

表 3.2.4 パッシブ法によるカルボニル類の測定に関連する文献－出典（つづき）

17	大場奈緒子・岩田利枝・塚原弘泰・堀雅宏	美術館の空気質測定キットの開発のための試験研究	日本建築学会学術便覧概集	973-974	2001
18	青木龍介・阿久津太一・熊谷一清・田辺新一	建材から発生するアルデヒド類のパッシブ測定法 (ADSEC) の開発	日本建築学会学術便覧概集	719-722	2000
19	山口一・赤林伸一・坂口淳・山岸明浩・渡辺澄	新潟県の住宅における室内化学物質汚染に関する調査研究 その4 ホルムアルデヒド、VOCによる室内化学物質汚染に関する実態調査	日本建築学会学術便覧概集	727-728	2000
20	池田耕一・朴俊錫	住宅における化学物質汚染に関する実態調査—その2 パッシブサンプリング法における室温の影響	日本建築学会学術便覧概集	741-742	2000
21	細川公子・越雲・荻原幸久	空気集熱式ソーラー住宅の室内空気質に関する研究—戸建て住宅の冬期室内空気質の実態調査—	日本建築学会学術便覧概集	743-744	2000
22	石田卓・須貝高	ホルムアルデヒド・BTXの揮発による室内空気汚染 その4 計画換気と床暖房を採用した住宅	日本建築学会学術便覧概集	745-746	2000
23	酒井英二・長谷川功・佐武良祐	ホルムアルデヒドの少ない建材を使用した集合住宅における濃度の実態 その1 床暖房住戸の冬の濃度	日本建築学会学術便覧概集	753-754	2000
24	佐武良祐・長谷川功・酒井英二	ホルムアルデヒドの少ない建材を使用した集合住宅における濃度の実態 その2 部位別放散量	日本建築学会学術便覧概集	755-756	2000
25	佐藤重幸・広川美子・坊垣和明・桑沢保夫	集合住宅におけるアルデヒド類の測定	日本建築学会学術便覧概集	757-758	2000
26	村江行忠・三浦勇雄	集合住宅における室内化学汚染に関する研究 その1 新築超高層集合住宅における実態調査例	日本建築学会学術便覧概集	753-754	1999
27	熊谷一清・赤林伸一・坂口淳・山口一・渡辺澄・池田耕一	住宅における室内化学物質汚染の実態に関する研究その3 ホルムアルデヒド濃度の実態調査	日本建築学会学術便覧概集	767-768	1999
28	松村年郎・赤林伸一・池田耕一・坂口淳・熊谷一清・山口一	住宅における化学物質汚染に関する実態調査 その4 ホルムアルデヒドのパッシブサンプリングの検討	日本建築学会学術便覧概集	769-770	1999
29	大野眞久・名波直道・吉田弥明・大海敬治	木質材料から放散されるホルムアルデヒド放散量測定方法の検討	日本建築学会学術便覧概集	813-814	1999
30	堀雅宏	室内環境中ホルムアルデヒドの長時間平均濃度の現場測定方法の開発と適用	日本建築学会学術便覧概集	815-816	1999
31	小澤佳子・田中辰明・中井敏博	建材測定における基礎的研究 その1. 測定前の建材保管の検討	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	413-316	2003
32	デイエーシニアス・中井敏博 博田中敏之・田中辰明	天然系建材から放散する化学物質 (1) 液体、ペースト状建材	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	417-420	2003

表 3.2.4 パッシブ法によるカルボニル類の測定に関連する文献一出版 (つづき)

33	浅井万里成・田辺新一・松本仁・酒井聡至・丸元典子・田淵誠一	パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その4 ADSECCの性能評価	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	429-432			2003
34	酒井聡至・田辺新一・浅井万里成・丸元典子・田淵誠一	パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その6 新築集合住宅実測における住宅性能評価	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	437-440			2003
35	丸元典子・田辺新一・松本仁・浅井万里成・酒井聡至・田淵誠一	パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その7 新築戸建住宅における夏季・冬季実測	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	441-444			2003
36	渡部裕介・岡部実・薄地孝・渡瀬戸裕直・大澤元毅・桑沢保夫・成田健一・田島昌樹・市川大介・尾本英晴	木造実験住宅におけるアルデヒド類の濃度に関する研究(その1)実験概要および濃度測定結果	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	1125-1128			2003
37	池田耕一・塩津弥住・佐藤重幸	竣工直後の集合住宅におけるノミッシングサンプラーを用いた室内空気質全戸調査	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	129-132			2002
38	吉野博・桑沢保夫・渡辺俊行・三田村輝章・大沢元毅・池田耕一・尾崎明仁	シックハウスの関連した室内空気質と換気量の調査研究 その1 その2	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	133-140			2002
39	高田美紀・吉野博・桑沢保夫・瀧澤のりえ・大澤元毅・三田村輝章・北俣祥子	学校における室内環境と児童生徒の健康に関する調査研究 その1 室内空気環境の実態調査結果	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	145-148			2002
40	三木保弘・大澤元毅・坊垣和明・川元茂	官庁建築物における室内空気環境実態調査(第一報調査概要と基礎的考察)	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	153-156			2002
41	山口一・赤林伸一・坂口淳	新潟県の住宅における室内化学物質汚染の実態調査 その3 室内化学物質濃度とシエルター性能・住まい方に関する調査結果	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	661-664			2001
42	松本仁・青木龍介・阿久津太一・熊谷一清・田辺新一	建材から発生するアルデヒド類のパッシブ測定法(ADSEC)の開発(その1)(その2)	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	677-684			2001
43	大場奈緒子・岩田利枝・佐野千絵・塚原弘泰・堀雅宏	美術館の空気質測定に関する検討・展示ケース内外の空気質と酸・アルカリ度	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	1285-1288			2001
44	赤林伸一・坂口淳	新潟県の住宅における室内化学物質汚染の実態調査 その1 ホルムアルデヒド、VOCs濃度に関する調査結果	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	61-64			2000
45	佐武良祐・長谷川功・酒井英一	ホルムアルデヒドの少ない建材を使用した集合住宅における濃度の実態 床暖房住宅の冬期の濃度と予測	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	489-492			2000
46	中村陽輔・堀雅宏・岩田利枝・篠原弘泰	美術館における空気質の測定法に関する実測研究	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	509-512			2000
47	関根嘉香・熊野道男・白井英俊・北原滝男	パッシブサンプラーを用いた室内空気中ホルムアルデヒド濃度の測定方法	環境化学	511-516	11	3	2001
48	川本克也	大気中・室内空気中汚染物質測定へのパッシブ測定法への応用	環境と測定技術	12-18	28	6	2001

表 3.2.4 パッシブ法によるカルボニル類の測定に関連する文献－出典（つづき）

49	呂俊民・楊治敏・藤村尚・関根嘉子香	中国四川省の室内空気質調査(1) -調査概要とホルムアルデヒド濃度測定結果-	中国四川省の室内空気質調査(1) -調査概要とホルムアルデヒド濃度測定結果-	第43回大気環境学会年会講演要旨	550	2002
50	平野純子・鈴木義浩	DNPHパッシブサンプラーの開発	DNPHパッシブサンプラーの開発	第42回大気環境学会年会講演要旨	331	2001
51	牧原大・田中美恵・長宗肇・皆川直人・安藤正典	新築住宅における室内空気中の化学物質濃度実態調査(2) -アクリルアミドとパッシブサンプラーの比較-	新築住宅における室内空気中の化学物質濃度実態調査(2) -アクリルアミドとパッシブサンプラーの比較-	第42回大気環境学会年会講演要旨	565	2001
52	長田英二・松村年郎・濱田実香・安藤正典・磯崎昭徳	化学物質による室内汚染(38)市販のDNPHカートリッジのパッシブサンプラーへの適用	化学物質による室内汚染(38)市販のDNPHカートリッジのパッシブサンプラーへの適用	第41回大気環境学会年会講演要旨	358	2000
53	駒井奥太郎・箭内慎吾・小野詩生子・角野政弥・山縣文夫・村松學	分子拡散型サンプラー-DSD-DNPH-HPLC法を用いた室内空気中のHCHO測定法の検討	分子拡散型サンプラー-DSD-DNPH-HPLC法を用いた室内空気中のHCHO測定法の検討	第41回大気環境学会年会講演要旨	360	2000
54	斉藤育江・瀬戸博・大貫文・竹内正博・土屋悦輝	室内空気中化学物質が原因と見られる健康阻害の事例について(第2報)	室内空気中化学物質が原因と見られる健康阻害の事例について(第2報)	第40回大気環境学会年会講演要旨	249	1999
55	堀雅宏	室内空気中ホルムアルデヒドの長時間平均濃度の現場測定法の開発	室内空気中ホルムアルデヒドの長時間平均濃度の現場測定法の開発	第40回大気環境学会年会講演要旨	251	1999
56	松村年郎・関田寛・浜田実香・安藤正典・大塚健次・松延邦明	化学物質による室内汚染(22) 室内空気中のホルムアルデヒド及び非メタン炭化水素濃度について	化学物質による室内汚染(22) 室内空気中のホルムアルデヒド及び非メタン炭化水素濃度について	第37回大気環境学会年会講演要旨	418	1996
57	松村年郎・関田寛・浜田実香・安藤正典・長田英二・大塚健次	化学物質による室内汚染(19) ホルムアルデヒドパッシブサンプラーの評価	化学物質による室内汚染(19) ホルムアルデヒドパッシブサンプラーの評価	第37回大気環境学会年会講演要旨	421	1996
58	松村年郎・田寛・安藤正典・名智幸江・磯崎昭徳	化学物質による室内汚染(20) DNPHカートリッジのホルムアルデヒドパッシブサンプラーへの適用	化学物質による室内汚染(20) DNPHカートリッジのホルムアルデヒドパッシブサンプラーへの適用	第37回大気環境学会年会講演要旨	422	1996
59	夜川大介・関根嘉香・佛羅道男	室内空気中HCHO濃度測定用短時間曝露型パッシブサンプラーの開発	室内空気中HCHO濃度測定用短時間曝露型パッシブサンプラーの開発	第12回環境化学討論会講演要旨集	804-805	2003
60	平野純子・鈴木義浩	パッシブサンプラーを用いた室内環境の測定について	パッシブサンプラーを用いた室内環境の測定について	第11回環境化学討論会講演要旨集	566-567	2002
61	津藤通孝・生田美香・松村年郎・山縣文夫	室内空気中のカルボニル化合物の測定法の開発とそのアプリケーションについて	室内空気中のカルボニル化合物の測定法の開発とそのアプリケーションについて	第21回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会 要旨集	266-268	2003
62	村上雅志・平野直子・杉原輝一・北坂和也・橋本孝史・蛭子聡・竹田菊男	空気中のアルデヒド測定用TFBAパッシブサンプラー	空気中のアルデヒド測定用TFBAパッシブサンプラー	第14回日環協関東支部セミナーin軽井沢 要旨集	69-70	2002
63	R. W. Gillett, H. Kreibech, G. P. Ayers	Measurement of indoor formaldehyde concentrations with a passive sampler	Measurement of indoor formaldehyde concentrations with a passive sampler	Environmental Science & Technology	2051-2056	2000
64	J. Zhang, L. Zhang, Z. Fan, V. Ilacqua	Development of the personal aldehydes and ketones sampler based upon DNSH derivation on solid sorbent	Development of the personal aldehydes and ketones sampler based upon DNSH derivation on solid sorbent	Environmental Science & Technology	2601-2607	2000

表 3.2.4 パッシブ法によるカルボニル類の測定に関連する文献一出典 (つづき)

65	伊永隆史・久米村百子・M. I. H. Helaleh・原千陽・山内孝郎	液通法によるホルムアルデヒドの捕集特性と高感度測定			分析化学	49	6	467-469	2000
66	北見秀明・渡辺哲男・北原滝男・石原良美・高野二郎	実地試験による室内空気中のホルムアルデヒドの測定におけるパッシブサンプラーとアクティブサンプラーとの比較			分析化学	52	10	945-949	2003
67	V. M. Brown, D. R. Crump, D. Gardiner, M. Gavin	Assesment of a passive sampler for the determination of aldehydes and ketones in indoor air			Environmental Thechnology	15		679-685	1994
68	R.-T. Liu	measuring the effectiveness of gas-phase air filtration equipment-field test methods and applications			ASHRAE transactions:Research	104	2	25-35	1998
69	森康明・節田節子・後藤純雄・小野香祐夫・中井里史・松下秀鶴	O-(2,3,4,5,6-ペンタフルオロペンジル) ヒドロキシアルミン合浸シリカゲルを充填板パッシブサンプラーによる室内環境中のアルデヒド類の測定			Journal of Health Science	45	2	105-110	1999
70	S. Uchiyama, S. Hasegawa	A reactive and sensitive diffusion sampler for the determination of aldehydes and ketones in ambient air			Atmospheric Environment	33	13	1999-2005	1999
71	井上慶美子・田中俊昭・岸野信子・岡本繁雄・箭内慎吾・岡部大達・松村孝	HCHO・VOCsの各測定法について(学校環境での比較測定例から)			室内環境学会誌	6	2	94-95	2003
72	平野純子・鈴木敏浩・松村年郎・大野明美	DNPHPパッシブサンプラーの開発(第3報)			室内環境学会誌	6	2	98-99	2003
73	鈴木守正・房家正博・大浦健・雨谷敬史・松下秀鶴	アルデヒド類のパッシブサンプリング-高感度分析手法の開発			室内環境学会誌	6	2	100-103	2003
74	北坂和也・杉原輝一・播本孝史・関根嘉香・君塚千栄	新規アルデヒドパッシブサンプラー(TFBA-P)の開発			室内環境学会誌	6	2	104-105	2003
75	笈川大介ら	パッシブサンプラーを用いた室内空気中グルタルアルデヒド濃度測定方法			室内環境学会誌	6	2	106-107	2003
76	松木秀明・横山公通	パッシブサンプラーのオートアナライザーによる分析 二酸化窒素・ホルムアルデヒドについて			室内環境学会誌	6	2	108-109	2003
77	酒澤昭朗・木谷良明・大久保勝行・中川雅至・橋村崇・加藤隆・長宗幸・森本君保・渡邊輝子・松田悠一・迫田寛	ホルムアルデヒド濃度測定用パッシブサンプラーのフィールド試験による評価			室内環境学会誌	6	2	144-145	2003
78	村江行忠・浦田祐司・船岡弘之	室内化学物質濃度測定法に関する検討			室内環境学会誌	6	2	146-149	2003
79	堀雅彦・和久井健洋	ホルムアルデヒド30分採気DNPHマイクロパッシブサンプラーの開発			室内環境学会誌	6	2	226-227	2003
80	青木隆実・野田高広・大浦健・雨谷敬史	DNPHPカートリッジ/アクティブ法を用いたアルデヒド類の多成分同時分析法における問題点			室内環境学会誌	5	2	118-119	2002

表 3.2.4 パッシブ法によるカルボニル類の測定に関連する文献-出典 (つづき)

81	平野純子・鈴木義浩	パッシブサンプラーを用いた室内環境の測定について	室内環境学会誌	5	2	168-169	2002
82	佛願道男・関根嘉香	パッシブサンプラーを用いたホルムアルデヒド、VOC濃度測定検討	室内環境学会誌	4	1	68-69	2001
83	平野純子・鈴木義浩	DNP/Hパッシブサンプラーの開発 (第2報)	室内環境学会誌	4	1	134-135	2001
84	吉田俊明・松永一郎・安藤剛	住居環境中のホルムアルデヒドのパッシブサンプリグ-高速液体クロマトグラフィーによる定量法	室内環境学会誌	3	1	1-11	2000
85	平野純子・鈴木義浩	DNP/Hパッシブサンプラーの開発	室内環境学会誌	3	2	48-49	2000

表 3.2.5 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 測定と分析方法

No.	測定対象物質	サンプリング法	充填剤	製品名	捕集時間	抽出法	測定装置	概要	主な結果
1	VOCs	パッシブ法	カーボン系	VOC-SD (スベルコ)	24 hrs	二硫化炭素	GC/FID	集合住宅の実測	ベンゼン, トルエン, パラジクロロベンゼン, リモネンが指針値より高い
2	TVOC, VOCs	パッシブ法	カーボン系	VOC-SD (スベルコ)	24 hrs	不明	不明	東北地方の住宅の実測	TVOC 暫定目標値を超えているものが多い
3	トルエン	パッシブ法	カーボン系	VOC-SD (スベルコ)	24 hrs	不明	不明	新築集合住宅の実測と放散速度	換気設備のない部屋でのトルエンの放散速度が高い
4	VOCs	パッシブ法	カーボン系	不明	不明	二硫化炭素	GC/MS	リフォーム後の測定	VOCs の発生源は塗料である
5	VOCs	パッシブ法	不明	不明	24 hrs	不明	不明	学校の実測	トルエン, キシレン濃度が高い
6	VOCs	パッシブ法	Carbopack B	VOC-TD, -SD	24 hrs	加熱脱着, 二硫化炭素	GC/MS	放散量測定	測定方法の提案
7	VOCs	パッシブ法	Carbopack B	VOC-TD, -SD	2 以上	加熱脱着, 二硫化炭素	GC/MS	放散量測定	
8	VOCs	パッシブ法	不明	不明	不明	不明	不明	住宅の実測	各住宅の実測結果とアンケート, 放散量の検討
9	フタル酸エステル	パッシブ法	活性炭ディスク	不明	2-4 days	トルエン	GC/MS	放散速度のパスシブ法	放散量パスシブ測定の検討
10	VOCs	パッシブ法	カーボン系	VOC-SD (スベルコ)	24 hrs	不明	不明	東北地方の住宅の実測	TVOC 暫定目標値を超えているものが多い
11	VOCs	パッシブ法		有機ガスモニター(3M)	24 hrs	不明	不明	東北地方の住宅の実測	年々濃度が少なくなる傾向
12	VOCs	パッシブ法		OV-09(Advanced Chemical Sensors)	24 hrs	不明	不明	中国内の住宅, オフィスの実測	-
13	VOCs	パッシブ法	Tenax	Tenax-GR	1-12 hrs	加熱脱着	GC/FID	Tenax 捕集剤適応の可能性	競合吸着によりモデルには他成分系が必要
14	VOCs	パッシブ法		Carbotrap	6 hrs, 72 hrs	加熱脱着, 溶媒抽出	不明	放散量測定の基礎研究	対象成分には Carbotrap の使用が適している
15	TVOC, VOCs	パッシブ法		パッシブガスチューブ(柴田)	24 hrs	不明	GC/MS	東北地方の住宅の実測	TVOC 暫定目標値を超えているものが多い, 従来型住宅でも VOC の発生源がある
16	VOCs	パッシブ法			不明	不明	GC/MS	住宅の全国調査	データの統計解析を行った
17	VOCs	パッシブ法	活性炭	パッシブガスチューブ	不明	二硫化炭素	GC/FID	集合住宅の濃度測定	VOCs は仕上げ材温度と相関し, エアコンなしで指針値を超える可能性あり
18	酢酸, ギ酸	パッシブ法	TEA 蒸着フィルター, シリカゲル充填チューブ	自作	不明	不明	IC	美術館測定への応用	分析中
19	VOCs	パッシブ法		有機ガスモニター(3M)	1 weeks	二硫化炭素	GC/MS	新潟県の住宅の実測	トルエンについては, 70% の住宅で指針値を超えた
20	VOCs	パッシブ法		有機ガスモニター(3M)	10 days	二硫化炭素	GC/MS	新潟県の住宅の実測	換気回数との関係を検討
21	VOCs	パッシブ法		VOC-SD	24 hrs	不明	不明	集合住宅の実測	換気効率との関係を示した
22	VOCs	パッシブ法		VOC-SD	24 hrs	不明	不明	集合住宅の実測	暮らし方による濃度の違いについて示した
23	VOCs	パッシブ法		パッシブガスチューブ(柴田)	80	トルエン	GC/MS	集合住宅の全戸調査	住戸間にばらつきがあった
24	TVOC, VOCs	パッシブ法		パッシブガスチューブ(柴田)	24 hrs	不明	不明	宮城県内の住宅の実測	TVOC の暫定目標値を超えた住宅が 1/4 あった。

表 3.2.5 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 測定と分析方法 (つづき)

25	トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン	パッシブ法		パッシブ法	パッシブ法	二硫化炭素	GC/MS	東北地方の新築・既築学校の実測	指針値を大きく上回った
25	TVOC、VOCs	パッシブ法		有機ガスモニター(3M)	1 weeks	二硫化炭素	GC/MS	新潟県の住宅の実測	フックスを使用していることによりトルエンが高くなる
25	酢酸、辛酸	パッシブ法	TEA添着ファイバー タバッチ、シリカゲル充填 チューブ	自作	不明	不明	IC	美術館測定への応用	収蔵庫がほかに比べ高い
26	TVOC、VOCs	パッシブ法		有機ガスモニター(3M)	1 weeks	二硫化炭素	GC/MS	新潟県の住宅の実測	殺虫剤の使用でパラジクロロベンゼンが高い濃度を示した
27	トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン	パッシブ法	カーボン系	VOC-SD (スベルゴ)	24 hrs	二硫化炭素	GC/FID	チャパンパーを用いた性能評価試験 (回収率、定量下限、再現性、アッパテイクレート算出、温度・湿度依存)	回収率94~104%。スチレンは重合するた め、3~4℃に管理し、抽出後1h以内の測定 で回収率100%。VOC濃度と捕集はフレイ ンドリットと型吸着等温線で関係付けられ た。ただし、室内濃度指針付近では濃度 と捕集の関係は直線近似できる。アッパテ イクレートは10~40℃の範囲で一定、湿度 25家庭15家庭から有機塩素化合物抽出。 トリクロロエチレンと1,1,1-トリクロロエタ ンは、室内・室外・個人暴露量がほぼ等し い。四塩化炭素、ジクロロメタンは室内濃 度が外気と同等かそれ以下 (大気汚染影響 が大きい)。P-ジクロロベンゼン、テトラ クロロエチレン、プロモジクロロメタンは 室内濃度の方が高い。個人暴露量は生活場 所やライフスタイルの違いで非常に大き
28	有機塩素化合物	パッシブ法	活性炭	柴田化学(特注)	24 hrsx3回	トルエン	GC/ECD(Ni)	静岡市とその周辺の25家庭、居間・寝室・台所・浴室・外気。個人暴露31人調査。煤元にクリップ止め。原則調査家庭から1名以上。	拡散吸着率は測定箇所によりばらばらつくもの が多かったが、活性炭、シリカゲル、フッ素 加工シリカ、活性炭は良好であった。 アッパテイクレートは0.5Xml/min台できわめ て低い。
29	MEK、酢酸、イソブタン、1-ブタン、トリクロロエチレン、ジクロロメタン、酢酸エチル、トルエン、キシレン、酢酸エチル、酢酸ブタン、酢酸ペンタン、酢酸ヘキサン、酢酸ヘプタン、酢酸オクタノール、酢酸デカン、酢酸ドデカン	パッシブ法	CarbopackB	自作 (充填剤をATD用 チューブに詰めた)	24 hrs	加熱脱離 (ATD)	GC/MS	新築、未入居の居間・寝室および外気でアクトイプ法と併用し、拡散吸着率を比較。	
30	VOC全般	パッシブ法		3M OVM-3500、デュボン Pro-TeK他				各種製品の紹介	サンプリングが長期にわたる場合は、サン プリング速度が低下する。一般に温度、湿 度、気流の影響がある。パッシブ法は低濃 度長期暴露のモニタリングに有用である。 14種類の有機溶剤の有機溶剤 を抽出。ベンゼン、トルエン、トリクロロ エチレン、P-ジクロロベンゼン、o-ジクロロ ベンゼン、クロロホルムは曝露と相関があっ た。喫煙者の個人暴露量は非喫煙者より1.5 倍であった。
31	ベンゼン誘導体、有機塩素化合物	パッシブ法	活性炭	パッシブガスチューブ (柴田科学)	24 hrs	二硫化炭素	GC/MS、 GC/ECD	有機塩素系溶剤を使用する研究所の職員、学生 と家族21名の個人暴露量と、15家庭の室内濃度 を測定。	
32	トルエン、キシレン、P-ジクロロベンゼン、o-ジクロロベンゼン、酢酸エチル、酢酸ブタン、酢酸ペンタン、酢酸ヘキサン、酢酸ヘプタン、酢酸オクタノール、酢酸デカン、酢酸ドデカン	パッシブ法	カーボン系	VOC-SD (スベルゴ)	24 hrs	二硫化炭素	GC/FID	中国成都市の住宅を新築アパート未入居群、新築アパート入居群、旧住宅居住群に分けて調査。	新築未入居で酢酸エチルが高値を示す。居住 群ではワックス由来のトルエン、防虫剤由来の P-ジクロロベンゼンが高かった。未入居では TVOCが2000 µg/m <sup>3</sup> 台と非常に高かった。

表 3.2.5 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 測定と分析方法 (つづき)

33	ベンゼンおよびその誘導体	パッシブ法	活性炭	パッシブガスチューブ (柴田科学)	24 hrs	二硫化炭素	GC/MS	静岡県清水市の25世帯の居間と外気を調査	主成分分析の結果、ベンゼンは他の化合物と発生源が異なること、トルエン、キシレンの群とベンゼン、クロロベンゼン、トリクロロベンゼンの群で異なる発生源を有することが推察された。
34	VOC19成分	パッシブ法	DNPH	不明	24 hrs	不明	不明	アクティブサンプリングと並行測定し、相関を見た	アクティブとの相関はVOCはあまりよくない
35	有機塩素化合物	パッシブ法	活性炭	パッシブガスチューブ (柴田科学)		トルエン	GC/ECD(Ni)	静岡県富士市の22家庭の居間と外気、富士市内35箇所の環境濃度を調査	トルエン、p-ジクロロベンゼン、m-ジクロロベンゼン、1,1,1-トリクロロエタン、p-ジクロロベンゼン、p-ジクロロフェニルエチレンの濃度に影響されていた
36	有機塩素化合物	パッシブ法	活性炭	パッシブガスチューブ (柴田科学)	24 hrs	トルエン	GC/ECD(Ni)	中国大連氏の大連民族学院教職員20家庭の居間、寝室、台所、浴室、外気 (ベランダ採取) を調査	トルエン、p-ジクロロベンゼン、m-ジクロロベンゼン、1,1,1-トリクロロエタンの室内濃度は大連市のほうが優位に高かった。p-ジクロロベンゼン、m-ジクロロベンゼン、1,1,1-トリクロロエタンのほうが多く使われるためと予測される。
37	一般的VOC	パッシブ法	不明	自作 (充填剤をATD用チューブに詰めた)	24 hrs	加熱脱離 (ATD)	GC/MS	健康被害があり相関が持たされた案件について調査した。築5ヶ月の新築ビル、改装2ヶ月のビルと49件の住宅。	新築ビルでは22.2%の人が何らかの症状を訴えた。付帯とアクリルが検出され、関連が疑われた。一般住宅では症状有の人と無しの人との間でトルエン、キシレン、m-ジクロロベンゼン、p-ジクロロベンゼンが症状有群で優位に高かった
38	有機塩素化合物	パッシブ法	活性炭	柴田化学(特注)	1回 24hrsを2日	トルエン	GC/ECD(Ni)	静岡県、清水市の30世帯で居間、寝室、台所、浴室、外気を調査。	室内のp-ジクロロベンゼンは屋外の210倍以上となり、家屋間の差も非常に大きかった
39	有機塩素化合物	パッシブ法	活性炭	柴田化学(特注)	1回 24hrsを4日	トルエン	GC/ECD(Ni)	東京都葛飾区で冬季13世帯、夏季30世帯で、居間、台所、寝室、浴室、外気を調査。	夏季は冬季より高く、パラジクロロベンゼンは夏季8.1倍にも達した。p-ジクロロベンゼン、m-ジクロロベンゼン、トルエンは季節を問わず高値であった。浴室で高濃度であり、水道水が発生源と推測される。
40	20種類のVOC	パッシブ法	Carboxen1000, CarbotrapB	自作 (充填剤をTCT用チューブに詰めた)		加熱脱離 (TCT)	GC/MS	20家庭で測定を行ったところ、1家庭がトルエン、ペンタン、ヘキサン、p-ジクロロベンゼンが高値があったため、追跡調査を行った。	p-ジクロロベンゼンは防虫剤使用と相関が取れた。トルエン、キシレン、トルエンの間には相関が同じことがわかり、主に塗料が発生源として推測された。
41	VOC15種類	パッシブ法	活性炭	パッシブガスチューブ (柴田科学)	24 hrs	二硫化炭素	GC/MS	つくば市内の12家庭で、居外、居間、寝室を調査。また書く家庭から述べ33名 (子ども10名を含む) の個人暴露量を調査。	トルエン、p-ジクロロベンゼン、トルエンの個人暴露量はサラリーマンより主婦が高く、住居内が暴露源と予測。同じ家庭内で目的化合物の日内変動を測定し、個人暴露量と比較したところ、日内変動とはほぼ一致するもの(1,1,1-トリクロロエタン、トルエン、p-ジクロロベンゼン)と全く一致しないもの (トルエン、p-ジクロロベンゼン、トルエン)があった。
42	トルエン、m-ジクロロベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、トルエン、トルエン	パッシブ法	カーボンモレキュラーシーブ	VOC-TD(スベルコ)	2 hrs	加熱脱離	GC	加熱脱離用VOCパッシブサンプリャーの性能評価。	アクティブ法と良い相関を示した。サンプリングレートには温度依存性、湿度依存性は見られなかった。
43	トルエン、キシレン、トルエン、トルエン	パッシブ法	カーボンモレキュラーシーブ	VOC-SD(スベルコ)	24 hrs	二硫化炭素	GC	チャンバーを用いた性能評価試験 (回収率、定温下限、再現性、アップレイクレート算出、湿度、湿度依存)	アクティブ法と良い相関を示した。サンプリングレートには湿度依存性は見られなかったが、温度では10~20℃にかけて若干変化した。
44	1,3-ブタジエン	パッシブ法	カーボンモレキュラーシーブ、CarbopackB	VOC-TD(スベルコ)、自作 (充填剤をATD用チューブにつめたもの)	12-40 hrs	加熱脱離	GC?	発がん性が指摘される1,3-ブタジエンについて、パッシブサンプリング-加熱脱離法の適用を検討	添加回収率は103%(n=5)、定量下限は3.53ng/本であった。いずれも抽集時間が長くなるのと捕集量が低下した。要因は今後検討する。



表 3.2.5 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 測定と分析方法 (つづき)

45	トルエン、エチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼン	パッシブ法	TenaxTA	自作 (充填剤をATD用チューブにつめたもの)		加熱脱離 (ATD)	GC/MS	ATD用チューブを利用したパッシブサンプリング加熱脱離法の適用範囲を検討した。	アクティブ法の結果と良い相関があった。風流、濃度を考慮すれば室内環境測定に有効な方法である。
46	トルエン、エチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼン	パッシブ法	TenaxTA	自作 (充填剤をATD用チューブにつめたもの)	24 hrs	加熱脱離 (ATD)	GC/MS	都心と郊外の集合住宅20戸の居間を調査した。	都心と郊外で差は無く、外気ではなく室内に発生源があることがわかった。キシレンとエチルベンゼンに強い相関があり、トルエンとベンゼンには弱い相関が見られた。自動車排ガスによる屋外大気と室内での発生の影響が複合していると考えられる。
47	EPA TO14の VOC	パッシブ法	TenaxGR	自作 (充填剤をATD用チューブにつめたもの)	24 hrs	加熱脱離 (ATD)	GC/MS	ベイクラウト、建材の選択、換気の低減化手法が有効であるか調査	ベイクラウト：開始後濃度は倍になるが、3日後は1/2、1ヵ月後は1/5まで低下。建材の選択：特にトルエンは竣工直後でも低値を示した。換気：トルエンは換気装置のon/offで劇的に濃度が変化した。
48	四塩化炭素、トリクロロエチレン、トトラエン、テトラクロロエチレン、エチルベンゼン、キシレン、スチロール、ベンゼン	パッシブ法	TenaxTA	自作 (充填剤をATD用チューブにつめたもの)	24 hrs	加熱脱離 (ATD)	GC/MS	24時間の吸着速度を求めた。札幌の住宅34戸のVOC調査	アプテイクレートは0.0X ml/min台できわめて低い
49	VOC多成分(15種)	パッシブ法	活性炭ベース	3500OVMs (3M)	48 hrs	アセトン：二硫化炭素=2:1(v/v)	GC/MS		抽出溶媒をアセトン：二硫化炭素=2:1とするとバックグラウンドを下げられる
50	タバコ煙	パッシブ法	活性炭ベース	3500OVMs (3M)	24 hrs	ピリジン10%を含むトルエン(v/v)	GC/MS	3-エチニルピリジンの測定	タバコ煙のアセスとして3-ETを検討。検出限界は0.271 g/m <sup>3</sup>
51	PCB	パッシブ法	トリオレイン	SPMD (EST Labs)		ガソリン	GC/ECD	SPMD、PUF disk、土壌サンプラーの比較試験	PCBのパッシブサンプリングによる測定の検討。引用ではバターや野菜もアセスのためのパッシブ法として使われるとある
51	PCB	パッシブ法	PUFディスク (ポリウレタン)	PUF disk (PacWill Environmental)		ガソリン	GC/ECD	SPMD、PUF disk、土壌サンプラーの比較試験	PCBのパッシブサンプリングによる測定の検討。引用ではバターや野菜もアセスのためのパッシブ法として使われるとある
51	PCB	パッシブ法	土壌	自作		ジクロロメタン	GC/ECD	SPMD、PUF disk、土壌サンプラーの比較試験。土壌は0.5 cm厚み層、40 cm径のSUSトレイに充填	PCBのパッシブサンプリングによる測定の検討。引用ではバターや野菜もアセスのためのパッシブ法として使われるとある
52	PCB	パッシブ法	エチレン酢酸ビニル樹脂	自作ガラスシンリンドーの外にエチレン酢酸ビニル樹脂をコート	4-504 hrs	ジクロロメタン	GC/ECD	ガス上のPCBを対象、	捕集皿に及ぼす空気流速の影響を考察している。
53	PCB、臭素化PCB、塩素系殺虫剤	パッシブ法	PFUディスク (ポリウレタン)	自作のポリウレタンフォームディスク	6 weeks	ジクロロメタン	GC/MS	欧州における71試料の測定	自作のポリウレタンフォームディスクは径14 cm、厚さ1.35 cmのものを使用。安価で操作性も良好。
54	多種類のVOC	パッシブ法	Tenax-TA	自作 (充填剤をATD用チューブにつめたもの)	4 weeks	加熱脱離	GC/FID	UKにおける1000の家庭の寝室、居間の測定。外気濃度に比べて室内濃度は平均16.5倍であった	寝室と居間では濃度の差異はなし、TVOC濃度範囲は0.009-11.41 g/L
55	VOC	パッシブ法	Tenax-TA	自作 (充填剤をATD用チューブにつめたもの)	4 weeks	加熱脱離	GC/FID	UKにおける44の家庭と4箇所の外気測定	多種類のVOCについての検出確率を示している
56	VOC	パッシブ法	活性炭	特に示さず	1-8 weeks、1-24 hrs	特に示さず	GC/MS	センサー、アクティブを含めた様々な手法の紹介	パッシブ法の分析精度はVOCの場合±20-25%、ホルムアルデヒド等の場合±10-15%

表 3.2.5 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 測定と分析方法 (つづき)

57	有機塩素化合物	パッシブ法	活性炭	パッシブガスチューブ (柴田科学)	24 hrs	トルエン	GC/ECD	実態調査の結果をもとに、個人暴露に対する室内環境の寄与率を算出。	パッシブ法の値はアクティブ法に比べて低値を示した。またパッシブガスチューブでクロロホルムのブランク値は無視できず、補正が必要。
58	18種の有機塩素化合物	パッシブ法	活性炭	パッシブガスチューブ (柴田科学)	1-4 weeks	トルエン	GC/ECD	国内(静岡)の内外気の実態を調査	トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、クロロホルム、四塩化炭素、p-ジクロロベンゼンなど10種の有機塩素化合物を検出。化合物によって内外比が異なる。
59	C <sub>6</sub> -C <sub>10</sub> 有機化合物	パッシブ法	Tenax-TA	自作(充填剤をATD用チューブにつめたもの)	4 weeks	加熱脱離	GC/FID	事務所を含めて、長期間にわたって内外気の実態調査を実施	6成分(ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、O <sub>2</sub> 、m-、p-キシレン、1,2,4-トリメチルベンゼン)で詳細に検討した結果、外気に比べていずれも室内が高濃度であった。検出限界は芳香族化合物では0.61-1.511 g/m <sup>3</sup> 、塩素化炭化水素の場合は0.004-0.111 g/m <sup>3</sup> 。アクティブ法と比較して室内では約20%、外気では約40%低い値を示した。
60	芳香族、塩素化炭化水素	パッシブ法	活性炭ベース	3500 OVM(3M)	4 weeks	メタノール1%を含む二硫化炭素	GC/FID&ECD	70箇所の外気と50箇所の室内空気を測定。アクティブサンプリング法と実データ比較を実施。	検出限界は0.01-0.41 g/m <sup>3</sup> の範囲。
61	多量のVOC成分	パッシブ法	活性炭ベース	3500 OVM(3M)	4 weeks	二硫化炭素	GC/FID&ECD	ORSA 5 Monitors (Drägerwerk Lubeck)のサンプリングと比較	検出限界は0.02-0.71 g/m <sup>3</sup> の範囲。
61	多量のVOC成分	パッシブ法	活性炭	ORSA 5 Monitors (Drägerwerk Lubeck)	4 weeks	二硫化炭素	GC/FID&ECD	3500 OVM(3M)のサンプリングと比較	定置下限値は1.4-99 ppb。温度8-22℃の範囲。湿度46-80%の範囲では測定値に影響なし。
62	9種の有機塩素化合物	パッシブ法	活性炭	パッシブガスチューブ (柴田科学)	24 hrs	トルエン	GC/ECD	多孔質PTFEチューブに活性炭を詰めた構造のサンプリング	82物質につき抽出効率を求めた結果、ナフタレン、ピフェニル、アニリン、キノリン、ペンタクロロベンゼン、イソキノリン、ニコチン、ヘキサクロロベンゼン、ピリジンでは低値を示した。
63	52種のVOC成分	パッシブ法	活性炭ベース	3500 OVM(3M)	24 hrs	二硫化炭素	GC/MS	カナダ国内757箇所の室内空気の測定	アクティブ法と比較的良好一致を示した。
64	ベンゼン、トルエン、酢酸ブチル、エチルベンゼン、m-キシレン、p-キシレン、m-ジクロロベンゾール、トルエン、酢酸ブチル、エチルベンゼン、m-キシレン、p-キシレン、m-ジクロロベン	パッシブ法	シリコンホイル	自作(ホイル提供 Specialty Silicone Products Inc)	4-5 weeks	二硫化炭素	GC/FID	活性炭、及びTenax-TAチューブを用いるアクティブ法と比較。	
65	ベンゼン、トルエン、酢酸ブチル、エチルベンゼン、m-キシレン、p-キシレン、m-ジクロロベン	パッシブ法	シリコンホイル	自作(ホイル提供 Specialty Silicone Products Inc)	1-5 weeks	二硫化炭素	GC/FID	Polyethylene foilとSilicone foilと比較	Polyethylene foilよりSilicone foilの結果が優れている。
66	28種のVOC	パッシブ法	活性炭ベース	3500 OVM(3M)	4 weeks	二硫化炭素	GC/FID&ECD	デュアルカラム・タンデムECD-FID法によって高感度分析を達成	検出下限は0.01-1.31 g/m <sup>3</sup> 。脱着による回収率はほとんどの成分で定量的であったが、ナフタレンは42-43%、ピリジンは50%と低回収率であった。

表 3.2.5 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 測定と分析方法 (つづき)

67	多 種 の VOC 成 分	パッシブ法	Tenax-GR+Carbosieves S III	自作 (加熱脱離装置のステンレスチューブに詰めた)	~数日	加熱脱離 (Scientific Instrument Service Inc)	GC/MS	Tenax-GRのsingle-bedとCarbosieves S IIIを後段に おいたdual-bedの比較を行っている。	アクティブ法と良い相関が得られた。ヘキサ ン、ブタン、ペンゼン、トリクロロエ チレン、トルエン、エチルベンゼン、キシ レン、スチレン、プロピルベンゼン、トリ メチルベンゼン、ブチルベンゼン、リモネ ン、ナフタレンなどを定量できた。
68	ベンゼン、ト ルエン、エチ ルベンゼン、 キシレン	パッシブ法	活性炭ベース	3500 OVM(3M)	30 min - 24 h r s	二硫化炭素抽出後酢酸 ナトリウムで二硫化炭 素を分解。抽出液を ヘッドスペースポ キセン-PDMSファイ バー)で気相をサンプ リング	GC/MS, GC/ECD	活性炭を用いるアクティブ法と比較	2時間サンプリングの場合の検出限界は0.4 -21 g/m <sup>3</sup> 。測定結果はアクティブ法と良い 一致を示した。
69	多 種 の VOC 成 分	パッシブ法	Carboxen 1000+ Carbosieve S III	DSD-Voc(スベルコの VOC-TDの試作品)	24 hrs	加熱脱離 (TCT)	GC/MS	吸着剤としてCarboxen 1000、Carbosieve G、 Carbosieve S III、Carbotrap B、活性炭について 比較検討。	CFC12からヘキサンまでの低沸点物質には Carboxen 1000が、ヘキサンから1,4-ジクロ ロベンゼンまでの沸点の物質にはCarbotrap Bが適していた。検出限界はCarboxen 1000 では0.036-0.046 p p b、Carbotrap Bでは 0.0035-0.014 p p b。
70	VOC	パッシブ法	Active carbon cloth strip	ACC Strip(Siebe Gorman & Co Ltd)	-	二硫化炭素	GC/FID		
70	VOC	パッシブ法	活性炭	SKC activated carbon tubes	-	二硫化炭素	GC/FID		
70	VOC	パッシブ法	活性炭ベース	3500 OVM(3M)	-	二硫化炭素	GC/FID		
71	ベンゼン、ト ルエン、m-キ シレン、o-キシ レン、チカ レン、トリメチ ルベンゼン、 ウンデカン、 TVOC	パッシブ法	Tenax-TA	自作 (充填剤をATD用 チューブにつめたも の)	4 weeks	加熱脱離	GC/FID	100箇所の住宅について調査。	ベンゼンを除き、トルエン、キシレン、デ カン、トリメチルベンゼン、ウンデカン、 TVOCのいずれも外気に比べて室内は高濃 度。
72	クロロホル ム、ベンゼ ン、ヘプタ ン、パークロ ロエチレン、 ジクロロベン ゼン	パッシブ法	活性炭ベース	3500 OVM(3M)	3 weeks	二硫化炭素	GC/FID	温度の影響について検討	測定物質の濃度レベルによって、気中湿度 の影響程度が異なる。
73	ニコチン、そ の他のVOC	パッシブ法	Tenax-TA	自作 (充填剤をATD用 チューブにつめたも の)		加熱脱離	GC/MS	フィンランドの喫煙環境におけるニコチンを含 むVOC測定。捕集にはパッシブ法とアクティ ブ法を併用。13箇所の事務所測定。	タバコ煙暴露のインジケータとしてニコチ ンを検討。ニコチンの定値下限は 0.051 g/m <sup>3</sup> (4時間サンプリングで)。ニコチ ン濃度は0.4-5.61 g/m <sup>3</sup> の範囲。
74	ベンゼン、酢酸 ブチル、エチ ルベンゼン、 m-キシレン、 スチレン、m- ジクロロベン	パッシブ法	活性炭	自作	4-6 weeks	二硫化炭素	GC/FID	ポーランドにおける3箇所のオフィスを含む26 箇所の空気質測定。活性炭を用いたダイミック 捕集法と併用して測定している。	標準法としてのアクティブ法との比較を 行っているが、相関はあまりよくない。

表 3.2.5 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 測定と分析方法 (つづき)

カビが発する VOC	パッシブ法	活性炭ベース	3500 OVM(3M)	4 weeks	メタノール1%を含む二硫化炭素	GC/FID	カビが発する VOC として、3-methylbutan-1-ol などの含酸素を中心に11成分を定量した。	カビが発する VOC のパッシブ法による測定。検出下限は0.15-0.531 g/m <sup>3</sup> 。回収率は77-118%。
75	パッシブ法	活性炭ベース	3500 OVM(3M)	4 weeks	メタノール1%を含む二硫化炭素	GC/FID	カビが発する VOC として、3-methylbutan-1-ol などの含酸素を中心に11成分を定量した。	カビが発する VOC のパッシブ法による測定。検出下限は0.15-0.531 g/m <sup>3</sup> 。回収率は77-118%。
76	半導体センサー	なし	開発中	90% 応答で1min以内	なし (トルエン換算)	演算処理器	開発したパッシブ型TVOCモニタについて行った評価試験の結果報告。当該モニタは半導体検器を用いており、検出部は約20g、データ処理部(本体)は500gである。	(1) 炭素特性は芳香族炭化水素がよいが、脂肪族炭化水素に悪い傾向を示す。 (2) 本測定器と non-Cl14 計との同時測定を行った結果、両者間に有意な相関(R <sup>2</sup> =0.886)が認められた。
77	アクティブパッシブ		アクティブ法: D社; パッシブ法: ACT社とPO社	アクティブ法: 30 mins; パッシブ法: 8 hrs以上	溶媒抽出	GC-MS	学校環境におけるパッシブ法の精度についての検討。	アクティブ法値との比較の結果、サンプリング者による差が認められた。とくにPO社の値は何れも低めであった。
78	アクティブパッシブ	Tenax 活性炭 グラファイト カーボン	アクティブ法: a, b, c パッシブ法: a, b, c, d	30mins 24hrs	加熱脱着/溶媒抽出	GC-MS	新築住宅2軒計4室内において、複数のサンプリングによる室内化学物質濃度を測定し、その結果を比較した。	1) 下層エントラップ法については、活性炭よりTenaxの値がやや高め、活性炭の2社間の24時間値はあまり違いがない。30分値と24時間値の間に差が生じる。パッシブ法については、24時間値の何れもアクティブ法値との相関が高い。2時間値が推奨されているa社の30分値はアクティブ法値に近い。検知管については、アクティブ法と比べて3倍程度の高い値。 2) キシレン・エチルベンゼン: アクティブ法については、活性炭よりTenaxの値が低め、パッシブ法については、a社が低めの値。 パッシブサンプリングは小型軽量であることから、室内での定点曝露調査や個人曝露調査および、多点一斉調査などに適しているが、8時間の捕集では検出できない物質があるため、24時間が必要である。また、実験室などへ持ち帰っての抽出やGC-MS分析が必要である。
79	アクティブパッシブ	Tenax TA	VOC-SD(シグマアルドリッチ製)	8hrs 24 hrs	二硫化炭素	GC-MS	室内化学物質を効率よく換気するための手法研究の一環として、パッシブサンプリングでのプレスクリーニング、ポータブルGC-MSによる直接調査法について、室内空気および屋外空気を用いて検討を行った。	1) トルエン、パラジクロロベンゼン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンについては、パッシブ法の2種はアクティブ法と高い相関が認められた。 2) 炭化水素化合物のブランチングレベルが高いため、測定が難しい。
80	アクティブパッシブ	カーボン系	アクティブ: ORBO-911 パッシブ: VOC-SD	24hrs	二硫化炭素	GC-MS	2種類のパッシブサンプリング (パッシブガスチューブ、VOC-SD) による室内空気中のVOC測定について、アクティブ法と比較しながら実地調査を行い、その実用性について検討を行った。	1) トルエン、パラジクロロベンゼン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンについては、パッシブ法の2種はアクティブ法と高い相関が認められた。 2) 炭化水素化合物のブランチングレベルが高いため、測定が難しい。
81	簡易法	空気	ガラスバイアル	瞬間	なし	GC-MS	サンプリング法として瞬時にガラス瓶(ガラスバイアル)に試料を採取する簡易グラブサンプリング法である。解析法の従来のGC-MSを用いる。	ppbレベルで検出可能。



表 3.2.6 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 出典 (つづき)

17	佐武良祐・長谷川功・酒井英二	ホルムアルデヒドの少ない建材を使用した集合住宅における濃度の実態 その3 夏期冷房時のVOC濃度と放散量	日本建築学会学術概観集	921-922	2001
18	大場奈緒子・岩田利枝・塚原弘泰・堀雅宏	美術館の空気質測定キットの開発のための試験研究	日本建築学会学術概観集	973-974	2001
19	山口一・赤林伸一・坂口淳・山岸明彦・渡辺澄	新潟県の住宅における室内化学物質汚染に関する調査研究 その4 ホルムアルデヒド、VOCによる室内化学物質汚染に関する実態調査	日本建築学会学術概観集	727-728	2000
20	坂口淳・赤林伸一	新潟県の住宅における室内化学物質汚染に関する調査研究 その6 PFT法による換回数とVOCs濃度の関係	日本建築学会学術概観集	731-732	2000
21	酒井聡至・田辺新一・浅井啓史・松本仁・浅井万里成・丸元典子・田淵誠一	パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その6 新築集合住宅実測における住宅性能評価	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	437-441	2003
22	丸元典子・田辺新一・松本仁・浅井万里成・酒井聡至・田淵誠一	パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その7 新築戸建住宅における夏季・冬季実測	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	441-444	2003
23	池田耕一・植津弥佳・佐藤重幸	竣工直後の集合住宅におけるノミッシブサンプラーを用いた室内空気質全戸調査	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	129-132	2002
24	吉野博・桑沢保夫・渡辺俊行・三田村輝章・大沢元毅・池田耕一・尾崎明仁	シックハウスの関連した室内空気質と換気量の調査研究 その1 その2	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	133-140	2002
25	高田義紀・吉野博・桑沢保夫・瀧柳のりえ・大澤元毅・三田村輝章・北原祥子	学校における室内環境と児童生徒の健康に関する調査研究 その1 室内空気環境の実態調査結果	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	145-148	2002
25	山口一・赤林伸一・坂口淳	新潟県の住宅における室内化学物質汚染の実態調査 その3 室内化学物質濃度とシエルター性能・住まい方に関する調査結果	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	661-664	2001
25	大場奈緒子・岩田利枝・佐野千絵・塚原弘泰・堀雅宏	美術館の空気質測定に関する検討・展示ケース内外の空気質と微・アルカリ度	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	1285-1288	2001
26	赤林伸一・坂口淳	新潟県の住宅における室内化学物質汚染の実態調査 その1 ホルムアルデヒド、VOCs濃度に関する調査結果	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	61-64	2000
27	関根嘉香・廣田ちはる・佛蘭道男	空气中揮発性有機化合物 (VOCs)濃度測定用溶媒脱離型パッシブサンプラーの性能評価	環境化学	847-854	2002
28	鳥嶋彦丹・雨谷敬史・松下秀勲	揮発性有機ハロゲン化合物への曝露実態に係る調査研究・静岡市における個人曝露、大気および室内濃度	環境化学	47-62	1998
29	森義明・行谷敏治・師節子・後藤純雄・小野寺佑夫・松下秀勲	Air Toxics管・ポンプ法およびCarbopack B管・拡散法による室内空気試料の採取と加熱脱着GC/MSシステムによる揮発性有機化合物の測定	環境化学	851-857	1997
30	川本克也	大気中・室内空気中汚染物質測定へのパッシブ測定法への応用	環境と測定技術	12-18	2001

表 3.2.6 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 出典 (つづき)

31	大浦健・雨谷敬史・杉山智彦・房家正博・松下秀鶴	ベンゼン及びその誘導体と臭気ハロゲン化合物の個人曝露、室内外濃度に関する研究	第43回大気環境学会年会講演要旨集	548	2002
32	呂俊民・藤村満・長宗寧・関根嘉香	中国四川省の室内空気質調査 (2)・VOC濃度測定結果	第43回大気環境学会年会講演要旨	551	2002
33	雨谷敬史・大浦健・島岡参丹・房家正博・松下秀鶴	清水市における一般家庭室内空気中のベンゼン及びその誘導体の濃度調査 (2000年夏季)	第42回大気環境学会年会講演要旨	332	2001
34	牧原大・田中美恵・長宗寧・皆川直人・安藤正典	新築住宅における室内空気中の化学物質濃度実態調査 (2)・アクティブサンプリングとパッシブサンプリングの比較	第42回大気環境学会年会講演要旨	565	2001
35	房家正博・雨谷敬史・大浦健・杉山智彦・杉崎充・松下秀鶴	富士市における一般家庭の室内外空気中のアルデヒドおよび有機ハロゲン化合物濃度調査 (1999年夏季)	第42回大気環境学会年会講演要旨	364	2000
36	島岡参丹・雨谷敬史・松下秀鶴	中国大連市開発区における一般家庭の室内空気中揮発性有機ハロゲン化合物による汚染実態調査	第42回大気環境学会年会講演要旨	364	2000
37	斉藤春江・瀬戸博・大貫文・竹内正博・土屋悦輝	室内空気中化学物質が原因と見られる健康阻害の事例について (第2報)	第40回大気環境学会年会講演要旨	249	1999
38	島岡参丹・雨谷敬史・松下秀鶴	静岡県における有機ハロゲン化合物の室内汚染実態調査	第37回大気環境学会年会講演要旨	414	1996
39	雨谷敬史・島岡参丹・松下秀鶴・小野雅司・前田和博	東京都葛飾区の有機ハロゲン化合物室内汚染の実態調査-1995年2月と7月の調査結果の比較-	第37回大気環境学会年会講演要旨	416	1996
40	浅井雅絵・内山茂久・長谷川修司	分子拡散型サンプリングを用いた大気中VOCsの捕集と加熱脱離法によるGC/MS分析-室内汚染測定への応用-	第37回大気環境学会年会講演要旨	423	1996
41	島岡参丹・蒲生昌志	居住環境における気中VOCs濃度および個人曝露レベルの日変動に関する調査	第12回環境化学討論会講演要旨集	528-529	2003
42	関根嘉香・松尾文子・佛頭道男	空气中VOCs濃度測定用加熱脱離型パッシブサンプリングの性能評価	第12回環境化学討論会講演要旨集	802-803	2003
43	関根嘉香・廣田ちはる・佛頭道男	溶媒脱離型パッシブサンプリングによる空气中VOCs濃度の測定方法	第11回環境化学討論会講演要旨集	494-495	2002
44	島岡参丹・蒲生昌志	パッシブサンプリング/熱脱着GCによる環境大気中1,3-butadieneの測定の検討	第11回環境化学討論会講演要旨集	676-677	2002
45	白倉浩一・世古民雄・恩田直彦	パッシブサンプリング法による室内汚染分析の検討	第10回環境化学討論会講演要旨集	482-483	2001
46	川本克也・野知啓子	パッシブサンプリング法による芳香族VOCの室内空气中濃度測定	第19回環境化学討論会講演要旨集	546-547	2000

表 3.2.6 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 出典 (つづき)

47	小林智・相和夫・桂英二・武内伸治・小川広	北海道の住宅における化学物質による室内空気汚染の実態と対策	第9回環境化学討論会講演要旨集			546-547	2000
48	小林智・相馬悠子・相和夫・堀森宏	パッシブサンプリング・加熱脱離-GC/MS法による室内空気中VOC測定法の開発と札幌市における冬季の室内VOC濃度一斉調査	北海道立衛生研究所報	53		1-8	2003
49	K. Sexton, J. L. Ferguson, G. Ramachandran, G. C. Pratt, S. J. Mongin, T. H. Stock, M. T. Meeker	Comparison of personal, indoor, and outdoor exposure to hazardous air pollutants in three urban communities	Environmental Science & Technology	38		423-430	2004
50	S. Vainotalo, R. Vaarananta, J. Tornaeus, N. Aremo, T. Hase, K. Peltonen	Passive monitoring method for 3-Ethenylpyridine : A marker for environmental tobacco smoke	Environmental Science & Technology	35		1818-1822	2001
51	M. Shoeb, T. Harner	Characterization and comparison of three passive air samplers for persistent organic pollutants	Environmental Science & Technology	36		4142-4151	2002
51	M. Shoeb, T. Harner	Characterization and comparison of three passive air samplers for persistent organic pollutants	Environmental Science & Technology	36		4142-4151	2002
51	M. Shoeb, T. Harner	Characterization and comparison of three passive air samplers for persistent organic pollutants	Environmental Science & Technology	36		4142-4151	2002
52	T. Harner, N. J. Farrar, M. Shoeb, K. C. Jones, F. A. P. C. Gobas	Characterization of polymer-coated glass as a passive air sampler for persistent organic pollutants	Environmental Science & Technology	37		2486-2493	2003
53	F. M. Javard, N. J. Farrar, T. Harner, A. J. Sweetman, K. C. Jones	Passive air sampling of PCBs, PBDEs, and Organochlorine pesticides across Europe	Environmental Science & Technology	38		34-41	2004
54	V. M. Brown, D. R. Crump, D. Gardiner	Measurement of volatile organic compounds in indoor air by a passive technique	Environmental Technology	13		367-375	1992
55	V. M. Brown, D. R. Crump	The use of diffusive samplers for the measurement of volatile organic compounds in the indoor air of 44 homes in Southampton	Indoor+Built Environment	7		245-253	1998
56	R.-T. Liu	Measuring the effectiveness of gas-phase air filtration equipment-field methods and applications	ASHRAE transactions: Research	104	2	25-35	1998
57	玉川勝英・田口圭吾・東海啓一・千葉恵・加藤丈夫・関敏彦	パッシブガスチューブ法による低沸点有機化合物の経気道暴露量の評価	環境化学	3	4	709-716	1993
58	Olansandan, T. Amagai, H. Matsushita	A passive sampler-GC/ECD method for analyzing 18 volatile organohalogen compounds in indoor and outdoor air and its application to a survey on indoor pollution in Shizuoka, Japan	Talanta	50		851-863	1999
59	V. M. Brown, D. R. Crump	Diffusive sampling of volatile organic compounds in ambient air	Environmental Monitoring and Assessment	52		43-55	1998
60	J. Begrow, E. Jermann, T. Keles, U. Ranft, L. Duenemann	Passive sampling for volatile organic compounds(VOCs) in air at environmentally relevant concentration levels	Fresenius Journal of Analytical Chemistry	351	6	549-554	1995



表 3.2.6 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 出典 (つづき)

61	J. Begerow, E. Jermann, T. Keles, L. Dunemann	Performance of two different types of passive samplers for the GC/ECD-FID determination of environmental VOC levels in air	Fresenius Journal of Analytical Chemistry	363	4	399-403	1999
61	J. Begerow, E. Jermann, T. Keles, L. Dunemann	Performance of two different types of passive samplers for the GC/ECD-FID determination of environmental VOC levels in air	Fresenius Journal of Analytical Chemistry	363	4	399-403	1999
62	雨谷敬史・高崗参丹・松下秀綱	パッシブサンプラーを用いた空気中有機ハロゲン化合物の簡易分析法	大気環境学会誌	31	5	191-202	1996
63	R. Otson, P. Fellin, Q. Tran	VOCs in representative Canadian residences	Atmospheric environment	28	22	3563-3569	1994
64	B. Zabiegala, T. Gorecki, E. Pyzyk, J. Namiesnik	Permiation passive sampling as a tool for the evaluation of indoor air quality	Atmospheric Environment	36	17	2907-2916	2002
65	B. Zabiegala, B. Zygmont, E. Przyk, J. Namiesnik	Applicability of silicone membrane passive samplers for monitoring of indoor air quality	Analytical Letters	33	7	1361-1372	2000
66	J. Begerow, E. Jermann, T. Keles, T. Koch, L. Dunemann	Screening method for the determination of 28 volatile organic compounds in indoor and outdoor air at environmental concentrations using dual-column capillary gas chromatography with tandem electron-capture-flame ionization detection	Journal of Chromatography A	749	1+2	181-191	1996
67	S. Batterman, T. Meits, P. Kalliokoski, E. Garnett	Low-flow active and passive sampling of VOCs using thermal desorption tubes: theory and application at an offset printing facility	Journal of Environmental Monitoring	4	3	361-370	2002
68	K. Elke, E. Jermann, J. Begerow, L. Dunemann	Determination of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes in indoor air at environmental levels using diffusive samplers in combination with headspace solid-phase microextraction and high-resolution gas chromatography-flame ionization detection	Journal of Chromatography A	826	2	191-200	1998
69	S. Uchiyama, M. Asai, S. Hasegawa	A sensitive diffusion sampler for the determination of volatile organic compounds in ambient air	Atmospheric Environment	33	12	1913-1920	1999
70	H. D. Gesser, E. Giller	Validation of the new passive monitor without a membrane in indoor air	Environmental Internationa	21	6	839-844	1995
70	H. D. Gesser, E. Giller	Validation of the new passive monitor without a membrane in indoor air	Environmental Internationa	21	6	839-844	1995
70	H. D. Gesser, E. Giller	Validation of the new passive monitor without a membrane in indoor air	Environmental Internationa	21	6	839-844	1995
71	V. M. Brown, D. R. Crump, D. Gardiner, C. W. F. Yu	Long term diffusive sampling of volatile organic compounds in indoor air	Environmental Technology	14	8	771-777	1993
72	M. A. Cohen, P. B. Ryan, Y. Yansigisawa, S. K. Hammond	The validation of a passive sampler for indoor and outdoor concentrations of volatile organic compounds	Journal of the Air & Waste Management Association	40	7	993-997	1990
73	M. Rothberg, A. Heloma, J. Svinhufvud, E. Kahkonen	measurement and analysis of nicotine and other VOCs in Indoor air as an indicator of passive smoking	Ann Occup Hyg	42	2	129-134	1998

表 3.2.6 パッシブ法による VOCs 測定に関連する文献 - 出典 (つづき)

74	B. Zabiegala, A. Przyjazny, J. Namietnik	Passive dosimetry as an alternative technique to dynamic enrichment of organic pollutants of indoor air	Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Onocology	18	1	47-59	1999
75	K. Elke, J. Begerow, H. Oppermann, U. Kramer, E. Jermann, L. Dunemann	Determination of selected microbial volatile organic compounds by diffusive sampling and dual-column capillary GC-FID-a new feasible approach for the detection of an exposure to indoor mould fungi?	Journal of Environmental Monitoring	1		445-452	1999
76	松村年郎・松井誠・伊藤敦子・石井祐一・天野明英・磯崎昭徳・西村隆雄・島田修	パッシブ型TVOC計の開発とそのアプリケーションについて	室内環境学会誌	6	2	92-93	2003
77	井上優美子・田中俊昭・岸野信子・岡本繁雄・箭内慎吾・岡部大達・松村孝	HCHO、VOCs の各測定法について (学校環境での比較測定例から)	室内環境学会誌	6	2	94-95	2003
78	村江行忠・浦田祐司・船岡弘之	室内化学物質濃度測定法に関する検討	室内環境学会誌	6	2	146-149	2003
79	中島大介・山口貴史・内山真由美・江副優香・前田恒昭・奥田素貞・後藤純雄	パッシブサンプラナーおよびポータブルGC-MSを用いた室内空気中のVOC検索について	室内環境学会誌	5	2	66-67	2002
80	辻清美・長谷川一夫・森康明・後藤純雄・小野寺祐夫	パッシブサンプラナーによる室内空気中のVOCの測定	室内環境学会誌	5	2	106-107	2002
81	柴田あゆみ・中釜達郎・内山一英・保母敏行・前田恒昭	室内環境中揮発性有機物類のサンプリング法の簡易法およびGC-MSによる測定	室内環境学会誌	4	1	128-131	2001

### 3.3 分析方法（竹田）

#### (1) ガスクロマトグラフ-質量分析法（GC/MS）

ガスクロマトグラフ-質量分析法（GC/MS）は主に VOC、SVOC、VVOC などの揮発性有機化合物の測定に用いられる。ガスクロマトグラフ（GC）は分離部と検出部からなり、検出部に質量分析計を接続したものが GC/MS である。GC/MS の装置構成を図 3.3.1 に示す。分離部は多成分の有機化合物を分離する重要な部分であり、分離カラムが主要な部分となる。分離カラムには表 3.3.1 に示すように多くの種類があるが、室内環境において濃度指針値が制定されている化合物の測定には無～微極性のカラムを用いる。

表 3.3.1 GC/MS 用分離カラム

組成	極性	主な用途
100%Dimethyl polysiloxane	無	一般分析、炭化水素、高沸点成分、アルコール類
5%Diphenyl 95%Dimethyl polysiloxane	微	一般分析、ハロゲン化合物
7%Cyanopropyl 7%phenyl86%Dimethyl polysiloxane	中	糖類、TMS 誘導体、多環芳香族、ステロイド
5%phenyl 50%methyl polysiloxane	中	ステロイド、多環芳香族、農薬、薬剤
Polyethylene glycol	強	一般分析、エステル、香料、アルコール類
Polyethylene glycol Terephthalic acid modified	強	遊離脂肪酸、アルデヒド、ケトン
プロットカラム（アルミナ、モレキュラーシーブ、ポラスポリマー、活性炭）		C1～C9 の異性体、無機ガス、揮発性化合物、アルコール等
その他、目的成分の分析に合った液相		ハロゲン化炭化水素、遊離脂肪酸等

分離カラムによって分離された各化合物は検出部（イオン化部）で電子衝撃によりイオン化され、生成したイオンが質量分析部へ導入される。質量分析部には次の 4 つのタイプがある。VOC の分析には①の四重極型が用いられる。

#### ① 四重極型

質量分解能は  $m/z=1$  であるが、小形で操作も簡便であり、構造情報を得られる。近年は構造の特定よりは高選択性・高感度の検出器として利用されることが多い。

#### ② タンデム型（MS/MS）

二つの質量分析計を直列につないだもので、特定のイオン（親イオン）を更に細分化し、娘イオンを検出する方法が用いられる。4 重極型に比べ更に高選択・高感度のタイプで、マトリックスが複雑な試料中の目的物質の測定に用いられることが多い。

#### ③ 二重収束型

一般にミリマスと呼ばれ、質量分解能を高度にしたものである。

ガスクロマトグラフの検出部は質量分析計以外にも多数の種類がある。これらをまとめたものを表 3.3.2 に示す。室内空気中の VOC 測定の場合には、MS 以外では水素炎イオン化検出器 (FID) が多用される。FID は hidrocarbon (HC) の数にレスポンスが依存するため、HC 数の多い VOC の定量には適している。また、室内からは有機塩素系化合物も多数検出されが、この場合の検出には電子捕獲型検出器 (ECD) も良く用いられている。

MS では目的化合物に由来する質量を検出することができて選択性が高いが、FID、ECD を用いる場合、保持時間のみで化合物を特定するため、特に共存物質の確認などに注意する必要がある。

表 3.3.2 ガスクロマトグラフの検出器

検出器	選択性	感度	目的
TCD (熱伝導度型検出器)	無し	低～中	定量(定性)
FID (水素炎イオン化検出器)	有機化合物	中～高	定量(定性)
ECD (電子捕獲型検出器)	S,N,O,原子	高	定性・定量
PID (光イオン化検出器)	分子のイオン化電圧	—	定性
FPD (フレイム光度型検出器)	S,P 原子	高	定性
NPD (窒素・リン検出器)	N,P 化合物	高	定性・定量
MS (質量分析計)	分子の質量スペクトル	高	定性(定量)
SCD (硫黄化合物化学発光検出器)	S 化合物	—	定性(定量)
RCD (酸化還元型化学発光検出器)	分子の化学的性質	—	定性
AED (原子発光検出器)	ハロゲン,原子	—	定性

質量分析計は高真空に維持される

GC で分離された試料分子は順次 MS に導入される

イオン化部で試料分子は電子衝撃によりイオン化される

特定の質量数のイオンのみが通過する。4本のポールにかかる電圧の大きさと通過するイオンが決まる

質量ごとのイオン強度を測定する

図 3.3.1 GC/MS の装置構成