

個人暴露調査 在宅時(夜間のみ携帯)



(サンプリャー携帯時の様子)

個人暴露調査分析法概要

揮発性有機化合物(VOC)類分析条件

捕集管	スペルコ製 VOC-SD
捕集時間	24時間程度
GC/MS機種名	Agilent 6890N/5973
カラム	DB-1(0.25mm×60mm, 1μm)
試料注入量	1μL
注入法	スプリットレス(0.5min)
昇温条件	40°C(5分保持)→10°C/分→300°C(3分保持)
注入口温度	250°C
イオン源温度	220°C

表9 対象者の属性

年齢	男性 N=26		(%)	女性 N=26		計 N=52	
	人数	(%)		人数	(%)	人数	(%)
10歳未満	3	(11.5)	(44.4)	1	(3.8)	12.538462	(24.1)
10歳-20歳未満	1	(3.8)	(14.8)	0	(0.0)	3.8461538	(7.4)
20歳-30歳未満	1	(3.8)	(14.8)	2	(7.7)	5.8461538	(11.2)
30歳-40歳未満	9	(34.6)	(133.1)	9	(34.6)	43.615385	(83.9)
40歳-50歳未満	5	(19.2)	(74.0)	6	(23.1)	25.230769	(48.5)
50歳-60歳未満	6	(23.1)	(88.8)	5	(19.2)	28.076923	(54.0)
60歳以上	1	(3.8)	(14.8)	3	(11.5)	6.8461538	(13.2)
合計	26	(100.0)	(384.6)	26	(100.0)	126	(242.3)

表10 各症状の有訴者

症状	有訴者
SHS1	6人 (11.5%)
SHS2	7人 (13.5%)
アレルギー疾患(現在治療中)	12人 (23.1%)
MCSの疑い	14人 (26.9%)

表11-2 SHS2症状と個人暴露VOC濃度

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ N=52

	SHS2	N (%)	Median	Min	Max	25%	-	75%	p
n-Hexane	あり	7 (13.5%)	1.9	ND	3.0	ND	-	2.3	0.392
	なし	45 (86.5%)	1.6	ND	33.3	ND	-	7.3	
2,4-Dimethylpentane	あり	7 (13.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	1.000
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	2.9	ND	-	ND	
n-Heptane	あり	7 (13.5%)	4.1	ND	54.0	1.1	-	8.7	0.258
	なし	45 (86.5%)	1.5	ND	107.4	ND	-	2.3	
n-Octane	あり	7 (13.5%)	ND	ND	22.4	ND	-	5.5	0.644
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	11.1	ND	-	1.5	
n-Nonane	あり	7 (13.5%)	1.1	ND	45.9	ND	-	10.6	0.767
	なし	45 (86.5%)	1.6	ND	23.6	ND	-	6.3	
Benzene	あり	7 (13.5%)	1.7	ND	3.5	1.3	-	2.3	0.100
	なし	45 (86.5%)	2.6	ND	6.5	1.5	-	3.6	
Toluene	あり	7 (13.5%)	11.9	2.7	60.3	3.7	-	17.3	0.414
	なし	45 (86.5%)	12.0	3.8	107.2	8.0	-	18.4	
Ethylbenzene	あり	7 (13.6%)	2.7	1.8	11.9	2.2	-	7.3	0.612
	なし	45 (86.6%)	4.5	1.4	17.6	3.0	-	7.0	
Xylene	あり	7 (13.7%)	4.9	2.6	24.0	3.4	-	13.7	0.618
	なし	45 (86.7%)	6.0	2.4	25.8	4.3	-	10.7	
Styrene	あり	7 (13.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	-
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	
1,3,5-Trimethylbenzene	あり	7 (13.5%)	ND	ND	4.1	ND	-	2.4	0.738
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	18.8	ND	-	1.3	
1,2,4-Trimethylbenzene	あり	7 (13.5%)	3.2	ND	14.6	1.0	-	9.2	0.511
	なし	45 (86.5%)	3.9	ND	79.0	3.1	-	5.8	
1,2,3-Trimethylbenzene	あり	7 (13.5%)	ND	ND	4.1	ND	-	1.8	0.645
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	17.5	ND	-	1.7	
α -Pinene	あり	7 (13.5%)	3.0	ND	30.1	1.7	-	7.5	0.400
	なし	45 (86.5%)	4.3	ND	49.9	2.9	-	9.7	
Limonene	あり	7 (13.5%)	10.1	2.9	45.0	7.8	-	14.5	0.721
	なし	45 (86.5%)	7.3	ND	343.9	4.3	-	22.1	
Chloroform	あり	7 (13.5%)	2.2	ND	4.2	0.8	-	3.2	0.907
	なし	45 (86.5%)	1.7	ND	18.9	ND	-	3.2	
1,2-Dichloroethane	あり	7 (13.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	1.000
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	3.0	ND	-	ND	
1,1,1-Trichloroethane	あり	7 (13.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	1.000
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	11.3	ND	-	ND	
Carbon Tetrachloride	あり	7 (13.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	-
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	
1,2-Dichloropropane	あり	7 (13.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	1.000
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	2.7	ND	-	ND	
Chlorodibromomethane	あり	7 (13.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	1.000
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	
Trichloroethylene	あり	7 (13.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	1.000
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	ND	ND	-	ND	
Tetrachloroethylene	あり	7 (13.5%)	ND	ND	3.0	ND	-	0.9	0.044
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	4.0	ND	-	ND	
p-Dichlorobenzene	あり	7 (13.5%)	4.4	1.3	841.1	1.9	-	7.6	0.215
	なし	45 (86.5%)	8.7	1.3	1675.5	3.3	-	47.1	
Ethylacetate	あり	7 (13.5%)	16.6	ND	66.0	8.7	-	21.1	0.099
	なし	45 (86.5%)	3.4	ND	130.7	2.2	-	12.7	
Buthylacetate	あり	7 (13.5%)	3.6	ND	79.6	2.3	-	22.5	0.205
	なし	45 (86.5%)	2.5	ND	11.1	1.6	-	3.8	
Methylethylketone	あり	7 (13.5%)	ND	ND	6.9	ND	-	1.4	0.156
	なし	45 (86.5%)	1.7	ND	14.4	ND	-	2.7	
Methylisobuthylketone	あり	7 (13.5%)	ND	ND	5.8	ND	-	ND	0.439
	なし	45 (86.5%)	ND	ND	6.0	ND	-	1.3	
1-Butanol	あり	7 (13.5%)	1.3	1.3	9.5	1.3	-	3.0	0.849
	なし	45 (86.5%)	2.0	ND	10.0	ND	-	3.7	
TVOC	あり	7 (13.6%)	154.7	49.9	956.0	74.3	-	281.5	0.995
	なし	45 (86.6%)	112.8	37.1	1879.6	95.6	-	283.1	

* Mann-Whitney検定

定量下限値 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満をNDとした

表12-1 個人暴露アルデヒド類濃度(夜間のみ)

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ N=52

	Median	Min	Max	Mean	25%	75%	SD
Formaldehyde	30.6	2.5	210.4	29.8	18.8	50.3	31.3
Acetaldehyde	16.5	5.0	75.1	17.4	11.5	23.2	16.9
Acetone	29.7	10.4	183.1	29.9	22.4	44.4	29.5
Acrolein	57.4	22.9	109.1	52.8	30.1	83.2	27.0
Propionaldehyde	2.4	ND	7.6	2.2	1.5	3.5	1.8
Crotonaldehyde	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0
n-Butyraldehyde	3.9	1.2	11.7	3.7	2.6	5.3	2.7
Benzaldehyde	5.8	ND	18.5	5.4	3.7	13.1	5.6
iso-Valeraldehyde	ND	ND	1.8	ND	ND	ND	0.3
Valeraldehyde	1.4	ND	7.2	1.4	ND	2.6	1.7
p-Tolualdehyde	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0
m,o-Tolualdehyde	ND	ND	1.6	ND	ND	ND	0.2
Hexaldehyde	6.0	ND	33.3	5.6	3.2	11.1	7.1
2,5-Dimethylaldehyde	ND	ND	1.1	ND	ND	ND	0.1

定量下限値 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満はNDとした

分析機関: 中国四国安全衛生サービスセンター

表12-2 SHS2症状と個人暴露アルデヒド類濃度

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ N=52

	SHS2	N (%)	Median	Min	Max	25%	75%	p
Formaldehyde	あり	7 (13.7%)	41.2	18.5	70.9	21.2	43.7	0.797
	なし	44 (84.6%)	29.5	2.5	210.4	18.2	50.8	
Acetaldehyde	あり	7 (13.7%)	12.1	11.1	40.2	11.9	16.2	0.522
	なし	44 (84.6%)	16.8	5.0	75.1	11.3	27.5	
Acetone	あり	7 (13.7%)	30.8	13.3	183.1	27.1	74.7	0.333
	なし	44 (84.6%)	28.9	10.4	78.4	21.0	43.8	
Acrolein	あり	2 (3.8%)	60.8	30.1	91.6	45.4	76.2	0.786
	なし	23 (44.2%)	57.4	22.9	109.1	38.1	76.9	
Propionaldehyde	あり	7 (13.7%)	1.5	1.3	6.8	1.4	2.3	0.308
	なし	44 (84.6%)	2.6	ND	7.6	1.6	3.5	
Crotonaldehyde	あり	2 (3.8%)	ND	ND	ND	ND	ND	-
	なし	23 (44.2%)	ND	ND	ND	ND	ND	
n-Butyraldehyde	あり	2 (3.8%)	7.3	2.8	11.7	5.0	9.5	0.440
	なし	24 (46.2%)	3.9	1.2	9.3	2.5	5.3	
Benzaldehyde	あり	3 (5.8%)	1.4	ND	15.8	0.9	8.6	0.392
	なし	34 (65.4%)	6.2	ND	18.5	3.8	12.9	
iso-Valeraldehyde	あり	4 (7.7%)	ND	ND	ND	ND	ND	1.000
	なし	33 (63.5%)	ND	ND	1.8	ND	ND	
Valeraldehyde	あり	5 (9.6%)	ND	ND	7.2	ND	1.1	0.233
	なし	34 (65.4%)	1.7	ND	7.0	1.0	2.8	
p-Tolualdehyde	あり	2 (3.8%)	ND	ND	ND	ND	ND	-
	なし	29 (55.8%)	ND	ND	ND	ND	ND	
m,o-Tolualdehyde	あり	5 (9.6%)	ND	ND	ND	ND	ND	1.000
	なし	31 (59.6%)	ND	ND	1.6	ND	ND	
Hexaldehyde	あり	7 (13.7%)	5.1	1.2	27.6	3.1	6.4	0.559
	なし	44 (84.6%)	6.1	ND	33.3	3.4	11.8	
2,5-Dimethylaldehyde	あり	4 (7.7%)	ND	ND	1.1	ND	0.7	0.138
	なし	25 (48.1%)	ND	ND	1.0	ND	ND	

* Mann-Whitney検定

定量下限値 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満をNDとした

表12-3 アレルギー症状と個人暴露化学物質濃度

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ N=52

	アレルギー症状	N (%)	Median	Min	Max	25%	-	75%	p
Toluene	現在治療中	12 (23.1%)	10.7	3.7	107.2	9.2	-	72.0	0.500
	なし	40 (76.9%)	12.6	2.7	24.3	7.6	-	16.1	
Ethylbenzene	現在治療中	12 (23.1%)	4.7	1.9	17.6	3.0	-	13.3	0.359
	なし	40 (76.9%)	4.2	1.4	10.9	2.5	-	6.8	
Xylene	現在治療中	12 (23.1%)	7.4	2.6	25.8	5.0	-	17.1	0.329
	なし	40 (76.9%)	6.0	2.4	24.0	4.2	-	10.4	
α -Pinene	現在治療中	12 (23.1%)	4.2	ND	30.1	2.6	-	5.6	0.541
	なし	40 (76.9%)	4.5	ND	49.9	2.9	-	10.1	
Limonene	現在治療中	12 (23.1%)	70.4	2.6	343.9	7.5	-	148.7	0.003
	なし	40 (76.9%)	7.1	ND	183.5	4.0	-	15.4	
p-Dichlorobenzene	現在治療中	12 (23.1%)	6.6	2.0	841.1	5.5	-	102.6	0.446
	なし	40 (76.9%)	8.4	1.3	1675.5	3.0	-	24.4	
Ethylacetate	現在治療中	12 (23.1%)	4.7	ND	66.0	2.6	-	28.2	0.342
	なし	40 (76.9%)	3.9	ND	130.7	1.9	-	13.2	
TVOC	現在治療中	12 (23.1%)	414.8	47.5	956.0	186.0	-	530.5	0.001
	なし	40 (76.9%)	103.4	37.1	1879.6	89.7	-	164.9	
formaldehyde	現在治療中	11 (21.2%)	44.7	2.5	54.5	17.8	-	52.4	0.895
	なし	40 (76.9%)	29.5	7.4	210.4	21.3	-	47.5	
acetaldehyde	現在治療中	11 (21.2%)	34.2	5.0	63.3	11.4	-	37.2	0.435
	なし	40 (76.9%)	15.8	5.3	75.1	11.7	-	18.9	
acetone	現在治療中	11 (21.2%)	36.8	10.4	112.5	13.0	-	45.2	0.883
	なし	40 (76.9%)	28.9	10.6	183.1	23.1	-	43.8	

* Mann-Whitney検定

定量下限値 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満をNDとした

表12-4 MCSと個人暴露化学物質濃度

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ N=52

	MCS	N (%)	Median	Min	Max	25%	-	75%	p
Toluene	あり	14 (26.9%)	10.4	4.3	107.2	7.0	-	22.6	0.973
	なし	38 (73.1%)	13.2	2.7	60.3	7.7	-	16.9	
Ethylbenzene	あり	14 (26.9%)	4.2	1.4	17.6	3.3	-	9.5	0.410
	なし	38 (73.1%)	4.4	1.5	11.9	2.4	-	6.6	
Xylene	あり	14 (26.9%)	8.2	2.9	25.8	4.3	-	20.4	0.365
	なし	38 (73.1%)	5.8	2.4	24.0	4.2	-	10.6	
α -Pinene	あり	14 (26.9%)	3.9	ND	42.0	2.4	-	4.4	0.283
	なし	38 (73.1%)	5.6	ND	49.9	2.9	-	10.7	
Limonene	あり	14 (26.9%)	15.0	ND	183.5	3.9	-	82.3	0.161
	なし	38 (73.1%)	7.3	ND	343.9	4.5	-	16.7	
p-Dichlorobenzene	あり	14 (26.9%)	8.7	2.0	734.4	5.0	-	44.8	0.512
	なし	38 (73.1%)	7.6	1.3	1675.5	3.0	-	31.0	
Ethylacetate	あり	14 (26.9%)	2.7	ND	60.6	2.6	-	10.5	0.474
	なし	38 (73.1%)	5.4	ND	130.7	2.2	-	13.6	
TVOC	あり	14 (26.9%)	149.0	47.5	838.4	106.4	-	385.9	0.176
	なし	38 (73.1%)	110.3	37.1	1879.6	86.7	-	233.0	
formaldehyde	あり	13 (25.0%)	26.1	2.5	210.4	14.9	-	54.5	0.468
	なし	38 (73.1%)	39.1	7.4	99.0	21.4	-	49.8	
acetaldehyde	あり	13 (25.0%)	16.5	5.0	75.1	14.1	-	34.2	0.824
	なし	38 (73.1%)	15.1	5.3	63.3	11.4	-	20.7	
acetone	あり	13 (25.0%)	26.0	10.6	68.4	14.0	-	36.8	0.277
	なし	38 (73.1%)	30.6	10.4	183.1	23.3	-	48.6	

* Mann-Whitney検定

定量下限値 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満をNDとした

微生物由来 VOC (Microbial VOC) とシックハウス症候群に関する全国調査研究

主任研究者 岸 玲子 北海道大学大学院医学研究科予防医学講座公衆衛生分野 教授

研究要旨

シックハウス症候群は、室内の化学物質、湿度環境とそれに伴う真菌やダニの生息、生活習慣などとの関連が今まで報告されてきたが、本研究では既知の要因に加えて今までシックハウス症候群との関連が明らかになっていなかった微生物由来揮発性化合物 (Microbial volatile organic compounds, MVOC) の影響について調査研究を実施した。

全国 6 地域で、182 軒の一般戸建て住宅および、その全居住者 624 人を対象とし、平成 18 年 10 月から平成 19 年 1 月の間に質問紙調査および住宅環境測定を実施した。シックハウス症候群（ひとつ以上の症状がいつもおこる）(Sick House Syndrome, SHS) 有訴と関連する個人要因は未成年であること、現在アレルギーの治療を受けていること、不十分な睡眠、週 1 回以上の運動、ストレスが多いことであった。住宅要因については、1 年以内のリフォーム、絨毯を敷き詰めていること、窓の開放時間が短いことであった。

MVOC 8 化合物のうち、1-ペンタノール(幾何平均値 $0.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、3-メチル-1-ブタノール ($0.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$) が約 50% の住宅で検出された。また、住宅に結露がある、窓を開けている時間が短い住居で MVOC 濃度が高いことが観察された。測定した各 MVOC の未検出をリファレンスとした場合、2-ペンタノールが検出された場合は SHS のオッズ比を有意にあげた。また、鼻症状、喉・呼吸器症状に限ってみた場合にも有意な関連性があった。MVOC の低濃度暴露による健康影響への可能性が示された。

【分担研究者】

田中 正敏 福島学院大学福祉学部
吉村 健清 福岡県保健環境研究所
森本 兼曩 大阪大学大学院医学研究科
社会環境医学講座 環境医学
柴田 英治 愛知医科大学医学部衛生学講座
瀧川 智子 岡山大学大学院医歯薬学総合研
究科
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

【研究協力者】

湯浅 資之 北海道大学大学院医学研究科
金澤 文子 北海道大学大学院医学研究科
竹田 誠 北海道大学大学院医学研究科
荒木 敦子 北海道大学大学院医学研究科
山下 京子 北海道大学大学院医学研究科
馬 明月 北海道大学大学院医学研究科
田中かづ子 福島県立医科大学衛生学講座
福島 哲仁 福島県立医科大学衛生学講座
力 寿雄 福岡県保健環境研究所
岩本 眞二 福岡県保健環境研究所
中山 邦夫 大阪大学大学院医学研究科
社会環境医学講座 環境医学
上島 通浩 名古屋大学大学院医学系研究科
酒井 潔 名古屋市衛生得研究所

岡村 愛 名古屋大学大学院医学系研究科
荻野 景規 岡山大学大学院医歯薬学総合研
究科
片岡 洋行 就実大学薬学部
三谷公理栄 就実大学薬学部
高橋 清 独立行政法人国立病院機構
南岡山医療センター
岡田 千春 独立行政法人国立病院機構
南岡山医療センターアレルギー科
堀家 徳士 ピーエッチエル
竹内 靖人 岡山大学大学院医歯薬学総合研
究科
王 炳玲 岡山大学大学院医歯薬学総合研
究科
永滝 陽子 中央労働災害防止協会
大阪労働衛生総合センター
山内 恒幸 中央労働災害防止協会
労働衛生調査分析センター

A. 研究目的

我国における 1990 年代後半からのシックハウス症候群の多発に伴い、本研究班では平成 15 年度から一般住宅を対象として、全国規模の疫学研究を継続してきた。この間、対象住宅の築年数が経過し、室内環境中のアル

デヒド類やVOC類の濃度は減少傾向を示している。一方、個人レベルではシックハウス症状の持続、改善、新たな発症といった変動は見られるものの、有訴率そのものには明らかな減少は見られない。この理由としては、築年数の経過によってむしろ湿度環境が悪化し、その結果ダニアレルゲンや真菌量が増加してシックハウス症候群発現のリスクとなっていることが懸念される。さらに近年、微生物由来の揮発性有機化合物（Microbial volatile organic compounds, MVOC）による室内汚染が懸念されている。

MVOCは、真菌などの微生物が室内の有機物（畳、木材、紙、布、食品の粉や飛まつ、石鹸かす、あか、ふけ、など）を代謝し、産生する揮発性有機化合物の総称である〔1〕。湿度環境の悪化によるシックハウス症状の増加は過去に本研究班でも明らかにしてきたが、そのメカニズムとしてMVOCの介在の可能性がある。Fiedlerら〔2〕は、12の菌種を4種類の培地で培養し、MVOCとして150化合物を報告しており、アルコール類、ケトン類、アルデヒド類、テルペン類の他、硫化物、窒素化合物など様々な化合物が含まれる。このうち、Wessenら〔3〕は、屋外と室内のMVOC濃度を測定し、屋外よりも室内で濃度の高かった23化合物は健康に影響を及ぼす可能性があると示唆している。

実験室で様々な真菌を培養してMVOCを測定した研究報告〔2、4-12〕から、菌種、菌株の違い、湿度や栄養素といった培養条件、成長ステージによって、様々な異なるMVOCが産生されることが明らかになってきた。その一方で、実際の室内空気中のMVOCの測定報告は少ない。また、一般的に日本では室内空気中化学物質の測定項目にこれら化合物は含まれず、住宅の室内空気中MVOCを測定した報告は無い。

そこで本研究ではシックハウス症状との関係が懸念される物質として新たにMVOCに着目し、全国6地域の一般住宅における室内空気中MVOC濃度を測定し、健康との関連を調べることにした。

B. 研究方法

1. 研究デザイン

本研究は、2003年から継続している厚生労働科学研究「全国規模の疫学研究によるシックハウスの実態と原因の解明（主任研究者岸玲子）」の一部であり、2006年度の調査結果をまとめた横断研究である。

2. 研究対象

平成17年の調査対象住宅のうち、同意を得られた住宅 全国6地域182軒、およびその全居住者624人を対象とした。

3. 調査実施時期

平成18年10月から平成19年1月の間に質問紙調査および住宅環境測定を実施した。

4. 住宅環境測定

4-1) MVOC類

SUPELCO VOC-SD サンプラー (Sigma-Aldrich Corporation) を壁から100cm以上離れていて、床から100-150cmの位置に設置し、48時間かけて室内空気を捕集した。MVOCは8物質(2-ヘキサノン、2-ヘプタノン、3-オクタノン、3-メチル-1-ブタノール、1-ペンタノール、2-ペンタノール、3-オクタノール、1-オクテン-3-オール)をGC/MSで分析した。分析は中央労働災害防止協会 大阪労働衛生総合センターで実施した。

4-2) アルデヒド・VOC類

SUPELCO DSD-DNPH サンプラー (アルデヒド類)、SUPELCO VOC-SD サンプラー (VOC類) (いずれもSigma-Aldrich Corporation) を壁から100cm以上離れていて、床から100-150cmの位置に設置し、24時間かけて室内空気を捕集した。アルデヒド類はHPLCを用いて中央労働災害防止協会 大阪労働衛生総合センターで分析した。VOC類はGC/MSを用いて中央労働災害防止協会 労働衛生調査分析センターで分析した。

4-3) 真菌

室内空気中真菌は、DG-18 寒天培地を装着したSASサンプラー (AINEX BIO-SAS, AINEX Co., Ltd.)により、0.1 m³の空気を吸引した。27°Cで10日間培養後、真菌同定およびコロニー数の計測を実施した。同定は三菱化学 BCLで行った。

4-4) ダニアレルゲン量

居間中央部の床を、専用紙パックを装着したハンドクリーナーで吸引・集塵した。ELISA法で塵 1g あたりのダニアレルゲン量を測定した。測定は、ニチニチ製薬株式会社で実施した。

4-5) 温度・湿度

おんどとり TR-72U (T&D 社製) を用いて、居間の温度と湿度を 48 時間測定し、平均温度・湿度を求めた。

5. 質問紙調査票

5-1) 住居に関する調査

各住居につき 1 部を配付し、世帯主もしくはそれに準ずる成人に記入を依頼した。1 年以内のリフォーム、芳香剤・防虫剤の使用、ペットの有無、床や壁の材質、換気や清掃状況など住居に関する内容 30 項目について質問した。住宅の湿度に関しては結露、眼に見えるカビの発生、濡れタオルの乾きにくさ、カビの臭い、過去 5 年間の水漏れの有無の 5 項目について調査をおこない、さらに 5 項目の合計を湿度環境指数とした。結露とカビ発生については、発生場所も確認した。また、農薬に関して建材の防蟻剤処理など 7 項目について質問した。フタル酸エステル類、リン酸トリエステル類を含むと考えられる什器・備品として 10 品目の家具や家電の設置状況、難燃加工・難燃素材のカーテン、敷物、壁紙クロス、天井クロス 4 項目の使用状況について質問した。

5-2) 健康に関する調査

各住居の住人全員に 1 部ずつ配付した。住宅由来の症状と考えられる自覚症状は、Andersson 1998 [13] によるシックビル質問票 MM40EA 日本語版 [14] の 5 症状 12 項目を利用した。なお、6 歳以下の未就学児には「とても疲れる」「頭が重い」といった精神・神経項目を除いた未就学用調査票を用い、4 症状 7 項目とした。シックハウス症候群の自覚症状に加えて、喫煙状況、在宅・睡眠時間、運動・栄養・ストレス状況、家・家具のにおいや室内の空気が気になるか、危険物や化学物質の取り扱い、アレルギー疾患による治療の有無などについて質問した。

6. 解析

6-1) シックハウス症候群の定義

本研究では、健康項目調査票に Andersson 1998 [13] によるシックビル質問票日本語版 [14] に合わせた自覚症状 5 症状 12 項目（未就学児は精神神経症状をのぞく 4 症状 7 項目）のうち、1 つでも「はい、よくあった（毎週のように）」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 Sick House Syndrome（以下 SHS）ありとした。症状別は、5 つの症状につき、それぞれの項目のうち 1 つでも「はい、よくあった（毎週のように）」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-症状別ありとした。

- ① 精神神経：とても疲れる、頭が重い、頭痛、はきけやめまい、集中できない（5 項目）
- ② 眼：目がかゆい・あつい・チクチクする（1 項目）
- ③ 鼻：鼻水・鼻づまり・鼻がムズムズする（1 項目）
- ④ 喉・呼吸器：声がかすれる・のどの乾燥、咳がでる（2 項目）
- ⑤ 皮膚：顔が乾燥・赤くなる、顔や耳がかさつく・かゆい、手が乾燥・かゆい・赤くなる（3 項目）

6-2) SHS との関連の検討時における、定量下限値 (Limit of detection, LOD) 未満の取り扱い

MVOC 類の LOD=0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満は 0.25 を代用入力した。

アルデヒド類、VOC 類の LOD（それぞれ 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）以下は 0.5 を代用入力した。

ダニアレルゲン量の LOD=0.10g/g fine dust 未満には 0.05 を代用入力した。

6-3) 解析方法

住宅調査票および健康調査票から、有訴数および有訴率を計算した。室内環境測定項目は、検出率、中央値または幾何平均値、および最小値、25%、75%、最大値を求めた。SHS と個人および住宅要因との関連は、 χ^2 検定を実施し、オッズ比 (95%信頼区間) を求めた。

MVOC と SHS の関連については、検出率が

25%以上の4化合物(3-メチル-1-ブタノール、1-ペンタノール、2-ペンタノール、2-ヘキサノン)、および8化合物の合計(Total 8 MVOC)について実施した。4化合物は定量下限値未満の未検出/検出の2群に、Total 8 MVOCは中央値の $2.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で2群にし、未検出(Total 8 MVOCは $2.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満)をリファレンスとして検出群(Total 8 MVOCは $2.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上)について χ^2 検定、およびオッズ比(95%信頼区間)を求めた。さらに、MVOC濃度とアルデヒド・VOC、真菌との関連はスピアマンの相関、MVOC濃度と住宅要因との関連は、Mann-Whitney U検定を実施した。

解析には全てSPSS ver. 14.0J for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)を用いた。

C. 研究結果

1. 対象住宅の特徴

全国6地域 182軒の対象住宅特徴を表1に示す。構造は木造住宅が全体の80%を占めた。築年数は2003年の調査時点での数値に経過した3年を加算して実際の築年数とした。最も多いのは築4年目の住宅で、全ての住宅は築3年以上、8年以下である。一部屋あたりの居住者数は、平均0.65人(SD±0.24)だった。1年以内にリフォームを行ったのは7軒(3.8%)、芳香剤は約25%、室内の防虫剤は約40%の住宅で使用していた。喫煙者のいる住宅は約20%、室内で居間にじゅうたんを敷き詰めている住宅は3.8%だった。掃除頻度は、2日に1回以上掃除をする家が56%、2日に1回以上窓を開ける家が77%だった。1回に窓を開ける時間が30分以内の住宅と1時間以上の住宅はほぼ半数ずつであった。

対象住宅の湿度環境を表2に示す。湿度環境のうち、最も有訴が多かったのは目に見えるカビの生育で約77%の住宅でみられた。結露は約67%の住宅で見られた。結露の場所は窓のみが最も多く、60%近くの住宅に生じていた。壁の結露は5%の住宅で、また3%の住宅では窓と壁の両方に結露が生じていた。カビ臭さと風呂場の濡れタオルの乾きにくさは20%の住宅で、水漏れは10%の住宅でみられた。これら5つの湿度環境の有訴を足し上げ

て湿度環境指数としたところ、有訴数が最も多いのは2つ、次いで1つまたは3つであった。湿度環境にひとつも有訴がない住宅が13%だった一方、5つの項目全てに「ある」と答えた住宅も3件(1.6%)あった。

2. 対象者の特徴

対象者の特徴を表3に示す。対象者の男女比は、若干女性が多かった。年齢は19歳以下と40-59歳が30%ずつ、20-39歳が20%、60歳以上が15%だった。現在の喫煙は10%、ストレスレベルが高いは26%、ぐっすり眠れないは34%、週1回以上運動する者は48%であった。現在のアレルギー治療は17%だった。

3. SHSと住宅要因、個人要因との関連

SHSの有訴率を表4に示す。5症状のうちいずれか1つ以上の症状があるSHS有訴率は5.6%だった。症状別にみると、最も有訴率が高いのが鼻症状の3.8%、次いで喉・呼吸器症状の2.2%だった。

χ^2 検定でSHS有訴と住宅要因で有意差が見られた項目を表5に示す。1年以内のリフォームOR 3.87, 95%CI:1.24, 12.07、絨毯/カーペットの敷き詰めOR 3.87, 95%CI:1.24, 12.07、1回の窓の開放時間が短いことOR 2.58, 95%CI:1.25, 5.31であった。統計学的には有意でなかったが、芳香剤の使用がある住宅の方がSHSの有訴が低い傾向が見られた($p=0.069$)。

χ^2 検定によりSHS有訴と個人要因で有意が見られた項目を表6に示す。年齢グループ(19歳以下をリファレンスとして60歳以上であることOR 0.22, 95%CI:0.05, 0.95)、現在のアレルギー治療(OR 3.14, 95%CI:1.52, 6.45)、ストレスレベルが高いこと(OR 2.23, 95%CI:1.10, 4.53)であった。「ぐっすり眠れないこと」と「週1回以上の運動」は統計学的に有意ではなかったものの、有意な傾向が見られた(それぞれ $p=0.058, 0.054$)。

4. 室内環境調査

4-1) MVOC類

室内のMVOCの測定値(表7)を示す。最も高濃度のMVOCは1-ペンタノールで、幾何平均値は $0.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、検出率は56%だった。以下、検出率の多い順に3-メチル-1-ブタノール

ル ($0.55 \mu/m^3$, 49%)、2-ペンタノール ($0.40 \mu/m^3$, 32%)、2-ヘキサノン ($0.34 \mu/m^3$, 28%)、1-オクテン-3-オール ($0.29 \mu/m^3$, 11%)、2-ヘプタノン ($0.28 \mu/m^3$, 10%)、3-オクタノン ($0.26 \mu/m^3$, 4.4%) だった。3-オクタノールはすべての住宅で定量下限値未満だった。

4-2) その他の住宅環境調査

測定中の室内平均温度は 22°C 、平均湿度は 54% だった (表 8)。アルデヒド・VOC (表 9)、真菌同定結果 (表 10)、ダニアレルゲン量 (表 11) の測定結果を示す。室内濃度が高かったアルデヒド類は、ホルムアルデヒド (幾何平均値 $32.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、アセトアルデヒド ($15.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、アセトン ($22.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) で、検出率がすべて 95% 以上だった。また、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの厚生労働省の指針値 (それぞれ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) を超えていた住宅は、それぞれ 7, 14 軒だった。VOC 類は検出率の高い順に n-ウンデカン (幾何平均値 $4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 検出率 56%)、リモネン ($3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 51%)、トルエン ($2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 45%)、パラジクロロベンゼン ($3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 37%)、 α ピネン ($2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 35%) などであった。パラジクロロベンゼンの指針値 ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) を超えた住宅は 11 軒、TVOC の指針値 ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$) を超えた住宅は 13 軒だった。トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレンで指針値を超えた住宅はなかった。真菌は最も多く検出されたのが *Cladosporium* 属 (中央値 $190 \text{CFU}/\text{m}^3$ 、検出率 89%)、次いで *Penicillium sp.* ($20 \text{CFU}/\text{m}^3$, 78%)、*Aspergillus* 属 ($10 \text{CFU}/\text{m}^3$, 52%) だった。総真菌量の中央値は $330 \text{CFU}/\text{m}^3$ 、99% の住宅から何らかの真菌が検出された。Der f1 は中央値 $1.65 \text{g}/\text{g}$ fine dust、90% の住宅で検出されたが、Der p1 の検出率は 40% だった。Der1 (Der f1 と Der p1 の和) の中央値は $2.47 \text{g}/\text{g}$ fine dust、91% の住宅で検出された。

5. MVOC 類と真菌量の相関

MVOC と真菌量の相関を表 12 に示す。MVOC の中では 1-ペンタノールと 2-ヘキサノンがもっとも強い正の相関を示した ($r=0.688$, $p<0.000$)。その他の 2-ペンタノール、3-メ

チル-1-ブタノールも、互いに正の相関を示した ($r=0.174\sim 0.388$, いずれも $p<0.05$)。MVOC と真菌量は、*Cladosporium* 属と弱い負の相関を示す一方 ($r=-0.154\sim -0.257$)、*Aspergillus* 属とは正の関連であった (統計学的に有意となったのは 2-ペンタノールのみで、 $r=0.171$, $p<0.05$)。 *Penicillium sp.* と MVOC 濃度には関連は見られなかった。

6. MVOC 類と住宅要因

表 13 に MVOC 濃度と住宅要因の関連を示す。木造構造の住宅では、1-ペンタノールと 2-ヘキサノンが木造以外の構造の住宅よりも有意に高濃度だった。また床が板の住宅は板以外の住宅よりも 1-ペンタノールが有意に高濃度で、2-ヘキサノンは有意ではないものの高い傾向がみられた ($p=0.059$)。窓の開閉頻度が低い (2日に1回以下) 住宅で、頻繁に窓を開ける (2日に1回以上) 住宅よりも 3-メチル-1-ブタノールの濃度が高かった。さらに、1回の窓を開ける時間が 30 分以内の住宅では、1時間以上開ける住宅よりも、3-メチル-1-ブタノール、1-ペンタノール、2-ペンタノール、2-ヘキサノンすべての濃度が高かった。表 14 に MVOC 濃度と湿度環境の関連を示す。場所を問わずに結露の有無と MVOC 濃度との関連は見られなかったが、壁に結露がある場合は Total 8 MVOC 濃度が有意に高く、2-ペンタノールは高い傾向が見られた ($p=0.096$)。さらに壁と窓の両方に結露がある場合は 2-ペンタノールおよび Total 8 MVOC 濃度は有意に高かった。目に見える真菌の有無、かび臭さ、濡れタオルの乾きにくさ、水漏れ、といったそのほかの湿度環境と MVOC 濃度には関連は見られなかった。

7. MVOC 類の健康影響

測定した MVOC のうち、検出率が 25% 以上の 4 種 (3-メチル-1-ブタノール、1-ペンタノール、2-ペンタノール、2-ヘキサノン) を、未検出をリファレンスとして検出された場合の SHS オッズ比 (95% 信頼区間、以下 95% CI:) を求めたところ (表 15)、2-ペンタノールは有意にオッズ比をあげた (OR 2.20, 95% CI: 1.11, 4.36)。その他の 3-メチル-1-ブタノール、1-ペンタノール、2-ヘキサノンおよ

び Total 8MVOC については、有意な関連はみられなかった。SHS 症状別で見た場合でも、2-ペンタノールは鼻症状、および喉・呼吸器症状で有意な関連が見られた（それぞれ、OR 2.74、95%CI:1.20, 6.22）、OR 3.04、95%CI:1.04, 8.88）。

D. 考察

1. MVOC 濃度と住宅との関連

本研究によって、日本の築8年以内の一般住宅の室内 MVOC 濃度の実態が初めて明らかになった。8種類の MVOC のうち、もっとも高頻度で検出され、平均濃度も高かった物質は1-ペンタノール（幾何平均値 $0.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、検出率 55%）、ついで3-メチル-1-ブタノール（ $0.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、49%）だった。Elke ら [15] の報告と比較すると、3-メチル-1-ブタノール濃度は真菌生育のある住宅で $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ない住宅でも $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と本研究よりも少し濃度が高い程度だった。最も高濃度検出されていた3-オクタノールは本研究では検出されなかった。Elke らは本研究同様拡散法サンプラーを用いているが測定期間が4週間と本研究よりも長い。Dewey ら [16] の報告した湿度環境が悪化して真菌が生育している住宅の2-ペンタノール、2-ヘプタノン、1-オクテン-3-オール、3-オクタノール濃度はいずれも本研究よりも高かったが、湿度環境に問題のない対照住宅の濃度は本研究結果よりも低かった。Dewey らはアクティブ法を用いている。本研究の濃度はすべての住宅の平均であるため、Dewey らによるケース/コントロールの中間の値になったと考えられる。

本研究では、MVOC 濃度が室内空気中化学物質と相関を示した。特にアセトアルデヒドは1-ペンタノールや3-メチル-1-ブタノールともそれぞれ相関係数が0.5前後であった。Bartlett ら [17] は、*Fusarium verticillioides* の培養2日目でアセトアルデヒド、エタノール、1-ペンタノールが、次いで5日目から3-メチル-1-ブタノールが多くなることを示している。本研究ではアセトアルデヒドは96%の住宅で測定されており、このうちの一部は MVOC 同様真菌によって放散されている可能

性がある。一方、MVOC 濃度と気中真菌量とは *Cladosporium* 属とは負の相関、*Aspergillus* 属とは正の関連（有意差は2-ペンタノールのみ）がみられた。MVOC 濃度と真菌量との逆相関は Kim らも報告しており、この理由として、窓の開閉習慣の関与を示唆している。本研究でも、窓の開放時間が長くなると MVOC 濃度が有意に低いが、反面、*Cladosporium* 属の真菌数が有意に多いため（data not shown）、負の相関が得られたと考えられる。なお、窓の開放時間と *Aspergillus* 属の真菌数には有意な関連は見られなかった。

さらに、Menetrez らは [5] いくつかの真菌を培養してピーク時の MVOC の放散レベルを測定したところ、MVOC の放散濃度が多いのは *Rhodotorula* 属（ $515 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、*Aspergillus* 属（ $63.7\text{--}205 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、*Penicillium* 属（ $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）であった一方、*Cladosporium* の放散量は $33.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と少なかった。さらに、*Cladosporium* が放散する MVOC のうちアルコール類とケトン類は 5.1% と少なかったことを報告している。本研究では MVOC 放散量が少ないとされた *Cladosporium* 属が主要真菌で約 60% を占め、測定した MVOC はアルコール類とケトン類のみである。また、これらの MVOC は真菌のみならず、放線菌 [6] や *Bacillus spp* [18] から産生されている。今回測定された室内空気中の MVOC 発生源としては室内気中真菌以外にもその可能性がある。

MVOC 濃度は、結露の有無とは有意な関連が見られなかった。本研究では、平均室内湿度は 54% と高くはなく、室内湿度と MVOC 濃度にも有意な相関は見られなかった。しかし、壁と窓の両方に結露がある住宅では有意に MVOC 濃度が高かった。Korpi [19] は、異なる湿度で微生物の混合培養を建材（壁表面の石膏ボードと壁紙、床材や壁の素材となる樹脂合板とガラスウール、浴室の床に用いられるセラミックタイルの3種）を用いて実施した。湿度が 90–92% で微生物を接種した樹脂合板からは、3-メチル-1-ブタノール、1-ペンタノール、1-ヘキサノールが産生されたと報告している。さらに、一旦湿度が 90% 以上と

高くなると、湿度が 32-33%に低下しても建材中の湿気は高く保たれることを示している。今回の結果から、窓枠のみの結露では真菌生育は少ないが、壁に結露がある場合は室内湿度が低くても局所の湿度が高くなるため建材に真菌が生息し、MVOC を産生している可能性が示唆された。

本研究では、かび臭さと MVOC 濃度に関連が見られなかった。これは、MVOC の中でもかび臭の原因とされる 2-ヘプタノン や 1-オクテン-3-オール [21] の検出が低かったためと考えられる。さらに、今回は分析しなかったかび臭の原因化合物である 2-メチル-1-プロパノールや、硫化物類を分析に加える必要があるだろう。

限界と今後の課題として、本研究ではパッシブ法で室内 MVOC 濃度を測定したことがあげられる。パッシブ法の測定は検出下限値がアクティブ法より高く、検出率が低くなることが結果を歪めている可能性がある。しかし、本研究では実際に何らかの MVOC が 80%近い住宅で検出され、平均濃度も Elke ら [14] や Dewey ら [15] の研究と近似であったため、測定方法としては妥当性があると考えられる。本研究で用いた測定した方法は簡便なため、今後さらに大規模な疫学調査での使用が可能である。今後さらに対象住宅を増やすことで検出率を上げ、住環境と MVOC 濃度とのより詳細な関連を示すことが可能になるだろう。

本研究では MVOC 濃度を居間のみで測定した。そのため、目に見える真菌の生育、風呂場の湿度、かび臭さ、水漏れといった湿度環境と MVOC に有意な関連が見られなかった可能性がある。本研究での MVOC 濃度は低く、例えば浴室や脱衣所の真菌生育を居間の MVOC 濃度が反映していない可能性がある。建材中の真菌生育については、結露のある壁や床をぬぐって微生物量を測定することで、MVOC 濃度との関連について検討することが可能になると考えられる。

本研究結果は、MVOC 濃度と窓の開放時間の関連を示した。室内あるいは建材に真菌が生育して MVOC を産生しても、長時間窓を開けることで室内空気中の MVOC 濃度を低下させる

ことができることを示した。今後、換気扇やエアコンの使用などの換気システムと MVOC 濃度との関連についての解析を実施する予定である。

2. MVOC 濃度と症状との関連

本研究から、MVOC のうち 2-ペンタノールの存在が SHS、特に鼻や喉・呼吸器症状に影響する結果が得られた。

2-ペンタノールの鼻・呼吸器への作用機序としては、先行研究から下記の仮説が考えられる。

① 動物実験で *Penicillium* 種と *Trichoderma viride* が産生する VOC が呼吸器粘膜の毛様態運動に作用し、細胞からの炎症メディエーターを放出させたことから [19]、2-ペンタノールの暴露により、炎症メディエーターが産生されて呼吸器刺激が起こった。

② MVOC が細胞毒性 [20] を引き起こすという報告から、低濃度ではあるが 2-ペンタノールの慢性暴露により鼻粘膜細胞の損傷が起こり、他のアレルゲン接触時に症状が誘発されやすくなった。

本研究で測定された 2-ペンタノールをはじめとする MVOC 濃度は Pasanen ら [8] が示した空気中で刺激となりうる MVOC 濃度よりも低い。しかし、非常に低濃度の MVOC も暴露されれば健康への影響がある可能性が示唆された。

限界と今後の課題としては、MVOC と SHS の関係は未検出をリファレンスとして検出された場合のオッズ比で示したため、量-反応関係を示すものではない。しかし、本研究から非常に低濃度であっても健康への影響がある可能性が示唆されたため、今後より大規模での疫学研究や、2-ペンタノールの暴露実験により、その健康影響について詳細に検討する必要があると思われる。

今回 MVOC と SHS の解析には、以前より SHS の原因として指摘されている他の室内環境測定値、例えばホルムアルデヒドなどの化学物質や真菌量の影響を考慮していない。今後、他の室内環境要因も含めた多変量解析を実施するなど、より詳細な解析が必要である。

厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機管理研究事業）
分担研究報告書

MVOC として 8 化合物の分析にとどまった。MVOC 濃度は相互に相関関係が見られたことから、今回測定していない MVOC、例えば上気道症状との関連が指摘されている 3-メチルフラン [22] がその背後に影響している可能性がある。また、カビ臭の原因と考えられる 2-メチル-1-ブタノールやジオスミンも、今後分析に加えて検討する必要があるだろう。

E. 結論

これまでは SHS との関連が不明であった MVOC が SHS のリスクになる可能性が、本研究によって示された。MVOC のうち 2-ペンタノールが室内空気に含まれることで、SHS 症状に影響することが示された。2-ペンタノールは、壁・窓の両者に結露が見られる住居での濃度が高く、結露ができた壁の建材中に真菌などの微生物が生育している可能性がある。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

学会発表

- 1) 荒木敦子、河合俊夫、永滝陽子、竹田誠、金澤文子、森本兼囊、中山邦夫、柴田英治、田中正敏、瀧川智子、吉村健清、力寿雄、岸玲子：「全国 6 地域の一般住宅におけるシックハウス症候群の実態と原因の解明 - 第 4 報室内空気質中 Microbial VOC 類の濃度と住環境との関係 -」、第 78 回日本衛生学会総会、熊本（2008. 3. 28-31）

参考文献

- [1] 鳥居新平、アレルギーの臨床、25, 542-546(2005)
- [2] Fiedler K *et al.*, Int J Hyg Environ Health 204, 111-121(2001)
- [3] Wessen B and Schoeps KO, Analyst 121, 1203-1205(1996)
- [4] Schleibinger H *et al.*, Indoor Air 15, s98-104(2005)
- [5] Menetrez Y and foarde KK, Indoor

- Built Environ 11, 208-213(2002)
- [6] Scholler CEG *et al.*, J Agric Food Chem 50, 2615-2621(2002)
- [7] Wilkins K *et al.*, Chemosphere 41, 473-446(2000)
- [8] Pasanen P *et al.*, Environment Internation 23, 425-432(1997)
- [9] Pasanen AL *et al.*, Environment Internation 24, 703-712(1998)
- [10] Korpi A *et al.*, Applied Eiviron Michob 64, 2914-4919(1998)
- [11] Bjurman J *et al.*, Indoor Air 7, 2-7(1997)
- [12] Sunesson AL *et al.*, Ann Occup Hyg 40, 397-410(1996)
- [13] Andersson K, Indoor Air s4, 32-39(1998)
- [14] Mizoue M, *et al.*, American Journal of Epidemiology, 2001. 154:803-808.
- [15] Elke K *et al.*, J Environ Monit 1, 445-452(1999)
- [16] Dewey S *et al.*, Zentralblatt fur Hygiene und Umweltmedizin 197k 504-515(1995)
- [17] Bartlet RJ and Wicklow DT, J Agric Food Chem 47, 2447-2454(1999)
- [18] Wright SJT *et al.*, Letters in Applied Microbiology 13, 130-132(1991) Kaminski E *et al.*, Applied Microbiology 24, 721-726(1972)
- [19] Joki S, *et al.*, In: Indoor Air' 93 1, 259-263(1993)
- [20] Kreja L and Seidel HJ, Mutation Research 513, 143-150(2002)
- [21] Horner WT and Miller JD, ASHRAE Transactions: Research 215-231(2003)
- [22] Walinder R *et al.*, Environ Health Perspect 113, 1775-1778(2005)

厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機管理研究事業）
分担研究報告書

表 1：対象住宅の特徴

	N=182	%
構造 (2003年調査票より)		
木造	144	79.1
その他	35	19.2
築年数 (2003年調査票に3年を加算)		
3-5年	132	72.6
6-8年	48	26.3
人口密度 (居住者数/部屋数 Mean±SD)	0.65	0.24
1年以内のリフォーム		
はい	7	3.8
いいえ	175	96.2
芳香剤の使用		
はい	45	24.7
いいえ	137	75.3
防虫剤の使用		
はい	69	37.9
いいえ	113	62.1
室内のペット		
はい	60	33.0
いいえ	121	66.5
喫煙者の有無		
はい	36	19.8
いいえ	146	80.2
床材		
木材	169	92.9
その他	8	4.3
壁材		
壁紙	159	87.4
塗り壁	23	12.6
絨毯/カーペットの敷き詰め		
はい	7	3.8
いいえ	175	96.2
床掃除の頻度		
2日に1回未満	79	43.4
2日に1回以上	102	56.0
窓開放の頻度		
2日に1回未満	37	20.3
2日に1回以上	140	76.9
1回の窓開放時間		
30分未満	76	41.3
1時間以上	99	54.4

表 2：対象住宅の湿度環境

	N=182	%
眼に見えるカビの生育		
あり	140	76.9
なし	42	23.1
結露		
あり	121	66.5
窓の結露	107	58.8
壁の結露	9	4.9
窓と壁の結露	6	3.3
なし	60	33.0
カビ臭さ		
あり	37	20.3
なし	144	79.1
濡れタオルの乾きにくさ		
あり	35	19.2
なし	146	80.2
5年以内の水漏れ		
あり	20	11.0
なし	161	88.5
湿度環境指数 (0-5)		
0	23	12.6
1	39	21.4
2	65	35.7
3	39	21.4
4	13	7.1
5	3	1.6

表3：対象者の特徴

	N=624	
	N	%
使用した質問表		
就学児以上用	562	90.1
未就学児用	62	9.9
性		
男性	302	48.4
女性	322	51.6
年齢グループ		
-19	199	31.9
20-39	136	21.8
40-59	193	30.9
60-	91	14.6
現在のアレルギー		
はい	104	16.7
家で過ごす時間		
13時間以上	413	66.2
12時間以下	207	33.2
現在の喫煙		
はい	56	9.0
いいえ	566	90.7
労働時間		
10時間以上	163	26.1
9時間以下	450	72.1
よく眠れるか		
はい	190	30.4
いいえ	431	69.1
ストレスレベル		
多い	154	24.7
普通、あるいは少ない	466	74.7
運動習慣		
週1回以上	272	43.6
週1回未満	350	56.1
飲酒習慣		
週1回以上	220	35.3
週1回未満	399	63.9
毎日の朝食		
はい	569	91.2
いいえ	53	8.5

表4：シックハウス症候群の有訴

	N=624	
	N	%
シックハウス症候群（いずれかの症状が、いつもある）	35	5.6
シックハウス症候群（症状別、いつもある）		
SHS-眼症状	5	0.8
SHS-鼻症状	24	3.8
SHS-喉・呼吸器症状	14	2.2
SHS-皮膚症状	8	1.3
SHS-精神・神経症状	6	1.0

厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機管理研究事業）
分担研究報告書

表5：SHSと住宅要因との関連

		SBS		OR	95%CI	p-value
		Yes (%)	No (%)			
構造	木造	30	462.0	2.00	0.69 5.78	0.274
		6.1	93.9			
	その他	4	123.0			
		3.1	96.9			
築年数	3-5年	28	513.0	0.67	0.27 1.68	0.426
		5.2	94.8			
	6-8年	6	74.0			
		7.5	92.5			
1年以内のリフォーム	はい	4	19.0	3.87	1.24 12.07	0.034*
		17.4	82.6			
	いいえ	31	570.0			
		5.2	94.8			
芳香剤の使用	はい	4	151.0	0.37	0.13 1.08	0.069†
		2.6	97.4			
	いいえ	31	438.0			
		6.6	93.4			
防虫剤の使用	はい	12	223.0	0.86	0.42 1.75	0.723
		5.1	94.9			
	いいえ	23	366.0			
		5.9	94.1			
室内のペット	はい	10	198.0	0.78	0.37 1.66	0.584
		4.8	95.2			
	いいえ	25	386.0			
		6.1	93.9			
喫煙者の有無	はい	7	118.0	1.00	0.43 2.34	1.000
		5.6	94.4			
	いいえ	28	471.0			
		5.6	94.4			
床材	木材	34	551.0	2.10	0.28 15.79	0.713
		5.8	94.2			
	その他	1	34.0			
		2.9	97.1			
壁材	壁紙	25	372.0	1.46	0.69 3.09	0.370
		6.3	93.7			
	その他	10	217.0			
		4.4	95.6			
絨毯／カーペットの敷き詰め	はい	4	19.0	3.87	1.24 12.07	0.034*
		17.4	82.6			
	いいえ	31	570.0			
		5.2	94.8			
床掃除の頻度	2日に1回未満	17	229.0	1.53	0.76 3.06	0.280
		6.9	93.1			
	2日に1回以上	17	350.0			
		4.6	95.4			
窓開放の頻度	2日に1回未満	6	101.0	1.03	0.41 2.56	1.000
		5.6	94.4			
	2日に1回以上	27	468.0			
1回の窓開放時間	30分未満	22	234.0	2.58	1.25 5.31	0.012*
		8.6	91.4			
	1時間以上	12	329.0			
		3.5	96.5			
結露	はい	25	400.0	1.17	0.55 2.48	0.852
		5.9	94.1			
	いいえ	10	187.0			
		5.1	94.9			
目に見えるかびの生育	はい	29	474.0	1.17	0.48 2.89	0.829
		5.8	94.2			
	いいえ	6	115.0			
		5.0	95.0			
かび臭	はい	6	119.0	0.81	0.33 2.00	0.829
		4.8	95.2			
	いいえ	29	466.0			
		5.9	94.1			
風呂場での濡れタオルの乾きにくさ	はい	9	116.0	1.40	0.64 3.07	0.389
		7.2	92.8			
	いいえ	26	470.0			
		5.2	94.8			
5年以内の水漏れ	はい	2	73.0	0.43	0.10 1.82	0.296
		2.7	97.3			
	いいえ	33	514.0			
		6.0	94.0			

オッズ比は2x2表より計算
*p<0.05、**p<0.01、†p<0.1

厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機管理研究事業）
分担研究報告書

表 6 : SHS と個人要因との関連

		SBS N=624		OR	95%CI	p-value
		あり (%)	なし (%)			
性	男性	16	286.0	0.89	0.45 1.77	0.862
		5.3	94.7			
	女性	19	303.0			
		5.9	94.1			
年齢グループ	under 19	18	181.0	(reference)		
		9.0	91.0			
	20-39	5	131.0	0.38	0.14 1.06	0.065
		3.7	96.3			
	40-59	10	183.0	0.55	0.25 1.22	0.142
	5.2	94.8				
	60-	2	93.0	0.22	0.05 0.95	0.043*
		2.1	97.9			
現在の アレルギー	はい	13	91.0	3.14	1.52 6.45	0.004**
		12.5	87.5			
	いいえ	22	483.0			
		4.4	95.6			
家で過ごす 時間	13時間以上	24	389.0	1.10	0.53 2.29	0.856
		5.8	94.2			
	12時間以下	11	196.0			
		5.3	94.7			
現在の喫煙	はい	4	52.0	1.33	0.45 3.91	0.545
		7.1	92.9			
	いいえ	31	535.0			
		5.5	94.5			
労働時間	10 hours or more	10	153.0	1.11	0.52 2.37	0.844
		6.1	93.9			
	9 hours or less	25	425.0			
		5.6	94.4			
よく眠れるか	いいえ	16	174.0	1.99	1.00 3.97	0.058 [†]
		8.4	91.6			
	はい	19	412.0			
		4.4	95.6			
ストレスレベル	高い	14	140.0	2.23	1.10 4.53	0.039*
		9.1	90.9			
	普通、あるいは少ない	20	446.0			
		4.3	95.7			
運動習慣	週1回以上	21	251.0	2.33	1.07 5.03	0.054 [†]
		7.7	92.3			
	週1回未満	14	336.0			
		4.0	96.0			
飲酒習慣	週1回以上	11	209.0	0.82	0.39 1.71	0.717
		5.0	95.0			
	週1回未満	24	375.0			
		6.0	94.0			
毎日の朝食	いいえ	33	536.0	1.57	0.37 6.73	0.759
		5.8	94.2			
	はい	2	51.0			
		3.8	96.2			

オッズ比は2x2表より計算(年齢グループは除く)

*p<0.05、**p<0.01、[†]p<0.1

表7：室内空气中MVOC濃度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

N=182

	幾何平均値	Min	Max	25-75%	検出率(%)
3-メチル-1-ブタノール	0.55	<LOD	10.6	<LOD-1.12	48.9
1-ペンタノール	0.64	<LOD	12.2	<LOD-1.47	54.9
2-ペンタノール	0.40	<LOD	4.2	<LOD-0.63	31.9
2-ヘキサノン	0.34	<LOD	2.6	<LOD-0.53	28.0
2-ヘプタノン	0.28	<LOD	1.5	<LOD-<LOD	9.9
3-オクタノン	0.26	<LOD	1.9	<LOD-<LOD	4.4
3-オクタノール	<LOD				0.0
1-オクテン-3-オール	0.29	<LOD	8.6	<LOD-<LOD	11.0
Total 8MVOC	3.57	<LOD	16.9	<LOD-16.85	78.0

<LOD; Limit of Detection $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

表8：室内測定中の平均温度・湿度

N=182

	平均値	最小	-25%	中央値	-75%	最大
平均温度(°C)	21.9	14.2	19.5	22.1	24.5	27.9
平均湿度(%)	54.1	24.8	48.4	55.1	59.9	81.7

厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機管理研究事業）
分担研究報告書

表 9：室内空气中化学物質濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

N=182

	幾何平均値	最小	-25%	中央値	-75%	最大	検出率(%)	指針値を超えた住宅数
Formaldehyde	32.2	<LOD	21.3	32.6	46.9	120.1	99.5	7
Acetaldehyde	15.7	<LOD	10.9	16.4	25.0	164.8	96.2	14
Aceton	22.6	<LOD	15.6	20.7	29.9	1738.3	98.9	-
Acrolein	1.7	<LOD	<LOD	<LOD	9.4	68.5	35.7	-
Propionaldehyde	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	11.5	2.2	-
Crotonaldehyde	0.7	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	76.5	14.8	-
n-Butyraldehyde	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	5.8	0.5	-
Benzaldehyde	0.8	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	11.9	19.2	-
iso-Valeraldehyde	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	8.7	2.2	-
Valeraldehyde	0.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	6.9	4.4	-
Total Toluualdehyde	1.2	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	79.8	2.4	-
Hexaldehyde	1.7	<LOD	<LOD	<LOD	7.3	33.8	42.3	-
2, 5-Dimethylaldehyde	0.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	15.1	4.9	-
Methylethylketone	0.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	101.7	5.5	-
Ethylacetate	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	31.2	2.2	-
n-Hexane	0.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	32.3	4.4	-
Chloroform	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	20.6	0.5	-
2, 4-Dimethylpentane						<LOD	0.0	-
1, 2-Dichloroethane	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	14.1	0.5	-
1, 1, 1-Trichloroethane	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	14.0	1.1	-
1-Butanol	0.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	67.4	2.7	-
Benzene	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	14.3	1.1	-
Carbon Tetrachloride	0.5					<LOD	0.0	-
1, 2-Dichloropropane	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	11.0	0.5	-
Trichloroethylene	0.5					<LOD	0.0	-
n-Heptane	0.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	56.8	4.9	-
Methylisobutylketone	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	19.9	0.5	-
Toluene	2.4	<LOD	<LOD	<LOD	13.4	233.7	44.5	0
Chlorodibromomethane	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	22.7	0.5	-
Buthylacetate	0.7	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	95.3	11.0	-
n-Octane	0.7	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	48.3	8.8	-
Tetrachloroethylene	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	31.7	1.6	-
EB	0.7	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	69.5	8.8	0
Total Xylene	1.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	146.2	14.3	0
Styrene	0.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	37.8	3.3	0
n-Nonane	0.9	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	137.2	15.9	-
α -Pinene	2.0	<LOD	<LOD	<LOD	14.7	467.5	34.6	-
Total TMB	2.1	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	170.8	11.5	-
n-Decane	1.6	<LOD	<LOD	<LOD	12.4	193.6	31.9	-
p-DCB	3.0	<LOD	<LOD	<LOD	27.0	2386.5	36.8	11
Limonene	3.5	<LOD	<LOD	10.1	18.4	514.6	51.1	-
n-Undecane	4.1	<LOD	<LOD	11.1	19.3	295.8	56.0	-
TVOC	79.4	16.0	35.1	76.1	148.1	2798.9	85.2	13

LOD, Limit of Detection

厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機管理研究事業）
分担研究報告書

表 10：室内空气中真菌同定（CFU/m³）

N=182

	最小	-25%	中央値	-75%	最大	検出率(%)
総真菌量	0	150	330	550	3490	98.9
◆Alternaria属	0	0	0	0	50	15.9
◆Aspergillus属	0	0	10	20	950	51.6
◆Aureobasidium属	0	0	0	0	20	9.9
◆Candida属	0	0	0	0	200	18.7
◆Cladosporium属	0	40	190	382.5	3340	88.5
◆Cryptococcus属	0	0	0	0	80	9.9
◆Eurotium属	0	0	0	0	500	11.0
◆Rhodotorula属	0	0	0	10	150	29.1
<i>Acremonium sp.</i>	0	0	0	0	30	2.7
<i>Acrodontium sp.</i>	0	0	0	0	20	1.6
<i>Alternaria sp.</i>	0	0	0	0	50	3.8
<i>Alternaria alternata</i>	0	0	0	0	50	12.1
<i>Arthrinium sp.</i>	0	0	0	10	230	29.7
<i>Aspergillus sp.</i>	0	0	0	0	900	22.0
<i>Aspergillus flavus</i>	0	0	0	0	40	3.3
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0	0	0	0	150	4.9
<i>Aspergillus niger</i>	0	0	0	0	60	17.0
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0	0	0	0	80	2.7
<i>Aspergillus restrictus</i>	0	0	0	0	20	0.5
<i>Aspergillus sydowii</i>	0	0	0	0	230	12.6
<i>Aspergillus terreus</i>	0	0	0	0	10	2.2
<i>Aureobasidium pullulans</i>	0	0	0	0	20	9.9
<i>Botrytis sp.</i>	0	0	0	0	90	3.3
<i>Candida sp.</i>	0	0	0	0	70	14.3
<i>Candida guilliermondii</i>	0	0	0	0	200	2.2
<i>Candida parapsilosis</i>	0	0	0	0	20	2.2
<i>Chrysosporium sp.</i>	0	0	0	0	20	1.6
<i>Cladosporium sp.</i>	0	0	0	0	190	1.6
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	0	30	160	382.5	3340	83.0
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	0	0	0	0	210	9.3
<i>Cryptococcus sp.</i>	0	0	0	0	20	1.1
<i>Cryptococcus albidus</i>	0	0	0	0	80	8.8
<i>Curvularia sp.</i>	0	0	0	0	120	8.2
<i>Drechslera sp.</i>	0	0	0	0	40	0.5
<i>Engyodontium sp.</i>	0	0	0	0	10	0.5
<i>Epicoccum sp.</i>	0	0	0	0	10	0.5
<i>Eupenicillium sp.</i>	0	0	0	0	40	2.7
<i>Eurotium sp.</i>	0	0	0	0	420	2.7
<i>Eurotium chevalieri</i>	0	0	0	0	110	1.1
<i>Eurotium herbariorum</i>	0	0	0	0	390	8.8
<i>Exophiala sp.</i>	0	0	0	0	10	1.1
<i>Fusarium sp.</i>	0	0	0	0	50	13.2
<i>Fusarium moniliforme</i>	0	0	0	0	30	2.7
<i>Hansfordia sp.</i>	0	0	0	0	10	0.5
<i>Hyalodendron sp.</i>	0	0	0	0	30	4.4
<i>Nigrospora sp.</i>	0	0	0	0	20	2.7
<i>Paecilomyces sp.</i>	0	0	0	0	20	3.8
<i>Penicillium sp.</i>	0	10	20	50	2210	78.0
<i>Periconia sp.</i>	0	0	0	0	20	2.7
<i>Pestalotiopsis sp.</i>	0	0	0	0	40	14.8
<i>Phoma sp.</i>	0	0	0	0	10	3.8
<i>Pithomyces sp.</i>	0	0	0	0	20	1.6
<i>Rhinocladiella sp.</i>	0	0	0	0	30	0.5
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0	0	0	0	10	0.5
<i>Rhodotorula sp.</i>	0	0	0	0	130	18.7
<i>Rhodotorula minuta</i>	0	0	0	0	10	0.5
<i>Rhodotorula rubra</i>	0	0	0	0	150	9.9
<i>Scopulariopsis sp.</i>	0	0	0	0	70	0.5
<i>Schizophyllum commune</i>	0	0	0	0	320	3.8
<i>Stachybotrys sp.</i>	0	0	0	0	10	0.5
<i>Syncephalastrum sp.</i>	0	0	0	0	20	1.1
<i>Thysanophora sp.</i>	0	0	0	0	20	3.3
<i>Trametes sp.</i>	0	0	0	0	10	1.1
<i>Trichoderma sp.</i>	0	0	0	0	10	0.5
<i>Trichosporon sp.</i>	0	0	0	0	50	2.2
<i>Trichothecium roseum</i>	0	0	0	0	10	0.5
<i>Ulocladium sp.</i>	0	0	0	0	10	0.5
<i>Wallemia sebi</i>	0	0	0	0	860	6.0
<i>Yeast like organism</i>	0	0	0	0	40	0.5
<i>Zygosporium sp.</i>	0	0	0	0	10	1.1
Unidentified fungi	0	0	10	30	720	52.7

厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機管理研究事業）
分担研究報告書

表 11：床上ダスト中ダニアレルゲン量 (g/g fine dust) N=180

	最小	-25%	中央値	-75%	最大	検出率(%)
Der p1	0.04 <LOD	<LOD	<LOD	0.42	348.18	39.0
Der f1	<LOD	0.40	1.65	5.28	502.00	89.6
Der 1(Der p1+Der f1)	<LOD	0.53	2.47	8.83	502.27	91.2

欠損住宅2軒(ダスト不足のため)
LOD, Limit of Detection

表 12：MVOC と真菌との相関

	R				
	1-Pentanol	2-Pentanol	3-Methyl-1-butanol	2-Hexanone	Total 8MVOC
2-Pentanol	0.187*	-	-	-	-
3-Methyl-1-butanol	0.274**	0.383**	-	-	-
2-Hexanone	0.688**	0.174*	0.322**	-	-
総真菌量	-0.186*	-0.138	-0.124	-0.091	-0.237**
<i>Aspergillus</i> 属	0.099	0.171*	0.120	0.116	0.168*
<i>Cladosporium</i> 属	-0.257**	-0.220**	-0.233**	-0.154*	-0.342**
<i>Penicillium</i> sp.	0.002	0.001	0.030	-0.009	-0.015

R: Spearmanの相関係数
*P<0.05, **P<0.01

表 13：MVOC 濃度と住宅要因との関係

		3-methyl-1-butanol		1-pentanol		2-pentanol		2-hexanone		Total 8MVOC	
		GM ^{a)}	p-value ^{b)}	GM	p-value	GM	p-value	GM	p-value	GM	p-value
		築年	3-5年	0.55	0.3	0.63	0.522	0.40	0.123	0.34	0.824
	6-8年	0.64		0.54		0.49		0.34		3.61	
1年以内のリフォーム	はい	0.74	0.3	0.64	0.939	0.38	0.793	0.29	0.424	3.48	0.979
	いいえ	0.54		0.64		0.40		0.34		3.57	
芳香剤の使用	はい	0.50	0.6	0.60	0.728	0.37	0.422	0.33	0.697	3.27	0.388
	いいえ	0.56		0.65		0.41		0.35		3.67	
防虫剤の使用	はい	0.59	0.4	0.63	0.985	0.38	0.392	0.36	0.340	3.51	0.833
	いいえ	0.52		0.64		0.41		0.33		3.60	
室内のペット	はい	0.54	0.8	0.54	0.084	0.37	0.554	0.31	0.056	3.29	0.093
	いいえ	0.55		0.70		0.41		0.36		3.70	
喫煙者の有無	はい	0.56	0.9	0.48	0.046*	0.39	0.949	0.32	0.382	3.27	0.317
	いいえ	0.54		0.69		0.40		0.35		3.64	
結露	はい	0.57	0.5	0.66	0.513	0.38	0.248	0.35	0.480	3.58	0.924
	いいえ	0.52		0.61		0.45		0.33		3.57	
窓枠の結露	はい	0.58	0.3	0.70	0.146	0.37	0.236	0.36	0.093	3.69	0.291
	いいえ	0.50		0.57		0.44		0.32		3.42	
壁材	壁紙	0.55	0.6	0.63	0.735	0.42	0.087	0.34	0.746	3.56	0.894
	その他	0.51		0.71		0.32		0.36		3.58	
床材	木材	0.55	0.8	0.67	0.042*	0.41	0.379	0.35	0.059	3.62	0.207
	その他	0.55		0.39		0.33		0.26		2.98	
絨毯の敷き詰め	はい	0.54	0.7	0.60	0.722	0.33	0.395	0.31	0.533	3.53	0.783
	いいえ	0.55		0.64		0.40		0.34		3.57	
床掃除の頻度	2日に1回未満	0.53	0.8	0.55	0.078	0.43	0.579	0.33	0.412	3.41	0.359
	2日に1回以上	0.54		0.72		0.38		0.35		3.64	
窓開放の頻度	2日に1回未満	0.67	0.042*	0.67	0.735	0.48	0.090	0.34	0.819	3.87	0.086
	2日に1回以上	0.50		0.63		0.38		0.34		3.44	
1回の窓開放時間	30分未満	0.76	0.000**	0.86	0.001**	0.45	0.012*	0.38	0.028*	4.31	0.000**
	1時間以上	0.41		0.51		0.35		0.32		3.04	

^{a)}GM: Geometric Mean

^{b)}p-value were calculated with Mann-Whitney U test

*p<0.05, **p<0.01, †p<0.1