

# 小型チャンバーADPAC を用いた建材・施工材からの化学物質放散速度測定

9940425 島田菜穂美

## 1. はじめに

室内空気化学物質汚染への関心が高まる中、様々な対策がなされてきた。初期の評価方法としては気中濃度が用いられ、主にホルムアルデヒドが対策の対象とされていた。しかし、室内には多種多様な化学物質が存在し、人体への健康影響を考慮するにはホルムアルデヒドのみでは不十分であり対象物質が広げられている。また、気中濃度を低減するためには、発生源の特定・放散抑制が必要である。本研究では建材から放散されるホルムアルデヒドに加え、VOCの評価を行うことができる小型チャンバーADPACを開発した。ADPACを用いて建材からの化学物質放散速度の測定・評価を行い、建材・施工材による室内化学物質汚染の低減、建材のラベリングに寄与することを目的とした。

## 2. 小型チャンバーADPAC

ADPAC (ADvanced Pollution and Air quality Chamber) は本研究で開発した小型チャンバーで、メインチャンバーとエア制御システム、混合器に分けられる。メインチャンバーはステンレス製 (SUS-304) で、チャンバー自体からの汚染や汚染物質の吸着を最小限にとどめるようにした。また、接合部のリークを最小限にし、四隅での対流を避けるために形状を円柱形とした。チャンバー上部が蓋状になっており、サンプリング用の穴が5つ設けられている。パッキング部分はテフロン枠でシールされている。エア制御システムに取りこまれた空気は2系統に分かれ流量が計測された後、一方は蒸留水の入ったタンクでバブリングして加湿し、再び乾燥空気と1系統になり混合器へ送られる。加湿空気と乾燥空気は混合器で混合されチャンバーへ送られる。チャンバー及び混合器は恒温槽内に設置して温度制御を行う。本試験では、混合器内に設置した温湿度測定装置 (タバイエスペック:RS10、11) で測定した値をチャンバー内温湿度とした。サンプリングを行うまでチャンバーは規定の換気回数:0.5回/h (流量0.167L/min) で換気されている。換気の間はADPACシステムのポンプでチャンバー内空気を吸引し、サンプリング時は外付けの捕集用ポンプを使用する。チャンバー内に試料を設置する際、試料の小口部分をシールし、化学物質が表面からのみ放散されるようにするためにシールボックスを作製した。本体はステンレス製で試料と本体の間にテフロン枠を入れてシールし、試料を後ろからネジで固定している。図1に20Lチャンバーとエア制御システムを、図2にシールボックスを示す。

## 3. 測定法及び分析方法

米国規格協会 (ASTM) の規格に準拠し、試験条件をチャンバー容積20L、温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 4\%$ 、換気回数0.5回/h、流量0.167L/minと定めた。試料負荷率はデンマーク建材ラベリングの標準室に準じ $2.2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ とした。シールボックスを2セット用いると、試料負荷率が $2.2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ となる。試験前にはシステムを解体して洗浄を行い、

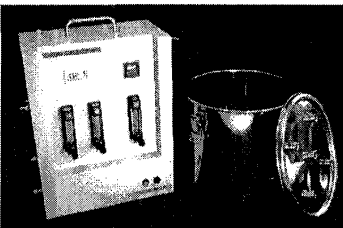


図1 ADPACシステム (20L)

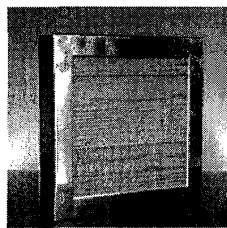


図2 シールボックス

付着残存している化学物質を揮発させるために $260^\circ\text{C}$ のオーブンで約1時間加熱処理する。冷却後恒温槽内に設置し、約30分システムを運転して温湿度が定常に達した後、試験体をチャンバー内に入れ、化学物質濃度が定常になるように約15時間換気を行いサンプリングする。

アルデヒド類の捕集にはDNPH捕集管 (Sep-Pak: Waters社) を用い、捕集量は10Lまたは20Lとした。捕集管1個で破過する可能性のある場合、2個連結した。VOCの捕集にはTenax TA管またはCarbopakBとCarboxen1000を組み合わせた捕集管 (以下マルチベット) を用い、捕集量は3.2Lとした。捕集管によって吸引抵抗が大きく必要流量が確保できない場合、サンプリング用とは別にADPACシステムのポンプを用いてチャンバー内空気を吸引し、総流量が0.167L/minとなるようにした。

アルデヒド類の分析はEPA、ASTM、ISO、JISで示しているDNPH-HPLC法を、VOCの分析に関してはECA、ISO案に準じてGC/MSを用いて行った。

## 4. 性能試験

1999年8月に「欧州最終規格案ENV13419: 建築材料一揮発性有機化合物の放散測定」が公表された。今後、ENV→EN→ISO→JISの流れが想定される。そこで、ADPACの性能が「ENV13419-1: 放散試験チャンバー法」<sup>1)</sup> に対応可能であることを確認するとともに、測定精度の向上を図ることを目的としてADPACの性能試験を行った。

4-1 バックグラウンド試験 バックグラウンド濃度は、測定値に影響を及ぼさないレベルである必要がある。表1に推奨値を示す。換気空気を用いたボンベ空気 (純ガスS) そのものの汚染が測定値に影響を与えている可能性が考えられるため、ボンベ空気の化学物質気中濃度を測定した。測定にはTedlar Bag (フッ化ビニルフィルム製) を用いた。その結果、Formaldehydeは推奨値の1/10以下であった。VOCに関してはToluene、Xylene、Styreneは検出限界以下であったが、TVOC (総揮発性有機化合物: 総トルエン換算値) は推奨値を大きく上回った。これは日本国内の外気中VOCが高いことが原因と考えられ、フィルタリングなど換気空気を清浄する必要があることがわかった。そこで、キャリアガスの清浄化を目的とし、空気清浄機ADCLEANを開発した (図3)。ADCLEANは、外気をHEPAフィルターで粉塵除去後、シリカゲルで除湿、活性炭で化学物質除去を行い、循環層に送る。また、循環層用活性炭により、管内空気の化学物質濃度を更に低減する。ADCLEANの空気清浄性能を確認するために室内空気とADCLEAN出口のサンプリングを行った。サンプリング条件は項目3と同様で、捕集管はマルチベットを用いた。室内のTVOC気中濃度は $143.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であったが、ADCLEANを通した空気は検出限界以下であり、ADCLEANの清浄性能が確認できた。

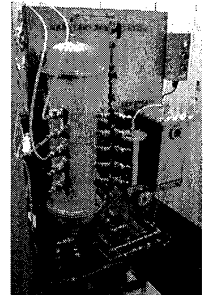


図3 ADCLEAN

表1 バックグラウンド値

成分	推奨値	ボンベ値	ADCLEAN
Formaldehyde	$12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下	$0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$10.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 注
TVOC <sup>1)</sup>	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下	$110.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	検出限界以下
単独VOC <sup>1)</sup>	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下	—	—

4-2 気密性能確認試験 ENV13419-1 で示される気密性能のうち、「1000Pa の超過圧力をかけた時の漏気量が、毎分チャンパー容積の 0.1%未満である (ADPAC では 20mL/min 未満)」という条件を選択し試験を行った。図 4 のように純ガス S のボンベ、流量計、20L チャンパー、差圧計の順に連結させ、その他のチャンパーの系を密閉し、ボンベから 1000Pa またはそれ以上の圧力をかけた。チャンパー内圧力が 1000Pa で定常に達したときの漏気量は、Flow Meter の流量に依存する。チャンパーのシール材にテフロン枠、及びシリコン枠を用いた条件について測定した。テフロン枠による試験では漏気量は 1870 mL/min、シリコン枠では漏気量は 0 mL/min であり、テフロン枠使用時は ENV で定める気密性能を満たさなかった。バックグラウンド濃度への影響を考慮すると、テフロン枠の使用が望ましかったため、今後テフロン枠の改良が必要である。

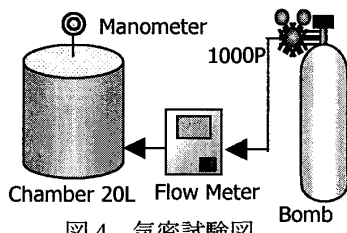
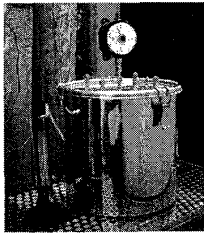


図 4 気密試験図

5. 建材試験

多種多様な建材の化学物質放散速度傾向を把握し、建材のラベリング・指針値の作成などにおける基礎データ収集を目的とした。測定は施工材 (床・壁)、接着剤、壁紙、テキスタイル類、断熱材、畳などを測定した。ここでは断熱材と畳の測定結果を報告する。

5-3 断熱材・畳 平成 11 年に告示された「次世代省エネルギー基準」では、躯体・開口部の断熱・気密性能が強化され、ますます住宅は高气密・高断熱の傾向にある。しかし、断熱材が室内空気と与える影響についてはデータが十分でない。また、日本固有の畳は、国内でもデータが皆無に近い。近年では、畳床に断熱材や新建材を用いた建材畳が出現している。そこで、断熱材・畳の測定を行った。

5-3-1 断熱材 試験体にはビーズ法ポリスチレンフォーム (EPS) を 4 種、押し出し発泡ポリスチレンフォーム (XPS) とフェノールフォーム (PhF) を各 1 種測定を行った。ここでは EPS 4 種 - M 社現行品・M 社改良品・海外品・流通品 - について述べる。試験体は小口部分をシールせず、全面発生とした。1、3、5、7、10、14 日後に測定を行い、経時変化を見た。試験条件・サンプリング条件は項目 3. と同様である。VOC の捕集にはマルチベットを使用した。図 5、6 に TVOC (総トルエン換算値) を示す。また、放散速度が大きく厚生省から指針値が示されているスチレンの経時変化を示す。TVOC でみると流通品からの放散速度が大きく、14 日後でも放散量が定常に達しなかった。スチレンは EPS の原材料であり、重合の際に残留したスチレンモノマーが放散されてきていると考えられる。現行品と改良品を比較すると、改良品からのスチレン放散速度は一定して小さく、改良の効果がみられた。

5-3-2 畳 表 2 の 4 種類の畳について測定を行った。試験体は小口部分をシールした。試験条件は項目 3. と同様であるが、試験体に厚みありチャンパー容積に対する試験体容積が大きいため、試料負荷率を 1.1 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> とした。サンプリング条件は項目 3. と同様で、VOC の捕集管にはマルチベットを用いた。測定は 1、3 日後に行った。図 7 に VOC の測定結果を示す。VOC、アルデヒド類ともに建材畳からの放散速度が相対的に大きかったが、絶対値としては小さく、3 日後には非常に小さい値となった。また、建材畳とサンド床畳から放散される化学物質の組成が似通っていた。

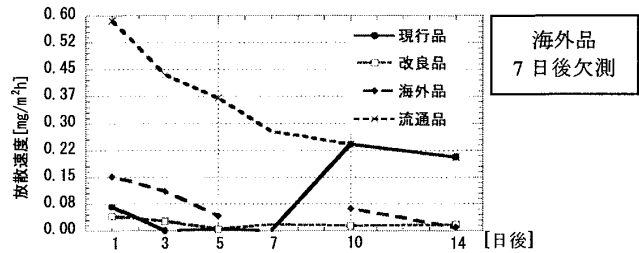


図 5 断熱材 (EPS) 経時変化 (TVOC)

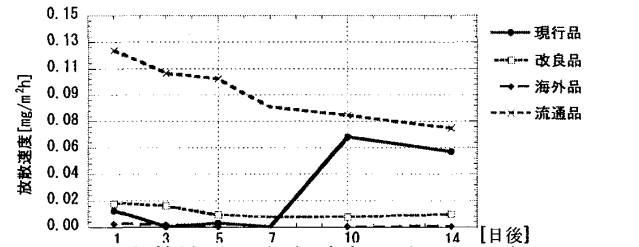


図 6 断熱材 (EPS) 経時変化 (スチレン)

表 2 畳の概要

略称	畳表	畳床の構造
建材	あり	椰子殻-繊維板-断熱材-繊維板
サンド	あり	稲わら-断熱材-稲わら
サンド・表無	無	稲わら-断熱材-稲わら
稲わら	あり	稲わらのみ

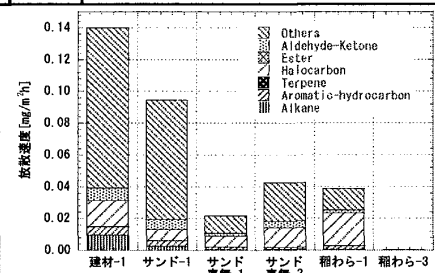
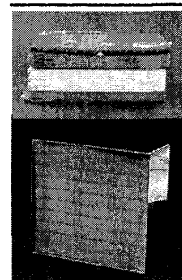


図 7 畳測定結果 (VOC)

ほとんどの試験体で放散されていた Halocarbon の内訳として主なものは p,m-ジクロロベンゼン、フロン 12、塩化エチル、フロン 13 などであった。

7. まとめ

ADPAC を用いて行った性能試験と建材試験の、結果を示した。性能試験は ENV13419-1 に準拠し、バックグラウンド濃度・気密性能に関してはその基準を満たした。建材試験では、施工材 (床・壁)、接着剤、壁紙、テキスタイル類、断熱材、畳などの測定を行った。断熱材からの化学物質放散は減衰するまでに時間がかかり、放散しつつける傾向が見られた。

注) ADCLEAN で清浄された空気を使用したチャンパーのバックグラウンド試験では、6~8µg/m<sup>3</sup> という結果を得ているため、ADCLEAN 出口のホルムアルデヒド濃度の再測定を行う。

【参考文献】(1) ENV13419-1, Building products-Determination of the emission of volatile organic compounds Part1: Emission test chamber method, 1999

【発表論文】田辺、舟木、島田, 建材からの揮発性有機化合物放散速度測定に関する研究(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, 1999 田辺、池田、舟木、島田、伴野, 建材からの揮発性有機化合物放散速度測定に関する研究(その 3), 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 2000. 田辺、池田、舟木、島田、伴野, 小型チャンパーADPAC を用いたアルデヒド類、VOC 放散量の測定に関する研究(その 1)(その 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2000. 田辺、舟木、島田, 小型チャンパーADPAC を用いた壁紙用接着剤からのアルデヒド類放散速度の測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2000. 田辺、舟木、島田, 小型チャンパーADPAC を用いた建材・施工材からの室内汚染化学物質放散速度の測定, 日本建築学会技術報告集 第 10 号, pp.153-157, 2000. 田辺、島田, 室内空気化学物質汚染, 生活工学研究 第 1 巻第 2 号, 1999 R.Funaki, N.Shimada, and S.Tanabe, Measurement of Aldehydes and VOCs Emission Rates Using a Small-Scale Chamber, Proceedings of Healthy Buildings 2000, Vol.4, pp.181-186, 2000 他(計 1.5)

指導教官: 田辺新一