

2010年度 循環ワーカー養成講座 第6回

『原発のない社会は可能か』

講師：牛山 泉 氏（足利工業大学 学長）

日時：2010年11月19日（金）18:30～20:30

会場：ノルドスペース セミナールーム（東京都中央区京橋1-9-10 フォレストタワー）

はじめに

本日のお話では、原発に賛成・反対ということはともかくとして、まずはこの国にあるエネルギーのポテンシャルを知っていただきたいと思います。例えば、デンマークでは原発を考えていたのですが、1986年に国会で原発は入れないということを決めて、現状では風力発電で電力需要の20%程度をまかなっています。また、デンマークといえば酪農の国で、酪農製品の輸出が多いのですが、風力発電の輸出でも世界一になっております。ですから、雇用も自然エネルギーで生み出しています。そして、風力発電、バイオマス、太陽光発電などの自然のエネルギーで国のエネルギー供給を成り立たせている。既にそのような国があるのですが、これは結局は、やるかどうかということになります。



1. いまなぜ再生可能エネルギーか？

(1) 人口の爆発的増加

本日のテーマは5つですが、まずは「いまなぜ再生可能エネルギーなのか」ということをお話します。

私は、今年の9月の末に産油国ではじめての自然エネルギーの会議に参加する目的でアブダビに行きました。アラブの国々は石油で成り立っていますから石油がなくなったらおしまいなので、彼らは50年後自分たちはどうするのかということを考えているのです。アブダビの隣にマズダールという実験都市があるのですが、そこでは自然エネルギーだけで成り立たせるという町を作っています。

今、国連で言われている21世紀の5大問題『人口問題、食糧問題、環境問題、資源問題、エネルギー問題』というのがあります。本日は、この中の環境問題とエネルギー問題をお話しするのですが、これらの問題の根本は実は人口問題なのです。

1945年、第二次世界大戦が終わった年の世界の人口は23億人でした。それが65年経った現在は67億人ということですから3倍近くに増えている。このような状態は増加とは言わないのです。爆発ですね。人口は爆発的に増えた。先進国の人口は微増なのですが、世

界的には爆発しているのです。

人口はこのように爆発的に増えているのですが、食料とかエネルギーを爆発的に増やせるかということこれは無理ですね。世界の総人口が 67 億人に対して、バイオ・水力・石炭・石油・原子力・天然ガスなど統計的に供給できるエネルギーはおよそ 40 億人分なのです。ですから、この差の 27 億人くらいはエネルギー難民ということになります。その人たちは、例えば、牛糞にわらを混ぜて干したものとかを燃料にしているのですが、このような生活をしている人たちが地球上に 25 億人以上いるのだということです。

(2) 地球温暖化の影響

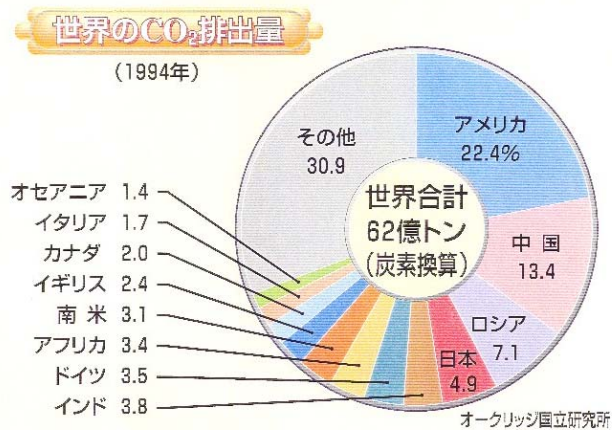
記憶している方も多いのではないかと思います。2005 年 8 月にカトリーナと命名された猛烈なハリケーンが米国のニュー・オーリンズを中心に襲いました。これは風速が 160 マイル/時間（日本的に表現しますと風速 70m/秒）という 50 年に 1 回、あるいは 100 年に 1~2 回しかないというものすごい強風なのです。何故このようなことが起きたのかというと、メキシコ湾の水温が徐々に上がってきていることが原因です。かつてメキシコ湾の水温が低かった時代には、発生したハリケーンはエネルギーを失って温帯性の低気圧に変わってしまいました。ところが最近、海水の温度が高く海面からの蒸気を取り込んでエネルギーを増してすごい勢いになるのです。また、他の例では、ヒマラヤの氷河が 30 年以上前にはかなりあったものが、現在ではほとんど失われているということもあります。つまり、地球の温暖化が進んでいるということです。そうすると海水面が上昇してくるのですが、ロンドンのテムズ川では北海の水位が上がって来ると水が逆流するのです。これを防ぐために防潮水門があるのですが、最近では、この閉鎖回数が極端に増加しています。

更に、オランダについては、北海の水位がこれ以上上がると現在の堤防では支えきれません。主要都市がほとんど海面下にあるという現状で、今のままで推移するとアムステルダムなども海面下に沈んでしまうこととなります。ですから、オランダは環境問題には非常に熱心なのです。

この温暖化の原因は、化石燃料にあるということが世界の科学者の中で結論付けられており、それを使わないエネルギーを考えなければならないということです。化石燃料を使いますと当然のことながら CO₂ が発生し、これが温暖化に最も影響を与えるわけです。ようやく最近はこれが原因だということが認知されてきたのですが、この点を産業界はなかなか認めようとしなかったのです。

原因が分かっているのだから減らせばいいということなのですが、産業革命以降、化石燃料をどんどん使ってきているものから、大気中にこれが溜まってしまっています。時間をかけてこのような状態にしたのだから同じく時間をかけて戻していく以外にないのです。

どの国がどの程度の CO₂ を出しているかという、右図のようにアメリカ、中国、ロシアがワースト 1 位から 3 位となっています。日本は、4 番目です。日本の国土面積は全世界の僅か 0.2%、人口は世界の 2%に過ぎないのですが、そのような小さな国が CO₂ の排出量では世界第 4 位ということで、これは減らさなければなりません。



歴史的に見ると 1945 年以降、人類の生活を支えてきたのは、石炭、石油、そして、天然ガスといった化石燃料であったわけです。これらの燃料は炭素と水素から出来ているので燃焼すれば必ず二酸化炭素が出ます。ですから、これらの消費が進めば当然のこととして二酸化炭素が増えるわけで、これらの化石燃料の使用を減らす必要があるということです。

(3) 日本のエネルギー事情

今後のエネルギー政策として、欧州は再生可能エネルギー中心です。日本は原発中心ということはいこうとしているのですが、原発については別の問題もあります。

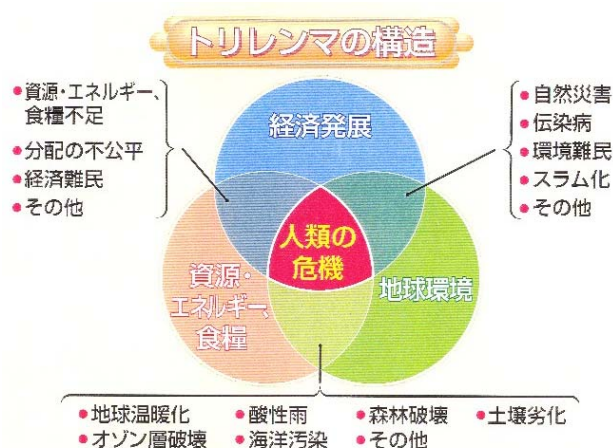
最近では、日本の食糧の自給率がカロリーベースで 40%を切ったということで大変だという話ですが、エネルギーの自給率は僅か 4%、96%は外国から輸入しているのです。先進国の中では最も低い自給率です。原子力を国産とした場合には 18%くらいが自給と言っているのですが、日本はウランをオーストラリアとかカザフスタンから輸入しているものであり、これをどうして国産に含めて考えようとするのか非常に不思議です。18%の自給率という数字がいきわたっている部分がないではないのですが、実質は 4%しかありません。

日本のエネルギーの消費構成を見ますと、石油がおおよそ 50%で、あとは石炭、天然ガス、原子力ということになっています。1973 年にオイルショックがありました。その当時の日本のエネルギーの石油依存度は 76%くらいでしたから石油がなくなるので大変だということでしたが、当時は環境問題などはほとんど問題になっていませんでした。環境問題がクローズアップされてくるのは 1980 年代以降です。70 年代は石油がなくなるということで石油代替エネルギーをと、日本ではサンシャイン計画が始まって太陽電池などの開発に力が入り始めたのです。それ以降、エネルギーの多様化ということが進められており石油依存度を 50%までに引き下げてきたのですね。それでも石油・石炭・天然ガスで 80%を超えており、これらは全て CO₂を出しますから大変です。原子力は CO₂を出さないとされていますが、これは正しくはありません。後で説明します。

では、日本はその石油を何処から持ってくるかといいますと、UAE(アラブ首長国連邦)、サウジアラビア、イラン、カタール、クウェート(以上で 80%)など、ここまでは全て中東の国です。日本に 1 年間に輸入されている石油の量は約 245 百万klですが、これではどう

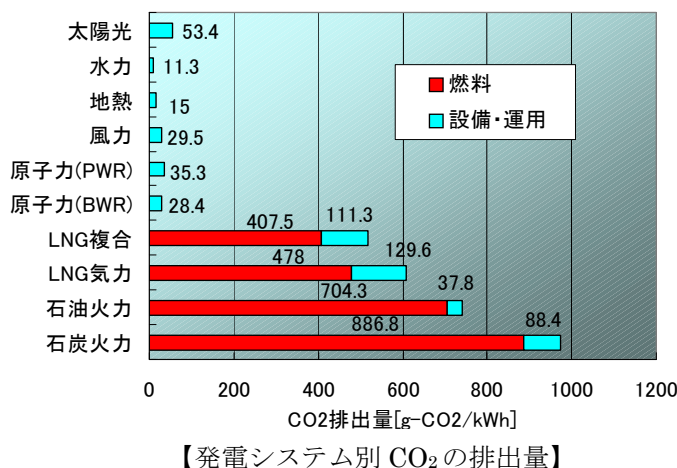
も分かりにくいので日本人一人当たりで換算すると日本人は1年間に2kl(ドラム缶2本)の石油を消費しているということになり、1日に換算すると5lの石油を消費しているという構造になっています。この石油をほとんど中東から輸入していますから、原油を運ぶためのスーパータンカーが1日で3隻必要となります。中東と日本の間は20日間かかりますので、片道で60隻のタンカーが日本に向かっていなければ日本はやっていけない。往復で考えますと120隻のスーパータンカーがぐるぐると回っていることでようやく日本がやっていける。これが日本の現実です。こんなことが何時までも続くはずがありません。石油はあと40年程度しかないのです。これからどうするかと言うことです。

ここにトリレンマの構造というものがあります。即ち、経済発展をするためには、資源・エネルギー・食料の確保が必要だが、そのエネルギーのほとんどが化石燃料ですから、それらが地球環境の破壊をもたらすという連鎖を起こすわけです。そして、このままでは人類は破滅の危機に直面する。それを回避するためにはエネルギー消費に伴うCO₂の発生を抑えなければならないのです。



そこで、自然エネルギーの役割が重要になってくるのです。自然エネルギーの役割としては、3つが考えられます。一つ目は「環境保全」です。これは温室効果ガスやSO_x、NO_xの削減ということです。二つ目は「エネルギーセキュリティ」。先ほど述べましたが、1日にタンカーが3隻来なければやっていけないという状況は全く安全ではないのです。自然エネルギーというのは日本にあるエネルギーを使うわけですから、これからの説明で日本にはそんなにエネルギーがあるのかということを感じていただければいいと思います。三つ目は「経済効果」です。例えば、風力発電だけでもこれにかかわる人は全世界で50万人います。日本では、三菱重工で大きな風車を作っていますが、長崎と横浜でそれに従事している人が3,000人いるのです。このように雇用の創出とかエネルギーの地産地消ということが進むことでの地域経済の活性化が進むと考えられます。

次に、発電システム別の電力を1kWh作るのときに発生するCO₂の量を見てみますと、日本の電力の60%は火力であり、これらは燃料(石炭・石油・LNG)を燃やしますから当然CO₂の発生量が多い。これに対して自然エネルギーは、装置を作るときに少しCO₂を発生しますが、発電に



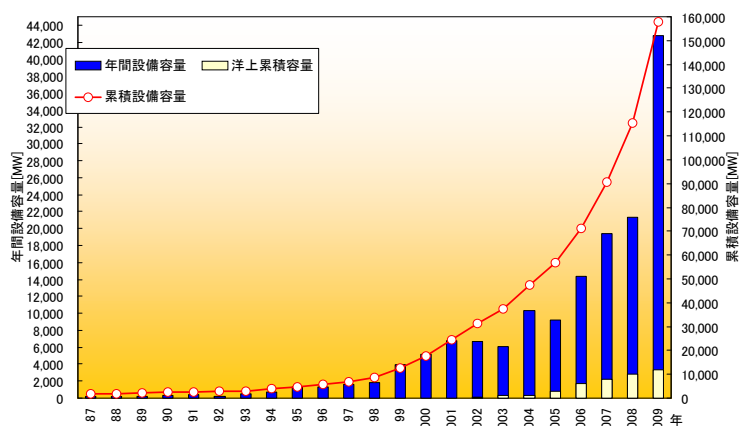
伴う CO₂ の発生が極めて少ない。一番の優等生は水力です。なお、電力中研のデータでは、原子力も大変少ないとなっているのですが、これは運転しているときだけです。

しかし、ウランの場合には、海外でウラン鉱石からペレット化するまでに精製工場で大変な CO₂ を出しているのです。これは日本では CO₂ を出していないだけで、海外では大変な CO₂ を出しています。それだけではなく、出来たウランを日本に運んでくるに伴って輸送に CO₂ の排出が伴います。更に、ウランを使用した後に使用済み燃料を 40 年間冷却しながら保存するのですが、この冷却に伴い全く CO₂ が発生しないのでしょうか。そういうデータを公表しないのですが、それは国民をだましているとしか言いようがないと思います。その後、2010 年には、電力中央研究所からライフサイクルで考えた CO₂ の排出量評価に関する報告が出ておりますが、これもアメリカの環境学者レスター・ブラウンなどのデータに比べて過少に見積もっています。また、わが国の原子力発電所の設備容量は 4,820 万 kW (2010 年) でアメリカ、フランスについて第 3 位にあるものの、その設備利用率は 2006 年に 69%、07 年に 61%、さらに 08 年に至っては 60% と、信じられないほど低いことも大きな問題といえます。

2. 風のエネルギー

続いて風のエネルギーについて述べたいと思います。

これが世界における最近の風力発電の伸びです。つい最近のデータですと 170 百万 kW になっています。170 百万 kW というのは、大型の火力発電、原子力発電が 1 基 1 百万 kW ですから、その 170 基分に相当する大変な量です。風力発電は、ここ 13 年くらいの間に平均年率 25% 近い勢いで伸び



【世界の風力発電設備容量の推移】

ているのですが、人類の歴史の中で年率 25% の伸びが 10 年以上にわたって続いたエネルギー施設というものは存在しないのです。そのような勢いで世界的に風力発電は伸びています。

これを国別で見ますと、それまではドイツが一番だったのですが、アメリカが一昨年のオバマ大統領のグリーン・ニューディール政策でぐんと伸びて一番になっています。最近の情報ですと中国がアメリカと肩を並べるくらいになったとのことです。日本は 13 位くらいです。

日本とドイツを比較して見ますと、両国の国土面積は日本がほんの少し大きいですがほぼ同じ。工業レベルもほとんど同じ。何故ドイツが世界の 1、2 位の風力先進国になってい

るのかといいますと、前の首相のシュレーダー氏のとくに、ドイツは 2020 年までに原子力発電を段階的に停めていくという政策を決定しました。原子力が減っていくとなるとそれに変わる CO₂ を発生しないエネルギーを何かで生み出さなければならない。それが風力とか太陽光ということですが、ドイツも決してお金があるわけではないので、お金をかけずに、これを推進する仕組みを導入したのです。「feed-in tariff」（固定価格買取制度、あるいは電力買取補償制度）という制度です。つまり、自然エネルギーで出来た電気は 100% 電力会社を買わなければいけないという義務を課し、しかもそれを十数年間に亘り比較的高い固定価格で買うことを法律的に義務付けているのです。

一方、日本の場合には、これを設備に対する補助金でやっている。風力発電をやりたいという民間事業者は日本にも沢山あるのですが、儲からないとやらないですから当然風の良い場所に風車を建てる。しかし、自治体には、シンボルとして建てたいと考える人たちがいて、その人たちは場所など関係なく建てる。補助金ですと後のことはどうでもよくてとにかく建ててしまうのです。

ドイツの場合は補助金は出さないが電力を高く買ってくれるのです。CO₂ を出さないことに貢献しているということで高く買うのです。日本の場合には、実際に稼動するかどうか分からないのに補助金（交付金）を出してしまう。ですから筑波で実際にあったような回らない風車というような事態が起こるのです。補助金のような古い体質のばら撒き政策は世界で最も遅れたものだと言っていると思っています。このような政策の違いで日本とドイツに大きな差が生じてしまったわけです。

他方、日本の風車の技術は優れていて、アメリカを始めとして世界各地で採用されており、英国は今年はじめに 40 億円出して洋上風車の開発を三菱重工に依頼しているというようなこともあります。このように、日本の風車技術は素晴らしいので、それをもっと活かすべきだと思います。なお、洋上風車の技術を本格的に発展させていけるのは三菱重工とドイツのジーメンスのみです。

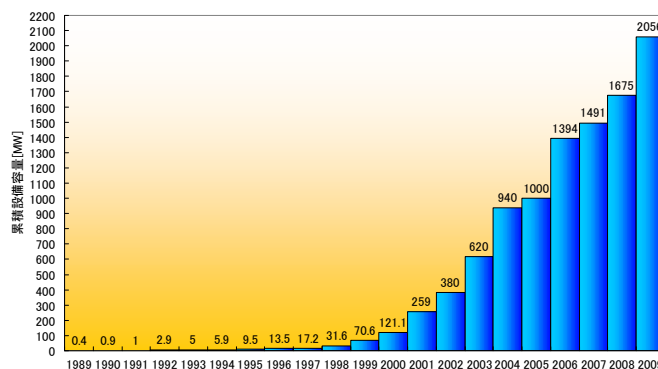
先ほど述べましたように、ドイツ、デンマークなどでは自然エネルギーで発電した電力を全て電力会社に買い取りを義務付ける。更にこれを高い固定価格で買い取らせるということをやっています。日本においては、昨年 10 月までは太陽光発電で出来た余剰電力を 24 円/kWh という固定価格で買い取っていたのですが、11 月からは 48 円/kWh で買い取ることとなりました。

ドイツの場合には、通常の電力価格は 18 円程度と日本より安いのですが、太陽光での電力は 75 円程度で買い上げているのです。しかも 10 数年間の固定価格です。そうすればこれを建てれば儲かるということになり、急増するわけです。ドイツ政府は一切お金を出さずにそのような仕組みを作っただけなのです。もっとも、これに伴い一般利用者の電力料金は少し高くなりましたが、国民はこれを受け入れてやっている。ただ最近では、少し増えすぎたので抑えなければならないということになっているようです。

2-1.風力発電の実際

標準的な風車である 2MW (2,000 kW) の風車では、風速が秒速平均 7m で年間約 700 万 kWh の発電量が得られます。単純に数字だけでいえば、13 万台のこの規模の風車があれば日本の全電力需要を賄えるということになります。

現在、日本にある風力発電装置は 1,700 台弱です。これを分かりやすく説明しますと、1 台の 2MW 風車の発電量は、一般家庭であれば 1,400 世帯分の電力に相当します。これだけの電気を火力で作るとすると、約 17,000 kl (ドラム缶 8,600 本) が必要となり、これに伴い 5,000t の CO₂ が発生



【日本の風力発電導入推移】

することになります。この CO₂ を樹木で吸収するという事になると、杉の木が約 36 万本も必要ということになります。1 台の風車があるだけでこれだけの環境貢献が出来ることになります。日本でも風車の導入は進んできていますが、現状では 2,000MW (2 百万kW) 程度です。原子力発電所 2 基分程度ですね。

世界全体では、先ほど申し上げたように原発の 170 基分に相当するくらいの風車があります。日本で風車が多いのは北海道、東北地区、それから九州です。関東地方では千葉が多いですね。千葉では、銚子の先に洋上風車を立てるというプロジェクトも始まっており、私はその委員長をやっています。茨城にも少しありますが、栃木、群馬、長野、山梨にはほとんどない。これは内陸部は風が弱いということで、風車が立っているのはほとんどが海に面した場所ということになります。

では、どれくらいの風が吹いてくれれば風力発電が経済的に成り立つかということの説明します。今の風車は、kWあたり 20~25 万円あれば作ることが出来ます。即ち、1,000 kW の風車であれば 200~250 百万円くらいで建ちます。その風車で発電する電力のコストは、風速が 6m 程度であれば 10 円くらい、風速 7m であれば 7 円くらいでしょうか。電力会社を買ってくれるのは 10 円くらいですから、10 円以下で発電できないと黒字にならないのです。自治体が今やっているのは、風速 6m 以下のところが結構多いので上手くいかない。メンテナンスの費用さえ出ない。一方、事業者がやっているところはいい風のところを選んでいきますから、儲けが出て上手くいっているということです。

風車はどんどん大きくなってきており、現在では、直径 126m という大型の風車がドイツにあります。何故、風車をこれだけ大きくするかというと、空気は密度が薄いものですからまとまったエネルギーを作り出そうとするとどうしても風車を大きくせざるを得ないということなのです。また、風車は、風を受けるためにむき出しで設置しなければならない。そのために、雷を受けたり、台風に襲われたりしますが、この点が難点と言えます。

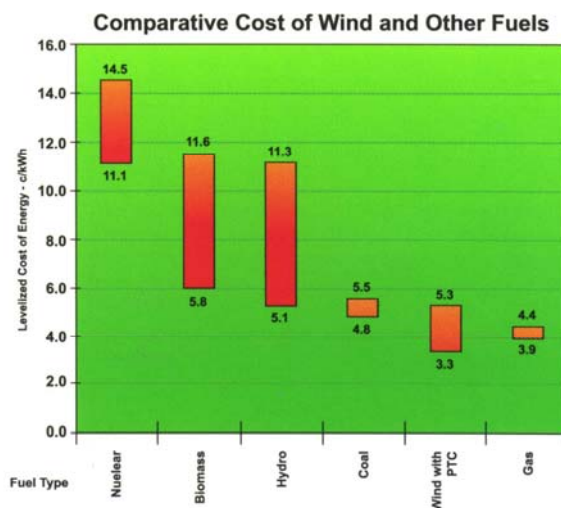
更に、風車の場合には、音の問題があるということです。耳に聞こえる音に関しては、国際基準で風車から 200m離れた所で 45 デシベル以下と決められています。北海道や東北では土地がありますから十分な距離をとって風車を建設できるのですが、最近は、儲かればいいということで人口が多い地域にも風車が建つようになってきたという問題があります。

また、最近問題になっているのは、この可聴音ではなく、例えば、除夜の鐘の後の低周波音のように、耳では聞こえないのですが体を感じる音。不定愁訴などの原因といわれている音もありますが、この低周波音については、現在、環境省で調査を始めています。基本的には、可聴音にしても低周波音にしても、距離を離せばいいのですが、自治体によってはコンサルに丸投げしてしまい、質の悪いコンサルですと、仕事を取りたいために大丈夫だとしてやってしまう。結果、今あちらこちらで問題が起きています。昔、ソーラー発電でも一世を風靡した企業がねずみ講のようないい加減なことをして評判を落とし、それだけで技術はよくても導入が進まなくなったというようなこともありました。非常に情けないことですが、推進する側にてしっかりとした技術倫理を確立しないと困ることになると思います。

なお、このような問題から、これからは風車は陸には建てにくくなってくると思います。デンマークでは、景観と騒音の問題から陸には建てられなくなりました。

2-2. 発電種類別のコスト

次に、米国での種類別の発電コストを見てみましょう。米国では、天然ガスが最も安い、ついで風力、石炭、水力（地域によってコストに幅があります）、バイオマス、原子力と続きます。日本の場合には、原子力は安いと言いますが、廃棄物処理のコストを入れないのです。米国はこれを正直に入れているので高くなっている。日本もこのところをはっきりとしなければいけません。後になって間違っていたとか（意識的に）忘れていたというようなことでは駄目です。米国の示しているのが世界の常識であり、原子力発電のコストは高いのです。



さらに、このコスト比較の中に環境コストというものが織り込まれていないのですが、これをどう定量化するかという点が課題です。例えば、CO₂を出さないとか、当該設備の近くに喘息など特定の疾病にかかる人の比率が高いというようなことを定量化して行けば、このコストも更に違ったものとなってくるものと思われます。自然エネルギーが有利な点はそういうところにもあるものと思われます。

2-3. 「WIND FORCE 12」 と風力技術開発

EUには「WIND FORCE 12」という標語がありまして、2020年までに全世界の電力の12%を風力発電で賄おうとしています。デンマークは既に18%、ドイツ・ポルトガルは8%くらい、更にアイルランドは6%行っており、5%以上やっている国が5~6カ国あります。やろうと思えば出来ないことはありません。また、米国のオバマ大統領がグリーン・ニューディールの中で言っているのは、2030年までに米国の電力の20%を風力で賄うということです。

さて、オバマ大統領がグリーン・ニューディールの演説を2回行っているのですが、それは共に風車の工場においてです。どういうことかといいますと、当時、米国の自動車工業がかなり危機的な状況になっており大騒ぎしていたのです。それに代わるものをどうするのかということですが、自動車の部品点数は3万点。それに対して風車の部品は1万点くらいなのですが、一つずつが大きくて、且つ高いものですから自動車以上の価値があるし、また、それを作るのに人が要するということが背景にあります。

風車の心臓部（ナセル）には色々な部品が入っているのですが、日本で大型風車を作っているのが三菱重工、富士重工、日本製鋼所など。その他発電機なども作っていますが、日本は特に、軸受けの技術が優れていて、ジェイテクト、日本精工、NTNの3社で世界のベアリングの6割以上を生産しています。このような日本の優れた技術を更に活かすような国策が不可欠だと思います。なお、日本製鋼所は、この風車以外にも世界の原子力発電所の圧力容器と炉心の60%近くを供給している会社です。昔は、戦艦大和などの直径40cmもある大砲を作っていた。それを作るのに鋼を鍛える技術（鍛鋼）があり、その技術が原子力発電所の炉心や圧力容器に活かされているということです。

3. 太陽のエネルギー

次に、太陽エネルギーの話をしてします。

地球上に降りそそぐ太陽エネルギーは、人類の使用している全エネルギーの1万倍くらいあります。ただ、太平洋に降り注ぐものなどはエネルギーとして使えませんが、より実用的に日本に限っていえば、100倍くらいということですから、この1%でも使えばいいのです。非常に重要です。日本は、日照に恵まれています。日本よりかなり北に位置し日照の条件が悪い欧州各国でも一生懸命太陽エネルギー利用をやっているわけですから、日本はもっとやるべきだと思います。

太陽光発電は、一般の戸建て住宅の屋根に10㎡（発電力3.5kW）くらいありますと、標準世帯で消費する年間の電力（約3,600kWh）とほぼ同じか少し多いくらいの電力を得られます。これを更に進めていこうというのが日本の国策でもありますし、この電力を高く買い上げるといことにもなりましたからよかったと思っています。ただ、現実的には、日本での太陽光発電の導入実績はまだまだ僅かな状態であり、これを伸ばしていかなければならないのですが、このやり方として補助金でやるのではなく、先にご説明しました「固

定価格買取制度」(feed-in tariff) で、できた電力は高く買いますよということにすべきだと思います。

太陽電池の製造コストは、当初は、ガリウム砒素などという高い素材を使っていたのですが、今は安い素材でできるようになったので、大幅に安くなっており、目標に近いのですが、もう少し安くなればいいと思います。なお、世界のエネルギー消費に対してそれを賄う太陽電池システムは、地球上の全砂漠面積の 4%程度があれば可能だと言われています。

4. バイオマスエネルギー

次に、バイオマスの話をします。

バイオマスとは、化石燃料を除く生物資源（草・木・生ごみ・汚泥・糞尿など）のことです。植物は、炭酸同化作用で CO₂ を吸収し酸素を出すという非常にいい機能を持っています。ですから、植物を燃料に使ったとして、これと同じ量を植栽しておけばカーボンが減りも増えもしない状態（カーボンニュートラル）を作ってくれる。まさに循環型社会にお勧めのエネルギーと言ってもいいですね。

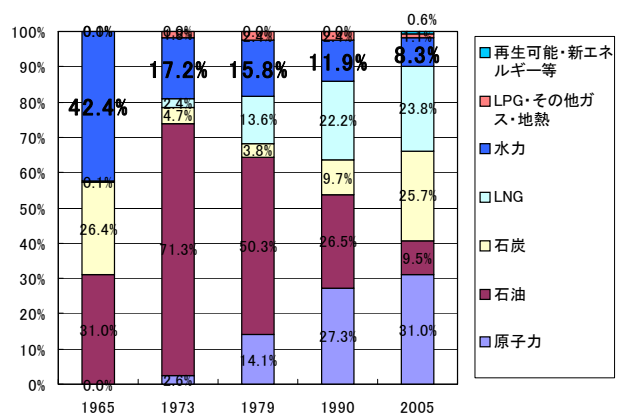
米国ではトウモロコシ（これは本来家畜の飼料用なのです）が、バイオ燃料の方が高く売れるということで、価格が高騰して牧畜業者が困っているという状態が起きています。食べるものを燃料に使ってはまずいのではないかという気がします。日本の場合には、里山をきちっと保全して木炭や薪を作るとか、都市ごみや畜産廃棄物からメタンを作るなどが重要です。

少し森林のことにも触れておきます。フィンランドは「森と湖の国」ということで有名であり、森林が国土面積の 66% を占めるのですが、日本は 67% とフィンランドを上回る森林があります。ただ、日本の場合には地形的にこれらの資源を採りだして利用するというには制限があるのですが、これだけの資源があるのですからこれをもっと利用するということを考えるべきだと思います。

5. 水力・地熱・海洋エネルギー

最後に、水力・地熱・海洋エネルギーについて触れておきます。

昔は、発電については、「水主・火従」といわれて、水力が中心で火力はそれを補うために使っているということだったのです。右図は、わが国の発電電力量構成の推移を示したものです。1965 年当時は水力が 42% 強もありました。これ以前はもっと比率が大きかったのですが、それが石油・



【わが国の発電電力量構成の推移

出典：資源エネルギー庁「平成 18 年度電源開発の概要参考資料（追加）より作成」

ガスと原子力に置き換わって、現在は8%程度でしかありません。日本には3万本の川があり、年間の平均降水量は1,800mmもあります。このような水資源に恵まれた国は世界でも少ないのですから、水力発電をもう少し増やす必要があると思います。包蔵水力という観点から見ると、未だ未開発な利用可能水力がかなり残っています。

*包蔵水力：日本でどのくらいの水力発電が可能かを推定したもの。日本の包蔵水力はおおよそ4621万kWで、未開発なものは1,904万kWと推定されている。(2009年 資源エネルギー庁)

また、日本の川の特徴は、落差が大きく急流であるということで、この特長を発電に活かすべきだと思います。ただ、大型のダムは環境破壊を伴いますので、これは止めるべきだと考えています。現在では、環境負荷の少ない1,000kW程度の小さな規模の水力発電があり、地場電力として開発が期待できるようです。

地熱については、現在、東北と九州を中心にやっていますが、そのほかでもポテンシャルはあります。世界的には、米国が圧倒的に多いのですが、アジアではフィリピンが多くなっています。日本では1996年ころまでは地熱発電量は増えていたのですが、そこで頭打ちになり、最近では発電量は減少しつつあります。その理由の一つは、温泉業者の反対です。即ち、地熱をやればどんどんエネルギーを持っていかれて温泉が駄目になってしまうというのです。しかし、地熱発電の場合には1,500mもの深井戸を掘って蒸気を得る。それに対して温泉の多くの場合には比較的地表に近い部分を利用するので、地熱発電は温泉には影響を与えないのですが、そのあたりをしっかりと温泉業者の方々に説明できていないのが問題だと思います。特に、最近の温泉では、深度が1,000mを超えるものが増えてきておりますので、サイトの実情に応じた定量的な説明が必要でしょう。さらに、地熱発電に適した場所の多くが国立公園や国定公園内にあり、規制があることも開発が進まない原因のひとつと言えます。

波力発電ですが、「マイティホエール」という波動発電システムがあります。これは波の上下運動を効率よく吸収し、空気室への空気の出入により空気タービンを回して電気エネルギーに転換するという沖合浮体式波力装置です。プロトタイプによる実験は終了しています。

フランスには、潮力発電施設があります。これは海と貯水池との間に堤防を設けて、その下の流路に発電装置を取り付け、満潮時には海から貯水池に潮が流れ、干潮時にはその逆に流れるようにします。この潮の流れを利用して発電するというものです。韓国でもこの方式の発電設備を設置しましたので、近く見に行こうと思っています。これは干満の差がなければならないので、日本でやるとしたら有明海なのですが、あそこは別の問題があって難しいと思います。

もう一つ面白い取り組みがあるのですが、深海の温度(4~5度)と海面の温度(24度程度)との差を利用して発電しようという海洋温度差発電です。作動流体にはアンモニアを利用するのですが、僅か20度くらいの温度差があればアンモニアの蒸気が出る。その蒸気を利用してタービンを回して発電するのです。アンモニアを海面と深海の間で循環させ

ることで発電するのです。この技術は日本が一番進んでおり、現在、インド洋で 1,000 kWのものをやっています。ただ、20 度くらいの温度差であれば発電効率は極めて悪く、余り面白くないと思います。また、日本近海では、海面温度が 24.5 度になるのが難しいかなという感じです。

その他には、海流を利用した発電というのもあります。

6. 足利工業大学での取り組み

最後に、私ども足利工業大学の例をご紹介します。

私どもの大学には「風と光の広場」というのがありまして、各種の発電システムがおかれています。そこに、トリプルハイブリッド発電システムがあります。トリプルというと、風、太陽光、そして、木質バイオマスです。風と太陽光は自然任せなので、それらが使えないときの安定的な電力供給源としての木質バイオマスを組み合わせているわけです。原料は、隣接する桐生市の製材所の端材を利用しています。

昔はそれらの端材は自分で燃やして処理することが出来たのですが、現在はそれを処理場まで運搬して処理してもらわなければなりません。それに毎日 10 万円掛かっているようです。私どもではただです。ですから、私達が必要なときに声をかければ喜んで持ってきてくれます。私たちの場合には、近隣の環境を利用しての木質バイオマスですが、バイオマスでなくても、水があるところであれば中小水力発電が安定していていいと思います。

このように、自然エネルギーとコントロール可能な安定的なエネルギーとの組み合わせにより、常に安定的に電力を得ることが出来るのです。これがトリプルハイブリッド発電です。これからはエネルギーも地産地消を考える時代だと思います。遠くで作った電力をロスしながら延々と送電するというようなことは止めなければなりません。各地場にある自然エネルギーを利用してそこでやれることをやればいい。大規模発電を考えるのではなく、コミュニティ発電というような発想でいいのではないかと思います。

また、秋田の企業がやっているマグナス風車というのがあります。これは普通の風車の羽根とは違って、プロペラの代わりにらせん状のフィンを付けたスパイラル円柱翼を使って風車を回す仕組みです。スパイラル円柱翼が回転するときのマグナス効果により風車を回転させるもので、高い発電能力を持つものです。

* マグナス効果：野球やサッカーで回転に伴い球が曲がったり、浮き上がったりする原理のこと。

回転している円柱が風を受けると風と同じ方向の側の風の流れが速くなり、圧力が小さくなる。

これと逆の側は風の流れが遅くなり圧力が増える。

この原理を応用してスパイラル円柱を使用して、風車回転の効率を上げることに成功したものの。

まとめ

最後にまとめとして、日本における再生可能エネルギーにより期待される発電容量を示しておきます。

それぞれの研究機関が発表している数字に基づき、これから開発が可能とされる太陽光発電、風力発電、中小水力発電、バイオマス発電、地熱発電、波力発電などを合わせますと、その総発電容量は102百万kWといわれています。更に、これに洋上風力が50百万kW加わることになり、合計で152百万

太陽光発電	5,000万kW(黒川・浜川による)
風力発電	2,500万kW(JWPAIによる)
中小水力発電	1,200万kW(METIによる)
バイオマス発電	1,000万kW(NEFより推定)
地熱発電	350万kW(NEFより推定)
波力発電	150万kW(国土交通省資料)
合計	10,200万kW
原子力発電	4,820万kW(2010年3月現在)
	6,842万kW(建設予定含む)

【日本における再生可能エネルギーによる発電容量】
kWということです。これに対して、原子力発電は、本年3月現在で48.2百万kW。これに建設予定などを加えると68百万kWくらいですから、これから期待される再生可能エネルギーの発電容量だけで原子力発電の容量を十分に上回っています。ただ、発電量はどうかといいますと、原子力は燃料を投入しますと基本的に継続稼働します（なお、日本の原子力の稼働率は、65%程度です）が、太陽光15%、風力30%というように自然環境により自然エネルギー発電の稼働率は落ちますので、これから開発が期待される自然エネルギーで発電量的には原子力発電と同程度ということができるとおもいます。

持続可能な社会を作るためには持続可能なエネルギーが必要なのです。食料に例をとって考えて見ますと、人類は、大昔は、狩猟・漁労で食料を調達していたのです。これは食料ハンティングであり、常に明日の食料のことを心配しなければならなかった。これではいけないということで「食料の栽培」、即ち、農業を覚えたのです。これでようやく人類は生きのびることが可能となったのです。

これをエネルギーに当てはめて考えてみますと、現在やっていることは、化石燃料のハンティングです。ハンティングするだけに留まらず、環境汚染もやっているのです。そして、もうこれがなくなることが分かってきた。今は過渡期だからということで原子力をやっていますが、これも永続性のあるものではありません。ウランはあと70年しかないといわれています。これを食料の例で考えると、生き延びるためには、「エネルギー栽培型」すなわち、再生可能エネルギーの開発・利用が不可欠ということになります。これができて初めて持続可能な社会ということになるわけであり、私は原子力には持続可能性はないと考えています。

(この記録は、咲田宏氏が作成し、牛山氏にご加筆・ご修正いただいたものです。)