

水素ポンピング法によるグラフェン-金属ヘテロ電極を用いた水素同位体ガスの分離

Hydrogen Isotope Gas Separation used Graphene-Metal Electrode in Hydrogen Pumping Method

原子力機構¹, 北大², 東大^{1,3} ○保田 諭¹, 松島永佳², 朝岡秀人¹, 福谷克之^{1,3}

JAEA¹, Hokkaido Univ.², Univ. of Tokyo³ Satoshi Yasuda¹, Hisayoshi Matsushima,²

Hidehito Asaoka,¹ Katsuyuki Fukutani^{1,3}

E-mail: yasuda.satoshi@jaea.go.jp

【序論】水素同位体である重水素(D₂)は、LSIの高耐久化や薬物代謝のトレーサー、重水素試薬に必須な材料である。主に化学交換法と電気分解、深冷蒸留法による軽水素(H₂)とD₂の混合ガスから分離濃縮されるが、H₂とD₂を分離する能力であるH/D分離能が小さいだけでなく極低温環境や複雑な多段プロセスにより製造コストが高いことが課題となっている。固体高分子形燃料電池を応用した水素ポンピング法は、室温動作可能なシンプルな電気化学リアクターであり低コストのD₂濃縮分離技術の一つとして期待されているが、高いH/D分離能をもつ電極触媒開発は十分に行われていない。本研究では、水素同位体やそのイオンを透過するだけでなく水素同位体の選択的分離能を有することが知られている膜状のパラジウムや単層グラフェンを電極触媒に適用し、高H/D分離能を有する電極触媒創製に関する基礎的知見を得ることを試みた。

【実験】電極触媒には微粒子状のPt/CとPd/C、膜状のPd膜(6nm)、グラフェン(Gr)上にPd膜(6nm)を蒸着したPd/Gr膜を用い、これら電極触媒からなる膜電極接合体を作製した。水素ポンピングは、アノード極にH₂とD₂の混合ガスを、カソード側には加湿Arガスを供給して行い、電圧印加前後のカソード側から排出される水素同位体ガス量を四重極質量分析により評価した(Fig. 1(a))。

【結果】Fig. 1(b)は、アノード極に様々な触媒を用いたときのH/D分離能を示す。微粒子状のPt/CやPd/Cといった一般的な電極触媒を用いた場合ではH/D分離能は1.2程度でほとんど分離効果を示さない。一方、膜状のPd膜を用いた場合にはH/D分離能が3程度と増加し、また、これまでに報告されている気相中での膜透過法で得られたH/D分離能(~2.5)と近い値を示した。この結果は、アノード極での水素(重水素)化されたPdH(PdD)膜が酸化反応により電子とH⁺(D⁺)を放出する電気化学反応においてもH/D分離能を発現することを示す。また、Pd/Gr膜を用いた場合、Pd膜のみと比べH/D分離能が約2倍程度増加し、Pd膜へのグラフェン膜被覆によりH/D分離能が大きく向上する相乗効果があることを明らかにした。

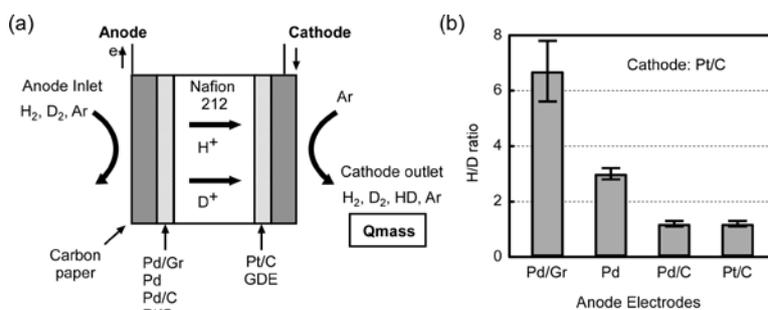


Fig.1 (a) Schematic of hydrogen pumping cell for hydrogen isotope separation. (b) H/D ratio for various anode electrodes.