

## 読者の広場

### 水素吸蔵合金により水素エネルギーは21世紀に開花する

水素エネルギー技術コンサルタント 工学博士  
(元鹿児島大学 教養部教授) 大角泰章

わかりきったテレビドラマのストーリーに、見るでもなく、聞くでもなくで、遅い夕食に箸を運こんでいる時のことであつた。定時的に入るコマーシャル画面から目が離れる瞬間であつた。砂状の水素吸蔵合金が塊となり、その塊が形を変えながら水素自動車に変わっていく。また、同じように合金塊が水素電池に変わっていく。このような形で水素吸蔵合金が一般市民の目に触れたのはこのコマーシャルが初めてであろう。今は、この時よりすでに4年ほど経過しており、放映も僅か1ヶ月位のことであつたが、ああ、『水素吸蔵合金』の実用化の時代が到来と大いに喜んで目を見張ったものである。何故なら、水素吸蔵合金に関する一連の研究開発がわが国において発足したのは1974年の第1次オイルショックの時からであり、公民の研究機関においてあるときは必死に、あるときは地道に研究開発が進められてきた。著者もこの研究に当初から携わってきた者の一人だからである。

近年、特に人口増加と先進国の経済・社会活動の活性化および大規模化に伴う地球の環境汚染や温暖化および資源の枯渇化が顕著に現れており、化石燃料、とくに石油に代替できるエネルギー確保が大きな問題となっている。そこで、自然エネルギーの開発が要望され、太陽、風力、地熱、海洋、水力などの利用開発が各地で進められている。しかし、これらのエネルギーは、地域的に遍在しているため、エネルギーを貯蔵・輸送するための媒体が必要となる。その変換媒体となるのが「水素」である。水素は水素吸蔵合金との組み合わせにより、エネルギーの貯蔵・輸送・変換が容易になり、一般燃料や化学工業用原料として利用できる。さらに、将来、水素自動車、ニッケル-水素化物電池を搭載した電気自動車、燃料電池などの発電システム、水素燃焼タービン発電、金属水素化物ヒートポンプなどの燃料の原料となるものである。

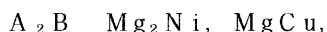
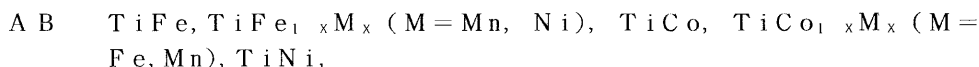
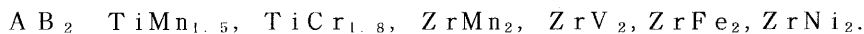
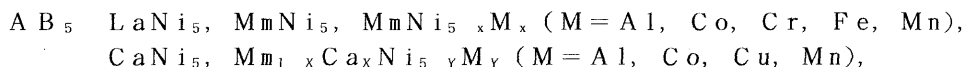
水素が高カロリーの優れたエネルギーであることは、ロケットの燃料として液体水素が用いられている事柄からも立証されている。しかも水素は、水を電気分解することにより容易に得られ、水素は燃焼して再び水に戻る。また、水は化合物として最も簡単な分子式をもっており、水素と生物に不可欠な酸素を放出してくれる。そこで太陽などの自然エネルギーを有効に利用し、水の分解ができれば夢のようなエネルギー開発ができるのである。なぜなら『地球は水の惑星』と呼ばれるように地球上には海水を含む多量の水が無尽蔵に存在している。このような豊かな水をいかに使いこなすかが今後の課題であり、これを燃料として用いるなら地球環境をさまたげる心配はなくエネルギーを確保できるのである。

1990年の統計によれば、1人1日当たりの総エネルギー消費量は125,000kcalである。これを総て水素エネルギーで賄うとしたらどれぐらいの水が必要かと考えてみた。水( $H_2O$ )18gから水素( $H_2$ )2gが得られ、水1ℓからは水素111gが得られる。その燃焼熱は3763kcalである。  $125,000kcal \div 3763kcal = 33\ell$  すなわち、バケツ(容量10ℓ)3杯強の水でエネルギーは賄えるのである。

このような優れた水素が今日までエネルギーの対象として用いられなかった理

由には、水素の貯蔵がボンベやタンクによる方法のみに留まっていた点にある。一方、水素が多く金属と反応し金属水素化物をつくることは以前より知られていることであり、この反応を利用して水素を貯えるようなというのが、通称「水素吸蔵合金」と呼ばれるようになった合金開発の始まりである。個々の金属はそれぞれ特性が異なり、水素と化合しやすい金属と、化合しにくい金属がある。そこで特性の相反する2種類以上の金属粉末を混合して熱を加え合金とすることで、常温、常圧付近で水素と反応して金属水素化物の形で水素を貯蔵し、また適温により水素を放出しやすい合金を開発することができる。この場合、合金は気体水素や液体水素よりも高い水素密度で水素を貯蔵することができる。例えば10ℓの水素ガスがわずか7.5mlの合金に吸蔵され水素化物となる。再びこの水素化物を加熱すると水素を徐々に放出する。すなわち、この水素を吸蔵する合金は水素の漏洩の心配がない安全な貯蔵タンクなのである。また、水素と合金が反応するとき吸蔵熱、合金より水素が放出されるとき放出熱を伴う。これらの熱もまたエネルギーとして用いられる。

水素吸蔵合金は、次に示すように、基本的には安定な水素化物を形成しやすい発熱型金属A (Ti, Zr, La, Mm, Mgなど)と水素との親和力をもたない吸熱型金属B (Ni, Fe, Co, Mnなど)から構成されている。



水素吸蔵量は、 $AB_5$ 型から $A_2B$ 型へとA金属の含有量が多くなるほど増加する傾向にあるが、逆に反応速度が遅い、反応温度が高い、劣化しやすいなどの問題が増大している。これを実用化するため合金のバルク及び表面の微細組織を制御することが必要で、多元合金やアモルファス合金の開発、熱処理や表面処理などによる材料開発が進められている。

水素吸蔵合金を利用した応用システムの技術開発が、いま多くの企業において相次いで進められている。すでに1990年に高性能、高エネルギー密度の二次電池として、水素吸蔵合金を用いたニッケル-水素化物電池が商品化されている。また、水素吸蔵合金燃料タンクを搭載した水素自動車が自動車ショーに展示されたり、走行試験されたりしている。また、フロンを用いない水素で駆動する水素吸蔵合金を用いたヒートポンプが運転されている。その他、水素貯蔵・輸送容器、蓄熱装置、発電システム、コンプレッサー、センサー、アクチュエータ、水素精製装置、触媒などのエネルギーシステムの中で、水素と水素吸蔵合金の組み合わせによる利用装置が実現してきている。

では、きたるべく21世紀において、水素と水素吸蔵合金がかもしだすエネルギーシステムが太陽熱などの自然エネルギーを巧みに利用して、どのような姿で開花しているであろうか。著者が想像する未来図を描いてみよう。水素は、海洋上において太陽エネルギー発電プラントを用いて、海水より多量に製造される。その水素をタンカーで消費地のエネルギーセンターに運び、水素貯蔵容器に貯蔵する。軽量水素輸送容器は、組み込み式のカセット型とすることにより、中距離以上の水素輸送に活躍する。水素吸蔵合金のもつエネルギー変換機能をより安価に効率よく用いるために、今日まで無駄に放置されてきた工場廃熱や、自然界に存

在する太陽熱や地熱などの熱を有効に用いた水素発電システム，大型ヒートポンプ，化学蓄熱システムなどが各所に取り付けられ，地域冷暖房や給湯システムとして省エネルギーに活躍しているであろう。

各地域においては，水素を用いた分散配置型発電所が開設され，太陽電池の電力で水を電気分解して水素を造り，これを水素吸蔵合金に蓄えておき，必要時に水素を燃料電池に供給し，発電する燃料電池発電システムが都市部やその近郊に数多く設置され，一般家庭，工場などへの電力と熱の供給システム並びに，病院，ホテル，ビルなどの自家発電用として電気と熱を併給するシステムが取り入れられているであろう。このように，太陽電池と水素および水素吸蔵合金を組み合わせれば，永遠的に不可欠なエネルギー供給ができるのである。

各家庭においては，パイプにより水素が供給され，水素吸蔵合金を用いた水素貯蔵タンクに蓄えられる。必要に応じてオープン，レンジなどの調理用燃料として用いられる。また，太陽熱および太陽電池，燃料電池あるいはニッケル-水素化物電池などの電力を補助エネルギーとして水素吸蔵合金を利用した家庭用ヒートポンプを作動させ，冷暖房，給湯，床あるいは壁暖房に利用される。冷蔵庫，アイスボックスなどとしても利用されているであろう。

一步外に出れば，水素吸蔵合金燃料タンクを搭載し，水素スタンドで給水素を行った水素自動車が行走している。また，コンパクトな燃料電池やニッケル-水素化物電池による電気自動車も普及し，排ガスによる大気汚染は解消され，都会からも青い空が望めるであろう。そして，見上げた空には水素を燃料とする超高速の飛行機が飛んでいるであろう。

