

「セラミックリアクター開発」  
事後評価報告書

平成23年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

平成23年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
理事長 村田 成二 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、別添のとおり  
評価結果について報告します。

## 目 次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	7
研究評価委員会委員名簿	8
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 個別テーマに関する評価結果	1-18
2. 1 高性能材料部材化技術の開発	
2. 2 ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術開発	
2. 3 評価解析技術開発及びプロトタイプ実証	
3. 評点結果	1-39
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1
参考資料2 評価に係る被評価者意見	参考資料 2-1

## はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「セラミックリアクター開発」の事後評価報告書であり、第25回研究評価委員会において設置された「セラミックリアクター開発」（事後評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第28回研究評価委員会（平成23年3月30日）に諮り、確定されたものである。

平成23年3月  
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

「セラミックリアクター開発」（事後評価）

分科会委員名簿

（平成23年10月4日現在）

	氏名	所属、役職
分科会長	うえまつ けいぞう 植松 敬三	長岡技術科学大学 工学部 物質・材料系 教授
分科会長 代理	おかだ きよし 岡田 清	東京工業大学 応用セラミックス研究所 所長／教授
委員	いしはら たつみ 石原 達己	九州大学 工学研究院 応用化学部門 教授
	いとう なおつぐ 伊藤 直次	宇都宮大学 大学院工学研究科 物質環境化学専攻 教授
	えぐち こういち 江口 浩一	京都大学 大学院工学研究科 物質エネルギー化学専攻 教授
	おがさわら けい 小笠原 慶	東京ガス株式会社 商品開発部 SOFC プロジェクトグループ 開発推進チームリーダー
	もり としゆき 森 利之	独立行政法人 物質・材料研究機構 燃料電池材料センター 副センター長

敬称略、五十音順

## 審議経過

### ● 第1回 分科会（平成22年10月4日）

#### 公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法と評価報告書の構成について
4. プロジェクトの概要説明

#### 非公開セッション

5. プロジェクトの詳細説明
6. 全体を通しての質疑

#### 公開セッション

7. まとめ・講評
8. 今後の予定、その他、閉会

### ● 第28回研究評価委員会（平成23年3月30日）

## 評価概要

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

我が国のものづくりの高度な技術を結集し、エネルギー需要の一層の増大、省エネの重要性とそれへの対応を、このような国プロの形で進めることができたことは重要である。

プロジェクト開始時の目標が非常に高いレベルに設定され、困難な課題であったが、それらの目標をほとんどクリアしており、十分に評価できる内容といえる。セラミックス系の部材を複合化して構造体にまで組み立てる技術で、製造が困難と予想された目標物の作製に成功し、マイクロ燃料電池デバイスの高性能化を達成したことは、高く評価できる。

また、高温セラミックデバイスとして精細な加工・作製技術が進展したことは将来技術としても重要である。

その一方で実用への展開には競合もあり、まだまだハードルが高く、また、種々の応用の可能性については網羅的に検討がなされていない。波及効果の分まで含めて、さらなる検討を望む。さらに、得られた成果について“なぜ”という部分が欠如していると感じる。今後をさらに展開する上で、課題や成果の詳細な解析が求められる。

#### 2) 今後に対する提言

将来の技術に結び付くような形で、材料情報やセラミック加工ノウハウ、各種応用分野へ適応性評価結果が引き継がれることが必要である。提案された事業化プランを実現するためには、現時点、終了というよりも、実用化に至る開発の始点にあるという認識が必要である。実用化には、信頼性、安定性に関するデータの蓄積、コストなどまだ多くの課題が残されており、これからが大変である。参画企業を中心に、事業化に向けた開発を継続することを強く望むとともに、そのための積極的な支援が必要と考えられる。セラミックリアクターの応用先は多岐に渡ると考えられ、本事業で検討した以外にも用途が拡大する可能性がある。有用なものについては国際標準化を先導するなどして国産技術の優位性を高めていくことが重要である。

今後は、得られた成果をサイエンスやエンジニアリングの面からより深く掘り下げて、後に続く者にも役立つ知見として整理し、公表をしてほしい。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

本事業は、高効率な SOFC の用途拡大を通じての革新的エネルギー高度利用に資するものであり、また部材産業技術の環境、エネルギーへの付加価値増大を促進するものであり、エネルギーイノベーションプログラムおよびナノテク・部材イノベーションプログラムのいずれの目標達成にも寄与するものである。

エネルギー需要の一層の増大、省エネの重要性とそれへの対応、世界に冠たる我国のセラミックス技術、超小型高効率燃料電池分野における初めての市場への対応、政策等あらゆる観点から見て本事業は妥当である。

新規性が高く、高難度の開発要素が多岐に渡っており、応用分野の公共性も高いため、NEDO の関与のもと各方面の専門家が結集して開発を実施している。一方、他の SOFC 関連の NEDO プロジェクトとの目標の棲み分けはなされているものの、逆に、共通基盤技術における相互の連携、情報共有などがプロジェクト全体を通じて希薄である。

### 2) 研究開発マネジメントについて

従来にない超小型燃料電池とその集合による大型装置への対応を目指しており、戦略的に適切である。プロジェクト立ち上げ時の世界最高性能を凌駕する目標値を意欲的に設定していることは評価できる。また基礎検討から実証までの開発ステップ、期間の設定も妥当である。多くの出口の可能性を探るという点でよいチーム構成となっており産学間や異種業種間の連携も良好であり、結果的に効率的なプロジェクト運営がなされたものと判断できる。

プロジェクト期間中における軌道修正など、内外の技術動向に対応したマネジメントが行われ、ある程度成功したと評価できる。しかし、5 年間で SOFC の技術は大きく展開し、家庭用 SOFC が実用化の直前にあるが、5 年前の目標の達成に終始し、サイズを含めて再度検討する必要がある。

### 3) 研究開発成果について

当初の目標は達成されており、かつ多くの点で目標を大幅に超えている。得られた成果の多くは世界トップレベルといえる。目標性能を達成するために新規材料、プロセスの開発を行っており、他用途への展開も期待できる汎用性を有する成果が得られている。成果は今後の SOFC のためのものづくりという観点で高く評価でき、新しい展開も予想され、市場の創造が期待される。

その一方で、他プロジェクトや海外との比較条件設定は、世界最高であるとい



う点ばかりが強調され、単セルあるいは小規模モジュールで実施され、実用化を直接判断できるサイズやモジュールでの試験が少ない。特許、論文、講演などの発表件数は多く、成果の公表にも努めているが、海外特許や権利化された特許数という観点では知的所有権の確保がやや少ない。有用技術の国際特許取得や国際標準化の先導など、成果の戦略的な活用を期待する。

#### 4) 実用化の見通しについて

マイクロチューブでスタックの成果は極めてユニークで、新しい展開が期待でき、作製技術として高いレベルにあり、分野を選ぶと実用化が十分期待できる技術と判断される。

技術開発の出口として複数の適用先を選定して実用化への課題と解決策を示しており、実用化への道筋を明らかにしたことは評価できるが、実用化にはコスト、信頼性の確保等、未確定部分が残る。やってみないと分からない点があり、チャレンジをするか企業の判断が不明である。

## 研究評価委員会におけるコメント

第28回研究評価委員会（平成23年3月30日開催）に諮り、了承された。  
研究評価委員会からのコメントは特になし。

## 研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所 属、役 職
委員長	西村 吉雄	学校法人早稲田大学大学院 政治学研究科 (科学技術ジャーナリスト養成プログラム) 客員教授
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	オリンパスビジネスクリエイツ株式会社 事業企画本部 戦略探索部 探索2グループ シニアマネージャー
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	日本大学 法学部 教授
	大西 優	株式会社カネカ 顧問
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 相談役
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	小柳 光正	東北大学未来科学技術共同研究センター 教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学部機械学科 教授・総合技術研究所所長
宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授	

## 第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

## 1. プロジェクト全体に関する評価結果

### 1. 1 総論

#### 1) 総合評価

我が国のものづくりの高度な技術を結集し、エネルギー需要の一層の増大、省エネの重要性とそれへの対応を、このような国プロの形で進めることができたことは重要である。

プロジェクト開始時の目標が非常に高いレベルに設定され、困難な課題であったが、それらの目標をほとんどクリアしており、十分に評価できる内容といえる。セラミックス系の部材を複合化して構造体にまで組み立てる技術で、製造が困難と予想された目標物の作製に成功し、マイクロ燃料電池デバイスの高性能化を達成したことは、高く評価できる。

また、高温セラミックデバイスとして精細な加工・作製技術が進展したことは将来技術としても重要である。

その一方で実用への展開には競合もあり、まだまだハードルが高く、また、種々の応用の可能性については網羅的に検討がなされていない。波及効果の分まで含めて、さらなる検討を望む。さらに、得られた成果について“なぜ”という部分が欠如していると感じる。今後をさらに展開する上で、課題や成果の詳細な解析が求められる。

#### 〈肯定的意見〉

- セラミックス系の部材を複合化して構造体にまで組み立てる作業は難易度の高い技術開発である。参画した各機関は、それぞれの得意分野で高いポテンシャルを有しており、目標値のクリアを含めてプロジェクトの推進に貢献している。
- プロジェクト開始時の目標が非常に高いレベルに設定されていたにも拘わらず、それらの目標をほとんどクリアしており、十分に評価できる内容といえる。
- 本プロジェクトはマイクロチューブの作成とユニークな構造の SOFC の開発への応用であり、ものづくり技術で、製造が困難と予想された目標物の作製に成功し、所定の目標を達成した点は高く評価できる。
- エネルギー資源の高効率利用の点からは重要な課題である。特に SOFC 小規模発電ユニットについて、家庭以外の用途は国内では検討例が少なく、外国との競争力の点で劣っていたためこのように国プロの形で進めることができたのは重要である。さらに高温セラミックデバイスとして精細な加工・作製技術が進展したことは将来技術としても重要である。
- 我が国のものづくりの高度な技術を結集し、世界をリードする環境技術の

可能性を切り拓いたことは大いに評価できる。意欲的な目標設定や効率的な実施体制など、世界最高のものを作るという活気に満ちたプロジェクトであったことが推察される。

- 困難な課題であったが、基礎的技術面では目標としたすべての点で問題を解決しており今回の研究範囲に関しては満点である。
- 我が国の燃料電池製造分野におけるトップクラスのエンジニアと、先端分野で現在も活躍されている研究者からなる、いわばドリームチームにより、ドーパドセリアという使いこなすことが難しいものの、将来の低温作動固体酸化物形燃料電池デバイスの開発に必要な不可欠な材料を、十分に使いこなし、先端ものづくり技術を駆使して、マイクロ燃料電池デバイスの高性能化を達成したことは、高く評価できる。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- コジェネについては、サイズ、DSS などの問題を本プロジェクトでは強調しているものの、他プロジェクトとの重複する部分があるのは否めない。既の実証段階に入っていることから、歩調を合わせるなど連携して進めることが必要。
- 基礎から応用まで一貫した開発を行い、優れた成果を得ているが、事業化へ向けた知的基盤整備に関し、積極的に海外出願を考えているグループと、今後の市場動向次第で考えるなどの消極的対応を考えているグループが見受けられる。プロジェクト全体として、知的基盤整備に関し、共通の取り組み姿勢を示す必要がある。実用化におけるシステムとして検討は本課題の中核からやや外れており、種々の可能性については網羅的に検討されていない。波及効果の分まで含めて、さらなる検討を望む。
- プロジェクトの目標は達成できたが、実用への展開には他の材料などとの競合もあり、まだまだハードルがある。後継プロジェクトへのサポートも必要である。
- 目標の達成に終始し、得られた成果の解析や今後の課題が必ずしも明確になっていない。”なぜ”という部分が欠如していると感じる。今後をさらに展開する上で、課題や成果の詳細な解析が求められる。一方で、プロジェクト内での連携が十分でなく、プロジェクトとしては最適なものや構造への絞り込みや、グループ内で開発した新規材料を積極的にセルへ用いるべきであった。
- プロジェクト内、また他プロジェクトとの連携が、結果としてあまり表に出てこないことに不満が残る。知見の相互活用によりさらに有益な成果を生み出す可能性があったのではないか。

〈その他の意見〉

- グループ内への外国機関の参画を求める必要があったかが、極めて疑問で、成果をみても外国機関がちゃんと関与、機能したかは疑問である。連携の悪い外国機関を入れるくらいなら、優秀な国内の機関で集中的に行うべきであった。
- ナノテクノロジーとの関連がやや希薄である。ナノ粒子粉末の作製、混合技術だけでは先進的とは考えにくい
- 開発成果の早期実用化は現実的に難があるものの、手法やプロセスは他用途への展開が大いに期待できるものであり、技術蓄積の観点からも広く活用していくべきである。
- せっかく素晴らしいマイクロリアクターができたのだから、是非この信頼性や長期安定性に関するデータの収集をどこかができるようにするべきである。

## 2) 今後に対する提言

将来の技術に結び付くような形で、材料情報やセラミック加工ノウハウ、各種応用分野へ適応性評価結果が引き継がれることが必要である。提案された事業化プランを実現するためには、現時点、終了というよりも、実用化に至る開発の始点にあるという認識が必要である。実用化には、信頼性、安定性に関するデータの蓄積、コストなどまだ多くの課題が残されており、これからが大変である。参画企業を中心に、事業化に向けた開発を継続することを強く望むとともに、そのための積極的な支援が必要と考えられる。セラミックリアクターの応用先は多岐に渡ると考えられ、本事業で検討した以外にも用途が拡大する可能性がある。有用なものについては国際標準化を先導するなどして国産技術の優位性を高めていくことが重要である。

今後は、得られた成果をサイエンスやエンジニアリングの面からより深く掘り下げて、後に続く者にも役立つ知見として整理し、公表をしてほしい。

### 〈今後に対する提言〉

- ・ せっかく、開発したマイクロ SOFC なので、参画企業を中心に、事業化に向けた開発を継続することを強く望むとともに、そのための積極的な支援が必要と考えられる。今後は、効率が確保できそうな輸率の高い高酸素イオン伝導性電解質材料を使い、他の実用化に近い SOFC とは異なる用途に特化した開発を行う必要がある。一方で、事業化や市場確保に向けてのシナリオが貧弱なので、まずはロードマップをしっかりと作成し、方向性とそのための戦略を考える必要がある。とくに、今回の参画企業は製造企業が主で、最終的にシステムを作成し、販売を行う企業との連合体を早く作成する必要がある。最終的には価格の課題が予想されるので、推定される価格を早めに明確にして、事業化ができるかの判断を行う必要がある。
- ・ これまではプロジェクトで掲げたタスクをクリアしていくことで手一杯であったように見受けられる。今後は、得られた成果をサイエンスやエンジニアリングの面からより深く掘り下げて、後に続く者にも役立つ知見として整理し、公表をしてほしい。
- ・ 基本的な技術の検証はほぼ終わっている。事業化を見据えた実証化には、関係者のさらなる努力が必要かもしれないが、是非実現に向けて進んでほしい。
- ・ 実用化へは解決すべき課題が多く残されており、さらなる研究開発が望まれる。本事業での成果を今後の開発に最大限活用できるようにしておくことが肝要である。また実用化のためには、性能に加え、耐久性、コストと



いった要素での課題を解決する必要があるなど開発要素が広範である。関連する技術開発での知見も広く利用して開発の加速に繋げてほしい。(

- ・ セラミックリアクターの応用先は多岐に渡ると考えられ、本事業で検討した以外にも用途が拡大する可能性がある。これらを検討し、有用なものについては国際標準化を先導するなどして国産技術の優位性を高めていくことが重要である。
- ・ 高い初期性能を確認できたので、信頼性、安定性に関するデータを蓄積し、提案された事業化プランの実現を行っていただきたい。
- ・ 本プロジェクトで世界最高の性能が得られたということは、プロジェクトの成否を判断するためには重要であるが、将来的に技術は常に進展するためあまり意味はない、将来の技術に結び付くような形で、材料情報やセラミック加工ノウハウ、各種応用分野へ適応性評価結果が引き継がれることが必要である。プロジェクトの成功、終了というよりも、実用化に至る開発の始点にあるという認識が必要である。
- ・ 実用化にはまだ多くの課題が残されており、これからが大変である。開発における危険性も残されているが、大きな成果や波及効果が期待でき、企業にだけリスクを負わさないよう望む。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 上記コメントと重複するが、この技術の実用に対する可能性を更に追求するべきと考える。
- ・ 今回のセルの特長を生かすためには、現在、家庭用で実用化が進もうとしている競合技術に対して、可搬用や自動車用などのシステムを目指した方がよいと思うが、その場合には耐振動性や起動時の水をどうするかなどの別の課題があり、この点を含めて展開する目標とそれに合わせたシステムの設計と実証が必要であり、早急に取り組む必要がある。
- ・ 今後とも、定期的に、国内又は国際会議などのオーガナイズドセッション等を利用し、研究発表会を開催し、プロジェクト終了後の成果の発信を行うべきであろう。
- ・ 本プロジェクトに限ったことではないが、一般論として以下に意見させていただく。目標とその達成度について自己評価している。要素技術である①高性能材料部材化技術の開発と②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術開発については世界レベルの結果を提示している。しかしながら、③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証においては、目標値は超えているものの目立つほどのものではないようである。要素開発は非常に優れているものの、それらを組み合わせると性能は落ちるといったことは、

組み合わせ技術の難しさを反映する結果だと思われる。こうしたことは、よく見られるものであり、今後はプロジェクトの組織化と計画・目標を立案する中で、この点をよく議論して、常に留意して推進すべきであることを提言する。

- ・ マイクロチューブの最大の課題は、部品点数が増えて、技術的にはシールの確保が大変で、本当にシステムとして効率の達成ができるかであり、事業としては競争技術や競合機種に対して、価格が妥当にできるかにある。この点を明確にして、今後の開発が妥当かを早く、見極める必要がある。

## 1. 2 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

本事業は、高効率な SOFC の用途拡大を通じての革新的エネルギー高度利用に資するものであり、また部材産業技術の環境、エネルギーへの付加価値増大を促進するものであり、エネルギーイノベーションプログラムおよびナノテク・部材イノベーションプログラムのいずれの目標達成にも寄与するものである。

エネルギー需要の一層の増大、省エネの重要性とそれへの対応、世界に冠たる我国のセラミックス技術、超小型高効率燃料電池分野における初めての市場への対応、政策等あらゆる観点から見て本事業は妥当である。

新規性が高く、高難度の開発要素が多岐に渡っており、応用分野の公共性も高いため、NEDO の関与のもと各方面の専門家が結集して開発を実施している。

一方、他の SOFC 関連の NEDO プロジェクトとの目標の棲み分けはなされているものの、逆に、共通基盤技術における相互の連携、情報共有などがプロジェクト全体を通じて希薄である。

#### 〈肯定的意見〉

- ミクロ集積モジュールを構成するハニカムやマイクロチューブの基本構造については新規性が高く、それらを実現したことによって将来セラミックス技術の進展に寄与する。このような新規性が高く開発リスクが大きな課題については NEDO プロジェクトとして進めるのに適している。
- 本事業における開発は、高効率な SOFC の用途拡大を通じての革新的エネルギー高度利用に資するものであり、また部材産業技術の環境、エネルギーへの付加価値増大を促進するものであり、エネルギーイノベーションプログラムおよびナノテク・部材イノベーションプログラムのいずれの目標達成にも寄与するものである。
- 高難度の開発要素が多岐に渡っており、また応用分野の公共性も高いため、NEDO の関与のもと各方面の専門化が結集して開発を実施することは妥当である。
- 材料の高機能化、ミクロ集積化、および、それらの実用的評価を、一体的に行うことは、民間企業だけでは、難しいことであり、NEDO の関与が、まさに必要なプロジェクトであると考えられる。
- エネルギー需要の一層の増大、省エネの重要性とそれへの対応、世界に冠たる我国のセラミックス技術、(超)小型高効率燃料電池分野における初めての市場への対応、政策等あらゆる観点から見て本事業は妥当である。
- まさにナノテク・部材及びエネルギーイノベーションに深く関わるテーマ

であり、NEDO 事業として行うべきものであった。また、チャレンジングな内容から考えても民間だけではとうてい設定し得ないテーマであり、まさにわが国の強みを十分に示すことができるテーマであり、成果である。

- マイクロ SOFC の作成は物作りとしては目標の技術的レベルが高い物であったが、努力の成果が認められ、目標物が作成できたことは高く評価できる。企業の集積も必要であり、またエネルギー需要の動向からも必要な研究であったと判断される。
- 近い将来の技術分野の開発事業として NEDO の関与（公的資金投入）は妥当である。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 定置用または自動車用としてのマイクロ燃料電池デバイス開発に関しては、事業の展望が明確になっているが、携帯機器などへの応用に関する展望が明確さに欠ける。なぜ、本プロジェクトで開発されたマイクロ燃料電池デバイスが、二次電池などに置き換わると考えられるかが不明である。よって、今後の開発ターゲットも、本プロジェクトを通して、事業化計画が明確になった方向に的を絞って、すすめることが望ましい。
- エネルギー需要からみて、高効率発電という観点が重要であるが、挙げられた効率は必ずしも他の競争技術に比べて十分、高いものではなかった。これは5年間で競争技術が大きく進歩したことにもよる。そこで、さらに高い発電効率の達成を目指して、開発を進める必要がある。
- 連続運転、起動停止に関しては短時間の性能で判断されており長期の試験も必要である。
- 他 NEDO プロ (SOFC 関連) との目標の棲み分けはなされているものの、逆に、例えば共通基盤技術における相互の連携、情報共有などがプロジェクト全体を通じて希薄である。
- 現段階では本燃料電池はかなり高価なものとなろう。また信頼性の面も検証は行われていない。低コスト化、高信頼化が重要である。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるかは、今後の活動及び実用化動向にかかっている。少なくとも、これらの知見を今後活かすことが必要である。
- ・ 本プロジェクトを通して、国際競争力のある技術が開発されたと考えられるが、その価値ある技術が、どれだけ国際特許として、各国（EU、米国、アジア）に出願された（または出願予定）のかに関する説明が不十分であ

る。我が国固有の高度なモノ作り技術や、デバイス自体が、容易に諸外国で生産され、我が国の産業に大きな損害や脅威を与えるようなことは、あってはならない。よって、最終報告書には、こうしたことが分かるような、特許戦略に関する追加の説明が、必要不可欠である。

- ・ 採択時には他分野の開発事業を含めて多くの提案の中から本プロジェクトが優先的に採択されたのですが、その採択が適切であったのかどうかについての大所高所からの“事後審査”も必要ではないかと思います。その審査は、当然ながら分科会レベルでなく、上位の委員会で行なわれるべき事案だと思います。最終的には科学技術政策まで遡ってしまうかもしれませんが、採択とその事業結果・成果について（説明）責任を負う（責任を取れと言うのではなく公平な判断をし、必要な場合反省もする）体制作りも必要かもしれません。

## 2) 研究開発マネジメントについて

従来にない超小型燃料電池とその集合による大型装置への対応を目指しており、戦略的に適切である。プロジェクト立ち上げ時の世界最高性能を凌駕する目標値を意欲的に設定していることは評価できる。また基礎検討から実証までの開発ステップ、期間の設定も妥当である。多くの出口の可能性を探るといふ点でよいチーム構成となっており産学間や異種業種間の連携も良好であり、結果的に効率的なプロジェクト運営がなされたものと判断できる。

プロジェクト期間中における軌道修正など、内外の技術動向に対応したマネジメントが行われ、ある程度成功したと評価できる。しかし、5年間でSOFCの技術は大きく展開し、家庭用SOFCが実用化の直前にあるが、5年前の目標の達成に終始し、サイズを含めて再度検討する必要がある。

### 〈肯定的意見〉

- 世界最高の水準の値が、数多く報告されており、大きな成果が得られたことが、評価に値する。
- 本件開発を革新的技術と位置付け、プロジェクト立ち上げ時の世界最高性能を凌駕する目標値を意欲的に設定していることは評価できる。また基礎検討から実証までの開発ステップ、期間の設定も妥当である。
- プロジェクト期間中における軌道修正など、内外の技術動向に対応したマネジメントが行われ、ある程度成功したと評価できる。
- 設定した技術的にレベルの高い目標を達成しようと、各参画企業の十分な努力が認められる。
- 3種の委員会（調整、推進、調査）を設置して、チェック機能を加えながらプロジェクトの推進を図っている。さらに、シンポジウムを5回開催して成果の公表にも努めている点も評価できる。
- 多くの出口の可能性を探るといふ点でよいチーム構成となっており産学間や異種業種間の連携も良好である。プロジェクトリーダーを中心として連携がよく取れた結果実現したプロジェクトである。
- 各方面の優秀かつ実績豊富なメンバーを実施者として選定しており、またそれぞれの幅広い研究開発業務をプロジェクトリーダーにより統括させる体制をとっており、結果的に効率的なプロジェクト運営がなされたものと判断できる。
- 従来にない（超）小型燃料電池とその集合による大型装置への対応を目指しており、戦略的に適切である。研究チームは今日考え得る最高のものの一つであり最適であり、相互間の連絡も適切に行われている。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- この5年間でSOFCの技術は大きく展開し、家庭用SOFCが実用化の直前にあるが、5年前の目標の達成に終始し、サイズを含めて再度、一部、目標を検討した方が良かったのではないかと思われる。研究組織間の連携に関しては、目標や技術の絞り込み、他のグループの成果の活用が十分でなく、プロジェクトリーダーの指揮力をもっと強く作用させた方が良かった。
- 目標設定の根拠をもう少し詳細かつ論理的に検討する方策はなかったか。例えば実用化を考えた場合のコスト目標、またそれをブレークダウンする形でのセル要求特性など。結果的に世界最高の目標値設定とその達成により内外にインパクトを与えたことは意義のあることだが、不要なオーバースペックを目指していないかの検証も必要ではないか。
- ただ、なぜ良くなったのか？より良くするためには、今後、何を行うべきなのか、などの考察が少ない点に問題がある。
- 研究の性格上、材料開発を別個に進めざるを得なかったため、プロジェクト途中で開発された高性能材料による検証はできていないが、今後に期待できる。
- グループが大きかったことと材料、プロセス、システムと同時並行的に進めるのが難しいタスクを抱えたグループがプロジェクトを動かしていたこともあり、実施者間の連携には幾分不十分な感があったことは否めない。
- 加速財源投入の結果がどうであったか、総括することで、その効果を明らかにして、有意義なものであったかどうかについて確認することも必要かと思われる。
- 耐久性、急速起動、適応性などに対する目標とする評価基準がやや不明確であり、プロジェクトの成否が明確に判断できない。特に小さなセル単位での評価が中心である。家庭用コジェネについての現行のプロジェクトとの相互干渉が必要ではなかったか。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 各個別課題において、上記改善すべき点を、最終報告書に盛り込んだうえで、全体として、新たに解明されたこと、新たに分かったメカニズム、または残された課題などを、全体のまとめとして、簡潔にまとめるべきである。そうしたまとめが、今後のNEDOの事業展開にも、大いに役立つはずである。
- ・ 総額22億円が投入されたわけであるので、事後の事業化あるいは発展的な展開をNEDO、プロジェクトリーダーはフォローしていくべきである。

- 家庭用コージェネの実証が始まるなど状況が大きく変化しておりその面での開発を先行させる必要がある。電気事業用ではどのような出口を考えていくか明確ではない。車載用も PEFC 燃料電池自動車や EV と有効性を十分比較すべきである。
- 材料の選択に関して妥当であったかを、また発電効率という目標から、事前に各材料の目標を決め、事前に材料を的確に選定する必要があった。
- 国際共同研究のための研究ではないので、海外機関の参画に対してはもっと慎重に、必要性を議論する必要があった。
- SOFC 最新開発動向の調査結果は、本プロジェクトに限定せず、関連するプロジェクトで広く共有していくことが望ましい。またプロジェクト横断的な技術動向調査の実施も意義のあるものとする。



### 3) 研究開発成果について

当初の目標は達成されており、かつ多くの点で目標を大幅に超えている。得られた成果の多くは世界トップレベルといえる。目標性能を達成するために新規材料、プロセスの開発を行っており、他用途への展開も期待できる汎用性を有する成果が得られている。成果は今後の SOFC のためのものづくりという観点で高く評価でき、新しい展開も予想され、市場の創造が期待される。

その一方で、他プロジェクトや海外との比較条件設定は、世界最高であるという点ばかりが強調され、単セルあるいは小規模モジュールで実施され、実用化を直接判断できるサイズやモジュールでの試験が少ない。特許、論文、講演などの発表件数は多く、成果の公表にも努めているが、海外特許や権利化された特許数という観点では知的所有権の確保がやや少ない。有用技術の国際特許取得や国際標準化の先導など、成果の戦略的な活用を期待する。

#### 〈肯定的意見〉

- 目標の達成度は 100%以上といえる。また、得られた多くの成果は少なくとも世界トップレベルといえる。
- 全体としての目標は達成しており、十分な成果が認められる。成果は今後の SOFC のためのものづくりという観点で高く評価でき、新しい展開も予想される。特許や論文発表もあり、成果は十分あったと判断される。
- 3 件の個別テーマについて当初の目標は達成されている。論文、講演などの発表件数は多く、成果の公表にも努めている。
- 成果はすべての面で目標を満たし、かつ多くの点で目標を大幅に超えている。今回の検討課題についての達成度は 100%といえる。世界初の成果であり、市場の創造が期待される。
- 目標を大きく上回る成果が報告されており、達成度は高い。
- 成果は概ね達成されており公表されている成果も多い。一部は事業化が進められている。
- 全ての研究開発項目で目標を達成したのみならず、多くの項目で目標を大幅に上回る成果を達成していることは高く評価できる。
- 目標性能を達成するために新規材料、プロセスの開発を行っており、他用途への展開も期待できる汎用性を有する成果が得られている。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- とにかくプロジェクトの遂行（途中の評価も含めた目標のクリアのため？）に手一杯であったとの印象も強いので、ある程度そのことは勘案すべきなのだろうが、本プロジェクトに係わった人員や経費の規模から見る

と、質量両面で知的財産権や論文発表などがそれに見合うほどではないといえる。

- **NEDO** 側としても、ある程度順調にプロジェクトの進捗が見られるケースでは、評価期間を弾力的に変える、もしくは、スキップさせるような方式で評価疲れにならないような工夫も必要かも知れない。
- 他プロジェクトや海外との比較条件設定は、世界最高であるという点ばかりが強調され、単セルあるいは小規模モジュールで実施され、実用化を直接判断できるサイズやモジュールでの試験が少ない。
- 成果達成の成否に留まらず、実用化までを見通した技術の長所短所を明らかにしておくことが望ましい。
- 成果の達成に対して垂直連携の体制がどの程度有効に作用したのかを総括しておくことが、今後のプロジェクト設置・運営にとって有用と思われる。
- 成果の汎用性は、成果が得られた理由が詳しく考察されて、初めて生まれるものである。よって、「やってみたら、良い結果が得られた。」というプロジェクトの報告書の記載になっている点を改善する必要がある。
- 特許のうち権利化されたものが少なく、海外特許や権利化された特許数という観点では知的所有権の確保がやや少ない。
- 実用化・事業化の見通しに対する前向きな見解からすると、特許出願数がやや少ない気がする。十分であるということであれば、問題はないでしょう。
- 目標を超えているとはいえ、常にさらなる性能向上は必要である。すべての目標に対して「目標値をはるかに超える」値を期待する。また実用化では、全体を大規模かつ高い信頼性で集成する技術を確立する必要がある。今後十分に研究する必要がある。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 特許、論文、研究発表も精力的に行い、成果の発信は適切と思われる。有用技術の国際特許取得や国際標準化の先導など、成果の戦略的な活用を期待する。
- ・ 海外への特許出願実績が少ないのではないか。また、成果は中身こそが重要なので、査読付原著論文と、国際会議発表プロシーディングスをしつかりと分けて、報告書に記載するべきである。もちろん、そのうえで、ページ情報などを含めて、欠落、不備のないよう、注意するべきである。成果が数多く、リストに示されれば良いという考えは、基本的に間違っている。
- ・ セラミックリアクターとして単に **SOFC** だけでなく、他の応用にも取り

組むと技術の権利化がより行いやすかったように思う。

- プロジェクトの進行の途中で接続方法など基本設計が異なっているが、理由などを明確にしてほしい。

#### 4) 実用化、事業化の見通しについて

マイクロチューブでスタックの成果は極めてユニークで、新しい展開が期待でき、作製技術として高いレベルにあり、分野を選ぶと実用化が十分期待できる技術と判断される。

技術開発の出口として複数の適用先を選定して実用化への課題と解決策を示しており、実用化への道筋を明らかにしたことは評価できるが、実用化にはコスト、信頼性の確保等、未確定部分が残る。やってみないと分からない点があり、チャレンジをするか企業の判断が不明である。

##### 〈肯定的意見〉

- 技術開発の出口として複数の適用先を選定、それらを詳細に評価して実用化への課題と解決策を示しており、実用化への道筋を明らかにしたことは評価できる。
- 各課題において、しっかりと技術成果の活かし方または事業化へのシナリオが考えられている。
- 産業技術としての見極めはこれまでのプロジェクトよりは現実的なレベルに近いところまでできているように思われた。
- マイクロチューブでスタックまで作製した成果は極めてユニークで、新しい展開が期待でき、分野を選ぶと実用化が十分期待できる技術と判断される。作製技術として高いレベルにあり、優れた優位性があると判断される。
- 実用化・事業化の見通しについては、前向きな姿勢が見られる。事業化を目指して行ってきたプロジェクトであるので、是非実現してもらいたい。
- 家庭用については実用化を目指す技術段階となっており現状の国内他プロジェクト開発の進捗と歩調を合わせていく必要がある。
- 小規模な装置については、基本的な課題については殆どが解決されており、家庭用を中心とする実用化は大いに期待できる。材料分野では具体的かつ明快な解決方針を示すのは一般に難しいが、一応の解決方針は示されている。

##### 〈問題点・改善すべき点〉

- 実用化までのロードマップ、とくにシステムとしての価格の見込みが十分でなく、ある程度の価格に関しても見極めが必要である。とくに、参画企業内での実用化に対する取り組みに温度差があり、すべての企業が積極的であるかは疑問である。システム化が SOFC では重要なので、ある程度分野を絞って集約を行った方が、技術的な進歩が早かったと判断される。）
- 事業化見通しの手法が適用先ごとに異なっている。何らかの統一的な基準

を設定しておくことが望ましい。

- 国内出願のうち、何件が海外出願されたか（または、海外出願予定なのか）が、各課題について不明である。自動車への応用を考えている課題については、アジア、欧米への展開は必須であると考えられることから、出願件数（予定を含む）の内訳（国内出願件数、海外出願件数）を明記すべきであろう。
- 実用化にはコスト、信頼性の確保等、未確定部分が残る。やってみないと分からない点があり、チャレンジをするか企業の判断が不明である。
- コスト見通し的な観点からいくつかの可能性のある事業化のうち、特に可能性が高い用途に絞り、その事業化に対して注力して行くべきであろう。いずれにしろ、製造面及び耐久性も含めた性能面での信頼性、歩留まりの向上が必須である。
- 実用化に強く結び付けられたプロジェクトではないが、H2 製造など応用分野によっては事業化に至るシナリオが希薄であると感じる。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 家庭用、携帯用、電力事業用、自動車と多様な応用分野で有効性を発揮できると期待され、本研究はその端緒となっているため、何らかの形で将来に結び付ける継続性が必要である。
- ・ 事業化までのタイムラグが大きいことから、時機に応じた実用化イメージ見直しと、実用化開発へのフォローを期待する。
- ・ 本プロジェクトを実施したことで、次世代コージェネレーション用または、次世代自動車用むけの、マイクロ固体酸化物形燃料電池開発の方向性が、示されたことは、大変有意義であり、将来に大きな夢と期待が生まれたと感じる。技術創造立国日本の底力を、本プロジェクト成果の中に、垣間見ることができた。
- ・ SOFC に終始しないで、触媒反応器など他の応用を積極的に進めた方が、実用化は早いように感じられる。
- ・ 本プロジェクトで開発した材料、部材は他用途へ波及する技術もありうることから、前広に展開していくことが望まれる。

2. 個別テーマに関する評価結果  
2. 1 高性能材料部材化技術の開発  
1) 成果に関する評価

目標値は達成しており、一部は目標を大幅に越えている。成果は世界的に見ても十分高いレベルにあり、実用化が可能な新技術、新素材が開発されている。電極、電解質の様々な組み合わせで材料選択の指針が明確にされており、粒子複合化技術による原料粒子の構造制御は、セラミックリアクターに留まらず広い分野における材料特性向上の可能性を秘めており、今後の展開が期待される。

各機関が得意とする技術を駆使して目標を上回る成果が得られたことは評価できるものの、横の連携やシナジー効果という面では、せっかく開発した電極材料がセルへ反映しなかったのが残念である。また、性能の評価方法は機関により統一が取れていると言えず、条件を統一しておけば、各改良手法の相对比较や、組み合わせ時の性能予測など議論ができる。

〈肯定的意見〉

- 開発材料により目標を上回る世界最高レベルの発電性能を達成しており、セラミックリアクターの高性能化に資する成果である。
- 粒子複合化技術による原料粒子の構造制御は、セラミックリアクターに留まらず広い分野における材料特性向上の可能性を秘めており、今後の展開が期待される。
- 部材化データの蓄積により、セル高性能化への指針となるデータ蓄積を行っている。
- 目標値をクリアしており、十分な成果が得られている。
- すべての目標値は 100%達成しており、一部は目標を大幅に越えている。実用化が可能な新技術、新素材が開発されている。それらの成果は適切に公表、特許化等が行われている。
- 目標の達成度は問題がない。
- ほぼ目標が達成できており、新しい電極材料の開発が行えたことが評価される。成果は世界的に見ても十分、高いレベルにあり、知的所有権の確保や成果の発表状況も活発に行っている。
- 650°Cで 0.5W/cm<sup>2</sup>、550°Cで 0.15W/cm<sup>2</sup> の各目標性能値に対して、電極構造の適正化を図ることによって、それぞれ 0.75W/cm<sup>2</sup>、0.22W/cm<sup>2</sup> という約 5 割増しの電力出力密度を達成しており、大きな成果が得られている。
- 材料面、作製技術面でも進歩がみられセルレベルの評価で目標を満たしている。特許文献などの成果公表もされている。電極電解質の様々な可能な

組み合わせで材料選択の指針が明確にされている。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 単セルや小モジュールの評価が中心で、そこでの性能に集中しすぎ、より大きなユニットへの技術移行、評価をなすべきであった。ある程度の大きさの発電ユニットでないと正確かつ公平な性能比較は困難である。技術や構造、材料の絞り込みが十分に明確に示されていないために、最終出口をどこに求めようとしているか、やや不明瞭である。
- 各機関が得意とする材料・プロセス・評価技術を駆使して目標を上回る成果が得られたことは評価できるものの、それぞれの横の連携やシナジー効果という面では印象が薄い。
- 開発、改良によりどの部分の問題が改善されて性能向上に結び付いたのかについて、より踏み込んだ説明があれば、今後の更なる性能向上や技術の汎用化に役立つと思われる。
- 電極特性の目標値は過電圧とすべきでなかったか。
- 優れた数値データが報告されているが、もう少し、優れたデータが得られた理由や、そのメカニズムを掘り下げたほうが、得られた成果の波及効果が高くなると考えられる。本プロジェクトに限らず、広く、他のプロジェクトにも、成果を応用活用する道を拓くためにも、最終報告書内に、メカニズムに関する考え方や、メカニズムを解明するために、今後取り組むべきことがらを、明記することが望ましい。
- AD法は現状では対象の構造による制約がある。実用化においてもこの方法を広範囲に適用するつもりなら、本格的な検討が必要である。
- 成果の活かし方、特に外国企業に対する本技術のデフェンス面に弱さを感じた。ヒヤリング時に委員からコメントがあった知財戦略は、非常に重要である。
- せっかく開発した電極材料がセルへ反映しなかったのが、残念である。また粉体の製造技術に関しては他の技術との違いが明確でなく、知的所有権等の観点で心配が残る。電極の性能目標の設定は過電圧で行うべきであった。

#### 〈その他の意見〉

- ・ このグループが全体のプロジェクトで達成しようとしている目標に対して、設定された目標が妥当であるかが、よくわからず、とくに材料グループの役割が明確になっていないように感じられた。
- ・ 事業化に直接結びつくことを意図していないプロジェクトであるから、そ

の点での評点は低くならざるを得ない。評価方法などについて画一的な手法では無理があると思われる。

- 目標設定にも関連するが、セル性能および電極性能の評価方法は機関により統一が取れていると言えず、何らかの標準化が望まれる。本プロジェクトの中だけでも条件を統一しておけば、各改良手法の相对比较や、組み合わせ時の性能予測など議論ができるのではないか。
- 成果が世界と比肩できるレベルであれば良いのかというと、そうではないと思われます。技術開発ですので、事業化に必要なレベルであるかどうかについても判断していくべきかと思います。



## 2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

粉体製造と製造装置、新規電極材料の開発などで、実用化の可能性が見いだせる。スケールアップによる実用化への課題は明確にされており、従来の中高温用 SOFC での採用も可能である。セラミックリアクター以外への適用可能性も示され、本技術は種々の材料に適用可能であり、波及効果は大きい。また、粒子複合化技術としては新規であり、生産性も高い。他の機能性材料への応用も可能である。粒子複合化装置としては十分商品化のレベルに達している。

素材の製造面に関しては、事業化に対するネックはあまり見当たらないが、参画企業は装置メーカーなので、製造装置を販売すると、高性能な粉体が容易に第三者でも製造できる。実用化をにらんで、きちんとした戦略が必要である

望ましい結果は出ているが、何故そうなるかは未解明である。高性能形成メカニズムを解明して、さらなる高性能化を期待する。

### 〈肯定的意見〉

- 目標値を超えており、事業化へのシナリオも明確に示されている。
- 素材の製造面に関しては、事業化に対するネックはあまり見当たらないように感じた。
- 粉体製造と製造装置、新規電極材料の開発などで、実用化の可能性が見いだせる。
- サンプル提供可能なレベルにあり、また従来の中高温用 SOFC での採用も可能であることから、実用化へ着実に進んでいる。
- 要素技術は新規かつ実用化可能な装置で検討されており、解決されている。スケールアップによる実用化への課題は明確にされている。本技術は種々の材料に適用可能であり、波及効果は大きい。
- 粒子複合化技術としては新規であり、生産性も高い。他の機能性材料への応用も可能である。粒子複合化装置としては十分商品化のレベルに達していると判断される。
- 開発プロセスによる材料の優位性を背景として実用化の見通しが得られており、実用化への課題と解決策も提案されている。
- セラミックリアクター以外への適用可能性も示され、普及した場合のインパクトは大きい。

### 〈問題点・改善すべき点〉

- 本技術の優位性をどれだけ数値的に示せるか、検討が必要なのではないだろうか。
- 複合化技術により、望ましい結果は出ているが、何故そうなるかは未解明

である。高性能形成メカニズムの解明により、さらなる高性能化を期待する。

- 混合粉や複合酸化物の製造法を開発されたことは注目されるが、この方法で製造しなければ十分な性能が得られない必然性が十分説明されていないために、大きなアピールが得られるか疑問である。構造制御概念は模式図で示されているだけでそのような微構造組織が実現されたことの証明や有効性が十分に示されていない。
- 参画企業は装置メーカーなので、製造装置を販売すると、高性能な粉体が容易に第三者でも製造でき、できれば粉体を販売したいところであり、実用化をにらんで、ちゃんとした戦略が必要である。
- 素晴らしい成果や実験結果が、何故得られたのかについての考察が少ない。この考察が少ないと、研究開発成果の波及効果を期待することが難しくなる。現状、できる範囲でかまわないので、こうした考察の部分を、もう少し詳しく、最終報告書に盛り込むべきである。）
- 事業化までの道筋がセラミックリアクターに依存している面が強く、事業化時期のイメージなど明確さに欠ける部分があり、またシェア独占への取り組み内容ももう少し具体性が欲しい。広く適用先を調査検討し、事業化への道筋をより明確にすべきである。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 材料の開発においては、“もの”としての特許を取得していないと、材料の開発に多大の時間と研究費用を投入しても、諸外国に、短期間のうちに、容易に、まねをされて、安価に、外国（例えば発展途上国内）において生産・販売をされるリスクが残る。知財面において、“製造方法”に関する特許以外に、“もの”としての特許をしっかりと出願し、貴重な開発成果が、我が国の「国益」につながるよう、十分な配慮を行う必要がある。
- ・ 性能において、本当に他の材料や他の方法で作成された材料に勝るかがちゃんと示されていない。
- ・ 提案材料→粉体製造技術→モジュール→実用評価のように上流の開発成果・技術が有効に下流に活用されていないように感じる。
- ・ 競合技術との競争で優位を保てるよう、権利化は広く行っておくことが望ましい。

### 3) 今後に対する提言

本技術が適用可能な材料系の見極め、混合状態の模式図による有効性の表示だけでなく物性値として混合状態の有意性を判断する材料の提示、他の入手可能な原料粉体との比較、微細ネットワーク化に関するなお一層の精密制御など、今後さらなる改良にプロジェクト終了後も、継続して、取り組むことを期待する。

事業化については、他の製造法や材料に対する優位性をきちんと示し、実用化に向けてのためのシナリオを描く必要がある。とくに、コストについても試算を行い、優位性を示すと良いと考えられる。

また、二次電池など関連分野の事業化スピードはセラミックリアクターより高速かつ大規模となる可能性もある。それら動向を注視し、本技術をいち早く普及させるためになすべきことを常に意識して事業化を進めていただきたい。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・ ミクロンレベルの微細ネットワーク化が、抵抗を下げ高出力化を実現している。このコンセプトは、評価されるものであるが、なお一層の精密制御が可能であるならば、またそれによって出力向上が可能となるのであれば、それを目指して開発を進めていただきたい。
- ・ 本技術が適用可能な材料系の見極め等、今後さらなる改良が望まれる。
- ・ 技術の優位性をどのように知財面で担保できるかは、いうまでもなく重要なので、この点を充分対策するべきと思う。
- ・ 事業化をにらんで、他の製造法や材料に対する優位性をちゃんと示し、実用化のためのシナリオを描く必要がある。とくに、コストに関してもちゃんと試算を行い、優位性を示すと良いと思われる。
- ・ 混合状態の模式図による有効性の表示だけでなく物性値として混合状態の有意性を判断する材料を示すことが製造技術を世の中に受け入れていくには必要である。他の入手可能な原料粉体との比較も必要。
- ・ プロジェクト終了後も、継続して、価値ある成果の普及・高度化に取り組むことを期待する。
- ・ 二次電池など関連分野の事業化スピードはセラミックリアクターより高速かつ大規模となる可能性もある。それら動向を注視し、本技術をいち早く普及させるためになすべきことを常に意識して事業化を進めたい。

#### 〈その他の意見〉

- ・ アノード、カソード、電解質、コネクタなど多様な材料を取り扱っているが、どのような条件のもとで材料を選択していくか整理して述べてほしい。

## 2. 2 ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術開発

### 1) 研究開発成果についての評価

ミクロ集積化およびハニカム構造化、セルスタックモジュール製造は世界的にも極めて新規性が高く、技術的なハードルも高い。これらの構造に対して高度なセラミックの技術を駆使して、セルを集積した構造の成功に至った功績は評価できる。従来にない急速動作、低温作動が実現できている。他にないこれらの特色は、SOFC 応用に留まらず各種電気化学モジュールへの展開が可能な汎用性を持っており、新しい応用の可能性に繋がる。本事業で開発したセラミックリアクターでモジュールの発電まで実証できたことは、SOFC の適用可能性を広げる点で大きな意義がある。

今後、ガスシール、大型化などの技術的課題のほか原理原則的なレベルにまで掘り下げた検討、得られた成果の妥当性、目標の妥当性の検証や解析、今後に向けての課題の明確化、より大きなモジュールで世界最高の成績が達成されるかの確認が実用化の判断には必要である。

#### 〈肯定的意見〉

- 目標値を超えており、優れた成果が得られている。
- 目標に対する達成度にはまったく問題はない。かなりレベルの高い設定であったことを考えると、高く評価できる。
- 技術的にハードルの高いマイクロチューブの作製に成功し、目標とした性能に到達できた点は高く評価できるとともに、成果も積極的に発信しており、高く評価できる。
- ミクロハニカム化、セルスタック化において、それぞれ 0.7mm 角で 256 個からなるハニカムモジュールを作製して 2.8W/cm<sup>3</sup> の発電性能、外径 0.8mm のチューブ 45 本からなるセルスタックを試作して 2W/cm<sup>3</sup> の発電性能を達成しており、製造技術の完成と性能の両面で目標を達成している。
- 目標の達成度は高く基準は満たしている。(世界的にも極めて新規性の高い構造に対して高度なセラミックの技術を駆使して、セルを集積した構造の成功に至った功績は評価できる。)
- 目標値をすべて達成し、多くでは目標を遙かに越えている。従来にない急速動作、低温作動が実現できている。他にないこれらの特色は、新しい応用の可能性に繋がる。特許、公表等は適切に行われている。
- ミクロ集積化およびハニカム構造化、セルスタックモジュール製造の両プロセスにおいて、目標を大きく上回る性能を実証しており、またキューブ間接続技術でも目標のクリアに成功している。
- 各プロセスは SOFC 応用に留まらず各種電気化学モジュールへの展開が

可能な汎用性を持っており、今後の技術の広がりが期待できる。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 得られた成果の妥当性や目標の妥当性の検証や解析が不十分である。目標を達成するのみでなく、今後に向けての課題の明確化がちゃんとできているかがよくわからない。
- 研究期間の後期ではある程度、材料や構造など、目標を選定、集約すべきであった。また、新しく開発した電極等を積極的に用いるべきであった。
- 世界最高という目標があるために数字に踊らされている傾向がみられる。真に世界最高とよべるのは出口が明確になってから意味がある。世界最高の数値を小規模なセルやモジュールの単位で出せても注目度は低い。その意味では実用化が判断できる、より大きなモジュールで世界最高の成績が達成されるかを確認し、有効性が判断すべきであった。
- ガスシール、大型化等は基礎的な点での検討に止まっており、今後の研究が必要である。
- すべての電気化学現象は、定常状態を前提に議論される。よって、出力特性評価結果の中の、I-V 曲線が、無数のプロットからなるかのような図もあるが、測定条件を明記するべきである。非定常状態のデータも、ある種のデモンストレーションとしては、意味があるので、最終報告書に掲載することは問題ないが、そうしたデータから、何らかのメカニズムに関する議論を行うことはできない。技術を蓄積し、高度化を図るためには、データが期待通りであるか、否かを問わず、定常状態を仮定できる条件下において、測定を行うべきであろう。そうすれば、それらのデータをもとに、データの持つ意味を議論し、考察するチャンスが生まれ、将来において、大きな波及効果も期待できるようになる。
- 本技術が関連分野に対して波及効果をもたらすよう、なるべく原理原則的なレベルにまで掘り下げた検討とその公表が望まれる。
- 目標の達成は技術実証という点では意味があるが、今後への成果活用という点では、実用化までを視野に入れた各技術の長所短所も明らかにしておくべきである。

#### 〈その他の意見〉

- SOFC は多様な形態のものが開発されているが、どれも一長一短があり現時点で決定打と呼べるものはない。本事業で開発したセラミックリアクターでモジュールの発電まで実証できたことは、SOFC の適用可能性を広げる点で大きな意義がある。

- 最終的に目標とするシステムからみて、各目標が妥当であるという点がよくわからなかった。5年間で発電に関しては競争技術の進歩もあり、開発の目標効率が現状で、妥当であるかを再検討する必要がある。
- 低接触抵抗、接続部リーク等かなり困難があったようであるが、基本的な設計に問題があって、集積方法に変更を加えているのであればその経緯についても明確に記述してほしい。

## 2) 実用化、事業化の見通しについての評価

ユニークな構造のセラミック SOFC が開発でき、分野を選ぶと優れた優位性が期待できる。また、セラミックマイクロリアクターは、別の分野への展開も可能であり、燃料電池だけでなく基礎技術としても波及効果が大きい。

インクジェットパターンニング技術や、ゲルキャスト技術による性能の大幅な改善、薄い固体電解質膜を多孔体の上に形成する量産技術を開発したことも、高く評価できる。

一方、事業化までの道筋を明確化し、見通しを立てることは現時点では、まだなかなか困難な段階である。特に SOFC は、家庭用が実用化直前であり、システム開発と信頼性の確保には時間がかかるので、SOFC にこだわらず、または適用分野を良く吟味して実用化のロードマップを作成し、展開すべきである。先行する各社の SOFC も進化を続けており、現状想定している市場においても将来の競合技術となる可能性がある。それらのコストも含めた技術動向をさらに精査すると共に、SOFC にこだわらず、または適応分野をよく吟味して実用化のロードマップを作成し、展開するべきと考える。

### 〈肯定的意見〉

- 市場分析から適用可能な市場および市場規模を想定しており、また要求コストに対する対応可能性についても分析を行っている。
- 実用化への課題および解決方針が明確化されている。
- 本事業でクローズアップされた今後の課題に対し、NEDO 継続研究を実施して解決を図っている。
- インクジェットパターンニング技術や、ゲルキャスト技術を用いて、性能の大幅な改善を達成しており、こうした点は高く評価できる。また、薄い固体電解質膜を多孔体の上に、きれいにつけるための、量産技術を開発したことも、高く評価できる。
- 実用化に向けた課題抽出はかなりできていると感じた。
- ユニークな構造のセラミック SOFC が開発でき、分野を選ぶとすぐれた優位性が期待できる。また開発した技術を利用して、別の分野への展開も可能であり、波及効果は極めて高いと判断できる。
- 100cm<sup>3</sup>のモジュールで 2kW/L の容積出力を達成しており、さらに室温⇄650°C間での急速昇降温繰り返しを 76 サイクル行って安定作動を確認している。こうした成果をもって、継続研究に進んでいることでもあり、さらなる進展が期待される。) )
- 幾つかの産業技術への適用が明確にされている。実用化への課題としてガスシール、コスト等を含む課題が明確にされている。

- セラミックの多層化集積技術については大きな進展がみられる。設計された微細な多層構造を再現する技術がハニカムやマイクロチューブにおいて格段に進展したと判断できる。燃料電池だけでなくセラミックマイクロリアクターとしての基礎技術として波及効果は大きい。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 異なる構造のリアクターが当初想定のまま並立して開発され事業化シナリオまで出されていることに多少の違和感がある。横の連携は考慮されていない印象であり、何らかの相乗効果を期待したい。
- 車載用としての応用を検討されているが、振動が装置に与える影響や事故時への対応等、車載用での特殊要因を含めた検討がされていない。
- 650℃というドープドセラミカにとっては、その使用が大変難しい高温での特性を評価する場合は、定常測定したデータを報告する必要がある。650℃における定電位における電流変化(または、定電流における電位変化)を、測定時間に対してプロットした図を、最低1枚は示した方がよい。単セルやスタックセル内のフラiddiingの有無や固体電解質薄膜自体のクロスリークの有無も、そうしたデータから、十分に、読み取ることができるはずである。
- 事業化までの道筋を明確化し、見通しを立てることは現時点では、まだなかなか困難な段階であるように思われた。
- SOFCは家庭用が実用化直前であり、システム開発と信頼性の確保には時間がかかるので、SOFCにこだわらず、または適応分野をよく吟味して実用化のロードマップを作成し、展開するべきと考える。申請した知的所有権の権利化を早く行ったほうが良い。
- 成果達成と波及効果は認められるものの実用化に至る、計画や見通しが十分に示されていない。実用化と同レベルのサイズでの試験がなされていないためと考えられる。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 製造価格については希望的数値ではなく、実質ベースでちゃんと議論しないと、技術的に成功しながら、事業的に失敗という事例になりかねない。
- ・ 達成した点のほか、いまだ改善すべきではあるが、未解決のまま、残った点についても、最終報告書内では、触れるべきであろう。その改善すべき点が、何故、残ったのかについても、考察を行う必要がある。
- ・ 今回のプロジェクトの追跡調査を行って将来技術にどのように結びついてくか、明確にすることが研究資産を有効利用することにつながると考え



る。

- ・ SOFC 用途で考えた場合、先行する各社の SOFC も進化を続けており、現状想定している市場においても将来の競合技術となる可能性がある。それらの技術動向（コストも含め）をさらに精査していくことが望ましい。

### 3) 今後に対する提言

セラミックの加工集積技術としてはこれまで例を見ないものであり、継続的に開発を進めて実用化に結び付けてほしい。

また、コスト低減は共通の課題であり、その実現への方針は示されているが、実際に可能か未知である。製造価格を実質ベースで評価して、本技術の優位性を主張すべきである。

事業化については、実用化された際の世界的な需要を正確に見極め、マイクロチューブセルの優位な分野を選定して、シナリオを再構築する必要がある。

その際、排ガス浄化に応用するなどの具体的な取り組みプランや、明確な将来の市場を想定できる場合は、国際特許の出願は必須である。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・ ちゃんと、製造価格を実質ベースで評価して、本技術の優位性を主張すべきである。システムを考えるとマイクロチューブセルの優位な分野を選定して、シナリオを再構築する必要がある。
- ・ モジュールの製造コストを推算し、その目標値と市場でのターゲットを中小冷凍車などに絞るなど、事業化のスケジュールも具体化しており、継続的に開発を進めてもらいたい。
- ・ セラミックの加工集積技術としてはこれまで例を見ないものであり、実用化に結び付けてほしい。できる限り技術の資産として公開できるものはすべきである。
- ・ コスト低減は共通の課題である。その実現への方針は示されているが、実際に可能か未知である。実用化された際の世界的な需要の正確な見極めが望まれる。
- ・ やはり、製造面及び耐久性を中心とした性能面に対する一般的に感ずる不安印象を早くクリアできるような努力が必要であろう。
- ・ 事業化のためのシナリオを公表することは、会社の戦略上難しいことは理解できるが、セラミックリアクターを、排ガス浄化に応用するなどの具体的な取り組みプランや、明確な将来の市場を想定できる場合は、国際特許（ヨーロッパなど）の出願は必須であろう。海外への出願実績または出願予定を、最終報告書に明記する必要がある。
- ・ 本事業成果はモジュール原理実証の要素技術を確立したという段階であり、実用化に向けては今後多くの技術課題を克服する必要がある。現時点では複数の可能性を示すとしても、将来は技術が収束されていく可能性もある。今後の技術開発や検討のために本事業の成果が将来にわたって活用できるよう、検討結果は詳細に残し共有できるようにすることが望ましい。

〈その他の意見〉

- ・ 異なる企業間での連携が困難なのは十分わかった上で、今回はグループでの研究を行ったので、各グループで得意な分野を生かして、一つの最終目標に向けて、協力し合う体制が築けたらさらに良かった。

## 2. 3 評価解析技術開発及びプロトタイプ実証

### 1) 研究開発成果についての評価

発電効率、熱サイクル試験、連続耐久性試験、起動時間など目標は十分に達成されており、これまで概念的にしか得られていなかった実使用条件下の適応性情報が開示され、全体的な達成度は高い。プロトタイプを用いて、内部の温度解析や安定性評価などを行っており、実用上、貴重なデータが数多く得られ、また、据え置き型発電装置としてモジュールを作製できた点は高く評価される。

電力需要の少ない家庭用としては従来よりも優位である、また従来の固体型燃料電池ではできなかった水素製造、自動車 APU など、市場の拡大が期待される。

しかしながら、信頼性、コスト面での課題は残る。耐久性評価についてはまだ不十分であり、至急さらに長期の耐久性評価に取り組むべきである。出力、熱サイクル性など個々の項目については目標を達成しているが、それらがすべてひとつのモジュールで両立できるか判断できる材料に乏しい。また、多数のチューブやチャンネルからのガスマニフォールドや電氣的接続は設計上かなり無理があり、大きいほど効率がかえって落ちてくるのではないかなどと危惧される。ぜひ、プロジェクト終了後も、継続して開発を行っていただきたい。

#### 〈肯定的意見〉

- 発電出力 2kW/L、発電効率 40% (モジュール容積 100cm<sup>3</sup>において) 以上の目標に対して、2.1kW/L を達成し、発電効率は 47% (50W 級)、40% (200W 級) を達成し、目標をクリアしている。また、熱サイクル試験においては、70℃⇔620℃の繰り返し試験に耐えており、連続耐久性試験では単セルで 1,000 時間耐えている。
- 起動時間もハニカムセルで 3 分強と、迅速起動が可能であることを実証しており、発電器として必要な性能が備わりつつあると思われる。
- いずれの応用分野においても高い有効性や使用条件が示されており、これまで概念的にしか得られていなかった実使用条件下の適応性情報が開示されている。
- モジュールにおいて目標の発電性能を実証するとともに、熱サイクル特性、初期耐久性においても十分な成果が得られている。また NEDO 継続検討によりさらなる課題解決を図っている。
- 定置用小型コジェネ、水素製造、自動車 APU といった適用先の詳細検討を行って本技術の出口イメージ候補を明確に示した。これにより市場の創造・拡大が期待できる。
- プロトタイプを用いて、内部の温度解析や安定性評価などを、注意深く行

っており、大変、実用上、貴重なデータが数多く得られている点が、高く評価できる。

- 目標は十分に達成されており、全体的な達成度は高い。電力需要の少ない家庭用としては従来よりも優位である、また従来の固体型燃料電池ではできなかった車載応用など、市場の拡大が期待される。投入された予算以上の成果が得られている。特許等についても適切に対応されている。
- 目標は充分達成している。
- 出口から、本技術の展開が示せた点は評価できる。とくに据え置き型発電装置としてモジュールを作製できた点は高く評価される。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 実サイズのモジュールでの効率や、出力、熱サイクル性など個々の項目については目標を達成しているが、それらがすべてひとつのモジュールで両立できるか判断できる材料に乏しく、明確な結論を得ることは困難である。多数のチューブやチャネルからのガスマニフォールドや電氣的接続は設計上かなり無理があり、大きいほど効率がかえって落ちてくるのではないかと危惧される。
- モジュール実証では、成果だけでなく技術開発で明らかになった課題を示すべきである。
- セラミックリアクターの用途拡大の技術的可能性を示すだけでなく、その適用先における既存技術との競合についてコストも含めて検討しておくことが望ましい。
- 単セル発電試験において観察されていた、定常状態における測定のノイズが、200W 級モジュールでは、認めらなくなっているなど、注目に値する改善点が、なにゆえ認められるのかなど、報告書に記載があると、後世に価値ある技術を伝えていくうえで、役立つと思われる。一考察という形でも良いので、記載していただくことを望む。
- 信頼性、コスト面での課題は残る。研究を推進すべきである。
- 耐久性評価についてはまだ不十分であり、至急さらに長期の耐久性評価に取り組むべきである。
- セルはまだ、熱自立したわけではなく、現状での競争技術の展開の速度から考えると開発を加速する必要がある。
- 達成した効率は現状では、十分高いわけではないので、さらに高い効率の達成を目指す必要がある。

〈その他の意見〉

- モジュール実証では本事業で設定した試験条件において顕著な劣化が見られないことを示したが、より長期の運転で劣化として顕在化する要因が潜んでいる可能性もある。試験後サンプルの微構造・組成分析などを行い、またプロジェクトの他機関の知見も活用して劣化要因を追究することが有用である。
- マイクロチューブに伴う優位性をもっと全面に出せるような分野を早く選定した方が良かった。評価に関しては参画機関をちゃんと選定する必要があるように思う。
- ぜひ、プロジェクト終了後も、継続して開発を行っていただきたい。

## 2) 実用化、事業化の見通しについての評価

モジュールまでの開発が行えた点は高く評価でき、今後のある程度の実用性は見渡せる。家庭用コジェネ、自動車用 APU への適用可能性および課題を明らかにしており、運転制御等を含めて実用化への開発課題も明確にされている。また、実用化へのステップとして NEDO 継続プロジェクトを活用して課題解決を図っている。

家庭用コジェネについては他の NEDO プロジェクトで間もなく実証から商品化に至る段階であり、それに歩調を合わせて本プロジェクトの成果を世に送り出すべきである。その他の応用分野についても有効性が十分あることが今回の評価で明らかにされている。

今後は、コストダウン、実際に使用するモジュールサイズにおける評価、競合技術との差別化、他の NEDO 内で SOFC 実証研究プロジェクトに参加している他の先行グループとは異なる優位性確保などが必要である。

### 〈肯定的意見〉

- 定置用、自動車用とも、出口を見据え、数多くの価値あるデータが得られており、高く評価できる。
- 適用可能性は明確であり、運転制御等を含めて実用化への開発課題も明確にされている。その方針も明確である。継続プロジェクト、実用化への道筋も明らかである。
- 産業技術の観点からは十分な見極めができています。
- モジュールまでの開発が行えた点は高く評価でき、今後のある程度の実用性は見渡せる。
- 家庭用コジェネ、自動車用 APU への適用可能性および課題を明らかにしている。
- 基本モジュールの設計・運転の結果に基づき、家庭用 SOFC コージェネ（500W 級）に事業化のターゲットを絞って、継続研究の中で 2 社の共同開発を進めていくという点において、その意気込みが評価される。
- 家庭用コジェネについては他 NEDO プロジェクトで間もなく実証→商品化に至る段階であり、それに歩調を合わせて本プロジェクトの成果を世に送り出すべきである。その他の応用分野についても有効性が十分あることが今回の評価で明らかにされている。
- 実用化へのステップとして NEDO 継続研究を活用して課題解決を図っている。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- コストダウンの方針にはやや不明な点を残す。
- 家庭用コジェネへの適用については、潜在市場からの分析に加え、コスト面からの分析も加味して議論すれば、本技術の優位性をより際立たせることが可能ではないか。
- 自動車用 APU への適用については、競合技術との差別化を図るため、コスト以外の要素（性能やサイズなど）まで視点を拡大して要求仕様を検討しておくことが有用と思われる。
- 国内のコジェネ用としてのプロトタイプ開発に関しては、国際特許出願の必要性は、それほど高くはないと思われるが、自動車用への応用に関する技術開発成果は、EU、米国、アジアへの出願は、必須であろう。出願実績または出願予定を、最終報告書に記載すべきである。
- プロジェクト終了後の事業化に対する道筋はできているが、かなり多難な印象がある。
- 他の NEDO 内でのプロジェクトとの違いが必ずしも明確ではないと感じられる。実証研究プロジェクトに参加している他の先行グループとは異なる優位性を明確にして、集中的に開発を行う方が効率がよい。
- いくつかの使用分野について正確な使用条件下での評価のためには実際に使用するモジュールサイズにおける評価が必要であった。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 継続研究での耐久性・信頼性向上では、他の NEDO プロ等とも連携（知見の活用）して開発の加速に繋げることが望ましい。
- ・ 当初、マイクロリアクターは、軍事関連のみの用途しか、考えられなかったと思われていたが、国内外における民生用の市場を念頭に、開発が進められており、その点が高く評価できる。プロジェクト内で行われた市場調査結果をもとに、国内のみならず、各国出願をしっかりと行い、事業化のための知的基盤の構築を行っていただきたい。
- ・ システムの開発を行うエンジニアリングメーカーの参加が今後、重要になり、新しい企業連合体を形成できるかが課題と考えられる。
- ・ 各応用分野について単に将来への有望性を並列的に挙げるのではなく、技術的解決課題と難易度が各応用分野によって異なるので、ロードマップなど開発の段階や実用化のタイムスケールや開発課題を盛り込んだ記述にしたほうがよい。相互に関連して技術移転可能な応用技術も明確になるように。



### 3) 今後に対する提言

ぜひ継続して実用化を目指すべきである。実用化を視野に入れて、着実に開発を行うために、マイクロチューブに適した応用分野を明確にして、開発を加速する体制を整える必要がある。SOFC として考えた場合、セラミックリアクターは SOFC の多様な形態の一つと捉え、他 NEDO プロジェクトでの SOFC 開発と有機的に連携、相互の知見を高度に活用できる仕組みで開発を進めるのが有効である。また、価格が本当に目標通りになるかは疑問であり、現状のコスト試算をしっかりと、今後の開発の妥当性を見通すべきである。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・ 本事業において技術的可能性と適用先が示されたことは有益な成果であるが、実用化に向けてはさらなる技術開発や運用方法の検討など、実施すべきことが多く残されている。SOFC として考えた場合、セラミックリアクターは SOFC の多様な形態の一つと捉え、他 NEDO プロでの SOFC 開発と有機的に連携、さらに言えば同一プロ内での開発体制とし、相互の知見を高度に活用できる仕組みで開発を進めるのが有効である。
- ・ ぜひ、プロジェクト終了後も、開発成果を一定の期間ごとに公表していただきたい。そうした発表が、燃料電池の普及・促進に必ずやプラスになると思われる。
- ・ 本プロジェクトで開発された新規素材をベースとする発電素子の開発も推進してほしい。
- ・ 実際に事業化ということになると、ハードルは一段と高いと思われるが、是非頑張ってもらいたい。
- ・ 実用化を視野に入れて、着実に開発を行うために、マイクロチューブに適した応用分野を明確にして、開発を加速する体制を整える必要がある。また、価格が本当に目標通りになるかは疑問であり、現状のコスト試算をしっかりと、今後の開発の妥当性を見通すべきである。
- ・ モジュール体での性能が、要素技術の高い性能を反映できていない原因を解決して改良を進めることが望まれる。
- ・ 本プロジェクトとしてはこれで成功裏に終了したという判断であるが、多くは開発の初期段階であり、ぜひ継続して実用化を目指すべきである。そのための追跡評価も必要であると思われる。

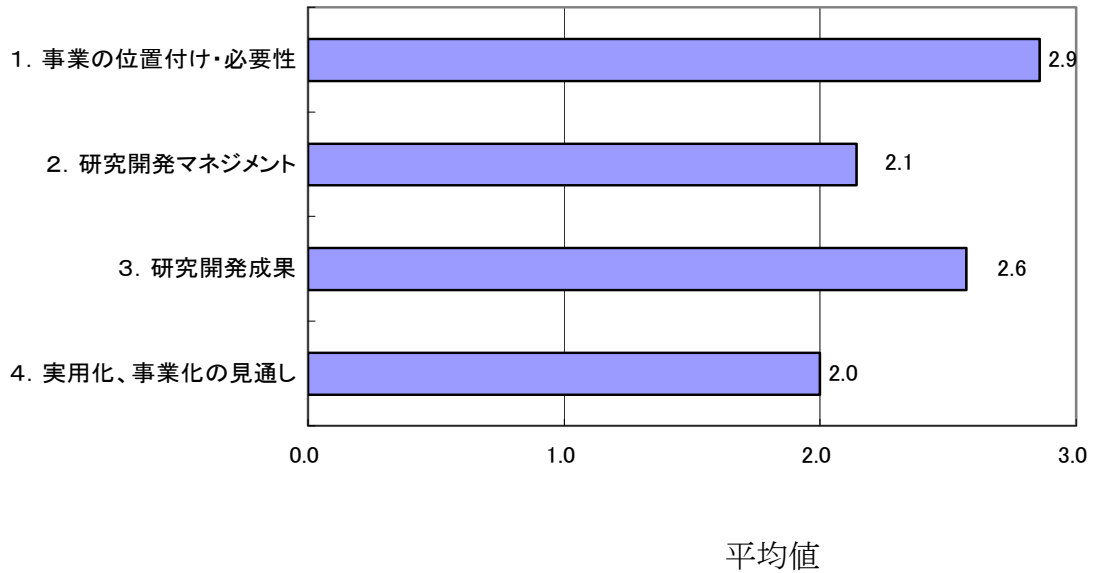
#### 〈その他の意見〉

- ・ システム化を視野に入れた開発と体制を整える必要がある。移動用への応

用には振動に強い構造になっているかなど、開発の目標にあわせてさらに、検討が必要であり、開発を加速する必要もある。

### 3. 評点結果

#### 3. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	B	A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	B	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.1	B	B	B	B	A	C	A	
3. 研究開発成果について	2.6	A	A	B	A	B	B	A	
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.0	A	B	B	B	C	C	A	

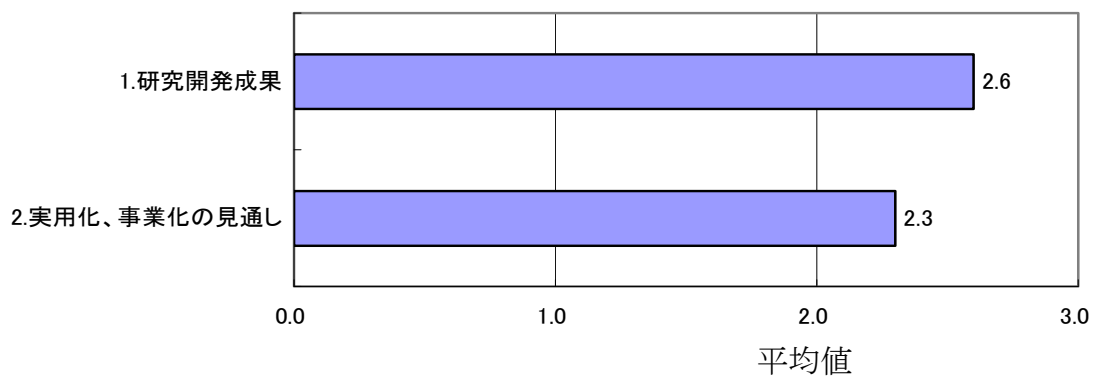
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

#### 〈判定基準〉

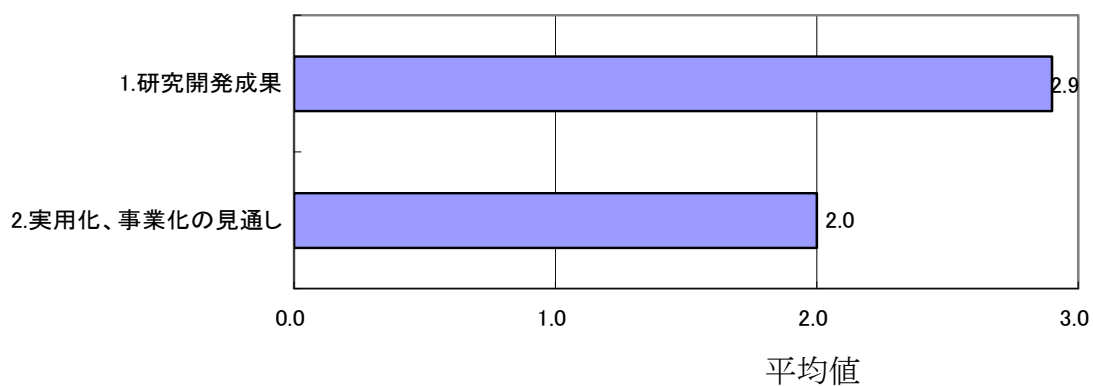
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

### 3. 2 個別テーマ

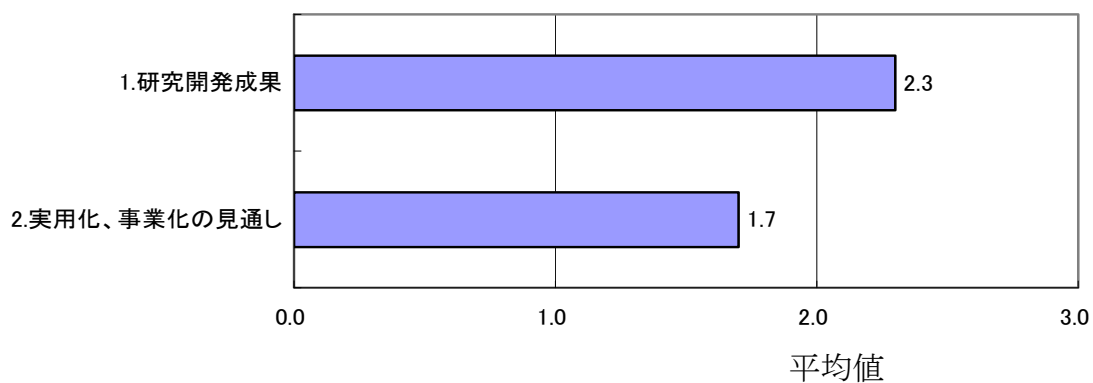
#### 3. 2. 1 高性能材料部材化技術の開発



#### 3. 2. 2 ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術開発



#### 3. 2. 3 評価解析技術開発及びプロトタイプ実証



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)						
3. 2. 1 高性能材料部材化技術の開発								
1. 研究開発成果について	2.6	A	A	A	A	B	B	B
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.3	A	A	B	B	B	B	B
3. 2. 2 ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術開発								
1. 研究開発成果について	2.9	B	A	A	A	A	A	A
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.0	C	B	B	B	B	A	B
3. 2. 3 評価解析技術開発及びプロトタイプ実証								
1. 研究開発成果について	2.3	A	A	B	B	B	B	B
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.7	B	B	C	C	B	C	A

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について	2. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい	→A ・明確
・よい	→B ・妥当
・概ね適切	→C ・概ね妥当であるが、課題あり
・適切とはいえない	→D ・見通しが不明

## 第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

# 「セラミックリアクター開発」

## 事業原簿 (公開版)

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 電子・材料・ナノテクノロジー部
-----	--



# —目次—

## 概要

### プロジェクト用語集

I. 事業の位置付け・必要性について	
I.1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性	I-1
I.1.1. NEDOが関与することの意義	I-1
I.1.2. 実施の効果（費用対効果）	I-3
I.2. 事業の背景・目的・位置づけ	I-4
I.2.1. 事業の背景・目的	I-4
I.2.2. 事業の位置づけ	I-6
II. 研究開発マネジメントについて	
II.1. 事業の目標	II-1
II.2. 事業の計画内容	II-4
II.2.1. 研究開発の内容	II-4
II.2.2. 研究開発の実施体制	II-8
II.2.3. 研究開発の運営管理	II-10
II.2.4. 研究開発成果の実用性、事業化に向けたマネジメントの妥当性	II-11
II.3. 情勢変化への対応	II-12
II.4. 中間評価結果への対応	II-13
II.5. 評価に関する事項	II-14
III. 研究開発成果について	
III.1. 事業全体の成果	III-1
III.1.1. プロジェクトの概要	III-1
III.1.2. 研究開発の目標	III-1
III.1.3. 研究開発内容	III-1
III.1.4. 各研究開発項目の課題内容	III-2
III.1.5. 各研究開発項目の成果要約	III-4
III.1.6. 全体成果の総括	III-6
III.2. 研究開発項目毎の成果	III-10
III.2.1. 研究開発項目①高性能材料部材化技術の開発	III-10
III.2.2. 研究開発項目②ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発	III-13
III.2.3. 研究開発項目③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証	III-18
IV. 実用化の見通しについて	IV-1

(添付資料)

- ・イノベーションプログラム基本計画
- ・プロジェクト基本計画
- ・事前評価関連資料（事前評価書、パブリックコメント募集の結果）
- ・特許論文リスト

概要

		最終更新日	平成 22 年 9 月 21 日
プログラム（又は施策）名	エネルギーイノベーションプログラム／ナノテク・部材イノベーションプログラム		
プロジェクト名	セラミックリアクター開発	プロジェクト番号	P05022
担当推進部/担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 川上信之（平成 22 年 8 月現在） ナノテクノロジー・材料技術開発部 担当者氏名 清水孝浩（平成 17 年 6 月～平成 18 年 9 月） ナノテクノロジー・材料技術開発部 担当者氏名 林和志（平成 18 年 10 月～平成 20 年 9 月） ナノテクノロジー・材料技術開発部 担当者氏名 坂井数馬（平成 20 年 10 月～平成 21 年 3 月）		
0. 事業の概要	<p>電気化学的に物質やエネルギーを変換するセラミックリアクターは、高効率でありながら、作動温度が高く容積が大きいためその使用範囲が限定される等の課題を有している。特に作動温度が高いことは、リアクターのオン・オフを困難とし、システム化の際に周辺機器へ影響が懸念されるなど、幅広い分野への応用を阻害する要因となっている。次世代の SOFC（固体酸化物形燃料電池）として低温領域で作動し、頻繁なオン・オフ可能、小型高出力（高出力密度）を可能とするリアクターの実現を目指すためには、従来材料では 750℃程度で作動温度に限界があり、困難と考えられている。</p> <p>本事業では、次世代リアクターとしての新規ニーズに対応可能な 650℃レベルの作動温度領域を可能とする材料・部材を開発し、マイクロチューブ型セルとして、マイクロキューブ中に集積配列することにより、低温作動領域、温度管理（急速昇温、加熱冷却サイクルへの耐久性付与）、高出力密度、を可能にするリアクター化開発を行い、チューブ集積キューブモジュール化技術を確立し、プロトタイプ作製により性能実証を行う。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p><b>【NEDO が関与する意義】</b></p> <p>本プロジェクトは、我が国が国際優位性を有するファインセラミックス分野において、世界をリードし得る技術課題であり、これまで実用化が困難とされてきた電解質材料や新規材料を用いた微細形状加工制御技術の開発により、次世代部材の製造・利用促進を図るものである。本プロジェクトで取り扱う課題は、技術開発のリスクが高いこと等により民間企業独自での取り組みには限界がある。また、本プロジェクトの効果として期待される温室効果ガス排出量削減は、国家として取り組む課題であることに加え、応用分野として想定されるガス事業、電力事業や自動車分野はきわめて公共性が高いため、国及び NEDO として強力なイニシアティブを発揮して総合的に推進すべき課題である。産学官の連携に加え、柔軟かつ効果的な進捗管理の下、効率的に開発を進めていくためにも、国の予算措置によるプロジェクトとして NEDO が技術開発に関与することが必要と考えられる。</p> <p>なお、本プロジェクトは、平成 15 年度に終了した「シナジーセラミックスプロジェクト」の開発成果の一部を活用するものであり、同プロジェクトの事後評価委員会において「成果を活用した技術開発を国家プロジェクトとして進めるべき」旨が指摘されている。</p> <p><b>【実施の効果（費用対効果）】</b></p> <p>本プロジェクトで開発するセラミックリアクターは、省エネルギー化と CO2 削減への大きな貢献が期待される燃料電池の中でも、最も高効率で発電が可能な SOFC（固体酸化物形燃料電池：セラミックス製）を、小型高効率の定置及び移動型の各種ニーズ（自動車補助電源 APU・小型コジェネシステム・電動機器やロボット、極限環境用等）へと適用先を拡大するものであり、全体としての二酸化炭素排出削減量は多大となることが期待されている。</p> <p>早期の適用用途としては定置用小型コジェネが想定され、本プロジェクト技術を活用することで、特にこれまで適用が困難であった既築住宅、リフォーム用途、集合住宅等への普及が期待される。全世帯の約 1/2 を占める少人数世帯を対象市場と想定すると、普及期（2020～2030 年）では 60～120 万台/年の導入ポテンシャルがある。すなわち、SOFC コジェネでの CO2 削減量 1ton/台・年と仮定すると、60～120 万 ton/年の CO2 削減効果が見積もられる。また普及期における 1 台あたりの価格 40 万円を想定すると、2400～4800 億円/年の市場規模が期待できる。</p> <p>一方、冷凍車、中大型トラック等のアイドリングストップに対応した補助電源（APU）として既存のオルタネータ代替の導入を想定すると、エネルギー効率 50%向上×オルタネータ発電分 10%＝5%の燃費向上が期待できる。トラック等の APU への適用に関しては、2023 年あたりから年間 8 万台程度が予測されている（トラックの年間生産台数約 100 万台とすると 8%に相当）。トラックが占める CO2 排出量 8,198 万トン（2008 年）を占めている。2023 年においても同レベルの排出量を仮定すると、本プロジェクト技術による APU で代替すると、8,198 万トン×燃費向上分 5%×普及台数 8%＝32.8 万トンの CO2 削減が見積もられる。</p> <p>また、本開発により移動体電源等への適用範囲が広がり、新たなエネルギー機器の実用普及が進むことで、市場規模予測として 2030 年 7000 億円～2050 年 1 兆円以上の経済効果が期待されており、本プロジェクトの予算規模（17-21 年度総額 22 億円＜交付金＞）に比ベ十分な効果が期待さ</p>		

れる。

【事業の背景・目的・位置付け】

環境・エネルギー問題解決のために、高効率リアクター開発が必須である。セラミックリアクターは、小型分散電源の発電部として用いられる固体酸化化物燃料電池（SOFC）等のエネルギー変換リアクターや、燃料製造のためのオンサイト型水素製造モジュール（水素スタンド）等、さらには環境浄化等の多様な社会ニーズに対して有効な技術として位置づけられる。

一方、自動車補助電源（APU）等の数 kW の小型電源は、アイドリング時のエンジンストップなどを背景にした個別電力消費量の増大により、需要が増大している。加えて、2次電池（バッテリーやキャパシター）性能向上の限界により、ガソリンやディーゼル燃料でも発電可能なセラミックリアクターに期待が集まっている。家電品等の電源用途でも将来市場性が大きく、様々な研究開発が進められている。さらに、水素エネルギー社会へ向けてのオンサイト水素製造の需要増大への対応や、直面する環境問題の中で排ガス浄化にも有効な手段としてセラミックリアクターは期待されている。

しかし、セラミックリアクターは作動温度が高く、作動までの昇温に時間が必要で、運転一停止サイクル時の熱衝撃に弱い、また移動機器搭載には高出力かつ小型軽量化が必須であるが、従来のセラミックリアクターでは十分な性能が得られていない。

このため、低温作動、急速作動停止と小型高出力化を可能とする材料・部材化技術、マイクロスケールのユニット集積キューブ及びモジュール製造による実用性の高いセラミックリアクターを実現するための、プロセス技術の確立が必要不可欠となっている。

本プロジェクトは、電気化学的に物質やエネルギーを変換する高効率の次世代型セラミックリアクターに焦点をあて、その汎用性を高めて低温作動や頻繁な急速作動停止性能を実現するために、低温作動可能な材料・部材の開発、マイクロチューブ型セルのマイクロキューブ中への集積配列等による①低温度作動領域、②温度管理（急速昇温、加熱冷却サイクルへの耐久性付与）、③高出力密度を可能とするリアクター開発を実施し、我が国産業の競争力の強化を図ることを目的とする。本件技術開発により、プロトタイプ実証を行い、小型高効率リアクター実用化への目途をつける。

## II. 研究開発マネジメントについて

### 事業の目標

平成 21 年度までに、従来に比べて飛躍的な低温作動（650℃以下）を可能とする電解質・電極材料の開発や界面構造の制御等による部材化、マイクロ（ミリ以下）の単位構造をセル～キューブ～モジュールへ配列、集積化するための製造プロセス技術の開発を行い、これらを総合したプロトタイプモジュールを構築し、燃料電池等のエネルギー変換、水素等の合成、環境汚染物質の分解浄化フィルター等の具体的なニーズを想定した、セラミックリアクターの性能実証を図る。具体的目標値は以下の通りである。

#### 研究開発項目①「高性能材料部材化技術の開発」

低温作動を可能とする電解質材料の適用性検討及び薄膜化技術の高度化、低温で反応活性の高い空気極・燃料極材料の開発及びナノ～マイクロスケールを中心とした内部構造制御、電極－電解質及びインターコネクタとの界面構造ならびに組成制御による部材性能向上の検討等の材料・部材化技術開発を進める。

（中間達成目標）

電気化学セルの性能評価測定を、電解質を電極マトリックスに配置した構造で、かつ電極の特性が評価可能な面積の電気化学セルを用いて行う際に、650℃にて、0.3W/cm<sup>2</sup>の単位出力密度を達成するための、電極及び電解質の開発を行う。

（最終達成目標）

同様の性能評価において、650℃で 0.5W/cm<sup>2</sup>の単位出力密度を達成する。また 500℃でも現在の性能（0.15W/cm<sup>2</sup>）を超え、将来のさらなる低温作動化による SOFC や高機能フィルタの実用性能向上に資することの可能なレベルの特性向上を達成するための、電極及び電解質の開発と部材化を行う。

#### 研究開発項目②「マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発」

マイクロチューブ～キューブ化－インターフェース付与（セルからの集電機能、マニホールド及びガスシール等）－モジュール化の一連の製造プロセス技術を開発し、サブミリサイズの反応基本ユニットの集積化による、セラミックリアクターのプロトタイプ作製に至る、連続製造プロセス技術として確立する。具体的には、3次元複雑構造の連続造形技術（1次元（紡糸）－2次元（平面配列）－3次元（積層化）造形技術及びマイクロハニカム造形技術）、自己組織化造形技術等のマイクロ集積構造化を可能とする製造プロセス技術を開発する。

また、ミリサイズチューブによるキューブ化～モジュール化を実用的な製造プロセス技術として

確立するため、マイクロ集積モジュール化プロセス技術開発で発生が予想される技術的な諸課題（インターフェースの電気抵抗及びガス拡散抵抗の低減技術等）を解決する。さらに、小型高効率化・低温作動及び急速起動停止性能に関し、キューブあたりの性能評価で実証する。

（中間達成目標）

径 0.5mm の多孔質アノード／膜厚 10 ミクロン以下のセリア等低温作動電解質の緻密膜／10mm 長の多層チューブの組合せで構成される電気化学セルとして同時連続作成し、さらに多孔体マトリックス中に 100 本／キューブで導入、またはマイクロハニカムにより同等の微細構造化を可能なプロセス技術として確立する。

また、微細押出成形法等により、ミリサイズチューブを用いてキューブを作製し、径 1-2mm 以下の単セルを用いたキューブにより、発電出力密度 0.5W/cm<sup>3</sup> を実証する。また、各キューブにおける電極の接続抵抗損失を 5%以下とすることが可能な、インターフェース（セルからの集電構造、マニホールド及びガスシール構造による単キューブの端面修飾等）の構築プロセス技術を開発する。

（最終達成目標）

径 0.5mm 以下のセルをキューブ当り 100 本以上で一回の連続行程により形成することが可能な製造プロセス技術を開発し、セラミックリアクターとしての汎用性を実現するための最適構造化プロセス技術として確立する。

さらに製造プロセス技術の適用性実証として、マイクロ集積化セラミックリアクターの物質－エネルギー変換機能における高効率化を実現（作動温度 650℃以下での発電出力密度 2W/cm<sup>3</sup> 以上を達成）する。

研究開発項目③「評価解析技術開発及びプロトタイプ実証」

最終的なモジュールにおける発電性能等、反応効率向上による飛躍的な特性向上を実現するために、構成単位であるマイクロセルやキューブ及びモジュールに対し、構成部材や界面における電気特性及び機械的な応力解析などの評価技術を確認し、またはマイクロ特性評価法の開発による局所特性の最適化や、マクロ発電性能の解析技術の向上を図り、プロセス技術の改良へとフィードバックする。

また、実用モジュールとしての性能評価のために、想定される用途におけるシステム設計条件から、要求性能を明確にしてマクロ性能評価を行う。例えば負荷変動に対する出力コントロール条件を、熱コントロールや集電性能及びキューブ作動制御等の観点から検討し、実際のモジュール作動条件に対する適合性を検討する。

（中間達成目標）

本技術開発で新たに必要とされる電氣的・熱機械的な評価手法を開発し、マイクロ・マクロ特性解析手法を確認する。同時に、実用ニーズに対するスペックの検討及び実証試験条件を明確にする。

（最終達成目標）

650℃以下での作動時における発電性能実証を行い、低温作動における小型高効率化を実証する。キューブ集積プロトタイプモジュールを作製し、急速作動停止特性を実現するために必要な、室温～作動温度における実機想定によるシミュレーションから設定する、繰返し加熱冷却条件に対する耐久性能を実証する。また、発電モジュール構築プロセス技術の実証として、1-2mm 径以下の単セル使用モジュールによる 2kW/L レベルの出力密度及び発電効率 40%以上の実証を、キューブ複合モジュールにより行うと共に、モジュール容積 0.1L について達成する。想定される用途に対する、モデル条件における性能実証試験を行い、さらに連続運転時の性能低下が、実用化を検討する上での許容範囲内であることを確認する。

事業の計画内容	主な実施事項	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	
	①高性能材料部材化技術の開発						→
	②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール						→
	③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証						→
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位：百万)	会計・勘定	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	総額
	一般会計	0	0	0	0	0	0
	特別会計(需給)	196	588	441	450	350	2,025
	加速予算(成果普及費を含む)	32	103	96	18	0	249
	総予算額	228	691	537	468	350	2,274

円)	(委託)	228	691	537	468	350	2,274
	(助成)						
開発体制	経産省担当原課	製造産業局ファインセラミックス室					
	プロジェクトリーダー	独立行政法人産業技術総合研究所 淡野正信					
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載)	ファインセラミックス技術研究組合(日本ガイシ、日本特殊陶業)、ホソカワミクロン(株)、(財)ファインセラミックスセンター、東邦ガス(株)、(株)デンソー ・再委託先:(独)産業技術総合研究所、名古屋大学、(財)電力中央研究所、コロラド鉱山大学、三重大学、京セラ(株)					
情勢変化への対応	<p>進捗状況や推進委員会等の結果、指摘をふまえ、適時研究開発を加速させ推進している。具体的には以下の対応を実施した。</p> <p>【加速財源】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>平成17年度: 複合粒子処理装置を導入し、高活性電極/電解質作製に必要な、電極/電解質複合粒子に対して最適構造化を図った。また、マイクロハニカム多孔質電極キューブにおける多孔構造制御技術の基礎検討に着手すべく、セル内表面成膜装置を導入した。押出集積プロセスによるセルキューブ化に関しては、縦型押出成形機を導入し、空気極へのチューブ配列プロセス検討を行う上で必要となる、材料検討及び物性検討を促進した。</li> <li>平成18年度: 量産型粒子処理装置を導入することにより、モジュール化技術開発への低温高活性電極・電解質材料など早期供給体制を確立することができた。また、プロジェクトの中で明確になった加工上の課題に対応するために、マイクロハニカム構造化による3次元集積製造プロセスの確立促進のためのマイクロ~マクロ集積加工装置の導入を行うとともに、ガス流れの均一化と高出力化の課題を抽出するためにキューブ間集電及びガスシール等インターフェース構築技術の開発促進のための差圧式ガス透過率評価装置の導入を行った。</li> <li>平成19年度: 低温作動用電極構造制御技術の加速に向け、実運転条件を想定した長時間の暴露及び導電性連続測定が可能な部材長時間安定性評価装置を導入した。また、熱流体特性を考慮したモデルモジュールにおいて電氣的・機械的な構造影響因子を明確化するための熱流体機能評価装置、及びキューブを連結しモデルモジュール構造での作動検証を可能とするための接合構造安定性評価装置を導入し開発を加速した。インターフェース技術の課題に対応すべく、微細加工による導電パターキューブ間の位置精度向上のための微細放電加工装置、及び温度やガス雰囲気を変えてシール材の融着挙動把握のための粘弾性評価装置を導入した。</li> <li>平成20年度: インターフェース界面における導電性及び絶縁性とガスシール性を高精度に評価するための雰囲気制御型インターフェース界面評価装置を導入した。液体燃料系発電システムにおける炭化水素系燃料の電極及び部材への影響を確認べく、炭化水素系燃料セルスタック評価装置を導入し、制御条件を最適化した。マイクロチューブ等の同時構造化を図るため、リアクター評価加熱・過失装置共焼結による部材の評価技術の開発を促進した。</li> </ul> <p>【連携施策群】</p> <p>内閣府主催「連携施策群会議」に17年度は「ナノテク・材料」、18年度は「水素利用/燃料電池」として参加し、他の燃料電池関連事業との連携検討及び開発内容の重複排除のチェックを受けた。また事業内容のプレゼンを行い、PJの価値を説明し、応用分野の明確化と仕様の検討を行うよう指摘を受けたため、自動車応用の検討及びプロトタイプ実証を前倒しで実施した。</p> <p>【調査研究】</p> <p>プロジェクト開始時には、軍事用のニーズしかなかったため、プロジェクトの目標としては組み入れなかったポータブル電源について、民間ニーズが急速に高まっていることを受けて、総合調査により米国調査を実施するとともに、ポータブル電源への応用を念頭に評価項目の修正を行った。</p>						
中間評価への対応	<p>1) 実施体制について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○指摘点: 材料、部材化技術、実証までの各実施者間のさらなる連携が、十分に行えるような体制とすることが望ましい。</li> <li>○対応: 実施体制を再編した(材料開発—モジュール構築—実証の各々の責任分担明確化と連携強化。一部機関を再委託に変更)。</li> </ul> <p>2) 評価技術の開発について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○指摘点: 特性評価解析の条件を統一化すること。</li> <li>○対応: 実施者が個別に設定していたセル・スタック・モジュールの評価解析条件を、モデルモジュールを基準として統一した。</li> </ul> <p>3) スタック化、モジュール化について</p>						

	<p>○指摘点：モジュール化及びスタック化する場合の集電・シール技術開発と、量産を睨んだプロセス開発は、本プロジェクトの重要課題であるので、さらに加速させて検証するべきである。</p> <p>○対応：集電・シール技術と量産化を睨んだプロセス開発の性能実証を平成 20 年度中に実施し（加速予算投入）、平成 21 年度実施の各適用対象へのプロトタイプ実証へ反映させる。</p> <p>4) 実用化への取り組みに対して</p> <p>○指摘点：熱自立・起動停止および改質法などにも配慮した発電装置としての最終仕様を、早期に設定すべきである。また、システムとしての解析が不十分である。</p> <p>○対応：小型コジェネ・自動車 APU・ポータブル電源等の各ニーズ、スペックを明確化し、開発技術を適用した場合の有効性を評価した。また、システム検討ワーキンググループを設置し、システム設計とシミュレーションにより、小型コジェネシステム・自動車 APU システム・水素製造における優位性を明確化した。</p> <p>5) 競合技術との比較に関して</p> <p>○指摘点：1 kW クラスの SOFC が実証試験の段階に入っている状況下、本研究開発との関係を明確にしておく必要がある。</p> <p>○対応：SOFC の最新の開発動向について調査を行い、従来技術比較して、低温動作・小型高効率性・機動停止特性の優位性及び実用化スケジュールの差異等を明確にした。</p>						
<p>評価に関する事項</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="384 750 534 795">事前評価</td> <td data-bbox="534 750 1476 795">平成 17 年度実施 担当部 ナノテクノロジー・材料技術開発部</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 795 534 851">中間評価</td> <td data-bbox="534 795 1476 851">平成 19 年度 中間評価実施</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 851 534 907">事後評価</td> <td data-bbox="534 851 1476 907">平成 22 年度 事後評価実施予定</td> </tr> </table>	事前評価	平成 17 年度実施 担当部 ナノテクノロジー・材料技術開発部	中間評価	平成 19 年度 中間評価実施	事後評価	平成 22 年度 事後評価実施予定
事前評価	平成 17 年度実施 担当部 ナノテクノロジー・材料技術開発部						
中間評価	平成 19 年度 中間評価実施						
事後評価	平成 22 年度 事後評価実施予定						
<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>研究開発項目①高性能材料部材化技術の開発</p> <p>○研究開発目標</p> <p>本研究開発項目では、従来の電解質を用いた SOFC では低温作動化には 750℃程度で限界となっている現状から、小型高効率 SOFC の実用化のために、作動温度領域を 650℃以下～500℃に低減させることを目的に、低温作動化を可能とする高性能の材料・部材開発を進める。そのため、従来の系に替わる低温作動化が可能な電解質材料の材料特性向上、低温でも高い反応活性を発現することが可能な電極材料の開発及び内部構造制御等、電極・電解質の材料特性及び部材化における諸問題を解決し、ミクロ集積モジュールへの低温作動部材の適用を図る。</p> <p>研究開発内容としては、低温作動を可能とする電解質材料の適用性検討及び薄膜化技術の高度化、低温で反応活性の高い空気極・燃料極材料の開発及びナノ・ミクロスケールを中心とした内部構造制御、電極-電解質及びインターコネクタとの界面構造ならびに組成制御による部材性能向上の検討等の材料・部材化技術開発を進める。</p> <p>その達成目標として、「中間達成目標」では、低温高活性の電極・電解質材料を開発し、モジュール製造プロセスにも適用可能なように、高品質で得るためのプロセス技術の確立を目指し、「電気化学セルの性能評価測定を、電解質を電極マトリックスに配置した構造で、かつ電極の特性が評価可能な面積の電気化学セルを用いて行う際に、650℃にて、0.3W/cm<sup>2</sup> の単位出力密度を達成するための、電極及び電解質の開発を行う。」ことを設定している。また、「最終達成目標」としても同様の意味でさらなる材料部材の性能向上を図り、低温作動化として考慮すべき様々な得失（燃料自己改質性能等）をも含めて、実用性に富む開発成果を目指し、「同様の性能評価において、650℃で 0.5W/cm<sup>2</sup> の単位出力密度を達成する。また 500℃でも現在の性能（0.15W/cm<sup>2</sup>）を超え、将来のさらなる低温作動化による SOFC や高機能フィルタの実用性能向上に資することの可能なレベルの特性向上を達成するための、電極及び電解質の開発と部材化を行う。」ことを指標として設定した。</p> <p>○研究開発成果</p> <p>飛躍的な低温作動化を可能とするための材料技術開発として、実用構造で出力密度 0.5W/cm<sup>2</sup>（650℃）の実現へ向け、低温で活性の高い電極の開発や、イオン伝導のしやすい電解質の実用化を図るために、革新的な材料の探索及びナノ・ミクロスケールを中心とした内部構造制御や薄膜化技術の高度化、電極-電解質やインターコネクタの界面制御等による部材性能の向上を図った。その結果、電極部材でのエネルギー損失を従来の 1/10 に低減する（500℃での性能が従来の 650℃での性能とほぼ同等）等、造り込み技術に用いるための材料・部材開発の成果が挙げられた。また、Ag 系材料の適用が低温域での電極性能向上に効果があることを見出し、材料複合化により、様々な優れた特性の両立にも成功した。</p> <p>最終目標で設定した、650℃で 0.5W/cm<sup>2</sup> の単位出力密度を達成し、500℃でも現在の性能（0.15W/cm<sup>2</sup>）を超えており、電極及び電解質の開発と部材化により、将来のさらなる低温作動化による SOFC や高機能フィルタの実用性能向上に資することの可能なレベルの特性向上を達成した。</p>						

## 研究開発項目②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発

### ○研究開発目標

セラミック電気化学リアクターの小型高効率化と急速作動停止性能を実現するために最も重要な点は、マイクロセルの高度集積配列とモジュール化を可能とするプロセス技術開発と高出力密度や急速作動と加熱冷却サイクルへの耐久性付与（マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発）である。

すなわち、電気化学リアクターの構成部材をマイクロ集積化するための、革新的な部材製造プロセスの開発が必須である。それによって、体積反応効率の飛躍的な向上による小型軽量化と、ユニット部材の小型化による、セラミックス系材料の欠点である熱機械的特性の改善が可能となる。その際の、ユニット部材サイズについては、特に高反応効率の観点から期待される、ミリメートル以下（特に 0.5mm 程度）のユニットセルに対して、高集積化するための連続製造プロセス技術の開発が重要となる。利便性の高いプロセス技術の適用により、セラミックモジュールの製造におけるコストが、材料面での小型化のみならず、微小な構造の集積化を同時あるいは連続で行うことにより、製造プロセスコストの大幅低減が期待される。同時に、いわゆる SOFC の熱自立の問題についても、マイクロ SOFC ではさらに発熱制御等のサーマルコントロールの形で様々な状況が想定されるため、本技術開発のコンセプト実証を通して、これらの解決を図って行く必要がある。また、モジュール性能を左右する重要な因子として、キューブ接続時のインターフェースにおける集電技術や、キューブへの燃料ガス及び空気供給を低損失で行うための、材料特性や部材・モジュールの構造設計が重要な要因となる。これらのマイクロ部材集積化においては、合理的なプロセスの追求と共に、異種材料・材質の集合体により構成されることから、界面制御を可能とするプロセス技術開発等が期待される所以である。

そこで、本研究開発項目では、マイクロチューブキューブ化インターフェース付与モジュール化の一連の製造プロセス技術の開発と高度化が求められる。すなわち、3次元複雑構造の連続造形技術、自己組織化造形技術等のマイクロ集積構造化を可能とする製造プロセス技術を開発すると同時に、このようなマイクロ集積モジュール化プロセス技術開発で発生が予想される技術的な諸課題を解決し、小型高効率化・低温作動及び急速起動停止性能を評価実証する。

その達成目標として、「中間達成目標」では、マイクロ部材集積技術をマイクロ SOFC として実証するための必要スペックとして、「径 0.5mm の多孔質アノード／膜厚 10 ミクロン以下のセリア等低温作動電解質の緻密膜／10mm 長の多層チューブの組合せで構成される電気化学セルとして同時連続作成し、さらに多孔体マトリックス中に 100 本／キューブで導入、またはマイクロハニカムにより同等の微細構造化を可能なプロセス技術として確立する。」ことを設定している。ここでは、小型高効率リアクター実現に向けた2つのアプローチとして、マイクロチューブの規則配列による構造の積み上げ手法と、同時連続成型等の製造プロセスの合理性を優先した手法の両方を検討している。

性能実証のレベルとしては「また、微細押出成形法等により、ミリサイズチューブを用いてキューブを作製し、1-2mm 以下の単セルを用いたキューブにより、発電出力密度 0.5W/cm<sup>3</sup> を実証する」ことで新規性を示し、さらにインターフェースを介したモジュール構成において、「また、各キューブにおける電極の接続抵抗損失を 5%以下とすることが可能な、インターフェース（セルからの集電構造、マニホールド及びガスシール構造による単キューブの端面修飾等）の構築プロセス技術を開発する」として、実用的な出力密度を得るための具体的な目標設定をしている。

さらに「最終達成目標」として、連続製造と高精度集積化の両プロセス技術のマッチングを図り、「径 0.5mm 以下のセルをキューブ当り 100 本以上で一回の連続行程により形成することが可能な製造プロセス技術を開発し、セラミックリアクターとしての汎用性を実現するための最適構造化プロセス技術として確立する。」と共に、必要スペックから求められた目標値を加味して、「さらに製造プロセス技術の適用性実証として、マイクロ集積化セラミックリアクターの物質-エネルギー変換機能における高効率化を実現（作動温度 650℃以下での発電出力密度 2W/cm<sup>3</sup> 以上を達成）する」ことを目標設定している。

### ○研究開発成果

各種の小型可搬型あるいは定置分散型の電源ニーズへの対応に必要な、出力 2 kW/100ℓ以上の小型高効率化や、セラミックスが従来劣っている熱衝撃条件にも耐える急速起動停止性能（分～秒単位）の実現のため、ミリメートル以下のセル構造を単位として、規則正しく並べて集積することにより、高性能のキューブやモジュールを創る革新的製造プロセス技術の開発や、モジュールの加熱や放熱制御、各キューブへの燃料供給や集電を司るインターフェースの構築技術の確立を図った。その結果、世界最高の低温高出力密度（1W/cm<sup>3</sup>@570℃）の発電が可能なサブミリチューブ型 SOFC の開発に成功し、マイクロ SOFC セルスタックとして作動させるための微細部材の集積化を達成した。また、従来材料のジルコニアでも、世界最高となる低温作動マイクロチューブ SOFC や、自立構造でガス透過可能なマイクロ SOFC を実現している。角砂糖 1 個の大きさの中に 250 以上のセルが集積したキューブの連続作製プロセスを確立、サブミリサイズのセルが規則配列したハニカム構造のマイクロ SOFC として世界で初めて実証し、室温から 5 分以内の急速起動や起動停止の繰り返しにも強いことを確認した。また、ハニカムを次々とつなげて出力を増大する技術も実証している。そして、550℃でも 1cm<sup>3</sup> 当たり 2~3W の小型高出力化が可能な、セル集積によるキューブの作製と出力実証に成功し、プロトタイプモジュールを実現しました。一方、キューブ接続に必要なイ



ンターフェース用の導電性／絶縁性及びガスシール特性に優れた材料開発に成功した。  
最終目標の、径 0.5mm 以下のセルをキューブ当り 100 本以上で一回の連続行程により形成することが可能な製造プロセス技術をハニカムプロセスで実現し、セラミックリアクターとしての汎用性を実現するための最適構造化プロセス技術として、従来に比べて桁違いの燃料電池セルの高集積化を達成した。さらに製造プロセス技術の適用性実証として、マイクロ集積化セラミックリアクターの物質－エネルギー変換機能における高効率化の実現を、作動温度 650℃以下での発電出力密度 2W/cm<sup>3</sup>以上 (3W/cm<sup>3</sup>以上に到達) で示した。

### 研究開発項目③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証

#### ○研究開発目標

本研究開発項目では、セラミック電気化学リアクターの小型高効率化、低温作動や急速作動停止性能を実現して、高性能リアクターとしての自動車 APU や小型分散電源等への適用性実証及び必要な評価技術開発を実施する。

研究開発項目①で開発された材料部材を用い、②で開発されたモジュール化プロセス技術を駆使してプロトタイプモジュールを作製し、自動車 APU あるいは小型分散電源 (家庭用小型コジェネ等) のニーズへの適用課題を抽出し、実用化へ向けての課題解決を図ることが必須である。

そのための研究開発内容として、モジュールを構成するマイクロセル、キューブ及びモジュールに対する電気化学特性及び熱機械的特性に対する評価解析技術を確立し、プロセス技術向上へとフィードバックすることが不可欠となる。さらに、実用モジュールとしての性能実証として、想定される用途におけるシステム設計条件から、要求性能を明確にして適用性評価を行う。

達成目標として「中間達成目標」では、開発マイクロセル、キューブ、モジュールへと開発が進むに従って「本技術開発で新たに必要とされる電氣的・熱機械的な評価手法を開発し、マイクロ・マクロ特性解析手法を確立する。」ことが先ず必要となる。従来にはない微細な SOFC リアクター部材あるいはアセンブリに対し、発電特性のみならず様々な条件での作動特性や安定性・耐久性 (レドックス特性等)、燃料適応性あるいは耐熱衝撃性等の基本特性に関する、従来から蓄積された知見も活用しながら、マクロな性能評価及びミクロスコピックな性能・状態の評価解析が求められる。さらに「同時に、実用ニーズに対するスペックの検討及び実証試験条件を明確にする」ことで、プロジェクト後半でのモジュール実証に向けた評価解析が適切に進められるようになる。また、「最終達成目標」としては、ターゲットである自動車 APU や小型分散電源 (家庭用コジェネシステム) への適用を想定して、「650℃以下での作動時における発電性能実証を行い、低温作動における小型高効率化を実証する。キューブ集積プロトタイプモジュールを作製し、急速作動停止特性を実現するために必要な、室温～作動温度における実機想定によるシミュレーションから設定する、繰返し加熱冷却条件に対する耐久性能を実証する」ことで、セラミックリアクターの特長である、小型高効率化、低温作動や急速作動停止性能を実証し、具体的な実用条件での適用性を検証する。プロジェクトではシステム開発は対象としていないが、机上設計検討や実地調査等の手段により、プロジェクト終了後の実用化実証段階へ速やかに移行できるように努める。プロトタイプモジュールの実証については、次の数値目標を設定し、上記の特長を示すことでプロジェクト成果の優位性を明らかにする。「発電モジュール構築プロセス技術の実証として、1-2mm 径以下の単セル使用モジュールによる 2kW/L レベルの出力密度及び発電効率 40%以上の実証を、キューブ複合モジュールにより行うと共に、モジュール容積 0.1L について達成する。加えて「想定される用途に対する、モデル条件における性能実証試験を行い、さらに連続運転時の性能低下が、実用化を検討する上での許容範囲内であることを確認する」ことで、上記の実用化実証に移行する際のニーズへの適用性の判断材料とした。

#### ○研究開発成果

自動車 APU や家庭用コジェネシステム、あるいはポータブル電源等、小型高効率 SOFC などのニーズへの適用を図る上では、セル・スタック・モジュールの性能評価に必要な基盤技術を確立し、マイクロ集積モジュール・小型プロトタイプへのユースペックに基づくデザイン提示・性能評価を進め、プロトタイプモジュールとしての実用化検討に足る性能を実証が必要となるため、マイクロセルやキューブ及びモジュールの構成部材や、界面における電気特性及び機械的な応力解析などの評価技術を確立して、プロセス技術の改良へのフィードバックを進めた。さらに、想定される用途におけるシステム設計条件に基づき、例えば負荷変動に対する出力コントロール条件を、熱コントロールや集電性能及びキューブ作動制御等の観点から検討する等、実際のモジュール作動条件に対する適合性の検討を進めた。

その結果、マイクロチューブを多数組み合わせ、体積数 10cm<sup>3</sup> 程度のスケルトン型モデルキューブ・スタックによる先行出力実証 (出力 40W 程度) に成功し、マイクロ SOFC として作動させる上での集電・ガス流・熱制御等、モジュール化への課題抽出を進め、高性能化に必要な加圧モジュールや水素製造への適用可能性を実証した。さらに、プロトタイプモジュールとして作動温度 650℃以下で 2kW/L レベルの出力を 1/10 スケールで実現、小型モジュールで発電効率 40%や急速作動性能を確認し、これらの成果を基に、小型コジェネシステムや自動車 APU への適用性検討を進め、明らかにした。

最終目標については、650℃以下での作動時における発電性能実証を行い低温作動における小型

	<p>高効率化の実証に成功した。キューブ集積プロトタイプモジュールを作製し、急速作動停止特性を実現するために必要な、室温～作動温度における小形コジェネシステムを想定した、繰返し加熱冷却等のモデル条件を設定し耐久性能実証を行い十分なレベルの性能を示した。また、発電モジュール構築プロセス技術の実証として、2kW/L レベルの出力密度及び発電効率 40%以上の実証を、モジュール容積 0.1L について行うために、2mm 径の単セルを使用したチューブ集積モジュール（発電出力 200W 級）を作製し性能評価を実施した結果、目標値の達成が確認された。さらに連続運転時の性能低下が、実用化を検討する上での許容範囲内であることを確認した。</p>	
	投稿論文	「査読付き」113 件
	特 許	「出願済」39 件、「登録」0 件、「実施」0 件（うち国際出願 3 件）
	その他の外部発表 (プレス発表等)	「研究発表・講演」304 件、「展示会」10 件、「新聞等」17 件
<p>IV. 実用化、事業化の見通しについて</p>	<p>本プロジェクトは、革新的な次世代リアクターの創製を図り、新規ニーズに対応可能な低温作動化による材料・部材開発の成果を適用して、マイクロセル～キューブ（セルスタック）～モジュール化することにより、低温作動化・急速加熱冷却サイクルへの耐久化・小型高出力密度が可能なリアクターを実現する。プロジェクトの実施期間内では、プロトタイプモジュールの製造プロセス確立と、モジュールの実用性に関する基本性能実証を行ったものである。</p> <p>本プロジェクト成果の実用化・事業化については、中間評価（2007 年度に実施）時点から、材料・部材開発からモジュール製造に至る垂直連携による研究開発成果の実用化として、小型定置用コジェネレーションシステム（家庭用コジェネ応用等）、自動車用補助電源（APU）等の電源システムへの組み込みが期待されている。例えば、小型車のオルタネータ（発電機）代替や大型・特装車の電力供給システム等、その高効率性や燃料適応性等の特長から、実用化への期待は高い。これらのニーズは本プロジェクトの総合調査研究でも精査を行っているが、特に中間評価以降で、自動車 APU 用途への開発機運が高まっている状況にある。それは、ここ数年の「地球温暖化対策」「石油等資源問題」が社会的に大きな影響を及ぼして来たことから、いわゆる「次世代自動車」等として、ハイブリッド車から電気自動車への期待が高まったことにより、蓄電池と組み合わせた充電用発電機として燃料電池を捉える視点がクローズアップされて来たことにも影響されている。</p> <p>また、一方で、本プロジェクトにおける製造プロセス技術開発の成果として、材料・部材の供給面からの実用化は近い将来に期待される。すなわち、低温項活性材料開発による新規高性能電極材料や導電部材、あるいは発電ユニットのインターフェース材料は、高温の電気化学モジュールへの適用が期待されるものであり、従来型燃料電池の改良等で導入されることも見込まれる。</p> <p>これらの実用化・事業化の進展により、2050 年には 1 兆円を超えるような大きな市場効果も当初から期待されているところである。この状況は中間評価時点から大きな変化は無く、家庭用小型コジェネについては、固体高分子型燃料電池（PEFC）によるシステムが上市される段階に至り、今後の新エネルギー／省エネルギー関連の各種システムの開発や実用化の進展により、単純予測は容易ではないが、概ね現在の方向性は維持あるいは加速されているものと考えられる。</p> <p>中間評価段階から、本プロジェクトで主要な応用対象として設定されている小型コジェネレーションシステムや、自動車補助電源システム（APU）に加えて、ポータブル電源や小型駆動機器用電源へのいわゆる“マイクロ SOFC”の適用性への期待が急速に高まっている背景状況があり、当時その研究開発分野が盛んであった米国の動向調査を行ったが、その後の各開発実施者の変遷等の推移はあるが、周辺システムの開発状況を踏まえ、高性能のコアモジュールを供給することにより、比較的早期の市場化も益々期待される状況にあるといえる。野外活動や工事現場及び遠隔地等でのポータブル電源へのニーズは、その利便性に対して、高効率性・清浄性・静謐性から大いに期待される。同様に、移動型の電気機器、電動車椅子等の小型電動駆動型機器における蓄電池の代替や補完、さらには将来的にはロボットの電源としても期待される。今後、上記のポータブル電源等へのニーズ対応の努力により、応用展開と実用化の加速が期待されるものである。</p> <p>また一方で、夜間電力利用等のエネルギー需給平準化の効果を期待した、水素製造の分散型プラント（水素ステーション）への適用も期待される。本プロジェクトの検討結果からは、適用システムとしての規模や運転条件等の検討をさらに進めて最適化を図る必要が認められた。さらに、都市環境保全への取り組みとして、ニアゼロエミッション化を可能とするような、自動車等の輸送分野や分散型エネルギーシステム等におけるエンジン排気ガス浄化（特にディーゼルエンジン排ガス）についても、次世代自動車あるいはディーゼルハイブリッド車の開発動向に大きく影響されるが、2010 年代の後半以降での新規適用可能性の有る技術として、電気化学リアクターは相変わらず注目されているところである。</p>	
<p>V. 基本計画に関</p>	作成時期	平成 17 年 3 月 作成

する事項	変更履歴	平成 18 年 3 月 改訂（知的財産、成果についての取り扱いについて記載するとともに、プログラム変更に伴い改訂） 平成 20 年 7 月 改訂（イノベーションプログラム基本計画の制定により、「（1）研究開発の目的」の記載を改訂）
------	------	--

## プロジェクト用語集

### 【セラミックリアクター開発プロジェクト用語説明】

#### ア行

インクジェットプロセス	インクまたはペーストを空圧または圧電体の振動を利用し、複数の孔より規則的に塗布する手法で、主にプリンター等の印刷技術として利用される手法である。インクとしてセラミックの前駆体溶液またはセラミックナノ粒子を分散した特殊なインクを用いて、印刷同様にセラミック基板へ塗布を行なうプロセス技術。
インターフェースシート部材	電極やガスシール層ならびに基材の接合等の部材の界面構造を制御するために利用される部材にて、扱いが容易なシート形状の部材。
エコウィル	ガス業界で商品化されている 1kW 級ガスエンジンコージェネレーションシステムの名称。高い総合エネルギー効率を得られ、熱電比が高いのが特徴である。
エミッション	排気ガスの成分のうち、ここでは主として害となる SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, 炭化水素などをいう。
押出法	セラミック部材の代表的な製法であり、ナノ〜マイクロ径のセラミックス粉末原料を溶媒又は粘度を調整するバインダーと共に混練し、粘土状にしたものを圧力にて押出、一定形状の金属口金の隙間より出す事により一定形状に成形するプロセス技術。
S/C 比	水蒸気/炭化水素(燃料)のモル比。燃料改質や電極反応に関係する水蒸気(水分)含有量の比率。
押出杯土	セラミックスの押出成形に用いる粘土材料。セラミック粉末と接合バインダー、可塑剤や溶媒を混合し混練した物。

#### カ行

開回路電圧 (Open Circuit Voltage)	負荷をかけていない(電流が流れていない)状態での電圧をいう。燃料極と空気極間の酸素ポテンシャル差によって決まる
ガスデポジション	ナノ粒子径のセラミック粉末原料をガスと混合したエアロゾルをガスとともにノズルより高速で部材にぶつけコーティングする手法(エアロゾルデポジション AD 法として近年注目されている)。
ガラス転移温度	高温度では液体である物質が温度の降下によりある温度範囲で急激にその粘度を増し、流動性を失って非晶質固体となる温度。ガラス転移点の付近では、比体積、膨張係数、比熱などは温度変化に対してかなり顕著な折れ曲がりを示す。ガラスやゴムなどの高分子物質がガラス転移点をもつ。
キューブ	FCRA が開発中の、チューブセル(本プロジェクトの基本構成単位となる直径 2mm の円筒型セル)集積体の名称。カソード多孔体で複数のチューブセルが一体化されており、効率的な集電やコンパクト化が実現できる。
キューブモジュール	セル集積化モジュールにて、さらなる集積化が可能な立法体形

	状の基本ユニット。キューブモジュールを組合わせて小規模～大規模のモジュールを組立てる。
共晶合金	金属融液を冷却する際に、2つの相が同時に晶出することを共晶という。共晶合金とは共晶となる元素・組成を有する合金で、その融点は構成元素単体の融点よりも低い。
金属インターコネクト材料	単セル同士を電氣的に接続し、外部に電気を取り出す役割を持つ構成部材をインターコネクト材料という。近年のSOFC作動温度の低温下により、比較的安価な金属製のインターコネクト材料が開発されつつあり、Fe-Cr系の合金が開発されている。
結晶化ガラス	ガラスセラミックスともいう。加熱によって結晶を析出させたガラスで、結晶とガラスが混在する。耐熱性があり急熱急冷に耐えるので調理用品や人工建材などに利用されている。
ゲルキャストイング	寒天等の溶媒と混合しゲル状になる水和性高分子材料とセラミック粉末原料を均一に分散混合し、一定形状の形に成形するプロセス技術。さらにテンプレートの形状により規則配列孔等の形状を転写可能。
コージェネレーションシステム	発電時の排熱を給湯等に利用することで、高い総合効率が期待できるシステム。

#### サ行

差圧式ガス透過率評価	試験片によって隔てられた一方を真空（低圧側）に保ち、もう一方に試験気体を導入し、低圧側への試験気体の透過量を測定することでガスの透過度を評価する方法。
サブエンジンシステム	冷凍冷蔵車やバスのエアコンにおいて、コンプレッサを駆動するのに、メインエンジンとは別に小さいエンジンを設けるシステム。
サーマルサイクル	発電時に実施する昇温・冷却のサイクルのこと。SOFCを家庭用電源等へ適用する際には、サーマルサイクルに対する耐久性を向上させることが必要条件となる。
水蒸気改質	改質反応の一種で、メタンと水蒸気を触媒反応させることで、水素を取出す。改質温度は少なくとも600℃以上であることが必要である。
スクリーンプリント	スクリーン上にインクが透過するパターンを形成し、そのパターンを介して基板上にセラミックペーストやインク材料を塗布するプロセス技術。
接合ペースト	セラミックペーストや金属ペースト等の導電性または電気化学的な界面、さらにはガスシールや絶縁構造等のセルおよびスタック、モジュール等の界面の構造制御に利用する溶媒にナノメートル粒子状材料を分散した液状の材料。
セラミックスラリー/セラミックペースト	ナノメートル径のセラミック粉末原料を溶媒に分散した液状原料。溶媒を除外しセラミック粒子の集積構造を形成し焼結する事により多結晶材料へ転換する。また、セラミック膜構造の形成において塗布等の容易なプロセスへ展開が可能。厳密にはペーストとスラリーは分散するセラミックの濃度や材料の取

	扱にて使い分けるが近年のレオロジー制御技術においてはそれらの用語の区別は用途において異なる。
セル集積化モジュール	小さな電気化学セル構造を基本構造としてそれらを集積化したエネルギー変化や物質変換へ利用可能なモジュールとしての基本構造。
粗悪燃料	エンジン部品の耐久性に影響を及ぼす成分を含む燃料をいい、例として、硫黄やMn、Feなどの無機成分や、アロマ、ガム成分などの有機成分などを含む。
相構造	固体が純金属、金属間化合物、固溶体などの単一の相から成っているのではなく、2つの相から成っている組織。
ソーダガラス	ケイ砂 (SiO <sub>2</sub> )、炭酸ナトリウム (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )、炭酸カルシウム (CaCO <sub>3</sub> ) など混合して融解することにより得られるガラス。一般の窓ガラス、びんガラス、容器ガラスなどに使用されている。
ゾルゲル法	金属アルコキシドのアルコール溶液を原料とし、その加水分解と重縮合反応、さらにそれに続く熱処理によって、溶液→ゾル→ゲルの変化に基づいて材料を合成する方法。低温で合成可能であり、さまざまな微細構造、形態、機能をもった材料の合成が可能。
スラリーインジェクション法	セラミックリアクター開発で新たに開発した新セラミック製造でのコーティングプロセス技術。従来のスクリーンプロントやディップコーティング等の塗布法とは異なり、ペーストを基材中のサブ径等の空間へ充填し、一定速度で流動させ、コーナー等の壁形状に関わらず均一な塗布ができるプロセス技術。
増孔材	セラミック電極の気孔制御等に利用する貫通孔を形成するための添加材。接合バインダーやPMMA(ポリメタクリル酸樹脂)等の焼成過程で燃焼する有機化合物を用い、熱処理での燃焼、気化によりセラミック組織中に貫通した孔を形成する材料。

#### タ行

ダイレクトプリント	インクやペースト等の目的材料を2次元～3次元状に集積または積層しパターンニングする手法。
ディップコーティングプロセス	塗布/湿式コーティングと同様で、セラミック部材の代表的な製法であり、塗布する基材をセラミックペーストやスラリーへつけ込み、引き出した際のインク等の除去や乾燥を利用し基材表面へ薄い膜を形成するプロセス技術。
電気化学セル	電子移動ならびに物質移動に関与する電気化学反応が可能な電極および電解質からなる電気化学反応が可能となる最低単位の構造。
等価回路	電気化学的な反応や材料解析で利用する手法で、材料での電気化学的な因子を抵抗やキャパシタ等の電子部品の組合せに置換え、それらの接続の効果として電氣的に等価な回路として扱う技術。
塗布/湿式コーティング	セラミック部材の代表的な製法であり、セラミックペーストやスラリーを表面に塗込むプロセス技術。

多燃料 DDS 運転	燃料電池発電に用いる燃料として、水素以外の炭化水素系の燃料を含めた燃料。メタノール改質系の燃料等を含む。 デイリースタート、デイリーオフとして、燃料電池を毎日起動と停止を繰り返す運転。夜間等の未使用時は停止し、日中の必要時に起動を想定した運転。
---------------	---

#### ナ行

ナノファイバー	ナノ形態の繊維材料。
熱自立運転	燃料電池が発熱反応であることを利用し、発電時に発生する熱を発電時の熱源とすることで、外部から熱を与えずに運転を継続（自立運転）すること。
燃料利用率	燃料利用率 (%) = 発電に利用する燃料 / 投入する燃料 × 100 で算出される。 高い燃料利用率で発電することで高い発電効率を得ることができる。一方で、燃料が不足する可能性があり、その場合にはセルの破損に繋がる。
粘弾性	セラミック分散ペースト等の液状材料の特性を示す用語で、部材への塗布や積層での粘性や弾性を制御し、塗布プロセスでの制御に用いる液剤の性質。

#### ハ行

バンドル	キューブの課題抽出を目的として、東邦ガスが試作したチューブセルの集積体の名称。キューブと異なり、バンドルはカソード多孔体で一体化されておらず、チューブセルがむき出しの状態となっている。
物理シミュレーション	物理学的に現象を示す公式や数値データを用いたモデル計算。
ペロブスカイト材料	ABO <sub>3</sub> という 2 種類の金属酸化物とその組合せによる結晶構造を有する材料。金属の組合せや不定比性の安定組成を取るため、酸素欠陥等による金属混合バンド構造の形成による電子伝導性やイオン導電性といった電子物性を発現し、金属酸化物セラミック電極として利用される。
ボイルオフ	水素を液体で貯蔵する方式において、タンク外部からの熱の浸入により、少しずつ液体水素が気化して、外部に放出すること。
ホウケイ酸ガラス	ホウ酸とケイ酸が共重合した網目状構造をとるガラス。代表例としては、パイレックスガラス。耐薬品性に優れているため、理化学器具用、医療器具用、薬品容器用など使用されている。
ホテルモード	長距離トラックにおいて、乗務員がトラック内に泊まる使用形態をいう。

#### マ行

マイクロチューブセル	本開発におけるマイクロチューブセルとは従来に無い小型を意味する“マイクロ（もしくはマイクロ）”と管状のマクロ形態を持つ電気化学セル。
マルチチャンネル	単セルまたは単一孔ではなく複数のセルまたは孔構造の集ま

	り。
マルチノズル	シリンジ等から流動性の材料を出す際、その出口/ノズルを2個以上持ったもの。
マイクロハニカム	サブミリ径の規則孔配列構造を有する小型の基材、それらの孔構造を利用するフィルター等への利用が期待できる。“マイクロ”は小型を表す意味で使用。
模擬キューブモジュール	キューブモジュールの先行課題抽出を目的として、東邦ガスが試作したバンドル。全並列9セル(キューブを模擬)を4直列した構造となっている。
模擬直列キューブ	直列キューブの先行課題抽出を目的として、東邦ガスが試作したチューブセルが直列接続されているバンドル。
モジュール化	種々の部品またはデバイスどうしを組合せて一つの機能化をするシステムにおいて、働きに応じて構成要素ごと切り分けた基本要素とその要素化技術。
マイクロリアクタ	コンパクトな電気化学等での物質変換が可能な反応器。ディーゼル排ガスからのNOx浄化デバイス等で使用。
マイクロGC	キャピラリーカラム等を利用する微量ガスで高速にガス組成が分析できるガスクロマトグラフィ分析技術。

#### ラ行

ラピッドプロトタイプ ピング法	従来、機械部品等を製品化する前に、ブロック切削や樹脂造形により形状を再現し組立てるための試作手法をさすが、さらにその展開として、製品化する材料を直接用いて小型の部品作製へ利用する展開も可能。
レンジイクステンダー	電気自動車の電気走行航続距離を延長するための発電機構。バッテリーの不足を補う時、あるいは非常時に作動する。

#### ワ行

#### 数字、アルファベット

3D塗布ロボット	コンピュータ等で制御された3軸(x軸、y軸、およびz軸)可動が可能なマニピュレーションロボットとセラミックペースト等を基材に塗布コートするディスペンサ装置を組合わせた自動制御の塗布装置。
A P U	Auxiliary Power Unit 自動車用補助電源ユニット 車両の走行用以外の補機を駆動する目的の電源。これをメインのエンジンと併用することにより、燃費低減効果をねらう。
CC	単位 cm <sup>3</sup> (キュービックセンチメートル)
D T A	示唆熱分析 (Differential Thermal Analysis) のこと。試料と参照物質を一定の速度で昇温あるいは降温し、参照物質に対する試料の熱挙動の差を測定することにより、吸熱反応あるいは発熱反応を知ることが可能で、相転移温度などを測定可能。



DME	Dimethyl ether ジメチルエーテル 合成燃料の一種で、ディーゼルに使用した場合、排出ガス中に微粒子物質が少なく、低公害な燃料。
DOE	アメリカ合衆国エネルギー省
EMS	Engine Management System ハードとしてのエンジン ECU を含み、エンジンを統合的に管理するシステム。
KHP	灯油を燃料としたヒートポンプシステム
SOP	量産開始時期 (S t a r t o f p r o d u c t i o n)。自動車業界用語。

## I. 事業の位置付け・必要性について

### I. 1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

#### I. 1. 1 NEDO が関与することの意義

材料技術は、材料の特性・機能の向上が製品機能の向上に直結するなど産業技術全般に大きな波及効果をもたらす基盤技術であるが、昨今の国際競争の激化により、さらなる飛躍的発展のキーテクノロジーとして革新的な新材料創製技術が求められている。第3期科学技術基本計画（平成18～22年度：平成18年3月閣議決定）においても、国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点的4分野の一つ「ナノテクノロジー・材料」分野に位置づけられている。

電気化学的に物質やエネルギーを変換するセラミックリアクターは、高効率でありながら、作動温度が高く容積が大きいためその使用範囲が限定される等の課題を有している。特に作動温度が高いことは、リアクターのオン・オフを困難とし、システム化の際に周辺機器へ影響が懸念されるなど、幅広い分野への応用を阻害する要因となっている。例えば、次世代のSOFC（固体酸化物形燃料電池）として低温領域で作動し、頻繁なオン・オフ可能、小型高出力（高出力密度）を可能とするリアクターの実現を目指すためには、従来材料では750℃程度で作動温度に限界があり、困難と考えられている。

本事業では、「ナノテク・部材イノベーションプログラム」及び、「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として、次世代リアクターとしての新規ニーズに対応可能な650℃レベルの作動温度領域を可能とする材料・部材を開発し、マイクロチューブ型セルとして、マイクロキューブ中に集積配列することにより、低温作動領域、温度管理（急速昇温、加熱冷却サイクルへの耐久性付与）、高出力密度、を可能にするリアクター化開発を行い、チューブ集積キューブモジュール化技術を確立し、プロトタイプ作製により性能実証を行う。

次世代セラミックリアクター開発は、我が国が国際優位性を有するファインセラミックス分野において、世界をリードし得る技術課題であり、これまで実用化が困難とされてきた電解質材料や新規材料を用いた微細形状加工制御技術の開発により、次世代部材の製造・利用促進を図るものである。すなわち、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすることを目的とする「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として実施することが適当である（図I. 1-1）。

さらに本研究開発はクリーンなエネルギーである水素の本格的到来に向けて、低温で作動する高効率なリアクター開発を目指すものであり、SOFCの基盤技術の向上、水素供給インフラの高効率化に資する技術開発である。燃料電池は新産業創造戦略等により国が重点的に取り組むべき分野として位置づけられており、また新経済成長戦略においても自動車、家電・電子産業の後継となる戦略産業として育成する旨示されている。さらに、太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を

促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献することを目標とした「エネルギーイノベーションプログラム」に沿ったものである（図 I. 1-2）。

本プロジェクトは、技術開発のリスクが高いこと等により民間企業独自での取り組みには限界がある。また、本プロジェクトの効果として期待される温室効果ガス排出量削減は、国家として取り組む課題であることに加え、応用分野として想定されるガス事業、電力事業や自動車分野はきわめて公共性が高いため、国及び独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という）として強力なイニシアティブを発揮して総合的に推進すべき課題である。産学官の連携により、効率的に開発を進めていくためにも、国の予算措置によるプロジェクトとして NEDO が有する「産学官連携コーディネート」の知識、実績等を活かし、柔軟かつ効果的な進捗管理の下で実施することが必要と考えられる。なお、本プロジェクトは、平成 15 年度に終了した「シナジーセラミックスプロジェクト」の開発成果の一部を活用するものであり、同プロジェクトの事後評価委員会において「成果を活用した技術開発を国家プロジェクトとして進めるべき」旨が指摘されている。

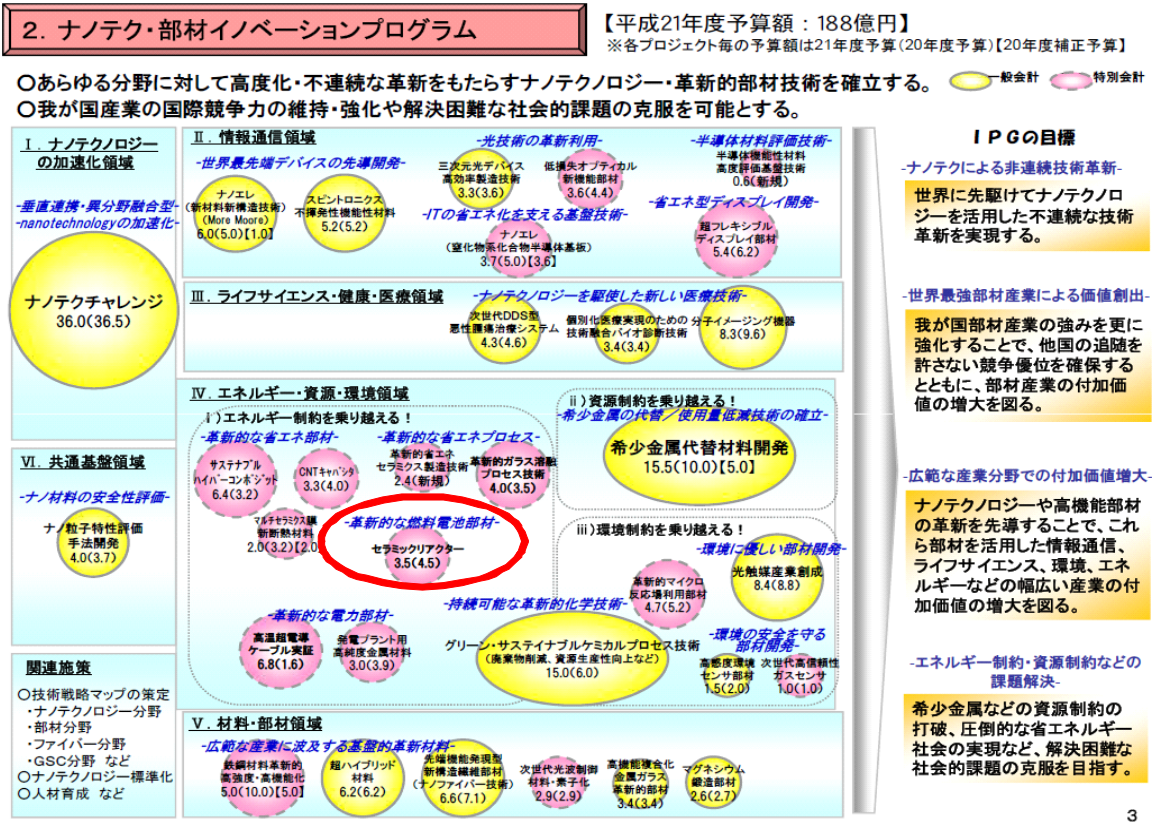


図 I. 1-1 ナノテク・部材イノベーションプログラムにおける本プロジェクトの位置づけ

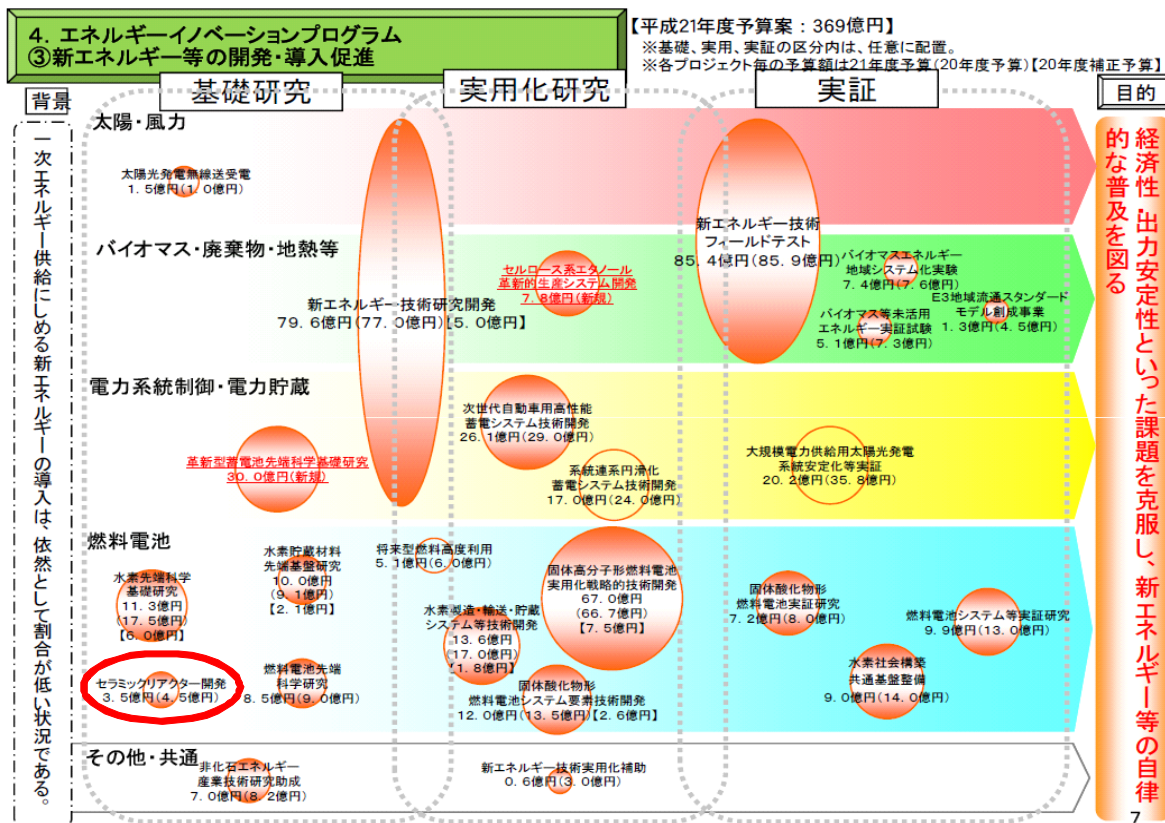


図 I. 1-2 エネルギーイノベーションプログラムにおける  
本プロジェクトの位置づけ

### I. 1. 2 実施の効果（費用対効果）

本プロジェクトで開発するセラミックリアクターは、省エネルギー化とCO<sub>2</sub>削減への大きな貢献が期待される燃料電池の中でも、最も高効率で発電が可能なSOFC（固体酸化物形燃料電池：セラミックス製）を、小型高効率の定置及び移動型の各種ニーズ（自動車補助電源APU・小型コジェネシステム・電動機器やロボット、極限環境用等）へと適用先を拡大するものであり、全体としての二酸化炭素排出削減量は多大となることが期待されている。

早期の適用用途としては定置用小型コジェネが想定され、本プロジェクト技術を活用することで、特にこれまで適用が困難であった既築住宅、リフォーム用途、集合住宅等への普及が期待される。全世帯の約1/2を占める少数世帯を対象市場と想定すると、普及期（2020～2030年）では60～120万台/年の導入ポテンシャルがある。すなわち、SOFCコジェネでのCO<sub>2</sub>削減量1トン/台・年と仮定すると、60～120万トン/年のCO<sub>2</sub>削減効果が見積もられる。また普及期における1台あたりの価格40万円を想定すると、2400～4800億円/年の市場規模が期待できる（図I. 1-3）。

一方、冷凍車、中大型トラック等のアイドリングストップに対応した自動車用補助電源（APU）として、既存のオルタネータを代替した場合も大きな効果が見込まれる。プロジェクトの成果として得られるセラミックリアクターを、APUとしてオルタネータへ置き換

えた場合、発電時のエネルギー変換損失低減及び出力ミスマッチの解消により、エネルギー効率が 50%向上（出典：熱電工学（リアライズ社）2001 年 p482）することがわかっている。現在の自動車オルタネータによる発電では、燃料エネルギーの 10%程度を電力に回していることからすると（出典：同上）、エネルギー効率向上分 50%×オルタネータ発電分 10%=5%の燃費向上が達成される。

トラック等の APU への適用に関しては、プロジェクト内の総合調査研究において 2023 年あたりから普及期となり、年間 8 万台程度が予測されている（トラックの年間生産台数約 100 万台とすると 8%に相当）。2008 年度の我が国の CO2 排出量の内訳を見ると、トラックは 8,198 万トン（運輸部門の 34.5%）を占めている（出典：国土交通省ホームページ「運輸部門における二酸化炭素排出量」）。2023 年においても同レベルの排出量を仮定すると、本プロジェクトで開発した技術による APU で代替すると、8,198 万トン×燃費向上分 5%×普及台数 8%=32.8 万トンの CO2 削減が見積もられる。

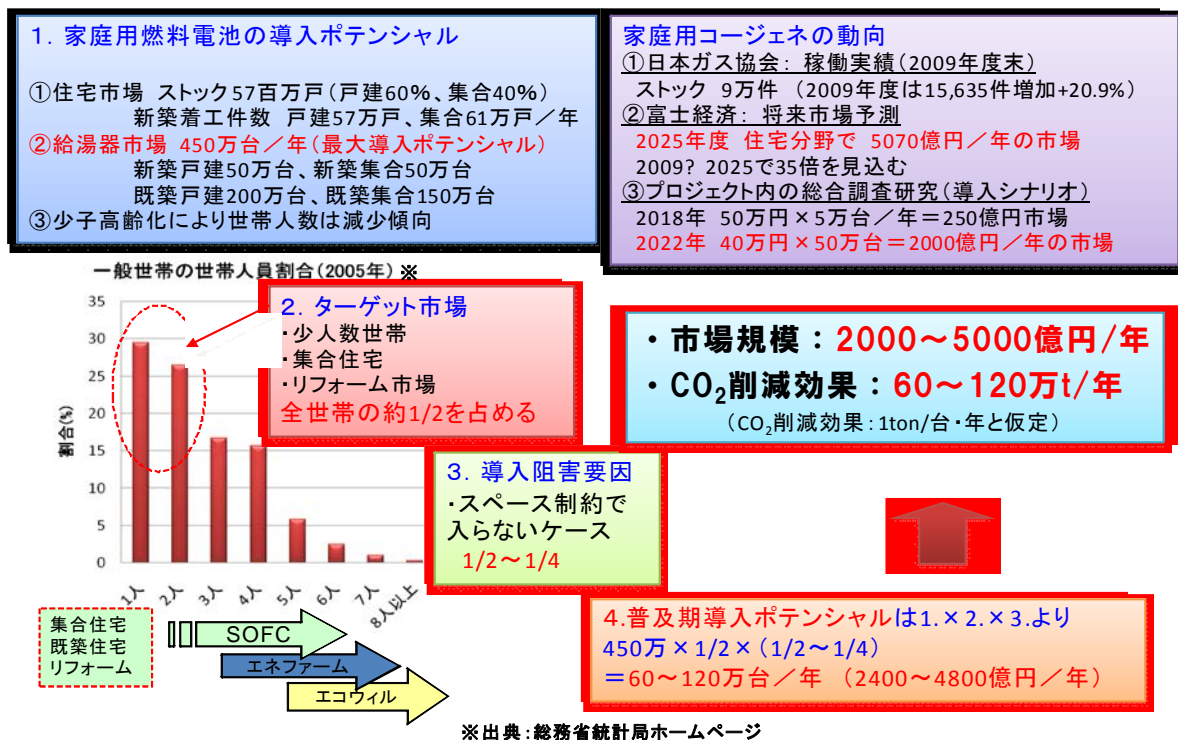


図 I. 1-3 セラミックリアクターを用いたコージェネ普及による効果

## I. 2. 事業の背景・目的・位置づけ

### I. 2. 1 事業の背景・目的

環境・エネルギー問題解決のために、高効率リアクター開発が必須である。セラミックリアクターは、小型分散電源の発電部として用いられる固体酸化物形燃料電池（SOFC）等のエネルギー変換リアクターや、燃料製造のためのオンサイト型水素製造モジュール（水素スタンド）等、さらには環境浄化等の多様な社会ニーズに対して有効な技術として位置づけられる。

一方、自動車補助電源（APU）等の数 kW の小型電源は、アイドリング時のエンジンストップなどを背景にした個別電力消費量の増大により、需要が増大している。加えて、2次電池（バッテリーやキャパシター）性能向上の限界により、ガソリンやディーゼル燃料でも発電可能なセラミックリアクターに期待が集まっている。家電品等の電源用途でも将来市場性が大きく、様々な研究開発が進められている。さらに、水素エネルギー社会へ向けてのオンサイト水素製造の需要増大への対応や、直面する環境問題の中で排ガス浄化にも有効な手段としてセラミックリアクターは期待されている。

しかし、セラミックリアクターは作動温度が高く、作動までの昇温に時間が必要で、運転-停止サイクル時の熱衝撃に弱い、また移動機器搭載には高出力かつ小型軽量化が必須であるが、従来のセラミックリアクターでは十分な性能が得られていない。

このため、低温作動、急速作動停止と小型高出力化を可能とする材料・部材化技術、マイクロスケールのユニット集積キューブ及びモジュール製造による実用性の高いセラミックリアクターを実現するための、プロセス技術の確立が必要不可欠となっている。

このような背景のもと、本プロジェクトは、電気化学的に物質やエネルギーを変換する高効率の次世代型セラミックリアクターに焦点をあて、その汎用性を高めて低温作動や頻繁な急速作動停止性能を実現するために、低温作動可能な材料・部材の開発、マイクロチューブ型セルのマイクロキューブ中への集積配列等による①低温度作動領域、②温度管理（急速昇温、加熱冷却サイクルへの耐久性付与）、③高出力密度を可能とするリアクター開発を実施し、我が国産業の競争力の強化を図ることを目的とする（図 I. 2-1）。本件技術開発により、プロトタイプ実証を行い、小型高効率リアクター実用化への目途をつける。図 I. 2-2 に本プロジェクトのねらいを示す。

- 物質やエネルギーを高効率に変換する**次世代型電気化学リアクター**に焦点をあて、
  - 低温作動可能な**材料・部材**
  - マイクロチューブ型セルのマイクロキューブ中への集積配列等による
    - ①低温度作動領域
    - ②温度管理（急速昇温、加熱冷却サイクルへの耐久性付与）
    - ③高出力密度
 を可能とする、**これまでにない革新的なリアクター**の開発を実施し、**低温作動や頻繁な急速作動停止性能**を実現する。これによって、我が国産業の競争力の強化を図ることを目的とする。

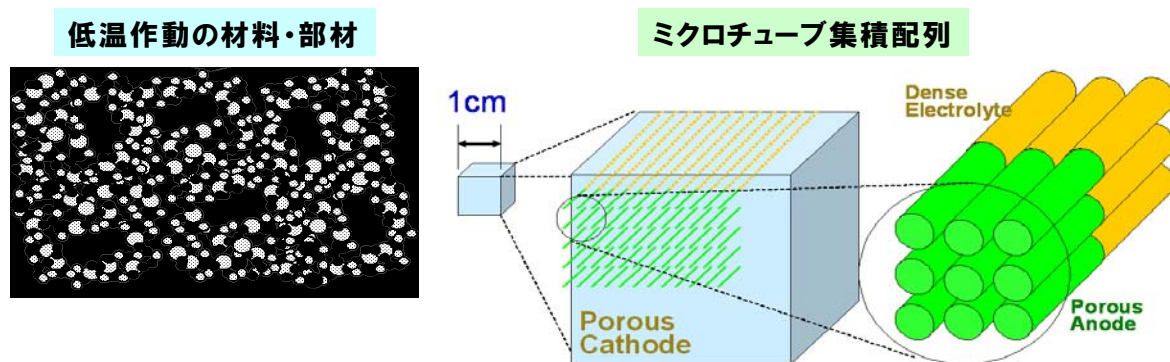
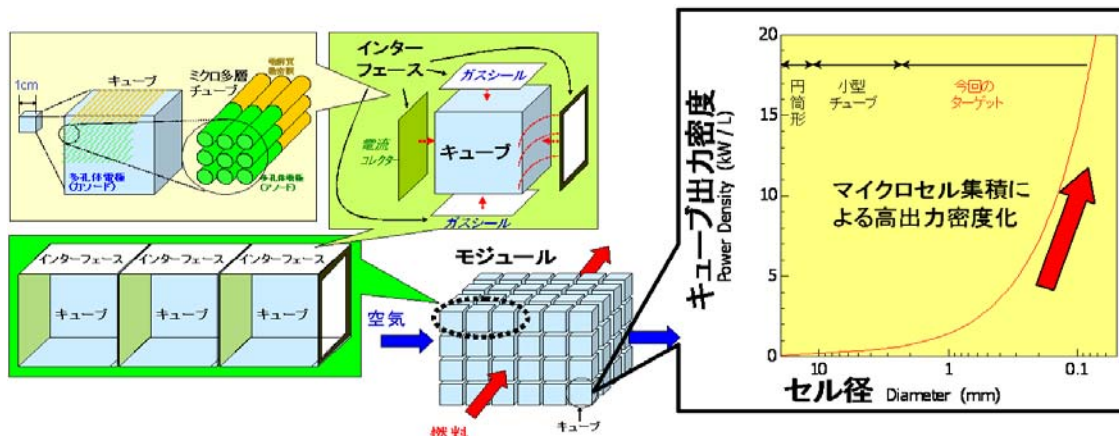


図 I. 2-1 セラミックリアクター開発プロジェクトの目的



- 有効反応体積が飛躍的に増大  
→小型高効率化：出力2kW/L
- 低温作動（500～650℃）を可能とする電極電解質材料の部材化
- 構成ユニットが細分化されている  
→耐熱衝撃性向上、分・秒単位の急速起動が可能
- 必要に応じて自在な組み合わせが可能  
→運転制御が容易

プロトタイプ実証までが  
本プロジェクトのスコープ

図 I. 2-2 セラミックリアクター開発プロジェクトのねらい

### I. 2. 2 事業の位置づけ

SOFC の発電効率は 40%以上であり、PEFC（発電効率 36%程度）などの他の方式の燃料電池に比べ高い反応効率を持つ。電解質が固体であるセラミックスで形成されているため、耐久性に優れるなどの特徴を持つ。加えて、プロトン伝導では水素しか燃料にできないが、酸化物イオン伝導なので多くの燃料に対応できる。その際、動作温度が比較的高いため内部改質が利用できるため装置構成が簡単になるなどの利点がある。さらに、排熱が給湯に利用できるなど用途は広いがその一方で、実用化には、熱衝撃などの機械的信頼性が課題となり、起動時にはできるだけ温度変化を少なくするために時間がかかるのが通常である。

図 I. 2-3 は燃料電池を含む分散型電源における、各発電方式の容量規模と発電効率を比較した図であるが、燃料電池、特に SOFC は高効率であるが、出力数 kW の小型高出力のニーズを満たすものはほとんど研究開発されていなかった。

本プロジェクトで対象とするセラミックリアクターは、低温作動化、急速起動停止性能、小型高効率化を可能とする、革新モジュール製造プロセス開発とプロトタイプ実証発電を目的として、電気化学的に物質やエネルギーを高効率で変換する次世代型セラミックリアクターの実現のため、低温作動を可能とする材料の開発と集積構造化技術等の開発を実施するものである。また、その出口は、出力数 10～100W 程度のポータブル電源の他、出力 1kW 未満の急速起動停止可能な家庭用コージェネ、および小型高出力密度が必須となる発

電出力 5kW 程度の自動車用補助電源(APU)を最初のターゲットとしている。特に家庭用コージェネに関しては、既存の SOFC コージェネに比べ小型化、軽量化が可能となるため、少人数世帯への適用性が高い、既築住宅、リフォーム用途、集合住宅等への設置も可能になることが期待される。その他、その波及効果として、図 I. 2-4 に示すように水素製造や排ガス浄化などへの適用も念頭に置いている。

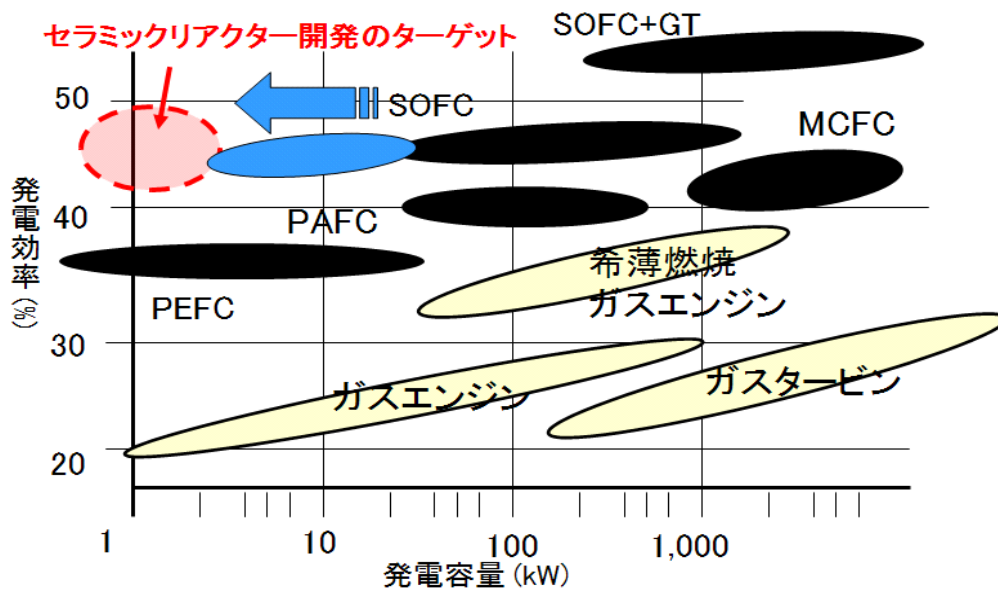


図 I. 2-3 分散型電源における各発電方式の容量規模と発電効率の比較

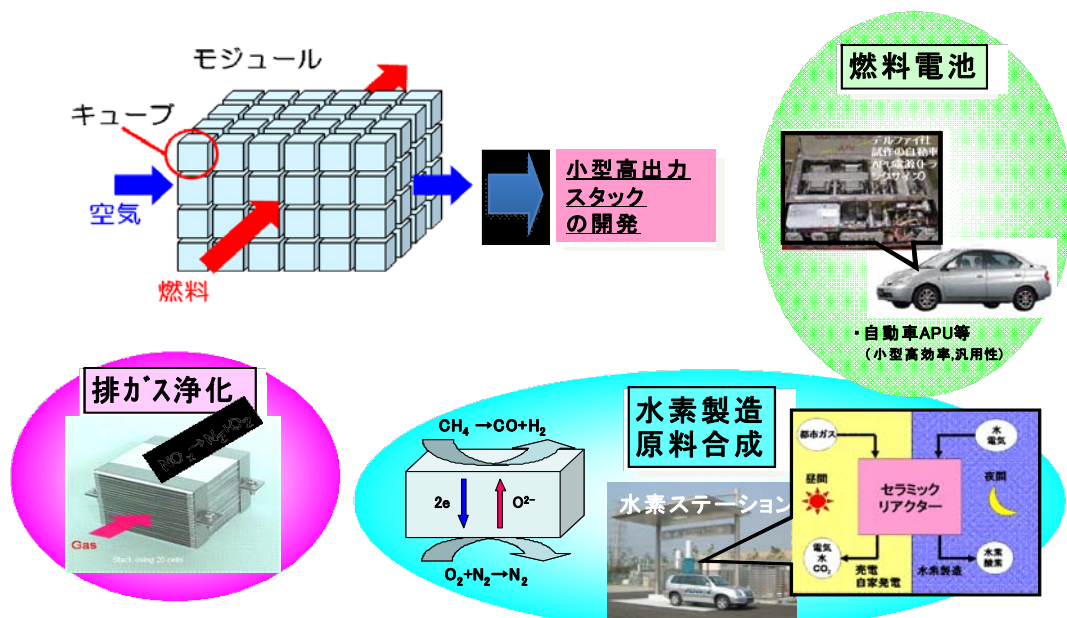


図 I. 2-4 セラミックリアクターの波及効果



我が国では、NEDOを中心に、SOFCの実用化を目指し、コージェネレーションシステム及びコンバインドサイクルシステムの技術開発、性能評価技術、次世代要素技術開発等が実施されている。さらに、発電効率が高く、分散型電源として期待されるSOFCの研究開発・実用化の促進に向け、耐久性を始めとしたデータの取得・課題抽出等のため、1kW級家庭用コージェネレーションシステムを設置、製品化を想定した実証運転研究を開始しているが、その目的や実施内容は、燃料電池発電システムの開発とその実証が中心であり、本プロジェクトの狙いとは異なっている。各プロジェクトの対比を表I. 2-1に示す。

表 I. 2-1 NEDO で実施中の SOFC 関連プロジェクトの比較

	(1)固体酸化物形燃料電池 実証研究	(2)固体酸化物形燃料電池 システム技術開発	(3)固体酸化物形燃料電池 システム要素技術開発	(4)セラミックリアクター開発
開発期間	H19～H22	H16～H19	H20～H24	H17～H21
研究開発の特徴	実証研究	システム開発	基盤研究、要素技術開発	スタック開発
研究開発の内容	製品化を想定した実証運転研究(耐久性を始めとしたデータ取得、課題抽出のための実証)	コージェネシステム開発 コンバインドサイクル開発 性能評価技術 要素技術開発(信頼性向上、高出力化、適用性拡大)	(2)の後継プロジェクト 基礎的・共通的研究開発(耐久性、信頼性向上、低コスト化) 実用性向上の技術開発(起動停止、高圧運転)	<b>低温作動材料開発</b> <b>革新モジュール製造プロセス開発</b> (集積モジュール化) <b>評価解析技術開発</b> <b>プロトタイプ実証</b>
研究開発の目的	SOFC実用化の促進を図るために、SOFCシステムの実負荷環境下における実証データの収集及び評価分析を実施し、今後のSOFC技術開発の開発課題を抽出すること。	小・中規模分散型電源市場等に投入できるSOFCシステムの開発、設計、製作および運転実証による性能確認ならびにシステム性能の評価基準を確立するためのシステム性能評価技術の開発を行うこと。	SOFCシステムを早期に市場導入するために必要な基礎研究と要素技術開発を実施して、その基盤技術を確認すること。	低温作動(500～650℃)、頻繁な起動停止運転性能、高出力密度を可能とするリアクターを開発し、新規適用性を拡大すること。
想定される適用先と発電出力レベル	定置用(戸建て住宅) 1kW級が中心	定置用 (小・中規模分散型電源) 数10kW級～数100kW級	定置用 (小・中規模分散型電源) 数10kW級～数100kW級	定置用 ( <b>既築、リフォーム、集合住宅</b> ) 移動用 ( <b>自動車APU、ポータブル</b> ) 数100W～数kW

## II. 研究開発マネジメントについて

### II. 1 事業の目標

我が国の強みである材料分野において、物質の機能・特性を十分に活かしつつ、材料創製技術と成型加工技術を一体化した技術及び製品化までのリードタイムを短縮化する生産システム技術等により、ユーザーへの迅速なソリューション提案（部品化、製品化）を可能とすることで、新市場及び新たな雇用を創出する高付加価値材料産業（材料・部材産業）を構築するとともに、我が国の国際的産業競争力の強化を図るため、我が国の産業競争力の基盤として、材料産業の高度化（部材化）、高付加価値化を目指し、平成 21 年度までに情報通信機器の小型化、高集積化、省エネルギーを実現するマイクロ部材、機械部品等の高機能・高精度化等を革新的に向上させる新材料部材化技術を確立するとともに、研究生産システムを迅速化する技術を確立することを目標とする「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として本プロジェクトを行う。また同時に、我が国エネルギー供給の安定化・効率化、水素エネルギー社会の実現等に資する「エネルギーイノベーションプログラム」の一環としても本プロジェクトを行う。

電気化学的に物質やエネルギーを変換する高効率の次世代型セラミックリアクターに焦点をあて、その汎用性を高めて低温作動や頻繁な急速作動停止性能等の実現を目指すもので、低温作動可能な材料・部材の開発、マイクロチューブ型セルのキューブスタック中への集積配列等により、1)低温度作動領域、2)温度管理（急速昇温、加熱冷却サイクルへの耐久性付与）、3)高出力密度を可能とするリアクター創製を目指している。

これらの課題に対し次の 3 つの研究開発項目を設定している。すなわち、①高性能材料部材化技術の開発、②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発、③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証の各々を設定している。

#### 研究開発項目①「高性能材料部材化技術の開発」

①高性能材料部材化技術の開発では、電気化学的に物質やエネルギーを高効率で変換することが可能なセラミックリアクターは、固体酸化物形燃料電池（SOFC）の例に見られるように、他のシステムに比べて高効率化が可能である反面、従来の SOFC による 800～1000℃程度の高温連続運転は、現在の多様な社会ニーズにおいて、特に小型分散電源や移動機器用電源（自動車用 APU 等）への対応に多くの課題を抱えていることに鑑み、その解決策として、低温作動化を可能とする技術開発を行う。特に従来の電解質を用いた SOFC では低温作動化には 750℃程度で限界となっており、小型高効率 SOFC としての実用化を図るためには、作動可能な温度領域を 650℃以下にまで低減させることが不可欠である。

それによって、短時間で作動温度に達する事が可能で、小型高効率電源としてのニーズで重要となる繰返起動停止特性が向上し、従来の SOFC では困難であったステンレス、さらに 500℃になると鉄系材料の使用が可能となり、製造コストの大幅低減や、断熱構造への要求仕様緩和によるシステム簡素化や使用範囲の拡大が可能となる。

ここでは、低温作動化を可能とする、高性能の材料・部材開発を進めるために、従来の系に替わる低温作動化が可能な電解質材料の材料特性向上、低温でも高い反応活性を発現することが可能な電極材料の開発及び内部構造制御等、電極・電解質の材料特性及び部

材化における様々な課題を解決し、実用に足るレベルとするための技術開発を実施する。

本研究開発項目における開発目標（中間・最終）は以下の通りである。

（中間達成目標）

電気化学セルの性能評価測定を、電解質を電極マトリックスに配置した構造で、かつ電極の特性が評価可能な面積の電気化学セルを用いて行う際に、650℃にて、0.3W/cm<sup>2</sup>の単位出力密度を達成するための、電極及び電解質の開発を行う。

（最終達成目標）

同様の性能評価において、650℃で0.5W/cm<sup>2</sup>の単位出力密度を達成する。また500℃でも現在の性能（0.15W/cm<sup>2</sup>）を超え、将来のさらなる低温作動化によるSOFCや高機能フィルタの実用性能向上に資することの可能なレベルの特性向上を達成するための、電極及び電解質の開発と部材化を行う。

（目標設定の根拠）

セラミックリアクターはこれまでにない革新的な技術であり、プロジェクト開始時の世界最高性能を大きく凌駕するという観点から、チャレンジングな目標値を設定した。具体的には、プロジェクト開始時における世の中の最高出力性能に対し、2倍程度の値を設定した。

研究開発項目②「マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発」

環境保全及び省エネルギー化に向けた、クリーンかつ高変換効率のセラミックリアクター開発として、小型軽量化と急速加熱冷却への耐久性向上が求められおり、電気化学反応を行うセラミックリアクターの構成部材をマイクロ集積化するための革新的な部材製造プロセスの開発が必須である。それによって、体積反応効率の飛躍的な向上による小型軽量化（現在精力的に開発が進められているPEFCに対しても、3割以上のダウンサイジングや5割以上のコスト削減が期待される）、部材の小型集積化による、セラミックス系材料の欠点である熱機械的特性の改善が可能となる。そこで、極めて高い反応効率が期待される、ミリメートル以下（特に0.1～0.5mm程度）の単位反応セルを集積化した部材及びモジュールの、連続製造プロセス技術を開発する。

また、小型高効率のエネルギー変換を可能とするセラミックリアクターでは、例えば0.5mm径以下の単位セルを集積化することにより、数kW/m<sup>2</sup>以上の極めて小型かつ高出力密度性能が実現可能と考えられるが、その一方で、小型高出力化時に予想される発熱を制御するためのサーマルコントロール、モジュール性能を左右するキューブ接続時のインターフェースにおける電気抵抗を、実用上支障のないレベルまで低減させる集電技術や、ガス供給を低損失で行うための材料・構造設計が重要な技術開発要素となる。従って、マイクロ集積化による構造構築プロセス技術開発と同時に、現在開発が精力的に進められているPEFCを超えるエネルギー変換性能レベル（モジュールでの発電出力密度2kW/m<sup>2</sup>程度）を達成可能な微細構造の集積レベルにより、必要性能を発現するための技術要素を検討し、上記の課題解決を図ることが不可欠である。そこで、サブミリ～ミリサイズセルの集積化とスタック～モジュール化を行い、実用性能発現のための課題解決を図る。

本研究開発項目における開発目標（中間・最終）は以下の通りである。

（中間達成目標）

径 0.5mm の多孔質アノード／膜厚 10 ミクロン以下のセリア等低温作動電解質の緻密膜／10mm 長の多層チューブの組合せで構成される電気化学セルとして同時連続作成し、さらに多孔体マトリックス中に 100 本／キューブで導入、またはマイクロハニカムにより同等の微細構造化を可能なプロセス技術として確立する。

また、微細押出成形法等により、ミリサイズチューブを用いてキューブを作製し、径 1-2mm 以下の単セルを用いたキューブにより、発電出力密度 0.5W/cm<sup>3</sup> を実証する。また、各キューブにおける電極の接続抵抗損失を 5%以下とすることが可能な、インターフェース（セルからの集電構造、マニホールド及びガスシール構造による単キューブの端面修飾等）の構築プロセス技術を開発する。

（最終達成目標）

径 0.5mm 以下のセルをキューブ当たり 100 本以上で一回の連続行程により形成することが可能な製造プロセス技術を開発し、セラミックリアクターとしての汎用性を実現するための最適構造化プロセス技術として確立する。

さらに製造プロセス技術の適用性実証として、マイクロ集積化セラミックリアクターの物質－エネルギー変換機能における高効率化を実現（作動温度 650℃以下での発電出力密度 2W/cm<sup>3</sup> 以上を達成）する。

（目標設定の根拠）

研究開発項目①同様、プロジェクト開始時の世界最高性能を大きく凌駕するという観点から、出力性能に関してはプロジェクト開始時における世の中の最高性能に対して 2 倍程度の値を設定した。またセル集積に関しては、実用的な生産技術も視野に入れ、プロセス技術としての目標を設定した。

### 研究開発項目③「評価解析技術開発及びプロトタイプ実証」

本プロジェクトの開発成果を実用化フェーズにつなげて行くためには、プロトタイプモジュールによる、多様なニーズに対する実用課題の抽出と解決を図ることが必須となる。そこで、セル・スタック・モジュールの性能評価に必要な基盤技術を確立し、マイクロ集積モジュール・小型プロトタイプへのユーザーズペックに基づくデザイン提示・性能評価を進め、プロトタイプモジュールとして実用化検討に足る性能を実証する。

本研究開発項目における開発目標（中間・最終）は以下の通りである。

（中間達成目標）

本技術開発で新たに必要とされる電氣的・熱機械的な評価手法を開発し、マイクロ・マクロ特性解析手法を確立する。同時に、実用ニーズに対するスペックの検討及び実証試験条件を明確にする。

（最終達成目標）

650℃以下での作動時における発電性能実証を行い、低温作動における小型高効率化を実証する。キューブ集積プロトタイプモジュールを作製し、急速作動停止特性を実現するために必要な、室温～作動温度における実機想定によるシミュレーションから設定する、繰返し加熱冷却条件に対する耐久性能を実証する。また、発電モジュール構築プロセス技術の実証として、1-2mm 径以下の単セル使用モジュールによる 2kW/L レベルの出力密度及び発電効率 40%以上の実証を、キューブ複合モジュールにより行うと共に、モジュール

容積 0.1L について達成する。想定される用途に対する、モデル条件における性能実証試験を行い、さらに連続運転時の性能低下が、実用化を検討する上での許容範囲内であることを確認する。

(目標設定の根拠)

従来の SOFC では不可能であった加熱冷却を実証し、セラミックリアクターのコンセプトを検証する観点から目標設定した。また出力密度に関しては、想定する用途において実用で要求される出力密度の 2 倍程度と圧倒的な性能を示すこと、またその場合でも効率の低下が無いことを条件とした。さらに、これらの技術が実用検討に移行可能なレベルにあることを前提とすることから設定した。

## II. 2 事業の計画内容

### II. 2. 1 研究開発の内容

本事業では、上述のとおり、①高性能材料部材化技術の開発、②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発、③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証、という川上から川下にわたって 3 つの研究開発項目を設定している (図 II. 2-1)。

研究開発の期間は、平成 17 年度から平成 21 年度までの 5 年間であり、図 II. 2-2 に示すスケジュールで実施した。具体的には以下に示す通りであり、予算は 17-21 年度で総額 22 億円である (図 II. 2-3)。

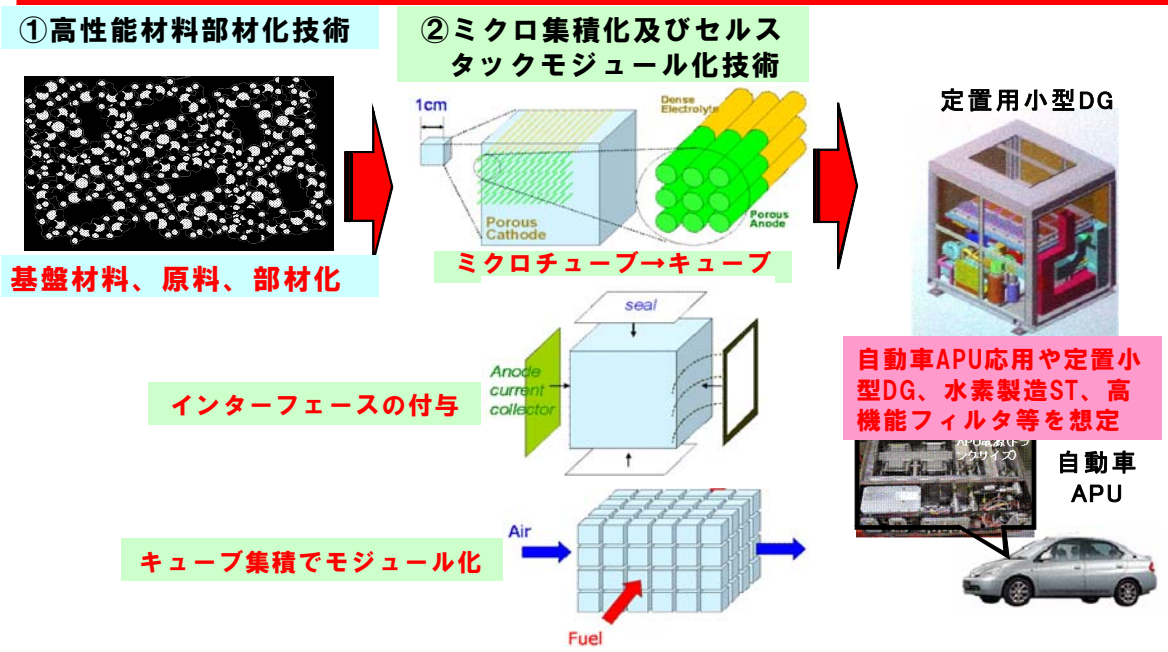
①高性能材料部材化技術の開発においては、低温作動を可能とする電解質材料の適用性検討及び薄膜化技術の高度化、低温で反応活性の高い空気極・燃料極材料の開発及びナノミクロスケールを中心とした内部構造制御、電極-電解質及びインターコネクタとの界面構造ならびに組成制御による部材性能向上の検討等の材料・部材化技術開発を進めている。

②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発においては、マイクロチューブキューブ化-インターフェース構築 (セルからの集電機能、マニホールドやシール等) -モジュール化の一連の製造プロセス技術を開発し、プロトタイプ作製に至る連続製造プロセス技術として確立することを目指している。

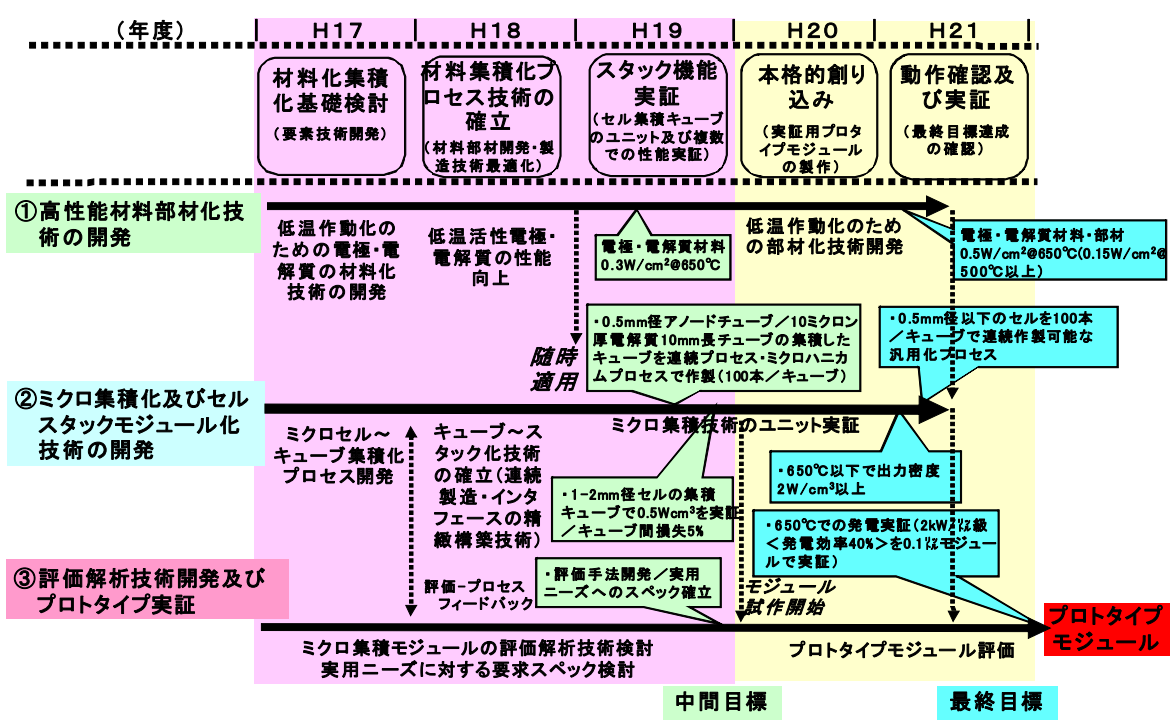
③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証においては、発電性能等の飛躍的な向上を実現するために、マイクロセル部材やキューブ及びモジュールに対し、構成各部材や界面における電氣的・機械的な解析評価技術を確立する等により、プロセス技術の改良へとフィードバックし、実用モジュールの性能評価へ向けて、想定用途におけるシステム設計条件から明確となる、要求性能に対する適合性の検討を行っている。

それぞれの項目は、効率よく研究開発を行うため小項目を設け、担当ごとに各課題への対応を行っている。表 II. 2-1 に研究開発項目と実施内容を示す。なお、表には後述する研究スキームに関して、委託・再委託先の対応も記載している。

- 低温作動可能な材料・部材
- マイクロチューブ型セルのマイクロキューブ中への集積配列  
→最重要素技術から研究開発項目を設定：基本材料、プロセス、評価・解析



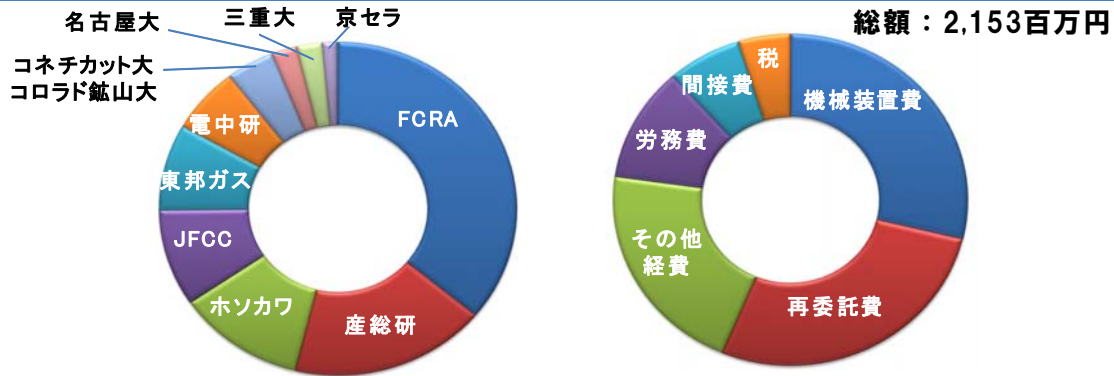
図Ⅱ． 2-1 本プロジェクトで設定した研究開発項目



図Ⅱ． 2-2 本プロジェクトの開発スケジュール

単位：百万円

研究開発項目	H17	H18	H19	H20	H21
①高性能材料部材化技術	52	112	66	58	36
②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術	98	418	358	292	244
③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証	61	131	97	74	49
合計 ( )内は加速財源	212 (32)	662 (103)	523 (96)	426 (18)	330 (0)



図Ⅱ． 2－3 本プロジェクトの研究開発予算

表Ⅱ． 2－1 研究開発項目と実施内容

研究開発項目	実施内容	委託・再委託先
① 高性能材料部材化技術の開発		
①－1 革新的低温作動用電極材料の開発	低温作動可能な電極材料の開発	三重大学（再委託）
①－2 低温作動高活性電極部材の開発	電極材料の複合化等構造制御を適用した電極構造制御による低温作動高活性電極部材の開発	株式会社ホソカワ粉体技術研究所（委託）
①－3 低温高性能電極・電解質部材のセル化技術の開発	低温活性な電極・電解質材料の開発と部材化技術	京セラ株式会社（H17-19委託、H20-21再委託）
② ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発		
②－1 ミクロ集積化におけるヘテロ構造制御等の基盤技術開発	二次元構造からのミクロ集積構造体の作製と積層界面制御技術の開発	名古屋大学（再委託）
②－2 ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化製造プロセス技術開発	1) ミクロチューブをユニットとした3次元集積化構造を連続的に作成する製造プロセス技術の確立と、リアクターの浄化への適用性を検証	産業技術総合研究所（再委託）

(1) ミクロ集積化における連続構造化とマイクロハニカム構造化プロセス技術の開発	2) ミクロハニカム構造化による3次元集積製造プロセスの確立	ファインセラミックス技術研究組合（委託）
	1) セルキューブモジュールを連続的に作成するための要素プロセス技術の検討	産業技術総合研究所（再委託）
	2) 押出成形を用い、ミリ径～サブミリ径のチューブを集積したキューブ及びモジュールを製造するプロセス技術の確立	ファインセラミックス技術研究組合（委託）
	(2) 押出集積プロセスによるセルキューブ化技術とモジュール化連続プロセス技術の開発	
②-3 キューブ間集電及びガスシール等インターフェース構築技術の開発	集電電極・ガスシール構造の材料適合化と精緻構造制御	財団法人ファインセラミックスセンター（委託）
②-4 セル・キューブ・スタック作製技術の評価及び改良課題の抽出	セルスタックの適用性評価と最適製造プロセスへのフィードバック	東邦ガス株式会社（H17-19 委託）
③ 評価解析技術開発及びプロトタイプ実証		
③-1 プロトタイプ実証用モジュール作製と基本性能実証	モジュール製造に必要な開発要素技術を統合化、プロトタイプ実証用モジュールの作製及び性能基礎評価	産業技術総合研究所（再委託） ファインセラミックス技術研究組合（委託）
③-2 セル・スタックの電気的・機械的評価	セルスタックモジュール作製評価実績を基に、セル・スタックの電気的・機械的評価技術を確立、部材及びモジュールの最適プロセス技術へフィードバック	コネチカット大学（H17-19 再委託）、 コロラド鉱山大学（H20-21 再委託）
③-3 モジュールの実用性評価及び定置用分散電源用途への適用性検討	コジェネシステム応用を想定したプロトタイプモジュールの適用性評価	東邦ガス株式会社（委託）
③-4 水素合成及びモジュール適用性評価	水素合成や圧力条件へのモジュール適用性評価	財団法人電力中央研究所（H17-19 委託、H20-21 再委託）
③-5 自動車応用の検討及びプロトタイプ実証	自動車用途におけるニーズ調査および仕様設定。プロトタイプ作製・評価および成立性の検証	株式会社デンソー（委託）
③-6 総合調査研究	プロジェクトに関する調査研究、及び研究管理	ファインセラミックス技術研究組合（委託）

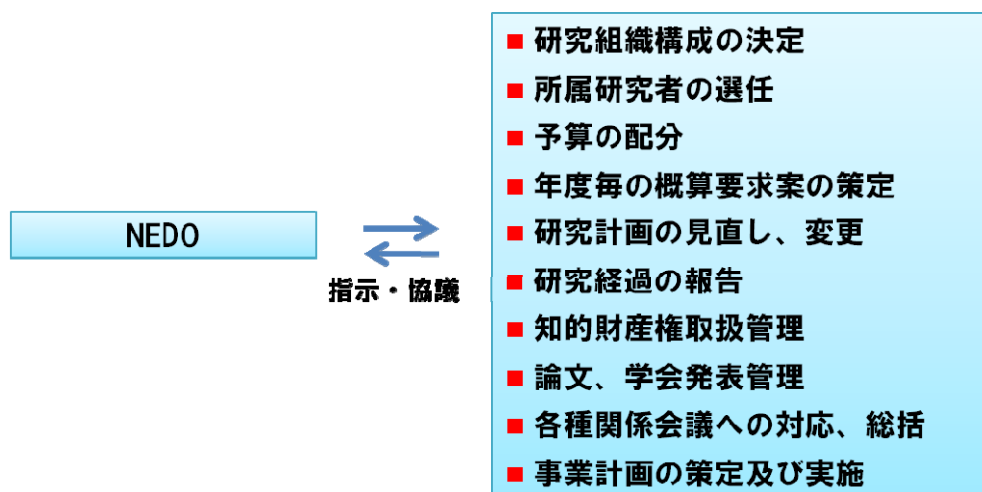


## II. 2. 2 研究開発の実施体制

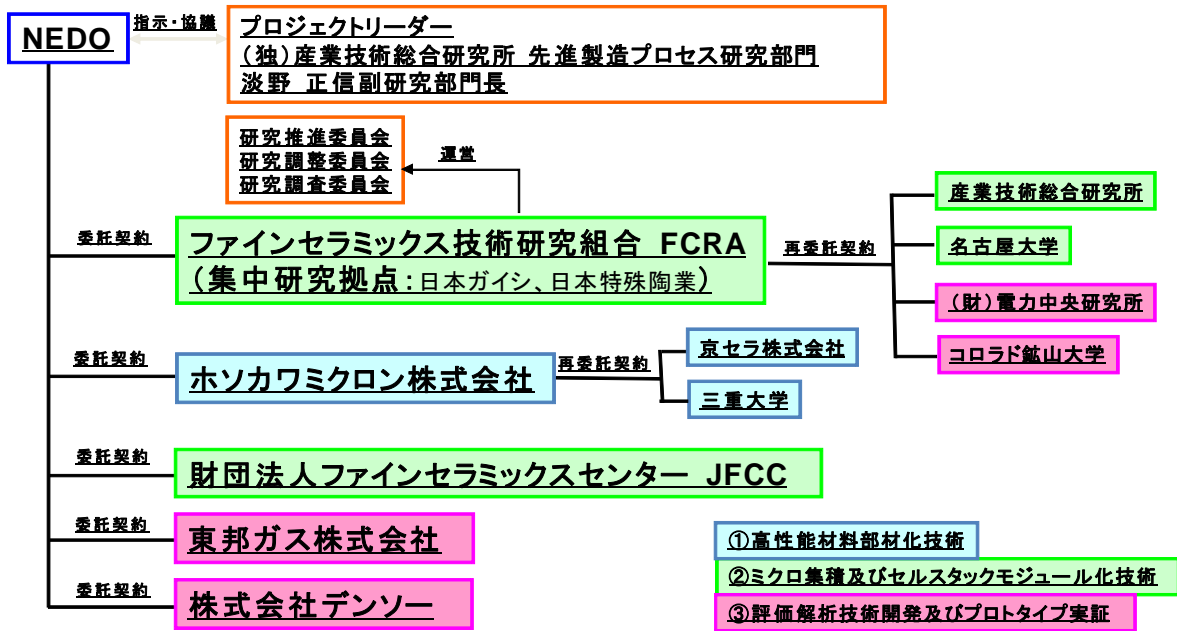
本プロジェクトでの開発スキームを図4に示す。本プロジェクトでは、独立行政法人産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門の淡野正信副研究部門長をプロジェクトリーダー（以下 PL）として（図II. 2-4）、セラミック材料開発・製造側とエネルギー・自動車等の応用展開側による連携を軸に、大学や研究機関による基盤技術開発とメーカー・ユーザー企業による実証検討とを組み合わせた「垂直連携方式」を採用し進めた。

研究体制スキームを図II. 2-5および図II. 2-6に示す。NEDOはファインセラミックス技術研究組合（FCRA）、ホソカワミクロン株式会社、財団法人ファインセラミックスセンター（JFCC）、東邦ガス株式会社、株式会社デンソーとそれぞれ委託契約を締結し、PLと指示・協議のもとプロジェクトを推進する体制を取った。また、ファインセラミックス技術研究組合及びホソカワミクロン株式会社は、それぞれ独立行政法人産業技術総合研究所、名古屋大学、財団法人 電力中央研究所、コロラド鉱山大学、及び京セラ株式会社、三重大学と再委託契約を締結し事業を加速推進した。独立行政法人産業技術総合研究所中部センター内にファインセラミックス技術研究組合の集中研究拠点（集中研）を設置し、日本ガイシ及び日本特殊陶業からの出向研究員が研究に従事した。日本ガイシは、革新的低コスト化技術であるハニカム製造技術をベースに、集中研にてその特性向上を図る一方で、日本特殊陶業は早期の性能実証が可能なチューブセルをベースに、同じく集中研でチューブセル、キューブ化、キューブ積層の各プロセスの確立とその量産技術の確立を目指し、開発を推進した。また、「垂直連携」による研究開発を円滑に実施するために3つの委員会を設置し、推進した。

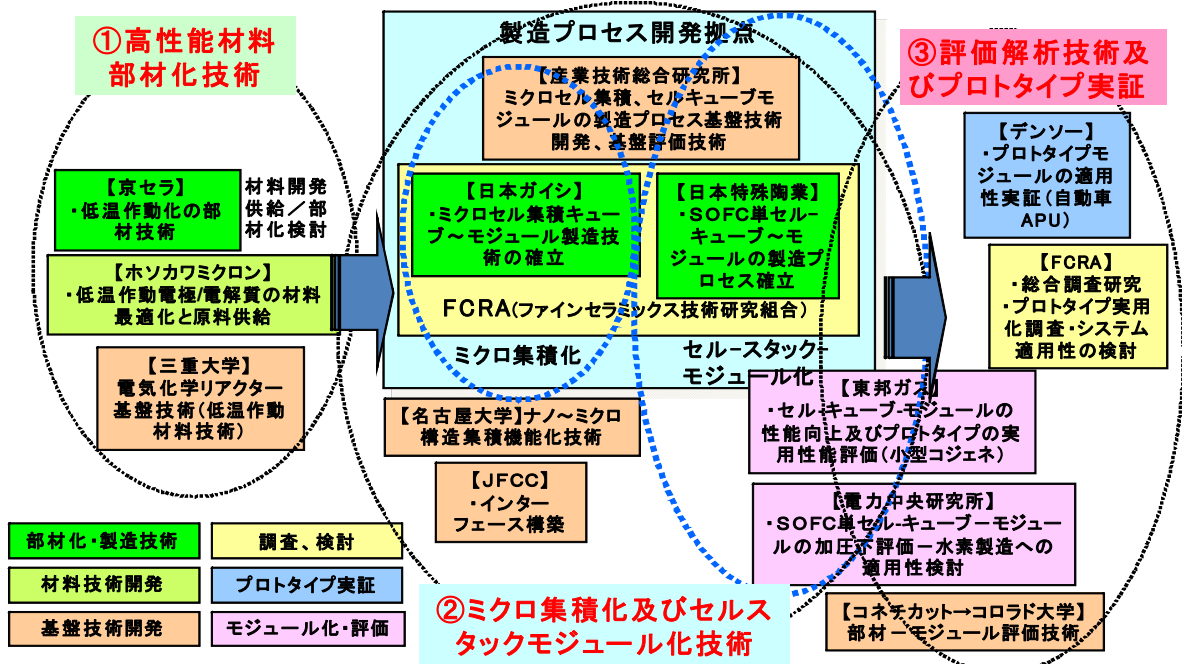
### 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門 淡野正信副研究部門長をPLに任命



図II. 2-4 プロジェクトリーダーの役割



図Ⅱ. 2-5 研究開発体制



図Ⅱ. 2-6 研究開発体制 (各研究開発項目毎の役割分担)

## II. 2. 3 研究開発の運営管理

本プロジェクトでは、独立行政法人産業技術総合研究所中部センター内にファインセラミックス技術研究組合の集中研究拠点を設置するとともに、各研究機関で研究開発を実施する。また、「垂直連携」のスムーズな実施のため、実施者間で研究進捗状況、問題点等を検討する「研究調整委員会」を設置し、そこで取り上げられた問題点、およびその対策をPL他と協議のうえ、的確かつ迅速に当該テーマ担当部署にフィードバックして、プロジェクト全体の研究開発を効率的に推進した。また、外部委員を入れて研究成果の発表とその後の推進を図る「研究推進委員会」、および実施者および外部委員を入れて研究調査を実施する「研究調査委員会」を設けた。なお、「研究調査委員会」では、国内外の関連情報収集、技術動向調査、適用性調査等の調査研究を実施するとともに、セラミックリアクターの実用化に向けての技術開発課題の抽出、ニーズに対する実用化と市場化の想定シナリオの明確化を図った。表II. 2-2にプロジェクト期間5カ年の委員会開催実績をまとめた。

表II. 2-2 プロジェクト期間5カ年の委員会開催実績

年度	委員会名	実施月、回数
平成17年度	研究推進委員会	8月、3月：2回
	研究調整委員会	12月、3月：2回
平成18年度	研究調整委員会	5月、11月、1月：3回
	研究調査委員会	9月、3月：2回
	研究推進委員会	3月：1回
平成19年度	研究調整委員会	4月、5月、10月、1月：4回
	研究調査委員会	11月、3月：2回
	研究推進委員会	3月：1回
平成20年度	研究調整委員会	4月、9月、1月：3回
	システム検討ワーキンググループ	5月～1月：6回
	研究推進委員会	3月：1回
	研究調査委員会	3月：1回
平成21年度	研究調整委員会	4月、10月、1月：3回
	システム検討ワーキンググループ	4月～2月：9回
	研究推進委員会	3月：1回
	研究調査委員会	3月：1回

ファインセラミックス技術研究組合は、本プロジェクトに関する特許、論文、学会発表等の管理を行った。具体的には、セラミックリアクター開発シンポジウム（公開）を毎年開催し、国内外の招待者による関連分野の講演と共にプロジェクト実施者の研究成果発表を行った（表II. 2-3）。また学会での当該分野における研究討論を通じた技術開発ポテンシャルの向上のため、日本セラミックス協会第20回秋季シンポジウム（平成19年9月12～14日・名古屋工業大学）に於いて、特別セッション「革新的なセラミックアセンブリ技術とエネルギー・環境セラミックスの新展開」を開催した。続いて、第21回秋季シンポ

ジウム（平成20年9月17～19日・北九州）に於いて、特別セッション「エネルギー・環境応用に求められる革新的セラミックアセンブリ技術」を、第22回秋季シンポジウム（平成21年9月16～18日・愛媛大学）に於いて、特別セッション「セラミックスの高次機能化と3Dアセンブリ技術開発による、環境—エネルギー分野への新展開」をそれぞれ開催した。その他、「国際セラミックス総合展」、「FC EXPO」等においても研究成果を公開し、その成果普及を図った。なお、同研究組合は単なる管理法人ではなく、研究開発課題の一つとして総合調査を担当した。

表Ⅱ. 2-3 セラミックリアクター開発シンポジウムの開催実績

名 称	開催日時	場 所	参加者数	招待講演者
第1回	平成18年2月24日	メルパルク東京	65名	名古屋工業大学副学長 高橋 実 教授 カールスルーエ工科大学（独）Ellen Tiffée教授
第2回	平成19年3月14日	浜松町 東京會館	97名	東京工業大学 山崎 陽太郎 教授 McMaster大学（カナダ）Anthony Petric教授
第3回	平成20年3月4日	浜松町 東京會館	81名	京都大学 江口 浩一 教授 PNNL (USA) Dr.Prabhakar Singh
第4回	平成21年3月11日	浜松町 東京會館	67名	山梨大学 内田 裕之 教授 Northwestern大学 (USA) Scott Barnett教授
第5回	平成22年3月8日	浜松町 東京會館	68名	九州大学 佐々木 一成 教授 Sandia National Laboratories (USA) Dr.Whitney Colella

## Ⅱ. 2. 4 研究開発成果の実用性、事業化に向けたマネジメントの妥当性

実用化、事業化につなげる戦略としては、以下の考え方を下にマネジメントを実施した。

### ○総合技術開発として推進

出口アプリケーションを明確に想定し、実証まで俯瞰した総合技術開発として推進した。具体的には、川上川下企業間（材料メーカ～セットアップメーカ等）において実用化課題の共有をはかった。また、プロジェクト内に独自の総合調査の機能を設け、潜在的応用分野を機動的かつタイムリーに探索を実施した。さらに、SOFC としてのシステム化に関しては専門ワーキンググループを設置、システム設計とシミュレーションにより仕様検討を実施した。

### ○プロジェクト内連携による効率的な実用化検討

川上～川下までの企業から構成される体制を活かし、川上企業の開発成果はプロジェクトメンバー内で優先的に展開をはかり、効率的な実用化探索を実施した。

### ○実施者と連携した戦略、シナリオ検討

事業終了後の実用化に向けては、プロジェクト期間中より実施者と連携して戦略、シナリオの検討を行った。プロジェクト内連携により実用化が見込めるものについては、継続して NEDO 事業の活用も提案しつつ検討した。結果、日本特殊陶業—東邦ガスについては、コージェネ開発に関して NEDO の継続研究として実施している。

### ○技術波及への取り組み

対外発表、展示会等には積極的に取り組み、技術先進性の PR 推進し、技術波及展開に取り組んだ。前節に示したとおり、ファインセラミックス技術研究組合の機能を最大活用

して、独自シンポジウム「セラミックリアクター開発シンポジウム（年1回）」等を開催した。

また、実用化、事業化につなげる知財マネジメントとしては、従来にない革新的技術を対象とする本プロジェクトの特徴に鑑みて、独自技術であるマイクロチューブ、集積化構造、さらに作り込み技術等、競争力の基盤となる技術を中心に権利出願を推進した。

## II. 3 情勢変化への対応

進捗状況や推進委員会等の結果、指摘をふまえ、適時研究開発を加速させ推進している。具体的には以下の対応を実施した。

### 【加速財源】

・平成 17 年度：複合粒子処理装置を導入し、高活性電極／電解質作製に必要な、電極／電解質複合粒子に対して最適構造化を図った。また、マイクロハニカム多孔質電極キューブにおける多孔構造制御技術の基礎検討に着手すべく、セル内表面成膜装置を導入した。押出集積プロセスによるセルキューブ化に関しては、縦型押出成形機を導入し、空気極へのチューブ配列プロセス検討を行う上で必要となる、材料検討及び物性検討を促進した。

・平成 18 年度：量産型粒子処理装置を導入することにより、モジュール化技術開発への低温高活性電極・電解質材料など早期供給体制を確立することができた。また、プロジェクトの中で明確になった加工上の課題に対応するために、マイクロハニカム構造化による 3次元集積製造プロセスの確立促進のためのマイクロ～マクロ集積加工装置の導入を行うとともに、ガス流れの均一化と高出力化の課題を抽出するためにキューブ間集電及びガスシール等インターフェース構築技術の開発促進のための差圧式ガス透過率評価装置の導入を行った。

・平成 19 年度：低温作動用電極構造制御技術の加速に向け、実運転条件を想定した長時間の暴露及び導電性連続測定が可能な部材長時間安定性評価装置を導入した。また、熱流体特性を考慮したモデルモジュールにおいて電氣的・機械的な構造影響因子を明確化するための熱流体機能評価装置、及びキューブを連結しモデルモジュール構造での作動検証を可能とするための接合構造安定性評価装置を導入し開発を加速した。インターフェース技術の課題に対応すべく、微細加工による導電パスキューブ間の位置精度向上のための微細放電加工装置、及び温度やガス雰囲気を変えてシール材の融着挙動把握のための粘弾性評価装置を導入した。

・平成 20 年度：インターフェース界面における導電性及び絶縁性とガスシール性を高精度に評価するための雰囲気制御型インターフェース界面評価装置を導入した。液体燃料系発電システムにおける炭化水素系燃料の電極及び部材への影響を確認べく、炭化水素系燃料セルスタック評価装置を導入し、制御条件を最適化した。マイクロチューブ等の同時構造化を図るため、リアクター評価加熱・過失装置共焼結による部材の評価技術の開発を促進した。

### 【連携施策群】

内閣府主催「連携施策群会議」に 17 年度は「ナノテク・材料」、18 年度は「水素利用／燃料電池」として参加し、他の燃料電池関連事業との連携検討及び開発内容の重複排除のチェックを受けた。また事業内容のプレゼンを行い、PJ の価値を説明し、応用分野の明

確化と仕様の検討を行うよう指摘を受けたため、自動車応用の検討及びプロトタイプ実証を前倒しで実施した。

#### 【調査研究】

プロジェクト開始時には、軍事用のニーズしかなかったため、プロジェクトの目標としては組み入れなかったポータブル電源について、民間ニーズが急速に高まっていることを受けて、総合調査により米国調査を実施するとともに、ポータブル電源への応用を念頭に評価項目の修正を行った。

## Ⅱ. 4 中間評価結果への対応

プロジェクトの目標、計画、体制はほぼ適切であるとの評価であったが、研究開発マネージメントおよび研究開発の進め方、実用化への取り組みに関して、一部改善を要する旨の指摘を受け、下記の通り対応をはかった。

### 1) 実施体制について

○指摘点：材料、部材化技術、実証までの各実施者間のさらなる連携が、十分に行えるような体制とすることが望ましい。

○対応：実施体制を再編した。これにより、材料開発—モジュール構築—実証の各々の責任分担明確化と連携強化をはかった。併せて、一部機関（京セラ（株）、（財）電力中央研究所）を再委託に変更した。

### 2) 評価技術の開発について

○指摘点：特性評価解析の条件を統一化すること。

○対応：実施者が個別に設定していたセル・スタック・モジュールの評価解析条件を、モデルモジュールを基準として統一した。

### 3) スタック化、モジュール化について

○指摘点：モジュール化及びスタック化する場合の集電・シール技術開発と、量産を睨んだプロセス開発は、本プロジェクトの重要課題であるので、さらに加速させて検証すべきである。

○対応：集電・シール技術と量産化を睨んだプロセス開発の性能実証を平成 20 年度中に実施し（加速予算投入）、平成 21 年度実施の各適用対象へのプロトタイプ実証へ反映させる。

### 4) 実用化への取り組みに対して

○指摘点：熱自立・起動停止および改質法などにも配慮した発電装置としての最終仕様を、早期に設定すべきである。また、システムとしての解析が不十分である。

○対応：小型コジェネ・自動車 APU・ポータブル電源等の各ニーズ、スペックを明確化し、開発技術を適用した場合の有効性を評価した。また、システム検討ワーキンググループを設置し、システム設計とシミュレーションにより、小型コジェネシステム・自動車 APU システム・水素製造における優位性を明確化した。

## 5) 競合技術との比較に関して

○指摘点：1 kW クラスの SOFC が実証試験の段階に入っている状況下、本研究開発との関係を明確にしておく必要がある。

○対応：SOFC の最新の開発動向について調査を行い、従来技術比較して、低温動作・小型高効率性・機動停止特性の優位性及び実用化スケジュールの差異等を明確にした。

## II. 5 評価に関する事項

我が国の今後のファインセラミックス分野の技術開発の方向性について検討するために、NEDO が選定した外部有識者 5 名（セラミックス会社、ガス会社、電力関係研究機関、国研の研究者から選出）により構成される事前評価委員会を平成 16 年 12 月 16 日開催した。事前評価委員会では、事前に NEDO が作成した技術課題やそれを踏まえた研究計画案について議論の上、とりまとめた。

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、成果の技術的意義なら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 19 年度、事後評価を平成 22 年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて事業の加速・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。

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### 1. 事業全体の成果

##### 1. 1 プロジェクトの概要

セラミックリアクター開発プロジェクトは、我が国が優位性を確保している材料技術と部材集積加工技術を融合した新たな製造プロセス技術を確立し、高付加価値材料産業の構築と国際的産業競争力の強化、及び水素エネルギー社会の実現に資するために実施されたものである。

電気化学的に物質やエネルギーを変換する、高効率の次世代型セラミックリアクターとして、その汎用性を高めて低温作動や頻繁な急速作動停止性能を実現するために、低温作動可能な材料・部材の開発及びマイクロチューブ型セルの集積配列等を可能とする革新的な製造プロセス技術を開発し、プロトタイプモジュールとして、1) 低温作動、2) 温度管理（急速昇温-加熱冷却サイクルへの耐久性付与）、3) 小型高出力化を可能とするリアクターの創製を目指した。

##### 1. 2 研究開発の目標

平成 21 年度末までに、従来に比べて飛躍的な低温作動（650℃以下）を可能とする電解質・電極材料の開発や界面構造の制御等による部材化、マイクロ（ミリメートル以下）の単位構造をセル～キューブ～モジュールへ配列・集積化するための製造プロセス技術の開発を行い、これらを総合したプロトタイプモジュールを構築し、主としてマイクロSOFCによる発電性能の飛躍的な向上を目指すと共に、水素製造・環境浄化等の具体的なニーズを想定した適用性実証を図ることを目標とした。

##### 1. 3 研究開発内容

材料開発－部材集積化プロセス開発－評価実証という研究展開に従って、①高性能材料部材化技術の開発、②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発、③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証の各研究開発項目の連携により、以下の通り実施した。



## セラミックリアクターの開発内容

### ①高性能材料部材化技術 ②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術 ③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証

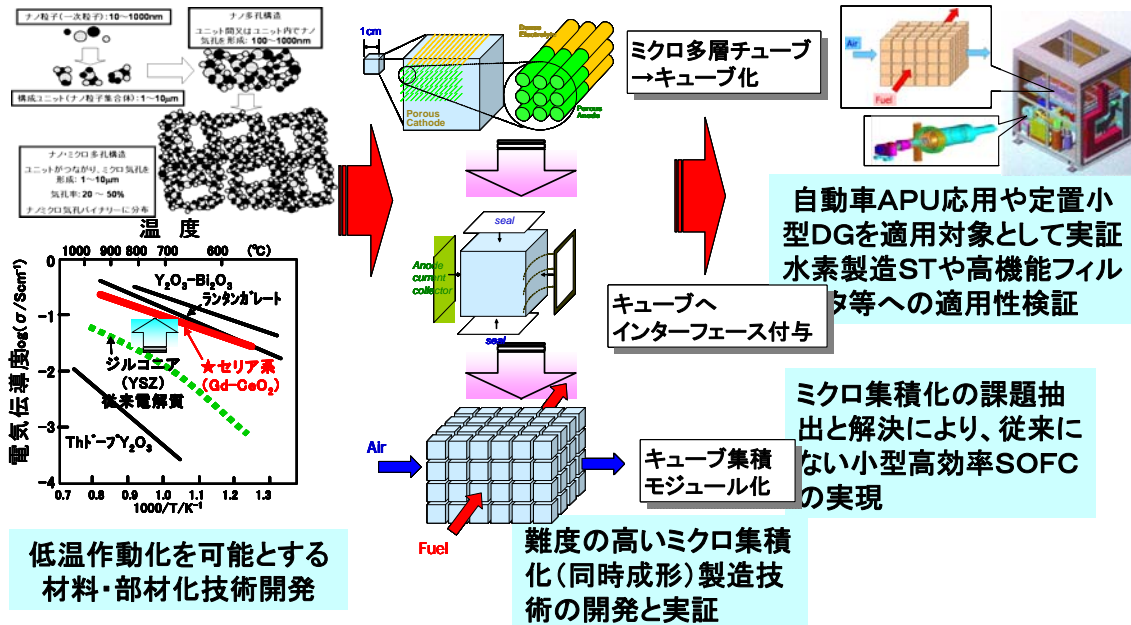


図 Ⅲ. 1-1 プロジェクトの技術開発内容

#### 1. 4 各研究開発項目の課題内容

##### ①高性能材料部材化技術の開発

これまでに検討が進められている高温作動で連続運転に適した SOFC に対し、多様な社会ニーズに対応可能な、小型高效率・急速起動停止性能・低製造コストであるマイクロ SOFC の実用化に向けて、セラミックリアクターの作動温度域を 650℃以下にまで低減し、さらには 500℃作動をも可能とするような、低温作動電解質・低温活性電極等の材料開発及び部材化技術開発を行う。

[中間目標] 電気化学セルの性能評価測定を、厚さ 30 μm 以下の電解質を電極マトリックスに配置した構造で、かつ電極面積 1cm<sup>2</sup>以上の電気化学セルを用いて行う際に、650℃にて、0.3W/cm<sup>2</sup>の単位出力密度を達成するための、電極及び電解質の開発を行う。

[最終目標] 同様の性能評価において、650℃で 0.5W/cm<sup>2</sup>の単位出力密度を達成する。また 500℃でも現在の性能 (0.15W/cm<sup>2</sup>) を超え、将来のさらなる低温作動化による SOFC や高性能フィルタの実用性能向上に資することの可能なレベルの特性向上を達成するための、電極及び電解質の開発と部材化を行う。

##### ②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発

上記の特長を持ったセラミックリアクター実現に向けては、その構成部材をマイクロ集積化する、革新的な部材製造プロセスの開発が不可欠であるため、ミリメートル以

下のユニットセルをキューブとして集積化し、さらにモジュール化することによって、数 kW/ℓ以上にも達するような体積反応効率の飛躍的な向上による小型軽量化が可能となり、あるいは部材の微細化とその集積化により、セラミックス系材料の欠点である熱機械的特性の改善が期待される。

[中間目標] 径0.5mmの多孔質アノード／膜厚10ミクロン以下のセリア等低温作動電解質の緻密膜／10mm長の多層チューブの組合せで構成される電気化学セルとして同時連続作成し、さらに多孔体マトリックス中に100本／キューブで導入、またはマイクロハニカムにより同等の微細構造化を可能なプロセス技術として確立する。また、微細押出成形法等により、サブミリ～ミリサイズチューブを用いてキューブを作製し、径1-2mm以下の単セルを用いたキューブにより、発電出力密度0.5W/cm<sup>3</sup>を実証する。また、各キューブにおける電極の接続抵抗損失を5%以下とすることが可能な、インターフェース（セルからの集電構造、マニホールド及びガスシール構造による単キューブの端面修飾等）の構築プロセス技術を開発する。

[最終目標] 径0.5mm以下のセルをキューブ当たり100本以上で一回の連続行程により形成することが可能な製造プロセス技術を開発し、セラミックリアクターとしての汎用性を実現するための最適構造化プロセス技術として確立する。さらに製造プロセス技術の適用性実証として、マイクロ集積化セラミックリアクターの物質－エネルギー変換機能における高効率化を実現（作動温度650℃以下での発電出力密度2W/cm<sup>3</sup>以上を達成）する。

### ③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証

セラミックリアクターの多様なニーズへの適用可能性を実現するためには、実用課題の抽出とその解決を図ることが必要である。そのため、プロトタイプモジュールの創製とユーザースペックに基づく性能評価による実用化検討を進め、モジュール部材の電気・機械的な解析評価技術確立し、想定用途に対するシステム設計条件を基に性能評価を行う。

[中間目標] 本技術開発で新たに必要とされる電氣的・熱機械的な評価手法を開発し、マイクロ・マクロ特性解析手法を確立する。同時に、実用ニーズに対するスペックの検討及び実証試験条件を明確にする。

[最終目標] 650℃以下での作動時における発電性能実証を行い、低温作動における小型高効率化を実証する。キューブ集積プロトタイプモジュールを作製し、急速作動停止特性を実現するために必要な、室温～作動温度における実機想定によるシミュレーションから設定する、繰返し加熱冷却条件に対する耐久性能を実証する。また、発電モジュール構築プロセス技術の実証として、1-2mm径以下の単セル使用モジュールによる2kW/ℓレベルの出力密度及び発電効率40%以上の実証を、キューブ複合モジュールにより行うと共に、モジュール容積0.1ℓについて達成する。想定される用途に対する、モデル条件における性能実証試験を行い、さらに連続運転時の性能低下が、実用化を検討する上での許容範囲内であることを確認する。

## 1. 5 各研究開発項目の成果要約

### ①高性能材料部材化技術の開発

委託先：ホソカワミクロン株式会社（再委託先：国立大学法人三重大学）・京セラ株式会社

飛躍的な低温作動化を可能とするための材料技術開発として、実用構造で出力密度  $0.5\text{W}/\text{cm}^2$  ( $650^\circ\text{C}$ ) の実現へ向け、低温で活性の高い電極の開発や、イオン伝導のしやすい電解質の実用化を図るために、革新的な材料の探索及びナノ・マイクロスケールを中心とした内部構造制御や薄膜化技術の高度化、電極－電解質やインターコネクタの界面制御等による部材性能の向上を図った。

その結果、電極部材でのエネルギー損失を従来の1/10に低減する（ $500^\circ\text{C}$ での性能が従来の $650^\circ\text{C}$ での性能とほぼ同等）等、造り込み技術に用いるための材料・部材開発の成果が挙げられた。また、Ag系材料の適用が低温域での電極性能向上に効果があることを見出し、材料複合化により、様々な優れた特性の両立にも成功した。

最終目標で設定した、 $650^\circ\text{C}$ で  $0.5\text{W}/\text{cm}^2$  の単位出力密度を達成し、 $500^\circ\text{C}$ でも現在の性能（ $0.15\text{W}/\text{cm}^2$ ）を超えており、電極及び電解質の開発と部材化により、将来のさらなる低温作動化によるSOFCや高機能フィルタの実用性能向上に資することの可能なレベルの特性向上を達成した。

以上の通り、最終目標を達成している。

### ②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発

委託先：ファインセラミックス技術研究組合（再委託先：独立行政法人産業技術総合研究所・国立大学法人名古屋大学）・財団法人ファインセラミックスセンター

各種の小型可搬型あるいは定置分散型の電源ニーズへの対応に必要な、出力  $2\text{kW}/\text{cm}^2$  以上の小型高効率化や、セラミックスが従来劣っている熱衝撃条件にも耐える急速起動停止性能（分～秒単位）の実現のため、ミリメートル以下のセル構造を単位として、規則正しく並べて集積することにより、高性能のキューブやモジュールを創る革新的製造プロセス技術の開発や、モジュールの加熱や放熱制御、各キューブへの燃料供給や集電を司るインターフェースの構築技術の確立を図った。

その結果、世界最高の低温高出力密度（ $1\text{W}/\text{cm}^2@570^\circ\text{C}$ ）の発電が可能なサブミリキューブ型SOFCの開発に成功し、マイクロSOFCセルスタックとして作動させるための微細部材の集積化を達成した。また、従来材料のジルコニアでも、世界最高となる低温作動マイクロキューブSOFCや、自立構造でガス透過可能なマイクロSOFCを実現している。角砂糖1個の大きさの中に250以上のセルが集積したキューブの連続作製プロセスを確立、サブミリサイズのセルが規則配列したハニカム構造のマイクロSOFCとして世界で初めて実証し、室温から5分以内の急速起動や起動停止の繰り返しにも強いことを確認した。また、ハニカムを次々とつなげて出力を増大する技術も実証している。そして、 $550^\circ\text{C}$ でも  $1\text{cm}^3$  当たり  $2\sim 3\text{W}$  の小型高出力化が可能な、セル集積によるキューブの作製と出力実証に成功し、プロトタイプモジュールを実現しました。一方、

キューブ接続に必要なインターフェース用の導電性／絶縁性及びガスシール特性に優れた材料開発に成功した。

最終目標の、径 0.5mm 以下のセルをキューブ当り 100 本以上で一回の連続行程により形成することが可能な製造プロセス技術をハニカムプロセスで実現し、セラミックリアクターとしての汎用性を実現するための最適構造化プロセス技術として、従来に比べて桁違いの燃料電池セルの高集積化を達成した。さらに製造プロセス技術の適用性実証として、マイクロ集積化セラミックリアクターの物質－エネルギー変換機能における高効率化の実現を、作動温度 650℃以下での発電出力密度 2W/cm<sup>3</sup> 以上 (3W/cm<sup>3</sup> 以上に到達) で示した。

以上の通り、最終目標を達成している。

### ③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証

委託先：ファインセラミックス技術研究組合（再委託先：独立行政法人産業技術総合研究所・コネチカット大学－コロラド鉱山大学）・東邦ガス株式会社・財団法人電力中央研究所・株式会社デンソー

自動車 APU や家庭用コジェネシステム、あるいはポータブル電源等、小型高効率 SOFC などのニーズへの適用を図る上では、セル・スタック・モジュールの性能評価に必要な基盤技術を確立し、マイクロ集積モジュール・小型プロトタイプへのユーザーズペックに基づくデザイン提示・性能評価を進め、プロトタイプモジュールとしての実用化検討に足る性能を実証が必要となるため、マイクロセルやキューブ及びモジュールの構成部材や、界面における電気特性及び機械的な応力解析などの評価技術を確立して、プロセス技術の改良へのフィードバックを進めた。さらに、想定される用途におけるシステム設計条件に基づき、例えば負荷変動に対する出力コントロール条件を、熱コントロールや集電性能及びキューブ作動制御等の観点から検討する等、実際のモジュール作動条件に対する適合性の検討を進めた。

その結果、マイクロチューブを多数組み合わせ、体積数 10cm<sup>3</sup> 程度のスケルトン型モデルキューブ・スタックによる先行出力実証（出力 40W 程度）に成功し、マイクロ SOFC として作動させる上での集電・ガス流・熱制御等、モジュール化への課題抽出を進め、高性能化に必要な加圧モジュールや水素製造への適用可能性を実証した。さらに、プロトタイプモジュールとして作動温度 650℃以下で 2kW/L レベルの出力を 1/10 スケールで実現、小型モジュールで発電効率 40%や急速作動性能を確認し、これらの成果を基に、小型コジェネシステムや自動車 APU への適用性検討を進め、明らかにした。

最終目標については、650℃以下での作動時における発電性能実証を行い低温作動における小型高効率化の実証に成功した。キューブ集積プロトタイプモジュールを作製し、急速作動停止特性を実現するために必要な、室温～作動温度における小形コジェネシステムを想定した、繰返し加熱冷却等のモデル条件を設定し耐久性能実証を行い十分なレベルの性能を示した。また、発電モジュール構築プロセス技術の実証として、2kW/L レベルの出力密度及び発電効率 40%以上の実証を、モジュール容積 0.1 L について行うために、2mm 径の単セルを使用したチューブ集積モジュール（発電出力 200W

級) を作製し性能評価を実施した結果、目標値の達成が確認された。さらに連続運転時の性能低下が、実用化を検討する上での許容範囲内であることを確認した。

以上の通り、最終目標を達成しており、達成度一覧表として纏めると下記の通りである。

表 III. 1-1 プロジェクトの開発目標と成果達成度

研究開発課題名	技術課題	目標	成果	達成度	今後の課題
① 高性能材料部材化技術	低温高活性電極・電解質材料開発と部材化	電極及び電解質の開発と部材化により、単セルの出力密度として [0.5 W/cm <sup>2</sup> @650°C:0.15 W/cm <sup>2</sup> @500°C] を実用性評価が可能な条件・サイズにて実現	[0.75 W/cm <sup>2</sup> @650°C:0.22 W/cm <sup>2</sup> @500°C] を電解質厚 10 μm ScSZ 及び GDC を用い、有効電極面積 2.8 cm <sup>2</sup> 燃料利用率 75% 以上で達成	◎	開発材料・部材の実用性確立と適用普及
② ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術	革新的な高性能部材の高度集積化実現へのプロセス技術開発	径 0.5mm 以下のセルを 100 本以上 / キューブとして連続製造するプロセス技術を開発・発電出力密度 2 W/cm <sup>3</sup> 以上 @ 650°C 以下を達成	マイクロハニカムプロセスで燃料電池セルが 250 以上 / cm <sup>3</sup> の高集積度を実現・チューブセル集積で 2.8 W/cm <sup>3</sup> @600°C を達成	◎	モジュール信頼性確保、低コスト化可能なプロセス
③ 評価解析技術開発及びプロトタイプ実証	プロトタイプモジュールの適用性実証・評価技術開発とシステム適用性検証及び調査	プロトタイプモジュール性能実証 [2mm 径以下単セル使用モジュールで出力密度 2 kW/m <sup>2</sup> 及び発電効率 40% 以上 @ 0.1 L/容積] と実機想定シミュレーション(繰返し加熱冷却・連続運転)への耐久性実証で許容範囲内	発電出力密度: 最大 250 W/0.12 L 発電効率: 最高 200W 級 40%, 50W 級 47% 熱サイクル耐性: 実機想定条件の熱サイクル堅牢性 (620↔70°C; 76回) 連続運転耐久性: 単セル・モジュール初期耐久性確認(単セル 1000hr / モジュール 80hr 程度)	○	実用条件下の長期的耐久性・信頼性の検証と確立

## 1. 6 全体成果の総括

全体成果の総括として、当該分野における国内外の研究開発レベルと比較した、当プロジェクトの課題設定と成果の優位性について以下にまとめる。

プロジェクトで設定した開発目標は、平成 17 年度開始時の設定と 5 年後の終了時点において、本質的にその重要性と意義は変化していない。具体的には、プロジェクト発足の背景として、従来的高温連続作動の大型 SOFC 開発に加えて、米国等での車載用補助電源 APU システムへの適用や、日本では家庭用等の小型コジェネ(あるいはモノジェネシステム)への期待が高まり、京セラによる小形高効率モジュールの開発を契機として過去 5 年間で大きな拡がりを見せている。いわゆる従来型の平板スタックあるいは京セラの開発したフラットチューブによる SOFC モジュールを用いた、家庭用コジェネシステム(小形定置用)の実証試験が始まり、あるいは耐久性・信頼性を主ターゲットとした国内外の大型プロジェクトが進行する等の開発状況となっている。その中で、さらなる小型高効率化や低温作動と急速起動停止を実現するための、一桁小さなセル集積による革新的なモジュールを実現する取り組みは、上記の現行実証開発に対して、さらに利便性の高い SOFC モジュールを提供する意義から重要である。例えば、現在の SOFC 実証システムは 750°C 以上の連続運転で「ベース発電+負荷対応に系統電力との組み合わせ」等が検討されているが、言うまでもなくオンデマンドで高効率性や耐久性等が担保されることが望ましく、特に自動車 APU やポータブル電源等では極めて重要な要因となり、本プロジェクトの開発ターゲットの重要性はむしろ高ま

っていると考えられる。

このように、当該開発テーマに対しては社会ニーズの高まりから、米国・欧州での開発方向性が類似した研究も指向されている状況であるが、次図に具体的な主要スペックに対する、特徴的な比較優位性を列挙し示す通り、開発技術の優位性及び実用化への方向性は明確である。

すなわち、1. 材料及び部材製造プロセス技術開発として、①低温作動 (650~500°C) を可能とする電極電解質材料の部材化や、②有効反応体積を飛躍的に増大させる高機能部材の高度集積プロセスの確立が必須である。それによって小型高効率化(出力 2kW/㎡)、構成ユニット細分により耐熱衝撃性向上と分・秒単位の急速起動が可能となり、同時に運転制御が容易となるメリットを有する。そのためには、2. 性能面におけるモジュール実証として、(1)優れた低温作動特性、(2)コンパクトで高い出力密度、(3)高い発電効率が必要となる。

これらの指標について、いわゆる「ベンチマーク」の形で整理したのが次図である。

プロジェクト終了時点でのベンチマークの1番目として、「優れた低温作動特性」については、当初設定した開発目標の2倍を超える性能を達成し、最新の文献値と比較してもトップレベルの性能であることや、EUの低温作動SOFCプロジェクト「SOFC600」を上回る性能に達しており、GDC電解質だけでなく、ScSZ電解質でも低温作動化したことは大きな意義を示すものである。

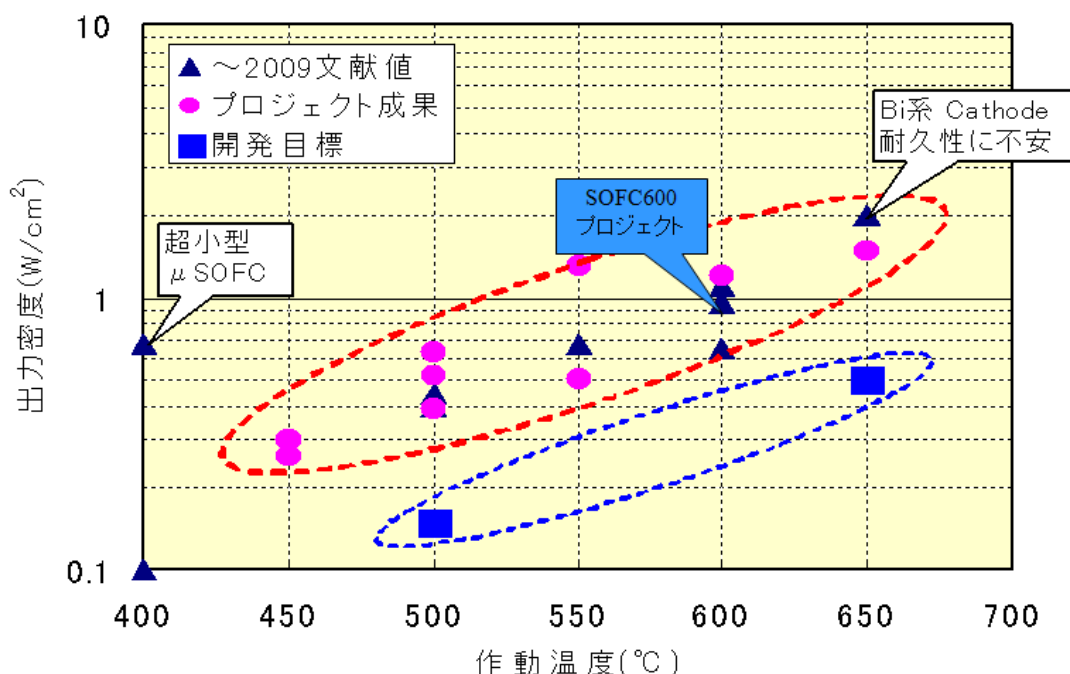


図 III. 1-2 ベンチマーク「低温作動特性」

プロジェクト終了時点でのベンチマークの2番目として、「コンパクトで高い出力密

度」については、既存の SOFC スタック、モジュールと比較して画期的な高出力密度（コンパクト）を達成し、小型＝軽量＝熱容量が小さいという特徴を有するため、急速起動にも適している。

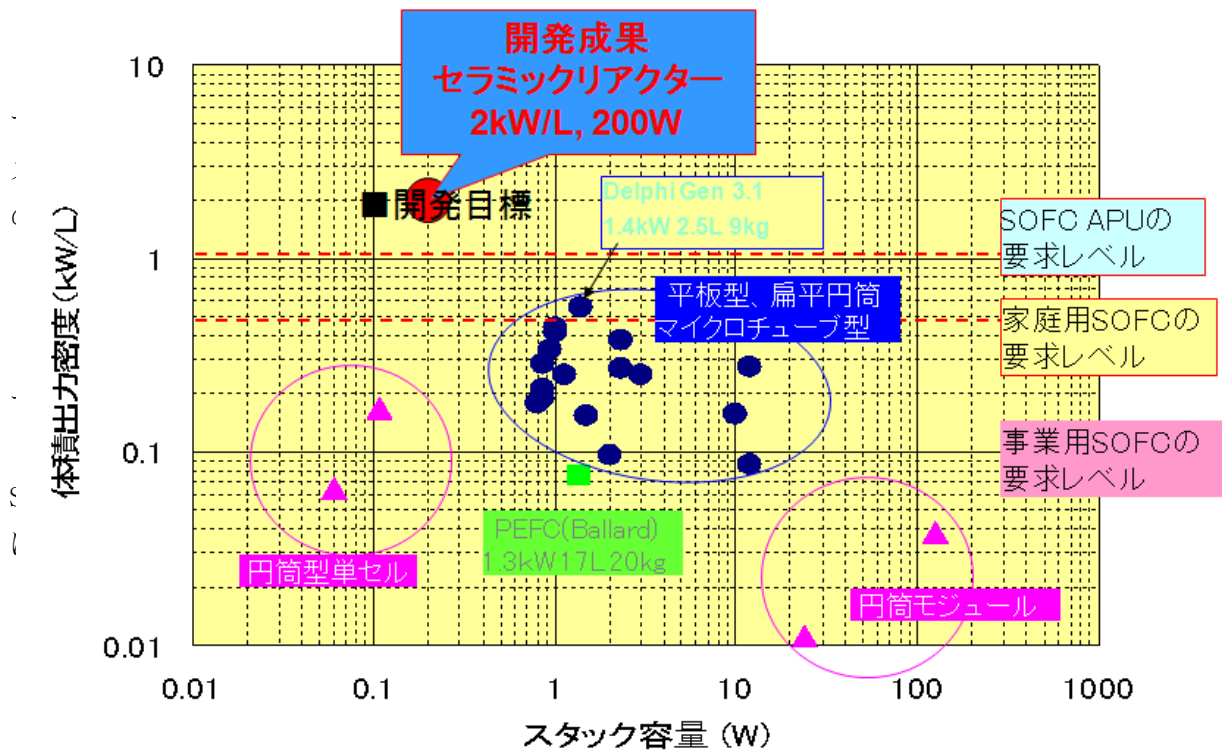


図 III. 1-3 ベンチマーク「出力密度－容量」

プロジェクト終了時点でのベンチマークの3番目として、「高い発電効率」については、セラミックリアクターモジュールは水素燃料で発電効率 40%以上を達成（都市ガス燃料では 50%に相当しており、さらにシステムでも 45%程度（既存の SOFC と同等）の高い発電効率が期待できる状況にある。

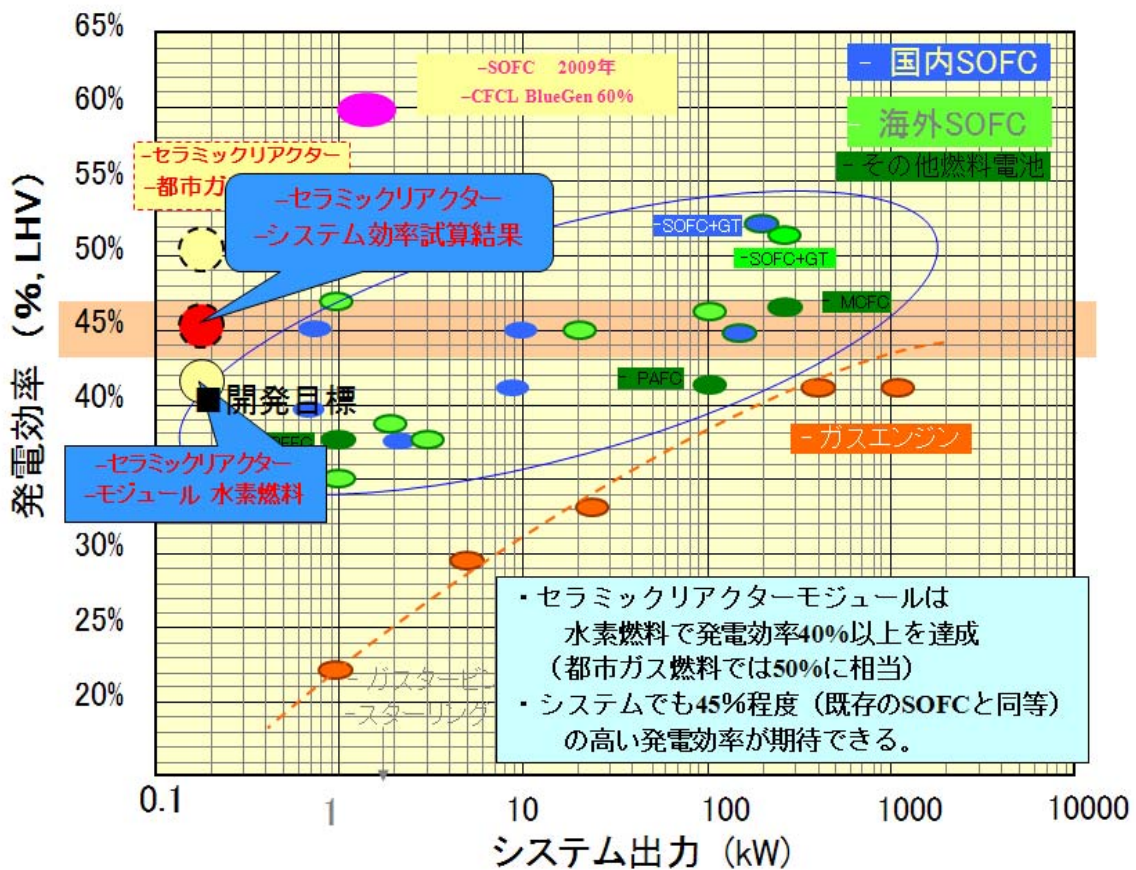


図 Ⅲ. 1-4 ベンチマーク「高効率作動」

これらのことより、本研究開発により創出された成果の位置づけとして、基本計画で目標とした小型高効率・低温作動・機動性に優れた、従来のSOFCと異なる特性により、新規適用及び汎用展開を可能とする、革新的なセラミックリアクター（マイクロSOFC）を世界で初めて実現し、プロトタイプ実証を達成したことに、当該分野の発展に大きな貢献を果たしたといえる。



### Ⅲ. 2. 研究開発項目毎の成果

本プロジェクトでは、セラミック電気化学リアクターの小型高効率化、低温作動や急速作動停止性能を実現するために、①低温作動を可能とする材料・部材の開発（高性能材料部材化技術の開発）、②マイクロセルの高度集積配列とモジュール化を可能とするプロセス技術開発と高出力密度や急速作動と加熱冷却サイクルへの耐久性付与（マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発）、③高性能リアクターとしての自動車APUや小型分散電源等への適用性実証及び必要な評価技術開発（評価解析技術開発及びプロトタイプ実証）を実施した。

以下、これらの研究開発項目①～③についての最終的な到達成果を報告する。

#### Ⅲ. 2. 1. 研究開発項目①高性能材料部材化技術の開発

##### 2. 1. 1 開発課題の設定

研究開発項目①では、従来の電解質を用いたSOFCでは低温作動化には750℃程度で限界となっている現状から、小型高効率SOFCの実用化のために、作動温度領域を650℃以下～500℃に低減させることを目的に、低温作動化を可能とする高性能の材料・部材開発を進める。そのため、従来の系に替わる低温作動化が可能な電解質材料の材料特性向上、低温でも高い反応活性を発現することが可能な電極材料の開発及び内部構造制御等、電極・電解質の材料特性及び部材化における諸問題を解決し、マイクロ集積モジュールへの低温作動部材の適用を図る。

研究開発内容としては、低温作動を可能とする電解質材料の適用性検討及び薄膜化技術の高度化、低温で反応活性の高い空気極・燃料極材料の開発及びナノ・マイクロスケールを中心とした内部構造制御、電極－電解質及びインターコネクタとの界面構造ならびに組成制御による部材性能向上の検討等の材料・部材化技術開発を進める。

その達成目標として、「中間達成目標」では、低温高活性の電極・電解質材料を開発し、モジュール製造プロセスにも適用可能なように、高品質で得るためのプロセス技術の確立を目指し、「電気化学セルの性能評価測定を、電解質を電極マトリックスに配置した構造で、かつ電極の特性が評価可能な面積の電気化学セルを用いて行う際に、650℃にて、0.3W/cm<sup>2</sup>の単位出力密度を達成するための、電極及び電解質の開発を行う。」ことを設定している。また、「最終達成目標」としても同様の意味でさらなる材料部材の性能向上を図り、低温作動化として考慮すべき様々な得失（燃料自己改質性能等）をも含めて、実用性に富む開発成果を目指し、「同様の性能評価において、650℃で0.5W/cm<sup>2</sup>の単位出力密度を達成する。また500℃でも現在の性能（0.15W/cm<sup>2</sup>）を超え、将来のさらなる低温作動化によるSOFCや高機能フィルタの実用性能向上に資することの可能なレベルの特性向上を達成するための、電極及び電解質の開発と部材化を行う。」ことを指標として設定した。

##### 2. 1. 2 開発成果の概要

飛躍的な低温作動化を可能とするための材料技術開発として、実用構造で出力密度

0.5W/cm<sup>2</sup> (650℃) の実現へ向け、低温で活性の高い電極の開発や、イオン伝導のしやすい電解質の実用化を図るために、革新的な材料の探索及びナノ〜マイクロスケールを中心とした内部構造制御や薄膜化技術の高度化、電極-電解質やインターコネクタの界面制御等による部材性能の向上を図った。

その結果、電極部材でのエネルギー損失を従来の1/10に低減する(500℃での性能が従来の650℃での性能とほぼ同等)等、造り込み技術に用いるための材料・部材開発の成果が挙げられた。また、Ag系材料の適用が低温域での電極性能向上に効果があることを見出し、材料複合化により、様々な優れた特性の両立にも成功した。

最終目標で設定した、650℃で0.5W/cm<sup>2</sup>の単位出力密度を達成し、500℃でも現在の性能(0.15W/cm<sup>2</sup>)を超えており、電極及び電解質の開発と部材化により、将来のさらなる低温作動化によるSOFCや高機能フィルタの実用性能向上に資することの可能なレベルの特性向上を達成した。

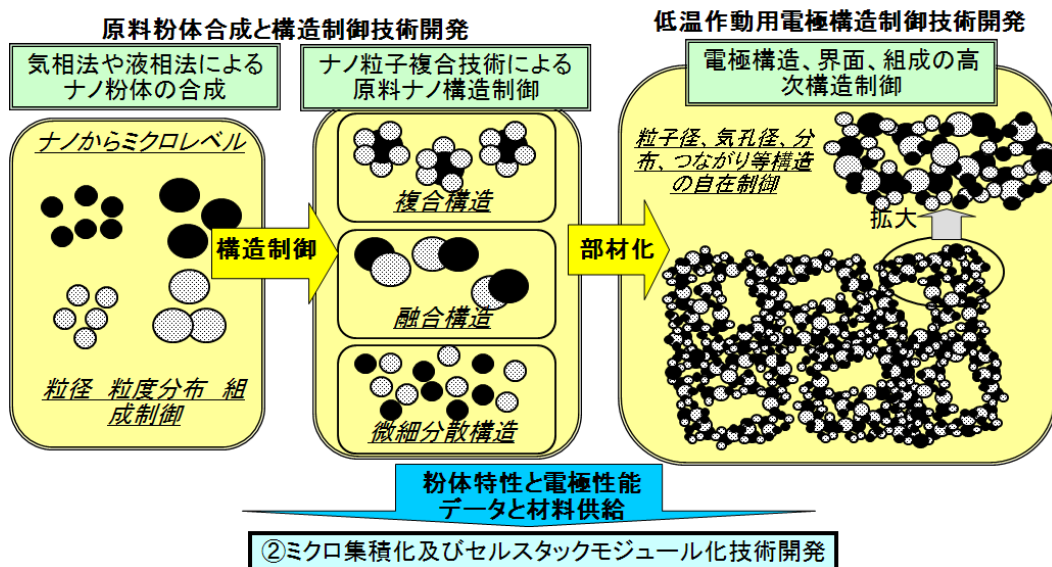


図 III. 2-1: 研究開発課題①高性能材料部材化技術の研究全体概念図

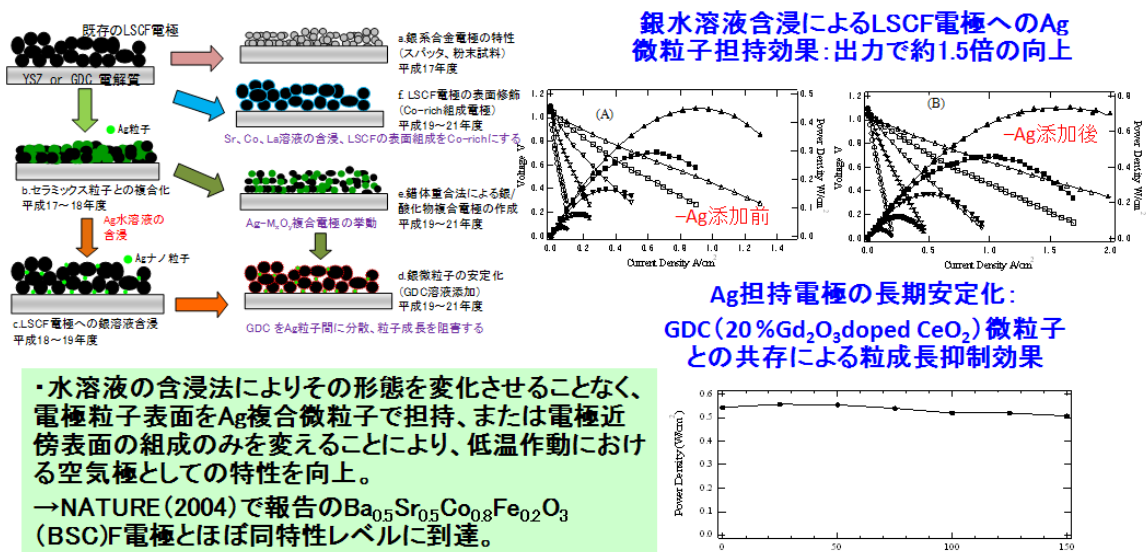


図 III. 2-2: ①-1 革新的低温作動用電極材料の開発

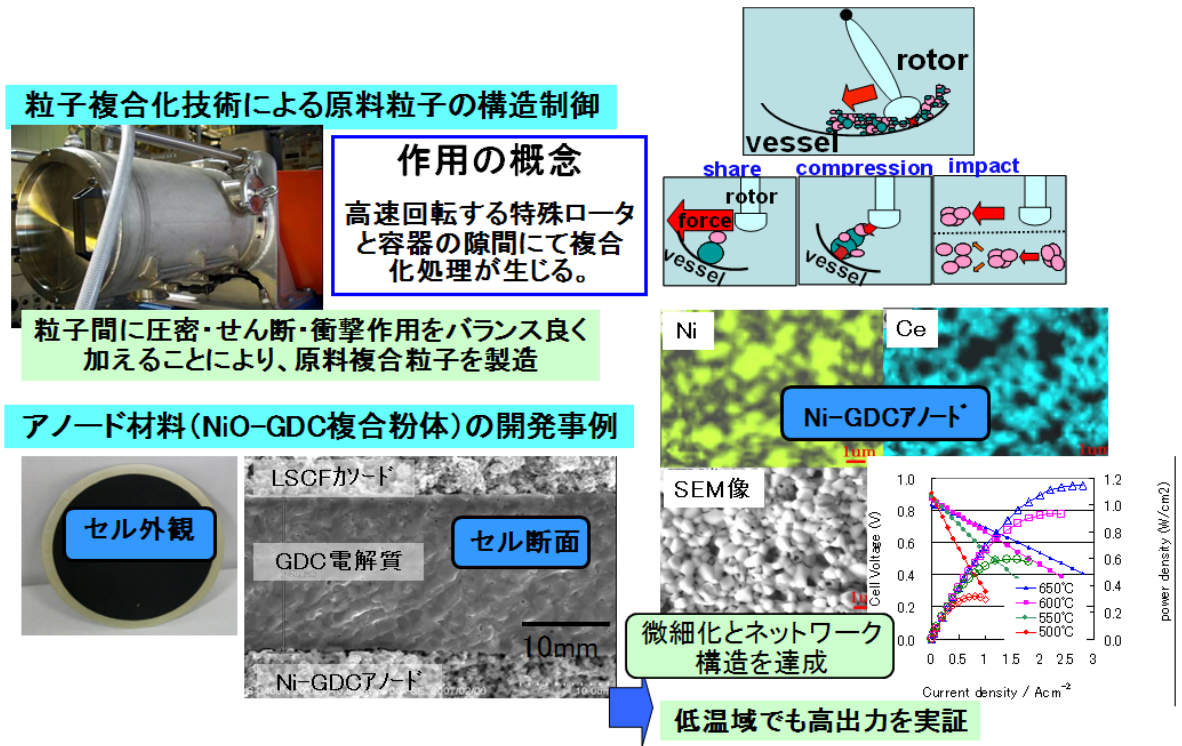
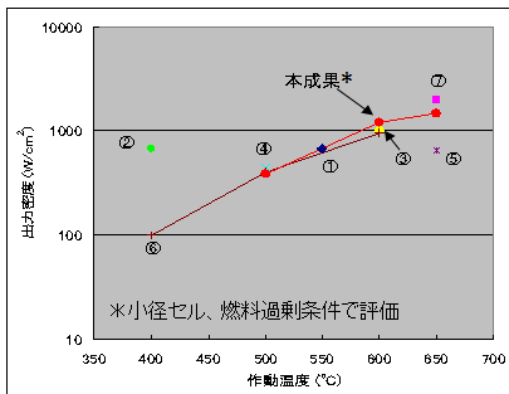


図 III. 2-3 : ①-2 低温作動高活性電極部材の開発における適用プロセスとナノコンポジットの合成例

作動温度	最終目標値	最終成果	達成度	備考
650°C	0.5W/cm <sup>2</sup>	0.75W/cm <sup>2</sup>	◎	セル構成LSCF/GDC-ScSZ/NiScSZ、電解質厚さ10μm
500°C	0.15W/cm <sup>2</sup>	0.22W/cm <sup>2</sup>	◎	セル構成LSCF/GDC/NiGDC、電解質厚さ10μm

有効電極面積: 2.8cm<sup>2</sup>、燃料利用率: 75%以上における単セルの出力密度として評価



500~650°Cの低温域でも目標値を超え、最新文献値比較でも世界最高レベル

セル構成	最大出力密度 (mW/cm <sup>2</sup> )						文献
	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	
① NiO-GYDC/GYDC-carbonate/BSCF GYDC-Ce0.8Gd0.2O2.9/YSZ BSCF-Ba0.5Sr0.5Co0.8Fe0.2O3-d				670			JPS, Volume 194, Issue 2 (2009.12), Pages 967-971
② μ-SOFC(Micro-SOFC)	677						JPS, Volume 194, Issue 1 (2009.3), Pages 119-129
③ アノード/電解質/SSC-Co3O4					1092		JPS, Volume 185, Issue 2 (2008.10), Pages 129-135
④ アノード/電解質/SSC nanowires			440				JPS, Volume 185, Issue 2 (2008.10), Pages 13-18.
⑤ Ni-YSZ/Ni-YSZ/SDC(2 μm)/GDC (0.5 μm)/SSC(5 μm)					650		EOS Transactions, 25 (2) 2481-2486 (2009). (Canada)
⑥ NiO-Fe2O3/LSGM+SDC/Sm0.5Sr0.5CoO3 (SSC)	100		400		950		EOS Transactions, 25 (2) 719-726 (2009). (九州大、三菱マテリアル、関西電力)
⑦ NiO-GDC/ESB-GDC-bilayer/BRO7(BR207)/ESB BRO7:Bi2Ru2O7 ESB: bismuth oxide						2000	EOS Transactions, 25 (2) 783-788 (2009). (USA, Univ. of Florida)
<b>NiO-GDC/GDC/LSCF(Ag-Ni)</b>			<b>389</b>		<b>1210</b>	<b>1473</b>	<b>本成果</b>

図 III. 2-4 : ①-2 低温作動高活性電極部材の開発における成果の性能比

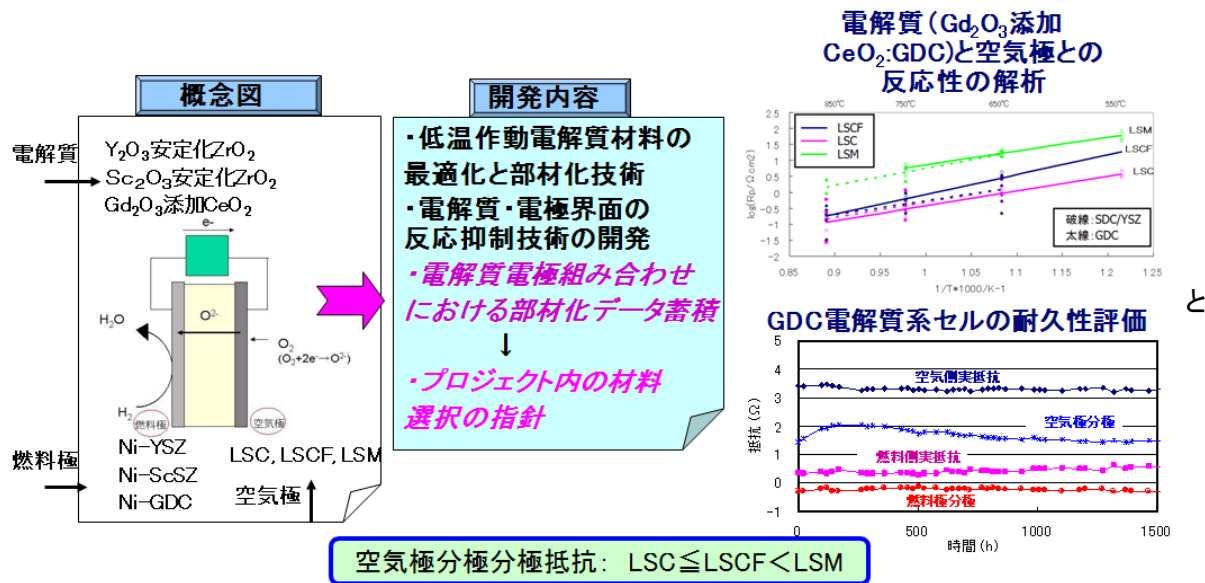


図 III. 2-5 : ①-3 低温高性能電極・電解質部材セル化技術の開発コンセプトと成果

### III. 2. 2. 研究開発項目②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発

#### 2. 2. 1 開発課題の設定

セラミック電気化学リアクターの小型高効率化と急速作動停止性能を実現するために最も重要な点は、②マイクロセルの高度集積配列とモジュール化を可能とするプロセス技術開発と高出力密度や急速作動と加熱冷却サイクルへの耐久性付与（マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発）である。

すなわち、電気化学リアクターの構成部材をマイクロ集積化するための、革新的な部材製造プロセスの開発が必須である。それによって、体積反応効率の飛躍的な向上による小型軽量化と、ユニット部材の小型化による、セラミックス系材料の欠点である熱機械的特性の改善が可能となる。その際の、ユニット部材サイズについては、特に高反応効率の観点から期待される、ミリメートル以下（特に0.5mm程度）のユニットセルに対して、高集積化するための連続製造プロセス技術の開発が重要となる。利便性の高いプロセス技術の適用により、セラミックモジュールの製造におけるコストが、材料面での小型化のみならず、微小な構造の集積化を同時あるいは連続で行うことにより、製造プロセスコストの大幅低減が期待される。

同時に、いわゆるSOFCの熱自立の問題についても、マイクロSOFCではさらに発熱制御等のサーマルコントロールの形で様々な状況が想定されるため、本技術開発のコンセプト実証を通して、これらの解決を図って行く必要がある。

また、モジュール性能を左右する重要な因子として、キューブ接続時のインターフェースにおける集電技術や、キューブへの燃料ガス及び空気供給を低損失で行うための、材料特性や部材・モジュールの構造設計が重要な要因となる。これらのマイクロ部材集積化においては、合理的なプロセスの追求と共に、異種材料・材質の集合体により構成されることから、界面制御を可能とするプロセス技術開発等が期待される所以

である。

そこで、研究開発項目②では、マイクロチューブキューブ化—インターフェース付—モジュール化の一連の製造プロセス技術の開発と高度化が求められる。すなわち、3次元複雑構造の連続造形技術、自己組織化造形技術等のマイクロ集積構造化を可能とする製造プロセス技術を開発すると同時に、このようなマイクロ集積モジュール化プロセス技術開発で発生が予想される技術的な諸課題を解決し、小型高効率化・低温作動及び急速起動停止性能を評価実証する。

その達成目標として、「中間達成目標」では、マイクロ部材集積技術をマイクロSOFCとして実証するための必要スペックとして、「径0.5mmの多孔質アノード／膜厚10ミクロン以下のセリア等低温作動電解質の緻密膜／10mm長の多層チューブの組合せで構成される電気化学セルとして同時連続作成し、さらに多孔体マトリックス中に100本／キューブで導入、またはマイクロハニカムにより同等の微細構造化を可能なプロセス技術として確立する。」ことを設定している。ここでは、小型高効率リアクター実現に向けた2つのアプローチとして、マイクロチューブの規則配列による構造の積み上げ手法と、同時連続成型等の製造プロセスの合理性を優先した手法の両方を検討している。

性能実証のレベルとしては「また、微細押出成形法等により、ミリサイズチューブを用いてキューブを作製し、1-2mm以下の単セルを用いたキューブにより、発電出力密度0.5W/cm<sup>3</sup>を実証する」ことで新規性を示し、さらにインターフェースを介したモジュール構成において、「また、各キューブにおける電極の接続抵抗損失を5%以下とすることが可能な、インターフェース（セルからの集電構造、マニホールド及びガスシール構造による単キューブの端面修飾等）の構築プロセス技術を開発する」として、実用的な出力密度を得るための具体的な目標設定をしている。

さらに「最終達成目標」として、連続製造と高精度集積化の両プロセス技術のマッチングを図り、「径0.5mm以下のセルをキューブ当たり100本以上で一回の連続行程により形成することが可能な製造プロセス技術を開発し、セラミックリアクターとしての汎用性を実現するための最適構造化プロセス技術として確立する。」と共に、必要スペックから求められた目標値を加味して、「さらに製造プロセス技術の適用性実証として、マイクロ集積化セラミックリアクターの物質—エネルギー変換機能における高効率化を実現（作動温度650℃以下での発電出力密度2W/cm<sup>3</sup>以上を達成）する」ことを目標設定している。

## 2.2.2 開発成果の概要

各種の小型可搬型あるいは定置分散型の電源ニーズへの対応に必要な、出力2kW/100kg以上の小型高効率化や、セラミックスが従来劣っている熱衝撃条件にも耐える急速起動停止性能（分～秒単位）の実現のため、ミリメートル以下のセル構造を単位として、規則正しく並べて集積することにより、高性能のキューブやモジュールを創る革新的製造プロセス技術の開発や、モジュールの加熱や放熱制御、各キューブへの燃料供給や集電を司るインターフェースの構築技術の確立を図った。

その結果、世界最高の低温高出力密度（1W/cm<sup>2</sup>@570℃）の発電が可能なサブミリキューブ型SOFCの開発に成功し、マイクロSOFCセルスタックとして作動させるための

微細部材の集積化を達成した。また、従来材料のジルコニアでも、世界最高となる低温作動マイクロチューブ SOFC や、自立構造でガス透過可能なマイクロ SOFC を実現している。角砂糖 1 個の大きさの中に 250 以上のセルが集積したキューブの連続作製プロセスを確立、サブミリサイズのセルが規則配列したハニカム構造のマイクロ SOFC として世界で初めて実証し、室温から 5 分以内の急速起動や起動停止の繰り返しにも強いことを確認した。また、ハニカムを次々とつなげて出力を増大する技術も実証している。そして、550℃でも 1cm<sup>3</sup> 当たり 2~3W の小型高出力化が可能な、セル集積によるキューブの作製と出力実証に成功し、プロトタイプモジュールを実現しました。一方、キューブ接続に必要なインターフェース用の導電性／絶縁性及びガスシール特性に優れた材料開発に成功した。

最終目標の、径 0.5mm 以下のセルをキューブ当り 100 本以上で一回の連続行程により形成することが可能な製造プロセス技術をハニカムプロセスで実現し、セラミックリアクターとしての汎用性を実現するための最適構造化プロセス技術として、従来に比べて桁違いの燃料電池セルの高集積化を達成した。さらに製造プロセス技術の適用性実証として、マイクロ集積化セラミックリアクターの物質-エネルギー変換機能における高効率化の実現を、作動温度 650℃以下での発電出力密度 2W/cm<sup>3</sup> 以上 (3W/cm<sup>3</sup> 以上に到達) で示した。

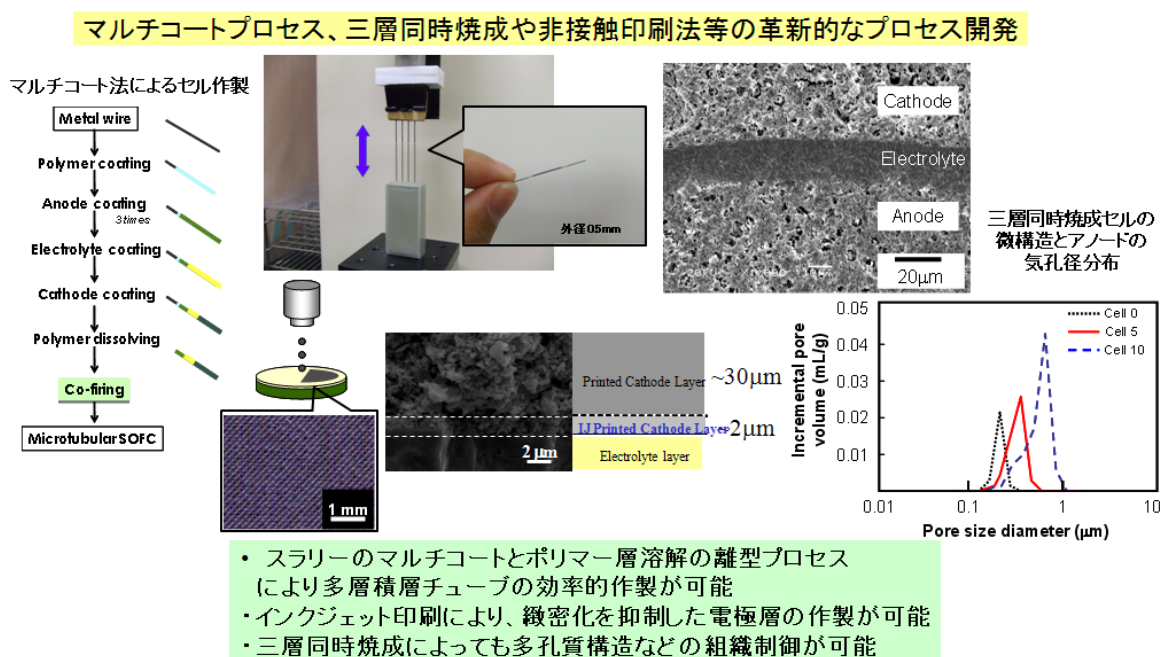
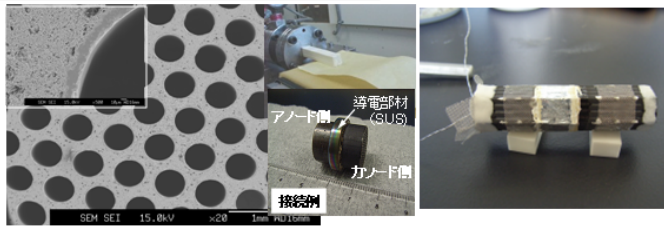


図 III. 2-6 : ②-1 ミクロ集積化におけるヘテロ構造制御等の基盤

②-2マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化製造プロセス技術開発

(1)マイクロハニカム構造化プロセス

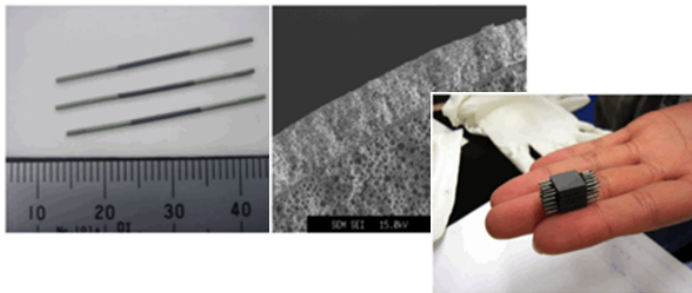


ハニカム押出とサブミリ孔への多層塗布プロセスで連続的に集積モジュール形成実現(構造制御、共焼結、接続・絶縁技術等)

②-1:マイクロ集積化におけるヘテロ構造等の基盤技術開発<将来技術>

②-3: インターフェース材料・プロセス技術<集積モジュールの複数連結・ガスシール>

(2)セルスタックモジュール化プロセス



小さく集積化が容易、低温域での高発電性能技術を実現(成形、ナノ~マイクロ構造制御、薄膜電解質、集積・接合技術等)

図 III. 2-7 : 研究開発課題②の中での研究テーマ連携状況

スタンプ法によるインターフェースの形成技術

16x16セル  
0.7mm

スラリー圧入法

圧力計  
ハニカム材料  
モニター  
制御装置  
セラミックペースト  
圧入装置  
サーボモーター

従来技術

開発技術

LSM  
GDC  
NiO/GDC

—100μm —10μm

表面  
裏面  
電解質  
燃料  
燃料極  
燃料極  
空気極(+)極  
燃料極(-)極

・電極支持型(LSM,LSCF等)でのサブミリ径のハニカムモジュール製造に成功(世界初)  
→容易な製造プロセスで100~256セル/cm<sup>3</sup>の電気化学リアクターの高集積化が可能に

・スタンプ法による簡便なインターフェースの形成技術を確立

図 III. 2-8 : ②-2 (1)マイクロハニカム構造化プロセスの開発

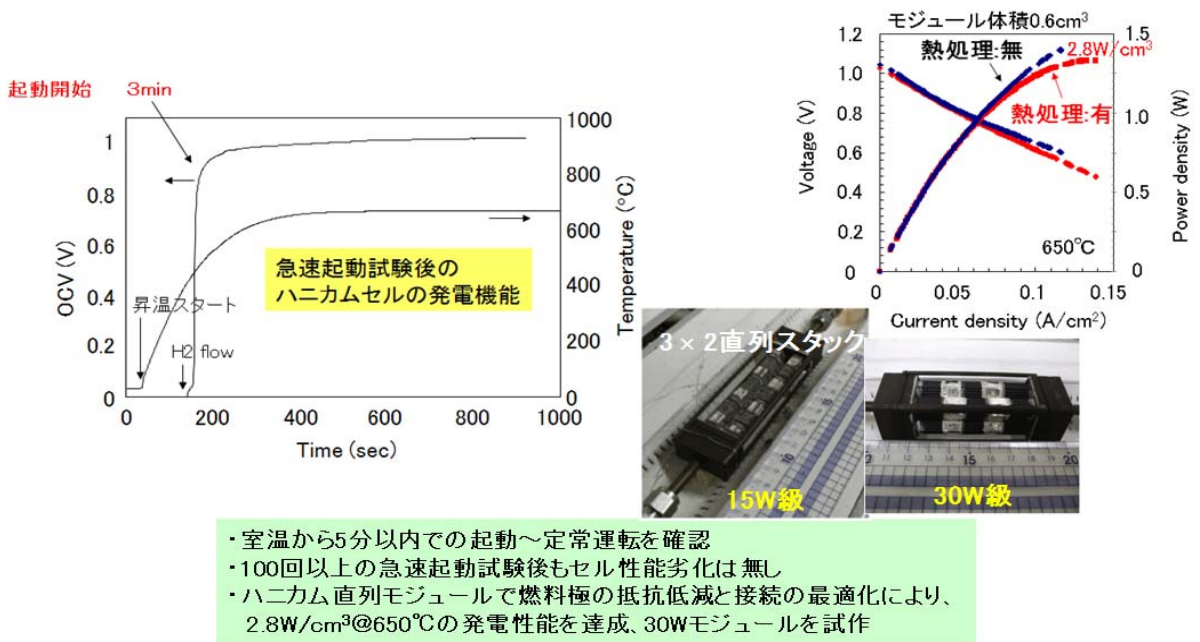


図 III. 2-9 : ミクロハニカムの急速機動性能とモジュールの発電特性

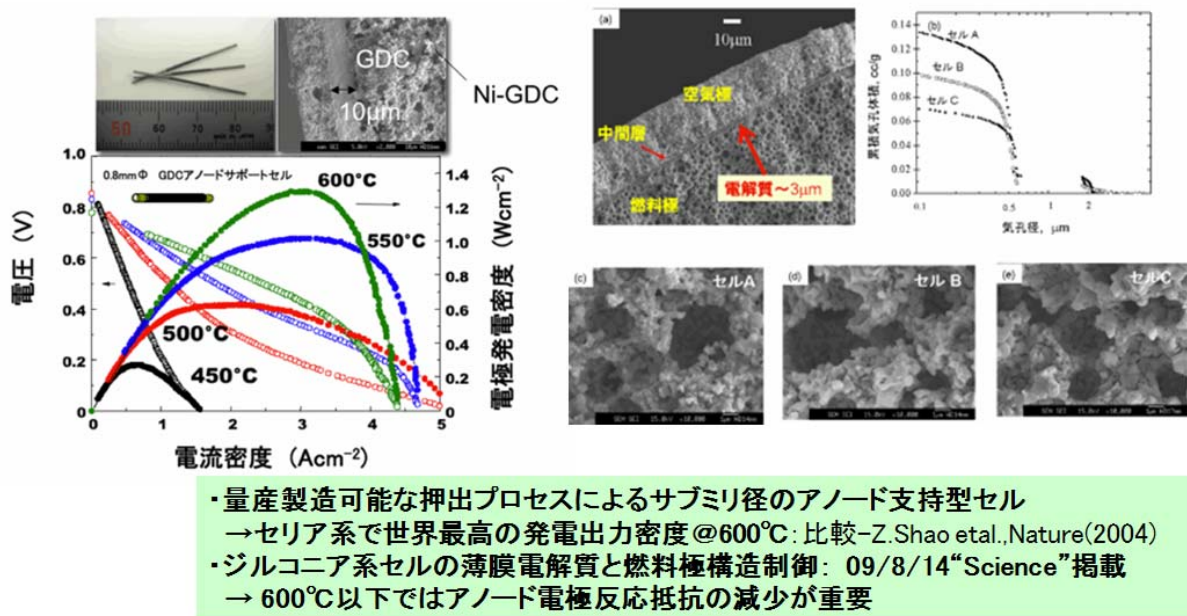


図 III. 2-10 : ②-2 (2) セルスタックモジュール化プロセス



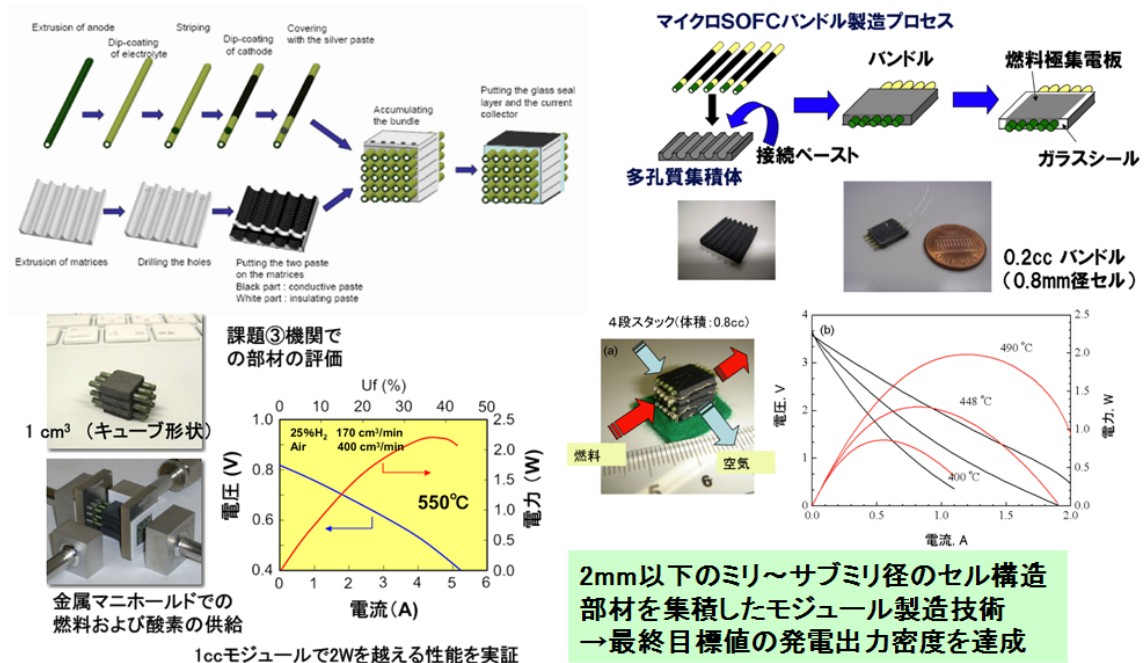


図 III. 2-11: ②-2 (2) セルスタックモジュール化プロセス (発電キューブ開発)

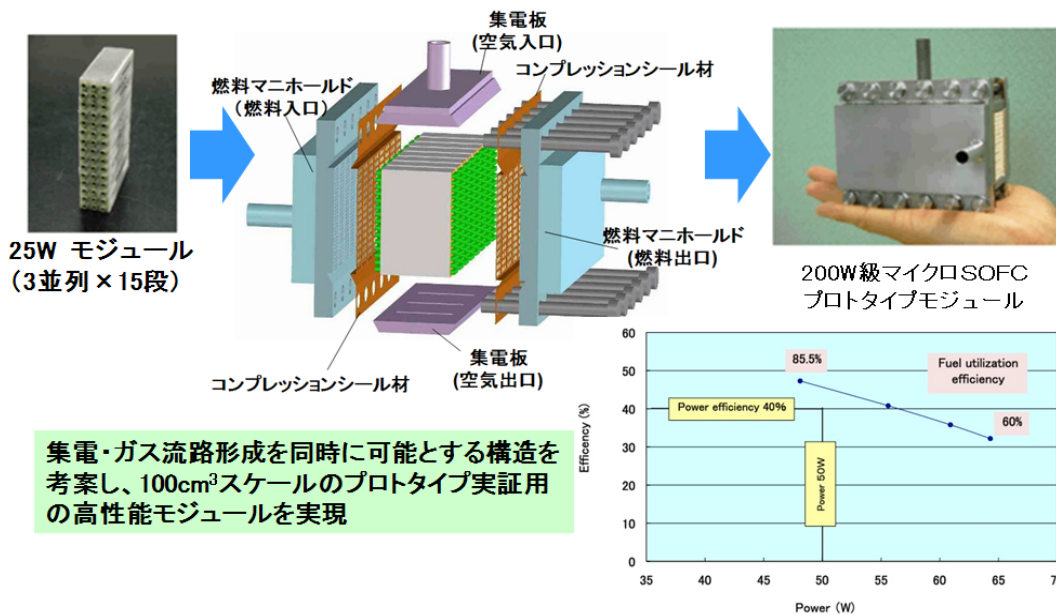


図 III. 2-12: (2) セルスタックモジュール化 (マイクロ SOFC 発電モジュール性能)

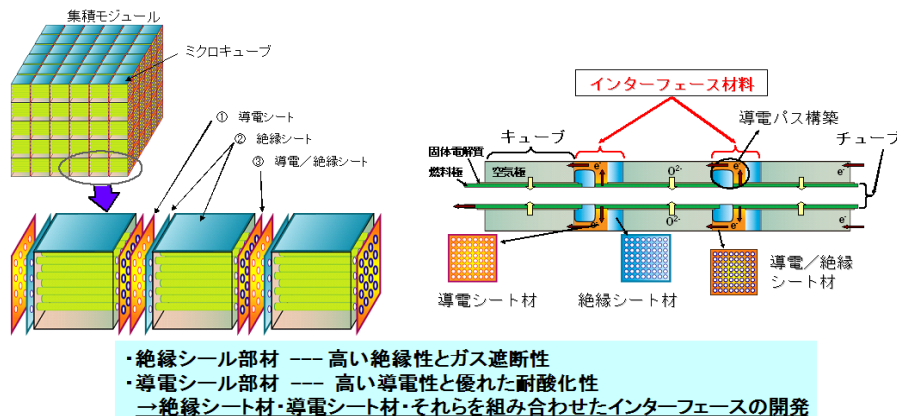


図 III. 2-13: ②-3 インターフェース構築技術開発の概念

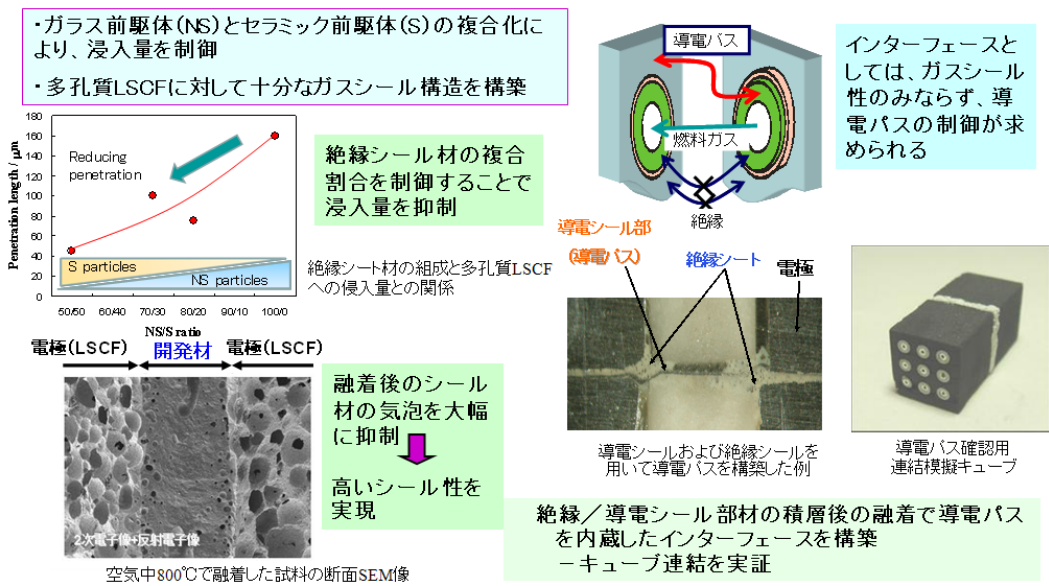


図 III. 2-14 : ②-3 インターフェース構築技術開発の成果

### III. 2. 3. 研究開発項目③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証

#### 2. 3. 1 開発課題の設定

研究開発項目③では、セラミック電気化学リアクターの小型高効率化、低温作動や急速作動停止性能を実現して、高性能リアクターとしての自動車APUや小型分散電源等への適用性実証及び必要な評価技術開発を実施する。

研究開発項目①で開発された材料部材を用い、②で開発されたモジュール化プロセス技術を駆使してプロトタイプモジュールを作製し、自動車APUあるいは小型分散電源（家庭用小型コジェネ等）のニーズへの適用課題を抽出し、実用化へ向けての課題解決を図ることが必須である。

そのための研究開発内容として、モジュールを構成するマイクロセル、キューブ及びモジュールに対する電気化学特性及び熱機械的特性に対する評価解析技術を確立し、プロセス技術向上へとフィードバックすることが不可欠となる。さらに、実用モジュールとしての性能実証として、想定される用途におけるシステム設計条件から、要求性能を明確にして適用性評価を行う。

達成目標として「中間達成目標」では、開発マイクロセル、キューブ、モジュールへと開発が進むに従って「本技術開発で新たに必要とされる電氣的・熱機械的な評価手法を開発し、マイクロ・マクロ特性解析手法を確立する。」ことが先ず必要となる。従来にはない微細なSOFCリアクター部材あるいはアセンブリに対し、発電特性のみならず様々な条件での作動特性や安定性・耐久性（レドックス特性等）、燃料適応性あるいは耐熱衝撃性等の基本特性に関する、従来から蓄積された知見も活用しながら、マクロな性能評価及びミクロスコピックな性能・状態の評価解析が求められる。さらに「同時に、実用ニーズに対するスペックの検討及び実証試験条件を明確にする」ことで、プロジェクト後半でのモジュール実証に向けた評価解析が適切に進められるよう

になる。また、「最終達成目標」としては、ターゲットである自動車APUや小型分散電源（家庭用コジェネシステム）への適用を想定して、「650℃以下での作動時における発電性能実証を行い、低温作動における小型高効率化を実証する。キューブ集積プロトタイプモジュールを作製し、急速作動停止特性を実現するために必要な、室温～作動温度における実機想定によるシミュレーションから設定する、繰り返し加熱冷却条件に対する耐久性能を実証する」ことで、セラミックリアクターの特長である、小型高効率化、低温作動や急速作動停止性能を実証し、具体的な実用条件での適用性を検証する。プロジェクトではシステム開発は対象としていないが、机上設計検討や実地調査等の手段により、プロジェクト終了後の実用化実証段階へ速やかに移行できるように努める。プロトタイプモジュールの実証については、次の数値目標を設定し、上記の特長を示すことでプロジェクト成果の優位性を明らかにする。「発電モジュール構築プロセス技術の実証として、1-2mm径以下の単セル使用モジュールによる2kW/Lレベルの出力密度及び発電効率40%以上の実証を、キューブ複合モジュールにより行うと共に、モジュール容積0.1Lについて達成する。加えて「想定される用途に対する、モデル条件における性能実証試験を行い、さらに連続運転時の性能低下が、実用化を検討する上での許容範囲内であることを確認する」ことで、上記の実用化実証に移行する際のニーズへの適用性の判断材料とした。

### 2.3.2 開発成果の概要

自動車 APU や家庭用コジェネシステム、あるいはポータブル電源等、小型高効率 SOFC などのニーズへの適用を図る上では、セル・スタック・モジュールの性能評価に必要な基盤技術を確立し、マイクロ集積モジュール・小型プロトタイプへのユーザーズペックに基づくデザイン提示・性能評価を進め、プロトタイプモジュールとしての実用化検討に足る性能を実証が必要となるため、マイクロセルやキューブ及びモジュールの構成部材や、界面における電気特性及び機械的な応力解析などの評価技術を確立して、プロセス技術の改良へのフィードバックを進めた。さらに、想定される用途におけるシステム設計条件に基づき、例えば負荷変動に対する出力コントロール条件を、熱コントロールや集電性能及びキューブ作動制御等の観点から検討する等、実際のモジュール作動条件に対する適合性の検討を進めた。

その結果、マイクロチューブを多数組み合わせ、体積数 10cm<sup>3</sup>程度のスケルトン型モデルキューブ・スタックによる先行出力実証（出力 40W 程度）に成功し、マイクロ SOFC として作動させる上での集電・ガス流・熱制御等、モジュール化への課題抽出を進め、高性能化に必要な加圧モジュールや水素製造への適用可能性を実証した。さらに、プロトタイプモジュールとして作動温度 650℃以下で 2kW/L レベルの出力を 1/10 スケールで実現、小型モジュールで発電効率 40%や急速作動性能を確認し、これらの成果を基に、小型コジェネシステムや自動車 APU への適用性検討を進め、明らかにした。

最終目標については、650℃以下での作動時における発電性能実証を行い低温作動における小型高効率化の実証に成功した。キューブ集積プロトタイプモジュールを作製し、急速作動停止特性を実現するために必要な、室温～作動温度における小形コジェネシステムを想定した、繰り返し加熱冷却等のモデル条件を設定し耐久性能実証を行い

十分なレベルの性能を示した。また、発電モジュール構築プロセス技術の実証として、 $2\text{kW}/\text{L}$ レベルの出力密度及び発電効率40%以上の実証を、モジュール容積 $0.1\text{L}$ について行うために、 $2\text{mm}$ 径の単セルを使用したチューブ集積モジュール（発電出力 $200\text{W}$ 級）を作製し性能評価を実施した結果、目標値の達成が確認された。さらに連続運転時の性能低下が、実用化を検討する上での許容範囲内であることを確認した。

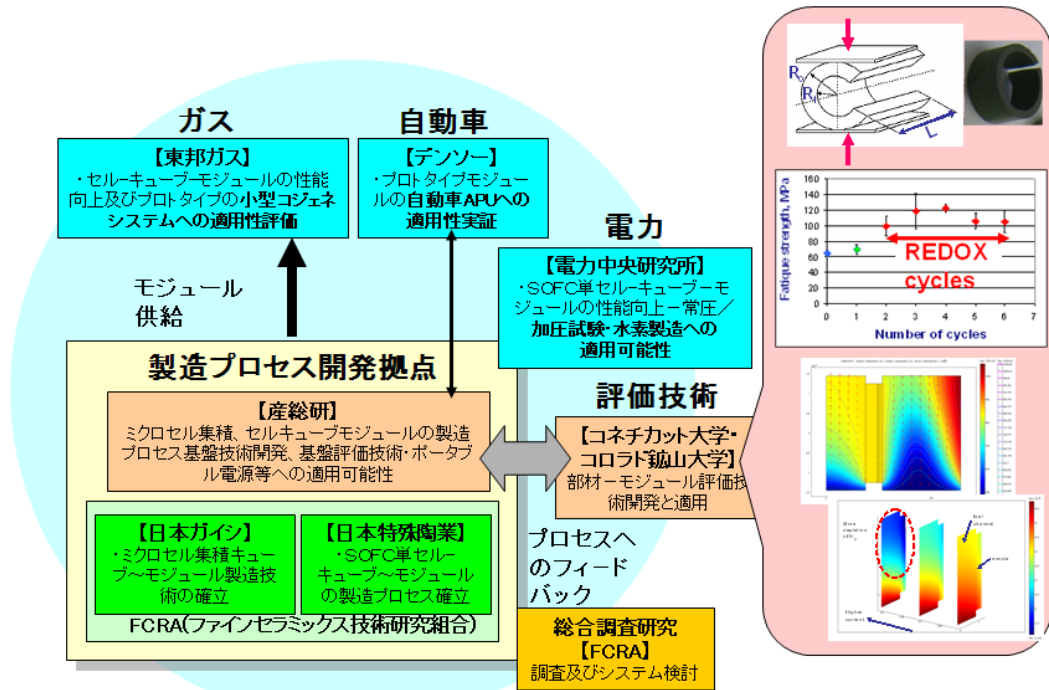


図 Ⅲ. 2-15 : 研究開発項目③評価解析技術及びプロトタイプ実証の位置づけ

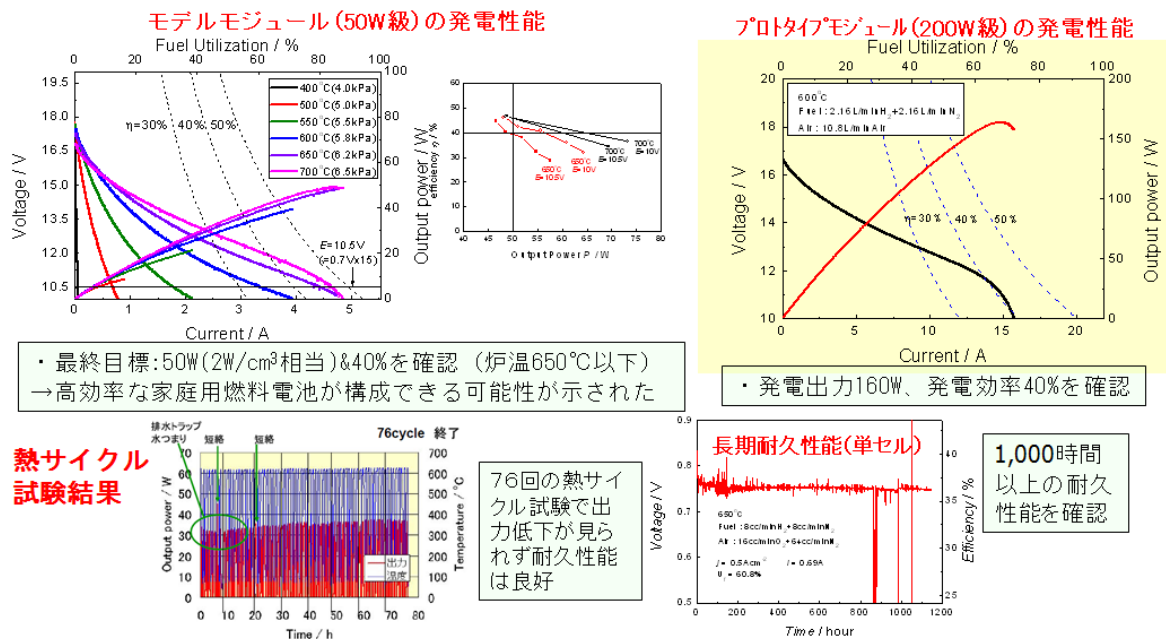


図 Ⅲ. 2-16 : ③-3 モジュールの実用性評価及び定置用分散電源用途への適用性検討の成果

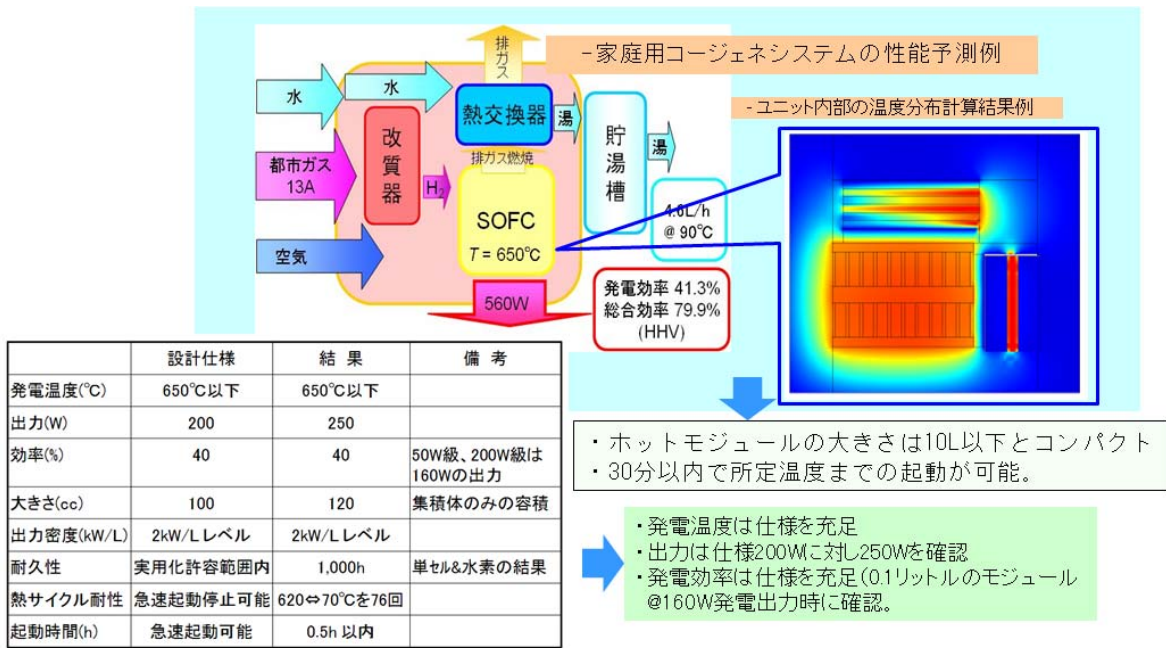


図 Ⅲ. 2-17 : モジュールの実用性評価及び定置用分散電源用途への適用性検討の解析

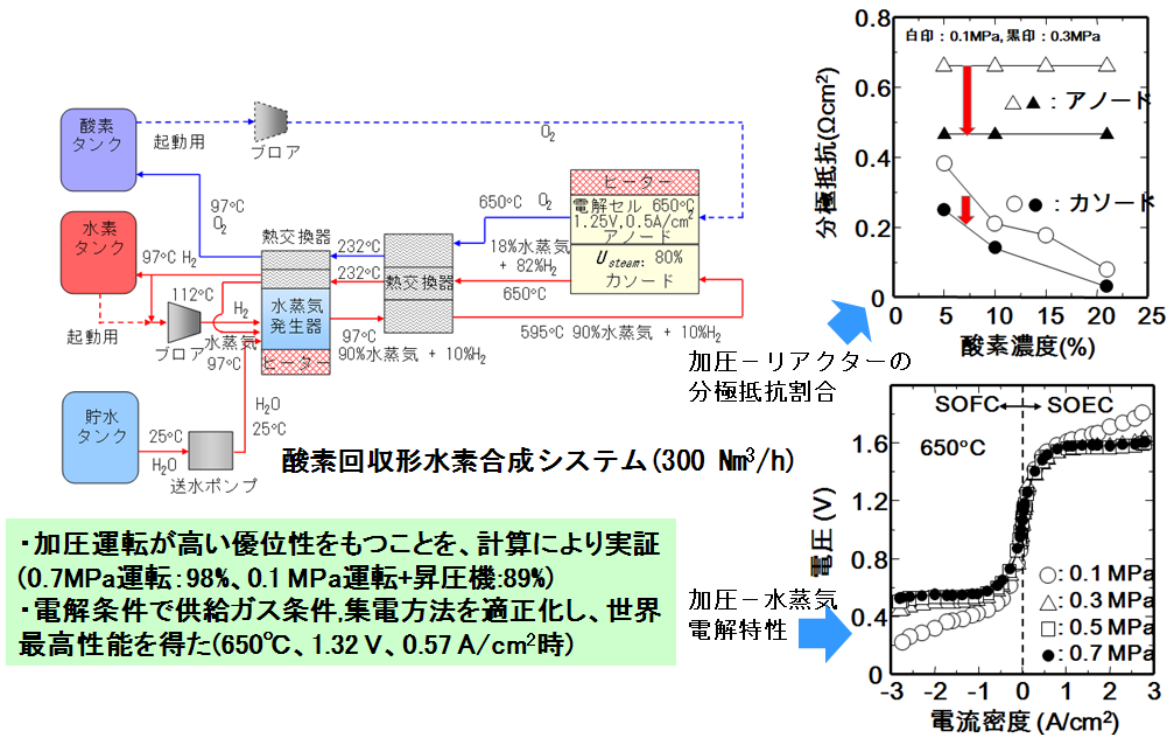
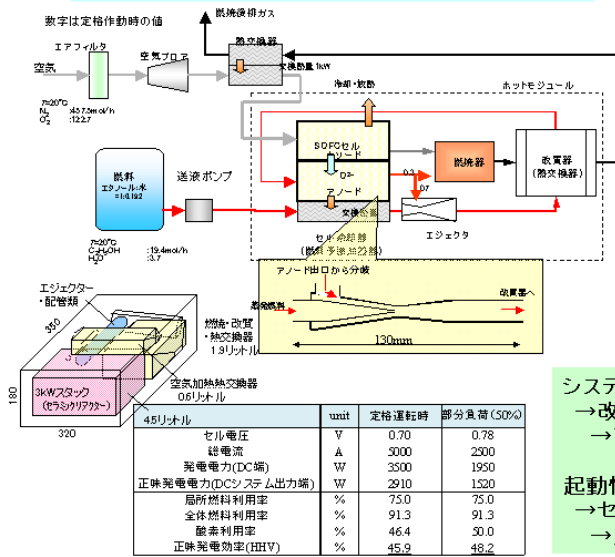
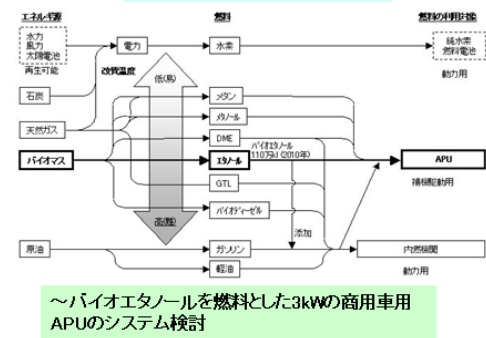


図 Ⅲ. 2-18 : ③-4 水素合成及びモジュール適用性評価の検討結果

### 自動車APU定常運転時のシステム効率解析



### 自動車用の燃料検討



#### システム効率解析

- 改質器・熱交換器等の補機仕様
- 高温部(ホットボックス)の容量を推定
- ・・・20リットル程度:トラック等で十分搭載可能

#### 起動性の検討

- セラミックリアクター・補機類の熱容量
- 定格発電時と同等に加熱、発電開始(550℃)まで15分程度

図 Ⅲ. 2-19: ③-5 自動車応用の検討及びプロトタイプ実証における検討

1. 市場面からの調査研究		
	実施内容	成果概要
①市場調査	セラミックリアクターの適応性に関する概略調査	自動車用、分散型電源、ポータブル用途のそれぞれについてセラミックリアクターに対する概略ニーズおよびポテンシャル市場をまとめた。
②市場調査	セラミックリアクターに対するニーズの明確化、市場規模・社会的波及効果の調査	セラミックリアクターに対するニーズを掘り下げ、また、それぞれの市場規模をまとめた。
③開発動向調査	米国のポータブル等燃料電池開発動向調査 欧州におけるSOFCの小型高効率化あるいは低温作動化に関する研究動向調査	米国主要メーカーを含む5機関の開発状況を調査し、その動向をまとめた。 欧州における低温作動化等の研究開発動向調査しまとめた。
④実用化シナリオ検討	セラミックリアクターの実用化シナリオ調査	ニーズおよび技術的難易度、コスト要件などを勘案し、セラミックリアクターの普及シナリオを描いた。

セラミックリアクター開発プロジェクトの成果創出に資するべく、市場面から見た調査研究を実施

### 米国開発動向調査(2007年6月)における研究事例

調査対象機関	タイプ	開発品及び概要
Materials and Systems Research, Inc.	チューブ型	チューブ型セル: 0.92W/cm <sup>2</sup>
		チューブ型スタック: 300W
	平板型	平板型セル: 3.1W/cm <sup>2</sup> @800℃
		平板型スタック: 0.68W/cm <sup>2</sup>
Protonex Technology, LLC/ Mesoscopic Devices, LLC	チューブ型	250W-75Wのポータブル電源
Asent Power Systems, Inc. / ITN energy Systems, Inc.	平板型	平板型セル: 1.45W/cm <sup>2</sup> @800℃
		20Wのポータブル電源
NanoDynamics Energy, Inc.	チューブ型	チューブ型セル: 2.6-2.7W/セル
		チューブ型スタック: 115W@800℃・85W@700℃
		50Wのポータブル電源

#### ・国外開発動向調査:

- > 米国では小型可搬電源(軍事ニーズ等を含む)として政府資金によりベンチャー企業等で加速推進
- > 欧州では低温作動-小型化によりコジェネやAPU適用の検討を研究プロジェクトで推進

図 Ⅲ. 2-20: ③-6 総合調査研究対象及び米国での開発動向の調査結果

総合調査研究では、国内外の関連情報収集や技術動向調査を実施し、実用化ニーズへの的確な対応を可能とする技術開発の効率的推進を図ることで、セラミックリアクター開発プロジェクトでの成果創出に資することを目的として、調査対象として設定された課題について、特許や文献等による関連分野の開発状況調査・ニーズの明確化と競合技術開発との関係等による課題の位置づけ検討・必要スペックや技術開発課題の抽出（システム検討を含む）、及び当該分野の開発ロードマップ検討・市場化に関する調査（現地調査を含む）を行い、その結果を纏めた。

海外動向調査としては、米国主要メーカーにおけるマイクロ SOFC のポータブル電源、可搬型電源等の開発動向を調べるために、表中記載のヒアリング先を選定し訪問調査を実施した。また、欧州における低温作動・小型化の開発動向を調査し、実用化に向けての検討途上にあることを確認した。

最後に、これら研究開発項目①～③におけるプロジェクトの成果として、論文・特許出願や成果普及等に関するものを挙げると以下の一覧表の通り、十分な成果創出とアピールを行い、高い評価を受けたと言える。

	H17	H18	H19	H20	H21	合計
特許出願	7	10	10	6	6	39件
論文(査読付き)	0	4	20	40	49	113件
研究発表・講演	12	45	81	97	69	304件
受賞実績	0	2	0	2	2	6件
新聞・雑誌等への掲載	2	6	2	1	6	17件
展示会への出展	0	3	2	3	2	10件

表 Ⅲ. 2 - 1 全体成果一覧表

#### IV. 実用化の見通しについて

本プロジェクトは、革新的な次世代リアクターの創製を図り、新規ニーズに対応可能な低温作動化による材料・部材開発の成果を適用して、マイクロセル～キューブ（セルスタック）～モジュール化することにより、低温作動化・急速加熱冷却サイクルへの耐久化・小型高出力密度が可能なリアクターを実現する。プロジェクトの実施期間内では、プロトタイプモジュールの製造プロセス確立と、モジュールの実用性に関する基本性能実証を行ったものである。

本プロジェクト成果の実用化・事業化については、中間評価（2007年度に実施）時点から、図IV-1に示すように、材料・部材開発からモジュール製造に至る垂直連携による研究開発成果の実用化として、小型定置用コージェネレーションシステム（家庭用コージェネ応用等）、自動車用補助電源（APU）等の電源システムへの組み込みが期待されている。例えば、小型車のオルタネータ（発電機）代替や大型・特装車の電力供給システム等、その高効率性や燃料適応性等の特長から、実用化への期待は高い。これらのニーズは本プロジェクトの総合調査研究でも精査を行っているが、特に中間評価以降で、自動車APU用途への開発機運が高まっている状況にある。それは、ここ数年の「地球温暖化対策」「石油等資源問題」が社会的に大きな影響を及ぼして来たことから、いわゆる「次世代自動車」等として、ハイブリッド車から電気自動車への期待が高まったことにより、蓄電池と組み合わせた充電用発電機として燃料電池を捉える視点がクローズアップされて来たことにも影響されている。

また、一方で、本プロジェクトにおける製造プロセス技術開発の成果として、材料・部材の供給面からの実用化は近い将来に期待される。すなわち、低温項活性材料開発による新規高性能電極材料や導電部材、あるいは発電ユニットのインターフェース材料は、高温の電気化学モジュールへの適用が期待されるものであり、従来型燃料電池の改良等で導入されることも見込まれる。これらの波及的な展開も含めた、プロジェクト全体の成果展開の流れを図IV-2に示す。

これらの実用化・事業化の進展により、2050年には1兆円を超えるような大きな市場効果も当初から期待されているところである。この状況は中間評価時点から大きな変化は無く、家庭用小型コージェネについては、固体高分子型燃料電池（PEFC）によるシステムが上市される段階に至り、今後の新エネルギー／省エネルギー関連の各種システムの開発や実用化の進展により、単純予測は容易ではないが、概ね現在の方向性は維持あるいは加速されているものと考えられる。参考までに、本プロジェクト成果の実用化展開を想定した、小型定置用コージェネレーション事業化のロードマップを図IV-3に示す。

中間評価段階から、本プロジェクトで主要な応用対象として設定されている小型コージェネレーションシステムや、自動車補助電源システム（APU）に加えて、ポータブル電源や小型駆動機器用電源へのいわゆる“マイクロSOFC”の適用性への期待が急速に高まっている背景状況があり、当時その研究開発分野が盛んであった米国の動向調



査を行ったが、その後の各開発実施者の変遷等の推移はあるが、周辺システムの開発状況を踏まえ、高性能のコアモジュールを供給することにより、比較的早期の市場化も益々期待される状況にあるといえる。野外活動や工事現場及び遠隔地等でのポータブル電源へのニーズは、その利便性に対して、高効率性・清浄性・静謐性から大いに期待される。同様に、移動型の電気機器、電動車椅子等の小型電動駆動型機器における蓄電池の代替や補完、さらには将来的にはロボットの電源としても期待される。これらセラミックリアクターの様々な適用シナリオを、概要として図IV-4に、同じく様々な波及適用における技術的難易度の比較を図IV-5に示す。

プロジェクト成果の展開として、マイクロハニカム型 SOFC 等を利用した、小型可搬電源想定発電デモンストレーションへの取り組みも行っており、今後、上記のポータブル電源等へのニーズ対応の努力により、応用展開と実用化の加速が期待されるものである。

また一方で、夜間電力利用等のエネルギー需給平準化の効果を期待した、水素製造の分散型プラント（水素ステーション）への適用も期待される。本プロジェクトの検討結果からは、適用システムとしての規模や運転条件等の検討をさらに進めて最適化を図る必要が認められた。さらに、都市環境保全への取り組みとして、ニアゼロエミッション化を可能とするような、自動車等の輸送分野や分散型エネルギーシステム等におけるエンジン排気ガス浄化（特にディーゼルエンジン排ガス）についても、次世代自動車あるいはディーゼルハイブリッド車の開発動向に大きく影響されるが、2010年代の後半以降での新規適用可能性の有る技術として、電気化学リアクターは相変わらず注目されているところである。

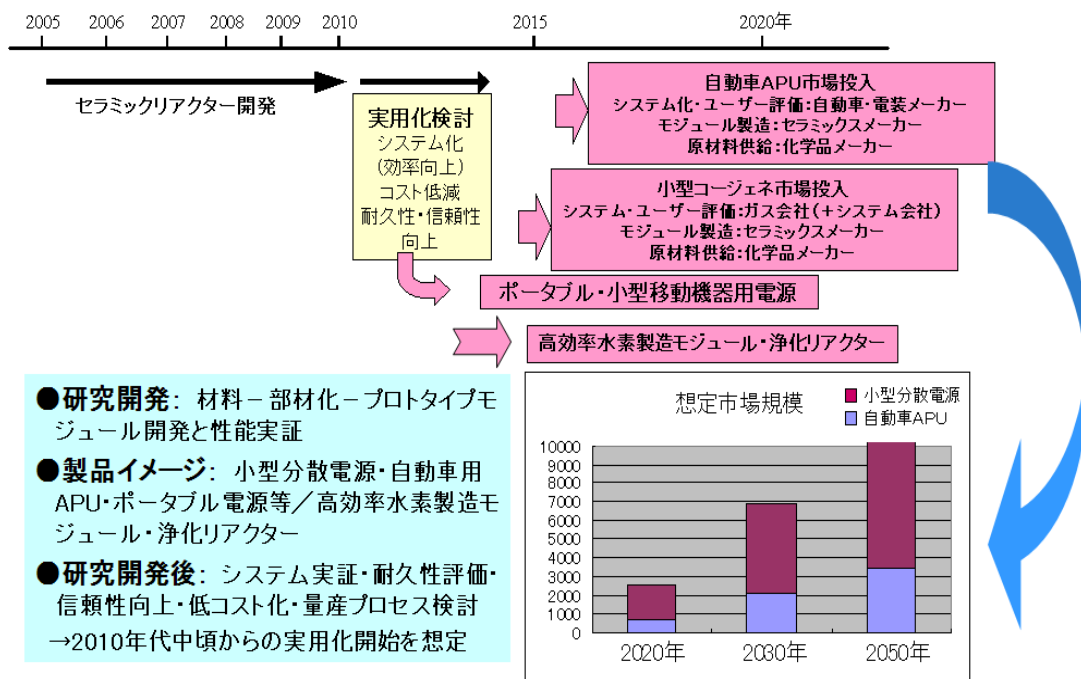


図 IV-1 : プロジェクト全体の実用化・事業化

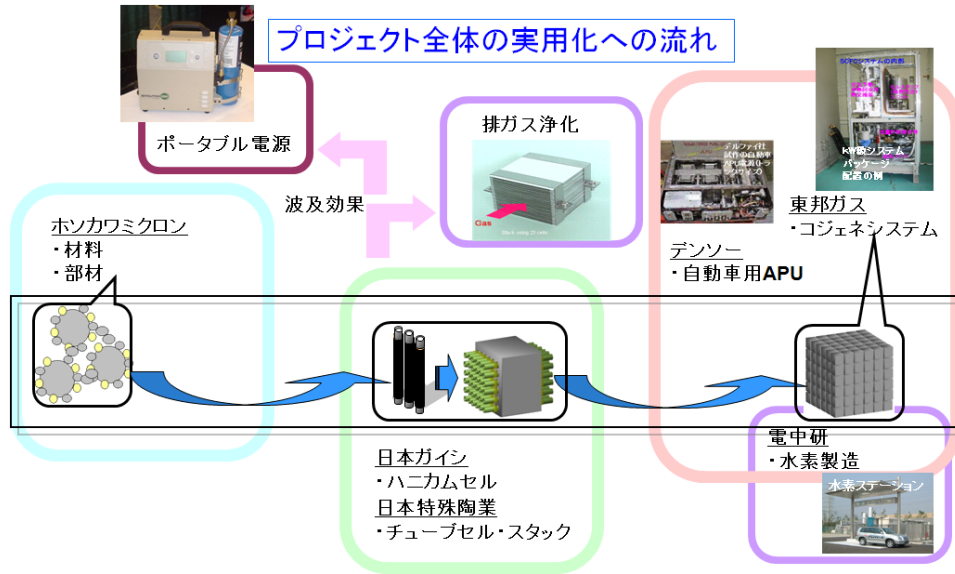


図 IV-2 : プロジェクト全体の实用化への流れ

年度	H15	16	17 2005	18	19	20	21	22 2010	23	24	25	26	27 2015
ガスエンジン (エコウィル)	第一世代機市場導入 (発電効率20%)		第二世代機市場導入 (発電効率22.5%)				第三世代機市場導入 予定(発電効率 25%級)						
エネファーム (PEFC)	実証研究		大規模実証事業				市場導入(発電効率37%)						
SOFCC (従来形式)	システム開発		実証研究 規制緩和 29台/年 ~ 101台/年				市場導入予定 (発電効率45%級)						
セラミックリアク ター			セラミックリアクター開発 (本研究開発)				NEDO継続研究(実用モジュール)				2015以降 市場導入		
							0.5kW級SOFCコージエ ネシステムの実用化開発 (コンパクト、高効率、起動停止)				...		

図 IV-3 : 小型定置用コージネレーション事業化のロードマップ

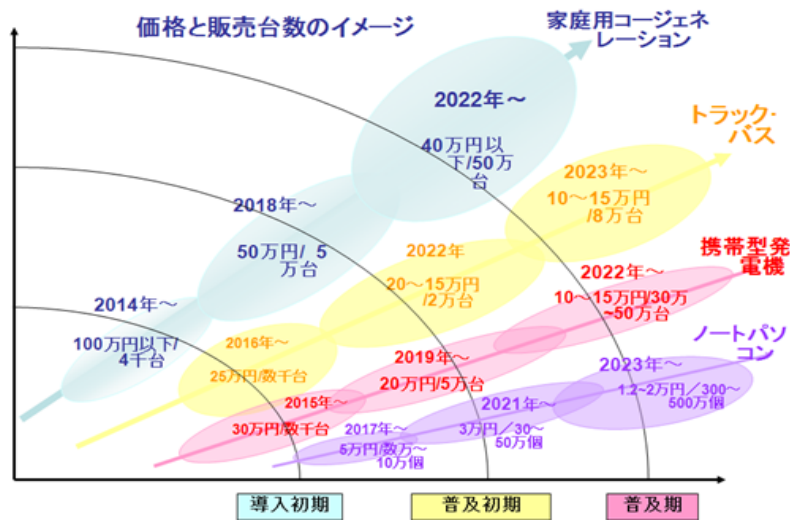


図 IV-4 : セラミックリアクターの様々な適用シナリオ  
IV-3

用途分野		定格出力	要求機能
自動車	既存乗用車(ガソリン)	1~3kW	起動時間の短縮、発電効率、繰返し安定性
	HEV・PHEV・EV	300W~500W、10kW~20kW	電力密度と発電効率
	冷凍車(中小型)	小型1.5kW、中型3kW	寿命、発電効率、繰返し安定性
	冷凍車(大型)	10kWクラス	
	バス	マイクロバス5kW程、大型10kW以上、大型観光バス最大で15kW	
	特装車・特殊車	キャンピングカー、救急車は3kW、道路作業車、電源車、照明車は10kW以上	
発電機	家庭用コージェネ	1kW前後	長期信頼性、メンテナンスフリー
	業務用コージェネ	数kW~100kW程度	長期信頼性
	発電機(携帯型)	レジャー用500~1kW、業務用1~3kW	安全性
	発電機(可搬型)	20~50kW	耐振動、耐湿
電動車両	電動車いす	500W以下	安全性、排熱対策
	電動3/4輪車、自転車	500W以下	安全性、排熱対策
	電動2輪車	500W以上	耐振動、耐湿
	ノートパソコン	数十W~100W	安全性、排熱対策
	介護福祉用ロボット、サービス代行ロボット	数Wクラスから数kW	安全性、排熱対策

図 IV-5 : セラミックリアクターの様々な波及適用における技術的難易度

# ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画

## 1. 目的

このプログラムは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすることを目的とする。

## 2. 政策的位置付け

### ○第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

- ・「ナノテクノロジー・材料分野」は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野（重点推進4分野）の一つに指定、優先的に資源配分することとされている。
- ・我が国の材料技術は、基礎研究から応用研究、素材、部材の実用化に至るまでの全ての段階において世界のトップレベルを堅持しており、我が国製造業の国際競争力の源泉となっている。

### ○「イノベーション25」（2007年6月閣議決定）

- ・「ナノテクノロジー・材料分野」は、中長期的に取り組むべき課題として、「1. 生涯健康な社会形成」、「2. 安全・安心な社会形成」、「4. 世界的課題解決に貢献する社会形成」、及び「5. 世界に開かれた社会形成」の分野に位置付けられている。
- ・所要の措置を講じていくことが必要である事項として以下の点が指摘されている。
  - ・学際領域・融合領域における教育等人材育成、拠点形成
  - ・社会受容を促すための積極的な取り組み
  - ・知的財産確保のための戦略的な取り組み

### ○「経済成長戦略大綱」（2006年7月財政・経済一体改革会議）

- ・「我が国の国際競争力の強化」の取り組みとして、高度な部品・材料産業やモノ作り中小企業の強化が掲げられている。
- ・「技術戦略マップ」の活用等により、ユーザー企業との垂直連携による研究開発を推進することを通して、我が国経済発展の基盤である高品質、高性能な部品・材料産業の強化を図ることが今後の取組として記載されている。

### ○「新産業創造戦略2005」（2005年6月経済産業省）

- ・部材分野は、新産業群の創出を支える共通基盤技術として位置づけられている。
- ・「高度部材・基盤産業」の集積を形成していることが、「ものづくり」に不可欠な基盤技術のネットワーク化を通じた現場レベルでの迅速かつ高度な摺り合わせを可能としており、我が国「ものづくり」の強みの源泉となっていると記載されている。

## 3. 達成目標

- ・世界に先駆けて、ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を実現する。

- ・我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに部材産業の付加価値の増大を図る。
- ・ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。
- ・希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

#### 4. 研究開発内容

[プロジェクト]

##### I. ナノテクノロジーの加速化領域

ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を加速・促進する。

###### (1) 異分野異業種ナノテクチャレンジ（運営費交付金）

###### ①概要

革新的なナノテクノロジーの研究開発を促進し、キーデバイスの早期実現を目指すため、大学や研究機関などの川上と企業などの川下の連携、異業種異分野の連携による提案公募によって、ナノテク実用化に向けたチャレンジを支援する。

###### ②技術目標及び達成時期

マテリアル・プロセス研究、加工・計測技術研究、昨今の環境意識向上に対応した研究、社会課題を解決するための基盤技術研究に加え、異分野等の融合研究を推進することにより、2011年度までにナノテクノロジーの産業化のための基盤的技術を確認し、実用化を図る。

###### ③研究開発期間

2005年度～2011年度

##### II. 情報通信領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して既存技術の微細化の壁を突破し、電子デバイス・光デバイスで世界をリードするとともに、高度化された製造技術の開発を行う。

###### (1) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発—うち新材料・新構造ナノ電子デバイス（運営費交付金）

###### ①概要

従来の半導体は、性能の向上（高速化、低消費電力化、高集積化）を確保するために微細化が進められてきたが、絶縁性、誘電率等の物理的限界、微細化に伴う製造コストの増大など、集積度向上によるメリットが十分達成されなくなっている。

本研究開発では、シリコンで培った微細化技術やデバイス原理を活用しながら、シリコン材料の物理的限界を突破するための“新材料”および“新（デバイス）構造”の開発を行い、次世代の電子デバイス技術を確立する。

###### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、産業界が10年後を見据えた将来の電子デバイスを開発する際

に、産業技術として活用できるかどうかの実現可能性を見極め、また技術シーズを確立する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト（運営費交付金）

①概要

将来のエレクトロニクスにおいて中核的な基盤技術となり得るスピントロニクス技術（電子の電荷ではなく、電子の自転＝「スピン」を利用する全く新しいエレクトロニクス技術）を確立するため、強磁性体ナノ構造体におけるスピンの制御・利用基盤技術を開発し、我が国が世界に誇るシーズ技術を核として、産学官の共同研究体制を構築し、将来の中核的エレクトロニクス技術における我が国の優位性の確保を図る。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、超高集積で高速な不揮発性メモリとして期待されるスピンメモリのための基盤技術を確立する。また、新ストレージ・メモリデバイス、不揮発性スピン光機能素子、スピン能動素子等の新しい動作原理によるスピン新機能素子の実現のための基盤技術を確立する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発—うち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

窒化物系化合物半導体は、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、重要なデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減への貢献を期待されている。このため、従来の半導体材料では実現出来ない領域で動作可能なハイパワー・超高効率の電子素子、超高速電子素子等の作成に必要な窒化物系化合物半導体先進技術の国際競争力を強化すべく、高品質かつ大口径単結晶基板、高品質かつ大口径エピタキシャル成長技術等の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

1) 基板技術（Ga<sub>2</sub>N、AlNバルク結晶作製技術）

・口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。

2) エピ技術（エピタキシャル成膜及び計測評価技術）

・低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。  
・高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現

・高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 三次元光デバイス高効率製造技術（運営費交付金）

①概要

波面制御素子による空間光変調技術を確立し、ガラス中に三次元造形を高精度に一括形成できるプロセス技術を開発する。この技術を用いて、具体的な光デバイスを作製し、当該技術の有効性の確認と市場への早期参入のための基盤技術を確立する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに波面制御素子による空間光変調技術を用いたフェムト秒レーザー照射技術等を確立し、高精度の光デバイスを高速に作製できるプロセス技術を開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 低損失オプティカル新機能部材技術開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

近接場光の原理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発\*（運営費交付金）（再掲）

①概要

製造工程等の省エネルギー化を実現するために行う。従来、表示デバイスの製造には、真空蒸着と高温下での焼成と、それに伴う排ガス排水処理が必須であった。これを、ロールtoロール方式に代替することで常圧、常温下での製造を実現し、フレキシブルな薄型ディスプレイを製造する。そのために、有機TFT材料およびコンタクトプリント技術等を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術的目標及び達成時期

2009年度までに、実用化に向けた実証のための巻き取り方式ディスプレイのプロトタイプを試作する。またフレキシブルデバイス材料開発に貢献する部材ならびに薄膜複合化技術を開発し、これらをパネル化するための実用化技術を確立する。

③研究開発期間

2006年度～2009年度

(7) 半導体機能性材料の高度評価基盤開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

情報通信機器の高機能化や低消費電力化等の要求を満たす半導体集積回路を実現するため、新たな機能性材料開発に貢献する評価基盤技術を開発し、さらに開発した機能性材料を半導体及び半導体集積回路に適用できる統合的なソリューション技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術的目標及び達成時期

2011年度までに、半導体デバイス性能に直結する接合素子の性能性及び信頼性等、半導体製造プロセス全体を俯瞰しつつ、機能性材料開発が可能となる評価基盤技術を開発し、開発した機能性材料を用いた統合的なソリューションが提案できる材料評価基盤を構築する。

③研究開発期間

2009年度～2011年度

Ⅲ. ライフサイエンス・健康・医療領域

ナノテクノロジーを駆使して初めて可能となる診断・治療により革新的な医療を実現する。

(1) 次世代DDS型悪性腫瘍治療システムの研究開発事業（運営費交付金）

①概要

DDSのさらなる裾野の拡大、及び早期実用化を目指し、様々な外部エネルギー（機器技術）と薬剤技術を組み合わせることにより、比較的人体の深部にある臓器（肺、消化器）等のがんを対象としたDDS型治療システムの開発を行う。

②技術目標及び達成時期

光線力学治療システムの前臨床試験の開始及び治療効果・安全性の検証と、超音波診断・治療システムの前臨床試験を可能とする薬剤及び装置の完成に関する開発を難治性がんの治療に向けて行う。

③研究開発期間

2006年度～2009年度

(2) 個別化医療実現のための技術融合バイオ診断技術開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

我が国が有する微細加工技術・表面処理技術といったナノテク等の強みを活かし、染色体異常を高感度、高精度かつ迅速、安価で非コード領域までを検出するゲノムアレイや解析基盤技術開発を行うとともに、全自動解析システムの開発を行う。



## ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、BAC（染色体の断片）を用いた非コード領域を含むゲノム全領域を検出できる高精度ゲノムアレイを開発する。さらに、臨床現場において、微量サンプル（数ナノグラム）から、12時間以内に染色体異常（増幅、欠失、コピー数多型等）を、低コストかつ定量性・再現性を確保して検出ができる自動染色体異常解析システムのプロトタイプを開発する。

## ③研究開発期間

2006年度～2010年度

### (3) 分子イメージング機器研究開発プロジェクト（運営費交付金）

#### i) 生活習慣病超早期診断眼底イメージング機器研究開発プロジェクト

##### ①概要

細小血管の分子レベルでの代謝機能を非侵襲で可視化する細胞代謝イメージングを実現し、代謝異常を細胞レベルで観察することにより、生活習慣病に起因する血管病変等合併症の早期の診断・治療を図る。

##### ②技術目標及び達成時期

2009年度までに、ナノテクノロジーを活用した光学基盤技術等を確立することにより、細胞やタンパク質レベルの組織診断を可能とする機器を開発する。

##### ③研究開発期間

2005年度～2009年度

#### ii) 悪性腫瘍等治療支援分子イメージング機器研究開発プロジェクト

##### ①概要

良性・悪性の区別も含めた腫瘍の超早期診断を実現するため、悪性腫瘍に特異的に反応する標的物質を利用することにより生体細胞の分子レベルの機能変化を抽出・検出できる機器の開発を行う。

##### ②技術目標及び達成時期

2009年度までに、全身で3mm、局所で1mmの分解能を有する分子イメージング機器を開発する。

##### ③研究開発期間

2005年度～2009年度

#### iii) 新規悪性腫瘍分子プローブの基盤技術開発

##### ①概要

分子イメージングにおいて、病変を可視化する分子プローブの開発を一層強化・促進するため、分子プローブの基盤要素技術と評価システムの開発を行う。

##### ②技術目標及び達成時期

2009年度までに、新規の近赤外蛍光分子プローブ及び小動物用近赤外蛍光イメージングシステムを試作し、同システムを用いて分子プローブのがん特異性を定量的に評価するための条件等を明らかにする。

##### ③研究開発期間

2008年度～2009年度

#### IV. エネルギー・資源・環境領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して、エネルギー・資源・環境等の社会的制約を克服すると同時に我が国の強みであるナノテク関連産業・部材産業の競争力を強化する。

##### (i) エネルギー制約の克服

###### (1) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発（運営費交付金）（再掲）

###### ①概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料（CFRTP）の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

###### ②技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、高速成形技術、接合技術及びリサイクル技術を開発する。

###### ③研究開発期間

2008年度～2012年度

###### (2) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発（運営費交付金）（再掲）

###### ①概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を持つ壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

###### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率（熱の伝わりやすさ）が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ10mm程度の超断熱壁材料および熱貫流率が $0.4\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、光（可視光）透過率が65%以上（Low-Eガラス使用）、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を実現する。

###### ③研究開発期間

2007年度～2011年度

###### (3) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト（運営費交付金）（再掲）

###### ①概要

高純度、高密度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いた従来よりも格段にパワー（電力）と蓄電量が大きなキャパシタを開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

## ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、20Wh/Kgの高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。

## ③研究開発期間

2006年度～2010年度

## (4) 革新的省エネセラミックス製造技術開発（運営費交付金）（再掲）

### ①概要

小型炉設備で生産可能な小型セラミック中空ユニットを複数組みあわせることで、これまでその製造が難しかった複雑形状かつ大型セラミックス部材を省エネで製作することができる革新的なセラミック部材製造技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

### ②技術目標及び達成時期

2013年度までに、高機能化された小さな精密ブロックを立体的に組み上げ、高効率で接合、一体化をし、複雑形状や大型の部材を製造可能とする革新的なプロセス技術の基盤を確立し、高耐性部材、高温断熱部材及び高比剛性部材の試作を行う。

### ③研究開発期間

2009年度～2013年度

## (5) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発（運営費交付金）（再掲）

### ①概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融（インフライトメルティング法）し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

### ②技術目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

### ③研究開発期間

2008年度～2012年度

## (6) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト（運営費交付金）（再掲）

### ①概要

革新的な高効率送電技術を確立して高温超電導ケーブルの実用化を促進するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材（DIBSCCO等）を活用し、首都圏の系統に接続する実証試験及び評価を行う。

なお、本事業は、発電用施設による電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである

る。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

③研究開発期間

2007年度～2012年度

(7) 発電プラント用超高純度金属材料の開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

超高純度金属材料を発電設備の蒸気配管等に実用化することを目指し、高純度金属材料の高度化に向けた低コスト・量産化製造技術を開発し、実使用環境における超高純度金属材料の耐久性試験等を行う。

なお、本事業は、発電用施設における電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2010年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料が発電プラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って発揮できることを確認する。

③研究開発期間

2005年度～2010年度

(8) セラミックリアクター開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

低温域かつ高効率なエネルギー変換を可能とする次世代型セラミックリアクターの実現のため、世界最高効率の燃料電池マイクロセルの集積構造技術等の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、新電解質材料の適用や電極反応の高効率化等による、低温作動時（650℃以下）での出力性能を向上させる材料技術と共に、マイクロセルの集積構造化や精緻なインターフェース構築のための製造プロセス技術を開発。そして、これらの技術を統合することにより、次世代型セラミックリアクターとしてのプロトタイプモジュール実証（出力性能2kW/L等）を行う。

③研究開発期間

2005年度～2009年度

(ii) 資源制約の克服

(1) 希少金属代替材料開発プロジェクト（運営費交付金）

①概要

ハイテク製品の製造に不可欠であり世界的な需給逼迫が懸念されるレアメタル（タングステン、インジウム、ディスプロシウム）について、ナノテクノロジー等の最先端技術を活用して、代替材料開発・使用量削減を行う。なお、平成21年度からは、これまでの対象3鉱種に加えて、白金、セリウム、テルビウム等も研究開発の対象とする。

## ②技術目標及び達成時期

タングステン、インジウム、ディスプロシウムについては2011年度までに、白金、セリウム、テルビウム等については2013年度までに、使用原単位について現状と比較して削減ができる製造技術を開発し、ユーザー企業、大学等の外部機関に対して機能評価のためにラボレベルで提供（試料提供）できる水準に至るまでの技術を確立することを目標とする。また、製品の機能や製造コストは現状と同等であることを少なくとも維持することを前提とする。

〔対象元素〕

- ・超硬工具向けタングステン（W）
- ・透明電極向けインジウム（In）
- ・希土類磁石向けディスプロシウム（Dy）
- ・排ガス浄化向け白金族（Pt）
- ・精密研磨向けセリウム（Ce）
- ・蛍光体向けテルビウム、ユーロピウム（Tb、Eu）

## ③研究開発期間

2007年度～2013年度

### (iii) 環境制約の克服

#### (1) グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発

##### ①概要

化学品等の製造プロセスにおけるシンプル化、クリーン化、原材料・資源の多様化・有効利用、更に、廃棄物の減容化、容易なりサイクル等を実現し、産業競争力強化、国際規制の先取りを図って、将来にわたっても持続的に化学品等を製造するための必要なGSC（グリーン・サステイナブルケミカル）プロセスを開発する。

##### ②技術的目標及び達成時期

2015年度までに、有害な化学物質を削減できる又は使わない革新的な製造プロセス、廃棄物、副生成物を削減できる革新的な製造プロセス、資源生産性を向上できる革新的な製造プロセスの開発を行う。

##### ③研究開発期間

2008年度～2015年度

#### (2) 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発\*（運営費交付金）（再掲）

##### ①概要

マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指

す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反應場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システムの小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### ②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反應場を構成することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

#### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

### (3) 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト（運営費交付金）

#### ①概要

我が国で発見された光触媒技術の新産業分野開拓を目指し、サイエンスにさかのぼることにより、紫外光のみならず、可視光レベルでの性能・機能の飛躍的な向上のための技術基盤を構築する。これにより、従来では困難とされてきた医療関連分野や住宅建材分野、環境関連分野等に光触媒技術を導入し、光触媒の最大のメリットである自然エネルギーを利用した安心・安全な環境を提供できる技術を開発する。

#### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、材料レベルで紫外光応答型2倍、可視光応答型10倍の感度向上を達成し、その高感度光触媒を適用した薄膜プロセス技術の基盤技術を確立する。

#### ③研究開発期間

2007年度～2011年度

### (4) 高感度環境センサ部材開発\*

#### ①概要

ダイオキシンをはじめとする極微量有害有機物質を超高感度で安価かつ簡易に計測するために、高感度セラミックセンシング材料を用いた環境センサーを開発する。

#### ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、ダイオキシン類、エストラジオール及びビスフェノールAについて、0.001ng・mlの濃度において有意な電気信号として検出し得る小型・携帯型計測器に挿入可能な寸法のセンサ部材の開発を目標とする。

#### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

## (5) 次世代高信頼性ガスセンサー技術開発（運営費交付金）（再掲）

### ①概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサ素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサー（COセンサー・メタンセンサー）を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジー及びMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性（数百ppm以下の故障率）、低コストなCOとメタンのセンサーを開発する。

### ③研究開発期間

2008年度～2011年度

## V. 材料・部材領域

極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域について、ユーザー製造業等との連携（川上・川下連携）を促進し、高度な部材産業群の「すり合わせ力」を一層強化する。

### (1) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発（運営費交付金）（再掲）

#### ①概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造体を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる(1)高級鋼厚板(高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼)溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術(高密度・清浄熱源溶接技術)、及び金属組織制御技術を基本とする材料技術(クリープ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた)の開発、(2)部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術(駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた)の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板(高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼)の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

#### ③研究開発期間

2007年度～2011年度

### (2) 超ハイブリッド材料技術開発（運営費交付金）

#### ①概要

従来実現が不可能と考えられていた相反する複数機能(トレードオフ機能)を両立できる材料を、異種素材の組合せ(ハイブリッド化)により実現するための技術を開発する。要素技術として、異種材料間の界面挙動をシミュレーション技術等により解明し、

ナノレベルよりもさらに微小な原子・分子レベルでのハイブリッド化構造・配列制御のための合成技術を開発する。従来の単一材料では実現困難であったトレードオフの性能を引き出すことで、自動車用構造材料、パワーデバイス用材料、光学材料等を出口イメージとした、高機能革新部材製造に必要な技術基盤を開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、電気・電子材料、光学材料、その他工業材料について従来材料では実現できなかった相反機能を解消するとともに、市場評価が可能な成果物を供試し、市場（ユーザー）から、客観的な実用化研究開発課題を抽出する。また、単なる相反機能の解消ではなく、相反機能を制御・実現する技術を開発する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) 先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発\*（運営費交付金）

①概要

電界紡糸や熔融紡糸等により創製される極微細な繊維状材料に対してナノオーダーの成形加工や微細な界面加工ならびに複合化することで材料を高機能化した革新的部材を創出する。高機能新材料を求めるユーザーの要望を満たす繊維の極微細加工と高次複合化を解決する基盤技術開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、電界紡糸法による繊維高機能化、大型装置化技術およびナノ熔融分散紡糸法による超極細炭素繊維製造技術を開発し、これら基盤技術を活用して、高性能・高機能電池用部材、高性能・高機能フィルター用部材、高性能・高機能医療衛生用・産業用部材を開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 次世代光波制御材料・素子化技術\*（運営費交付金）（再掲）

①概要

ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発（運営費交付金）



### ①概要

複合化金属ガラス（金属ガラスマトリックス中に第二相として微結晶や微粒子または微小空隙等を分散させたもの）を創製して、次世代高密度記録媒体、超微小モータ用部材および高強度・高導電性電気接点部材を開発する。

### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、複合化金属ガラス合金を創製し、従来の金属ガラス単層合金の持つ優れた特徴に加えて、塑性加工性、硬磁気特性、高電気伝導性等を付与する。この複合化金属ガラスの新規特性を用いて、従来の金属ガラス単層合金では為しえなかった革新的部材の開発を行い、さらに多様な工業製品に応用することで、我が国産業の優位性を確保する。

### ③研究開発期間

2007年度～2011年度

## (6) マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト\*（運営費交付金）

### ①概要

マグネシウム合金部材について、製品歩留まりが高く、高耐疲労性を付与する鍛造技術の開発を行う。また、循環型素材としてのマグネシウム合金部材の特性を活かし、リサイクル材の鍛造用ビレット化に係る課題抽出を行う。当該技術開発により、マグネシウム鍛造部材製造技術の基盤を構築し、我が国の家電、自動車等の川下産業の競争力の強化に不可欠な高度部材を供給する。

### ②技術目標及び達成時期

2010年度までに高強度・高耐疲労・加工性に優れたマグネシウム鍛造技術を確立する。

### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

## VI. 共通基盤領域

ナノテクノロジー、部材分野の研究開発に必要な加工・計測・解析技術等の共通基盤の確立とともに、リスク不安に対処したリスク管理手法を開発し、社会に貢献する産業化の支援を相互的に推進する。

### (1) ナノ粒子の特性評価手法開発（運営費交付金）

#### ①概要

ナノ粒子のキャラクタリゼーション、計測技術の確立とともに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びナノテクノロジーによるリスク不安に対処したリスク管理手法を開発する。

#### ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びリスク評価手法を開発し、ナノ粒子のリスク評価及び管理の考え方の提言を行う。

#### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

注：\*印のある研究開発プロジェクトは、2006年度より開始された新産業創造高度部材基盤技術開発の一環として実施しているもの。

## 5. 政策目標の実現に向けた環境整備（関連施策）

ナノテクノロジーは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの分野における科学技術の進歩や課題解決に貢献する重要な技術シーズである。そのため、ナノテクノロジーの研究開発と一体となった関連施策を実施することで、その成果を市場に出していくことが重要である。主な関連施策を、以下に示す。

### 〔技術戦略マップ〕

- ・NEDO及び経済産業省では、技術戦略マップを策定、毎年改訂し、ナノテクノロジー・部材分野の将来の方向性を見定めながら、合理的かつ効果的な研究開発プロジェクトを推進している。また、技術戦略マップを活用して、多様な連携（川上川下の垂直連携、異業種間の水平連携など）による研究開発を促進、支援し、当該分野の技術革新を促進している。

### 〔サンプル提供・実用化促進〕

- ・NEDOでは、実施するナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクト成果のサンプルを対象として、それらを活用した用途の開発、実用化ないし製品化提案を有する企業とのマッチングを図ることで、プロジェクトの事業化を促進する取組みを実施してい

### 〔基準・標準化〕

- ・経済産業省では、ナノテクノロジー関連の研究開発成果を社会及び市場等に普及するための環境整備として、ナノテクノロジーの標準化活動（ISO/IEC、JIS）を推進している。

### 〔広報〕

- ・ナノテクノロジーに関する先端技術及び製品等の世界最大の展示会である「nano tech」が毎年日本で開催されている。

### 〔社会受容〕

- ・ナノテクノロジーの産業化の推進とともに、ナノ粒子のキャラクタリゼーション技術や人の健康や環境に及ぼす影響等の潜在的な課題に関する知見を蓄積する等のナノテクノロジーの社会受容に対する取組みを推進している。
- ・経済産業省では、2006年度から「ナノ粒子の特性評価手法開発」を開始し、工業ナノ粒子の有害性評価手法、また、そのリスク評価手法の確立を目標としたプロジェクトを開始しているところ。
- ・OECDでは、2006年9月、化学品委員会に工業ナノ材料作業部会（WPMN）が設置され、代表的な14種の工業ナノ材料について、試験計画の合意と試験実施を目的とする「スポンサーシッププログラム」が実施されている。スポンサーシッププログラム対象物質のうち、カーボンナノチューブ（単層、多層）、フラーレンの3物質については日本が中心となって担当し、「ナノ粒子の特性評価手法開発」等の成果で貢献している。

### 〔人材育成〕

- ・経済産業省では、「製造中核人材育成事業」を実施しており、産学連携による波及効果の高い人材育成プログラムを開発、実践している。ナノテクノロジー関連の人材育成プログラムも複数実施している。

(例) ナノテク製造中核人材の養成プログラム

概要：情報家電、燃料電池、ロボット、医療機器、バイオ等の応用分野において、その産業の基盤と創出を支える中堅企業を対象として、「基礎加工技能・技術、特殊な要素技能・技術に習熟し、製造技術の高度化を図る人材」及び「豊富なナノ加工プロセスの知識や先端機器を使いこなすノウハウ等を習熟し、製造現場の技能・技術を統括できず人材」を育成するもの。

- ・ N E D Oでは、我が国の産業技術の発展のため、先端分野や融合分野の技術を支える人材の育成と、人的交流の面から産学連携を促進するための「場」の形成を促進する取組みを実施している（N E D O特別講座）。具体的には、優れた成果を生み出しつつあり、大学が技術の中核となっている研究開発プロジェクトをコアプロジェクトとし、そのプロジェクトリーダーの所属大学に拠点を設置し、関連技術の人材育成、人的交流の拡大、周辺研究の実施を行うもの。ナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクトも複数実施している。

〔関係機関との連携〕

- ・ ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発—うち新材料・新構造ナノ電子デバイスプロジェクト、希少金属代替材料開発プロジェクトにおいては、文部科学省との合会議を設置するなど、連携しつつプロジェクトを推進している。

〔他省庁との連携〕

- ・ 総合科学技術会議／連携施策群において、「ナノバイオテクノロジー」「ナノテク研究推進と社会受容」等が設置され、関係省庁と連携して実施している

## 6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

## 7. 改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け制定。
- (2) 平成14年2月28日付け制定。材料ナノテクノロジープログラム基本計画（平成12・12・27工総第16号）は、廃止。
- (3) 平成15年3月10日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成14・02・25産局第8号）は、廃止。
- (4) 平成16年2月3日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成15・03・07産局第1号）は、廃止。
- (5) 平成17年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成16・02・03産局第7号）は、廃止。
- (6) 平成18年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成17・03・25産局第4号）は、廃止。
- (7) 平成19年4月2日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成18・03・31産局第13号）は、廃止。
- (8) 平成14年2月28日付け制定。
- (9) 平成15年3月10日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成14・02・25産局第9号）は、廃止。
- (10) 平成16年3月7日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成15・03・07産局第5号）は、廃止。
- (11) 平成17年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成16・03・07産局第5号）は、廃止。
- (12) 平成18年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成17・03・25産局第3号）は、廃止。
- (13) 平成19年4月2日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成18・03・31産局第14号）は、廃止。
- (14) 平成20年4月1日付け、ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成19・03・20産局第1号）および革新的部材プログラム基本計画（平成19・03・19産局第4号）は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (15) 平成21年4月1日付け制定。ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画（平成20・03・24産局第1号）は、廃止。

# エネルギーイノベーションプログラム基本計画

## 1. 目的

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。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。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、長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

エネルギー安全保障の確立や、世界全体の温室効果ガスを2050年までに半減するという長期目標を達成するため、以下に政策の柱毎に目的を示す。

### 1-I. 総合エネルギー効率の向上

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

### 1-II. 運輸部門の燃料多様化

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、我が国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030年に向け、運輸部門の石油依存度が80%程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

### 1-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

### 1-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時にCO<sub>2</sub>を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

### 1-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

## 2. 政策的位置付け

- 低炭素社会づくり行動計画（2008年7月閣議決定）

2008年6月の福田総理（当時）のスピーチ「福田ビジョン」等を受け、我が国が低炭素社会へ移行していくための具体的な道筋を示すため、国全体を低炭素化へ動かす仕組みや革新的な技術開発、国民一人ひとりの行動を促すための取組について策定。

「環境エネルギー技術革新計画」や「Cool Earth－エネルギー革新技術計画」等に表示された革新的技術の開発に5年間で300億ドル程度を投入するという具体的な目標が示された。
- 環境エネルギー技術革新計画（2008年5月）

温室効果ガスの大幅な削減を目指すだけでなく、エネルギー安全保障、環境と経済の両立、開発途上国への貢献等を考慮し、以下の戦略等を策定。

  1. 低炭素社会実現に向けた我が国の技術戦略
  2. 国際的な温室効果ガス削減策への貢献策
  3. 革新的環境エネルギー技術開発の推進方策
- Cool Earth－エネルギー革新技術計画（2008年3月）

2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受け、世界全体の温室効果ガスの排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標を達成するため、エネルギー分野における革新的な技術開発について検討をおこない、21の技術を選定。
- エネルギー基本計画（2007年3月閣議決定）

重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、

  1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
  2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
  3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
  4. 新エネルギーに関する技術
  5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術

以上が位置づけられている。
- 新・国家エネルギー戦略（2006年5月）

世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため

  1. 省エネルギーフロントランナー計画
  2. 運輸エネルギーの次世代化計画
  3. 新エネルギーイノベーション計画
  4. 原子力立国計画

以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。
- 第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進4分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における「推進4分野」であるエネルギー分野に位置付けられている。

- 経済成長戦略大綱（２００６年７月財政・経済一体改革会議）  
資源・エネルギー政策の戦略的展開として
  - １．省エネルギーフロントランナー計画
  - ２．次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー次世代化
  - ３．新エネルギーイノベーション計画
  - ４．原子力立国計画
  - ５．資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化以上が位置づけられている
- 京都議定書目標達成計画（２００５年４月閣議決定）  
「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。

### 3. 達成目標

#### 3-I. 総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、GDP当たりのエネルギー消費指数を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。

#### 3-II. 運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ100%の運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指す。

#### 3-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

#### 3-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

2030年以降においても、発電電力量に占める比率を30~40%程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

#### 3-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。



## 4. 研究開発内容

### 4-I. 総合エネルギー効率の向上

#### 4-I-i. 共通

##### (1) 省エネルギー革新技術開発事業（運営費交付金）

###### ①概要

テーマ公募型事業として、「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」に基づき、「先導研究」、「実用化開発」及び「実証研究」の3つの技術開発フェーズに加え、「挑戦研究」フェーズを追加し、革新的な省エネルギー技術の開発を行う。

###### ②技術目標及び達成時期

世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比べて2050年までに半減するという長期目標を実現するための「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」の主旨に基づき、大幅な省エネルギー効果を発揮する革新的なエネルギー使用合理化技術について研究開発・実用化を推進する。

###### ③研究開発時期

2003年度～2013年度

##### (2) エネルギー使用合理化産業技術研究助成事業（運営費交付金）

###### ①概要

産業界や社会のニーズに応える省エネルギー技術のシーズの発掘とその育成、並びに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって省エネルギー効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

###### ②技術的目標及び達成時期

独創性のある研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的省エネルギー技術の研究開発を促進する。本事業では革新的省エネルギー技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

###### ③研究開発期間

2000年度～

##### (3) 新エネルギー技術実用化補助事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）

##### (4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）

#### 4-I-ii. 超燃焼システム技術

##### (1) 環境調和型製鉄プロセス技術開発（運営費交付金）（再掲）

###### ①概要

高炉ガスからの効率的な二酸化炭素分離と中低温排熱の有効活用及び水素を炭素（コークス）の一部代替として鉄鉱石を還元する革新的製鉄プロセスの開発を行う。

###### ②技術的目標及び達成時期

最終的な技術開発目標として製鉄プロセスにおけるCO<sub>2</sub>排出量を30%削減することを目指し、2050年までに実用化する。

###### ③研究開発期間

2008年度～2017年度

##### (2) 資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発（運営費交付金）

###### ①概要

高品位な製鉄材料（鉄鉱石・石炭等）の入手が困難になってきていることから、原料使用量の低減及び、比較的入手が容易な低品位原料の使用拡大を図ることが喫緊の課題となっている。本技術開発では、還元剤として低品位な石炭と鉄鉱石の塊成物を開発し、炉内反応の高速化・低温化を実現することにより、省エネルギーで高効率な革新的製鉄プロセスを開発する。

###### ②技術的目標及び達成時期

2011年度までに、①革新的塊成物の組成・構造条件の探索、②革新的塊成物の製造プロセス、③革新的塊成物による高炉操業プロセスを開発する。これらによる効果は、年産400万トン規模の中型高炉に適用した場合の炭材使用量のうち高品位炭使用量が約80%から60%程度に削減可能となるとともに、革新的塊成物を高炉に使用する操業技術の改良による還元材比の低減により、新開発のプロセスを含めた製鉄プロセスでの投入エネルギーは約10%削減される。

###### ③研究開発期間

2009年度～2011年度

##### (3) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発（運営費交付金）

###### ①概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融（インフライトメルティング法）し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

###### ②技術的目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

### ③研究開発期間

2008年度～2012年度

## (4) 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発（運営費交付金）

### ①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反応場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システムの小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

### ②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場を構成することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

## (5) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発（運営費交付金）

### ①概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造物を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる(1)高級鋼厚板(高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼)溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術(高密度・清浄熱源溶接技術)、及びクリープ破壊、金属組織制御技術を基本とする溶接材料技術(クリープ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた)の開発、(2)部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術(駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた)の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板(高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼)の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

### ③研究開発期間

2007年度～2011年度

## (6) 希少金属等高効率回収システム開発

### ①概要

小型電子・電気機器にはベースメタルや、金、銀等の貴金属の他、インジウム、ニッケル等の希少金属等を含有している。現状では、これらの機器が廃棄された後は、非常に高温で処理する乾式製錬技術を用いてリサイクル・処理されているため、多大なエネルギーを消費するばかりか、回収可能な金属が銅、金、銀等に限定されており、その他の希少金属等は回収できずに廃棄処分されている。このため、湿式製錬技術を活用した高効率な最適技術の開発等を通じて、回収工程の省エネルギー及び希少金属等の回収率向上を図る。

### ②技術目標及び達成時期

- ・ 従来方法（乾式製錬）で処理する場合に比べて、大幅な省エネルギーの実現（省エネルギー効果：原油換算で約78万k l /年削減）
- ・ 廃小型電子・電気機器、廃超硬工具等中に含まれる希少金属等の回収率の向上（インジウム0%→90%、ニッケル50%→95%、コバルト0%→95%、タンタル0%→80%、タングステン90%→95%、レアアース 0%→80%）

### ③研究開発期間

2007年度～2010年度

## (7) 低品位鉱石・難処理鉱石に対応した革新的製錬プロセス技術の研究開発

### ①概要

世界的な鉱石品位の低下、不要元素等の不純物の増加に対応するため、我が国非鉄金属業においては、低品位鉱石の利用拡大による我が国の鉱物資源の安定供給確保の強化が喫緊の課題となっているため、低品位・難処理鉱石の革新的な省エネルギー型の製錬プロセスを開発する。

### ②技術目標及び達成時期

低品位鉱石及び難処理鉱石から効率的に銅等有用な非鉄金属を回収するため、低品位鉱石・難処理鉱石に対応した省エネルギー型プロセスによる新たな選鉱技術、製錬技術及び不純物対策技術の研究開発を行う。

#### (1) 高品位精鉱回収技術

低品位鉱石・難処理鉱石から高品位の精鉱を得る選鉱技術の開発。

ハンドリングが難しい極微細鉱等難処理鉱を処理する製錬技術の開発。

#### (2) 有用金属の抽出等回収技術

低品位精鉱から含有金属を高効率に回収する製錬技術の開発。

#### (3) 高濃度不純物の除去等対策技術

不要な元素（ヒ素、ビスマス、アンチモン等）等を多く含む精鉱からの不純物除去、分離、安定化等技術の開発。

上記要素技術を開発し、将来的にエネルギー消費原単位の悪化が予測される非鉄金属製錬について、省エネルギー見込み量、原油換算約2.6万KLを達成。

### ③研究開発期間

2009年度～2012年度

## (8) 環境調和型水循環技術開発

### ①概要

我が国が強みを持つ、膜技術を始めとする水処理技術を強化し、省水型・環境調和型の水循環システムの開発に資する省エネ・省水型の要素技術を開発する。

### ②技術目標及び達成時期

2013年度までに、以下の技術を開発する。

#### ● 革新的膜分離技術の開発：

従来法に比べ膜透過加圧エネルギー等を50%以上削減。

#### ● 省エネ型膜分離活性汚泥法（MBR）技術の開発：

従来法に比べ膜洗浄の曝気（空気気泡）エネルギー等を30%以上削減。

#### ● 有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発：

従来法に比べ汚泥の削減により汚泥処理・処分エネルギーを80%以上削減。

#### ● 高効率難分解性物質分解技術の開発：

従来法に比べ窒素処理に係るエネルギーを50%以上削減。

オゾン酸化法等のエネルギーを50%以上削減。

### ③研究開発期間

2009年度～2013年度

## (9) 微生物機能を活用した環境調和型製造基盤技術開発

### i) 微生物機能を活用した高度製造基盤技術開発（運営費交付金）

#### ①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、省エネルギーかつ環境負荷が少ないといった特徴を有する微生物機能を活用した有用物質の革新的な生産プロセス（モノ作り）の技術を構築するため、産業用途に必要な機能既知遺伝子で構成されたゲノムを持ち、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞の創製や、微生物反応の多様化・高機能化技術を開発するとともに、バイオマスを原料として有用物質を体系的かつ効率的に生産する（バイオリファイナリー）ための基盤技術を開発する。

#### ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞を創製するとともに、バイオプロセスの実用化適用範囲の拡大のための微生物反応の多様化・高機能化技術の開発を行う。バイオリファイナリー技術については、バイオマスを高効率で糖化し、糖から高効率で各種化成品の基幹物質を生産するバイオプロセス体系を構築する。

#### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

ii) 微生物群のデザイン化による高効率型環境バイオ処理技術開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、従来エネルギー多消費・廃棄物多排出型であった廃水・廃棄物処理において、微生物群の構成及び配置等を人為的に制御（デザイン化）することで、その処理効率を大幅に向上させ、省エネルギーで廃棄物も少ない高効率型廃水・廃棄物処理の基盤技術を確立する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、特定有用微生物群を人為的に安定導入・維持もしくは人為的に空間配置・優先化させる等のデザイン化技術を開発し、従来の廃水、廃棄物処理に比べより高効率で省エネルギーな処理技術を開発するとともに、実用化に資するための実証可能なテストプラント規模にて評価する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(10) 省エネルギー型化学技術創成研究開発補助事業

①概要

化学企業が有する技術シーズの中で、省エネルギーのポテンシャルが大きいにもかかわらず民間だけで事業を進めるには開発リスクが大きいこと等がネックになって十分な研究開発費が投じられていない技術に対して、戦略的な研究開発支援を実施することにより、化学産業のみならず、各種最終製品や他産業において抜本的なエネルギー効率の改善を促進するものである。

②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、将来の発展が有望な技術に関する研究開発の実施とその実用化と普及を通し、化学産業のみならず他分野も含めた我が国省エネルギー対策への一層の寄与を目標とする。

③研究開発期間

2004年度～2010年度

(11) エネルギー使用合理化繊維関連次世代技術開発

①概要

製造エネルギーの低減を図ることができる革新的な繊維製品製造技術の開発や、使用することでエネルギー消費の低減が可能となる新たな繊維製品を開発。

②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、以下の開発を行う。

①次世代資材用繊維の開発

②ポリエチレンテレフタレート製造エネルギー低減技術の開発

③研究開発期間

2005年度～2009年度

## (12) 高効率ガスタービン実用化技術開発

### ①概要

省エネルギー及びCO<sub>2</sub>削減の観点から電力産業用高効率ガスタービンの実用化を目指し、大容量機（25万kW程度（コンバインド出力40万kW））の高効率化（52%→56%）のために1700℃級ガスタービンの実用化に必要な先端要素技術を適用した各要素モジュールの検証等を実施する。また、小中容量機（10万kW程度）の高効率化（45%→51%）のために有望とされている高温分空気利用ガスタービンの実用化に必要な多段軸流圧縮機、多缶燃焼器等の開発を行うとともにシステムの信頼性等の検証を行う。

### ②技術的目標及び達成時期

1700℃級ガスタービン実用化技術開発：先端要素技術を活用した燃焼器、タービン、圧縮機等各モジュールの検証等を行い、送電端熱効率56%以上の達成が可能なことを確認する。

高温分空気利用ガスタービン実用化技術開発：2011年までに軸流圧縮機の3.5%（空気重量比）吸気噴霧冷却技術、低NO<sub>x</sub>燃焼技術（運用負荷帯で10ppm以下）等を開発すると共に、実機に近い条件での要素機器の信頼性・耐久性を確認する。

### ③研究開発期間

2008年度～2011年度

## (13) エネルギー使用合理化高効率紙パルプ工程技术開発（運営費交付金）

### ①概要

紙パルプ産業では、環境に関する自主行動計画に基づき、2010年度までに製品当たり化石エネルギー原単位を1990年度比13%削減し、CO<sub>2</sub>排出原単位を10%削減することを目指し、紙パルプ工程における省エネルギー対策を着実に進めているものの、より一層の省エネルギー対策を進めるためには、技術開発によるブレークスルーが必要となっている。紙パルプ産業は、エネルギー多消費型産業のひとつであり、紙パルプ工程での省エネルギー対策は波及効果が大いことから、紙パルプ工程におけるエネルギー使用合理化に資する技術開発を提案公募により実施する。

### ②技術的目標及び達成時期

京都議定書の第1約束期間中、又は、第2約束期間中を目途として実用化に至るような技術開発を行うことで、京都議定書の第1約束期間の目標を着実に達成するとともに、現在、検討が行われている第2約束期間に向けた省エネルギー対策の更なる深化を進めていく。

### ③研究開発期間

2005年度～2010年度

## (14) 革新的省エネセラミックス製造技術開発（運営費交付金）

### ①概要

小型炉設備で生産可能な小型セラミック中空ユニットを複数組みあわせること

で、これまでその製造が難しかった複雑な形状を持つ大型セラミックス部材を省エネで製作することができる革新的なセラミック部材製造技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### ②技術目標及び達成時期

2013年度までに、高機能化された小さな精密ブロックを立体的に組み上げ、高効率で接合、一体化をし、複雑な形状の部材や大型の部材を製造可能とする革新的なプロセス技術の基盤を確立し、高耐性部材、高温断熱部材及び高比剛性部材の試作を行う。

#### ③研究開発期間

2009年度～2013年度

(15) 発電プラント用超高純度金属材料開発 (運営費交付金) (4-IV-v 参照)

(16) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発 (4-V-iv 参照)

(17) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発 (4-V-iv 参照)

(18) 石油精製高度機能融合技術開発 (4-V-ii 参照)

### 4-I-iii. 時空を超えたエネルギー利用技術

(1) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト (運営費交付金)

#### ①概要

高純度、高密度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いた従来よりも格段にパワー（電力）と蓄電量が大きなキャパシタを開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、20Wh/Kgの高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。

#### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

(2) イットリウム系超電導電力機器技術開発 (運営費交付金) (4-IV-iv 参照)

(3) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト (運営費交付金) (4-IV-iv 参照)

(4) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発 (運営費交付金) (4-III-v 参照)

(5) 燃料電池先端科学研究 (運営費交付金) (4-III-v 参照)

(6) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発 (運営費交付金) (4-III-v 参照)

(7) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業 (運営費交付金) (4-III-v 参照)

(8) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発 (運営費交付金) (4-III-v 参照)

(9) 固体酸化物形燃料電池実証研究 (運営費交付金) (4-III-v 参照)

(10) 大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証事業 (運営費交付金) (4-IV-v 参照)

(11) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発 (運営費交付金) (4-IV-v 参照)

(12) 革新型蓄電池先端科学基礎研究 (運営費交付金) (4-III-iii 参照)



#### 4-I-iv. 省エネ型情報生活空間創生技術

##### (1) グリーンITプロジェクト（運営費交付金）

###### ①概要

情報化社会の進展に伴うIT機器の消費電力の大幅な増大に対応し、抜本的な省エネを実現するため、サーバ、ネットワーク機器等の各装置の省エネに加え、省エネ型の巨大コンピューティング技術（グリーン・クラウドコンピューティング技術）、パワーエレクトロニクス技術を開発する。

###### ②技術目標及び達成時期

2012年度までに、IT機器・システムのエネルギー消費効率を2倍に向上させる基盤技術を開発する。

###### ③研究開発期間

2008年度～2012年度

##### (2) 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発（運営費交付金）

###### ①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ネットワークで伝送されるデータ量の爆発的増加に伴い、関連機器の消費エネルギーが増大している中で、ネットワーク全体の消費電力量を抑制することが喫緊の課題であり、消費エネルギーの低減に大きく貢献するルータ・スイッチの高速化のための研究開発を実施するとともに、機器そのものの消費エネルギーを低減するための研究開発を実施する。

###### ②技術的目標及び達成時期

2011年度までに、1チャンネルあたり40Gbps超の通信速度に対応するトラフィック計測・分析・管理技術や40Gbpsのインターフェース、さらなる通信速度向上（100Gbps超）を実現するハードウェア技術、SFQ（単一磁束量子）スイッチに関する実現を可能とするための基盤技術を開発する。

###### ③研究開発期間

2007年度～2011年度

##### (3) 次世代大型低消費電力ディスプレイ基盤技術開発（運営費交付金）

###### ①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、次世代の大型液晶及び大型プラズマディスプレイに関する低消費電力ディスプレイを実現するための研究開発を行う。

###### ②技術的目標及び達成時期

2011年度までに、液晶に関しては、高効率バックライト、革新的なTFTアレイプロセス技術・製造装置及び低消費電力型の画像処理エンジン等に係る技術を確立する。また、プラズマディスプレイに関しては、超低電圧駆動等に係る技術を確立する。

###### ③研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 有機発光機構を用いた高効率照明の開発 (運営費交付金)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、蛍光灯に代わる高効率照明として有機EL発光機構を用いるための技術開発課題(発光効率、演色性、面均一性、生産コスト)等を明らかにし、それをブレークスルーする技術シーズを抽出する。

②技術目標及び達成時期

2009年までに現在一般に普及している蛍光灯照明に代わる高効率照明としての必要スペックを達成するとともに、次世代照明として同じく期待されているLEDとの差別化要素を技術的に達成し、大面積/高スルーput/低コストで量産するプロセス技術を開発する。また、現在蛍光灯の間接・拡散照明が用いられている照明機器を代替する有機EL照明を実用的なコストで製造できる技術を確立する。

③研究開発期間

2007年度～2009年度

(5) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発 (運営費交付金)

①概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を持つ壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率(熱の伝わりやすさ)が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ10mm程度の超断熱壁材料および熱貫流率が $0.4\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、光(可視光)透過率が65%以上(Low-Eガラス使用)、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を実現する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発 (運営費交付金)

①概要

製造工程等の省エネルギー化を実現するために行う。従来、表示デバイスの製造には、真空蒸着と高温下での焼成と、それに伴う排ガス排水処理が必須であった。これを、ロールtoロール方式に代替することで常圧、常温下での製造を実現し、フレキシブルな薄型ディスプレイを製造する。そのために、有機TFT材料およびコンタクトプリント技術等を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、実用化に向けた実証のための巻き取り方式ディスプレイのプロトタイプを試作する。またフレキシブルデバイス材料開発に貢献する部材ならびに薄膜複合化技術を開発し、これらをパネル化するための実用化技術を確立する。

③研究開発期間

2006年度～2009年度

(7) 低損失オプティカル新機能部材技術開発（運営費交付金）

①概要

近接場光の原理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(6) 次世代光波制御材料・素子化技術（運営費交付金）

①概要

ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(7) 次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業

(運営費交付金)

①概要

ゼロ・エミッションハウスによる生活の大幅な省エネの実現に向け、家屋内直流配電システムや、電力需給の状態に応じた太陽電池等の分散型電源の制御、電力ネットワークを活用した家電の制御等、住宅全体としてエネルギーの最適制御

を行うシステムの開発・実証を行う。

②技術的目標及び達成時期

2011年度までに、直流給電・配電に関する規格の標準化、直流配電の電流・電圧の規格化、蓄電池設置に係る安全規制の改正に対する提案が可能となる技術を確立する。

③研究開発期間

2009年度～2011年度

4-I-V. 先進交通社会確立技術

(1) エネルギーITS (運営費交付金)

①概要

平成19年5月の「次世代自動車・燃料イニシアティブ」に基づき、運輸部門のエネルギー消費効率改善のため、自動運転・隊列走行技術、高度交通流制御技術等の省エネルギーに資するITS技術の開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

2012年度までにCO2削減効果評価方法の確立を図るとともに、2020年代に実用化が見通せる運転制御、隊列走行の基盤技術の確立を目指す。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

(2) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発 (運営費交付金)

①概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料(CFRTP)の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、高速成形技術、接合技術及びリサイクル技術を開発する。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

(3) 次世代構造部材創製・加工技術開発 (次世代航空機用)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、航空機、高速車両等の輸送機器への先進材料の本格導入を加速させるため、先進複合材料及び先進金属材料について部材開発、設計試作及び評価を実施することで、軽量化によりエネルギー使用効率を大幅に向上させる革新的な構造部材の創製・加工技術の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、複合材の構造健全性診断技術、チタン合金の創製・加工技術を確立するとともに、航空機用エンジンへの適用を目指し、耐熱・耐衝撃性に優れた複合材料を開発する。

③研究開発期間

2003年度～2012年度

(4) 環境適応型小型航空機用エンジン研究開発 (運営費交付金)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、エネルギー使用効率を大幅に向上し、環境対策にも優れた次世代の小型航空機用エンジンの開発にとって重要な要素技術の研究開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、エネルギー使用効率を大幅に向上する構造設計技術、騒音、NO<sub>x</sub>等の環境負荷対応に優れた環境対策技術、インテグレーション技術、高バイパス比化等の高性能化技術といった要素技術の研究開発・実証を行う。

③研究開発期間

2003年度～2010年度

(5) 省エネ用炭素繊維複合材技術開発

①概要

航空機、自動車、鉄道、船舶等の輸送機械等における炭素繊維複合材の適用範囲を拡大し、省エネルギーの促進を図るため、先進的な炭素繊維複合材成形技術や、耐雷対策の容易化技術等の研究開発・実証を行う。

②技術目標及び達成時期

2013年度までに、従来の方法に比べ、曲率の大きな部位の成形も行うことができるVaRTM (バータム) 法等の炭素繊維複合材成形技術や、炭素繊維複合材を用いた製品の耐雷性能を容易に確保する技術の研究開発・実証を行う。

③研究開発期間

2008年度～2013年度

(6) 燃料電池システム等実証研究 (運営費交付金) (4-III-v 参照)

(7) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発 (運営費交付金) (4-IV-v 参照)

4-I-vi. 次世代省エネデバイス技術

(1) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 ーうち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発 (運営費交付金)

①概要

窒化物系化合物半導体は、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、重要なデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減への貢献を期待されている。このため、従来の半導体材料では実現出来ない領域で動作可能なハイパワー・超

高効率の電子素子、超高速電子素子等の作成に必要な窒化物系化合物半導体先進技術の国際競争力を強化すべく、高品質かつ大口径単結晶基板、高品質かつ大口径エピタキシャル成長技術等の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

1) 基板技術 (GaN、AlNバルク結晶作製技術)

・口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。

2) エピ技術 (エピタキシャル成膜及び計測評価技術)

・低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。

・高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現

・高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) 次世代低消費電力半導体基盤技術開発 (MIRAI) (運営費交付金)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用の高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード(微細化レベル)45nm以細の次世代低消費電力半導体を実現するため、微細加工の基盤技術やマスク(半導体素子製造過程で用いる原板)の低コスト化・製造時間短縮に必要な基盤技術の開発等を行う。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、マスク設計・描画・検査の各工程に共通的なマスクデータ処理技術、繰り返しパターンやパターン重要度を利用した描画・検査高速化技術等の基本的な開発及びEUVLマスク基盤技術として、許容欠陥の指標明確化、ブランクスの位相欠陥検査技術の確立等を完了する。

③研究開発期間

2001年度～2010年度

(3) 半導体アプリケーションチッププロジェクト (運営費交付金)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、情報通信機器、特に、情報家電(車載を含む)の低消費電力化を実現できる半導体アプリケーションチップ技術の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに情報家電の低消費電力化を実現できるアプリケーションチ

ップ技術を開発する。

③研究開発期間

2003年度～2009年度

(4) 次世代プロセスフレンドリー設計技術開発 (運営費交付金)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード45nm以細の半導体に対応するSoC (System on Chip) 設計技術を開発する。具体的には、テクノロジーノード45nm以細の半導体の共通設計基盤技術開発として、DFM (Design For Manufacturing) 基盤技術の中核とした設計及び製造の全体最適を確保する全く新しいSoC製造フローを開発する。

②技術目標及び達成時期

テクノロジーノード45nm以細のSoC開発において製造性を考慮した共通設計基盤技術を確立し、システムLSIデバイスの省エネルギーを実現するとともに、設計生産性を従来予想に比べ2倍にすることを目標とする。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 半導体機能性材料の高度評価基盤開発 (運営費交付金)

①概要

情報通信機器の高機能化や低消費電力化等の要求を満たす半導体集積回路を実現するため、新たな機能性材料開発に貢献する評価基盤技術を開発し、さらに開発した機能性材料の半導体及び半導体集積回路への適用を可能とする統合的なソリューション技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術的目標及び達成時期

2011年度までに、半導体デバイス性能に直結する接合素子の性能性及び信頼性等、半導体製造プロセス全体を俯瞰しつつ、機能性材料開発が可能となる評価基盤技術を開発し、開発した機能性材料を用いた統合的なソリューションが提案できる材料評価基盤を構築する。

③研究開発期間

2009年度～2011年度

4-I-vii. その他

(1) 次世代構造部材創製・加工技術開発 (次世代衛星基盤)

①概要

国際商業市場における我が国衛星メーカーの競争力を強化するべく、準天頂衛星システム※ (利用者に対し、米国が運用するGPSとの補完による高精度な位置情報等の提供を可能にするシステム) の構築に不可欠な基盤技術 (産業競争力強

化にも直結する衛星の軽量化、長寿命化に関する技術等)の開発を行う。本プロジェクトの一部については、他部門と比較して需要増加の割合が高い運輸部門のエネルギー消費を抑制すべく、自動車、高速車両等の輸送機器の軽量化・効率化にも資する複合材料製造設計等の基盤技術を確立するためのものであり、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

※ 静止軌道と一定の角度をなす傾斜軌道に複数の衛星を配置し、見かけ上、常に天頂付近に最低1つの衛星を位置させるシステム。

#### ②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、準天頂衛星システムの構築に不可欠な基盤技術(産業競争力強化にも直結する衛星の軽量化、長寿命化に関する技術等)の開発を実施し、宇宙空間での技術実証を行う。

#### ③研究開発期間

2003年度～2010年度

### 4-Ⅱ. 運輸部門の燃料多様化

#### 4-Ⅱ-i. 共通

- (1) 新エネルギー技術実用化補助事業(運営費交付金)(4-Ⅲ-i 参照)
- (2) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)(4-Ⅲ-i 参照)

#### 4-Ⅱ-ii. バイオマス由来燃料

- (1) 新エネルギー技術研究開発(運営費交付金)(4-Ⅲ-iv 参照)
- (2) E3地域流通スタンダードモデル(運営費交付金)(4-Ⅲ-iv 参照)
- (3) バイオマス等未活用エネルギー実証事業(運営費交付金)(4-Ⅲ-iv 参照)
- (4) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業(運営費交付金)(4-Ⅲ-iv 参照)
- (5) セルロース系エタノール革新的生産システム開発(運営費交付金)(4-Ⅲ-iv 参照)

#### 4-Ⅱ-iii. GTL等の合成液体燃料

- (1) 天然ガスの液体燃料化(GTL)技術実証研究(運営費交付金)(4-V-ii 参照)

#### 4-Ⅱ-iv. 燃料電池自動車および水素関連技術

- (1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4-Ⅲ-v 参照)
- (2) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)(4-Ⅲ-v 参照)
- (3) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(運営費交付金)(4-Ⅲ-v 参照)
- (4) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業(運営費交付金)(4-Ⅲ-v 参照)
- (5) 水素社会構築共通基盤整備事業(運営費交付金)(4-Ⅲ-v 参照)
- (6) 燃料電池システム等実証研究(運営費交付金)(4-Ⅲ-v 参照)

#### 4-Ⅱ-v. 電気自動車

- (1) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4-Ⅳ-v 参照)
- (2) 革新型蓄電池先端科学基礎研究(運営費交付金)(4-Ⅲ-iii 参照)



## 4-Ⅲ. 新エネルギー等の開発・導入促進

### 4-Ⅲ-ⅰ. 共通

#### (1) 新エネルギー技術研究開発（運営費交付金）

##### ① 概要

新エネルギーの自立的普及に向けて、太陽光、風力、バイオマスなど新エネルギー分野でのイノベーションを促進すべく、高効率かつ低コストを目指した先進的技術開発を実施する。具体的には以下の研究開発を実施する。

- A. 革新的な太陽電池の開発を実施する研究拠点を形成し、海外との研究協力等を行いながら、超長期の視野に立って、飛躍的な性能向上を目指した太陽光発電技術の開発を推進する。（革新型太陽電池国際研究拠点整備事業）
- B. 中長期的に、より一層の高効率化と低コスト化を目指して、革新的な材料、構造等を採用した太陽光発電技術の開発を推進する。（太陽光発電システム未来技術研究開発）
- C. 2020年の目標発電コスト14円/kWhおよび太陽光発電システムの大幅な効率向上を実現すべく、未来技術研究開発などで得られた要素技術開発の成果の内、実用化が期待できる太陽電池作製に係る技術について課題を設定し早期実用化を助成する。（太陽光発電システム実用化促進技術開発）
- D. 電力供給源としての太陽光発電の信頼性を確立し、今後の太陽光発電システムの円滑な普及促進を図るため、太陽光発電システムの大量普及時に不可欠な性能評価技術やリサイクル・リユース技術等システムの共通基盤技術に係る研究等を実施する。（太陽光発電システム共通基盤技術研究開発）
- E. PVシステムの普及拡大のため、「集中連系型太陽光発電システム実証研究」の設備を有効利用しながら、認証制度にも資する複数台連系に係わる試験方法を確立する。（単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究）
- F. 風力発電技術の国際的な動向を把握しつつ、我が国の複雑地形における風力発電利用上の各種課題を克服するための基礎から応用までの技術について研究開発を行う。具体的には我が国の厳しい風特性を反映した風特性モデルの確立及び高々度風況観測を簡便に行うためのリモートセンシング技術の精度検証・評価を行う。

また、全国規模での落雷電流計測、落雷様相観測による雷特性の把握、落雷特性・落雷保護対策と被害実態との相関把握、上記を踏まえた効果的な落雷保護対策の検討及び実機規模での実雷による保護対策検証等を実施し、高精度落雷リスクマップを作成するとともに、風力発電設備へのより効果的な落雷等に対する対策を策定する。（次世代風力発電技術研究開発事業）
- G. 我が国特有の海上特性や気象・海象条件を把握し、これらの自然条件に適した洋上風況観測法や風力発電システムに関する技術開発とその実証を行なうと共に、環境影響評価システム手法を確立する。（洋上風力発電技術研究開発）
- H. バイオマスのエネルギー利用の促進を図るためには、発生地域が分散し、形状・性状が多種多様にわたるバイオマス資源を利用しやすい形態の有用エネルギーへ効率的に転換できる技術を開発する。（バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発）

I. 世界的にもベンチャー企業による太陽光発電、新型風力発電、燃料電池、バイオ燃料分野におけるイノベーション活動が活発化していることを踏まえ、詳細目標設定・多段階選抜形の米国S B I R制度を参考に特定のキーテクノロジーに対するベンチャーのチャレンジを強力に支援する。(新エネルギーベンチャー技術革新事業)

② 技術目標及び達成時期

- A. 2050年までに「変換効率が40%超」かつ「発電コストが汎用電力料金並み(7円/kWh)」の太陽電池を実用化することを目指した研究開発の中で、変換効率40%超の実現に向けた技術の基礎・探索研究段階と位置づけて研究開発を実施する。
- B. 2020年頃に業務用電力料金並の発電コスト(14円/kWh、モジュール製造原価として75円/W程度)、2030年頃に火力発電の発電コスト(7円/kWh、モジュール製造原価として50円/W程度)の実現に向けた中・長期的な技術開発を行う。
- C. 2015年に向けて市場競争力を備えた本格生産・商用化を目指す。  
また、2012年度までに、高精度落雷リスクマップを作成するとともに、風力発電設備へのより効果的な落雷等に対する対策を策定する。
- D. 2020年度の技術開発目標である発電コスト14円/kWhを目指し、中期的な視点での太陽光発電の普及拡大に資する。
- E. 2009年度末までに、電力系統側が受け入れ可能な、導入台数の制限のない能動型単独運転検出装置の試験方法を確立する。
- F. 2012年度までに、風力発電の基礎から応用までの技術について、国際的な動向を把握しつつ、我が国特有の気象・地形に起因する各種問題(風車耐久性等)を克服するための研究開発を行って、我が国の風車産業の振興に資するとともに、IEA RD&D WINDなどの最先端の国際的風力発電共同研究に研究成果を反映させる。  
また、2012年度までに、高精度落雷リスクマップを作成するとともに、風力発電設備へのより効果的な落雷等に対する対策を策定する。
- G. 2013年度までに、我が国の海象・気象条件に適した、洋上風況観測システム、洋上風力発電システム及び環境影響評価の手法等の技術を確立する。
- H. 2004年度より、バイオマスエネルギー転換プロセスにおける各工程のボトルネックを抽出し、2008年度までに開発が完了するよう、それぞれのボトルネックをブレークスルーする要素技術開発を提案公募方式により実施する。更に、2005年度より2009年度まで、バイオマスのエネルギー転換・利用技術等の分野において2030年の普及を目指した新規な革新的技術を発掘するための先導技術研究開発を提案公募方式により実施する。
- I. 潜在的なオプションの顕在化や関連産業分野の技術開発による技術革新により、新エネルギー導入促進技術オプションの多様化と経済性の向上に寄与する。

③ 研究開発期間

2007年度～2011年度

## (2) 新エネルギー技術フィールドテスト事業（運営費交付金）

### ① 概要

2010年度の新エネルギー導入目標達成に向け、新技術を活用した太陽光発電及び太陽熱利用システムの有効性の検証、バイオマス熱利用システムの性能・経済性等の検証、風車立地に必要な高所の風況データの収集・解析など総合的な新エネルギーフィールドテストを実施する。具体的には以下のフィールドテストを実施する。

- A. 新技術を活用した太陽光発電システム等を設置し、出力特性等の情報収集及び分析を行うことで、その有効性を確認するとともに、ガイドラインの策定等により広く情報発信を行う。（太陽光発電新技術等フィールドテスト事業）
- B. 新利用形態の太陽熱利用システムや未利用分野においてシステムを設置し、出力特性等の情報収集及び分析を行うことで、その有効性を確認するとともに、ガイドラインの策定等により広く情報発信を行う。（太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業）
- C. 広く薄く賦存するバイオマスを、民間企業や研究機関等において研究開発が終了段階をむかえた高効率に熱利用できるシステムを設置し、設置場所の熱需要に合わせたフィールドテストを実施することにより、実運転におけるバイオマス熱利用転換システムとしての課題抽出、解決を行い、早期実用化を図り、バイオマスエネルギーの導入促進を行う。（地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業）
- D. 風力発電の導入目標（2010年度300万kW）を達成するため、共同研究事業者と大型風車の導入普及に必要な高所の風況データの収集・解析・評価を行い、公開する。（風力発電フィールドテスト事業）

### ② 技術目標及び達成時期

- A. 設置システムについて、2007年度に策定したガイドラインを2009年度、2012年度及び2015年度に見直し改訂する。
- B. 設置システムについて、2007年度に策定したガイドラインを2009年度に改訂する。また、2012年度及び2015年度に見直し改訂する。
- C. 一定レベルまで確立されたバイオマス熱利用技術について、性能や経済性等の状況・データを収集・分析し、熱利用システムの有効性を実証するとともに、これらの結果を公表することで汎用性の高い熱利用システムの確立し、2010年度のバイオマス熱利用の導入目標（308万KL）達成を目指す。
- D. 2010年度までに、高所の風況データの解析・評価を行い、導入普及に有用な資料の取りまとめを行い、これらの結果を風力発電事業者、研究機関や風力発電事業を計画している各種団体等に公開することにより、風力発電導入の素地を形成し、風力発電の導入を拡大する。

### ③ 研究開発期間

2007年度～2011年度

### (3) 新エネルギー技術実用化補助金（運営費交付金）

#### ① 概要

科学技術基本計画における戦略的技術領域・課題にかかる技術課題等で石油代替エネルギーの製造・生成・利用に資する実用化開発を行う民間企業に対し助成支援する。

#### ② 技術目標及び達成時期

助成事業終了後3年以上を経過した時点で25%の実用化達成率。加えて、知的資産経営の方針に対する審査時の評価を通じて、「技術等の知的資産を活かす経営の下で収益拡大を図る（技術を経営、収益につなげる）」意識を普及させる。

#### ③ 研究開発期間

2000年度～

### (4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業（運営費交付金）

#### ① 概要

産業界や社会のニーズに応える石油代替技術のシーズの発掘とその育成、並びに、石油代替技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の若手研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって石油代替効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

#### ② 技術目標及び達成時期

独創性のある若手研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的石油代替技術の研究開発を促進する。本事業では革新的石油代替技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、石油代替技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

#### ③ 研究開発期間

2000年度～

## 4-III-ii. 太陽・風力

### (1) 太陽光発電無線送受電技術の研究開発

#### ① 概要

将来の新エネルギーシステムとして期待される宇宙太陽光発電システム（SSPS）の中核的技術として応用可能なマイクロ波による太陽光発電無線送受電技術の確立に向け、安全性や効率性等の確保に不可欠な精密ビーム制御技術の研究開発を行う。

#### ② 技術目標及び達成時期

2012年度までに複数のフェーズドアレイパネル間の位相同期を行い、パイロット信号の方向にマイクロ波を電送するレトロディレクティブ技術を活用した精密ビーム制御技術の確立を目指す。

③ 研究開発期間

2008年度～2012年度

4-Ⅲ-iii. 電力系統制御・電力貯蔵

(1) 革新型蓄電池先端科学基礎研究 (運営費交付金)

① 概要

電池の基礎的な反応原理・反応メカニズムを解明することで、既存の蓄電池の性能向上及び革新型蓄電池の実現に向けた基礎技術の確立を目指す。

② 技術目標及び達成時期

世界最高レベルの放射光施設を用いた評価装置により、蓄電池の反応メカニズムを解明するとともに、2030年に電気自動車の航続距離500km、コスト1/40を実現すべく、新材料の開発を行う。

③ 研究開発期間

2009年度～2015年度

(2) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発 (運営費交付金) (4-Ⅳ-v 参照)

(3) 大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証事業 (運営費交付金) (4-Ⅳ-v 参照)

4-Ⅲ-iv. バイオマス・廃棄物・地熱等

(1) E3地域流通スタンダードモデル創成事業 (運営費交付金)

① 概要

離島(全域)におけるエタノール3%混合ガソリン(E3)の製造から給油までの大規模なフィールドテストを通じ、E3利用に関する社会システムモデルの構築と一般社会へ適用する際の技術課題の抽出を行う。

② 技術目標及び達成時期

2010年の「京都議定書目標達成計画」の導入目標(50万kl)に資するため、2009年度にE3利用の社会モデルを構築し、2011年度までにその検証を行う。

③ 研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) バイオマス等未活用エネルギー実証事業 (運営費交付金)

① 概要

地域に賦存する未活用な資源であるバイオマスエネルギーとして有効活用するため、熔融ガス化等熱化学的変換技術による燃料化システムやメタンガス等生物化学的変換技術による燃料化システム等の実証試験事業、事業可能性調査等を実施し、利用ノウハウ等を蓄積、本格的なバイオマス等エネルギーの導入を推進する。

② 技術目標及び達成時期

2009年度までに、バイオマス等の種別やエネルギー変換手法、更には地域

特性を加味した一連のエネルギー転換システム毎のフィージビリティスタディや試験設備の設置により、バイオマス等の運搬・収集、エネルギー転換及びエネルギー利用に係るデータの収集、分析、評価を実施し、その結果をフィードバックすることによって本格的なバイオマス等エネルギーの導入を目指す。

③ 研究開発期間

2001年度～2009年度

(3) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業（運営費交付金）

① 概要

バイオマスエネルギーの資源収集・運搬、転換、残渣処理、利用までの一連の利活用システムについての、各要素の連携の最適化を図るための実証を実施することによって、地域特性に適合した地域主導によるバイオマスの地産地消・地域循環型の先導的モデルシステムを構築することによりバイオマスエネルギーの導入を促進する。

② 技術目標及び達成時期

2009年度までに、国内バイオマス資源の安定的かつ経済的な供給システム、最適なエネルギー転換技術、エネルギー転換後に発生する残渣の処理等の一連の地産地消型エネルギー転換システムについて、ノウハウ蓄積、課題抽出及びその対策方法の策定、技術確立を行う。また、ここで確立されたバイオマスエネルギーシステムは他地域への波及を先導する事例となることを目標とする。

③ 研究開発期間

2005年度～2009年度

(4) セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業（運営費交付金）

① 概要

大規模安定供給が可能で、かつ食料と競合しない、草本系、木質系のセルロース系バイオマス原料の栽培からバイオエタノール製造までの一貫生産システムを構築し、環境負荷、経済性等を評価する。加えて、大規模生産に当たり危惧されている、生態系破壊、森林破壊、ライフサイクルでの環境負荷増大等の負の影響についての適切な評価、認証等、持続可能なバイオ燃料の生産拡大を担保する社会システム整備のあり方についても調査研究を行う。

② 技術目標及び達成時期

2015年までに、製造コスト40円/L以下、エネルギー回収率35%以上を達成するための技術開発を行う。

③ 研究開発期間

2009年度～2013年度

#### 4-Ⅲ-v. 燃料電池

##### (1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発（運営費交付金）

###### ① 概要

自動車用、家庭・業務用等に利用される固体高分子形燃料電池（PEFC）の実用化・普及に向け、要素技術、システム化技術及び次世代技術等の開発を行うとともに、共通的な課題解決に向けた研究開発の体制の構築を図る。

###### ② 技術目標及び達成時期

2009年度までに、固体高分子形燃料電池の経済性・耐久性の向上や高性能化のための技術開発を行い、燃料電池の普及段階へ向けて必要な基本的技術を確立する。

###### ③ 研究開発期間

2005年度～2009年度

##### (2) 燃料電池先端科学研究（運営費交付金）

###### ① 概要

燃料電池の基本的反応メカニズムについての根本的な理解を深めるために、高度な科学的知見を要する現象解析及びそのための研究体制の整備を行い、現状の技術開発における壁を打破するための知見を蓄積する。

###### ② 技術目標及び達成時期

2009年度までに、燃料電池内における反応機構を電気化学（電極触媒反応、イオン移動、分子移動等）及び材料化学（溶解・腐食反応、錯形成反応、ラジカル反応、固相内拡散等）の観点から解明する。また、燃料電池新技術の性能を適切に評価・実証するための基本システムを構築する。

###### ③ 研究開発期間

2005年度～2009年度

##### (3) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発（運営費交付金）

###### ① 概要

固体酸化物形燃料電池（SOFC）は発電効率が高く、分散型電源として期待されるが、実用化・普及のためには耐久性・信頼性向上、低コスト化等の課題を解決することが必要であり、材料開発や劣化要因解明など基盤的な要素技術の研究を行う。

###### ② 技術目標及び達成時期

2012年度までに、①耐久性・信頼性の向上のための劣化要因解明等の基礎研究、②低コスト化のための材料等や高出力セルスタックの開発、③起動停止対応等の実用性向上のための技術開発を実施する。

###### ③ 研究開発期間

2008年度～2012年度

#### (4) セラミックリアクター開発（運営費交付金）

##### ① 概要

低温域かつ高効率なエネルギー変換を可能とする次世代型セラミックリアクターの実現のため、世界最高効率の燃料電池マイクロセルの集積構造技術等の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

##### ② 技術目標及び達成時期

2009年度までに、新電解質材料の適用や電極反応の高効率化等による、低温作動時(650℃以下)での出力性能を向上させる材料技術と共に、マイクロセルの集積構造化や精緻なインターフェース構築のための製造プロセス技術を開発。そして、これらの技術を統合することにより、次世代型セラミックリアクターとしてのプロトタイプモジュール実証（出力性能2kW/L等）を行う。

##### ③ 研究開発期間

2005年度～2009年度

#### (5) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発（運営費交付金）

##### ① 概要

水素の製造・輸送・貯蔵等に係る機器やシステムについて、性能・信頼性・耐久性の向上や低コスト化を目指す水素利用技術の研究開発を行い、水素社会の実現に必要な基盤技術の確立を図る。

##### ② 技術目標及び達成時期

2012年度までに、水素製造・貯蔵・輸送・充填に関する機器やシステムの信頼性・耐久性向上、低コスト化、性能向上等実用化検証や要素技術開発、及び当該技術を飛躍的に進展させることができる革新的技術開発や調査研究などを行い、その成果を産業界に提供することにより、水素エネルギー初期導入間近の関連機器製造・普及技術として完成させ、水素社会の真の実現に必要な基盤技術の確立を図る。

##### ③ 研究開発期間

2008年度～2012年度

#### (6) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業（運営費交付金）

##### ① 概要

世界トップ水準の優れた研究者を中核に、国内外の研究機関・企業のバーチャルな連携の下、高圧水素貯蔵に比べよりコンパクトかつ効率的な水素貯蔵を可能とする水素貯蔵材料の性能向上に必要な条件等を明らかにすることにより、燃料電池自動車の航続距離の飛躍的向上を図る。

##### ② 技術目標及び達成時期

2011年度までに、水素貯蔵材料の基本原理、さらには水素貯蔵能力の革新的向上に必要な条件を明らかにすることにより、水素をより安全・簡便・効率的かつ低コストに輸送・貯蔵するための技術基盤を確立する。



③ 研究開発期間

2007年度～2011年度

(7) 水素先端科学基礎研究事業（運営費交付金）

① 概要

水素の輸送や貯蔵に必須な材料に関し、水素脆化等の基本原理の解明及び対策の検討を中心とした高度な科学的知見を要する先端的研究を、国内外の研究者を結集し行うことにより、水素をより安全・簡便に利用するための技術基盤を確立する。

② 技術目標及び達成時期

2012年度までに、水素脆化、水素トライボロジーの基本原理の解明及び対策の検討等を行い、水素をより安全・簡便に利用するための技術指針を産業界に提供する。

③ 研究開発期間

2006年度～2012年度

(8) 水素社会構築共通基盤整備事業（運営費交付金）

① 概要

燃料電池の導入・普及に資する基盤整備のため、製品性能の試験・評価手法及び国内外の基準・標準の確立を図る。

② 技術目標及び達成時期

2009年度を目途に、安全性等に係るデータを取得し、そのデータを基に試験・評価手法の確立、国際標準の確立、規制の再点検を三位一体で進める。

③ 研究開発期間

2005年度～2009年度

(9) 固体酸化物形燃料電池実証研究（運営費交付金）

① 概要

発電効率が高く、分散型電源として期待される固体酸化物形燃料電池（SOFC）の研究開発・実用化の促進のため、耐久性を始めとしたデータの取得・課題抽出等のための実証を実施する。

② 技術目標及び達成時期

2010年度までに、SOFCシステムの実証試験を数十～数百台規模で実施し、蓄積が不足している耐久性を始めとした実証データの取得・課題抽出等を行い、固体酸化物形システム要素技術開発へのフィードバックを行う。

③ 研究開発期間

2007年度～2010年度

(10) 燃料電池システム等実証研究 (運営費交付金)

① 概要

実条件に近い中での燃料電池自動車等の実証走行や、高圧水素貯蔵システム、多角的な燃料供給システムの検証を進め、水素エネルギー社会における水素利用の課題等を抽出するとともに、燃料電池・水素に対する国民的理解の醸成を図る。

② 技術目標及び達成時期

2010年度までに、実使用条件下における技術的課題を抽出するとともに、環境特性、エネルギー総合効率、安全性、耐久性等に関する基準・標準に資するデータを取得し、燃料電池自動車、水素ステーションの研究開発等へのフィードバックを行う。

③ 研究開発期間

2006年度～2010年度

(11) 将来型燃料高度利用技術開発 (4-V-ii 参照)

4-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

4-IV-i. 軽水炉・軽水炉核燃料サイクル

<新型軽水炉>

(1) 次世代軽水炉等技術開発

① 概要

2030年前後に見込まれる大規模な代替炉建設需要に対応するため、安全性・経済性、信頼性等に優れ、世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発を行う。

② 技術目標及び達成時期

2010年度までに、次世代軽水炉の実現に必要な要素技術開発等及びプラント概念の成立性について見通しを得るための概念設計検討を行う。

③ 研究開発期間

2008年度～2010年度 (見直し)

<軽水炉使用済燃料再処理技術の高度化>

(2) 使用済燃料再処理事業高度化

① 概要

再処理施設で用いられるガラス固化技術について、より多くの白金族元素等を含む高レベル廃液を溶融可能な新しい性状のガラスを開発するとともに、これに対応しうる新型の溶融炉を開発することにより、我が国の使用済燃料再処理技術の高度化を図る。新型ガラス溶融炉の開発に際しては、六ヶ所再処理工場の運転経験を反映する研究もあわせ行う。

② 技術目標及び達成時期

より多くの白金族元素等を含む高レベル廃液を溶融可能なガラス及び溶融炉の開発等によって、より高品質のガラス固化体を製造可能なガラス固化技術を開発する。

また、本事業によって開発されたガラス固化技術を、5年程度で更新が計画されている日本原燃株式会社六ヶ所再処理工場のガラス溶融炉及び同工場のガラス固化施設の運転に反映させる。

③研究開発期間

2009年度～2011年度

<プルサーマルの推進>

(3) 全炉心混合酸化物燃料原子炉施設技術開発

①概要

プルサーマルが当面のプルトニウム利用策として期待されていることを踏まえ、既存の軽水炉に比べ約3倍のプルトニウムを装荷することができる全炉心混合酸化物燃料原子炉に必要な技術開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、原子炉の開発に必要な設計、解析、試験等を行い、全炉心混合酸化物燃料原子炉技術を確立する。

③研究開発期間

1996年度～2011年度

<軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの円滑な移行のための技術開発>

(4) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発

①概要

FBR実証炉及び関連サイクル施設の早期実現を図るため、文部科学省と連携し、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を推進する。そのなかで、次世代再処理工場から発生する高線量回収ウラン等を既存軽水炉燃料製造施設で取扱可能とする、次世代再処理工場と調和可能な回収ウラン等の除染技術について、調査・基礎試験等を行い、商業的に利用可能な除染技術候補の検討等を実施する。選定された技術については、プロセス試験等を実施する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、回収ウラン等の除染プロセスの候補技術の洗い出し及び候補プロセス技術の基礎試験を終了し、次世代再処理技術との適合性の検証を行い、プロセス試験を実施すべき除染プロセス技術を選定する。

また、2015年までに、選定した除染プロセス技術について工学化規模でのプロセス試験を行い、商業的に利用可能な転換前高除染技術としての実効性を検証する。

③研究開発期間

2007年度～2015年度

<ウラン濃縮技術の高度化>

(5) 遠心法ウラン濃縮技術開発

①概要

我が国におけるウラン濃縮技術や生産能力の維持・向上のため、世界最高水準

の性能を有するなど国際的に比肩し得る経済性と性能を有する新型遠心分離機を開発する。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、国際役務価格\$100/kg SWU相当を目指して、現在実用化している金属胗遠心分離機の約5倍という高い分離性能や同遠心分離器を上回る寿命など国際的に比肩し得る技術レベルを有する新型遠心分離機の開発を目指すとともに、最終仕様の新型遠心分離機を多数台用いたカスケード試験の実施により商用プラントとしての信頼性を確立し、運転要領の策定を行う。

③研究開発期間

2002年度～2009年度

<回収ウラン>

(6) 回収ウラン利用技術開発

①概要

六ヶ所再処理工場で回収される回収ウランを再濃縮し、再び軽水炉で利用するため、濃縮施設等既存施設への影響等を把握し、転換プロセスを中心とした回収ウラン利用技術を開発する。併せて劣化ウラン酸化固形化についても検討を行う。

②技術目標及び達成時期

2012年頃までに、劣化ウランの取扱・管理の容易さや貯蔵効率を向上させるための劣化ウラン酸化固形化（再転換を含む）技術の研究開発を行い、同技術に係る基礎プロセスを確立する。2015年度頃までに、再処理により回収される回収ウランの濃縮が可能な商用遠心分離機的设计を確定する。

③研究開発期間

2008年度～2015年度

<共通基盤技術開発>

(7) 革新的実用原子力技術開発

①概要

第4世代原子力システムに関する国際フォーラム（GIF）や国際原子力エネルギー・パートナーシップ（GNEP）等の国際協力枠組みにおいて国際連携による研究開発が提案されている技術分野や、近年希薄化が懸念される原子力を支える基盤技術分野について、産業界の参画やニーズ提示のもと、大学等が実施する研究活動への支援や将来の原子力人材の育成を実施しており、各分野の目的に沿った革新的な技術開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2011年度まで、基盤技術分野、国際協力技術分野において個別テーマ毎に研究開発を実施する。

③研究開発期間

2000年度～2011年度（見直し）

#### 4-IV-ii. 高速増殖炉（FBR）サイクル

##### (1) 発電用新型炉等技術開発

###### ①概要

FBR実証炉及び関連サイクル施設の早期実現を図るため、文部科学省と連携し、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を推進する。具体的には、実証炉に必要な要素技術のうち、設計・建設段階において必要となる実プラント技術として、格納容器設計技術、耐震性評価技術、高温材料設計技術、保守・補修技術、大型構造物製作技術の試験等を実施する。

###### ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、実証炉の概念設計へ反映しうる設計基準データ等の技術的根拠を得る。

###### ③研究開発期間

2007年度～2010年度

##### (2) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発（4-IV-i 参照）

#### 4-IV-iii. 放射性廃棄物処理処分

##### (1) 地層処分技術調査等

###### ①概要

###### i) 地層処分共通技術開発

高レベル放射性廃棄物等の地層処分における共通的技術として、今後段階的に進められる処分地選定の際に重要となる地質等調査技術の高度化開発を行う。

###### ii) 高レベル放射性廃棄物関連処分技術開発

高レベル放射性廃棄物処分に係る基盤技術として、人工バリア等の長期性能評価技術、処分場操業の際のオーバーパック溶接や搬送・定置等の遠隔操作技術の開発を行う。

###### iii) TRU廃棄物処分関連技術開発

TRU廃棄物の地層処分に係る基盤技術として、高レベル放射性廃棄物との併置処分の可能性も念頭に、TRU廃棄物に固有に含まれる核種の閉じ込め技術や人工バリア等の長期性能評価技術の開発を行う。

###### ②技術目標及び達成時期

###### i) 地層処分共通技術開発

2011年度までに、処分地選定の初期段階で必要となる地上からの調査技術のうち、特に沿岸域の環境や高精度での地下水評価等に係る調査評価技術の高度化・確証を行う。

###### ii) 高レベル放射性廃棄物関連処分技術開発

2011年度までに、人工バリア等の長期性能評価技術や遠隔操作等の工学技術について高度化を図り、幅広い地質環境に対応可能な技術選択肢と成立性を提示する。

###### iii) TRU廃棄物処分関連技術開発

2011年度までに、TRU廃棄物に固有に含まれるヨウ素129や炭素1

4の閉じ込め、高アルカリ環境下での人工バリアの性能評価等に関し、幅広い地質環境に対応可能なデータ・モデルの整備と技術選択肢の提示を行う。

③研究開発期間

1998年度～2011年度

(2) 管理型処分技術調査等

i) 地下空洞型処分施設性能確認試験

①概要

TRU廃棄物や発電所廃棄物等の余裕深度処分において検討されている「地下空洞型処分施設」の成立性確認のため、実規模大の空洞を利用した総合的な確認試験を行う。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、実規模大の空洞内にコンクリートピット等からなる地下空洞型処分施設を構築し、施工性や初期性能の総合的な確認を行う。

③研究開発期間

2006年度～2011年

(3) 放射性廃棄物共通技術調査等

①概要

i) 放射性廃棄物重要基礎技術研究調査

放射性廃棄物処分に係る国内外の最新知見の収集・分析、重要かつ基礎的な課題の抽出並びに研究を実施し、長期に及ぶ処分事業等を支える技術基盤の拡充を図る。

ii) 放射性核種生物圏移行評価高度化調査

放射性廃棄物処分の安全評価に共通的な基盤情報として、生物圏における核種移行プロセスを評価するため、日本の風土を反映した核種移行パラメータ・モデルを整備する。

②技術目標及び達成時期

i) 放射性廃棄物重要基礎技術研究調査

2011年度までに、放射性廃棄物処分に共通的な重要基礎技術として、地質環境の長期安定性評価、人工バリアや岩盤の長期挙動評価等に係る知見を整備する。

ii) 放射性核種生物圏移行評価高度化調査

2011年度までに、沿岸域の環境も含めたわが国表層環境への適用とTRU廃棄物に固有の核種等を考慮した、生物圏核種移行のモデルとデータベースを構築する。

③研究開発期間

2001年度～2011年度

#### 4-IV-iv. 原子力利用推進に資する電力系統技術

##### (1) イットリウム系超電導電力機器技術開発(運営費交付金)

###### ①概要

世界的にも我が国が最先端の技術力を有する次世代高温超電導線材を活用し、経済社会の基盤となる電力の安定的かつ効率的な供給システムを実現するため、系統を適正に制御し、電力供給を安定化させるための技術及び発電電力を無駄なく輸送するための高効率な送電技術の確立を目指す。

###### ②技術目標及び達成時期

2012年度までに、イットリウム系超電導線材を用いたSMES、電力ケーブル、変圧器実現のための重要な技術開発を行い、各機器の成立性を実証する。

###### ③研究開発期間

2008年度～2012年度

##### (2) 高温超電導ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)

###### ①概要

革新的な高効率送電技術を確立して高温超電導ケーブルの実用化を促進するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材(DI-BSCCO等)を活用し、首都圏の系統に接続する実証試験及び評価を行う。

なお、本事業は、発電用施設による電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

###### ②技術目標及び達成時期

2012年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

###### ③研究開発期間

2007年度～2012年度

#### 4-IV-v. その他電力供給安定化技術

##### (1) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究(運営費交付金)

###### ①概要

大規模太陽光発電を電力系統に連系した場合に課題となる系統安定化対策やピーク対策のための技術等を開発するとともに、その有効性を実証する。

また、国内外の先進的な次世代技術の価格性能を比較することを通じて技術開発を加速する。

###### ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、下記の実証研究を行い、その有効性を確認する。

(イ) 蓄電池等を組み合わせた出力変動抑制システムの有効性。

(ロ) 発電出力のピーク制御(午後のピーク帯へのシフト)の有効性。

(ハ) 大型インバータによる高調波抑制システムの有効性。

(ニ) 国内外メーカーの太陽電池モジュールの特性比較を行い、性能、経済性等

を比較・検証。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)

①概要

蓄電池技術は、新エネルギーの出力安定化や燃料電池自動車(FCV)・ハイブリッド自動車(HEV)・電気自動車(EV)等の高効率次世代自動車に共通する重要なコア技術である。そこで、高性能蓄電システムに係る要素技術開発、新材料開発及び基盤技術の開発を行う。

A. 系統連系円滑化蓄電システム技術開発

B. 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発

②技術目標及び達成時期

A. 2010年度末において、寿命10年、コスト4万円/kWh、1MW規模のシステムおよび要素技術の確立と2030年において寿命20年、コスト1.5万円/kWh、20～30MW規模の蓄電システムを見通せる技術開発。また、新エネルギー対応の充放電パターン等、基礎データの整備、大型化に伴う安全性や寿命等の評価手法の確立。

B. 2011年度末において、電池開発では、0.3kWhモジュールを作製し、重量エネルギー密度100Wh/kg、出力密度2000W/kg、寿命10年、コスト4万円/kWhを達成すること(条件:3kWhの組電池、100万台生産ベース)。電池構成材料及び電池反応制御技術の開発では重量エネルギー密度200Wh/kg、出力密度2500W/kg、コスト3万円/kWhを小型単電池で達成すること(上記と同条件)。また、電池周辺機器開発では、格段の高性能化、コンパクト化、低コスト化を達成すること。さらに、重量エネルギー密度500Wh/kgを見通せる新規概念・構造の蓄電池基礎開発の他、劣化・寿命診断法、安全性評価などの各種試験法等の開発およびそれら共通基盤技術の基準・標準化。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(5) 発電プラント用超高純度金属材料の開発(運営費交付金)

①概要

超高純度金属材料を発電設備の蒸気配管等に実用化することを目指し、高純度金属材料の高度化に向けた低コスト・量産化製造技術を開発し、実使用環境における超高純度金属材料の耐久性試験等を行う。

なお、本事業は、発電用施設における電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2009年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料



が発電プラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って発揮できることを確認する。

③研究開発期間

2005年度～2009年度

4-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

4-V-i. 石油・天然ガス・石炭の探鉱・開発・生産技術

(1) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型／特別研究（運営費交付金）

①概要

石油及び可燃性天然ガス資源の開発に係る技術の振興を図る観点から、大水深、複雑な地層といった悪条件化が進む石油・天然ガスの探鉱・開発技術、利用拡大が見込まれる天然ガス田の開発促進に資する天然ガス有効利用技術等について、短期間で実用化が期待され、民間ニーズに直結した研究開発を提案公募により実施する。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、我が国の石油・天然ガスの探鉱・開発技術力の向上、及び天然ガスの利用の促進に向けた天然ガスの有効利用技術の開発を行う。

③研究開発期間

2001年度～2012年度

(2) 石炭生産技術開発

①概要

石油代替エネルギーである石炭の安定供給を図るため、発熱量が低いものの低灰分、低硫黄といった特徴を有する低品位炭の有効利用を目的として、低品位炭の発熱量を高め、自然発火性を抑制する低品位炭改質技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、3500～5000kcal/kg の発熱量の低品位炭を瀝青炭並みの6000kcal/kg 以上に改質する低品位炭改質技術を開発し、600t/d 大型実証プラントでの製造技術を確立する。

③研究開発期間

2006年度～2009年度

(3) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発（運営費交付金）

①概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から、石油製品等に含まれる化学物質によるリスクを把握し、必要な対策を適切に行うことを可能とするため、*in vitro* 培養系技術等の活用により遺伝子組換え細胞等を用いた *in vitro* 系簡易有害性予測手法、また、トキシコゲノミクスを活用した短期動物試験結果と相関する遺伝子発現データセットを開発する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、遺伝子導入技術、幹細胞分化誘導技術、生物発光技術等

を適用した培養細胞を用いて、試験期間1ヶ月程度、発がん性、催奇形性及び免疫毒性を予測評価できる試験手法を開発し、また、遺伝子発現解析技術を短期動物試験に適用し、28日間反復投与試験結果と相関する遺伝子発現データセットを完成させる。また、標準的な試験プロトコルを策定する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 石油資源遠隔探知技術の研究開発

①概要

我が国が開発・運用する多様な地球観測センサ（ASTER、PALSAR等）の地球観測データを用いて、石油・天然ガス等の安定供給確保のため、資源開発・探査、環境観測等に有効なデータの処理解析手法の研究開発を行う。また、地球観測データのような大容量のデータを容易に扱えるシステムの研究開発を実施することで資源開発・探査、環境観測を含む多様な分野でのリモートセンシングの利用拡大を図る。

②技術目標及び達成時期

2014年度までに、資源開発・探査、環境観測等の分野における地球観測データ処理・解析技術の向上及び地球観測データの利用の拡大を図る。

③研究開発期間

1981年度～2010年度

(5) ハイパースペクトルセンサ等の研究開発（運営費交付金）

①概要

資源開発に有効な岩石・鉱物や地質構造解析の高次元解析を可能とするハイパースペクトルセンサの開発を行うとともに、軌道上におけるデータ取得の実証を行い、センサ技術の確立を行う。

②技術目標及び達成時期

2013年度までにスペクトル分解能200バンド前後のハイパースペクトルセンサを開発し、地表面のスペクトル情報を取得して資源開発に有効なセンサ技術の実証を行う。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(6) 次世代合成開口レーダ等の研究開発

①概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した合成開口レーダである次世代合成開口レーダ（PALSAR）の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術を確立する。

②技術目標及び達成時期

PALSAARの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、レーダ技術の高度化（アンテナ指向の電子制御化、分解能の向上、多偏波観測等）を図る。

③研究開発期間

1993年度～2010年度

(7) 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発

①概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した光学センサである資源探査用将来型センサ（ASTER）の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術確立を図る。

②技術目標及び達成時期

ASTERの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、センサ技術の高度化（ポインティング機能の追加、分解能の向上、熱センサの搭載等）を図る。

③研究開発期間

1987年度～2010年度

4-V-ii. 石油・天然ガスの有効利用技術

(1) 石油燃料次世代環境対策技術開発

①概要

バイオマス燃料から製造した石油製品が自動車排出ガスに及ぼす影響、新たな自動車燃焼技術（自着火燃焼（着火までに燃料と空気を十分に混合し、その混合気体を点火プラグの使用なしで圧縮することにより着火させる燃焼法でNOx排出低減、熱効率が高等の利点がある））に適応した燃料に関する技術開発を実施する。

また、建設機械、発電機等のオフロードエンジンの排ガスによる環境負荷低減や石油燃焼機器の効率的な利用を進めるための技術開発を実施する。

②技術目標及び達成時期

バイオマス燃料の利用時における、燃料と自動車エンジン技術の両面の影響評価を進め、技術的課題を解決し、運輸部門における燃料多様化を目指す。

また、オフロードエンジンの規制は欧米が先行していることから、2012年頃、欧米において規制強化が予定されている排ガス規制に対応した技術確立し、我が国における規制強化に対応可能な燃焼技術を実現することを目指す。

③研究開発期間

2002年度～2011年度

## (2) 石油精製高度機能融合技術開発

### ①概要

石油精製業を中心とする石油コンビナート全体の横断的かつ高度な運営機能の融合を図り、単独企業のみでは達成困難なコンビナート域内の省資源、省エネルギーの向上を進めるため、異業種異企業間における限りある貴重なエネルギー資源の利用効率の高い生産技術に関し技術の開発・実証を行う。

### ②技術目標及び達成時期

2009年度までに、我が国における他のコンビナートへの波及効果を含め、CO<sub>2</sub>排出量を63万トン/年削減可能とする技術を確立する。

### ③研究開発期間

2006年度～2009年度

## (3) 将来型燃料高度利用技術開発

### ①概要

省エネ、二酸化炭素削減効果が見込まれる燃料電池自動車の燃料である高純度(99.99%以上)水素を安定的かつ経済的に供給することは重要である。石油は、その長所として豊富な水素供給余力と安価な水素製造技術及び全国に展開した災害に強いガソリンスタンドを保有している。これら石油の長所を活かした水素供給システムの確立により、水素社会の早期実現に貢献するものである。本事業では、製油所からの高純度水素供給技術開発とガソリンスタンドを拠点とする高純度水素製造技術開発を行う。

### ②技術目標及び達成時期

コスト低減のため製油所におけるナフサから高効率(80%以上)な高純度水素製造を可能とする新たな技術を開発する。また、供給地のガソリンスタンドにおいて有機ハイドライドから高純度の水素を高効率(80%)に取り出すための水素発生装置を開発する。また、脱硫後の灯油硫黄分を検出限界以下の10ppb以下とする脱硫剤の開発を行うとともに、貴金属使用量を2-3wt%から0.5wt%以下まで低減しても、従来と同等の高い性能が維持できる改質触媒を開発する。さらに、膜分離型反応器を用いた99.99%高純度水素の製造効率を80%、4万時間の耐久性が期待できる水素製造システムを開発する。

### ③研究開発期間

2008年度～2010年度

## (3) 革新的次世代石油精製等技術開発

### ①概要

原油価格の高騰・高止まりや原油の重質化と製品需要構造変化等の石油を巡る大きな環境変化のなか、連産品である石油製品を今後とも長期的に安定化かつ効率的に供給するためには、製油所の更なる高度化に向けた技術の開発実用化が必要である。このため、非在来型原油を含めた重質油を原料として、製油所におけるボトムレス化、余剰となる分解留分の高付加価値等のためのプロセスや触媒技術等の開発を行う。また、次世代の技術シーズ創出のため、これまでの技術とは

異なる発想により我が国唯一の革新的な新規触媒研究、新規膜分技術研究、新規製造プロセス研究等を産官学の連携等により実施する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに重質油対応型高過酷度接触流動分解技術（HS-FCC）については、3千BD規模（商業レベルの1/10規模）の実証研究を通じ、プロピレン収率20%以上（既存技術4%程度）、将来不足が予想される高オクタン価ガソリン基材（RON98（既存技術92程度））の製造を可能とする技術を確立する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(5) 次世代高信頼性ガスセンサー技術開発

①概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサー素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサー（COセンサー・メタンセンサー）を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジー及びMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性（数百ppm以下の故障率）、低コストなCOとメタンのセンサーを開発する。

③研究開発期間

2008年度～2011年度

(6) 天然ガスの液体燃料化（GTL）技術実証研究（運営費交付金）

①概要

硫黄等を含まず排出ガスがクリーン、着火性が高いという特徴を有することから石油系燃料代替として期待されるGTLについて、天然ガス中に含まれるCO<sub>2</sub>を除去せず、原料として積極的に活用することから、従来利用が困難であったCO<sub>2</sub>を多く含むガス田からの天然ガスが利用可能、CO<sub>2</sub>除去装置が不要であることによる生産設備コストの低減が可能、といった強みを有する我が国独自のGTL製造技術の確立を図る。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、実証プラントによる運転研究（500バレル/日）を行い、商業規模でのGTL製造技術を確立する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(7) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型/特別研究（運営費交付金）（4-V-i 参照）

(8) 高効率ガスタービン実用化技術開発（4-I-ii 参照）

#### 4-V-iii. メタンハイドレート等非在来化石資源の利用技術

##### (1) メタンハイドレート開発促進委託費

###### ①概要

日本周辺海域に相当量の賦存が見込まれ、国産のクリーンなエネルギー資源として有望なメタンハイドレートを利用可能とするため、資源量評価手法、生産手法及び環境影響評価手法等の確立のための技術開発を行う。

###### ②技術目標及び達成時期

2016年度までに、商業的産出のための技術を整備することを目指し、日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況と特性の明確化、有望賦存海域からのメタンハイドレート資源フィールドの選択及び現場産出試験等による生産手法の確立等を推進する。

###### ③研究開発期間

2001年度～2016年度

##### (2) 革新的次世代石油精製等技術開発（4-V-ii 参照）

#### 4-V-iv. 石炭クリーン利用技術

##### (1) 革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト

###### ①概要

石炭の高効率な利用を図るために、

- i. 酸素吹きによる石炭ガス化発電の開発実証及び化学吸収法によるCO<sub>2</sub>の分離・回収技術の実証
- ii. 石炭ガス化発電からCCSまで一貫したトータルシステムの設計等
- iii. 次世代IGCC（石炭ガス化複合発電）など革新的な石炭ガス化技術にかかる先進基盤研究を行う。

###### ②技術目標及び達成時期

2009年度までに、パイロットプラントにおいて、高圧の石炭ガスからCO<sub>2</sub>の分離・回収技術の確立及びガス化炉の信頼性向上へ向けて、3炭種以上の適応炭種拡大試験を実施する。

###### ③研究開発期間

2007年度～2012年度

##### (2) 国際革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト補助金

###### ①概要

石炭火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>の削減技術について諸外国との実証事業等を実施し、当該技術の普及基盤を整備することにより、エネルギー供給に対する環境上の制約を取り除き、もって我が国エネルギー需給構造の安定化を図る。

###### ②技術目標及び達成時期

石炭ガス化技術等実証普及事業では、海外において取り組みが進められているゼロエミッション型石炭火力発電の石炭ガス化・発電技術、CO<sub>2</sub>分離回収技術、

CO<sub>2</sub>輸送貯留技術等に関する情報収集や関連する技術調査の実施等により、我が国におけるゼロエミッション型石炭火力発電の実用化開発に資する技術・知見を得る。

酸素燃焼国際共同実証事業では、既存の微粉炭火力発電の改造による酸素燃焼方式のゼロエミッション型石炭火力発電プラントの実用化を目標とするものであり、既存のプラントの改造により対応可能であること、酸素燃焼を行うことにより、燃焼ガスからCO<sub>2</sub>を分離する装置が不要であることから、比較的低コストで極めて大きなCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。

石炭火力発電原油増進回収国際共同事業では、2008年5月の日中首脳会談で合意された「日中間でのCCS-EOR（二酸化炭素の回収・貯留、石油増進回収法）協力」に係る日中共同事業として、中国における石炭火力発電CCS-EOR事業の事前調査としてCCS-EORの有効性確認、CCS-EORの経済性・事業実現性等を検討する。これらにより、多量のCO<sub>2</sub>排出削減を実現するモデルの構築、世界のCO<sub>2</sub>排出削減への貢献が期待出来る。

### ③研究開発期間

2007年度～2016年度

## (3) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金

### ①概要

従来の超々臨界圧火力発電（USC）は、蒸気温度の最高温度は630℃程度が限界で、送電端熱効率も42～43%が原理的限界といわれてきた。しかしながら、近年の材料技術の進歩により、700℃以上の蒸気温度を達成できる可能性が見えてきたことから、これらの材料を活用した先進超々臨界圧火力発電技術（A-USC）の開発を行うものである。A-USCは、蒸気温度700℃級で46%、750℃級で48%の高い送電端熱効率の達成が可能な技術であり、2020年以降増大する経年石炭火力発電のリプレース需要に対応するため、早急に技術開発を進める必要がある。そのため、ボイラーメーカー、タービンメーカー及び材料メーカーが共同でA-USCの技術開発に取り組む。

### ②技術目標及び達成時期

平成22年度までにシステム基本設計を完了し、シミュレーションにより送電端熱効率46%～48%の達成が可能なことを確認する。平成24年度までにボイラー、タービン部材等が700℃以上の蒸気温度に耐えられるかどうかを試作、評価し、経済性を含めたシステム成立性への見通しを得る。平成27年～平成28年度に実缶試験、回転試験を実施し、蒸気温度700℃以上の条件下でボイラー、タービンの信頼性を確認する。また、ボイラー、タービン部材について3万～7万時間の長期信頼性試験を実施し材料特性を検証する。

### ③研究開発期間

2008年度～2016年度

(4) 石炭利用技術開発（一部、運営費交付金）

①概要

環境適合的な石炭利用の拡大を図るため、石炭利用プロセスにおける環境影響を低減させる手法の開発等、クリーン・コール・テクノロジーの開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、

- ・ 化学原料等に利用可能な合成用ガスを石炭乾留ガスから無触媒で製造する技術をパイロットプラントで確立する（無触媒石炭乾留ガス改質技術開発）。

2011年度までに、

- ・ 石炭利用プロセスにおいて、環境分析技術の高精度化、環境影響成分の挙動解析のためのモデルの構築等により、環境への影響低減手法を開発する（戦略的の石炭ガス化・燃焼技術開発）。

③研究開発期間

1995年度～2011年度

- ・ 戦略的の石炭ガス化・燃焼技術開発2007年度～2011年度
- ・ 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発2006年度～2009年度

(5) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発費補助金

①概要

供給安定性に優れた石炭の高効率かつ低環境負荷での利用を図るため、石炭をガス化して燃料とし、コンバインドサイクル（ガスタービンと蒸気タービンの組合せ）を駆動する高効率発電技術（石炭ガス化複合発電技術（IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle）の実証試験を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、25万kWの実証機を用いた実証試験により、熱効率40.5%（送電端、高位発熱量ベース）を目指す。この目標は50万kWの商用機における熱効率46～48%に相当する。本技術は実証試験終了後の2010年度より商用化が可能である。

③研究開発期間

1999年度～2009年度

(6) 資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発（運営費交付金）（4-I-ii 参照）



#### 4-V-v. その他・共通

- (1) 新エネルギー技術実用化補助事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）
- (2) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）
- (3) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (4) 燃料電池先端科学研究（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (5) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (6) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (7) 水素貯蔵材料先端基盤研究（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (8) 水素社会構築共通基盤整備事業（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (9) 水素先端科学基礎研究事業（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (10) 固体酸化物形燃料電池実証研究（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (11) 燃料電池システム等実証研究（運営費交付金）（4-III-v 参照）

## 5. 政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

### 5-I. 総合エネルギー効率の向上

- 事業者単位の規制体系の導入
- 住宅・建築物に係る省エネルギー対策の強化
- セクター別ベンチマークの導入と初期需要創出（高効率機器の導入補助等）
- トップランナー基準の対象機器の拡充等
- アジアにおける省エネルギー対策の推進を通じた我が国の国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

### 5-II. 運輸部門の燃料多様化

- 公共的車両への積極的導入
- 燃費基準の策定・改定
- アジアにおける新エネルギー協力
- 国際標準化による国際競争力向上

### 5-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

- 補助金等による導入支援
- 新エネルギーベンチャービジネスに対する支援の拡大
- 新エネルギー産業構造の形成
- 電気事業制度・ガス事業制度の在り方の検討

### 5-IV. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保

- 電力自由化環境下での原子力発電の新・増設の実現
- 資源確保戦略の展開
- 次世代を支える人材育成
- 中小型炉の海外市場への展開、我が国原子力産業の国際展開支援
- 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的枠組み作りへの積極的関与
- 国と地域の信頼強化

### 5-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

- 資源国等との総合的な関係強化（研究開発の推進・協力、人材育成・技術移転、経済関係強化など）
- 化石燃料のクリーンな利用の開拓

## 6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金による実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

また、事業名に（採択テーマ）と記載された事業は、提案公募事業により採択されたテーマを記載したものであり、その採択や評価等は、提案公募事業の実施機関の責任の下、実施されるものである。

## 7. 改訂履歴

- (1) 平成16年7月7日付け、省エネルギー技術開発プログラム基本計画、新エネルギー技術開発プログラム基本計画、燃料技術開発プログラム基本計画、電力技術開発プログラム基本計画、原子力技術開発プログラム基本計画制定。固体高分子形燃料電池／水素エネルギー利用プログラム基本計画（平成16・02・03産局第6号）は、新エネルギー技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (2) 平成17年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第8号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第10号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第12号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第11号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第13号）は、廃止。
- (3) 平成18年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第14号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第9号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第17号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第12号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第13号）は、廃止。また、次世代低公害車技術開発プログラム基本計画（平成17・03・29産局第2号）は、省エネルギー技術開発プログラム基本計画及び燃料技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (4) 平成19年4月2日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・31産局第19号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第15号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第18号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第17号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第16号）は、廃止。
- (5) 平成20年4月1日付け、エネルギーイノベーションプログラム基本計画制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成19・03・26産局第1号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成19・03・20産局第4号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成19・03・19産局第7号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成19・03・16産局第3号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成19・03・23産局第2号）は、本プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (6) 平成21年4月1日付け制定。エネルギーイノベーションプログラム基本計画（平成20・03・25産局第5号）は廃止。

(ナノテク・部材イノベーションプログラム・エネルギーイノベーションプログラム)

「セラミックリアクター開発」基本計画

ナノテクノロジー・材料技術開発部

1. 研究開発の目的、内容及び目標

(1) 研究開発の目的

我が国の強みである材料分野において、物質の機能・特性を十分に活かしつつ、材料創製技術と成型加工技術を一体化した技術及び製品化までのリードタイムを短縮化する生産システム技術等により、ユーザーへの迅速なソリューション提案（部品化、製品化）を可能とすることで、新市場及び新たな雇用を創出する高付加価値材料産業（材料・部材産業）を構築するとともに、我が国の国際的産業競争力の強化を図るため、我が国の産業競争力の基盤として、材料産業の高度化（部材化）、高付加価値化を目指し、平成21年度までに情報通信機器の小型化、高集積化、省エネルギーを実現するマイクロ部材、機械部品等の高機能・高精度化等を革新的に向上させる新材料部材化技術を確立するとともに、研究生産システムを迅速化する技術を確立することを目標とする「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として本プロジェクトを行う。また同時に、我が国エネルギー供給の安定化・効率化、水素エネルギー社会の実現等に資する「エネルギーイノベーションプログラム」の一環としても本プロジェクトを行う。

材料技術は、材料の特性・機能の向上が製品機能の向上に直結するなど産業技術全般に大きな波及効果をもたらす基盤技術であるが、昨今の国際競争の激化により、さらなる飛躍的発展のキーテクノロジーとして革新的な新材料創製技術が求められている。科学技術基本計画（平成13年3月閣議決定）においても、国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点的4分野の一つ「ナノテクノロジー・材料分野」に位置づけられている。

本プロジェクトは、電気化学的に物質やエネルギーを変換する高効率の次世代型セラミックリアクターに焦点をあて、その汎用性を高めて低温作動や頻繁な急速作動停止性能を実現するために、低温作動可能な材料・部材の開発、マイクロチューブ型セルのマイクロキューブ中への集積配列等による①低温度作動領域、②温度管理（急速昇温、加熱冷却サイクルへの耐久性付与）、③高出力密度を可能とするリアクター開発を実施し、我が国産業の競争力の強化を図ることを目的とする。

(2) 研究開発の目標

平成21年度までに、従来に比べて飛躍的な低温作動（650℃以下）を可能とする電解質・電極材料の開発や界面構造の制御等による部材化、マイクロ（ミリ以下）の単位構造をセル～キューブ～モジュールへ配列、集積化するための製造プロセス技術の開発を行い、これらを総合したプロトタイプモジュールを構築し、燃料電池等のエネルギー変換、水素等の合成、環境汚染物質の分解浄化フィルター等の具体的なニーズを想定した、セラミックリアクターの性能実証を図る。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を推進する

- ①高性能材料部材化技術の開発
- ②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発
- ③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証

## 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、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO技術開発機構」という。）が、単独ないし複数の原則、本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（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。）から公募によって研究開発実施者を選定後、共同研究契約等を締結する研究体を構築し、委託して実施する。

共同研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDO技術開発機構が委託先決定後に指名する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）独立行政法人産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 機能モジュール化研究グループ長 淡野正信を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

### (2) 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技術開発機構は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

## 3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成17年度から平成21年度までの5年間とする。

## 4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義なら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19年度、事後評価を平成22年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて事業の加速・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. その他の重要項目

### (1) 研究開発成果の取扱い

#### ① 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

得られた研究成果のうち、共通基盤技術に係る研究開発成果については、NEDO技術開発機構、実施者とも普及に努めるものとする。

#### ② 知的基盤整備事業又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、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

#### ③ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わ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・産業技術業務方法書」第26条の規定等に基づき、原則として、すべて委

託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、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、政策動向、プログラム基本計画の変更、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、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、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2号に基づき実施する。

(4) その他

本研究によって得られたあらゆる知的財産、また本研究の過程または成果に基づき開発したプログラム、サンプルもしくは装置などの成果物について、本プロジェクト外（国内外）への供試・開示については、事前にプロジェクトリーダーとNEDO技術開発機構に連絡する。

その際に、NEDO技術開発機構が申請書の提出を求めた場合は、これに応じ速やかに提出する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成17年3月策定。

(2) 平成18年3月、本研究によって得られた知的財産、成果についての取り扱いについて記載。またプログラム変更に伴い改訂。

(3) 平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。

## (別紙) 研究開発計画

### 研究開発項目①「高性能材料部材化技術の開発」

#### 1. 研究開発の必要性

電気化学的に物質やエネルギーを高効率で変換することが可能なセラミックリアクターは、固体酸化燃料電池 (SOFC) の例に見られるように、他のシステムに比べて高効率化が可能である反面、従来の SOFC による 800~1000°C 程度の高温連続運転は、現在の多様な社会ニーズにおいて、特に小型分散電源や移動機器用電源 (自動車用 APU 等) への対応に多くの課題を抱えている。その解決策として、低温作動化を可能とする技術開発が求められている。特に従来の電解質を用いた SOFC では低温作動化には 750°C 程度で限界となっており、小型高効率 SOFC としての実用化を図るためには、作動可能な温度領域を 650°C 以下にまで低減させることが不可欠である。

それによって、短時間で作動温度に達する事が可能で、小型高効率電源としてのニーズで重要となる繰返起動停止特性が向上し、従来の SOFC では困難であったステンレス、さらに 500°C になると鉄系材料の使用が可能となり、製造コストの大幅低減や、断熱構造への要求仕様緩和によるシステム簡素化や使用範囲の拡大が可能となる。

そこで、低温作動化を可能とする、高性能の材料・部材開発を進めるために、従来の系に替わる低温作動化が可能な電解質材料の材料特性向上、低温でも高い反応活性を発現することが可能な電極材料の開発及び内部構造制御等、電極・電解質の材料特性及び部材化における様々な課題を解決し、実用に足るレベルとするための技術開発を実施する。

#### 2. 研究開発の具体的内容

従来可能であったセラミックリアクターの作動温度域を 650°C 以下にまで低減し、500°C 作動をも可能とする低温作動電解質・低温活性電極等の材料開発と、これを電気化学セルとして部材化する技術の開発を行い、マイクロ集積モジュールへの低温作動部材の適用を図る。

具体的には、低温作動を可能とする電解質材料の適用性検討及び薄膜化技術の高度化、低温で反応活性の高い空気極・燃料極材料の開発及びナノ・マイクロスケールを中心とした内部構造制御、電極-電解質及びインターコネクタとの界面構造ならびに組成制御による部材性能向上の検討等の材料・部材化技術開発を進める。

#### 3. 達成目標

##### (中間達成目標)

電気化学セルの性能評価測定を、電解質を電極マトリックスに配置した構造で、かつ電極の特性が評価可能な面積の電気化学セルを用いて行う際に、650°C にて、 $0.3\text{W}/\text{cm}^2$  の単位出力密度を達成するための、電極及び電解質の開発を行う。

##### (最終達成目標)

同様の性能評価において、650°C で  $0.5\text{W}/\text{cm}^2$  の単位出力密度を達成する。また 500°C でも現在の性能 ( $0.15\text{W}/\text{cm}^2$ ) を超え、将来のさらなる低温作動化による SOFC や高機能フィルタの実用性能向上に資することの可能なレベルの特性向上を達成するための、電極及び電解質の開発と部材化を行う。

### 研究開発項目②「マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発」

#### 1. 研究開発の必要性

環境保全及び省エネルギー化に向けた、クリーンかつ高変換効率のセラミックリアクター開発として、小型軽量化と急速加熱冷却への耐久性向上が求められる。そのためには、電気化学反応を行うセ

ラミックリアクターの構成部材をマイクロ集積化するための革新的な部材製造プロセスの開発が必須である。それによって、体積反応効率の飛躍的な向上による小型軽量化（現在精力的に開発が進められている PEFC に対しても、3割以上のダウンサイジングや5割以上のコスト削減が期待される）、部材の小型集積化による、セラミックス系材料の欠点である熱機械的特性の改善が可能となる。そこで、極めて高い反応効率が期待される、ミリメートル以下（特に 0.1~0.5mm 程度）の単位反応セルを集積化した部材及びモジュールの、連続製造プロセス技術を開発する。

また、小型高効率のエネルギー変換を可能とするセラミックリアクターでは、例えば 0.5mm 径以下の単位セルを集積化することにより、数 kW/㎡以上の極めて小型かつ高出力密度性能が実現可能と考えられるが、その一方で、小型高出力化時に予想される発熱を制御するためのサーマルコントロール、モジュール性能を左右するキューブ接続時のインターフェースにおける電気抵抗を、実用上支障のないレベルまで低減させる集電技術や、ガス供給を低損失で行うための材料・構造設計が重要な技術開発要素となる。従って、マイクロ集積化による構造構築プロセス技術開発と同時に、現在開発が精力的に進められている PEFC を超えるエネルギー変換性能レベル（モジュールでの発電出力密度 2kW/㎡程度）を達成可能な微細構造の集積レベルにより、必要性能を発現するための技術要素を検討し、上記の課題解決を図ることが不可欠である。そこで、サブミリ〜ミリサイズセルの集積化とスタック〜モジュール化を行い、実用性能発現のための課題解決を図る。

## 2. 研究開発の具体的内容

マイクロチューブ〜キューブ化〜インターフェース付与（セルからの集電機能、マニホールド及びガスシール等）〜モジュール化の一連の製造プロセス技術を開発し、サブミリサイズの反応基本ユニットの集積化による、セラミックリアクターのプロトタイプ作製に至る、連続製造プロセス技術として確立する。具体的には、3次元複雑構造の連続造形技術（1次元（紡糸）〜2次元（平面配列）〜3次元（積層化）造形技術及びマイクロハニカム造形技術）、自己組織化造形技術等のマイクロ集積構造化を可能とする製造プロセス技術を開発する。

また、ミリサイズチューブによるキューブ化〜モジュール化を実用的な製造プロセス技術として確立するため、マイクロ集積モジュール化プロセス技術開発で発生が予想される技術的な諸課題（インターフェースの電気抵抗及びガス拡散抵抗の低減技術等）を解決する。さらに、小型高効率化・低温作動及び急速起動停止性能に関し、キューブあたりの性能評価で実証する。

## 3. 達成目標

（中間達成目標）

径0.5mmの多孔質アノード/膜厚10ミクロン以下のセリア等低温作動電解質の緻密膜/10mm長の多層チューブの組合せで構成される電気化学セルとして同時連続作成し、さらに多孔体マトリックス中に100本/キューブで導入、またはマイクロハニカムにより同等の微細構造化を可能なプロセス技術として確立する。

また、微細押出成形法等により、ミリサイズチューブを用いてキューブを作製し、径1-2mm以下の単セルを用いたキューブにより、発電出力密度 0.5W/cm<sup>3</sup>を実証する。また、各キューブにおける電極の接続抵抗損失を5%以下とすることが可能な、インターフェース（セルからの集電構造、マニホールド及びガスシール構造による単キューブの端面修飾等）の構築プロセス技術を開発する。

（最終達成目標）

径0.5mm以下のセルをキューブ当たり100本以上で一回の連続行程により形成することが可能な製造プロセス技術を開発し、セラミックリアクターとしての汎用性を実現するための最適構造化プロセス技術として確立する。



さらに製造プロセス技術の適用性実証として、マイクロ集積化セラミックリアクターの物質-エネルギー変換機能における高効率化を実現（作動温度 650℃以下での発電出力密度 2W/cm<sup>3</sup>以上を達成）する。

### 研究開発項目③「評価解析技術開発及びプロトタイプ実証」

#### 1. 研究開発の必要性

プロトタイプモジュールによる、多様なニーズに対する実用課題の抽出と解決を図ることが、本プロジェクトの開発成果を実用化フェーズにつなげて行くために必須となる。そこで、セル・スタック・モジュールの性能評価に必要な基盤技術を確立し、マイクロ集積モジュール・小型プロトタイプへのユーザーズペックに基づくデザイン提示・性能評価を進め、プロトタイプモジュールとして実用化検討に足る性能を実証する。

#### 2. 研究開発の具体的内容

最終的なモジュールにおける発電性能等、反応効率向上による飛躍的な特性向上を実現するために、構成単位であるマイクロセルやキューブ及びモジュールに対し、構成部材や界面における電気特性及び機械的な応力解析などの評価技術を確立し、またはマイクロ特性評価法の開発による局所特性の最適化や、マクロ発電性能の解析技術の向上を図り、プロセス技術の改良へとフィードバックする。

また、実用モジュールとしての性能評価のために、想定される用途におけるシステム設計条件から、要求性能を明確にしてマクロ性能評価を行う。例えば負荷変動に対する出力コントロール条件を、熱コントロールや集電性能及びキューブ作動制御等の観点から検討し、実際のモジュール作動条件に対する適合性を検討する。

#### 3. 達成目標

（中間達成目標）

本技術開発で新たに必要とされる電氣的・熱機械的な評価手法を開発し、マイクロ・マクロ特性解析手法を確立する。同時に、実用ニーズに対するスペックの検討及び実証試験条件を明確にする。

（最終達成目標）

650℃以下での作動時における発電性能実証を行い、低温作動における小型高効率化を実証する。キューブ集積プロトタイプモジュールを作製し、急速作動停止特性を実現するために必要な、室温～作動温度における実機想定によるシミュレーションから設定する、繰返し加熱冷却条件に対する耐久性性能を実証する。また、発電モジュール構築プロセス技術の実証として、1-2mm径以下の単セル使用モジュールによる2kW/1ccレベルの出力密度及び発電効率40%以上の実証を、キューブ複合モジュールにより行うと共に、モジュール容積0.1ccについて達成する。想定される用途に対する、モデル条件における性能実証試験を行い、さらに連続運転時の性能低下が、実用化を検討する上での許容範囲内であることを確認する。

## 事前評価書

	作成日	平成16年9月15日
1. 事業名称 (コード番号)	セラミックリアクター開発 (革新的部材産業創出プログラム) (NEDO 交付金/エネ高会計)	
2. 推進部署名	ナノテクノロジー・材料技術開発部	
3. 事業概要	<p>(1) 概要：電気化学的に物質やエネルギーを変換するセラミックリアクターは、高効率でありながら、作動温度が高く容積が大きいためその使用範囲が限定される等の課題を有している。特に作動温度が高いことは、リアクターのオン・オフを困難とし、システム化の際に周辺機器へ影響が懸念されるなど、幅広い分野への応用を阻害する要因となっている。次世代のSOFCとして①低温領域で作動し、②頻繁なオン・オフ可能、③小型高出力（高出力密度）を可能とするリアクターの実現を目指すためには、従来のジルコニア系材料では700℃程度にまで作動温度を下げた場合に、イオン伝導性の著しい低下がみられることから限界があり、従来材料ではこれ以上の改善は困難と考えられている。本事業では、次世代リアクターとして家庭内電気製品にも対応可能な500℃以下の作業温度領域を可能とする(1)材料・部材を開発し、マイクロチューブ型セルとして、マイクロキューブ中に集積配列することにより、①低温作動領域、②温度管理（急速昇温、加熱冷却サイクルへの耐久性付与）、③高出力密度を可能にする(2)リアクター化開発を行い、チューブ集積キューブモジュール化技術を確立し、プロトタイプ作製により性能実証を行う。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費（国費分） 10億円（定額100%委託） （平成17年度2億円）</p> <p>(3) 事業期間：平成17年度～21年度（5年間）</p>	
4. 評価の検討状況	<p>(1) 事業の位置付け・必要性</p> <p>これまで実用化が困難とされてきた電解質材料や新規材料を使って高機能部材を開発することにより、次世代部材の製造・利用促進を図るものであるため、施策（革新的部材産業創出プログラム）目標の達成に資するものである。</p> <p>また、本事業はクリーンなエネルギーである水素の本格的到来に向けて、低温で作動する高効率なリアクター開発を目指すものである。SOFCの基盤技術の向上、水素供給インフラの高効率化に資する技術開発であり、経済省の新規産業創造戦略においても燃料電池は世界を勝ち抜く先端産業群に位置づけられており、同戦略において基盤的研究の加速化が重要である旨示されている。従って、産官学の連携により、効率的に開発を進めていくためにも、国の予算措置によるプロジェクトとして早急に立ち上げることが必要である。</p>	

## (2) 研究開発目標の妥当性

〔目標〕：

これまで使用不可能であった材料や新しい材料（セリア系等）で材料特性を改善した電解質膜を作製し、低温領域での出力性能を向上させる材料技術を開発する。また、電解質膜をマイクロチューブ化してセルにするための製造技術、集積するための周辺技術（ガスシール開発、アノード集積回路等のセルインターフェース技術）を開発する。

- ・材料・部材開発：多孔質アノードのキューブ－10 ミリ角／セリア電解質膜の開発－膜厚 10 ミクロン／多層チューブ－径 0.5 ミリ以下
- ・作動温度低下：500℃以下で 1W／c m 2 の作動を確認
- ・モジュール化技術：マイクロ単セルをアノード多孔体マトリックスに 100 本／キューブで、電極抵抗損失が 1%以下、ガス圧損 3%以下
- ・耐熱衝撃性の向上：400℃の耐熱衝撃

目標設定は最終製品のプロトタイプを作製する段階である本事業においては十分と考えられるが、今後も有識者ヒアリングなどで意見を聴取し、妥当性について更なる検討を行う必要がある。

## (3) 研究開発マネジメント

公募を行い最適な研究開発体制を構築する。材料開発、システム開発、ユーザーを垂直連携に参加させ、実用化までの加速を図る。また、プロジェクト開始後 3 年目に中間評価を実施し、その結果を反映して事業全体の進め方を見直す予定。

## (4) 研究開発成果

- 500℃作動、起動時間が従来比数百分の 1 に相当する「分・秒単位」で可能、かつ 5 kW の高出力モジュールでも手のひらサイズ（1 ㎝以下）の超小型システムが実現する。
- 自動車用 APU、ポータブル、小型定置電源、水素スタンド等への普及を想定し、2020 年時点で 2,300 億円程度、2030 年時点でエネルギー関係のみでも 9,500 億円程度の市場創出効果が見込まれる。

## (5) 実用化・事業化の見通し

プロジェクトでは、材料、部材化、プロトタイプモジュールの開発と、その性能実証を行う。製品イメージは小型分散・ポータブル電源、自動車用 APU、高効率水素製造モジュール等であり、プロジェクト終了後、システム構築、耐久性評価と信頼性向上、低コスト化及び量産プロセス検討を得て、2012 年頃までに実用化する見通しである。

(6) その他特記事項

○燃料電池水素技術開発部の PJ と重複を検討する必要がある。

○平成 15 年度に終了した「シナジーセラミックスプロジェクト」の開発成果の一部を活用するものであり、同プロジェクトの事後評価委員会において「成果を活用した技術開発を国家プロジェクトとして進めるべき」旨が指摘されている。

5. 総合評価

以上、4. の評価結果により NEDO 事業として推進することが望ましいと判断する。

(注) 事業の全体像がわかる図表を添付すること。

V. 全体成果の総括

V. 1 論文発表・特許出願・受賞等の実績

年度毎の特許、論文、外部発表等の件数

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表 等)
	国内	外国	PCT出願	査読付き	その他	
平成17年度	7	0	0	0	0	2
平成18年度	7	2	1	4	9	5
平成19年度	10	0	0	20	4	2
平成20年度	6	0	0	40	9	1
平成21年度	6	0	0	49	8	7
合計	36	2	1	113	30	17

(1) 研究発表・講演

論文113件(査読付き)、学会発表304件、その他解説等30件

【研究発表一覧】

1) 論文(査読付き)

1. “LSCF-Ag Composite Cathode for Reduced-temperature SOFCs” Y. Sakitou, A. Hirano, K. Hanai, T. Matsumura, N. Imanishi, Y. Takeda, *ECS Transactions*, **7(1)** 1305-1309(2007)
2. “Development of micro-tubular SOFCs with an improved performance via nano-Ag impregnation for intermediate temperature operation.” Liu, Yu, M. Mori, Y. Funahashi, Y. Fujishiro, A. Hirano, *Electrochemistry Comm.*, **9**, 1918~1923 (2007)  
(電中研、産総研と共著)
3. “Silver infiltrated  $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_3$  cathodes for intermediate temperature solid oxide fuel cells” Y. Sakito, A. Hirano, N. Imanishi, Y. Takeda, O. Yamamoto, Y. Liu *J. Power Sources*, **182**, 476-481(2008)
4. “ $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_3$  - Ag composite cathode for intermediate-temperature solid oxide fuel cells” Y. Sakito, A. Hirano, N. Imanishi, Y. Takeda, Y. Liu and M. Mori, *J. Fuel Cell Science and Technology*, **5**, 031207, 1-4 (2008)
5. “An oxygen permeable membrane  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}(\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2})_{1-x}\text{Cr}_x\text{O}_{3-\delta}$  for a reduced atmosphere” J. Ishida, K. Murata, T. Ichikawa, A. Hirano, N. Imanishi, Y. Takeda, O. Yamamoto, *J. Power Sources*, **180**, 1045-1049 (2009)

6. “Inhibition of the electrode particle growth in the SOFC” , K. Murata, A. Hirano, N. Imanishi, Y. Takeda, *ECS Transactions*, **25(2)**, 2413–2420(2009)
7. “Thermal stability of silver-MO<sub>x</sub> (M = Mn, Fe, Co, Ni) composite cathode for IT-SOFCs” , H. Saka, A. Hirano, N. Imanishi, Y. Takeda, *ECS Transactions*, **25(2)**, 2461–2656(2009)
8. “Ni-SDC cermet anode fabricated from NiO-SDC composite powder for intermediate temperature SOFC” T. Misono, K. Murata, T. Fukui, J. Chaichanawong, K. Sato, H. Abe, and M. Naito, *Journal of Power Sources*, 157 754–757 (2006).
9. “Morphology control of Ni-GDC cermet anode for lower temperature operation SOFC” T. Misono, K. Murata, J. Yin, T. Fukui, *ECS transactions* 7 (1) 1355–1361 (2007)
10. “LSC-Based Composites with Optimal Composition And Microstructures as Current Collecting Materials for Microtubular SOFCs” T. Misono, K. Murata, J. Yin, T. Fukui, *ECS Transactions*, 17 (1) 69–77 (2009)
11. “ Fabrication and characterization of La<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>Co<sub>0.3-δ</sub> / Ce<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>O<sub>2-δ</sub> Composites as Current Collecting Materials for Microtubular SOFCs” J. Yin, K. Murata, T. Misono, T. Fukui, *ECS Transactions*, 25 (2) 951–958 (2009)
12. “Application of a co-firing process for SOFCs with gadolinium doped ceria electrolyte” C. Kubota, Y. Ito, K. Kikuta, *J. Ceram Soc. Jpn.*, 116, 792–796 (2008)
13. “Fabrication and characterization of microtubular and flattened ribbed SOFCs prepared by the multi-dip coating and co-firing” K. Kikuta, C. Kubota, Y. Takeuchi, Y. Ito, T. Usui, *Journal of the European Ceramic Society*, 30, 927–931 (2010)
14. “Application of a thin intermediate cathode layer prepared by inkjet printing for SOFCs” , N. Yashiro, T. Usui, and K. Kikuta, *Journal of the European Ceramic Society*, in print
15. “Fabrication and characterization of LSCF-GDC/GDC/NiO-GDC microtubular SOFCs prepared by multi-dip coating” , T. Usui, Y. Ito, and K. Kikuta, *Journal of the Ceramic Society of Japan*, in print
16. “Low temperature co-sintering of microtubular SOFCs prepared by multi-dip coating with starch pore former” Y. Takeuchi, and K. Kikuta, *Journal of the European Ceramic Society*, submitted
17. “Improvement of SOFC performance using a micro tubular anode supported SOFC” 鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、*JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY*, 153-5, A925–A928 (2006) .
18. “Fabrication and characterization of micro tubular SOFCs for operation in the intermediate temperature” 鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、*JOURNAL OF POWER SOURCES*、-160, 73–77 (2006) .
19. “Current Collecting Efficiency of Micro Tubular SOFCs” 鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、*JOURNAL OF POWER SOURCES*、163-, 737–742、 (2007) .
20. “Design and Fabrication of Light-weighted, Sub-millimeter Tubular Solid Oxide Fuel Cells” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、*ELECTROCHEMICAL AND SOLID STATE LETTERS*, 10-8, 177–179 (2007)
21. “Anode Supported Micro Tubular SOFCs for Advanced Ceramic Reactor System”

- 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術協会)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF POWER SOURCES, 171-, 92-95 (2007) .
22. “FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF MICRO TUBULAR SOFCs FOR ADVANCED CERAMIC REACTORS” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS, 451-, 632-635 (2008)
23. “Fabrication and Characterization of Micro Tubular SOFCs with Multi-Layered Electrolyte” 鈴木 俊男、ZAHIR MD. HASAN、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、ELECTROCHEMICAL AND SOLID STATE LETTERS, 11-6, B87-B90、(2008).
24. “Development of Micro Tubular SOFCs” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF FUEL CELL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 5-3, 031201-(2008).
25. “Fabrication of Needle-type Micro SOFCs for Micro Power Devices” 鈴木 俊男、ZAHIR MD. HASAN、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、ELECTROCHEMISTRY COMMUNICATIONS, 10-, 1563-1566、(2008).
26. “Low Temperature Operated SOFCs Using Ceria Based Electrolyte” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、ELECTROCHEMISTRY, 77-2, pp.134-136(2009).
27. “Effect of Anode Microstructure on the Performance of Micro Tubular SOFCs” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、SOLID STATE IONICS, 180-6-8, 546-549(2009).
28. “Impact of Anode Microstructure on Solid Oxide Fuel Cells” 鈴木 俊男、ZAHIR MD. HASAN、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、SCIENCE, 325-, 852-855(2009).
29. “Fabrication of micro tubular SOFCs and their SOFC performance in the intermediate temperature” 鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、Proceedings 2006 IMAPS/ACerS 2nd International Conference on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies, -, WP43-(2006).
30. “Fabrication of Micro Tubular SOFC Stack Using Ceramic Manifold” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、ECS Transactions, 7-1, 477-482(2007).
31. “FABRICATION AND OPTIMIZATION OF MICRO TUBULAR SOFCs FOR CUBE-TYPE SOFC STACKS” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術協会)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、Proceedings of the 31st Cocoa beach Conference, 25-32(2007).
32. “Fabrication and Characterization of Light-weighted micro tubular SOFCs” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、ECS Transaction, 11-33, 107-112(2008).
33. “Development of Micro Tubular SOFCs and Stacks for Low Temperature Operation under 550 °C”, 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、Advances in Solid Oxide Fuel Cells IV: Ceramic Engineering and Science Proceedings, 29-5, 21-26(2008).
34. “Improvement of micro tubular SOFCs using multi-layered electrolyte” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、ECS Transactions, 16-51, 165-170(2009).
35. “Examination of Wet Coating and Co-sintering Technologies for Micro SOFCs Fabrication” 山口 十志明、鈴木俊男、清水 壮太、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL

- OF MEMBRANE SCIENCE, 300-, 45-50(2007).
36. “Fabrication and Evaluation of Cathode-Supported Small Scale SOFCs” 山口十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、MATERIALS LETTERS, 62-, 1518-1520(2008).
  37. “Evaluation of Micro LSM Supported GDC/ScSZ Bilayer Electrolyte with LSM-GDC Activation Layer for IT-SOFCs” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, 155-4, B423-B426(2008).
  38. “Development and Evaluation of a Novel Cathode-Supported SOFC Having a Honeycomb Structure” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、ELECTROCHEMICAL AND SOLID STATE LETTERS, 11-7, B117-B121(2008).
  39. “Fabrication and Characterization of High Performance Cathode Supported Small-Scale SOFC for Intermediate Temperature Operation” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、ELECTROCHEMISTRY COMMUNICATIONS, 10-9, 1381-1383(2008).
  40. “Demonstration of the Rapid Start-up Operation of Cathode-Supported Solid-Oxide Fuel Cells Using a Microtubular Support” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, 155-11, B1141-B1144(2008).
  41. “Evaluation of Extruded Cathode Honeycomb Monolith-Supported SOFC under Rapid Start-up Operation” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、ELECTROCHIMICA ACTA, 54-, 1478-1482(2009).
  42. “Design and Fabrication of Novel Electrode Supported Honeycomb SOFC” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF THE AMERICAN CERAMIC SOCIETY, 92-S1, S107-S111(2009).
  43. “Wet Preparation and Characterization of ScSZ Thin Film Electrolyte on Micro-Cathode Supports” 山口 十志明、JOURNAL OF THE CERAMIC SOCIETY OF JAPAN, 117-2, 139-142(2009).
  44. “Development of Novel Honeycomb SOFCs for Intermediate Temperature Operation” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、ELECTROCHEMISTRY, 77-2, 137-139(2009).
  45. “Effects of Anode Microstructure on the Performances of Cathode Supported Micro-SOFCs” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、ELECTROCHEMICAL AND SOLID STATE LETTERS, 12-11, B151-B153(2009).
  46. “Effect of Anode Composition on the Performances of Cathode Supported Micro Channel SOFCs” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、ECS Transactions, 25-2, 939-943(2009).
  47. “Fabrication and Evaluation of a Novel Cathode-Supported Honeycomb SOFC Stack” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、MATERIALS LETTERS, 63-, 2577-2580(2009).
  48. “Novel Electrode-Supported Honeycomb SOFC; Design and Fabrication” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF FUEL CELL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 7-, 041001-(2010).
  49. “Development of a Dense Electrolyte Thin Film by the Ink-Jet Printing Technique for a Porous LSM Substrate” 山口 十志明、Ahmed Mohamed El-Toni (AIST)、清水 壮太、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF THE AMERICAN CERAMIC SOCIETY, 91-1, 346-349(2008).



50. “Development of Honeycomb-Type SOFCs with Accumulated Multi Micro-Cells” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、ECS Transactions, 7-1, 657-662(2007).
51. “Development of Honeycomb-Type SOFC Integrated with Multi Micro Cells” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、the 31st International Conference on Advanced Ceramics and Composites proceedings, -, 41-47(2007).
52. “Development of New Solid Oxide Fuel Cells with Honeycomb Structure” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、Proceedings of International Symposium on EcoTopia Science, -, 227-229(2007).
53. “Design and Fabrication of Novel Electrode Supported SOFC Having Honeycomb Structure” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、Proceeding of 6th International Fuel Cell Science, Engineering & Technology Conference, FuelCell2008-, 65065-(2008).
54. “Effects of Compositions and Microstructures of Thin Anode Layer on the Performance of Honeycomb SOFCs Accumulated with Multi Micro Channel Cells” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、32nd International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites, -, 63-70、(2008).
55. “Development of Cathode Supported SOFC with Honeycomb Structure” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、FDFC2008 Proceedings, -, P3-1-P3-5(2008).
56. “Fabrication and Evaluation of Cathode-Honeycomb Supported SOFC Stack” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、Proceedings of the Third European Fuel Cell Technology & Applications Conference, -, 229-230(2009).
57. “The Effect of the Fuel Flow Rate on the Performance of the Chip-type SOFC Module” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, 155-, B1296-B1299 (2008) .
58. “New Stack Design of Micro Tubular SOFCs for Portable Power Sources” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、Fuel Cells, 8-6, 381-384 (2008) .
59. “Performance of the Micro SOFC Module using Sub-millimeter Tubular Cells” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, 156-3, B318-321 (2009) .
60. “Cube-Type Micro SOFC Stacks using Sub-Millimeter Tubular SOFCs” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF POWER SOURCES, 183-, 544-550 (2008) .
61. “Development of Cube-type SOFC Stacks using Anode-supported Tubular Cells” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (フラインセラミックス技術協会)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、JOURNAL OF POWER SOURCES, 175-, 68-74 (2008) .
62. “Effect of microstructure on the conductivity of porous  $(\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2})_{0.99}\text{MnO}_{3\pm\delta}$  (LSM)” 山口 十志明、清水 壮太、藤代 芳伸、淡野 正信、J. Ceram. Soc. Jpn., vol.117, pp.895-898, 2009/06
63. “A Slurry Injectoin Method for the Fabrication of Multiple Microchannel SOFCs” 山口 十志明、清水 壮太、藤代 芳伸、淡野 正信、J. Am. Ceram. Soc., vol.92[5], pp1002-1005, 2009/09
64. “Fabrication and Properties of Honeycomb-Type SOFCs Accumulated with Multi Micro-Cells” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、ECS

- Transactions, vol.7, pp.651-656, 2007/06
65. “Cathode supported Honeycomb SOFCs For Intermediate Temperature Operation” 山口 十志明、清水 壮太、藤代 芳伸、淡野 正信、 ECS Transactions, vol.16, pp.83-91, 2009/09
  66. “Effect of cathode porosity of cathode supported honeycomb SOFCs” 山口 十志明、清水 壮太、藤代 芳伸、淡野 正信、 ECS Transactions, vol25, pp.975-981, 2009/09
  67. “Development of Honeycomb-Type SOFC Integrated with Multi Micro Cells: Concept and Simulations” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、 the 31st International Conference on Advanced Ceramics and Composites Proceedings, pp.49-58, 2007/11
  68. “Formation of Gas Sealing and Current Collecting Layers for Honeycomb Type SOFCs” 山口 十志明、清水 壮太、藤代 芳伸、淡野 正信、 32th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites, pp.71-78, 2008/12
  69. “Fabrication and characterization of components for cube shaped micro tubular SOFC bundle” Y. Funahashi, T. Shimamori, T. Suzuki, Y. Fujishiro and M. Awano, J. Power Sources, 163 731-736 (2007)
  70. “Simulation Study for the Optimization of Microtubular SOFC Bundles” Y. Funahashi, T. Shimamori, T. Suzuki, Y. Fujishiro and M. Awano, J. Fuel Cell and Technology, 7 (2) 021015 (2010)
  71. “New Fabrication Technique for Series-Connected Stack With Micro Tubular SOFCs” ,Y. Funahashi, T. Shimamori, T. Suzuki, Y. Fujishiro and M. Awano, Fuel Cells, 9 (5) 711-716 (2009)
  72. “Simulation Study for the Series Connected Bundles of Micro Tubular SOFCs” Y. Funahashi, T. Shimamori, T. Suzuki, Y. Fujishiro, M. Awano and T. Araki, J. Fuel Cell and Technology, In press (2010)
  73. “MICROSTRUCTURE CONTROL OF CATHODE MATRICES FOR THE CUBE-TYPE SOFC BUNDLES” Y. Funahashi, T. Shimamori, T. Suzuki, Y. Fujishiro and M. Awano, Ceramic Engineering and Science Proceedings, 28 (4) 195-202 (2007)
  74. “Optimization of Configuration for Cube-Shaped SOFC bundles” Y. Funahashi, T. Suzuki, Y. Fujishiro, T. Shimamori and Awano, ECS Transactions, 7 (1) 643-649 (2007)
  75. “200 W Module Design Using Micro Tubular SOFCs” Y. Funahashi, T. Suzuki, Y. Fujishiro, T. Shimamori and Awano, ECS Transactions, 25 (2) 195-200 (2009)
  76. “Bonding phase of amorphous silicate gas-tight seals for electrode-supported SOFCs” S. Suda, K. Kawahara, K. Jono, *Trans. Mater. Res. Soc. Japan*, 32 111-114 (2007).
  77. “Development of insulating and conductive seals for controlled conduction paths” S. Suda, K. Kawahara, K. Jono, *ECS Transactions*, 7 2437-2442 (2007).
  78. “Development of melting seals embedded electrical conduction paths for micro SOFCs” S. Suda, K. Kawahara, K. Jono, *ECS Transaction*, 12 283-289 (2008).
  79. “Improvement in interface resistance of conductive gas-tight sealing materials for stacking micro-SOFC” S. Suda, K. Kawahara, K. Jono, *Ceram. Eng. Sci. Proc.*, 29 263-270 (2008).
  80. “Thermal cycle durability of glass/ceramic composite gas-tight seals on metal substrates” S. Suda, M. Matsumiya, K. Kawahara, K. Jono, *Ceram. Eng. Sci. Proc.*,

- 30, 211-220 (2009).
81. "Thermal cycle reliability of glass/ceramic composite gas sealing materials" S. Suda, M. Matsumiya, K. Kawahara, K. Jono, *Proc. Materials Science & Technology 2008*, 373-379 (2008).
  82. "Gas sealing reliability of glass/ceramic composite seals under soft working conditions" S. Suda, K. Kawahara, K. Jono, Y. Mizuta, *ESC Trans.*, 25 1501-1507 (2009).
  83. "Thermal cycle reliability of glass/ceramic composite gas sealing materials" S. Suda, M. Matsumiya, K. Kawahara, K. Jono, *Inter. J. Appl. Ceram. Tech.* 7, 49-54 (2010)
  84. "Current State of R&D on Micro Tubular Solid Oxide Fuel Cells in Japan", Mini-Micro Fuel Cells Fundamentals and Applications, 407-418, Y. Mizutani, S. Kakaç, A. Pramuanjaroenkij and L. Vasiliev Eds. Springer, the Netherlands, 2008
  85. "Effects of Pressurization on cell performance of a microtubular SOFC with Sc-doped zirconia electrolyte", S. Hashimoto, H. Nishino, Y. Liu, M. Mori, Y. Funahashi, and Y. Fujishiro, *Journal of The Electrochemical Society*, 155(6) B587-591 (2008).
  86. "Development and characterization of cathode-supported SOFC by single-step co-firing fabrication for intermediate-temperature operation", Y. Liu, S. Hashimoto, K. Takei, M. Mori, and Y. Funahashi, "International Journal of Fuel Cell Science and Technology, August 2008, Vol. 5, pp.031209-1~5, (2008).
  87. "Preparation and application of nano-dispersed Ag in  $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_{3-\delta}$  perovskites for intermediate-temperature solid oxide fuel cell", Y. Liu, S. Hashimoto, K. Takei, M. Mori, Y. Funahashi, Y. Fujishiro, A. Hirano, and Y. Takeda, *Current Applied Physics*, 9 (2009)551-553.
  88. "Development of evaluation technology for micro tubular SOFCs under pressurized conditions", S. Hashimoto, Y. Liu, K. Asano, H. Nishino, M. Mori, Y. Funahashi, and Y. Fujishiro, *International Journal of Fuel Cell Science and Technology*, August 2008, Vol. 5, pp.031208-1~5.
  89. "Characterization of  $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}\text{-Ce}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{O}_{1.95}\text{-Ag}$  composite cathode for ceria based SOFCs", Y. Liu, S. Hashimoto, K. Takei, M. Mori, Y. Funahashi, Y. Fujishiro, A. Hirano, and Y. Takeda, *International Journal of Fuel Cell Science and Technology*, August 2008, Vol. 5, 031209-1~5, (2008).
  90. "The Power generating properties of micro tubular SOFCs and the cell temperature estimation under the several operating conditions", S. Hashimoto, H. Nishino, Y. Liu, K. Asano, M. Mori, Y. Funahashi, and Y. Fujishiro, *Journal of Power Sources*, 181 (2008)244-250.
  91. " $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}\text{-Ag}$  composite cathode for intermediate-temperature solid oxide fuel cells", Y. Sakitou, A. Hirano, N. Imanishi, Y. Takeda, Y. Liu, and M. Mori, *International Journal of Fuel Cell Science and Technology*, August 2008, Vol. 5, pp.031207-1~4, (2008).
  92. "Study of Steam electrolysis using a micro tubular ceramic reactor", S. Hashimoto, Y. Liu, M. Mori, Y. Funahashi, and Y. Fujishiro, *International Journal of Hydrogen Energy*, 34 1159-1165(2009).
  93. "Investigation of current leakage of micro-tubular SOFCs with a ceria membrane for low-intermediate temperature power-generation application", M. Mori, Y.

- Liu, S. Hashimoto, and K. Takei, *Electrochemistry*, 77 (2) 178-183(2009).
94. "Effects of Bi addition on sintering and electrical properties of scandia stabilized zirconia as intermediate-temperature SOFC electrolyte" , M. Mori, Y. Liu, S. Ma, S. Hashimoto, and K. Yasumoto, *Electrochemistry*, 77 (2) 184-189 (2009).
  95. "Influence of pressurization on the properties of  $(\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x)_{1-z}(\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y)\text{O}_{3-\delta}$  ( $x=0.4$ ;  $y=0.8$ ;  $z=0-0.04$ ) as cathode materials for IT-SOFC" , M. Mori, Y. Liu, S. Hashimoto, *Electrochemistry*, 77 (2) 140-142(2009).
  96. "Electrolyte thin film formation for solid oxide fuel cells using water-based slurry contained  $\text{Ce}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{O}_{2-\delta}$  nanopowder" , S. Hashimoto and M. Mori, *Electrochemistry*, 77 (2) 195-198(2009).
  97. "Investigation of Li dopant as a sintering aid for ScSZ electrolyte for IT-SOFC" , M. Mori, Y. Liu, S. Ma, and S. Hashimoto, *Journal of the Korean Ceramic Society*, 45(12) 760-765(2008).
  98. "Nanocomposite Ni-CGO synthesized by the citric method as substrates for thin-film IT-SOFC" , Z. Wang, Y. Liu, S. Hashimoto, and M. Mori, *Journal of the Korean Ceramic Society*, 45(12) 782-787(2008).
  99. "Investigation of Co doped CGO buffer layer for intermediate-temperature SOFC" , Z. Wang, S. Hashimoto, and M. Mori, *ECS Transactions~Solid State Ionic Devices~*, 16(51) 203-210(2009).
  100. "Investigation of Co doped CGO buffer layer for intermediate-temperature SOFC" , Z. Wang, S. Hashimoto, and M. Mori, *ECS transaction~Solid State Ionic Devices~*, 16(5), 203-210 (2009).
  101. "Sintering mechanisms of cobalt doped ceria and zirconia electrolytes in solid oxide fuel cells with intermediate-temperature operation" , M. Mori, Z. Wang, and T. Itoh, *ECS Transactions~Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI)~*, 25 (2) 1625-1634(2009).
  102. "Investigation and optimization of interface reactivity between  $\text{Ce}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{O}_{1.95}$  and  $\text{Zr}_{0.89}\text{Sc}_{0.1}\text{Ce}_{0.01}\text{O}_{2-\delta}$  for high performance intermediate temperature-solid oxide fuel cells" , Z. Wang, S. Hashimoto, and M. Mori, *Journal of Power Sources*, 193 49-54(2009).
  103. " $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$  current collectors via Ag infiltration for micro-tubular solid oxide fuel cells with intermediate-temperature operation" , M. Mori, Y. Liu, and T. Itoh, *Journal of The Electrochemical Society*, 156(10) B1182-B1187 (2009).
  104. "Steam electrolysis performance of intermediate-temperature solid oxide electrolysis cell and efficiency of hydrogen production system with  $300 \text{ Nm}^3/\text{h}$ " , Z. Wang, M. Mori, and T. Araki, *International Journal of Hydrogen Energy*, Accepted (2010).
  105. "Sintering mechanisms of cobalt doped ceria and zirconia electrolytes in solid oxide fuel cells with intermediate-temperature operation" , M. Mori, Z. Wang, and T. Itoh, *International Journal of Fuel Cell Science and Technology*, Accepted, (2010).
  106. "SOFC-SOEC characteristics of intermediate-temperature microtubular ceramic reactor using Ag for current collecting" , Z. Wang, and M. Mori, *Electrochemistry*, Accepted (2010).

107. “Power Generation Properties of a micro tubular SOFC bundle under Pressurized Conditions”, S. Hashimoto, Y. Liu, K. Asano, M. Mori, Y. Funahashi, and Y. Fujishiro, *International Journal of Fuel Cell Science and Technology*, Accepted, (2010).
108. “A Computational Thermal-Fluid Analysis of a Micro-Tubular Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)”, F. Serincan, U. Pasaogullari, N. M. Sammes, *J. Electrochem. Soc.*, 2008年11月
109. “The Properties and Performance of Micro-Tubular (Less than 1mm OD) Anode Supported SOFC’s for APU Applications”, N. M. Sammes, A. Smirnova, M. Mohammadi, F. Serincan, S. Xiaoyu, J. Pusz, M. Awano, T. Suzuki, Y. Yamaguchi, Y. Fujishiro, Y. Funahashi, *The Business of Nanotechnology, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Volume 1106<sup>E</sup>*, 2008年度刊行
110. “CFD-Based Results for Planar and Micro-Tubular Single Cell Designs”, L. Andreassi, S. Ubertini, R. Bove, N. M. Sammes, *Modelling Solid Oxide Fuel Cells, Methods, Procedures and Techniques, Book Series, Fuel Cells and Hydrogen Energy*, 2008年度刊行
111. “The Properties and Performance of Micro-Tubular (less than 1mm od) Anode Supported Solid Oxide Fuel Cells”, N. M. Sammes, A. Smirnova, M. Mohammadi, F. Serincan, S. Xiaoyu, M. Awano, T. Suzuki, Y. Yamaguchi, Y. Fujishiro, Y. Funahashi, *Mini Micro Fuel Cells, Series: NATO Science for Peace and Security Series C*, 2008年度刊行
112. “Performance Degradation Mechanisms of Micro-Tubular SOFC’s Operating in the Intermediate Temperature Range”, K. Galloway, N. M. Sammes, *J. Electrochem. Soc.*, 2008年度刊行
113. “Mechanical properties of micro-tubular solid oxide fuel cell anodes”, Brycen R. Roy, N. M. Sammes, T. Suzuki, Y. Funahashi, M. Awano, *J. Power Sources*, 2008年度刊行

## 2) 学会発表

1. “低温作動 SOFC 用銀系合金電極の開発” 前刀 勇貴、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、第 33 回東海若手セラミスト懇話会 (平成 18 年 7 月 7-8 日)
2. “低温作動 SOFC 用銀系合金電極の開発” 平野 敦、前刀 勇貴、今西 誠之、武田 保雄、セラミックス総合研究会 (平成 18 年 10 月 6-7 日)
3. “中温作動型 SOFC 用 Ag LSCF 複合空気極の電極特性” 前刀 勇貴、花井 一真、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、第 15 回 SOFC 研究発表会 (平成 18 年 12 月 5-6 日)
4. “新規燃料極材料  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{VO}_3$  の電気化学特性” 北川 太一、松村 忠朗、平野 敦、今西 誠之、服部 雅俊、武田 保雄、電気化学会第 74 回大会 (平成 19 年 3 月 29-31 日)
5. “LSCF-Ag Composite Cathode for Reduced-temperature SOFCs” 前刀 勇貴、花井 一真、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、10th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-X) (平成 19 年 6 月 3-8 日)
6. “Characterization of perovskite-type anode materials,  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{VO}_3$  for SOFCs” 北川 太一、松村 忠朗、平野 敦、今西 誠之、服部 雅俊、武田 保雄、16th International Conference on Solid State Ionics (平成 19 年 7 月 1-6 日)

7. “The improvement of electrochemical property of cathode by infiltration method” 平野 敦、The First China-Japan Workshop on Solid Oxide Fuel Cells (平成 19 年 7 月 6-9 日)
8. “The composite cathode of Ag and LSCF for SOFC working under intermediate temperature” 平野 敦、前刀 勇貴、今西 誠之、武田 保雄、IUPAC 3rd International Symposium on Novel Materials and Synthesis(NMS-III) (平成 19 年 10 月 17-21 日)
9. “SOFC における電解質抵抗と電極反応抵抗との相関性” 加藤 宏貴、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、第 38 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会(平成 19 年 11 月 10-11 日)
10. “混合導電体  $Ba_xSr_{1-x}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_3$  の酸化物イオン導電率の測定と電極特性評価” 深谷則之、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、第 33 回固体イオニクス討論会(平成 19 年 12 月 6-7 日)
11. “中温作動 SOFC 用空気極としての LSCF-Ag 複合電極の作成と電極特性評価” 平野 敦、武田 保雄、今西 誠之、粉体粉末冶金協会平成 20 年度春季大会(平成 20 年 5 月 27-29 日)
12. “低温作動固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 用 Ag-酸化物電極の探索” 坂 秀之、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、第 36 回東海若手セラミスト懇話会 2008 年夏季セミナー(平成 20 年 7 月 10-11 日)
13. “固体酸化物型燃料電池における電極粒子成長の抑制” 村田 幸亮、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、第 36 回東海若手セラミスト懇話会 2008 年夏季セミナー(平成 20 年 7 月 10-11 日)
14. “中温作動 SOFC 用 Ag-酸化物複合電極の探索” 坂 秀之、平野 敦、今西 誠之、武田保雄、三其 輝彦、村田 憲志、日本セラミックス協会 第 21 回秋季シンポジウム(平成 20 年 9 月 17-19 日)
15. “固体酸化物型燃料電池における電極粒子成長の抑制” 村田 幸亮、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、三其 輝彦、村田 憲志、日本セラミックス協会 第 21 回秋季シンポジウム(平成 20 年 9 月 17-19 日)
16. “低温作動 SOFC にむけた空気極の開発 -含浸修飾による活性化” 武田 保雄、日本セラミックス協会 第 21 回秋季シンポジウム(平成 20 年 9 月 17-19 日)
17. “Ag-transition Metal Oxides Composite Cathode for IT-SOFCs” 平野 敦、坂 秀之、今西 誠之、武田 保雄、PRiME2008 Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-state science(平成 20 年 10 月 12-17 日)
18. “中温作動 SOFC 用高活性空気極の探索” 平野 敦、坂 秀之、村田 幸亮、今西 誠之、武田 保雄、2008 年度セラミックス総合研究会(平成 20 年 10 月 23-24 日)
19. “固体酸化物形燃料電池における銀担持空気極への酸化物ナノ粒子添加による長期安定化” 村田 幸亮、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、200 年東海地区ヤングエレクトロケミスト研究会(平成 21 年 9 月 4 日)
20. “SOFC 用新規燃料極材料  $Sr_2MMoO_{6-\delta}$  (M = 第一遷移金属) の電気化学特性” 川西 弘晃、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、日本セラミックス協会第 22 回秋季シンポジウム (平成 21 年 9 月 16-18 日)
21. “SOFC 空気極への酸化物微粒子添加による高活性化” 北野 奈津実、平野敦、今西 誠之、武田 保雄、日本セラミックス協会第 22 回秋季シンポジウム (平成 21 年 9 月 16-18 日)
22. “Thermal stability of silver- $MO_x$  (M = Mn, Fe, Co, Ni) composite cathode for IT-SOFCs” 坂 秀之、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、216th ECS Meeting with EuroCVD 17 and SOFC-XI (平成 21 年 10 月 4-9 日)

23. “Inhibition of the electrode particle growth in the SOFC” 村田 幸亮、平野 敦、今西 誠之、武田 保雄、216th ECS Meeting with EuroCVD 17 and SOFC-XI (平成 21 年 10 月 4-9 日)
24. “ダブルペロブスカイト型構造を有する  $\text{Sr}_2\text{MMoO}_{6-\delta}$  (M=V, Cr, Mn, Fe) の SOFC 用燃料極への応用” 平野 敦、川西 弘晃、今西 誠之、武田 保雄、2009 年度セラミックス総合研究会 (平成 21 年 10 月 22-23 日)
25. “中・低温作動固体酸化物形燃料電池向け Ni-SDC 燃料極の開発” 三其 輝彦、村田 憲司、福井 武久、第一回日本セラミックス協会関西支部学術講演会 (平成 18 年 7 月 20 日)
26. “Influence of preparation method on morphology of anode” 三其 輝彦、村田 憲司、尹 景田、福井 武久、Fuel Cell Science&Technology 2006 (平成 18 年 9 月 14 日)
27. “低温作動固体酸化物形燃料電池用 Ni-GDC 電極の微構造制御” 福井 武久、三其 輝彦、村田 憲司、尹 景田、日本セラミックス協会 2007 年年会 (平成 19 年 3 月 23 日)
28. “Morphology control of Ni-GDC cermet anode for lower temperature operation SOFC” 三其 輝彦、村田 憲司、尹 景田、福井 武久、10th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (平成 19 年 6 月 8 日)
29. “Development of high performance materials and parts for low temperature SOFCs based on GDC electrolyte” 三其 輝彦、村田 憲司、尹 景田、福井 武久、2007 Fuel Cell Seminar & Exposition (平成 19 年 10 月 17 日)
30. “SOFC 用集電体材料 LSC の熱膨張率の調整” 三其 輝彦、村田 憲司、尹 景田、福井 武久、日本セラミックス協会 2008 年年会 (平成 20 年 3 月 22 日)
31. “GDC 電解質を用いた SOFC セルの起電力に及ぼす多孔質 GDC 層の効果” 三其 輝彦、村田 憲司、尹 景田、福井 武久、日本セラミックス協会 2008 年年会 (平成 20 年 3 月 22 日)
32. “Effect of Porous GDC Interlayer on Open Circuit Voltage of Cells Based on GDC”、三其 輝彦、村田 憲司、尹 景田、福井 武久、8th European SOFC Forum (平成 20 年 7 月 3 日)
33. “ホソカワ粉体技術研究所における次世代型セラミックリアクター用材料・部材の開発” 三其 輝彦、村田 憲司、尹 景田、福井 武久、日本セラミックス協会第 21 回秋季シンポジウム (平成 20 年 9 月 17 日)
34. “LSC-Based Composites with Optimal Composition and Microstructure as Current Collecting Materials for Microtubular SOFCs” 三其 輝彦、村田 憲司、尹 景田、福井 武久、2008 Fuel cell seminar & exposition、(平成 20 年 10 月 28 日)
35. “SOFC 用集電体としての LSC-CeO<sub>2</sub> 複合体の諸特性” 尹 景田、三其 輝彦、村田 憲司、日本セラミックス協会 2009 年年会 (平成 21 年 3 月 11 日)
36. “Fabrication and characterization of  $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta} / \text{Ce}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{O}_{2-\delta}$  Composites as Current Collecting Materials for Microtubular SOFCs” 尹 景田、三其 輝彦、村田 憲司、福井 武久、11th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (平成 21 年 10 月 8 日)
37. “YSZ 電解質と空気極材料間の反応および反応防止” 王 雨叢、高坂 祥二、日本セラミックス協会第 21 回秋季シンポジウム (平成 20 年 9 月 17-19 日)
38. “GDC 電解質支持型セルの耐久性評価” 王 雨叢、高坂 祥二、日本セラミックス協会第 22 回秋季シンポジウム (平成 21 年 9 月 16-18 日)
39. “水系プロセスを利用した固体酸化物形燃料電池の作製” 伊藤 陽一、山口 十志明、平野 眞一、菊田 浩一、平成17年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会

- (平成17年12月2日)
40. “水系プロセスを利用した固体酸化物型燃料電池の作製” 伊藤 陽一、山口 十志明、平野 眞一、菊田 浩一日本セラミックス協会2006年年会 (平成18年3月15日)
  41. “ガドリニウム添加セリア微粒子の合成と固体酸化物型燃料電池(SOFC)への応用” 窪田 千恵美、伊藤 陽一、菊田 浩一、日本セラミックス協会、2006年秋季シンポジウム (平成18年9月21日)
  42. “セラミックグリーンシートを利用したマイクロ管状SOFCの作製” 伊藤 陽一、窪田 千恵美、臼井 友宏、菊田 浩一、日本セラミックス協会 第45回セラミックス基礎科学討論会 (平成19年1月22日)
  43. “Chemical Synthesis of Gd:CeO<sub>2</sub> Powder and Its Application for Co-firing of Cell Stack” K. Kikuta, Y. Ito, C. Kubota, T. Usui, The American Ceramic Society, 31<sup>st</sup> International Cocoa Beach Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composite (平成19年1月23日)
  44. “同時焼成によるセリア系電解質SOFCの作製と評価”, 窪田 千恵美、伊藤 陽一、菊田浩一、日本セラミックス協会、第20回秋季シンポジウム (平成19年9月14日)
  45. “Co-firing and Performance of SOFC with Gd:CeO<sub>2</sub> Electrolyte” Koichi Kikuta, Chiemi Kubota, Yoichi Ito, The American Ceramic Society, 32nd International Conference & Exposition on Advanced Ceramics and Composites (平成20年1月31日)
  46. “Fabrication and characterization of anode-supported micro-SOFC for low temperature operation” T. Usui, C. Kubota, Y. Ito, K. Kikuta, 10th International Conference on Ceramic Processing Science, (平成20年5月26日)
  47. “ディップコーティングによるマイクロ固体酸化物型燃料電池の作製と評価” 臼井 友宏、窪田 千恵美、伊藤 陽一、菊田 浩一、日本セラミックス協会 第21回秋季シンポジウム (平成20年9月17日)
  48. “インクジェット印刷によるSOFCカソード膜の作製と評価” 八代 尚樹、臼井 友宏、菊田 浩一、日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会(平成20年12月6日)
  49. “Synthesis and Characterization of Microtubular SOFC with GDC Electrolyte” K. Kikuta, T. Usui, Y. Izumi, N. Yashiro, Y. Takeuchi, The American Ceramic Society, The 33rd International Conference & Exposition on Advanced Ceramics and Composites (平成21年1月21日)
  50. “ガラスコンポジット材料を用いた固体酸化物型燃料電池シーリング法の検討”, 和泉有治、菊田 浩一、須田 聖一、川原 浩一、日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会 (平成21年11月28日)
  51. “三層同時焼成による管状マイクロ固体酸化物型燃料電池の作製と評価” 竹内 雄基、臼井 友宏、菊田 浩一、日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会 (平成21年11月28日)
  52. “Fabrication of Planar Solid Oxide Fuel Cell by Inkjet Printing” N. Yashiro, T. Usui, K. Kikuta, Tsinghua U、Nagoya U - Toyota Motor Corp. Joint Symposium on Advanced Materials (平成21年12月10日)
  53. “Fabrication and characterization of SOFC stack using anode-supported micro tubular cells” K. Kikuta, C. Kubota, Y. Takeuchi, T. Usui, Y. Izumi, 34th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics and Composites (平成22年1月26日)



54. “Co-firing and characterization of microtubular NiO-GDC/GDC/LSM-GDC SOFC”  
Y. Takeuchi, T. Usui, and K. Kikuta, 3rd International Congress on Ceramics, (平成22年11月14日～18日予定)
55. “Application of a cathode layer prepared by dispenser printing for SOFC” ,  
S. Ayabe, N. Yashiro, and K. Kikuta, 3rd International Congress on Ceramics  
(平成 22 年 11 月 14 日～18 日予定)
56. “Development of Advanced Ceramic Reactors” [招待]、7th European SOFC Forum、  
淡野 正信、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一 (平成 18 年 8 月 4 日)
57. “セラミックリアクターの研究開発について” [招待]、淡野正信、ニューセラミ  
ックス懇話会第 174 回研究会、(平成 18 年 12 月 1 日)
58. “Development of Advanced Ceramic Electrochemical Reactors” [招待]、淡野 正  
信、藤代 芳伸、濱本 孝一、鈴木 俊男、山口 十志明、10<sup>th</sup> International Conference  
and Exhibition of the European Ceramic Society (平成 19 年 6 月 21 日)
59. “セラミック電気化学リアクターの開発” [招待]、淡野 正信、日本セラミックス  
協会平成 18 年度東海支部講演会 (平成 19 年 2 月 16 日)
60. “Development of Advanced Ceramic Electrochemical Reactors and their  
Thermo-mechanical Properties” [招待]、淡野 正信、藤代 芳伸、濱本 孝一、鈴木  
俊男、山口 十志明、Material Science & Technology 2007 Conference and Exhibit  
(平成 19 年 9 月 17 日)
61. “マイクロ SOFC 型リアクターの開発” [招待]、淡野正信 KRI クライアントコンフ  
アレンス&ワークショップ (平成 19 年 5 月 25 日)
62. “Development of New Advanced Electrochemical Ceramic Reactor for Micro Tubular  
cells and the Stacked SOFC Modules.” [招待]、藤代 芳伸、“5th 燃料電池科学  
技術会議 (Fuel Cell Science, Engineering&Technology Conference) (平成 19 年  
6 月 18 日)
63. “Development of Advanced Ceramic Electrochemical Reactors” [招待]、淡野 正  
信、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一、International Symposium on  
Advanced Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications、(平成  
19 年 11 月 6 日)
64. “セラミックリアクター -新しい燃料電池の開発-” [招待]、淡野 正信、高分子  
学会高分子同友会勉強会 (平成 19 年 6 月 25 日)
65. “燃料電池の技術的課題とその対応” [招待]、淡野 正信、産学官連携シンポジウ  
ム in 岐阜 (平成 19 年 10 月 12 日)
66. “セラミックリアクターの開発” [招待]、淡野 正信、日本計量機器工業連合会新  
技術導入活用第 2 回研究会 (平成 19 年 10 月 24 日)
67. “マイクロ SOFC 型リアクターの開発” [招待]、淡野 正信、平成 19 年度エネルギ  
ー特別講座 (平成 19 年 11 月 23 日)
68. “マイクロ SOFC 型リアクターの開発” [招待]、淡野 正信、燃料電池部会 第  
173 会定例部会 (平成 19 年 11 月 29 日)
69. “マイクロ SOFC 型リアクターの開発” [招待]、淡野 正信、2007 年度技術講習会  
(平成 19 年 12 月 4 日)
70. “Development of Micro Tubular SOFCs and Stacks for Low Temperature Operation  
under 550°C” [招待]、鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、舟橋 佳  
宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、招待講演 32nd Cocoa Beach Conference、  
米国フロリダ州デイトナビーチ (平成 20 年 1 月 31 日)
71. “Recent development of micro ceramic reactors for advanced ceramic reactor

- system” [招待]、鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、招待講演、6th International Fuel Cell Science, Engineering & Technology Conference、デンバー、米国（平成20年6月16日）
72. “セラミックリアクターの開発” [招待]、淡野 正信、第127回応用セラミックス研究所講演会（平成20年10月15日）
73. “Development of Advanced Ceramic Electrochemical Reactors” [招待]、淡野 正信、藤代 芳伸、濱本 孝一、鈴木 俊男、山口 十志明、The 9th International Symposium on Ceramic Materials and Components（平成20年11月12日）
74. “Development of Advanced Ceramic Reactors” [招待]、鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、招待講演 MS&T 2008、ピッツバーグ、ペンシルベニア、米国（平成20年10月8日）
75. “3D-INTEGRATION TECHNOLOGIES FOR SOLID OXIDE FUEL CELL (SOFC) TYPE ELECTROCHEMICAL REACTORS” [招待]、淡野 正信、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一、The 1st International Symposium on Hybrid Materials and Processing（平成20年10月28日）
76. “中低温作動を目指した新規ハニカム型 SOFC の開発” [招待]、山口 十志明、招待講演、日本セラミックス協会東海支部 平成20年度学術研究発表会、名古屋工業大学（平成20年12月6日）
77. “マイクロ SOFC（固体酸化物形燃料電池）の開発” [招待]、淡野 正信、電気化学会第69回新電池構想部会（平成21年5月21日）
78. “Nanostructured electrochemical reactors for NO<sub>x</sub>/PM decomposition and micro SOFCs” [招待]、淡野 正信、OECD Conference on Potential Environmental Benefits of Nanotechnology: Fostering Safe Innovation-Led Growth（平成21年7月16日）
79. “マイクロ燃料電池型リアクター開発と化学工学プロセス” [招待]、淡野 正信、平成21年度化学工学会粒子・流体プロセス部会ミキシング技術分科会夏期セミナー（平成21年8月6日）
80. “Development of Advanced Ceramic Reactors” [招待]、淡野 正信、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一、Materials Science & Technology 2009（平成21年10月26日）
81. “Development of Combined Ceramic Devices using Electrochemical Reactor and Thermoelectric Module for Enhanced Energy Conversion Technology” [招待]、藤代 芳伸、MS&T09（平成21年10月26日）
82. “Development of Advanced Ceramic Electrochemical Reactors for SOFC Technology” [招待]、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一、淡野 正信、The 2nd International Symposium on Advanced Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications（平成21年11月2日）
83. “中低温作動型 新規ハニカム SOFC の開発” [招待]、山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会 2009 年年会（平成21年3月17日）
84. “マイクロ固体酸化物形燃料電池の研究開発” [招待]、藤代 芳伸、第1回固体酸化物形燃料電池の最前線（平成21年10月31日）
85. “セラミックス電気化学デバイスと環境科学” [招待]、淡野 正信、セラミックス協会関東支部秋季教室（平成21年11月17日）
86. “セラミックス電気化学リアクターの高性能化に関する研究” [招待]、淡野 正信、日本セラミックス協会平成21年度東海支部研究発表会（平成21年11月17日）
87. “Use of Hydrocarbon Fuel for Micro Tubular SOFCs” [招待]、鈴木 俊男、ZAHIR

- MD. HASAN, Nigel Sammes (Colodado School of Mines)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、舟橋 佳宏、招待講演 34th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics and Composites, Hilton Daytona (平成 22 年 1 月 25 日)
88. “Development of Advanced Ceramic Electrochemical Reactors” [招待]、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一、淡野 正信、The 11th anniversary of the International Symposium on Eco-materials Processing and Design (ISEPD2010) (平成 22 年 1 月 10 日)
89. “セラミックス電気化学リアクターの高性能化に関する研究” [招待]、淡野 正信、日本セラミックス協会 2010 年年会 (平成 21 年 3 月 24 日)
90. “Effects of Anode Composition on Performance of Cathode Supported Micro honeycomb SOFC” [招待]、藤代 芳伸、山口 十志明、鈴木 俊男、淡野 正信、濱本 孝一、Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technology (CICMT2010) (平成 22 年 4 月 21 日)
91. “Development of Micro Tubular SOFC Modules for Intermediate Temperature Operation” [招待]、鈴木 俊男、ZAHIR MD. HASAN、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies (CICMT2010)、(平成 22 年 4 月 21 日)
92. “Development of Advanced Ceramic Electrochemical Reactors” [招待]、淡野 正信、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一、Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technology (CICMT2010)、(平成 22 年 4 月 21 日)
93. “Development of Bundle/Stack Fabrication Technology for Micro SOFCs” [招待]、鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、The 9th International Symposium on Ceramic Materials and Components (平成 20 年 11 月 12 日)
94. “電気化学セラミックリアクターでの酸化浄化における酸化電極材料の検討” 藤代 芳伸、濱本 孝一、淡野 正信、日本セラミックス協会春期年会 (平成 18 年 3 月 14 日)
95. “マイクロノズル造型を利用する機能性セラミックリアクターの製造 (1) サブミリ管状アノード構造の形成技術” 在原 香代、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、淡野 正信、日本セラミックス協会春期年会 (平成 18 年 3 月 16 日)
96. “マイクロノズル造型を利用する機能性セラミックリアクターの製造、(2) 多層セル構造の形成技術” 藤代 芳伸、在原 香代、鈴木 俊男、山口 十志明、淡野 正信、日本セラミックス協会春期年会 (平成 18 年 3 月 16 日)
97. “マイクロ SOFC モジュール開発を目指したセラミックリアクター製造技術” 藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、在原 香代、淡野 正信、第 73 回電気化学会年会 (平成 18 年 4 月 2 日)
98. “Fabrication of Micro SOEC Stack Cell using 3D Gel Assembly Techniques (3D 集積技術を利用するマイクロ固体電解質型電気化学リアクターの製造)” 藤代 芳伸、在原 香代、鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一、淡野 正信、9th International Ceramic Processing Science Symposium (平成 18 年 1 月 10 日)
99. “小型高効率マイクロ燃料電池” 藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、淡野 正信、電子ジャーナル 129 回技術シンポジウム (平成 18 年 4 月 26 日)
100. “セラミックリアクターモジュールの製造、一マイクロ SOFC の製造とスタック化技術の開発一” 藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、淡野 正信、FC EXPO 2006 大学・国公立研究所による研究成果発表フォーラム、(平成 18 年 1 月 26 日)
101. “Development of electrochemical ceramic reactor with nano-structured ceramic

- electrodes” 藤代 芳伸、11th international ceramics congress (平成 18 年 6 月 8 日)
102. “セラミックリアクター開発におけるセル構造のマイクロ集積技術と電気化学的な特性評価” 藤代 芳伸、山口 十志明、鈴木 俊男、舟橋 佳宏、清水 壮太、電気化学会秋季大会 (平成 18 年 9 月 14 日)
103. “マイクロ-マクロ集積制御によるセラミックリアクター製造技術と特性評価” 藤代 芳伸、山口 十志明、鈴木 俊男、在原 香代、濱本 孝一、淡野 正信、舟橋 佳宏、清水 壮太、セラミック協会秋季シンポジウム (平成 18 年 9 月 20 日)
104. “Fabrication of micro tubular SOFCs and their SOFC performance in the intermediate temperature” 鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies (平成 18 年 4 月 26 日)
105. “Micro tubular SOFCs for micro ceramic reactor system”, 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術協会)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、7th EUROPEAN SOFC FORUM (平成 18 年 7 月 3 日)
106. “FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF MICRO TUBULAR SOFCs FOR ADVANCED CERAMIC REACTORS” 鈴木 俊男、山口 十志明、在原 香代、藤代 芳伸、淡野 正信、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術協会)、6th International Conference on f-elements, (平成 18 年 9 月 4 日)
107. “Anode supported micro tubular SOFCs for advanced ceramic reactor system” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、Fuel Cells Science & Technology 2006 (平成 18 年 9 月 14 日)
108. “DEVELOPMENT OF MICRO TUBULAR SOFC SYSTEM FOR ADVANCED CERAMIC REACTORS” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術協会)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、first Asian conf on electrochemical power sources、京都 (平成 18 年 11 月 16 日)
109. “Micro Tubular SOFC Stacks for Advanced Ceramic Reactor System” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、31st Cocoa Beach Conference (平成 19 年 1 月 25 日)
110. “セラミックリアクター開発” 淡野 正信、日本セラミックス協会 2007 年年会 (平成 19 年 3 月 21 日)
111. “Development of Micro Tubular SOFCs” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、The first China-Japan Workshop on Solid Oxide Fuel Cells (平成 19 年 7 月 8 日)
112. “3D集積化プロセス技術と環境・エネルギー応用”、淡野 正信、第 20 回秋季シンポジウム (平成 19 年 9 月 13 日)
113. “エレクトロマイクロスピニング技術を利用する機能性セラミック電極構造の形成技術” 藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、淡野 正信、日本セラミックス協会 秋季シンポジウム (平成 19 年 9 月 13 日)
114. “3D集積技術を利用するセラミックリアクター技術の研究開発” 藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一、淡野 正信、日本セラミックス協会 秋季シンポジウム (平成 19 年 9 月 14 日)
115. “Fabrication and Characterization of Light-weighted micro tubular SOFCs” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、212th ECS Meeting (平成 19 年 10 月 10 日)
116. “Development of fabrication technology for micro SOFCs” 鈴木 俊男、舟橋

- 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信, Fuel Cells Science & Technology 2008 (平成 20 年 10 月 8 日)
117. “2 Improvement of micro tubular SOFCs using multi-layered electrolyte” 鈴木 俊男、ZAHIR MD. HASAN、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信, 214th Meeting of ECS (平成 20 年 10 月 14 日)
118. “Fabrication of Micro Tubular SOFCs with Sub-millimeter Diameter” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、ZAHIR MD. HASAN、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信, IUMRS-ICA 2008 (平成 20 年 12 月 10 日)
119. “Development of high performance micro tubular SOFCs and modules” 鈴木 俊男、舟橋 佳、山口 十志明、ZAHIR MD. HASAN、藤代 芳伸、淡野 正信 11th Grove Fuel Cell Symposium (平成 21 年 9 月 23 日)
120. “マイクロ管状セラミックリアクターの製造と中低温域での発電特性評価” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信, 日本セラミック協会 2006 年年会 (平成 18 年 3 月 14 日)
121. “チューブ型マイクロ SOFC の製造と発電評価” 鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合) 第 33 回 東海若手セラミスト懇話会 2006 年夏期セミナー (平成 18 年 7 月 6 日)
122. “サブミリチューブ型 SOFC の開発” 鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 41 回セラミックス技術分科会 (平成 18 年 11 月 17 日)
123. “チューブ型マイクロ燃料電池の作製と発電特性” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 32 回 固体イオニクス討論会 (平成 18 年 11 月 29 日)
124. “チューブ型マイクロ SOFC の製造と評価及び集電効率の検討” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術協会)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 15 回 SOFC 研究発表会 (平成 18 年 12 月 6 日)
125. “セラミックリアクター開発” 淡野 正信、日本セラミックス協会 2008 年年会 (平成 20 年 3 月 4 日)
126. “マイクロチューブ SOFC のスタック化に関する研究” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会 2007 年年会 (平成 21 年 3 月 22 日)
127. “固体酸化物形燃料電池の電極構造制御と高性能化に関する研究” 鈴木 俊男、ZAHIR MD. HASAN、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミック協会秋期シンポジウム (平成 21 年 9 月 16 日)
128. “ジルコニア電解質を用いたチューブ型マイクロ SOFC の高性能化に関する研究” 鈴木 俊男、ZAHIR MD. HASAN、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 50 回電池討論会 (平成 21 年 12 月 1 日)
129. “ジルコニア電解質を用いたマイクロチューブ型 SOFC の作製と評価” 鈴木 俊男、ZAHIR MD. HASAN、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 18 回 SOFC 研究発表会 (平成 21 年 12 月 17 日)
130. “チューブ型マイクロ SOFC における高性能化・実用化の検討” 鈴木 俊男、ZAHIR MD. HASAN、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会 2010 年会 (平成 22 年 3 月 24 日)
131. “Fabrication of Micro-Tubular Solid Oxide Fuel Cell Stacks” 山口 十志明、在原 香代、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、The 30th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites (平成 18 年 1 月 24 日)
132. “Advanced Ceramic Reactor Project” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、

- 藤代 芳伸、淡野 正信、Asia Young Ceramist Conference in Tokai 2006 (平成 18 年 10 月 27 日)
133. “Development of Honeycomb-Type SOFC Integrated with Multi Micro Cells” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、31th International Cocoa Beach Conference & Exposition on Advanced Ceramics and Composites, Daytona Beach (平成 19 年 1 月 25 日)
134. “Development of honeycomb-type SOFCs with accumulated multi microcells”, 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、SOFC-X (平成 19 年 6 月 4 日)
135. “Development of novel electrode-supported honeycomb SOFC operated at intermediate temperature” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、Tenth Grove Fuel Cell Symposium (平成 21 年 9 月 26 日)
136. “Development of New Solid Oxide Fuel Cells with Honeycomb Structure” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、PacRim7 (平成 21 年 11 月 13 日)
137. “Development of New Solid Oxide Fuel Cells with Honeycomb Structure” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、ISETS07 (平成 21 年 11 月 23 日)
138. “Effects of Compositions and Microstructures of Thin Anode Layer on the Performance of Honeycomb SOFCs Accumulated with Multi Micro Channel Cells” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、32th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites (平成 20 年 1 月 29 日)
139. “Design and Fabrication of Novel Electrode Supported SOFC Having Honeycomb Structure” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、ICCPs-10 (平成 20 年 5 月 26 日)
140. “Design and Fabrication of Novel Electrode Supported SOFC Having Honeycomb Structure” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、6th International Fuel Cell Science, Engineering & Technology Conference, (平成 20 年 6 月 16 日)
141. “Development of fabrication technology for micro SOFCs” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、Fuel Cells Science & Technology 2008 (平成 20 年 10 月 8 日)
142. “Fabrication and Evaluation of Novel Cathode-Supported SOFC Having Honeycomb Structure” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、Fuel Cells 2008 (平成 20 年 10 月 9 日)
143. “Rapid Start-up Operation of Cathode Supported Micro Channel SOFCs” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、PRiME2008 (214th ECS) (平成 20 年 10 月 17 日)
144. “Development of Cathode Supported SOFC with Honeycomb Structure” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、Fundamentals and Developments of Fuel Cell Conference (FDfC) 2008 (平成 20 年 12 月 10 日)
145. “セラミックリアクター開発と 3D アセンブリによる高次機能化” 淡野 正信、水谷 安伸、日本セラミックス協会第 22 回秋季シンポジウム (平成 21 年 9 月 16 日)
146. “新規セラミック製造技術によるセラミックリアクター技術開発” 藤代 芳伸、日本セラミックス協会第 22 回秋季シンポジウム (平成 21 年 9 月 16 日)

147. “Effect of Anode Composition on the Performances of Cathode Supported Micro Channel SOFCs” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、216th ECS Meeting (平成 21 年 10 月 8 日)
148. “Fabrication and Evaluation of Cathode-Supported Honeycomb SOFC Stack” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、34th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (平成 21 年 1 月 2 日)
149. “多層コーティング技術を用いたマイクロチューブ型セラミックリアクター開発” 山口 十志明、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、清水 壮太、日本セラミックス協会 2006 年年会 (平成 18 年 3 月 16 日)
150. “マイクロリアクターセルの高密度集積化プロセスの開発” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野正信、第 45 回セラミックス基礎科学討論会、(平成 21 年 1 月 22 日)
151. “高密度集積ハニカム型リアクターの開発” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、第 45 回セラミックス基礎科学討論会 (平成 21 年 1 月 22 日)
152. “マイクロハニカム型セラミックリアクター用の材料系検討” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野正信、日本セラミックス協会 2007 年年会 (平成 21 年 3 月 23 日)
153. “マイクロチャンネル集積型 SOFC 空気極の高性能化技術” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム (平成 19 年 9 月 14 日)
154. “マイクロチャンネル集積型 SOFC への端面処理効果” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会第 21 回秋季シンポジウム (平成 20 年 9 月 17 日)
155. “ガラスインク調製とインクジェット製膜” 山口 十志明、A. M. El-Toni (産総研)、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、第 21 回秋季シンポジウム (平成 20 年 9 月 19 日)
156. “空気極支持ハニカム型 SOFC の開発と評価” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、電気化学会第 76 回大会 (平成 21 年 3 月 30 日)
157. “ハニカム型 SOFC のスタック化技術の開発と評価” 山口 十志明、清水 壮太、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会第 22 回秋季シンポジウム (平成 21 年 9 月 16 日)
158. “セラミックリアクター開発での低温型コンパクト SOFC モジュール製造技術” 藤代 芳伸、国際燃料電池展 FC アカデミックフォーラム (平成 22 年 3 月 3 日)
159. “Fabrication of Micro Tubular SOFC Stack Using Ceramic Manifold” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、10th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (平成 19 年 6 月 5 日)
160. “Design and Fabrication of Cube-Type SOFC Stacks Using Micro Tubular SOFCs” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術研究組合)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、The 16th International Conf. on Solid State Ionics (平成 19 年 7 月 3 日)
161. “Development of Cube-Type Micro Tubular SOFC Stacks” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏 (ファインセラミックス技術協会)、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、International Symposium on ACTSEA (平成 19 年 11 月 6 日)
162. “マイクロ集積化を利用するセラミックリアクター開発での燃料電池発電モジュール

- の開発展開” 藤代 芳伸、日本セラミックス協会（平成 20 年 3 月 20 日）
163. “セラミックリアクター開発でのマイクロ集積化技術を利用する燃料電池発電モジュールでの電極構造形成とスタック化” 藤代 芳伸、日本電気化学会（平成 20 年 3 月 17 日）
164. “Development of Bundle/Stack Fabrication Technology for Micro Tubular SOFCs” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信 2008 Korea-Japan-China SOFC symposium（平成 20 年 9 月 18 日）
165. “マイクロチューブ SOFC のスタック化に関する研究” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏（ファインセラミックス技術研究組合）、藤代 芳伸、淡野 正信、第 20 回秋季シンポジウム（平成 19 年 9 月 14 日）
166. “チューブ型マイクロ SOFC の製造及び集積化に関する検討” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏（ファインセラミックス技術研究組合）、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 48 回電池討論会（平成 19 年 11 月 13 日）
167. “マイクロ SOFC の製造及び集積化に関する検討” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏（ファインセラミックス技術研究組合）、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 16 回 SOFC 研究発表会（平成 19 年 12 月 21 日）
168. “チューブ型マイクロ SOFC の集積化に関する研究” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 49 回電池討論会（平成 20 年 11 月 6 日）
169. “チューブ型マイクロ SOFC のバンドル・スタック化に関する検討” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 17 回 SOFC 研究発表会、（平成 20 年 12 月 19 日）
170. “チューブ型 SOFC を用いた小型モジュールの開発” 鈴木 俊男、ZAHIR MD. HASAN、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、電気化学会第 76 回年会（平成 20 年 3 月 30 日）
171. “Fabrication of Micro Tubular SOFC Stack Using Ceramic Manifold” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏（ファインセラミックス技術研究組合）、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、10th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells（平成 19 年 6 月 5 日）
172. “Design and Fabrication of Cube-Type SOFC Stacks Using Micro Tubular SOFCs”, 鈴木 俊男、舟橋 佳宏（ファインセラミックス技術研究組合）、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、The 16th International Conf. on Solid State Ionics（平成 19 年 7 月 3 日）
173. “Development of Cube-Type Micro Tubular SOFC Stacks”、鈴木 俊男、舟橋 佳宏（ファインセラミックス技術研究組合）、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、International Symposium on ACTSEA（平成 19 年 11 月 6 日）
174. “マイクロ集積化を利用するセラミックリアクター開発での燃料電池発電モジュールの開発展開” 藤代 芳伸、日本セラミックス協会（平成 20 年 3 月 20 日）
175. “セラミックリアクター開発でのマイクロ集積化技術を利用する燃料電池発電モジュールでの電極構造形成とスタック化” 藤代 芳伸、日本電気化学会（平成 20 年 3 月 17 日）
176. “Development of Bundle/Stack Fabrication Technology for Micro Tubular SOFCs” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、2008 Korea-Japan-China SOFC symposium（平成 20 年 9 月 18 日）
177. “マイクロチューブ SOFC のスタック化に関する研究” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏（ファインセラミックス技術協会）、藤代 芳伸、淡野 正信、第 20 回秋季シンポジウム（平成 19 年 9 月 14 日）



178. “チューブ型マイクロ SOFC の製造及び集積化に関する検討” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏（ファインセラミックス技術研究組合）、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 48 回電池討論会（平成 19 年 11 月 13 日）
179. “マイクロ SOFC の製造及び集積化に関する検討” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏（ファインセラミックス技術研究組合）、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 16 回 SOFC 研究発表会（平成 19 年 12 月 21 日）
180. “チューブ型マイクロ SOFC の集積化に関する研究” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 49 回電池討論会（平成 20 年 11 月 6 日）
181. “チューブ型マイクロ SOFC のバンドル・スタック化に関する検討” 鈴木 俊男、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第 17 回 SOFC 研究発表会、（平成 20 年 12 月 19 日）
182. “チューブ型 SOFC を用いた小型モジュールの開発” 鈴木 俊男、ZAHIR MD. HASAN、舟橋 佳宏、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、電気化学会第 76 回年会（平成 20 年 3 月 30 日）
183. “Development of Honeycomb Type SOFC Integrated with Multi Micro Cells: Concept and Simulations” 清水 壮太、山口 十志明、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、31th International Cocoa Beach Conference & Exposition on Advanced Ceramics and Composites, Daytona Beach (USA)（平成 19 年 1 月 23 日）
184. “Fabrication and Properties of Honeycomb-Type SOFCs Accumulated with Multi Micro-Cells” 清水 壮太、藤代 芳伸、淡野 正信、SOFC-X, 奈良県奈良市, 2007/6/4
185. “Development of Novel Electrode-Supported SOFC with Honeycomb Structure: Design and Fabrication” 清水 壮太、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、Tenth Grove Fuel Cell Symposium, London (UK)（平成 19 年 9 月 26 日）
186. “Formation of Gas Sealing and Current Collecting Layers for Honeycomb-Type SOFCs” 清水 壮太、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、32th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites, Daytona Beach (USA)（平成 20 年 1 月 31 日）
187. “Cathode Supported Honeycomb SOFCs for Intermediate Temperature Operation” 清水 壮太、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、PRIME2008, Honolulu (USA)（平成 20 年 10 月 15 日）
188. “Preparation and Evaluation of Gas Sealing Layer for Honeycomb Type SOFCs” 清水 壮太、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、FDFC2008, Nancy (France)（平成 20 年 12 月 10 日）
189. “Effect of the Cathode Porosity of Cathode supported honeycomb SOFCs” 清水 壮太、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、SOFC-XI, Vienna (Austria)（平成 21 年 10 月 8 日）
190. “マイクロ押出成形を利用する機能性セラミックフィルターの検討” 清水 壮太、山口 十志明、藤代 芳伸、鈴木 俊男、淡野 正信、日本セラミックス協会 2006 年年会、東京（平成 18 年 3 月 16 日）
191. “マイクロハニカム型電極支持体内壁面への緻密電解質コーティング” 清水 壮太、山口 十志明、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会 2007 年年会、東京（平成 19 年 3 月 23 日）
192. “マイクロチャンネル集積型 SOFC の製造プロセスと評価” 清水 壮太、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム、名古屋（平成 19 年 9 月 14 日）
193. “マイクロチャンネル集積型 SOFC の電解質膜厚制御” 清水 壮太、山口 十志明、

- 藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会第21回秋季シンポジウム、北九州（平成20年9月17日）
194. “ハニカム型SOFCの開発” 清水 壮太、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会第22回秋季シンポジウム、愛媛（平成21年9月16日）
195. “ハニカム型SOFCの開発” 清水 壮太、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、第18回SOFC研究発表会、東京（平成21年12月17日）
196. “マイクロ管状セラミックリアクター性能向上のためのアノード構造制御” 舟橋 佳宏、鈴木 俊男、藤代 芳伸、島森 融、淡野 正信、日本セラミックス協会 2006 年年会（平成 17 年 3 月 14 日）
197. “Fabrication and Characterization of Components for Micro Tubular SOFCs” 舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、7th EUROPEAN SOFC FORUM（平成 18 年 7 月 3 日）
198. “FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF COMPONENTS FOR MICRO TUBULAR SOFCs” 舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、International Workshop on Advanced Ceramics,（平成 18 年 11 月 1 日）
199. “マイクロチューブ型セルを用いたキューブ型 SOFC” 舟橋 佳宏、島森 融、鈴木俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会（平成 18 年 12 月 9 日）
200. “Microstructure Control of the Cathode Matrices For the Cubic Stacks” 舟橋佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、31st Cocoa Beach Conference（平成 19 年 1 月 23 日）
201. “キューブ型セラミックリアクターに関する集電用多孔体の微構造制御” 舟橋 佳宏、鈴木 俊男、藤代 芳伸、島森 融、淡野 正信、日本セラミックス協会 2007 年年会（平成 19 年 3 月 22 日）
202. “Optimization of the configuration for the Cubic-shaped SOFC modules” 舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、10th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells（平成 19 年 6 月 5 日）
203. “マイクロチューブ集積によるキューブ型 SOFC スタックの作製技術” 舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム（平成 19 年 9 月 14 日）
204. “Fabrication and Characterization of the cubic SOFC bundle with micro tubular cells” 舟橋 佳宏、鈴木 俊男、藤代 芳伸、永井 恒輝、大竹 隆憲、島森 融、淡野正信、2007 Fuel Cell Seminar（平成 19 年 10 月 17 日）
205. “Fabrication and Characterization of Cubic Bundles with Micro Tubular Solid Oxide Fuel Cells” 舟橋 佳宏、鈴木 俊男、藤代 芳伸、永井 恒輝、大竹 隆憲、島森 融、淡野 正信、第 24 回日韓国際セラミックスセミナー（平成 19 年 11 月 21 日）
206. “小型・高出力密度のチューブセル集積 SOFC” 島森 融、舟橋 佳宏、第 22 回 JFCA テクノフェスタ（平成 20 年 1 月 28 日）
207. “Simulation study for the optimization of the micro tubular SOFCs bundles” 舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、32<sup>st</sup> International Cocoa Beach Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites,（平成 20 年 1 月 29 日）
208. “New Fabrication Technique for Improvement of Micro-Tubular SOFC Stacks” 舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、8th EUROPEAN SOFC FORUM（平成 20 年 7 月 2 日）
209. “マイクロチューブ型セルを直列接続したキューブ型集積体の製造方法” 舟橋

- 佳宏、鈴木 俊男、藤代 芳伸、島森 融、淡野 正信、日本セラミックス協会第 21 回秋季シンポジウム、(平成 20 年 9 月 17 日)
210. “Improvement of micro tubular SOFC bundles” 舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、2008 Fuel Cell Seminar (平成 20 年 10 月 28 日)
211. “小型・高出力密度のチューブセル集積 SOFC の開発 –セラミックリアクター開発プロジェクトにおける取り組み–” 舟橋 佳宏、化学工学会産学連携センターグローバルテクノロジー委員会 2008 年度第 5 回委員会、(平成 21 年 1 月 30 日)
212. “マイクロチューブ型 SOFC を用いた数百 W クラスモジュールの開発” 舟橋 佳宏、鈴木 俊男、藤代 芳伸、島森 融、淡野 正信、日本セラミックス協会第 22 回秋季シンポジウム、(平成 21 年 9 月 16 日)
213. “200 W module design using micro tubular SOFCs” 舟橋 佳宏、島森 融、鈴木俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、11th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (平成 21 年 10 月 6 日)
214. “マイクロチューブ型 SOFC を集積したモジュールの開発” 舟橋 佳宏、大竹 隆憲、岡田 文男、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、第 18 回 SOFC 研究発表会 (平成 21 年 12 月 18 日)
215. “ゾルゲル法による SOFC 用高絶縁シール材料の作製” 須田聖一、大川元、川原浩一、情野香、日本セラミックス協会第 19 回秋季シンポジウム (平成 18 年 9 月 19 日)
216. “ゾルゲル法で合成した絶縁シール材と空気極との融着性制御” 須田聖一、川原浩一、情野香、第 15 回 SOFC 研究発表会 (平成 18 年 12 月 6 日)
217. “電極支持型 SOFC 用非晶質ケイ酸塩系ガスシール材の融着生成相” 須田聖一、川原浩一、情野香、第 17 回日本 MRS 学術シンポジウム (平成 18 年 12 月 10 日)
218. “SOFC 用ガスシール材と電極との融着相の電気特性と長期安定性” 須田聖一、情野香、川原浩一、日本セラミックス協会 2007 年年会 (平成 19 年 3 月 23 日)
219. “Development of insulating and conductive seals for controlled conduction paths” 須田聖一、川原浩一、情野香、SOFC-X (平成 19 年 6 月 8 日)
220. “導電性ガスシール材によるシール界面の特性” 川原浩一、加藤智樹、須田聖一、鈴木雅也、日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム (平成 19 年 9 月 13 日)
221. “導電パスを内蔵したガスシール材と SOFC 電極との融着界面” 須田 聖一、加藤智樹、川原 浩一、情野 香、松宮 正彦、日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム (平成 19 年 9 月 14 日)
222. “小型セル集積用導電パス内蔵ガスシール材の開発” 須田 聖一、日本セラミックス協会原料部会講演会 (平成 19 年 10 月 5 日)
223. “Development of melting seals embedded electrical conduction paths for micro SOFCs” 須田 聖一、川原 浩一、情野 香、松宮 正彦、2007 Fuel Cell Seminar (平成 19 年 10 月 15 日-19 日)
224. “電極支持型 SOFC 集電用金属ガスシール材と LSCF 電極との界面構造と導電性” 須田 聖一、松宮 正彦、川原 浩一、情野 香、第 18 回日本 MRS 学術シンポジウム (平成 19 年 12 月 7-9 日)
225. “マイクロ SOFC 用融着シール材の中温領域でのガス透過挙動” 松宮 正彦、須田聖一、川原 浩一、情野 香、第 16 回 SOFC 研究発表会 (平成 19 年 12 月 20 日)
226. “Improvement in interface resistance of conductive gas-tight sealing materials for stacking micro-SOFC” 須田 聖一、川原 浩一、情野 香、松宮 正彦、32nd International Conference & Exposition on Advanced Ceramics and

- Composites (平成 20 年 1 月 27 日-2 月 1 日)
227. “ゾルーゲル法で合成した融着シール材の高温領域での動的粘弾性挙動” 松宮 正彦、須田 聖一、川原 浩一、情野 香、日本セラミックス協会 2008 年年会 (平成 20 年 3 月 22 日)
  228. “ゾルーゲル法で合成した融着シール材のヒートサイクル試験による耐久性評価” 松宮 正彦、須田 聖一、川原 浩一、情野 香、日本セラミックス協会第 21 回秋季シンポジウム (平成 20 年 9 月 18 日)
  229. “合金シール材とガラス系シール材の融着によるマイクロ SOFC 用インターフェースの構築” 須田 聖一、松宮 正彦、川原 浩一、情野 香、日本セラミックス協会第 21 回秋季シンポジウム (平成 20 年 9 月 18 日)
  230. “Thermal cycle reliability of glass/ceramic composite gas sealing materials ” 須田 聖一、松宮 正彦、川原 浩一、情野 香、Materials Science & Technology 2008 Conference and Exhibition (平成 20 年 10 月 5 日-9 日)
  231. “ガラス/セラミック複合ガスシール材の熱サイクル特性と熱膨張挙動との関係” 須田 聖一、松宮 正彦、川原 浩一、情野 香、第 17 回 SOFC 研究発表会 (平成 20 年 12 月)
  232. “Viscoelastic behaviors of fused seals composed of glass and alloy for micro-SOFC stacking” 松宮 正彦、須田 聖一、川原 浩一、情野 香、2008 Materials Research Society Fall Meeting (平成 20 年 12 月 4 日)
  233. “固体酸化物形燃料電池の界面制御” 須田 聖一、4 セラミックス研究機関合同講演会 (平成 21 年 1 月 31 日)
  234. “Thermal cycle durability of glass/ceramic composite gas-tight sealing on metal substrates ” 須田 聖一、松宮 正彦、川原 浩一、情野 香、33th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (平成 21 年 1 月 21 日)
  235. “ガラス/セラミック複合ガスシール材の急速熱サイクル耐久性” 須田 聖一、水田 安俊、川原 浩一、情野 香、日本セラミックス協会第 22 回秋季シンポジウム (平成 21 年 9 月 16 日)
  236. “Gas Sealing Reliability of Glass/Ceramic Composite Seals under SOFC working Conditions” 須田 聖一、川原 浩一、情野 香、水田 安俊、SOFC-XI (平成 21 年 10 月 9 日)
  237. “ガラス/セラミック複合ガスシール材の耐久性” 須田 聖一、川原 浩一、永野 孝幸 中村 有志、第 18 回 SOFC 研究発表会 (平成 21 年 12 月 18 日)
  238. “Resistance to highly humidified conditions for glass/ceramic composite gas-tight seals” 須田 聖一、川原 浩一、中村 有志、情野 香、34th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics and Composites (平成 22 年 1 月 27 日)
  239. “小型円筒型 SOFC の発電特性に及ぼす電解質の影響” 永井 恒輝、水谷 安伸、鶴飼健司、横山 美鈴、電気化学会第 73 回大会 (平成 18 年 4 月 1 日)
  240. “Micro SOFC Module and It's Electrochemical Evaluation” 横山 美鈴、水谷 安伸、鶴飼 健司、永井 恒輝、7th European Solid Oxide Fuel Cell Forum (平成 18 年 7 月 4 日)
  241. “Performance characteristic of micro-tubular cell for “ADVANCED CERAMIC REACTOR” project” 永井 恒輝、鶴飼 健司、横山 美鈴、水谷 安伸、2006 Fuel Cell Seminar (平成 18 年 11 月 15 日)
  242. “ELECTROCHEMICAL EVALUATION OF MICRO-TUBULAR SOFC AND MODULE FOR ADVANCED

- CERAMIC REACTOR” 大竹 隆憲、横山 美鈴、永井 恒輝、鶴飼 健司、水谷 安伸、31st International Cocoa Beach Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites (平成 19 年 1 月 22 日)
243. “Effect of GDC Electrolyte Thickness on the Performance of Anode Supported Micro Tubular SOFC” 大竹 隆憲、横山 美鈴、永井 恒輝、鶴飼 健司、水谷 安伸、10th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells(SOFCX) (平成 19 年 6 月 4 日)
244. “小型チューブセル集積バンドルの構造が発電特性に及ぼす影響” 永井 恒輝、大竹隆憲、中村 直人、(FCRA) 舟橋 佳宏、(産総研) 鈴木 俊男、日本セラミックス協会第 20 回秋期シンポジウム (平成 19 年 9 月 14 日)
245. “Performance of 1cm<sup>3</sup> cube bundle made up of anode supported micro tubular SOFCs” 大竹 隆憲、永井 恒輝、中村 直人、(FCRA) 舟橋 佳宏、(産総研) 鈴木 俊男、藤代 芳伸、2007 Fuel Cell Seminar (平成 19 年 10 月 17 日)
246. “Novel Design of Bundle Structure with Micro-Tubular Cells for Compact SOFC Module” 永井 恒輝、大竹 隆憲、中村 直人、(FCRA) 舟橋 佳宏、(産総研) 鈴木 俊男、藤代 芳伸、Second European Fuel Cell Technology and Applications Conference (平成 19 年 12 月 12 日)
247. “東邦ガスにおける小型チューブ集積型 SOFC への取り組み” 永井恒輝、大竹隆憲、中村 直人、(FCRA) 舟橋 佳宏、(産総研) 鈴木 俊男、第 16 回 SOFC 研究会 (平成 19 年 12 月 20 日)
248. “東邦ガスにおける小型チューブセル集積型 SOFC への取り組み” 永井 恒輝、第 22 回 JFCA テクノフェスタ (平成 20 年 1 月 28 日)
249. “Performance of block-shaped SOFC bundle with anode supported micro tubular cells” 大竹 隆憲、永井 恒輝、水谷 安伸、(FCRA) 舟橋 佳宏、(産総研) 鈴木 俊男、藤代 芳伸、8th European SOFC Forum (平成 20 年 7 月 2 日)
250. “An Overview of Solid Oxide Fuel Cell as Generators for Saving Energy and the Environment” 水谷 安伸、7th Minsk International Seminar (平成 20 年 9 月 8 日)
251. “アノード支持型マイクロチューブ SOFC を集積したバンドルの発電特性の評価” 大竹 隆憲、岡田 文男、(FCRA) 舟橋 佳宏、(JFCC) 須田 聖一、松宮 正彦、日本セラミックス協会 第 21 回秋季シンポジウム (平成 20 年 9 月 18 日)
252. “Progress of micro-tubular SOFC in “Advanced Ceramic Reactor Project” as for small scale applications” 水谷 安伸、2008 Korea-Japan-China SOFC symposium (平成 20 年 9 月 18 日)
253. “アノード支持型マイクロチューブ SOFC を集積したモジュールの発電特性の評価” 大竹 隆憲、岡田 文男、水谷 安伸、(FCRA) 舟橋 佳宏 (平成 21 年 9 月 16 日)
254. “Performance of 30W-class SOFC Module using Anode Supported Micro Tubular Cells” 大竹 隆憲、岡田 文男、水谷 安伸、(FCRA) 舟橋 佳宏、Solid Oxide Fuel Cells, Eleventh International Symposium (SOFC-XI) (平成 21 年 10 月 8 日)
255. “DEVELOPMENT OF A SMALL-SCALE SOLID OXIDE FUEL CELL (SOFC)” 倉知 清悟、水谷 安伸、廣山 徹、葛山 弘一、岡田 文男、鶴飼 健司、24th World Gas Conference 2009 (平成 21 年 10 月 7 日)
256. “SOFC システムの運用・解析と課題” 水谷 安伸、第 3 回 SOFC 基礎セミナー (平成 21 年 10 月 11 日)
257. “アノード支持型チューブセルを集積した SOFC モジュールの発電特性” 大竹 隆憲、岡田 文男、水谷 安伸、(FCRA) 舟橋 佳宏、第 18 回 SOFC 研究発表会 (平成 21

- 年 12 月 17 日)
258. “Progress in micro tubular SOFC as for residential applications” 水谷 安伸、International fuel cell forum 2010 ( Green energy expo) (平成 22 年 4 月 8 日)
  259. “Performance of micro tubular SOFC module for small scale stationary applications” 水谷 安伸、IMAPS/ACerS 6th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies (CICMT 2010) (平成 22 年 4 月 20 日)
  260. “セラミックリアクター開発” 岡田 文男、水谷 安伸、廣山 徹、大竹 隆憲、2010 年 都市ガスシンポジウム (平成 22 年 6 月 8 日)
  261. “セリア電解質を用いた SOFC の起電力に関する検討” 劉 宇、馬 樹華、橋本真一、森 昌史、第 25 回希土類討論会、予稿集 p. 50-51. (平成 20 年 5 月 29 日)
  262. “ScSZ 電解質形セラミックリアクターの水蒸気電解特性” 橋本 真一、劉 宇、王 臻偉、森 昌史、舟橋 佳宏、藤代 芳伸、日本セラミックス協会第 21 回秋季シンポジウム、予稿集 p. 338 (平成 20 年 9 月 17 日)
  263. “中温形 SOFC 用電解質としての Bi 添加した ScSZ の焼結性と電気的特性” 森 昌史、馬 樹華、劉 宇、橋本真一、安本憲司、日本セラミックス協会第 21 回秋季シンポジウム、予稿集 p. 337. (平成 20 年 9 月 17 日)
  264. “セリア電解質を用いた電極支持形 SOFC のリーク電流と電池効率の推算” 森 昌史、劉 宇、橋本真一、竹井勝仁、日本セラミックス協会第 21 回秋季シンポジウム、予稿集 p. 338. (平成 20 年 9 月 17 日)
  265. “Co 系カソード用反応防止層の最適化” 王 臻偉、劉 宇、橋本真一、森 昌史、第 17 回 SOFC 研究発表会、予稿集 p. 102-107. (平成 20 年 12 月 19 日)
  266. “Co ドープ CGO 中間層を用いた中温形 SOFC” 王 臻偉、劉 宇、橋本 真一、森 昌史、第 47 回セラミックス基礎科学討論会、予稿集 p. 590-591. (平成 21 年 1 月 9 日)
  267. “セル・スタック・モジュールの性能評価基盤技術の確立” 森 昌史、王 臻偉、安本 憲司、浅野 浩一、竹井 勝仁、第 4 回セラミックリアクター開発シンポジウム、予稿集 p. 52-58. (平成 20 年 3 月 11 日)
  268. “CoO 添加による  $Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$  及び  $Zr_{0.89}Sc_{0.1}Ce_{0.01}O_{1.95}$  の焼結機構の検討” 森 昌史、王 臻偉、伊藤孝憲、第 26 回希土類討論会、予稿集 p. 116-117. (平成 21 年 5 月 29 日)
  269. “Ag 粒子を分散した  $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$  の導電率・熱膨張挙動” 森 昌史、王 臻偉、伊藤 孝憲、2009 年電気化学秋季大会、予稿集 p. 177. (平成 21 年 9 月 10 日)
  270. “セラミックリアクターを用いた水蒸気電解法による水素製造効率” 王 臻偉、森 昌史、荒木拓人、第 50 回電池討論会、予稿集 p. 496. (平成 21 年 12 月 1 日)
  271. “ScSZ 電解質形セラミックリアクターの水蒸気電解特性” 王 臻偉、森 昌史、伊藤孝憲、第 22 回秋季シンポジウム、予稿集 p. 50. (平成 21 年 9 月 16 日)
  272. “CoO 添加によるセリア及びジルコニア電解質の焼結機構の解明” 森 昌史、王 臻偉、伊藤 孝憲、第 22 回秋季シンポジウム、予稿集 p. 45. (平成 21 年 9 月 16 日)
  273. “セラミックリアクター-SOFC システムのサイクル効率計算及び熱起動解析” 荒木 拓人、恩田 和夫、淡野 正信、藤代 芳伸、鈴木 俊男、水谷 安信、岡田 文男、森 昌史、王 臻偉、菊池 哲郎、稲垣 祐一郎、第 18 回 SOFC 研究発表会、予稿集 pp. 282-285. (平成 21 年 12 月 18 日)
  274. “第 5 回セラミックリアクター開発シンポジウム” 森 昌史、王 臻偉、予稿集 p. 54-61. (平成 21 年 3 月 8 日)
  275. “ Steam electrolysis using micro tubular ceramic reactor” , S. Hashimoto,

- Y. Liu, M. Mori, Y. Fujishiro, and Y. Funahashi, Proceedings of the 17<sup>th</sup> World Hydrogen Energy Conference (WHEC2008), Australia (平成 20 年 6 月 17 日)
276. “Power generation properties of a micro tubular SOFC bundle under pressurized condition”, S. Hashimoto, Y. Liu, M. Mori, Y. Fujishiro, and Y. Funahashi, Proceedings of 6<sup>th</sup> International Fuel Cell Science, Engineering & Technology Conference (FuelCell2008), USA (平成 20 年 6 月 17 日)
277. “Investigation of IT-SOFCs with zirconia and ceria electrolyte” M. Mori, Y. Liu, S. Hashimoto, S. Ma, K. Yasumoto, and K. Takei, Proceedings of European Fuel Cell Forum, Luzern, Switzerland (平成 20 年 7 月 1 日)
278. “Investigation of Li dopant as a sintering aid for ScSZ electrolyte for IT-SOFC”, M. Mori, Y. Liu, S. Ma, S. Hashimoto, and K. Takei, “Proceedings of 2008 Korea-Japan-China SOFC Symposium, p.118. Korea (平成 20 年 9 月 18 日)
279. “Ni-CGO anode synthesized from citric method and its degradation analysis for IT-SOFC”, M. Mori, Y. Liu, S. Hashimoto, Z. Wang, and K. Yasumoto, Proceedings of 2008 Korea-Japan-China SOFC Symposium, p.99. Korea (平成 20 年 9 月 18 日)
280. “Investigation and optimization of the interface reactivity between GDC and ScSZ for a high performance IT-SOFC”, M. Mori, Z. Wang, Y. Liu, and S. Hashimoto, Fuel Cells Science & Technology 2008, P1-16. Denmark (平成 20 年 10 月 8 日)
281. “R & D of SOFC with various operating temperatures in CRIEPI”, M. Mori, Z. Wang, Y. Liu, K. Yasumoto, and K. Takei, Proceedings of the International Conference on Clean Coal Technology and Fuel Cells (CCT & FCs-2008), p. 52. Japan, (平成 20 年 10 月 14-17 日)
282. “Dense CGO interlayer on the ScSZ electrolyte in intermediate-temperature solid oxide fuel cells under low temperature fabrication process”, Z. Wang, Y. Liu, S. Hashimoto, and M. Mori, Proceedings of Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-State Science 2008, USA, CD (平成 20 年 10 月 12-17 日)
283. “Evaluation of ScSZ electrolyte with Bi dopant as a sintering aid for intermediate-temperature solid oxide fuel cells”, M. Mori, Y. Liu, S. Ma, Z. Wang, and S. Hashimoto, Proceedings of Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-State Science 2008, USA, CD (平成 20 年 10 月 12-17 日)
284. “Investigation of lithium oxide as sintering aids for scandia stabilized zirconia for intermediate temperature SOFC” Y. Liu, S. Ma, S. Hashimoto, and M. Mori, 第 49 回電池討論会、予稿集 p. 421. (平成 20 年 11 月 5~7 日)
285. “Sintering mechanisms of cobalt doped ceria and zirconia electrolytes in solid oxide fuel cells with intermediate-temperature operation”, M. Mori, Z. Wang, and T. Itoh, 11th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells, Austria, (平成 21 年 10 月 4~9 日)
286. “R&D of electrochemical ceramic reactors in CRIEPI”, M. Mori, Z. Wang, K. Yasumoto, and K. Takei, Proceedings of the International Conference on Clean Coal Technology and Fuel Cells (CCT & FCs-2009), p.63. Korea (平成 21 年 11 月 5 日)
287. “Effect of concentration of electrolytic products on IT-SOEC performance”, Z. Wang, and M. Mori, p.63. Japan (平成 21 年 5 月 17~21 日)
288. “Mechanical Properties of Anode-supported Micro-tubular Solid Oxide Fuel Cells”, A. Mohammadi, J. Pusz, A. Smirnova, N. M. Sammes, 10<sup>th</sup> International

- Solid Oxide Fuel Cell (平成19年6月7日)
289. “Modeling and Analysis of a Micro-tubular Solid Oxide Fuel Cell Operating at Intermediate Temperature”, M.F. Serincan, A. Smirnova, N.M. Sammes, 10<sup>th</sup> International Symposium on Solid Oxide Fuel Cell (平成19年6月7日)
  290. “A Comparison and Characterization of CeO<sub>2</sub>-doped and Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-doped Scandia Stabilized Zirconia as IT-SOFC Electrolyte”, B. Bai, W. A. G. McPhee, A. Smirnova, N.M. Sammes, 10<sup>th</sup> International Symposium on Solid Oxide Fuel Cell (平成19年6月8日)
  291. “Mechanical Properties of Ceria-doped Scandia-stabilized Zirconia Electrolyte Coating for SOFC”, Z. Zhang, A. Smirnova, N. Sammes, .Brodnikovskii, A. Vasylyev, 10<sup>th</sup> International Symposium on Solid Oxide Fuel Cell (平成19年6月8日)
  292. “An Investigation of Doped Perovskites Based on La, Pr and Sm Ferrites as Cathode Materials for Solid Oxide Fuel Cells”, Lassman, A. Smirnova, N. Sammes, Fuel Cell 2008, Sixth International Fuel Cell Science, Engineering and Technology Conference (平成20年6月16-18日)
  293. “Mechanical Properties of LSGM as an Electrolyte for Solid Oxide Fuel Cells”, Mohammadi, A. Smirnova, N. Sammes, FuelCell 2008, Sixth International Fuel Cell Science, Engineering and Technology Conference (平成20年6月16-18日)
  294. “A Computational Analysis to Identify the Current Density Characteristics of a Micro-Tubular Solid Oxide Fuel Cell”, M. Serincan, U. Pasaogullari, N.M. Sammes, Fuel Cell 2008, Sixth International Fuel Cell Science, Engineering and Technology Conference (平成20年6月16-18日)
  295. “Characterization of Electrochemical Properties of Micro-Tubular SOFC’ s”, K. Galloway, N.M. Sammes, Jung-Hoon Song, Fuel Cell 2008, Sixth International Fuel Cell Science, Engineering and Technology Conference (平成20年6月16-18日)
  296. “Mechanical Properties of Micro-Tubular SOFC’ s”, B. Roy, N.M. Sammes, Fuel Cell 2008, Sixth International Fuel Cell Science, Engineering and Technology Conference (平成20年6月16-18日)
  297. “Mechanical Properties of Micro-Tubular SOFC’ s”, B. Roy, N.M. Sammes, The Lucerne Fuel Cell Forum, 8<sup>th</sup> European Solid Oxide Fuel Cell Forum (平成20年6月30日-7月4日)
  298. “Characterization of Electrochemical properties of Micro-Tubular SOFC’ s”, K. Galloway, G. Restuccia, Jung-Hoon Song, N.M. Sammes, The Lucerne Fuel Cell Forum, 8<sup>th</sup> European Solid Oxide Fuel Cell Forum (平成20年6月30日-7月4日)
  299. “Electrochemical and Thermal Analysis of a Micro-Tubular SOFC”, M.F. Serincan, U. Pasogullari, N.M. Sammes, The Lucerne Fuel Cell Forum, 8<sup>th</sup> European Solid Oxide Fuel Cell Forum (平成20年6月30日-7月4日)
  300. “Fabrication and Characterization of Anode-Supported Planar Solid Oxide Fuel Cell Manufactured by a Tape Casting Process Aided by Co-Sintering Process”, Jung-Hoon Song, N.M. Sammes, Ho-Sung Kim, The Lucerne Fuel Cell Forum, 8<sup>th</sup> European Solid Oxide Fuel Cell Forum (平成20年6月30日-7月4日)
  301. “Modeling and Characterization of MicroTubular IT-SOFC Systems”, N. Sammes, J. Song, B. Roy, K. Galloway, A. M. F. Serincan, T. Suzuki, M. Awano, The VII Minsk



International Seminar: “Heat Pipes, Refrigerators, Power Sources” (平成20年9月8-11日)

302. “Mechanical Integrity of Micro-Tubular Solid Oxide Fuel Cells”, N. M. Sammes, B. Roy, J. H. Song, F. Serincen, A. Smirnova, M. Awano, T. Suzuki, the 21<sup>st</sup> Fall Meeting of the Ceramic Society of Japan (平成20年9月17-19日)
303. “Low Temperature Sintering of GDC Electrolyte for Metal Supported SOFC”, N. M. Sammes, J. Song, 2008 Korea-Japan-China SOFC Symposium (平成20年9月17-20日)
304. “Mechanical and Electrochemical Performance of Micro-Tubular SOFC’s for APU Applications”, N. M. Sammes, J. Song, K. Galloway, B. Roy, M. F. Serincan, M. Awano, T. Suzuki, Materials Science and Technology 2008 Conference and Exhibition (Invited Talk) (平成20年10月5-9日)

### 3) その他解説等

1. “ナノ粉体技術を活用した低温作動 SOFC 電極部材の開発—600℃以下の作動を目指した Ni-セリア系燃料極部材の開発—” 福井 武久、「燃料電池」2006 年春号
2. “低温作動用 SOFC 電極部材の開発” 福井 武久、日本セラミックス協会セラミックス誌 6 月号 (2006)”
3. “メカノボンディング技術によるナノサイズ粒子複合化と SOFC への応用” 福井 武久、工業材料 10 月号 (2006 年)
4. “セラミックリアクター開発プロジェクトの概要とサブミリチューブ型 SOFC の開発” 淡野 正信、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口十志明、燃料電池、5 (4)、p34-40(2006).
5. “セラミックリアクターの開発” 藤代芳伸、鈴木俊男、山口十志明、舟橋 佳宏、清水 壮太、濱本 孝一、淡野 正信、Ceramic Data Book 2006 (工業と製品)、34 (88)、p. 111-113(2006).
6. “マイクロセラミック燃料電池の開発” 鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、OHM 誌、93 (9)、p2-3(2006).
7. “中温型 SOFC 新展開” 水谷 安伸、淡野 正信、ELECTROCHEMISTRY、75 (3)、p. 294-298 (2006) .
8. “セラミックリアクターの開発” 淡野 正信、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、クリーンエネルギー、17 (3)、p29-36(2007).
9. “セラミックス電気化学リアクターの開発” 藤代 芳伸、鈴木 俊男、濱本 孝一、山口十志明、淡野 正信、舟橋 佳宏、清水 壮太、化学工業、58 (8)、p642-647(2008)
10. “セラミックリアクター開発” 藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、淡野 正信、月刊 J E T I、55 (4)、p74-77(2007).
11. “マイクロ固体酸化物燃料電池の研究開発” 藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一、舟橋 佳宏、清水 壮太、淡野 正信、セラミックス誌、44 (4)、p308-312(2009).
12. “セラミックリアクターの開発状況” 淡野 正信、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一、福井 武久、舟橋 佳宏、清水 壮太、8 (1)、燃料電池、p. 59-64(2008).
13. “固体酸化物形燃料電池(SOFC)の特長・課題と材料技術動向” 鈴木 俊男、工業材料、57 (9)、p. 28-31(2009).
14. “セラミック型マイクロ燃料電池の研究開発” 鈴木 俊男、山口 十志明、ZAHIR MD. HASAN、藤代 芳伸、淡野 正信、舟橋 佳宏、月刊ディスプレイ、16 (4)、p8-12 (2010) .
15. “低温作動を目指した SOFC の開発” 藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、舟橋 佳宏、清水 壮太、淡野 正信、燃料電池、9 (3)、p83-87 (2009) .

16. “セラミックリアクターの開発 ～マイクロチューブ型 SOFC の集積～” 舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、セラミックデータブック 2007, 35 92-95 (2007)
17. “高出力・小型の燃料電池の開発” 舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、Japan Energy & Technology Intelligence 4月号, 56 (4) 61-63 (2008)
18. “多孔質部材用フレキシブルガスシールシートの開発” 須田聖一、燃料電池, 6, No. 2, 25-28 (2006).
19. “ヒートサイクル特性に優れた SOFC 用ガスシール材” 須田聖一、燃料電池, 9, No. 2, 124-127 (2009).
20. “セラミックリアクター開発プロジェクトー固体酸化物形燃料電池の急速起動停止を可能とするシール材の開発” 須田聖一、金属, 79, No. 12, 1096-1101 (2009).
21. “東邦ガスにおける小型チューブセル集積型 SOFC への取り組み” 永井 恒輝、Fine Ceramics Report, 26(3)、119-121
22. “東邦ガス(株)における小型チューブセル集積 SOFC モジュールの開発への取組み” 永井恒輝、燃料電池 Vol. 6, No. 4, 春号
23. “高出力密度を実現する小型チューブセル集積 SOFC モジュールを実証” 東邦ガス株式会社、ひかりとねつ Vol. 58, No. 2,
24. “中温形 SOFC の高性能化～銀ナノ粒子によるカソードの改良” 劉 宇、橋本 真一、森 昌史、電力中央研究所報告書 Q07010、平成 20 年 6 月.
25. “セリア電解質を用いたカソード支持形 SOFC の試作と評価” 劉 宇、橋本真一、森 昌史、電力中央研究所報告書 Q07009、平成 20 年 6 月.
26. “希土類の材料技術ー希土類材料の合成と評価ー” 森 昌史、橋本 真一、株式会社エヌ・ティー・エス、p. 237-245(2008).
27. “セリア電解質を用いたカソード支持型 SOFC の開発” 森 昌史、劉 宇、橋本 真一、株式会社 化学工業社、月刊「化学工業」、59(5) p. 369-375 (2008).
28. “高性能セラミックリアクターの開発と応用ー燃料電池の高効率化と環境対応ー 第 4 章 マイクロ SOFC の水素製造への応用” 森 昌史、荒木 拓人、シーエムシー出版、平成 22 年 5 月.
29. “固体酸化物形電解セルを用いた水蒸気電解特性-300 Nm<sup>3</sup>/h の水素製造システムの効率-” 王 臻偉、森 昌史、電力中央研究所報告書 Q09008、平成 20 年 6 月.
30. “LSCF カソードナノ粒子の SOFC への応用” 自動車技術展 人とくるまのテクノロジー展 2010、“LSCF カソードナノ粒子の SOFC への応用” パシフィコ横浜、平成 22 年 5 月 19～21 日.

## (2) 特許

出願特許：39件 (内外国出願：2件、PCT 出願：1件)

平成 22 年 4 月 30 日現在公開された件数：下記の 36 件

### 1) 国内出願

1. 「空気極の製造方法、空気極及び固体酸化物形燃料電池」、武田 保雄、平野 敦、福井 武久、三其 輝彦、村田 憲司、特願 2008-143038、出願日：平成 20 年 5 月 30 日、三重大とホソカワ粉体技術研究所(現ホソカワミクロン)との共願)
2. 「固体酸化物形燃料電池の集電体材料、空気極集電体及び固体酸化物形燃料電池」、三其 輝彦、村田 憲司、福井 武久、特願 2007- 70570、出願日：平成 19 年 3 月 19 日
3. 「集電体材料及びこれを用いた集電体、並びに固体酸化物形燃料電池」、三其 輝彦、

- 村田 憲司、福井 武久、特願 2007-244024、出願日：平成 19 年 9 月 20 日
4. 「固体酸化物形燃料電池の集電体材料、空気極集電体及び固体酸化物形燃料電池」、三其 輝彦、村田 憲司、尹 景田、福井 武久、特願 2008-72529、出願日：平成 20 年 3 月 19 日
  5. 「固体酸化物形燃料電池」、三其 輝彦、村田 憲司、尹 景田、福井 武久、特願 2008-110338、出願日：平成 20 年 4 月 21 日
  6. 「電気化学リアクターチューブセル及びそれらから構成される電気化学反応システム」、鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、特願 2005-293175、出願日：平成 17 年 10 月 6 日
  7. 「電気化学マイクロコイルリアクター及びそれから構成される電気化学反応システム」、鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、特願 2005-305548、出願日：平成 17 年 10 月 20 日
  8. 「電気化学リアクタースタック及びそれから構成される電気化学反応システム」、鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、特願 2005-315430、出願日：平成 17 年 10 月 28 日
  9. 「チューブ型電気化学リアクターセル及びそれらから構成される電気化学反応システム」、鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、特願 2005-364333、出願日：平成 17 年 12 月 19 日
  10. 「電気化学反応セル高密度集積用の多孔質支持体、それから構成される電気化学反応セルスタック及び電気化学反応システム」、山口 十志明、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、特願 2006-046095、出願日：平成 18 年 2 月 23 日
  11. 「セラミックリアクター、その製造方法及び装置」、藤代 芳伸、鈴木 俊男、山口 十志明、淡野正信、特願2006-067877、出願日：平成18年3月13日
  12. 「電気化学リアクターセル用マニフォールド、スタック及びそれらから構成される電気化学反応システム」、鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、特願 2006-085556、出願日：平成18年3月27日
  13. 「電気化学リアクター」、山口 十志明、鈴木 俊男、藤代 芳伸、清水 壮太、特願 2006-292274、出願日：平成18年10月27日
  14. 「スタンプ式製膜法」、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、清水 壮太、特願 2007-196766、出願日：平成19年7月27日
  15. 「チャンネルセル集積構造を有する固体酸化物型燃料電池スタック及びその作製方法」、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、清水 壮太、特願2008-029779、出願日：平成20年2月8日
  16. 「電気化学リアクターバンドル、スタック及びそれらから構成される電気化学反応システム」、鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、特願2008-046914、出願日：平成20年2月27日
  17. 「電気化学リアクターユニット、それらから構成される電気化学リアクターモジュール及び電気化学反応システム」、鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、特願2008-134846、出願日：平成20年5月22日
  18. 「電気化学リアクターユニット、それらから構成される電気化学リアクターモジュール及び電気化学反応システム」、鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、特願2009-042983（優先権主張：特願2008-134846）、出願日：平成21年2月25日
  19. 「燃料電池スタック及びその製造方法、並びに、リアクタースタック及びその製造方法」、舟橋 佳宏、島森 融、藤代 芳伸、鈴木 俊男、特願 2006-181615、出願日：平成 18 年 6 月 30 日
  20. 「燃料電池スタック及びその製造方法、並びに、リアクタースタック及びその製造

- 方法」，舟橋 佳宏、島森 融、藤代 芳伸、鈴木 俊男、特願 2006-324228、出願日：平成 18 年 11 月 30 日
21. 「リアクターセル支持体、電気化学リアクタースタック、及び電気化学リアクターシステム」，舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、特願 2006-327460、出願日：平成 18 年 12 月 4 日
  22. 「固体酸化物形燃料電池及びその製造方法」，舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、特願 2007-230462、出願日：平成 19 年 9 月 5 日
  23. 「電気化学リアクタースタック及びその製造方法」，舟橋 佳宏、島森 融、特願 2007-311539、出願日：平成 19 年 11 月 30 日
  24. 「電気化学リアクターモジュール及び電気化学リアクターモジュール集合体」，舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、永井 恒輝、大竹 隆憲、特願 2008-026915、出願日：平成 20 年 2 月 6 日
  25. 「シール材及びそのシール材を用いた固体酸化物形燃料電池」，須田 聖一、情野 香、川原 浩一、大川 元、特願 2006-176918、出願日：平成 18 年 6 月 27 日
  26. 「導電性シール材料及びガスシール構造を有する構造体」，川原 浩一、須田 聖一、情野 香、特願 2007-39544、出願日：平成 19 年 2 月 20 日
  27. 「シール材、その製造方法並びにそのシール材を用いた固体酸化物形燃料電池」，松宮正彦、須田 聖一、川原 浩一、情野 香、特願 2008-178961、出願日：平成 20 年 7 月 9 日
  28. 「熱サイクル耐久性に優れるガスシール部位を有するガスシール構造体及びその製造方法」，松宮 正彦、須田 聖一、川原 浩一、情野 香、特願 2008-236935、出願日：平成 20 年 9 月 16 日
  29. 「固体酸化物形燃料電池サブモジュールおよび固体酸化物形燃料電池モジュール」，水谷 安伸、鵜飼 健司、横山 美鈴、永井 恒輝、大竹 隆憲、特願 2007-086159、出願日：平成 19 年 3 月 29 日
  30. 「固体酸化物形燃料電池管状単セル、固体酸化物形燃料電池バンドルおよび固体酸化物形燃料電池モジュール」，水谷 安伸、鵜飼 健司、横山 美鈴、永井 恒輝、大竹 隆憲、特願 2007-086179、出願日：平成 19 年 3 月 29 日
  31. 「固体酸化物形燃料電池サブモジュールおよび固体酸化物形燃料電池複合モジュール」，水谷 安伸、永井 恒輝、大竹 隆憲、中村 直人、舟橋 佳宏、島森 融、鈴木 俊男、藤代 芳伸、特願 2008-025816、出願日：平成 20 年 2 月 6 日
  32. 「固体酸化物形燃料電池サブモジュールおよび固体酸化物形燃料電池モジュール」，大竹 隆憲、永井 恒輝、水谷 安伸、中村 直人、特願 2008-061359、出願日：平成 20 年 3 月 11 日（開）
  33. 「ガス給排マニホールドおよび固体酸化物形燃料電池バンドル」，永井 恒輝、大竹 隆憲、水谷 安伸、特願 2008-085085、出願日：平成 20 年 3 月 28 日

## 2) 外国出願

1. 「チューブ型電気化学リアクターセル及びそれらから構成される電気化学反応システム」，鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、米国出願、出願番号 11/610, 258、出願日：2006年12月13日
2. 「電気化学リアクターセル用マニホールド、スタック及びそれらから構成される電気化学反応システム」，鈴木 俊男、山口 十志明、藤代 芳伸、淡野 正信、米国出願、出願番号 11/691, 030、出願日：2007年3月26日

## 3) PCT 出願

1. 「電気化学反応セル高密度集積用の多孔質支持体、それから構成される電気化学反応

セルスタック及び電気化学反応システム」，山口 十志明、鈴木 俊男、藤代 芳伸、淡野 正信、PCT/JP2007/053436 (WIPO) 、出願日：2007年2月23日

(3) 受賞 6件

1. 「高性能マイクロSOFCの開発」：第54回電気科学技術奨励賞，産業技術総合研究所 鈴木俊男，平成18年9月29日
2. The 45th Symposium on Basic Science of Ceramics in conjunction with Symposium on Interdisciplinary Science of Nanomaterials：優秀発表賞  
”Appraisal of  $Ce_{1-x}Gd_xO_{2-\delta}$  ( $0 \leq x \leq 0.3$ ) as electrolytes in intermediate-temperature solid oxide fuel cells”，電力中央研究所，Y. Liu, H. Nishino, S. Hashimoto and M. Mori, 平成19年1月22日
3. 10<sup>th</sup> International Conference on Ceramic Processing Science: Best Presentation Award, “Fabrication and Characterization of Anode-supported Micro SOFC for Low Temperature Operation,” 名古屋大学 T. Usui, C. Kubota, Y. Ito, K. Kikuta, 平成20年5月28日
4. 「酸化物イオン伝導性材料を用いた電気化学反応デバイスの開発」  
第62回(平成19年度) 日本セラミックス協会 進歩賞、  
産業技術総合研究所 山口 十志明、平成20年5月23日
5. 「セラミックス電気化学リアクターの高性能化に関する研究」  
第63回(平成20年度) 日本セラミックス協会 学術賞  
産業技術総合研究所 淡野 正信、平成21年6月5日
6. 「ナノ構造化電極設計によるセラミック電気化学デバイスの高機能化」  
第64回(平成21年度) 日本セラミックス協会 進歩賞  
産業技術総合研究所 濱本 孝一、平成21年6月4日

V. 2 プレス発表状況

プレス発表件数：17件

1. 「低い温度で高い出力を出すことが可能となる、燃料電池セルの電極用の高性能材料を開発し、作動温度をこれまでに開発されたセルに比べて100℃以上下げること成功」ホソカワ粉体技術研究所、平成18年1月20日、日経産業新聞、日刊工業新聞、化学工業日報
2. 「マイクロチューブ型SOFCで、これまでは実現不可能であった大幅な低温作動化に成功し(450℃でも0.17W/cm<sup>2</sup>の発電出力)、570℃で1W/cm<sup>2</sup>という世界最高の高効率出力を実現」産業技術総合研究所、平成18年1月18日、日刊工業新聞、化学工業日報、日経産業新聞、日経エレクトロニクス、日経プレスリリース、日経BP Tech On、電気新聞、環境新聞、design JAPAN news、asahi.com、Yahoo!ニュース、CNET Japan、Japan for Sustainability
3. 「マイクロハニカム(蜂の巣の形をした0.数ミリのチューブ形の孔が開いている多孔体フィルター)型のSOFCの製造プロセスを世界で初めて開発、角砂糖大(1cm<sup>3</sup>)の大きさの中に250本以上の発電セルを造り込むことに成功」産業技術総合研究所、ファインセラミックス技術研究組合(日本ガイシ)、平成18年11月1日、日経産業新聞、日刊工業新聞、化学工業日報
4. 「マイクロチューブ集積により、角砂糖サイズのセルスタック(キューブ)を作製。2W/cm<sup>3</sup>@550℃の世界最高度の小型高出力特性を実証」産業技術総合研究所、ファインセラミックス技術研究組合(日本特殊陶業)、東邦ガス、平成19年3月30日、日本経済新聞、日経産業新聞、日刊工業新聞、化学工業日報、電波新聞、レアメタルニュ

ース

5. 「マイクロハニカム燃料電池型リアクターの開発に成功」 産業技術総合研究所、ファインセラミックス技術研究組合(日本ガイシ)、平成 19 年 10 月 31 日、日刊工業新聞、化学工業日報、日経産業新聞、NIKKEI NET、プレスリリース、
6. 「高効率マイクロ燃料電池モジュールの開発に成功」 産業技術総合研究所、平成 21 年 2 月 12 日、日刊工業新聞、日経産業新聞、化学工業日報、環境新聞、電気新聞、電波新聞、中部経済新聞、日経 TechOn
7. 「ジルコニア電解質を用いた低温作動型燃料電池を開発」 産業技術総合研究所、平成 21 年 8 月 17 日、日経産業新聞、化学工業日報、YAHOO! JAPAN ニュース/テクノロジー/テクノロジー総合、npg aisa materials、Technology Review)
8. 「マイクロチューブ型 SOFC を集積したコンパクトで低温運転可能な燃料電池モジュールの発電に成功」 産業技術総合研究所、ファインセラミックス技術研究組合(日本特殊陶業)、東邦ガス、平成 21 年 9 月 11 日、日刊工業新聞、化学工業日報、日本経済新聞、読売新聞、中日新聞、中部経済新聞、半導体産業新聞、ガスエネルギー新聞、日刊自動車新聞、電気新聞、
9. 「燃料電池展にて低温動作型 SOFC モジュールをパネル展示」 産業技術総合研究所等、平成 22 年 3 月 4 日、日経エレクトロニクス、日経ものづくり、日経 Tech on!、日経 BP ネット、
10. 「マイクロ SOFC のユニットを組み立てて発電器(モジュール)に必要な、新しいフレキシブルなシール用のシート材料を開発」 ファインセラミックスセンター、平成 18 年 7 月 21 日、日刊工業新聞、化学工業日報、平成 18 年 7 月 26 日、電気新聞
11. 「燃料電池のシール材開発(企画特集 中部のシンクタンク)」 ファインセラミックスセンター、平成 18 年 8 月 29 日、毎日新聞
12. 「固体酸化物形燃料電池用ガスシール材開発について」 ファインセラミックスセンター、平成 19 年 12 月 6 日、日刊工業新聞
13. 「熱サイクル耐久性向上-SOFC に適用可能 ガスシール材開発」 ファインセラミックスセンター、平成 21 年 7 月 2 日、電気新聞
14. 「ガラス/セラミックス複合シール材のガス遮断特性」 、ファインセラミックスセンター、平成 21 年 7 月 8 日、毎日新聞
15. 「SOFC 小型化期待 熱耐久性新部材を開発 車載補助電源実用化へ」 ファインセラミックスセンター、平成 21 年 7 月 31 日、中部経済新聞
16. 「マイクロチューブ型 SOFC を数 10 本組み合わせ、3×3×3cm のコンパクトサイズで 10~20W 程度の発電が出来ることを実証」 東邦ガス、平成 19 年 1 月 19 日、日刊工業新聞
17. 「銀ナノ粒子を超微細分散させた新しい燃料電池の電極を開発し、中温域(650℃)で従来の 2 倍近い高出力化に成功」 電力中央研究所 平成 18 年 12 月 5 日、化学工業日報、電気新聞、平成 18 年 12 月 8 日、日刊工業新聞、平成 19 年 1 月 18 日、日経産業新聞

#### V. 3 その他の成果普及について

前章で述べたように、プロジェクト成果の普及のために、セラミックリアクター開発シンポジウム(公開)を毎年開催し、国内外の招待者による関連分野の講演と共にプロジェクト実施者の研究成果発表を行った。また学会での当該分野における研究討論を通じた技術開発ポテンシャルの向上のため、日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム(平成 19 年 9 月 12~14 日・名古屋工業大学)に於いて、特別セッション「革新的なセラミックアセンブリ技術とエネルギー・環境セラミックスの新展開」を開催した。

続いて、第21回秋季シンポジウム（平成20年9月17～19日・北九州）に於いて、特別セッション「エネルギー・環境応用に求められる革新的セラミックアセンブリ技術」を、第22回秋季シンポジウム（平成21年9月16～18日・愛媛大学）に於いて、特別セッション「セラミックスの高次機能化と3Dアセンブリ技術開発による、環境—エネルギー分野への新展開」をそれぞれ開催した。

## 2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。



ナノテク・部材イノベーションプログラム／エネルギーイノベーションプログラム

「セラミックリアクター開発」

(2005年度～2009年度 5年間)

事後評価 分科会説明資料

プロジェクトの概要説明

I. 事業の位置づけ・必要性

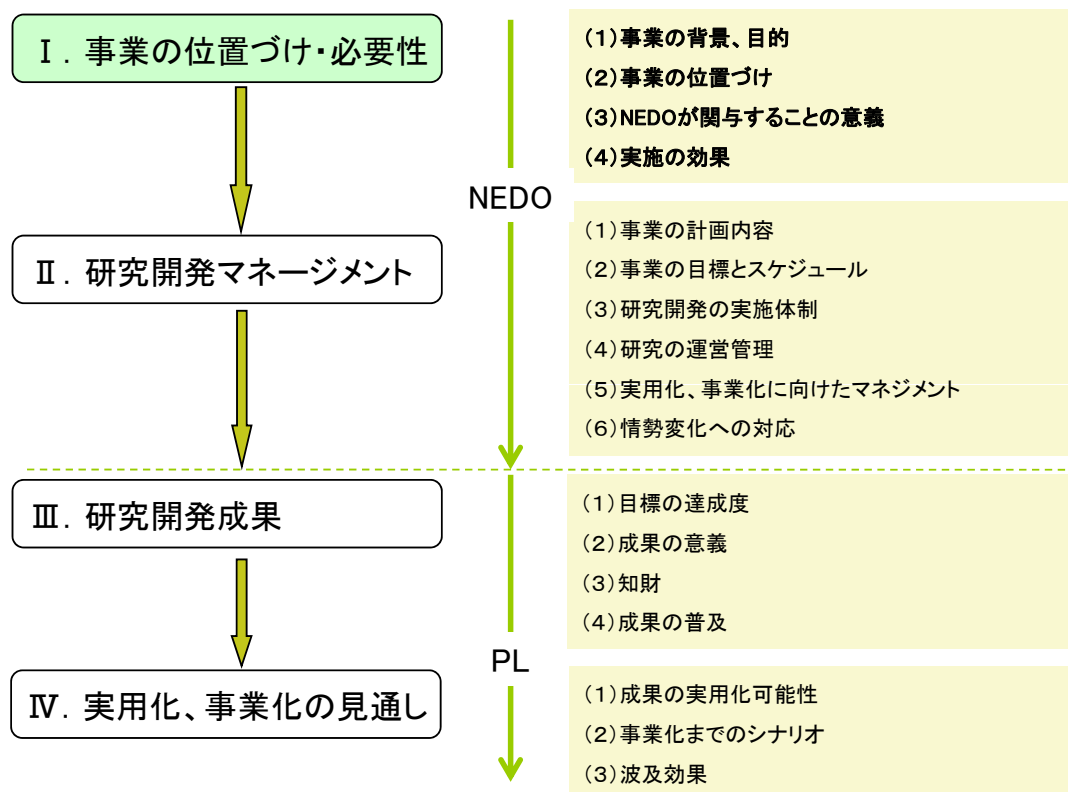
II. 研究開発マネジメント

平成22年10月4日

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構

電子・材料・ナノテクノロジー部

概要説明・発表の流れ



- 環境・エネルギー問題解決のためには、エネルギー変換技術の高効率化が求められている。  
→様々な社会ニーズに対し、固体酸化物形リアクターは優れた特徴を有する。

具体的には、

- 水素エネルギー社会へ向けてのオンサイト水素製造
- アイドリングストップに対応した数kWの小型電源(自動車補助電源(APU)等)
- ガソリンやディーゼル、バイオ燃料等様々な燃料でも発電可能
- 自動車が直面する環境問題である排ガスの浄化

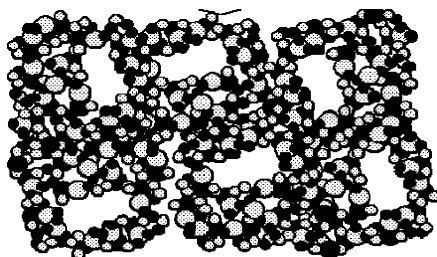
- しかし固体酸化物形リアクターは、

- 作動温度が高い
- 作動までの昇温に時間が必要
- 運転-停止サイクル時の熱衝撃に弱い
- また移動機器搭載には高出力・小型軽量化が必須。

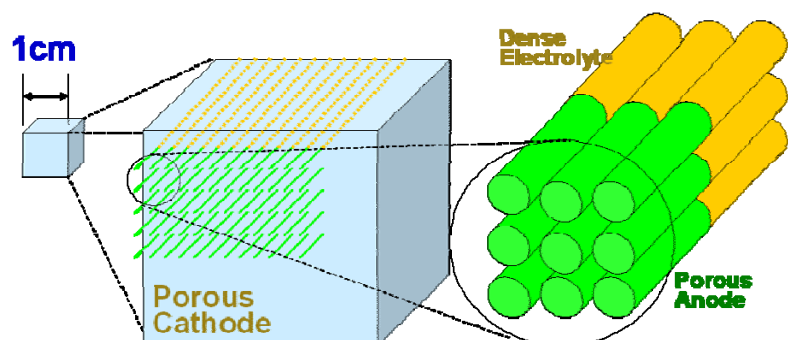
### 「セラミックリアクター」の概念を提案

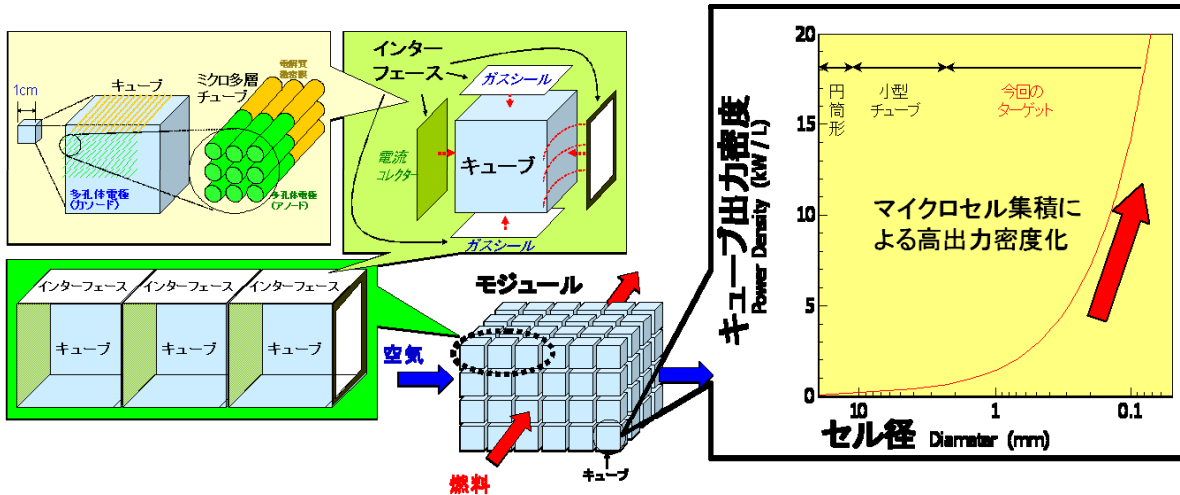
- 物質やエネルギーを高効率に変換する次世代型電気化学リアクターに焦点をあて、
  - 低温作動可能な材料・部材
  - マイクロチューブ型セルのマイクロキューブ中への集積配列等による
    - ①低温作動領域
    - ②温度管理(急速昇温、加熱冷却サイクルへの耐久性付与)
    - ③高出力密度
 を可能とする、これまでにない革新的なリアクターの開発を実施し、低温作動や頻繁な急速作動停止性能を実現する。これによって、我が国産業の競争力の強化を図ることを目的とする。

低温作動の材料・部材



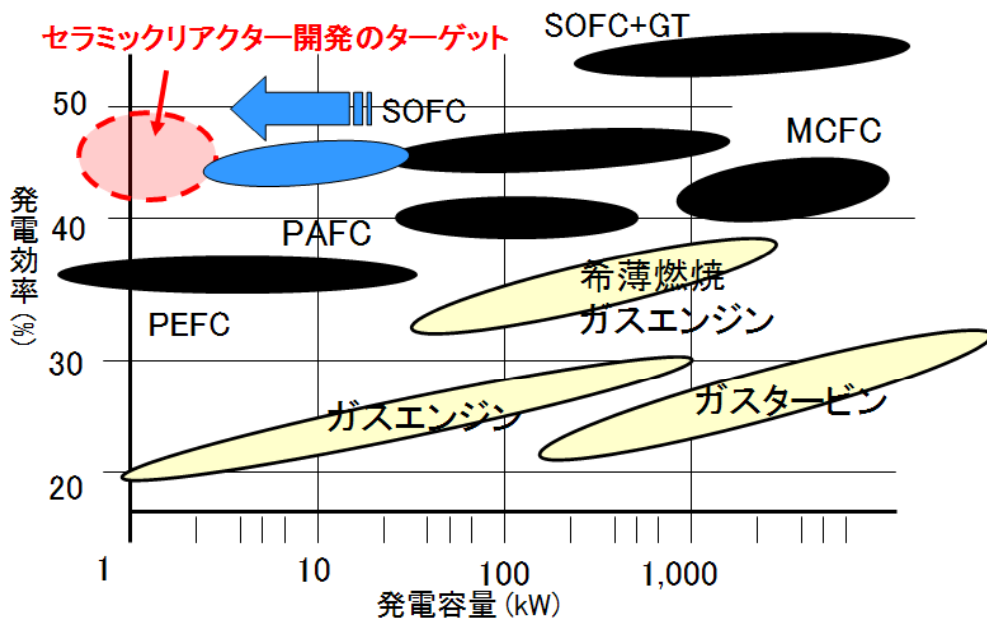
マイクロチューブ集積配列



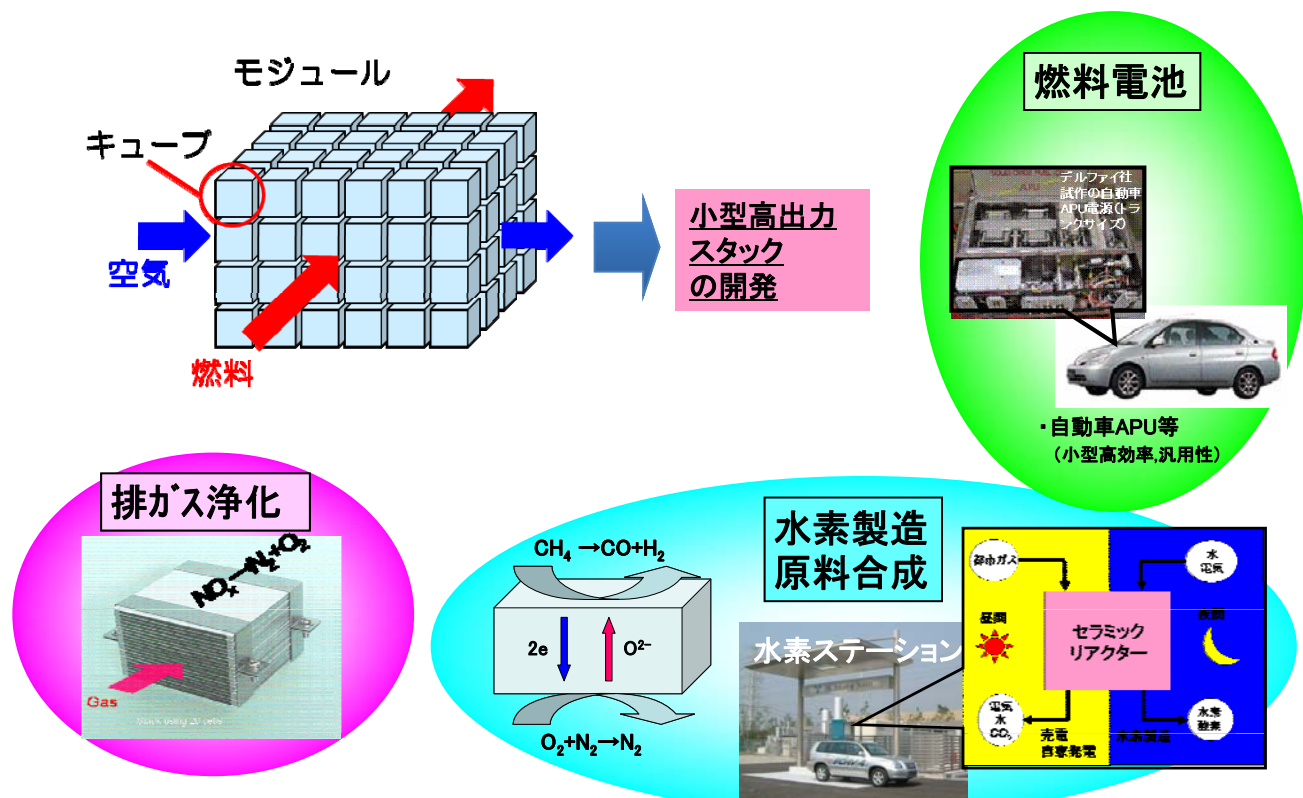


- 有効反応体積が飛躍的に増大  
→小型高効率化：出力2kW/L
- 低温作動（500～650℃）を可能とする電極電解質材料の部材化
- 構成ユニットが細分化されている  
→耐熱衝撃性向上、分・秒単位の急速起動が可能
- 必要に応じて自在な組み合わせが可能  
→運転制御が容易

プロトタイプ実証までが  
本プロジェクトのスコープ



- 燃料電池は他の発電技術に比べ効率が高い
- 中でもSOFCは高効率だが、数kW領域のニーズを満たすものはない。  
→小型高出力SOFCの開発に位置づけられる



## ナノテク・部材イノベーションプログラム IV. エネルギー・資源・環境領域 (i) エネルギー制約の克服

○目的

情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすることを目的とする。

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して、エネルギー・資源・環境等の社会的制約を克服すると同時に我が国の強みであるナノテク関連産業・部材産業の競争力を強化する。

○達成目標

- 世界に先駆けて、ナノテクノロジーを活用した非連続な技術革新を実現する。
- 我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに部材産業の付加価値の増大を図る。
- ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。

## エネルギーイノベーションプログラム Ⅲ. 新エネルギー等の開発・導入促進 Ⅴ. 燃料電池

## ○背景

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。

## ○目的

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる**新エネルギーの普及を推進**する。

## ○達成目標

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や**燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進**することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、**エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献**する。

	(1)固体酸化物形燃料電池 実証研究	(2)固体酸化物形燃料電池 システム技術開発	(3)固体酸化物形燃料電池 システム要素技術開発	(4)セラミックリアクター開発
開発期間	H19～H22	H16～H19	H20～H24	H17～H21
研究開発の特徴	実証研究	システム開発	基盤研究、要素技術開発	スタック開発
研究開発の内容	製品化を想定した実証運転研究(耐久性を始めとしたデータ取得、課題抽出のための実証)	コージェネシステム開発 コンバインドサイクル開発 性能評価技術 要素技術開発(信頼性向上、高出力化、適用性拡大)	(2)の後継プロジェクト 基礎的・共通的研究開発(耐久性、信頼性向上、低コスト化) 実用性向上の技術開発(起動停止、高圧運転)	<b>低温作動材料開発</b> <b>革新モジュール製造プロセス開発</b> (集積モジュール化) <b>評価解析技術開発</b> <b>プロトタイプ実証</b>
研究開発の目的	SOFC実用化の促進を図るために、SOFCシステムの実負荷環境下における実証データの収集及び評価分析を実施し、今後のSOFC技術開発の開発課題を抽出すること。	小・中規模分散型電源市場等に投入できるSOFCシステムの開発、設計、製作および運転実証による性能確認ならびにシステム性能の評価基準を確立するためのシステム性能評価技術の開発を行うこと。	SOFCシステムを早期に市場導入するために必要な基礎研究と要素技術開発を実施して、その基盤技術を確立すること。	低温作動(500～650℃)、頻繁な起動停止運転性能、高出力密度を可能とするリアクターを開発し、新規適用性を拡大すること。
想定される適用先と発電出力レベル	定置用(戸建て住宅) 1kW級が中心	定置用 (小・中規模分散型電源) 数10kW級～数100kW級	定置用 (小・中規模分散型電源) 数10kW級～数100kW級	定置用 ( <b>既築、リフォーム、集合住宅</b> ) 移動用 ( <b>自動車APU、ポータブル</b> ) 数100W～数kW

セラミックリアクター開発

- エネルギー消費削減及びCO<sub>2</sub>排出量低減は国家的課題である
- これまでにない革新的技術であり、研究開発の難易度が極めて高く、長期間、大規模投資が必要で、開発リスクが高い
  - 民間企業独自での取り組みには限界がある
- 応用分野として想定されるガス事業、電力事業や自動車分野
  - 極めて公共性が高い産業分野
- 基礎～応用技術まで、広範にわたる種々の要素技術を効率的に開発する必要がある
  - 産学を含めた垂直連携の下で実施

- 国として強力なイニシアティブを発揮して実施するとともに、
- NEDOがもつ「産学官連携コーディネイト」の知識、実績等を活かし、柔軟かつ効果的な進捗管理の下で、総合的に推進することが不可欠

平成15年度に終了した「シナジーセラミックスプロジェクト」の材料基盤に関する成果の一部を活用するものであり、同プロジェクトの事後評価委員会において「成果を活用した技術開発を国家プロジェクトとして進めるべき」旨が指摘されている。  
→終了事業の技術を発展展開する取り組みとして推進

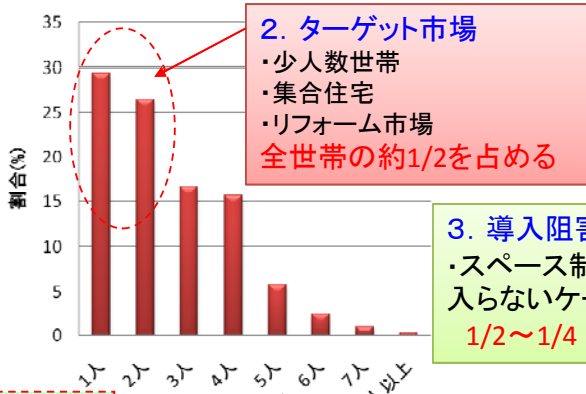
1. 家庭用燃料電池の導入ポテンシャル

- ①住宅市場 ストック57百万戸(戸建60%、集合40%)  
新築着工件数 戸建57万戸、集合61万戸/年
- ②給湯器市場 450万台/年(最大導入ポテンシャル)  
新築戸建50万台、新築集合50万台  
既築戸建200万台、既築集合150万台
- ③少子高齢化により世帯人数は減少傾向

家庭用コージェネの動向

- ①日本ガス協会: 稼働実績(2009年度末)  
ストック 9万件 (2009年度は15,635件増加+20.9%)
- ②富士経済: 将来市場予測  
2025年度 住宅分野で 5070億円/年の市場  
2009→2025で35倍を見込む
- ③プロジェクト内の総合調査研究(導入シナリオ)  
2018年 50万円×5万台/年=250億円市場  
2022年 40万円×50万台=2000億円/年の市場

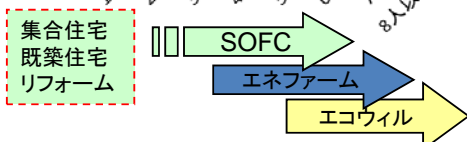
一般世帯の世帯人員割合(2005年) ※



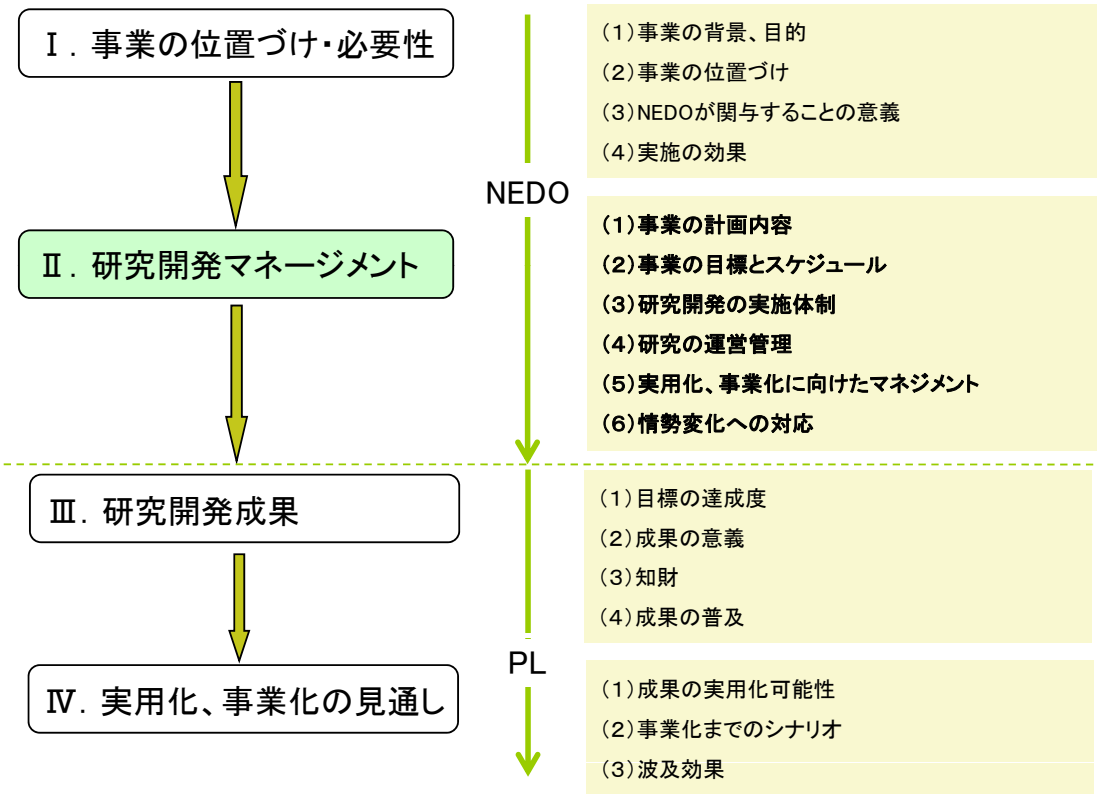
2. ターゲット市場  
・少人数世帯  
・集合住宅  
・リフォーム市場  
全世帯の約1/2を占める

3. 導入阻害要因  
・スペース制約で入らないケース  
1/2~1/4

・市場規模: 2000~5000億円/年  
・CO<sub>2</sub>削減効果: 60~120万t/年  
(CO<sub>2</sub>削減効果: 1ton/台・年と仮定)



4. 普及期導入ポテンシャルは1.×2.×3.より  
450万×1/2×(1/2~1/4)  
=60~120万台/年 (2400~4800億円/年)

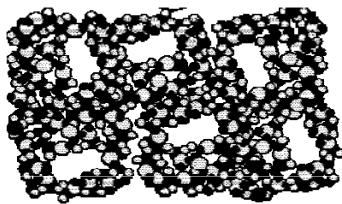


## ■低温作動可能な材料・部材

## ■マイクロチューブ型セルのマイクロキューブ中への集積配列

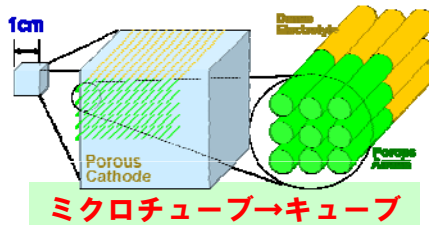
→最重要素技術から研究開発項目を設定：基本材料、プロセス、評価・解析

### ①高性能材料部材化技術

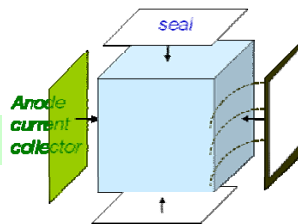


基盤材料、原料、部材化

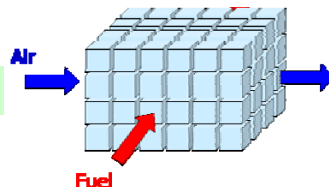
### ②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術



インターフェースの付与

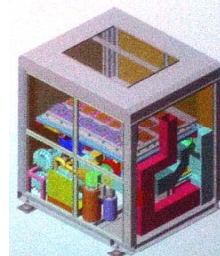


キューブ集積でモジュール化



### ③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証

定置用小型DG



自動車APU応用や定置小型DG、水素製造ST、高性能フィルタ等を想定



自動車 APU



# 研究開発目標

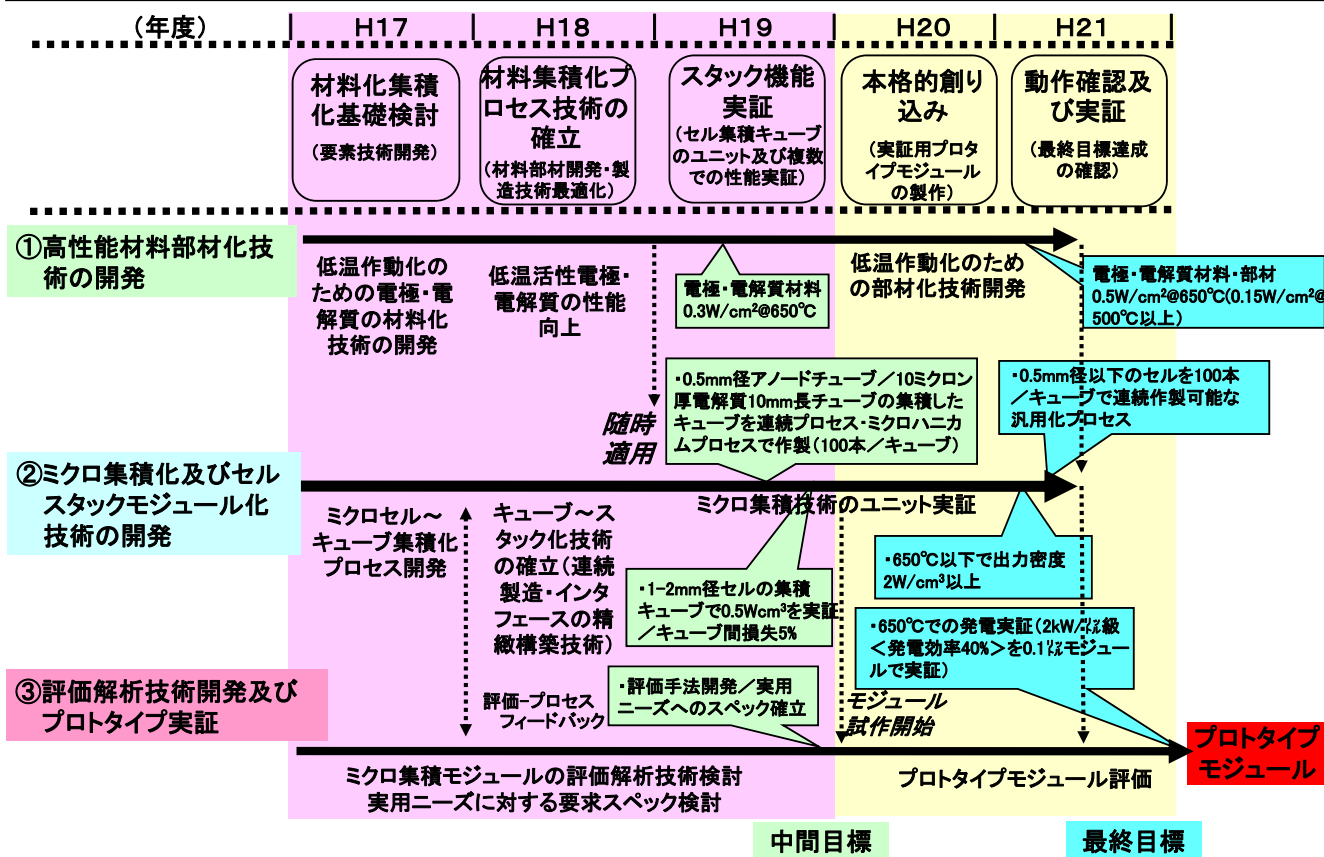
公開

- セラミックリアクターはこれまでにない革新的な技術であり、
    - プロジェクト開始時の世界最高性能を大きく凌駕する
    - 実用化に向けた基本性能確立
- の観点でチャレンジングな目標値を設定

研究開発項目	目標値	設定の根拠
①高性能材料部材化技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>■単セル出力密度: ・<math>0.5W/cm^2@650^{\circ}C</math> ・<math>0.15W/cm^2@500^{\circ}C</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■プロジェクト開始時における最高出力性能に対し、2倍程度</li> </ul>
②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>■マイクロ集積化: <math>100</math>本以上/キューブを連続製造</li> <li>■出力密度:<math>&gt;2W/cm^3</math>(<math>650^{\circ}C</math>以下)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■プロセスの実用性</li> <li>■プロジェクト開始時における最高出力性能に対し、2倍程度</li> </ul>
③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>■耐久性:繰り返し加熱冷却運転で実証</li> <li>■出力密度:<math>2kW/L</math>、効率<math>&gt;40\%</math>(<math>@0.1L</math>)</li> <li>■連続運転性能:性能低下が実用検討の許容範囲内</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■従来不可能であった加熱冷却の実証</li> <li>■実用で要求される出力密度の2倍程度、効率の低下無し</li> <li>■実用検討に移行可能なレベル</li> </ul>

# 事業の目標とスケジュール

公開





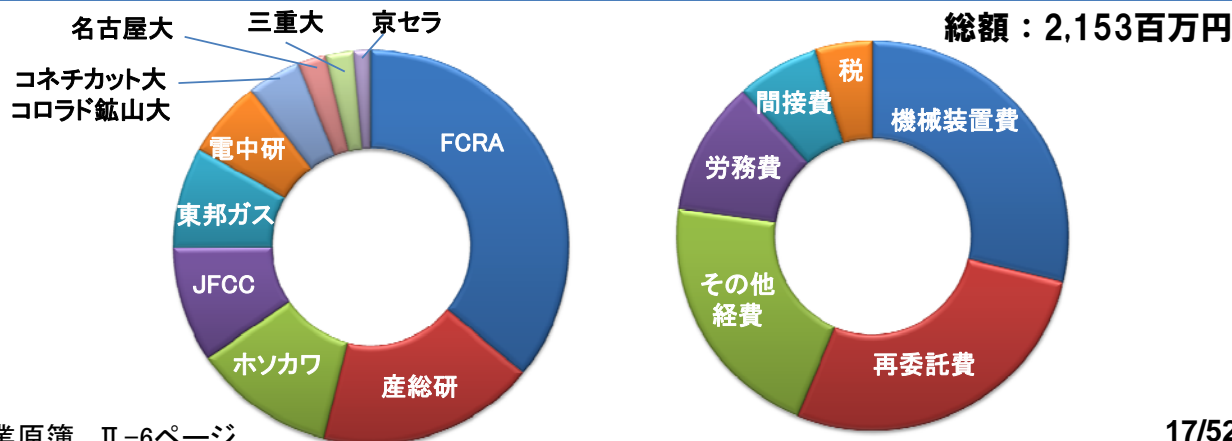
## 研究開発予算

公開

柔軟かつ効果的な進捗管理（各種委員会活用）により機動性を持たせた予算配分

単位：百万円

研究開発項目	H17	H18	H19	H20	H21
①高性能材料部材化技術	52	112	66	58	36
②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術	98	418	358	292	244
③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証	61	131	97	74	49
合計	212	662	523	426	330
( ) 内は加速財源	(32)	(103)	(96)	(18)	(0)



17/52

## 研究開発の運営管理

公開

### プロジェクトリーダー（PL）

産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門 淡野正信副研究部門長をPLに任命



- 研究組織構成の決定
- 所属研究者の選任
- 予算の配分
- 年度毎の概算要求案の策定
- 研究計画の見直し、変更
- 研究経過の報告
- 知的財産権取扱管理
- 論文、学会発表管理
- 各種関係会議への対応、総括
- 事業計画の策定及び実施

### 委員会設置

垂直連携による研究開発を円滑に実施するために3つの委員会を設置

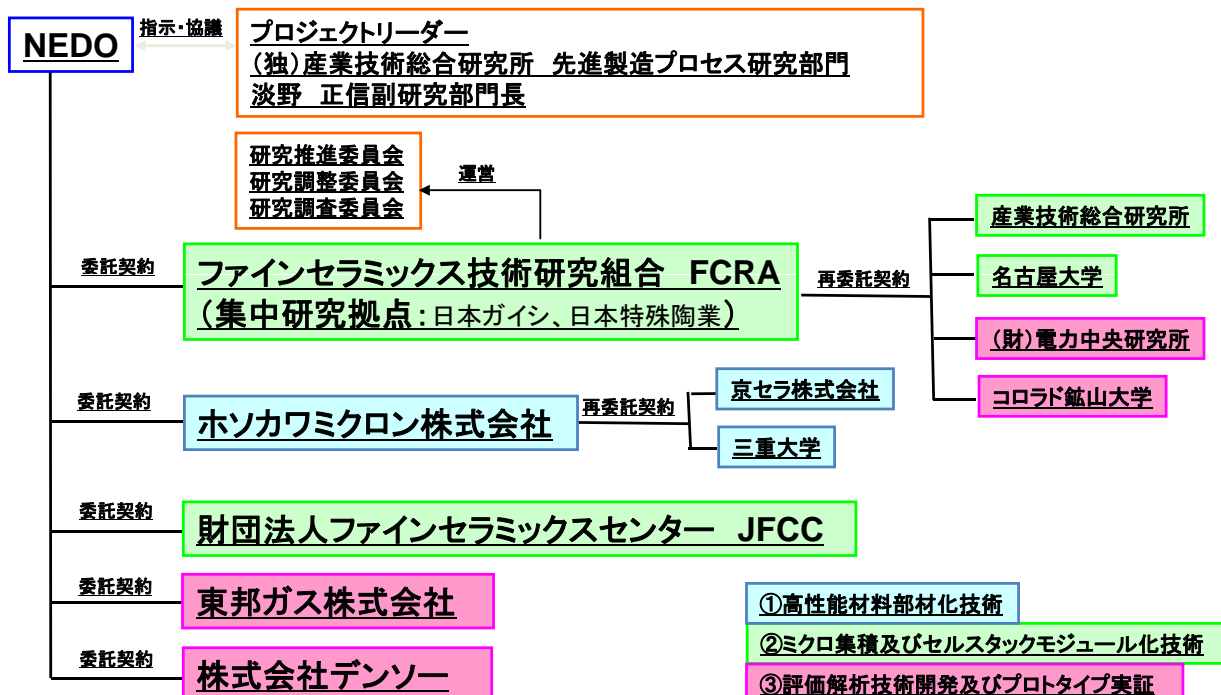
- ・ 研究調整委員会：実施者によるPJ推進上の問題点、およびその対策をPL他と協議
- ・ 研究推進委員会：外部委員を入れて研究成果の発表とその後の推進内容を議論
- ・ 研究調査委員会：実施者および外部委員を入れて新規ニーズなどの研究調査を実施

## 委員会開催実績

年度	委員会名	実施月、回数
平成17年度	研究推進委員会	8月、3月：2回
	研究調整委員会	12月、3月：2回
平成18年度	研究調整委員会	5月、11月、1月：3回
	研究調査委員会	9月、3月：2回
	研究推進委員会	3月：1回
平成19年度	研究調整委員会	4月、5月、10月、1月：4回
	研究調査委員会	11月、3月：2回
	研究推進委員会	3月：1回
平成20年度	研究調整委員会	4月、9月、1月：3回
	システム検討ワーキンググループ	5月～1月：6回
	研究推進委員会	3月：1回
	研究調査委員会	3月：1回
平成21年度	研究調整委員会	4月、10月、1月：3回
	システム検討ワーキンググループ	4月～2月：9回
	研究推進委員会	3月：1回
	研究調査委員会	3月：1回

・研究推進委員会では、外部専門委員が個別テーマ毎に技術を俯瞰し、プロジェクト推進の方向性について示唆、研究調整委員会にて実施計画に反映。

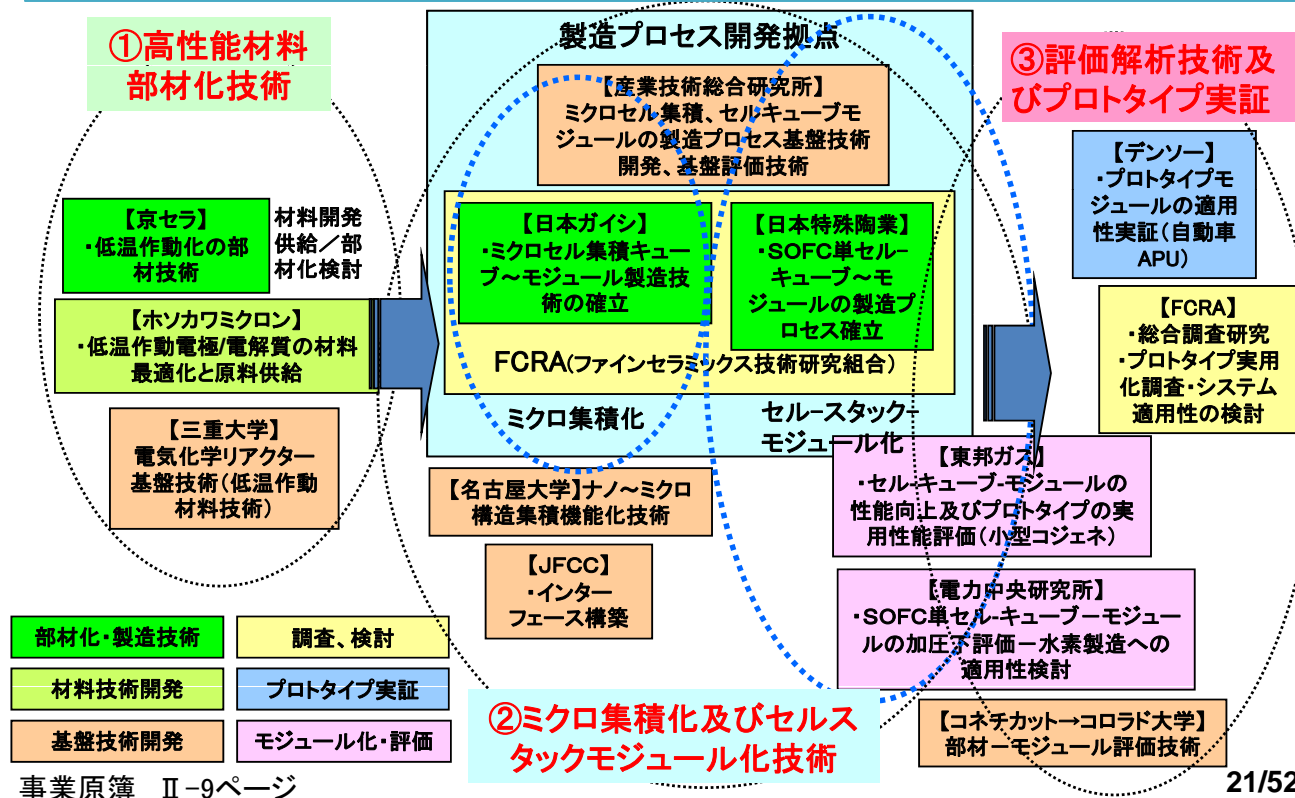
- 海外連携も含め高い技術力を有するメンバーを厳選
- 民間各社の高度なノウハウも最大活用



## 研究開発体制(役割分担)

公開

- 共通基盤となる基本製造プロセスの開発拠点として**集中研**を設置
- 実用化・事業化時の**サプライチェーン（材料～部材～アプリ）**を考慮した**垂直連携**



21/52

## 実用化、事業化に向けたマネジメント

公開

### 実用化、事業化に向けた戦略方針

- **出口アプリケーション**を明確に想定し、**実証**まで俯瞰した**総合技術開発**
  - 川上川下企業間（材料メーカ～セットアップメーカ等）**実用化課題**を共有
  - 独自の**総合調査**により**潜在的応用分野**を機動的かつタイムリーに**探索**
  - **システム化**に関して**専門ワーキンググループ**を設置、机上での仕様検討
- 開発技術は**プロジェクトメンバー**内で**優先的に展開**し効率的に**実用化探索**。
- 事業終了後の**実用化**に向け、実施者と連携して**戦略、シナリオ**を検討。
  - **日本特殊陶業-東邦ガス**：事業終了後**コージェネ開発**に関し**NEDO継続研究**
- 対外発表、展示会等で**技術先進性**を積極PR推進し、**技術波及展開**に取り組む
  - 独自シンポジウム「**セラミックリアクター開発シンポジウム**」を年1回開催

### 知的財産戦略

- ・ 独自技術である**マイクロチューブ、集積化構造**、さらに**作り込み技術**等、競争力の基盤となる**技術**を中心に**権利出願**を推進。

## セラミックリアクター開発シンポジウム開催実績

名称	開催日時	場所	参加者数	招待講演者
第1回	平成18年2月24日	メルパルク東京	65名	名古屋工業大学副学長 高橋 実 教授 カールスルーエ工科大学（独）Ellen Tiffée教授
第2回	平成19年3月14日	浜松町 東京會館	97名	東京工業大学 山崎 陽太郎 教授 McMaster大学（カナダ）Anthony Petric教授
第3回	平成20年3月4日	浜松町 東京會館	81名	京都大学 江口 浩一 教授 PNNL (USA) Dr.Prabhakar Singh
第4回	平成21年3月11日	浜松町 東京會館	67名	山梨大学 内田 裕之 教授 Northwestern大学 (USA) Scott Barnett教授
第5回	平成22年3月8日	浜松町 東京會館	68名	九州大学 佐々木 一成 教授 Sandia National Laboratories (USA) Dr.Whitney Colella

## 加速財源による技術開発の促進

年度	主な内容	研究開発項目
H17	・電極部材の低温活性化検討の促進	①
H18	・低温高活性電極・電解質材料の量産、モジュール化技術開発への早期供給体制確立	①
	・ハニカム構造化による3次元集積製造プロセス確立	②
	・キューブ間集電、ガスシールのインターフェース安定性検討	②
H19	・実発電条件での部材長時間安定性評価技術開発の促進	①
	・モデルモジュール接合構造安定性評価技術開発の促進	②
	・キューブ間集電・ガスシールインターフェース高精度加工技術開発の促進	②

## その他

実施事項	変化点	対応内容
連携施策群（水素利用／燃料電池）	応用分野の明確化と仕様の検討について指摘	自動車応用の検討及びプロトタイプ実証を前倒して実施した。
応用展開の追加調査	ポータブル電源の民間ニーズが急増	総合調査研究で米国の調査を実施、ポータブル電源への応用を念頭に評価内容の修正・追加

項目	指摘点	対処
実施体制	材料、部材化技術、実証までの各実施者間のさらなる連携が、十分に行えるような体制とすることが望ましい。	実施体制を再編した（材料開発—モジュール構築—実証の各々の責任分担明確化と連携強化。一部機関を再委託に変更）
技術開発 ・評価技術	特性評価解析の条件を統一化すること	実施者が個別に設定していたセル・スタック・モジュールの評価解析条件を、モデルモジュールを基準として統一した。
技術開発 ・モジュール化 ・スタック化	モジュール化及びスタック化する場合の集電・シール技術開発と、量産を睨んだプロセス開発は、本プロジェクトの重要課題であるので、さらに加速させて検証するべきである	集電・シール技術と量産化を睨んだプロセス開発の性能実証を平成20年度中に実施し（加速予算投入）、平成21年度実施の各適用対象へのプロトタイプ実証へ反映させる。
実用化	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱自立・起動停止および改質法などにも配慮した発電装置としての最終仕様を、早期に設定すべきである。</li> <li>システムとしての解析が不十分である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>小型コジェネ・自動車APU・ポータブル電源等の各ニーズ、スペックを明確化し、開発技術を適用した場合の有効性を評価した。</li> <li>システム検討ワーキンググループを設置し、システム設計とシミュレーションにより、小型コジェネシステム・自動車APUシステム・水素製造における優位性を明確化した。</li> </ul>
実用化 ・競合技術比較	1 kWクラスのSOFCが実証試験の段階に入っている状況下、本研究開発との関係を明確にしておく必要がある。	SOFCの最新の開発動向について調査を行い、従来技術比較して、低温動作・小型高効率性・機動停止特性の優位性及び実用化スケジュールの差異等を明確にした。

ナノテク・部材イノベーションプログラム／エネルギーイノベーションプログラム

## 「セラミックリアクター開発」

(2005年度～2009年度 5年間)

事後評価 分科会説明資料

### プロジェクトの概要説明

Ⅲ. 研究開発成果について

Ⅳ. 実用化、事業化の見通しについて

平成22年10月4日

(独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門

プロジェクトリーダー 淡野 正信

26/52

Ⅲ. 研究開発成果について (1)目標の達成度

公開

プロジェクト(事業)の目標(目的)、及びプロジェクトとしての達成状況

## ●プロジェクトの意義と目標達成状況

### 1. 材料及び部材製造プロセス技術開発として

- ①低温作動(650～500℃)を可能とする電極電解質材料の部材化
- ②有効反応体積を飛躍的に増大させる高機能部材の高度集積プロセス  
→革新的な“セラミックリアクター“のプロトタイプモジュールを創製

・小型高効率化(出力2kW/モジュール)  
・構成ユニット細分で耐熱衝撃性向上→分-秒単位の急速起動が可能  
・運転制御が容易、低コスト化

### 2. 性能面におけるモジュール実証

(1)優れた低温作動特性

(2)コンパクトで高い出力密度

(3)高い発電効率

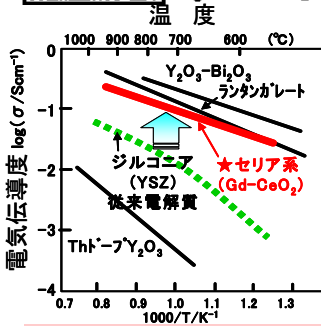
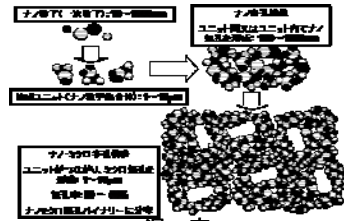
→ 後述のベンチマークを参照

燃料電池 特にSOFCの高効率性に期待  
→小型高出力化による新規ニーズ対応  
→急速起動停止性能等の付与が必要

↓  
マイクロSOFC部材集積化の実現  
…高度セラミック製造プロセス技術の適用

セラミックリアクターの開発内容(研究開発の流れと技術連携)

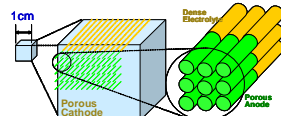
①高性能材料部材化技術



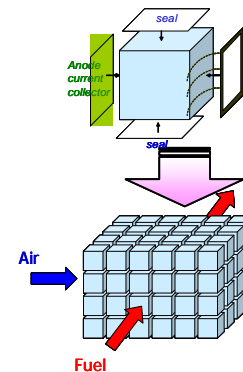
低温高活性電極・電解質材料開発と部材化

(革新材料探索<三重大>-材料部材化<ホソカワ>-適用性<京セラ>)

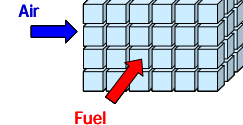
②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術



マイクロ多層チューブ→キューブ化

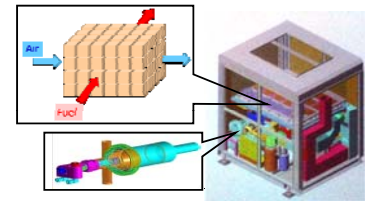


キューブへインターフェース付与



キューブ集積モジュール化

③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証



プロトタイプモジュールの適用性実証・評価技術開発とシステム適用性検証及び調査

(評価モジュール(FCRA・産総研)-評価技術(コネテカット-コロラド鉱山大)-適用性実証[小型コジェネ<東邦ガス>・自動車APU<デンソー>・水素製造<電中研>])

革新的な高性能部材の高度集積化実現へのプロセス技術開発

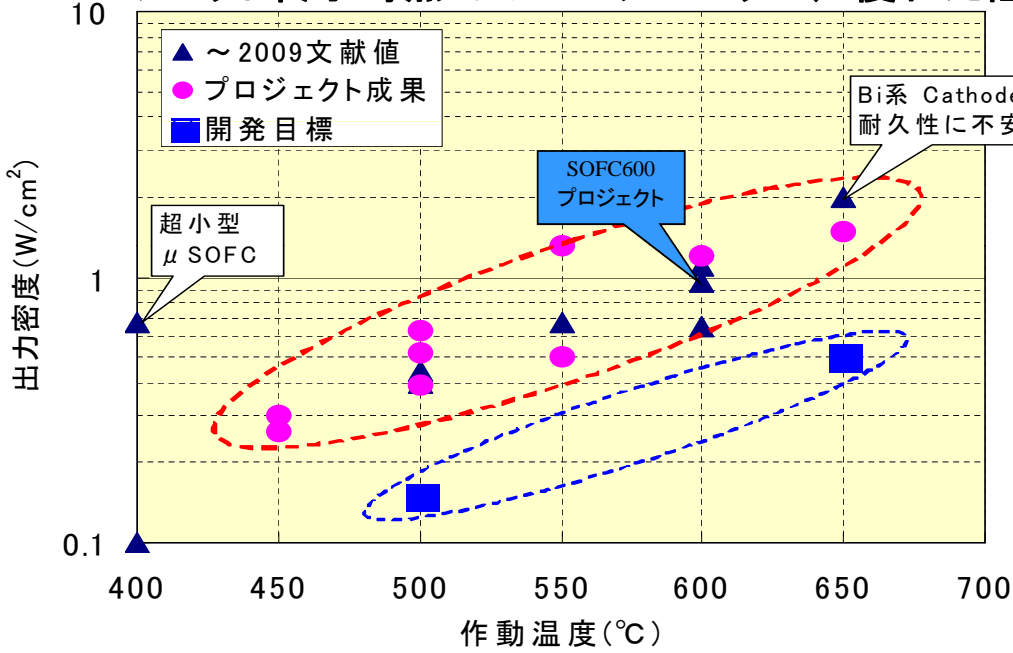
[高性能モジュール実現(セル集積)/高集積製造技術開発(ハニカム)]  
(プロセス基盤技術<名大>-高性能高集積化(セル集積/ハニカム)<産総研・FCRA>-インターフェース開発<JFCC>)

個別研究開発項目の目標と達成状況

研究開発課題名	技術課題	目標	成果	達成度	今後の課題
① 高性能材料部材化技術	低温高活性電極・電解質材料開発と部材化	電極及び電解質の開発と部材化により、単セルの出力密度として [0.5 W/cm <sup>2</sup> @650°C:0.15 W/cm <sup>2</sup> @500°C] を実用性評価が可能な条件・サイズにて実現	[0.75 W/cm <sup>2</sup> @650°C:0.22 W/cm <sup>2</sup> @500°C]を電解質厚 10 μmScSZ及びGDCを用い、有効電極面積2.8cm <sup>2</sup> 燃料利用率75%以上で達成	◎	開発材料・部材の実用性確立と適用普及
② ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術	革新的な高性能部材の高度集積化実現へのプロセス技術開発	径0.5mm以下のセルを100本以上/キューブとして連続製造するプロセス技術を開発・発電出力密度 2W/cm <sup>3</sup> 以上@650°C以下を達成	マイクロハニカムプロセスで燃料電池セルが250以上/cm <sup>3</sup> の高集積度を実現・チューブセル集積で2.8W/cm <sup>3</sup> @600°Cを達成	◎	モジュール信頼性確保、低コスト化可能なプロセス
③ 評価解析技術開発及びプロトタイプ実証	プロトタイプモジュールの適用性実証・評価技術開発とシステム適用性検証及び調査	プロトタイプモジュール性能実証 [2mm径以下単セル使用モジュールで出力密度2kW/ℓ及び発電効率40%以上@0.1ℓ容積]と実機想定シミュレーション-繰返し加熱冷却-連続運転への耐久性実証で許容範囲内	発電出力密度:最大 250W/0.12L 発電効率:最高200W級 40%,50W級 47% 熱サイクル耐性:実機想定条件の熱サイクル堅牢性(620⇄70°C; 76回) 連続運転耐久性:単セル・モジュール初期耐久性確認(単セル1000hr/モジュール80hr程度)	○	実用条件下の長期的耐久性・信頼性の検証と確立

達成度 ◎:目標を大幅超過 ○目標をクリア △一部未達成 ×目標を下回る成果

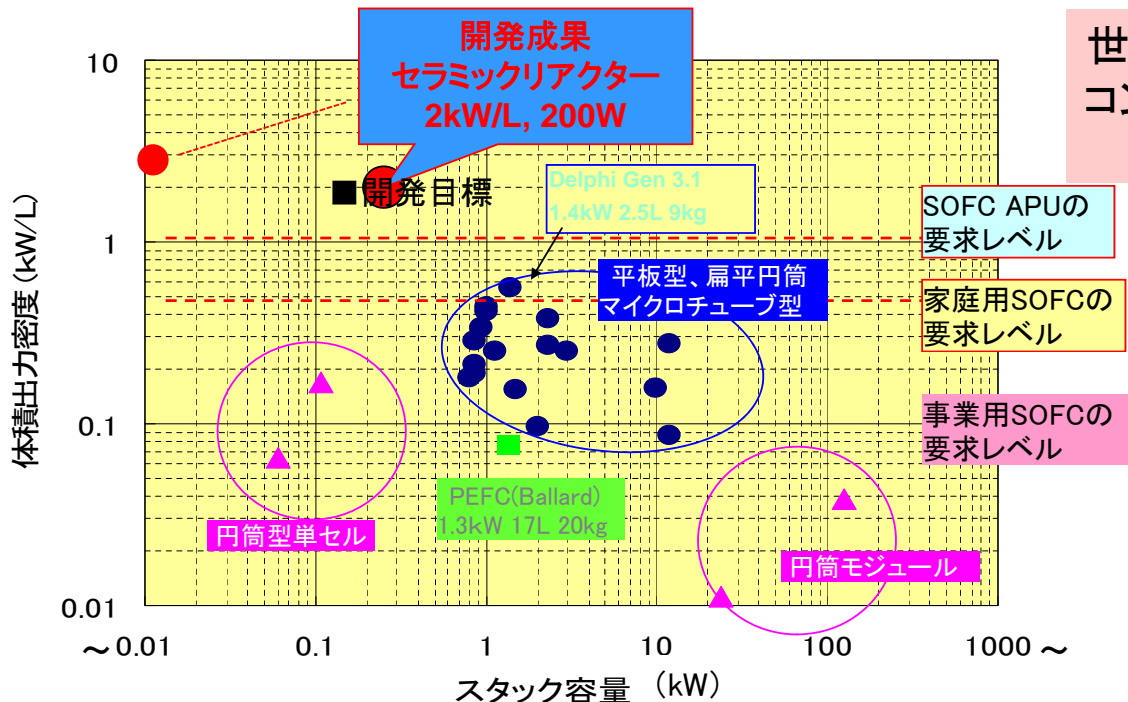
プロジェクト終了時点でのベンチマーク (1.優れた低温作動特性)



世界最高の性能を実証

- ・当初設定した開発目標の2倍を超える性能を達成した
- ・最新の文献値と比較してもトップレベルの性能
- ・同時期に実施のEU低温作動SOFCプロジェクト「SOFC600」を上回る性能
- ・GDC電解質だけでなく、ScSZ電解質でも低温作動化に成功した

プロジェクト終了時点でのベンチマーク (2. コンパクトで高い出力密度)

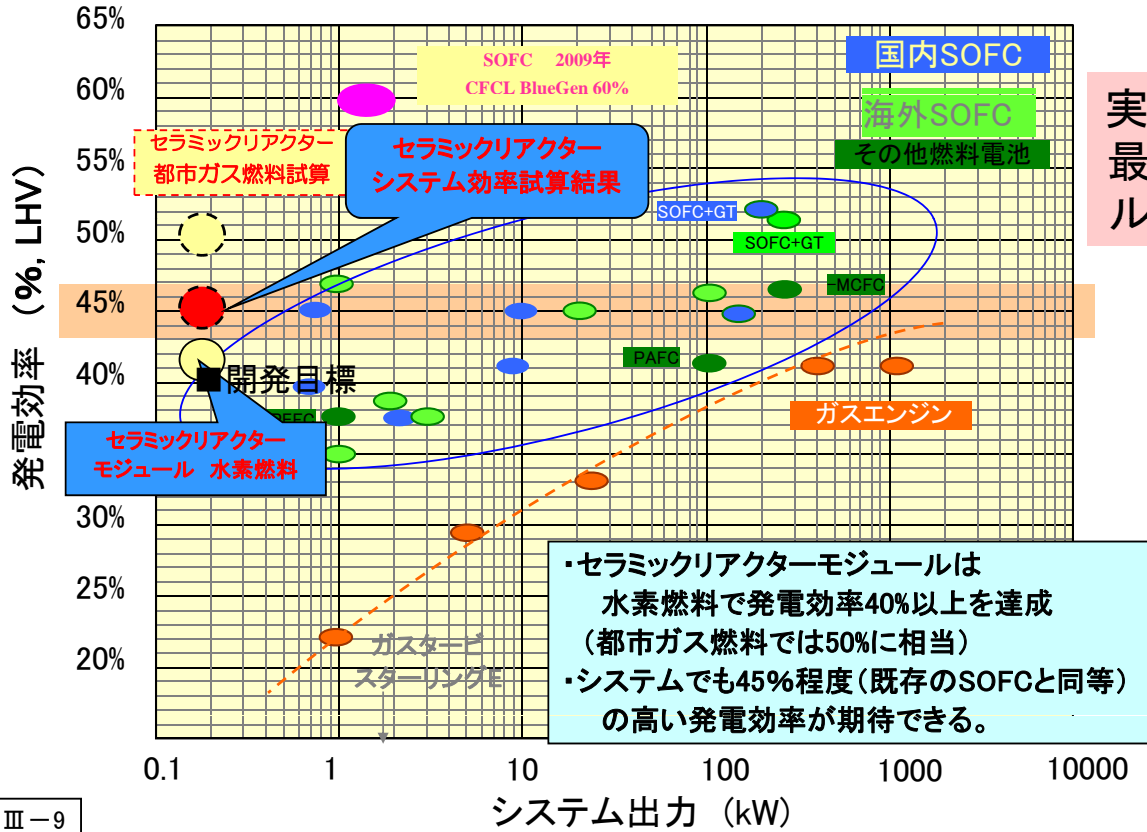


世界最高のコンパクト化を実現

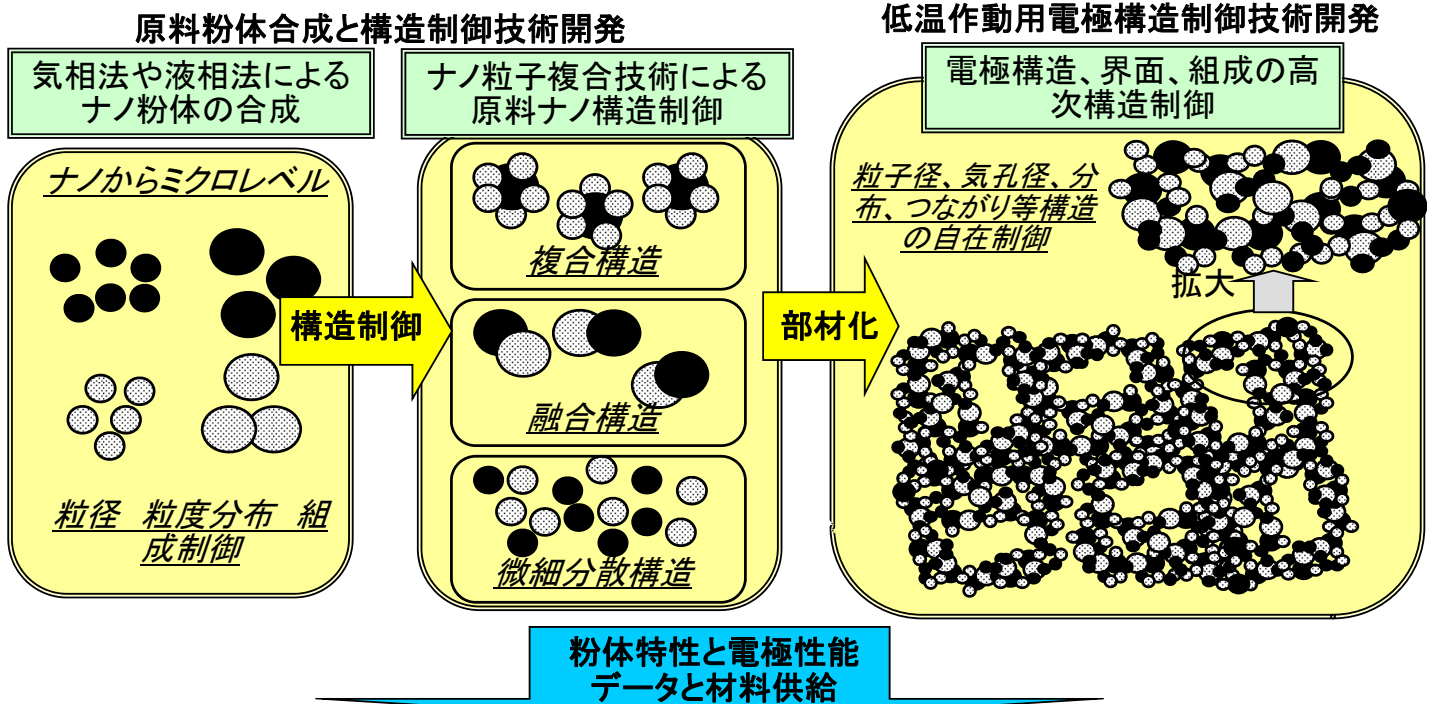
- ・既存のSOFCスタック、モジュールと比較して画期的な高出力密度(コンパクト)を達成
- ・小型=軽量=熱容量が小さいため、急速起動にも適している



プロジェクト終了時点でのベンチマーク(3. 高い発電効率)



①高性能材料部材化技術 の成果



②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術開発

①高性能材料部材化技術 の成果

①-2 低温作動高活性電極部材の開発

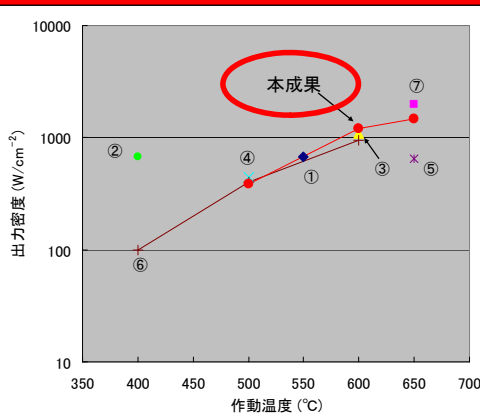
粒子複合化技術による原料粒子の構造制御



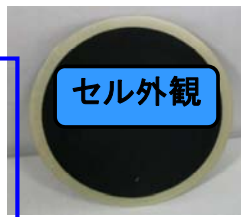
作用の概念

高速回転する特殊ロータと容器の隙間にて複合化処理が生じる。

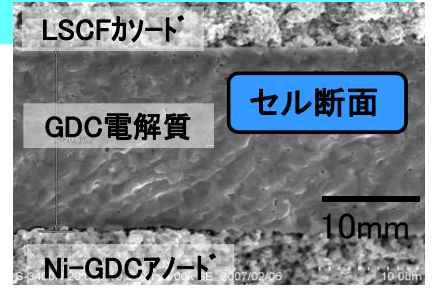
粒子間に圧密・せん断・衝撃作用をバランス良く加えることにより、原料複合粒子を製造



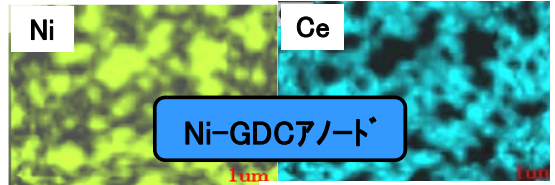
アノード材料 (NiO-GDC複合粉体) の開発事例



セル外観



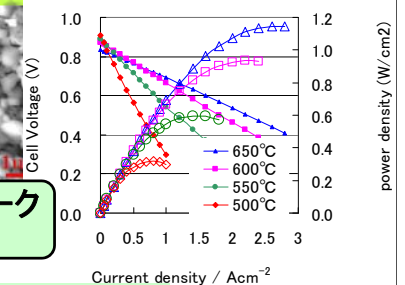
セル断面



Ni-GDCアノード

SEM像

微細化とネットワーク構造を達成

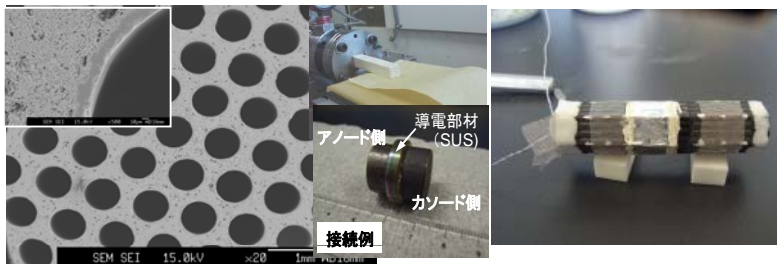


低温域でも高出力を実証

②マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発 の成果

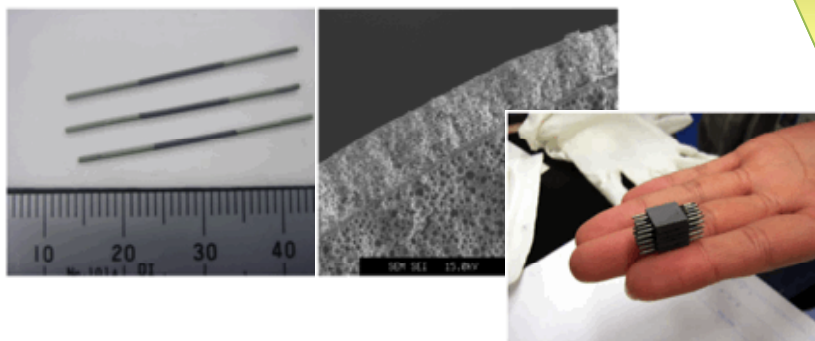
②-2マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化製造プロセス技術開発

(1)マイクロハニカム構造化プロセス



ハニカム押出とサブミリ孔への多層塗布プロセスで、連続的な集積モジュール形成を実現 (構造制御、共焼結、接続・絶縁技術等)

(2)セルスタックモジュール化プロセス



②-1: マイクロ集積化におけるヘテロ構造等の基盤技術開発 < 将来技術 >

②-3: インターフェース材料・プロセス技術 < 集積モジュールの複数連結・ガスシール >

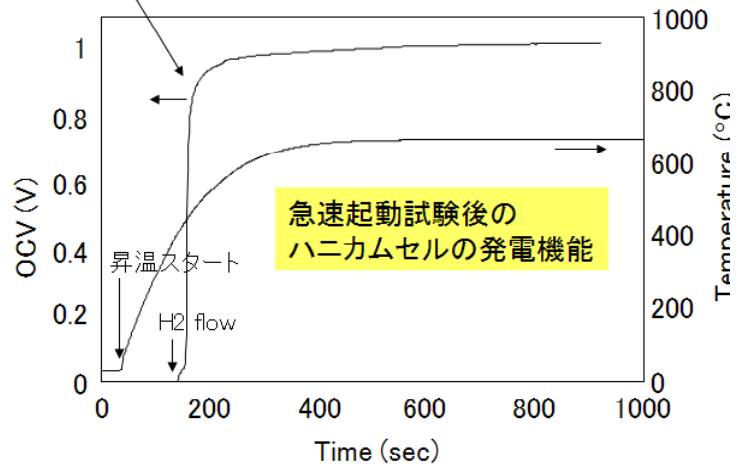
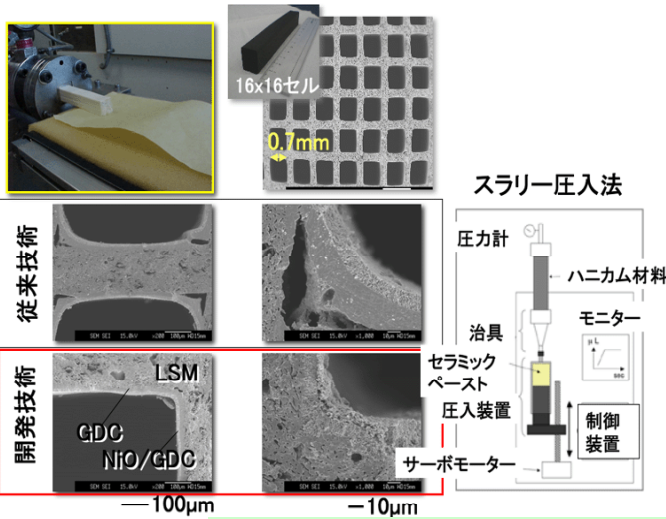
小さく集積化が容易、低温域での高い発電性能を実現 (成形、ナノ〜マイクロ構造制御、薄膜電解質、集積・接合技術等)

② ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発 の成果

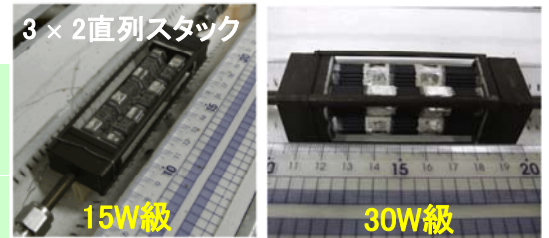
②-2 ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化製造プロセス技術開発

(1) ミクロハニカム構造化プロセス

起動開始 3min



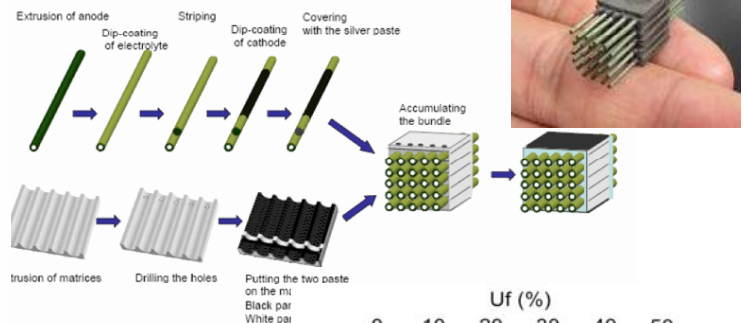
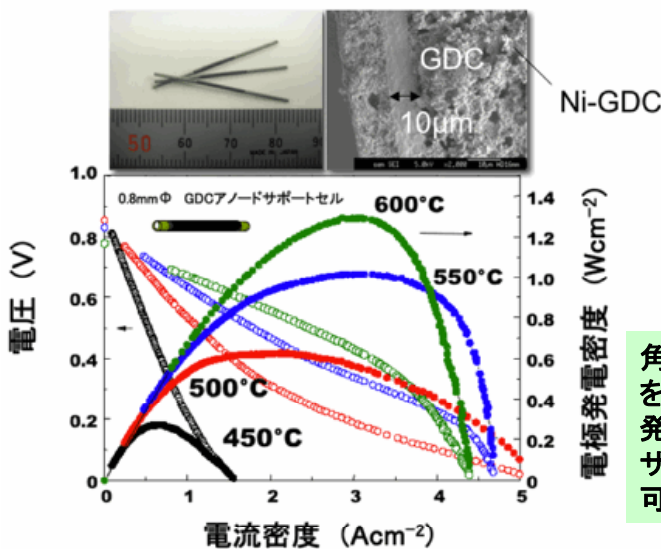
- ・サブミリ径のハニカムモジュール製造に成功(世界初)
- ・容易な製造プロセスで100~256セル/cm<sup>2</sup>の高集積化
- ・室温から5分以内の起動~定常運転を確認
- ・100回超の急速起動試験後もセル劣化無し
- ・ハニカム直列モジュールで2.8W/cm<sup>2</sup>@650°Cの発電性能達成、30Wモジュール試作



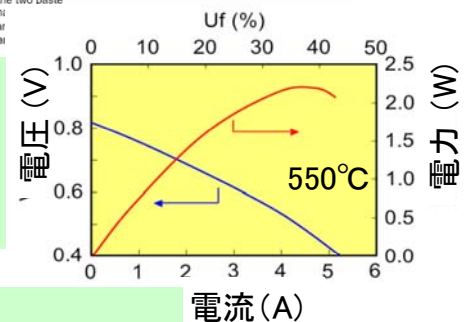
② ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発 の成果

②-2 ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化製造プロセス技術開発

(2) セルスタックモジュール化プロセス



角砂糖サイズにチューブを集積して1個で3Wの発電出力を実現... 掌サイズで数kWの発電が可能に

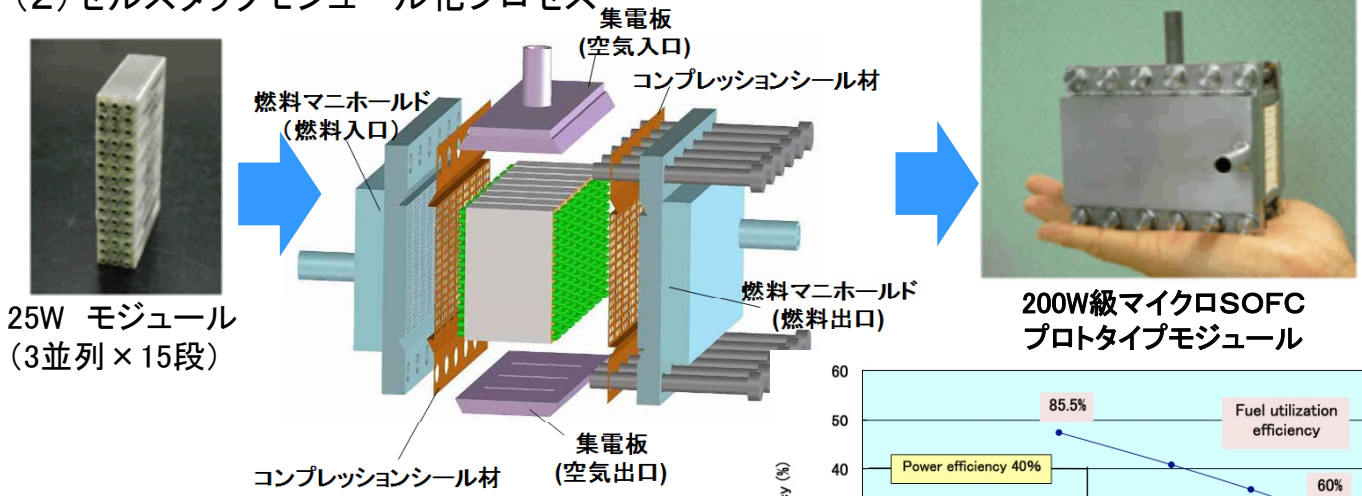


- ・量産製造可能な押し出しプロセスによるサブミリ径のアノード支持型セル
- セリア系で世界最高の発電出力密度@600°C:
- ・ジルコニア系セルの薄膜電解質と燃料極構造制御: 2009年8月14日“Science”誌掲載
- 600°C以下ではアノード電極反応抵抗の減少が重要

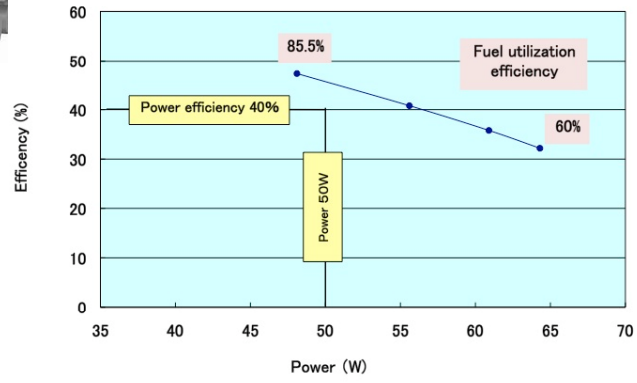
### ② ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発 の成果

#### ②-<sub>2</sub>ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化製造プロセス技術開発

##### (2)セルスタックモジュール化プロセス



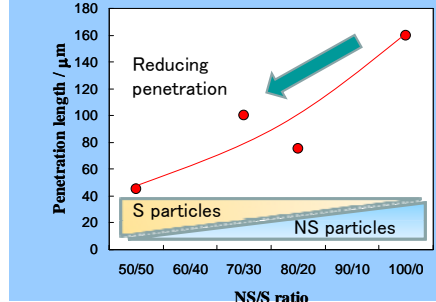
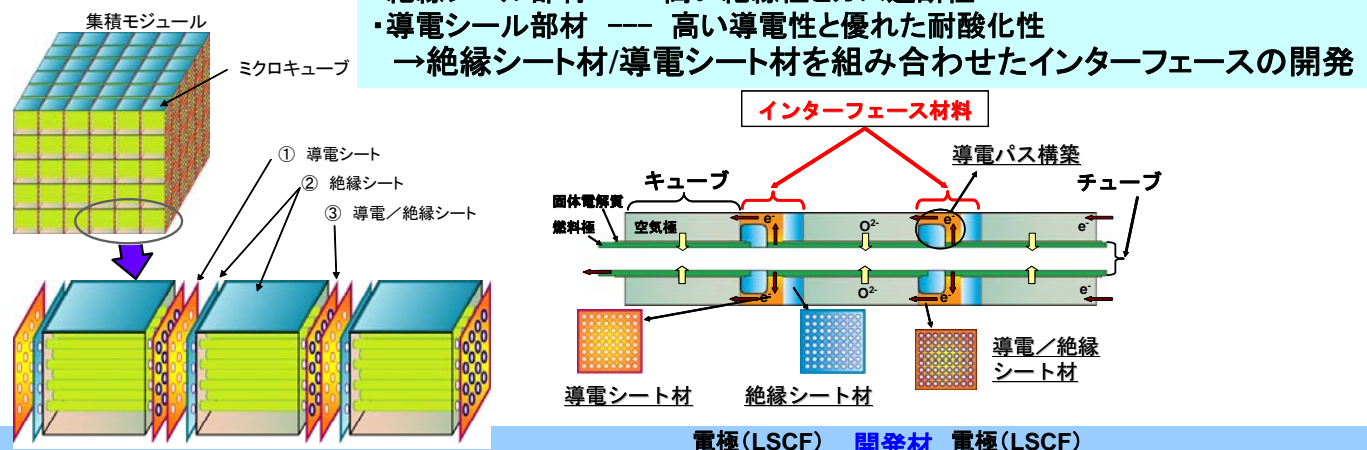
集電・ガス流路形成を同時に可能とする構造を考案100cm<sup>3</sup>スケールのプロトタイプ実証用の高性能モジュールを実現—目標性能を達成



### ② ミクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発 の成果

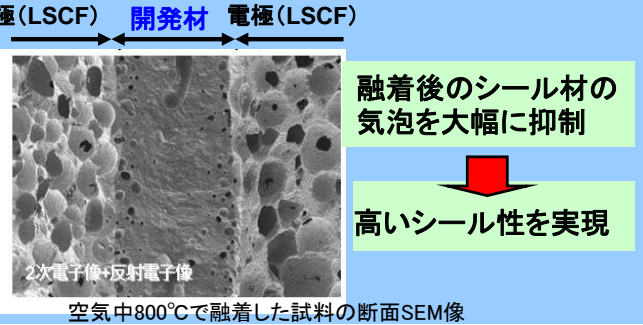
#### ②-<sub>3</sub>キューブ間集電及びガスシール等インターフェース構築技術の開発

- ・絶縁シール部材 --- 高い絶縁性とガス遮断性
  - ・導電シール部材 --- 高い導電性と優れた耐酸化性
- 絶縁シート材/導電シート材を組み合わせたインターフェースの開発

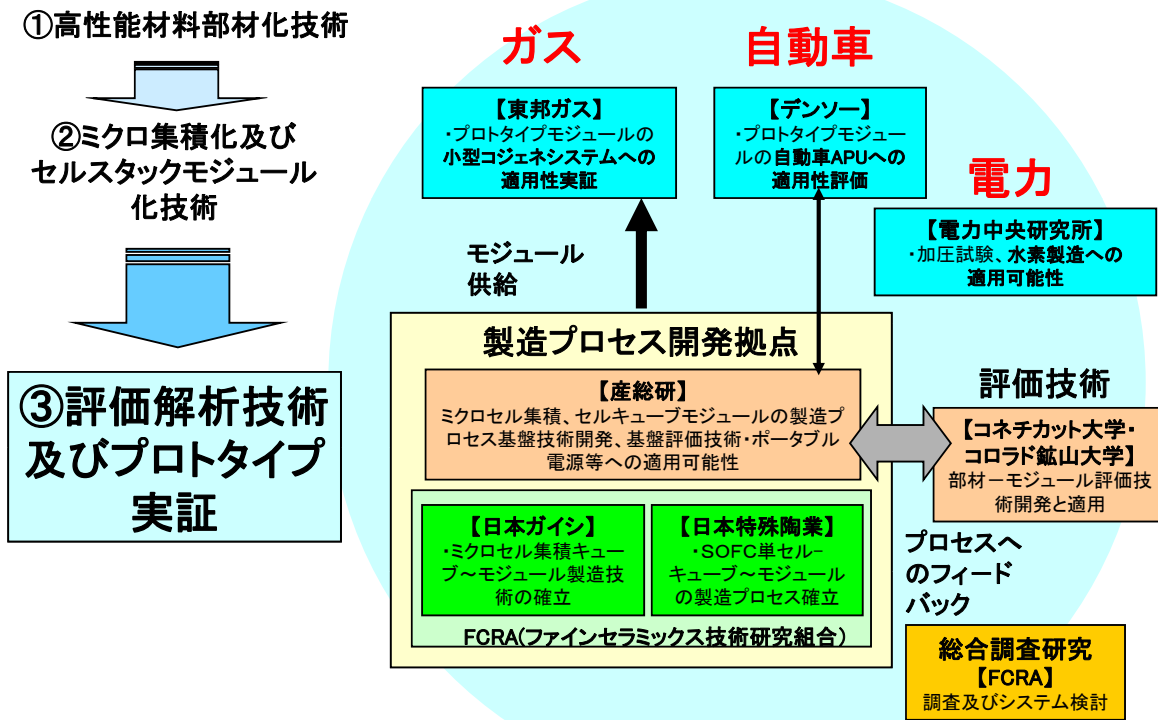


絶縁シール材の複合割合を制御することで浸入量を抑制

絶縁シート材の組成と多孔質LSへの侵入量との関係



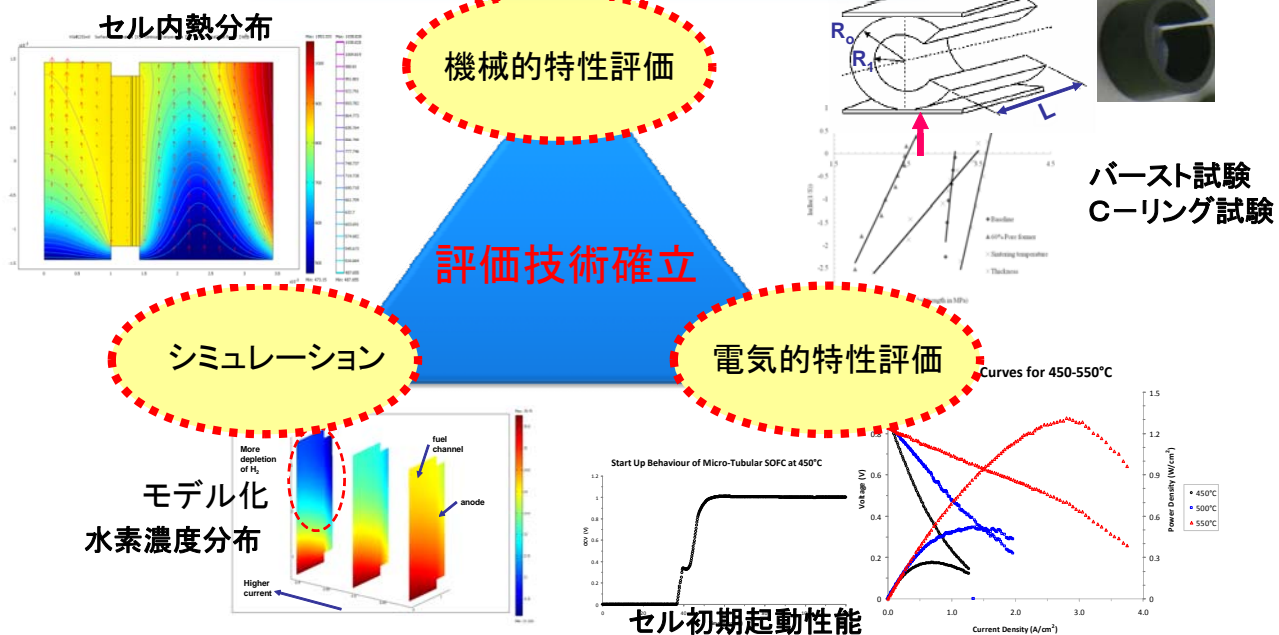
③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証 の成果



③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証 の成果

③-2 セル・スタックの電氣的・機械的評価

チューブ型マイクロSOFCの新評価技術開発

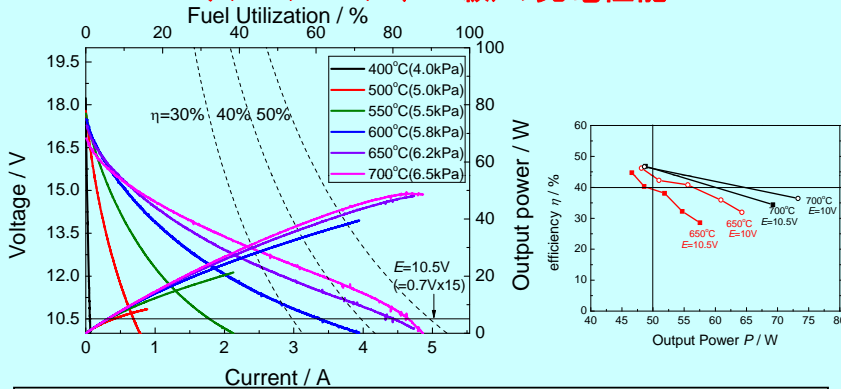


- ・燃料極内部集電効果:最大電力 1.3W/cm<sup>2</sup>@550°Cを確認
- ・チューブ構造と機械的強度の関係を明確化
- ・モデル化によりセル内の熱分布や燃料濃度分布の可視化や利用率等の予測可能に

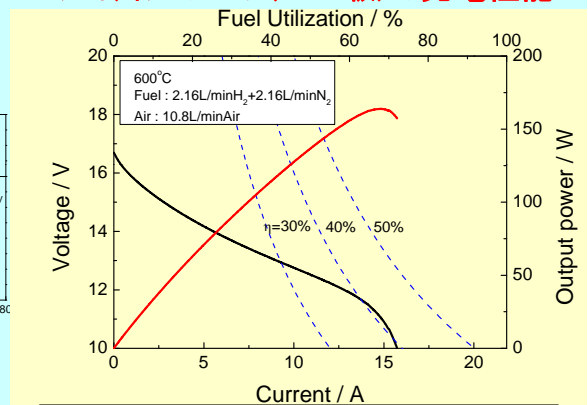
③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証 の成果

③-3 モジュールの実用性評価及び定置用分散電源用途への適用性検討

モデルモジュール(50W級)の発電性能



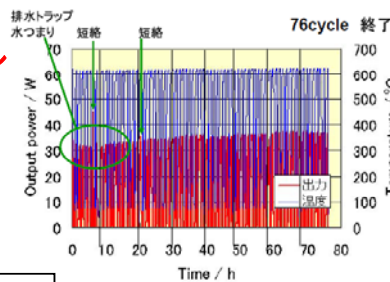
プロトタイプモジュール(200W級)の発電性能



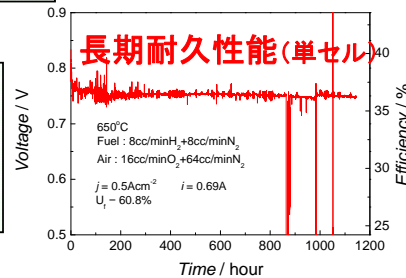
・最終目標:50W (2W/cm<sup>3</sup>相当) &40%を確認 (炉温650°C以下)  
→高効率な家庭用燃料電池が構成できる可能性が示された

・発電出力160W、発電効率40%を確認

熱サイクル試験結果



76回の熱サイクル試験で出力低下が見られず耐久性は良好

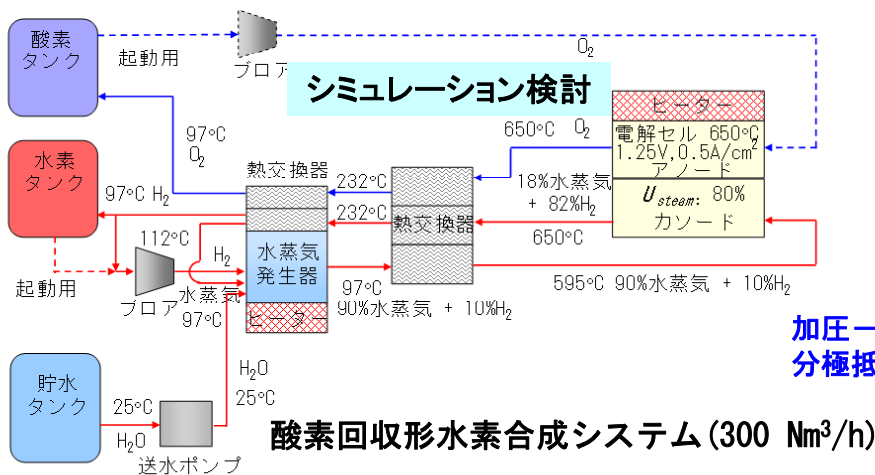


長期耐久性能(単セル)

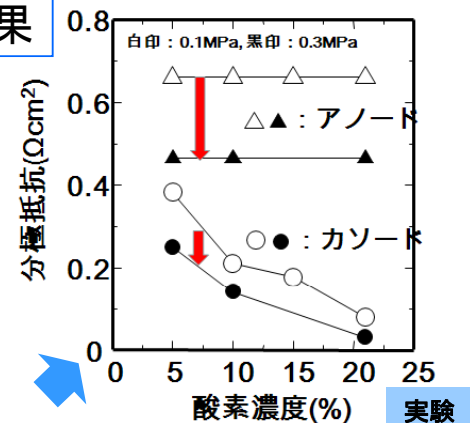
1,000時間以上の耐久性性能を確認

③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証 の成果

③-4 水素合成及びモジュール適用性評価

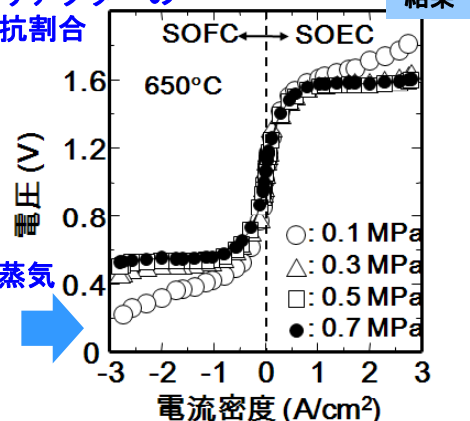


・加圧運転が高い優位性をもつことを、計算により実証 (0.7MPa運転:98%, 0.1 MPa運転+昇圧機:89%)  
・電解条件で供給ガス条件,集電方法を適正化し、世界最高性能を得た(650°C、1.32 V、0.57 A/cm<sup>2</sup>時)



加圧-リアクターの分極抵抗割合

実験結果

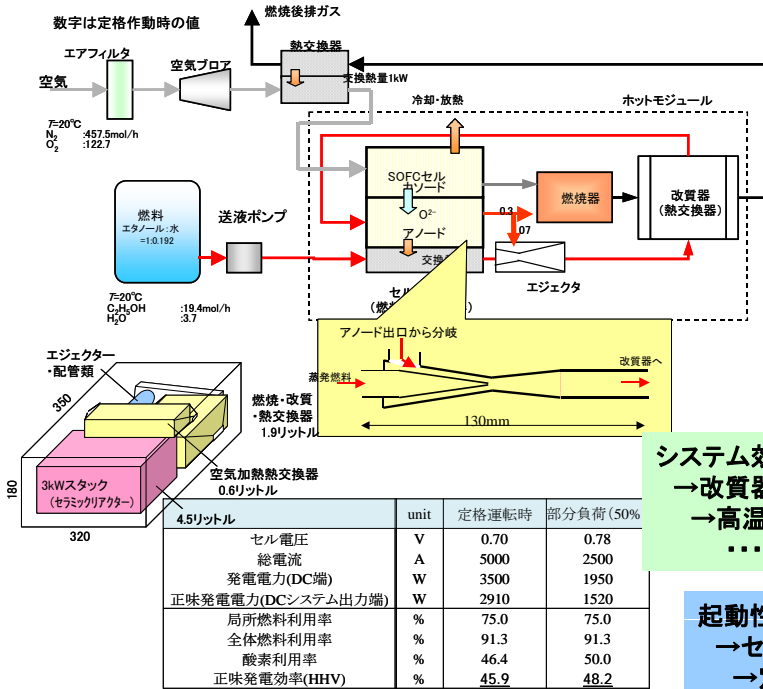


加圧-水蒸気電解特性

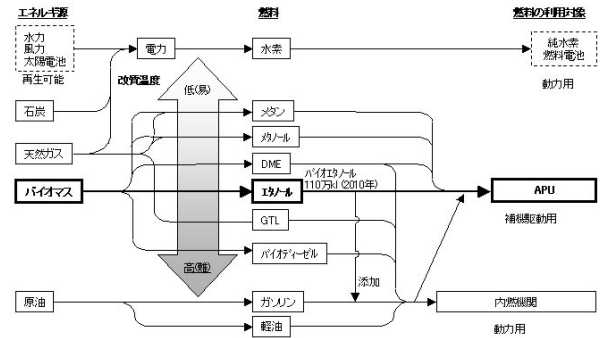
③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証 の成果

③-5 自動車応用の検討及びプロトタイプ実証

自動車APU定常運転時のシステム効率解析



自動車用の燃料検討



～バイオエタノールを燃料とした3kWの商用車用APUのシステム検討

システム効率解析

- 改質器・熱交換器等の補機仕様
- 高温部(ホットボックス)の容量を推定
- ・・・20リットル程度:トラック等で十分搭載可能

起動性の検討

- セラミックリアクター・補機類の熱容量
- 定格発電時と同等に加熱、発電開始(550℃)まで15分程度

③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証 の成果

③-6 総合調査研究

目的と実施内容

1. セラミックリアクター開発プロジェクトの成果創出に資することを目的として、市場面等から見た調査研究を実施
2. セラミックリアクターの開発成果普及につなげるため、家庭用コージェネおよび自動車用APUへの適用を技術的に検討する「システム検討WG」を運営

総合調査研究 研究調査委員会 委員

- 委員長 : 淡野正信 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門副研究部門長  
 副委員長: 水谷安伸 東邦ガス(株) 技術研究所主席  
 委員 : 川田達也 東北大学大学院環境科学研究科教授  
 委員 : 藤正智 名古屋工業大学セラミックス基盤工学研究センター教授  
 委員 : 関野 徹 東北大学多元物質科学研究所 准教授  
 委員 : 藤代芳伸 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門グループ長  
 委員 : 村田憲司 ホソカワミクロン(株) 環境・エネルギー材料開発室室長  
 委員 : 青木猛 東邦ガス(株) 基盤技術研究所燃焼・材料技術次長  
 委員 : 竹井勝仁(財) 電力中央研究所材料科学研究所領域リーダー  
 委員 : 情野香(財) ファインセラミックスセンター材料技術研究所副主任研究員  
 委員 : 菊地 哲郎(株) デンソー技術開発センター企画室主任部長  
 委員 : 菊田 浩一 名古屋大学工学研究科結晶材料工学専攻 准教授  
 委員 : 武田 保雄 三重大学大学院工学研究科分子素材工学専攻教授  
 委員 : 一木 武典 日本ガイシ(株) 材料技術センターFCグループマネージャー  
 委員 : 島森 融 日本特殊陶業(株) 技術開発本部開発企画部長  
 委員 : 二宮 伸雄 ファインセラミックス技術研究組合管理部長・技術部長

総合調査研究 システム検討WG 委員

- 部会長 : 恩田 和夫 豊橋技術科学大学 名誉教授・客員教授  
 副部会長: 水谷 安伸 東邦ガス(株) 技術研究所主席  
 委員 : 荒木 拓人 横浜国立大学大学院工学研究院 准教授  
 委員 : 淡野 正信 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門副研究部門長  
 委員 : 藤代 芳伸 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門グループ長  
 委員 : 鈴木 俊男 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門研究員  
 委員 : 岡田 文男 東邦ガス(株) 技術研究所課長  
 委員 : 森 昌史(財) 電力中央研究所材料科学研究所上席研究員  
 委員 : 王 璣偉(財) 電力中央研究所材料科学研究所特別契約研究員  
 委員 : 菊地 哲郎(株) デンソー技術開発センター企画室主任部長  
 委員 : 二宮 伸雄 ファインセラミックス技術研究組合管理部長・技術部長

本プロジェクトではシステム実機開発は実施しないため、中間評価等を踏まえ、開発モジュールの適用性を机上検討により評価

③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証 の成果 ③-6 総合調査研究

1. 市場面等からの調査研究		
	実施内容	成果概要
①市場調査	セラミックリアクターの適応性に関する概略調査	自動車用、分散型電源、ポータブル用途のそれぞれについてセラミックリアクターに対する概略ニーズおよびポテンシャル市場をまとめた。
②市場調査	セラミックリアクターに対するニーズの明確化、市場規模・社会的波及効果の調査	セラミックリアクターに対するニーズを掘り下げ、また、それぞれの市場規模をまとめた。
③開発動向調査	米国のポータブル等燃料電池開発動向調査 欧州におけるSOFCの小型高効率化あるいは低温作動化に関する研究動向調査	米国主要メーカーを含む5機関の開発状況を調査し、その動向をまとめた。 欧州における低温作動化等の研究開発動向調査しまとめた。
④実用化シナリオ検討	セラミックリアクターの実用化シナリオ調査	ニーズおよび技術的難易度、コスト要件などを勘案し、セラミックリアクターの普及シナリオを描いた。

2. システム検討WG		
	実施内容	成果概要
①家庭用コージェネシステム	家庭用コージェネシステムのシステム検討、ホットモジュールの概念設計	500W級家庭用コージェネシステムのサイクル解析、効率試算サイズ、起動時間、メリットの定量的試算
②自動車用APU	自動車用APUのシステム検討	エタノール燃料自動車用APUシステムの構成検討、効率試算
③水素製造	水素製造システムの検討	水蒸気電解による水素製造システムの構成検討及び効率試算
④セラミックリアクターモジュール	温度分布および熱応力検討	システム運転条件におけるセラミックリアクターモジュールの温度分布および熱応力を試算

③評価解析技術開発及びプロトタイプ実証 の成果

③-6 総合調査研究

セラミックリアクター開発プロジェクトの成果創出に資するべく、市場面から見た調査研究を実施  
**米国開発動向調査(2007年6月)における研究事例**

調査対象機関	タイプ	開発品及び概要
Materials and Systems Research, Inc.	チューブ型	チューブ型セル: 0.92W/cm <sup>2</sup>
		チューブ型スタック: 300W
	平板型	平板型セル: 3.1W/cm <sup>2</sup> @800°C
		平板型スタック: 0.68W/cm <sup>2</sup>
Protonex Technology, LLC/ Mesoscopic Devices, LLC	チューブ型	250W・75Wのポータブル電源
Asent Power Systems, Inc. / ITN energy Systems, Inc.	平板型	平板型セル: 1.45W/cm <sup>2</sup> @800°C
		20Wのポータブル電源
NanoDynamics Energy, Inc.	チューブ型	チューブ型セル: 2.6-2.7W/セル
		チューブ型スタック: 115W@800°C・85W@700°C
		50Wのポータブル電源

・国外開発動向調査:

- > 米国では小型可搬電源(軍事ニーズ等を含む)として政府資金によりベンチャー企業等で加速推進
- > 欧州では低温作動-小型化によりコージェネやAPU適用の検討を研究プロジェクトで推進

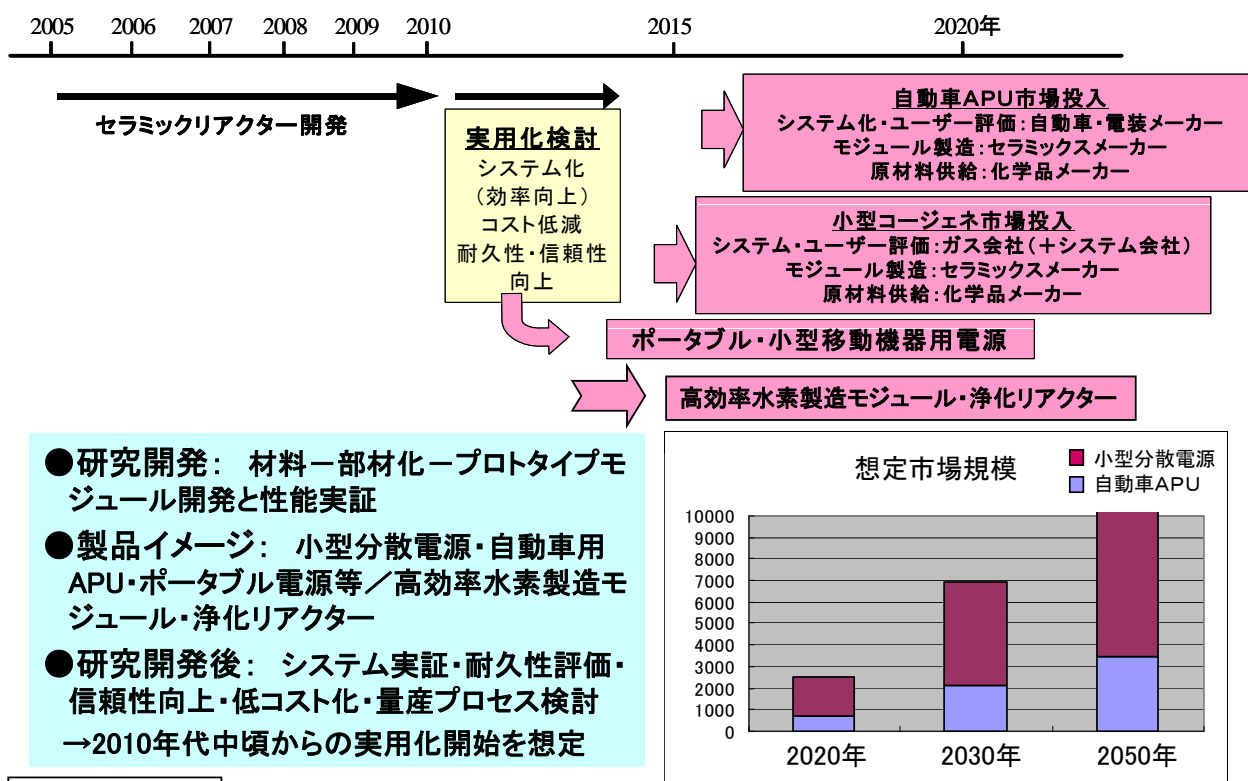


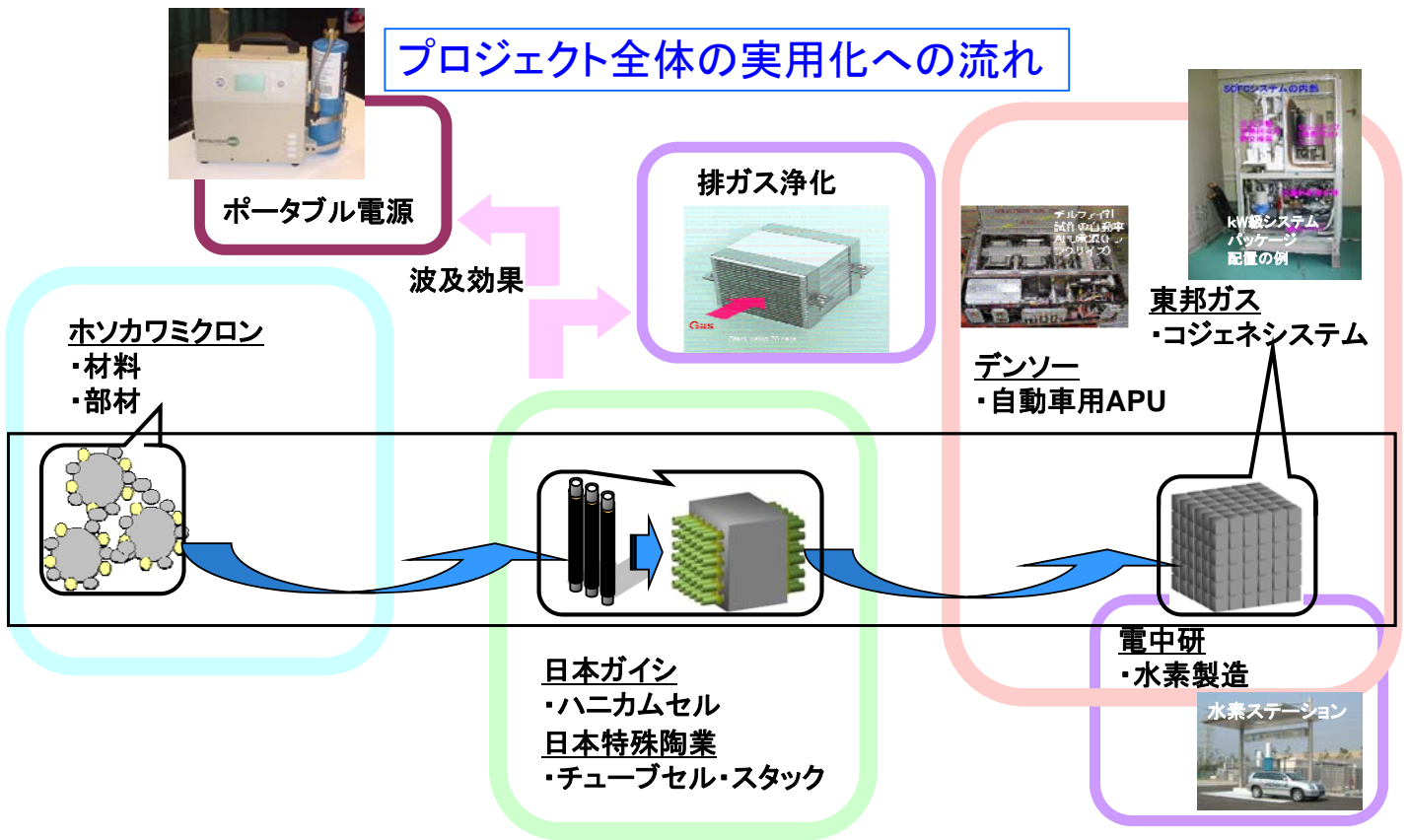
(3) 知的財産権、成果の普及

	H17	H18	H19	H20	H21	合計
特許出願	7	10	10	6	6	39件
論文(査読付き)	0	4	20	40	49	113件
研究発表・講演	12	45	81	97	69	304件
受賞実績	0	2	0	2	2	6件
新聞・雑誌等への掲載	2	6	2	1	6	17件
展示会への出展	0	3	2	3	2	10件

※ : 平成22年6月30日現在

プロジェクト全体の実用化・事業化の見通し

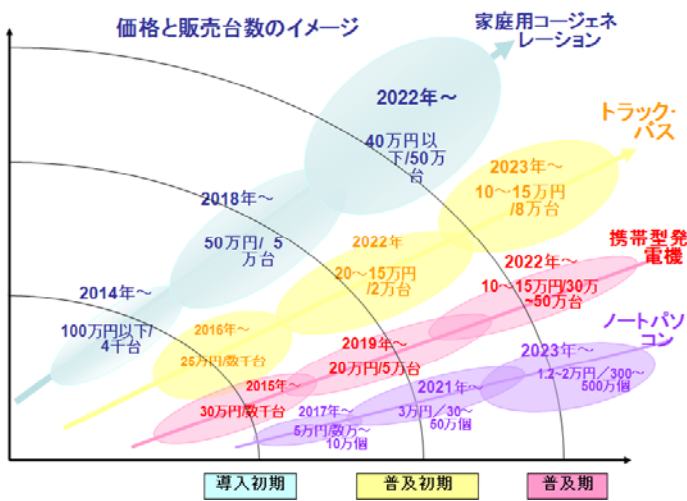




### 小型定置用コージェネレーション事業化のロードマップ

年度	H15	16	17 2005	18	19	20	21	22 2010	23	24	25	26	27 2015
ガスエンジン (エコウィル)	第一世代機市場導入 (発電効率20%)		第二世代機市場導入 (発電効率22.5%)				第三世代機市場導入 入予定(発電効率 25%級)						
エネファーム (PEFC)	実証研究	大規模実証事業				市場導入(発電効率37%)							
SOFC (従来形式)	システム開発		規制緩和		実証研究 29台/年 ~ 101台/年			市場導入予定 (発電効率45%級)					
セラミックリアクター	セラミックリアクター開発 プロジェクト(本研究開発)				NEDO継続研究(実用モジュール)				0.5kW級SOFCコージェネ システムの実用化開発 (コンパクト、高効率、起動停止) 2015以降 市場導入				

### セラミックリアクターの様々な適用シナリオ



### セラミックリアクターの様々な波及適用における技術的難易度

用途分野	定格出力	要求機能	
自動車	既存乗用車(ガソリン車)	1~3kW	起動時間の短縮、発電効率、繰返し安定性
	HEV・PHEV・EV	300W~500W, 10kW~20kW	電力密度と発電効率
	冷凍車(中小型)	小型1.5kW, 中型3kW	寿命、発電効率、繰返し安定性
	冷凍車(大型)	10kWクラス	
	バス	マイクロバス5kW程、大型10kW以上、大型観光バス最大で15kW	
発電機	特装車・特殊車	キャンピングカー、救急車は3kW、道路作業車、電源車、照明車は10kW以上	
	家庭用コージェネ	1kW前後	長期信頼性、メンテナンスフリー
	業務用コージェネ	数kW~100kW程度	長期信頼性
	発電機(携帯型)	レジャー用500~1kW、業務用1~3kW	安全性
電動車両	発電機(可搬型)	20~50kW	耐振動、耐湿
	電動車いす	500W以下	安全性、排熱対策
	電動3/4輪車、自転車	500W以下	安全性、排熱対策
	電動2輪車	500W以上	耐振動、耐湿
ノートパソコン	数十W~100W	安全性、排熱対策	
介護福祉用ロボット、サービス代行ロボット	数Wクラスから数kW	安全性、排熱対策	

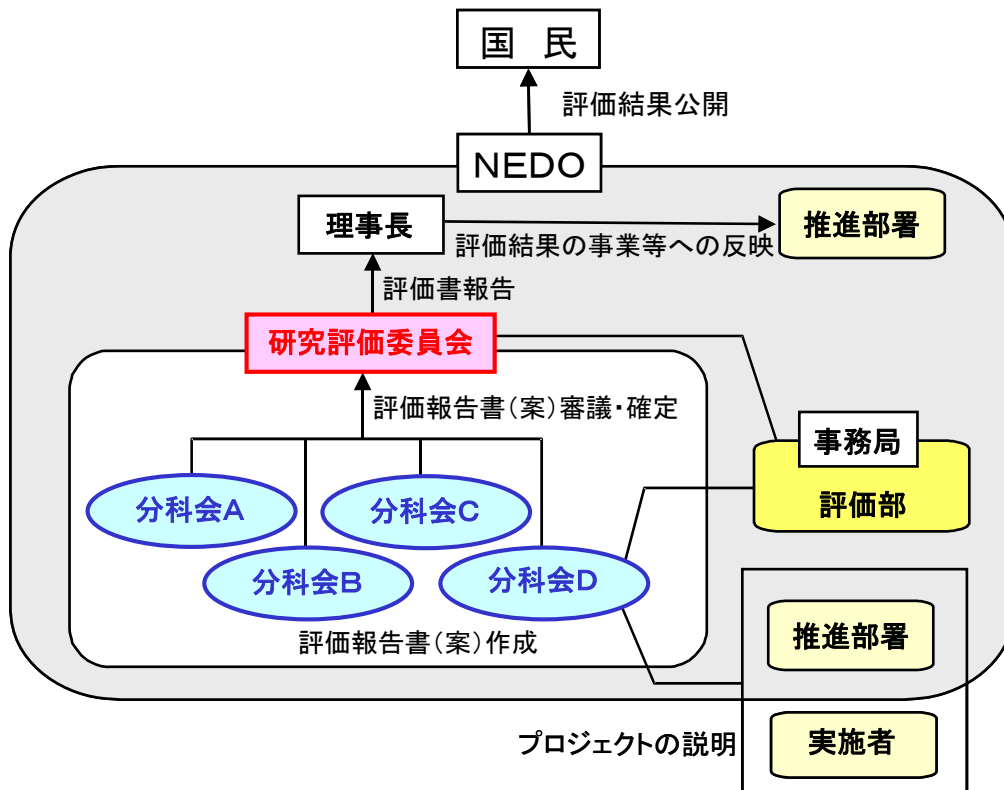
・家庭用コージェネシステム・自動車補助電源(APU)・小型可搬電源・小型移動体電源 等  
 > 市場規模予測、市場化のタイムスケジュール ... 競合技術(二次電池・太陽電池等)の開発

## 参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



## 1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、  
経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を  
促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

## 2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者
- ジャーナリスト

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある7名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

## 3. 評価対象

平成17年度に開始された「セラミックリアクター開発」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プ

プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

#### 4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

#### 5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべきものである。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料1-7頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

## 評価項目・評価基準

### 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

- ・ ナノテク・部材イノベーションプログラム・エネルギーイノベーションプログラムの目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

#### (2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

### 2. 研究開発マネジメントについて

#### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

#### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

#### (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。



- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われる体制となっているか。
  - ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。
- (4) 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性
- ・ 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確になっているか。
  - ・ 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。
- (5) 情勢変化への対応等
- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
  - ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

### 3. 研究開発成果について

- (1) 目標の達成度
- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
  - ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
  - ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。
- (2) 成果の意義
- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
  - ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
  - ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
  - ・ 成果は汎用性があるか。
  - ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
  - ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。
- (3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組
- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

#### (4) 成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

### 4. 実用化、事業化の見通しについて

#### (1) 成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2) 事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

#### (3) 波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

【事後評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第25回研究評価委員会（平成22年3月26日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1…、2…、3…、4…が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)…、(2)…が標準的評価基準、それぞれの基準中の…が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの事後評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

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

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。

- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。
- (2) 研究開発計画の妥当性
- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
  - ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
  - ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
  - ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。
- (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性
- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
  - ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
  - ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
  - ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
  - ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
  - ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。
- (4) 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性
- ・ 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確になっているか。
  - ・ 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。
- (5) 情勢変化への対応等
- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
  - ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

### 3. 研究開発成果について

#### (1) 目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2) 成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

#### (3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

#### (4) 成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

### 4. 実用化、事業化の見通しについて

#### (1) 成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

#### (2) 事業化までのシナリオ

- ・ N E D O 後継プロジェクト、N E D O 実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

### (3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

## 参考資料 2 評価に係る被評価者意見

研究評価委員会（分科会）は、評価結果を確定するにあたり、あらかじめ当該実施者に対して評価結果を示し、その内容が、事実関係から正確性を欠くなどの意見がある場合に、補足説明、反論などの意見を求めた。研究評価委員会（分科会）では、意見があったものに対し、必要に応じて評価結果を修正の上、最終的な評価結果を確定した。

評価結果に対する被評価者意見は全て反映された。



本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成23年3月

NEDO 評価部

部長 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 土橋 誠

\*研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

(<http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/index.html>)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162