等の先導的研究開発を行う。ただし、研究開発項目①「基盤技術開発」と重複しない開発とする。

上記観点に基づき、本研究開発は、幅広くシーズを取り入れるため、テーマ公募型研究として実施し、平成22年度に8テーマを採択した。

なお、次世代技術開発は将来的に有望なシーズ技術の育成を目指すものであり、大きな開発リスクを負うことから、基本的には全額をNEDOが負担する委託事業として実施している。ただし、企業単独のテーマにおいては、受益の大きさを考慮して応分の負担を求めるものとし、2/3補助で行う場合もある。

上記①、②、③の全体体制を図1に示す。また、年度別予算を表1に示す。

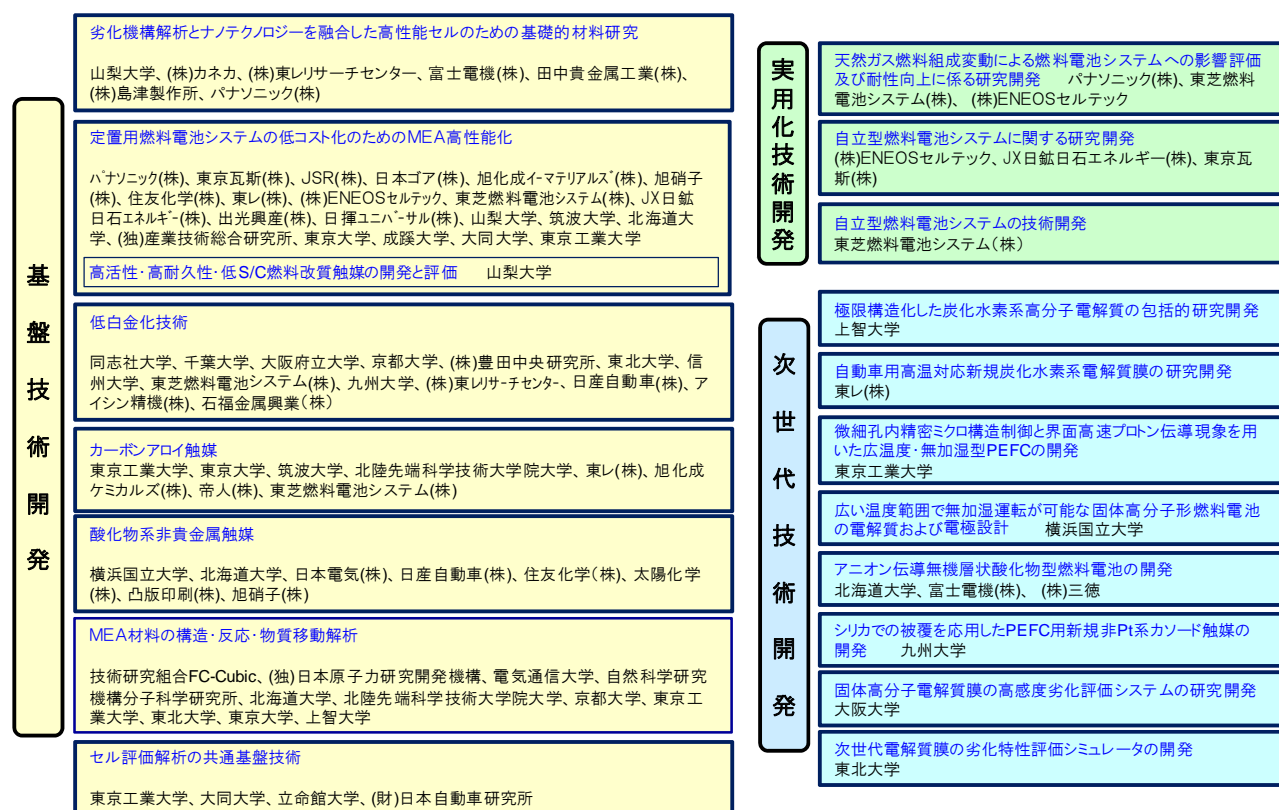


図1 本事業の全体体制図

表1 開発予算

	平成22年度	平成23年度	平成24年度	合計
①基盤技術開発 (委託)	4,485	3,869	3,885	12,309
②実用化技術開発 (1/2助成)	51	57	54	162
③次世代技術開発 (委託または2/3補助)	121	114	0	235
合計	4,657	4,040	3,939	12,706

(百万円)



平成22～24年度の事業全体の予算は約127億円であり、そのうち123億円は基盤技術開発に重点的に配分し、PEFCの本格商用化に向けた技術課題解決につなげる。中でも、燃料電池関連の世界的研究拠点となりえる山梨大学や最先端の評価計測設備となる時空間分解X線吸収微細構造(XAFS)計測技術の確立等に対して重点化している。

このように、本事業はニーズ・シーズを取り込んで、短期から中長期までの幅広い実用化時期を対象に戦略的かつ効率的な制度設計を行っていること、また、上記内容に関して外部有識者から、「基盤、実用化、次世代と、目的と内容に応じて3つの枠組みを設定し、更にそれぞれに対し解決すべき技術課題を分類することにより、きめ細かな対応が取れるように工夫されている。」等のコメントを受けていることから、制度の枠組みについて妥当と考えられる。

さらに、審査基準は公募要領に明示しており、審査委員の氏名等も採択テーマ公表時に併せて公表しており、透明性も確保されていると判断する。

#### <テーマの採択審査>

外部専門家による事前審査において、本事業の目的及び開発目標との整合性、研究計画の妥当性、実現可能性、提案者の遂行能力・体制及び開発実績等について審査を実施し、その結果を踏まえて、最終的に当機構の契約・助成審査委員会で採択テーマを決定しており、厳正かつ公平である。

#### <制度の運営・管理>

##### ①事業全体に関して

NEDOは、経済産業省及び、各テーマのプロジェクトリーダー（基盤技術開発のみ）と密接な連携を持って、目的及び目標に照らし、適切に運営管理することを目指している。

本事業を推進していく上で、PEFCの市場ニーズの把握と今後の開発課題を明確にするため、企業やFCCJ等の各種業界団体と適宜情報交換を行い、市場ニーズや今後の開発課題について理解するとともに、2010年に改訂したNEDO燃料電池・水素ロードマップを活用して現事業の運営が妥当であるかを確認している。また、2010年4月改定の「燃料電池・水素技術開発ロードマップ2010」については、現在改訂を行っており、ロードマップの改訂により技術開発目標が変更された場合には、本事業の目標についても柔軟に見直しを図る予定である。

さらに、海外の技術動向についても把握するため、NEDO担当者、もしくは実施者が海外動向の把握に努めると共に、調査結果を広く普及するため、調査報告会の開催も行った。

各研究テーマの連携や情報発信の強化、産業界からの意見を積極的に取り込む観点から事業全体の研究成果報告会を毎年実施している。

尚、「基盤技術開発」、「次世代技術開発」においては、各テーマ毎に実施内容や直面する技術課題に対して、多面的な意見をもらい、実施内容改善の参考とすることを目的として、NEDOが委嘱した技術委員（専門知識を有する第三者）による技術委員会を設置し、進捗の確認を行うとともに、必要に応じて実施内容の改善を行っている。「実用化技術開発」については、民間企業の事業戦略に基づき事業化を目指すものであるため、技術委員会の設置はしない。

#### 基盤技術開発における産学連携コンソーシアム形式のテーマについて

各テーマ毎に実施内容や直面する技術課題に対して、外部の技術・産業界から多面的な意見をもらい、実施内容改善の参考とすることを目的として、NEDOが委嘱した技術委員（専門知識を有する第三者）による技術委員会を設置している。技術委員の選定については、技術的・実用的観点を加味して、適切な指導・助言を行うことで、研究開発の加速につながる様、企業や大学、業界団体等のバランスを配慮した上で、各テーマに適した委員を選定している。各テーマ毎の技術委員会を年2回開催して、進捗の確認を行い、必要に応じて実施内容の改善を行っている。

技術委員会では、立ち上げ初年度を除き、実質1年程度ではあるが、例えば以下のような指摘を受けて、各テーマ毎の研究計画等に反映させている(表2)。

表2 技術委員会での指摘とその対応

対象 テーマ	指摘内容	NEDOの対応	対応による効果
カーボンア ロイ触媒	新規アイオノマーのMEA試験を中間評価前までに完了する	中間評価に間に合うようなスケジュール修正を依頼した。	中間評価前に新規アイオノマーのMEA試験が一部完了し、アイオノマー研究が加速された。

	こと		
MEA材料の構造・反応・物質移動解析	24年度のXAFSの新ビームライン完成後の有効活用に向けた対応を検討すること。	産業界のニーズを取り入れるため、自動車会社をメンバーに入れXAFS技術委員会を立ち上げ、検討を開始。	自動車会社から他プロジェクトとの連携も含めた、新ビームラインで解析すべき実験内容の提案をもらい、試験計画の作成に着手した。
セル評価解析の共通基盤技術	水素中不純物に関する国際規格は自動車メーカーとして非常に重要視している。	水素循環用燃料電池発電評価装置を日本自動車研究所に追加導入し、研究開発の加速を図った。 実施体制強化のため、大同大学を加えた日本自動車研究所との共同実施体制に変更した。	実際の負荷変動を考慮した試験の実施が可能となるため、CO等、燃料性状の各不純物許容濃度の見直し要否に必要なデータを取得し、国際標準規格策定に反映させた。  定置用燃料電池の不純物影響評価に関して知見の深い大同大学を参画させ、家庭用PEFCに対して構築したH <sub>2</sub> Sやハロゲン系不純物の触媒被毒への影響メカニズムや被毒回復メカニズムを活用することで、自動車用での不純物影響評価を加速できる。(平成24年度より実施)
セル評価解析の共通基盤技術	1cm角セルのセル構造を評価の位置づけを明確にして、必要なら構造を見直すべき。	1cm角セルの目的が、新規少量材料を評価することであることより、100%加湿下でもセル評価可能な1cm角セルを開発する様、指示した。	セルの溝構造を検討し、従来の、直線型からサーペンタイン型に変更することで、新規少量材料の初期評価に必要な100%加湿下での試験が可能となった。
セル評価解析の共通基盤技術	他プロジェクトとの連携について、材料提供者にメリットが解るような連携スキーム/仕組みの構築を行うべき。	次世代技術開発との連携を開始するまでに、MEA評価手法や、本評価による材料提供者への貢献内容を記載した材料開発テーマとの連携に係る冊子を作成する様、指示するとともに、資料内容について指導・助言を行った。	本資料に基づいて連携打合せを行うことで、スムーズな連携につながった。

各テーマ毎のマネジメントとして、例えば「低白金化技術」では、開発中のコアシェル触媒の早期実用化が自動車メーカーから期待されていることを受けて、量産化技術開発を当初予定から1年前倒しすることとした。平成24年度に追加公募を行って石福金属興業(株)を採択し、実用化への加速を図った。

また、「劣化機構とナノテクノロジーを融合した高性能セルのための基礎的材料研究」(以下、HiPer-FC PJ)では、本テーマでこれまでに得られた成果(劣化メカニズムに関する知見、開発された新材料、計測・解析技術等)を自動車メーカーで活用するべきとの提案をPLから受けたため、成果を幅広く活用するための共同研究機関を公募し、日産自動車(株)、(株)本田技術研究所を採択した。その結果、高触媒利用率の燃料電池に関する研究開発や、自動車用耐高電位MEAの応用研究に成果を活用している。

「セル評価解析の共通基盤技術」(以下、セル評価PJ)では、ユーザーである自動車メーカー・材料メーカーで共有化し使えるセル評価手法とするため、技術委員会とは別でテーマ内に自動車会社のエキスパートおよびFCCJによるステアリング・ワーキングを設置した。本ワーキングの定期的な開催によりユーザー企業の意見を常に反映する機会を提供することで、自動車会社の知見を折り込んだセル評価マニュアルが作成できた。

### ③実用化技術開発について

燃料電池の更なる普及促進・市場拡大を図るため、平成24年度に追加公募を行い、1件の採択を行った。本技術開発では、平成22年度から23年度にかけ、停電対応時に系統電力から自立しての運転が可能な家庭用PEFCシステム及びその要素技術開発を目的として「自立型燃料電池システムに関する

る研究開発」を実施してきた。しかしながら、今般の東日本大震災等により、非常時あるいは停電時の家庭用電源や、非常用電源としての定置用燃料電池の必要性が高まってきたことがあり、平成24年度の追加公募にて、系統停電時に燃料電池システム単独で起動を可能とするための蓄電池を組み込み、より実用化の普及に向けた「自立型燃料電池システムの技術開発」を採択した。

#### ④次世代技術開発について

次世代技術開発については、各テーマの実用化に向けた観点を意識し、マネジメントを実施している。例えば、NEDOが設置した技術委員会については、各テーマの実用化可能性や実用化に向けた課題についてより多くの意見を取り入れるため、技術の受け取り手であるユーザー（自動車、定置用）企業から委員を選定している。技術委員会は年2回、各テーマの進捗の確認を行い、必要に応じて実施内容の改善を行っている。

先述の8テーマは平成22年～23年の2年間で実施した。平成24年度は、今後、本技術開発で取り組むべきテーマについて、中間評価、事後評価等にて、学会・産業界等の外部有識者と意見交換を行い、現状の技術レベルや解決すべき課題を明確化した上で、次年度以降の実施を検討している。尚、平成22年～23年に実施したテーマについては、得られた成果を活用して、産業界を中心とする実用化に向けた取り組みを模索するとともに、各テーマの事後評価の結果を参考にして、平成25年度以降のテーマ化等を検討する予定である。

#### ⑤テーマ間の連携について

「基盤技術開発」では、テーマ間の連携強化を目的として、各テーマのPL（プロジェクトリーダー）全員が出席するPL会議を平成22年度に実施した。具体的には、各テーマの研究内容について意見交換を行うとともに、各材料開発テーマで開発された新規触媒、電解質膜のセル評価PJでのセル評価実施について、および「MEA材料の構造・反応・物質移動解析」で建設中であるSpring-8ビームラインの活用方法について意見交換を行った。その結果、例えば、セル評価PJとの連携については、「研究成果」および「知的財産」の取り扱いについては、開発担当側テーマの主体性を尊重して連携を進めていくことで、各テーマ間での合意を得た。本合意により、セル評価PJと材料開発テーマの連携が実現できた。

テーマ間連携に関しては、NEDO事業等で開発された材料を系統的（統一的）な評価手法で評価すること、また、得られた結果を材料開発者にフィードバックし、材料開発の加速につなげることを目的として、触媒開発テーマ（「低白金化技術」、「カーボンアロイ触媒」、「酸化物系非貴金属触媒」）とセル評価PJの連携を進めている。具体的には、各触媒開発テーマで開発した新規触媒についてセル評価PJで実セルでの評価解析を行っている。今後も継続的な連携により、各新規触媒の系統的な評価解析を行うとともに、評価結果を各実施機関へフィードバックし、触媒開発の加速につなげる。本連携を円滑に進めるため、NEDOは各触媒開発テーマとセル評価PJとの連携打合せを主催し、各機関の要望を踏まえ、連携を進める様に促した。また、連携の進捗を随時把握し、秘密保持契約の締結や、材料の提供方法や提供時期に関して調整を行った。

その結果、第三者機関として、各テーマでの評価結果が適切であることを確認するとともに、材料開発の課題を提示した。具体的例として、「低白金化技術」には、コアシェル触媒MEA化時の金属イオン溶出抑制方法、「カーボンアロイ触媒」には、実運転に近い環境での耐久性についてフィードバックを行った。

「定置用燃料電池システムの低コスト化のためのMEA高性能化」（以下、定置用PJ）で開発された電解質膜開発の加速を目的として、定置用PJとセル評価PJがMEA中の水移動解析評価について連携した。具体的には定置用PJで開発した電解質膜をセル評価PJで開発した水移動評価装置を用いて電解質膜の評価を行っている。

さらに、「MEA材料の構造・反応・物質移動解析」で実施している触媒層中の物質移動の原理解明加速のため、本テーマとセル評価PJの連携を実施している。具体的には、セル評価PJで開発した集束イオンビーム走査型電子顕微鏡（FIB-SEM）によるMEA断面観察手法の活用を検討している。

「次世代技術開発」では、8件のテーマの内、6件の材料開発テーマについては、開発した新規材料を系統的（統一的）な評価手法で評価すること、また、実セルでの発電評価により、実用化に向けた課題を明確にするとともに、材料開発の加速につなげることを目的として、「基盤技術開発／セル評価解析の共通基盤技術」との連携を行った。本連携を円滑に進めるため、NEDOは各触媒開発テーマとセ

ル評価PJとの連携打合せを主催し、各機関の要望を踏まえ、連携を進める様に促した。また、連携の進捗を随時把握し、秘密保持契約の締結や、材料の提供方法・時期に関して調整を行った。

その結果、実用化を念頭においた現状レベルの確認と材料開発課題を提示した。具体例としては、「極限構造化した炭化水素系電解質膜の包括的研究開発（上智大学）」より炭化水素系電解質膜（膜厚：28 μm）の提供を受け、一次評価実施し、提供を受けた材料はガス透過しにくい電解質膜であることが確認できた。そこで、MEAとしての性能向上のため、薄膜化を提案し、再提供を受けた電解質膜（膜厚：10 μm）の評価を実施したところ、高電流密度側でのMEA性能向上が見られた。

2件の電解質膜劣化評価手法の開発については、各評価手法の妥当性を確認することを目的として、「HiPer-FC PJ」と連携を実施した。具体的には、「HiPer-FC PJ」山梨大学で開発した電解質膜やその分子構造情報の提供を受け、各評価手法の検討を行うとともに、得られた結果について、山梨大学で実施した実発電による電解質膜劣化との整合性を確認し、評価手法の妥当性を検討した。本連携を円滑に進めるため、NEDOは、各テーマの進捗状況を随時把握し、連携打合せを主導した。また、テーマ終了時には、次世代技術開発2機関（東北大学、大阪大学）と山梨大学の連携打合せを主催し、各評価手法の妥当性と今後の研究開発の方向性について議論を行った。その結果、東北大学で実施していた「固体高分子電解質膜の高感度劣化評価システムの研究開発」については、本手法が山梨大学で実施している電解質膜の開発に有効であるため、平成24年度から「HiPer-FC PJ」において活用されている。

#### ⑥実用化に向けたマネジメント

本事業では、基盤技術開発、実用化技術開発、次世代技術開発の3つのフェーズで区分けしている。フェーズは各技術開発で異なるが、いずれも得られた成果が実用化に結びつくことを意識して目標設定や運営管理を行った。

基盤技術開発のうち、「HiPer-FC PJ」、「低白金化技術」、「カーボンアロイ触媒」、「酸化物系非貴金属触媒」については、大学等が主体となって研究を進めている材料を早期に実用化できるよう、材料開発メーカーを各テーマに参画（「HiPer-FC PJ」（田中貴金属工業、カネカ）、「低白金化技術」（石福金属興業）、「カーボンアロイ触媒」（帝人、旭化成ケミカルズ）、「酸化物系非貴金属触媒」（住友化学、旭硝子））させ、実用化を促進するPJを編成した。「低白金化技術」では、プロジェクトで実施しているコアシェル触媒技術を早期に実用化し、量産化技術に取り組むことがFCVの市場投入、更には本格普及に向けた低コスト化に必要と判断し、当初予定を1年前倒しして平成24年度に触媒メーカーの追加公募を行い、研究体制に組み込んだ。

実用化フェーズに近い材料については、ユーザー企業へのサンプル提供を促す。

定置用PJでは、電解質膜等を開発する材料メーカーとシステムメーカーが主体となる編成を行い、実用化に向けた開発を推進する様にマネジメントを実施した。

解析評価技術、反応・劣化メカニズムに係るテーマについては、開発した解析評価技術や、その知見から得られる材料開発指針が広く産業界で活用されることで、新規材料の実用化の加速に貢献することが狙いである。そこで、研究体制としては、大学・研究機関が主体であるが、PL等をユーザー企業からの出身者とし、産業界の要望を反映した解析評価技術の確立や、材料開発指針が作成可能な体制とした。

実用化技術開発では、各テーマについて定置用燃料電池システムメーカーが主体となり、実用化に資する技術開発を行っている。

また、助成申請時に企業化計画書の提出を受け、実用化時期を確認の上、採択を行った。さらに、事業終了後には、企業化報告書の提出を受けるとともに、必要に応じて追跡調査・バイドールフォローアップ調査を活用して事業化のトレースを行い、実用化につながるようにしている。

#### ⑦知財マネジメント

知財については、各テーマ毎に実施している課題の技術フェーズが基盤的な技術から材料開発の実用化に近い技術までと多岐に渡り、知財マネジメントに対する運営方針が違ってくるため、各テーマのPLを中心に運営・管理を実施した。

例えば、新規材料開発を行う「HiPer-FC PJ」では、特許庁の知財プロデューサー制度を

活用して、本PJ専門に担当してもらい出願を推進している。また、材料関係でノウハウに関わる部分は特許出願を行わず、強力な特許は国際出願し、効率的に権利確保するように進めている。

また、「カーボンアロイ触媒」では、テーマ内に特許担当者を配置し、特許担当者が会議に参加して、開発された技術の特許化するのが妥当かを判断した上で特許出願を行った。企業が共同出願に合意しない提案は、特許権価値が低いと判断し特許出願を見合わせるなど、有効な特許出願が行えるようマネジメントを行っている。特許権の持分等については別途、討議し寄与度に対して持分等が公平になるよう決定している。

さらに、他のNEDOプロジェクト等で開発された電極触媒や電解質膜等の材料をセルで評価を行い、実用化に向けた材料課題の抽出を行うセル評価PJでは、セル評価から得た評価・解析結果からは特許出願を行わないというマネジメントを行っている。これにより材料提供先から特許出願前でも材料提供してもらい、素早いフィードバックを行い開発を促進することと、材料提供先の特許出願の推進に結びつけるようにしている。

加えて、情報管理の観点から、「定置用PJ」の不純物影響度予測手法の開発で取得した貴重なデータは、我が国共通の財産として産業界の発展に寄与すると考えられるため、プロジェクト外の利用については、参加委託者間の同意を得た上で、秘匿契約を締結後に開示する運用とした。

制度の運営管理については、①～⑦のとおりであり、また、上記内容に関して外部有識者から、「NEDO自身によるPJ全体の取り纏めに加え、各PJ技術委員会を設置して外部意見を取り入れたり、PJ全体のPL会議などを開催し、その都度進展し事態が変わるPJ全体の整合性を図ってきたマネジメントは良かったと評価したい。」「NEDOは経産省、各テーマのプロジェクトリーダーと密接な連携を持って、目的及び目標に照らし、適切にマネジメントしている。」等のコメントを受けていることから、制度の運営管理についても概ね適切に行われていると考えているが、下記のようなコメントも受けており、一部については改善すべき事項もあると考える。

具体的には、「プロジェクト間連携は一部で行われているものの、全体的には不足気味である。プロジェクト間交流を活性化させ、共有できる課題をプロジェクト間で分担できるようになれば、さらに開発効率が向上すると思われる。」とのコメントを受け、これまでに、テーマ間での連携は着実に進めているものの、今後、更なる連携強化により、研究開発を加速させる必要があると考える。具体的には、「MEA材料の構造・反応・物質移動解析」にて開発された解析評価手法を各材料開発テーマでも活用し、材料開発の加速を図る。また、他テーマでも共通して適用可能な材料等については、連携を進めながら、材料開発の加速につなげていく予定である。

「成果を活用する時期が2020年のテーマと2025年以降のテーマに分かれているので、活用時期に応じた予算の付け方に工夫が必要と思う」、「触媒関連として、低白金化に関する開発と非白金系に関する開発を同時に進めているが、前者は早期解決型、後者は将来基礎重視など、今少しメリハリをつけても良いのではないか？」とのコメントを受けた。そこで、基盤技術開発において比較的早期に実用化(2020年頃)を目指したテーマ(「HiPer-FC PJ」、「低白金化技術」)について、さらなる開発の加速を検討するとともに、実用化まで中長期(2025年頃)を必要とされるテーマ(「カーボンアロイ触媒」、「酸化物系非貴金属触媒」)については、目標設定の見直しを検討する等、各テーマの目標・実施内容・体制等を必要に応じて見直す。

「今回の成果が世界のレベルからみてトップクラスなのかどうかはわかりづらいので、改善してほしい。特に企業がすぐ使えるとは限らない成果について、他国と比べてもこのまま続けていくことでトップレベルが維持できるのかどうか、わかるようになると良い。」とのコメントを受けた。そこで、各テーマについて、得られた成果が世界と比較し、トップレベルにあるかを常にベンチマークし、我が国の技術水準が高いレベルで維持されていることを継続的に確認していく予定である。

「次世代事業はその成果の今後の展開等の評価・検討がないまま当初の2年間で終了してその後の対応が見られず、体系的・総合的なマネジメントが必要。」とのコメントを受けた。これまで、本技術開発はシーズを発掘し、先導的開発を行うことが主旨となっており、実用化に向けた課題が必ずしも明確でないことが課題として挙げられ、今後、公募を行う際には、予め、公募時・採択時における方法について見直しを検討するとともに、実施期間中においても技術委員会等で適宜目標等を見直す等のマネジメントを行う予定である。

### 3. 成果

各研究開発項目毎の成果は下記のとおりであり、固体高分子形燃料電池の高効率化、高信頼性化、低コスト化に向けた成果が着実に得られている。また、外部有識者から、「基盤技術開発では、それぞれのプロジェクトが非常に高い目標設定をしているにも関わらず、中間目標をほぼ達成する成果をあげている。また、実用化を意識した取り組みを並行して進めており、それらも着実に成果をあげている。」等のコメントも受けており、着実に成果が得られているといえる。

一方、「個々のテーマの位置付けと必要性は明確であるが、プロジェクト群が生み出すアウトカムについての関連性を踏まえて位置付けと必要性に不透明な点がある。」とのコメントを受けた。そこで、今後は各テーマで得られた成果が事業全体の目標に対してどのように寄与するのかを示し、プロジェクト全体の中での各テーマの位置付け、必要性を示していく予定で考えている。

また、「各プロジェクト内でサブテーマごとの成果として達成されてきた課題がプロジェクト全体の中でどのように範囲されているかが見えにくい。個別成果のままで終わってしまう可能性も感じられ、個別成果としては評価されるが、プロジェクトへの貢献が明確でない課題が多い。」とのコメントを受けた。そこで、今後は各テーマ内での個々の機関の実施内容が、テーマ全体の目標に結びつくことを明確に示して行く予定である。

さらに、「材料開発において、性能面での数値目標の達成にやや偏重した取り組みが行われている感がある。耐久性確保に向けた一層の取り組みをお願いしたい。」とのコメントを受けた。指摘のとおり、これまでは、初期性能を重視した開発を進めてきたが、一定の成果を得られたこともあり、今後は耐久性確保に向けた取り組みについても進めていく予定である。

#### 基盤技術開発

- ・テーマ a : 劣化機構解析とナノテクノロジーを融合した高性能セルのための基礎的材料開発 (P L : 山梨大学 / 渡辺 政廣)

(中間目標) - 30 で起動し、最高 100 での作動が 30% RH (相対湿度) で可能である MEA を開発する。なお、自動車用を想定した条件においては、効率は定格出力の 25% で 64% LHV、電極触媒の白金等の貴金属使用量は 0.1 g/kW 以下が見通せるものとする。

(主な成果) 標準触媒の 3 倍の初期質量活性、負荷変動 1 万サイクルでの活性低下率が 1/2 以下が達成でき (一部は年度末までに達成見込み)、電解質膜については、-30℃での起動特性や高温低加湿下におけるプロトン伝導率等に優れた炭化水素系膜を開発。触媒層の薄膜化やガスチャネル設計等で MEA での触媒有効利用率の向上を図ること等により、中間目標を達成した。

- ・テーマ b : 定置用燃料電池システムの低コスト化のための MEA 高性能化

(P L : パナソニック(株) / 小原 英夫)

(最終目標) 高温低加湿下 (80~90℃、RH30%~無加湿) で、システム発電効率 33% HHV、耐久性 6 万時間を確保できる電解質膜及びアイオノマーを開発する。また、改質ガスの CO 濃度 500 ppm 条件下において MEA の電圧低下が 20 mV 以下となるアノード触媒及び MEA 化技術を確立する。さらに、システムの全運転条件において、改質ガスの CO 濃度を CO 変成で 2,000 ppm 以下、CO 選択メタン化で 500 ppm 以下とできる低コスト改質系触媒を開発する。開発触媒に関しては、性能及び 6 万時間の耐久性の見通しを実規模の改質器で検証し、CO 除去プロセスを確立する。

(主な成果) 家庭定置用 PEFC の本格普及への最重要課題であるシステムコストの低減と性能・耐久性向上を両立するために必要な革新的な技術開発を実施した。「高温低加湿条件で、現行運転条件と同等のセル性能および 6 万時間耐久性を見通せる電解質材料」、「燃料、空気、システム構成部材等から混入する可能性のある不純物種の影響を見極めることができる予測手法」、「燃料改質器のコスト低減を可能にする CO 選択メタン化触媒を用いた CO 低減機構、および、500 ppm CO を含む改質ガスにおいて電圧低下を抑制できるアノード触媒とスタック運転方法」の見通しを得た。

- ・テーマ c : 低白金化技術 (P L : 同志社大学 / 稲葉 稔)

(中間目標) 「自動車用の燃料電池セルとして、白金等の貴金属使用量 0.1 g/kW 以下で、耐

久性は5,000時間作動及び6万回の起動停止を見通す電極触媒を開発する。また、定置用の燃料電池セルとして、白金等の貴金属使用量1g/kW以下で、耐久性は6万時間を見通すものとする。」という最終目標を達成し得る高活性化及び高耐久化技術の絞り込みを行うとともに、実用化を見据えた大量生産方法を確立する。

(主な成果)「白金使用量0.1g/kw以下=質量活性10倍向上」という目標に対し、ハーフセルで3.3~6倍(Auコア)、2.3~6倍(Pdコア)程度の質量活性、および白金触媒と同等の耐久性を得た。基礎的な検討により、電子構造、表面構造の影響など高活性化・高耐久化要因を明らかにした。コアシェル触媒合成法として浸漬法(Au)および改良UPD法(Au, Pd)を開発し、量産化検討を始めた。

・テーマd:カーボンアロイ触媒(PL:東京工業大学/宮田 清蔵)(平成24年3月委嘱解除)

(中間目標)「自動車用燃料電池を想定した単セル発電において、電流密度1.0A/cm<sup>2</sup>で電圧0.6V以上の性能を示すカーボンアロイ触媒を開発する。耐久性は5,000時間の作動及び起動停止6万回を見通すものとする。」という最終目標を達成し得る高出力化及び高耐久化技術を開発する。

(主な成果)単セル発電において、電流密度1.0A/cm<sup>2</sup>で電圧0.55V(純酸素)が得られた。電気化学的解析、分光学的解析および理論的検討により過酸化水素の発生メカニズムを解明し、モデル触媒研究と理論的検討により、酸素吸着点の一部推定が可能となり、触媒調製にフィードバックし、最終目標達成の見通しが得られつつある。耐久性については、触媒の腐食電流と電位サイクル評価から、活性点の増加が電極としての耐久性向上に有効であることが分かり、触媒開発にフィードバックし最終目標達成の見通しが得られつつある。また、MEA評価を行えるように触媒の中量供給(20g程度)が出来ることを目標として触媒調製法の検討を行い、数gの触媒供給が可能となった

・テーマe:酸化物系非貴金属触媒(PL:横浜国立大学/太田 健一郎)

(中間目標)「自動車用燃料電池を想定した単セル発電において、電流密度1.0A/cm<sup>2</sup>で電圧0.6V以上の性能を示す酸化物系非貴金属触媒を開発する。耐久性は5,000時間の作動及び起動停止6万回を見通すものとする。」という最終目標を達成し得る高出力化及び高耐久化技術を開発する。

(主な成果)酸化物系触媒の活性発現メカニズムの解明に取り組み、分析と理論計算の両面から、活性点は酸素空孔であることを突き止めた。さらに酸素還元反応の速度論的評価の結果をフィードバックすることにより、酸素空孔を効率的に形成する新規触媒作製法の開発や作製条件を最適化し、カソード単極として触媒活性を研究開始時点よりも最大560倍増加させた。また触媒層作製法の最適化により、単セル発電は中間目標である電圧0.6V時における電流密度0.1A/cm<sup>2</sup>を上回る0.365A/cm<sup>2</sup>の結果を得た(純酸素)。

定電流時のセル電圧は初期を除き360時間程度まで低下はなく、500時間耐久の見通しを得ている。

・テーマf:MEA材料の構造・反応・物質移動解析(PL:技術研究組合 FC-Cubic/長谷川 弘)

(中間目標)MEA材料に関し、構造・反応・物質移動のメカニズムを解明する。また、新規のMEA材料及び構成等に関して、前記テーマa~eの材料開発テーマの目標達成に貢献する新規材料の設計指針を提示する。

(主な成果)MEA材料に関し、開発優先度の高い下記メカニズムを明らかにした。

触媒層 : プロトン、酸素、熱/電子それぞれの移動現象

電極触媒 : 反応活性化(触媒表面構造(欠陥)の影響、電解質吸着の影響)

電解質材料: 低加湿条件下プロトン伝導(水チャネル構造の影響、および水構造の影響)

また、新規のMEA材料及び構成の開発に資する指針として、下記事項を提示した。

触媒層 : 全体のモデリングを用い、制御因子とその感度を半定量的に提示

電解質材料 : 高温・低加湿電解質におけるプロトン伝導の因子(水チャネル連結性、水構造)と感度を提示、モデル材料でその指針の妥当性を検証

電極反応 : 触媒表面状態制御の寄与度が高いことを見出し、新たな触媒活性制御因子を提示

・テーマg：セル評価解析の共通基盤技術（PL：大同大学／大丸 明正）  
（中間目標）実セルでの性能評価に適用する標準MEA評価手法及び標準現象解析フローチャートを策定する。

（主な成果）標準MEAを用い設定したMEA評価手法、及び現象解析手法を実際の新規材料に適用し、その評価・解析課題を加味して、目標である標準MEA評価手法（MEA作製作業標準、標準セル構成、性能・耐久評価プロトコル）および標準現象解析フローチャート（性能律速要因解析、耐久劣化現象解析）を策定した。

### ②実用化技術開発

・天然ガス燃料組成変動による燃料電池システムへの影響評価及び耐性向上に係る研究開発

（最終目標）窒素や酸素を含んだ国内地産天然ガスに対応可能な家庭用PEFCシステムを開発し、フィールドテストにより性能・耐久性等を実証する。また、高濃度の酸素を含む国内地産天然ガスや海外で供給される天然ガス組成に対応する場合の実用化課題を抽出すると共に、その対応の方向性を明らかにする。

（主な成果）窒素を含む国内都市ガスに対応可能な家庭用システムを設計・製作し、窒素濃度が約1%、2%、4%の3地点に設置し、実ガスによる性能検証試験を進め、窒素に起因する性能低下が無いことを確認した。また、高濃度窒素（最大約20%）を含む海外の都市ガスに対応可能なシステムの設計・製作及び模擬ガスでの性能検証試験、酸素を含む都市ガスに対応可能なシステムの設計・製作及び実ガスでの性能検証試験を進めた。

・自立型燃料電池システムに関する研究開発（平成23年度終了）

（最終目標）停電対応時において系統電力から自立しての運転が可能な家庭用PEFCシステム及びその要素技術を開発し、一般家庭での実使用を想定した検証試験を行い、実用化課題を抽出すると共に、その対応の方向性を明らかにする。

（主な成果）新規開発したパワーコンディショナーを搭載した家庭用システムを設計・製作し、実際の家庭用電化製品を用いた検証試験を行って、停電後1時間以内の自立起動、自立運転時の負荷追従性等を確認した。

### ③次世代技術開発

・シリカでの被覆を応用したPEFC用新規非Pt系カソード触媒の開発

（平成23年度終了）

（最終目標）シリカ被覆炭素担持Pt触媒について、PEFC作動条件下でのPtの幾何学的構造及び電子状態を検討し、触媒機能の発現機構を明らかにする。また、高い酸素還元活性と優れた耐久性を有するシリカ被覆カーボンナノチューブ担持Pd合金触媒を開発する。

（主な成果）MEA耐久試験に供したシリカ被覆Pt触媒のX線吸収スペクトルを測定し、シリカ層がPtの溶出を物理的に抑制していることを確認した。また、電圧0.85Vで0.17A/mg-Pdの酸素還元活性が得られるPd-Co合金触媒を開発し、シリカの被覆効果を電位サイクル試験で評価した。シリカ未被覆の場合は700サイクルで失活するのに対し、シリカ被覆の場合は1,000サイクルでも初期の約60%の性能を維持できることを確認した。

・アニオン伝導無機層状酸化物型燃料電池の開発（平成23年度終了）

（最終目標）卑金属触媒を用いて、セル温度100℃以上でPEFCと同程度のセル特性が見通せるアニオン伝導無機層状酸化物形燃料電池セルを開発する。

（主な成果）アニオン伝導酸化物型電解質（ $\text{NaCO}_2\text{O}_4$ ）の改良を進め、100℃、相対湿度31%RHにおいて0.2S/cmと高いイオン伝導性を得た。また、厚さ約100μmの薄膜電解質を作製する技術、有効反応面積を増大させる三次元電極構造等を開発した。

・極限構造化した炭化水素系高分子電解質の包括的研究開発

（最終目標）ブロック共重合体構造からなる炭化水素系電解質膜について、高密度化、ブロック構造等の極限化により、膜厚5μm以下、膜抵抗0.125・cm<sup>2</sup>（-20℃）、0.075・cm<sup>2</sup>（95℃、30%RH）以下、イオン交換容量3meq/g以上を得る。

（主な成果）ブロック共重合体構造の炭化水素系電解質膜について、高密度化、ブロック構造等の極限化を進め、膜厚2μmで膜抵抗0.075・cm<sup>2</sup>（80℃、相対湿度30%RH）、イオン交換容量2.36meq/gを得た。また、ジブロック共重合体構造の炭化水素系アイオノ



マーについても構造の極限化を進め、 $80^{\circ}\text{C}$ 、 $90\% \text{RH}$ において $0.1 \text{ S/cm}$ 以上の導電率を有する材料を得た。このアイオノマーと市販のフッ素系電解質膜を用いたMEA発電試験においては、 $80^{\circ}\text{C}$ 、 $90\% \text{RH}$ の条件で $600 \text{ mW/cm}^2$ の電気出力が得られた。

・微細孔内精密マイクロ構造制御と界面高速プロトン伝導現象を用いた広温度・無加湿型PEFCの開発（平成23年度終了）

（最終目標）キャッピング電解質を機械的強度の高い多孔質基材に充填した細孔フィリング膜電解質膜について、 $-30^{\circ}\text{C}$ で $0.01 \text{ S/cm}$ 、温度範囲 $60\sim 100^{\circ}\text{C}$ 、加湿度範囲 $20\%$ （無加湿運転相当） $\sim 90\%$ で $0.05 \text{ S/cm}$ のプロトン伝導性を得る。また、この電解質膜を用い、常温 $\sim 100^{\circ}\text{C}$ の温度、無加湿 $\sim 90\%$ の加湿度で作動可能なMEAを開発し、無加湿・電流密度 $300 \text{ mA/cm}^2$ においてセル電圧 $0.7 \text{ V}$ を得る。

（主な成果）キャッピング電解質を機械的強度の高い多孔質基材に充填した細孔フィリング膜の開発を進め、 $90^{\circ}\text{C}$ 、 $20\% \text{RH}$ で $0.05 \text{ S/cm}$ 以上のプロトン伝導性が得た。この電解質のプロトン伝導機構を解明するため、量子化学計算を行って、無機材料結晶表面とポリマースルホン酸基との界面では少ない固定水を介してプロトンが高速に伝導する界面効果があることを明らかにした。

・広い温度範囲で無加湿運転が可能な固体高分子形燃料電池の電解質及び電極設計（平成23年度終了）

（最終目標）プロトン性イオン液体を用いた広い温度範囲で作動可能な無加湿型燃料電池を開発し、無加湿条件・ $120^{\circ}\text{C}$ で $500 \text{ mA/cm}^2$ 、 $-20^{\circ}\text{C}$ で $200 \text{ A/cm}^2$ の電流密度を得る。

（主な成果）プロトン性イオン液体を用いた無加湿型燃料電池の触媒層に適用するスルホン酸基をアンモニウム型とした新規のフッ素系アイオノマーを開発した。これを用いた単セル発電試験において、 $120^{\circ}\text{C}$ 、無加湿の条件で出力密度 $510 \text{ mA/cm}^2$ を得た。

・自動車用高温対応新規炭化水素系電解質膜の研究開発（平成23年度終了）

（最終目標）高温低加湿条件（セル温度： $100^{\circ}\text{C}$ 以上、加湿度： $30\% \text{RH}$ 以下）において、セル発電性能として $0.4 \text{ V}$ 以上（電流密度 $1 \text{ A/cm}^2$ ）、耐久性として乾湿サイクル1万回、連続OCV発電1,000時間以上の高耐久性を持つ炭化水素系電解質膜を開発する。

（主な成果）高イオン交換容量ポリマー電解質膜の改良に取り組み、ポリマー鎖間相互作用を強化して物理的耐久性を向上させた。この改良膜を用いたMEA発電試験を行い、 $101^{\circ}\text{C}$ 、 $30\% \text{RH}$ 以下の条件で電流密度 $1 \text{ A/cm}^2$ （電圧 $0.4 \text{ V}$ ）を得るとともに、乾湿サイクル試験で1万サイクル以上の耐久性を確認した。

・次世代電解質膜の劣化特性評価シミュレータの開発（平成23年度終了）

（最終目標）陽電子消滅法、溶液分析法を組み合わせることにより、劣化による電解質膜の分子構造の変化を予測可能な劣化評価システムを構築する。

（主な成果）陽電子消滅法と溶液分析法を組み合わせることにより、燃料電池反応で発生する各種ラジカルに起因した電解質膜の劣化を予測可能な評価システムを開発した。この評価システムを用いてフッ素系電解質膜を評価した結果、電解質膜のクラスター構造の破壊にはOHラジカルよりもH、 $\text{O}_2\cdot$ のラジカルの方が強く寄与していることを明らかにした。

・固体高分子電解質膜の高感度劣化評価システムの研究開発（平成23年度終了）

（最終目標）固体高分子電解質膜の分子構造情報を基に、燃料電池の発電に伴い発生する各種ラジカルによる電解質膜劣化量と、この劣化による燃料電池発電特性への影響を予測するシミュレータを開発する。

（主な成果）電解質膜の分子構造情報を基に、燃料電池反応に伴い発生する各種ラジカルによる電解質膜劣化量（分子量、プロトン伝導度の変化）と、この劣化が発電特性に及ぼす影響を予測可能なシミュレータを開発した。ポリイミド系電解質膜及びポリエーテル系電解質膜について計算結果と実験結果の比較を行い、本シミュレーションの妥当性を検証した。

## 4. 総合評価

### 総括

本事業では、PEFCの本格商用化に要求される低コスト化・信頼性向上および国際標準化の推進等に資する基盤技術開発、市場拡大・普及促進等に資する実用化技術開発、革新的な低コスト化・信頼性向上等に資する次世代技術開発を総合的に推進し、これらの幅広いフェーズの異なる研究対象に合った制度や枠組みを適用している。

また、NEDO 新エネルギー部 燃料電池・水素Gおよび、NEDOが委嘱する技術委員を中心として、テーマの進捗確認・指導、及び継続の可否判断等の運営管理を行っている。

その結果、基盤技術開発では、従来約6倍程度の質量活性を有するコアシェル触媒や、 $-30^{\circ}\text{C}$ での起動特性や高温低加湿下におけるプロトン伝導度に優れた炭化水素系電解質膜等が開発された。また、解析評価技術についても、セル評価解析プロトコルの提示や、電解質材料の高温・低加湿におけるプロトン伝導性向上の指針を提示するなど、中間目標をほぼ達成し、着実な成果を上げているといえる。

また、開発された新規触媒の量産化を行うための追加公募や、本技術開発で得られた成果の一部を活用して応用研究を進めるなど、実用化に向けた研究開発や実施体制の構築も適切に進められていると考える。

実用化技術開発では、早期の実用化に向けた技術開発が適切に進められていると考えており、本技術開発の成果を活用した実用化が期待される。

次世代技術開発では、高耐久性を有する新規触媒や、高温・低加湿でも高いプロトン伝導度を有する電解質膜の開発等が行われ、2020年以降のFCV等の本格商用化に向けた先導的な技術開発を進めた。各種材料の性能向上が見られる一方、本技術開発はシーズを発掘し、先導的開発を行うことが主旨となっており、実用化に向けた課題が必ずしも明確でないことが課題として挙げられ、今後、公募を行う際には、予め、公募時・採択時における方法について見直しを検討する。

また、中間年度となる平成24年度に各テーマの中間評価・事後評価を実施した。委員については、NEDOが専門知識を有する第三者を選定・委嘱した。事業全体、各テーマ共に高い評価を受けたものの、さらなるテーマ間連携の実施や、各テーマの体制・目標設定等について指摘を受けた。

### 今後の展開

事業全体としては、今後も、引き続き、情勢変化に対応したタイムリーな運営管理を行っていく。さらに、企業やFCV等の各種業界団体との情報交換を行い、現行事業以外のニーズも取り入れながら次年度以降の計画を策定、実施し、将来のPEFCの本格商用化に要求される低コスト化・信頼性向上等に向けて着実に実施していく。

平成24年度に実施した制度評価でのコメントや、各テーマの中間評価・事後評価の結果を受け、今後は更なる連携強化を実施していく予定である。具体的には、「MEA材料の構造・反応・物質移動解析」にて開発された解析評価手法を各材料開発テーマでも活用し、材料開発の加速を図る。また、各テーマで開発を実施しているが、他テーマでも共通して適用可能な材料等については、PL会議等にて紹介し、他テーマでも連携・活用可能にし、材料開発の加速につなげていく。

また、基盤技術開発において、比較的早期に実用化(2020年頃)を目指したテーマ(「HiPer-FC PJ」、「低白金化技術」)について、さらなる開発の加速を検討するとともに、実用化まで中長期(2025年頃)を必要とされるテーマ(「カーボンアロイ触媒」、「酸化物系非貴金属触媒」)については、目標設定の見直しを検討する等、各テーマの目標・実施内容・体制等を必要に応じて見直す。

さらに、得られた成果が世界と比較し、トップレベルにあるかを常にベンチマークし、我が国の技術水準が高いレベルで維持されていることを継続的に確認していく。

上記内容を基に、基盤技術開発では、各テーマ、必要に応じて、研究開発内容、実施体制等について見直しを行い、追加公募を行う予定である。例えば、「酸化物系非貴金属触媒」では、これまでに活性原理を解明するため、放射光を中心としたex-situ解析に取り組み構造物性解析を行ってきたが、今後は更なる活性向上とメカニズム解明のためにin-situ環境下で反応過程を観測する測定系を構築し、触媒活性点の定量化等を行う機関等について公募を行う予定である。

また、本年度終了予定の「定置用P J」では、実施中の4テーマ全てについて、目標を達成する成果が得られた。しかしながら、実施してきたテーマの内、引き続き実用化まで長時間を要するハイリスクであり、かつ、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ち寄り、協調して実施する必要があるテーマについては、来年度、公募を行い、実用化につなげていく予定である。

実用化技術開発についてはP E F Cの更なる市場拡大・普及促進のため、追加公募を実施する予定である。

また、次世代技術開発については、課題設定や採択方法について検討を行った上で、追加公募を実施する予定である。具体的には、新規電解質材料（電解質膜、アイオノマー）、白金代替触媒およびMEA等（ガス拡散層（GDL）やシール材、セパレーター等を含む）の先導研究開発を行う予定である。

尚、本制度評価を行うに当たり、事前に外部有識者、実施者を対象に本事業の制度についてコメント収集を実施した。そのコメントを別紙に示す。

以上

(別紙)

「固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発」

制度評価 アンケート対象者一覧

外部有識者

(敬称略)

	氏名	所属
1	おんだ かずお 恩田 和夫	豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 名誉教授
2	かめやま ひでお 亀山 秀雄	東京農工大学大学院 工学府産業技術専攻 教授
3	さとみ ともひで 里見 知英	燃料電池実用化推進協議会 企画部長
4	よしたけ まさる 吉武 優	燃料電池開発情報センター 常任理事・事務局長
5	こじま こういち 小島 康一	トヨタ自動車株式会社 FC開発部 部長
6	はまだ あきら 浜田 陽	JX日鉱日石エネルギー株式会社 研究開発本部 中央技術研究所 水素・FC研究所 所長
7	わりいし よしのり 割石 義典	株式会社本田技術研究所 四輪R&Dセンター 第五技術開発室 第4ブロック 主任研究員

実施者

(敬称略)

	氏名	所属
1	おまた とみお 小俣 富男	山梨大学 燃料電池ナノ材料研究センター 教授 研究企画部長
2	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部機能分子・生命科学科 教授
3	あおき つとむ 青木 努	東芝燃料電池システム株式会社 技監
4	おおさか たけお 大坂 武男	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 物質科学創造専攻 教授
5	おおた けんいちろう 太田 健一郎	横浜国立大学 工学研究院 グリーン水素研究センター 特任教授
6	はせがわ ひろし 長谷川 弘	技術研究組合FC-Cubic 専務理事
7	ほり みちお 堀 美知郎	大同大学 工学部 機械工学科 教授

# 「固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発」

## (制度評価) 評価コメント票

### 1. 位置付け・必要性

#### <肯定的意見>

国の技術政策にも適い、これまでのNEDOの方針にも沿うPJと思われる。またNEDOの進めるリスクの多いPJの中でもう一步で実用化段階に達し得るものと位置づけられよう。本PJの実施内容も、民間自動車企業が手懸ける現状技術に対し、ロードマップなどに従いその少し先を見た基盤技術や近未来の先行技術を開発するものや、電池の共通の評価計測・試験法を確立するもので、国と民間の役割分担も明確と思われる。

②企業単独では実施、解決が困難な課題や中長期的に解決すべき課題解決に重点化するなど、本事業に携わる企業の認識、要望に合致している。

③普及実現に対する主要課題が的確に捉えられている。

④定置型FC、FCVの低コスト化のためのテーマ選定が行われている。

⑤企業単独では取り組むことが難しい先端的なテーマも取り上げ、大きな前進が見られる点、評価できる。

⑥民間企業単独ではコスト的にも技術難易度的にも実施し難いプロジェクトをNEDOがコントロールして産学連携を推進することは必要であり、本格普及に向けての貢献は大きいと思う。

⑦定置用燃料電池はすでに実用化が始まり、燃料電池自動車・水素インフラも2015年からの普及開始が見込まれるまでに技術開発・実証が進み技術も成熟してきたが、環境・エネルギー戦略に示される将来の環境・エネルギー政策に確実に貢献するためには早期の本格普及が必要であり、そのためにはこれまで以上の低コスト化と耐久性を向上させる飛躍的な技術・材料の開発が不可欠であり、本事業の取組には極めて大きな期待がかけられている。

PEFC開発はNEDOの力強い支援の元、ENE-FARMの一般販売が開始されるなど、世界的にも先進的な技術水準に達して来たが、今後の、本格商業化に向けては、定置用、FCV用、いずれも、更なる高性能化、低コスト化、高耐久化が必須である。

⑨長期的な視野に立って戦略的に取り組む研究であり、1企業では取り組めない分野であるが、本目標が達成できれば、我が国の国際的な技術の優位性が確保できるため、国が支援する必要性の高いプログラムである。

#### <問題点・改善すべき点>

成果を活用する時期が2020年のテーマと2025年以降のテーマに分かれているので、活用時期に応じた予算の付け方に工夫が必要に思う。

②今回の成果が世界のレベルからみてトップクラスなのかどうかはわかりづらいので、改善してほしい。特に企業がすぐ使えるとは限らない成果について、他国と比べてもこのまま続けていくことでトップレベルが維持できるのかどうか、わかるようになると良い。

改善すべき点があったとしても残りの期間ではすぐに軌道修正できないのではないかと危惧します。年度の初めにして、2年間の成果から残りの3年のどのように進めるかを検討すべきのように感じる。

目標、アウトプットの目指すところは、日本の技術レベルだけにとらわれることなく、広く世界の最高レベルをベンチマークとすべきであり、必要であれば国際的な協力体制も必要だと思われる。

本事業全体の目標設定で掲げられた性能・コスト等はあくまで実用化システムとしての包括的な目標であり、各プロジェクトにおいてはそれぞれのフェーズに基づきその実用化へ貢献できる時期やスケジュール、その受け持つ部分を明確に切り分けた目標設定が望まれる。

ENE-FARMについては、SOFCタイプとの棲み分け、位置づけを明確にして、海外展開の可能性を含め、最大限そのポテンシャルを引き出すべく今後の課題・スケジュールを明確にしておく必要がある。FCVについては、触媒、アイオノマ、MEA化技術などの開発を加速するべく、プロジェクトの再編成も含めた効率的な運営に努めて頂きたい。

個々のプロジェクトの位置付けと必要性は明確であるが、プロジェクト群が生み出すアウトカムにつ

いての関連性を踏まえて位置付けと必要性に不透明な点がある。

<その他の意見>

①専門家の間での自己満足だけでなく、民意に問いかけることを前提に、今回の成果が国際的にみてどんな位置づけかを示し、研究開発の成果が我が国の産業競争力に貢献していることをわかりやすく示す工夫が必要に思われる。

FCV の本格実用化に向けては、水素インフラの確実な整備、水素エネルギーに対する世の中一般の理解確保、FCV 車の燃費の優位性が必要であり、本技術開発と連携した開発計画を実施して頂きたい。

## 2. マネジメント

<肯定的意見>

NEDO 自身による PJ 全体の取り纏めに加え、各 PJ に技術委員会を設置して外部意見を取り入れたり、PJ 全体の PL 会議などを開催し、その都度進展し事態が変る PJ 全体の整合性を図ってきたマネジメントは良かったと評価したい。

②基盤、実用化、次世代と、目的と内容に応じて3つの枠組みを設定し、更にそれぞれに対し解決すべき技術課題を分類することにより、きめ細かな対応が取れるように工夫されている。

③基盤技術開発では、企業を何らかの形で関与させることにより、常に実用化を意識した研究開発が行えている。

④技術委員会の設置により、定期的に有識者が進捗状況をチェックできる仕組みが出来上がった。これは、研究開発の効率的推進に寄与している。

PL が関係大学、企業をまとめ、一つの方向に向かって進めようと努力している。

⑥NEDOは、経産省、各テーマのプロジェクトリーダーと密接な連携を持って、目的及び目標に照らし、適切にマネジメントしていると思います。また、技術委員会も有効に機能していると思います。

⑦実用化を加速させるために、材料開発メーカーを各テーマに参画させていたり、産業界からの意見を積極的に取り込むための数々の施策を打っているなど、産学連携が十分にできていると思います。

⑧研究機関での開発成果を実用化に導く道筋として、プロジェクト期間中でも必要に応じて実用技術への移転を担う民間企業の参加を組み入れるタイムリーなマネジメントがなされている。

⑨本技術開発の推進により、PEFC に関連した種々の解析技術の高度化が進展した。

⑩各プロジェクトのリーダーは自分のプロジェクトをよく管理していると思える。

⑪公募に関して、現在の私の担当しているプロジェクトに関して問題は無かった。

⑫プロジェクト運営に際しても担当主査には制度の中で十分な対応をしてもらっている。

⑬公募説明会がタイムリーな時期に名古屋での説明会も行われ、大変妥当であったと考えます。

⑭公募説明会では、資料の配布もあり、募集要件は妥当であったと考える。

⑮公募前に不明な点があり、数回にわたり NEDO にも出向きましたが、その際は十分に対応いただいたと考えます。

概ね適切に制度の枠組みの見直しが行われていると思われる。

燃料電池の開発ステージに対応して柔軟に枠組みを見直しており、課題解決に向けた適切なプロジェクト体制となっている。

公募の募集要件は、目的、目標値などが具体的であり、提案書作成に関しては特に疑問点や難しい点はなかった。

⑰公募期間中の問合せに対しては、迅速に回答をいただいた。

⑱中間評価を実施したり、プロジェクトの進捗に合わせて見直しをかけるなどのフレキシブルな対応が取れていると思います。継続して戴ければと思う。

21 プロジェクトで求められている目標についての説明をもう少し丁寧にする事によって、プロジェクトで求められているところを良く理解して戴けるのではない。

22 公募プロセスは、周知を含め適切に行われた。

<問題点・改善すべき点>

今後 PL 会議などより広い場を通じて各 PJ で得られつつある果実を融合させ、螺旋状に開発を進展させ、各 PJ の最終目標を達成させると共に、FCV の実用化に本 PJ が大きな貢献をすることを期待したい。各 PJ で解析計測や計算シミュレーションなど共通するものも多いと感じられる。互いの情報交

換を元に切磋琢磨も必要と思われる。

②基盤技術開発において、多数の機関を7つの技術課題解決プロジェクトの中に無理やり割り振った感がある。そのため、一部で連携が取り難くなる等、マネジメントが行い難くなっているのではないかと懸念される。

③基盤技術開発において、プロジェクト間連携は一部で行われているものの、全体的には不足気味である。プロジェクト間交流を活性化させ、共有できる課題をプロジェクト間で分担できるようになれば、さらに開発効率が向上すると思われる。

PL間でそれぞれの成果を活用しようとする姿勢が少ない

⑤大学の成果を企業へ移管する際、大学の本来の仕事は研究開発なので、移管の業務の受け皿が無いことが懸念される。触媒は企業との連携ができてきているようなので、量産に必要な開発が進めやすいと思えるが。

⑥現在作ろうとしている標準MEAは、世間の並の性能しかでないように思います。最初からトップレベルのMEAと評価できると、自分たちの作製した開発品がトップレベルかどうかはわかるが、現状のように並のMEAだと、常に開発した材料が上回っていることだけになり、本当の実力が世間と比べてわからないことになる点が危惧される。

PLに大学の先生が多く、先生方の権威があるため、相互に相談することが難しいように感じる。NEDOが間に入るか、あるいは、産業界のメンバーがPLの皆さんが集まる場に参加し、相互のプロジェクトの活用方法を提言・アドバイスするなど工夫がほしい。

関連するプロジェクト間の連携をもっと強化すべきだと思う。特に、基盤技術開発においては、その中心プロジェクトであるHiPer-FCと、FC-Cubic、セル評価プロジェクトの連携をもっと強化すべきだと思う。

新規開発技術の企業側へのフィードバック、具体的利用方法などの構築をお願いする。また、新規材料のサンプル供給体制確立をお願いする。

次世代、基盤、実用化技術開発の3ステージに分類した取組は評価されるが、相互の関連性、位置づけ等が明確でない。要素基盤技術はコンソーシアム型で進められているがそれぞれのフェーズと期待されるアウトカムの時期が異なるものの同様な目標仕様設定で進められており、必ずしもフェーズにあった戦略的な体系とはなっていない。また、次世代事業はその成果の今後の展開等の評価・検討がないまま当初計画の2年間で終了してその後の対応が見られず、体系的・総合的なマネジメントが必要。

触媒関連として、低白金化に関する開発と非白金系に関する開発を同列に進めているが、前者は早期解決型、後者は将来基礎重視など、今少しメリハリをつけても良いのではないかと懸念される。

不確定性、多様性、多義性のある複数のプロジェクトを統一的に管理できていないように見える。

このような大きなプロジェクト群をマネジメントするには、プロジェクト&プログラムマネジメント(P2M)のマネジメント手法を取り入れることが望ましい。

プロジェクトの難易度を考慮して目標をきめ細かく設定することにより、確実な進捗を得る提案が得られるようになるのではないのでしょうか。

<その他の意見>

予算の都合により、少し先を見た基盤技術、近未来の先行技術、電池の共通的評価計測・試験法には予算配分に軽重があろうが、FCVの着実な実現に向けて実施されれば良いと思われる。研究者に夢を与えることもPJの大切な推進力と思われる。

②総じてプロジェクトの参加者が多く、包括的な取組がなされている半面、プロジェクト運営の労力が研究開発の効率的な推進を阻害することが懸念される。周辺テーマはプロジェクトから切り離れた別テーマとしてプロジェクト外部からの連携を進める体系も有効かと思われる。

③イオノマーなど各プロジェクトごとに取り組んでいる課題については必ずしも効果的ではない側面もあり、個別課題として抽出・設定することの検討が望まれる。

④コンソーシアム型プロジェクトのリーダーについて、それぞれの研究主体の研究者が担っているものが多いが、実用化推進の観点から研究面のリーダーとは別に研究開発の方向性をけん引するNEDOあるいは産業界からのリーダー(シッパ等)をより取り入れる体制が望まれる。

多くの企業は次年度の計画を前年度の12月には立案し、1月、2月で承認するようにしている。2、3月に次年度の計画が決まると事後の調整が難しくなる。特に新規のプロジェクトの立ち上げはやりくりで苦労する場合があるので、こんな声もあるとご参考にして戴ければと思う。

基盤技術開発の各プロジェクトに共通する基本課題や関連するテーマの融合により一層効率の良い

展開が期待される課題については、各プロジェクトの本来の（独自の）展開と同時に、各プロジェクトのワクを超えた（プロジェクト横断的に）テーマごとの研究を推進してはどうか（研究効率を上げ、また相互評価のために）。この場合、各プロジェクトにおける知財の取扱いの合意が必要になると考えられるが。

### 3. 成果

#### <肯定的意見>

少し先を見た基盤技術（HiPer-FC や低白金化技術）や、近未来の先行技術（カーボン触媒や酸化物系非金属触媒）は、開発ステージがそれぞれ異なるが、中間目標を着実に達成しつつあると思われる。MEA 材料の構造・反応・物質移動解析は着実に解析測定技術や計算シミュレーション技術を完成しつつあり、一部は有益な情報を提供しつつあると思われる。セル評価解析の共通基盤技術は個々の PJ から出た触媒等を MEA やセルに組み上げる手法を提供し、横断的に試作品を評価すると共に、客観的な試験法を用意しつつあることは評価されよう。

②基盤技術開発では、それぞれのプロジェクトが非常に高い目標設定をしているにも関わらず、中間目標をほぼ達成する成果をあげている。また、実用化を意識した取り組みを並行して進めており、それらも着実に成果をあげている。

触媒のテーマに成果が多く見られる。

④企業が参加することにより、先端的なテーマにおいても産業化に必要な課題出しができ、解決に向けたシナリオが描けつつあるように感じた。

⑤ほぼ中間目標を達成しているプロジェクトが多いですが、一部プロジェクトにおいては、最終目標の達成が困難であることが予想されるために最終目標の見直しが必要であるものも見受けられた。

⑥コンソーシアムによる集中的・包括的取組により優れた成果が得られつつあるプロジェクトが認められる。

⑦定置用システム、FCV 関連技術、解析技術については高度化した技術が開発されてきた。

⑧個々のプロジェクトの成果は、当初の目的を達成しており評価できる。

#### <問題点・改善すべき点>

今後 PL 会議などより広い場を通じて各 PJ で得られつつある果実を情報交換し、互いに切磋琢磨し、各 PJ の最終目標を達成し、FCV の実用化に向けて本 PJ が多大な貢献をすることを期待したい。また MEA 材料の構造・反応・物質移動解析は他の PJ と連携を密に取り、FCV の実現のために重要なマイルストーンを共に築けるよう後 2 年で有益なツールの真価を問うて欲しい。

②材料開発において、性能面での数値目標の達成にやや偏重した取り組みが行われている感がある。耐久性確保に向けた一層の取組をお願いしたい。

GDL、流路の効果を見積もることができない。MEA が良くても、引き出す GDL、流路が無いと宝の持ち腐れになる可能性がたかい。流路は企業が工夫すると考えると、JARI セルを基準に GDL の効果を比較評価できるようにすることが必要に感じた。

④電解質は炭化水素膜のみが取り上げられているが、F 系の膜の低コスト化、F 系アイオノマーの低コスト化も取り組む必要がある。

⑤各プロジェクト内でサブテーマごとの成果として達成されてきた課題がプロジェクト全体の中でどのように範囲されているかが見えにくい。個別成果のまま終わってしまう可能性も感じられ、個別成果としては評価されるが、プロジェクトへの貢献が明確でない課題が多い。

⑥高額予算をかけて最新鋭の設備や計測機器・観測技術が開発されてきているが、その活用が当該プロジェクト内に限られているものが散見され、こうした成果の全体としての総合的・効果的な活用を通じた研究全体の促進が重要と思われる。

⑦各プロジェクトが生み出した成果の関連性が不透明であり、重複する部分や実現性の点でばらつき見られ、成果についてのアウトプットは評価されているが、それがもたらすアウトカム評価はもと取り組む必要がある。

#### <その他の意見>

①解析技術を可能な範囲で一般にも使えるようにして欲しいとの声をよく聞く。



#### 4. 総合評価

##### <肯定的意見>

国の技術政策にも適い、NEDO の進めるリスクの多い PJ の中でもう一步で実用化段階に達し得るものと位置づけられよう。少し先を見た基盤技術 (HiPer-FC や低白金化技術) や、近未来の先行技術 (カーボン触媒や酸化物系非金属触媒) は、開発ステージがそれぞれ異なるが、中間目標を着実に達成しつつあると思われる。MEA 材料の構造・反応・物質移動解析は着実に解析測定技術や計算シュミレーション技術を完成しつつあり、セル評価解析の共通基盤技術は横断的に試作品を評価すると共に、客観的な試験法を用意しつつあることは評価されよう。

②基盤技術開発では、それぞれのプロジェクトが非常に高い目標設定をしているにも関わらず、中間目標をほぼ達成する成果をあげている。また、実用化を意識した取り組みを並行して進めており、それらも着実に成果をあげている。

③大きな前進をしているように感じた。企業からみて活用したいと思える成果が出つつあり、継続して後半を推進していただきたい。

PEFC 本格商用化に向けて低コスト・信頼性向上に焦点を絞り、基盤技術・実用化技術・次世代技術開発と短期から中長期までの幅広い技術に対応して産業界のニーズに合致したとても価値が高い制度であると思う。

⑤国内の先端的研究者による PEFC の実用化に向けた重要課題の取組が構築され、着実な成果が得られてきている。

⑥現状では、基礎的技術としては世界水準の成果が得られている。NEDO の存在は非常に大きいと判断される。

⑦世界の最先端をいく成果が出ており、我が国の技術的優位性が確保されていると評価できる。

##### <問題点・改善すべき点>

今後 PL 会議などより広い場を通じて各 PJ で得られつつある果実を融合させ、螺旋状に開発を進展させ、各 PJ の最終目標を達成させることを期待したい。各 PJ で解析計測や計算シュミレーション技術など共通するものも多いと感じられる。互いの情報交換を元に切磋琢磨することも必要と感じられる。

②材料開発において、性能面での数値目標の達成にやや偏重した取り組みが行われている感がある。耐久性確保に向けた一層の取り組みをお願いしたい。

③大学の先生方に量を作るお願いや、繰り返し指導をすることをお願いすることは難しいと考えるので、方法の手順書を作製、ノウハウの指導方法など、工夫が必要と思われる。

MEA から実際の燃料電池スタックの間をつなぐ重要な部材の検討が不足しており、特に GDL を加えた検討が必要に思う

⑤装置を導入し解析する重要性は理解できるが、既存の研究手段で既に大きな理解が得られている時に、更に何を深掘りするかを再度精査し、残り期間焦点を絞って進めるべきと考える。

⑥研究開発の主体が MEA 構造と触媒・電解質が主体となっているが、GDL やシール材、セパレーター等のより PEFC を構成するより広範な課題の必要性についても再度検討することが望まれる。

⑦個々の成果を実現に向けた統合的なアウトカム管理が必要である。

##### <その他の意見>

①全体として研究機関主体の基盤技術開発が主体として進められているが、実用化を担う産業技術として民間企業による材料開発等を実用化技術開発以外の次世代や基盤技術開発の段階からもっと取り入れることが実用化の推進には望まれる。

#### 5. 今後に対する提言

##### <肯定的意見>

①材料開発関連のプロジェクトは、機能発現メカニズム解析あるいは評価解析関連のプロジェクトの機能を活用し、研究開発の更なる加速を目指してほしい。

②基礎から応用に向け成果が出つつあるので、残りの期間の成果に期待している。

③研究機関主体のプロジェクトでは、その成果の展開をプロジェクト終了後まで待つことなく、一定の進捗が得られた時点で実用化を目指す産業界でのタイムリーな評価につなげるような体制を整えるこ

とが望まれる。

④次世代技術開発は当初設定の目標に留まることなく、常に将来の実用化に求められる課題の精査とその達成のためのシーズ技術を探査し、適宜推進することが望ましい。

⑤この分野の研究では、世界のリーダーの地位を維持しており、さらに国際的な優位性を維持し、国際競争の中で経済的な効果を生み出せるように国が支援を続けていく必要がある。

<問題点・改善すべき点>

①プロジェクト間の連携テーマを設定し、相乗効果の成果を期待します。

②基盤技術開発の中心プロジェクトであるHiPer-FC、FC-Cubic、セル評価プロジェクトの連携を強化するに当たり、統合プロジェクトリーダーがコントロールするくらいでも良いのではないか。

③各プロジェクトの取組み進捗・成果の評価をプロジェクト内で完結させてしまうことなく、セル評価PJや産業界に開示して外部からの適切な評価・フィードバックを受けるマネジメントが望ましい。

④水素インフラ施策と緊密な連携を保った実用化開発を進めて欲しい。

⑤資金面では他の国の水素分野の研究投資と比較して高くはなく、今後、産官学連携の研究をさらに加速させるための資金増額が必要と考える。

<その他の意見>

各PJで解析計測技術や計算シミュレーションで共通的なものも多いと思われる。もし予算的制約があれば、機密保持や最初の研究者の権利などを守り共通的に対応し、経費を削減することも考えられよう。

②テーマfのXAFSのように同一プロジェクト内にありながら、その研究の性格がかなり異なる場合、プロジェクト全体としての実績評価が行い難い。