

「環境共生社会に向けて」

東京大学名誉教授
(財)地球環境産業技術研究機構
副理事長 茅 陽一

私はこの 3 月までエネルギー科学研究科の客員教授の他に「寄附講座教授」という役職についていた経験がございまして、実は、これは中部電力が名古屋大学に寄附をいたしました寄附講座の教授でした。その意味でちょっぴり私は寄附講座というものの感覚を味わっていたということになるかと思えます。そういった経験から申しますと、寄附講座というものはかなり自由度があって思いきった仕事ができる大変役に立つ分野だと思えます。正直申しまして普通の講座の場合ですと、学内のいろいろな業務をしなければならず、そのため自分の研究の時間が少ないというケースが多いのですが、寄附講座の教授というのはあまりそういう事はありません。従いまして寄附講座の先生になられた方というのは、助教授、助手を含めまして研究に専念ができる大変いいポストではないかというふうに私は感じております。その意味でもこの講座に所属されて研究に従事されている方々にお祝いを申し上げたいと思えます。

さて、私の講演の題は、「環境共生社会に向けて」ということになっております。これは多少大きすぎる題ではないかと私自身思っております。さきほど西川先生から「豊かさとは」ということでお話があり、その中でも環境との共生という側面をいかにもシステム研究者らしい形での総合的な見方でのお話がありました。私の今日の話というのはそういう内容ではなく、むしろ私なりに今後の 21 世紀社会を見たときにはこういう形のものが必要ではないかというイメージについて、お話をしたいと考えております。内容といたしましては、講演資料にあるように、最初に社会のイメージについていくつかの議論がございまして、その議論をご紹介しながら、私なりの見方を申し上げたいと思えます。そして、時間の許す範囲で、その中で特にコアとなるようなツール、私の場合では自分の専門ということでどうしてもエネルギーということになると思うのですが、そういうものについて触れてみたいと思えます。後で若干ではございますが OHP を使いますが、基本的には資料にある筋書きで話をさせていただきます。

この環境共生という話と非常によく似た議論として従来からございましては、持続可能な社会、あるいは持続的発展という議論でございまして、この辺から始めさせていただきたいと思えます。まず最初に申し上げたいのですが、実は持続的発展、sustainable development という議論と持続可能な社会、sustainable society という議論が、時々かなり混同して使われております。それはどういうところに差があって、その両方を融合したようなイメージとは何なのだろうかということをもっと申し上げたいのです。

この sustainable development , 持続可能な発展、という議論はかなり前からあります。特にこれが一つの言葉として有名になったのは、1987 年にノルウェーの首相を長く務められた Brundland さんが委員長である Brundland commission の報告、つまり国連の環境と開発特別委員会の報告が出てからであります。この報告「Our Common Future 」という題ですが、これが持続可能な発展というコンセプトをその中心に掲げて出たために、その後この議論というのは国連の中の環境問題の議論では必ず中心的な課題として取り上げられるようになりました。現在もこの sustainable development に関する committee がございまして、これが国連の中で活動しております。そのため現在でも sustainable という言葉はだいたいこの sustainable development という形で議論される場合が極めて多いわけです。

このコンセプトは、ある意味では非常に単純な話でして、環境保全と我々の経済発展とは両立できる、むしろ環境保全は経済発展というものを図ってこそ始めて可能であるという、環境保全と経済発展の両立性というものをうたっているというものでございます。つまり、考え方といたしましては、経済発展をすれば環境を保全するだけの資金的な余裕も生まれる、その意味でやはり経済的な発展というのは環境保全に必要なのだという考え方が根底にあるわけです。

これは大変よく分かる考えのように聞こえますが、実はこのコンセプトのベースは何かと申しますと、発展途上国に対する考え方として提案されたものなのです。つまり、発展途上国の場合には貧困に。喘ぐ人々が非常に多い。環境という言葉は往々にして「地球環境」というふうに取りられますが、この国連の委員の中での環境保全というのはむしろ彼らの生活環境を改善するという側面が非常に強かったわけです。その意味で言えば、確かに資金的なものが与えられれば、それによって環境の保全が図られるというコンセプトが非常によく分かるのであります。

例を挙げますと、たまたま私数年前にコロンビアのボゴタに参りましたが、ここはご承知のように千数百メートルの高地にあって、大変気候のいいところであります。しかし行ってびっくりしたのは、町の中に川が流れているのですが、近くにいると川のおいが鼻についてとても耐えられない。なぜかと現地の住民に聞きますと、要するに自分たちの下水が完備されていないので、汚水がすべて川に流れ込んでしまうというわけなのです。従いまして、町の真ん中を流れている川が、大変臭くなってしまったのです。

これはひどい話だと思っていたのですが、もっとショックを受けたのは、その川の下流に滝がありまして、その滝が大変見事なもので有名であり観光の名所となっていて、以前はその周辺にいろいろな観光施設もあったそうですが、滝が臭くなってしまったので、客も来なくなり観光地では無くなったという大変惨めなことがあったそうです。これなどをみますと、まさに環境保全というのはお金があれば可能なものであるという気がいたします。

そういった意味では Brundland commission の考え方というのもよく分かるのですが、

これが果たして先進国に通用するのかということは、一つの疑問として当然出てきます。つまり、我々は現在かなり環境保全に努力をしてまいりましたけれども、今後の環境保全に経済発展が発展途上国のような意味が必要であるかということについては、いろいろと議論する人が多く、むしろ反対意見が多くみられます。

現在、通産省は「3E」というコンセプトを自分たちの基本の考え方として出しております。この3Eという議論を審議いたしました合同審議会というものが数年前にあったのですが、実は私はその時にたまたま企画委員長をいたしまして、そういう意味では私にもこのコンセプトに多少責任があるのかも知れません。この考え方は、エネルギーの安定な供給と経済の発展、そして環境の保全、Energy, Economy Environment, この3つの共存というのが今後の国の臨むべき姿であるという、やや sustainable development と同じ考え方を主張しているのであります。

これは現在もまったく変わっておらず、いわば通産省の掲げている基本路線と考えられます。これは先ほども申しました、Brundland commission の sustainable development のコンセプトにつながるわけです。ただし、Brundland commission の場合は主として発展途上国を意識したものであるのに対して、通産省の「3E」というのは日本、つまり先進国であるという点が違っているわけです。

電力中央研究所が数年前から、「トリレンマ」というコンセプトを打ち出しまして、これをいかに解決するかが現代の課題であるということを含んにうたっております。これは今言った3つのEが相互に絡み合っている、しかしこの絡み合いをうまく処理をして3つの共存を図ることが重要であるということで、これも考え方の基本は通産省の「3E」の議論と変わらないわけです。

この2つを、つまり前の Brundland commission の話と通産省、あるいは電中研のトリレンマの話をもとに眺めてみますと、非常に似たコンセプトに見えますが、果たして同じ議論が両方に適応できるかということになると、ちょっと気になってくる。なぜかといいますと、発展途上国での環境問題といった場合、いわばそのローカルな環境というのが前提にあります。それに対して通産省の「3E」というのは、ここで言う Environment というのはむしろグローバルな環境、例えば温暖化といったものが念頭にあるわけですし、意味が本当は違うのです。それが、何かいっしょの形で議論されやすい、これを少し切り分けて議論しなければならないのではないかと。それが、私がこのような問題に対してまず持った疑問でございます。

さてそこで、こういった問題に対してかなり近いコンセプトとして、人間社会が今後物理的に持続可能であるためにはどういった条件が必要かという議論があります。つまり、我々は物理的な容量が限定されているこの地球の上で文明を築いて発展を続けていますが、いつまでも続けられるのであろうかということです。この持続可能性について有名な議論は私は2つあると思います。最初は(図1)にありますように Herman Daly の法則として、ご承知の方も多いと思います。もう一つは先ほどの Brundland commission と通産

の「3E」のコンセプトのギャップを埋めるような話として、これも古いのですがローマクラブの成長の限界での提案というものがございます。

これらについてちょっと述べてみたいと思うのですが、まず Daly の 3 原則についてですが、これは非常に簡単でして我々の文明が今後持続可能であるために少なくともここにあるような物理的条件は満たすべきだという、物理的な面での持続可能状態であります。詳しく説明する必要はないかもしれませんが、例えば、一番上にあるのは森林が保全できる条件であると思っただけならば結構ですし、2 番目は化石燃料の問題、3 番目はフロンあるいは CO2 といったものが大気中で増加している問題であるとお考えいただければすぐお分かりになるかと思えます。

しかし、この原則は今明らかに成り立ってはいないわけです。したがって、この条件をいかに回復するかが、まさに持続可能な社会を作るとい問題になるわけです。これはわれわれ自身誰でもわかることなのですが、今壊れているという状況からどうやって回復するのかということについては、この条件は何も言っていない。従って、今後を考える場合は、じゃあどうするのかという議論が必要なのです。その議論を含めたのが、ローマクラブの成長の限界であります。実は、これは今から 26 年前に発表されたものですが、逆に言うと Daly の条件というものをむしろ膨らませたものであるということができると思われます。(図 2) は地球のエネルギー、資源、環境、土地といった地球の有限の資源と、我々の人口、さらには経済といった発展をしていくものがどのような形でぶつかり合うかということ、コンピュータモデルとして議論をしたというものであります。そしてその結果として出てきたことを要約いたしますと、(図 3) にあるようにこのままでは我々は資源を食い尽くすか、環境を犯し尽くすか、土地をすべて使いきってしまうか、とにかく何らかの形で破局に到達する。そして真ん中に人口という曲線がありますが、途中で人口が下がってきています。実は図中の D が死亡率で、B が出生率なのですが、出生率を死亡率が上回る、いわゆるデスソリューションという形で人間が減るとい破局を示したわけです。

そこでこういう条件を解決するにはどうしたらいいかということで、(図 4) に示しますように天然資源が無制限であるという場合のソリューションを提示しました。また(図 5) のような安定化のモデルも提案されました。これは何かといいますと、1 人あたり食糧、1 人あたり工業生産というものがフラットになるというものです。人口もそうです。つまり我々の人口、および経済の成長を 0 にすることが唯一の答えであると彼らは主張し、いわゆる「ゼロ成長論」というのがこのローマクラブの成長の限界の一番のポイントであったわけでありす。ですから、これは先ほど申し上げました、Brundland commission の sustainable development というコンセプトとも、通産省の「3E」のコンセプトとも違うものであります。つまり経済の発展は 0 に抑えることによって、環境の保全、資源の保全を成し遂げようというコンセプトになっているのであります。この考え方については、今から 26 年前(1972 年)の当時に大変な議論になったわけです。

もちろんこれに賛成する議論というものもたくさんありました。当然の事ながら我々の地球の物理的な容量の有限性があり人口と経済が発展を続ければ、どこかでぶつかるというのは誰でも分かることですが、このことを明確な形で指摘したということは当時の人々にショックを与えたのであります。そういう意味でこの報告を評価する声が非常に多くありました。

しかし 同時にゼロ成長ということについては、相当強い反発が各方面からあがりました。これには 2 通りの反発がありまして、1 つは先進国はともかく、発展途上国はそういうことではついていけない、彼らはまだまだ満たされていないのだから今から成長が 0 というコンセプトは当然受け入れられるというものではない。したがって、このコンセプトは先進国にオリентした議論であるという反論です。

もう 1 つは、成長が 0 であるということは、我々自身として受け入れにくい。つまり、人間は発展するものだ、人間は過去から例えばマルサスの「人口論」以来、有限という議論はあったけれども、すべて技術で乗り越えてきたではないか。したがって、人間の発展の意欲を無視した議論は受け入れられないという反論です。この意見は、亡くなった未来科学者ハーマン・カーンがその筆頭でありました。

私自身は、この議論をずっと横目で眺めてきたのですが、この反論そのものもそれからローマクラブの言い出したゼロ成長というようなものでなければ答えでないという議論も、両方にそれなりの重要なポイントがあるような気がしていたわけでありまして。物理的にもある程度限界があれば当然成長は抑えなければならない、しかし同時に人間は果たしてゼロ成長ということが可能であろうか。例えば、経済成長が 0 になってしまう状況というのは、一般的に言いますと、社会がいわば凍結した、そういう感覚を意味しがちです。そうしますと、我々自身としてはなんとなく生きがいを感じ得ないのではないかと思います。

かつて私が小さいころ、岡本かの子さんの『東海道五十三次』というエッセイを読まされたことがあります。これは小学校の教科書にも載っていたので、覚えておられる方も多いと思います。その中で私が特に印象が残っているのは、なぜ皆が京都に行くのか、それは京都に行くという共通の目的意識があるからだ、というくだりです。つまり目的意識があれば、人間は多少つらいことがあっても乗り越えることができるという話でした。

これと同じことで、人間は発展するのだという日標があればやれるのですけれども、もう今後発展しないのだということになるとやはり気が参ってしまうのではないか、少なくともそのようなコンセプトは受け入れがたいというのが、おそらくゼロ成長論に対する反論の 1 つのポイントであったと思います。私もそういう気持ちがあったので、ゼロ成長論そのものについてはかなり受け入れがたい感覚がありました。

しかし、ゼロ成長でないとする、つまりプラスの成長であるとすればわれわれ自身としてモノの消費が増え、やはりローマクラブの言う限界に達してしまうのではないか、そうすると答えが無いではないかということになってしまいます。最近私は、この問題、先ほどの Brundland commission の問題に関連してつくづく思いますのは、答えはあるの

ではないかということなのです。実は我々は経済成長というものをなんとなくモノの成長と常に同一視して考えがちです。いやそんな事はない、経済成長とモノの成長とは違うではないか、我々は実際に経済が成長してもモノの成長が鈍化するということをいくらかでも経験している、そういう議論はあるのです。それはあるのですが、従来からのいろいろな議論というものをよく読んでいますと、経済が成長してもモノの成長がそれより遅い場合には、必ず片方が増えればもう片方も増えるということを暗黙に仮定しているケースが多いのです。

ここにはエネルギー関係の方が多いと思いますのでよくご存知のこととは思いますが、例えばエネルギーの所得弾性値という概念があります。これはごく単純に言いますと、エネルギーの消費が所得が上がるにつれて増える場合に、所得が増えたときに、どれだけエネルギーの消費が増えるかを示す指標です。弾性値という概念は、本来エネルギーの消費を所得の 乗と考えて、その を弾性値と呼んだことから来ているのであります。

この考え方は、よく考えてみますと、ネガティブな弾性値というものが無い、つまり常にプラスであるということが弾性値という考え方の基本にあるわけです。ですから、小さいとか大きいという議論はありますが、経済があるいは所得が増えれば必ず需要は増える、エネルギーの消費は増えるというコンセプトが暗黙の前提としてあるわけです。

ところが、この弾性値という概念、これは日本ではかなり使う人が多いのですが、世界的に見ますとずいぶん使い方が減ってきています。つまり、こういつコンセプトを使っている限りは、モノの成長と経済の成長は、やはり何らかの意味で比例的であるということなのです。確かに過去から現在までのエネルギーのデータを調べてみますと、発展途上国の場合には経済が発展いたしますとエネルギーの消費はむしろ経済以上に増えているケースが多い。韓国程度の国でも経済成長よりもエネルギー消費の伸びが上回っているケースが多いのです。

ところが、よくよくデータを見てみると、そうでなければならぬという理屈はないのです。日本を含めた先進諸国を見ますと、過去においては確かに経済の成長よりもエネルギー消費の伸びが高いという時代があったのですが、ある段階から逆転していただきたい年率 1% ぐらいの差があるのです。これは非常に面白いのですけれども、先進国ではほぼ共通に見られる現象なのです。これをエネルギーに関する研究者はしばしば、「自律的な省エネルギー」と呼んでいます。これは、われわれ自身がエネルギー技術を発展させているいろいろなものの効率を上げている、例えば発電効率というものはうんと上がっているのですけれども、こういった工学的な意味での効率化と、産業構造が次第に重いものから軽いものに動くという先進社会特有の現象という 2 つの相乗効果として出てくるのであります。ですからこの 1% の差というものは、先進国に見られるというのは当然でまた今後も基本的には続いていはいはずの値であるのです。

とすれば、この 1% という数字をそのままエネルギーと経済の関係に当てはめると、経済成長率が 1% 前後であった場合には、エネルギーの消費がそれ以上伸びないというこ

とも当然あっていいわけです。

それでは、そういう事実はなかったのかということで調べてみますと、実は国全体としてはそういう事実は明確には出ておりません。ですが、経済が発展してかつエネルギー需要が減った例というのは例えば日本の産業がいい例なのです。日本の産業というのは、1973年からエネルギー消費というのは大幅に減ったのです。そしてやっと1990年代になって、1973年のオイルショック当時の水準に戻ってきている。経済が発展したにもかかわらずエネルギー需要は減るということを、現実に行った分野であるわけです。

それは産業だからではないか、国全体、社会全体ではできないのではないかという議論がありますが、私自身は先ほど申しましたように世界のどの先進国にも見られるような1%のギャップということと、日本の産業の経験というものの中身を考えますと、今後はある程度の低成長であればエネルギー消費、あるいはこれは資源にもあてはまるのですけれども、ゼロ成長あるいはそれ以下ということも十分成り立ちうると考えています。加えて、先進国はやがて人口が停滞ないしは減少に向かう国はかなり多く、特に日本はその典型です。そういった状況で高い成長が必要であるということは考えにくい。現在日本政府は、2%成長ということを経後の望ましい成長として掲げていますが、思い出していただくといいのですが、1990年頃は6%というのが政府の出した数字だったのです。そのぐらい経済成長というイメージは変わってきているのであります。したがって私は、今後の我々の努力、少なくとも技術に対する努力さえあれば経済はある程度緩やかであるけれども発展する。しかしエネルギーも資源もそれに対してはあまり追従しない場合によってはむしろ減るという状況がありうると考えています。

そういう意味で、持続可能な発展という Brundland commission のイメージというのは、このような考え方をとるならば、先ほどのローマクラブの成長の限界の議論とも矛盾しなくなるというわけで、そういった形の社会を我々としては考えていくべきであろうと思います。

ところが、私はたまたま1%が過去の数字であったので、低いほうに全体をスライドすれば経済のプラスの成長と資源・エネルギーのゼロないしマイナス成長が共存すると申し上げたのですけれども、放っておいてそうなるのかということこれはかなり疑問です。最近の日本の状況を見れば皆さん良くお分かりと思うのですが、経済が停滞しつつあってもエネルギー消費は依然増加しております。やはり将来を考えていった場合、我々はエネルギー需要についても、資源消費量についても経済成長と1%以上のギャップを作りたい、そういう努力をして始めて我々は物理的な sustainability の条件を満たせるようになるわけです。

それでは、どうすればいいのか。そういった社会のイメージというのはいくつかあります。おそらく最近日本で1番有名なのは例の「Zero Emission Society」という議論であると思います。これは国連大学の客員でありますギュンター・パウリが最初に提唱したものですけれども、我々の社会における廃棄物をゼロにしようというコンセプトでいろいろ

るなところで現在使われています。

ゼロエミッションという言葉は、実は私は好きではなくて、というのは現実にはありえないのですから、むしろ「ミニマムエミッション」というふうにするべきであったと思っております。ただ日本人のコンセプトとして考えますとミニマムという英語よりはゼロという日本語のほうがいいということで、ゼロエミッションがむしろ受けたのではないかと思っております。

このコンセプトというのはどこにポイントがあるのかといえますと、要するに産業にしてもあるいは我々の生活にしても、それを単体として考えるのではなく連携して考えるということにあるのです。例えば、ある産業で廃棄した廃棄物を廃棄物と考えないでそれを他では原料として使う。例えば、石炭灰をいろいろな建材に利用するなど、できるだけ廃棄物を出さないで、企業間あるいは民生との連携で廃棄物を減らそうというコンセプトがあるわけです。

このコンセプトに似た考え方がいろいろなところに見られます。よく言われるのが中世の日本、江戸に代表される社会というのは、まさにゼロエミッションに近い社会ではないかという議論です。なぜかといえますと、結局江戸の社会というのは非常に停滞した社会だったからです。廃棄物のほとんどが生活廃棄物であり、それらは全部農村に持って帰られて肥料として使われた。そして農村で生産された農産物が代わりに江戸へ持ち込まれ、江戸でそれを消費するという形でぐるぐる回っていた。この江戸の農業システムに代表されるようなゼロエミッションソサイアティーを今後の社会として構築すべきだという議論が出ているわけです。

これは大変示唆に富んだ話なのですが、難しいのはここで言う江戸時代の社会と現代の社会とが大幅に食い違っていることです。江戸時代には農業というものは非常に人きな比重を占めていたし、それ以外の産業というものはほとんど無かった。その段階では、産業廃棄物というものは無かったし、生活廃棄物もほとんどは有機性のものであった。このような時代では、廃棄物処理を農村で行うということが可能であった。

ところが、現代の社会ではきわめて大きな製造業という分野があって、そこが大量の廃棄物を作っている。現在はそれだけではなく、いろいろな土砂の廃棄物その他などを含めると年間3億トンから4億トンの産業廃棄物が排出されている。ですから、これは江戸時代とはまったく比較にならない。また生活も江戸時代とは比較にならないほど豊かになったために、非有機性の廃棄物が非常に多い。このような状況では、江戸時代と同じことは繰り返せないことが誰でもわかるわけです。それでは、これをどのような形でゼロエミッションに近づけたらよいか、ということは今いろいろな議論がなされていて、例えば大阪大学の盛岡教授は、それをいろいろな産業の連携でいかに実現するかを検討されております。産業間の連携をするというのが、ゼロエミッション実現の1つの大きなポイントになっております。つまり、ある産業と他の産業とが連携して、両方で1番エミッションが少なくなるように物を作り物を捨てるにはどうしたらよいか、ということを考えるので

す。その場合、ある産業から出てきた廃棄物に対しては「廃棄物」という言葉を使わないで、「地上資源」というのだそうです。つまり、すべてを資源と考えるというコンセプトが今後は望ましいのだという議論がされているようです。そこまでうまく行くのか。私は正直申しまして、その議論というのは少しやりすぎといえますか、無理が多すぎるという感じがいたします。ただ今後を考えた場合「連携」という議論が非常に大きなポイントになるということは事実であると考えます。

つまり、今までは企業にしても工場にしても、あるいはそれぞれの個人の生活にしてもその中で一応完結させて、いらぬものは捨てるという形であった。今後はそれをできるだけやめて、連携をして減らそうということであります。例えば従来企業間の連携は生産で連携してコンビナートができていたというものを、今後はむしろ生産だけではなくて、物を捨てるという段階を含めて考えようということなのです。

アメリカで大変議論されている「Industrial Ecology」というコンセプトもまさにこれに通ずるわけで、今後の社会を考えた場合少しでも廃棄物を減らし、それに応じてエネルギーと資源の消費を減らそうという目標に対して重要となるのは、やはりそういった“連携”ではないかという感じがいたします。

しかし、それでどこまで行けるかについては、なかなか難しい点がありまして簡単に答えは出ないと思いますが、私はエネルギー関係のことをやっているということもありまして、エネルギーという面でもこういった連携が非常に重要だということをお話したいと思えます。

今後を考えた場合、エネルギーを考えた企業間連携、あるいは企業と需要側との連携というのが非常に重要になるかと思えます。資料の 2 番目の「環境共生社会のツール」というのが書いてありますが、そのツール 1 にあるのがまさにそれでありまして、これはエネルギー関係者の方々はどこまでもよくご存知の発電におけるカスケード化であります。

電力の発電効率は平均で言いますと約 40%弱という数字が出ておりますけれども、これを上げる

ための方策として 1 番よく言われるのは、このカスケード化であると思えます。(図 6) に示す「Combined Cycle」については今更申し上げることはないと思いますが、かなりの勢いで進んでおります。最近のアメリカの発電関係の統計を調べてみましたところ全世界において今後 2004 年までに運転が開始される予定の発電所のうち、約 20 数%が天然ガスを燃料としておりまして、そしてそのほとんどが「Combined Cycle」になっているのです。つまり、今後の資源枯渇を考えますと天然ガスを利用する場合、電力に関してはほとんどが「Combined Cycle」化すると見た方がよさそうだということで、私はついそこまで来たのかとつくづく感心いたしました。

これはやはり、その方が圧倒的に効率がいいということであるからだと思いますが、例えば現在の東京電力の新横浜のコンバインドサイクル、ACC (Advanced Combined Cycle) と呼んでおりますけれども、これは効率 47%の設計基準で実際は 49%を記録した

とっておりますし、現在計画中の日本の他の電力のプラントは、2004年の運転開始のもので、発電対蒸気効率は53%が可能であるとされています。したがってコンバインドサイクルは従来の発電方式に比べ、2,3割も発電効率がいいわけですから、そちらのほうに傾斜するのが自然であると思われます。

また、リパワリングという話も、一部ではかなり議論が進んでおりまして、これはコンバインドサイクルと基本的には同じなのですけれども、要するに天然ガスのガスタービンをそれぞれの従来の発電プラントの頭に乗っけるという形でスーパーごみ発電はそのよい例であります。

こういう技術が、どこまで本当に有効かということについてはまだいろいろ議論の余地がありますけれども、少なくともカスケード化によってエネルギー効率を上げようという動きが、発電面では一番大きいということは間違いありません。

では他には無いのかといいますと、実はあと2つほどありまして、1つは産業間の連携です。先ほども言いましたように、コンビナートでもエネルギーを考えたコンビナートもあっていい。つまり、エネルギーでもいろいろな利用の仕方があるのですから、ある企業と他の企業が連携してお互いにグレードの違うエネルギーを融通し合えばカスケードが推進される。これがいわゆる「ヒートコンビナート」というコンセプトで、まだ残念ながら実際に実現したところはありませんがそういう検討はいろいろなところで行われております。実は、最初に申し上げました、私が客員教授を勤めておりました名古屋大学の寄附講座ではこういった検討をかなりいたしておりましたので、もし御興味がある方は学会論文でもご覧になられてはと思っております。

もう一つは、これは現実にかかなり一般化しております産業と民生の連携でございます。非常によく知られているものでは、ドイツの産業排熱利用の例(図7)がありまして、発電所(石炭火力)から製鉄所、その他のいくつかの産業が連携して廃熱を供給して、それを住宅地、およびオフィス

に供給しているという例です。これはかなり大規模な例でして、デュッセルドルフの北、デュイスブルグというライン川の有名な港脚で行われています。こういった産業排熱を民生にまわすというシステムはドイツに限らずヨーロッパでは非常に多いわけです。

こういった考え方を日本でもやろうという動きはいくつでもありまして、現在行われている例としては日立の町の例です。もう少し一般的にやろうという例が神戸で計画として出ています。これは、新たに建設されつつある石灰火力の廃熱と、神戸市の新設のごみ処理場の廃熱をできれば蒸気でもらって、それを東部新都心と呼ばれる地域に供給して、暖房だけではなく冷房も行おうというコンセプトであります。これは計画としてはできているのですけれども、残念ながら現時点ではこれをサポートするだけの資金がどこから出ることが決まっておられません。したがって本当に行われるかどうかは分からないのですけれども、そういった形で産業の廃熱、つまり産業の場合は150度以下の熱を利用するというプロセスは比較的少ないわけですから、民生用にそれを利用できるようにすることは非常に

交率が良く、様々な試みがなされているわけです。

こういった「カスケーディング」というのがやはり今後の一つのポイントで、その意味で連携というのは今後の共生型の社会では非常に重要なツールになるのではないかと思います。

次に、未利用エネルギーの面で言えば、これは言うまでもなくいかに自然のエネルギーをうまく使うかという話で、例えば(図 8)に示す環境共生住宅という建設省のコンセプトの絵です。これは、もうすでにいろいろなところでやっております。次の(図 9)は北海道大学のじ実験施設でございます、落藤教授がやっておられるのですが、これは札幌の地下をエネルギー源として熱供給をしようというコンセプトであります。ご承知のように札幌のような北のところでも、地下というのは 10m ぐらい掘りますと、年間平均約 10 度ぐらいの温度で一定であり、夏は冷熱源、冬は温熱源になるわけです。こういったシステムというのは、ヨーロッパではすでにかなりありますし、アメリカでも数多く作られております。我々はエネルギーを減らしていくのにこのように周りのエネルギーをうまく使っていくということも重要であります。

今申し上げた 2 つの例は、両方ともエネルギーの例なのですが、当然資源面でも言える事です。資源面では、先ほど申しましたように、カスケーディングが非常に重要なポイントなのですが、他に inverse manufacturing (逆工場) というコンセプトがあります。これは、資源をいかにうまくリサイクルして利用するかというコンセプトです。例えば図 10 は、通産省の研究所である工技院が考えた「エコファクトリー」というコンセプトの絵ですが、最近はこのコンセプトを具体化しようといろいろな事が行われているというのはご承知のとおりです。

つまり inverse manufacturing というのは、実際の製品を分解して元の材料に戻すということが、いかにうまくできるか、これを順方向、つまり図の左から右に行く段階で、うまく設計の中に組み込んでいこうというコンセプトで、統合的に見てこのように物をぐるぐる回して使おうという動きは、これに限らず世界中でずいぶん多く現れています。

その他、いろいろなツールがありえるかとは思いますが、私はいずれにしても先ほど申し上げたような、経済の発展とエネルギー資源の消費とを切り離す一つの大きなポイントは、やはりそれぞれの社会のパートとパートの間の連携というのが第 1 で、第 2 としては、ここにあるように、できるだけぐるぐる物を回して使うというコンセプトがあらゆるところで出てくるということだと考えています。

ただ、これらは全て技術的な問題なのですが、こういう議論をするにつれて必ず思うことは、技術だけでものは解決できないという話です。これは誰でもお考えのことでしょうが、例えばリサイクル 1 つにいたしましても、実際に物を使うのは個々の人間でありますので、それを廃棄して、また外に出して、回収のラインに乗せるまでにやはりその人たちの協力が無いとできない。その意味では、社会の協力が前提に無い限りはやはり

リサイクルはどのような場合でもうまく行かないのであります。

それゆえになかなかリサイクルが進まないのですけれども、それに対して最近よく言われるコンセプトとしては、レンタル社会という議論です。つまり、物をみんなが持つという形はやめてできるだけレンタルにしよう、そういう形にすれば企業がその回収に責任を持つから、現在よりはるかにリサイクルが容易になるという議論です。

私も、この議論には賛成なのですけれども、そのコンセプトを実現するためにも、人々が今の生活に対する考え方を少し改めなければなりません。そして将来私たちの社会が資源・エネルギー・環境という面で一層制約が強くなってきたときに、その問題を克服するためには、現在の我々も協力しなければならないという姿勢が必要であると思います。そういう意味では、当たり前なことなのですが、今後の 21 世紀の社会を考える上で、そういった「社会の協力」が「技術の発展」と並列して進んでいくことが前提条件ではないかと思えます。ちょうど時間が参りましたのでこれで話を終わらせていただきたいと思います。(会場拍手)