

2030 年度電源構成のなかの再生可能エネルギー（再エネ）比率の意味を考える （その 1）不条理な FIT 制度に引きずられた再エネ電力の利用は実現不可能である

東京工業大学名誉教授 久保田 宏

2030 年度電源構成の再エネ比率が発表されたが

経済産業省（経産省）が 4 月 28 日（2015 年）の有識者会議で、2030 年の電源構成（エネルギーミックス）案を示したと報道された（朝日新聞 2015/4/30）。この新聞記事では、発電コストが安く、温室効果ガス（二酸化炭素（CO₂）が主体、以下 CO₂ と略記）の排出削減にもつながる原発が、少なくとも 2 割は必要との経産省の考えに沿ったものだとしている。

いま、「再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT 制度）」の適用による再エネの導入では、市販電力の価格が高くなるから、経済成長を維持するためには、2030 年度電源構成のなかの再エネ電力比率を一定値以下に抑えて、原発電力と共存する案をつくり、今回の発表となったと考えられる。今後は、この原案を基に、広く国民の意見を問うたうえで、6 月までに最終的な再エネ比率を決めるとしている。

本来、化石燃料の枯渇後、その代替となるべき再エネの開発・利用が、地球温暖化の防止を目的として、今すぐ CO₂ の排出削減を求めるときの再エネが求められるようになった。また、この CO₂ の排出削減に現状で最も効果の大きいとされる原発電力の利用が、3.11 の原発事故の影響で 20～22% と抑えられるから、原発電力代替としても、2030 年度の電源構成のなかで、22～24% の再エネ電力が必要になるとした上で、この再エネ電力種類別の比率を表 1-1 のように与えられるとしている。ここでは、まず、この再エネ電力種類別の導入量比率の値が実現不可能であることを指摘する。

表 1-1 経産省の 2030 年度電源構成案のなかの再エネ電力種類別の比率（朝日新聞 2015/4/29 から）と再エネ導入ポテンシャルの推定値（文献 1-1 から）

	太陽光	風力	水力	バイオマス	地熱	合計
2030 年度の再エネ電力比率 (%) ^{*1}	7.0	1.7	8.8~9.2 ^{*2}	3.7~4.6	1.0~1.1	22~24
参考；再エネ導入ポテンシャル比率 (%) ^{*3}	13.3	411 ^{*4}	6.9 ^{*5}	(0.8) ^{*6}	7.3	

注 *1 ; 朝日新聞 2015/4/28 から、2030 年度の総発電量の推定値に対する各再エネ電力発電量の比率、ただし 2030 年度の総発電量の推定値の記載はない *2 ; 既存のダム式水力発電量、2013 年度で総発電量の 7.8% を含む。したがって、この値との差、1~1.4% 程度が、新エネルギー（再エネ）とされている中小水力と推定される。 *3 ; 環境省の調査報告書（文献 1-2）を基に計算した導入ポテンシャル発電量の推定値の 2009 年度の総発電量に対する比率（文献 1-1） *4 ; 411%、すなわち、4.11 倍 *5 ; 中小

水力の導入ポテンシャル発電量の総発電量に対する比率 *6 ;環境省報告書(文献 1-2)には記載なし。
この値は、国内の人口林が 100% 利用されたと仮定し、用材の生産、使用の残り廃棄物の全量を発電に利用した場合の推算値(文献 1-3)

FIT 制度の適用を前提とした再エネ可能発電量の推定値は、電力の自由化で消失する？

表 1-1 に示した経産省による 2030 年度再エネ電力種類別の比率の値は、現在、再エネ電力の利用・拡大を図るために 2012 年 7 月以降導入された FIT 制度の適用実績を基にした再エネ電力発電量の推定値として求められたと考えられる。この FIT 制度の適用による再エネ電力の導入では、昨年(2014 年)夏頃から、出力変動の大きい太陽光や風力などの不安定電源の導入発電量が大きくなり過ぎることを懸念した電力会社が、その買取量を制限することを表明して以来、この問題が大きな社会問題に発展している。

すなわち、いま、太陽光や風力などの FIT 制度による買取価格が減額されようとしているが、既に認定を受けた電力の買取価格の変更はできないはずだから、認定量の多かった太陽光の発電可能量が、結果として、総発電量(30 年時点の推定値)の 7% と大きな比率を占めている。

FIT 制度の適用による再エネ電力の導入は、各再エネ電力種類別に、それぞれの発電が収益事業として成立するように買取価格が決められている。したがって、この FIT 制度は、近く予定されている電力の自由化(消費者が自由に電力の種類を選ぶことができるようになる)とは完全に相容れないはずである。

最近の報道(朝日新聞 2015/4/7)によれば、「経産省は、FIT 制度の対象になっている太陽光や風力などで発電した電気を、“これはクリーンな電力です”などといった広告を禁止する考えで、・・・これに対し、全国消費者団体連合会が、再エネで作った電気を利用者が選べなくなるから、再エネ比率を電源構成のなかに義務づけるべきだと訴えている」とある。電力が自由化されれば、FIT 制度の適用を受けた高価な再エネ電力は、奇麗な金持ち以外には買わなくなるはずだから、経産省が、再エネ電力の広告や宣伝を禁止する必要はないはずだし、消費者の利益を守るための消費者団体などが、FIT 制度による高い価格の再エネ電力を買うべきだと消費者に訴えることもあり得ない。したがって、表 1-1 に示す経産省の有識者会合で決められたとされる再エネ電力種類別の発電量比率の値は、不条理な FIT 制度に引きずられた何とも理解できない不可思議の第一として挙げざるを得ない。

導入ポテンシャル量の定量的な評価なしに進められた再エネ発電種類別比率の値

もう一つの不可思議は、表 1-1 に示す経産省の 2030 年度再エネ電力の比率の値が、上記したように、同じ表 1-1 に参考として付記した環境省の再生可能エネルギー導入可能量調査研究報告書(以下、環境省報告書(文献 1-2))を基に計算される再エネ電力種類別の導入ポテンシャル比率の値(文献 1-1)を完全に無視して与えられていることである。

実は、この再エネ電力の種類別に推定された導入ポテンシャル比率の値は、環境省報告

書で、設備容量 (kW) で与えられた値を、私が再エネ電力種類別の年間平均設備利用率の推定値を用いて発電量 (kWh) に換算した値を基にして、総発電量に対する比率として求めたものであり (文献 1-1)、一般には知られていないかもしれない。しかし、FIT 制度の施行案をつくる資源エネルギー庁 (エネ庁) の FIT 制度の担当者であれば、この制度の導入に明確な反対を直接、エネ庁にも伝えていた私の著書 (文献 1-1) に留意すべきであった。FIT 制度施行後、間もなく、私の問い合わせに、エネ庁の担当者は、原報の環境省報告書 (文献 1-2) の存在すら知らないと答えた。彼らには、FIT 制度の導入に際して、再エネの導入ポテンシャルを考慮する必要さえ判っていないようである。

特に問題になるのは、表 1-1 に示す導入ポテンシャル比率の値が 411% と、他に較べて圧倒的に大きな値を占める風力の 2030 年度再エネ電力比率の値が、その生産可能の適地が北海道や東北地方の遠隔地に偏在するため、送電線が無いとの理由で、僅か 1.7% しか与えられていないことである。風力発電の適地は、海岸で、海洋国日本では、風力発電の導入ポテンシャルは、北海道以外にも、現状の需要を十分満たせることが、環境省報告書 (文献 1-1) にはっきりと示されている。

これに対して、上記したように、FIT 制度の施行時の最も高い買取価格で、実際の導入時期を確約しないまま認定を与えてしまった太陽光発電 (家庭用と非家庭用の合計) は、2030 年再エネ発電比率 7% と高い値を推定している。しかし、その導入ポテンシャル比率は、表 1-1 に示すように 13.3% と、3.11 原発事故前 (2010 年度) の電源構成のなかの原発比率 24.9% の半分程度しかない。国民に経済的な負担をかける一方で、手っ取り早く事業利益をあげることできた非家庭用太陽光発電 (メガソーラー) は、それを支えていた FIT 制度の崩壊と同時に、やがて姿を消すようになることを敢えて予言しておく。

大きな矛盾を抱えたバイオマス発電の FIT 制度による導入の不可思議

もう一つの、大きな不可思議は、バイオマス発電の利用である。表 1-1 に見られるように、2030 年再エネ比率で、バイオマス発電は 3.7~4.6% と、太陽光発電に次いで、大きな比率を占めている。理由は、不安定な太陽光発電をバックアップするための安定電源として必要だとされている。

バイオマス発電は、在来の火力発電の固体化石燃料 (石炭) の代わりに、再生可能とされるバイオマス (その主体は木材) を使用するものだが、その量的確保の困難と、価格が高いために、事業用の発電では利用されてこなかった。それが、地球温暖化対策としての CO₂ 排出削減の要請から、石炭火力発電所で、バイオマスの石炭への混焼が義務づけられるようになった。しかし、この燃料用バイオマス (木材) を国内で調達することができないから、それを輸入に頼らなければならなくなっている。

この現実を無視して進められているのが、FIT 制度の適用によるバイオマス発電である。この発電事業を地域産業振興の一つにしようとする人々が林野庁や森林組合などを巻き込んで、FIT 制度を利用した発電を収益事業として成立できるようにと、資源エネルギー庁に

働きかけた結果を反映しているのが、この表 1-1 のバイオマス発電の利用比率の値である。

しかしながら、この値は、表 1-1 の 注 *6 に記したように、国内の用材の需給量を完全自給できるように日本林業を創生できたとした場合の仮想の導入ポテンシャル比率の値 0.8% をはるかに超えている。したがって、このバイオマス発電の再エネ比率を実現するためには、大量の燃料用木材を輸入しなければならない。いま、貿易赤字に苦しむ日本経済にとって、現在、火力発電用の燃料として最も安価な石炭に代わって、その単位エネルギーあたりの価格が 2 倍以上もする木質燃料を輸入する余裕は何処にもない（文献 1-3）。

引用文献；

- 1-1. 久保田 宏；科学技術の視点から原発に依存しないエネルギー政策を創る、日刊工業新聞社、2012 年
- 1-2. 平成 22 年度環境省委託事業「平成 22 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」、平成 23 年
- 1-3. 久保田 宏、中村 元、松田 智；林業の創生と震災からの復興、日本林業調査会、2013 年

2030年電源構成のなかの再生可能エネルギー（再エネ）比率の意味を考える （その2）当面、石炭火力を利用すれば、再エネ電力の利用は不要である

東京工業大学名誉教授 久保田 宏

電源構成のなかの再エネ比率が、故意に原発電力比率と結びつけられている？

4月28日（2015年）に発表された経産省の2030年度の電源構成案を3.11の事故の起こる前（2010年度）の電源構成の値と対比して、表2-1に示した。ただし、ここに示した2010年度の値は、朝日新聞（2015/4/29）に掲載された値で、エネルギー経済統計エータ（以下、エネ研データ、文献2-1）による値とは一致しない。例えば、原発発電量と火力発電の合計の総発電量に対する比率が、それぞれ、29%と61%となっているが、エネ研データ（文献2-1）からは、24.9%と66.7%と計算される。

3.11の原発事故以来、脱原発を訴える人々は、再エネ電力を利用すれば、原発は不要としている。表2-1に示す経産省の2030年度再エネ比率22～24%から、2030年度の総発電量が2010年度と変わらないとし、かつ、2010年度の化石燃料（石油、天然ガス、石炭）火力の発電量比率の値61%を保つとすれば、2030年度の原子力比率は15～17%で済むことになる。それが、表2-1に見られるように、化石燃料火力の合計を56%として2010年度より5%減らすとしているので、原子力比率は20～22%必要になるとして辻褃合わせをしている。ここで、辻褃合わせと記したのは、経産省による2010年度の原子力発電比率の値が、エネ研データ（文献2-1）からの計算値24.9%を29%としているからである。この4.1%の違いは、エネ研データ（文献2-1）の2010年度の火力発電の比率66.7%と2030年度の61%の差5.7%の差で、ほぼ埋め合わせされていることを指す。国のエネルギー政策を決めるための2010年度の電源構成の数値に、実際（エネ研データ（文献2-1）からの計算値）と異なる数値が用いられていることが先ず問題にされなければならない。

表2-1 経産省による2030年度の電源構成案（朝日新聞2015/4/30から）

	再エネ	石油	天然ガス	石炭	原子力
2030年度の比率(%)	22～24	3	27	26	20～22
2010年度の比率(%)	10*1	7	29	25	29*2

注 *1 ; エネ研データ（文献2-1）の水力発電の比率7.8%が主体となっており、その差2.2%が再エネ（中小水力）となっている。 *2 ; エネ研データ（文献2-1）からは、24.9%

当面、石炭火力発電を増強すれば原発も再エネも不要である

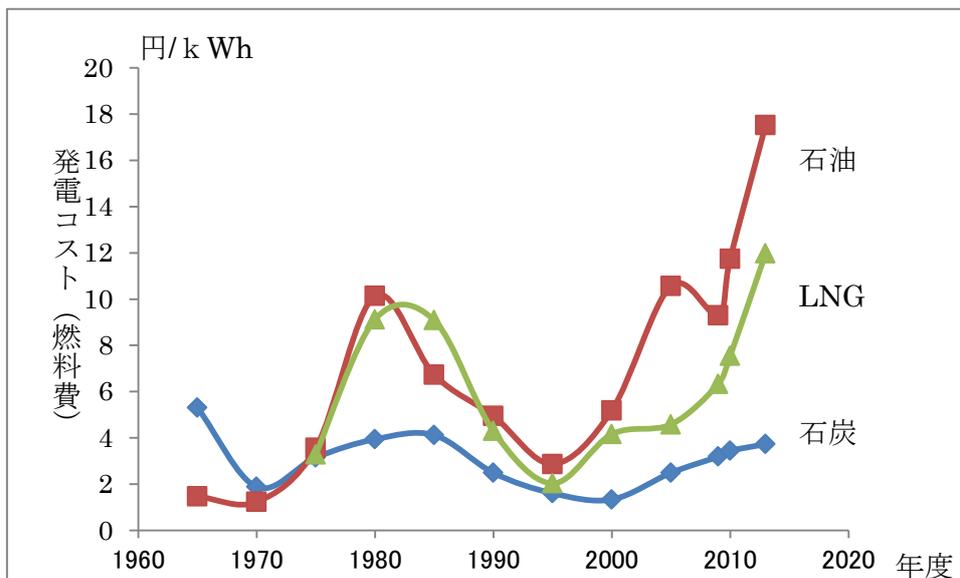
より重要な問題は、もし、2030年度の火力発電の比率を表2-1の56%に、再エネ比率の値22~24%を加えた78~80%にまで上げることができれば、原理的には、原発電力をゼロにできることになる。いま、それができないのは、地球温暖化防止のCO₂の排出量を削減するために、化石燃料消費を削減しなければならないとされているからである。

しかし、日本だけが、化石燃料を削減しても、地球温暖化を避けることはできないことは明らかである。地球の温暖化は地球の問題であるから、もし、地球温暖化防止のために化石燃料消費量を削減しなければならないとしたら、下記（本稿（その3））するように、世界各国が協力して化石燃料消費を削減する以外に方法がない。

いま（2015年）、日本では、原発ゼロでも、電力の需要を何とか賄うことができているが、その代償として、火力発電用の化石燃料の輸入代金が貿易赤字増加の要因になっている。もちろん、国産の再エネを利用すればよいのだが、本稿（その1）で述べたように、現状では、国民に経済的な負担をかけるFIT制度を用いても、原発電力分の再エネ電力を賄うことができるとの保証は得られない。

したがって、原発分の電力を確保しようとするのであれば、現状の電力需要の節減と同時に、原発電力代替の化石燃料の種類を、私が主張してきたように（文献2-2）、現状で最も発電コストの安価な石炭火力発電の使用量を増やす以外にない。

化石燃料のなかで、確認可採埋蔵量（現状で経済的に採掘可能な量） R を生産量 P で割った可採年数 R/P の値が113年（BP社による推定値、2013年末の値（文献2-1））と大きく、その生産地が分散していて供給が安定している石炭を用いた火力発電では、図2-1にその発電コスト（燃料費）の計算値を示すように、現状で、最も安価な電力が供給できる。実際の石炭火力の発電コストは、この燃料費に2~3割程度をインフラ整備コストとして加算しなければならないが、それでも、その発電コストは、石油やLNGを用いた場合の半分以下で済む。また、図2-1に示すその年次変化に見られるように、この状況は当分大きく変化しないと見てよいであろう。



注； (化石燃料種別発電コスト (燃料費)) = (燃料種別消費量) × (燃料種別輸入 CIF 価格)
/ (燃料種別発電量) として計算した

図 2-1 化石燃料の種類別の発電コスト(燃料費)の計算値の年次変化

(エネ研データ(文献 2-1)の一般電気事業者(電力会社)のデータをもとに計算した)

地球温暖化対策とバッテイングしない石炭火力の利用を求められている

ところで、いま、この石炭火力の利用を阻んでいるのが、上記した地球温暖化の問題である。すなわち、同じ火力発電のなかで、CO₂ の排出量が最も多いとして、環境省による規制で、2005 年度以降、この石炭火力の新增設が認められなかった。今でも、3.11 の原発事故後の規制の緩和を利用した電力会社による石炭火力発電所の新增設計画を支援する経産省と、温暖化対策にこだわる環境省との間で、その利用の可否を巡ってせめぎ合いが続いているようである。

しかし、本稿(その 3)で述べるように、地球の問題としての温暖化を促すとされる CO₂ の排出の増加を抑制できる方策を世界に向けて提示できれば、日本は、当分は、石炭火力を使うことで、化石燃料の輸出金額を低減することが許されるべきである。

引用文献

- 2-1. 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット編；EDM エネルギー経済統計要覧、2015 年版、省エネセンター、2015 年
- 2-2. 久保田 宏；科学技術の視点から原発に依存しないエネルギー政策を創る、日刊工業新聞社、2012 年

**2030 年度電源構成のなかの再生可能エネルギー（再エネ）比率の意味を考える
（その 3）COP 21 に向けて日本に求められるのは、世界の化石燃料消費の具体的な削減提
案でなければならない**

東京工業大学名誉教授 久保田 宏

COP 21 に向けて温室効果ガス（CO₂）の排出削減目標が発表されたが

今年(2015 年)末に予定されている第 21 回国連気候変動枠組条約締約国会議(COP 21)
に向けて、日本の CO₂ の排出削減目標の提示が迫られている。この COP 21 への温室効果
ガス（CO₂）排出削減率の値が、4 月 30 日に、2013 年度(国際的には西暦年が使われてい
るが、国内のエネルギー統計（日本エネルギー経済研究所（エネ研）データ（文献 3-1）で
は西暦でも年度が用いられているので、ここでは、年度で記す）に対して 26 % 減との具体
的な数値が提示された。この CO₂ 削減率の値が、その 2 日前の 4 月 28 日に発表された表 3
- 1 に示す 2030 年度の電源構成(案)をもとに計算されたとされている(朝日新聞 2015/5/1)。

表 3-1 経産省の 2030 年度の電源構成比率案、2013 年度との比較
(朝日新聞 2015/4/29 から)

	再エネ	石油	天然ガス	石炭	原子力
2013 年度構成比率(%)	11	15	43	30	0
2030 年度構成比率(%)	22~24	3	27	26	20~22

電源種類別の単位発電量あたりの CO₂ 排出量は、各電源種類別に

$$(\text{CO}_2 \text{ 排出量}) = (\text{CO}_2 \text{ 排出原単位}) \times (\text{電源構成比率}) \quad (3-1)$$

として与えられる。この (3-1) 式から、表 3-1 の電源構成比率の値を用いて各電源種類
別の CO₂ 排出量を計算した結果を表 3-2 に示した。

この表 3-2 から、2013 年度に対する 2030 年度（以下、2030 / 2013 比）の電源構成の
変化による CO₂ 排出量の比率を計算すると

$$\begin{aligned} & (\text{2013 年度の CO}_2 \text{ 排出量合計 ; } 1.7652 \text{ kg-CO}_2/\text{kg-石油換算}) \\ & / (\text{2030 年度の CO}_2 \text{ 排出量合計 ; } 2.659 \text{ kg-CO}_2/\text{kg-石油換算}) \\ & = 0.663 \end{aligned}$$

と求められる。

したがって、2030 / 2013 比の電力構成の変化による CO₂ 排出削減率は、34.0 % (= 1 -
0.663) と与えられる。しかし、この値は、資源量で表される一次エネルギー消費のなかで
一定の比率を占める電力についての CO₂ 排出削減率の値である。すなわち、後述（本稿（そ

の4) するように、一次エネルギー消費のなかの電力の比率（一次エネルギー基準の電力化率）が現状（2013年度）の42.5%から、2030年度にどう変わるか、また、一次エネルギー（電力以外）のCO₂排出削減率がどのような値をとるかで、2030年度の一次エネルギー消費合計（電力と電力以外）のCO₂排出削減率の値が違ってくる。すなわち、経産省による2030/2013比のCO₂排出削減率26%の値は、表3-1に与えられる同じ経産省による電源構成比（エネルギーミクス）とは無関係である。

表3-2 電源構成とCO₂排出量の推定計算値、単位；kg-CO₂/kg-石油換算ト(一次エネルギー換算発電量)（表3-1の電源構成比率の値を基に計算）

	再エネ	石油	天然ガス	石炭	原子力	合計
CO ₂ 排出原単位*1	0	3.07	2.35	3.96	0	
2013年CO ₂ 排出量*2	0	0.4605	1.0105	1.188	0	2.659
2030年CO ₂ 排出量*2	0	0.0921	0.6345	1.0296	0	1.7544

注 *1；CO₂排出量原単位、エネ研データ（文献3-1）から *2；各エネルギー源種類のCO₂排出量、本文（3-1）式により計算、ただし（電源構成比率）の値は表3-1から

2030/2013比のCO₂排出削減率の値は、2030年度の電源構成のなかの再エネ比率とは無関係である

上記から、経産省により4月30日（2015年）、COP21に向けて示された2030/2013比のCO₂排出削減率の値26%減は、その2日前に、同じ経産省により示された表3-1の電源構成比率の値とは無関係に、エネルギー消費部門（以下、部門）別の2030/2013比のCO₂排出の削減比率についての報道（朝日新聞2015/5/1）記事を参考にして、私の推定を含めて、表3-3に計算結果を示すように、下記のようにして算出されたものと考えざるを得ない。

すなわち、まず、

（各部門別のエネルギー消費合計の2030/2013比CO₂排出削減率）

=（各部門CO₂排出量比率）

×（各部門別の2030/2013比のCO₂排出削減率） (3-2)

として求める。ただし、2030年の（各部門CO₂排出比率）の値は、2013年度と変わらないとして、エネ研データ（文献3-1）から、この2013年度の値を求めて用いた。次いで、COP21対応のCO₂排出削減率を、

（エネルギー消費合計の2030/2013比CO₂排出削減率）

=Σ（各部門別のエネルギー消費合計の2030/2013比CO₂排出削減率） (3-3)

として計算した。

実は、(3-2) 式の右辺の (各部門別の 2030/2013 比 CO₂ 排出削減率) の値を推算するには、それぞれの部門での電力と電力以外の一次エネルギー消費の違い (各部門別の電力化比率)、また、電源構成の違いによる CO₂ 排出削減率の違い、さらには電力以外の一次エネルギー消費による CO₂ 排出削減率の違いなどの複雑に絡み合った要因を考慮した推定計算が必要になるはずである。したがって、表 3-3 の各部門の CO₂ 排出削減率の想定数値は、いま、COP 21 のためとして求められている国内の (エネルギー消費合計の 2030 / 2013 比 CO₂ 排出削減比率) の目標に合うように、適当に決められた数値と考えるべきである。

このように、科学技術の視点から見て、合点のいかない表 3-3 に示す各部門別の CO₂ 排出削減率の合計として与えられる (エネルギー消費合計の 2030 / 2013 比 CO₂ 排出削減率) の値は、21.9 % と、COP 21 対応の国際公約の目標値 26 % に 4.1 % 不足する。そこで、森林の CO₂ 吸収 2.6 % に、代替フロンの使用による CO₂ 削減効果 1.5 % と科学的に根拠のない数値を加えて、26 (= 21.9 + 2.6 + 1.5) % と辻褃合わせをしていると言わざるを得ない。

表 3-3 エネルギー消費部門別の 2030 / 2013 比の CO₂ 排出削減率の値、

(エネ研データ (文献 3-1) から、経産省の発表値 (朝日新聞 2015/5/1 から) と、一部推定を含めて作成)

	産業部門	民生部門*1	運輸部門	全体計
各部門 CO ₂ 排出比率*2 (%)	42.1	36.6	21.23	
各部門 2030/2013 比削減率*3 (%)	6.5	40	(20.3)	
対全体部門別 CO ₂ 削減率 (%)	2.7	14.6	(4.6)	21.9

注 *1 ; 家庭部門と業務部門の合計とした *2 ; エネ研データ (文献 3-1) の部門別の CO₂ 排出量の化石燃料+電力按分分のデータから *3 ; 経産省の発表値 (朝日新聞 2015/5/1 から)、運輸部門のカッコ内数値は、各部門合計の CO₂ 排出削減率が 21.9 % となるように、私が逆算で求めた推定値

地球温暖化対策のための CO₂ の排出削減の国際的要請は、世界が現状の化石燃料の年間消費を維持すれば達成できる

地球温暖化問題が起こった 1990 年代以降、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) が、この温暖化の原因だと主張している CO₂ の排出削減を目的として、化石燃料代替の再エネの利用・拡大が広く訴えられるようになった。そのために、先にも述べたように、経産省が発表したのが今回の CO₂ の 2030 / 2013 比 26 % の数値である。これに対して、朝日新聞は社説 (2015/5/4) で、「政府案は意欲に欠ける」と批判している。

しかし、考えて欲しい。本稿 (その 2) でも述べたように、地球温暖化の問題は、地球の問題である。世界の 3.75 % しか CO₂ を排出していない (2013 年の値、文献 3-1 から)

日本が、いくら頑張っても高い排出削減率を提示してみても、世界の協力がなければ、地球上の CO₂ 排出量は削減できない。これに対して、最も確実に CO₂ 排出を削減できる方法は、地球上での化石燃料の消費量を削減することである。

IEA（世界エネルギー機関）のデータ（エネ研データ（文献 2 - 1））から、現在（2012 年）の世界の CO₂ 排出量は 32,562 百万トンとあるから、世界が、この CO₂ の年間排出量を今後も守るように化石燃料消費を抑制することができれば、今世紀末までの累積 CO₂ 排出量は 2.9 兆トン（ $= (32,562 \text{ 百万トン/年}) \times ((100 - 12) \text{ 年})$ ）と計算され、IPCC が何とか温暖化の被害に耐え得るとする地上気温上昇幅 2 °C 以下に抑えるために必要な CO₂ の累積排出量の値 4 兆トンよりも小さくできる。

なお、地球上の化石燃料の確認可採埋蔵量（現状の採掘技術で経済的に採掘可能な埋蔵量）の値から私が計算した CO₂ の累積排出量は 3.23 兆トンであるから、経済力のある先進諸国が経済成長のためとして、無謀な化石燃料の消費を行わない限り、IPCC が訴える「将来取り返しのつかない事態」には陥らないで済む（文献 3 - 3）。

現状の化石燃料の年間消費量を守るための各国の化石燃料消費節減目標

具体的には、世界各国が協力して、現在（2012 年）の世界平均一人当たりの CO₂ の排出量 4.63 トン/人を守るように、化石燃料消費量をコントロールすればよい。このためには、例えば、先進国としての日本の場合、2005 年（CO₂ 排出削減目標の基準年とされている）の 9.54 トン/人を約半減（ $0.485 (= 4.63 / 9.54)$ ）しなければならない。ただし、それは、いまずぐでなくてもよい。当分の間は、先進諸国の削減分と、新興国・途上国の増加分がキャンセルされて、世界の排出量が現在の値を超えないようにすればよい。したがって、その目標達成年を 2050 年として、その時の化石燃料消費を現在（2012 年）の 51.5 %（ $= 1 - 0.485$ ）減とすれば、2030 年の目標値は、24.4 %（ $= (51.5 \%) \times ((30 - 12) \text{ 年}) / (50 - 12) \text{ 年}$ ）減と概算される。

また、世界一排出量の多い米国（2005 年に 19.6 トン/人）は、同じ 2050 年までに 76.4 % 減（ $= (1 - (4.63 / 19.6))$ ）が要求されるが、2025 年の要求削減比率は、同上の計算で、28.4 %（ $= (76.4 \%) \times (25 - 12) / (50 - 12)$ ）減となり、いま、米国が COP 21 に提出している目標値「25 年に 05 年比で 26~28 % 減」が、何とかクリアできそうである。

ただし、これは、化石燃料の資源量で表される一次エネルギー消費の削減率であるから、一次エネルギーの半分以下しか占めない電力の構成比率のなかの再エネ比率とは直接関係が無いことを指摘したい。いずれにしろ、人類が目標としなければならないのは、温暖化防止を目的とした CO₂ の排出削減ではなく、現代の文明社会を支えている化石燃料を息長く使うための化石燃料消費の削減である。結果としての CO₂ の排出削減により、上記したように、地球温暖化が、もし IPCC が主張するように CO₂ の排出に起因するとしても、何とかそれを防止できる（文献 3 - 4 参照）。

引用文献；

3-1. 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット編；EDM エネルギー経済統計要覧、2015年版、省エネセンター、2015年

3-2. 久保田 宏；科学技術の視点から原発に依存しないエネルギー政策を創る、日刊工業新聞社、2012年

3-3. 久保田宏；IPCC 第5次評価報告書批判——「科学的根拠を疑う」（その1）地球上に住む人類にとっての脅威は、温暖化ではなくて、化石燃料の枯渇である、ieei 2014/01/15、

3-4. 久保田 宏；COP21 に向けての重要な提案；化石燃料の節減こそが求められなければならない（その1）米中首脳が温室効果ガスの削減目標で合意したと言われるが、ieei 2015/01/05、（その2）世界の化石燃料消費の背源こそが、地球環境保全のための世界的な合意の主題でなければならない、ieei 2015/01/07、（その3）化石燃料の節減のためには、先進国の経済成長の抑制が求められる、ieei 2015/01/13

2030年の電源構成のなかの再生可能エネルギー（再エネ）比率の意味を考える （その4）日本経済の苦境を救うための再エネの利用・拡大でなければならない。

東京工業大学名誉教授 久保田 宏

現状で、経済を維持するためのエネルギー源の主体である化石燃料の殆ど全てを輸入に頼っている日本においては、やがてやって来る化石燃料の枯渇に備えなければならない。ただし、ここで、枯渇とは、経済的に採掘可能な化石燃料の資源量が少なくなって、その国際市場価格が高くなり、使いたくとも使えなくなる国がでてくることを指す。すなわち、化石燃料が枯渇に近づいて、その輸入価格の高騰するときに、日本経済にとって、大事なことは、本稿（その1）～（その3）までに述べたように、脱原発のための、および地球温暖化対策のための国民に経済的な負担を強いる再エネの利用・拡大であってはならない。

いま、化石燃料の輸入金額の増加により貿易収支の赤字に苦しむ日本経済にとっては、そこからの脱出のためにも、化石燃料の輸入金額の最小化を目的とした、再エネの利用・拡大が図られなければならない。

電源構成のなかの再エネ比率を考える前に、電力の一次エネルギー換算量の把握が必要である（見落とされているエネルギー科学技術の常識）

いま、避けようとしても避けられない日本経済の貿易赤字を少しでも削減するために、化石燃料の輸入金額を節減する際に留意しなければならないことは、電力の生産に使われている化石燃料資源量よりも大きな量の化石燃料が電力以外として使われていることである。

すなわち、一次エネルギー資源として化石燃料の保有エネルギー量で表した場合の電力のエネルギー量の比率、電力化率の値を、IEA（国際エネルギー機関）のデータ（日本エネルギー経済研究所（エネ研データ、文献4-1））から、国別に求めてみると、表4-1のように与えられる。

実は、この電力の一次エネルギー換算量は、現在、エネルギー源の主体としての化石燃料のほぼ全量を輸入に依存している日本にとって、特に重要な意味を持っている。それは、電力の生産に、化石燃料の代替として、原子力や再エネ電力を用いた場合に、これらの電力の一次エネルギー換算量だけの化石燃料の輸入金額が節減でき、日本経済に大きな影響を与える貿易収支の改善効果を持つからである。

したがって、エネ研データ（文献4-1）では、原子力、水力についても、その発電量を、国内の火力発電の発電効率 40.88% を用いて、化石燃料資源量を表す一次エネルギーに換算している。ただし、世界のエネルギー資源量データを管理している IEA では、原子力、水力について、日本とは異なった換算係数を用いている。エネ研データ（文献4-1）でも、IEA への報告データでは、この IEA の国際換算係数を用いているようである。このように、

一次エネルギー基準の電力化率の値には、若干、問題があるが、表 4-1 に採り上げた各国の電力化率の値は、日本が 42.5 %、先進国と新興国でも余り変わらず 40 % 前後である。

表 4-1 世界各国の一次エネルギー基準の電力化率*1の値、2012 年（IEA データ（文献 4-1 から）を基に計算）

カタ	アメリカ	中国	日本	韓国	インド	ドイツ	イギリス	フランス	イタリア	ロシア	オーストラリア	世界
36.3	41.8	36.6	42.5	47.3	39.5	40.9	39.0	52.4	36.2	40.2	41.2	36.2

注 *1 ; 同じ IEA データ（文献 3-1）に記載されている最終エネルギー基準の電力化率は異なる

電力以外の一次エネルギーとしての再エネの利用には厳しい現実が待っている

いま、日本のエネルギー政策の在り方を論じるときに、電源構成のベストミクス、その原子力、再エネ比率が問題にされている。しかし、この表 4-1 に示すように、資源量としての一次エネルギーの 60 %程度が、電力以外のエネルギーとして用いられている。したがって、はじめに述べたように、やがて枯渇する化石燃料の代替として再エネを利用するときには、この一次エネルギー消費（電力以外）を、どうするかが、電源構成のなかの再エネ比率をどうするかよりも重要な問題にならなければならない。にもかかわらず、いま、化石燃料代替の再エネの導入のあるべき姿を考えると、電力構成のなかでの再エネ比率のベストミクスのみが問題にされている。

この摩訶不思議が通るようになったのは、3.11 の原発事故が起こって、原発電力を温存すべきか、あるいは代替に再エネを利用すべきかが国のエネルギー政策の中心課題になってしまったからであると言ってよい。実は、3.11 以前に、この一次エネルギー消費（電力以外）で最も大きい比率を占める運輸部門での自動車用の燃料の石油の代替としての再エネの利用として採り上げられたバイオ燃料が、エネルギー政策の中心課題になっていたことを多くの日本人は忘れてしまっている。

かつての石油危機（1973 と 1978 年）の時に脚光を浴びた農作物からつくられたアルコール（エタノール）などのバイオマス起源の液体燃料が、バイオ燃料と名称を変えて再登場したのは、1990 年代に入ってから大きな社会問題になった地球温暖化問題からであった。世界各国で、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）が主張する温暖化の原因とされる CO₂ の排出削減のためとして、カーボンニュートラル（大気中の CO₂ を吸収して成長したバイオマスのエネルギー利用は CO₂ を排出しない）の科学的なトリックを使ったバイオ燃料の開発・利用が行われるようになった。

日本でも、この世界的な流れに遅れまいと始めたのが、このバイオ燃料中心のバイオマスのエネルギー利用を目的とした国策「バイオマス・ニッポン総合戦略」であった。しかし、実は、科学技術的な見地からのとんでもない欺瞞に満ちた国家戦略であった。狭い国

土に、国内で使われているエネルギーを賄うためのバイオマスがいくらでもあるとして下水汚泥や蓄糞尿にまで、その乾物（水分を除いた部分）の発熱量を用いてエネルギー利用可能量を算出し、それを根拠にして、この国策が推進された。この非を訴える私どもの指摘・批判（文献 3 - 2）には耳を貸さずに、6年間で 6.5 兆円もの国民のお金（税金）が、全く無駄に消費されたバイオマスエネルギー利用の国家戦略は、文字通り幻に終ることが明らかになるようとしている時にたまたま起こったのが 3.11 の原発事故であった。日本のエネルギー政策の中心課題が原発電力と、その代替の再エネの問題に移って、かつて、バイオ、バイオと騒いでいたメディアも沈黙してしまった。この国家戦略を推進したお役人、その諮問に預かった先生方の責任も問われることはない。まさに、原発事故さまままである。

確かに、電力以外の再エネとしてはバイオマスしかない。しかし、その主体を占める木材のエネルギー利用可能量は、世界でも、日本でも、現状の化石燃料を主体とするエネルギー消費量に較べて余りにも僅かである（文献 4 - 3、文献 4 - 4）。化石燃料が枯渇に近づけば、この電力以外のエネルギー需要に対しても、再エネ電力を使用せざるを得なくなるであろう。具体的には、化石燃料に依存する内燃機関自動車に代わって、再エネ電力に依存した電気自動車の時代がやって来ることになる。

しかし、それは、いままで人類が経験したことのないエネルギー消費社会構造の大幅な変革の上に成り立ち、当然、科学技術的に大変な困難を伴うことである。すなわち、やがて枯渇する化石燃料を再エネで置き換えて行くことは、化石燃料に依存し続けてきた経済成長を抑制せざるを得ないことにもなる。したがって、いま、電気料金の値上げの形で国民に経済的な負担を強いる FIT 制度の適用によって再エネ電力を導入しなければならない理由は何処にも見出せなくなる。化石燃料（発電の場合は石炭）の輸入価格が高くなって、国産の再エネ電力の利用が、経済的に有利になった時に初めて、発電コストのより安価な再エネ電力を、その種類を選んで、順次、その利用・拡大が図られるべきである。これが、貿易赤字とともに、財政の大幅赤字の累積に苦しむ日本経済が、化石燃料の枯渇後に生き残ることのできる唯一の途と考えるべきである。

エネルギー供給の安全保障と一次エネルギー基準の自給率

IEA のデータ（文献 4 - 1）から、世界の主要国の一次エネルギー基準でのエネルギー自給率の値を表 4 - 2 に示した。日本の値は、準国産エネルギーとして位置付けられている原子力エネルギー（一次エネルギー換算値）がダウンした後の 2011 年の自給率の値であるが、原発電力が総発電量の 25 % を占めていた 2010 年の値でも、19.9 % でしかなかった。化石燃料の枯渇後を考えると、原子力エネルギーを利用しても、エネルギー自給率 100 % の社会を実現するためには、上記したように、現状の電力以外の一次エネルギー消費についても再エネ電力に依存しなければならないことになる。これには、私どもが、今まで経験したことのない科学技術的な大きな困難を覚悟しなければならない。

表4-2 世界の一次エネルギー自給率、%、2012年（IEAデータ（文献3-1）から）

カナダ	アメリカ	中国	日本	韓国	ドイツ	イギリス	フランス	イタリア	ブラジル	ロシア	インド
167	84.4	87.5	6.26	17.5	39.5	61.1	53.3	20.1	89.4	176	59.8
インドネシア	オーストラリア										
206	247										

世界各国の一次エネルギー自給率の値と一人あたりの一次エネルギー消費の関係を図4-1に示した。この図は、各国の経済を支えるエネルギーの需給の問題に、いろんなことを教えてくれる。まず、化石燃料枯渇後には、原則として、全ての国で、再エネでエネルギーを自給しなければならないが、問題は、図4-1に示す現実からそこに至るまでの道程である。

具体的に言うと、エネルギー自給率が100%を超える国では、現状の一人あたりのエネルギー消費を当分続けることができるし、また、エネルギー消費を節減すれば、化石燃料に依存できる期間を伸ばすことができる。また、現状で自給率が100%に満たない国でも、例えば、自給率が50%以上であれば、現状のエネルギー消費の節減と、再エネを併用することで、再エネによる化石燃料代替の困難を克服しながら、再エネのみに依存する社会へのソフトランディングまでの時間稼ぎができる。

これに対して、図4-1に示す日本や韓国、イタリアなど自給率が20%を切る国では、大きな困難を覚悟しなければならない。現代文明社会のエネルギー消費の節減には限界があるから、他の国よりも早い時期に再エネに依存する社会に移行しなければならない。しかし、現状での再エネの大量の開発・利用では国民の経済的な負担が大きくなり、これを国の補助金で補おうとすると、国家財政の破綻をきたすことになる。したがって、化石燃料代替の再エネの開発・利用は、あくまでも、その利用が化石燃料の利用よりも安価になる時に、より安価な再エネの種類を選択して、順次、利用することでなければならない。同時に大事なことは、エネルギー消費量の削減である。現状のアベノミクスの第三の矢としての経済成長政策は、エネルギー消費の増加無しには進められないから、日本経済を破綻に導く政策と言わざるを得ない。

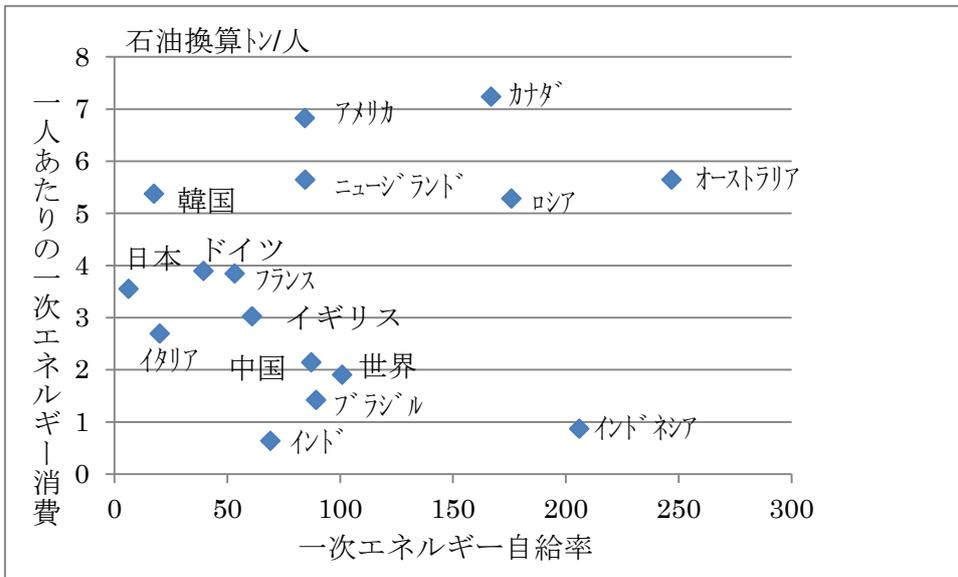


図4-1 世界の一次エネルギー自給率と一人あたりの一次エネルギー消費の関係、
2013年 (IEAのデータ(文献4-1から)をもとに作成)

引用文献；

- 4-1. 日本エネルギーの経済研究所 計量分析ユニット 編；EDMC エネルギー・経済統計要覧 2015、省エネルギーセンター、2015
- 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
- 4-3. 久保田 宏、松田 智；幻想のバイオマスエネルギー、科学技術の視点から森林バイオマス利用の在り方を探る、日刊工業新聞社、2010
- 4-4. 久保田 宏、中村 元、松田 智；林業の創生と震災からの復興、日本林業調査会、2013年

2030年の電源構成のなかの再生可能エネルギー（再エネ）比率の意味を考える （その5）究極のエネルギーとしてメディアが煽る水素エネルギー社会の不可思議

東京工業大学名誉教授 久保田 宏

水素元年を囁し立てるメディア

いま、電源構成のなかの再エネ比率と同時に、盛んにメディアに取り上げられているのが、「水素エネルギー社会」である。つい最近も、“再生エネ「20 %台前半」”と、“水素から電気、未来へ光”が、新聞のトップ記事として併記された（朝日新聞 2015/4/8）。ここで言う水素エネルギー社会とは、水素をエネルギー源とした燃料電池を用いて生産した電気を、社会エネルギー（生活と産業を支えるエネルギー）として利用する社会である。昨年（2014年）暮れに、燃料電池自動車（FCV）が市販されてから、メディアが今年（2015年）を、「水素元年」と騒ぎ立てている。この新聞も、「水素エネルギー、社会を支える新たな力になる」と、社説で訴えていた（朝日新聞 2015/1/12）。しかし、この水素をエネルギー源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、果たして、このような水素エネルギー社会が来るのであろうか、いや、来なければならぬのであろうか？

何のために水素のエネルギーの利用が必要なのか？

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にエネルギー源として使われる水素は、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、水（ H_2O ）を原料としてつくられる水素でなければならない。

すなわち、「水素エネルギー社会」では、再エネ電力を使ってつくられた水素を使って電気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変換利用の過程で、人手を含むエネルギーが消費されるから、エネルギー利用効率はそれほど高くない。例えば、両工程でのエネルギー利用効率を80%とすると、総合のエネルギー利用効率は64%（ $= 0.8 \times 0.8$ ）にまで低下する。したがって、同じ再エネ電力を用いるのであれば、燃料電池車（FCV）でなく、再エネ電力を直接使用する電気（蓄電池）自動車（EV）のほうが、はるかにエネルギー利用の効率がよいはずである。

かつて、1億円もすると言われたFCVの現状の市販価格が約700万円になったとは言え、未だEVの2倍もする。その上、単位走行距離当たりのエネルギーコストが、EVの1.73

倍となる（単位走行距離当たりのエネルギーコストとして与えられる”新燃費”の現状での私の試算結果、FCV ; 7.64 円/km、EV ; 4.4 円/km から）。

また、エネファーム（家庭用の燃料電池発電設備）の場合は、現在、天然ガスをエネルギー源として、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、私の試算では、補助金付きでも高い設備購入費を、この設備の使用期間（燃料電池の寿命、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が無ければ、これらの燃料電池を用いる「水素エネルギー社会」は、成り立たない。

化学原料としての「水素」の重要な社会的役割を認識して欲しい

ここで、エネルギー源としてではなく、化学物質としての水素が、現代文明社会において果たしている重要な役割を考えてみる必要がある。

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_3) 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_3 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 5-1 参照）。

この NH_3 の工業生産でのコストの約 8 割を占めると言われ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、工業化の段階では、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、安価な水素源だからである。いずれ、化石燃料が枯渇に近づき、天然ガスの価格が高騰すれば、この 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、化石燃料枯渇後に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が実現するかもしれないし、ほかに、化学工業原料としての石油の代替品を二酸化炭素 (CO_2) と水素 (H_2) の化学反応でくろうとの話まで真面目に取り上げられている（文献 5-2 参照）。

このように、化学工業用の原料としての水素利用の必要性が今後も続くことを考えると、やがて、化石燃料の枯渇後、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無いはずである。上記したように、エネルギー源としては、直接、再エネ電力を使用すればよいのである。

化石燃料が使えなくなった後のエネルギー源は水素ではなく再エネ電力でなければならない

ところで、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 5-3）。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、これに、地球温暖化対策としての低炭素化の要求も加わった。

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科学的な錯覚が加わり、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。これが、水素はエネルギーでなくエネルギーキャリアと言われる所以である。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しかないが、これらは現在、主として電力に変換・利用されている。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、上記したように、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余りにも自明である。

なお、不安定な電力源である太陽光や風力発電の利用で、この水素キャリアを蓄電用に用いて、電力の平滑化を図ろうとの試みがあるが、その実用化の可能性は、他の蓄電方式とのエネルギー効率、コスト比較で評価されるべきで、これが、水素エネルギー社会の要素技術となることはない。

“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迷い込んだのであろうか？ 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国のエネルギー政策の重要課題とされてしまった。

実は、これと同じことが、つい最近も、この国のエネルギー政策のなかで進められたことを付記したい。それは、本稿（その 4）に述べた、バイオ燃料を主体とするバイオマスのエネルギー利用・普及のための国策「バイオマス・ニッポン総合戦略」の推進であった。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、私どもの批判的な意見（文献 5-4）には全く耳を貸して貰えないなかで、多額の税金が消えて行った。

いま、日本のエネルギー政策にとって最も大事なことは、エネルギー利用での経済最適化の原点にもどって、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に備えて、国民に経済的な負担を強いる FIT 制度を適

用しないで、国産の再エネ電力に依存できる、経済成長を抑制した「電力化社会」への移行を図ることでなければならない。

引用文献；

- 5-1. 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
- 5-2. 久保田 宏、平田賢太郎；資源エネルギーと高分子材料、化学経済、2015・2月号、p.71~78
- 5-3. 久保田 宏 編著； 選択のエネルギー、日刊工業新聞社、1987 年
- 5-4. 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