

電気分解による水素発生反応におよぼす圧力の影響

○石井陽祐, 島本龍馬, 岡村卓実, 川崎晋司
(名工大院工)

Effects of Pressure on Electrochemical Water Splitting Reaction
Yosuke ISHII, Tatsuma SHIMAMOTO, Takumi OKAMURA, Shinji KAWASAKI
(Nagoya Inst. Tech.) E-mail: ishii.yosuke@nitech.ac.jp

1. はじめに

酸素は人間の生命活動に欠かせない分子である。有人での宇宙開発を進めるためには、宇宙でいかに酸素を調達するかが問題となる。そこで注目されているのが、水の電気分解である。近年、月などの天体表面を覆う砂（レゴリス）から水を抽出する技術の開発が進められており、この抽出水を太陽電池発電で得た電力を用いて電気分解すれば、地球外でサステナブルに酸素を発生させられる。また、電気分解で副生した水素と酸素の爆発反応を利用することで、宇宙探査機等を動かすための推進力を得ることもできる。宇宙で水の電気分解を行う上で問題となるのが、電極表面への気泡付着である。地球上での電気分解では、発生した気泡（水素・酸素）は浮力によって電極表面から自発的に離れていくため、継続的な電気分解が可能である。一方、宇宙では浮力が働かないため電極表面がすぐに気泡で覆われてしまい、電流が流れなくなるので電気分解が停止してしまう。

我々は、この気泡付着の問題を解決するための手段として圧力が利用できると考えた。高圧力環境下では電解液に対する水素・酸素の溶解度が向上するため、気泡発生を抑制できると考えたからである。しかしながら水の電気分解反応に及ぼす圧力の影響については実験的にほとんど明らかになっていない。そこで本研究では、高圧力環境下で電気化学実験を行うための装置を開発し、水の電気分解反応に及ぼす圧力の影響について 0.1~400 MPa の範囲で調査したので、その結果について報告する。本発表では、特に水素発生反応に与える圧力の影響について議論する。

2. 実験方法

Fig. 1 に示す構造の気密セルを、ケロシンを圧媒体とした高压容器内に設置した。このセルは作用電極、対電極、参照電極を有し、3電極式の電気化学実験が行える構造となっている。また、このセルはフリーピストンを有している。高圧ハンドポンプを用いて圧力容器内にケロシンを送り込むと、フリーピストンを介してセル内部の電解液が圧縮され、圧力が印加される仕組みである。圧力容器には恒温水を循環させられる温調ジャケットが取り付けられており、0~80℃の範囲で温度制御することが可能である。本研究では温度を 25℃ に設定し、0.1~400 MPa までの様々な圧力で定電流電解測定、サイクリックボルタンメトリ測定、および交流インピーダンス測定を行った。これらの測定では、電解液は 0.1 mol L⁻¹ KOH 水溶液、1 mol L⁻¹ KOH 水溶液、または 0.1 mol L⁻¹ K₂SO₄ 水溶液、作用電極は Pt 板、Au 板、または配向性グラファイトシート、対電極は Pt 線、参照電極は Ag 線を用いた。

3. 結果と考察

0.1 mol L⁻¹ KOH 水溶液中で測定した Pt 電極のサイクリックボルタモグラムを Fig. 2 に示す。圧力の印加により、水素発生反応 (HER) と酸素発生反応 (OER) の電流値が増加した。また作用極が Au 板やグラファイトシートの場合や、電解液が 1 mol L⁻¹ KOH 水溶液や 0.1 mol L⁻¹ K₂SO₄ 水溶液の場合でも同様の傾向が得られた。圧力が高くなるほど -1.0~0 V 付近の還元波の電流値が増加している。圧力が高くなるほど、電極表面への水素の解離吸着過程 (Volmer 過程) が起こりやすくなり、これが水素発生を促進する要因となっていると考えられる。

謝辞

本研究は、科研費 (19K15502、21K05258) および競輪の助成を受けて実施しました。

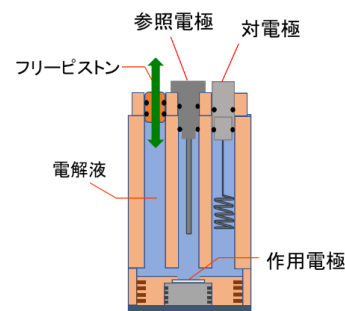


Fig. 1. Structure of the electrochemical cell.

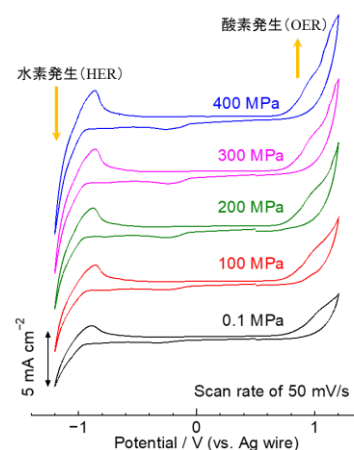


Fig. 2. Cyclic voltammograms of Pt electrode in 0.1 M KOH aqueous solution under various pressures.