

ら何らかの真菌が検出された。ダニアレルゲン Der1 (Der f1 と Der p1 の和) の幾何平均値は 2.386 g/g fine dust、91%の住宅で検出された。

4. SHSの有訴

SHSの有訴をTable 4に示す。最も有訴が多かったのは「鼻水・鼻づまり・鼻がムズムズする」で、3.8%、ついで「声がかすれる・のどの乾燥」が1.6%、「咳がでる」が1.3%だった。その他の項目の有訴は全て1%未満であった。症状別にみると、粘膜の刺激症状が4.8%、皮膚症状が1.3%、一般症状は1.1%だった。

5. SHSと住宅要因、個人要因との関連

χ^2 検定でSHS症状別有訴と個人特徴、住宅特徴の関連をTable 5に示す。粘膜の刺激症状は年齢（10歳グループ）、および現在のアレルギーとの関連を示した。皮膚症状および一般症状と個人特徴、住宅特徴との関連は見られなかった。

6. MVOC類の健康影響

測定したMVOCのうち、検出率が50%未満の4化合物（2-ペンタノール、2-ヘプタノン、3-オクタノン、1-オクテン-3-オール）は定量下限値未満の未検出/検出の2群に、50%以上の3化合物は未検出、 \leq 最大値/2、 $>$ 最大値/2の3群とし、未検出をリファレンスとして検出群についてロジスティック回帰分析を実施し、SHS症状別のオッズ比（95%信頼区間、以下95%CI:）を求めた（Table 6）。粘膜への刺激症状は、「未検出群」に対し3-メチル-1-ブタノール「LOD $<$ 5.38」群（OR 3.20、95%CI:1.09, 9.43）、2-ペンタノール「検出群」（OR 2.47、95%CI:1.12, 5.43）、2-ヘキサノン「1.34 $<$ 」群（OR 7.78、95%CI:1.61, 37.72）、1-オクテン-3-オール「検出群」（OR 3.41、95%CI:1.59, 7.33）で有意な関連がみられた。1-ペンタノール、2-ヘプタノン、3-オクタノンには有意な関連はみられなかった。また、Total 8MVOC、ホルムアルデヒド、Total VOC、総真菌量、ダニ

アレルゲン量と粘膜への刺激症状にも有意な関連は見られなかった。一般症状では、「未検出群」をリファレンスとして1-ペンタノール「LOD $<$ 6.14」群（OR 0.14、95%CI:0.02, 0.75）で有意な関連が見られた。皮膚症状と有意な関連が見られた化合物はなかった。

7. MVOC類と住宅特徴

Table 7にMVOC濃度と住宅要因の関連を示す。木造構造住宅では、3-メチル-1-ブタノール、2-ペンタノール、2-ヘプタノン、Total 8MVOC、およびTotal VOCが木造以外の構造の住宅よりも有意に高濃度だった。一方、木造構造以外の住宅で木造住宅よりも有意に総真菌量が多かった。築年数は6-8年の群で、3-5年の群よりも有意にダニアレルゲン量が多かった。湿度環境のうち、結露ありの住宅で結露なしの住宅よりも有意に総真菌量がおおかったが、その他の項目と室内環境測定結果との間に有意な関連は見られなかった。

D. 考察

本研究では、MVOCのうち3-メチル-1-ブタノール、2-ペンタノール、2-ヘキサノン、1-オクテン-3-オールがSHS粘膜への刺激症状と関連する結果が得られた。3-メチル-1-ブタノール「5.38 $<$ 」群、2-ヘキサノン「LOD $<$ 1.34」群は統計学的な有意とはならなかったが、濃度が高い群でORが大きい結果となった。サンプルサイズが大きければ、量-反応関係みられる可能性がある。過去の疫学研究では、スウェーデンでKimら〔15〕が学校でのいくつかのMVOC曝露と夜間の呼吸困難との関連を示した。また、Smedjeら〔16〕は1-オクテン-3-オールが学校職員の喘息のオッズ比を有意に上げる（OR 1.2、95%CI:1.1, 1.3）ことを示しているが、アウトカムは喘息の既往としている。ドイツではElkeら〔17〕は児童において3-メチル-1-ブタノールと喘息との関連を示唆した。本研究では、曝露と症状発症に時間差がなく、現在のアレルギーで調整しても粘膜の刺激症状といくつかのMVOC

化合物との関連を示している。

1-オクテン-3-オールは実験的にヒトに曝露させた研究において〔18〕、鼻汁、ECP(Eosinophil cationic protein)、Myeloperoxidase、Lysozyme 値の増加、目の刺激と瞬きの回数の増加、主観的臭い、鼻刺激、喉刺激、呼吸困難を引き起こすことが報告された。本研究でも 1-オクテン-3-オールは粘膜への刺激症状を示し、統計学的有意差は見られなかったものの、皮膚症状の OR も高い結果となった。(OR 3.96、95%CI:0.93, 16.83)。実験的研究における 3-オクテン-1-オール曝露濃度は 10mg/m³ と本研究で測定した室内濃度よりも数オーダー高濃度である。従ってせいぜい 1μg/m³ というバックグラウンドレベルの室内濃度でどの程度影響があるのかは疑問がある。一方で、短時間の実験的曝露とは異なり、室内では慢性的に曝露されるため、例え低濃度であっても慢性的に曝露されれば健康への影響がある可能性が本研究結果から示唆された。さらに、室内環境では多種の化合物に併行曝露される。動物実験で Korpi ら〔19〕が相乗効果をもって知覚刺激反応があることを示唆しており、ヒトでも環境中のいくつかの MVOC に併行曝露されることで個々の化合物の濃度は低くても健康に影響がある可能性があるだろう。

いくつかの MVOC 濃度は、木造住宅でそれ以外の構造住宅よりも高濃度だった。本研究の結果からは、測定した MVOC の由来について明確にすることは出来ない。Korpi ら〔20〕は石膏ボードや集積材からも MVOC が放散されることを示しており、住宅構造である木材、あるいは木造住宅に特異的な内装自体が対象化合物を放散している可能性がある。さらには、木造住宅のほうが MVOC を放散しやすい微生物の生育に適している可能性などがあげられ、この点は今後さらなる研究の蓄積が必要である。

今回 MVOC と SHS 症状の解析には、以前より SHS の原因として指摘されている室内環境測定値、例えばホルムアルデヒドや総真菌量、ダニアレルゲンについても解析を行なったがいずれも症状との

関連は見られなかった。

本研究では MVOC として 8 化合物の分析である。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〕や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

平成18年の報告よりも検出下限値を下げ、検出率をあげて MVOC 類と SHS 症状との関連を示した。MVOC のうち 3-メチル-1-ブタノール、2-ペンタノール、2-ヘキサノン、1-オクテン-3-オールの室内空气中濃度が 0.25 μg/m³ 以上であると、SHS 粘膜への刺激症状との関連が示された。これら MVOC は木造住宅での濃度が高かった。

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、森本兼曩、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 類の濃度と症状との関係 -」、第79回日本衛生学会総会、熊本 (2009. 3. 29-4. 1)

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〕 Schleichinger H *et al.*, Indoor Air

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

- 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, 154, 803-808(2001)
- [15] Kim JL, *et al.*, Indoor Air, 17, 153-163(2006)
- [16] Smedje G., *et al.*, In:Indoor air' 96: proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 1, 611-616(1996)
- [17] Elke K *et al.*, J Environ Monit 1, 445
- [18] Wålinder R *et al.*, Toxicology Letters 181, 141-147(2008)
- [19] Korpi A., *et al.*, Archives of Environmental Health, 43, 347-352(1999)
- [20] Korpi A., *et al.*, Applied and Environmental Microbiology, 64, 2914-2919(1998)
- [21] Walinder R *et al.*, Environ Health Perspect 113, 1775-1778(2005)

Table 1: Characteristics of the subjects (N=624)

Characteristics	N	%
Gender		
male	302	48.4
female	322	51.6
Age group		
0-9	116	18.6
10-19	83	13.3
20-29	35	5.6
30-39	101	16.2
40-49	116	18.6
50-59	77	12.3
60-69	60	9.6
70+	35	5.6
Current smoking		
yes	56	9.0
Current allergy		
yes	104	16.7
Self-reported stress level		
high	26	4.7
Time spend in the dwelling		
17 hours or more	221	35.4
less than 16 hours	399	63.9

Table 2: Characteristics and dampness of the dwellings (N=182)

	N	%
Housing structure (as of 2003)		
wooden	144	79.1
others	35	19.2
Buidling age (added three years to the 2003 recor		
3-5 years	132	72.6
6-8 years	48	26.3
Population density (inhabitant/room) (Mean±SD)	0.65±0.24	
Environmental tobacco smoke	36	19.8
pets in the dwelling	60	33.0
Visible mold growth	140	76.9
Condensation	121	66.5
Moldy odor	37	20.3
Slow drying of the wet towels in the bathroom	35	19.2
Water leakage within 5 years	20	11.0

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

Table 3: Indoor MVOC concentration and other environmental variables

N=182

	Detection rate	Geometric Mean	Min	25%	50%	75%	95%	Max
MVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
3-Methyl-1-butanol	68.7	0.49	<LOD	<LOD	0.49	1.12	2.34	10.64
1-Pentanol	78.6	0.57	<LOD	<LOD	0.60	1.47	3.82	12.15
2-Pentanol	48.4	0.32	<LOD	<LOD	<LOD	0.63	2.81	4.17
2-Hexanone	70.9	0.32	<LOD	<LOD	0.33	0.53	1.02	2.56
2-Heptanone	35.2	0.19	<LOD	<LOD	<LOD	0.29	0.80	1.52
3-Octanone	7.7	0.14	<LOD	<LOD	<LOD	0.13	0.43	1.88
1-Octene-3-ol	29.1	0.19	<LOD	<LOD	<LOD	0.28	0.73	8.58
3-Octanol	0.0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Total 8MVOC	91.8	2.95	<LOD	1.73	2.76	5.09	9.39	16.85
Formaldehyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	99.5	32.2	<LOD	21.3	32.6	46.9	97.6	120.1
Total VOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	85.2	79.4	<LOD	35.1	76.1	148.1	518.3	2798.9
Total Fungi (CFU/ m^3)	98.9	288	0	150	330	550	1396	3490
Mite Allergen Der 1 ($\mu\text{g}/\text{g}$ fine dust)	91.2	2.386	<LOD	0.533	2.470	8.8	68.0	502.3

Table 4: Prevalence of the Sick Building Syndroms

N=624 (N=562 for
general symptoms)

	N	%
Mucos symptoms	30	4.8
<i>itching, burning or irritation of the eyes</i>	5	0.8
<i>irritated, stuffy or runny nose</i>	24	3.8
<i>hoarse, dry throat</i>	10	1.6
<i>cough</i>	8	1.3
Skin symptoms	8	1.3
<i>dry or flushed facia skin</i>	3	0.5
<i>scaling/itching scalp or ears</i>	4	0.6
<i>hands dry, itching, red skin</i>	5	0.8
General symptoms (only above school age)	6	1.1
<i>fatigue</i>	5	0.9
<i>feeling heavy-headed</i>	2	0.4
<i>headache</i>	1	0.2
<i>nausea/dizziness</i>	0	0.0
<i>difficulties concentrationg</i>	1	0.2

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

Table 5: Association between symptoms and personal and building characteristics

Predictors	denotation	mucous symptoms		skin symptoms		general symptoms	
		symptoms prevalence (%)	p-value	symptoms prevalence (%)	p-value	symptoms prevalence	p-value
Personal characteristics							
Gender	male	4.6	0.854	1.3	1.000	0.7	0.687
	female	5.0		1.2		1.2	
Age groups (every 10-year)	p for trend	-	0.008**	-	0.458	-	0.496
Current allergy	yes	20.6	0.010*	2.9	0.141	1.0	1.000
	no	4.8		1.0		1.0	
Current smoking	yes	5.4	0.745	0.0	-	1.8	0.470
	no	4.8		1.4		1.0	
Duration spend in the	17hour and more	1.4	1.000	1.2	1.000	1.5	0.186
	less than 17hours	1.2		1.4		0.0	
Building characteristics							
Housing Structure	Wooden	5.1	0.651	1.0	0.378	0.6	0.293
	others	3.8		2.3		1.5	
Building age	3-5 years	4.4	0.258	1.3	1.000	0.9	-
	6-8 years	7.5		1.3		0.0	
Environmental tobacco smoke	yes	5.4	0.650	0.8	1.000	0.8	1.000
	no	4.6		1.4		1.0	
Visible moulds growth	yes	5.4	0.239	1.4	1.000	1.2	0.330
	no	3.6		1.0		0.5	
Condensation	yes	5.4	0.422	1.4	1.000	0.8	0.672
	no	2.5		0.8		1.7	
Moldy odor	yes	3.3	0.484	0.8	1.000	0.8	1.000
	no	5.2		1.4		1.0	
Slow drying of wet towels in the bathroom	yes	6.4	0.354	0.8	1.000	0.8	1.000
	no	4.4		1.4		1.0	
Water leakage within 5	yes	1.4	0.237	0.0	-	0.0	-
	no	5.3		1.5		1.1	
pets in the dwelling	yes	4.7	1.000	1.5	0.772	0.9	1.000
	no	4.9		1.5		1.0	

Table 6: Association between symptoms and MVOC and other environment variables

	range	mucous symptoms			skin symptoms			general symptoms					
		% of case	OR ^a	95%CI	p-value	% of case	OR ^b	95%CI	p-value	% of case	OR ^b	95%CI	p-value
3-Methyl-1-butanol	<LOD	2.1	1.00	-	0	-	-	2.1	1.00	-	-	-	0.078
	-5.38	5.9	3.20	1.09	9.43	0.035*	1.9	0.5	0.21	0.04	1.19	0.078	
	5.38+	10.0	9.40	0.88	100.56	0.064	0	0	-	-	-	-	
1-Pentanol	<LOD	2.2	1.00	-	0.7	1.00	-	3.0	1.00	-	-	-	
	-6.14	5.6	2.22	0.66	7.50	0.200	1.4	0.4	0.14	0.02	0.75	0.022*	
	6.14+	0	-	-	0	-	0	0	-	-	-	-	
2-Pentanol	<LOD	3.1	1.00	-	1.2	1.00	-	0.9	1.00	-	-	-	
	>LOD	6.7	2.47	1.12	5.43	0.025*	1.3	1.0	1.07	0.21	5.36	0.936	
2-Hexanone	<LOD	3.8	1.00	-	1.1	1.00	-	2.2	1.00	-	-	-	
	-1.34	4.7	1.06	0.44	2.60	0.894	1.4	0.5	0.22	0.04	1.22	0.083	
	1.34+	25.0	7.78	1.61	37.72	0.011*	0	0	-	-	-	-	
2-Heptanone	<LOD	4.9	1.00	-	0.7	1.00	-	1.2	1.00	-	-	-	
	>LOD	4.6	0.77	0.35	1.71	0.523	2.3	0.5	0.37	0.04	3.23	0.372	
3-Octanone	<LOD	4.9	1.00	-	1.4	1.00	-	0.9	1.00	-	-	-	
	>LOD	4.3	1.00	0.23	4.42	0.998	0	2.1	2.61	0.30	23.09	0.388	
1-Octene-3-ol	<LOD	2.7	1.00	-	0.7	1.00	-	0.7	1.00	-	-	-	
	>LOD	9.8	3.41	1.59	7.33	0.002**	2.7	1.6	2.50	0.49	12.60	0.268	
Total MVOCs ^d	linear		1.11	0.99	1.24	0.070	1.01	0.80	1.29	0.909	1.26	0.317	
Formaldehyde ^e	linear		1.07	0.93	1.22	0.347	1.05	0.81	1.35	0.719	1.30	0.410	
Total VOCs ^e	linear		1.00	0.99	1.01	0.933	0.99	0.93	1.05	0.644	1.06	0.521	
Total fungi ^f	linear		1.00	1.00	1.01	0.553	0.98	0.95	1.01	0.253	1.02	0.983	
Mite allergen ^g	linear		1.00	0.98	1.01	0.626	1.00	0.97	1.03	0.810	1.06	0.593	

^aadjusted by gender, age group of 10-year, current allergy

^badjusted by gender and age group of 10-year

Odds ratio expressed as change of coefficient per ^d1 μ g/m³, ^e10 μ g/m³, ^f10 CFU/m³, ^g1 μ g/g fine dust

Table 7. Concentration differences of MVOC and other environment variables in building factors

	n	3-methyl-1-butano		2-pentanol		2-hexanone		2-heptanone		3-Octanone		1-Octene-3-ol		Total MVOC		Formaldehyde		Total VOC		Total fungi		Total mite allergen	
		GM	p-value	GM	p-value	GM	p-value	GM	p-value	GM	p-value	GM	p-value	GM	p-value	GM	p-value	GM	p-value	GM	p-value	GM	p-value
Housing structure																							
wooden	144	0.88	0.219	1.22	0.001**	0.58	0.086	0.46	0.000**	0.26	0.005**	0.18	0.585	0.31	0.049*	4.02	0.001**	188.2	0.001**	429	0.016*	18.64	0.901
others	35	0.68		0.51		0.51		0.25		0.16		0.15		0.19		2.58		80.0		681		9.12	
Building Age																							
3-5 years	128	0.87	0.369	1.08	0.606	0.59	0.123	0.43	0.722	0.24	0.555	0.17	0.367	0.24	0.283	3.74	0.684	173.3	0.063	461	0.930	12.65	0.003**
6-8 years	24	0.87		0.82		0.68		0.36		0.25		0.19		0.28	3.57		158.7		451		45.58		
Environmental tobacco smoke																							
yes	36	0.88	0.603	0.75	0.122	0.51	0.525	0.40	0.295	0.21	0.120	0.17	0.418	0.25	0.874	3.30	0.412	186.3	0.492	517	0.527	23.63	0.871
no	146	0.83		1.16		0.58		0.42		0.25		0.18		0.29	3.82		160.7		467		14.82		
Condensation																							
yes	121	0.89	0.708	1.10	0.429	0.51	0.418	0.43	0.133	0.24	0.735	0.17	0.443	0.29	0.466	3.76	0.861	175.1	0.551	543	0.004**	16.93	0.257
no	60	0.75		1.03		0.68		0.39		0.25		0.18		0.27	3.68		149.3		344		15.04		
Visible mold growth																							
yes	140	0.89	0.637	1.10	0.135	0.55	0.857	0.41	0.610	0.24	0.768	0.17	0.608	0.30	0.911	3.78	0.413	179.2	0.735	512	0.284	17.77	0.025*
no	42	0.67		1.00		0.60		0.44		0.26		0.19		0.23	3.51		120.8		359		12.45		
Moldy odor																							
yes	37	1.00	0.537	1.23	0.794	0.43	0.309	0.41	0.765	0.26	0.466	0.13	0.184	0.20	0.379	3.78	0.603	152.0	0.992	500	0.476	23.13	0.050
no	144	0.80		1.04		0.60		0.42		0.24		0.19		0.30	3.72		169.8		470		14.98		
High humidity in the bathroom																							
yes	35	0.82	0.953	0.90	0.851	0.65	0.370	0.40	0.460	0.20	0.302	0.21	0.786	0.23	0.961	3.54	0.532	122.2	0.908	599	0.253	16.62	0.765
no	146	0.84		1.12		0.54		0.42		0.25		0.17		0.29	3.76		177.1		448		16.68		
Water leakage																							
yes	20	0.80	0.436	1.70	0.358	0.42	0.469	0.42	0.956	0.32	0.567	0.13	0.584	0.25	0.969	4.16	0.968	128.2	0.609	418	0.656	12.02	0.125
no	161	0.85		1.00		0.58		0.42		0.23		0.18		0.29	3.68		171.3		486		14.10		
Housing pet																							
yes	60	0.94	0.706	0.86	0.169	0.49	0.781	0.35	0.126	0.21	0.164	0.19	0.431	0.22	0.361	3.38	0.243	147.0	0.429	566	0.080	23.35	0.819
no	121	0.79		1.19		0.59		0.44		0.26		0.17		0.31	3.88		175.3		433		13.40		

P-values were calculated by Mann-Whitney U test.

リン酸カルシウム類とフタル酸ジエチルヘキシル(DEHP)との反応に伴う 2-エチル-1-ヘキサノール発生の有無を確認するための実験的研究

研究分担者 柴田 英治 愛知医科大学医学部衛生学講座 准教授

研究要旨

我々は昨年度、数種類のセメントペーストにフタル酸ジ(2-エチルヘキシル) (DEHP) を添加し、2-エチル-1-ヘキサノール (2E1H) が放散することを観察した。2E1H 放散量はセメントペースト中のリン酸カルシウム類の含有量と相関する傾向がみられた。そこで、これら両者を混合して2E1H 発生を確認することを目的に実験を行った。3種類のリン酸カルシウム類と DEHP を混合したものをバイアルびんに封入し、中の空気中 2E1H をガスクロマトグラフ質量分析計で定性分析した。しかし、いずれのリン酸カルシウム類・DEHP 混合物からも 2E1H の発生は認められなかった。これらの結果から、建物に使用されているコンクリートからの 2E1H の発生にはセメント中のリン酸カルシウム類は関与していないことが明らかになった。

研究協力者

酒井潔 (名古屋市衛生研究所)

上島通浩 (名古屋大学大学院医学系研究科環境
労働衛生学)

東本崇 (大林道路)

森吉昭博 (北海道大学大学院名誉教授)

A. 研究目的

我々は昨年度、数種類のセメントペーストにフタル酸ジ(2-エチルヘキシル) (DEHP) を添加し、2-エチル-1-ヘキサノール (2E1H) が放散することを観察した。対象となった国内主要メーカーの早強セメント3種類、普通セメント、高炉 B 種セメント、及び早強セメント 1 種に AE 減水剤加えたものであった。いずれも 2E1H の放散が認められたが、放散量を比較すると、セメントペースト中のリン酸カルシウム類の含有量と 2E1H 放散量が相関する傾向がみられた。これは 2E1H の発生にリン酸カルシウム類と DEHP との反応が関与していることを示唆すると考えられた。

そこで、今回これら両者を混合して 2E1H 発生を確認し、リン酸カルシウム類と DEHP との反応が 2E1H の発生機序であることを観察することを目的とした。

B. 研究方法

1. 使用した化学物質

1) リン酸カルシウム類

リン酸三カルシウム

(第三リン酸カルシウム、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)

リン酸一水素カルシウム

(第二リン酸カルシウム、 $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

リン酸二水素カルシウム

(第一リン酸カルシウム、 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

(いずれも食品添加物、和光純薬)

2) フタル酸エステル

フタル酸 2-(ジエチルヘキシル)

(特級、関東化学)

2. リン酸カルシウム類とフタル酸エステルとの混合

125ml バイアルびんに上記の 3 種類のリン酸カルシウム類を各約 1g 分取し、DEHP を約 1g 添加した後、バイアルびんを密栓した。さらにインキュベータ(30℃)内で 24 時間以上放置した。バイアルびん内の空気をガスタイトシリンジで 20 μL 分取してガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)に注入し、定性分析を行った。

の発生は認められなかった。

3. GC-MS 条件

GC-MS の分析で使用したカラムはNB-1（長さ 60m、内径 0.25mm）、カラム温度は 45℃を 5 分間保持した後、毎分 10℃で昇温し、300℃となつてから 7 分間保持した。注入口の温度は 250℃、イオン源の温度は 250℃であった。なお、今回行ったのは定性分析である。

4. 分析対象

リン酸カルシウム類と DEHP の混合物に加えて、以下についても分析対象とし、バイアルびんに入れた後、密栓した後は上記と同様の方法でバイアルびん内の空気を定性分析した。

リン酸三カルシウム約 1g

リン酸一水素カルシウム約 1g

リン酸二水素カルシウム約 1g

DEHP 約 1g

なお、ブランクとして試料なしのバイアルびん内の空気も分析した。

（倫理面への配慮）

本研究はヒトを対象としたものでないので、倫理面への配慮を必要とする研究に該当しないと考えられる。

C. 研究結果

各分析対象の成分内訳は以下の通りであった。

リン酸三カルシウム 1.02g +DEHP1.08g

リン酸一水素カルシウム 1.02g
+DEHP1.04g

リン酸二水素カルシウム 1.06g
+DEHP1.05g

リン酸三カルシウム 1.04g

リン酸一水素カルシウム 1.06g

リン酸二水素カルシウム 1.05g

DEHP 1.07g

上記のいずれの対象からも、GC-MS によるトータルイオンクロマトグラム (TIC) にも空気に相当するピーク以外のものは検出されず、2E1H

D. 考察

我々は昨年度の研究でセメントペースト中のリン酸カルシウム類と DEHP を混合したところ、2E1H 放散量との相関を認めた。しかし、本研究では両者を接触・混合させただけでは 2E1H の発生は認められなかった。これまでのコンクリートを使用した建物の調査では一部で築後数年を経ても高濃度の室内 2E1H を検出する例が見られている。2E1H の放散はトルエンなど他の揮発性有機化合物と異なり、化学反応によって築後年数を経ても発生が継続する点である。この化学反応はフタル酸エステルの加水分解と考えられるが、反応に関与する要因を明らかにすることは、2E1H の発生防止につながる。

本実験でリン酸カルシウム類は DEHP と反応することなく、2E1H の発生に関与していないことが示唆された。したがって、2E1H の発生にはリン酸カルシウム類以外の物質が関与していることが考えられる。今後は加水分解反応に対して触媒作用を有する物質の解明、あるいは 2E1H の発生を促進する構造があるのではないかと考えられた。

E. 結論

建物に使用されているコンクリートからの 2E1H の発生にはセメント中のリン酸カルシウム類は関与していないことが明らかになった。

F. 研究発表

1. 論文発表

Ogawa-Kawata H, Matsuda M, Onda N, Ueyama J, Kamijima M, Shibata E, Ogawa M, Endo Y.

Direct analysis of permethrins in human blood by SPE-GC/MS.

Chromatography 2007;28:119-124

Kamijima M, Wang H, Huang H, Li L, Shibata E, Lin B, Sakai K, Liu H, Tsuchiyama F, Chen J, Okamura A, Huang X, Hisanaga N, Huang Z, Ito Y, Takeuchi Y, Nakajima T

Trichloroethylene causes generalized

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

hypersensitivity skin disorders complicated by hepatitis.

J. Occup. Health 2008;50:328-338

Kimata A, Kondo T, Ueyama J, Yamamoto K, Mochizuki A, Asai K, Takagi K, Okamura A, Wang D, Kamijima M, Fukaya Y, Shibata E, Goto M, Saoto I.

Relationship between urinary pesticide metabolites and pest control operation among occupational pesticide sprayers.

J. Occup. Health (in press)

Tomoto T, Moriyoshi A, Sakai K, Shibata E, Kamijima M.

Identification of the sources of organic compounds that decalcify and generate alcohols and ammonia gases.

Building and Environment (in press)

2. 学会発表

柴田英治、酒井潔、上島通浩、森吉昭博
各種セメントへのフタル酸ジ（2-エチルヘキシ

ル）添加に伴う室内環境汚染物質 2-エチル-1-ヘキサノール発生に関する実験的研究

（第78回日本衛生学会総会 2008年3月28-30日 熊本）

（日衛誌第63巻巻2号・358・2008年）

岡村愛、上島通浩、斎藤勲、市原学、伊藤由起、五藤雅博、柴田英治、高木健次、近藤高明、上山純、那須民江

ガスクロマトグラフ質量分析計によるフェニトロチオンの特異的尿中代謝物 3-メチル-4-ニトロフェノールの高感度測定法の開発

（第78回日本衛生学会総会 2008年3月28-30日 熊本）

（日衛誌第63巻巻2号・550・2008年）

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

揮発性有機化合物の拡散型サンプラーを用いた捕集方法と分析技術に関する研究 樹脂気孔型拡散型サンプラーの捕集速度 その3

—2-メチルフラン、3-メチルフラン、2-ペンチルフラン、2-メチル-1-ブタノール、
2-ブトキシエタノール、ベンジルアルコール、ジメチルスルフィド—

研究分担者 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

研究趣旨

シックハウス症候群を起こす物質として色々な微量揮発性有機化学物質が示唆され、原因解明のために、症状とこれら揮発性有機化合物との量—反応関係の研究がなされている。これらの研究には空气中に存在する揮発性有機化合物の種類とその容量（濃度）を保証することが一つの大きなポイントとなる。すなわち微量の揮発性有機化学物質の捕集・分析方法の開発が必要である。多くのシックハウス症状症例は住居に起因しており、住居の揮発性有機化学物質を捕集するには、小型、軽量、音の無いサンプラーで行なうことが求められる。この方法として我々は拡散型サンプラーを用いて測定している。「シックハウス症候群の実態解明及び具体的対応方策に関する研究」（岸 玲子：北海道大学大学院医学研究科）では揮発性有機化学物質の捕集に活性炭を捕集剤とした拡散型サンプラーを用いて住居から遊離される揮発性有機化合物（VOC）と微生物由来揮発性有機化合物（MVOC）の濃度を測定し、シックハウス症候との詳細な関連を報告している。

今回はさらに論文などでシックハウス症候群の症状を起こす揮発性有機化学物質として指摘されている7種類の揮発性有機化学物質（2-メチルフラン、3-メチルフラン、2-ペンチルフラン、2-メチル-1-ブタノール、2-ブトキシエタノール、ベンジルアルコール、ジメチルスルフィド）の捕集・分析方法を検討した。有機化学物質の揮発方法は水—バブリング法（平成18年度総括報告書）で行なった。捕集速度はポンプ法で求めた濃度と活性炭を捕集剤とする樹脂気孔型拡散型サンプラーを用い拡散型サンプラーの捕集量から拡散型の捕集速度を求めた。拡散型サンプラーの捕集速度は43～50ml/minが得られた。また48時間の捕集で、0.027から0.083ug/m³（17～23ppt）低濃度までの検出が可能である。しかしこの方法では水に可溶物質で蒸気圧低い2-ブトキシエタノールは応用できない。また活性炭捕集剤はベンジルアルコールには適していないことが明らかとなった。

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
金澤 文子	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	
湯浅 資之	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になる原因は多種類の微量（ppb）の揮発性有機化合物（VOC）、室内のカビ類、粉じんの複合汚染と人の生活様式や個人の遺伝的要因が考えられ、またカビ類などの微生物があらたな有機化合物を室内に揮発させることが注目されており微生物由来揮発性有機化合物（MVOC）が指摘されている。われわれはすでに8種類のMVOCの捕集（拡散法）・分

析をすでに報告している。今回はあらたに 7 種類－2-メチルフラン、3-メチルフラン、2-ペンチルフラン、2-メチル-1-ブタノール、2-ブトキシエタノール、ベンジルアルコール、ジメチルジスルフィド－の MVOC の捕集・分析方法を検討した。これらの化学物質は呼吸への影響や皮膚の炎症、免疫応答の変化を誘発するとされている。

B. 研究方法

本研究の検討項目は次の 3 項目であり、次の項目について報告する。

1. GC/MS (Gas Chromatograph-Mass Spectrometer) を用いた分析条件
2. 定量下限値、回収率、保存性
3. 拡散測定法応用のための捕集速度

（倫理面への配慮）

今回の研究は有害物質の人への影響ではなく化学物質の捕集・分析方法で基礎的な物であり、これらの研究結果については説極的に公表し、他の研究者等が捕集・分析する場合には応用することができる。倫理面への配慮には該当しない。

1. GC/MS と分析条件

質量分析法による検出器を用いたガスクロマトグラフ (GC/MS) は低濃度の化学物質を測定することにすぐれている。GC/MS 法はシックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会中間報告書 (厚生労働省) でも揮発性化学物質の分析機器として推奨されていることと、「シックハウス症候群の実態解明及び具体的対応策に関する研究報告」平成 18、19 年度 総括分担研究報告書 (主任研究者 岸玲子) においても揮発性化学物質の分析は GC/MS により実

施しておりこのデータと比較するためには同じ方法による検討が必要である。また今回開発する 7 種類の揮発性化学物質と 18 年開発の MVOC を同時に捕集・分析する条件を検討している。使用分析機器は Hewlett Packard GC6890/MSD5973N を用いた。

2. 検討化学物質と分析・捕集機材

今回は 2-メチルフラン、3-メチルフラン、2-ペンチルフラン、2-メチル-1-ブタノール、2-ブトキシエタノール、ジメチルジスルフィド (東京化成)、ベンジルアルコール (関東化学) の 7 種類の揮発性有機化合物について捕集・分析方法を検討した。捕集機材は拡散型サンプラーを VOC-SD (シグマアルドリッチ)、アクティブサンプラーは球状活性炭管 (ガステック)、ミニポンプ (SKC)、曝露チャンパー 試作品、その他内部標準溶液としてトルエン-d8 (関東化学) を使用した (表 1、表 2、図 1)。

3. 捕集剤と抽出率

捕集剤は平成 17、18、19 年度の調査で使用されている合成活性炭を用いた。抽出率の検討には一般的な抽出溶剤として用いられる二硫化炭素、5%イソプロパノール/二硫化炭素、5%メタノール/ジクロロメタン、5%アセトン/二硫化炭素の 4 種類で検討した。

方法は試験管中の球状活性炭に 7 種類の目的物質の標準液 (50ppm / 1000ppm 二硫化炭素溶液) を 2ul 添加し、乾燥後抽出溶媒 1ml を加え、抽出を行った。

また比較する標準溶液は空試験管に標準液 2ul と抽出溶媒 1ml を加えたものを用いた。なお抽出溶媒には内部標準溶液としてトルエン-d8 が混入されている。抽出後の最終濃度はおよそ 0.1 と 2ug/ml となる。

4. 拡散型サンプラーの捕集速度の求め方

拡散型サンプラーの捕集速度は、揮発性有機化学物質の揮発方法は水一バブリング法（平成18年度総括報告書）で行なった。

7物質については、既知の濃度のガスボンベを作ることが難しいことと、蒸気圧が低いバブリング法での気化が少なく瞬間的な空気濃度を測定するにはGC感度でのモニター測定が容易でないことから、ポンプ吸引による活性炭への捕集と拡散原理を用いた活性炭への捕集を並行測定し、ポンプ法で得られた揮発性有機化学物質濃度と拡散法で得られた濃度の比較から拡散型サンプラーの揮発性有機化学物質の捕集速度を求めた。この方法では種類の異なる化学物質の捕集速度を同時に求めることが可能である。

揮発性有機化学物質の気体発生と捕集方法

7種類の揮発性有機化学物質（2-メチルフラン、3-メチルフラン、2-ペンチルフラン、2-メチル-1-ブタノール、2-ブトキシエタノール、ジメチルスルフィド）を蒸留水に溶解し、新鮮空気で溶液をバブリングさせて気体を発生させた。

揮発性有機化学物質の気体発生と捕集は次の方法で行なった（写真1、図2）。

1) 個々の溶剤を20 μ lとり、蒸留水で1lに定容、混合した溶液を試料とする。

2) 1)の試料200mlをバブラーガラス瓶に入れ、新鮮空気を注入バブリングさせ、その空気を曝露バッグ(100l)に3.0l/minで注入した。

3) 曝露バッグ内に拡散型サンプラー（VOC-SD：シグマアルドリッチ）とポンプ型の活性炭管（258：ガステック）を入れ、並行測定（1時間）を行い、得られた捕集量を比較してサンプリング速度を求めた。なおこの並行測定を6回繰り返した。

注) ポンプサンプラーは石鹼膜流量計で流量

調整した。

C: 研究結果

1. GC/MSを用いた分析条件

平成17年に調査を行ったVOC34物質と平成18年度の調査物質MVOC8種類、平成19年度調査VOC8種類と保持時間が重ならない様に分析条件を検討した。その分析条件は表3の如くなる。また表4には今回調査物質6種類の確認イオンと定量イオン、及び保持時間を示した。ベンジールアルコールは活性炭による捕集が悪いのでGC/MS分析条件から省いた（抽出率を参照）

2. 検量線と定量下限値

定量は内部標準法で行った。5%アセトン/二硫化炭素（内部標準としてトルエン-d8、0.2 μ g/mlを含む）を希釈液とし、0、0.05、0.1、0.5、1、5、10、20、100(μ g/ml)の標準液系列を作製した。いずれの物質も100 μ g/mlまで直線を示した（図3）。

装置の定量下限値は検量線濃度0.05 μ g/mlを用いて5回測定し、標準偏差から計算した（定量下限（LOQ、Limit of quantiation）は5回の標準偏差 \times 3倍）。

定量下限値は2-メチルフラン0.007 μ g/ml、3-メチルフラン0.006、2-メチル-1-ブタノール0.01、ジメチルスルフィド0.006、2-ブトキシエタノール0.019、2-ペンチルフラン0.003となりフラン化合物、硫黄化合物の定量下限値は低い（表5）。

3. 捕集剤と抽出率

捕集剤は活性炭を用い7種類の既知の濃度の揮発性化学物質を添加し、乾燥後4種類の溶媒で抽出した。5%アセトン/二硫化炭素での抽出率はベンジールアルコールを省く6物質は良好であった。ベンジールアルコールは二硫化炭素、5%イソプロパノール/二硫化

炭素、5%メタノール/ジクロロメタン、5%アセトン/二硫化炭素のいずれでも抽出率が悪かった（表6）。ジメチルジスルフィドは添加濃度が低い場合5%アセトン/二硫化炭素での抽出率が良くなかった（73.6%）。また、2006年度に5%イソプロパノール/二硫化炭素で抽出を行った8物質にMVOC（1000ppm）を添加し1mlの5%アセトン/二硫化炭素での抽出率（N=5）は2-ペンタノール91.0%、3-メチル-1-ブタノール86.1%、1-ペンタノール82.4%、2-ヘキサノール98.1%、2-ヘプタノール98.3%、1-オクテン-3-オール93.3%、3-オクタノール99.6%、3-オクタノール99.6%と良好であり今回の物質も同じ拡散サンプラーでMVOCの測定が行える。抽出率の悪いペンシルアルコールは拡散速度の検討からはずした。

4. 揮発性化学物質6種類の拡散型サンプラーによる捕集速度

捕集速度はポンプ法と拡散法の関係から拡散法の捕集速度を求めた。バブラーで混合化学物質の気体を発生させ、一回の測定に5ポンプサンプラーと5拡散サンプラーを一時間並行測定した。測定回数は6回（30捕集）行った。ポンプの流量は100ml/minで吸引した。2-メチルフラン、3-メチルフラン、2-ペンチルフラン、2-メチル-1-ブタノール、ジメチルジスルフィドの5化学物質はポンプ法と拡散法との間には高い有意な相関が得られたが2-ブトキシエタノールはポンプ法、拡散法とも活性炭への捕集は見られずこの水-バブリング法では揮発しないと考えられる（図4）。

相関が得られた5化学物質一次回帰式を求めるとポンプ法は $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、拡散法は μg であることから一次回帰式の傾きは容積 m^3 となる。捕集時間は60分であるので容積（ $\text{m}^3=10^6\text{ml}$ ）/時間（60min）= ml/min となる。捕集速度は2-メチルフラン50ml/min、3-メチルフラン50ml/min、2-ペンチルフラン45ml/min、2-メチル-1-ブタノール43ml/min、ジメチル

ジスルフィド48ml/minが得られた。トルエンの捕集速度は41~47.6ml/minとの報告があり、今回の化学物質はトルエンと同じ捕集速度である（表7）。

気中濃度に換算した定量下限値は装置定量下限値/（捕集速度×捕集時間）で求めた。気中濃度に換算した定量下限値は1.0から1.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であるが、分析の実際の定量下限値は捕集時間を考慮して5化学物質とも10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とした（表9）

5. 気中濃度の定量下限値

5化学物質の捕集速度と装置分析定量下限値から平成19年度報告と同じように48時間捕集した場合の気中濃度の定量下限を求めると2-メチルフラン0.046 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3-メチルフラン0.045 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2-メチル-1-ブタノール0.083 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ジメチルジスルフィド0.042 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2-ペンチルフラン0.027 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となる。

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機器にGC/MSを用いるように推奨している。分析機器の性能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。今回、7種類揮発性有機化合物はMVOCとして取扱われ、シックハウス症状を起こす物質として疑われている。一般的な性質でもエーテル臭を示す液体で目への刺激を起こす物である。分析は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。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、2番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。確認イオンが一致する化学物質がある

がピーク保持時間が異なるので定量には問題が無い（表 3, 4）。

これらイオンを用いた検量線は 0.05 から 100ug/ml まで広範囲の直線が得られ、また低濃度の分析に十分に適応できると考える（表 5）。活性炭からの 7 種類の揮発性有機化学物質の抽出溶媒は 5%アセトン/二硫化炭素で、ベンジルアルコールを除く他の揮発性有機化学物質は 85%以上であった。またこの 5%アセトン/二硫化炭素で平成 19 年報告の MVOC を抽出すると 82%以上を示した。このことから 5%アセトン/二硫化炭素を抽出溶媒とすると同じ活性炭から同じ条件で抽出できることが明らかとなった。

定量化下限値の計算は平成 13 年 3 月環境省環境管理局水環境部水環境管理課要調査項目等調査マニュアル（水質、底質、水生生物）に準じて求めたところ、7 種類でもっとも高いのが 2-ブトキシエタノール 0.019ug/ml であり、その他の揮発性有機化合物は低い値であった。

有害化学物質を拡散原理に基づき捕集を行う方法はポンプを必要としないことから、小型、軽量であること、電気を用いないので引火の心配が無いこと、ポンプの稼動状態の確認が不必要などの理由で近年よく使用されるようになってきている。拡散型のサンプラーは数社から市販されているが取扱説明書には一部溶剤の捕集速度は示されているがその保証はしていない。このことから拡散法による測定を行なう場合は当該物質の捕集速度を実験で求めることが必要である。水溶液に溶解された混合化学物質を空気中でバブリングすることで気化させ、その気化物をポンプ法と拡散法で捕集し、濃度を比較することで捕集速度を求めた。この方法は多種類の化学物質の捕集速度を一度に求めることが可能である。5 種類の揮発性有機化学物質のポンプ法で求めた空气中濃度（ug/m³）

と拡散法に捕集された量（ug）は高い相関（ $r:0.98$ 以上）が得られ、その回帰式は一次式で示された（図 4）。2-ブトキシエタノールは水溶性で、蒸気圧が（0.1kPa/20°C）と低いことから水バブリング法では揮発が少ないと考えられる。この回帰式から拡散型サンプラーの捕集速度を求めると 43~50ml/min が得られた（表 7）。この捕集速度と装置定量下限値から 2 日間捕集した場合の気中濃度定量下限値を計算すると ppt 非常に低濃度まで検出できることになる（表 8）。

E. 結論

- 1) GC/MS による低濃度分析条件が確立された。
- 2) 2-メチルフラン、3-メチルフラン、2-ペンチルフラン、2-メチル-1-ブタノール、ジメチルジスルフィド[®]の拡散型サンプラーの捕集速度が実験より求められた。しかし、2-ブトキシエタノールは水溶性で、蒸気圧が低いため水バブリング法では揮発しない。
- 3) 二日間（48 時間）捕集で ppt までの低濃度の検出が可能である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表（発表誌名巻号・頁・発行年等）：
特になし
2. 学会発表：
特になし

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得：
現在考えていない。

2. 実用新案登録：

現在考えていない

参考文献

- Horner, W. and J. Miller, Microbial volatile organic compounds with emphasis on those arising from filamentous fungal contaminants of buildings. ASHRAE Transactions: Research, 2003: p. 215-231.
- Schleibinger, H., et al., Microbial volatile organic compounds in the air of moldy and mold-free indoor environments. Indoor Air, 2008. 18(2): p. 113-124
- Kim, J.L., et al., Indoor molds, bacteria, microbial volatile organic compounds and plasticizers in schools - associations with asthma and respiratory symptoms in pupils. Indoor Air, 2007. 17(2): p. 153-163.
- Horner, W. and J. Miller, Microbial volatile organic compounds with emphasis on those arising from filamentous fungal contaminants of buildings. ASHRAE Transactions: Research, 2003: p. 215-231.
- Schleibinger, H., et al., Microbial volatile organic compounds in the air of moldy and mold-free indoor environments. Indoor Air, 2008. 18(2): p. 113-124.
- Kim, J.L., et al., Indoor molds, bacteria, microbial volatile organic compounds and plasticizers in schools - associations with asthma and respiratory symptoms in pupils. Indoor Air, 2007. 17(2): p. 153-163.
- Wälinder, R., et al., Nasal lavage biomarkers: Effects of water damage and microbial growth in an office building. Archives of Environmental Health, 2001. 56(1): p. 30-36.
- Fiedler, K., E. Schutz, and S. Geh, Detection of microbial volatile organic compounds (MVOCs) produced by moulds on various materials. International Journal of Hygiene & Environmental Health, 2001. 204(2-3): p. 111-21.
- Yamaguchi T, Nakajima D, Ezoe Y, Fujimaki H, Shimada Y, Kozawa K, Arashidani K, Goto S, : Measurement of Volatile Organic Compounds (VOCs) in New Residential Buildings and VOCs Behavior over Time. J Uoeh, 28] 13-37. 2006
- 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 dual-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 humans. Ann Agric Environ Med. ;6 : 1-11. 1999

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

Kawai T., Yasugi T., Uchida Y., Ikeda M. A personal diffusive sampler for occupational acetone vapor exposure monitoring Toxicology Letters, 55:295-302 1991

Kawai T., Yasugi T., Uchida Y., Ikeda M. : Personal Diffusive Sampler for Methanol a Hydrophilic Solvent. : Bull. Environ. Contam. Toxicol. 44:514-520 1990

表1. 調査対象物質とその性質

物質名	英語名	分子量	分子式	CAS番号
1 2-メチルフラン	2-Methylfuran	82.1	C ₅ H ₆ O	534-22-5
2 3-メチルフラン	3-Methylfuran	82.1	C ₅ H ₆ O	930-27-8
3 2-ペンチルフラン	2-Pentylfuran	128.2	C ₉ H ₁₄ O	3777-69-3
4 2-メチル-1-ブタノール	DL-2-methyl-1-butanol	88.2	C ₅ H ₁₂ O	137-32-6
5 2-ブトキシエタノール	2-Butoxyethanol	118.2	C ₆ H ₁₄ O	111-76-2
6 ベンジルアルコール	Benzyl Alcohol	108.1	C ₇ H ₈ O	100-51-6
7 ジメチルジスルフィド	Dimethyl Disulfide	94.2	C ₂ H ₆ S ₂	624-92-0

表2. 物理化学的性質

項目	2-メチルフラン	3-メチルフラン	2-ペンチルフラン	2-ブトキシエタノール	ベンジルアルコール	ジメチルジスルフィド
形状	液体	液体	液体	液体	液体	液体
外観・色	無色透明	無色透明	薄い黄色	無色透明	無色透明	薄い黄色
臭い	エーテル臭	エーテル臭	情報なし	エーテル臭	軽い芳香	硫黄臭
沸点	63°C	情報なし	情報なし	171°C	200°C	110°C
蒸気圧	18.5kPa/20°C	情報なし	情報なし	0.1kPa/20°C	13.2Pa/20°C	3.8kPa/20°C
密度	0.91	0.92	0.88	0.9	1.05	3.24
溶解性	水に難溶	情報なし	情報なし	水に溶解	水可溶	水に微溶
P/K	1.85	情報なし	情報なし	0.83	1.1	1.93
特記事項	眼に対する刺激、変異原性	目に対する刺激	呼吸困難	発がん性、変異原性あり	中枢神経への影響、皮膚感作あり、生殖毒性あり	眼、呼吸器、皮膚の刺激、悪臭

P/K: オクタノール/水分配係数

図1. 調査対象物質の構造式

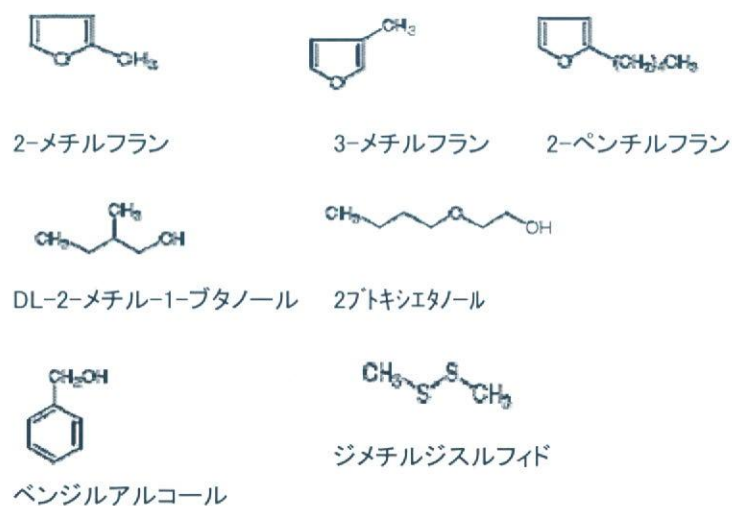


写真1. 揮発性化学物質のガス発生装置と捕集

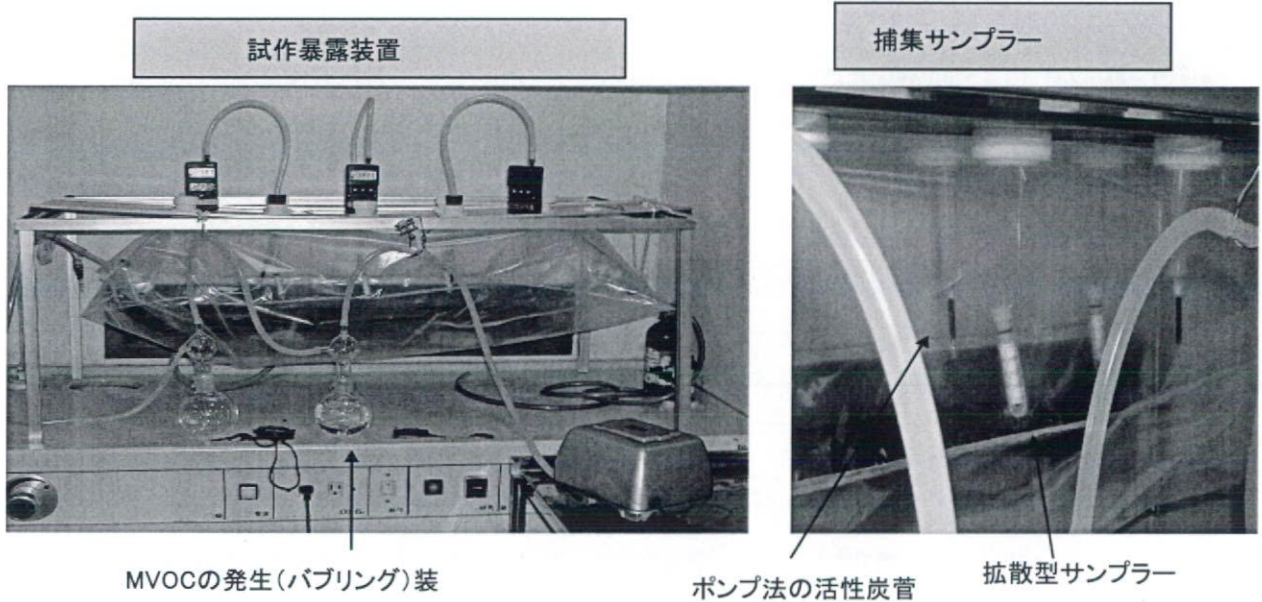
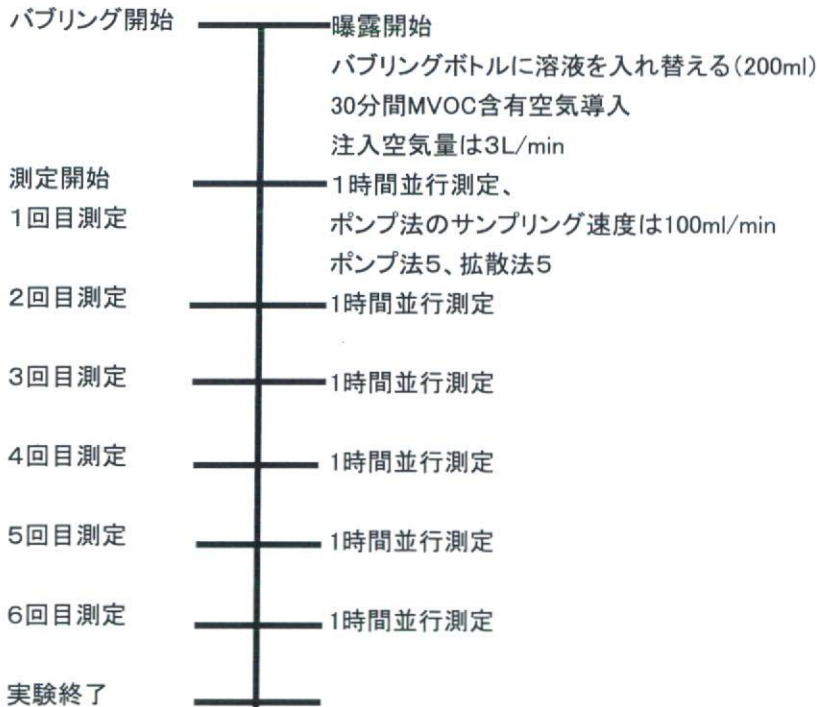


図2. 曝露工程



注)バブリング溶液は1000mlの蒸留水に各MVOC溶液20 μ lを加えた。