フェムト秒レーザーを用いた海水からの直接水素製造法の開発

Development of Direct Hydrogen Production Method from Seawater Using a Femtosecond Pulse Laser

名大工 [1]，静大工 [2]　○桑原 彬 [1]，井上 柊 [2]，水嶋 祐基 [2]，松井 信 [2]，小塚 智貴 [2]，間瀬 暢之 [2]

Nagoya Univ. [1], Shizuoka Univ. [2], ○Akira Kuwahara[1], Shu Inoue[2], Yuki Mizushima[2], Makoto Matsui[2], Tomoki Kozuka[2], Nobuyuki Mase[2]

E-mail: akuwahara@energy.nagoya-u.ac.jp

【背景・目的】水素製造法は、メタンガス等を原料とする水蒸気改質法が広く利用されているものの、副次的に二酸化炭素が排出されることから、再生可能エネルギーを動力源とした電気分解等によるグリーン水素が注目されている。しかし、無尽蔵に存在する海水を資源として利用する場合には、予め脱塩処理をしなければ、塩素ガスの生成による設備の腐食が問題となる。近年では、逆浸透膜を電解槽に使用したシステム[1]、塩素ガスの排出を抑制する触媒[2]が報告されているものの、電解槽の装置規模を考慮すると安定輸送技術の開発や輸送コストが問題となる。

そこで、本研究では、フェムト秒レーザーによるレーザーアブレーションを用いた海水からの直接水素製造を実証した。本手法は、水分子の多光子吸収による直接電離を利用しており、海水中であっても塩素ガスが選択的に生成しないことが期待される。また、レーザーによる非接触放電により、水槽内に海水のみが供給される非常にシンプルなプラントが実現できる。

【実験方法】セプタム付き円筒セル（11231047S、島津製作所）内に液体サンプルを封入し、フェムト秒レーザー（810 nm、130 fs、< 0.5 mJ）をサンプル中に集光することで、レーザーアブレーションを発生させた。一定時間レーザーを照射した後、容器内の気体をマイクロシリンジで 2μL サンプリングしガスクロマトグラフィー（GC2010 plus、島津製作所）にて水素ガス量を定量した。本研究では、海水サンプルとして、人工海水（マリンアート SF-1、富田製薬）を使用した。

【結果・考察】円筒セルを使用した本研究の水素ガス生成量（超純水、人工海水）及び四角セルを使用した先行研究[3]の水素ガス生成量（超純水）を図 1、水素ガス生成量の塩濃度依存性（5 分間照射）を図 2 に示す。図 1 より、1）先行研究との比較からセル形状による水素エンハンスメント効果、2）超純水と海水の比較から塩成分による水素エンハンスメント効果が確認された。一方で、図 2 より、2.5 倍濃縮海水では、急激な水素ガス生成量の低下が見られており、イオン化ポテンシャルの低い Na 等によるマトリックス効果が顕著になったと考えられる。また、焦点付近でのカー効果と発生した電子による凹レンズ効果も水素生成量に影響していると考えられる。本発表では、気泡のシャドウグラフによる可視化結果、水素ガス以外の生成ガスの分析結果についても報告する。

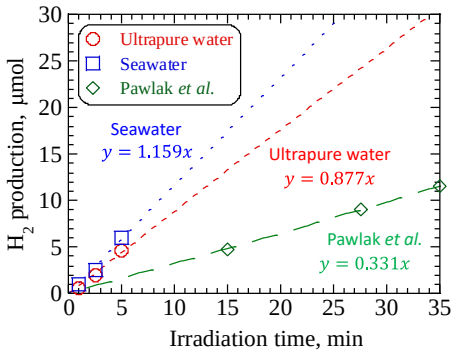

図 1　水素ガス生成量の比較

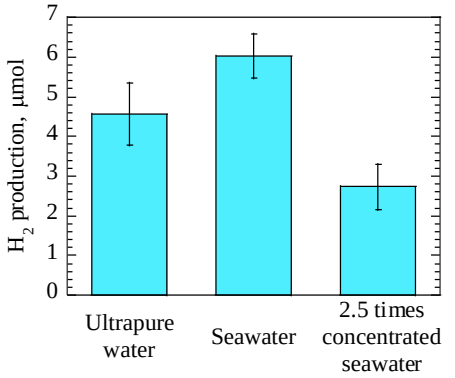

図 2　水素ガス生成量の塩濃度依存性

【参考文献】

1) L. Shi, *et al.*, *Energy Environ. Sci.*, 2020, **13**, 3138.
2) H. Abe, *et al.*, *ACS Catal.*, 2021, **11**, 6390.
3) H. K. Pawlak, *et al.*, *Appl. Energy*, 2019, **247**, 24.