

「室内環境汚染」

加藤 信介 (東京大学生産技術研究所 教授)

ご紹介に預かりました加藤と申します。今日は、室内空気環境汚染問題に対する学際的研究の必要性ということでお話ししたいと思います。

(スライド 1)

今日お話しします内容は、昨年(1999)の9月に日本建築学会の大会協議会でお話した内容を取りまとめたものとさせていただきます。その意味では、一度お話しした内容でございますので、既にお聞きになった方があるとすれば大変恐縮でございます。

室内空気環境汚染の問題に対する学際的研究の必要性和今後の研究課題

東京大学生産技術研究所 加藤信介

スライド 1

(スライド 2)

私は建築の環境工学を専門にしております。

建築の環境工学というものは、建築に関する物理学の中で構造以外のほとんどすべてを扱っています。室内での光環境(光学)とか、音がどう伝わるかという音響学、熱がどう輸送されるかという熱力学、それから空気がどのように流れるかという流体力学と幅広い物理学を扱っております。人間が建物の中に住むのに際して、その物理的な環境を人間にとって都合がよいように制御するのが建築の環境工学での課題であります。

今日お話しするのは、室内の空気環境問題であります。ご承知の方も多くいらっしゃると思いますが、スライド 1 に示しますように最近、室内空気の汚染問題が深刻化しています。

室内環境汚染問題の社会的状況

■ 室内化学物質汚染が社会問題化

- 国会における審議(1996年)
 - 健康住宅研究会(建設省)がスタート
- 東京都議会に対する陳情(1996年)
- 日本弁護士連合会がPL法(製造物責任法)に関する電話相談
 - ほとんどがシックハウスに関すること
- 多数の新聞報道
- 新築住宅における高濃度の測定例→ホルムアルデヒドで数10倍、TVOCで1000倍以上の例がある(WHOガイドラインに比べ)

■ 対策が不十分なまま患者を放置

■ 対策のために必要な研究資料の絶対的な不足

■ シックハウス対策には建築、医学、化学の3分野の共同研究が不可欠 → 共同研究の欠如

スライド 2

その例として、室内空気汚染に関する「国会における審議」をあげております。今から5年ぐらい前になるでしょうか、国会における委員会審議の中で、いわゆる「シックハウス問題」ということで、新しい住宅をお建てになって住まわれたら、それを契機として体調が悪くなり、アレルギーや化学物質過敏症などの症状でお悩みの方が、最近急増しています。どうやら新しい住宅で建材からホルムアルデヒドなどの揮発性の有機化学物質が室内に放散し、その空気汚染が原因のようであるが、それに対して建設省(現国土交通省)は、どのような対策をしているかということが審議されたということです。この室内での揮発性の有機化学物質による空気汚染は、新築や改築をした住宅で問題が生じております。室内空気を測定してみるとどうやら部屋の空気はかなり汚れているということで、それにより健康影響が生じ、かなりの問題になってきたということで、日本の政府もその対策研究をスタートさせる契機となりました。

この新築や改築の住宅での室内空気の汚染の問題は、1996年ぐらいを契機として問題が顕在化しています。日本弁護士連合会がPL法に関連して、製造物責任に関する電話相談を行いましたら、3000件とかいう問い合わせが

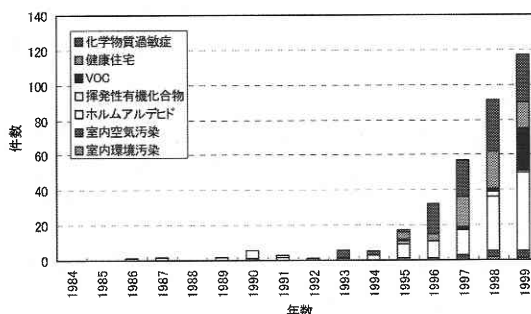
ありましたが、そのほとんどが住宅に関することで、しかも部屋の中の空気が悪くて健康影響の被害を受けているのではないかという相談が多かったということです。製造物責任の相談会では、住宅に限らず消費者が接する消費財や耐久消費財の欠陥に関して広く相談会を行うつもりだったようですが、実は一般の方々には、住宅における室内の空気汚染の問題に強い関心があったということです。

このような事態に対し、建築の専門家集団である建築の環境工学専門家はどうか考えていたのかということが問題になります。ホルムアルデヒドとかトルエンとかキシレンとかいう揮発性の有機化学物質が建材などから放散し室内空気を汚す可能性があること、またそのような有機化学物質が人体の健康にとって影響があることは承知していました。しかし日本では、開放型の燃焼による暖房器具（燃焼排気ガスを室内に排出するもの）が普及しており、室内の空気汚染の問題としては、燃焼に伴う一酸化炭素の放散や窒素酸化物あるいは硫黄酸化物の室内空気への放散がより健康に重大な影響を及ぼすと懸念されており、このような燃焼により大量に生じ、喘息などの原因物質として健康影響が明らかな汚染物質に比べ、建材などから室内に放散される揮発性の有機化学物質は微量であり、健康への影響への因果も医学的にはっきりとしておらず、この問題が顕在化すると、1990年代ぐらいまではほとんど自覚されていませんでした。建材からの揮発性の有機化学物質の放散による健康への影響の問題は、日本よりはヨーロッパや米国のほうが5-10年ほど先に起きていたのですが、ヨーロッパは寒いところだから室内の気密性が高く、換気量が日本に比べてかなり少ないので、そういう問題が起こるのかなと、日本の研究者は対岸視していたのです。しかしあにはからんや、ヨーロッパなどに遅れること5年ぐらいで日本でもそのような問題が急増してきました。そこで日本でも、この建材などから室内に放散される揮発性の有機化学物質による健康影響を解決するには、これが様々な問題を含んでいるということで、どういうふうに解決していくか、どのような対策・研究を行うかということが、専門家ばかりでなく社会的な問題として政府レベルでも検討が行なわれるようになったわけです。

(スライド3)

スライド3に、データは少し古いのですが、シックハウス関連の新聞記事の掲載件数を示しました。朝日新聞の例です。シックハウスというキーワードで朝日新聞の記事データベースを引くと、何件の記事があったかが出てきます。最近5年間ぐらいから急増しているのが分ります。2000年、2001年のデータを示していませんが、この急上昇の傾向が続いております。新聞記事が社会問題を映す鏡とすれば、1995年ぐらいまではほとんどシックハウスとか室内

シックハウス関連の新聞記事 (朝日新聞)



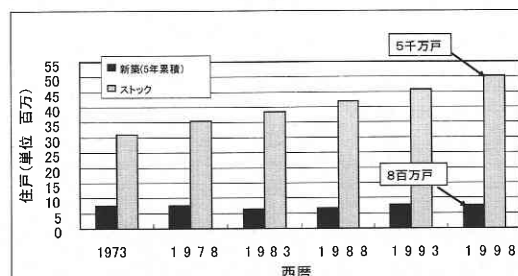
スライド3

の空気汚染の問題は社会問題化していませんでした。潜在的にはあったのかもしれませんが、問題が顕在化したのはこの数年間ということになります。

(スライド4)

スライド4は、住宅着工件数の調査のある5年毎の累積新築住宅戸数及びその時点の総住宅戸数を示します。これは健康影響のある住宅放置すると国民の財産というか、日本国の財産ストックから見ると非常に大きな問題だということを示す図です。日本では住宅統計が5年毎に行なわれています。色の濃いのが新築戸数、色の薄いのが総ストック数を表します。1998年で、その以前5年間でだいたい800万戸建設しています。1年間に約160万戸。いまだ建設され、使用可能な住宅の総戸数は5,000万戸あります。日本の人口を考えていただくとよく分ると思いますが、日本の人口1億2000万に対し、2人に1戸の住宅がストックとして存在しています。数の上ではもはや十分すぎる住宅戸数がある中で、更に年間、160万戸という多数の住宅が建設されています。そのなかの幾ばくかは、実は建材から放散される揮発性の有機化合物により人に対して健康被

新築住宅戸数(5年累積)とストック戸数



(1年間に新築約160万戸)

スライド4

害を及ぼす可能性があります。そのような住宅が大きな割合で建設されることは国民にとっても、日本の国にとっても非常なる損失です。不幸なことに違いありません。従って、行政が国民の貴重な財産を保全するという観点から、室内空気汚染の化学物質汚染を原因とするシックハウス問題に対する対策研究を行なっていかなければならないことを示しています。

(スライド5)

いま住宅の話をしました。スライド5はシックスクールの報じるTVニュースを示しています。1999年の放映です。少し古くなっていて恐縮ですが、今も時々、シックスクールという言葉が耳にされることと思います。住宅など個人の建物と異なり、学校などの公共建物に関する室内空気汚染の問題も、1、2ヵ月に一度ぐらいつつの割合でTVの報道特集がされています。このスライドは学校の例ですが、保育園や幼稚園などの建物も問題になっています。保育園や幼稚園が新築もしくは改築されて、子供が通うようになったら、ひどいアトピーがでてしまったり行けなくなってしまったとか、そういう問題が大きく取り上げられています。



スライド5

(スライド6)

スライド6は、このようなシックハウス問題の広がりに対して、ヨーロッパでも日本でもそうですが、懐疑的な人が多いことを示しています。

一番の問題は、同じ室内で生活をしていて、同じ空気を吸入しているのに、健康影響を生じる人と生じない人がいるのはどういうことであろうかということです。シックハウスによる健康影響を受けて、化学物質過敏症にまでなってしまうと強いアレルギー反応を起こしますし、症状がけっこう重いので確かに空気中の化学物質により人体が影響を受けているのはわかります。しかし、シックハウス、シ

シックハウス問題に関する 素朴な疑問

- 同じ室内で生活し、同じく空気を吸入しているように思われるのに、健康影響を生じる人と生じない人がある
- 本当に同じ空気(汚染量)を吸入しているのか
- 汚染負荷(単位体重あたり)に対する人体影響は何によって異なるのか
- シックハウス問題に関する原因と結果の因果は解明されたか

スライド6

ックスクールで大きな問題となっているのは、シックハウスによる健康影響が、他の要因、例えば精神的なストレスなどでも生じる不定愁訴という症状で現れる点にあります。要するに頭が重いとか、やる気がしないとか、考えがまとまらないとか、どちらかというと一緒にいて症状のない人には室内空気汚染とは別の理由で生じる症状のように見えることがあります。

シックハウス問題が起こるまえ、アメリカでは石油ショックが起きたあと、空調のエネルギーを減らすために換気量を大幅に減らせるよう換気の規準を改定し、その基準に従った建物が数多く建設されました。この換気量を今までより減少させた建物では、室内で放散されていたあまり健康影響が明らかでなかった汚染物質の濃度上昇を招き、結果として室内の空気質が悪化して——「シックビルディング」という健康影響が多数生じました。換気量を減らした理由は、室内で放散される揮発性の有機化合物などの健康影響があまり知られておらず、それらの濃度上昇が健康に影響するとは考えられなかったためです。この「シックビルディング」という言葉は皆さんのお耳にも届いているかもしれませんが、室内の空気質の悪化によって生じたものと考えられています。ちなみに日本では、石油ショックの時代に換気量を減少させる規準の改定は行いませんでした。これは当時、換気量の減少が漠然と室内空気質の悪化を招くものと考え、たとえ、明解な健康影響物質の汚染濃度で問題がなくとも未知の問題物質による健康影響のリスクを考え、換気量を減らす規準の改定がなかなか行われない内に、米国でシックビルディングの問題が生じてしまった経緯があります。健康影響リスクに対する慎重で臆病な姿勢が図らずも有利に働いたともいえます。

シックビルディングによる健康影響の典型的な例は、いま申し上げた、頭痛がするとか、仕事に集中ができないとか、朝起きられないとか、そういう自律神経の失調に伴う不定愁訴が多くありました。その様な症状は、その原因が明らかでないことも多く、室内空気の汚染濃度が上昇した

としても、症状を訴える人と訴えない大部分の人がいて、訴えない人から見ると、訴える人の苦しみが理解できず、空気質の悪化が不定愁訴の原因であるのがなかなか理解されませんでした。大昔から特に空気質に問題がなくとも、不定愁訴を訴える人はいっぱいいます。特に戦前の日本のような風潮があれば、不定愁訴は精神がたるんでいるからだという話になりかねません。そういう不幸な誤解で、室内空気汚染の問題は、被害にあわれた方に対しては不幸な状況をたどりました。

室内で同じ空気を吸っているのに健康影響を生じる人と生じない人があるのは、もちろん答えの一つとしては、人間に対する感受性に大きなばらつきがあることです。お酒の例でいけば、同じ量の酒を飲んでも酔っ払う人もいるし、酔っ払わない人もいます。そういうヒトの感受性に特に大きなばらつきがある可能性があります。

しかし人の感受性のばらつきのほかに、もう一つ大きな問題があります。それは同じ室内にいるからと言って、本当に同じ空気、同じ汚染物質を吸っているのでしょうか。これは、まさに医学の問題ではなく、我々、建築の環境工学の専門家に対する問題提起になっています。今ここにいらっしゃる皆さんも、果たして皆さん同じ空気、同じ汚染物質を吸っているのだろうかという問題にぶち当たります。皆さんが今いらっしゃるこの部屋も、今、外の空気を入れて、室内の空気を外に出していますが、本当に皆さんは同じ空気を吸っていらっしゃるのでしょうか。

ある人は汚れた空気を吸っていて、ある人はあまり汚れてない空気、外の新鮮な空気に近い空気を吸っていらっしゃるのかもしれない。この同一の室内にしながら違う空気質の空気を吸っているかも知れない問題は、住宅よりはむしろオフィスで問題になります。オフィスでは、着座位置、どこに座って仕事をするかが決まっています。学校も同じです。そうした状況で、部屋の中で汚れた空気をいつも吸わされている人と、そうではない人がいるとしたら、汚れた空気を吸わされる人は大変不幸なことになります。

そのようなことが本当に起こるかということですが、実はよく起こっています。このことは15年、20年前のシックビルディングのときに精しく解析されていますが、部屋の中には空気中にいろいろな汚染物質を放散させるものがある。皆さんは、日常的には気づかない可能性があります。例えばコピーの機械は昔、かなりの汚染物質を放散させていました。最近はそのような問題が広く認識され汚染物質の放散量が低減されて来ております。コピーはトナーの定着の際、揮発性の有機物質を出しますし、高電圧をかけることからオゾンも放散させています。カナダでシックビルディングの研究された際、図書館の例だったのですが、室内空気質の悪化が原因で健康影響を受けた人は、部屋の奥に設置されたコピー機の近くにいて、かつコピーからの排

気が風下側に流れてくるところで執務していました。そのような不幸なところに座わられた人は、何の咎もないのに健康影響を受けて、頭が重いとか、はなはだしくは自殺してしまいたいような気分になさえるというのに、上司には精神的な問題と誤解されてしまうということがあります。

シックハウスで問題になるような室内の空気汚染には、一つの特徴があります。それは汚染物質の気中濃度が非常に低濃度であるということです。低濃度であるため、その濃度に短期的に曝されても人体影響はほとんどない。しかし長期にわたる曝露によって何らかの健康影響が出てくることに問題があります。長期の曝露による影響がある場合、問題の生じた室内とその健康影響には因果関係が薄い場合も当然あり得ます。種による違いもあります。一般に毒性は、ネズミで検討されます。しかしネズミには影響がない低濃度であっても、人間には影響が出るようなこともあり得ます。実際に健康影響のある人体実験は倫理的にできませんから、実際問題としてどれぐらいの汚染物質濃度が人の健康に影響があるかはよくわかっていません。また健康に影響するという場合、どのようなメカニズムで、例えば汚染物質が人間の生理や神経の情報伝達機構にどのような作用をして、影響を与えているかということに関する知識も不足しています。

そのように室内の空気汚染の問題は、わかっていないことが山のようにあります。因果が明確でないということは、対策に関しても問題が多いことを意味します。特に社会的な対応というか、だれが責任者でだれが対策に対して責任があるのかということが非常に曖昧であるということが問題です。

(スライド7)

スライド7に「加害責任の分担割合が明確でない」と書きましたが、これは低濃度であるということと、汚染源がどこにあるのかわからないところに問題があります。シッ

低濃度、微量、慢性被曝

- 低濃度、微量、慢性被曝による健康影響は、因果関係が明確でない
- 様々な要因が複合している
- 加害責任の分担割合が明確でない
- 化学物質による健康影響を、新薬の開発により、副作用なく制御できるとしたら、問題は終結するか

スライド7

クハウスにより健康影響を受けたという方々の訴えで、その方々の住宅の室内濃度を測って見ますと、必ずしも高くないことが多くあります。症状を訴えられる方と、その方が過ごされている室内の空気濃度を調べてみると、大まかな相関はあるかもしれないけれど、明確な相関がないことが多くあります。それどころか非常に激しい症状を訴える方は、逆にちょっとした空気汚染も体が検知してしまうので、汚れた家なんかには住めないことになります。シックハウスによる健康影響を受けていらっしゃる方は、非常に清潔で汚染物質のないところに住んでおられることが多くあります。逆説的になりますが、そうした事情により、疫学的調査を行っても室内空気の汚染物質濃度と健康影響に関して、明解な相関関係がないことのほうが多くあります。健康影響を受けるというのは、バレル(樽)効果ということで、生まれてこの方ずっと汚染物質を体の中に蓄積し、あるとき、バレルから溢れ出て症状がはじめてでるというような性質があるというふうにも言われております。長期の汚染物質曝露により症状がでる場合は、このように、どこにその健康影響の原因があったかということが明確ではなく、それが責任を持つべきかということが不明確になります。

最後に、これは倫理的にちょっと違和感があるかもしれませんが、「化学物質による健康影響が新薬の開発により副作用なく制御できるとしたら問題は終結するか」というのは、今後、出てきそうな問題です。お酒を飲んで二日酔いになって頭が重い人に対するクスリがあります。酒を自発的に飲んで健康に影響が出た人にはクスリで解決させることが許されています。そうだとしたら、化学物質で健康影響を受けていらっしゃる方がいるとしたら、しかもその方がごくごく少数だとしたら、そういう方に対してはクスリを飲んでいただいて防ぐということは、社会的なコストが見合えば許されることでしょうか。

これに類似した話は数多くあります。私は、室内空調の研究も行っております。今、いかに省エネルギー的に快適な環境をつくるかということが課題となっています。地球に与える環境負荷を削減したサステナブル社会において、人工エネルギーをなるべく消費せず、快適なオフィスワークができる執務環境をつくるのが課題です。その際、頭痛薬が頭痛を感じさせないように、暑さを感じさせない新薬を作れば空調に頼らなくとも、省エネルギー的に作業効率の高いオフィスワークが可能になる可能性があります。人間は生理的体温調節機構を持っていますが、特に暑い環境では、発汗という調節機構が働いて体温調節を行います。この発汗による調節は人間に特有です。人間は、温度に対して二段階の調節を行います。一段階目は、まず暑いと感じて、行動で暑さに対応します。暑いから窓を開けてみようとか、冷房のスイッチを入れようとか、暑いことに対応して適応行動と取り、この暑い環境をしのごうとい

う行動をとります。この行動による体温調節は、動物(哺乳類)共通です。お腹が減ったから餌をとる行動をするのと同じことです。人間は汗をかいて行動調節とは別の体温調節ができますが、これは動物の中では稀でして、一般の動物は全身に汗をかいて体温調節をすることができません。ネズミとかイヌとかは、汗をかいて体温調節を行うことができませんので、暑い環境に入れてやると、舌を出して荒く呼吸をしてみず呼吸を早めて熱を放出します。次に唾液をたくさん分泌してその唾液を自分の体に塗りつけて、汗の代わりに蒸散させて冷却し暑さをしのぎます。だから暑いとき、自律神経系の発汗による体温調節がない動物は、行動調節により体温調節を行います。人間だったら、ネクタイを緩める、腕をまくるなど着衣の調節や団扇で扇ぐといった行動、更には窓を開ける、空調のスイッチを入れることなど、行動により、意識して暑さに対抗します。人間の場合は、この体温調節の安全装置が2重になっており、体温が上がるとその次に次の装置である発汗という体温調節が行われます。これは、自律神経により生じる作用で意識とは別に行われる体温調整です。

人間は体温が上がってきたら、最初に行動調節のスイッチが入って、服を脱ぐとかいろんな行動をし、その次にさらに体温が上がったら発汗のスイッチが入って汗をかくというふうになっています。しかしクスリを使って最初の体温調節作用である行動調節の働くスイッチを遅らせてやって、汗をかくスイッチが先に入るようにしたらどうなるでしょうか。そんなことできるか否か分かりません。しかし頭痛薬があります。頭痛薬というのは、頭が痛いと思ったときに、その痛みを遮断する薬です。痛みを遮断する薬があるなら、暑い時その感覚を遮断して行動調節を遅らす薬ができるかもしれません。人間は体温調節が2重化されていますから、暑いという感覚を遮断する薬を使っても直ちに危険は生じません。そのような薬を使えば、行動調節をする前に汗をかいて体温下げることができます。行動調節を後回しにして、発汗を先にさせる薬ができれば、人間は暑い環境では自然に汗をかいて体温調節し、行動調節とその引き金となる熱さを感じて対処しようとする考えが生じることがなくなり、本来の勉強や仕事への集中が妨げられることがなくなります。暑さを感じることを遮断する薬を使うことができれば、特に暑い環境で体温調節ができなくなるリスクを犯すことなく、仕事や勉強に集中できるようになります。冷房がなくても仕事や勉強に集中できますから、冷房温度を上げても快適感に大きな影響を与えないでしょう。

いま政府は炭酸ガスの排出量を低減して地球環境負荷の小さいサステナブルな社会に移行を進めています。COP3で約束した炭酸ガス6%削減を達成するため、夏季の室内の冷房温度は28℃にしないと決めています。通

常のオフィスの服装では28℃は暑すぎます。暑くて行動調節による体温調節機構のスイッチが入り、扇子で風を送るなどの作業が増えて仕事や勉強に集中しにくい状態が生じます。しかし暑さを感じることを遮断できるクサリに従業員の方や勉強している学生の方に飲ませたら、どうでしょうか。皆さん、汗をかいて体温調節をし、暑さにより仕事や勉強に集中力を欠く事態も生じません。

地球の環境負荷を下げるという大義名分があれば、そのような薬を飲ませてよいのでしょうか。それともこの日本みたいな暑いところで、スーツを着て仕事をしているのがキチガイじみているから、みんな短パンとTシャツだけの格好で仕事するのがいいのか。あるいは、スーツを着ていても仕事に集中できるよう、建築の専門家、環境工学の専門家が技術開発を図って、省エネルギー的な冷房方法を更に開拓、普及させるのであろうか。それが問われています。

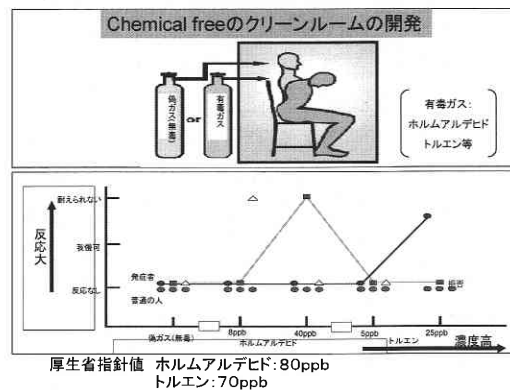
室内空気の汚染に対しても、同様の薬による対策が考えられます。人体の健康影響という面で、化学物質による環境影響を考える場合、所詮体の中で起こっている化学反応や、情報伝達に化学物質がどう働いて本来の機能を阻害しているかということが問題になります。そのような化学物質が体の中に入っても、その本来の機能を妨げないように新たに薬を投入してこれを制御することができれば、化学物質による健康影響を緩和したり、なくすことができる可能性があります。これは化学物質により健康影響が生じた人への治療にもなりますので、そのような薬が開発される可能性はあると考えられます。しかし、そのような薬を開発したら、化学物質による空気汚染の問題が、少なくとも人体の健康影響という観点では解消してしまいますので、空気汚染を減少させるという動機付けが低下してしまう可能性を生じさせます。化学物質による健康影響リスクが低下すれば、その空気汚染を容認する風潮がでてきてもおかしくありません。しかし、化学物質による汚染問題に関してそのような解決は倫理的に正しいのでしょうか。そういう倫理の問題が生じると考えています。

(スライド8)

揮発性化学物質による健康影響の問題を、建築の環境工学の専門家の中で、解決することはできません。このような問題は、人間が化学物質にどのように影響されるかを調べるお医者さんの研究者も必要となります。それから、揮発性の有機化学物質による空気汚染ということですから、化学物質を専門に研究している人も、一緒にその対策の研究をする必要があります。

スライド8は、そのような研究の一例です。シックハウス問題に関係して、化学物質過敏症に関して大変著名な先生で、北里大学に石川先生という先生がいらっしゃいます。

二重盲検試験による過敏性反応患者の発見(北里大学石川教授)



スライド8

その先生が室内空気に全く化学物質による空気汚染のないクリーンルームをつくりまして、患者さんや健康な人に、有毒ガス（濃度の低い健康影響ガス）や毒性のない偽薬ガス（プラシボガス）を吸わせてその反応を研究されています。有毒ガスといっても非常に薄く希釈したホルムアルデヒドとかそういったものです。

これはその結果を示す図です。横軸に濃度を示します。ホルムアルデヒド8 ppb, 40 ppbなどとあります。縦軸が人体反応の程度を示します。「発症者」、「普通の人」とありますが、普通の人8 ppbとか40 ppbのホルムアルデヒドを嗅がしても何の影響もありません。いま、ホルムアルデヒドに関する国の環境基準は80 ppbです。だからこれは国の環境基準の半分の濃度です。また8 ppbは実に10分の1の濃度です。ところが化学物質過敏症になってしまった患者さんは、今の環境基準の10分の1の濃度を嗅がせると、もう耐えられない。お医者さんが現場で見ていてこわくなってしまうとおっしゃっていました。ところが濃度を上げるとそのような反応がなくなってしまいます。これは大変奇異なことですが、少し毒を濃くしてやると患者さんはそれに慣れてしまい、一般的なドーズされた（与えられた）量とその反応にリニアな関係がありません。次のスライド9は、この関係を病院のクリーンルームではなく、実際の生活行動の中で探った研究成果を示します。患者さんが、発症したときの空気を捕集して発祥していない時と比較して、どのような物質がどの程度の濃度の時に、発症するかを調べたものです。

(スライド9)

室内空気の汚染問題では、このように汚染濃度の忍限值を定めるのに難しい問題を残しています。ホルムアルデヒドに関する国の規準による忍限值は、今80 ppbですが、その10分の1の濃度でも、一度、化学物質過敏症になった患者さんは発症してしまいます。これは様々な問題を内

過敏反応 原因物質の同定・定量法の開発(東大柳沢教授) — 平常時と反応時の被曝濃度比較 —



スライド 9

包しています。シックハウスとかシックビルディングで一番問題になるのは、一度過敏症になってしまった患者さんは、学校に行けないとか保育園には行けない状況になってしまいます。通常の社会生活ができない状況になってしまいます。

いま室内は、どんな公共施設でも濃度基準は、80 ppb です。そのくらいの濃度以下であれば、たいいてい人は健康影響なく過ごせますが、いったん患者さんになってしまうとこの環境すら汚染されすぎていて耐えられないということになってしまいます。シックスクールとかシックビルディングの問題では、保育園など運が悪いと25人の中で1人くらいの割合でそのような方がいて、その方はたとえ環境基準以下の濃度であってもそこで一緒に遊んだり、勉強したりすることができなくなってしまいます。そういう方に対して、どういうふうに対策をするのが良いかを考えなければいけません。いま、ユニバーサルアクセスということで、多少ハンディキャップをもった方でも公共機関に対してアクセスができるようにするよう努力されています。その考えを敷衍すれば、公共建物の化学物質による空気汚染の環境基準値は、更に引き下げられる必要があるかもしれません。

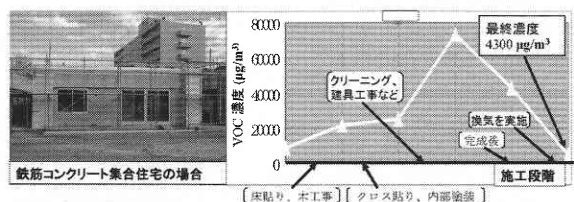
このシックハウス、シックビルディングは、アレルギーの問題にもかなり関連しています。潜在的には日本人の人口の3割の方はこういう症状になる素地をもっているとも言われています。単純に花粉症のことを考えてもこのことは理解できます。20年前に花粉症でお困りになっていた方は、珍しい方だったのですが、ここ10年で花粉症は大変ポピュラーになりました。皆さんの周りを見られると3割くらいの方が潜在的な花粉症と言っても驚かれないでしょう。今、そういう状況の中で、どのようにすれば良いかを考えなければいけません。

(スライド 10)

実際の建物を建てているときにどれぐらいの汚染物質が出ているかを調べたデータをスライド10に示します。これは国土交通省(旧建設省)の建築研究所で室内空気中のVOC濃度を測った例です。

VOCの環境基準は、今、暫定の目標値ということで400 ppbとなっています。スライドでは、厚生省では1000から1500 ppbと書いてありますが、これは1-2年前の議論の最中の値で、今はもう少し厳しくて400 ppbになっています。これに対して、実際に住宅を建設する際の一番ピークには、80000 ぐらいの値になっています。暫定目標値のだいたい200倍ぐらいの濃度になっています。このような高い濃度の部屋に一般の人が建物が完成してすぐ入ると、病気になったりすることはあたりまえのような気がいたします。ところでこのようなデータを見ると、工事をやっている人は化学物質過敏症にならないのかと皆さんは思いになるかもしれません。しかし一般の方と工事を行う方の環境は全然違います。工事を行う人、生産者というのは健康管理をきちんとやるのが前提になっていまして、1日に働く時間も8時間と決まっています。また、高い汚染濃度にさらされてはいけないということで防護措置も取られます。工事を行う方はマスクをして防護処置をして働きますけれども、完成した後この住宅に入ってきた一般の方は防護はしていません。主婦の方は、外で働いていなければほとんど1日中家にいるかもしれません。このような状況を考えれば、一般の方が住宅の中に入ってまず被害にあわれることは理解できるかもしれません。しかも、完成後しばらくたつと濃度は下がってしまいますので、その頃室内濃度を測りにいっても「濃度は全然出ていません、環境基準より下がっていますよ。」という話になるかもしれません。いろいろな意味でこういったものは多くの問題を抱えています。

住宅建設の各施工段階におけるVOC濃度の調査 (建築研究所坊垣研究員)

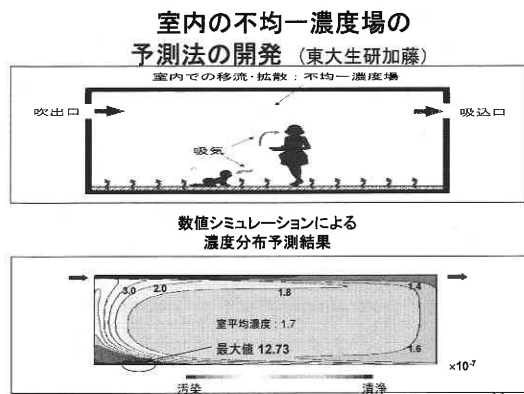


厚生省指針値(予定) VOC:1000~1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

スライド 10

(スライド 11)

スライド11には、赤ちゃんとお母さんの絵が描いてあります。その時、床が汚れているとどうなるかという話で

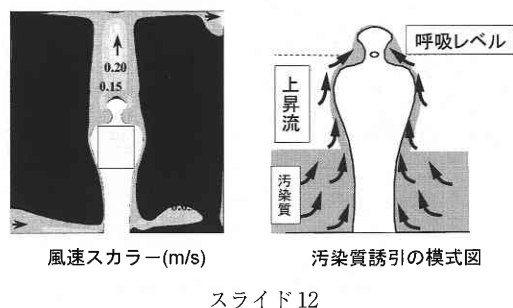


す。床にはカーペットが敷いてあります。カーペットには裏打ちで合成ゴムが使われていますが、合成ゴムからは、いろいろな揮発性の化学物質が出てきます。病気で寝ている人とか、赤ん坊は床近くで呼吸をしますが、立っている大人の人はそのような空気を呼吸しているわけではありません。この床から汚染物質が出たときに、室内の濃度はどのようになるのでしょうか。この図の状況で計算すると、お母さんが吸っている空気は1.7の濃度ですが、赤ちゃんが吸っている空気は12.7で10倍汚れた空気を吸っています。お母さんのほうはもう成人して体ができてしまっているから、少しぐらい汚れた空気を吸っても問題ないかもしれませんが、赤ちゃんはこれから体がつくられていく人なので、こういうときに高濃度の化学物質汚染に被曝するということは非常に恐ろしいことです。実はこういう現象は、日本全国で生じています。毎年150万人の人が生まれ、育っていますが、今50代の人たちは、気密性が悪くて隙間風の多い寒い家だったかもしれませんが、その分、空気中の化学物質の濃度が低い家で、汚れた空気も吸わずに育ってきたかもしれませんが、今20歳ぐらいまでの人たちは皆この図で示すような環境で育ってきている…という問題があります。

(スライド 12)

スライド12に人間の呼吸する空気の解析を示します。これは室内空気の流動の問題ということで、特に生研で検討を行っている研究です。人間は、先ほども申し上げたように代謝で100 Wの熱を出しています。100 Wの熱を出しているということは、その周辺に上昇気流を形成していることを意味します。我々が呼吸により吸引する空気というのは、この人体周辺に生じる上昇気流の影響を非常に強く受けます。この上昇気流は常に部屋の下側の空気を誘引してきますので、人間が吸っている空気は、自分の目の前にある空気ではなく、かなり下側の空気を上昇流で吸上げて

人体周辺の上昇流と呼吸濃度 (CFD解析 東大生研加藤)



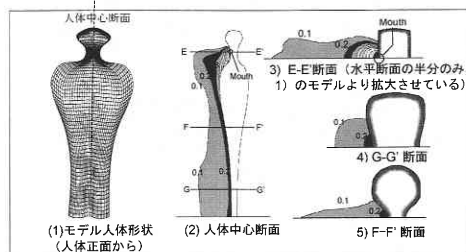
吸引しています。

(スライド 13)

スライド13は、人間の周りの空気がどのように流れているかをコンピュータシミュレーションにより解析して、かつ口から吸引される空気がどこから来るかをコンピュータシミュレーションで調べた図です。0.1とか、1.0とかの値が書き込んでありますが、0.1はその空気の10%が口から人体に吸入されることを示しています。残り90%は、人に吸引されることなく部屋から排出されるわけです。0.1の値がある場所は口から足元まで続いているが、私たちが吸っている空気の大部分は口より下の空気であることを示しています。

人体の吸気勢力範囲 (立位時:Case 1)

呼吸する人体モデルを組み込んだ室内CFD計算により人体の吸気勢力範囲を予測する手法を開発。



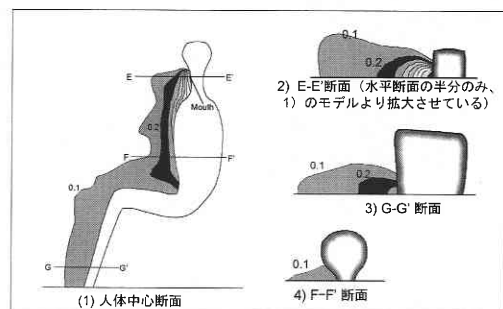
(スライド 14)

スライド14は、座っている場合を示します。座っている場合も状況は同じです。

(スライド 15)

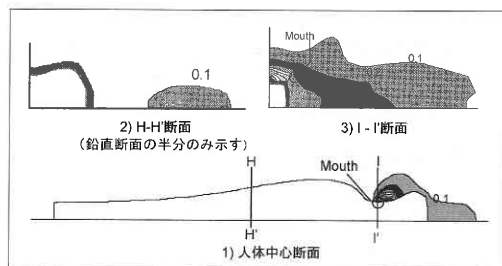
スライド15は、寝ている場合を示します。寝ている場合、胸元に上昇流が生じます。この上昇流が周辺の空気を誘引しますので、人は頭の方から来る空気を吸っていると

人体の吸気勢力範囲 (座位時:Case 2)



スライド 14

人体の吸気勢力範囲 (臥位時:Case 3)



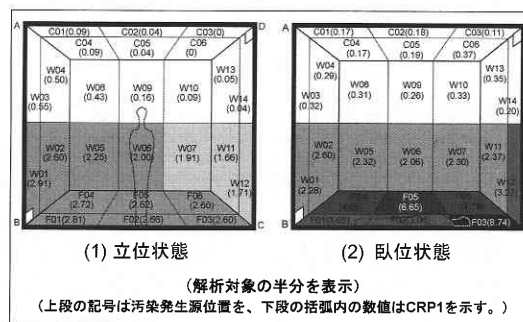
スライド 15

いうことになります。

(スライド 16)

スライド 16 は、室内の壁や天井、床などから汚染物質が出た場合、気中に放散されたうちのどの程度の汚染物質が、人体に吸引されるかを調べたものです。床、壁、天井に括弧で囲まれた数値がありますが、この括弧の中にある 0.16 とか 0.43 とか書いてある数値は、その場所から放散された汚染物質のうち、人体の口から排出された割合、すなわち人体に吸引された割合を % 表示で示しています。0.43 という数値は、その場所から放散された汚染物質のうち、の 0.43 % は人間が吸いますよということを示す数値です。天井では、0.04 と書いてありますが、1 の汚染物質が気中に放散された場合、そのうちの 0.04 % が人に吸われ、残りが換気により室外に排出されることを示します。床面では、2.62 という値がありますが、これは 1 という量が気中に放散された場合、2.62 % は人間が吸ってしまいますよという意味です。この値は、もちろん人間の姿勢や位置、また室内の換気方式、換気量によって動くものです。しかし、ここで強調したいことは、床、壁、天井から放散される汚染物質に関して、人体に吸入される量と言う観点で、責任が同じではなく、使われた場所によって大きく異

汚染発生源箇別の汚染寄与率 CRP1



スライド 16

なることです。

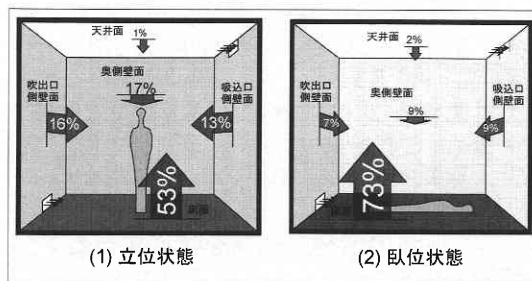
(スライド 17)

スライド 17 は、前のスライドと同じデータを違う観点から整理したものです。これは人体が吸入する総汚染質量に対し、床や壁、天井がどの程度の寄与をなしているかをあらわしたものです。立っている人の汚染物質吸入量のうち、床の寄与は 53 % あるのに対し、天井の寄与は 1 % しかありません。寝ている人に対しては床の寄与はもっとあります。その人が吸う汚染質量の 73 % は床起源になっています。

以前の話題に戻りますが、化学物質過敏症の問題でいまず、問題になっているのは、建物すなわち建材から放散されている揮発性の汚染物質ですが、建物のユーザーである皆さんも、たくさん健康影響の可能性のある揮発性の有機化合物を放散させています。一番多いのは、殺虫剤や防虫剤でしょうか。日本人は衣服の虫よけに樟脳やパラゾールを使います。非常に良くこのような防虫剤を使います。季節の変わり目には体中パラゾールの匂いをさせて歩いている人がいますが、そういう人は化学物質過敏症になりやすいのではないかと考えてしまいます。日本では蚊取り線

壁、床、天井面の汚染寄与率 CRP2

(人体の汚染質吸引量に対する寄与率)



スライド 17

香を焚く人がいっぱいいますが、このスライド 17 の絵を見せる時にいつも言うのですが、蚊取り線香を焚く場合、「頭の近くには置かない方がいいですよ。」と申し上げています。頭の近くに蚊取り線香を置いておくと、蚊取り線香から出てきた殺虫成分は、結局その人が最も濃度の高い状態で吸うことになる。蚊取り線香は蚊を殺すもので人間自身に影響することはないと思っていらっしゃるかもしれませんが、結局、殺虫剤というのはすべて神経の情報伝達を阻害する成分であることが多く、蚊と同じ DNA に支配される地球型生命の動物は、昆虫も人間も同じ神経の原理、情報伝達の原理で動いていますので、昆虫にとっての毒が人間にとって毒でないわけがありません。そういう意味で蚊取り線香といえども人間にとっては毒であり、建材から放散される揮発性の有機化合物より、強力な健康影響物質である可能性も否定できません。こうしたことを考える際、蚊取り線香を置く場合、その設置位置はとても大事で、人間が濃い濃度を吸わないように気をつける必要があります。頭の付近に蚊取り線香を置いて常に殺虫剤を体の中に入れるようなリスクは避けた方がいいことは疑いありません。

(スライド 18)

スライド 18 は、このよう人工の化学物質による空気汚染を考える際の基本方針を示しています。基本方針を考える際の手始めとして「理想的自然主義」を考え、それから現実的な対応を考えることとなります。「人工的要因による健康被害は容認しがたい」としているのは、人間自身が殺虫剤とか建材とかから健康リスクを受けるとしたら、これは容認しがたい。そのような考えを敷衍していくと、人工的要因の排除、自然状態の復元が最も望ましい解決策であるという話に行き着いてしまいます。「建物を建てるのだったら、新建材は使うな。全部森から木を切り出してきて自然の状態で作るのが良いだろう。」とそのような極端な話になっていくのかも知れません。

「人は、自然の清浄な空気を吸う基本的な権利を有する」

理想的自然主義

- 人工的要因による健康被害は容認しがたい
- 人工的要因の排除、自然状態への復元が望ましい解決策
- 人工の揮発性化学物質の吸入による健康影響は、これを抑止する新薬開発ではなく、吸入空気への化学物質の混入の阻止により行う
- 人は、自然の清浄な空気を吸入する基本的権利を有する

スライド 18

と書いていてあります。これには、ここでは説明しきれない経緯がいっぱいあります。しかし基本は、一つの化学物質が人体の健康にどのように影響するかのプロセスが十分解明されていないことに、このような宣言が出された理由があります。因果がわからないと対策ができないということをしていたのでは、今増えつづけている健康被害者を増やしてしまうという現実があります。トルエンとかキシレンをシンナー中毒になるぐらいの濃度で吸えば、健康影響があることは明らかですが、400 ppb 以下の低濃度では、健康影響があるかどうか、またある場合はどのようなメカニズムであるかがわからない。そのような状況で、化学物質を開発した化学屋さんに、規制を行うのであれば明確な科学的根拠を示すよう求められた場合に、そのような宣言が用いられます。科学的根拠に乏しいところがあるかも知れませんが、現実として日本人の 3 割ぐらいに潜在的な化学物質過敏症になる要素があり、そのリスクを低減することも強く求められています。化学物質のリスクが科学的に明らかになるまで待っていることはできない。そうした場合の一つの解決策として、とにかく人間には「自然の清浄な空気を吸う基本的権利」、これは人権と同じでそういう権利があると考えてるわけです。

(スライド 19)

スライド 19 は、WHO の「清浄空気の必要性に関する人権宣言」です。ヨーロッパの人たちが 2000 年に、The right to healthy indoor air を宣言しています。とにかく理屈はなく、人は清浄な空気を吸う権利があるとしています。2000 年前、もしくは 200 年前でもいいのですが、人類が吸っていた清浄な空気を昔と同様に吸う権利がある。今清浄な空気を吸えないのは、その正当な権利を侵害されているのだというふうに理解します。だからその権利を侵害しないよう、今後、努力をしていきたいと思いますという様に物事を進めるわけです。

(WHOによる清浄空気の必要性に関する人権宣言)

THE RIGHT TO HEALTHY INDOOR AIR



From a WHO Working Group Meeting
Bilthoven, The Netherlands, 15-17 May
2000

スライド 19

現実主義的自然状態への接近

- 総合的観点からの健康影響リスク容認
- 低減可能なリスクの放置は犯罪行為、リスク最小化努力は個人、組織、国の義務
- その上で、リスクを適正に評価
- リスク評価は、
医学、化学、建築学、経済学、その他の
学際的検討科目

スライド 20

(スライド 20)

200 年前、2000 年前と同じ清浄な空気を吸う権利があるとしても、これを保証することは難しいかもしれません。スライド 20 は、自然主義へ接近は現実的に行わざるを得ないことを示しています。現実にはできることは、健康リスクを定量化し、これを客観的に評価して、改善策の効果を客観的に評価し、これを進めることです。健康リスクの評価を、医学、化学、建築学、経済学、社会学、倫理学など総合的観点から、客観的に行う必要があります。

(スライド 21)

スライド 21 は、医学、化学、建築学などで、客観的なリスク評価を行う際に考慮すべき項目を挙げました。医学の観点であれば、遺伝子、発生、成長、診断、新薬、療法などです。建築学の観点では、発生、気中への放散、室内での拡散、換気、除去技術、汚染の予測、行政から個人に至る対策などです。

(スライド 22)

スライド 22 には、リスク評価に、医学、科学、建築学などの専門家のほかに、室内空気汚染による健康影響を実際に受ける可能性のある生活者を組み入れる必要があることを示しています。健康影響リスクの低減の問題は、住宅の生産者とか建築の専門家に負わせるばかりでなく、住宅に住む生活者に大きく依存しています。生活者には、専門家のということが分からない。専門家は、今、住宅の生活者が何を思いどのように行動しようとしているか分からない。

揮発性化学物質空気汚染 によるリスク評価

- 医学の観点
遺伝子、発生、成長、診断、新薬、療法
- 化学の観点
Indoor Chemistry、分析、合成、分解、吸着
- 建築学の観点
発生、拡散、換気、除去、予測、対策
- サステナブル・エンジニアリングの観点
Closed System、循環、エネルギー、廃棄
- その他

スライド 21

生活者と専門家

- 複雑な因果関係
- 高度な専門性
- 生活者による研究の監査
- 生活者への平易な説明義務
- 学際的研究成果の生活者への情報提供
- 日本建築学会室内化学物質空気汚染調査研究委員会による「住まいの簡易診断 2001」システム他の開発

スライド 22

この生活者と専門家の間に、認識のギャップがあります。室内化学物質の空気汚染の問題は、生活者の住まい方に大きく依存するところがあり、問題を解決していくためには、生活者に情報提供を上手にやっていく必要があります。

最後に結論ですが、結局、室内の空気汚染の問題を解決するためには、建築とか医学とか化学とか、いろいろなところで学際的な研究を行っていく必要があること及び生活者に専門家が以下に情報発信し、認識のギャップをなくすということが重要です。

以上、雑駁でございましたが、私の話はこれで終了させていただきます。どうもありがとうございました。

(了)