

- 9) Rodier, D.R.; Nondek, L.; Birks, J.W.; Evaluation of ozone and water vapor interferences in the derivatization of atmospheric aldehydes with dansylhydrazine. *Environmental Science & Technology* **1993**, *27*, 2814-2820.
- 10) Uchiyama, S.; Ando, M.; Aoyagi, S. Isomerization of aldehyde-2,4-dinitrophenyl-hydrazone derivatives and validation of high-performance liquid chromatographic analysis. *Journal of Chromatography A* **2003**, *996* (1-2), 95-102.
- 11) Uchiyama, S.; Matsushima, E.; Aoyagi, S.; Ando, M. Measurement of acid-catalyzed isomerization of unsaturated aldehyde-2,4-dinitrophenyl-hydrazone derivatives by high-performance liquid chromatography analysis. *Analytica Chimica Acta* **2004**, *523*, 157-163.
- 12) Uchiyama, S.; Kaneko, T.; Tokunaga, H.; Ando, M.; Otsubo, Y. Acid-catalyzed isomerization and decomposition of ketone-2,4-dinitrophenylhydrazones. *Analytica Chimica Acta* **2007**, *605*, 198-204.
- 13) 環境省, 平成 23 年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果,
http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_h23/index.html.
- 14) 環境省, 平成 23 年度大気汚染状況について
http://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h23/index.html.
- 15) 内山茂久 大気中の粒子状物質におけるイオン成分の粒度別季節変動 大気環境学会誌, **1990**, *25*, 77-84.

E. 研究発表 (平成23~25年度)

論文発表

- Uchiyama, S., Tomizawa, T., Inaba, Y., Kunugita, N. Simultaneous determination of volatile organic compounds and carbonyls in mainstream cigarette smoke using a sorbent cartridge followed by two-step elution. *Journal of Chromatography A*, **2013**, *1314*, 31-37.
- Uchiyama, S., Ohta, K., Inaba, Y., Kunugita, N. Determination of carbonyl compounds generated from the E-cigarette using coupled silica cartridges impregnated with hydroquinone and 2,4-dinitrophenylhydrazine followed by high performance liquid chromatography. *Analytical Sciences* **2013**, *29*, 1219-1222.
- Uchiyama, S., Sakamoto, H., Ohno, A., Inaba, Y., Nakagome, H., Kunugita, N. Reductive amination of glutaraldehyde 2,4-dinitrophenylhydrazone using 2-picoline borane and high-performance liquid chromatographic analysis. *Analyst* **2012**; *137*: 4274-4279.
- Uchiyama, S., Inaba, Y., Kunugita, N. Ozone removal in the collection of carbonyl compounds in air. *Journal of Chromatography A* **2012**; *1229*, 293-297.
- Uchiyama, S., Inaba, Y., Kunugita, N. Derivatization of carbonyl compounds with 2,4-dinitrophenylhydrazine and their subsequent determination by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B* **2011**, *879*, 1282-1289.
- Uchiyama, S., Inaba, Y., Kunugita, N. A diffusive sampling device for simultaneous determination of ozone and carbonyls. *Analytica Chimica Acta* **2011**, *691*: 119-124.
- Yamada, T., Uchiyama, S., Inaba, Y., Kunugita, N., Nakagome, N., Seto, H. A diffusive sampling device for measurement of ammonia in air. *Atmospheric Environment* **2012**, *54*, 629-633.
- Matsumoto, M. Inaba, Y. Yamaguchi, I. Endo, O. Hammond, D. Uchiyama, S. Suzuki, G. Smoking topography and biomarkers of exposure among Japanese smokers: associations with cigarette emissions obtained using machine smoking protocols. *Environmental health and preventive medicine* **2013**, *18*, 95-103.
- Hlaing, Z.Z.; Wajima, T.; Uchiyama, S.; Nakagome, H. Reduction of Bromine Compounds in Oil Produced from Brominated Flame Retardant Plastics via Pyrolysis Using a Reflux Condenser. *International Journal of Environmental Science and Development* **2014**, *5*, 207-211.
- 山田智美; 内山茂久; 稲葉洋平; 瀬戸博; 樺田尚樹 空气中化学物質測定用拡散サンプラーの安定性評価および実試料測定への応用 分析化学 **2013**, *62*, 603-609
- 太田和司, 内山茂久, 稲葉洋平, 中込秀樹, 樺田尚樹 ハイドロキノンと 2,4-ジニトロフェニルヒドラジンを含浸させた二連シリカカートリッジを用いる電子タバコから発生するカルボニル化合物の分析 分析化学 **2011**, *60*, 791-797.

学会発表

青木麻奈美, 内山茂久, 稲葉洋平, 太田敏博, 樺田尚樹 拡散サンプラーを用いた冬季と夏季における室内空气中化学物質の全国調査 -オゾンおよびカルボニル化合物- 2013年12月, 長崎, 平成25年度室内環境学会学術大会講演要旨集

所翌萌, 内山茂久, 稲葉洋平, 中込秀樹, 樺田尚樹
拡散サンプラーを用いた冬季と夏季における室内
空气中化学物質の全国調査 - 無機ガス状物質 -
2013年12月, 長崎, 平成25年度室内環境学会学
術大会講演要旨集

富澤卓弥, 内山茂久, 稲葉洋平, 太田敏博, 樺田尚
樹) 拡散サンプラーを用いた冬季と夏季における
室内空气中化学物質の全国調査 - 揮発性有機化合
物 - 2013年12月, 長崎, 平成25年度室内環
境学会学術大会講演要旨集

伊豆里奈, 内山茂久, 稲葉洋平, 中込秀樹, 樺田尚
樹 CX-572 カートリッジを用いたタバコ主流煙中
の揮発性有機化合物とカルボニル化合物の同時測
定 2013年12月, 長崎, 平成25年度室内環
境学会学術大会講演要旨集

所翌萌, 内山茂久, 稲葉洋平, 中込秀樹, 樺田尚樹
室内空气中化学物質の全国調査 - 無機ガス状物質
-, 第54回大気環境学会, 2013年9月, 新潟市,
第54回大気環境学会年会講演要旨集, p.346

青木麻奈美, 内山茂久, 稲葉洋平, 太田敏博, 樺田
尚樹 室内空气中化学物質の全国調査 - カルボ
ニル化合物・オゾン-, 第54回大気環境学会, 2013
年9月, 新潟市, 第54回大気環境学会年会講演
要旨集, p.347

富澤卓弥, 内山茂久, 稲葉洋平, 太田敏博, 樺田尚
樹 室内空气中化学物質の全国調査 - 揮発性有機
化合物-, 第54回大気環境学会, 2013年9月, 新
潟市, 第54回大気環境学会年会講演要旨集, p.348

伊豆里奈, 内山茂久, 稲葉洋平, 中込秀樹, 樺田尚
樹 固体捕集法によるたばこ主流煙中揮発性有機
化合物およびカルボニル化合物の同時分析, 第54
回大気環境学会, 2013年9月, 新潟市, 第54回
大気環境学会年会講演要旨集, p.349

内山茂久, 富澤卓弥, 所翌萌, 菱木麻祐, 稲葉洋平,
樺田尚樹 居住環境中に存在するガス状化学物質
の全国実態調査 第22回環境化学討論会, 2013年
7月, 東京農工大学, 第22回環境化学討論会講演
要旨集 USB

坂元宏成, 内山茂久, 木原顕子, 都竹豊茂, 稲葉洋
平, 樺田尚樹 冬季および夏季における室内空
気質の実態調査 第22回環境化学討論会, 2013年
7月, 東京農工大学, 第22回環境化学討論会講演
要旨集 USB

田中礼子, 坂井 清, 高津和弘, 稲葉洋平, 内山茂
久, 樺田尚樹 夏季における公共建築物と個人住宅
の室内環境実態調査 第22回環境化学討論会,
2013年7月, 東京農工大学, 第22回環境化学討

論会講演要旨集 USB

富澤卓弥, 内山茂久, 所翌萌, 伊豆里奈, 青木麻奈
美, 稲葉洋平, 太田敏博, 樺田尚樹 空气中揮発性
有機化合物のヘッドスペース/ガスクロマトグラフ
方による分析 第22回環境化学討論会, 2013年7
月, 東京農工大学, 第22回環境化学討論会講演
要旨集 USB

菱木麻祐, 内山茂久, 富澤卓弥, 所翌萌, 太田和司,
稲葉洋平, 後藤純雄), 樺田尚樹 冬季における室
内環境中のガス状汚染物質実態調査 平成24年度
室内環境学会学術大会, 2012年12月, 東海大学,
平成24年度室内環境学会学術大会講演要旨集
p66-67.

所翌萌, 内山茂久, 稲葉洋平, 中込秀樹, 樺田尚樹
拡散サンプラーを用いた室内空气中に存在する化
学物質の調査 - 無機ガス状物質 - 第71回日
本公衆衛生学会, 2012年10月, 山口市, 日本公衆
衛生学会総会抄録集, p.574.

菱木麻祐, 内山茂久, 稲葉洋平, 後藤純雄, 樺田尚
樹 拡散サンプラーを用いた室内空气中に存在する
化学物質の調査 - アルデヒド類, オゾン - 第71
回日本公衆衛生学会, 2012年10月, 山口市, 日本
公衆衛生学会総会抄録集, p.574.

富澤卓弥, 内山茂久, 稲葉洋平, 太田敏博, 樺田尚
樹 拡散サンプラーを用いた室内空气中に存在する
化学物質の調査 - 揮発性有機化合物 - 第71回日
本公衆衛生学会, 2012年10月, 山口市, 日本公衆
衛生学会総会抄録集, p.575.

太田和司, 内山茂久, 稲葉洋平, 中込秀樹, 樺田尚
樹 DNPH 誘導体化法によるタバコ主流煙に含ま
れるカルボニル化合物の分析 第71回日本公衆衛
生学会, 2012年10月, 山口市, 日本公衆衛生学
会総会抄録集, p.575.

坂元宏成, 木原顕子, 都竹豊茂, 内山茂久 拡散サ
ンプラーを用いた室内環境中の化学物質実態調査,
第53回大気環境学会, 2012年9月, 神奈川大学,
第53回大気環境学会年会講演要旨集, p.232

所翌萌; 内山茂久; 稲葉洋平; 中込秀樹; 樺田尚樹
室内空气中に存在する化学物質の拡散サンプラー
を用いた測定 - 無機ガス状物質 -, 第53回大気環
境学会, 2012年9月, 神奈川大学, 第53回大気
環境学会年会講演要旨集, p.233

富澤卓弥; 内山茂久; 稲葉洋平; 太田敏博; 樺田尚
樹 室内空气中に存在する化学物質の拡散サンプ
ラーを用いた測定 - 揮発性有機化合物 -, 第53
回大気環境学会, 2012年9月, 神奈川大学, 第53
回大気環境学会年会講演要旨集, p.234

菱木麻佑; 内山茂久; 稲葉洋平; 後藤純雄; 樺田尚樹 室内空気中に存在する化学物質の拡散サンプラーを用いた測定, α -カルボニル化合物およびオゾン, 2012年9月, 神奈川大学, 第53回大気環境学会年会講演要旨集, p.235

太田和司; 内山茂久; 稲葉洋平; 中込秀樹; 樺田尚樹 2-ピコリンボランを用いた還元的アミノ化によるジアルデヒド類の分析, 第53回大気環境学会, 2012年9月, 神奈川大学, 第53回大気環境学会年会講演要旨集, p.236

所翌萌; 内山茂久; 稲葉洋平; 足立眞理子; 中込秀樹; 樺田尚樹 木材表面から放散するアルデヒド類の測定と低減化, 第21回環境化学討論会, 2012年7月, 愛媛県県民文化会館, 第21回環境化学討論会講演要旨集, p. 715-716.

富澤卓弥; 内山茂久; 稲葉洋平; 太田敏博; 樺田尚樹 活性炭に捕集した空气中揮発性有機化合物のヘッドスペース/ガスクロマトグラフ法による分析 第21回環境化学討論会, 2012年7月, 愛媛県県民文化会館, 第21回環境化学討論会講演要旨集, p. 707-708.

太田和司; 内山茂久; 稲葉洋平; 中込秀樹; 樺田尚樹 たばこ主流煙に含まれるカルボニル化合物のDNPH誘導体化法による分析, 第21回環境化学討論会, 2012年7月, 愛媛県県民文化会館, 第21回環境化学討論会講演要旨集, p. 709-710.

菱木麻佑; 内山茂久; 稲葉洋平; 後藤純雄; 樺田尚樹 空气中カルボニル化合物の捕集時における各種オゾンスクラバーの検討, 第21回環境化学討論会, 2012年7月, 愛媛県県民文化会館, 第21回環境化学討論会講演要旨集, p. 713-714.

内山茂久; 稲葉洋平; 樺田尚樹 ピリジン-2-アルデヒド及び trans-1,2-ビス(2-ピリジル)エチレンを用いた大気中ヒドラジン類の分析, 第21回環境化学討論会, 2012年7月, 愛媛県県民文化会館, 第21回環境化学討論会講演要旨集, p. 711-712.

内山茂久; 稲葉洋平; 樺田尚樹 ピリジン-2-アルデヒド及び trans-1,2-ビス(2-ピリジル)エチレンを含浸させた2層シリカカートリッジを用いる大気中ヒドラジン類の分析 日本化学会第91春季年会 2012年3月, 慶応大学, 日本化学会第92春季年会講演要旨集 (CD-ROM)

富澤卓弥; 内山茂久; 稲葉洋平; 太田敏博; 樺田尚樹 ヘッドスペース/ガスクロマトグラフ法による空气中揮発性有機化合物の分析 日本化学会第91春季年会 2012年3月, 慶応大学, 日本化学会第92春季年会講演要旨集 (CD-ROM)

坂元宏成・木原顕子・都竹豊茂(千葉市環境保健研究所) 内山茂久 2-ピコリンボランを用いた還元的アミノ化法による室内環境中のアルデヒド類の分析 第50回千葉県公衆衛生学会, 2012年2月, 千葉市, 第50回千葉県公衆衛生学会演題抄録集 p.61

所翌萌; 内山茂久; 稲葉洋平; 足立眞理子; 中込秀樹; 樺田尚樹 木材から放散するテルペン類の小型チャンバーを用いた分析 平成23年度室内環境学会学術大会, 2011年12月, 静岡

太田和司; 内山茂久; 稲葉洋平; 中込秀樹; 樺田尚樹; ハイドロキノンと2,4-ジニトロフェニルヒドラジンを含浸させた二連シリカカートリッジを用いた電子タバコから発生するカルボニル化合物の分析 平成23年度室内環境学会学術大会, 2011年12月, 静岡

山田智美; 内山茂久; 稲葉洋平; 樺田尚樹; 中込秀樹; 瀬戸博 空气中のアンモニア測定用拡散サンプラー 平成23年度室内環境学会学術大会, 2011年12月, 静岡

所翌萌, 内山茂久, 稲葉洋平, 足立眞理子, 中込秀樹, 樺田尚樹. 木材から放散するテルペン類の小型チャンバーを用いた分析 平成23年度室内環境学会学術大会, 2011年12月, 静岡

山田智美, 内山茂久, 稲葉洋平, 樺田尚樹, 中込秀樹, 瀬戸博. 空气中のアンモニア測定用拡散サンプラー 平成23年度室内環境学会学術大会, 2011年12月, 静岡

内山茂久, 稲葉洋平, 樺田尚樹. 空气中アルデヒド類の測定時におけるオゾンスクラバーの検討 第48回全国衛生化学技術協議会年会, 2011年11月11日, 長野市, 第48回全国衛生化学技術協議会年会講演集 p. 236-237.

内山茂久, 稲葉洋平, 樺田尚樹. ハイドロキノンと2,4-ジニトロフェニルヒドラジンを用いた大気中オゾンとアルデヒドの同時測定 日本分析化学会第60年会, 2011年9月, 名古屋大学, 日本分析化学会第60年会講演要旨集 P. 310.

内山茂久, 坂元宏成, 稲葉洋平, 中込秀樹, 樺田尚樹. 2-ピコリンボランを用いたグルタルアルデヒド2,4-ジニトロフェニルヒドラジンの還元的アミノ化および高速液体クロマトグラフ分析 第20回環境化学討論会, 2011年7月, 熊本県立大学, 第20回環境化学討論会講演要旨集, P. 751-752.

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）
分担研究報告書

化学物質に対する高感受性集団の経年変化とその要因及び室内空気汚染物質の健康リスク評価

分担研究者	東 賢一	近畿大学医学部講師
分担研究者	内山巖雄	財団法人ルイ・パストゥール医学研究センター上席研究員 京都大学名誉教授
分担研究者	緒方裕光	国立保健医療科学院研究情報支援研究センター
研究協力者	内山茂久	国立保健医療科学院生活環境研究部上席主任研究官

A. 研究目的

1990年代頃よりシックハウス症候群の問題が大きくなり、住宅における化学物質対策は、厚生労働省による室内濃度指針値の策定、建築基準法の改正等、幅広く産官学連携で種々の対応がとられ、大きく改善したといわれている¹⁾。しかし、室内濃度指針値が定められなかったその他の化学物質の使用が増加しているとの報告があり、シックハウス問題は解決したとはいえない状況にあると考えられている²⁾。

著者らは、米国の Miller らによって開発された自記式調査票「Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory（以下 QEESI）」³⁾を用いて、日本で化学物質に高感受性を示す人の比率を把握するために、2000年7月に全国20歳以上の男女4,000人を対象に訪問面接調査を実施した⁴⁾。QEESIをスクリーニングに使用することについては問題もあるが、本調査票を使用することで、一定の指標で高感受性の人の比率を把握することができる。2000年の調査では、Miller らが定めたカットオフ値を超えた高感受性と推定される人の割合は0.74%であった。

本研究では、当時から10年以上経過した後の状況について、同じ調査票を用いて調査した。また、この調査で得られたコホートを追跡調査することにより、化学物質に対する感受性変化のリスク要因と改善要因を把握した。

本研究班では、2012年から2013年にかけて、住宅の室内空气中化学物質濃度の実態調査を全国規模で実施した。この調査で得られた個々の化学物質の室内濃度に対して、それぞれの化学

物質の有害性評価に基づいた健康リスク評価を行い、ハイリスクと判断される室内空気汚染物質を明らかにした。これらの研究結果より、シックハウス症候群に関する今後の対策の基礎資料とすることを目的としている。

B. 研究方法

B1 化学物質に高感受性を示す人の分布の経年変化の評価

日本で化学物質に高感受性を示す人の比率を把握するために、Miller らが開発した QEESI³⁾を用いて2012年1月に質問紙調査を実施した。全国約107万人のモニターを有するインターネット調査会社に委託し、モニターの中から20歳以上の全国の男女を対象として日本の人口統計に基づいた層化多段無作為抽出を行い、インターネットを通じた質問紙調査を行った。そして7,245名から回答を得た（回答率27.3%）。

この調査の1年後の2013年1月に、7,245名のうち、Miller（化学物質曝露による反応 ≥ 40 、その他の化学物質曝露による反応 ≥ 25 、症状 ≥ 40 ）の3項目を全て満たす³⁾、北條（化学物質曝露による反応 ≥ 40 、症状 ≥ 20 、日常生活の支障の程度 ≥ 10 ）⁵⁾、Skovbjerg（化学物質曝露による反応 ≥ 35 、日常生活の支障の程度 ≥ 14 の2項目全て満たす）⁶⁾のいずれかの QEESI 高感受性クライテリアを満たすもの及びシックハウス症候群や化学物質過敏症の治療を受けていると回答した高感受性群735名と、それ以外の中から高感受性群と性別及び年齢層をマッチングさせた対照群1,750名を無作為抽出し、追

跡調査を実施した。本調査では、化学物質への感受性に対する1年後の変化、その間の治療や住環境での対策実施状況、ストレスや感情、対人関係、ライフイベント等に関する調査を行った。

2年後の2014年1月には、より詳しい感受性変化要因を把握するための追跡調査を実施した。2年目の追跡調査では、735名の高感受性群と、それ以外の1,750名の対照群のうち、今年度も引き続きモニター登録を行っている709名の高感受性群と、1,677名の対照群に対してインターネットによる質問調査を実施した。

B2 室内空気汚染物質の健康リスク評価

本研究班が2012年～2013年の冬期及び夏期に全国514の既築家屋で実施した54物質の室内濃度に対して、健康リスク評価を実施した。

全国調査で得られた室内濃度の統計値（中央値、95及び99パーセンタイル値、最大値等）に対して、各物質の非発がんリスク評価値(RfC)または発がんのユニットリスク(UR)を用い、非発がん評価では曝露余裕度(MOE)、発がん評価ではがん過剰発生率を算出した。非発がんリスク評価値は、国際機関及び各国の関係省庁等が公表している評価文書をもとに、最も信頼性のあると思われる亜急性毒性、慢性毒性または生殖発生毒性の無毒性量または最小毒性量を判断し、断続曝露から連続曝露への換算、デフォルトで用いられる曝露期間、最小毒性量、種差及び個体差に関する不確実係数から導出した。ユニットリスクは、国際がん研究機関の発がん性分類でグループ1かつ発がんリスク評価が必要と判断される物質について、国際機関及び各国の関係省庁が公表しているユニットリスクを用いた。

MOEが1未満またはがん過剰発生率が 10^{-5} 以上であればリスクA(ハイリスク)、MOEが1以上10未満、がん過剰発生率が 10^{-6} 以上 10^{-5} 未満であればリスクB(調査等要検討)、MOEが10以上、がん過剰発生率が 10^{-6} 未満であればリスクC(静観)と判定した。これらのリスク評価方法は、著者らが既往研究⁷⁾で行ったものである。なお、非発がんリスク評価値については、データ不足を追加で考慮した不確実係数

の大きさに基づき評価値の確からしさを3段階(1000未満をH、1000以上5000未満をM、5000以上をL)で評価した。Lは不確実係数が大きく評価値の信頼性はかなり低いと判断される。

(倫理面への配慮)

高感受性集団の調査は、財団法人レイ・パストゥール医学研究センター倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号LPC.12)。

C. 研究結果

C1 化学物質に高感受性を示す人の分布の経年変化の評価

2012年1月の質問紙調査で回答を得た7,245名の基本属性を平成22年の国勢調査における日本の人口統計と比較したところ、男女比、年齢層別構成比、47都道府県別の構成比、年齢別未婚率において、日本の人口統計とほぼ同様の構成比となった。従って、本調査で回答を得たものは、これらの項目においては概ね日本全国の代表的な集団をサンプリングできたものと判断している。

7,245名の回答者のうち、化学物質過敏症、シックハウス症候群と診断されたことがあると回答した人は、それぞれ1.02%、0.97%であった。QEESIの5項目のスコア分布を図1～図5に示す。Millerらの設定したカットオフ値(化学物質曝露による反応 ≥ 40 、その他の化学物質曝露による反応 ≥ 25 、症状 ≥ 40)の3項目を全て満たし、化学物質に対して感受性が高いと考えられる人の割合は4.4%であった。高感受性集団のリスク要因について、Skovbjergの高感受性クライテリアを基準に感受性集団を区分し、多変量解析を実施したところ、過去7年以内に改装やリフォームを実施したものでオッズ比が有意に高く、部屋の換気頻度が高いほどオッズ比が有意に低下した(表1)。

2013年1月に実施した高感受性群735名と対照群1,750名に対する追跡調査では、高感受性群538名(回答率73.2%)と対照群1,235名(70.6%)から回答を得た。2014年1月に実施した高感受性群709名と対照群1,677名に対する追跡調査では、高感受性群489名(回答率

69.0%)と対照群 1,131 名 (67.4%) から回答を得た。2 年間通じて回答を得た 1429 名の感受性変化の推移を図 6 に示す。1 年間で感受性の増悪や改善が高感受性群及び対照群いずれにもみられ、化学物質感受性は日常生活の影響を大きく受けていることが推察される。特に、高感受性集団では感受性が変化した割合が大きく、外的要因の変化に対して敏感であることが推察される。

感受性に影響する要因を解析するにあたり、高感受性群で、1 年後も高感受性クライテリアを引き続き満たしていたものを「変化なし」、満たさなかったものを「感受性改善」とした。同様に対照群では、高感受性クライテリアを満たしたものを「感受性増悪」、引き続き満たしていないものを「変化なし」とした。過去 1 年間の生活環境変化等による影響を表 2～表 5 に示す。

2013 年 1 月に実施した 1 年目の追跡調査では、高感受性群のうち、この 1 年間で感受性の改善がみられたものは 54.6%、対照群のうち、この 1 年間で感受性の増悪がみられたものは 7.3%であった。

この 1 年間の生活環境変化等による影響では、臭いや刺激の強いものに触れる機会があるものほど対照群で感受性が増悪したものが有意に増えた。また、この 1 年間で畳や壁材を新しく交換したものほど、対照群で感受性の増悪したものが有意に増えた。従って、臭いや刺激への曝露、内装材のリフォームなどが未だに化学物質に対する感受性増悪のリスク要因になっていることが示唆された。心理面では、自己の感情の自覚や認知の困難さ、不安や否定的感情の増加が感受性の増悪でみられること、日常生活の出来事が感受性増悪に関わっていることが明らかとなった。感受性の改善では、換気や空気清浄機の使用などの物理的な方法での改善はみられなかった。また、感受性が改善されたものには、不安や感情の不安定さの要因が改善された。感受性増悪を防止する要因としては、規則正しい生活の心掛けがあげられた。

2014 年 1 月に実施した 2 年目の追跡調査では、1 年前の調査で高感受性であったものうち、この 1 年間で感受性の改善がみられたものは 48.0%、対照群のうち、この 1 年間で感受性

の増悪がみられたものは 8.5%であった。

この 1 年間の生活環境変化等による影響では、臭いや刺激の強いものに触れる機会があるものほど対照群で感受性が増悪したものが有意に増えた。この結果は前年度と同じであり、前年度の結果が再現された。また、この 1 年間で部屋のカビを除去したものほど、対照群で感受性の増悪したものが有意に増えた。高感受性群では、この 1 年間で壁材を交換したものほど、感受性が改善されていた。前年度と同様に、換気や空気清浄機の使用などの物理的な方法では、感受性の改善はみられなかった。

この 1 年間の生活や職場の変化等による影響では、感受性増悪を防止する要因として適度な運動があげられた (表 6、表 7)。

過去 1 ヶ月の自宅の室内空気質では、感受性増悪要因として、空気のだよみ、過度な温熱環境、湿気、エアコンの風や臭い、カビ臭、ほこりや汚れ、たばこ臭、不快な薬品臭、食品や香水等の不快臭があげられた (表 8)。

心理面では、全体として、自己の感情の自覚や認知の困難さ、不安や否定的感情の増加が感受性の増悪で有意にみられ、社会活動の低下も有意であり、これらの項目のスコアは、高感受性群で感受性の改善がみられた場合には減少した。項目によっては若干の差があるものの、総じて前年度の結果が再現された(データ省略)。

C2 室内空気汚染物質の健康リスク評価

全国調査を行った 54 物質のうち、非発がんリスク評価値やユニットリスクが得られずリスク評価ができなかった 7 物質を除く 47 物質に対して MOE またはがん過剰発生率を算出した。冬期については表 9、夏期については表 10 にそれぞれの結果を示す。また、これらをまとめたものを表 11 に示す。

冬期でリスク判定 A であった物質は、ベンゼンと二酸化窒素の中央値以上、アセトアルデヒド、ギ酸、塩化水素の 95 パーセントイル以上、パラジクロロベンゼンの 99 パーセントイル以上、キシレン、1,2,4-トリメチルベンゼン、二酸化硫黄、アンモニア、トルエン、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、エチルベンゼン、酢酸エチルの最大値であった。夏期でリスク判定 A で

あった物質は、ベンゼン、ギ酸、塩化水素、パラジクロロベンゼンの95パーセント以上、二酸化窒素、1,2-ジクロロエタン、アセトアルデヒド、酢酸エチルの99パーセント以上、ホルムアルデヒド、アンモニア、トルエン、1,2,4-トリメチルベンゼン、n-ヘキサン、ヘキサナールであった。

D. 考察

D1 化学物質に高感受性を示す人の分布の経年変化の評価

本調査の結果、化学物質過敏症、シックハウス症候群と診断されたことがあると回答した人は、それぞれ1.02%、0.97%であった。2000年7月に全国の男女4000名に実施した調査（回答者2851名）では、それぞれ0.81%と0.53%であった。化学物質過敏症と診断された人は3割程度増加し、シックハウス症候群と診断された人は8割程度増加していた。Millerらの設定したカットオフ値（化学物質曝露による反応 \geq 40、その他の化学物質曝露による反応 \geq 25、症状 \geq 40）の3項目を全て満たし、化学物質に対して感受性が高いと考えられる人の割合は4.4%であった。また、上記2項目のカットオフ値を満たしている人の割合は7.7%であった。2000年7月の調査では、それぞれ0.74%と2.1%であった。従って、化学物質に対して感受性が高いと考えられる人は、約11年経過した現在でも、ある程度の割合で依然として存在していることが明らかとなった。

追跡調査における感受性変化に対するリスク要因について解析を行ったところ、臭いや刺激への曝露が感受性増悪のリスク要因となっていること、日常生活の出来事が感受性増悪に関わっていること、感受性増悪を防止する要因として規則正しい生活の心掛けがあげられたことから、臭いや刺激への曝露を防止すること、規則正しい生活や日常的な出来事に対するサポートによって、化学物質に対する感受性増悪の防止や感受性改善に結びつけることができると考えられた。一方、臭いや刺激への曝露、内装材のリフォームなどが未だに化学物質に対する感受性増悪のリスク要因になっていることが示唆された。

2年目の追跡調査でも、化学物質への感受性増悪は、臭いや刺激への曝露がリスク要因となっていること、心理面では、自己の感情の自覚や認知の困難さ、不安や否定的感情の増加が感受性の増悪でみられること、感受性の改善では、換気や空気清浄機の使用などの物理的な方法での改善はみられないことなどが示唆され、1年目の調査結果と同様であった。生活や職場の変化では、感受性増悪の大きな要因はみられなかったが、感受性増悪を防止する要因としては、適度な運動があげられた。前年度では、規則正しい生活があげられており、生活面での改善が、感受性改善に寄与する可能性が示唆された。室内空気質では、温熱環境などの物理的因子、たばこ臭やカビ臭や不快臭などの化学的因子が感受性増悪のリスク要因としてあげられた。

以上より、臭いや刺激への曝露を防止すること、室内空気質や生活面での改善によって、化学物質に対する感受性増悪の防止や感受性改善に結びつけることができると考えられる。

1997年から2002年にかけて厚生労働省が室内濃度指針値を策定して以来、指針値が策定されていない物質による健康影響の問題が指摘されている。住居内において感受性増悪のリスク要因となっている化学物質については、さらなる調査と対策が必要である。

D2 室内空気汚染物質の健康リスク評価

ベンゼン、二酸化窒素、ギ酸、塩化水素は、年間を通じてハイリスク傾向にあった。特にベンゼン、二酸化窒素、アセトアルデヒドは冬期にリスクが高い傾向にあり、生活習慣や燃焼型暖房器具からの排出物が関与している可能性が推定される。パラジクロロベンゼンは室内濃度指針値策定物質であるが、いまだにハイリスク傾向であった。酢酸エチル、パラジクロロベンゼン、1,2-ジクロロエタンは夏期にリスクが高い傾向にあり、建材や家庭用品等からの揮発によるものと推定される。本リスク評価の結果、ベンゼン、二酸化窒素、ギ酸、塩化水素、酢酸エチルなど、指針値が策定されていないハイリスクと推定される物質を見いだした。

E. 総括

高感受性集団の存在比率は約 10 年間大きな変化がみられず、現在でもある程度の割合で化学物質に対して感受性が高いと判断される人が依然として存在していることを明らかにした。

高感受性集団の調査では、計画時に予定していた集団の分布に関する調査のみならず、2 年間の追跡調査で感受性変化に影響する要因を把握できた。そして、臭いや刺激への曝露がリスク要因となっていること、室内空気質では、温熱環境などの物理的因子、たばこ臭やカビ臭や不快臭などの化学的因子が感受性増悪のリスク要因としてあげられること、換気や空気清浄機の使用などの物理的な方法での改善はみられないこと、生活面での改善が、感受性改善に寄与する可能性があることなどを明らかにした。これらの研究成果により、シックハウス症候群における生活衛生上の課題を明らかにした。また、ハイリスクと判断される具体的な化学物質も明らかにした。本研究の成果は、今後の生活衛生行政の施策に大きく反映できると考えている。

今後は、本研究の成果に基づき、住まい方や生活上の注意点、シックハウス症候群の症状を有する人のサポートなど含むシックハウス対策マニュアルを作成することが重要課題である。また、高感受性集団のリスク要因については、化学物質等の実測調査を含めた前向きコホート研究などにより、リスク要因に関するより客観的なエビデンスを得ることが今後の重要課題である。また、住生活で利用される化学物質は化学製品等の技術開発などによって時代とともに変化していくため、室内濃度の継続的なモニタリングと健康リスク評価が今後も必要である

参考文献

- 1) Osawa H, Hayashi M: Status of the indoor air chemical pollution in Japanese houses based on the nationwide field survey from 2000 to 2005. *Building and Environment* 44: 1330–1336, 2009.
- 2) 東 賢一, 内山巖雄: 室内環境汚染と健康リスク (特集 環境リスク). 公衆衛生 74 (4): 289–294, 2010.
- 3) Miller CS, Prihoda TJ: The Environmental Exposure and Sensitivity

Inventory (EESI): a standardized approach for measuring chemical intolerances for research and clinical applications. *Toxicology and Industrial Health* 15: 370–385, 1999.

- 4) 内山巖雄ら: 公衆衛生学的立場から見た化学物質過敏症について, 平成 12 年度厚生科学研究費補助金生活安全総合研究事業, 室内空気中の化学物質に関する調査研究報告書, pp.183–188, 2001 年 3 月
- 5) Hoji S et al: Evaluation of subjective symptoms of Japanese patients with multiple chemical sensitivity using QEESI. *Environ Health Prev Med* 14: 267–275, 2009.
- 6) Skovbjerg S et al: Evaluation of the Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory in a Danish Population. *Journal of Environmental and Public Health* Volume 2012, Article ID 304314, 10 pages, 2012.
- 7) Azuma, K., Uchiyama, I., Ikeda, K. The Risk Screening for Indoor Air Pollution Chemicals in Japan. *Risk Analysis* 27(6): 1623–1638, 2007.

F. 研究発表

論文発表

- 1) 東 賢一, 内山巖雄. 化学物質過敏症の実態について—全国規模の調査と臨床の現場から—. *AROMA RESEARCH*, No. 54, pp.107–110, 2013.
- 2) Azuma K, Uchiyama I, Katoh T, Ogata H, Arashidani K, Kunugita N. Prevalence and characteristics of chemical intolerance: a Japanese population-based study. (in submitted)

学会発表

- 1) 東 賢一, 内山巖雄, 加藤貴彦, 緒方裕光, 嵐谷奎一, 樺田 尚樹. 化学物質高感受性集団の全国調査と室内空気汚染物質の健康リスク評価. 第 83 回日本衛生学会学術総会,

2013年3月、金沢。

- 2) Azuma K, Uchiyama I, Katoh T, Ogata H, Arashidani K, Kunugita N. A nationwide survey to elucidate the population susceptible to chemicals in Japan: trends in population characteristics in recent decades. Environment and Health – Bridging South, North, East and West Conference of ISEE, ISES and ISIAQ, Basel, Switzerland 19–23 August 2013.
- 3) 東 賢一, 内山巖雄, 加藤貴彦, 緒方裕光, 嵐谷奎一, 櫻田 尚樹. 化学物質に高感受性を示す人の分布と感受性変化のリスク要因. 平成 25 年度室内環境学会学術大会シンポジウム, 2013 年 12 月、佐世保.
- 4) 東 賢一, 内山巖雄, 内山茂久, 加藤貴彦, 緒方裕光, 嵐谷奎一, 櫻田 尚樹. 化学物質高感受性集団のリスク要因と室内空気汚染物質の健康リスク評価. 第 84 回日本衛生学会学術総会シンポジウム, 2014 年 5 月予定, 岡山 (予定) .
- 5) Azuma K, Uchiyama I, Katoh T, Ogata H, Arashidani K, Kunugita N. Risk factors for self-reported chemical intolerance: two-year follow-up study. 26th Annual International Society for Environmental Epidemiology Conference, Seattle, Washington, August 24-28, 2014. (in submitted)

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)
予定なし

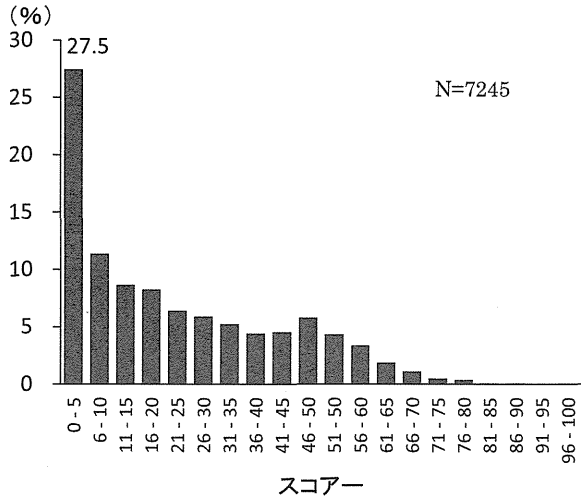


図1 化学物質曝露の反応

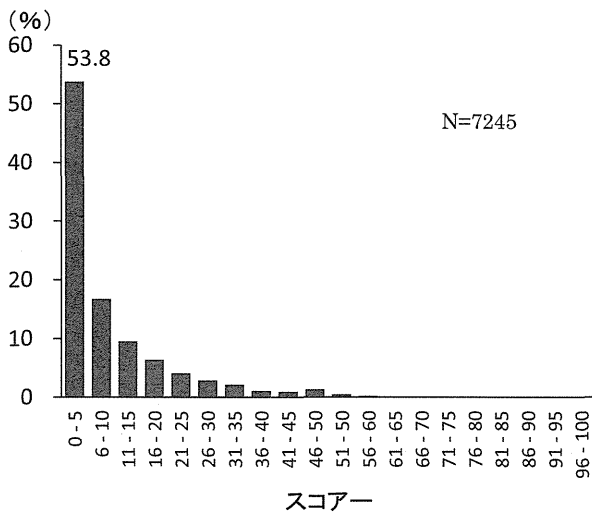
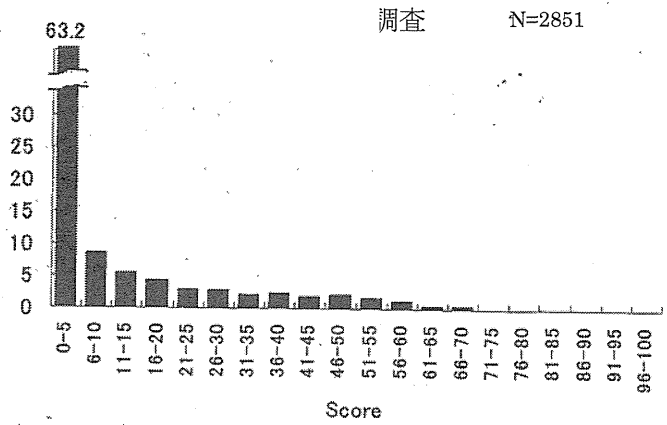


図2 その他の化学物質曝露

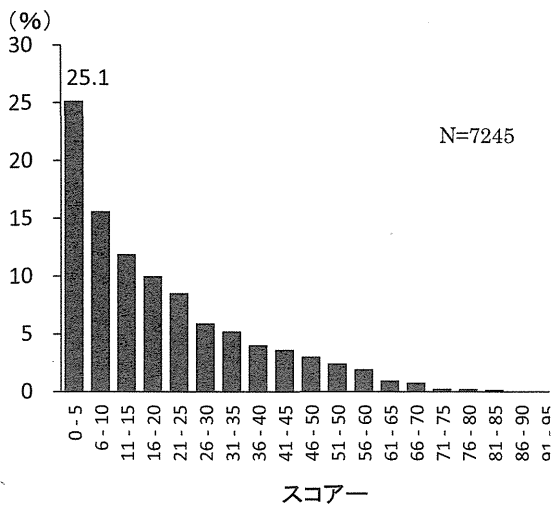
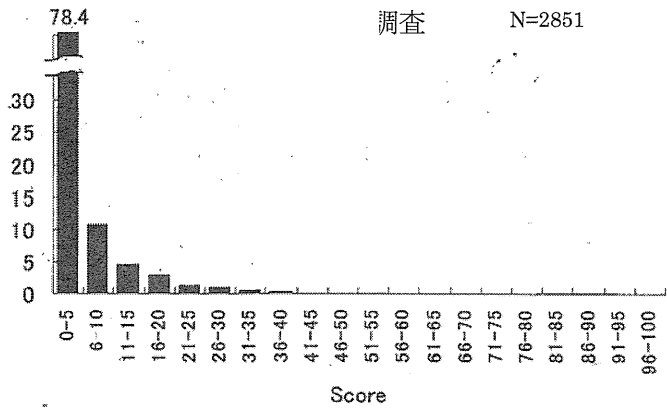
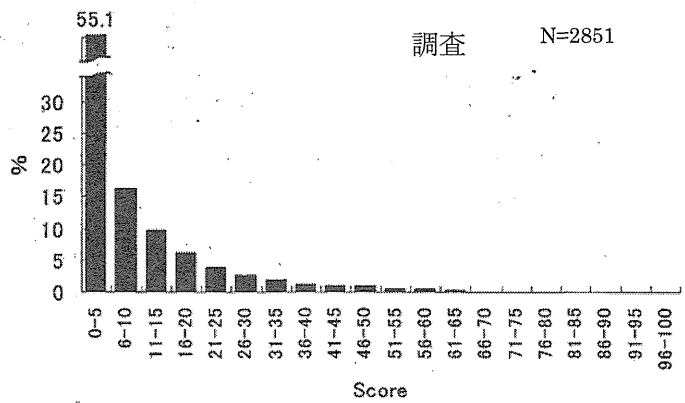


図3 症状



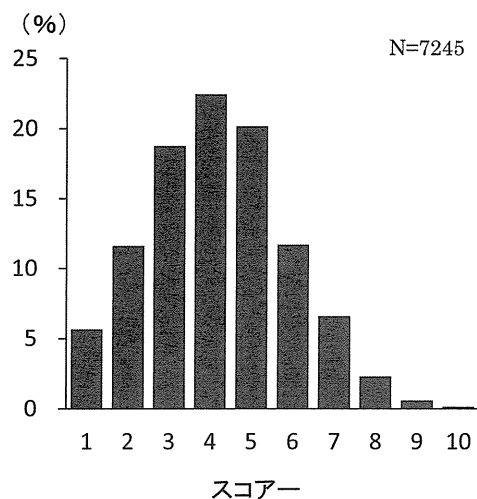


図4 マスキング

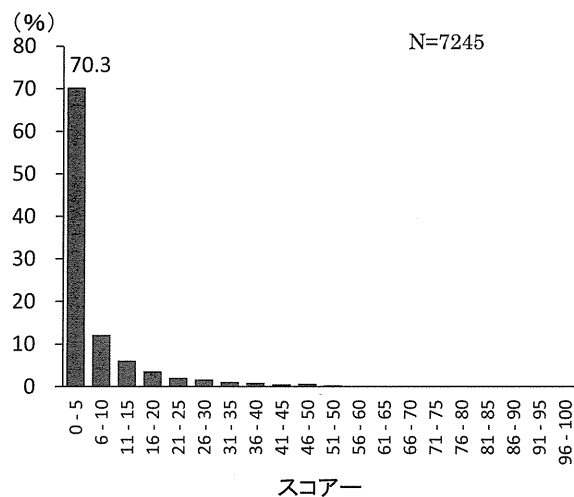


図5 日常生活の障害の程度

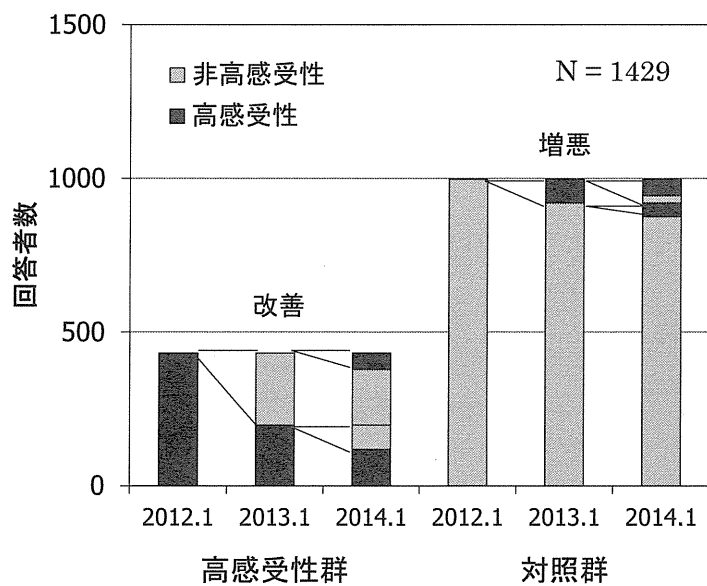


図6 QEESI感受性変化の推移

表1 2012年1月に実施した集団における高感受性に影響する要因の多変量解析

要因	Model 1 調整 OR (95% CI)	Model 2 調整 OR (95% CI)	Model 3 調整 OR (95% CI)
基本属性			
性別 (女性)	2.08 (1.65–2.61)***	1.96 (1.62–2.37)***	2.00 (1.56–2.56)***
年齢			
20–29	–	Ref.	Ref.
30–39	–	1.65 (1.15–2.37)**	1.61 (1.09–2.39)*
40–49	–	1.66 (1.14–2.40)**	1.63 (1.09–2.44)*
50–59	–	1.95 (1.36–2.81)***	2.31 (1.55–3.45)***
≥60	–	1.74 (1.25–2.43)**	2.34 (1.60–3.43)***
<i>p</i> for trend	–	0.008	< 0.001
職業			
勤め人	Ref.	–	Ref.
自由業・自営業	0.97 (0.67–1.40)	–	0.95 (0.64–1.40)
専業主婦 (夫)	1.04 (0.79–1.37)	–	1.29 (0.95–1.76)
パート・アルバイト	1.10 (0.81–1.50)	–	1.19 (0.85–1.65)
学生	0.43 (0.20–0.92)*	–	0.55 (0.24–1.26)
無職	1.47 (1.05–2.05)*	–	1.59 (1.10–2.29)*
その他	1.38 (0.99–1.92)	–	1.42 (0.98–2.04)
喫煙			
なし	–	–	Ref.
受動喫煙あり	–	–	1.06 (0.83–1.34)
喫煙あり	–	–	0.68 (0.52–0.90)**
<i>p</i> for trend	–	–	0.014
診断歴			
アトピー性皮膚炎	–	1.43 (1.08–1.90)*	1.41 (1.05–1.88)*
アレルギー性鼻炎	–	1.63 (1.32–2.01)***	1.30 (1.05–1.62)*
食物アレルギー	–	1.70 (1.16–2.49)**	1.71 (1.15–2.53)**
化学物質過敏症	–	3.91 (2.29–6.67)***	3.94 (2.26–6.86)***
うつ病	–	2.45 (1.81–3.30)***	1.37 (0.99–1.90)
環境			
過去7年内の住まいでの変化			
増改築	1.48 (1.03–2.15)*	–	–
改装やリフォーム	1.26 (1.04–1.53)*	1.30 (1.07–1.58)**	1.34 (1.09–1.64)**
部屋の換気			
ほとんどしない	Ref.	Ref.	–
季節によっては時々する	0.86 (0.54–1.35)	0.93 (0.58–1.48)	–
季節によらず時々する	0.75 (0.48–1.16)	0.79 (0.50–1.23)	–
ほとんど毎日する	0.63 (0.41–0.94)*	0.63 (0.41–0.96)*	–
<i>p</i> for trend	0.018	0.005	–
心身の状態			
活気	–	–	0.90 (0.82–0.98)*
疲労感	–	–	1.31 (1.16–1.47)***
抑うつ感	–	–	1.23 (1.10–1.37)***
身体愁訴	–	–	1.72 (1.54–1.93)***

表2 過去1年の健康状態の変化に関する治療や生活改善、変化等

	1年目 (オッズ比)		2年目 (オッズ比)	
	高感受性群 (感受性改善)	対照群 (感受性増悪)	高感受性群 (感受性改善)	対照群 (感受性増悪)
	(n = 538)	(n = 1235)	(n = 275)	(n = 1154)
1. 医療機関での診療	0.71	2.14**	0.88	1.69*
2. 医薬品の服用	0.66*	1.78*	0.88	1.51
3. 病気になった	0.77	1.45	0.45	0.88
4. 心理カウンセリングを受けた	0.49	1.60	0.54	1.20
5. サプリメント (栄養補助食品、健康補助食品) の服用	0.97	1.09	0.93	1.50
6. 適度な運動を心掛けた	0.95	0.93	1.36	0.69
7. 運動不足	1.08	1.53	0.53*	1.40
8. 規則正しい生活 (食事、睡眠など) を心掛けた	0.85	0.56*	1.29	1.06
9. 不規則な生活 (食事、睡眠など) を送った	0.84	1.98	1.30	1.35
10. 臭いや刺激の強いものを避けるようにした	0.95	8.72**	0.54	3.46**
11. 臭いや刺激の強いものにふれる機会があった	1.66	8.65*	1.09	10.98**
12. 生活習慣の変化	0.75	5.42**	0.77	0.90
13. 生活環境の変化	1.25	6.11**	1.09	2.18
14. 仕事や職場の変化	0.90	0.63	0.42	1.72
15. その他	0.37*	3.42**	0.75	2.00
16. 特に理由はない	1.75*	0.67	1.16	0.76

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表3 主に過ごす部屋で1年以内に行った環境を良くする工夫

	1年目 (オッズ比)		2年目 (オッズ比)	
	高感受性群 (感受性改善) (n = 538)	対照群 (感受性増悪) (n = 1235)	高感受性群 (感受性改善) (n = 275)	対照群 (感受性増悪) (n = 1154)
1. 換気装置 (換気システムや換気扇) の新設、増設、交換	1.01	1.37	1.09	0.61
2. 窓や扉の開放など、換気を心掛けるようにした	0.91	1.31	1.03	0.72
3. 掃除をこまめにするようにした	0.84	0.80	0.72	0.99
4. 除湿器を使用するなど、部屋がじめじめしないようにした	1.03	1.37	0.83	0.90
5. 部屋のカビを除去した	1.64	1.43	0.29*	2.87**
6. 部屋の改装やリフォームをした	0.95	2.06	1.87	2.01
7. 家を増改築した	0.83	3.21	1.64	1.55
8. 家を引っ越した	0.55	2.49	1.46	0.49
9. その他	1.43	0.58	1.17	1.04

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表4 主に過ごす部屋で1年以内に新しく交換したもの

	1年目 (オッズ比)		2年目 (オッズ比)	
	高感受性群 (感受性改善) (n = 538)	対照群 (感受性増悪) (n = 1235)	高感受性群 (感受性改善) (n = 275)	対照群 (感受性増悪) (n = 1154)
1. 畳	0.61	2.84*	1.58	1.58
2. 木材フローリング	0.55	1.65	2.51	1.55
3. 壁材	1.07	2.87*	4.55*	0.94
4. カーペット (じゅうたん)	0.94	1.66	0.67	1.16
5. 家具 (ベッド、戸棚類、机、テーブル、タンス、椅子類など)	0.62	1.46	0.90	1.10
6. カーテン	0.76	1.34	1.25	1.24

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表5 空気清浄機の使用や購入状況

	1年目 (オッズ比)		2年目 (オッズ比)	
	高感受性群 (感受性改善) (n = 538)	対照群 (感受性増悪) (n = 1235)	高感受性群 (感受性改善) (n = 275)	対照群 (感受性増悪) (n = 1154)
1. 居間又は寝室で現在使用中	1.12	1.12	0.95	1.02
2. 1年以内に居間又は寝室に新設	1.37	0.74	0.35	1.21

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表6 過去1年間の生活の変化 (2013年1月~2014年1月)

	オッズ比	
	高感受性群 (感受性改善) (n = 275)	対照群 (感受性増悪) (n = 1154)
1. 新しい趣味ができた	0.67	1.41
2. 睡眠時間が減った	0.71	1.01
3. 睡眠が十分にとれた	1.51	0.72
4. 適度な運動ができた	1.39	0.61*
5. 食事や栄養が十分とれた	0.92	0.72
6. 家族や親族の介護をするようになった	1.42	0.74
7. 介護の負担が増えた	0.90	0.69
8. 介護から解放された	0.45	0.98
9. 在宅時間が増えた	0.80	1.29
10. 外出が増えた	0.85	0.99
11. 人間関係や仕事でストレスが増えた	0.49**	1.24
12. 人間関係や仕事でストレスが減った	0.90	1.09

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表7 過去1年間の職場の変化 (2013年1月~2014年1月)

	オッズ比	
	高感受性群 (感受性改善) (n = 275)	対照群 (感受性増悪) (n = 1154)
1. 就職した	0.61	1.76
2. 失業していた/失業した	0.90	1.54
3. 転職した	2.22	2.05
4. 解雇された	-	1.55
5. 昇格/昇進した	1.08	1.08
6. やりがいのある仕事に就いた	0.40	0.39
7. 仕事で大きな成果があった	3.30	2.31
8. 職場で多くの変化があった	0.59	1.59
9. 仕事が増えた	0.45	1.65
10. 仕事が減った	0.75	0.81
11. 残業が多かった	0.59	2.00
12. 難しいプロジェクトで仕事した	1.46	-
13. 定年退職した	1.46	1.81
14. 定員削減や解雇の脅威を感じた	-	-
15. 自分の経営する会社が倒産/閉鎖した	-	3.62
16. 職場の同僚と意見の不一致があった	0.67	1.62

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表8 過去1ヶ月の自宅の室内空気質 (2013年1月～2014年1月)

	オッズ比	
	高感受性群 (感受性改善) (n = 275)	対照群 (感受性増悪) (n = 1154)
1. 空気が流れが速すぎる	0.90	1.35
2. 空気が流れが不足、空気がよどむ	0.77	1.65**
3. 暑すぎる	0.89	1.65**
4. 室温の変化	0.75*	1.22
5. 寒すぎる	0.65**	1.26*
6. じめじめする	0.57**	1.61**
7. 乾きすぎる	0.66**	1.19
8. 静電気の刺激をよく感じる	0.72*	1.25
9. 騒音	0.68**	1.25
10. エアコンの風が直接あたる	0.58**	1.34*
11. エアコンの不快なおいがする	0.55*	1.76**
12. カビのにおい	0.59*	1.78**
13. ほこりや汚れ	0.63**	1.34**
14. たばこの煙のにおい	0.93	1.28*
15. 不快な薬品臭	0.56*	1.64*
16. その他不快臭(体臭・食品・香水)	0.62*	1.65**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表9 2012-2013年冬期調査(N=514)の健康リスク評価結果

構造分類	化学物質	吸入曝露量(室内濃度): $\mu\text{g}/\text{m}^3$							非発がん 評価値 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$	評価値の Confidence	ユニット リスク ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	リスクランキング						
		AM	GM	50%	90%	95%	99%	最大値				AM	GM	50%	90%	95%	99%	最大値
アルデヒド類	ホルムアルデヒド	13.1	10.7	11.0	23.6	30.2	41.0	58.2	100	H		B	B	B	B	B	B	B
アルデヒド類	アセトアルデヒド	22.0	15.1	14.7	39.9	57.9	141.1	233.0	48	M		B	B	B	B	A	A	A
アルデヒド類	プロピオンアルデヒド	3.8	2.3	2.5	8.4	10.0	16.1	61.5	8.9	L		B	B	B	B	A	A	A
アルデヒド類	バレルアルデヒド	0.8	0.1	0.7	1.6	2.5	5.8	10.8	90	M		C	C	C	C	C	C	B
アルデヒド類	イソバレルアルデヒド	0.5	0.0	0.5	1.3	1.9	3.8	9.3	90	M		C	C	C	C	C	C	B
アルデヒド類	ヘキサナール	3.4	2.0	2.5	6.9	9.1	14.8	22.8	90	M		C	C	C	C	B	B	B
アルデヒド類	ヘプタナール	0.8	0.1	0.9	1.7	2.2	4.0	9.3	90	M		C	C	C	C	C	C	B
アルデヒド類	オクタナール	1.1	0.1	1.1	2.2	3.0	5.2	7.5	90	M		C	C	C	C	C	C	C
アルデヒド類	ノナナール	4.7	2.7	3.3	10.1	13.2	21.1	32.9	90	M		C	C	C	B	B	B	B
アルデヒド類	デカナール	1.5	0.2	1.4	2.8	4.7	8.4	32.4	90	M		C	C	C	C	C	C	B
アルデヒド類	アクロレイン	0.8	0.3	0.5	1.5	2.4	5.2	8.5	0.016	L		A	A	A	A	A	A	A
アルデヒド類	クロトンアルデヒド	0.5	0.1	0.4	0.9	1.4	2.7	18.2	-	-		-	-	-	-	-	-	-
アルデヒド類	2-ノネナール	0.6	0.0	0.8	1.3	1.7	2.9	5.2	90	M		C	C	C	C	C	C	C
アルデヒド類	ベンズアルデヒド	0.9	0.2	0.7	1.6	2.2	4.0	25.3	54	L		C	C	C	C	C	C	B
アルデヒド類	o-トルアルデヒド	0.9	0.0	0.6	1.7	2.5	6.6	61.3	-	-		-	-	-	-	-	-	-
アルデヒド類	m,p-トルアルデヒド	1.1	0.1	0.9	1.7	2.2	4.5	117.6	-	-		-	-	-	-	-	-	-
アルデヒド類	2,5-ジメチルベンズアルデヒド	0.9	0.1	0.9	1.7	2.2	3.8	11.0	-	-		-	-	-	-	-	-	-
ケトン類	アセトン	24.9	15.0	14.7	30.1	36.8	81.4	2,531.1	56548	H		C	C	C	C	C	C	C
ケトン類	メチルエチルケトン	1.4	0.6	1.0	2.7	3.9	8.0	22.5	8686	H		C	C	C	C	C	C	C
脂肪族炭化水素	n-ヘキサン	2.9	0.9	1.6	4.9	7.0	17.4	160.0	162	H		C	C	C	C	C	B	B
脂肪族炭化水素	n-ヘプタン	2.8	0.3	1.0	7.2	10.9	25.7	44.8	-	-		-	-	-	-	-	-	-
脂肪族炭化水素	2,4-ジメチルペンタン	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	1.2	2.9	-	-		-	-	-	-	-	-	-
脂肪族炭化水素	n-オクタン	2.7	0.2	0.5	6.6	10.7	27.9	110.0	330	L		C	C	C	C	C	C	B
脂肪族炭化水素	n-ノナン	10.9	0.6	1.0	29.6	51.5	115.6	459.5	836	M		C	C	C	C	C	B	B
脂肪族炭化水素	n-デカン	12.7	1.1	2.6	35.7	54.7	132.2	422.9	836	M		C	C	C	C	C	B	B
脂肪族炭化水素	n-ウンデカン	18.7	1.2	4.3	52.4	80.3	181.0	577.7	836	M		C	C	C	C	C	B	B
芳香族炭化水素	ベンゼン	2.3	1.5	1.7	4.4	6.0	14.1	18.6	-	-	6.0E-06	A	B	A	A	A	A	A
芳香族炭化水素	トルエン	10.0	5.8	6.6	14.9	21.4	52.1	763.8	260	H		C	C	C	C	C	B	A
芳香族炭化水素	o-キシレン	3.3	1.6	1.5	7.5	11.2	24.1	118.1	207	H		C	C	C	C	C	B	B
芳香族炭化水素	m,p-キシレン	7.9	4.0	3.6	16.0	21.3	50.9	432.6	207	H		C	C	C	C	B	B	A
芳香族炭化水素	エチルベンゼン	5.1	2.2	2.2	6.3	9.3	22.8	713.3	585	H		C	C	C	C	C	C	A
芳香族炭化水素	1,3,5-トリメチルベンゼン	1.9	0.5	0.6	4.8	7.3	17.4	49.2	88	M		C	C	C	C	C	B	B
芳香族炭化水素	1,2,4-トリメチルベンゼン	6.3	1.9	1.8	16.5	26.8	54.2	189.4	73	H		C	C	C	B	B	B	A
芳香族炭化水素	1,2,3-トリメチルベンゼン	1.7	0.3	0.5	4.7	7.1	16.1	46.2	88	M		C	C	C	C	C	B	B
含ハロゲン類	クロロホルム	0.7	0.0	0.4	1.8	2.4	6.1	15.6	18	H		C	C	C	C	B	B	B
含ハロゲン類	四塩化炭素	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	4.7	4.2	H		C	C	C	C	C	B	A
含ハロゲン類	クロロジブプロモetan	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	4.8	238	M		C	C	C	C	C	C	C
含ハロゲン類	1,1,1-トリクロロエタン	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	26.1	1280	H		C	C	C	C	C	C	C
含ハロゲン類	1,2-ジクロロエタン	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	9.4	-	-	6.1E-06	C	C	C	C	C	B	A
含ハロゲン類	1,2-ジクロロプロパン	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	M		C	C	C	C	C	C	C
含ハロゲン類	トリクロロエチレン	0.1	0.0	0.0	0.2	1.7	2.5	200	200	H	4.3E-07	C	C	C	C	C	C	C
含ハロゲン類	テトラクロロエチレン	0.3	0.0	0.0	0.0	1.2	5.5	44.9	200	H		C	C	C	C	C	C	B
含ハロゲン類	1,4-ジクロロベンゼン	30.7	0.3	1.4	49.4	137.0	572.0	2,107.6	214	M		B	C	C	B	B	A	A
テルペン類	α -ピネン	5.4	0.5	1.3	10.8	20.8	89.8	178.0	450	L		C	C	C	C	C	B	B
テルペン類	β -リモネン	24.2	7.6	12.7	55.5	82.1	163.2	440.5	1190	L		C	C	C	C	C	B	B
エステル類	酢酸エチル	5.4	0.1	1.1	6.1	10.5	54.3	782.6	75	M		C	C	C	B	B	B	A
エステル類	酢酸-n-ブチル	3.5	0.2	1.3	8.4	13.2	30.5	209.8	1429	H		C	C	C	C	C	C	B
有機酸	ギ酸	54.2	22.9	21.0	164.2	217.9	403.5	437.6	36	M		A	B	B	A	A	A	A
有機酸	酢酸	95.2	72.6	84.5	180.9	209.2	273.5	332.1	-	-		-	-	-	-	-	-	-
その他	塩化水素	3.0	1.2	1.0	6.2	9.8	20.4	153.8	2.7	M		A	B	B	A	A	A	A
その他	二酸化窒素	225.7	60.0	57.8	763.9	970.4	1,454.6	2,009.8	40	H		A	A	A	A	A	A	A
その他	二酸化硫黄	2.4	0.3	0.8	3.0	4.8	15.2	483.6	20	H		B	C	C	B	B	B	A
その他	アンモニア	15.7	11.9	11.9	26.1	32.3	55.6	348.0	226	H		C	C	C	B	B	B	A
その他	オゾン	1.7	0.9	1.1	3.3	4.4	10.3	27.2	100	H		C	C	C	C	C	B	B

表10 2012-2013年夏期調査(N=514)の健康リスク評価結果

構造分類	化学物質	吸入曝露量(室内濃度): $\mu\text{g}/\text{m}^3$							非発がん 評価値 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$	評価値の Confidence	ユニット リスク ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	リスクランキング						
		AM	GM	50%	90%	95%	99%	最大値				AM	GM	50%	90%	95%	99%	最大値
アルデヒド類	ホルムアルデヒド	31.3	23.8	25.4	62.2	73.0	98.7	208.8	100	H		B	B	B	B	B	B	A
アルデヒド類	アセトアルデヒド	16.9	11.2	11.8	35.4	46.5	84.4	211.8	48	M		B	B	B	B	B	A	A
アルデヒド類	プロピオンアルデヒド	7.1	4.3	5.0	16.4	20.0	29.5	36.8	8.9	L		B	B	B	A	A	A	A
アルデヒド類	バレルアルデヒド	1.7	0.4	1.2	3.4	5.1	9.7	34.5	90	M		C	C	C	C	C	B	B
アルデヒド類	i-バレルアルデヒド	0.1	0.0	0.0	0.1	0.7	1.4	4.6	90	M		C	C	C	C	C	C	C
アルデヒド類	ヘキサナール	6.3	2.6	3.9	12.1	18.8	39.5	112.1	90	M		C	C	C	B	B	B	A
アルデヒド類	ヘプタナール	0.5	0.0	0.0	1.9	2.4	4.5	7.3	90	M		C	C	C	C	C	C	C
アルデヒド類	オクタナール	1.5	0.1	1.2	3.7	4.3	7.5	12.6	90	M		C	C	C	C	C	C	B
アルデヒド類	ノナナール	11.4	9.1	11.0	18.4	21.5	28.9	36.5	90	M		B	B	B	B	B	C	B
アルデヒド類	デカナール	3.3	0.7	3.3	6.5	8.1	10.3	15.1	90	M		C	C	C	C	C	B	B
アルデヒド類	アクロレイン	0.8	0.4	0.7	1.6	2.0	3.3	4.8	0.016	L		A	A	A	A	A	A	A
アルデヒド類	クロトンアルデヒド	0.1	0.0	0.0	0.5	0.8	1.7	3.8	-	-		-	-	-	-	-	-	-
アルデヒド類	2-ノネナール	0.2	0.0	0.0	1.1	1.4	2.2	2.7	90	M		C	C	C	C	C	C	C
アルデヒド類	ベンズアルデヒド	1.1	0.1	0.8	2.8	3.9	7.0	11.7	54	L		C	C	C	C	C	B	B
アルデヒド類	o-トルアルデヒド	0.2	0.0	0.0	0.9	1.3	2.0	12.9	-	-		-	-	-	-	-	-	-
アルデヒド類	m,p-トルアルデヒド	1.7	0.9	1.6	3.1	3.8	6.0	15.3	-	-		-	-	-	-	-	-	-
アルデヒド類	2,5-ジメチルベンズアルデヒド	2.5	0.3	2.1	6.1	7.4	11.1	17.6	-	-		-	-	-	-	-	-	-
ケトン類	アセトン	19.4	11.4	12.3	35.6	58.2	130.3	488.1	56548	H		C	C	C	C	C	C	C
ケトン類	メチルエチルケトン	1.5	0.7	1.2	2.9	3.8	7.7	18.4	8686	H		C	C	C	C	C	C	C
脂肪酸炭化水素	n-ヘキサン	3.7	1.5	1.8	6.4	11.6	35.2	239.5	162	H		C	C	C	C	C	B	A
脂肪酸炭化水素	n-ヘプタン	2.1	0.0	0.0	4.7	9.7	23.1	67.7	-	-		-	-	-	-	-	-	-
脂肪酸炭化水素	2,4-ジメチルペンタン	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.4	-	-		-	-	-	-	-	-	-
脂肪酸炭化水素	n-オクタン	2.1	0.0	0.0	4.2	8.3	25.7	107.6	330	L		C	C	C	C	C	C	B
脂肪酸炭化水素	n-ノナン	6.7	0.0	0.0	11.3	28.8	115.6	540.8	836	M		C	C	C	C	C	B	B
脂肪酸炭化水素	n-デカン	8.3	0.1	1.7	16.4	30.6	128.1	322.2	836	M		C	C	C	C	C	B	B
脂肪酸炭化水素	n-ウンデカン	18.2	1.0	8.3	38.5	68.6	219.7	309.3	836	M		C	C	C	C	C	B	B
芳香族炭化水素	ベンゼン	1.3	0.7	1.0	2.5	3.5	6.2	13.6	-	-	6.0E-06	B	B	B	A	A	A	A
芳香族炭化水素	トルエン	12.4	7.2	6.5	24.7	45.3	98.8	327.7	260	H		C	C	C	C	B	B	A
芳香族炭化水素	o-キシレン	2.6	0.3	1.4	4.6	9.7	27.3	76.6	207	H		C	C	C	C	C	B	B
芳香族炭化水素	m,p-キシレン	5.9	2.7	2.9	9.7	16.6	60.2	179.0	207	H		C	C	C	C	C	B	B
芳香族炭化水素	エチルベンゼン	4.6	2.1	2.3	6.5	10.0	47.5	239.4	585	H		C	C	C	C	C	C	B
芳香族炭化水素	1,3,5-トリメチルベンゼン	1.1	0.0	0.0	2.3	4.8	15.4	45.3	88	M		C	C	C	C	C	B	B
芳香族炭化水素	1,2,4-トリメチルベンゼン	3.9	0.1	1.5	7.3	14.9	61.3	147.1	73	H		C	C	C	C	B	B	A
芳香族炭化水素	1,2,3-トリメチルベンゼン	0.8	0.0	0.0	2.1	3.9	16.5	30.6	88	M		C	C	C	C	C	B	B
含ハロゲン類	クロロホルム	0.8	0.0	0.0	1.9	3.1	5.6	16.2	18	H		C	C	C	B	B	B	B
含ハロゲン類	四塩化炭素	0.1	0.0	0.0	0.5	0.7	0.9	1.7	4.2	H		C	C	C	B	B	B	B
含ハロゲン類	クロロジプロモetan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	6.7	238	M		C	C	C	C	C	C	C
含ハロゲン類	1,1,1-トリクロロエタン	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	2.8	39.8	1280	H		C	C	C	C	C	C	C
含ハロゲン類	1,2-ジクロロエタン	0.2	0.0	0.0	0.0	1.0	4.0	11.1	-	-	6.1E-06	B	C	C	C	B	A	A
含ハロゲン類	1,2-ジクロロプロpan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	4.1	M		C	C	C	C	C	C	B
含ハロゲン類	トリクロロエチレン	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.9	200	H	4.3E-07	C	C	C	C	C	C	C
含ハロゲン類	テトラクロロエチレン	0.2	0.0	0.0	0.0	1.0	5.9	17.7	200	H		C	C	C	C	C	C	C
含ハロゲン類	1,4-ジクロロベンゼン	119.8	1.8	4.5	135.6	531.3	2,153.7	12,637.4	214	M		B	C	C	B	A	A	A
テルペン類	α -ピネン	32.5	5.9	4.3	49.1	107.0	461.3	1,879.5	450	L		C	C	C	B	A	A	A
テルペン類	d-リモネン	17.1	0.8	7.2	41.7	59.7	137.5	263.9	1190	L		C	C	C	C	B	A	B
エステル類	酢酸エチル	8.4	0.0	0.0	9.2	28.4	174.4	616.3	75	M		B	C	C	B	B	A	A
エステル類	酢酸-n-ブチル	6.4	0.0	0.0	14.7	24.0	106.3	414.5	1429	H		C	C	C	C	C	C	B
有機酸	ギ酸	25.7	22.9	23.3	40.5	49.3	73.5	101.6	36	M		B	B	B	A	A	A	A
有機酸	酢酸	145.9	108.3	115.9	275.6	342.4	515.5	844.2	-	-		-	-	-	-	-	-	-
その他	塩化水素	1.9	0.8	1.3	3.1	4.3	10.8	149.9	2.7	M		B	B	B	A	A	A	A
その他	二酸化窒素	13.2	9.4	10.0	26.9	35.6	60.1	98.7	40	H		B	B	B	B	B	A	A
その他	二酸化硫黄	0.6	0.1	0.6	1.3	1.7	3.4	7.2	20	H		C	C	C	C	C	B	B
その他	アンモニア	37.8	29.8	28.2	61.5	79.9	161.9	589.8	226	H		B	B	B	B	B	B	A
その他	オゾン	9.4	6.5	6.5	20.2	28.1	42.4	61.8	100	H		C	C	C	B	B	B	B

表11 健康リスク評価結果のまとめ

2012-2013年冬期調査(N=514)					2012-2013年夏期調査(N=514)						
化学物質	曝露濃度の統計値				評価値の 確からしさ	化学物質	曝露濃度の統計値				評価値の 確からしさ
	50%	95%	99%	最大			50%	95%	99%	最大	
ベンゼン	A	A	A	A	H	ベンゼン	B	A	A	A	H
二酸化窒素	A	A	A	A	H	二酸化窒素	B	B	A	A	H
m,p-キシレン	C	B	B	A	H	1,2-ジクロロエタン	C	B	A	A	H
1,2,4-トリメチルベンゼン	C	B	B	A	H	ホルムアルデヒド	B	B	B	A	H
二酸化硫黄	C	B	B	A	H	アンモニア	B	B	B	A	H
アンモニア	C	B	B	A	H	トルエン	C	B	B	A	H
トルエン	C	C	B	A	H	1,2,4-トリメチルベンゼン	C	B	B	A	H
四塩化炭素	C	C	B	A	H	n-ヘキサン	C	C	B	A	H
1,2-ジクロロエタン	C	C	C	A	H	クロロホルム	C	B	B	B	H
エチルベンゼン	C	C	C	A	H	四塩化炭素	C	B	B	B	H
ホルムアルデヒド	B	B	B	B	H	オゾン	C	B	B	B	H
クロロホルム	C	B	B	B	H	o-キシレン	C	C	B	B	H
n-ヘキサン	C	C	B	B	H	m,p-キシレン	C	C	B	B	H
o-キシレン	C	C	B	B	H	二酸化硫黄	C	C	B	B	H
オゾン	C	C	C	B	H	エチルベンゼン	C	C	C	B	H
テトラクロロエチレン	C	C	C	B	H	酢酸-n-ブチル	C	C	C	B	H
酢酸-n-ブチル	C	C	C	B	H	アセトン	C	C	C	C	H
アセトン	C	C	C	C	H	メチルエチルケトン	C	C	C	C	H
メチルエチルケトン	C	C	C	C	H	1,1,1-トリクロロエタン	C	C	C	C	H
1,1,1-トリクロロエタン	C	C	C	C	H	トリクロロエチレン	C	C	C	C	H
トリクロロエチレン	C	C	C	C	H	テトラクロロエチレン	C	C	C	C	H
アセトアルデヒド	B	A	A	A	M	ギ酸	B	A	A	A	M
ギ酸	B	A	A	A	M	塩化水素	B	A	A	A	M
塩化水素	B	A	A	A	M	1,4-ジクロロベンゼン	C	A	A	A	M
1,4-ジクロロベンゼン	C	B	A	A	M	アセトアルデヒド	B	B	A	A	M
酢酸エチル	C	B	B	A	M	酢酸エチル	C	B	A	A	M
ヘキサナール	C	B	B	B	M	ヘキサナール	C	B	B	A	M
ノナール	C	B	B	B	M	ノナール	B	B	B	B	M
n-ノナン	C	C	B	B	M	バレラルデヒド	C	C	B	B	M
n-デカン	C	C	B	B	M	デカナール	C	C	B	B	M
n-ウンデカン	C	C	B	B	M	n-ノナン	C	C	B	B	M
1,3,5-トリメチルベンゼン	C	C	B	B	M	n-デカン	C	C	B	B	M
1,2,3-トリメチルベンゼン	C	C	B	B	M	n-ウンデカン	C	C	B	B	M
バレラルデヒド	C	C	C	B	M	1,3,5-トリメチルベンゼン	C	C	B	B	M
i-バレラルデヒド	C	C	C	B	M	1,2,3-トリメチルベンゼン	C	C	B	B	M
ヘプタナール	C	C	C	B	M	オクタナール	C	C	C	B	M
デカナール	C	C	C	B	M	1,2-ジクロロプロパン	C	C	C	B	M
オクタナール	C	C	C	C	M	i-バレラルデヒド	C	C	C	C	M
2-ノネナール	C	C	C	C	M	ヘプタナール	C	C	C	C	M
クロロジプロモタン	C	C	C	C	M	2-ノネナール	C	C	C	C	M
1,2-ジクロロプロパン	C	C	C	C	M	クロロジプロモタン	C	C	C	C	M
アクロレイン	A	A	A	A	L	アクロレイン	A	A	A	A	L
プロピオンアルデヒド	B	A	A	A	L	プロピオンアルデヒド	B	A	A	A	L
α-ピネン	C	C	B	B	L	α-ピネン	C	B	A	A	L
d-リモネン	C	C	B	B	L	ベンズアルデヒド	C	C	B	B	L
ベンズアルデヒド	C	C	C	B	L	d-リモネン	C	C	B	B	L
n-オクタン	C	C	C	B	L	n-オクタン	C	C	C	B	L

厚生科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業)
分担研究報告書

室内環境中微量化学物質による人の健康影響に関する分子疫学研究

分担研究者	加藤貴彦	熊本大学大学院生命科学研究部	公衆衛生・医療科学	教授
研究協力者	崔 笑怡	熊本大学大学院生命科学研究部	公衆衛生・医療科学	
	盧 溪	熊本大学大学院生命科学研究部	公衆衛生・医療科学	
	日浦瑞枝	熊本大学大学院生命科学研究部	公衆衛生・医療科学	
	小田政子	熊本大学大学院生命科学研究部	公衆衛生・医療科学	
	久田 文	熊本大学大学院生命科学研究部	公衆衛生・医療科学	助教
	宮崎 航	熊本大学大学院生命科学研究部	公衆衛生・医療科学	助教
	東 賢一	近畿大学医学部	環境医学・行動科学教室	講師
	谷川真理	財団法人ルイ・パストゥール医学研究センター		室長
	内山巖男	財団法人ルイ・パストゥール医学研究センター		上席研究員

研究要旨

化学物質過敏症患者の診断・治療のためにMillerらによって開発された調査票 Quick Environmental Exposure AND Sensitivity Inventory (QEESI) を用いて、“化学物質に対し感受性の高い人々を“化学物質過敏性集団”(Chemical Sensitive Population: 以下CSPと略)を定義し、その経年的変化と遺伝的感授性要因について検討した。調査は九州内に所在する3つの企業の従業員を対象者とし、2003年、2006年、2011年に実施した。また健診時の余剰血液を用いてゲノムDNAを抽出し、先行研究をふまえて化学物質との関連が推定される薬物代謝酵素の代表的な遺伝子多型を分析した。また財団法人ルイ・パストゥール医学研究センターにおいて化学物質過敏症と診断されたケース9人と対照者9人の血漿を用いてメタボローム解析を行った。本研究は、熊本大学大学院生命科学研究部と財団法人ルイ・パストゥール医学研究センターにおける「倫理審査」において承認されたうえで行われた。

1. 化学物質過敏性集団の実態・経年的変化

2003年時点で、「シックハウス症候群と診断されたことがある」と回答した人は、A社0.1%、B社0.3%であった。2006年では、「シックハウス症候群」と診断されたことがある人と回答した人はA社0.1%、また2011年では、A社2.1%、B社では0.5%であった。また、化学物質に対して過敏性を示すと考えられるMillerらの設定したカットオフ値(症状 ≥ 40 , 化学物質曝露による反応 ≥ 40 , その他の化学物質曝露による反応 ≥ 25)を満たした人の割合は、A社1.1%, B社2.4%であった。同様の解析を2006年、2011年にかけて実施したが、A社、B社ともにMillerらの設定したカットオフ値を満たす人の割合について統計学的に有意な変化は認められなかった。また北条らが日本人向けに開発し