

「環境科学の現状」

森田昌敏先生に聞く

森田 昌敏 先生

ご紹介

現在 環境庁国立環境研究所 地域環境研究グループ統括研究官

1967年 東京大学理学部化学科卒業
 1972年 東京大学工学系博士課程修了(工学博士合成化学)
 東京都立衛生研究所を経て
 1978年 国立環境研究所 計測技術部主任研究員
 同生体化学計測研究室長を経て
 1989年 国立環境研究所 計測技術部長
 1990年 国立環境研究所 化学環境部長
 1995年 国立環境研究所 地域環境研究グループ統括研究官

主な要職

中央環境審議会等多数の政府委員会のメンバー
 IUPACの分析化学部門のメンバー
 東京大学医学部講師

松尾 昌平

住友化学工業株式会社研究主幹 工学博士
 大阪大学先端科学技術共同研究センター客員教授

山田 宏彦

(株)住化分析センター専務取締役

大変お忙しい中ですが、今日は「環境科学の現状」について、先生の日ごろお考えになっておられることをお聞かせ戴きたいと思います。「循環型社会」と「環境維持・保全・創造」を図ろうとする動きやそれらに対する関心は高いかと思えます。現在、特に強く叫ばれる「環境問題」についての背景・要因についてお聞かせ下さい。

環境問題の背景

森田 環境への関心を高めてきている背景には大きく二つの要素があると考えられます。一つは「地球が小さくなってきた」ということです。世界の片隅で起こったことでも交通手段の進歩でどこへでもすぐに行けるようになりましたし、情報の発達で誰もがすぐ知るようになりました。そういう過程で様々なことが間近で見えるようになってきました。

産業の発展に伴う環境の傷む部分がいろんなかたちで見えるようになってきて、「人類はこんなことを続けていていいのだろうか?」という反省点がでてきたのではないのでしょうか。この警告は昔からいろいろな人たちから出されています。例えば、アルバート・シュバイツァーは「人間というのは先のことも考えずにただ欲のために働いているところがあり、たぶん地球を絶滅させるだろう」と言っています。こういう側面に気づきはじめ、「これではよくないのではないか。単に自分たちの身の回りだけでなく、地球の問題で考えなければならぬのではないか」ということがでてきたと思います。

もう一つは「健康の問題」があげられます。誰も長生きしたいという願望がありますし、健康に対して悪い影響を与えるかもしれないということに潜在的な関心を持っています。それが時々ある種の波動を持って表面化してくるということがあるかと思っています。その典型的な例がいわゆる公害病で、昭和40年代に一度ピークを迎えました。

水俣病や四日市ぜんそくなどがその代表ですね。

森田 そうです。急性影響という形で表に現れました。その対策が一応打たれて、それは消え始めるのですが、その当時から

も、もっと有害なものによる長期的なあるいは複合的な影響によって将来に悪い影響が出るのではないかとかという仮説みたいなものが提案されていました。

しかし、それが本当なのかを証明するのはとても難しく、いつも水面下に半分ある、またそのように見えるようで、別の立場にたてばそうではないようにも見える。どうすべきかという判断は、ある程度様子がわかるまで置いてかれることになるのです。しかし、徐々に科学的な知識がついてくると、はっきりと見え始め、対策へと結びつきはじめました。これが癌の問題だったのです。癌は治りにくいし苦痛も大きい。自分の身近な人が癌で亡くなり、しかも、その苦しいところをみるといった状況になり、「ところで癌は一体何によっておこるのだろう」となります。その頃に提案された癌発生の原因には放射線、ウイルス、遺伝あるいは化学物質などがあったかと思えます。それらのうちの化学物質でも、植物などに由来する天然物質というのがかなりのウエイトを占めるそうですが、その他に合成された化学物質も癌発生の原因と予測され、その中には確かに発癌性を示すものがありました。癌というのは20年、30年という長い年月の潜伏期を経て現れます。その対策の方向は1990年レベルでほぼそろってきたという感じですね。このことが大気汚染防止法とか水質汚濁防止法、水道水の基準の改正と結びついてきます。

最近ではいわゆる「環境ホルモン」が話題になってきていますね。

森田 確かにそうです。人類はもっと先を見るべきだという議論になってきました。癌は一世代限りの話ですが、次の世代まで、例えば100年先まで考えるべきだという議論が今、内分泌攪乱、エンドクリンとして提起されています。実態がどういふものかはこれからの研究になると思いますが、そういう問題が次の課題として浮かび上がってきています。

物の造り方、使い方、捨て方

私たち産業活動に携わるものにとりまして、社会のお役に立つんだという意識に燃えていたのですが、造るもの造る



左から 森田 隆雄氏、結城 隆平氏、山田 文彦氏

ものみんな悪いんじゃないかという見方をされてきたようにも感じられます。もう新しいものはいらぬよといわれるのが一番つらいのですが。

森田 IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)の1988年の集まりで、主催側のハンブルグの市長さんがシティホールでのパンケットで「化学工業はよくない。変なものばかりつくっている。その最悪なものの代表がダイオキシンである」と発言されましたね。それに対して、IUPACのプレジデントは「そうは言わないでほしい。化学は結果的に変なものも出してしまったかもしれないが、いいものもずいぶんつくってきた。例えば農薬では、天然物よりも安全で、よく効くものを作ってきた。そういうことも忘れないでほしい」と反論されました。このへんに市民感情のある種の盛り上がりと共にそれに代表される政治家とのもう一方でのすれ違いがないわけではないですね。結局、今までは造る側が副作用の視点なしで造ってきたところに多分欠点があって、それを含めた造り方をすることでよいものができてくるように思います。

どうすれば良いかという迷いのようなものが造る側にもあるということですかね。

森田 全般的に少し迷走するところがあ

ります。まず一つは造る側は造る側のモチベーションがありますから、例えば、ある性能のいいものを造ろうとします。その一方で、悪いことが起こると予測するだけの知見が少しずつたまってきますから、それをすこし援用しながら新規開発の方向に進んだほうがいいかなと思います。即ち、いわゆる代替品というものの毒性が良くわからないまま、とりあえず代替しようという方向へ逃げていくことが起こります。これがいい結果をもたらすとは言いきれないのです。

何か具体的な例があれば、ご紹介頂けますか。

森田 その典型的な例が農薬です。ある農薬が水質汚濁防止法とかに名前が載ってしまいますと、パッと蜘蛛の子を散らすように別のマイナーな方に移っていく場合があります。総合的な安全評価は決して軽減せず、実は大量に造られていた物の方がよかったと考えられる場合もあります。それまではどちらかという物中心に考えていますが、むしろ環境を中心にして考える、それにとってふさわしい物を作るにはどうすべきかという背景から設計をする発想が必要ではないでしょうか。

性能の面で他より優れなければならぬということがあったかと思えます。正しいつくり方の面を追かけてきたと

もいえます。もちろん質、量ともに正しい使い方の検討を怠りなくやってきたつもりですが、尚一層使い方、併せて捨て方ということが産業界にとりましても重要な課題となっています。難しい課題なのですが。

森田 結構難しいですね。何が難しいかということ、農薬を例にして説明します。農薬は一般の市民ではなくて農家がお買いになります。ここがこの問題解決を非常に難しくしているところです。農家は環境が少々悪化しようと自分の収量が第一です。基本的な構造はそうなりません。環境が壊れて困るのは実は回りまわってくるかもしれない周りの人たちのことです。受益者の構造がびったりしないのですよ。そういう意味で、この問題を解くのは言葉では簡単ですが案外難しいところがあります。

もう一つの例ですが、私がお手伝いをしている運輸省の仕事で、有機スズの代替をどうするかという議論をしています。運輸省はある段階で有機スズの全廃という政策方針を立て、国内ではほとんど塗らない方向に行政指導を開始しました。ただ、関係するそれぞれのセクターに温度差がありまして、造船業界は「有機スズを塗りたくない。有機スズがドックの下に溜まって、底を浚せつせよといわれても大変だ。こんな蓄積するような、しかも毒性の高いといわれているようなものは塗りたくない」と。海運業界、船主

森田昌敏先生



さんは「塗りたい。少しでもメンテナンスフリーで、燃料コストも安くしたい。国際競争力という点でも、日本だけが塗らないと持たない。代替品というからにはもっと効くものでなければ困る」と。塗料工業会では「とにかくいわれたとおりにやります」と。水産業界は「なるべく使わないようにして欲しい」と、一般市民は「変なことが環境で起こっているなら少しでもそうならない方向になってほしい」となります。こういう構造の問題を一体誰がどう責任をもって解くのかということです。しかも、船主は塗り替え時に有機スズを塗ってよい国で船を塗ってしまおうとする。すると造船工業会は「仕事が減るからそれを止めさせてくれ」という。といったいくつかの副作用が起こってきます。結局、この問題解決にはIMO (International Maritime Organization) のような国連機関の下の国際的な取り決めの中で解決するしか答えがないであろうと考え、そのアプローチをとりはじめています。

地球規模で考えてそれらを解決していくとなると大変ですね。

森田 事が地球規模で動き出しますと、そのような場で答えを出していくことになるのかもしれませんが。化学工業会も世界的なネットワークをお持ちでしょうし、多分NGOも世界的なネットワークがあるでしょうし、行政という立場から、色々な国の利益をある程度反映しながらも、国際的な場である種のポリシーを決定していくという、そういう構造が将来的には予想されます。多分インターネット

トのような情報の発達がそれを加速することになるでしょうね。

環境影響評価

環境ホルモン、ダイオキシン、その他

リスク・ベネフィット評価が益々重要になってくる訳ですが、質的に良い悪いということに対して量の問題も併せて考えなければならないというのが、専門家の間ではかなり言われていると思います。このあたりをどうお考えかをお聞かせ下さい。

森田 そうですね、受け手側が何によって良いか悪いかを判断するかと言えば、その重要ポイントは量の問題です。行政というのはどちらかというと物質の名前を指定してコントロールする方向にあります。それは一番易しい。環境中で特定の物質が検出されるかどうかというのが一つのキーポイントになるわけです。それは実は分析法の感度に依存していたり、その他の要素でもあつたりします。物質の名前が決まって、そしてそれに併せてその量的なものがかわってくることにはなるのですが、更にその物質が持つ毒性的な性質というのが当然掛け合わされてきて、全体としてのリスク評価が存在します。しかも、人や生き物には回復力があって、そのリスクの閾値がある可能性もあります。それら全体の問題をどう解けるか、しかも、先ほども述べましたように、ある種の物質がコントロールされはじめますと別の物質が変わっていくだけで、トータルなリスクを誰がどう評価するのかというシステムはまだ持っていないのですね。そのために、ともすれば比較的大量の生産量を持つ物質が規制されて、小さい物質にシフトしていくということが恒常的に起こるのですね。これが本当に正しい決定かどうかはかなり疑問なのです。何故かと申しますと、一つには大量生産品の生産コストが安くなっていて、そういった意味では社会的なコストは小さくて済んでいるのですが、ファインの方に移っていくとコストが上がってきます。もう一つは、ファインの方にいったからといってリスクが下がるという保証はどこにもないし、しばしばファインについては毒性の情報が欠落していて、思わぬ有害なことが発生する可能性も結構

高い。だから必ずしもその方向がいいとは言えないのです。今のところ比較的安直にその方向に進んでいるという感じですね。もちろん、量的にある程度コントロールすれば環境中の濃度もある程度抑えられますが、多分それだけではすまない感じですね。

合成化学物質というものは、5万、6万以上あるといわれていますが、それらを全部短期間に毒性評価とか環境影響評価を実施するという事は、現実的にはかなり困難なことです。それで大きなもの、重要なものから評価されている訳ですが、それも保証にはならないということです。

森田 そのとおりです。私たちが持っている限られた知識をもう少し一般化できるように統一的な原理に置き換えて推定していくしか広げられないですね。構造活性相関に関する各種プログラムはその延長線上にはあります。生産量を小さいものにシフトすればよいということでは必ずしもないと思います。ひょっとするとシフトすればするほど別のリスクが増えてくるかもしれないという感想を持つほどです。もちろん、農薬の発展を見ますと、少なくとも低毒性化にはある程度成功しているような感じはします。

外因性内分泌攪乱化学物質 (環境ホルモン)

ところで、別のリスクと言いますと、ダイオキシンなどに代表される環境ホルモンという言葉が最近良く耳にします。この問題は単純にはいかないのではと心配しているのですが。

森田 内分泌攪乱の問題は、その現象がどのくらいリアルであるかということが先ずあります。それから、内分泌攪乱と関連するような事象がたとえあっても、それが内分泌攪乱物質と呼ばれるものによって引き起こされると決定することは単純ではありません。ある事象に対して、それを引き起こすかもしれない他の要因が存在することがあります。それらの事実関係を明らかにしていくことは相当難しいことです。今のところ十分なリスク評価がされていません。やや不

安が先行している面がないわけではないと思います。テレビ放送などでも何回かとり上げられておられますが、因果関係が明確になっている事例は必ずしも多くありません。イギリスの"Roach" (コイ科の魚) がメス化しているという話はノニルフェノールのポリエトキシレートのような界面活性剤が大量に使われた結果であるということは正しいかもしれませんが。但し、このいわゆるマस्पロダクションの化学品の他に、もっと可能性がありそうなのが合成ホルモン剤で、下水処理場の排水など、人を介して出てくるような水などがその作用を持っているように思うのですが、その解析はまだ十分にはなされていません。いわゆるエストロゲン作用を持つ水の中に現れてくる可能性がある物質としては合成ホルモン剤、人が使ったり動物に使ったりしているものですが、その他に天然の植物性エストロゲンなどがありそうです。この天然の植物エストロゲンもいくつかのカテゴリーに分けられます。ひとつはパルプの製造に関わるリグニンから分解されてくるような物質、それから、大豆などにたくさん含まれているイソフラボンの系統などがあります。

豆などは直接食べているわけですが、子供に豆乳を与えてよいかという議論が起こっています。以前は、日本人は大豆をたくさん食べていて結構長生きをしている。癌にもなりにくい。だから豆は良い。豆の中に入っている植物エストロゲンは体に良い。そういう研究がずっとされていたのですね。今、逆の面での研究がスタートしはじめています。物事には裏と表がどうしてもありますね。天然エストロゲンの他に、合成化学物質にも関係がありそうなものがあります。そ



の半分ぐらいがDDTやダイオキシンなどの有機塩素系の芳香族化合物で、これがかなり蓄積性があるという意味で問題になってきます。他には、工業薬品、農薬の中にもそういうものが少しあるかもしれませんが。

ダイオキシンの分析

ダイオキシンに関してですが、これまででない多数の異性体を非常に微量まで正確にかつ安く定量分析するというのが要求されています。精度管理も重要です。ダイオキシンの分析についての考えをお聞かせ下さい。

森田 ダイオキシンの問題では、その解決を困難にしているいくつかの要素があります。ひとつは分析料が高く多数の分析がなかなか出来ないということです。今は1検体、数十万円くらいで実施されていますが、一体どのくらいの分析コストまで我々の社会が支払えるかという議論が当然あります。アメリカのダイオキシン分析の市場というのは、今は少し落ち着いています。約10年くらい前の分析の最盛期にはだいたい110万検体の分析がされて、その頃は90%くらいが簡易型の質量分析計(Q-MS)、10%くらいが二重収束の高分解能質量分析計(セクター型)だったという状態でした。落ち着いてからは徐々にQ-MSからセクター型に変わってきているようです。日本がアメリカと違ったのは、分析が一気にきってしまったことです。アメリカが5年間で分析したところを日本は1、2年で分析しなければいけない。そのため、極端にサンプル数が上がってきている状態ですね。今年は去年より更に上がりそうに感じますので、分析機関の方は超繁忙状態が続くかもしれませんね。

それでも、分析料を下げるための努力が必要です。簡易な分析法としては、おおざっぱに二つの方法があると考えています。一つはセクター型の質量分析計を低分解能の質量分析計に切り替えること、もう一つは原理が違った、たとえばイムノアッセイみたいな手法を用いて、もっとたくさん分析ができるようにすることです。

実際に私どもの研究所にも多くの方から分析をして欲しいと言われます。例え

ば、母親が自分の母乳を測定してくれないかというケースもあります。そういう場合どうすべきかという答えは今のところなくて、一人何十万円というお金を出せという話もちょっと出来ません。ちょうどウイルスの検査のような価格帯でできるようにすれば、対応してあげられるかなという感じです。

ゴミ焼却炉などのダイオキシンの発生源での分析は非常に高濃度の場合もあるでしょうし、一方では環境での非常に薄い低濃度の定量分析もあるでしょうし、これらをどうやって共存させて定量分析するのかが、実験室の汚染の問題もあって非常に難しい問題になっていると思います。はじめてではないですか。こんなpg(ピコグラム)とか、また更にその下まで測れというのは。

またクロマトグラフでの分離も大変です。ご存じのように、今のところ17種類の、要するに2,3の位置に塩素がついたものにある力価を掛けて全部加算することになっておりますので、それが他のピークとすべて分かれて測定されていなければならぬのです。



山田宏彦

話は変わりますが、極端な化学物質反対論者は今以上の化学物質はいらないという意見もあります。

森田 もちろん新しいものは必要です。世の中にリスクはいつも存在します。それくらいのリスクは許すという是認されるレベルが存在すると思います。典型的な例が車で、車の交通事故で亡くなるかたは1万人くらい。しかし、誰も車をなくせとは言わない。車を安全に使いましょうとか、事故の原因になりやすいものを取り除くことにコストをかけることは

賛成されています。化学工業もいろんな物質の変換を通じて、社会の基盤を構成しているわけですが、そこには当然なんらかの副作用はあるはず。その副作用を最小限にする努力が絶えずされておればいいという感じがするのです。

だけど、良い悪いは別としまして、反文明というような考え方はやっぱりあるように思います。我々の楽しめるだけの材料はたっぷりあるから、もうこれ以上新しい文明はいらぬという考え方もひょっとしたらあるでしょうね。この辺になると少し哲学じみてきて技術論では解決できない部分ではあります。

技術開発の方向

急に視点を変えて恐縮ですが、バイオテクノロジーの利用についてのお考えはいかがでしょう。

森田 バイオテクノロジーは今後拡大していくでしょう。環境の場面のひとつは環境修復への応用があります。その環境修復は設計の仕方が難しいのです。例えば、バクテリアを使って環境修復をやらせようとすると、バクテリアが生育するために必要な餌をいれてやらなければいけないのですが、このこと自体が次の環境問題を引き起こすこともあります。このパラドックスがまだ解けてなくて、菌をばらまくということへの市民感情的な拒絶反応以外に、別の意味での環境問題を解く道が今のところはっきりしていません。要するに生物を利用するときに、生物の特性把握が必ずしも追いついていないということです。

別の視点からですが、環境科学の分野における産官学共同のあり方について、ご意見をお伺いします。

森田 その問題について、一番面白いのはアメリカという国だと思います。アメリカは非常にフレキシブルで、ある種のフロンティア精神に満ち満ちて、新しいことをかなり大胆にやる。新しいことには副作用の心配もあるのですが、そこをどうやって官が整理して、つないでいくのかということにかなり重要な部分があるのかなと思います。アメリカの行政は非常にフレキシブルで、間違えたら軌

道修正すれば良いのだという発想なので、これが非常に硬直した考え方をせざるを得ない日本の官との違いだと思います。日本の官は間違ったことをやっばいけいけないのです。一度決めたことはきちんと守らなければならない。その為やもすればスピードが遅くなり、すべてに慎重となりがちです。

何か良いアイデアや提案がありましたら、お聞かせ下さい。

森田 日本という国は資源がなく、国土も狭く、唯一のリソースが人的資源です。そういう国が何で食っていくかという結局、何かを製造することで生まれる付加価値によって食っていくのだと思います。この部分は国として必要であり、絶えず何か新しいことをやってなければ産まれてきません。そういう意味で、一方で新しいことをやり、その一方ではその新しいことについての警戒的な感覚といったものが存在する。それら全体をうまく取りまとめて、コミュニケーションしながら展開するシステムが要りますね。情報公開だとか産官学というだけでなく、市民も含めたコミュニケーションのネットワークシステムが徐々にできあがっていけば、その後向きな話にはならないと思いますね。あともう一つは、それをプロモートしていくようなシステムがどこにあるかですが、あまり官僚機構に期待しすぎないで、むしろ民間のエネルギー及び市民のエネルギーが実るような形のほうが良いかもしれません。それに官のほうも参加するぐらいの形で、ダイナミックにやっていく、そういう意味では、例えば、学会といったややニュートラルな機関が強く活動しはじめるのがいいと思います。

分析サービス業のあり方

最後に、分析サービス業のあり方や今後の課題等のアドバイスがありましたらお伺いします。

森田 精度管理のシステムが極めて重要になってきていると思います。特に環境分析は、分析を頼む側の意向がどうしても反映するということがあったり、情報があまり公開されないということがあ

たりします。しかし、金融の世界でも似たようなことが言われていますが、精度管理を含めて世界の中で日本のシステムが孤立してきているのです。要するに欧米型の性悪説に基づく金融の検査システムが良いのか、これまでの日本のように性善説に基づくものの方がいいのかという議論がされています。結局、日本の金融システムがある意味では破綻した為、検査というのは性悪説でなければいけないのではないのかという状態なのです。同じような意味で、精度管理というのはもっとマイナーな領域なのかもしれませんが、分析者に任せっきりで良い値が出るのかという性悪説の考え方と、分析者を一生懸命エンカレッジして分析の精度をあげていくという日本のシステムの考え方がコンセプトとして対立しているのです。結局、欧米型のほうに世界のグローバルスタンダードがシフトしていく中で、日本がどうするのかという問題が問いかけてきています。日本型は決して悪くはなかったけれど、それだけだと持たなくなってきていて、精度管理を欧米型にあわせざるを得ないだろうという気がしますね。精度管理を無視すると、コスト的には一見有利になりますが、これからは精度の良いものを、適正な値段で買っていただくという、そういう構造になっていくのかなと思いますね。

弊社は1995年12月に分析業界では国内で初めてISO 9001認証を取得しました。GLPおよびGMPの推進と共に、それらを継続、維持して、更に精度管理に磨きをかけたいと思います。

森田 食品や、食品の検査の一部、医薬品にGLPが入ってきました。環境分析も徐々にそういうコンセプトが入りはじめるといえるのかなと思います。

多分、今度はクライアントのほうからそういう認証を受けていないところからは結果を受け取らないという次のステップがあるのでしょね。

多岐にわたる貴重なご意見および先生の環境科学に対する考え方をお伺いすることが出来ました。産業界のあり方、更には分析サービス業への叱咤激励まで頂戴致しました。ありがとうございました。