

## 平成26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

## 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<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、CO<sub>2</sub>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。

## 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、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主にカリフォルニア州で展開しており、2012年にはソフトバンク社と合併会社を設立して日本に進出した。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 や欧州 ene.field 等の実証プロジェクトでは、Vaillant 社、Hexis 社、Bosch 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))

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。

### 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))

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26年度(2014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。

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))

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26年度(2014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

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。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 粉末を水素貯蔵・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/cm<sup>2</sup>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<sup>2</sup>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<sup>2</sup>を達成。

—SORC単セル水蒸気電解耐久性:電流密度0.2A/cm<sup>2</sup>で初期動作電圧の3%劣化/1000h

・円筒セル

—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。
- ・Fe 粉体
  - －初期の水素供給・吸蔵速度:113.7 mmolH<sub>2</sub>/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100cycle後の維持率を70%以上とする。

#### ○マイクロSOFC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SOFC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(0.2A/cm<sup>2</sup>)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10W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%(LHV)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DC200W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5kg以下。
  - －発電端効率40%(LHV)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SOFCの開発

[最終目標(平成27年度(2015年度))]

600℃で1×10<sup>-2</sup>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5μm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0.7W/cm<sup>2</sup>程度を見通すための対策を提示する。

### 4. 実施内容及び進捗状況

#### 4. 1. 平成25年度までの事業内容

##### 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))

実施者は以下の通り。

一般財団法人電力中央研究所、独立行政法人産業技術総合研究所、TOTO株式会社、日本特殊陶業株式会社、日本ガイシ株式会社、株式会社村田製作所、国立大学法人九州大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人東京大学生産技術研究所、国立大学法人東北大学大学院環境科学研究科

〔委託事業〕

本項目は、国立大学法人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)として以下の研究開発を実施した。別紙の実施体制図を参照のこと。

### 1) スタック耐久性評価

中温筒状平板形では、都市ガス燃料20000h運転の2009年度機、LPG燃料1000h運転の2011年度機を対象にフィールド実証機の解体分析を開始した。高温円筒横縞形では、前プロジェクトで評価したセルスタック(Type V)を更に長期運転し累計2万時間運転の実績データを取得した。低温小型円筒形では数千時間の連続運転評価後試料の分析による劣化要因解明を通じて主要因が劣化に及ぼす迅速評価方法を策定した。中温平板形では、6段スタックで2000hまでの耐久評価を東京ガスと連携して実施し約1.8%/khの初期劣化とその後の飽和傾向を確認した。中温筒状横縞形では自社内での耐久試験後セルスタックを提供し基盤研究機関の知見ならびに方法論を活用して劣化要因の解析を進めた。中温一体焼結形では一体共焼結セルの5000h定格耐久試験を開始し、比較用耐久試験前初期試料を提供し微構造解析・元素分析を依頼した。

### 2) 劣化機構解明

熱力学的解析では各セルスタックの劣化挙動解明に向けSIMS・ラマン分光分析を中心に解体・分析を開始した。空気極被毒の加速試験は実機に近い条件で開始した。化学的解析ではS-TEMを活用し各スタックの劣化要因解明に取り組んだ。低温小型円筒形の強制劣化試験を開始した。三相界面微構造解析では、カソード/中間層/電解質近傍の微細構造をFIB-SEMにより解析し処理条件による高抵抗層生成の違いを明らかにした。また、燃料極活性層・支持層界面のNi挙動を加速劣化する試験をボタンセルで開始した。LSCF空気極中の銀析出評価用ボタンセルの製作に着手した。セル構造体解析では特に起動・停止動作の解析に必要な燃料極材料の遷移クリープ挙動を定式化した。AE試験を一部実施し挙動を把握した。

### 3) 耐久性迅速評価の開発

スタック性能劣化解析とその高度化では、第1、2グループ(第1グループ:中温筒状平板形セルスタック、高温円筒横縞形セルスタック、第2グループ:低温小型円筒形セルスタック)の1~2万時間耐久性データの取得を目的とした長期試験を開始した。第3グループ(中温平板形セルスタック、中温筒状横縞形セルスタック、中温一体焼結形セルスタック)各社スタックの性能評価試験方法の確立を図った。サイクル試験を第2グループに実施し、電気化学的耐性評価手法を開発した。平板形スタックは2000hの連続運転を実施し、基盤提供試料とした。

シミュレーション技術の開発では、電極関連では、フェーズフィールド法による燃料極のNi焼結に伴う形態変化のシミュレーションコードを開発し、精度向上のために表面・粒界拡散のモデル化を行った。また電極シミュレーションに供するため電解質近傍でのLSM空気極の微細構造をFIB-SEMにより解析した。電解質関連では、経年劣化予測ツールの開発に着手し、単純な系での酸素ポテンシャル分布を初期・境界条件から数値予測するコードを開発した。セル構造体関連では、運転中の温度変化と酸素不定比性を考慮したセルの変形・応力解析の入力データを取得するために、構成材料を酸素イオンと電子の混合導電体として扱うことで非定常な酸素ポテンシャル分布を計算できるソフトウェアの開発とその汎用化・ロバスト化を行った。単セルあるいはショートスタックシミュレータのための劣化モデルの調査を行った。

## 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))

実施者は以下の通り。

三浦工業株式会社、三菱日立パワーシステムズ株式会社

〔助成事業(助成率:1/2)〕

○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した。

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、設置して、耐久評価を開始した。その結果、累積で年度目標の1000時間を越える発電において、目標達成のために必要な機器の精度や、運転パラメータ設定などの課題を抽出した。

○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

SOFC-MGT複合発電システムの初期導入促進に向けた課題抽出と導入促進のための規制緩和のため、下記内容を実施した。

(i)業務用燃料電池の規制緩和項目の検討

(ii)業務用燃料電池の関連法規とハイブリッドシステム的设计への反映状況の整理

(iii)ハイブリッドシステムのハザード分析・評価

(iv)ハイブリッドシステム実証機の運転試験

(i)~(iii)は、常時監視の見直しの妥当性及びハイブリッドシステムの安全性を確認した。

また、(iv)は、システムの長期安全性を実証するため、連続発電試験を行い4,100時間の運転において性能低下が無いことを確認した。

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))

実施者は以下の通り。

三菱日立パワーシステムズ株式会社

〔共同研究事業(NEDO負担率:1/2)〕

ガスタービンの連携に必要な高圧(~2MPaG)環境下でのSOFCの発電特性の取得、量産化技術、SOFCとガスタービンの連携技術及び燃焼器の開発を行っている。

SOFCの発電試験では、1.5MPaGの運転で、常圧に対し、電圧が10%向上、電流密度が2倍へ向上することを確認した。量産化技術では、低コスト化材料を適用しセルを試作し、従来セルと同等の性能を確認した。また、スラリー製造や基体管製造の外注化の検討、評価を行った。ガスタービンとの連携技術では、ガスタービンとの連携を模擬できる試験装置を製作し、試運転を行った。燃焼器の開発では、要素試験にて、発熱量・流量をパラメータとした燃焼特性・効率の確認し、更に実寸単缶燃焼試験においても、燃焼効率99.99%以上を確認した。

④次世代技術開発(研究開発項目(d))

実施者は以下の通り。

国立大学法人九州大学 大学院 工学研究院、パナソニック株式会社、岩谷産業株式会社、

独立行政法人産業技術総合研究所、岩尾磁器工業株式会社

[委託事業または共同研究事業(NEDO負担率: 1/2)]

○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]

1)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

可逆作動セルのための耐久性、高効率化を実現する燃料極電極の開発を主にNiを基材とするサーメット電極を用いて検討を行った。その結果、NiにFeを添加すると過電圧を低減できることが分かった。これはNiにFeを添加することで、Niが微粒子化するためであることを示した。一方、Niに添加するFeの最適な添加量は5wt%であることが分かった。さらに、酸素イオン電導性酸化物の添加効果を検討した。その結果、La(Sr)Fe(Mn)O<sub>3</sub>を混合するとSOFCおよびSOECのいずれのモードに対しても優れた電極活性を示すことを見出した。

2)新規SORC用LaGaO<sub>3</sub>電解質の湿式法による薄膜化

ディップコート法によるLaGaO<sub>3</sub>の薄膜化を検討した。その結果、LSGMの微粉体を遊星型ボールミルで作成することで、1350°Cでも焼結が行えるようになり、またLa添加CeO<sub>2</sub>にTiを添加することで、低温でも焼結が行えた。そこで、Ni-SDC基板へTi添加Ce(La)O<sub>2</sub>を緩衝層として入れることで、膜厚60 μm程度のLaGaO<sub>3</sub>系電解質の薄膜を作成することができた。

3)低温で酸化還元するFe粉体の合成

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>の酸化特性を検討した。その結果、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>のみではH<sub>2</sub>Oとの反応性が低く、400°C以上にしないと高速での反応はしないことが分かった。そこで、今後、低温での作動を行うにはFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>の酸化を加速する触媒との複合が必要なことが分かった。

○マイクロSOFC型小型発電機[委託事業]

ブタン(カートリッジガスの主成分)ダイレクトでの単セル発電で、連続100時間で発電量の低下が10%以内であるセルチューブを開発するとともに、金型を含む押出成型機、および電解質層・カソード極層コーティング方法の検討を行い5,000本(発電機18台相当)/日の製造体制を確立した。さらにカートリッジガス(ブタン)を燃料として、部分酸化法を利用したC<sub>2</sub>以上の残炭化水素を0%にする改質システムを確立し、炭素析出による発電量低下を防止する策を講じるとともに、3分以内に650°C雰囲気にする加熱システムを開発し急速起動が可能な発電機に関わる要素技術を確立、最終的にはそれらを組み込んだ検証機の製作を行った。

○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)]

1)耐久性確認

BaZr<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub>O<sub>3-α</sub> (Mは3価の陽イオン)系酸化物ならびにBaZr<sub>1-x-y</sub>Ce<sub>x</sub>M<sub>y</sub>O<sub>3-α</sub>系酸化物電解質材料を合成し、実用を模擬した雰囲気・温度での耐久性を評価した。3000時間経過時点では分解生成物の出現はなく、一定の耐久性を有すると判断した。

2)バルク伝導率測定、イオン輸率測定

電解質材料の抵抗成分を評価した結果、電解質の粒界抵抗に相当する抵抗成分が当初の想定より大きく、粒界抵抗の低減が薄膜電解質を形成する上でのプロセス課題として浮上

した。

### 3)電極(アノード、カソード)材料開発・選定

アノード材料にNi、カソード材料にLSCFを候補として選定し、それぞれ実用を模擬した雰囲気・温度での電解質材料との反応性を評価した。100時間経過時点では反応生成物の出現がない事を確認でき、電極材料としての一次絞り込みを実施した。

### 4)平板型薄膜セル構造の構想設計

平板型メタルサポート構造を実現可能なプロセスの可能性を検討した。

## 4. 2. 実績推移

	平成25年度
実績額推移(需給勘定)(百万円)	1,235
特許出願件数(件)	26
論文発表件数(報)	28
フォーラム(口頭発表)等(件)	104

## 5. 事業内容

### (1)平成26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。

#### 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))

実施者は以下の通り。

一般財団法人電力中央研究所、独立行政法人産業技術総合研究所、TOTO株式会社、日本特殊陶業株式会社、日本ガイシ株式会社、株式会社村田製作所、国立大学法人九州大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人東京大学生産技術研究所、国立大学法人東北大学大学院環境科学研究科

[委託事業]

国立大学法人東京大学生産技術研究所横川晴美特任教授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。

#### 1)スタック耐久性評価

中温筒状平板形では、引き続き長期運転実証機の解体分析を実施する。解体分析の結果を踏まえ低コスト検討セルスタックの仕様を検討する。高温円筒横縞形では、Type VIスタックの15000h耐久試験を継続する。20000h後のスタック(Type V)試料を基盤側解析に供し、10000hの解析結果と比較検討を行い、性能低下との相関を解明する。低温小型円筒形では、策定した迅速評価方法案の検証、連続耐久試験試料の分析を行いその妥当性を評価するとともにシミュレーションによって機械的特性の健全性を検討する。中温平板形では、5000h程度の連続耐久試験と熱サイクル耐久試験を開始する。基盤研究機関との連携で初期劣化機構を解明し対策への指針を得る。中温筒状横縞形では、改良したセルスタック・モジュール



を用いた5000h耐久試験を実施し、抵抗成分の切り分けを行い、劣化要因箇所の特定と改良効果の検証を実施する。中温一体焼結形では、5000h耐久試験後の試料分析を行って劣化機構を把握すると共に、セルの性能表示式の構築を行い、長期耐久性迅速評価方法開発に資する基本データの取得・解析を行う。

## 2)劣化機構解明

熱力学的解析ではSIMS・ラマン分光法を中心に詳細に分析、劣化要因の分析と対策の検討を行う。劣化基礎データの収集、空気極加速劣化試験の検討を進める。化学的解析ではS-TEMを活用した耐久試験後試料の化学的劣化解析、要素セル・実セルの被毒耐久試験、強制劣化試験等により各スタックの劣化要因を解明する。三相界面微構造解析では、各企業が製造・運転したセルスタックの三相界面近傍について、FIB-SEMIによる定量構造解析を継続して実施し、電池性能との相関を明らかにする。燃料極活性層と支持層界面のNiの3次元構造をFIB-SEMで再構築し、Ni凝集を定量的に評価する。LSCF層内に銀を意図的に析出させ析出量と分極特性の関連を定量評価する。セル構造体解析では、長期使用後のセルスタック応力解析に必要な高温・雰囲気制御下での定常クリープデータを取得するための装置を整備する。スタックごとに必要に応じてAE等の各種試験を実施する。

## 3)耐久性迅速評価方法の開発

スタック性能劣化解析とその高度化では、1～2万時間の長期試験を継続して行う(第1、2グループ)。研究を加速的に進めるため新たに試験装置3台を導入し、性能表示式の導出や0.5万時間程度の長期試験を開始する。(第3グループ)。強制劣化後にサイクル試験を行い、複合劣化の評価手法を開発する(第2グループ)。サイクル試験を行い、耐性評価手法を開発する(第3グループ)。

シミュレーション技術の開発では、電極関連としてLSCF-空隙-第三相(GDCまたは銀)を扱うことの出来る格子ボルツマン法を用いた数値シミュレーションコードを開発する。LSM空気極の過電圧シミュレーションを実施する。中間層劣化基礎データの整理、カソード被毒現象の定式化の検討を進める。電解質劣化シミュレーションの高度化を図る。セル構造体では、酸素ポテンシャルと応力計算に必要な物性データをライブラリ化するとともに、運転中の温度変化、酸素ポテンシャル分布を入力データとして、セル内の応力とクリープ変形の予測が可能な材料構成則を開発し、それを主要な汎用有限要素法ソフトウェアに実装する。単セルあるいはショートスタックシミュレータに既存の劣化モデルを適用する。

## 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))

実施者は以下の通り。

三浦工業株式会社、三菱日立パワーシステムズ株式会社、富士電機株式会社、日立造船株式会社

[助成事業(助成率:1/2)]

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

平成26年度は、引き続きシステムでの耐久評価を継続して、発電効率48%超、総合効率90%の目標達成のための課題抽出を行うとともに、システム機への反映として、改良を加えられた発電部、補機部の必要部位を差し替えて評価を開始する。また、実証サイトを増やすことで、運転パラメータを変化させて比較、評価を行い、より多くのデータを収集して、初期の性能目標を達成する見通しを得る。

#### ○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

平成26年度は、異常時を想定した非常停止試験にて、システムの信頼性・安全性を実証し、システム安全性の評価を行う。

#### ○中容量常圧型円筒形 SOFC システムの実用化技術実証

平成26年度は、加圧駆動円筒形 SOFC カートリッジを入手し SOFC 単体でのモジュール設計を行う共に、モジュールの性能評価に必要な評価装置を製作する。

#### ○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

既存の 10kW 級ベンチ試験において、起動停止方法を確立し、50kW 級実証装置の概念設計を行う。また、コンパクト化の検討として、シミュレーションモデルを作成する。

### 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))

実施者は以下の通り。

三菱日立パワーシステムズ株式会社

[共同研究事業(NEDO負担率:1/2)]

平成26年度は、主に、信頼性向上に向けたデータの取得を目的として、単セルスタックでの長期耐久性試験の継続、SOFC-ガスタービン連携模擬試験を実施する計画である。また、平成25年度に引き続き、量産化技術などについても取り組んでいく。燃焼器の開発においては、大型実寸燃焼試験装置を用い、実機を想定した運用を検証する計画である。

### ④次世代技術開発(研究開発項目(d))

実施者は以下の通り。

国立大学法人九州大学 大学院 工学研究院、パナソニック株式会社、岩谷産業株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所、岩尾磁器工業株式会社

[委託事業または共同研究事業(NEDO負担率:1/2)]

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]

1)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

26年度はさらに活性の向上を目的にNiFeに添加する酸化物を広範囲に検討するとともに、安定性の向上を目的に酸化物のみの電極からなる可逆セルの開発を行う。とくにLaFeO<sub>3</sub>をベースとした酸化物の燃料極電極特性を検討する。

#### 2)新規SORC用LaGaO<sub>3</sub>電解質の湿式法による薄膜化

引き続き、LaGaO<sub>3</sub>の薄膜化をディップコート法で検討する。2年度目はおもにスラリーの溶媒を詳細に検討し、もっとも緻密で、クラックのない薄膜の得られる組成を明確にする。一方で、基板材料についても検討し、焼結における収縮率と還元における膨張率の少ない基板材料を明確にする。理論起電力に近い、起電力を示す可逆動作可能な円筒形セルの作成を行う。

#### 3)低温で酸化還元するFe粉体の合成

低温でも高速に酸化してH<sub>2</sub>を生成するFe粉体の合成を目的に、市販のFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>に種々の触媒を混合して、その活性をTG-DTAを用いて検討する。とくに、金属酸化物との混合を検討する予定である。

### ○マイクロSOFC型小型発電機〔委託事業〕

セルチューブにおいて、電解質層・カソード極層の膜厚が均一になるようコーティング方法の改良を行い形状や性能の偏差を5%以下に抑えたとともに、セルチューブの破損、断線等の故障が起こり難いモジュールの設計・製作を行う。さらにモジュールの出荷検査方法を確立し、高い製造歩留まりを確保することでモジュールの低コスト化を実現する。また、発電機については、カートリッジガスを燃料とした初期の発電効率が40%(LHV)、発電量200W程度を5分以内で起動できる検証機を製作し、延べ発電時間1,000時間、コールドスタート100回の発電後でも発電量の低下が初期の10%以内であることを確認する。

### ○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)〕

#### 1)混合イオン伝導体の開発

平成25年度の耐久試験結果を基に、BaZr<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub>O<sub>3-α</sub>系およびBaZr<sub>1-x-y</sub>Ce<sub>x</sub>M<sub>y</sub>O<sub>3-α</sub>系材料に添加する第3または第4成分の陽イオン種と添加割合についての最適化を行い、実用を模擬した雰囲気中での耐久試験によって実用的耐久性を検証する。更に、電解質材料の伝導率測定やイオン輸率測定結果から、600°Cで1×10<sup>-2</sup>S/cm程度の導電率をもつ材料の絞り込みを実施する。

#### 2)電極材料開発

電極微細構造を最適化するアノードおよびカソード材料の成膜プロセス用出発原料の最適粒径を実現する合成プロセスを開発し、アノード材料、カソード材料候補の絞り込みを実施する。

#### 3)混合イオン伝導体の薄膜化、基板材への接合

支持基板材料の耐久性検証や、支持基板材料と電極材料・電解質材料との熱膨張係数の整合等の開発により支持基板材料の選定を実施し、支持基板との接合プロセスを開発する。

#### 4)薄膜セル評価

平板型単セルの一次試作と性能評価を実施する。

## (2)平成26年度事業規模

需給勘定 752百万円(委託)  
682百万円(助成)  
事業規模については変動があり得る。

## 6. 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NEDOは、経済産業省、PL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、NEDO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

原則、平成26～27年度の複数年度契約を行う。

### (3) 知財マネジメントにかかる運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

## 7. 実施方針の改訂履歴

平成26年3月 制定

平成26年9月 研究開発項目(b)に追加公募結果を反映

(別紙)

平成26年度事業実施体制図

