

新型 HHOG 「高圧型水素サーバー」の商品化

Commercialization of a New Model of High-purity Hydrogen and Oxygen Generator "High Pressure Hydrogen Server"



技術開発本部
プロセス技術開発部 新規プロセス室
三宅 明子
Akiko Miyake
(学術博士)
プロセス機器事業部
UC 事業室
安井 信一
Shin-ichi Yasui

水電解式水素発生装置において、水素発生圧力0.85 MPa 対応の小容量向け「高圧型水素サーバー」を2007年秋に上市した。高圧型水素サーバーは、耐圧性および耐差圧性の高い新型電解モジュールを搭載することにより装置構成を大幅に簡素化し、従来の高圧型 HHOG (High-purity Hydrogen and Oxygen Generator) に比べて設置面積を1/5にコンパクト化、装置価格を1/2に低価格化している。また、高圧型水素サーバーに新型の電極接合膜を採用し、消費電力量を約20%低減している。

High Pressure Hydrogen Server for a small amount of H₂ and high pressure of 0.85 MPa, by water electrolysis, has been commercialized this autumn in 2007. The composition of equipment is drastically simplified with a new electrolysis module, which has high resistance against the high pressure and pressure difference. As a result, its occupied space becomes smaller by 1/5 and its price becomes lower by 1/2, comparing with current high-pressure type of HHOG (High-purity Hydrogen and Oxygen Generator). The power consumption is also reduced by 20% by using an improved membrane electrode assembly in High Pressure Hydrogen Server.

Key Words :

水素発生装置
水電解
固体高分子電解質膜
電極膜接合体

Hydrogen generator
Water electrolysis
Polymer electrolyte membrane
Membrane electrode assembly

まえがき

固体高分子型水電解式の水素発生装置は、純水と電気があれば必要なときに必要な量の水素を必要な圧力で発生させることができる。当社は、この固体高分子型水電解式の水素発生装置 HHOG (High-purity Hydrogen and Oxygen Generator) を工業ガス用途向けに商用化し、水素圧縮ポンペに替わるオンサイト水素発生装置として拡販してきた。これまでに電子産業、金属熱処理、火力発電所などを中心に海外を含め100基近く納入しており、水電解式では

国内トップの納入実績を誇る。

HHOG は高圧ガス関連法規に該当しない1 MPa 未満の水素発生装置とし、水素の使用圧力に応じて低圧型(最高圧力0.4 MPa)と高圧型(最高圧力0.85 MPa)の2機種を販売している。水素圧縮ポンペを工場で取扱う場合は、高圧ガス保安法や消防法などの法規制を受け、申請手続き・法令点検などが必要であるが、HHOG は一切不要である。

今回新たに高圧型装置を小容量向けにコンパクト化し、さらに消費電力量を削減した0.85 MPa 対応

の「高圧型水素サーバー」を開発し、2007年秋から販売を開始した。本稿では、新製品の「高圧型水素サーバー」を中心に固体高分子型水電解式 HHOG について紹介する。

1. 固体高分子型水電解式の原理と特長

1.1 原理

固体高分子電解質膜は薄膜で、水素イオンを透過させることができるため電解液の役割を果たす。図1に示すように純水を陽極に供給すると、電気分解により陽極から酸素、陰極から水素を発生させることができる。また、固体高分子電解質膜の両面には電極触媒を接合しており、陽極と陰極のそれぞれの反応を促進し電解電圧を低くしている。

発生した水素と酸素は容器内に貯めることにより圧力が上昇し、数分で所定圧に達する。水素供給を開始すると、水素の使用量に応じて0～100%の範

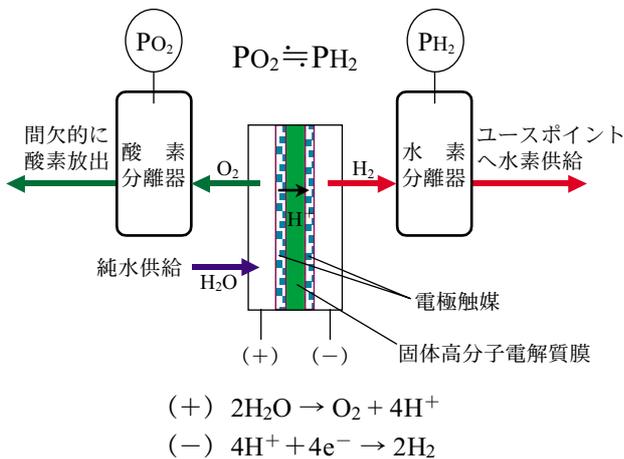


図1 水電解式 HHOG の水素供給方法

囲で水素発生量を自動制御し、連続的に安定して所定圧の水素をユースポイントへ供給する。酸素は、固体高分子電解質膜が破損しないよう、起動時から運転停止まで水素とほぼ同圧になるよう差圧制御している。

1.2 特長

① 高純度水素

純水を原料とするので水素ガス純度は99.999% (5N) 以上である。とくに炭化水素系の不純物や薬品ミストの混入がない。超高純度の水素が必要な場合は、精製装置との組合せで99.9999% (6N) 以上が可能である。

② 優れた操作性

必要な操作は装置の起動/停止（電源スイッチのON/OFF操作）のみである。急激な負荷変動に対しても水素発生量を自動電流制御し追従する。

③ 容易なメンテナンス性

定期点検は1年に1回、イオン交換樹脂などの消耗品の交換やセンサー校正をおこなうほかは特別なメンテナンスを要しない。

④ クリーンな装置

純水のみを使用するため錆・腐食の発生がなく、廃液が出ない。

⑤ 高い安全性・信頼性

各種インターロックを装備し、異常発生時に安全に装置を自動停止させる。

1.3 適用範囲

他の水素供給方式に対して固体高分子型水電解式の特長が生かせる適用範囲の目安は図2のように考えられる。

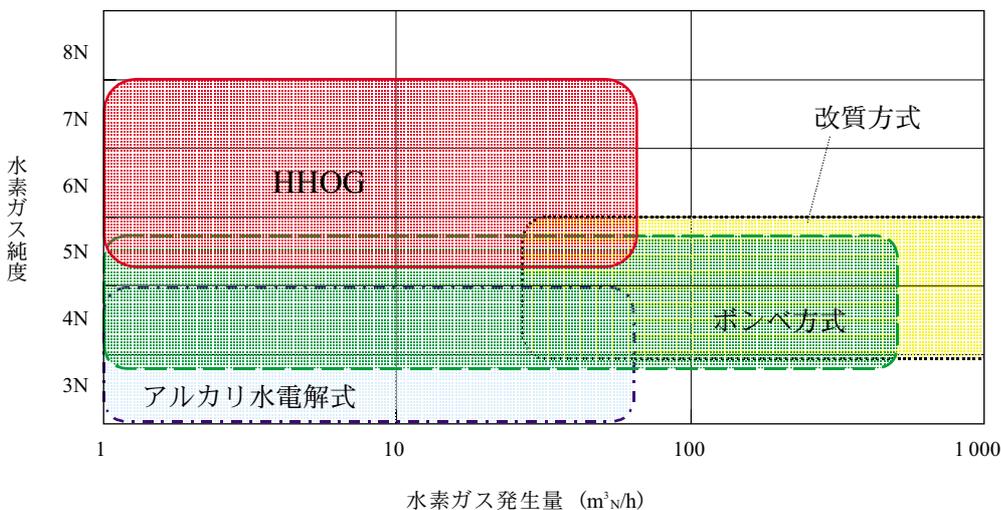


図2 水電解式 HHOG の適用範囲の目安

(注) 水素ガス純度は%表示の9 (Nine) の数を示す。



高压型 HHOG SH5D



高压型水素サーバー EH5D

写真1 水素発生量 5 m³/h装置の外観比較

ポンペ方式では、ガス供給基地で粗水素を精製し高压ポンペ詰めした水素が全国の工場にトラック輸送される。水素使用量に応じてバラ瓶や集合容器(カードル)、ローダーで供給され小容量から大容量までの水素需要に対応できる。水素純度は99.9% (3N)~99.99% (4N) 程度である。

改質方式は、メタノールや都市ガスから触媒による高温分解反応で水素を発生させ、PSA(圧力スイング吸着法)で精製し4N~5Nの水素ガスをオンサイト供給する。改質水素であるため、炭化水素やCO、CO₂の不純物が混入しやすい。また、昇温が必要なため起動に時間がかかる。この方式は水素使用量の多い用途に適する。

アルカリ水電解式は、アルカリを電解質として使用し電解液中で水素と酸素を発生させる。このため酸素やアルカリミストが水素に混入しやすく、水素ガス純度は固体高分子型水電解式ほど高くない。

したがって、HHOGは比較的小容量で5N以上の高純度水素が必要な用途に適している。

2. 高压型水素サーバーの概要

高压型水素サーバーは、新しく開発した電解モジュールと電極膜接合体を採用することにより、¹⁾

- 設置面積が従来型の1/5
- 装置価格を1/2
- 消費電力量を20%削減

を達成した。高压型水素サーバーの外観写真を従来型の高压型 HHOG と比較して写真1に示す。

2.1 標準仕様

- 機種種: EH-5D
- 水素発生量: 5 m³/h
- 水素圧力: 0.85 MPa
- 水素純度: 99.999%以上
- 露点: -70℃(大気圧)
- 消費電力量: 5.5 kWh/m³_N
- 装置サイズ: 900 W×1 700 D×2 000 H
- 設置面積: 1.53 m²
- 装置重量: 1 250 kg

2.2 装置のコンパクト化

図3に従来型の高压型 HHOG と新型の高压型水素サーバーの装置フロー図を示す。装置の基本的な構成は、純水供給・循環ライン、電解モジュール、酸素分離器、水素分離器および除湿器から成る。

従来型の高压型 HHOG では、電解タンク(酸素分離器)に電解モジュールを入れ、水素分離器と電解タンクの差圧制御をおこなう。このため電解タンク内の電解モジュールは、モジュール内部と外部の圧力差がないため低圧型と同じ電解モジュールを使って高压水素を発生させることができる。

一方、新型の高压型水素サーバーは、耐圧性および耐差圧性の高い新型電解モジュールにより、電解タンクをなくし、酸素側を大気圧とし水素側のみ容器に充填して0.85 MPaの水素を発生させることが可能になった。これにより、差圧制御、純水ラインの圧力機器・制御機器も不要になり装置構成が大幅

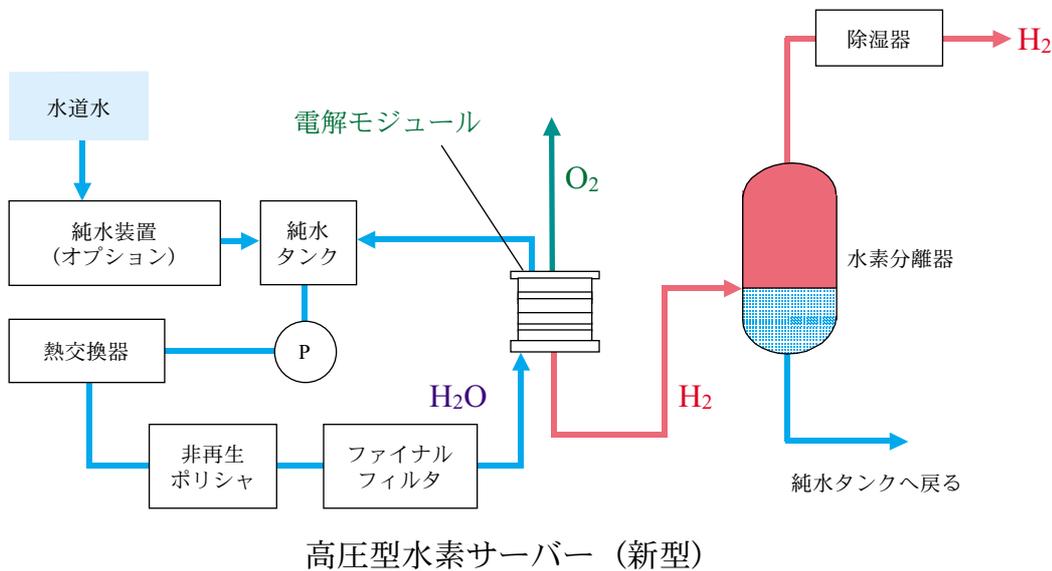
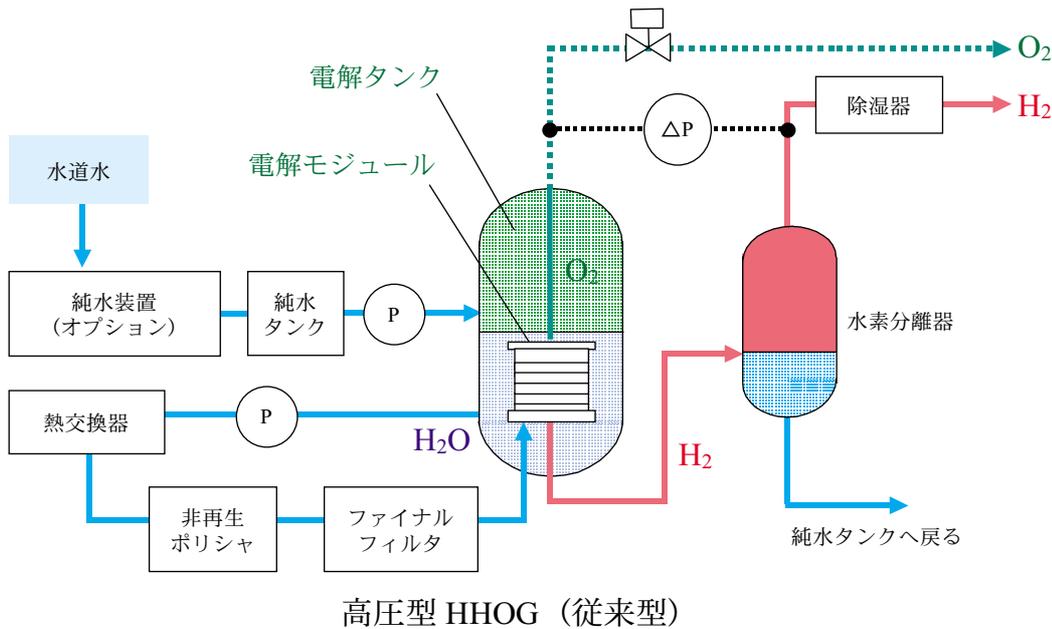


図3 高圧型装置フローの簡略化

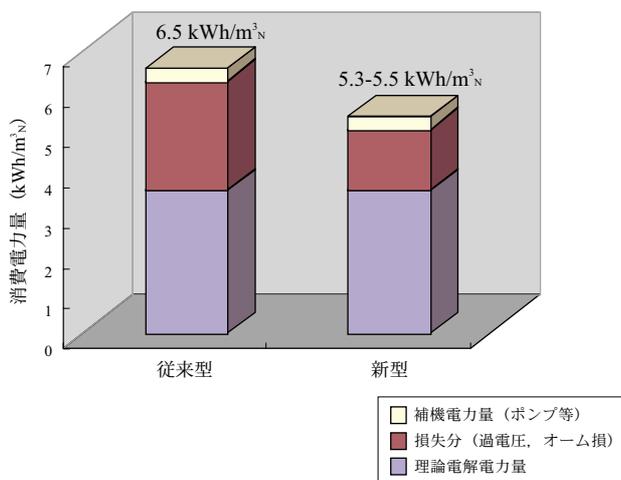


図4 消費電力量の低減効果
* 温度, 電流密度は実運転条件

に簡素化された。

2.3 消費電力量の低減

水電解式の水素発生装置では電力費が運転コストのほとんどを占める。電力費を低減するためには、固体高分子型では電流効率100%近いこと、電解電圧を下げるのが重要である。電解電圧を低減するため、陽極電極触媒に高活性なIr系触媒を採用し、固体高分子電解質膜への接合技術とその量産技術を開発した。新規な電極接合膜は電解電圧を約20%低減した。

図4に新規な電極接合膜の実運転条件での消費電力量を従来型と比較して示した。電解電圧の低減により電解に必要な電力量の損失分(過電圧やオーム損失)を低減し、ポンプ等の補機電力量を加えた全

電子産業

- ・約40基，うち海外5基（リピート多数）
- ・半導体，LED，コンデンサー，太陽電池用
- ・工場ユーティリティとして安定供給



SH20D (20 m³N/h) 2005年納入



SL50D (50 m³N/h) 2001年納入



CL5D×2 (10 m³N/h) 2003年納入

金属熱処理

- ・約30基，うち海外5基
- ・金属焼結・精錬、還元処理用
- ・工場ユーティリティとして安定供給

火力発電所

- ・トルコ，ベトナムなど海外約10基（リピート）
- ・発電機タービン冷却用
- ・防爆対応品，現地作業員による運転管理



SL5 (5 m³N/h) 1997年納入

燃料電池研究用

- ・国内 20基以上
- ・燃料電池評価用ユーティリティ



CH1D (1 m³N/h) 2003年納入

水素エネルギー実証研究用

- ・水素ステーション
米国／太陽電池利用
屋久島／水力発電利用
- ・燃料電池ハイブリッドシステム
中国電力殿 共研／夜間電力利用



水電解／燃料電池コジェネシステム



ディスペンサー

水電解装置
(屋内設置)

水素ステーション（屋久島）

写真2 HHOGの適用事例

表1 HHOG 標準機種

低圧型 型式 (0.4 MPa)	コンパクトタイプ 水素サーバー		スキッドマウントタイプ				
	CL5D	CL10D	SL20D	SL30D	SL40D	SL50D	SL60D
水素ガス発生量 (m ³ /h)	5	10	20	30	40	50	60
高圧型 型式 (0.85 MPa)	EH5D	SH10D	SH20D	SH30D	SH40D	SH50D	SH60D
	コンパクトタイプ 高圧型水素サーバー		スキッドマウントタイプ				

体の消費電力量は、従来型の6.5 kWh/m³_N から約5.5 kWh/m³_N に低減できた。

3. HHOG 適用事例

高圧型水素サーバーが加わり、HHOG の標準機種は水素発生量により表1のようなコンパクトタイプとスキッドマウントタイプがラインナップされたことになる。ここで、これまでのHHOGの適用事例を写真2にまとめた。

納入先は、半導体製造やセラミックコンデンサー等の電子産業向けがもっとも多く、金属熱処理、アルゴンガス精製、火力発電所の発電機冷却用など様々な分野で使用されている。また、燃料電池研究用、水素エネルギー実証研究用の水素供給装置として利用されるケースも増えている状況である。

むすび

固体高分子型水電解式の水素発生装置は、燃料電池自動車など水素をエネルギーとして利用する社会においてクリーンな水素製造法として注目されている。さらに、固体高分子型水電解式は高純度水素が手軽にえられるという優れた特長もあり、水素圧縮ポンペに替わるオンサイト水素発生装置としてHHOGの需要は伸びつつある。

本稿で紹介した高圧型水素サーバーの上市により、今後さらに新たな市場が拡大することを期待する。

[参考文献]

- 1) 三宅明子ら：神鋼環境ソリューション技報，Vol.3，No.2 (2007)，p.26