

マイクロ波急速・選択加熱による新規な水素製造法

(豊田中研) ○福島英沖・曾布川英夫・福嶋喜章・山本正美・石井靖弘

マイクロ波を用いた省エネルギー技術や環境負荷低減技術の研究開発が盛んになってきている。マイクロ波プロセスは従来技術に比べて消費エネルギーを1桁ほど低減できるため、将来の新しいプロセス技術として大きなインパクトを与える可能性がある。今まで燃料電池の水素製造に研究開発されてきた改質技術は、外部から全体を加熱するため、装置が大型複雑で始動性や効率等に問題があった。また現状では、化石燃料から水素を製造しており、地球温暖化や化石燃料枯渇化の問題に対して本質的な解決策になっていない。我々はバイオマス燃料であるエタノールと省エネルギー技術であるマイクロ波加熱を組み合わせ、マイクロ波によるエタノール改質の研究を開始した。バイオマス燃料は再生可能エネルギーとして期待されており、CO₂低減効果が大きい。一方、マイクロ波を用いると触媒層のみを内部から短時間で加熱できるため、始動性が良く、エネルギー効率の高い改質が期待できる。また、マイクロ波は水やアルコールとの反応性が極めて高いため、より低温で触媒を活性化できる可能性がある。

当所で開発したマイクロ波加熱装置(2.45GHz)を用いてエタノールの水蒸気改質を行った。改質器にはエネルギーを集中できるシングルモード共振器(キャビティ)を用い、改質器内に石英管を配置し、石英管中心部に触媒ペレットを挿入して改質を行った。触媒にはRh/CeO₂系ペレットを用い、エタノール/水の混合液を改質器内で急速加熱し、生成ガスをガスクロで分析した。また、スチーム/カーボン比S/C、ガス空間速度SVの影響を調べ、ヒーター加熱による従来法と比較した。新規に開発したキャビティとマイクロ波吸収材を用いることにより、100°C/秒という極めて高速な加熱方法を見出した。この方法を用いることにより触媒層のみを急速に加熱し、室温から20秒以内で一定量の水素を生成することが可能となった。図1に示すように、改質温度500°CでH₂濃度70%が得られ、低温域では平衡濃度計算値よりも著しく高い値が得られた。また、高SV(9.3万/h)にしてもエタノール転化率は100%を示し、高い改質性能を示すことが分かった。図2に水素生成量を示す。マイクロ波改質では改質温度500°Cでエタノール1モルから4.7モルの水素が得られ、従来法の約2倍の水素生成量を示した。マイクロ波法ではSVの増加とともに生成ガス量は直線的に増えるが、従来法では高SVにすると転化率が低下しガス量は飽和する傾向を示した。マイクロ波法では、エタノール水溶液1cc/分から生成ガス量1.3L(H₂量0.9L)が得られ、温度500°Cで改質したときの改質器効率率は約80%であった。

新しい燃料改質技術として、バイオエタノールをマイクロ波で分解し、急速始動で低温改質が可能な水素製造法を考案した。マイクロ波照射下では触媒層のみが選択的に加熱され、より低温で触媒を活性化できる。100°C/秒の超高速で加熱し、改質温度500°Cで転化率100%、水素濃度70%、エタノール1モルから水素4.7モルが得られた。マイクロ波を利用した水素製造法は、始動性や負荷応答性に優れ、低温改質、高効率、小型軽量化など、従来にない多くの優れた特徴を持ち、将来の新しい改質技術として燃料電池等への応用が期待できる。

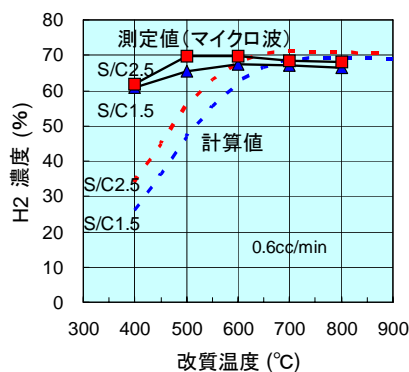


図1 改質温度と水素濃度の関係

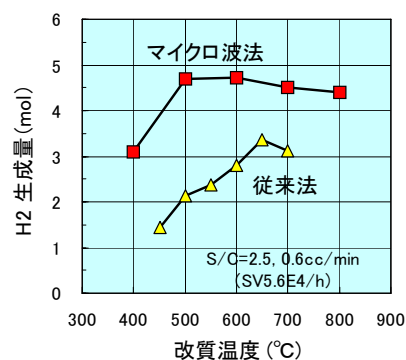


図2 水素生成量の比較