

拡散型サンプラーによる VOC の捕集性能と理論的サンプリングレートの算出

光崎 純、中井里史（横浜国立大学大学院）

泉 克幸、加賀健一郎（東洋大学大学院）

平野耕一郎、白砂裕一郎（横浜市環境科学研究所）

<はじめに> 室内環境中の空気汚染物質の測定法として、ポンプによるサンプリングがあるが、電源の確保、場所の選択、騒音対策といった問題がある。これに対し、拡散型サンプラーは、このような問題が比較的少ない。しかし、拡散型サンプラーは、物質の分子拡散現象による移動を捕集速度としてサンプリングを行うため、サンプラーの形状によってサンプリングレート（SR）が異なり、SRのない物質にはポンプサンプリングの結果からサンプリングレートを算出しており、測定結果のばらつきの原因となる。そのため、本報告では VOC を対象として、現在国内において市販されているサンプラーを数種用意し、標準ガスを用いてチャンバーによる曝露実験をおこなうことで各サンプラーの捕集の特徴と性能を評価し、各サンプラーの理論的な SR の算出法について検討を行った。

<実験> サンプラー：全方位型チューブサンプラー（溶媒抽出）（SG）、バジ型サンプラー（溶媒抽出）（TO）、全方位型チューブサンプラー（加熱脱着）（ST）、加熱脱着用ステンレスチューブに拡散キャップをつけたサンプラーの吸着剤を変えたもの 2 種（TenaxTA、TenaxGR）（TA、GR）の 4 形態 5 種のサンプラーを用いた。 標準ガス：蒸気拡散法^{*)}を用いて、各 VOC の標準ガスを発生させ目的濃度に希釈して用い、濃度は非メタン計で常時モニターした。 チャンバー：約 400L の体積を持つチャンバーに流速 30L/min で混合ガスを導入し、ガス濃度が目的濃度で十分に安定した段階でサンプラーを導入した。 曝露時間：メーカー推奨時間とした。さらには SR の時間変動を見るために適宜変更した。 分析：加熱脱着には自動加熱脱着装置を使用し、溶媒抽出には二硫化炭素を使用した。加熱脱着、溶媒抽出共に GC/FID を使用した。

<結果と考察> 曝露実験（ブランク）：温度を 23 度一定に保ち、清浄空気のみをチャンバー内に導入してブランクを確認したところ、全てのサンプラーから目的とする物質は検出されなかった。 曝露実験（トルエン）：室内濃度指針値である 0.07ppm となるようにチャンバー内にトルエン標準ガスを導入し、十分に安定した段階でサンプラーを導入したところ、非メタン計および蒸気拡散法の結果から 0.067ppm で一定かつ安定して曝露させることが出来た。 理論的 SR：理論的 SR は、Fick の拡散第一法則に基づいて算出するためにサンプラーごとに拡散距離と断面積を正確に求め、また、空気中の被測定気体の拡散係数は、物性推算式より算出した。全方位型チューブサンプラーに関しては、均質孔内での拡散である Knudsen 拡散を利用したモデルの Parallel-Pore-Model 式を用いた場合の SR も算出した。Table 1 にトルエンのメーカー参考 SR、既知濃度 (0.067ppm) の曝露実験によって導き出した SR、理論的に算出した SR1（分子拡散）、SR2（Parallel-Pore-Model 式）および曝露時間を示す。分子拡散のみを考慮した場合、全てのサンプラーが実験値と一致した。Knudsen 拡散を考慮した場合は、実験値と全く一致しなかった。以上より、物質の拡散係数を物性推算式より算出し、サンプラーの拡散距離および断面積を正確に求めることで、サンプラーごとに SR を計算のみで求めることが可能となった。

*) 蒸気拡散法については、本学会にて「蒸気拡散法によるベンゼン、トルエン、キシレンの発生」のタイトルで発表予定である。

Table 1 各サンプラーのサンプリングレート（SR）の比較

| | 参考 SR | 実験による SR | 理論的 SR1 | 理論的 SR2 | 曝露時間 |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|------|
| チューブ型 溶媒抽出(SG) | 0.180 | 0.144 | 0.143 | 0.019 | 24h |
| バジ型 溶媒抽出(TO) | 0.118 | 0.086 | 0.085 | - | 8h |
| チューブ型 加熱脱着(ST) | 0.152 | 0.171 | 0.171 | 0.022 | 2h |
| チューブ (TA) 加熱脱着 | 1.67×10^{-3} | 1.62×10^{-3} | 1.59×10^{-3} | - | 24h |
| チューブ (GR) 加熱脱着 | 2.12×10^{-3} | 1.59×10^{-3} | 1.59×10^{-3} | - | 24h |

(単位は全て $\mu\text{g}/\text{ppm}/\text{min}$)