

「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発」  
(事後評価)

(2013年度～2019年度 7年間)

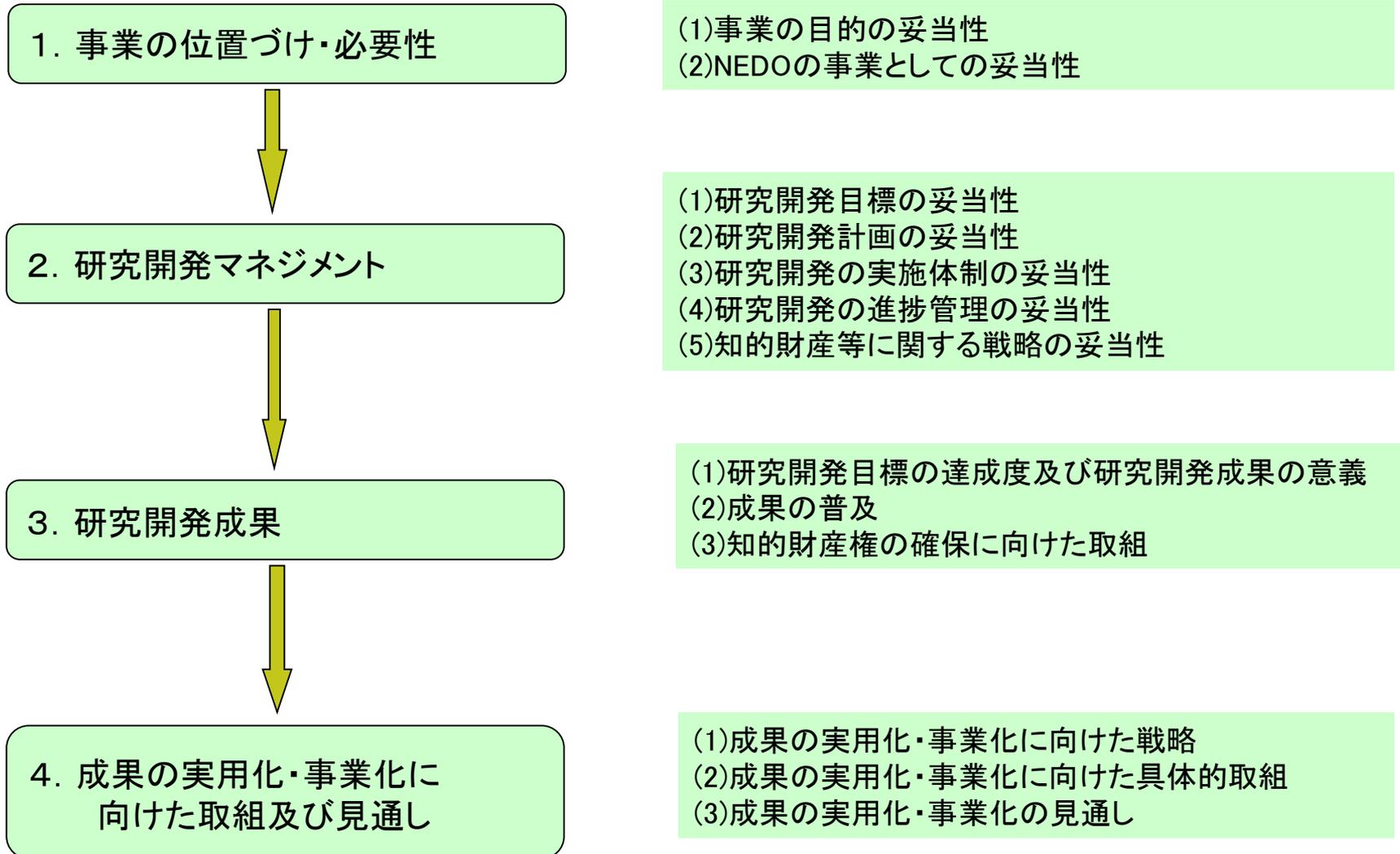
プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

次世代電池・水素部

2019年9月18日

# 発表内容



## ◆事業実施の背景と事業の目的

### 社会的背景

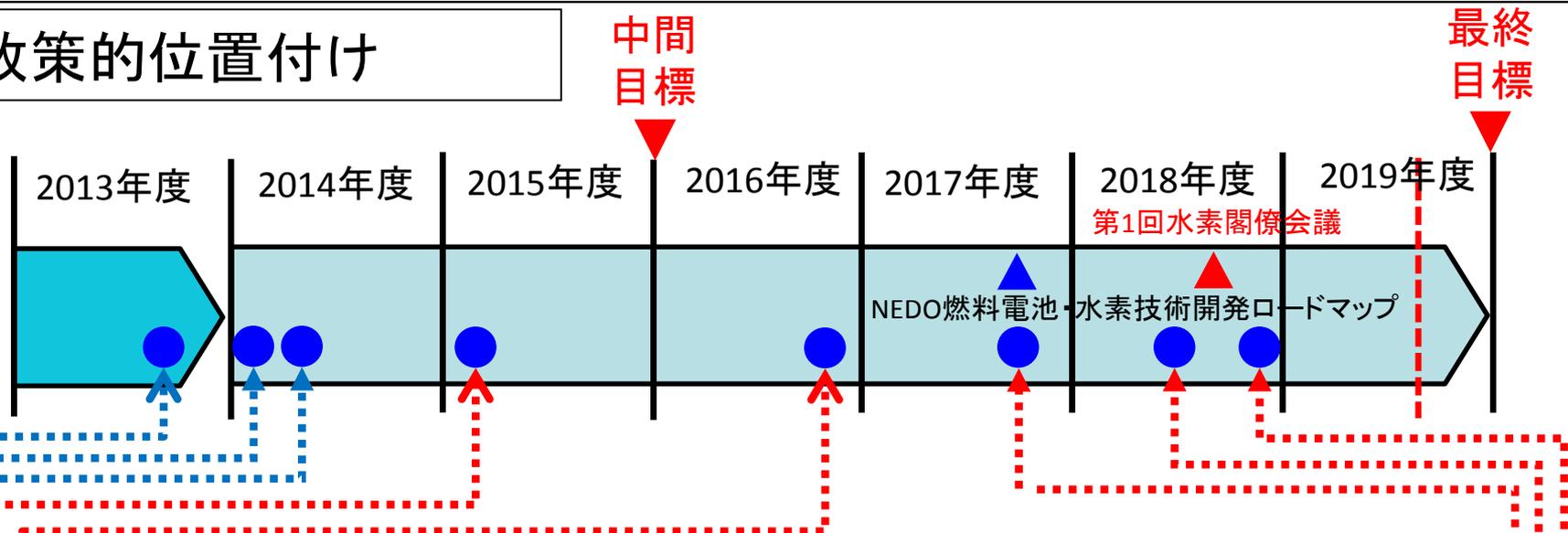
我が国におけるエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題、交通量の多い都市部等における地域環境問題（CO<sub>2</sub>削減、NO<sub>x</sub>、PM等）の解決のためには、省エネルギーを推進、新エネルギー技術の開発・コスト削減及び利便性や性能の向上に積極的に取り組むことが極めて重要である。固体酸化物形燃料電池（以下、SOFC）は発電効率が高く、多様な燃料に対応可能で、その実用化、本格普及が望まれている。

### 事業の目的

SOFCの実用化、本格普及のためには低コスト化と高耐久化の両立が課題となっている。数～数100kWの中容量システム、大容量システムは、未だに技術開発の途上にある。本事業では、SOFCシステムの実用化に必要な耐久性・信頼性に関する基盤研究、システム技術開発を実施し普及に向けた課題解決を目的とする。

# 1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

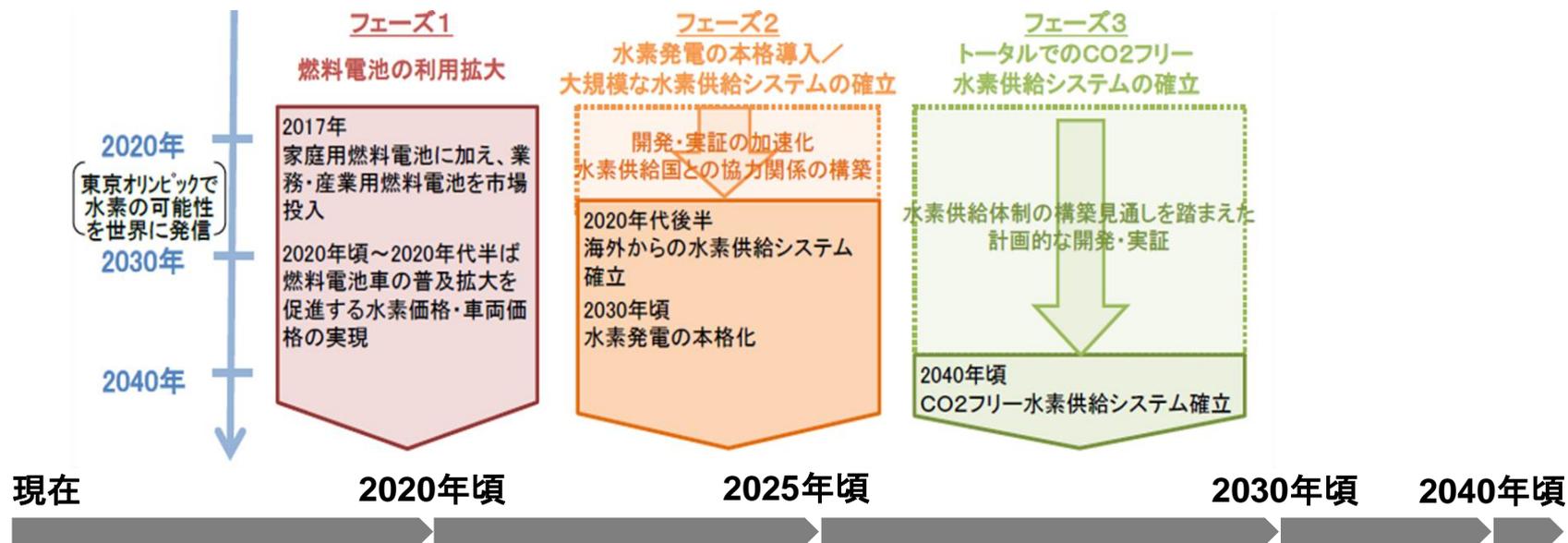
## ◆政策的位置付け



- 水素基本戦略策定 (2017年12月公表) 2050年のビジョン・2030年の行動計画策定
- エネルギー基本計画 (2018年7月公表) 「水素の重要性」の明確化
- 水素・燃料電池ロードマップ 改訂 (2019年3月公表) コスト目標の明確化・フォローアップの実施
- 水素・燃料電池ロードマップ 改訂 (2016年3月公表) 目標台数の明確化
- 総合資源エネルギー調査会長期エネルギー需給見通し小委員会 2015年5月 「電源構成・温室効果ガス排出目標政府案」
- 水素・燃料電池ロードマップ 策定 (2014年6月公表) Phase 1 - Phase 2 - Phase 3の戦略提示
- エネルギー基本計画 (2014年4月11日閣議決定) 「水素が将来の二次エネルギーの中核」
- 「水素・燃料電池戦略協議会」発足 (経済産業省 (METI)、2013年12月設置)

## ◆水素・燃料電池戦略ロードマップ上の位置付け

- 国の水素・燃料電池戦略ロードマップのフェーズ1では、足元の水素利用の飛躍的拡大として、迅速に業務・産業用燃料電池の普及拡大の必要性を提示。
- この目標を達成するため、NEDOの燃料電池・水素技術開発ロードマップでは詳細な導入普及目標を設定。



### 普及目標

実用化に向けた  
実証・規制見直し

市場ターゲットとなる需要家(高電熱比、BCP対応等)への活用

- ・業務用5kW級SOFC市場初期導入(2017年)
- ・業務用数10kW級SOFC市場初期導入(2017～2018年)
- ・業務用250kW級SOFCハイブリッドシステム市場初期導入(2017年)
- ・CO2フリー水素を用いた自立分散型エネルギーシステム導入(純水素型PEFC:数kW～100kW)
- ・PAFC100kW級導入継続【システムコスト低減(低白金化等)、メンテナンスコスト低減(耐久性向上等)の継続】

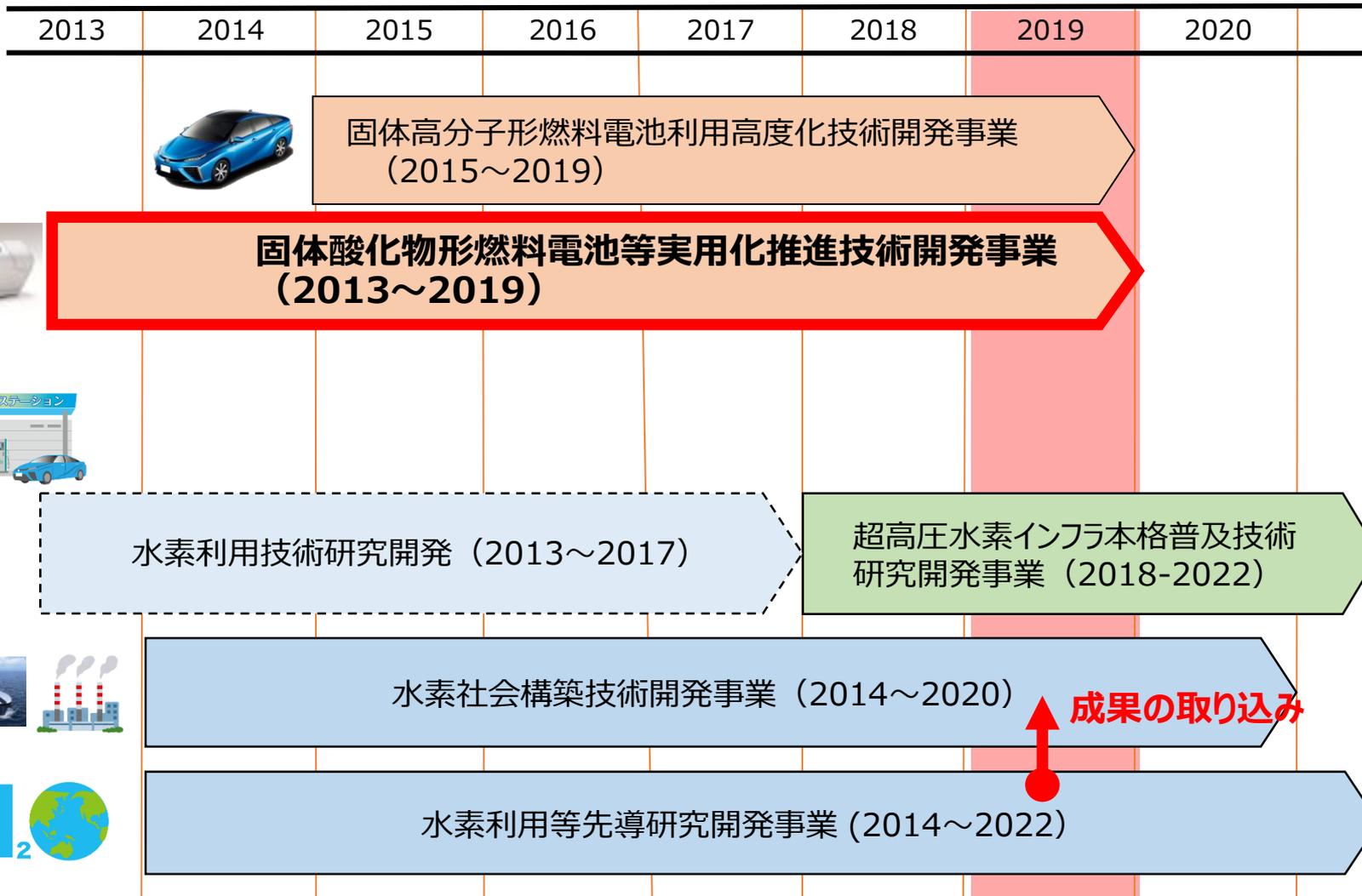
業務・産業用燃料電池の自立的な普及拡大

- ・分散型電源(モノジェネ、コージェネレーションシステム)として普及
- ・再生可能エネルギー、蓄電、高温蓄熱システム等を組み合わせて電力・熱需給を最適に制御するスマートコミュニティの実現
- ・CO2フリー水素を用いた自立分散型エネルギーシステムの普及
- ・超高効率発電システムの実現

# 1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

## ◆SOFC事業の位置づけ

- NEDOは水素社会の早期実現に向けて水素の製造、輸送、利用まで全方位をカバー。
- SOFC事業は、CO2削減に向けた**水素利用の最優先取組事項**として位置付け。



## ◆国内外の研究開発の動向と比較

- 日本はNEDOが定置用燃料電池関連の研究を主導して推進。
- SOFCは高出力・高耐久化に向けた材料評価及び設計指針の構築に注力。

国名	燃料電池に関する動向	日本の動向との違い
米国	<ul style="list-style-type: none"> <li>定置用FCとしてNETL(National Energy Technology Laboratory)がSOFC開発を主導。</li> <li>材料開発からセルスタック、システムの開発・実証までの取組。特に 実証には企業が参画して取組みを加速。</li> <li>水素・燃料電池関連の技術開発予算は約1.64億USD(約180億円、1USD=110円)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料電池の研究開発レベルは<b>日本とほぼ同水準</b>。</li> <li>日本では高性能・低コスト化から多用途への展開を目指した幅広い研究開発。</li> </ul>
欧州	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCH2JUが研究開発を主導。</li> <li>定置用FCでは、家庭用を指向した<b>小型のSOFCシステムから業務用を志向したmicro-CHP、数MW級SOFC</b>の開発・実証だけでなく、<b>診断技術の開発</b>等も推進。</li> <li>水素・燃料電池関連の技術開発予算は約1.3億EUR(約170億円、1EUR=130円)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料電池の研究開発レベルは<b>日本とほぼ同水準</b>。</li> <li>FCシステムの<b>モデリング</b>、定置用<b>FCシステム診断・制御ツール</b>の開発などシステムレベルの基盤技術構築にも積極的に投資。</li> </ul>

## ◆国内外の研究開発の動向と比較

- 日本はNEDOが定置用燃料電池関連の研究を主導して推進。
- SOFCは高出力・高耐久化に向けた材料評価及び設計指針の構築に注力。

国名	燃料電池に関する動向	日本の動向との比較
中国	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>車載用PEFC</b>に注力。SOFC普及拡大は進められていない。</li> <li>• 技術導入による部材の<b>基礎研究</b>や<b>製造技術</b>に注力。</li> <li>• 2017年までに燃料電池動力システムに約7.1億 RMB(114億円、1RMB=16円)を投入。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 研究開発レベルは、<b>日本の方が高水準</b>。しかし、近年政策支援を急激に拡大。</li> <li>• 今後<b>急成長</b>が予測される。</li> </ul>
韓国	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2019/1に「水素経済活性化ロードマップ」を策定。</li> <li>• 燃料電池の技術開発項目として、<b>発電用大型燃料電池の技術 開発</b>にも取り組む。</li> <li>• <b>RPS法</b>による燃料電池の<b>普及拡大</b>に取り組む。</li> <li>• 今後10年の関連予算は総額約2兆KRW(1840億円、1KRW=0.092円)と推計。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 研究開発レベルは現状<b>日本の方が高水準</b>。しかし、昨年度から政策支援を加速。</li> <li>• 独自の取り組みとして、燃料電池での大型発電を計画し、<b>大型燃料電池</b>を技術開発中。</li> </ul>

## ◆ 他事業との関係

- 水素社会の実現に向けて、多数の省庁等が燃料電池関連の事業を推進中。
- NEDOは業界のニーズに基づき、**共通課題の解決に向けた中長期型の研究開発課題**を推進。

基礎

応用

NEDO

固体酸化物形燃料電池

JST

・独創的シーズ展開事業等

SIP

・エネルギーキャリア  
(アンモニア燃料電池等)

文科省

・次世代スパコンを利用した燃料電池解析の  
応用技術解析

経産省

・石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業  
・燃料電池自動車と定置用燃料電池導入補助  
・水素ステーションの整備補助

環境省

・CO<sub>2</sub>排出削減対策  
(バス、フォークリフト、  
小型トラック等の導入補助)

国土交通省

・サステナブル建築物等先導事業  
(タクシーや小型船舶の安全ガイド  
ライン作成等)

## ◆NEDOが関与する意義

- 既に市場投入されている燃料電池分野において、公的な政府機関であるNEDOこそが、競合する各メーカーを糾合して**実用化へ向けた共通課題を抽出**することが可能。
- また、燃料電池の実用化を見据えた本事業は、水素社会の実現に向けた水素製造から利活用までの大きなサプライチェーンの一要素として、高温水蒸気水電解技術、固体酸化物形水電解技術、水素コスト低減技術等のNEDOが進める**他の関連事業と適切に連携を図りつつ**進めなければならない。
- 数十年来にわたり燃料電池分野の研究開発事業を推進してきたNEDOには、**本事業の推進に貢献する知見（関連研究内容、研究者、過去の経緯等）が最も集積**されている。
- NEDOには、**水素閣僚会議の運営、国際水素・燃料電池パートナーシップ（IPHE）やIEA等の世界機関と密なネットワーク**を通じて、世界の関連情報が集中しているため、それらを迅速に関係研究者に展開するとともに、研究計画に反映可能。
- 独立行政法人制度を活用して、**迅速かつ柔軟に最適な研究開発内容や体制を最適化**。

◆実施の効果（費用対効果）

- 産業競争力強化と新規産業・雇用の創出
- 温室効果ガスの削減
- 市場拡大(以下参考)への貢献

7年間のプロジェクト費用の総額	108. 2億円
NEDO負担分	72. 6億円

市場規模予測		2025年	2030年
年間売上額	国内	1,223億円	2,499億円
	世界	3,394億円	7,345億円
累計売上額	国内	5,714億円	15,584億円
	世界	16,112億円	44,857億円

\* 年間売上額の出典: 富士経済 2018年版燃料電池関連技術・市場の将来展望。

\* 累計売上額の出展: 富士経済資料を基にNEDOが試算。

◆事業の目標(アウトカム)

➤ 大きくは、国の水素・燃料電池戦略ロードマップ等に示す以下のアウトカム等へ貢献するもの。

研究開発項目	事業年度	目標	アウトカム
研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究	2013～2017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確立	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 2017年の上市(達成済み)。</li> <li>➤ 9万時間の耐久性を見通す技術の延長線上に、将来的には2025年頃の<b>13万時間耐久性を達成</b>する技術が存在。</li> <li>➤ 更なる高効率化によりモノジェネ化することで、<b>低熱電比需要家への導入を進め、グリッドパリティの突破</b>を早期に実現するための<b>イニシャルコスト低減(システム価格(高圧向けで30万円/kW等)及び発電コスト(高圧向けで17円/kWh))</b></li> <li>➤ 2030年以降は、<b>国際的な水素サプライチェーンの構築と、CO2フリー水素を燃料とする純水素燃料電池コジェネの導入拡大。</b></li> </ul>
	2018～2019年度	発電効率65%以上(LHV)の業務用高効率燃料電池のコンセプト創出	
研究開発項目(b) 業務用システムの実用化技術実証	2013～2017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	
	2018～2019年度	高効率の発電システム(発電効率60%以上(LHV))実証	
研究開発項目(c) 事業用発電システムの要素技術開発	2013～2014年度	コンバインドサイクル発電システムに必要なSOFCセルスタック及びSOFCとガスタービン連携技術開発	
研究開発項目(d) 次世代技術開発	2013～2017年度	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	

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標(中間)	研究開発目標(最終)	根拠
研究開発項目(a) 耐久性迅速評価 方法に関する基 礎研究	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 速評価方法の確立	発電効率65%以上 (LHV)の業務用高効 率燃料電池のコンセ プト創出	一般的なガス機器の耐用年 数が10年(9万時間)であるこ とから、有識者を糾合して策 定したNEDO燃料電池・水素 ロードマップにおいて、2020年 度以降で「9万時間以上の耐 久性」、2025年度以降で「発 電効率65%以上」と設定。
研究開発項目(b) 業務用システム の実用化技術実 証	中容量(数～数100 kW)SOFCシステムの 導入効果検証及び課 題抽出	高効率の発電システ ム(発電効率60%以 上(LHV))の実証	NEDO燃料電池・水素ロード マップにおいて、中容量(数～ 数100kW)定置用システムは 2020年度頃まで(初期導 入)「発電効率45%LHV以上」、 2025年度以降では「発電効率 65%以上(LHV)」と目標を設 定。本項目は2018年度から開 始する実証のため発電効率 60%とした。

◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標(中間)	研究開発目標(最終)	根拠
<p>研究開発項目(c) 事業用発電システムの要素技術開発</p>	<p>平成24年、25年度実施 26年は追加研究実施</p>	<p>トリプルコンバインドサイクル発電システムのSOFCとして以下の目標。                      &lt;トリプルコンバインドサイクル発電システム&gt;                      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                      &lt;上記のうちSOFCシステム&gt;                      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</p>	<p>現状の複合発電システムの最高レベルの総合効率(58%LHV)を超えるもの。                      SOFCの性能目標(耐久性(9万時間)及び製造コスト(30万円/kW以下))は当時のNEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップの設定値(4万時間、数10万~約100万円/kW)を大幅に凌駕する値に設定。</p>
<p>研究開発項目(d) 次世代技術開発</p>	<p>個別にて設定</p>		<p>有識者へのヒアリング等により、水素社会の実現に向けた社会的ニーズの高まりを受け、従来のPEFC及びSOFCは異なる次世代燃料電池を開発して将来の性能向上に向けたシーズを発掘する必要性が顕在化したため。</p>

# ◆ 研究開発のスケジュール

➤ **耐久性の迅速評価方法は確立**。今後の低熱電比需要家への導入を進めるためモノジェネ化を見越した**発電効率向上**の技術開発のため、事業期間を2年延長。

	FY2013	FY2014	FY2015	FY2016	FY2017	FY2018	FY2019
	<b>中間評価／事後評価 ▲</b>				<b>事後評価 ▲</b>		
研究開発項目(a) 耐久性迅速性評価 方法に関する基礎研究	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の確立						
	耐久性迅速評価方法の妥当性検証及び課題抽出			耐久性迅速評価方法確立		発電効率65%(LHV)のコンセプト創出	
研究開発項目(b) 業務用システムの実用化技術実証	中容量(数～数100kW)SOFCシステムの導入効果検証及び課題抽出					新規公募	
	実証試験・課題抽出			有望テーマ継続		発電効率60%(LHV)の実証	
研究開発項目(c) 事業用発電システムの要素技術開発	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の開発						
	要素技術確立	要素技術確立					
研究開発項目(d) 次世代技術開発	PEFC、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、低コスト化等の開発						
	SORC・ポータブル・中低温動作			SORC継続			

## ◆プロジェクト費用

- 各年度の事業費は以下のとおり。
- 例えば基礎研究が中心の委託ならば全額、実用化開発の助成ならば1/2額をNEDOが負担するなど、開発フェーズによって多様。

## 各年度の事業費(カッコ内がNEDO負担額)

(単位:百万円)

研究開発項目	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	合計
(a) 耐久性迅速性評価方法に関する基礎研究(委託1/1)	207 (207)	581 (581)	772 (772)	640 (640)	455 (455)	446 (446)	415 (415)	3,516 (3,516)
(b) 業務用システムの実用化技術実証(助成1/2)	127 (54)	347 (169)	647 (323)	2,562 (1,280)	300 (150)	510 (255)	853 (426)	5,346 (2,657)
(c) 事業用発電システムの要素技術開発(共同研究1/2)	1,335 (667)	382 (191)	—	—	—	—	—	1,717 (858)
(d) 次世代技術開発(委託1/1・共同研究1/2)	75 (67)	76 (69)	46 (39)	33 (33)	28 (28)	—	—	258 (236)
合計	1,744 (995)	1,386 (1,010)	1,465 (1,134)	3,235 (1,953)	783 (633)	956 (701)	1,268 (841)	10,837 (7,267)

## 2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

### ◆ 研究開発の実施体制

NEDO

プロジェクトマネージャー  
 新エネルギー部 燃料電池・水素グループ 大平 英二 (2013～2017年度)  
 次世代電池・水素部 燃料電池・水素グループ 原 大周 (2018～2019年度)

プロジェクトリーダー  
 東京大学 特任教授 横川 晴美 氏 (2013～2017年度)、産業技術総合研究所 堀田 照久 氏 (2018～2019年度)  
**(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究(委託)**  
 (国研)産業技術総合研究所、(一財)電力中央研究所、TOTO(株)、日本特殊陶業(株)、日本ガイシ(株)、(株)村田製作所、九州大学、京都大学、東京大学、東北大学(再委託先:宮崎大学、横浜国立大学)  
 (共同実施:京セラ(株)、三菱日立パワーシステムズ(株)、東京ガス(株)、大阪ガス(株)、(株)デンソー)  
 「SOFCに関して用途の実用化、商品性向上に向けた調査事業」(委託)  
 ・九州大学(2017年)、・東京大学、(株)イー・コンサル(2018～2019年度)

**(b) 業務用システムの実用化技術実証(1/2助成)**

- 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 三浦工業(株) (2016年度まで)
- 円筒型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 三菱日立パワーシステムズ(株) (2014年度まで)
- 中容量常圧型円筒形SOFCシステムの実用化技術実証 富士電機(株) (2017年度まで)
- 固体酸化物形燃料電池による業務用・産業用システム実証および事業化検討 日立造船(株) (2017年度まで)
- 固体酸化物形燃料電池(SOFC)を用いた業務用システムの技術実証 (株)デンソー (2016年度まで)
- 円筒形SOFCマイクロガスタービンマイクロガスタービンの市場投入に向けた技術実証  
 三菱日立パワーシステムズ(株) (2017年度6月まで)、トヨタ自動車(株)、日本特殊陶業(株) (2016年度まで)
- 燃料リサイクル機構を用いた高効率固体酸化物形燃料電池実用化技術開発 (株)デンソー

**(c) 事業用発電システムの要素技術開発(1/2共同研究) (2014年度まで)**

三菱日立パワーシステムズ(株)(再委託:九州大学、東北電力(株)、三菱重工業(株))

**(d) 次世代技術開発**

- 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) (2017年度まで) 九州大学
- マイクロSOFC型小型発電機(委託) (2014年度まで) 岩谷産業(株)、(国研)産業技術総合研究所、岩尾磁器工業(株)
- 中温作動型酸化プロトンSOFCの開発(1/2共同研究) (2015年度まで) パナソニック(株)



## ◆ 研究開発の進捗管理

### 1) 研究開発項目(a): 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

- 外部有識者から構成される**技術委員会を設置**、毎年度進捗を確認。2019年3月までに全6回を開催。
- 全てのプロジェクト参加者(研究開発項目(b)、(c)も含む)が一堂に介す場として以下の**ワーキンググループ(WG)**を開催。NEDOは当該WGの場で各実施者の進捗状況を把握、計画遅延が認められる場合は議論。
  - ✓ **スタック耐久性WG 23回**
  - ✓ **劣化機構解明WG 17回**
  - ✓ **評価方法の開発WG 31回**
  - ✓ **その他調査事業との連携やプロトン伝導に関するワーキング 8回**

### 2) 研究開発項目(b): 業務用システムの実用化技術実証

- 上記の技術委員会に出席し、進捗確認等に協力した。
- 定期的に事業者を訪問して実証現場を直接確認しつつ、事業進捗状況を確認するなど、**事業者との密な連携に尽力**。
- 特に、事業を終了した企業にはその後5年間は「企業化状況報告書」の提出義務を課して事業成果の実用化を確認することで、**継続的に実用化を見通す努力**を促している。

## ◆ 研究開発の進捗管理

### 3) 研究開発項目(d)次世代技術

- 前述の技術委員会に出席し、進捗確認等に協力した。

### 4) 全体共通

- 事業の活動成果を広く社会に提示してユーザー企業やアカデミアとの密な意見交換等を促し、**成果の実用化を促進させることを目的として、毎年、成果報告会を大規模に開催(2019年7月@東京ビッグサイト、約300人以上が参加)**。多数の参加者が口頭発表やポスターセッションを通じて研究成果を確認。
- **産業界の共通ニーズ課題とNEDO事業内容の差分を明らかにして進捗状況を確認**すると共に、今後の取組方針を検討するため、『水素・燃料電池プロジェクト評価・課題共有ウィーク』を開催(2019年6月)。約400名の有識者が参加して事業の成果を確認。

## 2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

### ◆ 研究開発の進捗管理

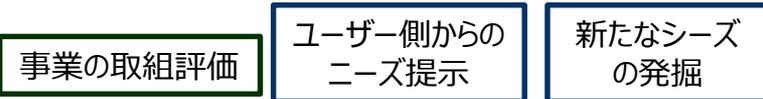
- 国家事業として水素・燃料電池に関する技術開発を継続しており、エネファームやFCVを世界で初めて市場投入するなど、**日本は当該分野の技術開発・実証において世界をリードしている。**
- 世界動向をしっかりと把握しつつ、日本の技術力の更なる向上に向けて、**事業の取組評価、ユーザー側からのニーズの提示、新たなシーズの発掘により、産学官全体に渡る活性化を図った。**
- 水素・燃料電池技術開発戦略の策定に向けて、「**水素・燃料電池分野における技術開発の重点分野について**」を発表した。

#### プログラム

主催：経済産業省・NEDO 参加者：延べ1,000名程度  
 発表数：47件（評価対象は22件）

6月17日 (月)	6月18日 (火)	6月19日 (水)	6月20日 (木)	6月21日 (金)
<b>Plenary</b> 特別講演 IEA Hydrogen Report IEA 60 min. 米国・欧州における水素・燃料電池技術開発動向 NEDO 50 min. 水素・燃料電池戦略RM METI 30 min. NEDOにおける水素・燃料電池技術開発 NEDO 30 min. 水素サプライチェーンプロジェクト評価 HySTRA AHEAD 全体討議 講評	水素発電およびPtGプロジェクト評価 水素・燃料電池戦略RM METI 10 min. 技術開発RMと事業説明 NEDO 10 min. 【水素発電】 バッテンフォール 三菱重工業 川崎重工業 【PtG】 山梨県企業局 東芝エネルギーシステムズ 豊田通商 東北大学 全体討議 講評	水素ステーションプロジェクト評価 水素・燃料電池戦略RM METI 10 min. 技術開発RMと事業説明 NEDO 10 min. JPEC HySUT 九州大学 JXTGエネルギー 加地テック 全体討議 講評	水素・燃料電池プロジェクトの課題提示と評価 水素・燃料電池戦略RM METI 10 min. 技術開発RMと事業説明 NEDO 10 min. トヨタ自動車 本田技研工業 FC-Cubic 同志社大学 山梨大学 千葉大学 東北大学 上智大学 電気通信大学 物質・材料研究機構 全体討議 講評	水素・燃料電池プロジェクトの課題提示と評価 FCCJ 慶応義塾大学 東京工業大学 東京電機大学 首都大学東京 九州大学 産業技術総合研究所 デンソー 東京大学 山梨大学 全体討議 講評 水素・燃料電池技術開発戦略の策定に向けて

#### 評価ウィークのスキーム



#### 産官学全体に渡る活性化



## ◆ 動向・情勢の把握と対応

➤ 政策当局とも密に連携して情勢変化を迅速に把握し、研究体制へ反映。

情勢	対応
<p>➤ 有識者等との深い議論を通じ、業務・産業用燃料電池の市場投入時期は2017年頃を目標とすべきという意見が散見された。(その後、2016年の国の戦略ロードマップで明示)</p>	<p>➤ 2014年に業務用システムの実用化実証を開始、日立造船(株)、富士電機(株)等を採用。</p>
<p>➤ 研究開発項目(b)実証事業に参加していた株式会社デンソーから、研究開発項目(a)にも参加して基礎科学に立脚した研究を行いたいとの希望が出された。</p>	<p>➤ 迅速に採択審査委員会を開催して審議、研究開発項目(a)に新たに株式会社デンソーを追加。</p>
<p>➤ 2017年末に策定された水素基本戦略の検討過程で、業務・産業用燃料電池は更なる高効率化でモノジェネレーションを見越した運用とグリッドパリティの突破と分散型電源による電力供給の重要性が謳われた。</p>	<p>➤ 電力グリッドの中におけるSOFCの多様な運用をシミュレートすることで、電力価値を定量的に算出して要求仕様を探る調査を開始。 ➤ 調査の実施者として東京大学、株式会社イーコンザルを採用。</p>
<p>➤ 2017年に多数の有識者を糾合して改訂したNEDO技術開発ロードマップの中で、業務用SOFCの2025年度以降の要求仕様が「発電効率65%以上(LHV)」と示された。</p>	<p>➤ 新たな目標値を達成するためには、基礎科学に立脚した研究を進める必要があることから、2018年に事業期間を2年間延長。高効率発電65%(LHV)を課題としてその材料設計指針の確立に取り組んだ。 ➤ 高効率発電の実証事業者株式会社デンソーを採用。</p>
<p>➤ 2019年に国が改定した戦略ロードマップにおいて、各種目標達成のため、分野ごとに目標と達成度の差分をチェックするための取組を開始することとなった。</p>	<p>➤ 2019年6月に「水素・燃料電池プロジェクト評価・課題共有ウィーク」を開催し、全テーマが約400人が出席する公開の場で進捗状況を説明。国の目標、研究の達成度、業界からのニーズの差分を議論する場とした。</p>

## ◆ 開発促進財源投入実績

件名	年度	金額 (百万 円)	目的	成果
透過型電子顕微鏡(TEM)の購入	2014年度	142	劣化機構解明と劣化加速要因の分析を高精度、迅速に実施するため	劣化機構解明のためのデータ取得ができ、要因分析の精度が向上、新たな知見が見えつつある。
収束イオンビーム-走査型電子顕微鏡の購入	2014年度	98	各社セルスタックの電極微構造をより高精度かつ高効率に取得するため	平成27年11月導入 (シミュレーションによる解析精度が向上し迅速性評価に関する取得が期待できる)
実証装置台数増加	2015年度	35	実証装置の容量変更と台数増加 ※50kW→20kW ※1台 →3台	顧客ニーズに合わせた容量へ変更し、実証サイトを増やすことで、早期の実用化を目指す

◆ 中間評価結果への対応(1)

下記は、主な指摘事項に対する対応。

指摘		対応
1	<p><b>研究開発マネジメント</b>                      目標として劣化率が何%/1000hのみで表されており、商品化に近い段階のSOFC開発であることを考えると、起動停止に対する耐久性評価の充実も必要と思われる。</p>	<p>起動停止に対する耐久性評価については、SOFCの耐久性迅速評価方法に関する基礎研究及び業務用システムの実用化技術実証において、研究項目の一つとして取り組んでいる。今後<b>実用化技術実証</b>において、更に実運用環境下での<b>検証</b>を行うこととする<b>(実施方針に反映)</b>。</p>
2	<p><b>研究開発マネジメント</b>                      実用化技術実証における知的財産に関する成果が希薄であるように感じた。出願に関しては開発者側に一任されているとのことであり、企業戦略上の理由があるであろうことが想定されるが、国際的な競争力の確保や国益の保護などを勘案して基本的な戦略などを再度検討し、その戦略に沿った対応を進めるべきと考える。</p>	<p>実用化技術実証の実施者が参画する基盤研究(コンソーシアム)における知財委員会等で、国際的な競争力の確保や国益の保護など基本的な戦略について関係者間にて共通認識を得、公開、秘匿の精査を行うとともに、<b>製品化を進める各社</b>において<b>具体的な取り組み</b>を進める。  <b>(プロジェクトの運営に反映)</b></p>
3	<p><b>研究開発成果</b>                      次世代SOFCの開発事業については、中低温化、内部改質化や新しいSOFC応用を拓くための機能探索など狙いを明確化して、課題抽出や開発目標の検討を行う必要があるように思う。</p>	<p>引き続き実施する<b>次世代技術</b>(SOEC)については、将来の実用化を見据え、内部改質化など現段階で解決すべき<b>基礎・基盤的な研究を重点</b>におき、<b>研究を推進</b>する。  <b>(実施方針に反映)</b></p>

◆ 中間評価結果への対応(2)

下記は、主な指摘事項に対する対応。

	指摘	対応
4	<p><b>研究開発成果</b>                      業務用システム実用化技術実証では、本事業の対象外のセル・スタックベースの技術的課題で目標達成が遅れたものもあり、結果として多数のシステム実証による成果の位置づけが曖昧となっている点が懸念される。要素技術の検証をしっかりと進めたのちにシステム実証に進められるよう、対応が望まれる。</p>	<p>技術実証において、その進捗については差異があることを認識しつつ、先行して市場に製品を投入する企業(三浦工業、MHPS)に引き続き市場投入を予定する企業(富士電機、日立造船、デンソー)が遅滞なく市場投入できるよう、技術実証での課題を基盤研究における<b>要素技術検証にフィードバック</b>し解決を図るなど更なる連携をすすめる。<b>(実施計画に反映)</b></p>
5	<p><b>成果の実用化に向けての取り組み及び見通し</b>                      業務用・産業用燃料電池のコスト目標については、機器本体の価格100万円/kWだけでなく、設置工事費、メンテナンス費も含めたトータルコストや、ランニングコストを考慮した投資回収年数などの経済性についても、本事業の実証研究を通して明らかにしていく必要がある。</p>	<p>設置工事費、メンテナンス費も含めたトータルコストや、ランニングコストを考慮した投資回収年数などの<b>経済性について実証研究</b>の中で明らかにしていく<b>(実施計画に反映)</b>。</p>
6	<p>開発期間の相異が原因と思われるが、プロジェクト成果あるいはアウトカムについての認識が異なるように感じられるので、それぞれの実用化への道筋・ロードマップを、再度NEDOと実施者間で共有して、着実に開発を進める努力が必要である。</p>	<p>将来取り組むべき新たな技術課題の設定も含め、実用化への道筋・ロードマップを、NEDOと実施者間で共有するため、<b>プロジェクト内のワーキンググループ、NEDO内の技術委員会を開催すると共に調査事業を実施する。(プロジェクト運営に反映)</b></p>

## ◆ 知的財産管理

- 国家事業の成果として極力知財化して公開していく方針。特に、市場獲得やデファクト化を促進させる案件は積極的にユーザー利用を促進させることが重要。
- 研究開発項目①「耐久性迅速性評価方法に関する基礎研究」の中で得られた成果において、実用化・事業化につながる共通的な部分については事業内で共有できる体制とした。

### オープンクローズ戦略の考え方

	非競争域	競争域
公開	耐久性迅速評価方法・解析等の要素技術共通の基礎基盤技術等	デファクトスタンダード化を促進する技術等
非公開	要素技術開発過程における蓄積データ等	製造プロセス技術・システム性能向上技術・実証運転技術等

## ◆ 知的財産管理

- 委託又は共同研究事業においては、事業実施者は「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に則って「知財の取扱いに関する合意書」を策定。事業実施者は、当該合意書で規定される知財運営委員会や知財の帰属、秘密の保持等、プロジェクトの出口戦略において重要となる知財ルール等に基づき知財を管理。
- 助成事業においては、事業主体である事業者が基本特許を取得していることを前提に事業知財戦略に則って、燃料電池の本格普及までの時間軸、日本の技術優位性、アウトカム等を意識して戦略的に知財を管理。

### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

## ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

最終目標	成果	達成度
<b>研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究(2013～2019年度)</b>		
<p><b>9万時間以上の耐久性</b> (2013～2017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。</p>	<p>以下の研究開発を総合的に複合化することで、<b>9万時間の耐久を見通すことができる耐久性迅速評価方法を確立した。</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 電中研の性能解析を<b>全スタックに適用</b>し、セルスタックの部位による<b>劣化率の寄与度を算出</b>した。<b>不純物による劣化の防止法を解明</b>するとともに<b>電極劣化とオーム損増加との相関</b>を見出し、劣化解析に有効であることを見出した。</li> <li>✓ セルスタック<b>長期試験後の試料を集学的分析</b>により、不純物濃度レベル、微構造、化学変化、形状変化などと性能劣化との相関を調べた。<b>不純物(硫黄など)被毒、絶縁層生成、相変態などの劣化メカニズムを解明</b>した。</li> <li>✓ 従来から抽出されていた劣化課題について、<b>劣化機構の解明を進め</b>、付随する<b>データの取得によりスタック性能変化を予測するシミュレーション技術の開発</b>を行った。</li> </ul>	○
<p><b>発電効率65%以上(LHV)のコンセプトを創出</b> (2018～2019年度) 高効率化SOFCシステム(発電効率65%以上(LHV))のコンセプトを創出する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>高効率運転</b>(高燃料利用率80%以上)及び<b>負荷変動試験</b>を複数企業の<b>セルスタックに適用</b>し、その<b>健全性・強靱性</b>を明らかにした。</li> <li>✓ 高燃料利用率下でのNi-YSZ燃料極での<b>Ni酸化などの劣化現象</b>をボタンセルなどで<b>解析・評価</b>するとともに<b>実セルスタックでの現象を解明</b>した。</li> <li>✓ <b>高効率運転時の劣化現象を早期に評価</b>できるよう、<b>シミュレーション技術を改良、複合化し、民間企業に提供</b>した。</li> </ul>	○

## ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
<p><b>研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((1)スタック耐久性評価)</b></p>		
<p><b>①中温筒状平板形の耐久性評価(2013～2017年度)</b></p>		
<p>(9万時間以上の耐久性) 従来のセルスタックについて、9万時間耐久の見通しが得られている場合には、更に長期間運転を行い、さらなる検証に勤める。見通しが得られない場合には改善点を提案するとともに、耐久性迅速評価技術の課題抽出に供する。低コスト検討用セルスタックについて、9万時間耐久性を評価する。</p>	<p>4万時間超耐久を含む実証機の解体分析、および電中研での性能試験とその後の<b>解体分析により、空気極のSおよびCr被毒、電解質の相変態</b>など、これまでに明らかとなっている劣化挙動以外の<b>新たな劣化要因が生じていない</b>ことを確認した。</p>	<p>○</p>
<p><b>②高温円筒横縞形の耐久性評価(2013～2017年度)</b></p>		
<p>長期運転セルスタックについて、新たな劣化要因がある場合には、劣化機構解明を従来の知見を基にして行い、改善策を検討する。新たな劣化要因がない場合には、更に運転時間を延長して、その挙動が寿命予測と整合するかを検証することで9万時間(電圧低下率0.1%/1000時間)の見通しを行うための耐久性迅速評価技術が適切であるかを判断する。</p>	<p>Cr供給源無しの3万時間の長期耐久試験より、電圧<b>低下率0.1%/1000hr(3万時間)を確認</b>。また、Cr供給源有2万時間程度の運転より、実機の7.7倍相当のCr蒸気量にも関わらず、ごくわずかの劣化でCr堆積が認められなかったこと、Mnの電解質への拡散等の新たな劣化要因が確認されなかったことから、<b>9万時間(電圧低下率0.1%/1000時間)の耐久性見通しを得ることができた</b>。</p>	<p>○</p>

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((1)スタック耐久性評価)		
③低温小型円筒形の耐久性評価(2013～2017年度)		
開発された耐久性迅速評価技術が適切であった場合には、1-2万時間の運転実証により9万時間耐久性の見通しが得られるか検証する。見通しが得られない場合には、改善点を明確にするとともに、評価技術の改良に資する。	クロム被毒や起動停止サイクルを模擬した迅速評価手法を確立し、スタックの改良を行った。その成果として、2016年度改仕様(初期案)では、2013年度仕様の劣化主要因であった <b>空気極過電圧増大を抑制することで、9万時間の連続耐久を見通した</b> 。また2016年度改仕様(最終案)の社内評価を行い、初期案よりも更に劣化が抑制される優れたスタックであることを実証した。	○
④中温平板形の耐久性評価(2013～2017年度)		
初期劣化の改良、長期耐久の見通しを得たのち、劣化機構解明とその改善策を適用したスタックにおいて耐久性迅速評価を適用し、9万時間耐久の見通しを検討する。	劣化改善スタックでの9万時間耐久の見通し検討については、劣化改善スタックの劣化率改善効果を確認するとともに、 <b>劣化挙動の外挿や各劣化要因のシミュレーションと基礎調査により、9万時間の耐久目標に目処を得た</b> 。また、強制劣化手法による迅速評価にて、 <b>熱サイクルに対する健全性</b> を確認した。更に、構造劣化解析に有用な応力解析手法に対し社内導入の検討を進め、金属部材のクリープ特性データと共に今後の社内での <b>応力解析</b> に役立てていく目途を得た。	○

## ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
<p>研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((1)スタック耐久性評価)</p>		
<p>⑤中温筒状横縞形の耐久性評価(2013～2017年度)</p>		
<p>セルスタック及びモジュールの耐久試験と熱サイクル及び負荷サイクル試験を行なう。試験後サンプルの劣化機構解析結果をもとに改良したセルスタック及びモジュールの耐久試験を実施し、劣化機構解析結果および改良結果を検証する。本作業を数回繰り返して、9万時間耐久への見通しを検討する。</p>	<p>セルスタック及びモジュールの<b>耐久試験により空気極過電圧及びIR損の増大が劣化主要因</b>であることを解明し、その改善を行った。<b>シミュレーション技術により、空気極の硫黄被毒及び電解質近傍のIR損増大は9万時間経過後も限定的</b>であるとの予測を得た。<b>熱サイクル試験も</b>行い、<b>サイクル耐性を確認</b>し、9万時間耐久の見通しを得た。</p>	○
<p>⑥中温一体焼結形の耐久性評価(2013～2017年度)</p>		
<p>耐久性改善後セルの耐久性能予測式を構築し、耐久性迅速評価技術を適用して、性能予測式を検証し、9万時間耐久を評価する。</p>	<p>一体共焼結形セルは初期劣化が大きいことが課題として残ったが、その<b>要因は絞り込む</b>ことができ、早急に<b>解決できる見込みを得る</b>ことができた。<b>初期劣化が解決</b>すれば、機械的な耐久性も含めて、<b>10年耐久の目処がたつ見込み</b>である。 種々の解析・評価法を適用して、耐久性の迅速評価技術を確立し<b>性能予測式も検証</b>した。また、種々の検討のなかで、性能向上の糸口や製造条件検討手法も得ることが出来たため、より商品力のあるSOFC開発が促進されると期待される。</p>	○

## ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
<p>研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((1)スタック耐久性評価)</p>		
<p>⑦業務用平板形の耐久性評価(2013～2017年度)</p>		
<p>業務用中温平板形セルスタックに耐久性迅速評価技術を適用、9万時間耐久への見通しを検討する。</p>	<p>耐久性迅速評価技術の適用により、劣化課題として、<b>1)Crによる空気極被毒、2)ガスクロスリークによる空気極被毒促進、3)発電中のセル変形による集電抵抗増大、</b>が抽出された。このうち、1)については金属スタック<b>表面のコーティングにより解決可能</b>である事が確認・検証された。2)、3)に関しては、デ ンソーにて解決指針を導出し、9万時間耐久を見通すための<b>セルスタック設計に反映</b>させることができた。</p>	<p>○</p>
<p>研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((2)劣化機構の解明)</p>		
<p>①熱力学的解析による劣化機構解明、加速要因分析</p>		
<p>劣化対策を施したセルスタックにおいて、セル構成材料と不純物との反応性・材料間反応性を解析し、劣化要因分析・劣化メカニズム解明をおこない、10% / 9万時間耐久を評価する。</p>	<p>「スタック耐久性評価」にて供されたセルスタックの<b>劣化メカニズム解析</b>を行うために、<b>セル構成材料間および不純物元素との化学的・電気化学的反応を解明</b>した。また、各スタックの劣化挙動を横断的に取り纏め、<b>特定された劣化挙動の寄与、その劣化進展モデルを構築</b>するために必要とされる<b>基礎データの有無などを把握</b>し、集学的対応の進捗を促した。</p>	<p>○</p>

### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

#### ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
<b>研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((2)劣化機構の解明)</b>		
<b>② 化学的解析による劣化機構解明、加速要因分析(2013～2017年度)</b>		
各スタックに対して、化学的解析により9万時間耐久の見通しに必要とされる劣化機構解明を行うとともに、化学的解析に係わる加速要因分析の高度化を図る。	スタック側が行った長期試験後のセルの <b>劣化要因、劣化機構、加速要因を明確化</b> するため、初期および耐久試験後のサンプルを <b>STEM分析し化学的に解析</b> した。微量不純物の影響を明らかにし、 <b>9万時間の耐久性見通しに貢献</b> した。	○
<b>③ 三相界面微構造解析による劣化機構解明、加速要因分析(2013～2017年度)</b>		
各社セルスタックについて、これまでのデータベースを活用して劣化要因・機構を解明し、適切な提案を行う。またボタンセルを用いた加速劣化手法を確立し、短時間の運転から長期運転時の性能を予測する。	<b>FIB-SEMIによる三次元再構築データ</b> から各社セルスタックの <b>三相界面長の評価・解析</b> をおこない、 <b>劣化機構解明に寄与</b> した。雰囲気や条件によって変化する <b>電極微構造変化のパラメータのデータベースを構築</b> し、 <b>長期運転の予測を可能</b> とした。	○
<b>④ セル構造体解析による劣化機構解明、加速要因分析(2013～2017年度)</b>		
セル構造体の信頼性に影響する現象として、非対称セルについては単セルの変形挙動、対称セルについては運転条件下での特定部材の物理化学的・機械的挙動をとりあげ、酸素ポテンシャル分布を考慮した解析により、9万時間以上の運転後の信頼性に及ぼす影響を明らかにする。	電解質・電極・インターコネクトを基本とする <b>セル構造体に生ずる応力や変形</b> など、セルスタックの <b>損傷や構造的性能劣化に繋がるリスク要因の発生機構</b> を解明し、起動・停止を含む様々な運転条件下での <b>長期信頼性を評価する手法を開発</b> した。	○

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((3)耐久性迅速評価方法の開発)		
①スタック性能劣化解析とその高度化(2013～2017年度)		
<p>劣化要因改善策が施された各セルスタックに対して、逐次長期耐久性試験と性能解析(抵抗分離)を行なうことにより、抵抗成分毎の劣化率を定量化し、9万時間耐久の達成度を各スタック毎に明確化する。</p> <p>開発したサイクル耐久に関する耐久性迅速評価技術を適用し、9万時間の耐久性確保に向けて劣化要因改善策が施された各セルスタックに対して、逐次効果検証を行うことにより、熱サイクルおよび負荷サイクルによる耐久性が9万時間の期間で十分であるかどうかの見通しを行う。</p>	<p>参画したメーカー7社のSOFCについて、<b>初期の性能評価データ解析</b>から、各過電圧を抵抗近似できることや、<b>構成材料、中間層の多孔度、ガス流路の違いにより燃料極や空気極のガス分圧依存性係数に違いが現れる</b>ことが分かった。この結果から各社毎に異なるガス分圧依存性係数を用いれば、各SOFCの<b>出力電圧を精度良く予測</b>でき、各<b>過電圧分離が可能</b>であることを明らかにした。この手法を耐久性評価に適用し、各社セルスタックの<b>抵抗成分ごとの劣化率取得</b>に成功し、各成分の<b>解析法を確立</b>した。</p> <p><b>熱サイクル特性</b>についても検討し、その<b>影響は小さい</b>ことを解明した。</p>	○

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((3)耐久性迅速評価方法の開発)		
② シミュレーション技術の開発(2013～2017年度)		
<p>耐久試験結果から抽出される劣化要因をシミュレーションし、耐久性評価手法としての妥当性の検証などをおこない、9万時間耐久性を確保するためのシミュレーション技術を構築する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・FIB-SEMで得られる微構造を反映する数値解析技術を電極・セル・スタックそれぞれのスケールで開発した。<b>局所とマクロの劣化進展の相違を、シミュレーションで予測する技術を開発した。</b></li> <li>・FIB-SEM3次元再構築手法とフェーズフィールド法を用いた燃料電極中の<b>Ni焼結挙動、局所電流密度変化などをシミュレーションし、劣化挙動を解析することに成功した。</b>空気極/中間層/電解質界面での<b>絶縁層生成や被毒現象</b>に対して、その現象を再現し、<b>長期耐久性をシミュレーションする技術を開発した。</b></li> <li>・セル構成材料内部の<b>非定常酸素ポテンシャル分布から、化学歪を考慮して応力解析する方法</b>に関して汎用ソフトへの展開を考慮した<b>シミュレーション技術を開発した。</b></li> <li>・YSZ電解質内の<b>正方晶化に関する劣化進展モデルをシミュレーションし、長期耐久する技術を開発した。</b></li> </ul>	○

## ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((4)スタック耐久性評価)		
①スタック過酷試験(2018～2019年度)		
スタック開発企業の協力のもと、平成29年度までの耐久性迅速評価プロジェクトで開発されたスタックを、運用限界近辺で稼働させ、試験後の解体分析をおこなう。高効率運転時の劣化因子・課題を抽出する。	高効率運転を想定し、 <b>燃料利用率80%以上での運転、及び負荷変動運転をおこない、高効率運転の可能性を示した。高燃料利用率運転での劣化因子の解明をおこない、検討範囲では通常運転での劣化と類似であることを解明した。</b>	○
②高効率システム用スタック過酷試験(2018～2019年度)		
家庭用燃料電池システムなど小容量機のSOFCシステム構成を念頭に実用システムの燃料流量変動等の実力見込みを解析した上、スタック評価条件を提案する。	実用システムでの <b>燃料流量の変動現象を解析し、燃料利用率が100%を超える状況もありうること、負荷変動の周期によっては現状でも対応</b> できることを解明し、高効率・強靱化セルスタック実現のための <b>評価条件を提示した。</b>	○
③強靱性セルの試作と可能性検討(2018～2019年度)		
強靱性を有する金属等の支持体や耐熱性、材料両立性等を考慮した電解質・電極等の構成材料、および新規多孔質支持体の製法および低温でのセラミックス成膜・焼結技術等、製造プロセスを検討し、強靱性セルの試作を行う。	金属多孔質支持体上にSOFCセルを <b>成膜するプロセス法を数種類検討し、単セルで数W/cm<sup>2</sup>の発電出力を示す、単セル作成に成功した。</b> 電気化学特性や機械的特性についても検討し、 <b>強靱性セルの可能性を示すことができた。</b>	○

## ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
<p>研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((4)スタック耐久性評価)</p>		
<p>④プロトン導電性デバイスの検討(2018～2019年度)</p>		
<p>超高効率セルスタックの設計に向け、PCFCセルの電解質の輸率向上や電極界面設計、種々の作動環境での劣化機構解明、並びに利用率や熱機械的特性向上に向けた課題抽出をおこなう。</p>	<p>プロトン導電性セラミック燃料電池(PCFC)の<b>材料組成最適化によりプロトン輸率の向上</b>を図った。電極/電解質界面での抵抗を抑えるため、<b>電極材料や界面構造の最適化</b>を図り、<b>性能を向上</b>させることに成功した。</p>	<p>○</p>
<p>研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((5)劣化機構の解明) (2018～2019年度)</p>		
<p>スタック耐久性評価で、過酷試験されたセルスタックの劣化事象を切り出して、高効率・強靱化のための要素解析・劣化機構解明をおこなう。また、高効率・強靱化に必要な新規な評価法の検討も進める。</p>	<p>燃料利用率80%以上、負荷変動などの<b>過酷試験を想定したセルスタックの劣化事象</b>に対し、特に燃料極での<b>酸化や微構造変化などの起こりうる劣化メカニズムを解明</b>し、高効率・強靱化のための<b>基礎データを集積</b>した。さらに、高効率セルの<b>劣化を検出する新規評価法も開発</b>した。</p>	<p>○</p>

### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

#### ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
<b>研究開発項目(a) 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究((6)耐久性迅速評価方法の開発劣化) (2018～2019年度)</b>		
高燃料利用率下での燃料極の微構造変化と性能、機械的な変形などの事象をシミュレーションできるようにする。	過酷条件において課題となる <b>局所水蒸気分圧を高精度に予測</b> するために、必要に応じて <b>モデルの改良</b> を行った。 <b>局所水蒸気分圧の下</b> で過酷運転時の燃料極の <b>Ni形態変化を予測</b> することができ、過酷条件における <b>燃料極劣化のシミュレーション・予測手法を構築</b> した。汎用ソフトによる <b>流体解析と、還元歪みを考慮した構造解析</b> とを連携させる <b>手法を開発</b> した。	○
<b>研究開発項目(b) 業務用システムの実用化技術実証</b>		
<b>① 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(2013～2016年度) (三浦工業)</b>		
発電効率48%超、総合効率90%のシステムでの商品化	発電効率48%超、総合効率90%の <b>業務用4.2kW固体酸化物形燃料電池の商品化</b>	○

### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

#### ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度	今後の課題
<b>研究開発項目 (b) 業務用システムの実用化技術実証</b>			
<b>② 中容量常圧型円筒形SOFCシステムの実用化技術実証(2014～2017年度)(富士電機)</b>			
SOFCモジュールの開発 実規模(40kW級)モジュール の設計/製作/評価	実規模モジュールの設計/製作/評価を行い、 <b>DC発電効率55%(AC50%相当)を確認。</b>	○	—
常圧型高効率システムの開発 高効率システムの設計/製作/ 評価及び制御ロジックの開発	高効率システムの設計技術及び制御ロジックを確立。実規模システム評価にて、 <b>排熱回収効率30%以上を確認。</b>	○	—
実証機の開発 実証機(パッケージタイプ)の設計 /製作/評価	初期性能(発電効率50%以上、総合効率80%以上)を確認し、耐久性評価にて <b>4万時間以上の見通し</b> を得た。	○	—
商品機の基本設計 商品機の基本設計及びコスト 試算を実施	商品機の基本設計を実施し、 <b>コスト試算したが目標価格は未達。</b>	△	低コスト化

### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

## ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度	今後の課題
研究開発項目 (b) 業務用システムの実用化技術実証			
③ 固体酸化物形燃料電池(SOFC)による業務用・産業用システム実証および事業化検討 (2014～2017年度)(日立造船)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>・実負荷環境下20kW級実証による、AC送電端効率50%以上達成、耐久性4万時間以上の見通し</li> <li>・商品機設計完了</li> <li>・装置単価100万円/kWの見通しを得る</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実負荷環境下での20kW級システム実証試験を実施。4,000h定格ベースロード運転により、<b>AC送電端効率50%以上を達成、耐久性4万時間以上の見通し</b>を得た。また、本実証で得られた課題を反映し、熱解析での検証も踏まえて<b>商品機のコンパクト化設計を完了</b>した。</li> <li>・現状、目標コスト100万円/kWの見通しが得られず、<b>システム簡略化などコストダウン対策の検討継続中</b>。</li> </ul>	<p>△ (令和3年頃達成予定)</p>	<p>低コスト化 高効率化</p>
④ 固体酸化物形燃料電池(SOFC)を用いた業務用システムの技術実証(2015～2016年度) (デンソー)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>・出力AC4.5kW以上(DC5.0kW)</li> <li>・効率AC50%以上(DC55%)</li> <li>・劣化率 0.8%/khr以下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・出力AC4.54kW/効率AC50%を取得し、<b>輻射熱マネ技術を織り込んだシステムの成立性を実証</b>した。</li> <li>・劣化率1.5%/khrと目標未達であったが、CS単体の劣化率と同等の結果を得たことから、<b>システム起因の劣化は影響少</b>であることを確認した。</li> <li>・業務ユーザ毎の熱/電力需要を踏まえたCO2削減率を試算し、給湯需要大の宿泊施設、サービス施設での導入効果大きいことを確認できたが、給湯需要小の事務所、小売店での効果は限定的となり、<b>市場拡大には高効率化の必要性が明らか</b>となった。</li> </ul>	<p>△</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・システム連続発電の継続、改良CSの搭載評価による信頼性検証</li> <li>・業務用ユーザの電力、熱需要に応じた最適設計への反映</li> </ul>

### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

#### ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度	今後の課題
<b>研究開発項目 (b) 業務用システムの実用化技術実証</b>			
<b>⑤円筒形SOFC-マイクロガスタービンハイブリッドシステムの市場投入に向けた技術実証 (2015～2016年度) (三菱日立パワーシステムズ、トヨタ自動車、日本特殊陶業)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>コンパクト化</li> <li>セル製造</li> <li>起動・負荷変化</li> <li>自立運転</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設置面積の削減</li> <li>日本特殊陶業製セルの使用</li> <li><b>Cold起動: 20h、Hot起動: 4h</b></li> <li>負荷変化率: 5%/min</li> <li>自立運転の<b>基礎技術を確立</b></li> </ul>	○	—
<b>⑥固体酸化物形燃料電池 (SOFC) を用いた業務用システムの技術実証 (2018～2019年度) (デンソー)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>出力AC4.5kW以上 (DC5.0kW)</li> <li>効率AC60%以上 (DC57%)</li> <li>劣化率0.5%/khr以下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DC発電評価を実施し、AC効率換算で前NEDO事業での発電効率を10pt上回る<b>発電効率AC60.2%相当 (DC67.4%) の優れた性能を取得</b>した</li> <li>連続/断続/負荷変動評価による劣化率測定は2019年度に予定しており、システム実証機の設計を完了した。</li> </ul>	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCモジュールの低コスト化を見据えた更なるVE/VA設計と性能確保の両立</li> <li>FCモジュール内のレイアウト設計、温調制御の最適化による部分負荷効率の向上</li> <li>連続/断続/負荷変動評価を通じた耐久課題の抽出とフィードバック項目の明確化</li> </ul>

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
<b>研究開発項目(c) 事業用発電システムの要素技術開発                      (2012～2013年度)(三菱重工業、日立製作所) 中間評価時には終了</b>		
SOFCセルスタック開発	製造技術の確立、低コスト化、高耐久性を確認し、量産化目処付けができた。	○
SOFC-ガスタービンの連携技術開発	SOFCとガスタービンとの連携で制御可能なこと、バーナー燃焼効率が高い状態であることを確認、トリプル実現可能を検証	○
導入可能性の調査	トリプルコンバインド最適仕様にて経済性が高いことを確認	○

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
研究開発項目(d)次世代技術開発(2013～2017年度)		
①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(2013～2017年度)		
<p>セルの基本性能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・SORC単セル発電性能: 500°Cにおいて電流密度200mA/cm<sup>2</sup>で0.5Vの端子電圧の達成</li> <li>・SORC単セル発電耐久性: 500°Cにおいて電流密度100mA/cm<sup>2</sup>で初期動作電圧の2%以下の劣化率@1000時間</li> <li>・SORC単セル水蒸気電解性能: 500°Cにおいて1.3Vの電解電圧において、電流密度0.3A/cm<sup>2</sup>を達成。</li> <li>・SORC単セル水蒸気電解耐久性: 500°Cにおいて電流密度0.3A/cm<sup>2</sup>で初期動作電圧の3%劣化/1000時間</li> <li>・電解と発電の電気エネルギー効率80%以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SORC単セル発電性能: <b>500°C</b>において電流密度<b>200mA/cm<sup>2</sup></b>で<b>0.6V</b>の端子電圧の達成(目標達成)</li> <li>・SORC単セル発電耐久性: <b>500°C</b>において電流密度<b>100mA/cm<sup>2</sup></b>で<b>初期動作電圧の達成</b>(長期評価は24時間程度でほぼ劣化なしを達成。)(目標達成率80%)</li> <li>・SORC単セル水蒸気電解性能: <b>500°C</b>において<b>1.3Vの電解電圧</b>において、<b>電流密度0.32A/cm<sup>2</sup></b>を達成。(目標達成)</li> <li>・SORC単セル水蒸気電解耐久性: <b>800°C</b>で<b>100時間の劣化率 ほぼ0%</b>。(目標達成率50%)</li> <li>・電解と発電の<b>電気エネルギー効率78%</b>(目標達成率90%)</li> </ul>	○

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
研究開発項目(d)次世代技術開発(2013~2017年度)		
①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(2013~2017年度)(九州大学)		
<p>円筒セル</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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</li> <li>・発電と電解の繰り返し50cycle以上の安定性の達成、50cycle後、初期特性の80%の維持</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・湿式法を用いた<b>SORC作動が可能な円筒型セルの作成と動作確認</b>。(目標達成)</li> <li>・ほぼ<b>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</b>(目標達成)</li> <li>・<b>発電と電解の繰り返し100cycle以上の安定性の達成、100cycle後、初期特性の95%の維持</b>(目標達成)</li> <li>・当初計画していた組セルについては、ガスシールが不十分で実施できなかったが、現在がAg系のシール材の開発により、補完研究で検討中(目標達成率80%)</li> </ul>	○
<p>Fe粉体</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・400°Cにおいて初期の水素供給・吸蔵速度 110 mmolH<sup>2</sup>/Kg Fe/min</li> <li>・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80%以上とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>400°Cにおいて初期の水素供給・吸蔵速度 358 mmolH<sup>2</sup>/Kg Fe/min</b>(目標達成)</li> <li>・水素供給・吸蔵速度の耐久性 初期の<b>水素供給・吸蔵速度に対して30cycle後の維持率ほぼ100%</b>。(目標達成率90%)</li> </ul>	○

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

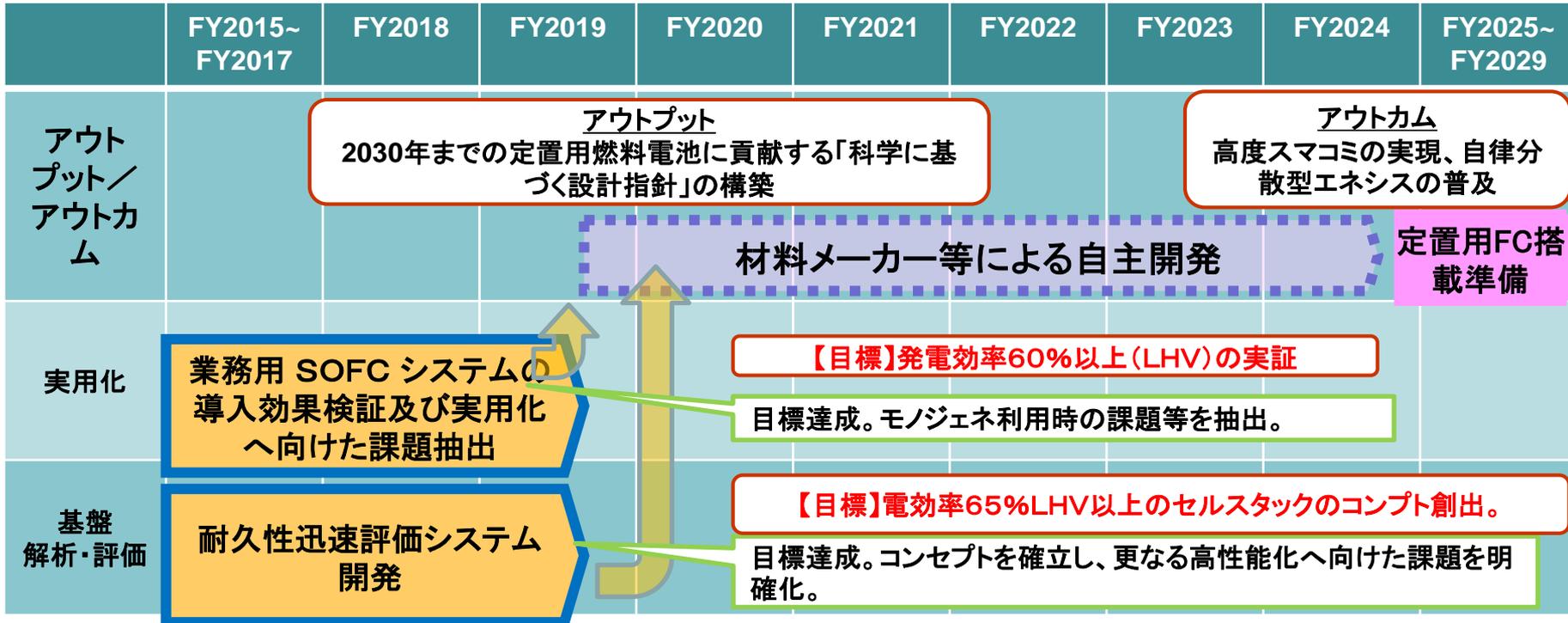
最終目標	成果	達成度	今後の課題
<b>研究開発項目 (d) 次世代技術開発 (2013～2017年度)</b>			
<b>② マイクロSOFC型小型発電機 (2013～2014年度) (岩谷産業、産業技術総合研究所、岩尾磁器工業)</b> <b>中間評価時には終了</b>			
1) 量産性に優れたマイクロSOFC作成条件の検討と検査技術の開発 不良率を10%以内に抑える量産製法を構築	成形条件、各種スラリーの塗布条件の最適化を行い、不良率10%以下確認	○	
2) 性能低下が少ない材料構造、集電・結線方法の開発 200Wを見通すデータ取得	マイクロSOFC1本あたりから0.59Wの電力を取り出せることを確認した。	○	
3) セルスタック、発電ユニット設計・製作および最適化検討、燃料ガスの影響調査 100時間の発電でも燃料極表面に炭素が析出しない燃料ガス条件を確立	(成果) カートリッジガスから200W以上の出力が得られるセルスタック(発電ユニット)を構築した。	○	高温に耐え得るセルスタック構成部材の再検討
4) 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 商品化に対する課題抽出のための発電試験、検証機の製作	脱硫、CO除去で100時間の耐久性を確保した。また、カートリッジガスからACインバーターまで全てを内蔵した検証機を製作	○	

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

最終目標	成果	達成度
研究開発項目(d)次世代技術開発(2013～2017年度)		
<p>③中温作動型酸化物プロトンSOFCの開発(2013～2015年度)(パナソニック)</p> <p>中間評価時には終了</p>		
<p>A 混合イオン伝導体(電解質)の材料開発 600°Cで<math>1 \times 10^{-2}</math> S/cm程度の混合イオン伝導体(電解質)の開発</p>	<p>CO<sub>2</sub>耐久性を有する混合イオン伝導体として、BaZr<sub>0.8</sub>In<sub>0.2</sub>O<sub>3</sub>を開発</p>	○
<p>B 電極材料開発 開発した混合イオン伝導体電解質材料に適したアノード、カソード材料の選定・開発</p>	<p>実使用環境下での1000h耐久を確認。電極材料候補の提示</p>	○
<p>C 混合イオン伝導体の薄膜化、基板材への接合 ガスリーク、電子的リークのない、電解質薄膜の合成プロセスを確立し、革新的低コストが可能な平板型薄膜単セルを試作</p>	<p>薄膜セルを作製</p>	○
<p>D 薄膜セル評価 出力0.7 W/cm<sup>2</sup>を見通すための対策の提示</p>	<p>電解質抵抗の低減と電極抵抗の低減が必要であることを提示</p>	○

## ◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

- アウトプット(直接的成果)は、2030年頃までに市場投入予定の定置用燃料電池に貢献する「科学に基づく設計指針」の構築。プロジェクト目標を達成。
- アウトカム(波及的成果)は、NEDO技術戦略マップで示す2030年頃の各種目標(再生可能エネルギー、蓄電、高温蓄熱システム等を組み合わせて電力・熱需給を最適に制御するスマートコミュニティの実現、CO2フリー水素を用いた自立分散型エネルギーシステムの普及)の実現。



# ◆各個別テーマの成果と意義(1)

- 研究開発項目(a)耐久性迅速評価方法に関する基礎研究で得た成果は以下のとおり。
  - ✓10年(9万時間)という長期耐久性を短期間で評価するための加速評価試験方法を明確化。
  - ✓発電効率の高効率化(65%以上)を実現するための指針を構築。
- この結果、以下の効果を創出した。
  - ✓ ①民間が提供する多様なセルスタックに対して②公的機関(NEDO事業)が耐久性の加速評価試験を行い、その結果を踏まえて③科学に基づいた開発方針を民間へフィードバックするという、公的機関と民間の連携による世界で初の開発サイクルを構築。(図1ご参照)
  - ✓ モノジェネ利用を見据えた世界最高レベルの超高効率65%以上を達成するための設計指針を構築。(図2ご参照)

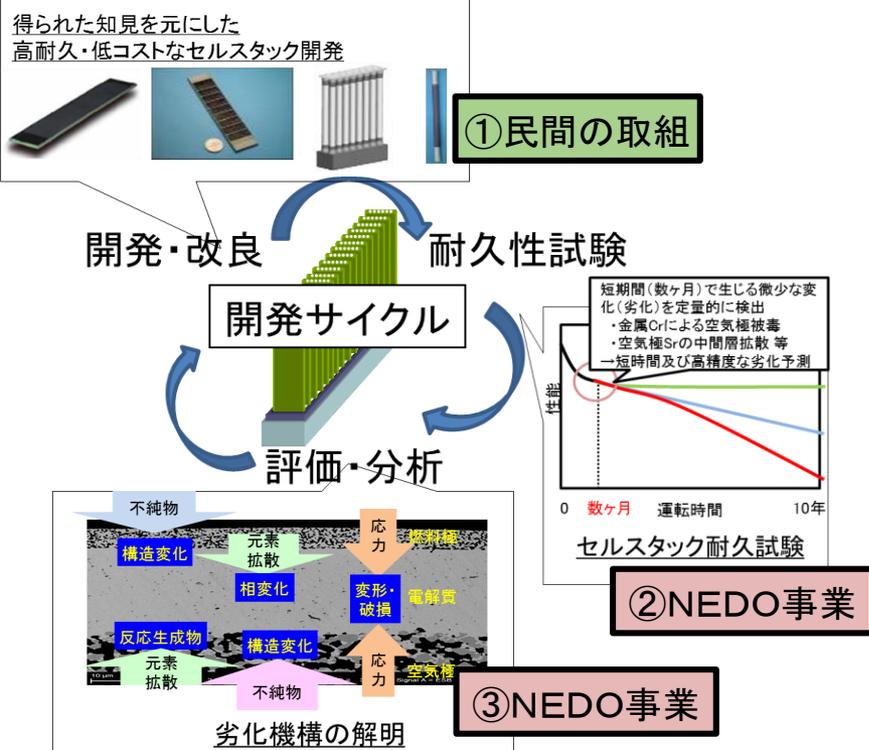


図1 セルスタックの開発サイクル

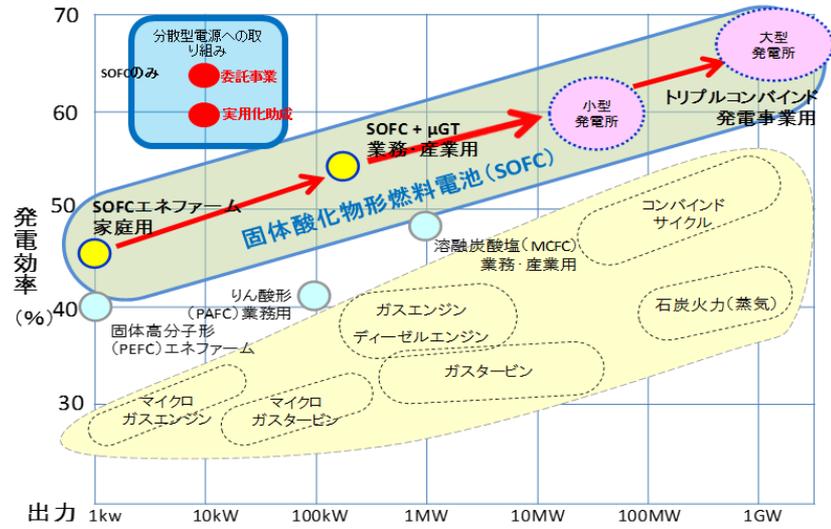


図2 各種発電機器の効率と出力規模

## ◆各個別テーマの成果と意義(2)

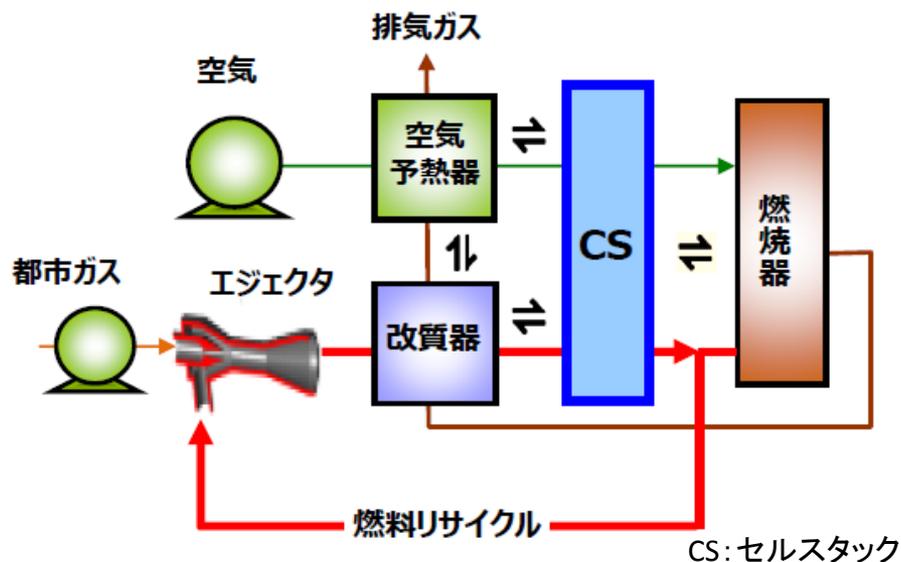
- **研究開発項目(b)業務用システムの実用化技術実証**の成果(36～39ページご参照)と、研究開発項目(a)耐久性迅速評価方法に関する基礎研究(36ページご参照)で構築されたセルスタックの開発サイクルの効果で**民間企業のセルスタックの開発が加速**。
- 以下のとおり国の水素・燃料電池戦略ロードマップに示される**2017年の業務・産業用燃料電池の上市という目標を達成**。その他も多様なメーカーが上市を検討中。

### メーカー別SOFCモジュールスペック及び市販検討状況

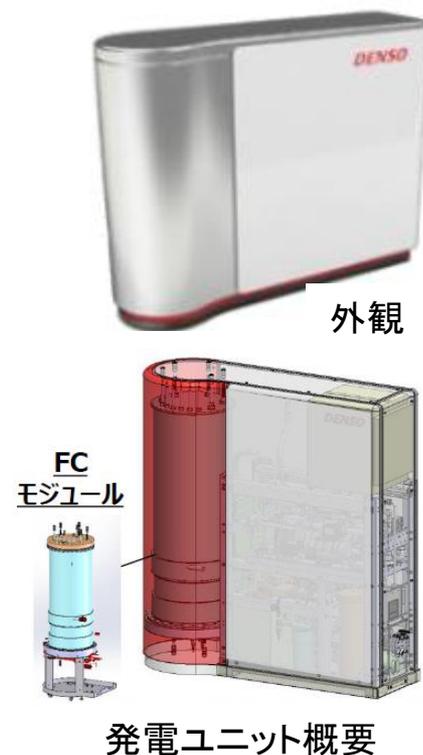
メーカー	三浦工業	デンソー	富士電機	日立造船	三菱日立 パワーシステムズ (MHPS)*	(参考) Bloom Energy
出力	5kW	5kW	50kW	20kW	250kW	200kW
タイプ	コジェネ	モノジェネ	コジェネ検討中	コジェネ検討中	コジェネ	モノジェネ
主要想定 需要家	小規模店舗、 集合住宅、 ホテル、 理美容院、 福祉施設等	飲食店、 理美容院、 小規模医療、 福祉施設等	病院、 介護施設、 食品スーパー等	中小スーパー等	データセンター 大規模ビル・ホテル等	
効率目標 2020 (発電/熱回収) (%LHV)	50%/40%	50%/-	55%/30%	55%/(検討中)	55%/18%	現状 初期:62% 平均:52%
市場投入 予定	2017年度 投入済	検討中	検討中	検討中	2017年度 投入済	(投入済)

## ◆各個別テーマの成果と意義(3)

- **研究開発項目(b)業務用システムの実用化技術実証**の中で、エジェクタを適用したアノードガスリサイクルシステムにおいて実使用を見据えた高効率(60%)の実証運転を推進(40ページご参照)。
- この結果、国の**水素基本戦略**に示す「**低熱電比需要家への導入を進め、グリッドバリエティの突破を早期に実現するためイニシャルコストを低減**」を達成するための熱需要ニーズの低い顧客の獲得へ向けた**モノジェネ**利用を想定した**技術的課題を明確化**。



エジェクタを適用したアノードガスリサイクルシステムによる高効率(60%)実証運転システム構成図



◆ 成果の普及

	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	計
論文	31	12	29	24	31	22	5	154
研究発表・講演	114	93	114	88	102	96	14	621
受賞実績	2	1	0	1	1	6	0	11
新聞・雑誌等への掲載	2	3	4	6	22	4	9	50
展示会への出展	9	4	4	7	4	3	0	31

※2019年度7月29日現在

## ◆ 成果の普及

### ➤ 以下の学会等で多数の情報を発信。

- ✓ 電気化学会
- ✓ 電池討論会
- ✓ 燃料電池シンポジウム(FDIC主催)
- ✓ 日本機械学会
- ✓ 米国電気化学会(ECS)大会

### ➤ 以下のとおり多数の案件を受賞。

- ✓ 吉川将洋“Development of SOFC performance evaluation technology (5)”, Fuel Cell Seminar & Energy Exposition・Honorable Mention 2013 Poster Presentation, 2013年10月
- ✓ 佐藤一永「固体型電池の信頼性向上のための情報処理技術の活用」、日本機械学会動力エネルギーシステム部門優秀講演表彰、2013年11月1日
- ✓ 江口浩一「固体酸化物形燃料電池および燃焼・改質のための複合金属酸化物触媒材料の開発」、石油学会 学会賞（学術部門）2014年5月27日
- ✓ J. C. De Vero, “SrSO<sub>4</sub> formation in La<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>Co<sub>0.2</sub>Fe<sub>0.8</sub>O<sub>3-δ</sub> thin films on different oxide substrates deposited by pulsed laser deposit “, BEST poster Award, The 4th International Conference on Advanced Electromaterials, 2017年11月
- ✓ 横川晴美「固体酸化物形燃料電池の耐久性に関する基盤技術の確立と実用化促進に対する貢献」、燃料電池開発情報センター学術賞、2018年5月18日
- ✓ 藪田佳絵、「テラヘルツ分光と機械学習を併用した固体酸化物燃料電池の損傷可視化」資源素材学会東北支部春季大会 ポスター賞・銅賞、2018年5月25日
- ✓ Harumi Yokokawa “In recognition of their distinguished contribution to the scientific and technological advancement of fuel cells “, Christian Friedrich Schoenbein Medal of Honour, 13th European SOFC & SOE Forum 2018, 2018年7月4日
- ✓ Muramatsu, M., ” Numerical simulations of non-stationary distributions of electrochemical potentials in SOFC”, 2018 Emerald Literati Awards for Excellence Engineering Computations, Outstanding Paper（年間最優秀論文）2018年8月1日
- ✓ 鹿園直毅「熱工学の発展への貢献」、日本機械学会熱工学部門 業績賞、2018年10月20日
- ✓ 志村敬彬「固体酸化物形燃料電池のLa<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>Co<sub>0.2</sub>Fe<sub>0.8</sub>O<sub>3</sub>空気極の電化学特性変と微細構造変化に関する研究」日本機械学会動力エネルギーシステム部門 優秀講演表彰、2018年11月2日
- ✓ 京セラ株式会社、株式会社ノーリツ、大阪ガス株式会社、東京ガス株式会社、東邦ガス株式会社、西部ガス株式会社「業界最高の発電効率52%を達成した業務用3kW SOFCコージェネレーションシステム」平成30年度新エネ大賞 経済産業大臣賞、新エネルギー財団

◆ 知的財産権の確保に向けた取組

	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	計
特許出願(うち外国出願)	0	0	14	20(4)	17(1)	12(2)	0	63件

※2019年度7月29日現在

## ◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

### 1. 研究開発項目(a) **耐久性迅速評価方法に関する基礎研究** 及び (d) **次世代技術開発** における「実用化」の考え方

エネファーム等の固体酸化物燃料電池の低コスト化と高耐久性を実現する

✓ 確立された耐久性迅速評価手法(評価方法・解析手法・シミュレーション手法)の技術

✓ システム発電効率65%以上(LHV)に資する導出されたコンセプトに係わる試作品

の社会的利用(ユーザー企業等への提供等)が開始されること

なお、次世代技術開発については本格的な国家プロジェクトとして実施できる課題が抽出されたこと

### 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** における「実用化・事業化」の考え方

成果の社会的利用(顧客への提供等)が開始され、関連製品又はサービス等の販売や利用により、企業活動(売上等)に貢献すること。

## ◆ 実用化・事業化に向けた戦略

### (1) 研究開発体制の構築

真に成果へ繋げる研究開発体制を構築。

- ✓ 実用化を目指したかじ取り役の明確化。
- ✓ 基礎研究部門の研究成果を実用化開発部門へ迅速に移行させる体制構築。

### (2) 環境変化への柔軟な対応

独法制度を活かして社会情勢や技術動向の変化に柔軟に対応。

- ✓ プロジェクト外からの多様な意見を取り入れる仕組みの構築。
- ✓ 公的機関たるNEDOがハブとなり競合するユーザーの共通課題を抽出し、研究計画へ反映。

## ◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組

### (1) 研究開発体制構築(54頁の(1)の具体的内容)

#### ➤ 実用化を目指したかじ取り役の明確化

⇒ 研究開発項目(a)耐久性迅速性評価方法に関する基礎研究 には**プロジェクトリーダーを設置し、責任と権限を明確化。**

2013～2017年 : **東京大学 横川 晴美氏**

2017～現在 : **AIST 堀田 照久氏**

#### ➤ 基礎研究部門の研究成果を実用化開発部門へ迅速に移行させる仕組みの構築

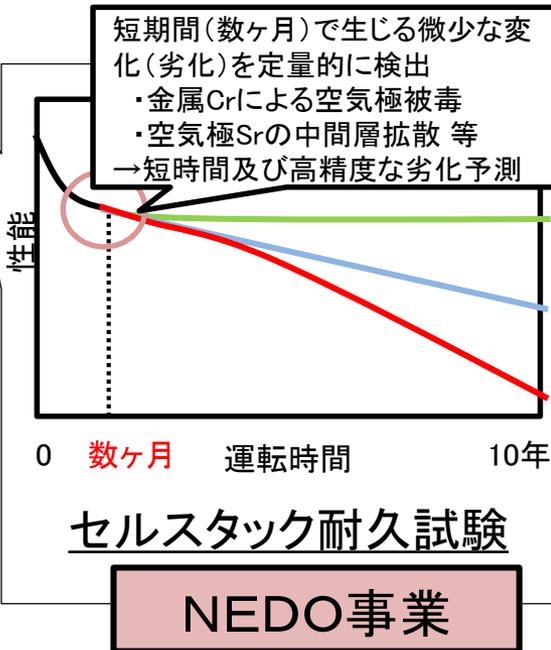
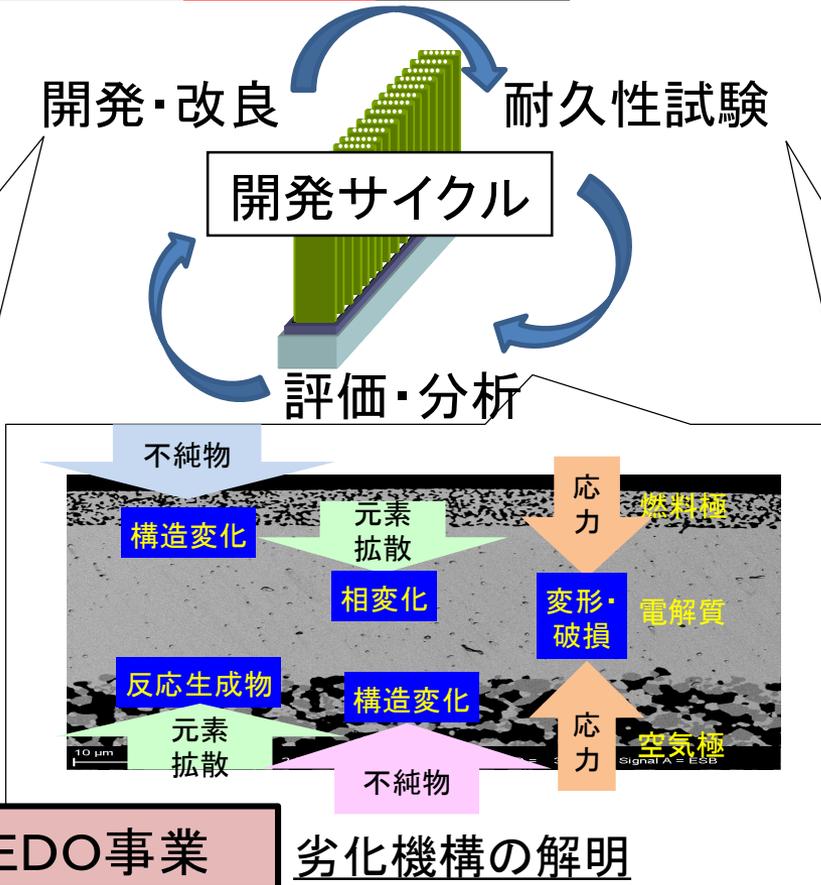
⇒ 事業内に、委託による**「基礎研究」**と、助成による**「実用化実証技術実証」**の2つのフェーズを有して、**両者を密に連携させる**ことで実用化を促進(56頁ご参照)

# ◆ 実用化・事業化に向けた戦略

- 民間が提供する様々なセルスタックを、基礎研究を担うNEDO事業(産総研が中心)が耐久性を試験し、評価、分析した結果を、実用化を担う民間へフィードバックするモデルを世界で初めて構築。
- このモデルの活用により、成果の社会的利用(ユーザー企業等への提供等)、そして、関連製品又はサービス等の企業活動(売上等)へ迅速に貢献。

**民間の取組**

得られた知見を元にした高耐久・低コストなセルスタック開発



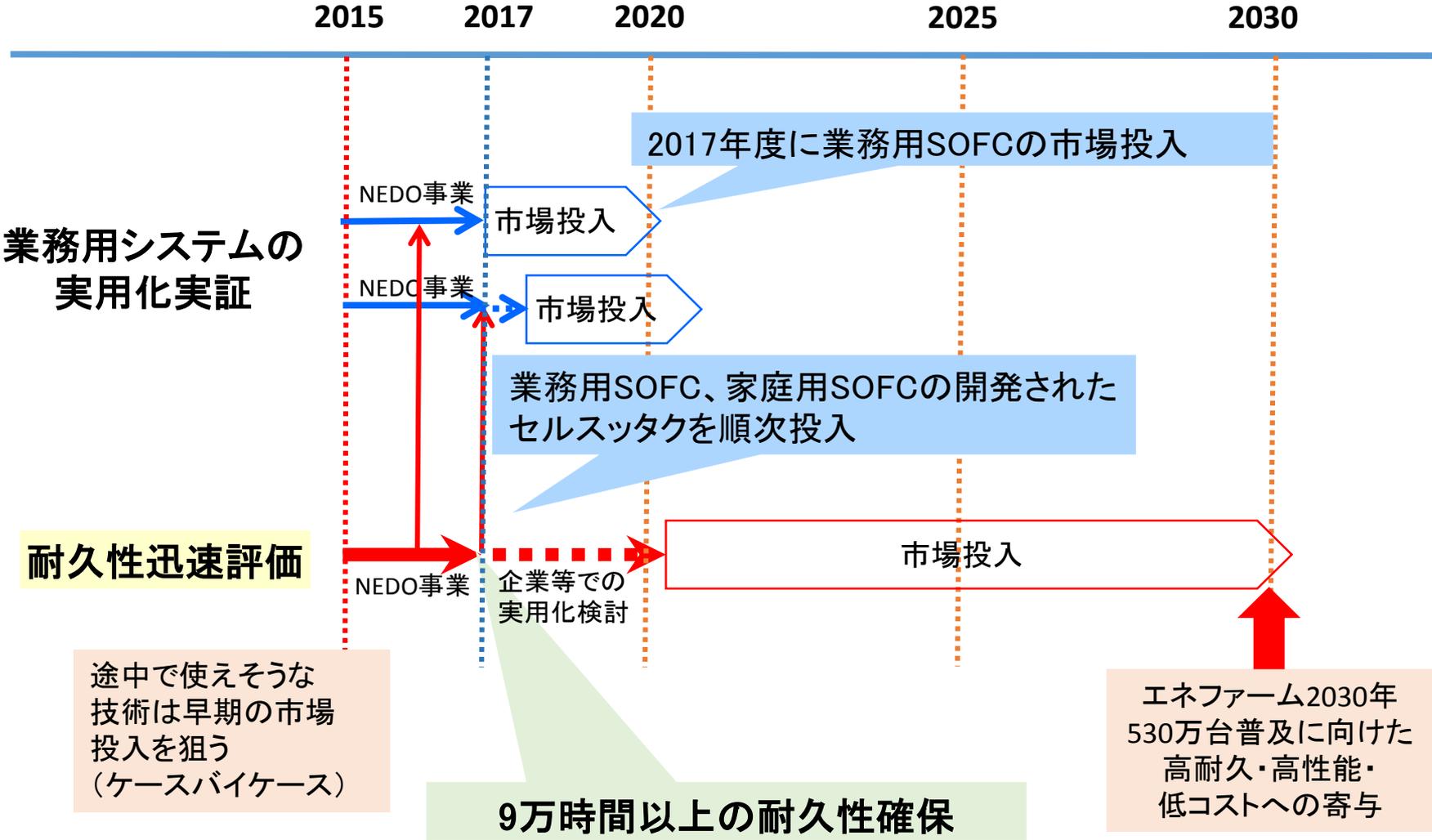
**NEDO事業**

## ◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組(1)

### (2) 環境変化への柔軟な対応(54頁の(2)の具体的内容)

- プロジェクト外からの多様な意見を取り入れる仕組の構築。
  - ⇒ 外部有識者から構成される技術委員会を設置、毎年度進捗や実用化に向けた取組等を確認。2019年3月までに全7回開催。
  
- 基礎研究部門の研究成果を実用化開発部門へ迅速に移行させる仕組みの構築
  - ⇒ 産業界の共通ニーズ課題とNEDO事業内容の差分を明らかにして、今後の取組方針を検討するため、『水素・燃料電池プロジェクト評価・課題共有ウィーク』を開催(2019年6月)。共通ニーズ課題は、本事業の後継事業へ反映させる予定。

# ◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組(2)



## ◆ 成果の実用化・事業化の見通し

- (1) SOFCシステムの実用化を実現するために**基礎研究における耐久性評価と実証研究が連携**し検証。
  - ★**企業でのセルスタック開発**→**研究機関での評価・解析が連携**
  - ★**実証研究参画メーカーが耐久性評価に参画しているセルスタックメーカーからセルスタックを導入。**
  
- (2) 業務産業用では初期導入時には4万時間耐久の装置としての完成を目指した。**METIロードマップの予定通り**、本事業に参画した**セルスタックメーカー／システムメーカー3社が業務産業システムを上市**。今後さらなる本格普及期には**効率的量産化技術の構築、セルスタック耐久性の向上、出力向上、低コスト化などの技術開発が必要**となってくる。
  
- (3) 業務産業用SOFCシステムの実用化にはまだいくつかの課題が残されている。実証事業参画メーカーでまだ上市できていないところでは、**低コスト化に注力**している。今後**低コスト化あるいは燃料電池の価値向上**が図られるよう事業参画メーカーと>Contactしていく。

◆波及効果

項目	波及効果
技術的効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 大学、国研、企業におけるSOFCに関わる基盤となる高度な科学技術力（材料開発技術、解析・分析技術、評価技術等）のスキルアップと技術確立</li> </ul>
経済的効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2025年以降の燃料電池マーケットへの貢献                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 家庭用燃料電池市場（SOFC日本） 2025年 1,020億円 2030年 2,025億円（注記1）</li> <li>▪ 業務産業用市場 （SOFC日本） 2025年 213億円 2030年 474億円（注記1）</li> </ul> </li> </ul>
社会的効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 燃料電池に関わるアウトカム（エネファーム、業務産業用等）の目標達成によるCO<sub>2</sub>削減効果と水素社会構築に向けた各種政策の実現に貢献</li> </ul>
国際的効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 世界における燃料電池関連分野での科学技術的競争力の優位性確立</li> <li>✓ 上記技術力に基づく優位性を持ったエネファーム等の国際展開に貢献</li> </ul>
人材育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 大学、国研、企業におけるSOFCに関わる研究者の育成</li> <li>✓ 次世代の燃料電池開発を担う若手人材の育成</li> </ul>

注記1：出典 2018年版 燃料電池関連技術・市場の将来展望