

シンポジウム I 関連総説

環境改善型予防医学に基づいたケミレスタウン・プロジェクト

中岡宏子¹⁾, 戸高恵美子¹⁾, 花里真道¹⁾,
鈴木規道¹⁾, 中山誠健¹⁾, 高谷一成¹⁾,
下田美智子¹⁾, 森千里¹⁾²⁾

1) 千葉大学予防医学センター 千葉県柏市柏の葉 6-2-1

2) 千葉大学大学院医学研究院環境生命医学 千葉市中央区亥鼻1-8-1

Chemiless Town Project based on the concept of Preventive Medical Science

Hiroko Nakaoka¹⁾, Emiko Todaka¹⁾, Masamichi Hanazato¹⁾, Norimichi Suzuki¹⁾,
Yoshitake Nakayama¹⁾, Kazunari Takaya¹⁾, Michiko Shimoda¹⁾ and Chisato Mori¹⁾²⁾

1) Center for Preventive Medical Sciences, Chiba University

2) Dept of Bioenvironmental Medicine, Graduate School of Medicine, Chiba University

要約

環境を改善することで疾病を予防する「環境改善型予防医学」の概念に基づいて2005年にケミレスタウン・プロジェクトが開始された。このプロジェクトは企業との産学共同プロジェクトであるとともに多方面の領域の研究者の協力を得た学際的研究のアプローチ方法がとられた。ケミレスタウンは2007年に千葉大学柏の葉キャンパスに建設された化学物質をできるだけ低減したモデルタウンで、シックハウス症候群を対象に環境改善型予防医学の実践例としてプロジェクトが実施された。実証実験の結果、室内空気中の化学物質の総量を低減することでシックハウス症候群症状の訴えが減少することなどが明らかとなり「環境改善型予防医学」の概念と多方面の領域の人々が協力するプロジェクトのアプローチ法、いわゆるコレクティブインパクトが有効であることが明らかとなった。今後、さらにプロジェクトを発展させ、健康で持続的な室内環境の創造を目指したい。

《キーワード》環境改善型予防医学、ケミレスタウン、室内空気質、シックハウス症候群、コレクティブインパクト

Abstract

Chemiless Town is a model town on the campus of Chiba University, Japan. It was constructed within

受付：平成29年9月19日 採用：平成29年11月28日

別刷請求宛先：森千里

千葉大学大学院医学研究院環境生命医学

〒260-8670 千葉市中央区亥鼻1-8-1

E-mail : cmori@faculty.chiba.jp

the concept of “Environmental Preventive Medicine (EPM),” with the cooperation of experts in various fields. EPM is part of the preventive medicine which attempts to prevent sicknesses caused by pollutants in the environment by improving the environment. Sick Building Syndrome (SBS) was chosen as the target sickness to apply EPM as the strategic method. SBS is a range of symptoms such as eye irritation, sore throat, and headaches that occur when entering a newly constructed or remodelled building. Chemicals in indoor air (VOC: Volatile Organic Compounds) are suspected to be one of the major causes of SBS.

In this study, the relationship between the concentration of VOC in indoor air and symptoms which people showed during the brief stay at rooms in Chemiless Town were investigated and certified whether EPM is effective or not for all the people. As a result, it is effective to reduce chemicals in the environment for decreasing of symptoms of SBS. It suggests that EPM is one of the effective methods to prevent the sickness and make people's life healthy. This project also indicates that the cooperation of people in various fields (i.e. collective impact) is very important to improve the environment. We would like to continue the investigation about the method to make people's life safer and more comfortable through “Chemiless Town Project”. (238 words) (Jpn J Clin Ecol 26 : 98 – 107, 2017)

《Key words》 Preventive Medical Science, Chemiless Town, Indoor Air Quality, Sick Building Syndrome, Collective Impact

はじめに

環境中には多くの化学物質が存在し、私たちは知らず知らずのうちにそれらを空気、水、土壌、食品などを通して体内に取り込んでいる¹⁾。千葉大学予防医学センターでは、私たちの体に入った化学物質が私たちだけではなく次世代にも移行し、影響を及ぼす可能性がある^{1,2)}ことを疫学調査やマルチオミックス解析などの方法を用いて明らかにする調査研究を実施している。そして最近、これらの研究から例えば母親の体内に取り込まれたPCB (ポリ塩化ビフェニール) が胎児のDNAメチル化に影響を及ぼす可能性があることなどがわかってきた³⁾。

近年、環境がもたらす健康影響の解決策として、予防原則 (precautionary principle) に基づいてヒトの健康に影響をもたらす可能性のある環境リスクを低減する0次予防 (primordial prevention)^{4,5)}の概念が注目されてきている。WHO (世界保健機関) によれば0次予防とは疾病の原因となる環境的、経済的、社会的条件を排除し、健康影響を最小限にするための条件を確立し維持することとされている⁶⁾。著者らは、この0次予防

の概念を特に環境に適用し、環境を改善することで疾病を予防する環境改善型予防医学 (Environmental Preventive Medicine)^{2,7)}を提唱し、その実践例としてケミレストタウン・プロジェクト^{8,9)}が開始された。プロジェクトは多くの企業の参加を得た産学共同プロジェクトとなった。また、医学だけではなく、工学、建築学、化学、農学と多方面の領域の研究者の協力を得た。これからの社会が持続可能であるためには、そして次世代、あるいはもっと先の世代が健康で快適な生活を送ることができる環境を創造するという課題には領域横断型の研究・アプローチ・実践が必要なためである。

新築の建物やリフォームされた部屋などに滞在すると眼、鼻、喉の粘膜刺激症状や、めまい、頭痛など体の不調を訴えるシックハウス症候群は、1980年代に欧米でシックビルディング症候群として発生し、日本では1990年代にシックハウス症候群として問題となった¹⁰⁾。

厚生労働省の調査¹¹⁾によると日本国民の成人の同症候群の有病率は2.3~22.1%にのぼるとされており、多くの人が潜在的に、もしくは実際にシッ



図1 ケミレスタウン：千葉大学柏の葉キャンパス（千葉県柏市）

クハウス症候群の症状を有していると推定され、早い解明と治療および予防方法の確立が望まれている。また、シックハウス症候群の診断基準は、(1)発症のきっかけが、転居、建物増築、広範な改築、新しい家具等の使用によるものであり、(2)特定の部屋、新築や改装後の建物内で症状が出現し、(3)問題になった場所から離れると症状が全くなくなるか軽くなる、となっている¹²⁾。つまり建物内の室内空気汚染がヒトに影響を与え、シックハウス症候群を発症させると考えられている。そしてその室内空気汚染は建物の建材や内装材などから放散するホルムアルデヒドやトルエンなどの揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds, VOC) およびフタル酸エステル類などの準揮発性有機化合物 (Semi-Volatile Organic Compounds, SVOC) により引き起こされているとの報告がされている^{13, 14, 15, 16)}。

対策として内閣はシックハウス症候群を引き起こす主な原因化学物質として、2003年にはホルムアルデヒドの基準値を0.08ppm未滿 (建築基準法施行令 第二十条の七)、クロルピリホスは原則使用禁止 (建築基準法施行令 第二十条の六) とした¹⁷⁾。また、厚生労働省は2001年までに13の化学物質について指針値を、TVOC (Total Volatile

Organic Compounds, 総揮発性有機化合物) については暫定目標値を設定し¹⁸⁾、室内濃度をこの数値未滿に抑えることが望ましいとしている。現在、厚生労働省では2017年度に指針値に2-エチル-1-ヘキサノール、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールモノイソブチレート (テキサノール)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールジイソブチレート (TXIB) の3物質の追加とキシレン、エチルベンゼン、フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの指針値の見直しを検討している¹⁹⁾。(2017年9月現在)

ケミレスタウン・プロジェクトはシックハウス症候群の予防を主な目的として、環境改善型予防医学の初めての実践例として街づくりの段階から可能なかぎり化学物質 (ケミカル) を減らした (レス) モデルタウンを大学キャンパスの中に建設し実証実験を行うという計画で2005年より本格的に開始された。プロジェクトでは、フェーズ1として2007年から2011年、フェーズ2として2012年から2016年、計10年間にわたってこれらの実験施設群において室内空気や化学物質濃度がどの程度のレベルであるとヒトに健康影響が発現するかといった調査、測定・分析方法の検討、症例研究を実施してきた。さらに室内空気質を評価する方

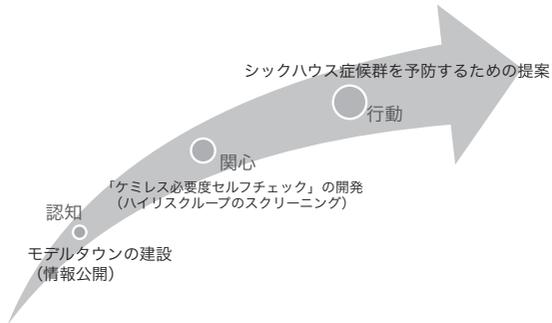


図2 ケミレスタウンを用いたシックハウス症候群対策のための3ステップ（認知、関心、行動）

法として化学物質の濃度だけではなく「臭気」など他の方面からのアプローチについての検討、実証実験を行い、知見を得てきた。加えてシックハウス症候群を予防するための方法を探索し、試行したので報告する。

I 予防医学とケミレスタウン

ケミレスタウンは環境を改善することで健康被害を予防する「環境改善型予防医学」²⁾の実践例として2007年千葉大学柏の葉キャンパス（千葉県柏市）の敷地に竣工されたモデルタウンである。ケミレスタウンの中には戸建住宅を想定した実証実験棟（住居ラボ）3棟とカウンセリングや血中の化学物質濃度を測定する「環境医学診療科」、講義室、事務室、ギャラリー等がある鉄筋コンクリート2階建てのテーマ棟が建設された（図1）。プロジェクトが対象とした疾患は、シックハウス症候群である。シックハウス症候群とは特定の建物、空間で目や鼻、喉の粘膜症状、頭痛や思考力低下などの症状が発現する疾患で、その主な原因となるのは、建材や家具、日用品から放散される揮発性の化学物質とされている。そこでケミレスタウン内の実験棟建設は住宅建築および関連企業の協力を得て、まず、室内空気の化学物質濃度を厚生労働省による13物質の指針値の1/10及びTVOC値をできるだけ低く抑えるという目標が掲げられた。指針値の1/10というのは、プロジェクトが感受性の高い子供・胎児を対象としていることから成人に適應される指針値にさらに1/10の安全係



図3 ケミレスポンプ：捕集管を差し込みスタートボタンを押すだけで容易に空気捕集ができる簡易型ポンプ

数をかけたためである。

予防医学においては、疾患について知る「認知」、自分がハイリスク群に属するかどうかなどの状態を知る「関心」、そして自ら予防をこころがけ、対応を講じる「行動」の3つのステップがある（図2）。ケミレスタウン・プロジェクトでは、第一ステップの「認知」としてケミレスタウンを建設し、市民講座の開催やケミレスタウン内にギャラリーを設置することで室内空気質、シックハウス症候群についての周知を行った。第二ステップ「関心」についてはシックハウス症候群のハイリスクと考えられる化学物質に対する感受性についてセルフチェックができる「ケミレス必要度テスト」を開発した^{20,21)}。このテストは2009年にウェブサイト上で公開され、誰もがパソコン上でアンケートに答えていくだけで自分が化学物質に対して感受性が高いか低いのかのスクリーニングができるようになっている²²⁾。「ケミレス必要度テスト」は2012年に英語版、韓国語版が、2016年には中国語（繁体、簡体）版が追加され、さらにパソコンだけでなくスマートフォンからもアクセスしテストを受けられるようになった²²⁾。この「ケミレス必要度テスト」と併せて行っている任意のアンケート調査からは、自分の感受性を知った後、これからの生活において化学物質に対して注意をしていきたい²¹⁾という回答が多く得られており予防の第三のステップ「行動」に繋がっていると考えられる。プロジェクトでの第三ステップと

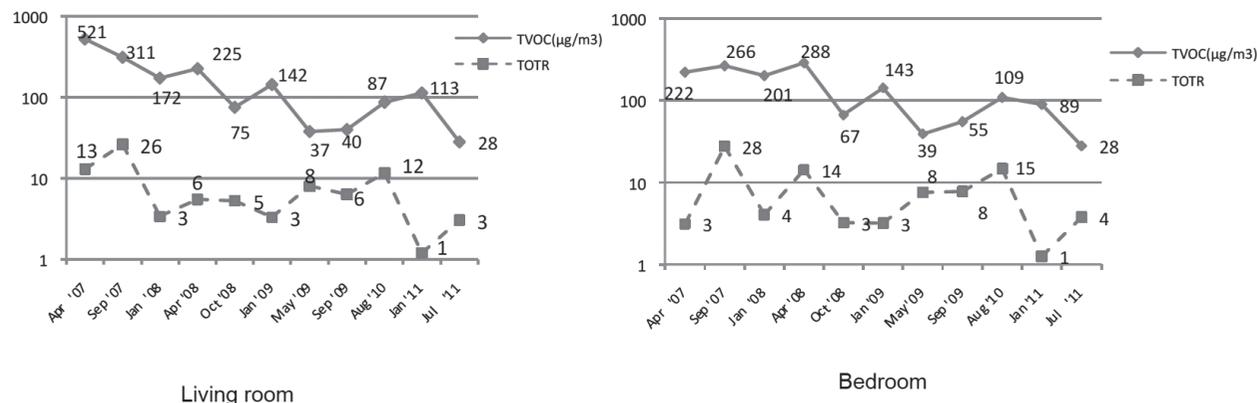


図4 住居ラボA棟居間、寝室におけるケミレス TVOC および TOTR 値の経時変化 (Y軸はケミレス TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 値と TOTR 値を対数表示)

しては、空気捕集が誰にでも簡単にできる簡易型空気捕集ポンプ「ケミレスポンプ」(図3)の開発を行い、室内空気中の化学物質濃度の指針値「ケミレス規準」の提言²³⁾を行った。

II 実証実験：室内空気質測定と体感評価試験

シックハウス症候群の主な原因は室内空気中の化学物質 (VOC) とされているが、空気中には無数の化学物質が存在しておりそれらすべてを測定し、原因物質として特定するのは非常に難しい。加えてシックハウス症候群は同じ空間内においても個人によって症状が発現したりしなかったり、またその症状も多岐にわたるため因果関係を特定するのは困難である。プロジェクトでは5年にわたって実証実験棟内の室内空気中の化学物質をできる限り測定、分析するとともに多くのボランティアの方に実際に実験棟内に短期滞在をしていただき、建物内の空気をどのように感じるか、症状の発現があったか、においはどうであったかななどの体感評価を依頼することでその因果関係を明らかにすることを試みた。

①室内空気中化学物質濃度測定

2007年から2011年の5年間、ケミレスタウン内、住居ラボ3棟各2室(居間・寝室)において季節ごとに室内空気中の化学物質濃度測定を行った。同時に1か所外気測定も行っている。測定、分析対象物質は、厚生労働省による全国実態調査

²⁴⁾(平成11年)で調査対象としていた物質を中心に最近の傾向を考慮し、VOC63物質、アルデヒド類11物質、SVOC42物質、合計116の化学物質とTVOCの定量から始め、その後シックハウス、シックスクールで問題となった物質(イソドデカン、テキサノール)を追加し、最大で118物質の分析を行った。測定方法は厚生労働省の室内空気中化学物質測定マニュアル²⁵⁾に従い、ポンプを使ったアクティブ法で24時間の空気採取を行った。プロジェクトフェーズ1での分析については東京都健康安全研究センター(2007年~2008年)および財団法人東京顕微鏡院(2009年~2011年)に委託した。またこの研究において測定できるVOCとアルデヒド類すべてを加算した総計をケミレスTVOCとして定義し使用した。

空気測定の結果、厚生労働省による指針値のある13物質は竣工直後から指針値以下の濃度であり、目標としていた「指針値の1/10及びTVOC値をできるだけ低く抑える」についてもほぼ達することができたが、ケミレスTVOC値については $222 \mu\text{g}/\text{m}^3$ から $17559 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と棟によって差があり濃度の高い箇所も見られた。図4は住居ラボのうち1棟、2室におけるケミレスTVOCの経時変化を示している。ケミレスTVOCは夏季に上昇し冬季に減衰、を繰り返しながら全体的に濃度が低減していき、2011年には $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となった²⁶⁾。

②体感評価試験

室内の環境調査とあわせて、ヒトの感覚による

体感評価試験を行った。対象者は健康なボランティアの方で、延べ218人(男性84人、女性134人)に依頼した。体感評価試験は1. インフォームドコンセント、2. 化学物質への感受性を調べるためのQEESI(The Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory)問診、3. 指定の居室に15分滞在し、滞在中、もしくは退出後の症状や臭気のアンケート調査を実施した。QEESIはテキサス大学のミラー博士が開発した問診票^{27,28)}で化学物質への感受性をスクリーニングするものである。感受性高低については北条らの化学物質に対する症状、不耐性、日常生活の支障度についてのカットオフ値^{29,30)}に準拠して、高感受性群(QEESI+)、低感受性群(QEESI-)の2群に分けて解析を行った。①の室内空気のケミレスTVOC濃度を4分位に分け、ボランティアによる体感評価試験結果との関係を解析したところ、ケミレスTVOCが428.2-839.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ および979.9-11763.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の時、シックハウス症状の発現率は高感受性群(QEESI+)では73.9%、84.2%に上った(図5)。(オッズ比と95%信頼区間(95%CI)はそれぞれ3.9(95%CI:1.06-14.33)、7.33(95%CI:1.58-33.96))。つまり、ケミレスTVOCがおおよそ400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上になれば症状を訴える人が増加するということが明らかになった³¹⁾。厚生労働省のTVOCの暫定目標値400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ は国内家屋の室内実態調査の結果から合理的に達成可能な限り低い範囲で決定した値³²⁾とされているがこの暫定目標値のエビデンスの一つとなると思われる。

III 空気質評価への新しいアプローチ —臭気閾値比とケミレス規準—

①臭気の点からの室内空気質評価

ケミレスタウン・プロジェクトの実証実験は室内空気中のケミレスTVOCなど化学物質濃度の総量を一定の濃度以下に下げれば、鼻、喉、眼の粘膜の刺激症状等のシックハウス症状を訴える人を減らすことができることを明らかにしてきた³¹⁾。しかし、化学物質濃度を下げても、症状を訴える人はなお存在する。そしてそのほとんどの人が同時に「臭気」も訴えていることから、室内空気を

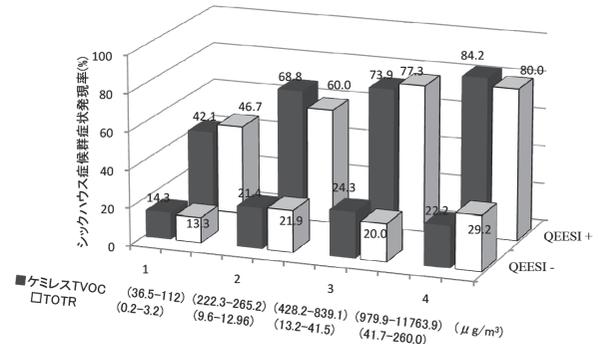


図5 ケミレスTVOC,TOTRとシックハウス症状との関係 ケミレスTVOCとTOTRは四分位に分割し、高感受性群(QEESI+)、低感受性群(QEESI-)と症状との関係を比較

「臭気」の点から評価することは有用であると考えられる。室内空間の臭気については建物の建材や家具からだけではなく、日用品、化粧品、植物や食物、飲料などからも放散されており、快不快にかかわらず我々は実に多くの種類の臭気に囲まれて生活している。植物や日用品の臭気のいくつかには気分を高揚させ³³⁾、疲労軽減効果があるとの報告³⁴⁾もあるが、その反面、鼻、喉、眼などの粘膜刺激症状を起こし³⁵⁾、ぜん息やアレルギーの増悪要因になる可能性がある³⁶⁾との報告もある。加えて主な臭気化学物質の一つであるテルペン類のリモネンや α ピネンとオゾンの化学反応による二次生成粒子の可能性³⁷⁾も議論されており、その室内微粒子の健康影響が危惧されている³⁸⁾。しかし嗅覚は視覚に比べあいまいで主観的であり、その客観的指標も評価方法も確立していない。

ケミレスタウン・プロジェクトでは室内空気中の化学物質濃度をそれぞれの化学物質の嗅覚閾値濃度³⁹⁾で除した臭気閾値比(Odor Threshold Ratio: OTR)および個々の臭気閾値比を総計した総臭気閾値比(Total Odor Threshold Ratio: TOTR)を開発し⁴⁰⁾、人の官能試験によらず臭気を数値化する試みを行った。臭気閾値比は下記の数式で求められる。臭気閾値比1はその化学物質の臭気を感じることができるレベルで臭気閾値比が大きくなれば臭気は強くなる。

$$\text{OTR} = \frac{\text{化学物質濃度 } (\mu\text{g}/\text{m}^3)}{\text{嗅覚閾値 } (\mu\text{g}/\text{m}^3)} \quad \text{できる濃度}$$

プロジェクトでは、実際に測定した室内空気濃度を用いて OTR, TOTR を算出し、ケミレス TVOC と同様に TOTR を 4 分位に分け、体感評価試験の結果との関係を解析した。その結果、臭気の強さを示す TOTR とシックハウス症状との関係は TOTR が 41.7-260.0 の時、高感受性群 (QEESI+) で 80% の人にシックハウス症状が発現し (図 5)、オッズ比 (信頼区間) 4.6 (95% CI: 1.03-20.35) と有意であった。臭気も強度が大きくなれば感受性の高い人は症状を訴えるということが明らかになってきたのである³¹⁾。

②ケミレス規準

シックハウス症候群は室内空気中の原因物質を低減する、あるいは取り除くことで予防が可能な疾患である。しかし同時にシックハウス症候群を引き起こす原因物質や要因が多様化している現在、その原因物質を 1 つ 1 つ特定し、規制し低減させることで解決に導くことは非常に難しい。

実証実験の結果からは、化学物質の総量や臭気の観点から室内空気質を評価することが有効であることが明らかになってきた。特に化学物質に対する感受性が高い人が症状を訴えることが多いこともわかってきた。そこでプロジェクトではフェーズ 1 の成果としてこれらのエビデンスに基づいた室内空気中の化学物質の指針であるケミレス規準を 2012 年 7 月に提言した²³⁾。規準の「規」とはコンパスのこと、「準」とは水準器のことである。すなわち、ケミレス規準とはシックハウス症候群患者の発生を抑制するための「目標」あるいは「規範、標準」を意味する。ケミレス規準は室内空気中の化学物質の規準としてケミレス TVOC 濃度を以下のように S 規準と A 規準の 2 段階に分けて提案された。

- ① S 規準：ケミレス TVOC 値 $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下
化学物質に対して感受性の高い人でもある程度シックハウス症候群を予防できる濃度
- ② A 規準：ケミレス TVOC 値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下
シックハウス症候群をある程度予防

おわりに

ケミレスタウン・プロジェクトでは 2007 年から 2011 年、フェーズ 1 として室内空気中の化学物質濃度を測定したうえで体感評価調査を実施した。フェーズ 2 では、フェーズ 1 での結果の検証、空気質測定、分析方法の検討、症例研究を行ってきた。これらの調査検証の結果からシックハウス症候群はどのような症状がどんな環境で発現するかは、個人によって大きく違っていることがわかった。そして規制や指針値のある物質の濃度が低くても、ある程度の人には症状を訴えるということもわかった。しかしまた化学物質の総量が少なくなれば、また、臭気が少なくなれば症状の訴えは減少していくことも明らかになった。

空気中には数万種類以上の化学物質が存在し、日々膨大な量の新しい化学物質が作られている現代社会において、人それぞれに反応が違うと思われるシックハウス症候群の原因物質をひとつひとつ特定し、対策を講じていく方法はかなり困難であり、時間のかかる作業であるだろうことが予測される。空気中の化学物質など環境が要因となっている疾病を予防するためには、いままでとは違った視点からの対策が必要である。

プロジェクトではこれまでで得られた結果から以下の対策が有効であるのではないかと考えている。

- 1) 室内空気中の化学物質濃度の総量を規制する
- 2) 臭気の観点からも室内空気を評価する
- 3) 化学物質に対する感受性の高い人、胎児や子供たちなど次世代を対象に対策を講じる

ケミレスタウンプロジェクトは、プロジェクトの計画、実施について住宅建設企業をはじめ多くの企業、医学、建築学、工学、農学、社会学といった多方面の専門家の協力のもとに進められてきた。今後、さらに「環境改善型予防医学」の実践を進めていくには、これまで以上に領域を超えた「コレクティブインパクト」⁴¹⁾といったアプローチが必要となっていくと考えられる。そしてこの

「環境改善型予防医学」の概念が住空間だけではなく公共施設や街全体、国全体に広がり適応されれば、多くの人により快適、健康で安全に生活できる環境になることが期待できる。

ケミレスタウン・プロジェクトは2017年にフェーズ3として新たなプロジェクトを開始した。フェーズ3では企業の寄附研究部門を新しく設置し、今後5年間でシックハウス症候群やアレルギーの増悪の機序を解明し疾病を予防すること、加えてさらに健康を増進させることのできる室内環境づくりを目指したい。

倫理審査

ケミレスタウン・プロジェクトは「環境化学物質のヒトの曝露および影響に関する調査(ケミレスタウンを用いた調査研究)」で千葉大学環境フィールド科学センター(受理番号3)の、「TVOC及び臭気を低減した居住環境実現のための評価研究」で千葉大学医学研究院(受理番号1856)の倫理審査にて承認を得ている。

利益相反(COI)

ケミレスタウン・プロジェクトはケミレスタウン・プロジェクトコンソーシアム*との共同研究として実施され、以下の企業に共同研究費の助成をうけた。

(*ケミレスタウン・プロジェクト コンソーシアム: クリナップ株式会社、株式会社イトーキ、鬼怒川ゴム工業株式会社、リリカラ株式会社、ロンシール株式会社、三井不動産株式会社、三井不動産レジデンシャル株式会社、積水ハウス株式会社、株式会社高千穂、東京ガス株式会社、株式会社東急ホームズ、YKK AP 株式会社)

引用文献

- 1) 森千里: 胎児の複合汚染 子宮内環境をどう守るか. 中公新書. 東京. 2002
- 2) 森千里, 戸高恵美子: へその緒が語る体内汚染 未来世代を守るために. 技術評論社. 東京. 2008
- 3) Eguchi A, Sakurai K, et al. Exploration of potential biomarkers and related biological pathways for PCB exposure in maternal and cord serum: A pilot birth cohort study in Chiba, Japan. *Environment*

- International 102, 157-164, 2017
- 4) Martuzzi M, Tickner JA. The precautionary principle: protecting public health the environment and the future of our children. WHO regional office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2004
- 5) Kriebel D, Tickner J, et al. The precautionary principle in environmental science. *Environ Health Perspect* 109(9): 871-876, 2001
- 6) Bonita R, Beaglehole R, et al. Basic epidemiology 2nd edition. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2006
- 7) Mori C, Todaka E. Establishment of sustainable health science for future generations: from a hundred years ago to a hundred years in the future. *Environ Health Prev Med* 14, 1-6, 2009
- 8) Nakaoka H, Todaka E, et al. Chemi-less town project to prevent sick building syndrome: from the view of the environmental preventive medicine using sustainable health town by decreasing the use of chemicals. *Proceedings I of The 6th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation & Energy Conservation in Buildings*, 541-547, 2007
- 9) Nakaoka H, Todaka E, et al. An attempt to spread the concept of sustainable health science with environmental universal design for future generations. *Proceeding of World Academy of Science, Engineering and Technology* 54: 133-135, 2009
- 10) 池田耕一: シックハウス症候群の概念 *In*. 日本臨床環境医学会(編). シックハウス症候群マニュアル 日常診療のガイドブック, 東海大学出版会, 秦野. 2013, pp1-22.
- 11) 2005年厚生労働科学研究費補助金健康科学総合研究事業「環境中微量化学物質に対する感受性の動物種差、個人差の解明」研究班 「室内環境中微量化学物質に対する相談回答マニュアル」, 2005
- 12) シックハウス症候群の診断・治療法及び具体的対応方策に関する研究, 厚生労働科学研究費補助金(地域健康危機管理研究事業)平成19年度総括・分担研究報告書, 2008
- 13) Brown, S.K. Volatile organic pollutants in new and established buildings in Melbourne, Australia, *Indoor Air* 12, 55-63, 2002
- 14) 鳥居新平. シックハウス症候群とその対策, *アレルギー*. 49(1), 5-8, 2000
- 15) 瀬戸博, 斎藤育江. 化学物質による室内空気汚染の実態とその健康影響, *東京衛研年報* 53, 179-190,

- 2002
- 16) 斎藤育江, 大貫文, 他. 室内空气中化学物質の実態調査 (フタル酸エステル類及びリン酸エステル類等) -平成12年度-. 東京都立衛生研究所年報 53, 191-198, 2002
 - 17) 建築基準法施行令
http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=325CO0000000338&openerCode=1#69 (2017.11.13)
 - 18) シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会中間報告書-第8回~9回のまとめについて
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/02/h0208-3.html> (2017.11.13)
 - 19) 第21回シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会、室内空気汚染に係るガイドライン案について-室内濃度に関する指針値案-
<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-11121000-Iyakushokuhinkyoku-Soumuka/0000166137.pdf> (2017.11.13)
 - 20) 森千里, 戸高恵美子. 環境改善型予防医学による化学物質問題対策-ケミレスタウンとケミレス必要度テストを用いて-. アレルギー 57(7), 828-834, 2008
 - 21) 森千里, 中岡宏子, 他. シックハウス症候群予防のための化学物質感受性セルフチェック「ケミレス必要度テスト」の開発: 環境改善型予防医学による化学物質問題対策の実践例. 臨床環境医学 21(1), 1-8, 2012
 - 22) Chemiless Necessity Test ケミレス必要度テスト
<http://check.chemiless.org/> (2017.11.13)
 - 23) 森千里 学術集会を終えて-研究を社会に生かすための「室内空气中の総揮発性有機化合物 (TVOC) のケミレス規準の提言へ-. 臨床環境医学 20(2), 87-89, 2011
 - 24) 厚生労働省生活衛生局: 居住環境中の揮発性有機化合物の全国実態調査について http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1112/h1214-1_13.html (2017. 11. 13)
 - 25) 室内空气中化学物質の測定マニュアル, シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会 中間報告書-第6回~7回のまとめ <http://www.mhlw.go.jp/houdou/0107/h0724-1c.html> (2017.11.13)
 - 26) Nakaoka H, Seto H, et al. Aging variation in indoor air quality at experimental sites in Chemiless Town. Proceeding of Indoor Air HP0994, Hong Kong, 2014
 - 27) Miller CS, Prihoda TJ. The Environmental Exposure and Sensitivity Inventory (EESI) : a standardized approach for measuring chemical intolerance for research and clinical applications. Toxicol Ind Health 15, 370-385, 1999
 - 28) Miller CS, Prihoda TJ. A controlled comparison of symptoms and chemical intolerances reported by Gulf War veterans, implant recipients, and persons with multiple chemical sensitivity, Toxicol Ind Health 15, 386-397, 1999
 - 29) Hojo S, Ishikawa S, et al. Clinical characteristics of physician-diagnosed patients with multiple chemical sensitivity in Japan. Int J Hyg Environ Health 211, 682-689, 2008
 - 30) Hojo S, Sakabe K, et al. Evaluation of subjective symptoms of Japanese patients with multiple chemical sensitivity using QEESI©. Environ Health Prev Med 14, 267-275, 2009
 - 31) Nakaoka H, Todaka E, et al. Correlating the symptoms of sick-building syndrome to indoor VOCs concentration levels and odour. Indoor Built Environment 23(6), 804-813, 2014
 - 32) 厚生労働省生活衛生局生活科学安全対策室: 総揮発性有機化合物 (Total Volatile Organic Compounds; TVOC) の空気質指針策定の考え方について http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1212/h1222-1_13.html#bessi3" (2017.11.13)
 - 33) Hoenen M, Muller K, et al. Fancy Citrus, Feel Good: Positive Judgement of Citrus Odor, but Not the Odor Itself, Is associated with Elevated Mood during Experienced Helplessness, Frontiers in Psychology Doi10.3389/fpsyg.2016.00074, 2016
 - 34) Weber ST, Heuberger E. The impact of natural odors on affective states in humans. Chem Senses 33, 441-447, 2008
 - 35) Elberling J, Linneberg A, et al. Mucosal symptoms elicited by fragrance products in a population-based sample in relation to atopy and bronchial hyper-reactivity. Clin Exp Allergy 35, 75-81, 2005
 - 36) Jean C, Dalton P. Asthma and odors: The role of risk perception in asthma exacerbation, Journal of Psychosomatic Research 77, 302-308, 2014
 - 37) Rohr AC. The health significance of gas- and particle-phase terpene oxidation products: a review. Environ Int, 60, 145-162, 2013
 - 38) Weichenthal S, Dufresne A, et al. Indoor ultrafine particles and childhood asthma: exploring a potential public health concern. Indoor Air 17, 81-91, 2007
 - 39) 永田好男, 竹内教文. 三転比較式臭袋法による臭気物質の閾値測定結果. 日本環境衛生センター所報,

- 17, 77-89, 1990
- 40) Nakaoka H, Todaka E, et al. Total odor threshold ratio can be a new method to evaluate indoor air quality. *Jpn J Clin Ecol* 20, 115-122, 2013
 - 41) Kania J, Kramer M. Collective Impact. *Stanford Social Innovation Review*. Winter, 36-41, 2011