

化石燃料の枯渇に備えるべき

世界の新エネルギー導入状況と日本の課題

東京工業大学名誉教授 久保田 宏

1. 新エネルギーの導入が求められているが

いま、世界の経済成長のためのエネルギー源の主体を占めている有限の化石燃料の枯渇が言われているときに、その代替となるのが再生可能エネルギー（再エネ）である。化石燃料が使われる前から用いられていた再エネの水力やバイオマスが、今でも一定の比率で用いられている。これらのエネルギー生産のコストが、化石燃料のそれと対等だからである。しかし、この在来型の再エネには、導入可能量に限界がある。そこで出てきたのが、水力やバイオマス以外の再エネとしての新エネルギー（新エネ）である。

であれば、この新エネの利用は、化石燃料よりも安価に利用できるようになってからでもよいはずである。それが、いま、そうっていないのは、1990年代以降、地球温暖化対策としての温室効果ガス（その主体がCO₂で、以下CO₂と略記）の排出削減が世界中の大きな関心事になって、メディアも、政治家も、一般の人も、殆どの人が、今すぐ新エネを大幅に導入して、CO₂排出削減しないと地球が大変なことになると思い込まされているからである。

2. 世界の新エネルギーの導入の現況

日本エネルギー経済研究所（エネ研）データ（文献1）に記載のBP Statistical Review of World Energy（以下、BP）のデータとして、この新エネとして、風力発電、太陽光発電、地熱発電、およびバイオ燃料の導入状況のデータが与えられている。ただし、導入量としては、再エネ電力では、年末累積設備容量（万kW）で、バイオ燃料では年間生産量（石油換算万t）で示されている。

新エネ電力について、その導入量を発電量に換算するためには、BPデータとして与えられている発電設備容量の値から次式を用いて年間発電量(kWh)の値を推定する必要がある。

$$(\text{年間発電量 kWh}) = (\text{発電設備容量 kW}) \times (\text{年間平均設備稼働率}) \times (8,760 \text{ h/年}) \quad (1)$$

この年間発電量の計算に必要な年間平均設備稼働率の値は、再エネ電力の種類ごとに異なり、また、同じ再エネ電力種類でも、個々の設備の立地条件、設備の稼働条件により異なるので、国別の導入状況を表すデータとして、導入状況を定量的に表す発電量データの把握が困難なので、発電設備容量の値が用いられていると考えられる。

ここでは、新エネ電力の種類別の導入量を定量的に比較するために、新エネ電力の種類別の年間平均設備稼働率の値を、それぞれ、

風力； 0.25、 太陽光； 0.11、 地熱； 0.70

と推定（仮定）した。

エネ研データ（文献 1）に記載の BP データとして与えられた世界の新エネの種類別の発電設備容量の導入量に、それぞれの上記の年間平均設備稼働率の値を乗じて求めた発電量（（1）式参照）の年次変化を図 1 に示した。

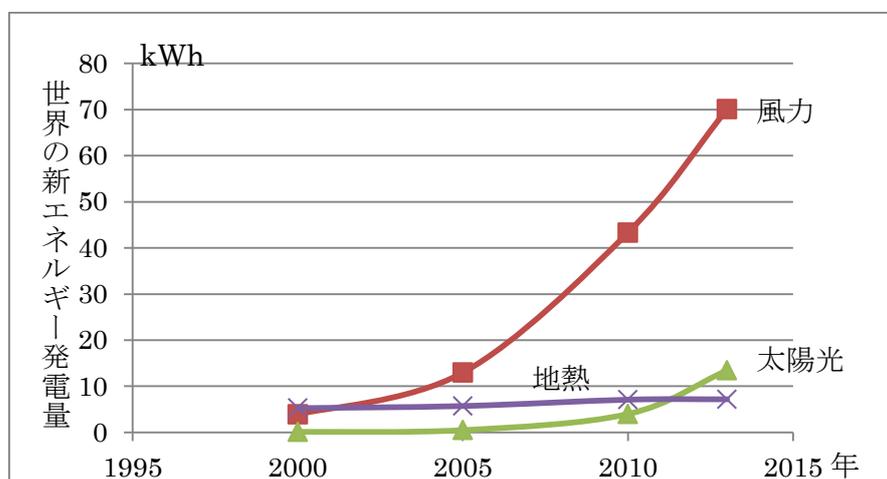


図 1 世界のニューエネルギー電力導入量の年次変化（エネ研データ（文献 1）に記載の BP データの発電設備容量の値を発電量に換算した推定値（計算方法は本文参照）で示した）

この図 1 に見られるように、現在、地球温暖化対策のためとして、世界中がその導入に必死になっている新エネ電力の種類別では、風力が圧倒的に大きな比率を占めていることが判る。これに較べ、特に日本で、メディアなどが盛んに囁し立てている太陽光発電は、風力との導入量の差を年次増加させている。

世界の現状の新エネ電力種類別の導入発電量の実態を表 1 に示して見た。ただし、エネ研データ（文献 1）に与えられる新エネとしての風力、太陽光、地熱の導入発電量は、上記（1）式を用いて計算した 2013 年の値である。新エネ以外の再エネ電力としての水力とバイオマス発電量、および総発電量の値は IEA データ（エネ研データ（文献 1）に記載）の最新の 2012 年の値を用いた。

この再エネ電力種類ごとの、それぞれの対新エネ電力合計、対再エネ電力合計、さらに、総発電量に対する比率を計算して示した表 1 から次のことが判る。

現在（2012 年）、総発電量の 22 % を占める再エネ電力のなかの水力と、バイオマスの発電量が、下記に考察するように、将来的に増加が望めないとする、図 1 に示すように、現在、急速にその利用量を伸ばしている風力と太陽光の両新エネが、いずれは、再エネ電力の主体となるであろう。しかし、現状のこの新エネ電力の総発電量に占める比率が僅か 4.0 % しかないことを考えると、これを、化石燃料による火力発電の代替とすることは容易ではない。また、風力と太陽光を比較すると、下記するように、その導入での経済性とポテンシャルを考えると、世界での利用の主体は、風力である。

表 1 世界の再エネ電力種類別の発電量(kWh)、(新エネとして与えられている風力、太陽光、地熱は 2013 年の値 (BP データ) を、水力、バイオマス、総発電量は 2012 年の値 (IEA データ) を、エネ研データ (文献 1) 記載のデータをもとに計算して作成)

	風力	太陽光	地熱	新エネ合計	水力	バイオマス	再エネ合計	総発電量
発電量*1 百億 kWh	70.1	13.45	7.18	90.7	367.2	43.9	501.8	2,266.8
対新エネ計比率*2 %	77.2	14.8	9.96	100				
対再エネ計比率*3 %	13.96	2.48	1.42	18.07	73.2	8.75	100	
対総発電量*4 %	3.09	0.51	0.32	4.00	16.20	1.94	22.1	100

注 1 ; 新エネ (風力、太陽光、地熱) の値は、BP データから、2013 年末のそれぞれの累積設備容量の値に、年間平均設備稼働率を風力 0.25、太陽光 0.11、地熱 0.70 として本文 (1) 式を用いて計算した。水力、バイオマス、総発電量の値は、IEA データ、2012 年の値を用いた。 *2 : 新エネ合計に対する比率、*3 ; 再エネ合計に対する比率、 *4 : 総発電量に対する比率

3. 日本でも新エネの主体は風力発電となるべきである

エネ研データ (文献 1) に記載の BP 社の数値をもとに、風力発電についての国別の年末累積発電設備容量の年次変化を図 2 に示した。なお、エネ研データでは、過去の値について、毎年、若干の改訂が加えられているので、ここでは、最新の 2015 年版の値を用いた。ただし、そこに記載のない 2011 年度の値は 2013 年版の値を、2012 年度の値に 2014 年版の値を用いた。したがって、年次変化の曲線には若干の不自然な凸凹が見られる。

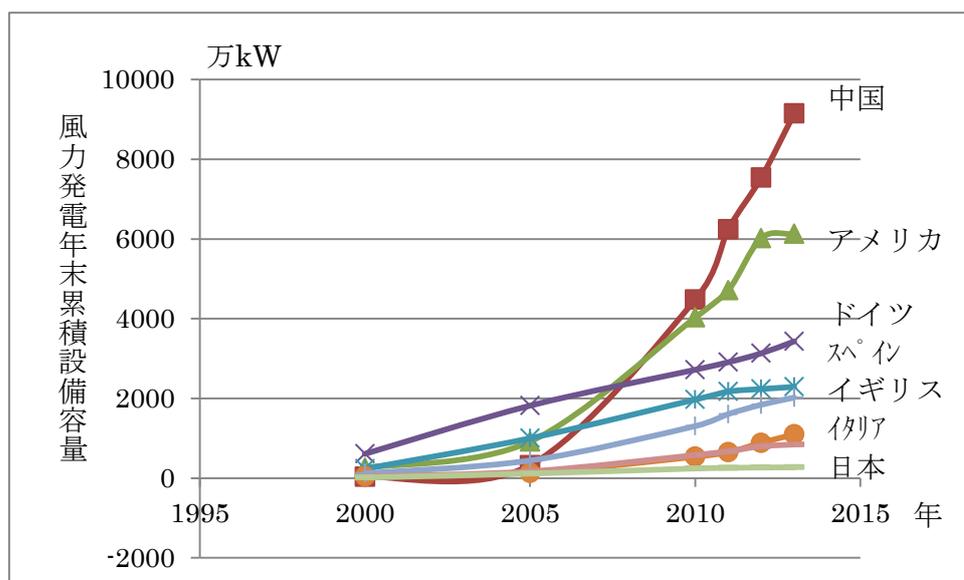


図 2 世界の風力発電導入量の年次変化 (エネ研データ (文献 1) 記載の BP データをもとに作成)

この図 2 に見られるように、風力発電は、2000 年頃から、先ず、EU 諸国を中心に、その利用・普及が進められるようになり、それから約 5 年遅れて、EU 以外の、化石燃料消費の大きい国が、その代替としての風力発電の利用・普及を進めるようになったことが判る。特に、最近（2005 年以降）の中国とアメリカでの導入量の伸びが目立っている。

この風力発電の年間平均設備稼働率を 0.25 と仮定して、(1) 式を用いて計算される各国の最新（2013 年）の風力発電量の推定値の、それぞれの国の 2012 年（最新の）の総発電量に対する比率を表 2 に示した。

図 2 に見られる各国の風力発電導入量の年次変化の曲線について、ほぼ直線的に増加している部分、例えば、ドイツでは、2000 年から 2013 年、中国では 2005 年から 2013 年の部分の増加傾向が今世紀末まで続くと仮定した時の累積導入量の推定値の現在（2012 年）の発電量合計に対する比率を概算してみるとドイツが 65 %、中国が 42 %、アメリカが 28 %、世界では 19 % となる。これは、今世紀中にもその枯渇が懸念されている化石燃料代替の再エネとして、現状で、最も、その開発・利用が進められている風力発電で、そのリーダー役を担っている国々でも、この程度の利用・普及しか図れないことを示している。ただし、現在、化石燃料資源換算量で表される一次エネルギーとして電力以外の需要が電力の需要を上回っている(文献 2 参照) から、将来は、この需要分も再エネ電力で賄わなければならないことになることに留意する必要がある。

したがって、世界（地球）の化石燃料の枯渇に備えるには、世界の一次エネルギー需要を 1/2 以下に抑制しなければならないという厳しい要請も加わる。とは言っても、次節以下で述べるように、風力発電とともに導入が期待されてきた太陽光発電、さらには、地熱発電では、その現状の導入量が、余りにも小さくて、化石燃料代替として利用・普及が期待できないと考えるべきである。

表 2 世界各国の風力発電量推定値の総発電量に対する比率（風力発電量は 2013 年 BP データ、総発電量は 2012 年 IEA データ）（エネ研データ（文献 1）をもとに作成）

国名	ドイツ	イギリス	イタリア	フランス	アメリカ	カナダ	中国	日本	インド	オーストラリア	世界
発電量*1 百億 kWh	7.52	2.40	1.85	1.81	13.4	1.71	20.0	0.596	4.43	0.764	70.1
総発電量*2 百億 kWh	62.3	36.1	29.7	55.9	427.1	63.4	498.5	102.6	112.8	24.9	2,267
再エネ比率*3 %	12.06	6.65	6.23	3.24	3.24	2.69	4.01	0.581	3.93	3.07	3.67

注 *1 ; エネ研データ（文献 1）に記載の BP データの風力発電の設備容量の値（2013 年）から、風力発電の年間平均設備稼働率を各国共通の 0.25 として計算した発電量の推定値、*2 ; エネ研データ（文献 1）に記載の IEA データのそれぞれの国の総発電量の値（2012 年） *3 ; 風力発電量の推定値（*1）の総発電量に対する比率

図 2 および表 2 に見られるように、日本での風力発電の導入量は、世界各国の値に較べて余りにも小さいことに留意する必要がある。図 2 に示した 2000 ~2013 年の 13 年間の発電量増加傾向が今世紀末まで続いたとした日本の風力発電量の推定値は、現在(2012 年)の総発電量の 3.6 %にしかない。日本の風力発電が、その利用を促進するための「再エネ固定価格買取制度 (FIT 制度)」を使っても伸びないのは、その適地が北海道や東北地方北部など需要地を遠く離れているために、送電線を新設しなければならないからとされている。しかし、日本の風力発電の導入可能量の値は、環境省の再エネ導入可能量(ポテンシャル)調査報告書から計算される導入可能発電量の国内総発電量に対する比率の計算値を示した表 3 (文献 3 から)に見られるように、陸上、洋上合わせると、461%と推定され、他の再エネ(新エネ)電力の値に較べて圧倒的に大きな値を示す。しかも、風力発電の適地は、原発の立地の近くにも分散しているから、現状の国内の電力需要を賄うには、この原発立地の風力を利用すれば、その送電線は現状の原発用の送電線を利用することができる(文献 2)。すなわち、送電線の不足を理由に、国内で最も大きな可能性のある風力発電の導入を抑えているのは、何としても原発を再稼働、さらには維持しようとする安倍政権の詭弁であるとみなしてよい。

表 3 再エネ電力種類別の導入可能量(ポテンシャル)推定値の対国内発電量比率
(環境省再エネ電力導入ポテンシャル調査報告書からの計算値(文献 3)から)

	太陽光(住宅)	太陽光(非住宅)	風力(陸上)	風力(洋上)	中小水力	地熱
対国内発電量比率*1 %	2.7	10.2	60.1	411	7.1	7.5

注 *1 ; 各再エネ電力種類別の導入ポテンシャルの値の国内合計発電量(2010 年) 1,156,888 百万 kWh に対する比率、

4. 幻想に終わるか? 日本の太陽光発電の導入

図 1 に見られるように、新エネとして、太陽光発電は、風力発電に次いで、最近、急速に、その発電量を伸ばしている。余り立地を選ばず、市販の設備を持ってきて設置すれば、短期間に発電ができるようになる。エネ研データ(文献 1)をもとに、世界各国の太陽光発電設備容量で示した導入量の年次変化を図 3 に示した。この図 3 に見られるように、ドイツを中心とする EU 諸国において、上記した風力とともに、この導入量を急速に増加させたのは、FIT 制度の適用である。しかし、この FIT 制度では、生産電力の買取金額が市販の電力料金に上乗せされるので、その導入比率を示す表 4 に見られるように、導入比率の値が 5 % を超したドイツやイタリアでは、電力料金が急騰した。その結果、この買取価格の見直し(低下)が行われて、図 3 に見られるように導入量の年次減少が始まった。それが経済力の弱いイタリアでより顕著に現れ、導入量の年次変化の曲線での頭打ちになっ

ている。EU において、この FIT 制度は、風力発電にも適用されているが、風力に較べて高い買取価格が設定されている太陽光発電で、その買取価格の見直しの影響がより顕著に出ていると考えてよい。

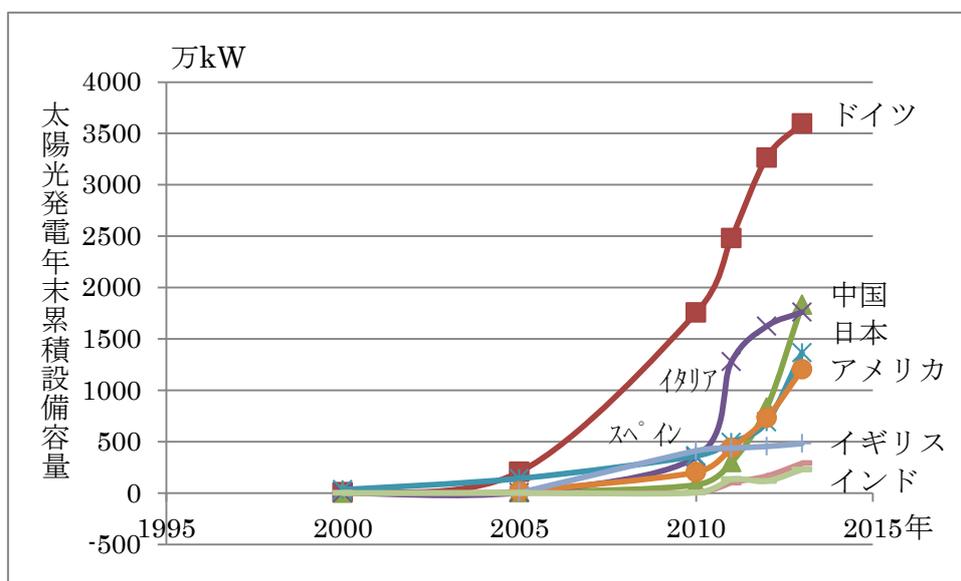


図3 世界の太陽光発電導入量の年次変化（エネ研データ（文献1）に記載のBPデータをもとに作成）

表4 世界各国の太陽光発電の発電量の推定値（2013年）の発電総量（2012年）に対する比率（エネ研データ（文献1）に記載のBPデータおよびIEAデータをもとに作成）

国名	ドイツ	イギリス	イタリア	フランス	アメリカ	中国	日本	インド	オーストラリア	世界
発電量 百億 kWh	3.46	0.279	1.696	0.446	1.158	1.763	1.315	0.221	0.313	1.345
総発電量 百億 kWh	62.3	36.1	29.7	55.9	427.1	498.5	102.6	112.8	24.9	2,267
再エネ比率*1 %	5.56	0.772	5.71	0.798	0.271	0.374	1.28	0.196	1.26	0.593

注 *1 ; エネ研データ（文献1）に記載のBPデータの設備容量の値（2013年）から、太陽光発電の年間平均設備稼働率を各国共通の0.11として計算した発電量の推定値、 *2 ; エネ研データ（文献1）に記載のIEAデータの総発電量（2012年）、 *3 ; 太陽光発電量の推定値（*1）のそれぞれの国の総発電量（*2）の値に対する比率

一方で、このEU諸国に倣って、FIT制度を使った太陽光発電の導入を始めた日本やアメリカ、中国の再エネ比率の値は、表4に見られるように、日本の1.29%を除いて、まだ、軒並み1%以下である。最近の導入量の伸びの大きい日本で、2010年～2013年の

3年間の年間平均の伸び率が今世紀末まで続いたとしても、今世紀末に推定される導入発電量の現在（2012年）の総発電量に対する比率は26.8%と計算される。しかし、この日本でも、すでに、昨年（2014年）からFIT制度適用の影響が出て、買取り価格の見直しが行われているから、今後、導入量が頭打ちになることは必須である。

温暖化は地球の問題である。世界全体が、2000年～2013年の平均の導入の伸び率を仮定した場合の今世紀末の導入量の推定値は3.8%にしかない。

ところで、日本における太陽光発電の利用・普及が、図3に見られるように、EU諸国に較べて、10年近く遅れたのは、EUで用いられたFIT制度の適用に対し、もともと世界一高い日本の電力料金が、さら高くなるとして産業界が強く反対したためである。そこに、たまたま起こった3.11原発事故で、温暖化対策としてのCO₂の排出削減に効用があるとされていた原発の代わりに再エネ電力の利用・普及を促すためとして、2012年7月にFIT制度が施行された。実は、上記したように、この時点で、EUでは、すでに、このFIT制度の問題点が明らかになり、図3に見られるように、太陽光発電の利用・普及が停滞し始めていた。本来であれば、このEUにおける太陽光発電の利用・普及の伸びの停滞が不条理なFIT制度によるものであることを、きちんと把握した上で、対応を採らなければならなかった日本で、それが行われなかったのは、地球温暖化対策が政治の要請として、再エネとしての太陽光発電の導入が優先された結果である。

また、図3に見られるように、アメリカや中国において、日本とほとんど同じ頃から、太陽光発電の利用・普及が急増するようになったのは、たまたま、EUでのブームに乗って大增産されるようになった太陽光発電設備が、上記したEUでの需要の停滞で、行き場を失って、その販売価格を落として利用されたためではないかと考えられる。日本でも、メガソーラ用の設備には、大量に中国製の安価な製品が導入されていると聞く。

FIT制度の適用が無ければ、その導入が図れない太陽光発電の生き残りの道は、その電力生産コストが、高い市販電力料金と競合できる家庭用としての利用以外にはありえないと考える。先の表3に示した国内の再エネ導入ポテンシャルの値から考えて判るように、FIT制度の適用なしに事業が成り立たない家庭用以外のメガソーラは、やがて、廃棄物の山を残して消え去るであろう（文献2）。

5. 期待を裏切る日本の地熱発電の導入状況

火山国日本で、再エネ電力として、大きな期待を集めてきたのが地熱発電である。この地熱発電は、風力や太陽光のような出力変動の大きい再エネ電力のバッファ機能を有する電力としても期待されている。エネ研データ（文献1）から、BPデータに新エネとされている世界の地熱発電の導入設備容量の年次変化を図4に示した。

この図4に見られるように、地熱発電が実用化されたのは、風力や太陽光発電が利用されるようになるかなり前からである。優れた地熱発電技術を持つとされる日本における地熱発電の導入設備容量の年次変化が、この図4に見られるように、2000年から最近（2013

年)まで、殆ど変化がない。これは、インドネシアを除く他の国でも同様である。

もう一つ、問題にしなければならないのは、各国の地熱発電量の推定値の現在のそれぞれの国の総発電量に対する比率の値が、表 5 に示すように、総発電量の小さい途上国、フィリピンやインドネシア以外の先進国では、2 % 以下、特に、日本で 0.301 % と非常に小さいことである。日本では、地熱発電の適地が国立公園内にあり、その利用が大きく制約されるためとされており、政府は、この制約を取り除くための国立公園法の改正を行っているという聞いていた。

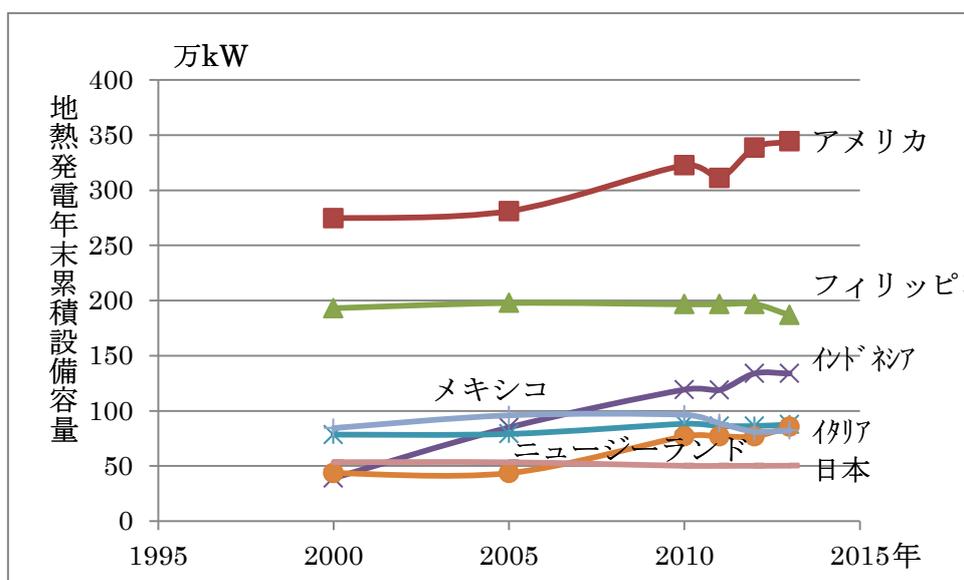


図 4 世界の地熱発電導入量の年次変化 (エネ研データ (文献 1-1) 記載の BP データをもとに作成)

表 5 世界各国の地熱発電の推定値の総発電量に対する比率

(エネ研データ (文献 1-1) 記載の BP データ、IEA データをもとに計算して作成)

国名	イタリア	アメリカ	メキシコ	日本	フィリピン	インドネシア	世界
発電量*1 百億 kWh	0.537	2.11	0.505	0.308	0.821	0.308	7.18
総発電量*2 百億 kWh	29.7	427.1	29.4	102.6	7.29	19.6	2,267
再エネ比率*3 %	1.81	0.494	1.72	0.301	11.26	4.19	0.317

注 *1 ; エネ研データ (文献 1) に記載の BP データの発電設備容量から、地熱発電の年間平均設備稼働率を各国共通に 0.70 として計算した地熱発電量 (20013 年) の推定値、 *2 ; エネ研データ (文献 1) に記載の IEA データのそれぞれの国の総発電量の値 (2012 年)、 *3 ; 地熱発電量の推定値 (*1) の総発電量に対する比率

しかし、この法的な制約を考慮した環境省の調査報告書から求めた国内の地熱発電の導入可能量の値は、先の表 3 に示すように国内総発電量の 7.5 %とある。と言うことは、この地熱発電の導入を阻んでいる理由が他にもあるためと考えられる。その一つとして、発電用の蒸気の製造のための水の供給可能量が大きな制約になっているとのことである。であれば、今後の地熱発電導入量の増加のためには、温泉施設などと共存できる熱水利用の発電が、経済性を考慮して、どこまで実用化できるかが問題になるであろう。

6. 幻想に終わったバイオ燃料の利用

地球温暖化対策として、大気中に CO₂ を排出しないとされて、その利用の開発が進められた自動車用燃料の石油に代わるバイオ燃料は、その開発の当初、いままぐにでも、ガソリンに何%かを混合して自動車を走らせるかのように、メディアに報道された。しかし、それが、新聞からも、テレビからも、その姿を消してしまった。代わって、今年(2015年)、日本のメディアが持ち出してきたのが水素で自動車を走らせる水素元年である。バイオ燃料を非科学的な幻想とする私の主張(文献 4)を無視してきたこの国のメディアが、科学的知識のない政治を動かして、誤ったエネルギー政策に走っている現実には、空恐ろしさを覚える。

日本で、バイオ燃料が姿を消した理由は簡単である。バイオマスとしての食料や用材が自給できなくて、大量に輸入に依存している日本に、自動車を走らせる燃料の原料となるバイオマスが存在するはずがないからである(文献 5)。

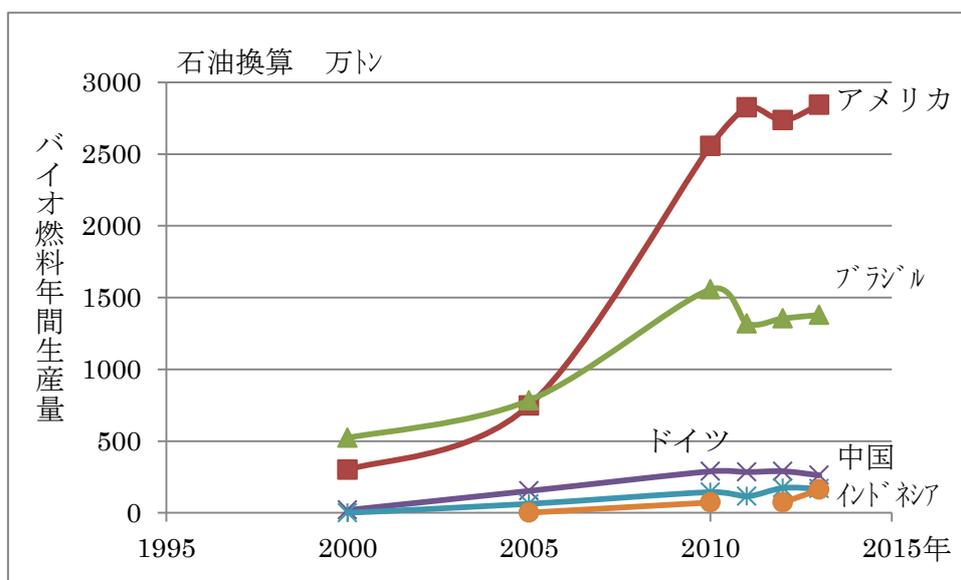


図 5 世界各国のバイオ燃料年間生産量の年次変化

(エネ研データ(文献 1)に記載の BP 統計データをもとに作成)

では、世界ではどうか？エネ研データ（文献 1）に記載の BP 統計データの各国のバイオ燃料生産量の年次変化を示す図 5 に見られるように、アメリカ、ブラジル他で、一定量の生産が、今でも続けられている。このバイオ燃料が、ここに記載した石油の代替として、何 % 用いられているかを計算したのが表 6 である。

表 6 世界各国のバイオ燃料の年間生産量（2013 年）と、それぞれの国の石油消費量（2012 年）に対する比率

（エネ研データ（文献 1）に記載の BP 統計データと IEA のデータをもとに計算した）

国名	アメリカ	ブラジル	ドイツ	中国	フランス	タイ	世界
年間生産量*1 百万トン	28.44	15,783	2.615	1.68	1.936	1.251	65.35
石油消費量*2 石油換算百万トン	771	117	101	464	73.3	49.0	4,205
対石油比率*3 %	3.69	13.49	2.59	0.362	2.83	2.55	1.55

注 1 ; エネ研データ(文献 1) から、BP 社によるバイオ燃料生産量 2013 年の値、 *2; エネ研データ(文献 1) から、IEA による一次エネルギー消費(石油)の 2012 年の値、 *3; バイオ燃料生産量(*1)の一次エネルギー消費(石油)(*2)に対する比率

この図 5 と表 6 を比較して見れば判るように、バイオ燃料が、現状で、石油代替として有意の寄与をしているとはとても言えないし、将来とも、そうなるとは考えられない。では、世界のバイオ燃料の生産大国のアメリカとブラジルにおけるバイオ燃料の生産の目的は何であろうか？それは、農業生産物の輸出大国における余剰農作物対策である。気候変動に左右されやすい農作物の生産では、生産過剰に伴う輸出価格の下落が大問題である。この問題の解決策として考えられたのが余剰農作物からのバイオ燃料（エタノール）の製造・利用である。ブラジルでは、サトウキビからの蔗糖の輸出価格を維持するために、石油危機で石油の値段が高騰した頃から始めた。当時、ブラジルでは石油が殆ど生産されていなかったから、100%アルコールで走る車まで現れた。

次いで、地球温暖化対策としてのカーボンニュートラルのトリックを使って、農業政策としてのエタノールの生産を大規模に始めたのがアメリカである。バイオマスはその成長で大気中の CO₂を吸収するから、それを燃しても大気中の CO₂は増えないとするのがカーボンニュートラルである。しかし、農作物からのエタノールの生産では、その原料農作物の生産とエタノールの製造工程で、大量の化石燃料が消費されるから、このカーボンニュートラルは成立しないどころか、却って CO₂が増えてしまうとの試算もある（文献 4）。このバイオ燃料の原料として、トウモロコシが使われた。石油消費量の 40% をガソリンとすると、表 6 のアメリカのエタノールの生産量の対石油比率から計算されるガソリン中の

エタノールの添加比率は、約9%と計算される。このエタノールの生産で、飼料作物としてのトウモロコシの輸出価格が、2008年には2.5倍以上にも高騰し、世界の食料危機到来と大騒ぎになった。その高価なトウモロコシの最も大きな輸入先は日本であった。

この世界一の飼料用トウモロコシの輸入先の日本で、「バイオマスニッポン総合戦略」の名のもとに、バイオ燃料の利用を含むバイオマスのエネルギー利用の開発が進められるようになったのは2005年度からであった(文献4)。それから2010年度までの6年間で6.5兆円もの国費を使って進められたこの国策は、何の国益をもたらすこともなく、この大金が消え失せたが、誰もその責任をとらされることはなかった(文献3)。

なんでこんなバカげたことをやってしまったのであろうか？それは、政策にすり寄ることで、自己の研究費稼ぎをしている学者先生方を諮問委員会の委員などとして、税金を使うことだけを仕事としている官僚の言いなりの科学技術的に不合理なエネルギー政策が、国策として推進されるお墨付きを得るとともに、これら御用学者の先生の言うことは何でも正しいと報道するメディアの応援を得て進めてきた(今でも進めている)からである。

補遺； 石油の代わりにミドリムシで空を飛ぶおとぎ話がまかり通る不可思議

微生物のミドリムシからつくられるバイオ燃料で、ジェット機を飛ばそうとする計画が進んでいる(朝日新聞 2015/12/24)。最近のベンチャー企業と全日空などの共同による計画では、年間125kℓのジェット燃料をつくる工場を約30億円投じてつくり、2020年までに、全日空の羽田-大阪間のような近距離路線で、週1往復程度の運行を行い、さらに、20年以降に、生産量を400倍に増やすとしている。

従来のバイオ燃料との比較で、このミドリムシバイオ燃料に利点があるとしたら、それは、航空機用のジェット燃料に近い成分の油が生産できるからと考えられる。しかし藻類としてのミドリムシの効率の良い育成には、培養槽水中の二酸化炭素(CO₂)濃度を高める必要である。そのためには、石炭火力発電所の排ガスから分離したCO₂を用いことが求められる(文献5)。ということは、いま、問題になっている地球温暖化対策として、石炭火力発電所排ガスからのCO₂の分離除去(CCS)プロセスが実用化されることが、このミドリムシバイオ燃料の実用化の必須条件になる。いま、政府は、COP21(国連気候変動会議)に提出したCO₂排出削減目標の達成に、CCS技術の適用を検討しているようである。しかし、地球温暖化は世界の問題であるから、日本だけが、こんなお金のかかるCCSの適用でCO₂の排出削減を行ってみても、温暖化を防げると言う保証は何処にもない。日本経済の現状からも、CCSが実用化されることはないと考えてよい。すなわち、ミドリムシ培養のための安価なCO₂は手に入らないことになる。

なるほど、飛行機は、自動車のように、電力を使って飛ばすわけにはいかないから、どうしても液体燃料が必要になる。しかし、現在(2013年)のジェット燃料の国内販売量は、石油系燃料販売量の2.5%程度である(文献1)から、自動車を電気自動車に変換して、そこで浮いた石油を航空燃料用に回せば済む。また、いよいよ、石油が無くなったら、高

くつくかもしれないが、石炭液化油を使うことが考えられる。どう考えてもミドリムシで空を飛ぶ必然性は考えられない。

7. 世界の再エネ電力としての水力発電量の寄与は少なくないが、将来的な増加の余地は多くないであろう

日本では、既存のダム式の水力発電とは異なる流水式の中小水力が、再エネとして、FIT制度の適用を受けて、その利用・普及が図られている。しかし、国際的には、この中小水力は、新エネとしては認められていないようで、エネ研データ（文献 1）記載の BP 社の統計データには記載がない。

しかし、地球温暖化対策、あるいは、化石燃料枯渇後の再エネ電力としての世界の水力発電量の寄与は、表 1 に示すように、現状の国内総発電量の 22.1%、再エネ電力の 73.1%と最も大きい。では、この水力発電が、再エネ電力としてどこまで伸びる可能性があるのでしょうか？それを調べるために、エネ研データ（文献 1）に記載の IEA データから、先進国（ここでは OECD 34）と途上国（非 OECD）別に、2000 年以降の水力発電の発電量（石油換算の一次エネルギーとして表されている）の年次変化を図 6 に示すとともに、世界各国の現状（2012 年）の水力発電量の発電量合計に対する比率を計算して表 7 に示した。

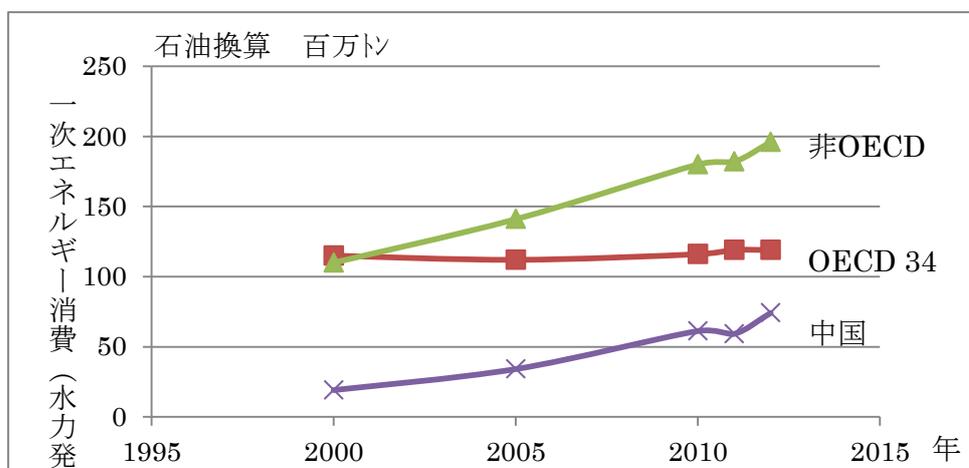


図 6 世界の一次エネルギー消費（水力）の年次変化（エネ研データ（文献 1）に記載の IEA データをもとに作成）

表 7 世界各国の水力発電量の総発電量に対する比率、2012 年（エネ研データ（文献 1）に記載の IEA データを用いて作成）

国名	アメリカ	カナダ	ブラジル	ペルー	イギリス	ドイツ	フランス	イタリア	中国	日本	インド
水力比率*1 %	6.53	60.1	28.9	53.6	8.49	3.40	10.5	14.1	17.3	7.39	11.17

国名	オーストラリア	OECD 34	非 OECD	世界
水力比率*1 %	5.68	12.88	19.21	16.2

注 +1 ; 各国の水力発電量の総発電量に対する比率の計算値

図 6 に見られるように、OECD 34 諸国では、2000 年以降、水力発電量が殆ど増えていない。火力発電よりも前から電力の生産に用いられてきた先進諸国における水力発電には、もはや開発の余地がなくなっているのではないかと考えられる。これに対して、非 OECD 諸国の水力発電量は、2000 年以降の僅か 10 年余りの間に 2 倍近くに増えている。この増加への主な寄与は、図 6 に同時に示したように、三峡ダムの開発などによる中国での水力発電量の増加によるものである。この中国以外の水資源に恵まれた途上国(非 OECD 諸国)には、まだ、開発の余地はあるかも知れないが、現状では、経済性の問題から、その開発には、多くが期待できないであろう。

8. 新エネの利用は、化石燃料の代替を目的として見直されなければならない。

本稿の初めに述べたように、本来、新エネとしての再エネの開発・利用の目的は、化石燃料の枯渇に備えての、その代替のはずであった。そこに、地球温暖化問題が入り込んできて、いまでは、新エネの開発・利用の目的が、地球温暖化を防止するための CO₂ の排出削減のためと変わってしまった。

しかし、地球温暖化が CO₂ に起因するとしたのは IPCC (気候変動に関する政府間パネル、国連の下部機構) による科学の仮説である。これに対して、化石燃料の枯渇は、確実にやって来る。この化石燃料の配分の国際間の不均衡に基づく貧富の較差が、アルカイダに始まりイスラム国に至る国際テロの原因になって、国際社会に大きな不安と脅威を与えている。この脅威を取り除くには、地球上に残された化石燃料を世界各国に公平に再配分することで求められる。

私の提案だが、各国の人口当たりの化石燃料消費量を公平に均等化した上で、その量を、現在 (2013 年) の世界平均の一人当たりの化石燃料消費量に等しくする。世界各国が協力して、この化石燃料消費の節減対策を実施すれば、枯渇に近づいた化石燃料を今世紀一杯は長持ちさせることができる。

この「化石燃料の節減対策」は、そのまま CO₂ の排出削減に置き換えることができる。すなわち、この「化石燃料の節減対策」を実行した場合の世界の今世紀中の CO₂ 排出総量は、2.9 兆トと計算される。この値は、IPCC が、CO₂ の排出によって、地球上の生態系に取り返しのつかない脅威が起こるとする CO₂ の排出総量 7 兆トの 4 割程度で、IPCC が、人類が何とか我慢できるとする地球気温の上昇幅 2 °C 以下を保つことができる。なお、現在の技術と経済性を考慮したときに採掘可能な化石燃料の資源量、確認可採埋蔵量を消費し尽したとしても、排出される CO₂ の排出総量は 3.2 兆トに止まるから、この資源量の制

約からも、CO₂の排出に起因する地球の温暖化には歯止めがかかる（以上、詳細は文献 2 を参照されたい）。

この私の提案に対し、これを、非現実な理想論だとの批判があるかもしれない。しかし、実は、先ほど閉幕した COP 21（国連気候変動会議）に、多くの先進諸国が提出した CO₂の排出削減目標数は、ほぼ、そのまま、私の提案の化石燃料消費量の節減目標に置き換えることができる。すなわち、先進諸国は、この「化石燃料の節減対策」を実施しようとしていると言ってよい。一方、現在、一人当たりの化石燃料消費量が、世界平均の値に満たない中国以外の途上国では、当分、化石燃料消費量の節減、すなわち、CO₂の排出削減が必要とされない。したがって、CO₂排出削減のための新エネの利用は経済力のある先進国が、責任を持って行えばよいことになるから、先の COP 21 で協議の中心とされた途上国と先進国の間の CO₂排出削減の費用を巡る金銭取引の協議は不要となる。

私は、この「化石燃料消費の節減対策」の提案を、政府のエネルギー政策に影響力があると考えられる NPO 法人国際環境経済研究のウェブサイトを使って COP 21 での日本政府の提案とするようにと、訴えてきたが、政府には相手にされなかった。私は、この私の提言こそが、COP 21 を成功に導く唯一の方策であったはずだと信じて、これからも粘り強く訴え続けて行くつもりである。

なお、この世界の化石燃料消費の節減対策を、いま、化石燃料のほぼ全量を輸入に依存している日本の問題として考えるとき、もし、この提言が実現されなければ、先進国のなかで真っ先に沈没するのは、間違いなく日本である。これを言い換えれば、化石燃料消費の増加なしには実行できないアベノミクスの成長戦略、1 億総活躍、GDP 600 兆円などは、日本経済を破滅の道に導く政治の暴挙であると言わざるをえない。

引用文献；

1. 日本エネルギー経済研究所 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 年
2. 久保田 宏、平田賢太郎、松田 智；化石燃料の枯渇がもたらす成長の終焉——日本経済を破綻の淵から救う正しいエネルギー政策を創る、アマゾン kindle（電子出版）、2015 年
3. 久保田 宏；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
4. 久保田 宏、松田 智；幻想のバイオ燃料、日刊工業新聞社、2010 年
5. 久保田 宏、松田 智；幻想のバイオマスエネルギー、日刊工業新聞社、2011 年