

## 科学技術の視点から、どう考えてもおかしい「水素社会」

(その1)「水素元年」とはしゃいでいるのは、化学工業の歴史を知らない人の妄想である

久保田 宏 (東京工業大学名誉教授)

最近、にわかに、「水素エネルギー」がメディアを賑わし、「水素元年」というフレーズまで飛び出している。この水素元年は、トヨタが燃料電池車 (FCV) の MIRAI の市販を開始したことを記念した FCV 元年をいうのであろう。いや、水素をエネルギーとした燃料電池の実用化であれば、家庭用の発電設備、「エネファーム」が売り出されたのが、2009 年であるから、今年は、水素 7 年になると言ってもよい。では、本当に「水素エネルギー、社会を支える新たな力になる (朝日新聞 2015/1/13 社説)」のであろうか？

### 何のために水素のエネルギーの利用が必要なのであろうか？

それは、現代文明社会を担っているエネルギー源の化石燃料が、いずれは枯渇するからであるとされている。しかし、いま、この化石燃料の代替としては、自然エネルギー (国産の再生可能エネルギー (再エネ)) の利用が言われている。自然エネルギーとは、文字通り自然の条件下で存在するが、エネルギー源として利用可能な水素 ( $H_2$ ) は、自然条件下では存在しない。したがって、化石燃料が枯渇した後の水素エネルギーは、自然エネルギーとして得られる電力 (再エネ電力) を使って、いくらでも使える水 ( $H_2O$ ) を原料としてつくられる水素のエネルギーの利用でなければならない。

この水素エネルギーを使う「水素社会」では、再エネ電力を使って水素をつくり、その水素を使って電力を生産する世にも不思議なことが起こることになる。こんなことをするならば、はじめから、再エネ電力を、そのまま使った方がよいはずである。エネルギー利用では、その効率が問題になる。例えば、水の電気分解で水素をつくる時、その水素で燃料電池を使って発電する時、それぞれのエネルギーの利用効率を 80% とすると、総合のエネルギー利用効率は 64% にまで低下する。具体的に言うと、同じ再エネ電力を用いるのであれば、FCV でなく、電気自動車 (EV) のほうが、はるかに効率がよいはずである。その上、車の価格面でも、最近発売されたトヨタの FCV、MIRAI では、市販価格 700 万円に補助金が 200 万円もついて (何故、こんな多額の補助金 (国民のお金) がつくのか不明だが)、500 万円程度で購入可能とされているが、すでに (3.5 年前) 市販されている EV であれば、日産のリーフでは、補助金付きでは 230 万円程度で購入できる。また、エネファームの場合は、現在、天然ガスをエネルギー源としているので、需要先 (家庭) での水素製造工程での廃熱を利用することで、家庭のエネルギー利用の総合効率が高められるとしている。しかし、本稿 (その 2) で述べたように、補助金付きでも高い設備購入費を、この

設備の使用期間（寿命、10年）内には償却できない。少なくとも、現時点では、お金持ちの消費者の経済的負担で、これらを用いる「水素社会」が成り立つことになる。

### エネルギー政策のなかに迷い込んだ地球温暖化対策が支える「水素社会」

上記したように、「水素社会」は、化石燃料が枯渇した時（ここで、化石燃料の枯渇とは、その国際貿易価格が高くなって使えない国が出てくる時を指す）の化石燃料代替としての水素エネルギーの利用であるから、化石燃料が使える現状では、その存立の必然性が無いはずである。にもかかわらず、はじめに記したように、いま、「水素社会」の利器、FCVやエネファームが国の補助金支給の下で実用化されている。これは、いま起こっている、地球温暖化の防止のために、何が何でも、少しでも二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の排出を削減をしなければならないとの非科学的な盲信が、この国のエネルギー政策を支配してしまっているからである。

地球の温暖化は、化石燃料の大量消費に伴うCO<sub>2</sub>の排出により起こるとされているが、実は、これは、科学的な根拠が実証されていないIPCC（気候変動に関する政府間パネル、国連の下部機構）による仮説である。もし、この仮説が正しかったとしても、これを防ぐには、世界が協力して化石燃料消費量を節減する以外に方法がない。幸か不幸か、現在の科学技術の力で経済的に採掘可能な地球上の化石燃料資源（確認可採埋蔵量と呼ばれている）の消費により、取り返しのつかない地球の温暖化を起こすほど大量のCO<sub>2</sub>が排出されることはない。経済力のある大国が、現状の確認可採埋蔵量を無視して、化石燃料資源を大量消費しない限り、温暖化は起こらないはずである。逆に、経済力のある大国が、経済成長のためとして、化石燃料資源を独占して大量使用すれば、その国際貿易価格が上昇して、それを使いたくとも使えない国々との間の貧富の格差が現在より一層拡大し、世界の平和が脅かされかねない。いま、地球にとって大事なことは、全世界が協力して経済成長を抑制し、残された化石燃料を大事に分け合って使うことであり、その結果として、地球温暖化対策としてのCO<sub>2</sub>の排出削減を目的とした「水素社会」を不要にすることでなければならない。

### 化学原料としての「水素」の重要な社会的役割を考えて欲しい

はじめにも述べたように、いま、「水素社会」を言うとき、それは「水素エネルギー社会」におけるエネルギー源、というよりは、エネルギーのキャリアとしての水素の社会的な役割を言っている。しかし、エネルギー利用でなく、化学物質としての水素の利用は、現代文明社会において、無くてはならない重要な役割を果たしていることを認識して欲しい。

産業革命以降、指数関数的に増加するようになった地球上の人口を支えてきた食料の増産に欠かせない窒素肥料アンモニア（NH<sub>3</sub>）の合成化学原料として、大量の水素が使われている。1913年、ハーバー・ボッシュ法によるNH<sub>3</sub>合成（空中窒素固定）工業の成功は、近代化学工業の夜明け（元年）であると同時に、19世紀の末に大きな社会問題とされた世

界の食料危機を解決した画期的な出来事であった（文献 1-1 参照。この工業生産でのコストの約 8 割を占める水素の製造方法として、当時のアンモニア合成反応の実験段階では、水電解でつくられた水素が用いられたが、工業化では、はじめ石炭と水から、次いで石炭の代わりに石油が、そして、いま、天然ガスが用いられている。それが、もっとも、安価な水素の製造法だからである。いずれ、天然ガスの価格が高騰すれば、この  $\text{NH}_3$  合成反応原料用の水素は、再エネ電力を用いた水電解でつくられるようになるであろう。

ほかにも、化学原料としての水素が、化石燃料枯渇後の化学原料として用いられる可能性がある。例えば、石炭の代わりの水素製鉄のほかに、化学工業原料としての石油の代替品を  $\text{CO}_2$  と水素からつくろうとの話まで真面目に取り上げられている。

このように、化学原料としての水素利用の必要性を考えると、やがて、化石燃料枯渇後（ここで、枯渇とは、その価格が高くなって使えなくなること）、再エネ電力を使ってつくった水素を発電用に用いる余裕はなくなるはずである。繰り返しになるが、電力としては、直接再エネ電力を使用すればよいのである。水素を「究極のクリーンエネルギー」とか「夢の水素エネルギー」とか言いふらす人が居るが、それは、化学の知識のない人、あるいは、化学工業発展の歴史を学んでいない人と言ってよい。私は、敢えて、この「水素エネルギー社会の夢」を見果てぬ夢と断じている。いま、成長のためのエネルギー資源の輸入金額の増加で貿易収支の赤字に苦しんでいる日本経済にとって、「水素社会の夢」にうつつを抜かしている余裕はないはずである。

引用文献；

1-1. 久保田 宏、伊香輪 恒男；ルブランの末裔、東海大学出版会、1978 年

## 科学技術の視点から、どう考えてもおかしい「水素社会」

(その2)「水素社会」のフロントランナーFCVは、どうやら見果てぬ夢に終わる

久保田 宏 (東京工業大学名誉教授)

本稿(その1)の原稿を書いた後、トヨタの販売店に、燃料電池車(FCV)のMIRAIの販売用のカタログを貰いかたがた、その売れ行きを聞きに行った。年間700台しか生産していないから、販売店には見本の車も置いていない。営業担当者もまだ、実物を見たことがないとのことであった。一店舗当たり10台の販売割り当てだが、今年度(2014年度)分だけでなく、来年度分の予約も完売とのことであった。販売価格700万円、国の補助金が200万円で、500万円を支出しなければならないFCVを買えるお金持ちが居るものと驚いた。アベノミクスによる株価の高騰で大儲けした人が買っているのであろう? いずれにしる、庶民には関係のない話である。

### エネルギー源種類の異なる車の単位走行距離あたりのコストを表す指標としての「新燃費」の概念を提案する

現在、自家用車として、ガソリン車(GV)が主体を占める現状で、その代替として、電気自動車(EV)やFCVが広く庶民に普及するためには、これらを使用する消費者にとって、GV使用の場合に較べて経済的支出としてのエネルギーコストが小さくなければならない。GVなどの内燃機関自動車(日本の場合、排ガス規制の関係で、自家用を含む旅客用自動車の大部分がGVなので、以下、GVとする)に対して、その使用による消費者の経済的な支出を表す指標として用いられているのが燃費の概念である。現在、GVに対する「燃費」は、単位燃料消費量あたりの走行距離 km/l の値で与えられている。同じGV間の比較であれば、この燃費の値で、車種別のエネルギーコストを比較できる。しかし、EVでは、例えば、日産リーフのパンフには燃費が 6.0 km/kWh と、異なった単位で記されており、このままでは、違った車種間のエネルギーコストが比較できない。

そこで、私は、この在来の燃費に代わって、単位走行距離あたりのエネルギーコストを表す次式で定義される「新燃費」の概念を提案することにした。

$$(\text{新燃費}) = \{1 / (\text{燃費})\} \times (\text{エネルギー源価格}) \quad (2-1)$$

燃費 25 km/l の省エネ型 GV について、燃料ガソリンの市販価格 140 円/l とすると、GV の新燃費の値は、(2-1) 式から、次のように求められる。

$$\text{新燃費 (GV)} = (1 / 25) \times 140 = 5.6 \text{ 円/km}$$

一方、EV として日産リーフの燃費 6 km/kWh を用い、電力料金として家庭用の料金 24 円/kWh に、EV の蓄電池への充電コストとして、その 10 % を加えた 26.4 円/kWh の値を用いると、EV については、(2-1) 式から、

$$\text{新燃費 (EV)} = (1 / 6) \times 26.4 = 4.4 \text{ 円/km}$$

と求められる。

FCV については、MIRAI のカタログと販売店での聞き取りから、車の水素貯留タンクの満タン時の水素質量 4.6 kg での走行可能距離 650 km とあるので、FCV の在来の燃費の値は  $141.3 (= 650 / 4.6)$  km/kg-H<sub>2</sub> と計算される。これに、現在、利用可能な水素ステーションでの水素の販売価格 1,080 円/kg (販売店での聞き取りから) を (2-1) 式に代入すれば、FCV の新燃費は、次のように求められる。

$$\text{新燃費 (FCV)} = (1 / 141.3) \times (1080) = 7.64 \text{ 円/km}$$

驚いたことに、現状のエネルギー源価格では、省エネ目的での FCV の使用は、何と、現状の省エネ型 GV より  $1.36 (= 7.64 / 5.6)$  倍もエネルギーコストが大きくなる。

### 省エネ目的の電動車としての EV、FCV が GV 代替として普及するための条件

上記の私が提案する新燃費を指標として、現時点での、省エネを目的とした EV と FCV の GV 代替利用の可能性を考える。現在、日本における自家用車の平均的な使用条件は、使用年数 10 年、走行距離 10 万 km なので、消費者にとっての車の使用期間内に想定されるエネルギーコスト  $C_o$  の値は、上記で求めた新燃費の値から、次式で計算される。

$$C_o = (\text{走行距離 } 10 \text{ 万 km}) \times (\text{新燃費}) \quad (2-2)$$

GV、EV、FCV 各車の使用期間 (10 年) 内のエネルギーコスト  $C_o$  の値は、この (2-2) 式を用いて計算される上記のそれぞれの車種の新燃費の値から、次のように計算される。

$$C_o (\text{GV}); 56 \text{ 万円}, \quad C_o (\text{EV}); 44 \text{ 万円}, \quad C_o (\text{FCV}); 76 \text{ 万円}$$

これらの  $C_o$  の値から、まず、省エネを目的としてすでに市販されている EV が、現在、一般的に普及している GV に代わって用いられるための条件を考える。いま、代替対象の EV とほぼ同じ車格の GV の市販価格を 210 万円として、この値に、上記のエネルギーコスト  $C_o$  (GV) と  $C_o$  (EV) との差額  $\Delta C_o = 12 (= 56 - 44)$  万円を加えた  $222 (= 210 + 12)$  万円以下であれば、省エネ目的の EV が GV に代わって利用・普及される可能性がある。日産リーフ (EV) の現在の市販価格 280 万円から国の補助金 53 万円 (発売当初 78 万円が年々減額している) を差し引いた価格 227 万円とほぼ同じになる。にも関わらず、思うように EV の利用・普及が進まないのは、GV に比べ、一充填走行可能距離 (航続距離と呼ばれている) が小さいのと、ガソリンスタンドに匹敵する急速充電施設が整備されていないためと考えられる。しかしながら、いずれ、石油が枯渇に近づき、ガソリン価格が上昇すれば、ガソリン価格に比例する GV の新燃費の値と市販電力価格に左右される EV の新燃費との値の差が、現状に比べて次第に大きくなるから、もはや、航続距離が小さいなんて言っていられなくなり、やがて、EV の時代が訪れることになるであろう。

これに対して、FCV はどうであろうか? まず、現在の FCV と EV の新燃費の値の比較 (FCV が EV の 1.72 倍) から判るように、将来とも、FCV が EV に代わって用いられるようになることはないと考えべきである。それは、本稿 (その 1) でも述べたように、同じ電動車として、エネルギー源の電力を、直接使って走る EV に較べて、同じ電力を一度

水素にして、それを電力に再転換して使用する FCV のエネルギー効率が低下することは、科学の必然だからと考えてよい。この違いは、将来、エネルギー源としての電力が、再エネ電力で賄われるようになってからも変わることはないはずである。

### 「水素社会」のフロントランナーFCVの利用・普及は見果てぬ夢に終わる

上記したように、同じ電動車としての FCV の新燃費の値が EV に比べて大きくなる、もう一つの原因として、エネルギー源としての水素を車に充填するために水素の製造プラントから水素ステーションまで輸送するために水素を液化しなければならないことが挙げられる。

この水素ステーションでの水素の販売価格 1,080 円/kg-H<sub>2</sub> の半分以上が、この水素の輸送に必要な水素の液化のコストと試算される。この液体水素を用いて、水素が FCV 車内の 700 気圧の特製の貯留容器（ボンベ）内に充填される。この満タン時の質量 4.6 kg の水素が、一充填時走行距離 650 km の GV 以上の高い値を保証している。FCV の開発の当初から、積載可能な水素量が問題になっていた。在来から考えられていた水素吸蔵合金を用いる方法などでは積載要求量を満たすことができず、トヨタは、一時、LNG（液化天然ガス）から水素をつくる化学反応装置を FCV に積み込むことを考えた。化学反応装置設計の研究を仕事としてきた私には、これは無茶だと、私的な反対意見を述べたが、結局、この高圧ボンベの利用によるこの水素ステーション方式での実用化が進められた。

しかし、日本経済にとっての将来のエネルギー問題の重要性を考えると、上記の GV と EV の比較の問題でも述べたように、航続距離の問題を理由に FCV が EV に代わって用いられなければならない理由はないはずである。それが、MIRAI の発売後、「水素元年」などと騒ぎ立てるメディアを巻き込んで社会現象に発展している。見かねて私は、上記したような、「新燃費」の概念を用いて、この FCV の実用化可能性評価の解析を行ってみた。結果は、私が想像した以上に、無残なものである。よく言われているように、官公庁用か、アベノミクスで大儲けした人以外に、FCV に乗る人はいないと考える。しかし、この厳しい現実が、いままで、誰にも知らされていない。それどころか、つい最近、NHK TV の時論・公論で、解説委員の方が、トヨタが FCV 関連の特許を無料で世界に公開したことを取り上げて、この FCV を含む燃料電池を利用した「水素社会」の技術を世界に売り込む国際的ビジネスを展開すべきだと訴えていた。何の根拠も示さないまま、何のために、公共放送が、こんなことを訴えなければならないのであろうか？いま、大きな貿易赤字と財政赤字をかかえている日本経済の苦境を考えると、このような国民不在の不毛なエネルギー政策プロジェクトに、国民の貴重な税金を浪費する余裕は何処にもないはずである。

## 科学技術の視点から、どう考えてもおかしい「水素社会」

(その3) エネファームは、家庭の「オール電化」を訴えていた電力会社に対抗する都市ガス供給会社の企業戦略であった

久保田 宏 (東京工業大学名誉教授)

燃料電池車 (FCV) とともに「水素社会」のフロントランナーとして、その利用の普及・拡大が期待されているのがエネファーム (燃料電池による家庭用電力の供給設備) である。しかし、「水素元年」のシンボルとされた FCV が庶民の自家用車として用いられることがあり得ないことを、先の本稿 (その2) で明らかにした。では、エネファームは、「水素社会」の基幹技術となり得るのであるか?

### エコキュートからエネファームへ、家庭用給湯器を巡る仁義なき戦い

3.11 の原発事故が起こる以前には、よく、東京電力の代理店と称するところから家庭用の給湯器としてのエコキュートの売り込みの電話がかかってきた。エコキュートは、ヒートポンプの原理を使って、電力をエネルギー源として動力を熱に変換している。この電力が夜間の安価な原発の余剰電力 (9 円/kWh 台) で賄われることで、消費者にとって安価な家庭の給湯用温水を供給できるとして、エコキュートが、対抗する都市ガスや LPG をエネルギー源とするガス給湯器の市場を奪う形で、急速に売り上げを伸ばしていた。

これに危機感を持ったガス会社や石油会社が、共同で開発し、共通の商品名で売り出したのがエネファームである。エコキュートが家庭用エネルギー供給でのオール電化の企業戦略の一つとして、その開発が進められたのに対して、ガス会社が開発したエネファームは、各家庭に設置した設備内で、都市ガス (あるいは LPG) を原料として水素をつくり、この水素をエネルギー源とした燃料電池で電力を生産することで、家庭用電力供給の事業を電力会社から奪いとる仕組みになっている。同時に、給湯用の温水の製造には、都市ガスから水素を製造する際の発熱反応の廃熱が利用されている。すなわち、エネファームは、オール電化を謳い文句にした電力会社による家庭用のエネルギー供給事業に対抗して、都市ガス供給業者等が、家庭用のエネルギー供給事業を独占する目的で開発されたと言ってもよい。

たまたま、このエネファームの売り出しの開始時期が、3.11 の原発事故と重なり、原発電力を使うことで払戻を自重せざるを得なくなったエコキュートに代わって、現状では、エネファームが、確実に、その市場を伸ばしているようである。

### エネファームの利用による家庭用エネルギー消費の節減効果は大きくない

家庭用のエネファームの使用が、一般に広く普及するためには、その使用で、消費者にとっての経済的なメリットがもたらされなければならない。私が、東京ガスのエネファーム

ムの宣伝用のパンフと営業担当の技術者から聞き取ったデータから、都市ガスをエネルギー源としたエネファームの使用での都市ガスの消費量は  $0.2057 \text{ Nm}^3/\text{kWh}$  と計算される。したがって、都市ガスの消費量の増加を促すための割引料金  $117 \text{ 円}/\text{Nm}^3$  の適用でも、発電コストは、 $24 (=0.2057 \times 117)$  円/kWh と計算され、市販の家庭用電力料金と変わらないから、このエネファーム利用での電力生産では、消費者の経済的なメリットは得られない。すなわち、エネファームの使用での消費者の利益は、都市ガスを用いた燃料電池原料の水素ガスをつくる際の廃熱の利用による給湯用の都市ガス使用料金の節減効果にあるとしてよい。しかし、この家庭の給湯用のエネルギーを、燃料電池用の水素製造の際の廃熱で賄う際には、この発熱量と、家庭での給湯の需要熱量とのバランスが問題になる。一般的には、廃熱量が、通常の給湯の需要熱量を大きく上回るので、廃熱温水を、給湯用とともに床暖房用にも利用することが、エネファームの標準的な使用条件になっている。

いま、この廃熱の 100 % 利用を仮定した場合の標準家庭の一世帯当たりの都市ガス使用での節減金額を計算してみる。エネファームのパンフから、単位発電量あたりの都市ガス節減量は  $0.1041 \text{ Nm}^3/\text{kWh}$  とあり、都市ガスの通常の市販料金  $150 \text{ 円}/\text{Nm}^3$  から、都市ガスの節減金額は、 $15.62 (=0.1041 \times 150)$  円/kWh となる。エネルギー経済研究所のデータ（文献 3-1）で、2010 年度の家庭部門の平均電力消費量は  $475 \text{ kWh}/\text{月}$  とあるので、エネファームの使用による家庭用のエネルギー消費の節減金額は、次のように計算される。

$$(15.62 \text{ 円}/\text{kWh}) \times (475 \text{ kWh}/\text{月}) = 7,420 \text{ 円}/\text{月} = 8.9 \text{ 万円}/\text{年}$$

エネファームの市販設備価格 180 万円から国の補助金 30 万円を差し引いた消費者の支出金額  $150 (=180 - 30)$  万円を償却するには、 $16.8 (=150 / 8.9)$  年が必要となり、エネファームの使用期間（燃料電池の寿命）とされる 10 年間で大幅に上回ってしまう。

ただし、この償却年数の値は、政府が、このエネファームの利用・普及を拡大するための設備購入の際の補助金、一基あたり 30 万円を支給している条件下での値である。実は、この補助金の支給額には科学的な根拠がない。「補遺 3-1」に記したように、私どもが提案している省エネ製品としてエネファームの適正補助金額を 15.8 万円（計算方法は、文献 3-2. 参照）とした場合には、償却年数  $18.4 (= (180 - 15.89) / 8.9)$  年と、さらに大きくなる。

消費者にとっての設備償却年数を設備の使用年数 10 年以内に納めるためには、設備価格を現状の半分近い 100 万円以下に低減させることが必要になる。結局、当面は、将来的な家庭用電力料金の値上がりをあてにし、消費者のボランティアに依存して、その販売促進が行われることになる。

また、以上の試算では、電力生産での廃熱が 100 % 利用できた場合を想定しているが、実際のエネファームの使用では、給湯用の廃熱量が、その需要量とはバランスしないから、廃熱の利用比率は、大幅に低下する。この設備償却年数は、上記したように、廃熱の利用比率にほぼ反比例するから、例えば、廃熱の利用率が 50 % に止まれば、償却年数が 2 倍になってしまう。

さらに、より大きく問題になるのは、このエネファームの利用は、燃料電池原料の水素が、天然ガスから製造される現状でなり立っていることに注意する必要がある。すなわち、天然ガスが枯渇し、燃料電池用の水素の製造を再生可能エネルギーによる電力（再エネ電力）に依存しなければならないとしたら、水素製造の際の廃熱が利用できなくなるから、家庭での給湯用のエネルギー利用による利益が失われてしまう。

### エネファームは、本来、「水素社会」とは無関係な存在である

本稿の（その1）で述べたように、いま、エネファームは、FCVとともに水素社会のフロントランナーのように言われている。しかし、それは、エネルギー供給システムとしてのエネファームの中心に燃料電池があり、そのエネルギー源が水素だからという理由だけで、メディアが勝手に言っていることである。現状では、この水素は、天然ガスや石油（LPG）からつくられる水素であるが、この水素原料の化石燃料が利用できなくなったときには、家庭用のエネルギー供給システムとしてのエネファームは、その存在意義を失ってしまう。すなわち、電力は、直接、再エネ電力か、あるいは、原発電力で賄われればよいし、給湯用のエネルギーも、太陽熱が大幅に利用されるべきで、水素の出番はなくなる。

改めて、MIRAIの立派なカタログ（表紙込みで56ページ）を見直してみると、その表紙の裏に、六角形（ベンゼン核？）のなかの $H_2$ がビルの合間の空に浮いているのを指さす少女の絵とともに、「おはよう、未来」の表題で、・・・水素の本格的なエネルギー利用が世界に先駆けて始まります・・・とあり、至る所に、ふんだんに、水素の文字が躍っている。これに対して、東京ガスのエネファームの8ページのパンフには、どこを探しても水素の文字は見当たらない。もともと、エネファームは、そのメーカーにとっては、水素社会とは無関係な存在だったのである。

### 「補遺 3-1」省エネ・創エネ製品の普及促進のための補助金の適正支給金額を決める方法

いま、省エネ製品（省エネ家電製品など）や再エネ電力の生産のための創エネ設備（太陽光や風力発電設備など）の利用・普及を促進するためとして、消費者に、これらの購入の際の補助金を支給する制度が広く用いられている。すなわち、単に、これらの製品の販売を促進するためとして、国民のお金（税金）が、例えば、上記（本稿（その2））したように、FCVでは700万円の販売価格に対し200万円（販売価格の28.6（=200/700）%）が、EVに対しては280万円に対し53万円（18.9（=53/280）%）が、支出されている、しかし、これらの補助金支給額の決定には、何の科学的根拠も示されていない。

これに対して、私は、これらの省エネ製品・創エネ設備の使用による国民にとっての経済的な利益は、エネルギーの主体を輸入化石燃料に依存する日本の現状では、これらの省エネ、創エネによる輸入化石燃料の節減金額として評価できるから、補助金の支給額は、次のよう決められるべきであると提案している。

（省エネ・創エネ製品の購入に対する適正補助金額）

- = (省エネ・創エネ製品の使用による化石燃料の輸入金額の節減額)
- (省エネ・創エネ製品の製造・使用に要するエネルギー消費を稼ぎ出すために必要な国民の支出金額)

この「適正な補助金額」の決め方を用いることによって、はじめて、化石燃料の輸入金額による貿易赤字に苦しむ日本経済にとって、国民の経済的な負担を強いることのない省エネ、創エネの推進のための合理的な補助金額を決めることができる。具体的な計算の方法については、文献3-2を参照されたい。

**引用文献；**

3-1. 日本エネルギー経済建久所計量分析ユニット 編；エネルギー・経済統計要覧、2014, 省エネセンター、2014 年

3-2. 久保田 宏；脱化石燃料社会、「低炭素社会へ」からの変換が日本を救い、地球を救う、化学工業日報社、2011 年

## 科学技術の視点から、どう考えてもおかしい「水素社会」

(その4)「はじめに燃料電池ありき」から導かれる「水素社会」の幻想

東京工業大学名誉教授 久保田 宏

燃料電池車 (FCV) の発売で「水素元年」として始まった「水素社会」のなかの水素が、経済成長のエネルギー源として、現在はもとより、将来の化石燃料枯渇後（ここで、枯渇とは、化石燃料の国際市場価格が高くなって使えなくなることを指す、本稿（その1））の日本経済のエネルギー供給に何の貢献ももたらさないことを、本稿（その1）～（その3）までに明らかにしてきた。では、なぜ、こんな、おかしいことが、技術立国の日本で起こるのであるのか？ 本稿では、この問題点を科学技術の視点から考えてみる。

### 海外でつくった水素を日本に運んでくる必要があると考える不可思議

その前に、もう一つ問題とされなければならないのは、「水素社会」の水素が、その製造コストが安いとの理由で国外でつくられ、日本に持って来ることが、国策研究として進められていることである。具体的には、地球上で緯度が低く太陽光エネルギーに恵まれたサンベルト地帯で、太陽光ではなく、太陽熱を利用して発電し、この電力を利用して水素をつくり、化石燃料の代わりに、日本に持って来ようという計画である。気体として非常に密度の低い水素を、長距離海上輸送するために、有機化合物（メチルシクロヘキサン）の形で固定化して輸送し、国内で、それを脱水素分離して使用する。

一見、もっともらしい話である。しかし、この計画を、化石燃料枯渇後の日本経済との関係で考えると、大きな問題がある。まず、いま、日本経済を苦境に陥れているのは、財政赤字と貿易赤字である。貿易赤字の主な原因として、エネルギー源としての化石燃料の輸入がある。化石燃料の代わりに、水素エネルギー社会のための水素を輸入するのであれば、この貿易収支の赤字を促す形態は変化しないと考えてよい。

これまで、化石燃料エネルギーに支えられてきた世界経済が、この化石燃料資源の供給不足からくる不況を脱することができないと予測されるなかで、日本経済には、かつてのような輸出の伸びを期待できないから、貿易赤字の解消には、化石燃料の輸入金額の節減に取り組む以外に方法がない。そのためには、エネルギー消費全体の節減をはかるなかでの自然エネルギー（国産の再生可能エネルギー（再エネ電力））の生産が必要である。ただし、この再エネ電力の生産は、電力料金の値上げで国民を苦しめる再生可能エネルギー固定価格買取（FIT）制度を用いる再エネ電力の生産であってはならない。あくまでも、化石燃料の輸入金額の最小化を図ることを目的とした国産の再エネ電力の生産でなければならない。そこには、苦難の道が待っているかもしれないが、世界に先駆けて、この国産の再エネに依存する社会のモデルをつくることこそが、技術立国日本が、化石燃料枯渇後の世界のなかで生き残る途でなければならない。

## 化石燃料が使えなくなった時のエネルギー源は水素ではなく再エネ電力である

水素エネルギーの利用が言われるようになったのは、石油危機の頃からで、結構古い話である（文献 1-4）。水素をエネルギー源として使用するメリットの一つは、その燃焼によって水しか生成しないのでクリーンだからであるとともに、最近では、これに、地球温暖化対策としての低炭素の要求も加わった。水素エネルギー利用でのさらにもう一つの効用として、水素が資源量として無限に存在する水からつくることができるとの勘違いが加わり、それが、水素エネルギー社会にまで発展したと言ってよい。

しかし、無限に存在する水から水素をつくるには、エネルギーが必要である。化石燃料が枯渇した後に使えるエネルギーは、再エネ（あるいは原子力エネルギーもあるが、脱原発の国民世論の大きいなかで、現状では考えないことにする）しかないが、これは、電力にしか変換できない。したがって、この再エネ電力を使って水素をつくり、その水素を使って再び電力をつくるのであれば、もともとの再エネ電力をそのまま使ったほうが、その利用効率が良いのは自明である。これが、本稿（その 1）で、水素エネルギー社会はありえない、どうしてもおかしいとした理由である。

すなわち、化石燃料が使えなくなった後の生活と産業用のエネルギーは、水素エネルギーではなく、再エネ電力でなければならない。具体的には、水素エネルギーを用いた燃料電池車（FCV）ではなくて、再エネ電力による電気自動車がいられるべきことを本稿（その 2）に、また、家庭用電力の供給のためのエネファームの利用に合理性のないことを本稿（その 3）に、それぞれ示した。敢えて言うならば「再エネ電力化社会」と言ってもよい。しかし、この再エネ電力化社会を創るには、これまでと大きく違ったエネルギー消費構造が求められなければならない。

まず、現在、一次エネルギー資源量で表した電力化比率の値を、現在の 50% 程度から、大幅に引き上げなければならない。特に、電力への依存率の低い運輸部門での電気自動車の利用を含めた、エネルギー消費構造の大幅な変革が求められる。一充填時の走行可能距離が小さい電気自動車が長距離輸送用のトラックには向かないのであれば、長距離輸送は、電気鉄道に切り替えるなどで、運輸部門の電力化率を高めることが考えられる。

## 「はじめに燃料電池ありき」に導かれる「水素エネルギー社会」は幻想に過ぎない

では、どうして、いま、エネルギー政策のなかに、水素エネルギー社会が採り挙げられるのであろうか？それは、水素をエネルギー源とした燃料電池利用の設備・システムの実用化を、夢の水素エネルギー社会への途を拓くものだと決めつけてしまった、この国のエネルギー政策の混迷に原因があると見てよい。

確かに、水素をエネルギー源とした燃料電池は高い電力変換のエネルギー効率（発電効率）を持っている。しかし、それに目を奪われて、“はじめに燃料電池ありき”となってしまう結果、実用化にとって重要な原料水素の製造を含めた燃料電池利用のシステム全体

のエネルギー効率、および経済性に関する検討などの実用化の可能性評価研究（フィージビリティスタディ）が行われないうちに、税金を使って進められるエネルギー政策の重要課題とされてしまった。実は、これは、この国のエネルギー政策に共通の問題点である。かつて、地球温暖化防止のためには、どうしても自動車をバイオ燃料（エタノールやバイオディーゼル油）で走らせなければならないなどとして、このバイオマスエネルギー利用・普及のための国策開発研究のために、6年間で6.5兆円にも上る国民のなけなしのお金がどぶに捨てられた。しかし、この国策開発研究が始められたときにも、メディアが中心になって、猫も杓子も、バイオ、バイオと騒ぎ立て、私どもの批判的な主張（文献4-2）には全く耳を貸して貰えなかった。

実は、いま、燃料電池を利用する水素エネルギー社会についても、このバイオ燃料の時と全く同じことが起こっている。メディアが中心になって騒ぎ立てている「水素元年」は、本稿（その1）～（その3）で明らかにしたように、見果てぬ夢に終わることは間違いがない。いま、日本のエネルギー政策にとって最も大事なことは、そのあるべき姿を追求するエネルギー政策の原点にもどって、当面は、化石燃料の輸入金額が最小になるように、化石燃料の種類を選択する（火力発電には安価な石炭を使うなど）とともに、徹底した省エネを図りながら、やがて来る輸入化石燃料の枯渇（その輸入金額が高くなって使えなくなる）に備えて、国民に経済的な負担をかけない（FIT制度を適用しない）で、国産の再生電力に依存できる、経済成長を抑制した「電力化社会」に移行することでなければならない。繰り返しになるが、これが、現在、化石燃料のほぼ全量を輸入に依存している日本経済が生き残るためのエネルギー政策の在り方でなければならない。それは、同時に、世界に向かって、人類の生存のための化石燃料枯渇後のエネルギー供給のモデルの創設を訴えることにもなる。

#### 引用文献；

- 4-1. 久保田 宏 編著； 選択のエネルギー、日刊工業新聞社、1987 年
- 4-2. 久保田 宏、松田 智； 幻想のバイオ燃料～科学技術的見地から地球環境保全対策を斬る、日刊工業新聞社、2009 年