

千代田化工建設の 水素社会に向けた取り組み



千代田化工建設株式会社
技術開発ユニット兼水素チェーン推進ユニット 技師長
岡田 佳巳

人類の持続的な発展には再生可能エネルギーの利用が不可欠である。水素は化石資源ばかりではなく、再生可能エネルギーや原子力に至るすべての一次エネルギーから製造でき、すべての一次エネルギーを水素エネルギーに変換することが可能である。また、水素は化石資源ばかりではなく水を原料として製造できる。すなわち、再生可能エネルギーと水から水素を製造し、利用後に生成した水を膨大に自然循環している水の循環に戻すエネルギーシステムは、原理的に地球環境に影響を与えない究極的なエネルギーシステムと考えられる。さらに、水素エネルギーは燃料電池で電気エネルギーに格段に高い効率で変換できるため、燃料電池の利用は省エネルギーにつながる。再生可能エネルギーが電力に変換される場合、できるだけ電力のまま直接利用するほうが好ましい。しかしながら、電力の輸送は大きな送電ロスが伴うため、石油や天然ガスのように大規模に長距離輸送することが現状では困難である。したがって、直接利用できない再生可能エネルギーの「貯める」「運ぶ」を行うには、エネルギーのキャリアとして水素が重要となる。

水素エネルギーの普及には、石油や天然ガスのように大規模に貯蔵輸送できることが必須であるが、そのような技術はこれまで確立されていなかった。当社では、水素を大規模に貯蔵輸送する際の潜在的なリスクを従来のガソリンと同様のレベルにまで、原理的に低減できる有機ケミカルハイドライド法に着目して開発を行い、2014年に技術的な確立を完了して実用段階に移行している。本稿では開発された技術の概要と将来

に向けた応用技術開発の現況について紹介する。

世界に先駆けた技術開発の成功

有機ケミカルハイドライド法は、水素をトルエンなどの物質に化学的に固定することで、分子内に水素原子を取り込んだメチルシクロヘキサン（MCH）などの液体化学品の形態に変換して、常温・常圧の条件下に大規模に貯蔵輸送を行い、利用場所で脱水素反応を行って水素を取り出して利用する方法である。図1に本法の全体工程を示す。

本法は次の特長を有している。第一に高い安全性である。水素は爆発しやすく、そのまま大規模に貯蔵や輸送する場合に潜在的なリスクが高い物質である。本法はガソリンや軽油の成分であるトルエンやMCHとして貯蔵輸送するため、潜在的なリスクを長年実施してきたガソリンや化学品の貯蔵輸送リスクにまで低減することができる。

第二に、水素を約500分の1の体積のMCHの液体に収蔵でき、常温常圧の条件のもとでの大規模貯蔵輸送が可能である。このため、他の方法に比べて取り扱いが容易である。

第三にトルエンとMCHは、工業溶剤などとして大規模利用の実績がある。MCHは修正ペンのインク溶剤として家庭にもある化学品である。また、ケミカルタンカーでの大規模海上輸送やローリーや貨車での陸上輸送も実用化されており、貯蔵輸送に関する安全基準などが整備されている。また、既存の石油製品のタンク、ケミカルタンカーやローリーなどの既存の流通インフラを新しい水素社会のインフラに最大限に転用できるため、社会コストを低減できる。

有機ケミカルハイドライド法は、すでに1980年代に提案されていた方法であるが、当時はMCHから水素を取り出す反応に必要な脱水素触媒の寿命が1～2日であったため、脱水素触媒の開発が進められたが、実用化できず現在に至っている方法である。

当社では、本技術の鍵であった脱水素触媒開発に

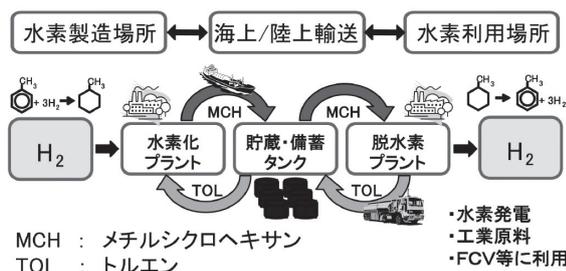


図1 有機ケミカルハイドライド法の全体工程

2002年に着手している。2009年に困難な脱水素反応を連続1年以上継続できる新規な脱水素触媒の開発に世界で初めて成功した。触媒中で反応が起きる白金の粒子サイズを、水素やMCHの分子サイズのオーダーまで小さくしたアンダー・ナノ触媒である。

2011年に開発触媒の工業規模での製造／調達体制が整い、技術確立を目的としたパイロットプラントの建設と実証デモンストレーションを行う開発投資を決定。既存技術をもとにした水素化反応プロセスと、開発触媒を用いた脱水素反応プロセスの基本設計／詳細設計によるプロセスの開発が遂行された。

実証デモ装置は2014年年明けに完工し、官庁検査／試運転を経て同年4月より稼働した。同年5月には設計どおりの性能で安定運転の継続が確認できたことから、世界に先駆けた水素の大規模貯蔵輸送技術の確立成功を発表させて頂いている。また、開発技術は“SPERA水素[®]”システムと命名された。“SPERA”とはラテン語で“希望せよ”を意味する言葉である。

その後、技術実証デモンストレーション運転を2014年11月までの期間に延べ約10000時間にわたって行い、実用化に必要な各種のデータ取得を完了した。また、この間に4300名以上の内外の方々に見学を頂いている(2016年8月現在)。図2に実証デモンストレーション装置の写真を示す。

広範な応用開発

次の4件の開発を新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)プロジェクトにて遂行している。

①水素サプライチェーンの実証

2020年の東京オリンピックの開催年に合わせ、海外で発生する副生水素を日本に海上輸送を行い、天然ガスに混合した燃料を利用してガスタービン発電を行うプロジェクトである。この段階では水素需要が少ないので、小規模な水素サプライチェーン実証として実施する。「水素・燃料電池戦略ロードマップ」では、2025年ごろまでに火力発電燃料利用を開始し、2030年ごろから本格的な導入を目指すとしており、本プロジェクトの成功後、水素を大型火力発電所で利用する計画の速やかなスタートが期待される。

②再生可能エネルギー貯蔵輸送システムの開発

日本版Power to Gasプロジェクトといえる技術開発である。具体的には、風力ファームの変動する電力の出力パターンを模擬した電力信号をアルカリ水電解槽に与えることにより、生産量が変動する電解水素をMCHに転換を行って、大規模に貯蔵輸送する効率的

なシステムの開発を進めている。再生可能エネルギーと水素による大規模なエネルギーシステムを可能な限り早期に、可能な限り効率的に行える技術の確立を目指したプロジェクトである。

③水素ステーションの開発

本法を適用した水素ステーションは、安全性が高いほか、比較的貯蔵量が大きく取り扱いが容易なため輸送距離が長いほど有利となり、離島を含めた2020年以降の水素ステーションの全国展開に適した特長を有している。昨年度よりFCCJ(燃料電池実用化推進協議会)とHySUT(水素利用供給技術協会)にも加入して開発を推進している。

④膜分離型脱水素反応器の開発

中小規模の水素供給ハブにも対応できるコンパクトな脱水素反応器を目指した膜分離型脱水素反応器の開発を地球環境産業技術開発機構(RITE)と共同で遂行している。

水素社会に向けて

当社では世界に先駆けて水素の大規模貯蔵輸送技術の確立を完了し、“SPERA水素[®]”システムと命名して実用化に向けた検討を進めている。また、確立された技術は広範な適用可能性を有しており、NEDOによる研究開発プロジェクトとして各種の技術開発を遂行している。当社では、「水素・燃料電池戦略ロードマップ」の実現に向けて、これらの技術開発を通じてわが国の低炭素社会構築に向けた水素関連産業の振興に貢献したいと考えている。

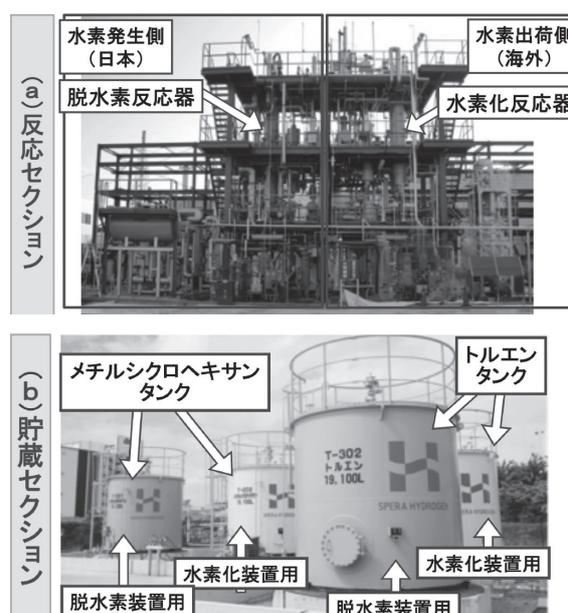


図2 実証デモンストレーション装置