

研究室紹介

# 東京ガス株式会社 技術開発本部 基盤技術部 技術研究所 水素システムチーム

白崎義則・安田 勇  
東京ガス株式会社

〒230-0045 神奈川県横浜市鶴見区末広町 1-7-7

## 1. 概要

東京ガス株式会社技術研究所（所長：安田 勇）は、2006年8月に、東京都港区芝浦（JR 田町駅東口）から、新築された東京ガス横浜研究所（図1）に移転しました。現在、技術研究所には、「水素システムチーム」、「エネルギーシステムチーム」、「環境システムチーム」、「ガス品質マネジメントチーム」、「分析・材料技術チーム」、「リスクマネジメントチーム」の6チームがあり、水素システムチームでは、3名のスタッフで業務を行っておりま

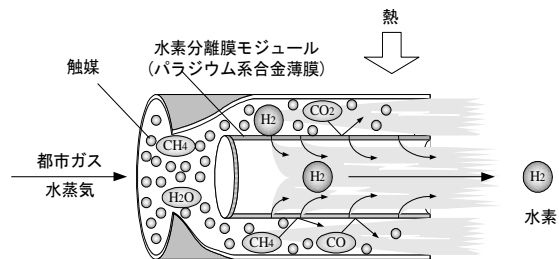


図1. 東京ガス横浜研究所

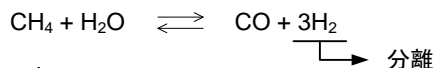


図2. 水素システムチームメンバー  
（左より、常木、白崎、黒川）

す（図2）。業務内容のメインは、都市ガスの非平衡改質反応を行う水素分離型リフォーマーを用いた都市ガスからの高効率水素製造技術の研究・開発であり、その用途の一つとして、水素を燃料とする燃料電池自動車への水素供給を想定しています。図3に水素分離型リフォーマーの原理を示します。水素分離型リフォーマーは、パラジウム等の水素分離膜を使用することにより、都市ガスの改質反応と水素精製を一つの反応器で行うことができるため、従来の改質器+PSAのシステムに比べて、シンプル化・コンパクト化・高効率化が可能であります。水素システムチームでは、水素分離型リフォーマーの構成部品である水素分離膜、改質触媒に関する研究や、水素分離膜モジュールの製作技術開発や反応器の設計、システム化技術開発など、水素分離型改質技術の開発全般に取り組んでおり、現在は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の事業を中心に研究開発を実施しています。



水蒸気改質反応



CO変成反応

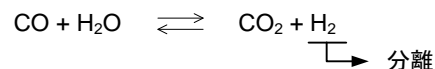


図3. 水素分離型リフォーマーの原理

表1. NEDO「水素安全利用等基盤技術開発」事業における実施体制

分類	研究テーマ	担当 ( )内は再委託先
水素分離型リフォーマーシステム開発	水素分離型リフォーマーシステムの開発	東京ガス(株)・三菱重工業(株)
	水素分離膜の耐久性の研究	三菱重工業(株)
水素分離膜モジュール材料開発	触媒一体化モジュールの開発	日本特殊陶業(株)・東京ガス(株) (岐阜大学)
	高性能水素分離複合材箔の開発	(株)IHI
	複相合金箔を使用した水素透過モジュールの開発	(株)日本製鋼所 (北見工業大学)
	金属ガラス・ナノ結晶材料を用いた高性能メンブレンの開発	福田金属箔粉工業(株) (東北大学金属材料研究所)
	高性能メンブレン材料の試験評価	東京ガス(株) (東北大学、宇都宮大学、名古屋大学)

## 2. 研究内容

### 2. 1 高効率水素製造メンブレン技術の開発

現在、NEDOの「水素安全利用等基盤技術開発／水素インフラに関する研究開発 高効率水素製造メンブレン技術の開発」(実施期間：2005年度～2007年度)において、水素分離型リフォーマーシステムの実用化技術の早期完成を目指し、システムエンジニアリング技術高度化開発および耐久性向上、コスト低減に資する材料・部品レベルの要素技術研究開発を実施しています。本事業では、表1に示す6つの企業、6つの大学で構成するコンソーシアム体制のもと、産学連携し研究開発を実施しています。以下、当社の担当する研究内容について紹介します。

#### (1) 水素分離型リフォーマーシステムの開発

水素分離型リフォーマーについては、2000年度～2004年度に実施されたNEDOの「固体高分子形燃料電池システム開発」事業において、(社)日本ガス協会(東京ガスは(社)日本ガス協会のメンバーとして参加)が開発を行った40Nm<sup>3</sup>/h級水素分離型リフォーマー試験機において、水素製造効率76%(HHV)、製品水素純度99.999%が達成されています[1]。この水素製造効率は、従来の改質器+PSAの水素製造システムよりも約10ポイントも高い値です。40Nm<sup>3</sup>/h級試験機の写真を図4に示します。

ここで得られた知見を活かし、2005年度からは、東京ガスと三菱重工業殿が共同で、効率80%以上を目標とした40Nm<sup>3</sup>/h級水素分離型リフォーマーシステムの開発を実施しています。ここでは、リフォーマー構造の最適化、水素分離膜の耐久性向上に関する研究、システムの



図4. 40Nm<sup>3</sup>/h級試験機ユニットの外観

最適化の検討を実施し、2007年度の後半には、40Nm<sup>3</sup>/h級水素分離型リフォーマーシステムを製作し、運転試験により性能を検証します。

#### (2) 触媒一体化モジュールの開発

水素分離型リフォーマー技術の新たな取り組みとして、水素分離膜モジュールを構成する支持体に触媒機能を持たせた触媒一体化モジュールの開発を東京ガスと日本特殊陶業殿が共同で開発を実施しています。触媒一体化モジュールの概念を図5に示します。水素分離型リフォーマーは、水素分離膜モジュールと改質触媒により構成されていますが、触媒一体化モジュールでは、触媒を別途設置する必要がないため、格段のコンパクト化が期待できます。また、コストダウンの期待できる方法で、支持体および膜を製造することが可能であります。これまでに外径10mm、長さ100mm及び300mmのチューブ状の触媒機能を有した支持体にパラジウム合金膜を無電解めっきにより成膜した触媒一体化モジュールを製作し、メタンから純水素の製造が可能であることを確認しまし

た。図6に触媒一体化モジュールの写真を示します。現在は、触媒一体化モジュールのスケールアップや、チューブを複数本組み込んだリアクターへの展開を進めるとともに、耐久性の評価を実施しています。

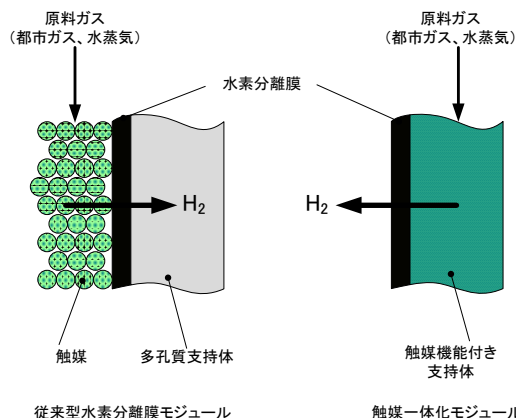


図5. 触媒一体化モジュールと従来型水素分離膜モジュールの概念比較

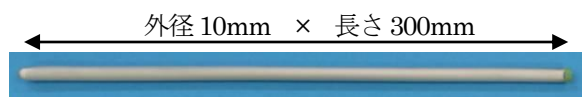


図6. 触媒一体化モジュール

### (3) 高性能メンブレン材料の試験評価

当社では、これまでの水素分離型改質技術の研究開発を通じて水素分離膜の評価技術を蓄積し、現在、水素分離膜の性能評価試験装置、改質試験装置等の設備を用いて、種々の水素分離膜の評価を行っています。本事業においては、IHI 殿、日本製鋼所殿、福田金属箔粉工業殿の開発する非 Pd 系水素分離膜について試料の提供を受け、当社が性能評価を行うと共に、課題の抽出や、課題解決のための提案を行っております。

## 2. 2 流動床触媒と膜分離を用いる高性能改質技術の開発

現在、NEDO の「水素安全利用等基盤技術開発／水素に関する共通基盤技術開発－国際共同研究」(実施期間：2005 年度～2007 年度)において、カナダのメンブレンリアクターテクノロジー社およびブリティッシュコロンビア大学と共同で「流動床触媒と膜分離を用いる高性能改質技術の開発」を実施しております。水素分離型リフォーマーでは、これまで、一般的に固定床触媒が使用さ

れてきました。流動床触媒では、固定床触媒に比べて、反応器内での温度分布が小さくなることや、物質輸送、熱伝導が促進される点で、水素分離型リフォーマーの性能をより向上させることが期待されます。

本事業においては、図7に示す構造の水素製造量 1 Nm<sup>3</sup>/h の流動床触媒式水素分離型リフォーマーを組み上げ、運転試験を実施しました。その結果、固定床触媒式と比較して、反応器内の温度の均一化や、物質移動や伝熱の促進効果により、単位膜面積あたりの水素製造能力が向上することを確認しました。現在は、CO<sub>2</sub> 吸収剤を反応場に組み込んで水素分離と CO<sub>2</sub> 吸収による反応促進により、水素分離型リフォーマーの性能を最大限に引き出す CO<sub>2</sub> 分離技術を併用した流動床触媒式水素分離型リフォーマーの開発を実施しております。

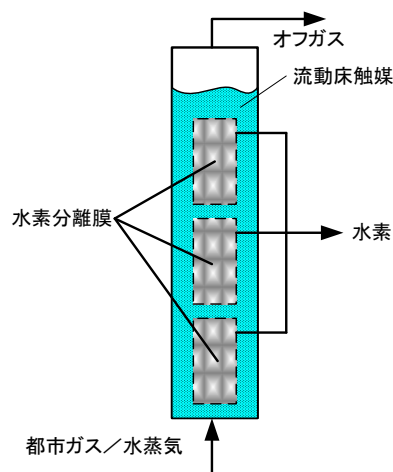


図7. 流動床触媒式水素分離型リフォーマー概略構造

## 3. おわりに

東京ガスでは、メンブレンリアクターの概念を適用した非平衡改質技術に早くから注目し、化石燃料からもっとも高効率で水素製造が可能であることを示すなど、10年以上にわたり、この分野の技術開発を牽引して参りました。今後は、本技術による化石燃料からの水素製造プロセスの更なる高効率化を進めるとともに、実用化に向けての課題である水素分離膜の耐久性の向上や、コストダウン開発に取り組む予定です。

### 参考文献

1. 白崎義則、安田勇、水素エネルギーシステム Vol.31, No.2 p.42-49(2006)