

ダストを用いた室内空気汚染評価法の検討

—有機リン系難燃剤について—

櫻井晋矢(学)、光崎純(学)、花井義道、中井里史
横浜国立大学大学院・環境情報学府、環境情報研究院

< 緒言 >

近年の室内空気汚染物質の中で、急速に需要が伸びて、室内汚染の悪化が懸念されている物質の一つに有機リン系難燃剤がある。難燃剤は、家電製品やカーテン、絨毯などに使用されている。現在の難燃剤市場は、RoHS(有害性化学物質管理指令)規制やWEEE(電気電子機器廃棄物指令)規制等により、臭素系難燃剤から有機リン系難燃剤に移行している。今後も有機リン系難燃剤の使用量の増加が見込まれているが、有機リン系難燃剤は、揮発性が高く室内を汚染する可能性があるため、室内汚染悪化が懸念されている。しかし、有機リン系難燃剤による室内の汚染実態は殆ど調査されていない。

有機リン系難燃剤による室内汚染は、室内の難燃加工を施した製品の量や温度等の条件により多様な汚染傾向を示す¹⁾とされている。また、有機リン系難燃剤は、吸着性が高い事から室内に存在するダストに吸着している事が考えられる。ダストは、掃除機を用いて誰にでも簡単に捕集する事が出来るため、ダストから室内空気汚染状況を把握することができれば、室内汚染の監視が容易となり、有用な室内汚染指標となりうる。本研究では、有機リン系難燃剤による室内空気汚染のダストを用いた評価法を検討する事を目的とした。

< 実験概要 >

ダスト中の有機リン系難燃剤濃度の分析方法を確立し、ダスト中の濃度を調べるとともに、その室内空気中の汚染濃度を調べる。そして、空気中濃度とダスト中濃度の関係を調べ、有機リン系難燃剤の室内空気汚染評価法を検討する。

< 実験 >

対象物質：対象物質は、室内空気中の濃度が報告されている¹⁾7物質：リン酸トリメチル(TMP)、リン酸トリエチル(TEP)、リン酸トリブチル

(TBP)、リン酸トリス(2-クロロエチル)(TCEP)、リン酸トリス(2-クロロイソプロピル)(TCIPP)、リン酸トリスブトキシエチル(TBHP)、リン酸トリフェニル(TPHP)とした。

室内空気捕集方法：室内空気捕集は、捕集管にPS-Air(Waters社製)を用いてSKC製ポンプ(AirCheck2000)で2880L(2L/min、24h)捕集した。捕集場所は、部屋の中央を標準とした。

空気中の有機リン系難燃剤の抽出方法：空気中の有機リン系難燃剤の抽出は、5mlのアセトンでPS-Airから抽出し、窒素パーズで2mlに濃縮した。分析は、硫黄やリンを含む化合物を選択的に検出でき、有機リン系難燃剤の分析に適しているGC-FPDを採用した。GC-FPDによる分析条件は、表1の通りである。

表1 GC-FPDの分析条件

GC	HP5890
Carrier gas	Helium
Inj. Volume	5 μ l
Inj. Temp.	250
Column	HP-1 0.32m \times 50m df=1.05 μ m
Column Temp.	80 -20 /min-200 -5 /min-280
Det. Temp.	250
Detector	FPD

ダスト捕集方法：ダスト捕集は、室内空気測定終了後に市販の掃除機を用いて、有機リン系難燃剤を含有していないゴミパックで捕集した。捕集場所は、室内空気捕集場所の周辺1m²とし、捕集時間は、二分間の捕集を基準とした。捕集後、直ちにアルミホイルに包み保存した。

ダスト中の有機リン系難燃剤の抽出方法：捕集したダストを篩いにかけて、篩を通り抜けた毛髪などを取り除いた物を、ダストサンプルとした。抽出方法は、ダストを0.05g計り取り、ダストを捕集剤として考え、斎藤らの空気濃度測定方法¹⁾を参考にし、1mlのアセトンで超音波抽出をした。そ

の後、遠心分離機にかけ、上澄みを GC-FPD で分析した。GC-FPD による分析条件は、空気分析と同様である。

保存時のダスト中有機リン系難燃剤の濃度変化分析：ダストを室内汚染評価に用いるためには、捕集してから分析時までの濃度変化を知る必要がある。そこで、捕集したダストを、ミキサーで均一化し、1日目・8日目・18日目の濃度変化の状態を見た。また、常温保存と冷凍保存の保存条件の違いを比較した。

空気中 - ダスト濃度の相関関係：空気中濃度とダスト濃度との間に高い相関がみられれば、ダストから空気中の濃度を推測できる。そのため、空気中濃度とダスト濃度の相関を確認する。相関係数を求めるために、室内の空気中とダスト中の有機リン系難燃剤濃度を多地点で測定し、その結果から、空気中 - ダスト濃度曲線を作成する。現時点では、両者の関係を調べるまでには至っていないが、一般家庭だけでなく、高濃度が予測されるパソコン教室などの場所でも濃度を測定し、相関関係を調べる予定である。

< 結果と考察 >

ダスト中の有機リン系難燃剤の抽出方法：ダスト中の有機リン系難燃剤のクロマトグラムを図1に示す。

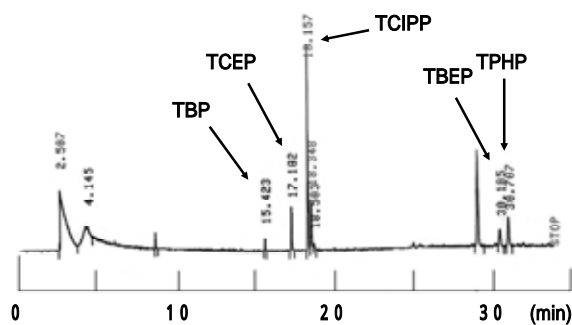


図1 ダスト中の有機リン系難燃剤のクロマトグラム

ダスト分析法では、対象の7物質中、TMP、TEPを除く5物質を検出し、測定することができた。また、5物質とも良好に分離しており、妨害ピークもなく測定できた。ダスト中の有機リン系難燃剤5物質のRSD値は、3~11%の範囲であった。TMP、TEPについては、沸点が低いため、ダス

トに吸着し難かった可能性がある。

ダスト中の有機リン系難燃剤の濃度変化分析：ダストの保存日数と保存による有機リン系難燃剤の保持率を、5物質のうち最も保持率の高いTBPと最も保持率の低いTCEPについて図2に示す。

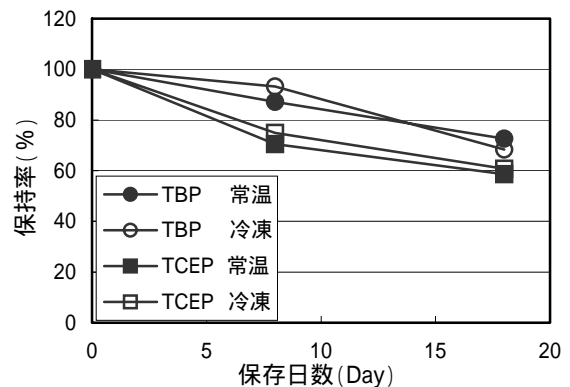


図2 ダスト保存日数と保持率

図2から、保存日数の経過と共に、濃度が減少することが分かった。よって捕集後から、できるだけ速やかに分析することが望ましい。8日保存時のTBP、TCEP、TCIPPは、冷凍保存の方が高い保持率を示し、RSD値の範囲より保持率の方が高かった。よって、冷凍保存が適しているといえる。TBEP、TPHPは、常温保存の方が高い保持率を示したが、これら2物質は保持率がRSD値の範囲内であるため、冷凍保存との差があまり見られなかった。そのため最も保持率の低いTCEPが、冷凍保存が適していたことから、ダストサンプルは冷凍保存とする事にした。現在、濃度減衰傾向をより詳細に調べており、室内空気汚染評価に用いることができる保存日数を検討中である。

< まとめ >

ダスト中の有機リン系難燃剤濃度の分析法を確立することができた。しかしまだ保存方法などに検討すべき点も多い。問題点の検討を行うとともに、空気中濃度との関係について調べ、ダスト中濃度からの評価方法を検討していく。

< 参考文献 > 1) 斎藤 育江ら：日本エアロゾル学、有機リン酸トリエステル類の室内及び外気濃度測定 16(3)p.p.209-216(2001)