

## 環境中の化学物質の生態リスク

コーディネーター 巖佐 庸

公害問題が盛んだった1960年代には、工場廃液の垂れ流しによって、多くの人々がひどい健康被害を受けた。これは企業が汚水処理の責任をもつべきものである。現在は、そのような大きな害をもたらす化学物質を環境中に放出することはなくなっている。しかし、自動車から排気してもゴミを焼却しても、ある程度の化学物質を環境中に出すことになる。有害の程度は以前とは比べられないほど小さくなっているとはいえ、少しは害がある。しかし薄くて害が小さいために、そのリスクをさらに下げるには無理が起きる。たとえば、河川の水質を改善するために、別の河川から長い水路を引いてきて（導水）薄めるといふ工事があちこちで行われている。その結果、水がなくなった河川は景観が変わり、元々いた生物は生息できなくなってしまう。

リスクがそこまで小さくなると、タバコを喫<sup>○</sup>んで病気になるリスクとか自動車を運転して事故に巻き込まれるリスクなどと十分に比べられるような量になる。自動車の利便性を考えると、リスクがゼロではないことはわかっているが、運転せざるをえない。慣れてくると、運転がそれほど危険なものではなく、気をつければ大丈夫と思えるようになる。同じように、消毒液や殺虫剤でも、ある程度の小さなリスクになると、それらをゼロにするためのコストと比べて、使用が望ましいかどうかを判断しなければならない。そこで、害の大きさを定量化することが必要になる。

避けたいものをエンドポイントとして選ぶと、あとはさまざまなシナリオの下でそれが生じる確率（起こりやすさ）を推定し、起こったときの害の程度をかけて、集計するのだ。このときのエンドポイントとして納得しやすいのは、病気になる、特にがんになるといった健康への害であろう。これは避けたいというのはよくわかる。また、10人ががんになるのは2人ががんになる場合のほぼ5倍程度の害があるというのも納得できる。だから、害を受ける人が経験する害を加え合わせるという計算法が、管理する上で無理なく使用できる。

一方で、人間にとっての利便性を損なうことが経済的コストである。しかし、人間の健康に対する害（ヒト健康リスク）と経済コストを互いに換算することは、人々の寿命の1ヶ月短縮を、いくらのお金で保証できるかといった議論が必要になり、社会の合意はなかなかとれそうにない。しかしヒトの健康に対する害の大きさの尺度を決めておきさえすれば、その害を削減するにはどれだけのコストがかかるのかという形式で、異なる施策の有効性が比較できるようになる。それを使えば、どの政策を優先すべきかが理解できる。

それにしても、現在生きている人たちが健康でいるというだけでよいだろうか？ 化学物質の濃度を薄めるために水を引いて元の河川を枯れさせる例を思い出してほしい。自然を破壊し、多くの生物を絶滅に追いやる結果は避けるべきではないか。人間は動物の一種であり、その安定した生存には、生態系が必要なことが明らかになってきた。生態系は、水や空気を浄化し、食料や繊維を供給し、将来、医薬品発見のもとにもなるということを考えると、生態系が健全に維持されていることが、人類の安定的な生存にも必要である。加えて、自然を散策したりして楽しむ人もいる。野外の動植物を絶滅させると将来の世代はその生物を二度と楽しめないのだから、そ

の権利を奪うのもどうかという気がする。

このような考察から、「生態リスク」をヒト健康リスクとは別に評価する。自然生態系に対する害についても、その害の尺度を決めて、多くの人々がそれを使用することに合意できれば、リスク管理ができる。生態リスクの基準としては、バイオマス（生物体量）の減少とか、個体数の低下、集団の絶滅など、さまざまなものが考えられよう。合意がとりやすいものとしては、取り返しがつかないという意味で、野生集団の絶滅がある。

種の絶滅にも、ごく近縁の種が安全に存続できている場合とその種が他の生物から隔絶している場合とでは重みが違うのではないとか、日本で滅んでも隣の国で生息していればよいとか、いや生物的自然がそれぞれの地域で維持されていることには価値があるのだとか、さまざまな議論があろう。しかし、生物的自然を残すことの価値をすべて評価してからでないとならばそれへの悪影響を考慮しないとということでは、生態系がその間に失われてしまうだろう。生態系を保全する価値の議論は保全生態学にでも任せて、とりあえず人間以外の野生動植物に対する悪影響を評価し、それが大きくならないように抑えようというのが化学物質の生態リスクの評価である。

生態学の専門家の間では、物質循環に注目するのは生態系でと考えるがちだが、リスク評価の文脈では、生態系とは、人間社会にとっての利便性や健康などとは別に配慮すべき生物的自然のことだ。生態系は、人間社会から半ば自立した側面をもち、独自の価値が感じられる生物的自然であり、個体群でも群集でも構わない。

今から 22 年ほど前のことだが、中西準子先生をリーダーとして化学物質のリスク評価を行う大きな共同研究プロジェクトに参加したことがあった。中西先生が最初にグループの 5~6 名の方と一緒に九大の研究室に見えたときのことをよく覚えている。中西先生

は、環境中の化学物質についてのリスク評価がどうしても必要かを説明し、ヒト健康リスクについては、人間の余命の短縮日数による評価手法がほぼ確立しているが、生態リスク評価手法もぜひ確立させたい、といわれた。そして生態リスク評価のエンドポイントとして野外動植物の絶滅を考えたいのだが可能だろうか、と問われた。そのときに私が考えたのは、次のようなシナリオであった。数百個体といったある程度の数の生物が何世代も生息できていたとしても、環境の変動もあるため、非常に長い間を考えるといつかは必ず滅んでしまう。絶滅待ち時間は、生息地の縮小によっても化学物質暴露による生存率低下によっても短くなるので、平均絶滅待ち時間の短縮を使えば両者の害を共通の基準で測ることができる。

本書において、加茂さんが紹介する生態リスク評価は、個体数が少ないときに生物が増えるか減るかに着目したものであり、当時私たちが展開した長時間での絶滅待ち時間は使われていない。生息地が狭くなっても個体数がより低いレベルになるものの、絶滅のリスクが上がるわけではないという限界がある。他方で、環境変動などを考える必要はない。化学物質のリスク評価に使用するには、多くの物質について計算ができる必要があること、モデルの仮定が少ない手法が望ましいことなどから、個体数が増大できるかどうかで生態リスクを判定することが行われている。その手法でも、さまざまな工夫や発展が必要なことは、本書を読むとよくわかる。

『環境リスク学—不安の海の羅針盤—』（日本評論社）の前半には、中西教授の最終講義が書かれている。とても読み応えがある本なので、ぜひお薦めしたい。その中でダイオキシンの話が紹介されている。中西チームはその同族化合物の組成を明らかにすることで、人間の体内に取り込まれているダイオキシンの大部分が、ゴミ焼却場からきたものではなく、昔に生成された農薬に含まれていた

不純物が海底にたまり、魚を通じて食物から入ってきたことを明らかにした。しかし結果を発表してもメディアは聞く耳をもたず、テレビではゴミ焼却場ばかりが危険視されていた。人間には、悪役を決めて攻撃したがる傾向があるようだ。農薬会社は不純物などないと言い張り、影で中西チームのデータの信憑性を疑わせる情報を流したりしていたが、古い農薬を農家の納屋から見つけたために、最終的には農薬会社も認めることになった。私自身、プロジェクトとともにこの経緯を進行形で経験できた。

私は、中西プロジェクトに参加したことから随分多くのことを学んだ。第1に、科学に対する信頼が強まったことだ。事実を明らかにして誰の目にも見えるものにすることによって、ごまかしがでなくなる。そのような力が科学にあることが確かに伝わってきた。第2に、中西先生の社会に対する使命感がある。間違った選択をすることで後に多くの人が不幸になることを防がねばという強い信念である。もう1つ重要なことだが、考え方の違う人々が言い争いをしても決着はつかずうまくいかないことだ。集団を作って政治闘争をしても、立場の違いが続き解決には行き着けない。誰もが認めざるをえない事実に基づいて、どのように社会の舵取りをすべきか議論できることが必要だという中西先生の明確な姿勢である。第3に、このプロジェクトでは、環境科学や工学の専門家、分析化学者だけでなく、問題解決に役立つ人たちは経済学者や生態学者も取り込み、共同研究を進められたことがある。私はそこで優れた経済学者に出会えたことで、その後、経済学や社会科学に対して信頼と期待を強くもてるようになった。

以上いずれも私自身の研究者としての視野に大きなインパクトをもつものだった。それにしても、中西準子先生は、これらのはっきりした姿勢をどうしてもてたのだろうか。その答えは、『環境リス

ク学』にある最終講義に説明されている。

本書では、加茂将史さんが、生態リスク評価がどのように行われるかを、自らの経験を踏まえて紹介している。著者の加茂さんは、大学院では進化生物学の理論研究をしていた。動物の雌が単純な形や色の雄に惹きつけられることを、ニューラルネットワークとして雌の脳をモデル化し、それをトレーニングすることによって調べ、スウェーデンのグループとも共同研究を進めた。その枠組みを拡張して、人々が協和音を不協和音より好む理由を説明した。博士号を取得後は、感染症の季節性の進化をテーマにして非線形の数理モデル解析に取り組んでいた。化学物質のリスク評価という世界に飛び込んだのは、生態リスク評価の専門家として、中西準子先生が立ち上げた産業総合研究所のグループに入ってからである。

博士号でもとれば、私は〇〇学の専門家だ、という意識をもっても不思議ではない。本書には、元々の専門とは異なる場面に戸惑いながらも、生態リスクを社会に定着させるべく努力をする加茂さんの姿が描かれている。それが本書で読みとるべきもう1つのストーリーであろう。