

平成 12 年度厚生科学研究補助金(生活安全総合研究事業)

住宅における生活環境の衛生問題の実態調査
(H11-生活-042)

総 括 報 告 書

平成 13 年 3 月

主任研究者
早稲田大学工学部建築学科
田辺 新一

目 次

目 次

平成 12～13 年度厚生科学研究補助金（生活安全総合研究事業）

住宅における生活環境の衛生問題の実態調査
(H11-生活-042)
総 括 報 告 書

目 次

第1章 国内外の関連研究調査（田辺）	1
1-1 はじめに	3
1-2 チャンバー法	3
1-2-1 チャンバー法について	3
1-2-2 チャンバーによる測定例（文献調査）	4
1-3 建材からの化学物質放散量	5
1-3-1 建材のラベリング	5
1-3-2 建材測定による放散速度データ（文献調査）	6
1-4 既往の実態調査	6
1-4-1 空气中濃度測定方法	6
1-4-1-1 測定法の分類	6
1-4-1-2 国外研究における測定法の規格	9
1-4-1-3 国内研究における測定法	14
1-4-2 国内外の室内化学物質のガイドライン	14
1-4-2-1 国外・国内のガイドライン値及び対策	14
1-4-2-2 国内外の室内ホルムアルデヒド気中濃度のガイドライン	14
1-4-2-3 WHO のガイドライン	14
1-4-2-4 国内での取り組み	16
1-4-3 既往の実態調査例（文献調査）	17
1-5 インターネットによるデータベースの公開	17
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（田辺）	19
2-1 ADSEC 開発の目的	21
2-2 ADSEC 概要	21
2-2-1 構成	21
2-2-2 ADSEC の測定手順	23
2-3 ADSEC 測定方法の検討	24
2-3-1 ADSEC セルの大きさの検討	24
2-3-1-1 大きさ検討の目的	24
2-3-1-2 実大モデルルーム床材実測	24
2-3-1-3 放散特性の異なる 6 種類の建材の測定	26
2-3-2 捕集時間の検討	28
2-3-2-1 検討の目的	28
2-3-2-2 実験概要	28
2-3-2-3 実験 1（捕集時間：0.5, 1, 2, 3, 4 時間）	29
2-3-3 DSD-DNPH の挿入時間の検討	32
2-3-3-1 実験目的	32

目 次

2-3-3-2 実験条件	33
2-3-3-3 実験結果	34
2-3-4 重りとシリコンシートの必要性	34
2-3-4-1 実験目的	34
2-3-4-2 実験概要	34
2-3-4-3 実験結果	35
2-3-5 周囲温度の影響	36
2-3-5-1 実験目的	36
2-3-5-2 実験概要	36
2-3-5-3 実験1(ラワン合板測定)の実験結果	37
2-3-5-4 実験2(シナ合板測定)の実験結果	37
2-4 ADSEC内におけるホルムアルデヒドの物質移動	38
2-4-1 はじめに	38
2-4-2 密閉状態における平衡濃度	38
2-4-3 ホルムアルデヒドの物性値	40
2-4-4 ADSEC内の平衡状態	40
2-4-5 拡散サンプラーの基本原理	42
2-4-6 デシケータ法による密閉空間のアルデヒド平衡式	42
2-4-7 ADSEC内平衡式	43
2-4-8 平衡濃度測定実験	44
2-4-8-1 目的	44
2-4-8-2 実験概要	44
2-4-8-3 実験条件	46
2-4-8-4 実験結果	47
2-4-8-5 再実験概要	47
2-4-8-6 再実験結果	47
2-5 ADSECとその他のチャンバーの比較	49
2-4-1 はじめに	49
2-4-2 FLECとの比較	49
2-4-8-1 実験概要	49
2-4-8-2 実験結果	50
2-4-3 ADSEC内に挿入するサンプラー数の変更実験	53
2-4-8-1 実験目的	53
2-4-8-2 実験概要	53
2-4-8-3 実験結果	54
2-4-8-4 追加実験概要	54
2-4-8-5 追加実験結果	54
2-4-4 ADPACとの比較	55
2-4-8-1 実験概要	55
2-4-8-2 実験結果	55
2-4-5 デシケータ法との比較	57
2-4-8-1 実験概要	57
2-4-8-2 実験結果	57
2-6 まとめ	59
第3章 戸建新築住宅における入居前後による衛生環境調査(岸田・渡邊)	61

目 次

3-1	はじめに	63
3-2	調査方法	63
3-2-1	調査住宅	63
3-2-2	調査日	63
3-2-3	調査項目	65
3-3	室内空気環境調査	65
3-2-1	ホルムアルデヒドの採取・分析方法	65
3-2-2	ホルムアルデヒドの調査結果	65
3-2-3	揮発性有機化合物の採取・分析方法	66
3-2-4	揮発性有機化合物の調査結果	66
3-3-4-1	TVOCについて	66
3-3-4-2	室内で検出されたVOCs成分	67
3-2-5	まとめ	68
3-4	ダニ対応	68
3-2-1	はじめに	68
3-2-2	調査方法	68
3-2-3	調査結果	71
3-2-4	まとめ	77
3-5	カビの調査	78
3-2-1	はじめに	78
3-2-2	調査方法	78
3-2-3	調査結果	78
3-2-4	まとめ	80
第4章	床面からのアルデヒド類放散量が気中濃度に与える影響に関する実測（田辺）	81
4-1	はじめに	83
4-2	実態調査方法	83
4-2-1	概要	83
4-2-2	温湿度・ホルムアルデヒドの測定方法	83
4-3	調査結果	83
4-2-1	アンケート	83
4-2-2	温湿度・ホルムアルデヒド測定結果	84
4-2-3	床材からの放散と気中濃度の関係	86
4-2-4	気中濃度・放散速度への周囲温度の影響	86
4-2-5	室内気中濃度・放散速度の温度換算	86
4-4	まとめ	87
第5章	工業化住宅における室内温熱環境及び空気環境に関する研究（秋元）	89
5-1	研究目的	91
5-2	実測概要	91
5-2-1	対象住宅概要及び実測内容	91
5-2-2	実測方法	91
5-3	実測結果	96
5-3-1	VOCsの気中濃度結果	96
5-3-2	Aldehydesの気中濃度結果	98
5-3-3	床材の放散速度結果	99

目 次

5-3-4	温湿度測定結果	99
5-4	居住環境についてのアンケート結果	100
5-5	まとめ	101
第6章	九州地方におけるシックハウスの調査研究（龍）	103
6-1	研究目的	105
6-2	研究方法	105
6-2-1	調査内容	105
6-2-2	調査対象家屋	105
6-3	調査結果	108
6-2-1	住宅別基本特性（表 6-1）	108
6-2-2	アルデヒド類の気中濃度（図 6-21）	111
6-2-3	床面からの放散速度（6-22, 23）	111
6-4	まとめ	112
第7章	東北地域の高断熱高気密戸建住宅における健康性に関する実態調査（松本）	113
7-1	目的	115
7-2	実測調査概要	115
7-2-1	調査対象	115
7-2-2	調査方法	115
7-2-3	調査項目	115
7-2-4	分析方法	116
7-3	実測調査結果	125
7-2-1	アルデヒド類の濃度	125
7-2-2	TVOC 濃度	126
7-2-3	VOCs 濃度	126
7-2-4	アルデヒド類の床面からの放散量	127
7-2-5	温湿度	129
7-4	アンケート調査概要	130
7-2-1	調査対象	130
7-2-2	調査項目	130
7-2-3	調査方法	130
7-5	アンケート調査結果	132
7-2-1	アンケートの回収状況	132
7-2-2	アンケート調査結果	132
7-5-2-1	居住環境に関するアンケート調査結果	132
7-5-2-2	室内空気環境に関するアンケート調査結果	135
7-5-2-3	パッシブサンプラー測定結果	139
7-6	まとめ	140
第8章	カビ、ダニ等の衛生問題に関する調査（岩田）	141
8-1	はじめに	143
8-1-1	背景	143
8-1-2	既往の関連研究	143
8-2	全般測定	143
8-1-1	測定方法	143

目 次

8-1-2	結果	144
8-3	中間期、冬期詳細測定	147
8-1-1	測定方法	147
8-1-2	結果	149
8-4	考察	154
14-4-1	ダイニングと和室におけるダニの種類	154
14-4-2	測定項目毎の関係	155
14-4-3	温湿度と真菌数の関係	155
14-4-4	中間期と冬期の比較	155
8-5	まとめ	156
第9章 シックハウス対策の経済的側面からの分析（榎・田辺）		159
9-1	研究目的	161
9-2	ライフステージと住宅の関係	161
9-2-1	経済状況の影響	162
9-2-2	世帯構成の影響	162
9-2-3	高齢化の影響	162
9-3	健康管理と住宅との関係	163
9-2-1	ケガ予防	164
9-2-2	疾病予防	164
9-2-3	ストレス予防	164
9-2-4	運動不足予防	164
9-4	環境問題と住宅との関係	164
9-5	経済振興と住宅との関係	165
9-6	シックハウス対策の経済効果分析	165
第10章 シックハウス症候群の有病率の調査（真鍋）		167
10-1	研究目的	169
10-2	研究方法	169
10-3	研究結果	170
10-4	考察	171
第11章 一般住宅における痒み被害と人咬性ダニに関する実態調査（渡邊）		173
11-1	はじめに	175
11-2	調査目的	175
11-3	調査方法	176
11-3-1	調査住宅の概要	176
11-3-2	ダニの検査方法	177
11-4	調査結果	177
11-5	まとめ	189
11-6	考察	190
第12章 総括（田辺）		191

第 1 章 国内外の関連研究調査

第1章 国内外の関連研究調査

1-1 はじめに

室内化学物質汚染について現在までに行われてきた研究について把握するため、国内外の文献の調査を行った。文献調査項目は①チャンバー法、②建材からの放散量、③室内空気質の実態調査である。

1-2 チャンバー法

1-2-1 チャンバー法について

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。

材料からの化学物質放散量の測定には、材料を粉碎してその成分を測定する素材測定法（パーティトラップ法）JAS で採用されているデシケータ法、小型・大型チャンバー法等が挙げられる。素材測定法では、空気中への発生量が直接測定できないこと、デシケータ法ではホルムアルデヒドの加水分解、加法則、長時間経過語の定常性などの点で疑問がることから、チャンバー法が注目されている。

チャンバーによる放散量測定により、発生源と考えられる対象の化学物質放散特性を把握することが可能である。また、建材などが実際の住宅に使用された場合の室内濃度を予測し、事前に対策を講じることができる。

実物大での試験はコストや時間を必要とするため、チャンバーを用いて放散量を測定する方法が注目さ

れている。大きく区分して米国規格協会（ASTM: American Society for Testing Materials）、欧州共同研究（ECA: European Collaborative Action）の推奨する方法がある。

チャンバー法には図 1-1 のような種類の方法があり、測定パラメータとして温湿度・換気量・試料負荷（loading factor $[m^2/m^3]$ 、チャンバー容積（室容積）に対する試料表面積）、時間等が挙げられる。

小型チャンバーには材料表面にチャンバーを設置して測定する方法〔小型チャンバー（1）〕と、チャンバー内部に材料を設置して測定する方法〔小型チャンバー（2）〕がある。大型チャンバーは家具などの大きな材料も内部設置可能なチャンバーである。

小型チャンバーは、様々なものが提案されている。しかし、どのような条件でどのような計測方法を用いて行ったら良いのか、明確に提示されていない。目的によりの確な使用が望まれるが、現状で1つに決めるのは難しい。チャンバー形状が異なる場合、放散量データを直接比較することは難しい。

表 1-1 に ASTM 及び ECA の規格を示す。米国 ASTM における小型チャンバーと大型チャンバーの区分点は $5m^3$ であるが、ヨーロッパの ECA では $1m^3$ を区分点としている。また、ECA では表 4-2 のように両チャンバーの利点と欠点を整理している。

日本の住宅の温熱環境と比較するとヨーロッパの規定（ECA）では低いと思われるため、測定条件は ASTM の規定を採用するのが望ましいと考えられる。

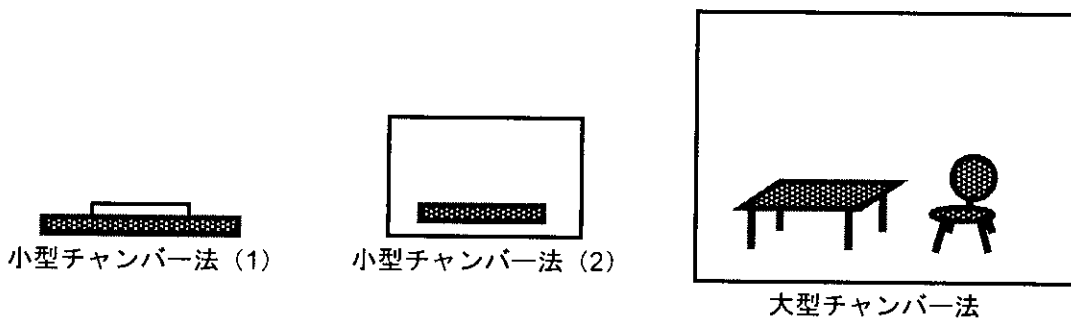


図 1-1 チャンバー法概要図

表 1-1 ASTM と ECA の規格 ^{1)~8)}

		ASTM	ECA
チャンバー	小型	0.02~1 m ³ ・D6007-9612 (Formaldehyde) ・D5116-9014 (VOCs)	0.02~1 m ³ ・ECA Report No.8, No.13, No.16
	大型	22 m ³ ・E1333-9611 (Formaldehyde)	12~80 m ³ ・ECA Report No.2 (Formaldehyde)
	区分点	5 m ³	10m ³
測定条件	温度	25±1°C	23±0.5°C
	湿度	50±4 %RH	45±3 %RH
	換気回数	0.5±0.05 回/h	1±0.03 回/h

表 1-2 小型チャンバーと大型チャンバーの利点と欠点 ⁸⁾

	利点	欠点
小型チャンバー	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建造・運転費用が相対的に低い ・ 応用範囲が広い ・ 試験体が少量でよい ・ 柔軟性に富む (同じ費用で多数のチャンバーを同時に運転可能) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 反復試験が必要 (サンプルの不均一性) ・ 付加的なサンプル調整が必要 (小口処理) ・ サンプルサイズの制限がある
大型チャンバー	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実生活と同様の試験が可能 ・ サンプル不均一性の影響の減少 ・ 大型製品全体の試験が可能 (例: 家具、建材) ・ チャンバー表面の影響が小さい 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建造・運転費用が高額 (エネルギー、清浄空気、水) ・ 大量のサンプルが必要 (輸送費用) ・ 清浄空気の供給が問題となりうる

1-2-2 チャンバーによる測定例 (文献調査)

チャンバーによる測定では、主に以下の項目が測定目的として挙げられる。

- 1) 建材から放散する化学物質質量・気中濃度の経時変化
- 2) 環境要因 (温度、湿度、換気回数など) 変動の建材からの放散濃度、気中濃度に対する影響
- 3) 化学物質除去装置 (空気清浄機、分解ボードなど)、化学物質対策建材の性能評価
- 4) 気中濃度と建材の吸着・脱着効果の関係
- 5) 実大実験室において実際に施工材、家具などが使用された場合の気中濃度、部位別放散速度測定と気中濃度予測
- 6) 建材を加熱することによるベイクアウト効果
- 7) 物質放散メカニズム解析
- 8) 実大実験室での被験者実験による化学物質濃度と臭気・刺激感

チャンバー材料は化学物質吸着の少ない SUS304 ス

テインレスやガラスのものが多く、形は直方体のものが一般であるが、空気流が一様になることから円柱型のものも多く見られた。

チャンバー内空気は、供給時に温湿度、流入量、化学物質濃度などを制御する。流出空気中の化学物質質量を捕集することにより、チャンバー内部の環境を変動させずに測定を行う。

測定では環境要因を維持し、連続的な測定を行うことで化学物質の経時変化を検討していく場合が多かった。

1-3 建材からの化学物質放散量

1-3-1 建材のラベリング

1) デンマーク及びノルウェーの建材ラベリング^{9),10)}

室内気候ラベリング協会 (ICL: the Indoor Climate Labelling) は 1993 年から建材・施工材、家具などのラベリングに取り組んでいる。標準テスト法と製品基準により構成されており、業界団体ごとに目標値が決められ、それに合致した製品にラベルを貼ることが許可される仕組みになっている。製品の販売そのものを規制するわけではなく、消費者の選択行動に基礎をおいている。

具体的には、建材などからの化学物質放散速度を小型チャンパー法 (CLIMPAQ、FLEC 等) で測定し、そのデータを基礎として気中濃度を推定する。室内条件、換気条件によって気中濃度は異なるため、デンマークの建築基準法で許されている最低限の居室を想定している。

標準室内にある建材を設置した場合、対象とされる化学物質の気中濃度が許容値以下になるまでの時間が検討される。許容濃度は各業界団体が議論されるが、対象となる物質の臭い閾値の 50%、あるいは粘膜刺激閾値の 50%のどちらか低い濃度で決定される。

図 1-2 に ICL の建材ラベルを示す。このマークは化学物質放散の少ないものに表示される。1995 年にデンマークで認可され、1998 年 4 月からはノルウェーでも採用されるようになった。現在、北欧諸国への普及について審議されている。



図 1-2 ICL の建材ラベル

2) フィンランドの建材規格⁹⁾

フィンランドでは建材からの放散量を等級に分けるという単純な方法を採用している。フィンランド国立研究所 (VTT) のサレーラは、「デンマークの基準は優れてはいるが、かなり複雑で一般の建築業者には理解が難しい」と述べている。建築業は裾野が広く、まず多くの人々が理解できるような基準が必要である。そこで、なるべく単純な方法で建材などを等級化するようにした。例えば、カーペットの場合、その化学物質の放散量に従って M1、M2、M3 と整理されている。どのように分析するかは問題となっている。



図 1-3 RTS の建材ラベル (M1)

表 1-3 フィンランドの建材規格

基準	M1 [mg/m ² h]	M2 [mg/m ² h]
Emission of total volatile organic compounds (TVOC)	< 0.2	< 0.4
Emission of formaldehyde (HCHO)	< 0.05	< 0.125
Emission of ammonia (NH ₃)	< 0.03	< 0.06
Emission of carcinogenic compounds according to Category 1 of IARC classification	< 0.005	< 0.005

M3…放散量のデータのないもの、あるいは M2 の値を超えた建材

3) ドイツの建材規格¹¹⁾

ドイツでは、1977 年にホルムアルデヒドに関する基準を設けている。建築物の衛生に関する 6 つの事項の中には、「汚染化学物質発生が少ないこと」という項目があり、ホルムアルデヒドの発ガン性に関しては、高濃度になれば心配されるが、室内で測定される程度の濃度では、非常に低いことが分かっているという。

住宅や建物に付属するものもすべてこの規制に含まれているわけである。移動できる家具などは、別途対策を行っている。化学物質のサンプリングに関しては、ドイツの建築労働団体において実際的な手順が示されている。法律的にまもらなければいけないものではないが、裁判上の係争が起こったときのため実際にこれを守っている業者は多い。

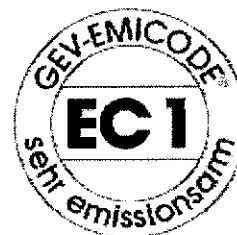


図 1-4 GEV の建材ラベル (EC1)

4) 日本の建材規格^{12),13)}

内装仕上げ材に用いる、合板類はホルムアルデヒドの放散量が日本農林規格 (JAS) で定める Fc0 等級レベルのものとし、ミディアム・デンシティ・ファイバーボード (MDF) 及びパーティクルボードはホルムアルデヒドの放出量が日本工業規格 (JIS) で定める E0 等級レベルのものとする。ただし、通気性がある畳・カーペットなどの下地板も同様とする。

日本農林規格 (JAS) には、合板類についてホルムアルデヒドの放散量に関する等級規格が定められている。

普通合板・構造用合板・コンクリート型枠用合板・特殊合板・難燃合板・防災合板・構造用パネル・フローリング・集成材・構造用集成材・単板積層材・構造用単板積層材 に関する日本農林規格 (JAS) ホルムアルデヒドの放散量の表示に関する等級を Fc0、Fc1、Fc2 に区分しており、この中では、Fc0 からの放散量が最も少なく、Fc1 がこれに次ぐ (表 1-4)。

表 1-4 日本農林規格 (JAS)

	放散量 [mg/L]
Fc0 (F1)	0.5
Fc1 (F2)	1.5
Fc2 (F3)	5.0

収納・収納家具・建具類・造作材等及び住宅設備機器に用いる、合板類はホルムアルデヒドの放散量が日本農林規格 (JAS) で定める Fc0 等級レベルのものとし、ミディアム・デンシティ・ファイバーボード (MDF) 及びパーティクルボードはホルムアルデヒドの放出量が日本工業規格 (JIS) で定める E0 等級レベルのものとする。ただし、当面は、表面をフィルム・樹脂類・塗装等で被覆、仕上げした場合、その芯材についてはホルムアルデヒドの放散量がそれぞれ日本農林規格 (JAS) で定める Fc1 等級レベル迄のもの及び日本工業規格 (JIS) で定める E1 等級レベル迄のものも使用することができる。

日本工業規格 (JIS) には、JIS A5905 ミディアム・デンシティ・ファイバーボード (MDF) 及び JIS A5908 パーティクルボードについてホルムアルデヒドの放出量に関する等級規格が定められている。

MDF は JIS A5905 (繊維板)、パーティクルボードについては JIS A5908 (パーティクルボード) によって、ホルムアルデヒドの放出量の表示について等級が規定されており、その大小によって E0、E1、E2 の3区分による表示を行うことになっている (表 1-5)。この中では、E0 からの放出量が最も少なく、E1 がこれに次ぐ。

表 1-5 日本工業規格 (JIS)

	放散量 [mg/L]
E0	0.5
E1	1.5
E2	5.0

1999 年度から検討されているもので、JIS・JAS で採用されているデシケータ法により測定されたホルムアルデヒド放散量の区分を示す。2000 年 1 月から施行され、表示を希望する建材に可能な限り広く対応することを基本としている。表 1-6 に区分と記号を、図 1-5 に表示されるラベルを示す。

表 1-6 ホルムアルデヒド放散量の区分と記号

	記号	色彩
0.5 mg/L 以下	FEC 0.5	淡緑色
1.5 mg/L 以下	FEC 1.5	淡青色
5.0 mg/L 以下	FEC 5.0	淡黄色

建材表示制度・空気環境性能表



(社) 日本建材産業協会

図 1-5 日本の建材表示ラベル

1-3-2 建材測定による放散速度データ (文献調査)

建材からの化学物質放散速度測定に影響を及ぼす要因として建材の種類が挙げられるが、その他に測定条件についての要因を幾つか挙げる。測定前の要因としては建材の製造時期とその方法、建材養生期間とその方法等である。測定中の要因としては周囲環境 (換気回数、温度、湿度、試料負荷率等)、測定方法、捕集方法等である。測定後の要因としては分析方法等である。また、実住宅などの実測において各部位 (床、壁、天井等) の測定を行っている場合はその建物の施工時期によって放散速度が減衰していることも考えられる。

1-4 既往の実態調査

1-4-1 空气中濃度測定方法

1-4-1-1 測定法の分類

一般的に室内空気汚染物質の測定法は主に以下の2項目によって分類することができる。

測定対象物質 (カルボニル化合物、VOCs) による捕集剤

捕集方法 (アクティブ法、パッシブ法)

また、比較的簡単で測定に専門知識をあまり必要としない簡易測定法もある。

対象物質、目的（測定するのは長期平均濃度か最大曝露濃度かなど）、場所、時間（測定にかけることのできる時間）、測定件数などによってそれぞれの方法が選択される。

① 捕集剤

・DNPH（カルボニル化合物）

捕集剤としてシリカゲルに含有した DNPH（2,4-dinitrophenylhydrazine）を使用し、アルデヒド、ケトン類に対して誘導体を生じさせることで捕集する。誘導体をアセトニトリルにより抽出し、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）によって分析する。この誘導体は安定性が高く、アルデヒド、ケトン類の測定には一般的に広く使用されている。

・Tenax TA（VOCs）

Tenax-TA は、2,6-diphenyl-p-phenylene oxide 非多孔性ポリマー樹脂の捕集剤である。破砕型耐熱性樹脂で、高沸点物質、アミン、アルコールを捕集できる。

・活性炭（VOCs）

各種の天然植物材料や石油、石炭などを乾留炭化後、水や化学薬品によって表面を処理した低極性吸着剤である。様々な範囲の細孔を持つ種類があり、炭素表面、細孔内部によって有機化合物を吸着する。

②捕集方法

・アクティブ（ポンプ）法

捕集管にポンプによって空気を吸引し、対象物質を捕集する。ポンプの扱いが大変であることや測定時に騒音が問題となることがあるが、積算流量計を用いることで正確な吸引量を求めることができるので、一般的に使用されることが多い。

・パッシブ（拡散）法

ポンプを使用せず、空気の拡散力によって捕集を行うパッシブサンプラーを用いる。捕集が簡便であることから、多数の測定を行うのに有利である。一般的に吸引速度が遅く、捕集に時間がかかるため、長時間の平均濃度を求めるのに使用される。パッシブサンプラーの吸引速度は、あらかじめアクティブ法との比較実験により求める必要がある。

③簡易測定法

室内空気汚染への関心の高まりや厚生省による指針値の制定などにより、簡易的に室内濃度が測定、評価が可能な簡易測定器は需要が高まっている。簡易計測器の利点は以下が挙げられる。

- 1) サンプリングや定量操作が簡単で安価である
- 2) 小型、軽量で持ち運びが簡単である
- 3) 現場で短時間に測定値が得られる
- 4) 測定精度が比較的良好（±25%以内）

現在市販されている計測器としては、検知紙法、検知管法、定電電解法、吸光光度法、化学発光法、テープ式光電光度法、燃料電池法等のものがある。また、簡易計測器とは異なるが、吸光光度法や化学発光法の自動計測器も市販されている。表 1-7,8 に市販されている簡易計測器の一覧を、図 1-6～8 に計測器を示す。

簡易測定法は状況判断を行うため、比較的手軽に利用できるが、測定方法によっては「妨害ガス」「干渉ガス」と呼ばれるホルムアルデヒド以外の特定の物質がホルムアルデヒドの測定を妨げ、実際の濃度と異なる値を表示させることがある。そのため、厳密な測定を行う場合には、DNPH-HPLC 法などの濃度分析法を用いるべきである。表 1-9 に簡易測定における妨害物質を示す。

第1章 国内外の関連研究調査

表 1-7 簡易測定器一覧¹⁾

	製品名	販売	*濃度測定範囲 (ppm)	備考
検知紙	バイオチェック F	D 社	0.05-0.3	5 段階の標準色により濃度を読みとる
	Chrom Air	GE 社	0.32-12	6 段階目視法
検知管 (ポンプ式)	Air sampler S-20	K 社	0.01-0.48	専用の電動ポンプを使用し、着色層の長さより濃度を読みとる
	Air sampler GSP-200	G 社	0.02-0.4	
	アキュロポンプ 200	D 社	0.04-5	
検知管 (真空式)	検知管 SC 型 (10 回)	K 社	0.05-4	真空式ポンプを使用し、着色層の長さより濃度を読みとる
	検知管 91LL 型 (5 回)	G 社	0.05-1	
	検知管 91L 型 (5 回)		0.1-5	
定電位 電解	ホルムデジタルキャッチャー J1	ES 社	0.01-20	小型、可搬型、デジタル出力データロガー付き
	ホルムテクター	SK 社	0.01-3	可搬型、デジタル出力
テープ 光電光度	FP-250FL	R 社	0.01-1	可搬型、30 分間平均値の連続測定
吸光光度	シルセット	S 社	0.005-1	比色法及び標準色との対比法
	ホルムアルデヒド自動計測器	D 社	0-0.1 0-0.5	分離、可搬型 1 時間の間欠自動測定
化学発光	FANAT-10	F 社	0.01-1	可搬型、30 分平均値デジタル出力
	FANAT-200		0-0.5 0-1	瞬時連続自動測定 30 分値、1 時間値、デジタル表示
電気化学 燃料電池	ホルムアルデメーター	P 社	0.05-5	小型、可搬型、デジタル表示

網掛けは自動測定器
*カタログによる値

表 1-8 簡易測定器販売メーカー対応表

略名	メーカー名	略名	メーカー名
D 社	Dräger	SK 社	新コスモス電機
GE 社	Gillian Environment	R 社	理研計器
K 社	光明理化学工業	S 社	島津製作所
G 社	ガステック	F 社	ファームテック
ES 社	エンバイロメントセンサー	P 社	PPM

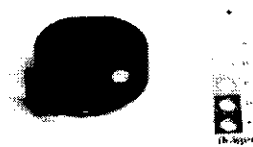


図 1-6 ホルムテクター

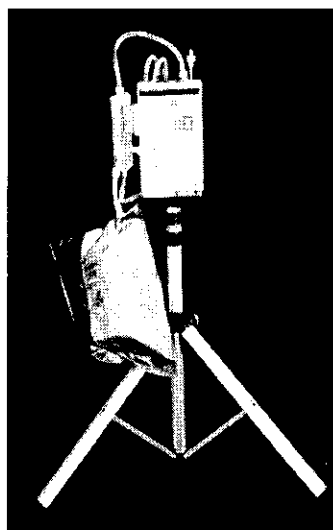


図 1-7 シルセット

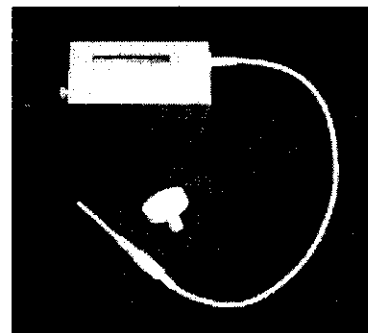


図 1-8 バイオチェック F

表 1-9 簡易測定に対する妨害物質¹²⁾

簡易測定の妨げとなる可能性のある物質	発生源となる可能性のある生活用品等
エタノール	芳香剤、酒類
エチレン	野菜の腐敗
ベンゼン	ガソリン
一酸化炭素	燃焼器具の不完全燃焼
メタン	メタンガスを成分とした都市ガスの燃焼
メチルエチルケトン	塗料、スプレー、洗浄剤、接着剤
トルエン	塗料、スプレー、接着剤
アセトアルデヒド	炊事等の燃焼、ペット、食品、植物
ケトン類	塗料、スプレー、洗浄剤、接着剤、喫煙
アンモニア	ペット、トイレ

1-4-1-2 国外研究における測定法の規格

される揮発性有機化合物の測定方法が暫定規格として

1) EN (European Standard : 欧州規格)

て発表された。正式な欧州規格 EN と切り替わった後、

1999年8月に ENV13419 として、建築材料から放散

ウィーン協定により ISO へ移行される予定である。

表 1-10 欧州規格 (EN)

EN120:1992 Wood-based panels – Determination of Formaldehyde content-extraction method called the Parforator method
ENV 717-1:1999 Wood-based panels – Determination of formaldehyde release Part1: Formaldehyde emission by the chamber method
EN 717-2:1995 Wood-based panels – Determination of formaldehyde release Part2: Formaldehyde release by the gas analysis method
EN 717-3:1996 Wood-based panels – Determination of formaldehyde release Part3: Formaldehyde release by the flask method
EN326-1:1994 Wood-based panels – Sampling, cutting and inspection Part1: Sampling and cutting of test pieces and expression of test results
ENV326-3:1998 Wood-based panels – Sampling, cutting and inspection Part3: Inspection of a consignment of panels
ENV13419-1:1999 Building products – Determination of the emission of volatile organic compounds Part1: Emission test chamber method
ENV13419-2:1999 Building products – Determination of the emission of volatile organic compounds Part2: Emission test cell method
ENV13419-3:1999 Building products – Determination of the emission of volatile organic compounds Part3: Procedure for sampling, storage of samples and preparation of test specimens

ENV…欧州規格として発効されるまでの2~3年間実際に用いられ、審議を経て欧州規格 EN へ切り替えられる。

第1章 国内外の関連研究調査

2) ASTM (American Society for Testing and Materials : 米国材料試験協会規格)

米国材料試験協会規格 (ASTM) では、チャンバー法について規定している。

表 1-11 米国材料試験協会規格 (ASTM)

ASTM D 5116-97 Standard guide for small-scale environmental chamber determinations of organic emissions from indoor materials/products
ASTM E 1333-96 Standard Test Method for Determination Formaldehyde Concentrations in Air and Emission Rates from Wood Products Using a Large Chamber
ASTM D 6007-96 Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentration in Air from Wood Products Using a Small Scale Chamber
ASTM D 3614-97 Guide for Laboratories engaged in sampling and Analysis of atmospheres and emissions
ASTM D 3960-98 Standard Practice for Determining Volatile Organic Compound (VOCs) Content or Paints and Related Coatings
ASTM D 6330-98 Standard Practice for Determination of Volatile Organic Compounds (Excluding Formaldehyde)Emissions from Wood-Based Panels Using Small Environmental Chambers Under Defined Test Conditions
ASTM D 6196-97 Standard Practice for Selection of Sorbents and Pumped Sampling/Thermal Desorption Analysis Procedures for Volatile Organic Compounds in Air
ASTM D 5466-95 Standard Test Method for Determination of Volatile Organic Chemicals in Atmospheres (Canister Sampling Methodology)
ASTM D 5197-97 Standard Test Method for Determination of Formaldehyde and Other Carbonyl Compounds in Air (Active Sampler Methodology)
ASTM E 411-92 Test Method for Trace Quantities of Carbonyl Compounds with 2,4-Dinitrophenylhydrazine

3) EPA (United States Environmental Protection Agency : 米国環境保護庁)

表 1-12 米国環境保護庁 (USEPA)

Method TO-1 Method for the Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ambient Air Using Tenax Adsorption and Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)
Method TO-2 Method for the Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ambient Air by Carbon Molecular Sieve Adsorption and Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)
Method TO-3 Method for the Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ambient Air Using Cryogenic Preconcentration Techniques and Gas Chromatography with Flame Ionization and Electron Capture Detection
Method TO-4A Determination of Pesticides and Polychlorinated Biphenyls in Ambient Air Using High Volume Polyurethane Foam (PUF) Sampling Followed by Gas Chromatographic/Multi-Detector Detection (GC/MD)
Method TO-5 Determination of Aldehydes and Ketones in Ambient Air Using High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
Method TO-6 Determination of Phosgene in Ambient Air Using High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
Method TO-7 Method for the Determination of N-nitrosodimethylamine (NDMA) in Ambient Air Using Gas Chromatography
Method TO-8 Method for the Determination of Phenol and Methylphenols (Cresols) in Ambient Air Using High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
Method TO-9A Determination of Polychlorinated, Polybrominated and Brominated/Chlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans in Ambient Air
Method TO-10A Determination of Pesticides and Polychlorinated Biphenyls in Ambient Air Using Low Volume Polyurethane Foam (PUF) Sampling Followed by Gas Chromatographic/Multi-Detector Detection (GC/MD)
Method TO-11A Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Adsorbent Cartridge Followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
Method TO-12 Method for the Determination of Non-methane Organic Compounds (NMOC) in Ambient Air Using Cryogenic Preconcentration and Direct Flame Ionization Detection (PDFID)
Method TO-13A Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Ambient Air Using Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)
Method TO-14A Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ambient Air Using Specially Prepared Canisters with Subsequent Analysis by Gas Chromatography
Method TO-15 Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Air Collected in Specially-Prepared Canisters and Analyzed by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)
Method TO-16 Long-Path Open-Path Fourier Transform Infrared Monitoring of Atmospheric Gases
Method TO-17 Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ambient Air Using Active Sampling onto Sorbent Tubes

4) ECA - IAQ(European Collaborative Action ‘Indoor Air Quality & Its Impact on Man’ : 欧州委員会共同研究センター環境研究所「室内空気質と人への影響」)

表 1-13 欧州委員会共同研究センター環境研究所 (ECA-IAQ)

Report No.1 Radon in indoor air
Report No.2, 1989 Guideline for the determination of steady state concentrations in test chambers
Report No.3 Indoor pollution by NO ₂ in European countries in indoor air
Report No.4, 1989 Sick Building Syndrome A Practical Guide
Report No.5 Project inventory
Report No.6, 1989 Strategy for Sampling Chemical Substances in Indoor Air
Report No.7, 1990 Indoor Air Pollution by Formaldehyde in European Countries
Report No.8, 1991 Guideline for the Characterization of volatile Organic Compounds Emitted from Indoor Materials and Products using Small Test Chambers
Report No.9 Project inventory – 2nd updated edition
Report No.10, 1991 Effects of Indoor Air Pollution on Human Health
Report No.11, 1992 Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings
Report No.12 Biological Particles in Indoor Environments
Report No.13, 1993 Determination of VOCs emitted from indoor materials and products
Report No.14, 1994 Sampling strategies for volatile organic compounds (VOCs) in indoor air
Report No.15 Radon in indoor air
Report No.16, 1995 Determination of VOCs emitted from indoor materials and products
Report No.17 Indoor Air Quality and the Use of Energy in Buildings
Report No.18 Evaluation of VOCs emissions from building products – solid flooring materials
Report No.19, 1997 Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations

5) その他の国外規格

表 1-14 その他の海外規格

Danish Standard/INF 90,1994 Directions for the determination and evaluation of the emission from building products
Nordtest method, NT BUILD 358, 1990 Building materials : Emission of Volatile compounds – Chamber method
Nordtest method, NT BUILD 438, 1995 Emission of volatile compounds – Field and Laboratory Emission Cell(FLEC)
Nordtest method, NT BUILT 484, 1998 Building materials : Emission of Volatile compounds – On-site measurement with Field and Laboratory Emission cell (FLEC)
VDA277,1995 Bestimmung der Emission organischer Verbindungen
Health Canada, 1987 Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality – A Report of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health
FiSIQ: 1995 Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate Classification of indoor climate, construction, and finishing materials

6) ISO

表 1-15 ISO

ISO 554:1976 Standard atmospheres for conditioning and/or testing – Specifications
ISO 186:1994 Paper and board – Sampling to determine average quality
ISO 187:1990 Paper, board and pulps – Standard atmosphere for conditioning and testing and procedure for monitoring the atmosphere and conditioning of samples
ISO/DIS 16000-1 Indoor air – Part1:General aspects of sampling strategy
ISO/DIS 16000-2 Indoor air – Part2:Sampling strategy for formaldehyde
ISO/DIS 16000-3 Indoor air – Part3:Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds – Active sampling method
ISO/DIS 16000-4 Indoor air – Part4:Determination of formaldehyde –Diffusive sampling method
ISO/DIS 16000-6 Indoor air – Part6:Determination of volatile organic compounds in indoor and chamber air by active sampling on TENAX TA, thermal desorption and gas – chromatography MSD/FID
ISO 16017-1 Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part1:pumped sampling
ISO/DIS 16017-2 Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part2:Diffusive sampling

1-4-1-3 国内研究における測定法

1997～2000 年度の建築学会に報告された調査に採用された測定法について示す。

① ホルムアルデヒド

厚生省による測定ではDNPHの30分ポンプ吸引を標準測定法としており、標準測定法として採用されることが多い。

ポンプを使用しない場合には、TEAによるパッシブ測定が行われている。TEAはAHMT吸光度によりホルムアルデヒド濃度が定量される。

簡易測定法としては検知管が用いられることが多いが、実際の濃度よりも高い値を示すことがあると報告されている。

② VOCs

VOCsの測定にはTenax-TA、活性炭のサンプラーにアクティブ法により吸引し、GC-MSまたは、GC-FIDで分析を行っている例が多い。TEAや検知管を用いてホルムアルデヒド測定を行う場合では、VOCsの測定でもパッシブ法を採用し、活性炭のサンプラーを使用する例が見られる。VOCsのパッシブサンプラーとしては3M Gas Monitorがあるが使用は1例にとどまった。

1-4-2 国内外の室内化学物質のガイドライン

1-4-2-1 国外・国内のガイドライン値及び対策

室内に放散・蓄積される有害物質の種類や濃度については欧米諸国では規制及びガイドライン化が行われている。ホルムアルデヒドについては1980年代に問題が指摘され、数々の対策がとられている。日本でもここ数年、健康住宅研究会をはじめ、産・官・学が室内空気汚染問題の解決に取り組んでいる。

1-4-2-2 国内外の室内ホルムアルデヒド気中濃度のガイドライン

ホルムアルデヒドは健康住宅研究会によりトルエン、キシレン、可塑剤、防蟻剤、木材保存剤と共に、優先取組物質に指定されており、その毒性は注意を要する。さらに、これらとは別の調査によると、ホルムアルデヒド濃度が、0.1-5ppmの範囲になると、目への

刺激、催涙性、上部起動への刺激などが現れる。ホルムアルデヒドの臭いは1ppm位からが感じ始められるが、人によっては0.05ppmからでも感じる。10-20の濃度になると咳が出たり、胸苦しくなったりする。これらの症状は感受性の高い人では、5ppm以下でも発症し、気管支喘息の人では、0.25-5ppmの曝露で激しい喘息の発作を起こすといわれる。50-100ppm以上の曝露では、肺への体液の(肺水腫)、肺の炎症(肺胞隔炎)死亡などの致命的な障害を起こさせる。人によっては、ある程度以上の高濃度ガスに続けて被曝することで過敏になり、低濃度でも反応を示すこともある。

表 1-16 各国・機関のホルムアルデヒド規制値^{14)~17)}

国・機関	規制値
ノルウェー	<0.05ppm
WHO	<0.08ppm
日本・厚生省	<0.08ppm
オーストリア	<0.08ppm
カナダ	<0.10ppm (当面) <0.05ppm (目標)
オーストラリア	<0.10ppm
ドイツ	<0.1ppm
アメリカ合衆国	<0.1ppm (EPA) <0.4ppm (連邦政府)
イタリア	<0.1ppm
オランダ	<0.1ppm
スウェーデン	<0.11ppm (50%RH) <0.25ppm (最低レベル)
デンマーク	<0.13ppm
フィンランド	<0.13ppm (1981年以降の建物) <0.25ppm (上記より古い建物)
スイス	<0.2ppm
スペイン	<0.4ppm

原典で mg/m³ 表示のものは 1ppm=1.2mg/m³ として ppm 換算した。

1-4-2-3 WHOのガイドライン

表 1-17 に WHO Air Quality Guideline 1999 における室内化学汚染物質のガイドラインについて示す。日本の今後のガイドライン化について参考とされる資料である。