

第4章 国内外の関連研究調査

表 1-17 室内化学汚染物質のガイドライン (WHO Air Quality Guideline 1999) <sup>18)</sup>

Compound	Average ambient air concentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Health endpoint	Observed effect level [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	Uncertainty factor	Guideline Value (GV) or Tolerable Concentration (TC) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Averaging time	Source
Acetaldehyde	5	Irritancy in humans	45 (NOEL)	20	2 000 (TC)	24 hours	WHO 1995d EHC 167
		Carcinogenicity related irritation in rats	275 (NOEL)	1000	50 (TC)	1 year	
Acetone	0.5-125	Odour annoyance	240 (OT)	n.a.	n.p.	-	WHO 1998c EHC 207
Acrolein	15	Eye irritation in humans	0.13	n.p.	50 (GV)	30 min	WHO 1992b EHC 127
		Odour annoyance (Odour threshold)	0.07	n.a.	-	30 min	WHO 1992b EHC 127
Acrylic acid	No data	Nasal lesions in mice	15 (LOAEL)	50	54 (GV)	1 year	WHO 1997d EHC 191
2-Butoxyethanol	0.1-15	Haematotoxicity in rats	242 (NOAEL)	10	13100 (TC)	1 week	WHO 1998d CICAD 10
Cadmium	$(0.1-20) \times 10^{-3}$	Renal effects in the population	n.a.	n.a.	$5 \times 10^{-3}$ (GV)	1 year	WHO 1999a
Carbon disulphide	10-1500	Functional CNS changes in workers	10 (LOAEL)	100	100 (GV)	24 hours	WHO 1987
		Odour annoyance	0.2 (OT)	n.a.	20 (GV)	30 min	WHO 1987
Carbon Tetrachloride	0.5-1	Hepatotoxicity in rats	8.1(NOAE)	1000	8.1 (TC)	1 year	WHO 1999b EHC 208
1,4 Dichlorobenzene	0.2-3.5	Increase in organ weight and urinary proteins formation in normal subjects	450 (NOEL)	500	134 (TC)	1 year	WHO 1991a EHC 128
Dichloromethane	< 5 COHb	Chronic alveolar inflammation in humans	0.139 (NOAEL)*	25	5.8 (GV)	1 year	WHO 1996b EHC 171
Diesel exhaust	1.0 - 10.0	Chronic alveolar inflammation in humans	0.23 (NOAEL)*	100	2.3 (GV)	1 year	
		Developmental effects in rats	37 (NOEL)	n.p.	n.p.	1 year	WHO 1990a EHC 115
2-Ethoxyethanol	No data	Developmental effects in rats	170 (NOEL)	n.p.	n.p.		WHO 1990a EHC 115
2-Ethoxyethylacetate	No data	Increase of organ weight	2150 (NOEL)	100	22 000 (GV)	1 year	WHO 1996c EHC 186
Fluorides	0.5 - 3	Effects on livestock	n.a.	n.a.	1 (GV)	1 year	WHO 1999a
Formaldehyde	$(1-20) \times 10^{-3}$	Nose, throat irritation in humans	0.1 (NOAEL)	n.a.	100 (GV)	30 min	WHO 1999a
Hexachlorocyclopentadiene	No data	Inhalation effects in rats	0.45 (NOEL)	n.p.	n.p.	1 year	WHO 1991b EHC 120
Hydrogen sulphide	0.15	Eye irritation in humans	15 (LOAEL)	100	150 (GV)	24 hrs	WHO 1987
		Odour annoyance	$(0.2-2.0) \times 10^{-3}$ (OT)	n.a.	7 (GV)	30 min	WHO 1987
Isophorone	No data	Odour annoyance	1.14 (OT)	n.a.	-	30 min	WHO 1995f EHC 174
Manganese	0.01 - 0.07	Neurotoxic effects in workers	0.03 (NOAEL)	200	0.15 (GV)	1 year	WHO 1999a
Mercury, inorganic	$(2-10) \times 10^{-5}$	Renal tubular effects in humans	0.020 (LOAEL)	20	1 (GV)	1 year	WHO 1999a
2-Methoxyethanol	No data	Developmental toxicity in rats	31 (NOEL)	n.p.	n.p.		WHO 1990a EHC 115
Methyl bromide	0.05-0.8	Reduction in fertility index in rats	12 (NOEL)	n.p.	n.p.		WHO 1995g EHC 166
Methyl Methacrylate	$2.4 \times 10^{-4}$	Degenerate changes in olfactory epithelium in rodents	102.5 (NOEL)	100	200 (TC)	1 year	WHO 1998e CICAD 4
Monochlorobenzene	0.2-3.5	Decreased food intake, increased organ weight, lesions and changes in blood parameters	341 (LOAEL)	1000	71 (TC)	1 year	WHO 1991a EHC 128
1-Propanol	0.05	Reproduction in pregnant rats	9001 (NOEL)	n.p.	n.p.		WHO 1990b EHC 102
2-Propanol	1500-35000	Developmental toxicity in rats	9001 (LOEL)	n.p.	n.p.		WHO 1990c EHC 103
		Neurological effects in workers	107 (LOAEL)	40	260 (GV)	1 week	WHO 1999a
Styrene	1.0 -20.0	Odour annoyance	0.07 (OT)	n.a.	7 GV)	30 min	WHO 1987
		Kidney effects in workers	102 (LOAEL)	400	250 (GV)	24 hours	WHO 1999a
Tetrachloroethylene	1 - 5	Odour annoyance	8	n.a.	8000 (GV)	30 min	WHO 1987
		Development toxicity in animals	41 700 (NOAEL)	n.p.	n.p.		WHO 1998f CICAD 11
Toluene	5 - 150	Effects on CNS in workers	332 (LOAEL)	1260	260 (GV)	1 week	WHO 1999a
		Odour annoyance	1 (OT)	n.a.	1000 (GV)	30 min	WHO 1987
1,3,5 Trichlorobenzene	0.5-0.8	Metaplasia and hyperplasia of respiratory epithelium in rats	100 (NOEL)	500	36 (TC)	1 year	WHO 1991a EHC 128
1,2,4 Trichlorobenzene	0.02-0.05	Increase in urinary porphyrins in rats	22.3 (NOAEL)	500	8 (TC)	1 year	WHO 1991a EHC 128
Vanadium	0.05 - 0.2	Respiratory effects in workers	0.02 (LOAEL)	20	1 (GV)	24 hours	WHO 1987
Xylenes	1 - 100	CNS effects in human volunteers	304 (NOAEL)	60	4800 (GV)	24 hours	WHO 1997g EHC 190
		Neurotoxicity in rats	870 (LOAEL)	1000	870 (GV)	1 year	WHO 1997g EHC 190
		Odour annoyance	4.35 (OT)	n.a.	-	30 min	WHO 1997g EHC 190

\* For diesel exhaust two approaches were applied, which based on a NOAEL of 0.41  $\text{mg}/\text{m}^3$  in rats. The corresponding levels were converted to a continuous exposure scenario.  
n.a. not applicable; n.p. not provided.

Compound	Average ambient air concentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Health endpoint	Observed effect level [ $\text{mg}/\text{kg bw d}$ ]	Uncertainty factor	Tolerable Daily intake (TDI or ADI) [ $\mu\text{g}/\text{kg bw d}$ ]	Averaging time (over lifetime)	Source
Chloroform	0.3-10	Hepatotoxicity in beagles	15 (LOEL)	1000	15 (TDI)	24 hours	WHO 1994b EHC 163
Cresol	1-10	Reduced body weight and tremors in mice	50 (LOAEL)	300	170 (ADI)	24 hours	WHO 1995e EHC 168
Di-n-butyl Phthalate	$(3-80) \times 10^{-3}$	Developmental/Reproductive toxicity	66 (LOAEL)	1000	66 (ADI)	24 hours	WHO 1997e EHC 189

Compound	Average ambient air concentration [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	Health endpoint	Estimated human daily intake [ $\mu\text{g}/\text{kg bw d}$ ]	Uncertainty factor	Tolerable Daily intake (TDI or ADI) [ $\text{TEQ}/\text{kg bw d}$ ]	Averaging time (over lifetime)	Source
Dioxin-like compounds	n.p.	Neurobehavioural effects/ Endometriosis in monkey offspring Decreased sperm count/immune suppression /increased genital malformations in rat offspring	14-37 (LOAEL)*	10	1-4 (TDI)	24 hours	WHO 1998k

\* Estimated from the maternal body burden of exposed rats and monkeys by applying a factor of 2.  
n.a. not applicable; n.p. not provided.

1-4-2-4 国内での取り組み

1) 健康住宅研究会

1996年7月、化学物質のガイドライン化を行うために、建設省、厚生省、通産省、林野庁の4省庁によって発足し、建築的な側面から2年間に渡って住宅における室内での健康被害対策について検討を行った。研究成果の情報提供として、設計者・施工者に対しては「設計・施工ガイドライン」を、生活者に対して「ユーザーズ・マニュアル」を作成している。

健康住宅研究会では、建材・施工材に利用されている可能性が高く、有害性の高い291種のVOCs等がケミカルデータベースを利用して選ばれたが、この291種の化学物質にいくつかの重要な汚染化学物質、木材保存剤、防蟻剤、可塑剤を加えた中から、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、可塑剤、木材保存剤(現場施工)、防蟻剤の3物質・3薬剤が優先取組物質に選定された。(表1-18)

表 1-18 優先取組物質の選定<sup>9)</sup>

	環境庁 *1	文献 *2	通産省 *3	劇物指定 *4	生産量 (平成6年)
ホルムアルデヒド	○	○	15	○	136万トン
ノルマルヘキサン		○	1		8万KL
ベンゼン	○	○			415万トン
トルエン		○	6	○	122万トン
キシレン		○	8	○	297万トン
トリクロロエチレン	○	○			7.7万トン
テトラクロロエチレン	○	○			5.8万トン
エチルベンゼン		○			-
スチレン		○			-
酢酸エチル		○	2	○	17.6万トン
酢酸ブチル		○	1		5.9万トン
アセトン		○	1		35万トン
ジクロロメタン			2		8.9万トン
可塑剤					29万トン(DOP)
木材保存剤*5					-
防蟻剤					-

\*1 環境庁優先取組物質、平成8年8月、中央環境審議会待機部会健康リスク総合専門委員会において、「行政において物質の有害性、大気環境濃度等に関する基礎的情報の収集管理に努めるとともに、事業者等は自主的に排出抑制に努めることが期待される。」とされた優先取組物質22物質に該当するもの。

\*2 国内外の室内空気質に関する15の文献で報告されている物質。

\*3 通産省が住宅メーカー16社に対して行った検知物質。

\*4 毒物及び劇物取締法第2条別表2にあげられている物質。

\*5 木材保存剤は、主として現場塗布のものが問題視されている。

2) 厚生労働省による指針値<sup>19)</sup>

厚生労働省は、「シックハウス問題に対する検討会」の中間報告を踏まえ、室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的な測定方法を定めた。ホルムアルデヒドの指針値は短時間の曝露によって起こる毒性を指標として策定された。また、トルエン、

キシレン、パラジクロロベンゼンの指標値は長期間の暴露によって起こる毒性を指標として策定された。

新築住宅(入居前、改築後の生活行為が行われていない住宅)においては30分採取の濃度、居住住宅(居住状態にある住宅)においては24時間採取の濃度を測定評価する。

表 1-19 厚生省の室内濃度指針値（2001年3月末現在）

揮発性有機化合物	毒性指標	室内濃度指針値*
ホルムアルデヒド	ヒト曝露における鼻咽頭粘膜への刺激	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08ppm)
トルエン	ヒト曝露における神経行動機能及び生殖発生への影響	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07ppm)
キシレン	妊娠ラット曝露における出生児の中樞神経系発達への影響	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.20ppm)
パラジクロロベンゼン	ビーグル犬曝露における肝臓及び腎臓等への影響	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm)
エチルベンゼン	マウス及びラット曝露における肝臓及び腎臓への影響	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.88ppm)
スチレン	ラット曝露における脳・肝臓への影響	225 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05ppm)
クロルピリホス	妊娠ラット曝露における出生児の中樞神経系発達への影響	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
フタル酸ジ-n-ブチル	妊娠ラット曝露における出生児の生殖器構造への影響	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppm)

\* 両単位の換算は、25°C の場合による

#### 1-4-3 既往の実態調査例（文献調査）

今までに行われてきた室内空気質汚染の実態調査は対象建物の気中濃度を測定するものがほとんどである。その他の測定および調査事項としては、温度・湿度・換気回数・居住者の意識調査および生活様式・周辺地域調査等があげられる。

#### 1-5 インターネットによるデータベースの公開

前述 4-2～4-4 までの内容について実際に行った文献調査についてデータベース化したものを主任研究者・早稲田大学田辺新一研究室のホームページ (<http://www.tanabe.arch.waseda.ac.jp/>) に掲載している。調査対象文献は国内では、日本建築学会・空気調和衛生工学会等（1996～2000年度）で、国外では、Indoor Air・Healthy Buildings 等（1995～2000年）である。各項目において簡単にデータベースの検索ができるようにしている。

【参考文献】

- 1) 松村年郎, “ホルムアルデヒド簡易計測器の最近の動向”, 室内環境学会誌 平成11年度室内環境学会総会講演集, 1999.12 Vol.2 No.1, pp24-28
- 2) ASTM-D6007-96, Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentration in Air from Wood Products Using a Small Scale Chamber, 1996
- 3) ASTM-D5116-90, Standard Guide for Small-Scale Environmental Chamber Determinations of Organic Emissions from Indoor Materials/Products, 1990
- 4) ASTM-E1333-96, Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentrations in Air and Emission Rates from Wood Products Using a Large Chamber, 1996
- 5) European Concerted Action, Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Report No.8, Guideline for the characterization of Volatile Organic Compounds Emitted from Indoor Materials and Products Using Small Test Chambers, 1991
- 6) European Collaborative Action, Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Report No.13, Determination of VOCs emitted from indoor materials and products— Interlaboratory comparison of small chamber measurements—, 1993
- 7) European Collaborative Action, Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Report No.16, Determination of VOCs emitted from indoor materials and products— Second interlaboratory comparison of small chamber measurements—, 1995
- 8) European Concerted Action, Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Report No.2, Guideline for the determination of steady state concentrations in test chambers, 1989
- 9) 田辺新一, “室内化学汚染—シックハウスの常識と対策”, 講談社現代新書, 1998
- 10) <http://www.dsic.org/dicla.htm>
- 11) Healthy Buildings 2000, Workshop Summaries, pp.43-48, 2000
- 12) 健康住宅研究会, “室内空気汚染の低減のための設計・施工ガイドライン”, 1998
- 13) <http://www.judanren.or.jp/info/info076/kaisetsu.html>
- 14) ECA, Commission of the EC, “IAQ and Its Impact on Man” No.7, 1990
- 15) World Health Organization (WHO) : Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series No.23, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 1987
- 16) Personal Communication, 健康住宅研究会, 1996
- 17) 馬郡文平、熊谷一清、由岐中聡美、吉田仁美, “住宅内の化学物質に関する基礎知識”, 日本建築学会「建築雑誌」1998年4月号
- 18) ENV13419-1, Building products-Determination of the emission of volatile organic compounds Part1: Emission test chamber method, 1999
- 19) [http://www.mhw.go.jp/houdou/1206/h0629-2\\_13.html](http://www.mhw.go.jp/houdou/1206/h0629-2_13.html)

## 第2章 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

## 第2章 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

### Development of Measurement Device (ADSEC) for Aldehydes Emission Rates

#### Using a Diffusive Sampler

For demand of simple method for measuring Aldehydes emission rate from building materials, a diffusive type device, ADSEC (Advanced Diffusive Sampling Emission Cell), was developed. DSD-DNPH diffusive sampler is used for sampling. Following fundamental data on the performance of ADSEC for Aldehydes were collected; 1) Effects of size, 2) sampling period, 3) insert time of diffusive sampler, 4) using weight and silicon seat, and 5) effect of air temperature. Furthermore, to examine the measurement using ADSEC, same materials were measured by FLEC (Field and Laboratory Emission Cell), ADPAC (Advanced Pollution and Air quality Chamber) and ADSEC, and results were compared each other. As the sampling rate of one sampler was not enough for measuring the high emission material, different kinds of materials were measured by ADSEC with changing the number of samplers. The concentration in ADSEC was compared with that of a sealed space.

*KEYWORDS: IAQ, Investigation, Measurement, Aldehydes, VOCs, Diffusive, Emission Rate*

#### 2-1 ADSEC 開発の目的

室内化学物質汚染の対策としては室内で発生した汚染物質を外気で希釈し許容濃度までに下げるのに必要な換気量を確保すると共に、建材・施工材・生活用品からの汚染物質発生量を低減する必要がある。現在、建材から発生する化学物質を測定する方法として、チャンバー法が注目されている。これらの方法は、吸引ポンプを用いたアクティブ法であり、ポンプ、空気調整機など大掛かりな装置が必要となる。

一方、室内化学汚染の現状や住民の意識を調査するために実態調査が行われている。アクティブ法では、上述した装置や人手を必要としサンプリング数に制限ができる。また、居住者がいる場合ポンプの騒音などの問題も生じる。簡易的に数多く化学物質を測定するには、ポンプなどの機器を使用せず、分子拡散の原理を利用し化学物質を捕集する、拡散サンプラーを用いたパッシブ法が効果的である。また、これまで行われてきた実態調査では、室内空気化学物質濃度のみの

測定にとどまっていたが、室内化学物質汚染の原因を把握するためには、建材・施工材からの汚染物質発生量を測定することが望ましい。そこで、本研究では拡散サンプラーを用いた建材から発生する化学物質の拡散速度のパッシブ測定法、ADSEC (Advanced Diffusive Sampling Emission Cell) を開発した。

#### 2-2 ADSEC 概要

##### 2-2-1 構成

ADSECの構造を図2-1に、測定写真を図2-2に示す。ADSECによる測定では、SUS304ステンレス製の台形状容器(縦6.8cm×横10.5cm×高さ5.9cm、気積:約0.285L、測定建材表面積:45cm<sup>2</sup>)を床材表面上に設置し、床材自体がチャンバーの底になるように形成された密閉空間内の対象化学物質をDSD-DNPH拡散サンプラーにより捕集する。建材との遮断性を向上させるために、1kgの重りを乗せ、さらに接着部には化学物質の吸着の少ないシリコンシートを挟んでいる。

第2章 建材から発生するアルデヒド類のパッシブ測定法 (ADSEC)

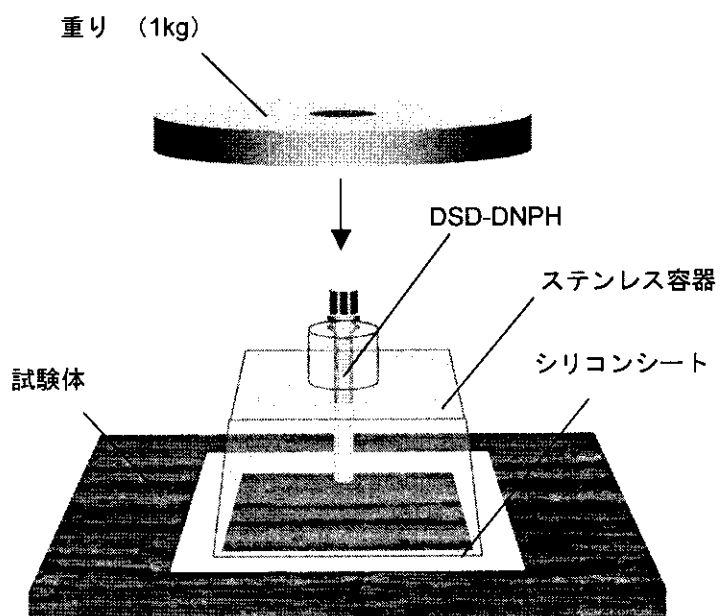


図 2-1 ADSEC の構造

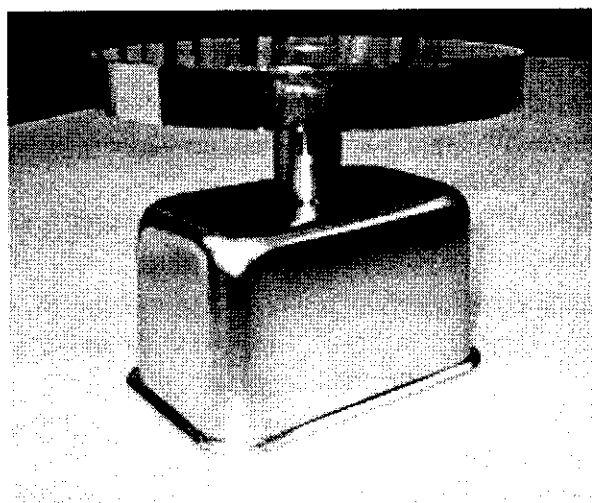


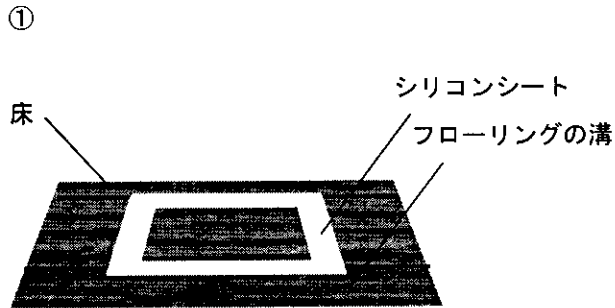
図 2-2 ADSEC の測定写真

2-2-2 ADSEC の測定手順

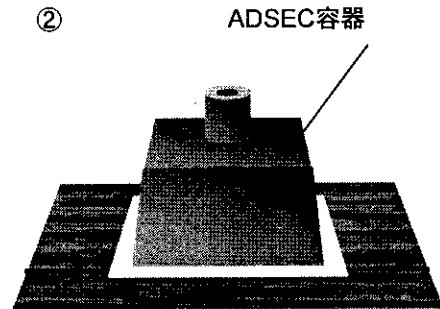
注意事項

- ADSEC 容器内部はさわらないようにする。
- 測定時間は 24 時間とする。

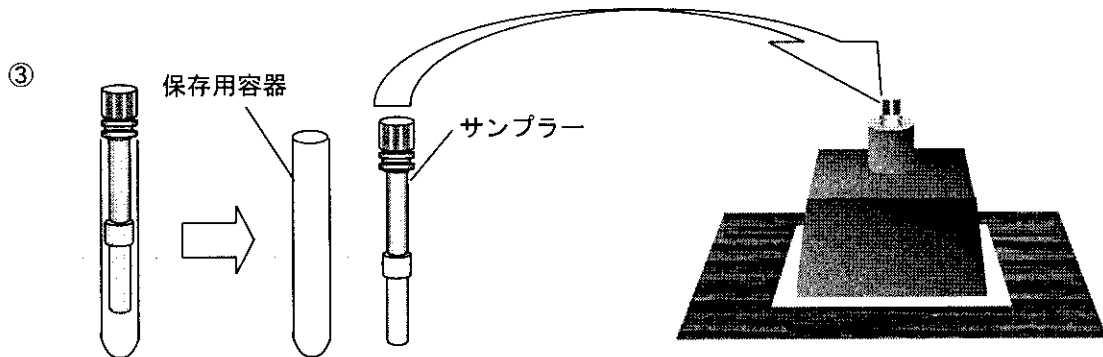
設置手順



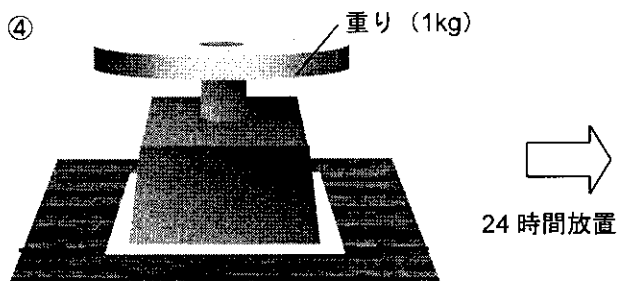
床の上にシリコンシートの穴がフローリングの溝などをまたがないように乗せる。



ADSEC 容器をシリコンシートの穴からはみ出さないように設置する。



サンプラーをアルミ製保存袋から取り出し、保存用容器をはずして ADSEC 容器のサンプラー差込口に挿入する。



ADSEC 容器に重りを乗せる。  
重りの穴にサンプラーのキャップが入るように乗せ、固定させる。

⑤  
測定終了後、サンプラーを ADSEC 容器から取り出し、サンプラーを保存容器に入れ、アルミ製保存袋に入れ、密閉保存する。



2-3 ADSEC 測定方法の検討

2-3-1 ADSEC セルの大きさの検討

2-3-1-1 大きさ検討の目的






ADSEC の大きさと捕集量の関係を調べ、捕集に最適な容器の形状を検討するために選択した5種類の大きさの容器を用いて測定を行った。実大モデルルームにおける床材の実測と、恒温槽内で放散特性の異なる6種類の建材の測定を行った。表2-1に今回用いた容器の種類を示す。容器はそれぞれにおいて内径と高さが同じであるものを3種用意し、測定表面積の違いによる影響を調べるため、内径が7cmと小さい2種も加えた。

2-3-1-2 実大モデルルーム床材実測

10月19日の中間期において、実大モデルルームに

おいて、ADSEC を用いた測定を行った。実大モデルルームは奥行き5m、幅2.7m、天井高さ2.5mの約5畳の室で、竣工後約2ヶ月経過し、使用建材は施工上可能なVOCs対策を施したものである。モデルルームの内観図を図2-3、モデルルームの概要を表2-2、建材仕様を表2-3に示す。ADSECの測定は、5種類の大きさのステンレス円柱型容器を用い、FLECとともに床フローリングの測定を行った。ADSECによる捕集時間は2hと一定にした。参考資料として(d=10,h=10)の容器を用いた測定は30minと1hの捕集時間でも行った。同時に行ったFLECの測定条件を表2-5に、測定風景を図2-4に示す。

表2-1 ADSEC に使用した各容器の大きさ

					
内径 d [cm]	7	7	10	14	18
高さ h [cm]	14	18	10	14	18
容量 [L]	0.53	0.69	0.79	2.15	4.58

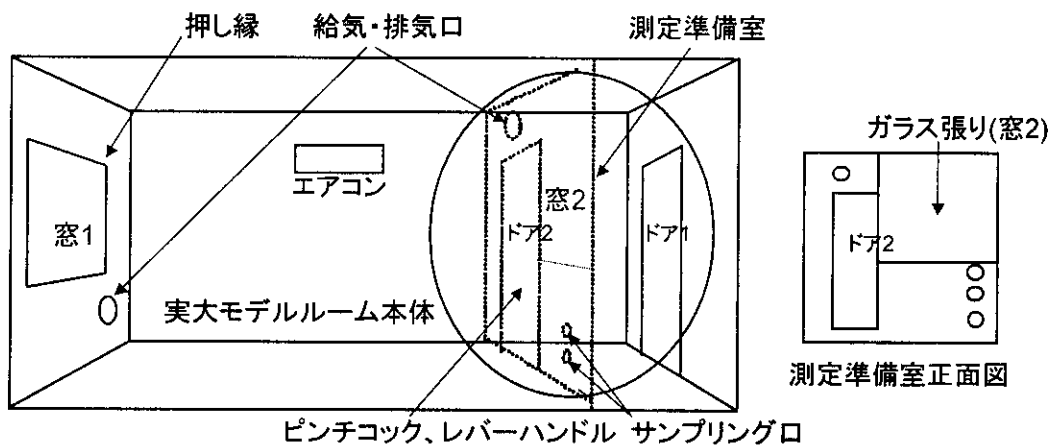


図2-3 モデルルームの内観図

表 2-2 実大モデルルームの概要

床面積	13.5 m <sup>2</sup>
壁面積 (窓、ドアを含む)	38.5 m <sup>2</sup>
窓	2.8 m <sup>2</sup>
ドア	1.6 m <sup>2</sup>
気積	33.8 m <sup>3</sup>
内装表面積 (窓、ドアを含む)	65.5 m <sup>2</sup>
ローディングファクター	1.9 m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup>

表 2-3 建材仕様

床	フローリング (F1 <sup>1)</sup> 捨て貼り合板 (F1) パーティクルボード (E1 <sup>2)</sup> )
壁	石こうボード下地にビニールクロス仕上げ
天井	石こうボード下地にビニールクロス仕上げ

表 2-4 実大モデルルーム測定項目

測定項目	測定器具
建材 (床材) からのアルデヒド類放散速度	ADSEC (DSD-DNPH) FLEC (Sep-Pak DNPH)
温度・湿度	温湿度計 (TABAI ESPEC CORP. THERMO RECORDER RS-11)

表 2-5 FLEC 測定条件

サンプリング管	Sep-Pak DNPH (Waters)
対象物質	アルデヒド類
Air Control 流量	D / H = 200 mL / 200 mL
Air Control 湿度	50 % rh
吸引流量	300 mL / min
吸引時間	33.3 min
積算流量	10 L

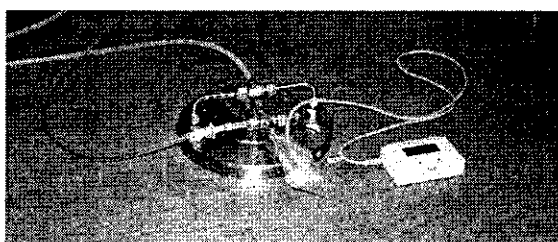


図 2-4 FLEC による床材測定風景

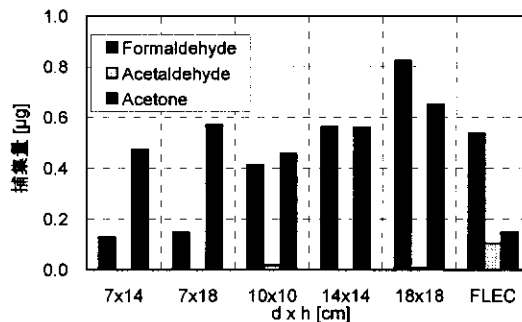


図 2-5 容器の大きさと捕集量の関係

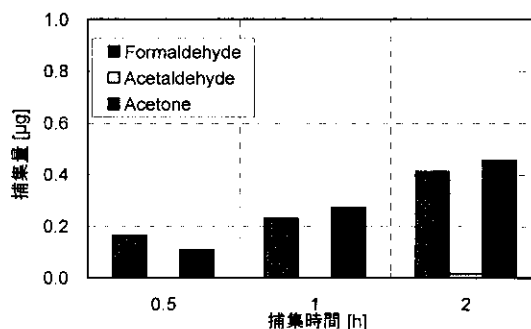


図 2-6 d=10cm, h=10cm の容器を用いた捕集時間と捕集量の関係

実大モデルルームにおいて行ったステンレス容器の大きさと捕集量の関係を図 2-5、参考のために行った d=10cm, h=10cm の捕集時間を 0.5 時間、1 時間とした実測の結果を図 2-6 に示す。測定期間中の平均湿度は、26.2 °C、51%rh であった。ホルムアルデヒドやアセトンの捕集量は大きさと比例して増加していることが確かめられた。アセトアルデヒドは他の 2 物質と比べ捕集は少量であり、ADSEC の捕集能力の検討には利用できなかった。参考のために行った、d=10cm, h=10cm の容器を用いた、捕集時間を 0.5 時間、1 時間とした実測の結果から、捕集時間の増加とともに捕集量が増加する事も確認された。同じ高さである内径 d=7cm・高さ h=14cm と内径 d=14cm・高さ h=14cm の測定結果の比較、内径 d=7cm・高さ h=18cm と d=18cm・高さ h=18cm の測定結果の比較では、高さが同じであっても測定表面積が大きくなると、ホルムアルデヒドの捕集量が増加していた。この結果から、捕集量に影響を与える因子は、建材測定表面積ではないかと類推される。FLEC との比較において、ADSEC のアセトンの測定値が非常に大きくなった。各物質の拡散のメカニズムを把握し、ステンレス容器内の濃度分布や拡散サンプラーの捕集特性などを検討し、アクティブサンプリング法との比較を行う必要がある。

2-3-1-3 放散特性の異なる6種類の建材の測定

表 2-1 に示した 5 種類の容器を用いて、床材として使用される表 2-6 に示す 6 種類の木質建材の測定をそれぞれ行った。捕集時間は 2 時間で行った。実験は 25°C に設定した恒温槽内で行い温度を一定に保った。湿度は成り行きとした。

FLEC による測定も表 2-7 に示す 6 種類の木質建材それぞれについて行い、ADSEC と FLEC の値を比較した。また、建材番号 1、2 の E0、E1 パーティクルボードについては、実験開始日を 0 日とし、0 日、1 日、3 日、7 日、14 日、28 日、60 日、120 日経過後についても測定を行い、放散速度の経時変化も検討している。パーティクルボードの保存方法は室内に放置した。

また、FLEC と ADSEC の値を比較する際、ADSEC の放散速度を、ADSEC 内の拡散サンプラーが建材から発生する化学物質を全て捕集すると仮定して、(2-1) 式のように捕集量を測定表面積と捕集時間で除した値として求め、FLEC により測定された放散速度と比較を行った。

$$EF_{AS} = \frac{W}{S \times t} \quad \dots (2-1)$$

$S$ : 建材表面積 [m<sup>2</sup>]

$EF_{AS}$ : ADSEC 放散速度 [mg/m<sup>2</sup>h]

$t$ : 捕集時間 [h]

$W$ : 捕集量 [mg]

表 2-6 実験で測定した建材

建材番号	建材の種類
1	E0 パーティクルボード (製造後 2 ヶ月経過)
2	E1 パーティクルボード (製造後 2 ヶ月経過)
3	E0 パーティクルボード (製造後密封保存)
4	E1 パーティクルボード (製造後密封保存)
5	Fc0 (当時 F1) 合板 (製造後 2 ヶ月経過)
6	Fc1 (当時 F2) 合板 (製造後 2 ヶ月経過)

ADSEC 測定時の周囲温湿度および FLEC 測定時の流出空気温湿度を表 2-7 に示す。また、FLEC による測定条件は表 2-5 に示した条件と同様である。ADSEC による測定風景を図 2-7、FLEC による測定風景を図 2-8 に示す。

表 2-7 ADSEC による測定時の温湿度

建材番号		1	2	3	4	5	6
容器の種類	7 × 14	25.2°C	25.2°C	25.2°C	25.1°C	25.1°C	25.1°C
		36%rh	36%rh	36%rh	37%rh	37%rh	37%rh
	7 × 18	25.2°C	25.2°C	25.2°C	25.1°C	25.1°C	25.1°C
		36%rh	36%rh	36%rh	37%rh	37%rh	37%rh
	10 × 10	25.2°C	25.2°C	25.2°C	25.1°C	25.1°C	25.1°C
36%rh		36%rh	36%rh	37%rh	37%rh	37%rh	
14 × 14	25.2°C	25.2°C	25.2°C	25.1°C	25.1°C	25.1°C	
	36%rh	36%rh	36%rh	37%rh	37%rh	37%rh	
18 × 18	25.1°C	25.1°C	24.9°C	24.9°C	24.9°C	24.9°C	
	37%rh	37%rh	39%rh	39%rh	39%rh	39%rh	
FLEC		25.3°C	25.4°C	24.5°C	25.1°C	25.9°C	25.1°C
		40%rh	46%rh	41%rh	39%rh	39%rh	39%rh

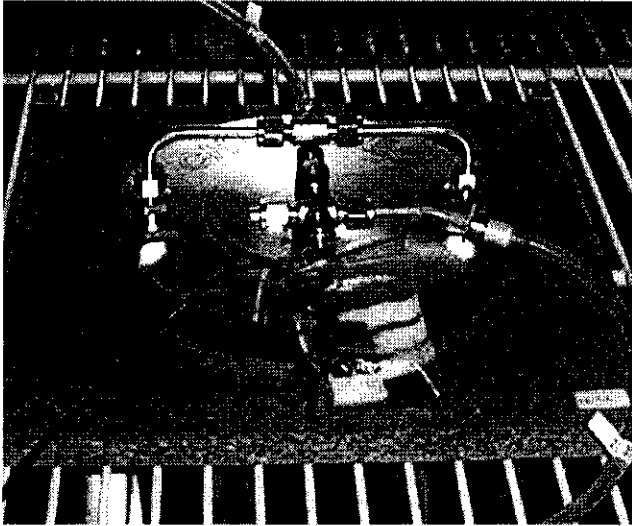


図 2-7 FLEC による測定風景

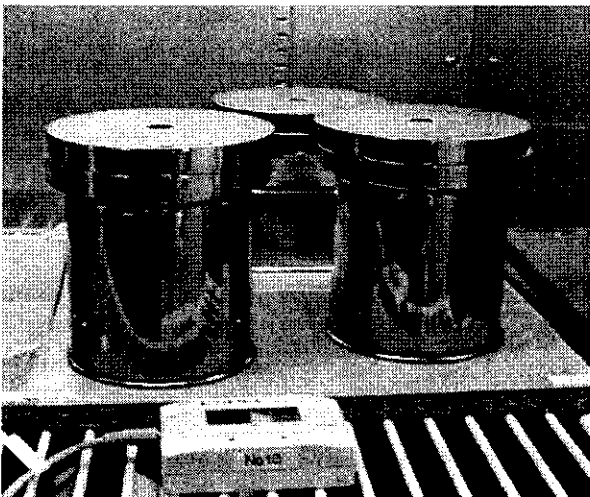


図 2-8 ADSEC による測定風景

a) E0, E1 パーティクルボードのホルムアルデヒド  
放出速度の経時変化

図 2-9 に表中のパーティクルボードの FLEC を用いて測定したホルムアルデヒド放出速度の経時変化を示す。E1 パーティクルボードに関して、ホルムアルデヒド放出速度は 20 日後の測定値は高くなったが、製造後 1 週間で  $1.3\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$  から  $0.7\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$  まで急激に減少し、その後はなだらかに減衰する傾向を示した。E0 パーティクルボードのホルムアルデヒド放出速度は非常に小さい値であった。6 種類の建材の実験は、図 2-9 における 60 日後付近において行った。

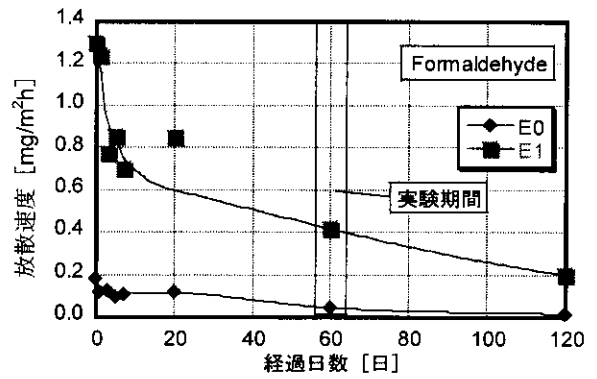


図 2-9 FLEC を用いて測定したホルムアルデヒド  
放出速度の経時変化

b) 6 種類の建材の実験結果

異なる放出特性を持った 6 種類の建材の測定結果に関して、ホルムアルデヒドの ADSEC 放出速度と FLEC 放出速度との相関を見た。図 2-10 に相関図、表 2-8 に相関式と決定係数を示す。実験中の平均相対湿度は 37%rh であった。内径  $d=7\text{cm}$ ・高さ  $h=14\text{cm}$  の容器の測定値において決定係数が 0.997、内径  $d=7\text{cm}$ ・高さ  $h=18\text{cm}$  の容器の測定値において決定係数が 0.993 と高い相関性が認められた。容器の大きさが増すにつれて、測定値のばらつきが大きくなり、また、相関式の傾きから、放出速度も FLEC に対して、低い値を示した。

しかし、今回の実験は、相対湿度の制御は行っていない。表 2-5 に示す設定条件における FLEC の測定値と、 $25^\circ\text{C}$ 、37%rh の環境条件下の ADSEC の測定値の間の関係を示したものである。ADSEC 最終的な目標は、現場実測を行える装置であり、相対湿度を考慮した補正式を導き出す必要がある。

また、今回の結果から、容器の大きさが小さい方が測定値が安定していると判断し、さらに、一般的に用いられている床フローリングの溝の幅が 7cm 未満であることから、図 2-1 に示した形状(縦  $6.8\text{cm}$ ×横  $10.5\text{cm}$ ×高さ  $5.9\text{cm}$ 、気積:約  $0.285\text{L}$ )に、ADSEC 容器を決定した。

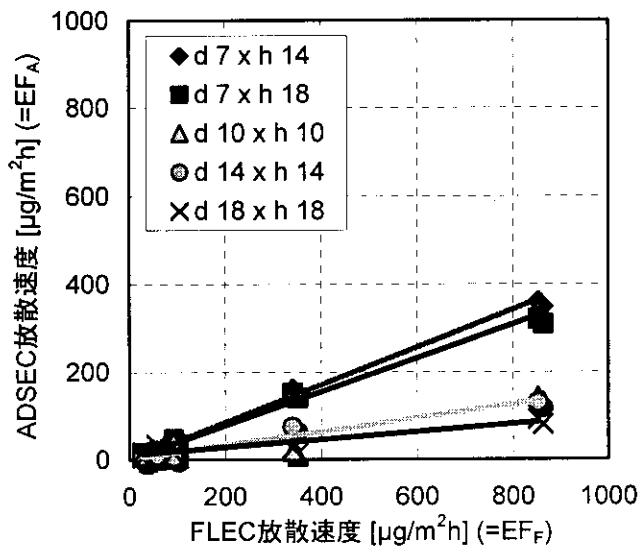


図 2-10 ADSEC と FLEC の放散速度の比較

表 2-8 相関式と決定係数

大きさ [d×h]	相関式	決定係数
7×14	$ER_A = 0.4281 ER_F$	0.997
7×18	$ER_A = 0.3864 ER_F$	0.992
10×10	$ER_A = 0.1559 ER_F$	0.851
14×14	$ER_A = 0.1594 ER_F$	0.957
18×18	$ER_A = 0.1058 ER_F$	0.762

表 2-9 実験 1 と実験 2 の捕集時間

	実験 1	実験 2
捕集時間 [h]	0.5, 1, 2, 3, 4	2, 6, 24
測定建材	E0、E1 パーティクルボード	
建材の状態	製造後 2 ヶ月	製造後 4 ヶ月
大きさ [d×h]	10×10 cm	

### 2-3-2 捕集時間の検討

#### 2-3-2-1 検討の目的

サンプラーの捕集量は、捕集時間に比例して増大する。長い捕集時間が必要だと実際の測定を行う際に有

効でなく、捕集が少なければ正確な放散速度の測定ができない。

本章では、ADSEC の捕集時間と捕集量の関係について検討するために、捕集時間を変更させた実験を行った。また、本章の結果から捕集時間を決定した。

#### 2-3-2-2 実験概要

25°C に設定した恒温槽内において、床材として使用されるパーティクルボードから放散される化学物質を、ADSEC で化合物の捕集時間と捕集量の関係について検討した。また、ADSEC と同条件下において FLEC による測定を行うことで、測定した建材の特性を把握し、さらに両者の結果を比較した。ADSEC は、内径 d=10cm、高さ h=10cm の容器を用い、捕集時間を 0.5h、1h、2h、3h、4h とした実験 1 と、捕集時間を 2h、6h、24h とした実験 2 を行った (表 2-9)。測定した合板は JAS 規格の E0 パーティクルボードと、E1 パーティクルボードである。

第2章 建材から発生するアルデヒド類のパッシブ測定法 (ADSEC)

2-3-2-3 実験1 (捕集時間 : 0.5, 1, 2, 3, 4 時間)

① 実験条件

ADSEC の捕集時間ごとの測定条件を表 2-10 に示す。FLEC の Air Control 条件を表 2-11 に示す。

表 2-10 各捕集時間における ADSEC の測定条件

捕集時間 [min]	30	60	120	180	253
平均温度 [°C]	25.2	25.4	25.2	25.3	25.3
平均相対湿度 [%rh]	43	44	43	44	43
ホルムアルデヒド	相当吸引速度	71.9 [mL/min]			
	積算吸引量	2.16 [L]	4.31 [L]	8.63 [L]	12.94 [L]
アセトアルデヒド	相当吸引速度	59.4 [mL/min]			
	積算吸引量	1.78 [L]	3.56 [L]	7.13 [L]	10.69 [L]
アセトン	相当吸引速度	51.7 [mL/min]			
	積算吸引量	1.55 [L]	3.10 [L]	6.20 [L]	9.31 [L]

表 2-11 各パーティクルボードにおける FLEC の測定条件

	E0	E1
サンプリング管	Sep-Pak DNPH (Waters)	Sep-Pak DNPH (Waters)
対象物質	アルデヒド類	アルデヒド類
Air Control 流量	D / H = 200 mL / 200 mL	D / H = 200 mL / 200 mL
Air Control 湿度	50 % rh	50 % rh
吸引流量	300 mL / min	300 mL / min
吸引時間	33.3 min	33.3 min
積算流量	10 L	10 L
流出空気温湿度	26.1°C	26.0°C
	46%rh	46%rh

② 結果

a) FLEC によって測定した放散速度

FLEC によって測定した放散速度を表 2-12 に示す。ホルムアルデヒドに関して、対策がなされている E0 に対し、E1 は約 10 倍の放散速度を示していた。アセトアルデヒド、アセトンに関しては、測定値に大きな差はなかった。

表 2-12 FLEC による放散速度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ]

	E0	E1
ホルムアルデヒド	41.6	412.9
アセトアルデヒド	5.6	4.6
アセトン	15.3	27.0

b) ADSEC による捕集量の結果

ADSEC による E0、E1 パーティクルボードの測定時間と捕集量の関係を図 2-11、2-12 に、その図に対する相関式および決定係数を表 2-13、2-14 に示す。

E0、E1 パーティクルボードはともに、ホルムアルデヒド、アセトンの捕集量が捕集時間の経過とともに増加した。アセトアルデヒドの捕集量は少なく、今回の実験での検討はできなかった。FLEC による放散速度の結果からも、アセトアルデヒドの放散量は少なかった。同じサンプリング条件で行った、2 つの同時測定の結果から、測定値の大幅なずれはなく、再現性があることが確認された。

また、ホルムアルデヒドの ADSEC 内の空気中濃度に関して、捕集量が捕集時間とともに直線的に増加していることから、ADSEC 内空気中のホルムアルデヒド濃度は定常であると言える。

しかし、E0 パーティクルボードの測定に関して、捕集量が少なく、決定係数もホルムアルデヒドが 0.779、アセトアルデヒドが 0.592、アセトンが 0.862 であり、良い相関性は得られなかった。また、サンプラーのバックグラウンド値はホルムアルデヒドが  $0.1\mu\text{g}$  以下、アセトアルデヒドが  $0.1\mu\text{g}$  以下、アセトンが  $0.5\mu\text{g}$  以下であるので、この値を考慮した場合正確な測定を行うためには、捕集量が足りないのではないかと類推される。建材からの放散量が低い場合は、さらに長い捕集時間の測定が必要と考えられる。そこで、捕集時間を 24 時間まで増やした実験 2 を行った。

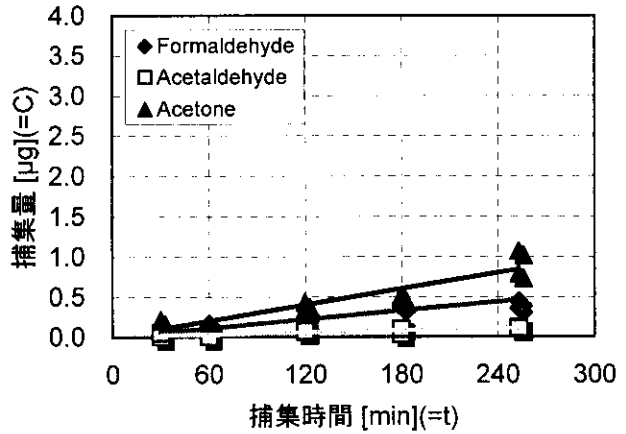


図 2-11 E0 の捕集量と捕集時間の関係

表 2-13 E0 の捕集量と捕集時間の相関式

	相関式	決定係数
ホルムアルデヒド	$C = 0.0018 t$	0.779
アセトアルデヒド	$C = 0.0004 t$	0.592
アセトン	$C = 0.0033 t$	0.862

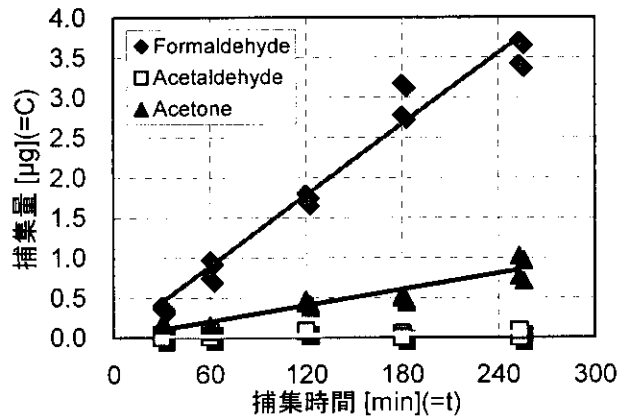


図 2-12 E1 の捕集量と捕集時間の関係

表 2-14 E0 の捕集量と捕集時間の相関式

	相関式	決定係数
ホルムアルデヒド	$C = 0.0148 t$	0.972
アセトアルデヒド	$C = 0.0002 t$	-0.268
アセトン	$C = 0.0034 t$	0.901

2-3-2-3 実験 2 (捕集時間; 2, 6, 24 時間)

① 実験条件

実験 1 の結果を考慮し、捕集時間を 24 時間まで長くした実験を行った。ADSEC の捕集時間ごとの測定条件を表 2-15 に示す。FLEC の Air Control 条件を表 2-16 に示す。

表 2-15 各捕集時間における ADSEC の測定条件

捕集時間 [min]	120	360	1440
平均温度 [°C]	25.2	25.2	25.3
平均相対湿度 [%rh]	16	14	16
ホルムアルデヒド	相当吸引速度	71.9 [mL/min]	
	積算吸引量	8.63 [L]	12.94 [L]
アセトアルデヒド	相当吸引速度	59.4 [mL/min]	
	積算吸引量	7.13 [L]	10.69 [L]
アセトン	相当吸引速度	51.7 [mL/min]	
	積算吸引量	6.20 [L]	9.31 [L]

表 2-16 各パーティクルボードの FLEC 測定条件

	E0	E1
サンプリング管	Sep-Pak DNPH (Waters)	Sep-Pak DNPH (Waters)
対象物質	アルデヒド類	アルデヒド類
Air Control 流量	D / H = 200 mL / 200 mL	D / H = 200 mL / 200 mL
Air Control 湿度	50 % rh	50 % rh
吸引流量	300 mL / min	300 mL / min
吸引時間	33.3 min	33.3 min
積算流量	10 L	10 L
流出空気温湿度	25.4°C	25.4°C
	26%rh	38%rh

② 結果

a) FLEC によって測定した放散速度

FLEC によって測定した放散速度を表 2-17 に示す。E0 に対し、E1 のホルムアルデヒドの放散速度が 10 倍以上の値を示していた。

表 2-17 FLEC による放散速度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ]

	E0	E1
ホルムアルデヒド	39.6	568.9
アセトアルデヒド	3.8	2.1
アセトン	27.4	27.2

b) ADSEC による捕集量の結果

ADSEC による E0、E1 パーティクルボードの測定時

間と捕集量の関係を図 2-13、2-14 に、その図に対する相関式および決定係数を表 2-18、2-19 に示す。

実験 1 (捕集時間; 0.5, 1, 2, 3, 4 時間) と同様に、E0、E1 ともに、ホルムアルデヒド、アセトンの捕集量が捕集時間の経過とともに増加する傾向を見せた。アセトアルデヒドの捕集量は、少量であるが時間と比例して増加している傾向を見せた。

E0 の 24 時間測定は欠測となってしまったため、その値の信憑性は薄れるが、E0 の測定に関する決定係数はアセトンの 0.921 以外、全て 0.95 以上であった。

実験 1 と実験 2 の相関式を比較すると、傾きが減少していた。E0 パーティクルボードのホルムアルデヒドに関しては、2 分の 1 に減少していた。親水性であるホルムアルデヒドは湿度の影響を受け易いと言われており、相対湿度 43%rh から 16%rh に減少していたことの影響が大きいと類推される。

捕集時間を 24h とした場合でも、DSD-DNPH のホルムアルデヒド許容量である 150 $\mu\text{g}$  に達することはなかった。居住状態における気中濃度測定は、長期間の平均濃度の測定が一般的に行われる。また、DSD-DNPH の相当吸引速度は 71.9mL/min と定まっており、アクティブ法と比較すると遅い。そこで、ADSEC の捕集時間は 24 時間と決定した。

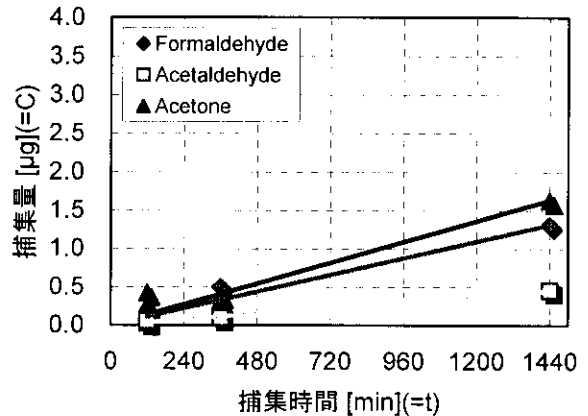


図 2-13 E0 の捕集量と捕集時間の関係

表 2-18 E0 の捕集量と捕集時間の相関式

	相関式	決定係数
ホルムアルデヒド	$C = 0.0009 t$	0.953
アセトアルデヒド	$C = 0.0003 t$	0.992
アセトン	$C = 0.0011 t$	0.921



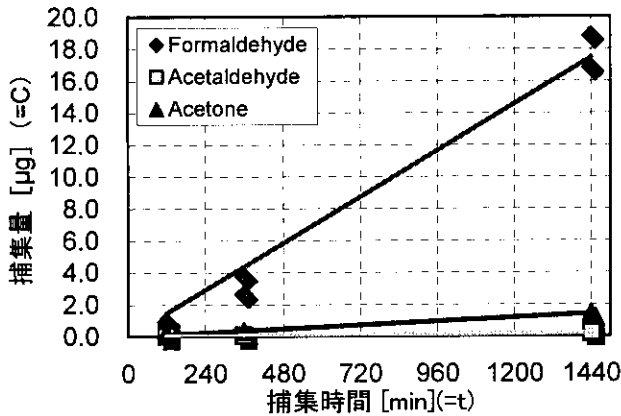


図 2-14 E1 の捕集量と捕集時間の関係

表 2-19 E0 の捕集量と捕集時間の相関式

	相関式	決定係数
ホルムアルデヒド	$C = 0.0121 t$	0.981
アセトアルデヒド	$C = 0.0001 t$	0.987
アセトン	$C = 0.0010 t$	0.989

### 2-3-3 DSD-DNPH の挿入時間の検討

#### 2-3-3-1 実験目的

2-3-2 の大きさ検討の結果より、ADSEC は従来の円柱型から、縦 6.8cm×横 10.5cm×高さ 5.9cm の形状のものに決定した。さらに、DSD-DNPH 拡散サンプラーをセル設置後に挿入できるようにした (図 2-15)。ADSEC 容器内は、ADSEC 容器設置後、捕集対象化学物質が放散し、ある時間後に容器内の化学物質濃度は定常状態に達する。実験はセル設置後、ある程度時間が経ってからに挿入した場合の捕集量を検討することで、容器内の化学物質濃度の定常状態に達する時間を調べ、適切な捕集開始時間を検討することを目的とした。

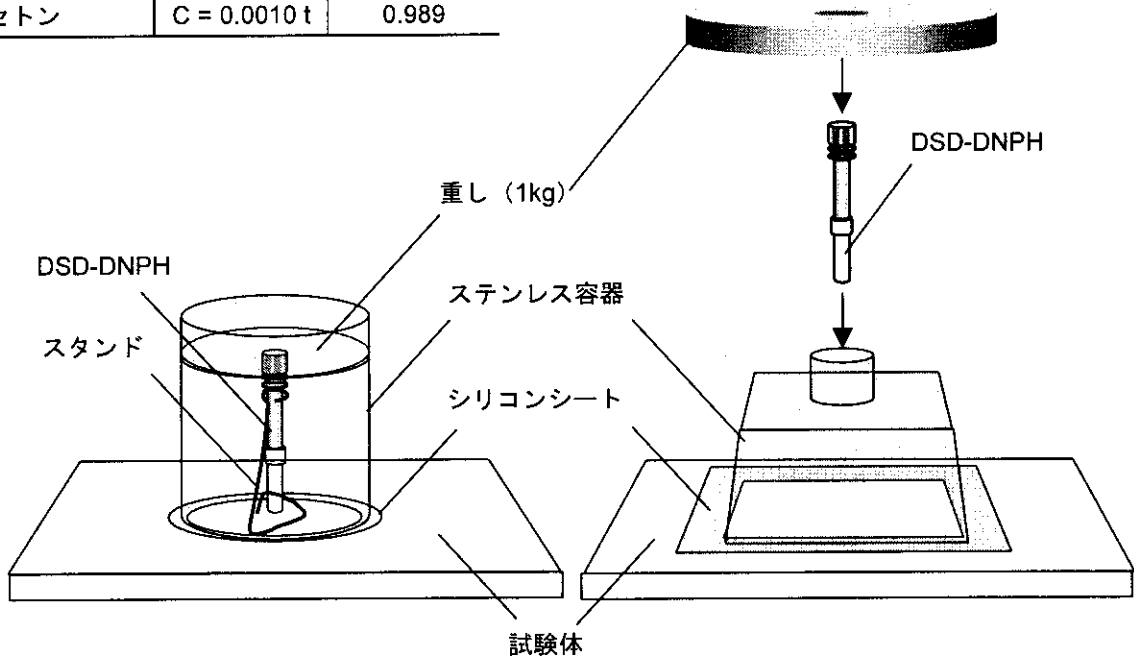


図 2-15 円柱型の ADSEC と改良された ADSEC の比較

2-3-3-2 実験条件

ADSECにDSD-DNPHを挿入する時間を0, 1, 2, 4, 8hと変更し、24時間の捕集時間で建材から放散するアルデヒド類の測定を行った。各時間で用いたADSECは2台とした。測定建材は市販されていたラワン合板である。FLECによって放散速度を測定することによ

て、建材の化学物質放散特性を調べ、ADSECの測定結果と比較した。FLECの設定条件は表2-5に示す通りである。なお、実験は25°Cに設定した恒温槽内で行い、湿度は成り行きとした。実験条件を表2-20に、実験スケジュールを図2-16に示す。

表 2-20 実験条件

項目	設定値
DSD-DNPH 挿入時間	0h, 1h, 2h, 4h, 8h
ADSEC 捕集時間	24h
恒温槽設定温度	25°C
測定建材	ラワン合板（流通品）

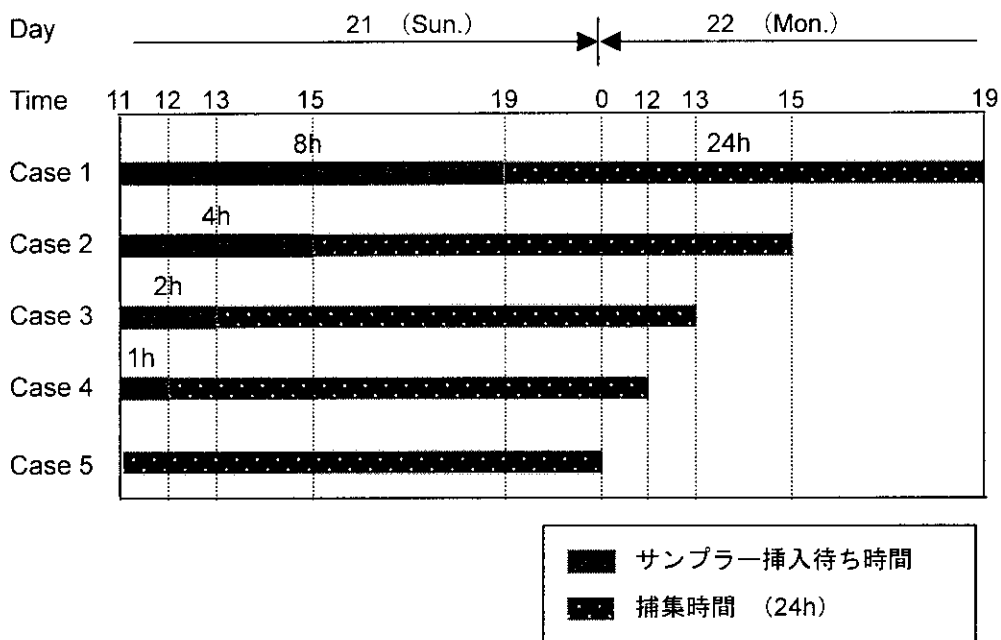


図 2-16 実験スケジュール

2-3-3-3 実験結果

FLEC によって測定された放散速度の結果を表 2-21 に、ADSEC による DSD-DNPH の挿入時間と放散速度の関係を図 2-17 に示す。放散速度は (2-1) 式を用い算出した。検討物質はホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトンである。各サンプラー挿入時間と検討した化学物質物質の放散速度に有意差は見られず、サンプラー設置直後に ADSEC 内の化学物質は定常状態になっていると考えられる。今後の実験、実測におけるサンプラー挿入時間はセル設置直後と決定した。

表 2-21 FLEC による放散速度

	放散速度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ ]
ホルムアルデヒド	32.1
アセトアルデヒド	5.0
アセトン	13.8

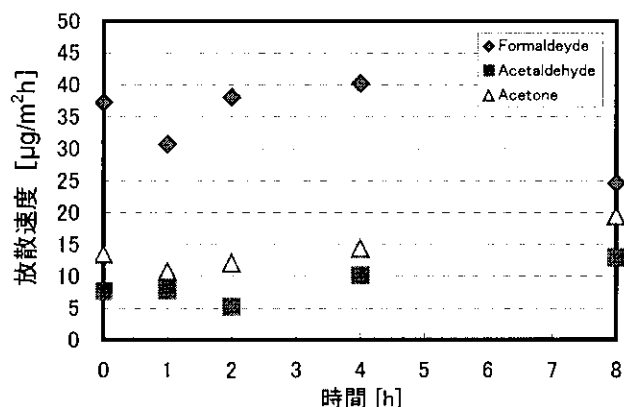


図 2-17 DSD-DNPH の挿入時間と放散速度の関係

2-3-4 重りとシリコンシートの有効性の検討

2-3-4-1 実験目的

ADSEC の測定には、密閉性を高めるために重りとシリコンシートを用いてきた。しかし、実態調査をする場合、搬送重量を考慮に入れると重りの重量が問題となる。また、現段階では、アルデヒド類のみの測定を行っているため、シリコンシートからの化学物質の放散は考慮に入れる必要はないが、今後さらにその他の VOC を測定する場合にはシリコンシートからの化学物質の放散を考えなくてはならない。重りもシリコンシートも使用せずに測定することが理想的である。そこで、重りとシリコンシートの必要性とそれらを用いることによるセル内の密閉性の検討を行った。

2-3-4-2 実験概要

シリコンシートのみ (S)、シリコンシートと重り (SW)、重りのみ (W)、両方無し (N) を 4 条件 (表 2-22) に分け、それぞれ ADSEC を 4 個ずつ 1 枚の建材に設置した (図 2-18)。捕集時間は 24 時間である。実験は 3 回行った。測定建材および測定日を表 2-23 に示す。また、温湿度の調整は行わず、測定期間中の温湿度を温湿度計 (TABAI ESPEC CORP. THERMO RECORDER RS-11) により測定した。

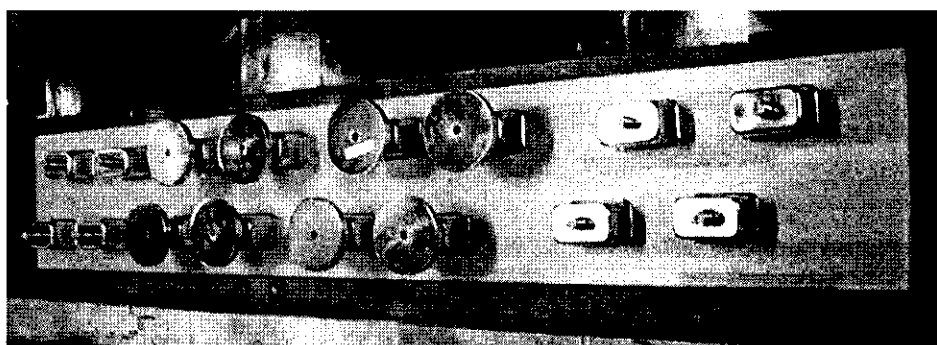


図 2-18 重りとシリコンシートの必要性の実験風景

表 2-22 実験条件名

シリコンシートのみ	S
シリコンシートと重り	SW
重りのみ	W
シリコンシート、重りなし	N

表 2-23 測定建材および測定日

	測定建材	測定日
建材 1	ラワン合板 (流通品)	9/1、9/5
建材 2	ラワン合板 (流通品)	9/12

2-3-4-3 実験結果

a) 建材 1 の測定結果

各測定日における温湿度条件を表 2-24 に、ADSEC によって得られたホルムアルデヒドの捕集量のばらつきを表 2-25 および図 2-19 に示す。全体としてばらつきは少なかったが、今回の測定では、建材からの放散量が少なく、分析によるばらつきか、測定によるばらつきか判断するのが難しい。

表 2-24 各測定条件における温湿度 (建材 1)

測定日	平均温度 [°C]	平均湿度 [%rh]
9/1	27.4±1.1	49±0.7
9/5	23.4±0.5	55±3.7

表 2-25 捕集量のばらつき (建材 1)

測定日	測定条件	MAX [µg]	MIN [µg]	Ave. [µg]	Std. [µg]
9/1	S	0.75	0.55	0.65	0.10
	SW	0.56	0.46	0.51	0.04
	W	0.67	0.62	0.65	0.02
	N	0.73	0.58	0.63	0.07
9/5	S	0.31	0.15	0.20	0.07
	SW	0.14	0.08	0.11	0.02
	W	0.34	0.19	0.24	0.07
	N	0.36	0.25	0.30	0.06

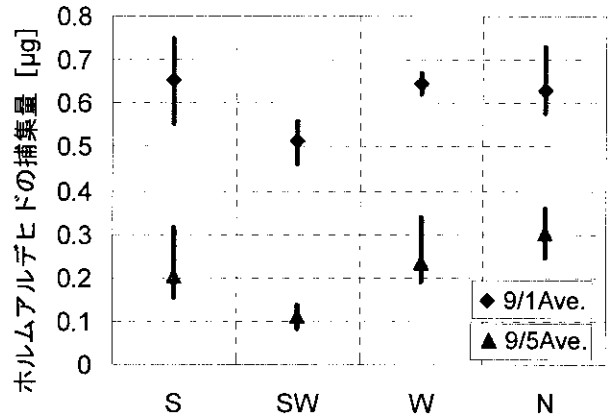


図 2-19 ホルムアルデヒドの捕集量のばらつき (建材 1)

b) 建材 2 の測定結果

建材 2 の温湿度測定の結果を表 2-26、ADSEC によって得られたホルムアルデヒドの捕集量のばらつきを表 2-27 および図 2-20 に示す。また、今回は周辺空気中の測定も同時に測ることによってリークの影響を考慮した。ADSEC での捕集量は外気中を測定したホルムアルデヒドの捕集量に比べ多かった。測定条件による差異は、S と W の差が 1.29µg であり、標準偏差は SW、W の 0.85 が最も大きかった。今回の結果からは有意な差は認められなかった。この結果から、実態調査における ADSEC の測定は、重りを使用することにより搬送する測定器具の重量がかなり大きくなってしまったため、重りを使用せずに行う。シリコンシートは現段階では使用することとした。また、今後の実験においては、従来どおりシリコンシートと重りを使用することとした。

表 2-26 各測定条件における温湿度 (建材 2)

測定日	平均温度 [°C]	平均湿度 [%rh]
9/12	27.1±0.6	47±1.8