

4-2-3 平板型プラズマリアクターによる水蒸気の放電分解挙動と 水素生成挙動

(岐阜大学大学院) ○金山治樹, 早川 幸男, 神原 信志,
(川田工業株式会社) 滝谷 茂生, 小寺 知一, (澤藤電機株式会社) 三浦 友規

Behavior of steam decomposition and hydrogen generation of plate type plasma reactor

OHaruki KANAYAMA, Yukio HAYAKAWA, Shinji KAMBARA (Gifu University),
Shigeo TAKITANI, Tomokazu KODERA (Kawada Industries Inc.),
Tomonori MIURA (Sawafuji Electric Co., Ltd.)

ABSTRACT

To generate hydrogen from water at low power consumption, a plate type plasma membrane reactor has been developed, which can generate hydrogen from superheated steam by plasma discharge power. In this study, effects of the applied voltage on the hydrogen generation behavior was investigated. To change the plasma state, argon gas was mixed into superheated steam. The hydrogen flow rate was increased with an increase in the applied voltage, which was the first observation in hydrogen production by atmospheric plasma.

[1] 緒言

CO₂フリー水素製造法のひとつに、太陽光発電の余剰電力を用いて水電解法により水素を製造するシステムがある。水電解法は消費電力が大きく、その低減が課題である¹⁾。

誘電体バリア放電で発生する大気圧プラズマは、高い電子エネルギーにより物質を分解でき、例えばアンモニアを分解し水素を得ることができる²⁾。同様に、水蒸気を大気圧プラズマで放電分解して水素を得ることも可能である³⁾。大気圧プラズマはリアクターや電極の工夫によって消費電力を低く抑えることが可能であり、水を原料とする低消費電力の水素製造装置を開発できる可能性がある。

本研究では、新たな発想で平板型プラズマリアクターを製作し、過熱水蒸気の分解特性を調べた。

[2] 実験および方法

Fig. 1 に製作した平板型プラズマリアクターの構造図を示す⁴⁾。図上部から順に、高電圧電極 (SUS316 メッシュ, W=45 mm, H=45 mm), 石英ガラス (W=70

mm, H=70 mm, D=2 mm), 流路付平板 (SUS316, W=1 mm, D=4.5 mm, 流路は全長 1010 mm のサーペンタイン状の溝), 接地電極 (W=70 mm, H=70 mm, D=3 mm), Pd-40%Cu 合金の水素分離膜 (厚さ 20 μm), 水素分離膜支持板 (SUS316, W=50 mm, H=50 mm, D=3 mm), スペーサー (SUS316, W=50 mm, H=50 mm, D=3 mm), 水素出口金属板 (SUS316, W=100 mm, H=100 mm, D=12.5 mm) で構成されている。

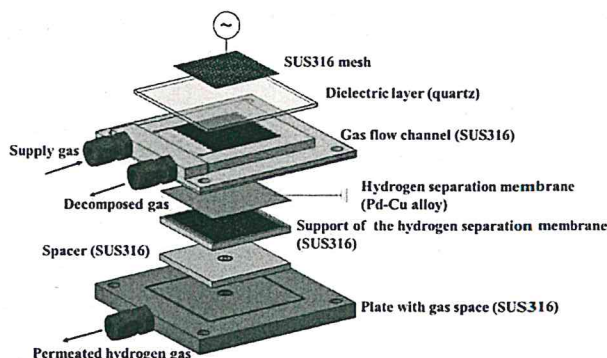


Fig. 1 Configuration of the plate type plasma reactor with hydrogen separation membrane.

Fig. 2 は、Ar を平板型プラズマリアクターに流してプラズマを点灯させた写真である。流路全体にプラズマ発生している様子がわかる。

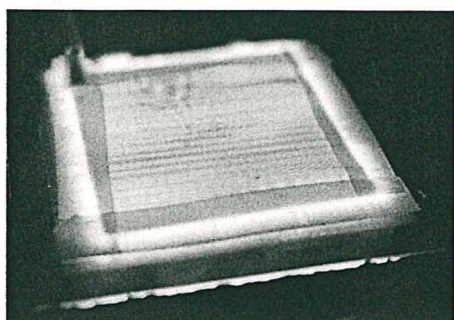


Fig. 2 Plasma state of the plate type reactor (Ar flow)

実験装置 (Fig. 3) は平板型プラズマリアクター、過熱水蒸気発生装置、マスフローコントローラー、Ar 供給系、高電圧パルス電源、水上置換用装置で構成した。100% Ar と過熱水蒸気の混合ガスを平板型プラズマリアクターに流し、プラズマを発生させて、分解して生成した水素流量を調べた。

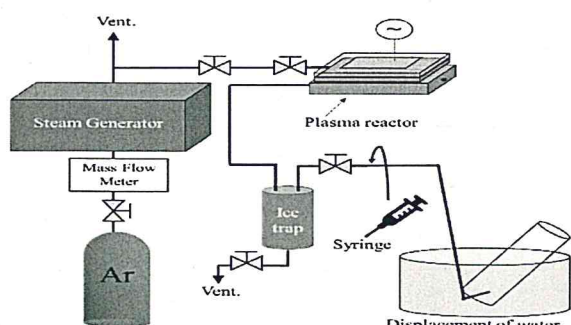


Fig. 3 Experimental setup for hydrogen production by the plate type plasma membrane reactor using superheated steam.

[3] 結果と考察

Fig. 4 は、過熱水蒸気をリアクターに流し、放電分解により水素を製造する実験において、リアクターへの印加電圧および過熱水蒸気に混合したアルゴンガスの流量をパラメータとして、生成した水素流量の変化を示した図である。ここで、過熱水蒸気発生装置出口での温度は 250°C、リアクター入口の過熱水蒸気流量は 0.10 mol/min とした。パルス電源の周波数 10 kHz、印加電圧は 10—18 kV の範囲で変化させた。また、過熱水蒸気に混合した Ar 流量は 0.010—0.025 mol/min の範囲で変化させた。

まず印加電圧の影響を考察する。印加電圧の増加に対し、水素流量はほぼ比例的に増加した。これは印

加電圧を高くすることでプラズマ密度が増加して過熱水蒸気の分解 (反応(1)) が促進されたためだと考えられる。

次に Ar 混合の影響を考察する。Ar 流量を増加するほど過熱水蒸気から生成した水素量が増加した。これは Ar を混合することによって水の分解反応(1)のほか励起反応(2)–(4)が加わるためと推定している。水素流量は Ar 0.025 mol/min、印加電圧 18 kV のとき 0.511 mL/min で最大となった。

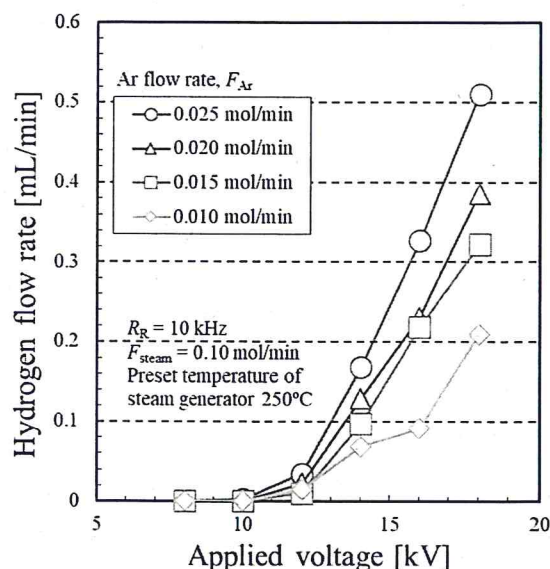
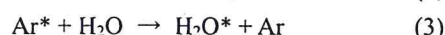


Fig. 4 Effect of applied voltage on hydrogen flow rate using superheated steam at different Ar gas flow rates by plate type plasma membrane reactor.

[4] 結言

過熱水蒸気は印加電圧を高くすること、Ar を加えることによってプラズマ分解量が増え、生成水素量は増加した。Ar 流量 0.025 mol/min、印加電圧 18 kV のとき水素流量は 0.511 mL/min で最大となった。

【引用文献】 1) S. Mitsusima et al., Hydrogen energy system, 36(2011) 2) Y. Hayakawa et al., Int. J. Hydrogen Energy, 44(2019) 9987–9993. 3) M. varne, G.R. Dey, Tomi Nath Das, Int. J. Hydrogen Energy, 41(2016) 22769–22774. 4) 水素生成装置および水素生成装置を備えた燃料電池システム, 神原信志, 三浦友則, 増井芽, 特許第 6150142 号。

【謝辞】 本研究は JSPS 科研費 (挑戦的萌芽研究 16K14545) および公益財団法人スズキ財団研究助成事業 (課題提案型研究助成) によって行われた。ここに謝意を表す。