

太陽光発電を用いた水電解

皆さん、水素エネルギーという言葉聞いたことがあるでしょうか。水素と酸素が反応すると水になりますが、この化学結合の際、電気エネルギーが生み出されます。このエネルギーを利用しようというものです。

最近では、燃料電池車の登場など、ようやく水素エネルギーを「使う」面での実用化が進んできました。そこで、これから鍵になるのが水素を「作る」方法です。水素を作るためには、水に電気を流して水素と酸素に分解する、水電解という方法を用います。高校で実験をした人も多いでしょう。私の研究室で行っている水素製造も、原理は同じです。

電力源として太陽電池を使い、自己完結できる再生可能エネルギーを目指しています。太陽電池と水電解を組み合わせて、全体として最も効率的になるようにシステムを最適化するのが私の研究テーマです。

太陽は常に照っているわけではなく、太陽電池の出力は不安定です。そうした不安定な電源と水電解槽をマッチングさせるときにどうしたら最も効率が良くなるのかを考えています。例えば、変圧器を組み込めば、太陽電池の出力を一定にすることはできますが、コストがか

かります。そこでコストを下げるために用いるのがスイッチングです。乾電池を繋ぐのと同じで、およそ10cm四方の水電解槽を複数並べ、太陽電池の出力に合わせてそのつなぎ方を変えていくのです。太陽電池からの出力値が変わるたび、新しい電解槽を直列や並列で繋いだり、あるいは外したりすることで、常に無駄なく効率的に水素を発生させることができます。

より低コストな電極を目指して

先ほど、水電解の原理自体は高校で習うものと同じと言いました。しかし、使っている電極に実は特徴があるのです。

水電解には、固体高分子膜水電解と、アルカリ水電解という方式がありますが、私の研究室ではより低コストでできるアルカリ水電解を行っています。本来、電気を通しにくい水に効率よく電気を流すために、水酸化カリウムを溶かしてアルカリ水にしますが、大抵の金属が溶けてしまうため使える電極は限られます。そのため、水素発生反応を促進する触媒能があり、アルカリにも耐久性がある白金が理想的な電極となります。

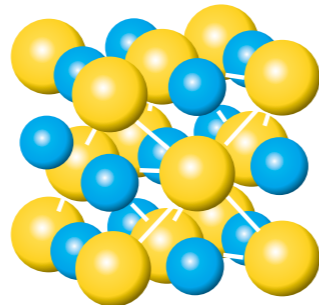
ただし、白金は高価なため、コストが高くなります。そこでよりコストが低い代替材料を探し

てきました。昔から使われているコバルトやモリブデンの電極は、触媒としての能力が高く、よく水素を発生させるのですが、アルカリの中での耐久性に若干の難がありました。毎日使うエネルギー発生源として考えれば、頻りに電極を取り替えなければいけないのは実用的ではありません。触媒能と耐久性という二つの条件をクリアする素材を探してきて、ようやく目処がついてきました。それが、ニッケルと鉄を用いた電極です。

ニッケルや鉄は、アルカリに強いので耐久性は抜群です。まだ水素触媒能はコバルトやモリブデンに及びませんが、もう一步というところまで来ています。

同じ素材を使っている、鉄とニッケルの比率や、ちょっとした作製法の違いで、全く違った特性を持ってしまう。今はより効率的な電極をつくるためにはどうしたら良いのか、材

図1 水素吸収合金のイメージ
黄：金属原子 青：水素原子



料のバランスを調整しながら模索しています。

水素を金属に閉じ込める

太陽光発電を用いた水素製造には、一つ欠点があります。それは、常に一定の水素を作ることができないということです。天気が悪ければ十分な水素を製造することができません。この欠点をカバーするために、天気が良い時に作った水素を貯めておく技術があると便利です。そこで登場するのが、私の研究室のもうひとつのテーマである水素吸蔵合金です。

水素を貯蔵しておくためには、いくつかの方法があります。燃料電池車で使われているのは、高圧ガスです。水素を700気圧という高圧

にして、小さなボンベに入るよう圧縮するのです。しかし、結局はガスですから、どうしても密度は低くなってしまいます。液体にすればより凝縮することはできますが、極低温に冷やすためコストが高くなってしまいます。

そこで、水素吸蔵合金という周期的にならんだ金属の格子の隙間に水素を貯める方法を用います(図1)。熱した金属の塊に、圧力をかけた水素ガスを接触させると、水素は金属の格子の隙間にすっと入っていきます。こうして金属の中に閉じ込められた水素は、金属をさらに熱することで取り出すことができます。

合金は固体なので、ガスに比べて高密度で水素を蓄えることができます。コストも液化に比べて低く抑えることができます。もっとも、

水素吸蔵合金ならではの欠点もあります。金属を使うのでどうしても重くなることです。

私の研究室では、化学合成法と呼ばれる手法でマグネシウムとニッケルの合金を作っています。全く新しい手法のため、高温で金属を溶かして作った合金などとは異なる性質をもった合金ができるのです。

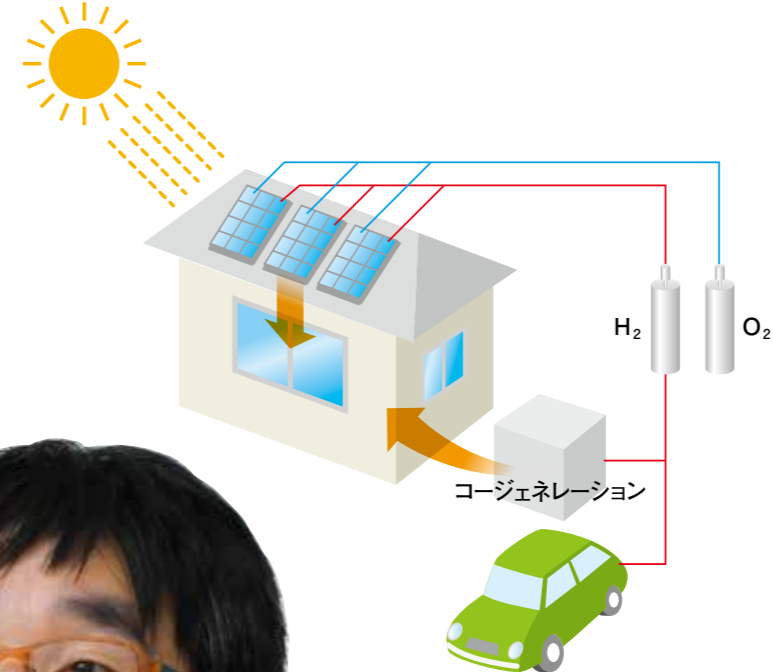
素材選びにも、ポイントがあります。マグネシウムは軽金属なので、他の金属に比べて軽く、水素の吸蔵量がある程度達成できるということが理論でも実験でも確かめられています。そこで、他の金属を混ぜて複合材にし、さらに性能を引き出せないかを模索しています。

今後は軽量化に加えて、より低い温度で水素を取り出せる合金を作ることが目標です。何百度にも熱しないと水素が取り出せないのであれば、危険も伴いますし、持ち運びも困難です。理想的には常温に近い温度で水素が取り出せるようなものを作りたいと思っています。

自然というのはよくできていて、なかなか全ての場面、用途でオールマイティに使えるような水素貯蔵の方式はありません。高圧ガスや液化、水素吸蔵合金には、それぞれメリットとデメリットがあります。今後は用途に応じて、それぞれの貯蔵法を使い分けていくことになるでしょう。水素吸蔵合金は持ち運びには重いです。据え置きなら多少重くても支障はありません。例えば、住宅用の水素の貯蔵装置には最適です。

私が研究している技術を組み合わせれば、将来的には全てのエネルギーを自給自足で賄えるゼロエネルギー住宅を作ることができます。屋根に太陽電池を設置して、晴れた日にはそこからエネルギーを使います。更に水電解槽と水素吸蔵合金を併設して、余ったエネルギーは全て水素の形で貯めておきます(図2)。そうした理想の住宅像を実現するために、これからも研究を続けていきます。

図2 エネルギーを自給自足できる理想の住宅



水素が実現する エコな社会

見えてきた 水素エネルギー時代の幕開け

昨今の温暖化や、原子力発電所の事故に伴って、必要性が年々高まってきているのが、水素エネルギーです。燃料電池車の登場など、ようやく実用化が進んできた水素燃料ですが、水素社会の実現のためには、大本となる「水素を作る」ことが欠かせません。太陽光を用いたエコな水素製造や、水素を貯めておくための新技術を開発している大森隆先生に、お話を伺いました。

ADVICE

失敗を重ねるのはたった1回の成功のため

早くから、コツコツと基礎を積み重ねる学力の足腰をしっかり鍛えて、学年が進んだ時に、大事な課題に取り組んで良い研究をして欲しいと思います。良い研究とは、机の上で考えるだけではできません。頭の中だけで考えられることはたかが知れていますので、実際に手を動かすという姿勢が大切です。

その時に大事なことは、失敗してもへこたれないことです。実験や研究は、100回やったら99回は失敗するものです。たった1回の成功のためにやり続けるのです。理詰めと考えて最初からうまくいったら良いのですが、そう一直線にはいきません。失敗を積み重ねた末の、ひらめきや直感が鍵となることもよくあります。ノーベル賞クラスの発見でも、実験条件を間違えて新しい発見に繋がるということは少なくありません。

基礎はもちろんですが、失敗しても気にせず前に進めるための忍耐力や、楽天的な考え方も大切にしたいと思っています。

理学部 物理科学科

大森 隆 教授

PROFILE

博士(工学)。専門は環境科学、物理化学、電気化学。「同じ研究をやるならばその時代が一番大事なことをやりたい」をモットーに、学生の頃からエネルギー問題を大きな課題として取り組んできた。大学時代は電気化学を専攻し、光触媒の研究に取り組む。その後、温暖化防止のための産業技術を研究しているRITE(地球環境産業技術研究機構)で、化石燃料に代わる代替エネルギーの研究に携わる。そこでテーマとしていたのが水素製造。京都産業大学に移った後もそのテーマを継続し、水素を中心としてエネルギー問題の解決に取り組む。大阪府立天王寺高等学校OB。



まもなくやってくる水素社会

トヨタ自動車が来年、水素燃料電池車(FCV)を出す話題になっています。こうした燃料電池車の開発の背景には、CO₂による温暖化問題があります。今、自動車をはじめ世界中で化石燃料が使われていますが、2050年までに使用量を半減、2100年までに全廃しなければ、2100年には気温が2°Cも上昇し、生態系などに悪影響が出ると言われています。原子力発電に代わるクリーンエネルギーも求められています。

燃料電池車は10年前までは1億円と極めて高価でしたが、ここ10年で急速にコストが下がって、2015年に発表される車は1000万円を切ると言われていました。携帯電話でも、一台だけつろうとすると膨大な値段になりますが、大量生産することで誰もが手に取れる価格になっています。燃料電池車も、これから量産化や技術革新が進めば、さらに安くなっていくでしょう。社会はようやく、水素エネルギーを使う状況になってきたのです。