

嘉庫 嘉悦大学学術リポジトリ Kaetsu

## University Academic Repository

### Case Study on Activities for New Energy in Association with Global Warming Prevention

|       |   |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: jpn<br>出版者:<br>公開日: 2006-04-30<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者: Namai, Ryouichi<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="https://kaetsu.repo.nii.ac.jp/records/159">https://kaetsu.repo.nii.ac.jp/records/159</a>           |

# 地球温暖化防止対策に関する 自然エネルギー取り組みの事例研究

Case Study on Activities for New Energy in Association  
with Global Warming Prevention

生 井 良 一

Ryouichi Namai

## <要 約>

化石燃料の使用増加とともに地球温暖化問題が深刻化してきた。二酸化炭素の排出削減を数値的に定めた京都議定書も2005年に発効した。日本は1990年比で6%の二酸化炭素などの温室効果ガスの削減が義務付けられた。目標達成には、省エネルギーの実施と石油に替わる代替エネルギーへの転換がある。本稿は、これらの対策の中から代替エネルギーの一つである自然エネルギーに着目したものである。日本での自然エネルギーの一次エネルギー、あるいは総発電量に占める割合はまだまだ少ない。それでも日本各地で様々な工夫をこらしながら自然エネルギーに取り組んでいる人たち、あるいは自治体がある。自然エネルギーの先進国ヨーロッパの例を引用しながら、これらの取り組みを紹介する。具体的には、太陽光発電の取り組みを2例、風力発電の取り組みを3例、バイオマスの取り組みを1例紹介する。自然エネルギーは再生可能なエネルギーで、身近なエネルギーである。したがって、これらに取り組んでいる人たちの周りにエネルギーへの関心が高まり、それが省エネルギーの行動にもつながっている。

## < Abstract >

The cause of global warming is sharp increase in carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) which is mainly produced by burning fossil fuels. In 1997, Kyoto Conference on Climate Change was held, and the Kyoto Protocol was adopted. In accordance with the Kyoto Protocol, Japan is committed to the target of reducing the emission volume of greenhouse gases to 6% less than its 1990 level between 2008 and 2012. At last the Kyoto Protocol entered into force on 16 February 2005. Despite of The Japanese government's measures, it seems to be hard to achieve these targets.

Meanwhile, some people and some autonomous communities attack to create renewal energy which produce no CO<sub>2</sub>. so, we report here several cases of these actions on solar energy generation, wind power, biomass energy.

## <キーワード>

地球温暖化、京都議定書、二酸化炭素排出、新エネルギー、自然エネルギー、太陽光発電、風力発電、バイオマス、原子力エネルギー、予防原則

### 1. はじめに

地球温暖化は大きな地球環境問題となってきた。度重なる異常気象など気候変動、海面上昇の影響、生物への影響などが心配されている。

地球温暖化の原因は温室効果ガス、特に二酸化炭素の急激な排出にあるとされている。産業革命以来石炭や石油などの化石燃料を大量に使い続けてきて、その結果大気中の二酸化炭素が増加した。産業革命以前の二酸化炭素濃度は280ppmであったが、現在は370ppmまで上昇している。このまま二酸化炭素などの温室効果ガスの放出を続けると、100年後には大気中の濃度は600ppmほどになるのではないかと予想されている。(IPCC 報告)

人間活動から放出された二酸化炭素は、およそその半分が植物と海によって吸収されている。残りの半分は、大気中に残って、大気中に蓄積していく。したがって、森林の減少は二酸化炭素の吸収を減らし、温暖化による海水温の上昇も二酸化炭素の海への吸収を減らすことになり、結果として大気中の濃度を増加させることにつながる。

この二酸化炭素などの温室効果ガスの濃度上昇をいかにして抑えるか、これが今の緊急課題である。二酸化炭素の増加を抑えるには、その発生量を減らすことであり、もう一つは吸収量を増やすことだ。本稿では、その取り組みとしての京都議定書について述べ、議定書に定められた日本の温室効果削減対策について述べる。そして、その後具体的な取り組み事例として、太陽光発電、風力発電、バイオマスに取り組む事例を紹介する。また、日本の対策の一つである原子力利用についても私見を述べた。

### 2. 京都議定書について

1992年、ブラジルのリオデジャネイロで地球サミットが開かれ、そこで地球温暖化防止を目指した国連気候変動枠組条約が採択された。世界の各国が一体となって大気中の温室効果ガスの濃度を削減、安定化させることに取り組むことを確認した。これを受けて、1997年12月に第3回締約国会議(COP3)が日本を議長国として京都で開催され、長い交渉の結果ようやく京都議定書が議決された。議定書では、先進国に法的拘束力のある温室効果ガス削減の数値目標を義務付けている。目標を守れなかった国に対し、達成不足分の三割増し分を次の約束期間に余計に削減することを義務づけるというものである。

京都議定書では、まず第一約束期間を2008～2012年として、この5年間の二酸化炭素などの温室効果ガスの削減量の平均値を次のように決めた。1990年比で、日本は6%減、米国

は7%減、EUは8%減とし、先進国全体で少なくとも5.2%削減を目指すというものである。なお、途上国に対しては、数値目標などの新たな義務は課せられていない。削減対象ガスは、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、HFCs、PFCs、SF6の6ガスである。その削減基準年は、1990年とするが、ただし、HFCs、PFCs、SF6については1995年としてもよい、というものである。

日本は2002年6月4日に議定書に締結した。その背景には森林の保全や京都メカニズムの運用ルールについてのマラケシュ合意があったからだと言われる（2001年モロッコのマラケシュで開かれた第七回締約国会議）。

「京都メカニズム」とは、削減目標達成のために、先進国が途上国で温室効果ガス削減事業に投資し、削減分を目標達成に利用できるなどの仕組みのことである。対象国・活動の種類により、それぞれ「クリーン開発メカニズム（CDM）」、「共同実施（JI）」、「排出量取引」の3つからなっている。「クリーン開発メカニズム」とは、先進国と途上国が共同で排出削減に取り組んだ場合、これによる温室効果ガスの削減分を投資国（先進国）の削減分とする仕組み。「共同実施」とは、先進国同士が協力してプロジェクトを実施した際に、これによる温室効果ガスの削減分を、投資国の削減分とする仕組み。「排出量取引」とは、目標以上に排出量を削減したり、森林などによる吸収量を増やした先進国と他の先進国との間で、排出枠を売買する仕組みである。

一方、2001年、米国ブッシュ政権は議定書における約束は米国の経済を抑制するとして京都議定書から離脱した。もう一つの理由として中国などの大量排出国が削減対象国に入っていないことへの不満である。表1に国別の排出量を、表2に一人当たりの排出量を示した。これによると、中国は世界第二位の、インドは世界第五位の排出国であるが、一人当たりの排出量でみると、それぞれアメリカの1/10、1/20である。この問題はこれから取り組むべき課題となる。

表1 世界の国別二酸化炭素排出量（2002年）

単位は百万トン—二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）換算

| アメリカ   | 中国     | ロシア    | 日本     | インド    | ドイツ   | イギリス  | カナダ   | 韓国    | イタリア  | メキシコ  | フランス  |
|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5764.0 | 3494.3 | 1551.0 | 1188.0 | 1063.3 | 850.7 | 557.3 | 513.3 | 458.3 | 440.0 | 388.7 | 385.0 |

各国の排出量の合計（世界の排出量）24134.0

出所 EDMC／エネルギー・経済統計要覧 2005年版

表2 世界の国別二酸化炭素排出割合と各国の一人当たりの排出量（2000年）

| 国名            | アメリカ | EU<br>(15ヶ国) | 中国   | ロシア | 日本  | インド | 東南アジア<br>諸国 | アフリカ<br>諸国 |
|---------------|------|--------------|------|-----|-----|-----|-------------|------------|
| 排出割合          | 24.4 | 13.4         | 12.1 | 6.2 | 5.2 | 4.7 | 0.4         | 0.1        |
| 1人当たりの<br>排出量 | 19.8 | 8.2          | 2.2  | 9.9 | 9.4 | 1.1 | 1.6         | 1.2        |

国別排出量比（%） 1人当たり排出量（トン／人—二酸化炭素）

出所 オークリッジ国立研究所

さて、米国は二酸化炭素排出量が世界全体のほぼ1/4にも及んでいるため、議定書発効の条件の一つ〔先進国の中で、議定書を締結した国の二酸化炭素排出量（1990年）の合計が、先進国全体の55%以上〕を満たすことが困難となった。これに対して、2004年11月にロシアが京都議定書に批准した。これにより、上記の55%の条件が満たされ、2005年2月16日に京都議定書は発効した。なお、京都議定書に参加している国は156ヶ国となった（2005年11月現在）。

京都議定書で取り決めたことは第一約束期間の削減であって、これからも気候変動締約国会議を開いて第二約束期間、第三約束期間と次々と削減目標を設定し、今後とも削減取り組みを継続あるいは強化していかなければならない。地球温暖化防止に関して、この観点からもこれからの課題の一つは、中国やインドなど、あるいは工業化の進んだ途上国がどのような形で地球温暖化防止プログラムに参加していけるかということである。

### 3. 日本の取り組みについて

さて、議定書は発効した。日本は1990年比で6%の二酸化炭素などの温室効果ガス削減の義務を負う。ところが、削減の呼びかけにもかかわらず、逆に2003年には1990年比で8%の増加となってしまった（環境省報告）。したがって、実際の削減分はこの増加分を加えると、14%となる。これまでの経過から見てもこの削減目標を2008～2012年に達成するのは容易なことではないと思われる。

一方、日本政府は、1997年12月に内閣総理大臣を本部長とする地球温暖化対策推進本部を設置した。本部の基に、翌年1998年6月に「地球温暖化対策推進大綱」が策定され、環境省や経済産業省を中心に取り組みが行われてきた。大綱の見直しも2002年、2004年と行われてきた。また、議定書が発効した2005年4月には内容的には大綱をほぼ引き継いだものであるが、「京都議定書目標達成計画」が閣議決定され、今後日本の温暖化対策はこれに基づいて進められることとなった。

その達成計画とは、環境と経済の両立の大原則に沿ったものであり、具体的には次の三つを大きな柱とするものである。①国内温室効果ガスの排出削減で0.5%の削減、②森林吸収源対策で3.9%の削減、③京都メカニズムの活用で1.6%の削減、合わせて6%の削減というものである。ここで、②森林吸収源対策というのは森林管理などを通して二酸化炭素の吸収を増大させようとするものである。しかし、日本国内には、新たに植林土地がないため、国土の67%を占める既存の森林を管理することによって吸収量を獲得しようとしている。

この達成計画を見ると、二酸化炭素の発生を抑制するという点に関してはわずかであり、むしろ二酸化炭素の吸収に多くを依存している。これでは、2012年まではよいかも知れないが、しかし温暖化防止対策は2012年で終わるものではない。その後も長期的な温室効果ガスの大幅削減が必要なのである。問題の本質は、二酸化炭素をどう吸収するかという

より、二酸化炭素の発生をどう抑えるかなのだ。したがって、対策としては次の目標期間である2013年以降につながる発生抑制対策が必要であり、そのためには中期・長期を考えた削減のビジョンや製作措置が必要ではないだろうか。それに、温暖化時代に合わせた社会の有り方も考えていかなければならないのではないだろうか。

#### 4. 省エネルギーについて

二酸化炭素排出を抑制する二つの柱は省エネルギーと石油に替わる代替エネルギーの普及である。とくにエネルギーを創り出す側と消費する側に分けて考えてみると、消費する側で、産業部門、業務部門、家庭部門、運輸部門などにおいて事情が異なり、多様な省エネ対策に取り組まなければならないと考えられる。

本稿は、それらのうちのエネルギーを造る側について、中でも新エネルギーの取り組みについて述べようとするものである。そのため、省エネルギーについてはここでは取り上げず、本稿では関連した箇所述べている程度である。ただ、以下に各部門別の二酸化炭素排出量とその増加分について記したので、業務部門と家庭部門と運輸部門の増加率に注目して欲しい。

(1)工場などの産業部門では、日本の二酸化炭素排出量の40%近くを占めている。1990年比でみると、2003年の製造業の二酸化炭素排出量は2.3%の増加となっている。(2)オフィスやサービスなどの業務部門の排出量は、日本全体の二酸化炭素排出量の16%を占める。1990年比でみると、2003年度で業務部門の二酸化炭素の排出量は36.1%と高い増加となっている。(3)家庭部門の排出量は日本全体の二酸化炭素排出量の14%を占めている。1990年比でみると、2003年度で家庭部門では31.4%の増加となっている。(4)運輸部門(自動車)からの二酸化炭素排出量は、日本全体の約20%を占めている。1990年比でみると、2003年の運輸部門は20%の増加となっている。

#### 5. 自然エネルギーについて

次に、風力発電、太陽光発電、バイオマスなどの二酸化炭素を放出しないエネルギー源について考える。これらは再生可能エネルギーあるいは自然エネルギーと呼ばれている。政策面から日本では、新エネルギーという呼び方をされていて、新エネルギーには自然エネルギーの他に廃棄物発電なども含まれている。

太陽光発電や風力発電などの自然エネルギーは使っても尽きることの無いクリーンなエネルギーであるが、一方では、エネルギー密度が小さく、とても現在のエネルギー需要をまかなえるものではないという指摘もある。たしかに、自然エネルギーだけで現在のエネルギー需要を全てまかなおうとすると、それは困難なことであるが、様々なエネルギーを組み合わせ

せることも重要な温暖化対策の一つと考えられる。

実際、自然エネルギーはドイツやデンマークなどでは、一次エネルギー供給の10%を超えているのだ。そればかりか、その割合を一層引き上げようと努力を続けている。これに対し、日本では新エネルギーに対する目標はかなり小さい。2002年に一次エネルギー総供給量の1.3%であるが、これを京都議定書の第一約束期間である2010年には3%に引き上げようとしている（総合資源エネルギー調査会）。

ここで、デンマークが自然エネルギーに力を入れてきた経過を見てみよう。デンマークも1973年と1979年のオイルショックまでは日本と同じようにエネルギーのほとんどを中東の石油に依存し、大量生産大量廃棄型の社会であった。ところが、オイルショックを契機として、社会が変わったのである。エネルギーの自給を目指して風力発電を中心とする自然エネルギーにシフトし、社会も環境に配慮した高福祉社会となった。

その当時、デンマークで出版された本にその考え方が示されている。ヨアン・S. ノルゴ一著 1982年発行の（日本語訳「エネルギーと私たちの社会：新評論」）はエネルギーについての国民的な議論や政策に大きな反響を巻き起こしたと言われる。本書は高エネルギーと低エネルギー社会という二つの未来像を対比しながら50年後に私たちの暮らしと社会がどのように変わりうるかについて描き出したものであり、エネルギーをどう確保するかということより、50年後のエネルギー消費ということと生活の質ということについて考える本である。そして、デンマーク国民は議論し考えて、自然エネルギー社会を選択した。そのような状況なので、出版後20年以上経った現在でも、今の日本のエネルギー問題について語っているのではないかとさえ感じられるほどだ。

さて、現在、日本でも自然エネルギーを増やしていくために、国や自治体での取り組み、あるいはNPOなどの民間団体や企業などの取り組みもある。以下にこれらの取り組みの事例を挙げて、そこでの様々な工夫、あるいは問題点について見てみることにする。

### 5-1. 太陽光発電

太陽光は広く地上に降り注いでいるので、身近な所で発電が可能で、いわば自給自足の分散型電源になる。住宅用では、余った電力は電力会社に買い取ってもらい、逆に天気のわるい時や夜間などには電力会社から電力を買って使うというものだ。また、電気の無い途上国などの地域では太陽光発電を設置すれば、電気の利用が可能になる。発電所も送電線もいらぬ手軽な設備なのだ。

太陽光発電のしくみは、半導体に光が当たると電子が飛び出してくるという性質を利用したものだ。日本は、その太陽光発電パネルの製造では世界有数であり、太陽光発電の設置でも日本は世界一である。問題は、発電のための半導体パネルの価格が高いことである。ケースによって値段は異なるが、たとえば1994年には1kW当たり200万円もしていた。技術の進歩でその値段もしだいに下がり、1kW当たりの価格が、1997年には106万円に下がり、

2001年には71万円、2003年には68万円と下がってきた。普通の家庭では3kW用の設置が一般的であるが、それでも設置に当たっては、その3倍200万円の設置費用がかかる。しかし、価格が下がってきたことと、国や地方自治体による補助金制度によって導入が進んでいる。経済産業省では1994年に新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）を窓口に公共施設への設置補助を開始し、1998年からは企業やNPOにも補助の対象を広げた。また、一般住宅には財団法人新エネルギー財団を窓口補助金を交付している。

#### [事例1] 埼玉県川越市の1%節電運動から

川越市では1996年に舟橋市長自らが、市内に200以上ある全ての公共施設で1%の節電運動を始めることを提案した。そのきっかけになったのは、前年95年12月に起こった高速増殖炉「もんじゅ」の事故だったという。電力を使うだけ使っておいて、発電所には反対というのはおかしい、消費する側も節電をすべきではないかと考えたという。いきなりは大変なので、まず1%の節電から始めようとした。「1%節電というのは、たとえば100回エレベーターに乗るとしたら、そのうち1回は階段を使うことです」との説明に、市の職員たちも「それならできそうだ」ということでスタートしたという。

そうして昼休みの消灯や階段の利用促進などを1年続けた結果、なんと電力使用量で5%、金額にして約5千万円を削減することができた。1995年度と比較した7年間の累積では約5億8千万円の削減になっている。こうして節電できた経費を、市民に還元しようということから、節電運動スタートの翌年、1997年度より住宅用太陽光発電システムの補助事業を始めた。まさに、「省エネ」から「創エネ」への展開である。2003年度末で523件の住宅に太陽光発電システムが設置された。設置した家では、使用電力量の約4割を太陽光発電でまかなっているという。1件当たりの発電規模は3.3kW、合計で1,728kWのミニ発電所が市内に誕生したことになる。

太陽光発電を設置した人たちの中からは、「自分でつくっている電気だと思えば無駄遣いができなくなった」「売電計を見るのが楽しみ」「発電量と使用量が同じになるよう工夫している」などの声も聞かれた。身近に太陽光発電を設置することで、省エネルギーの意識も芽生えてくるようだ。

次は学校に取り組んだ。環境教育上からも、次の世代の子供たちにより良い環境を引き継いでいきたいという思いからも、太陽光発電システムを市内の全小中学校に導入した。そして、子供たちが毎日の発電量を見ることができるよう校舎入口には発電量の表示パネルも取り付けた。さらに、2003年度末で、72の公共施設にも617kWの太陽光発電システムを導入することができた。

#### [事例2] 長野県飯田市の太陽光発電と省エネルギー

飯田市は1995年に新エネルギービジョンを作成し、重点目標を太陽光発電と省エネルギー

一とした。市では、かねてから太陽熱温水器の設置を図り、1997年には全戸の34%に普及した。この年に、合わせて太陽光発電システムも2010年までに全戸の30%にという導入目標を設定した。当時の飯田市の人口は、106,500人で、世帯数は約33,600戸であった。市ではこの目標を達成するために、まず2000年までの達成目標を全戸の1%とした。つまり、97年からの3年間で350戸の普及を目指したが、市民からの申請が目標を上回り、432戸に設置された。ところで、2010年に30%の導入という目標であるが、その実現はどうだろうか。ただ、目標は現実に合わせてではなく、大きく掲げてそれに向かって工夫をこらし努力を重ねるといふのも一つの方法ではないのだろうか。

さて、太陽光発電設置の補助事業であるが、飯田市の場合は、融資の斡旋と利子補給を組み合わせるといふ特徴的なものだ。つまり、金融機関を通して融資を行い、返済にかかる利子の全額を市が補給するというものである。3kWの太陽光発電システムでも200万円ほどの初期投資が必要となるが、飯田市の場合では、初期投資を金融機関から借りられるので、一度に高額な出費をしないですみ、毎月負担にならない程度の返済で済むといふものである。なお、この制度のしくみは住民参加により考え出されたものである。

一方、何らかの理由で自宅に太陽光発電システムを設置できないという市民もいる。これらの人々に対しては、資金を出し合って設置する市民共同発電所というしくみがある。NPO法人南信州おひさま進歩が、その理念を実現する為に設立した有限会社「おひさま進歩エネルギー」がそれである。

「おひさま進歩エネルギー」では、2005年3月から太陽光発電事業と商店街エスコ事業への市民出資を募集した。市民から出資を募り、公的な環境事業を行い、事業収益で出資金に配当をつけて返還するといふ市民出資事業である。

さて市民出資の募集が行われた。出資は一口10万円が最大1500口と、50万円が最大103口であり、出資募集期間は2005年3月～2005年5月31日と短い期間であった。それにもかかわらず、全国の約460名から、5月末日の募集期間の終了を待たずに満額の2億150万円の出資が集まった。

出資を元にした太陽光発電事業としては、飯田市内の保育園、幼稚園、公民館など38の施設の屋根に太陽光電池を設置し、4月から発電を開始している。1ヶ所に5～10kWシステムで、これら全てを合わせると、最大出力で約208kWとなる。発電された電力はこれらの施設に買い取ってもらい、余った電力は中部電力に売電している。

また、太陽光発電設備の設置にあたり、子供たちや保護者、施設利用者などを対象に点灯式や環境学習会を開催し、地域に環境学習の機会を提供している。たとえば、発電に合わせて光る表示装置をつけて、静かな太陽光発電もその動きが見えるといふような工夫もこらされている。

次に、「おひさま進歩エネルギー」のもう一つの事業である商店街エスコ事業について述べる。エスコ(ESCO)とはエネルギーサービスカンパニーの略で、省エネルギーに関する

総合的なサービスを提供する企業のことだ。「おひさま進歩エネルギー」もエスコ事業として、飯田市内の商店街で各商店の省エネルギー診断を行い、エネルギー効率の改善のための電気機器の交換、断熱の強化などを実施している。これによって、電力料金やガス料金の20%程度が削減できる。その工事費用は市民出資を元にして当初費用は無料で行う。そして費用回収は、実際に削減されたエネルギーコストから支払ってもらうというものだ。このようにエスコは、対象となる施設のエネルギー状況を診断し、どのような設備を導入し、あるいは改修すればどれくらいのエネルギーとコストの削減になるかを算出し、エネルギーコストの削減を顧客に保証した上で設計から施工までを行う。さらに工事終了後も定期的に削減効果を検証するというものだ。エスコ事業の特徴は、エネルギーとコストの削減量を保証することにある。そのため、施工後の削減量が保証に満たない場合には、その差額が顧客に変換されるしくみである。したがって、顧客はなんらリスクを負うことなく省エネ対策を行うことができる。

## 5-2. 風力発電について

風が強い所であれば風力発電が可能である。風力発電は、太陽光発電のようにどこにでも設置するというわけにはいかない。年間を通して一定以上の風が吹く所でなければ採算が取れない。その意味で、北海道や東北地方は適地が多い所である。

風力発電は、太陽光発電に比べると規模が大きいものだ。太陽光発電を家庭用とすれば、風力発電はたとえば数百戸分用である。したがって設置者も自治体であったり、売電を目的とする事業者であったりする。中には、市民が建設資金を出し合って風車を建設するケースもある。

電力会社に売電することを考えると、風力発電には次のような問題がある。まずは、売電価格。買取価格と買取期間の保障があれば、安心して参入できる。買取価格には、固定価格制度と固定枠制度とがある。固定価格制度は一定の高い価格で買い取ってくれる制度で、ヨーロッパに多い。ドイツなどもこの制度によって世界一の風力発電国となることができた。一方、固定枠制度は日本やアメリカで適用されている。この場合には買い取り価格は変動するし、場合によっては買い上げ対象から外れることもある。いわば、市場にまかせようとするものだ。

また、系統の問題がある。風車で発電した電気を電力会社、たとえば北海道電力の系統線につながなければならない。風車は必ずしも系統線の近くに建設されるわけではないからだ。その場合、電力会社の系統線までの送電線建設をどこが行うか、そうした問題もある。

また、風力発電による場合は、風しだいということもあるので、発生電力は一定していない。したがって、電力会社にとっては、風力発電からの購入電力が多くなると、会社の送電する電力の周波数の安定性がゆらいでくるといった心配も出されている。

日本の風力発電の導入量は2003年末で、約64万kWに達しており、近年、北海道・東

北などの風況のよい地域を中心に導入量が急増している。ちなみに、世界の風力発電の多い国を順に挙げると、ドイツは2003年末で1461万kW、アメリカは635kW、スペインは620kW、デンマークは311万kWとなっている。デンマークのこの風力発電量は、国内発電総量の20%に達している。

他に二酸化炭素排出量の多いインドは212万kW、中国は57万kWとなっている。

[事例1] 山形県立川町の「風でまちおこし」(現在は庄内町)

山形県の立川町と余目町は平成17年7月1日に合併し、庄内町となったが、立川町の風力発電が有名であったことから、以下ここでは立川町という地名で述べる。

立川町は最上川河畔に開けた庄内平野の東南部に位置し、水稻を基幹作物としている地域である。立川町には最上川から春から秋にかけて「清川だし」と呼ばれる悪風が吹きつけている。また、冬には日本海から庄内平野に吹き込む地吹雪が立川町に集められ、最上川を逆流していく。清川だしと地吹雪、一年中吹き荒れる強風は冷害や大火事を招き、地元の人々を苦しめ続けてきた。この強風を逆手に取ってまちおこしに活かそうとして、立川町は20年以上も前から風力エネルギーの利用を行ってきた。

その経緯をまとめてみると、1980年から小型風車を設置してきた。しかし、当時の風車は技術も未熟であったため、強風のために故障を繰り返した。そこで、立川町は「風でまちおこしを」という町の目標を発電から観光へと切り替えた。

その後、町は風車村構想を立ち上げ、1993年には町おこし事業200kWのアメリカ製風車を3基輸入した。これは発電ではなく観光を主な目的としたものであったが、3基の風車は47世帯分の電力に相当する年間17万kW・時の電力を産み出し、風車村で使っても電気は余った。また、1992年から、電力各社は余剰電力の購入を開始した。こうした事情によって、風によるまちおこしの目的は観光から再び発電へと切り替えられた。

1996年、風車を輸入するベンチャー企業3社が日本で初めての風力発電会社「山形風力発電研究所」を設立し、デンマーク製の400kWの風車2基を導入、これを最上川沿いの強風地帯に設置した。1998年には、町が25%を出資して、「山形風力発電研究所」を第3セクター「たちかわ風力発電研究所」と名称を変更した。ついで2000年には、デンマーク製600kWの風車を4基設置した。さらに2001年には、町が単独でドイツ製の1500kWの風車を1基導入した。

以上これらの風車を合わせると、100kWのアメリカ製風車3基、デンマーク製400kWの風車2基と600kWの風車4基、それにドイツ製の1500kWの風車1基で、これらを合わせると10基となる。その風車の出力合計は5000kWで、年間の発電量は937万kW時になる。これは町内の全電力消費量の42.6%に相当する。

次いで、立川町では風力発電で町内の電気をすべてまかなおうという目標を立てる一方で、省エネルギービジョンも策定した。具体的には節電に取り組む「町民節電所」というし

くみを作った。立川町では2010年までに二酸化炭素の排出量を1990年比で19.2%削減するという目標を掲げた。このうち、600kWの風車5.5基分に当たる5.5%は省エネでまかなう計画である。

町民節電所は、家庭や事業者がそれぞれ省エネ計画を立てて登録するしくみ。家庭や事業者は、電気やガス、ガソリンなどエネルギー使用状況を把握するために環境家計簿をつけ、それぞれの数値目標を設定して、削減計画を立て、立川町節電所として登録する。参加する人が増えれば増えるほど、節電所も増え、消費エネルギーも削減されることとなる。

ここでユニークなのは、節電所に登録した家庭にはエネルギーの削減量に応じて地域通貨を発行し、それを地域の経済活性化に結びつけようとするものである。

#### [事例 2] 北海道苫前町 日本初のウインドファーム

苫前町は、北海道北西部留萌支庁管内のほぼ中央部に位置し、日本海に沿った町で、日本海からの強い風に悩まされてきた。この苫前町には、合わせて42基の風車、発電総量5万kWを超える大規模集団風力発電施設（ウインドファーム）がある。これは日本で初めてのウインドファームである。

苫前町には風力発電ウインドファームを成功させる条件はそろっていた。強風、送電線、広い土地、風車を搬入する道路、住民との合意形成などである。送電線については、隣接する羽幌町にはかつて羽幌炭坑があり、炭坑で使う電力を送るために高圧線が引かれていたので、これを利用することができる。広い土地としては300ヘクタールの町営牧場がある。また、160トンを超える1000kW級の風車を運ぶには、複数に分解したとしてもそれなりの道路が必要となるが、幸い日本海沿いに国道が走っている。住民もやっかいものの風でまちおこしができることは望むところであった。このように苫前町はすべての条件がそろっていた。もし新たに道路を作るとなると、その費用が発電コストを引き上げ、事業の採算性を危うくする。

さて、風車群の建設は次のように行われた。まず、町自身による建設である。立川町の成功を受け、苫前町でも本格的に風力発電の導入に向けた取り組みが始まった。1995年から継続的に風況調査を実施、その結果、苫前町は日本有数の風力発電最適地というデータが得られた。町の風車建設は、新エネルギー産業技術開発機構（NEDO）による「地域新エネルギー導入促進事業」の採択・助成を受け、1998年から建設が始まった。年に一基ずつ建設し、2000年に完成した。こうして出来たのが、「夕陽ヶ丘ウインドファーム～風来望」である。その発電規模は、出力600kW級のデンマーク製大型風車2基、1000kWが1基で、合わせて2200kWである。

ここでの発生電力は、その一部を各風車の夜のライトアップや周辺施設の消費電力として活用し、また余剰電力は電力会社に売電し、2001年度には約5000万円の売電収入を達成している。

次は企業による建設である。上平町営牧場内では、(株)「トーマンパワー苫前」が1000kW風車を20基建設し、1999年11月に商業運転を開始した。これは、現在の「ユーラスエナジー苫前」である。

また、同地区に、町と民間会社「電源開発」による第3セクター(株)「ドリームアップ苫前」が1650kW風車を14基と1500kWを5基建設して、2000年12月から商業運転を開始した。両社合わせて5万600kW39基の規模である。これらは日本初、そして日本最大級の集合型風力発電所である。建設にはそれぞれ、「ユーラスエナジー苫前」は45億円、「ドリームアップ苫前」は65億円の巨額を投資している。

この風力発電は、クリーンエネルギーの供給という目的の他にも、観光の拠点となる町のシンボルタワーとしての役割や、雇用の促進など町の振興策でも期待が持たれている。

### [事例3] 日本初の市民風車 「はまかぜちゃん」

一方、市民が資金を出し合って、市民風車を建設しようという動きもある。2001年9月、日本初の市民風車「はまかぜちゃん」(出力1000kW)がオホーツク海に面した北海道浜頓別町に誕生した。これは、NPO法人「北海道グリーンファンド」が建設したもので、総事業費約2億円の約8割りに当たる1億6600万円が市民からの出資でまかなわれた。また、「はまかぜちゃん」という名称は地元の小学生がつけたものである。

「はまかぜちゃん」がつくる電力は年間約900世帯分に相当し、これは電力会社の配電線を通して町の世帯に供給されている。

続いて青森県と秋田県にも市民風車が誕生した。2003年2月には、青森県鯉ヶ沢町に「わんず」1500kWとして、2003年3月には、「てんぷうまる」1500kWが秋田県天王町(現在:潟上市)で建設された。

この三つの市民風車合計で一般市民約1400人から金額にして約4億6千万円の出資参加があった(寄付は除く)。さらに2004年10月には新たな市民風車2基が北海道石狩市で建設が始まった。

こうした市民風車の広がりには北海道から九州まで様々なプロジェクトを産み出している。

### 5-3. バイオマスについて

バイオマスと呼ばれるものには、木くずや麦わら、動物の糞尿、生ゴミなど、植物や動物に由来するさまざまなものがある。これらを燃焼させたり、あるいはメタン発酵させたりすることによってエネルギーを得ることができる。最近では廃食油からディーゼル燃料をつくり、菜の花から同じようにディーゼル燃料をつくる菜の花プロジェクトも各地で行われている。中には、木質から水素を取り出すという試みも行われている。そうなれば、燃料電池による水素化社会にも対応可能なものとなる。

さて、木材は身近なバイオマスの一つであって、昔から木材を燃やして、その熱を利用し

てきた。それでは、なぜ今バイオマスなのか。

バイオマスは再生可能な循環型エネルギーで、大気中に二酸化炭素を増加させないエネルギーとして見直されているからだ。木質バイオマスを燃やすと二酸化炭素が発生する。この二酸化炭素は元々大気中にあったもので、木が育つ過程で光合成により吸収されて木に取り込まれたものである。したがって、植林と燃焼を繰り返していれば、二酸化炭素は木材と大気の間を循環していることになる。この意味で、バイオマスは「カーボンニュートラル」と呼ばれ、エネルギーを取り出しても、大気中に二酸化炭素を増加させることのないエネルギーなのだ。他方、化石燃料は、地中から掘り出してきたもので、それを燃焼させることは大気中に二酸化炭素を一方向的に増加させるものである。

日本は森林が多く、国土面積のおよそ2/3を森林が占めている。山の手入れで間伐材が出たり、製材の過程で端材や樹皮などがかなりの量発生するが、これまではやっかいのものであった。しかし、現在は燃焼技術が進んで、煙も出さず手軽に扱えて従来の燃焼のイメージとは異なったものとなっている。バイオマスはうまく利用すれば貴重なエネルギー資源となるものだ。また、利用が進めば日本の林業の再生につながるかも知れない。

#### [事例] 岩手県葛巻町

葛巻町は岩手県の北東部にあり、人口は約9000人、森林面積は町の86%で、林業、酪農、ワインづくりが盛んな町である。町の特徴を活かした太陽光発電や風力発電、牛の糞尿からのバイオガス発電など、自然エネルギーにも積極的にとりくんでいる。また、未利用木材から木質ペレットという燃料を作ってきたことでも知られる。

木質ペレットを作っているのは葛巻林業である。葛巻林業は1979年のオイルショックの後の81年に木質ペレットの開発に取り組み、その後も作り続けてきた。このオイルショックの時もバイオマス・木質ペレットは脚光を浴びたが、その後原油価格が下がると、関心は薄れていった。その状況でも、葛巻林業はペレットを愛用してくれる利用者のために作り続けてきた。

木質ペレットというのは、木の幹を砕いたおが粉や粉碎した樹皮を乾燥させた後、木材の繊維を結びつけているリグニンによって固められた固形燃料である。こうして、添加物を全く含まない木の成分だけでできた燃料ができる。その大きさは、直径6ミリ、長さ15ミリ程度の円柱状の小さなものである。大きさをそろえて含水率を約12%と一定にすることで扱いやすくなり、石油などと同じように燃焼機器への自動供給や燃焼制御が可能となる。ペレットの熱量は、ペレット2kgがほぼ石油1リットルの熱量に相当する。

一方、岩手県では2000年に「岩手木質バイオマス研究会」が発足し、ペレットに対応した質の高いストーブの開発も提案された。

日本で木質バイオマスが定着しなかった原因の一つにペレットに対応した質の高い燃焼機器が無かったことがある。そのストーブの開発に岩手県工業技術センターが取り組んだ。そ

して、煙や一酸化炭素もほとんど出ないストーブ、スイッチ一つで着火や消火、温度設定ができるペレット用ストーブが完成した。このストーブの燃料効率は、80%から90%ときわめて高い。今後、これらの機器が普及し、未利用木材エネルギーの活用の広がりが期待される。ちなみに、スウェーデンは一次エネルギー供給量の20%をバイオマスでまかなっている。スウェーデンもオイルショックを契機に変わったのである。

#### 5-4. 固定価格制と固定枠制 (RPS)

さて、これら新エネルギーの売電価格であるが、1992年から電力各社が余剰電力の購入を始めた。それまでは余剰電力を電力会社に販売することもできなかったのである。ついで、1998年から電力会社が自主的に風力発電事業に対して固定売電価格で15年から17年に及ぶ長期間の購入メニューを示した。これにより、風力発電事業者の参入が促進された。

一方、日本での新エネルギー普及に向け、2003年4月から「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(RPS法)が施行された。これは2010年までに各電力会社に対して販売電力量のうち新エネルギーを1.35%まで利用しなければならないという義務を課す法律である。

この新エネ法は、各電力会社に自然エネルギーの買取導入枠を義務付けている。これを固定枠制(RPS)という。この枠は本来、自然エネルギー買い取りの最低ラインを義務づけたものだ。ところが電力会社は、その枠をクリアしていればそれ以上を買い取る義務はないと解釈している。

たとえば、この新エネ法施行と同時に、北海道電力は風力発電からの電力の買い取り価格を1kW時当たり3.3円と、以前までの価格の3分の1以下に引き下げると発表した。北海道には風力発電も多く、他の電力各社に比してより多くの新エネ電力を買い取っていて、電力周波数への影響も懸念しているという。そのためか、北海道電力はすでに新エネ法で義務づけられている固定枠分は買い取っているから、これ以上買い取る義務はないというのである。

一方、この固定枠制に対し、ドイツでは固定価格制を採っている。自然エネルギー電力を高値の固定価格で買い取ることを電力会社に義務付ける制度で、これが成果を上げた。いわゆる「固定価格制度」である。ドイツでは固定価格制度導入後、風力発電が大幅に普及し、現在では世界一の発電量、2004年末には設備要領1660万kW(日本の20倍)となっている。固定価格制度を導入している国は他に、デンマーク、スペイン、フランス、オランダなどがある。

## 6. 原子力エネルギーについて

2003年10月に向こう10年の国のエネルギー政策の指針となる「エネルギー基本計画」が

まとまった。その基本方針は、エネルギーの安定供給の確保と環境への適応、そして市場原理の活用である。

基本計画では、原子力発電は安定供給に資するとして、核燃料サイクルも含め、基幹電源として推進することが明記されている。基本計画には原子力を堅持しながら、多様なエネルギーの開発と導入、利用が求められている。確かに、原子力による電力は、現在日本の総発電量の35%にもなっている。原子力を止めて、これを他のエネルギーでまかなうというのはかなり難しい問題である。では、原子力に頼っていかとなると、次のような理由からこれもまた難しいのではないか。

原子力発電には、運転中の事故の問題と、使用済み燃料の問題がある。アメリカ・スリーマイル島の炉心溶融事故、ソ連・チェルノブイリの炉心破壊事故、日本・東海村の臨界事故などの大きな原発事故が起こっているが、その裏では放射能漏れに至らないような事故も多数起こっている。したがって、幾重にもわたる安全管理システムをはりめぐらせることは重要なことである。しかし、安全を設計するのも、実際の運転に携わるのも最終的には人間である。人間であるが故の人的ミスをどうするか。

もう一つの問題、使用済み燃料の問題は、核分裂で生成する強い放射能、それに数万年経っても無くならない放射能の問題である。原子力発電所を運転すれば、年々使用済み燃料は蓄積していく。これをどう処理するか、それが問題である。ガラス固化体として地中深く埋めるという案もあるが、この問題は世界的にもまだ解決していない。とりあえず保管しているだけである。

さらには、日本は核燃料サイクルを進める計画を持っているが、この実用化はきわめて難しい状況にある。核燃料サイクルというのは、使用済み燃料からプルトニウムを取り出して、それを高速増殖炉の燃料として燃やし、高速増殖炉では燃やした以上の燃料を産み出すというものだ。アメリカやフランスなども高速増殖炉の実用化に向けて実験を行ってきたが、事故が相次ぎ、ついに実用化は断念した。日本でも、高速増殖炉「もんじゅ」が1995年に事故を起こして、その後は全く動いていない。

増殖炉が動いていない現在、プルトニウムはどんどん蓄積している。このプルトニウムはそのまま原爆の材料にもなることから、大変やっかいな物で、国際政治の問題ともなっている。

さらに、原子力発電の燃料であるウラン鉱石の可採年数も64年という見方もあって、そんなに長くはない(表3)。この年数は、石油や天然ガスの可採年数とあまり変わらない。石油の可採年数は30年と30年前にも言われていたが、今もその数字にたいした違いはない。新しい油田が見つかってきたからだ。しかし、有限資源である以上いずれは枯渇する。現在ウランはカナダやオーストラリアなどから輸入している。これらの国々は政治的には安定しているので、その点はよいのだが、いずれウラン資源が無くなるという問題は残る。その時、どうするか。

表3 世界のエネルギー資源量と可採年数

|         | 石油         | 天然ガス    | 石炭      | ウラン    |
|---------|------------|---------|---------|--------|
| 確認可採埋蔵量 | 1兆460億バーレル | 150兆立方尺 | 9842億トン | 395万トン |
| 年生産量    | 262億バーレル   | 2.4兆立方尺 | 43.4億トン | 6.2万トン |
| 可採年数    | 39.9年      | 61.0年   | 277.0年  | 64.2年  |

出所 日本原子力産業会議 原子力ポケットブック 2002年版

一つの考え方として石油に替わる自然エネルギーや燃料電池などが普及するまでは、原子力エネルギーも安全に最大限の配慮をしながら使っていくということである。現在の計画では、原子力は基幹エネルギーというとらえ方であるが、そうではなく、他のエネルギーに対して経過的、あるいは並列的などらえ方である。この考え方からすると、現在圧倒的に多い原子力関係予算を、もっと他のエネルギーの育成に回すこともできるのではないだろうか。

また実現には至っていないが、核融合の研究も国際的な協力の中で進められている。これは、核分裂とは異なり、軽い原子核である2種の水素の原子核を融合させてヘリウムの原子核をつくろうとするものだが、このときに大量の熱が発生するというものである。なお二酸化炭素は核融合でも発生しない。

問題は核融合反応が起こると、中性子が発生することである。中性子それ自身も危険なものであるが、中性子が周りの遮蔽物に当たると二次的な放射線が発生する。研究の第一世代の核融合からはかなりの高速の中性子が出てくるが、研究を進めていくと、その作用もかなり弱めることが可能だという。

将来のためにこのような最新の技術開発を進めることも大切なことだと考える。それと現段階での二酸化炭素対策とは分けて考えることもまた必要なことではないかと思う。

## 7. まとめ

地球温暖化対策は今後とも続けていかなければならない課題である。まずは、京都議定書で定められた二酸化炭素の削減目標を達成しなければならない。ここで紹介してきた事例は対策全体からみればごく一部でしかない。しかし、地域の取り組みが地域の人たちにエネルギーに対する関心呼び起こし、大きな輪となって広がっていくことを願っている。多くの人に理解が広まれば、京都議定書に続く次の削減目標期間における削減行動につながっていくのではないだろうか。

一方、エネルギーと言っても、供給する側からのとらえ方と消費する側からのとらえ方がある。対策も供給する側の対策と、消費する側の対策がある。これらを分けて考えることが重要ではないかと考える。本稿では供給する側の対策の一部を紹介したが、消費する側での対策も重要である。

たとえば、家庭やオフィスでの省エネがある。また買い替え時には省エネ型家電を購入す

ることも一つである。あるいは車の場合ではアイドリングストップ、電車やバスの利用、自転車の利用、低公害車の購入などがある。家や建物では断熱効果の良いものを増やしていくことは重要なことであり、大きな省エネ効果がある。ところが、消費の側での問題がある。一つ一つの製品の省エネ効果は高めても、社会全体として保有する個数が多くなれば、トータルとしてのエネルギー消費は増加する。家電や車などがその例である。一般に、車を利用するより鉄道を利用する方がエネルギー消費は少ない。そう呼びかけていても、実際には鉄道路線の廃止は相次ぎ、一方で車の道路の整備は拡大しているのが現状だ。

社会的制度としては炭素税がある。石炭や石油などの化石燃料に対して、炭素含有量に応じて課税するのが炭素税である。課税することによって、それが化石燃料の使用を抑制する動機となることをねらったものだ。日本での実施は難しいが、ヨーロッパでは1990年代始めにフィンランド、オランダ、スウェーデン、ノルウェー、デンマークで導入され、1990年代末からドイツ、イタリア、イギリスでも導入されている。

環境問題に対しては、よく「予防原則」ということが言われる。科学的に因果関係がはっきりするまで対応策を取らないでいると、因果関係がはっきりした時点では取り返しのつかない状況になってしまう。被害も一層拡大している。地球温暖化問題についても、同じことが言える。対策が遅れた後では、大気中に広がった二酸化炭素を回収することはほぼ不可能だ。そして、その温室効果の影響は後々の世代まで続き、負の遺産として残るのだ。

地球温暖化問題は、エネルギー問題であるだけに解決が難しい。経済活動とエネルギー、日常生活とエネルギー、人間の活動は本質的にエネルギーと深く関わっている。古くは森林資源をエネルギーとし、産業革命期からは石炭をエネルギーとし、20世紀は石油をエネルギーとしてきた。100年後には世界のエネルギー事情はどうなっているだろうかと考える。石油社会は続いているのだろうか。それとも、石油は枯渇し、何か新たなエネルギー社会になっているのだろうか。そうだとしたら、どこかで石油社会の枠組みは変わっていくのではないだろうか。そうした50年後100年後に思いをはせて、エネルギーと人間の関係の在り方について考えることも意味があるのではないだろうか。

## 謝辞

京都議定書が発効して日本でも二酸化炭素排出の削減が義務となった。それでは、温暖化防止対策にはどのような取り組みがあるのか、調べてみたいと思った。その文献研究に当たって都立多摩図書館情報サービス課 視覚障害者サービス担当の職員の方々、また会員登録をしておられる朗読者の方々にも積極的な協力をいただいた。また、NPO法人（音訳・朗読の会 ブライユ）の方々にはかなりな無理をお願いして、多数の本を急いで読んでいただいた。また、青梅市の朗読グループ（どんぐり）の方々にもいつもながらのご協力をいただいた。これらの方々協力無くしては、この事例研究をまとめることは不可能であった。ここに深く感謝の気持ちを表し、心からお礼を申しあげたい。

参考文献一覧

- 新井光雄編 [エネルギーを語る33の視点・論点] エネルギーフォーラム 2005.3  
飯田哲也編 [自然エネルギー市場：新しいエネルギー社会のすがた] 築地書館 2005.3  
飯田哲也著 [北欧のエネルギーデモクラシー] 新評論 2000.3  
石弘光 著 [環境税とは何か] 岩波書店 1999.2  
一本松幹雄著 [地球温暖化とエネルギー戦略] 南雲堂 2005.7  
今泉みね子著 [ここが違う、ドイツの環境政策] 白水社 2003.11  
エコロジー社会構築研究会編 [21世紀のエコロジー社会：エネルギー・経済・環境政策・教育] 七つ森書館 2001.2  
奥彬著 [バイオマス：誤解と希望] 日本評論社 2005.4  
唐沢敬編著 [越境する資源環境問題] 日本経済評論社 2002.7  
気候ネットワーク編 [地球温暖化防止の市民戦略] 中央法規出版 2005.9  
久郷明秀著 [環境社会学の視点と論点] インデックス出版 2004.6  
ケンジ・ステファン・スズキ著 [デンマークという国自然エネルギー先進国：〈風のがっこう〉からのレポート] 合同出版 2003.6  
駒橋徐著 [新エネルギー・創造から普及へ] 日刊工業新聞社 2004.3  
小宮山宏編著 [バイオマス・ニッポン：日本再生に向けて] 日刊工業新聞社 2003.4  
坂井正康著 [バイオマスが拓く21世紀エネルギー：地球温暖化の元凶CO<sub>2</sub>排出はゼロにできる] 森北出版 1998.10  
佐藤由美著 [自然エネルギーが地域を変える：まちづくりの新しい風] 学芸出版社 2003.5  
神保哲生著 [ツバル：地球温暖化に沈む国] 春秋社 2004.2  
世界経済情報サービス編 [デンマーク；2004] 世界経済情報サービス 2005.4  
関和市著 [風力発電 Q&A：ここが知りたい] 学献社 2002.3  
田北広道著 [日欧エネルギー・環境政策の現状と展望：環境史との対話] 九州大学出版会 2004.7  
竹内恒夫著 [環境構造改革：ドイツの経験から] リサイクル文化社 2004.9  
手作りエネルギー研究会編 [自然エネルギー大全] 家の光協会 2005.4  
長谷川公一著 [脱原子力社会の選択：新エネルギー・革命の時代] 新曜社 1996.7  
林智 [ほか] 著 [地球温暖化を防止するエネルギー・戦略：太陽と風は地球環境を救えるか] 実教出版 1997.5  
松岡譲編著 [エネルギーと環境の技術開発] コロナ社 2005.8  
松橋隆治著 [京都議定書と地球の再生] 日本放送出版協会 2002.9  
マルティン・イエニッケ編 [成功した環境政策：エコロジ・的成長の条件] 有斐閣 1998.4  
満田久義著 [環境社会学への招待：グローバルな展開] 朝日新聞社書籍編集部 2005.5  
ヨアン・S. ノルゴー著 [エネルギーと私たちの社会：デンマークに学ぶ成熟社会] 新評論 2002.4