

水素社会の実現に向けたインフラ整備の取り組み

地球温暖化問題への対応のため、CO₂の排出削減が地球規模で求められています。そうした状況の下、わが国は「水素社会の実現」をめざす取り組みを加速しようとしています。CO₂を排出しない水素をエネルギー源とすることによって、温暖化防止に貢献しようとするものです。加えて、水素はさまざまな水素化合物から取り出すことができるため、資源に恵まれないわが国にとっては国のエネルギー安全保障上も重要なカギを握るものです。民間の取り組みとしては、すでにそうした製品が市場投入されており、その開発の動きは拡大しているものの、真に「水素社会の実現」と言うにはほど遠い状況です。今回は水素の供給側であるインフラ整備の面で、水素社会実現に向けてユニークな取り組みを行っている自治体に注目し、取材してきました。

地球温暖化問題対応と資源小国日本にとって重要な水素

●水素はクリーンなエネルギー

現在わが国では、燃料電池自動車(FCV)や家庭用燃料電池(エネファーム)など、水素をエネルギーとする製品が市場投入されています。

水素は酸素との化学反応で電気を作り出し、排出するのは水だけで使用時にはCO₂を排出しないことから「クリーンなエネルギー」と言われています。

しかし、これはあくまでも製品の使用時に限った場合のことです。一次エネルギーの9割を石油・石炭・天然ガスといった化石燃料に頼っているわが国では、水素製造時に多

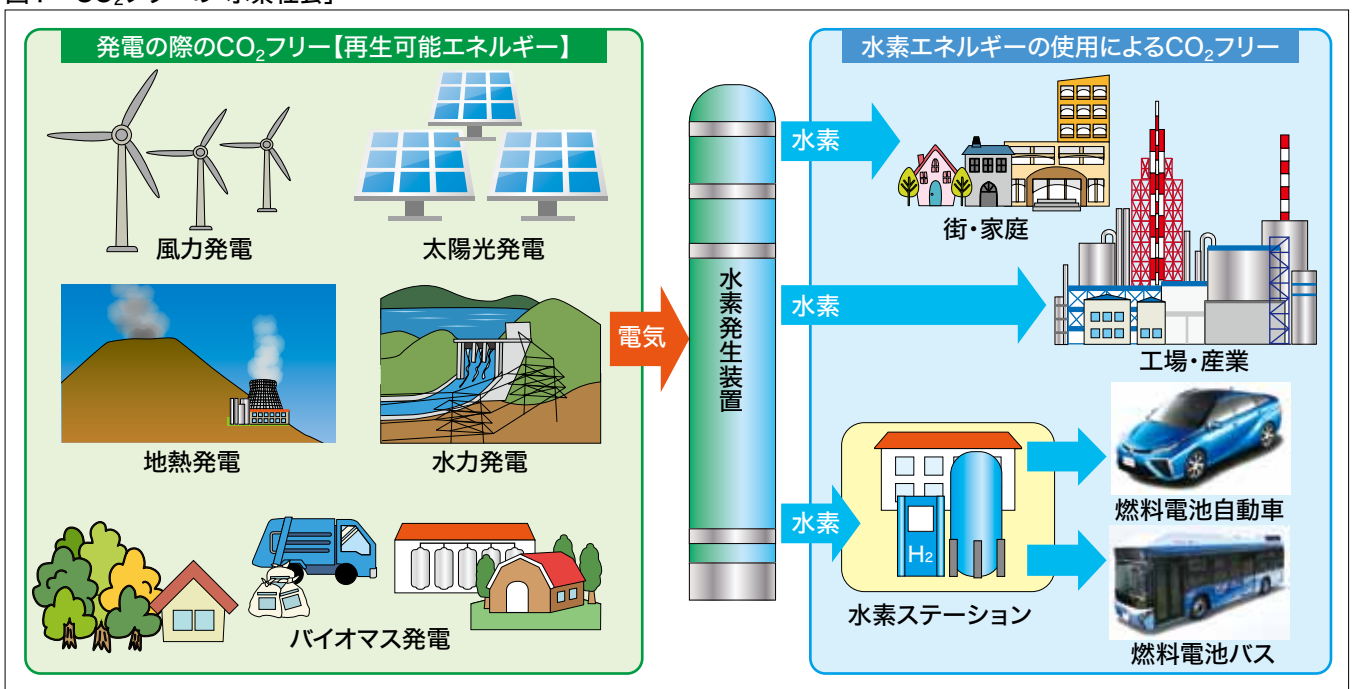
くのCO₂を排出してしまうため、真にクリーンなエネルギーとするには、化石燃料に頼らない水素製造が必要です。製造時から使用時まですべての段階で、CO₂フリーの社会を作ろうとするのが「水素社会」の本来の狙いです(図1)。

●わが国のエネルギー源と水素

水素は水をはじめ、さまざまな水素化合物の状態地球上に存在しているため、化石燃料のように極端な産地の偏在がなく、枯渇の心配もないことから、将来的にも安定的な確保が可能です。

わが国は水資源が豊富で、水素製造のポテンシャルが高いため、エネルギー源の大部分を海外に頼っているわが国のエネルギー安全保障の観点からも水素は注目されています。

図1 CO₂フリーの「水素社会」



写真提供:トヨタ自動車株

●「水素社会の実現」への道

2014年6月、水素・燃料電池戦略協議会（経済産業省）は「水素・燃料電池戦略ロードマップ」を作成しました。

ここでは以下のようなシナリオが描かれており、「水素社会の実現」は2040年頃とされています（フェーズ3）。時間とお金がかかるとは言え、現状の商品開発のスピードから見ると、現実感に欠け、切迫感がありません。

図2 水素・燃料電池戦略ロードマップ

- フェーズ1：現在～（水素利用の飛躍的拡大）
現状の燃料電池自動車や定置用燃料電池の活用を拡大し、わが国が世界に先行する水素・燃料電池分野の世界市場を獲得する。また2020年の東京オリンピック・パラリンピックにおいて水素の可能性を世界に発信する。
- フェーズ2：2020年代後半に実現（水素発電の本格導入）
供給側においては海外の水素源も用いて水素供給システムを確立するとともに、需要側では水素発電の本格導入も視野に入れ、エネルギーセキュリティの向上をめざす。
- フェーズ3：2040年ころに実現（トータルでのCO₂フリー水素供給システムの確立）
再生可能エネルギー等を用いたCO₂フリーの水素供給システムの確立をめざす。

このような予定が立てられていますが、地球温暖化問題や化石燃料への過度な依存からの脱却は喫緊の課題です。水素製造に化石燃料を使っている現状のまま、水素の利活用拡大を図っても環境問題やエネルギー

問題に資するとは言えません。

■課題は水素の製造法

「水素社会の実現」のための大きな課題は水素の製造法です。水素は単体(H₂)として自然界に存在しているのではなく、炭化水素(CnHm)や水(H₂O)などの化合物として存在しているため、何らかの方法で水素を作り出す必要があります。

水素の製造法には、主に、電気分解法と水蒸気改質法と呼ばれる方法があります(図3)。

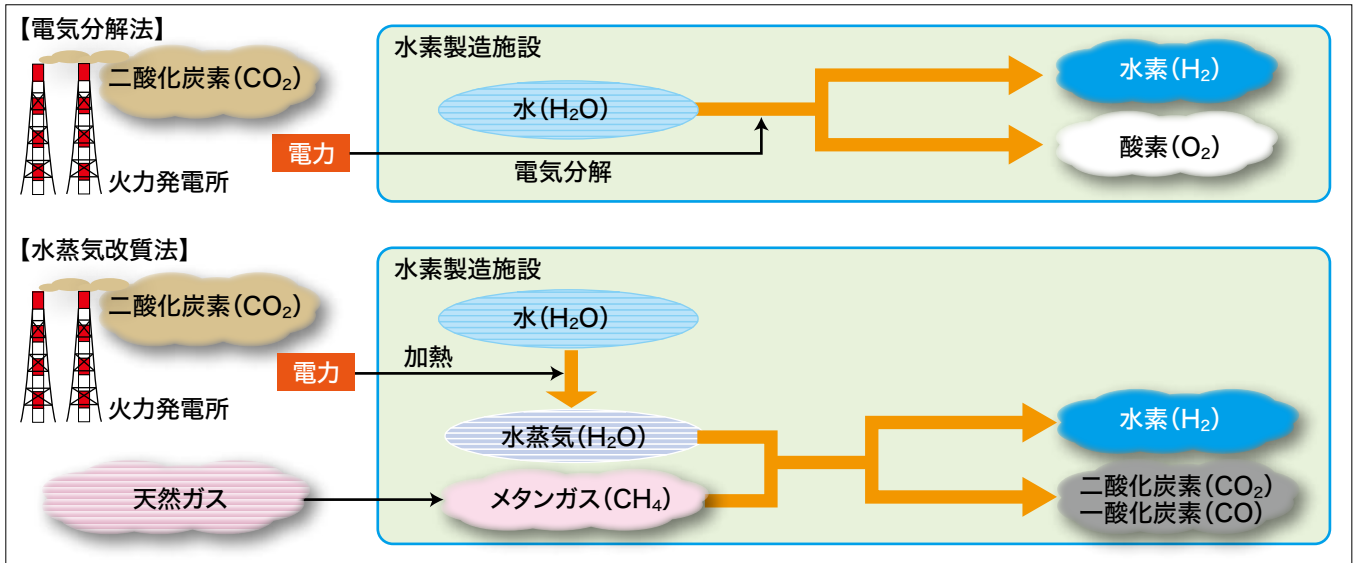
【電気分解法】

水(H₂O)を電気分解することで、その構成分子である水素(H₂)と酸素(O₂)を発生させる方法です。しかし、現状では電気分解のための電気は火力発電所から送られてくるものが主であるため、発電の段階で多くのCO₂が発生しています。

【水蒸気改質法】

石油あるいは天然ガス(メタンガスなど)の主成分である炭化水素を原料とし、電気や天然ガスを熱エネルギーとして使い、高温下の水蒸気と反応させることで水素と二酸化炭素あるいは一酸化炭素に分離させる方法です。電気分解法に比べ、低コストで製造できるため、世界的にポピュラーな方法として導入されています。ただ、この方法においても現状では水蒸気にするまでの段階で化石燃料を使用するためCO₂が発生してしまいます。

図3 主な水素の製造法



下水バイオガスから水素を製造

●福岡市における取り組み

そこで、今回注目したのが福岡市で進められている“下水バイオガスから水素を製造する技術”です(図4)。

福岡市の中部水処理センターでは、昨年度(2014年度)から今年度(2015年度)にかけて、下水処理の過程で発生する下水バイオガス(天然ガスと同様の組成である CH_4 を主成分とする混合ガス)を原料として、水素を作り出す実証事業を行っています。

この実証事業は、国の支援を受けて福岡市をはじめ三菱化工機㈱、九州大学、豊田通商㈱が共同研究体を形成して取り組んでいます。

この実証事業では、下水バイオガスの前処理技術、水素製造技術、水素供給技術を組み合わせ、下水バイオガスから水素を効率的に製造し、燃料電池自動車へ供給するシステムの構築をめざしています。

中部水処理センターで発生する下水バイオガスの成分は、メタン(CH_4)が約60%、二酸化炭素(CO_2)が約40%であり、その他シロキサン等の微量成分が含まれています。まず、下水バイオガスは前処理装置によりシロキサン等を除去した後、膜分離法により二酸化炭素を分離し、高濃度のメタン(約92%)に精製します。このメ

タンは、水素製造装置に供給され、水蒸気改質プロセス、PSA(圧力スイング吸着法)による水素精製プロセスを経て、水素を作り出しています。

ここで作られた水素は99.99%以上という高い品質を確保しており、ISOの規格で必要とされる99.97%以上という水素純度の基準を上回っています。

●福岡市中部水処理センターの働き

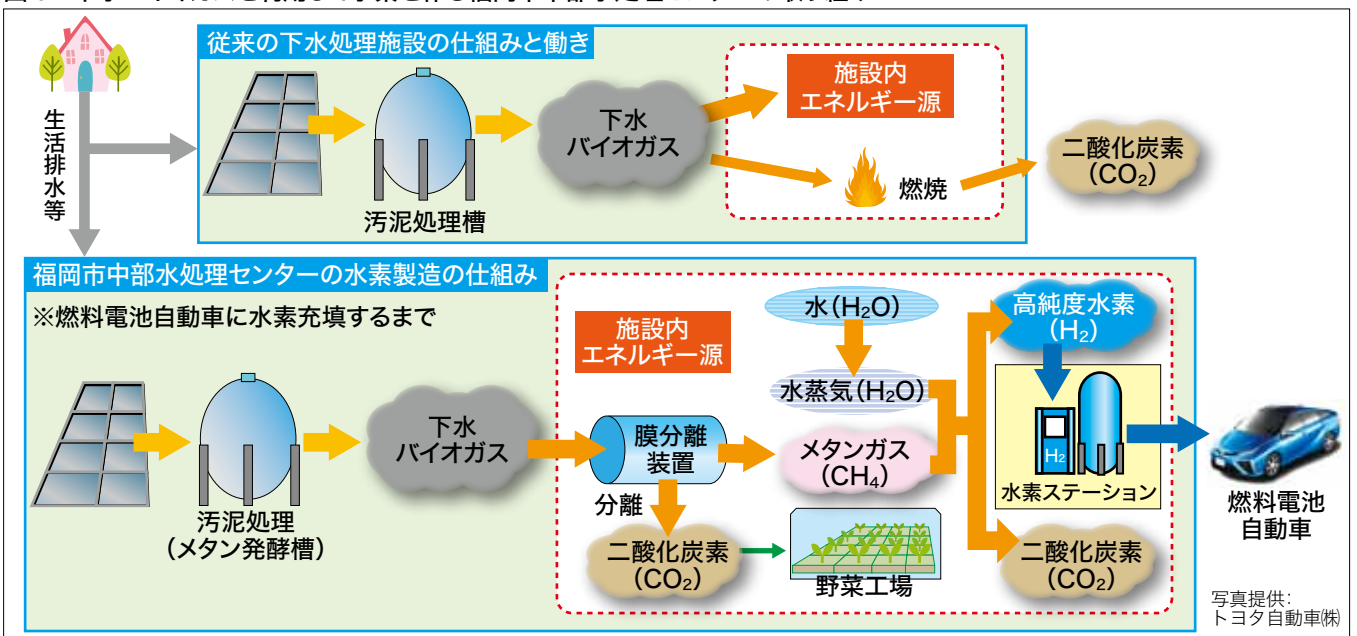
福岡市中部水処理センターの働きについて、福岡市道路下水道局計画部下水道計画課の津野孝弘課長におうかがいしました。

「中部水処理センターは、博多駅周辺や天神など中心市街地を受け持っている福岡市の中核となる水処理センターです。水処理センターとは、いわゆる下水処理場で、ここには市民の方々が出された生活雑排水などが流れてきます。

下水処理の過程でできた沈殿物(汚泥)は「消化槽」というところに送り、約46℃で約15日間温め、消化(発酵分解)させます。消化が進むと汚泥中の有機物が分解され、下水バイオガス(メタンガス)と消化汚泥(沈殿物)に分かれます。ここで発生したメタンガスを水素製造に利用しています。」

なお、発生した下水バイオガスは使い道がいくつかあります。まず、消化槽そのものを温めるための燃料と

図4 下水バイオガスを利用して水素を作る福岡市中部水処理センターの取り組み



写真提供:
トヨタ自動車㈱

して、さらにガス発電によって施設内の使用電力の約20%程度を賄っているといった有効活用も行われています。なお、水素製造装置へ供給される下水バイオガスは、水素製造の原料として、また一部は、水素製造において高温下で水蒸気と反応させるための熱エネルギー源としても利用されています。

●“世界初”の取り組み

…水素の製造から燃料電池自動車への充填まで

福岡市が取り組んでいる、下水のバイオガスを原料として作られた水素を水素ステーションに送り、さらには燃料電池自動車に充填するという商用規模の取り組みは“世界初”であると言われています。

中部水処理センターでは、1日2,400m³の下水バイオガスを原料として、3,300m³の水素を作ることができます。これは燃料電池自動車と言うと65台分をフル充填できるスペックということになります。

水素供給設備では、製造された水素を70MPa（メガパスカル：圧力単位）対応の燃料電池自動車に供給するため、圧縮機で82MPaまで昇圧しています。水素の充填は約3分でフル充填でき、満タンの状態で約650km走行できます。

実証事業に関しては、2014年度に施設の建設を行い、2015年度より水素製造を行っています。今年度の実証項目のひとつは、長期運転することで、設備の耐久性や性能に変化がないかどうかを確認することです。

期待される効果

この実証事業は水素を作り出すこと（水素製造装置）に加え、水素の出荷設備も備えているため、将来的には、水素を運搬するためのポンペに充填し、水素製造設



写真① 福岡市中部水処理センター

備を持たない他の水素ステーションに運搬・供給を行うことを検討しています。

また、図4の右下に示してある水素製造の仕組みの中に、分離した二酸化炭素(CO₂)がありますが、この施設にはそれを液化して回収する設備が導入されており、このCO₂は県内の野菜工場（ハウス栽培）へ出荷し、試験的に利用されています。利用可能なことが実証されれば、温室効果ガスの削減の可能性があると考えられます。

さらに、燃料電池自動車は、外部へ電源供給が可能であり、フル充填時には一般家庭の6日分の電力を賄うことができるため、災害時等において、移動式の発電機としての活用も期待されています。

全国には約2,100箇所の下水処理場があり、その内約300箇所が消化槽を保有しています。そこで発生する下水バイオガスの約3割が未利用で、国の試算によると、この未利用の下水バイオガスから水素を製造すれば、年間約260万台の燃料電池自動車をフル充填できるそうです。このように下水処理場は、大きなポテンシャルを有しています。

●全国の主要下水処理場は市民生活にさらなる貢献ができる

津野課長は次のようにお話してくださいました。

「化石燃料由来の天然ガスや都市ガスなどから水素を作るよりも、下水由来のバイオガスから作ることで温室効果ガスの排出量削減にはとても効果が高いということが言えます。

人口の多い都市には全国どこにでも主要な下水処理場があります。水素の需要が高いのはそうした人口の多い都市部であり、未利用の下水バイオガスを活用す



写真② 併設されている水素ステーション

ることによって、市民生活にもっと多角的な貢献をすることができるようになる可能性があります。』

今後の課題

現在、研究として実施されている事業ですが、今後の展開にはどういったことが求められるのでしょうか。

最も大切なのは、燃料電池自動車が普及拡大することです。

現状、福岡市内を走る燃料電池自動車は20台程度に留まっており、水素製造能力に対してのギャップが大きな課題です。

そのため、燃料電池自動車の普及はもとより、一般公共交通機関に燃料電池バスなどの採用が求められます。

また、燃料電池自動車が普及するまでは、水素の供給先として、燃料電池フォークリフトや住宅・オフィス・ショッピングモール・病院などに設置される定置型燃料電池などが挙げられ、これら新規需要の掘り起こしが重要となっています。

津野課長は「今後、燃料電池自動車自体の数が増え、また世界的にも厳しいとされる水素の取り扱いに関する日本の規制が緩和され、建設費や維持管理費がより安価になれば、採算が取れるようになる見込みです。さらに、地方公共団体だけでは難しいので、各省庁や自動車メーカー等に連携していただき、事業性が高まるような支援制度が増えれば、全国各地に同様の水素ステーションを作りやすくなると思います」ともお話しくださいました。



写真③ 液化CO₂を充填するための設備(左)と出荷用ボンベ(右)。

なお、福岡市への取材では、新規需要を開拓していくなかで、さまざまな地元企業にも関わってもらい、産業の振興につなげたいとの姿勢もうかがえました。今後のポイントは、この取り組みをベースにして、いかにして事業として利益を生む構造にしていくか、ということになりそうです。

水素社会の実現に向けて

今回、取材した下水バイオガスから水素を作る方式は、再生可能エネルギーを活用した水素製造法として今後さらに注目されるでしょう。

温暖化、エネルギーに関する課題解決のための水素社会の構築は、インフラ整備が先か商品の普及拡大が先か、という地点に留まっていて良い問題ではありません。

例えばこの中部水処理センターのように全国の都市部にある下水処理施設をもっと有効に使うことも考えられるのではないのでしょうか。

政府のロードマップでは、2020年に開催される東京オリンピック・パラリンピックを世界に向けて水素社会を発信する場にする事となっています。世界に発信するのであれば、冒頭述べたように使用時だけのCO₂フリーでは胸を張って水素社会と言うことはできません。

製造から使用までのすべての段階でのCO₂フリーをめざすために、水素社会実現の妨げになっている規制などについては、安全性を確保しつつ、見直しを検討する必要もあるのではないのでしょうか。



写真④ 水素製造のすべての工程を管理するモニター。日本では専門有資格者(高圧ガス取り扱い資格者)が必要(今号の『海外交通事情報告』ご参照)。