

エネルギーと環境問題

京都大学大学院エネルギー科学研究科
エネルギー社会・環境科学専攻

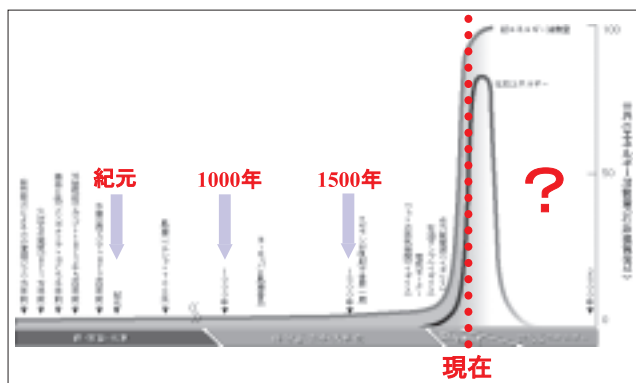
手塚 哲央



「公平」が持続可能な発展の基本

過去から現在に至る過程の中で、世界のエネルギー消費量が指数関数的に増加していることはよく知られています。そして、おそらく近い将来、化石エネルギーは使えなくなるだろうと。では我々が使うエネルギー量はどうなるのだろうか。それが実は、全く先が見えていないわけです。そういう意味では、未来の人達から見た現代は非常に面白い時代なのではないかと思えます。「あの時もうちちょっと頑張ってくれば」と言われないうちに知恵を出さなければいけない、そういう分岐点に来ているような気がします。(図-1)

図-1 世界のエネルギー消費量の推移



最初に「持続可能な発展」という言葉が現れたのは、ブルントラントというノルウェーの首相をリーダーとする委員会が出された報告書の中です。そこに「現在の世代の人の要求と、それから将来の世代の人の可能性を両方考えて、妥協点を探りながら発展すること」と定義されています。“現在の世代”には発展途上国も先進国も含まれます。そして、いろいろな民族の間、

現在と将来の世代との間の公平性を考えることの必要性が提唱されました。この解釈については、その後、いろいろな考え方がなされています。

一人当たりのエネルギー消費量が一番多い国はアメリカで、次はカナダ、日本は真ん中ぐらいでインドが一番下です。上と下とでは20倍近い開きがあるわけですが、エネルギーを少ししか使っていないところは、平均寿命も短い傾向にあります。こういう格差をなくすことも、この持続可能な開発の考え方に入っているのだと思います。ですから、資源を保護しようというのは世界にとっては最優先課題ではなく、まず公平性の問題を何とかしなければいけない。

インドのニューデリーの近くのスラム街でも、一日に一回ぐらいしか食事ができない人も多く生活しています。付近の川もドブ川状態なのですが、そういう水でも彼らは使わざるを得ません。衛生状態が非常に良くない状況が今なお続いている。このような状況を目の当たりにすると、地球環境の問題でもやはり公平性が第一だということが実感できます。(図-2)



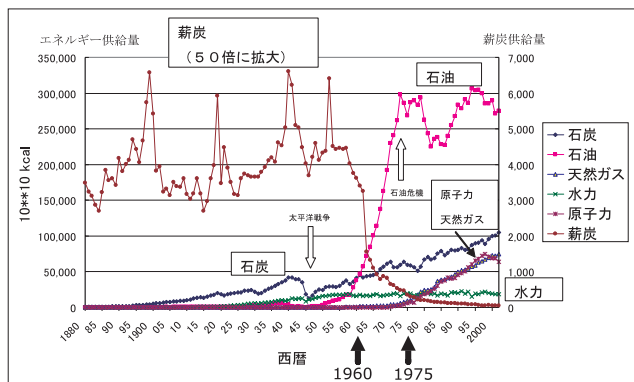
図-2 インド・ニューデリー近郊の一風景

一人当たりのエネルギー消費量で見ても、発展途上国の一番下のクラスは、100年前の日本と同じ程度です。アジアの奇跡と呼ばれる日本の高度成長では、1960年から15年くらいの間にエネルギー消費量が急激に上昇して先進国の仲間入りをしました。アジアのほかの国も何とか同じ道をたどりたいと考えていますが、今の先進国と同じ道をたどる必要はありません。彼らの生活レベルを向上するための道筋を示すことが先進国の義務だと思います。これが持続可能な発展の基本的な考え方になろうかと思います。

社会の価値観でエネルギー需給は変わる

日本では、いわゆる高度成長の時代に石油の消費量が一気に伸びてきて、逆に薪・炭の消費量が落ちてきました。そして、この15年間で我々のライフスタイルは大きく変わりました。それから石油危機があって、石油の価格がはね上がると、代わりに出てきたのが原子力と天然ガスです。(図-3)

図-3 エネルギー供給の推移



このような変化は日本の大きな特徴です。日本にはエネルギー資源がありません。だからその時々に応じて一番使いやすいエネルギーを使うことができます。その背後には、社会におけるエネルギーに対する価値観の大きな変化があります。その最初が公害問題の登場です。

昭和30年代は、環境規制のないまま四日市で石油コンビナートが建てられるなど、大気汚染がひどかった時代でした。私が小学生のころは、大阪でも真っ黒な水の流れている川がたくさんありました。ただ、当時、公害は経済復興の証しと考えられ、環境汚染による健康への影響は我慢しなければいけないという価値観が一般的でした。現在なら有害物質を出している工場は

訴えられますが、その頃はそういう発想が全くありませんでした。

昭和38年頃から健康被害というものが共通認識として出てきて、画期的な公害対策基本法ができたのが昭和42年。ここで初めて「公害」という言葉がこの世にあらわれました。公害という誰の目にも被害が明らかで、そして因果関係のはっきりしている現象だったからこれだけ早く社会が動いたのかもかもしれません。

その後の動きは、世界でもまれに見る環境対策の成功例として知られています。これは、社会制度と技術がうまく組み合わせられた例と言えます。排煙脱硫装置は海外の技術を日本で改良した準国産の技術ですが、その技術開発に成功して急速に普及しました。これによって大気中の二酸化硫黄の濃度が激減しました。

ただし、窒素酸化物濃度はいまだになかなか下がっていません。三元触媒という画期的な技術が開発されたのですが、窒素酸化物はいたるところから出るので対策は困難です。これも技術と制度がうまく組み合わせないと効果が生まれないという一つの例だと思います。

そして、この公害の登場によってエネルギーに対する価値観の転換が起こり「エネルギーはきれいに使わなければいけない」ということになったのです。

二番目のエネルギーに対する価値観の転換は、石油危機から生まれました。それまで石油という資源はタダ同然だったわけです。しかし、石油危機でその値段が10倍以上にはね上がりました。その価格高騰によって省エネルギーという発想が生まれたわけです。石油は大事に使わなければいけないというのが二つ目の価値観の転換だと思います。これによって、目を見張るようなエネルギー効率の改善が行われました。実際、経済成長をしているにもかかわらず石油消費量の伸びは止まっています。エネルギーに相当な価格がついたということで、産業部門はエネルギー消費を大きく減らすことに成功しましたが、家庭や運輸の領域ではほとんど減らしてきませんでした。

エネルギー価格はこのあとまた大きく下がりました。地球環境問題が広く取り上げられるまでの10年間は、またエネルギー消費量がぐんぐんと伸びた時代です。そして、電力・ガスといった質の高いエネルギーにシフトしてきました。電力産業の自由化などが議論され始めたというのもこの頃で、中休みというか、エ

エネルギーにとって平和な時代だったと思います。

そして、現代になってもう一つの価値観の転換が起り始めました。それが地球規模の気候変動・異常気象という問題です。二酸化炭素を含む温室効果ガスの大気中濃度が高くなってきて、これが地球の気候に大きな影響を及ぼすというわけです。

このことを昔から警告していた学者はいました。専門家は皆気がついていたはずですが、サミットなどで取り上げられ始めたのはごく最近です。そのきっかけについては、いろいろな説があるようですが、将来大変なことになりそうだという認識が共有されるようになってきました。

しかし、問題があることはわかっている、どうも因果関係がよくわからない。一人だけ頑張っても余り効果がないようだ。地球規模で頑張らなければいけないということで、先ほどの二酸化硫黄の排出削減とは大きく異なった特徴を持っています。

そうして出てきたのが京都議定書で、先進国の間で排出削減義務を持つということになりました。何よりも驚きであったのは、このような因果関係のはっきりしない事柄に対して世界規模で合意形成ができたということです。残念ながらその後、アメリカやカナダなどの国が抜けていっていますが、とにかく合意形成が一度できたということは、人間社会にとって非常に大きな出来事だったと思います。

京都メカニズムとバイオマス

では、どういう対策が今考えられているのか。その一つが、温室効果ガス排出量の国際移転を認める「京都メカニズム」で、排出量取引、クリーン開発メカニズム、共同実施という三つの手段が含まれています。これは、削減の容易なところでの削減を促進しようというものです。

排出量取引は、国ごとに温室効果ガスの最大排出量（キャップ）を決めて、その排出量そのものを他の国とやりとりします。キャップ・アンド・トレードと呼んでいますが、トレードですから二酸化炭素排出の権利がマーケットで取引されるわけで、その価格は大きく揺れ動く運命にあります。お金儲けを念頭に置いたシステムですから、地球環境にはそんなに大きく貢献しないのではないかと懸念されます。

クリーン開発メカニズムは、発展途上国に投資や技

術移転をしてその排出量を削減すれば、その投資した国が削減したと見なせるようにしようというものです。ベースライン・アンド・クレジットとも呼ばれていますが、ベースライン、つまり技術移転をする前にどれくらい出していたのか、どのくらい減ったかを計るのは非常に難しい。ようするに、技術を移転しなかった場合の仮想的な排出量がなければ削減量は計算できないわけです。中立的な第三者運営組織で削減量を認証することになっています。

面白い例を挙げましょう。インドの石炭は低品質なものが多く自然発火して火災を起こしている炭鉱が数多くあります。これが向こう1000年燃え続けるとすれば、ものすごい量の二酸化炭素が出るわけです。ですが、この火を消したらどのくらいの削減になるのかについては誰も確かなことはいえません。こういう話が山ほどあるわけです。

風力発電や太陽光発電についても同じようなことが言えます。風力発電で二酸化炭素がどのくらい減ったのかを評価しようとすると、発電するために使われたであろう化石燃料がどのくらい減ったのかを評価しなければなりません。もし原子力発電を置き換えたとすればほとんど減らない。また石炭を置き換えたとすれば大きな削減量が出てくるということになります。

この計算がなかなか難しい。また誰がこれを計算するのかという問題があり、そのための情報の共有化、情報公開が今後必要になってくると考えています。

この京都メカニズムは、こうした大きな問題を抱えているにもかかわらず、もう既にスタートしてしまっているのです。

別の対応策としては、注目を集めているバイオマスがあります。メソポタミア文明など、大昔には、木があるかどうかは文明の盛衰を左右しました。産業革命までは、木を主な燃料としてきて、これが石炭・石油に置き代わった。石油危機の後は名前を変えて「再生可能エネルギー」と呼ばれました。これはそのとき使っても、将来使う人の量が減らないという意味の“再生可能”で、地球環境問題が出てきてからは、これらを燃やしても二酸化炭素は増えないという意味で「カーボンニュートラル」という形容詞で呼ばれています。

しかし、バイオマスエネルギーの最も大きな問題は、食糧などの他のマーケットと関係が非常に強いということです。いろんな技術が使えるし、いろんなバイオ

マスがあるので、どう組み合わせるかということ自体も複雑なのですが、何よりも難しいのは食糧などこれまで平穩無事に運営されていたところに大きな影響を及ぼすことです。エネルギーの消費量は食糧に比べるとはるかに大きいからです。

今は、バイオマスをうまく利用するためにどのような社会制度をつくったらいいのか全く見当がつかない状況です。そういった中で、既に多くの人バイオマスエネルギー利用に動き始めているので、早急に対策を立てなければならぬと思われま

人の幸福とエネルギーを考える

そして、最後に注目されるのは、家庭におけるエネルギー消費をどうするかという問題です。家庭というのは非常に特殊な状況にあります。ようするに利益目的で動いていない。それぞれが幸せになるためにエネルギーとか物を使うわけで、そこでの省エネルギーをどう考えたらいいのかを議論しなければいけません。

家庭のエネルギー消費量は全体の14%と言われていますが、よくよく考えると、家庭生活を支えるために産業や輸送システムがあるとすれば、全てのエネルギー消費が家庭のエネルギー消費だと考えることもできます。つまり、家庭生活を見直すことが省エネルギーの根本であるわけです。

人間の幸せがいろいろな物や資源を使うことの出力として存在するとすれば、この幸せを大きくすることを考えないと省エネルギーを議論することはできません。しかし、幸せを学問、論文のテーマにするのは工学の分野では考えにくい。幸せを「効用」と呼ぶこともあります。やはり工学の分野では一番縁の遠い評価軸ではないかと思えます。でもこれを積極的に考えなければいけない時にきていると思えます。

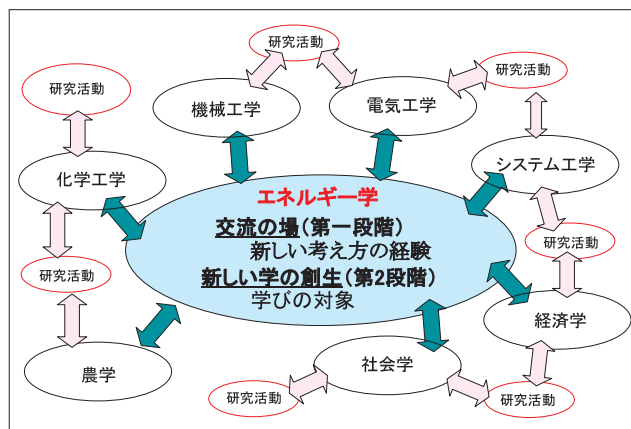
例えば、一日にテレビを見る時間と本を読む時間があわせて2時間あるとします。本を読めばエネルギーを使わない。テレビを見ればエネルギーを使う。では、その2時間をどう使うのか。その組合せを変えることによって省エネルギーをしながら幸せになることもできると考えられます。

この本とテレビのところには何を当てはめてもいいのですが、省エネしても必ずしも不幸せになるわけではないという考え方は重要です。そこにどのような技術が使えるかを提供するのはエンジニアの責任だと思

いますし、そのためのインフラとして例えばいい景色を残したり、心安らぐ公園を整備したりするのは国や地方自治体の責任だと思います。散歩は省エネルギーにつながります。

そして今、エネルギーの技術開発の中で人間の幸福まで考えるための学問をつくろうという動きが始まりつつあります。平成12年に日本学術会議で「エネルギー学」という分野の必要性が議論されました。そのキーワードは「総合的視点」です。俯瞰して初めて見えるものがある。それを見ようというわけです。このエネルギー学というのは従来の学問の一つとして並ぶのではなく、それらの交流の場として存在するものと思われま

図-4 従来の学問とエネルギー学



社会学、経済学、化学工学、機械学、電気学とかいろいろな学問分野があります。エネルギー学はこのようにいろいろな分野の人たちが互いに関連を持ちながら、総合的な視点を自ら育んでいくものです。学問としてはまだ姿すら見えていませんが、いろいろな専門家同士のコミュニケーションが大きな役割を担うと思います。エネルギー学という総合的な視点のもとに専門的な研究・教育活動ができるようになれば、日本も世界のリーダーシップをとれるのではないのでしょうか。