

水素社会を拓くエネルギー・キャリア（1）

「エネルギー・キャリア」とは？

2014/09/16

解説

塩沢 文朗

国際環境経済研究所主席研究員



エネルギー・キャリアの開発と利用に向けた取組みが、政府において省庁横断型科学技術イノベーション創出プログラムとして始まった。内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program : SIP）のテーマのひとつ、「エネルギー・キャリア」がそれである。

エネルギー・キャリアは、日本のエネルギー・環境制約の克服につながる水素社会への道を拓くものだ。その道はエネルギー・システムの変革を伴うものだけに、決して容易なものではないが、その意義と可能性の大きさを考えると、追求するに値する道であると思う。そして多くの方々に、そうしたエネルギー・キャリアの可能性、重要性について知っていただきたいと思う。そういった思いで、これからエネルギー・キャリアについて、何回かに分けて書いていきたい。

まず始めに、「エネルギー・キャリア」とは何かについて説明することが必要だろう。

“エネルギー・キャリア”を字義どおり解すれば“エネルギーを運ぶもの”ということになる。が、ここでは「エネルギー・キャリア」は、水素エネルギーを輸送、貯蔵する手段という意味で使っている。

水素を燃焼させることによって得られる水素エネルギーは、燃焼時に H_2O （水）しか排出しない。そして水素は、再生可能エネルギーと地球上に豊富に存在する水から、無尽蔵につくることができる^{注1)}。水素エネルギーは、そういった夢のエネルギーなのだが、水素の利用にあたっては、その基本物性に由来するいろいろな問題を解決する必要がある。

燃料としての水素の問題の一つは、水素は重量当たりの発熱量はガソリンの約3倍に上るほど大きい^{注2)}が、水素は常温（25℃）で $1m^3$ あたり約 82 g の密度しかないため、ガソリン 1 リットル燃焼したときに得られる発熱量 32.9 MJ と同じ発熱量を水素から得ようとすると、水素約 3,000 リットルが必要となることだ。体積当たりの水素密度が低すぎるのである。これでは実用的な燃料とはとても言えない。また、次回以降の連載で説明するように、水素は、輸送、貯蔵などの取扱いが非常に難しい物質でもある。

そこで水素を液化、圧縮するなどによって体積当たりの水素密度を高めるといった方法や、体積当たりの水素密度が大きく取扱いが容易な別の物質に変換し、燃料として使用する際にその物質から水素を取り出して利用するという方法が考案されている。特に後者のようにして用いられる物質は、従来から「水素キャリア」（水素を運ぶ物質）と呼ばれていた。【表 1】に SIP の「エネルギー・キャリア」で取り上げられている水素キャリアを掲げる^{注3)}。利用する観点からは、取扱い易さという点で常温に近い条件のもとで液体であり（すなわち、沸点があ

まり低くない)、体積当たりの水素密度が大きな(水素を多く運べる)物質が物性的に優れた「水素キャリア」^{注4)}と言える。

【表1】 「水素キャリア」の例

	水素密度 (kg-H ₂ /m ³)	沸点 (°C)
液体水素	71	-253
圧縮水素 (350 気圧)	23	-
圧縮水素 (700 気圧)	40	-
アンモニア (NH ₃)	121	-33.4
メチルシクロヘキサン (MCH) ^{注5)}	47	101

注1) 水素は、石炭、原油や天然ガスなどの化石燃料を分解することによっても製造できる。また、化石燃料を分解して利用する生産プロセス(石油精製、石油化学プロセス等)や食塩水の電解プロセス(苛性ソーダの製造プロセス)などのプロセスから、副生物としても生成する。

注2) 水素の重量当たりの発熱量(LHV): 120 MJ/kg、同ガソリン: 44.9 MJ/kg。なお、LHVとは低位発熱量基準の発熱量を表し、燃料により生成された水分の凝縮熱を含まない発熱量。

注3) このほかにも、メタノール、ジメチルエーテル、ギ酸、メタンなどが提案されているが、これらの物質は分子中にC(炭素)を含むことから、エネルギーとして利用する際にCO₂を排出する。また、水素吸蔵合金などに水素を吸着させて水素を運ぶという考え方もあるが、この場合、必要な量のエネルギー量運ぶ際の重量が大きくなるという問題がある。

注4) エネルギー・キャリアとしての有用性は、これらの物性のほか、物質のもつその他の性質、社会に導入される場合のコスト、製造、輸送、貯蔵、利用等の関連技術の進展の度合いなどの総合的な評価によって決まる。

注5) MCH(C₇H₁₄)は、トルエン(C₇H₈)に水素を付加して製造し、使用時にはMCHから水素を外して利用する。(水素原子(H)6つ分の水素分子(H₂)3分子分が利用可能となる。)その際に生成するトルエンは、MCHの原料として再利用される。

しかし水素エネルギーを利用する際に、「水素キャリア」から水素を取り出すことなく、そのまま燃焼させ、水素エネルギーを利用するということができれば、それも有力な方法である^{注6)}。また、先にも述べたように、水素を高圧で圧縮、または、冷却して液体にして運ぶという方法もある。こうしたものを「水素キャリア」と呼ぶのもおかしい、ということで「エネルギー・キャリア」という名称が使われるようになった。

こういった背景もあって、「エネルギー・キャリア」は、「水素キャリア」を包含する概念という理解で使われている。なお、SIP「エネルギー・キャリア」では、「エネルギー・キャリア技術」を、「水素の製造・輸送・貯蔵・利用技術(液化水素・有機ハイドライド・アンモニア等へ変換する技術を含む)」と説明している。お気づきのように、ここでは、研究開発の対象となる技術を水素製造、利用技術にまで広げている。これは「エネルギー・キャリア」の社会実装を進めるためには、安価に水素を製造することや、従来の燃料に代えて水素、または、エネルギー・キャリアを燃料として利用するための技術開発を一体となって実施することが重要だからである。

実は、私はこのエネルギー・キャリアに関連する話題について、これまでに5回ほど、このサイトで拙稿を掲

載していただいている^{注7)}。それらはいずれも、日本が直面しているエネルギー・環境制約を考えると、原子力エネルギーへの依存を一定程度続けるとしても、将来的には海外から水素エネルギーの形で再生可能エネルギーを大量に導入することが必要という問題意識で書いたものだ。そして、そのためには水素エネルギーを大量に運搬・貯蔵する手段を手にする、すなわちエネルギー・キャリアの研究開発、導入普及を図ることが重要という主旨のことを述べてきた。

この思いが高じたためでもないのだろうが（笑）、私はこの7月からSIP「エネルギー・キャリア」のサブ・プログラム・ディレクターを務めることになった。こうした機会に、エネルギー・キャリアについてこれまでやや虫食的に書いてきたことをまとめてみたいと思い、国際環境経済研究所の事務局にご相談したところ、お許しをいただいたので、これから何回かに分けてエネルギー・キャリアに関連する問題について、できるだけ問題の全体像が分かる形で書いていきたいと考えている。なお、その過程でこれまでに書きたいいくつかの原稿と内容が重複する可能性があるが、その節はどうぞご容赦いただきたい。

なお、今後の連載において記す見解や意見にわたる部分は、SIP「エネルギー・キャリア」のサブ・プログラム・ディレクターという役割とはかかわりのない、個人的なものであることをあらかじめお断りしておきたい。

注6) 連載の中で追って説明するが、アンモニア(NH₃)などがそうした物質の例である。なお、アンモニアは水素キャリアとしても、エネルギー・キャリアとしても利用することが可能である。

注7) 「[2030年に向けたエネルギー政策への期待](#)」 (2012/12/13) (オピニオン)

「[海外の太陽、風力エネルギー資源の利用拡大を図ろう](#) ([その1](#)) ([その2](#))」 (2013/7/16、7/24) (オピニオン)

「[水素社会の構築に向けて持つべきスケール感](#)」 (2013/11/25) (コラム)

「[私たちが目指す『水素社会』とは？](#)」 (2014/4/15) (コラム)

「[燃料電池自動車の販売開始が拓く道](#)」 (2014/7/30) (コラム)