

「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」
事後評価報告書

平成21年10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21年10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	1-13
2. 1 高耐久性水素分離膜（メンブレン）の開発	
2. 2 LPガス改質装置の開発	
燃料電池システムにおける改質装置の性能評価	
3. 評点結果	1-22
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、「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」の事後評価報告書であり、第18回研究評価委員会において設置された「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」（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23回研究評価委員会（平成21年10月29日）に諮り、確定されたものである。

平成21年10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

「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」

事後評価分科会委員名簿

(平成21年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	かめやま ひでお 亀山 秀雄	東京農工大学大学院 技術経営研究科 教授
分科会長 代理	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
委員	こまはし しずか 駒橋 徐	産業ジャーナリスト
	まつだ たけし 松田 剛	北見工業大学 マテリアル工学科 教授
	まつやま ひでと 松山 秀人	神戸大学大学院 工学研究科 応用化学専攻 教授
	もりもと ゆう 森本 友	(株) 豊田中央研究所 燃料電池システム研究室 室長

敬称略、五十音順

審議経過

● 第1回 分科会（平成21年8月17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. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他
10. 閉会

● 第23回研究評価委員会（平成21年10月29日）

評価概要

1. 総論

1) 総合評価

全国的に普及している加圧 LP ガスを使用したメンブレン型改質器は、高効率で低コスト化が可能な燃料電池用水素製造法として大きな可能性があり、原理的に優れた家庭用燃料電池システムの研究開発を目指している点で意義は高く、NEDO 事業として適している。

技術的な困難さの中で、耐久性を課題として取り組んだこと、メンブレン製造技術としては世界で最も進んだレベルに到達したと言えること、システムの可能性と問題点を明らかにしたことは大きな成果であり評価できる。

ただし、実用化に際しては耐久性が一番の課題であるが、耐久性評価の条件が、家庭用燃料電池の使用条件（DSS: Daily Start Stop 運転）と離れていること、また、耐久性の目標が未達であることから、実用化までには少し距離がある。

2) 今後に対する提言

通常の改質系を備えたエネファームのシステムがすでに市販されており、メンブレン型改質器はそれを意識しつつ、実用化、小型化を目指す上で解決すべき技術的な課題をより明確にし、目標とステップを踏んで開発せざるを得ない社会的背景にある。ここで得られた知見を基に、各参画企業はさらに実用化に向けた取り組みを、継続していただきたい。

水素分離膜、改質触媒などはメンブレン型改質システムとしての用途に限らず重要な基礎技術であるため、個々の要素開発と燃料電池システム実証の同時並行開発が望まれる。耐久性評価については、加速試験を含む膜と基材の 4 万時間を見すえた耐久テストのフェーズに入ることが望まれる。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

本事業は地域での燃料電池普及に際して必要な技術開発であり、国際的に高い研究レベルにある日本のメンブレン製造研究を活用するという視点も適切である。世界に先駆け、燃料電池の小型化、高効率化を実現し、低炭素社会の構築に必要な家庭用燃料電池を普及させていくことは市場規模、公共性の面からも有望な分野であり、本質的に改質効率が低い水素分離型メンブレン型反応器の技術成果は社会に対し大きな貢献が予想できる。現状ではメンブレン型改質

器の開発は支持体、膜、触媒、システムなど複数の開発要素からなり、実現のための技術的課題が多く、ハードルの高い次世代技術といえる。そのため、単独企業では解決が困難であり、NEDO が関与して複数の企業との連携と資金的な支援を行った本プロジェクトは、タイムリーかつ予算も妥当であり、実施する意義は高い。

2) 研究開発マネジメントについて

研究実施の事業体制においては、適切な実施者の選定、実施体制の構築を実行していること、具体的な目標値が設定されており、2社の役割分担と大学の協力体制が機能した結果、膜と、FPS (Fuel Processing System) としてのシステム開発を一体で取り組み、目標達成を可能としたことは妥当であり評価できる。また、基本計画にはないが、実用を考慮した DSS (Daily Start Stop) での耐久性評価の必要性を指摘して、実験を行うようにマネージした点は評価できる。

しかしながら、耐久性時間の目標 2 万時間が未達になった。目標の設定と研究課題とその技術的解決策そしてそれが生み出す製品としてのアウトプット仕様を十分に考えた研究計画になるように指導する必要がある。

また、従来型改質技術が本プロジェクト中に急速に発展し、実用化が進み、家庭用燃料電池は 4 万時間～8 万時間を目標としている等、当初の目標性能を達成しただけでは現況に応じない。実用化を目指せる開発目標に軌道修正すべきであった。DSS 運転のような、耐久性に重大な影響を与えると思われる項目も当初目標に加えるべきであった。

素材メーカーとガス供給会社だけでなく、改質器専門メーカーの参加がより効果的であったと考えられる。

3) 研究開発成果について

良好な特性を持つ基材・およびその製造法、欠陥の少ない Pd (パラジウム) 合金膜の作製法を開発し、それを大型のメンブレンに仕上げ、選択透過係数、水素の純度、CO 濃度などの当初の目標値を達成しており、膜の開発については評価できる。特許申請、学会発表等、得られた成果を適切に処理しており、妥当である。

一方、脱硫、改質、CO 除去から成るシステムとしての達成度のみが掲げられているため、メンブレン、触媒性能など個々の技術水準、世界水準におけるレベルが明確ではない。実用的な観点から DSS 運転における耐久性評価に不足があり、家庭用改質装置としての可能性が判断できなかつた点は問題である。

4) 実用化の見通しについて

本来実用化を目指す段階にないプロジェクトであるが、水素分離膜の大型化、接続方法など波及効果が期待できる成果が得られたこと等、重要な課題に対して目に見える判断材料を与えた点では重要である。

しかしながら、対抗技術としての従来型改質器は既に実用化されており、より明確な目標を示さないと競争にすら至らない。現状の研究成果では、価格、耐久性、メンブレン型反応器の有する特徴を出せているかどうかの点で市場性は低い。

研究評価委員会におけるコメント

第23回研究評価委員会（平成21年10月29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	オリンパス株式会社 新規中核事業企画本部 ヘルスケア事業開発部 企画グループ コーディネーター
	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 取締役社長
	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	国立大学法人東北大学大学院 工学研究科 バイオロボティクス専攻 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 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
	富田 房男	放送大学 北海道学習センター 所長
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学機械学科 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

全国的に普及している加圧 LP ガスを使用したメンブレン型改質器は、高効率で低コスト化が可能な燃料電池用水素製造法として大きな可能性があり、原理的に優れた家庭用燃料電池システムの研究開発を目指している点で意義は高く、NEDO 事業として適している。

技術的な困難さの中で、耐久性を課題として取り組んだこと、メンブレン製造技術としては世界で最も進んだレベルに到達したと言えること、システムの可能性と問題点を明らかにしたことは大きな成果であり評価できる。

ただし、実用化に際しては耐久性が一番の課題であるが、耐久性評価の条件が、家庭用燃料電池の使用条件 (DSS: Daily Start Stop 運転) と離れていること、また、耐久性の目標が未達であることから、実用化までには少し距離がある。

〈肯定的意見〉

- 原理的に優れたシステムの実際的な可能性を追求した研究開発として意義は高い。技術的な困難さの中で、システムの可能性と問題点を明らかにした点は大きな成果である。また耐久性を課題として取り上げ取り組んだ点は評価できる。
- 加圧 LP ガスを使用した高効率な水素製造法としてのメンブレン型改質装置は燃料電池用水素製造法として大きな可能性がある。通常改質→シフト→選択酸化プロセスと比較しながらその優位性を認識する必要がある。
- 家庭用燃料電池の普及は、コストの一層の引き下げであり、このメンブレンリアクター型改質装置はその可能性に力を発揮するシステムである。
- LPG の普及が想定される地方における燃料電池の普及のためには、本技術の普及が必要であり、メンブレン製造技術としては、世界でもっとも進んだレベルに到達していると言える。
- 全国的に普及している LP ガスを対象とした燃料電池用メンブレン型水素製造装置の開発を目的とし、当初の目標を全て達成しており評価できる。
- 従来研究が先行していたように思われる都市ガスではなく、LP ガス対応型の家庭用燃料電池システムの開発を目指している点で評価できる。また検討を行った改質器の市場規模も妥当である。

〈問題点・改善すべき点〉

- 研究開発目標の設定がアンバランスである。水素透過係数は研究開始時の研究開発レベルの急速な進展を考慮していない過去の研究プロジェクトからの延長であり、すでに到達可能な値で低いレベルである。耐久性に関してはきわめてチャレンジングな 2 万時間という設定であったため、接合部がないケースでの外挿では 2 万時間を検証してはいるが、実際の反応器では 1000 時間実証という結果となり、まだ多くの技術的課題があることが分かる。これらは、目標値の設定と技術開発課題とその解決策とが遊離した提案であったため生じた結果と思われる。国が目標としている燃料電池コストからみて本プロジェクトは経済性に対する研究開発上の配慮が欠けていると思われる。最新のメンブレンが反応器に使用されていないなどメンブレン開発と反応器開発との連携が十分でない。
- 耐久性が見えていない。ここが一番の課題である。システムに組み上げての評価もまだ見えていない。
- 開発目標を 100%達成できていない点は残念であった。また実用化までには少し距離があるように感じた。
- 個々の研究者の中で順調に開発や技術の発展が行われていることは理解できるが、実用化に至る技術的なハードルがいかにか高いか、競合する触媒の性能、水素分離技術との比較が十分でないために、本研究の成果の位置づけが明確でない。
- 先行している技術との相違が多少不明確に思われる。
- 耐久評価の条件が、家庭用燃料電池の使用条件と離れており、実態を正しく評価できていない。

〈その他の意見〉

- ・ 通常の改質法は既に市場に出ているため、国としての支援がなければこのような研究は行いにくい状況にある。従来法との優劣を明確にするために必要なプロジェクトである。

2) 今後に対する提言

通常の改質系を備えたエネファームのシステムがすでに市販されており、メンブレン型改質器はそれを意識しつつ、実用化、小型化を目指す上で解決すべき技術的な課題をより明確にし、目標とステップを踏んで開発せざるを得ない社会的背景にある。ここで得られた知見を基に、各参画企業はさらに実用化に向けた取り組みを、継続していただきたい。

水素分離膜、改質触媒などはメンブレン型改質システムとしての用途に限らず重要な基礎技術であるため、個々の要素開発と燃料電池システム実証の同時並行開発が望まれる。耐久性評価については、加速試験を含む膜と基材の4万時間を見すえた耐久テストのフェーズに入ることが望まれる。

〈今後に対する提言〉

- ・ 加速試験を含む膜と基材の4万時間を見すえた耐久テストのフェーズに入ることが望まれる。燃料電池システムにしての実証と要素開発の同時並行開発が望まれる。メタネーション CO 除去工程の必要性も含む全体FPSシステムの構成見直しも。
- ・ 通常の改質系を備えたエネファームのシステムがすでに市販されており、メンブレン型もそれを意識しつつ、明確な目標とステップを踏んで開発せざるを得ない社会的背景にある。
- ・ 実用化、小型化をする上で解決すべき技術的な課題をより明確にする必要があるのではないか。
- ・ ここで得られた知見を基に、各参画企業はさらに実用化に向けた取り組みを、継続して行っていただきたい。
- ・ 研究開発の技術的進捗度と外部環境の要請条件が急速に変化している研究環境においては、研究開発目標の設定に際し、過去の研究プロジェクトの成果をもとにした将来予測による設定でなく、バックキャストिंगによる、ありたい姿から求められる直近の目標と、そのアウトプットから生み出される中期、長期のアウトカムを想定するロジックモデルのような研究開発管理が必要であると思われる。研究開発段階からコスト解析を行うなどアウトプットの経済性評価をもっと導入すべきである。
- ・ このシステムが家庭用に適しているかを耐久性・使い方を含めて検討し、否の場合は、適した用途を見つけることで、原理的に優れた点のあるこのシステムを実用化に結び付けて欲しい。

〈その他の意見〉

- ・ 水素分離膜、改質触媒などはメンブレン型改質システムとしての用途に限

らず重要な基礎技術であるため、個々の要素に対する達成成果を示すのがよい。

メンブレン型の水素製造システムとしての触媒改質器+分離膜の組み合わせには、実施されたものに限らずいくつかの構成が考えられる。それらについての提言も有用である。

1. 2 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

本事業は地域での燃料電池普及に際して必要な技術開発であり、国際的に高い研究レベルにある日本のメンブレン製造研究を活用するという視点も適切である。世界に先駆け、燃料電池の小型化、高効率化を実現し、低炭素社会の構築に必要な家庭用燃料電池を普及させていくことは市場規模、公共性の面からも有望な分野であり、本質的に改質効率が高い水素分離型メンブレン型反応器の技術成果は社会に対し大きな貢献が予想できる。現状ではメンブレン型改質器の開発は支持体、膜、触媒、システムなど複数の開発要素からなり、実現のための技術的課題が多く、ハードルの高い次世代技術といえる。そのため、単独企業では解決が困難であり、NEDO が関与して複数の企業との連携と資金的な支援を行った本プロジェクトは、タイムリーかつ予算も妥当であり、実施する意義は高い。

〈肯定的意見〉

- 本事業の目的は地域での燃料電池普及に際して必要な技術開発である。国際的に高い研究レベルにある日本のメンブレン製造研究を活用するという視点も適切である。メンブレン型反応器の理想的な技術成果は社会に対する大きな貢献を生むと予想できるが、実現のために技術的な課題が多く、実用化に時間と予算がかかる開発であるため、民間活動だけでは開発が困難である開発であり、NEDO が関与して複数の企業との連携と資金的な支援を行ったから得られた成果であると言える。
- 燃料電池の開発は現時点ではまだまだ大きな課題を抱えており、単独企業では解決が困難なため、NEDO の関与が必要とされる点は理解できる。また家庭用燃料電池の普及による市場効果に照らし、今回の予算も妥当といえる。
- 世界に先駆け家庭用燃料電池を普及させていく開発の中で、ハードルの高い次世代技術としてのメンブレン型改質装置の開発はタイムリーなテーマである。
- 低炭素社会の構築に必要な燃料電池の普及に寄与する課題であり、且つ燃料電池の小型化、高効率化を実現できる可能性を有する課題であり、妥当である。
- 市場規模、公共性を考慮して有望な分野であり、NEDO が実施する意義は高い。
- 水素分離型メンブレンリアクターは本質的に高い改質効率が達成可能であるが、現状では支持体、膜、触媒、システムなど複数の開発要素から

なるために、特定の得意分野を有する個々の民間企業で独自に推進することは困難を伴う。分野、重要性、民間独自研究に不適合などの点から NEDO 事業として適している。

〈問題点・改善すべき点〉

- 国内だけでなく、海外市場での適用性を含めて、意義付けした方がよい。
- メンブレン開発の内外の技術開発動向、燃料電池としての市場動向と政策動向に関して、十分な配慮がなされていないと思われる。燃料改質システムの技術レベルは急速に進展しており、燃料電池の経済的な要求内容も大きく変わっておりそれら考慮すれば、目標設定は変わったと思われる。水素透過係数でなく水素透過速度、電気を多く生み出す熱電比、メンブレン反応器の特長を生かせる触媒開発、DSS(Daily Start Stop)運転の耐久性などが目標として相応しかった。
- 膜、支持体、改質触媒など個々の技術については国内外他社と比較し、レベルを明確にすべきである。それぞれについての開発方針が明確にされておらず、それぞれのコンポーネントの設計指針があいまいである。

〈その他の意見〉

- ・ 国際的にみてもこの技術が高い水準にあることを明確に記述すべきである。メンブレン型天然ガス改質の従来プロジェクトでの成果をより明確にしたうえで、本プロジェクトの成果を明確にしてほしい。

2) 研究開発マネジメントについて

研究実施の事業体制においては、適切な実施者の選定、実施体制の構築を実行していること、具体的な目標値が設定されており、2社の役割分担と大学の協力体制が機能した結果、膜と、FPS (Fuel Processing System) としてのシステム開発を一体で取り組み、目標達成を可能としたことは妥当であり評価できる。また、基本計画にはないが、実用を考慮した DSS (Daily Start Stop) での耐久性評価の必要性を指摘して、実験を行うようにマネージした点は評価できる。

しかしながら、耐久性時間の目標 2 万時間が未達になった。目標の設定と研究課題とその技術的解決策そしてそれが生み出す製品としてのアウトプット仕様を十分に考えた研究計画になるように指導する必要がある。

また、従来型改質技術が本プロジェクト中に急速に発展し、実用化が進み、家庭用燃料電池は 4 万時間～8 万時間を目標としている等、当初の目標性能を達成しただけでは現況に応じない。実用化を目指せる開発目標に軌道修正すべきであった。DSS 運転のような、耐久性に重大な影響を与えると思われる項目も当初目標に加えるべきであった。

素材メーカーとガス供給会社だけでなく、改質器専門メーカーの参加がより効果的であったと考えられる。

〈肯定的意見〉

- 適切な実施体制（企業・リーダー）を構築しマネージされている。
- 研究実施の事業体制においては、実施者を適切に選定していると評価できる。
- 当初研究申請にないが、実用的な必要性を考慮して DSS での耐久性評価の必要性を指摘して、実験を行うように指導した点は評価できる。
- 2社の役割分担と大学の協力体制が機能した結果、目標達成が可能となったと考えられる。
- 膜と、FPS (Fuel Processing System) としてのシステム開発を、メーカーに官学も加わり、一体で取り組んでいる。
- 具体的な目標値が設定されており、また専門性を考慮した事業体制が組み立てられており妥当である。

〈問題点・改善すべき点〉

- 従来型改質技術が本プロジェクト中に急速に発展し、実用化を見た。当初の目標性能を達成しただけでは現況に応じない。実用化を目指せる開発目標に十分に軌道修正すべきであった。

- 研究開発の目標項目や目標値の設定がアンバランスである。評価項目には経済性の検討項目がない。水素透過性能目標は 70 と低く、1000 以上にすべきである。耐久性時間は、いきなり 2 万時間にしたため、実質 1000 時間の成果しか得られておらず、大幅な未達になったのは、目標値設定が高すぎた結果と思われる。メンブレン型反応器の開発であるので、触媒を充填した状態での 2 万時間を達成するためには、伝熱、物資移動、反応の各面からそれなりの技術的工夫が必要であるが、それらが不明確のまま研究開発が開始された結果と思われる。申請時にその点を明確にするように指導すべきであった。
メンブレンのベストな研究成果が反応器に活用されていないなど、組織連携が不十分である。目標の設定と研究課題とその技術的解決策そしてそれが生み出す製品としてのアウトプット仕様を十分に考えた研究計画になるように指導する必要がある。研究開発におけるロジックモデルの導入を薦める。
- この実用化開発の耐久性開発が 2 万時間達成でいいのか。今の家庭用燃料電池は 4 万時間~8 万時間目標であり、連続運転なら 4 万時間、DSS 運転 2 万時間と目標を上げるべきだ。
- 目標設定に関しては、特に耐久性について単なる 20,000 時間という時間の長さだけではなく、燃料電池の操作回数も組み込んだ耐久性に関する目標値を設定すべきであった。
- 耐久性評価の目標項目が連続運転時間だけであり、DSS 運転のような、使用実態に即し、しかも耐久性に重大な影響を与えると思われる項目が抜けているのは問題である。
- 研究期間を考えると、耐久性の目標値等に多少無理があったように思われる。

〈その他の意見〉

- ・ 素材メーカーとガス供給会社の協同作業であり、従来技術との比較という点では改質器の専門メーカーを参加させるのがより効果的であったと考えられる。

3) 研究開発成果について

良好な特性を持つ基材・およびその製造法、欠陥の少ない Pd (パラジウム) 合金膜の作製法を開発し、それを大型のメンブレンに仕上げ、選択透過係数、水素の純度、CO 濃度などの当初の目標値を達成しており、膜の開発については評価できる。特許申請、学会発表等、得られた成果を適切に処理しており、妥当である。

一方、脱硫、改質、CO 除去から成るシステムとしての達成度のみが掲げられているため、メンブレン、触媒性能など個々の技術水準、世界水準におけるレベルが明確ではない。実用的な観点から DSS 運転における耐久性評価に不足があり、家庭用改質装置としての可能性が判断できなかつた点は問題である。

〈肯定的意見〉

- 当初の目標値を達成しており、評価できる。また、知的財産権や学会発表等、得られた成果を適切に処理しており、妥当である。
- 選択透過係数、H₂ 純度、CO 濃度など成果は目標値を達成している。改質効率、耐久性などもほぼ達成されており満足できる成果といえる。市場に出るかはさらに検討が必要であるが特許等取得状況も良好である。
- 水素の純度は達成してきている。水素透過速度も達成してきている。
- 膜の開発については目標をクリアしている。改質効率や耐久性については、やや開発目標を下回っているが、課題解決の方針は明確となっている。
- 良好な特性を持つ基材・およびその製造法、欠陥の少ない Pd (パラジウム) 合金膜の作製法を開発しそれを大型のメンブレンに仕上げたことは大きな成果である。またその連続耐久性確保のポイントを解明し、耐久性確保したことも重要な成果である。
- 透過速度は、高い値になっており、実用的に使用可能な値に達している。特許申請も出されており知的財産確保は評価できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 水素透過係数は当時でも達成できた値であり、設定に問題がある。実用的な観点からの DSS 運転での耐久性が設定される必要があったが、過去の委員会の延長のために新しい実用的要求に対する配慮を欠いていたと思われる。要求される燃料電池価格と発電効率の要求に対応していない目標と研究成果であり、このままの延長の技術開発では価格、大きさ、運転性能の点で実用化は困難であると思われる。メンブレン型反応器に適した性能の触媒の開発が必要であり、それにより反応器の個数、サイズの縮小が可能となり、価格の低減が達成されると思われる。

- 耐久性評価項目に不足があり、家庭用改質装置としての可能性が判断できなかった点は問題である。膜単体としての選択性が改質装置と組み合わせたときに確保できなかった点の原因説明が進んでいないのは問題である。
- メンブレン膜の劣化は、システムへ組み込まれての耐久性がまだこれからの課題である。
- 脱硫、改質、CO 除去から成るシステムとしての達成度のみが掲げられているため、メンブレン、触媒性能など個々の技術水準が明確ではない。

〈その他の意見〉

- ・ 実用を目指したフェーズにないために、市場の見極めは十分ではない。膜、触媒、システムの開発成果が世界初あるいは世界最高水準であるか明確に説明されていない。
- ・ 世界最高水準とは何を指すのかがよく分らない。比べる対象はどこにあるのか。

4) 実用化の見通しについて

本来実用化を目指す段階にないプロジェクトであるが、水素分離膜の大型化、接続方法など波及効果が期待できる成果が得られたこと等、重要な課題に対して目に見える判断材料を与えた点では重要である。

しかしながら、対抗技術としての従来型改質器は既に実用化されており、より明確な目標を示さないと競合にすら至らない。現状の研究成果では、価格、耐久性、メンブレン型反応器の有する特徴を出せているかどうかの点で市場性は低い。

〈肯定的意見〉

- 本来実用化を目指す段階にないプロジェクトであり、本質的に重要な課題に対して目に見える判断材料を与えた点では重要である。
- 実用化の時期は 2015～2020 年前後となるだろうから、システム開発をキチッと進めていかななくては。
- 棒状のメンブレンは膜分離装置として様々な応用が可能であると思われる。
- 出口イメージが明確になっており、妥当である。また、水素分離膜の大型化、接続方法など波及効果が期待できる成果が得られており、評価できる。
- 今回のメンブレン型改質装置は、従来の改質装置と比較して、イニシャルコストは高くなるものの、ランニングコストは低減でき、実用化の可能性は十分に認められる。
- 製品のイメージ・コスト競争力のイメージができているのは評価できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 関連分野への波及効果について、もう少し明確にすべきと言える。
- 従来型改質器と比較して高コストになるメンブレンリアクター部分のコスト見積もりの内訳がなく、「言い値」になっており、これを元にコスト競争力を議論しているのは問題である。マスプロダクションで安くなる部分と安くない部分とを区別して、コスト削減の道筋を明らかにすべきである。
- 実用化の可能性は、現状の研究成果では、価格、耐久性、メンブレン型反応器の有する特徴を出せているかどうかの点で市場性は低い。必ずしもメンブレン反応器を使わなくても LP ガス燃料電池は普及できると評価されるであろう。実用化の出口イメージが明確でなく、触媒面で行きつまりがあると思われる。

- 今はまだプラントのような大きさのレベルである。コストも見えていない。コンパクト化は大命題だ。
- 水素分離膜以外で、今後の解決すべき技術的課題に不明確な点が見受けられる。
- 対抗技術としての従来型改質器は既に実用化されており、より明確な目標を示さないと競争にすら至らない。耐久性に関する評価ならびに達成度が十分ではない。

2. 個別テーマに関する評価結果

2. 1 高耐久性水素分離膜（メンブレン）の開発

1) 成果に関する評価

平滑で Pd を劣化させないジルコニア基材を作製する技術、およびその上に欠陥のない Pd 合金膜を形成し大型の H₂ 分離装置を作製する技術を開発した点は高く評価できる。耐久評価によりメンブレンの性能低下メカニズムを解明したことは評価できる。また、特許出願による知的財産の確保、学会発表も行われており成果の公開は十分であり、妥当である。

目標設定において、水素透過係数でなく水素透過速度や水素濃度を、DSS 運転による耐久性評価を設定する必要があったと考える。接合部のガスリークの原因が、連続運転にあるのか、温度サイクルにあるのかを明確にしないまま、高性能・高耐久性と強調しているが、それを判断するデータは乏しい。耐久性が達成できなかった原因も十分には解明されておらず、対策も十分とはいえない。また、接合部に不具合が集中しているようで本質的な膜の評価に至っていない。

〈肯定的意見〉

- 水素透過係数は目標を達成している。特許出願もあり知財の確保は行われている。学会発表も行われており成果の公開は十分である。
- 実用化を見通したサイズ、透過性能を有するメンブレンを開発しており、接合部性能以外は目標値を達成している。
- メンブレン膜のサイズ、水素透過性などは目標に達してきている。
- 水素分離膜の大型化、接続方法の改良、膜の欠陥低減等を検討し、十分な成果を得ており、評価できる。知的財産権の取得、学会発表等適切に行われており、妥当である。
- 大型 Pd 合金メンブレンを開発している点で評価できる。またメンブレンの性能低下メカニズムを解明した点においても評価できる。
- 平滑で Pd を劣化させないジルコニア基材を作製する技術を開発した点は高く評価できる。その上に欠陥のない Pd 合金膜を形成し大型の H₂ 分離装置を作製する技術を開発した点は高く評価できる。耐久評価により問題点を明らかにし、接合部の改良により耐久性確保の見込みを得たのは評価できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 世界最高水準となる高性能・高耐久性と強調しているが、それを判断するデータに乏しい。接合部に不具合が集中しているようで本質的な膜の評

価に至っていない。

- 目標とした 20,000 時間の安定性を最終的に確認できなかった点は残念であった。
- 接合部のガスリークの原因が、連続運転にあるか、温度サイクルにあるかを明確にしないまま、単に改良したらよくなったという結果では、今後 DSS 運転時の耐久性が問題になったときの原因究明にもつながらない。今回の目標には入ってはいなくとも、温度サイクルが耐久性に重大な影響を及ぼすことは容易に想像できることなので、その点にも積極的に取り組むべきだった。
- まだ耐久性は見えてきていない。接合方法が解決出来るのか。マッチングの克服は課題だろう。
- 様々な点で目標設定の問題がある。水素透過係数でなく水素透過速度や水素濃度にすべきであった。DSS 運転の耐久性が評価される目標設定であるべきであった。

〈その他の意見〉

- ・ いまだに耐久性が十分に達成できなかった原因も明らかにされておらず、対策も十分とはいえない。

2) 実用化の見通しに関する評価

今回開発されたメンブレンは、膜だけで他の分野への展開も可能である。メンブレン単独で評価できるよう透過選択性など目標を明確にして独自で実用化を探ることもありうる。接続方法の改良、膜の欠陥低減等、関連分野への波及効果が見込まれる成果が得られており、評価できる。

しかしながら、接合部の性能向上や支持体の欠陥抑制に終始しており、本質的に膜性能が世界的レベルにあるかどうか明確でないこと、コスト低減のために一層低 Pd 化を求める方向性にあるが、そのために必要な基材の条件、合金膜形成の条件等の検討が進んでいないこと等、様々な技術的課題があるため燃料電池改質反応器としての直近の実用化は見えていない。改質に関する他技術では、4万時間耐久性へ向けての取り組みがなされているが、それと競合しうる技術かどうか明確ではない。

〈肯定的意見〉

- 今回開発されたメンブレンは、高い性能を示しており、実用化の可能性はかなり高いと言える。
- 膜だけで他の分野への展開は可能である。
- 水素透過率リアクタサイズという点では実用化に近づいたといえるメンブレン単独で評価できるよう透過選択性など目標を明確にして独自で実用化をさぐることもありうる。
- 接続方法の改良、膜の欠陥低減等、関連分野への波及効果が見込まれる成果が得られており、評価できる。
- 製品イメージが明確であり、実用化に役立つ研究成果が得られている。
- 実用化は 2015 年以降の家庭用燃料電池 50 万円へ向けたコスト削減の過程で利用されてこよう。

〈問題点・改善すべき点〉

- 様々な技術的課題があるため燃料電池改質反応器としての実用化は見えていない。
- 4万時間耐久性へ向けての取り組み。この技術と並行して、水素ステーションでの分離膜の実用化がどこまで期待できるのか。
- 接合部の性能向上や支持体の欠陥抑制に終始しており、本質的に膜性能が世界的レベルにあるか、改質に関する他技術と競合しうる技術か明確でない。
- コスト低減のために一層低 Pd 化を求める方向性にあると思われるが、そのために必要な基材の条件、合金膜形成の条件等の検討が進んでいない。

3) 今後に対する提言

メンブレンの長期耐久性を早急に評価したうえで、さらに実用化に向けた研究開発を進めるべきである。メンブレンモジュールを用いた DSS 運転も含めた連続運転の耐久性評価などを行い、膜部だけでなく接合部も含めた膜のシステム性能と全体のコンパクト化を目指した開発のフェーズに移行すべきである。

今後は、メンブレン反応器の量産を考えた膜製造構造の検討、コスト削減の道が求められる。また、派生技術として、本研究課題で見出した接合方法を他のセラミック系分離膜等へ適用することも期待できる。

〈今後に対する提言〉

- ・ 今後より一層低コスト化が求められると共に、起動・停止にともなう熱サイクル耐性が膜部だけでなく接合部にも求められるようになる。それに向けての研究開発を進めるべきと思う。
- ・ メンブレン反応器のコスト削減の道、DSS 運転での耐久性試験、量産を考えた膜製造構造の検討が求められる。
- ・ DSS 運転も含めたメンブレンモジュールでの連続運転といった、膜のシステム性能と全体のコンパクト化開発のフェーズに移行していくべきだ。
- ・ 本研究課題で見出した接合方法を他のセラミック系分離膜等への適用を検討したら如何だろうか。
- ・ メンブレンの長期耐久性を早急に評価したうえで、さらに実用化に向けた検討を継続して行っていただきたい。
- ・ 膜の選択透過性に関する調査が十分でない。膜が薄くてもピンホールフリーであればメタネーションは不要と思われる。極薄膜として透過係数を上げるのを重要項目として、漏れてきた CO を二次的に除去する方針を取ったのであればそのようなアプローチを明確にすべきである。

〈その他の意見〉

- ・ Pd 膜単独での性能を明確にし、世界的に競合しうる技術となっているかを明確にすべきである。メンブレン型改質器は出口のひとつであり、膜が達成した仕様を明確にすべきである。

2. 2 LPガス改質装置の開発

燃料電池システムにおける改質装置の性能評価

1) 成果に関する評価

改質触媒・加熱装置の要素開発を行い、分離膜と改質装置を組合せてメンブレンリアクターを実際に組み立て、水素を製造して供給し、燃料電池システムとして発電を実現した点は大きな成果であり、評価したい。メンブレン型反応器を製作し、1,000時間運転できたことは世界初であり評価できる。当初の目標値を概ね達成しており、妥当であるとともに、NEDOプロジェクトとして予算を充当するに足る結果だと判断される。知的財産権の取得、学会発表等も適切に行われており、妥当である。

しかしながら、改質効率、耐久性ともに開発目標を達成できていない点は、残念であった。耐久性については2万時間相当の目標に対して未達成となったが、メンブレンと反応器の開発計画にずれを生じ、両者のベストな研究成果が組み合わせられていない研究管理上の問題があると考えられる。先行する技術との相違を明確にしたうえで、メンブレン型反応器の特長を生かせる水素とCO選択性が高く伝熱性に優れたプレート型触媒の開発、DSS運転による耐久性向上、量産化可能な反応器設計、FPSシステムとしてのコンパクト化など競争力ある商品イメージを明確にした研究開発計画が望まれる。

〈肯定的意見〉

- メンブレンリアクターを実際に組み立て、発電まで検討した点は評価したい。
- 当初の目標値を達成しており、妥当である。また、非貴金属系の改質触媒を開発しており、評価できる。知的財産権の取得、学会発表等適切に行われており、妥当である。
- メンブレン型反応器を製作し、1,000時間運転できたことは世界初であり評価できる。
- 成果は目標値を概ねクリアしている。NEDOプロジェクトとして予算を充当するに足る結果だと判断される。
- 燃料電池システムとして、発電も効率をある程度出して実現しており、成果は上がっている。
- 改質触媒・加熱装置の要素開発を行い、有望な要素を開発し得たのは成果である。分離膜と改質装置を実際に組合せ、燃料電池に供しうる水素を製造するところまで実現させたのは大きな成果である。

〈問題点・改善すべき点〉

- 従来からある改質触媒における問題点が明確でなく、本研究で開発された触媒でどの程度のハードルを超え、実現に近づけたのか記述がない。
- 耐久性については、膜のみの性能評価結果からの外挿では2万時間の耐久性予測は得られているものの、実用反応器では2万時間にたいして1,000時間しか確認されておらず、研究開発目標、研究開発計画に問題があると思われる。メンブレンの開発計画と反応器の開発計画にずれがあり、両者の研究成果のベストが組み合わせられることができていないのが研究管理上問題である。実用化に向けては様々な課題が山積みしていると思われる。例えば、メンブレン型反応器の特長を生かせる水素とCO選択性が高く伝熱性に優れたプレート型触媒の開発、DSS運転の耐久性向上、量産化可能な反応器設計など競争力ある商品イメージを明確にした研究開発計画が望まれる。
- 開発した水素分離膜以外の要素技術で、先行する技術との相違が不明確なように思われる。
- 改質効率、耐久性ともに開発目標を達成できていない点は、残念であった。
- 一次改質はともかく、高価なPdを用いる分離膜を用いながら、メタネーションを必要としたのは、当初のシンプルな改質器という理想からは後退しており、そうせざるを得なかった原因の究明と対策を進めるべきであったと考える。
- まだ初期運転のレベルであり、運転ストップもおきるなどしている。長時間運転は課題。触媒の活性はどこまで実現できているのか。FPSシステムとしてのコンパクト化。

〈その他の意見〉

- ・ 水素分離膜の耐久性を考えると、メンブレンリアクターとしての使用だけでなく、単なる分離膜として使用した場合も検討したほうがよかったのではないか。

2) 実用化の見通しに関する評価

従来型改質装置と比較しうる LPG メンブレン改質システムを構成し、目標を達成した点、及び改質効率、装置のスケール等出口イメージが明確になった点は評価できる。

しかしながら、メンブレンリアクター型反応器は、まだ検討が十分になされているとは言い難く、実用化までには少し距離がある。水素分離膜以外で、今後の解決すべき技術的課題を抽出すること、及びメンブレンリアクターとしての利点を明確にすることが重要である。現状では、競争力を考えた商品設計イメージになっていないため、コスト面、スペース面、耐久性面で見た場合、このままでの実用化は難しい。現在開発中の従来型改質技術の水蒸気リフォームを含むマルチ改質器は、2010年以降のコスト目標 20 万円以下を目指しており、メンブレンリフォーマーがこれにいかにか近づけるか、が課題である。

〈肯定的意見〉

- 従来型改質装置と比較しうる LPG メンブレン改質システムを構成し、目標を達成した点では評価しうる。
- 2015 年以降から実用化出来れば良いが・・・
- 改質効率、装置のスケール等出口イメージが明確になっており、妥当である。
- コストポテンシャルを含めて、一応実用化のイメージは明確になっている。引き続き研究開発を進める意欲が感じられる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 比較技術である、従来型改質技術と同じ部分を含めて、コスト削減の見通しが期待値的で裏づけが弱い。
- 競争力を考えた商品設計イメージになっていないため、コスト面、スペース面、耐久性面で実用化はこのままでは期待できない。
- プレ改質→メンブレンリアクター→CO 除去それぞれの性能と要求仕様が明確でなく、3つを組み合わせ出口で目標がなんとか達成できたと感じる。それぞれのステップで明確な目標を立てればよりよい成績も可能であろうし、実用化の明確な目標計画が可能となるシステムの簡素化も可能と思われる。
- 水素分離膜以外で、今後の解決すべき技術的課題の抽出に不十分な点がみられる。
- 残念ながら、本メンブレンリアクター型改質器は、まだ検討が十分になされているとは言い難く、実用化までには少し距離があるように思われる。

もっとメンブレンリアクターとしての利点を明確にすべきと言える。

- 水蒸気リフォーマーは、今開発中のマルチ改質器は、2010 年以降に実用化すればコスト 20 万円以下が目標だが、燃料電池の 20%程度のリフォーマーに、メンブレンリフォーマーがいかに安価になって近づくのか。今は 100 万円は下らないだろうから、20 万円までいつメンブレンリフォーマーのイニシャルコストを持っていけるのか。

3) 今後に対する提言

先行する技術を考慮しながら、実用化に至る課題を膜、触媒、システムそれぞれについて明確にし、将来展望を判断する材料を明確にしてほしい。実用化の時期を明確に設定して、メンブレンリアクター型反応器の実用化に向けた検討の継続、実システムとしての実耐久性の評価、劣化部分の特定と対策、コスト削減の方策の具体化に取り組むことが望まれる。また、最終的にはメンブレン反応器 1 基で燃料電池につなげる設計を抜本的に検討して開発計画を立案する必要があり、メタネーション CO 削減工程の要否の検討も含め、今回のシステム構成に限定されず、メンブレン型改質システムの種々のシステム構成についても提言して欲しい。

〈今後に対する提言〉

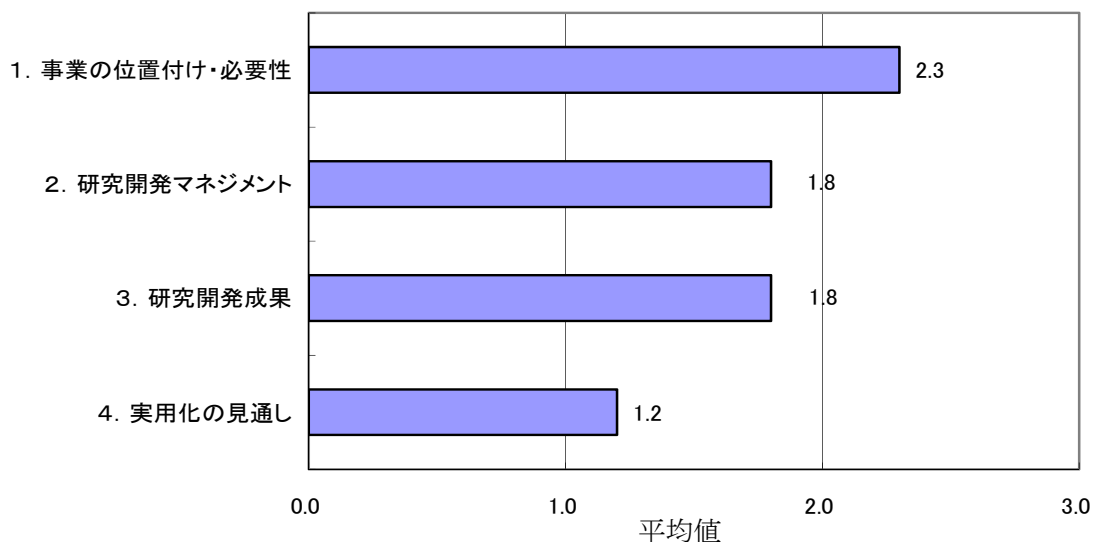
- ・ ほぼスペック開発のフェーズは終わった。実用化へのタイミングとして、その時期をハッキリさせて取り組むべし。
- ・ 実用化に至る課題を膜、触媒、システムそれぞれについて明確にし、将来展望を判断する材料を明確にしてほしい。今回のシステム構成に限定されず、メンブレン型改質システムの種々のシステム構成について提言を行っていただきたい。
- ・ 先行する技術を考慮しながら、解決すべき技術的課題を明確にして実用化を検討する必要がある。
- ・ 実システムとしての実耐久性の評価、および劣化部分の特定と対策、コスト削減の方策の具体化が必要である。
- ・ 引き続き本メンブレンリアクター型改質器の実用化に向けた検討を継続して行っていただきたい。
- ・ メンブレン反応器 1 基で燃料電池につなげる設計を抜本的に検討して開発計画を立案する必要がある。

〈その他の意見〉

- ・ システムではメタネーション CO 削減工程が必要なのか。CO 1ppm でなくとも 10ppm でもよいのでは。500ppm での耐 CO₂ アノード触媒の開発プロジェクトもあるのだし・・・

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)					
		B	A	B	B	B	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.3	B	A	B	B	B	A
2. 研究開発マネジメントについて	1.8	B	B	C	B	B	B
3. 研究開発成果について	1.8	B	B	C	B	B	B
4. 実用化の見通しについて	1.2	C	C	C	C	B	C

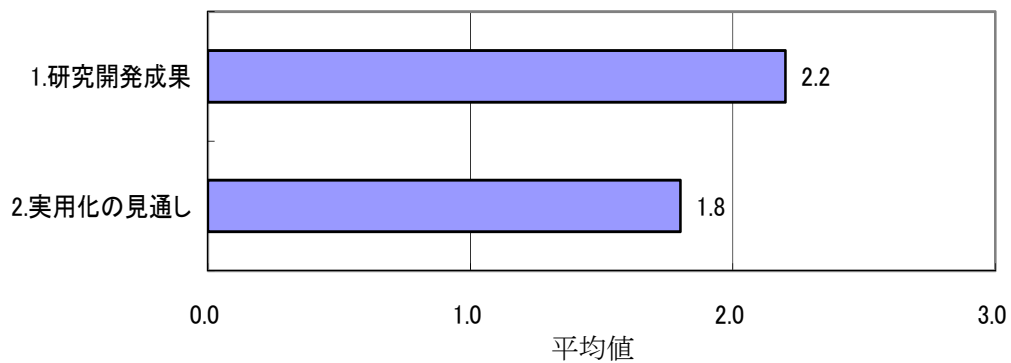
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈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

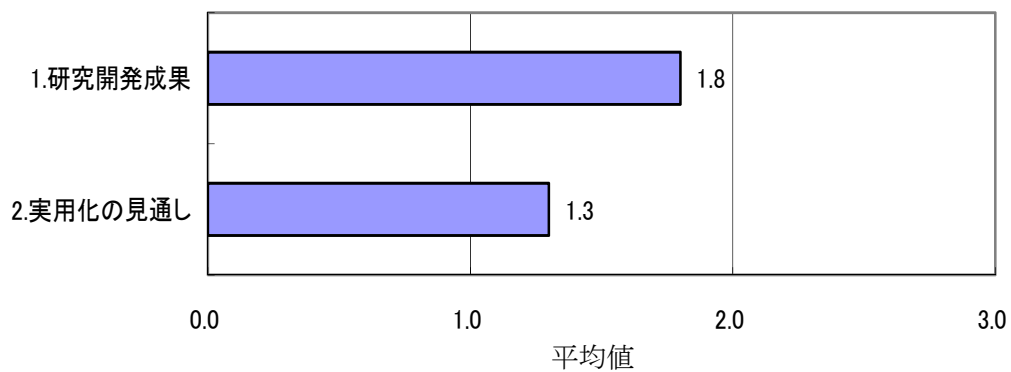
3. 2 個別テーマ

3. 2. 1 高耐久性水素分離膜（メンブレン）の開発



3. 2. 2 LPガス改質装置の開発

燃料電池システムにおける改質装置の性能評価



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)					
3. 2. 1 高耐久性水素分離膜 (メンブレン) の開発							
1. 研究開発成果について	2.2	B	B	C	B	A	A
2. 実用化の見通しについて	1.8	B	B	C	B	B	B
3. 2. 3 LPガス改質装置の開発 燃料電池システムにおける改質装置の性能評価							
1. 研究開発成果について	1.8	B	B	C	C	B	A
2. 実用化の見通しについて	1.3	C	C	C	C	B	B

(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

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

2. 実用化の見通しについて

- A ・明確 →A
- B ・妥当 →B
- C ・概ね妥当であるが、課題あり →C
- D ・見通しが不明 →D

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。

「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」

事業原簿【公開】

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 燃料電池・水素技術開発部
-----	---

—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

1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性…………… I-1
 - 1.1 NEDOが関与することの意義…………… I-1
 - 1.2 実施の効果(費用対効果)…………… I-2
2. 事業の背景・目的・位置づけ…………… I-2
 - 2.1 事業の背景…………… I-2
 - 2.2 事業の目的…………… I-3
 - 2.3 事業の位置づけ…………… I-7

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標…………… II-1
 - 1.1 研究開発の目標…………… II-1
 - 1.2 技術動向…………… II-2
2. 事業の計画内容…………… II-3
 - 2.1 研究開発の内容…………… II-3
 - 2.2 研究開発の実施体制…………… II-4
 - 2.3 研究の運営管理…………… II-4

III. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果…………… III.1-1
2. 研究開発項目毎の成果…………… III.2.1-1
 - 2.1 高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発…………… III.2.1-1
 - 2.2 LPガス改質装置の開発及び燃料電池システムにおける改質装置の性能評価…………… III.2.2-1

IV. 実用化、事業化の見通しについて

(実用化の見通しについて)

1. 実用化、事業化の見通しについて…………… IV.1-1

(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
- ・技術戦略マップ(分野別技術ロードマップ)
- ・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

		作成日	平成21年7月31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					
プロジェクト名	高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発	プロジェクト番号	P06025			
担当推進部/担当者	燃料電池・水素技術開発部 / 大山、細井					
0. 事業の概要	<p>高効率な固体高分子形燃料電池発電システムを我が国へ広く導入・普及させるため、水素分離膜を用いたLPガス改質装置を開発する。LPガスは、我が国の世帯数の過半数にエネルギーを供給する普及の進んだエネルギーであり、また容器元圧が都市ガスより高く、メンブレン型改質装置を透過させる際に、コンプレッサ等の補機が不要であるため、低コスト化、コンパクト化が可能であり、今後普及が加速すると予想される家庭用燃料電池システムに非常に適している。また、可搬性や災害時の復旧性にも優れていることから家庭用発電システムの燃料の一つとして適している。</p> <p>以上のことから、高効率な家庭用固体高分子形燃料電池発電システムの普及を目的に、家庭用LPガス供給システムから燃料電池へ高純度な水素を供給する、高効率かつ低コストでコンパクトなLPガス改質装置を開発する。</p>					
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>新エネルギー技術の開発、コスト削減及び利便性・性能の向上を図ることによって、新エネルギーの実用化を図り、我が国のエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題(CO2)・地球環境問題(NOx、PM等)の解決、新規産業・雇用の創出等を図ることが求められている。</p> <p>燃料電池は、エネルギー自給率の向上や地球温暖化対策に資するほか、分散型エネルギーシステムとしても期待できる次世代エネルギーとして有望視されているものの、現時点では、まだ耐久性向上、低コスト化などの大きな課題を抱え、普及に至るまでに乗り越えるべき壁は高い。</p> <p>本事業は、LPガスを燃料とした燃料電池発電システムにおいてこれまで水蒸気改質のみが実用化初期段階に至っている水素製造工程の新規分野を開拓し、メンブレンリアクターを用いた高効率かつコンパクト、低コストな燃料改質装置を世界に先駆けて実用に至らしめることで、エネルギー供給の分散化、安定化、および日本の産業競争力強化に資するという点で非常に重要な事業として位置付けられる。</p>					
II. 研究開発マネジメントについて						
事業の目標	水素分離膜の水素透過選択率(水素/窒素比)70以上、5年以上の耐久性(20,000時間)、改質効率85%以上(HHV基準)。また、家庭用燃料電池発電システムを用途として、改質装置の低コスト化、コンパクト化を目標に実施する。					
事業の計画内容	主な実施事項	H18fy	H19fy	H20fy		
	高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発	←————→				
	LPガス改質装置の開発	←————→				
	燃料電池システムにおける改質装置の性能評価		←————→			
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H18fy	H19fy	H20fy		総額
	一般会計					
	特別会計 (電多・高度化・石油の別)	75	71	50		196
	総予算額	75	71	50		196
開発体制	経産省担当原課	経済産業省 資源エネルギー庁 資源燃料部 石油流通課				
	プロジェクトリーダー	無し				
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載)	委託先:岩谷産業株式会社、日本ガイシ株式会社 再委託先:九州大学、岐阜大学、産業技術総合研究所				
情勢変化への対応						

Ⅲ. 研究開発成果について	<p>家庭用固体高分子形燃料電池発電システムの早期導入・普及のためには、L P ガスを燃料としたシステムを早期に実用化することが必要でありまた、国内のみならず国際的に技術的優位性を獲得するためには、時代を先取りし、国際的なリーダーシップを發揮する必要がある。この状況下、本事業の目標が達成された場合には、L P ガスを用いたコンパクトで低コストな改質装置の実用化が実現し、ひいてはL P ガスをエネルギー源とする我が国の過半数の世帯に固体高分子形燃料電池発電システムを導入することが可能になり、波及効果が大きい。</p>	
	投稿論文	「査読付き」 1 件、「その他」 9 件
	特 許	「出願済」 6 件、「登録」 0 件、「実施」 0 件（うち国際出願 0 件）
Ⅳ. 実用化、事業化の見通しについて	<p>L P ガスは、すでに我が国に十分に普及、浸透したエネルギーであり、国内に限定しても需要は充分といえる。また燃料電池に対する認識も高まってきている現状、技術開発が成功した際の広い燃料電池発電システムの普及が可能である。</p> <p>なお、家庭用燃料電池については、2020 年には 257,500 百万円と市場規模があると試算されている。システムのうち改質装置が閉める価格の割合から計算すると改質装置の市場規模は 180～257 億円/年で、メンブレンリアクターのシェアを 10%と仮定すると 18～26 億円/年の市場規模となる。</p>	
Ⅴ. 評価に関する事項	事前評価	平成 17 年度実施 担当部 燃料電池・水素技術開発部
	中間評価以降	なし
Ⅵ. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 18 年 2 月 作成
	変更履歴	なし

プロジェクト用語集

用語	説明
100%水素連続試験	100%の水素雰囲気中でメンブレンの水素透過性能を評価する試験。
GHSV	gas hourly space velocity の略。触媒単位体積当たり、1 時間に通過する反応ガスの流量。
HHV	高位発熱量(higher heat value)。水の凝集潜熱を含んだ発熱量。
LHV	低位発熱量(lower heat value)。水の凝集潜熱を除いた発熱量。
H ₂ /N ₂ 選択率	水素の透過速度と窒素の透過速度の比で定義した選択率。
S/C	水蒸気と炭素のモル数の比。
一次改質器	主反応器の前段に設置する反応器。本プロジェクトでは、LP ガスを予備改質することで、メンブレンリアクター内での炭素析出を抑制するために設置。
オフガス	LP ガスの水素蒸気改質で生成されたガスのうち、メンブレンで分離されずに、メンブレンリアクターの触媒層から排出されるガス。
改質ガス	LP ガスの水素蒸気改質反応により生成されたガス。H ₂ 、CO、CO ₂ 、CH ₄ 、H ₂ O を含む。
改質効率	装置に供給した熱量に対して得られた水素が有する熱量の割合。
活性金属	触媒活性を有する金属。
水素透過係数	メンブレンを透過する水素の速度。 単位は ml/cm ² ・min・atm ^{1/2} 。
水素透過速度	メンブレンを透過する水素の速度。 単位は mol/m ² ・s・Pa ^{1/2} 。
脱硫	LP ガス中に含まれる硫黄化合物を取り除くこと。硫黄化合物が触媒やメンブレンに悪影響を与えるため実施。
担体	活性金属を高分散状態で担持するための物質。
透過水素	改質反応により生成、メンブレンにより分離された水素。
熱サイクル試験	所定温度の間で昇温と降温を繰り返し行う試験。本プロジェクトでは、メンブレンの耐久性を評価するために実施。
燃焼排ガス	燃焼バーナから排出されるガス。
パラジウム(Pd)	金属の一種。水素を選択的に透過する性質を持つ。

プレートフィン型熱交換器	熱伝導性の良い金属性プレートが平行に積層された構造の熱交換器。
分散度	単位質量の触媒表面に存在する金属原子の全体の金属に対する割合。
メタネーション	CO、CO ₂ 等を水素と反応させメタンに転換する反応。
メンブレン	膜。本プロジェクトでは水素分離膜を指す。
メンブレンモジュール	評価装置や改質器への取り付けのため、メンブレンに金属製の部材を接合したもの。
メンブレンリアクター	分離膜を組み込んだ反応器。反応と分離を同時に行う反応器。

I. 事業の位置づけ・必要性について

1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性

1.1 NEDOが関与することの意義

1.1.1 政策上の位置付け

定置用燃料電池は、エネルギー、環境に係る政策上、重要課題として位置付けられている。例えば、「低炭素社会づくり行動計画」(平成20年7月)は、燃料電池技術(定置用燃料電池について、2020～2030年頃にコスト40万円/kW、耐久性9万時間まで向上させ本格普及を目指す)についても、必要な予算を確保して開発を進めるとしている。「環境エネルギー革新技術計画」(平成20年5月)は、短中期的対策(2030年頃まで)に必要な技術として、定置燃料電池の技術開発と普及の促進を図るとしている。「Cool Earth - エネルギー革新技術計画」(平成20年3月)では、二酸化炭素大幅削減を可能とする21の革新技術の一つとして、定置用燃料電池が挙げられている。「エネルギー基本計画」(平成19年3月改定)では、太陽電池、蓄電池、燃料電池など離陸準備段階にある革新的な技術については、産学官の適切な役割分担の下に、コスト削減や性能向上のための技術開発、実証実験等を効果的に推進するとしている。また、LPガスの導入及び利用の施策の一つとしてコージェネレーションや燃料電池に幅広く利用されるよう促進策を講じている。「新国家エネルギー戦略」(平成18年5月)では、太陽電池、蓄電池、燃料電池等の革新的技術について、技術オプション間の競争を促す方向で、技術開発支援、実証実験等を進め、将来の「需要」と「供給」の芽を育てるとしている。

経済産業省は、全ての研究開発プロジェクトを政策目標毎に7つの「イノベーションプログラム」の下で体系的に推進している。本事業は、その1つである「エネルギーイノベーションプログラム」に含まれ、当該プログラムの5つの柱のうちの2つ、「新エネルギー等の開発・導入促進」、及び、「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に位置付けられている。

1.1.2 NEDO事業としての妥当性

石油代替エネルギーに関する技術及びエネルギー使用合理化のための技術に関し、民間の能力を活用して行う研究開発等の業務を総合的に行うことにより、産業技術の向上及びその企業化の促進を図り、もって内外の経済的社会的環境に応じたエネルギーの安定的かつ効率的な供給の確保並びに経済及び産業の発展に資することを目的として設置された、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)が本事業に関与することは、法の目的に適うものである。

NEDOは、「燃料電池・水素技術開発ロードマップ」を作成して、当該分野における我が国の我が国における技術開発の方向性をリードしている。また、定置用燃料電池に関して、「固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発」、「定置用燃料電池大規模実証研究事業」及び「水素社会構築共通基盤整備事業」という、技術開発、実証研究及び普及のための基準・規制等の整備に係る事業を実施している。本事業の成果が実用につながるためには、これら事業の成果も生かし、また進展を整合させることが重要であり、この点からも、これらの事業全てをマネジメントするNEDOの関与が不可欠である。

燃料電池は、従来の内燃機関等に比べて効率が高く、二酸化炭素の排出を削減することが可能であること、天然ガス、メタノール等の多様な燃料の使用が可能であること、石油代替の促進にも寄与

すること、静粛性に優れ、大気汚染の原因となる窒素酸化物や硫黄酸化物の排出量が少なく、環境保全上の効果も大きいことから、高出力密度、低温作動等の特徴のある固体高分子形燃料電池の家庭用コージェネレーションシステム、可搬型電源、燃料電池自動車として普及することが期待されている。しかし、現時点では、まだ耐久性向上、低コスト化など普及に至るまでに大きな課題を抱えており、企業単独では解決が困難である。

本事業は、LPガスを燃料とした燃料電池発電システムにおいて、これまで水蒸気改質のみが実用化初期段階に至っている水素製造工程の新規分野を開拓し、メンブレンリアクターを用いた高効率かつコンパクト、低コストな燃料改質装置を世界に先駆けて実用に至らしめることで、エネルギー供給の分散化、安定化、および日本の産業競争力強化に資するという点で非常に重要な事業として位置付けられる。

このため、民間企業の負担を前提としつつも、NEDOが一定程度関与することにより、民間企業による早期実用化に向けた技術的課題解決を加速することが適切である。

1.2 実施の効果(費用対効果)

表 I.1.2-1 に本事業の開発予算表を示す。事業開始時から本年度までの予算総額は約十億円弱となっている。

表 I.1.2-1 各委託先ごとの予算

(単位:百万円)

実施者		通年	平成 18年度	平成 19年度	平成 20年度
日本ガイシ株式会社	①セラミックス基材を用いた高耐久性メンブレンの開発	82	31	32	19
岩谷産業株式会社	②LPガス改質装置の開発 ③燃料電池システムにおける改質装置の性能評価	114	44	39	31
	計	196	75	71	50

*NEDO負担率:2/3

株式会社富士経済(<https://www.fuji-keizai.co.jp/market/08067.html>)は、家庭用燃料電池の市場規模を、2020年度に2,575億円と予測している。NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ2008によると、2015～2020年頃の1kW級家庭用燃料電池システムの価格は50～70万円/kW(10万台/年/社)であり、当該システムの改質器の価格は、5万円/台(7～10%)となっている。従って、2015～2020年頃の改質器の市場規模は、180～257億円/年と予想できる。仮に本事業により開発する改質器の市場シェアを10%とした場合、売り上げ額は18～26億円/年となる。本事業はその一翼を担うものであり、その費用対効果は大きい。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

2.1 事業の背景

燃料電池は、上記の目的達成に向けたキーテクノロジーとして、その実用化への期待が高く、燃料電池実用化戦略研究会(経済産業省資源エネルギー庁長官の私的研究会、1999年12月設置)において「固体高分子形燃料電池/水素エネルギー利用技術開発戦略」が策定され、産学官が一体となって実用化のための技術開発等に積極的に取り組んでいる。

燃料電池は、従来の内燃機関等に比べて効率が高く、二酸化炭素の排出を削減することが可能で

あること、天然ガス、メタノール等の多様な燃料の使用が可能であること、石油代替の促進にも寄与すること、静粛性に優れ、大気汚染の原因となる窒素酸化物や硫黄酸化物の排出量が少なく環境保全上の効果も大きいことから、高出力密度、低温作動等の特徴のある固体高分子形燃料電池の家庭用コージェネレーションシステム、可搬型電源、燃料電池自動車として普及することが期待されている。

今後、エネルギー消費量の増加が見込まれる家庭用分野において、二酸化炭素排出量の削減を図ることは大きな課題である。この課題を解決する方策の一つとして固体高分子形燃料電池を導入し、エネルギーの使用効率の向上を図ることが考えられているが、我が国の総世帯数の過半数はLPガス使用世帯であり、家庭用分野に燃料電池を導入する方策として、LPガス対応型の燃料電池システムの開発への期待が高い。また、LPガスは、可搬性や災害時の復旧性にも優れていることから家庭用発電システムの燃料の一つとして適している。

家庭用の燃料電池システムについては、本年度より燃料電池メーカーが「エネファーム」という統一商品ブランドで販売を開始しており、本事業の実施者である岩谷産業株式会社も燃料電池メーカー、建築会社と共同でLPガス改質型・家庭用燃料電池「エネファーム」の販売を開始した。

2.2 事業の目的

我が国の総世帯数の過半数はLPガス使用世帯であり(LPガス:2600万世帯、都市ガス:2300万世帯)、また、LPガスは日本国内の離島や山間部を含めて全ての地域に供給されているが、都市ガスは、ガス管を敷設する必要があるため、都市部等の一部の地域のみ供給となっている(国土の5.5%)。また、LPガスは、可搬性や災害時の復旧性にも優れていることから、家庭用発電システムの燃料の一つとして、LPガス対応型の燃料電池システムの開発への期待が高い。この燃料電池発電システムの広範な普及促進のためには、日本の過半数の世帯にエネルギーを供給しているLPガスを燃料とした家庭用燃料電池システムを広く実用化普及する必要がある。

このため、LPガス燃料対応型の家庭用固体高分子形燃料電池の実用化、普及促進を目的として、LPガス特有の気化圧を活用したメンブレンリアクター型の高効率かつ小型化したLPガス改質装置の開発を実施する。本事業では、シンプルなシステムで小型化、低コスト化、高効率化が可能な水素分離膜型LPガス改質装置の耐久性を向上し、実用化を促進することにより、LPガス仕様の家庭用燃料電池システムを広範に普及することを目的とする。

2.2.1 家庭用燃料電池発電システムについて

図 I.2.2.1-1 に家庭用燃料電池発電システムの構成を示す。

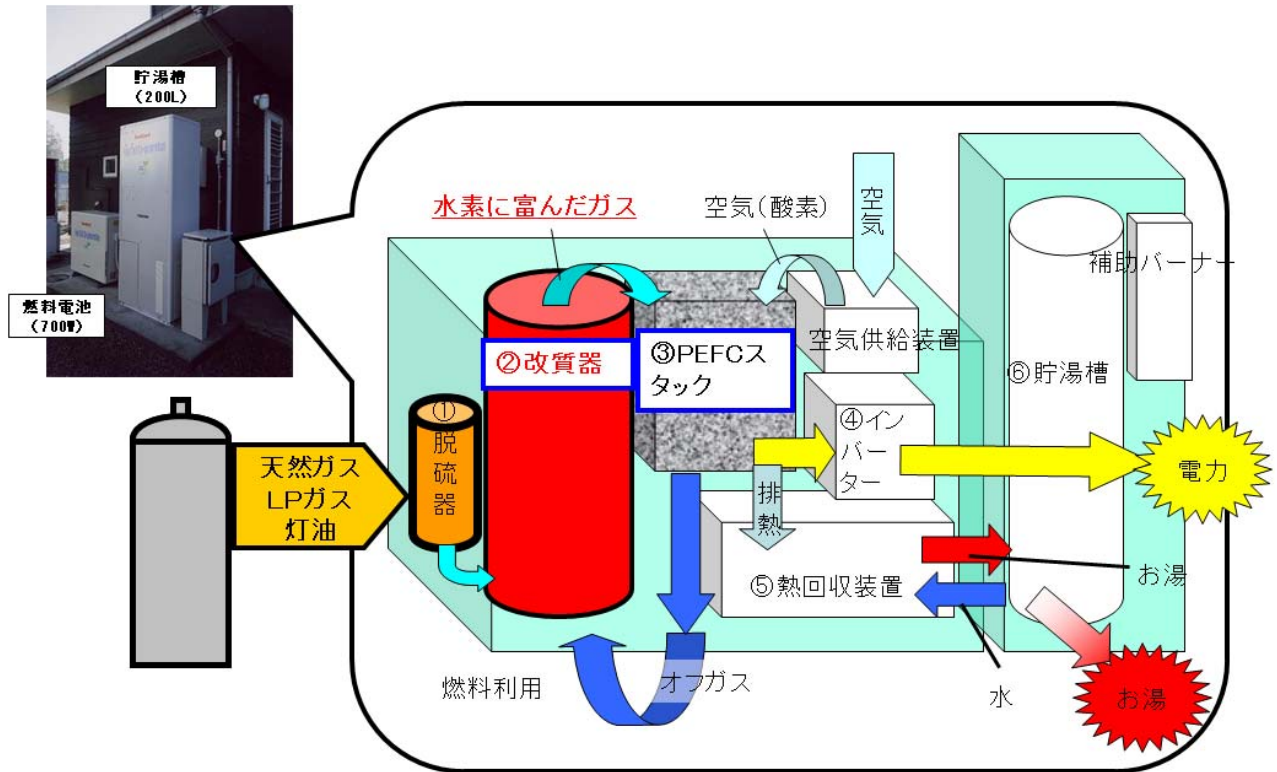


図 I .2.2.1-1 家庭用燃料電池発電システムの構成

天然ガスやLPガス、灯油等の原燃料から①脱硫器で硫黄分を除去した後に、②改質器で水素に富んだ改質ガスに改質する。そのガスを取り出し、燃料電池のセルスタックで空気中の酸素と電気化学的に反応させ、水の電気分解の逆の原理で発電する。

2.2.2 従来の改質装置との比較

図 I .2.2.2-1 に従来方式(水蒸気改質装置)の概要を示す。

水蒸気改質方式

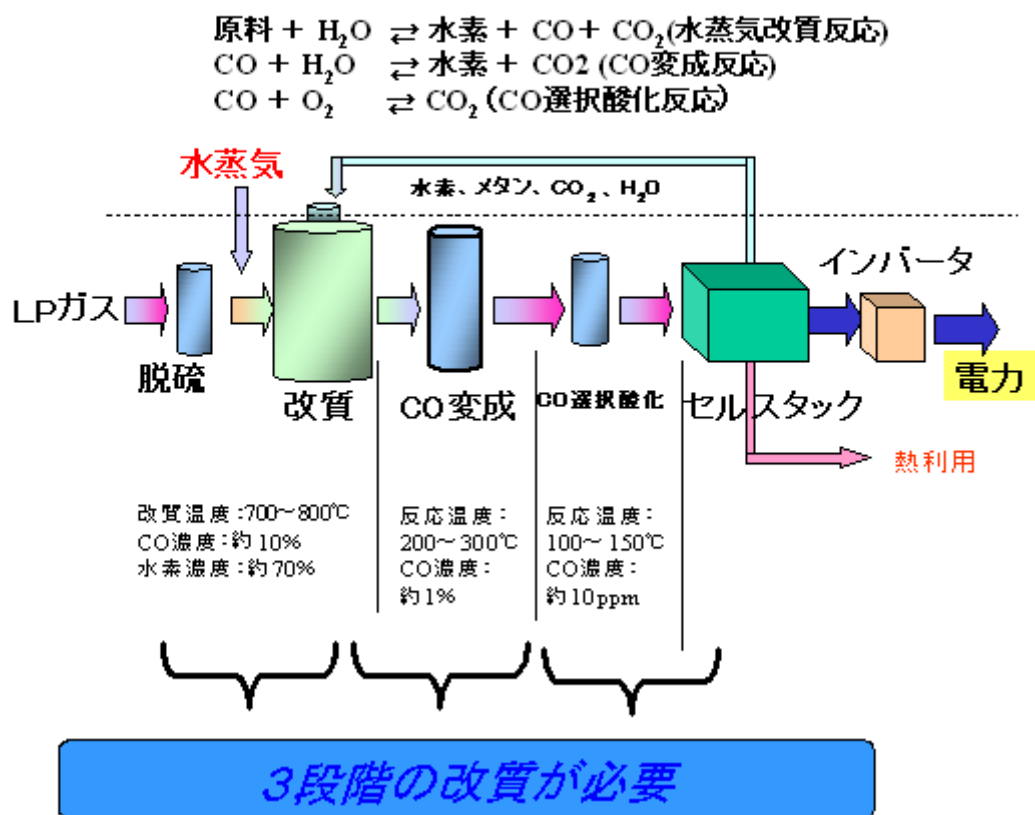
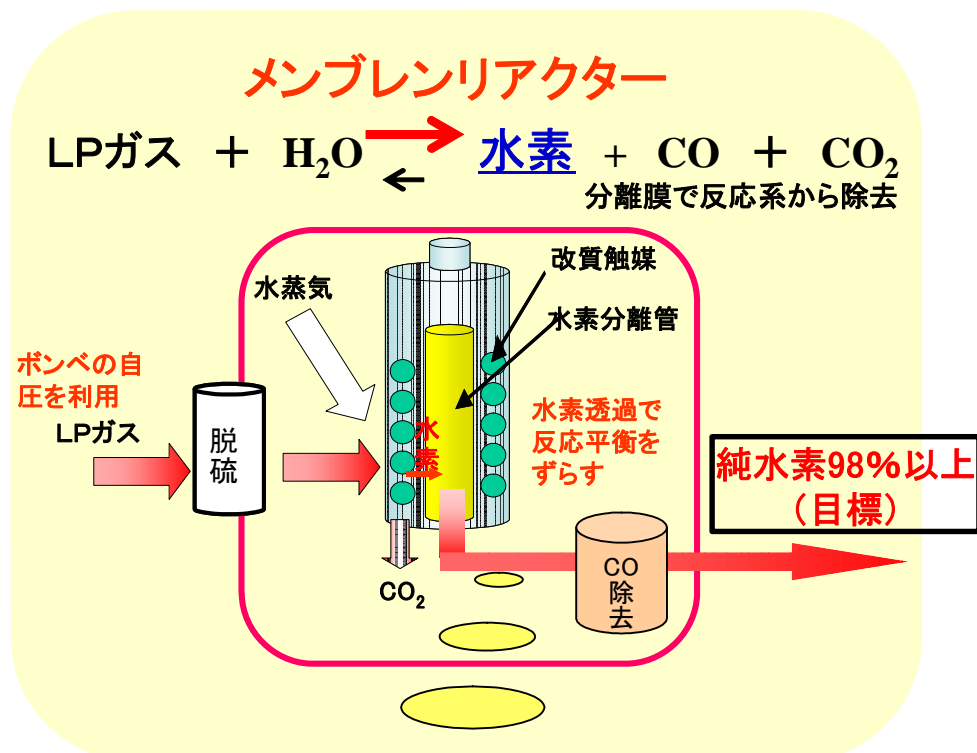


図 I.2.2.2-1 従来方式(水蒸気改質装置)の概要

通常、改質器から燃料電池に供給される改質ガスに含まれる水素の濃度が高いほど、燃料電池の発電効率は高くなる。従来の水蒸気改質方式を適用した燃料電池システムの場合、燃料電池に供給される改質ガスに含まれる水素の割合はおおよそ60～70%程度であり、残りは二酸化炭素と水分が大部分を占める。

図 I.2.2.2-2 にメンブレンリアクターの概要を示す。



LP容器の自圧を利用して一段階で改質が可能！(透過の際の昇圧等に係る補機不要)

図 I .2.2.2-2 メンブレンリアクターの概要

メンブレン型の場合、改質ガス中の水素を分離透過したガスを燃料電池に供給するので、水素濃度が高いため、高い発電効率が得られる。また、改質触媒層内において、水素がメンブレンを透過して減少するため、改質触媒層内のガス組成が変化し、改質反応の平衡状態が水素を生成する方向に進むため、改質効率が高くなる。これらの相乗効果により、燃料電池システム全体の効率を上げることができる。

また、メンブレンを透過する水素の単位時間当たりの透過量は、メンブレンの外側と内側の圧力差が数気圧程度必要となる。このため、燃料電池システムに供給される原燃料は高圧力である必要がある。

都市ガスを原燃料とした場合、家庭に供給される低圧導管の圧力は0.1MPa未満(ガス事業法施行規則、第一条の2の三)であるので、コンプレッサー等で昇圧する必要がある。これに対して、LPガスポンベの内部圧力は常温で約0.8MPa程度(ガス組成や温度により異なる)あるため、外部動力により昇圧する必要がない。

但し、LPガスポンベの後段に調整器を入れる必要があり、業務用等の場合は調整圧力を使用する機器に適合したものであること(液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律施行規則、第十八条の二十のハの(2))とされているが、一般家庭ではその調整圧力は2.3kPa以上3.3kPa以下(液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律施行規則、第十八条の二

十のハの(1))と定められているので、一般家庭に普及させるには規制緩和等の対応が必要となる。

2.3 事業の位置づけ

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。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、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となることを目指し「エネルギーイノベーションプログラム」が制定された。本事業は、その「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

1.1 研究開発の目標

本プロジェクトでは、家庭用分野にLPガス仕様の燃料電池システムの実用化を促進するために、LPガスに特有な技術的課題を解決し、LPガス仕様の燃料電池システムを開発するため、以下の研究開発項目を実施する。

①高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発

パラジウム系合金水素分離膜の耐久性および水素透過性能を向上させるため、セラミックス多孔質基材およびパラジウム合金膜の組成、微構造の検討を実施してLPガス改質に適した高耐久性のメンブレンを開発する。

具体的には、パラジウム系合金膜に適したセラミックス多孔質基材として、パラジウム系合金膜とセラミックス基材との熱膨張差を低減する非対称構造を有するジルコニア基材を開発する。

また、パラジウム系合金膜の欠陥低減、熱処理条件、膜-基材界面構造の改良を実施し、ジルコニア基材と組み合わせて高耐久性を有するパラジウム合金メンブレンを開発し、LPガス改質装置に組み込んでシステムとしての評価を実施する。

②LPガス改質装置の開発および③燃料電池システムにおける改質装置の性能評価

改質装置を構成するメンブレンリアクターの最適設計他、各要素技術の研究開発を行い、高効率で高耐久性なLPガス改質装置を開発する。

要素技術の開発では、メンブレンリアクターの反応モデルの構築・シミュレーション解析による反応器構造、触媒性能、分離膜性能の最適設計を行うと共に、メンブレンリアクター加熱システムの開発、改質装置の放熱ロスの低減、脱硫システムの研究開発、一酸化炭素除去技術の研究開発を行い、改質装置の高効率化・コンパクト化を図る。また、パラジウム系複合膜のキャラクタリゼーション、高活性なLPガス改質触媒の開発、メンブレン型LPガス改質装置の耐久性向上に関する研究開発を行う。

上記要素技術の成果と供試される耐久性の高いメンブレンを用いてメンブレン型LPガス改質装置の試作および本装置の設計、製作、評価試験を行って、改質効率、耐久性を検証する。

さらに、この改質装置と燃料電池スタックとの連携試験を行い、燃料電池システム全体としての評価、および実用化に向けての課題を抽出する。

上記研究開発項目を実施する上での目標を表Ⅱ.1-1 プロジェクトの目標に示すとおりとした。

表Ⅱ.1-1 プロジェクトの目標

(朱記:基本計画の目標)

		平成18年度	平成19年度	平成20年度	
改質器	反応条件	原料	市販LPガス	市販LPガス	
		改質温度 [°C]	600	≤600	≤600
		GHSV*7 [h ⁻¹]	1000		
		S/C *3 [-]	2.8	2.5-2.8	最適値
改質器	目標値	サイズ*1	最適なバーナー構造、断熱構造および反応器構造等の設計指針を明確にし、コンパクト化・改質効率の向上に資するデータ・知見を蓄積する。また、耐久性の評価方法を検討する。	—	<200L
		水素透過量		674NL/h(PEFC:1kW機相当)	
		改質効率*2 (HHV)		80%	85%
		耐久性		1,000時間以上	20,000時間相当以上**
メンブレン	耐久性(連続)*6	1,000時間以上	1,000時間以上	20,000時間相当以上	
	水素透過係数(連続)	70以上[水素純度:98%以上]			
	基材	ジルコニア	ジルコニア	ジルコニア	
	膜サイズ*5	φ10×L50mm	φ30×L300mm		
	水素透過速度 [Nml/min・cm ² ・atm ^{1/2}]	100	110	120	

*1) 燃料電池スタックを含むシステム全体のサイズ。但し、燃料電池スタックとその補機(プロ7、加湿器、インバーター等含む)を100Lとして計算。
 *2) 改質効率=(製造される水素の熱量(HHV))/(改質器に投入するLPガスの熱量(HHV))
 *3) steam・carbon比
 *4) 20,000時間以上の耐久性については、2,000時間程度の運転試験におけるメンブレン性能及び改質装置性能(効率、製造水素品質等)の劣化度合いから評価する。

*5) 膜のサイズ、水素透過速度は、改質装置の最適設計により変更される可能性を有する。
 *6) 耐久性は模擬ガスによる連続試験のデータ。但し、平成20年度は本開発で策定された試験条件により実施。
 *7) ガス空間速度(Gas Hourly Space Velocity)
 GHSV=ガス量(N?/h)/触媒量(?)

1.2 技術動向

NEDOでは、平成13年度から17年度にかけて、「LPガス固体高分子形燃料電池開発事業」を実施した。この事業は、家庭用分野におけるエネルギーの安定供給、流通合理化を図るとともに省エネルギー、環境改善、低コスト化、発電需要の対応に資するため、LPガスを燃料とする燃料電池システムの早期実用化を図ることを目的とした、高効率かつコンパクトなLPガス固体高分子形燃料改質器の開発を推進する事業である。開発テーマは、「水蒸気改質技術の開発」、「長期連続運転型燃料電池システムの開発」、「薄膜型メンブレンリアクターの開発」、「触媒燃焼併発型改質触媒及び水素供給システムの開発」の4つのテーマについて開発を実施した。このうち、「薄膜型メンブレンリアクターの開発」については岩谷産業株式会社が実施しており、本事業は当該事業の後継事業である。

本事業では、水素透過膜としてパラジウム系合金膜を採用している。他の水素透過膜の種類としては、シリカ系膜もあるが、パラジウム合金膜は、膜自体の水素透過性能が高いことに加えて、大型管への成膜が可能であることから、シリカ系膜と比較するとコンパクト性や量産性に優れている。

パラジウム合金膜を支持する支持体は、セラミック多孔質基材と金属基材に大別される。「LPガス固体高分子形燃料電池開発事業」では、セラミック多孔質基材として、アルミナ系基材を採用していたが、本事業ではジルコニア系基材を採用している。他社では、金属基材として、ステンレスを採用しているところもある。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

表Ⅱ.2.1-1 に研究開発テーマごとの開発期間を、表Ⅱ.2.1-2 に各年度の開発項目別費用を示す。

表Ⅱ.2.1-1 研究開発テーマごとの開発期間

研究開発テーマ		H18Fy	H19Fy	H20Fy	
日本ガイシ株式会社	①高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発	1)パラジウム系合金膜に適したセラミックス多孔質基材の開発 a)構造支持体成形技術の開発 b)表面層形成技術の開発 c)大型基材作製技術の開発	→	→	→
		2)パラジウム合金膜の耐久性向上 a)パラジウム合金膜の欠陥低減 b)熱処理条件の検討 c)多元素同時めっきの研究開発(再委託) d)パラジウム-銀-合金膜の研究開発(再委託) e)パラジウム系合金膜-セラミックス基材の界面制御	→	→	→
		3)実機サイズ大型メンブレンの試作、評価	→	→	→
岩谷産業株式会社	②LPガス改質装置の開発	1)LPガス改質装置の高効率化・コンパクト化に係る研究開発 a)メンブレンリアクターの最適設計 b)メンブレンリアクター加熱システムの開発 c)改質装置の放熱ロスの低減 d)脱硫システムの研究開発 e)CO処理技術の開発	→	→	→
		2)パラジウム系複合膜のキャラクタリゼーション a)改質ガス中の共存ガスなどによるパラジウム系複合膜性能への影響調査 b)耐久性支配因子の解明 c)リアクター設計の支援研究	→	→	→
		3)低温領域での活性に優れた改質触媒の開発	→	→	→
		4)メンブレン型LPガス改質装置の耐久性向上に関する研究開発 a)メンブレンの熱処理による耐久性向上技術の開発 b)耐久性の評価方法の検討および耐久性の確認	→	→	→
		5)高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の試作、検証および本装置の設計、製作、検証	→	→	→
岩谷産業株式会社	③燃料電池システムにおける改質装置の性能評価	1)燃料電池システムにおける改質装置の性能評価	→	→	→

表Ⅱ.2.1-2 各年度の開発項目別費用

研究開発項目 (契約額、NEDO負担は2/3)	H18年度 (31百万円)	H19年度 (32百万円)	H20年度 (19百万円)
①高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発			
1)Pd系合金膜に適したセラミック多孔質基材の開発	支持体成形/表面層成膜/大型化検討		課題・コスト検討
2)Pd系合金膜の耐久性向上	欠陥低減/熱処理条件/界面制御/改良		
3)実機サイズ大型メンブレンの試作、解析	アルミナ基材膜	ジルコニア基材膜の試作・供試	まとめ

研究開発項目 (契約額、NEDO負担は2/3)	H18年度 (44百万円)	H19年度 (39百万円)	H20年度 (31百万円)
②LPガス改質装置の開発			
1)改質装置の高効率化・コンパクト化に係る研究開発	要素技術の検討及び検証	最適設計	
2)Pd系複合膜のキャラクタリゼーション	H ₂ 透過性影響/耐久性支配因子の解明		MR設計の支援研究
3)低温で活性に優れた改質触媒の開発	活性種/担体/助触媒検索	触媒調製	開発触媒の評価・解析
4)改質装置の耐久性向上に関する研究開発	熱処理による耐久性向上検討	耐久試験	
5)改質装置の試作及び検証		Pre装置	実改質装置
③燃料電池システムにおける改質装置の性能評価			
1)燃料電池システムにおける改質装置の性能評価		FCシステム仕様の検討・製作	連携評価

日本ガイシ株式会社が実施した「①高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発」では、φ10mmの小型基材により基礎開発を実施し、その知見を踏まえながら、φ30mmの大型基材の開発を実施した。

岩谷産業株式会社が実施した「②LPガス改質装置の開発」では、メンブレンリアクターに適した改質装置に関する要素検討を行ったうえで、日本ガイシ株式会社が開発したメンブレンを組み込んだ改質装置:メンブレンリアクターを試作し、性能評価を行った。その後、「③燃料電池システムにおける改質装置の性能評価」において、1kW級固体高分子形燃料電池スタックを用いた発電試験を実施した。

2.2 研究開発の実施体制

本事業は、経済産業省が作成したプログラムのもと、NEDOがプロジェクトの基本計画の策定、進捗管理、予算計画などプロジェクトの基本に関わるところのマネジメントを行っている。実施者側は、岩谷産業株式会社が本事業の取りまとめを行った。さらに、再委託先の管理は、岐阜大学、九州大学について岩谷産業株式会社が行い、産業技術研究所について日本ガイシ株式会社が行った。

図 II.2.2-1 に本事業の研究開発実施体制を示す。

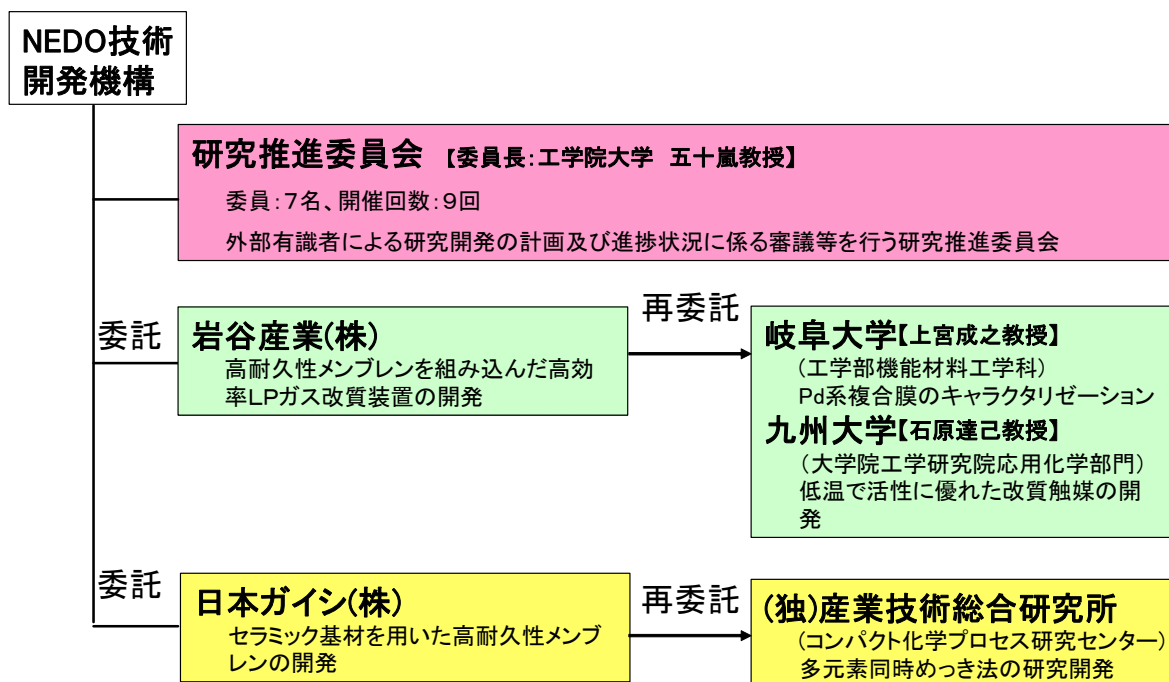


図 II.2.2-1「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」実施体制

2.3 研究開発の運営管理

2.3.1 開発現場の視察と進捗確認の実施

開発の進捗の節目（4回／年程度）に委託先を訪問し、開発現場の視察を行うとともに、進捗の確認と課題について打合せを行い、開発の進め方等について協議を行った。

平成19年度が終了した時点で、目標に対する達成状況を確認した際には、平成20年度末の目標の検討（耐久性の評価方法、改質装置のサイズ等）を行った。

2.3.2 研究推進委員会の実施

3回／年を目処に第三者の外部有識者等からなる委員による助言・アドバイス等を受け、プロジェクトに反映するために研究推進委員会（委員長：工学院大学 五十嵐教授）を開催し、研究開発の計画及び進捗状況に係る審議等を行うと共に、プロジェクト全体に係る情報・知識の共有化を積極的に行い、アドバイスを元に実施内容及び実施計画に反映させた。

- 審議内容
 - 研究開発の進捗確認、達成度の把握
 - 開発の方向性、実施内容に関する助言

● 実績

- 第一回 平成18年 9月 7日
- 第二回 平成18年12月 8日
- 第三回 平成19年 3月14日
- 第四回 平成19年 6月29日
- 第五回 平成19年10月22日
- 第六回 平成20年 2月 7日
- 第七回 平成20年 6月 2日
- 第八回 平成20年10月31日
- 第九回 平成21年 3月 6日

表Ⅱ.2.3.2-1に研究推進委員会委員リストを示す。

表Ⅱ.2.3.2-1 研究推進委員会委員リスト

氏名	所属	役職	備考
五十嵐 哲	工学院大学 工学部環境化学工学科	教授	委員長
伊藤 直次	宇都宮大学 工学部応用化学科	教授	
里川 重夫	成蹊大学 理工学部物質生命理工学課	教授	
湯本 貢	コスモ石油株式会社 中央研究所	所長	第3回まで
上田 早苗	財団法人エルピーガス振興センター 技術開発部	総括主任研究員	第3回まで
猪俣 誠	日揮株式会社 技術開発本部	本部長代行	第4回より
高橋 収	出光興産株式会社 研究開発部リサーチグループ	上席主任部員	第4回より

2.3.3 内閣府関係施策群ヒアリングへの対応とプロジェクトへの反映

ヒアリングの指摘を考慮して、平成19年度中にプロジェクト終了後の商品化の際のコスト試算の見積もり、及び、事業化の計画について検討させ、遅くとも平成20年度の開発を始める前に開発の出口イメージを明確にするようプロジェクトを運営した。

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

1.1 目標の達成度

平成 18 年度から平成 20 年度にかけて、高効率かつ高耐久性な水素分離膜型 LP ガス改質装置の開発を目的に、「高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発」「LP ガス改質装置の開発」「燃料電池システムにおける改質装置の性能評価」を実施した。以下に研究開発成果の概要をまとめた。

「高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発」では、Pd 合金膜に適したセラミック多孔質基材の開発や Pd 合金膜の耐久性向上を行い、LP ガス改質装置へ適用可能な高耐久性メンブレンの開発を行った。要素技術の開発では、ジルコニアを用いた多孔質基材の開発、Pd 合金膜の欠陥低減、Pd 合金膜とセラミック基材の界面制御、多元素同時めっき法の開発等を行い、得られた知見を実機サイズの大型メンブレンの製作に反映させることによって、メンブレンの性能・耐久性を向上することができた。

「LP ガス改質装置の開発」では、改質装置を構成するメンブレンリアクターの最適設計他、各要素技術の研究開発を行い、高効率で高耐久性な LP ガス改質装置の開発を行った。要素技術の開発では、メンブレンリアクターの反応モデルの構築・シミュレーション解析による反応器構造、触媒性能、分離膜性能の最適設計を行うと共に、メンブレンリアクター加熱システムの開発、改質装置の放熱ロスの低減、脱硫システムの研究開発、CO 除去技術の研究開発を行い、高効率・コンパクトな改質装置の設計に資する知見が得られた。また、Pd 系複合膜のキャラクタリゼーション、高活性な LP ガス改質触媒の開発、メンブレン型 LP ガス改質装置の耐久性向上に関する研究開発を行い、結果を装置の設計・製作に反映させることによって、改質装置の性能を向上することができた。

上記研究開発の成果を用いてメンブレン型 LP ガス改質装置を設計・製作し、性能評価した結果、改質効率 84%(HHV)、1,000 時間にわたり水素純度 98%以上(水素選択透過係数 70 以上に相当)を維持できることが確認できた。

「燃料電池システムにおける改質装置の性能評価」では、作製したメンブレン型 LP ガス改質装置を燃料電池に接続して運転を実施した。その結果、メンブレン型 LP ガス改質装置で生成した水素により問題なく発電が可能であることが確認でき、実用化に向けた課題を抽出した。

表Ⅲ.1-1 事業全体の成果

目標(基本計画より)	研究開発成果	達成度
家庭用 LP ガス供給システムから燃料電池へ高純度な水素を供給する、高効率かつ低コストでコンパクトなメンブレンリアクター型 LP ガス燃料改質装置を開発する。平成 20 年度において、次の目標を達成する。	(1) 水素選択透過係数: 70(H ₂ /N ₂)	70 以上を確認した。 達成
	(2) 改質効率: 85%(HHV) ^{※1} 以上	84%(HHV) を確認した。 達成見込み (2011 年 3 月)
	(3) 耐久性 ^{※2} : 20,000 時間	改質装置: 1,000 時間まで確認。 メンブレン単体: 20,000 時間相当の耐久性見通し。 達成見込み (2011 年 3 月)

※1 低位発熱量(LHV)で 78%に相当

※2 耐久性は水素濃度 98%以上、CO 濃度 1ppm 以下の性能が維持できなくなるまでの時間

1.2 成果の意義

「高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発」「LP ガス改質装置の開発」「燃料電池システムにおける改質装置の性能評価」における各研究開発項目について、以下に研究開発成果の概要をまとめた。

(1) 高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発

Pd 合金膜に適したセラミック多孔質基材の研究開発

● 構造支持体成形技術の開発

アルミナよりも Pd 合金に熱膨張率がより近いジルコニアを用いた多孔質基材について検討を行った。圧力損失が低く欠陥の少ない小型ジルコニア多孔体を作製した。

● 基材表面層形成技術の開発

ジルコニア多孔体を支持層とし、その上に中間層と表面層を設けた小型ジルコニア多孔質基材を作製した。欠陥対策を行うことにより、平滑な表面を有するジルコニア多孔質基材を得た。

● 大型基材作製技術の開発

小型ジルコニア多孔質基材の作製で確立した要素技術を活用し、直径 30mm 長さ 300mm 以上の袋管形状を有する大型ジルコニア多孔質基材の作製を行った。

Pd 合金膜の耐久性向上

● Pd 合金膜の欠陥低減

初期の欠陥数が少ない Pd 合金膜の作製について検討を行い、異物対策工程を実施することにより、Pd 合金膜の欠陥低減に成功した。

● Pd 合金膜—セラミック基材の界面制御

Pd 合金膜に対するセラミック多孔質基材の細孔径の影響について調査を行った結果から、最適な細孔径を判断した。

● 熱処理条件の検討

熱処理が耐久性に及ぼす影響を評価した。熱サイクル試験により耐久性を評価したが、熱処理による耐久性向上効果は認められなかった。また、ジルコニアが高温下、長時間の水素透過に用いるのに優れた基材材質であることを確認した。

● 多元素同時めっき法の研究開発

Pd と Ag の同時めっき膜の作製を行った。Ag 添加により、深さ方向において Pd と Ag をほぼ一定の比率でめっきすることに成功した。この膜は、従来の合金化温度よりも低い温度で合金化が進行することを確認した。

● Pd-Ag-Au 合金膜の研究開発

Pd-Ag-Au 合金膜の作製を行った。作製条件の検討により、大型 Pd-Ag-Au 合金膜が得られた。

● Pd-Ag-Ru 合金膜の研究開発

同時めっきにより Pd-Ag-Ru 薄膜を作製した。一方で、積層膜では合金化が進行しにくいことが判明した。

● メンブレンの接合技術の開発

パッキンを用いた接合により、Pd 合金膜と金属部材の接合を行った。また、耐熱性のある接合方法

について検討を行い、良好な耐熱性を有する接合方法を開発した。

実機サイズ大型メンブレンの試作、評価、解析

● 小型メンブレンの水素透過性能と耐久性の評価

小型メンブレンモジュールを用いて、ジルコニア多孔質基材を用いた場合の Pd 合金膜の基本特性の評価を行った。その結果から、ジルコニア多孔質基材は、Pd 合金膜の水素透過性能や耐久性に悪影響を与えないと判断した。

● 大型メンブレン作製技術の開発

大型ジルコニア多孔質基材上に、Pd-Ag 合金膜の作製を行い、大型メンブレンモジュールを作製した。大型メンブレンモジュールは、小型メンブレンモジュールと同等の水素透過係数を有することを確認した。

● 耐久性評価方法の検討

連続水素透過耐久試験において、Fe との反応によって欠陥が生成することが判明した。Fe に由来する欠陥の抑制策を検討し、欠陥抑制に成功した。

● 大型メンブレンの耐久性の確認

大型メンブレンモジュールを用いて、400℃及び 600℃にて 2,000 時間の連続水素透過耐久試験を行った。Pd 合金膜は、400～600℃において 20,000 時間以上の耐久性を有していると考えられる一方、接合部は、400℃では十分な耐久性を有しているが、600℃では劣化が生じた。ただし、新たな耐熱性のある接合方法を見出しており、600℃でも劣化ことを検証中である。

(2) LP ガス改質装置の開発

LP ガス改質装置の高効率化・コンパクト化に係る研究開発

● メンブレンリアクター加熱システムの開発

改質装置に適した燃焼バーナーとしてポイントバーナーを選定した。ポイントバーナーを用い、メンブレンリアクターを組み込んだ多重構造の炉体について、構成機器の配置及び加熱構造を最適化し、温度分布の小さい加熱が可能であることを確認した。

● 改質装置の放熱ロスの低減

熱交換器の検討を行って、オフガス/原料水と透過水素/原料水の熱交換器にはプレートフィン型熱交換器を、燃焼排ガス/原料水の熱交換器には多管式熱交換器を選定し、目標とする原料水の蒸発・加熱が可能であることを確認した。

● 脱硫システムの研究開発

市販 LP ガスの脱硫に適した脱硫剤を選定し、改質装置運転条件下において、脱硫剤量 300cm³で約 4,000 時間にわたりトータル硫黄濃度を検出下限値(0.05ppm)以下にまで除去可能であることを確認した。

● CO 除去技術の研究開発

改質装置に適した CO メタネーション触媒を選定し、SV=4,000h⁻¹、触媒層出口温度 180℃の条件で、約 2,000 時間にわたり、CO 濃度を 1ppm 以下に維持できることを確認した。また、再生処理することで触媒性能を回復できることを確認した。

● メンブレンリアクターの最適設計

メンブレンリアクターのモデルを構築し、シミュレーション解析を行った。メンブレン性能及び触媒性能が改質性能に及ぼす影響を評価した。シミュレーション及び実験結果から、メンブレンリアクター最適条件を検討した。

Pd 系複合膜のキャラクタリゼーション

● 耐久性支配因子の解明

アルミナとジルコニアを用いて Pd 合金膜を作製し、ヒートサイクルによるガス透過性能と表面形態の変化を比較検討した。ヒートサイクル試験におけるリーク量の増加は、接合部及び膜部の微細な欠陥の増大・発生が原因と推測した。

● リアクター設計の支援研究

メンブレンリアクター型改質器で採用されている Ru 触媒について、反応速度式を決定するために反応解析を試みた。その結果、触媒への強吸着を考慮した反応速度式が必要であることが判明した。

低温領域で活性に優れた LP ガス改質触の開発

● C₃H₈ の一次水蒸気改質触媒の開発

高表面積 Al₂O₃ の使用により、1wt%Ru でも 5wt%Ru/Al₂O₃ を超える C₃H₈ 水蒸気改質活性が得られた。Ru への Ni 添加及び MgAl₂O₄ 担体の使用により、平衡組成を超える水素収率が得られた。

● 膜型反応器による C₃H₈ の水蒸気改質反応

低温における触媒の活性向上には CeO₂ 担体が有効であり、一方 600°C では Al₂O₃ 担体触媒が最も高い活性を示すことが分かった。

● 一次改質ガスを対象とした逐次改質触媒の開発

C₃H₈ の一次改質ガスを対象とした水蒸気改質反応では、9wt%Ni-1wt%Co/CeO₂ が高い活性を示すことが分かった。Ni-Co 系触媒の活性は、水素共存条件下では参照触媒とほぼ同程度の活性を示した。また本触媒は CO から CO₂ への水性ガスシフトに活性が高いことを示唆していることが判明した。

メンブレン型 LP ガス改質装置の耐久性向上に関する研究開発

● ジルコニア基材膜の耐久性評価

ジルコニア基材膜の耐久性を評価した結果、アルミナ基材膜に比べ耐久性に優れていることが確認できた。ジルコニア基材膜は、熱サイクルでは約 2,000 サイクル、また 100%水素連続試験では約 2,000 時間にわたり安定した性能を示すことを確認した。

メンブレン型 LP ガス改質装置の試作、検証及び本装置の設計、製作、検証

● メンブレン型 LP ガス改質装置の試作、性能評価

試作改質装置を製作し、性能を評価した。改質効率(HHV)は 77%であった。透過水素純度は、時間の経過とともに低下した。メンブレンの劣化原因を解析した。

● 本改質装置の設計、製作及び運転試験による性能検証

開発成果を反映させた本改質装置を製作し性能を評価した。改質効率(HHV)は約 84%を確認した。1,000 時間の試験期間においては、透過水素純度の低下はほとんど認められなかった。しかし、装置

トラブルにより 20,000 時間相当の耐久性を確認するにはいたらなかった。膜単体では、20,000 時間相当の耐久性について見通しが得られつつある状況であることから、対策を講じたメンブレンを改質装置に組み込むことによって、耐久性の当初目標を達成できる見込みである。

(3) 燃料電池システムにおける改質装置の性能評価

燃料電池システムにおける改質装置の性能評価

● 燃料電池セルスタックとの連携による発電試験

本改質装置と燃料電池セルスタックを組み合わせて発電試験を行った。本改質装置で製造した水素を供給したときの AC 出力は、純水素を供給したときに対して約 5%の低下であり、問題なく発電可能であることが確認できた。

1.3 知的財産権の取得および成果の普及

知的財産等の取得や成果の普及については、本事業の合計として、特許出願が 6 件、査読付き論文が 1 件、その他の発表が 9 件となっている。表Ⅲ.1.3-1 に年度毎の特許、論文、外部発表等の件数を示す。

表Ⅲ.1.3-1 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	
H18Fy	0件	0件	0件	0件	0件	0件
H19Fy	5件	0件	0件	0件	1件	6件
H20Fy	1件	0件	0件	1件	0件	2件

(※Patent Cooperation Treaty: 特許協力条約)

2. 研究開発項目ごとの成果

2.1 高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発

2.1.1 はじめに

「高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発」では、Pd 合金水素分離膜の耐久性及び水素透過性能を向上させるため、セラミック多孔質基材及び Pd 合金膜の組成、微構造の検討を実施して LP ガス改質に適した高耐久性のメンブレンを開発する。

具体的には、Pd 合金膜に適したセラミック多孔質基材として、Pd 合金膜とセラミック基材との熱膨張差を低減するジルコニア多孔質基材を開発する。

また、Pd 合金膜の欠陥低減、膜-基材界面構造の改良、熱処理条件、膜組成の検討を実施し、ジルコニア多孔質基材と組み合わせて高耐久性を有する Pd 合金メンブレンを開発し、LP ガス改質装置に組み込んでシステムとしての評価を実施する。

LP ガス改質に適した高耐久性水素分離膜の開発を目的とし、表Ⅲ.2.1.1-1 に平成 18 年度~平成 20 年度における開発目標を示す。

また、特許、論文等の件数一覧を表Ⅲ.2.1.1-2 に示す。

表Ⅲ.2.1.1-1 開発目標

	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度
基材	ジルコニア	ジルコニア	ジルコニア
膜サイズ* ¹⁾	・ 10 × L50mm	・ 30 × L300mm	・ 30 × L300mm
水素透過速度* ¹⁾ [Nml/min・cm ² ・atm ^{1/2}]	100	110	120
耐久性(連続)* ²⁾	100 時間以上	1,000 時間以上	20,000 時間相当

*1) 膜のサイズ、水素透過速度は、改質装置の最適設計により変更される可能性を有する。

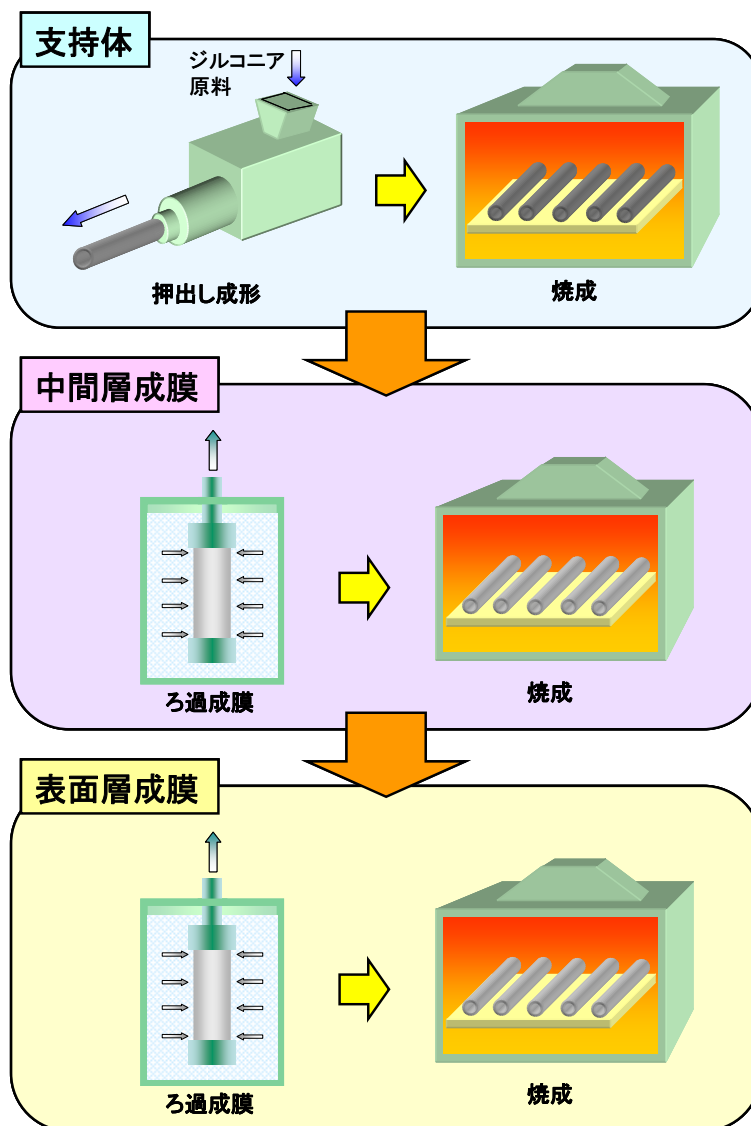
*2) 耐久性は連続水素透過試験のデータ。20,000 時間以上の耐久性については、2,000 時間程度の運転試験における劣化度合いから評価する。

表Ⅲ.2.1.1-2 特許、論文等の件数一覧

特許出願		論文		学会 発表	展示会	成果 報告会
国内	国外	査読付き	その他			
4 件	0 件	1 件	1 件	5 件	2 件	3 件

2.1.2 Pd 合金膜に適したセラミック多孔質基材の研究開発

Pd 合金に熱膨張率がより近いセラミックであるジルコニア(ZrO_2)を用いた多孔質基材について検討した。ジルコニア多孔質基材の作製プロセスを図Ⅲ.2.1.2-1 に示す。



図Ⅲ.2.1.2-1 ジルコニア多孔質基材作製手順

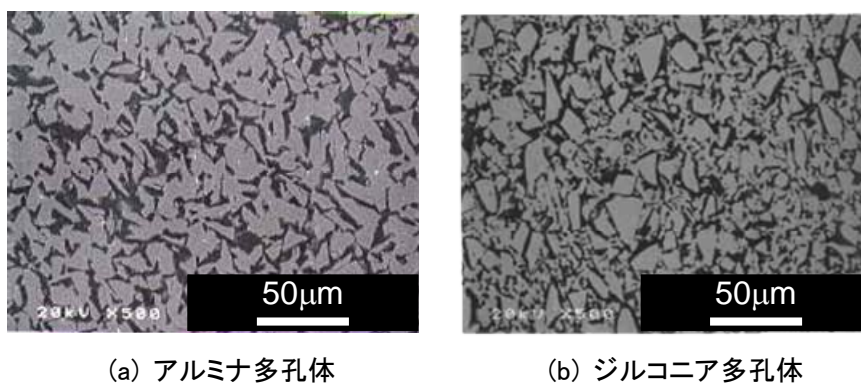
(1) 構造支持体成形技術の開発

ジルコニア多孔質基材の支持体となるジルコニア多孔体の作製を行った。性能の安定化や機械的性質の向上を目的として、ジルコニアに安定化剤を添加したものを支持体として使用することとした。予備試験の結果から、安定化剤にイットリアを用いて、ジルコニア多孔体の作製を行った。

直径 10mm 長さ 100mm の円筒管形状のジルコニア多孔体の作製を行った。ジルコニア原料を押し出し成形によって管形状に成形し、焼成炉を用いて焼成することにより、ジルコニア多孔体の作製を行った。ジルコニア多孔体の外観を図Ⅲ.2.1.2-2 に示す。従来のアルミナ多孔体と同様の微構造を有するジルコニア多孔体を作製することができた(図Ⅲ.2.1.2-3)。



図Ⅲ.2.1.2-2 ジルコニア多孔体



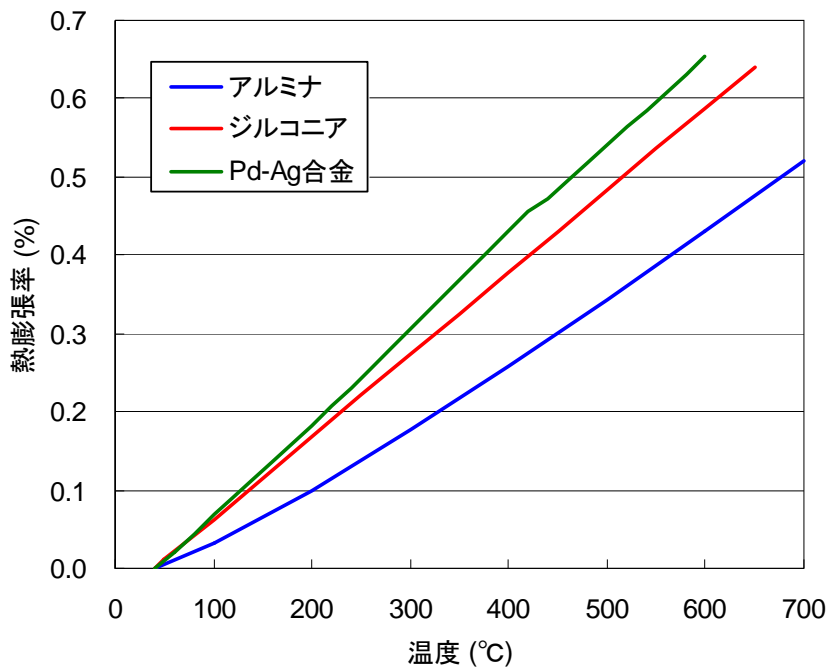
(a) アルミナ多孔体

(b) ジルコニア多孔体

図Ⅲ.2.1.2-3 アルミナ多孔体とジルコニア多孔体の微構造

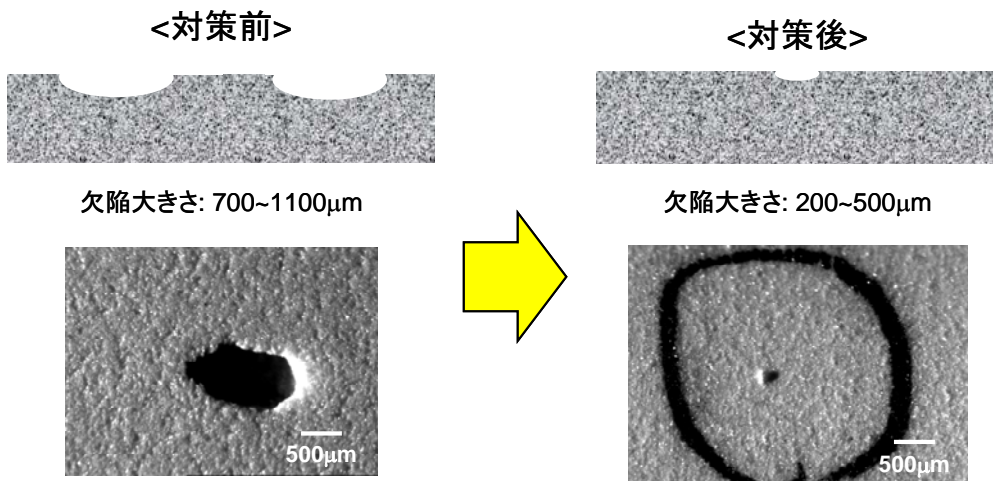
また、作製したジルコニア多孔体とアルミナ多孔体について圧力損失の測定を行った結果、ジルコニア多孔体は従来のアルミナ多孔体よりも圧力損失が大きいことが判明した。解析結果より、粒径を調整したジルコニア原料を使用することによって、ジルコニア多孔体の圧力損失が従来のアルミナ多孔体とほぼ同等の値に改善されることが分かった。

ジルコニア多孔体、アルミナ多孔体、Pd-Ag 合金(Ag 濃度 23%)の熱膨張率測定を行った(図Ⅲ.2.1.2-4)。ジルコニアを使用することにより、従来のアルミナ多孔体よりも Pd 合金により近い熱膨張率を有するセラミック多孔体の作製が可能となった。



図Ⅲ.2.1.2-4 アルミナ多孔体、ジルコニア多孔体、Pd-Ag 合金の熱膨張率

作製したジルコニア多孔体には、凝集物による欠陥が認められた。凝集物について分析を行った結果、凝集物は原料の混錬段階において発生しているものであることが判明した。混錬方法を改良することにより、欠陥の発生数を約 1/10 に、平均サイズを半分以下へと、大幅に減少させることができた(図Ⅲ.2.1.2-5)。



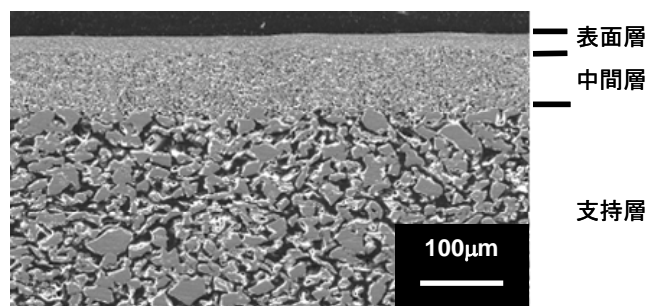
図Ⅲ.2.1.2-5 ジルコニア多孔体表面の欠陥の変化

(2) 基材表面層形成技術の開発

欠陥の少ない Pd 合金薄膜を作製するためには、多孔質基材表面を均一な細孔径を有する平滑な構造とすることが重要である。そのため、ジルコニア多孔質基材は、支持層、中間層、表面層の 3 層構造とした。中間層及び表面層の成膜はろ過成膜によって行った。焼成後のジルコニア多孔質基材の外観と微構造を、図Ⅲ.2.1.2-6 と図Ⅲ.2.1.2-7 に示す。

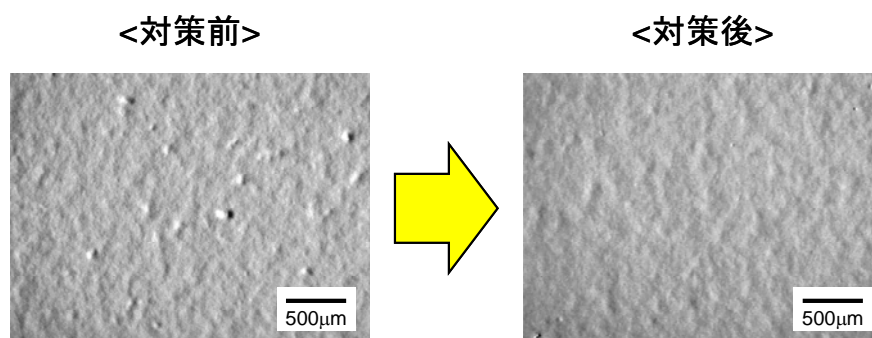


図Ⅲ.2.1.2-6 ジルコニア多孔質基材



図Ⅲ.2.1.2-7 ジルコニア多孔質基材の断面微構造

作製したジルコニア多孔質基材について、基材表面の欠陥観察を行った結果、窪み状の欠陥が存在することが判明した。欠陥の発生原因について調査した結果、成膜スラリー中の異物が悪影響を与えている可能性が示された。そこで、成膜スラリー中の異物除去を行って、ジルコニア多孔質基材を作製した結果、欠陥の発生数を約 1/10 へと大きく減少させることに成功した(図Ⅲ.2.1.2-8)。



図Ⅲ.2.1.2-8 ジルコニア多孔質基材表面の欠陥の変化

(3) 大型基材作製技術の開発

LPガス改質装置で必要とされる透過水素量等から、LPガス改質装置へ組み込む大型Pd合金膜のサイズを直径30mm長さ300mmの袋管形状と決定し、直径30mm長さ300mm以上の大型ジルコニア多孔質基材の作製方法について検討を行った。大型ジルコニア多孔質基材の作製は、小型ジルコニア多孔質基材と同様に押し出し成形とろ過成膜によって行い、小型ジルコニア多孔質基材の作製で確立した要素技術を活用した。

作製したジルコニア多孔体及びジルコニア多孔質基材の外観を図Ⅲ.2.1.2-9と図Ⅲ.2.1.2-10に示す。基材作製時のパラメーターを大型基材用に最適化することで、直径30mm長さ300mm以上の大型ジルコニア多孔質基材を作製することができた。また、大型ジルコニア多孔質基材の微構造、熱膨張率、圧力損失について評価を行った結果、小型ジルコニア多孔質基材と同等の値となることを確認した。

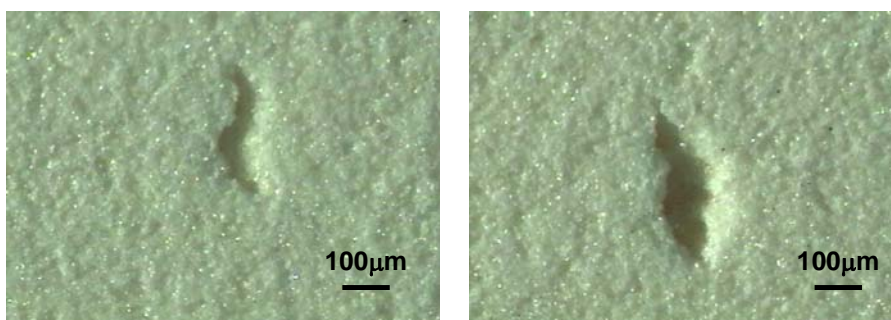


図Ⅲ.2.1.2-9 大型ジルコニア多孔体



図Ⅲ.2.1.2-10 大型ジルコニア多孔質基材

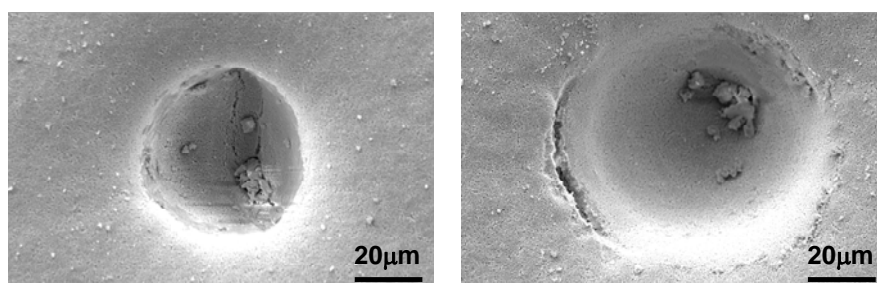
作製した大型ジルコニア多孔体表面の観察を行ったところ、小型ジルコニア多孔体では観察されなかった欠陥の発生が認められた(図Ⅲ.2.1.2-11)。欠陥の発生原因について調査を行った結果、この欠陥は大型ジルコニア多孔体の押し出し成形条件に依存して発生するものであることが判明した。そこで、押し出し成形条件を変更した結果、欠陥の発生を0とすることに成功した。押し出し成形するジルコニア多孔体のサイズが大きくなったことにより、押し出し成形におけるパラメーターの最適値が変化したため、このような欠陥が発生したものと考えられる。



図Ⅲ.2.1.2-11 大型ジルコニア多孔体表面の欠陥

さらに、大型ジルコニア多孔体上に中間層と表面層を成膜することによって作製したジルコニア多孔質基材について、基材表面の欠陥観察を行った。その結果、小型ジルコニア多孔質基材において観察された欠陥に加えて、図Ⅲ.2.1.2-12 に示すような半球窪み状の欠陥の発生が認められた。この欠陥の発生原因について検討を行った結果、原因は成膜スラリー中の気泡によるものであることが判明した。そこで、十分に脱泡した成膜スラリーを用いて成膜することにより、このような欠陥の発生数を 1/10 以下とすることに成功した。

以上のような欠陥対策を実施することにより、大型ジルコニア多孔質基材の作製歩留まりを欠陥対策前の約 3 倍へと大きく向上させることに成功した。



図Ⅲ.2.1.2-12 大型ジルコニア多孔質基材表面の欠陥

2.1.3 Pd 合金膜の耐久性向上

(1) Pd 合金膜の欠陥低減

Pd に Ag を固溶すると、低温での水素脆化が抑制される上に、Ag 濃度 20~25%程度で水素透過係数が極大となることが知られている。そのため、Ag 濃度 20~25%の Pd-Ag 合金を水素分離膜 Pd 合金組成として採用した。

(a) セラミック多孔質基材上への Pd 合金膜の作製

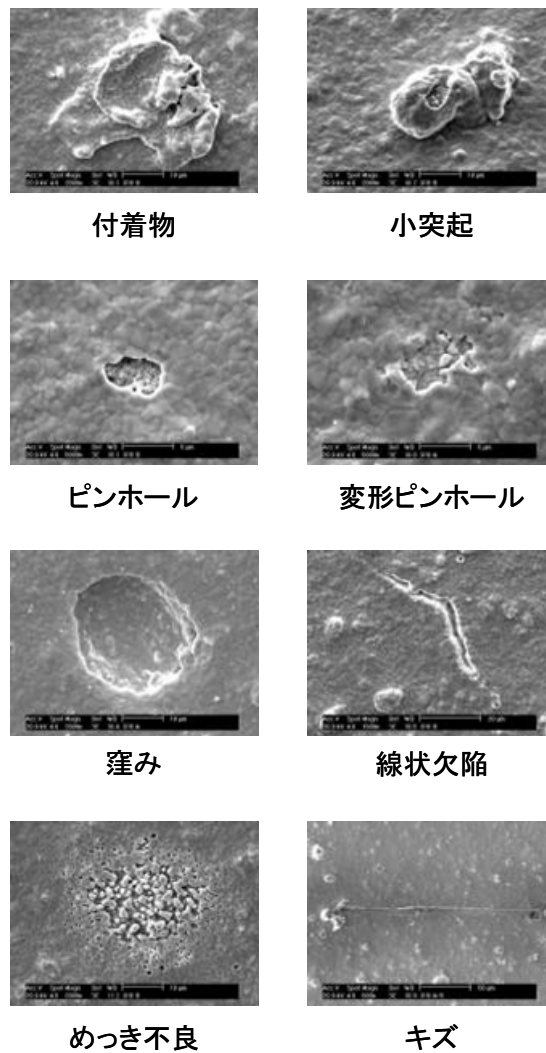
大型セラミック多孔質基材への成膜が容易である等の点を考慮して、Pd 合金膜の作製はめっき法によって行った。直径 10mm 長さ 100mm のジルコニア多孔質基材上に、Pd と Ag をめっき法によって成膜し、合金化することにより Pd-Ag 合金膜の作製を行った。Pd 合金膜の膜厚が約 5・m、Ag 濃度が 20~25%となるように、調整を行った。得られた Pd 合金膜の外観を図Ⅲ.2.1.3-1 に示す。



図Ⅲ.2.1.3-1 Pd 合金膜(直径 10mm)

(b) Pd 合金膜の欠陥観察

Pd 合金膜に欠陥が存在すると、ガスのリークが起き、透過水素純度が低下する。作製した Pd 合金膜について欠陥の同定を行った。欠陥の形態観察の結果から、Pd 合金膜に発生した欠陥を、便宜的に8種類(付着物、小突起、ピンホール、変形ピンホール、窪み、線状欠陥、めっき不良、キズ)に分類した。それぞれの代表的な欠陥形状を図Ⅲ.2.1.3-2 に示す。作製した Pd 合金膜の欠陥観察を行った結果、欠陥の中ではピンホールとめっき不良が多い傾向が認められた。

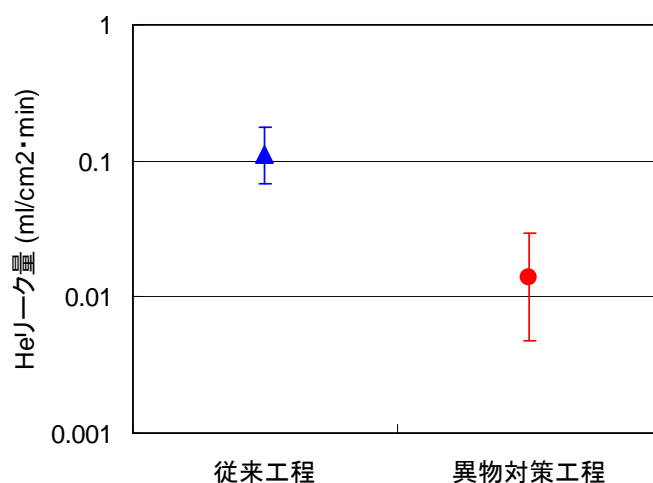


図Ⅲ.2.1.3-2 Pd合金膜の欠陥

(c) Pd合金膜の欠陥低減

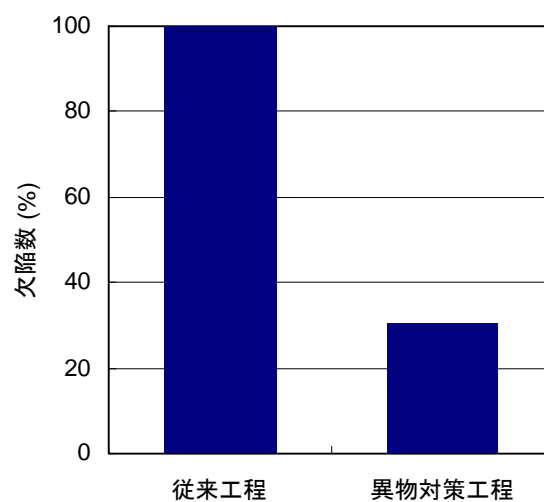
初期のHeリーク量が多いPd合金膜ほど、水素透過試験後の膜の劣化度合いが大きい傾向が認められる。これは、Pd合金膜に存在する欠陥の数が多い場合、水素透過時にリーク量が増加する欠陥が多いためであると考えられる。そのため、初期の欠陥数が少ない(Heリーク量が少ない)Pd合金膜の作製について検討を行った。

Pd合金膜の欠陥解析を行った結果から、異物混入が欠陥発生の要因の一つとなっていることが判明した。そこで、めっき時の異物混入を防止するようにめっき工程を改良した(異物対策工程)。従来工程と異物対策工程によって作製したPd合金膜のHeリーク量を図Ⅲ.2.1.3-3に示す。異物対策工程を実施することにより、Pd合金膜のHeリーク量を従来の約1/10まで低減することに成功した。



図Ⅲ.2.1.3-3 Pd合金膜のHeリーク量の推移

図Ⅲ.2.1.3-4に、従来工程のPd合金膜の欠陥数を100%とした際の、異物対策工程のPd合金膜の欠陥数の割合を示す。従来工程で作製したPd合金膜に対して、異物対策工程によって作製したPd合金膜では、欠陥数が約1/3へと大幅に減少した。欠陥の解析結果から、異物対策工程を採用することにより、主にめっき不良やピンホールといった欠陥の数と大きさが減少することが分かった。



図Ⅲ.2.1.3-4 Pd合金膜の欠陥数の変化

(2) Pd 合金膜—セラミック基材の界面制御

Pd 合金膜は、セラミック多孔質基材中にその一部が入り込んだ状態となっているため、Pd 合金膜の密着性は、下地であるセラミック多孔質基材の細孔径に影響を受ける。そこで、Pd 合金膜に対するセラミック多孔質基材の細孔径の影響について調査を行った。

基材細孔径の影響を調査するために、基材表面層の細孔径を変化させたジルコニア多孔質基材を作製し、その上に Pd 合金膜を成膜後、各種性能の評価を行った。表面層の細孔径については、使用する原料粒径と焼成温度を変化させることによって調整した。性能評価は、標準条件の基材と標準条件よりも細孔径を大きくした 6 種類の基材について実施した。

これらの基材上に作製した Pd 合金膜について、合金化後の He リーク量、純水素を透過させた際の水素透過係数、水素透過試験前後での He リーク量の増加度合いを評価した。その結果、標準条件の基材を用いた Pd 合金膜がもっとも優れた性能を示す結果となった。以上より、標準条件の細孔径が最適であると判断し、以降のジルコニア多孔質基材においては標準条件にて作製した表面層を使用することとした。

(3) 熱処理条件の検討

NEDO「LP ガス固体高分子形燃料電池システム開発事業(平成 13 年度~平成 17 年度)」で実施した研究開発において、メンブレンを熱処理することにより、耐久性が改善される傾向が示された。これらの知見を本事業で開発されたメンブレンに適用し、その効果を明らかにするとともに、最適な熱処理条件を検討して、熱処理による耐久性向上をはかった。

(a) メンブレンの熱処理方法

Pd 合金膜について、まず、Ar 雰囲気から室温から熱処理温度まで昇温した。熱処理温度である 800°Cもしくは 850°Cに達した後、4 時間保持した。この間、H₂と Ar を 20 分毎に切り替えて供給し、熱処理を行った。4 時間経過後、Ar 雰囲気から室温まで降温した。

マイクロ스코プにより Pd 合金の形態に変化がないか確認したが、熱処理前後の表面形態については、明らかな違いは見られなかった。

(b) 熱処理膜の耐久性評価

未処理及び熱処理した Pd 合金膜を用いて熱サイクル試験を行い、耐久性を評価した。まず N₂ 雰囲気から室温から 550°Cまで昇温し、550°Cで 1 時間保持した。その後、N₂ 雰囲気から室温まで降温した。550°Cで 1 時間保持している間に、H₂ 及び N₂ 透過試験を行った。透過試験では、膜の外側(供給側)に 0.1MPaG の H₂ または N₂ を供給し、膜の内側(透過側)に透過したガスの量を測定した。透過側の圧力は大気圧とした。

熱サイクル試験では、サイクル数に対する N₂ 透過量の変化から耐久性を評価した。試験結果を図 III.2.1.3-5 に示す。未処理及び熱処理膜共に、サイクル数に対する N₂ 透過量の変化の挙動に明らかな違いはなく、150~200 サイクル程度でサイクル数に対する N₂ 透過量増加の割合が急激に大きくなる傾向を示した。これらの結果から、本開発で実施した熱処理については、耐久性改善の効果はないと判断した。

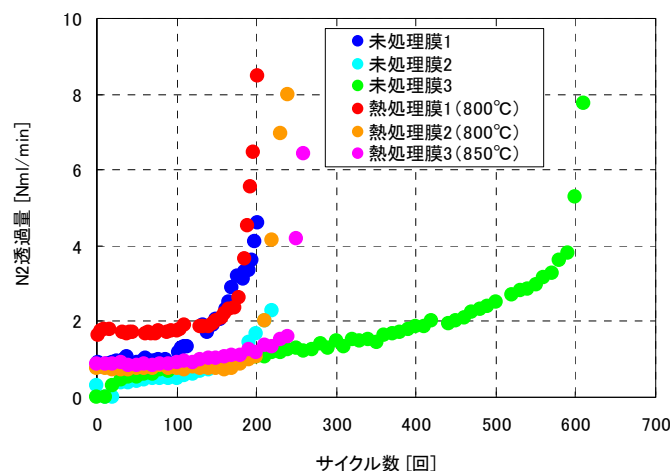


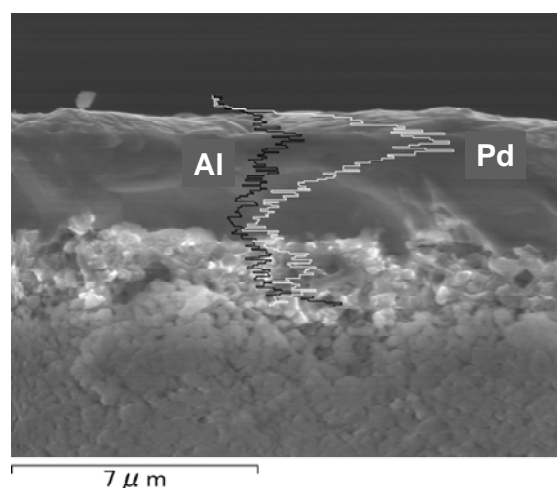
図 III.2.1.3-5 熱サイクル試験結果

(c) Pd-Ag 合金膜と基材の相互作用の解析

600°Cにおいて長時間の水素透過試験を行った場合、アルミナ基材 Pd 合金膜では水素透過係数が徐々に低下するという現象が認められた。一方、ジルコニア基材 Pd 合金膜では、このような水素透過係数の低下は見られなかった。アルミナ基材を用いた場合の高温での水素透過係数の低下原因について調査を行った。

850°Cで水素透過試験を行った後の Pd 膜断面の元素分布分析において、図Ⅲ.2.1.3-7 に示すように、アルミニウムが Pd 膜内部に拡散していることが観察された。Pd 膜により活性化された水素によって基材のアルミナが還元され、金属アルミニウムが生成し、Pd 膜中に拡散していくというメカニズムによって、水素透過係数が低下したと考えられる。

Pd 合金と熱膨張率差が小さいことからジルコニアを多孔質基材の材質として選定したが、水素透過時における Pd との相互作用がなく安定であるという点からも、ジルコニアが高温下、長時間の水素透過に用いるのに優れた基材材質であることが判明した。



図Ⅲ.2.1.3-7 水素透過試験後の Pd 膜断面

(4) 多元素同時めっき法の研究開発

PdとAgの合金膜を作製する際に、PdとAgを同時にめっきすることができれば、成膜操作が一段階で済む上、2元素が近傍に均一に分散して析出するため、比較的穏和な温度条件で短時間での合金化が期待される。そこで、セラミック多孔質基材表面にPdとAgの2元素を同時にめっきすることを試みた。欠陥のない薄膜を得るため、めっき液組成の制御、合金化の熱処理条件等について検討した。

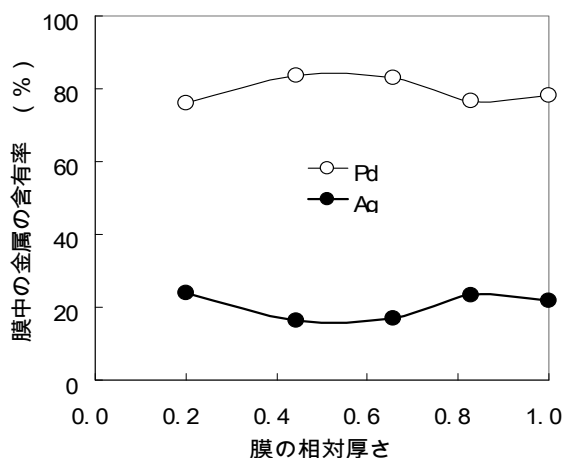
(a) Pd-Ag 同時めっき膜の作製

同時めっきにおいては、セラミック多孔質基材上へ微細な金属核を均一かつ高密度に形成することが重要である。核付け工程の検討の結果、20nm以下のPd核を基材上に均一に分布させることに成功した。

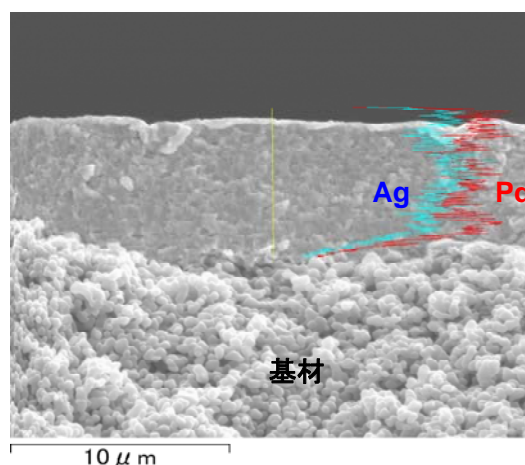
核付けを行ったセラミック多孔質基材をPdとAgの混合溶液(めっき液)に浸し、両金属の同時めっきを行った。PdとAgでは錯化剤による錯形成能や酸化還元電位の差による析出速度に差があるため、PdとAgの同時めっきではAgがより析出しやすく、深さ方向における不均一性には課題が残った。これはめっきの進行に伴いめっき液中のPdとAgの濃度バランスが変化し、一定とならないためである。

(b) 深さ方向の組成分布の改善

PdとAgの析出のマッチングを図り、めっき液中のAg濃度を一定に保つため、めっき中にAg溶液を送液ポンプを用いて補う連続注入法を試みた。めっき条件を検討した結果、図Ⅲ.2.1.3-8に示すように、深さ方向においてPdとAgをほぼ一定の比率で同時めっきすることに成功した。図Ⅲ.2.1.3-9に同時めっき後の膜断面を示す。組成分析により、PdとAgが膜全体に均一に分布していることが確認できた。



図Ⅲ.2.1.3-8 同時めっき膜の深さ方向におけるPdとAgの分布



図Ⅲ.2.1.3-9 同時めっき膜の断面微構造

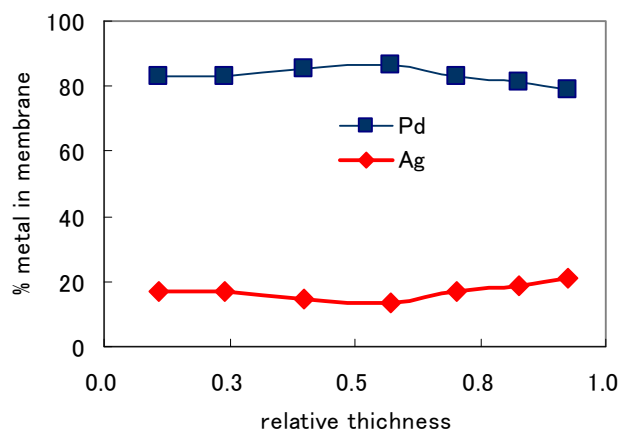
(c) 同時めっき膜の熱処理条件の検討

PdとAgの同時めっきにより作製した膜は、従来の合金化温度よりも低い600°C、2時間の熱処理で合金化が進行することを確認した。さらに、リーク試験から、当合金化条件による欠陥生成が少ないことを確認した。

また、Pd-Ag合金膜について水素透過係数の測定を行った結果、通常のPd-Ag合金膜とほぼ同程度の水素透過係数を示すことを確認した。

(d) 同時めっきによる大型Pd合金膜の作製

直径30mm長さ300mmの大型ジルコニア多孔質基材へのPdとAgとの同時めっきによる合金膜の作製について検討した。適切な条件を選択することにより、PdとAgがほぼ一定の比率となる大型Pd合金膜を作製することに成功した。図Ⅲ.2.1.3-10に、同時めっきによって作製した大型Pd合金膜の、PdとAgの深さ方向における濃度組成を示す。



図Ⅲ.2.1.3-10 大型同時めっき膜の深さ方向におけるPdとAgの分布

(5) Pd-Ag-Au 合金膜の研究開発

Pd-Ag 合金に第3成分(Ru や Au 等)を少量加えることにより、機械強度の向上や化学的な耐久性が向上することがバルク合金による試験から明らかにされている。そこで、めっき法による Pd-Ag-Au 合金膜の作製について検討を行った。

(a) Pd-Ag-Au 合金膜の作製

直径 10mm 長さ 100mm のジルコニア多孔質基材上の Pd-Ag 合金膜の表面に、Au の無電解めっきを行った。熱処理温度と時間を変えて評価を行った結果、水素雰囲気下 750°C、2 時間の熱処理で、合金化することが分かった。

(b) 大型 Pd-Ag-Au 合金膜の作製

直径 10mm 長さ 100mm のジルコニア多孔質基材上への成膜条件を改良することによって、直径 30mm 長さ 300mm の大型ジルコニア多孔質基材への Pd-Ag-Au 合金膜の作製を試みた。図 III.2.1.3-11 に膜の外観を示す。大型 Pd-Ag-Au 合金膜が得られた。また、作製した大型 Pd-Ag-Au 合金膜について水素透過係数の測定を行った結果、Pd-Ag 合金膜とほぼ同程度の水素透過係数を示すことを確認した。



図 III.2.1.3-11 Pd-Ag-Au 膜(合金化前後)

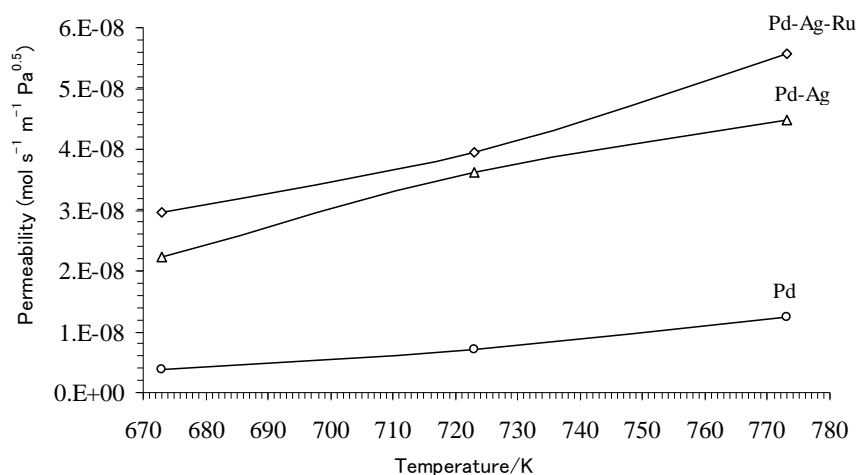
(6) Pd-Ag-Ru 合金膜の研究開発

Pd₆₈Ag₃₀Ru₂ 合金では、純Pdに比べて、引張強さや水素透過速度の改善が期待できるため、上記組成の合金膜をめっき法で作製することを試みた。

(a) Pd-Ag-Ru 合金膜の作製(その1)

Pd-Ag-Ru からなる3元合金をセラミック多孔質基材上に形成するために、Pd、Ag、Ruを無電解めっき法により同時に析出させ、熱処理することによって合金化を行った。600°C水素雰囲気中4時間の熱処理によりPd-Ag-Ru合金膜が得られることが分かった。作製したPd-Ag-Ru合金膜の組成分析の結果、Pd-Ag-Ruの比率は69:30:1であることが分かった。

また、水素透過能は、Pd-Ag-Ru合金へと合金化させることにより、向上することが分かった(図III.2.1.3-12)。



図III.2.1.3-12 Pd-Ag-Ru膜、Pd-Ag膜、Pd膜の水素透過流束

(b) Pd-Ag-Ru 合金膜の作製(その2)

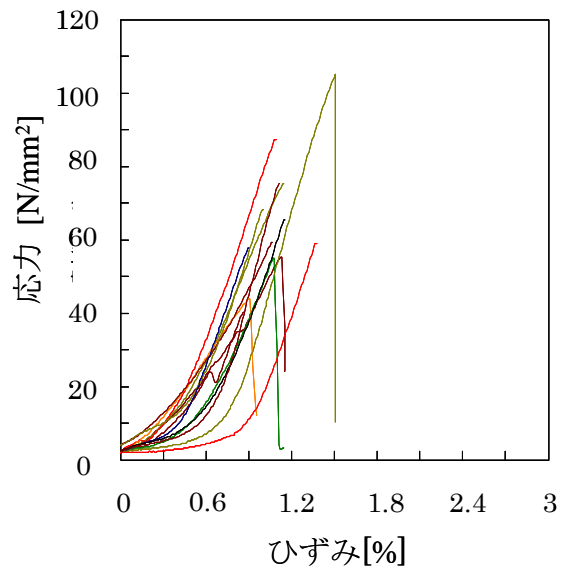
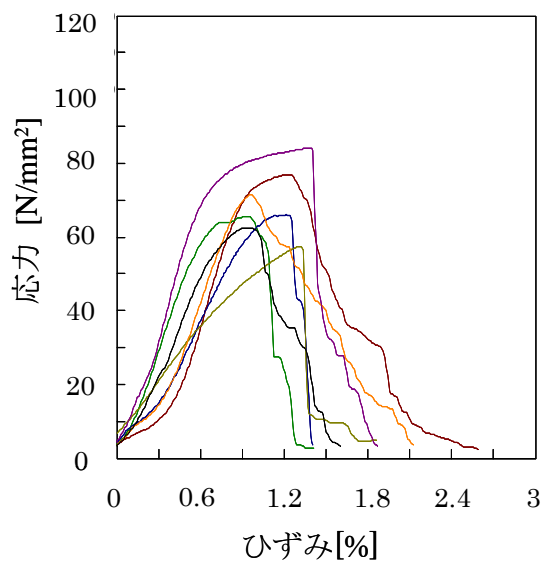
Pd-Ag-Ru合金薄膜の同時めっきは、成膜が難しいこともあり、めっき膜を積層し、それを熱拡散合金化する方法も試みた。まずPd-Ag膜を作製し、その上にRuを析出させてRu/Pd-Ag複合膜を作製した。Pd-Ag-Ru合金膜は、水素気流下700°Cで9時間の熱処理を行って作製した。

水素透過試験を実施し、水素透過量から性能を評価した。得られたサンプルの500°Cにおける水素透過係数は、Pd膜と同程度であり、期待したような水素透過性能を得るには至らなかった。この原因として、表面上のRuがPd-Ag合金内へ完全に拡散しておらず、Pd合金膜での水素の吸着・解離を阻害したためと推測した。

(c) Pd-Ag-Ru 合金膜の強度試験

ABS 樹脂平板を支持基材に用いて無電解めっきを施し、析出した金属薄膜を支持基材から剥離させて引張試験用サンプルとした。得られたサンプルを加熱処理し、短冊形薄膜状に切断して、引張試験機にて強度評価を行った。

図Ⅲ.2.1.3-13 と図Ⅲ.2.1.3-14 に Pd-Ag-Ru 膜と Pd 膜の応力-ひずみ曲線を示す。最大応力の平均値は、純 Pd 膜が 65.3N/mm^2 であるのに対して、Pd-Ag-Ru 合金薄膜では 73.0N/mm^2 であり、めっき法で作製した薄膜では期待されたような引張強度の向上は見られなかった。この原因として、Ru が Pd-Ag 合金へ完全に拡散していなかったため、もしくは膜の内部で偏析を起こし強度の低下を引き起こしたためと考えた。



図Ⅲ.2.1.3-13 Pd-Ag-Ru 膜のひずみ-応力線図 図Ⅲ.2.1.3-14 Pd 膜のひずみ-応力線図

(7) メンブレンの接合技術の開発

作製した Pd 合金膜を実際の LP ガス改質装置で使用する際には、金属部材との接合を行う必要がある。メンブレンモジュールには、主にパッキンを用いた接合方法を採用した。

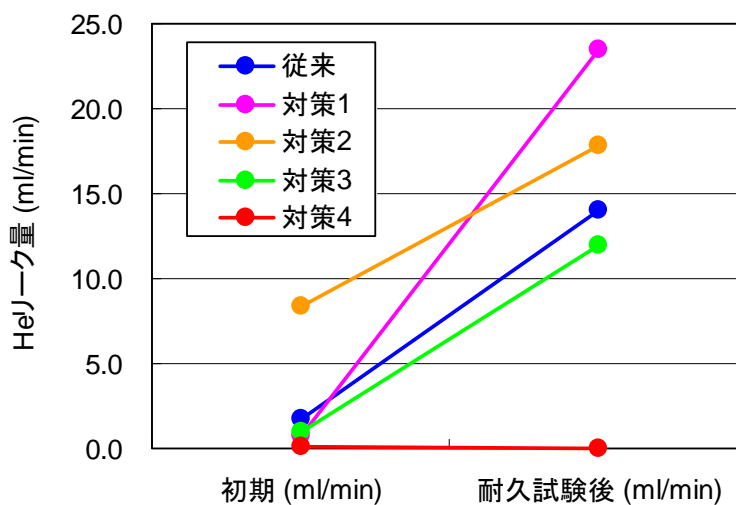
(a) メンブレンの金属部材との接合

パッキンを用いた接合方法について、接合条件の最適化を行った。その結果、He リーク量の測定において、それぞれ接合部からの He リーク量を 0.5ml/min・atm 以下とすることができた。

(b) 耐熱性接合方法の検討

600°Cでの連続水素透過耐久試験結果から、パッキンを用いた接合方法では、透過水素純度が低下することが判明したため、耐熱性のある接合方法の開発を行った。

耐熱性のある接合方法を実現するため、パッキンの熱劣化対策について種々検討を行った(図 III.2.1.3-15)。その結果、パッキン材質を変更することによって、良好な耐熱性を有する接合方法の開発に成功した。今後、実際の大型メンブレンモジュールに耐熱性接合方法を組み合わせ、長期耐久性の評価を行っていく。



対策1: パッキン構造の変更
対策2: パッキンへの耐熱コーティング1
対策3: パッキンへの耐熱コーティング2
対策4: パッキン材質の変更

図 III.2.1.3-15 接合部の耐久試験結果

2.1.4 実機サイズ大型メンブレンの試作、評価、解析

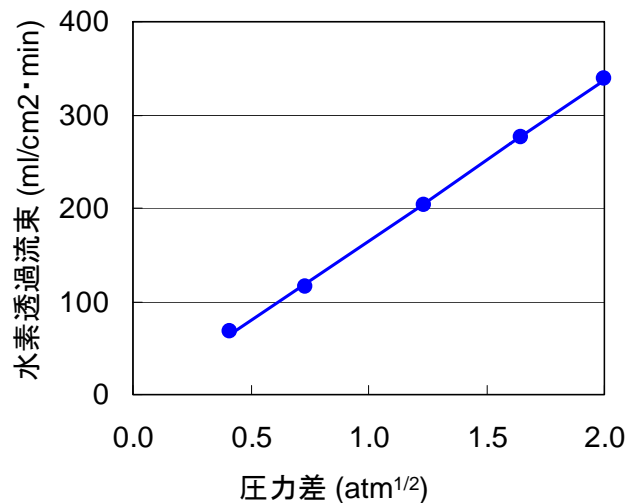
(1) 小型メンブレンの水素透過性能と耐久性の評価

実機サイズの大型メンブレンモジュールを用いて水素透過性能や耐久性の評価を行う前に、ジルコニア多孔質基材を用いた場合の Pd 合金膜の基本特性の把握を行うため、小型メンブレンモジュールの評価を行った。

(a) 小型メンブレンモジュールの水素透過性能評価

直径 10mm 長さ 100mm のジルコニア多孔質基材上に作製した Pd 合金膜を金属部材と接合することによって、小型メンブレンモジュールを作製し、水素透過試験を行った。なお、供給側は印加する圧力を変化させ、透過側は 0MPaG に設定した。

水素透過試験の結果を図Ⅲ.2.1.4-1 に示す。小型メンブレンモジュールの水素透過係数は、目標値よりも十分大きな $160\text{ml}/\text{cm}^2\cdot\text{min}\cdot\text{atm}^{1/2}$ 以上の値を示した。以上より、作製したジルコニア多孔質基材は、Pd 合金膜の水素透過性能に悪影響を与えていないと判断した。



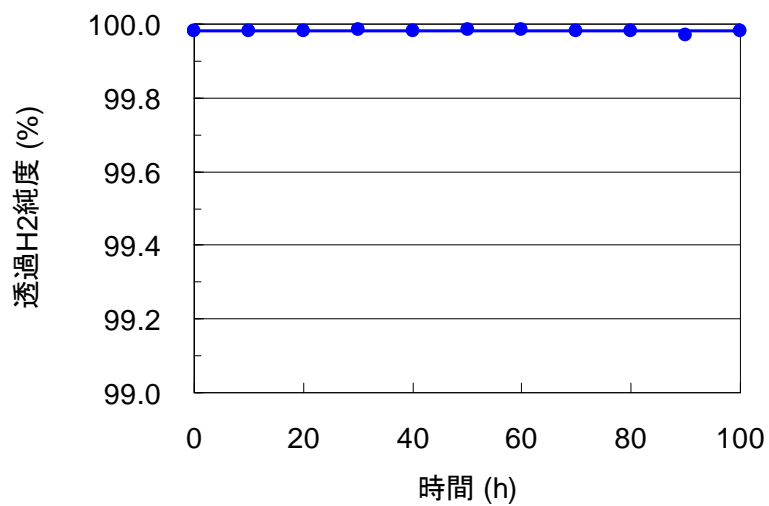
図Ⅲ.2.1.4-1 小型メンブレンモジュールの水素透過試験結果

(b) 小型メンブレンモジュールの耐久性能評価

小型メンブレンモジュールの連続水素透過耐久試験を実施した。連続水素透過耐久試験は、水素と窒素の混合ガス(水素:窒素=1:1)を供給し、Pd 合金膜を透過したガスの水素濃度の時間変化を測定することによって行った。

小型メンブレンモジュールの 100 時間連続水素透過耐久試験の結果を図Ⅲ.2.1.4-2 に示す。100 時間の耐久試験において、小型メンブレンモジュールの水素純度に変化は見られず、小型メンブレンモジュールは少なくとも 100 時間以上の耐久性を有することが明らかとなった。以上のように、ジルコニア多孔質基材を用いたことによる耐久性への悪影響は認められなかった。さらなる

長時間の耐久試験については、大型メンブレンモジュールを用いて行うこととした。



図Ⅲ.2.1.4-2 小型メンブレンモジュールの連続水素透過耐久試験結果

(2) 大型メンブレン作製技術の開発

(a) 大型メンブレンモジュールの作製

実際の LP ガス改質装置へ組み込む大型メンブレンモジュールを作製するため、直径 30mm 長さ 300mm 以上の大型ジルコニア多孔質基材上に、Pd-Ag 合金膜の作製を行った。Pd 合金膜の膜厚は約 5 \cdot m、Ag 濃度は 20-25%とした。作製した Pd 合金膜の外観を図Ⅲ.2.1.4-3 に示す。

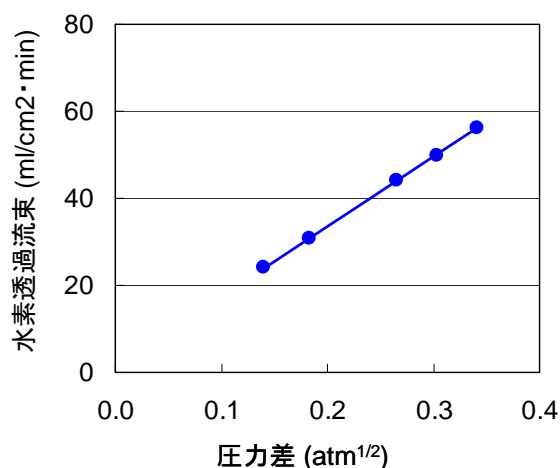
作製した大型 Pd 合金膜の欠陥について解析を行った結果、小型 Pd 合金膜と異なり、付着物欠陥の発生が多い傾向が認められた。欠陥の発生を抑制するために、めっき工程の最適化を行った結果、欠陥量が小型 Pd 合金膜と同程度まで抑えられた大型 Pd 合金膜を得ることができた。この大型 Pd 合金膜を用いて、水素透過性能の評価を行った。



図Ⅲ.2.1.4-3 大型 Pd 合金膜(直径 30mm)

(b) 大型メンブレンモジュールの水素透過性能評価

大型 Pd 合金膜を金属部材と接合することによって、大型メンブレンモジュールを作製した。この大型メンブレンモジュールの水素透過試験の結果を図Ⅲ.2.1.4-4 に示す。大型メンブレンモジュールは、小型メンブレンモジュールと同等の 160ml/cm²・min・atm^{1/2} 以上の水素透過係数を有することが明らかとなった。



図Ⅲ.2.1.4-4 大型メンブレンモジュールの水素透過試験結果

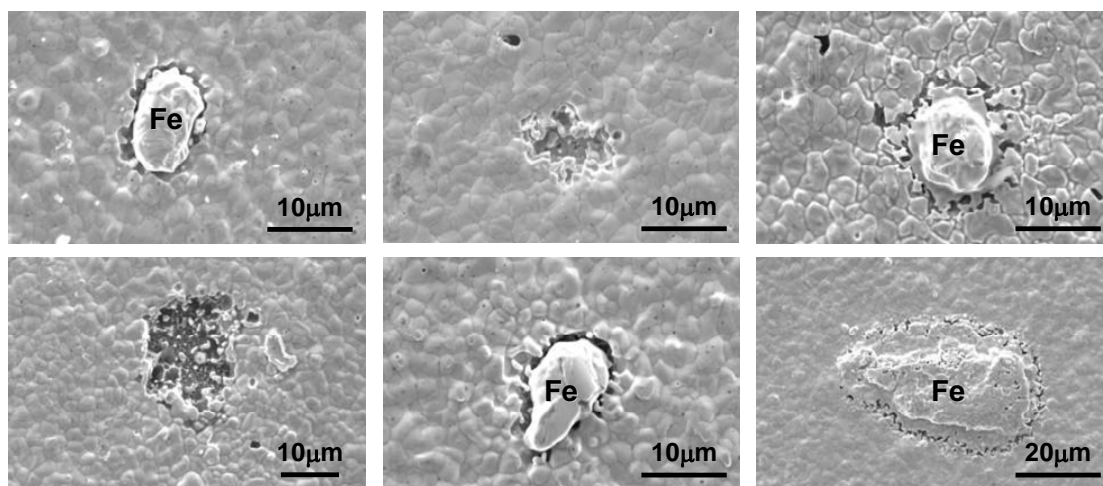
(3) 耐久性評価方法の検討

(a) 大型メンブレンモジュールの連続水素透過耐久試験の実施

大型メンブレンモジュールの連続水素透過耐久試験を実施した。連続水素透過耐久試験は、600°Cに昇温した Pd 合金膜の外側から水素と窒素の混合ガス(水素:窒素=1:1)を供給し、ガスの水素濃度の時間変化を測定することによって行った。2本の大型メンブレンモジュール(サンプル 1、2)について、それぞれ 300 時間の連続水素透過耐久試験を行った。

サンプル 1 及びサンプル 2 共に連続水素透過耐久試験において 150~250 時間で透過水素純度が 98%を下回る結果となった(図Ⅲ.2.1.4-7)。耐久試験において透過水素純度が大幅に低下した原因を明らかにするために、耐久試験を行ったメンブレンモジュールについて欠陥の解析を行った。その結果、図Ⅲ.2.1.4-5に示すような耐久試験前には存在しなかった欠陥が耐久試験後の Pd 合金膜上に多数発生していることが判明した。

これらの欠陥について元素分析を行った結果、欠陥の中心の粒子状の部分から Fe が検出された。この欠陥生成メカニズムについては、以下のように推察している。Fe 粒子が Pd 合金膜に付着し、Fe と Pd が反応することによって Pd が Fe へと拡散し、欠陥が形成される。さらに、生成した欠陥中心部の Fe 化合物が剥離することにより、窪み状の欠陥が発生する。Fe と Pd 膜を高温で接触させたときの欠陥部分の組成分析から、Pd と Fe が拡散し、 FePd_3 が作られることで欠陥形成につながっていると推定した。



図Ⅲ.2.1.4-5 耐久試験後の欠陥

(b) Fe 由来欠陥対策の実施

欠陥解析結果から、600°Cでの大型メンブレンモジュールの連続水素透過耐久試験においては、鉄由来欠陥のため、Pd合金膜自体の耐久性能を評価できていないことが判明した。そこで、Feに由来する欠陥を抑制するため、次の2種類の対策について検討を行った。

対策1: 圧力容器へのめっき

対策2: セラミック多孔体カバー

これら対策1と対策2を実施した大型メンブレンモジュール(サンプル3、4)について、それぞれ600°Cでの連続水素透過耐久試験を行った。その結果を図Ⅲ.2.1.4-7に示す。対策1または対策2を実施することにより、透過水素純度の低下が大幅に抑制されることが分かった。また、耐久試験後のサンプルの欠陥解析を行ったが、Feに由来する欠陥はほとんど観察されなかった。

以上の結果から、大型メンブレンモジュールの連続水素透過耐久試験においては、対策1または対策2を行った状態で試験を実施することとした。

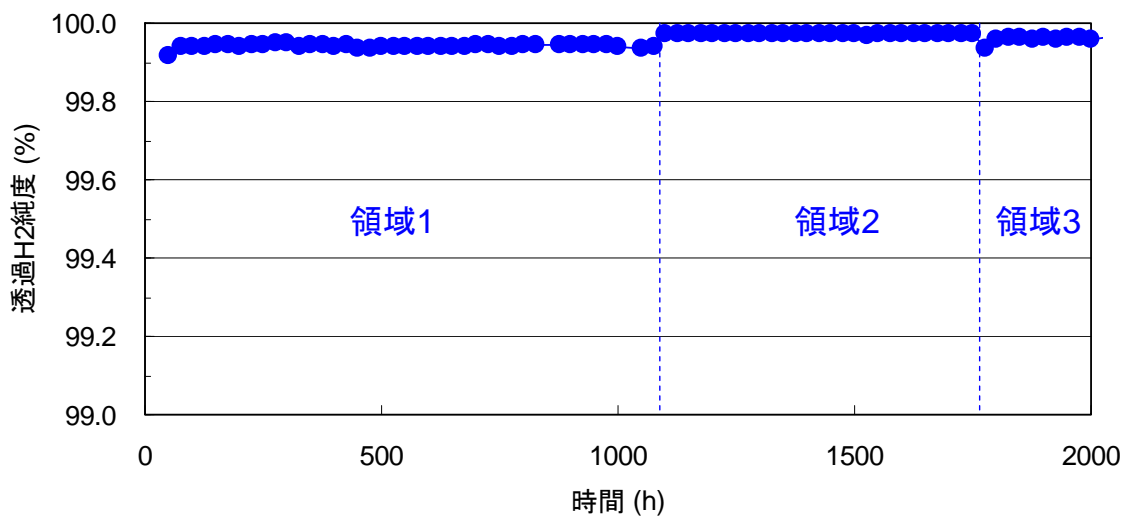
(4) 大型メンブレンの耐久性の確認

大型メンブレンモジュールの耐久性能を評価するため、2,000 時間の連続水素透過耐久試験を実施した。今回は 2,000 時間の連続水素透過耐久試験を行った結果をもとに、外挿によって 20,000 時間の耐久性能を推定することとした。連続水素透過耐久試験は、大型メンブレンモジュールを 400°Cもしくは 600°Cに昇温し、Pd 合金膜の外側から水素と窒素の混合ガス(水素:窒素=1:1)を供給し、ガスの水素濃度の時間変化を測定することによって行った。

(a) 400°Cでの連続水素透過耐久試験

400°Cで大型メンブレンモジュール(サンプル 3)の連続水素透過耐久試験を行った。耐久試験結果を図Ⅲ.2.1.4-6 に示す。耐久試験前半の領域 1 は供給側 0.12MPaG、透過側 0MPaG、後半の領域 2 と 3 は供給側 0.20MPaG、透過側 0MPaG とした。領域 2 と領域 3 の間で耐久試験装置の停止・起動を行った。耐久試験装置の停止・起動によって透過水素純度は若干低下しているが、この低下は接続部からのリークが増加したためと考えている。

図Ⅲ.2.1.4-6 の領域 1、領域 2、領域 3 の各領域内においては、透過水素純度の低下は全く認められなかった。そのため、400°Cでの連続水素透過に対して、大型メンブレンモジュールは 20,000 時間以上の耐久性を有すると判断した。



図Ⅲ.2.1.4-6 連続水素透過耐久試験結果(サンプル 3 @400°C)

(b) 600°Cでの連続水素透過耐久試験

サンプル 3 について 600°C で連続水素透過耐久試験を実施した。しかし、装置トラブルにより試験装置が停止したため、600°Cでの連続水素透過試験は 250 時間で中止した。次に、Fe 由来欠陥対策 2 を行った上で、600°C で大型メンブレンモジュール(サンプル 4)の連続水素透過耐久試験を行った。サンプル 3 とサンプル 4 の耐久試験結果(600°C)を、サンプル 1、2 とあわせて、図 III.2.1.4-7 に示す。

連続水素透過耐久性の推定を行うために、サンプル 4 の連続水素透過耐久試験結果を用いて、外挿により 20,000 時間までの透過水素純度の推定を行った結果、約 10,000 時間で透過水素純度が 98% 以下となることが分かった。また、サンプル 3 とサンプル 4 では、Fe 由来欠陥を抑制することにより、サンプル 1 やサンプル 2 と比較して連続水素透過耐久性を 30~40 倍向上させることができた。

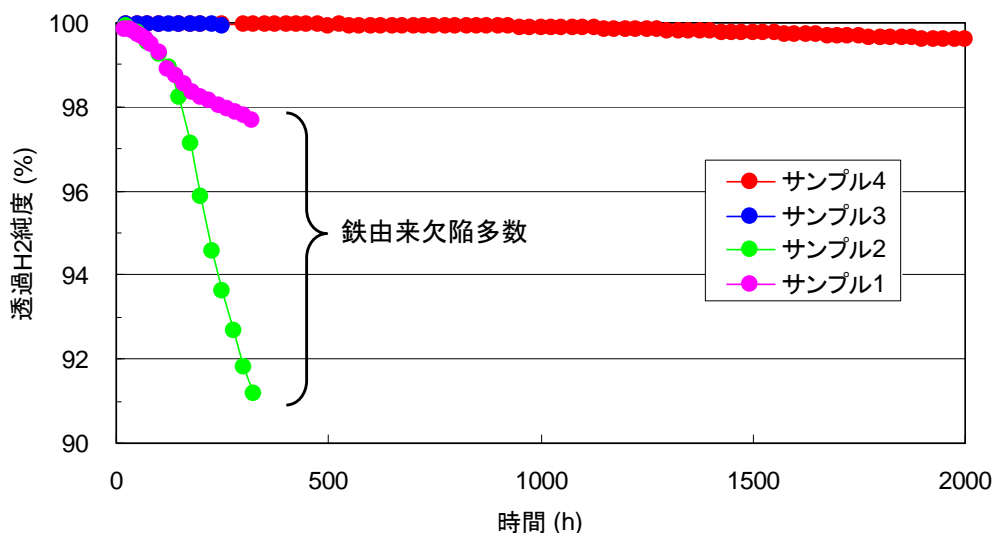


図 III.2.1.4-7 連続水素透過耐久試験結果(サンプル 1~4 @600°C)

(c) 600°Cでのメンブレン劣化原因の解明

600°Cでの連続水素透過耐久試験において透過水素純度が低下した原因の調査を行うため、サンプル 3 及びサンプル 4 について、Pd 合金膜部と接合部の He リーク量の増加倍率を測定した。その結果を表 III.2.1.4-1 に示す。サンプル 3 とサンプル 4 共に、Pd 合金膜部よりも接合部からのリーク量増加倍率の方が大きいことが判明した。そのため、接合部からのリーク量増加がなかったと仮定した場合、20,000 時間後も十分に透過水素純度 98% 以上を維持することができることが分かった。つまり、Pd 合金膜単体であれば 20,000 時間以上の耐久性能を有しているということが出来る。一方で、この耐久試験結果は、600°Cでの耐久試験において接合部に劣化が生じていることを示している。

表Ⅲ.2.1.4-1 600℃耐久試験によるリーク量増加倍率

リーク量増加倍率 (倍)	全体	合金膜部	接合部
サンプル3	2.5	1.1	4.6
サンプル4	85.4	3.3	128.1

以上より、Pd合金膜は、400~600℃において20,000時間以上の耐久性を有していると考えられる。一方、接合部は、400℃では十分な耐久性を有しているが、600℃では劣化が生じる(表Ⅲ.2.1.4-2)。ただし、先の「メンブレンの接合技術の開発」にて開発した耐熱性のある接合方法を用いれば600℃でも劣化が生じない可能性がある。今後、実際に大型Pd合金膜と耐熱性のある接合方法を組み合わせた大型メンブレンモジュールを作製し、耐久性能の評価を行っていく予定である。

表Ⅲ.2.1.4-2 連続水素透過耐久試験における20,000時間耐久性

20,000h耐久性	400℃	600℃
Pd合金膜部	○	○
接合部	○	×

2.2 LP ガス改質装置の開発及び燃料電池システムにおける改質装置の性能評価

2.2.1 はじめに

「LP ガス改質装置の開発」では、改質装置を構成するメンブレンリアクターの最適設計他、各要素技術の研究開発を行い、高効率で高耐久性な LP ガス改質装置を開発する。

要素技術の開発では、メンブレンリアクターの反応モデルの構築・シミュレーション解析による反応器構造、触媒性能、分離膜性能の最適設計を行うと共に、メンブレンリアクター加熱システムの開発、改質装置の放熱ロスの低減、脱硫システムの研究開発、CO 除去技術の研究開発を行い、改質装置の高効率化・コンパクト化を図る。また、Pd 系複合膜のキャラクタリゼーション、高活性な LP ガス改質触媒の開発、メンブレン型 LP ガス改質装置の耐久性向上に関する研究開発を行う。

上記要素技術の成果と耐久性の高い水素分離膜(メンブレン)を用いてメンブレン型 LP ガス改質装置の試作及び本装置の設計、製作、評価試験を行って、改質効率、耐久性を検証する。

さらに、「燃料電池システムにおける改質装置の性能評価」では、この改質装置と燃料電池スタックとの連携試験を行い、燃料電池システム全体としての評価、及び実用化に向けての課題を抽出する。

1kW 級燃料電池スタックに供する高効率 LP ガス改質装置の開発を目的とし、表Ⅲ.2.2.1-1 に平成 18 年度~平成 20 年度における開発目標を示す。

また、特許、論文等の件数一覧を表Ⅲ.2.2.1-2 に示す。

表Ⅲ.2.2.1-1 開発目標

		平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度
反 応 条 件	原 料	市販 LP ガス	市販 LP ガス	市販 LP ガス
	改質温度 [°C]	600	≤600	≤600
	GHSV [h ⁻¹]	1000	1000	≥1000
	S/C [-]	2.8	2.5-2.8	最適値
目 標 値	サイズ*1)	最適なバーナー構造、断熱構造及び反応器構造等の設計指針を明確にし、コンパクト化・改質効率の向上に資するデータ・知見を蓄積する。また、耐久性の評価方法を検討する。	—	<200L
	水素透過量		674NL/h	674NL/h
	改質効率*2) (HHV)		80%	85%
	耐久性		1,000 時間以上*3)	20,000 時間相当以上*4)
	コスト		—	100~200 万円

*1) 燃料電池スタックを含むシステム全体のサイズとして。ただし、前提条件として燃料電池スタックとその補機(ブロワ、加湿器、インバーター等含む)を 100L として計算する。

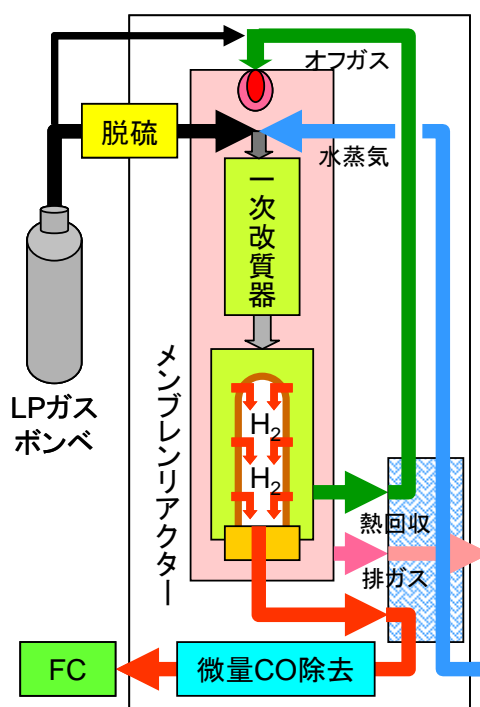
- *2) 改質効率=(製造される水素の熱量(HHV)/改質器に投入する LP ガスの熱量(HHV))
- *3) 連続運転による試験データから評価し、水素純度 98%以上を確保する。
- *4) 20,000 時間以上の耐久性については、2,000 時間程度の運転試験におけるメンブレン性能及び改質装置性能(効率、製造水素品質等)の劣化度合いから評価する。

表Ⅲ.2.2.1-2 特許、論文等の件数一覧

特許出願		論文		学会 発表	展示会	成果 報告会
国内	国外	査読付き	その他			
2 件	0 件	0 件	0 件	3 件	2 件	3 件

2.2.2 LP ガス改質装置の高効率化・コンパクト化に係る研究開発

図Ⅲ.2.2.2-1 に膜型 LP ガス改質装置のシステム構成を示す。本装置の基本的な構成要素は、脱硫装置、一次改質器、膜リアクター、CO 除去装置、燃焼バーナー、熱交換器などである。ここでは、改質装置の高効率化・コンパクト化を目的に、各構成機器の最適化を行った。



図Ⅲ.2.2.2-1 膜型 LP ガス改質装置の概要

(1) 膜リアクター加熱システムの開発

改質装置の効率を向上し、かつ局所過熱による膜リアクターの劣化を防ぐため、リアクターを加熱する燃焼バーナーの選定、加熱構造の最適化を行った。

(a) 燃焼バーナーの選定

市販品の中から、改質装置に使用可能な円管型バーナー、パイロットバーナー、ポイントバーナー及びパイプバーナーを入手し、目視により燃焼状態を確認した。燃料として供給する LP ガスの熱量は、1,100kcal/h、空燃比は 1.4 とした。

図Ⅲ.2.2.2-2 に各バーナーの燃焼状態を示す。円管型バーナー及びパイロットバーナーでは、輝炎となり、良好な燃焼状態が得られなかった。一方、ポイントバーナー及びパイプバーナーでは、安定した不輝炎となり良好な燃焼状態が確認できた。



円管型バーナー パイロットバーナー ポイントバーナー パイプバーナー

図Ⅲ.2.2.2-2 燃焼状態確認試験結果

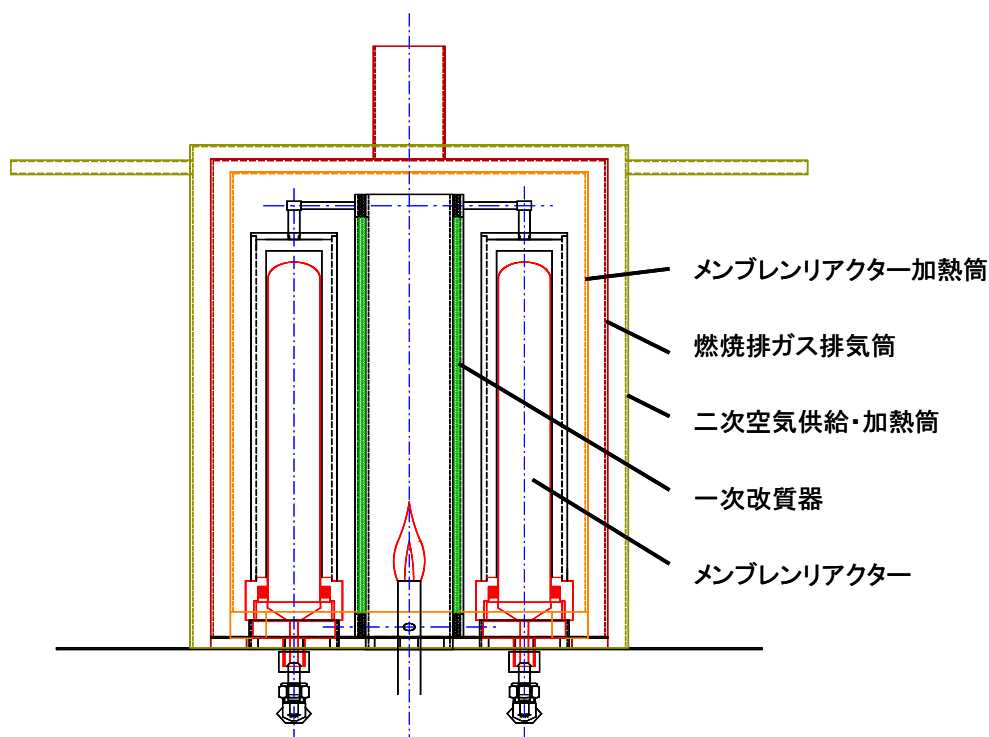
目視で良好な燃焼状態が確認できたポイントバーナー及びパイプバーナーについては、燃焼性能の確認を行った。燃焼性能確認試験の結果を表Ⅲ.2.2.2-1 に示す。試験の結果、ポイントバーナーでは、LP ガス及び混合燃料(LP ガスと模擬オフガスの混合燃料)ともに、700°Cを超える燃焼筒出口温度が得られた。また、燃焼排ガス中のCO濃度は、いずれの条件においても50ppm以下となった。これらの結果から、ポイントバーナーを用いることによって、燃焼排ガス中のCO濃度が低く良好な燃焼が可能で、かつ装置をより高温に加熱できることが確認できた。

表Ⅲ.2.2.2-1 燃焼性能確認試験結果

	ポイントバーナー		パイプバーナー	
	LP ガス	LP ガス +模擬オフガス	LP ガス	LP ガス +模擬オフガス
燃料熱量 [kcal/h]	1,100	1,100	1,100	1,100
空燃比 [-]	1.67	1.40	1.68	1.40
燃焼筒出口外壁 [°C]	713	710	666	600
CO 濃度 [ppm]	< 50	< 50	5,000~9,000	2,500~7,500

(b) 加熱構造の最適化

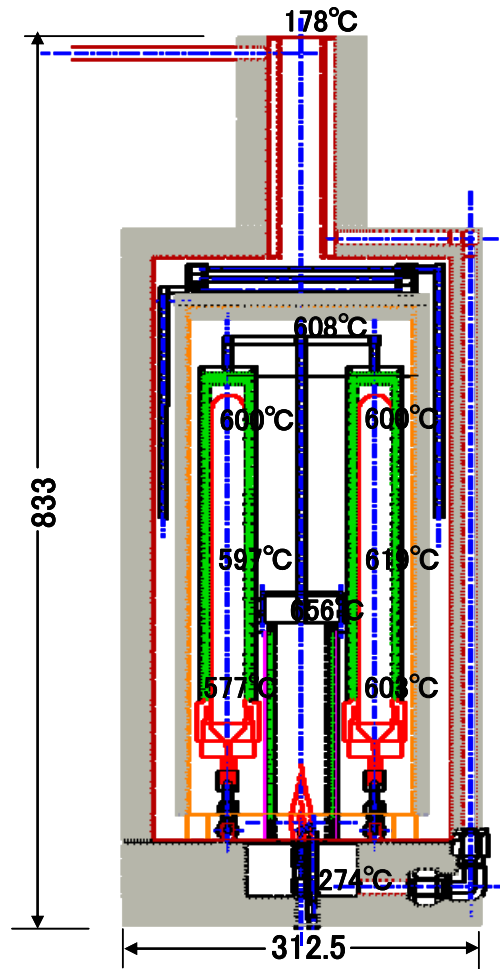
局所過熱がなく、熱の授受が適切に行われるリアクター・バーナー間の加熱構造の最適化検討を行った。メンブレン型LPガス改質装置の基本構造を図Ⅲ.2.2.2-3に示す。装置の基本的な構成要素は、燃焼バーナー、一次改質器、メンブレンリアクター、メンブレンリアクター加熱筒、燃焼排ガス排気筒、二次空気供給・加熱筒とした。



図Ⅲ.2.2.2-3 メンブレンリアクター改質試験装置構造

改質反応試験を行い、改質性能やメンブレン高さ方向の温度分布など製作した装置の基本特性を確認した。その結果、改質性能については、一次改質ガス中の水素濃度が59.9%、また、透過水素流量が351.7NL/h、水素純度が99.8%と、ほぼ目標とする性能が得られた。しかしながら、メンブレンリアクターの縦方向に温度分布が認められ、装置構造の最適化が必要であることが分かった。

メンブレンリアクター縦方向の温度分布を低減するため、一次改質器長さ(高さ)、メンブレンリアクターの配置、燃焼バーナーの設置位置および断熱材等の最適化を行った。結果を図Ⅲ.2.2.2-4に示す。その結果、メンブレンリアクター下部の温度が上昇し、温度差を約20°Cにまで小さくできることを確認した。



図Ⅲ.2.2.2-4 メンブレンリアクター設置位置変更後の温度分布

以上の検討により、改質効率の向上及びメンブレンリアクターの均一加熱による耐久性改善を目的とした、リアクター形状、リアクターを加熱する燃焼バーナー、加熱構造の最適化、各構成機器を炉体に組み込んだ場合の全体としてのマッチングについての見通しが得られた。これら改質装置構造に関する知見については改質装置の設計・製作に反映させた。

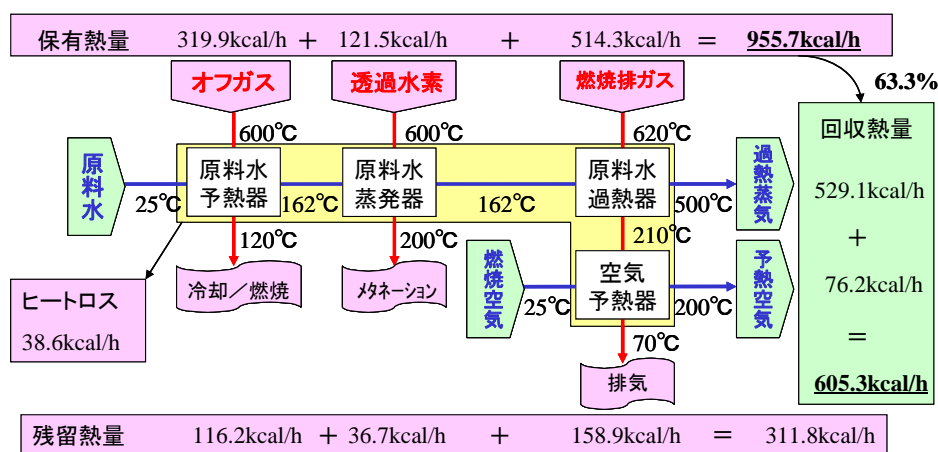
(2) 改質装置の放熱ロスの低減

高効率化には、可能な限り熱回収を行うとともに、炉体からの放熱を少なくする必要がある。炉体内部に熱交換器を配した多重構造の改質装置を想定し、改質装置の高効率化を目的に熱交換器について検討した。

ここでは、オフガス、透過水素、及び燃焼排ガスの顕・潜熱を回収して約 600℃での改質に必要な原料水の蒸発・加熱が可能で、かつ圧力損失が少なく、コンパクトな熱交換器を検討、試作し、性能を評価した。

(a) 原料水用熱交換器での必要熱交換量

目標とする改質効率を達成するための熱収支試算に基づいて、原料水用熱交換器の目標性能を設定した。図Ⅲ.2.2.2-5 に原料水用熱交換器に関する熱的な収支関係及び目標とする熱回収量を示す。



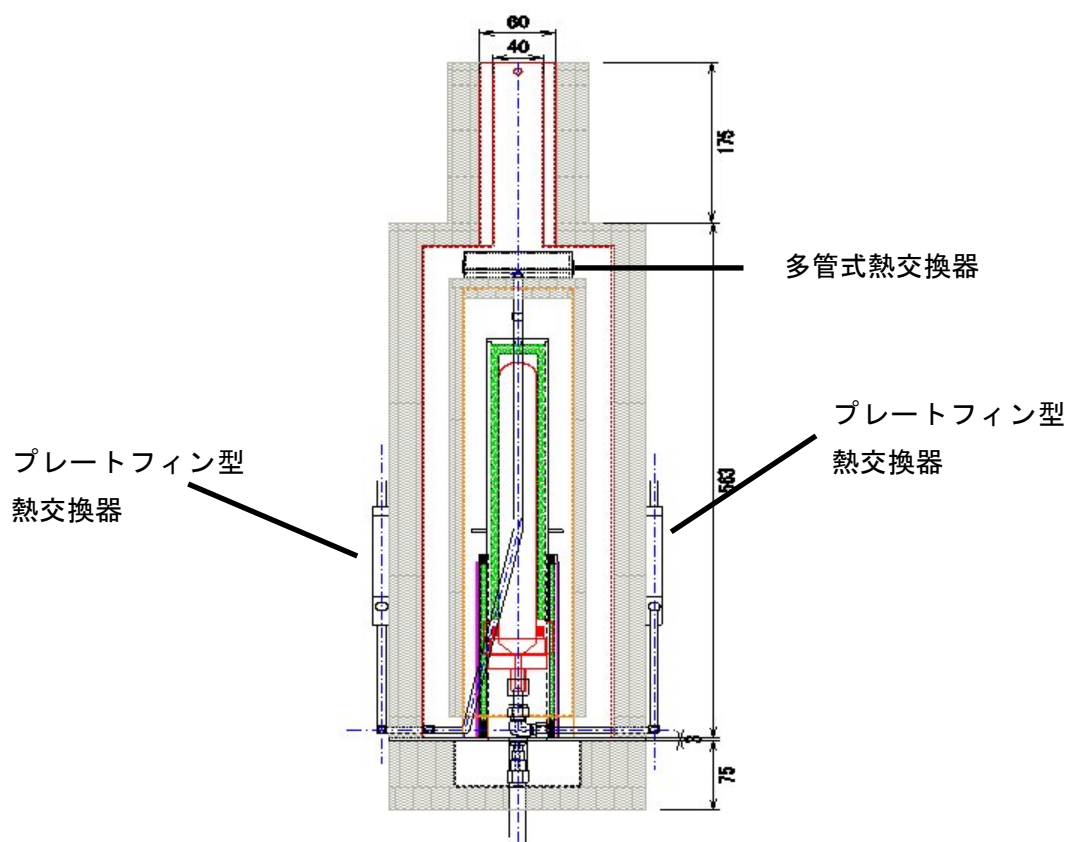
図Ⅲ.2.2.2-5 原料水用熱交換器に関する熱収支関係及び目標熱回収量

熱収支試算に基づいて、オフガス、透過水素、燃焼排ガスが保有する熱量は、それぞれ 319.9kcal/h、121.5kcal/h、514.3kcal/h の合計 955.7kcal/h とした。オフガス、透過ガス、燃焼排ガスについて、それぞれの熱回収可能な下限温度から、各熱交換器での熱回収量は、それぞれ 193kcal/h、80kcal/h、256kcal/h、合計 529kcal/h とした。

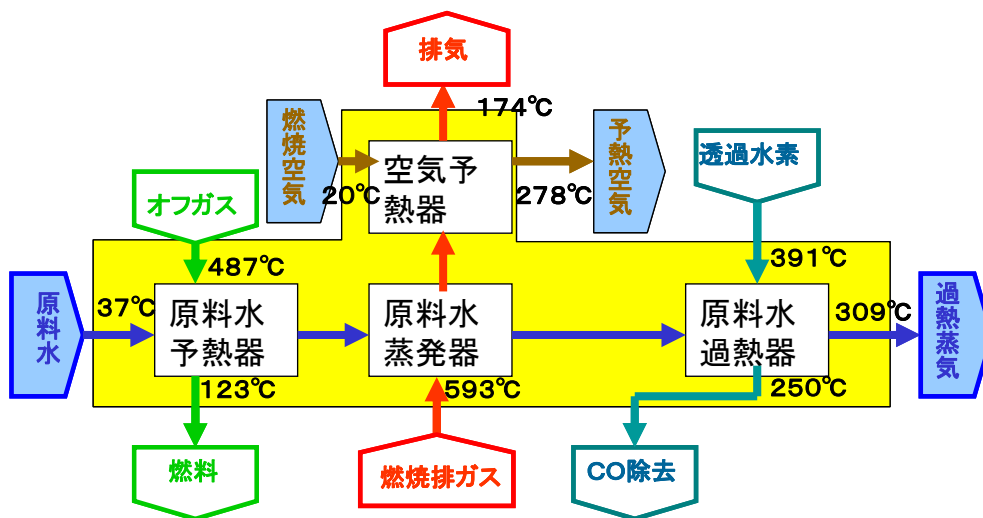
(b) 熱交換器の最適化

熱交換器の調査・選定を行い、市販品の中から目標とする熱回収が可能なプレートフィン型熱交換器および多管式熱交換器を入手した。入手した熱交換器については図Ⅲ.2.2.2-6 に示すように改質装置に設置し、実際のオフガス、透過水素及び燃焼排ガスを用いて性能確認および最適化を行った。その結果、原料水(蒸気)温度が 300℃以上に加熱され、一次改質器に供給するのに十分な温度にまで加熱できることが確認できた(図Ⅲ.2.2.2-7)。

これらの結果から、検討した熱交換器により、改質に必要な原料水の蒸発・加熱が可能であることが確認できた。



図Ⅲ.2.2.2-6 試作改質装置内の熱交換器の配置



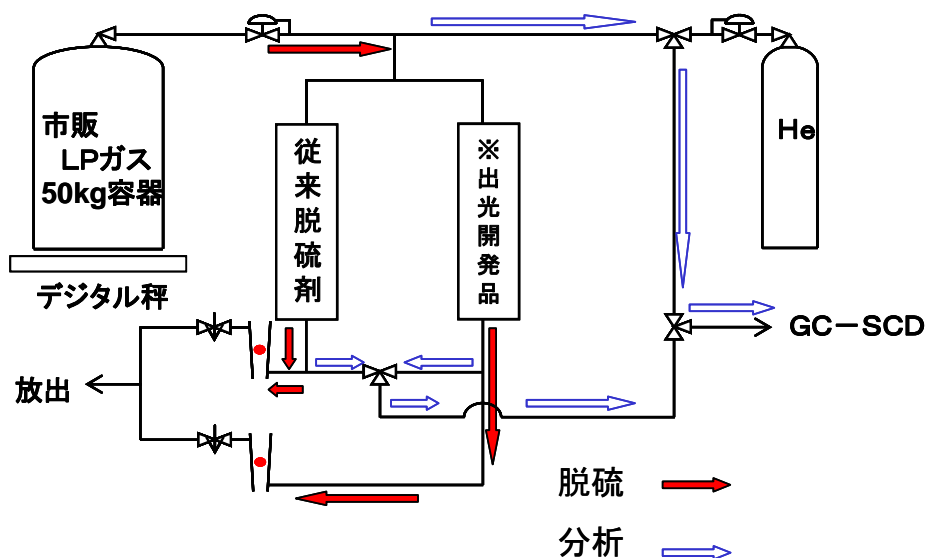
図Ⅲ.2.2.2-7 試作改質装置による熱交換器性能確認試験結果

(3) 脱硫システムの研究開発

市販 LP ガス中には 10~300wt.ppm 程度の硫黄化合物が含まれている。改質触媒成分の Ru や Ni は数 wt.ppm の硫黄化合物により改質能力が大幅に低下するため、硫黄化合物の除去が必要である。

常温・常圧下では 0.05wt.ppm 程度に硫黄濃度を下げる脱硫剤が開発されているが、常温・中圧域(0.5~0.8MPa)での効果は報告されていない。そこで、既存の脱硫剤の中から常温・中圧域でトータル硫黄濃度を 0.05wt.ppm 以下に維持可能な脱硫剤を選定した。

従来脱硫剤及び出光開発品の 2 種類の脱硫剤を用い、性能を比較評価した。出光開発品とは、NEDO「LP ガス固体高分子形燃料電池システム開発事業(平成 13 年度~平成 17 年度)」において、(財)LP ガス振興センター・袖ヶ浦研究室(出光興産株式会社)が開発した脱硫剤である。試験装置フローを図Ⅲ.2.2.2-8 に、試験条件を表Ⅲ.2.2.2-2 に示す。



図Ⅲ.2.2.2-8 脱硫剤性能評価試験装置フロー

表Ⅲ.2.2.2-2 脱硫剤性能評価試験条件

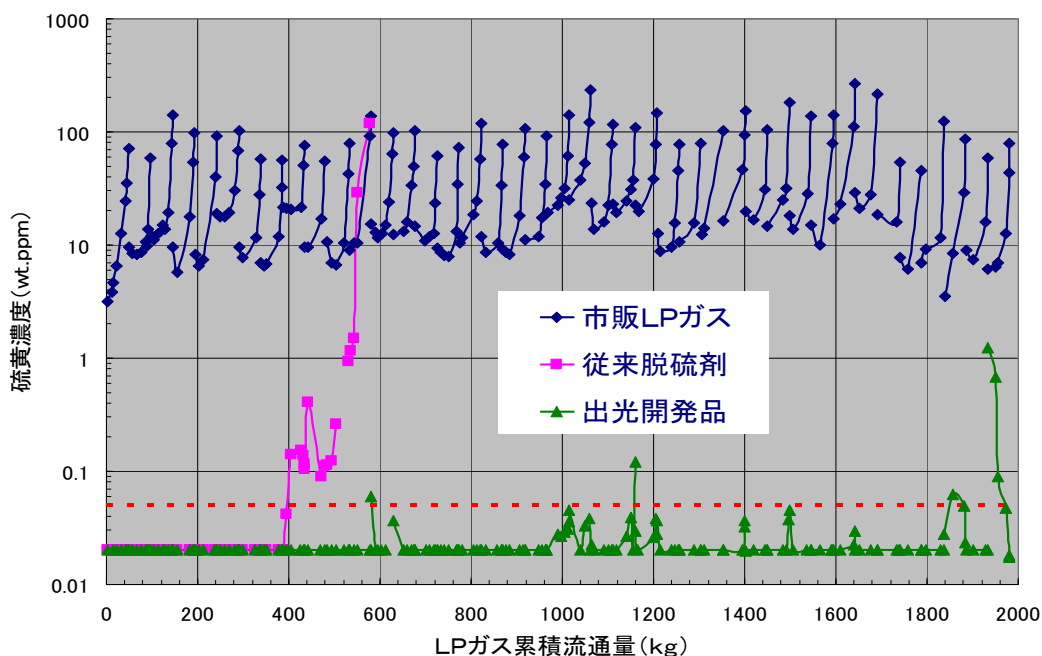
項目	試験条件	
	従来品脱硫剤	出光開発品
脱硫剤	従来品脱硫剤	出光開発品
脱硫剤充填量 [cm ³]	640	640
使用 LP ガス	市販 LP ガス(い号)	市販 LP ガス(い号)
LP ガス供給量 [NL/min]	190g/h	190g/h
温度 [°C]	室温	室温
圧力 [MPaG]	0.6	0.6

試験結果として、図Ⅲ.2.2.2-9 に原料 LP ガスの流通量に対する原料 LP ガス中の硫黄濃度及び脱硫剤出口ガス中の硫黄濃度の変化を比較して示した。

原料 LP ガス中の硫黄濃度は、LP ガス容器中の LP ガス残量の減少に伴って増加し、最小で 3wt.ppm、最大で 143wt.ppm、平均 19.5wt.ppm であった。

従来脱硫剤の出口ガス中硫黄濃度は、原料 LP ガスの処理量が約 380kg(2,000 時間相当、50kgLP ガス容器 8 本相当)までは、0.02wt.ppm 以下であったが、それ以降増加し始め、処理量が約 400kg を経過したところで、目標値の 0.05wt.ppm より大きくなった。この結果、従来脱硫剤(容量 640cm³)では、目標性能が達成できないことが分かった。

一方、出光開発品では、LP ガス処理量が約 1,800kg(9,500 時間相当)に達するまで、原料 LP ガス中の硫黄濃度を 0.05wt.ppm 以下にまで低減できることが確認できた。

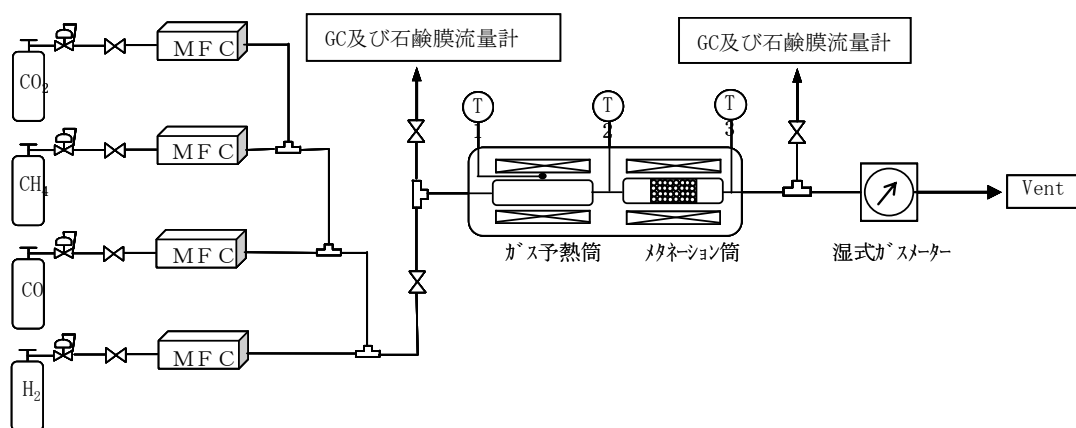


図Ⅲ.2.2.2-9 脱硫剤の耐久性評価試験結果

(4) CO 除去技術の研究開発

燃料電池に供給される水素中の CO は、燃料電池の触媒を被毒し、性能を低下させることから、水素中 CO 濃度は 1ppm 以下にする必要がある。ここでは、水素分離膜からわずかにリークする CO の除去方法として、メタネーション法を検討し、よりコンパクトかつ水素消費量を抑えた CO 除去技術を確立することを目的に開発を行った。

メタネーション触媒としてサンプル A(既存品)およびサンプル B(開発品)を使用して CO 除去性能を比較評価した。図Ⅲ.2.2.2-10 に試験装置のフローを、表Ⅲ.2.2.2-3 に試験条件を示す。



図Ⅲ.2.2.2-10 CO 除去性能評価試験装置フロー

表Ⅲ.2.2.2-3 CO 除去性能評価試験条件

項目	条件
メタネーション触媒	サンプル A(既存品)、サンプル B(開発品)
触媒量	44cm ³
SV	4,000~7,500h ⁻¹
原料ガス組成	H ₂ : 98%、CO: 0.2%、CO ₂ : 0.8%、CH ₄ : 1.0%
メタネーション温度 (メタネーション筒出口ガス温度)	190°C以下

サンプル A 及びサンプル B について、SV が CO 除去性能に及ぼす影響を評価した。両サンプルともに SV が 5,000h⁻¹ 以下の条件で CO 濃度が 1ppm 以下になった。一方、CO メタン化選択率 (CO 及び CO₂ のメタネーションに消費される水素量のうち、CO メタネーションに消費される水素量の割合) については、サンプル B の方が高く、より優れた CO 除去性能を示すことが確認できた。

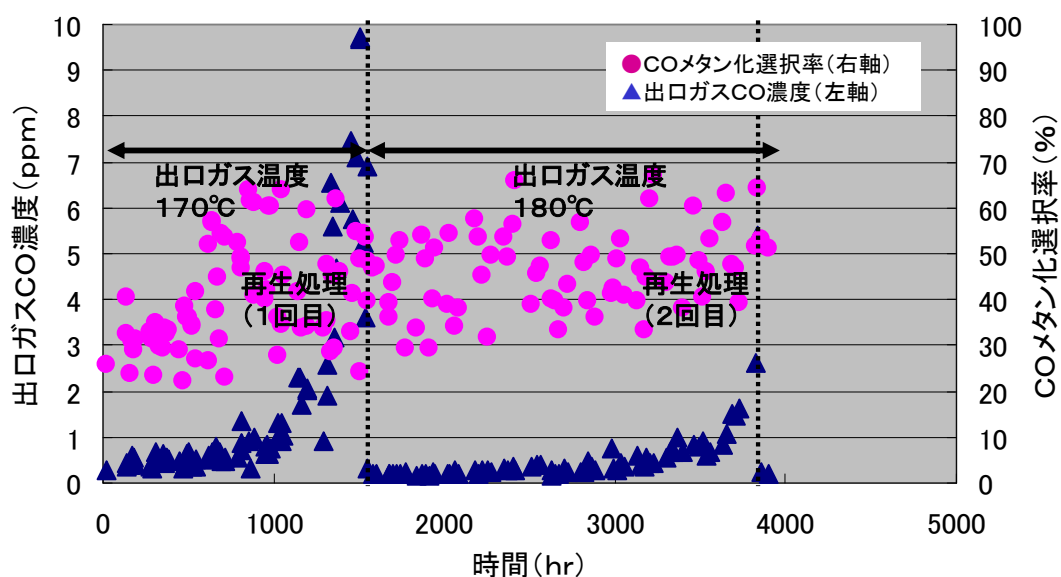
次に、メタネーション触媒サンプル B について耐久性を評価した。試験条件を表Ⅲ.2.2.2-4 に、試験結果を図Ⅲ.2.2.2-11 に示す。試験開始から 1,000 時間経過以降、出口ガス中の CO 濃度は 1ppm を超えて増加し始め、1,500 時間経過した時点で、約 10ppm に達した。CO 除去性能低下の原因を検討した上で、メタネーション触媒の再生処理を行ったところ、CO 除去性能が回復し、再び

出口ガス中 CO 濃度は 1ppm 以下に、CO メタン化選択率は 30%に維持されることが確認できた。

再生処理以降、メタネーション筒出口ガス温度を 180°Cに変更し、引き続き耐久性試験を継続した。出口ガス温度 180°Cの条件では、約 2,000 時間、CO 濃度は 1ppm 以下に維持されることが確認できた。2,000 時間経過以降、1ppm を越える CO が検出されたが、再生処理により CO 除去性能が回復することが確認できた。

表Ⅲ.2.2.2-4 メタネーション触媒サンプル B の耐久性試験条件

項目	条件
メタネーション触媒	サンプル B
触媒量	44cm ³
原料ガス量	185NL/h
原料ガス組成	H ₂ : 98%、CO: 0.2%、CO ₂ : 0.8%、CH ₄ : 1.0%
SV	4,000h ⁻¹
メタネーション温度	メタネーション筒入口ガス温度: 200°C メタネーション筒出口ガス温度: 170°C、180°C



図Ⅲ.2.2.2-11 メタネーション触媒サンプル B の耐久性試験結果

(5) メンブレンリアクターの最適設計

メンブレンリアクターの最適設計では、シミュレーション解析を行い、反応器構造、分離膜性能、触媒性能等が改質反応器の効率に及ぼす影響を検討した。解析対象は、転化率、透過水素量、改質効率など装置性能への影響が大きいメンブレンリアクター部のみとした。

シミュレーション解析は、市販の流体解析ソフト「FLUENT」を用いて行った。解析モデルの形状を図Ⅲ.2.2.2-12に示す。



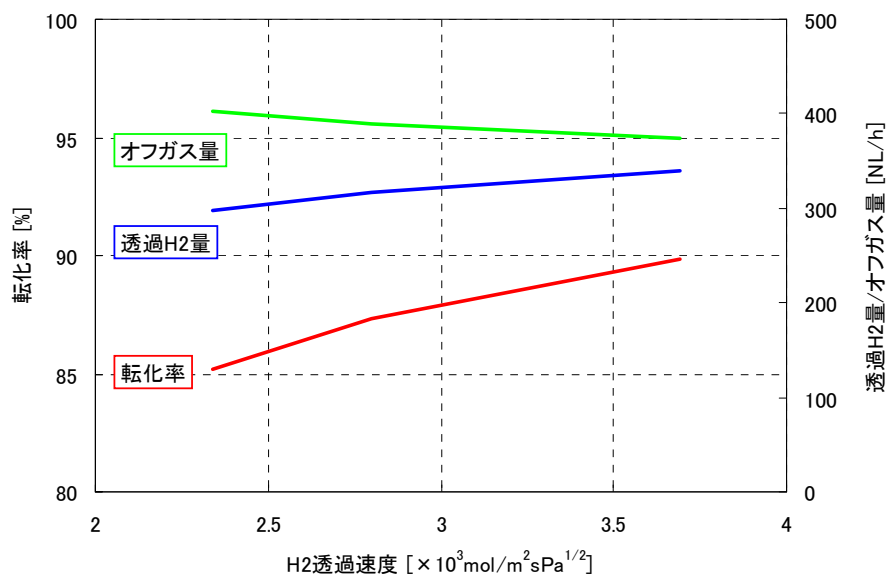
図Ⅲ.2.2.2-12 メンブレンリアクターの解析モデル形状

(a) メンブレン性能の影響評価

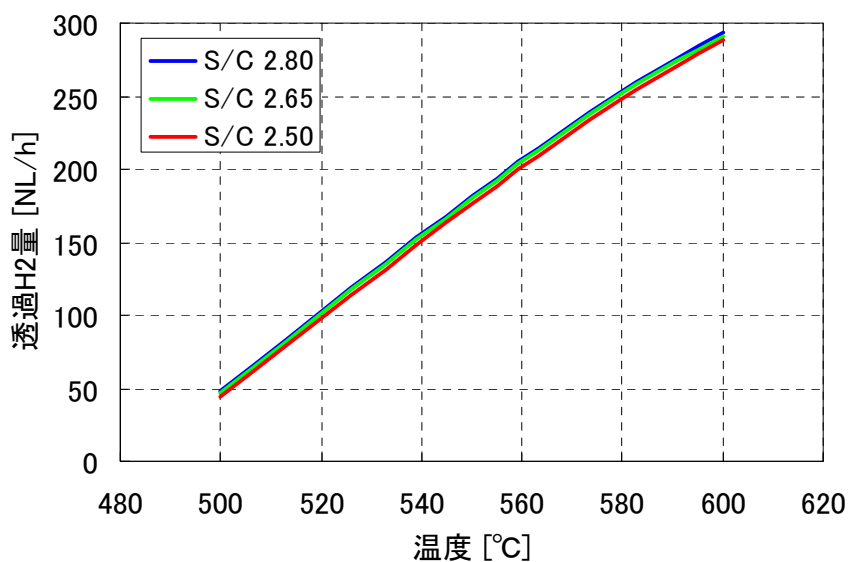
メンブレンの水素透過速度をパラメータとし、転化率、透過水素量及びオフガス量を計算した。図Ⅲ.2.2.2-13にシミュレーション結果を示す。転化率及び透過水素量は水素透過速度の増加とともに増加し、オフガス量は減少した。水素透過速度 $3.69 \times 10^{-3} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}^{1/2}$ の条件で透過水素量は 340NL/h(実際の改質装置ではメンブレンリアクターを 2 筒設置するため、680NL/h に相当) となり、構築したモデル計上では、反応温度 600°Cで目標とする透過水素量が得られることが確認できた。

(b) S/C の影響評価

S/C が透過水素量に及ぼす影響を評価した。シミュレーション結果を図Ⅲ.2.2.2-14に示す。その結果、S/C の増加とともに、転化率は大きくなった。一方、透過水素量はほとんど変化しなかった。S/C を低くすると、触媒層での炭素析出の可能性があるので、改質装置ではこれまでの試験で実績のある S/C=2.8 の条件で反応を行うこととした。



図Ⅲ.2.2-13 メンブレン水素透過速度が改質装置性能に及ぼす影響
 (反応温度:600°C、反応圧力 0.53MPaG、原料 LP ガス量:95g/h、S/C:2.8)



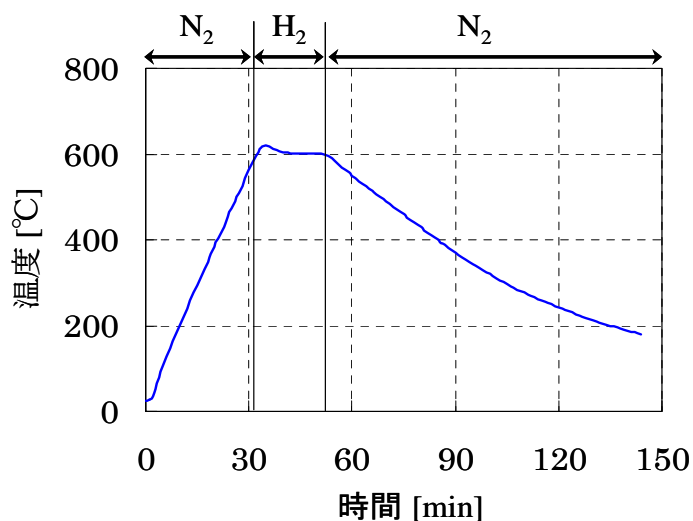
図Ⅲ.2.2-14 S/C が透過水素量に及ぼす影響
 (反応温度:600°C、反応圧力 0.53MPaG、原料 LP ガス量:91g/h)

2.2.3 Pd系複合膜のキャラクタリゼーション

(1) 耐久性支配因子の解明

Pd合金膜の耐久性支配因子として、金属膜と支持基材の熱膨張率差の影響を検討した。具体的には、Pd合金膜と熱膨張率が異なるアルミナと比較的近いジルコニアを用いてPd-Ag合金膜を作製し、ヒートサイクルによるガス透過性能と表面形態の変化を比較検討した。

支持基材にアルミナ多孔質基材とジルコニア多孔質基材を使用し、Pd-Ag合金膜を作製し、ヒートサイクル試験を実施した。昇降温プログラム及び詳細条件を図Ⅲ.2.2.3-1、表Ⅲ.2.2.3-1に示す。また、試験前後でのモジュール表面のピンホール箇所のマイクロスコープによる定点観察から、ピンホールの拡大挙動を評価した。

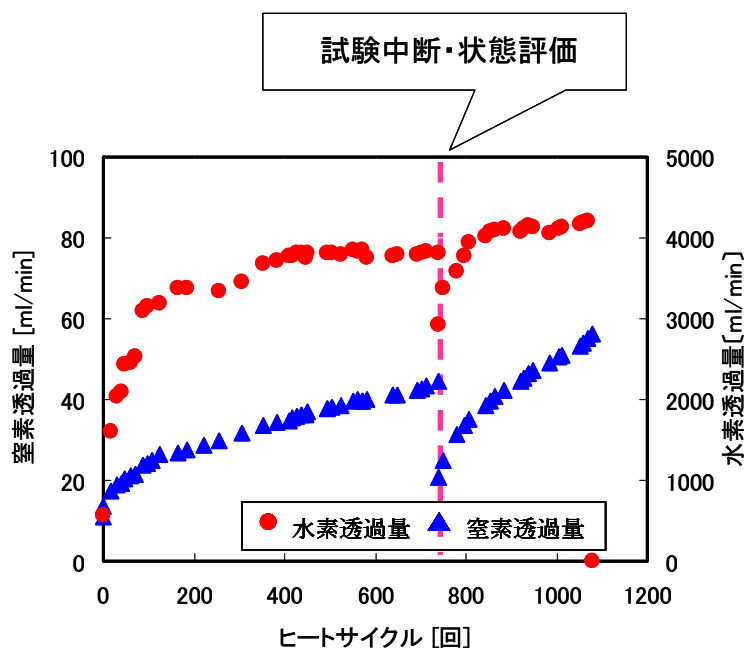


図Ⅲ.2.2.3-1 ヒートサイクル昇降プログラム

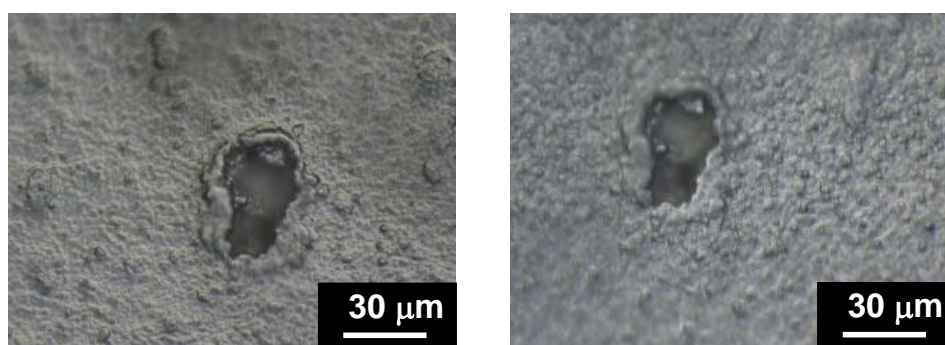
表Ⅲ.2.2.3-1 ヒートサイクル条件

サイクル温度	200～600℃
試験雰囲気	昇降温時：N ₂ 1000 ml/min, 供給側 0.1 MPaG, 透過側大気圧
	600℃保持時：H ₂ 1000 ml/min, 供給側 0.1 MPaG, 透過側大気圧 20分保持
昇降温速度	昇温時：20℃/min (設定値) , 降温時：6℃/min (設定値)

結果の一例として、600°Cにおけるアルミナ基材膜の水素・窒素透過量の推移を図Ⅲ.2.2.3-2に示す。水素透過量に大きな変化は見られなかったが、ヒートサイクル回数増加に伴い窒素透過量が増加した。一方、アルミナ基材膜表面の定点観察を行ったが、ピンホールの形状に顕著な変化は見られなかった。アルミナ基材膜における定点観察箇所の中の1点を図Ⅲ.2.2.3-3に示す。なお、ジルコニア基材膜においても同様の状態であった。以上の結果から、ヒートサイクル試験におけるリーク量の増加は、接合部及び膜部の微細な欠陥の増大・発生が原因と推測した。



図Ⅲ.2.2.3-2 アルミナ基材膜のヒートサイクル試験結果



図Ⅲ.2.2.3-3 アルミナ基材膜の試験前(左)と試験後(右)の表面像

(2) リアクター設計の支援研究

プロセス設計には改質反応速度式を必要とするが、従来プロセスとは異なる低温での反応のため新たな反応速度式が必要と考えた。そこで、メンブレンリアクター型改質器の耐久性試験で採用されている担持 Ru 触媒について、メタンを用いて反応速度式を決定するために反応解析を試みた。その結果、触媒への強吸着を考慮した反応速度式が必要であることが判明した。

2.2.4 低温領域で活性に優れた LP ガス改質触媒の開発

低温かつ低 S/C の条件でも安定した反応が可能な触媒の開発を目的に、主に Ru 系の触媒に着目して LP ガス(C₃H₈)の水蒸気改質反応に優れた活性を示す一次改質触媒の開発を行なった。また、C₃H₈の一次改質反応で生成した改質ガスを対象に膜型反応器で、残留する CH₄をさらに改質可能な新しい触媒系の開発を検討することを目的に開発を行った。

(1) C₃H₈の一次水蒸気改質触媒の開発

表Ⅲ.2.2.4-1 に Ru/Al₂O₃ 系触媒による C₃H₈ 水蒸気改質反応の結果を示した。5wt% Ru/Al₂O₃ 触媒は工業触媒であり、この触媒を凌駕する触媒系の開発が目的である。表Ⅲ.2.2.4-1 に示すように高表面積 Al₂O₃ に担持した Ru 触媒は担持量が少ないにもかかわらず、高い活性を示し、高分散状態の Ru では高い C₃H₈ 転化率と水素収率を示すことが分かる。そこでこの Ru/Al₂O₃ にもう 1 種の金属を添加した二成分系触媒について検討を行った。表Ⅲ.2.2.4-1 に示すように、種々の金属との複合化を検討したところ、Ru に Ni を添加した触媒が、比較的高い活性を示すことが分かった。

表Ⅲ.2.2.4-1 金属添加 Ru/Al₂O₃ 触媒による C₃H₈ 水蒸気改質反応活性

担持金属	転化率(%)	収率(%)				
		H ₂	CH ₄	CO	CO ₂	C
5wt.%Ru/Al ₂ O ₃	82.7	27.4	44.2	5.5	33.2	0.0
1wt.%Ru/Al ₂ O ₃	91.0	35.0	46.6	6.6	38.8	0.0
Ru-Ni (NiCl ₂)	93.9	33.9	49.7	6.3	38.2	0.0
Ru-Ni (Ni(NO ₃) ₂)	92.0	31.8	49.7	6.5	36.2	0.0
Ru-Fe	89.6	34.0	46.0	6.2	38.3	0.0
Ru-Co	79.1	31.8	39.7	6.2	35.2	0.0
Ru-Pt	91.7	32.0	47.3	5.8	36.3	2.3
平衡組成	100.0	32.2	54.8	6.8	38.3	0.0

S/C=2.5、550°C、6.3atm

触媒の担体が活性金属の分散度や電子状態に影響することで活性が変化することから、表Ⅲ.2.2.4-2 には担体の複合効果について検討した結果を示す。担体は Al₂O₃ と添加金属が 3:1 となるように調製した。期待したように、活性は添加した金属によって大きく変化しており、MgO を加えた触媒で最も高い活性を示した。この担体では表面積も増加しており、これも活性の向上に影響したと考えられる。いずれにしても Al₂O₃-MgO の複合酸化物を担体に用いると高い改質活性が得られることが分かった。

表Ⅲ.2.2.4-2 Ru-Ni 触媒の活性に対する複合酸化物担体の影響

担体酸化物 (Al:M=3:1)	転化率(%)	収率(%)					表面積 (m ² /g)
		H ₂	CH ₄	CO	CO ₂	C	
5wt.%Ru/Al ₂ O ₃	82.7	27.4	44.2	5.5	33.2	0.0	6.3
1wt.%Ru/Al ₂ O ₃	91.0	35.0	46.6	6.6	38.8	0.0	98.3
Al ₂ O ₃	93.9	33.9	49.7	6.3	38.2	0.0	90.1
Al ₂ O ₃ -MgO	98.1	37.2	51.9	7.5	41.6	0.0	127.6
Al ₂ O ₃ -BaO	87.7	31.8	45.3	5.7	37.7	0.0	66.9
Al ₂ O ₃ -ZrO ₂	87.9	31.4	45.5	5.7	37.6	0.0	114.7
Al ₂ O ₃ -CaO	93.6	32.4	49.0	6.1	38.9	0.0	122.7
Al ₂ O ₃ -SrO	89.7	28.7	49.4	5.8	35.5	0.0	43.6
Al ₂ O ₃ -Ga ₂ O ₃	92.3	29.4	50.7	6.1	35.8	0.0	90.1
Al ₂ O ₃ -MnO ₂	94.8	33.2	50.4	7.4	38.4	0.0	51.8

550°C、5h経過後 S/C=2.5

(2) 膜型反応器による C₃H₈ の水蒸気改質反応

膜型反応器を用いた C₃H₈ の水蒸気改質反応を行った結果、低温における触媒の活性向上には CeO₂ 担体が有効であり、一方 600°C では Al₂O₃ 担体触媒が最も高い活性を示すことが分かった。そこで CeO₂ を担体として Ni への添加効果を検討した。表Ⅲ.2.2.4-3 のように活性は添加物によって大きく変化し、多くの金属の系で、添加により活性が低下することが分かった。検討した添加物の中では Co を 1wt% 添加した触媒が Ru 触媒を上回る性能を示すことを見出した。

表Ⅲ.2.2.4-3 一次改質ガスの改質に対する Ni/CeO₂ への金属の添加効果

使用触媒	CH ₄ 転化率 %	水素生成速度 μ mol/min	CO ₂ 収率 %	CO収率 %	C収率 %
9wt.%Ni-1wt.%Co/CeO ₂	93.90	1182.57	88.37	1.57	3.97
5wt.%Ru/Al ₂ O ₃ (参照触媒)	93.82	1129.98	80.30	4.19	9.33
10wt.%Ni/CeO ₂	90.16	1122.42	84.96	2.88	2.32
9wt.%Ni-1wt.%Pt/CeO ₂	88.22	1103.45	84.00	2.15	2.07
9wt.%Ni-1wt.%Ru/CeO ₂	86.73	1056.17	71.16	10.04	5.53
9wt.%Ni-1wt.%Cu/CeO ₂	76.81	1023.68	81.88	0.50	-5.58
9wt.%Ni-1wt.%Fe/CeO ₂	67.83	905.49	69.70	-1.68	-0.19

次に、Ni-Co について担体の効果を検討した。表Ⅲ.2.2.4-4 にはおもに市販の酸化物を担体とした 4 種類の触媒の改質反応の結果を示している。Al₂O₃ 及び CeO₂ が良好な水素生成速度を示した。特に CeO₂ は表面積が小さいにも関わらず、最も大きな水素生成速度を示したことから、この触媒についてさらに詳細に検討した。CeO₂ は C₃H₈ の水蒸気改質にも優れた活性を示すことから、膜型反応器用の触媒として有望と考えられる。

Ni-Co/CeO₂ 触媒について Co 担持量の最適化を検討した結果、1wt% で最大となった。最適の組成は Ni と Co が 9:1 であることが分かる。Co は改質活性が低く、この結果 Co が多くなると活性は逆に低下したと考えられる。

表Ⅲ.2.2.4-4 Ni-Co(9:1)における一次改質ガスに対する改質活性の担体効果

使用触媒	CH ₄ 転化率 %	水素生成速度 μ mol/min	CO ₂ 収率 %	CO収率 %	C収率 %
9wt.%Ni-1wt.%Co/CeO ₂	93.90	1182.57	88.37	1.57	3.97
9wt.%Ni-1wt.%Co/Al ₂ O ₃	95.77	1150.30	91.07	3.48	1.21
5wt.%Ru/Al ₂ O ₃ (参照触媒)	93.82	1129.98	80.30	4.19	9.33
9wt.%Ni-1wt.%Co/TiO ₂	91.56	1119.60	84.73	2.45	4.38
9wt.%Ni-1wt.%Co/Ga ₂ O ₃	87.36	1104.97	87.41	4.13	-4.17

2.2.5 メンブレン型 LP ガス改質装置の耐久性向上に関する研究開発

(1) ジルコニア基材膜の耐久性評価

メンブレン単体の耐久性評価として、ジルコニア基材膜について熱サイクル試験及び 100%水素連続試験により耐久性を評価した。

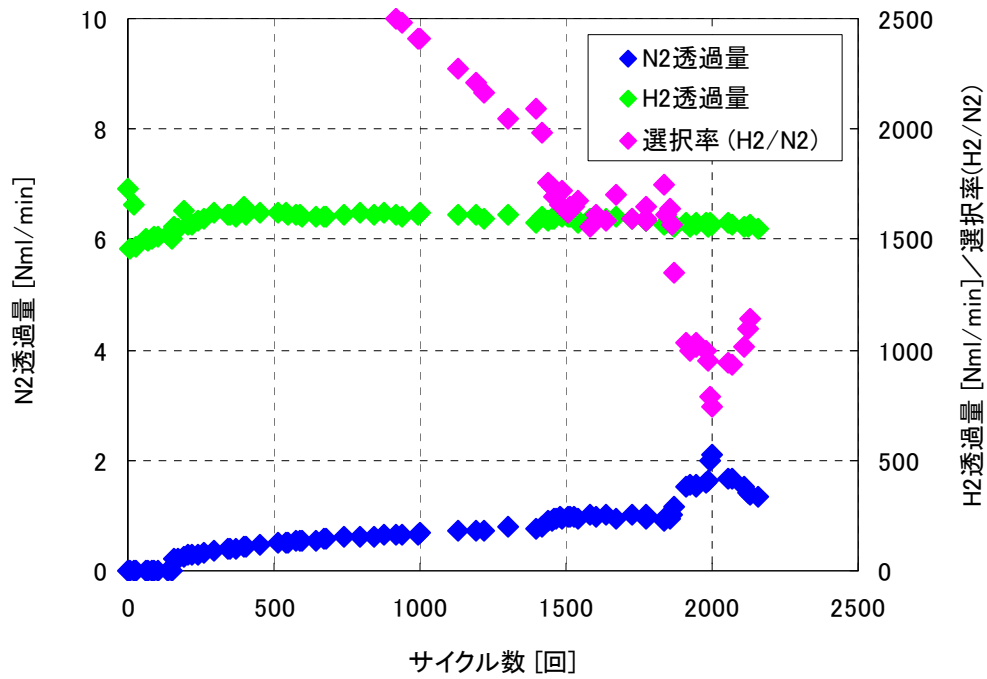
(a) 熱サイクル試験によるジルコニア基材膜の耐久性評価

耐久性の向上を目的に、日本ガイシ(株)が開発したジルコニア基材膜、及び(独)産総研東北センターが開発したPd-Ag 同時めっき膜(基材はジルコニアを使用)について、熱サイクル試験により耐久性を評価した。熱サイクル試験の条件を表Ⅲ.2.2.5-1 に示す。

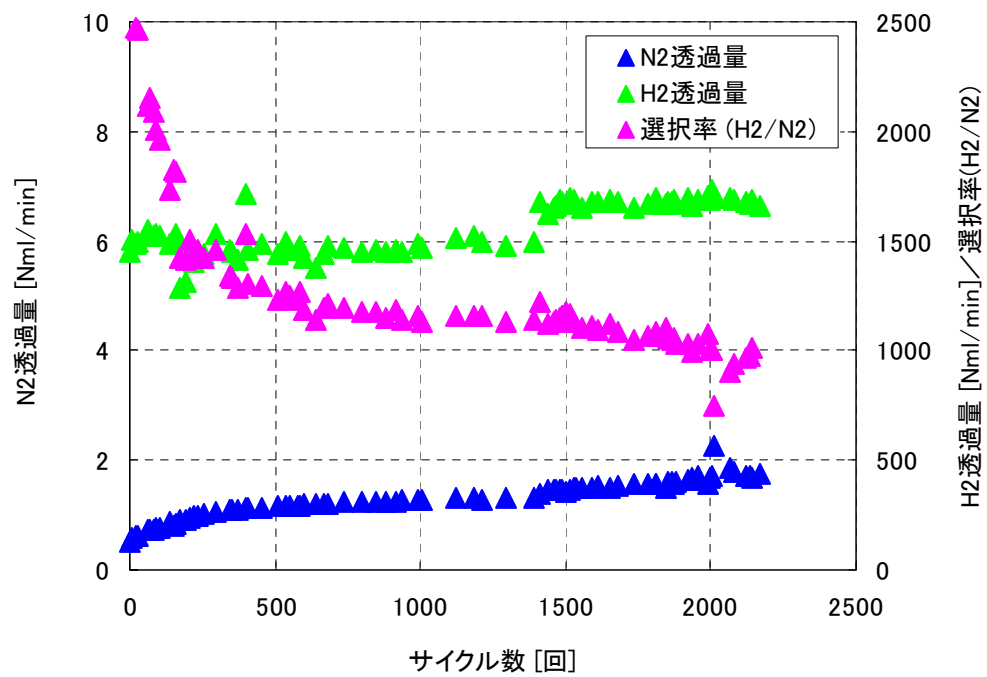
表Ⅲ.2.2.5-1 熱サイクル試験条件

項目	条件
熱サイクル条件	昇温(200→600°C)時 : 18°C/min、N ₂ 雰囲気、0.1MPaG
	600°C保持時 : 20 分保持、H ₂ 、N ₂ 透過試験を実施
	降温(600→200°C)時 : 5°C/min、N ₂ 雰囲気、0.1MPaG
透過試験条件	ガス: H ₂ または N ₂ 温度: 600°C 圧力: 供給側 0.1MPaG 透過側 大気圧

試験結果を図Ⅲ.2.2.5-1 に示す。ジルコニア膜の N₂ 透過量は、試験開始初期は 0.2Nml/min 以下であり、約 1,800 サイクルまで急激な増加はなく、安定した性能を示した。1,800~2,000 サイクルにかけて N₂ 透過量が増加する傾向が見られたものの、2,000 サイクルでの H₂/N₂ 選択率は約 1,600 と高い選択性を維持していることが確認できた。Pd-Ag 同時めっき膜については、試験開始初期の N₂ 透過量は約 0.5Nml/min とジルコニア基材膜に比べ大きい値であった。しかし、ジルコニア基材膜と同様、サイクル数を増加しても N₂ 透過量に大きな変化は見られず、安定した性能を示した。2,000 サイクル経過後も急激に N₂ 透過量が増加する傾向は見られず、H₂/N₂ 選択率は約 1,000 と十分な選択性を維持していることが確認できた。



(a) ジルコニア基材膜



(b) Pd-Ag 同時めっき膜

図Ⅲ.2.2.5-1 ジルコニア基材膜及び Pd-Ag 同時めっき膜の熱サイクル試験結果

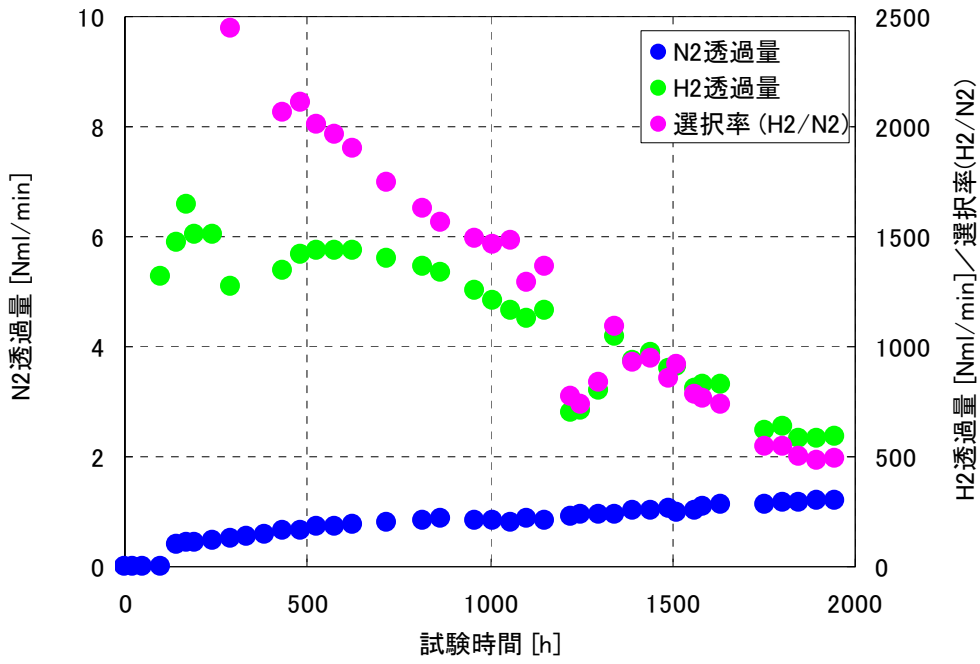
(b) 100%水素連続試験によるジルコニア基材膜の耐久性評価

ジルコニア基材膜を長時間水素雰囲気中に曝した場合の耐久性を評価するため、100%水素連続試験を行った。試験条件を表Ⅲ.2.2.5-2に示す。通常は温度を600°C、供給側圧力を0.1MPaG、透過側圧力を大気圧とし、常に水素が膜を透過している状態を維持した。所定時間毎にH₂及びN₂透過試験を行い、H₂透過量、N₂透過量及びH₂/N₂選択率の変化から耐久性を評価した。試験では、ジルコニア基材膜及びアルミナ基材膜を用い、結果を比較した。

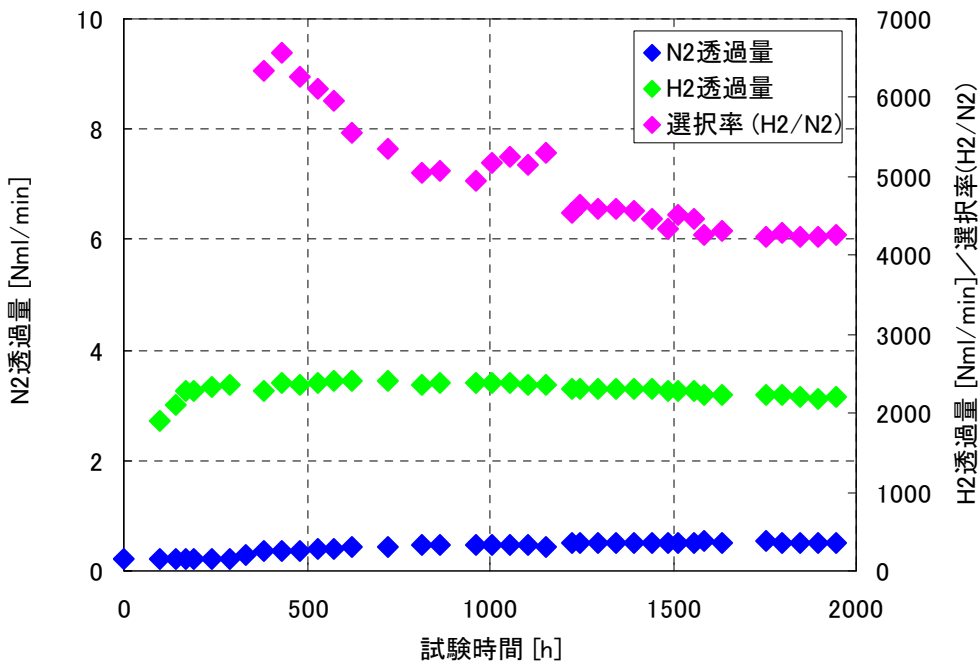
表Ⅲ.2.2.5-2 100%水素連続試験条件

項目	条件
100%-H ₂ 連続試験 H ₂ 透過試験	温度:600°C 供給側圧力:0.1MPaG 透過側圧力:大気圧
N ₂ 透過試験	温度:600°C 供給側圧力:0.1MPaG 透過側圧力:大気圧

試験結果を図Ⅲ.2.2.5-2に示す。アルミナ基材膜では、時間の経過に伴いN₂透過量は徐々に増加した。またH₂透過量は時間の経過と共に減少し、それに伴ってH₂/N₂選択率は低下した。2,000時間経過時点でのH₂/N₂選択率は約500となった。一方、ジルコニア基材膜では、N₂透過量は時間が経過してもほとんど変化は認められず、安定していた。H₂透過量についても、アルミナ基材膜とは異なり減少する傾向は見られず安定したH₂透過量を示した。H₂/N₂選択率は2,000時間経過時点で4,000以上を維持しており、アルミナ基材膜に比べて高い値を示した。これらの結果から、ジルコニア基材膜はアルミナ基材膜に比べて、より優れた耐久性を有することが確認できた。



(a) アルミナ基材膜



(b) ジルコニア基材膜

図III.2.2.5-2 100%水素連続試験結果

2.2.6 メンブレン型 LP ガス改質装置の試作、検証及び本装置の設計、製作、検証

LP ガス改質装置を試作し、性能評価を行った。また、試作改質装置の試験結果から、開発目標に対する課題を明らかにして課題解決を図り、それらの成果を反映した本改質装置を設計、製作し、開発目標に対する性能を検証した。

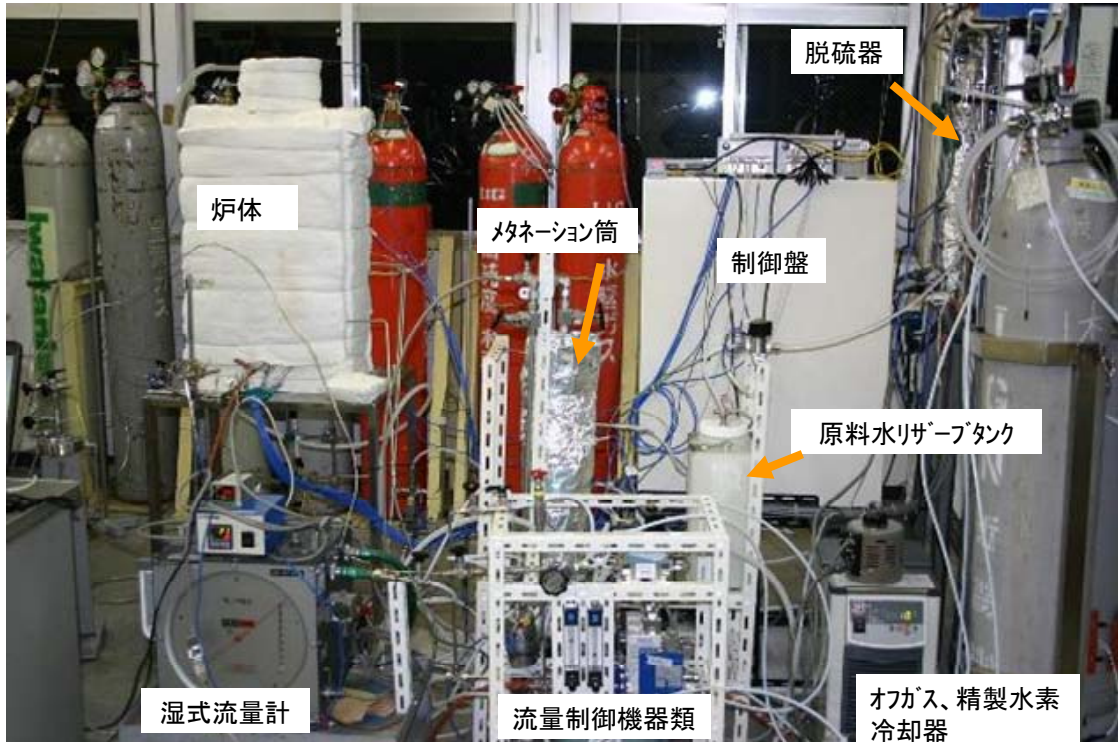
(1) メンブレン型 LP ガス改質装置の試作、性能評価

(a) メンブレン型 LP ガス改質装置の試作

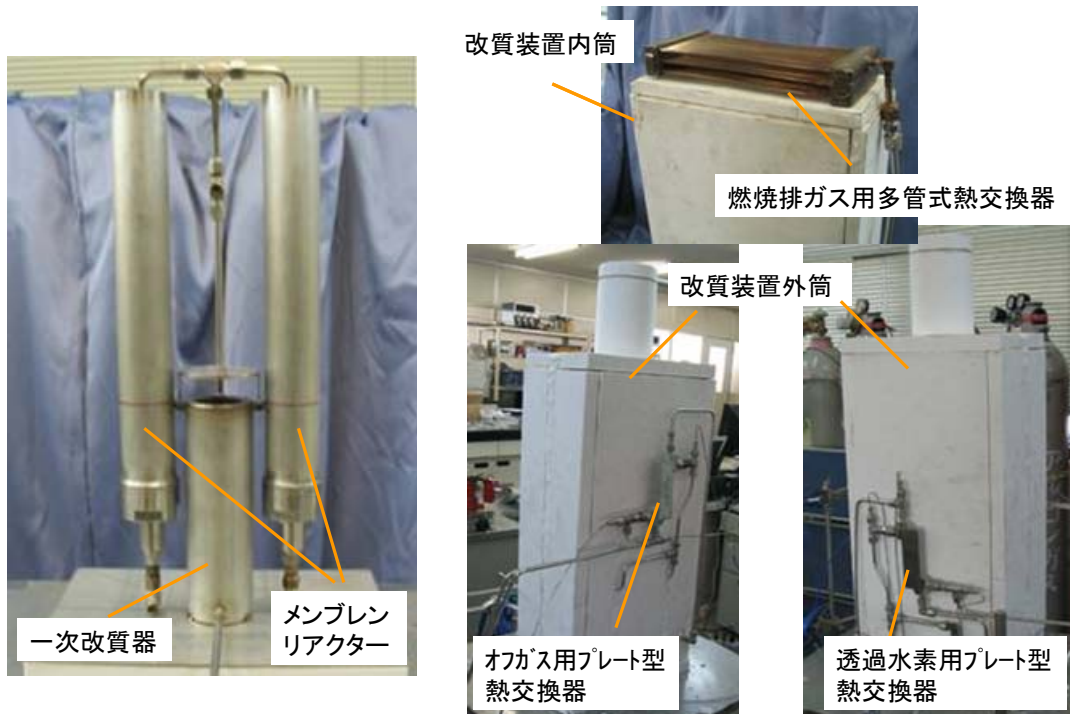
2.2.2-2.2.5 で得られた成果とジルコニア基材膜を用いてメンブレン型 LP ガス改質装置を試作した。試作メンブレン型 LP ガス改質装置の外観を図Ⅲ.2.2.6-1 に、炉体構成及び熱交換器等の配置を図Ⅲ.2.2.6-2 に示す。

試作 LP ガス改質装置では、LP ガスや原料水の供給量など試験条件は、全て PC で操作・設定できるようにした。装置の運転中は、制御盤モニターにより温度、圧力、ガス流量やバルブ開閉状態をモニターできるようにした(図Ⅲ.2.2.6-3)。

また、連続 2,000 時間程度の耐久試験を行うため、装置には可燃性ガス検知、圧力・温度異常設定等を設け、ガス漏洩や温度・圧力等に異常が認められた際は、原料及び助燃 LPG を供給遮断し、N₂ パージ等を行うインターロック機能を付加し自動的に装置運転を停止する仕様とした。



(a) 改質装置全体外観



(b) 構成機器及び炉体構成

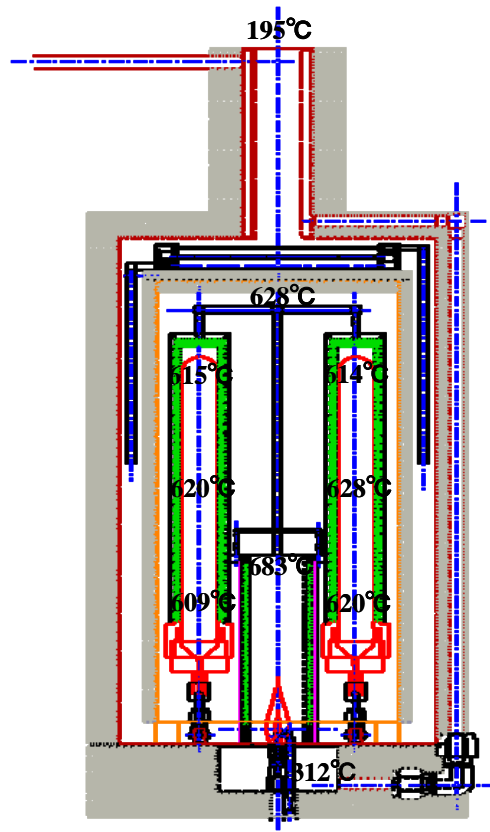
図Ⅲ.2.2.6-1 試作メンブレン型 LP ガス改質装置

(b) 試作メンブレン型 LP ガス改質装置の性能評価試験

試作改質装置により改質性能及び耐久性の評価を行った。原料 LP ガスの供給量は 220g/h、S/C は 2.8、反応圧力は 0.53MPaG とした。バーナーの燃料には LP ガスは使用せず、オフガスのみを使用した。試験の結果を表Ⅲ.2.2.6-1 に示す。またその時の改質装置炉内の温度分布を図Ⅲ.2.2.6-4 に示す。オフガス熱量は 1,274kcal/h となり、バーナー燃料として LP ガスを加えることなく、炉内温度を 600℃以上加熱できた。透過水素流量は 662NL/h となり、改質効率率は約 77%となった。

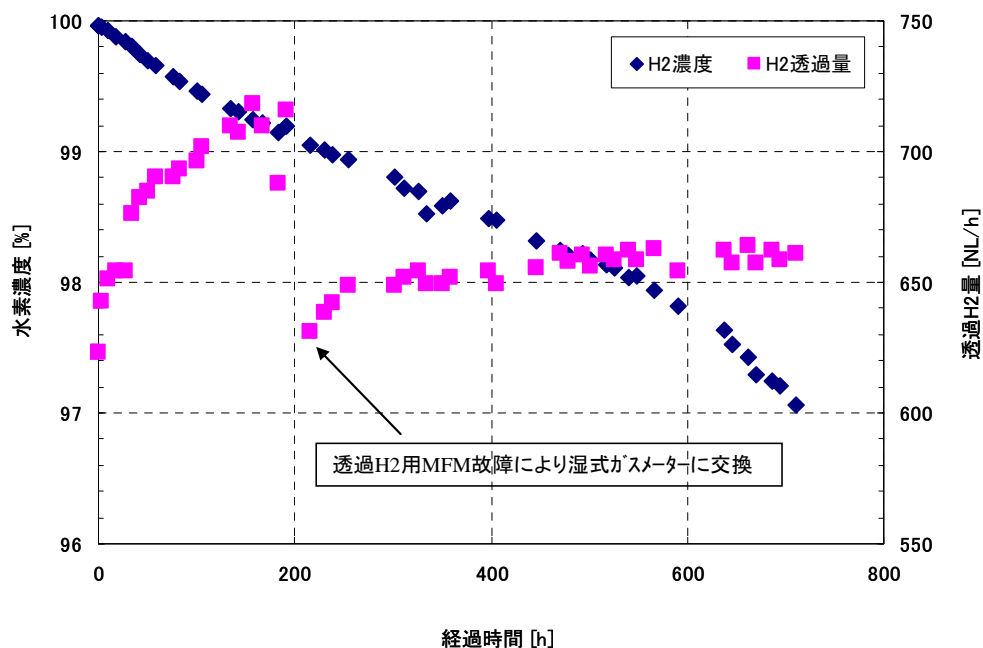
表Ⅲ.2.2.6-1 試作改質装置の性能評価試験結果

透過 H ₂		オフガス					熱量 [kcal/h]	改質効率 (HHV) [%]
流量 [NL/h]	濃度 [%]	流量 [NL/h]	組成 [%]					
			H ₂	CO	CO ₂	CH ₄		
662	98	530	39.0	8.2	42.7	10.2	1274	77.1



図Ⅲ.2.2.6-4 改質装置炉内温度分布

次に、耐久性試験を行った。図Ⅲ.2.2.6-5に耐久性試験における透過水素量と水素純度の変化を示す。透過水素流量は、耐久性試験を通じて約 660NL/h(改質効率(HHV)77%相当)であった。透過水素純度については、試験開始直後は 99.97%であったが、時間の経過とともに低下し、試験開始から 560 時間経過後に 98%未満となった。



図Ⅲ.2.2.6-5 に耐久性試験における透過水素量と水素純度の変化

試験後のメンブレンの分析等から、メンブレン表面への Fe 付着がメンブレンの劣化原因の一つであることが分かった。対策として改質装置および配管内面等にめっきすることにより、メンブレン表面への Fe 付着を抑制できることが確認できた。

(2) 本改質装置の設計、製作及び運転試験による性能検証

(a) 本改質装置の設計・製作

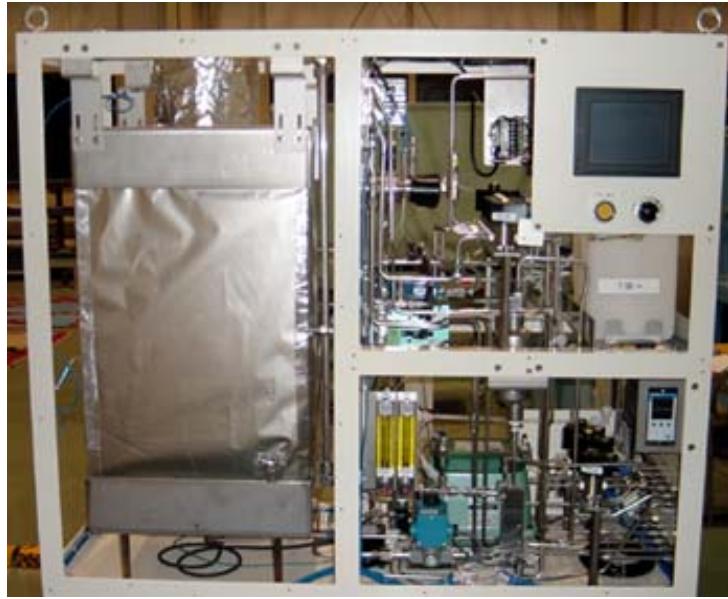
得られた知見・成果を反映させたメンブレン型LPガス改質装置(以下「本改質装置」と表記)を設計、製作した。表Ⅲ.2.2.6-2 に本改質装置の仕様を、図Ⅲ.2.2.6-6~図Ⅲ.2.2.6-8 に本改質装置の外観及び内部構造を示す。

表Ⅲ.2.2.6-2 本改質装置の概要

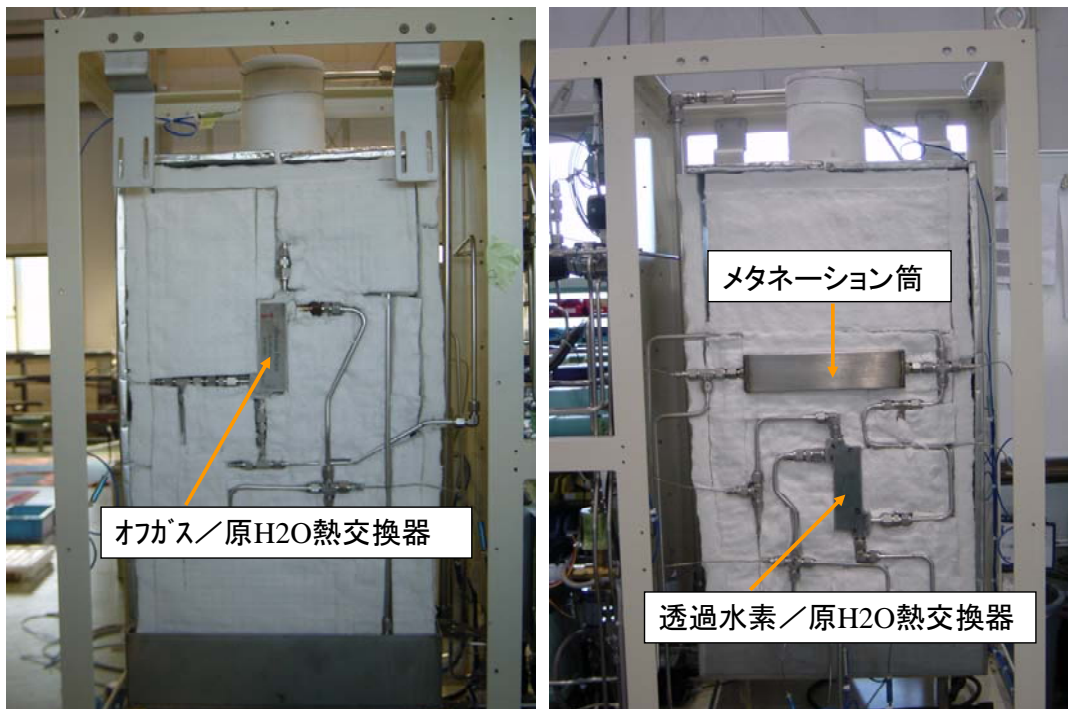
項目	仕様
炉体構造	多重(二重)構造(各筒に断熱材貼付)
	容積: 71L(27×38×69、断熱材込み補機類除く)
バーナー	ポイントバーナー
一次改質器	触媒: 九州大学開発触媒、触媒径: 2mm
メンブレンリアクター	ジルコニア基材膜(日本ガイシ開発品)
	触媒径: 2mm、コイル径(ガス拡散促進用): 2mm
熱交換器	オフガス/原料水 : プレートフィン型熱交換器
	透過水素/原料水 : プレートフィン型熱交換器
	燃焼排ガス/原料水: 多管式熱交換式
脱硫システム	脱硫剤(出光開発品)
CO 除去システム	メタネーション触媒
Fe 付着対策	一次改質器・メンブレンリアクター等にめっき処理



図Ⅲ.2.2.6-6 本改質装置外観



図Ⅲ.2.2.6-7 本改質装置内部



図Ⅲ.2.2.6-8 熱交換器及びメタネーション筒配置

本改質装置では、構成機器を全て一つの筐体の中に収納した。また、放熱ロスをできるだけ少なくできるように、炉内温度を測定するための熱電対を必要最小限にするなどの対策を講じた。LPガスや原料水の供給量など試験条件の設定は、制御盤のタッチパネルで操作・設定できるようにし、装置運転中は、制御盤モニターにより温度、圧力、ガス流量やバルブ開閉状態をモニターできるようにした。試作改質装置と同様、長期耐久性試験を行うため、装置には可燃性ガス検知、圧力・温度異常設定等を設け、ガス漏洩や温度・圧力等に異常が認められた際は、原料及び助燃LPGを供給遮断し、N₂パージ等を行うインターロック機能を付加し自動的に装置運転を停止する仕様とした。

(b) 本改質装置による性能評価試験

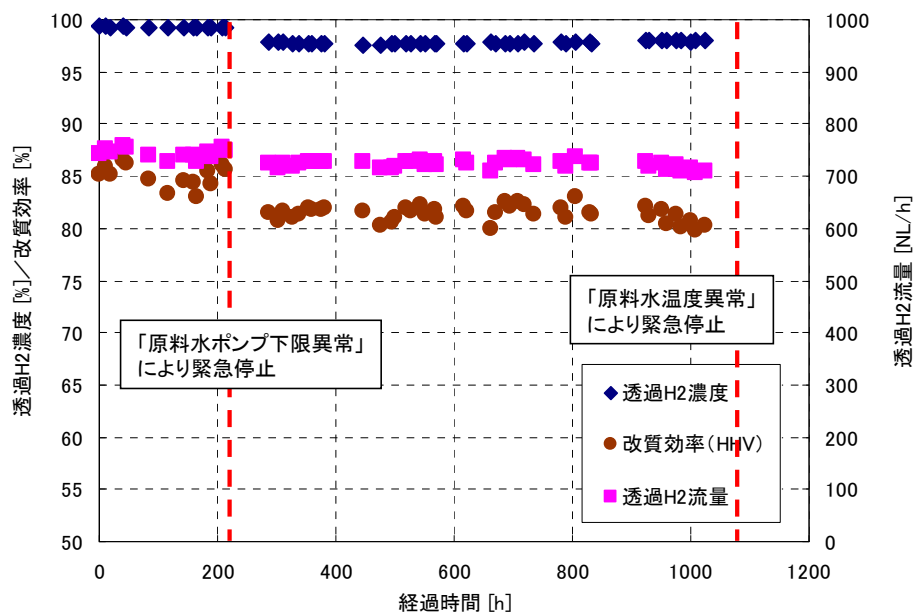
製作した本改質装置を用い性能評価試験を行った。原料LPガスの供給量は220g/h、S/Cは2.8、反応圧力は0.53MPaGとした。バーナーの燃料にはLPガスは使用せず、オフガスのみを使用した。

試験開始から20時間後の試験結果を表Ⅲ.2.2.6-3に示す。本改質装置では、オフガス流量が496NL/h、熱量は1,155kcal/hとなった。試作改質装置に比べてオフガス熱量が減少したが、炉内温度は620℃程度となり、同等以上に加熱できることが確認できた。また、透過水素流量についても745NL/hと、より多量の透過水素が得られ、改質効率は約84.0%(HHV)となった。

表Ⅲ.2.2.6-3 試作改質装置の性能評価試験結果

透過水素		オフガス					熱量 [kcal/h]	改質効率 (HHV) [%]
流量 [NL/h]	濃度 [%]	流量 [NL/h]	組成 [%]					
			H ₂	CO	CO ₂	CH ₄		
745	98	496	32.2	9.7	46.9	11.1	1,155	84.0

次に、図Ⅲ.2.2.6-9に本改質装置による耐久性試験結果を示す。試験開始から約200時間までは、透過水素純度99%以上、透過水素流量745NL/h、改質効率84%程度で安定していたが、268時間経過後に原料水ポンプの故障により、試験を停止した。試験再開後は、透過水素流量720NL/h、改質効率約80%、また透過水素純度は98%で安定した運転を継続していたが、約1,100時間経過後に原料水温度の低下による異常で、再び試験を停止した。再び、試験再開したところ、透過水素純度が94%にまで低下していたことから、耐久性試験は1,100時間で停止した。装置を停止した際、メンブレンリアクター温度が100℃程度にまで低下したことから、熱的負荷によりメンブレンが劣化し、透過水素濃度が低下したものと推測される。



図Ⅲ.2.2.6-9 本改質装置の耐久性試験結果

本改質装置と試作改質の耐久性試験における透過水素濃度の比較から、試作改質装置では、時間の経過とともに透過水素濃度が低下し、560 時間経過後に 98%未満となった。一方、本改質装置では、1,000 時間の試験期間においては、時間の経過にともなう透過水素濃度の低下はほとんど認められなかった。この結果から、本改質装置では膜単体の性能改善も含めて、装置耐久性が向上されていることが確認できた。

以上の結果から、製作した本改質装置では、目標の 85%に対し約 84%の改質効率(HHV)が得られることが確認できた。また、安定した運転状態においては透過水素濃度の低下はわずかであり、試作改質装置に比べ耐久性が改善されていることが確認できた。

開発期間内に実施した耐久性試験では、原料水供給ポンプの故障など、本研究の開発項目以外の機器が原因で装置を停止して膜が劣化し、改質装置として 20,000 時間相当の耐久性を確認するには至らなかった。しかしながら、膜劣化原因についてはほぼ特定され、対策を講じることにより、膜単体では、20,000 時間相当の耐久性について見通しが得られつつある状況である。実証については、今後の課題として残っているが、以上の状況から、対策を講じた膜を改質装置に組み込むことによって、さらなる耐久性向上が期待できるものと考えられる。これまでの本改質装置での試験結果を表Ⅲ.2.2.6-4 にまとめた。

表Ⅲ.2.2.6-4 結果まとめ

	項 目	目 標	現 状
反 応 条 件	原料	市販 LP ガス	市販 LP ガス
	改質温度 [°C]	≤ 600	620(反応器外壁)
	GHSV [h ⁻¹]	1,000 ≤	2,000
	S/C [-]	最適値	2.8
目 標 値	サイズ	<200L	71L(27×38×69) (断熱材込み、補機類除く)
	水素透過量	674NL/h	674NL/h<
	改質効率(HHV)	85%	84%
	耐久性	20,000 時間相当以上	1,000 時間(実証)

2.2.7 固体高分子形燃料電池システムにおける改質装置の性能評価

本改質装置により生成される水素ガスを 1kW 級固定高分子形燃料電池に供給して発電試験を行い、燃料電池システムとしてのメンブレン型 LP ガス改質装置の性能を評価するとともに、実用化にあたっての課題を検討した。

(1) 固体高分子形燃料電池との連携による発電試験

(a) 燃料電池スタックの仕様

発電試験では、前プロジェクト(NEDO「LP ガス固体高分子形燃料電池システム開発事業(平成 13 年度~平成 17 年度)」)で導入した燃料電池スタックを使用した。本燃料電池スタックは、燃料電池、空気供給ユニット、冷却水循環ユニット、警報機から構成される。燃料電池スタックの外観を図Ⅲ.2.2.7-1 に、主な仕様を表Ⅲ.2.2.7-1 に示す。



図Ⅲ.2.2.7-1 燃料電池セルスタック外観

表Ⅲ.2.2.7-1 燃料電池スタックの主な仕様

項目	単位	設計値	
燃料ガス(水素濃度)	%	99	
燃料ガス流量	NL/h	710	
定格電流	A	29.9	
燃料電池	電池効率(HHV) ¹⁾	%	48.9
	平均セル電圧	mV	755
	定格電圧	V	40.8
	定格 DC 出力	W	1,220
インバータ効率	%	90	
補器消費電力 ²⁾	W	73	
定格 AC 出力	W	1,025	

1) 燃料利用率を含む

2) 燃料電池システム付属の動力(空気ブロア、水ポンプ等)

(b) 発電試験結果

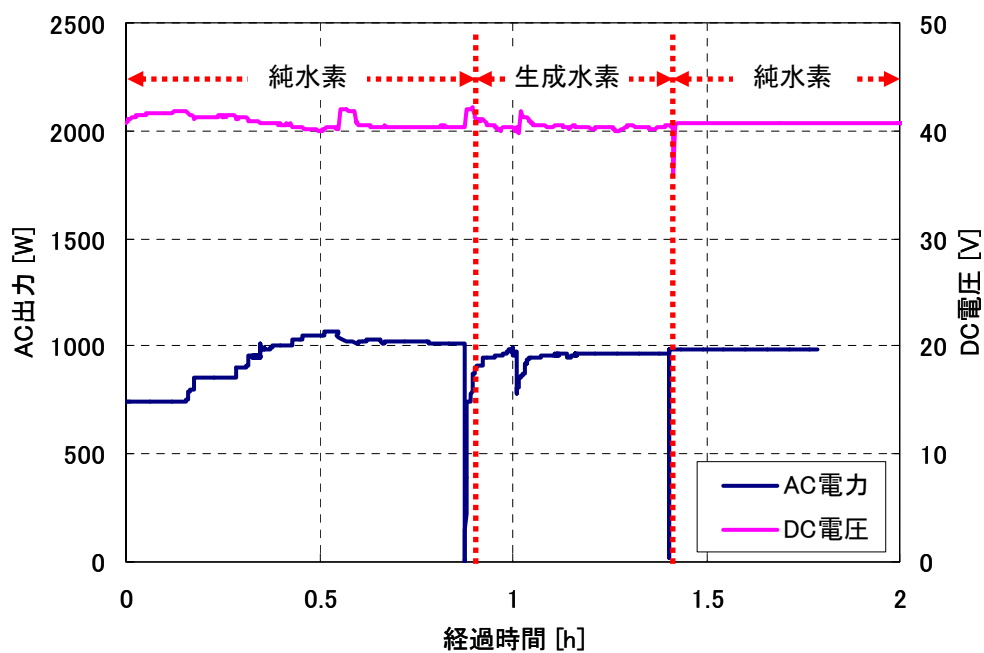
2.2.6 で製作した本改質装置と燃料電池セルスタックを組み合わせて発電試験を行った。システムが安定した後、アノード側に水素を、カソード側に空気ブロワから供給される空気を供給し発電を開始した。燃料電池セルスタックの電圧が安定した後、負荷を徐々に上げていき、所定の出力で安定させ、その時の水素流量、DC 電圧、DC 電流、AC 出力等を測定した。

純水素を用いた場合と改質により得られた水素(以下「生成水素」と表記)を用いた場合の試験結果を表Ⅲ.2.2.7-2 に、AC 出力及び DC 電圧の変化を図Ⅲ.2.2.7-2 に示す。まず、純水素を用いた試験での電池効率は 45.2%となり、仕様と比べて低くなった。これは、試験に使用した燃料電池スタックが約 3 年前に導入したものであり、燃料電池の劣化によるものと考えられる。

改質装置からの生成水素を用いた発電試験において、生成水素中の水素濃度は約 96%であった。生成水素を供給したときの AC 出力は、純水素を供給したときに対して約 5%の低下であり、生成ガスが問題なく燃料電池スタックに供給でき、発電可能であることを確認できた。生成水素を用いた発電試験では、生成水素流量が変動し、流量が低下した際に燃料電池がシャットダウンすることがあった。今後、実用化に向けた改質装置側の対応の一つとして、できるだけ生成水素流量の変動がなく安定した運転、生成水素の供給ができるような改良等が必要と考えられる。

表Ⅲ.2.2.7-2 発電試験性能データ

項目		単位	純水素	生成水素
燃料ガス(水素濃度)		%	99.99	96.0
燃料ガス流量		NL/h	716	693
定格電流		A	28.5	27.0
燃料電池	電池効率(HHV)	%	45.2	46.1
	平均セル電圧	mV	755	741
	定格電圧	V	40.3	40.3
	定格 DC 出力	W	1,147	1,087
インバータ効率		%	88.7	88.8
補器消費電力		W	72	72
定格 AC 出力		W	947	894



図Ⅲ.2.2.7-2 本改質装置と燃料電池スタックによる発電試験結果

IV. 実用化、事業化の見通しについて

1. 実用化の見通し

本事業で開発したメンブレン型 LP ガス改質装置は、定置用燃料電池(1kW 級)への水素供給を想定した燃料改質装置である。1kW 級定置用燃料電池システム(メンブレンのない従来型の改質器を搭載)については、新エネルギー財団が実施した「定置用燃料電池システム大規模実証事業(平成 17 年度～平成 20 年度)」において、3,000 台以上の定置用燃料電池システムが設置され、家庭の実際の使用条件での運転を行っていく中で、省エネルギー効果・CO₂ 削減効果の実証されるとともに、性能・信頼性の向上とコストダウン等が進められた。2009 年度より燃料電池システムの販売が開始され、今後定置用燃料電池システムの市場規模の拡大が期待されている状況である。

メンブレン型改質装置は、改質と同時に水素を連続的に分離する非平衡(水素分離型)改質技術であることから、改質温度が 600°C 程度(従来の改質装置は 700～750°C)と低く、改質装置に使用できる材料の選択肢が広がる、また装置加熱に要する熱量を低く抑えることができるなど、従来の改質装置に対して優位性を有する。加えて、水素透過性能に優れた水素分離膜を使用できれば、改質装置をコンパクトにできると共に、放熱ロスの低減に繋がるため、高効率化が期待できる。さらに 98%以上の水素を燃料電池に供給できるため、燃料電池の発電効率の向上を図ることができる。

メンブレン型 LP ガス改質装置のコストについて試算した結果、イニシャルコストは従来型の水蒸気改質装置より高くなるが、改質効率及び発電効率が高くなるので、ランニングコストを抑えることが可能となり、イニシャルコストは回収可能である。

メンブレン(水素透過膜)の技術開発は、LP ガス改質用途に限らず水素分離技術として重要な技術であり、水素社会を目指す上で、本事業で得られた耐久性の劣化に関するメカニズムの解明の成果は非常に有効である。

本事業で開発したメンブレン型 LP ガス改質装置については、製造される水素の純度が 98%以上、改質効率は 84%(HHV)と、従来の改質装置に比べ高い性能を示すことが確認できた。実用化に向けては、さらなる耐久性の向上とその実証、家庭の実際の使用条件でのシステム性能確認、低コスト化、さらなるシステムのコンパクト化などが、今後の検討項目となる。今後の実用化開発により、メンブレン型 LP ガス改質装置は、1kW 級定置用燃料電池システムに搭載する燃料改質装置として期待できる。

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、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。以下に 5 つの政策の柱毎に目的を示す。

1 - . 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 - . 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 - . 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 - . 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CO₂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 - . 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

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

3-1. 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「製造プロセス向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、エネルギー消費効率を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。

3-2. 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。

3-3. 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。

3-4. 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。

3-5. 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 - . 総合エネルギー効率の向上

4 - - . 共通

(1) エネルギー使用合理化技術戦略的開発 (運営費交付金)

概要

省エネルギー技術開発の実効性を高めるために、シーズ技術の発掘から実用化に至るまで、民間団体等から幅広く公募を行い、需要側の課題を克服し得る省エネルギー技術開発を戦略的に行う。

技術目標及び達成時期

中長期的視点に立った省エネルギー技術戦略を構築し、技術開発の相互連携によりシナジー効果が発揮され技術開発が促進されるよう、超燃焼システム技術、時空を超えたエネルギー利用技術、省エネ型情報生活空間創生技術、先進交通社会確立技術、次世代省エネデバイス技術の技術群に重点化して、省エネルギー技術戦略に沿った技術開発を戦略的に推進する。

研究開発時期

2003年度～2010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)

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。

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。

研究開発期間

2000年度～

(3) 研究開発型中小企業挑戦支援事業 (スタートアップ支援事業)

概要

省エネルギー対策に資する中小企業の優れた技術シーズ、ビジネスアイデアの事業化による創業・新事業展開を促進するため、実用化研究開発に要する経費(原材料費、直接人件費、機械装置費、知的財産取得費等)の一部を補助するとともに、補助事業を行う中小・ベンチャー企業等に対して中小企業基盤整備機構によるビジネスプランの具体化・実用化に向けたコンサルティング等を一体的に実施

する。

技術的目標及び達成時期

中小企業の技術開発を推進し、産業におけるエネルギー使用合理化技術の利用を図り、もって、中小企業の振興と経営の安定を促進する。

補助事業期間終了後2年後の採択企業の研究開発成果の事業化率50%を目標とするとともに、省エネルギー技術開発の高度化を戦略的に推進する。

研究開発期間

2004年度～

(4) 地域イノベーション創出エネルギー研究開発

概要

地域において新産業の創出に貢献し得るような最先端の技術シーズを基に、企業、公設試、大学等の研究開発資源を最適に組み合わせて形成された共同研究体が行うエネルギー使用の合理化並びに非化石エネルギーの開発及び利用に寄与する実用化研究開発の実施。

技術的目標及び達成時期

研究開発終了後3年後における成果の事業化達成率30%以上を目標とする。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(5) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

(6) 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 - - 参照)

4 - - . 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)

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。

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CO₂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。

研究開発期間

2008年度～2017年度

(2) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発(運営費交付金)

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。

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。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(3) 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発(運営費交付金)

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。

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。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発

i) 植物利用エネルギー使用合理化工業原料生産技術開発(運営費交付金)

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、現在の化学工業プロセスに代わる、植物の有する有用物質生産能を活用した省エネルギー・低環境負荷型の工業原料生産プロセスへの変換を促進する。具体的には、工業原料の生産に関わる重要な物質生産プロセスに関する代謝系をゲノム情報に基づき解析するとともに、有用物質生産制御に必要な一連の代謝遺伝子群の発現を統一的に制御する技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、工業原料として有望なバイオマスとしてイソプレノイド、油脂などの有用物質生産に関わる代謝経路とその調節メカニズム及び生産物質の蓄積・移動に係るメカニズムの解析を行い、関連遺伝子情報を整備するとともに、統括的発現制御技術を開発する。

研究開発期間

2002年度～2009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)

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。

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。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(6) 高機能チタン合金創製プロセス技術開発プロジェクト

概要

大量の電力を必要とする従来のバッチ処理方式のチタン製錬法(クロール法)を、エネルギー効率の高い連続処理方式へ転換する抜本的なプロセス改善のための技術を開発する。また、併せて、成形性の高いチタン合金設計技術及び成形プロセス技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに省エネ型チタン新製錬プロセスの基盤技術を開発し、2010年までに実用化を目指す。また、本製錬技術により得られるチタンをベースとして、加工性、強度等をさらに向上させた合金設計・成形プロセス技術を確立する。

研究開発期間

2005年度～2008年度

(7) 革新的分離膜技術の開発

概要

河川水等の浄水工程における、微量の有害物質、微生物等の除去に係る水処理技術のうち、分離膜方式による高効率(省エネ)な分離技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2013年度末までに、現行の分離膜に比較して単位処理水量当たり50%のエネルギー削減を図る技術を確立する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(8) 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)

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。

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。

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)

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。

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。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(9) 省エネルギー型化学技術創成研究開発補助事業

概要

化学産業はそれ自身が裾野の広い産業というだけでなく、自動車、IT機器等の川下製品の部材として産業界・国民生活の様々な分野に深く関連している。従って化学業界において、省エネポテンシャルの大きい有望な技術シーズがありながら民間だけでは十分な研究開発投資が行われていない技術について、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、他産業においてエネルギー効率の改善を促進する。

技術的目標及び達成時期

2007年度までに、化学分野の生産プロセスや、製品等に関する環境に配慮した省エネルギー技術の革新に向けて、国内・国際市場の創出・拡大も見据えつつ、将来の発展が有望な技術に関する研究開発を行うことにより、化学産業のみならず、我が国の省エネルギー対策に一層寄与する。

研究開発期間

2004年度～2010年度

(10) 高効率酸化触媒を用いた環境調和型化学プロセス技術開発プロジェクト

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、N-オキシ系触媒等の炭素ラジカル創生触媒を化学反応プロセスに適用し、製造工程の短縮や製造効率の向上を図ることで、温暖化効果ガスの排出抑制や省エネルギー効果など総合的なプロセスコストを低減させるため要素技術の開発を行う。

技術的目標及び達成時期

2008年度までにカルボン酸、アルコール、ケトンなどの含酸素化合物製造プロセスに対し、N-オキシ系触媒を適用していくため、現状の触媒活性・選択性の向上、触媒の安定性・寿命の改善、触媒分離プロセスの効率化等を開発する。

研究開発期間

2005年度～2008年度

(11) エネルギー使用合理化繊維関連次世代技術開発

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。

技術的目標及び達成時期

2009年度までに、以下の開発を行う。

炭素繊維製造エネルギー低減技術の研究開発

廃棄衣料のリサイクル技術及び高付加価値商品の開発

排水処理における余剰汚泥の減容化技術開発

次世代資材用繊維の開発

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

VOC含有廃棄物の溶剤回収及び再利用処理技術の開発

研究開発期間

2005年度～2009年度

(12) 無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術の開発（運営費交付金）

概要

所用動力が少なく、汚泥発生も少ない嫌気性処理の利点と、良好な水質が得られる好気性処理の利点の双方の特長を生かし、かつ双方の欠点を克服した、省エネルギー性に優れた廃水処理技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、既存技術で廃水処理を行った際に発生する汚泥量の70%削減を実現し、廃水処理に要するエネルギーの70%削減を実現する廃水処理システムを開発する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(13) 高効率ガスタービン実用化技術開発

概要

省エネルギー及びCO₂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湿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。

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。

高湿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_x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。

研究開発期間

2008年度～2011年度

(14) エネルギー使用合理化高効率パルプ工程技術開発(運営費交付金)

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、CO₂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きいことから、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。

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。

研究開発期間

2005年度～2010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 - - 参照)
- (16) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発(4 - - 参照)
- (17) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発(4 - - 参照)
- (18) 石油精製高度機能融合技術開発(4 - - 参照)

4 - - . 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)

概要

従来の活性炭電極では不可能な高出力かつ高エネルギー密度の電気二重層キャパシタを実現するため、高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、これを用いたキャパシタ電極の開発を行う。

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。

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 - - 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 - - 参照)
- (4) 固体酸化物形燃料電池実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (5) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (6) 新利用形態燃料電池技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (7) 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 - - 参照)
- (9) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業(運営費交付金)(4 - - 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 - - 参照)
- (10) 固体酸化物形燃料電池実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (11) 風力発電電力系統安定化等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (12) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (13) 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 - - 参照)

4 - - . 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)

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化の進展により、ネットワークを流れるデータ量が大幅に増加する中で、IT機器による消費電力量の大幅な増大に対応し、環境調和型IT社会の構築を図るため、個別のデバイスや機器に加え、ネットワーク全体での革新的な省エネルギー技術の開発を行う。

技術的目標及び達成時期

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。

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)

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。

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。

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)

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。

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。

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)

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しうる技術シーズを抽出する。

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/高スループット/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。

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)

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示す壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やナノ羽毛状構造およびセラミックス・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。

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 $0.3\text{ W/m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ10mm程度の超断熱壁材料および熱貫流率が $0.4\text{ W/m}^2\text{K}$ 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。

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)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から、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効率よく製造する。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。

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。

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)

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、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。

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。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(8) 高環境創造高効率住宅用VOCセンサ等技術開発(運営費交付金)

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、住宅における換気負荷を最小化することによって省エネルギーを達成するため、VOCセンサ及びモニタリング併用型換気システム等を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、VOCに対して高選択性・高感度性・即応性を有するVOCセンサ及びVOCセンサを用いたモニタリング併用型換気システム等を開発する。

研究開発期間

2005年度～2008年度

(9) 革新的構造材料を用いた新構造システム建築物研究開発

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、我が国鉄鋼業の約50%を占める建設市場において、建築物のメインフレームに高強度鋼を用いることで、鉄鋼部材の軽量化(リデュース)とそれに伴う輸送効率の向上、高強度化、非溶接化に伴う部材のリユース促進、製造・施工の省エネ・省力化等を図る。

同時に、柔剛混合構造(高強度鋼とダンパーの組み合わせ)技術の確立、関連法規への対応等により、震度7にも耐えうる新構造システム建築物の建設が可能となり、我が国で大きなリスクである大規模地震災害から国民を守り、安心安全社会の実現に寄与する。

技術目標及び達成時期

2013年度までに、最大規模の地震(震度7)に対しても倒壊・損壊しない建築物を高強度鋼(800N/mm²級鋼材)とダンパーの組み合わせによる柔剛混合構造により実現を図るものであり、国土交通省や民間企業と連携してこの建築物のメインフレームに必要な高強度鋼部材、接合法等の開発を行う。主な研究開発目標は以下の通りである。

・震度7弾性新構造システム開発

- ・高強度部材の製造技術開発
- ・超高強度接合部品開発
- ・高強度部材の接合技術開発

研究開発期間

2006年度～2008年度

(10) 次世代光波制御材料・素子化技術（運営費交付金）

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、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。

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。

研究開発期間

2006年度～2010年度

4 - - . 先進交通社会確立技術

(1) エネルギーITS（運営費交付金）

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。

技術的目標及び達成時期

2012年度までにプローブ情報を利用した信号制御機能の実用化を図るとともに、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。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(2) 革新的次世代低公害車総合技術開発（運営費交付金）

概要

大気環境・地球温暖化・エネルギー問題の同時解決に向けて、次世代の低公害車の技術開発を実施する。

特に、都市間の輸送に用いられる「都市間トラック・バス」を中心とした分野における要素技術の開発を自動車技術・燃料技術の両面から実施していく。

技術目標及び達成時期

平成20年度において、都市間の輸送に用いられる「都市間バス・トラック」を中心とした分野における次世代低公害車の要素技術を確立する。具体的には、以下のとおり。

- ・燃費向上率

貨物車 現行基準値に対して10%

乗用車 2015年基準値に対して20%

・排出ガス

貨物車 NOx：ディーゼル重量車のポスト新長期（挑戦目標）規制値

PM：ディーゼル重量車のポスト新長期規制値

乗用車 NOx：ガソリン車のポスト新長期規制値

PM：ガソリン車のポスト新長期規制値

研究開発時期

2004年度～2008年度

(3) 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）

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（CFRP）の開発を行う。

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、熱可塑性CFRP加工技術を開発する。

研究開発時期

2008年度～2012年度

(4) 次世代構造部材創製・加工技術開発（次世代航空機用）

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。

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。

研究開発期間

2003年度～2012年度

(5) 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）

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。

技術目標及び達成時期

2010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、NOx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。

研究開発期間

2003年度～2010年度

(6) 省エネ用炭素繊維複合材技術開発

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、耐雷対策の低コスト化技術等の研究開発・実証を行う。

技術目標及び達成時期

2013年度までに、従来の方法に比べ低コストであり、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低コストで確保する技術の研究開発・実証を行う。

研究開発期間

2008年度～2013年度

(7) 燃料電池システム等実証研究（4 - - 参照）

4 - - . 次世代省エネデバイス技術

(1) パワーエレクトロニクスインバータ基盤技術開発（運営費交付金）

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、省エネルギーを進めるために、シリコンよりも材料特性に優れたワイドギャップ半導体デバイスを用いた高効率インバータ等の実用パワーエレクトロニクス機器システムの基盤技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、ワイドギャップ半導体デバイスを用いた高効率インバータ等の実用パワーエレクトロニクス技術を開発する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(2) 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）

概要

窒化物系化合物半導体は日本が強みを有し、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、今後のIT社会を支えとなることを期待されている分野である。しかし、既存のバルク単結晶基板成長技術やエピタキシャル成長技術では、従来の半導体では実現できない領域で動作可能なハイパワー、超高効率デバイス性能を十分に引き出すには至っていない。

これを突破するため、大学あるいは研究所を拠点に材料メーカー、デバイスメーカー、装置メーカー等が相互連携して、窒化物半導体の結晶欠陥低減技術やナノ構造作製技術等の革新を図り、これらデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減の実現を図る。

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。

- ・ 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。
- ・ 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

研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) 次世代低消費電力半導体基盤技術開発(MIRAI)(運営費交付金)

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。

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。

研究開発期間

2001年度～2010年度

(4) 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)

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、情報通信機器、特に、情報家電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。

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。

研究開発期間

2003年度～2009年度

(5) 次世代高度部材開発評価基盤の開発 (CASMAT2) (運営費交付金)

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る。半導体産業分野で、集積回路の消費電力低減に必要な配線形成用各種材料等の開発のネックとなっているナノレベルでの材料間の相互影響を評価可能な統合部材開発支援ツールを開発する。これにより、集積回路の種類やデザインルールに応じて、配線形成用各種材料とプロセスの最適な組み合わせの提案技術(統合的材料ソリューション提案技術)を確立する。

技術的目標及び達成時期

2008年度までに、半導体材料開発に貢献する材料評価基盤を構築するとともに、上記の統合的材料ソリューション提案技術を確立する。また、本プロジェクトを通して得られた基礎データ等については、プロジェクト実施期間中にデータを体系的に整理し、幅広く社会に提供を図る。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(6) 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)

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45nm以降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)基盤技術を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。

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。

研究開発期間

2006年度～2010年度

4 - - . その他

(1) 希少金属等高効率回収システム開発

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。

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kl/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%）

研究開発期間

2007年度～2010年度

（2）次世代構造部材創製・加工技術開発（次世代衛星基盤）

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、次世代の衛星技術として期待されている、準天頂衛星システム（移動中の利用者等に対し、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新システム）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、航空機、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のため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。

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）の開発を行う。

研究開発期間

2003年度～2010年度

（3）高効率重金属処理剤研究開発

概要

重金属等によって汚染された土壌、飛灰、ばいじん、排水・廃液等を安全かつ経済的に処理する技術開発として、少量の使用で重金属等を安定的かつ効率的に捕捉できる複合金属汚染土壌のオンサイト処理に適した高性能の無機系重金属等処理剤及び自然環境への負荷が少ない新規有機系処理剤を開発する。

技術的目標及び達成時期

2008年度までに、飛灰における金属選択性が高く安価な重金属等処理・回収剤及び排水中における亜鉛や6価セレンなどを処理できる重金属等処理剤を開発する。

研究開発期間

2003年度～2008年度

4 - . 運輸部門の燃料多様化

4 - - . 共通

- (1) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 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 - - 参照)

4 - - . 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 - - 参照)
- (2) E3地域流通スタンダードモデル(運営費交付金)(4 - - 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 - - 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 - - 参照)

4 - - . G T L等の合成液体燃料

- (1) 革新的次世代低公害車総合技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) 天然ガス未普及地域供給基盤確立実証試験(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 天然ガスの液体燃料化(G T L)技術実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - - . 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 - - 参照)
- (2) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 新利用形態燃料電池技術開発(運営費交付金)(4 - 参照)
- (4) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (5) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (6) 水素社会構築共通基盤整備事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (7) 燃料電池システム等実証研究(4 - - 参照)

4 - - . 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 - - 参照)

4 - . 新エネルギー等の開発・導入促進

4 - - . 共通

- (1) 新エネルギー技術研究開発(運営費交付金)

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)

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。
- 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イ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開発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。

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)

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)

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。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) イノベーション実用化補助金(運営費交付金)

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。

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。

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)

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。

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。

研究開発期間

2000年度～

4 - - . 太陽・風力

(1) 太陽光発電無線送受電技術の研究開発

概要

新たな電力供給方式として地上において様々な用途への応用が見込まれ、また、長期的には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の中核的技術として応用可能な太陽光発電無線送受電技術を確立するため、安全性等を確保しつつ、太陽エネルギーを効率良く伝送するための要素技術等について研究開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに高効率半導体増幅回路の開発、複数フェーズドアレイパネルの統合による精密ビーム制御技術の開発、高効率受電整流回路の開発を目指すことにより、無線送受電技術の高効率化を図る。

研究開発期間

2008年度～2010年度

4 - - . 電力系統制御・電力貯蔵

- (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 - - 参照)
- (2) 風力発電電力系統安定化等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - - . 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)

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。

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。

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)

概要

地域に賦存する未活用の資源であるバイオマスをエネルギーとして有効活用するため、溶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。

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。

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)

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。

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。

研究開発期間

2005年度～2009年度

4 - - . 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)

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。

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。

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)

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。

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。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(3) 新利用形態燃料電池技術開発(運営費交付金)

概要

ユビキタス社会に対応する燃料電池の実用化・普及拡大を図るため、小型可搬電源となり得る小出力燃料電池等の安全性確保等を目的とする基準・標準化研究開発及び燃料電池の用途開拓のための技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年までに、燃料電池の新利用形態、使用環境の拡がり等を考慮した高出力特性等の性能特性向上によって必要となる燃料容器等の周辺機器を含めたシステムの安全・環境基準の設定・標準化、規制緩和に資する試験データの取得、試験方法の開発及びこれらの規格・標準化に準じた新利用携帯用燃料電池技術を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発(運営費交付金)

概要

高耐久性の水素透過型メンブレン(膜)を開発し、家庭用LPガス供給システムから高純度の水素を供給可能な高効率LPガス改質装置を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、家庭用LPガス供給システムから燃料電池へ高純度の水素を供給する高効率かつ低コストでコンパクトなメンブレン型LPガス改質装置を開発する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(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)

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。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、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、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、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。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(6) セラミックリアクター開発(運営費交付金)

概要

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、低温作動と急速作動停止を可能とする材料の開発とマイクロセルの集積構造化技術等の開発を行う。

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/部等)を行う。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(7) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(運営費交付金)

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。

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。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(8) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業(運営費交付金)

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。

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則、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。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(9) 水素先端科学基礎研究事業(運営費交付金)

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則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。

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則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。

研究開発期間

2006年度～2012年度

(10) 水素社会構築共通基盤整備事業(運営費交付金)

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。

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。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(11) 固体酸化物形燃料電池実証研究(運営費交付金)

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。

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、SOFC技術開発等へのフィードバックを行う。

研究開発期間

2007年度～2010年度

(12) 定置用燃料電池大規模実証事業(運営費交付金)

概要

定置用燃料電池コージェネレーションシステムの実用化開発を支援するため、量産技術の確立と実用段階に必要なデータ収集を行う大規模実証を実施する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、定置用燃料電池を大規模かつ広域的に設置し、実使用条件下における耐久性等の運転データを取得・分析、コストダウンに向けた課題抽出を行い、製品改良へのフィードバックを行う。

研究開発期間

2005年度～2008年度

(13) 燃料電池システム等実証研究

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。

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。

研究開発期間

2006年度～2010年度

4 - . 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

4 - - . 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

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

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。

研究開発期間

2008年度～2010年度（見直し）

< プルサーマルの推進 >

(2) 全炉心混合酸化物燃料原子炉施設技術開発

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。

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。

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 >

(3) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発

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。

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。

研究開発期間

2007年度～2015年度

< ウラン濃縮技術の高度化 >

(4) 遠心法ウラン濃縮技術開発

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。

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胴遠心分離機の約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。

研究開発期間

2002年度～2009年度

< 回収ウラン >

(5) 回収ウラン利用技術開発

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。

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の設計を確定する。

研究開発期間

2008年度～2015年度

< 共通基盤技術開発 >

(6) 革新的実用原子力技術開発費

概要

原子力発電及び核燃料サイクルに関する革新的かつ基盤的技術であって実用化につながる研究開発テーマを競争的環境の下で広く提案公募方式により募集し、将来の原子力技術の発展及び技術の多様化につながる研究開発を行う。

なお、実施に当たっては、研究開発の特性に応じて既存技術分野、基盤技術分野、国際協力技術分野の3分野を設け事業を実施する。

技術目標及び達成時期

2012年まで、既存技術分野、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。

なお、既存技術分野は2008年度で終了となる。

研究開発期間

2000年～2010年（見直し）

4 - - . 高速増殖炉（FBR）サイクル

(1) 発電用新型炉等技術開発

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、保守技術の試験等を実施する。

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。

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 - - 参照)

4 - - . 放射性廃棄物処理処分

(1) 地層処分技術開発

概要

) 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术として、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。

) 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。

) 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。

技術目標及び達成時期

) 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。

) 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。

) 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14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。

研究開発期間

1998年度～2011年度

(2) 管理型処分技術開発

）地下空洞型処分施設性能確認試験

概要

T R U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。

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。

研究開発期間

2006年度～2011年

(3) 放射性廃棄物共通技術開発

概要

）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。

）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。

技術目標及び達成時期

）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。

）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T R U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。

研究開発期間

2001年度～2011年度

4 - - . 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)

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。

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S M E S、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。

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)

概要

革新的な超電導送電技術を確立するため、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を活用し、実用化のための実証試験及び評価を行う。

技術目標及び達成時期

2011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。

研究開発期間

2007年度～2011年度

4 - - . その他電力供給安定化技術

(1) 風力発電電力系統安定化等技術開発(運営費交付金)

概要

大規模風力発電所等の普及拡大時において懸念される周波数変動等系統上の問題対策として、蓄電システムの併設による出力安定化技術を開発し、実態に応じたシステム稼働データの抽出や当該システムの有効性の検証を行う。

技術目標及び達成時期

長期実証運転を強いられた大容量システムの耐久性や信頼性を評価するため解体分析調査を行うことにより、当該技術の有効性を検証するとともに、そのシステムを確立する。

研究開発期間

2003年度～2008年度

(2) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業(運営費交付金)

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。

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。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) 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)

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

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。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 発電プラント用超高純度金属材料の開発(運営費交付金)

概要

従来の金属材料と比べ耐食性、耐久性、加工性などの飛躍的な向上が期待できる超高純度金属材料の発電プラント部材としての実用化を目指し、低コスト・量産化製造プロセス、及び加工・溶接技術等の開発を行い、部材としての実用特性の評価・検証を行う。

また、実用化に向けたフィージビリティ調査を行い経済性の評価等を実施するとともに、材料特性に関するデータベースの整備及びそれに必要な試験研究を行う。

技術目標及び達成時

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。

研究開発期間

2005年度～2009年度

4 - . 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

4 - - . 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・利用促進型大型ノ特別研究(運営費交付金)

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。

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。

研究開発期間

2001年度～2012年度

(2) 石炭生産技術開発(クリーン・コール・テクノロジーの研究開発の一部)

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、低品位炭の有効利用、石炭生産性の向上のための研究開発等を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、インドネシアにおいて低品位炭の有効利用を図ることを目標に、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確立する。

研究開発期間

2001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)

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。

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。

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

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。

技術目標及び達成時期

2010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。

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)

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。

技術目標及び達成時期

2011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。

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

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。

技術目標及び達成時期

PALSAR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。

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

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を確立する。

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。

研究開発期間

1987年度～2010年度

4 - - . 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

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、熱効率が高い等の利点がある))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。

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を確立し、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。

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

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。

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、CO₂排出量を63万トン/年削減可能とする技術を確立する。

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

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。

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。

研究開発期間

2008年度～2010年度

(4) 革新的次世代石油精製等技術開発

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。

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。

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

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。

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および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とメタンのセンサを開発する。

研究開発期間

2008年度～2011年度

(6) 天然ガス未普及地域供給基盤確立実証試験（運営費交付金）

概要

天然ガスの供給手段が存在せず（パイプラインはもとよりサテライト供給でも採算が合わないため）石油等の燃料に依存している地方都市部の中小規模の天然ガス需要に対し、天然ガスハイドレートを利用した、新たな輸送技術を確立する。

技術目標及び達成時期

従来のLNGチェーンによる供給に係る投資コストに対し、そのコストを約1/4に低減する事が可能な天然ガスハイドレート（NGH）供給システムを2008年度までに確立する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(7) 天然ガスの液体燃料化（GTL）技術実証研究（運営費交付金）

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CO₂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CO₂を多く含むガス田からの天然ガスが利用可能、CO₂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。

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。

研究開発期間

2006年度～2010年度

- (8) 高耐久性メンブレン型 L P ガス改質装置の開発 (運営費交付金) (4 - - 参照)
- (9) 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 - - 参照)
- (1 0) 高効率ガスタービン実用化技術開発 (4 - - 参照)

4 - - . オイルサンド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

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。

技術目標及び達成時期

2 0 1 6 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。

研究開発期間

2 0 0 1 年度 ~ 2 0 1 6 年度

(2) 革新的次世代石油精製等技術開発 (4 - - 参照)

4 - - . 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

概要

石炭の高効率な利用を図るために、

- ・ 酸素吹きによる石炭ガス化発電 (I G F C) の開発実証
- ・ 化学吸収法による C O 2 の分離・回収技術の実証
- ・ C O 2 を輸送するための船舶の設計
- ・ C O 2 を貯留するための発生源近傍における貯留ポテンシャルやコストの評価
- ・ 石炭ガス化から CCS まで一貫したトータルシステムの設計等を行う。

技術目標及び達成時期

石炭ガス化については、2 0 0 9 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 C O 2 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。また、C C S については、2 0 1 6 年度頃から C O 2 地中貯留の実証試験に着手する。

研究開発期間

2 0 0 7 年度 ~ 2 0 1 2 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

概要

石炭火力発電から排出されるCO₂の削減技術について諸外国との実証普及事業等を実施し、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。

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、ゼロエミッション型石炭火力発電の実証プロジェクト(Future Genプロジェクト)への参画を通じた石炭ガス化・発電技術、CO₂分離回収技術、CO₂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。また、将来のCO₂の地中貯留に際しては、国民の正しい理解が不可欠であり、これを念頭においたゼロエミッション型石炭火力発電に係る普及啓蒙活動を積極的に実施する。

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CO₂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CO₂削減効果が期待できる。

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

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イ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。

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。

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)(クリーン・コール・テクノロジーの

研究開発の一部)

概要

環境適合的な石炭利用の拡大を図るため、石炭ガス化、無灰化技術による転換効率向上に資する技術や石炭からの水素製造技術等、クリーン・コール・テクノロジーの開発を行う。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、

- ・ 石炭から合成ガスや軽質オイルを併産する高効率な石炭部分水素化プロセス技術を20t/日のパイロットプラント規模で確立する(石炭部分水素化熱分解技術の開発)

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(戦略的炭素ガス化・燃焼技術開発)

研究開発期間

1995年度～2008年度(2008年度見直し)

- ・ 戦略的炭素ガス化・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
- ・ 石炭部分水素化熱分解技術 2003年度～2008年度

(5) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発費補助金

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。

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。

研究開発期間

1999年度～2009年度

(6) 環境調和型製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - - . その他共通

(1) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 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 - - 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 - - 参照)
- (4) 燃料電池先端科学研究 (運営費交付金)(4 - - 参照)
- (5) 新利用形態燃料電池技術開発 (運営費交付金)(4 - - 参照)
- (6) 高耐久メンブレン型 L P ガス改質装置の開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (7) 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 - - 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 - - 参照)
- (9) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業 (運営費交付金)(4 - - 参照)
- (10) 水素社会構築共通基盤整備事業 (運営費交付金)(4 - - 参照)
- (11) 水素先端科学基礎研究事業 (運営費交付金)(4 - - 参照)
- (12) 固体酸化物形燃料電池実証研究 (運営費交付金)(4 - - 参照)
- (13) 定置用燃料電池大規模実証事業 (運営費交付金)(4 - - 参照)
- (14) 燃料電池システム等実証研究 (4 - - 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 - ．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アプローチ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 - ．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 - ．新エネルギー等の開発・導入促進

- 事業者支援補助金等による初期需要創出
- 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 - ．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 - ．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。

(エネルギーイノベーションプログラム)
「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」基本計画

燃料電池・水素技術開発部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

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。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、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となることを目指し「エネルギーイノベーションプログラム」が制定された。本事業は、その「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。

燃料電池は、上記の目的達成に向けたキーテクノロジーとして、その実用化への期待が高く、燃料電池実用化戦略研究会（経済産業省資源エネルギー庁長官の私的研究会、1999年12月設置）において「固体高分子形燃料電池／水素エネルギー利用技術開発戦略」が策定され、産学官が一体となって実用化のための技術開発等に積極的に取り組んでいる。

また、2002年5月に「燃料電池実用化に関する関係省庁連絡会議」が設置され、関係各省庁の緊密な連携のもとで燃料電池実用化に必要な安全性確保のための燃料電池・水素インフラ等に係る6法律28項目の関連規制の包括的な再点検をはじめとする規制・技術基準の整備及び標準化が進展している。

燃料電池は、従来の内燃機関等に比べて効率が高く、二酸化炭素の排出を削減することが可能であること、天然ガス、メタノール等の多様な燃料の使用が可能であること、石油代替の促進にも寄与すること、静粛性に優れ、大気汚染の原因となる窒素酸化物や硫酸酸化物の排出量が少なく環境保全上の効果も大きいことから、高出力密度、低温作動等の特徴のある固体高分子形燃料電池の家庭用コージェネレーションシステム、可搬型電源、燃料電池自動車として普及することが期待されている。

今後、エネルギー消費量の増加が見込まれる家庭用分野において、CO₂排出量の削減を図ることは大きな課題である。この課題を解決する方策の一つとして固体高分子形燃料電池を導入し、エネルギーの使用効率の向上を図ることが考えられているが、我が国の総世帯数の過半数はLPガス使用世帯であり、家庭用分野に燃料電池を導入する方策として、LPガス対応型の燃料電池システムの開発への期待が高い。また、LPガスは、可搬性や災害時の復旧性にも優れていることから家庭用発電システムの燃料の一つとして適している。一方、家庭用分野に普及するためには経済性の向上とともにシステムの小型化が必要である。このため、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NED

○技術開発機構」という。)は、LPガス燃料対応型の家庭用固体高分子形燃料電池の実用化、普及促進を目的として、LPガス特有の気化圧を活用したメンブレンリアクター型の高効率かつ小型化したLPガス改質装置の開発を実施する。

これにより、家庭用燃料電池の低コスト化による導入促進を図るとともに、家庭用分野における省エネルギー、環境問題改善、電源の分散化に資することが期待される。

(2) 研究開発の目標

家庭用LPガス供給システムから燃料電池へ高純度な水素を供給する、高効率かつ低コストでコンパクトなメンブレンリアクター型LPガス燃料改質装置を開発する。2008年(平成20年)において以下の技術目標を達成するため、高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発と当該分離膜を使用したLPガス改質装置の開発を実施する。

項目	目標値
水素選択透過係数	70(H ₂ /N ₂)
改質能力 ^{※1}	改質効率78%以上(LHV) ^{※2}
耐久性 ^{※1}	5年間以上(20,000時間)

※1 脱硫装置含む

※2 85%(HHV)

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発内容について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

- ①高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発
- ②LPガス改質装置の開発
- ③燃料電池システムにおける改質装置の性能評価

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、NEDO技術開発機構が、単独又は複数の企業、研究組合、公益法人、大学、国研等の研究機関(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の上、共同研究契約(NEDO技術開発機構の負担率:2/3以内)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、必要に応じて、研究体にはNEDO技術開発機構が指名する研究開発責任者(以下プロジェクトリーダー)を設置し、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適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、委員会や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、プロジェクトの進捗について報告を受けることなどを行う。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成18年度(2006年度)から平成20年度(2008年度)までの3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、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成21年度に実施する。

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、政策動向又は当該研究開発の進捗状況等に応じて前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 成果の普及

得られた研究開発の成果については、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25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、エネルギー政策動向、プログラム基本計画の変更、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。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成18年3月、制定。

(2) 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

1. 研究開発の必要性

今後、エネルギー消費量の増加が見込まれる家庭用分野において、CO₂排出量の削減を図ることは大きな課題である。この課題を解決する方策の一つとして固体高分子形燃料電池を導入し、エネルギーの使用効率の向上を図ることが考えられているが、家庭用分野に普及するためには経済性とともシステム小型化が必要である。一方、我が国の総世帯数の過半数がLPガスを使用しており、家庭用分野に燃料電池を導入する方策として、LPガス対応型の燃料電池システムの開発が望まれている。

LPガスは容器元圧が都市ガスより高く、メンブレン型改質装置を透過する際に、コンプレッサ等の昇圧器が不要である。LPガスの気化圧を利用することで、高効率で、小型なメンブレン型改質装置が期待できる。

2. 研究開発の具体的内容

(1)高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発

①高耐久性水素分離膜の開発

現在、耐久性の大幅な向上が課題となっている水素分離膜について、改質装置の小型化およびコスト低減に資する膜の薄膜化を進めると同時に耐久性を向上させる製膜法を検討し、高耐久性水素分離膜を開発する。また、改質ガス中に水素と共存するガス(CO、CO₂、メタン等)が水素分離膜の劣化に与える影響を解明し、耐久性の向上等に反映させる。

②膜の高耐久化に資する支持体の開発

膜を担持する支持体について、材料の選定、耐熱性向上、支持体の細孔の均一化を中心とした加工法などを検討し、水素分離膜の高耐久化に資する支持体を開発する。

(2)LPガス改質装置の開発

①高性能改質触媒の開発

メンブレン型改質装置での使用に適する改質触媒を開発する。すなわち、550℃程度までの温度において高活性かつ炭素析出に強い改質触媒を開発する。

②改質装置の開発および評価試験

上記(1)及び(2)①で開発した膜、改質触媒を使用したメンブレン型改質装置の開発(脱硫剤の選定を含む)を行い、改質総合効率向上を目的に、改質装置トータルでの総合熱効率評価、システムの最適化を行う。

(3)燃料電池システムにおける改質装置の性能評価

(2)で開発したLPガス改質装置の燃料電池システムにおける性能評価を行う。改質

ガスの燃料電池システムへの適応性を確認するとともに、本改質装置を使用した家庭用燃料電池システムを実用化するにあたっての課題を抽出する。

3. 達成目標

家庭用LPガス供給システムから燃料電池へ高純度な水素を供給する、高効率かつ低コストでコンパクトなメンブリアクター型LPガス燃料改質装置を開発する。平成20年(2008年)度において、下表のとおりメンブレンの水素選択透過係数(水素/窒素 比)70以上(現状40)、5年以上のメンブレンの耐久性(20,000時間)、改質効率 78%以上を達成する。

項 目	目 標 値
水素選択透過係数	70(H ₂ /N ₂)
改 質 能 力 ^{※1}	改質効率78%以上(LHV) ^{※2}
耐 久 性 ^{※1}	5年間以上(20,000 時間)

※1 脱硫装置含む

※2 85%(HHV)

エネルギー分野

資源に乏しいわが国が、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、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

また、「新・国家エネルギー戦略」や「エネルギー基本計画」においても、エネルギー技術戦略策定の必要性が明記されており「新・国家エネルギー戦略」が想定する2030年という長期の時間設定の中、超長期エネルギー技術ビジョン（2005年10月策定）を参考にしつつ、2006年11月策定のエネルギー技術戦略マップ2006をベースにし、技術戦略マップ2007（エネルギー分野）を作成した。技術戦略マップ2008は2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受けて策定された「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」（2008年3月策定）をもとに、足下の2030年頃までの見直しに変更があったものについて修正を行ったものである。

技術戦略マップ2009の策定に当たっては主に下記の3項目の内容について見直しを実施し、改訂を行った。

- ・省エネルギー技術戦略との整合【参考資料：省エネルギー技術戦略2009】
- ・既存ロードマップに最新技術を反映
- ・個別技術の統廃合（235技術→178技術（新2技術））

エネルギー分野の技術戦略マップ

I. 検討の手順

技術戦略マップは、政策目標を実現するために必要な技術を要素技術を含めて抽出した技術マップ、技術開発の進展を時間軸に沿って示した技術ロードマップ、及び技術開発とそれ以外の関連施策を併せて示した導入シナリオから構成されている。

本技術戦略マップの作成にあたっては、2006年に策定した「新・国家エネルギー戦略」における政策の柱を踏まえ、①総合エネルギー効率の向上、②運輸部門の燃料多様化、③新エネルギーの開発・導入促進、④原子力の利用、そして、⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーン利用、の5つの政策目標を設定した上で、これらに寄与する主なエネルギー分野の技術を抽出した。

①総合エネルギー効率の向上

②運輸部門の燃料多様化

③新エネルギーの開発・導入促進

④原子力利用の推進と その大前提となる安全の確保

⑤化石燃料の安定供給確保と 有効かつクリーンな利用

次に、抽出した技術を時間軸展開することによりロードマップの作成を行い、技術開発及びその成果が導入されるにあたって必要となる関連施策を整理した導入シナリオの作成を行った。

II. 技術の特徴付けについて

エネルギー技術分野全体を俯瞰するため、有識者にアンケート調査を行い、5つの政策目標に対する寄与について定性的な評価を行った。

評価項目	内容
政策目標に関する指標	
①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、GDPあたりの最終エネルギー消費指数を向上することに寄与する技術
②運輸部門の燃料多様化	バイオマス由来燃料、GTL (Gas to Liquid)、BTL (Biomass to Liquid)、CTL (Coal to Liquid) などの新燃料、EV (電気自動車) やFCV (燃料電池自動車) など、運輸部門の石油依存度を低減することに寄与する技術
③新エネルギーの開発・導入促進	太陽、風力、バイオマス等を起源とするエネルギーに関連する技術の開発・導入促進に寄与する技術。また、再生可能エネルギーの普及に資する新規技術、エネルギー効率の飛躍的向上に資する技術、エネルギー源の多様化に資する新規技術など「革新的なエネルギー高度利用技術」も含む。
④原子力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原子力発電の比率を30～40%程度以上とすることに寄与する技術。負荷平準化等、原子力利用の推進に資する技術や安全確保に資する技術も含む。
⑤化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用	化石資源の開発・有効利用技術、CCT (クリーン・コール・テクノロジー) などのクリーン利用や、資源確保に資する技術

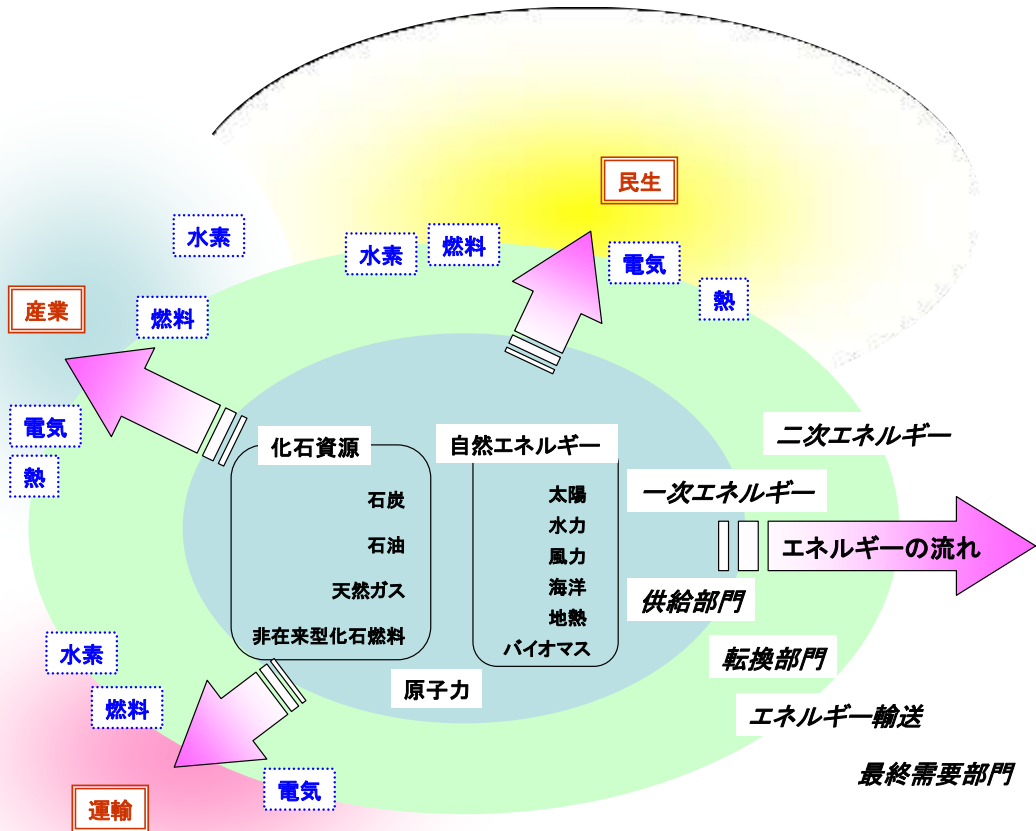
III. エネルギー技術全体の俯瞰図について

評価結果を基に、5つの政策目標に対する寄与を示したエネルギー技術全体を俯瞰するマップを作成した。

IV 技術マップ・技術ロードマップ・導入シナリオの見方

○技術マップ

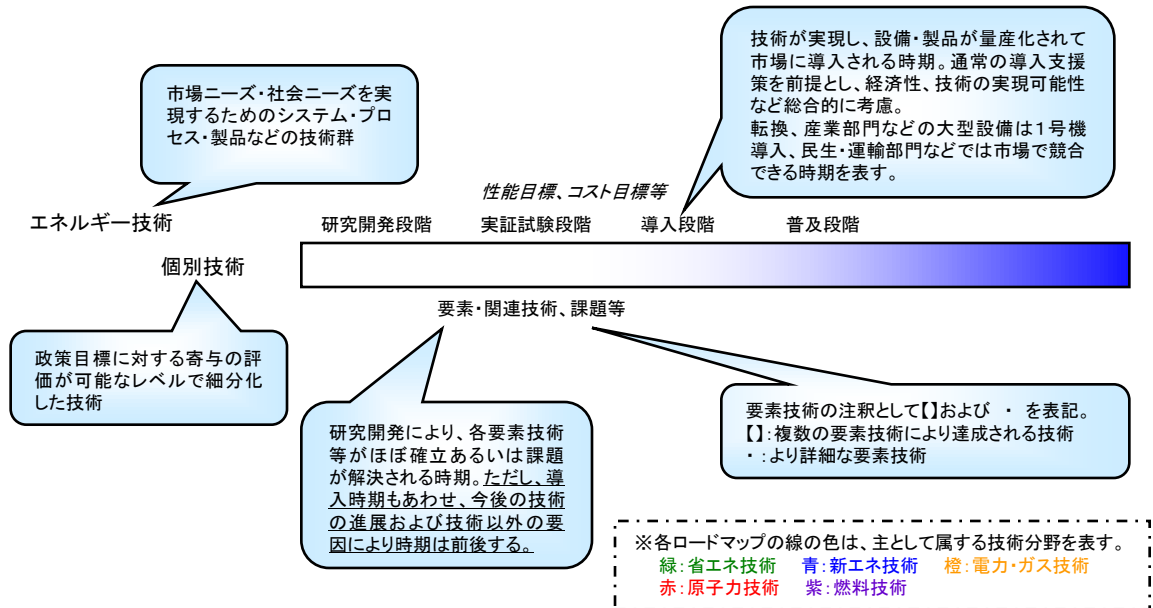
エネルギー分野全体から2030年頃までに実用化され、5つの政策目標に寄与すると思われる178個の技術を洗い出し、それぞれの政策目標の達成に寄与する技術別に、分類・整理してリストとして示すとともに、下図のように一次エネルギー／二次エネルギー／最終エネルギー消費のエネルギーの流れ、電気／熱／燃料等のエネルギーの形態、産業／民生／運輸の需要部門別に整理を行い図示した。



○技術ロードマップ

それぞれの政策目標達成に寄与する技術について、技術開発を推進する上で必要な要素技術・課題、求められる機能等の向上、技術開発フェーズの進展等を時間軸上にマイルストーンとして展開した

また、技術スペックの記載にあたっては、分野別推進戦略や他分野のロードマップを参考とした。



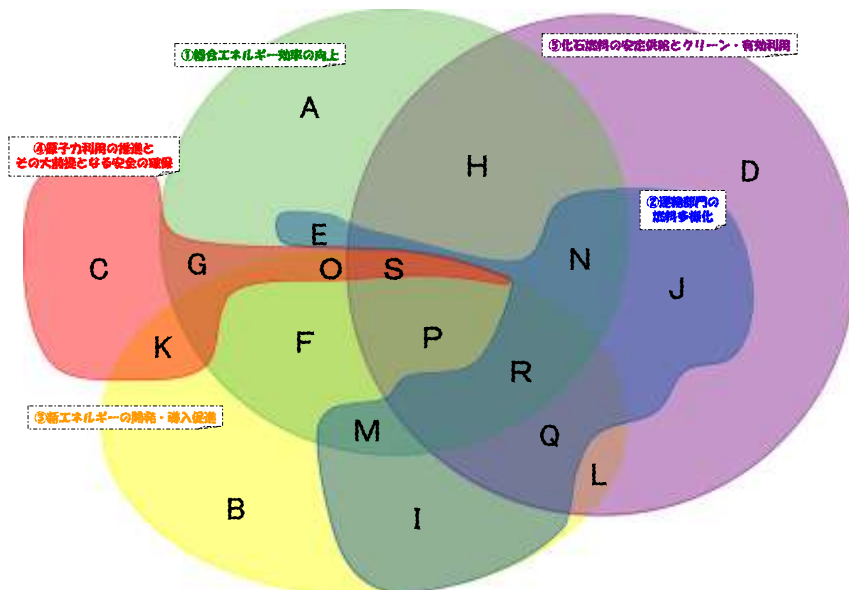
個別技術No. は次の考え方で区分した。

1桁目 : 「新・国家エネルギー戦略」における5つの政策目標のうち一番関連が強い政策目標を表す。

2, 3桁目 : エネルギー技術を指す。

(4桁目 : 個別の番号)

5桁目 : 俯瞰図における位置を指す。



○導入シナリオ

5つの政策目標毎に、国内外の背景、エネルギー政策の動向、主な技術開発及び関連施策、その政策目標を達成するための共通関連施策について整理した。

V. 改定のポイント

- 省エネルギー技術戦略との整合【参考資料：省エネルギー技術戦略2009】
- 既存ロードマップに最新技術を反映
- 個別技術の統廃合（235技術→178技術（新2技術））

VI 政策目標に寄与する技術の

「技術マップ」・「技術ロードマップ」・「導入シナリオ」

i. 総合エネルギー効率の向上

(i-1) 目標と将来実現する社会像

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相当程度の成功を収めてきた。今後約30年においても、「新・国家エネルギー戦略」に掲げるこれまでと同程度の成果（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ことが不可欠である。

(i-2) 研究開発の取組み

関連技術を5つ分類した。

- 燃料を省く、または効率的に利用することによる製造プロセスの抜本的な効率化を図るための「超燃焼システム技術」
- 余剰エネルギーを時間的・空間的な制約を超えて利用し、エネルギー需給のミスマッチを解消するための「時空を超えたエネルギー利用技術」
- 生活スタイルの変化に伴う民生部門でのエネルギー消費量の増加に対応し、高効率機器とITとの融合により省エネルギーを図るための「省エネ型情報生活空間創生技術」
- 運輸部門のエネルギー消費量の削減に向け、輸送機器の効率化とモーダルシフト等利用形態の高度化により省エネルギーを図るための「先進交通社会確立技術」
- 幅広い分野で使用される半導体等のデバイスの高性能化により省エネルギーを図るための「次世代省エネデバイス技術」

また、電力貯蔵技術等の電力安定供給に資する技術、送電ロスを大幅に低減する技術等は、「時空を超えたエネルギー利用技術」に分類した。

(i-3) 関連施策の取組み

- 事業者支援補助金による初期需要創出（高効率機器の補助導入など）
- セクター別ベンチマークの導入によるエネルギー消費原単位改善
- 省エネ評価制度の国際的整備
- 国際標準化・規格化による国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

(i-4) 改訂の主たるポイント

- 技術の目的、方向性が同一の技術であるものを統廃合し91の技術とした。
具体的には、
 - ・「新還元溶解製鉄法」を「製鉄プロセス」の一部であることから1102H「製鉄プロセス」に統廃合した。
 - ・「地中熱利用ヒートポンプ」、「河川熱利用」、「都市排熱利用」は全て温度差エネルギー利用技術であることから3252F「温度差エネルギー利用」に統合した。
 - ・「超電導磁気エネルギー貯蔵(SMES)」、「超電導フライホイール」は同じ超電導利用技術であるから3547F「超電導電力貯蔵」に統合した。
 - ・高効率照明技術(「高効率蛍光灯」、「高効率LED照明」等)はその技術の実用化時期の違いから1351A「高効率照明」、1352A「次世代照明」に分別した。
 - ・「高効率PDP」、「高効率LCD」、「LEDディスプレイ」は全て次世代大型低消費電力ディスプレイ技術であることから1361A「高効率ディスプレイ」に統合した。
- CO2削減ポテンシャルも高く、今後も省エネ効果が高いと考えられる1105H「セメントプロセス」を政策寄与度が大きいと思われる技術に位置づけた。
- 1110H「組立・加工プロセス」に省エネ技術戦略に記載されている個々のレーザー利用技術を要素技術して追加した。
- 省エネ技術戦略にも記載されている1112A「蒸気生成ヒートポンプ」は、産業分野における蒸気製造プロセスに対して大幅な省エネポテンシャルがあるため新たに追加した。
- 2008年策定の「2030年エネルギー需給見通し」でも省エネ技術として重要視されているグリーンIT関連技術である1363A「省エネ型情報機器・システム」及び1364A「大容量高速ネットワーク通信・光ネットワーク通信」は、要素技術の充実を図ると共に、1364A「大容量高速ネットワーク通信・光ネットワーク通信」を政策寄与度が大きいと思われる技術に位置づけた。
- 1401E「高度道路交通システム(ITS)」は2008年策定の「Cool Earthエネルギー革新技術計画」の内容に沿ったロードマップに改定した。

ii. 運輸部門の燃料多様化

(ii-1) 目標と将来実現する社会像

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、わ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30%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していくことが必要である。

(ii-2) 研究開発の取組み

○バイオマス由来燃料

地域における実証的な取組が進みつつあるが、供給インフラの未整備や、燃料利用の際の利便性に関する制約等の課題が存在する。このため、こうした課題の解決に向け、バイオマス由来燃料の導入促進に向けた実証実験の推進や供給インフラの整備に加え、低コストなエタノール製造技術等の技術開発を推進することが必要である。

○天然ガスを起源とするGTL (Gas to Liquid)

ディーゼルエンジンでの活用が可能であり、また、硫黄分等を含まないため環境面で優れた新たな形態の燃料として注目されている。今後、バイオマス由来のBTL (Biomass to Liquid) や石炭由来のCTL (Coal to Liquid) とともに、これら合成液体燃料の製造技術の早期確立を図ることが必要である。

○燃料電池自動車関連

走行距離の拡大、燃料電池本体の抜本的低コスト化や耐久性の向上等の技術の確立とともに、水素供給に係わるインフラの整備及び水素製造、並びにそれらの安全対策の確立が不可欠である。

○電気自動車等

近年急速に普及しているハイブリッド自動車の技術をさらに進め、搭載する電池の性能を向上させることにより、プラグインハイブリッド自動車、さらには電気自動車の技術開発を推進することが必要である。

(ii-3) 関連施策の取組み

○公共的車両への積極的導入

○燃料基準の策定・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

(ii-4) 改訂の主たるポイント

- 技術の目的、方向性が同一の技術であるものを統廃合し、45の技術とした。
 - 具体的には、
 - ・「天然ガス等からのLPガス合成技術」は同じ天然ガスからの液化技術である5521「天然ガス液体燃料化技術（GTL）」に統廃合した。
 - ・「LPG/DME混合燃料利用技術」は、同じDMEの製造・利用技術である5524J「ジメチルエーテル（DME）」に統廃合した。
 - ・水素貯蔵材料は、貯蔵メカニズムや水素との反応速度など基礎的なメカニズムが解明され、新材料の開発などのステージにある3331I「無機系・合金系水素貯蔵材料」と、基礎的なメカニズムがまだ完全に解明されていない3332I「有機系・炭素系水素貯蔵材料」に分別した。
 - ・「石油からの水素製造・輸送技術」、「石油残渣コークス・ピッチからの水素製造・輸送技術」は同じ製油所から副生、製造される水素の製造・輸送技術であることから5311J「石油・ピッチからの水素製造・輸送技術」に統合した。
 - ・船舶管理システムである「高効率海運システム」は、2301N「高性能船舶」に統廃合した。
 - ・「バイオマス等非在来石油高度利用活用技術」、「GTL等新燃料、石油の共利用技術」は、同じ新燃料利用技術であることから5312J「自動車用新燃料利用技術」に統合した。
 - ・「環境負荷低減オフロードエンジン技術」、「自動車燃費向上・排ガスクリーン化燃料技術」は同じクリーン化技術であることから5313J「燃費向上・排ガスクリーン化燃料技術」に統合した。
- 2008年6月の燃料電池・水素ロードマップの改定に伴い、2123S「燃料電池自動車」等の改定を行った。
- 新エネルギーに定義されているクリーンエネルギー自動車（2121S「プラグインハイブリッド自動車」、「2122S電気自動車」）に、次世代自動車用蓄電池の技術動向を中心に要素技術、マイルストーンの改定を実施した。
- 2101N「ガソリン自動車」、2102N「ディーゼル自動車」に省エネ技術戦略の要素技術を加味すると共に、最新の技術動向を追加した。
- バイオ燃料、GTL等新燃料の混合技術である5312J「自動車新燃料利用技術」は燃料の多様化に欠かせない技術であることから政策寄与度が大きいと思われる技術に位置づけた。

iii. 新エネルギーの開発・導入促進

(iii-1) 目標と将来実現する社会像

太陽光、風力などの再生可能エネルギーの利用は、例えば、わが国の太陽光発電の導入量が世界のトップレベルとなるなど一定の実績を上げてきた。新エネルギーの導入は、資源の再生可能性、二酸化炭素の排出量が少ないなどの環境性の双方に優れる。しかしながら、一次エネルギー供給に占める割合は依然として低い状況である。これは、エネルギー変換効率や設備利用率が他のエネルギー源に比べて低いこと、系統連携や電力品質の問題などによるところが大きい。

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、「新・国家エネルギー戦略」に示された目標（2030年までに石油依存度を40%下まわる水準を目指す）に貢献していくことが期待される。

(iii-2) 研究開発の取組み

○太陽光発電

わが国の太陽電池生産量、導入累積量は既に世界のトップレベルであるが、一層の導入拡大のためには、経済性の改善、変換効率の向上、原材料の供給安定化等、様々な課題がある。これらの課題解決のためには、シリコン系太陽電池としては、薄膜化によるシリコン使用量の低減や多接合などの高効率化が重要であり、非シリコン系太陽電池としては、化合物（CIS）系薄膜太陽電池、色素増感太陽電池等の高効率化、耐久性向上等に向けた技術開発が重要である。

○風力発電

近年急速に導入・普及が進んでいる。今後、さらに大型化、低コスト化などにより風力発電の普及を進める必要がある。

また、気象条件等により発電の出力変動が大きい太陽光発電や風力発電の導入には、電力品質や電力系統の安定化に資する技術開発と併せて、RPS法による市場拡大や、関連周辺産業の育成、ベンチャービジネスに対する支援等を推進することが必要である。

○バイオマス・廃棄物の利用

エタノールやBDF（バイオ・ディーゼル燃料）などの自動車用燃料の製造技術とともに、バイオマスや廃棄物のガス化発電などの技術開発が重要である。また、それぞれの地域の特性を踏まえた地産・地消型のエネルギー需給システムの確立が必要である。

○燃料電池

燃料電池については、世界のトップレベルにあり、早期の実用化を目指した開発を集中的に実施することが重要である。このうち、燃料電池自動車については、航続距離の向上、抜本的な低コスト化、耐久性の向上等を目指した技術開発が重要である。定置用燃料電池については、発電効率の向上、耐久性の向上等を図るための技術開発が重要となる。また、燃料となる水素の安全で効率的な製造・輸送・貯蔵に係る技術開発も必要である。これらの技術開発と併せて、関連周辺産業育成のための取り組みや、実証実験、導入支援等の取り組みを推進することが必要である。

(iii-3) 関連施策の取組み

- ・ 事業者支援補助金等による初期需要創出
- ・ 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

(iii-4) 改訂のポイント

○技術の目的、方向性が同一の技術であるものを統廃合し73の技術とした。

具体的には、

・ 効果別に12の技術に分類していた、マイクログリッド、電圧制御技術、系統安定化技術などの分散型電源の系統連系技術に関連する技術を、目的別に整理し、下記の4つの技術に統廃合した。

3106B太陽光発電システム技術

3501F需要システム技術

3502B配電系統の分散型電源連系技術

3503K基幹系統の分散型電源連系技術

・ 「太陽熱利用給湯」、「太陽熱利用空調」は同じ太陽熱利用技術であることから3112B「太陽熱利用システム」に統合した。

・ 「地熱バイナリー発電」「高温岩体発電」「マイクロ地熱発電」は同じ国産クリーンエネルギーである地熱エネルギー利用技術であることから3221B「地熱発電」に統合した。

・ 「波力発電」、「潮汐・潮流発電」「海洋温度差発電」は同じ海洋エネルギー利用であり未だ研究開発段階で今後の実用化が期待されている技術であることから3231B「海洋エネルギー発電」に統合した。

・ 再生可能性エネルギーの普及、エネルギー利用の効率化の観点から重要と位置づけられている燃料電池や水素製造において、「石炭利用CO2回収型水素製造技術」は同じ水素製造技術であることから3311Q「ガス化水素製造」に統廃合すると共に、「光触媒水素製造」、「高温水蒸気電解」についても同じ次世代水素製造技術であることから3313I「次世代水素製造」に統合した。また、その他の水素関連技術についても最新の技術動向を追加した。

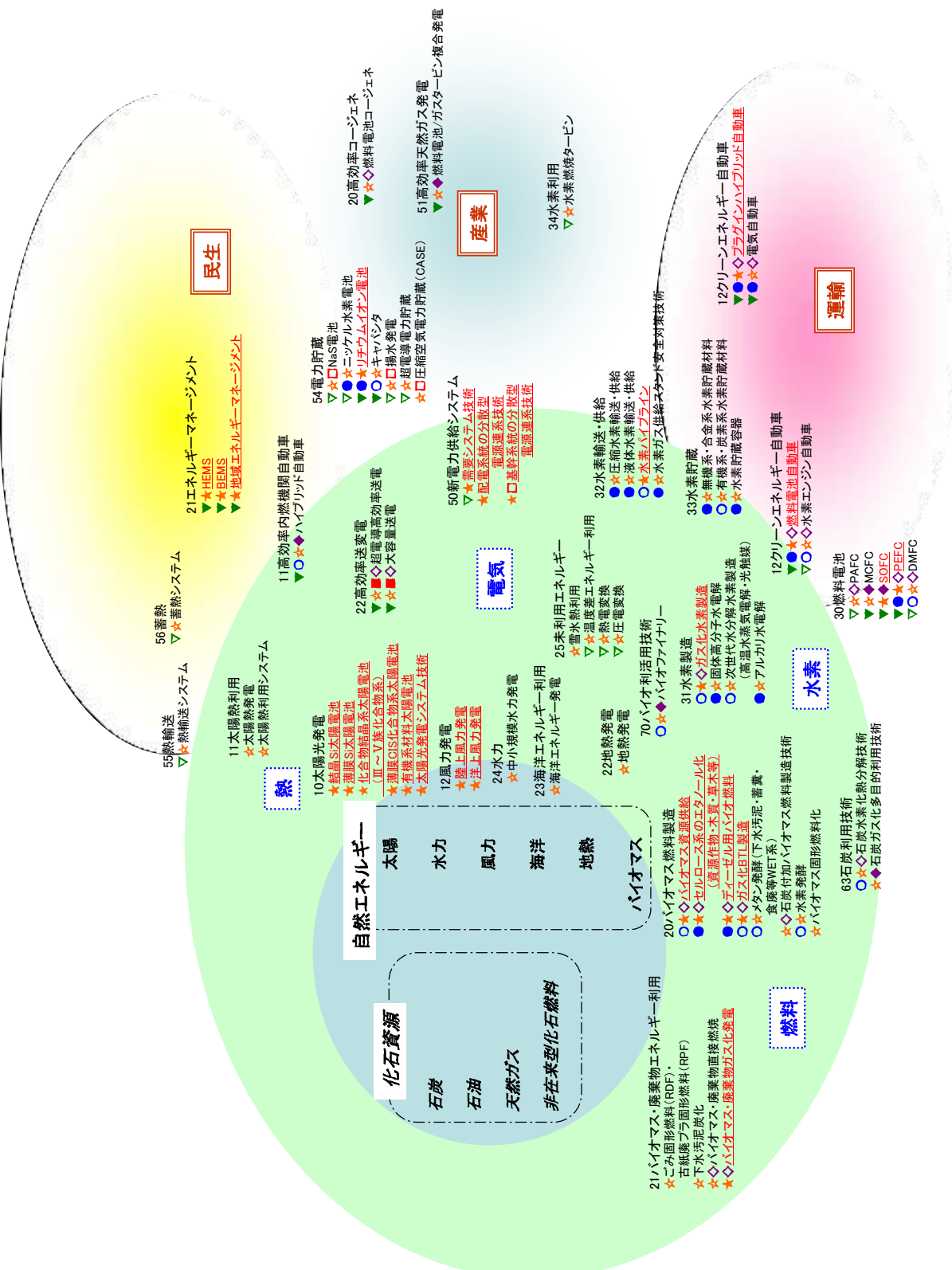
○2008年策定の「バイオ燃料技術革新計画」の目的である食物と競合しないバイオ燃料の生産に不可欠な3202Q「セルロース系のエタノール化技術」の目標の追加を行うと共に、「アルコール発酵」を統廃合した。

○バイオ燃料と関連する3201Q「バイオマス資源供給」、3206L「石炭付加バイオマス燃料製造技術」などの要素技術の充実を図った。

○同じエネルギーマネジメントに属する1211F「HEMS」、1212F「BEMS」、1213F「地域エネルギーマネジメント」は新エネルギー導入には欠かせない技術であることから政策寄与度が大きいと思われる技術に位置づけた。

○2104S「ハイブリッド自動車」は2121S「プラグインハイブリッド自動車」と同様に政策寄与度が大きいと思われる技術に位置づけた。

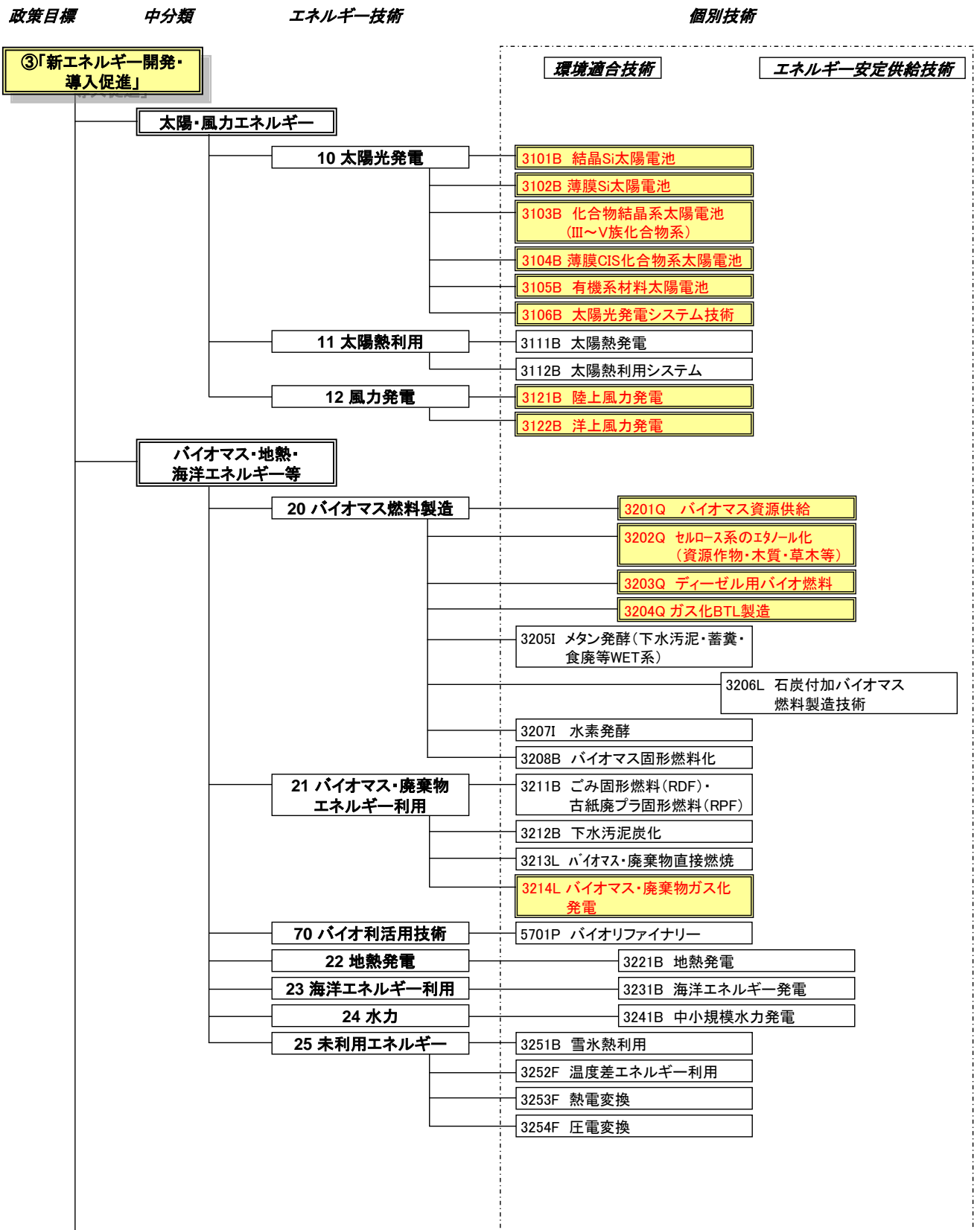
③「新エネルギーの開発・導入促進」に寄与する技術の技術マップ(整理図)



● 技術名の前に記した色括弧の記号(▽○★◇)は、その技術が寄与する政策目標を示す(▽:総合エネルギー効率の向上、○:運輸部門の燃料多様化、★:新エネルギーの開発・導入促進、◇:原子力利用の推進とその大規模となる安全の確保、◇:化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。
● 「新エネルギーの開発・導入促進」への寄与が大きいと思われる技術名を、色塗りの記号(★、赤字・下線付き)で記載した。

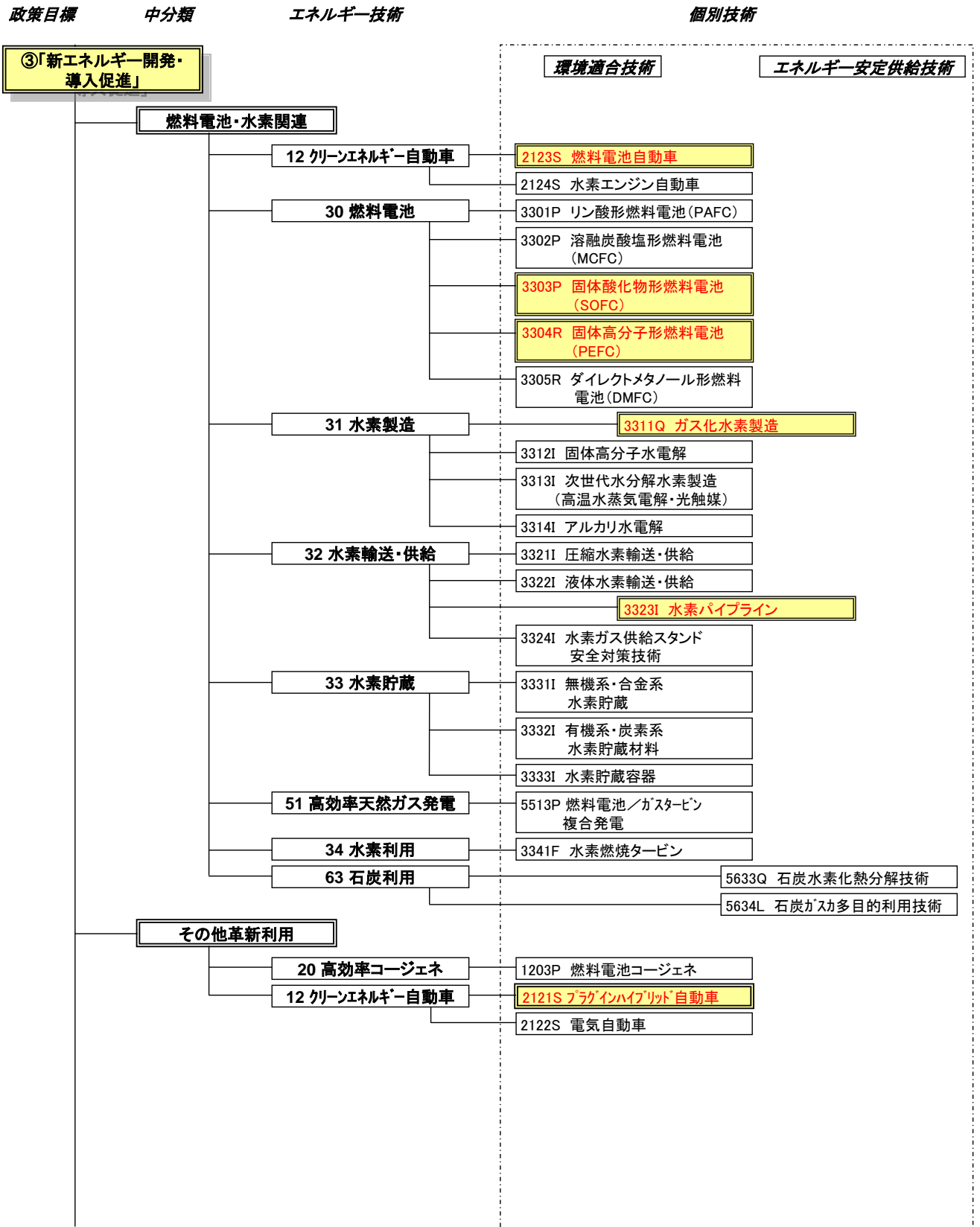
③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(1/3)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



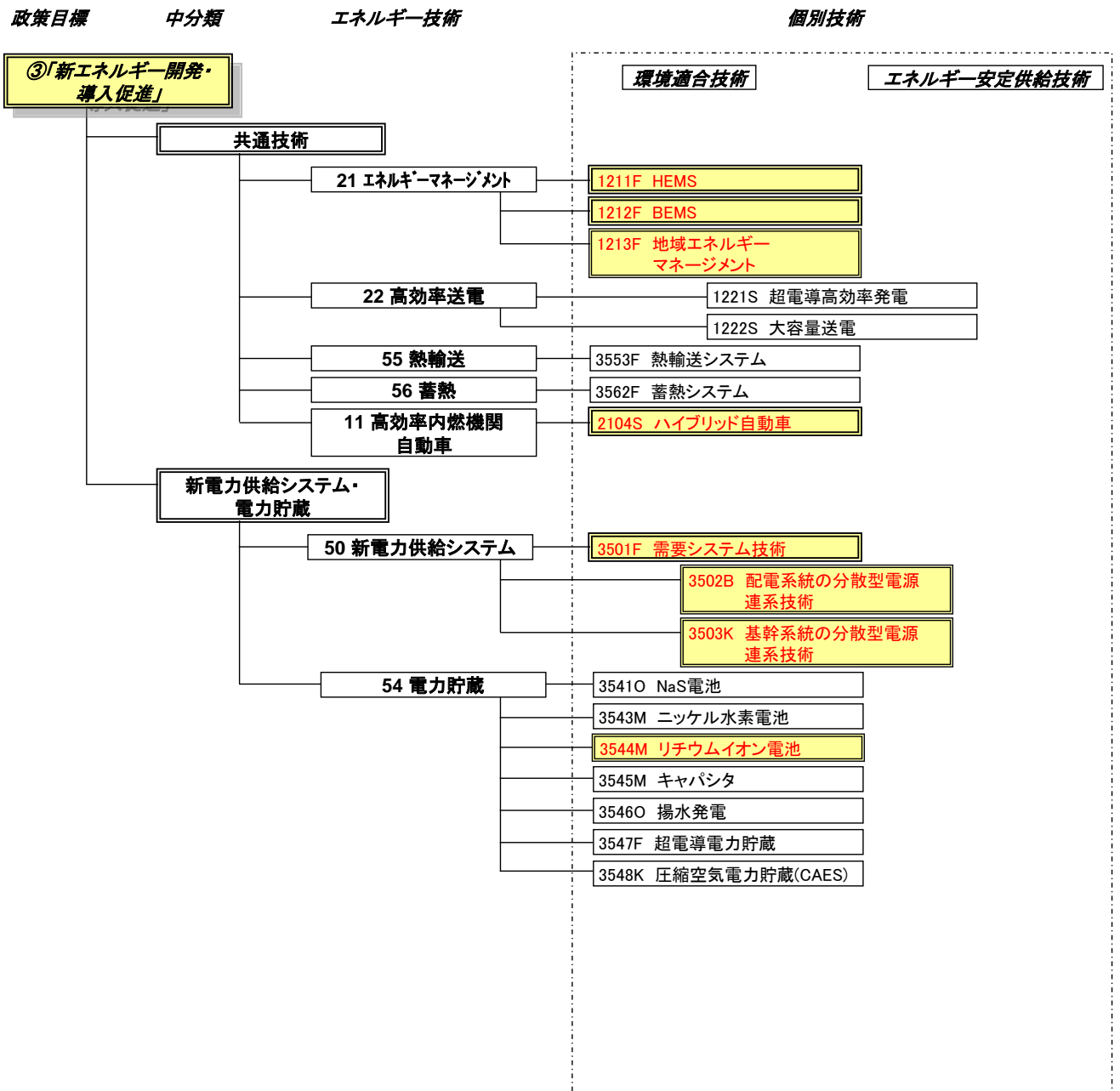
③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(2/3)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(3/3)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術ロードマップ(1/11)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3101B	10.太陽光発電 結晶Si太陽電池	発電コスト (太陽光発電共通目標) 23円/kWh モジュール製造コスト 100円/W モジュール変換効率 13～14.8%	14円/kWh 75円/W 16%	7円/kWh 50円/W 20%	22%	超薄型結晶Si太陽電池
			極薄スライス技術 100μ m極薄基板 50μ m極薄基板 高品質インゴット製造技術 長寿命モジュール 極薄高効率化 新材料開発 新構造技術			
3102B	10.太陽光発電 薄膜Si太陽電池	モジュール製造コスト 100円/W モジュール変換効率 10%	75円/W 12%	40円/W 14%	18%	
			ワイドギャップ新材料 高効率・高生産性セルプロセス 界面制御技術 多接合化技術 高生産性対応セル構造技術			
3103B	10.太陽光発電 化合物結晶系太陽電池 (Ⅲ～Ⅴ族化合物系)	モジュール製造コスト モジュール変換効率 28%	75円/W 35%(集光時)	50円/W 40%(集光時)		
			Ⅲ～Ⅴ族系新規材料 多接合化技術 安価基板使用セルプロセス技術		高集光型システム	
3104B	10.太陽光発電 薄膜CIS化合物系 太陽電池	モジュール製造コスト 100円/W モジュール変換効率 10～12%	75円/W 15%	50円/W 18%	25%	
			ワイドギャップCIS系新材料 界面制御技術 多接合化技術 CISセル製造技術 大面積・高生産性セルプロセス		大面積・高効率セル構造(多接合)	
3105B	10.太陽光発電 有機系材料太陽電池	モジュール製造コスト モジュール変換効率 8%(色素増感)	10%	40円/W 15%		
			大面積化 高効率化 新色素・高効率セル構造 モジュール製造技術	高効率固体型色素増感太陽電池 多接合化技術	量子ナノ等新構造太陽電池	
3106B	10.太陽光発電 太陽光発電 システム技術			地域EMS 需要システム技術 配電系統の分散型電源連系技術	分散型電源の遠隔運転制御	
			【電圧変動抑制技術】 太陽光インバータ出力制御 太陽光インバータ多機能化 【単独運転検出・解列・自律運転技術】 単独運転検出 瞬低時運転継続機能 単独運転防止転送遮断技術 複数台連系対応単独運転検出	高機能素子利用太陽光インバータ 高度自動復旧		
3111B	11.太陽熱利用 太陽熱発電					
		集熱効率向上 トラフ型集光システム タワー型集光システム 蓄熱・熱交換システム	蓄熱・施工のコスト低減 耐汚染・耐摩耗集光器(長寿命化とメンテナンス性向上) 太陽熱複合発電システム(ISCC) 海浜等とのハイブリッドシステム			

③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術ロードマップ(2/11)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3112B	11.太陽熱利用 太陽熱利用システム	【太陽熱利用空調】 イニシャルコスト低減 建材一体化 施工技術 蓄熱技術				
		太陽熱集熱システム 給湯と太陽光発電とのハイブリッド化 【太陽熱利用給湯】 施工技術 建材一体化 イニシャルコスト低減				
3121B	12.風力発電 陸上風力発電	電力貯蔵 揚水発電 基幹系統の分散型電源連系技術 高性能低風速型風車				
		複合材料開発 制御システム技術 大型化・低コスト化 風力発電量予測技術 電力安定化対策技術 系統連系制御技術 エネルギー変換・貯蔵技術 監視システム技術				
3122B	12.風力発電 洋上風力発電	電力貯蔵 揚水発電 基幹系統の分散型電源連系技術 着床型 フローティング型 セーリング型				
		環境対応技術(オイルレス潤滑等) 風力発電量予測技術 電力安定化対策技術 系統連系制御技術 低コスト化(輸送・建設) エネルギー変換・貯蔵技術				
3201Q	20.バイオマス燃料製造 バイオマス資源供給	バイオマス原料用植物の選抜・育成 遺伝子組み換え技術 栽培技術の開発・実証 収穫・乾燥・圧縮・運搬技術 機器・画像技術の低コスト化 基盤技術(ゲノム情報の整備、ミネラルの回収・再利用技術など)				
		ETBE安全性確認 ETBE導入 100円/L(木質・林地残材等から) 40円/L(資源作物等から)				
3202Q	20.バイオマス燃料製造 セルロース系の エタノール化 (資源作物・木質・ 草本等)	糖化プロセス効率化 CS糖のエタノール変換効率向上 リグニン等バイオプロの有効利用 収集運搬効率化・低コスト化 大規模エタノール製造技術 製造コスト低減 エネルギー回収効率向上 蒸留・脱水工程の省エネ 廃液処理技術 未利用木質資源の利用 糖分解酵素の開発 酵母機能改変等によるバイオプロセス効率化 バイオマス燃料(エタノール)精製処理技術(エタノールの膜分離精製など) バイオマス熱分解液化燃料製造技術				
		水素化バイオ軽油 地産地消型BDF利用 連続エステル化製造 高品質化・製造コスト削減 グリセリン等バイオプロ有効利用 自動車用バイオマス燃料利用技術 石油とバイオマス燃料の共利用技術 低コスト資源作物				
3203Q	20.バイオマス燃料製造 ディーゼル用バイオ燃料	水素化バイオ軽油 地産地消型BDF利用 連続エステル化製造 高品質化・製造コスト削減 グリセリン等バイオプロ有効利用 自動車用バイオマス燃料利用技術 石油とバイオマス燃料の共利用技術 低コスト資源作物				
		FT合成技術 BTL製造技術 バイオマス/廃棄物ガス化技術 水電解水素による収率向上 低コスト化 BTL製造効率の向上 効率的廃棄物収集システム				
3204Q	20.バイオマス燃料製造 ガス化BTL製造	FT合成技術 BTL製造技術 バイオマス/廃棄物ガス化技術 水電解水素による収率向上 低コスト化 BTL製造効率の向上 効率的廃棄物収集システム				

③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術ロードマップ(3/11)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3205I	20.バイオマス燃料製造 メタン発酵 (下水汚泥・畜糞・ 食廃等WET系)		大規模施設・工場導入		中小規模施設・工場導入	
		発酵効率向上 可溶化技術 発酵菌改良 プロセス最適化 都市ガスとの混焼	都市ガスへの混合供給 直接燃焼との組合せシステム	下水処理場内の電気・熱利用	設備低コスト化	
3206L	20.バイオマス燃料製造 石炭付加バイオマス 燃料製造技術		石炭・バイオマス混焼技術 石炭・バイオブリケット製造技術		石炭バイオブリケットのバイオマス比率向上	
				大量ペレット化 木質/炭化物-微粉炭混焼技術 乾燥・微粉化技術		
3207I	20.バイオマス燃料製造 水素発酵			嫌気性水素発酵技術 二段発酵(水素+メタン)技術 高効率化・低コスト化	光合成細菌による光水素生産技術 水素生産菌株(高温耐性)探索・育成 高効率フォトバイリアクター 水素発酵微生物の高密度化	
3208B	20.バイオマス燃料製造 バイオマス固形燃料化			ペレット・チップ・ブリケット化 乾燥技術 微粉化技術 製造の自動運転化 量産化・低コスト化		
3211B	21.バイオマス・廃棄物 エネルギー利用 ごみ固形燃料(RDF)・ 古紙廃プラ固形 燃料(RPF)			収集・前処理技術・後処理技術 圧縮梱包技術	化石燃料との共利用技術	
3212B	21.バイオマス・廃棄物 エネルギー利用 下水汚泥炭化			下水汚泥スラリー化技術 化石燃料との共利用技術 有害物質除去技術 炭化燃料化システム		
3213L	21.バイオマス・廃棄物 エネルギー利用 バイオマス・廃棄物 直接燃焼		大規模コージェネ	小規模ストーブ等の公共施設等での普及拡大 中小規模コージェネ		
		乾燥技術 高効率バーナ・ボイラ・ストーブ 自動運転化技術		設備コスト低減		

③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術ロードマップ(4/11)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3214L	21.バイオマス・廃棄物 エネルギー利用 バイオマス・廃棄物 ガス化発電	<p><i>実用規模実証</i></p> <p>ガス化改質・高含水バイオマスのガス化効率向上 熱化学再生ガス化 低カロリー対応ガスエンジン技術 集塵・タール処理技術</p> <p>燃料電池発電システム技術 セメント製造への原料・燃料利用</p>				
5701P	70.バイオ利活用技術 バイオリファイナリー	<p>プロピレン製造技術 プロパノール製造技術 セルロース系のエタノール化 熱回収技術</p> <p>多様な製品の生産技術・低コスト化</p> <p>遺伝子組み換え微生物を用いた製造プロセス</p>				
3221B	22.地熱発電 地熱発電	<p>【マイクロ地熱発電】 環境影響評価技術 スケール対策・腐食対策技術 地熱資源探査・評価技術 低コスト掘削技術 マイクロ地熱発電</p> <p>地熱バイナリー発電 高温岩体発電</p> <p>【地熱バイナリー発電】 地熱資源探査・評価技術 低コスト掘削技術 熱貯留層モニタリング・管理技術 スケール対策・腐食対策技術 環境影響評価技術 熱効率向上技術(冷媒開発)</p> <p>【高温岩体発電】 地下深部地熱探査技術 地熱貯留層造成・高精度評価技術 坑井掘削技術 熱抽出量・寿命評価技術</p>				
3231B	23.海洋エネルギー利用 海洋エネルギー発電	<p>【海洋温度差発電】 海洋温度差発電の設備コスト低減、システム大型化 熱機関サイクル効率向上 養殖などの多目的化 潮汐・潮流発電 波力発電 海洋温度差発電</p> <p>【波力発電、潮汐・潮流発電】 立地・資源量調査技術 発電効率の高効率化 耐腐食材料 蓄電技術</p>				
3241B	24.水力 中小規模水力発電	<p>新規ダム構造・新工法 水車技術 建設コスト低減技術 保守の省力化技術</p>				
3251B	25.未利用エネルギー 雪氷熱利用	<p>直接熱交換冷風循環方式 融解水熱交換冷水循環方式 高効率熱交換方法 搬送動力低減技術 貯雪水庫の低熱損失化</p>				
3252F	25.未利用エネルギー 温度差エネルギー利用	<p>都市排熱利用ヒートポンプ 河川熱利用ヒートポンプ 地中熱源ヒートポンプ</p> <p>環境影響評価技術 蓄熱技術 都市排熱有効利用のための都市基盤整備 地中熱交換器の低コスト・高効率化 低コスト掘削技術</p>				

③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術ロードマップ(5/11)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3253F	25.未利用エネルギー 熱電変換					
		熱電変換効率向上 高性能熱電変換素子 微細加工技術 低コスト化				
3254F	25.未利用エネルギー 圧電変換					
		圧電変換効率向上 高性能圧電変換素子(Pbフリー) 微細化高技術 低コスト化				
2123S	12.クリーンエネルギー自動車 燃料電池自動車	<p>車両効率(HHV) 約50% 60% 5,000時間以上</p> <p>耐久性 3,000時間 5,000時間 -40～約100-120℃</p> <p>始動・作動温度 -30～約90℃ -30～約90-100℃ 約4000円/kW未満</p> <p>スタック製造原価 約5～6万円/kW 約1万円/kW</p>				
		<p>水素充填圧力の最適化 高密度水素貯蔵技術 燃料電池スタック耐久性向上(電解質膜改良等)</p> <p>モーター効率向上(高温運転化、触媒高活性化、新触媒等)</p> <p>水素供給システム 低コスト化(白金代替触媒、量産化)</p>				
2124S	12.クリーンエネルギー自動車 水素エンジン自動車	<p>ロータリーエンジン レシプロエンジン</p> <p>水素直噴・ターボ過給システム</p>				
		<p>水素エンジン効率化 水素搭載技術 低コスト化 水素供給システム</p>				
3301P	30.燃料電池 リン酸形燃料電池(PAFC)	<p>システム価格 60～100万円/kW 30～60万円/kW 20～30万円/kW</p>				
		<p>電極触媒技術 セル・スタック技術 高電流密度化 システム制御技術</p> <p>低コスト化 耐久性向上 適用用途拡大</p>				
3302P	30.燃料電池 熔融炭酸塩形燃料電池(MCFC)	<p>システム価格 30～80万円/kW 20～30万円/kW</p>				
		<p>電極触媒技術 セル・スタック技術 高電流密度化</p> <p>家庭用コージェネ普及 ガスタービンとの複合発電 CO2分離・回収</p> <p>低コスト化 耐久性向上 燃料多様化</p>				
3303P	30.燃料電池 固体酸化物形燃料電池(SOFC)	<p>発電効率(HHV)、耐久性 家庭用(1kW級～数kW級) 40%、4万時間 >40%、9万時間 業務用(数～数百kW級) 40%、1～2万時間 40%、4万時間 >45%、9万時間 産業用(数百kW級～数MW級) 約50%、1～2万時間 >50%、4万時間 >55%、9万時間 発電所用(数MW級～) 実証開始 >60%、9万時間 大容量コンバインドシステム</p>				
		<p>劣化機構解明 周辺機器の最適化 家庭用コージェネ普及 業務用・産業用コージェネ普及 耐久性向上 GTハイブリッドシステム普及 燃料多様化 IGFC 低コスト化・コンパクト化(高出力化、新規材料、量産化技術) 大容量機CO2分離・回収 次世代ハイブリッドシステム(高温運転対応)</p>				

③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術ロードマップ(6/11)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3304R	30.燃料電池 固体高分子形 燃料電池(PEFC)	発電効率(HHV) 約33% 耐久性 約4万時間	約34% 約4～9万時間		>36% 9万時間	
		劣化機構解明 家庭用コーゼネ普及 高温・低加湿対応技術 燃料電池自動車普及 白金量低減 白金代替触媒 新規直接形PEFC 耐被毒触媒 MEA・セパレータ等量産技術 膜内水分制御				
3305R	30.燃料電池 ダイレクトメタノール形 燃料電池(DMFC)	PC・携帯用 (出力密度(W/kg)、 耐久性(時間)) 小型移動体用 (出力密度(W/kg)、 耐久性(時間))	>15 >20 >1,500時間 >5千時間 >28(低速)、>52(中速・高速) >1,200時間 >1,500時間	>40 >1万時間		
		PC, PDA, 携帯用実用化・普及 小型移動体(車いす、スクーター等)実用化・普及 超低クロスオーバー膜 低膨潤膜 高活性触媒 低コスト化 耐久性向上				
3311Q	31.水素製造 ガス化水素製造	水素価格(水素製造全体) 150円/Nm3	80円/Nm3 5 t/d パイロットプラント	40円/Nm3		
		ケミカルループ利用ガス化技術 吸収剤リサイクル技術 CO2回収技術 部分酸化改質 水蒸気改質 オートサーマル改質 石炭ガス化 バイオマスガス化 ガスクリーンアップ 水素分離膜技術				
3312I	31.水素製造 固体高分子水電解	電解効率(HHV) 70%(3A/cm2)・80%(2A/cm2) 設備費 約1億8千万円/Nm3/h(300Nm3/h)		75%(3A/cm2)・85%(2A/cm2) 約1億2千万円/Nm3/h(300Nm3/h)		
		セパレータの低コスト化 更なる低コスト化 MEA製造方法改良 耐久性向上 高電流密度化によるコンパクト化 酸素過電圧抑制触媒 貴金属削減				
3313I	31.水素製造 次世代水分解水素製造 (高温水蒸気電解・ 光触媒)					【高温水蒸気電解】 高温水蒸気電解運転圧力の高圧化 高温水蒸気電解大電流密度化技術 インターコネクタ技術 高温水蒸気電解シール技術 【光触媒】 可視光応答型光触媒 格子欠陥の少ない光触媒調製法 活性化エネルギーの低い 水素生成サイトの構築 光触媒反応装置基礎検討
3314I	31.水素製造 アルカリ水電解		設備費 40万円(Nm3-H2@500Nm3/h)	25万円(Nm3-H2@500Nm3/h)		
		低コスト化 総合効率の向上 高電流密度化 大型化				
3321I	32.水素輸送・供給 圧縮水素輸送・供給	水素輸送コスト 10円/Nm3		7円/Nm3		
		高強度金属材料技術 高圧水素予イソペンサ技術 軽量化 高速充填技術 高圧水素圧縮機技術 耐久性向上 圧縮効率向上 低コスト化 圧力・容量最適化 大型CFRP容器技術 高圧大型圧縮機				

③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術ロードマップ(7/11)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3322I	32.水素輸送・供給 液体水素輸送・供給	<p>水素輸送コスト 6円/Nm³ → 3円/Nm³</p> <p>内槽タンク支持構造技術 液体水素ディスペンサ・流量計技術 タンク断熱法改善 耐久性向上 高効率液化システム技術 低コスト化 磁気冷凍技術 液水容器断熱性能向上</p>				
3323I	32.水素輸送・供給 水素パイプライン	<p>パイプラインの技術基準策定 工業用水素輸送 短距離(周辺・家屋)</p> <p>炭素鋼鋼管と溶接部の材料検討 水素配管方法 施工条件の確立 水素計測技術 漏洩検知技術の確立 摺動部・可動部の保持方法・シール材 高圧輸送技術 メタン・水素混合輸送・供給</p>				
3324I	32.水素輸送・供給 水素ガス供給スタンド 安全対策技術	<p>基準・規格の見直し 安全性検討と例示規準作成</p> <p>ステーション安全計装システム 低コスト化 高速充填への対応(通信、ブレーク) ステーション総合効率の改善 ボイルオフ低減 予防保全システム</p>				
3331I	33.水素貯蔵 無機系・合金系 水素貯蔵材料	<p>【合金系材料】 材料の劣化機構の解明と対策案検証 水素吸蔵・放出速度の向上技術 水素放出温度の低温化 合金系材料新規探索 合金系材料 無機系材料</p> <p>アラネート系 アミド・イミド系 ポロハイドライド系 複合系 など</p> <p>【無機系材料】 有望材料の探索と材料組成最適化 ハンドリング技術の確立 吸蔵・放出温度低温化 反応速度・耐久性向上 副反応生成物等の放出抑制</p>				
3332I	33.水素貯蔵 有機系・炭素系 水素貯蔵材料	<p>有機系水素貯蔵材料 炭素系水素貯蔵材料</p> <p>【有機系水素貯蔵材料】 高性能水素放出触媒 ステーション用水素発生装置 水素ステーション用輸送・回収技術 有機ハイドライド貯蔵技術</p> <p>【炭素系水素貯蔵材料】 高水素吸蔵量材料の構造設計 または合成指針の確立・適用 (新規形状、化学修飾、元素置換、複合化など)</p>				
3333I	33.水素貯蔵 水素貯蔵容器	<p>水素貯蔵容器コスト (車1台あたり)約300～500万円 → 数十万円 水素車載量 5kg → 約5～7kg → 約7kg</p> <p>圧縮水素容器 高強度材料 液体水素容器 耐久性向上 ハイブリッド(高圧水素貯蔵材料容器) 軽量・コンパクト化 断熱性能向上</p>				
5513P	51.高効率天然ガス発電 燃料電池ノカスタービン 複合発電	<p>送電効率 60%HHV(1500℃級GT)</p> <p>高温ガスタービン 大容量高温形燃料電池 高圧対応スタック・モジュール技術 ハイブリッドシステム技術 耐久性向上</p>				

③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術ロードマップ(8/11)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3341F	34.水素利用 水素燃焼タービン	1700℃級GT適用				
		超耐熱材料	高効率酸素製造技術	水素燃焼技術 水蒸気用凝縮器 水蒸気用翼冷却技術		
5633Q	63.石炭利用技術 石炭水素化熱分解技術	実証試験 パイロット試験				
		多炭種対応技術 高稼働・信頼性確立 コプロダクション技術				
5634L	63.石炭利用技術 石炭ガス化多目的 利用技術	石炭ガス化コプロダクション				
		多炭種対応技術	バイオマス等とのハイブリッドガス化技術 ガススクリーニング技術 代替天然ガス製造			
1203P	20.高効率コージェネ 燃料電池コージェネ	システム価格(円/kWh)(総合効率)				
		PEFC*1 SOFC*2	約200-250万 家庭用 約70-120万 業務用 約50-70万 約100万(80%HHV) 産業用 約百～数百万	約70-120万 約50-70万 約100万(80%HHV) 約十～約百万	<40万(>80%HHV) <20万(>80%HHV)	<40万(>77%HHV)
2121S	12.クリーンエネルギー自動車 プラグインハイブリッド 自動車	バッテリー性能 出力密度 2,000W/kg エネルギー 1,800Wh/kg 密度 70Wh/kg コスト 約20万円/kWh	約100Wh/kg	2,500W/kg 200Wh/kg		
		発電効率・総合効率向上 低コスト化、量産化技術、長寿命化 燃料電池技術 PAFC PEFC SOFC MCFC	SOFC-STハイブリッド			
2122S	12.クリーンエネルギー自動車 電気自動車	バッテリー性能 エネルギー 100Wh/kg 密度 約10万円/kWh コスト 約20万円/kWh 走行距離 80 km(/80kg)	150Wh/kg	250Wh/kg	500Wh/kg	
		モーター効率向上 高性能二次電池(高エネルギー密度化・長寿命化・低コスト化) 軽量化 電力供給システム	パーソナルビークル(コンパクトシティ対応) インホイールモーター			
1211F	21.エネルギーマネジメント HEMS (Home Energy Management System)	ネットワーク連携制御 最適制御・設計技術 デジタル情報機器相互運用基盤開発				
		家電制御標準化 需要/供給計測予測技術 エネルギー貯蔵技術 省電力電源モジュール	高度情報化対応技術 デジタル情報機器相互運用基盤開発 マクロセンシング	デジタル制御電源技術 (デジタル制御電源技術) デジタル情報機器相互運用基盤開発 マクロセンシング エネルギー(電気・熱)貯蔵装置連携		
		再生可能エネルギー連携 エネルギー需給分析/予測技術 省エネ協調制御(生活行動予測技術)	DC給電等の省エネ技術			

③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術ロードマップ(9/11)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
1212F	21.エネルギーマネージメント BEMS (Building Energy Management System)	統合化・フレキシブルBEMS 高効率化・省電力化BEMS 超省エネ型次世代BEMS				
		ネットワーク連携制御 需要/供給計測予測技術 エネルギー貯蔵技術		最適制御・設計技術 DC給電等の省エネ技術		コミショニング支援システム(BEMS) コンシューマーズビヘイビア (環境性認識行動)
1213F	21.エネルギーマネージメント 地域エネルギー マネージメント	需要システム技術 TEMS(Town Energy Management System) LCN(Local Energy Network) CEMS(Cluster Energy Management System)				
		HEMS・BEMS協調制御技術 エネルギー貯蔵技術 HEMS/BEMS及び地域熱電供給などの有機的連携技術 分散型/再生可能エネルギーの面的利用 自立分散型の地域エネルギー-需給・系統との協調 HEMS/BEMS協調制御技術 DC給電等の省エネ技術				
1221S	22.高効率送電 超電導 高効率送電	長尺化 高電圧化 大電流化 低交流損失化 工業的臨界電流密度(Je)	数百m~1km AC66~kV級、DC125kV級 3~5kA(三相一括) 0.3W/m/相@3kA >300~500A/mm ² (Y系) ~200A/mm ² (Bi系)	数km 5~10kA (単心、三相一括)	154~275kV Y系超電導ケーブル Y系超電導送電安定化技術(数GJ)	系統用Y系超電導変圧器500MW(限流機能付)
		線材コスト (/A・m@77K)	4~6円(Y系) 12円(Bi系)	6円(Bi系)	2~3円(Y系)	
1222S	22.高効率送電 大容量送電	高性能交流直流変換技術(DC125kV級) 自動式大容量交直変換器 高効率大容量交直変換器 大容量直流送電				
		配電用低損失柱上変圧器 配電用アモルファス変圧器 UHV(超高压交流送電、1,000 kV)技術				
3553F	55.熱輸送 熱輸送システム	マイクロカプセル技術、エマルジョン化技術、スラリー分散性制御 CaCl ₂ -H ₂ O系利用実証試験 次世代高効率潜熱蓄熱輸送(高密度化、軽量化) MgCo(OH)系利用実証試験				
		低温潜熱輸送技術 高温・高密度化 耐熱・高断熱化技術	中温熱バッチ輸送	高エクセルギーバッチ輸送 真空断熱輸送 高温熱バッチ輸送		
3562F	56.蓄熱 蓄熱システム	室内温熱供給向けMgCo(OH)系利用 CaCl ₂ -H ₂ O系利用実証試験 MgCo(OH)系利用実証試験				
		潜熱蓄熱材(PCM) 潜熱回収材 空調利用技術 高密度・高温化 圧力制御蓄熱 躯体化	季節間利用実証 低損失化技術	効率向上 低コスト化		
2104S	10.高効率内燃機関自動車 ハイブリッド自動車	ハンデリー性能 出力密度 1,800W/kg コスト 約20万円/kWh 約10万円/kWh				
		2,000W/kg 約3万円/kWh	2,500W/kg 約2万円/kWh	次世代HEV 動力回生システム エンジン効率向上 高性能二次電池(高エネルギー密度化・長寿命化・低コスト化) 低摩擦材料表面制御 軽量化		

③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術ロードマップ(10/11)

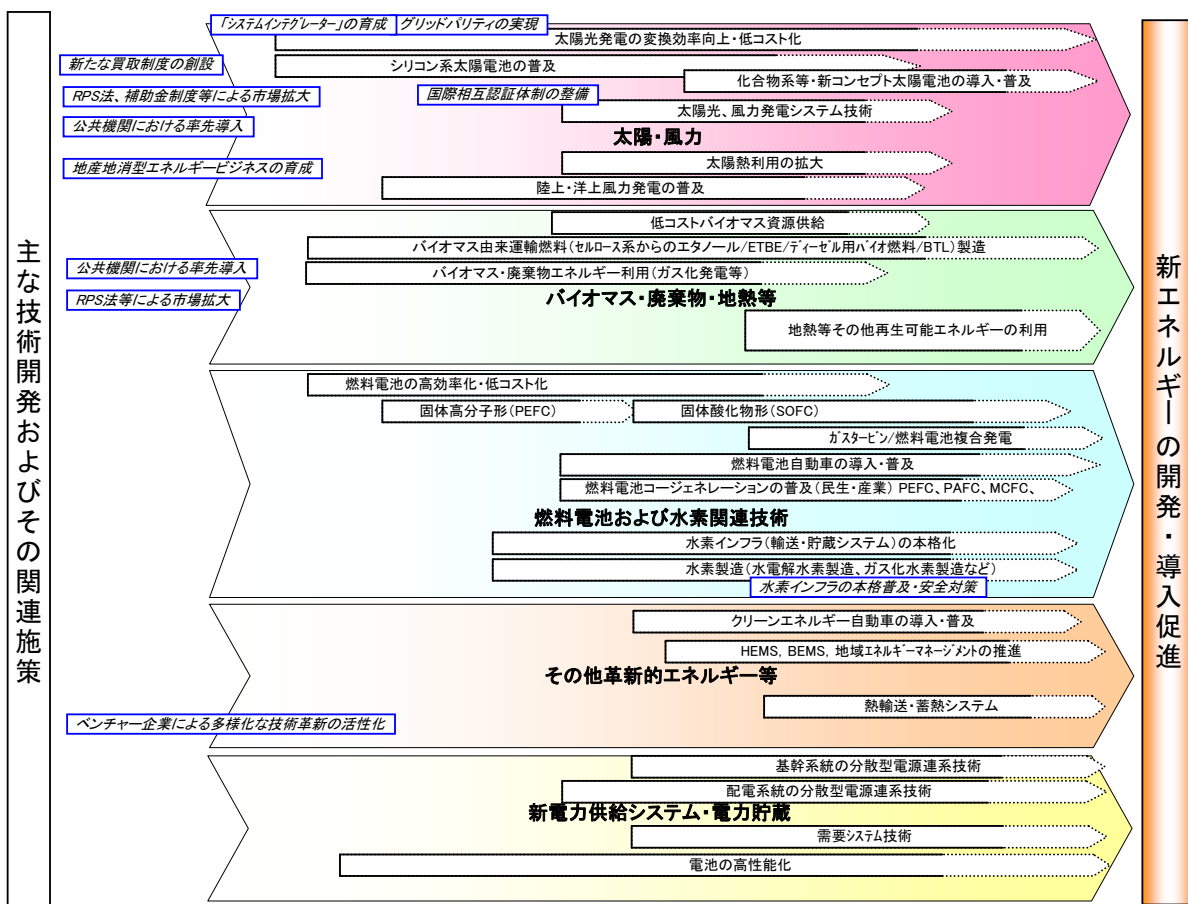
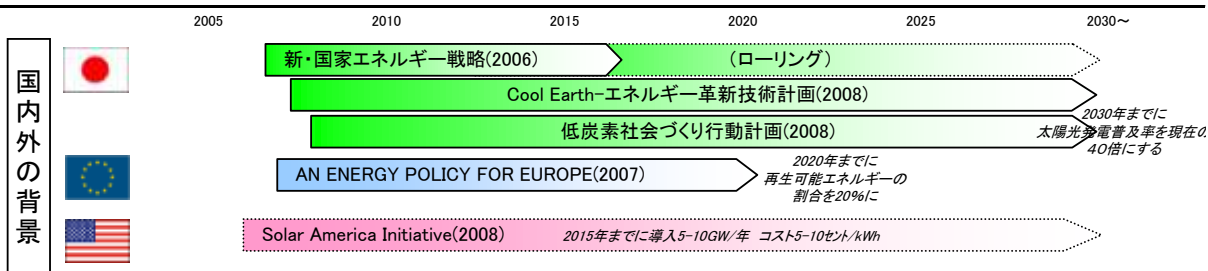
No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3501F	50.新電力供給システム 需要システム技術	【需給運用最適化技術】 太陽光・風力発電電力量予測 自律需給制御 蓄熱・熱輸送 電力・熱融通 地域EMS				
		【電力品質制御技術】 分散型電源AVR(自動電圧調整)/AQR(自動無効電力調整) 電力品質維持・系統連系制御 電力貯蔵 SMES等負荷変動補償 多品質電力供給		【分散型電源の系統連系緩和技術】 系統情報に基づく分散型電源統制制御 分散型自律負荷平準化 需要端電力貯蔵		
3502B	50.新電力供給システム 配電系統の分散型電源 連系技術	【需給制御技術】 分散型電源広域出力予測 電力貯蔵 中規模SMES				
		配電系統監視技術 ・センサー付開閉器		分散型電源の系統連系緩和技術 ・BTB(直流分割)/LPC(ループコントローラ) ・LBC(パランスントローラ) ・アクティブネットワーク制御 超電導フライホイール(無効電力制御) 単独運転防止転送遮断技術		
3503K	50.新電力供給システム 基幹系統の分散型電源 連系技術	【高度需給制御技術】 分散型電源広域出力予測技術 電力貯蔵技術 系統電源LFC(負荷周波数制御)機能向上				
		AFC(自動周波数制御) ガバナフリー 系統連系潮流制御技術		変圧器タップ切り替え器 逆流流対応型電圧調整器(SVR) SVC(静止型電圧調整器) STATCOM(自動式無効電力補償装置)		
3541O	54.電力貯蔵 NaS電池	電圧制御機器 ・発電機励磁制御 ・調相設備(コンデンサ、リアクトル) ・FACTS(Flexible AC Transmission System)機器 ・SVC(静止型電圧調整器) ・STATCOM(自動式無効電力補償装置)				
		系統安定用SMES		次世代広域監視・制御保護技術 ・広域計測システム(WAMS)		【分散型電源・電力系統の協調技術】 分散型機器ネットワーク化 状態監視に基づく協調制御 分散協調LFC/EDC (経済負荷配分制御)
3543M	54.電力貯蔵 ニッケル水素電池	サイクル寿命 10年 風力・太陽光発電の安定化 ハイブリッド車用 負荷変動補償				
		高出力化 高エネルギー密度化 自己放電特性改善		20年		
3544M	54.電力貯蔵 リチウムイオン電池	サイクル寿命 10年 モバイル用 ハイブリッド車用 プラグインハイブリッド車、電気自動車用 革新型蓄電池				
		高出力化 高エネルギー密度化 安全性向上 低コスト化		風力・太陽光発電の安定化		
3545M	54.電力貯蔵 キャパシタ	エネルギー密度 4 Wh/kg(モジュール) 20 Wh/kg(デバイス) 出力密度 1.5 kW/kg(モジュール) 10 kW/kg(デバイス)				
		民生用 電力品質維持用		運輸用		
		電気二重層キャパシタ エネルギー密度向上 ナノカーボン電極材料		低コスト化 レドックスキャパシタ ハイブリッドキャパシタ		新概念に基づくキャパシタ

③「新エネルギーの開発・導入促進」 に寄与する技術の技術ロードマップ(11/11)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3546O	54.電力貯蔵 揚水発電					地下揚水発電の環境影響評価 揚水ポンプ性能向上 巨大地下施設建設技術 地下地盤構造把握技術
				【可変速揚水発電】 ポンプ水車の高性能化 可変速揚水発電高落差・大容量化	高性能インバータ 可変速揚水発電軸受損失低減技術	
3547F	54.電力貯蔵 超電導電力貯蔵	系統安定化用SMES 5万円/kW以下 負荷変動補償用SMES 14万円/kW以下 冷凍システム効率向上 (平均故障間隔) FW軸損失低減 0.5Wh/kg以下				
				【SMES】 負荷変動補償・周波数調整用SMES(十数kW～数十kW)	超電導コイル材(酸化コイルの高磁場化(Bi系、Y系)) 【フライホイール】 小型大容量交直変換システム	FW装置(50kWh級) FW並列運転制御による大容量化(MWh級) FWの大容量化、低コスト化、高信頼化
3548K	54.電力貯蔵 圧縮空気電力貯蔵 (CAES)					
						地下地盤構造把握技術 都市型CAES 圧縮空気貯蔵技術 圧縮空気貯蔵建設コスト低減 ガスタービン発電とのコンバインド

③「新エネルギーの開発・導入促進」に向けた導入シナリオ

太陽光、風力、バイオマスなどの再生可能エネルギーの導入促進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、2030年までに石油依存度が40%を下まわる水準を達成することに寄与する。



- 共通関連施策
- 事業者支援補助金等による初期需要創出
 - 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

iv. 原子力利用の推進とその大前提となる安全性の確保

(iv-1) 目標と将来実現する社会像

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時にCO2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していくことは、エネルギー安全保障の確立と地球環境問題との一体的な解決の要であり、わが国エネルギー政策の基軸をなす課題である。

世界的に見ても、米国が原子力発電の発展と核不拡散の両立を目指した国際原子力エネルギー・パートナーシップ（GNEP）構想を提唱し、欧州各国においても地球温暖化対策やエネルギー安全保障の観点から原子力発電を評価する気運が高まる等、核燃料サイクルを含む原子力発電を推進する動きが急激に進展しつつある。

このような状況を踏まえ、わが国が「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030年以降においても、発電電力量に占める原子力発電の比率を30～40％程度以上にすることを旨とする）の実現を図る。

(iv-2) 研究開発の取組み

上記の達成のためには、高速増殖炉サイクルの早期実用化、2030年前後の既設軽水炉代替需要へ対応する次世代軽水炉開発、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、技術的に解決すべき課題が山積しており、こうした課題解決に向けた技術開発を着実に進めるとともに、これらの取り組みと併せて、原子炉の新・増設のための投資環境の整備や、人材育成、わが国原子力産業の国際展開への支援等を推進することが必要である。

(iv-3) 関連施策の取組み

- 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

(iv-4) 改訂の主たるポイント

- 技術の目的、方向性が同一の技術であるものを統廃合し17の技術とした。
具体的には、
 - ・「可変速揚水発電」、「海水揚水発電」、「地下揚水発電」は、夏の電力ピーク対策として出力調整能力に優れた同じ揚水発電技術であることから35460「揚水発電」に統合した。
- 研究開発段階から実用段階に移行した浅地中処分については個別技術から削除した。
- 原子力発電など大規模発電の普及に欠かせない1221S「超電導高効率送電」、1222S「大容量送電」の要素技術を再整理した。

V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

(v-1) 目標と将来実現する社会像

化石燃料資源の大宗を輸入に依存するわが国にとって、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、わ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ことが重要である。

資源開発に関し、実績に優る欧米メジャーの優位性、中国、インド等新興エネルギー需要国の資源獲得に向けた積極的な動きの中、わが国が資源国に対する交渉上の優位性を獲得するためには、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ことが重要である。

(v-2) 研究開発の取組み

技術開発としては、石油製品等を効率的に製造するためのコンビナート高度統合技術等の石油有効利用技術、非在来型石油資源の精製技術、新たな天然ガス田の開発に資すると考えられるGTL (Gas To Liquid) 製造技術等の天然ガス利用技術、EOR (Enhanced Oil Recovery : 原油増進回収法) 技術、メタンハイドレート生産技術等の石油・天然ガスの探鉱開発・生産技術、供給安定性に優れた石炭の高効率なガス化技術や新たな用途開拓につながる改質技術等の開発に重点的に取り組むとともに、これと併せて、資源国との関係強化に向けた取組や、新燃料等の供給インフラ整備の検討、実証事業等を推進することが必要である。

(v-3) 関連施策の取組み

- 資源国との総合的な関係強化（研究開発協力、人的交流の拡大、経済関係強化など）
- アジア諸国に対するエネルギー・環境分野における協力の積極的推進

(v-4) 改訂の主たるポイント

○技術の目的、方向性が同一の技術であるものを統廃合し、90技術とした。

具体的には、

・「石炭地下ガス化技術」は同じ石炭開発技術である5601D「石炭高度生産・選炭技術」に統廃合した。

・「コールドベッドメタン増進回収技術(ECBM)」は同じ非在来型化石資源開発である5102D「非在来型ガス開発・生産回収技術」に統廃合した。

・「高過酷度接触分解重質油等高度対応処理技術」、「重質油からの合成軽油製造技術(ATL)」は同じ重質油をクリーン燃料油に転換する技術であることから5201J「重質油等高度対応処理・合成軽油製造技術」に統合した。

・「オイルサンド・ピチュレン等の超臨界水等熱分解技術」は、オイルサンド油、超重質油の高度分解・利用技術である5411D「オイルサンド油等の高度分解・処理技術」に統廃合した。

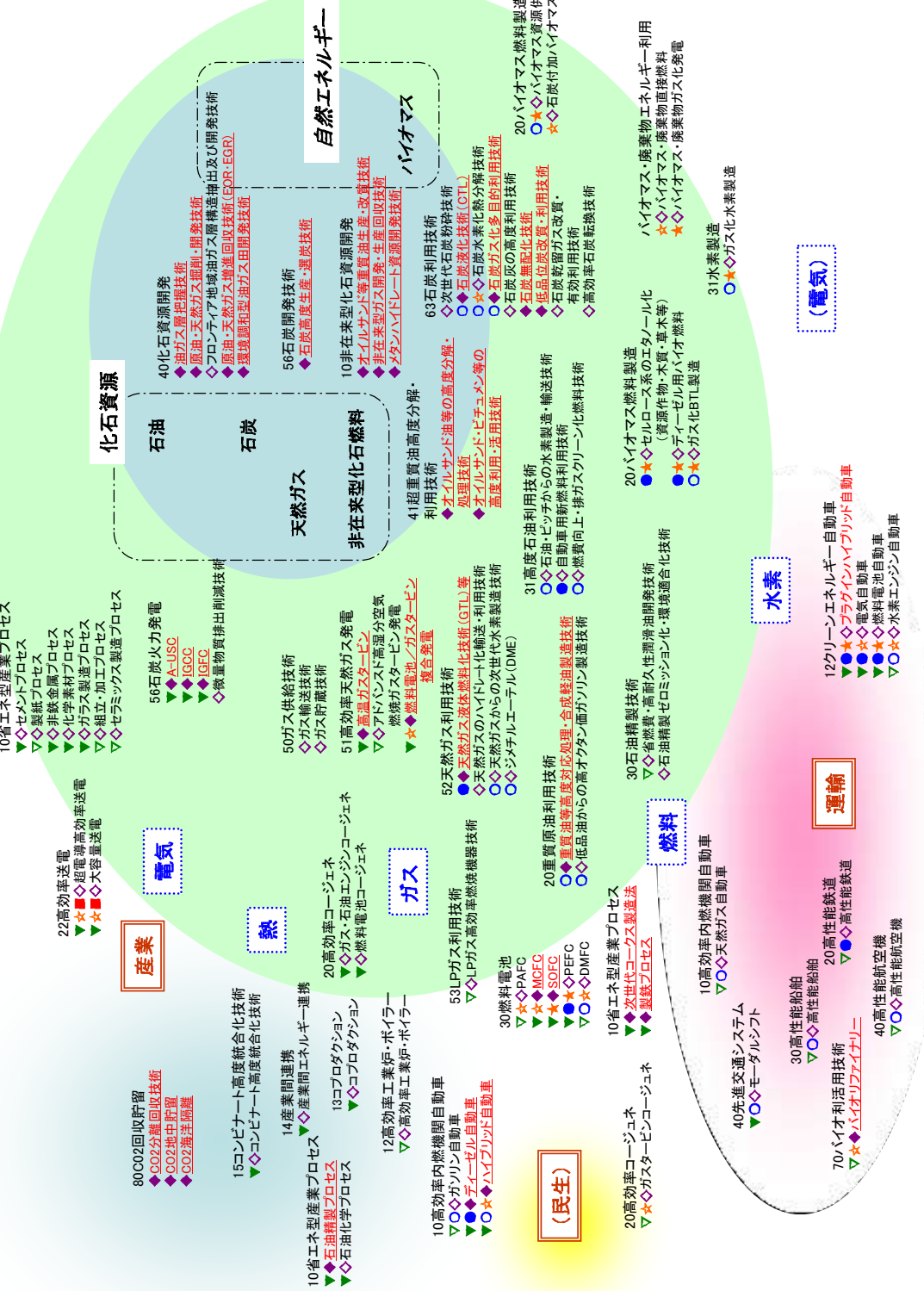
・2030年以降の技術として期待されている「次世代高効率石炭ガス化発電(A-IGCC/A-IGFC)は同じ高効率石炭ガス化発電である5613H「石炭ガス化複合発電(IGCC)」、5614H「石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)」に統廃合した。また、同様に「石炭ガス化高温分空気燃焼ガスタービン発電(IGHAT)」も同じ高効率石炭ガス化発電であることから5613H「石炭ガス化複合発電(IGCC)」に統廃合した。

・「低品位炭燃焼技術」「低品位炭改質技術」は今後、高品位炭に代わり利用が増加することが予想される低品位炭の利用技術であることから5637D「低品位炭改質・利用技術」に統合した。

・「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」で21技術の1つに挙げられ、今後温暖化対策のオプションと期待されるCCS(CO2回収・貯留技術)の中核技術である「CO2燃焼前回収」、「CO2燃焼後回収」、「酸素燃焼CO2回収」は、5801D「CO2分離回収技術」に統合した。

○2008年策定の「バイオ燃料技術革新計画」にも記載され、植物性の材料を燃料や化学製品原料に変換する技術である5701P「バイオリファイナリー」を新たに追加した。

○2008年策定の「Cool Earthエネルギー革新技術計画」でも要素技術として取り上げられ、中級機向けの技術として期待されている5512H「高温分空気燃焼ガスタービン発電(AHAT)」の要素技術の充実を図った。

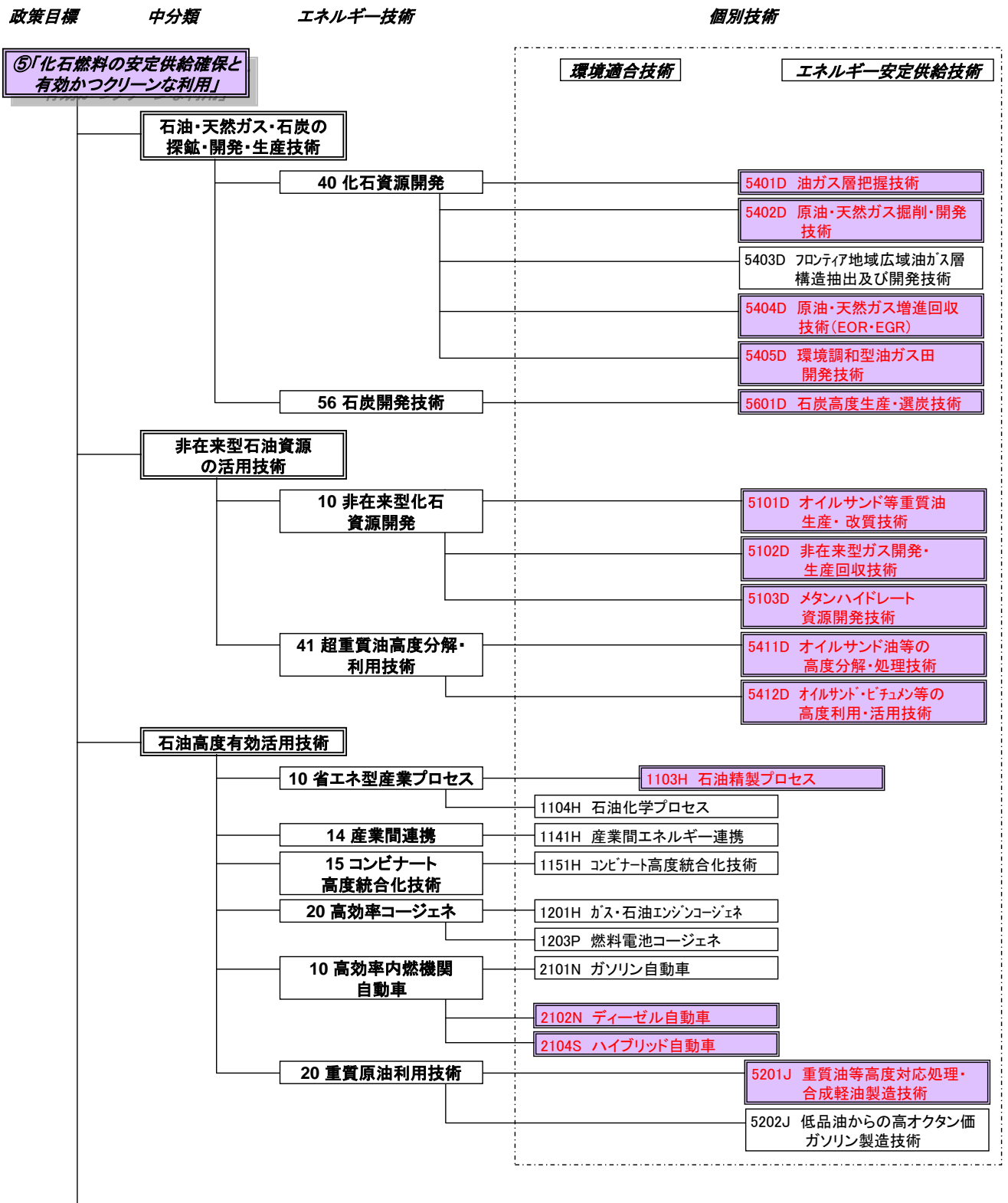


● 技術名の前に記した色括弧の記号(▽○◇☆□◇)は、その技術が寄与する政策目標を示す(▽:総合エネルギー効率の向上、○:運輸部門の燃料多様化、☆:新エネルギーの開発・導入促進、◇:原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保、□:化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。
 ● 「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」への寄与が大きいと思われる技術名を、色塗りの記号(◇、赤字)で線付きで記載した。

⑤「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」に寄与する技術のマップ(整理図)

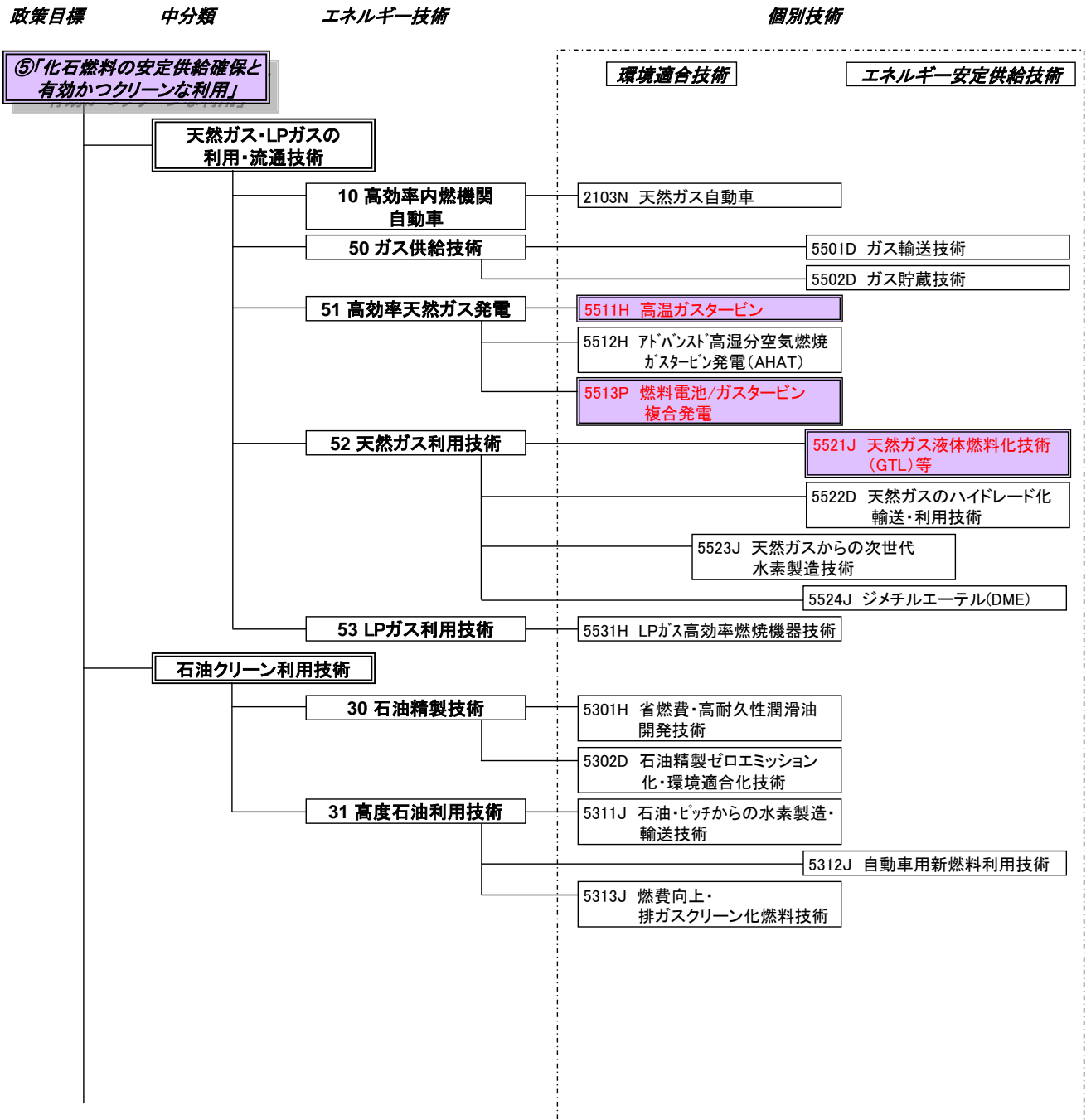
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(1/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



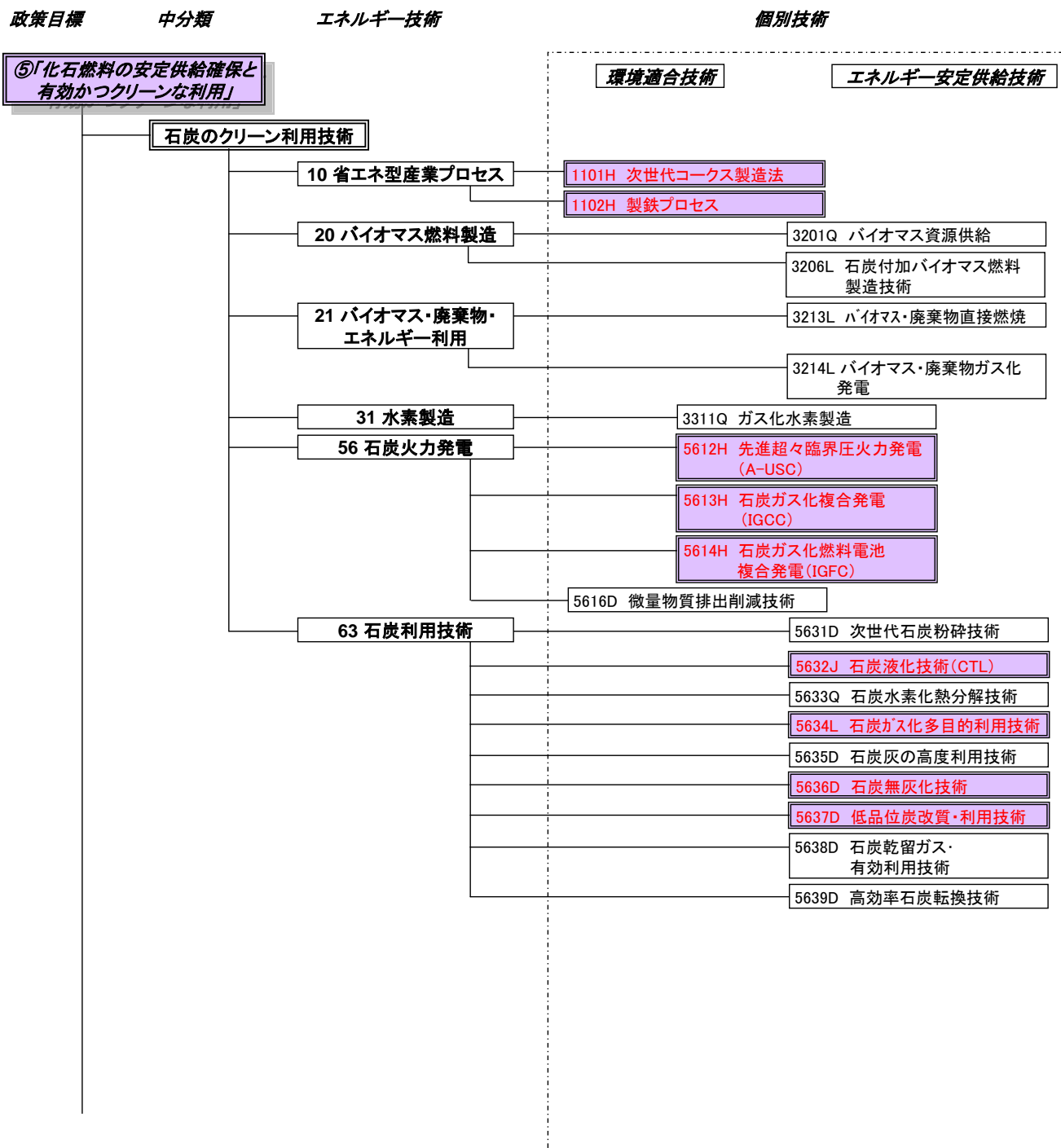
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(2/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



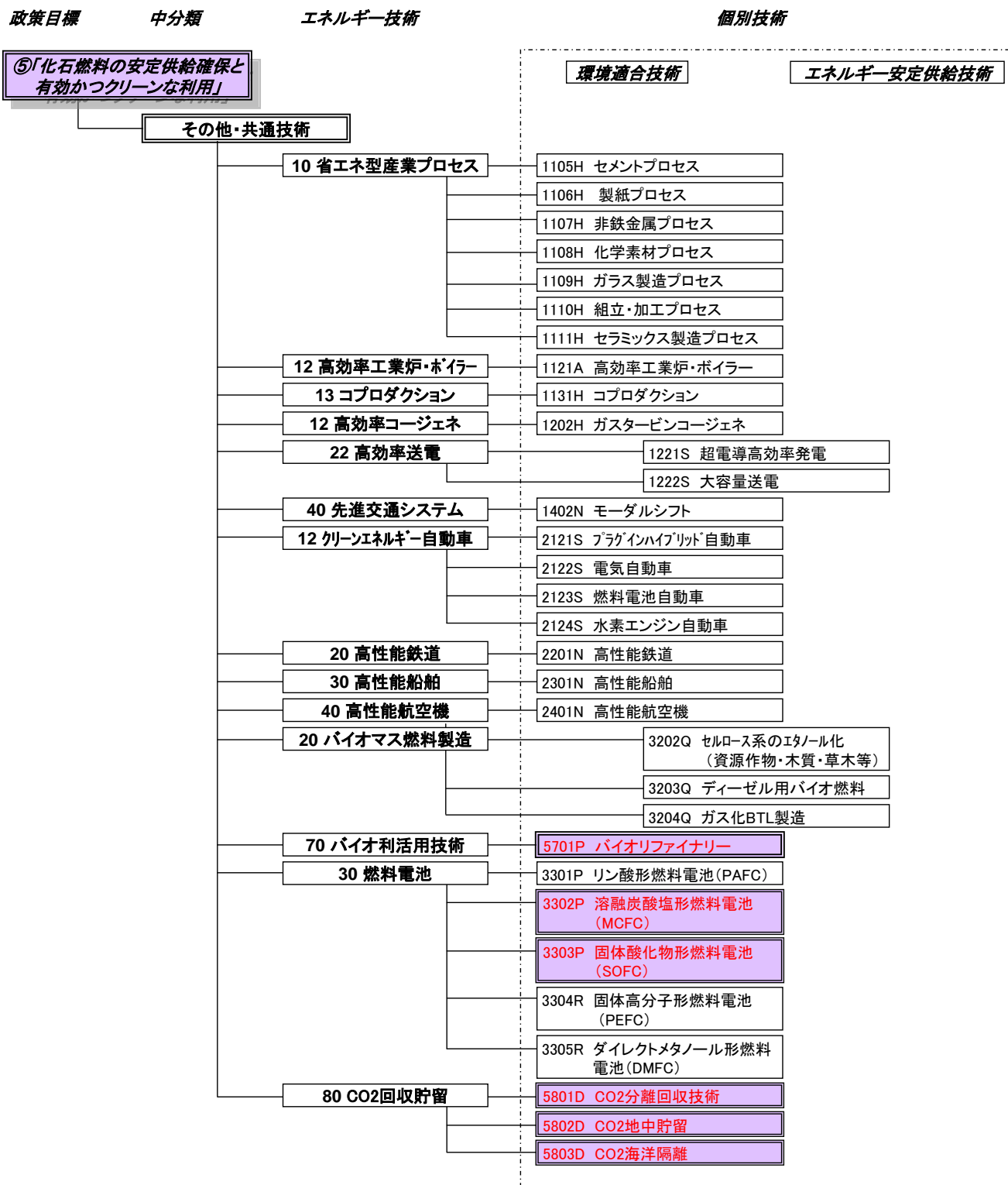
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(3/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(4/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(1/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5401D	40.化石資源開発 (在来・非在来型化石資源共通技術) 油ガス層把握技術					
		探査・埋蔵量評価技術(油ガス層構造抽出・石油システム解析等・埋蔵量把握) 油ガス層評価技術(フラクチャー油層解析等の油層特性把握)			探査・埋蔵量評価技術(高度地震探鉱技術) 油ガス層評価技術(炭化水素直接探査法) ダイナミックモデリング	
5402D	40.化石資源開発 (在来・非在来型化石資源共通技術) 原油・天然ガス掘削・ 開発技術					
		高度掘削・生産技術(レーザー掘削など) 高度生産施設(デジタルフィールド、腐食モニタリング技術等)・パイプライン技術 中小ガス田開発技術				
5403D	40.化石資源開発 (在来・非在来型化石資源共通技術) フロンティア地域広域 油ガス層構造抽出 及び開発技術					
		フロンティア地域(大水深)開発技術			フロンティア地域(極地・水海域等)開発技術	
5404D	40.化石資源開発 (在来・非在来型化石資源共通技術) 原油・天然ガス増進 回収技術 (EOR・EGR)					
		CO2圧入法、ガス攻法 熱攻法	ケミカル攻法 フラクチャリング等坑井刺激法 界面張力低減技術 層内モニタリング技術	改良型水攻法 界面張力低減技術	微生物攻法	
5405D	40.化石資源開発 (在来・非在来型化石資源共通技術) 環境調和型 油ガス田開発技術					
		微生物利用枯渇油層内メタン再生技術 地下微生物利用硫化水素除去技術 生産水の坑底分離と非処理水圧入技術 坑井掘削掘削の地下圧入技術 枯渇ガス田CO2圧入				
5601D	60.石炭開発技術 石炭高度生産・ 選炭技術					
		石炭地下ガス化技術実証化		石炭地下ガス化技術実用化		
		石炭資源総合評価高度化技術 石炭高度選炭技術		石炭高度生産技術 (石炭・ガス併産技術、難条件石炭開発技術など)		
5101D	10.非在来型化石資源開発 オイルサンド等重質油 生産・改質技術					
		ピチュメンのオンサイト改質技術 オイルサンド層からのピチュメン増進回収技術 重質原油の増進回収技術			先進・複合型オイルシェール開発技術 ピチュメンの油層内改質技術	

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(2/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5102D	10.非在来型化石資源開発 非在来型ガス開発・ 生産回収技術					CO2非分離型低コスト生産システム 深部天然ガス開発技術 タイトガス・シェールガス生産性向上 CBM(コールベッドメタンガス)生産性向上 CBM探索技術 コールベッドメタン増進回収技術(ECBM) ・CO2圧入・メタン回収技術 ・CO2挙動モニタリング技術
5103D	10.非在来型化石資源開発 メタンハイドレート 資源開発技術					陸上産出試験 海洋産出試験 資源量評価 探査・解析技術 生産手法開発 資源量評価技術 環境影響評価手法開発 高度MH生産技術 環境影響評価
5411D	41.超重質油高度分解・ 利用技術 オイルサンド ¹ 油等の 高度分解・処理技術					デル・ビット35%以上、シン・ビット50%以上混合処理可能な触媒・プロセス技術開発 オイルサンドピチュメンを90%以上分解可能なプロセス技術の確立 水素化分解技術 新規水素化分解触媒開発 流動接触分解技術 超臨界水による脱金属技術等 超臨界における水による重質油分解技術 亜臨界における水による重質油分解技術
5412D	41.超重質油高度分解・ 利用技術 オイルサンド ¹ ピチュメン等の 高度利用・活用技術					分解軽油の石化原料転換技術等のオイルサンドへの活用 硫黄分10 ppm以下ガソリン・軽油の製造技術確立 熱分解(コーカー)最適化技術 改質・分解触媒技術 合成原油処理用触媒技術
1103H	10.省エネ型産業プロセス 石油精製プロセス					コンビナートエネルギー高度利用技術・低位熱回収システム 組成制御型高度石油精製技術 低水素消費型ガソリン脱硫技術 高効率プレート熱交換器技術
1104H	10.省エネ型産業プロセス 石油化学プロセス					省エネ型プラスチック製品製造技術(SPM) 気相法ポリプロピレン製造技術(触媒開発) 低エネルギー分解技術(ナフサの接触分解プロセス・膜分離) 内部熱交換型蒸留プロセス(HIDIG) ガソリン基材・石油化学原料高効率製造技術 古紙等からの化学原料等製造技術、バイオマスからの石油代替成形材料の製造技術 超臨界流体を利用した化学プロセス技術 マイクロリアクター技術 コプロダクション サステナブル・カーボン・サイクル・ケミストリー(SC3) 分離膜装置による水処理 ナノ多孔技術 協奏的反応場技術 高性能触媒・光触媒
1141H	14.産業間連携 産業間エネルギー連携					IEMS(産業集積地のエネルギー管理システム) ILEN(産業集積地の地域エネルギー・ネットワーク) 石油コンビナートのエネルギー有効利用 発電所・製造プラント間のエネルギー・マテリアルマネジメント 物質再生産業間連携 物質ピンチ

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(3/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～	
1151H	15.コンビナート高度 統合化技術 コンビナート 高度統合化技術	副生成物利用技術 LNG冷熱利用技術					水素統合利用技術 未利用分解留分高度利用技術 未利用分循環再生マルチ処理技術 原料統合最適利用技術 次世代型エネルギー・化学原料併産型高効率ガス化技術
1201H	20.高効率コージェネ ガス・石油エンジン コージェネ	発電効率 50%LHV(大型) 37～39%LHV(小型) ミラーサイクルエンジン ターボコンバインドエンジン マイクロCGS(HCCI) ターボ過給HCCI スターリングエンジン HCCIフリーピストンエンジン セラミックエンジン 熱電可変型ガスエンジン 超薄燃料による高効率化 高圧縮比による高出力化・コンパクト化 燃料多様化技術(バイオガス等) EGR等による低NOx化 触媒燃焼技術 自然エネルギーとのハイブリッド利用 排熱利用技術 停電対策技術					
1203P	20.高効率コージェネ 燃料電池コージェネ	システム価格(円/kW)(総合効率) PEFC*1 約200～250万 約70～120万 約50～70万 <40万(>77%HHV) *1 1kW級家庭用燃料電池システムの SOFC*2 家庭用 約百万 約百万(75%HHV) <40万(>80%HHV) 想定価格 業務用 数百万 約100万(80%HHV) <20万(>80%HHV) *2 発電装置部の範囲の想定価格 産業用 百～数百万 数十万～約百万 <15万 (家庭用は貯湯槽等を含む)					
2101N	10.高効率内燃機関自動車 ガソリン自動車	バイオマス等代替燃料・混合燃料利用エンジン技術 部分負荷効率向上のための気筒停止 最適傾斜機能鍛造軽量部材 超高強度CFRP製造技術 HCCIエンジン 低摩擦材料表面制御 高負荷領域におけるノック抑制 リーンバーン技術 可変圧縮(膨張)比 連続可変バルブ/可変気筒 軽量化 オクタン価向上 MgCo(OH)系利用実証試験					
2102N	10.高効率内燃機関自動車 ディーゼル自動車	バイオマス等代替燃料・混合燃料利用エンジン技術 低エミッション後処理技術(尿素SCRなど) 高効率・低エミッション 燃焼技術 HCCIエンジン 最適傾斜機能鍛造軽量部材 超高強度CFRP製造技術 低摩擦材料表面制御 小型・軽量化 乗用車用噴射系の向上(超高压化)・小型高過給化 MgCo(OH)系利用実証試験					
2104S	10.高効率内燃機関自動車 ハイブリッド自動車	バッテリー性能 2,000W/kg 出力密度 1,800W/kg コスト 約20万円/kWh 約3万円/kWh 2,500W/kg 約2万円/kWh 約10万円/kWh 次世代HEV 動力回生システム エンジン効率向上 高性能二次電池(高エネルギー密度化・長寿命化・低コスト化) 低摩擦材料表面制御 軽量化					
5201J	20.重質原油利用技術 重質油等高度対応処理 合成軽油製造技術	HSFCCプロセス開発技術 分解軽油水素化分解触媒技術 分解ガス成分異性化触媒技術 重質油対応直接脱硫触媒技術 残油分解触媒技術 重質油のガス化技術 組成制御型高度石油精製技術 重質油からの合成軽油製造技術(ATL)					

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(4/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5202J	20.重質原油利用技術 低品油からの 高オクタン価 ガソリン製造技術					低級ナフサ有効利用技術 新規ナフサ異性化触媒技術 高オクタンガソリン製造流動接触分解触媒技術 高オクタンガソリン製造触媒技術 高度脱硫(サルファーフリー)技術 ・高度脱硫触媒 ・高度脱硫プロセス
2103N	10.高効率内燃機関自動車 天然ガス自動車					ガソリンとのバイフューエル車 燃料タンクの長寿命化 天然ガス吸蔵材料 MgCo(OH)系利用実証試験 天然ガスエンジンの高効率化(小型化、ハイブリッド化等) ガス供給インフラの拡充 充填インフラの低コスト化
5501D	50.ガス供給技術 ガス輸送技術					ガス導管敷設技術 バイプラインモニタリング ガスセンサ技術 地震センサ・遠隔監視 設備保全・検査技術 高効率輸送技術 インテリジェント導管材料 天然ガスハイドレート(NGH)輸送
5502D	50.ガス供給技術 ガス貯蔵技術					岩盤貯蔵 ガスセンサ技術 地震センサ・遠隔監視 設備検査技術 気密構造設計 高性能プラグ 施工コスト削減
5511H	51.高効率天然ガス発電 高温ガスタービン	1500℃級GT	1700℃級GT			FC/GT/ハイブリッド発電 MACC 高耐熱材料 高耐食材料 超高純度金属材料 燃焼ガス高温化技術 先進冷却・燃焼・遮熱技術 セラミックスタービン
5512H	51.高効率天然ガス発電 アドバンスド高湿分 空気燃焼ガスタービン 発電(AHAT)					100MW級 小容量(3MW級)自家発電 高湿分機器(圧縮機、再生器、燃焼器、タービン冷却翼)開発 ビークミドル運転対応高効率発電 湿分利用ガスタービン技術
5513P	51.高効率天然ガス発電 燃料電池/ガスタービン 複合発電					送電端効率 60%HHV(1500℃級GT) 高温ガスタービン 大容量高温形燃料電池 高圧対応スタック・モジュール技術 ハイブリッドシステム技術 耐久性向上

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(5/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5521J	52.天然ガス利用技術 天然ガス液体燃料化 技術(GTL)等		パイロットプラント実証 7 bbl/d	500 bbl/d実証		
5522D	52.天然ガス利用技術 天然ガスのハイドレート化 輸送・利用技術			500トン/dの製造システム確立		
5523J	52.天然ガス利用技術 天然ガスからの次世代 水素製造技術		水蒸気改質+PSA	水素透過型メンブレンリアクタ	CO2分離型水素製造 CO2分離膜	
5524J	52.天然ガス利用技術 ジメチルエーテル(DME)		間接DME合成法	直接DME合成法		
5531H	53.LPガス利用技術 LPガス高効率燃焼 機器技術			ターボジェット式コンロ燃焼・伝熱技術 高効率機器開発 排気ガス処理技術		
5301H	30.石油精製技術 省燃費・高耐久性 潤滑油開発技術		省燃費潤滑油製造技術 GTLからの潤滑油製造技術	GTL由来品等からの潤滑油製造技術		
5302D	30.石油精製技術 石油精製セロエミッション 化・環境適合化技術		廃触媒削減技術 改質硫黄固化体技術 重質油汚染土壌浄化技術 バイオマス利用土壌浄化技術	新規環境対応低廃棄物ガソリン基材製造技術 石油精製物質簡易有害性評価		

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(6/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5311J	31.高度石油利用技術 石油・ピッチからの 水素製造・輸送技術	灯油等改質オフサイト水素製造技術 灯油改質等オンサイト水素製造技術 水素製造触媒技術 水素製造プロセス技術 ピッチの粘結材利用技術				
		灯油吸着脱硫技術 灯油改質触媒技術 灯油脱硫・改質技術 膜分離技術 SOFC用熱自立型改質器システム技術 自動車オンボード改質技術 水素貯蔵・輸送・供給技術				
5312J	31.高度石油利用技術 自動車用新燃料 利用技術	バイオ燃料・GTL等新燃料とガソリン・軽油との混合の燃料技術				
		GTLとの混合利用 石炭液化油との混合利用技術 混合燃料対応自動車技術 高度脱硫(サルファーフリー)技術 ・高度脱硫触媒 ・高度脱硫プロセス				
5313J	31.高度石油利用技術 燃費向上・排ガス クリーン化燃料技術	超低セタン価対応技術 定置式・汎用ディーゼルエンジン用低セタン価燃料開発技術 低セタン価対応エンジン技術				
		最新ディーゼル車対応燃料技術 自動車燃費向上技術 HCCI等の次世代自動車対応燃料技術 アンチノック性向上技術 高度脱硫(サルファーフリー)技術 ・高度脱硫触媒 ・高度脱硫プロセス 燃料多様化対応技術 排ガス等高精度大気シミュレーション技術				
1101H	10.省エネ型産業プロセス 次世代コークス製造法	省エネ性の向上 21% 生産性向上 従来の3倍 コークス製造コストダウン -18%				23%
		既存コークス炉のリプレイス 多目的転換炉 次世代コークス製造法(SCOPE21) 高反応性新規成物導入 一般炭・鉄鉱石接着結合技術、フェロコークス製造技術 廃プラ・バイオマス利用技術 副生水素(COG)の利用最適化/水素エネルギーシステム 劣質原料使用技術(石炭)				
1102H	10.省エネ型産業プロセス 製鉄プロセス	新焼結プロセス 事炭炭化式ガス化溶融プロセス 断熱型鑄造システム 熱・冷延統合プロセス 水素鉄鉱石還元技術 高微粉炭比操業下でのダスト排出量低減 電気炉ダスト回生技術 回転炉床有用金属回収技術 排熱回収技術 電磁気力利用鑄造技術 超微細粒熱延鋼板製造技術 溶融還元製鉄法(DIOS) 革新的電磁鋼板技術 鑄片表面改質による循環元素無害化技術 劣質原料使用技術(石炭・鉄鉱石) 次世代圧延技術(難加工性特殊鋼等 高温耐熱耐食鉄鋼材料 創資源・創エネルギー型高炉)				
		新還元溶解製鉄法(ITmk3) 直接還元製鉄法(FASTMET) 電炉用HBI製造プロセス エネルギー(鉄/ガス)併産技術 電炉希釈バーজন鉄製造(DRIC) 希少金属分離回収技術 特殊鋼材高洗浄・高機能化技術 CO2回収技術 化学プロセスとのコプロダクション				
3201Q	20.バイオマス燃料製造 バイオマス資源供給					
		バイオマス原料用植物の選抜・育成 遺伝子組み換え技術 栽培技術の開発・実証 收穫・乾燥・圧縮・運搬技術 機器・彫像技術の低コスト化 基盤技術(ゲノム情報の整備、ミネラルの回収・再利用技術など)				
3206L	20.バイオマス燃料製造 石炭付加バイオマス 燃料製造技術	石炭・バイオマス混焼技術 石炭・バイオブリケット製造技術 石炭バイオブリケットのバイオマス比率向上				
		大量ペレット化 木質/炭化物-微粉炭混焼技術 乾燥・微粉化技術				

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(7/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3213L	21.バイオマス・廃棄物 エネルギー利用 バイオマス・廃棄物 直接燃焼	大規模コージェネ	小規模ストーブ等の公共施設等での普及拡大	設備コスト低減	中小規模コージェネ	
		乾燥技術 高効率バーナ・ボイラ・ストーブ 自動運転化技術				
3214L	21.バイオマス・廃棄物 エネルギー利用 バイオマス・廃棄物 ガス化発電	実用規模実証				
		ガス化改質・高含水バイオマスのガス化効率向上 熱化学再生ガス化 低カロリー対応ガスエンジン技術 集塵・タール処理技術		燃料電池発電システム技術 セメント製造への原料・燃料利用		
3311Q	31.水素製造 ガス化水素製造	水素価格(水素製造全体) 150円/Nm ³ 80円/Nm ³ 5 t/d バイロットプラント		40円/Nm ³		
		ケミカルループ利用ガス化技術 吸収剤リサイクル技術		CO ₂ 回収技術		水素分離膜技術
		部分酸化改質 水蒸気改質 オートサーマル改質		石炭ガス化 バイオマスガス化 ガスクリーンアップ		
5612H	61.石炭火力発電 先進超々臨界圧火力 発電(A-USC)	送電端効率 42%HHV(600°C級)	46%HHV(700°C級)	48%HHV(750°C級)		
			ボイラー・タービン新合金開発 高温弁開発 高温耐熱鋼溶接技術			
5613H	61.石炭火力発電 石炭ガス化複合発電 (IGCC)	送電端効率 41%HHV(250 MW実証機) 46%HHV(1500°C級GT・湿式ガス精製)	48%HHV(1500°C級GT・乾式ガス精製)	50%HHV(1700°C級GT・乾式ガス精製)	57%HHV(A-IGCC)	
		空気吹き石炭ガス化技術 多炭種対応技術 高効率酸素製造技術		乾式ガスクリーニング技術	低温高効率石炭ガス化技術 IGHAT 高温ガスタービン技術(1700°C級)	
5614H	61.石炭火力発電 石炭ガス化燃料電池 複合発電(IGFC)	プラント規模/送電端効率 実証機(1000 t/d級)			商用機(600 MW級/送電端効率55%HHV)	65%HHV(A-IGFC)
		多炭種対応技術	酸素吹き石炭ガス化技術 乾式ガスクリーニング技術 精密ガスクリーニング技術 高温ガスタービン技術 高効率酸素製造技術		大容量高温形燃料電池	
5616D	61.石炭火力発電 微量物質排出削減技術					
		微量物質挙動把握 微量物質計測技術	微量物質捕集技術			

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(8/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5631D	63.石炭利用技術 次世代石炭粉砕技術					
						バイオマスとの共粉砕技術 粉砕動力低減技術開発 超微粉砕技術開発 難粉砕性、高水分対応粉砕技術
5632J	63.石炭利用技術 石炭液化技術(CTL)					
		設備規模(国内) 設備規模(中国) 1 t/d試験装置(PSU)(インドネシア)	3,000 t/d 3,000 t/d	6,000 t/d 6,000 t/d		
						アジア地域への普及のための研修
						アップグレーディング技術 褐炭液化技術の適用検証 ガス化技術 技術者・運転員研修 FT合成技術 商用装置設計建設
5633Q	63.石炭利用技術 石炭水素化熱分解技術					
						実証試験 パイロット試験
						多炭種対応技術 高稼働・信頼性確立 コプロダクション技術
5634L	63.石炭利用技術 石炭ガス化多目的 利用技術					
						石炭ガス化コプロダクション
						多炭種対応技術 バイオマス等とのハイブリッドガス化技術 ガススクリーニング技術 代替天然ガス製造
5635D	63.石炭利用技術 石炭灰の高度利用技術					
						セメント製造技術 繊維化技術
5636D	63.石炭利用技術 石炭無灰化技術					
						ベンチ試験 パイロット試験 製造技術検討 製造技術確立
						コークス利用技術 粘結材適用試験 実炉によるコークス試験 ハイパーコール製造技術
						GT利用技術 GT適用試験(加圧) GT適用実証試験 GT適用試験(常圧)
5637D	63.石炭利用技術 低品位炭改質・ 利用技術					
						実証試験 パイロット試験 UBC改質コスト \$7/t以下
						低燃料比炭燃焼技術(共粉砕、混焼、スラッキング対策) 高燃料比炭燃焼技術(バーナー開発、超微粉砕技術) 褐炭等脱水技術 製品燃焼性等試験 油中褐炭改質技術(UBC) 全体システム・経済性確認 褐炭流体化技術 石炭水スラリー化技術

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(9/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5638D	63.石炭利用技術 石炭乾留ガス改質・有効利用技術	<p>無触媒改質実証試験 無触媒改質パイロット試験</p> <p>無触媒改質実証試験 無触媒システム確認試験 無触媒COG合成ガス製造技術 水素製造技術 低圧メタネーション技術 MTB(Methane To Benzene)技術</p>				
5639D	63.石炭利用技術 高効率石炭転換技術	<p>予備調査 基礎試験 ベンチ試験 パイロット試験</p> <p>ラジカル連鎖反応技術 低温作動・電子励起作動触媒</p> <p>プラズマ石炭ガス化技術</p>				
1105H	10.省エネ型産業プロセス セメントプロセス	<p>低溫焼成技術</p> <p>石炭代替焼成技術 ・水素焼成技術 ・プラズマ焼成技術</p> <p>廃棄物原料化技術 省電力ミル 高効率乾燥炉 改質硫黄固化体技術</p> <p>焼成不要省エネ型セメント 廃棄物ガス化によるコプロダクション CO2回収技術</p>				
1106H	10.省エネ型産業プロセス 製紙プロセス	<p>黒液回収ボイラーの高効率化 パルプ化工程の省エネ 苛性化工程の効率化 抄紙方法効率化</p> <p>分離膜装置による水処理</p> <p>120°C超ヒートポンプ利用 植物遺伝子組み換え技術 黒液・バイオマスガス化技術</p> <p>バイオマスIGCC バイオマスIGFC バイオマス利用によるコプロダクション</p>				
1107H	10.省エネ型産業プロセス 非鉄金属プロセス	<p>金属リサイクル技術 チタン合金創製プロセス</p> <p>材料・複合化材料技術(水素貯蔵材料など)</p> <p>加工技術</p> <p>高効率精錬 歩留まり向上技術 低コスト化 スケールアップ技術</p> <p>断熱型鑄造システム</p> <p>熱発電材料製造技術 高純度金属材料製造技術</p>				
1108H	10.省エネ型産業プロセス 化学素材プロセス	<p>プロセス最適化技術(低溫・低圧・高選択化、プロセス数削減、マイクロ波利用)</p> <p>触媒技術 ガス分離技術 エネルギー回収 マテリアル再利用</p> <p>分離膜装置による水処理</p> <p>バイオ技術 バイオリファイナリー</p> <p>製鉄とのコプロダクション 分子状酸素の利用 SC3の高度利用</p>				
1109H	10.省エネ型産業プロセス ガラス製造プロセス	<p>小規模での実用化 中規模での実用化 大規模での実用化</p> <p>ガラス成形・除冷工程、ガラス強化に関する省エネ技術 プラズマ等利用インフライトメルティング(気中溶解)技術 高効率カレット加熱技術 高均質加熱・選択的迅速加熱技術</p>				

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(10/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
1110H	10.省エネ型産業プロセス 組立・加工プロセス	<p>組立・加工用レーザーの他分野への応用 動力回生システムの小型化・他分野への応用</p> <p>動力回生システム 非鉄金属加工技術</p> <p>切削性向上(クーラント装置等) 高度機械加工システム レーザー空間モード制御利用(光吸収効率向上) レーザ位相制御利用(コヒーレント化学) Yb系固体レーザー利用(LCD基板製造等)、CO2レーザー利用(EUV光源ドライバー等) 短波長ファイバーレーザー利用(レーザーマーキング、溶接等) 短パルスレーザー(高強度軽量材加工等)、超短パルスレーザー利用(低摩擦加工等) ファイバー光コヒーレント結合 RGBファイバーレーザー利用(太陽電池パネル製造等)</p>				
1111H	10.省エネ型産業プロセス セラミックス製造 プロセス	<p>モジュール型セラミックス製造技術 リターナブルセラミックス製造プロセス</p> <p>低温プロセス技術、複合加熱プロセス技術</p> <p>エネルギー(現状比) 1/2</p> <p>プリカーサ利用技術 水利用合成プロセス、 水系スラリー利用プロセス 溶媒最適化 完全リターナブル化</p>				
1121H	12.高効率工業炉・ボイラー 高効率工業炉・ボイラー	<p>ボイラー効率:17%程度向上 工業炉エネルギー効率:約10%～30%向上</p> <p>高効率燃焼技術 次世代高性能ボイラー 【廃熱低減技術】 再生燃焼技術 高性能工業炉 酸素燃焼利用時の排ガス潜熱回収技術 酸素燃焼技術 酸素燃焼 酸素富化燃焼 伝熱技術</p>				
1131H	13.コプロダクション コプロダクション	<p>電力・物質のコプロダクション</p> <p>製鉄・化学プロセスのコプロダクション</p> <p>自己熱再生方式 ガス化技術(部分酸化法) 次世代ガス化技術エクスルギー再生技術 原料多様化 高効率化 低コスト化</p>				
1202H	20.高効率コージェネ ガスタービンコージェネ	<p>新サイクル技術 ・再生サイクル ・潜熱利用 ・化学再生サイクル</p> <p>熱電可変型ガスタービン 再生サイクルガスタービン マイクロガスタービン 超臨界CO2ガスタービン 超高温ガスタービン セラミックタービン</p> <p>タービン翼製作技術 高温材料技術 希薄予混合燃焼技術 VOC燃焼技術 排熱利用技術 潜熱回収排熱利用技術 燃料多様化技術(バイオガス等)</p>				
1221S	22.高効率送電 超電導 高効率送電	<p>長尺化 数百m～1km 数km 高電圧化 AC66～kV級、DC125kV級 大電流化 3～5kA(三相一括) 5～10kA 154～275kV 低交流損失化 0.3W/m/相@3kA (単心、三相一括) 工業的臨界電流密度(Jc) >300～500A/mm²(Y系) Y系超電導ケーブル 系統用Y系超電導変圧器500MW(限流機能付) ～200A/mm²(Bi系) ～250A/mm²(Bi系) Y系超電導送電安定化技術(数GJ)</p> <p>線材コスト 4～6円(Y系) 2～3円(Y系) (A・m@77K) 12円(Bi系) 6円(Bi系) 線材長尺化、低コスト化技術(高速薄膜製膜技術等) 冷却の高効率化、大型化、低コスト化</p>				
1222S	22.高効率送電 大容量送電	<p>高性能交流直流変換技術(DC125kV級) 自動式大容量交直変換器 高効率大容量交直変換器 大容量直流送電</p> <p>配電用低損失柱上変圧器 配電用アモルファス変圧器 高速事故除去技術 長距離大容量送電 UHV(超高压交流送電、1,000 kV)技術 高速度大容量遮断技術</p>				

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(12/13)

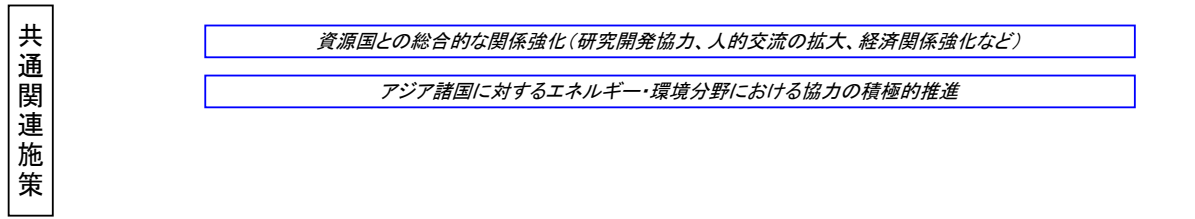
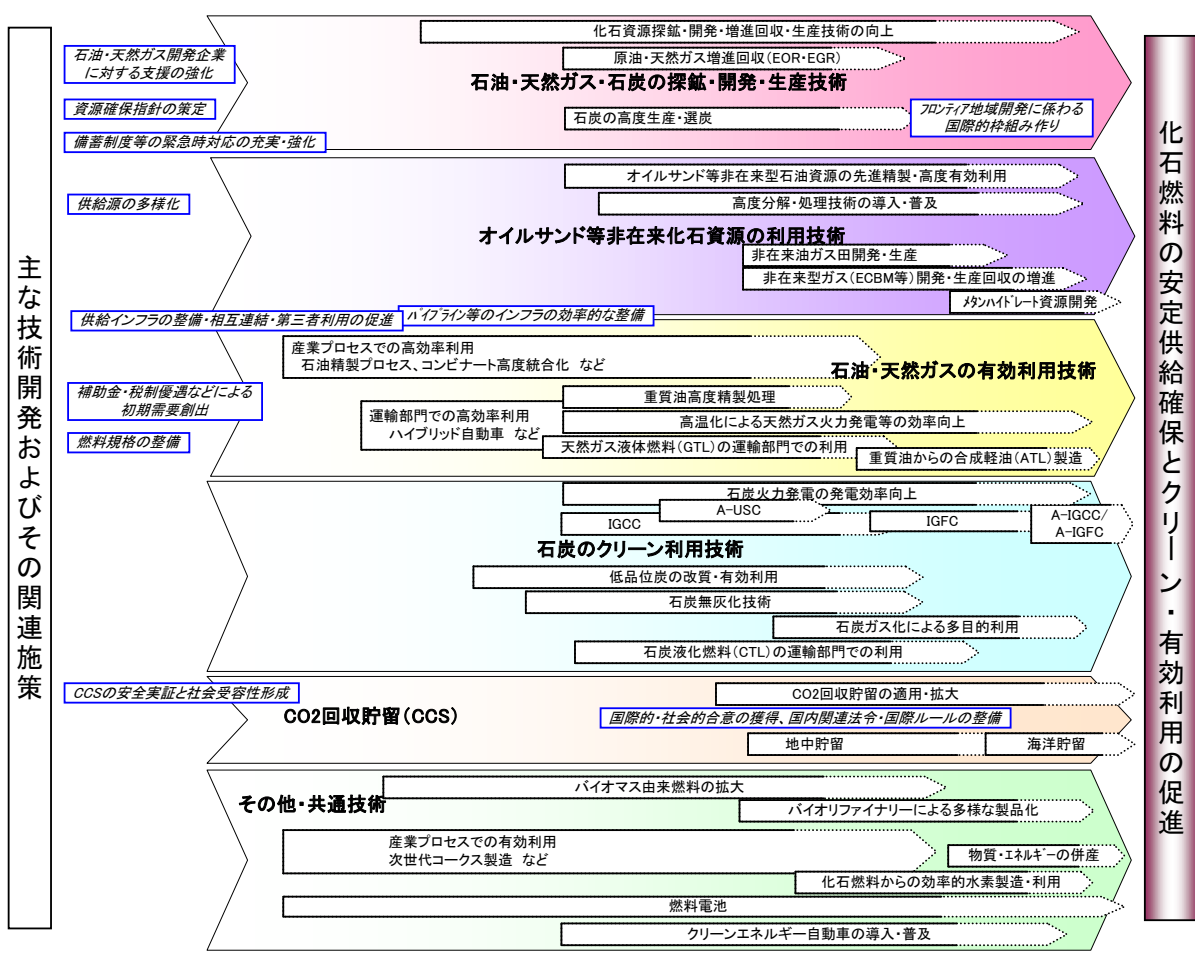
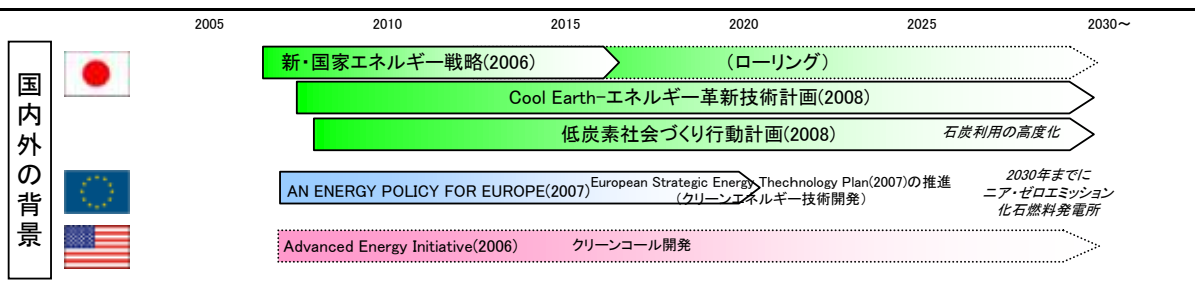
No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
2401N	24.高性能航空機 高性能航空機	炭素系複合材利用拡大などによる軽量化 ジェットエンジンの高効率化 更なる省エネ化 環境性、経済性、安全性等の一層の向上				
		ETBE安全性確認 ETBE導入				
3202Q	20.バイオマス燃料製造 セルロース系の エタノール化 (資源作物・木質・ 草本等)	100円/L(木質・林地残材等から) 40円/L(資源作物等から)				
		糖化プロセス効率化 C5糖のエタノール変換効率向上 リグニン等バイオプロの有効利用 収集運搬効率化・低コスト化 大規模エタノール製造技術 エネルギー回収効率向上 蒸留・脱水工程の省エネ 廃液処理技術 未利用木質資源の利用 糖分解酵素の開発 酵母機能改変等によるバイオプロセス効率化 バイオマス燃料(エタノール)精製処理技術(エタノールの膜分離精製など) バイオマス熱分解液化燃料製造技術				
3203Q	20.バイオマス燃料製造 ディーゼル用バイオ燃料	水素化バイオ軽油 地産地消型BDF利用				
		連続エステル化製造 高品質化・製造コスト削減 グリセリン等バイオ有効利用 自動車用バイオマス燃料利用技術 石油とバイオマス燃料の共利用技術 低コスト資源作物				
3204Q	20.バイオマス燃料製造 ガス化BTL製造	BTL製造技術 FT合成技術 バイオマス/廃棄物ガス化技術 水電解水素による収率向上 効率的廃棄物収集システム BTL製造効率の向上 低コスト化				
		プロピレン製造技術 プロパノール製造技術 セルロース系のエタノール化 熱回収技術 多様な製品の生産技術・低コスト化 遺伝子組み換え微生物を用いた製造プロセス				
5701P	70.バイオ活用技術 バイオリファイナリー	システム価格 60～100万円/kW 30～60万円/kW 20～30万円/kW				
		電極触媒技術 セル・スタック技術 高電流密度化 システム制御技術 低コスト化 耐久性向上 適用用途拡大				
3301P	30.燃料電池 リン酸形燃料電池 (PAFC)	システム価格 60～100万円/kW 30～60万円/kW 20～30万円/kW				
		電極触媒技術 セル・スタック技術 高電流密度化 システム制御技術 低コスト化 耐久性向上 適用用途拡大				
3302P	30.燃料電池 溶融炭酸塩形 燃料電池(MCFC)	システム価格 30～80万円/kW 20～30万円/kW				
		電極触媒技術 セル・スタック技術 高電流密度化 家庭用コージェネ普及 ガスタービンとの複合発電 CO2分離・回収 低コスト化 耐久性向上 燃料多様化				

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(13/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3303P	30.燃料電池	発電効率(HHV)、耐久性 家庭用(1kW級～数kW級) 業務用(数～数百kW級) 産業用(数百kW級～数MW級) 発電所用(数MW級～)	40%、4万時間 約50%、1～2万時間	40%、4万時間	>40%、9万時間 >45%、9万時間	>55%、9万時間
	固体酸化物形 燃料電池(SOFC)	実証開始	家庭用コージェネ普及	業務用・産業用コージェネ普及	GTハイブリッドシステム普及	IGFC 大容量機CO2分離・回収
3304R	30.燃料電池	発電効率(HHV) 約33% 耐久性 約4万時間	約34% 約4～9万時間		>36% 9万時間	
	固体高分子形 燃料電池(PEFC)	劣化機構解明 高温・低加湿対応技術 白金量低減 耐被毒触媒 膜内水分制御	家庭用コージェネ普及 燃料電池自動車普及 新規直接形PEFC MEA・セパレータ等量産技術			
3305R	30.燃料電池	PC・携帯用 (出力密度(W/kg)、 耐久性(時間)) 小型移動体用 (出力密度(W/kg)、 耐久性(時間))	>15 >20 >1,500時間 >5千時間	>40 >1万時間	>33(低速)、>54(中速・高速) >2,500時間	
	ダイレクトメタノール形 燃料電池(DMFC)	低コスト化 耐久性向上	PC、PDA、携帯用実用化・普及 小型移動体(車いす、スクーター等)用実用化・普及 超低クロスオーバー膜 低膨潤膜 高活性触媒			
5801D	80.CO2回収貯留	分離回収コスト 4,200円/t-CO ₂		IGCCでの実証試験 2,000円/t-CO ₂	1,000円/t-CO ₂	(さらに分離膜の実用化で1,500円台に)
	CO2分離回収技術	ガス化ガス・改質ガスからのCO2分離 【CO2回収技術】 膜分離技術 化学吸収法 物理吸収・吸着法	高効率酸素製造技術			排熱有効利用
5802D	80.CO2回収貯留	実証試験	大規模実証試験			
	CO2地中貯留	石油・ガス増進回収(EOR・EGR) CO2地中挙動予測シミュレーション技術・モニタリング技術 貯留層賦存量調査と利用拡大 地中貯留システムコストの低減 環境影響評価、安全性評価技術	帯水層貯留 炭層固定 枯渇油・ガス層貯留			
5803D	80.CO2回収貯留		大規模実証試験			
	CO2海洋隔離	CO2の海洋拡散・生物影響の科学的理解 拡散シミュレーションと実験によるマッピング 生物影響モデルと実験によるマッピング 環境影響評価、安全性評価		溶解希釈(固定式) 溶解希釈(移動式) 深海底貯留隔離		

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に向けた導入シナリオ

石油・天然ガス等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の推進するとともに、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。



高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発

研究目的

○背景

新エネルギー技術の実用化によって、我が国のエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題(CO₂)・地域環境問題(NO_x、PM等)の解決、新規産業・雇用の創出等を図ることが必要であり、燃料電池はそれらの解決に資する次世代エネルギーとして有望視されている。

この燃料電池発電システムの広範な普及促進のためには、日本の過半数の世帯にエネルギーを供給しているLPガスを燃料とした家庭用燃料電池システムを広く実用化普及する必要がある。

○目的

本事業では、シンプルで小型なシステムで小型化、低コスト化、高効率化が可能な水素透過型メンブレン(膜)を用いた燃料電池発電システムへの耐久性を向上、実用化を促進することで、家庭用燃料電池システムの広範な普及を目的とする。

プロジェクトの規模

○研究予算と研究期間

平成18年度事業費 1億円(共同研究、NEDO負担割合2/3)

(平成18年度総事業費は約1.5億円)

研究期間 3年間(平成18年～平成20年度)

プロジェクト体制



- ①高耐久水素分離膜(メンブレン)の開発
メンブレンの高耐久化に資する膜の作製法・支持体の開発
- ②LPガス改質装置の開発
本事業で開発する水素分離膜を用いた、固体高分子形燃料電池発電システムに最適な改質ガスを得るための改質装置の開発(脱硫プロセスを含む)
- ③燃料電池システムにおける改質装置の性能評価
開発した改質装置の燃料電池システムにおける性能評価

研究内容

○研究開発課題(目的達成のための技術課題)

水素分離膜の薄膜化と水素選択透過率の向上および高耐久化の同時達成。
開発した膜に最適な条件を備えた燃料電池システムの開発。

○キーテクノロジー・ブレークスルーのポイント、オリジナリティ(課題を解決するためのポイントおよびその現状)

現状、LPガスを用いる水素分離膜型の家庭用固体高分子形燃料電池は実用化段階にはない。金属材料による水素分離膜は、水素による脆化に弱く、耐久性に乏しいため、実用化に際しては膜の高耐久化が必須である。本プロジェクトで新たな材料・製膜法、支持体等を開発することにより、膜厚減少と高い水素選択透過率、高耐久性を同時達成することで、水素分離膜およびこれを用いたLPガス改質装置の実用化が一気に促進される。

○目標値(技術水準)とその条件および設定理由(根拠)

①目標値:

メンブレンの水素透過選択率(水素/窒素比)70以上(現状40)、5年以上のメンブレンの耐久性(20,000時間)、改質効率 78%以上。また、家庭用燃料電池発電システムを用途として、改質装置の低コスト化、コンパクト化を目標に実施する。

②設定根拠:

実用レベルで要求される家庭用固体高分子形燃料電池システムの改質に係る技術水準および本分野における現在の技術水準。

研究成果

○プロジェクトの成果

本プロジェクトの目的が実現された際には、LPガスを燃料とした高効率かつコンパクトな固体高分子形燃料電池発電システムが広く実用に供され、エネルギー供給の分散、省エネルギー化、地球温暖化防止、我が国の産業競争力強化に資する。

事前評価書

	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="width: 50%;">作成日</td> <td style="width: 50%;">平成17年10月18日</td> </tr> </table>	作成日	平成17年10月18日
作成日	平成17年10月18日		
1. 事業名称 (コード番号)	高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発		
2. 推進部署名	燃料電池・水素技術開発部		
	<p>(1)概要:</p> <p>高効率な固体高分子形燃料電池発電システムを我が国へ広く導入・普及させるため、水素分離膜を用いたLPガス改質装置を開発する。LPガスは、我が国の世帯数の過半数にエネルギーを供給する普及の進んだエネルギーであり、また容器元圧が都市ガスより高く、メンブレン型改質装置を透過させる際に、コンプレッサ等の補機が不要であるため、低コスト化、コンパクト化が可能であり、今後普及が加速すると予想される家庭用燃料電池システムに非常に適している。また、可搬性や災害時の復旧性にも優れていることから家庭用発電システムの燃料の一つとして適している。</p> <p>以上のことから、高効率な家庭用固体高分子形燃料電池発電システムの普及を目的に、家庭用LPガス供給システムから燃料電池へ高純度な水素を供給する、高効率かつ低コストでコンパクトなLPガス改質装置を開発する。</p> <p>(2) 事業規模:</p> <p>平成18年度事業費 2.9億円(共同研究、NEDO 負担割合2/3) (平成18年度総事業費は約4.3億円)</p> <p>(3) 事業期間:平成18年度～20年度(3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>新エネルギー技術の開発、コスト削減及び利便性・性能の向上を図ることによって、新エネルギーの実用化を図り、我が国のエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題(CO₂)・地球環境問題(NO_x、PM等)の解決、新規産業・雇用の創出等を図ることが求められている。</p> <p>燃料電池は、エネルギー自給率の向上や地球温暖化対策に資するほか、分散型エネルギーシステムとしても期待できる次世代エネルギーとして有望視されているものの、現時点では、まだ耐久性向上、低コスト化などの大きな課題を抱え、普及に至るまでに乗り越えるべき壁は高い。</p> <p>本事業は、LPガスを燃料とした燃料電池発電システムにおいてこれまで水蒸気改質のみが実用化初期段階に至っている水素製造工程の新規分野を開拓し、メンブレンリアクターを用いた高効率かつコンパクト、低コストな燃料改質装置を世界に先駆けて実用に至らしめることで、エネルギー供給の分散化、安定化、および日本の産業競争力強化に資するという点で非常に重要な事業として位置付けられる。</p> <p>なお、本技術開発は、新エネルギー技術開発プログラムに則って推進する予定である。</p>		

(2) 研究開発目標の妥当性

以下の項目を技術開発目標とする。

- ・ メンブレンの水素選択透過率(水素/窒素 比)70 以上(現状 40)
- ・ 5年以上のメンブレンの耐久性(20,000 時間)、改質効率 80%以上
- ・ 家庭用燃料電池発電システムを構成する燃料改質装置としての低コスト化およびコンパクト化

本目標については、実用レベルで要求される家庭用固体高分子形燃料電池システムの改質に係る技術水準および本分野における現在の技術水準を根拠にしており、研究開発目標として妥当。

(3) 研究開発マネジメント

担当部である燃料電池・水素技術開発部が、燃料電池の普及動向及び技術開発の進捗を見ながら、積極的に関与して推進する。(公募を実施し、最適な研究開発体制を構築する予定。また、PLの設置については未定。)

(4) 研究開発成果

家庭用固体高分子形燃料電池発電システムの早期導入・普及のためには、LPガスを燃料としたシステムを早期に実用化することが必要でありまた、国内のみならず国際的に技術的優位性を獲得するためには、時代を先取りし、国際的なリーダーシップを発揮する必要がある。この状況下、本事業の目標が達成された場合には、LPガスを用いたコンパクトで低コストな改質装置の実用化が実現し、ひいてはLPガスをエネルギー源とする我が国の過半数の世帯に固体高分子形燃料電池発電システムを導入することが可能になり、波及効果が大きい。

(5) 実用化・事業化の見通し

LPガスは、すでに我が国に十分に普及、浸透したエネルギーであり、国内に限定しても需要は充分といえる。また燃料電池に対する認識も高まってきている現状、技術開発が成功した際の広い燃料電池発電システムの普及が可能である。

なお、定置用燃料電池については、2010 年には 220 万 kW、2020 年には 1,000 万 kW、2030 年には 1,250 万 kW の導入が政府の目標であり、経済省の「新産業創造戦略」によれば、燃料電池の市場規模は 2020 年で8兆円と試算されている。

(6) その他特記事項

本事業は、平成13年度～17年度に実施した「LPガス固体高分子形燃料電池システム技術開発」における当該技術分野の研究開発を継続して推進するもの。メンブレンリアクターを用いた家庭用燃料電池発電システムの課題として浮き彫りになった水素分離膜の高耐久化を技術開発課題のメインとした実用化開発を推進する。

5. 総合評価

本事業の実施によって可能となる、LPガスを燃料とした高効率な家庭用燃料電池発電システムの実用化は今後の燃料電池の広範な導入、普及には欠かせないことから、本事業は我が国の燃料電池市場形成に向けて極めて重要である。

「高耐久メンブレン型LPガス改質装置の開発基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成18年3月10日
NEDO技術開発機構
燃料電池・水素技術開発部

NEDO POST 3において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございます。

1. パブリックコメント募集期間
平成18年2月13日～平成18年2月20日
2. パブリックコメント投稿数<有効なもの>
計0件

以上

添付資料
特許論文リスト

特許

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	状態	出願日	名称	発明者
1	岩谷産業(株)	特願2007-177838	国内	公開	2007/07/06	水素分離膜型LPガス改質装置	牧野理他
2	日本ガイシ(株)	特願2007-178898	国内	公開	2007/07/06	水素分離体及びその製造方法	野田憲一
3	日本ガイシ(株)	特願2007-301273	国内	公開	2007/11/21	ガス分離体及びその製造方法	野田憲一
4	日本ガイシ(株) (独)産総研	特願2008-023181	国内	出願	2008/02/04	Pd-Agの同時メッキによる水素分離用薄膜の作製方法	鈴木敏重他
5	岩谷産業(株) 九州大学	特願2008-070577	国内	出願	2008/03/19	LPG用水蒸気改質触媒の製造方法及びLPG用水蒸気改質触媒	石原辰己他
6	日本ガイシ(株) (独)産総研	特願2008-209287	国内	出願	2008/08/15	水素分離体	鈴木敏重他

論文

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年
1	野田憲一	日本ガイシ(株)	セラミック多孔体上のパラジウム合金水素分離膜	表面技術 (社)表面技術協会	無	2007
2	鈴木敏重他	(独)産総研	Strong Interaction at the Palladium/Alumina Interface of Membrane during Hydrogen Permeation at Elevated Temperature	Chemistry Letters, 37 , (2008) 1004-1005.	有	2008

研究発表

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体	発表年月日
1	野田憲一他	日本ガイシ(株)	ジルコニア支持体を用いたパラジウム水素分離膜の開発	化学工学会第39回秋季大会	2007/09/14
2	梶原昌高他	岩谷産業(株)	高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発	化学工学会第39回秋季大会	2007/09/15
3	橋本辰彦	岩谷産業(株)	岩谷産業における水素事業への取り組みとメンブレン型LPガス改質装置の開発	反応工学部会・反応分離分科会「反応分離講習会2007」	2007/11/02
4	梶原昌高他	岩谷産業(株)	メンブレンリアクターを用いたLPガス改質プロセスのシミュレーション	2007 Japan ANSYS Conference	2007/11/16
5	野田憲一他	日本ガイシ(株)	パラジウム合金水素分離膜用ジルコニア支持体の開発	第46回セラミックス基礎科学討論会	2008/01/11
6	野田憲一他	日本ガイシ(株)	ジルコニア支持体を用いたパラジウム水素分離膜の開発 その2	化学工学会第73年会	2008/03/17
7	アルフレド・パチェコ・タナカ他	(独)産総研 日本ガイシ(株)	Preparation of the Pd-Ag alloy membranes supported on a porous ceramic tube via synchronized electroless plating	10 th International Conference of Inorganic Membranes	2008/08/19
8	野田憲一他	日本ガイシ(株)	ジルコニア支持体を用いたパラジウム水素分離膜の開発 その3	化学工学会第40回秋季大会	2008/09/26

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。

高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発

プロジェクトの概要説明（公開）

平成21年8月17日

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
燃料電池・水素技術開発部

低炭素社会づくり行動計画（H20年7月）

環境エネルギー技術革新計画（H20年5月）

Cool Earth－エネルギー革新技術計画（H20年3月）

エネルギー基本計画（H19年3月改訂）

新・国家エネルギー戦略（H18年5月）

二酸化炭素大幅削減の方策として**定置用燃料電池**の技術開発と普及の促進を図るとしている。また、**LPガスの導入及び利用**の施策の一つとして燃料電池に幅広く利用されるよう促進策を講じている。

【エネルギーイノベーションプログラムの5つの政策の柱】

I. 総合エネルギー効率の向上

II. 運輸部門の燃料多様化

III. 新エネルギー等の開発・導入促進

○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。

IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

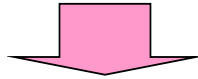
V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

○目的

化石燃料資源の大半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。

○達成目標

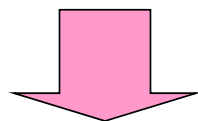
石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。



高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発はⅢ、Ⅴに寄与

(1) 燃料電池は、高効率、二酸化炭素排出削減、燃料の多様化、環境保全上の効果大きいこと等の理由から、普及することが期待されているものの、現時点では、まだ耐久性向上、低コスト化など普及に至るまでに大きな課題を抱えており、企業単独では解決が困難である。

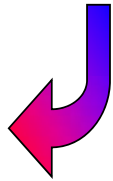
(2) LPガスを燃料とした燃料電池発電システムにおいて、これまで水蒸気改質のみが実用化初期段階に至っている水素製造工程の新規分野を開拓し、メンブレンリアクターを用いた高効率かつコンパクト、低コストな燃料改質装置を世界に先駆けて実用に至らしめることで、エネルギー供給の分散化、安定化、および日本の産業競争力強化に資するという点で非常に重要な事業として位置付けられる。



民間企業の負担を前提としつつも、NEDOが一定程度関与することにより、民間企業による早期実用化に向けた技術的課題解決を加速することが適切である。

NEDO負担額 (開発総額の2/3)	2006年度	2007年度	2008年度	総額
	75百万円	71百万円	50百万円	196百万円

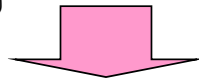
燃料電池システム市場予測	2007年度	2020年度
家庭用燃料電池	3,330百万円	257,500百万円



※株式会社富士経済ホームページより(<https://www.fuji-keizai.co.jp/market/08067.html>)

2015～2020年頃の1kW級家庭用燃料電池システムの価格は50～70万円/kW (10万台/年/社)において、1kW級家庭用燃料電池システムの改質装置の価格は5万円/台(7～10%)⇒改質装置の市場規模は、**180～257億円/年**

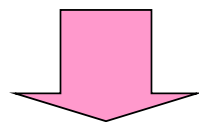
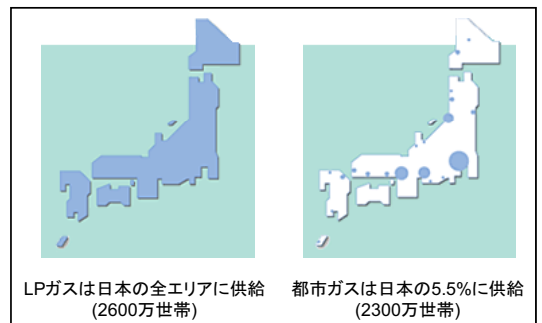
※NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ2008より



メンブレンリアクターのシェアを10%と仮定⇒**18～26億円/年の市場**
本事業はその一翼を担うものであり、その費用対効果は大きい。

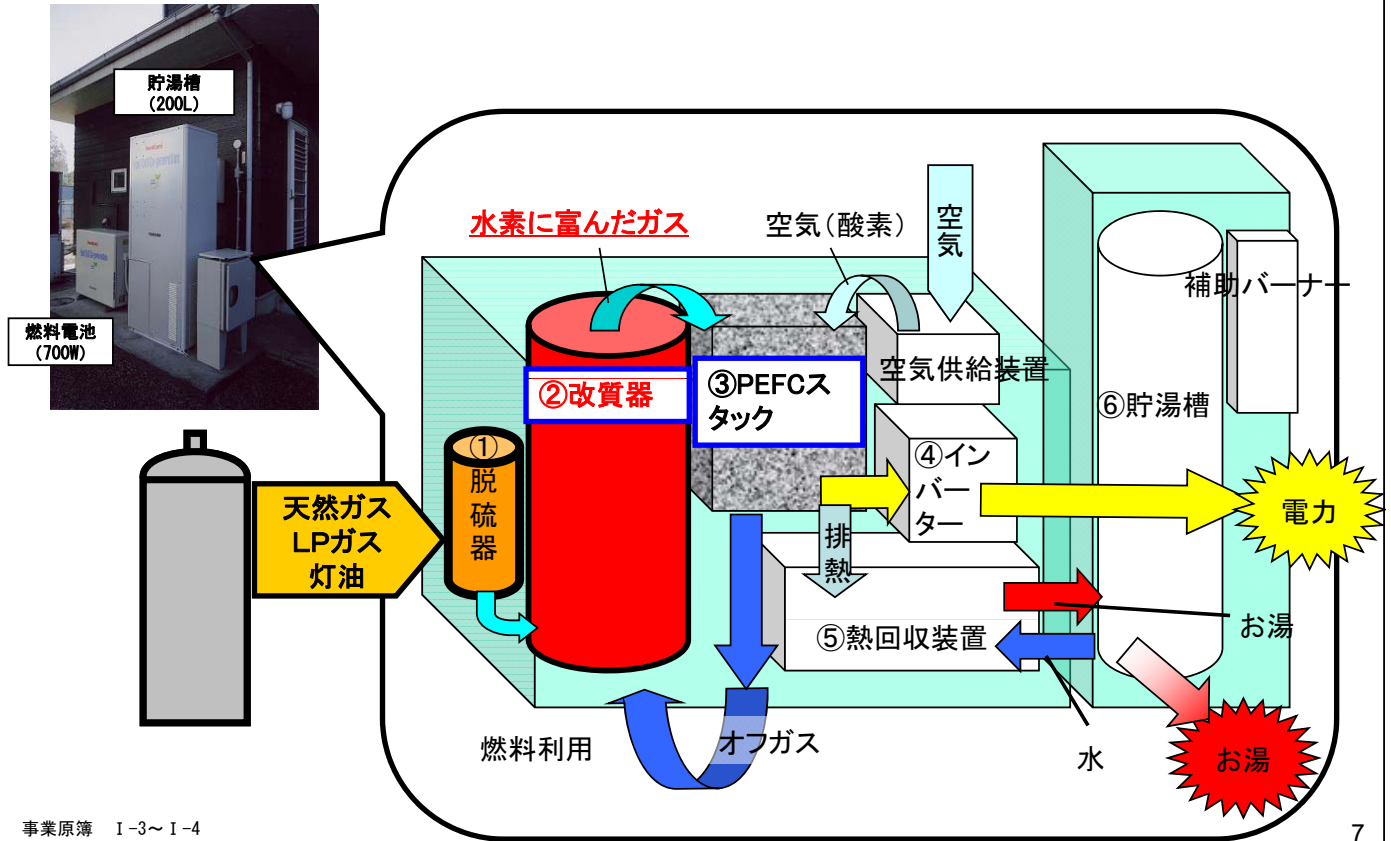
我が国の総世帯数の過半数はLPガス使用世帯であり(LPガス:2600万世帯、都市ガス:2300万世帯)、また、LPガスは日本国内の離島や山間部を含めて全ての地域に供給されているが、都市ガスは、ガス管を敷設する必要があるため、都市部等の一部の地域のみ供給となっている(全国土の5.5%)。

LPガス対応型の家庭用燃料電池システムの開発への期待が高い。



目的: メンブレン型改質器を適用したLPガス燃料対応型の家庭用燃料電池の実用化 ⇒ 普及促進

- ・高効率化
- ・耐久性向上



・なぜ膜型なのか

燃料に含まれる水素の濃度が高いほど、燃料電池の発電効率は高くなる。従来の水蒸気改質方式を使用した燃料電池システムの場合、燃料電池に供給される改質ガスに含まれる水素の割合はだいたい60~70%程度で、残りは二酸化炭素と水分が大部分を占める。

膜型の場合、改質ガス中の水素を分離透過して燃料電池に供給するため、**発電効率高い**。また、改質触媒層内において、水素が透過して減少するため、改質反応の平衡状態が水素を生成する方向に進むため、**改質効率高い**。

これらの相乗効果により、**燃料電池システム全体の効率を上げることができる**。

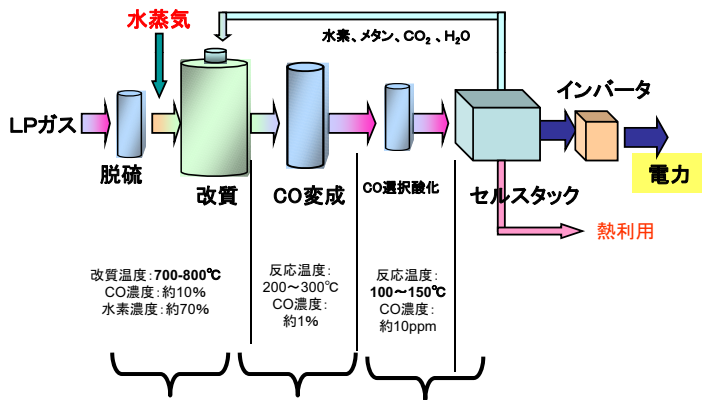
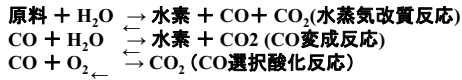
・なぜLPガスなのか

膜を透過する水素の単位時間当たりの透過量は、**膜の外側と内側の圧力差が数気圧程度必要**となる。このため、燃料電池システムに供給される原燃料は高圧力である必要がある。

都市ガスを原燃料とした場合、家庭に供給される低圧導管の圧力は0.1MPa未満(ガス事業法施行規則、第一条の2の三)であるので、コンプレッサー等で昇圧する必要がある。これに対して、LPガスポンベの内部圧力は最大で約0.7MPa程度(ガス組成や温度により異なる)あるため、**外部動力により昇圧する必要がない**。

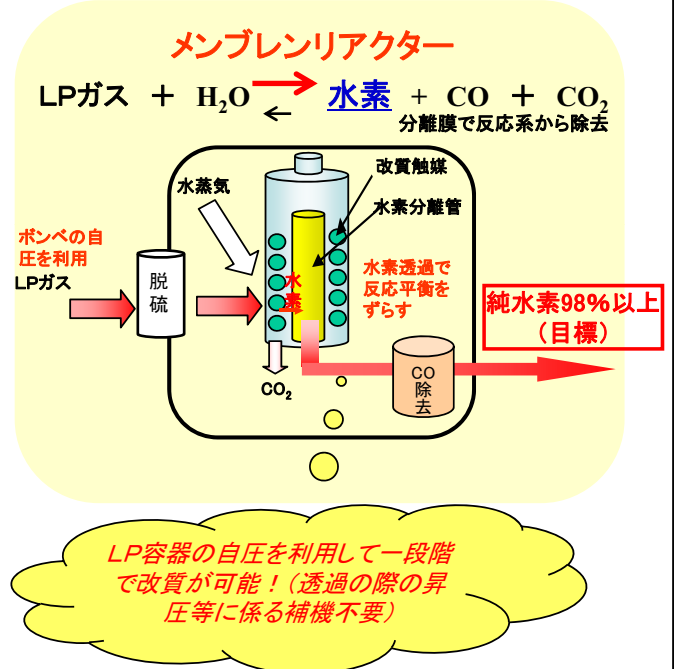
3段階のプロセスを必要とする従来の改質方法に比べ、簡単なプロセスで純度の高い水素を得ることができる。

水蒸気改質方式



3段階の改質が必要

事業原簿 I-4~I-6



(朱記: 基本計画の目標)

		平成18年度	平成19年度	平成20年度	
改質器	反応条件	原料	市販LPガス	市販LPガス	
		改質温度 [°C]	600	≤ 600	≤ 600
		GHSV*7 [h ⁻¹]	1000		
		S/C *3 [-]	2.8	2.5-2.8	最適値
目標値	サイズ*1	最適なバーナー構造、断熱構造および反応器構造等の設計指針を明確にし、コンパクト化・改質効率の向上に資するデータ・知見を蓄積する。また、耐久性の評価方法を検討する。	-	< 200L	
	水素透過量	674NL/h (PEFC: 1kW機相当)			
	改質効率*2 (HHV)	80%			
メンブレン	耐久性	1,000時間以上			
	耐久性(連続)*6	1,000時間以上	1,000時間以上	20,000時間相当以上*4	
	水素透過係数(連続)	70以上[水素純度: 98%以上]			
	基材	ジルコニア	ジルコニア	ジルコニア	
	膜サイズ*5	φ 10 × L50mm	φ 30 × L300mm		
水素透過速度 [Nml/min・cm ² ・atm ^{1/2}]	100	110	120		

*1) 燃料電池スタックを含むシステム全体のサイズ。但し、燃料電池スタックとその補機(ブロワ、加湿器、インバータ等含む)を100Lとして計算。
 *2) 改質効率 = (製造される水素の熱量(HHV)) / (改質器に投入するLPガスの熱量(HHV))
 *3) steam・carbon比
 *4) 20,000時間以上の耐久性については、2,000時間程度の運転試験におけるメンブレン性能及び改質装置性能(効率、製造水素品質等)の劣化度合いから評価する。

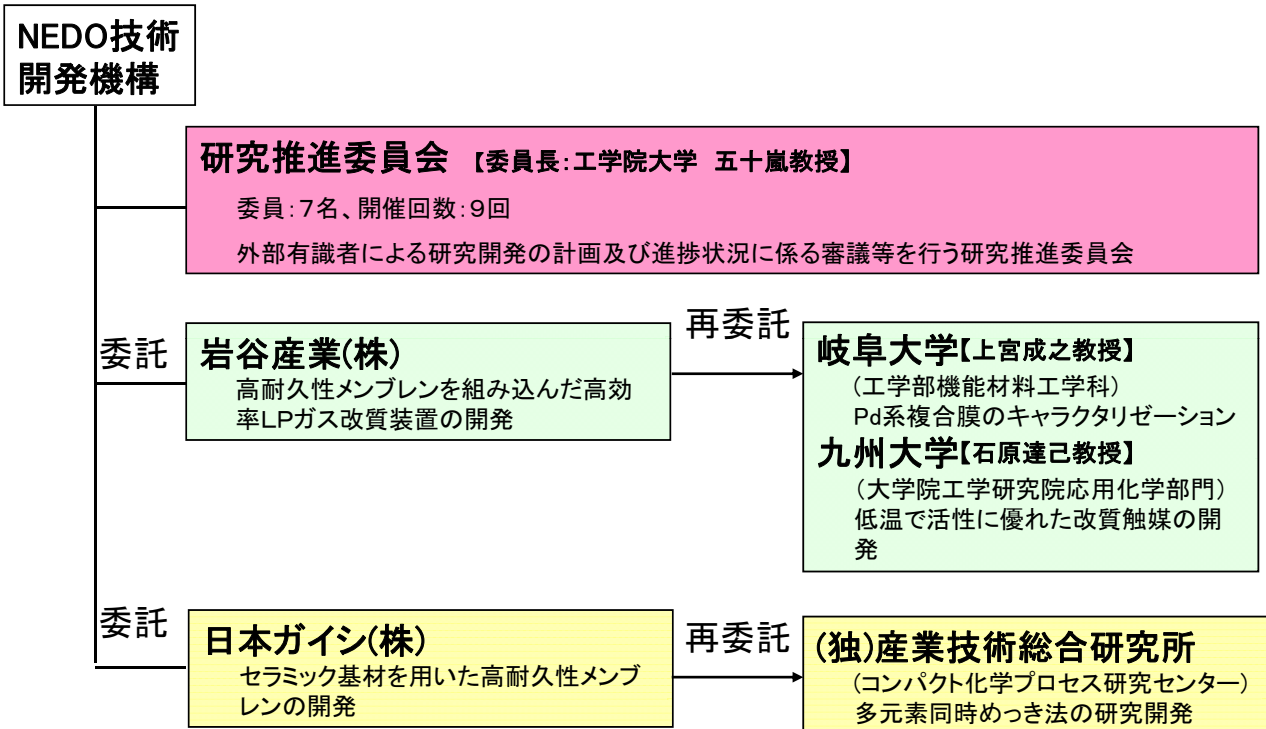
*5) 膜のサイズ、水素透過速度は、改質装置の最適設計により変更される可能性を有する。
 *6) 耐久性は模擬ガスによる連続試験のデータ。但し、平成20年度は本開発で策定された試験条件により実施。
 *7) ガス空間速度 (Gas Hourly Space Velocity)
 GHSV = ガス量 (Nm³/h) / 触媒量 (m³)

研究開発テーマ		H18Fy	H19Fy	H20Fy	
日本ガイシ株式会社	①高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発	1)パラジウム系合金膜に適したセラミックス多孔質基材の開発 a)構造支持体成形技術の開発 b)表面層形成技術の開発 c)大型基材作製技術の開発	→	→	→
		2)パラジウム合金膜の耐久性向上 a)パラジウム合金膜の欠陥低減 b)熱処理条件の検討 c)多元素同時めっきの研究開発(再委託) d)パラジウム-銀-合金膜の研究開発(再委託) e)パラジウム系合金膜-セラミックス基材の界面制御	→	→	→
		3)実機サイズ大型メンブレンの試作、評価	→	→	→
岩谷産業株式会社	②LPガス改質装置の開発	1)LPガス改質装置の高効率化・コンパクト化に係る研究開発 a)メンブレンリアクターの最適設計 b)メンブレンリアクター加熱システムの開発 c)改質装置の放熱ロスの低減 d)脱硫システムの研究開発 e)CO処理技術の開発	→	→	→
		2)パラジウム系複合膜のキャラクタリゼーション a)改質ガス中の共存ガスなどによるパラジウム系複合膜性能への影響調査 b)耐久性支配因子の解明 c)リアクター設計の支援研究	→	→	→
		3)低温領域での活性に優れた改質触媒の開発	→	→	→
		4)メンブレン型LPガス改質装置の耐久性向上に関する研究開発 a)メンブレンの熱処理による耐久性向上技術の開発 b)耐久性の評価方法の検討および耐久性の確認	→	→	→
		5)高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の試作、検証および本装置の設計、製作、検証	→	→	→
③燃料電池システムにおける改質装置の性能評価	1)燃料電池システムにおける改質装置の性能評価	→	→	→	

(NEDO負担分:総額の2/3)

研究開発項目 (契約額、NEDO負担は2/3)	H18年度 (31百万円)	H19年度 (32百万円)	H20年度 (19百万円)
①高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発			
1)Pd系合金膜に適したセラミック多孔質基材の開発	支持体成形/表面層成膜/大型化検討		課題・コスト検討
2)Pd系合金膜の耐久性向上	欠陥低減/熱処理条件/界面制御/改良		
3)実機サイズ大型メンブレンの試作、解析	アルミナ基材膜	ジルコニア基材膜の試作・供試	まとめ

研究開発項目 (契約額、NEDO負担は2/3)	H18年度 (44百万円)	H19年度 (39百万円)	H20年度 (31百万円)
②LPガス改質装置の開発			
1)改質装置の高効率化・コンパクト化に係る研究開発	要素技術の検討及び検証		最適設計
2)Pd系複合膜のキャラクタリゼーション	H ₂ 透過性影響/耐久性支配因子の解明		MR設計の支援研究
3)低温で活性に優れた改質触媒の開発	活性種/担体/助触媒検索	触媒調製	開発触媒の評価・解析
4)改質装置の耐久性向上に関する研究開発	熱処理による耐久性向上検討		耐久試験
5)改質装置の試作及び検証		Pre装置	実改質装置
③燃料電池システムにおける改質装置の性能評価			連携評価
1)燃料電池システムにおける改質装置の性能評価	FCシステム仕様の検討・製作		



- 開発現場の視察と進捗確認の実施

開発の進捗の節目(4回/年程度)に委託先を訪問し、開発現場の視察を行うとともに、進捗の確認と課題について打合せを行い、開発の進め方等について協議を行った。
- 研究推進委員会への参加

外部有識者による研究開発の計画及び進捗状況に係る審議等を行う**研究推進委員会に参加**し、開発の進捗を確認するとともに、有識者の意見を踏まえてプロジェクトの進め方を検討し、プロジェクト運営を行った。
- 内閣府関係施策群ヒアリングへの対応とプロジェクトへの反映

ヒアリングの指摘を考慮して、平成19年度中にプロジェクト終了後の商品化の際のコスト試算の見積もり、及び、事業化の計画について検討させ、遅くとも平成20年度の開発を始める前に**開発の出口イメージを明確にする**ようプロジェクトを運営した。

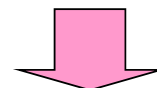
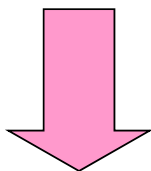
項目	開発目標	成果	達成度
水素選択透過係数	70(H ₂ /N ₂)以上	70(H ₂ /N ₂)以上	○
改質効率	85%(HHV)以上	84%(HHV) ※2010年度末までに当初目標を達成見込み	△
耐久性	20,000時間相当	改質装置:1,000時間まで確認 メンブレン:20,000時間相当の耐久性見通し ※2010年度末までに当初目標を達成見込み	△

注)耐久性は水素濃度:98vol%以上、CO濃度:1ppm以下の性能が維持できなくなるまでの時間

当初、メンブレン単体での試験では耐久性に問題は認められなかったが、改質器に組み込むと耐久性が極端に低下した。この原因調査と対策に多くの時間を要した。本事業実施期間中に最終目標は達成できなかったが、目標達成のための解決策は見出されており、本年度中に目標を達成できる見込みである。

- ・高効率化に向けた要素技術の開発を行い、LPガス改質装置の設計・製作に資する知見・成果が得られた。
- ・メンブレン型改質装置に適した一次改質触媒及びメンブレン型改質器用触媒を見出した。
- ・これまでの成果を反映したメンブレン型LPガス改質装置を製作した。

- ・Pd合金膜からなるφ30大型ジルコニア基材メンブレンを開発した。成膜条件等の改良により、メンブレンの欠陥を大幅に抑制することが可能となった。
- ・鉄系微粒子とPd合金の反応により欠陥が発生することが判明した。鉄由来欠陥を抑制することにより、メンブレンの耐久性能は大幅に向上した。
- ・2,000時間の連続水素透過耐久試験から、メンブレンの耐久性能は約10,000時間であると推定した。



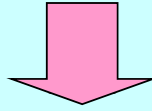
メンブレン型LPガス改質装置は、改質効率84%(HHV)、1,000時間にわたり水素純度98%以上を維持できることを確認した。

(特許出願:6件、査読付き論文:1件、その他の発表:9件)

●イニシャルコストとランニングコストの試算結果

イニシャルコスト: 従来型の水蒸気改質装置 < メンブレン型改質装置

ランニングコスト: 従来型の水蒸気改質装置 > メンブレン型改質装置



イニシャルコストの回収が可能

●メンブレン型改質装置の実用化に向けて

さらなる耐久性の向上とその実証、家庭の実際の使用条件でのシステム性能確認、低コスト化、さらなるシステムのコンパクト化などが、今後の検討項目となる。今後の実用化開発により、メンブレン型LPガス改質装置は、**1kW級定置用燃料電池システムに搭載する燃料改質装置として期待できる。**

高耐久性水素分離膜 (メンブレン)の開発

日本ガイシ(株)

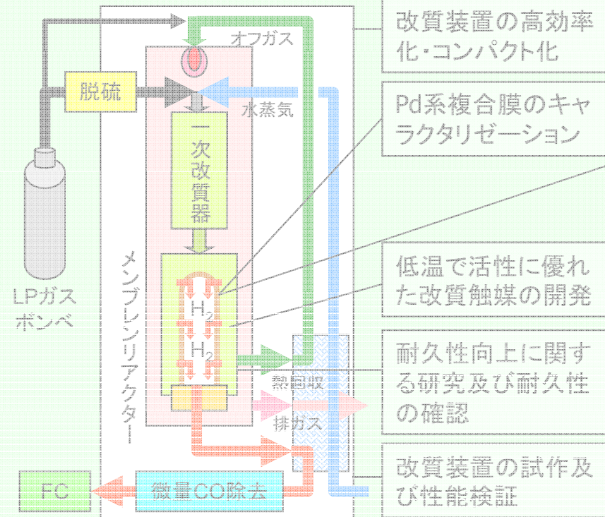
Ⅲ. 研究開発成果

全体における位置付け

(岩谷産業)

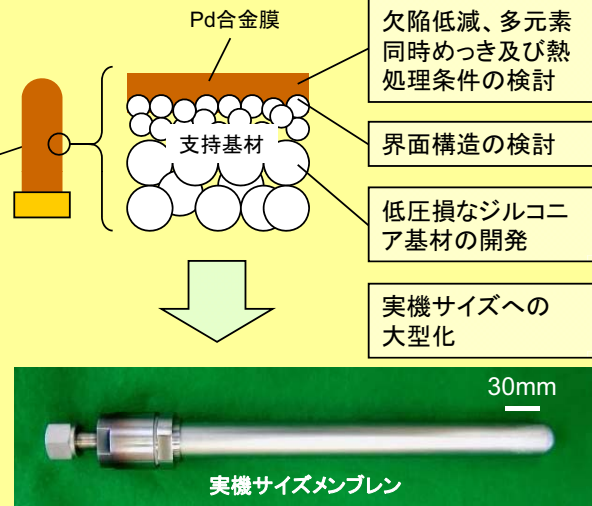
LPガス改質装置の開発

燃料電池システムにおける改質装置の性能評価



(日本ガイシ)

高耐久性メンブレンの開発



(1) 目標の達成度

Pd合金水素分離膜の耐久性及び水素透過性能を向上させるため、セラミック多孔質基材及びPd合金膜の組成や微構造の検討を実施し、LPガス改質装置に適した高耐久性のメンブレンを開発

項目	目標	結果
基材材質	ジルコニア	達成
膜サイズ	φ30 × L300mm	達成 (φ30 × L300mm以上可能)
水素透過速度	120Nml/min・cm ² ・atm ^{1/2}	達成 (>160Nml/min・cm ² ・atm ^{1/2})
耐久性(連続)*	20,000時間相当	合金膜部: 達成 接合部: 達成見通し(2010年度末)

*: 2,000時間程度の連続水素透過試験における劣化度合いから評価

(2) 成果の意義

成果の意義：世界最高水準となる高性能・高耐久性を有する大型Pd合金メンブレンの開発に目処

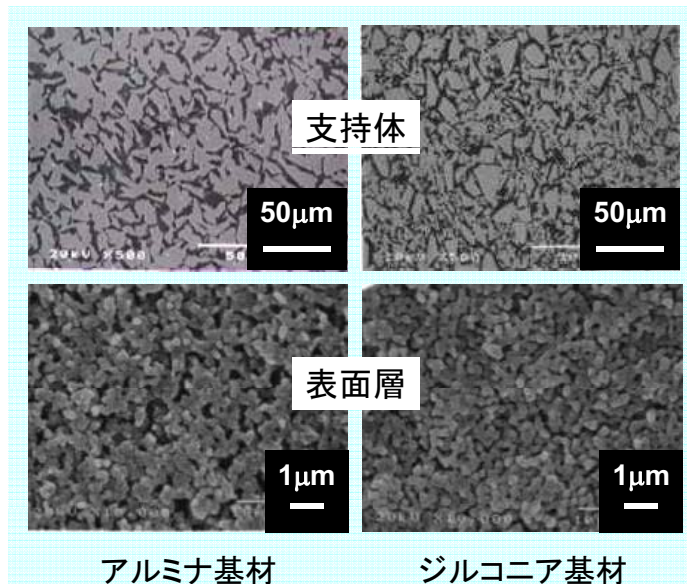
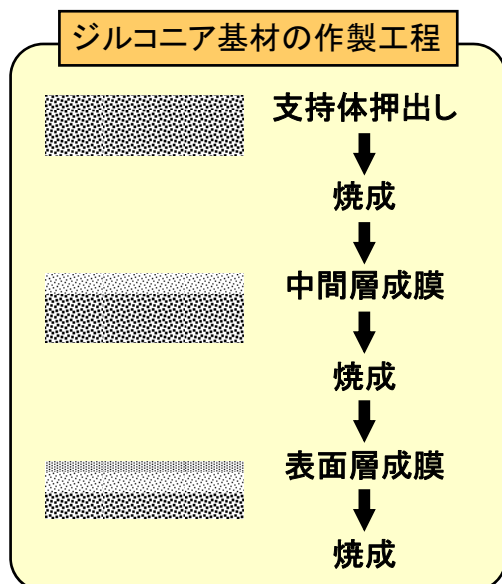
「高耐久性水素分離膜(メンブレン)の開発」における成果

- ・ φ30×L300mm以上の大型ジルコニア基材及びPd合金膜メンブレンを開発した。成膜条件等の改良により、メンブレンの欠陥を大幅に抑制し、耐久性を向上させた。
- ・ メンブレンの水素透過性能として、プロジェクト目標である120Nml/min・cm²・atm^{1/2}を上回る>160Nml/min・cm²・atm^{1/2}が得られた。
- ・ 鉄系微粒子とPd合金の反応により欠陥が発生することが判明した。鉄由来欠陥を抑制することにより、メンブレンの耐久性能は大幅に向上した。
- ・ 連続水素透過耐久試験から、Pd合金膜部は>20,000hの耐久性能を有すると推察した。接合部については、新たに耐熱性のある接合方法を開発した。

(2) 成果の意義 - ジルコニア基材の開発

メンブレンの耐久性向上のためには、膜と基材の熱膨張率差を小さくする必要があると考えられる。従来のアルミナよりもPd合金と熱膨張率が近いジルコニアを用いて、圧力損失が低く、欠陥の少ないメンブレン用多孔質基材の開発に成功した。

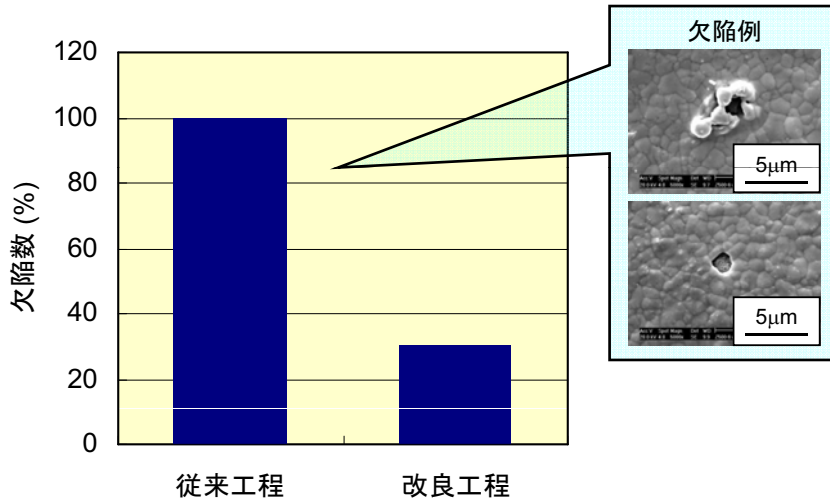
Pat. 2007-178898



(2) 成果の意義 - Pd-Ag合金膜の欠陥低減

異物対策を行うなど成膜条件を改良することにより、ジルコニア基材Pd合金メンブレンに発生する欠陥を大幅に抑制することが可能となった。

Pat. 2007-301273

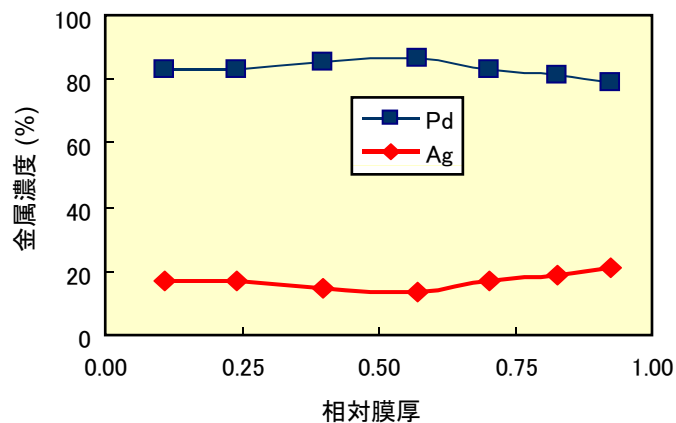


従来工程と改良工程の欠陥数の比較(従来工程を100%とした場合の値)

(2) 成果の意義 - Pd-Ag同時めっき膜の開発

Pd-Ag同時めっき条件の最適化を行うことによって、φ30大型ジルコニア基材上に、膜厚方向の組成分布が一定となるPd-Ag合金膜の作製に成功した。

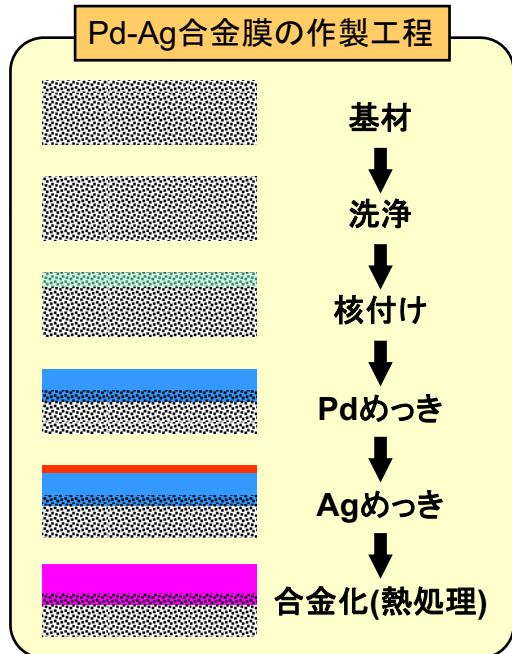
Pat. 2008-023181



φ30大型Pd-Ag同時めっき膜の膜厚方向組成分布

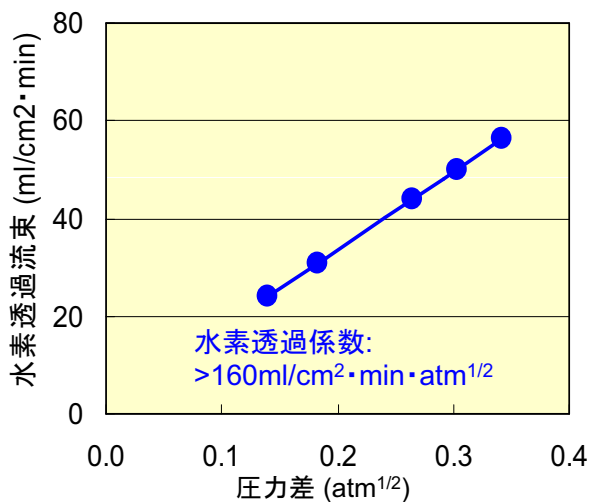
(2) 成果の意義 - 大型Pd-Ag合金膜の作製

本プロジェクトで得られた知見に基づき、基材及び成膜方法の開発・改良を行うことによって、Pd-Ag合金膜からなるφ30大型ジルコニア基材メンブレンを作製した。



(2) 成果の意義 - メンブレンの水素透過性能

φ30大型ジルコニア基材メンブレンの水素透過係数は $>160\text{ml}/\text{cm}^2 \cdot \text{min} \cdot \text{atm}^{1/2}$ であり、プロジェクト目標である $120\text{ml}/\text{cm}^2 \cdot \text{min} \cdot \text{atm}^{1/2}$ を十分に上回る値が得られた。

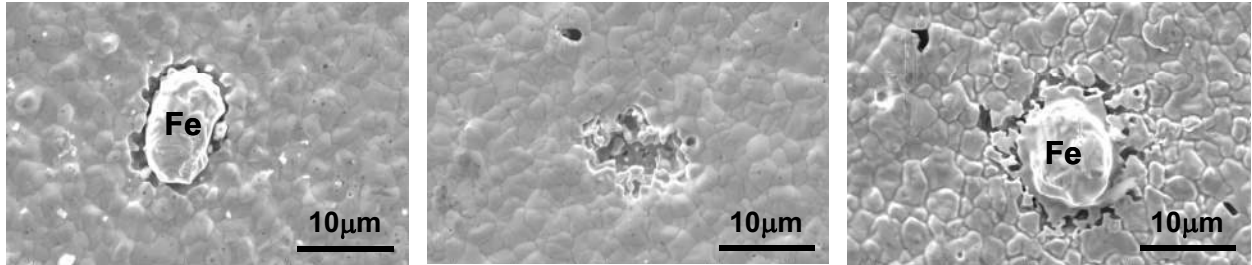


供給ガス: 純水素
供給側: 0.13-0.18MPa
透過側: 0.10MPa
試験温度: 600°C

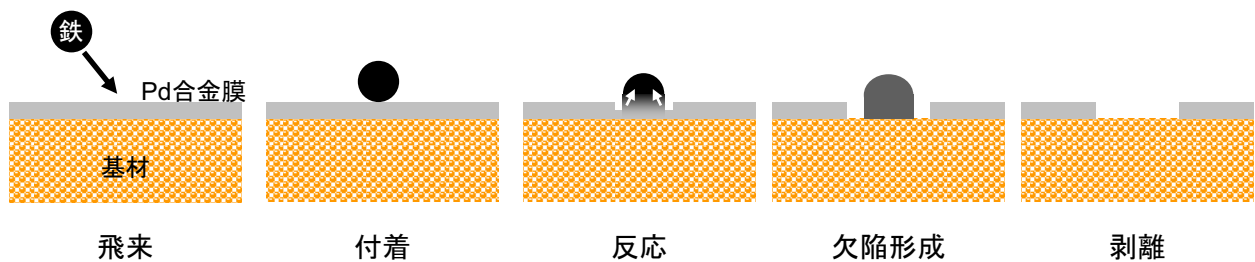
水素透過試験結果

(2) 成果の意義 - メンブレンの欠陥解析

連続水素透過耐久試験において、鉄由来欠陥によりメンブレンが劣化したことが判明した。
鉄由来欠陥は、鉄とPd合金が拡散・反応することによって発生すると推定した。



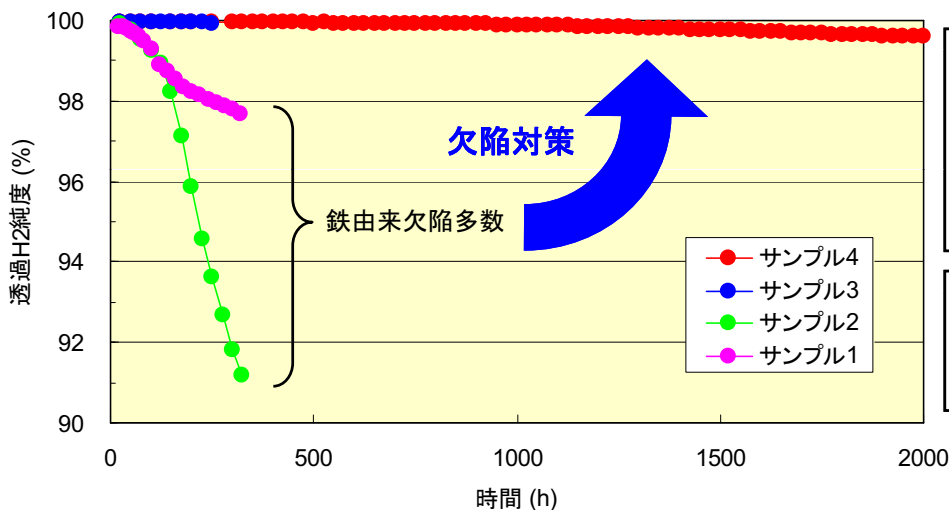
鉄由来欠陥



鉄由来欠陥生成メカニズム(推定)

(2) 成果の意義 - メンブレンの耐久試験-1

φ30大型ジルコニア基材メンブレンについて、2,000hの連続水素透過耐久試験を実施した。
鉄由来欠陥の生成を抑制することにより、メンブレンの耐久性能は大幅に向上した(サンプル3, 4)。



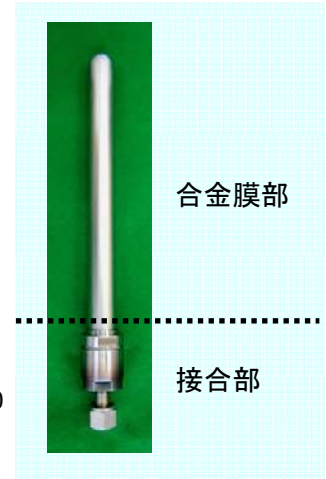
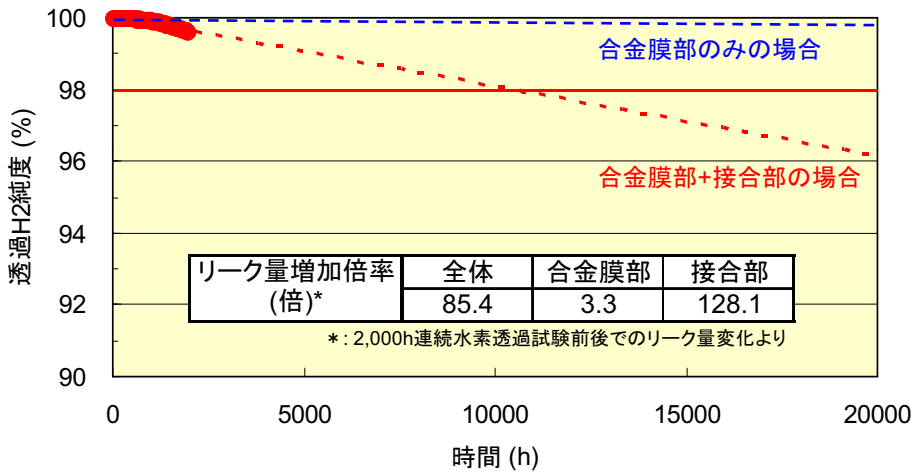
【試験条件】
供給ガス: H₂:N₂=1:1
供給側圧力: 0.2MPaG
透過側圧力: 0MPaG
評価温度: 600°C

【鉄由来欠陥対策】
サンプル3: めっき処理
サンプル4: セラフィルタ

連続水素透過耐久試験結果

(2) 成果の意義 - メンブレンの耐久試験-2

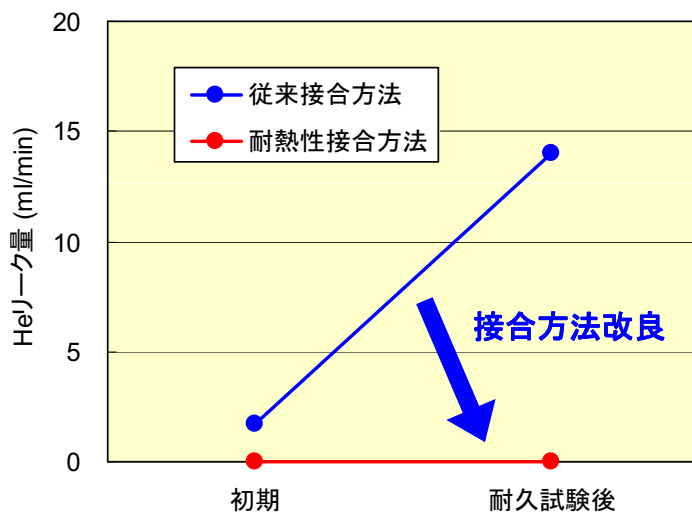
外挿によりメンブレンの耐久性能を推定した結果、耐久性能は約10,000hであった。
 メンブレンの透過水素純度低下の主要因は、接合部からのリーク量増加によるものであり、Pd合金膜部のみでは、>20,000hの耐久性能を有していると推察できる。



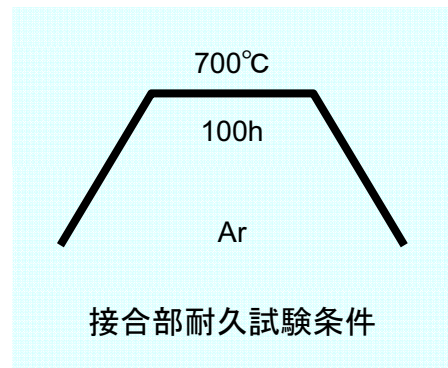
メンブレン耐久性能推定結果(サンプル4)

(2) 成果の意義 - 接合方法の開発

水素透過時の接合部からのリーク量増加を抑制するために、耐熱性を有する接合方法を開発した。
 耐熱性のある接合方法とPd合金膜を組み合わせることにより、耐久性の向上が期待できる。



接合部耐久試験結果



(2) 成果の意義 - 目標達成の見通し

未達であるメンブレンの耐久性についても、**耐熱性のある接合方法とPd合金膜を組み合わせる**ことにより、目標を達成できる見通し

項目	目標	結果
基材材質	ジルコニア	達成
膜サイズ	φ30 × L300mm	達成 (φ30 × L300mm以上可能)
水素透過速度	120Nml/min・cm ² ・atm ^{1/2}	達成 (>160Nml/min・cm ² ・atm ^{1/2})
耐久性(連続)*	20,000時間相当	合金膜部: 達成 接合部: 達成見通し(2010年度末)

*: 2,000時間程度の連続水素透過試験における劣化度合いから評価

(3) 知的財産権等の取得

基材から成膜方法にいたるまで、得られた成果については内容を吟味しつつ、計画的に特許を出願

内容	件数
特許出願	4件

名称	出願番号
水素分離体及びその製造方法	特願2007-178898
ガス分離体及びその製造方法	特願2007-301273
Pd-Agの同時メッキによる水素分離用薄膜の作製方法	特願2008-023181
水素分離体	特願2008-209287

(4) 成果の普及

学会発表や論文等によって、プロジェクトで得られた成果を一般に公表

内 容	件数
学会発表	5件
論文(査読付き)	1件
論文(その他)	1件
展示会	2件
成果報告会	3件

LPガス改質装置の開発 燃料電池システムにおける 改質装置の性能評価

岩谷産業(株)

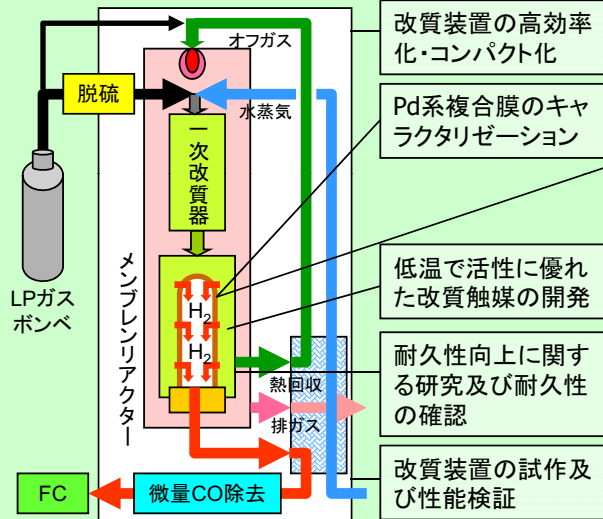
Ⅲ. 研究開発成果

全体における位置付け

(岩谷産業)

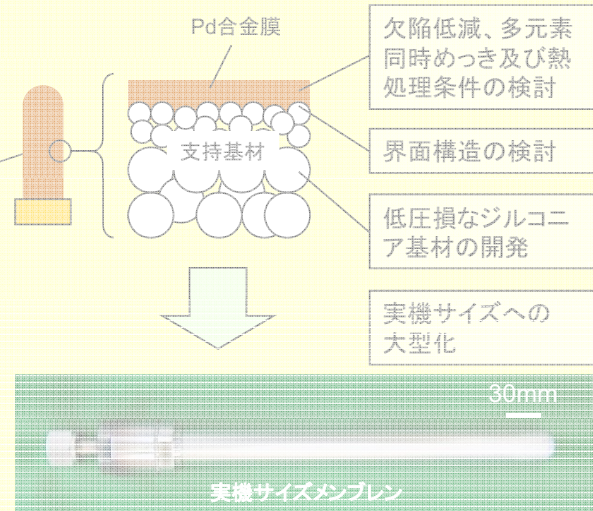
LPガス改質装置の開発

燃料電池システムにおける改質装置の性能評価



(日本ガイシ)

高耐久性メンブレンの開発



(1) 目標の達成度

要素技術開発及びメンブレンリアクターの最適設計を行い、高効率で高耐久性なメンブレン型LPガス改質装置を開発。
燃料電池と組合せた試験により、改質装置の性能・課題を把握。

項目	目標	結果
サイズ	<200L	達成
水素透過量	674NL/h	達成
改質効率(HHV)	85%	84% 達成見通し(2010年度末)
耐久性	20,000時間相当	1,000時間 達成見通し(2010年度末)

(2) 成果の意義

成果の意義

- ・これまでにない高効率なLPガス改質装置を開発
- ・定置用FCシステムのさらなる高効率化が可能

①LPガス改質装置の開発

- ・改質装置に適した一次改質触媒及びメンブレン型改質器用触媒を見出した。
- ・市販LPガスに適した脱硫剤を選定し、常温・加圧条件下で優れた性能を示すことを確認した。
- ・優れたCOメタネーション触媒を選定し、長期間にわたり、透過水素中のCO濃度を1ppm以下に維持できることを確認した。
- ・要素技術の開発を行い、LPガス改質装置の設計・製作に資する知見・成果が得られた。

②燃料電池システムにおける改質装置の性能評価

- ・生成した水素により燃料電池の発電が可能であることが確認でき、実用化に向けた課題を抽出した。

(2) 成果の意義 - 改質触媒の開発

低温でのC₃H₈水蒸気改質に優れた性能を示す一次改質触媒及びメンブレン型改質器用触媒の開発を試み、それぞれ従来触媒に比べて優れた活性を示す触媒を見出した。

Pat. 2008-070577

一次改質触媒検討結果

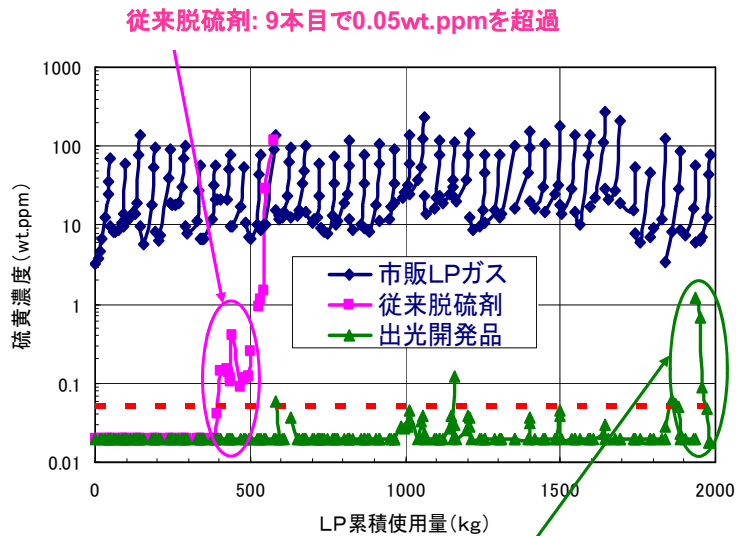
触媒	転化率(%)	収率(%)				
		H ₂	CH ₄	CO	CO ₂	C
1wt.%Ru-1wt.%Ni/Al ₂ O ₃ (NiCl ₂)	93.7	34.2	49.1	6.4	38.8	0.0
1wt.%Ru-1wt.%Ni/Al ₂ O ₃ -MgO	98.2	36.4	52.7	7.6	41.0	0.0
平衡組成 (6.3atm)	100.0	32.2	54.8	6.8	38.3	0.0

メンブレン型改質器用触媒検討結果(反応温度550℃)

使用触媒	CH ₄ 転化率 (%)	水素生成速度 (μmol/min)	CO ₂ 収率 (%)	CO収率 (%)	C収率 (%)
9wt.%Ni-1wt.%Co/CeO ₂	93.90	1182.57	88.37	1.57	3.97
5wt.%Ru/Al ₂ O ₃	93.82	1129.98	80.30	4.19	9.33
10wt.%Ni/CeO ₂	90.16	1122.42	84.96	2.88	2.32
9wt.%Ni-1wt.%Pt/CeO ₂	88.22	1103.45	84.00	2.15	2.07
9wt.%Ni-1wt.%Ru/CeO ₂	86.73	1056.17	71.16	10.04	5.53
9wt.%Ni-1wt.%Cu/CeO ₂	76.81	1023.68	81.88	0.50	-5.58
9wt.%Ni-1wt.%Fe/CeO ₂	67.83	905.49	69.70	-1.68	-0.19

(2) 成果の意義 - 脱硫剤の選定

市販LPガスに適した脱硫剤を選定し、改質装置の運転条件下において、約4,000時間(脱硫剤300cm³)にわたり、トータル硫黄濃度を0.05ppm以下にまで除去できることを確認した。

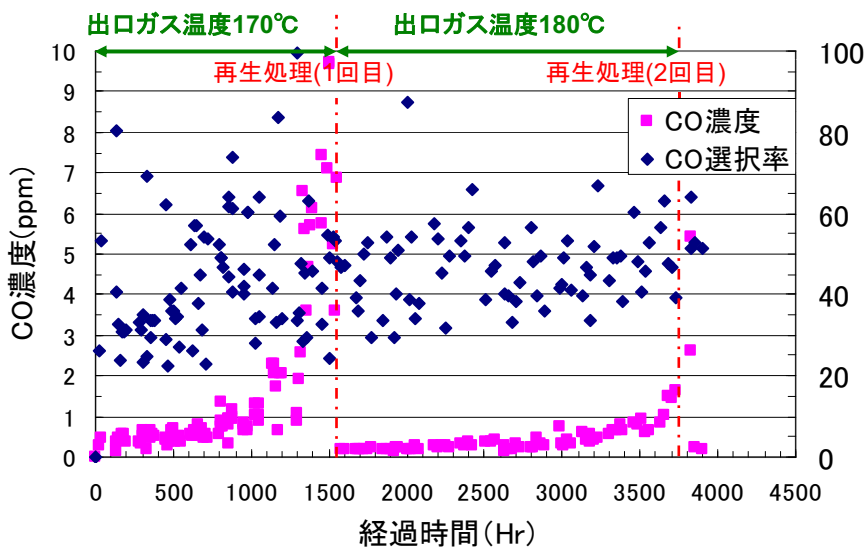


出光開発品: 41本目で0.05wt.ppmを超過

脱硫剤評価結果

(2) 成果の意義 - メタネーション触媒の選定

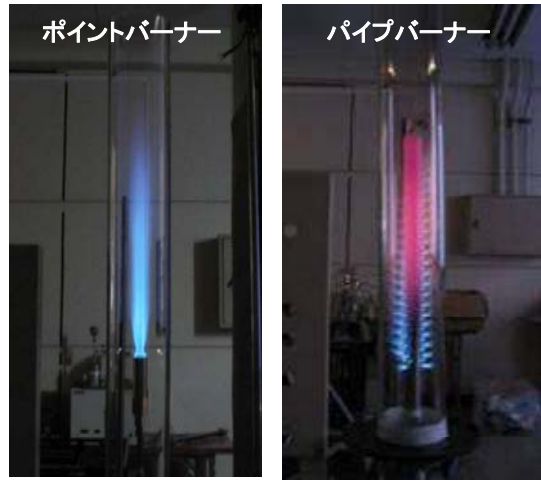
改質装置に適したCOメタネーション触媒を選定し、約2,000時間にわたり、透過水素中のCO濃度を1ppm以下に維持できることを確認した。また、再生処理により触媒活性を回復できることを確認した。



COメタネーション触媒評価結果

(2) 成果の意義 - バーナーの選定

各種バーナーの評価結果から、燃焼温度が高く、かつCO濃度の低いポイントバーナーを選定した。



バーナーの燃焼性能

	ポイントバーナー		パイプバーナー	
燃焼筒出口温度 (°C)	713	710	666	600
CO濃度 (%)	< 50	< 50	5000~9000	2500~7500

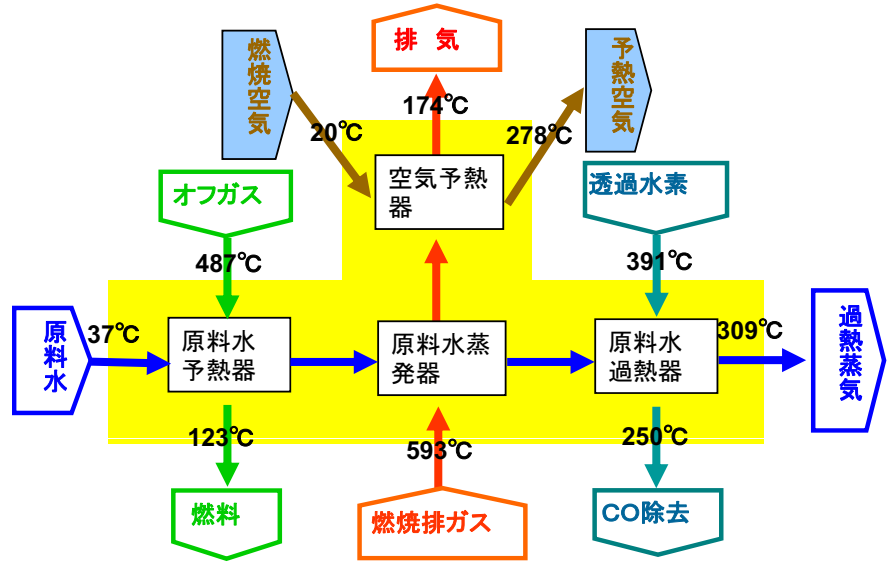


- ・温度分布の小さい良好な装置加熱が可能
- ・良好な反応・分離が可能

燃焼バーナー

(2) 成果の意義 - 熱交換器の最適化

オフガス及び透過ガスの熱交換にはプレート型熱交換器を、また燃焼排ガスには多管式熱交換器を使用することで、目標とする約500kcal/hの熱回収が可能であることを確認した。



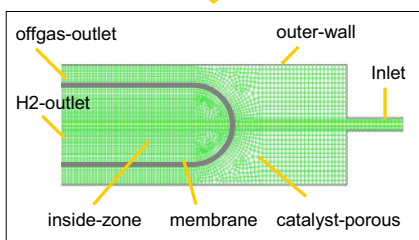
原料水用熱交換器の最適化

(2) 成果の意義 - シミュレーション

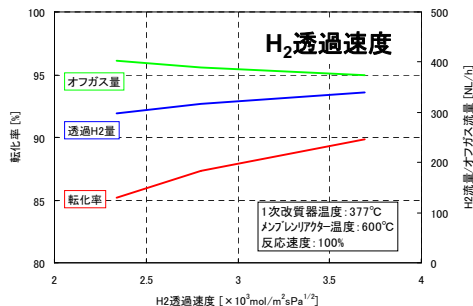
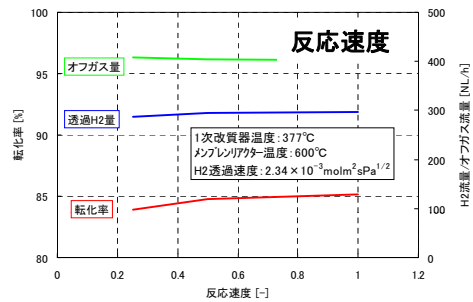
メンブレンリアクターのシミュレーションモデルを構築して、解析結果から反応条件等が改質効率に及ぼす影響を評価し、改質装置の設計に反映させた。



モデル構築



メンブレンリアクターのモデル化

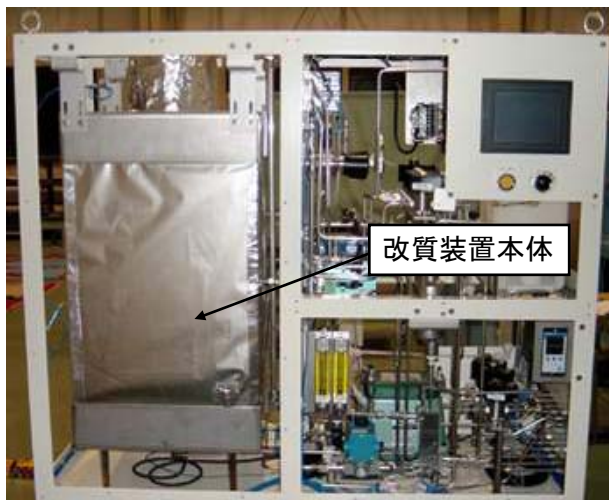


反応条件等の影響評価

(2) 成果の意義 - メンブレン型LPガス改質装置の作製

本プロジェクトで実施した要素技術開発及び試作改質装置の開発成果に基づいて、メンブレン型LPガス改質装置を製作した。

Pat. 2007-177838



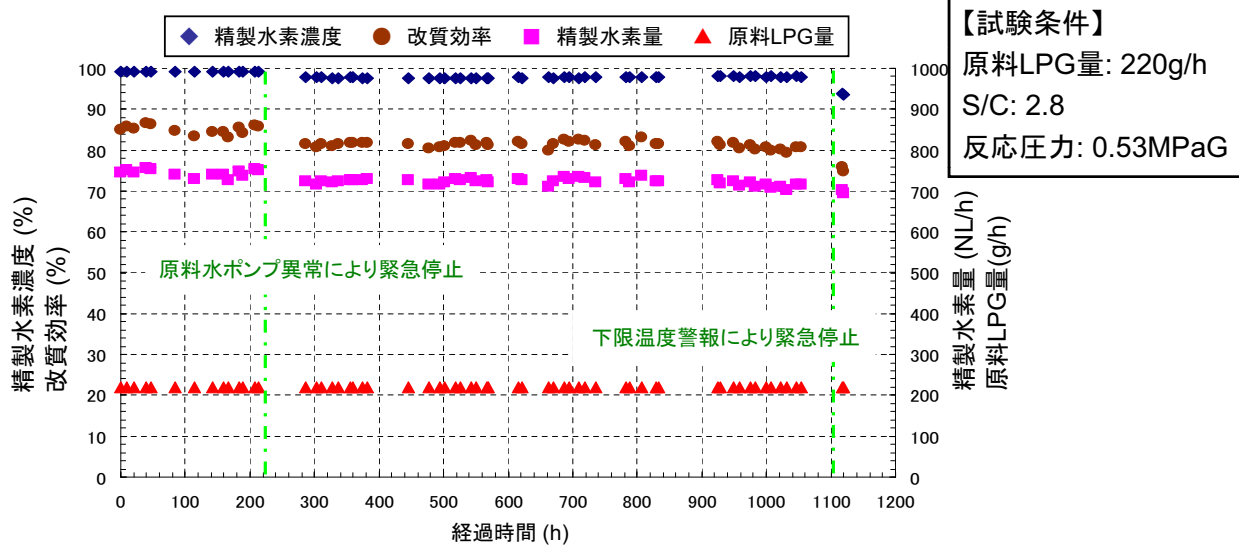
メンブレン型LPガス改質装置

構成機器	仕様
燃焼バーナ	ポイント型バーナ
一次改質触媒	1wt%Ru-1wt%Ni/Al ₂ O ₃
メンブレンリアクター	φ30ジルコニア基材メンブレン 貴金属系触媒
熱交換器	プレートフィン型熱交換器 多管式熱交換器
脱硫システム	脱硫剤(出光開発品)
CO除去システム	メタネーション触媒

(2) 成果の意義 - メンブレン型LPガス改質装置の評価試験

メンブレン型LPガス改質装置の性能評価試験を実施した結果、745NL/hの透過水素(純度99.3%)が得られ、改質効率84%(HHV)を確認した。

耐久性試験の結果、1,000時間にわたり水素純度98%以上を維持できることを確認した。

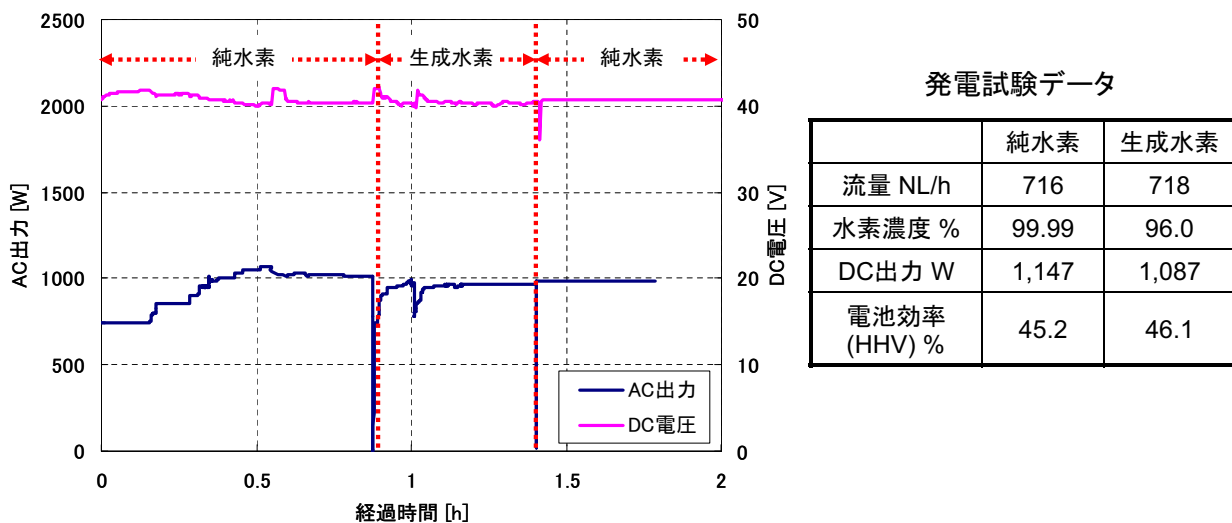


【試験条件】
 原料LPG量: 220g/h
 S/C: 2.8
 反応圧力: 0.53MPaG

LPガス改質装置性能評価試験結果

(2) 成果の意義 - 燃料電池システムにおける改質装置の性能評価

改質装置で生成した水素により問題なく発電が可能であることが確認できた。実用化に向けては、生成水素の安定供給(流量・圧力等)が重要であることがわかった。



改質装置と燃料電池スタックによる発電試験結果

(3) 知的財産権等の取得, (4) 成果の普及

内 容	件数
特許出願	2件
研究発表・講演	3件

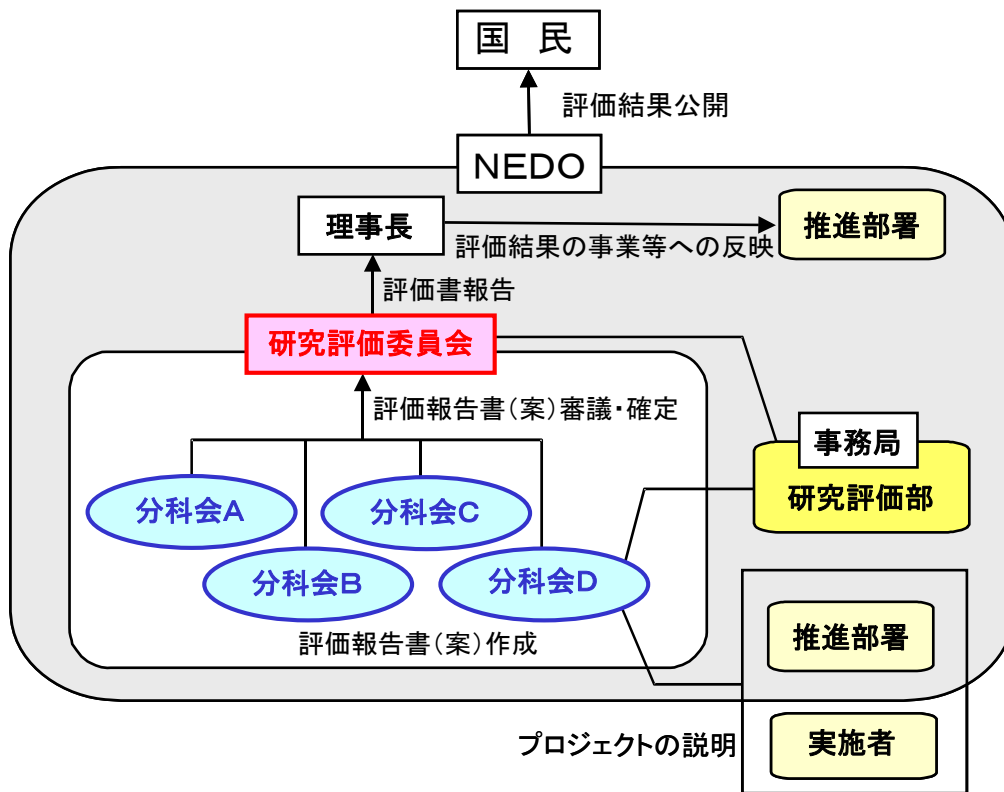
名 称	出願番号
水素分離膜型LPガス改質装置	特願2007-177838
LPG用水蒸気改質触媒の製造方法及びLPG用水蒸気改質触媒	特願2008-070577

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

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6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研究評価部が担当した。

3. 評価対象

平成18年度に開始された「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」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

- ・ エネルギーイノベーションプログラムの下で、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) 研究開発実施者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)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. 実用化の見通しについて

(1) 成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。

(2) 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。

標準的評価項目・評価基準（事後評価）

2008. 3. 27

【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17回研究評価委員会（平成20年3月27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)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事が期待できるか。

- ・ 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

- ・ 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。
- ・ 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。

※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

*基礎的・基盤的研究開発の場合

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. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。

- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 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)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。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

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。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、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. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 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。
- ・ J I S化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注）国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

(2)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 技術開発機構）研究評価部が委員会の事
務局として編集しています。

平成21年10月

NEDO 技術開発機構

研究評価部

統括主幹 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 室井 和幸

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO 技術開発機構のホームページに
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