

400°C 以下の低温で水から水素を生成することに成功

広島大学サステナブル・ディベロップメント実践研究センター・特任講師 宮岡裕樹
 広島大学先進機能物質研究センター・教授 小島由継, 准教授 市川貴之

広島大学サステナブル・ディベロップメント実践研究センターの宮岡裕樹特任講師を中心とする研究グループは、同大学先進機能物質研究センターの小島由継教授のグループと協力して、アルカリ金属を用いた熱化学反応を利用することにより、理論的に4000°Cの高温が必要な水分解による水素生成を、400°C以下で実現できる可能性を見出しました。この技術が実用化されれば、太陽熱をより有効に利用できるだけでなく、工場排熱をはじめとした未利用熱を使った水素生成が可能となるため、再生可能エネルギーの利用拡大に繋がることが期待されます。

研究背景

現在の我々の生活は、石油をはじめとした「化石燃料」と呼ばれるエネルギーを利用することで成り立っています。しかしながら、この化石燃料は有限の資源であり、且つ化石燃料を使用した際に排出される二酸化炭素(CO₂)の地球環境への影響が懸念されています。化石燃料の利用から脱却するためには、太陽光、水力、風力といった自然エネルギーを利用する必要がありますが、これらは大きく変動するため、需要に合わせて利用することは極めて困難です。

自然エネルギーを貯蔵する媒体として、近年「水素(H₂)」が注目されています。「水素」は「電気」に比べ大量のエネルギー貯蔵が可能であり、且つ燃焼によりエネルギーを取り出す際に「水(H₂O)」しか排出しない極めてクリーンな物質です。従って、図1に示すように、自然エネルギーを用いて「水(H₂O)」から「水素」を造り、その水素を貯蔵/輸送し、燃料電池¹⁾や内燃機関²⁾を用いてエネルギーを取り出し「水」に戻すというサイクルが理想的な形と言えます。熱エネルギーのみを利用して水から水素を生成する(H₂O→H₂+1/2O₂)場合、4000 °C 以上という非常に高い温度が必要となりますが、幾つかの化学反応を組み合わせ、段階的に反応を進行させる“熱化学法”を用いることで、水分解に必要なエネルギーが数種の化学反応に分割され、各反応の進行に必要な温度が単純水分解の場合よりも低くなります。つまり、より低温での水分解が実現可能となるわけです。現在検討されている熱化学法の制御温度は、いずれも800~1500°Cであり、高性能な太陽炉³⁾や高温ガス炉⁴⁾といった高温熱源の利用が想定されて

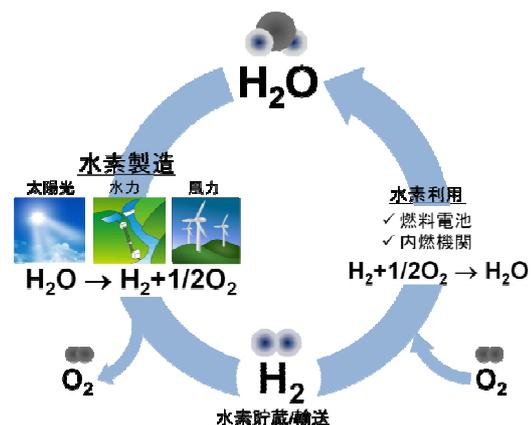
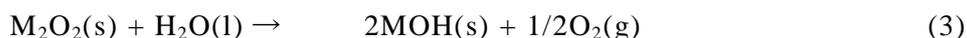
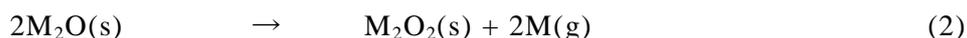
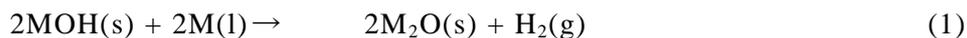


図1 水素を媒体としたエネルギーサイクル

います。しかし、これらの熱源の利用には、プラント建設地の選定や安全性の確保といった面で厳しい制約が課せられているのが現状です。

研究内容とその成果

宮岡裕樹特任講師を中心とする研究グループは、物質科学の観点から化学反応を制御し、既存技術より低温で水分解による水素生成を実現することを目的とした研究を行いました。研究概略を図2に示します。注目したのは以下の反応式(1)~(3)で表わされるアルカリ金属を用いた多段階化学反応³⁾です。



アルカリ金属は、比較的低温で融解し液体状態になる、また、水素や酸素と様々な化合物を形成するといった性質を有しています。これらのアルカリ金属の特性を利用し化学反応を制御することにより、既存技術より大幅に低い400℃という温度で、水分解反応を実現できる可能性を示しました。この研究成果は、水素関連技術がまとめられている学術雑誌「International Journal of Hydrogen Energy」に認められ、37巻23号に掲載されました。

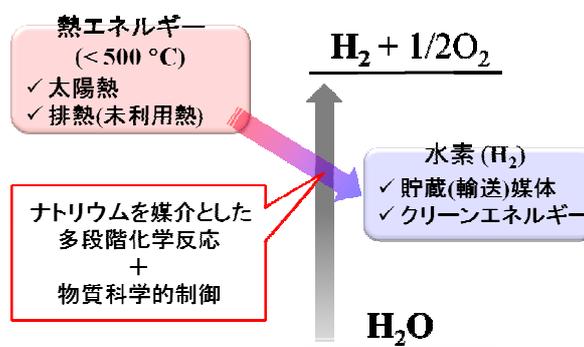


図2 ナトリウムを媒介とした熱化学水分解技術の概略図

その成果の優位性と社会や暮らしに及ぼす影響

既存の熱化学水分解では、水素生成に800℃以上の熱が必要であり、これらを制御するための高温熱源(800℃以上)として、太陽エネルギーを利用した太陽炉⁴⁾や原子力を利用した高温ガス炉⁵⁾が想定されています。前者の場合、1000℃近い高温を作り出すためには砂漠地域をはじめとした日照量の多い場所にプラントを建設する必要があります。従って、日本のような場所では利用が困難です。後者は、安全性や廃棄物処理の面に課題を有しており、その依存度については慎重な議論が必要となります。一方、本研究で提案する熱化学水素生成技術は、400℃という低温で制御可能であるため、太陽熱や産業分野で生じる排熱等の利用が想定できます。つまり、様々な場所で様々な熱源を用いた水素生成が可能となるため、再生可能エネルギーの利用拡大及び化石エネルギーの効率的利用に繋がるのが期待されます。

今後の展開

本技術は、研究室レベルで少量の試薬を用いた実験において実証された段階です。今後は、反応装置のスケールアップや改良を段階的に進め、実用化に向けた研究を展開する予定です。また、本技術における重要な課題としては、アルカリ金属を含む物質を高温で使用した際の反応装置の腐食が挙げられます。これについては、現在改善に向けた調査を進めているところです。

補足資料

- 1) 燃料電池：電気化学的に水素を燃焼 $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ させ、水素として貯蔵したエネルギーを電気として取り出す装置。
- 2) 内燃機関：装置内部で燃料を燃焼させ動力としてエネルギーを取り出す装置。燃料を水素として利用した場合は、燃料電池と同様な反応 $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ となる。
- 3) アルカリ金属を用いた多段階化学反応：式中記号の説明-M：アルカリ金属(リチウム：Li, ナトリウム：Na, カリウム：K), H：水素, O：酸素。(s)：固体, (l)：液体, (g)：気体。
- 4) 太陽炉：鏡やレンズを用いることで太陽光を集光し、熱を作り出す装置。
- 5) 高温ガス炉：ヘリウムを冷却材として利用した原子炉。1000 °C 近い高温が利用できる点が特徴。

【お問い合わせ先】

広島大学サステナブル・ディベロップメント実践研究センター
宮岡 裕樹
TEL&FAX: 0 8 2 - 4 2 4 - 4 6 0 4
e-mail: miyaoka@h2.hiroshima-u.ac.jp