

総論 化学物質との向き合い方を考える

大気汚染物質が
人びとのくらしに及ぼす影響

高野 裕久

京都先端科学大学 国際学術研究院 教授（京都大学 名誉教授）

聞き手：御手洗悠紀（京都大学大学院農学研究科研究員（非常勤））



「大気汚染物質」の変化

【御手洗】 まずは基本的なことからお伺いしたいのですが、今日の「大気汚染」をどのような現象として理解したら良いのでしょうか。

【高野】 大気汚染とは、「戸外の大気中に人工的に持ち込まれた汚染物質が存在し、その量や濃度や存在時間が地域住民のかなり多数の人々に不快感を引き起こしたり、広い地域に渡って公衆衛生上の危害や、人間、動物種の生活を妨害するようになっている状態」と、WHOによって定義されています¹⁾。つまり、それなりの数の人たちが健康について影響を受けている状態と言えます。

大気汚染と聞いてよく連想されるのが、四大公害病の一つである四日市ぜんそくかと思えます。これは三重県四日市市の石油化学コンビナートの稼働により、同地域で発生した公害病です。この頃、大気汚染物質の発生源となったのは、工場や発電所のような大きな設備です。これらは動かない発生源であることから「固定発生源」と呼ばれます。四日市ぜんそくよりも以前の時代には、燃料源として石炭が利用されていました。石炭は、完全燃焼すれば炭素（C）が酸素（O）と結びついて二酸化炭素（CO₂）が発生すると考えられます。とはいえ実際

のところ、石炭のなかには不純物が含まれていますので、その不純物に由来する酸化物が発生します。つまり、石炭に含まれる硫黄由来の酸化物、いわゆる二酸化硫黄（SO₂）を含む、硫黄酸化物（Sox：硫黄と酸素が化合した物質の総称でソックスと呼ばれる）が大量に排出されたわけです。石炭の燃焼に由来する硫黄酸化物によって引き起こされた有名な公害事件として、1952年にイギリスの首都ロンドンで生じたロンドンスモッグを指摘できます。20世紀半ばごろからロンドンでは度々スモッグが発生していましたが、このロンドンスモッグは、呼吸器疾患等による死者数も甚大なものとなりました。近年でも、寒冷地で暖房に石炭を利用していることに起因して、空気が黒くなるほどの大気汚染事例も観測されています。言い換えれば、石炭が主に使われていた時代には、いわゆる粒子としての炭素だけでなく、硫黄酸化物などの不純物や酸化物が大量に排出されていたわけです。二酸化硫黄が紫外線および水と反応すると、硫酸のミストのようになってしまいます。これは、大変刺激性が強く、人びとの健康をひどく害するものでした。

このような健康被害が相次いだことで、研究がすすみ、「不純物の燃焼が健康被害の原因だ」ということが解明されていきました。この間に燃料源が石炭から石油に変化しましたが、石油にも硫黄は含まれてい

ましたので硫黄酸化物が排出され、同様の健康被害が生じました。その一例が先述の四日市ぜんそくになります。ロンドンスモッグのように、硫黄酸化物を原因とする気管支ぜんそくが多発しました。そのため、硫黄をなるべく燃やさないために、化石燃料に含まないようにする方向に進みました。結果として、工場由来の大気汚染物質のなかでも、硫黄酸化物のように毒性が非常に強い大気汚染物質は減少しました。

工場に後処理施設などが造られたことにより、工場由来の大気汚染物質は減少したと言える一方で、増えていったのが自動車由来の大気汚染物質です。これは工場などの固定発生源に対して、「移動発生源」と呼ばれます。自動車はもちろん、バイクや船、飛行機などの移動手段に由来する大気汚染物質が問題になってきたわけです。減少した硫黄に代わり、二酸化窒素 (NO_2) を含む窒素酸化物 (NO_x : 窒素と酸素が化合した物質の総称でノックスと呼ばれる) が健康に対する影響をきたすようになりました。また、最近認知されるようになった $\text{PM}_{2.5}$ ($2.5\mu\text{m}$ 以下の小さな粒子状物質) などの浮遊粒子状物質も、大気汚染性物質として問題視されるようになりました。

大気汚染物質として、近年の窒素酸化物や $\text{PM}_{2.5}$ は、昔の硫黄酸化物ほどの強い毒性はありません。しかし、基礎疾患として、たとえば呼吸器、循環器系疾患やアレルギー等のある人は健康影響に気を付けなければいけないとされています。

東京都の石原慎太郎元都知事が 2003 年にディーゼル車規制を導入しましたが、当時のディーゼル車の排ガスには窒素酸化物や $\text{PM}_{2.5}$ が含まれており問題視されていました²⁾。その後、自動車メーカーも対応したことにより、自動車由来の粒子状物質は重量としては減ってきたと言えます。た

だ、重量は減ったとはいえ、粒径が非常に小さい粒子が代わりに排出されている場合もあります。たとえば、昔は排気口から真っ黒な煙を排出するトラックがよく走っていました。今は同じディーゼル車であっても、真っ黒な煙を排出することはほとんどなく、代わりに白い煙を排出しているのを見ることが多いと思います。あれは、潤滑油や不燃の燃料、ディーゼルエンジンの燃料である軽油などに由来する成分等を含み、かなり粒子が小さいものになります。ですので、自動車由来の排ガスと一言でいっても、その粒子の大きさや中身が変わっています。つまり、基本的に自動車に由来する化学物質は、恐らく重量としては減っています。ただ、ナノ粒子と呼ばれる小さい物質が増えているので、数としては必ずしも減ってない可能性があります。排ガスが広がる沿道で、小さいナノ粒子の数が、特に多いというデータも出ています。

大気汚染の広域化

【御手洗】 大気汚染物質の主な発生源や種類の変化の他に、今日の大気汚染の特徴はありますか。

【高野】 もう一つ、「広域化」も特徴として指摘できます。要するに、日本国内だけでは対応できない問題として、大気汚染が発生しています。四日市ぜんそくの場合、大気汚染の被害は、四日市市を中心とする地域に限定されていました。工場が位置する周辺の汚染状況が一番ひどくて、遠く離れるほど徐々に落ち着いていたわけです。

最近では「越境汚染」と呼ばれる問題が出てきています。一番分かりやすい例は、黄砂といえます。日本国内でも当然、砂と

か土による土ぼこりが舞うわけですが、より大量の砂が大陸の砂漠から巻き上げられて、飛来するのが黄砂です。大きい粒子は巻き上げられた近くの場所で落ちる訳ですが、小さい粒子は落ちずに遠くまで飛んでいくことになります。日本まで飛んでくるのはだいたい $4\mu\text{m}$ から $8\mu\text{m}$ ぐらい小さなものが多いと言われています。PM2.5 に含まれるほど小さいものもありますが、いわゆる PM10 ($10\mu\text{m}$ 以下の小さな微小粒子物質) ぐらいの大きさの粒子物質が飛来して、落ちてきます。黄砂と同様に、ユーラシア大陸から燃焼由来物質も運ばれてきますので、特に日本の西側は越境する大気汚染物質が多くなることになります。越境汚染の場合、遠くの地域で燃焼した物質が変化しながら飛んでくるわけですから、たとえば石炭の燃焼が多い地域から飛来する物質には、先述の硫黄酸化物が多く含まれることになります。さきほど炭素の燃焼の話をしました、炭素が完全燃焼したら二酸化炭素が発生します。しかし不完全燃焼すると、ベンゼン環を複数持つ多環芳香族炭化水素 (PAH) を含むことになります。多環芳香族炭化水素やその酸化物の多くは毒性を持ち、発がん性やアレルギーの悪化、内分泌かく乱作用などの健康に対する影響が懸念されます。つまり、国内で発生する大気汚染物質の他に、遠くから飛んでくる PM2.5 や他の物質も問題になっていると言えます。

最後に、光化学オキシダントの代表である対流圏オゾン (O_3)³⁾ がなかなか減らず、環境基準を超えていることも問題として指摘できます。大気汚染物質である窒素酸化物と空気中の酸素が太陽からの紫外線を受けて光化学反応することでオゾンが発生するのですが、この光化学オキシダントからできるスモッグを光化学スモッグといいま

す。高濃度の光化学オキシダントは人間や植物の健康に影響を与えます。日射量とともに、気温の上昇によりオゾンの生成量が増えることが明らかになっています。つまり、オゾンは地球温暖化とともに、その生成量が増えてく可能性があるので、オゾン自体と、オゾンと反応する大気汚染物質に注視していかないとはいけません。環境問題である温暖化によって大気汚染の質が変化する可能性があるということは、先述の大気汚染の広域化と同様、日本国内、あるいは一つの地域だけの問題としてではなく、グローバルな視点を持って大気汚染を考えないといけない時代になっていることを表している代表例と言えるでしょう。

環境汚染物質への人体への影響

【御手洗】 さまざまな大気汚染物質の人体に対する影響は、どのような分析手法によって検討されていますか？

【高野】 分析手法は、大きく分けて二つあります。一つが疫学であり、もう一つは私が専門としている毒性学になります。

まず、疫学というのは主に統計学的アプローチをとります。たとえば PM2.5 の濃度を横軸に取り、健康影響を縦軸に取ります。PM2.5 の濃度が増えた時にぜんそくの発症率がどう変化するかとか、呼吸疾患による死亡者数がどう変化するかという、相関関係を見る方法です。この方法は、「これ以上の濃度になると危険だ」という基準策定にも使われます。

ただ、PM2.5 の濃度が増えたときに、ぜんそくが増えるという相関関係が指摘できたとしても、その理由までは疫学だけでは分かりません。そこで、科学的根拠を与え

るのが毒性学であり、実験的アプローチになります。主にマウスとかラットなどの実験動物や人間の細胞を使用して、実験を行います。たとえば、PM2.5 をぜんそくのマウスに吸入して、本当にぜんそくが悪化するのか観察します。ぜんそくが悪化するならば、それにはどういう分子が作用しているのか、その分子は人間とマウスで共通しているのかを突き詰めていきます。人体の細胞を使用する場合には、どの部分の影響をみるかによって細胞種が変わります。つまり、肺に対する影響を分析する際には、肺由来の細胞を使用します。疫学的に起きていることが生物としての人間に起こり得ることだと検証しすることを私たちは生物学的妥当性の検証と言いますが、この作業により疫学から出されたデータに科学的根拠を与えます。

例外的に、アクシデンタルな事象に対するアプローチがとられることもあります。たとえば、農薬工場の事故などでダイオキシンに曝露した人を対象にダイオキシンが人体にどのような影響を与えるのか検証するものですが、この方法のように特定の化学物質と健康影響の因果関係が明らかになる事例はきわめて稀なものとなっています。

以上の疫学と毒性学による相補的なアプローチによって、「PM2.5 がぜんそくを悪化させるならば、PM2.5 は一定濃度に抑えなければならない。」というような規制や基準策定に動いていきます。

【御手洗】 先ほど、大気汚染物質は毒性の高いものから低いものへと質的に変化した話をお伺いしました。必ずしも強い毒性をもつわけではない、低濃度の化学物質に長期曝露することによって発生する健康問題も、この二つの分析方法で明らかになるのでしょうか？

【高野】 四日市ぜんそくの時代は、大気汚染物質の健康影響が明らかに出ている患者さんを調べていました。ここで問題になるのは化学物質の「毒性影響」とも言えるようなものです。

しかし、今は大気汚染物質以外の原因によって病気になっている人が多いです⁴⁾。大気汚染物質を含む多くの化学物質は、ある病気をより悪くしていると考えてもらった方が良いでしょう。現在環境中に多く存在するような化学物質には、細胞死とか細胞障害性のあるような、毒性が強いものはあまりありません。ただし、長期にわたって曝露されるとか、長く環境中や生物中に残存する物質も多く、それらが細胞のなかの様々な情報伝達を攪乱していることも指摘されています。環境ホルモンに代表される内分泌攪乱作用をもつ物質は、すでに何十年も前からその健康影響が指摘されていますが、これらは内分泌系の情報伝達をかく乱する物質といえるわけです。しかし、「生体内の情報伝達・シグナルの攪乱」は、なにも、内分泌系に限ったことではありません。たとえば、化学物質が免疫系の情報伝達・シグナルを攪乱したらアレルギーが増えることに結び付きうるわけですし、神経系を攪乱したら行動異常が増えることに結び付きえます。こういった「生体内の情報伝達・シグナルの攪乱」の影響が今の化学物質の問題として特に大きいのではないかと、私は考えています。ただし、この問題を集団としての人間のなかで、科学的に証明しようとするのはなかなか難しいです。なぜなら大気汚染物質、化学物質以外の他の要素があまりにも多すぎるからです。加えて、環境中に存在する化学物質の種類だけでも膨大な数に上ります。たとえば人間から血液を取って化学物質の濃度を測ることは可能ですが、病気との因果

関係の証明にはすぐに結びつけることはできません。また、寿命が動物に比べて長い人間の場合、継代的な影響を観察することも困難ですので、何十年、何百年後にどのような影響がでてくるかも含め、未知数といえることが多いのが現実です。

さらに、この化学物質の人体への影響には個人差があります。私はこれまで、ありふれた化学物質が糖尿病や脂肪肝などの生活習慣病や、アレルギーを、より悪くするという研究をしてきました。言い換えれば、今やどこにでも存在するようになっている化学物質が、多くの人が患っている病気をより悪くするかどうかを調べているわけですが、同じ濃度の化学物質に曝露したとしても、健康に対する影響が出てくる人もいれば、全く問題がない人もいます。たとえば、薬を服用した時に、その薬を代謝する酵素がありますが、代謝されるのが早いほど薬は効きにくくなります。この酵素の個人差は100倍～1,000倍ほどあることもあります。化学物質の健康に対する影響でも同じことが言えます。つまり、化学物質にたいして感受性の強い人たちは、より強く影響を受けることになります。

ただし、環境基準値はあくまでも集団としての人間を対象として決定されますので、この個人差を考慮した基準ではありません。したがって、環境基準値内であったとしても、当然影響を受ける人がいるということになります。そうした健康への影響を受けやすい、感受性の強い人たちを対象とした研究も多く存在します。ただし、必ずしも数として多くはありませんので、環境基準値に反映されるとはかぎりません。一般に環境基準値は、サンプル数(N数)が多いデータをもとにして決められることになります。

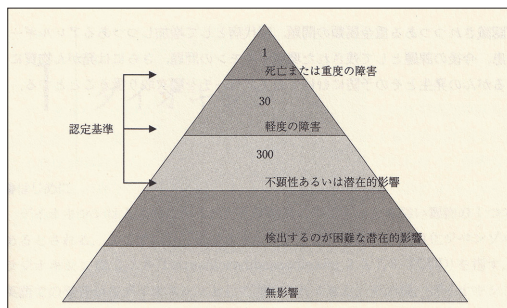


図1. 有害化学物質による影響の分布
(ハインリッヒの法則)

検出するのが困難な潜在的影響については認定基準に含まれないが、影響がない訳ではない。

出典：森田昌敏・高野裕久『環境学入門 8 環境と健康』岩波書店、2005年、13頁。

【御手洗】 化学物質にたいして感受性の強い人たちは、基準を策定するときには取りこぼされてしまうということですね。

【高野】 そういうことになります。例えば、室内中のホルムアルデヒドのような環境化学物質の指針値が厚労省によって決められていますが、それより低い値でも健康不調を訴える人はいます。ですので、便利なもの、あるいは経済的にいいものが必ずしも、「すべての人」の健康に、いいのかどうかは分からないのだと、警鐘を鳴らす必要があると思います。

私の研究はあくまでも動物実験ですので、これから疫学的に人間にも当てはまるか検証されていく必要があるわけですが、実際動物に対する健康影響が観察されている事例は少なからずあります。たとえば、最近では、マウスに脂質の多い食事を取らせ、ある種のペットボトルに入っているとされるような量のマイクロプラスチックを含む水を飲ませると、脂肪肝がより悪くなったという研究結果もあります。つまり、事象として動物では起こり得ることだと言えるわけです。

【御手洗】大気汚染物質の直接的な人間への影響以外に、わたしたちの食事を通した健康に対する影響はあるのでしょうか。たとえば、食物連鎖によって化学物質が生物濃縮する現象は、大気汚染物質でも起こりうる現象なのでしょうか。

【高野】大気汚染物質は種類にもよりますが、分解されるものが多いです。たとえばオゾンは酸素に戻りますし、二酸化硫黄も、硫酸に変わったあと分解されますので、滞留時間は比較的短いです。多環芳香族炭化水素のように滞留時間が比較的長いものもありますが、他のいくつかの化学物質に比較すると長くはありません。食物連鎖による影響がより強く出てくるのは、いわゆる残留性有機汚染物質 (POPs) と呼ばれる化学物質になります。大気汚染物質の影響は、基本的に呼吸器や循環器に対するものがメインであると考えていただいたら良いかと思います。

【御手洗】「体内に蓄積する」と言っても、大気汚染物質は残留性有機汚染物質とは異なる作用をするというイメージでしょうか。

【高野】ガス状の物質は、基本的に、体内に入ってもまた出ていきますが、粒子状物質は沈着して、肺やリンパ節にちょっとずつたまっていきます。たばこを吸った人の肺が真っ黒くなっているのを想像していただいたらわかりやすいかと思います。大気汚染物質も一緒に、沈着した粒子の少なくとも一部は体内に残ります。PM2.5 によく含まれる多環芳香族炭化水素の一部には発がん物質もありますので、粒子が呼吸器内に蓄積すると、がん疾患に関与してくる可能性があると考えられます。

【御手洗】粒子状物質についてお伺いしたいのですが、PM2.5 と一言にいても、粒子の大きさだけで定義されているので、かなり多種多様かと思います。天気予報にも表示がでてくるほど身近な情報になっている一方で、あまりにも大きいくくりで、どう理解したらよいのか分かりません。

【高野】そう、本当に多種多様な物質が含まれています。もともとは元素炭素が核となり、そこに燃焼由来のものとか、自然由来のものとか、色々なものがくっついていて想像していただくとイメージしやすいかとも思います。たとえば黄砂の場合、シリカやカルシウム等、土のなかに含まれている物質以外にも、細菌やカビの成分も含まれています。燃焼由来物質だと、先述の多環芳香族炭化水素以外にも、硫酸イオン、硝酸イオン、水溶性の化学物質、脂溶性の化学物質、それから粒子など様々なものが混ざっています。つまり、発生源によって含まれる物質が異なることになります。

したがって、観測する場所によって PM2.5 の組成も違えば、その人体に対する影響も違うということになります。実際に色々な地域から PM2.5 を採取して、気管や肺の細胞を利用して実験を行ったことがあります。含まれているものが違いますので、健康への影響も異なる結果がでました。量や組成の相関関係を分析する実験を重ねて、どの物質がどのような影響を与えているのか絞っていくということになります。

経済性・利便性と安全性の比重を考える

【御手洗】必ずしも化学物質に関する専門的な知識を有しない人は、大気汚染物質と

日々の生活の中でどのように向き合っていけば良いのでしょうか。

【高野】 化学物質が怖い・怖くないかと聞かれると、化学物質は「怖い」と考えておられる方が多いのではないかと思います。一方で、どこにでも化学物質は存在しているということを知っている人は意外と多くありません。大学の講義で「皆さんが普段食べている食品のラベルを見てみてください」という話をよくします。食品に含まれる化学物質に無頓着に生活していたとしても、多くの人は平気で過ごしています。これは、食品に含まれる化学物質の毒性が基本的に強いものではないからです。では、本当に化学物質が身体に対して全く影響がないのか、増やしても問題ないと考えて良いのでしょうか？化学物質が生活習慣病やアレルギーを悪くする可能性があることを考えれば、そういうわけにはいかないだろうと思います。

私は、「化学物質は健康に悪影響がある可能性があるから、なるべく使わないようにしましょう」という、ヨーロッパで用いられている「予防原則」の動きをより強めないといけないのではないかと考えています。これは科学的な根拠が十分に証明されない状況でも、可能性がある限り規制を先んじてとっていかうとする考えですが、これは経済性・利便性と安全性の綱引きになりますので、そのどちらを優先するのかを考えなければなりません。予防原則の導入は、経済性・利便性の向上を目指す際に起こりうる「副作用」まで考慮する考え方です。たとえば、火力発電による大気汚染の問題はもちろんですが、二酸化炭素を減らすために推進される風力発電が、低周波音による健康影響を起こすことがあることも分かっています。あるいは、水力

発電のためにダムを建造したら、たしかに生活は便利なものとなりましたが、下流の生態系が変わってしまいました。というような事例もあります。これらのように、温暖化対策の中でさえ経済性・利便性を求めたときには必ず、その跳ね返りが生物に來ます。生物に対する影響は巡り巡って最終的には、人間に來ることになります。こうしたことも視野に入れて化学物質の規制のあり方を考えていくことが重要と考えているわけです。

【御手洗】 予防原則も含め、化学物質との向き合い方について、どのような議論のあり方が求められているのでしょうか。

【高野】 学会では予防原則に関する報告などがなされ、情報の共有が行われますが、そこから先の規制に関与していくのは難しいのが現状です。たとえば、研究者が省庁の委員会等で発言することはありますが、そこから先の決定は政策の範囲になりますので、研究者の領分ではありません。研究者として行動はしているけれども、政策決定に必ずしもつながるとは限りません。

化学物質に関する情報発信は基本的に個人や学会、論文等を通して公表していますが、大手メディアに取り上げられることはあまりありませんので、なかなか周知されにくいという状況もあるかもしれません。たとえば、マイクロプラスチックが糖尿病を悪くするという動物実験の研究成果を発表したところ、大手メディアから取材を受けることになりました。しかし、最終的には記事やニュースにはなりませんでした。化学物質の中には特定の企業と結びつくものもありますし、マスメディアとの関係も複雑といえるのかもしれません。法的な規制がない状況では、特定の化学物質の使用

をやめるよう主張することもなかなか難しいという実情もあります。ただ、数として多くはなくとも、健康に影響が出る人もいるということを研究者はもちろん発信していかなければなりません。

一方で、豊洲の地下水汚染や福島第一原子力発電所の ALPS 処理水のように、マスメディアの発信が科学（サイエンス）を重視していないと感じるケースもあります。話題性が優先される結果、一つのリスクに議論が集中しがちです。何か一つが問題視されると、リスクはそれだけだと思いがちですが、全体を把握していく必要があります。他にリスクはないのか、広い視野で捉えていく必要があるわけです。たとえば、新型コロナウイルス感染症の流行のときでも、本当に厳格な行動制限が有効だったのか、事後の検証が十分になされていません。行動制限が感染拡大以外のリスク、たとえば糖尿病の悪化や自殺率の上昇などにどのような影響を及ぼしていたのか、全体を俯瞰して検証する必要があるのではないのでしょうか。

それは大気汚染も同じです。大気汚染物質のように、マジョリティにたいして健康被害がでていないとしても、やはり化学物質によって健康に影響を受けている人はたしかにいますので、こうしたマイノリティに対する視線も、もちろん必要です。だから、一見矛盾しているように見えるかもしれませんが、全体としてどのようなリスクがあるのかマジョリティに対して広い視野で見ながら、同時に、影響を受けやすいマイノリティの人たちも、きちんと注視していかなければなりません。この二つの目線で見えていかないといけないということを、いつも意識することが重要と考えています。

リスクの中に生きる

【御手洗】 私たち市民は、化学物質を世界的にゼロにすることが難しい以上、大気汚染から逃れる方法がないなかで暮らすしかない、ということですね。

【高野】 そうです。その中で、先ほどから述べているように、感受性の高い人の場合はより強く影響が出てくることになります。昔、大学病院でアレルギーの外来を担当していたこともあるのですが、おじいちゃんが生産する無農薬の野菜しか食べられないお子さんを診察したことがあります。少しでも農薬を使った市販の野菜食べると、熱や発疹が出てしまうのです。

こういう患者さんを見ていると基本的に化学物質は使用しない方が良い。しかし一方で、それを一切なくすことは本当にできるのか、という問題があるわけです。私たちが、大気汚染から逃れる方法は現状ありません。しかし、私たちはリスクの下で暮らしている中で、そのリスクを「許容範囲」の中に抑える選択はできます。たとえば、車を運転すれば当然、交通事故や大気汚染のリスクがあるわけです。ですが、そのリスクがあるとわかっていて車を製造して、車に乗るという選択をしているのが現代社会と言えます。リスクを減らすテクノロジーをめざすことはもちろんですが、この経済性・利便性と安全性の比重をどうするかは、専門家である研究者だけではなく、最終的には社会全体で決めなければいけない問題なのです。

環境学と政治

【御手洗】 今日の環境問題は地球全体の問

題で、本当は大気汚染にも国境は関係ありませんが、一方でその対応は国ごとですることになり、そうなると政治的な問題になる難しさがあります。

【高野】 その通りです。私自身は実験的な研究をしていますので海外の研究者との共同研究をすることは少ないですが、疫学の間研究者の中には海外の研究者と共同研究に従事している人もいます。日本は先進国として先に経験し、解決している環境問題が多いので、現在大きな問題を抱えているアジアやアフリカなどの国々の問題解決を意図し、日本の疫学者が海外に渡航して共同で研究することは多いです。ただし、こうした研究結果を踏まえて次の行動に移そうとなると、先ほど述べたように、研究者の領分ではなくなってしまいますので、研究者だけで全て解決することはできません。

私は、政治が環境と健康というテーマにたいしてもっと興味を持つ必要があるとも思っています。地球全体を見たときに温暖化は非常に大きな問題ですが、化学物質の問題があまり重視されていないと、温暖化以外を研究している環境学研究者として感じる場合があります。たとえば研究関連の予算でも、温暖化と廃棄物関連の研究に比較すると、大気汚染や化学物質関連の研究予算は限定的な印象もあります。

【御手洗】 研究資金の話もでてきましたが、環境学、特に環境と健康に関する研究が置かれている状況をお聞きしてもよろしいでしょうか。

【高野】 今は、どこの分野でも、若手の研究者を育て、確保するのは大変だと思いますが、環境系は特に少ないのではないのでしょうか。たしかに温暖化のようなテーマ

だと研究資金もつきやすく、研究者も比較的多いのですが、化学物質や健康影響を研究する人は少ないのが実情かと思います。このテーマは分野横断的で、省庁でも環境省が担当するのか、それとも厚労省なのか、狭間にある等場合もあり得ます。

空気清浄に関心のある企業と組んで共同研究することもあります。基本的には額の大きい研究資金は公的資金になります。私が国立環境研究所に所属していたときは、所内の競争的資金を獲得して業績を積み上げてから、文部科学省等の科学研究費（競争的資金）を獲得して研究を進めてきました。ただ、たしかに研究資金も問題ですが、より大きな問題は、研究者が少ないことです。

【御手洗】 環境問題が深刻化しているなかで環境学を学びたい人は少なくないとは思いますが、分野横断的なテーマなので、どこで学ぶかというところが難しいですね。先生ご自身も医学部を卒業された後、臨床医として病院勤務を経て、環境学の研究を初めるという研究者としては異色のキャリアを積んでおられます。

【高野】 環境学を学ぶなかで、環境と健康を学びたい学生は、理工系と医学・生物系を横断することになりますが、現状の制度の場合どちらかを選ぶことになります。環境学を志す学生には理工系が多いのですが、同時に医学・生物系に興味を持つ人はそんなに多くありません。医学・生物系の方も競争が激しくて、流行りの分野を選ぶ学生が多くなりがちなのではないでしょうか。環境と健康というテーマは、社会にとって重要ではありますが、インパクトファクターも上がりにくく、競争的研究資金も取りにくい分野なので学生は選択したけらな

いのかもしれません。

ただ実は、最近では環境学のインパクトファクターは昔に比べてかなり上がっています。おそらく環境問題が顕在化している中国等で研究が進んでいるからと考えられます。中国を中心に論文数も増えています。それにたいして日本は若手研究者が育っていないので、より将来の研究の進展が心配になります。

【御手洗】 環境と健康を主題とする環境学の分析手法から将来に至るまで、本日はたくさんのお伺いしました。それにより、化学物質と健康影響の因果関係を科学的に証明することの困難さや、様々な可能性を吟味しながらリスクを許容範囲のなかに抑えていく必要性が明らかになりました。リスク社会を生きていく上で、経済性・利便性と安全性の比重を、私たち社会に生きる市民一人ひとりが、議論を重ねながら考えなければなりません。その際に、二つの目線が必要であるという高野先生のご指摘は大変重要です。最後になりましたが、本日はご多忙のなか取材に対応していただき、本当にありがとうございました。

度規定され、それに環境要因が加わることであり、病気の発症や悪化が起きると考えられる（高野裕久「環境汚染とアレルギー—最近の話題」『京都府立医科大学雑誌』119 巻、12 号、2010 年、867-876 頁）。

参考文献

森田昌敏・高野裕久『環境学入門 8 環境と健康』岩波書店、2005 年。

注

- 1) 詳しくは WHO の HP を参照 (<https://www.who.int/health-topics/air-pollution>)。
- 2) 東京都のディーゼル車規制の内容については、東京都環境局の HP を参照のこと。
(https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/vehicle/air_pollution/diesel/regulation/detail.html)。
- 3) 同じオゾンでも、成層圏にあるオゾン層は遺伝子毒性の強い紫外線を吸収し、皮膚がんから人類を守る働きをする。このように、成層圏オゾンと対流圏オゾンで、人の健康に対する意味合いは、まったく異なるものとなる。
- 4) 病気の発現や悪化と関連する二大要因として、遺伝要因と環境要因が指摘される。ある病気に対するかかりやすさは、遺伝子によってある程