

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）
分担研究報告書

健康増進に向けた住宅環境整備のための研究
住宅における室内汚染物質としての SVOC（準揮発性有機化合物）とエンドトキシン

分担研究者 金 勲 国立保健医療科学院 生活環境研究部 上席主任研究官

研究要旨

昨今、PM2.5、ダンプネス、真菌・細菌、アレルゲンなど室内環境として考慮すべき要素も増えてきている。本項では、室内汚染質として今後考慮が必要な物質を提案することを目的とし、可塑剤・難燃剤成分である SVOC（準揮発性有機化合物）、及びアレルギーとの関連性が言われているエンドトキシン（Endotoxin；内毒素）について情報を収集・検討、報告した。

可塑剤として多く使われてきたフタル酸エステル類は内分泌かく乱作用が、リン酸系難燃剤はアレルギー関連性や発がん性に加え、神経系への影響と生殖毒性が懸念されている。日本を含め先進各国では DEHP、DBP、BBP、DIBP など一部成分に対する規制が行われている。日本住宅のダスト中では DEHP 濃度が最も高く次に DINP となり、成分比は DEHP が全体の 83～84%、DINP が 13% で、両成分が全体の 9 割以上を占めている。SVOC の空气中濃度は低く、TDI に対する 1 歳乳児の平均摂取割合も高くなかったが、最大値から試算すると DIBP 28.0%、DBP 14.3%、DEHP 2.0% と DIBP 及び DBP は摂取割合が高くなると報告されている。

グラム陰性菌が産生するエンドトキシンへの曝露はアレルギー症の重要な因子とされているが、曝露時期によって免疫調節能力が付くことも、アレルギー症状を悪化させることもある。環境中のあらゆるところに存在することから、微生物汚染の指標として活用することも考えられる。

ハウスダスト中エンドトキシンは約 250～35,000EU/g と幅広く分布するが、数千 EU/g 程度が一般的である。

空気濃度では、高齢者施設や住宅では 1EU/m³ 未満が多く全体的に低いが、10～30 EU/m³ 以上まで検出される居室など他室より有意に高い室が一部に存在する。オフィス環境では 1EU/m³ 未満が殆どであり、オフィスより高齢者施設がやや高めの濃度を示す傾向にある。また、高齢者施設の一部では冬期のみ高い ET 濃度が観察されるが、この要因としては加湿器の汚染が疑われるとしている。室内における細菌濃度は建物や設備に汚染が無い限り人体が主な発生源であり、複数の人が集まって活動する共用空間の濃度が高くなる傾向が見られるとしている。

A. 研究目的

住宅内のリスク要因として空気質の問題がある。空気中の化学物質によるシックハウス症候群は 1996 年国会で取り上げられ、2000 年代初頭には関連指針値、基準、法律の整備が行われた。その中で大きな転換点となったのが厚生労働省のシック

ハウスに関連したガイドラインの策定である。ここでは、13 物質の指針値及び TVOC の暫定目標値を設定している。厚生労働省のガイドラインと共に、国土交通省による改定建築基準法（2003 年）の施行は室内空気質を劇的に改善したと評価される。

更に昨今は、PM2.5、ダンプネス、真菌・細菌、ウイルス、アレルゲンなど室内環境の中で考慮すべき要素も増えてきている。

本項では、室内空気の汚染物質と健康リスクを考える上で、今後考慮が必要な物質を提案することを目的とし、可塑剤・難燃剤成分である SVOC (Semi Volatile Organic Compounds ; 準揮発性有機化合物)、及びアレルギーとの関連性が言われているエンドトキシン (Endotoxin ; 内毒素) について情報を収集・検討、報告する。

B. 研究方法

厚生労働省科学研究及び既往研究、政府機関による発表資料などを調べ纏めた。

C. 室内空気中の汚染物質

産業化が進んでいた 1950～70 年代は公害と煤じんと呼ばれる大気汚染、そして室内での喫煙や燃焼器具が問題となっていたが、1990 年代に入ってから内装材から発生する化学物質によるシックハウスが社会問題となった。室内空気質はシックハウス症候群 (Sick House Syndrome) と化学物質汚染が広く知られているが、室内空気には化学物質以外にも様々なものが含まれている。

例えば、空気中には真菌・細菌などの微生物、PM10/PM2.5 などのパーティクル (浮遊粒子状物質)、アスベスト、アレルゲン、においなども問題になる。昨今の新型コロナウイルス (COVID-19) もエアロゾル感染といった空気伝播の可能性が指摘されていることから、ウイルスも空気中汚染質の一つと言える。

表 1 に室内空気中の汚染質になり得るものを挙げています。物質によって発生源は建物自体、家具・什器、生活用品、燃焼器具、生活活動、大気 (自然) からの流入、人体や動物など多岐に亘る。この中で、ラドンはヨーロッパ、北アメリカやアジアなどの大陸では土壌 (岩盤) から発生するため地下室や室内濃度が高くなることもあり、肺がんの原

因として喫煙に次ぐ 2 番目の因子のとなっているが、日本では土壌からの発生量が少なく室内濃度も低い問題になることは殆どない。

本章では、比較的新しい汚染物質として、可塑剤・難燃剤成分として室内に膨大な量が使われている SVOC (Semi Volatile Organic Compounds : 半揮発性有機化合物ともいう) と、アレルギー症と関連性が言われているエンドトキシン (Endotoxin : 内毒素) についての情報と既往研究について報告する。

C1. SVOC

C1.1. 概要

SVOC とは、WHO の定義¹⁾では VOC より沸点が高く揮発性が低い成分をいう。沸点 240～260℃ から 380～400℃程度で、空気中で検出される成分もあるが、多くは蒸気圧が低いため空気中に存在しにくく物体表面やダスト表面に付着して存在しているとされる。

厚生労働省のシックハウスに関連した指針値のうち、フタル酸ジ-n-ブチル (DBP)、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP) はフタル酸エステル類と呼ばれる SVOC 成分であり、新しい指針物質の候補として議論されている TXIB(2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol isobutyrate)も SVOC に分類される。

室内の SVOC は可塑剤・難燃剤として添加された成分が放出されたものと考えられる。これらの成分は床材や壁紙等の内装建材や家電、玩具、化粧品等あらゆる家庭用品に使われ、その使用量も膨大であるため室内の重要な汚染物質である。

SVOC 成分を含む製品の使用拡大、難分解性による長期的汚染は健康影響が懸念されているが²⁾、可塑剤として使われてきた DEHP (Diethylhexyl phthalate)、DBP (Dibutyl phthalate)、BBP (Benzyl butyl phthalate) のようなフタル酸エステル類は内分泌かく乱作用が疑われている。スウェーデンの研究ではハウスダスト中のフタル酸エ

ステル類濃度と子供の喘息やアレルギー症状に関係性が見られると報告している³⁾。

EU (欧州連合) は古くからフタル酸エステル類に対する規制の動きがあった。デンマークは 2011 年に DEHP、DBP、BBP、DIBP (Diisobutyl phthalate) の 4 物質の室内使用に対して 2013 年 12 月から国内規制を始める提案をしていたが 2014 年に撤回となった。これは、ECHA (欧州化学物質庁) から健康への複合影響に関する科学的証拠が不十分で、REACH (Regulation concerning the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) 規則で制限できないとの指摘があったからである⁴⁾。

その後は、スウェーデンやフランスなどがフタル酸類に関する規制の必要性を表明するなど規制の動きは続いており、その後 RoHS (有害物質使用制限指令) で規制することが決定された⁵⁾。

最近の海外動向⁶⁾としては、US EPA が有害物質規制法 (TSCA) に基づいて 2020 年 12 月、DIDP および DINP に関するリスク評価範囲原案を公開し、これまでデータが不足していた製品種目 (DIDP 50 種目、DINP 63 種目) についてリスク評価を行うことにしている。その中には、建築材料、家具、電子製品、美術/工芸品、接着剤、塗料/コーティング剤などが含まれる。

欧州委員会では、承認リストに内分泌障害性可塑剤を追加することについて協議している。4 種類のフタレート (DEHP、BBP、DBP、DIBP) の内分泌妨害特性を含めるために REACH 許可リストを改正する規制方案について協議している。ECHA の勧告に従い、前出 4 フタレートの付属 XIV エントリを更新するとしている。これらの 4 フタレートは以前から生殖毒性を有するとして認可リストに追加されていた。以後、内分泌妨害特性上、健康リスクを理由に高危険性懸念物質 (SVCS) として特定された。

C1.2. 健康影響

可塑剤として多く使われてきたフタル酸エステル類 (DEHP、DBP、BBP など) は内分泌かく乱作用が疑われている。スウェーデンの研究ではハウスダスト中のフタル酸濃度と子供喘息やアレルギー症状に関係性が見られると報告している⁷⁾が、SVOC 成分を含む製品の使用拡大、難分解性による長期的汚染は健康影響への懸念を強めている⁸⁾。

リン酸系難燃剤は、アレルギー関連性や発がん性に加え、神経系への影響と生殖毒性も報告されている (Andersen et al., 2004⁹⁾、Ni et al., 2007¹⁰⁾)。特に小児の場合、学習発達と行動障害との関連性も懸念されている。

難燃剤としては、かつてはポリ塩化ビフェニル (PCB) も使われたが、人体への毒性が強く発がん性、皮膚や臓器への障害など有害性が大きいことから今は使われなくなっている。その後は、臭素化難燃剤であるポリ臭素化ビフェニルエーテル類 (PBDEs) 及びポリ臭素化ビフェニル類 (PBBs) が EU で電気電子製品中での使用濃度に制限 (2006 年) が設けられ、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約の対象物質に指定された。

C1.3. 国内事情

図 1 に示すように、国内における可塑剤生産量はフタル酸が 8 割以上を占めている。全体量はここ 20 年間半減しており、フタル酸の中でも DEHP の割合が徐々に減少するとともに DINP の生産量が急激に上がっている¹¹⁾。可塑剤としては DEHP から DINP (Di-isononyl phthalate) や DINCH (1,2-Cyclohexane dicarboxylic acid diisononyl ester) へ替わりつつある。国内におけるフタル酸エステル類の生産量や使用量は減少傾向にあるが、膨大な既存生産分は依然と環境や人体へ脅威となっている。

難燃剤においても、健康影響や規制により代替物質の開発と利用が増加しており、特にリン酸エステル系難燃剤は代替物質として需要が増加して

いる。例えば、PBDE (PolyBrominated Diphenyl Ether) から HBCD (1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododecane) へといった代替物質へ替わりつつある。リン酸エステル類は内分泌かく乱作用や子供のアレルギー症などの健康影響が懸念されているが、環境中濃度でどれぐらいの影響があるかはまだ不明な部分が多い。

C1.4. 既往研究

2013 年度厚生労働科学研究¹²⁾では、20 種類の建材からの放散量を測定し、クッションフロア、テーブルクロスから DEHP の放散が多く、カーペットタイルや一部の壁紙からも高放散が見られることから建材の選定には注意が必要であるとしている。DBP は壁紙、EVA 樹脂タイル、イグサシートなどから放散されるが放散量としては DEHP より低いレベルであった。DINP は分析対象外であったためデータは示されていない。

SVOC は空気中でガス状として存在しにくいとされており、シックハウス検討会¹³⁾で報告された結果からも DBP、DEHP の気中濃度は当時の指針値 $220\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2022 年 3 月現在、 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$)、 $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2022 年 3 月現在、 $17\mu\text{g}/\text{m}^3$) に対して、わずか $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下と極めて低い濃度であるとしている。

2017-2018 年度厚生労働科学研究¹⁴⁾では、空気濃度を測定しフタル酸類 9 物質を定性定量した結果、DBP 及び DEHP が検出されたが平均 $0.2\sim 0.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ と低いと報告している。ハウスダストは分粒し、粒径別の濃度を分析している。

定量した 9 物質の SVOC の総量としては、粒径 $100\mu\text{m}$ 以下ダストでは平均 $1,983\mu\text{g}/\text{g}$ 、 $100\sim 250\mu\text{m}$ は平均 $3,028\mu\text{g}/\text{g}$ で $100\sim 250\mu\text{m}$ の方がより高い濃度を示した。また、DMP、DBP、DEHP、DINP、DNOP の 5 成分でも粒径 $100\sim 250\mu\text{m}$ の方が有意に高く検出された。成分比は DEHP が全体の 83~84%、DINP が 13% で、両成分が全体の 96~97% を占め、残りの 7 成分は少量しか検出さ

れなかった。

最も高い濃度を示した成分は DEHP、次いで DINP となった。DEHP の中央値は、粒径 $100\mu\text{m}$ 以下が $1,381\mu\text{g}/\text{g}$ 、 $100\sim 250\mu\text{m}$ が $1,865\mu\text{g}/\text{g}$ 、DINP の中央値は粒径 $100\mu\text{m}$ 以下が $138\mu\text{g}/\text{g}$ 、 $100\sim 250\mu\text{m}$ が $188\mu\text{g}/\text{g}$ であった。

2019-2020 年度厚生労働科学研究¹⁵⁾では、住宅内のフタル酸類 (可塑剤成分) 20 成分及びリン系化合物 (難燃剤成分) 14 成分に対して全国の一般家庭 162 軒から採取したハウスダストにおける各成分の曝露レベルを調査すると共に、23 家屋 (46 カ所) に対する室内空気中のフタル酸成分濃度を調べている。

空気からは DEP、DnPP、DIBP、DBP、DEHP の 5 成分が検出、濃度平均として最も高く検出されたのは DIBP で、DEHP、DBP、DEP、DnPP の順であると報告している。DEHP は空気中濃度が低いとされており、報告でも $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満の濃度が多く、 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の濃度は 6 ヶ所から観察されたとしている。一方、TDI に対する 1 歳乳児の空気からの平均摂取割合は高くなかったが、最大値から試算すると DIBP 28.0%、DBP 14.3%、DEHP 2.0% と DIBP 及び DBP は摂取割合が高くなることであると報告している。

ハウスダストの粒径 $100\mu\text{m}$ 未満のダスト中濃度は、中央値として DEHP ($1431\mu\text{g}/\text{g}$)、DINP ($200\mu\text{g}/\text{g}$)、DIDP ($34.3\mu\text{g}/\text{g}$)、DBP ($29.9\mu\text{g}/\text{g}$) であり、DEHP の最大値は $23,000\mu\text{g}/\text{g}$ 以上、DINP は $13,000\mu\text{g}/\text{g}$ 以上と高濃度が検出されている。

難燃剤成分としては床材の難燃剤成分である TBOEP ($8.0\mu\text{g}/\text{g}$) が最も高く、続いて TCPP ($4.3\mu\text{g}/\text{g}$) > TDCPP ($3.5\mu\text{g}/\text{g}$) > TPHP ($0.8\mu\text{g}/\text{g}$) > TCsP ($0.5\mu\text{g}/\text{g}$) > TCEP ($0.4\mu\text{g}/\text{g}$) > CsDHP ($0.1\mu\text{g}/\text{g}$) 順と報告している。

ダスト中フタル酸エステル類及びリン酸トリエステル類について、個々の化合物としては SHS (Sick House Syndrome : シックハウス症候群) との関連は認められなかったが、混合曝露は SHS

粘膜への刺激症状及び SHS において WQS Positive Model でリスクを上げる結果が認められたとしている。

C1.5. まとめ

SVOC は空気中濃度が低く食品など経口摂取を除くと、曝露寄与は空気よりハウスダストが大きいとされている。一方、ダストの採取や前処理法が確立されておらず、研究者によって様々な報告がなされており、未だに実態も明らかになっていない。

日本を含む先進国で一部可塑剤成分への規制は行われているが、米国と EU が家具及び建材に対するフタル酸関連のデータを補完することになっていることから未だに実態が明らかになっていない内容が多い。これからも、可塑剤や難燃剤に対する規制は強化されると考えられるが、室内に使われてきた既存の使用分による汚染については早急に対処する必要がある。

前出の居住環境とダスト中 SVOC 濃度の実態調査から、SVOC 濃度と建築年度、居住期間、床材の種類と有意な相関の可能性が示唆されたことから、今後、建材、家具、生活用品など室内汚染の実態、住宅環境、健康影響などを総合的に調査し、経口・経皮・吸入による人体の摂取量と摂取経路を明らかにすると共に、室内環境での SVOC 汚染と健康リスクを考える必要がある。

C2. エンドトキシン

C2.1. 概要

エンドトキシンはリポ多糖 (LPS)、外因性発熱物質 (Exogenous pyrogen) としても知られている。微生物 (陰性グラム群生物) の細胞壁成分であり、細胞壁の破壊 (死骸) により放出される。

微生物の中でも真菌及び陽性グラム群生物を除く陰性グラム群生物に限定され、グラム陰性菌には大腸菌、サルモネラ、腸内細菌科、ヘリコバクター、レジオネラなど真正細菌の大部分が属するた

め、実質的にエンドトキシンは水、空気、土壌などあらゆる生活環境に存在する。

エンドトキシンは細胞表面の TLR4 (Toll 様受容体 4、Toll-like receptor 4) に結合して各種サイトカインを産生し、多くの生物活性が発現される。血液中に混入すると発熱、敗血症性ショック、シユワルツマン反応、多臓器不全などを引き起こす。近來、歯肉炎や歯周病とエンドトキシンとの関連性や熱中症の悪化にエンドトキシンが関与している¹⁶⁾との報告がなされている。また、多量の飲酒により腸内のエンドトキシンが体内に吸収され、発熱・炎症などの症状を引き起こすなど体に大きな負担を与える¹⁷⁾ことも報告されるなど、医学・薬学・生理学におけるエンドトキシンへの関心は高い。医薬品は内毒素による汚染がないこと (パイロジェンフリー、pyrogen free) が重要である。

C2.2. アレルギーとエンドトキシン

喘息・皮膚炎・目鼻の異常で代表されるアレルギー有症者の増加は個人の生活の質の低下と社会活動に支障をもたらす。更に、労働生産性の低下、医療費増加による社会損失と社会費用を増大させる。

アレルギー症は先進国病と呼ばれるほど生活が豊かになるにつれ増加する傾向を示すと言われており、我が国でも平成 15 年国民生活基礎調査¹⁸⁾では全国 4 万人以上を対象にした調査結果から約 36%がアレルギー一様症状を有していると報告している。更に、厚生労働アレルギー疾患対策報告書¹⁹⁾では全人口の約 2 人に 1 人が何らかのアレルギー疾患に罹患していることを示している。特に、気管支喘息は小児・成人共に急増しており、小児喘息はここ 20 年間で 3 倍近く急増しているとされる²⁰⁾。

アレルギーは I~IV 型 (V 型まで分類する場合もある) に分類され²¹⁾、生活でよく見かける花粉症、アトピー性皮膚炎などは I 型である。

アレルギーを引き起こす原因物質をアレルゲン

(allergen) と言い、スギやブタクサの花粉、動物の毛、飲食物が有名である。他にもダニ、ユスリカ、カビ、細菌、ウイルス、植物、化学物質、金属、繊維、ゴム、アスピリンやサルファ剤などの薬剤、また普段から接する機会の多い作業現場で起こる職業アレルギーなど様々なものがある。

アレルギー症増加の原因としては諸説があり、先進国での子供アレルギーの増加に関しては衛生仮説(1989、Strachan DP)²²⁾が知られている。衛生仮説では乳幼児期の汚染因子(非衛生的な環境)への曝露が成長・成人期における病気やアレルギー罹患に密接な関係を持ち、その原因物質がエンドトキシンであるとしている。乳幼児期にある程度の汚染因子に曝露された子供は自然に免疫調節能力をつけ、病気やアレルギーなどの疾患になりにくくなるが、最近のアレルギー症増加は生活環境が綺麗になりすぎて免疫調節能力をつける機会が少なくなり免疫系の過剰反応であるアレルギー症になりやすいという説である。

衛生仮説を裏付ける研究結果^{23)・28)}からは農村育ちやペットを飼っている家庭の子供はアレルギー症が少なく、乳幼児期の曝露はアレルギー罹患を抑制するが、その後の曝露はむしろ喘息・アトピー性皮膚炎などの症状を悪化させるといった同じ物質が曝露時期によって正反対に働く性質も併せ持っていることが示唆されている。

C2.3. 環境中エンドトキシン濃度

環境中エンドトキシン濃度の目安として図2に上水、ハウスダスト、空調機各部表面の測定結果例を示す²⁹⁾。1日程度使用しなかった蛇口から受けた水道水は10~20EU/mL、水を十分流した状態で4EU/mL程度である。暫く使用しなかった蛇口は長時間空気と触れているため末端に近いほど塩素濃度の減衰と汚染の可能性が考えられる。

ハウスダスト中エンドトキシンは数百から数万EU/gまで分布するが数千EU/g程度が一般的である。金らの住宅を対象とした研究³⁰⁾からは、約250

~35,000EU/gと幅広く分布し、ダスト採取時期による違い(夏期・中間期の濃度 > 冬期)が示されている。

一方、数百EU/gと非常に低い濃度の住宅もあるが、細菌は人間、土壌由来であり環境中のどこにでも存在するため、濃度が高いだけでなく低すぎることも問題があると考えられる。

拭き取りテストによる空調機部位表面のエンドトキシン濃度は、汚染されたフィルタやドレンパンなどでは数百万~数千万EU/m²を超えることがある。

空気測定結果では、1EU/m³未満が多く全体的には低い、10~30EU/m³以上まで検出される居室が1施設にあり、他にも2~3EU/m³と他室より有意に高い室が一部に存在する。室内における細菌濃度は建物や設備に汚染が無い限り人体が主な発生源であり、高齢者施設の測定結果から複数の人が集まって活動する共用室の濃度が高くなる傾向が見られる。一般的なオフィス環境では1EU/m³未満が殆どであり、オフィスより高齢者施設がやや高めの濃度を示す傾向にある。

10EU/m³を超える濃度は一般オフィスでは殆ど観察されないが、高齢者施設の一部では冬期のみ高いET濃度が観察されるが、この要因としては加湿器の汚染が疑われる。

生活の中で水・食品などの細菌基準は厳格に管理されているが、室内環境における微生物(カビ・細菌)濃度に関しては学会規準³¹⁾があるものの社会的効力を持つ指針や基準は未だに定まっていない。微生物は培養法が基本となり結果導出までは時間を要する。また、捕集から培養・同定に至るまでの誤差も大きいことに加え、濃度と健康影響との相関がはっきりしていないことがその原因と考えられる。

エンドトキシン(細菌)はあらゆる環境に存在し、環境中濃度をゼロにすることはほぼ不可能であるが、普段の生活上では衛生面から濃度を低く抑えることは重要である。特に、空气中エンドト

キシンは浮遊細菌由来となり、室内が清浄に管理されていれば人体以外の汚染源は存在しないと考えられるため、室内の清潔さを保つと共に吸入リスクを減らす観点からも空气中濃度は低く抑える必要がある。

C2.4. まとめ

衛生仮説ではエンドトキシン曝露をアレルギー症の重要な因子としているが、曝露時期によって免疫調節能力が付くことも、症状を悪化させることもあり得るややこしい性質を有していると考えられている。

エンドトキシン、つまり細菌は環境中のあらゆる場所に存在している。空気や水中濃度が高いと明らかな細菌汚染の証拠となるためなるべく低く維持することが重要である。一方、ダスト中濃度は高すぎると清潔ではない環境である可能性が、低すぎると微生物の生息が妨げられている環境にあることも考えられる。

アレルギー症は遺伝的な問題もあるが、生活環境や生活習慣に起因することが多いことから、生活環境のどのような因子が大きく寄与しているのかを明らかにすることは罹患予防と症状改善の面で重要である。

D. 結論

室内空気の汚染物質と健康リスクを考える上で、今後考慮してゆく必要のある物質として、可塑剤・難燃剤成分である SVOC 及びグラム陰性菌が産生しアレルギーとの関連性が言われているエンドトキシンについて整理し報告した。

可塑剤として多く使われてきたフタル酸エステル類 (DEHP、DBP、BBP など) は内分泌かく乱作用が、リン酸系難燃剤はアレルギー関連性や発がん性に加え、神経系への影響と生殖毒性が懸念されている。可塑剤や難燃剤は建材から生活用品まで幅広く使われており、室内環境中の汚染については注意が必要である。日本を含め先進各国で

は一部成分に対する規制などが行われているが、未だに健康影響や汚染実態に関しては明らかになっていない成分も多く、規制物質に対しては代替物質への移行も起きている。

今後、建材、家具、生活用品など室内汚染の実態、住宅環境、健康影響などを総合的に調査し、経口・経皮・吸入による人体の摂取量と摂取経路を明らかにすると共に、室内環境での SVOC 汚染と健康リスクを考える必要がある。

グラム陰性菌が産生するエンドトキシン曝露はアレルギー症の重要な因子とされているが、曝露時期によって免疫調節能力が付くことも、アレルギー症状を悪化させることもあり、ややこしい性質を有していると考えられている。

エンドトキシン (つまり、グラム陰性菌) は環境中のあらゆる場所に存在することから、微生物汚染の指標として活用することも考えられる。

アレルギー症は遺伝的な問題もあるが、生活環境や生活習慣に起因することが多いことから、生活環境のどのような因子が大きく寄与しているのかを明らかにすることは罹患予防と症状改善の面で重要である。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

- 1) WHO, “Indoor air quality: organic pollutants, EURO Reports and Studies 111”, 1987
- 2) Plastics that may be harmful to children and reproductive health, EHHI - Environment & Human Health, Inc, 2008
- 3) C. Bornehag, J. Sundell, C. J. Weschler; The Association between Asthma and Allergic Symptoms in Children and Phtalates in House Dust: A Nested Case-Control Study, Environmental Health Perspectives, Vol. 112, No. 14, pp.1393-1397, 2004.10
- 4) INFORMATION FROM EUROPEAN UNION INSTITUTIONS, BODIES, OFFICES AND AGENCIES, EUROPEAN COMMISSION, [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0809\(01\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0809(01)&from=EN), 2014.09 (accessed on 2016.01.14)
- 5) European Union : Official Journal of the European Union -Commission Delegated Directive (EU) 2015/863 of 31 March 2015-, L 137/10-12、 2015.04.
- 6) 経済産業省、米国及び EU における内分泌かく乱物質の規制動向—12 月分、
https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/other/naibunpi/endcrin2020_December.pdf
(accessed on 2022.3.22)
- 7) C. Bornehag、 J. Sundell、 C. J. Weschler: The Association between Asthma and Allergic Symptoms in Children and Phtalates in House Dust: A Nested Case-Control Study、 Environmental Health Perspectives、 Vol. 112、 No. 14、 pp

- 1393-1397、2004.10
- 8) EHHI : The Plastics Problem -Plastics that may be harmful to children and reproductive health-, Environment & Human Health, Inc.(EHHI)、2008.
- 9) Andresen, J.A., Grundmann, A., Bester, K. Organophosphorus flame retardants and plasticisers in surface waters. Science of The Total Environment 332,2004,155-166
- 10) Ni, Y., Kumagai,K., Yanagisawa, Y. Measuring emissions of organophosphate flame retardants using a passive flux sampler. Atmospheric Environment 41(15),2007,3235-3240
- 11) 塩ビ工業・環境協会：可塑剤出荷量統計データ、http://www.vec.gr.jp/lib/lib2_6.html#cc (参照：2018.09.15.)
- 12) 神野透人、金勲 他：厚生科学研究費補助金化学物質リスク研究事業「室内環境における準揮発性有機化合物の多経路曝露評価に関する研究」、平成 25 年度総括・分担研究報告書、pp.107-126、2013.3
- 13) 厚生労働省：シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会、第 11 回～第 17 回議事録、<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi> (accessed on 2018.6.20)
- 14) 樺田尚樹、稲葉洋平、金勲 他：厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業「半揮発性有機化合物をはじめとした種々の化学物質曝露によるシックハウス症候群への影響に関する検討」、平成 28 年度～平成 29 年度総合研究報告書、pp. 16-53、2018.3
- 15) 金勲、稲葉洋平 他：厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業「半揮発性有機化合物（SVOC）によるシックハウス症候群への影響評価及び工学的対策の検証に関する研究（研究代表者：金勲）」、平成 31 年度～令和 2 年度 総括・分担総合研究報告書、2021.3
- 16) 尾崎将之、尾方政則、熱射病の発症におけるエンドトキシンの関与. エンドトキシン研究 9－自然免疫の最前線－、pp.56-63, 2006.12.
- 17) Shashi Bala, Miguel Marcos, Arijeet Gattu, Donna Catalano, Gyongyi Szabo : Acute Binge Drinking Increases Serum Endotoxin and Bacterial DNA Levels in Healthy Individuals, PLOS ONE, Volume 9 Issue 5, pp.1-5, 2014.5.
- 18) 厚生労働省. 平成 15 年保健福祉動向調査の概況.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/hft-yosa/hftyosa03/kekka1-1.html>
- 19) 厚生労働省. アレルギー疾患対策報告書（素案）.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000016819-att/2r9852000001684w.pdf>
- 20) 日経 BP. アレルギー疾患診断・治療ガイドライン 2010 概要. 日経メディカルアペンデックス 2010;12:1-4
- 21) 永倉俊和、アレルギーのふしぎ、サイエンス・アイ新書、ソフトバンククリエイティブ株式会社、2010.3
- 22) 厚労働省、平成 22 年度リウマチ・アレルギー相談員養成研修会テキストー第 1 章アレルギー総論、
<https://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/kenkou/ryumachi/jouhou01.html>、accessed on 2020.07.31
- 23) Strahan DP. Hay fever, hygiene, and household size. BMJ 1989;299:1259-60.
- 24) 斎博久. アレルギー疾患・喘息発症に関わるサイトカイン支配. 喘息 2004;13(7):2-6.
- 24) von Mutius E, Braun-Fahrlander E, Schierl R, Riedler J, Ehlermann S, Maisch S, et al. Exposure to endotoxin or other

- bacterial components might protect against the development of atopy. *Clin Exp Allergy* 2000;30:1230-4.
- 25) Ernst P, Cormier Y. Relative scarcity of asthma and atopy among rural adolescents raised on a farm. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1563-6.
- 26) Kilpelainen M, Terho EO, Helenius H, Koskenvuo M. Childhood farm environment and asthma and sensitization in young adulthood. *Allergy* 2002;57:1130-5.
- 27) Braun-Fahrlander C, Riedler J, Herz U, Eder W, Waser M, Grize L, et al. Allergy and Endotoxin Study Team. Environmental exposure to endotoxin and its relation to asthma in school-age children. *N Engl J Med* 2002;347:869-77.
- 28) L. Keoki Williams, Dennis R. Ownby, Mary J. Maliarik, and Christine C. Johnson. The role of endotoxin and its receptors in allergic disease. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2005 March ; 94(3): 323–332.(Accessed at NIH Public Access Author Manuscript)
- 29) 金勲、柳宇、鍵直樹、東賢一、Lim Eunsu、大澤元毅、林基哉. エンドトキシン の室内環境濃度. 2016年度日本建築学会大会学術講演梗概集. 2016.8 ; pp.719-22.
- 30) Hoon KIM, Eunsu LIM, Naoki Kagi, Kenichi Azuma, Yanagi U, Haruki Osawa, Motoya Hayashi : Endotoxin Concentration in House Dust and Indoor Air in Japan. *Indoor Air 2016 Proceedings (Electronic file)*, 2016.7.
- 31) 日本建築学会環境規準 AIJES-A0002-2013 : 微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理規準・同解説、2013.

表 1 代表的な室内空気中の汚染質

CO2	人間活動、燃焼器具
CO	燃焼器具
浮遊粉じん	たばこ、燃焼、OA機器、衣服、再発じん
オゾン (O3)	OA機器、静電式空気清浄機、電気集じん機、脱臭機
ホルムアルデヒド	建材、接着剤など
VOC	建材、カーペット、家具、什器、家電、インク、書籍など
SVOC	建材、プラスチック・人工皮革（可塑剤、難燃剤）、殺虫剤
NOx	燃焼器具、厨房
微生物	土壌、人間、汚染された空調機、水回り
ラドン	土壌、石材、コンクリート
アスベスト	建材、電気製品、自動車、家庭用品
アレルギー	花粉、皮膚、ハウスダスト、真菌
におい	調理、体臭、芳香剤、建材、各種機器、カビ
たばこ	化学物質5,300種ほどでそのうち約200種以上は有害物質と言われるCO、NOx、SO2、ベンゼン、ホルムアルデヒド、吸入性粉塵（粒子状物質）、VOC等化学物質、におい、水蒸気の発生源

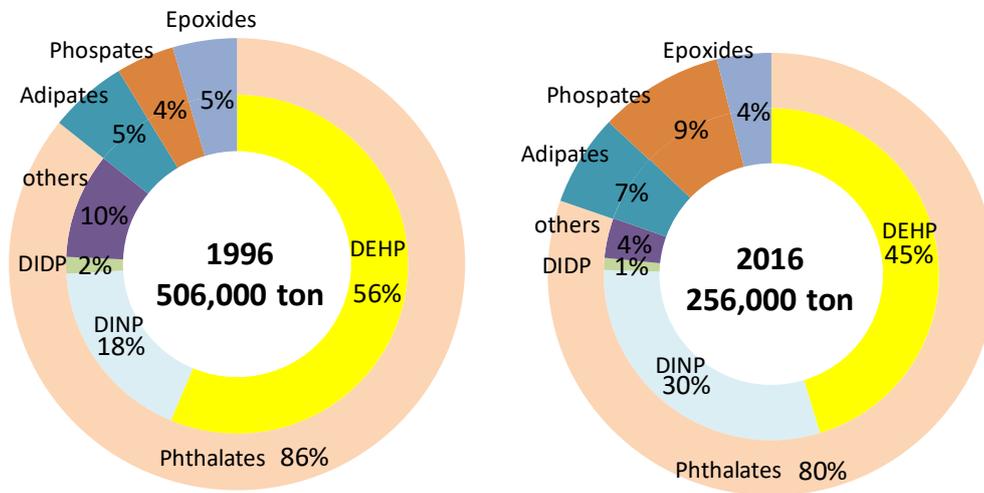


図 1 可塑剤の国内生産量(資料:塩ビ工業・環境協会)¹¹⁾

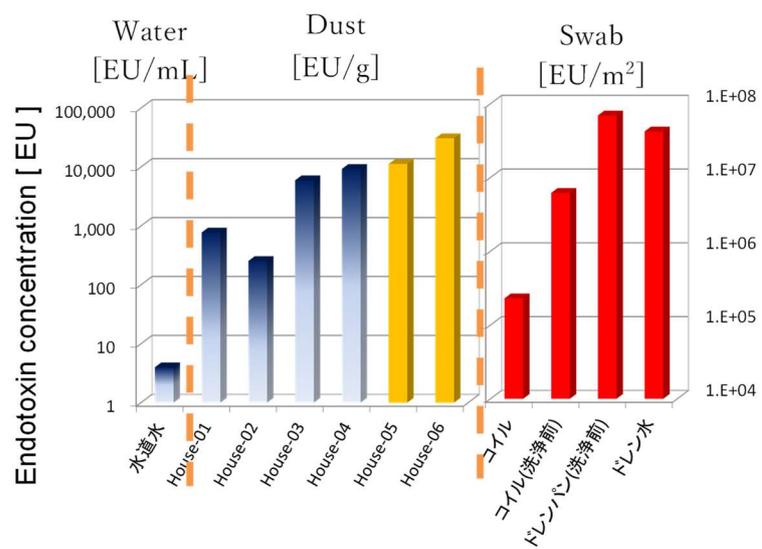


図2 環境中エンドトキシン濃度レベル²⁹⁾