

「水素社会」に対する疑問について考える

2015/08/07

オピニオン

塩沢 文朗

国際環境経済研究所 主席研究員



「いよいよ水素社会の到来か」という声も聞かれる一方で、未だに水素エネルギーに関する懐疑論を目にすることがあります。そこで今回は水素エネルギーや「水素社会」に関してよく呈される疑問について、私なりの見解を記すとともに、こういった見解の差が何に起因して生まれているのか考えてみたいと思います。

水素エネルギーの開発・利用の拡大や、「水素社会」の構築に対する疑問の主なものは、相互の内容の整理がやや不十分かもしれませんが、おおよそ次のようなものでしょう。

1. 水素は、水などの形で地球上にほぼ無尽蔵に存在しているとしても、水は化学的に安定な物質であり、水を分解して水素を得るためには相当量のエネルギーが必要となる。そのために使える一次エネルギー（再エネ、原子力または化石燃料）のどれをとっても人間が使うことのできる質の高いエネルギー量には限りがあるので、水から水素を製造するために再エネを使ったら、その分原子力か化石燃料の使用量を増やさなければならない。したがって、水素エネルギーが無尽蔵に存在する、クリーンなエネルギーという認識は正しくない。
2. 水素は、水などから（再エネ等から変換された）電気などのエネルギーを使って取り出さなければならない二次エネルギーであるが、「水素社会」ではその水素を、また電気などのエネルギーに変えて使うことが考えられている。そんなことをするなら、電気をそのまま使った方が良い。
3. 水素は、生産、圧縮または液化、輸送といったエネルギーパスの各段階でエネルギーを要するため、パス全体のエネルギー効率が悪い。
4. 水素は、エネルギー密度が小さく、輸送、貯蔵等の取扱いが難しい物質である。このため、水素をエネルギーとして利用するためには、その圧縮や液化に余計なエネルギーを消費するだけでなく、特別な生産・流通のインフラを必要とするので、水素エネルギー社会の構築には莫大なコストがかかる。

これらの指摘の一つ一つが主張している内容に、間違いはありません。しかしこれらの指摘は、水素エネルギーや「水素社会」についての理解、「水素社会」の構築に向けて行われている取組みについて、必ずしも正しい理解に立って行われたものとは言えません。このために個々の指摘は間違っていないにしても、水素エネルギーや「水素社会」に対する疑問としては、必ずしも的を射た指摘とはなっていないと思います。

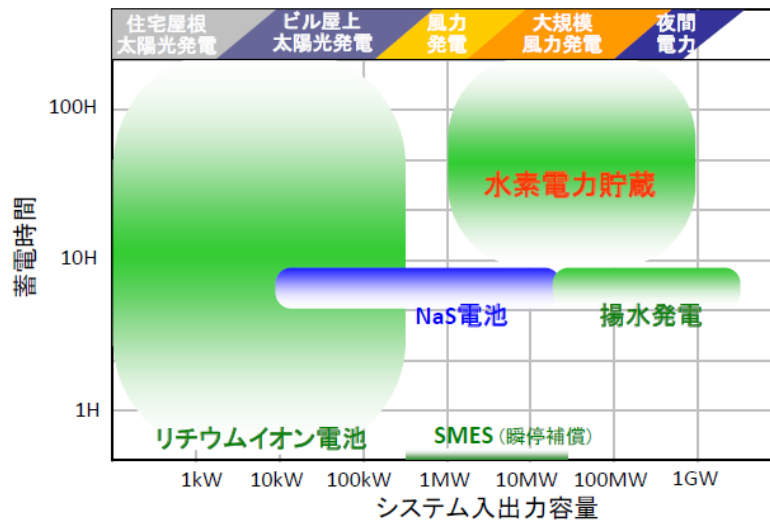
それでは、何が、どのように違うのでしょうか。

まず、再エネでも原子力でも化石燃料でも、「人間が使うことのできる質の高いエネルギーの量には限りがある」ことは事実ですが、地球上には人間が営む経済社会活動によって消費しているエネルギー量よりも圧倒的に多量の再エネ量が存在するという事実を踏まえる必要があります。地球上には、毎年世界の年間エネルギー消費量の1,500倍を超える量の太陽、風力、水力、地熱等の再エネが存在しています^{注1)}。毎年使用できるフローの存在量について、こうしたことが言えます。確かに“無尽蔵”ではありませんが、実質的には水素エネルギーは再エネと水からほぼ無尽蔵に取り出せると言ってよいでしょう。（より詳しくは、別稿の連載「[水素社会を拓くエネルギーキャリア](#)^{注2)}」の[第3回](#)を参照。）このため水素を作るために再エネを用いても、その分化石燃料や原子力の使用量が増えるということはありません。

次に2番目の指摘について。この指摘は、国内の再エネの利用を前提とした議論の場合にはきわめて妥当なものです。しかし、「水素社会」の構築の大きな意義は日本のエネルギー・環境制約を克服することであり、そのために海外の再エネを日本に導入する手段として水素エネルギーが重要と考えられていることが、この指摘では正しく認識されていません。このことは、別の論考^{注3)}や先の連載にも詳しく書いたところですが、大事なことなので、再度そのエッセンスを記しておきましょう。

- ・ 2050年に向けて日本が直面しているエネルギー・環境制約を克服していくためには、日本は再エネを大量に導入することが必要である（上記連載[第2回](#)参照）。
- ・ しかし日本国内には、量的にも質的にも、そうしたことが可能になるほどの再エネ資源は存在しない（同[第3回](#)）。
- ・ このため将来に向けて、再エネ資源に恵まれている海外の地域から日本に再エネを大量に運んでくる手段を手にする必要がある。そうした手段としては、再エネをエネルギー密度が大きく、輸送、貯蔵しやすい化学エネルギーに変えて持ってくるのがもっとも合理的である。水素を始めとする化学エネルギーは、【図1】のとおり、他の方式に比べてエネルギーを貯める能力がもっとも優れている。
- ・ その化学エネルギーの基本的なものとしては、地球上に豊富にある水から作ることのできる水素が重要である（同[第3回](#)）。

つまり水素エネルギーは、再エネを運ぶ手段として重要と考えられているのです。



【出展】 亀田他、水素エネルギーシステム、Vol.36, No.3 (2011), p.48

【図1】 水素と電池等の蓄電能力との比較

再エネを水素エネルギーという化学エネルギーに変えず、再エネを電気エネルギーに変え、そのまま送電線で運んできて利用するということもあり得ますが、日本の場合、海を越えて長距離の送電線を引くコスト、長距離送電による送電ロスを考えてそれは現実的ではありません。このことは、ある程度直感的にも分かることですが、海外の再エネを化学エネルギーに変えて日本に輸送する場合と海底ケーブルを敷設して日本に輸送する場合の経済性の比較を定量的に行った調査研究も行われているので、ご関心のある方はご参照ください^{注4)}。

つまり、日本のようにそのエネルギー需要量の相当部分を満たせるほど再エネ資源には恵まれておらず、大量の再エネを資源に恵まれた海外から電力エネルギーの形態で持ってくることも難しい地域では、再エネを効率よく運んでくることのできる水素エネルギーは、きわめて重要なものとなるのです。

注1) 世界の年間エネルギー消費量=16兆ワット (=10¹²W) ; 一方、太陽エネルギー=23,000兆ワット/年、風力エネルギー=25~70兆ワット/年、水力=3~4兆ワット/年、地熱=0.3~2兆ワット/年が存在。

(出所) A Fundamental Look at Energy Reserves for The Planet (Richard Perez & Mark Perez).

注2) 国際環境経済研究所 解説 「[水素社会を拓くエネルギーキャリア](#)」 第1~12回 (2014.9.16~2015.5.1)

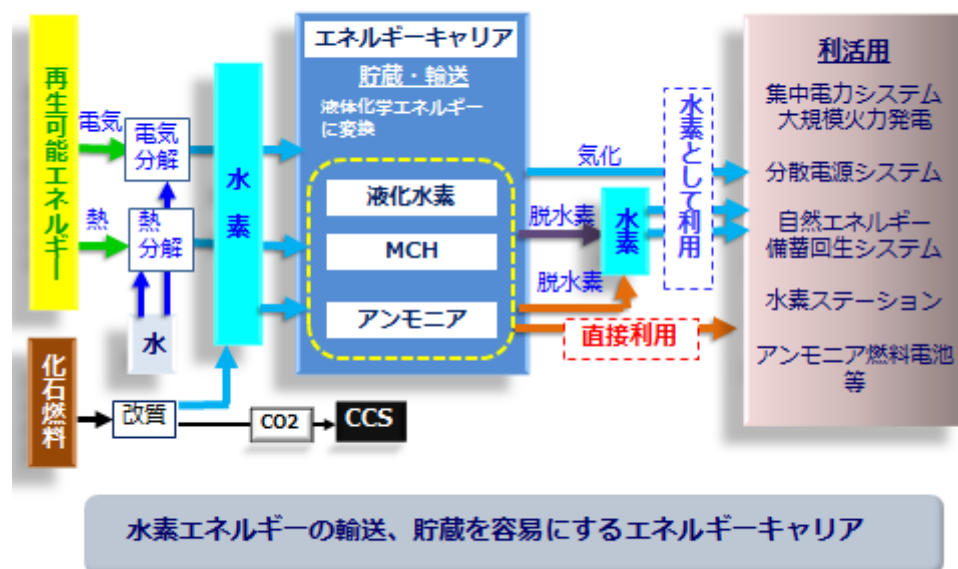
注3) 「水素社会への展望と課題(下) 海外の『再エネ由来』導入を」 塩沢 文朗、2015年4月21日、日本経済新聞第25面、経済教室

注4) 「平成21年度エコイノベーション推進事業 海外再生可能エネルギーの大陸間輸送技術の調査」 2010年2月、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)

また、エネルギーは電気としてだけでなく、特に産業分野などでは燃料としても消費されていますから、燃焼時にCO₂を排出しない水素エネルギーは環境負荷のない燃料としても重要です。日本では再エネ電力をそのまま使うことが、直面しているエネルギー・環境制約の克服のための現実的な解にはならないのです。

3 番目の指摘にある、一次エネルギー源から消費に至るエネルギーパス全体のエネルギー効率はもちろん重要です。しかし、私たちの経済社会にとってもっとも重要なことは、エネルギー資源が経済的に利用可能なものかどうかです。幸い再エネは、先にも見たように実質的に無尽蔵のエネルギーで資源が枯渇する懸念もありません。このため、エネルギーパス全体のエネルギー効率が劣ったとしても、海外の資源の豊富な地域から安価な再エネを水素エネルギーの形で運ぶことによって、経済的に競争力あるエネルギーとして（別の言い方をすれば、コストの安いエネルギーとして）再エネからの水素エネルギーを導入できる可能性が大きいのであれば、それは日本にとって重要なエネルギーとなります。実際、海外の再エネから作られる水素エネルギーは、そういったエネルギーになる可能性が十分にあると評価されています（同第 6 回を参照）。しかも水素エネルギーは、日本の直面している環境制約の克服の切り札ともなり得ますから、その開発、利用の拡大を図ることはきわめて重要です。

4 番目の指摘は（先の連載の第 4 回や第 9 回にも記したとおり）確かにそのとおりです。水素エネルギーを日本に輸送する手段として、水素の形態で輸送することが必ずしも優れているとは言えません。水素という物質は、輸送、貯蔵等の取扱いが容易ではない物質だからです。そのために、水素エネルギーをより輸送や貯蔵のしやすい別の化学エネルギーに変えて、海外から運んでくるエネルギーキャリアというものが注目されているのです^{注5)}（図 2 を参照）。エネルギーキャリアの候補物質として考えられている物質（メチルシクロヘキサン（MCH）、アンモニア等）にもそれぞれ一長一短ありますが、エネルギーキャリアを活用することによって、少なくとも MCH、アンモニアに関しては、4 番目の指摘であげられている、水素の持つ「エネルギー密度が小さい」、「圧縮や液化に余計なエネルギーを消費する」、そして「特別な生産・流通のインフラを必要とする」という問題は回避することができます。



【図 2】 エネルギーキャリア

以上のように、水素エネルギーや「水素社会」に関して提起されている疑問は、水素エネルギーの活用の仕方や「水素社会」についての理解が異なるために生まれているものと考えられます。

ただ一方で、水素エネルギーや「水素社会」に関する言葉の使い方にも、こうした理解の差を生んでいる原因があると感じないでもありません。これまで述べてきたように、私のように水素エネルギーの利用拡大や「水素社会」の構築が重要と考えている者は、海外の再エネの大量導入手段として水素エネルギーの利用拡大が重要と考えています。正確には再エネの利用拡大と言うべきところを、やや曖昧に水素エネルギーの利用拡大という言葉で表現していることが、特に1と2の指摘を招いている一因となっているのかもしれませんが。

この関連で少し横道に逸れることを書くと、海外の再エネの利用拡大の手段として水素エネルギーの利用拡大が重要という考え方を明確にするために、この場合には水素エネルギーはいわゆる二次エネルギーではなく、擬一次エネルギーというような扱いで考えた方がよいのかもしれませんが。（ここで「擬一次エネルギー」という用語は、純粹の一次エネルギーではないが、エネルギーバランスなどを考える際には、再エネと同様に一次エネルギーと見做して扱うことがより適当なエネルギーという意味で用いています。）

水素エネルギーの利用・拡大の意義と重要性についての理解が関係者の間で共有され、「水素社会」の構築が進んでいくことを期待します。私は、その実現が日本が直面しているエネルギー・環境制約を克服する、数少ない実際の方途と考えているからです。

注5) 「エネルギーキャリア」についての説明は、[連載第1回](#)を参照。