

空気に漂う危険な物質

東京大学名誉教授

柳沢 幸雄 やなぎさわ ゆきお

1947年生まれ。東京大学大学院工学系研究科化学工学専攻修士・博士課程修了。ハーバード大学公衆衛生大学院准教授、併任教授（在任中「ベストティーチャー」に複数回選出）、東京大学大学院新領域創成科学研究科教授、開成中学校・高等学校校長を経て、2020年4月より北鎌倉女子学園学園長に就任。著書に、『空気の授業』（ジャパンマシニスト社）、『化学物質過敏症』（共著、文春新書）など。



化学物質過敏症は「新しいタイプの公害病」といえるだろう。水俣病をはじめ、従来の公害病が特定の地域で発生していたのに対し、この病気は個別の家の中で起き、さらに家族の中でも発症する者と発症しない者が出てくる。地域とも家族とも共通項を持ってない発症者は、周囲の無理解から孤独感と疎外感で大きな苦しみを味わうことになる。なぜ、このような被害がもたらされるようになったのか、また、私たちが生活する空間の空気中にどのような化学物質が漂っているのか。化学物質過敏症について、早くから警鐘を鳴らしてきた東京大学名誉教授の柳沢幸雄氏に聞いた（聞き手・構成：編集部）。

——空気は体の中に取り込むものではありませんが、食べ物と違って目に見えないだけに無頓着になりがちです。しかし、空気中に漂う化学物質が不調を引き起こすこともあるので、様々な患者さんに対応する医療者としても知っておくべきことではないかと思います。どのような化学物質がこうした健康被害をもたらすのでしょうか。

柳沢：1990年代、バブル景気を背景に新築住宅が多く建てられた時にシックハウス症候群が顕在化しました。その当時、建材として使われるようになっていたのが合板や集成材です。無垢の木をそのまま使うのではなく、例えば、熱帯林産のラワンを大根の「桂剥き」のように薄く剥いで、接着剤を使って、それら

をミルフィーユのように何枚も重ねる。そうやって、低コストで見た目のきれいなものを作ることができるようになりました。

ここで使用されていた接着剤は、尿素とホルムアルデヒドが反応することで優れた接着力を発揮するものでしたが、問題は加水分解を起こす性質です。その建材が湿気を吸ったときに、接着剤の尿素とホルムアルデヒドの間の結合が切れて分解されてしまう。私は幼い頃に建築現場に行って、ベニヤの切れ端を水の中に浸けて、一枚一枚のシートに剥がして、面白かったことを覚えています。それと同じように、合板や集成材が多く使われた家の中で、空気中の水分によって尿素ホルムアルデヒドが加水分解し、ホルムアルデヒドが

放出されることになりました。

ホルムアルデヒドを使ったものといえばホルマリン液がありますよね。昆虫採集で捕まえたトンボの腹にホルマリンを注射すると腐らなくなる。細胞のタンパク質に作用して固定化するのは。このホルムアルデヒドに曝露すると、鼻血がよく出るようになります。頭がクラクラしたり、頭痛、倦怠感、手足のしびれなどが引き起こされます。そこで、いったんホルムアルデヒドに感作されてしまうと、花粉症などの抗原抗体反応と同じように、ごく少量のホルムアルデヒドでも反応が起きてしまう。これがシックハウス症候群です。

化学物質過敏症が厄介なのは、血液検査などの客観的な指標で識別することが難しく、ほとんどが自覚症状ということです。例えば、今、私が「頭が痛い」と言っても、それを信じるのか信じないのかは人によって違うでしょう。「昨晚、飲み過ぎて二日酔いになっているんじゃないの？」と言う人もいるかもしれません。

同じ家に住んでいても、シックハウス症候群になる人とならない人もいます。1990年代頃は、朝の6、7時くらいに家を出て、23時くらいに帰ってくるような、当時「モーレツ社員」といわれたようなサラリーマンが多くいました。そうすると、1日で家にいるのは8時間程度。でも、妻は、専業主婦の場合なら22時間くらい家にいる。その差は約3倍、ホルムアルデヒドの曝露量も約3倍です。夫は夜遅くまで働いてクタクタになって帰ってきたのに、妻は「だるい」と言って家事をしてくれない。夫からすると怠け者に見えてしまい、夫婦関係が悪化し、最悪の場合はDVや離婚に至った例もあります。

——**建材だけでなく、家屋の構造も大きく変**

わってきたのではないかと思います。

柳沢：従来の日本の木造家屋は隙間風などで自然に換気されていましたが、1990年代頃から建てられるようになった住宅は気密性が非常に高く、適切に換気しなければ化学物質が屋内に充満することになります。こうした違いもあり、シックハウス症候群が発生する家としない家が出てくるし、先ほどお話しした通り、同じ家に住んでいても症状が出る人と出ない人も出てきます。症状が出ている人は、地域の人々や家族と共通項がないので理解してもらえず、孤独感と疎外感で苦しみを味わうことになります。

私は、化学物質過敏症は「第5の公害病」だと考えています。水俣病、新潟水俣病、神通川イタイイタイ病、四日市ぜんそく、これら日本の四大公害病は一定の地域で引き起こされたものでした。ところが、シックハウス症候群などの化学物質過敏症は特定の地域で起きるのではなく、個別の家で起きるところが大きな違いです。このように化学物質過敏症は、新しいタイプの公害病として顕在化していったのです。

まるで、危険ドラッグのようなイタチごっこ

——**シックハウスが社会問題化する中で、行政はどのような対応を取ったのでしょうか。**

柳沢：1997年、厚生省(当時)がホルムアルデヒドの指針値を定めて、その5年後にはホルムアルデヒドを含む13物質の指針値を決めました。しかし、普通の住宅で化学物質を測定すると1000種類くらいは簡単に出てくるので、13物質だけでは到底、足りません。そこで、目標値としてトータルVOC(総揮発性有機化合物)を空気1m³当たり400μgとしました。

これを受けて国土交通省は2003年、建築基準法を改正。新築住宅におけるホルムアルデヒドの放散量を規制し、換気回数などの基準についても定めたのです。また、国土交通省はホルムアルデヒドの放散量をミシュランのレストランガイドと同じように星のマークで表記することにしました。放散量が少ない建材は星が4つ、一番多いと星が1つというふうに4段階で評価し、ホルムアルデヒド(formaldehyde)の頭文字「F」を付けて表記します。星が4つの建材は「F4☆(フォースター)」といわれるようになりました。

このような取り組みが奏功して、日本の新築住宅のホルムアルデヒドの濃度が一気に下がりました(図1)。しかし、問題がありました。化学物質というものは分子構造を少し変えて、その機能はほとんど変わることがない、まったく違う名前の物質を作り出すことができます。違法な薬物の分子構造を変えて、法の目をかいくぐる脱法ハーブや危険ドラッグと同じような話です。「ノンホルの接着剤」

といわれた接着剤の中には、ホルムアルデヒドと同じような機能と接着力を持つとともに、毒性が不明な代替物質が使われていた場合もあります。「Fのフォースター」の建材でも、危険な代替物質を使っていれば安全ではありません。「Fのフォースターを使っている」ので、この家はシックハウスではありません」と言う人がいますが、これは誤解です。Fのフォースターはホルムアルデヒドの放散量に関するものですから、他の化学物質に関して安全かどうかは分かりません。

——代替物質を使っている、トータルVOCを測れば、ある程度の安全性は分かるのではないのでしょうか。

柳沢：トータルVOCはあくまでも目標値なんです。業者がお客さんに住宅を引き渡す時に測らなければならないという決まりにはなっていない。測っているのは、ホルムアルデヒド、トルエンなどの5物質だけで、トータルVOCを測っている業者は、かなり良心的といえるでしょう。

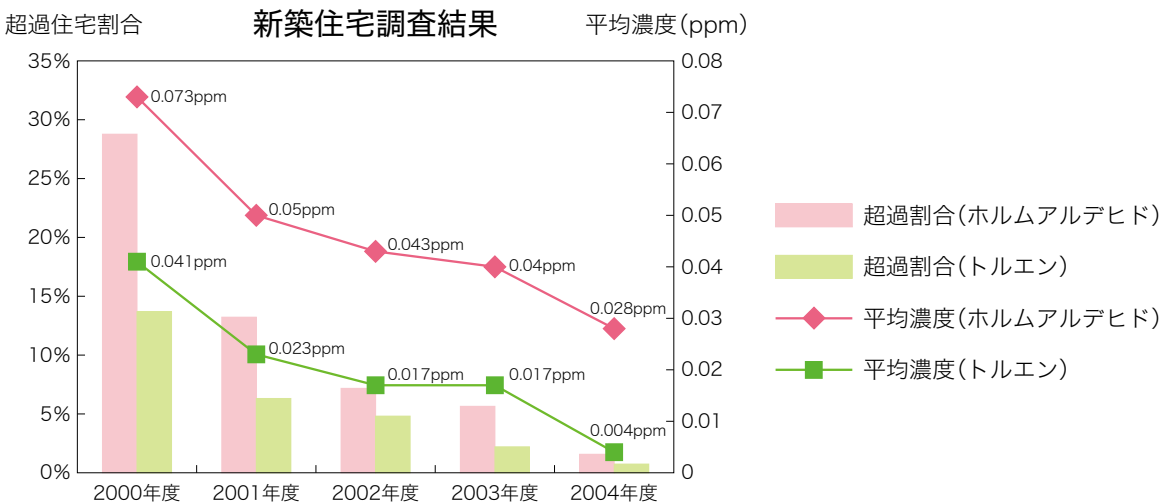


図1 指針値を超える住宅は減少した(国土交通省「平成16年度室内空気中の化学物質濃度の実態調査の結果等について(速報)」より作成)

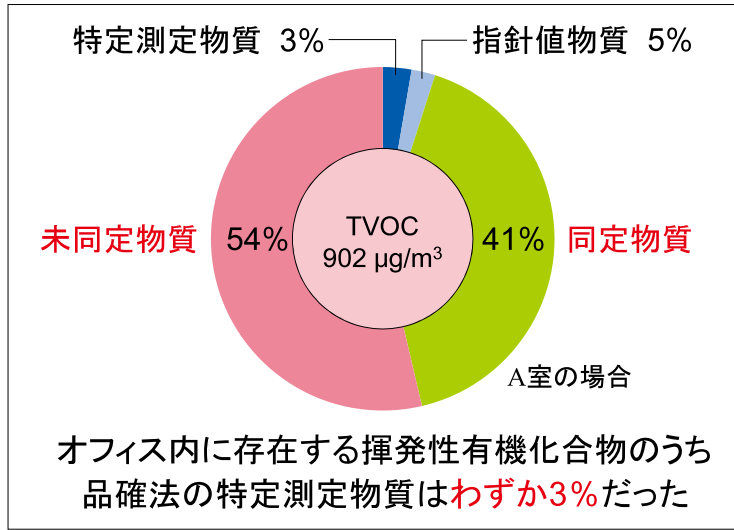


図2 参議院議員会館A室で測定したトータルVOC

——2010年に新築された参議院の議員会館が「シックオフィス」だと判明し、騒ぎになったことがあります。

柳沢：この時、議員の秘書さんなどで重篤な感作を受けた人も出ました。当時の総理大臣は菅直人さんでしたが、財務副大臣をしていたのが医師としてシックハウスの診察もしていた桜井充さんです。私もよく知っている人で、調査の依頼が来たので化学物質を測定しに行きました。その時、法で規制されている13物質は全て指針値以下だったのに、トータルVOCを測定したら、1 m³当たりの目標値400µgに対して、最高値はその6倍に当たる2400µg以上も計測されました。

その頃には、建材の素材として13物質が使われなくなり、その代替物質に置き換わっていたのです(図2)。2002年以来、室内空気中の化学物質についての規制は変わっていないので、代替物質についてはほとんど未規制の状態になっています。

——この参議院議員会館の例のように、自宅

を新築する際にトータルVOCの値が高く出てしまう例もあるかと思いますが、このようなときは、どうやって有害な化学物質の曝露を回避すればよいでしょうか。

柳沢：ネイルサロンでマニキュアを塗ったときに、最初はアセトンの臭いがしますが、しばらくたつと乾いて臭いがしなくなりますよね。それと同じで、建物の場合も、竣工した時は様々な化学物質が揮発するので、トータルVOCの値は高くなる傾向があります。初期の段階で、換気をしっかりとすることが大事です。数値によっては、入居の時期を遅らせる必要もあるかもしれません。それは部屋の壁紙を張り替えたり、リフォームをするときも同じです。また、近隣で外壁塗装がある場合なども、高濃度の化学物質が揮発しやすくなるので、臭いが気になるときは、しばらくはホテルなど別のところに泊まって曝露を避けることをお勧めします。自分の鼻を頼りに、自分の身を守ることが重要です。

——現在、シックハウス症候群についてはマ

スコミ等で取り上げられることも少なくなり、社会問題化した当初に比べて落ち着いているかのように見えます。また、以前に比べてシックハウス症候群の患者が減っているという話を聞くこともあります。不十分な点はあるにせよ、これらの規制がある程度、奏功しているとは考えられませんか。

柳沢：実際にどれだけ減っているのかは疑問に感じます。新築の家でお客さんが不調になっても、5物質を測って指針値以下だったら業者から「シックハウスではないですよ」と言われてしまう。そうすると、お客さんは原因不明の不調を抱えたままになり、表面化しにくくなっている面があるのではないのでしょうか。よほどの重篤な状態になっている人以外は、医療につながりにくくなっている可能性もあると思います。

超微量でも強い毒性

柳沢：また、トータルVOCの測定にも限界があります。超微量でも人体に害を及ぼすような化学物質もあるからです。代表的なものに、ポリウレタンの材料になるイソシアネート類や農薬に使われるネオニコチノイド類があります。特にイソシアネートは非常に反応性に富んでいるので、様々な製品を作ることができ、建材、家具、家電、自動車、衣類、医療材料など、使用される分野がどんどん広がっています。

その原料となるイソシアネートが全部反応して、がっちり結合してくれるといいのだけれど、結合できなかったモノマーが空気中に漂うこともあります。工事現場のスプレー、注入、断熱工事、シーリング工事ではイソシアネートをモノマーの状態ですべて使っていますが、作業員は酸欠に注意しながら保護具を装

着して作業に当たります。工事現場からの距離によって濃淡はありますが、お住まいの近隣で工事があるときは、モノマーに曝露しないよう注意した方がいいでしょう。

イソシアネートは急性毒性があり喘息を引き起こします。こうした有害物質の下で働く人のための産業衛生基準が定められていますが、その室内濃度指針値を比較すると、トルエンは0.07ppm(70ppb)に対し、イソシアネートは0.000007ppm(0.007ppb)。トルエンは生殖毒性があり奇形などを発生しますが、イソシアネートはその1万倍もの毒性を持っています。こうした超微量でも健康被害を及ぼす物質については、トータルVOCの考え方では対応できません。

さらに困ったことに、このイソシアネートは測定が難しい。非常に反応性が高いので、サンプリングしようとしても、チューブやパイプにくっついてしまって、測定器の中にまで入ってきません。だから、「ここにはイソシアネートはない」という結論が簡単にさらされてしまうのです。

香料を入れたイクラのような物

——近年、柔軟剤や合成洗剤、消臭剤などの香り付き製品によって不調が引き起こされる「**香害**」が顕在化しつつあります。なぜ、こうした健康被害が起きるのでしょうか。

柳沢：現時点では推論の段階ですが、原因は2つ考えられます。1つは香料そのものです。花やフルーツなどの香りがする商品がありますが、エッセンシャルオイルなど、天然のものは手間とコストがかかるので、大半の製品では合成の化学物質で作られた香料を使っています。これが不調を引き起こす原因となっている可能性があります。

2つ目に、その香りを持続させるための仕組みが挙げられます。人間の嗅覚は15分間くらい同じ臭いを嗅いでいると麻痺して、臭いを感じなくなります。だから、持続的に臭いを出すためには、臭いの濃度を強くしたり弱くしたりする必要があります。そこで、生み出されたのがマイクロカプセルです。直径30 μ mなので肉眼では見えませんが、拡大するとイクラのような物。その中に、香料を入れて、摩擦や熱などでプチッと壊れたときに臭いが出てくるような仕組みにしました。こうして、香料を放散する時間をずらすことにより、香りを長続きさせることができるようになったのです。

ところが、このマイクロカプセルに、先ほどお話したイソシアネートが使われています。イソシアネートは全部反応して結合していれば問題はないのですが、未反応のモノマーが残っている可能性もあります。超微量でも毒性を発揮するので、これが香害の原因ではないかと考えられるわけです。

口に入れた物であれば、胃に入って強い胃酸で分解されて、その後、小腸でいろんな消化酵素で分解されて、腸管から吸収されたものが門脈によって肝臓に運ばれます。そして、肝臓で代謝されて、毒性のものは分解された後に、心臓に送られ心臓から全身に栄養を送ることになります。しかし、鼻から吸ったものは直接、肺に行って、肺でガス交換されて、そのまま血液に取り込まれて、心臓から全身を巡ることになる。人間の動物としての防御機構には、ミストの影響を防ぐメカニズムがないのです。このことを強く意識してほしいと思います。

——大半の香料が合成の化学物質で作られているとのことですが、いい香りであったとして

も、そうした不自然な香りを充満させることによって、好ましくない影響が出る可能性はありませんか。

柳沢：嗅覚は動物にとって一番原始的な感覚です。例えば、昆虫はフェロモンを出すことによって交尾が可能になります。人間の生殖においても、体臭は重要な意味があります。それは白血球型に関係します。人は両親から白血球型を3種類ずつ受け取るので、合計6種類の白血球型を持っています。ある研究によると、自分と近い白血球型を持っている人の体臭を不快と感じ、白血球型が自分と遠いほど、その人の体臭を心地よく感じるそうです。

これは私の想像ですが、これは近親相関を防ぎ、免疫の多様性を確保するための知恵なのではないかと思います。だから、年頃の娘さんが「お父さん、臭い」と感じるのは正常なんですよ。昔から「東男あづまおとこに京女」という言葉がありますが、そういった組み合わせがいいよという意味もあるのではないかと、私は思っています。だから、体臭をやみくもに消そうとするのは、本能的な部分を麻痺させることになりかねない。

また、人間が一番強く感じる臭いは焦げ臭です。人類の進化の中で、山火事が起きた時に、焦げた臭いをいち早く感じ取って逃げ出すことができたグループだけが生き残ってきました。新型コロナ感染症の後遺症では、嗅覚障害が起きる例もあります。風邪にかかったときのことをイメージすると分かりますが、鼻が詰まった状態で食事をしてもおいしくないですよ。嗅覚は人間の生殖や生存にも大きく関わっており、生物としての生命力につながるものです。それを躍起になって人工的にコントロールしようとするのは、決して望ましいことではないと思います。

これは許しちゃいけないと思った

——化学物質過敏症は「第5の公害病」とのことですが、そもそも、柳沢先生が公害問題に関心を抱くようになったきっかけは何だったのですか。

柳沢：一にも二にも水俣病。私が学生だった頃、チッソと水俣病患者との対立が激しかったのです。大学卒業後、日本ユニバック(現日本ユニシス)にシステムエンジニアとして就職していたのですが、その頃にユージン・スミスの水俣病の写真展を池袋(東京都豊島区)の西武デパートで見ました。会場には、ユージンさんも『苦海浄土』を書いた石牟礼道子さんもいました。この時、あの有名な「入浴する智子と母」などの作品を前にして衝撃を受け、これは許しちゃいけないと思ったのです。

水俣病を引き起こしたチッソは、非常に高い技術開発力がある企業でした。東京大学の応用化学系で1番、2番くらいの成績でなければ就職できない、そのくらい優秀な人材が集まっている会社が、あの悲惨な公害を起こしたことはショックでした。また、私自身も技術者でしたから、まかり間違ったら自分も加害者になりかねない。だったら、自分が公害問題に取り組むしかないと決意して、会社を辞め、東京大学大学院に入って大気汚染の研究を始めたのです。

そして、博士号取得後、私の論文に注目したハーバード大学から声が掛かり、1984年に渡米しました。その頃、米国ではキャンピングカーでシックハウス症候群が出ていました。キャンピングカーは気密性が非常に高く、また、内装材にベニヤを使っていたので、そこから発生するホルムアルデヒドが車内に充満して、発症する例が多かった。それが社

会問題化していた頃だったので、私の研究に興味を持ってもらえたのです。

——これまで、米国や日本でこの研究の成果を生かしながら、化学物質に対する健康被害について警鐘を鳴らしてこられたと思います。

20数年前は、医療者であっても、化学物質過敏症に対して「そんな病気、本当にあるの?」といった懐疑的な反応が多かったそうですね。

柳沢：今もそれほど、変わっていないですね。お医者さんに化学物質過敏症の症状を訴えても理解してもらえないので、患者さんは理解のあるごく限られた医療機関を頼るしかありません。また、化学物質過敏症の人は、歯医者さんに行くのが大変なんです。削った歯の部分埋める時に、今は紫外線を照射するポリマリゼーションで固めていますが、そこでモノマーが発生します。微量であっても、感作された人はその臭いで大変苦しい思いをします。もちろん、それは必要な医療行為ではあるのですが、歯科に限らずお医者さんには合成香料の使用を控えたり、換気を良くするなど、できる部分で配慮をしてほしいですし、診察の際は、自覚症状の問診を丁寧にさせていただきたいと思います。

これまで、化学物質過敏症について、こうした製品を開発しているメーカーの研究所の人たちと話すこともありましたが、中には個人的に理解を示してくれる人もいました。でも、会社として生産を止めることができず、徒労感を味わうこともありました。そういう意味では多勢に無勢かもしれませんが、1人でも多くの人に理解してほしいと思って、機会があればこの問題についてお話ししています。化学物質で苦勞をしている人がいるということをお医者さんたちにも、ぜひ分かってほしいと思います。