

# 北欧に見る環境・新エネルギーのビジネス化

客員教授 丸尾 直美  
(尚美学園大学 教授)

## - 要旨 -

京都議定書発効の2008年も近づき、温暖化ガスの排出抑制のため、化石燃料をクリーン・エネルギーに代替させる動きや、排出権取引を中心とする京都メカニズムに関するマスコミの報道が目立つ。新エネルギー時代への移行は始まっている。

政府が企業やNPOと連携して環境保全と省化石燃料化に取り組みやすい環境をつくり、市場化・ビジネス化・事業化する動きもあり、その条件が生まれつつある。

北欧を中心とする環境ブロックと呼ばれる六カ国(スウェーデン、デンマーク、フィンランド、オランダ、ドイツ、オーストリア)の環境保全とクリーン・エネルギー開発をビジネス化の代表事例として、風力発電、バイオマス・コジェネレーション、排出権取引を紹介し、成功のための政府、企業、住民・NPOの連携のあり方を探る。

## 1. エネルギー・環境政策はなぜ必要か

地球の人口と一人当たり実質GDPは当分、増加し続ける。したがって世界の実質GDP総額は増加を続け、CO<sub>2</sub>総排出量も化石エネルギー消費量に比例して増加する。ただしCO<sub>2</sub>は、森林・海洋などの自然によって吸収される。したがって、実質GDPの増加に伴うCO<sub>2</sub>純排出量の増加を抑制するために、エネルギー消費の中に占める化石燃料比率を引き下げ、エネルギー効率(エネルギー消費量の実質GDP)を引き上げ、他方で森林等による吸収量の向上で相殺することが必要である(文末の囲み文章を参照)。これは自明とも言える関係である。だから人口と所得増に伴いCO<sub>2</sub>などの排出量を減らすためには、エネルギー効率化・化石燃料比削減・地球緑化のための努力を続けなければならないのである。

## 2. 化石燃料消費とCO<sub>2</sub>排出量をどう削減するか

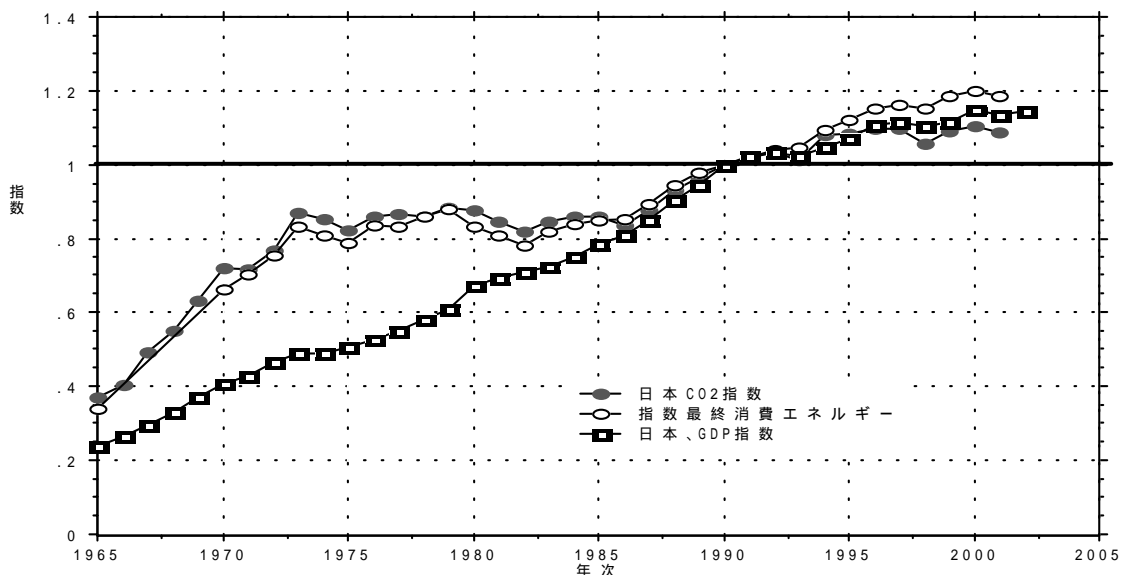
### (1) 現実の動向

実際の日本のエネルギー消費総量とCO<sub>2</sub>排出推計量などの時系列動向を、図表1の

ように1990年を1.0とする指数であらわすと、エネルギー消費もCO<sub>2</sub>排出推計量も、1973年と1979年の二回にわたる石油ショックで低下したことがあるが、大体、実質GDPと同様な動きをしていることがわかる。

エネルギー総消費量もCO<sub>2</sub>排出推計量も、実質GDPと原油価格の変動率でかなりの程度、説明できる。2001年のCO<sub>2</sub>排出量推定水準は1990年の水準を5%上回っているため、京都議定書で批准した基準（1990年より6%以上低下させる）を2010～2012年にクリアするには10ポイント以上のCO<sub>2</sub>排出量の削減が必要になる。主要国別にCO<sub>2</sub>の排出量を見ると、日本はGDP当たりでは、世界の主要国の中では、最も少ない国の一つであるが、人口一人当たりでは、EUの平均程度である（資源エネルギー庁、2004年）。

図表1 日本における実質GDP、最終エネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量の推移



注：1990年 = 1.0とする指数。CO<sub>2</sub>排出量は排出原単位（発熱量ベース）を用いている。線は1990年のCO<sub>2</sub>の水準  
資料：GDPは内閣府『経済財政白書』（2003年他）、資源エネルギー庁（2004年）、EDMC編（2003年）『エネルギー・経済統計要覧』。

## (2) 環境保全と化石燃料保全の政策手段

環境汚染を防除し、同時に化石燃料の保全に役立つ政策としては、規制とか法律のような政治的計画的な手段、市場メカニズムを活用する経済的市場的手段、住民・ボランティア、NPOの協力を活かす社会的な手段がある。福祉の分野では、この三つの手段で（1）公正、（2）効率、（3）人間的価値という三つの目的を両立させて有効に実現できるという福祉ミックス論があるが、環境についても同様な論が成立する（丸尾、1988年）。

### (3) 環境税と補助金の組み合わせの効果

外部不経済を生ずる事業に環境税を課し、外部経済を生ずる事業に補助する税制度をピグー税と言う。環境税は、外部不経済を生じさせる事業の生産物の限界コストと価格を高くし、その生産物を減少させる。他方、公害を出す企業や産業に公害防除のために補助金を出すことはP P P（汚染者負担原則）違反だが、ピグー税とセットで行われる外部経済への補助は、その事業の生産物を増やし、コストと価格を下げる。

環境税を導入している主な国はオランダ、フィンランド（1990年1月炭素税導入）、スウェーデン（1991年1月炭素税導入）、ノルウェー（1991年1月二酸化炭素税導入）、デンマーク（1991年12月炭素税導入）である。スウェーデンとドイツでは、環境税導入と同時に雇用にかかる社会保障税（社会保険のような負担）が軽減されている。またスウェーデンの場合、従来からあった燃料税は50%引き下げられた。そのほか硫黄税、国内航空機の排ガス税、二酸化炭素課徴金なども導入された。

また、廃棄物の埋め立てに課せられる埋め立て税も環境税であり、ごみ収集サービスの有料化も一種の環境税である。オーストリア、スウェーデン、デンマークでは埋め立て税が、ごみ埋め立てを減らし、リサイクル化を促す上で効果を上げている。たとえば、デンマークでは廃棄物埋め立て税の導入を機に、建築廃材の80%が埋め立てられていたのが、20%以内に減少したといわれる。一般ごみ処理サービスも有料である（丸尾、2002年）。

## 3. デンマークにおける環境保全・省化石燃料の政策とビジネス化

デンマークは人口535万で、九州より少し広い程度の4万3,000平方キロメートルの小国である。第一次石油ショック以前の1972年には、エネルギーの自給率が2%で、98%を国外に依存するというエネルギー対外依存型の国だった。しかし、第一次石油ショックの後、エネルギー対外依存度の引き下げが目覚ましく、2000年には自給率は139%になった。しかも原子力発電については、1985年に原子力発電放棄を決定した。エネルギー自給度の向上は、エネルギー消費量の引き下げ、北海油田の開発、バイオエネルギーと風力発電の発展によるものである。特にデンマークがこの分野で注目されているのは、バイオマス発電と風力発電である。

### (1) デンマークの風力発電はなぜ発展したか

風力発電は、ドイツ、スペイン、デンマークを中心に急成長して、1990年にはゼロに近かったEU全体の風力発電量は、2003年には2万8,440MWに達した（Ewea, 2004）。中でもデンマークは、2003年には、電力の21%を風力発電で賄っている。「2030年までに50%を風力発電で」という目標は、最近、その実現が危ぶまれているが、それにして風力発電をここまで行っていることは注目される。

デンマークで風力発電が発達したのには、風力発電の歴史があったこと、環境危機意識が高かったこと、政府が化石燃料に環境税を課し、他方でクリーンな新エネルギー育成の助成政策を行ったこと、ローカルな新エネルギーの電力ネットワークへの系統接続と、電力購買義務を電力会社に課したからである。それに協同組合やNPOが、環境保全でも先駆的役割を果たしたこと、風力発電関連のビジネスが風力発電機会社や農民に経済的利益をもたらしたことである。

## (2)デンマークにみるバイオマス・エネルギー

近年、バイオマス・エネルギーが注目されている。このエネルギーは、森林の間伐や製材過程で出る木片、おがくず、有機廃棄物・糞尿などをバイオ菌で化学変化させ、発生したガスで発電し、その際出る熱を地域暖房などにして用いる発電併給のことである。スウェーデンは自国の豊富な森林資源をバイオマス・エネルギーの主たる原料としていたが、デンマークの森林面積率は高くない。しかし、農業人口は3%であるが、農地は国土の63%を占め、牧畜の盛んな国なので、木材や廃棄物をつかうほか家畜の糞尿をバイオマスによる発電と地域暖房に用いているところに特徴がある。

図表2 デンマークの再生可能エネルギー量の推計値

再生エネルギー源	単位: PJ = 1015 Joule	単位: %
風力発電	16.0	17.9
廃棄物からのエネルギー	30.3	34.0
バイオガス	2.9	3.3
麦わら	13.1	14.7
木材・廃材など	22.6	25.3
太陽熱、水力発電など	4.2	4.7
再生エネルギー総量	89.1	100.0

資料: Ewea, 2004

## (3)日本における風力発電の実験

日本でも自然エネルギーへの関心は高まりつつある。北海道その他で風力発電による電力供給で地域の電力需要のかなりの部分を供給したり、電力会社に電力を売る事業ができた。1997年にはNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)が、風力発電に対する補助制度を発表した。これが契機となり、それまで風力などによる小規模発電者からの電力買い取りに原則として応じなかった電力会社が、1998年に長期購入契約(1kw当たり11円50銭)を受け入れるようになり、このことが政府支援と相まって小規模新電力発電事業を可能にさせた。風力発電をペイするシステムにするためには、ピグー税的な税と補助の制度、電力ネットワークへの接続、電力会社による買い取り義務、購入価格の安定、が必要なことをデンマークの経験は示唆する。

#### 4. バイオマスでエネルギー自給を：スウェーデンのヴェクショー市での実験

##### (1) Act locally の意義

環境保全では Think globally, Act locally (地球規模で考え、身近なところから行動せよ) というスローガンがよく言われるが、クリーン・エネルギー問題でも同様なことが言える。北欧ではいくつかの先駆的都市や地域でエネルギー保全と環境保全に役立つ実験的政策を行っているが、デンマークの農民の協同組合による風力発電やスウェーデンのヴェクショー市のバイオマスによるコージェネレーション(電熱併給)は、小さな国の地域的(ローカル)実験ながらも今後は世界的に発展する可能性のある実験として注目される。

図表3 ヴェクショー市の暖房用エネルギー構成比の変化

使用燃料	1993年	2002年
バイオマス	39%	74%
石油	41%	19%
ビート	20%	6%
その他の再生可能燃料	0%	1%

資料：Växjö 市の homepage

ヴェクショー市(人口は7万5,030人、面積は167平方キロメートルの都市)はバイオマス発熱・発電による脱化石燃料化を行っており、暖房用の総エネルギー量は1993年に784 Gwh、2002年に720 Gwhとなった。このように、使用エネルギー量はそれほど削減されていないが、エネルギー源には図表3のような大きな変化があった。

##### (2) 再生可能な新エネルギー発熱・発電普及には何が必要か

バイオマス発電に関しては誤解が多い。森林の樹木、家畜の糞尿廃棄物、ごみなどでは大したエネルギーは期待できないとか、森の木を切れば、森林が減少するとか、木材を用いる家具産業などに影響するなど心配される。しかし、樹木のうち製材され、建築、家具などに用いられる部分は20%程度である。それに80~90年経た木だけを切り、計画的に伐採植樹を行えば森林保全に悪影響はない。バイオマス発電は、さもなくば廃棄される部分をエネルギーとして再利用するのだから、省化石燃料にも廃棄物の有効利用の点でも環境にとって好ましい。その上、燃やせば出るCO<sub>2</sub>がバイオ化されることによってCO<sub>2</sub>の排出が減る。森林の間伐と植林を適切に行うことによって、CO<sub>2</sub>の吸収にも寄与する一石数鳥の政策である。

##### (3) ヴェクショー市の積極的政策誘導

ヴェクショー市では1980年にバイオマスによる地域暖房を行うことを決定、1988年

にはエコラベル制度を導入した。この制度ではバイオ燃料、水力、太陽、風力などがエコ電力であり、エコ電力を消費者が選ぶと、電力供給会社は、消費者が選択した割合以上にエコ燃料を使用しなくてはならないことになっている。エコ電力は非エコ燃料よりは料金が大きく設定されるが、環境意識の高い消費者はエコラベルの電力を選択するという。ヴェクショー市だけのことではなく、エネルギー会社では、シドクラフト社や「風力発電契約書」を最初に発行したストックホルム・エネルギー社のエコラベルがよく知られている。料金の一番安い原子力発電電力を選ぶ人は少ないと言う（飯田、2000年）。

ヴェクショー市では、バイオマス発電とコジェネレーションによる発熱を、いろいろな用途に用いている。空港の燃料にペレットを使用したり、250戸の一戸建て住宅の暖房を電力暖房からバイオマス電力に切り替えたが、そのことによって電力供給コストは上がっていない。しかも、市民の90%がバイオマスによる地域暖房への切り替えを希望しているとのことである。交通の分野では、例えば環境対応車の公共駐車料金無料化を行い、輸送サービスでは、市の入札には環境重視の入札を行っている。鉄道での輸送を増やし、車での輸送を減らそうと誘導したり、ボルボ自動車会社との共同プロジェクトで環境にやさしいDME車両の開発を研究している。市のプールは太陽セラーで暖房している。行政と市民がその気になれば、こうしたいろいろなアイデアが提起され、実行されるよき例である。

#### (4) ヴェクショー市でのバイオマス・コジェネレーション成功の理由

ヴェクショー市でこのようなバイオマス利用が普及した理由は、第1に、政府の環境税がバイオマス・コジェネレーションには免除されたからである。第2に、政府のエコロジカル投資補助として1988年に約1億クローナ（約14億円）を投じ、2001年にはエコロジカル投資による気象改善プロジェクト補助を受けたからである。第3に、市民の環境意識も高く、自然保護団体のSFN（NPO）や企業の協力があつたこと、第4に、農林業にも廃棄物処理などで利益をもたらしたことがあげられる。

#### (5) 日本におけるバイオマス・エネルギーの可能性

日本も森林面積割合が国土の50%以上と森林の国であり、森林を管理する上で非常にコストがかかる。しかし、工夫し、林業にともなう廃棄物を有効利用すれば、環境にも経済的にもよりよい方法があることを、スウェーデンの例は示す。

森林を良く育てるためには、年々、間伐をする必要がある。それに木を建築木材や家具にするときには多くの枝、根、おがくずなども出る。また日本の家屋の多くは木造であり、建築物には多くの木材が使われているが、建築廃材の大半が埋め立て処分されており、廃棄物として処理されている比重が大きい。この廃棄物をバイオマスに活用する可能性は十分ある。日本で木材を主たる材料にしてエネルギーを生産している

こととして知られているのは、スウェーデンのヴェクショー市との交流がある岩手県住田町などがある。

森林資源を有効に活かせば、木材販売収入のほか、ペレット販売収入、あるいは自ら発電して売電収入を得たりできるほか、発電のときの熱を地域暖房に用いることもできる。間伐などの森林にかかる費用をこうした収入で賄うことが可能になる。また間伐と植林を適切に行えば、森林によるCO<sub>2</sub>吸収も多くなる。樹木には捨てるべきところはなく、すべての部分が資源として生きるにもかかわらず、伐採された樹木の大部分が廃棄物となり、処理費用と外部不経済を生んでいる日本の現状は改善すべき余地が多い。廃棄物になる部分はペレットやチップにしてエネルギーとして用いるか、家畜の糞尿や家庭及び産業廃棄物や下水の汚泥などとともにバイオガスとして活用することによっても、一石数鳥の効果を持つ。スウェーデンや日本の先駆地域を参考に森林資源活用の有効な政策を講ずべきである。

## 5. CO<sub>2</sub>排出権取引の市場化・ビジネス化

最近、話題になるCO<sub>2</sub>排出権取引は温暖化ガスの排出権を証書にして、それを市場で取引する排出権取引の一形態である。広義の温暖化ガスの排出権取引は、京都会議で合意された取引なので京都メカニズムとも呼ばれる。

排出権取引とは、排出量削減の限界コスト（コスト / 排出量削減）の高い企業から、限界コストの低い企業との間で取引することである。この結果、同じ費用でより多くの排出量削減を可能にし、それだけで社会的純便益をもたらす。京都メカニズムによる排出権取引としては次の三つの方式がある。

第1は、文字どおりの排出権取引（Emission trade）である。典型例としては、温室効果ガスの総排出量をまず設定し、個々の国や企業などの排出主体にそれぞれの排出枠を配分し、その排出枠内の一部の排出量の取引（移転）を認める方式である。

第2は、共同実施 Joint implementation（JI）である。共同実施は、例えば温暖化ガス排出量が多い設備を持つ企業Aに、高い環境改善技術を持つ企業Bが設備投資して、温暖化ガス排出量をX量削減すると、その分を排出権としてB企業が取得し、その排出権に見合う排出を自分の企業で行うか、他の企業に排出権を販売するという方式である。日本でも最近、排出権取引を行おうとする企業が出てきている。2004年2月19日の日経新聞によると、豊田通商が、ロシア最大の電力会社の統一エネルギーシステム（UES）と提携して、ロシアでの温暖ガス削減事業に乗り出し、排出取引権を取得するとのことである。これは排出権取引の中の共同実施（JI）に相当する事業である。統一エネルギーシステムは、2000年にロシア全体のCO<sub>2</sub>の20%を排出しているとのことであるから、排出権取引で豊田通商がその排出権を取得し、その一部を日本全体の温暖化ガス削減義務に当てれば、日本の排出量削減にも貢献し、地球全

体としても温暖化ガスを減らすこともできる。

第3に、植林で森林を増やししたりして、地球温暖化ガス吸収に貢献した部分を排出権とするクリーン開発メカニズム Clean development mechanism (CDM) である。特に第2と第3の方式で、旧共産圏、中国、発展途上国の環境改善の投資をして、得られた排出権の一部を、京都議定書の規定する温暖ガス削減の一部に当てることが期待される。

$$CO_2\text{排出量} = \frac{yN}{e} - X \text{-----} (1)$$

$$CO_2\text{排出量の増減率} = \dot{y} + \dot{N} + \dot{e} - \dot{X} \text{-----} (2)$$

したがってCO<sub>2</sub>純排出量の増減率を下げるためには、次の条件を満たすことが必要である。

$$\dot{y} + \dot{N} + \dot{e} + \dot{X} \text{-----} (3)$$

N:人口、y:1人当たり実質GDP、e:マクロエネルギー効率(実質GDP/エネルギー消費量)、:エネルギー総消費量に占める化石燃料消費の比率、:化石燃料消費単位当たりCO<sub>2</sub>排出量、X:森林等によるCO<sub>2</sub>吸収量、:年間CO<sub>2</sub>総排出量に対する森林等によるCO<sub>2</sub>吸収量のウエイト。・印は増加率(マイナスの場合は減少率であることを示す)、原子力発電比率の上昇はを低下させるが、原子力発電には別問題がある。

#### 【参考文献】

- ・飯田哲也,2000年,『北欧のエネルギー・デモクラシー』新評論
- ・エコビジネス・ネットワーク編,2000年,『環境データ情報源』日本実業出版社
- ・佐藤由美,2003年,『自然エネルギーが地球を変える』学芸出版社
- ・資源エネルギー庁編,2004年,『エネルギー2004』エネルギーフォーラム
- ・志築学,1999年,『環境・エコビジネス200選』日本実業出版社
- ・中村太和,2001年,『自然エネルギー戦略』自治体研究社
- ・富士総合研究所,2002年,『よくわかる排出権取引ビジネス』日刊工業新聞社
- ・丸尾直美,1988年,「環境政策ミックス」『Keio SFC Review』Keio SFC Academy Society.
- ・丸尾直美・西ヶ谷信雄・落合由紀子,1997年,『エコサイクル社会』有斐閣
- ・丸尾直美,2002年,「北ヨーロッパの環境・資源政策:日本への教訓」『エネルギー問題研究叢書』17,エネルギー問題調査会
- ・Ewea,2004,Homepage:http://www.ewea.org
- ・Hillstrom, Kevin and Laurie Collier Hillstrom ,2003, *The World Environments: Europe*, ABC Clío.
- ・OECD,2000,*Energy Policies of IEA Countries: Sweden 2000 Review*
- ・Tindale, Stephan and Gerald Holtham,1996, *Green Tax Reform :Pollution Payment and Labour Tax Cuts*, IPPR.