

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 18 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510112

研究課題名(和文)人間の感覚、特に臭気を考慮した新しい室内環境評価法の開発

研究課題名(英文)Development of new risk indicator for human health using odour regarding indoor air quality

研究代表者

中岡 宏子(Nakaoka, Hiroko)

千葉大学・予防医学センター・助教

研究者番号：60588648

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文):本研究の目的は、シックハウス症候群(SBS)を来す室内空気の評価をする上で、揮発性有機化合物(VOCs)の総和であるケミレスTVOC(VOCs)に加えて、主観的な「臭い」を客観的な指標として捉える試みである。総臭気閾値比(TOTR)の有用性を検討することである。その結果、「臭い」という本来、主観的な感覚を客観的に評価できる可能性を明らかにし、SBS症状に対する VOCs, TOTRの閾値として各400 µg/m³および40という暫定的な値を提唱できた。また、TVOCのわが国の厚生労働省の暫定目標値である400 µg/m³の妥当性に対して根拠となるデータを提唱、などの成果を得ることができた。

研究成果の概要(英文): Sick-building syndrome (SBS) is a range of health problems that occur through exposure to chemicals in the indoor air. Although Ministry of Health, labour of Japan set the guideline values about 13 VOCs, the incidences of SBS patients have not decreased. In addition, there have been reports that when people complain of symptoms of SBS, most of them also claim to smell an odour. Furthermore, the occurrence of SBS symptoms depends largely on the person's sensitivity. In this study, the correlation between the sum of VOCs (VOCs) and SBS symptoms were examined by statistics. The odour was quantified using the odour threshold ratio (OTR) and the correlation between the total odour threshold ratio (TOTR) and SBS symptoms was investigated. TOTR and the concentration level of VOCs were correlated with SBS symptoms among sensitive people. The findings indicate that TOTR, in addition to VOCs, could be used as a new risk indicator for human health regarding indoor air quality.

研究分野：室内空気環境

キーワード：臭気閾値比(OTR) シックハウス症候群 室内空気質 ケミレスTVOC(VOCs)

1. 研究開始当初の背景

近年、省エネの観点から高気密性の住環境の必要性が説かれ、エネルギー効率が上昇した反面、室内に揮発性有機化合物 (VOC) がこもるようになったことから、「シックハウス症候群」「シックスクール症候群」が問題になっている。シックハウス症候群は、室内空気中の VOC によって目や鼻の症状、頭痛やめまい、呼吸器系の疾患などを発症するが、原因物質はさまざまである。前頁に示したとおり、現在、国によってホルムアルデヒドの室内濃度基準値 (0.08ppm) が設定されているほか、シロアリ駆除剤のクロルピリフォスについては原則使用禁止となった。さらに、厚生労働省は上記 2 物質以外の 11 物質については毒性的観点から罰則規定のない「室内濃度指針値」を設けている。しかし、その後、規制対象物質の代替品や未規制対象物質が新たに使用されるようにより、同症候群は複雑・多様化している。同症候群の原因物質はさらに多様化し、しかも検出しにくくなっているのが現状である。現在、住人が同症候群を疑った場合、シックハウス症候群を引き起こす可能性のある物質 10 から 40 物質程度を対象として分析・測定して濃度の高いものを見つけるのが一般的な評価方法であるが、現実には室内空気中には 100 種類以上の物質が存在しており、さらに近年室内に存在するとは想定されていなかった物質が検出されて問題となることがある。そこで化学物質による室内空気汚染の程度を限られた化学物質濃度測定のみではなく、人の感覚である臭気の面から客観的に評価することが必要となってきた。

2. 研究の目的

本研究は室内空気環境を室内空気中の化学物質濃度と臭気などの人の体感評価を用いて客観的に評価し、新しい指標を策定することによってシックハウス症候群の発症を予防するための対策システムを開発することを目的とする。

【具体的な目的】

- (1) 簡単に正確な室内空気測定ができる宅配型簡易ポンプの開発を行う
- (2) 症状と室内空気中の化学物質濃度との関係を明らかにする
- (3) 臭気などの体感評価を原因物質の指標の一つとして加えた新しい指標を策定する
- (4) 臭気を考慮した新しい視点からの「シックハウス症候群予防対策システム」を構築する

3. 研究の方法

本研究は千葉大学柏の葉キャンパスの「ケミレスタウン」(Mori & Todaka, 2009)内の各



図 1:ケミレスタウン

タウンで、住居ラボ(戸建住宅型実験棟群) ユニラボ(プレハブ実験棟) テーマ棟(教室、診療科、ギャラリー)からなっており、ケミレスタウン内に設置されている「環境医学診療科」(図 3)では、実際に医師による「シックハウス症候群」が疑われる患者の診療、相談がおこなわれている。



図 3:環境医学診療科

そこで環境医学診療科でシックハウス症候群を疑われる患者のかたに協力をいただき宅配型小型ポンプ(ケミポン: 図 4)

および測定方法を開発し、シックハウス症候群が疑われる患者の症状が出現する場所の空气中化学物質濃度を正確に測定することで、症状と原因化学物質の種類、濃度との関係



図 5:体感評価風景

を分析、明確にする。希望があれば、シックハウス症候群の疑われる患者にケミレスタウン内の化学物質濃度を低減した住居ラボに滞在し症状が軽減するかどうかを実際に体感してもらうことで、症状と空气中化学物質濃度との関係を分析する。(図 5: 体感評価試験)

4. 研究成果

シックハウス症候群問題は原因物質がますます多様化しているにもかかわらず、実態把握が追いついていないのが現状である。そのため化学物質を総量で規制することや人の感覚である臭気を客観的に評価することなどの対策が必要となってきた。VOC の総量については ISO16000-6 で定義している TVOC(総揮発性有機化合物)⁽¹⁾があるが、本研

実験棟群(図 1,2)で行う。ケミレスタウンは、化学物質を低減したモデル



図 2:プレハブ実験棟

「シックハウス症候群」が疑われる患者の診療、相談がおこなわれている。



図 4:宅配型小型ポンプ

度との関係を分析、明確にする。希望があれば、シックハウス症候群の疑われる患者にケ

究では、アルデヒド類と測定できる VOC すべてを加算したものをケミレス TVOC (VOCs) とし、ケミレス TVOC と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てきた。その結果、ケミレス TVOC がおよそ 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上になれば、症状を訴える人は有意に増える、ということがわかった。さらにこの集団を QEESI⁽²⁾ による問診によって、化学物質に対して感受性の高い集団とそうでない集団とに分けると、ケミレス TVOC が高いほど感受性の高い集団では顕著に症状が現れることがわかった⁽³⁾ (図 6)。

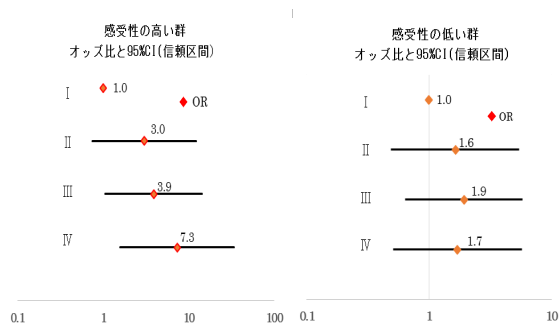


図 6： ケミレス TVOC と SBS 症状との関係

*ケミレス TVOC は四分位で 4 グループ (から) に分割して感受性の高い人、低い人と症状との関係と比較 (36.5-112)・ (222.3-265.2)・ (428.2-839.1)・ (979.9-11763.9) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

臭気とシックハウス症候群については、これまで密接な関係があると考えられてきた。人がシックハウス症候群を訴えるときは必ずと言っていいほど、同時に臭気についての訴えがあるためである。しかし、臭気は人の文化的背景や好みで判断されるために客観的に評価をすることが難しい。そこで本研究では室内空気中の化学物質濃度をそれぞれ

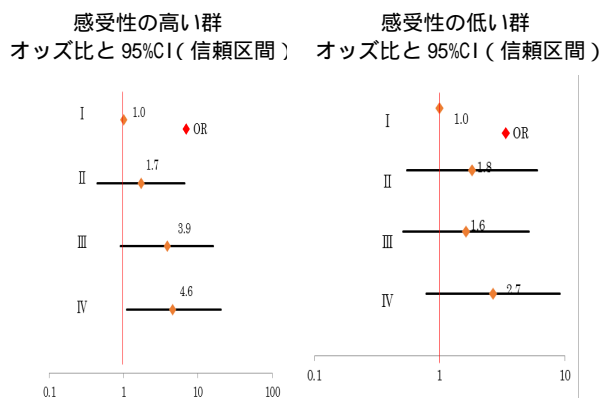


図 7 . TOTR (総臭気閾値比) と SBS 症状との関係

*TOTR は四分位で 4 グループ (から) に分割して感受性の高い人、低い人と症状との関係比較 (0.2-3.2)・ (9.6-12.96)・ (13.2-41.5)・ (41.7-260.0)

れの化学物質の嗅覚閾値濃度⁽⁴⁾で除した OTR (Odor Threshold Ratio: 臭気閾値比) および TOTR (Total Odor Threshold Ratio: 総臭気閾値比) を開発し⁽⁵⁾、人の官能試験によらず臭気を数値化する試みを行った。その後、実証実験で得たデータを基に臭気とシックハウス症候群症状との関係の解析をしたところ、TOTR が 40 以上の場合、有意に症状と関係があることがわかった。また化学物質に対して感受性の高い人は、臭気についても TOTR が高いほど症状が出るようになった⁽³⁾ (図 7)。このことから VOC 濃度が低い室内においても臭気閾値の低い物質の存在がシックハウス症候群を引き起こす可能性があることが示唆された。

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容易に予防が可能な疾患である。しかし、シックハウス症候群をひきおこす原因物質が多様化している現在、その原因物質を一つ一つ特定し規制や低減することで解決に導くことは非常に難しい。本研究では根本的な解決を目指し、『環境改善型予防医学』の概念に基づいて実証実験を行ってきたが、その結果、化学物質の放散をなるべく少なくした材料の使用と適切な工程管理が重要であること、化学物質の総量規制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。同時に特に化学物質に対する感受性が高い人、胎児や子供たちなど次世代を対象に対策を講じることが必要であることもわかってきた。

「未来世代のための街づくり」には、多くの領域の研究者が協力をして学際的研究を行い実践していくことが必要である。また、この概念が住空間だけではなく、公共施設や街全体に広がれば多くの人が快適で安全に生活できる環境になることが期待できる。

引用文献

1. ISO16000-6: 2004.
2. Miller CS, Prihoda TJ: Toxicol Ind Health. 1999; 15,370-385
3. Nakaoka H, et al: Indoor and Built Environment. 2014; 23(6), 804-813
4. http://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/02_3_2.pdf
5. Nakaoka H, et al: T Jpn J Clin Eco. 2011; 20, 115-122

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 9 件)

Y. Odaka, H. Nakaoka, E. Todaka, M. Hanazato, H. Seto and C. Mori: Aldehyde Emissions from Lime Plaster Containing Vegetable Oil, Indoor and Built Environment

2014 (in press) 査読有 DOI
10.1177/1420326X14553998

Y. Matsuno, C. Mori, T. Fujisaki, E. Todaka, H. Nakaoka, M. Hanazato and N. Nakamura

Transfer rate difference according to the congeners and isomers should be considered in risk assessment of fetal exposure to PBDEs and POPs. The proceeding of ISEE 2014 - 23th Annual Conference (Barcelona, Spain) 査読有

H. Nakaoka, E. Todaka, M. Hanazato, H. Seto, M. Shimoda and C. Mori : Aging Variation in Indoor Air Quality at Experimental Sites in Chemiless Town. The proceeding of Indoor Air 2014, Hong Kong HP0994 査読有

H. Nakaoka, E. Todaka, H. Seto, I. Saito, M. Hanazato, M. Watanabe and C. Mori. Correlating the symptoms of sick-building syndrome to indoor VOCs concentration levels and odour. Indoor and Built Environment, 2014, 23(6), 804-813 査読有

C. Mori, E. Todaka, H. Nakaoka and M. Hanazato : Chemiless town and town of public health (TOP) project based on sustainable health science. Jpn. J. Clin. Ecol., 20: 90-99, 2013. 査読有

H. Nakaoka, E. Todaka, M. Hanazato, I Saito I, H. Seto, Chemiless Town Project Consortium and Mori C : Total odor threshold ratio can be a new method to evaluate indoor air quality. Jpn. J. Clin. Ecol., 20: 115-122, 2013 査読有

森 千里, 中岡 宏子, 花里 真道, 戸高 恵美子: 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 査読有

小高 陽子, 戸高 恵美子, 瀬戸 博, 齋藤 育江, 中岡 宏子, 花里 真道, 森 千里 : 植物油添加漆喰から揮発するアルデヒド類によるシックハウス症候群誘発の可能性, 臨床環境医学 22, 2012(1):1-8, 査読有

E. Todaka, M. Watanabe, Y. Matsuno, M.

Hanazato, H. Nakaoka and C. Mori : Relationship between food intake & geographic information from questionnaire and blood PCB level in birth cohort study Jpn. J. Clin. Ecol., 19: 115-122, 2012 査読有

[学会発表](計17件)

大竹 正枝, 中岡 宏子, 戸高 恵美子, 花里 真道, 瀬戸 博, 森 千里 : 木質部材に塗布した植物油成分からお揮発物質によると推察されるシックハウス事例、平成26年日本室内環境学会学術大会、2014年12月5日~6日、工学院大学(東京都、新宿区)

中岡 宏子, 瀬戸 博, 戸高 恵美子, 花里 真道, 下田 美智子, 森 千里 : 建物の経年とともに室内空気質変動の多様性、平成26年日本室内環境学会学術大会、2014年12月5日~6日、工学院大学(東京都、新宿区)

H. Nakaoka, E. Todaka, H. Seto, M. Hanazato, and C. Mori : Aging Variation in Indoor Air Quality at Experimental Sites in Chemiless Town, The 13th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Jul 7-12, 2014, Hong Kong (China)

瀬戸 博, 中岡 宏子, 小高 陽子, 森 千里 : 室内環境中における油脂自動酸化副生成物と環境影響への可能性、日本予防医学会、2014年6月29日、日本化学未来館(東京都江東区)

瀬戸 博, 山田 智美, 中岡 宏子, 戸高 恵美子, 花里 真道, 森 千里 : 木質由来の化学物質の曝露評価 EUの規格をベースとして -、第23回日本臨床環境医学会学術総会、2014年6月14日~15日、京都大学(京都市、左京区)

中岡 宏子, 瀬戸 博, 戸高 恵美子, 花里 真道, 森 千里 : ヒトが感じる臭気強度とシックハウス症候群症状の発現との関係、第23回日本臨床環境医学会学術総会、2014年6月14日~15日、京都大学(京都市、左京区)

M. Hanazato, N. Suzuki, C. Koga, M. Otake, M. Watanabe, E. Todaka, M. Yamamoto, H. Nakaoka and C. Mori : Relationship between seafood intake, residential area and blood PCB level

among pregnant women in Chiba Prefecture, Japan, The 16th annual meeting of Japan Society of Endocrine Disruptors Research, Dec 12-13, 2013, 東京大学山上会館 (東京都、文京区)

H. Nakaoka, E. Todaka, H. Seto, I. Saito, M. Hanazato, M. Watanabe and C. Mori: Correlation of symptoms of sick-building syndrome to chemical and odour concentration levels, Environment and Health - Bridging South, North, East and West, Aug 19-23, 2013, Basel (Switzerland)

E. Todaka, M. Watanabe, Y. Matsuno, M. Hanazato, H. Nakaoka and C. Mori: Relationship between food intake & geographic information from questionnaire and blood PCB level in birth cohort study, Environment and Health - Bridging South, North, East and West, Aug 19-23, 2013, Basel (Switzerland)

M. Hanazato, E. Todaka, H. Nakaoka, H. Seto and C. Mori: Lowering TVOC is necessary to prevent sick building syndrome, Environment and Health - Bridging South, North, East and West, Aug 19-23, 2013, Basel (Switzerland)

関 純枝, 戸高 恵美子, 中岡 宏子, 渡邊 応宏, 森 千里: 妊娠中のコレステロール値と出生児の成長後の動脈硬化との関係を調べるための妊婦の現状報告、第2回日本 DOHaD 研究会年会、2013年6月9、10日、早稲田大学(東京都新宿区)

中岡 宏子, 戸高 恵美子, 瀬戸 博, 花里 真道, 森 千里: 新築住宅のリビングルームと寝室における室内化学物質濃度及び臭気とシックハウス症候群様症状との関係、第22回日本臨床環境医学会学術集会、2013年6月8、9日、北里大学(東京都港区)

中岡 宏子, 瀬戸 博, 戸高 恵美子, 花里 真道, 森 千里: 臭気閾値比を使用した新しい室内空気質の評価方法の提案平成24年度室内環境学会学術大会、2012年12月15、16日、東海大学高輪キャンパス(東京都品川区)

中岡 宏子, 瀬戸 博, 戸高 恵美子, 齋藤 育江, 花里 真道, 森 千里: 臭気閾値比を使用したシックハウス症候群予防のためのリスク指標の構築-環境改善型

予防医学の实践として- 第10回日本予防医学会学術総会、2012年11月24、25日、広島大学(広島県広島市)

Todaka E, Nakaoka H, Hanazato M, Seto H. and Mori C.: A self-check questionnaire for evaluating sensitivity to chemicals to prevent sick building syndrome, 10th International Conference of Healthy Buildings, 8-12 July 2012, Brisbane (Australia)

Nakaoka H, Todaka E, Hanazato M, Seto H and Mori C.: A proposal of a new method to evaluate indoor air quality by using odor threshold ratio. 10th International Conference of Healthy Buildings, 8-12 July 2012, Brisbane (Australia)

Todaka E, Nakaoka H, Hanazato M, Seto H and Mori C.: Sick building syndrome and total volatile organic compounds, 48th congress of EUROTOX, June 17-20, 2012, Stockholm (Sweden)

〔図書〕(計1件)

中岡 宏子, 瀬戸 博, 戸高 恵美子, 森 千里: 最近問題となる室内空気汚染とシックハウス症候群、週刊日本医事新報、4742、23-28、2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中岡 宏子 (HIROKO, Nakaoka)
千葉大学・予防医学センター・助教授
研究者番号: 60588648

(2) 研究分担者

森 千里 (CHISATO, Mori)
千葉大学・大学院医学研究院・教授
研究者番号: 90174375

戸高 恵美子 (EMIKO, Todaka)
千葉大学・予防医学センター・教授
研究者番号: 30334212

花里 真道 (MASAMICHI, Hanazato)
千葉大学・予防医学センター・准教授
研究者番号: 00608656