Permeation of hydrogen gas through a cation-exchange membrane 陽イオン交換膜の水素透過

Shigeru KACHI and Haru-Hisa UCHIDA

Department of Human Development, Tokai University, 1117 Kitakaname, Hiratsuka,
Kanagawa, 259-1292 Japan, TEL: +81-463-58-1211 (Ext.3413) FAX: +81-463-50-2208
E-mail: hhuchida@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

(Received 19, November 2001 Accepted 26, July 2002)

Permeation of H_2 through a cation-exchange membrane was tested from the viewpoint under H_2 purification. We measured the hydrogen penetration property of a cation-exchange membrane under various conditions. No permeation of the H_2 gas was observed through a dry membrane or a wet membrane. However, hydrogen permeated through a few membranes with vacuum-evaporated of Au-Pd layers as a catalyst.

Keywords: hydrogen, cation-exchange membrane, Nafion, hydrogen permeation,

I. INTRODUCTION

現在、世界のエネルギーはそのほとんどが化石燃料の消費によって得られている。この化石燃料の消費は、 CO_2 の排出による地球温暖化や大気汚染など、環境問題を深刻化させるのみならず、さらには化石燃料そのものの枯渇という制約条件にも束縛されている。そのため、化石燃料中心のエネルギーシステムに替わる、環境負荷の小さい自然エネルギーを中心とした新しいエネルギーシステムが求められている。しかし、自然エネルギーはエネルギー密度が小さく不安定である。そこで、その欠点を補うためのエネルギー媒体として水素を利用した水素エネルギーシステムが注目されている。つまり、自然エネルギーを用いて水素に変換し貯蔵・運搬するエネルギーシステムである。こうしたエネルギーシステムでは、水素吸蔵合金は必要不可欠であり、水素純度も重要な要素となってくる。微生物による水素精製などのように、 CO_2 など多くの不純物を含む純度が低い水素を利用するためには、効率よく水素を分離することが必要となる。その分離方法のひとつに膜による分離法がある。

これまで、燃料電池用固体高分子膜を気体精製のために利用した例はほとんど見受けられないことから、本研究では、固体電解質として利用されているパーフルオロカーボンスルホン酸に着目し、水素の透過分離の可能性を探った。

II. EXPERIMENTAL

膜は、Nafion(デュポン株、0.2mm 厚)を選択し、膜の状態を乾燥状態から蒸留水による湿潤状態に変化させ、さらに表面に触媒としてイオンスパッター(HITACHI、E1010)を用いて Au-Pd を蒸着し、試料として用いた。膜の両側の圧力差で、膜が破れないようにステンレス製焼結フィルターを膜の下面に設置した(Fig.1 参照)。

透過挙動は水素吸蔵材料の反応性を測定する高圧ジューベルト装置を透過による圧力変化が測定できるように Fig.2 のように改良し、膜を Reactor 部分にセットして、Reactor、およびバルブ 1, 3, 6 に囲まれる部分の圧力変化から測定した。¹ 膜の湿潤状態は、Fig. 1にあるように、Reactor の外部より蒸留水を加えることにより変化させた。また、印加圧力は 0.4MPa~2MPa と変化させた。実験は室温 (RT) にて行った。

Fig.1. Schematic diagram Reactor with perfluorocarbon ion exchange film.

Fig.2. Measuring system.

III. RESULTS AND DISCUSSION

Figure 3 より、乾燥状態の膜は透過によると思われる圧力の減少は見る事ができなかった。

次に、蒸留水を膜にしみこませた状態での水素透過の実験を行った。Figure 3 より、この状態でも透過による圧力減少は確認できなかった。これは、膜の表面で気体の水素が原子状に解離することができず透過が起こらなかったものと考えられる。これより分子状水素の拡散はほとんどないものと²と推測される。

そこで、次に水素の解離触媒として金・パラジウム合金を蒸着し、蒸留水をしみこませた状態での透過実験を行った。膜に水素を 0.4MPa、1MPa、1.5MPa、2.0MPa と圧力を変化させて透過挙動を測定した。結果、単位時間あたり速度は、Fig. 4 のようになった。これより、透過速度の変化は、印加圧力の変化の平方根に比例していることから、原子状水素の透過拡散が反応を律速していると推測できる。

Fig.3. Pressure change of H₂ gas in a reservoir by H permeation through a Nafion membrane under various conditions.

Fig.4. Pressure dependence of H₂ permeation rate of a Nafion membrane at RT.

IV. CONCLUSION

固体高分子型燃料電池の電解質として用いられているパーフルオロカーボンスルホン酸膜を用いて、水素透過挙動を測定することを目的とし、高圧ジーベルト装置を用い、透過挙動を圧力減少により測定した。その結果、乾燥、湿潤状態の膜では水素の透過現象は確認できなかったが、水素解離触媒として金・パラジウムを蒸着した膜では、透過速度の圧力減少を確認することができた。透過速度の圧力依存性より、透過が原子状水素の拡散が反応を律速していることが推測できた。

現在、水素分離膜として用いられている Pd-Ag 合金膜は、およそ 0.006mol/min であるので、今後、実用化する上では、透過速度を上げていくことが必要であり、そのために水素透過の最適な条件を見いだしていくことが必要となる。

REFERENCES

- ¹ Toki Sugiyama, Akiko Kitahara and HaruHisa Uchida, "Hydrogen Permeation in LaNi₅ formed on silicone organic material" J.Advanced science, Vol.11, No.2, 1999, p.130.
- ² Takashi Yoshida, "Development and application of proton exchange membrane fuel cell" [Japanese], NTS, 2000.

Presented at '01 SAS Intelligent Symposium