

千住水素ステーション

水素ステーションが身近になる日

地球環境やエネルギー問題の解決策として、燃料電池は、自動車をはじめ多くの分野から期待を集めている。普及の鍵を握るキーテクノロジーのひとつが、水素の製造、輸送、貯蔵の技術である。燃料電池への最適な水素供給システムを模索して、現在水素ステーションの実証プロジェクトが実施されている。そこには、鉄鋼業が培ってきたエネルギー関連技術や材料技術が多角的に生かされている。時代が求める新しい分野で、鉄鋼技術は新しい活躍の場を広げている。



実証実験段階を迎え首都圏を始め各地で建設が進む水素ステーション（東京・南千住のJHFC千住ステーション）

世界が注目する燃料電池と水素エネルギー

米国のブッシュ大統領は、2003年1月の一般教書の中で、米国がクリーンな水素燃料自動車の開発で世界をリードするという内容の「水素燃料イニシアティブ」を発表した。そして水素供給のインフラ整備、燃料電池、ハイブリッド車開発計画に多額の資金を拠出することとなった。2003年に米国で開催された、国際協力開始に当たっての閣僚会議には、世界15カ国（日本、カナダ、ブラジル、イギリス、フランス、ドイツ、イタリア、アイスランド、ノルウェー、ロシア、中国、韓国、インド、オーストラリア、米国）と欧州委員会が出席し、協定書に署名した。

水素を燃料とする燃料電池の開発に取り組んでいるのは、米国だけでなく世界各国も同じである。欧米各国はもちろんのこと、中国やインドでも燃料電池車や水素に関する研究が行われている。地球環境問題の解決に向け、水素エネルギーと燃料電池の利用は、世界的に大きな注目を集めている。

水素は、酸素と反応して水を生成し、燃焼させればCO₂などを排出せずに熱エネルギーが得られるという特徴を持つ。また、

燃料電池自動車の構造と主な貯蔵方法



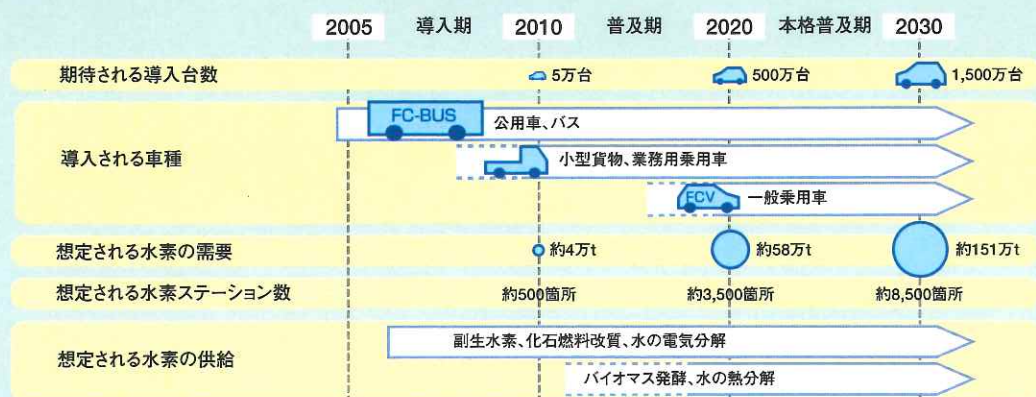
高圧水素タンク	水素（気体）を圧縮して貯蔵・車載
液体水素タンク	液体水素を極低温（-253℃以下）で貯蔵・車載
水素吸蔵合金	水素（気体）を合金に吸蔵して貯蔵・車載

（JHFCプロジェクト資料より）

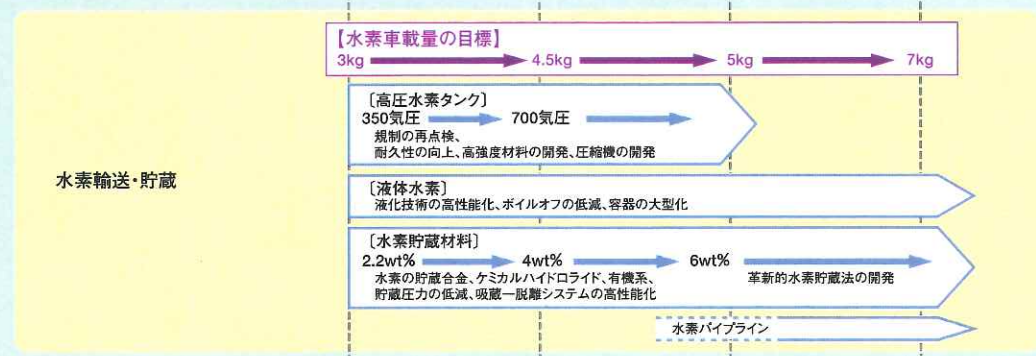
太陽エネルギーなどの再生可能エネルギー*による電気で水から水素を製造すれば、極めて地球環境負荷の少ないエネルギーシステムが実現可能になることからエネルギー源としての水素は大きな期待を集めている。

*再生可能エネルギー：枯渇する化石燃料から得られるエネルギーに対して、太陽、風力、海洋、水力、バイオマスなど、自然環境の中で繰り返し起こる現象に伴って得られるエネルギーのこと。

■水素エネルギー社会における燃料電池自動車の普及の見通し



■水素輸送・貯蔵に関する技術開発戦略



(資源エネルギー庁・燃料電池実用化戦略研究会資料を元に作成)

燃料電池は、水素と酸素との化学反応により電気を発生する仕組みである。排出するのは水であり、エネルギーの変換効率に優れている。燃料電池の用途としては、燃料電池自動車、定置用燃料電池(家庭用分散エネルギー)、携帯用燃料電池(携帯型機器の電源)、高温形燃料電池(高効率発電所など)などが有望と考えられているが、このうち最も注目され研究が進んでいるのが燃料電池自動車である。

日本が目指す燃料電池車普及のシナリオ

燃料電池自動車の将来的な普及について、資源エネルギー庁・燃料電池実用化戦略研究会がシナリオを描いている。この中では、燃料電池自動車の導入目標は2010年に5万台、2020年に500万台、2030年に1,500万台とされている。日本の自動車保有台数は約7,700万台(2003年度)であり、1,500万台はそれのおよそ2割に相当する。このことから考えても、燃料電池自動車導入への期待の高さがうかがえる。2002(平成14)年12月、首相官邸前で行われた世界初の燃料電池市販車の納車式の様子は広く報道され、日本政府の積極的な取り組みを印象付けた。

しかしながら現在日本で公道を走っている燃料電池自動車はごくわずかで、普及には解決すべき課題が多く残っている。

大きな課題の1つは、燃料電池の性能改善である。燃料電池の発電効率や耐久性*などを向上させ、低コスト化を図ることが必要である。また燃料電池自動車がガソリン自動車に匹敵する快適性や経済性を備え、基本性能が一層向上することが求められる。

また水素そのものに関連する課題としては、製造技術、輸送及び貯蔵技術の開発が重要である。製造においては、可燃性ガスである水素を、安全で経済的に製造することが求められる。輸送及び貯蔵では、製造拠点から水素ステーションへの輸送、及び水素ステーションでの貯蔵や、さらに自動車に供給された後の貯蔵をどのように行うか、という点である。これまでに、水素の形態(高圧水素、液体水素など)や貯蔵方法(圧縮ガス方式、液体水素方式、水素吸蔵合金やカーボンナノチューブの利用など)の検討が進められてきたが、安全性や効率の点から一層の技術開発が求められている。

燃料電池自動車の登場は、単に燃料がガソリンから水素へ変わるということにとどまらない。水素関連技術の開発やそれを支える社会基盤の整備まで、自動車、エネルギーを取り巻くさまざまな課題を解決していくことが必要となる。

*燃料電池戦略研究会では、自動車用燃料電池の技術目標を「発電効率60%以上、耐久性5,000時間以上、起動停止6万回以上」としている。
(資源エネルギー庁・燃料電池戦略研究会資料より)

製鉄所の副生ガスは重要な水素供給源

2002～2005(平成14～17)年度、水素・燃料電池実証プロジェクト(JHFCプロジェクト*)が実施されている。このプロジェクトは、経済産業省が実施する固体高分子型燃料電池システム実証等研究補助事業に含まれる「燃料電池自動車実証研究」と「燃料電池自動車用水素供給設備実証研究」から構成されている。燃料電池自動車の実証走行と水素ステーションの建設、実証試験を通して、実際の使用条件での技術課題を明らかにするとともに、環境特性、エネルギー総合効率などに関するデータを収集分析する。

このうち燃料電池自動車用水素供給設備実証研究では、水素の原料や製造方式が異なる水素ステーション10箇所を設置し、実際に燃料電池自動車を利用することにより、ステーションの運用を評価している。これは世界でも初めての試みである。

製鉄所の中にも、水素が発生する工程がある。製鉄プロセスの中で、コークス炉の副生水素ガスであるコークス炉ガス(Coke

Oven Gas: COG)には、約55vol.%の水素が含まれている。この水素を取り出し、利用する研究が進められている。これはJHFCプロジェクトの一環である「液体水素製造技術開発」で、現在新日本製鐵(株)君津製鐵所のコークス炉の副生水素ガスから液体水素を製造する、世界初の実証実験である。

実証設備は、水素精製工程と水素液化工程から構成されている。水素精製工程では、コークス炉で発生したCOGから不純物を除去、圧縮した後、PSA(Pressure Swing Adsorption、圧力変動吸着分離法)を用いてCOGから水素を分離し、さらに酸素や水分を除去する。これらの処理で、水素の純度は燃料電池車用水素の純度基準(99.99%以上)を達成する。次の水素液化工程では、液体ヘリウムと液体窒素を利用した冷却により、水素は気体から液体となる。最終的に得られる液体水素は不純物が極めて少なく、99.999%以上と高純度である(水素を液化することにより不純物除去が容易となり、高純度化がはかれる)。

実証設備は2004年1月から試運転開始、4月から実証運転が開始されている。1日あたり液体水素製造能力は約200kgで、こ



コークス炉の副生水素ガスから液体水素を製造する世界初の実証設備
(新日本製鐵(株)君津製鐵所内)

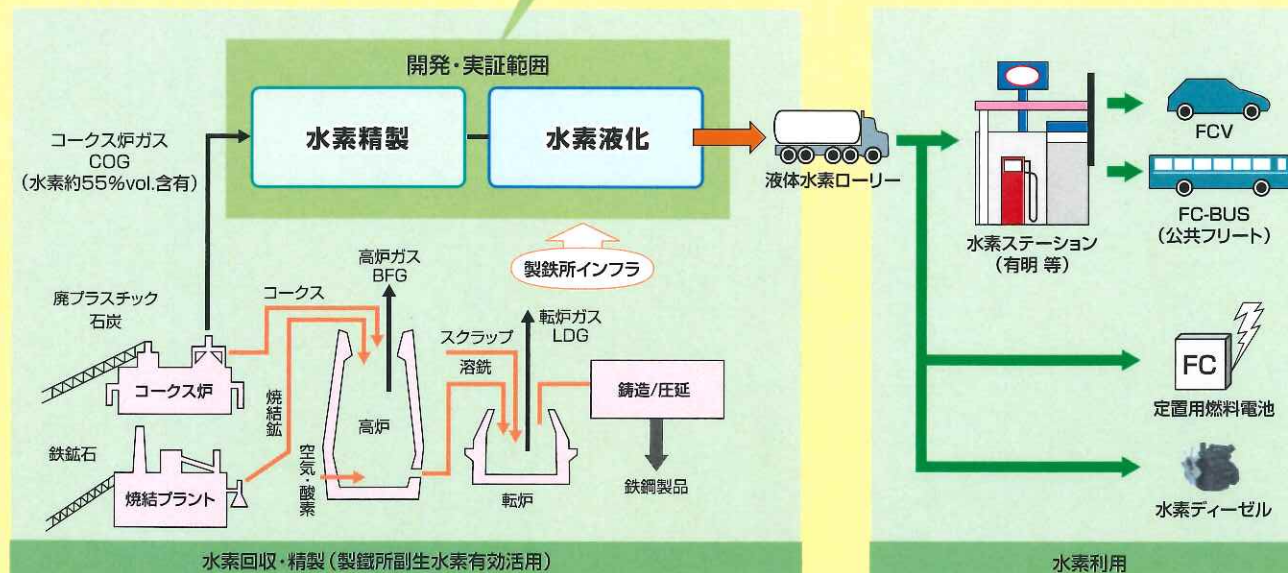


液体水素を運搬する液体水素ローリー



日本初の液体水素ステーションである
有明水素ステーション

■製鉄プロセスにおける水素精製工程の位置づけ



(JHFCプロジェクト資料より)

*JHFCプロジェクトは(財)エンジニアリング振興協会と(財)日本自動車研究所により実施されている。

これは40～60台の燃料電池自動車を充填できる量に相当する(一回の充填で、従来のガソリン自動車と同程度の300～500kmの走行が可能)。液体水素は液体水素ローリーに積載され、約80kmの道程を経て東京・有明にある水素ステーションに輸送、燃料電池車に供給される。ちなみに有明水素ステーションは、日本で初めての液体水素を原料とするステーションである。2004年度は、実証運転を行いながら、液体水素製造設備のエネルギー効率の算出などを行う計画となっている。

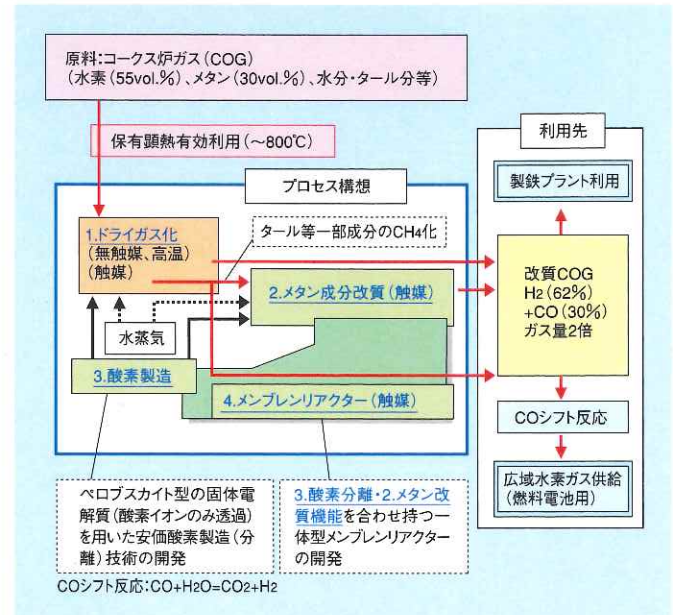
他の水素製造方式に比べ、製鉄副生ガスから水素を得る方式は、水素発生に必要なエネルギーが少なくすむ、という特徴があり、今後さらに環境負荷を低減するための研究が進められている。

なお日本国内で得られる製鉄副生水素ガスの総量は、燃料電池自動車が普及期を迎えても十分な供給能力を保有するものと見られている。鉄鋼業は、長年にわたって資源の有効利用や省エネルギーに取り組んできた経緯がある。副生水素ガスは、鉄鋼業からの新たな供給エネルギーとして大きな可能性を秘めている。

鉄鋼技術に期待される多角的なアプローチ

さらに、製鉄プロセスで発生する排熱の利用技術として、熱エネルギーの高度利用の研究が進められている。これはJRCM(金属系材料研究開発センター)による「製鉄プロセスガス利用水素製造技術開発」プロジェクト(2001～2005年度)で、COG

■COG改質水素製造プロセス構想と要素技術



(財)金属系材料研究開発センター資料を元に作成

■JHFCプロジェクトの水素供給設備実証研究(水素ステーション)



(JHFCプロジェクト資料より)

JHFCプロジェクトにみる水素ステーションの形態

現在実施されているJHFCプロジェクトでは、さまざまな形態の水素ステーション10箇所の実証実験が行われている。これらを水素の製造方法別に見ると、①化石燃料の改質、②水電解、③工場の副生水素ガス利用の3種類に分けられる。

このうち①の化石燃料を改質する方法は、天然ガス、LPガス、石油などを原料とし、水素ステーションまで運搬し、水素ステーションで改質し、水素を得る。原料の運搬は、タンクローリーやパイプラインなどを使用する現行の方法とすればよく、既存技術を活用できる利点がある。ただ、燃料を改質する時にCO₂を排出する問題点がある。

次に②の水電解は、原料の水を水素ステーションまで運搬し、電気分解によって水素を得る方法である。①の方法のようにCO₂を排出することはないが、電気分解に使用する電気エネルギーは、現状では化石燃料由来となる場合もある。

これに対し③の副生水素ガスは、製鉄所やソーダ工場、製油所などで、製品の製造時に発生する水素を有効活用するものであり、水

素を製造する目的のためにエネルギーを消費することはない。ただし、水素の製造場所と供給場所が離れている、いわゆるオフサイト型であるため、輸送時のエネルギー損失をできるだけ抑えることが求められている。

2010年に燃料電池自動車の普及5万台が期待される一方、このための水素ステーションは、2010年に約500箇所の設置が推定されている。多くの水素ステーションへ水素の供給を図るために、製鉄所の副生水素ガスが大きな役割を担うことが予想される。

の顕熱等を活用して、メタン等の化学物質を改質し、水素を製造する技術である。この原理は、コークス炉から発生する約800℃の排熱等で高温空気とプロセス蒸気を加熱した後、高温空気からセラミック膜により透過・分離した酸素と高温蒸気および触媒反応等も利用して、COGに含まれるメタン等と反応させ水素を取り出すものである。

水素製造以外でも、輸送及び貯蔵などの周辺技術分野で、鉄鋼材料には重要な役割が期待されている。

例えば、圧縮ガス方式の水素貯蔵では、タンクの金属材料に比べ水素の原子半径が極めて小さいため、金属材料が水素を吸収して脆くなる問題がある(水素脆性)。また液体水素方式の場合は、-253℃の低温下における低温脆性の問題がある。そこで高圧下、低温下で使用可能な鉄鋼材料の開発が進められてきた。現在、水素ステーションなどの定置式の場合は鋼製の高圧容器が用いられており、さらにクロムモリブデン鋼やステンレス鋼の適用などが検討されている。

水素エネルギーを取り巻く周辺技術でも、解決すべき課題はまだ多く残っている。この分野で、鉄鋼材料及び鉄鋼業のノウハウへの期待は極めて大きく、重要な役割を担っているといっても過言ではないだろう。

本格的な水素エネルギー社会到来に備えて

今後の普及の前提として、水素の貯蔵や輸送に関する法律の整備が必要といわれている。例えば、これまで水素ガスには高圧ガス保安法などの法律が適用されてきた。従来は高圧の水素ガスを自動車で輸送することが認められていなかったが、2001年4月から最高圧力350気圧での積載が認められた。周辺技術の開発に伴い、このような以前の規制の再点検が行われているが、十分な安全性を確保しつつ、燃料電池の導入を想定した新たな規制の体系の構築が求められている。

2005年3月から開催される愛知万博では、燃料電池バスが長久手と瀬戸の2会場を結んで走行する。燃料の水素は、都市ガス改質水素と副生水素ガスで、このうち副生水素ガスは新日本製鐵(株)名古屋製鐵所から高圧水素の状態で開催場内の水素ステーションに輸送される予定である。この水素ステーションはJHFCプロジェクトの一環として建設されるもので、大規模水素ステーションを高効率で操業する実証運転であるとともに、広く一般に水素ステーションの認知度向上を図る機会として、今から注目を集めている。

現在は実験段階にある、燃料電池自動車や水素ステーションは、今後私たちにとってどれほど身近な存在になっていくのだろうか。先端技術が、社会や生活を大きく変える日は意外に近いのかもしれない。



水素や燃料電池への理解を深めるため、広く一般への普及活動も行われている(JHFCのFCVこども体験教室の開催風景)



水素の吸収、放出特性を生かして水素貯蔵への応用が検討されている水素吸蔵合金
(写真提供: (株)日本製鋼所)



カーボン繊維強化プラスチック複合材とアルミニウムを一体化した車載用圧縮水素ガスタンの例(1999年東京モータショー展示より)



愛知万博の水素ステーションと燃料電池ハイブリッドバス(イメージ)



愛知万博へはこの改良版を導入予定
(写真提供: (財)2005年日本国際博覧会協会)

- 取材協力 (財)エンジニアリング振興協会、(財)日本自動車研究所、新日本製鐵(株)、(財)金属系材料研究開発センター
- 取材・文 杉山 香里