

201525012B

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

科学的エビデンスに基づく「新シックハウス症候群に関する 相談と対策マニュアル（改訂版）」の作成

平成26年度—平成27年度 総合研究報告書

研究代表者

北海道大学環境健康科学研究教育センター

岸 玲子

研究分担者

近畿大学医学部環境医学・行動科学教室

東 賢一

中央労働災害防止協会大阪労働衛生総合センター

河合 俊夫

旭川医科大学医学部健康科学講座

西條 泰明

産業医科大学産業生態科学研究所

大和 浩

東北大学大学院工学研究科

吉野 博

国立保健医療科学院生活環境研究部

大澤 元毅

愛知医科大学医学部衛生学講座

柴田 英治

北海学園大学経営学部経営情報学科

増地あゆみ

北海道大学環境健康科学研究教育センター

荒木 敦子

研究協力者

福島県立医科大学

田中 正敏

平成28（2016）年3月

目 次

I. はじめに	1
II. 総合研究報告書 科学 的エビデンスに基づく「新シックハウス症候群に関する相談と 対策マニュアル（改訂版）」の作成 （岸 玲子）	3
III. 平成26年度 分担研究報告書	
1. シックハウス症候群の症状別のリスク要因 （岸玲子、荒木敦子、西条泰明、柴田英治、河合俊夫、田中正敏）	25
2. 学童のアレルギーと自宅環境(ダンプネスや換気・暖房器具)との関連について再解析 （岸 玲子、 荒木 敦子）	45
3. 室内環境規制、化学物質過敏症の疾患概念およびシックビルディング症候群の 課題に関する調査 1. （東 賢一）	57
4. VOC、MVOC、SVOC 分析法、代謝物を用いた生物学的モニタリング方法の 評価に関する研究 （河合 俊夫）	79
5. シックハウス症候群における生物学的要因の評価 （西條 泰明）	93
6. 微小粒子状物質（PM _{2.5} ）、総揮発性有機化合物（TVOC）を指標とした 室内の受動喫煙曝露 （大和 浩）	103
7. 震災関連住宅の室内空気環境問題 （吉野 博）	115
8. 建築物の特性・用途別の環境特性と環境衛生に関する研究 1. （大澤 元毅）	119
9. 仮設住宅の居住環境に関する研究 （田中 正敏）	125
10. 2-エチル-1-ヘキサノールによる室内空気汚染と健康影響に関する文献的考察 （柴田 英治）	137
11. 室内空気質汚染のリスクコミュニケーションに関する研究動向調査 （増地 あゆみ）	149

IV. 平成27年度 分担研究報告書

12. シックハウス症候群・シックビルディング症候群、および
いわゆる化学物質過敏症の疫学研究の動向
(岸玲子、荒木敦子、アイツバマイゆふ) 155
13. 高齢者におけるシックハウス症候群
(西條 泰明) 189
14. ホルムアルデヒド曝露指標としての尿中ホルムアルデヒド活用
(河合 俊夫) 193
15. 室内環境に関わる因子 (化学的因子、建材から発生する粉じん、温熱環境) が
健康に及ぼす影響に関する研究
(柴田 英治) 197
16. Indoor air quality, air temperature and humidity in narrow/air tight space.
(田中 正敏) 201
17. 微小粒子状物質 (PM_{2.5})、総揮発性有機化合物 (TVOC) を指標とした
室内の受動喫煙、三次喫煙の曝露に関する研究
(大和 浩) 207
18. 室内環境規制、化学物質過敏症の疾患概念およびシックビルディング症候群の
課題に関する調査 2.
(東 賢一) 209
19. 建築物の特性・用途別の環境特性と環境衛生に関する研究 2.
(大澤 元毅) 223
20. 健康・快適な室内環境を実現するための設計法に関する調査
(吉野 博) 231
21. 室内空気質汚染の健康影響に関するリスクコミュニケーション
(増地 あゆみ) 233

III. 関連資料 :

「科学的根拠に基づくシックハウス症候群に関する相談マニュアル(改訂新版)」(ドラフト版)

はじめに

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）「科学的エビデンスに基づく「新シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル（改訂版）」の作成」の平成 26-27 年度総合研究報告書を取りまとめました。

我が国ではシックハウス症候群（SHS）は、従来は建材等の化学物質が主たる問題として取り上げられ、ホルムアルデヒドなど 13 物質については厚生労働省や国土交通省による対策がなされました。しかしシックハウス症候群に関連する室内空気質の問題は化学物質には留まりません。

私たちは、平成 12 年から 22 年度まで、厚生労働科学研究としてシックハウス症候群ならびに室内空気質と健康問題に関わる全国規模の疫学研究を実施するとともに、平成 19 年度には保健所や第一線の医師などが市民への相談や対応等に用いる際の「シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル」を作成いたしました。

この度、改訂版を作成する運びとなり、従来の公衆衛生学、環境疫学、衛生学、産業医学の専門家に加えて、建築家やリスク心理学の専門家にも加わっていただくことができました。国内外の多くの情報を体系的に整理し直し、最新知見を加えて、「科学的根拠に基づくシックハウス症候群に関する相談マニュアル（改訂新版）」を作成致しました。

この相談マニュアルは保健所職員、地域・職域・学校の保健担当者、あるいは一般医師、住宅産業関係者や市民の方々に利用いただいて、シックハウス症候群の予防や室内空気質対策に役立てることを目的としています。

なお、この平成 26-27 年度総合研究報告書には、代表および各研究分担者がマニュアルをまとめる過程で整理した項目が研究報告として 2 年分記述されています。

本研究の成果が、人々の健康な生活環境の確保に役立てば幸いです。

研究代表者 岸 玲子

平成 28 年 3 月

科学的エビデンスに基づく

「新シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル（改訂版）」の作成

研究代表者 岸 玲子 北海道大学・環境健康科学研究教育センター 特別招へい教授

研究要旨

シックハウス症候群（SHS）は、従来は建材等の化学物質が主たる問題として取り上げられ、ホルムアルデヒドなど13物質には指針値が示されるなどの対策がなされた。しかし、室内環境の問題は化学物質に留まらない。研究代表者らは、平成19年度に保健所や第一線の医師などが市民への相談や対応等に用いる際の「シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル」を作成した。本研究では、平成20年以降新しく論文になった多くの最新知見を加え、国内外の情報を体系的に整理し直し、科学的根拠に基づく室内空気質およびシックハウス症候群に関する「新相談マニュアル（改訂版）」を作成する。保健所職員、地域・職域・学校の保健担当者、あるいは個人、一般医師、住宅産業関係者の利用により、我が国のシックハウス症候群の予防や室内空気質対策に役立てることを目的とする。

本研究班は、公衆衛生学、環境疫学、衛生学、産業医学、建築家やリスク心理学の専門家からなる。平成26年度は、以下に示すとおり、これまでの知見の整理と情報収集を行った。

1. 過去に実施した全国規模の疫学研究により得られた知見の整理
2. 室内環境規制、化学物質過敏症の疾患概念、およびシックビルディング症候群の課題に関する調査
3. VOC、MVOC、SVOC 分析法・代謝物を用いた生物学的モニタリング方法の評価に関する研究
4. シックハウス症候群における生物学的要因の評価
5. 微小粒子状物質（PM_{2.5}）、総揮発性有機化合物（TVOC）を指標とした室内の受動喫煙曝露
6. 震災関連住宅の室内空気環境問題
7. 建築物の特性・用途別の環境特性と環境衛生に関する研究
8. 仮設住宅の居住環境に関する研究
9. 2-エチル-1-ヘキサノールによる室内空気汚染と健康影響に関する文献的考察
10. 室内空気質汚染のリスクコミュニケーションに関する研究動向調査

平成27年度は、引き続きこれまでの知見の整理と情報収集を行い、新マニュアルを執筆した。

11. シックハウス症候群・シックビル症候群に関する疫学研究
12. 高齢者におけるシックハウス症候群
13. ホルムアルデヒド曝露指標としての尿中ホルムアルデヒド活用
14. 室内環境に関わる因子が健康に及ぼす影響に関する研究
15. 狭小空間の空気質、温度、湿度に関する調査研究
16. 室内の受動喫煙、三次喫煙の曝露に関する研究
17. 室内環境規制に関する国内外の動向
18. シックビルディング症候群の課題に関する調査
19. 建築物の特性・用途別の環境特性と環境衛生に関する研究
20. 健康・快適な室内環境を実現するための設計法に関する調査
21. いわゆる化学物質過敏症と電磁過敏症
22. 室内空気質汚染の健康影響に関するリスクコミュニケーション

（倫理面への配慮）

過去に実施した疫学研究は、すべて北海道大学並びに各大学の倫理委員会で承認され、インフォームドコンセントを得て実施した。

PubMed等を用いた情報収集、これまでの知見の整理の結果、以下の内容を含む新マニュアルを執筆した。

収集した情報やこれまでの知見に基づき、以下の内容を含む新マニュアルを執筆した。

- 1) わが国の全国規模の疫学研究から得られた知見に基づき、SHSの予防と対策について記載した。
 - ① 住宅あたりのシックハウス症候群有症率は3.7%である。自宅のカビ臭・結露といった湿度環境がシックハウス症候群のリスクとなることをわが国で初めて明らかにした（Indoor Air 2009）。
 - ② ホルムアルデヒド濃度はシックハウス症候群と量反応関係を示すこと、連続する2年間でアルデヒド濃度差を5分位とし、最も濃度が下がった群と比較し、最も上がった群では新たなシックハウス症候群発症のリスクが3.3倍だった（IAOEH 2009, 2010; STOTEN 2010, 2012）。
 - ③ 連続する3年間でホルムアルデヒドやトルエン濃度は減少したが、リモネン濃度はむしろ増加し、居住者の住宅内持込による化学物質の濃度増加に注意が必要である（日衛誌 2011）。
 - ④ ダスト中フタル酸エステルDEHP、有機リンTBEPなどの濃度は欧米よりも濃度が高く、DEHP濃度は内装材としてPVCの使用量が多い程高かった（Indoor Air, 2013; STOTEN 2013, 2014）。
 - ⑤ フタル酸エステル類のうち床ダスト中のDiBPとDEHAが喘息のリスクを有意に上昇させ、DEHPがアレルギー性結膜炎を、BBzPとDEHPがアトピー性皮膚炎のオッズ比を有意に上げ、大人よりも子どものほうがリスクは高かった。難燃剤は、床ダスト中のTNBPが喘息の、TCIPPとTDCIPPがアトピー性皮膚炎のオッズ比を有意に上げた（Indoor Air 2013; STOTEN 2014）。
 - ⑥ 小学生とその家族の尿中フタル酸エステル代謝物濃度のDEHPおよびDBPは、小学生は両親よりも高濃度であった（IJHEH 2015）。
 - ⑦ 真菌のうち、*Rhodotorula*がシックハウス症候群と有意な関連を示し、*Aspergillus*やダニアレルゲン量はシックハウス症候群眼症状、鼻症状の有意なOR上昇を認めた（Indoor Air 2010）。
 - ⑧ MVOCのうち1-octen-3-olはシックハウス症候群粘膜刺激症状、アレルギー性鼻炎や結膜炎と有意の関連を認めた（STOTEN 2010, 2012）。
 - ⑨ 室内のダンプネスや燃焼性の暖房機器の使用は、子どものアトピー性皮膚炎や喘息のリスクを有意に上昇させた（IAOEH 2013; J Epidemiol 2014）。
- 2) 諸外国の室内環境規制やSHS研究の世界的な動向について記載した。
- 3) SHSのリスク要因として、科学的要因、生物学的要因、物理学的要因、喫煙・受動喫煙・三次喫煙、微粒子・ガス状物質について、サンプリングや測定法、健康影響に関する知見を整理して記載した。
- 4) 建築衛生学の視点から、汚染濃度を低く維持し、快適な室内環境をつくるための「汚染発生と流入を抑える」「換気により速やかに希釈・排出・排除を図る」ことの方策を記載した。
- 5) 最近の室内環境に関する問題として、仮設住宅、浸水被害、あるいは夏の熱中症・冬のヒートショックに関して記載し、方策を記載した。
- 6) 文献レビューと、札幌市における個別インタビュー調査の結果から、室内空気質汚染の健康影響のリスクコミュニケーションのあり方において重要な点を記した。
- 7) 室内環境に関わる体調不良の相談への対応として、シックハウス症候群や、いわゆる化学物質過敏症の場合に注意すべき重要な点を記載した。

新SHSマニュアルは、全5部11章の目次構成とし、整理した国内外の知見、得られた情報収集の結果に基づき、SHSの実態や対策を疫学および建築学の両面からまとめなおした。居住者の年齢や季節

に応じた予防策、仮説住宅や浸水被害、熱中症などの最近の問題についても整理して記載した。この結果、SHSに関する正しい知識の普及と、相談に対して保健所職員等が科学的根拠をふまえた回答が可能になる。今後は、「新シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル」をWEB上で公開、PDFで配信するとともに、より効果的な活用に向けて、新聞やメディアを通じた周知や啓発を実施する。

【研究分担者】

東 賢一 近畿大学医学部環境医学行動科学教室
河合 俊夫 中央労働災害防止協会大阪労働衛生総合センター
西條 泰明 旭川医科大学医学部健康科学講座地域保健疫学分野
大和 浩 産業医科大学産業生態科学研究所
吉野 博 東北大学大学院工学研究科
大澤 元毅 国立保健医療科学院
柴田 英治 愛知医科大学医学部衛生学講座
増地あゆみ 北海学園大学経営学部
荒木 敦子 北海道大学環境健康科学研究教育センター

【研究協力者】

田中 正敏 福島県立医科大学
森本 兼曩 大阪大学大学院
中山 邦夫 大阪大学大学院
滝川 智子 岡山大学大学院
吉村 健清 福岡県保健環境研究所
力 寿雄 福岡県保健環境研究所
酒井 潔 名古屋市衛生研究所
上島 道浩 名古屋市立大学大学院
アイツバマイゆふ
北海道大学環境健康科学研究教育センター
湊屋 街子 北海道大学環境健康科学研究教育センター
叢 石 北海道大学大学院医学研究科
鶴川 重和 北海道大学大学院医学研究科

1990年代に個人住宅において「シックハウス症候群（sick house syndrome: SHS）」が全国的に大きな社会問題となった。日本では住宅建築のサイクルが短く、さらに最近、合板やプラスチック製の建材使用の普及による汚染の発生と、省エネルギー化のために住宅の気密性が向上して換気量が減少しているなどの背景があると考えられる。その後、厚生労働省による室内化学物質濃度指針値の制定、国土交通省による建築基準法の改正による換気設備装置の義務づけなどの対策が取られてきた。これらは一定の成果をあげ、シックハウスに関する年間の相談件数は2000年の400件から2010年には60件に減少した（住宅リフォーム紛争処理支援センターHP公表資料）。しかし、依然としてシックハウス症候群の訴えがあることが疫学研究調査によって示されている。

研究代表者らは、平成12年から22年度にかけて、厚生労働科学研究「シックハウス症候群ならびに室内空気質と健康問題に関わる全国規模の大規模疫学研究」を実施してきた。当初日本で建材等の化学物質のみがSHSの主たる要因として取り上げられていたが、当該研究ではホルムアルデヒドやトルエンなどの建材由来の化学物質のみならず、微生物やダニアレルゲン、ダンプネス（部屋の中の局所の湿気）等も含めた室内環境要因によるSHSとの関連を検討し、VOC やアルデヒド類のみならずある種の真菌やダンプネスもSHSのリスク要因となることを明らかにした。平成19年度には、保健所や医師などが市民への相談や対応時に用いる際の「シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル」を作成した。本マニュアルは厚生労働省により全国の保健所に配付された。

その後8年が経過し、平成20年以降今日ま

A. 研究目的

シックビルディング症候群（sick building syndrome: SBS）は、特定の建物の環境が原因となり、粘膜刺激症状を中心に非特異的な症状を呈する健康障害である。日本では

で多くの重要な知見を国際誌に発表している。世界的にみても、室内空気質を改善する優先項目としては、①汚染の発生を抑制すること、②乾燥を保つこと（湿度環境の重要性）、③汚染の発生を抑制すること、④大気汚染の影響を抑制すること、の4つが挙げられている（Indoor Air 2013）。従って、SHS、SBSの対策としては、化学物質による要因のみならず、湿度環境や生物学的要因を含めて原因を究明し、環境汚染を改善することが重要である。そこで、本研究では国内外の情報を体系的に整理し直し、最新の知見を加えた「新シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル（改訂版）」を作成する。保健所職員はもちろんのこと、地域・職域や学校の保険担当者、あるいは個人、一般の医師、住宅産業関係者の利用により、シックハウス症候群の予防や室内空気質対策に役立てることを目的とする。

B. 研究方法

本研究班は、研究体制として公衆衛生学、環境疫学、衛生学、産業医学、健康科学に加えて、建築家や建築環境工学、リスク心理学を扱う行動科学の専門家からなる。

新マニュアルの執筆のため、これまでの知見の整理と情報収集を実施した。平成26年度は、過去の全国規模の疫学研究により得られた知見の整理、および新しく追加する項目に関する情報収集と整理情報収集と知見の整理を行った。平成27年度は、継続するとともに、これまでの知見の整理と情報収集を行い、それらに基づき「新マニュアル（改訂版）」を執筆した。

平成26年度

1. 過去の全国規模の疫学研究により得られた知見の整理

新マニュアルに主に追加する項目として、これまでの知見の整理と情報収集を行う。具体的には、研究代表者ら旧厚生労働研究班で実施した2つの疫学研究：①全国6地域で、新築戸建て住宅6080軒と継続する3年間の自宅

環境調査（425軒とその全居住者1479人）、②全国5地域の国公立小学校22校で調査票調査（10871人）と学童の自宅環境調査（178軒）から得られたデータを整理し、平成20年以降の科学的知見として、以下を新マニュアルに追加する。

1) シックハウス症候群の症状別のリスク要因

平成16年に、札幌、福島、名古屋、大阪、岡山、北九州の全国6地域で実施した、室内環境調査425軒とその全居住者1479人のデータを用いる。シックハウス症候群（以下SHS）は、Andersson[1]によるシックビル質問票日本語版に合わせて、12項目のうちのうちいずれか1つ以上の項目が「よくあった」、あるいは「ときどき」、かつその症状が「自宅の環境によるものと思う」、と回答した場合を「SHS いずれか症状あり（any）」と定義する。加えて、鼻、喉・呼吸器、眼、皮膚、精神神経の5症状を定義する。室内環境は、気中アルデヒド類・VOC類、室内空気中真菌、ダスト中ダニアレルゲン量が測定されている。測定した化学物質29化合物のうち、症状との関連の解析には検出率が50%以上の物質を用いた。真菌量については、*Cladosporium* 属と *Cladosporium* 属以外の属の和を変数として用いた。

2) 学童のアレルギーと自宅環境（ダンプネスや換気・暖房器具）との関連について再解析

平成20年度に、札幌市の公立小学校に通う学童を対象とし、健康（SHSやアレルギー）と自宅環境（ダンプネスや換気・暖房器具と排気、他）に関する調査を行なった。本報告では学童のアレルギーと自宅環境（ダンプネスや換気・暖房器具）について、データを再解析した結果を示す。

札幌市公立小学校12校の全校生徒6393人に平成20年12月から平成21年1月に質問紙調査票を配付した。回収した調査票4445（回収率69.5

%)のうち、アレルギーに未記入を除く4020人を解析対象とする。

その他、ダンプネスの問題、ヒトでの室内アルデヒド濃度とSHSへの影響、半揮発性有機化合物（SVOC）・微生物由来有機化合物（MVOC）の曝露実態とSHSやアレルギーとの関連について新マニュアルに追加する。

2. 室内環境規制、化学物質過敏症の疾患概念およびシックビルディング症候群の課題に関する調査

1) 室内環境規制に関する国内外の動向

「シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル」以降に蓄積された科学的知見や国内外の動向を国際機関や国内外の室内環境規制に関する報告書、関連学会の資料、関連論文をインターネットおよび文献データベースを用い体系的にレビューし、新マニュアル（改訂版）に追加すべき項目を整理する。室内環境規制に対する取り組みでは、室内空気質ガイドラインの作成に重点が置かれており、世界保健機関、ドイツ、フランス、カナダ、日本の状況を取りまとめる。

2) 化学物質過敏症の疾患概念

医学論文検索サイトのPubMedで「chemical sensitivity」の用語で論文検索を実施し、近年報告されている化学物質過敏症に関連する研究をレビューする。

3) シックビルディング症候群：職域・オフィスビル、公共ビルの課題

本研究者は、平成21年度から平成22年度までの厚生労働科学研究「建築物の特性を考慮した環境衛生管理に関する研究」、平成23年度から平成25年度までの厚生労働科学研究「建築物環境衛生管理及び管理基準の今後のあり方に関する研究」を通じて、建築物環境衛生管理における課題の調査、シックビルディング症候群に関する疫学調査を実施してきた。そこで、これらの研究で得られた課題を整理し、新マニュアルに反映する。

3. VOC、MVOC、SVOC の分析法、代謝物を用いた生物学的モニタリング方法の評価に関する研究

以下の研究資料を用いて、過去の知見の整理と再解析を行った。

1) シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会の報告書

2) 厚生労働科学研究「シックハウス症候群ならびに室内空気質と健康問題に関わる全国規模の疫学」研究報告書より、2005と2006年度に札幌、福島、愛知、大阪、岡山、北九州地区で調査測定された寝室と居間の室内濃度データの再解析を行った。またこの調査で開発した超軽量、小型の個人用サンプラーの有用性と測定事例を示す。

3) 「可塑剤・難燃剤の曝露評価手法の開発と小児アレルギー・リスク評価への応用」報告書より可塑剤・難燃剤の環境曝露評価および尿中代謝物測定による生体曝露評価手法の検討を行う。

4. シックハウス症候群における生物学的要因の評価

シックハウス症候群における生物学的要因について近年のエビデンスをまとめ、今後のシックハウス対策の資料となることを目的としている。PubMedを用い、住居、学校等の特殊な職業曝露のない通常環境における生物学的要因の曝露評価とアウトカム評価が行われているものについて2005/1/1～2014/11/25に出版された論文のサーチを行う。

5. 微小粒子状物質（PM_{2.5}）、総揮発性有機化合物（TVOC）を指標とした室内の受動喫煙曝露

受動喫煙はシックハウス症候群の一因と考えられているが、2009年に出版された「シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル」には、屋内や建物周囲で喫煙がおこなわれた場合の受動喫煙（2次喫煙）の曝露指標に関する記載が十分には行われていない。本研究では、同居者が喫煙した場合に曝露さ

れる受動喫煙の曝露濃度、および、離れた場所であっても喫煙室を使用した場合でも、衣類から発生するガス状物質（残留タバコ成分、3次喫煙）による影響が発生しうることについて検討を行う。

6. 震災関連住宅の室内空気環境問題

東日本大震災の後に建設された①仮設住宅、②津波で浸水した住宅、③災害公営住宅における空気環境について、主としてレビュー調査によって現状の問題点を明らかにする。

7. 建築物の特性・用途別の環境特性と環境衛生に関する研究

シックハウス症候群の建築学的要因は、シックハウス状況の発現から健康影響に至るまでの物理環境形成に深くかかわるが、その機序や工学的対応に関する知見蓄積は遅れている。近年の知見並びに動向の収集・整理を行い、効果的な相談や対策立案に役立つマニュアルコンテンツの整備を行う。具体的には、シックハウス問題を公衆衛生にかかわる課題として位置付けるため、近年のトラブル発生状況、相談事例の内容と推移などを整理するとともに、従来のマニュアルでやや手薄で具体性にかけていた結露対策、高齢者施設対応などの情報収集を開始し、ひな形を提示する。

8. 仮設住宅の居住環境に関する研究

東日本大震災により岩手、宮城、福島県の沿岸部を中心に多くの被害が発生し、各地で多くの人々が避難を余儀なくされ、プレハブ仮設住宅が建設された。福島では地震、津波に加え、原発事故により、浜通り地域などの放射能高度汚染地域からの人々が仮設住宅などで生活している。福島県の浜通り地域で福島第一原発に近く、未だに帰還困難地域のある地域の仮設住宅の状況、特に温熱環境を中心に調査を行い仮設住宅の居住環境について調査研究を行う。

9. 2-エチル-1-ヘキサノール(2E1H)による室内空気汚染と健康影響に関する文献的考察

PubMed、医学中央雑誌から2E1H、室内空気汚染のキーワードによって検索し、得られた文献を調査、さらにそれらの引用文献からさらにいくつか2E1Hに関する文献を調査する。

10. 室内空気質汚染のリスクコミュニケーション

対策マニュアル改訂版の「室内空気質汚染のリスクコミュニケーション」の執筆内容を検討するため、今年度は国内外の室内空気質汚染のリスクコミュニケーションならびに関連領域に関する研究の動向を調査する。

平成27年度

11. シックハウス症候群・シックビル症候群に関する疫学研究

シックハウス症候群・シックビル症候群に関する疫学研究を検索した。検索の開始年は絞らず、2016年1月までに発表された論文について、検索エンジンPubMedで”sick building syndrome[Mesh]”をキーワードとし、and条件を”Humans”と”English”、またNOT条件を”Review”として文献検索を行った。

検索の結果、348編が抽出された。論文のタイトルおよびアブストラクトからアウトカムがシックハウス症候群およびシックビルディング症候群ではない論文およびヒトを対象とした疫学研究ではない論文55編、また本文全文の閲覧ができなかった論文111編を除くと182編となった。さらに、本文からアウトカムがシックハウス症候群およびシックビルディング症候群ではない論文、およびヒトを対象とした疫学研究ではない論文75編、またレビュー論文57編を除き、最終的に50編の論文を文献レビュー対象とした。

12. 高齢者におけるシックハウス症候群

PubMed、医学中央雑誌を用い、高齢者のシックハウス症状の特徴について論文を抽出

するため、2000年1月1日から2015年6月30日に出版された論文検索を行った。

13. ホルムアルデヒド曝露指標としての尿中ホルムアルデヒド活用

本研究ではホルムアルデヒドの曝露量と、生体への吸収量として尿中のホルムアルデヒドとの関連について調査した。作業場所11事業所でホルムアルデヒドの曝露測定と、作業者の尿中ホルムアルデヒドとその代謝物としてギ酸を測定した。作業中の空気、作業終了時の尿を捕集して、気中ホルムアルデヒド、尿中ホルムアルデヒドをHPLCで分析した。

14. 室内環境に関わる因子（化学的因子、建材から発生する粉塵、温熱環境）が健康に及ぼす影響に関する研究

①室内での殺虫剤散布に関わる作業者の殺虫剤分解酵素活性と尿中代謝物との関連

殺虫剤散布作業者の遺伝子多型、血清のパラオキシナーゼ活性、および有機リン系殺虫剤の尿中代謝物を測定した。

②建築業従事者の石綿粉じん曝露による健康影響

胸部単純エックス線写真と胸部CT所見から胸膜ブランクの頻度を調べた。

③般住宅におけるトイレでの救急搬送事例の特徴

全国3市（札幌、名古屋、福井）の救急搬送データを解析した。

15. 狭小空間の空気質、温度、湿度に関する調査研究

気密性が高く、狭小な居住空間（自動車内、喫煙室、仮設住宅）における空気質、温度、湿度について調査を行った空気質の指標としての二酸化炭素と温度、湿度の測定には、CO₂濃度、温度、湿度データロガーを使用した。自動車内での測定では、一般道路35kmを約45分走行、車内を窓閉とし、換気孔を開・閉状態について比較した。喫煙室での測

定は、一般の職場を対象に約30カ所の喫煙室において、CO₂濃度、温度、湿度、粉塵濃度を測定した。

16. 微粒子状物質(PM_{2.5})、総揮発性有機化合物(TVOC)を指標とした室内の受動喫煙、三次喫煙の曝露に関する研究

受動喫煙の曝露指標は、デジタル粉じん計(TSI社製、Sidepak AM510)を用いて、タバコの燃焼によって発生する微小粒子状物質(PM_{2.5})のリアルタイムモニタリングを行った。また、開放型燃焼器具の使用による室内汚染、および、大気汚染による室内汚染については先行研究の結果を参照した。

17. 室内環境規制に関する国内外の動向

国際機関や国内外の室内環境規制に関する報告書、関連学会の資料、関連論文をインターネットおよび文献データベースで調査した。平成20年以降に主だった活動が見受けられた世界保健機関(WHO)、ドイツ、フランス、カナダを主な調査対象国とした。

18. シックビルディング症候群：職域・オフィスビル、公共ビルの課題

本研究分担者は、平成21年度から平成22年度までの厚生労働科学研究「建築物の特性を考慮した環境衛生管理に関する研究」、平成23年度から平成25年度までの厚生労働科学研究「建築物環境衛生管理および管理基準の今後のあり方に関する研究」を通じて、建築物環境衛生管理における課題の調査、シックビルディング症候群に関する疫学調査を実施してきた。そこで、これらの研究で得られた課題を整理した。また、近年報告されているシックビルディング症候群のリスク要因に関する研究を文献レビューした。

19. 建築物の特性・用途別の環境特性と環境衛生に関する研究

①高齢者施設における室内環境維持管理の実態に関する研究

わが国では人口構成の変化に伴い、高齢者のための施設需要が急増している。しかし、加齢に伴って、免疫力や感受性、環境調整力の個人差が広がり、体調不良や日和見感染から健康被害を生じるおそれも大きくなる高齢者には、健常者以上に適切な室内環境や衛生状況を実現する技術と体制の整備が望まれる。

高齢者施設における環境・衛生管理の実態に関する調査結果を参照し、換気、加湿の不具合などを洗い出して、シックハウス防止に寄与する対策提案のための知見収集を継続した。

②建築物における指針等の誘導策と規制の動向に関する研究

シックハウス対策に係る継続的な改善と実態への適用のため、「シックハウスに関する事例検討・調査委員会報告書」（一社法人住宅リフォーム推進協議会）、JIS、JAS、ISO規格等の資料を参照して様々な形で立案・施行されている行政施策の背景・意図や特徴と動向について考察を加えた。

わが国における建築基準法や、建築物の衛生的環境の確保に関する法律（以下、建築物衛生法）の規制対象物質は、ホルムアルデヒド或いはクロロピリホスに限られている。木質材料、塗料、接着剤、壁装材等に由来するVOCについては住宅の品質確保の促進に関する法律に選択的な測定表示項目が挙げられているものの、誘導の範囲を出ず、表示や業界の自主管理に委ねられている。

本稿では、それらに係る法規制と業界基準等の現状と動向資料を取りまとめた。また、その評価の基盤となる測定法等を定めた日本工業規格（JIS）がISOとの整合を進めるため行った改正の主旨と特徴を取りまとめた。但し、測定環境の設定などは各国の判断に任されて、運用実態は世界共通ではないことから触れないこととした。

20. 健康・快適な室内環境を実現するための設計法に関する調査

①快適な室内環境の条件の調査

住宅を中心とする快適で健康な住宅の条件

に関して、既往の研究を調査しマニュアルに盛り込むべき内容に関して整理しまとめる。

②室内環境の快適・健康性に関わる物理学的要因の調査

住宅を中心とした室内環境の快適・健康性に関わる物理学的な要因に関して、既往の研究を調査し、マニュアルに盛り込むべき内容に関して整理しまとめる。

③快適な室内環境を実現するために必要な換気・空調設備に関する調査

住宅を中心とした室内環境を快適・健康に維持するために必要な換気・空調設備に関して、既往の研究を調査し、マニュアルに盛り込むべき内容に関して整理しまとめる。

④「仮設住宅」の環境と健康問題

仮設住宅における室内環境の問題に関して、昨年度の調査研究や既往の研究に基づいて明らかにし、快適・健康な環境を実現するための考えかたや方策に関してまとめ、マニュアルに盛り込むべき内容を整理する。

21. いわゆる化学物質過敏症と電磁過敏症

医学論文検索サイトのPubMedでMultiple Chemical Sensitivity [MeSH]、Electromagnetic Hypersensitivityの用語で論文検索を実施し、近年報告されている電磁過敏症に関連する研究をレビューした。また、国際機関や諸外国の評価文書をそれぞれの関係機関のホームページより入手した。

22. 室内空気質汚染の健康影響に関するリスクコミュニケーション

①文献レビュー

国内外の室内空気質汚染のリスクコミュニケーションについてCiNii、医中誌で検索を行った。

②個別インタビュー調査

平成27年7月に大学生5名を対象とした予備調査、および8月27日～9月1日に20-60代

の市民12名を対象に、SHSに関するインタビュー質問を実施した。インタビューでの質問は6つのカテゴリーから構成される。「シックハウス症候群全般（この言葉から連想されることを自由に話す）」、「シックハウス症候群の原因、発生源」、「シックハウス症候群の発生プロセス」、「シックハウス症候群のリスク管理、対策」、「シックハウス症候群への関心度」、「シックハウス症候群に関連する用語（ホルムアルデヒドやベンゼンなど13の用語について）」であった。対象者には、これらの質問に対して思い浮かんだことを自由に発言することを求め、必要に応じて回答についての詳細な説明をこちらから求める質問を繰り返した。

（倫理面への配慮）

過去に実施した疫学研究は、すべて北海道大学並びに各大学の倫理委員会で承認され、インフォームドコンセントを得て実施した。データ解析は、すべて匿名化したデータを用いており、管理する個人情報、個人のデータは施錠された場所に保管され、担当者以外はアクセスできない。

現地視察、調査においては、協力団体、あるいは関係者の了解を得て実施している。

その他、過去の研究調査のレビューや情報収集は、特定の個人のプライバシーや個人情報、あるいは動物実験を扱うものではなく、倫理的配慮を必要とする研究には該当しない。

C.,D. 研究結果および考察

1. 2つの全国規模の疫学研究により得られた知見の整理

旧厚生労働研究班の2つの疫学研究の知見の整理および情報収集により得られた知見は以下の通りである：

1) シックハウス症候群の症状別のリスク要因

本研究の対象住宅では、室内空気指針値を超える Formaldehyde 濃度が測定された住宅は 3.3%、Acetaldehyde は 22%、p-dichlorobenzene は 5.4%だったが、その他の Toluene、Ethyl

benzene、Styrene、および Xylene は指針値超の住宅はなかった。SHS の症状別の要因として、これまでに報告されている SHS の要因をモデルに投入し、室内環境要因との関連を症状別に検討した結果、個人特徴としてアレルギー既往は SHS のリスク要因であった。また、ダンプネスがあることも共通の独立したリスク要因であった。化学物質の曝露は鼻、喉・呼吸器、および眼など粘膜への刺激を起こすことで、SHS 症状を起こす可能性が示唆された。また、ダニアレルゲンも鼻や眼の症状のリスクであった。一方、SHS 精神神経症状は主観的ストレスがあることがリスクを 3.7 倍に上げた。

室内のダンプネス対策は SHS の予防において重要である。また、ダニアレルゲンも鼻や眼の症状のリスクであり、頻回の掃除によるダニアレルゲン対策は SHS の予防において重要だろう。一方、SHS 精神神経症状がある場合には、まずはストレス要因を取り除く必要がある。SHS の症状によってその要因となる個人特性や室内環境が異なることが明らかになったため、SHS 相談への対応においては、有する症状について明らかにし、症状別の対策案を提案することが重要である。

2) 学童のアレルギーと自宅環境（ダンプネスや換気・暖房器具）との関連について再解析

対象者は女の子の方が若干多く 51.2%、学年は 652 人から 713 人でほぼ均一に分布していた。ISAAC の定義に基づくアレルギー有病は、喘息 15.5%、アレルギー性鼻結膜炎 17.8%、アトピー性皮膚炎 20.1%で、ISAAC 運営委員会(1998)が報告した日本の有病率と同程度であった。喘息は、「集合住宅に住んでいる（戸建て住宅と比較）」「築年数の増加」「5 年以内に自宅を改築した」「カーペットを敷き詰めた部屋がある」「ガス・石油等の暖房器具を室内で使用している」「室内で喫煙する人がいる」「室内でカビ臭がする」「5 年以内に自宅で水漏れがあった」「冬季に窓の結露がある」と回答した児童は、そうでない児童

に比べ、有病率が有意に高かった（OR:1.10～2.34）。一方、居間または寝室で換気扇等の機械換気を使用していると回答した児童では、喘息有病率が有意に低かった（OR:0.76）。アレルギー性鼻結膜炎は、「（木造住宅と比較して）その他の構造」「5年以内に自宅を改築した」と回答した児童は、そうでない児童に比べ、有病率が有意に高かった（それぞれOR:1.24、1.34）。アトピー性皮膚炎は、「屋外排気のない石油等の暖房器具（ポータブル石油ストーブ等）の使用」「室内に目に見えるカビの生育がある」「室内でカビ臭がする」「冬季に窓の結露がある」と回答した児童は、そうでない児童に比べ、有病率が有意に高かった（OR:1.22～1.56）。

さらに、喘息症状のリスクは、電気の暖房器具を使用している場合と比較して、ガスや石油などの暖房器具で排気管（煙突）はあるが機械換気はない場合に1.62倍、排気管はないが機械換気はある場合は1.77倍、排気管も機械換気もない場合は2.23倍高くなった。またダンプネスがあってもなくても電気の暖房器具を使用している場合と比較して、排気管がない場合、機械換気がない場合には喘息のリスクを上げた（Cong et al., J Epi 2914 24 (3):230-238）。

ガスや石油の暖房器具を使用すると、燃焼により二酸化窒素（NO₂）、二酸化硫黄（SO₂）、および粒子状物質（PM）などが放出されることから、電気の暖房器具と比較して、喘息のリスクを上げる結果となったことが考えられる。さらに、排気管がない暖房器具を使用する場合、または暖房を使用している時に機械換気をしないことも児童の喘息症状のリスクを上げた。したがって、ガスや石油等の暖房器具に排気管がない場合や機械換気がない場合には、児童の喘息に影響する可能性について十分注意する必要性が示された。

これらの結果から、アトピー性皮膚炎、喘息の予防や対策として、室内の結露およびカビの生育を防ぐ対策を講じるとともに、気以外の石油やガスを燃焼させる暖房を使う場合、特に排気管がない家では、十分に換気をする

注意が必要である。

この他、旧厚生労働科学研究班が実施した全国規模の疫学研究から得られた科学的知見として、以下の内容をマニュアルに追加する。

- 1) 住宅あたりの SHS の有訴率は 3.7%で、ダンプネスの項目が増えるとそのリスクは上がる（Kishi et al., Indoor Air 2009 19(3):243-254）。
- 2) 室内環境要因としてホルムアルデヒド 13 化合物、VOC 類 29 化合物、半揮発性有機化合物（SVOC）、微生物由来 MVOC の測定法、および日本の住宅における曝露実態を示す（Saijo et al., Environ Health Prev med 2005 10(3):157-161; Takigawa T., et al., Sci Total Environ 2998 407(19):5223-5228; takigawa et al., Int Arch Occup Environ Health 2010 83(2):225-235; Araki A., et al., Indoor Air 2009 19(5):421-432）。
- 3) 新築戸建て住宅でアルデヒド濃度が指針値を超過していた住宅は 3.5%だった。濃度が最も低い住宅の群に対し、濃度が高い群では SHS のリスクが上がり、量反応関係を示した。指針値は動物実験により定められた値であるが、本研究ではヒトでのリスク評価をしている（Takigawa et al., Sci total Environ 2012 17:61-67）
- 4) 最近世界的にも関心が高い SVOC のうち、フタル酸エステル類 DEHP やリン酸トリエステル類 TBOEP は日本で諸外国よりも室内ダスト中濃度が高い（Kanazawa et al., Indoor Air 2010 20(1):72-84; Araki et al., Indoor Air 2014 24(1):3-15; Ait Bami Y., et al., Sci Total Environ 2014 468-469: 147-157; Tajima S., et al., Sci Total Environ 2014 478:190-199; Ait Bami et al., Sci Total Environ 485-486: 153-163）。
- 5) 連続する 3 年間でホルムアルデヒドやトルエン濃度は減少したが、リモネン濃度はむしろ増加し、化学物質によっては居住者の持込みにも注意が必要である点を啓発する（荒木ら、日衛誌 2011 66(3):589-

599)。

2. 室内環境規制、化学物質過敏症の疾患概念およびシックビルディング症候群の課題に関する調査

1) 室内環境規制に関する国内外の動向

室内環境規制に対する取り組みでは、室内空気質ガイドラインの作成に重点が置かれており、世界保健機関、ドイツ、フランス、カナダ、日本の状況を取りまとめた。また、曝露経路が多経路であるフタル酸エステル類については、発生源対策として、室内用途製品の使用禁止をデンマークが進めたが、手続き上の問題やリスクに関する科学的根拠の不足等の指摘により撤回されている。今後、リスクに関する科学的知見の充実がなされれば、欧州連合で規制が強化される可能性が示唆されている。

2) 化学物質過敏症の疾患概念

化学物質過敏症は、日本では2009年10月に傷病名マスター等に登録されたが、その病態を説明可能な検査所見や臨床所見に関する研究成果が乏しいことや、既存の精神疾患との類似性が指摘されていることが問題となっていた。

3) シックビルディング症候群：職域・オフィスビル、公共ビルの課題

シックビルディング症候群（SBS）については、近年、日本で実態調査がなされていた。1999年頃より、温度、相対湿度、二酸化炭素について、建築物衛生法の建築物環境衛生管理基準に適合しない特定建築物の割合が上昇傾向にあることが明らかとなっている。また、全国規模のアンケート調査の結果などから、SBSの有症率は、1990年代に調査された米国の大規模オフィスビルほどではないが、日本でもSBSの問題が少なからず残っており、温湿度環境、薬品や不快臭、ほこりや汚れ、騒音、居室の改装、温湿度や二酸化炭素の建築物環境衛生管理基準に対する不適合との関係等の可能性が示唆されている。これらの不適

合率の改善は、今後の課題の1つと考えられる。

真菌については真菌をエアースンプラーで捕集し評価するものでは、*Aspergillus* や *Penicillium* がリスクの指標となる可能性が考えられた。totalの真菌曝露量の評価では、症状との関連がはっきりしなかった。真菌の評価は、真菌属まで評価しなければならない可能性があるが、実用面では、専門の環境検査機関に依頼するなど手間はかかると考えられる。MVOCについては、各種のMVOCの濃度を元にしたIndexや個別の成分が曝露評価として有用な可能性がある。しかしながら、曝露評価としては研究室レベルと考えられ、一般には向かないと考えられる。その他、真菌曝露マーカーとしての(1,3)- β -D-glucan、mold、子供の早期のindoor microbial exposure、Ergosterolのマーカーについてシックハウスのルーチンの曝露評価として意義があると言える段階ではないと考える。

真菌と同様に細菌も現時点では、有用なリスク評価とはならない可能性が高い。その他、曝露マーカーとしてのEndotoxin、EPS、MuAなどがあるが、専門の環境検査機関の依頼や研究室レベルの測定が必要となっており、シックハウスのルーチンの曝露評価として意義があると言える段階ではないと考える。

ダニアレルゲンについては、ELISAのキットによる測定が行われており、研究レベルか、環境の検査機関に依頼することが必要になる場合が多いと考えられるが、半定量評価法は学校保健の評価にも使われており、さらにその場で比較的簡便に評価可能であるため、シックハウスのルーチンの評価としても使用できると考えられた。

3. VOC、MVOC、SVOC 分析法、代謝物を用いた生物学的モニタリング方法の評価に関する研究

札幌、福島、愛知、大阪、岡山、北九州の居間と寝室のアルデヒド類15種類の測定調査結果より、室内で検出された主なアルデヒド類はホルムアルデヒド、アセトン、アセトア

ルデヒドの3種類でその濃度も他の濃度に比べて高い値で、検出率も高かった。VOC32物質で平均濃度が高い順から並べると、 α ピネン>パラジクロルベンゼン>リモネン>トルエン>n-デカン>エチルアセテート>n-ウンデカンであり、平均値が $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていた。MVOC 8種類の208室濃度の平均値はいずれも $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満であった。

個人曝露サンプラーとして大きさ 2.2cm^3 、重さ 1.5g 、定量下限値は24時間の捕集で $1\text{ppb}\sim 47\text{ppb}$ まで測定可能を製作した。測定した22名の曝露濃度は住宅環境で測定した値よりもVOCは高い濃度の傾向を示し、ベンゼンは約3倍であった。アルデヒド類は室内濃度と変わらなかった。

尿中のフタル酸エステル類は分析によりすべてが無水フタル酸となることが明らかになり、この値はすべてのフタル酸エステル類の合計と関連する。最も低いDEHPのNOAELを用いて無水フタル酸の生物学的曝露指標を計算すると $130\mu\text{g}/\text{gCr}$ となる。尿中2-エチル-1-ヘキサノールは生物学的許容値として $0.08\mu\text{g}/\text{mL}$ となる。ベンゼンの曝露の最大値は $13.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ (4.1ppb)でありこの濃度に対応するt, t'-ムコン酸濃度は $60\mu\text{g}/\text{L}$ となった。

4. シックハウス症候群における生物学的要因の評価

25論文が該当した。真菌については14論文が該当した。真菌をエアースンプラーで集め、直接 spore を顕微鏡で観察するもの3論文[16-18]あり、Total では逆に有意にリスク低下となるものや、有意差を認めていないが[16, 18]、Aspergillus や Basidiospores、Aspergillus と Penicillium の合計が有意に喘息に関連するとの報告があった。MVOC については、各種のMVOCの濃度を元にIndexを作成し喘息との誘因関連を報告[19, 20]や、MVOCの個別の成分について症状との関連が報告[18, 21]されており、曝露評価として有用な可能性がある。真菌曝露マーカーとしての(1,3)- β -D-glucan や Ergosterol はシックハウスの一般的な曝露評価としては意義があると言える段階ではな

いと考える。細菌については11論文が該当した。細菌曝露マーカーとして Endotoxin、Extracellular polysaccharides (EPS)、Muramic acid (MuA)があるが、有意なアレルギーのリスク低下を報告するものがいくつかあった。ダニアレルゲンについては3論文で有意なオッズ比の上昇が報告され、5論文で有意差なしと報告されていたが、日本でも半定量測定による有用性が報告されていた。

5. 微小粒子状物質 (PM_{2.5})、総揮発性有機化合物 (TVOC) を指標とした室内の受動喫煙曝露

受動喫煙(2次喫煙)を完全に防止するためには、建物内だけでなく、建物周囲でも喫煙を禁止すべきことが認められた。また、環境の悪い喫煙室を使用した場合、その衣服に付着したタバコ粒子から発生するガス状物質(残留タバコ成分)により3次喫煙が発生することから、離れた場所にある喫煙室を使用した者と同居することもシックハウス症候群の発症の原因になり得ることが考えられた。

受動喫煙(2次喫煙)を完全に防止するためには、建物内だけでなく、建物周囲でも喫煙を禁止すべきことが認められた。また、環境の悪い喫煙室を使用した場合、その衣服に付着したタバコ粒子から発生するガス状物質(残留タバコ成分)により3次喫煙が発生することから、離れた場所にある喫煙室を使用した者と同居することもシックハウス症候群の発症の原因になり得ることが考えられた。

6. 震災関連住宅の室内空気環境問題

仮設住宅および津波で浸水した住宅では、特に冬期調査において、ダンプビル問題の発生がアンケート調査により数多く報告されていた。また、仮設住宅では断熱性能の不足による夏期の暑さ、冬期の寒さが問題であった。天井裏において結露が発生しやすいため、天井裏に換気扇を設置することが設計図書には示されているが、実際に設置されている例は多くなかった。仮設住宅では室内の狭い空間に多くの家財道具などが、壁に接して置かれ

ており、また換気も常時運転されていることは少ないので、結露の発生しやすい環境が形成されていた。

仙台市、石巻市にある津波で浸水した住宅（349件）と被害を受けていない住宅（190件）を対象としたアンケート調査より、床上浸水被害のある住宅では、結露発生、カビの発生、臭い、じめじめ感の指摘率が被害のない住宅よりも高かった。

津波被害を受けることが、「呼吸器の症状」、「皮膚の症状」、「鼻の症状」、「頭痛・めまい」、「ストレス」の発生リスクを有意に高めた。また、津波被害を受けることは、「湿気」、「結露」、「カビ」、「異臭」の発生リスクを有意に高め、さらに、カビの発生に長期間にわたって影響を及ぼす恐れがあることが認められた。

災害公営住宅における室内空気質のアクティブ法によるTVOC値測定では、厚生労働省が示す濃度指針値は満足していた。

東日本大震災の後に建設された仮設住宅、津波で浸水した住宅ではダンプビル問題が発生しており、これらの問題解決には、適切な断熱施工と常時換気、津波浸水住宅では、被災後の換気が重要である。特に仮設住宅においては、結露の発生しやすい環境が形成されているため、熱交換換気扇の設置が望ましい。

7. 建築物の特性・用途別の環境特性と環境衛生

建築物衛生法に規定されたホルムアルデヒド測定値とその不適率から推定した非住宅建築物におけるシックハウス問題の出現状況は、平成15年度から平成25年度にかけて安定して推移しており、特定建築物における発生源は概ねコントロールされている。

住宅におけるシックハウス問題については、シックハウス問題の引き金となったホルムアルデヒドの室内濃度は、平成初頭にピークを迎えたと見られ、以後一貫して低下傾向にある。この平均室内濃度の変化は、換気による希釈ではなく、発生源の抑制によるものであることが推定された。

建築物における結露防止手法の簡略化に関する研究においては、近年の技術動向や生活環境変化を反映させ、主に住宅居住者が適切な対応を支援するための基礎的メカニズムと対策のシナリオを提案しフローを試作した。高齢者施設における室内環境維持管理の実態に関する研究においては、高齢者施設の温湿度や換気の管理および室内環境の実態を明らかにするため、全国の特別養護老人ホームに対して実施した横断調査結果を吟味した。

建築物における発生源は概ねコントロールされていると言える。但し、毎年のように公共施設等の改修後の濃度超過事例がマスコミに取りあげられることがあり、設計者・施工者に対する継続的な啓発や注意喚起の必要性は依然高いと思われる。建築基準法改正に際して検討対象としたホルムアルデヒドとトルエン、エチルベンゼン等に限って言えば、室内濃度水準の改善は、主に製造者・設計者ら供給側の努力により進んでおり、最終的な被害件数も減少傾向にあると考えられる。

暖冷房による温度管理の重要性は多くの施設で認識されているが、湿度管理に関してはその水準や必要性について認識が不十分な状況がうかがわれた。エアコンなど個別式設備には、湿度管理や清掃の難しさなど、中央式とは異なる衛生管理上の配慮が必要とされることが近年指摘されてきており、その功罪を踏まえた適正管理体制と運用技術の整備が必要と考えられる。

8. 仮設住宅の居住環境に関する研究

住宅は、畳敷き、二重窓、掃出し窓、断熱化などの改装が行われ、温熱的には居住性能は増していた。一方で窓サッシなどにより室内の気密性が高くなり、冬季には暖房などの火気の使用により室内汚染がみられ、ガスコンロや煙突なしストーブなどの使用により二酸化炭素が高濃度レベルとなっている場合もみられた。

今後は復興住宅の促進など住生活での環境整備と共に精神面や社会制度面からの整備が必要と考える。

9. 2-エチル-1-ヘキサノールによる室内空気汚染と健康影響に関する文献的考察

2-エチル-1-ヘキサノールによる室内空気汚染の事例が日本、スウェーデンなどから報告されていた。被害は学校、公共施設などの利用者であり、住宅での事例も少数の報告があった。床からの発生によるとの報告が多く、その発生源は建材、微生物の代謝産物、フタル酸エステルの分解などが考えられていた。2E1Hの低減化対策としては湿度を下げる、換気を行う、床のコンクリートを乾かすなどの方法が行われていた。

一般環境でのヒトへの健康影響では、多くの報告が一般室内で2E1Hが呼吸器官に影響を与えることを示唆していた。しかし、他の要因の寄与が不明であるので、上記の報告から2E1Hによる呼吸器官への影響を結論付けることはできない。

また、2E1Hによる室内空気汚染の実態に関して、日本は欧米と比較して高濃度であった原因の一つとして、以下のことが考えられた。日本での調査は夏季に行われている場合が多かったのに対して、欧米では冬季に行われていたこと。また、測定は通常の使用条件で行われたと推定されるが、換気条件に関する記述はほとんどなかったため、換気が2E1H室内濃度に及ぼした影響は不明であった。

室内空气中2E1Hの継続的な発生機序としては、可塑剤のアルカリ加水分解だけではなく微生物の代謝生成物の寄与もあると考えられるが、高濃度の事例では前者の影響が大きいと考えられた。

室内空气中2E1H濃度低減化対策として、(1)コンクリート下地の乾燥、(2)換気による希釈、(3)コンクリート下地との遮蔽、(4)空气中2E1Hの分解除去が有効であると考えられた。

10. 室内空気質汚染のリスクコミュニケーション

これまでのところ、室内空気質汚染の健康リスクに特化したリスク認知・リスクコミュニケーションの研究は数少ないが、化学物質

曝露リスクに関する情報提供のあり方を心理学的観点から検討した研究はいくつか報告されていた。これらの報告では、化学物質曝露リスクに対する認知の特徴が明らかにされ、情報の受け手の「メンタルモデル」をふまえたリスク情報の提供方法についての検証がなされていた。「メンタルモデル」とは、あるリスク事象についての知識構造のことである。専門家と一般市民のメンタルモデルを図式化し、両者を比較することにより、一般市民に不足している知識や、関心を明らかにすることができ、これらをふまえ、一般市民が必要とする情報を効果的に提供できると考えられていた。

「メンタルモデル」に関する先行研究成果のレビューをもとに、室内空気質汚染のリスクコミュニケーションのあり方やリスク情報提供にあたっての留意点を考察する。先行研究より明らかになった、化学物質のリスクコミュニケーションの課題として、専門家と一般市民では化学物質に対する理解度が異なる。懸念される健康影響について、曝露源や対策を伝えることで関心が高まり、理解も深まる。リスク対処の支援には、具体的な情報が求められる。

11. シックハウス症候群・シックビル症候群に関する疫学研究

SHS/SBSに関する文献は、これまでに52編のレビュー論文を含む328編が報告されており、最も古い論文は1995年に発表されていた。日本のほか、諸外国では、スウェーデン、デンマーク、フィンランド、イギリス、アメリカ、ドイツ、イタリア、中国、台湾、からSHSやSBSに関する研究が報告されている。曝露は化学物質やアレルゲンに加えて、大気、騒音や臭い、換気率などを測定している報告もある。欧州からはSBSのリスク要因を探索する研究として、集合住宅を対象とした湿度環境や、オフィスビルにおける換気設備の種類や換気率との関連に関する報告が1990年代～2000年に行われている。フィンランド、ノルウェー、スウェーデンでは1990年代に、イ

ギリス、台湾、日本では2000年代に換気設備のあるオフィスビルへの移動、学校の教室の換気率を低換気率と高換気率に調整にした教室に一重盲検法で学生を割り付けた介入研究がおこなわれていた。ベースライン時に炎症マーカーやIgE等のバイオマーカー、室内環境を測定して、SBSの新規発症への影響を前向きな研究では、10年後にSBS粘膜症状の有症率は減少したが、ベースライン時のダンプネズやカビの生育、炎症マーカーが高いこと、およびフォローアップ期間中の室内塗装SBSの粘膜症状の新規発症のリスク要因となることが報告されている。また、室内環境要因以外にも女性であること、若い年齢、喫煙、アレルギーの既往がSBS発症のリスク要因として報告されていた。

12. 高齢者におけるシックハウス症候群

PubMedでは6論文が該当したが、医学中央雑誌では該当する論文は認めなかった。年齢とシックビルディング症状について検討した5論文からは、年齢によるはっきりとした症状の増減についての方向性は定まっていなかった。また、直接のSBSではないが、chamber曝露実験により、二酸化炭素、プロパノールとも若年者で閾値が低い事が報告されている。結論として、加齢によりシックビルディング症状の有病率が変化するかについては、現時点では明確な方向性は明らかになっていない。また、化学物質の鼻の刺激閾値は高齢者では上昇していることが考えられ、嗅覚が加齢により低下することなどから、化学物質の臭いによる症状の悪化、化学物質自体の鼻への刺激症状が軽減している可能性もあるが、これについてもエビデンスとなる研究が不足している。現時点ではSBSについて高齢者の特徴を考えたエビデンスに基づく対策をとることは考えにくい。

13. ホルムアルデヒド曝露指標としての尿中ホルムアルデヒド活用

曝露濃度が高い作業は解剖見学で幾何平均849.8 ppb、尿中ホルムアルデヒドは40.0

μg/lであった。関連は1つ箇所の作業で見られた（相関係数0.831）。その他の作業では関連を示さなかった。次にKawaiらが報告している生物学的許容値理論的求める式を用いてホルムアルデヒド許容濃度0.1 ppmに対応するホルムアルデヒドの排泄量を計算すると中央値2 μg/l（95%値5 μg/l）の増加となる。この値は一般的なホルムアルデヒドの排泄量（82.8 μg/l）に比べて少ない増加であり生物学的検査では検出できない。すなわち生物学的モニタリングから曝露量を推測することは難しい。

14. 室内環境に関わる因子（化学的因子、建材から発生する粉塵、温熱環境）が健康に及ぼす影響に関する研究

①室内での殺虫剤散布に関わる作業者の殺虫剤分解酵素活性と尿中代謝物との関連

殺虫剤散布作業者の各遺伝子型によって酵素活性が異なっていたが、遺伝子多型とフェニトロチオキソンを基質とする血清パラオキシナーゼ活性および尿中代謝物濃度については関連がみられなかった。殺虫剤散布作業者の遺伝子多型によって血清のパラオキシナーゼ活性の違いを説明できないため、同酵素活性そのものが指標として重要であることがわかった。室内環境における殺虫剤の影響は現在大きいものとは言えないが、これを散布する作業者については遺伝子多型を踏まえた健康管理が必要か、或いは可能かについてさらに検討が必要と考えられた。

②建築業従事者の石綿粉じん曝露による健康影響

胸部単純エックス線写真で胸膜プラークの所見が見られない場合でも62%で胸部CT所見から胸膜プラーク又はその疑いの所見がみられた。胸部単純エックス線写真で胸膜プラークを認めない場合でも胸部CT所見から胸膜プラークが見つかることが少なくないことがわかった。完成した住宅からの石綿粉じん曝露はほとんどないと考えられる。また、新築住宅に用いられる建材にもすでに石綿は使

用されていないが、今後リフォームなどの工事の際には曝露が発生する可能性があり、工事にあたる建築作業者の健康管理を行う上で、重要な所見が得られたと考えられる。

③一般住宅におけるトイレでの救急搬送事例の特徴

入浴事故と比較すると明確な季節性がない、搬送時の重症度が低いなどの特徴がみられた。従来、浴室での温度環境が脳卒中、虚血性心疾患などの疾病を引き起こすことが懸念されているが、同様の問題はトイレにおいても起こっていることが懸念されたが、データを解析した限りでは、顕著な問題は見られなかった。しかし、さらに詳細な分析を行い、トイレにおける脳血管疾患、虚血性心疾患の発症について明らかにする必要がある。

15. 狭小空間の空気質、温度、湿度に関する調査研究

[自動車内での測定] 換気孔を開状態ではスタート時とCO₂濃度、温度については大きな変化はみられなかった。換気孔を閉状態ではCO₂濃度、湿度は次第に上昇しCO₂濃度は2000ppmにも達した。

[喫煙室での測定] 喫煙室の平均粉塵が0.4mg/m³以上、CO₂は900ppm以上であった。
[仮設住宅での測定]：夏季の空調機の設定温度は19～32℃と幅が広く、28℃が最も多く45%を占めていた。冬季の設定温度は14～30℃で、25℃が最も多く、35%を占めていた。台所でのCO₂のレベルは日中に高く2000ppm以上に達する場合もみられた。CO₂の基準は700ppmが良好、1000ppmが一般的に許容レベルである。喫煙室では粉塵濃度が汚染の指標であり、喫煙者が多い場合には汚染度が高かった。いずれの場合も適切な換気への注意と温・湿度への配慮が必要である。

16. 微粒子状物質(PM_{2.5})、総揮発性有機化合物(TVOC)を指標とした室内の受動喫煙、三次喫煙の曝露に関する研究

喫煙者と同居する限り、受動喫煙と三次喫煙の曝露をなくすことはできないことが認められた。また、集合住宅のベランダで喫煙が行われると、その上層階と水平方向に隣接するベランダとその室内も汚染されることも認められた。先行研究により、屋内で開放型燃焼器具を使用すると種々のガス状の有機化合物が発生することが分かっており、それらを使用しないこと、および、大気汚染物質の約8割の濃度で屋内が汚染されることから、警報が発せられている日には外出をしない、窓を開けないなどの自衛策が必要であることが考えられた。

17. 室内環境規制に関する国内外の動向

室内環境汚染に対しては、諸外国において、引き続き室内濃度指針値の策定を中心とした対策が行われている。しかし、揮発性の低い半揮発性有機化合物(SVOC)は、室内空気中のみならず、むしろ室内ダストや家庭用品などに含まれていることから、多媒体曝露(経気道、経口、経皮)に対する対策を検討しなければならない。欧州連合(EU)では、フタル酸エステル類に対する室内用途製品の使用禁止が提案されてきたが、フタル酸エステル類のリスクに関するエビデンスの不足等から実行には至っていない。しかし、RoHS指令において、2015年6月よりフタル酸エステル類の4物質(DEHP、BBP、DBP、DIBP)が規制対象として正式に追加されており、EUでは予防的アプローチに基づく化学品規制が今後も進んでいくと思われる。

18. シックビルディング症候群：職域・オフィスビル、公共ビルの課題

オフィスビルにおける環境衛生上の問題については、日本における近年の疫学調査の結果からも、シックビルディング症候群(SBS)と温湿度、薬品や不快臭、ほこり等、また温湿度や二酸化炭素の建築物環境衛生管理基準に対する不適合との関係が示唆されている。温湿度や二酸化炭素の不適合率が増加している原因として、省エネルギー対応による空調設