

水素の貯蔵に有利なボロハイドライド

—固体高分子形燃料電池の水素供給源としての考察(1)—

先に、スイスのフリバーグ大学のズッテル氏が作成した各種の水素貯蔵材料の水素貯蔵能力を表す図に、さらに液体水素化物や無機錯化合物などを加えた図を公表したが、今回は、高圧水素とボロハイドライドの水素貯蔵性能について、簡単な紹介をしてみたい。

アルカリ水溶液に含まれるボロハイドライドは、常温のもとでの溶解度はおよそ 50% であり、その水溶液の密度は水と同じ程度で、最大でも 1.1kg/m^3 (g/cc) を越えることはないことから、1 リットル当たりで、少なくとも 455 グラムほどのボロハイドライドを含んでいる (残りの 645 グラムが水である)。

$\text{NaBH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}_2 + \text{NaBO}_2$ という反応によって発生する理論的な水素量は、4 モルである。従って、 $455/37.8$ (NaBH_4 の分子量) = 12 モルのボロハイドライドから、 $4 \times 12 = 48$ モル = 48×22.4 リットル = 1,075 リットルの水素が発生する。このことは、1 リットルの水溶液から約 1,000 倍の容量の水素が発生することを意味している。

もし、この水溶液を 50 リットルの容器に貯えたとすると、 $1,075 \times 50 = 53,750$ リットル = 2,400 モル = **4.8 キログラム** の水素が含まれることになる。

同じ 1,075 リットルの常温・常圧にある気体水素を 1 リットルの容器に貯めるとすると、1,075 気圧の高圧に圧縮しなければならないことになる。つまり、50 リットル容器を用いると、53,750 リットルの水素を 1,075 気圧で貯えることになる。

現在の我が国の高圧法規では、200 気圧程度が輸送や貯蔵の認められている上限圧力であり、技術開発によってより高圧の容器が開発され、法規が改正されたとしても、300-500 気圧が限界ではないかと想定されている。一方では、米国やドイツでは、700-1,000 気圧の容器の開発も進められているとの情報もある。

そこで、標準的な自動車のガソリンタンクを 50 リットルとして、それと同容積の 1,000 気圧容器が開発されたとすると、 $50 \times 1,000 = 50,000$ リットル = $50,000/22.4 = 2,232$ モル = **4.46 キログラム** の水素を搭載することができることになる。500 気圧では、その半分の **2.23 キログラム** であり、200 気圧では、892 グ

ラムにしかない。

このようにして、比較してみると、常温・常圧のボロハイドライド容器は 1,000 気圧の高圧容器とほぼ同量の水素を貯えることがわかる。

興味あることは、常温・常圧で気体水素の 1,000 分の 1 の体積しかないボロハイドライド水溶液は、1,000 気圧の水素とほぼ同じ量の水素を貯えているという事実である。

このことは、液体と気体の性質の違いによるものであり、液体状態にあることがいかに有利であるかを示すものである。水素は、固体高分子形燃料電池、特に、自動車用燃料として利用されようとしているが、その実用化と普及には、水素の貯蔵方法が鍵を握っているといっても過言ではない。

我々が、ボロハイドライド水溶液を有力な水素貯蔵材料と考えたのはこの点にある。このことをより理解しやすくするために、25 の水を例にとると、一滴の水が同じ温度の水蒸気となると、その体積は 4,340 倍ほどになるという驚異的な違いである。水素に限らず、体積を小さくして液体状態で貯蔵することが如何に有利であるかがわかる。我々は、「水素を気体状で貯蔵・供給しなければならないのか？ 気体以外に水素の利用方法はないだろうか？」という疑問にたどり着いたのである。水素貯蔵合金は、気体状水素をいったん単原子状（プロチウム状）で貯蔵し、気体状水素に戻して利用する点で気体貯蔵に分類した。

燃料電池自動車では、水素を燃料源としたときの標準的な燃費として公表されている値は、1 キログラム当たりで 100 キロメートルの走行が可能であり、なおかつ、一回の水素充填によって 500 キロメートルの走行が可能であることが求められている。

1,000 気圧・50 リットルの貯蔵容器と常温・常圧で 50 リットルのボロハイドライド貯蔵容器では、ほぼこの条件を充足することになる。

一方、同一容積の高圧容器もボロハイドライド容器がどの程度の重量を持つかについての議論は未だしていない。さらに、必ずしもボロハイドライド濃度を

50%程度に維持することが実用面で問題がないかどうかについての議論も尽くしていない。

次回には、このような観点から、より詳しく実験データをベースにした紹介を試みることにしたい。

工学院大学 須田精二郎