

表7 SH 症状1 と寝室の VOC 測定値  
(シックハウス症候群全国疫学調査 H17 より)

	男				p	女				p
	症状あり(n=21)		症状なし(n=266)			症状あり(n=20)		症状なし(n=265)		
	平均値	SE	平均値	SE		平均値	SE	平均値	SE	
TVOC	202.92 ± 45.25		221.36 ± 23.16		0.999	161.16 ± 36.75		253.63 ± 31.40		0.391
Methylethylketone	2.37 ± 0.36		2.79 ± 0.17		0.785	2.38 ± 0.53		2.84 ± 0.18		0.287
Ethylacetate	8.13 ± 1.87		9.41 ± 0.85		0.765	7.46 ± 1.66		8.94 ± 0.79		0.849
n-Hexane	2.06 ± 0.65		1.91 ± 0.32		0.881	0.97 ± 0.22		1.62 ± 0.13		0.102
<b>Chloroform</b>	1.45 ± 0.25		1.17 ± 0.05		0.304	1.82 ± 0.28		1.11 ± 0.05		<b>0.003</b>
<b>1,2-Dichloroethane</b>	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		0.778	0.69 ± 0.19		0.50 ± 0.00		<b>0.017</b>
2,4-Dimethylpentane	0.50 ± 0.00		0.52 ± 0.01		0.623	0.50 ± 0.00		0.51 ± 0.01		0.783
1,1,1-Trichloroethane	0.50 ± 0.00		0.59 ± 0.04		0.318	0.60 ± 0.10		0.57 ± 0.03		0.855
1-Butanol	1.83 ± 0.48		1.23 ± 0.10		0.365	1.72 ± 0.42		1.32 ± 0.10		0.317
Benzene	1.81 ± 0.29		1.71 ± 0.07		0.896	1.55 ± 0.14		1.67 ± 0.07		0.822
Carbon Tetrachloride	0.61 ± 0.05		0.58 ± 0.02		0.348	0.62 ± 0.05		0.58 ± 0.02		0.245
1,2-Dichloropropane	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		0.778	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		0.783
Trichloroethylene	0.53 ± 0.03		0.53 ± 0.01		0.501	0.53 ± 0.03		0.54 ± 0.01		0.823
n-Heptane	2.93 ± 0.83		4.36 ± 1.33		0.998	2.01 ± 0.63		4.01 ± 1.31		0.572
Methylisobutylketone	1.20 ± 0.17		1.35 ± 0.12		0.460	0.92 ± 0.18		1.70 ± 0.20		0.210
Toluene	15.29 ± 2.62		12.41 ± 0.51		0.559	13.10 ± 2.15		12.21 ± 0.48		0.963
<b>Chlorodibromomethane</b>	0.89 ± 0.11		0.76 ± 0.03		0.146	1.06 ± 0.12		1.28 ± 0.51		<b>0.007</b>
Buthylacetate	6.28 ± 1.52		4.80 ± 0.60		0.085	5.42 ± 1.41		5.09 ± 0.63		0.434
n-Octane	4.54 ± 1.12		3.25 ± 0.43		0.077	3.32 ± 1.04		3.15 ± 0.44		0.145
Tetrachloroethylene	0.81 ± 0.31		1.24 ± 0.27		0.327	0.82 ± 0.32		1.23 ± 0.18		0.316
Ethylbenzene	4.79 ± 0.68		4.09 ± 0.21		0.244	3.76 ± 0.56		4.05 ± 0.21		0.903
m, p-Xylene	6.73 ± 1.10		5.04 ± 0.24		0.151	5.59 ± 1.00		4.99 ± 0.25		0.440
<b>Styrene</b>	2.63 ± 0.91		2.11 ± 0.24		0.244	3.17 ± 0.83		2.28 ± 0.25		<b>0.021</b>
o-Xylene	2.86 ± 0.52		2.10 ± 0.11		0.191	2.48 ± 0.46		2.11 ± 0.12		0.262
n-Nonane	7.75 ± 2.20		5.16 ± 0.55		0.123	6.18 ± 2.04		5.19 ± 0.56		0.266
α-Pinene	11.05 ± 2.61		28.04 ± 3.17		0.396	12.69 ± 2.99		24.78 ± 2.32		0.446
1,3,5-Trimethylbenzene	1.30 ± 0.22		1.16 ± 0.10		0.221	1.36 ± 0.23		1.22 ± 0.10		0.101
1,2,4-Trimethylbenzene	4.03 ± 0.78		3.45 ± 0.24		0.436	4.30 ± 0.91		3.55 ± 0.28		0.143
<b>n-Decane</b>	10.96 ± 2.32		9.98 ± 0.69		0.737	14.25 ± 2.56		11.33 ± 1.38		<b>0.041</b>
<b>p-Dichlorobenzene</b>	77.42 ± 43.80		87.46 ± 22.56		0.613	36.13 ± 34.06		120.16 ± 31.15		<b>0.047</b>
<b>1,2,3-Trimethylbenzene</b>	1.34 ± 0.23		1.25 ± 0.12		0.235	1.54 ± 0.25		1.43 ± 0.17		<b>0.042</b>
Limonene	10.13 ± 2.45		12.23 ± 1.03		0.654	12.98 ± 2.06		12.66 ± 1.24		0.093
n-Undecane	9.23 ± 1.77		9.68 ± 1.01		0.412	10.74 ± 2.58		10.50 ± 1.15		0.193
Formaldehyde	62.93 ± 10.42		44.67 ± 1.86		0.072	55.29 ± 7.79		44.02 ± 1.73		0.148
Acetaldehyde	17.52 ± 3.25		19.92 ± 1.18		0.728	19.51 ± 2.17		19.39 ± 1.12		0.213
Acetone	43.26 ± 17.04		34.64 ± 2.18		0.557	31.72 ± 3.19		35.20 ± 2.24		0.653
Acrolein	0.50 ± 0.00		0.53 ± 0.01		0.525	0.50 ± 0.00		0.51 ± 0.01		0.632
Propionaldehyde	0.53 ± 0.03		0.62 ± 0.03		0.385	0.50 ± 0.00		0.66 ± 0.03		0.088
Crotonaldehyde	2.10 ± 0.44		3.08 ± 0.35		0.820	2.81 ± 0.48		3.56 ± 0.45		0.070
n-Butyraldehyde	0.70 ± 0.11		0.57 ± 0.02		0.074	0.56 ± 0.04		0.62 ± 0.02		0.759
Benzaldehyde	0.66 ± 0.09		0.78 ± 0.05		0.930	0.65 ± 0.08		0.90 ± 0.07		0.786
iso-Valeraldehyde	1.35 ± 0.50		0.99 ± 0.10		0.308	1.53 ± 0.67		1.07 ± 0.11		0.058
<b>Valeraldehyde</b>	0.61 ± 0.08		0.81 ± 0.09		0.738	0.50 ± 0.00		1.27 ± 0.18		<b>0.040</b>
o-Tolualdehyde	0.50 ± 0.00		2.80 ± 0.74		0.231	0.50 ± 0.00		2.08 ± 0.57		0.214
p,m-Tolualdehyde	0.50 ± 0.00		0.72 ± 0.10		0.262	0.50 ± 0.00		0.86 ± 0.12		0.179
Hexaldehyde	3.06 ± 0.60		5.19 ± 0.52		0.588	3.79 ± 0.92		6.38 ± 0.74		0.902
2,5-Dimethylaldehyde	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		1.000	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		1.000

(Willcoxon の符号付き順位和検定)

表8 SH 症状2と居間のVOC測定値  
(シックハウス症候群全国疫学調査 H17より)

	男			女						
	症状あり(n=36)		症状なし(n=250)		p	症状あり(n=40)		症状なし(n=242)		p
	平均値	SE	平均値	SE		平均値	SE	平均値	SE	
TVOC	171.67 ± 17.66		193.45 ± 18.34		0.452	168.53 ± 16.33		214.30 ± 24.92		0.378
Methylethylketone	3.54 ± 0.88		2.93 ± 0.25		0.657	2.53 ± 0.43		3.16 ± 0.29		0.138
Ethylacetate	8.99 ± 1.40		13.03 ± 1.62		0.804	11.74 ± 2.46		11.55 ± 1.24		0.992
n-Hexane	2.16 ± 0.60		1.60 ± 0.13		0.574	1.32 ± 0.22		1.60 ± 0.11		0.175
<b>Chloroform</b>	1.49 ± 0.17		1.13 ± 0.05		<b>0.028</b>	1.34 ± 0.15		1.11 ± 0.05		0.120
<b>1,2-Dichloroethane</b>	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		1.000	0.61 ± 0.11		0.50 ± 0.00		<b>0.014</b>
2,4-Dimethylpentane	0.50 ± 0.00		0.51 ± 0.01		0.510	0.52 ± 0.02		0.50 ± 0.00		0.148
1,1,1-Trichloroethane	0.55 ± 0.05		0.53 ± 0.02		0.618	0.60 ± 0.07		0.58 ± 0.04		0.280
1-Butanol	1.61 ± 0.36		1.10 ± 0.09		0.414	0.86 ± 0.17		1.31 ± 0.11		0.059
Benzene	1.93 ± 0.18		2.03 ± 0.21		0.103	1.63 ± 0.12		2.10 ± 0.22		0.956
Carbon Tetrachloride	0.50 ± 0.00		0.51 ± 0.00		0.510	0.52 ± 0.02		0.50 ± 0.00		0.334
<b>1,2-Dichloropropane</b>	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		1.000	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		1.000
Trichloroethylene	0.50 ± 0.00		0.56 ± 0.02		0.200	0.53 ± 0.03		0.56 ± 0.02		0.881
n-Heptane	2.99 ± 0.68		3.80 ± 1.19		0.505	3.28 ± 0.88		3.62 ± 1.19		0.470
Methylisobutylketone	2.04 ± 0.65		1.61 ± 0.24		0.455	0.91 ± 0.12		2.19 ± 0.35		0.056
Toluene	14.05 ± 1.74		13.45 ± 0.62		0.872	12.90 ± 1.66		13.36 ± 0.60		0.540
<b>Chlorodibromomethane</b>	7.78 ± 3.94		1.63 ± 0.53		<b>0.010</b>	5.61 ± 2.66		2.21 ± 0.66		<b>0.004</b>
Butylacetate	4.46 ± 0.82		5.30 ± 1.03		0.876	4.17 ± 0.80		5.14 ± 1.02		0.473
<b>n-Octane</b>	3.81 ± 0.83		4.05 ± 0.86		0.256	4.03 ± 0.85		3.54 ± 0.88		<b>0.020</b>
Tetrachloroethylene	1.07 ± 0.34		1.02 ± 0.20		0.184	0.63 ± 0.07		1.05 ± 0.15		0.950
Ethylbenzene	4.55 ± 0.57		4.24 ± 0.22		0.572	3.70 ± 0.42		4.44 ± 0.24		0.381
<b>m, p-Xylene</b>	6.30 ± 0.78		5.54 ± 0.30		0.216	5.99 ± 0.75		5.71 ± 0.33		0.482
<b>Styrene</b>	3.25 ± 0.82		2.35 ± 0.29		<b>0.017</b>	4.21 ± 1.03		2.60 ± 0.32		0.066
<b>o-Xylene</b>	3.00 ± 0.47		2.24 ± 0.14		0.090	2.63 ± 0.34		2.21 ± 0.14		0.140
<b>n-Nonane</b>	6.73 ± 1.53		5.62 ± 0.64		0.072	7.87 ± 1.80		5.09 ± 0.63		<b>0.018</b>
α-Pinene	12.90 ± 2.24		25.05 ± 3.29		0.972	23.90 ± 6.75		22.20 ± 2.14		0.962
<b>1,3,5-Trimethylbenzene</b>	3.24 ± 1.48		1.71 ± 0.31		0.036	1.95 ± 0.29		1.61 ± 0.24		<b>0.013</b>
<b>1,2,4-Trimethylbenzene</b>	3.96 ± 0.63		3.87 ± 0.30		0.421	5.24 ± 0.97		3.77 ± 0.32		0.071
<b>n-Decane</b>	12.41 ± 2.15		10.03 ± 0.83		0.292	16.27 ± 2.70		9.74 ± 0.88		<b>0.002</b>
p-Dichlorobenzene	25.44 ± 10.08		50.69 ± 16.99		0.991	13.02 ± 7.39		74.66 ± 24.15		0.221
<b>1,2,3-Trimethylbenzene</b>	3.26 ± 1.52		1.47 ± 0.16		<b>0.043</b>	1.73 ± 0.25		1.59 ± 0.17		<b>0.038</b>
Limonene	13.84 ± 2.26		14.49 ± 1.07		0.895	12.96 ± 1.63		14.84 ± 1.53		0.390
<b>n-Undecane</b>	13.80 ± 3.05		10.37 ± 1.04		0.113	14.84 ± 3.06		10.75 ± 1.15		0.028
Formaldehyde	46.70 ± 5.61		40.24 ± 1.71		0.416	44.76 ± 3.89		42.16 ± 1.93		0.196
Acetaldehyde	18.67 ± 2.46		17.65 ± 0.98		0.644	19.95 ± 2.05		17.62 ± 0.99		0.117
Acetone	37.99 ± 14.49		28.99 ± 2.23		0.920	27.17 ± 3.07		29.58 ± 2.33		0.638
Acrolein	0.52 ± 0.02		0.61 ± 0.07		0.775	0.50 ± 0.00		0.61 ± 0.07		0.280
Propionaldehyde	0.75 ± 0.10		0.68 ± 0.05		0.067	0.64 ± 0.06		0.71 ± 0.05		0.630
Crotonaldehyde	2.74 ± 0.62		2.74 ± 0.27		0.648	3.01 ± 0.58		2.94 ± 0.32		0.139
n-Butyraldehyde	0.58 ± 0.05		0.93 ± 0.14		0.776	0.52 ± 0.02		0.97 ± 0.15		0.082
Benzaldehyde	0.62 ± 0.10		0.63 ± 0.03		0.410	0.56 ± 0.03		0.69 ± 0.04		0.436
iso-Valeraldehyde	0.65 ± 0.06		0.85 ± 0.09		0.972	0.81 ± 0.12		0.99 ± 0.11		0.565
Valeraldehyde	0.62 ± 0.10		0.62 ± 0.03		0.733	0.57 ± 0.06		0.64 ± 0.04		0.589
o-Tolualdehyde	1.33 ± 0.59		2.88 ± 0.60		0.389	1.64 ± 0.71		2.47 ± 0.48		0.401
<b>p,m-Tolualdehyde</b>	0.50 ± 0.00		0.64 ± 0.05		0.181	0.73 ± 0.23		0.67 ± 0.06		0.467
Hexaldehyde	2.77 ± 1.12		2.85 ± 0.39		0.845	1.95 ± 0.40		2.94 ± 0.44		0.625
2,5-Dimethylaldehyde	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		1.000	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		1.000

(Willcoxon の符号付き順位和検定)

表9 SH症状2と寝室のVOC測定値  
 (シックハウス症候群全国疫学調査 H17より)

	男					女				
	症状あり(n=36)		症状なし(n=250)		p	症状あり(n=40)		症状なし(n=242)		p
	平均値	SE	平均値	SE		平均値	SE	平均値	SE	
TVOC	190.38 ± 26.98		224.29 ± 24.53		0.501	173.77 ± 21.29		259.16 ± 33.92		0.806
Methylethylketone	3.30 ± 0.76		2.68 ± 0.15		0.512	2.56 ± 0.43		2.85 ± 0.18		0.213
Ethylacetate	7.76 ± 1.27		9.54 ± 0.90		0.714	8.98 ± 1.93		8.81 ± 0.81		0.853
n-Hexane	1.73 ± 0.40		1.95 ± 0.33		0.669	1.15 ± 0.16		1.64 ± 0.14		0.305
<b>Chloroform</b>	1.57 ± 0.20		1.13 ± 0.05		<b>0.043</b>	1.62 ± 0.20		1.09 ± 0.05		0.004
<b>1,2-Dichloroethane</b>	0.52 ± 0.02		0.50 ± 0.00		<b>0.009</b>	0.61 ± 0.10		0.50 ± 0.00		0.000
2,4-Dimethylpentane	0.50 ± 0.00		0.52 ± 0.01		0.508	0.50 ± 0.00		0.51 ± 0.01		0.685
1,1,1-Trichloroethane	0.62 ± 0.07		0.58 ± 0.04		0.190	0.66 ± 0.08		0.56 ± 0.03		0.052
1-Butanol	1.38 ± 0.30		1.26 ± 0.10		0.739	1.28 ± 0.24		1.36 ± 0.11		0.867
Benzene	1.86 ± 0.19		1.70 ± 0.07		0.232	1.56 ± 0.13		1.68 ± 0.08		0.987
Carbon Tetrachloride	0.67 ± 0.09		0.57 ± 0.01		0.173	0.67 ± 0.08		0.57 ± 0.01		0.174
<b>1,2-Dichloropropane</b>	0.53 ± 0.03		0.50 ± 0.00		<b>0.009</b>	0.52 ± 0.02		0.50 ± 0.00		0.014
Trichloroethylene	0.52 ± 0.02		0.53 ± 0.01		0.916	0.54 ± 0.03		0.54 ± 0.01		0.718
n-Heptane	3.04 ± 0.68		4.43 ± 1.41		0.922	2.83 ± 0.65		4.04 ± 1.41		0.920
Methylisobutylketone	1.53 ± 0.33		1.31 ± 0.12		0.106	0.99 ± 0.12		1.75 ± 0.22		0.313
Toluene	14.32 ± 1.65		12.37 ± 0.53		0.315	13.32 ± 1.51		12.10 ± 0.49		0.739
<b>Chlorodibromomethane</b>	0.97 ± 0.14		0.75 ± 0.03		0.085	4.38 ± 3.31		0.76 ± 0.03		<b>0.002</b>
Buthylacetate	5.35 ± 0.99		4.84 ± 0.64		0.112	4.70 ± 0.85		5.18 ± 0.68		0.876
<b>n-Octane</b>	4.14 ± 0.81		3.23 ± 0.45		<b>0.030</b>	3.84 ± 0.83		3.06 ± 0.46		0.053
Tetrachloroethylene	0.90 ± 0.24		1.25 ± 0.28		0.540	1.08 ± 0.33		1.22 ± 0.19		0.659
Ethylbenzene	4.81 ± 0.46		4.04 ± 0.21		0.044	3.90 ± 0.45		4.05 ± 0.22		0.994
<b>m, p-Xylene</b>	6.48 ± 0.72		4.98 ± 0.25		<b>0.028</b>	6.09 ± 0.78		4.86 ± 0.25		0.140
<b>Styrene</b>	2.24 ± 0.56		2.14 ± 0.25		0.170	3.66 ± 0.86		2.12 ± 0.24		<b>0.011</b>
<b>o-Xylene</b>	2.76 ± 0.35		2.07 ± 0.11		<b>0.034</b>	2.62 ± 0.35		2.05 ± 0.12		0.093
<b>n-Nonane</b>	7.59 ± 1.59		5.03 ± 0.56		<b>0.031</b>	7.58 ± 1.82		4.88 ± 0.55		0.063
α-Pinene	15.38 ± 2.82		28.44 ± 3.34		0.912	18.22 ± 3.71		24.86 ± 2.45		0.762
<b>1,3,5-Trimethylbenzene</b>	1.36 ± 0.17		1.15 ± 0.10		<b>0.029</b>	1.58 ± 0.22		1.17 ± 0.10		<b>0.006</b>
<b>1,2,4-Trimethylbenzene</b>	4.23 ± 0.61		3.38 ± 0.24		0.127	5.17 ± 0.99		3.34 ± 0.26		<b>0.027</b>
<b>n-Decane</b>	12.61 ± 1.90		9.68 ± 0.70		0.133	17.27 ± 2.68		10.60 ± 1.44		<b>0.000</b>
p-Dichlorobenzene	59.21 ± 26.37		90.70 ± 23.89		0.913	28.73 ± 17.63		128.29 ± 33.66		0.105
<b>1,2,3-Trimethylbenzene</b>	1.42 ± 0.18		1.23 ± 0.13		<b>0.029</b>	1.94 ± 0.38		1.35 ± 0.17		<b>0.008</b>
Limonene	9.96 ± 1.59		12.38 ± 1.09		0.677	10.87 ± 1.32		12.98 ± 1.34		0.265
<b>n-Undecane</b>	11.12 ± 1.91		9.43 ± 1.04		0.077	14.36 ± 3.33		9.88 ± 1.14		<b>0.017</b>
Formaldehyde	55.43 ± 6.84		44.66 ± 1.93		0.132	50.91 ± 5.28		43.81 ± 1.78		0.238
Acetaldehyde	19.26 ± 2.60		19.81 ± 1.23		0.713	19.59 ± 2.02		19.37 ± 1.18		0.259
Acetone	40.33 ± 9.98		34.54 ± 2.30		0.647	33.04 ± 3.18		35.27 ± 2.39		0.834
Acrolein	0.50 ± 0.00		0.53 ± 0.01		0.391	0.50 ± 0.00		0.51 ± 0.01		0.481
Propionaldehyde	0.55 ± 0.04		0.63 ± 0.03		0.327	0.57 ± 0.04		0.66 ± 0.03		0.341
Crotonaldehyde	2.56 ± 0.64		3.07 ± 0.36		0.930	2.70 ± 0.42		3.64 ± 0.48		0.392
n-Butyraldehyde	0.63 ± 0.07		0.57 ± 0.02		0.228	0.57 ± 0.03		0.62 ± 0.02		0.677
Benzaldehyde	0.65 ± 0.07		0.79 ± 0.06		0.840	0.58 ± 0.04		0.93 ± 0.07		0.094
iso-Valeraldehyde	1.17 ± 0.31		1.00 ± 0.10		0.263	1.30 ± 0.35		1.07 ± 0.11		0.015
Valeraldehyde	0.60 ± 0.06		0.82 ± 0.10		0.499	0.87 ± 0.29		1.27 ± 0.19		0.111
o-Tolualdehyde	0.70 ± 0.20		2.91 ± 0.78		0.366	0.50 ± 0.00		2.20 ± 0.62		0.068
<b>p,m-Tolualdehyde</b>	0.56 ± 0.06		0.72 ± 0.10		0.484	0.50 ± 0.00		0.88 ± 0.13		<b>0.048</b>
Hexaldehyde	2.87 ± 0.43		5.34 ± 0.55		0.342	4.80 ± 1.20		6.42 ± 0.78		0.891
2,5-Dimethylaldehyde	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		1.000	0.50 ± 0.00		0.50 ± 0.00		1.000

(Willcoxon の符号付き順位和検定)

表10 SH症状と居間・寝室のVOC測定値  
(シックハウス症候群全国疫学調査 H17より)

	居間・		寝室・		p	男SH1	男SH1	女SH1	女SH1	男SH2	男SH2	女SH2	女SH2
	平均値	SE	平均値	SE		居間	寝室	居間	寝室	居間	寝室	居間	寝室
Ethylacetate	11.73 ± 1.21		8.90 ± 0.79		0.000	0.504	0.765	0.963	0.849	0.804	0.714	0.992	0.853
Benzene	1.92 ± 0.16		1.66 ± 0.07		0.003	0.364	0.896	0.596	0.822	0.103	0.232	0.956	0.987
Toluene	13.75 ± 0.61		12.68 ± 0.55		0.003	0.423	0.559	0.298	0.963	0.872	0.315	0.540	0.739
Chlorodibromomethane	2.25 ± 0.68		1.32 ± 0.53		0.000	0.211	0.146	0.002	0.007	0.010	0.085	0.004	0.002
m, p-Xylene	5.65 ± 0.31		5.10 ± 0.26		0.001	0.647	0.151	0.817	0.440	0.216	0.028	0.482	0.140
Styrene	2.73 ± 0.33		2.41 ± 0.28		0.038	0.147	0.244	0.015	0.021	0.017	0.170	0.066	0.011
o-Xylene	2.32 ± 0.14		2.11 ± 0.12		0.016	0.216	0.191	0.429	0.262	0.090	0.034	0.140	0.093
n-Nonane	5.33 ± 0.61		5.15 ± 0.56		0.024	0.490	0.123	0.085	0.266	0.072	0.031	0.018	0.063
1,3,5-Trimethylbenzene	1.55 ± 0.23		1.15 ± 0.09		0.000	0.794	0.221	0.037	0.101	0.036	0.029	0.013	0.006
1,2,4-Trimethylbenzene	3.87 ± 0.30		3.48 ± 0.26		0.000	0.843	0.436	0.572	0.143	0.421	0.127	0.071	0.027
1,2,3-Trimethylbenzene	1.68 ± 0.25		1.29 ± 0.14		0.000	0.528	0.235	0.196	0.042	0.043	0.029	0.038	0.008
Limonene	15.90 ± 1.54		12.57 ± 1.16		0.000	0.564	0.654	0.170	0.093	0.895	0.677	0.390	0.265
n-Undecane	10.63 ± 1.07		9.78 ± 1.07		0.009	0.807	0.412	0.256	0.193	0.113	0.077	0.028	0.017
o-Tolualdehyde	2.05 ± 0.42		1.62 ± 0.47		0.019	0.998	0.231	0.377	0.214	0.389	0.366	0.401	0.068
n-Hexane	1.71 ± 0.15		1.84 ± 0.33		0.033	0.236	0.881	0.098	0.102	0.574	0.669	0.175	0.305
Carbon Tetrachloride	0.50 ± 0.00		0.58 ± 0.02		0.000	0.625	0.348	0.631	0.245	0.510	0.173	0.334	0.174
Tetrachloroethylene	1.00 ± 0.20		1.27 ± 0.28		0.021	0.544	0.327	0.406	0.316	0.184	0.540	0.950	0.659
p-Dichlorobenzene	70.67 ± 19.98		122.02 ± 28.60		0.000	0.455	0.613	0.247	0.047	0.991	0.913	0.221	0.105
Formaldehyde	40.23 ± 1.75		44.83 ± 2.01		0.000	0.542	0.072	0.323	0.148	0.416	0.132	0.196	0.356
Acetaldehyde	18.46 ± 1.04		19.44 ± 1.16		0.038	0.583	0.728	0.253	0.213	0.644	0.713	0.117	0.259
Acetone	30.08 ± 2.74		33.94 ± 2.29		0.000	0.640	0.557	0.781	0.653	0.920	0.647	0.638	0.834
Benzaldehyde	0.64 ± 0.03		0.80 ± 0.06		0.006	0.966	0.930	0.831	0.786	0.410	0.840	0.436	0.094
Valeraldehyde	0.64 ± 0.04		0.99 ± 0.13		0.003	0.194	0.738	0.204	0.040	0.733	0.499	0.589	0.111
Hexaldehyde	3.54 ± 0.79		5.98 ± 0.75		0.000	0.123	0.588	0.863	0.902	0.845	0.342	0.625	0.891
TVOC	213.74 ± 20.88		254.55 ± 28.91		0.720	0.613	0.999	0.992	0.391	0.452	0.501	0.378	0.806

SH症状ありの者が有意に高い

SH症状なしの者が有意に高い

(Willcoxon の符号付き順位和検定)

表 1 1 飲酒習慣・SH 症状と居間・寝室の VOC 測定値  
 (シックハウス症候群全国疫学調査 H17 より)

	悪い(毎日飲酒)				良い(飲酒は毎日でない)				悪い(毎日飲酒)				良い(飲酒は毎日でない)			
	男SH1 居間	男SH1 寝室	女SH1 居間	女SH1 寝室	男SH1 居間	男SH1 寝室	女SH1 居間	女SH1 寝室	男SH2 居間	男SH2 寝室	女SH2 居間	女SH2 寝室	男SH2 居間	男SH2 寝室	女SH2 居間	女SH2 寝室
Ethylacetate	0.810	0.766	0.164	0.121	0.343	0.952	0.241	0.209	0.308	0.597	0.425	0.220	0.310	0.206	0.189	0.070
Benzene	0.938	0.929	0.525	0.171	0.233	0.867	0.219	0.120	0.190	0.566	0.025	0.014	0.020	0.174	0.357	0.297
Toluene	0.916	0.647	0.119	0.154	0.641	0.980	0.938	0.315	0.039	0.428	0.010	0.019	0.367	0.091	0.668	0.153
Chlorodibromomethane	0.046	0.093	0.491	0.470	0.672	0.476	0.000	0.001	0.023	0.197	0.217	0.194	0.103	0.275	0.000	0.000
m, p-Xylene	0.921	0.600	0.119	0.137	0.942	0.107	0.172	0.016	0.408	0.822	0.025	0.016	0.057	0.004	0.032	0.002
Styrene	0.088	0.105	0.434	0.470	0.513	0.856	0.000	0.009	0.117	0.138	0.160	0.194	0.095	0.621	0.000	0.003
o-Xylene	0.735	0.490	0.239	0.171	0.192	0.156	0.015	0.006	0.532	0.961	0.035	0.014	0.029	0.009	0.002	0.001
n-Nonane	0.440	0.300	0.330	0.328	0.858	0.078	0.010	0.047	0.983	0.866	0.080	0.078	0.045	0.004	0.000	0.004
1,3,5-Trimethylbenzene	0.196	0.086	0.406	0.410	0.720	0.230	0.003	0.031	0.206	0.306	0.136	0.138	0.068	0.040	0.000	0.001
1,2,4-Trimethylbenzene	0.761	0.514	0.164	0.153	0.617	0.307	0.122	0.004	0.308	0.731	0.012	0.010	0.208	0.024	0.002	0.000
1,2,3-Trimethylbenzene	0.205	0.080	0.354	0.382	0.514	0.511	0.002	0.008	0.719	0.282	0.096	0.115	0.027	0.069	0.000	0.000
Limonene	0.451	0.344	0.272	0.293	0.222	0.313	0.023	0.022	0.286	0.622	0.038	0.017	0.728	0.550	0.053	0.007
n-Undecane	0.933	0.550	0.133	0.107	0.574	0.299	0.001	0.003	0.826	0.936	0.035	0.026	0.028	0.018	0.000	0.000
o-Tolualdehyde	0.431	0.517	1.000	0.847	0.385	0.307	0.291	0.190	0.254	0.348	1.000	0.729	0.354	0.527	0.690	0.045
n-Hexane	0.632	0.589	0.283	0.354	0.230	0.842	0.637	0.397	0.125	0.126	0.054	0.095	0.221	0.460	0.475	0.633
Carbon Tetrachloride	1.000	0.483	1.000	0.684	0.644	0.247	0.624	0.039	1.000	0.227	1.000	0.464	0.526	0.202	0.438	0.048
Tetrachloroethylene	0.557	0.517	0.739	0.643	0.470	0.919	0.193	0.220	0.662	0.760	0.550	0.404	0.130	0.544	0.237	0.910
p-Dichlorobenzene	0.254	0.336	0.219	0.664	0.312	0.439	0.114	0.011	0.448	0.555	0.599	0.795	0.881	0.911	0.056	0.058
Formaldehyde	0.251	0.074	0.225	0.240	0.891	0.193	0.475	0.655	0.172	0.108	0.972	0.435	0.469	0.199	0.161	0.145
Acetaldehyde	0.751	0.330	0.386	0.951	0.630	0.726	0.026	0.093	0.683	0.906	0.090	0.081	0.286	0.267	0.025	0.016
Acetone	0.472	0.647	0.862	0.577	0.747	0.997	0.320	0.345	0.423	0.756	0.156	0.049	0.934	0.195	0.213	0.083
Benzaldehyde	0.361	0.441	0.739	0.684	0.671	0.847	0.587	0.354	0.906	0.264	0.550	0.464	0.178	0.593	0.621	0.993
Valeraldehyde	0.557	0.419	0.739	0.605	0.168	0.656	0.147	0.038	0.395	0.876	0.550	0.352	0.978	0.863	0.257	0.300
Hexaldehyde	0.134	0.769	0.491	0.254	0.243	0.613	0.803	0.618	0.611	0.875	0.216	0.040	0.633	0.927	0.820	0.189
TVOC	0.637	0.605	0.119	0.095	0.369	0.820	0.252	0.774	0.237	0.467	0.049	0.028	0.264	0.111	0.081	0.072

SH症状ありの者が有意に高い (p<0.05)

SH症状なしの者が有意に高い (p<0.05)

(Willcoxon の符号付き順位和検定)

表 1 2 喫煙習慣・SH 症状と居間・寝室の VOC 測定値  
(シックハウス症候群全国疫学調査 H17 より)

	悪い(吸う)				良い(吸わない・やめた)				悪い(吸う)				良い(吸わない・やめた)			
	男SH1		女SH1		男SH1		女SH1		男SH2		女SH2		男SH2		女SH2	
	居間	寝室	居間	寝室	居間	寝室	居間	寝室	居間	寝室	居間	寝室	居間	寝室	居間	寝室
Ethylacetate	0.059	0.191	—	—	0.699	0.834	0.366	0.355	0.274	0.450	0.098	0.095	0.845	0.439	0.366	0.211
Benzene	0.511	0.757	—	—	0.359	0.847	0.254	0.190	0.712	0.840	1.000	0.434	0.145	0.214	0.691	0.603
Toluene	0.087	0.041	—	—	0.849	0.657	0.653	0.526	0.324	0.238	0.409	0.340	0.690	0.360	0.668	0.555
Chlorodibromomethane	0.097	0.228	—	—	0.614	0.467	0.000	0.003	0.203	0.441	0.115	0.360	0.030	0.204	0.001	0.001
m, p-Xylene	0.432	0.029	—	—	0.890	0.402	0.382	0.068	0.724	0.214	0.620	0.665	0.169	0.036	0.244	0.037
Styrene	0.084	0.272	—	—	0.654	0.737	0.000	0.014	0.117	0.324	0.074	0.107	0.084	0.393	0.004	0.017
o-Xylene	0.041	0.036	—	—	0.588	0.461	0.042	0.025	0.196	0.248	0.308	0.538	0.161	0.042	0.028	0.023
n-Nonane	0.599	0.062	—	—	0.786	0.163	0.023	0.085	0.769	0.327	0.302	0.429	0.059	0.022	0.006	0.027
1,3,5-Trimethylbenzene	0.084	0.076	—	—	0.997	0.323	0.007	0.065	0.266	0.305	0.186	0.263	0.051	0.041	0.004	0.008
1,2,4-Trimethylbenzene	0.577	0.051	—	—	0.545	0.682	0.246	0.015	0.809	0.247	0.247	0.435	0.520	0.126	0.040	0.006
1,2,3-Trimethylbenzene	0.069	0.044	—	—	0.831	0.678	0.007	0.021	0.245	0.212	0.360	0.360	0.078	0.074	0.003	0.005
Limonene	0.474	0.538	—	—	0.272	0.448	0.045	0.042	0.730	0.602	0.741	0.931	0.337	0.722	0.175	0.047
n-Undecane	0.091	0.087	—	—	0.837	0.634	0.004	0.012	0.180	0.245	0.322	0.931	0.137	0.092	0.001	0.002
o-Tolualdehyde	0.362	0.713	—	—	0.920	0.232	0.309	0.170	0.109	0.635	0.030	1.000	0.596	0.306	0.456	0.036
n-Hexane	0.176	0.875	—	—	0.599	0.950	0.509	0.326	0.335	0.878	0.093	0.089	0.868	0.991	0.184	0.310
Carbon Tetrachloride	0.713	0.677	—	—	0.795	0.211	0.622	0.058	0.635	0.897	1.000	0.676	0.718	0.046	0.444	0.077
Tetrachloroethylene	0.612	0.713	—	—	0.896	0.686	0.220	0.188	0.214	0.380	0.684	0.676	0.306	0.329	0.278	0.767
p-Dichlorobenzene	0.952	0.764	—	—	0.209	0.403	0.063	0.008	0.845	0.878	0.270	0.164	0.610	0.712	0.046	0.084
Formaldehyde	0.249	0.404	—	—	0.998	0.134	0.337	0.451	0.580	0.671	0.248	0.544	0.263	0.079	0.256	0.249
Acetaldehyde	0.233	0.525	—	—	0.308	0.791	0.047	0.086	0.147	0.308	0.322	0.435	0.840	0.519	0.123	0.081
Acetone	0.292	0.796	—	—	0.246	0.968	0.366	0.383	0.898	0.580	0.099	0.435	0.754	0.290	0.260	0.260
Benzaldehyde	0.053	0.860	—	—	0.305	0.704	0.536	0.435	0.252	0.747	0.746	0.676	0.066	0.975	0.540	0.851
Valeraldehyde	0.599	0.361	—	—	0.155	0.700	0.132	0.035	0.497	1.000	0.823	0.030	0.889	0.917	0.211	0.118
Hexaldehyde	0.431	0.657	—	—	0.127	0.363	0.945	0.825	0.424	0.565	0.535	0.084	0.707	0.794	0.633	0.609
TVOC	0.116	0.047	—	—	0.087	0.286	0.438	0.517	0.197	0.118	0.322	0.665	0.984	0.547	0.291	0.255

\*女のSH1で症状ありの喫煙者: n=0

SH症状ありの者が有意に高い (p<0.05)  
SH症状なしの者が有意に高い (p<0.05)

Willcoxon の符号付き順位和検定)

## VOC・MVOCの同時定量条件に関する検討

分担研究者 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

### 研究要旨

室内空気汚染物質として厚生労働省ではトルエンを含む14種類の指針値を示し、ノナールやC8-C16脂肪族飽和炭化水素、C8-C12脂肪族飽和アルデヒドを継続検討物質としている。また最近、MVOC（微生物由来の揮発性化合物）が室内空気汚染物質として注目されている。著者らの研究ではポンプを用いずに空気中の汚染物質を捕集する方法として、拡散法に注目し、VOC（揮発性有機化合物）やMVOC及びC8-C16脂肪族飽和炭化水素、C8-C12脂肪族飽和アルデヒドの有機化合物の捕集速度を求め、測定項目ごとに拡散型サンプラーを用いて測定してきた。

本研究ではVOCとMVOCおよびC8-C16脂肪族飽和炭化水素、C8-C12脂肪族飽和アルデヒドの分析を同時に行なうための分析条件、定量下限を検討し、一つの拡散型サンプラーで測定するための抽出条件を検討した。

### 研究協力者

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  
坪井 樹 中央労働災害防止協会  
大阪労働衛生総合センター  
荒木 敦子 北海道大学大学院医学研究科  
竹田 智哉 北海道大学大学院医学研究科  
アトバマイゆふ 北海道大学大学院医学研究科  
早川 敦司 北海道大学大学院医学研究科  
工藤 恵子 北海道大学大学院医学研究科

### A. 研究目的

シックハウス症候群の原因物質はいろいろな化学物質、物理的要因、カビや微生物による空気汚染も原因となる。特に近年このカビや微生物が作り出す化学物質と、化学物質が変化(代謝)した物質が症候群の要因になると言われている。この微生物やカビ由来に関する化学物質(MVOC)13種類の測定とVOCの43種類の測定を実施し、他の分担研究者が実施したカビ、微生物の種類、温熱条件、粉じん、空気中の可塑剤、難燃剤、殺虫剤の濃度などからシックハウス症候群の関連をまとめている。

今回、以前は別々に測定されていたVOCの測定とカビ、微生物由来の化学物質を一つの拡散サンプラーで分析をすることを試みた。これには、

多くの化学物質(57種類)を同時に分離分析できるクロマトグラム条件と、捕集後、活性炭などに吸着された化学物質を効率良く抽出し、高感度に分析することが重要となる。

### B. 研究方法

研究項目は次の項目となり、それぞれの項目にしたがって報告する。

1. ガスクロマトグラフ/質量分析法(GC/MS)による分析条件
2. 抽出条件の検討(4種類の溶剤で検討した)。
3. 定量下限値
4. 平成21年度北海道札幌地区の測定事例

(倫理面への配慮)

今回の報告は人に対する有害物質の影響ではなく、その影響を評価するための濃度測定方法の基礎的な研究である。特に本研究で開発された分析方法は積極的に公表し、他の測定分析機関が応用することができるようにすべきである。倫理面への配慮は該当しない。

1. ガスクロマトグラフ/質量分析法(GC/MS)による分析条件

シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会では指針値を示した化学物質の採集方法と測定方法を決めている。たとえば揮発性有機化合物については、固相吸着/溶媒抽出法、固相吸着

／加熱脱着法又は容器採取法とガスクロマトグラフ／質量分析法の組合せによるものとしてされている。今回の分析条件は指針値で示されている分析条件を考慮して 57 種類の化学物質を分離・定量する条件を選んだ。表 1 に調査対象物質と試薬製造会社を示す。

今回の検討に使用した分析機器は Agilent（米国） GC6890A / MS5973 を使用した。分析条件は以下の通りである。カラム 無極性カラム J&W 社 DB-1 0.25mm×60m×1 $\mu$ m E I 方式 電圧 70eV キャリアーガス He カラムヘッド圧 19.9psi 全流量 1.2mL/min カラム温度 40 $^{\circ}$ C（13min.）→7（ $^{\circ}$ C/min.）→260 $^{\circ}$ C（2min.） 注入口温度 250 $^{\circ}$ C インターフェイス温度 220 $^{\circ}$ C イオン源温度 230 $^{\circ}$ C 試料注入法スプリット（5：1） 試料注入量 1 $\mu$ L。

## 2. 抽出条件の検討(4 種類の溶剤で検討)

固体捕集剤としては活性炭、XAD2 樹脂、シリカゲルが用いられる。このうち活性炭は有機溶剤の捕集として広く用いられていること、シックの既存化学物質の捕集に用いられていることから捕集剤として活性炭を検討材料にした。捕集後の抽出溶媒について次の 4 種類の条件で検討した。

- (1) 二硫化炭素とアセトン  
(容量% 95 : 5)
- (2) 二硫化炭素とメタノール  
(容量% 95 : 5)
- (3) 二硫化炭素とイソプロピルアルコール  
(容量% 95 : 5)
- (4) 二硫化炭素

検討方法は 57 種類化学物質を混合し 100 $\mu$ g/ml 濃度溶液に調製し、その混合溶液 1 $\mu$ l を活性炭に添加・混合後、窒素で乾燥させ約 1 時間放置後、各溶媒 1ml で抽出した。抽出条件は溶媒添加後に回転ブレンダーで約 10 秒攪拌し、次に超音波で 30 分間抽出、再度ブレンダーで約 10 秒攪拌後 30 分間室温に放置した。放置溶液は分析用のバイアル瓶に移し、分析した。

抽出率を求める対象標準溶液は上記で調製された 57 種類化学物質 100 $\mu$ g/ml 濃度溶液を溶媒 0.999ml に 1 $\mu$ l を加えた。添加最終濃度は 0.1 $\mu$ g/ml となる。

下記に計算方法を示す。

$$\text{抽出率 (\%)} = \frac{(\text{添加試料の平均}) - (\text{捕集材ブランクの平均})}{(\text{対照の平均}) - (\text{溶媒ブランクの平均})} \times 100$$

## 3. 定量下限値

定量は内部標準法で行なった。内部標準物質 (IS) はトルエン-d8 (0.2 $\mu$ g/ml) を用いた。標準溶液は個々の試薬一定量を IS の含有している溶媒に希釈して 0、0.01、0.05、0.1、0.5、1.0、5.0、10.0ppm (V/V) 濃度を調製した。濃度への換算は試薬重量と試薬純度から計算した。

装置定量下限値は検量線濃度 0.1ppm (V/V) を用いて 5 回測定しその標準偏差の 10 倍とした。

## 4. 平成 21 年度北海道札幌地区の測定事例

今回得られた分析条件で得られた調査から測定事例を示す。

## C. 研究結果

### 1. ガスクロマトグラフ／質量分析法 (GC/MS) による分析条件

MVOC13 種類と VOC43 種類合計の測定を実施し 56 種類の分離分析は本条件で可能である。

メチルエチルケトンが最初に検出され保持時間は 9.55 分である。内部標準物質であるトルエン D8 は 21.20 分に検出される。n-ヘキサデカンは最後に検出され、保持時間は 42.62 分である。キシレンの 3 種類の異性体のうちメタとパラキシレンは無極性カラムを使用しているためこの分析条件では分離出来ない。メタとパラキシレンの保持時間は 25.61 分、オルトキシレンは 26.43 分である (表 2)。

### 2. 抽出条件の検討(4 種類の溶剤で検討)

抽出条件は (1) 二硫化炭素とアセトン (以下アセトンとする)、(2) 二硫化炭素とメタノール (以下メタノールとする)、(3) 二硫化炭素とイソプロピルアルコール (IPA)、(4) 二硫化炭素について検討した。抽出化学物質のアルコール類の抽出率は二硫化炭素が全般に低く、メタノー



ル抽出は一部のアルコール物質で低い値が見られる。アセトン抽出では85%から102%の範囲である。IPA抽出では96%から125%の範囲であるが100%を超える化学物質が多く見られる。ノナール、デカナールのアルデヒド類ではアセトン抽出が良好であった（99.0、102.0%）。エステル類のジメチルジスルフィドのメタノール抽出は90%であるがアセトン抽出は68%であった。ケトン類、脂肪族炭化水素類、テルペン類、ハロゲン類では4種類の抽出溶液には抽出率に著しい差は見られない。フラン類では二硫化炭素の抽出率が低い。芳香族炭化水素ではスチレンの抽出率が低い。（アセトン31.3%、メタノール75.3%、IPA8.5%、二硫化炭素11.2%）この要因は活性炭に抽出溶剤を加えた時に発生する反応熱によりスチレンが他の物質へ変化する、もしくは重合することにより系の中のスチレンモノマーが減少し、見かけ上、脱着率が減少しているのではないかと考えられる（表3）。

### 3. 定量下限値

標準溶液の検量線は0、0.01、0.05、0.1、0.5、1.0、5.0、10.0ppm（V/V）濃度を調製した（溶液A）。濃度への換算は試薬重量と試薬純度から計算した。次に抽出率を補正するために標準溶液の各1000倍の濃度を作成し、活性炭に各濃度1 $\mu$ lを添加、1mlのアセトン二硫化炭素溶液抽出して、これを活性炭添加検量線とした（活性炭B）。

この2種類の検量線の傾きを比較すると（N=3）スチレンの活性炭添加検量線傾きが標準溶液検量線よりも2.6倍の傾きが減少している。この傾きを用いてスチレンの抽出率を算出すると81%となる。

装置定量下限値は検量線濃度0.1ppm（V/V）を用いて5回測定してその標準偏差の10倍とした。この定量下限値と捕集速度から捕集日を二日の場合（2880分）の環境下限濃度は0.1から3.4 $\mu$ g/m<sup>3</sup>の低濃度となる（表4）。

### 4. 平成21年度北海道札幌地区の測定事例

札幌地区では一戸建て38件、集合住宅41件の居間の気中濃度を測定した。採集時間は2日間である。一戸建てと集合住宅の濃度を比較すると、

パラジクロロベンゼンは集合住宅のうち2軒で指針値を超えていた。n-ウンデカンも集合住宅のうち2軒で300 $\mu$ g/m<sup>3</sup>を超えている。 $\alpha$ -ピネンは一戸建てに100 $\mu$ g/m<sup>3</sup>を超える住宅が多い。MVOCが検出された化学物質は2-エチルー1-ヘキサノール、3-メチルー1-ブタノール、3-オクタンが検出されている（表5）。

### D. 考察

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（厚生省生活衛生局企画課、生活化学安全対策室）にはトルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、パラジクロロベンゼンなどの分析の基準にGC/MSを用いることを求めている。また、分析機器の性能条件も詳細に決められている。今回使用した機器もこれらの性能に適合している。確認イオンと定量イオンの選定はMSイオンの組み合わせを変えて検討した結果は表2の定量イオンと確認イオンを決定した。この組み合わせは一般的に言われている一番強度の強いイオンを定量イオンに、二番目の強度のイオンを確認イオンとして測定・定量操作を行うことと一致している。2、4-ジメチルペンタン、n-オクタン、n-ノナン、n-デカン、n-ウンデカン、n-テトラデカン、n-ノナン、n-デカンは定量、確認イオン（43、57）が同じであるが保持時間が異なるので定量には問題が無い。その他、エチルベンゼンとキシレン（91、106）、トリメチルベンゼンの異性体（105、120）、n-トリデカン、n-ペンタデカン、n-ヘキサデカン（57、71）保持時間が異なることから分析精度に問題は無いと思われる。これらイオンを用いた検量線は0.01から10 $\mu$ g/mlまでの直線が得られ、低濃度の分析に十分に適応できると考える（表2、4）。定量下限値はアルコール類化合物が一般的に低い値となっている。これはGC/FID検出器でも見られ、一般的な傾向と思われる。また標準溶液の検量線と活性炭に標準溶液を添加した検量線の傾きを比較した場合著しく異なるのはスチレンで傾き比が38%である。これはスチレンが活性炭と溶剤の反応熱で、重合や他の化合物に変化すると考えられる（表4）。アルコ

ールと二硫化炭素抽出溶液は活性炭との発熱温度が低い。このことから他の化合物への変化が少なく抽出率が75%と他の抽出溶媒に比べて高値であると思われる。4種類の抽出溶液の比較ではアルコール類化合物は二硫化炭素抽出では低い。他の抽出溶液は抽出目的化合物によって適否？があるが、総合的にアセトン・二硫化炭素抽出溶液が優れていると思われる。北海道札幌地区での住宅測定事例では平成17年から19年ではパラジクロロベンゼンの指針値を超えた事例は見られなかったが今回集合住宅で指針値を超えた住宅が2例見られた。またMVOCとしての2-エチル-1-ヘキサノールは低濃度であるが多くの住居で見られている。VOCとMVOCを同時に測定できることが明らかとなり、使用する有機溶剤も半分となり、コストが低くなりまたCO<sub>2</sub>排出の環境汚染にも配慮されている。

#### E. 結論

- 1) 本GC/MS条件で化学物質（MVOC）13種類の測定とVOCの43種類の測定56物質の測定が可能である。
- 2) 4種類の溶媒抽出では二硫化炭素とアセトン5%の条件の抽出率が良い
- 3) スチレンの抽出率は低いが活性炭添加検量線を用いることで85%まで改善した。
- 3) 拡散法で二日採集した場合の環境下限濃度は0.1から3.4μg/m<sup>3</sup>の低濃度分析が可能である。
- 4) MVOCが検出された化学物質は2-エチル-1-ヘキサノール、3-メチル-1-ブタノール、3-オクタンである。
- 5) 一つのサンプラーでVOC、MVOCの測定が可能となり、コストの減少と使用する抽出溶剤が少なくなり、CO<sub>2</sub>などの環境汚染にも考慮されている。

#### F. 健康危険情報

なし。

#### G. 研究発表

1. 論文発表  
現在予定なし。

#### 2. 学会発表

- 平成21年11月有機溶剤中毒研究会で報告
- 平成22年83回日本産業衛生学会で発表予定。

#### H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得  
考えていない。
2. 実用新案登録  
考えていない。
3. その他  
特になし

#### 参考文献

Schleibinger H., Laußmann D., Bratting C., Mangler M., Eis D., Ruden H., :Emission and emission rates of MVOC and the possibility for predicting hidden mold damage? Indoor Air 9: 98-104, 2005

Wessen B, Schoeps KO., : Microbial volatile organic compounds--what substances can be found in sick buildings? Analyst 121:1203-5. 1996

Katja E., Jutta B., Hanna O., Ursula K., Erich J., Lothar D. :Determination of selected microbial organic compounds by diffusive sampling and dua-column capillary GC-FID-a new feasible approach for detection of an exposure to indoor mould fungi? J. Environ. Monit., 1: 445-452, 1999

ANNE K.、YVES A.、VELI-MATTI K. : Sensory Irritating Potency of Some Microbial Volatile Organic Compounds (MVOCs) and a Mixture of Five MVOCs Archives of Environmental Health. 54 : 342-352, 1999

Pieckova E, Jesenska Z. : Microscopic fungi in dwellings and their health implications in

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

- humans. Ann Agric Environ Med. ;6 : 1-11. 1999
- Araki A, Eitaki Y, Kawai T, Kishi R, et al: Diffusive sampling and measurement of microbial volatile organic compounds in indoor air. Indoor Air. 2009 ; 19(5): 421-32
- シックハウス症候群の実態解明及び具体的対応  
対策に関する研究：平成 19 年度 総括・分担研  
究報告書
- Yasugi T., Kawai T., Mizumuma K., Horiguti S.,  
Iguchi H., Ikeda M. :Occupational  
dimethylformamide exposure 1. Diffusive  
sampling of dimethylformamide vapor for  
determination of time-weighted average  
concentration in air Int Arch Occup Environ  
Health 63:449-453 1992
- シックハウス症候群の原因解明のための全国規  
模の疫学研究—化学物質及び真菌・ダニ等による  
健康影響の評価と対策—：平成 20 年度 総括・  
分担研究報告書
- Kawai T., Yasugi T., Uchida Y., Ikeda M. A  
personal diffusive sampler for occupational  
acetone vapor exposure monitoring Toxicology  
Letters, 55:295-302 1991
- シックハウス症候群の実態解明及び具体的対応  
対策に関する研究：平成 18 年度 総括・分担研  
究報告書
- Kawai T., Yasugi T., Uchida Y., Ikeda M. :  
Personal Diffusive Sampler for Methanol a  
Hydrophilic Solvent. :Bull. Environ. Contam.  
Toxicol. 44:514-520 1990

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

表1. 調査対象物質と試薬製造会社

番号	物質名	分類	試薬製造会社	その他
11	1-ブタノール	アルコール類	関東化学	
15	2-ペンタノール	アルコール類	Lancaster	MVOC
19	3-メチル-1-ブタノール	アルコール類	和光純薬	
21	2-メチル-1-ブタノール	アルコール類	東京化成	MVOC
23	1-ペンタノール	アルコール類	和光純薬	
37	1-オクテン-3-オール	アルコール類	Lancaster	MVOC
40	3-オクタノール	アルコール類	Lancaster	MVOC
45	2-エチル-1-ヘキサノール	アルコール類	東京化成	
48	ノナノール	アルデヒド類	関東化学	厚労省
51	デカノール	アルデヒド類	関東化学	
4	酢酸エチル	エステル類	関東化学	
27	酢酸ブチル	エステル類	関東化学	
2	メチルエチルケトン	ケトン類	関東化学	
20	メチルイソブチルケトン	ケトン類	関東化学	
25	2-ヘキサノン	ケトン類	Lancaster	MVOC
32	2-ペンタノン	ケトン類	Lancaster	
39	3-オクタノン	ケトン類	和光純薬	MVOC
5	n-ヘキサン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
9	2,4-ジメチルペンタン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
17	2,2,4-トリメチルペンタン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
18	n-ヘプタン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
28	n-オクタノン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
35	n-ノナン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
43	n-デカン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
49	n-ウンデカン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
52	n-ドデカン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
53	n-トリデカン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
54	n-テトラデカン	脂肪族炭化水素類	関東化学	厚労省
55	n-ペンタデカン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
56	n-ヘキサデカン	脂肪族炭化水素類	関東化学	
36	$\alpha$ -ピネン	テルペン類	関東化学	
47	リモネン	テルペン類	関東化学	
6	クロロホルム	ハロゲン類	関東化学	
8	1,2-ジクロロエタン	ハロゲン類	関東化学	
10	1,1,1-トリクロロエタン	ハロゲン類	関東化学	
13	四塩化炭素	ハロゲン類	関東化学	
14	1,2-ジクロロプロパン	ハロゲン類	関東化学	
16	トリクロロエチレン	ハロゲン類	関東化学	
26	クロロジプロモメタン	ハロゲン類	関東化学	
29	テトラクロロエチレン	ハロゲン類	関東化学	
44	パラジクロロベンゼン	ハロゲン類	関東化学	厚労省
3	2-メチルフラン	フラン類	東京化成	MVOC
7	3-メチルフラン	フラン類	東京化成	MVOC
41	2-ペンチルフラン	フラン類	東京化成	MVOC
12	ベンゼン	芳香族炭化水素	関東化学	
24	トルエン	芳香族炭化水素	関東化学	厚労省
30	エチルベンゼン	芳香族炭化水素	関東化学	厚労省
31	キシレン	芳香族炭化水素	関東化学	厚労省
33	スチレン	芳香族炭化水素	関東化学	厚労省
34	キシレン	芳香族炭化水素	関東化学	厚労省
38	1,3,5-トリメチルベンゼン	芳香族炭化水素	関東化学	
42	1,2,4-トリメチルベンゼン	芳香族炭化水素	関東化学	
46	1,2,3-トリメチルベンゼン	芳香族炭化水素	関東化学	
50	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	芳香族炭化水素	関東化学	
22	ジメチルジスルフィド	その他	東京化成	MVOC

その他の欄に「MVOC」と記載している物質は、カビ・微生物由来の化学物質である。

「厚労省」と記載している物質は、厚労省で指針値を示している物質である。

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

表2. 分析条件(保持時間と定量、確認イオン)

検出順位	物質名	GC/MS測定条件		
		保持時間	定量イオン	確認イオン
1	トルエンd8	21.10	100	99
2	メチルエチルケトン	9.55	43	72
3	2-メチルフラン	10.66	82	53
4	酢酸エチル	11.01	61	43
5	n-ヘキサン	11.08	57	56
6	クロロホルム	11.17	83	85
7	3-メチルフラン	11.29	82	53
8	1,2-ジクロロエタン	13.11	62	64
9	2,4-ジメチルペンタン	13.47	43	57
10	1,1,1-トリクロロエタン	13.85	97	99
11	1-ブタノール	14.94	56	43
12	ベンゼン	15.04	78	77
13	四塩化炭素	15.42	117	119
14	1,2-ジクロロプロパン	16.98	63	62
15	2-ペンタノール	17.31	55	73
16	トリクロロエチレン	17.54	130	132
17	2,2,4-トリメチルペンタン	17.73	57	41
18	n-ヘプタン	18.33	43	41
19	3-メチル-1-ブタノール	19.40	55	70
20	メチルイソブチルケトン	19.47	43	58
21	2-メチル-1-ブタノール	19.62	41	56
22	ジメチルジスルフィド	19.82	94	45
23	1-ペンタノール	21.01	55	70
24	トルエン	21.29	91	92
25	2-ヘキサノン	21.82	58	102
26	クロロジブロモメタン	22.02	127	129
27	酢酸ブチル	23.06	43	56
28	n-オクタン	23.26	43	57
29	テトラクロロエチレン	23.38	166	164
30	エチルベンゼン	25.29	91	106
31	メタ-パラキシレン	25.61	91	106
32	2-ペンタノン	25.86	58	71
33	スチレン	26.24	104	103
34	オルトキシレン	26.43	91	106
36	n-ノナン	26.91	43	57
37	$\alpha$ -ピネン	28.20	93	92
38	1-オクテン-3-オール	28.85	57	72
39	1,3,5-トリメチルベンゼン	28.86	105	120
40	3-オクタン	28.97	57	72
41	3-オクタノール	29.36	59	83
42	2-ペンチルフラン	29.39	81	138
43	1,2,4-トリメチルベンゼン	29.63	105	120
44	n-デカン	29.90	43	57
45	パラジクロロベンゼン	30.03	146	148
46	2-エチル-1-ヘキサノール	30.26	57	83
47	1,2,3-トリメチルベンゼン	30.46	105	120
48	リモネン	30.78	68	67
49	ノナール	32.15	57	98
50	n-ウンデカン	32.49	43	57
51	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	32.94	119	134
52	デカナール	34.59	43	55
53	n-ドデカン	34.83	71	85
54	n-トリデカン	36.98	57	71
55	n-テトラデカン	38.98	43	57
56	n-ペンタデカン	40.86	57	71
57	n-ヘキサデカン	42.62	57	71

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

表3. 4種類の溶剤の抽出率

番号	物質名	分類	アセトン 5%	MeOH 5%	IPA 5%	CS <sub>2</sub>	
11	1-ブタノール	アルコール類	85.2	73.6	125.5	75.1	
15	2-ペンタノール		91.8	74.5	102.8	69.1	
19	3-メチル-1-ブタノール		84.9	71.1	96.2	44.3	
21	2-メチル-1-ブタノール		90.3	72.2	99.6	62.3	
23	1-ペンタノール		95.9	86.7	108.3	65.1	
37	1-オクテン-3-オール		102.0	101.5	101.4	69.3	
40	3-オクタノール		95.2	99.8	107.4	74.9	
45	2-エチル-1-ヘキサノール		94.8	91.1	102.9	40.0	
48	ノナノール		アルデヒド類	99.9	-	87.2	68.6
51	デカノール			102.0	110.9	-	73.8
4	酢酸エチル	エステル類	97.7	102.2	95.1	95.6	
27	酢酸ブチル		101.1	96.9	98.8	94.8	
2	メチルエチルケトン	ケトン類	85.8	100.9	101.2	97.5	
20	メチルイソブチルケトン		100.4	94.6	104.3	91.0	
25	2-ヘキサノン		101.8	89.6	99.8	87.9	
32	2-ペンタノン		102.0	89.9	90.3	79.3	
39	3-オクタン		101.7	103.9	97.3	85.8	
5	n-ヘキサン		脂肪族炭化 水素類	87.7	95.1	119.0	95.9
9	2, 4-ジメチルペンタン	99.0		95.4	104.6	99.6	
17	2, 2, 4-トリメチルペンタン	103.3		98.3	106.5	99.1	
18	n-ヘプタン	92.4		100.3	112.9	95.0	
28	n-オクタン	107.0		102.6	99.9	97.2	
35	n-ノナン	104.8		107.8	101.3	95.1	
43	n-デカン	103.9		92.1	102.9	97.2	
49	n-ウンデカン	97.4		99.4	99.1	88.9	
52	n-ドデカン	104.0		-	133.3	114.0	
53	n-トリデカン	101.2		104.5	106.9	88.0	
54	n-テトラデカン	107.6		77.4	132.0	113.7	
55	n-ペンタデカン	99.9		97.9	106.7	108.5	
56	n-ヘキサデカン	98.6		79.3	134.6	105.7	
36	α-ピネン	テルペン類		99.5	100.5	96.9	108.2
47	リモネン			102.7	143.4	102.4	76.4
6	クロロホルム	ハロゲン類		104.2	98.5	104.1	98.2
8	1, 2-ジクロロエタン			98.6	99.1	102.5	111.3
10	1, 1, 1-トリクロロエタン			112.4	98.7	104.5	102.2
13	四塩化炭素		104.2	95.1	101.8	101.5	
14	1, 2-ジクロロプロパン		97.6	96.7	101.4	106.2	
16	トリクロロエチレン		101.8	93.5	96.5	93.8	
26	クロロジブrometan		105.8	89.4	97.6	97.0	
29	テトラクロロエチレン		104.3	92.7	101.2	95.2	
44	パラジクロロベンゼン		85.1	84.2	89.2	82.9	
3	2-メチルフラン		フラン類	96.2	103.3	102.1	84.4
7	3-メチルフラン	96.3		-	98.7	72.6	
41	2-ペンチルフラン	95.8	130.9	96.6	81.7		
12	ベンゼン	芳香族炭化 水素類	82.2	102.5	109.3	80.9	
24	トルエン		90.1	97.3	116.1	150.8	
30	エチルベンゼン		97.9	92.8	98.7	92.1	
31	キシレン		91.9	96.4	103.4	97.8	
33	スチレン		31.3(81)	75.3	8.5	11.2	
34	キシレン		90.8	83.2	86.6	84.8	
38	1,3,5-トリメチルベンゼン		93.2	107.5	96.1	87.8	
42	1,2,4-トリメチルベンゼン		94.5	90.5	92.3	77.5	
46	1,2,3-トリメチルベンゼン		85.1	80.1	85.8	76.0	
50	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン		87.0	86.2	85.1	75.9	
22	ジメチルジスルフィド		その他	68.1	90.8	69.2	43.0

抽出率はN=5の平均抽出率である。

スチレンのアセトン 5%の値中、(81)は活性炭添加検量線で求めた抽出率である。

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

表4. 検量線の傾きと定量下限

番号	物質名	分類	検量線傾き		B/A*100	定量下限 値 $\mu$ g/ml	捕集速度 ml/min	環境下限 濃度 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	他
			溶液 A	活性炭 B					
11	1-ブタノール	アルコール類	1.2	0.8	68.9	0.49	50.5	3.4	
15	2-ペンタノール		1.1	0.9	86.8	0.08	33.0	0.8	*
19	3-メチル-1-ブタノール		1.7	1.3	80.4	0.06	43.0	0.5	*
21	2-メチル-1-ブタノール		2.1	1.7	84.6	0.03	32.0	0.3	*
23	1-ペンタノール		1.6	1.3	79.9	0.18	35.0	1.8	*
37	1-オクテン-3-オール		3.7	3.2	85.9	0.07	32.0	0.7	*
40	3-オクタノール		2.3	2.3	97.4	0.08	32.0	0.8	*
45	2-エチル-1-ヘキサノール		4.0	3.9	95.6	0.11	23.2	1.6	*
48	ノナノール		1.1	1.1	98.9	0.08	78.3	0.4	*
51	デカノール	0.7	0.7	97.4	0.18	100.0	0.6	*	
4	酢酸エチル	エステル類	0.4	0.4	86.1	0.10	45.5	0.8	
27	酢酸ブチル		3.3	3.6	111.8	0.01	25.7	0.2	
2	メチルエチルケトン	ケトン類	2.9	2.4	83.5	0.08	41.7	0.6	
20	メチルイソブチルケトン	ケトン類	2.4	2.6	107.3	0.03	37.3	0.3	
25	2-ヘキサノン	ケトン類	2.7	2.7	102.0	0.09	35.0	0.9	*
32	2-ペンタノン	ケトン類	2.8	3.0	107.0	0.02	32.0	0.2	*
39	3-オクタン	ケトン類	3.3	3.7	114.6	0.09	30.0	1.0	*
5	n-ヘキサン	脂肪族炭化 水素類	2.3	2.3	103.1	0.02	45.2	0.2	
9	2, 4-ジメチルペンタン		2.1	2.6	120.3	0.03	36.5	0.3	
17	2, 2, 4-トリメチルペンタン		5.9	6.5	108.7	0.01	28.3	0.1	*
18	n-ヘプタン		2.3	2.4	107.7	0.02	39.8	0.2	
28	n-オクタン		2.9	3.3	115.5	0.03	35.3	0.3	
35	n-ノナン		2.7	3.3	121.5	0.02	32.0	0.2	
43	n-デカン		2.6	3.3	124.1	0.03	24.9	0.4	
49	n-ウンデカン		2.6	3.2	124.6	0.03	11.7	0.9	
52	n-ドデカン		2.1	2.6	121.1	0.07	36.6	0.7	*
53	n-トリデカン		3.5	4.2	120.0	0.04	15.0	1.0	*
54	n-テトラデカン		2.4	2.9	122.8	0.08	-	-	*
55	n-ペンタデカン		3.5	4.1	116.5	0.07	-	-	*
56	n-ヘキサデカン		3.5	4.1	116.4	0.07	-	-	*
36	$\alpha$ -ピネン		テルペン類	4.5	5.1	114.0	0.02	33.3	0.2
47	リモネン	2.4		2.7	112.7	0.04	25.7	0.5	
6	クロロホルム	ハロゲン類	2.1	1.9	92.6	0.07	46.2	0.6	
8	1, 2-ジクロロエタン		1.7	1.6	92.8	0.04	47.1	0.3	
10	1, 1, 1-トリクロロエタン		2.4	2.4	100.5	0.02	42.4	0.2	
13	四塩化炭素		2.2	2.3	102.2	0.12	40.0	1.0	
14	1, 2-ジクロロプロパン		1.4	1.4	98.3	0.01	42.3	0.1	
16	トリクロロエチレン		1.9	1.8	95.8	0.03	44.0	0.3	
26	クロロジブロモメタン		1.5	1.5	103.8	0.02	38.5	0.2	
29	テトラクロロエチレン		2.4	2.4	102.0	0.02	39.0	0.2	
44	パラジクロロベンゼン		5.0	4.4	87.2	0.01	25.0	0.2	
3	2-メチルフラン	フラン類	2.7	2.2	82.3	0.02	50.0	0.1	*
7	3-メチルフラン		1.9	1.6	83.7	0.03	50.0	0.2	*
41	2-ペンチルフラン		7.5	8.6	113.9	0.02	45.0	0.2	
12	ベンゼン	芳香族炭化 水素類	6.2	5.8	93.3	0.02	37.1	0.2	
24	トルエン		6.8	6.8	100.3	0.04	47.7	0.3	*
30	エチルベンゼン		8.0	8.7	109.0	0.05	38.5	0.5	
31	キシレン		6.3	6.5	104.2	0.02	37.6	0.2	
33	スチレン		5.4	2.0	38.2	0.01	21.1	0.2	
34	キシレン		6.4	6.3	98.5	0.01	36.1	0.1	
38	1,3,5-トリメチルベンゼン		7.1	7.8	108.9	0.01	31.9	0.2	
42	1,2,4-トリメチルベンゼン		7.3	7.3	100.6	0.02	28.9	0.2	
46	1,2,3-トリメチルベンゼン		7.0	6.4	91.8	0.02	29.1	0.2	
50	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン		7.9	7.5	94.3	0.02	-	-	
22	ジメチルジスルフィド		その他	3.2	2.7	86.8	0.05	48.0	0.4

検量線の傾きはN=3の平均値である。

定量下限値は0.1  $\mu$ g/mlを5回測定した標準偏差の10倍とした。

他の欄に記載の\*印は前回までに研究で求めた捕集速度である。

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

表 5. 札幌地区の VOC、MVOC の気中濃度 2009 年調査

物質名	集合住宅(N=41)		一戸建て(N=38)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
VOC1 パラジクロロベンゼン	43.0	145.1	5.7	15.7
VOC2 n-ウンデカン	35.7	96.4	19.6	26.5
VOC3 n-デカン	23.1	60.0	18.9	23.7
VOC4 リモネン	22.5	22.6	30.2	48.8
VOC5 酢酸エチル	19.8	67.9	7.3	6.0
VOC6 n-ノナン	12.0	42.0	9.4	9.9
VOC7 トルエン	11.9	31.7	11.2	11.0
VOC8 $\alpha$ -ピネン	8.8	46.5	29.2	78.4
VOC9 キシレン	7.4	16.7	9.4	7.6
VOC10 1,2,4-トリメチルベンゼン	7.1	20.3	8.6	11.1
MVOC1 2-エチル-1-ヘキサノール	4.0	7.6	1.7	0.7
MVOC2 3-メチル-1-ブタノール	2.7	9.6	2.1	2.9
MVOC3 3-オクタン	1.4	3.0	2.6	4.9



## シックハウス症候群の原因解明のための全国規模の疫学研究

研究分担者 瀧川 智子 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科公衆衛生学分野 助教

### 研究要旨

#### 1. 化学物質とシックハウス症状の経年変化に関する全国データの解析

平成 16 年・17 年の全国調査（環境測定・アンケート調査）に参加した新築家屋を対象として、家屋内の化学物質濃度と居住者におけるシックハウス症候群関連症状の経年変化を検討した。解析対象は日本国内の 6 都市から無作為に抽出された 5,709 軒の新築戸建住宅のうち 2 年とも調査に参加し、また測定・アンケートデータに欠損のなかった 260 軒、868 名の居住者である。

シックハウス症状がいつも、または時々、少なくとも 1 つあった場合を SHS と定義した。両年での SHS 症状の有無により SHS を「新規」、「持続」、「改善」、「無症状」の 4 群に分類したところ、新規 6.6%、持続 5.0%、改善 8.6%、無症状 79.8% であった。個々の化学物質については、両年ともホルムアルデヒドが最も高濃度で、16 年度より 17 年度の方が全体的に濃度が減少している傾向にあった。「新規・持続群」と「改善・無症状群」それぞれの化学物質濃度の変化量の差を検討したが、「新規・持続群」で有意に濃度の上昇が見られた物質はデカン、ウンデカン、クロロホルムと少数であった。濃度の変化量を「増加」群と「減少・変化なし」群に分けて SHS 症状の発生との関連を検討したところ、単変量解析では、SHS の発生はアセトアルデヒド、スチレン、クロロホルム、クロロジブロモメタンといった物質の濃度上昇と関連していた。多変量解析（ロジスティック回帰分析）では、アセトアルデヒド、プロピオンアルデヒド、スチレンといった物質の濃度上昇が有意に SHS の発生に影響していた。以上より、2 年間ににおける化学物質濃度と SHS 症状の経年変化については、室内の化学物質は SHS 症状のリスクを上げる可能性があること示唆されたが、アセトアルデヒドなど数種類の物質のみに留まっていた。

#### 2. 化学物質外来の開設

平成 21 年 5 月より月に 1 回、岡山大学病院（総合診療内科）に化学物質外来を開設した。シックハウス症候群・化学物質過敏症とその疑い例、職業性の化学物質曝露者などを対象として、主に面談を行っている。今まで普通の内科などを受診して、あまり話を聞いてもらえなかった患者も多く、診断・治療法はないものの多少なりともそういった患者の受け皿となっている。

### 研究協力者

萩野 景規	岡山大学大学院医歯薬学総合研究科公衆衛生学分野 教授
小出 典男	岡山大学大学院医歯薬学総合研究科総合診療内科 教授

ールに基づいた環境測定（化学物質、真菌、ダニアレルゲン）およびアンケート調査を実施してきた。そこで平成 16 年・17 年の結果を用いて、環境因子（化学物質）の経年変化とシックハウス症状の経年変化との関連性について検討した。

### A. 研究目的

#### 1. 化学物質とシックハウス症状の経年変化に関する全国データの解析

我々はシックハウス症候群（SHS）の自覚症状と住居環境や住まい方との関連を明らかにすることを目的として、全国 6 地域（札幌・福島・名古屋・大阪・岡山・福岡）における統一プロトコ

#### 2. 化学物質外来の開設

SHS や化学物質過敏症など特殊な疾患（症候群）に対応する外来は全国に数箇所存在している。しかし、採算が取れないなどの理由で閉鎖・規模縮小した施設もあるため、患者の受け入れ態勢は悪化している。この現状を少しでも改善するため、また将来的に病態解明のための研究に寄与する

ため、本外来を開設した。

## B. 研究方法

### 1. 化学物質とシックハウス症状の経年変化

2年間の調査概要は下記である。

#### 1) 対象者と家屋の選定

平成16年度：予備調査として、平成15年度に建築確認申請を元に築5年以内（回答時に築6年以内であるものを含む）であった家屋5,709軒を無作為に抽出し、6都市（札幌1,240軒・福島910軒・名古屋1,070軒・大阪885軒・岡山906軒・福岡698軒）において、住環境と健康状態に関する質問紙調査を実施した。2,298軒（札幌577軒・福島428軒・名古屋278軒・大阪318軒・岡山337軒・福岡360軒）の家庭から返答があり（回収率40.3%）、その中の444軒、1,522名に対し、平成16年秋季（主に9～11月）に調査を実施した。各対象家庭には事前に調査内容の説明文書を送付し、個別に電話連絡をした。

平成17年度（追跡調査）：平成16年度の調査に参加した家庭を対象として研究参加を依頼した。そのうち270軒、935名（札幌64軒、212名・福島29軒、93名・名古屋40軒、137名・大阪68軒、253名・岡山49軒、170名・福岡20軒、70名）より参加に同意を得られたので、平成17年秋季（主に9～10月）に調査を実施した。

#### 2) 室内環境測定

両年とも居間で気中化学物質濃度の測定を行った。測定対象物質はアルデヒド類（13種類）と揮発性有機化合物（VOC、29種類）である（異性体のあるものは合計して1種類とした）。測定方法はパッシブサンプラー用いたパッシブ法で、アルデヒド類はDSD-DNPH（Supelco社製）、VOCはVOC-SD（Supelco社製）を使用した。サンプラーを室内の床から100～150cmの位置に設置して24時間捕集した。同時に温度・湿度を15分間隔で測定（Thermo Recorder TR-72U、ティアンドデイ社製）し、24時間の平均温湿度を算出した。輸送時のサンプラー汚染を除去するため、フィールドブランクサンプルも同時に採取し、分析結果より減算した。アルデヒド類は高速液体クロマトグラフィー-UV検出器で、VOCはガスクロマトグラフィー-

質量分析計を用いて分析した。これらの測定物質は日本の住宅において高頻度に検出されるものである。総揮発性有機化合物（TVOC）濃度は検出されたVOC濃度を合計して算出した。

#### 3) アンケート調査

両年とも環境測定のために家庭訪問した時に居住者全員分の自記式質問紙を持参し、測定器材回収時まで留め置いて記入してもらった。本人が読み書きできない場合は他の人に代理記入を依頼した。質問内容は、基本属性（性別、年齢、喫煙習慣、受動喫煙、在宅時間、飲酒習慣、精神的ストレスレベル、アレルギー性疾患の有無）、室内環境（結露の発生、カビの発生、室内飼いのペット、芳香剤や防虫剤の使用の有無）、自覚症状についてである。症状に関する質問はSHS症状の疫学的評価に用いられている質問紙「MM040EA」の日本語版の一部を使用した。SHS症状には眼症状（目がかゆい・あつい・チクチクする）、鼻症状（鼻水・鼻づまり、鼻がムズムズする）、喉症状（声がかすれる、のどが乾燥する、せきがでる、ヒューヒュー・ゼーゼーいう）、皮膚症状（顔が乾燥したり赤くなる、頭や耳がかさつく・かゆい、手が乾燥する・かゆい・赤くなる）、全身症状（とても疲れる、頭が重い、頭が痛い、はきけやめまいがする、物事に集中できない）が含まれる。これらの症状が過去3ヶ月間に起きる頻度を尋ね、「いつも（少なくとも週3回）」、「時々（週1、2回）」、「まったくない」のいずれかの回答を得た。またその症状が自宅の環境によるものかどうかも尋ねた。いずれか1つの症状が連続してあるいは断続的にあり、それが室内環境によるものと考えた場合をSHSとした。

#### 4) 統計解析

解析対象は2年とも調査に参加し、測定・アンケートデータに欠損のなかった260軒の家屋、868名の居住者（札幌64軒、204名・福島28軒、91名・名古屋37軒、112名・大阪68軒、243名・岡山43軒、155名・福岡20軒、63名）である。対象者は2年間のSHSの状態により4つのカテゴリーに分類した。すなわち、平成16年にSHS症状がなく平成17年にSHS症状のあったものを「新

規（発生）群」、その逆を「改善群」、両年とも症状のあったものは「持続群」、両年とも症状のなかったものは「無症状群」とした。各家屋の化学物質濃度は個人曝露環境因子としてそれぞれ居住者に割り当てた。定量限界（ $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）以下の化学物質濃度は限界値の1/2（ $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を付与して用いた。化学物質濃度の変化量は17年の濃度から16年の濃度を減算して算出した。

検定には Wilcoxon test、カイ二乗検定、Mann-Whitney test を適宜、用いた。SHS 症状に関係する危険因子を検討するため、それぞれの SHS 症状（SHS 症状と個別の SHS 症状群；眼、鼻、喉、皮膚、全身症状）に関する多重ロジスティック回帰モデルを使用した。2 年間の調査における SHS 症状の変化として「新規・持続群」と「改善・無症状群」を従属変数とし、オッズ比と 95%信頼区間を算出した。化学物質濃度の変化量は「減少・変化なし（0 以下）」群と「増加（0 より大）」群に分け、独立変数として後ろ向きステップワイズ法で投入した。また平成 16 年時の対象者の基本属性（性別、年齢、居住地、喫煙習慣、環境喫煙、在宅時間、飲酒習慣、ストレスレベル、アレルギー性疾患の有無）と室内環境因子（結露の発生、カビの発生、室内飼いのペット、受動喫煙、芳香剤や防虫剤の使用の有無）を調整変数として強制投入した。解析はすべて SPSS 14.0 for Windows（SPSS 社）で行い、p 値が 0.05 未満の場合を有意とした。

## 2. 化学物質外来の開設

平成 21 年 5 月より月に 1 回（現在は第 2 木曜日の 14:00～16:00）、岡山大学病院（総合診療内科）に開設した。対象はシックハウス症候群・化学物質過敏症とその疑い例、職業性の化学物質曝露者などで、面談を行っている。また北里大学で用いている自記式の「アレルギー科・環境医学外来 質問票」に回答してもらっている。

（倫理面への配慮）

本研究は分担研究者が所属する岡山大学大学院医歯学総合研究科内に設置された疫学研究倫理審査委員会の承認を受けている。実施にあたってヘルシンキ宣言の趣旨に則り、被験者に対して

は研究の目的、方法、予想される得失、および自由意志による参加等について、書面による十分な説明に基づく同意（インフォームドコンセント）を行った上で実施した。また、本研究の過程で得られた検査データ等の個人情報に関わるものについては厳格な秘密保持に努めるものとする。

## C. 研究結果, D. 考察

### 1. 化学物質とシックハウス症状の経年変化

対象者の平成 16 年時（ベースライン）の年齢分布や性別などの基本属性と SHS 分類を表 1 に示す。対象者の平均年齢（範囲）は 33.2（0-90）歳、対象家屋の平均築年数（範囲）は 3.3（1.2-6.3）年であった。対象者の男女比はほぼ同等であった。16 年度と 17 年度の SHS はそれぞれ 13.6%（118 名）、11.5%（100 名）であった。両年での SHS 症状の有無による 4 群分類では、新規群 6.6%（57 名）、持続群 5.0%（43 名）、改善群 8.6%（75 名）、無症状群 79.8%（693 名）であった。

両年の室内化学物質濃度を表 2 に示す。全体的に低濃度であったが、中央値で比較すると、いずれもホルムアルデヒドが最も高濃度で、以下、アセトン、アセトアルデヒドと続いた。16 年度より 17 年度の方が多くの物質で濃度が減少している傾向にあった。2 年間で温度と湿度に差はなかった。

「新規・持続群」と「改善・無症状群」それぞれの化学物質濃度の変化量の差を検討した（表 3）。

「新規・持続群」で有意に濃度上昇している物質はデカン、ウンデカン、クロロホルムと少数で、変化量も大きくなかった。

単変量解析によりオッズ比を算出したところ、SHS 症状の発生はアセトアルデヒド、スチレン、クロロホルム、クロロジプロモメタンといった物質の濃度変化と関連していた（表 4）。多変量解析としてロジスティック回帰分析にて交絡因子を調整したところ（表 5）、アセトアルデヒド、プロピオンアルデヒド、スチレンといった物質が有意に SHS の発生に影響していた。

### 2. 化学物質外来の開設

平成 21 年 5 月～12 月までの受診者数は 20 名、受診者の 75%が女性、平均年齢は 52.9 歳であった。

大半が何らかの化学物質に接触することによる体調不良を訴えていた。また中には20年以上も症状に苦しんでいる受診者もあり、治療法の早期開発が望まれていると考えられた。

## E. 結論

### 1. 化学物質とシックハウス症状の経年変化

平成16年・17年の室内化学物質濃度の経年変化とSHS症状の経年変化との関連性について検討したが、アセトアルデヒドなど数種類の物質のみが関係していた。SHSにはダニ・カビといった他の環境因子も関与している可能性があると考えられた。

### 2. 化学物質外来の開設

現在のところ、症例が少なく、また臨床検査なども実施していないが、将来的には病態解明のための研究が行えるレベルの外来にしたいと考えている。

## F. 研究発表

### 1) 論文発表

<英文>

1. Takigawa T, Wang BL, Saijo Y, Morimoto K, Nakayama K, Tanaka M, Shibata E, Yoshimura T, Chikara H, Ogino K, Kishi R. Relationship between indoor chemical concentrations and subjective symptoms associated with sick building syndrome in newly-built houses in Japan. *Int Arch Occup Environ Health* 83; 225-35, 2010.
2. Takigawa T, Wang BL, Sakano N, Wang DH, Ogino K, Kishi R. A longitudinal study of environmental risk factors for subjective symptoms associated with sick building syndrome in new dwellings. *Sci Total Environ* 407; 5223-5228, 2009.
3. Kishi R, Saijo Y, Kanazawa A, Tanaka M, Yoshimura T, Chikara H, Takigawa T, Morimoto

K, Nakayama K, Shibata E. Regional differences in residential environments and the association of dwellings and residential factors with the sick house syndrome: A nationwide cross-sectional questionnaire study in Japan. *Indoor Air* 19; 243-254, 2009.

<和文>

1. 瀧川智子、汪達紘、荻野景規. シックハウス症候群とその予防策. *日本予防医学会雑誌* 4; 3-7, 2009.
2. 田中かつ子、岸玲子、西條泰明、中山邦夫、森本兼曩、瀧川智子、柴田英治、力寿雄、吉村健清、田中正敏. シックハウス症候群と住まい方—居住環境にかかわる疾病予防—. *厚生指標* 56; 24-31, 2009.
3. 荒木敦子、西條泰明、森本兼曩、中山邦夫、瀧川智子、田中正敏、柴田英治、吉村健清、力寿雄、岸玲子. III 住宅の環境測定結果からみた北海道の住宅と本州地域の比較. *ビルと環境* 125; 17-22, 2009.
4. 金澤文子、西條泰明、田中正敏、吉村健清、力寿雄、瀧川智子、森本兼曩、中山邦夫、柴田英治、岸玲子. II 新築戸建て住宅のダンプネスとシックハウス症候群—平成15年度札幌市とその他地域の調査研究から—. *ビルと環境* 125; 11-16, 2009.

### 2) 学会発表

1. 瀧川智子、王炳玲、坂野紀子、汪達紘、荻野景規、岸玲子. 新築家屋におけるシックハウス症候群に関する環境リスク因子についての縦断研究. 第80回日本衛生学会学術総会. 仙台 (2010年5月)

## G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

なし