

## No.2

# 水素利用技術に関する 動向調査

「鉄道トレンドウォッチング」第2回では、次世代のエネルギーとして期待される水素に着目し、その技術動向と鉄道での取り組みについて解説します。

### ■ 水素が注目される背景

異常気象や海面上昇を契機とし、地球温暖化による脅威が強く認識されはじめています。2015年のCOP21でパリ協定が採択され、今後は温室効果ガスの排出を抑制する動きが世界的に活発化すると予想されます。日本は1980年代に公害対策が進み、単位GDPあたりのエネルギー消費効率に優れる国ですが、東日本大震災以降は原子力発電所の停止が相次ぎ、化石燃料への依存が再び増加しています(図1)。国際社会の一員として、一層

の温室効果ガスの排出削減を達成するため、新たな社会の仕組みの実現が求められています。

その一つの手段として、使用時に二酸化炭素を排出せず、燃料電池として使う場合は効率が高く省エネになる、水素利用に高い関心が集まっています。水素はさまざまな手段によって製造できるので、多様な技術の活用機会を生み出すことができます。日本は家庭用燃料電池や燃料電池自動車を世界で初めて商品化し、特許出願数で世界トップであるなど、水素利用に関して優れた技術を有しています。水素を環境に優しいエネルギー源として活用する、水素社会の実現が期待されています。

### ■ 水素の製造方法

水素の製造方法に関する現状と技術動向について解説し

ます。水素は単体では自然界に存在せず、何らかの方法で人為的に作り出す必要があります(図2左)。水素を製造する1つ目の方法は、他の工業製品の製造過程で副生するガスから水素を取り出す方法です。鉄鋼の製造時に生じるコークス炉ガスと呼ばれるガスや、苛性ソーダ(水酸化ナトリウムで、ガラスなどの原料)を製造する際に生じる水素などがあります。副産物の利用で効率的ではありますが、本来製品である鉄鋼などの生産量の制約を受け、水素社会のための増産には適しません。

2つ目の方法は、化石燃料から水素を取り出す方法で、天然ガス(メタンが主成分)に水蒸気を加えて水素を取り出す「水蒸気改質法」は効率も良く、現在最も一般的な水素製造方法の一つです。しかしこの方法は化石燃料からの脱却には逆行し、かつ水素製造時に

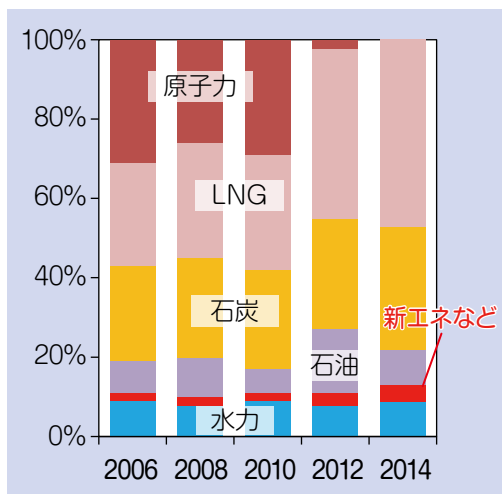


図1 発電電力量構成比 (電力会社資料)

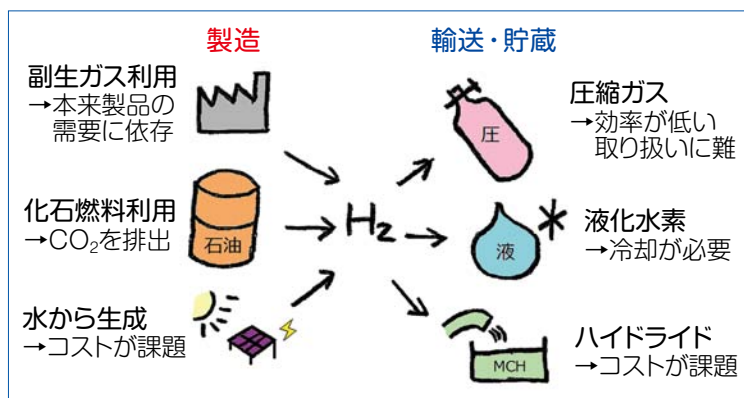


図2 水素の製造および輸送・貯蔵方法

二酸化炭素を排出します。水素は使用時には二酸化炭素を排出しませんが、製造時に排出していたのではメリットが失われてしまいます。再生可能資源であるバイオマスガスから



図3 鉄道総研が燃料電池システムの実験を行っている所内試験電車

水素を取り出す方法もありますが、効率的に純度の高い水素を製造するためには技術的なハードルがあり、バイオマスガスを直接燃焼させて利用することとの効用の差を見極める必要があります。

水素の安定供給が可能な方法として、3つ目の水から水素を作る方法が注目されています。水の電気分解による方法はよく知られていますが、これに要する電力を化石燃料以外から得ることや、電力からのエネルギー変換効率の向上が、水素を工業的に製造する上で不可欠となっています。水の熱分解により水素を製造する方法もあり、原理的には数千度の超高温環境が必要ですが、複数の化学反応を組み合わせることで必要な環境温度を下げる試みがされています。このうちヨウ素 (I) 硫黄 (S) プロセスと呼ばれる方法では、使用する腐食性の強い気体の取り扱いが課題となっています。

### ■ 水素の輸送・貯蔵方法

水素社会を実現するうえで重要となる、水素の輸送・貯蔵方法に関する現状と技術動向について解説します。

水素は体積あたりのエネルギー密度が天然ガスの1/3程度と低く、これをいかに高く保持するかが、システム効率の観点で重要となります(図2右)。1つ目の方法である、気体のまま圧縮する方法は現在最も多く使われてお

り、通常は約200気圧に高压化しますが、軽量で450気圧対応まで強度を高めた炭素繊維補強のタンクも開発されるなど、効率化も進められています。

2つ目の液化水素による方法は、体積を1/800に下げることができ、より大量の輸送・貯蔵に適します。しかしこの方法は、水素を-253℃という極低温に冷やす必要があり、一般には液化窒素の温度まで冷却したあとで圧縮→冷却→膨張を繰り返す方法が採られます。この液化作業、およびその状態を保持するエネルギーをいかに低下させるかが重要となります。

圧縮水素は高压で、液化水素は極低温という制約がありますが、より使い勝手のよい常温・常圧の方法として注目されているのが、3つ目のハイドライド法です。例えばトルエンに水素を反応させ、メチルシクロヘキサン(いずれも常温で液体)に変換します。これにより体積は1/600程度に減少し、従来のケミカルタンカーなどでの輸送が可能になります。この技術では脱水素プロセス(水素の取り出し)が重要であり、反応速度を速める触媒などの開発が進められています。水素と反応させる物質を水素キャリアと呼び、アンモニアもその候補ですが、強アルカリで刺激臭が強く、取り扱いに注意が必要です。水素吸蔵合金を使った方法もありますが、体積密度は高いものの合金自体が重いことに注意が必要です。

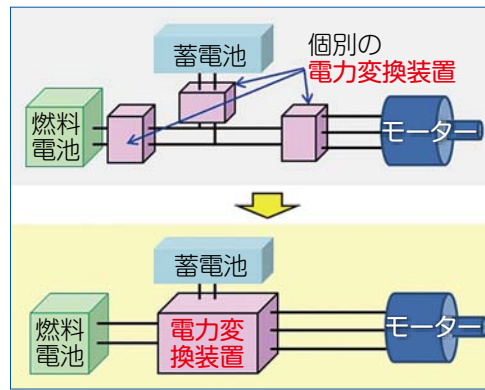


図4 電力変換装置の統合

### ■ 鉄道での水素利用と今後

水素はエネルギーを貯蔵し輸送できる側面があり、変動の大きい自然エネルギーによる電力供給を平準化したり、電力網から離れた場所や非常時のエネルギー供給に利用できる可能性があります。また、交通機関にも、例えば燃料電池自動車のように、化石燃料の代替として用いることが期待されています。鉄道が燃料電池で走る時代も近いのでしょうか。

燃料電池で走る鉄道はすでに研究が進められています。現時点では、コスト、1回の水素充填で走行可能な距離、燃料電池の寿命などのほか、水素利用に必要な設備や機材の設置・取り扱いに関する法令の制約などの問題がありますが、技術開発も年々進んでいます。鉄道総研では2006年より鉄道用燃料電池システムの開発を進めており(図3)、現在は燃料電池・蓄電池・駆動モーターそれぞれの電力変換装置の統合(図4)、電力変換装置用冷却装置の小型化、燃料電池の発熱を抑制する運転方法の開発などに取り組んでいます。

環境に優しいエネルギー源として水素が注目されていますが、その製造や輸送・貯蔵などの面で課題があり、エネルギー効率やコストの観点でさらなる検討が必要です。今後の技術開発の動向に注目です。

(大屋戸理明/企画室 戦略調査)