

太陽光発電は「再生不可能」である

科学の原理を無視して進められる「革新的エネルギー・環境戦略」の根本的な見直しを求める

2012/10/10

オピニオン

エネルギー政策

久保田 宏

東京工業大学名誉教授



「30 年代原発ゼロ」が揺れている

討論型世論調査なる国民の声を吸い上げた結果として 9 月 14 日に政府がまとめた 30 年代に原発ゼロをめざす「革新的エネルギー・環境戦略」が、経済界からの「国民生活を守る立場から認められない」との強い反対などにあって揺らいでいる。経済界の政府案に対する反対の主な理由として、政府案で「原発ゼロをめざした場合、電力料金が大幅に値上がりして、現在、苦境にある日本の産業が成り立たなくなり、雇用が守れなくなるからとされている。この電力料金の値上げは、原発を廃止した場合の原発電力の代替を自然エネルギー（国産の再生可能エネルギー）としているために起こる。自然エネルギーの利用の促進を図るために政府が法制化した「再生可能エネルギー全量固定価格買取（FIT）制度」の適用では、生産電力を現状の市販電力の生産コストよりはるかに高い価格で電力会社に買い取らせ、その差額分が電力料金の値上げとなる。原発ゼロとした場合、電力料金は 2 倍以上になるとされている。そうでなくても日本の電力料金は世界一高いのに、さらなる値上げがあれば、日本経済は全く成り立たなくなる。経済界の懸念は当然と言ってよい。

では、原発をゼロにする場合、この電力料金の値上げは避けられないのであろうか？そんなことはない。電力料金の値上げの原因になっている FIT 制度の適用による自然エネルギーの導入を止めればよい。原発電力の代替には、現状で、最も安価で、かつ、安定な供給が保証できる石炭火力発電を使うことができる（文献 1 参照）。

いま、いずれは枯渇する化石燃料に較べて、再生可能エネルギーの利用は、文明社会のなかで必要とされる「社会エネルギー（文明社会の産業や生活を維持するためのエネルギーを、ここではこう呼ぶことにする）」を持続的に（永久に）供給するかのように考えられているが、科学的にみて、それは幻想に過ぎない。半永久的に供給され得る太陽光、風力、地熱やさらに水力などの再生可能エネルギーからつくられる社会エネルギーは、実は再生可能ではない。本稿に下記するように、いままで社会エネルギーの主体を担ってきた化石燃料の利用可能な期間を長持ちさせる効用しかない。このようにみると、いま、日本で、原発電力代替のエネルギー源としての化石燃料と再生可能エネルギーは同列に考えられ、それぞれのエネルギーの生産コストのより安価なものが選択されるべきなのである。

いま、日本のエネルギー政策の中で、この科学の原理を無視して、原発代替のエネルギーとして再生可能エネルギーの利用が優先的に位置付けられているのは、旧エネルギー基本計画（文献 2）の中で、地球温暖化対策の実行が一つの主要な柱とされていたのが、原発事故後の新しいエネルギー政策の中にそのまま残されているからである。苦境のなかにある日本経済にとって、社会エネルギーの安定供給を目的としたエネルギー政策の中に、地球温暖化対策が入る必然性はどこにもない。原発ゼロを目指すのであれば、原発に代替し得る当面の電力は、

現在、地球温暖化をもたらすとして嫌われものになっている石炭火力に依存する以外にはない。石炭火力の発電コストは、使用済み核燃料の処理、処分費などを含まない原子力発電のコストと同等以下とされているから、原発の代替を石炭とすることで電力料金を値上げする必要はない。

エネルギー再生条件の定量化

再生可能エネルギーが、文字通り再生可能であるためには、そのエネルギー生産設備で産出されたエネルギーで社会に必要とされるエネルギー（社会エネルギー）を供給すると同時に、元のエネルギー生産設備を再生できなければならない。しかし、実際には、この再生可能エネルギー生産設備を製造・使用する際のエネルギーが必要になるから、対象のエネルギー生産設備での再生可能の割合は、次式（1）で表されるエネルギー収支の関係から導かれる生産設備での（エネルギー再生比率 i ）の値により、定量的に評価されなければならない。

$$\begin{aligned}
 & \text{(エネルギー再生比率 } i \text{)} \\
 & = \{ \text{(産出エネルギー量)} - \text{(エネルギー生産設備の製造・使用での投入エネルギー量)} \} \\
 & \quad / \text{(産出エネルギー量)} \\
 & = 1 - \text{(投入エネルギー量)} / \text{(産出エネルギー量)} \qquad (1)
 \end{aligned}$$

この（エネルギー再生比率 i ）は、国産の再生可能エネルギーを自然エネルギーとして国内で自給、使用するときの「有効自然（国産）エネルギー比率 i 」と同じく定義される値である（文献3 参照）。

再生可能エネルギーとしての電力生産設備について、（1）式を用いて i の値を算出するためには、右辺の各項を次のように計算する必要がある。

$$\begin{aligned}
 & \text{(産出エネルギー量)} \\
 & = \text{(単位発電設備容量当たりの発電量 } P \text{ kWh)} \times \text{(860 kcal / kWh)} \\
 & \quad \times \text{(設備使用年数)} \qquad (2)
 \end{aligned}$$

ただし、

$$\begin{aligned}
 & \text{(単位発電設備容量当たりの発電量 } P \text{ kWh)} \\
 & = (1 \text{ kW}) \times \text{(理論稼働時間 } 8760 \text{ h/年)} \times \text{(設備稼働率)} \qquad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{(投入エネルギー量)} \\
 & = \text{(単位設備価格当たりの設備の製造・使用に必要な一次エネルギー消費 } c \text{)} \\
 & \quad \times \text{(単位発電設備容量 kW 当たりの設備コスト (維持費を含む) } T \text{)} \qquad (4)
 \end{aligned}$$

ただし、 c の値は、

$$c = \text{(国内一次エネルギー消費 kcal)} / \text{(国内総生産 GDP 円)} \qquad (5)$$

として概算できる（文献4 参照）。

100 % 再生可能なエネルギー生産は存在しない

太陽光や風力などのいわゆる持続可能な自然エネルギーを用いて、それを文明生活に利用できる社会エネルギー（例えば電力など）に変換するには、どのような自然エネルギー生産設備を使用する場合でも、社会が必要とする産出エネルギー（電力）量を確保するためには、一定の（投入エネルギー量）が必要になるので、（1）式から判るように、（エネルギー再生比率 i ）の値は常に 1 より小さくなる。したがって、この（投入エネルギー

量)を無視するか、あるいは、(産出エネルギー量)のなかの(設備の使用期間(寿命))を無限大と仮定しない限り、そのエネルギー生産設備の(エネルギー再生比率 i)の値が1とならない。すなわち、科学の常識に従えば、文明社会の必要とする社会エネルギーの再生は不可能と言わざるを得ない。いままで、自然エネルギーが全て再生可能とされてきたのは、科学知識の欠如した政治家が、(1)式の存在を知らされないままに、エネルギー政策を主導してきたためと考えてよい。

より重要なことは、科学知識があつて(1)式の存在を知らなければならないはずの科学者および科学技術者が、余りよく考えないで、政治の都合で計画されてきたこの国のエネルギー政策に、政治家の言いなりに諮問に与かってきたためである。あるいは、(1)式の存在を知っていても、(投入エネルギー量)の算出が厄介なために、これを、勝手に、小さくて無視できるだろうとしていたためとも考えられる。確かに、このエネルギー生産設備の(投入エネルギー量)の算出には、設備の製造・使用に係わる労働力をエネルギー消費量に換算しなければならないという技術的に未解決な問題を含んでいる。しかし、計算できないからと言って、この投入エネルギーを無視するような非科学的な対応は許されないはずである。例えば、太陽光発電では、この労働のコスト(労賃)が設備の販売価格に大きな比率を占めると考えられるから、その実用化に際して工業先進国の製品が、中国の安価な製品に押され、その市場を奪われている。また、一部の科学技術研究者は、この(投入エネルギー量)の推算を行わないまま、太陽光発電は、この人件費を含む(投入エネルギー量)が(産出エネルギー量)を上回るから、プラスのエネルギーを生み出さないと主張して、太陽光発電の実用化を否定している。しかし、これも暴論である。

この人件費を含む(投入エネルギー量)の算出方法として、筆者は、上記(5)式に示すように、(単位設備価格当たりの設備製造・使用の一次エネルギー消費 c)の値として、「国内の一次エネルギー消費量を国内総生産GDPで割った値を用いる方法」を提案している(文献4)。この方法を用いることで、初めて、下記するように、自然エネルギー生産設備製造・使用でのエネルギー再生の可能性についての定量的な検討を行うことができる。

再生可能の条件から大きく外れた太陽光発電

いま、政府は、原発ゼロ社会を目指そうとする「革新的エネルギー・環境戦略」をつくらうとするなかで、原発電力の代替は再生可能エネルギーでなければならないと決めつけている。しかし、上記したように、社会エネルギー(電力)を生み出すための真の(100%)の再生可能エネルギー生産設備が存在しないのであれば、現在、導入の対象になっている再生可能エネルギー生産設備、それぞれについて、(1)式により定義される(エネルギー再生比率 i)の値を計算し、この i の値から、再生可能に近いエネルギーを選択、使用しなければならない。

この i の値は、上記の(2)~(5)式に見られるように、対象の再生可能エネルギー源の種類と、設備の製造・使用による金額(販売価格として評価される)、設備の使用年数(寿命)により異なる。筆者により、エネルギー経済統計データ(文献5)および環境省の再生可能エネルギー導入ポテンシャルの調査報告書(文献6)等のデータを用いて具体的に試算した結果を表1に示す(文献7参照)。ただし、原報では、自然エネルギー(国産の再生可能エネルギー)に注目して、(有効自然エネルギー i)としてあるが、上記したように、これは、(エネルギー再生比率 i)と同義語である。

表1 自然エネルギー利用による電力生産での（エネルギー再生比率 i ）の試算結果
 （文献7 から。ただし原報では、「有効自然エネルギー比率 i 」としている）

	太陽光（家庭外）	太陽光（家庭）	風力（陸上）	風力（洋上）	中小水力	地熱
i の値 %	63.4	28.5	92 ~ 73	94 ~ 78	90 ~ 76	86 ~ 77

表1に見られるように、現在、日本において、再生可能エネルギーの主体とされている家庭用以外の太陽光発電（メガソーラ）の場合、設備の使用年数（寿命）を20年として、 $i = 0.634$ と与えられる。これは、メガソーラを、その寿命の20年間使用した後で、それを更新（再生）しようとするときに、63.4%のエネルギー生産能力を持った設備しか再生できないことを意味している。このような再生を繰り返した場合、メガソーラのエネルギー生産能力が、最初の設備能力の1/2になるまでの年数を試算してみる。必要な更新回数を n 回として、1回20年で能力が0.643倍となるので、 $(0.643)^n = 1/2 = 0.5$ の関係から、 $n = (\log 0.5) / (\log 0.643) = 1.57$ となり、このメガソーラの使用による自然エネルギー電力が半減するまでの年数（半減期）は31.4（ $= 1.57 \times 20$ ）年となる。これでは、化石燃料（石油）と余り変わらない。また、更新時に100%更新とすればよいとの考えがあるかもしれないが、太陽発電が国内発電量のなかで大きな比率を占めるようになると、その導入が、かえって代替対象の化石燃料消費量の増加を招くという矛盾を生じることになる。一方で、太陽光発電の量的貢献が小さければ、更新（再生）を100%にする実用的な意味が存在しなくなる。すなわち、先に、環境省の調査報告書（文献6）で、その量的な貢献に大きな制約のあるとされたメガソーラが、少なくとも現在の日本においては、再生可能なエネルギー生産設備としても殆ど役に立たないことが、科学的にも明確にされたことになる。

太陽光発電以外の自然エネルギーとしての風力、中小水力では、（エネルギー再生比率 i ）の値は0.9（設備寿命20年）程度が期待できる。この値を用いて、上記同様、これらの自然エネルギー電力利用での半減期を計算してみると、 $(0.9)^n = 0.5$ から、 $n = (\log 0.5) / (\log 0.9) = 6.58$ で、半減期は131.5（ $= 6.58 \times 20$ ）年と計算され、ある程度再生可能に近づくともみてよいだろう。と言うよりは、その使用により、化石燃料消費の削減にかなり貢献することが考えられる。特に、風力については、国内での設備導入ポテンシャル量が大きいことから、経済性が許せば、その導入が検討されるべきである。同様に、地熱での試算値を $i = 0.8$ （設備寿命15年）として、上記同様の計算をしてみると、半減期は46.6年と計算される。火山国日本で大きなエネルギー利用量が期待できる地熱発電であるが、再生可能エネルギーとみなすにはやや条件が厳しいことになる。

国民に経済的な負担をかけないエネルギー政策こそが求められるべきである

以上は、再生可能エネルギーの利用におけるエネルギー再生の条件について、科学的に導かれたエネルギーバランスの（1）式から、当然の結果として導かれる結論である。すなわち、（1）式で求められる（エネルギー再生比率 i ）は決して1にはならないのに、これを勝手に1だとして、すなわち科学の原理を無視して、再生可能とすることで、国民に経済的な負担をかけるFIT制度を制定し、幻の再生可能エネルギーの利用を推進しようとしているのが政府の「革新的エネルギー・環境戦略」である。

いずれは枯渇する化石燃料の代替としては、この（見かけの）再生可能エネルギーに依存することで、地球資源としての化石燃料を節約して大切に使わなければならないことは確かである。しかし、いま、政府が、再生可能エネルギーとしているもののなかに、上記した太陽光発電のように、再生可能とは程遠いものが入っている。

現実的なエネルギーの選択の問題として、最も、安価な電力を、即座に提供できるのは、実は、原発再稼働によって得られる電力である。しかし、福島第一原子力発電所で起こったような事故が再び起こらないとの保証はどこにもないと考えると、やはり、多くの国民が望んでいるように、原発ゼロを目標にして、当面、最も安定に安価に原発代替の電力を供給できる石炭火力の使用が選択されなければならない（文献 1）。将来的には枯渇する化石燃料としての石炭価格が上昇して、再生可能エネルギーの利用のほうが、より安価になった時点で初めて、経済性を考慮した上での再生可能エネルギーの利用の選択が進められるべきである。この際の選択の基準となるのが、筆者の提言する「自然エネルギー利用設備での限界設備価格」の概念である。詳細については文献 7 を参照されたい。

地球温暖化対策はエネルギー政策とは無関係であるべき

再生可能とは言えない太陽光発電が再生可能エネルギーとしてエネルギー政策のなかで優先的に取り上げられたのは、地球温暖化対策としての CO₂ の排出削減のために、ドイツなどで太陽光発電が率先して用いられ、日本がそれに追従してきたためと考えてよい。しかし、上記したように、この太陽光発電の再生可能エネルギー生産設備としての効用は殆ど存在しない。いま、ドイツでも、竹内（文献 8）が紹介しているように、この太陽光発電に対する FIT 制度による助成を憲法違反と訴える産業が現れ、また、この制度による電力料金の値上げが市民の「我慢の限界を超えている」との厳しい批判も起こっている。

いま、日本の置かれた経済的苦境を考えると、エネルギー政策とは、本来、無関係な地球温暖化対策の推進のために、国民に経済的な負担をかける理不尽な FIT 制度による再生可能エネルギーの導入促進の政策によって、国民の生活と産業の維持に欠かすことのできない電力料金を値上げする必要性はどこにもない。いま、産業界は、この電力料金の値上げを理由に、政府の原発ゼロのエネルギー政策に見直しを迫っている。このエネルギー政策の中から、電力料金の値上げの原因になっている地球温暖化対策としての FIT 制度による自然エネルギーの導入の代わりに、当面、石炭火力発電を導入すれば、経済界の懸念は解消される。

もともと、製造業を中心とする産業界は、この再生可能エネルギー導入促進のための FIT 制度に反対であった。地球温暖化防止のための CO₂ 排出削減が盛んに言われるが、CO₂ 排出削減にお金をかけても温暖化を防げるとの保証はどこにもない。また、もし、CO₂ の排出削減で温暖化が防げると仮定してみても、温暖化が地球の問題である以上、全世界が協力しなければ地球は救われない。CO₂ 排出量 4 % 程度の日本だけが、石炭火力の使用を避けてみても何の意味もない。世界の発電量の 1/2 近くを担っている石炭火力発電でのエネルギー効率を上げるために、世界一と言われる日本の石炭火力発電技術を世界に移転することのほうがはるかに、地球の CO₂ 排出削減に効果がある。同時に、将来的には、上記したように、化石燃料消費の節減に有効な自然エネルギーへの移転の方法を、経済原則に従って増やして行くのが、現実的で実行可能な地球の CO₂ 排出削減対策である。

引用文献；

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
2. 経済産業省資源エネルギー庁編；「エネルギー基本計画、経済成長・エネルギー安全保障・地球温暖化対策を同時に達成する 2030 年に向けたエネルギー新戦略」、経済産業調査会、2010 年
3. 久保田 宏；[新しいエネルギー政策における安全保障と自給率の限界、原子力と自然エネルギーはともにエネルギー自給](#)

[の目的に貢献しない](#) 国際環境研究所（2012/8/19）

4. 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、
5. 日本エネルギー経済研究所編；「EDMC/エネルギー・経済統計要覧2012年版」、省エネルギーセンター
6. 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3月」
株式会社エックス都市研究所、アジア航測株式会社、パシフィックコンサルタンツ株式会社、伊藤忠テクノソリューション株式会社
7. 久保田 宏；[余りにも理不尽な再生可能エネルギーの固定価格買取制度、この制度の廃止を強く訴える](#) 国際環境経済研究所（2012/8/28）
8. 竹内純子；[ドイツの電力事情④ 再エネ助成に対する不満が限界に](#) 国際環境経済研究所（2012/9/19）