

## 原子力事故に関連して (3)自然エネルギー利用における課題についての考察

Consideration about the problems of natural energy uses.

佐田守弘

### 1. はじめに

東日本大震災によって発生した東京電力福島第一発電所の事故により、脱原発論が国民全体に広がっている。だが脱原発を行うには、それに代わるエネルギーを考えなければならない。その主たる対象としては、太陽光エネルギーや風力などが考えられているのであるが、再生可能な自然エネルギーも課題がない訳ではない。ここでは自然エネルギーの実用化に関して考えておかなければならない安全上の課題について考察する。

### 2. 現在の発電の状況

再生可能な自然エネルギーを考える前に、まず現状がどうであるかを把握しておく必要がある。

エネルギー白書によると、2009年度の発電量は約9500億Kwhで、内訳は火力62%、原子力29%、水力8%で、自然エネルギーは約1%であると報じられている<sup>1)</sup>。

前年の2008年度はエネルギー・経済統計要覧(2010年版)によると、火力70%、原子力23%、水力7%であった。原子力は2000年に30%であったが、その後のデータ改ざんや事故などによる停止があり、その後は下がり傾向であったが、2008年から2009年の1年間に再び増えていることが分かる。

#### 2.1. 水力発電

水力発電にはダム建設が欠かせない。日本経済が成長期であった頃には盛んに行われたダム建設であったが、近年は八ッ場ダム建設中止運動に見られるように、新たなダム建設はほとんど行われていない。

ダム建設はそれ自体に高額の投資が必要であると共に、自然の景観の破壊、水没する地域住民の立ち退きなどの問題を伴う。多くのダムは、水力発電用というよりも、貯水機能などの水利が主目的であると言える。

ただし発電に関して言えば、余剰電力を使って水を汲み上げ、電力のピーク時にはその水で発電を行う用水発電所としての機能が使える。言うならば水力発電は蓄電機能としても使われている。

#### 2.2. 火力発電

火力発電の燃料は、以前は石油が主体であったが、最近では石炭の復活と天然ガスの利用が進んでいる。

石油は資源枯渇問題と共に、二酸化炭素排出による環境問題が言われていた。資源総量の問題で言えば、石炭の方が埋蔵量が多いことは確かであるが、いずれも再生不能な化石エネルギーであることには変わらない。

天然ガスも石油と同じ有機炭素燃料であるが、炭素に比べて水素の比率の方が多いため、重油などに比べて同一エネルギー量に対しての二酸化炭素の排出量が低い。

しかしながら天然ガスも様々な課題がある。その1つは輸送と貯蔵にコストがかかる点である。気体の状態で採掘される天然ガスは、エネルギーを使って液化しなければ長距離の輸送が困難である。

もう1つの課題は経済問題である。福島原発以来、日本の天然ガス需要が増えるの見込まれ、取引価格の上昇が起きているとも報じられている<sup>2)</sup>。

日本の近辺にガス田がない訳ではない。その

1つが東京から千葉県東側に至る広大な東関東ガス田である。かつてこのガスを採掘したために地盤沈下が発生し、その後は採掘が禁じられている。

また尖閣諸島近辺には、膨大なメタンハイドレートが埋蔵されているとも言われている。実際、ここから発生しているらしいメタンガスは大気中に放出されているらしい。メタンガスは二酸化炭素以上に温室効果が大きいので、せめて自然に発生するメタンガスだけでも有効利用したいところであるが、術的な課題が大きい。同様に改訂深く埋蔵されているメタンハイドレートを利用する技術は今の所ない。

### 2.3. 原子力

日本が将来の主たるエネルギー源と考えて来た原子力は、福島原発事故で露呈した安全性の問題以外に、様々な課題がある。その1つは資源の問題であり、もう1つは廃棄物処理の問題である。

資源の点で言えば、燃料ウランは必ずしもその埋蔵量が多くはない。そのままでは使えないウラン 238 が主たる成分であり、燃料となるウラン 235 は全ウラン中に 0.72%しか含まれていない。このため日本ではプルトニウムを燃料とする高速増殖炉とプルサーマル計画を進めて来た。しかしながらどちらも技術的課題が大きすぎて、見通しは立ってない<sup>3)</sup>。同様に核廃棄物の最終処分問題についても、我国ではその見通しは全くない。

核廃棄物の安全処理に膨大なエネルギーと費用がかかるのだとしたら、果たして原子力は有効なエネルギー源と言えるのかどうかは課題となる。当面必要なエネルギー確保のために、将来に負債を残すのと同じであり、言うならばエネルギーの借金と同じである。

## 3. 自然エネルギー

次に、環境に優しいとされる自然エネルギーと

その課題について考えてみる。一般に言われている再生可能なエネルギーとは、太陽光、風力、潮力、地熱、バイオマスなどである。ただし本来の言葉の意味で言うならば、バイオマスエネルギーのみが再生可能エネルギーなのであり、その他は化石エネルギーではない自然界エネルギーの利用である。

### 3.1. 太陽光

自然界に振り注ぐ太陽光は、地球上の生命全ての源であり、生命史が始って以来長きに渡って、生物はその恩恵によって生命を維持して来た。また人間も産業革命が始る頃までは、利用していたエネルギーのほとんどは太陽光とこれによって作り出された再生可能エネルギーだけであった。

太陽光は、再生可能エネルギーではなく、無尽蔵に供給される自然エネルギーと言う方が正しい。ここで述べる他の自然エネルギーは、太陽光エネルギーから作られるものであり、太陽光エネルギーが形を変えたエネルギーであると言っても差し支えない。

太陽光は太陽がその寿命を終えるまで、今と変ることなく地球に恵みを与えてくれ続けるであろう。その期間は太陽が主系列星であるこれから先約 50～60 億年の間である。おそらくこれは今の地球人から見れば、充分すぎるほど永遠に近い時間である。

そして太陽光は少なくとも生命史が始って以来、ほとんど一定の強さで降り注いでおり、温室効果ガス、あるいは大隕石衝突による莫大な塵埃による遮蔽を別途すれば、地球表面をほぼ一定温度に保っていることは事実である。

太陽光のエネルギー利用として考えられているものに太陽光発電がある。これは太陽光から電力への直接変換である。その課題を言えば、次の3つであろう。

#### (1) 発電効率の問題

太陽光パネル(太陽電池)の発電効率は、現在の時点では 15%程度からせいぜい 20%以内

であり、必ずしも高くはない。だがこれは技術的に解決される問題であろう。

### (2) 利用可能時間の問題

太陽光発電は、昼間しか利用ができない。また日照の強さによって発電量が変化する。ゆえに大規模な蓄電設備、あるいは他のエネルギーとの併用が必要となる。

### (3) 場所の問題

大規模な太陽光発電を行うには、砂漠や海面の様な広大な場所を必要とする。だが建物の屋根や壁面なども小規模ながら利用できる場所である。むしろ日本においてはその様な小規模な太陽光発電の利用の方が進むのではないであろうか。

建物の屋根と壁面を利用する場合には、受講面の角度の問題がある。最も効率的に発電を行うのであれば、受講面を常に太陽の方向に向けなければならない。だが建物に設置する場合には、これは難しい。効率を犠牲にしても、取付けられるスペースを利用する考え方にならざるを得ない。

なお地球外の宇宙空間に設置するアイデアもある。だがこれには課題がある。

その1つは発電した電力をどの様に地球に届けるかである。現在考えられているのは、マイクロ波に変換して送信する方法である。だがこれは技術的には確立されていない。

2つ目は設置場所である。宇宙空間といえども、常に同じ場所を維持するには静止衛星の軌道を使わなければならない。だがその場所は通信衛星でほとんど占められている。他の軌道では地球から見た発電衛星の位置が変わるので、マイクロ波送信には課題が大きい。

## 3.2. 風力

風力エネルギーの源は、太陽光なのであろう。なぜなら太陽光で温められた大気の対流によって風が発生しているからである。風速によって発電量の変化はあるものの、その辺化は日照とは独立であるから、太陽光発電との組合せによっ

て、多少なりとも発電量の平均化は可能である。だが風力発電にも様々な課題がある。

### (1) 設置と保守費用

風力発電設備は単純そうに見えるが、案外と設置費用がかかる。しかもメンテナンス費用も安くはなく、日本においては導入した地域でも必ずしも経済的に見合っていないケースも少なくないと報じられている<sup>4)</sup>。

大型の風力発電機は案外と目に付かないところに弱点を持つ。風によって羽根(ブレード)のピッチを制御する必要があるのだが、回転体に制御信号とモータの電力を供給するためには、スリップリングが必要となる。摺動部品なので、定期的な鋼管が必要となる。

### (2) 環境への影響

環境に優しいはずのエネルギー源であるはずなのだが、風力発電の環境への影響がない訳ではない。その1つは騒音である。また渡り鳥が風車に当る事故が多発しているとも報じられている。人間には感じられない領域の音波などが影響している可能性も考えられる。

### (3) 事故のリスク

あの大きなブレードが破損した場合には、大きな事故を引き起こす懸念がある。風は発電のエネルギー源なのであるが、非常に強い台風などで設計を超えた過大な風力を受けた場合、破損のおそれがないとは断言できないからである。

それゆえに万一にもブレードの破損と飛散が発生しても、甚大な事故につながらないだけの保有空値が必要であり、その設置場所が限られる。

なお風力発電機には、垂直軸回転型の小型のものもある。ただしそのほとんどは数百Wから1kW程度の小型のものである。回転体が小型であるから、万一の破損に際してのリスクは少ない。回転体の破壊に対する防護のための柵は、風力の有効利用とは相反する。だが回転体への接触防止と、破損時の飛散防止には必要であり、どの様な形で防護を考えるべきかが課題となる。

### 3.3. 潮力

潮力と言えるものには海隆のエネルギーと干満差のエネルギーがある。前者は太陽熱による海水の対流の力であり、後者は月の公転による地球に及ぼす引力に基づく。

海流は風力以上のエネルギーを持っているはずであるが、これをどの様に取り出すかが課題である。地上からロープなどを張って水車を固定するのは現実問題として難しいであろうし、設置できる場所も限られる。風力発電機のように海底に基礎を建てて海中に設備を設置する方法も、現実には技術的なハードルが高そうである。

### 3.4. 地熱

地熱の元は、地球誕生時の余熱と、地球の芯部での放射性同位元素の自然崩壊熱であろうと考えられている。地熱発電も昔から考えられて来ているエネルギーである。ただし現実にはそのとり扱みが行われていないのは、技術的な課題も大きいのではないと思われる。

天然の温泉などは熱源として利用可能である。ただし多くの温泉などは硫黄その他の腐食性物質を多く含むために、利用設備の退職が課題となる。

火山地帯でマグマが地表近くに存在する場所であれば、水を注入して蒸気を発生させて利用する方法は考えられる。ただし、様々な安全上の課題が付きまとうであろう。

地熱の様な熱エネルギーから電力エネルギーを取り出す熱電対の原理があるものの、起電力が微少すぎて実用にはならない。そのため火力と同様に外燃機関を用いる必要がある。

高温高压の水蒸気でなければ、一般的な蒸気機関ではエネルギー効率が低い。低温度差でも利用できるものとして、スターリングエンジンの利用が言われた時期があった。だが、現在はその声も余り聞かれなくなってしまった。

熱エネルギーを電力エネルギーに変換するには、熱力学の法則から高温源と低温源が熱機関の

近くにあることが必要である。だが自然の温泉などは、これらが離れている場合も少なくない。

熱を少し離れた場所には昆布方法として、ヒートパイプがある。ヒートパイプとは内部を真空にして少量の水などを封じたパイプである。加熱によって水蒸気が発生し、低温側で冷やされて水に凝縮する機構で熱を伝える。

特に下が加熱で上が冷却の時に最も効率的に作動する。余り深くない地下であれば、ヒートパイプを埋設して熱を吸い上げ、この熱を利用することは可能ではないだろうか。

### 3.5. バイオマス

バイオマスは、本来の意味での再生可能エネルギーなのであろう。これには様々な携帯がある。成長速度が早く、かつ炭素固定能力に優れた植物を直接的に燃料とする方法、それらの植物が生産する炭素源を使って石油代替となる液体燃料を製造する方法、および廃棄物からメタン発酵を行い、廃棄物処理と共に発生させたメタンガスを燃料として用いる方法などがある。

## 4. 蓄電の問題

太陽光発電と風力発電は、気象状況によって発電量が変化する。電力需要が増えたとしても、必要とする電力を賄えない場合がある。双方がそれぞれ刻々と変化するので、そのバランスを取るための蓄電設備が必要となる。現時点で考え得る蓄電技術には次のようなものがある。

### 4.1. 二次電池

ハイブリッドカーや電気自動車でお馴染みのリチウムイオンなどの二次電池はその真っ先の候補であろう。自動車関連で技術が進んでいるが、低価格化にはまだまだ課題が多い。むしろこれらの自動車のバッテリーを総電網に接続し、電力の需給調整に使う案は、米国大統領が既に提案している。

## 4.2. 化学的な方法による蓄電

とある電解液の電気分解で電力をため、電池機能によって発電するアイデアと製品は既にカタログで見たことがある。工場規模で夜間電力を蓄電して昼間利用するためのものなので、蓄電量は比較的大きい。

## 4.3. フライホイール

高速回転するフライホイールに機械的エネルギーを蓄積し、電力が必要な時にはその惰力で発電する機構である。ある程度大きな瞬間電力を供給できるものの、持続時間が短く、その用途のほとんどは瞬間停電の様な短時間の受給バランスの調整用である。

## 4.4. 揚水発電

水力発電で述べた揚水発電は蓄電器能を持つ。だが十分にそれを活かすには、下流側にも大きな貯水池が必要である。

## 4.5. 電気二重層型コンデンサ

コンデンサなので、バッテリーのように一定電圧での放電はできない。だが電気回路側である程度の電圧調整は可能であり、短時間であれば蓄電は可能である。

容量が大きなコンデンサとして、電気二重層型のコンデンサが考えられ、またハイブリッドとラックに応用された例がある。長時間の蓄電は難しいとしても電力の平準かのために利用できる技術ではないかと考える。

## 5. 未利用廃熱の有効活用

最近企業における省エネ活動が進んだ結果、工場内における廃熱の有効活用も進んで来ている。だが廃棄物焼却炉などでは、排ガスの腐食性などの影響もあって、必ずしも発電などのエネルギー回収には利用されていない例も少なくはない。

採算性の問題はあるとは思いますが、使われずに捨てられているだけの未利用廃熱からの電力の

回収も今後考えるべき課題ではないだろうか。

## 6. 最後に

石川英輔がその著書「大江戸エネルギー事情」、「大江戸リサイクル事情」などでも書いているが、江戸中期以降の日本は完全リサイクル型社会が完成していた。これは近代文明が進んでいると、江戸末期以降考えられていた西欧諸国でさえできていなかった。環境対応型社会の面から見れば、一番優れていたのは日本だった。

だが科学技術と文明に慣らされてしまっている現代人は、今更江戸時代の生活に戻ることはできない。それは単に不便だからというだけではない。衣食住と運輸・情報の仕組みは元より、様々な安全を守る仕組みの全てが、電機エネルギーを前提とした仕組ができて上がっているからである。これは大規模停電が発生した場合に、世の中で何が起きるかを想像してみれば分かることである。

しかしそのためのエネルギー源として我々は限りある化石エネルギーを利用して来た。またその結果として二酸化炭素の排出などの環境汚染も引き起こしてしまった。原発にあっては事故による放射性物質の飛散と共に、処理の目処さえ付いていない核廃棄物を産み出している。

直ぐに自然エネルギーに大転換することは、困難であるとしても、早期に自然エネルギーに転換して行く梶を大きく切ることが求められている。そしてその梶を切れるのは一般人でも民間企業でもなく、国家の指導者がすべきことである。

再生可能な自然エネルギーの利用といえども、技術的な課題は大きく、環境も含めての安全に対するリスクは存在する。その技術開発と安全性評価を含めて、早急に進めるべきではないだろうか。日本はそれができる力を本来持っているはずである。

## 引用文献

1)朝日新聞,「自然エネルギーの将来性」,  
2011年6月27日,13版 2面

2)朝日新聞,「液化天然ガス急騰」,2011年  
6月22日号,13版 3面

3)朝日新聞,「もんじゅ回収正念場」,2011  
年6月25日号,13版 3面

4)朝日新聞,「風力発電あえぐ自治体」,  
2011年6月25日号夕刊,3版 1面

加部隆史コメント(2011.07.11):

- 太陽光発電コストは、アメリカで原子力発電コストと同等まで下がっている(cf.SDP6)
- 風力発電で大型は洋上プラットフォームであり、小型はドイツ等で市民が運用している。  
九州大学では、風力発電に関する先端研究を実用化する動きがある
- 江戸のリサイクル事情については、東北大学の新妻研究室の再生可能エネルギーに関する研究成果が参考となりうる。  
今後のエネルギー・シフトにつき、重要な論点であると思う。