

揮発性有機化合物の放散・吸脱着等のモデリングとその数値予測に関する研究 (その 20)  
実大居室模型を用いた化学物質濃度分布・吸脱着効果の測定

正会員 ○山本 明\*<sup>1</sup> 同 村上周三\*<sup>2</sup>  
同 加藤信介\*<sup>2</sup> 同 伊藤一秀\*<sup>3</sup>  
同 近藤靖史\*<sup>4</sup> 同 迫田章義\*<sup>5</sup>

実大室内気流模型 化学物質濃度分布 吸脱着効果

1. 序 既報<sup>x1)</sup>で建材内部での拡散、吸脱着現象のモデルを CFD に組み込み、2 次元室内モデルを対象として室内の化学物質濃度分布予測を行った結果を示した。本報では、汚染質の放散と吸脱着モデルに基づく数値解析の有効性を検証する為、実大スケールの 2 次元室内模型で行った化学物質濃度分布、及び活性炭の吸脱着効果の測定結果に関して報告する。

2. 実験概要 本報では、①吸着材の吸着量を評価し、吸着等温線を求める実験、及び、②室内に汚染源と吸着材を有する場合の濃度分布を測定する実大居室模型実験、を示す。

2.1 吸着量及び吸着等温線の測定 気体の吸着材への吸着量測定法には大別して重量法、容量法の 2 通りがある。今回は重量法により吸着等温線の推定実験を行う。

2.1.1 重量法概要 重量法による吸着量測定システムを図 1 左側に示す。吸着材(活性炭)をバネばかり(石英スパイラル)に設置し、真空装置内に設置する。吸着物質(本実験では decane)を少量真空装置内に投入し、吸着平衡に達したときのバネの伸びで吸着量の変化を測定する。真空装置内の decane 濃度を圧力計で測定することで decane 濃度(分圧)を計算し吸着等温線を作成する。本報では 25°C、吸着材(活性炭)重量は 0.1856(g)の条件とし、decane 濃度を段階的に変化させて実験を行った。

2.1.2 吸着材 本実験で用いた吸着材(活性炭)は黒色顆粒状で、4-6mesh(粒径 3.36-4.76mm)である。実験に用いる活性炭は前処理として、純水と共に 10 分程度沸騰させアッシュ(ash)を取り除き、その後、シリカゲルと共に真空乾燥器の中(0.1Torr 以下)で 3 時間以上 170°C 程度の環境に曝している。

2.2 実大居室模型概要 模型の概略を図 2 に示す。模型は居室をモデル化したもので 1500<sup>x</sup> × 300<sup>y</sup> × 1000<sup>z</sup> mm の大きさを持つ。Y 方向に均一な 2 次元流れ場を形成することを意図し、キャビティ幅(y 方向)のスロット状吹出口と吸込口を備える。吹出・吸込口は共に幅(z 方向)20mm である。この模型形状は別報で報告している精密室内気流模型<sup>x2)</sup>の working cavity を厳密に再現したものである。天井、床及び左右両壁面は sus 304 で構成し、その他はガラス製である。この模型は、化学物質フリーの環境を実現する恒温恒湿室内に設置され、一定温度(23°C)に制御される。居室模型の吹出風速は 3 m/s (換気回数 144 回/h)に制御している。

2.2.1 流れ場 既報<sup>x2)</sup>で報告している精密室内気流模型実験では LDV(レーザー流速計)を用いて測定した平均風速分布の他、各種乱流統計量のデータが蓄積されている。居室模型内の風速を測定し、精密室内気流模型内の流れ性状を厳密に再現することを確認している。本報で示す天井面に沿って吹出口、対向壁に吸込口を設置した場合には、模型内に時計回りの大循環流が生じ、床面隅角部に主流とは逆向きの 2 次渦が観察された。

2.2.2 化学物質汚染源・吸着材 本報では蒸散支配型の建材を

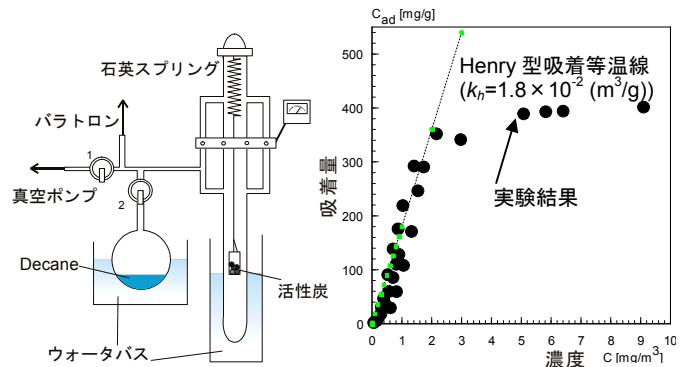


図 1 石英バランス装置及び吸着等温式

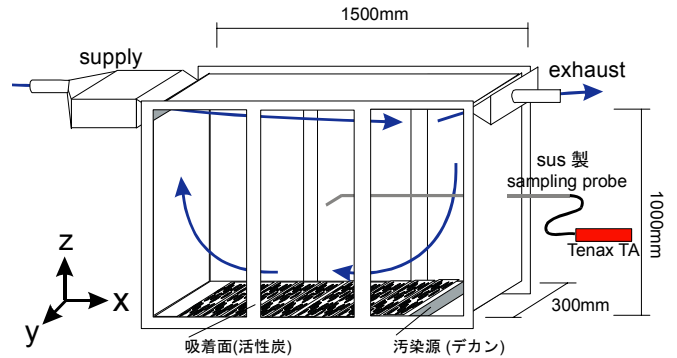


図 2 実大居室模型及びサンプリング方法

表 1 実大居室模型実験ケース

実験ケース	汚染源	吸着材
Case1	Decane 溶液 (100 <sup>x</sup> × 300 <sup>y</sup> × 5 <sup>z</sup> mm)の sus 製容器に設置	無し
Case2		粒状活性炭 (100 <sup>x</sup> × 300 <sup>y</sup> × 5 <sup>z</sup> mm)の sus 製容器を 10 個設置

(汚染源、吸着材設置位置は図 3 参照)

モデル化し decane 溶液を汚染源として使用する。decane は 100<sup>x</sup> × 300<sup>y</sup> × 5<sup>z</sup> mm の sus 製容器に満たし、床面の右側に設置する。吸着材として 2.1.2 節で示した活性炭を使用し、100<sup>x</sup> × 300<sup>y</sup> × 5<sup>z</sup> mm の sus 製容器に約 50g 敷き詰める。活性炭を設置した容器は全 10 個(活性炭総量約 500g)で床面の左側(decane の下流側)に設置する。

2.2.3 実験ケース 模型実験ケースを表 1 に示す。床面に汚染源の decane 溶液のみを設置した case1 と、汚染源の他、活性炭を設置した case2 の 2 ケース設定する。活性炭による吸着効果を期待するため、汚染源は床面の上流側に設置し、活性炭は汚染源の下流側に設置する。設置位置は図 2、図 3 を参照。

2.2.4 化学物質サンプリング・分析法(図 2) 模型内には活性炭フィルタを通過した清浄空気を供給する。室内各点の化学物質濃度は模型内に挿入した sus 製のサンプリングチューブを

介して、Tenax TA により吸着捕集(0.1L/min の速度で全 0.5L サンプルング)する。分析は加熱脱着の後、GC/MS で行う。GC/MS の分析条件は前報(その 16)と同条件である。

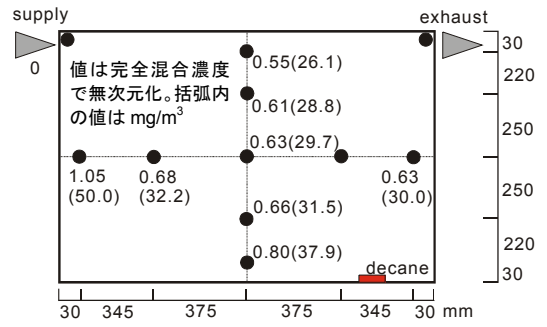
**3. 重量法による吸着等温線測定結果(図 1)** 真空装置内に投入する decane 濃度  $C(\text{mg}/\text{m}^3)$  を変化させ、活性炭の吸着量  $C_{ad}$  ( $\text{mg}/\text{g}$ ) を測定した結果を図 1 右側に示す。100 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 近傍の濃度で最適近似した Henry 型の吸着等温式 ( $C_{ad} = k_h \cdot C$ ) のプロットも併せて示す。25°C の場合 Henry 定数  $k_h$  は  $1.8 \times 10^{-2}$  ( $\text{m}^3/\text{g}$ ) であり飽和吸着量  $C_{ad0}$  は 410 ( $\text{mg}/\text{g}$ ) 程度となる。

**4. 実大室内模型実験結果(図 3)** 図中の測定値は decane の放散速度と換気量より算出される完全混合濃度で無次元化してある(括弧内の値は測定値  $\text{mg}/\text{m}^3$ )。測定は模型内に decane 溶液を設置した時点より 5 時間経過した後に行っている。また全実験系のブランクテストを行った結果、供給空気及び模型内での decane 濃度は GC/MS の検出限界以下であることを確認している注<sup>1)</sup>。

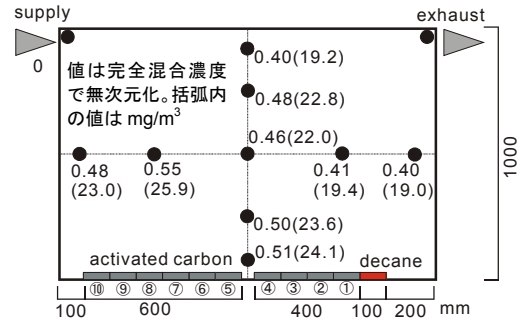
**4.1 汚染源のみを設置したケース(case1、図 3(1))** 室内には時計回りの大循環流が生じている為、床面附近及び模型内左側領域(吹出口側)で相対的に高濃度となっている。表 2 に sus 製容器を用いて設置 decane の重量変化より直接算出した放散速度を示す。今回の測定条件では  $1.0 \times 10^5$  ( $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$ ) であった。

**4.2 吸着材を併せて設置したケース(case2、図 3(2))** 汚染源のみの case1 と比較し、室内の decane 濃度は 30~50% 程度低下している。特に、床面附近、左側壁面附近で濃度低下が著しく、室内の吸着材が汚染濃度低減に効果があることを示している。表 2 に decane 放散速度及び活性炭吸着速度を示す。吸着速度は時間一定として算出している(図 3(2)の床面に設置した容器①から⑩の全活性炭の平均値として算出)。decane 放散速度は吸着材を設置しない case1 と同様の値となった。また吸着速度(水蒸気等を含み decane のみとは限らない、 $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$ ) は decane 放散速度と同オーダであった。図 4 に容器毎の活性炭の吸着量分布を示す。Decane 発生源に最も近い容器①で最も吸着量が大きくなっており、5 時間の実験時間で活性炭 1g 当たり 100mg の decane が吸着している。図 1 に示す重量法による実験では活性炭の吸着能力は活性炭 1g 当たり decane が 410mg であり今回の実験条件では飽和に至っていない注<sup>2)</sup>。decane 発生源から離れるに従い(風下に向かい)、decane の吸着量は減少するが、床面隅角部の逆流域(高濃度領域)に含まれる容器⑩では吸着量が大きくなっている。

**4.3 考察** 放散速度と吹出換気量より算出される完全混合濃度(排気口濃度)は  $47.5(\text{mg}/\text{m}^3)$  である。今回の実験では、排気口での濃度変動が激しく正確に排気口濃度を計測する事が困難であった。従って換気により排出される decane 量を特定できておらず、質量保存の検証は今後の課題となっている。また、実際に模型内に放散された総 decane 量( $\text{g}/\text{h}$ )と活性炭への総吸着量( $\text{g}/\text{h}$ )を比較すると(表 2 中の括弧内の値)、活性炭の吸着量が圧倒的に大きく、decane に関して質量保存が成立していない。この原因は活性炭への空気中の水分吸着と考えられるが、水分の吸着量を評価し、活性炭に対する decane の吸着量を正確に算出することも今後の課題となっている。



(1) case1 (汚染源のみ)



(2) case2 (汚染源+吸着材)

図 3 室内各点の decane 濃度

表 2 decane 放散速度及び活性炭吸着速度

	Decane 放散速度 ( $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$ )	活性炭 吸着速度 ( $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$ )
Case1 (汚染源のみ)	$1.0 \times 10^5$ (3.1g/h)	-
Case2 (吸着材あり)	$1.0 \times 10^5$ (3.1g/h)	$1.2 \times 10^5$ (36.0g/h)

(括弧内の値は模型内の放散量、吸着量の総量を示す)

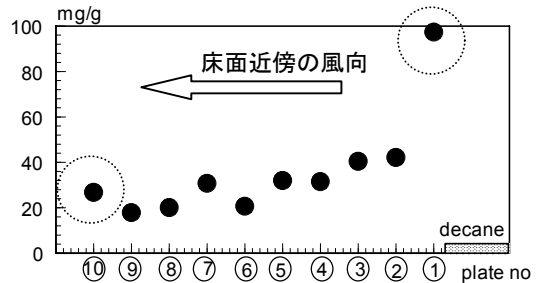


図 4 活性炭の吸着量分布 (plate 番号は図 3(2)の①~⑩に対応)

**5. 結論** (1) 室内の吸着材は室内汚染低減に効果がある。(2) 不十分ではあるが、実験により数値解析結果の検証データを得た。(3) 今後、実験に対応する数値解析を行い、吸着モデルを含むその精度の検証を行う。

**謝辞** 本研究の一部は統報と同じく科技厅振興調整費によっている。なお、本実験を行うにあたり東大生研迫田研究室の藤井技官にご助言いただいた。関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。

**注** (1) 本模型の decane 濃度は  $50 \text{ mg}/\text{m}^3$  (=60ppm) と一般的な化学物質汚染室内濃度に比べ 100 倍程度高い。高濃度は低濃度の場合と比較し、吸着等は異なった現象となる。(2) 但し、模型内濃度は吸着等温線での飽和濃度 ( $3\text{mg}/\text{m}^3$ ) の 10 倍程度となっている。

**参考文献** (1) 加藤他：揮発性有機化合物の放散・吸脱着等のモデリングとその数値予測に関する研究(その 5) 室内濃度分布計算における吸脱着面のモデル化と数値解析：日本建築学会年次大会、1999、697-698 (2) 伊藤他：換気効率指標の数値解析検証用の 2 次元室内気流実験：日本建築学会計画系論文集、No. 534、2000.8 (3) Yu et al, Adsorption of trace organic contaminations in air, Royal Institute of Technology 1987

\*1 日本 SGI (研究当時、東大大学院), \*2 東京大学生産技術研究所 教授 工博, \*3 東京工芸大学 助手 工博,

\*4 武蔵工業大学 助教授 工博, \*5 東京大学生産技術研究所 助教授 工博