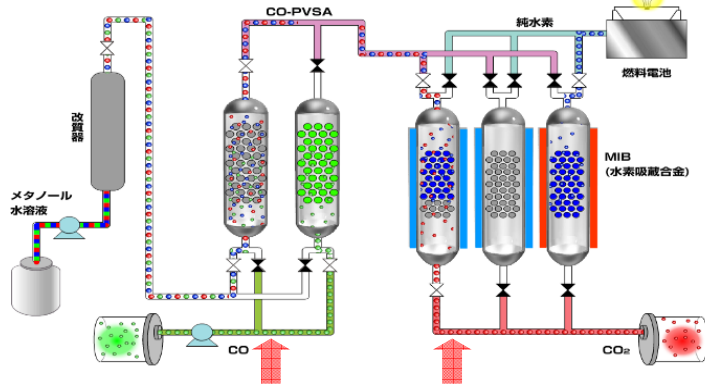


(1)事業概要

水素・燃料電池社会構築のためには、大規模な純水素供給網の形成を必要とせず、低負荷にも対応できかつ高効率な独立型の純水素精製・貯蔵システムが必要である。この課題を解決するため、COを選択的に吸着除去できる化学吸着材を利用して、改質ガスからCOを完全除去した上で水素吸蔵合金により水素のみを選択的に吸蔵精製できる負荷対応型水素精製・貯蔵システムを開発し、純水素型燃料電池との組み合わせを含めたその性能と可能性を検証する。

(2)システム構成

【改質ガスからCOを完全に除去した上で水素吸蔵合金により水素のみを選択的に吸蔵精製できる負荷変動対応型水素精製・貯蔵システムを開発する】



FCだけでなくMHも被毒するCOを除去 水素のみを選択精製・貯蔵、純水素供給

MHで水素精製と貯蔵を同時に行うことにより・・・

- ・ 夜間停止・設備起動と同時に貯蔵水素より水素を放出、給電・負荷変動供給可能。
- ・ 中小規模での純水素供給システムの実現により燃料電池をオンサイト発電用に。
- ・ 小型負荷変動対応発電によりCO2削減(実運用ベースでのCO2削減)
- ・ 純水素燃料電池により不安定な太陽電池／風力をバックアップし大量導入を可能に。

ラボスケール装置での基礎検証および連続運転



ベンチスケール装置へのスケールアップと検証・連続運転・実用化へ、向けての課題抽出

(3)目標

開発規模: 水素製造能力 3Nm<sup>3</sup>/h 水素純度99%以上(CO濃度は検知限界0.2ppm以下)のDSS(Daily Start & Stop特性・負荷変動に優れた純水素精製・貯蔵装置) 水素回収率を85%以上と高いものとする。 定置用燃料電池に純水素を供給し、スタック水素利用率(発電に供する水素)90%以上

(4)導入シナリオ

<実運用ベースでのCO2削減>

既存の純水素製造用PSA(圧カスイング吸着)は、停止・負荷変動すると逆混合がおきるためDSS(Daily Start & Stop)できないシステム。大規模・連続運転でなければ高い効率が得られない。 → 水素インフラは大規模高コスト・実運用CO2排出は比較的大きい



- DSSが可能で小型でも機能する純水素供給システムを開発(DSSが可能であれば運転時のランニングコストも本質的に低減できる)し、燃料電池自動車用とともに定置用燃料電池発電(発電主体)も可能にすることで自然エネルギー導入に寄与できる技術開発。
- 設計点での効率のみでなく、実運用ベース(DSS・負荷変動)でのCO2削減を可能に

<実用化時におけるCO2削減見込み>

純水素供給システム・純水素燃料電池の実用化による波及効果・CO2削減への寄与・可能性は極めて大きい。100Nm<sup>3</sup>/hの純水素製造装置を例にとると、161ton/年のCO2削減効果が期待できる。水素ステーションは産業競争力懇談会の試算によると2020年までに300Nm<sup>3</sup>/h 1000ヶ所が計画される。これに適用すれば効率の向上のみで約50万トンのCO2削減が期待でき、実運用ベースではこの数倍の効果が期待できる。

<事業スケジュール>

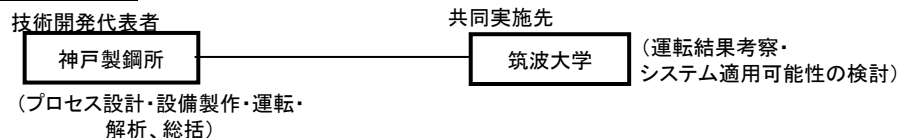
水素ステーションでの実用化は2015年から大規模普及事業が予定されている。それまでの間にベンチスケールからパイロットスケール(50～60Nm<sup>3</sup>/h)へのスケールアップ実証試験を実施した上で実用化へつなげていく

年度	2013	2014	2015	2016	2020 (最終目標)
パイロット規模実証試験		→			
事業化検討			→		
小型水素ステーション・定置用燃料電池 実用化				→	

## (5)技術開発スケジュール及び事業費

研究開発項目	平成21年度	平成22年度	平成23年度
I. COA-MIBシステムの開発			
1. ラボ試験装置を用いた性能検証	連続運転・DSS検証	MH長期耐久性評価	
2. ベンチ規模での改質・精製～発電のシステム化開発	システム設計・製作・試運転	運転/設備評価/設備改良	連続運転・性能検証
3. 吸蔵合金ユニット小型化開発 ラボ試験装置を用いた ・吸蔵合金種による改良検討 ・容器構造改良最適化の検討 ・MH充填方法に関する改良検討		高効率容器設計・製作	
4. 全体システムの最適化検討	負荷追従基礎検討	負荷追従性検証	評価検証
II. 純水素型燃料電池の適用可能性			連携システム検討・検証
事業費	39,600千円〈確定〉	33,000千円〈申請〉	33,000千円〈申請〉

## (6)実施体制



## (7)技術・システムの技術開発の詳細

### (1)ラボスケール装置を用いた性能検証

・100NL/h規模のラボスケール装置で、毎日起動・停止させるDSS(Daily Start & Stop)運転を行いながら、1000サイクル・1500時間の運転を実施し、効率の低下なく長期運転が可能であることを検証した。従来型水素PSAの実稼動水素回収率(最高点での回収率ではなく稼動・停止時の実回収率)が56%程度であるのに対して、小型一貫装置によるDSS運用で89%と高い回収率を得られた。4塔式システムで不純物であるCO2濃度を10ppm以下に抑え製品水素純度99.99~99.999%が達成できることも確認した。

### (2)ベンチスケール装置の改良・運転・設備評価・および検証

・3Nm<sup>3</sup>/h規模のベンチスケール装置で、天然ガス改質ガスを原料ガスとして毎日起動・停止させるDSS運転を行いながら、100サイクル150時間の運転を実施し、改質ガスからの総合水素回収率は88%と高い効率を得た。またベンチスケール規模においても製品水素純度99.99%以上が達成できることを確認した。

### (3)水素吸蔵合金ユニット小型化

・装置の高速化・スケールアップ・低コスト化を実現するために、水素吸蔵合金容器改良・水素吸蔵合金条件改良の検討を行なうとともにスケールアップ基本設計を行なった。

### (4)全体の最適化

水素濃度5~50%の低純度水素含有ガスからも水素回収が可能であることを確認した。COA-MIBシステムと純水素燃料電池の組み合わせによる高速負荷追従について実験を行い、10μsec以下での追従性を検証し、高負荷追従性について問題ないことを確認した。

## (8)これまでの成果

- ・100NL/h規模のラボスケール装置(実証ベンチスケールの1/30の規模)で、毎日起動・停止させるDSS(Daily Start & Stop)運転を行いながら、1500サイクル・1000時間の運転を実施し、効率の低下なく長期運転を完了した。水素回収率88%を達成した。通常の水素PSAではDSS運転ができないのに対して、DSSを行いながらかつ従来よりも高い水素回収率を達成した。
- ・3Nm<sup>3</sup>/h規模のベンチスケール装置でも毎日起動・停止させるDSS運転で100サイクル・150時間の運転を実施し、効率の低下なく総合水素回収率88%を達成した。
- ・低濃度の還元用水素ガスを高効率で回収・再利用が可能となることを見出した。

## (9)成果発表状況(2009~2011年度)

論文掲載 2件 Hydrogen Energy 誌 'Hydrogen purification and storage system using Metal Hydride'・電気学会論文誌「純水素利用型燃料電池に関する負荷変動追従性の評価」その他論文寄稿 2件  
 新聞・雑誌掲載3件 特許出願8件  
 学会発表 国内16件 海外1件  
 依頼・招待講演5件  
 主な成果発表

- ①AIChE 2010 Annual meeting(米国) 'Hydrogen purification and storage system using Metal Hydride' (2010年11月9日)
- ②Hydrogen Energy Research Work-shop (日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業)で依頼講演 'Hydrogen purification and storage system using Metal Hydride' (2011年1月18日)
- ③燃料電池部会・FCH基盤技術懇談会第204回定例研究会で依頼講演「水素吸蔵合金を用いた水素精製・貯蔵システムの開発について」(2011年10月31日)
- ④東京工業大学大学院総合理工学研究科 化学環境学専攻 特別講義として依頼講演「CO選択吸着剤を用いた水素精製プロセスの開発」(2011年12月08日)
- ⑤NEDO水素貯蔵材料先端基盤研究事業(HYDRO-DTAR)最終報告会 招待講演「定置型水素精製・貯蔵と水素貯蔵材料」(2012年1月26日)

## (10)期待される効果

本技術開発は水素供給システムを構築する基礎技術を開発するものであり、2012年時点で水素供給マーケットはまだないが、水素ステーション開発は進められている。2015年以降の導入初期に100Nm<sup>3</sup>/hの小型純水素製造装置(水素PSAによる水素精製)が必要であるが、水素PSAでは小型でDSS可能なシステムは想定できていないので導入初期に大規模投資をせず現実的に水素インフラが構築可能な点が重要である。文献に記載のO社の実運転時水素回収率56.1%に対して、水素回収率80%と控えめにみても改質プロセス効率85%が得られるため、100Nm<sup>3</sup>/hの小型純水素製造装置で155トン/年のCO2削減効果が得られる。

### ○2020年時点の削減効果

・国内潜在市場規模: 300Nm<sup>3</sup>/h級水素ステーション100ヶ所(将来設置の試算中間値)がこのシステムで設置された場合、効率の向上のみで年間50万トンのCO2が削減可能である。夜間停止ができること・小型での設置が可能となるなどのメリットは効率の向上に留まらないためさらに大きな効果が期待される。

## (11)技術・システムの応用可能性

水素吸蔵合金を利用したCOA-MIBシステム(COの選択吸着除去と水素吸蔵合金による水素精製・貯蔵)は、今回開発・報告したシステム以外にも、定置用純水素燃料電池発電システムへの組み込みが可能である。

### 定置用純水素燃料電池発電システムの可能性

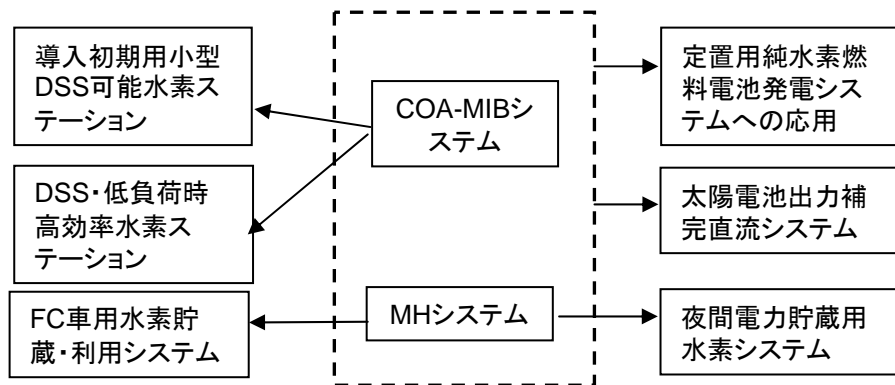
現在の普及型燃料電池システム「エネファーム」は、燃料電池を利用した家庭で電気も発生させることが可能な給湯システムであるが、燃料電池は、本来電気化学反応を利用した発電システムである。純水素燃料電池を普及させ利用することで小型・低負荷でも発電効率の高いオンサイトシステムが可能になり、大幅なCO2削減が可能なシステムが可能となる。その課題は小型でDSSの可能な水素供給システムの課題である。本開発システムは、純水素燃料電池用の水素供給システムとして位置づけられる。

### SOFCオフガス回収・利用システムへの応用の可能性

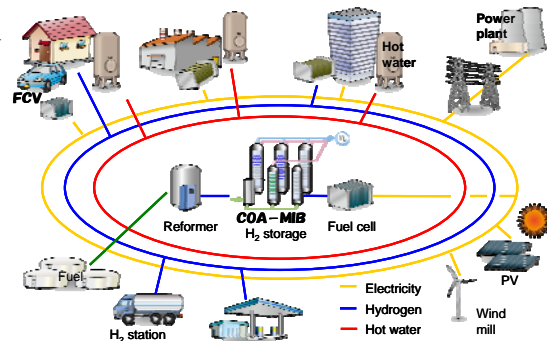
SOFCオフガスを精製・リフレッシュしてSOFC燃料として再利用する技術としてもCOA-MIB技術は注目されており、某ガス会社からの具体的な問い合わせもある。

### 太陽電池出力補完直流システムへの応用の可能性

CO2の大幅削減のため将来太陽電池が大量導入されるが、不安定な直流型の自然エネルギーを純水素燃料電池で補完することで安定で高品質な電力とできる。自然エネルギーを利用した小型グリッドへの組み込み用としても本開発システムは位置づけられる。これらの将来システムにより水素社会構築に資することができ、大幅なCO2削減効果の発現と低炭素型機器への更新が進むことが期待される。



<純水素精製・貯蔵の応用>



## (12)技術開発終了後の事業展開

### ○実用化・事業化計画

- ・2013年よりさらに大型の50~60Nm<sup>3</sup>/h規模へのパイロット規模のスケールアップ実証を実施し実用化のための検証を行いたい。固体伝熱が必要な水素吸蔵合金による精製・貯蔵・利用にはスケールアップが最大の課題であり、パイロット規模の実証では、燃料系のユーザーも巻き込んだ対応を行うことが必要であると考えている。
- ・水素製造精製システムはユーザーである燃料電池車などの動向に大きく左右される新しいインフラ展開として2015年に予定されている水素ステーションの設置の際に事業化し、実機として実証利用を実施したい。

### ○事業拡大シナリオ

年度	2012	2013	2014	2015	2015 (目標)
ラボスケール技術開発	低純度回収技術検証				
ベンチスケール技術開発	熱ハンドリング技術検証	低純度回収技術	低純度回収技術		
パイロットスケール技術開発	スケールアップ計画	実証機製作	実証	実証	
実用実証					実用化初期

### ○シナリオ実現上の課題

- ・小型改質プロセスとの組み合わせ・DSS運転の実証・長期運転の実施
- ・低コスト化・スケールアップ化のためのシステム設計技術開発
- ・DSS型省エネ水素製造装置の必要性への認知
- ・太陽電池やグリッドなどと組み合わせた純水素燃料電池の可能性調査
- ・海外の水素・燃料電池利用技術に関する動向調査
- ・NEDOや経済産業省で推進されている水素関連事業との連携

### ○行政との連携に関する意向

- ・純水素社会構築のための実証事業の推進  
大型の水素ステーションの構築は初期の巨大な投資に対して水素自動車の普及数に期待ができない。この点の課題に対する行政側でのストーリー作りが必要である。純水素システム(燃料電池)を太陽電池やエネルギーネットワークシステムの補完にもなると位置づけ、FC車用の純水素インフラを定置用純水素燃料電池向けと組み合わせた事業とし、純水素システムを整備・利用できる環境の整備を省庁横断で進めていただきたい。
- ・NEDO(経済産業省)主導で水素供給システム構築の事業が企画されている。純水素利用によるCO2削減に関し、本事業の次のステップで連携ができるような調整をお願いしたい。

# 地球温暖化対策技術開発評価委員会による終了課題事後評価の結果

・ 総合評価 6.9点 (10点満点中)

・ 評価コメント

- 水素精製システムの技術開発は、応用システムとの連携が不可欠(ガス・インフラ含めて)である。また普及のためには、初期投資支援インセンティブ、法的措置も必要と考える。官民学一体で遂行すべきである。
- 技術的な検討については十分であり、特許や学会報告など成果の公表についても高く評価できる。
- 研究自体は、それなりの成果を上げていることは評価できる。しかしながら、こうした技術の社会化への方向を今一度検討する必要があると考える。
- 当該技術の適用可能性について幅広く検討されていることは評価できるが、実際に、事業終了後の事業化、実用化が十分に見込めるとは言えないようである。
- 目標を達成していることを評価する。一方、水素の活用はエネルギー・環境にとって重要な課題であり、本プロジェクトが対象とする、入口が天然ガス、出口が太陽光に留まらない。例えば、天然ガスの代わりに風力エネルギーによる水素取得、あるいは風力の出力変動にも適合するシステムなどへの発展に挑戦してほしい。
- 当初の計画及び指摘事項に対して、充分誠実に実施されている。
- 技術開発に関わる部分についての効果は確認できたが、CO2排出削減効果について吸蔵合金製造に伴うCO2排出量等も含めたシステム全体としての効果についても確認が必要と思われる。
- 事業化実用化への踏み込みが甘い。