

生研公開講演

地球環境問題から見た製造業

—ライフサイクルアセスメントから人類生存問題へ—

Future Issues in Manufacturing Industries from the View Point of Global Scale Environmental Problems

—Life Cycle Assessment, Human Survival Problems—

安 井 至*

Itaru YASUI

本日は「地球環境問題から見た製造業—ライフサイクルアセスメントから人類生存問題へ」ということで講演させていただきます。

製造業の関係者ですと、為替の問題、円高問題等々で、かなりロングレンジな問題である地球環境の問題はあまり念頭に置いておられないかもしれませんが、将来こういうものが製造業の行き先を決めてしまうという認識からの発表をさせていただきたいと思えます。

本日の内容ですが、地球環境問題の今後について、どういう見方をするかという問題、それから先ほどご紹介ありました、いま私どもがやっております重点領域研究、人間地球系のご紹介を少しさせていただきます、あとは、最近話題となっておりますライフサイクルアセスメントのお話をさせていただきます。そして今日の結論となるかと思いますが、「製造業も持続可能」、そういうキーワードで今後やっていかなければいけないだろう、そういうことを主張させていただこうと思っております。

まず、そのバウンダリーコンディションとなります地球環境問題のことから説明いたしますが、こんなものは常識であるとおっしゃっていただければ、大変私としては幸いです。

ご存じのように地球環境問題というのは、1992年の地球環境サミット等で、大体この9種の問題があるという共通の認識に至っているわけです(図1参照)。地球温暖化等々、個々の問題はほとんど説明の要がないぐらい有名なものでございますので、今回は省かせていただきます。

これらの地球環境問題というのが、個々に大変問題になっている。しかしこれをどのように理解し、どのように解釈していくかというのは、いささか人によって異なる問題です。

その原因は、人間活動の規模が非常に大きくなってしまって、そして地球の環境容量とよべるある種の限界を越

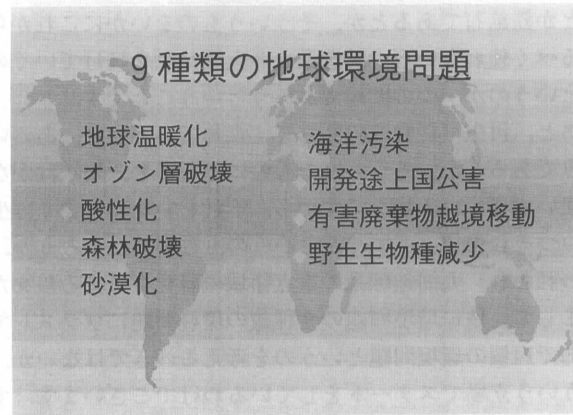


図 1

した、それ以上の規模で人間活動が行われているということが明らかにその原因でございます。地球環境問題に加害者、被害者はあるか? こういう考え方は、昔は公害問題ではあったわけですが、そういう考え方をすれば、加害者といえるのは人間活動であろう。それで、だれが被害を被っているかということ、地球環境問題ですから、地球というのが被害を被っているかを一見思われるのですが、地球の環境というのは、地球が生まれた時である46億年前あたりから考えますと大幅に変わっておりまして、それに比べますと現在の変化は大した問題ではなくて、本当の被害者は、人類を含む地球上の生態系であろうということになるかと思えます。

結局、人間活動によって人類が自分たちの首をしめているという問題であると解釈すべきであろうであろう。これが共通認識だと思います。

先ほど9種類の地球環境問題を提示いたしましたけれども、もしも人類が被害者であって、その人類が地球環境問題で将来生存が危うくなっていくというような形で被害を受けているとしたら、先ほどの9種類だけでは、おそらく地球環境問題は語れないだろう。すなわち、人類の生存という見方が重要となります。人類というのは生物でござい

*東京大学生産技術研究所 第4部

ますから、生物というのは食糧があって、きれいな水ときれいな大気があって、あと、温度をある程度保つことができれば、生存が可能です。そのうちの食糧に関して、重大な危機がくるのではなかろうかと予測しております。

もう一つ重要なことが、人類がいろいろ作り出している毒物関係でございまして、たとえばダイオキシン等の毒物によって、人類の遺伝子にある種の損傷が与えられて、それが継代的に次々と次の世代へ送られていくことが万一起こりますと、これは人類の滅亡につながるかもしれない、このような考え方をすべきではないか、ということです。

それからさらに人間活動が地球の容量を超えている、そういう考え方からは資源問題も大変重要な一つの要素であると思われる。特に地球上にあります資源、石油であるとか鉄鉱石であるとか、そういうものをいかにこれらなるべく使わない形で製造業なり人間活動を続けていくのかというのが一つの問題であろうということです。

あと、再生可能資源であります森林であるとか、あるいは魚であるとか、そういったものに関しても、現状はかなり使いすぎている状況ですから、それをいかにうまく再生しつつそれを使っていくかということも重要でなかろうか。

われわれ、人間地球系の重点領域の研究を考えるにあたりまして、地球環境問題の9種類の環境問題にプラスして全部で14個の環境問題というのを考えるべきではないか。そういう立場でスタートをしているわけでございます。すなわち、地球環境問題を人類生存問題としてとらえなおすということです。その重点領域人間地球系の正式名称は「人間生存のための地球本位型社会の実現手法」です。

この研究、いまちょうど真ん中、折り返し点に到達したところでして、かなり多数の日本の大学のご参加をいただいて、こういう観点からの研究を進めよう、こういうことになっておるわけです。成果はそのうちなんらかの形で、とくに一般の方におわかりにいただけるような形で、わかりやすい形で提示させていただいていただきたいと思う次第です。

地球環境問題をこのような人類生存問題としてとらえるというのは、実はこれだけが環境問題の本質ではないというのを申し上げておかないとなりません。他に環境の研究をやっておられる方が大変多くおられまして、こういうとらえ方というのは、どちらかというと工学屋にとっては非常にわかりやすいのですが、理学系の先生にとってはあまりお好みでないということがありまして、これだけが環境問題であるというふうにお考えいただいても、若干困る部分があります。

それでは、具体的に人間地球系という重点領域研究で何をいまやっているかということをご説明しますと(図2参照)、班の構成が、大体大きく分けて3つからなっております。それぞれいくつかの計画班と称する人たちが研究を

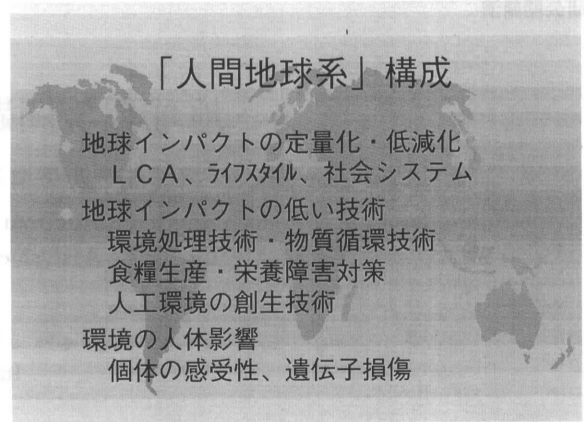


図2

進めておるわけですが、まず人間と地球とのインターアクションを、人間活動が地球にインパクトというものを与える、そういう見方でとらえられております。インパクトというのはいろいろな意味がありまして、たとえば資源を採取することもインパクトであろうし、また環境にある種の負荷をかける、要するにいろんなものを垂れ流す、排気する、という形でインパクトをかける。そういうものを総称して「地球インパクト」と称しておりますが、それをまず定量化し、いかにしたら低減できるか、こういうものを考えていこうということをやっているグループがあります。具体的には、本日の主題のひとつライフサイクルアセスメント。それからライフスタイル、このあたりがなかなか難しいところですが、人間の生活との社会制度を変えなければいけないかどうかという問題。個人の生活を、今の快適な生活から少しグレードを下げるべきかどうかという問題、それから、社会システムとしても、より地球インパクトを低くするような方向への変貌を提案していかなければいけないのではないか、そういうようなグループです。

2番目が、地球インパクトの低い技術をつくらうではないか。とは言えなんでもかんでもここでやるわけにはいきませんので、ここで主としてやっているのは、環境処理技術が主です。日本の環境処理技術は非常に精緻なレベルに至っておりまして、かなりのエネルギーを投入していろいろなことをやっておりますが、できうるならば、なるべく投入エネルギー等も減らしながら、すなわち地球インパクトをトータルにもっと低くできないだろうかという研究です。物質循環、すなわちリサイクル・システムについてもそうです。

それから食糧生産に関して、将来どんなことになるかということや予測しながら、新しい食糧生産技術につながるようなバイオ技術であるとか、さまざまな技術を開発しておく。とくに土壌の栄養が貧栄養になりつつあるという現状をどのように克服するかという問題を考えるということです。

あと、人工環境と書いてますが、これは都市のような環境ではあり、周りは全部人工環境ですが、その中にどのように自然の生態系を組みこんでいったらいいかということを考えるという研究です。

第3のグループが人体影響を研究しているグループでございまして、これは先ほど申しましたように、いちばんの主眼は、遺伝子の損傷が起きるか起きないか、それが将来の人類の滅亡につながるかつながらないかということをはっきりと明らかにしていこう、こういうような立場です。

具体的には個々の研究をやって、それで研究論文を書いていくという大学のやり方で進んではいりますが、それだけではなかなか社会的にインパクトのある結果を出せないということで、これは仮に作り上げました『21世紀危機予測』というシナリオの一部でございまして(図3~5参照)。ここに書いてあるようなことがこれから将来起きながら、人間の地球上における人類の生活というのは徐々に変わっていくのではなかろうかという予測で、これにはありそうなこと、ありそうもないこと、とり混ぜて書いてありまして、たとえば2020年に月面基地の建築が始まる、なんて書いてあるのですが、これは必ずしも信じて書いているわけではなくて、いろいろな方々からの予測をかき集めまして、それを变形して書いていくというような状況です。

このOHPですと、たとえば2010年ぐらいには食糧供給危機が来るのではないかと。それから、15年ぐらいには原油の価格が上がるのではないかと予測していますが、そんな時期には起きないという方もかなりおられまして、いろいろ議論になるところなんです、このあたりもわれわれなりのシミュレーションをやってみようと思っている次第です。

それから、2020年を過ぎまして25年ぐらいになりますと、化学物質による遺伝子の異常、損傷等々が顕在化してくるのではなかろうか。それから2030年には、燐であるとか、そういったような元素が、そろそろ足りなくなるものが出てくるのではないかと。

それから先端電子技術、今回も電子技術関係の方がかなりお見えになっているわけですが、電子材料に使われているようなものも、ガリウムヒ素などといった、あまり口に入れたくないようなものが結構ありますので、そういうようなものによる汚染が深刻になる可能性もないわけではないだろう。それから電力不足も起きるだろう、人口の増加も進むであろう。ということです。

2050年ぐらいになりますと石油が枯渇寸前になる。これは長い間枯渇するとわれわれが、私が子どもの頃から、「40年後には石油はない」と言われながら、相変わらず「50年ぐらいまだある」なんて言っておりますので、それこそどうなるかわからないわけですが、そのあたりで原子力へ再び依存することなんてことが書いてあったりいたし

21世紀危機予測 1

- ◆ 2005年 二酸化炭素排出規制、実現せず。途上国の反対。先進国の怠慢
- ◆ 2010年 世界的食糧供給危機発生
- ◆ 2015年 原油価格の高騰
- ◆ 2015年 特定の地域で食糧危機深刻化
- ◆ 2020年 海外出張大幅制限
- ◆ 2020年 月面基地建設開始
- ◆ 2020年 石炭依存により酸性化深刻

図 3

21世紀危機予測 2

- ◆ 2025年 化学物質による遺伝子異常多発、化学物質制限強化
- ◆ 2030年 リン不足による農地栄養障害
- ◆ 2030年 錫の不足による技術変革
- ◆ 2030年 先端電子技術汚染深刻化
- ◆ 2030年 電力不足によるエアコン使用制限、太陽電池との共存が条件
- ◆ 2040年 人口増加はやはり止まらない

図 4

21世紀危機予測 3

- ◆ 2050年 石油が枯渇寸前である。当面原子力へ依存する。
- ◆ 2050年 人口は100億人到達。
- ◆ 2050年 太陽発電衛星の打ち上げテスト。宇宙居住が開始。
- ◆ 2050年 地球温暖化による海面レベルの上昇が若干出てきた。しかし、当初の予測より少ない。

図 5

ます。

こういうようなシナリオを仮に作りまして、それぞれの項目についてできるだけサイエンティフィックに検証していこうというような感じの部分をやっている研究グループもあります。それが最終的なシナリオを書く、あるいは結論を書いていくグループでございまして。2050年、温暖化がそろそろ見えてくる。それ以前に異常気象等で、温暖化の影

響はもはや見えているという方もいらっしゃると思いますが。

こういうシナリオをどうやって検証するか、大変難しいことでして、これからお話するようなバックグラウンドを考慮しながら定量的になんらかのシミュレーションモデルを作ろうというのが狙いです。

そもそも、先ほど申しましたように、地球環境問題というのは、人間活動が、地球の容量を超えたということ、これが原因です。その最大の原因は何かと思えば、もちろん人数が増えたこと、人口が増えたことでして、ここにプロットしてあります。よく見られる図ですが(図6参照)、人類の最近の増加の具合というのは、産業革命以降エネルギーをかなり自由にコントロールできるようになってしまってから、要するに人間の生存の要素の一つであります温度の管理であるとか、そういうことがかなり自由できるようになってから非常に増えているということです。この傾向が止まらないことにはなんともならないだろうというのが一つです。

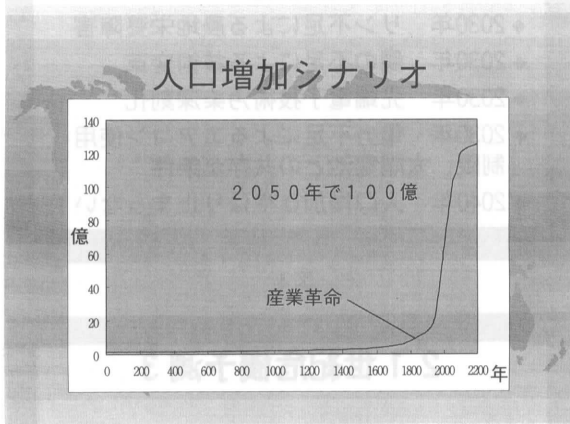


図6

それで、人口が増えますと、それと同時に一人あたりの消費が増える。食糧は増えるは、エネルギーの使い方も増えるはということにして、人口の増加は大変重要なファクターなんです。人口増加予測は大体次の程度です。単位は億でして、たとえばヨーロッパの人口なんて4.9億から5.2億で、あまり増えておりません。日本はむしろ減るかもしれない。もっとも数日前出生率が増えているという報道がありまして、ひょっとするとどうなるかわかりませんが。北アメリカに関しても、メキシコ等があっても2.6億から3.5億ぐらいかなと。それに比べますとアフリカは倍ぐらいいくかもしれないし、アジアは28から45億ぐらいで、かなり増えるだろうと考えられております。

これだけ人口が増えてきますと、まず問題となってくるのは、おそらく食糧ではないか。現在食糧は、18.6億トンぐらいの穀物の生産があります(図7参照)。穀物といえますのは、小麦、コメ、大麦、トウモロコシ等です。こ

食糧供給の現状

穀物生産高 18.6億トン(世界)
 ~2500kcal/人
 7億トン(1950年)から増加
 小麦、米、大麦、とうもろこし
 いも類=豆類~米の生産
 野菜、果物、砂糖など
 食肉のエネルギー効率
 牛12%、豚25%、鶏50%

図7

のほかにイモ類、豆類は上の統計に入っていないです。イモは大体豆と同じぐらいの生産量です。そのほかに野菜とか果物、砂糖、こういうカロリーを稼ぐことができるほかのものも入ってはいません。この18.6億トンというのはどういふものかということ、人間一人当たりで分けると、現状2500キロカロリーぐらいであって、1950年、7億トンぐらいだったことから考えますと、かなりの量の生産ができています。ですからこれからもどんどん生産量を増やしていけば、食糧供給というのは問題はなからう、一見そう思えるわけです。

ただ、先進国はご存じのように牛肉を食べます。牛肉というのは、それ自身カロリーは当然あるのですが、人間が食べるべき穀物を牛に食べさせて、それで肉の形にして人間が食べてますから、そこである種のエネルギー変換が行われています。そのエネルギー効率というのは、牛肉の場合には12%ぐらいしかない。豚ですと、なぜか早く太るものですから25%ぐらい。鶏ですと50%ぐらいのエネルギー効率があるようですが、いずれにしても今、肉を食べていない国々が、すべての食生活を肉に依存するような形になっていくと、たぶんあつとやう間に食糧は足りなくなるという可能性はあります。

それから、先ほどお示しいたしましたように1950年7億トンから非常に増えている食糧の増産が今後も可能かということですが、それは、まず農地が増やせるかということが非常に重要で、おそらく南アメリカ、オセアニア、アフリカでは可能だろう。倍ぐらいまでいけるだろう。ところがアジアはすでにもう可能と言われている農地の96%が使用されている。したがって、アジアでは難しい。単位面積当たりの収量の増加は可能かといいますと、むしろ逆です。いま農地は荒廃の傾向にある。日本においてもその傾向にある。

その大きいものとして、まず塩害がありますが、これは地下水を使つての灌漑の影響が大きいですね。あと、酸性雨等によりますます酸性化、それから土壌流出、これは表土の流出。土地の生産性は日本はアメリカなみになるか、なか

なかこれは難しい。日本のように化学肥料と農薬を大量に突っ込み、なんとかやっていると形ですと、その化学肥料及び農薬をつくるエネルギー等々、原料等々の問題も出てきて、なかなか難しい。

食糧危機の可能性というのははしたがって、われわれは「ある」と称しています。とくにアメリカ、オセアニア、中国に同時不作が起こると危ないのではなからうか。いつ頃か。これは大変難しく、2010年と書いてありますが、ちょっとわからないですね。

では日本で食糧不足は起きるか。日本は今、食糧の自給率が、数年前のデータで、エネルギーベースで43%まで落ちてます。日本という国は食糧が断たれるとどうしようもない国で、そろそろ国家予算でも農業の振興等の予算がつかましたら、ほんとにあれが農業振興に使われれば大変結構なことで、それ以外に使われないことを祈るばかりであります。食糧問題というのは製造業に関係するわれわれにとっても非常に重要な問題ではなからうかということでもあります。

それでは、世界にいまなぜか満ち足りているように一見思える食糧でありながら、一部に飢えがあるというのはご存じのとおりです。現在でも1,300万人ぐらいに栄養障害があるとされており。事実、中国の1960年に起きた人口減少は大規模な飢饉が原因であるとされておりまして、その時点で一体何人が飢餓で死んだかというのは非常に難しいのですが、2,000万人とも、4,000万人とも言われております。とくに低開発国での都市の人口の増加と農業との関係は、政治的にもまた難しい問題がありまして、都市人口を支えていくために食料品の値段はあまり上げられない。すなわち上げると暴動が起きて都市にいる政治家が危なくなる。それでは農業をいじめて、安い食糧を供給させるのと、どっちがいいかというチョイスをせざるを得ない。そういう国があるということを考えると、食糧も結構厳しい状況になりそうです。

食糧の話はさておきまして、次にまいります。金属資源のことです。これは製造業にダイレクトに関わることで、金属資源は、大体元素で分類をいたしますと、これは昔からいろいろな方がおやりになっていることですが、岩石型、要するにそこらへんの岩の構成元素であるアルミニウムとかシリコンとか、それから鉄型、鉄、ニッケル、クロム、それから銅型といわれているようないくつかの元素に分けることが可能であろうと思います。

資源がどのくらいあるか、もうないかという話は、実は地球は非常に狭くなり、飛行機で飛んでいきますとすぐなんです。穴を掘るという立場からいいますと、いまだに巨大な相手でございます。なかなかよくわからない。

これは京都大学の西山先生がお書きになった本から引用ですが(図8参照)、ここに消耗度の激しい元素と、静的な

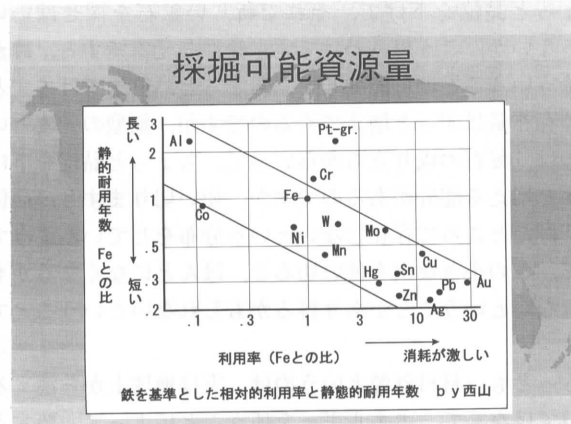


図8

耐用年数、静的といいますのは、現状がずっと続くということですが、それを考えていったときに、鉄というのは大体こんなところにありまして、鉄は大体、人によるのですが、150年ぐらいつとという人もいますから、かなりもつ。それよりも下のほうにありますと危ないわけですが、この西山さんのプロットによりまして、右側が消耗の激しさを示して、これはどのくらいあるかというのは極めてマクロに推測した値を使っておられて、ほんとに掘れるかどうかなかなか難しい問題なんです。ここの右下のほうにあります銀とか錫とか鉛とか金とか亜鉛とか、このへんのもは鉄に比べても0.2とか0.3ぐらいの耐用年数しかないのではないかとことをいっておられます。ですから鉄が100年とすれば20~30年、鉄を150年とすれば30~40年から40~50年。とくにそのあたりの元素による特性として、銅型の元素と、先ほど書きましたいまの消耗の激しい元素は大体銅型に属するのですが、そういう元素と、鉄型の元素、あるいは岩石型の元素と、元素存在量の分布が違うのだということを述べられております(図9参照)。要するに品位が高いところから当然鉱石を取ってきてわれわれは使っているわけですが、そのへんがなくなりますと、

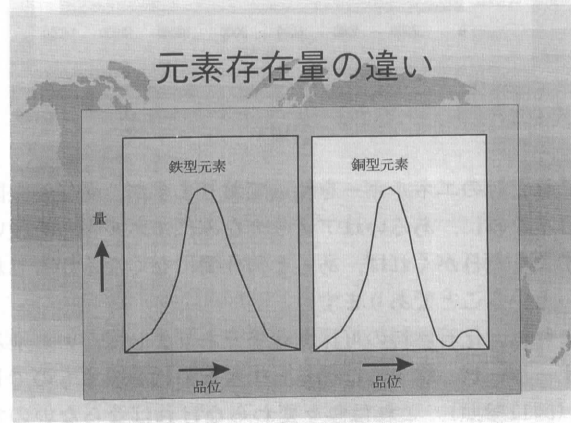


図9

ちょっと品位を下げて、それで新しい鉱石を探せばいいじゃないか、こう思うわけです。鉄型の元素ですと、確かにそういうことは可能でして、ちょっと品位を下げますと、その存在量はずっと増えてくるのですが、銅型の元素というのは、鉱石の成り立ちからいって、ちょっと品位を下げますと増える部分があるのですが、使い切りますと、品位を下げたところで存在しないという分布をしているようでして、この小さな山を使い切ると、ほんとになくなるかもしれないということがあり得るかもしれないということです。

もっとも、材料資源というのは、実は地球上から消えるわけではなくて、エネルギーを使うことによって、要するにエントロピーをエネルギーで買い戻して再び使えるようになるというわけでした、エネルギーと非常に密接に絡むわけではあります。

大量のエネルギーを今地球上で使っているわけですが、この図10は多数の国の比較でして、いちばん下にアラブ首長国連邦なる国が断トツで一人当たりのエネルギー使用量が多い。これは石油を産出していますから当然かもしれません。その次のグループにカナダであるとかアメリカであるとか、大量消費型の国がいて、日本はこれです、アメリカ、カナダあたりに比べて半分ぐらい。いちばん上にありますパキスタンなどは非常に少ない。中国も少ない。これは暑い国であるし、まだ発展途上であるということもあります。



図10

これだけのエネルギーを使っておりますが、発展途上国が日本なみに、あるいはアメリカなみにエネルギーを使い出すような日がくれば、あっと言う間になくなるかもしれないということでもあります。

これは、化石燃料の可採埋蔵量でありまして、いわゆるRオーバーPと称する可採量と生産量の比を表すものでして(図11参照)、これは年々変わらなければならないのですが、そのわりにはどうも有効数字が多すぎるような気が

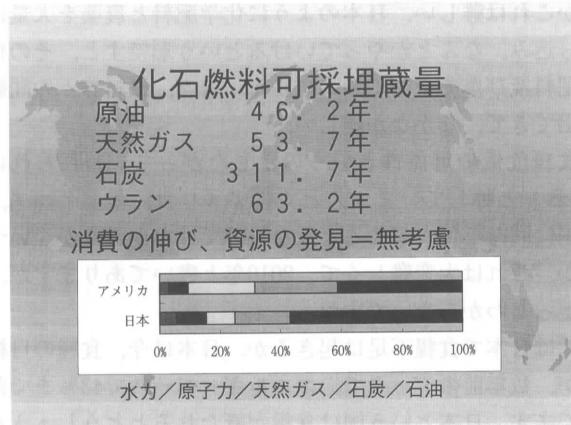


図11

するのですが、原油で46年、天然ガス53年、石炭311年、ウランが63年と言われております。このあたりも実を言いますと、こんな数字でどうなのかというような難しい問題がかなりありまして、たとえば原油にいたしましても、いま地中から実際に汲み上げている量は地中の存在量の二十数パーセントでございます。ですから地下にある100という原油がたまたまあったとしても、最初井戸を掘りますと何パーセントが自噴をして出てそれからさらになくなっていきますと、強引に水・海水等をつっ込みまして、それで押し上げて使う。それでさらにだめだと、今度は温水をつっ込んで油を採る。さらにだめだと界面活性剤を入れてどうのこうのと、いろいろなことをやりながら採れる量が二十数パーセント、まだ三十パーセントまでしかいかないようです。したがって地球の中にはまだないわけじゃなくて、ここに書いてあります数字は、そういう二十数パーセントしか採れないという前提で産出した数です。ですから二十数パーセントを、技術的な確信、あるいはいくらコストをかけてもいいという状況になれば、大量にいろいろなものを投入して採ることも不可能ではない。技術の進歩等々が非常に関わる問題でございます。

ただ、それは入れても、やはり限りがあるのは事実です。石油に関しましても、地球上に採れるのが21兆バレル、使用済が0.6兆バレル、今後使用なのが1.0兆バレル、今後発見されるのが0.5兆バレルぐらいではなからうかという予測があります。これは二十数パーセント地球から掘り出されると考えた場合ですが、こんな形でそろそろ、私が子どもの頃に言われていたような推定の埋蔵量に比べると、どうもだんだん予測精度が上がってきているようですので、そろそろ真剣に考えなければならないかと思う次第です。

こういうものが現状アウトラインというか、バウンダリーコンディションですが、それらの地球への負荷を、排出のほうの負荷も本来は考えなければならないのですが、資源のほうだけご説明いたしますと、地球の余力というの

はこんなものです。こういう条件下で製造業を営んでいくとすると、いかに地球へのインパクトを下げながら、すなわち資源を大事に使いながら、いろいろなものを効率よくやっていくかというのが一つの問題になるのだろう。その地球インパクトの評価、どのくらいインパクトを与えているのかというものの評価として、われわれがいま注目しているのかと考えて実施しているのが、ライフサイクルアセスメント (LCA) と称する方法論であります。

LCA というのは、そんなに古い概念ではないですが、このライフサイクルアセスメントとは何かというと、ある製品、あるいはあるサービスが、地球へどのくらいのインパクトを与えているのだろうか。すなわち環境への負荷と資源エネルギーの消費量など、そういうものを総合的に評価しようという方法論でございまして、LCA の歴史というのは、いちばん最初には、1969年にコカコーラボトリングアメリカで、ガラスの容器がいいのか、それとも他の容器がいいのかということを検討することに使われたと言われております。

具体的にどんなことをやるかということ (図12参照)、結局、原材料、あるいはエネルギーを地球からとってくる。それが、原材料の取得段階。それから製品製造段階でもやはりエネルギーがいりますし、使用段階でもエネルギーがいりますし、リサイクル廃棄段階でもエネルギーはいる。資源もいる。そのインプット、それからのアウトプット、どんなものを排出するか、原材料の取得段階でもいろいろなエネルギーを使ったり、さまざまなことで環境汚染があるわけですが、それから最終的に排出されるまでトータルに、これすなわちライフサイクルですが、製品の全ライフサイクルを考えて、そのすべてにおいてどのくらいの入出力があるかというのを書いていくスタイルであります。

このような方法論ですべての製品について考えなおして最適化していかなければならないとしますと、当然いちばん最初に出てくるのがリサイクルという考え方であり

ます。リサイクルを考えないということは今後あり得ないわけです。いま、たとえばアルミ缶のリサイクルなどに関しましても、最近ですと包装容器等に関します法律がまもなく決まるということになっておりますが、リサイクル率が6割を超したという状況です。スチール缶も同様です。アルミ缶に関しましても、リサイクルをしますとかなりエネルギー的に楽になることは事実であります。それをLCA的に、このぐらい地球に対する負荷が減っているというようなことをしっかり出せる状況には今のところ残念ながらまだなっていない。なかなか実際には難しい問題があります。

たとえばアルミ缶等についていいますと、アルミ缶もかなりいろいろありますが、空き缶の取捨からいろんなものを除去したり、いろいろ問題点はありますし、あと、前のスライドにございましたように、ご存知のようにふたの材質と胴の材質は違います。ふたの材質はマグネシウムが入っていて切れやすくなっていて、胴はマンガンが入っていて切れにくくなっている。そういうようなこともあって、ふたからふたへの水平リサイクルはいまのところできない。ですからふたと胴をまとめて溶かして胴材をつくるということではできるようにはなっています。いずれにしても、リサイクルの問題というのは、アルミ、プラスチック、ガラス等々、すべてこれから適切な形でやっていかなければいけないだろうというふう考えている次第です。

すなわち、リサイクルも単にやればよいという問題ではなくて、どのくらいの量をどうやってリサイクルをしたらいいかというのをもっとしっかり考えなければいけないだろうということ。すなわち、最適リサイクルというものがあるに違いない。どうやってどのくらいの量をリサイクルするか。最終的には捨てることになるわけですので、それをどうやって廃棄するか、それまでのシナリオをどう書くかというのは真剣に考えなければいけないだろうというふう考えている次第です。

それでは、リサイクルだけを考えればいいのかというと、これは最初の第一歩にすぎませんので、先ほど申しましたように、今後の製造業はリサイクルを含めて接続可能、サステイナブルということ 키워ドにしていろいろお考えいただかないと、おそらくだめではないかということ。す。

サステイナブルという言葉は、ご存知のように地球環境サミットで、「サステイナブル・ディベロップメント」という言葉で日本語では「持続可能な発展」ですが、先進国と開発途上国では全然考え方が違い、開発途上国の開発優先的な考え方と、先進国はもう満ち足りたから環境問題という感じで、その両方の共通の概念として出てきた言葉です。

サステイナブルとは一体何かということ、この持続可能と

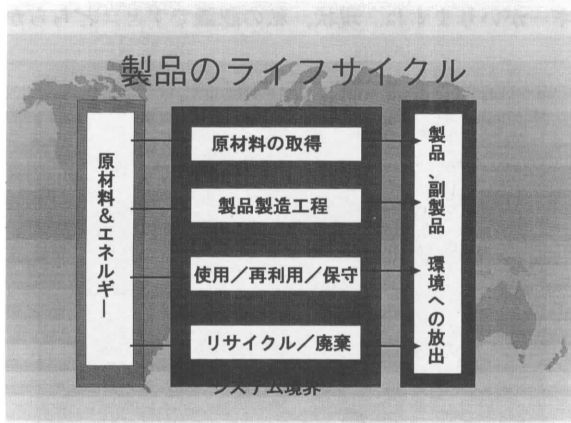


図12



図13

いうのはいろいろ意味があるかと思っております、たとえば究極の持続可能とはどんなものかということ、おそらくこんなシステムでありまして(図13参照)、要するに製品の製造と利用というものは完全なクローズループになっておりまして、外へ何も出入りなし。ですからあるものをつくって、それで使って、それを原料にしてまたつくって、使ってというようなぐるぐる回っている。そこに入るものは何かというと太陽から与えられたエネルギーと宇宙への廃熱。エネルギーをもらってエントロピーを捨てているわけですが、そういうものです。これが究極の持続可能でありまして、たとえば昔の地球というのはたぶんこういう格好になっていた。すなわち植物の生産が行われて、だれかが食べて、それを再び利用して、それを再び生産が行われたという格好でぐるぐる回っていたわけです。これが究極の持続の可能性なんです、すべての工業製品をこのようにするわけにはいかない。

そうなりますと、高度な持続可能であると呼べるものもあって、それは再生可能な資源と、再生可能な環境容量のある程度の自浄作用というものを期待できる範囲内で使っていく(図14参照)それから、その次は物質のみ持続可能。これは物質だけはとにかく新しく採るのはやめてぐるぐるまわす。そのときにはエネルギーが当然必要なんです、枯渇性のエネルギーを使うのはしょうがないとあきらめる。



図14

当分これでいくという考え方です。

それから、低質な持続可能といいますか、よりプラクティカルな持続可能というのは、ゴミまで出してもしょうがないと考えていく。ただそのゴミも、なるべく地球へのインパクトが少ないような格好で出していこう、そういう考え方でいく。こんな感じに持続可能といういくつかレベルがありうるのではなかろうかということです。

ですから、さまざまなレベルの持続可能ですと、要するに地球から資源とエネルギーをある程度もらいながら、この中をできるだけ回せるように、すなわちある機械の設計をする場合にも、とにかくエコプロダクト、すなわちもとへ戻せるということを前提に機械の設計を行っていくという形でいかざるを得ないだろうということでもあります。

エネルギーの問題は重要であることは間違いなくて、エネルギーを先ほどお見せしたシナリオですと、2050年あたりで原子力にいくかなと書いてあるのですが、いま原子力というのは非常に抵抗感が強くて、できたら太陽エネルギーでいきたいという気がするわけです。本当にいけるかどうかわかりませんが、太陽エネルギーというのは、とにかく降ってくる量は莫大な量でありまして、全世界のエネルギー使用量の15,000倍ぐらいの量が降ってくるわけですから、そのわずかだけ使ってやればいわけです、ポテンシャルはあるけれども、なかなか難しいかもしれない。いずれにしてもそれは一つの方法かなと思うわけでございます。

いずれにしても、持続可能な製造業をやる、それがどのくらい持続可能であるか、どのくらい地球へインパクトが少なくやれているかというようなことを総合的に評価する場合に、一体何を考えなくちゃいけないだろうかということいろいろ考えてみますと、結局この4項目について総合的なインパクトを評価していただかないと、うまくいかないだろうと考えております(図15参照)。

その第一項目は、地球の利用可能な資源量の減少であります。ですからこれは、たとえばリサイクルしますとエネルギーがいりますね。現状、私の認識ですと、どちらかと

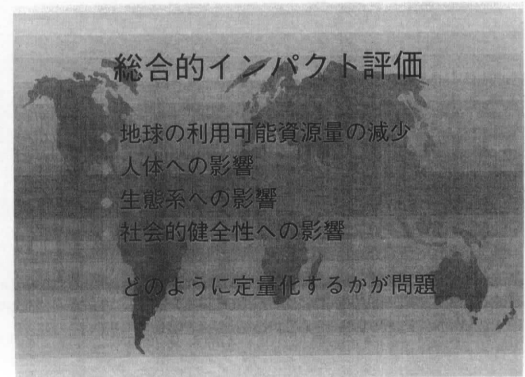


図15

いえばエネルギーはまだ多少余裕があるような状況です。したがって、こういう状況ですと、物質はリサイクルしたほうが多分良いです。ですけどそのうち、エネルギーが非常にタイトな状況になってきますと、今度は物質はリサイクルしないで、新しくつくったほうがいい場合もありうる。いずれにしても、トータルに見たときに、地球上の利用可能な資源量の減少というものが一つの評価の軸です。

あと、環境への排出等々による環境から人体へはね返りがきますので、人体への影響。それから生態系をどのくらいつぶしているか、そういう影響。そのほかにもう一つ、われわれが営んでおります社会、その健全性への影響というものを評価すべきだろうと思うわけです。

この最後の健全性とは何か。実はいろんな意味を含んでおりまして、たとえば、法律でしぼられているのが現在の社会なんですけど、たとえば法律の不備のために、そこをうまく利用することによって、かなり利益の上がる商品などというのは公平ではないわけではないですね。ですから、そういうことを本来はやってはいけないのではないかとこのことを考慮すべきであるということなんです。

というのはたとえば今のプラスチック系のゴミなどというのは、そういう要素がないわけではなくて、そのために新しい法律ができたりしているわけですが、プラスチックの廃棄には、各市町村がわれわれの払っている住民税を使って処理をしていますが、そのコストがペットボトルの製造コストに入ったという話は聞いたことがない。ですからそういうようなこともしっかり考えたいと、そういう評価軸を作り上げなければいけないのではないかと考えております。

実際今日申し上げたいのは、それぞれの製造業は、先ほど申しましたように持続可能性というものを一体それぞれのぐらゐ、どのように真剣にお考えになっているのかというのが私の今日のご参加いただいている皆さまへの逆の問い掛けでして、これはそれぞれの方でチェックリストを見ていただきたい。たとえばそちらの企業では、エネルギー価格の上昇というのは、今後何年間で何パーセント上がることを想定してプロダクトの設計をされていますか。資源の有限性をどのくらい認識されていますか。たとえばさっきの部分ですと、錫などというのは2020年ぐらゐになくなる確率はないわけではありません。それから燐などというのも危ない。なくなるといっても、さっき言ったよ

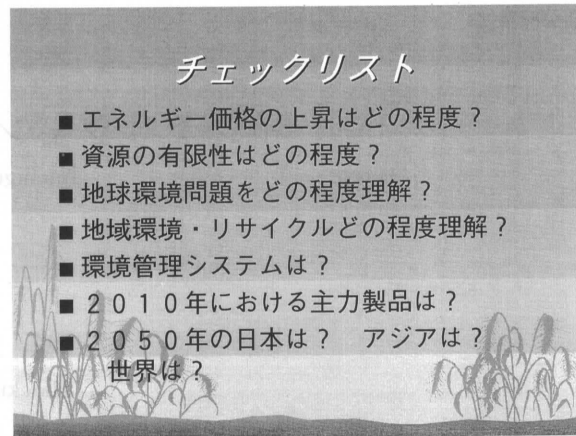


図16

うにほんとになくなるわけではないです。要するに使いにくくなるということです。3番目、地球環境問題をどのように理解してますか。地球環境問題、とくに地球温暖の問題というのはいままでまったく無害とされていたものが有害であるという、これは非常にインパクトが強いのですが、そこが強調されすぎますと、その本質をむしろ見失いながちである、私はそう思っております。

あと、地域環境に対する負荷、あるいはリサイクルというものをどの程度理解し、どの程度お考えでしょうか。今日あまり申し上げる時間がなくて申し訳なかったのですが、ライフサイクルアセスメントというのは、ISOの14,000番の中になんらかの形で組み込まれて、ISOの9,000番と同じように、ある種の国際規格になることがもう明らかです。あと、数年以内にそれがおそらく新しい国際規格、ISOの14,000番という形で現れいれてくると思いますが、その14,000番というものがどんなふうなものだと今お考えでしょうか。それから、まさにこれは蛇足ですが、2010年、お宅の会社は何を売ろうと考えておられますか。2050年の日本・アジア・世界はどんなふうになるとお考えでしょうか。こういうことをお考えいただいで、持続性のある製造業になっていただかないと、日本は製造業が稼いだカネでわれわれが食糧を買わせていただいで食べておりますので、日本は危機的状況になります。ぜひ頑張ってくださいと思うわけでございます。(1995年6月8日講演分)