

御園生誠氏の講演

【御園生】 御園生でございます。先ほど自己紹介しました。今日お話しさせていただきたいと思っておりますのは、社会の持続性のために積極的に役に立つ化学技術は何かということです。ある生物の先生が、ひところは役に立たないと言われたのに今は引っ張りだこになって大変ですと、おっしゃっていましたが、(笑) もちろんこれはこれでよいお話だと思いますが、私がここで話す「役に立つ」というのは、もう少し短い期間で、意図的に効果を出すにはどうすべきか、化学の立場から考察するというところでございます。これまでのこの会の報告を廣田先生から頂いて拝見し、私の関心と重なる部分もあるので、お話しさせていただいてもいいかなと、思いました。先生方の御関心とかみ合うかどうかについては、あまり自信がございません。

ここで考えている時間軸はとりあえず最大100年ぐらいです。技術全体にわたって、今までのような量的拡大の一本道の指導原理が無理になったことは共通に認識されていると思います。工学あるいは技術というのは、課題を見つけて、それを分析して、いかに対策を具体的に設計、実現するかを課題とします。本日の主題は、現代の課題を解決するための具体的な対策としてのグリーンケミストリーです。グリーンケミストリーは、緑の化学ですが、私たちはこれを広い意味にとらえていて、化学あるいは化学技術、主に化学技術ですけれども、現代の問題に対してどういう回答案を出し得るかということをお話したいと思います。

取り上げます課題は、まず量的な問題があります。それから、質的な問題、簡単にいうと化学物質の安全性の問題を考えます。環境、健康、安全、エネルギー、資源の供給限界などの問題に対する技術的な対策について、特に化学技術の立場から考えることとなります。過去の2回の会合では、「共生と循環」、「人間中心主義批判」がキーワードとなっていたようですが、それについての私の感想ですが、共生というのは、中身が必ずしもよくわかりませんが、おそらく良いと思います。一方、循環は後で述べますが、私はどうかなと考えています。人間中心主義批判というのも、本当にそれができるのか、とやや疑問に感じています。

さて、グリーンケミストリーとは何かですが、一言で言ってしまえば、環境に優しいものづくりの化学と化学技術です。ものをつくる前に、そのものをつくる途中および後で発生するトータルの環境負荷がどうなるかを定量的に予測して、事前にそれを最小にするように設計してから、開発にとりかかろうというのが大原則です。病気あるいは健康に例えると、診断や治療よりも予防に力を入れるということです。そして、これがうまくいけば化学技術の体

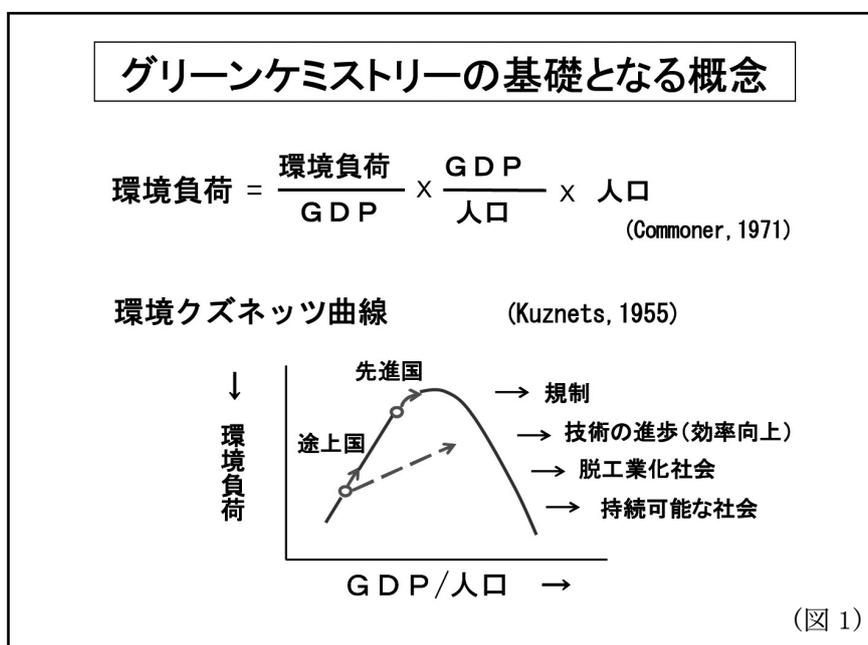
質も変わるはずだと期待します。グリーンケミストリーという言葉は90年代アメリカで使われ始めて、世界に広がっているのですけれども、類似の考えは当然古くからありまして、我が国にも、この言葉の以前から立派な実績があって、実質的には最先進国といえると思います。一例が、紙パルプ産業が河川に排出していたBOD、簡単に言えば有機系の廃棄物を1970年と89年で比べた例です。これは中西準子さんが調べたものですが、1970年当時、全体で375万トンのBODが川に排出され、その大部分が工業、特にその半分は紙パルプ産業からでした。約20年後を見ると、全体が大幅に減って78万トンになっています。削減量の中身を見ると、工業の貢献がほとんどで、生活排水はあまり減らずに全体の大部分を占めるようになっていきます。工業における削減、特に紙パルプ産業の削減は、製造プロセスと原料の転換、つまり作り方の改善によるもので、まさに、我々の言うグリーンケミストリーの典型的な例です。

ここで、グリーンケミストリーを取り上げましたのは、このような問題が、化学だけでなく、科学技術全体に共通した課題を含んでいると思うからで、グリーンケミストリーが目指す持続的な社会を考えることが、進歩主義の後継ぎを考えることにつながるのではないかなと思うからです。

次に、私の考えるグリーンケミストリーのバックグラウンドですが、第1は、いうまでもなく、人口が非常に増えて、そのうえ、1人当たりの資源・エネルギー消費量も大幅に増えているということです。そのため、資源供給の限界がせまっていること。また、廃棄物の量も問題です。さらに、これと密接に関連した問題として南北問題があります。よく御存じのローマクラブの予測は、反響が大きかったため、その後、修正版が出ていますが、いずれも今のままでは、資源供給不安、環境破壊が進行し、遠からず人類社会が破綻すると予測しています。

それでは、いつまで持続すればいいのかという問題が生じます。この点は、よく議論になるんですけど、100年くらい先が大丈夫で、その頃、22世紀があまり暗くならないなら、現代の我々としては責任を果たしたといえるのではないかなと思っています。「風の谷のナウシカ」の舞台は千年後ということですから、もう少し長期的に心配した方がいいのかもしれませんが、それほど先のことは不確定すぎて予測不能だと感じています。さて、大量生産、大量消費の結果、いろいろな問題が顕在化していることは広く認識されていて、それに対しては、例えば、日本学術会議でも報告をいくつか出していて、価値観を転換しなさいとか、新しいライフスタイルにしなさいと提案しています。量的拡大ではなくて、質的な幸せを喜

ぶような、そういう価値基準に変える必要がある。大量消費を良しとする価値観は教育に問題があるのだから教育をまず見直すべきという意見もあります。学術会議は、環境問題と教育問題は、鶏と卵の関係であり、両方を同時に解決すべきだとも言っています。価値観にせよライフスタイルにせよ、変えるべきということは、わかりませんが、問題は、現実をみるとその方向に世の中が動いていないことではないでしょうか。現実には、企業活動も我々の日常生活も利便性、効率を追い求め、速度や量を増大させていて、その結果、問題は加速度的に深刻になりつつあるのではないかと懸念しています。いったい、これは何故なのだろうかと思うのであります。



グリーンケミストリーのベースとしてよく紹介するのですが、図1の上の式のように、左辺の環境負荷を右辺の三つの項に分けて考えると、右辺最終項の人口は今後しばらく増え続けます。第2項の総生産を人口で割ったものは、1人当たりの経済活動、いわば、物質的な生活水準に相当しますが、これも途上国を中心にどんどん増加していく。そうすると、左辺にある全体の環境負荷を減らすには、右辺第1項の（環境負荷／総生産）、つまり、我々の経済活動あるいは日常生活の行動あたりの環境負荷を減らさなければならない、それも大幅に減らさなければ、全体の環境負荷は減らないこととなります。大変割り切った言い方ですが、これがグリーンケミストリーのベースにあります。図1の下の図は、環境クズネッツ曲線といって、最近よく引用されるものです。ほぼ50年前に所得格差と経済水準の関係に対して出されたコンセプトだそうですが、最近、環境に関連してよく利用されます。横

軸の生活水準が上昇していくと、一般に環境負荷が増加する。増えつづけては困るので、先進国は、環境規制や環境技術により一生懸命カーブを切ってUターンして環境負荷を低減させようとしている。途上国は先進国の後を追いかけてくるのですが、本当に先進国のあとをなぞったのではとても地球はもたないので、何とかショートカットして右のダウンスロープに入ってほしい。

Uターンをするために、たとえば、技術の進歩により効率を向上していかねばならないという考えがありますが、現実には、効率が上がっても総消費量は低下しないということが起こっている。一例ですけれども、省エネ家電が非常に普及していますが、家庭の電力消費の総量は過去20年間に2.3倍に増加している。電気会社の人は、省エネが進まなかったらもっと大変で、この程度で済んだだからいいではないかとおっしゃるんですけども、それでは済まない話ではないかと思うわけです。この電力消費量の増加は、1世帯にいくつもエアコンがあるようになるなど世帯当たりの消費量が増加したことで、世帯数が増加したことの両方のためです。

京大の高月先生がマンガに書かれていますが、日本とアメリカは、欧州に比べ、圧倒的に多くの缶入り飲料を消費していていわば“缶民族”です。さらに“物除け姫”といって文明の利器を徹底的に排除する考えも紹介されています。ただし、こちらはちょっと極端で、なかなか受け入れられないと思いますが、いまだに消費をいたずらに増やしている傾向があるのは事実ではないでしょうか。

グリーンケミストリー

環境にやさしいものづくりの化学技術。予防(事前評価)を重視

必要性(2つの理由):

- 1) 量的拡大の限界
- 2) “化学物質”のリスク

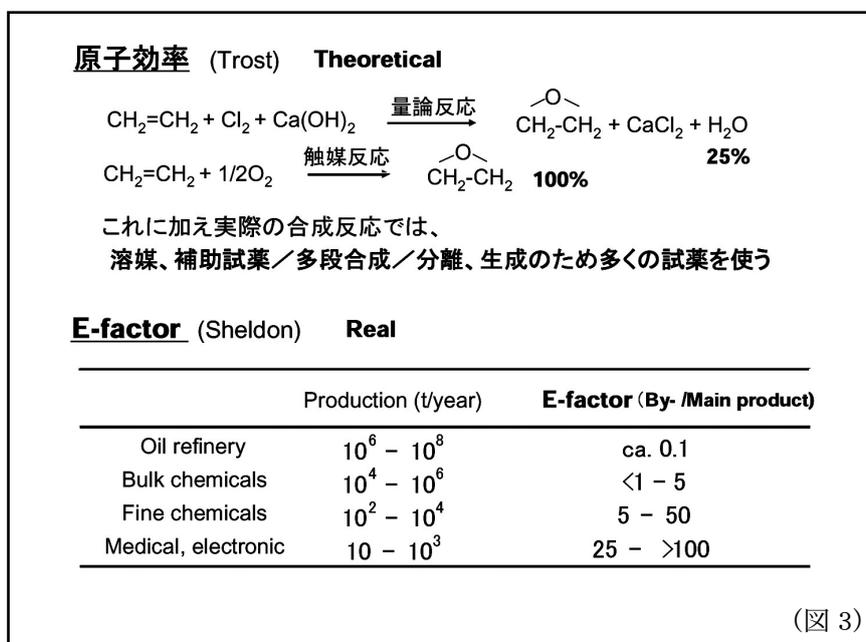
3つの目標:

- (1) 環境負荷・化学リスクの大幅低減
- (2) 経済性と環境調和性の両立
- (3) 化学(専門家)と社会(市民)の間の信頼関係

自然、生態の反応を慎重にモニターしながら、緩やかな進歩・共生の道を探る。
控えめな人間中心主義

(図 2)

グリーンケミストリーの話に戻って、グリーンケミストリーがなぜ必要かということですが、図2にあるように、第1の理由は、生産、消費の量的拡大にはもう限界が見えてきて、このままではいけないということ。第2の理由は、化学物質の安全性に関して社会にかなりの不安があって、化学に関わる者は何とかしなければいけないということです。他方、グリーンケミストリーの目指す目標はというと、第1に環境負荷と化学的リスクを大幅に減らすこと。第2に経済性とうまく調和させること。そして、第3は、非常に重要だと思っているのですけれども、化学者コミュニティが、市民との間でコミュニケーションを十分にとることにより、互いの信頼関係を醸成していくことです。両者が常識を共有するようになれば、化学物質の効率的、効果的な安全管理はととてもできません。これらが、グリーンケミストリーの重要な目標であると思っています。



次に、どういう化学がグリーンケミストリーなのかということですが、やや専門的かもしれませんが、エチレンオキシドを合成する際、古い方法ですと、図3の一番上の反応式のように、この反応が100%うまくいったとしても、右辺の生成物を見ると、エチレンオキシド以外に塩化カルシウムを含む廃水がエチレンオキシドの3倍の重量も生成します。つまり、必ずこういう廃棄物が発生して、全体の25%だけが目的物です。もし、この反応を良い触媒を使って空気で酸化すると、2番目の式のように副生物は出なくなります。つまり、原子効率が、古い方法では25%で、触媒法では100%になるので、触媒法がずっとグリーンだということになります。ただし、実際の化学合成プロセスでは、反応式に出てくる物質以

外に、溶媒や補助試薬を使いますので副生物、廃棄物はずっと多くなります。特に、合成反応の後には、必ず生成物の分離精製が必要で、この際大量の溶媒を使います。このことを考慮したのが、図3の下の表です。石油精製とか、エチレン、ベンゼンなどの基礎化学品では、副生物が目的物の10%から同程度です。ここで、副生物と目的物の比をEファクターといっています。ところが、表の下の方のファインケミカル、医薬品とか電子材料になりますと、単品の生産量は少ないのですが、副生物が、大ざっぱにいうと、目的物に対して10倍から100倍以上生成します。例えば、初期の液晶ですと、1000倍ぐらいの副生物が出ていました。これらは、付加価値が高い製品なので先進国にとって重要な産業です。従って、これらの副生物を低減することは大きな化学技術の課題であり、それを解決するのがグリーンケミストリーです。このようなグリーンケミストリーの成功例は最近多くなっています。それらは、触媒を改良して副生成物が非常に減らしたケースとか、危険な試薬を使わないで物をつくるようにしたという例です。これらの努力を通じて化学技術の体系全体が次第に変化することを期待しております。

ここから後半に入りますが、第1に私が申し上げたいことは、「役に立つ」ためには、中身をよく精査しなければいけないということです。ここで考えているのは、「役に立つ」ことのうち、好奇心駆動型でいつかは社会に役に立つだろうという方ではなく、近い将来に役に立てようと思ってやっている研究開発です。これらの研究開発の中に、科学的・合理的ではなく、ご都合主義であったり利益誘導型になったりして危ういものが少なからずあります。もう少し健全で正直な評価が必要であり、それをきちんとすることが科学者・技術者の倫理的責任だと思っております。

技術的視点から見たリスクの訪れる順番、つまりリスクシナリオは、個人的な意見ですが、肥大した技術が制御不全になるのが緊急の課題で、その次に資源エネルギーの供給限界、南北問題、そしてその後が地球温暖化と考えています。地球温暖化は、大問題かもしれないけれど、情緒的な議論が多くて、実は、時間をかけてじっくり解決策を考えた方がいい問題であろうと考えています。ただし、これは本日の主題ではございません。

まず、最初に社会の基盤となるエネルギー供給の問題ですが、エネルギーの評価には、4つの大事な規準があります。それは、量、時期、値段、それから環境調和性です。どのぐらいの量がいつごろいくらで供給できるか、あるいはどのぐらいの量がいつごろ不足してくるかということを言わないと議論になりません。また、エネルギー総消費量の中にどのぐらいの割合を占める話なのかということを確認しないと、おかしい議論になってしまう

と思います。エネルギーの需給がどうなるかというのは、すべての科学技術政策の基本になるのですが、これが不確実、不透明なことをいいことに、自分に都合のいい予測やデータを使う例が後を絶ちません。実は、ここで紹介する例も都合のいい予測を使っている点があるかもしれませんが、国際エネルギー機構が発表した予測があります。先進国サイドの石油重視、現状延長型の予測という批判があることはお断りしないでおきます。この予測によると、2030年までにエネルギー総消費量は今より70%増加する。その中で石油のシェアはわずかしこ減らない。興味深いのは、輸送部門、自動車のエネルギーが何になるかという予測で、石油の割合は今の約95%よりもさらに増加するとしています。だから、バイオエタノールとかバイオディーゼルとか話題になっていますが、その割合はむしろ減るだろうとの予測です。政治的判断で実際にはこれらは増加しそうですが、それほど大きな増加はないだろうと私も予測しています。予測の3番目では、輸送部門の石油の割合は増えないけれども、発電とか民生という他の部門では他のエネルギー、といっても大部分が石炭、天然ガスという化石資源ですが、大幅に増加すると予測しています。25年後になってみないとわかりませんが、大きくは外れないだろう、と私はみています。

次に、資源について考えてみます。資源に関して循環とか定常とか持続が話題になっていますが、これらは、「共生と循環」の考えに関わることです。結論から先に言いますと、私は、今言われている資源の循環に対しては非常に慎重で、一般論としてはあまり賛成しておりません。自然界の循環というのは、いろんな周期の多様な循環がありますが、いずれも、太陽エネルギーが駆動力です。一方、人間が使い終わった資源を再利用するリサイクルは、通常、大量のエネルギーを必要としますが、このとき、先ほどのエネルギー予測に従いますと、自分の間は化石資源を使用せざるを得ません。リサイクルをしたために、かえってエネルギーや資源を浪費する可能性が少なからずあります。従って、我々が使っている資源をいわば強制循環することは、それほどすすめられたことではないと思っています。もちろんケース・バイ・ケースで、金属資源などリサイクルに向いている方でしょう。しかし、化石資源を見ると、日本の総資源消費量の4分の1を占めていますが、廃棄物で見ると、化石系は3%のみです。なぜかという、化石系はほとんどエネルギー源として燃しているからです。つまり、わずかの廃棄化石資源を強制的に循環することの優先順位は決して高くなくて、それよりむしろ化石資源からつくる製品の性能を上げるとか、耐久性とか安全性とかを上げることの方が重要ではないかと考えています。

リサイクルに向いているとされる金属系ですが、日本では、既に約95%がリサイクル使

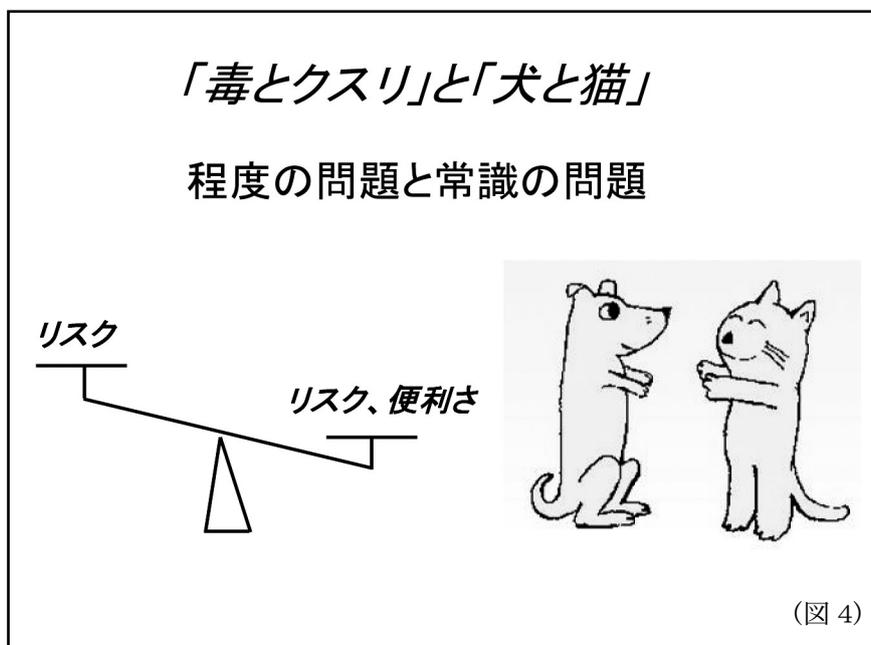
用されています。この場合、さらに量的な改善をするといっても、難しいと思われるので、マクロに見ると、それほど優先順位は高くないと感じております。このように、循環型社会がいかにも目的のように言われることがあります。実は、循環は手段であり目的ではありません。目的は持続可能な社会です。繰り返しになりますが、多くのリサイクルは化石燃料に依存せざるを得ないので、下手をすると、資源の枯渇がかえって早くなる可能性があります。効率向上を目指すよりも、節約や耐久性向上などにより総量をもっと規制しないとイケないのだと思います。

それからもう一つ、バイオエネルギーとかバイオ原料が非常に環境に優しいと思われがちですが、必ずしもそうではありません。急速な生産拡大をすれば、むしろ自然を破壊する可能性があります。また、農産物の場合、食糧と競合する可能性があります。また、日本であれ、米国であれ、先進国の農業は、非常に石油に依存しています。従って、そう簡単に化石資源の節約にはつながらない。たとえば、自動車用燃料のバイオエタノールは、多分、政治的判断によりある程度導入されると思われませんが、これについては、いろんな試算がございまして、トウモロコシやサトウキビからエタノールをつくって、ガソリンのかわりにすると、エタノールをカーボンニュートラルとカウントすると、CO₂の排出量が減るという試算と、そうカウントしても、かえって増えるという試算がありますので、注意が必要です。サトウキビから作っても、エタノールの収量は10%程度ですから、残りの90%をどう活用するか、環境対策をどうするかで試算結果が大幅に変わります。

最後に、化学物質と化学工業のかかわりについて一言、正しい評価にとって必要な部分を申し上げたいと思います。化学者の中には、「化学物質」という言葉を使うべきではないという人もかなりいますが、行政関係や理化学辞典などでは、ほぼ全ての物質を化学物質としています。その中に有用なものも有害なものもあることになります。市民の認識を日本化学工業協会、日本化学会のアンケートで見ますと、多くの方が、化学物質は確かに役に立っているけども、将来の世代のために悪影響があるのではないかと懸念しています。化学工業に関しても、環境に対して努力しているらしいけれども、子供の就職先としてあまり優先順位は高くないというような調査結果が出ております。詳しい説明は、ここにおられる先生方には釈迦に説法かもしれませんが、「毒と薬」と「犬と猫」として、まとめて申し上げます。あとは、個別具体的にご判断をお願いしたいと思います。

「毒と薬」というのは、図4の左ですが、程度問題ということでありまして、昔から毒性学では、物質は毒にも薬にもなるのであって、適正な量を摂取すれば薬、摂取し過ぎれば毒

になるということです。天然のボツリヌス菌が出す物質が一番の猛毒なのだそうですが、これを神経毒に使って治療をしようという研究もあれば、大衆薬である風邪薬を使って人を殺すという事例もあります。つまり、これは元来、程度問題なのであって、使い方が大事ということなのです。



「犬と猫」の話は図4の右で、私どもの学会の語り草になっている例です。ある時、微に入り細にわたった議論により、ある先生の講演が批判されたとき、その先生が反論されて、「あなた方の議論は、毛の長さや足の長さを厳密に測定して、犬と猫を区別しようとする議論である。私だったら、見れば一目で犬と猫は区別できる」と言われた。つまり一目でわかるという常識の重要性を指摘されたと理解していますが、化学物質の安全性も、他のリスクもそうなんですけども、厳密に解析したら安全が確保されるとは限らない。第一、膨大な数の物質を全てリスク評価することはとてもできない。市民と専門家間で健全な常識を共有しないと、効率的、現実的な安全性の判断はとてもできないんじゃないかと思います。このように、化学物質に関しては、毒と薬、犬と猫の考えが大事だと言っております。

あらためて、グリーンケミストリーをまとめますと、量的拡大と化学物質のリスクを理由として、提案されている運動で、目標は、環境負荷・化学リスクを減らす、経済性と両立させる、市民と科学者が常識を共有することの三つです。最後に個人的なまとめの感想を申し上げますと、我々にできることは、自然や生態の反応を見ながら、急激な変化は避けて、緩やかな進歩、共生の道を探るぐらいが精いっぱいなのではないだろうか。人間中心主義はけ

しからんという人もいますが、我々にはやっぱり人間中心主義しかないのであって、せめて、比較的穏やかな人間中心主義でこれから進めていくしかないと思っております。以上です。

御園生誠氏の講演についての討議

【司 会】 どうもありがとうございました。御質問。このOHPお配りしてあると思いたすが。

許されれば一つ質問したいんですが、先ほど課題の緊急性、重要性のところ、肥大した技術の制御不全ということが一番今、緊急性が高くて重要だと言われたんですが、具体的な例としてはどんなものがありますか。

【御園生】 最近に限っても、例えば、JCOの原子力事故、JRの列車事故。三井商事が東京都に導入したディーゼル排気ガス処理装置のデータ捏造、さらに三菱のトラックの問題などがあげられます。これらはもちろん技術だけの問題ではなく、社会経済的な問題、制度の問題もあるんですけど、科学技術の成果が日常生活の隅々に浸透し、かつ制御し切れていないことが問題の一つではないでしょうか。一般消費者が中味をあまり理解できない高度に進化した製品が出回っていることが日常生活を危うくしていることもあります。三菱のトラックの関係者が言われるには、リコール問題を隠していたのは悪いことで謝るしかないけれども、原因にはいろいろな側面があって、その場しのぎの対策に終始しがちで根本的な対策に至らず終わってしまう傾向があるようです。安全についての適切な考え方を製造者と利用者が共有することも必要です。例えば、リコールというのは、本来、事故になる可能性のものを早めにオープンにして、大きな事故を防いで安全性を高めるための一つの方策であるのに、リコールがマスコミにすぐ罪人のように扱われてしまうので、ついつい隠してしまう。

【廣 田】 私が想像していたのは、技術自身の問題かと思ったんですけど、そうじゃなくて、むしろ社会との接点のところの問題ですね。

【御園生】 そうですね。ただ、技術屋が本来とるべき行動を踏み外しているという技術者のモラルの問題はあると思います。

【鴨 下】 一つは気になることで質問なんですが、2ページの左下のところに省エネ家電の普及で、かえって電力消費量が上がってしまったということの背景というか、御説明が私ちょっと聞きとれなかったんですが、これはどういうふうにか考えることなんですか。

【御園生】 これは一言で言えば、便利だからといって各家庭でたくさんの家電製品を使うよ

うになっているためだと思います。各世帯にある、例えばテレビやエアコンの数は、以前と比べてかなり増えているのではないのでしょうか。それと、世帯の人数が減って世帯数が増えているんですね。

【鴨 下】 人間の欲望のせい、人間というのは日本人ですかね。

【御園生】 人間に共通じゃないのでしょうか。

【鴨 下】 人口、高齢化というわけじゃないんですか。

【御園生】 そうではないと思います。これは家電だけでなく、電子化がすすんで紙の消費量が増えているのも同じでしょう。結局は、なぜ我々は大量消費、大量生産をやめられないかということに行きつくのではないのでしょうか。消費者が、少しでも便利で、少しでも心地よいようにエネルギー消費や資源消費量を増やし続け、その結果、企業も拡大を続けるという価値観の社会経済体制が形成されている。中には生産が先行して消費者が追随することもあるようですが。グリーンケミストリーの運動でも、企業や消費者と連携して、産業活動に反映させないと効果が出ないと思っています。企業も建前は理解されるのですけれども、現実には大量に普及するものを次々に開発して売るということは、なかなかやめられないという現実がありますね。

【鴨 下】 最後に、控えめなことをおっしゃったんですけども、控えめもものすごく控えめにしないと、教育の問題じゃないかという気がするんですけど。次世代が欲望中心主義に、我々自身もそうですけれど。

【御園生】 本当にどうしたら変わるのでしょうか。

【池 内】 あのね、私の感じではね、今、大学生とつき合っているんですが、環境問題に対する意識はものすごく強いんです。教育が入っている。ただ、それをね、どう実行するかとか、それに関してはヒントがないんですよ。だから、意識、頭と体が分離している。だから、割にね、それが僕は何かあるパニックになってね、やらざるを得なくなるときには進むんじゃないかという感じがするんですよ。

【御園生】 そこまで行かないと動かないんですかね。

【池 内】 ええ、という人間はね、外圧がないと動かないから。

【御園生】 例えば、新聞・テレビなどで、本当にエネルギー問題としてあまり役に立たないものを、役に立つように言っているのもおかしいし、一方で、節約とか言いながら、一方でみずからそれを、先ほどの省エネ家電じゃないですけども、浪費を助長するような動きをしているのも問題です。科学・技術の研究を維持するために、今のところ避けて通れないよ

うに思われていますが、そういう思考や行動パターンを逆転するにはどうするかということが一番問題じゃないかと考えています。

【高 畑】 ちょっと違った観点から、知らなかったんですけども、私はやっぱり環境ホルモンの問題やなんか出てきて、今はどのぐらいのスピードで新しい物質をケミストが作っておられるのか知りませんが、化学者の倫理というのを非常に疑ってかかりまして、特にアカデミアの方からもそういったものに対する正式のコメントというか、ガイドラインというか、そういうものがなかなか見える格好で出てこなかった。だから、化学者の物づくりに対する、特に新しい物質に対するその倫理観というか、そういう問題がどこにあるのかなというふうには、ずっと思ってきたんですが。そういった動きはどうですか。

【御園生】 反省すべき点が少なからずあったと受け止めています。背景に高度成長の中で、物づくり中心で走ってきたという事実があると思いますが、近年は、企業もアカデミアの人も、相当注意深くなっていることは確かだと思います。ただですね、化学物質も膨大な数でまだ増えている。それらの安全性に関して、毒性データが存在するのはごく一部で、リスク評価がきちんとされた例はさらに少ないわけですから、化学物質を安全に使いこなすには工夫と用心が必要です。ただし、一般市民が心配されているほどリスクは高くはないと思います。そのためにもっと科学の進歩やコミュニケーションさらには制度の整備は必要ではありますが。

【高 畑】 昔、新聞に100%安全性の証明なんてできないというふうに言われて、それである程度の証明をするのにもですね、今、おっしゃったように、非常に負担も大きいということですので、その安全性という点からですね、一体どこで切って、世の中に出していくかということでは。

【御園生】 化学物質のリスクの評価と管理の努力は相当されています。また、行政上のルールはたくさんありまして、例えば、新規物質の製造輸入に関しては、御存じの方もおられると思うのですが、生分解性と蓄積性さらに生体影響に関しては全部チェックして、それで問題ないと判断されたものだけが、市場に出ることになっています。ただし、既存物質についてはやや遅れています。毒性データがそんなに不足しているのに、よく平気でいられると疑問に思う方もありますが、そこが犬と猫の常識問題でして、ああだこうだ言いながら、過去100年で、日本人の寿命が倍ぐらいにのびて、最長寿国になっている。総体としては住みやすくなっているというのは事実でして、おおむね大丈夫だろうと前提していいのではないのでしょうか。いわゆる環境ホルモンに関しては、話題になったいくつかの環境ホルモン物質

は、調査の結果、ほとんど白、というより黒白じゃなくて、白に近いグレーという結論です。ただし、急性毒性の結果です。多分、他の毒性についても人間の健康に大きな問題はないと考えられています。新聞は、問題があるときだけ報道するので、このことはあまり取り上げられなかったのですが。

【出口】 よろしいですか、出口ですけれども。グリーンケミストリーとおっしゃったときの視野の範囲ですけれども、歴史的に見てみると、生物兵器と化学兵器というのは、ある程度何か倫理性が働いて、一応禁止しようということに相なっているわけなのですが、一方で中国大陸に、大量の日本の化学兵器が埋められていて、これらは化学的にも、技術的にも、処理は可能です。しかし、ここでいう進歩主義的な発想からは解決が恐らく不可能で、何か発想を変えないとできなという問題が一方であると思います、今後新しい物質を企業などがつくっていくときに、なるべく環境に優しい形になっていくかと思いますが、過去の遺物というものに対して、どういう対応を今後とっていったらいいものか、という点はいかがでしょうか。

【御園生】 問題はかなり認識されています。国際的にもルールができていて、中国に日本が残してきたものに対し、いま処理工場を建設中です。膨大なお金と時間をかけて、徐々にですが処理する計画が動いています。また、化学者の責任に関してですけれども、今後についていえば、化学兵器製造には荷担しないことや、中国、日本を含め残留物の処理によって貢献することではないでしょうか。

【鴨下】 去年の学術会議で提言をしましたですよ。ああいうことはマスコミはあまり言わない。

【御園生】 あまり言われていないですね。行政がイニシアチブをとって、学術会議が協力して、技術的調査をまとめたということだったと思うんですけども。いま、どこまで進んでいるか知りませんが、膨大な費用をかけて時間もかけて、着実に作業は進行しているはずですよ。

【池内】 池内ですが。テレビなんか見ているとね、やたらに化学物質が含まれた、例えば化粧品とか、消臭剤とか、コマーシャルの3分の1ぐらいがそういう宣伝が多い。ああいうものを、どんどん新しいものを使われているんでしょうけど、まあ垂れ流しているわけですよ。ああいう化学物質は大体どれぐらい残存時間があるものなんですかね。つまり、どんどん自然界でなかなか分解できないわけでしょう。研究部門はあるでしょうけど。そういうのをまあ結局は蓄積していくわけですよ。そういうことは、だから今はまああるんだけど、

その蓄積がどんどん今、幾何級数的にふえていくと、それはもはや環境ホルモ的な要素が我々普通の人間にもどんどん及んでくるということなんですね。

【御園生】 それはもちろん完全には否定できませんが、使っている物質の大部分は自然の中で分解していて、先生が御心配しているように蓄積されているとは、認識していないんです。先ほども申し上げたように、市場には分解性が高く蓄積性が低いもののみが出回る仕組みになっています。母乳中のダイオキシンなどは相当減ってきています。一部の物質が、我々の気がつかないうちに問題を起すことは否定できないので注意を怠ってはいけません。けれども、わかっている範囲では、それは非常に少ない。といっても、現実にとまどき問題は起こっています。これは、我々の知識は限られていること、使用法や対策に問題があったことが原因だろうと思います。できることは、知識を増やすこと、管理技術を進めること、法規制や自主的な管理を整備すること等でしょう。一つの例ですけれども、ダイオキシンは、毒性は中程度以上ですが、曝露するチャンスが低いため、危険性は大きくないことが分かっています。我々がダイオキシンを摂取する一番のソースは魚なんです、これも量的には合格と判定されています。焼却場から出るダイオキシンは、総量としては多いんですけども、摂取するダイオキシンの中で占める割合はごく一部です。ごみの中のダイオキシンの量も今、非常に減ってきているので、そのために子供に云々ということは、誤報だろうと思います。もちろん、大丈夫だと言いきる気はなく、情報を公開して、皆さんに判断していただいて、その上で危ないからやめておこうということでしたらやめればよいと思います。

【日 高】 日高ですけど、今そういう話なんです、それ全く、そういうある物質が非常に怖いものが何かたまっているんじゃないかと、そういうことが思っていると同時に、テレビなんか見ていると、単に物質名が出る。トマトにはリコピンだとか何とかというのが入っているんで、健康にいいし、美容によいという。そうすると本当にそのあれがすぐスーパーで売り上げがばっとふえるんですね。そういうふうなどういった、化学知識に人間が弱いと、名前に弱いというのは、どういうことなのでしょう。

【御園生】 私も妙な習性だと思っております。同じようなことですが、ある物質が危ないと報道されると、非常にエモーショナルなリアクションが起こる。これらは、まさに安全についての考え方などを含め、常識を共有することが必要で、そのための努力を化学者はもっとしなければいけないと思っております。毒性データというのは、先生方も御存じのように、素人が見てもなかなかわからないですね。私が読んでもよくわからない。黒なのか白なのか、あるいは、グレーの程度がよくわからない。いずれにしても、管理も進んでいるし、寿命は

伸びているので、それほど心配はないだろうと思っていますが。

【池内】非常に幼いころに曝露されたものと、大人になってから曝露されたの、やっぱり違うじゃないですか。

【御園生】ええ、一般的には違いはあるとされています。

【池内】だから、今ね、非常に長い人はね、戦前なり、戦後のまだあまり化学物質がない時代に。

【御園生】化学物質の定義ですが、普通は、全ての物質を意味しています。その中に有用な物も有害な物もある。有害性の程度もいろいろだし、危険性は使い方で非常に変化することをまずご認識頂きたいと思います。ですから、戦前、戦後の化学物質の少ない時代というのは正確な表現とは云えません。仮に、化学物質を有害化学物質に限定した場合ですが、おそらく増えている物質と減っている物質があると思います。大気や河川の汚染物質の多くは格段に減っています。総合的に化学物質のリスクが増えたか減ったかについて私はデータを持ち合わせておりませんが、管理もすすみ、結果的に寿命が延びているので、おそらく平均的なリスクは相当減少しているのではないのでしょうか。

私の今いるナイトには、化学物質管理センターがありまして、化学物質を管理する法律の一つである化学物質の審査に関わる、通称、「化審法」の施行を支援しています。化審法では、化学物質は合成した物質とされます。その物質の毒性がどの程度かを判断して規制の程度を決めるのが化審法の役目です。化学物質と聞くとすぐ危ないと思って頂きたくないですし、また、毒性の特に大きい物質には天然の物質が多いことも知って頂きたい。こういうことがどうも十分に知られていない、リスクコミュニケーションの不足が問題だと懸念しております。繰り返しになりますが、決して、安全だと言い張るつもりはないのですけれど、安全性の相場観を共有しないと適切な判断や管理はできないと思っています。

【鴨下】さっき日高先生おっしゃった、何か日本人は極端にですね、何かいいというと、そればかり飛びつくので、ポリフェノールがいいといえば、赤ワインですね。何か、みんなチョコレートがいいとかコーヒーがいいとか、うんと消費量が上がるみたいなんですね。店にもあるし、やっぱり一つのあれは何ていうんでしょうね、ある特定のものだけとり過ぎると、逆によくはないものがあって、私はまあ冗談じゃないんですけど、薬はリスクに通ずる。なるべく薬は飲まない方がいいです。

【御園生】化学物質の大部分は普通に適切な使い方をすればそんなに危ないことはなく普通の物質です。化学物質をかりに有害化学物質に限ったとしても、先ほど申し上げたように全

体としては減少していると思います。我々が環境中で接触する広義の化学物質のうち何が平均的にリスクが高いかは、ご参考になるかもしれませんが申し上げますと、たばこが圧倒的にリスクは高く、平均余命のロスは何年といわれています。その次は、あるグループの推算では、ディーゼル粒子で14日、次がラドンで10日、それから、ホルムアルデヒド、ダイオキシンと続きます。一酸化炭素、エタノールは試算されていませんが結構リスクはあると思います。これらと比べると、ベンゼン、トルエンとか殺虫剤はずっと小さくなっています。一般の市民が考えている発がんの原因と、疫学者が調べた原因を比べた結果によりますと、一般の人は食品添加物とか大気汚染とか魚のこげとかを非常に危ないと思っている。他方、疫学者の結果では、重要な原因として、たばこと栄養の偏りが圧倒的に多くて、一般の人が心配している食品添加物とか大気汚染などは非常に小さい。安全とは言いませんが、もっと危ないものが実はたくさんあって、それらを皆さん平気で選んでいるのが事実です。

【廣 田】 やっぱり3番目（専門家と市民の信頼関係）は大切ですね。

【御園生】 リスクの評価と比較は非常に大事です。

【廣 田】 それをどのようにしてやるか。

【御園生】 自動車事故と比べると、多分リスクは一万分の一じゃないですか。

【出 口】 一つだけ。今の話はミクロな領域の話ですけど、この問題、環境ホルモンとか何か出てきたときには、一種のグローバルイシューとして、マクロレベルで、どうなっているのかというのが関心の一つにあったと思いますが、その点についてはまだまだ許容量があるというふうに考えてよいのですか。

【御園生】 私はその専門ではないんですけども、環境ホルモンがあのような騒ぎになったのは、日本だけではないでしょうか。

【出 口】 そうですか。わかりました。

【司 会】 ありがとうございます。それでは、ちょっとここで昼食、お昼休みにしたいと思います。御案内してください。