

SPERA HYDROGEN® Process

1. はじめに

SPERA 水素システムは、低炭素社会の実現に向けての“水素の大量貯蔵および長距離輸送”を可能にします。当社は、このシステムを核とする水素サプライチェーン構想を提案しています。

有機ケミカルハイドライド法に基づくこのシステムでは、まずトルエン (toluene) を水素と化学反応させて、メチルシクロヘキサン (methylcyclohexane : MCH) に変換します。この MCH は 6wt% の水素を保持し、1L の液体状態で水素ガス 0.5m³ を貯蔵できる“水素キャリア”です。MCHは、貯蔵・輸送を経て、水素利用時に、化学反応により水素とトルエンに分けられます (図 1)。

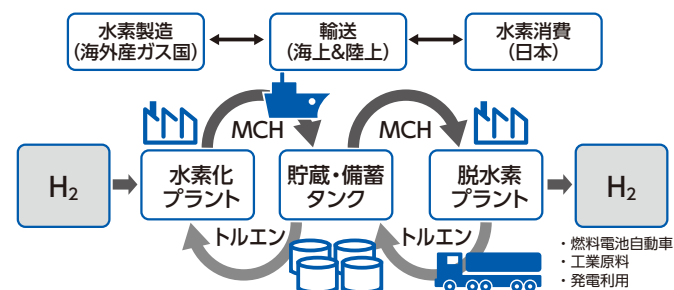


図 1 SPERA 水素システムの全行程

トルエンは−95~111℃、MCHは−126~101℃の範囲で液体であり、常温・常圧で貯蔵および輸送が可能です。また、トルエンおよびMCHは、国内では消防法で、ガソリンと同じ、第四類・第一石油類に分類されています。したがって、SPERA水素システムによれば、水素貯蔵のための極低温液化システムや圧縮システムを必要とせず、既存の石油系インフラを活用することができます。ここでは、SPERA水素システムを構成す

る2つの反応プロセスおよび実証プラントの稼働実績について紹介します。

2. SPERA 水素® プロセス

SPERA水素システムは、反応セクションと貯蔵セクションから成ります。反応セクションは、水素供給サイトにおいては“トルエンの水素化プロセス”、水素需要サイトにおいては“MCHの脱水素プロセス”で構成されます。両プロセスの特徴としては、シンプルな構成であること、熱交換器型の多管式固定床反応器で触媒による気相反応が進行することなどが挙げられます。図2に両プロセスの簡略フローを示します。(以下、文中の番号は図2に付した各機器等の番号に対応)

2.1 水素化プロセス

原料のトルエンは、蒸発器 (1) でガス化され水素を含むリサイクルガスと混合、その後、反応温度まで加熱 (2)、水素化触媒が充填された反応器 (3) に塔頂から供給されます。反応器内で、トルエンは、250℃以下、1MPa 以下で水素と反応して MCH (気体) に転化します。水素化反応は発熱反応であることから、適切な反応温度に制御するために、反応熱はスチーム回収システム (4) で除かれます。回収された熱は、クリーンなエネルギーとして前段プロセスで利用されます。反応器出口の生成ガスは冷却され、凝縮した MCH (液体) と水素ガスに分離されます (6)。水素ガスは再び反応器に送られ (7)、MCH は貯蔵設備に移送されます。

2.2 脱水素プロセス

MCHの脱水素プロセスは、1980年代から国内外で検討されてきましたが、用いる触媒の劣化防止が難しく商用化されていませんでした。当社は、2002年より開発を開始して、実験室規模で10,000時間以上の寿命を有

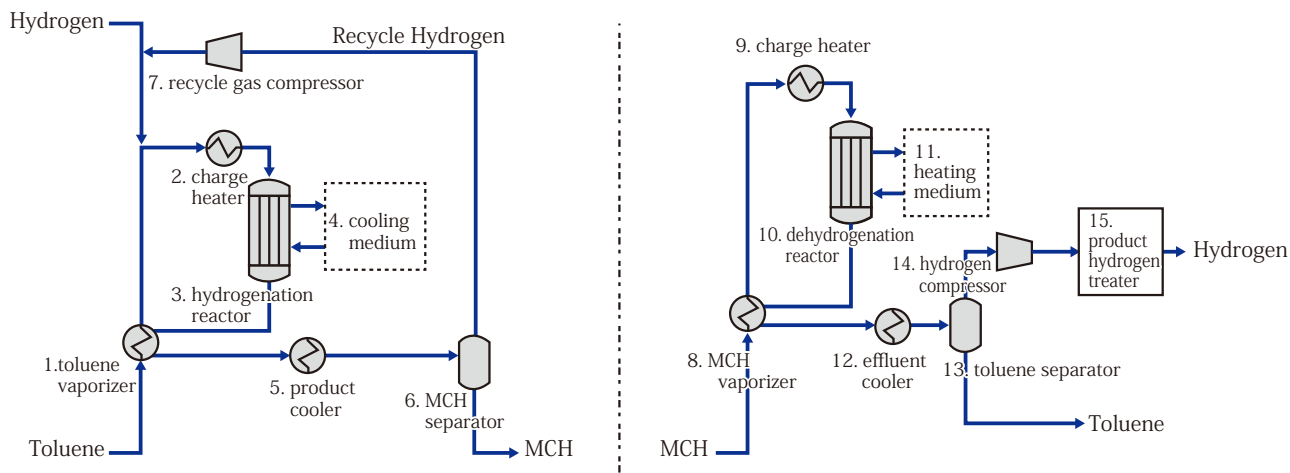


図 2 水素化プロセス (左) と脱水素プロセス (右) の簡略フロー

する高性能の脱水素触媒を見出しました。この触媒の特長は、アルミナ担体に活性種として担持する白金粒子を微小化することにより、活性点分布の均一性を高め、触媒活性劣化の主因とされる炭素質析出の大幅な抑制を可能にしたところにあります。

原料のMCHは蒸発器(8)でガス化され、加熱後(9)、開発した脱水素触媒が充填された反応器(10)に供給されます。脱水素反応は吸熱反応であり、熱の供給を必要とします。熱媒としてのHot Oilは、反応器内のシェル側を通して、プロセス流体に対して向流で供給されます(11)。ここで投入した熱は水素エネルギーに転換されて回収されます。MCHの脱水素反応は、所定の条件(400℃以下、1MPa以下)で進行させます。反応器出口ガスは冷却することにより、水素とトルエンに分離され(13)、得られた水素は圧縮処理後(14)、精製されます(15)。

3. 実証プラントの稼働

図3に実証プラントの概観を示します。反応セクションは、50Nm³/hの水素をトルエンに反応させる水素化反応と、MCHから同量の水素を取り出す脱水素反応を連続的に行う装置となっています。各反応器に装着されている反応管のサイズは、実際に大型商用規模で用いるものと同様です。したがって、反応管の本数を増やすことによって、いかなる商業規模に対しても設計・建設が可能であり、SPERA水素システムによる、水素エネルギーの大規模利用に展開できます。

2013年4月から2014年11月まで延べ約10,000時間にわたり、実証プラントを安定に稼働させ、商用化に必



反応セクション



貯蔵セクション

図3 SPERA水素システムの実証プラント

要な種々のデータを取得しました。また、当社で開発した脱水素触媒の、商用使用時に求められる反応活性レベルや寿命その他の各性能が十分であることも確認できました。

図4に実証プラントの運転結果を示します。図において、反応器設計用シミュレーターの高精度化への反映を目的として、運転初期には水素化および脱水素反応の条件に係る各種データを採取しています。得られた実証性能は、水素化プロセス(水素貯蔵)側のMCH収率(水素貯蔵率)が99%以上であり、脱水素プロセス(水素生成)側のトルエン収率(水素生成率)は95%以上です。なお、触媒は定期的に交換しますが、触媒交換直前でも、両プロセスの収率の積として表される水素貯蔵・生成(輸送)率として95%以上を維持することを想定した大型反応器の設計法も確立しています。

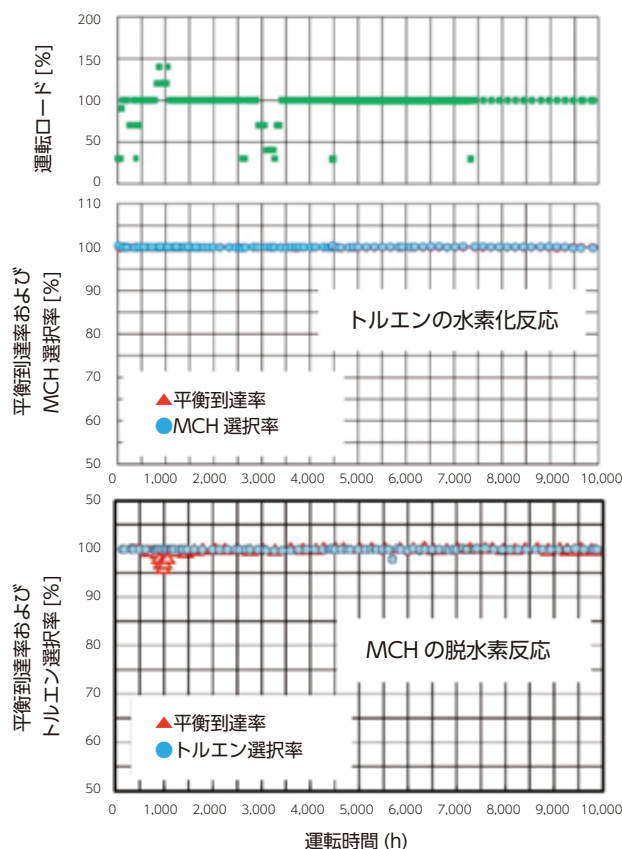


図4 実証プラントの運転結果

4. おわりに

当社は、水素の大規模貯蔵・輸送技術を確認し、その実用化に向けて展開しています。水素社会到来という時代の要請に応えるために、ここで紹介した当社の開発技術とその実用化によって低炭素社会の構築に貢献していきます。