

平成 25 年度実施方針

新エネルギー部

1. 件名 : (大項目) 固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発

2. 根拠法 :

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 項第一号二、第三号

3. 背景及び目的・目標

(1) 研究開発の背景及び目的

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 - エネルギー革新技术計画」（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の革新技术の一つとして、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。

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。

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

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に必要な低コストと高耐久性を両立したSOFCシステムの開発を加速するため、耐久性迅速評価方法を確立する。

[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。

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))

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。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

[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

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

[最終目標(平成27年度(2015年度))]

発電効率50%超を目指した総合効率90%のシステムでの耐久評価を開始して、1000時間での性能低下率0.25%未満の達成に必要な課題を明確化する。

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
[最終目標(平成25年度(2013年度))]

SOFC-マイクロガスタービン複合発電実証機を使用した試験等を実施し、その結果を基に規制緩和の検討に資する基礎的知見の蓄積と初期導入促進に向けた課題抽出を行う。

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))

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。

[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1%/1万時間以下)

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))

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。ただし、研究開発項目(a)から(c)と重複しない内容とする。本項目は、提案公募として実施し、目標はテーマ毎に決定する。

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

[最終目標(平成27年度(2015年度))]

Fe粉体を水素貯蔵・製造に用いる固体酸化物形可逆セル(SORC)の開発を行い、以下の項目の達成を目指す。

・セルの基本性能

- SORC単セル発電性能: 電流密度10mA/cm²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/cm²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0.2

A / cm²を達成。

- S O R C単セル水蒸気電解耐久性：電流密度0.2 A / cm²で初期動作電圧の3%劣化 / 1000 h
- ・円筒セル
 - 湿式法を用いたS O R C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L S G M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 H₂ / 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100 cycle後の維持率を70%以上とする。

マイクロS O F C型小型発電機

[最終目標(平成26年度(2014年度))]

カセットガスを燃料とする、マイクロチューブS O F Cを用いた小型発電システムの開発を行い、以下の項目の達成を目指す。

- ・定格電流値(0.2 A / cm²)でのマイクロチューブセル初期電圧偏差が10%以下となる、マイクロチューブ製造条件を確立する。
- ・数10 W級マイクロチューブセルスタックを作製し、550 - 650 で炭素析出なく動作し、かつ発電量の低下が初期の100時間で10%以下を達成する。
- ・マイクロチューブセルで発電効率40%(L H V)以上での安定運転を可能とするカセットガスの改質条件を確立する。
- ・システム停止状態から定格550 ~ 650 まで5分以内に急速起動できる均一加熱条件を確立する。
- ・下記の項目を満たすDC 200 W級システムを試作し、実用化への課題を抽出する。
 - システム重量5 kg以下。
 - 発電端効率40%(L H V)以上。
 - 発電量低下が100回コールドスタート条件で、初期の10%以下。

中温作動型酸化物プロトンS O F Cの開発

[最終目標(平成27年度(2015年度))]

600 で1 x 10⁻² S / cm程度の高イオン伝導度を有する混合イオン伝導体を開発し、それに適したアノード、カソード材料の選定・開発を行う。電解質厚さ5 μ m以下の平板型薄膜単セルを試作して性能評価を実施し、分極の内訳等の評価結果を基に、出力密度0.7 W / cm²程度を見通すための対策を提示する。

4. 事業内容

(1) 平成25年度事業内容

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。

〔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」

本項目は、国立大学法人東京大学生産技術研究所特任研究員・横川晴美氏をプロジェクトリーダー（PL）として以下の研究開発を実施する。別紙の実施体制図を参照のこと。

本項目では、スタック耐久性9万時間（電圧低下率0.1%/1000時間）の見通しを得るために、前プロジェクト「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発事業 耐久性・信頼性向上に関する基礎研究」課題の内容を引き継ぐとともに、更に長期の耐久性を迅速に見通すのに不可欠なシミュレーション技術を集約・発展させる研究項目を付け加えて行う。

対象とするスタックは前プロジェクトにおいて1-1.5万時間の長期耐久試験とその解析を行ない4万時間の耐久性の見通しを得た中温筒状平板形、高温円筒横縞形（第1グループと呼ぶ）、前プロジェクトにおいて数千時間の長期耐久試験とその解析からほぼ4万時間の耐久性の見通しをえた小型円筒形（第2グループ）、並びに本プロジェクトから参画し、早急に劣化挙動解析を行い長期耐久性の見極める必要のある中温平板形、中温筒状横縞形、中温一括焼結形（第3グループ）である。

平成25年度は、下記3項目を実施する。

1)「スタック耐久性評価」

セルスタックの長期耐久性試験と解析を行う。平成25年度は、第1, 2グループについては前プロジェクトから継続して耐久試験を実施し、第3グループについては、長期耐久試験の準備を行う。

2)「劣化機構解明」

研究機関が前プロジェクトで蓄積した劣化機構解明の知見を元にして、各スタックの個別劣化挙動の解析と共通的特徴を導出する。平成25年度は、第3グループの初期劣化の解析を優先するとともに、9万時間耐久の見通しに必要な知見などの集積を行う。

3)「スタック耐久性評価と寿命予測」

スタック性能評価結果とシミュレーション技術との連携を図る。平成25年度は、スタック性能記述を更に推し進めるとともに、劣化挙動の定量化・モデル化という観点から従来の知見を取り纏め、両者を相補的に遂行し総合的な観点を獲得するための準備作業を開始する。

〔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」

提案公募により実施する。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。

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

高効率な固体酸化物形燃料電池システムを業務用の需要家に普及させるべく、5kW

級固体酸化物形燃料電池システムの実証評価を行う。設置環境や運転パラメータによる耐久性の違いを把握するとともに、改良を加えられた発電部、補機部の必要部位を定期的に差替えて評価、検証をして、設計にフィードバックする。

平成25年度は、発電効率48%超、総合効率90%を目標としたシステムを製造、耐久評価を開始して、目標達成のための課題抽出を行う。

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「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発/実用性向上のための技術開発/超高効率運転のための高圧運転技術」(平成20~24年度の共同研究)において、SOFC-ガスタービン複合発電システムの信頼性向上による高圧運転技術を確立するため、SOFC特有の要素であるセルスタック・モジュール、複合発電システムとしての要素技術を開発した。これらの成果を基に、温水回収のコージェネレーションを適用したSOFC-ガスタービン複合発電システム実証機を開発し、共同実施先である東京ガス千住サイトに据付け、運転試験を実施した。

本研究ではSOFC-MGT複合発電システム実証機を使用して試験し、規制緩和の検討に資する基礎的知見の蓄積と初期導入促進に向けた課題抽出を行う。

平成25年度は、下記項目を実施する。

- (i) 規制見直し項目の整理と、ハザード評価表の作成
- (ii) システム安全性の検証およびシミュレーション評価のための実機データ取得
- (iii) 上記知見に基づく初期導入促進に向けた課題抽出

[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()~()の研究開発を実施する。

- (i) SOFCセルスタックの開発
- (ii) SOFC-ガスタービン連携技術の開発
- (iii) 導入可能性の調査
- (iv) 実証システムの基本設計

なお、本項目の実施期間は平成25年度(2013年度)までの1年間(前事業からの通算で2年間)である。

[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。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。ただし、研究開発項目(a)~(c)と重複しない内容とする。

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〔委託事業（NEDO負担率1/1）〕

本項目では、500以下で作動可能な固体酸化物形可逆動作セル（SORC）の開発に向けて、高活性電極触媒の探索と調製、高酸素イオン伝導体からなる薄膜セルの作成、小型スタックの試作を行い、作動特性、および可逆動作における安定性などの課題を明確にする。また、低温でもFeの酸化、還元を進める触媒修飾酸化鉄粉体の開発を行い、その水蒸気による酸化による水素発生と水素による還元特性の可逆性を明確にし、繰り返し酸化還元が行える表面修飾鉄粉体の合成を検討する。開発した鉄粉体をSORCと組み合わせることで、2次電池のように、高い効率で電力を貯蔵・放出する次世代蓄電デバイスの開発・実証を行う。

平成25年度は下記項目を実施する。

- (i) 高効率発電および低コスト水素製造を両立するSORC電極・電解質の研究開発
- (ii) 新規SORC用LaGaO₃電解質の湿式法による薄膜化
- (iii) 実用化に向けた鉄微粒子作製プロセスの研究開発

マイクロSOFC型小型発電機〔委託事業（NEDO負担率1/1）〕

SOFCの小型発電機への適用を想定し、量産化に向けた小型のマイクロチューブ製造手法を確立し、起動特性、温度依存性、燃料ガス組成による影響等を検証する。発電が行える組成と温度の燃料ガスを供給できるカートリッジガスの供給、改質条件を検討するとともに、カートリッジガスによる最適な加熱システムを構築する。

平成25年度は下記項目を実施する。

- (i) マイクロSOFCのセルチューブの量産化に向けた製造技術の開発
- (ii) マイクロSOFCのセルスタックの初期耐久性・劣化状況評価
- (iii) カートリッジガス前処理方法の最適化
- (iv) マイクロSOFCのスタック加熱システムの開発
- (v) 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

中温作動型酸化物プロトンSOFCの開発〔共同研究（NEDO負担率1/2）〕

本項目では、従来のジルコニア系電解質を用いたSOFCより低温である600の中温で作動させることにより、電解質と電極などの相互拡散による構成部材の高温劣化を抑制し、耐久性を高めると同時に、安価で加工性の良い材料を用いることを目指す。中温作動化により課題として想定される効率低下を、従来のジルコニア系電解質に替わる高イオン伝導性の電解質を用いることによるセルの低抵抗化により改善を目指す。更に、酸化物イオンとプロトンの混合イオン伝導体を用いることで、アノード濃度過電圧を低減し、燃料利用率の向上を図る。

平成25年度は下記項目を実施する。

- (i) 耐久性確認
- (ii) バルク材伝導率測定、イオン輸率測定
- (iii) 電極（アノード、カソード）材料開発・選定
- (iv) 平板型薄膜セル構造の構想設計

(2) 平成 2 5 年度事業規模

需給勘定 1,235 百万円 (新規)

事業規模については変動があり得る。

5 . その他重要事項

(1) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する N E D O は、経済産業省、P L 及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的・目標、本研究開発の目的・目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、半期に一回程度、N E D O に設置する委員会等により外部有識者の意見を聴取し、プロジェクトの運営管理に反映させる等を行う。

(2) 複数年度契約の実施

平成 2 5 ~ 2 9 年度の複数年度契約を行う。

6 . 実施方針の改定履歴

(1) 平成 2 5 年 6 月 制定

(別紙)

平成25年度事業実施体制図

