

## 【日本機械工業連合会会長賞】

### 多段熱回収システム搭載型コンパクト水素製造装置 (HyGeia)

三菱化工機株式会社 神奈川県川崎市

東京ガスケミカル株式会社 東京都港区

日本ファーンエス株式会社 神奈川県横浜市

#### 1. 機器の概要

工業用高純度水素は、弱電、化学、金属等の分野で年間約3億 $m^3$ 規模の需要がある。加えて、燃料電池向の水素供給のニーズも高まってきており、水素市場は今後拡大していくと予想されている。本機器（以下HyGeia）は、都市ガスやLPGを原料として水素を製造する装置であり、従来主流であった圧縮水素（カードル、トレーラー）等で供給するシステムに比べて、容易に安価な水素を提供できるものである。従来の水素製造装置に対し、昨今のエネルギー事情、環境事情により、高効率化（省エネルギー化）が求められてきたため、2003年から新型小型水素製造装置の開発に着手した。HyGeia（ハイジエイア）と命名されたこの装置は、以下に示す3つの特徴をもつ環境にやさしい高効率の水素製造装置である。



写真1 HyGeia商用機  
(水素製造量 100Nm<sup>3</sup>/h機)

従来の水素製造装置に対し、昨今のエネルギー事情、環境事情により、高効率化（省エネルギー化）が求められてきたため、2003年から新型小型水素製造装置の開発に着手した。HyGeia（ハイジエイア）と命名されたこの装置は、以下に示す3つの特徴をもつ環境にやさしい高効率の水素製造装置である。

- 1) 新プロセス採用により、原燃料使用量及びCO<sub>2</sub>排出量を約20%削減。
- 2) 装置起動時間を、従来装置の8時間程度から4時間に短縮。  
装置起動は全自動であり、煩雑な手動操作なしで水素送出が可能。
- 3) 従来機と比し、約1/2のコンパクト化を達成。

HyGeiaと従来の水蒸気改質型機を比べると、年間のランニングコストは、水素製造量 200Nm<sup>3</sup>/h機にて年間約 1,000 万円のコストダウンが可能であり、最近注目されているCO<sub>2</sub>排出量に関しても約 20%削減できる。

## 2. 機器の技術的特徴および効果

### 2.1 技術的特徴

HyGeia のフローを図 1 に示す。HyGeia は、都市ガス（13A）又は LPG を改質して水素リッチガスを製造する改質工程と、改質ガスを精製して 99.999%以上の高純度水素を製造する PSA（Pressure Swing Adsorption）工程から構成される。

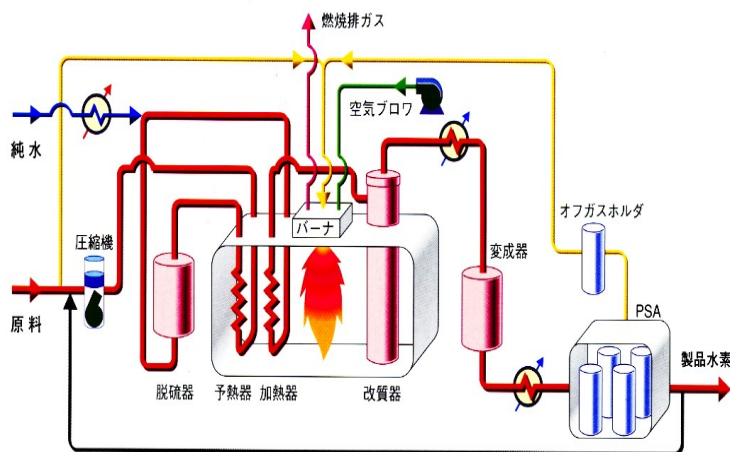


図 1 HyGeia フロー図

HyGeia の技術的特長は以下に示すとおりである。

#### 1) 高効率化

本プロセスは、水蒸気改質反応温度 800～850℃、脱硫変成反応温度 300-400℃の高温域にて運転されるため、反応熱の供給システムおよび熱回収プロセスが重要となる。HyGeia では以下の特徴を持っている。

##### ①多段熱回収システム

- ・二重管改質管による反応管入出口ガスの熱回収システムを搭載している。一般には、改質管出口の反応ガス温度は 800℃～900℃となるが、本システムの採用により、改質管出口の反応ガス温度 450～500℃にて運転可能となる。

- ・改質管出口および変成器出口に各々設けた排熱ボイラにて熱回収するシステムを搭載している。

## ②PSA 回収率の向上

- ・PSA における水素回収率を 75% (従来 70% 前後) に向上させた。

これらプロセスの採用により、自社比にて原燃料使用量を約 20% 削減することが可能になった。

## 2) 起動時間の短縮および運転制御の容易化

一般的な水蒸気改質による水素製造プラントでは、装置起動に約 8 時間以上を要する。HyGeia では、材料特性、耐久性を損うことなく、約半分の 4 時間で装置起動が完了する。熱損失を最低限に抑える機器設計を行うと同時にこれまでの水素製造装置運転経験を踏まえた起動工程改善により時間短縮を達成した。また HyGeia の制御システムは、プログラマブルロジックコントローラ (PLC) およびグラフィックパネルにより構成され、無人自動運転が可能のように考慮されている。装置の立ち上げ、停止時の指令および運転状況の確認は、装置付設の制御盤に搭載されているグラフィックパネルにより行うことができる。一般的な水素製造装置は、煩雑な運転監視および手動による起動運転操作が必要であるのに対し HyGeia ではスタートボタンを押すだけで全自動にて水素送出可能である。

## 3) コンパクト化

本装置はメンテナンス性を損うことなく、従来機と比べ約 1/2 のコンパクト化を達成している。



写真 2 従来機 (設置面積約 18m<sup>2</sup>)



写真 3 HyGeia機 (設置面積約 9m<sup>2</sup>)

## 2.2 効果

従来の水蒸気改質式水素製造装置とHyGeiaにおける用役使用量とCO<sub>2</sub>排出量の比較を表1に示す。CO<sub>2</sub>換算基準は環境省公表ガイドラインによる。

表1 用役使用量及びCO<sub>2</sub>排出量比較（水素1Nm<sup>3</sup>あたり）

		従来機	HyGeia	効果
都市ガス使用量	Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub>	0.46	0.37	約20%削減
電力使用量	kWh/Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub>	0.30	0.26	約13%削減
上水使用量	liter/ Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub>	4.0	3.0	約25%削減
CO <sub>2</sub> 排出量	kg/Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub>	1.16	0.93	約20%削減

また表1に基づき、年間のランニングコストについて比較を行うと表2の通りとなる。試算条件は、都市ガス単価：60円/Nm<sup>3</sup>、電力単価：15円/kWh、上水単価：350円/m<sup>3</sup>、年間水素製造量：200Nm<sup>3</sup>/h×8000時間とした。

表2 従来機とHyGeiaのランニングコスト比較

		従来機	HyGeia	差額
年間ランニングコスト	万円	5,360	4,344	▲1,016

よって従来機とHyGeiaを比較すると年間1,016万円のランニングコスト削減が可能である。

## 3. 用途

実績および用途に関しては下表の通りである。

表3 納入実績表

No.	納入先	用途	納入年度	水素製造能力
1	三菱化工機	実証試験	2005(停止中)	50 Nm <sup>3</sup> /h
2	A社(韓国)	水素ステーション	2007(稼動中)	30 Nm <sup>3</sup> /h
3	B社(国内)	ステンレス表面処理	2007(稼動中)	100 Nm <sup>3</sup> /h×3基
4	C社(国内)	ステンレス表面処理	2009(予定)	50Nm <sup>3</sup> /h
5	D社(韓国)	半導体製造	2009(予定)	200Nm <sup>3</sup> /h