

平成 14 年度厚生科学研究補助金（生活安全総合研究事業）

室内環境の評価法及び
健康影響の予測法の開発に関する研究
(H13－生活－017)

総 括 報 告 書

平成 15 年 3 月

主任研究者
早稲田大学理工学部建築学科

田辺 新一

平成 14 年度厚生科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）研究概要

研究課題名（課題番号）：室内環境の評価法及び健康影響の予測法の開発に関する研究
（H13-生活-017）

国庫補助金精算所要額（円）：18,000,000

研究期間（西暦）：2001-2003

研究年度（西暦）：2002

主任研究者名= 田辺新一（早稲田大学理工学部）

分担研究者名= 東敏昭（産業医科大学）
加藤信介（東京大学）
渡辺弘司（健康住宅普及協会）
岸田宗治（健康住宅普及協会）
松本真一（秋田県立大学）
龍有二（北九州市立大学）
秋元孝之（関東学院大学）
岩田利枝（東海大学）
岩下剛（鹿児島大学）

研究協力者名= 内野文吾（産業医科大学）
大里厚（産業医科大学）
古木勝也（産業医科大学）
源城かほり（秋田県立大学）
舟木理香（早稲田大学）

研究協力者名= 松本仁（早稲田大学）
（大学院生） 浅井万里成（早稲田大学）
酒井聡至（早稲田大学）
丸元典子（早稲田大学）
田淵誠一（早稲田大学）
尚夏生（関東学院大学）
篠原史彦（東海大学）
岡垣大介（東海大学）

（1）研究目的

本研究の目的は、シックハウス症候群に関してその室内環境の評価方法及び健康影響の予測法の開発を行うことである。

（2）研究方法

化学物質の室内濃度に影響を与えるのは、建材・施工材等からの放散量、換気量、室内温湿度、時間などである。それらのパラメータを検討するために以下の研究を行った。

1) パッシブ法による放散速度測定法の開発：VOC-ADSEC の捕集時間を変更し、捕集量の変動を調べた。ADSEC の精度を上げるための工夫を行った。

- 2) PFT 法による換気量の測定：トレーサーガス源の放散特性、サンプラーのサンプリングレイトを追加して実験を行い、換気量算出式の精度を向上させた。
- 3) 新築集合住宅における室内空気質調査：新築集合住宅で夏季にパッシブ法による気中濃度・放散速度・換気量測定、ヒアリング調査を行い、パッシブ測定法の有用性を確認した。
- 4) 季節による新築戸建て住宅室内空気質調査：新築戸建て住宅において夏季、冬季に室内空気環境を測定して評価し、居住影響などを検討した。
- 5) 健康影響予測に関わる室内空気中の化学物質要因による生体影響知見の整理：文献調査の後、室内環境を配慮した新築建築物において、VOCsを測定した。また質問紙を作成した。
- 6) 吸着性建材による室内化学物質濃度の低減に関する実験と数値解析：吸着現象をモデル化し、実大スケールの居室モデルに適用した場合の濃度低減効果をCFDにより検討した。
- 7) 東北地域の戸建て住宅における室内空気質の実態調査：寒冷地の高断熱高気密住宅において、冬季に気中濃度、床放散速度、換気量を実測した。
- 8) 計画換気を用いた工業化住宅における室内空気質に関する研究：新築木造住宅において空気質を測定し、気中濃度の経時変化、各部位からの影響、換気システムの違いの影響を検討した。
- 9) 新築集合住宅における室内気中濃度の経時変化と生活様式による変動の測定：新築集合住宅において、VOCs、ホルムアルデヒド濃度、浮遊真菌を測定した。
- 10) 住宅内における室内空気質及びダニ生息密度実態調査：築後年数、建築工法の異なる一般住宅においてダニ生息調査を行い、新築住宅入居後にダニ生息密度及び室内空気環境を追跡調査した。
- 11) 南九州の小学校教室における室内空気環境の調査：鹿児島市内にある9小学校、22教室において夏季にVOCs濃度測定を行った。
- 12) 北部九州の基礎断熱住宅における室内空気質実測調査：乾式施工可能な窯業系内装ボードを用いた場合の室内空気質を実測し、ホルムアルデヒドに対する吸着効果を確認した。また、基礎断熱とした住宅において床下空間を含めた空気・熱環境について実測調査した。

(3) 結果と考察

- 1) VOC-ADSECの捕集時間変更実験において、高放散建材を測定したパッシブサンプラーVOC-SD、及び低放散建材を測定したパッシブサンプラーVOC-TDでは捕集時間と捕集量が比例して増加した。また、改良したシリコンシート、重りを用いることでADSECと測定面との隙間をなくし、測定精度を向上させた。
- 2) 雰囲気温度とトレーサーガス放散量の関係を求めた。製作したトレーサーガス源が利用できることがわかった。また、実験によりサンプリングレイトを求め、換気量の算出が可能となった。さらに、1週間のサンプリングレイトなど精度向上のための実験が必要であると考えられる。
- 3) 24時間換気システムの有無による換気効果が確認された。また、居住者の有無で住戸を比較することにより、居住行動が空気質に与える影響が確認された。PFT法による換気量測定を行い、非居住で換気システム稼働時の換気回数は0.41回/h、居住で換気システム稼働時は10.9回/hであった。
- 4) 測定した気中濃度は低く、居住者が意識的に換気を行っている効果と考えられた。床・壁・天井のホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの放散速度に違いが見られた。しかし、低放散建材使用のため、放散速度は低く、気中濃度も低かった。ヒアリング調査結果と測定結果を併せて、飲酒行動によるアセトアルデヒドの気中濃度増加が確認された。
- 5) PC工法を用いて建設された鉄筋コンクリート造の新築ビルにおいてVOCs濃度を実測し、従来の住宅やビルと比較した結果、厚生労働省から指針値が示されている化学物質のうち、トルエン以外は検出されなかった。検出されたトルエンも従来よりも低く、室内環境に配慮した効果が見られた。しかし、TVOCは $416\mu\text{g}/\text{m}^3$ と暫定目標値を超えており、対策が必要であると考えられた。
- 6) 室内において汚染質が床面から発生し、床四周の外気による換気の場合、床面付近に汚染質が滞留し高濃度になりやすかった。実スケールの居室モデルにおいて、吸収分解石膏ボードの設置は室内

空気中のホルムアルデヒド濃度の低減に効果があった。特に汚染物質が発生し、室内気流により排出される間、上流側での設置による濃度低減効果が大きかった。

7) ホルムアルデヒド濃度は対象住宅3戸とも厚生労働省の指針値以下であったが、TVOC濃度は3戸中2戸の住宅で指針値を上回った。在来型住宅を除く2戸では気中濃度は床からの影響を受けていると考えられた。また、自然換気量が大きい在来型住宅へのPFT法による換気量測定法の適用には課題が残った。

8) ホルムアルデヒド濃度は全ての施工段階において厚生労働省の指針値を満たしており、対策が十分に成されていると考えられたが、アセトアルデヒドについては引渡完了直後において指針値を上回った。トルエンを除き、各施工段階においてVOCsは指針値を満たした。トルエンの要因としては、床、壁、天井以外に室内に存在している接着剤や施工材等と考えられた。しかし、時間と共に減衰が見られ、入居時には快適な空気環境が保たれていた。また、第1種換気よりも第3種換気が高めの傾向を示した。

9) 化学物質に関して、トルエンは建材と生活由来の双方から発生されていると考えられた。ホルムアルデヒドについては棟内差が小さく、棟間差が大きかったことから建材以外の影響は少ないと考えられた。物質間での相関はp-ジクロロベンゼンとリモネンに高く見られた。浮遊真菌に関して、季節間で有為な差が見られ、居間、寝室では相対湿度、部屋の位置、掃除頻度の影響が大きかった。

10) 一般住宅のダニ調査では、ダニ生息密度と各種要因間の相関は明確でなく、ダニ密度とファインダスト量では明らかな相関が認められた。戸建住宅群とマンション群の間のダニ生息密度にも有為な差はなかった。追跡調査では、高気密・高断熱住宅の畳で著しい増加傾向が見られた他は低い生息密度で推移していた。ホルムアルデヒドとTVOCについては、入居前には指針値を超えていたが、3年後には下回っていた。

11) 検出されたVOCs濃度は築年数と共に指数関数的に減衰していた。初期減衰が大きく、塗料や接着剤由来と考えられた。一方、木材や防臭剤からの発生が考えられるVOCsについては築年数減衰傾向が見られなかった。また、内装工事直後の教室では、エチルベンゼン、キシレンなどが高濃度であった。カビ発生室に近い教室では、カビ由来と考えられるVOCsが検出された。ワックス塗布中の教室では、非常に高濃度のVOCsが検出された。

12) 内装材をパーキュライトを主成分とした窯業系ボードとした試験室のホルムアルデヒド濃度は、標準的なクロス張りの試験室の濃度を大きく下回っており、ホルムアルデヒド吸着性能が認められた。また、同程度の換気量であれば、窯業系ボードを設置した試験室の方が低濃度であった。VOCについても同様で、VOC濃度低減効果も見られた。

(4) 結論

床・壁・天井からパッシブ測定法で放散速度を測定するADSECの精度向上を行った。パッシブ法で換気量を測定するPFT法のトレーサー源、サンプル源を検討し、サンプリングレイトを実験により求め、実住宅での換気量測定を行った。自然換気時などの換気量が多い場合には問題を残したが、機械換気時には概ね1日単位の換気量を測定できた。また、新築住宅の測定を行い、24時間換気システムを稼動することにより指針値以下の空気環境を保つことができることが確認できた。加えて、放散量、換気量を同時に測定することにより、生活行動影響の知見が得られた。飲酒によるアセトアルデヒドや防虫剤のp-ジクロロベンゼンの発生が見られた。ホルムアルデヒド濃度と浮遊真菌、VOCs濃度と浮遊真菌には負の相関は見られなかった。また、カビやワックスなど建材以外にもVOCs濃度を高める要因が認められた。さらに、窯業系内装ボードのホルムアルデヒド及びVOCs吸着効果を確認した。CFDモデル(数値流体モデル)を用いた吸収分解石膏ボードによる室内濃度の低減効果の検討では、実験と良い対応を示し、室内気流の上流側での設置による濃度低減効果が大きかった。

目 次

目 次

平成 14 年度厚生科学研究補助金（健康科学総合研究事業）

室内環境の評価法及び健康影響の予測法の開発に関する研究

(H13-生活-017)

報 告 書

目 次

第 1 章	パッシブ法による放散速度測定法の開発（田辺）	1
1-1	はじめに	3
1-2	VOC-ADSEC 捕集時間の検討	3
1-2-1	既往研究	3
1-2-2	低放散建材を用いた捕集時間の検討実験	4
1-2-3	VOC-ADSEC 捕集時間の決定	7
1-3	シリコンシートの改良	8
1-4	シリコンシート・重りの性能実験	8
1-4-1	概要	8
1-4-2	結果・考察	8
1-5	まとめ	9
第 2 章	PFT 法による換気量の測定（田辺）	11
2-1	はじめに	13
2-2	バイアル瓶を用いたトレーサーガス源の検討	13
2-2-1	実験目的	13
2-2-2	実験概要	13
2-2-3	実験結果	14
2-2-4	考察	21
2-2-5	まとめ	22
2-3	パッシブサンプラー（24 時間測定用）の検討	22
2-3-1	目的	22
2-3-2	PFT サンプリングレイト算出実験	22
2-4	まとめ	26
第 3 章	新築集合住宅における室内空気質調査（田辺）	27
3-1	実測目的	29
3-2	実測概要	29
3-2-1	調査対象	29
3-2-2	調査概要	30
3-2-3	調査期間	32
3-3	結果・考察	33
3-3-1	生活活動調査	33
3-3-2	温湿度測定	35
3-3-3	気中濃度測定	36
3-3-4	放散速度測定	37
3-3-5	アクティブ・パッシブ測定結果比較	39

目 次

3-3-6	換気量測定	41
3-3-7	気中濃度の予測	43
3-4	まとめ	44
第4章	季節による新築戸建て住宅室内空気質調査（田辺）	45
4-1	研究目的	47
4-2	調査概要	47
4-2-1	生活活動調査（夏季・冬季共通）	47
4-2-2	温湿度測定（夏季・冬季共通）	47
4-2-3	気中濃度測定（夏季・冬季共通）	48
4-2-4	部位別放散速度測定	48
4-2-5	換気量測定	48
4-2-6	調査概要まとめ	49
4-3	調査期間	50
4-4	結果・考察	50
4-4-1	生活活動調査	50
4-4-2	温湿度測定	52
4-4-3	気中濃度測定	52
4-4-4	部位別放散速度測定	55
4-4-5	換気量測定	57
4-4-6	予測気中濃度	59
4-5	まとめ	60
第5章	健康影響予測に関わる室内空気中の化学物質要因による生体影響知見の整理（東）	61
5-1	背景と目的	63
5-2	シックハウス症候群に関する知見の整理	63
5-2-1	シックハウス症候群（シックビルディング症候群）の定義	63
5-2-2	概念	64
5-2-3	臨床症状	64
5-2-4	発症要因	64
5-2-5	発症機序	65
5-2-6	転帰・予後	65
5-3	ホルムアルデヒドの健康影響について	66
5-3-1	ホルムアルデヒドの健康影響についての最新の知見	66
5-3-2	ホルムアルデヒドの指針値設定の根拠について	67
5-4	質問紙票の作成	67
5-5	調査研究	67
5-5-1	背景	67
5-5-2	目的	68
5-5-3	対象と方法	68
5-5-4	結果	68
5-5-5	考察	69
5-5-6	結語	69
添付資料		71

目 次

第 6 章 吸着性建材による室内化学物質濃度の低減に関する実験と数値解（加藤）	75
6-1 研究目的	77
6-2 吸着現象のモデル化	77
6-3 吸収分解石膏ボードの濃度低減性能に関する実験と CFD 解析	77
6-3-1 吸着速度の評価	78
6-3-2 実験の概要	78
6-3-3 テストチャンバーに関する CFD 解析概要	78
6-3-4 実験・CFD 解析結果	78
6-4 実大居室モデルにおける濃度低減に関する数値解析	79
6-4-1 居室モデルの概要	79
6-4-2 居室モデルにおける CFD 解析の概要	79
6-4-3 CFD 解析結果	80
6-5 結論	81
6-5-1 流れ場の数値解析結果に対する考察	81
6-5-2 拡散場の数値解析結果に対する考察	82
第 7 章 東北地域の戸建住宅における室内空気質の実態調査（松本）	85
7-1 目的	87
7-2 調査概要	87
7-2-1 調査対象	87
7-2-2 調査方法・調査項目	87
7-2-3 分析方法	92
7-3 調査結果	92
7-3-1 アルデヒド類の気中濃度	92
7-3-2 TVOC 濃度	93
7-3-3 VOCs 濃度	93
7-3-4 床面からの放散速度	95
7-3-5 換気量	96
7-3-6 温湿度	97
7-4 まとめ	98
第 8 章 計画換気を用いた工業化住宅における室内空気質に関する研究（秋元）	99
8-1 はじめに	101
8-2 測定対象住宅	101
8-3 測定概要	101
8-3-1 空気温度、相対湿度	101
8-3-2 気中濃度	101
8-3-3 部位別放散速度	103
8-3-4 換気量	103
8-4 測定結果	103
8-4-1 カルボニル化合物	103
8-4-2 VOCs	106
8-5 まとめ	108
第 9 章 新築集合住宅における室内気中濃度の経時変化と生活様式による変動の測定（岩田）	109
9-1 はじめに	111

目 次

9-1-1	研究背景	111
9-1-2	本研究の目的	111
9-2	測定方法	111
9-2-1	実測対象住宅	111
9-2-2	測定方法	112
9-3	結果	114
9-3-1	温湿度	114
9-3-2	VOCs	114
9-3-3	ホルムアルデヒド	117
9-3-4	浮遊真菌	118
9-4	考察	119
9-4-1	分散分析	119
9-4-2	物質間の相関	119
9-4-3	化学物質の真菌の相関	119
9-5	まとめ	120
第 10 章 住宅内における室内空気質及びダニ生息密度実態調査（健康住宅普及協会）		121
10-1	はじめに	123
10-2	室内空気環境継続調査	123
10-2-1	ホルムアルデヒドの採取・分析方法	124
10-2-2	揮発性有機化合物の採取・分析方法	124
10-2-3	ホルムアルデヒドの継続調査	124
10-2-4	総揮発性有機化合物（TVOC）の継続調査	125
10-2-5	パッシブサンプラー（2時間測定用）の検討	126
10-2-6	試験方法	127
10-2-7	分析方法	127
10-2-8	試験結果	127
10-2-9	まとめ	130
10-3	ダニの実態調査	130
10-3-1	継続調査	131
10-3-2	調査結果	131
10-3-3	一般住宅のダニ実態調査	132
10-3-4	調査方法	132
10-3-5	ハウスダスト採取箇所、ダニ検査	133
10-3-6	調査結果	133
10-3-7	まとめ	137
第 11 章 南九州の小学校教室における室内空気環境の調査（岩下）		139
11-1	研究目的	141
11-2	実測概要	141
11-2-1	実測対象校	141
11-2-2	実測方法	143
11-3	実験結果および考察	144
11-3-1	温熱環境長期測定結果	144
11-3-2	VOC 測定結果	146
11-4	まとめ	150

目 次

第 12 章 北部九州の基礎断熱住宅における室内空気質実測調査（龍）	151
12-1 研究目的	153
12-2 実測対象家屋	153
12-2-1 H 邸	153
12-2-2 N 邸	153
12-2-3 T 邸	154
12-2-4 K 邸	154
12-2-5 Y 邸	154
12-3 測定項目および測定方法	155
12-4 空気質測定結果	156
12-5 熱環境測定結果	157
12-6 窯業系内装板のホルムアルデヒド吸着性能	158
12-6-1 実験方法	158
12-6-2 測定結果	159
12-7 まとめ	160
第 13 章 総括（田辺）	161
13-1 研究目的	163
13-2 研究方法	163
13-3 結果と考察	163
13-4 結論	166
Appendix	167

第1章 パッシブ法による 放散速度測定法の開発

第1章 パッシブ法による放散速度測定法の開発

Development of Measurement Device (ADSEC)

for Emission Rates Using Diffusive Samplers

Passive type device (ADSEC; Advanced Diffusive Sampling Emission Cell) for measuring emission rates of Aldehydes and VOCs has been developed. Sampling time for measuring emission rates of VOCs from building materials was examined using high emission materials, last year. In addition to that, an experiment using low emission materials was carried out. As a result of this, the sampling amount of Diffusive sampler VOC-TD increased in proportion to the sampling time. From the results of these experiments, in case of using Diffusive sampler VOC-TD, its sampling time is set up as 2 hours, and in case of using VOC-SD, its sampling time is set up as 24 hours out of consideration of those sampling time for measuring air concentrations.

In order to improve the precision of ADSEC, silicon sheet, which is sandwiched between cell and materials, was improved. And the effectiveness was confirmed by an experiment.

KEYWORDS: IAQ, Measurement, VOCs, Passive, Emission Rate, Sampling Time, Leak

1-1 はじめに

近年シックハウス対策が施されるようになり、特に新築住宅に関しては建材の規制などが建築基準法などで法制化されている。これを受け、全国的なシックハウス実態調査が頻繁に行われるようになるのは必至である。さらに、住宅設計者は設計段階で建材や施工材の化学物質放散特性を把握しておく必要がある。既存の住宅、特にシックハウスの疑いのある住宅に関しては簡易な測定方法を用いて化学物質放散の原因を特定し、対策を施すことが急務である。

そこで、ADSEC (Advanced Diffusive Sampling Emission Cell) ¹⁾を用いてパッシブ法による放散速度測定法を確立することを目的とした。既往研究 ^{1~4)}により、建材表面から発生するカルボニル化合物の放散速度測定法が開発され、昨年度は VOCs の放散測定法の検討がなされた。今年度も引き続き、VOCs の放散速度測定法の開発を行い、捕集時間をさらに検討した。

また、ADSEC の測定精度が向上するようシリコンシートを改良し、その効果を確認した。

1-2 VOC-ADSEC 捕集時間の検討

1-2-1 既往研究 ⁴⁾

パッシブサンプラー-VOC-TD, VOC-SD を用い、VOC-ADSEC の捕集時間について検討した。捕集時間を変更させ、高放散 EPS から発生する化学物質質量の変化に関して実験を行った。

トルエンやスチレンなどを含む芳香族炭化水素類

が主要な放散物質である。パッシブサンプラー-VOC-SD における捕集時間と芳香族炭化水素類捕集量の関係を図 1-1 に、パッシブサンプラー-VOC-TD における捕集時間と芳香族炭化水素類の捕集量の関係を図 1-2 に示す。

パッシブサンプラー-VOC-SD を用いての測定では、芳香族炭化水素類の捕集量は捕集時間に比例して増加し、サンプラーの捕集能力限界に達することはなかった。一方、パッシブサンプラー-VOC-TD を用いての測定では、時間の経過と共に捕集量は定常に近づき、芳香族炭化水素類の捕集量がサンプラー捕集能力限界に達していた。しかし、2 時間捕集までに着目すると、捕集量は捕集時間に比例して増加していた。

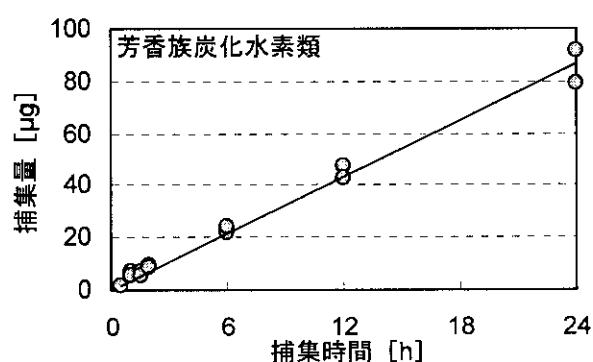


図 1-1 捕集時間と VOC-SD 捕集量の関係 (高放散)

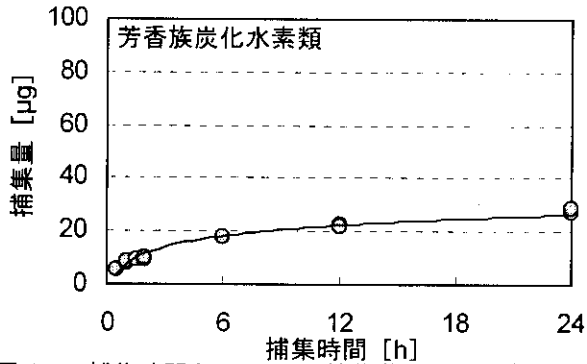


図 1-2 捕集時間と VOC-TD 捕集量の関係 (高放散)

1-2-2 低放散建材を用いた捕集時間検討実験

(1) 概要

VOC-ADSEC にパッシブサンプラー VOC-SD, VOC-TD を用いて低放散建材における捕集時間と捕集量の関係を検討した。また、FLEC⁹⁾ を用いた測定も行い、両者の結果を比較した。

VOC-ADSEC については、パッシブサンプラー VOC-SD, VOC-TD とも捕集時間を 1, 2, 3, 4, 5, 6, 24 時間とした。試験体として EPS (M 社製現行品) (400mm × 600mm) を 4 枚用意し、恒温槽 (25±2°C) に 4 段に分けて入れた。VOC-ADSEC は各捕集時間につき 2 台測定した。FLEC については EPS (M 社製現行品) (250mm × 250mm) を 1 枚用意し、恒温槽内 (25±2°C) で測定した。

ポリ袋に入れた EPS を開封した日を 0 日目とし、0, 1, 3, 7, 14, 28 日目に同様の測定を行った。測定条件を表 1-1 に示す。

表 1-1 測定条件

	VOC-ADSEC		FLEC
実験場所	早稲田大学 58 号館 田辺研究室恒温槽内		
試験体	ビーズ法ポリスチレンフォーム (M 社製現行品)		
恒温槽温度	25±2°C		
相対湿度	成り行き	50±4%	
温湿度測定器具	ESPEC THERMO RECORDER RS-11		
サンプラー	パッシブサンプラー VOC-TD	パッシブサンプラー VOC-SD	Tenax 管
吸引速度 [mL/min]	—		100
積算流量 [L]	—		3.2
測定時間	1, 2, 3, 4, 5, 6, 24h		32min
定性定量	GC/MS		

(2) 結果・考察

低放散建材同様、EPS の主放散物質である芳香族炭化水素類を考察対象とする。

① パッシブサンプラー-VOC-SD

パッシブサンプラー-VOC-SD に関しては全ての物質で捕集量が検出限界以下だった。パッシブサンプラー-VOC-SD は加熱脱着ではなく溶媒抽出を行うため、放散量の少ない建材に対しては精度が低くなる。しかし、検出限界値 (5µg) におけるセル内気中濃度は、厚生労働省指針値を下回るため、検出限界以下であっても、測定には影響が少ないと考えられる。

② パッシブサンプラー-VOC-TD

各測定日における芳香族炭化水素類の捕集時間と捕集量の関係を図 1-3~8 に示す。捕集量は、どの測定日においても概ね捕集時間に比例して増加した。しかし、0 日目の測定では 24 時間捕集において、6 時間測定までの増加率から下がっており、開封直後の放散が多い場合には 24 時間捕集することに問題が残された。

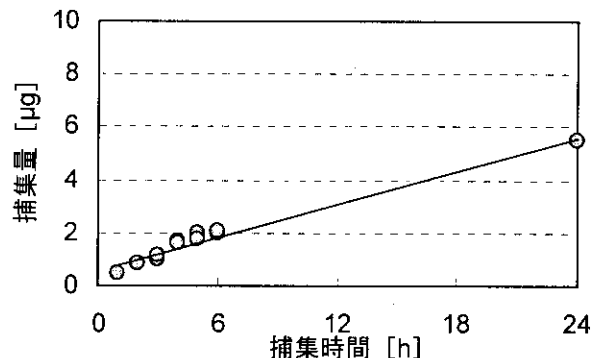


図 1-3 捕集時間と VOC-TD 捕集量の関係 (低放散・0 日目)

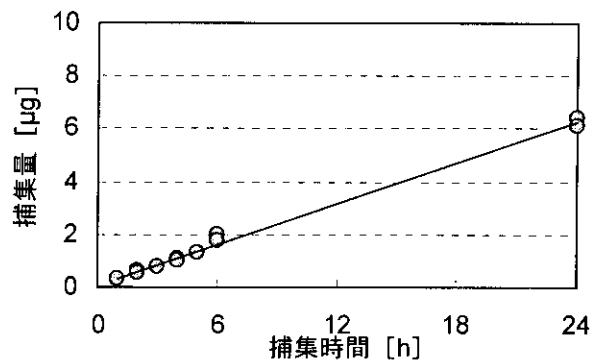


図 1-4 捕集時間と VOC-TD 捕集量の関係 (低放散・1 日目)

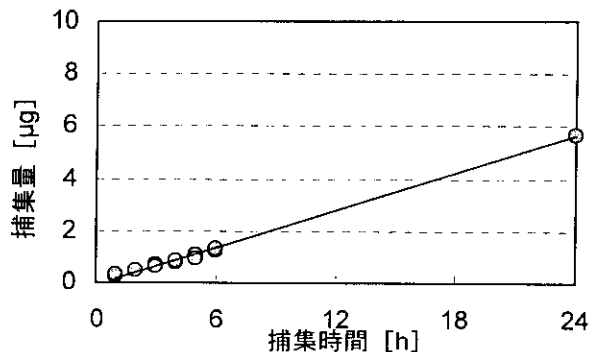


図 1-5 捕集時間と VOC-TD 捕集量の関係 (低放散・3 日目)

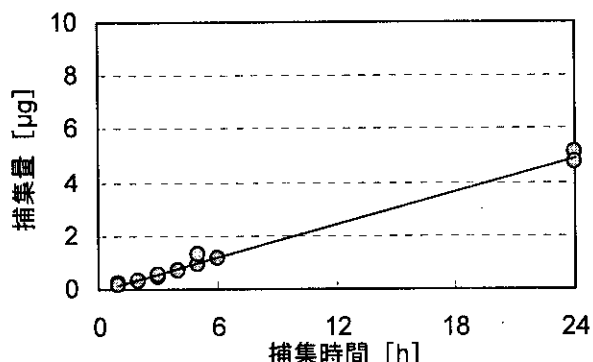


図 1-6 捕集時間と VOC-TD 捕集量の関係 (低放散・7日目)

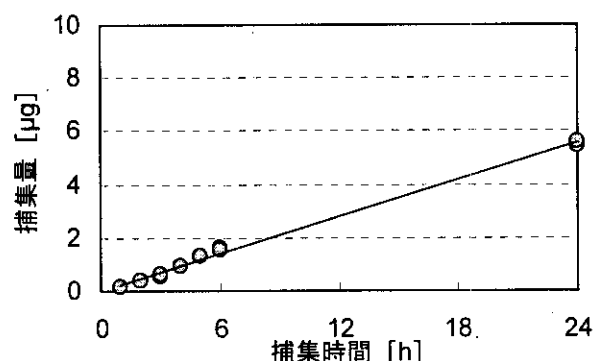


図 1-7 捕集時間と VOC-TD 捕集量の関係 (低放散・14日目)

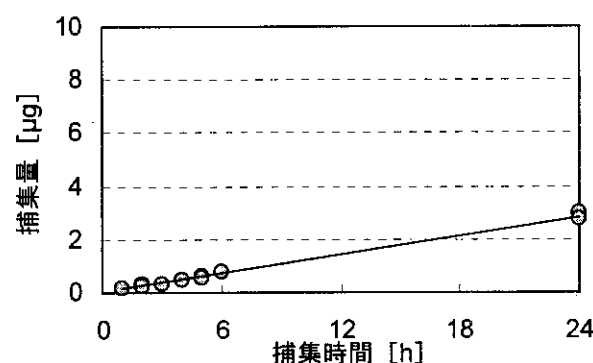


図 1-8 捕集時間と VOC-TD 捕集量の関係 (低放散・28日目)

各捕集時間における芳香族炭化水素類の放散速度の経時変化を図 1-9~15 に示す。ここで、VOC-ADSEC における放散速度の算出には、Carbonyl-ADSEC と同様、単位面積、単位時間当たりの放散量とし、式 (1-1) を用いた。

$$EF = \frac{M}{S \times t} \quad \dots (1-1)$$

EF: 放散速度 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] M: 捕集量 [μg]
S: 建材の測定表面積 [m^2] t: 捕集時間 [h]

1 時間捕集の場合を除いては、14 日目に放散速度が高くなるという特徴が見られた。しかし、全体では日数の経過と共に放散速度は低くなり、1~6 時間捕集では、28 日目の放散速度は 0 日目の 1/3~1/4 に減衰していた。24 時間捕集では、他に比べて 0 日目の放散速度が低かった。このことから、放散が多い時期にパッシ

ブサンプラー-VOC-TD を用いて 24 時間捕集することは正確な測定ができない恐れがある。

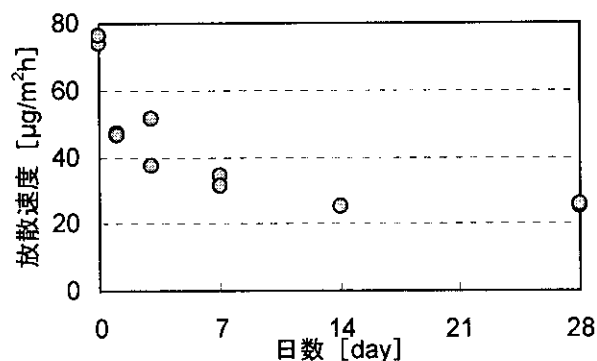


図 1-9 VOC-TD 放散速度の経時変化 (低放散・1時間捕集)

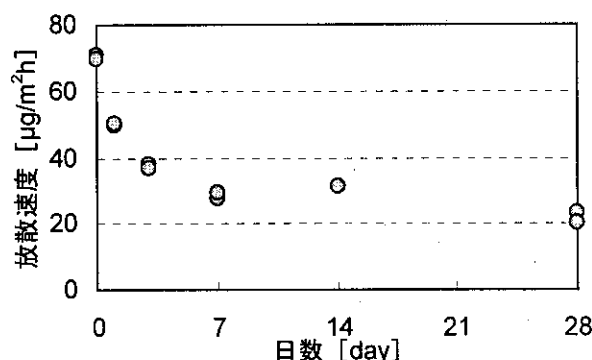


図 1-10 VOC-TD 放散速度の経時変化 (低放散・2時間捕集)

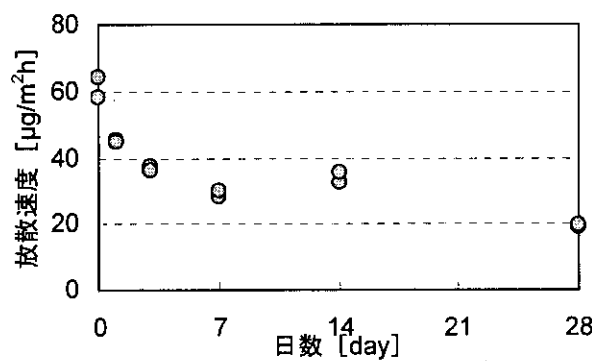


図 1-11 VOC-TD 放散速度の経時変化 (低放散・3時間捕集)

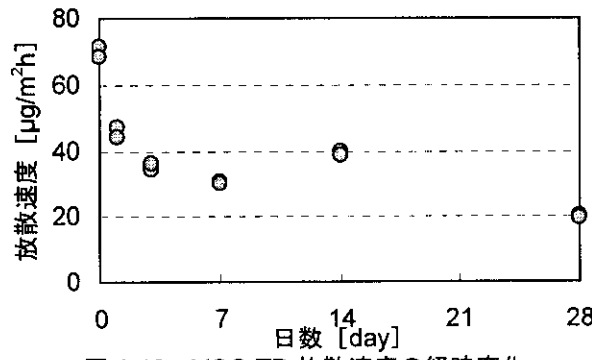


図 1-12 VOC-TD 放散速度の経時変化 (低放散・4時間捕集)

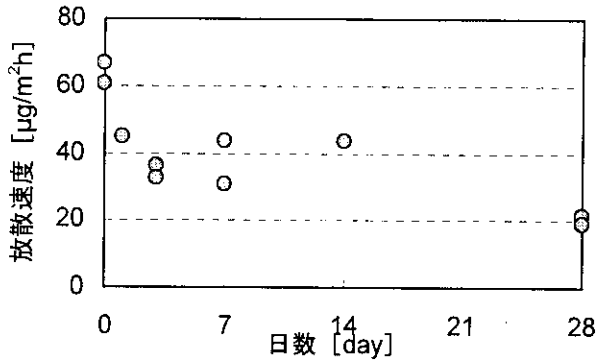


図 1-13 VOC-TD 放散速度の経時変化 (低放散・5時間捕集)

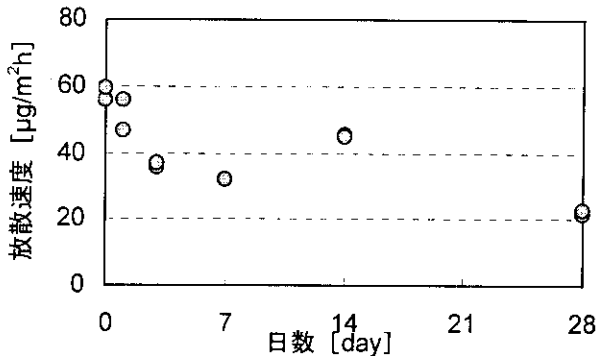


図 1-14 VOC-TD 放散速度の経時変化 (低放散・6時間捕集)

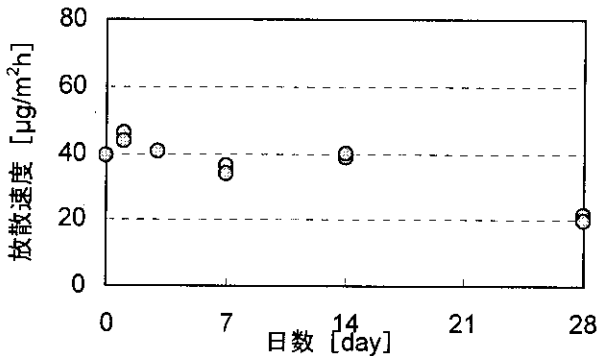


図 1-15 VOC-TD 放散速度の経時変化 (低放散・24時間捕集)

③ VOC-ADSEC と FLEC との比較

FLEC 測定による芳香族炭化水素類の放散速度の経時変化を図 1-16 に示す。VOC-ADSEC による測定結果と同様に 14 日目に放散速度が高くなっていた。

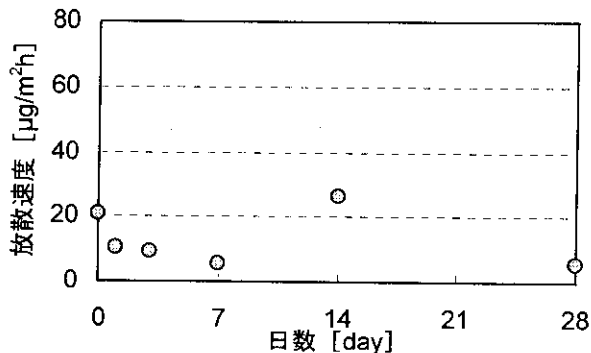


図 1-16 FLEC 放散速度の経時変化

芳香族炭化水素類について捕集時間毎の VOC-ADSEC 測定による放散速度と FLEC 測定による放散速度との相関を図 1-17~23 に示す。ここで、VOC-ADSEC 測定による放散速度はパッシブサンプラー VOC-TD を用いた場合である。同日に測定したそれぞれの値を比較し、放散速度が高くなった 14 日目は除いた。

全ての捕集時間において、VOC-ADSEC による測定値が FLEC による測定値を上回ったが、両者には高い相関性を得た。特に、1, 2, 4 時間捕集における相関性が高く、パッシブサンプラー VOC-TD を用いた場合、1~4 時間の捕集時間とすることが適当と考えられる。

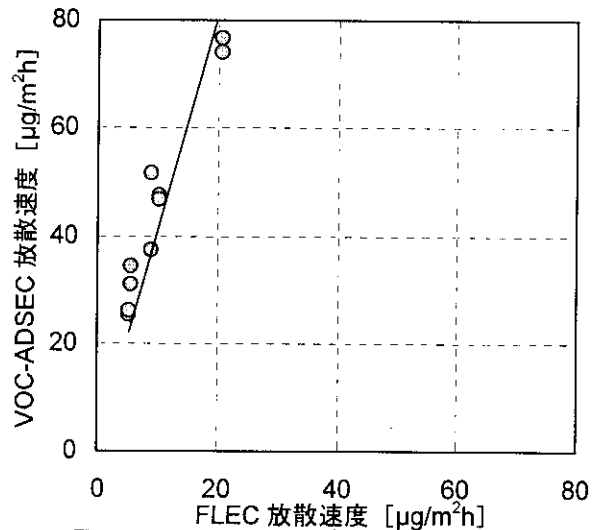


図 1-17 FLEC との比較 (1時間捕集)

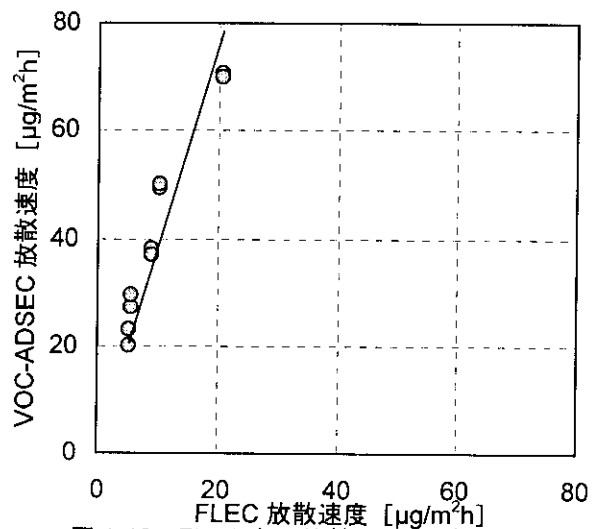


図 1-18 FLEC との比較 (2時間捕集)

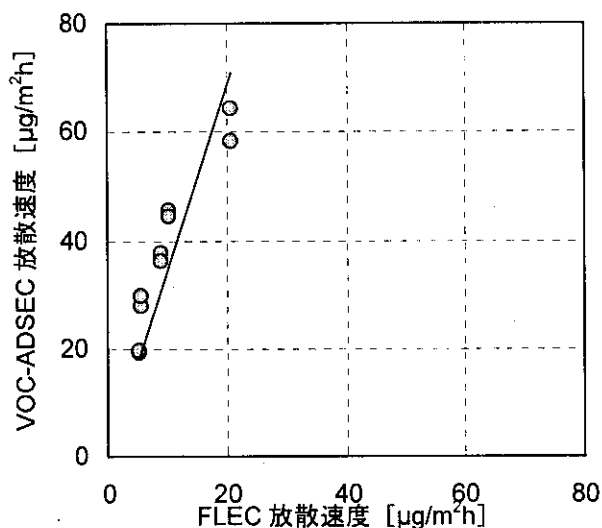


図 1-19 FLEC との比較 (3 時間捕集)

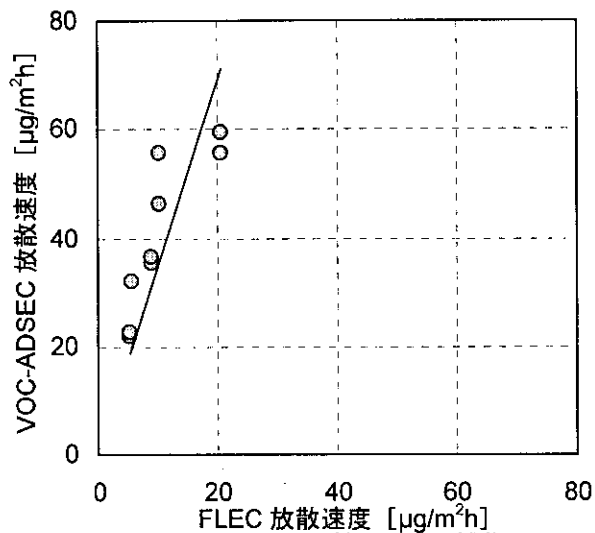


図 1-22 FLEC との比較 (6 時間捕集)

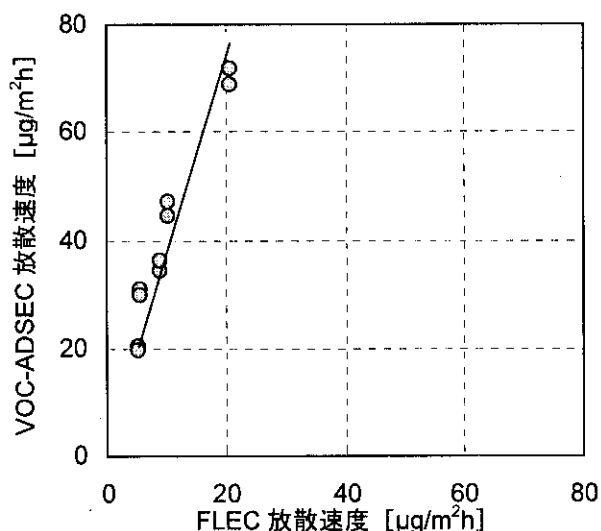


図 1-20 FLEC との比較 (4 時間捕集)

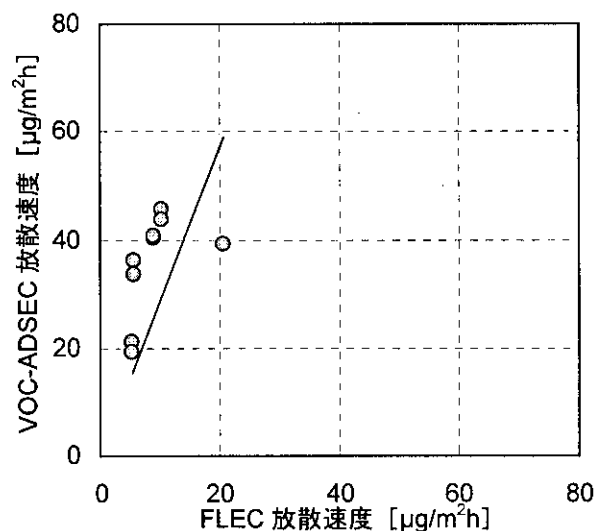


図 1-23 FLEC との比較 (24 時間捕集)

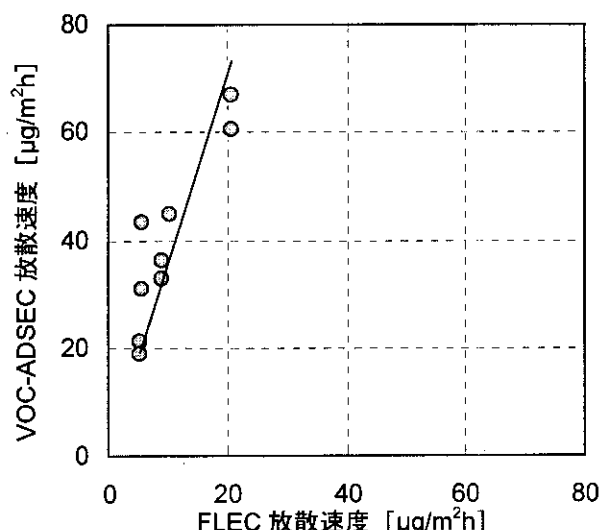


図 1-21 FLEC との比較 (5 時間捕集)

1-2-3 VOC-ADSEC 捕集時間の決定

パッシブサンプラーVOC-TD を用いた低放散建材の測定結果は、各測定日において捕集量は捕集時間に比例して増加した。FLEC 測定との比較では、1, 2, 4 時間捕集で高い相関性が見られた。また、パッシブサンプラーVOC-SD を用いた低放散建材の測定結果は、全ての物質において検出限界以下であった。

既往研究の高放散建材測定においては、パッシブサンプラーVOC-SD を用いた測定では、捕集量は捕集時間に比例して増加し、サンプラーの捕集能力限界に達することはなかった。一方、パッシブサンプラーVOC-TD を用いての測定では、芳香族炭化水素類の捕集量がサンプラー捕集能力限界に達していた。しかし、捕集時間 2 時間付近までの捕集量は、捕集時間に比例していた。

以上のことから、パッシブサンプラーVOC-TD、VOC-SD それぞれのサンプラーの気中濃度測定時間、また、サンプラーの捕集能力限界を考慮し、VOC-ADSEC ではパッシブサンプラーVOC-TD を用い

る場合には2時間、パッシブサンプラーVOC-SDを用いる場合には24時間を捕集時間とすることとした。

1-3 シリコンシートの改良

2003年7月から改正建築基準法が施行され、ホルムアルデヒドの放散速度が $5\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ を超える建材は内装仕上げへの使用面積制限を受ける⁶⁾。また、改正されたJIS, JAS規格では、放散速度が $5\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 以下のF☆☆☆☆規格も制定され、内装材に用いる建材の対策がさらに進むことが予想される。

そこで、ADSECを用いる場合に、より精度の高い測定を行うため、シリコンシートを改良した。従来のシリコンシートはシートにセルを載せるだけであったが、シートに溝を彫り、セルの下端部を包み込むようにした。図1-24に改良したシリコンシート、図1-25にシリコンシート、重り装着時のADSEC床測定時断面図、図1-26に床測定風景を示す。

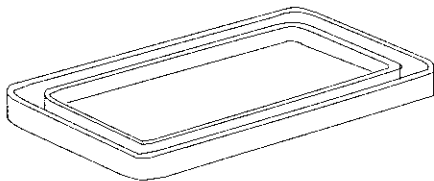


図1-24 改良したシリコンシート模式図

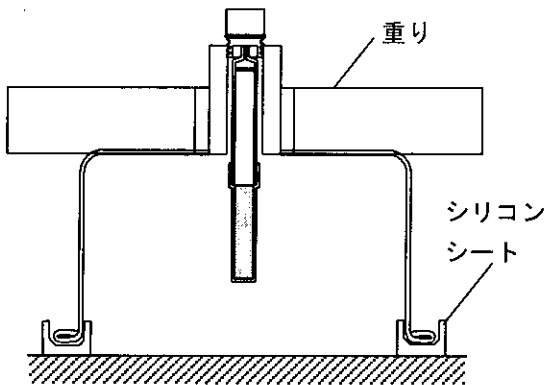


図1-25 ADSEC床測定時断面図

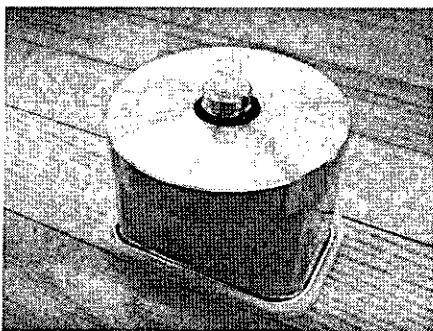


図1-26 ADSEC床測定風景

1-4 シリコンシート・重りの性能実験

1-4-1 概要

改良したシリコンシートを挟むこと、重りを用いることによるセルの建材面への密着性の向上効果を確認することを目的とした。

恒温槽に化学物質を放散しないと考えられるガラス板を設置し、Carbonyl-ADSECを用いて測定した。各セル内にサンプラーの破過量を考慮し、120 μL のホルムアルデヒド溶液を入れたバイアル瓶を置き、シリコン膜を通してセル内に放散させた。一方、恒温槽には120 μL のアセトアルデヒド溶液を入れたバイアル瓶を置き、シリコン膜を通して恒温槽内に放散させた。セルのみ、シリコンシート、シリコンシートと重りの3条件とし、それぞれ2セットずつ設置した。実験条件名を表1-2に、測定条件を表1-3に、実験概要を図1-27に示す。

表1-2 実験条件名

実験条件	条件名
セルのみ	N
セルにシリコンシート	NS
セルにシリコンシートと重り	NSW

表1-3 測定条件

測定器具	Carbonyl-ADSEC
捕集管	DSD-DNPH 拡散サンプラー
捕集時間	24h
測定建材	ガラス板
温度	25°C 設定
湿度	成り行き (温湿度計により測定)
定性定量	HPLC

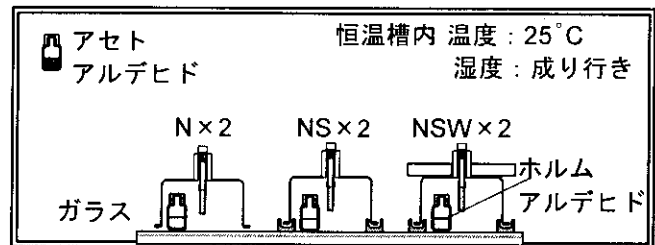


図1-27 実験概要図

1-4-2 結果・考察

各条件におけるホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの捕集量を図1-27, 28にそれぞれ示す。なお、測定を行った24時間中の温度は $25\pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度は $38\pm 13\%RH$ であった。

セル内にホルムアルデヒド、恒温槽内にアセトアルデヒドを設置したことから、ホルムアルデヒドはセル内の濃度が周辺空気よりも高く、アセトアルデヒドについては周辺空気よりも低くなっている。従って、リ

ークがある場合にはホルムアルデヒドに関しては捕集量が少なく、アセトアルデヒドに関しては捕集量が多くなる。

ホルムアルデヒドは、セルのみの場合 (N) が他と比べて捕集量が少なく、シリコンシートのみの場合 (NS) とシリコンシート・重りの両方を装着した場合 (NSW) とではほとんど差が見られなかった。よって、重りによる密着効果はほとんど認められなかったが、シリコンシートを用いることにより、セル内空気の流出を抑えられることがわかった。

アセトアルデヒドは、セルのみの場合が他と比べて捕集量が多く、シリコンシートのみの場合がシリコンシート・重りの両方を装着した場合よりも多かった。よって、シリコンシート、重り共に密着効果が明確に見られ、セルのみの場合にはセル内に空気が流入していることが確認された。しかし、恒温槽内の平衡濃度が明らかでないため、恒温槽内空気流入の測定値に与える影響を把握することができず、今後の更なる検討が必要である。

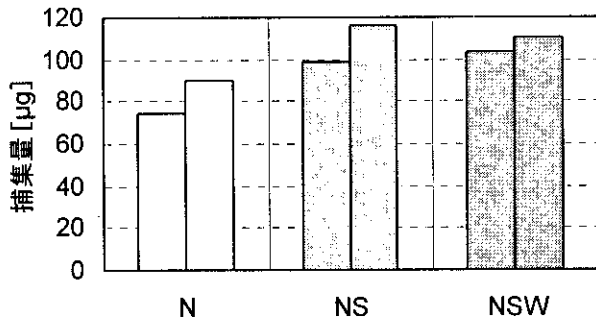


図 1-27 ホルムアルデヒド捕集結果

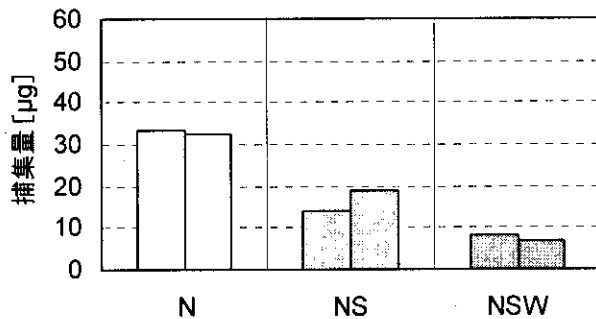


図 1-28 アセトアルデヒド捕集結果

両物質の和に対するそれぞれの捕集量の割合を図 1-29 に示す。セルのみの場合が最もアセトアルデヒドの割合が高く、シリコンシートと重りを用いた場合が最も低かった。このことから、シリコンシートと重りを装着した場合が最もセルの遮断性が高いと考えられた。

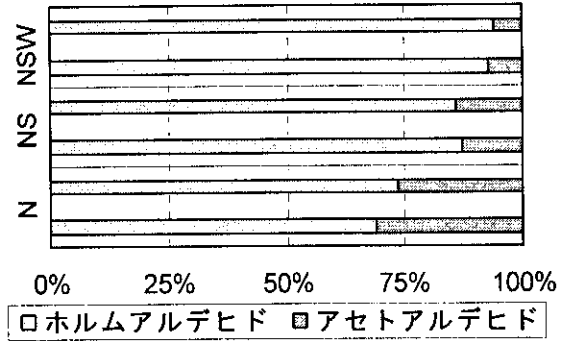


図 1-30 ホルムアルデヒド・アセトアルデヒド捕集量の関係

以上のことから、シリコンシートを用いることによりセル内空気の流出、セル外空気の流入を少なくすることがわかった。従って、改良型シリコンシートの効果が確認でき、これらを用いることにより測定精度を向上できると考えられた。

1-5 まとめ

- 1) 低放散建材を用いて捕集時間検討実験を行い、パッシブサンプラーVOC-TD の捕集量は捕集時間と共に比例して増加した。
- 2) 上記の結果と既往の研究により得られた結果から、各サンプラーの気中濃度測定時間を考慮し、VOC-ADSEC にパッシブサンプラーVOC-SD を用いる場合は捕集時間 24 時間、パッシブサンプラーVOC-TD を用いる場合には 2 時間と決定した。
- 3) 測定面と ADESC との間に挟むシリコンシートを改良し、ADSEC の測定精度を向上させた。
- 4) 改良型のシリコンシートを用いると、周辺空気のセル内への流入、セル内空気の流出を抑えることが確認され、測定精度を向上することができた。

【参考文献】

- 1) 田辺新一, 熊谷一清, 阿久津太一, 青木龍介, 松本仁, “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 ADSEC による測定方法の検討”, 空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集, pp677-680, 2001
- 2) 田辺新一, 熊谷一清, 阿久津太一, 青木龍介, 松本仁, “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2 住宅の室内空気質実態調査”, 空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集, pp681-684, 2001
- 3) 松本仁, 酒井聡至, 浅井万里成, 青木龍介, 田辺新一, “パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その1 ADSEC の改良、及び換気量測定法の検討”, 日本建築学会学術講演会梗概集 D-2, pp. 837-838, 2002
- 4) 酒井聡至, 浅井万里成, 松本仁, 青木龍介, 田辺新一, “パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その2 VOC-ADSEC のよる捕集時間の検討”, 日本建築学会学術講演会梗概集 D-2, pp. 839-840, 2002
- 5) P.Wolkoff, PA.Clausen, P.A.Nielsen, H.Gustafsson, B.Jonsson, E.Rasmusen, “Field and Laboratory Emission Cell: FLEC·IAQ 91 Healthy Buildings, 1991; pp. 160-165
- 6) 国土交通省, “建築基準法関係シックハウス対策技術的基準の試案”, 報道発表資料, 平成 14 年 7 月 29 日, http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/07/070729_.html

第2章 PFT法による換気量の測定