

水素社会への貢献！（ダイジェスト版）

わずか10ワットのマイクロ波で有機化合物から水素を取り出す

触媒効率は従来法(JP2007-269522)と比較して19.1倍に向上！

By 岐阜薬科大学 薬品化学研究室・株式会社サイダ・FDS・エヌ・イー ケムキャット株式会社
配信元：岐阜薬科大学

研究の背景 水素は燃料電池などの二酸化炭素を出さないエネルギー源として期待されています。最も軽い元素であり、大量の電力エネルギーを投入してマイナス252.6℃まで下げると液体水素になります。しかし、容易に気化するため、極低温を維持するためのコストや貯蔵中の蒸発ロスなどが課題となります。そこで、水素を常温で液体の有機化合物に「蓄えて」、運搬・貯蔵するシステム（**有機ハイドライド法：その有機化合物を水素キャリアと呼びます**）が注目されています。例えば、メチルシクロヘキサンを水素キャリアとした国際間水素サプライチェーン実証事業が国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）を中心としたプロジェクトで進められています。しかし、メチルシクロヘキサンからの脱水素は吸熱反応（205 kJ/mol）であり、外部から**多量のエネルギーを投入**する必要があるなど（270–360℃, 10 圧程度）問題が残り、実用化に向けてエネルギー効率の改善が求められています。

研究成果 現在の有機合成反応は原料と試薬をフラスコや反応釜で加熱して、蓋を開けて生成物を取り出し、きれいに精製する手間のかかる方法が主流です（これを**バッチ合成**といいます）。これに対して、狭い流路に反応に必要な試薬を溶かした溶液を流し込むことで化学反応を行う**フロー反応**が注目されています。

岐阜薬科大学 薬品化学研究室、株式会社サイダ・FDS、エヌ・イー ケムキャット株式会社、国立研究開発法人 産業技術総合研究所（産総研、AIST）の研究グループは、「**フロー反応**」とわずか「**10ワットのマイクロ波照射**」、そして「**触媒**」を組み合わせ、メチルシクロヘキサンなどの飽和環状炭化水素化合物から**水素ガスを連続して取り出し、芳香族化合物に変換する方法（水素製造法）**を開発しました。単一波長のマイクロ波を触媒部分に選択的に吸収させることで**局所高温反応場**を作成し、そこにメチルシクロヘキサンを流して効率良く脱水素させて水素ガスを取り出すシステムです。投入したマイクロ波エネルギーをうまく一箇所に集中させることで、放熱などの**エネルギーロス**を極力排除して、飽和環状炭化水素化合物から**水素ガスを定量的に取り出す方法**で、水素社会での利用が期待されます。



具体的には、球状活性炭に担持された白金（触媒）を充填したガラス反応管に、10ワットのマイクロ波を照射しながらメチルシクロヘキサンを連続循環送液したところ、12時間後でも**触媒の劣化がなく**、一定速度で99.9%以上の純度の水素ガスが発生しました。なお、10ワットとは、例えば蛍光灯のナツメ球や家庭用LED電球を点灯させる程度の電力です。

この反応では、**投入したマイクロ波エネルギーの約90%が反応系に吸収され、その23.9%が化学変換（C-H結合切断とH-H結合形成）エネルギーとして消費（転写）された計算**になります。投入エネルギーのほとんどを熱として放出してしまう、**カラムオープンや熱媒体を使った加熱と比較**すると格段に効率が良く、まさに省エネ実践型の水素製造技術です。

触媒効率の指標である space time yields (STYs)は、 $886 \text{ mol L}_{\text{cat}}^{-1} \text{ hrs}^{-1}$ であり、従来より報告されている、マイクロ波を使用しない加熱反応を利用した脱水素反応よりも**19.1倍ほど向上**しています。

今後への期待 これまでの知見を基盤として、メチルシクロヘキサンなど、常温で液体の様々な有機ケミカルハイドライドから水素を取り出す方法として確立するとともに、この反応をスケールアップして、大量の水素ガスを必要最小限のエネルギー投入で効率良く取り出す実用的な方法へと熟成させる事で、**水素社会（水素ステーション・燃料電池・水素の運搬と取り出しなど）への貢献を目指します。**