

## 「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（ $\text{NO}_x$ 、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、 $\text{CO}_2$ 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25年度（2013年度））とする。また、燃料は天然ガスとする。

[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。

<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、上記以外のもの（※1）は、共同研究事業（NEDO負担率：1/2）として実施する。

※1 民間企業単独、民間企業のみでの連携、大学等の単独等、産学官連携とならないもの。

#### （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態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。

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、大学等の単独等の産学官連携とならないものは、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、プロジェクトリーダー（PL）を置く。

### (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26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

以上